

学生の確保等の見通し等を記載した書類 添付資料目次

資料番号	資料名
資料1	本学・電気自動車システム工学科の教育研究分野と他校の学部学科が扱う分野との対応
資料2	神奈川工科大学創造工学部自動車システム開発工学科
資料3	埼玉工業大学工学部情報システム学科及び機械工学科
資料4	日本私立学校振興・共済事業団の令和3（2021）年度「私立大学・短期大学等入学志願動向」
資料5	内閣府「地域の経済2020-2021」
資料6	河合塾「第2回全統共通テスト模試からみる志望動向」
資料7	文部科学省「令和2年度学校基本調査（確定値）」
資料8	山形県の高等学校卒業者の大学への進学率
資料9	山形県の高等学校卒業後の状況（進路状況及び県外転出状況）
資料10	山形県所在高校出身者の進学先における大学所在地県別入学者数
資料11	山形県に所在の大学への入学者の出身高校所在地県別入学者数
資料12	リクルート進学総研「18歳人口・進学率・残留率の推移 都道府県別 2020年」
資料13	文部科学省「大学への進学者数の将来推計について」
資料14	文部科学省「Society 5.0 に向けた人材育成～社会が変わる、学びが変わる～」
資料15	電動モビリティシステム専門職大学（仮称）に関する高校生対象ニーズ調査結果報告書（2年生）
資料16	電動モビリティシステム専門職大学（仮称）に関する高校生対象ニーズ調査結果報告書（1年生）
資料17	文部科学省「令和元年度 私立大学入学者に係る初年度学生納付金平均額（定員1人当たり）の調査結果」
資料18	リクルート進学総研「高校生の進路選択に関する調査（進学センサス2019）」
資料19	株式会社朝日学生新聞社とアルクテラス株式会社による調査結果

資料20	リクルート進学総研「高校生の進路選択に関する調査（進学センサス2019）アドミッション・ポリシー編」
資料21	山形県高校卒業生における課程・学科別の進路状況
資料22	リクルート進学総研「高校生の進路選択に関する調査（進学センサス2019）オープンキャンパス編」
資料23	一般社団法人日本EVクラブ概要
資料24	経済産業省「第2回 モビリティの構造変化と2030年以降に向けた自動車政策の方向性に関する検討会(2020年9月14日)」資料Ⅰ－1. 日本経済を支える自動車産業
資料25	経済産業省、厚生労働省、文部科学省「2020年ものづくり白書」
資料26	日本貿易振興機構（ジェトロ）「主要国の自動車生産・販売動向(2020年10月)」
資料27	日本貿易振興機構（ジェトロ）ビジネス短信
資料28	株式会社富士経済 プレスリリース「HV、PHV、EVの世界市場を調査」
資料29	「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略(2021年6月18日)」・「（5）自動車・蓄電池産業」関連部分抜粋
資料30	株式会社リクルート「第38回ワークス大卒求人倍率調査（2022年卒）」
資料31	株式会社マイナビ「2021年卒企業新卒内定状況調査」
資料32	株式会社マイナビ「2022年卒企業新卒採用予定調査」
資料33	経済産業省「第2回 モビリティの構造変化と2030年以降に向けた自動車政策の方向性に関する検討会(2020年9月14日)」資料Ⅲ－2－2. ヒトの視点：人手不足と後継者の不在
資料34	経済産業省「第4次産業革命スキル習得講座認定制度（仮称）」に関する検討会（第2回）-配布資料「IT利活用分野について（自動車分野）」
資料35	経済産業省「自動車産業におけるモデル利用のあり方に関する研究会での検討内容のとりまとめ」に関するプレスリリース
資料36	MBD推進センター「MBD推進センター発足」に関するプレスリリース
資料37	とうほく自動車産業集積連携会議「とうほく自動車関連産業振興ビジョン～とうほく自動車関連産業のさらなる高みへ～」
資料38	山形県「山形県ものづくり産業振興戦略」
資料39	山形県自動車産業振興会議「（仮称）モビリティシステム専門職大学」設立に関する要望書」
資料40	一般社団法人山形県自動車整備振興会「モビリティシステム専門職大学設立に関する要望書」
資料41	「電気自動車（パワートレイン含む）、自動運転時代の人材ニーズ及び本学卒業生の採用」に関するアンケート調査

資料 1

本学・電気自動車システム工学科の教育研究分野と他校の学部学科が扱う分野との対応

大学	学部	学科	所在地	本学の電気自動車システム工学科（仮称）が扱う教育研究分野					
				電気自動車システム全体	電池	モーター・インバータ	車体	自動運転	
山形大学	工学部	高分子・有機材料工学科	山形県米沢市		●		●		
		機械システム工学科		●			●		
		情報・エレクトロニクス学科				●		●	
東北芸術工科大学	デザイン工学部		山形県山形市						
東北学院大学	工学部	機械知能工学科	宮城県仙台市	●			●	●	
		電気電子工学科			●				
		情報基盤工学科					●		
東北工業大学	工学部	電気電子工学科	宮城県仙台市			●			
		情報通信工学科					●		
神奈川工科大学	創造工学部	自動車システム開発工学科	神奈川県厚木市	●		●	●	●	
		ロボット・メカトロニクス学科			●	●	●		
	工学部	機械工学科	神奈川県厚木市	●			●	●	
		電気電子情報工学科			●		●		
	情報学部	情報工学科	神奈川県厚木市					●	
情報ネットワーク・コミュニケーション学科						●			
埼玉工業大学	工学部	機械工学科	埼玉県深谷市	●		●	●	●	
		情報システム学科				●		●	
千葉工業大学	工学部	機械工学科	千葉県習志野市	●			●	●	
		機械電子創成工学科			●	●	●		
		先端材料工学科			●	●			
		電気電子工学科				●			
		情報通信システム工学科						●	
	応用化学科		●						
先進工学部	未来ロボティクス学科	千葉県習志野市			●	●	●		
日本工業大学	基幹工学部	機械工学科	埼玉県宮代町	●			●	●	
		電気電子通信工学科				●		●	
		応用化学科			●				
	先進工学部	ロボティクス学科	埼玉県宮代町			●	●	●	

(学校法人 赤門学院にて作表)

付表 上記各校の学費（入学金・授業料等の初年度納入額）

大学・学部	所在地	入学金	授業料	実験実習費	施設設備費	左記合計	本学との 4年間の差額
山形大学 工学部	山形県米沢市	282,000	535,800			817,800	
東北芸術工科大学 デザイン工学部	山形県山形市	275,000	1,220,000			1,495,000	-145,000
東北学院大学 工学部	宮城県仙台市	270,000	1,078,000	70,000	230,000	1,648,000	542,000
東北工業大学 工学部	宮城県仙台市	250,000	980,000	20,000	300,000	1,550,000	210,000
神奈川工科大学 創造工学部	神奈川県厚木市	200,000	1,370,000			1,570,000	500,000
埼玉工業大学 工学部	埼玉県深谷市	250,000	820,000	150,000	320,000	1,540,000	170,000
千葉工業大学	千葉県習志野市	250,000	1,390,000			1,640,000	810,000
日本工業大学	埼玉県宮代町	224,000	980,000	111,000	252,000	1,567,000	467,000
電動モビリティシステム専門職大学	山形県飯豊町	240,000	860,000	300,000	180,000	1,580,000	0

出典：各大学のHPを参考に作成
 山形大学工学部 高分子・有機材料工学科 <https://polymorg.yz.yamagata-u.ac.jp/> 機械システム工学科 <http://mech.yz.yamagata-u.ac.jp/>
 情報・エレクトロニクス学科 <https://infoele.yz.yamagata-u.ac.jp/>
 東北芸術工科大学デザイン工学部 <https://www.tuad.ac.jp/sitemap/>
 東北学院大学工学部 機械知能工学科 <https://www.tohoku-gakuin.ac.jp/faculty/engineering/mech/> 電気電子工学 <https://www.tohoku-gakuin.ac.jp/faculty/engineering/elec/>
 情報基盤工学科 <https://www.tohoku-gakuin.ac.jp/faculty/engineering/ict/>
 東北工業大学工学部 電気電子工学科 <https://www.tohtech.ac.jp/dept/eng/elc/> 情報通信工学科 <https://www.tohtech.ac.jp/dept/eng/ice/>
 神奈川工科大学創造工学部 自動車システム開発工学科 https://www.kait.jp/ug_gr/undergrad/creative/car_system/ ロボット・メカトロニクス学科 https://www.kait.jp/ug_gr/undergrad/creative/robotics/
 神奈川工科大学工学部 機械工学科 https://www.kait.jp/ug_gr/undergrad/engineering/mechanical/ 電気電子情報工学科 https://www.kait.jp/ug_gr/undergrad/engineering/electronics/
 神奈川工科大学情報学部 情報工学科 https://www.kait.jp/ug_gr/undergrad/info_science/info_engr/ 情報ネットワーク・コミュニケーション学科 https://www.kait.jp/ug_gr/undergrad/info_science/infoNW.com/
 埼玉工業大学工学部 機械工学科 <https://www.sit.ac.jp/gakkahp/kikai/> 情報システム学科 <http://infosys.sit.ac.jp/>
 千葉工業大学工学部 機械工学科 <https://www.it-chiba.ac.jp/faculty/eng/me/> 機械電子創成工学科 <https://www.it-chiba.ac.jp/faculty/eng/imee/> 先端材料工学科 <https://www.it-chiba.ac.jp/faculty/eng/amse/>
 電気電子工学科 <https://www.it-chiba.ac.jp/faculty/eng/eee/> 情報通信システム工学科 <https://www.it-chiba.ac.jp/faculty/eng/icse/>
 応用化学科 <https://www.it-chiba.ac.jp/faculty/eng/ac/>
 千葉工業大学先進工学部 未来ロボティクス学科 <https://www.it-chiba.ac.jp/faculty/ae/robo/>
 日本工業大学基幹工学科 機械工学科 <https://www.nit.ac.jp/department/machine/> 電気電子通信工学科 <https://www.nit.ac.jp/department/electronic/>
 応用化学科 <https://www.nit.ac.jp/department/chemistry/>
 日本工業大学先進工学部ロボティクス学科 <https://www.nit.ac.jp/department/robotics/>

神奈川工科大学創造工学部自動車システム開発工学科

◆学科が設定する「次世代自動車の5つのフィールド」

同学科では「次世代自動車の5つのフィールド」を下表のように設定している（同学科 Web サイト記載の情報に基づき作表）。

実践教育の題材	分野（フィールド）	
賢く使いやすい車	自動運転を核とする インテリジェント化技術分野	◆情報取得 ◆運転制御 ◆環境認識 ◆HMインターフェイス
環境にやさしい車	電気自動車システム分野	◆電気自動車 ◆ハイブリッド車 ◆燃料電池車 ◆ソーラーカー
軽くて快適な車	スマートストラクチャ分野	◆車両企画 ◆プロダクトデザイン ◆軽量・高能率化 ◆衝突安全
安全で高性能な車	先進自動車性能分野	◆アクティブ制御 ◆高性能化車両 ◆空力性能
車と社会	環境・交通システム分野	◆CO ₂ 問題 ◆騒音 ◆新型原動機 ◆再生可能エネルギー ◆交通網 ◆高環境性能

◆研究室

同学科は下表の6研究室によって構成される（同学科 Web サイト記載の情報に基づき作表）。

研究室名	主な研究分野
電動システム研究室	自動車、パワーエレクトロニクス、高周波回路
高性能コンピューティング研究室	オブジェクト指向、コンピュータグラフィックス、インターネット
車両運動・制御 研究室	自動車のインテリジェント化、運動制御、ドライバー行動
ヒューマンインターフェイス研究室	人工知能、ヒューマンインターフェイス、情報システム
モータースポーツ工学研究室	ハイブリッド車、ゼロエミッション、自動車開発教育
ソーラービークル工学研究室	太陽電池、電気モーター、パーソナルモビリティビークル

◆主な就職先（順不同）

神工大 Web サイトには、当該学科卒業生が活躍している企業として、下記の企業が紹介されている。
 アイシン精機（株）／曙ブレーキ工業（株）／（株）アドヴィックス／アルパイン（株）／市光工業（株）／
 NTN（株）／（株）エフ・シー・シー／河西工業（株）／神奈川中央交通（株）／（株）ケーヒン／K Y
 B（株）／（株）ジーテクト／J E S C Oホールディングス（株）／スズキ（株）／（株）タチエス／THKリ
 ズム（株）／テイ・エステック（株）／（株）T B K／（株）テイン／（株）デンソー／東芝機械（株）／東
 芝プラントシステム（株）／日産自動車（株）／（株）日産テクノ／日信工業（株）／（株）ニフコ／日本
 瓦斯（株）／日本精機（株）／日本電産（株）／（株）パイオラックス／日立オートモティブシステムズ（株）
 ／（株）ファルテック／富士通（株）／双葉電子工業（株）／マツダ（株）／（株）ミツバ／ミネベア（株）
 ／ヤマハモーターエレクトロニクス（株）／（株）ユニバンス／（株）ヨロズ 他

◆志願者状況及び入学者状況（過去10年間）

自動車システム開発工学科

	R3年度 2021年度	R2年度 2020年度	R元年度 2019年度	H30年度 2018年度	H29年度 2017年度	H28年度 2016年度	H27年度 2015年度	H26年度 2014年度	H25年度 2013年度	H24年度 2012年度
入学定員	55	55	55	55	55	50	50	75	75	75
志願者数	455	590	402	310	213	244	324	356	248	280
志願倍率	8.3	10.7	7.3	5.6	3.9	4.9	6.5	4.7	3.3	3.7
入学者数	50	59	59	53	53	57	53	85	84	82
入学定員 充足率	91%	107%	107%	96%	96%	114%	106%	113%	112%	109%
収容定員	220	220	215	210	230	250	275	300	300	300
在籍者数	214	217	223	222	242	272	293	311	309	323
収容定員 充足率	97%	99%	104%	106%	105%	109%	107%	104%	103%	108%

（各種公表資料に基づき、学校法人 赤門学院にて作表）

*平成27年度の入学定員の減少（75人→50人）は、神工大の「平成26年度（2014年度）事業報告書」によると、同校における2学科新設に伴う定員異動によるものと理解され、当該学科への進学需要の低下を示すものではない。

*平成29年度の入学定員の増加（50人→55人）については、同校の収容定員変更認可申請（平成28年6月認可）に係る公表資料において「自動車システム開発工学科の最近5年間の定員充足の状況は5年間の平均で約110%となっており、定員超過の事由は合格者の歩留まり率の読み違いによるものであるが、歩留まり率の高さは当該学科への進学需要の高さを示すものと考えられることから、進学需要への対応として収容定員変更を行うものであり、同時に定員管理の観点を踏まえた定員超過率の是正を図るものである。」との説明がなされている。

◆就職状況（過去4年間）

	年度	卒業生数	進学者数	就職 希望者数	内定者数	進路 決定率	内定率
自動車システム 開発工学科	2020年度	47	8	38	38	97.9%	100.0%
	2019年度	52	2	49	49	98.1%	100.0%
	2018年度	46	9	36	36	97.8%	100.0%
	2017年度	62	16	43	43	95.2%	100.0%

（各種公表資料に基づき、学校法人 赤門学院にて作表）

*卒業生数は上記の入学定員変更にも関係する。

資料 3

埼玉工業大学工学部情報システム学科及び機械工学科

◆ 志願者状況及び入学者状況（過去 10 年間）

機械工学科

	R3年度 2021年度	R2年度 2020年度	R元年度 2019年度	H30年度 2018年度	H29年度 2017年度	H28年度 2016年度	H27年度 2015年度	H26年度 2014年度	H25年度 2013年度	H24年度 2012年度
入学定員	120	120	120	115	115	115	115	110	110	110
志願者数	1,287	1,849	1,011	842	885					
志願倍率	10.7	15.4	8.4	7.3	7.7					
入学者数	140	143	161	114	133	118	137	121	129	123
入学定員充足率	117%	119%	134%	99%	116%	103%	119%	110%	117%	112%
収容定員	470	470	465	460	455	450	445	440	390	340
在籍者数	535	534	520	506	498	487	501	458	408	347
収容定員充足率	114%	114%	112%	110%	109%	108%	113%	104%	105%	102%

情報システム学科

	R3年度 2021年度	R2年度 2020年度	R元年度 2019年度	H30年度 2018年度	H29年度 2017年度	H28年度 2016年度	H27年度 2015年度	H26年度 2014年度	H25年度 2013年度	H24年度 2012年度
入学定員	150	150	150	135	135	135	135	130	130	120
志願者数	2,396	3,602	2,160	1,147	1,054					
志願倍率	16.0	24.0	14.4	8.5	7.8					
入学者数	183	177	299	230	201	163	182	177	157	152
入学定員充足率	122%	118%	199%	170%	149%	121%	135%	136%	121%	127%
収容定員	570	570	555	540	535	530	515	500	480	460
在籍者数	867	874	876	754	704	670	659	657	626	597
収容定員充足率	152%	153%	158%	140%	132%	126%	128%	131%	130%	130%

（各種公表資料に基づき、学校法人 赤門学院にて作表）

- * 埼玉工大は 2016 年より次世代自動車プロジェクトとして自動運転に関する研究開発を推進し、2019 年 5 月に全学的な組織として「自動運転技術開発センター」を設立している（センター長をはじめ情報システム学科の教員を中心とする）。
- * 工学部情報システム学科は、2018 年度の「IT 専攻（募集人員 85 人）／電気電子情報専攻（同 50 人）」の 2 専攻編成（学科入学定員 135 人）から、2019 年度より「IT 専攻（募集人員 70 人）／AI 専攻（同 40 人）／電気電子専攻（同 40 人）」の 3 専攻編成（学科入学定員 150 人）に再編されている。
- * 工学部機械工学科は以前よりエコランカーやフォーミュラプロジェクトといった自動車関連の取組に注力している。
- * 機械工学科ロボティクス専攻は、カリキュラムに「次世代の産業システムとモビリティシステムの概念を学ぶ」とを提示し、2020 年 4 月よりロボット・スマート機械専攻に名称変更された。

<専攻別状況>

自動車及びモビリティシステムに関連する 機械工学専攻 及び ロボット・スマート機械専攻 並びに
自動運転に関連する AI 専攻 及び 電気電子専攻

機械工学科 機械工学専攻

	R3年度 2021年度	R2年度 2020年度	H31年度 2019年度	H30年度 2018年度	H29年度 2017年度
入学定員	80	80	80	75	75
志願者数	736	1,055	580	512	537
志願倍率	9.2	13.2	7.3	6.8	7.2

機械工学科 ロボット・スマート機械専攻

	R3年度 2021年度	R2年度 2020年度	H31年度 2019年度	H30年度 2018年度	H29年度 2017年度
入学定員	40	40	40	40	40
志願者数	551	794	431	330	348
志願倍率	13.8	19.9	10.8	8.3	8.7

※2019年度まで「ロボティクス専攻」

情報システム学科 AI専攻

	R3年度 2021年度	R2年度 2020年度	H31年度 2019年度
入学定員	40	40	40
志願者数	754	1,181	681
志願倍率	18.9	29.5	17.0

※2019年度に「IT専攻/AI専攻/電気電子専攻」に再編
(2018年度までは「IT専攻/電気電子情報専攻」)

情報システム学科 電気電子専攻

	R3年度 2021年度	R2年度 2020年度	H31年度 2019年度	H30年度 2018年度	H29年度 2017年度
入学定員	40	40	40	50	50
志願者数	621	879	539	464	438
志願倍率	15.5	22.0	13.5	9.3	8.8

※2018年度まで「電気電子情報専攻」

(各種公表資料に基づき、学校法人 赤門学院にて作表)

◆就職状況 (過去4年間)

		卒業生数	進学者数	就職 希望者数	就職者数	進路 決定率	就職率
機械工学科	2020年度	109	10	90	90	91.7%	100.0%
	2019年度	99	8	85	84	92.9%	98.8%
	2018年度	117	4	107	106	94.0%	99.1%
	2017年度	88	1	82	82	94.3%	100.0%
情報システム 工学科	2020年度	161	15	136	135	93.2%	99.3%
	2019年度	145	3	136	135	95.2%	99.3%
	2018年度	148	8	132	130	93.2%	98.5%
	2017年度	153	9	138	134	93.5%	97.1%

(各種公表資料に基づき、学校法人 赤門学院にて作表)

出典：埼玉工業大学工学部HPを参考
hhttps://www.sit.ac.jp/gakubu_in/kougaku/

日本私立学校振興・共済事業団『令和3（2021）年度私立大学・短期大学等入学志願動向』

集計の概要

1. 調査基準日 各年度5月1日
2. 調査対象校 私立大学・短期大学（株式会社が設置する学校は除く）
3. 集計の方法 平成29年度から令和3年度に実施した「学校法人基礎調査」から、私立大学・短期大学の入学者数等に関する項目のデータを集計した。

4. 集計値について

令和2年度の集計値については、『令和2（2020）年度 私立大学・短期大学等入学志願動向』において速報値として公表しているが、これらの数値については、今年度の入学志願動向の数値をもって確定数とする。

また、令和3年度の集計値については、速報値につき修正の可能性があります。次年度の入学志願動向の数値をもって確定数とする。

5. 集計学校数

年度	単位：校（ ）内は調査対象校数		
	大学	短期大学	大学院
H29	581 (588)	304 (321)	
H30	582 (587)	301 (315)	
R元	587 (591)	297 (311)	
R2	593 (599)	291 (307)	472 (475)
R3	597 (605)	286 (303)	479 (483)

※集計学校数は、調査対象校から通信教育部のみを設置する学校及び募集を停止している学校を除いた学校数である。

※大学院のみを設置する学校は「大学院」で集計している。

6. 各比率の算出方法

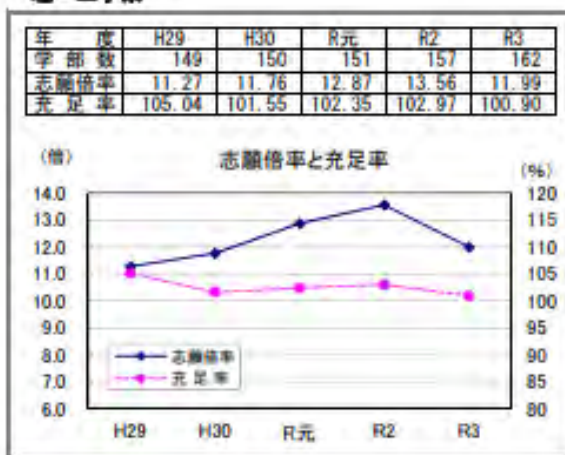
- 志願倍率（志願者数÷入学定員）
- 合格率（合格者数÷受験者数）
- 歩留率（入学者数÷合格者数）
- 入学定員充足率（入学者数÷入学定員）

※比率の表記は小数点以下第3位を四捨五入したものである。

7. 系統区分について

学部（学群を含む）、学科及び研究科（学府を含む）の系統は、当事業団より発刊の『今日の私学財政（大学・短期大学編）』と同様に区分している。詳細は、47ページ、99ページ、111ページに記載している。

理・工学系



出典：日本私立学校振興・共済事業団

「令和3（2021）年度私立大学・短期大学等入学志願動向」より抜粋

<https://www.shigaku.go.jp/files/nyuugakusiganndoukoudaitan0928.pdf>

地域の経済2020-2021

—地方への新たな人の流れの創出に向けて—

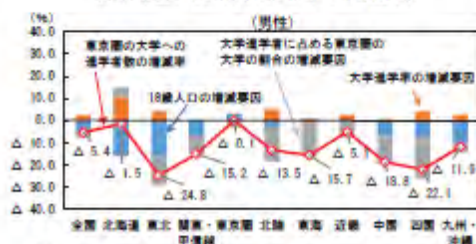
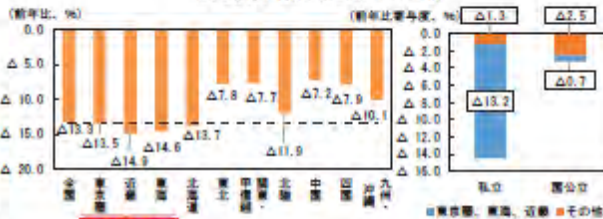
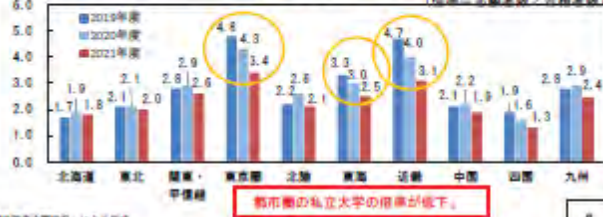
[説明資料]

2021年9月

内閣府政策統括官（経済財政分析担当）

[若い世代の地方への関心（大学入学時）] 2021年度入試では志願者数は、都市圏の大学でより低下

- 東京圏の大学の進学者数（2010年度から2020年度にかけての増減率）は、男性では、18歳人口の減少に加えて、大学進学者に占める東京圏の大学割合が北海道を除き低下したため、全地域で減少。一方で、女性では、大学進学率の上昇により、全国ベースで増加し、地域別では、北海道、近畿、九州・沖縄等で増加している。
- 2021年度の大学入試では、都市圏に立地する大学への志願者数は、地方圏に比べて、減少幅が大きい傾向。特に都市圏の私立大学で大きく減少（図2）。その結果私立大学の志願者数の倍率は、都市圏の方が低下している（図3）。女性の大学進学率が上昇傾向にある中で、地元志向が高まっており、オープンキャンパスの実施や女子学生の推薦枠を設ける等により、理工系的女子学生が地方大学に進学しやすい環境整備を進めることが課題。

(図1) 東京圏の大学の進学者数の増減の要因分解
(2010年度から2020年度にかけての増減率)(図2) 大学所在地別の入試志願者数（2021年度）
(主な試験時期：2021年1～3月)(図3) 私立大学の志願者数の倍率（大学所在地別）
(倍率=志願者数/合格者数)

(注) ① 全国平均値（令和2年度学校教育白書）による作成。大学進学率。② 2021年度入試（2021年1～3月）の志願者数。③ 2020年度入試（2020年1～3月）の志願者数。④ 2019年度入試（2019年1～3月）の志願者数。⑤ 2020年度入試（2020年1～3月）の志願者数。⑥ 2021年度入試（2021年1～3月）の志願者数。⑦ 2020年度入試（2020年1～3月）の合格者数。⑧ 2021年度入試（2021年1～3月）の合格者数。⑨ 2020年度入試（2020年1～3月）の合格者数。⑩ 2021年度入試（2021年1～3月）の合格者数。⑪ 2020年度入試（2020年1～3月）の合格者数。⑫ 2021年度入試（2021年1～3月）の合格者数。⑬ 2020年度入試（2020年1～3月）の合格者数。⑭ 2021年度入試（2021年1～3月）の合格者数。⑮ 2020年度入試（2020年1～3月）の合格者数。⑯ 2021年度入試（2021年1～3月）の合格者数。⑰ 2020年度入試（2020年1～3月）の合格者数。⑱ 2021年度入試（2021年1～3月）の合格者数。⑲ 2020年度入試（2020年1～3月）の合格者数。⑳ 2021年度入試（2021年1～3月）の合格者数。

6

出典：内閣府
白書等（経済財政白書、世界経済の潮流、地域の経済等）より
<https://www5.cao.go.jp/keizai3/whitepaper.html>

資料 6

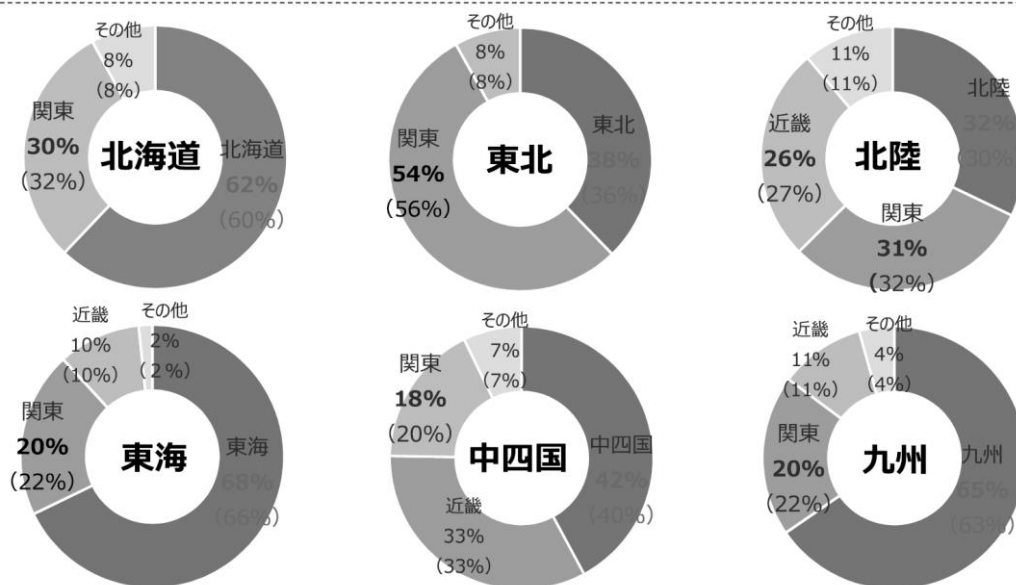
河合塾「第 2 回全統共通テスト模試からみる志望動向 地元志向の強まり 地方から首都圏私立大の志望者減」

(河合塾が 2020 年 8 月に実施した「第 2 回全統共通テスト模試」の結果を分析)

第 2 回全統共通テスト模試からみる志望動向 河合塾

地元志向の強まり 地方から首都圏私立大の志望者減

各地区の受験生が志望する私立大の所在地区別占有率の昨今の変化を確認すると、各地区とも地元大学を志望する割合が増加、一方、関東地区の大学の割合が減少している



※各地区受験生の志望私立大学の所在地占有率、()内は前年同時期の割合

©Kawajuku Educational Institution. 40

河合塾調べ (カッコ) 内は前年同時期の割合

出典：河合塾

「第2回全統共通テスト模試からみる志望動向」より抜粋して作成
<https://www.keinet.ne.jp/>

文部科学省「令和 2 年度学校基本調査（確定値）」

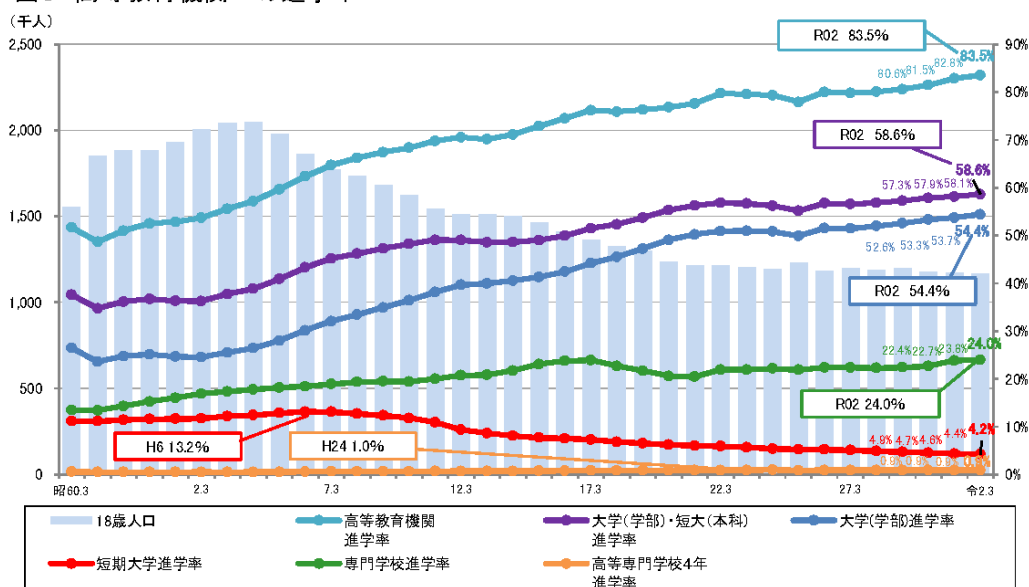
卒業後の状況

1. 高等学校等卒業生

高等学校等：高等学校（全日制・定時制），中等教育学校後期課程卒業生（過年度卒を含む）。

- 高等教育機関（大学（学部）・短期大学（本科））入学者，高等専門学校4年在学者及び専門学校入学者への進学率は83.5%で，前年度より0.7ポイント上昇し，過去最高。
- 大学（学部）・短期大学（本科）進学率は58.6%で，前年度より0.5ポイント上昇し，過去最高。大学（学部）進学率は54.4%で，前年度より0.7ポイント上昇し，過去最高。専門学校進学率は24.0%で，前年度より0.2ポイント上昇し，過去最高。

図3 高等教育機関への進学率



- (注) 1 高等教育機関進学率 = $\frac{\text{大学(学部)・短期大学(本科)入学者, 高等専門学校4年在学者及び専門学校入学者}}{\text{18歳人口(3年前の中学校・義務教育学校卒業生及び中等教育学校前期課程修了者)}}$
- 2 大学(学部)進学率 = $\frac{\text{大学(学部)の入学者}}{\text{18歳人口(3年前の中学校・義務教育学校卒業生及び中等教育学校前期課程修了者)}}$
- 3 短期大学・専門学校の進学率は，(注)2 計算式の入学者部分にそれぞれの入学者を当てはめて算出。
高等専門学校4年進学率は，同部分に4年生の学生数を当てはめて算出。
- 4 □で囲んだ年度は，最高値である。

出典：文部科学省「令和2年度学校基本調査 結果の概要」より抜粋

https://www.mext.go.jp/content/20200825mxt_chousa01-1419591_8.pdf

**山形県の高等学校卒業者の大学への進学率
(11年間の推移)**

	卒業者数	大学(学部)			
		入学 志願者数	入学 志願者率	進学者数	進学率
令和2年3月	9,791	4,261	43.5%	3,912	40.0%
平成31年3月	9,849	4,118	41.8%	3,736	37.9%
平成30年3月	9,943	4,287	43.1%	3,865	38.9%
平成29年3月	10,073	4,377	43.5%	3,876	38.5%
平成28年3月	10,204	4,286	42.0%	3,864	37.9%
平成27年3月	10,632	4,461	42.0%	4,069	38.3%
平成26年3月	10,553	4,422	41.9%	4,041	38.3%
平成25年3月	11,176	4,734	42.4%	4,232	37.9%
平成24年3月	10,901	4,745	43.5%	4,303	39.5%
平成23年3月	11,254	4,853	43.1%	4,402	39.1%
平成22年3月	11,728	4,980	42.5%	4,472	38.1%

* 令和2年度学校基本調査 表285・表287 * 令和元年度学校基本調査 表285・表287
 * 平成30年度学校基本調査 表285・表287 * 平成29年度学校基本調査 表285・表287
 * 平成28年度学校基本調査 表276・表278 * 平成27年度学校基本調査 表248・表250
 * 平成26年度学校基本調査 表230・表232 * 平成25年度学校基本調査 表230・表232
 * 平成24年度学校基本調査 表230・表232 * 平成23年度学校基本調査 表229・表231
 に基づく

出典：文部科学省学校基本調査より実数を抜粋して作成

資料 9

山形県の高等学校卒業後の状況

進路状況及び県外転出状況（8年間の推移）

	区分	卒業者 (総数)	進路				
			大学等 進学者	専修学校 (専門課程) 進学者	専修学校 (一般課程) 等進学者	公共職業 能力開発 施設等 進学者	就職者 その他
進路の内訳 (人数)	令和2年3月	9,791	4,515	1,872	285	177	2,942
	平成31年3月	9,849	4,390	1,823	347	191	3,098
	平成30年3月	9,943	4,501	1,729	359	191	3,163
	平成29年3月	10,073	4,566	1,859	390	208	3,050
	平成28年3月	10,204	4,577	1,909	362	164	3,192
	平成27年3月	10,632	4,794	1,952	377	192	3,317
	平成26年3月	10,553	4,715	1,998	346	186	3,308
	平成25年3月	11,176	4,957	2,144	384	224	3,467
(全体に対する 各進路の割合)	令和2年3月	—	46.1%	19.1%	2.9%	1.8%	30.0%
	平成31年3月	—	44.6%	18.5%	3.5%	1.9%	31.5%
	平成30年3月	—	45.3%	17.4%	3.6%	1.9%	31.8%
	平成29年3月	—	45.3%	18.5%	3.9%	2.1%	30.3%
	平成28年3月	—	44.9%	18.7%	3.5%	1.6%	31.3%
	平成27年3月	—	45.1%	18.4%	3.5%	1.8%	31.2%
	平成26年3月	—	44.7%	18.9%	3.3%	1.8%	31.3%
	平成25年3月	—	44.4%	19.2%	3.4%	2.0%	31.0%
各進路のうち 県外転出者 (人数)	令和2年3月	5,411	3,254	1,207	237	6	707
	平成31年3月	5,123	3,038	1,144	289	9	643
	平成30年3月	5,324	3,227	1,078	297	21	701
	平成29年3月	5,380	3,301	1,114	315	12	638
	平成28年3月	5,653	3,291	1,348	319	11	684
	平成27年3月	5,822	3,492	1,325	296	21	688
	平成26年3月	5,808	3,441	1,348	288	19	712
	平成25年3月	6,206	3,637	1,523	300	36	710
(各進路における 県外の割合)	令和2年3月	—	72.1%	64.5%	83.2%	3.4%	24.0%
	平成31年3月	—	69.2%	62.8%	83.3%	4.7%	20.8%
	平成30年3月	—	71.7%	62.3%	82.7%	11.0%	22.2%
	平成29年3月	—	72.3%	59.9%	80.8%	5.8%	20.9%
	平成28年3月	—	71.9%	70.6%	88.1%	6.7%	21.4%
	平成27年3月	—	72.8%	67.9%	78.5%	10.9%	20.7%
	平成26年3月	—	73.0%	67.5%	83.2%	10.2%	21.5%
	平成25年3月	—	73.4%	71.0%	78.1%	16.1%	20.5%

* 令和2年度「学校基本調査 卒業後の状況調査 山形県結果」第3表

* 令和元年度「学校基本調査結果報告書」(山形県)第83表

* 平成30年度「学校基本調査結果報告書」(山形県)第83表

* 平成29年度「学校基本調査結果報告書」(山形県)第83表

* 平成28年度「学校基本調査結果報告書」(山形県)第82表

* 平成27年度「学校基本調査結果報告書」(山形県)第79表

(に基づく (平成25年3月と平成26年3月の情報は平成27年度報告書に記載のもの)

出典：文部科学省学校基本調査より実数を抜粋して作成

資料 10

山形県所在高校出身者の進学先における大学所在地県別入学者数
(山形県からの人口流出状況)

山形県所在高校出身者の大学(学部)所在地県別入学者数：入学者数上位15都道県

	入学者数	1位	2位	3位	4位	5位	6位	7位	8位
令和2年	4,275人	山形 905人	宮城 862人	東京 627人	新潟 301人	神奈川 275人	千葉 236人	埼玉 185人	福島 155人
令和元年	4,099人	山形 929人	宮城 841人	東京 543人	新潟 308人	神奈川 226人	千葉 210人	埼玉 194人	福島 129人
平成30年	4,224人	山形 900人	宮城 787人	東京 629人	神奈川 323人	新潟 305人	千葉 220人	埼玉 193人	福島 129人
平成29年	4,240人	山形 888人	宮城 855人	東京 634人	神奈川 304人	新潟 292人	埼玉 203人	千葉 197人	福島 157人
平成28年	4,242人	山形 856人	宮城 831人	東京 661人	神奈川 324人	新潟 252人	埼玉 212人	千葉 208人	福島 172人
平成27年	4,427人	宮城 863人	山形 858人	東京 710人	神奈川 305人	新潟 300人	千葉 241人	埼玉 239人	福島 174人
平成26年	4,456人	山形 844人	宮城 844人	東京 728人	神奈川 318人	新潟 279人	埼玉 274人	千葉 237人	福島 163人
平成25年	4,628人	山形 875人	宮城 857人	東京 737人	神奈川 365人	埼玉 279人	新潟 276人	千葉 218人	福島 202人
平成24年	4,724人	宮城 898人	山形 872人	東京 748人	神奈川 357人	新潟 309人	埼玉 270人	千葉 270人	福島 134人
平成23年	4,857人	宮城 928人	山形 926人	東京 790人	神奈川 373人	新潟 278人	千葉 270人	埼玉 260人	福島 194人
平成22年	4,892人	宮城 941人	山形 937人	東京 844人	神奈川 381人	埼玉 316人	新潟 269人	千葉 241人	福島 192人

	9位	10位	11位	12位	13位	14位	15位
令和2年	北海道 87人	岩手 86人	栃木 84人	茨城 65人	秋田 61人	青森 59人	群馬 53人
令和元年	北海道 92人	秋田 76人	群馬 76人	栃木 69人	岩手 68人	青森 63人	茨城 58人
平成30年	栃木 96人	北海道 93人	秋田 80人	群馬 74人	岩手 63人	茨城 54人	青森 44人
平成29年	栃木 80人	秋田 74人	北海道 73人	群馬 69人	岩手 63人	茨城 57人	青森 44人
平成28年	栃木 89人	群馬 79人	北海道 78人	岩手 72人	秋田 63人	茨城 60人	青森 53人
平成27年	北海道 94人	栃木 90人	岩手 72人	群馬 72人	茨城 61人	青森 59人	秋田 58人
平成26年	北海道 95人	栃木 92人	群馬 76人	秋田 71人	岩手 70人	茨城 66人	青森 53人
平成25年	栃木 106人	北海道 96人	群馬 84人	青森 72人	秋田 71人	茨城 71人	岩手 63人
平成24年	北海道 117人	群馬 101人	栃木 91人	岩手 79人	秋田 71人	茨城 71人	青森 66人
平成23年	北海道 96人	栃木 95人	群馬 88人	岩手 81人	茨城 68人	秋田 64人	青森 62人
平成22年	北海道 115人	群馬 93人	茨城 83人	栃木 75人	岩手 74人	秋田 59人	青森 41人

(文部科学省「学校基本調査 確定値」に基づき、学校法人 赤門学院にて作表)

資料 11

山形県に所在の大学(学部)への入学者の出身高校所在地県別入学者数
(山形県への人口流入状況)

山形県に所在の大学(学部)入学者の出身高校所在地県別入学者数：入学者数上位18都道県

	入学者数	1位	2位	3位	4位	5位	6位	7位	8位	9位
令和2年	2,808人	山形 905人	宮城 567人	福島 183人	岩手 144人	栃木 119人	新潟 115人	秋田 85人	北海道 80人	茨城 73人
令和元年	2,875人	山形 929人	宮城 548人	福島 209人	岩手 123人	新潟 122人	栃木 109人	秋田 100人	青森 95人	茨城 79人
平成30年	2,837人	山形 900人	宮城 551人	福島 238人	岩手 129人	新潟 116人	栃木 101人	青森 99人	秋田 99人	茨城 78人
平成29年	2,794人	山形 888人	宮城 594人	福島 192人	岩手 120人	栃木 111人	秋田 104人	新潟 101人	青森 84人	静岡 74人
平成28年	2,824人	山形 856人	宮城 557人	福島 195人	岩手 131人	秋田 112人	新潟 107人	栃木 101人	北海道 93人	青森 89人
平成27年	2,727人	山形 858人	宮城 548人	福島 188人	新潟 128人	岩手 123人	青森 99人	栃木 98人	秋田 91人	静岡 78人
平成26年	2,697人	山形 844人	宮城 555人	福島 186人	岩手 137人	新潟 115人	栃木 105人	秋田 98人	青森 82人	北海道 80人
平成25年	2,670人	山形 875人	宮城 583人	福島 189人	岩手 140人	新潟 107人	栃木 107人	秋田 93人	青森 89人	北海道 69人
平成24年	2,662人	山形 872人	宮城 549人	福島 201人	岩手 135人	新潟 117人	栃木 102人	秋田 96人	青森 88人	北海道 68人
平成23年	2,677人	山形 926人	宮城 515人	福島 221人	秋田 112人	栃木 107人	新潟 97人	岩手 94人	青森 92人	北海道 83人
平成22年	2,670人	山形 937人	宮城 491人	福島 203人	岩手 111人	栃木 107人	秋田 106人	新潟 94人	青森 87人	北海道 74人

	10位	11位	12位	13位	14位	15位	16位	17位	18位
令和2年	青森 70人	東京 55人	静岡 55人	愛知 54人	長野 44人	埼玉 38人	群馬 31人	神奈川 31人	千葉 23人
令和元年	北海道 76人	東京 57人	静岡 57人	群馬 44人	愛知 42人	埼玉 40人	長野 37人	千葉 32人	神奈川 23人
平成30年	北海道 75人	静岡 72人	埼玉 53人	東京 47人	愛知 41人	長野 38人	群馬 31人	千葉 27人	神奈川 22人
平成29年	茨城 70人	東京 66人	北海道 60人	千葉 41人	長野 37人	群馬 35人	埼玉 34人	愛知 33人	神奈川 26人
平成28年	静岡 72人	茨城 72人	東京 65人	愛知 55人	長野 53人	埼玉 46人	千葉 39人	群馬 30人	神奈川 26人
平成27年	北海道 71人	茨城 60人	東京 52人	愛知 44人	群馬 42人	埼玉 39人	千葉 36人	長野 32人	神奈川 25人
平成26年	茨城 77人	静岡 58人	東京 41人	埼玉 41人	群馬 40人	長野 39人	愛知 36人	千葉 32人	神奈川 27人
平成25年	茨城 64人	静岡 61人	群馬 46人	千葉 44人	東京 31人	埼玉 27人	愛知 24人	長野 18人	神奈川 13人
平成24年	茨城 55人	東京 48人	千葉 39人	静岡 38人	埼玉 35人	愛知 34人	群馬 32人	長野 22人	神奈川 22人
平成23年	茨城 65人	静岡 40人	東京 40人	群馬 40人	愛知 33人	埼玉 31人	千葉 31人	長野 24人	神奈川 19人
平成22年	茨城 55人	長野 42人	埼玉 41人	静岡 40人	東京 34人	千葉 34人	群馬 32人	愛知 32人	神奈川 29人

*占有率(過去11年の平均値)：山形県 32%；東北6県合計 71%；上記18都道県合計 95% (それぞれ11年間ほぼ一定)

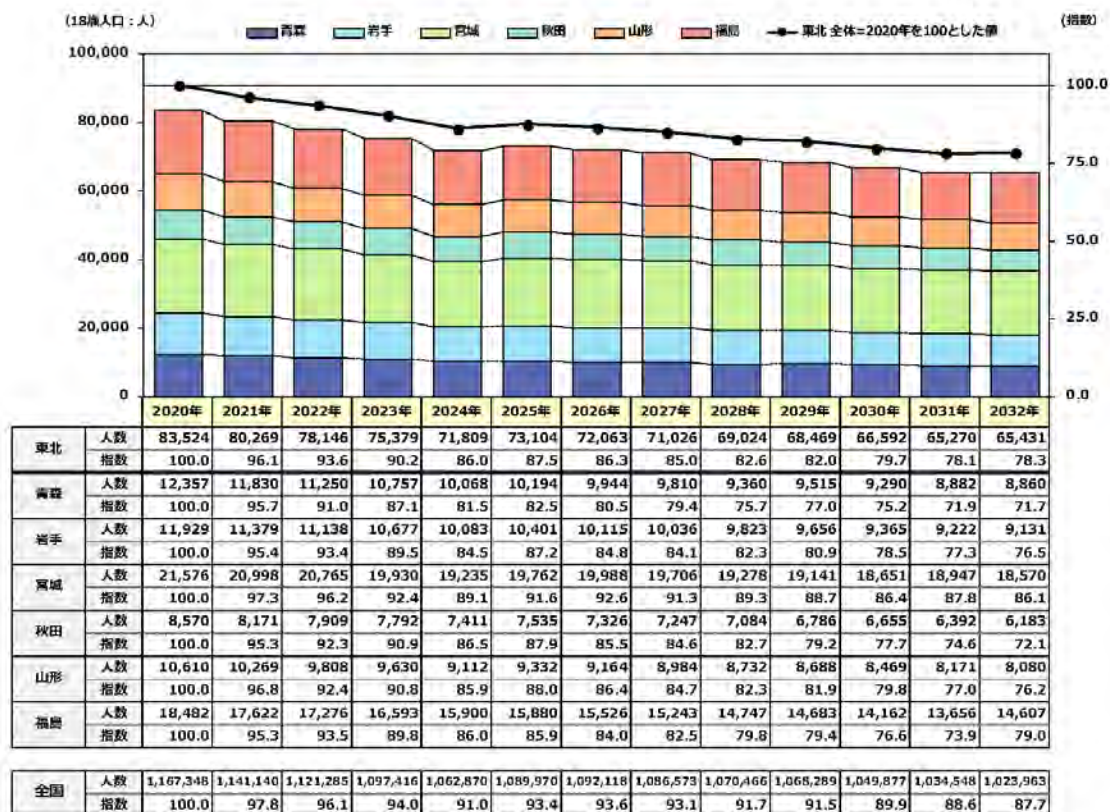
(文部科学省「学校基本調査 確定値」に基づき、学校法人 赤門学院にて作表)

リクルート進学総研「18歳人口・進学率・残留率の推移 都道府県別 2020年」

18歳人口予測（全体：東北：2020～2032年）

■ 2020年83,524人→2032年65,431人（18,093人減少）

- ・東北エリアは12年間で18,093人・21.7%減少し、全国の減少率12.3%を9.4ポイント上回る。
- ・2024年に71,809人まで減少した翌年に1,295人増加するが、その後再び減少に転じ2032年までに7,673人減少し、13年で最も少なくなる。
- ・減少率が高いのは、青森県（2020年比較28.3%減少）。
- ・減少数が多いのは、福島県（2020年18,482人→2032年14,607人、3,875人減少）。



※データ元：文部科学省「学校基本調査」

大学への進学者数の将来推計について

過去の進学率の伸び率を参考に、将来の進学率及び進学者数を推計。進学率については、都道府県別、男女別に推計。

推計の考え方

2014年度～2017年度における都道府県別、男女別の大学進学率の伸び率によって、今後2040年度まで大学進学率が上昇したと仮定して推計

- 男性の進学率が2017年度と比較して5 p t 以上上回った場合、+5 p t を上限として以降据え置き [12 県]
- 女性の進学率が男性の進学率を上回った場合、以降を男性の進学率と同値と仮定 [25 県]
- 進学率伸び率がマイナスの場合、2017年度の大学進学率が今後維持されると仮定 [26 県]

<進学率及び進学者数の推計>

	進学率 (男女計)			進学者数 (男女計)	
		男子	女子		増減
2017年	52.6%	55.9%	49.1%	629,733人	
2033年	56.7%	57.8%	55.5%	569,789人	▲59,944人
2040年	57.4%	58.4%	56.3%	506,005人	▲123,728人

推計の考え方

■大学進学者数推計

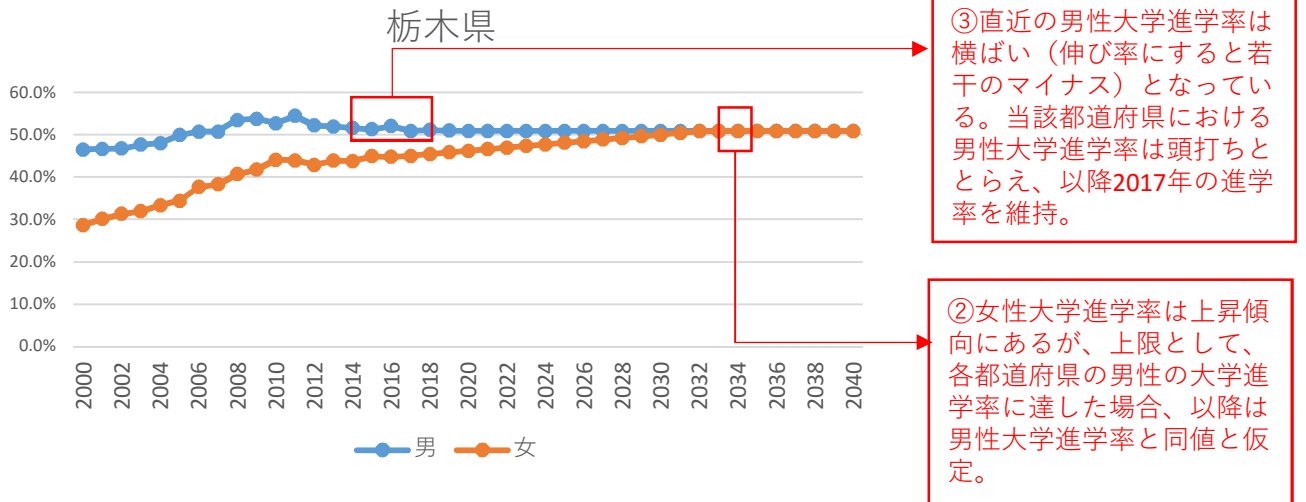
2040年度までの推計大学進学率 × 推計18歳人口

■進学率推計

2014年度～2017年度における都道府県別、男女別の大学進学率の伸び率によって今後2040年まで大学進学率が上昇したと仮定して推計。

※例外

- ①男性の進学率が2017年度と比較して5pt以上上回った場合、+5ptを上限として以降据置き。
- ②女性の進学率が男性の進学率を上回った場合、以降を男性の進学率と同値と仮定。
- ③進学率伸び率がマイナスの場合、2017年度の大学進学率が今後維持されると仮定。



■18歳人口推計 (2018～2040年)

①2018～2029年・・・文部科学省「学校基本統計」を元に推計

- 2018年：2015年度 中学校卒業生数及び中等教育学校前期課程修了者数
- 2019年：2016年度 中学校卒業生数及び中等教育学校前期課程修了者数
- 2020年：2017年度 中学校及び義務教育学校卒業生数並びに中等教育学校前期課程修了者数
- 2021年：2017年度 中学校及び中等教育学校前期課程の3年生並びに義務教育学校の9学年の数
- 2022年：2017年度 中学校及び中等教育学校前期課程の2年生並びに義務教育学校の8学年の数
- 2023年：2017年度 中学校及び中等教育学校前期課程の1年生並びに義務教育学校の7学年の数
- 2024年：2017年度 小学校及び義務教育学校の6年生の数
- 2025年：2017年度 小学校及び義務教育学校の5年生の数
- 2026年：2017年度 小学校及び義務教育学校の4年生の数
- 2027年：2017年度 小学校及び義務教育学校の3年生の数
- 2028年：2017年度 小学校及び義務教育学校の2年生の数
- 2029年：2017年度 小学校及び義務教育学校の1年生の数

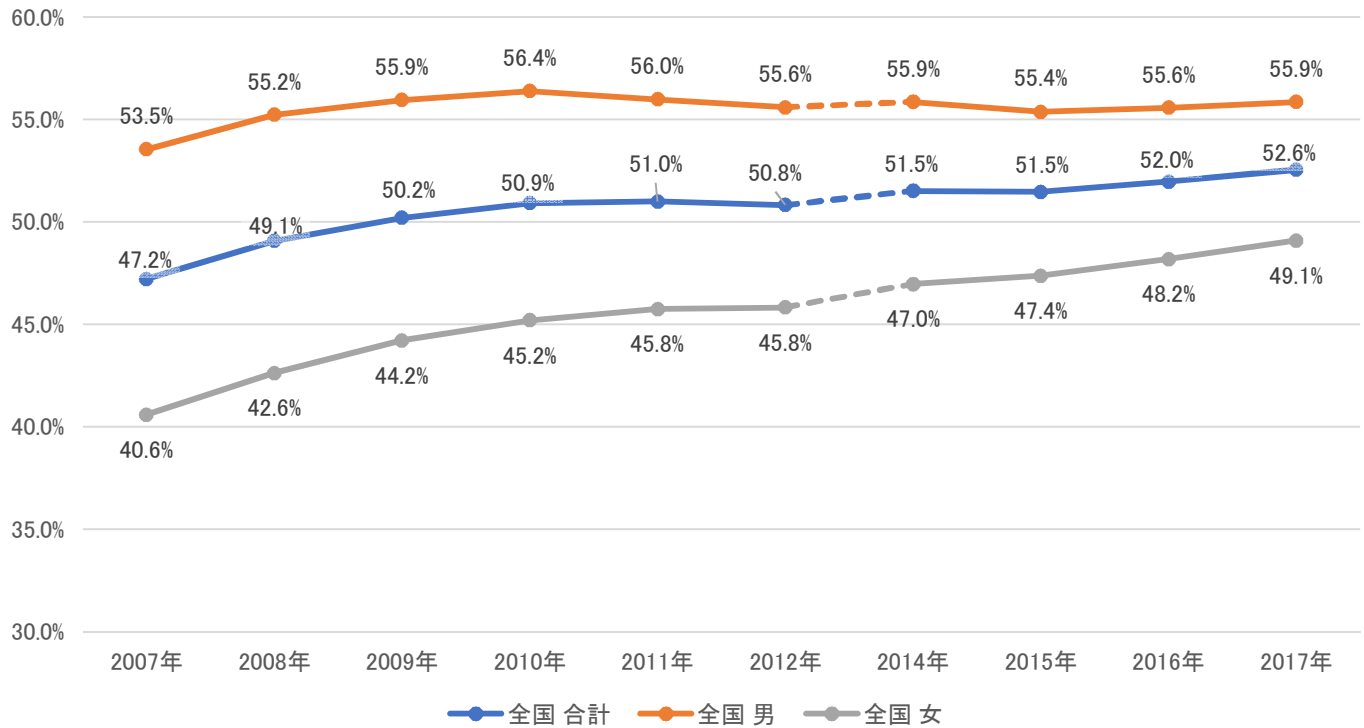
②2030～2034年・・・厚生労働省「人口動態統計」の出生数に生存率を乗じて推計

- 2030年：2011年度に生まれた者の数に生存率を乗じた数
- 2031年：2012年度に生まれた者の数に生存率を乗じた数
- 2032年：2013年度に生まれた者の数に生存率を乗じた数
- 2033年：2014年度に生まれた者の数に生存率を乗じた数
- 2034年：2015年度に生まれた者の数に生存率を乗じた数

③2035～2040年・・・国立社会保障・人口問題研究所による日本の将来推計人口 (2034年の都道府県比率で案分)

直近の大学進学率の推移（男女別）

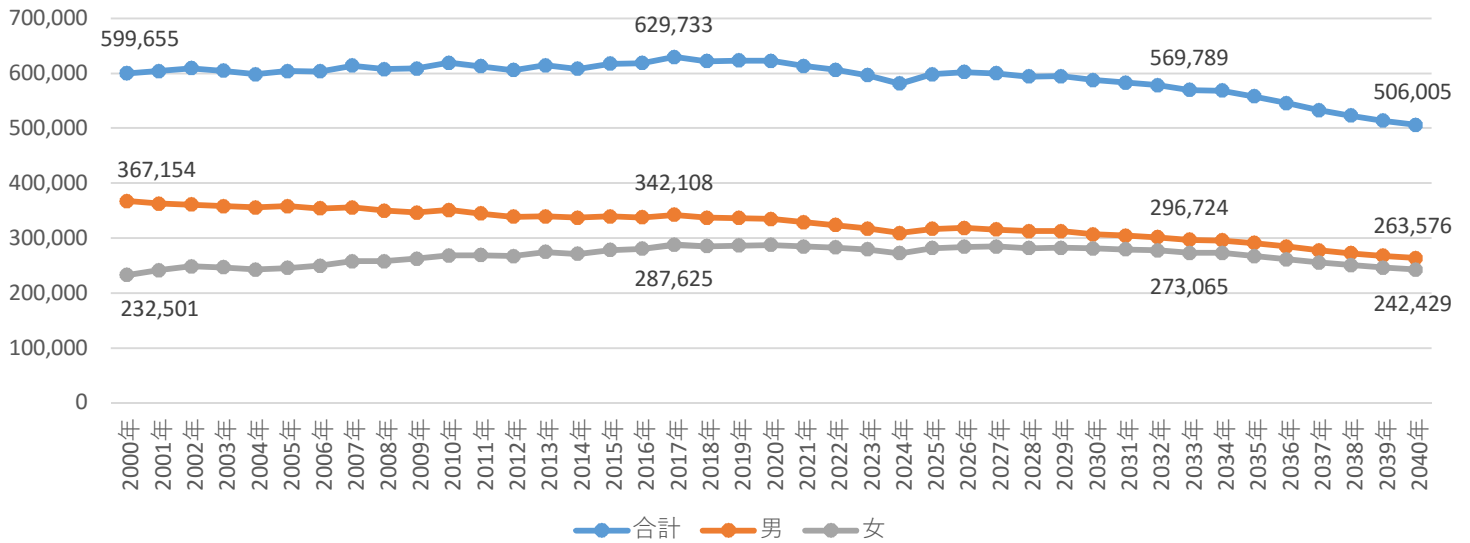
大学進学率推移(男女別)



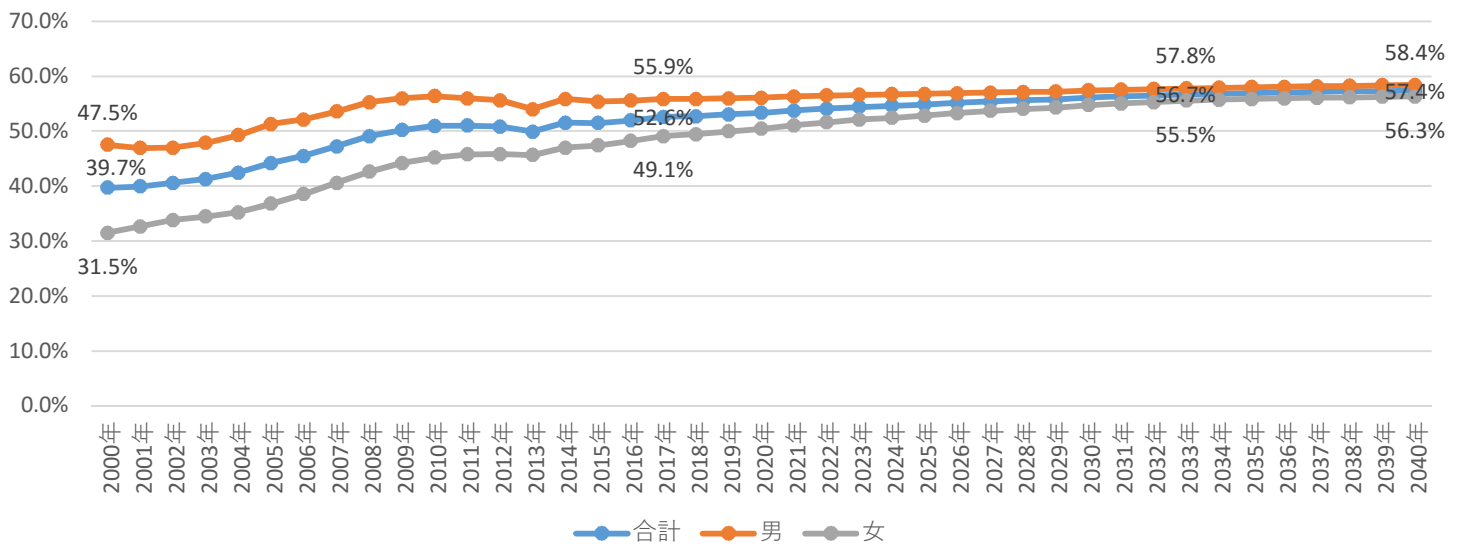
2000年度～2040年度の進学者数・進学率・18歳人口

※2018年度以降は推計値

■進学者数



■進学率



■18歳人口

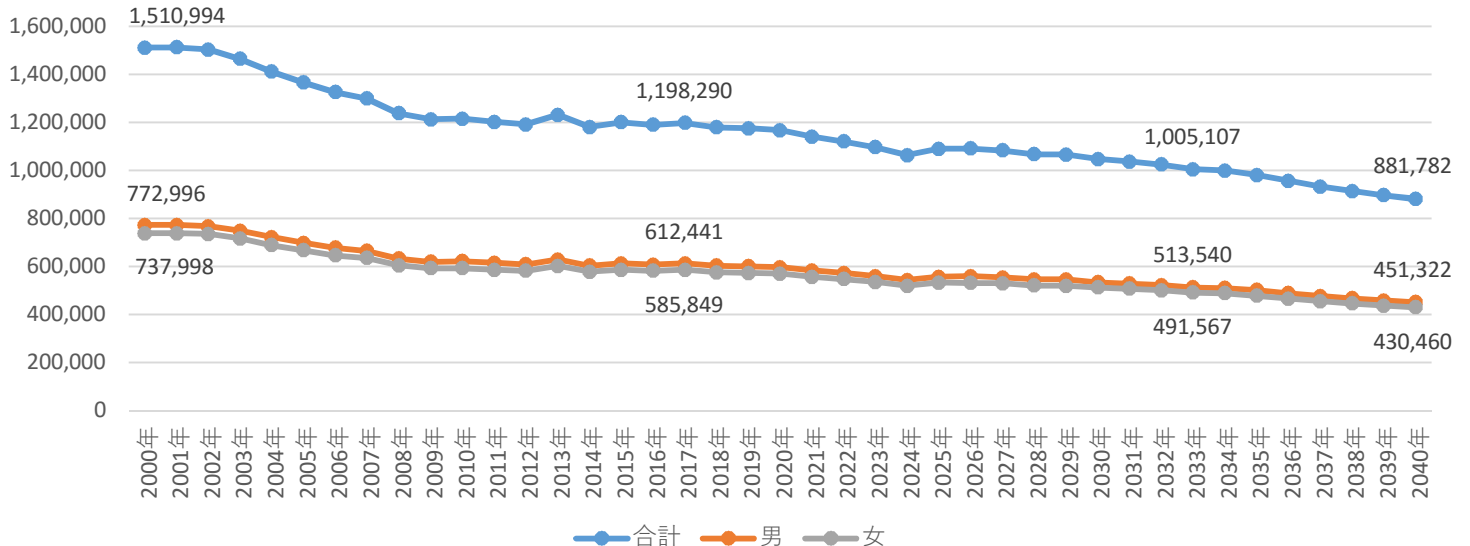


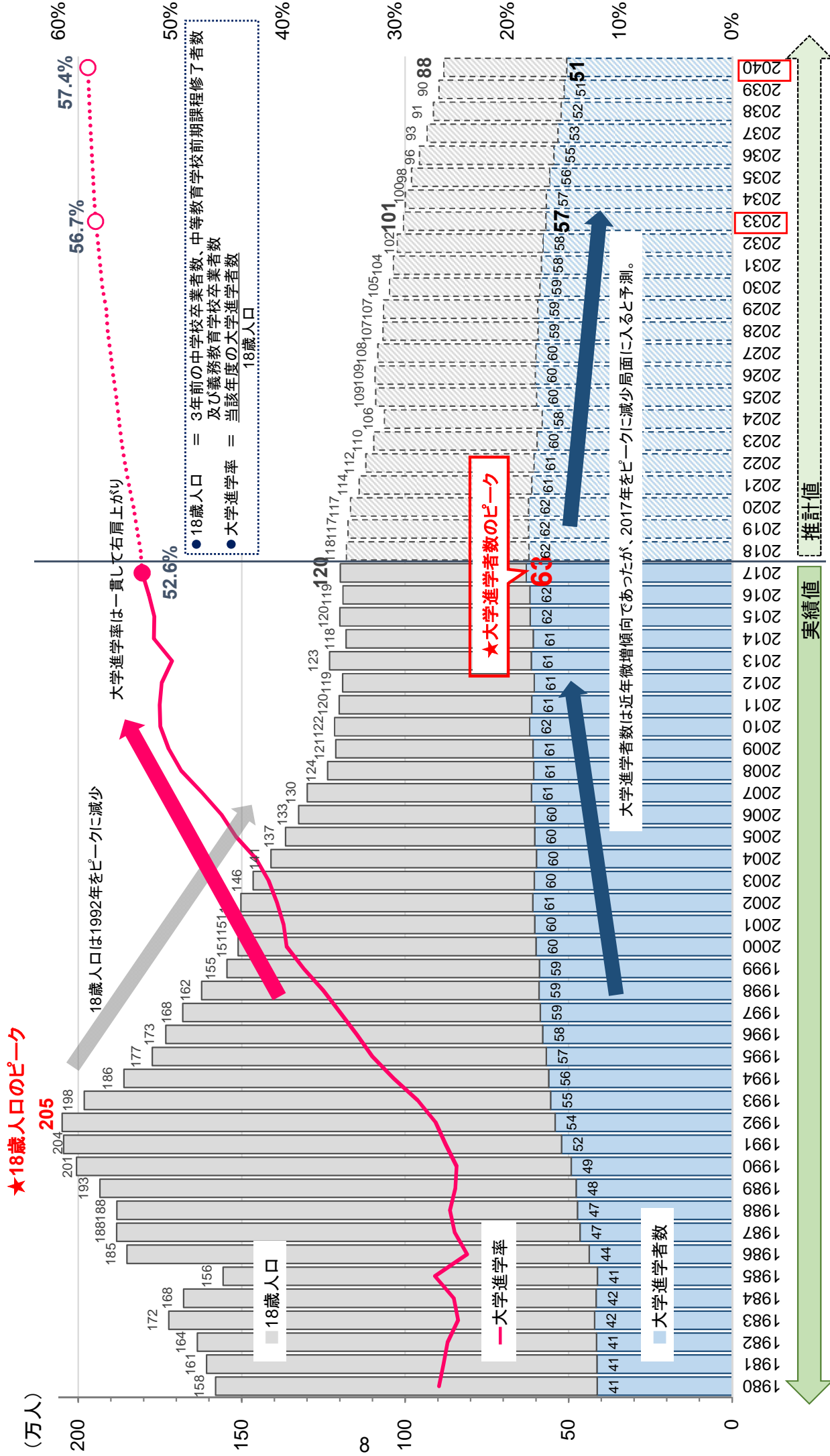
Table with columns for year (2010-2040) and rows for prefectures (全国, 北海道, 青森, 岩手, 宮城, 秋田, 山形, 福島, 茨城, 栃木, 群馬, 埼玉, 千葉, 東京, 神奈川, 新潟, 富山, 石川). Each cell contains a percentage value representing the university enrollment rate.

■ 都道府県別男女別大学進学率 (実績・推計値)

Table showing university enrollment rates by prefecture (徳島, 香川, 愛媛, 高知, 福岡, 佐賀, 長崎, 熊本, 大分, 宮崎, 鹿児島, 沖縄), gender (male/female), and year (2010-2040). Includes sub-headers for '進学率の伸び率を採用' and '推計値'.

大学進学者数等の将来推計について

- 18歳人口が減少し続ける中でも、大学進学者数は一貫して上昇し、大学進学者数も増加傾向にあったが、2018年以降は18歳人口の減少に伴い、大学進学者数が上昇しても大学進学者数は減少局面に突入すると予測される。



【出典】○18歳人口：①1980年～2017年…文部科学省「学校基本統計」、②2018年～2029年…文部科学省「学校基本統計」を元に推計、③2030～2034年…厚生労働省「人口動態統計」の出生数に生存率を乗じて推計、④2035～2040年については国立社会保険・人口問題研究所「日本の将来推計人口(平成29年推計)(出生中位・死亡中位)」を元に作成(2034年の都道府県比率で案分)
●大学進学者数及び大学進学率：①1980～2017年…文部科学省「学校基本統計」、②2018年～2040年…文部科学省による推計

高等教育に関する基礎データ(2017年基準+2040年推計)①

	北海道	青森	岩手	宮城	秋田	山形	福島	茨城	栃木	群馬	埼玉	千葉
18歳人口【2017】	47,624	13,256	12,530	22,026	9,303	10,850	19,782	28,661	18,920	19,530	65,774	55,647
高校等卒業者数【2017】	42,484	12,094	11,558	19,806	8,524	10,073	17,607	25,284	17,493	17,056	57,262	49,330
大学進学者数【2017】	20,912	5,056	4,735	10,132	3,592	4,240	7,785	14,793	9,085	9,139	34,585	29,574
大学進学率【2017】	43.9%	38.1%	37.8%	46.0%	38.6%	39.1%	39.4%	51.6%	48.0%	46.8%	52.6%	53.1%
(国公私別)【2017】	9.8% 2.6% 31.5%	10.4% 4.3% 23.4%	10.4% 5.1% 22.3%	8.5% 2.4% 35.1%	12.6% 4.1% 21.9%	10.6% 2.8% 25.7%	7.5% 2.4% 29.5%	8.1% 1.8% 41.7%	8.1% 1.8% 38.1%	7.6% 3.7% 35.5%	3.8% 0.8% 48.0%	4.3% 0.5% 48.3%
短大進学率【2017】	5.3%	5.6%	4.5%	3.8%	6.5%	5.9%	5.4%	3.3%	4.6%	4.9%	4.1%	3.5%
専門学校進学率(現役)【2017】	21.9%	15.1%	17.4%	15.7%	17.0%	18.5%	18.8%	17.9%	17.3%	18.4%	16.7%	17.8%
大学数【2017】	38	10	6	14	7	6	8	9	9	13	28	27
(国公私別)【2017】	7 5 26	1 2 7	1 1 4	2 1 11	1 3 3	1 2 3	1 2 5	3 1 5	1 0 8	1 4 8	1 1 26	1 1 25
入学定員【2017】	18,917	3,472	2,826	11,374	2,090	2,624	3,389	6,948	4,703	6,381	29,340	26,060
入学定員(国公私別)【2017】	5,617 1,095 12,205	1,322 510 1,640	1,030 440 1,356	2,741 415 8,218	955 665 470	1,675 143 806	945 454 1,990	3,737 170 3,041	910 0 3,793	1,098 1,482 3,801	1,535 395 27,410	2,598 180 23,282
大学入学者数【2017】	19,053	3,421	2,625	11,845	2,059	2,794	3,351	7,261	4,597	6,720	30,804	26,505
(国公私別)【2017】	5,846 1,157 12,050	1,352 548 1,521	1,091 463 1,071	2,825 438 8,582	1,000 666 393	1,731 151 912	993 461 1,897	3,901 170 3,190	951 0 3,646	1,141 1,696 3,883	1,594 405 28,805	2,701 183 23,621
県外から流入【2017】	5,000	1,473	1,266	5,957	1,195	1,906	1,774	4,298	2,543	4,086	20,387	16,772
県内から流出【2017】	6,859	3,108	3,376	4,244	2,728	3,352	6,208	11,830	7,031	6,505	24,168	19,841
流出入差(流入-流出)【2017】	-1,859	-1,635	-2,110	1,713	-1,533	-1,446	-4,434	-7,532	-4,488	-2,419	-3,781	-3,069
自県進学率【2017】	67.2%	38.5%	28.7%	58.1%	24.1%	20.9%	20.3%	20.0%	22.6%	28.8%	30.1%	32.9%
18歳人口推計【2040】	31,499	7,499	7,607	15,601	5,135	6,755	11,794	19,251	13,491	12,581	47,985	41,481
大学進学者数推計【2040】	17,121	3,397	3,340	7,409	2,098	2,639	5,598	10,305	6,868	6,172	28,770	23,873
大学進学率推計【2040】	54.4%	45.3%	43.9%	47.5%	40.9%	39.1%	47.5%	53.5%	50.9%	49.1%	60.0%	57.6%
大学入学者数推計【2040】	15,389	2,408	1,866	8,533	1,391	1,947	2,422	5,507	3,432	4,951	25,630	21,767
(国公私別)【2040】(※注)	4,722 935 9,733	952 386 1,071	775 329 761	2,035 316 6,182	675 450 265	1,206 105 636	718 333 1,371	2,959 129 2,420	710 0 2,722	841 1,250 2,861	1,326 337 23,966	2,218 150 19,398
入学定員充足率推計【2040】	81.4%	69.4%	66.0%	75.0%	66.5%	74.2%	71.5%	79.3%	73.0%	77.6%	87.4%	83.5%
(国公私別)【2040】(※注)	84.1% 85.3% 79.7%	72.0% 75.6% 65.3%	75.3% 74.8% 56.1%	74.2% 76.0% 75.2%	70.7% 67.6% 56.5%	72.0% 73.6% 78.9%	75.9% 73.4% 68.9%	79.2% 75.8% 79.6%	78.0%	71.8% 76.6% 84.3%	75.3% 86.4% 85.3%	87.4% 85.4% 83.5%

(※注)2017年の国公私の割合(実績値)のまま機械的に試算したもの。

高等教育に関する基礎データ(2017年基準+2040年推計)②

	東京	神奈川	新潟	富山	石川	福井	山梨	長野	岐阜	静岡	愛知	三重
18歳人口【2017】	105,971	80,472	22,252	10,063	11,393	8,156	8,325	21,297	20,795	35,989	74,550	18,382
高校等卒業者数【2017】	102,326	66,400	19,427	9,115	10,550	7,564	8,229	18,898	18,379	32,825	65,204	16,212
大学進学者数【2017】	77,103	43,758	9,169	4,559	5,658	4,092	5,041	8,980	9,725	17,323	38,905	8,299
大学進学率【2017】	72.8%	54.4%	41.2%	45.3%	49.7%	50.2%	60.6%	42.2%	46.8%	48.1%	52.2%	45.1%
(国公私別)【2017】	6.2% 0.9% 65.7%	3.4% 1.1% 49.9%	8.6% 3.0% 29.7%	14.9% 4.1% 26.3%	13.8% 3.6% 32.3%	13.1% 5.6% 31.4%	8.9% 5.0% 46.7%	8.2% 3.3% 30.7%	9.1% 2.8% 34.9%	7.8% 3.5% 36.8%	9.1% 2.8% 40.3%	8.6% 2.3% 34.2%
短大進学率【2017】	2.5%	3.5%	4.3%	6.7%	6.9%	5.3%	5.6%	8.7%	6.9%	4.1%	3.8%	4.9%
専門学校進学率(現役)【2017】	11.7%	15.7%	26.0%	17.0%	13.5%	14.8%	17.5%	20.8%	13.2%	17.2%	12.6%	15.0%
大学数【2017】	138	32	18	5	12	6	7	9	12	12	51	7
(国公私別)【2017】	12 2 124	2 2 28	3 3 12	1 1 3	2 3 7	1 2 3	1 2 4	1 2 6	1 3 8	2 2 8	4 4 43	1 1 5
入学定員【2017】	142,722	45,971	5,907	2,450	5,901	2,275	3,835	3,428	4,820	8,001	40,877	3,110
入学定員(国公私別)【2017】	9,740 1,570 131,412	1,662 1,070 43,239	2,482 585 2,840	1,800 330 320	1,726 350 3,825	855 425 995	825 990 2,020	1,978 380 1,070	1,240 200 3,380	2,145 890 4,966	3,982 1,708 35,187	1,310 100 1,700
大学入学者数【2017】	153,113	49,011	5,972	2,480	6,063	2,418	3,829	3,621	4,649	8,157	43,163	3,299
(国公私別)【2017】	10,180 1,641 141,292	1,713 1,188 46,110	2,588 620 2,764	1,853 356 271	1,779 376 3,908	875 476 1,067	854 1,148 1,827	2,074 448 1,099	1,271 212 3,166	2,193 988 4,976	4,177 1,787 37,199	1,370 100 1,829
県外から流入【2017】	102,137	31,242	2,711	1,547	3,534	1,135	2,622	2,173	2,730	3,255	15,170	1,595
県内から流出【2017】	26,127	25,989	5,908	3,626	3,129	2,809	3,834	7,532	7,806	12,421	10,912	6,595
流出入差(流入-流出)【2017】	76,010	5,253	-3,197	-2,079	405	-1,674	-1,212	-5,359	-5,076	-9,166	4,258	-5,000
自県進学率【2017】	66.1%	40.6%	35.6%	20.5%	44.7%	31.4%	23.9%	16.1%	19.7%	28.3%	72.0%	20.5%
18歳人口推計【2040】	106,569	61,879	14,216	6,610	7,819	5,414	5,195	13,687	13,839	24,828	57,157	12,497
大学進学者数推計【2040】	77,539	34,848	5,863	3,157	4,179	3,255	3,721	5,770	6,949	12,762	31,099	5,804
大学進学率推計【2040】	72.8%	56.3%	41.2%	47.8%	53.4%	60.1%	71.6%	42.2%	50.2%	51.4%	54.4%	46.4%
大学入学者数推計【2040】	131,389	40,573	4,032	1,804	4,469	1,883	2,942	2,610	3,516	6,168	33,550	2,442
(国公私別)【2040】(※注)	8,736 1,408 121,246	1,418 983 38,171	1,747 419 1,866	1,348 259 197	1,311 277 2,881	681 371 831	656 882 1,404	1,495 323 792	961 160 2,395	1,658 747 3,762	3,247 1,389 28,914	1,014 74 1,354
入学定員充足率推計【2040】	92.1%	88.3%	68.3%	73.6%	75.7%	82.8%	76.7%	76.2%	73.0%	77.1%	82.1%	78.5%
(国公私別)【2040】(※注)	89.7% 89.7% 92.3%	85.3% 91.9% 88.3%	70.4% 71.6% 65.7%	74.9% 78.5% 61.6%	76.0% 79.2% 75.3%	79.7% 87.2% 83.5%	79.5% 89.1% 69.5%	75.6% 85.0% 74.0%	77.5% 80.2% 70.8%	77.3% 83.9% 75.8%	81.5% 81.3% 82.2%	77.4% 74.0% 79.6%

(※注)2017年の国公私の割合(実績値)のまま機械的に試算したもの。

高等教育に関する基礎データ(2017年基準+2040年推計)③

	滋賀	京都	大阪	兵庫	奈良	和歌山	鳥取	島根	岡山	広島	山口	徳島
18歳人口【2017】	14,537	24,543	85,687	54,774	14,072	9,998	5,427	6,517	19,189	27,297	13,098	7,159
高校等卒業者数【2017】	12,884	23,480	75,858	47,201	12,061	8,986	4,881	6,045	17,762	23,780	11,321	6,443
大学進学者数【2017】	7,182	15,884	47,347	30,147	8,016	4,324	2,115	2,650	9,183	14,995	5,069	3,318
大学進学率【2017】	49.4%	64.7%	55.3%	55.0%	57.0%	43.2%	39.0%	40.7%	47.9%	54.9%	38.7%	46.3%
(国公私別)【2017】	7.1% 2.9% 39.4%	8.4% 3.9% 52.4%	5.4% 2.7% 47.2%	8.5% 3.8% 42.7%	9.6% 3.9% 43.4%	9.5% 4.0% 29.7%	13.3% 3.1% 22.6%	13.9% 4.3% 22.5%	12.7% 3.4% 31.8%	11.6% 5.1% 38.2%	9.9% 4.1% 24.7%	14.5% 2.7% 29.1%
短大進学率【2017】	5.7%	5.4%	5.5%	4.4%	5.4%	5.6%	7.3%	6.9%	4.1%	3.8%	5.0%	4.9%
専門学校進学率(現役)【2017】	16.9%	13.7%	15.0%	13.9%	14.1%	16.7%	19.3%	22.0%	17.1%	11.8%	16.5%	16.6%
大学数【2017】	8	34	55	37	11	3	3	2	17	20	10	4
(国公私別)【2017】	2 1 5	3 4 27	2 2 51	2 3 32	3 2 6	1 1 1	1 1 1	1 1 0	1 2 14	1 4 15	1 3 6	2 0 2
入学定員【2017】	7,098	32,736	51,582	26,955	4,813	1,605	1,496	1,457	9,670	13,531	4,226	2,983
入学定員(国公私別)【2017】	950 600 5,548	3,706 920 28,110	4,155 2,776 44,651	2,690 1,792 22,473	730 348 3,735	890 180 535	1,140 276 80	1,157 300 0	2,198 430 7,042	2,338 1,515 9,678	1,917 959 1,350	1,388 0 1,595
大学入学者数【2017】	7,498	33,783	54,891	28,060	4,993	1,640	1,591	1,516	9,330	13,547	4,290	2,769
(国公私別)【2017】	1,023 641 5,834	3,837 979 28,967	4,276 2,916 47,699	2,792 1,873 23,395	786 362 3,845	936 181 523	1,181 320 90	1,195 321 0	2,278 472 6,580	2,466 1,689 9,392	1,997 1,019 1,274	1,447 0 1,322
県外から流入【2017】	5,968	25,789	27,862	14,270	3,799	1,148	1,275	1,125	5,279	5,726	3,098	1,506
県内から流出【2017】	5,652	7,890	20,318	16,357	6,822	3,832	1,799	2,259	5,132	7,174	3,877	2,055
流出入差(流入-流出)【2017】	316	17,899	7,544	-2,087	-3,023	-2,684	-524	-1,134	147	-1,448	-779	-549
自県進学率【2017】	21.3%	50.3%	57.1%	45.7%	14.9%	11.4%	14.9%	14.8%	44.1%	52.2%	23.5%	38.1%
18歳人口推計【2040】	11,375	17,431	58,280	39,050	8,874	6,224	3,994	4,887	13,744	20,268	8,972	4,789
大学進学者数推計【2040】	6,233	12,868	34,683	22,294	5,452	2,914	1,821	2,127	7,436	11,564	3,623	2,216
大学進学率推計【2040】	54.8%	73.8%	59.5%	57.1%	61.4%	46.8%	45.6%	43.5%	54.1%	57.1%	40.4%	46.3%
大学入学者数推計【2040】	5,919	26,287	41,083	21,098	3,691	1,186	1,256	1,201	7,358	10,519	3,419	1,997
(国公私別)【2040】(※注)	808 506 4,606	2,986 762 22,540	3,200 2,182 35,700	2,099 1,408 17,590	581 268 2,842	677 131 378	932 253 71	946 254 0	1,796 372 5,189	1,915 1,312 7,293	1,592 812 1,015	1,044 0 953
入学定員充足率推計【2040】	83.4%	80.3%	79.6%	78.3%	76.7%	73.9%	84.0%	82.4%	76.1%	77.7%	80.9%	66.9%
(国公私別)【2040】(※注)	85.0% 84.3% 83.0%	80.6% 82.8% 80.2%	77.0% 78.6% 80.0%	78.0% 78.6% 78.3%	79.6% 76.9% 76.1%	76.1% 72.7% 70.7%	81.8% 91.5% 88.8%	81.8% 84.7%	81.7% 86.6% 73.7%	81.9% 86.6% 75.4%	83.0% 84.7% 75.2%	75.2% 59.8%

(※注)2017年の国公私の割合(実績値)のまま機械的に試算したもの。

高等教育に関する基礎データ(2017年基準+2040年推計)④

	香川	愛媛	高知	福岡	佐賀	長崎	熊本	大分	宮崎	鹿児島	沖縄	その他
18歳人口【2017】	9,652	13,586	6,626	48,031	9,058	14,269	17,635	10,921	11,299	16,389	16,978	
高校等卒業生数【2017】	8,662	11,480	6,081	42,435	8,106	12,977	15,622	10,102	10,329	14,765	14,607	
大学進学者数【2017】	4,733	6,373	2,685	23,157	3,566	5,471	7,453	4,029	4,267	6,184	6,304	19,041
大学進学率【2017】	49.0%	46.9%	40.5%	48.2%	39.4%	38.3%	42.3%	36.9%	37.8%	37.7%	37.1%	
(国公私別)【2017】	12.5% 3.0% 33.5%	13.9% 3.6% 29.5%	8.7% 5.7% 26.1%	10.0% 3.0% 35.2%	12.5% 2.4% 24.5%	13.1% 4.5% 20.8%	9.6% 3.8% 28.9%	12.5% 3.7% 20.7%	12.0% 3.9% 21.9%	12.1% 2.7% 22.9%	9.7% 3.0% 24.5%	
短大進学率【2017】	5.2%	5.7%	6.0%	5.1%	5.2%	4.6%	3.5%	7.9%	5.6%	7.8%	3.8%	
専門学校進学率(現役)【2017】	15.5%	18.5%	17.6%	16.2%	15.1%	17.2%	17.7%	20.5%	16.0%	20.1%	25.0%	※「その他」とは、「外国において、学校教育における12年の課程を修了した者」「専修学校高等課程の修了者」及び「高等学校卒業程度認定試験規則(平成17年文部科学省令第1号)により文部科学大臣が行う高等学校卒業程度認定試験に合格した者」等である。(学校教育法施行規則第150条)
大学数【2017】	4	5	3	35	2	8	9	5	7	6	8	
(国公私別)【2017】	1 1 2	1 1 3	1 2 0	3 4 28	1 0 1	1 1 6	1 1 7	1 1 3	1 2 4	2 0 4	1 3 4	
入学定員【2017】	2,184	3,630	1,935	24,675	1,741	4,021	5,902	3,520	2,510	3,700	3,912	
入学定員(国公私別)【2017】	1,239 90 855	1,770 100 1,760	1,075 860 0	4,111 1,970 18,594	1,291 0 450	1,641 690 1,690	1,672 480 3,750	1,070 80 2,370	1,035 300 1,175	2,075 0 1,625	1,547 640 1,725	
大学入学者数【2017】	2,077	3,789	2,045	26,320	1,772	3,921	5,851	3,097	2,329	3,570	4,244	
(国公私別)【2017】	1,279 90 708	1,866 100 1,823	1,131 914 0	4,234 2,083 20,003	1,339 0 433	1,687 747 1,487	1,737 525 3,589	1,105 83 1,909	1,064 310 955	2,164 0 1,406	1,589 676 1,979	
県外から流入【2017】	1,256	1,694	1,501	11,191	1,230	2,064	2,503	2,100	1,217	1,490	817	
県内から流出【2017】	3,912	4,278	2,141	8,028	3,024	3,614	4,105	3,032	3,155	4,104	2,877	
流出入差(流入-流出)【2017】	-2,656	-2,584	-640	3,163	-1,794	-1,550	-1,602	-932	-1,938	-2,614	-2,060	
自県進学率【2017】	17.3%	32.9%	20.3%	65.3%	15.2%	33.9%	44.9%	24.7%	26.1%	33.6%	54.4%	
18歳人口推計【2040】	6,712	8,981	4,366	39,997	6,371	9,514	13,828	8,020	8,133	12,605	14,974	
大学進学者数推計【2040】	3,330	4,901	2,049	21,390	2,978	3,907	6,743	3,013	3,414	6,010	5,778	16,724
大学進学率推計【2040】	49.6%	54.6%	46.9%	53.5%	46.7%	41.1%	48.8%	37.6%	42.0%	47.7%	38.6%	
大学入学者数推計【2040】	1,549	2,907	1,562	23,092	1,519	3,088	5,149	2,512	1,917	3,268	3,807	
(国公私別)【2040】(※注)	954 67 528	1,432 77 1,399	864 698 0	3,715 1,827 17,549	1,148 0 371	1,329 588 1,171	1,529 462 3,158	896 67 1,548	876 255 786	1,981 0 1,287	1,425 606 1,775	
入学定員充足率推計【2040】	70.9%	80.1%	80.7%	93.6%	87.3%	76.8%	87.2%	71.4%	76.4%	88.3%	97.3%	
(国公私別)【2040】(※注)	77.0% 74.6% 61.7%	80.9% 76.7% 79.5%	80.4% 81.2%	90.4% 92.8% 94.4%	88.9%	82.5% 81.0% 85.3%	69.3%	91.4% 96.3% 84.2%	83.8% 84.2% 65.3%	84.6% 85.0% 66.9%	95.5%	79.2% 92.1% 94.8%

(※注)2017年の国公私の割合(実績値)のまま機械的に試算したもの。

高等教育に関する基礎データ(2017年基準+2040年推計)について

《注》

- 本資料では、これまで基準としていた2016年を最新の2017年に更新するとともに、国立教育政策研究所による推計(2015年の大学進学率が一定のまま推移すると仮定した場合の2033年の大学進学者数等の推計)ではなく、過去3年間の都道府県別・男女別の進学率の伸び率等を勘案した大学進学率の新たな推計に基づく2040年の大学進学者数等の推計を示している。

- **18歳人口**:各県における3年前の中学校卒業者及び中等教育学校前期課程修了者
- **高校等卒業者数**:各県における当該年度の高等学校卒業者数及び中等教育学校後期課程修了者数
- **大学進学者数**:各県に所在する高校等を卒業した者で当該年度に全国いずれかの大学に進学した者の数(過年度卒業者等を含む)
- **大学進学率**:各県における18歳人口に占める大学進学者数の割合(過年度卒業者等を含む)
- **大学進学率(国公私別)**:各県における国公私別の「大学進学率」
- **短大進学率**:各県における18歳人口に占める短大進学者数の割合(過年度卒業者等を含む)
- **専門学校進学率(現役)**:各県における高校等卒業者数のうち、直ちに専門学校へ進学した者の割合(現役進学者のみ)
- **大学数**:各県に所在する大学の数(※大学本部の所在地による。大学院大学を含む。)
- **大学数(国公私別)**:各県に所在する国公私別の「大学数」
- **入学定員★**:各県に所在する大学(学部)の入学定員(※入学時の学部の所在地による。学部内の学科が複数の県にまたがる場合は、入学定員数が最も多い県に集計するなど補正している。)
【例:北里大学獣医学部の所在地は青森県十和田市であるが、1年次(入学時)は神奈川県相模原市のキャンパスで学ぶため、獣医学部の定員340名は青森県ではなく、神奈川県にカウントしている。】
- **入学定員(国公私別)★**:各県に所在する国公私別の大学(学部)の「入学定員」
- **大学入学者数★**:当該年度に、各県に所在する大学(※入学時の学部の所在地による。)に入学した者の数(過年度卒業者等を含む)
- **大学入学者数(国公私別)★**:各県に所在する国公私別の「大学入学者数」
- **県外から流入★**:当該大学の所在する県以外の高校等卒業者で当該大学へ入学した者(過年度卒業者等を含む)
- **県内から流出★**:当該大学の所在する県内の高校等卒業者で当該県(自県)以外の大学へ入学した者(過年度卒業者等を含む)
- **流出入差(流入-流出)★**:「県外から流入」-「県内から流出」
- **自県進学率★**:各県における「大学進学者数」のうち、自県に所在する大学に進学した者の数(過年度卒業者数を含む)
- **18歳人口推計【2040】**:国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口(平成29年推計)(出生中位・死亡中位)」を元に都道府県別18歳人口比率で案分
- **大学進学者数推計【2040】**:2040年の都道府県別18歳人口推計×都道府県別大学進学率推計
- **大学進学率推計【2040】**:過去3年間(2014~2017年度)の都道府県別の大学進学率の伸び率を延長(※男性は進学率の上昇が著しい県は+5ptを上限とし、女性は同県の男性の進学率の同値を上限)して推計。
- **大学入学者数推計【2040】★**:2040年の都道府県別大学進学者数推計を2017年現在の都道府県別大学入学者比率で案分
- **大学入学者数推計(国公私別)【2040】★**:2040年の都道府県別大学進学者数推計を2017年現在の都道府県別・国公私別大学入学者比率で案分
- **入学定員充足率推計【2040】★**:大学入学者数推計【2040】÷入学定員【2017】×100(入学定員が2017年と同じと仮定した場合の2040年の入学定員充足率推計)
- **入学定員充足率推計(国公私別)【2040】★**:各県に所在する国公私別の大学入学定員充足率推計(2040年)

外国人留学生の状況について

1 「留学生 30 万人計画」について

○ 「留学生 30 万人計画」は平成 20 年 1 月 8 日の第 169 回国会における福田内閣総理大臣の施政方針演説において発表された。

平成 25 年 6 月 14 日に閣議決定された「日本再興戦略」及び「第 2 期教育振興基本計画」において、平成 32 (2020) 年までに受け入れる外国人留学生を 30 万人に倍増することが明記された。

2 外国人留学生について

(1) 現状

平成 25 年度に約 16 万 8 千人であった外国人留学生は、平成 29 年度には 26 万人に達している。そのうち学部の正規生 1 年は 16,445 人である。

日本語教育機関だけでなく、学部生や専修学校（専門課程）でも着実に外国人留学生が増加しているところである。

○学校種別・外国人留学生在籍者数の推移



【出典】(独) 日本学生支援機構「外国人留学生在籍状況調査」

「出入国管理及び難民認定法」別表第 1 に定める「留学」の在留資格（いわゆる「留学ビザ」）により、我が国の大学（大学院を含む）、短期大学、高等専門学校、専修学校（専門課程）、我が国の大学に入学するための準備教育課程を設置する教育施設及び日本語教育機関において教育を受ける外国人学生数（各年 5 月 1 日現在）

出入国管理及び難民認定法の改正（平成 21 年 7 月 15 日公布）により、平成 22 年 7 月 1 日付けで在留資格「留学」「就学」が一本化されたことから、平成 23 年 5 月以降は日本語教育機関に在籍する留学生も含めた留学生数も計上

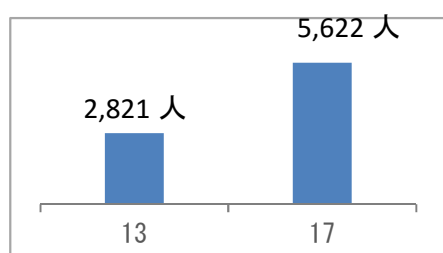
○外国人留学生正規生（1年生、高専のみ4年）（平成25～29年度）（単位：人）

	H25	H26	H27	H28	H29
大学院	14,227	14,445	15,390	16,210	17,578
学部	11,437	11,338	12,040	13,960	16,445
短期大学	560	511	577	664	907
高等専門学校（4年）	113	112	164	162	166
専修学校（専門課程）	12,512	17,514	23,805	28,452	34,069

【出典】(独)日本学生支援機構「留学生調査」の結果による。

留学コーディネーターを配置し、日本留学の魅力に関する情報発信の強化を図っている。

○留学コーディネーター配置国・地域からの外国人留学生数（高等教育機関）



内訳	2013年度	2017年度
インド	560人	964人
ミャンマー	1,193人	2,686人
サブサハラ	793人	1,587人
ブラジル	275人	385人

「留学生就職促進プログラム」による外国人留学生の国内企業への就職促進や奨学金等の支援など、受入環境の充実により、日本留学の魅力向上を図っている。

○外国人留学生の日本国内での就職率



(2) 外国人留学生に係る試算 ※ (独)日本学生支援機構「留学生調査」の結果に基づき試算

<2020年に外国人留学生が30万人となると仮定した場合>

外国人留学生における学部正規生1年生は

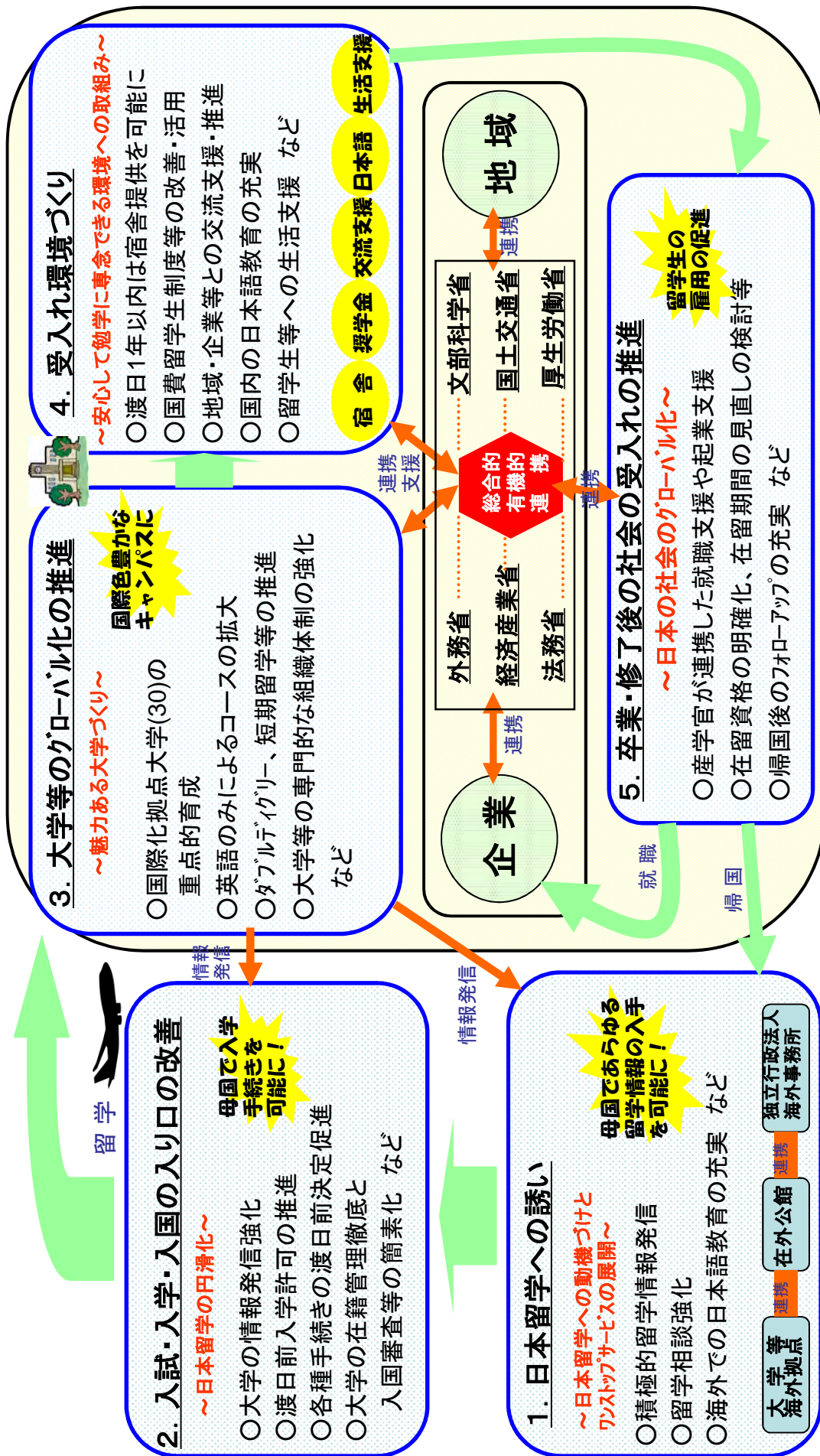
(2017年) 16,445人 → (2020年) 18,475人

【2,030人増加】

「留学生30万人計画」骨子の概要

ポイント

- ☆ 「グローバル戦略」展開の一環として**2020年**を目途に留学生受入れ**30万人**を目指す。
- ☆ 大学等の教育研究の国際競争力を高め、優れた留学生を戦略的に獲得。
- ☆ 関係省庁・機関等が総合的・有機的に連携して計画を推進



社会人受講者・大学入学者の状況について

1 大学・専門学校等の社会人受講者数に係る KPI について

未来投資戦略 2017（平成 29 年 6 月 9 日閣議決定）において、2022 年までに大学・専門学校等の社会人受講者数を約 49 万人から 100 万人にするとの KPI が設定されている。

○「未来投資戦略 2017 II-A-3. 人材の育成・活用力の強化」（抜粋）

＜KPI＞2022 年までに大学・専門学校等の社会人受講者数*を約 49 万人から 100 万人にする。⇒2015 年：約 49 万人

※ 正規課程と短期プログラムの受講者数を合計した値。

正規課程 約 30 万人（61.7%）		短期プログラム 約 19 万人（38.3%）	
短期大学	受講者数 （通学・通信を含む）	短期大学	履修証明制度 科目等履修生制度 聴講生 の受講者数 （通学・通信を含む）
大学		大学	
大学院		大学院	
専修学校	受講者数	専修学校	科目等履修生制度 附帯事業 の受講者数

* 一部推計値を含む。

2 社会人入学者数について

（1）現状（平成 27～29 年度）

（単位：人）

	H27	H28	H29
短期大学（通学）入学者（25 歳以上）	1,358	1,185	1,166
大学（通学）入学者（25 歳以上）	3,999	3,876	3,888
大学院（通学）入学者（30 歳以上）	15,554	15,878	15,740
専修学校（専門課程）	11,139	10,319	9,760

【出典】学校基本調査

（2）未来投資戦略 2017 の KPI に係る試算

＜2022 年に社会人受講者数が 100 万人となると仮定した場合＞

大学（通学）における 25 歳以上の入学者数は

（2017 年） 3,888 人 → （2022 年） 8,196 人

【4,308 人増加】

出典：文部科学省「大学への進学者数の将来推計について」資料
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo4/042/siryo/_icsFiles/afildfile/2018/03/08/1401754_03.pdf

文部科学省「Society 5.0 に向けた人材育成～社会が変わる、学びが変わる～」該当部分抜粋

あわせて、思考の基盤となる STEAM 教育¹⁷を、すべての生徒に学ばせる必要がある。こうした中で、より多くの優れた STEAM 人材の卵を産みだし、将来、世界を牽引する研究者の輩出とともに、幅広い分野で新しい価値を提供できる数多くの人材の輩出につなげていくことが求められている。

(4) 高等学校卒業から社会人時代

学生が社会に出る直前を過ごす、あるいは人生 100 年時代において社会人として学ぶ高等教育段階においては、中等教育段階までに取り組まれている学びや様々な社会経験も踏まえ、それぞれの学校においては、各校の特性に応じて、Society 5.0 を生きる自校の学生にどのような力を身に付けさせる教育をいかに提供しているか、その成果はどのように上がっているかを、問い直さなければならぬ。

学びの内容が変化していく中で、学生一人一人の能力を最大限に伸ばす教育を真摯に実施する学校のみが、今後、学生及び社会から支持されるだろう。

また、新たな技術の出現は、学びの方法や場所のみならず、内容に関しても、伝統的な学びの在り方を根本的に問い直す契機となる。MOOCs¹⁸を活用すれば、低廉なコストで、外国の大学の授業を受講したり、単位を取得したりすることも可能になる。オンラインのプラットフォームを活用すれば、異なる場所にいる学生同士が画面上で顔を合わせながら議論を戦わせたり、外国の教授から論文指導を受けたりすることもできる。何よりも、こうしたオンラインでの活動はデジタル化できるので、AI を用いて授業内容を分析し、カリキュラムの改善などに活用していくことができる。実際、オンラインで授業を行って、ディスカッションなどにおける学生の発言を録音・分析し、アクティブ・ラーニングの授業改善に生かしている Minerva¹⁹の取組は、昨今世界中で注目されている。

このように学ぶ内容も学びのスタイルも変化していく中で、大学は、学生が身に付けるべき能力を明らかにした上で、各大学自らが授与する学位に見合ったカリキュラム（学位プログラム）をデザインしていくことになる。

我が国の四年制大学の現状をみると、人・社系 5 割（30 万人）、理工系 2 割（12 万人）、保健系 1 割、教育・芸術系等 2 割²⁰となっているが、今後、学生が所属す

¹⁷ STEAM : Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics

¹⁸ Massive Open Online Courses : 大規模公開オンライン講座。

¹⁹ 最も学習効果が高いとされるアクティブ・ラーニング手法を提供するというミッションの下に設立された総合大学とされている。

²⁰ 文部科学省「平成 29 年度 学校基本調査」（平成 29 年 12 月）をもとに、大学入学者の大まかな数値を示している。なお、諸外国の理工系進学者の割合は、ドイツ約 4 割、フィンランド・韓国・イスラエル・インド約 3 割となっている。また、そのうち女性の占める割合についても、これらの国が 2～4 割である一方、日本は 2 割未満である。（OECD 「Education at a Glance 2017」（2017 年 9 月））

る学部等に関わらず、教育における STEAM やデザイン思考の必要性を踏まえ、学生が必要とする教育をいかに提供していくか、各大学の工夫が期待される。

また、大学は、新しい技術を活用したアクティブ・ラーニングも積極的に取り入れ、教育の質の向上に取り組んでいくことが期待される。そして、学位授与に至る過程で、その学生が何を身に付けることができたかが、その後学生が活躍する社会において理解されるよう、可視化されていることが重要となる。

学生が社会に通用するような知識及び能力や、主体的に学び考える力を身に付けるためには、大学教育の質的転換が重要であるが、そのためには、体系的で組織的な大学教育を、適切な点検・評価を通じた教育活動の不断の改善に取り組みつつ実施することが必要である。大学が本来持っている組織としての力を十分発揮できるよう、国は教学マネジメントの確立を一層進めていくべきである。

各大学は、上記のような学位プログラムの提供の工夫とともに、入学者選抜が、大学で学ぶ上での学力等を備えていることを真に確認する内容となっているかどうかについて、改めて見直すことが必要となる。とりわけ、AI や IoT を使いこなすために、必要な知識・素養を大学が提供するに当たり、学生がその内容を習得できる資質・能力を有しているかどうかについて、大学は、入学者選抜で適切に問うているかを改めて振り返り、必要な見直しを行うべきである。

このことが、大学で学ぶ前提として高等学校段階で履修しておくべき教科が入試において問われないことや、高等学校教育における安易な文系・理系の振り分けの慣習を見直すことにつながると考えられる。また、狭義の学力だけでなく、主体性や協働性、自己調整などのメタ認知能力、他者に対する共感等についても、各学位プログラムの特質に応じながら、入学者選抜において問われるべきであろう。

高等教育が無償化されることで、経済的事情に関わらず高等教育に進学できる機会が大きく広がる²¹。国家として、子供たちに高等教育進学機会を保証するという大きな判断をしたのは、子供たちの将来に対する期待であると同時に、高等教育に対する信頼の表れでもある。しかしながら、巨額の公的投資に裏付けられる社会的な信頼に応えるべく、大学にはより厳しい社会の目が注がれることになる。

今後、幅広く社会から支援される大学であるためには、教学、研究、経営と大学運営全般にわたって、これまで以上に社会に対してわかりやすく発信することが肝要であり、国は、各大学における積極的な情報公開を推進していくべきである。大学の経営環境は、大変厳しさを増しているが、これを教育の質の飛躍的な向上に真正面から取り組むチャンスととらえ、国は積極的な大学の取組を後押ししていくような財政措置を講じることが重要である。

²¹ 「所得の低い家庭の子供たち、真に必要な子供たちに限って高等教育の無償化を実現する。」（「新しい政策パッケージについて」（平成 29 年 12 月 8 日 閣議決定））

宮城県仙台市青葉区川内川前丁61
 学校法人赤門学院
 電動モビリティシステム専門職大学
 理事長 國分活妙 様

電動モビリティシステム専門職大学に関する進学意向アンケート 調査報告書

① 「電動モビリティ専門職大学に関する感心度及び進学意向並びに入学」に関する アンケート調査

・アンケート実施方法

2021年9月実施分については14の都県にある高等学校502校のうち、事前依頼で承諾を得た高校47校へ、1,2年生を対象に郵送でアンケート用紙を配布し実施。アンケート結果を2021年9月21日締め切りで郵送回収。

2022年1月実施分については、13の都県にある高等学校54校のうち、事前依頼で承諾を得た高校40校へ、1,2年生を対象に郵送でアンケート用紙を配布し実施。アンケート結果を2022年1月14日締め切りで郵送回収。

2022年2月実施分については、14の都県にある高等学校31校のうち、事前依頼で承諾を得た高校19校へ、1,2年生を対象に郵送でアンケート用紙を配布し実施。アンケート結果を2022年2月14日締め切りで郵送回収。

アンケート項目 : 9件
 アンケート回収数 : 105校 (1校について、2実施回で回答あり)
 アンケート回収率 : 17.9%

- ① について1年生、2年生別にまとめたアンケート調査結果報告書(11ページ)及び調査項目を別紙添付にて、ご報告申し上げます。

令和4年3月4日

〒105-0001
 東京都港区虎ノ門四丁目1-40江戸見坂森ビル
 株式会社バルク
 代表取締役 石原 紀彦



担当 MR事業部 企画営業部 藤田 圭介

調査項目

「電動モビリティシステム専門職大学（仮称、設置構想中）に関するアンケート」

・アンケート調査項目

- Q1. あなたご自身についてお聞きします。当てはまる項目に記入の上、該当する口に✓を付けてください。（性別・学年・在籍高校所在地）
- Q2. あなたの高等学校卒業後の進路について、現時点の考えを教えてください。（いくつでも）
- Q3. あなたは、将来は社会の一線で活躍し、社会のリーダーになれる人材を養成するために2019年度から新設された高等教育機関であり、大学の学位（学士）が授与される専門職大学を知っていますか。（1つだけ）
- Q4. あなたは、どの分野に興味がありますか。興味のある分野をすべてお選びください。（いくつでも）
- Q5. 電動モビリティシステム専門職大学（仮称）には、以下のような特徴があります。それぞれの項目について、あなたはどの程度魅力を感じますか。それぞれの項目で、当てはまるものを1つだけ選択してください。
- Q6. 電動モビリティシステム専門職大学（仮称）を受験したいですか。（1つだけ）
- Q7. 電動モビリティシステム専門職大学（仮称）に合格した場合、入学したいですか。（1つだけ）
- Q8. 「受験したい」又は「検討したい」と回答された方にお聞きします。そう思う理由をすべてお選びください。（いくつでも）
- Q9. 「受験しない」と回答された方にお聞きします。そう思う理由をすべてお選びください。（いくつでも）

・ ご回答いただいた高校名一覧

白石工業高等学校、名取北高等学校、新潟産業大学付属高等学校、釜石高等学校、
新発田中央高等学校、花北青雲高等学校、酒田東高等学校、仙台東高等学校、
村山産業高等学校、筑波大学附属高等学校、気仙沼高等学校、新庄北高等学校、
山形城北高等学校、八戸学院光星高等学校、黒川高等学校、城北学園高等学校、
大東高等学校、坂下高等学校、水沢工業高等学校、真岡工業高等学校、羽黒高等学校、
鶴岡工業高等学校、中条高等学校、小国高等学校、村上高等学校、佐沼高等学校、
専修大学北上高等学校、黒沢尻工業高等学校、新発田南高等学校、
聖ウルスラ学院英智高等学校、聖和学園高等学校、久慈工業高等学校、弘前東高等学校、
古川工業高等学校、総合工科高等学校、府中工業高等学校、盛岡工業高等学校、
湯沢翔北高等学校、上山明新館高等学校、米沢工業高等学校、村田高等学校、
長井工業高等学校、市川高等学校、天童高等学校、渋谷教育学園幕張高等学校、
渋谷教育学園渋谷高等学校、山形東高等学校

長井高等学校、米沢興讓館高等学校、山形南高等学校、都立新宿高等学校、東海大山形高等学校、
静岡県立科学技術高等学校、宮城第一高等学校、左沢高等学校、新庄南高等学校、勿来工業高等
学校、仙台青陵中等教育学校、荒砥高等学校、新庄北高等学校、新庄東高等学校、新津工業高等
学校、横浜翠嵐高等学校、東京学芸大学附属高等学校、都立科学技術高等学校、白河高等学校、
浜松工業高等学校、山本学園高等学校、鶴岡南高等学校、磐城高等学校、浜松城北工業高等学校、
高畠高等学校、谷地高等学校、福島高等学校、都立西高等学校、鶴岡東高等学校、燕中等教育学
校、酒田西高等学校、名古屋市立工業高等学校、宮城県仙台二華高等学校、二本松工業高等学校、
鶴岡北高等学校、豊田工科高等学校、山形工業高等学校、酒田南高等学校、寒河江工業高等学校、
遠江総合高等学校

山形学院高等学校、創学館高等学校、飛龍高等学校、東京都市大学附属高等学校、宮城県仙台第
三高等学校、宮城県石巻西高等学校、東京工業大学附属科学技術高等学校、宮城県志津川高等学
校、宮城県築館高等学校、宮城県仙台第二高等学校、宮城県仙台向山高等学校、宮城県角田高等
学校、宮城県名取高等学校、宮城県石巻好文館高等学校、岩手県立盛岡第四高等学校、宮城県仙
台第一高等学校、聖光学院高等学校、宮城県迫桜高等学校、埼玉県立大宮高等学校

**電動モビリティシステム専門職大学(仮称)に関する
高校生対象ニーズ調査
結果報告書**

**令和4年3月
株式会社バルク**

I 調査目的

本調査は、学校法人赤門学院が2023年4月に設置計画をしている「電動モビリティシステム専門職大学(仮称)」に対する高校生のニーズを把握することを目的としている。

II 調査概要

調査期間	第1回:令和3年8月2日～令和3年9月21日 第2回:令和3年12月9日～令和4年1月14日 第3回:令和4年1月27日～令和4年2月14日
調査の対象	高校1,2年生
調査対象エリア	青森、岩手、秋田、山形、宮城、福島、新潟、栃木、埼玉、東京、千葉、神奈川、静岡、愛知 の各高校へ事前依頼を行い、調査の承諾を得た高校へ調査用紙を送付し実施した。
調査数・回収状況	第1回:依頼校502校(回収校数47校、回答7,345件) 第2回:依頼校54校(回収校数40校、回答6,470件) 第3回:依頼校31校(回収校数19校、回答3,674件) 計17,489件(1年生:8,429件、2年生:9,060件)
調査の方法	アンケート用紙を高校へ郵送、各クラス担任から手渡して配布、その場で記入いただき、クラス担任が回収し、弊社へ郵送
調査実施部署	MR事業部 企画営業部

III 調査項目

- ・性別、学年、在籍高校所在地
- ・高校卒業後の進路希望
- ・専門職大学の認知
- ・「電動モビリティシステム専門職大学(仮称)」に関連する興味分野
- ・「電動モビリティシステム専門職大学(仮称)」の教育内容に関する魅力度
- ・「電動モビリティシステム専門職大学(仮称)」への受験・入学意向
- ・「電動モビリティシステム専門職大学(仮称)」を「受験したい」「検討したい」/「受験しない」理由

(2) 高校2年生に対するアンケート結果(資料 15)

① 高校卒業後の進路希望

「あなたの高等学校卒業後の進路について、現時点の考えを教えてください。(いくつでも)」という問いに対して、本学を含めた「4年制大学(専門職大学を含む)に進学」と回答した者は5,851人であった。

表 5: 高校卒業後の進路希望

Q2	あなたの高等学校卒業後の進路について、現時点の考えを教えてください。(いくつでも)	人
1	4年制大学(専門職大学を含む)に進学	5851
2	短期大学に進学	529
3	専門学校・専修学校に進学	1566
4	就職	2137
5	その他	117
	無回答	35
	全体	9060

② 本学への受験意向

高校卒業後の進路希望と受験意向のクロス集計を行い、調査時に回答者が想定する進路と本学への受験意向との関係を調べた。

「4年制大学(専門職大学を含む)に進学」と回答した者 5,851 人のうち、「電動モビリティシステム専門職大学(仮称)を受験したいですか。」という問いに対して、本学への受験意向を示したものは「受験したい(55人)」「検討したい(620人)」の計 675 人であった。この回答者 675 人が直接的に受験に対する期待度が比較的高いと考えられる母数となる。

一方で、専門学校進学希望者 1,566 人のうち、7 人が「受験したい」、191 人が「検討したい」と回答した(計 198 人)。また、就職希望者 2,137 人のうち、9 人が「受験したい」、315 人が「検討したい」と回答した(計 324 人)。このように、4年制大学への進学を想定していなかった者で、「受験したい」「検討したい」と回答する者が一定程度存在した。

表 6: 高校卒業後の進路希望別の本学への受験意向(クロス集計結果)

		全体	受験したい	検討したい	受験しない	無回答	(%)	受験したい	検討したい	受験しない	無回答	(人)
高等学校卒業後の進路	全体	9025	0.8	11.1	87.0	1.2		69	1002	7850	104	
	4年制大学(専門職大学を含む)に進学	5851	0.9	10.6	87.4	1.1		55	620	5114	62	
	短期大学に進学	529	0.9	14.6	83.6	0.9		5	77	442	5	
	専門学校・専修学校に進学	1566	0.4	12.2	86.3	1.1		7	191	1351	17	
	就職	2137	0.4	14.7	83.3	1.5		9	315	1780	33	
	その他	117	2.6	12.8	84.6	0.0		3	15	99	0	

※無回答者除く

③本学への入学意向

高校卒業後の進路希望と入学意向とのクロス集計を行い、調査時に回答者が想定する進路と本学への受験意向との関係を調べた。

「4年制大学(専門職大学を含む)に進学」と回答した者 5,851 人のうち、「電動モビリティシステム専門職大学(仮称)に合格した場合、入学したいですか。」という問いに対して、本学への入学意向を示したものは「入学したい(109人)」「併願先の結果によっては入学したい(1,179人)」の計 1,288 人であった。この回答者 1,288 人が直接的に入学に対する期待度が比較的高いと考えられる母数となる。

一方で、専門学校進学希望者 1,566 人のうち、32 人が「入学したい」、314 人が「検討したい」と回答した(計 346 人)。また、就職希望者 2,137 人のうち、122 人が「入学したい」、485 人が「併願先の結果によっては入学したい」と回答した(計 607 人)。このように、4年制大学への進学を想定していなかった者で、「入学したい」「併願先の結果によっては入学したい」と回答する者が一定程度存在した。

表 7: 高校卒業後の進路希望別の本学への入学意向(クロス集計結果)

		全体	入学したい	併願先の結果によっては入学したい	入学しない	無回答 (%)	入学したい	併願先の結果によっては入学したい	入学しない	無回答 (人)
全体		9025	2.8	19.9	75.9	1.4	249	1798	6849	129
高等学校卒業後の進路	全体	5851	1.9	20.2	76.6	1.4	109	1179	4479	84
	4年制大学(専門職大学を含む)に進学	529	3.2	20.8	74.5	1.5	17	110	394	8
	短期大学に進学	1566	2.0	20.1	76.6	1.3	32	314	1199	21
	専門学校・専修学校に進学	2137	5.7	22.7	70.0	1.6	122	485	1495	35
	就職	117	3.4	21.4	75.2	0.0	4	25	88	0

※無回答者除く

④本学への受験・入学意向

高校卒業後の進路希望と受験意向、入学意向とのクロス集計を行い、調査時に回答者が想定する進路と本学への受験意向、入学意向との関係を調べた。

前述の通り、「4年制大学(専門職大学を含む)に進学」と回答した者のうち、本学への受験意向を示したものは「受験したい(55人)」「検討したい(620人)」の計 675 人であった。このうち、「電動モビリティシステム専門職大学(仮称)に合格した場合、入学したいですか。」という問いに対して、本学への入学意向を示した者は「入学したい(77人)」「併願先の結果によっては入学したい(527人)」の計 604 人であった。

表 8: 「4年制大学(専門職大学を含む)に進学」と回答した者、かつ本学への受験意向を示した者の本学への入学意向(クロス集計結果)

Q7	電動モビリティシステム専門職大学(仮称)に合格した場合、入学したいですか。(1つだけ)	人
1	入学したい	77
2	併願先の結果によっては入学したい	527
3	入学しない	68
	無回答	3
	全体	675

この回答者 604 人が直接的に入学に対する期待度が最も高いと考えられる母数となる。入学定員 40 名の 15 倍以上の入学意向が確認できており、十分に学生確保の見通しがあると考えられる。

⑤本学で学べる分野に興味がある学生の進路、受験・入学意向

「あなたは、どの分野に興味がありますか。興味のある分野をすべてお選びください。(いくつでも)」という問いに対して、1.「電気自動車」～8.「交通システム(自動運転移動サービス)」のいずれか1つでも選択をした学生を対象に、高校卒業後の進路希望と、本学への受験・入学意向を調べた。

表 9:興味がある分野(1.「電気自動車」～8.「交通システム(自動運転移動サービス)」のいずれか1つでも選択をした者)

Q4	あなたは、どの分野に興味がありますか。興味のある分野をすべてお選びください。(いくつでも)	人
	1 電気自動車	1511
	2 自動運転	1839
	3 電池などの化学分野	647
	4 電気電子分野	894
	5 機械分野	1764
	6 AI等の情報分野	2218
	7 電気自動車デザイン	713
	8 交通システム(自動運転移動サービス)	459
	9 社会システム	527
	10 マーケティング	494
	11 起業化	470
	12 SDGs	808
	13 カーボンニュートラル	413
	全体	5430

本学で学べる分野に興味がある学生 5,430 人のうち、本学を含めた「4年制大学(専門職大学を含む)に進学」と回答した者は 3,312 人であった。

表 10:本学で学べる分野に興味がある学生の、高校卒業後の進路希望

Q2	あなたの高等学校卒業後の進路について、現時点の考えを教えてください。(いくつでも)	人
	1 4年制大学(専門職大学を含む)に進学	3312
	2 短期大学に進学	290
	3 専門学校・専修学校に進学	846
	4 就職	1604
	5 その他	63
	無回答	14
	全体	5430

「4年制大学(専門職大学を含む)に進学」と回答した3,312人から、本学で学べる分野に興味がある学生の中で、本学への受験意向を示したものは「受験したい(46人)」「検討したい(544人)」の計590人であった。

電動モビリティシステム専門職大学(仮称)に受験したいと回答した46人のうち、「電動モビリティシステム専門職大学(仮称)に合格した場合、入学したいですか。」という問いに対して、本学への入学意向を示した者は「入学したい(33人)」「併願先の結果によっては入学したい(9人)」の計42人であった。

表 11: 本学への受験意向(母数は「4年生大学(専門職大学を含む)へ進学」を選択かつ、本学で学べる分野に興味がある学生)

Q6	電動モビリティシステム専門職大学(仮称)を受験したいですか。(1つだけ)	人
	1 受験したい	46
	2 検討したい	544
	3 受験しない	2687
	無回答	35
	全体	3312

表 12: 本学への入学意向(母数は「4年生大学(専門職大学を含む)へ進学」を選択かつ、本学で学べる分野に興味があるかつ、本学を「受験したい」を選択した学生)

Q7	電動モビリティシステム専門職大学(仮称)に合格した場合、入学したいですか。(1つだけ)	人
	1 入学したい	33
	2 併願先の結果によっては入学したい	9
	3 入学しない	4
	全体	46

(3) 高校1年生に対するアンケート結果(資料16)

① 高校卒業後の進路希望

「あなたの高等学校卒業後の進路について、現時点の考えを教えてください。(いくつでも)」という問いに対して、本学を含めた「4年制大学(専門職大学を含む)に進学」と回答した者は5,697人であった。

表13: 高校卒業後の進路希望

Q2	あなたの高等学校卒業後の進路について、現時点の考えを教えてください。(いくつでも)	人
1	4年制大学(専門職大学を含む)に進学	5697
2	短期大学に進学	609
3	専門学校・専修学校に進学	1535
4	就職	1985
5	その他	163
	無回答	83
	全体	8429

② 本学への受験意向

高校卒業後の進路希望と受験意向のクロス集計を行い、調査時に回答者が想定する進路と本学への受験意向との関係を調べた。

「4年制大学(専門職大学を含む)に進学」と回答した者5,697人のうち、「電動モビリティシステム専門職大学(仮称)を受験したいですか。」という問いに対して、本学への受験意向を示したものは「受験したい(45人)」「検討したい(829人)」の計874人であった。この回答者874人が直接的に受験に対する期待度が比較的高いと考えられる母数となる。

一方で、専門学校進学希望者1,535人のうち、13人が「受験したい」、280人が「検討したい」と回答した(計293人)。また、就職希望者1,985人のうち、12人が「受験したい」、393人が「検討したい」と回答した(計405人)。このように、4年制大学への進学を想定していなかった者で、「受験したい」「検討したい」と回答する者が一定程度存在した。

表14: 高校卒業後の進路希望別の本学への受験意向(クロス集計結果)

		全体	受験したい	検討したい	受験しない	無回答	(%)	受験したい	検討したい	受験しない	無回答	(人)
高等学校卒業後の進路	全体	8346	0.7	15.1	83.0	1.2		57	1263	6924	102	
	4年制大学(専門職大学を含む)に進学	5697	0.8	14.6	83.6	1.1		45	829	4760	63	
	短期大学に進学	609	1.0	20.2	77.8	1.0		6	123	474	6	
	専門学校・専修学校に進学	1535	0.8	18.2	79.7	1.2		13	280	1223	19	
	就職	1985	0.6	19.8	78.1	1.5		12	393	1551	29	
	その他	163	0.6	17.2	79.8	2.5		1	28	130	4	

※無回答者除く

③ 本学への入学意向

高校卒業後の進路希望と入学意向とのクロス集計を行い、調査時に回答者が想定する進路と本学への受験意向との関係を調べた。

「4年制大学(専門職大学を含む)に進学」と回答した者5,697人のうち、「電動モビリティシステム専門職大学(仮称)に合格した場合、入学したいですか。」という問いに対して、本学への入学意向を示したものは「入学したい(120人)」「併願先の結果によっては入学したい(1,539人)」の計1,659人であった。この回答者1,659人が直接的に入学に対する期待度が比較的高いと考えられ

る母数となる。

一方で、専門学校進学希望者 1,535 人のうち、56 人が「入学したい」、387 人が「検討したい」と回答した(計 443 人)。また、就職希望者 1,985 人のうち、119 人が「入学したい」、571 人が「併願先の結果によっては入学したい」と回答した(計 690 人)。このように、4 年制大学への進学を想定していなかった者で、「入学したい」「併願先の結果によっては入学したい」と回答する者が一定程度存在した。

表 15: 高校卒業後の進路希望別の本学への入学意向(クロス集計結果)

		全体	入学したい	併願先の結果によっては入学したい	入学しない	無回答 (%)	入学したい	併願先の結果によっては入学したい	入学しない	無回答 (人)
高等学校卒業後の進路	全体	8346	2.9	26.1	69.5	1.5	245	2178	5797	126
	4年制大学(専門職大学を含む)に進学	5697	2.1	27.0	69.5	1.4	120	1539	3959	79
	短期大学に進学	609	3.9	28.6	66.2	1.3	24	174	403	8
	専門学校・専修学校に進学	1535	3.6	25.2	69.5	1.6	56	387	1067	25
	就職	1985	6.0	28.8	63.6	1.6	119	571	1263	32
	その他	163	4.3	22.7	69.9	3.1	7	37	114	5

※無回答者除く

④本学への受験・入学意向

高校卒業後の進路希望と受験意向、入学意向とのクロス集計を行い、調査時に回答者が想定する進路と本学への受験意向、入学意向との関係を調べた。

前述の通り、「4 年制大学(専門職大学を含む)に進学」と回答した者のうち、本学への受験意向を示したものは「受験したい(45 人)」「検討したい(829 人)」の計 874 人であった。このうち、「電動モビリティシステム専門職大学(仮称)に合格した場合、入学したいですか。」という問いに対して、本学への入学意向を示した者は「入学したい(88 人)」「併願先の結果によっては入学したい(707 人)」の計 795 人であった。

表 16: 「4 年制大学(専門職大学を含む)に進学」と回答した者、かつ本学への受験意向を示した者の本学への入学意向(クロス集計結果)

Q7	電動モビリティシステム専門職大学(仮称)に合格した場合、入学したいですか。(1つだけ)	人
1	入学したい	88
2	併願先の結果によっては入学したい	707
3	入学しない	78
	無回答	1
	全体	874

この回答者 795 人が直接的に入学に対する期待度が最も高いと考えられる母数となる。入学定員 40 名の 19 倍以上の入学意向が確認できており、開学 2 年度目においても十分に学生確保の見通しがあると考えられる。

⑤本学で学べる分野に興味がある学生の進路、受験・入学意向

「あなたは、どの分野に興味がありますか。興味のある分野をすべてお選びください。(いくつでも)」という問いに対して、1.「電気自動車」～8.「交通システム(自動運転移動サービス)」のいずれか1つでも選択をした学生を対象に、高校卒業後の進路希望と、本学への受験・入学意向を調べた。

表 17: 興味がある分野(1.「電気自動車」～8.「交通システム(自動運転移動サービス)」のいずれか1つでも選択をした者)

Q4	あなたは、どの分野に興味がありますか。興味のある分野をすべてお選びください。(いくつでも)	人
	1 電気自動車	1530
	2 自動運転	1974
	3 電池などの化学分野	717
	4 電気電子分野	924
	5 機械分野	1740
	6 AI等の情報分野	2224
	7 電気自動車デザイン	864
	8 交通システム(自動運転移動サービス)	510
	9 社会システム	626
	10 マーケティング	435
	11 起業化	519
	12 SDGs	1030
	13 カーボンニュートラル	416
	全体	5418

本学で学べる分野に興味がある学生 5,418 人のうち、本学を含めた「4年制大学(専門職大学を含む)に進学」と回答した者は 3,519 人であった。

表 18: 本学で学べる分野に興味がある学生の、高校卒業後の進路希望

Q2	あなたの高等学校卒業後の進路について、現時点の考えを教えてください。(いくつでも)	人
	1 4年制大学(専門職大学を含む)に進学	3519
	2 短期大学に進学	374
	3 専門学校・専修学校に進学	975
	4 就職	1524
	5 その他	95
	無回答	50
	全体	5418

「4年制大学(専門職大学を含む)に進学」と回答した3,519人から、本学で学べる分野に興味がある学生の中で、本学への受験意向を示したものは「受験したい(37人)」「検討したい(719人)」の計756人であった。

電動モビリティシステム専門職大学(仮称)に受験したいと回答した37人のうち、「電動モビリティシステム専門職大学(仮称)に合格した場合、入学したいですか。」という問いに対して、本学への入学意向を示した者は「入学したい(28人)」「併願先の結果によっては入学したい(4人)」の計32人であった。

表 19: 本学への受験意向(母数は「4年生大学(専門職大学を含む)へ進学」を選択かつ、本学で学べる分野に興味がある学生)

Q6	電動モビリティシステム専門職大学(仮称)を受験したいですか。(1つだけ)	人
	1 受験したい	37
	2 検討したい	719
	3 受験しない	2721
	無回答	42
	全体	3519

表 20: 本学への入学意向(母数は「4年生大学(専門職大学を含む)へ進学」を選択かつ、本学で学べる分野に興味があるかつ、本学を「受験したい」を選択した学生)

Q7	電動モビリティシステム専門職大学(仮称)に合格した場合、入学したいですか。(1つだけ)	人
	1 入学したい	28
	2 併願先の結果によっては入学したい	4
	3 入学しない	5
	全体	37

(3) 学生確保の見通し

①4 年生大学への進学を想定している層の状況

調査結果をまとめると、前述した高校 2 年生アンケートおよび高校 1 年生のアンケート結果から、調査時点で 4 年制大学への進学を想定している層においては、高校 2 年生において本学への受験意向を示した者は、「受験したい(55 人)」「検討したい(620 人)」の計 675 人であった(入学定員 40 人の 16 倍以上)。高校 1 年生において本学への受験意向を示した者は「受験したい(45 人)」「検討したい(829 人)」の計 874 人であった(入学定員 40 人の 21 倍以上)。

また、4 年制大学への進学を想定している層において本学への受験意向を示した者であって、本学に合格した場合の入学意向を示した者は、高校 2 年生において本学への受験意向を示した者は「入学したい(77 人)」「併願先の結果によっては入学したい(527 人)」の計 604 人であった。(入学定員 40 人の 15 倍以上)。高校 1 年生において本学への入学意向を示した者は「入学したい(88 人)」「併願先の結果によっては入学したい(707 人)」の計 795 人であった。(入学定員 40 人の 19 倍以上)。

このように、高校 2 年生・1 年生いずれにおいても、受験意向・入学意向の回答者数は入学定員 40 人を大きく上回っており、十分に学生を確保できるものと考えられる。

②4 年生大学への進学を想定しなかった層の状況

他方、前述の通り、調査時点で 4 年制大学への進学を想定していなかった層にも、受験意向を持つ者が多いことがわかった。

専門学校進学希望者でも本学への受験意向を示した者は多く、高校 2 年生では専門学校進学希望者 1,566 人のうち、7 人が「受験したい」、191 人が「検討したい」と回答した(計 198 人)。また、就職希望者 2,137 人のうち、9 人が「受験したい」、315 人が「検討したい」と回答した(計 324 人)。

高校 1 年生では、専門学校進学希望者 1,535 人のうち、13 人が「受験したい」、280 人が「検討したい」と回答した(計 293 人)。また、就職希望者 1,985 人のうち、12 人が「受験したい」、393 人が「検討したい」と回答した(計 405 人)。

この結果は、調査時点では他の進路を検討していたが、4 年制大学である本学への受験について「検討したい」と回答した者が多かったことと見受けられる。

アンケート調査では、アンケート用紙と本学を紹介するリーフレットを同時に渡し、その場で回答を得る形式で行われた。この実施方式と上記分析結果から推察されることは、調査時に配布したリーフレットによって本学の学修内容を知り、本学への興味が高まり、進路変更の検討を視野に入れたことである。

そのため、今回の調査で「受験したい」の回答数が少なかったのは、調査対象の高校生が本学に関する予備情報なくその場でリーフレットを見て、アンケートに回答したことに起因し、保護者との相談や他大学・進路との十分な比較・検討無しに明確な答えを出すことができにくかったためであると考える。

学校法人 赤門学院

電動モビリティシステム専門職大学

電気自動車システム工学部 電気自動車システム工学科
(仮称)

100年先のモビリティがここから生まれる“高度な学びの場”
目指せ！Pioneer in e-Mobility System（電動モビリティシステム開拓者）

専門職大学とは

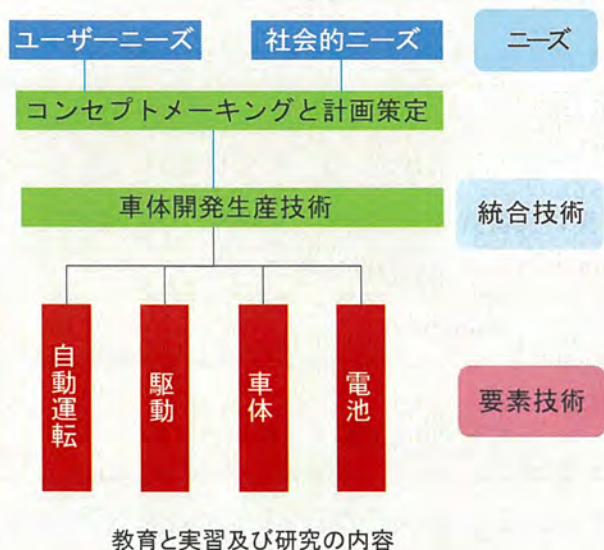
2019年度より、実践的な職業教育を行う新たな高等教育機関として創設された大学の制度です。特定の職業のプロフェッショナルになるために必要な知識・理論、そして実践的なスキルの両方を身に付けることができます。
※文部科学省Webサイトより https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/senmon/

本学の特長

- 自動車産業の100年に一度の大変革、国家戦略により推進されている「次世代モビリティシステムの構築」に向け、最新の電動モビリティシステムについての知識・スキルを身につけます。
電気自動車システム工学科(仮称)は、電気自動車と自動運転に特化した学科です。
- 講義科目は1クラス40名以下、実習科目は1クラス20名以下の少人数教育とします。
1年生から研究室に所属し、4年間をかけて研究開発の能力を身につけます。
- 卒業単位のうち約1/3が実習・演習科目、企業への長期インターンシップ必修など、企業の即戦力となる実践力を身に付けるための学びを提供します。
- 構内にあるテストコースで各自が開発した車両の走行実習や課外活動として全日本学生フォーミュラ大会への出場、本学独自イベントとして雪上で走行可能な車輛開発コンテストを行います。

電気自動車システム工学科での学び

- 電気自動車システム全体や、関連する個々の主要部材等の開発、生産などにかかる知識・スキルを身に付けることができます。
- 自動運転をはじめ、電気自動車開発の要である電池やモータなど、次世代モビリティに期待される技術が学べます。
- 1、2年生はすべての学びの基礎となる工学やものづくりのノウハウに加え、専門の4分野「自動運転」「駆動」「車体」「電池」の基礎をバランスよく学び、3年生後半からは専門4分野の一つを深掘りしていきます。
- デジタルトランスフォーメーション時代に不可欠なAIリテラシー、英語、社会システム・ビジネスなどについても、講義と実習でバランスよく学びます



裏面にも記事がございますのでご覧ください→

学長・教員候補

- 学長には8輪駆動の電気自動車「Eliica(エリーカ)」を開発した清水浩（慶應義塾大学名誉教授）が就任します。
- 電気自動車、モーター、電池、自動運転技術の開発を行ってきた実務家教員が実践的学びを提供します。この中には世界で最も有名なカーデザイナーも含まれます。
- 技術の専門家だけでなく、日本の電気自動車をけん引する日本EVクラブ代表や電気自動車のジャーナリスト、社会システムの専門家も教鞭をとります。



電気自動車「Eliica(エリーカ)」



美しい自然の中にキャンパスがあります

卒業後の進路

得られる学位：電気自動車システム工学士（専門職）

電動モビリティシステム関連分野における開発や生産等の業務で、理論に裏付けられた高度な実践力と創造力を発揮できるエンジニア人材(技術開発職)が即戦力として働ける職業を目指します。

<目指す職業例>

- 自動車メーカー、部品関連メーカーの電動車両システム部門で、即戦力となる設計者
- モビリティ利用社会システム関連事業者(スタートアップ含む)の設計者

<学習内容例>

- 専門科目の深堀（駆動・自動運転・車体・電池から1つを選択）
- 設計・試作・試験法といった一連の開発プロセスを体験
- 1年次から卒業研究の課題設定や研究計画立案の指導を受けるなど学生が安心して研究に取り組める丁寧な教育

大学院進学希望者には、他大学院への推薦を行います

SDGsへの貢献

地球温暖化の原因の一つであるCO₂排出量の約20%を自動車全体が占めています。CO₂排出量を削減するため、電気自動車(EV)への関心が高まっています。

日本では交通死亡事故数における高齢者の割合が増加しており、自動運転技術により安全な車両の開発が望まれます。

電動モビリティシステム専門職大学は、環境負荷が少なく、だれもが安全に使える乗物を開発する人材育成に取り組むことで、SDGsに貢献します。

専門職大学概要

- 所在地 山形県西置賜郡飯豊町大字萩生1725-2
- 学費（予定）
入学金 240,000円 授業料 860,000円
実験実習費 300,000円 施設費 180,000円
(初年度納付金額合計1,580,000円)

学校法人 赤門学院
電動モビリティシステム専門職大学設置準備室
〒999-0602
山形県西置賜郡飯豊町大字萩生1725-2
TEL 0238-88-7377 E-mail ms-info@mobility.ac.jp



教育棟内 多目的ホール



研究開発実習棟

※設置構想中のため掲載内容は予定であり、今後の検討状況等に応じて変更となる場合があります。

資料 17

文部科学省「令和元年度 私立大学入学者に係る初年度学生納付金平均額（定員1人当たり）の調査結果」

令和元年度私立大学入学者に係る初年度学生納付金平均額(定員1人当たり)

調査校：586校
※()内は対前年度増減率
(単位：円)

		授業料		入学料		施設設備費		合計	
		平成30年度	令和元年度	平成30年度	令和元年度	平成30年度	令和元年度	平成30年度	令和元年度
文科系	文・教育	794,063	801,397 (0.9%)	229,762	227,979 (△0.8%)	161,039	160,966 (△0.0%)	1,184,864	1,190,343 (0.5%)
	神・仏教	730,658	735,724 (0.7%)	216,270	215,044 (△0.6%)	158,598	152,415 (△3.9%)	1,105,526	1,103,182 (△0.2%)
	社会福祉	748,868	753,889 (0.6%)	211,407	209,383 (△1.0%)	177,973	173,046 (△2.8%)	1,138,248	1,136,118 (△0.2%)
	法・商・経	782,658	791,130 (1.1%)	231,632	229,913 (△0.7%)	142,467	141,934 (△0.4%)	1,156,746	1,162,977 (0.5%)
	平均	785,581	793,513 (1.0%)	229,997	228,282 (△0.8%)	151,344	150,807 (△0.4%)	1,166,922	1,172,582 (0.5%)
理科系	理・工	1,076,373	1,089,334 (1.2%)	242,365	243,687 (0.5%)	162,527	153,369 (△5.6%)	1,481,265	1,486,389 (0.3%)
	薬	1,428,539	1,427,951 (△0.0%)	389,127	340,777 (△12.5%)	308,949	306,767 (△0.7%)	2,076,615	2,075,495 (△0.1%)
	農・獣医	964,389	978,488 (1.5%)	248,247	247,105 (△0.5%)	207,723	201,629 (△2.9%)	1,418,359	1,427,222 (0.6%)
	平均	1,105,618	1,116,880 (1.0%)	254,309	255,566 (0.5%)	185,038	177,241 (△4.2%)	1,544,962	1,548,688 (0.3%)
	医歯系	2,666,458	2,666,458 (0.0%)	1,340,552	1,340,552 (0.0%)	1,063,310	1,033,580 (△2.8%)	5,070,319	5,040,590 (△0.6%)
その他	商	3,225,206	3,225,206 (0.0%)	598,303	598,303 (0.0%)	598,758	598,758 (0.0%)	4,382,307	4,382,307 (0.0%)
	平均	2,867,802	2,867,802 (0.0%)	1,073,083	1,073,083 (0.0%)	881,509	862,493 (△2.2%)	4,822,395	4,803,378 (△0.4%)
	憲政	811,588	816,201 (0.6%)	247,072	245,537 (△0.6%)	197,161	197,676 (0.3%)	1,255,821	1,258,415 (0.2%)
	芸術	1,125,580	1,119,939 (△0.5%)	252,996	245,998 (△2.8%)	272,162	273,513 (0.5%)	1,650,739	1,639,450 (△0.7%)
	体育	814,517	826,872 (1.5%)	250,804	249,557 (△0.5%)	220,590	214,739 (△2.7%)	1,285,961	1,291,169 (0.4%)
	保健	988,175	986,164 (△0.2%)	268,336	267,041 (△0.5%)	238,367	239,071 (0.3%)	1,494,882	1,492,276 (△0.2%)
平均	958,445	959,399 (0.2%)	258,747	256,521 (△0.9%)	234,644	234,882 (0.1%)	1,451,836	1,451,302 (△0.0%)	
全平均	904,146	911,716 (0.8%)	249,985	248,813 (△0.5%)	181,902	180,194 (△0.9%)	1,336,033	1,340,723 (0.4%)	

※医学部看護学科は「医」区分に含まず、「保健」区分に含める。

		実務実習料		その他		総計	
		平成30年度	令和元年度	平成30年度	令和元年度	平成30年度	令和元年度
文科系	文・教育	11,945	11,712 (△1.9%)	89,026	89,721 (0.8%)	1,285,834	1,291,775 (0.5%)
	神・仏教	3,481	2,732 (△21.5%)	45,243	53,285 (17.8%)	1,154,249	1,159,199 (0.4%)
	社会福祉	8,883	7,839 (△11.4%)	75,117	79,528 (5.9%)	1,222,248	1,223,285 (0.1%)
	法・商・経	7,159	6,900 (△3.6%)	65,263	65,708 (0.7%)	1,229,168	1,235,585 (0.5%)
	平均	9,112	8,832 (△3.1%)	75,005	75,786 (1.0%)	1,251,039	1,257,199 (0.5%)
理科系	理・工	57,258	57,200 (△0.1%)	62,341	63,919 (2.5%)	1,600,861	1,607,508 (0.4%)
	薬	31,198	31,367 (0.5%)	87,222	88,244 (1.5%)	2,173,036	2,173,045 (0.0%)
	農・獣医	134,411	131,574 (△2.1%)	37,522	37,416 (△0.3%)	1,590,262	1,596,212 (0.4%)
	平均	62,962	62,566 (△0.6%)	60,121	61,192 (1.8%)	1,667,945	1,673,446 (0.3%)
	医歯系	309,860	309,860 (0.0%)	1,634,910	1,634,910 (0.0%)	7,015,089	6,985,359 (△0.4%)
その他	商	2,391	2,421 (1.2%)	959,137	959,137 (0.0%)	5,343,835	5,343,865 (0.0%)
	平均	199,063	199,074 (0.0%)	1,391,396	1,391,396 (0.0%)	6,412,854	6,393,848 (△0.3%)
	憲政	49,161	50,498 (2.7%)	99,851	99,017 (△0.8%)	1,404,834	1,406,930 (0.1%)
	芸術	40,325	40,341 (0.0%)	88,990	96,398 (8.3%)	1,780,054	1,776,189 (△0.2%)
	体育	44,662	44,533 (△0.3%)	89,881	95,391 (6.1%)	1,420,005	1,431,062 (0.7%)
	保健	114,375	114,463 (0.1%)	84,880	82,967 (△2.3%)	1,694,138	1,689,707 (△0.3%)
平均	77,489	78,658 (1.5%)	89,359	90,095 (0.8%)	1,618,661	1,620,055 (0.1%)	
全平均	34,412	34,644 (0.7%)	90,331	91,163 (0.9%)	1,460,776	1,466,530 (0.4%)	

出典：文部科学省「令和元年度私立大学等入学者に係る初年度学生納付金平均額（定員1人当たり）の調査結果について」資料抜粋
https://www.mext.go.jp/content/20201225-mxt_sigakujo-000011866_1.pdf

リクルート進学総研「高校生の進路選択に関する調査（進学センサス 2019）」

高校生の進路選択に関する調査 2019

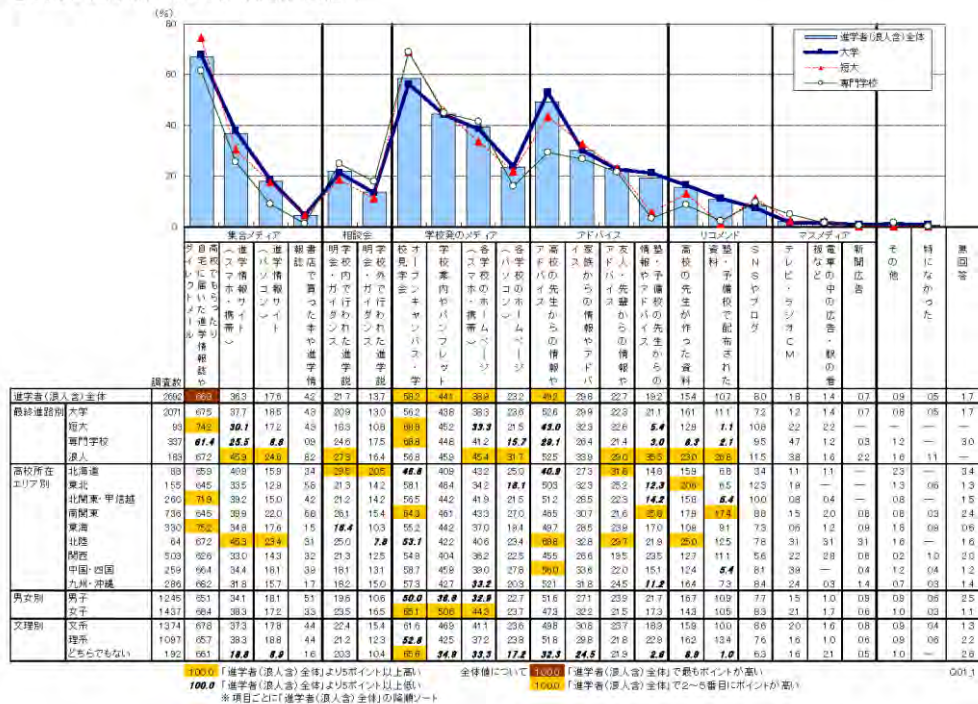
1. 進学関連の情報入手経路

- ▶ “利用情報源”のトップは「高校でもらったり自宅に届いた進学情報誌やダイレクトメール」で67%が利用
ついて、「オープンキャンパス・学校見学会」(58%)
- ▶ 上位項目のうち、大学進学者は「高校の先生からの情報やアドバイス」が他層に比べ相対的に高い
- ▶ 短大進学者、専門学校進学者は、「オープンキャンパス・学校見学会」が大学進学者、浪人に比べ相対的に高い

進路選択をするうえで利用した情報の入手経路を尋ねた

- 最も利用率が高かったのは「高校でもらったり自宅に届いた進学情報誌やダイレクトメール」(67%)。以下、「オープンキャンパス・学校見学会」(58%)、「高校の先生からの情報やアドバイス」(49%)、「学校案内やパンフレット」(44%)、「各学校のホームページ(スマホ・携帯)」(39%)が続く。
- 最終進路別にみると、大学進学者、短大進学者、浪人は「高校でもらったり自宅に届いた進学情報誌やダイレクトメール」がトップ。
- 専門学校進学者は「オープンキャンパス・学校見学会」がトップ。

■ 進学関連情報の入手経路(進学者(浪人含)/複数回答)



株式会社朝日学生新聞社とアルクテラス株式会社による調査

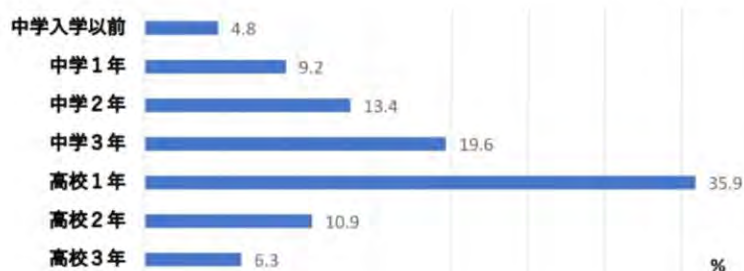
ニュースリリース 2018年1月13日

株式会社朝日学生新聞社

グラフ1 いつごろから大学進学情報を集め始めましたか

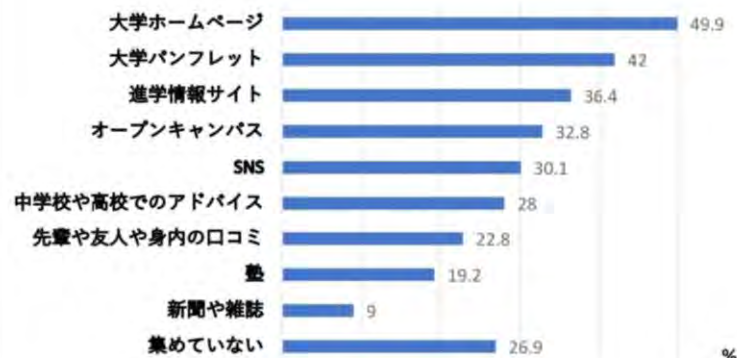
「積極的に」「一応」集めている人のみ回答

回答者479人



グラフ2 どのような方法で大学進学情報を集めていますか？

すべてお答えください



【取材等のお問い合わせ先】 朝日学生新聞社 広報・教育メセナ部
 〒104-8433 東京都中央区築地 5-3-2 TEL.03-3545-5223 FAX.03-3545-0978
 メール：home@asagaku.co.jp www.asagaku.com

出典：【朝日学生新聞社×アルクテラス】より
<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000065.000021716.html>

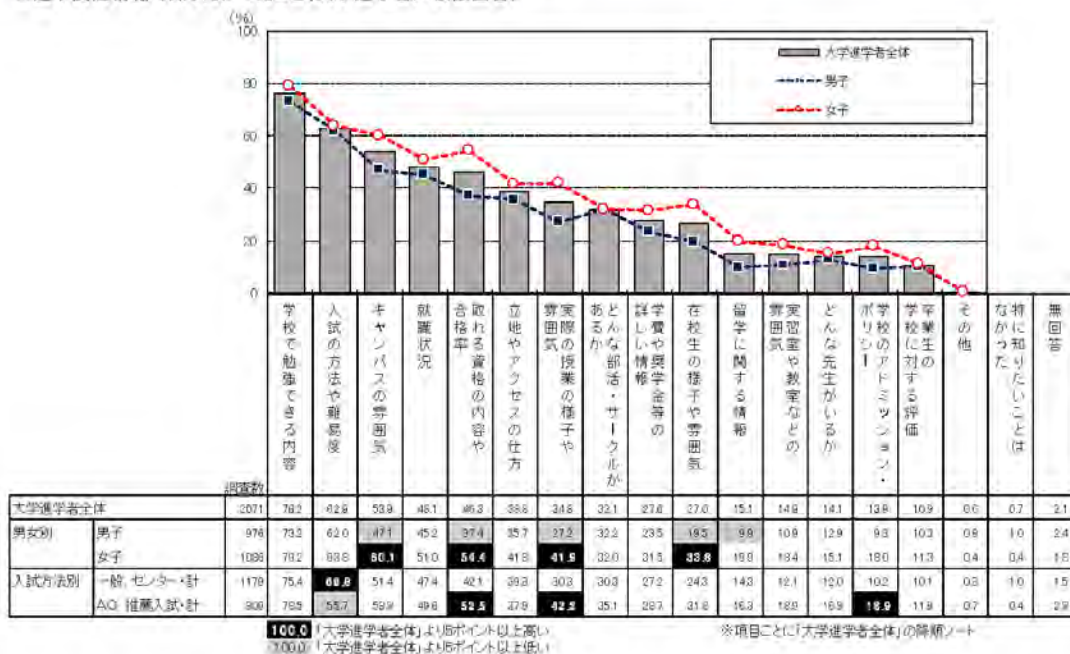
リクルート進学総研「高校生の進路選択に関する調査（進学センサス 2019）アドミッション・ポリシー編」

【進学関連情報で知りたかったこと】

- 進学関連情報で最も知りたかったことは「学校で勉強できる内容」
 - ・ 知りたかったことトップは「学校で勉強できる内容」(76.2%)、次いで「入試の方法や難易度」(62.9%)、「キャンパスの雰囲気」(53.9%)。
- 『認知』が8割を超えた「学校のアドミッション・ポリシー」について知りたないと回答した高校生は14%。認知度とのかい離が大きい
 - ・ 「学校のアドミッション・ポリシー」を選択した高校生について、入試方法別にみると、AO・推薦層は全体より5ポイント以上高い。
- 特に「キャンパスの雰囲気」「取れる資格の内容や合格率」「実際の授業の様子や雰囲気」「在校生の様子や雰囲気」「留学に関する情報」について女子が男子を上回る
 - ・ 男女別にみると、15項目中14項目で女子が上回っているが、以下5項目について女子が男子を10ポイント以上上回った。

	女子	> 男子	女子-男子
「キャンパスの雰囲気」	60.1%	47.1%	(+13.0)
「取れる資格の内容や合格率」	54.4%	37.4%	(+17.0)
「実際の授業の様子や雰囲気」	41.9%	27.2%	(+14.7)
「在校生の様子や雰囲気」	33.8%	19.5%	(+14.3)
「留学に関する情報」	19.9%	9.9%	(+10.0)

■ 進学関連情報で知りたかったこと(大学進学者／複数回答)



出典：リクルート進学総研 進学センサス2019「アドミッション・ポリシー編」より抜粋
<https://souken.shingakunet.com/research/.assets/2019sennsas2.pdf>

山形県高校卒業者における課程・学科別の進路状況（6年間の推移）

普通科（全日制）

	卒業者	大学等 進学者	「大学等進学者」のうち		専修学校 (専門課程) 進学者	専修学校 (一般課程) 等入学者	公共職業 能力開発 施設等 入学者
			大学 (学部) 進学者	短期大学 (本科) 進学者			
令和2年3月	5,988	3,662			1,137	241	40
平成31年3月	5,958	3,511	3,104	407	1,090	306	58
平成30年3月	6,077	3,613	3,215	398	1,057	313	66
平成29年3月	6,093	3,644	3,227	417	1,111	327	75
平成28年3月	6,067	3,657	3,230	427	1,055	326	45
平成27年3月	6,509	3,887	3,430	456	1,152	292	60

工業学科（全日制）

	卒業者	大学等 進学者	「大学等進学者」のうち		専修学校 (専門課程) 進学者	専修学校 (一般課程) 等入学者	公共職業 能力開発 施設等 入学者
			大学 (学部) 進学者	短期大学 (本科) 進学者			
令和2年3月	1,399	206			168	5	92
平成31年3月	1,430	209	167	18	173	2	82
平成30年3月	1,452	198	153	21	164	13	84
平成29年3月	1,474	192	151	22	182	10	93
平成28年3月	1,509	203	154	22	213	1	76
平成27年3月	1,604	245	194	30	227	12	91

総合学科（全日制）

	卒業者	大学等 進学者	「大学等進学者」のうち		専修学校 (専門課程) 進学者	専修学校 (一般課程) 等入学者	公共職業 能力開発 施設等 入学者
			大学 (学部) 進学者	短期大学 (本科) 進学者			
令和2年3月	761	153			218	1	15
平成31年3月	808	173	87	86	224	6	19
平成30年3月	751	175	89	86	205	2	12
平成29年3月	783	196	103	93	218	14	14
平成28年3月	822	204	106	97	249	3	19
平成27年3月	651	178	92	86	193	7	9

- * 令和2年度「学校基本調査 卒業後の状況調査 山形県結果」第4表
- * 令和元年度「学校基本調査結果報告書」（山形県）第84表・第86表
- * 平成30年度「学校基本調査結果報告書」（山形県）第84表・第86表
- * 平成29年度「学校基本調査結果報告書」（山形県）第84表・第86表
- * 平成28年度「学校基本調査結果報告書」（山形県）第83表・第85表
- * 平成27年度「学校基本調査結果報告書」（山形県）第80表・第82表
に基づく

出典：文部科学省学校基本調査より実数を抜粋して作成

資料 22

リクルート進学総研「高校生の進路選択に関する調査（進学センサス 2019）オープンキャンパス編」

【オープンキャンパスで知りたいこと】

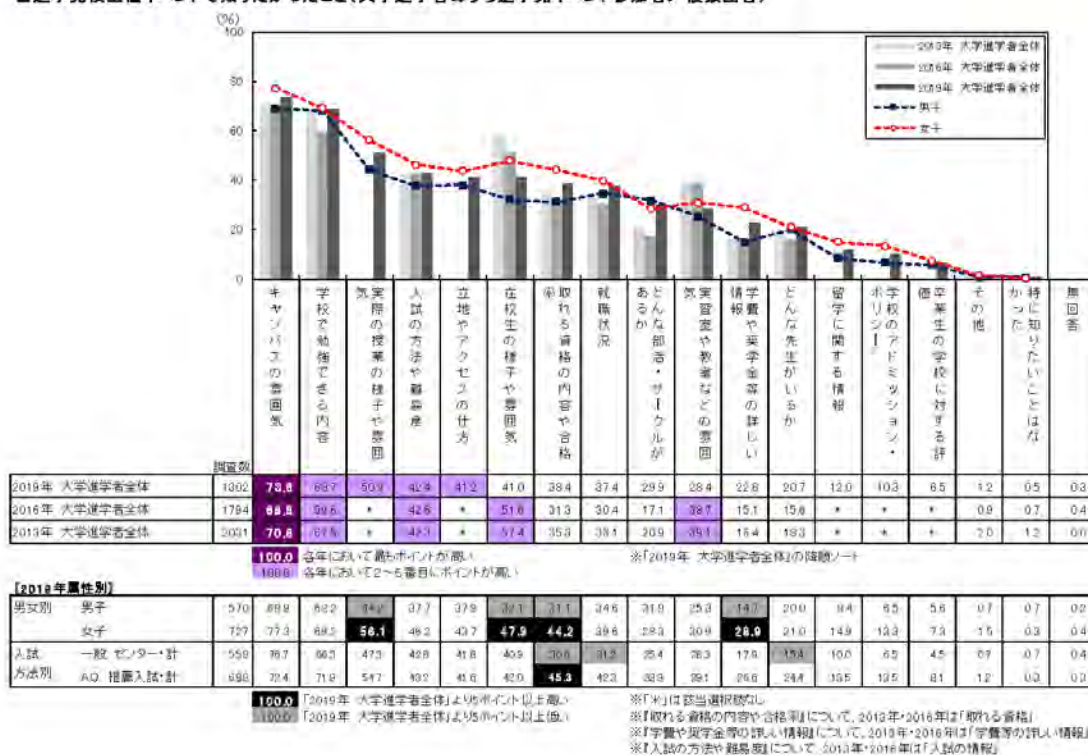
■ オープンキャンパスで知りたいことは「キャンパスの雰囲気」

- 1位：「キャンパスの雰囲気」 73.6%
- 2位：「学校で勉強できる内容」 68.7%
- 3位：「実際の授業の様子や雰囲気」 50.9%
- 4位：「入試の方法や難易度」 42.4%
- 5位：「立地やアクセスの仕方」 41.2%

■ 女子は雰囲気や入試・資格など全項目において男子を上回る

- ・男女別にみると、15項目中14項目において女子が男子を上回っており、「実際の授業の様子や雰囲気」「在校生の様子や雰囲気」「取れる資格の内容や合格率」「学費や奨学金等の詳しい情報」4項目について、女子が男子を10ポイント以上、かつ全体より5ポイント以上上回った。
- ・入試方法別にみると、「取れる資格の内容や合格率」について、AO・推薦層が一般・センター層を10ポイント以上、かつ全体より5ポイント以上上回った。

■ 進学先校主催イベントで知りたかったこと(大学進学者のうち進学先イベント参加者/複数回答)



日本 EV クラブ Web サイト

<p>電気自動車の普及を目指して活動する市民団体の公式ウェブサイトです</p>  <h2>日本EVクラブについて</h2> <h3>【一般社団法人日本EVクラブのご紹介】</h3> <p>一般社団法人日本EVクラブは、1994年10月に設立された「日本EVクラブ」を前身とし、2015年6月2日に新たに一般社団法人として出発した、EVを中心にエコカーの普及活動を行う市民の団体です。1998年には代表の鎌内瑞が、エコカーの普及活動の功績によって環境大臣表彰を受けています。</p> <p>自動車は、環境とエネルギーという私たちの生活の基盤に関する問題を抱えています。環境問題には、排ガスによる広域地域の空気汚染と二酸化炭素（CO₂）の排出による地球温暖化という2つの問題があります。エネルギー問題は石油の枯渇という問題です。自動車は、この環境問題と石油エネルギー問題の両方を解決しなければ生き残れないでしょう。一方、電気自動車＝EVは、石油に替わるエネルギーで発電された電気で充電し、排ガスもCO₂の排出せずに走行が可能です。石油で走るエンジン自動車からEVへのシフトは、上記の2つの課題を同時に解決可能です。</p> <p>環境・エネルギー問題は、自動車文明と呼ばれる現在を生きる私たちの問題です。したがって、自分のためにも、また見ぬ世代のためにも、私たちは力を合わせて問題を解決しなければなりません。そのために一般社団法人日本EVクラブでは、EVの普及を市民の力を結集して推進しています。</p> <p>ご入会されると、スタッフや会員といっしょに地球を温暖化から救い、石油の枯渇を先延ばしできます。日本EVクラブは地球救命隊であり、会員は救命隊員になれる</p>	<p>ということです。ぜひ、ご入会いただき、いっしょに地球を危機から救いましょう。</p> <h3>【活動内容】</h3> <p>EVを中心としたエコカーの普及推進のために、さまざまな活動を行っています。それらは、(1) 教育 (2) 啓発 (3) イベントの開催 (4) 新しいEVの開発 (5) EVの可能性へのチャレンジ (6) 会員への支援、です。</p> <p>具体的には、</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 教育：中学生次世代車教室 (2) 啓発：最新EV・プラグインハイブリッド車 試乗&セミナー、EV一番塾、ホームページの開設、各種講演会 (3) イベントの開催：日本EVフェスティバル、ジャパンEVラリー (4) 新しいEVの開発：EV-Aクラス、EVミゼットII、EVミラ、EVフォーミュラカー、ERK (Electric Racing Kart)、リバーストライクE3 (5) EVの可能性へのチャレンジ：EV-Aクラスによる日本一周充電の旅、EVミラによる東京～大阪途中無充電の旅（ギネス）認定、一充電1000.3kmチャレンジ（ギネス認定）、EVスーパーセブンによる日本一周急速充電の旅 (6) 会員への支援：改造EV製作支援、各種情報の伝達と交換、相談会の開催、ERKレース開催支援、年報の発行、ホームページの開設、支部開設の支援、懇親会の開催 <p>その他、経済産業省、(一社)次世代自動車振興センターなどの官公庁、鳥取県、三重県など地方自治体、企業の依頼により、イベント等を行っています。</p> <p><自治体/企業等とのコラボレーションのご紹介></p>
<h3>【日本EVクラブ活動例】</h3> <p>●日本EVフェスティバル</p> <p>第1回は1995年にたった5台の改造EVと、6台のERKで開催しました。それからしばらく日本自動車研究所のオーバルコースで開催してきましたが、2002年から筑波サーキットで開催しています。会員製作の改造EVとERKがデッドヒートを繰り広げる一方で、自動車メーカー製のEVとプラグインハイブリッド車の試乗会が開催されます。日本で唯一、世界でも例を見ない電気自動車の祭典です。</p>  <p>●ジャパンEVラリー白馬</p> <p>2014年から白馬村で開かれるようになりました。市販EV、プラグインハイブリッド車が全国各地から白馬村をめざして集まります。一番遠くから来た人は、岡山からでした。もちろん、途中で充電をしなければなりません。でも、ちゃんと白馬村まで来られるほどに充電インフラは整っていること、EVでも遠出が可能で、ドライブはとて楽しいことを参加者自ら証明します。ゴールした参加者には「EV普及アンバサダー」の称号が授与されます。</p>  <p>●会報の発行</p> <p>年1回発行する会報には、編集部員たちの座談会やその時々話題を追う特集記事の他に、会員の作った改造EVのデータと写真が掲載されています。EV情報満載の冊子です。</p>	<p>●最新EV&プラグインハイブリッド車 試乗&セミナー</p> <p>EVに関心があるが、まだ乗ってないという人、もっと詳しくEVのことが知りたい人、購入したいので乗り比べてみたい人たちに好適な塾です。午前中にはEVの基礎知識を学ぶセミナーがあり、午後は最新のEVとプラグインハイブリッド車の試乗会。試乗の待ち時間に開かれる、どんなことにも答えるQ & Aが好評です。</p> <p>●EV一番塾</p> <p>専門的なEVの講習会です。最新のEVの情報に加えて、なかなか聞けないEVの基礎講座、マニア垂涎のお宝情報など、EVを深く知りたい人やEVマニアのための講座です。</p> <p>●中学生次世代車教室</p> <p>世田谷区と日本EVクラブのコラボレーションで開催される世田谷の中学生が対象の教室です。10年の間に、EVフォーミュラカーの「サイド・バイ・サイド」、プラグインハイブリッドの「ハイブリッド・バギー」など、実際に走るEVやハイブリッド車を製作してきました。</p>  <p>●世界初のEV耐久レース EVミゼットII 4時間耐久レース</p> <p>筑波サーキットに併設されたオートレース選手養成所のオーバルコースで、2000年に開催しました。EVに改造されたミゼットII 6台が、バッテリーを交換しつつ、4時間走りました。場内放送もサイレント化され、全員に渡されたFMラジオで聞きました。</p> <p>●2001年日本一周充電の旅</p> <p>メルセデスのAクラスをEVに改造し、2001年に約半年かけて1万2000kmを走り、日本を一周しました。充電は充電サポーターのご自宅や事務所、工場でコンセントをお借りして行いました。EVの最長走行距離を樹立し、「充電インフラが整っていないからEVは普及しない」とは愚説であることを立証しました。</p>

●東京～大阪途中無充電の旅

ダイハツ・ミラをEVに改造し、途中で充電せずに東京日本橋から大阪日本橋まで555.6kmを走り、EVの一充電航続距離の世界記録を達成し、ギネスに認定されました。「EVは航続距離が短いから普及しない」とは風説であり過去のものであることを立証しました。2009年。



●一充電航続距離1000.3km 世界記録を達成

EVミラでテストコースを周回し、1000.3km走って、一充電の航続距離世界記録を達成し、ギネスに認定されました。2010年。

●手作りEV教室

エンジン車からエンジン等の部品を外し、モーターやバッテリーを搭載するとEVになります。これをEVへのコンバート、コンバージョンと呼びます。車検に合格すればナンバーが取れます。日本EVクラブではコンバート教室を開催し、改造のノウハウを講習しました。その結果、日本EVクラブの会員の手で300台近いコンバートEVが誕生しました。最初のコンバートEVはレースカーのFJ1600をコンバートした電友1号でした。この電気フォーミュラカーが日本EVクラブ設立のきっかけとなりました。その後日本EVクラブでは、EVミゼットⅡ、EV・Aクラス、EVミラ、EVスーパーセブンを製作しました。



●EVスーパーセブン急速充電の旅

急速充電器は現在、7000基以上あります。すでに十分な数ですが、まだ「急速充電のインフラが整備されていないからEVは普及しない」という人たちがいます。そこで十分に急速充電インフラは整っていることを立証すべく、急速充電だけで充電して日本を一周しました。旅をし



たのは日本EVクラブの会員である東北自動車と共同で製作したEVスーパーセブンです。航続距離はたった120kmですが、162箇所で充電しただけで一周ができました。2013年開催。

●クラブで製作したレーシングEV

日本EVクラブ創設のきっかけとなった電友1号(写真)、最高時速212kmを記録したX-01、入門EVフォーミュラカーの小電友、筑波コース2000のEVコースレコード・ホルダーのZEK-03などがある。



日本EVクラブ所在地

一般社団法人日本EVクラブ 事務局
住所: 〒156-0043東京都世田谷区松原2-20-10-401
TEL: 03-5376-8446
FAX: 03-5376-5310
MAIL: info@jevclg.jp

出典：一般社団法人日本EVクラブHPより
<http://www.jevclg.jp/about-2/>

資料 24

経済産業省「第 2 回 モビリティの構造変化と 2030 年以降に向けた自動車政策の方向性に関する検討会(2020 年 9 月 14 日)」資料

I-1. 日本経済を支える自動車産業

I-1. 日本経済を支える自動車産業

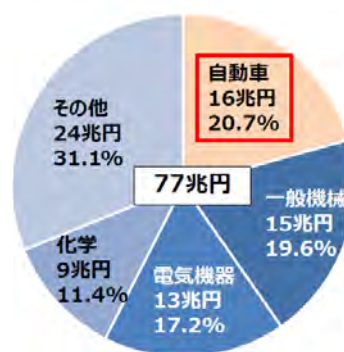
- 自動車産業は、日本の経済・雇用を支えてきた「屋台骨」。
- 迫り来る大変革への積極対応は、日本の経済・社会も大きく左右。

<自動車関連産業の規模>

出荷：約62.3兆円(製造業の約2割)
※2018年
雇用：約540万人(全産業の約1割)
※2018年
設備投資：約1.5兆円(製造業の約2割)
※2018年
研究開発費：約2.9兆円(製造業の約2割)
※2018年
輸出：約16兆円(全体の約2割)
※2019年

出所：自工会「日本の自動車工業2020」

日本の主要商品別輸出額
(2019年)



参考：「自動車」には、4輪、2輪、部品を含む。
出所：財務省貿易統計

出典：経済産業省「第2回 モビリティの構造変化と2030年以降に向けた自動車政策の方向性に関する検討会」資料より抜粋
https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/mobility_kozo_henka/pdf/002_03_00.pdf

令和元年度

ものづくり基盤技術の振興施策

第201回国会(常会)提出

総論

—不確実性の時代における製造業の企業変革力—

1. 概況

第20回目の節目となる2020年版ものづくり白書は、新型コロナウイルス感染症の世界的な感染拡大によって戦後最大ともいべき危機が進行する中で策定されるものとなった。この新型コロナウイルス感染症がもたらした危機は、GDP（国内総生産）の2割を占め、我が国経済を支える製造業に、供給と需要の両面から影響を及ぼしている。

供給面を見ると、新型コロナウイルスが中国湖北省武漢において発生し、やがて中国全土に広がったことで、中国国内の生産拠点が操業停止を余儀なくされ、中国からの製品や部品等の供給が途絶もしくは減少するという事態が生じた。このため、マスク、医療用ガウン等の防護具等の供給の不足が問題となった他、自動車等を始めとするサプライチェーンの長い分野において調達の確保が課題となった。さらに、感染がその他のアジア地域等に広がったことにより、中国の生産が回復基調に入った後においても、各社は引き続きサプライチェーンの問題に懸命に取り組んでいる。

供給面に続いて、需要面においても大きな影響が生じた。感染地域が欧州そして米国へと広がり、それらの地域でも感染の拡大防止のために経済活動の制限や都市の封鎖が行われた結果、大規模な需要が急速に減退する事態となった。その経済的被害の規模を現時点（2020年4月1日）において推測するのは難しいが、すでに2008年のリーマンショックを上回る事象も生じており、深刻な経済状況に至る恐れがある。

我が国製造業は、これまでも、様々な不測の事態や環境の激変に直面してきた。1970年代のニクソンショックや二度の石油危機、1980年代のプラザ合意後の円高不況、1990年代のバブル崩壊やアジア通貨危機、そして21世紀に入ってから、リーマンショック、欧州債務危機、東日本大震災等の出来事に見舞われた。我が国製造業は、このような予測不能な危機や環境の激変に直面する度に、それを乗り越え発展してきた。しかし、今般の新型コロナウイルス感染症による危機に際し、その克服に当たってはこれまで以上の大きな変革が求められている。本白書においては、高まる不確実性への対処と変革への取組のあり方に焦点を当てて分析を行っている。

2. 不確実性の時代における我が国製造業の在り方

〈これまでの白書が提起した「4つの危機感」〉

2018年版ものづくり白書は、第四次産業革命が到来する中での我が国製造業が直面している課題として、次の四つを指摘した。

- ① 「人材の量的不足に加え質的な抜本変化に対応できていないおそれ」
- ② 「従来『強み』と考えてきたものが、成長や変革の足かせになるおそれ」
- ③ 「経済社会のデジタル化等の大きな変革期の本質的なインパクトを経営者が認識できていないおそれ」
- ④ 「非連続的な変革が必要であることを経営者が認識できていないおそれ」

これを受けて、2019年版ものづくり白書においては、上記の4つの危機感で提起した課題や方向性とその後環境変化を踏まえ、第4次産業革命下における戦略として、

- ① 「世界シェアの強み、良質なデータを活かしたニーズ特化型サービスの提供」
 - ② 「第四次産業革命下の重要部素材における世界シェアの獲得」
 - ③ 「新たな時代において必要となるスキル人材の確保と組織作り」
 - ④ 「技能のデジタル化と徹底的な省力化の実施」
- といった4点が戦略として重要であるとしている。

2018年版、2019年版白書では、デジタル技術革新が製造業に波及する中で、人材に求められるスキルの変化、各部署が部分最適に陥っているという問題、サービス化を含む新しい付加価値提供の動きの拡大等の状況を確認し、上記の危機感と戦略を提起してきた。

このような課題や戦略には依然として当てはまっているものもあるが、我が国製造業は現在新型コロナウイルス感染症の世界的な拡大を始めとする事業環境の大きな変化に直面しており、非連続的な変革の必要性や、デジタル化のインパクトに対する経営者の認識は当時と比べ格段に高まっていることが考えられるなど、変化した面も多い。今回のものづくり白書においては、これまでの白書を踏まえつつ、かつてない環境変化を乗り越えるために我が国製造業に求められる新たな在り方を模索している。

＜今回のものづくり白書におけるメッセージ＞

2019年から2020年にかけて、米中貿易摩擦に代表される保護主義的な動きの台頭、地政学的リスクの高まり、急激な気候変動や自然災害、非連続な技術革新、そして何より2020年1月以降の新型コロナウイルス感染症の感染拡大等により、我が国製造業を取り巻く環境は、かつてない規模と速度で急変しつつあり、かつ極めて厳しいものとなっている。この環境変化の「不確実性」こそが、我が国製造業にとって大きな課題となっている。

そこで、今回のものづくり白書は、我が国製造業が、この不確実性の時代において取るべき戦略について、以下のとおり提起している。

① 企業変革力（ダイナミック・ケイパビリティ）強化の必要

環境や状況が予測困難なほど激しく変化する中では、企業には、その変化に対応するために自己を変革していく能力が最も重要なものとなる。そのような能力を、「企業変革力（ダイナミック・ケイパビリティ）」という。

今回のものづくり白書の主たるメッセージの1つは、不確実性の時代における我が国製造業の戦略は、この「企業変革力」の強化にあるということである。本文第1章第2節は、企業変革力の理論の概説、我が国製造業の企業変革力の分析、そして、その強化策を具体的な事例を示しつつ明らかにしている。特に、新型コロナウイルス感染症の感染拡大によって顕在化したサプライチェーンの脆弱性については、柔軟性や多様性等の観点から、サプライチェーンを再構築し、企業変革力を高めることを提唱している。

② 企業変革力を強化するデジタルトランスフォーメーション推進の必要

IoTやAIといったデジタル技術は、生産性の向上や安定稼働、品質の確保など、製造業に様々な恩恵を与える。しかし、今回のものづくり白書では、デジタル技術が企業変革力を高める上での強力な武器であるという点を最大限に強調する。

例えば、脅威や機会をいち早く感知するのに有効なリアルタイム・データの収集やAIの活用、機会を逃さず捕捉するための変種変量生産やサービタイゼーション、組織や企業文化を柔軟なものへと変容させるデジタルトランスフォーメーションは、企業変革力を飛躍的に増幅させるものである。

特に、新型コロナウイルス感染症の感染拡大を受けて、臨時休校や医療現場での感染予防の観点か

ら、遠隔教育や遠隔医療など、リモート化の取組を求めるニーズが高まっており、我が国のデジタルトランスフォーメーションの必要性が加速している。このような取組によって、将来の感染症に対して強靱な経済構造を構築し、中長期的に持続的な成長軌道を確実なものとする必要がある。

このように、単に新しいデジタル技術を導入するということではなく、それを企業変革力の強化に結びつけられる企業が、この不確実性の時代における競争で優位なポジションを得ることができる。しかし、今回の白書の分析では、我が国製造業は、IT投資目的の消極性、データの収集・活用の停滞、老朽化した基幹系システムの存在といった課題を抱えていることを明らかにしている。

③ 設計力強化の必要

急激な環境や状況の変化に迅速に対応する上では、製品の設計・開発のリードタイムを可能な限り短縮することが必要となる。また、製品の品質・コストの8割は設計段階で決まり、工程が進むにしたがって、仕様変更の柔軟性は低下する。それゆえ、迅速で柔軟な対応を可能にする企業変革力を強化する上では、設計力を高めることが重要である。

これまで、我が国製造業の強みは、製造現場の熟練技能（いわゆる「匠の技」）にあるとされてきた。しかし、2019年ものづくり白書でも指摘したように、「匠の技」を支えてきた人材の高齢化等により、製造技能の継承が問題となるなど、現場の熟練技能に依存することの限界が見えつつある。一方で、近年、不確実性の高まりや製品の複雑化により、設計部門への負荷が著しく増大している。このようなことから、我が国製造業は、設計力を強化する必要性に迫られているといえる。そして、この設計力を高める上では、部門間や企業間を横断する連携が不可欠であり、また、バーチャルエンジニアリング等、デジタル技術の活用が大きな力を発揮する。

ところが、我が国製造業の設計力は、近年の不確実性の高まりにもかかわらず、あまり向上していないとされている。また、3DCADによる設計が十分に進んでおらず、協力企業への設計指示を図面で行っている企業が過半を占めている実体が、今回の調査で明らかとなった。

不確実性の時代において、設計のデジタル化が遅れていることは、我が国製造業のアキレス腱となりかねない。デジタル化による設計力の強化が急務である。

④ 人材強化の必要

我が国製造業のデジタル化を進める場合にボトルネックとなるのはやはり、人材の質的不足である。本文では、製造業のデジタル化に必要な人材の能力として、システム思考と数理の能力を特定している。

さらに、デジタル化に必要な人材の確保と育成の方策について、労働政策の観点からは、デジタル技術革新に対応できる労働者の確保・育成を行い、付加価値の創出による個々人の労働生産性をより高めることが重要である。

また、教育の観点からは、ものづくりの基盤となる実践的・体験的な教育・学習活動を一層充実させるとともに、「数理・データサイエンス・AI」のリテラシー教育を進めるなど今後のデジタル社会において必要な力を全ての国民に対して育てていくことが重要である。

3. 本白書の流れとまとめ

本白書第1部では、上記の観点から、我が国製造業に必要とされる対応を以下のとおり取り上げる。

第1章では、「我が国ものづくり産業が直面する課題と展望」として、製造業の業況や直面する課題に触れた上で、米中貿易摩擦や新型コロナウイルス感染症の拡大に代表される不確実性の高まりに対して、様々な環境変化に柔軟に対応していく企業変革力（ダイナミック・ケイパビリティ）」が重要であり、それにはデジタル化が有効であると分析した。さらに、国内製造業におけるデジタル化の進捗を確認し、設計力強化や人材育成の重要性に言及している。

第2章ではデジタル技術活用の取組が、どのような人材確保・育成に対する成果を生み、その成果を生んだ取組にどのような特徴がみられるかを分析している。今後、ものづくり人材にはデジタル技術を活用できるスキルがより一層求められ、同時に、我が国ものづくりの源泉である熟練技能は、多くの企業が、今までどおり必要と考えていることを確認している。

第3章ではデジタル化が進む社会の変化に対応し、新たな価値を生み出すことができる人材育成に資する取組や、ものづくりへの関心・素養を高める各学校段階における特色ある取組、さらにもものづくりに関する基盤技術や産学官連携を活用した研究開発の取組などについて現状や今後の方向性をまとめている。

今回のものづくり白書では、パンデミック、貿易摩擦、保護主義、地政学リスク、自然災害等の「不確実性」を克服するために、我が国製造業が取るべき戦略を提示している。その戦略とは、環境や状況の急変に対応する「企業変革力」、特に設計力を、デジタル技術を徹底的に活用することによって強化することである。

上記の戦略の下、今後、経済産業省・厚生労働省・文部科学省が一体となって、関連する政策を実施していくこととなる。

以上

第1章

我が国ものづくり産業が直面する課題と展望

第1節 我が国製造業の足下の状況^{注1}

第1節

我が国製造業の足下の状況

1 新型コロナウイルス感染症の発生と我が国製造業の業績動向

我が国経済は、雇用・所得環境の改善や、設備投資の拡大などを背景に緩やかな回復を続けてきたが、2018年後半以降、中国経済の減速や度重なる災害、天候不順、通商問題や海外経済の不確実性等の影響が、製造業を中心に企業収益や投資にも波及している。さらに、2020年4月1日現在、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）（以下、「新型コロナウイルス感染症」と表記）の世界的な感染拡大の影響により内外経済が大幅に下押しされ、景気は厳しい状況にある。

ここではまず、喫緊の問題である新型コロナウイルス感染症の感染拡大の影響について、2020年4月1日までの状況を概観した上で、近年の我が国経済の全体的な動向や製造業の業績について概観していく。

(1) 新型コロナウイルス感染症の世界的な感染拡大の影響

2020年1月に中国湖北省武漢において最初に発生した新型コロナウイルス感染症は、まず中国国内で拡大した。2月中旬までに中国国内での感染者数は約8.1万人にまで増加したが、それ以降中国での感染者数の増加速度は大幅に低下した。ところが3月上旬からその感染範囲が世界的に拡大し、米国、イタリア、スペイン等で感染が拡大している。

4月1日現在、世界の感染例は約85万例、感染による死者は約4.2万人に上る。国内においても感染例は2,178例、死亡者は57人になるなど、感染の収束は見通せない状況である。これにより各国経済に深刻な影響が及んでおり、我が国もかつてない危機に直面している。

続いて、我が国製造業への影響と、これまでの対策を概観したい。我が国においては、2020年1月末

日、中国湖北省全域が感染症危険レベル3（渡航中止勧告）、中国全域が感染症危険レベル2（不要不急の渡航を制限）まで引き上げられた。湖北省武漢には自動車産業の集積地として国内自動車メーカーや同部品メーカー等が進出しており、日本は、現地で生産されたバネや繊維・樹脂製の部品、素材などを輸入していたため、部品調達の寸断を背景に、多くの進出企業やその拠点が操業停止を余儀なくされただけでなく、中国に進出している日系企業や、中国と取引のある国内企業、インバウンド消費、サプライチェーン全体に大きな影響を与えた。

このような状況を受けて、日本政府は、2月13日、「新型コロナウイルス感染症に関する緊急対応策」を決定し、帰国者等への支援、水際対策、国内感染症対策などを中心に、予備費103億円を含む総額153億円の対応策を実行することとし、25日には「新型コロナウイルス感染症対策の基本方針」を決定した。さらに3月10日には、「新型コロナウイルス感染症に関する緊急対応策（第2弾）」として、財政措置0.4兆円、金融措置総額1.6兆円の対応策を決定したが、その中には、サプライチェーン毀損等に対応するための設備投資や販路開拓などに取り組む事業者の優先支援も盛り込まれた。

しかし、3月11日にWHO（世界保健機関）が「新型コロナウイルスは『パンデミック』といえる」と宣言し、米国では3月19日に日本を含む全世界への渡航中止が勧告されるなど、新型コロナウイルスの世界的な感染拡大は深刻化していった。そうした中、3月13日午前の東京株式市場はニューヨーク市場の株価下落などを受けて売り注文が殺到し、日経平均株価は前日と比べて一時1,869円値下がりとなるなど歴史的な値下がり幅を記録した（図111-1）。

注1 本白書における統計の数値については、2020年4月1日時点で公表されているものを元にしていく。

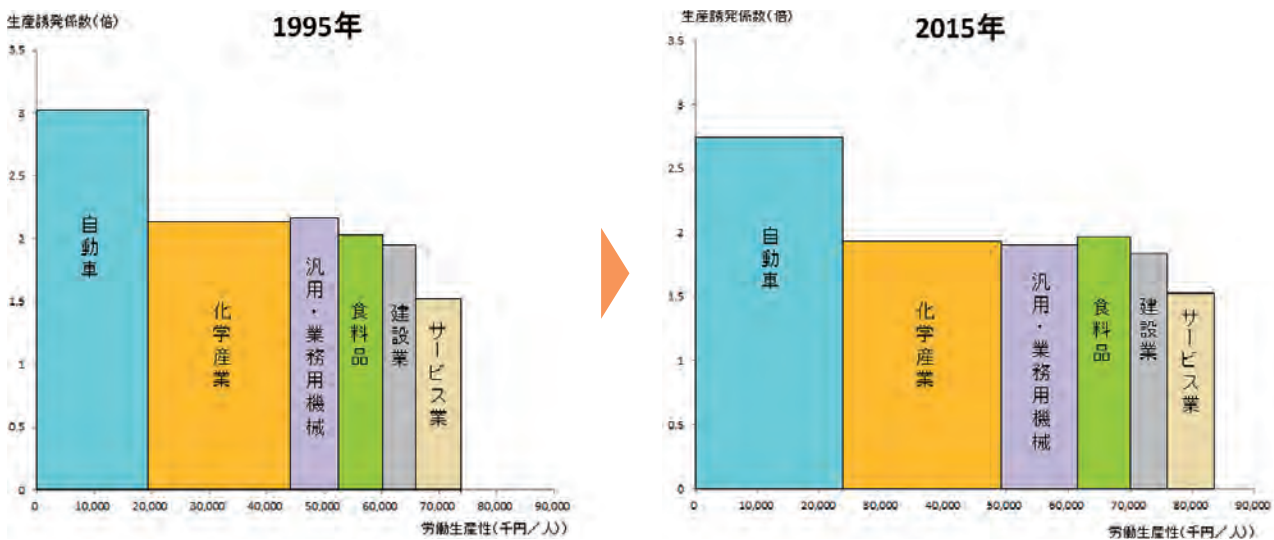
ル転換を行う際に、他社よりも優位に立つためには何が必要かといった課題意識のもと、研究を進めている。
量子コンピュータの本格化には、まだまだ課題は多い。しかし、この領域の研究は日進月歩であり、その動向は無視できない。企業は量子コンピュータ実現のロードマップを睨みながら、自社が目指す姿に対してできることの見極めが必要であろう。

(5) 自動車産業に見られる大きな変革(CASE)

(4) において非連続的な変化を引き起こす可能性のある技術革新を概観したが、製造業の中でも特に裾

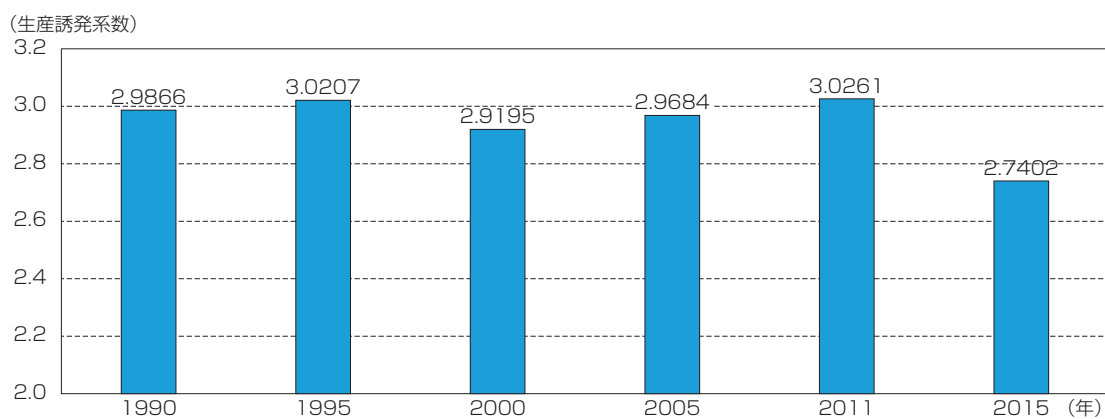
野の広い自動車産業は他産業への波及効果が最も大きく、自動車産業における変化は、製造業全体に大きな影響を及ぼす(図 121-19・20)。

図 121-19 自動車産業の生産誘発係数・労働生産性の変化



備考：1. ここでいう生産誘発係数とは、総務省「産業連関表」の逆行列係数表(統合中分類)における各産業の大きさを表す。
2. 「自動車」は乗用車、「汎用・業務用機械」は一般機械産業の値(2015年分ははん用、生産用、業務用機械の生産誘発係数について国内生産額でウェイト付けし、平均値の値を採用)
3. ここでいうサービス業は、電気・ガス・水道、商業、運輸、情報通信等。
資料：総務省「産業連関表」、内閣府「国民経済計算」

図 121-20 乗用車の生産誘発係数の推移(値及び順位)



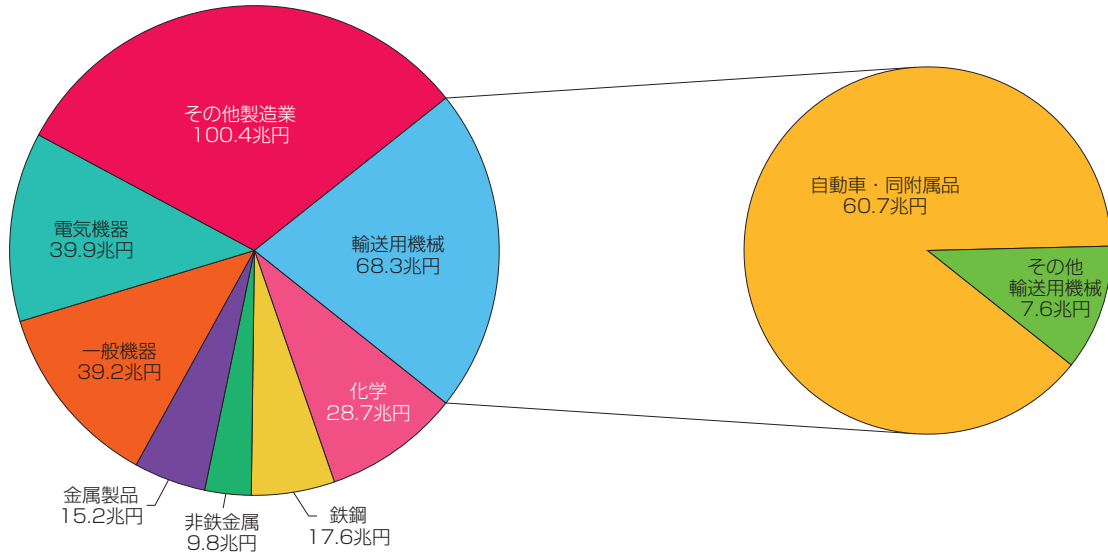
	1990年	1995年	2000年	2005年	2011年	2015年
1位	乗用車 (2.989)	乗用車 (3.021)	乗用車 (2.920)	乗用車 (2.968)	その他の自動車 (3.120)	乗用車 (2.740)
2位	その他の鉄鋼製品 (2.803)	その他の自動車 (2.694)	その他の自動車 (2.831)	その他の自動車 (2.914)	乗用車 (3.026)	その他の自動車 (2.721)
3位	その他の自動車 (2.757)	その他の鉄鋼製品 (2.663)	自動車部品・同付属品 (2.564)	自動車部品・同付属品 (2.717)	その他の鉄鋼製品 (2.967)	その他の鉄鋼製品 (2.627)

備考：ここでいう乗用車の生産誘発係数とは、総務省「産業連関表」の逆行列係数表(統合中分類)における乗用車の大きさを表す。
資料：総務省「産業連関表」(産業連関表平成 2-7-12 接続表 (107 部門表)、平成 12-17-23 接続表 (103 部門表)、平成 27 年産業連関表 (105 部門表)より経済産業省作成)

日本の自動車産業は、我が国製造業の約2割に当たる約60兆円の出荷額を誇る大きな産業であり、関連産業を含めて約550万人の雇用を支えるなど、出

荷額・雇用の面でも日本経済を支えている（図121-21・22）。

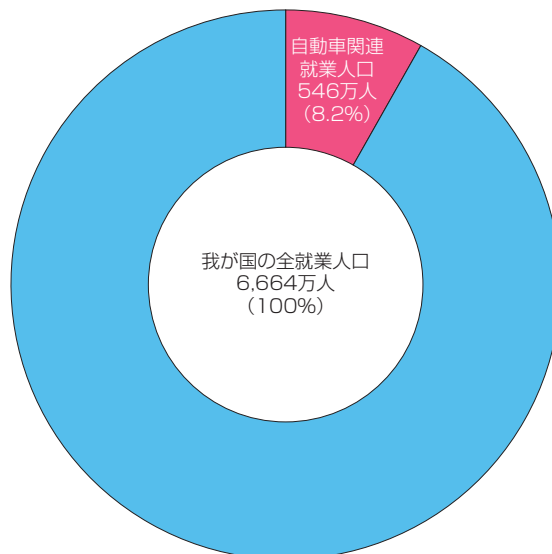
図121-21 製造業の業種別製造品出荷額等



備考：従業者4人以上の事業所。

資料：経済産業省「工業統計表（2018年版）」

図121-22 業種別就業人口



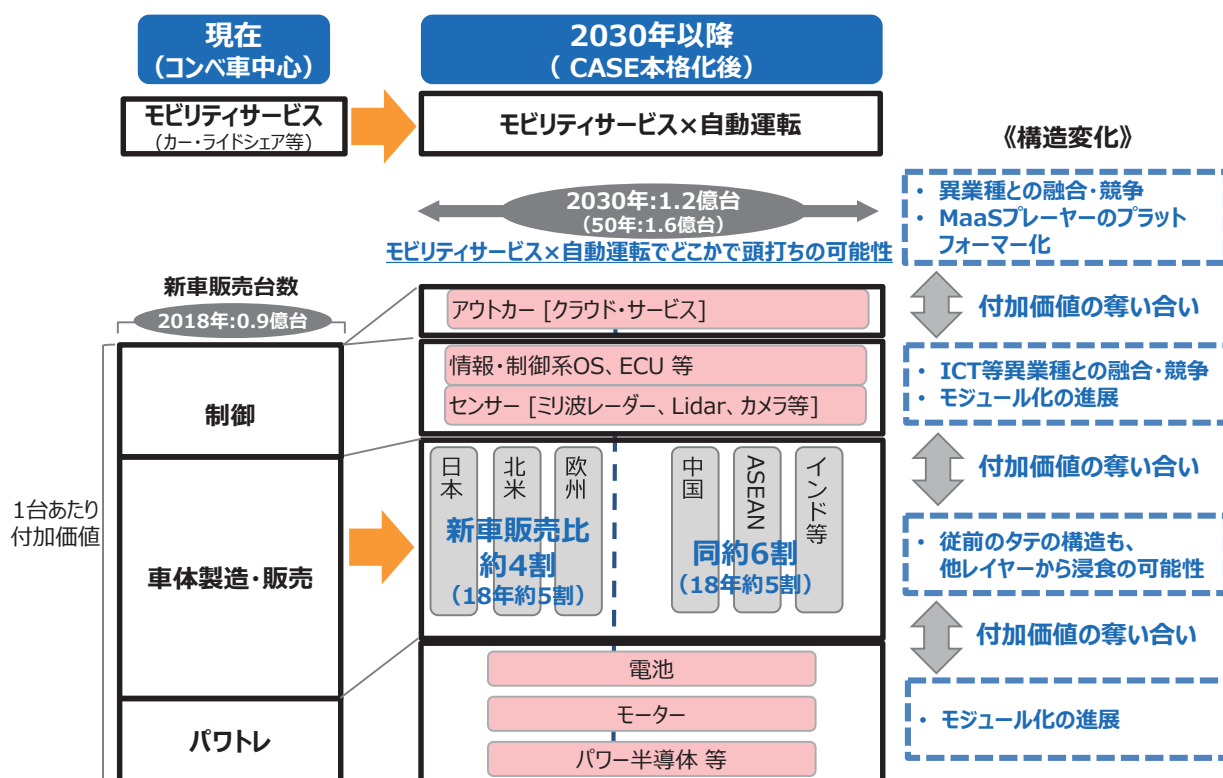
資料：(一社) 日本自動車工業界「日本の自動車工業 2019」

以下では、特に自動車産業において今後見込まれる変化について概観したい。

現在、自動車産業は、CASE（Connected：車のツナガル化、Automated：自動運転、Shared & Service：シェアリング・サービス、Electrified：電動化）と言われる、100年に1度の大きな変革に直面していると言われる。CASEの変化は、1つ1つが、既存の自動車メーカーやそのサプライヤーのビジネスモデルに大きな変化をもたらす。例えば、コネクテッドや自動走行の技術の進化、自動車のサービス利用のニーズの拡大は、ITなど、自動車に関する既存

のプレイヤーとは異なる業種にとって大きなビジネスチャンスとなるとともに、既存の自動車関連産業のプレイヤーにとっては、競争激化のきっかけとなっている。また、電動化により、①エンジン部品など、完全にEV化すれば不要となる部品や、②新たに必要となる部品（駆動用モーターなど）が生じるとともに、③モジュール化の進展により、これまで我が国が強みとしてきたすりあわせが一部不要となるなど、既存の自動車産業のバリューチェーンにも大きな変化をもたらす（図121-23）。

図 121-23 自動車産業の構造の変化



資料：経済産業省作成

「CASE」に対応するためには、これまでと大きく分野の異なる領域に大規模投資を行う必要があることから、我が国の自動車産業が競争力を維持・強化するためには、企業間や官民の連携を一層強化していくことが重要となる。このため、経済産業省では、2018年4月から2019年4月にかけて、4回にわたり、産官学からなる自動車新時代戦略会議を開催し、対応を議論した。2018年7月には、2050年までの長期ゴールとして、世界に供給する日本車1台あたりの温室効果ガス排出量を8割程度削減するとともに、究極的には、燃料から走行までの温室効果ガス排出をゼロにすることを目指す「Well-to-Wheel Zero Emission」を官民で進めることとした。また、2019年4月には、CASEの変化によりもたらされる

3つのモビリティ社会像（①低炭素・分散・強靱な自動車・エネルギー融合社会の構築、②移動弱者ゼロ化、豊かな移動による豊かな地域社会づくり、③渋滞等の都市問題解決、効率的なデジタルスマートシティの実現）を掲げ、官民連携で取組を進めていくことを取りまとめた。

続いては、電動化、地域における新しい移動サービス、デジタルスマートシティ、将来に向けた環境整備の各局面から、対応状況を概観する。

（低炭素・分散・強靱な自動車・エネルギー融合社会の構築）

電動車に搭載されている蓄電池や燃料電池は、分散型電源として電力インフラと連携し、電力システムの安定

化に貢献することや、V2H（車両から家への給電）などの機能を活用することで災害時に避難所や家庭に電力を供給する電源となることが期待されている。また、中古車としての流通の拡大や、廃車後に車載用蓄電池を取り出し定置用蓄電池として活用する取組を進めることで、EVのライフサイクルでの経済性が向上することが見込まれる。このため、2019年7月には、官民連携による「電動車活用社会推進協議会」を設立するとともに、車載用蓄電池のリユース・リサイクルの拡大に向けた課題の整理や電動車の活用のユースケースの普及などに取り組んでいる。

（移動弱者ゼロ化、豊かな移動による豊かな地域社会づくり）

公共交通機関が乏しい地方部においては、自動車は移動手段として欠かすことができない必需品である。このような地方部では、高齢化の更なる進展により、自ら運転することが困難な方々が増える上、ドライバー不足により公共交通の担い手も減少することで、いわゆる移動弱者が増加することが懸念されている。また、物流においても、ドライバー不足は顕著であり、その効率化は不可欠である。

このような現状に対し、経済産業省では、国土交通省と連携し、新たなモビリティサービスの社会実装を通じた移動課題の解決及び地域活性化を目指し、地域と企業の協働による意欲的な挑戦を促すプロジェクトとして、2019年4月に「スマートモビリティチャレンジ」を創設し、28地域を支援対象として選定した。また、無人移動サービスを実現するべく、社会受容性の向上を目指す社会実証を進めるとともに、自動運転の社会実装に向け、その基盤となる安全性評価技術の開発も支援している。

（渋滞等の都市問題解決、効率的なデジタルスマートシティの実現）

車車間・路車間通信の一層の普及や、車両内外のデータの連携を進めることで、交通流通の円滑化や事故の抑止などにつながることを期待される。このようなコネクテッド関連技術の社会実装に当たっては、サイバーセキュリティの確保や、自動走行に活用する高精度3次元地図データの整備・更新、車の内外、交通事業者間にまたがるデータ連携・活用のルールや基盤の構築が課題となる。

このため、経済産業省では、サイバーセキュリティに関する国際標準の策定や日本自動車工業会における情報共有体制の構築等の業界の取組を後押しすると

もに内閣府SIP事業において、ITS無線路側機から提供される信号情報や高精度3次元地図等を活用した自動運転車の実証実験を進めている。

（将来のモビリティ社会像実現に向けた事業基盤整備）

このようなCASEがもたらす社会像を実現するためには、自動車工学とソフトウェアエンジニアリング双方を担えるIT人材の不足、既存・CASE領域双方における開発の効率化、サプライヤーなどのCASEへの対応力の強化が必要となる。

このため、IT人材の育成・発掘を目的に、業界連携で策定したスキル標準に準拠した講座開発を進め、ポリュームゾーンにおける自動車業界×ITの人材エコシステムの構築を後押しするとともに「自動運転AIチャレンジ」等によるトップ人材の引き込み・育成等の取組を進めている。また、開発効率向上のため、シミュレーション技術を活用した「モデルベース開発」を広く普及させるべく、モデル構築の方法に関するガイドラインの整備や標準的なモデルの構築・公開を行っている。また、サプライヤーの対応力の強化に向け、サプライヤー応援隊による支援を実施している。

本節では、我が国製造業を取り巻く政策、地政学、技術革新、市場変化等、様々な局面における不確実性の高まりを見てきた。我が国経済を支える自動車産業においても、今後大きな変化が見込まれ、様々な取組が進んでいるところである。

世界の政策不確実性指数は2018年以降特に上昇基調が強まっているが、1997年以降の傾向を概観すると、拡大傾向は2008年頃より既に始まっている。このようなことから、政策不確実性の高まりは、英国のEU離脱や米中貿易摩擦の激化といった最近の状況を反映した一過性のものというよりは、今後も続く基本的なトレンドと見るべきであろう。

2020年1月以降は更に、中東情勢緊迫化による地政学リスクの高まりや、オーストラリアにおける大規模な山火事を始めとする気候変動による自然災害、そして、新型コロナウイルス感染症の脅威に次々と直面している。まさに、IMF専務理事クリスタリナ・ゲオルギエバ氏が指摘するように、不確実性は新しい常態（ニュー・ノーマル）となりつつある^{注14}。

今後の我が国製造業には、不確実性の高い世界を前提とした事業活動を営む戦略性が求められる。続いては、このような状況の下、日本の製造業が進むべき方向性について考察を深めたい。

注14 Kristalina Georgieva, 2020, "Finding Solid Footing for the Global Economy" <https://blogs.imf.org/2020/02/19/finding-solid-footing-for-the-global-economy/>

第3節 製造業の企業変革力を強化するデジタルトランスフォーメーション(DX)の推進

1 日本の製造業のデジタルトランスフォーメーションにおける課題

(1) 製造業におけるデジタル技術のインパクト

ドイツの“インダストリー 4.0”、フランスの“未来の産業 (Industrie du Futur)”、中国の“中国製造 2025”など、世界の主要各国が、第四次産業革命への対応を進めている中、日本もまた、目指すべき社会の姿として“Society 5.0”を掲げ、さらに2017年3月、我が国の産業が目指すべき姿として“Connected Industries (コネクテッドインダストリーズ)”というコンセプトを提唱し、世界に向けて発信した。

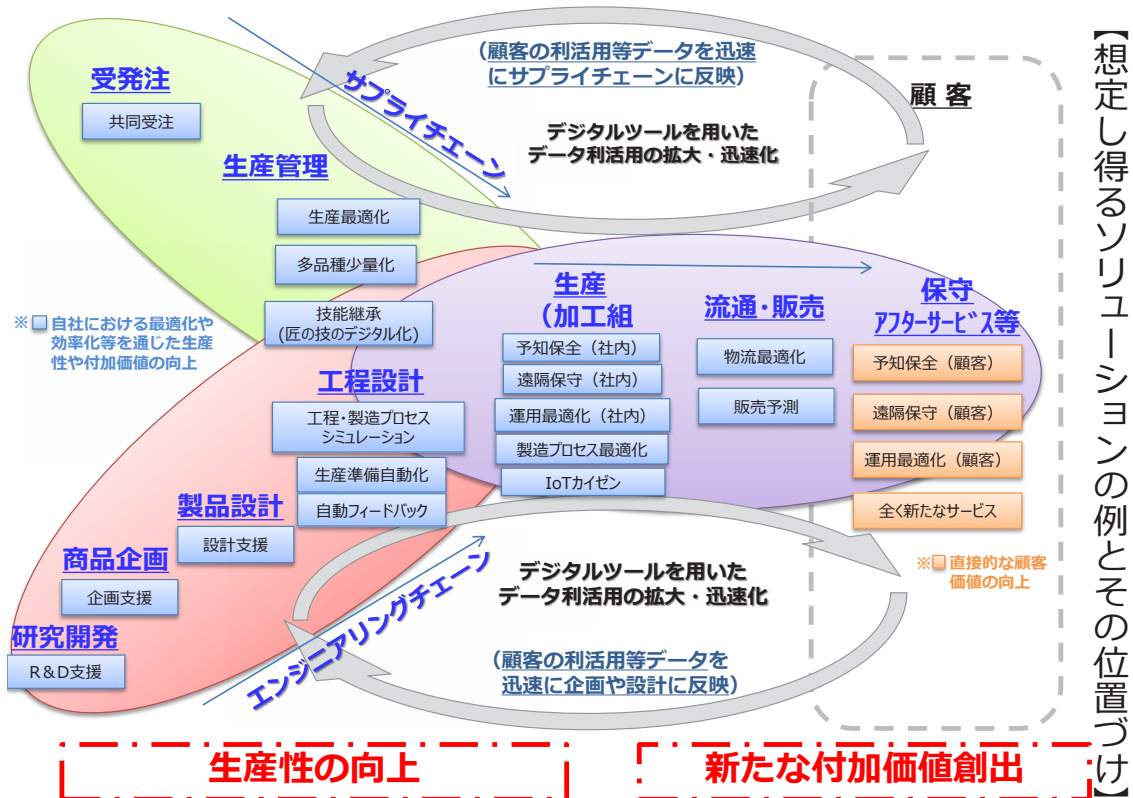
“Connected Industries”とは、データを介して、機械、技術、人など様々なものがつながることで、新

たな付加価値創出と社会課題の解決を目指す産業の在り方である。このコンセプトを具体化する上でカギとなるのは、IoTやAIを始めとする最新のデジタル技術である。

このようなデジタル技術は、より具体的には、次のようにして製造業に大きな変革(デジタルトランスフォーメーション)をもたらす。

そもそも製造工程には、大まかに言って、研究開発-製品設計-工程設計-生産などの連鎖である「エンジニアリングチェーン」と、受発注-生産管理-生産-流通-販売-アフターサービスなどの連鎖である「サプライチェーン」がある。製品や生産技術に関するデータは、この2つのチェーンを通して流れ、結びつき、そして付加価値を生み出す。

図 131-1 想定し得るソリューションの例とその位置づけ



資料：経済産業省作成

IoTを始めとする最新のデジタル技術は、双方のチェーンの各所において、データの利活用を進める優れたソリューションを提供し、製造業に画期的な革新をもたらす。

例えば、エンジニアリングチェーンにおいては、強

化された計算能力やAIなどを研究開発等に活用する「R&D支援」、顧客の仕様データなどを分析することによる「企画支援」、モデルベース開発を始めとする「設計支援」などがある。

サプライチェーンにおいては、工場ごとの繁忙期の

図1 リモートメンテナンスシステム



出所：(株) 英田エンジニアリングより提供

図2 無人駐車場管理システム向け遠隔管理システム「iPark'n コンシェル」



出所：(株) 英田エンジニアリングより提供

2 設計力強化戦略

(1) 品質・コストの8割は設計で決まる

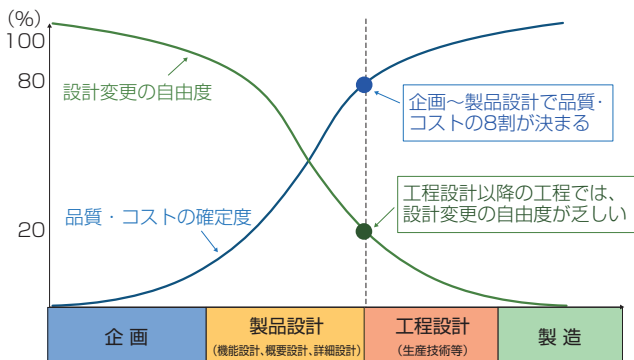
次に、デジタル技術によるエンジニアリングチェーンとサプライチェーンの連携の意義について議論するが、その前提として、エンジニアリングチェーンの重要性について、改めて確認する必要がある。

製造業では、製品の品質とコストの8割は、設計段階

階で決まると言われてきた。

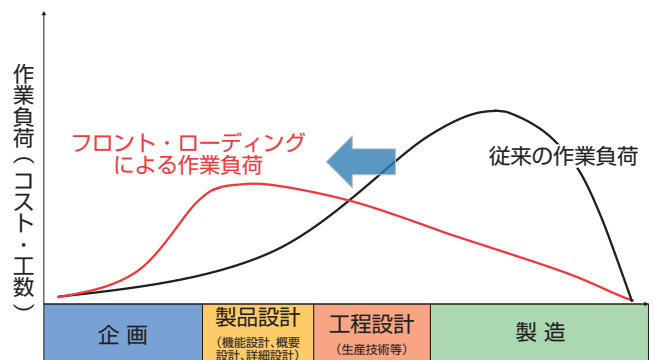
図132-1は、仕様変更の自由度と品質・コストの確定度を示したものである。開発が進むに従って製造設備などが確定していくため、仕様変更の自由度は低下し、設計が完了した後の仕様変更の余地は極めて限定的なものとなる。その結果、仕様変更の自由度が高い設計段階で、製品の品質とコストの8割程度が決まることになるのである^{注4}。

図132-1 仕様変更の自由度と品質・コストの確定度



資料：日野三十四『実践 エンジニアリング・チェーン・マネジメント：IoTで設計開発革新』P.14 図0-4を参考に、経済産業省作成

図132-2 フロントローディングによる作業負荷の軽減



資料：日野三十四『実践 エンジニアリング・チェーン・マネジメント：IoTで設計開発革新』P.14 図0-4を参考に、経済産業省作成

このため、できるだけ開発の初期段階であるエンジニアリングチェーンに資源を集中的に投入すること（「フロントローディング」^{注5}）により、問題点の早期発見、品質向上、後工程での手戻りによるムダを少なくすることが決定的に重要になる（図132-2）。

その上、近年、グローバル化、顧客の製品機能要求の高度化・多様化、環境制約・資源制約の先鋭化といった傾向が高まっている。特に、2015年9月の国連サ

ミットにおいて「持続可能な開発目標（SDGs）」が採択されたことで、企業が果たすべき社会的役割に注目が集まり、我が国製造業企業にも対応が求められている。製品に対する機能要求が高まる一方で、制約条件が厳しくなるのであれば、製品は一層複雑化することにならざるを得ない。

また、製品に占める制御ソフトウェアの比率が高まっていることも、製品の複雑化を招いている。こ

注4 日野三十四『実践 エンジニアリング・チェーン・マネジメント：IoTで設計開発革新』（2017年、日刊工業新聞社）

注5 設計初期の段階に負荷を掛け、作業を前倒しで進めること。

の傾向は自動車において特に顕著である。自動車ソフトウェアのコード数は、2000年時点では100万行程度であったが、現在では1億行を超えている。F-35戦闘機が2000万行、Microsoft Office 2013が4,400万行と言われているので、自動車ソフトウェアの複雑さは突出している^{注6}。

このように製品が複雑化していけばいくほど、エンジニアリングチェーンに掛かる負荷はより大きなものとなる。すなわち、製品の複雑化が進めば進むほどに、それに対応できるエンジニアリング能力の高さこそが、製造業の競争力を左右するといえる^{注7}。

さらに、第2節で論じたように、近年、世界的に不確実性が高まっており、我が国の製造業は、この不確実性にも対応しなければならなくなっている。より具体的にいえば、想定外の突発的な環境や状況の変化が発生した場合、製品の仕様を早急に変更しなければならないというリスクにさらされているのである。例えば、このような事態に対しては、仕様変更の自由度が高い設計段階において対応せざるを得ず、しかも可能な限り迅速に対応することが重要である。さらに仕様変更に対応する「製品設計」のみならず、仕様を変更した製品を効率的に製造できるよう、製造工程を迅速かつ自在に変更するための「工程設計」の能力も必要となる。

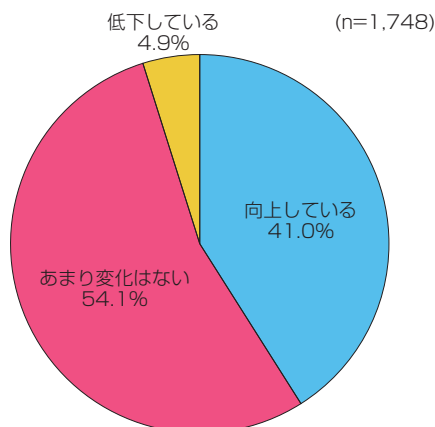
このように、不確実性に対応するには、製品設計と工程設計の双方を含むエンジニアリングに高い能力があることが求められる。エンジニアリングの能力は、製造業が不確実性に対応するダイナミック・ケイパビリティの中核を占めるものといえる。

(2) 我が国の製造業のエンジニアリングチェーンの現状と課題

それでは、我が国製造業のエンジニアリングチェーンは現在どのような状態にあるのだろうか。

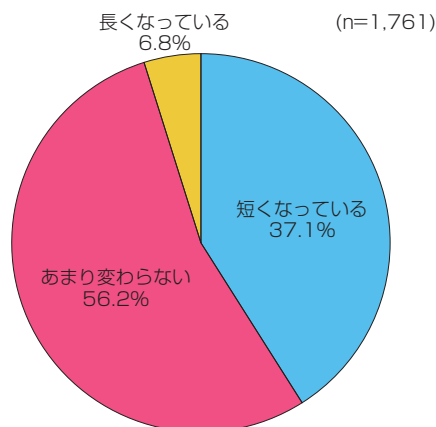
2019年12月に国内製造業に対して実施されたアンケートによれば、エンジニアリングチェーンの上流に当たる製品設計力のここ5年間での変化の状況について、約4割が向上していると答えたものの、半数以上が「あまり変化は無い」と回答している(図132-3)。製品設計のリードタイムについても同様で、約4割が短くなっていると回答した一方で、半数以上が「あまり変わらない」としている(図132-4)。製品設計のリードタイム短縮を図るための取組として重視しているものを確認すると、半数以上が「生産技術、製造、調達といった他部門との連携促進」と回答しており、設計力の強化に向けては他部門との連携が重視されている(図132-5)。

図 132-3 製品設計力の5年前に比べての変化



資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

図 132-4 製品設計のリードタイムの5年前に比べての変化

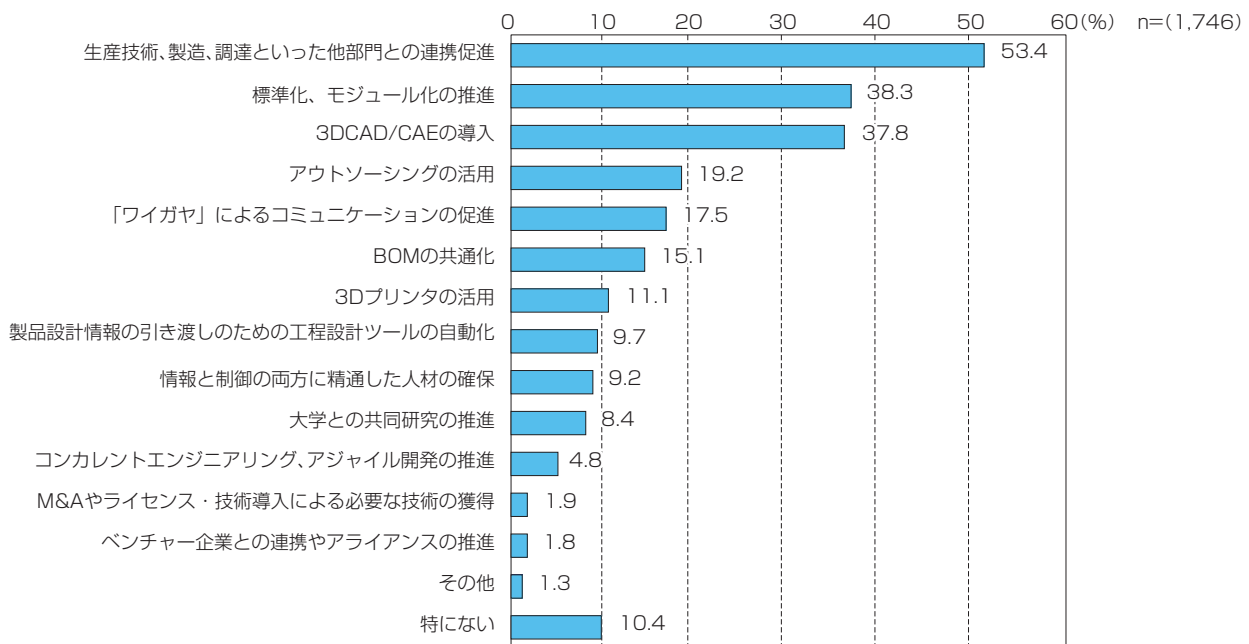


資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

注6 経済産業省「自動車新時代戦略会議(第1回)資料」内参考資料P11(平成30年4月18日)

注7 藤本隆宏編『「人工物」複雑化の時代：設計立国日本の産業競争力』(2013年、有斐閣)

図 132-5 製品設計のリードタイム短縮を図るための取組として重視しているもの



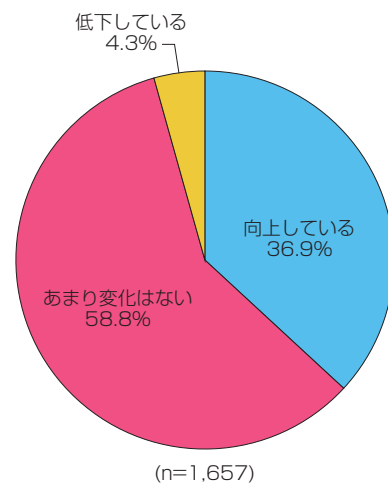
資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

また、国内製造業に対して工程設計(生産技術)力のここ5年間での変化について尋ねたところ、36.9%が「向上している」、58.8%が「あまり変化はない」、4.3%が「低下している」と回答した(図132-6)。

工程設計力が「向上している」と回答した企業に対してその要因を確認したところ、「生産技術、製造、調達といった他部門との連携強化」と回答した企業が最も多く79.2%を占め、「営業、アフターサービスなどから顧客ニーズのフィードバックを強化(26.5%)」「デジタル人材の育成、確保(22.5%)」が続いている(図132-7)。

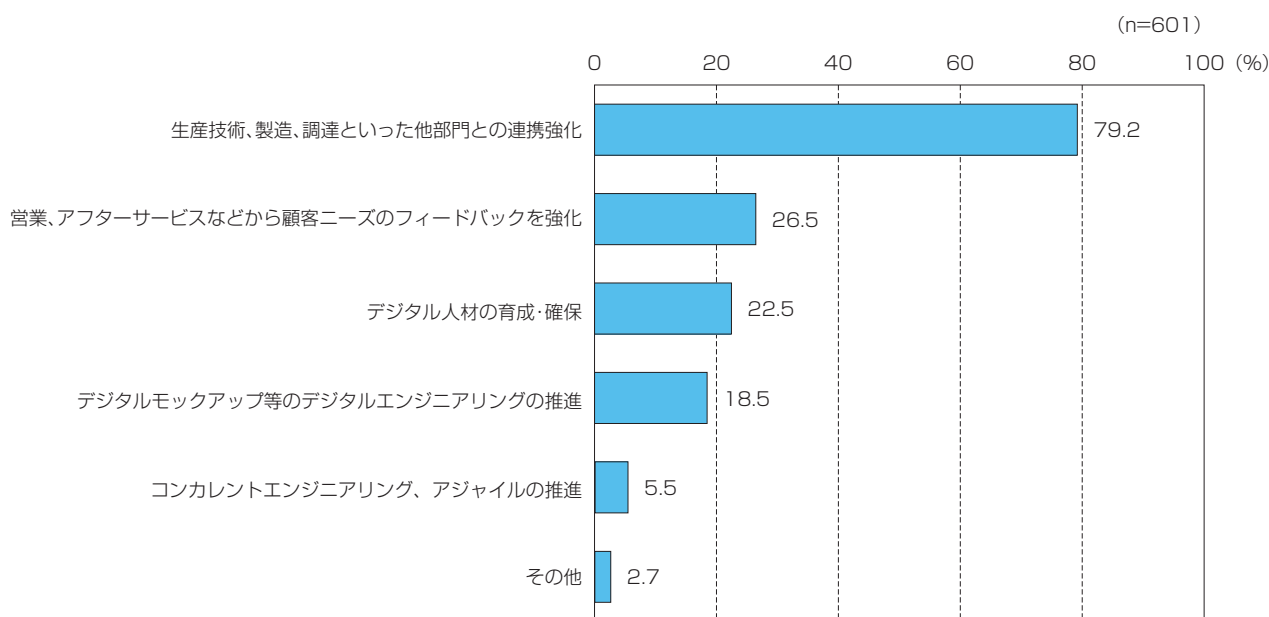
一方、工程設計力が「低下している」と回答した企業についても同様にその要因を確認すると、「ベテラン技術者の減少(79.4%)」、「製造現場との連携不足(30.9%)」、「属人的な設計プロセス(25.0%)」、「間接部門の人員削減(19.1%)」が上位に挙げられている(図132-8)。この結果から、工程設計力の維持が熟練者の技に頼りがちで、その技術を後継に引き継ぐことが課題となっている様子が見えてくる。また、他部門との連携は、向上・低下双方の要因として上位に挙げられており、他部門との協調が工程設計力強化の鍵であることが分かる。

図 132-6 工程設計力の5年前に比べての変化



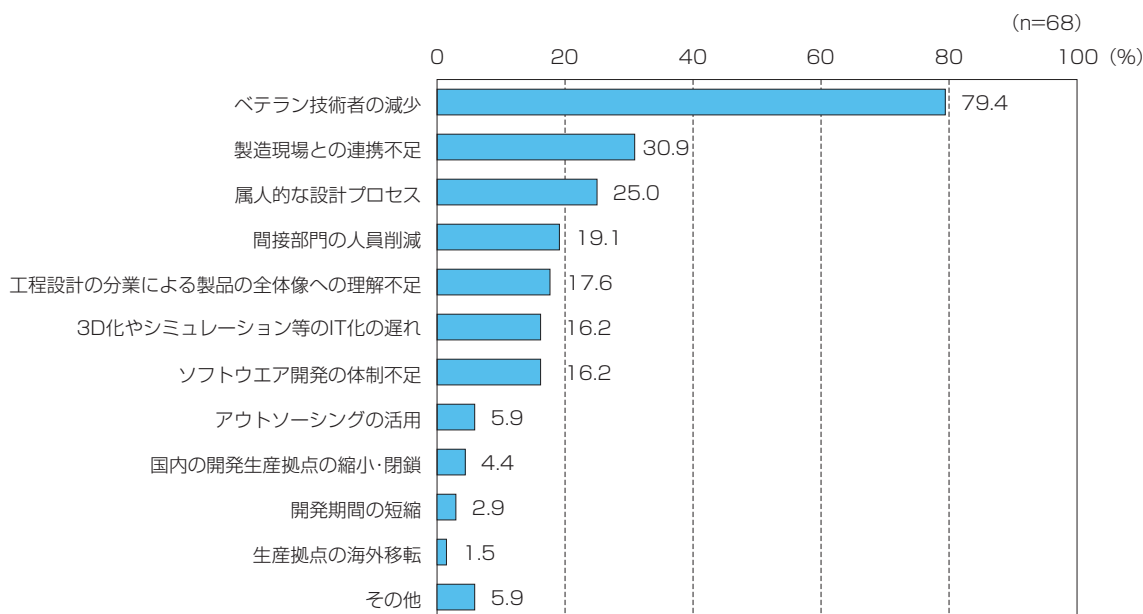
資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

図 132-7 工程設計力が向上した理由



資料：三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

図 132-8 工程設計力が低下した理由



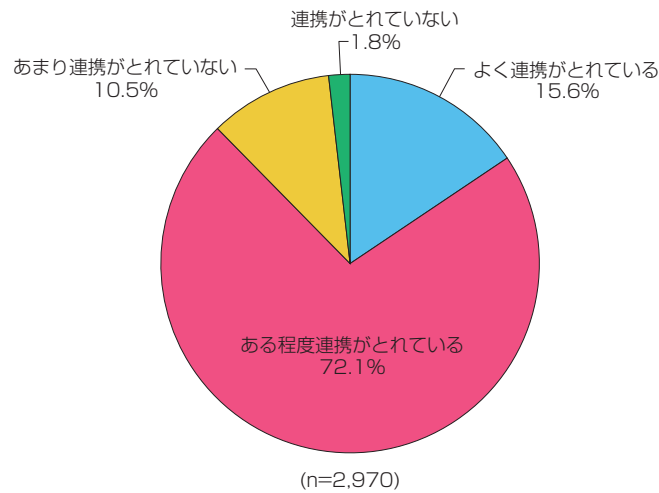
資料：三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

そこで、国内製造業における製品設計、工程設計、製造等の部門間の連携状況を見ると、「ある程度連携がとれている」と回答した者が72.1%を占め、自社の部門間連携に対して課題と感じていない者が多数を占めている（図 132-9）。

一方で、「あまり連携がとれていない」もしくは「連

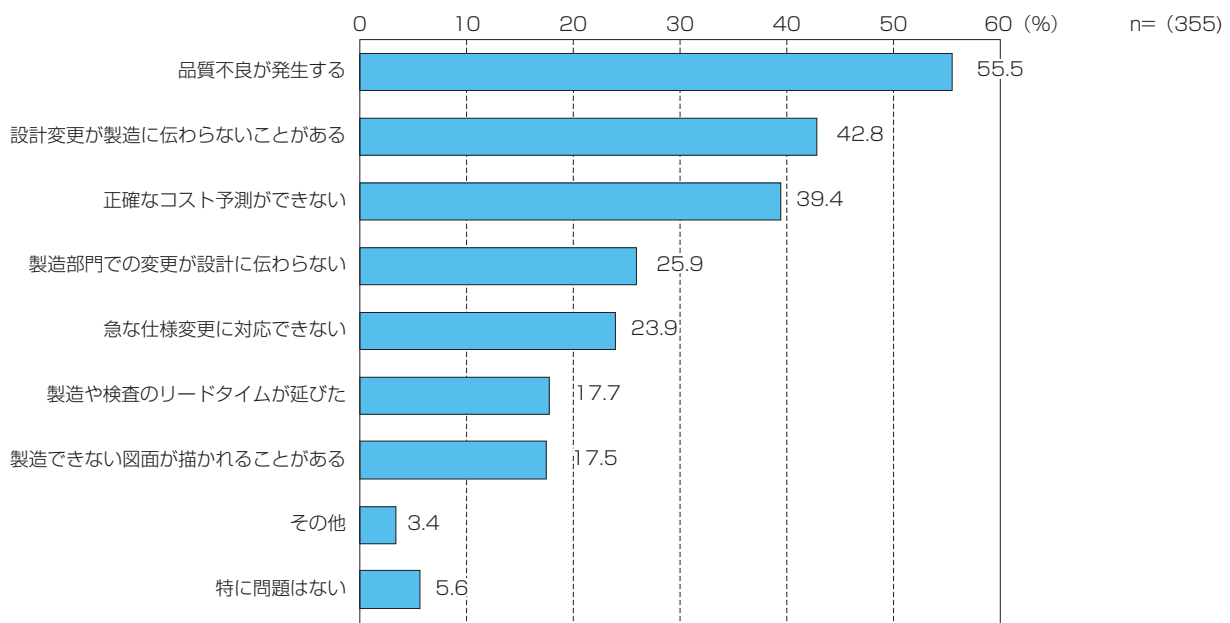
携がとれていない」と回答し、部門間連携に課題を感じている企業に対して、それにより生じる課題や問題を聞くと、「品質不良が発生する（55.5%）」「設計変更が製造に伝わらないことがある（42.8%）」「正確なコスト予測ができない（39.4%）」といった回答が上位に挙がった（図 132-10）。

図 132-9 製品設計、工程設計、製造等の部門間の連携状況



資料：三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

図 132-10 連携不足による課題や問題



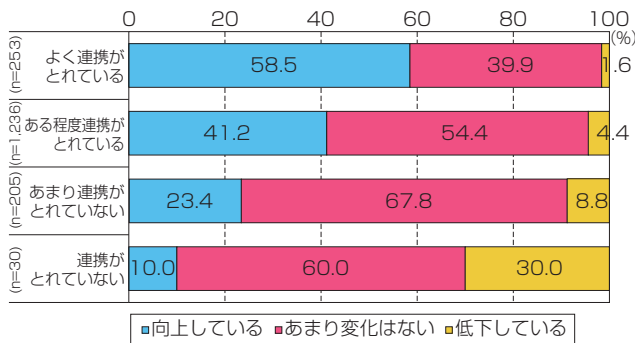
資料：三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

我が国製造業における品質不正の問題については、2017年10月以降、製品検査データの書き換えなどの不正事案が複数発覚した。品質保証体制の在り方は企業の競争力に直結する経営問題であり、また、サプライチェーン等を考慮すれば、我が国製造業全体の競争力にも影響を及ぼしかねない。部門間における連携

が不足していることが品質不良につながっており、早急な解決が必要である。

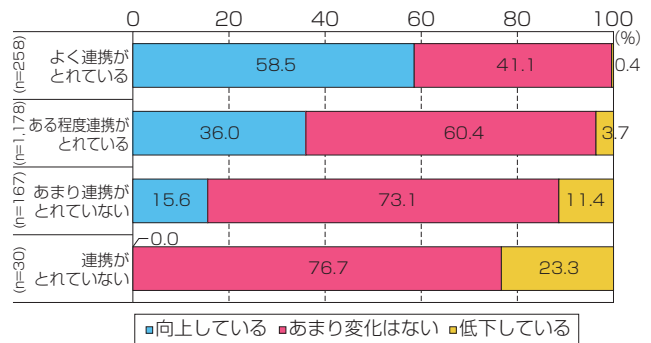
また、製品設計力や工程設計力の伸びと部門間の連携状況との関係を見ても、部門間の連携がとれている企業ほど、製品設計力、工程設計力が向上する傾向にある（図 132-11・12）。

図 132-11 製品設計力の5年前と比べての変化と設計、生産技術、製造等の部門間連携の関係



資料：三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

図 132-12 工程設計力の5年前と比べての変化と設計、生産技術、製造等の部門間連携の関係



資料：三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

(3) 部門間・企業間のデータ連携

すでに述べたとおり、エンジニアリングチェーンを強化する上では、設計、製造、調達といった各部門との連携を強化することが有効である。しかし、実際には、企業内部において、設計部門と製造部門間のコミュニケーションが十分に行われていない場合がある。また、設計部門と製造部門が、それぞれ異なるITベンダーから異なるITシステムを導入しているため、両部門のシステムの連携が必ずしもうまくいっていないという場合もある。

設計部門と製造部門の連携が不十分な場合には、先ほどのアンケート結果からも推察されるとおり、

- ・ 設計部門のデータと製造部門のデータの変換処理に膨大な工数や処理時間が掛かる
- ・ 作業工程・設備・治具などの製造現場の情報が設計仕様で反映できないために製造現場に過度な負担が掛かる
- ・ 当初見込まれなかった製造や調達のコストや作業などの情報が設計側に反映されない
- ・ 設計部門と製造部門の伝達のミスが発生しやすく、両部門間の打ち合わせを頻繁に行わなければならない

などの問題が生じる。これらの問題は、製品の複雑化や不確実性の高まりによっていっそう深刻化し、製造業の競争力にとって致命的なものとなりかねない。

エンジニアリングチェーンとサプライチェーンを連携させるために必要な第一歩は、設計部門が設計を行う上で使用する設計部品表 (E-BOM^{注8})、製造部門が製造を行う上で使用する製造部品表 (M-BOM^{注9})、そして工程設計情報をまとめたものである工程表 (BOP^{注10}) を結びつけて、各部門がこ

れらを共有することである。

これにより、設計部門から製造部門、あるいは製造部門から設計部門への双方向の円滑なデータ連携が可能となる。例えば、設計変更による製造現場への影響範囲を確認しながら設計を行ったり、あるいは生産管理を変更したりすることが容易になる。さらに、製造部門から、原価実績情報も含めた製造情報を設計部門にフィードバックすることで、設計段階で精度の高い原価企画やシミュレーションを行うことも可能になる^{注11}。加えて、部門を超えたデータ連携により部門間の連携が強化されることで、品質不良の削減につながり、ひいては我が国製造業における品質保証体制強化と生産性向上の両立を実現することが期待される。

なお、第2節2.(4)で論じた「柔軟な組織」は、権限や部門を横断した連携やコミュニケーションをより円滑に行うことができ、高いダイナミック・ケイパビリティを発揮できる組織である。部品表や工程表の整備は、そうした部門を超えたデータ連携を容易にすることで、組織を柔軟にし、ダイナミック・ケイパビリティを高めるものである。

さらに、このようなデータの連携と双方向のコミュニケーションは、設計部門と製造部門のみならず、企業全体、さらには企業組織の枠をも超えてサプライヤーや顧客などの間でも実現することで、いっそう大きな威力を発揮するであろう。

このことは、第2節2.(5)で論じたサプライチェーンの柔軟性等を高める上でも、極めて重要である。というのも、仮に不測の事態が勃発して、ある国の生産拠点が停止せざるを得なくなった場合、生産を別の工場において迅速に代替できれば、供給途絶は回避できる。しかし、設計部品表、製造部品表、工程表が統一

注8 Engineering Bill of Materials
注9 Manufacturing Bill of Materials
注10 Bill of Process

注11 羽田雅一『IT活用で製造業に革命を起こすものづくりデジタルライゼーション』（2018年、幻冬舎メディアコンサルティング）

的に整備され、共有されていない場合は、代替生産を開始する際に部品表から調整しなければならないため、膨大な人員と作業を要することになる。これでは、柔軟かつ迅速な代替生産を行うことは不可能である。このように、サプライチェーンの柔軟性等を高め、ダイナミック・ケイパビリティを強化するためには、実は、部品表や工程表を整備し、エンジニアリングチェー

ンとサプライチェーンを連携させておかなければならないのである。

新型コロナウイルス感染症の感染拡大を契機に、グローバル・サプライチェーンの強化の必要性が改めて認識されているが、強靱なサプライチェーンを構築するためにも、部品表や工程表を整備し、エンジニアリングチェーンを強化することが不可欠なのである。

コラム

アジャイルの考え方と活用のポイント

・・・(株) 野村総合研究所 DX 生産革新推進部 塩川祐介氏、コンサルティング事業本部 木下貴史氏

アジャイルは 2001 年に著名な 17 名のソフトウェアエンジニアが集まり提唱した考え方である。近年では、ソフトウェア開発だけにとどまらず、人事や経営といった分野にまで応用されている。アジャイルは源流に日本の製造業があるとも言われており、日本に逆輸入されてきたともいえる。

アジャイルの定義は「アジャイルソフトウェア開発宣言」と「アジャイル宣言の背後にある原則」の 2 種類の主張のみであり、具体的な開発手法はあえて定めていない。この定義を突き詰めると、アジャイルの本質は「より良い方法を探し続けるマインド」であることが分かる。アジャイル開発でよく聞く「スクラム」は、この定義を実現するためのプラクティス(手法)の一種である。本稿では、アジャイル開発の具体的な進め方を、このスクラムを例として紹介する。

スクラムは顧客の要求事項の中から最も優先順位の高い要求を実現するプロダクトを漸進的に開発し、提供し続ける事でビジネス価値を高めていくプロセスである。

要求事項の優先順位を決める役割を「プロダクトオーナー」、プロダクトの開発を行う役割を「開発チーム」、スクラムプロセスがうまく回るように支援する役割を「スクラムマスター」と呼ぶ。3つの役割をまとめたスクラムチームは「スプリント」と呼ばれる 1 週間から 4 週間単位の作業を行い、その都度、価値を確認しながら開発や改善をし続けていく。スクラムが適しているのは複雑で不確実性の高い問題の解決であり、その活用はシステム開発だけでなく、製造業その他の産業の事業開発、学校、政府、組織運営マネジメントにまで広がっている。

スクラムを製造業に応用した例は数多く報告されている。開発(エンジニアリング)にスクラムを適用した例の 1 つに、SAAB 社における戦闘機開発がある。同社では、戦闘機を、エンジン、コックピット、機体、兵器といった、疎結合なパーツに分けた上で、パーツごとにスクラムチームを組成し、3 週間ごとに全体を統合しながら成果を確認し、開発を進めていった。これはかなり大規模な取組であるが、大規模スクラムに適した方式(Scrum@Scale)を駆使して行った。F35 は総開発費が 1.5 兆ドルだったのに対して、スクラムを導入した結果、SAAB の戦闘機開発費は 140 億ドルに抑えられた。

SAAB の事例以外にも様々な分野での応用例が報告されており、製造業でも利用可能なプラクティスが多く存在する。しかし、プラクティスを鵜呑みにして実施するのではなく、自社の状況を踏まえて小さな実験を繰り返しながら少しずつ取り入れて改善を続けていく行為がアジャイルの本質である「より良い方法を探し続けるマインド」を体現しているといえる。

ディープデータを介した製造業のデジタルトランスフォーメーション
 ……西岡靖之 インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ (IVI) 理事長/法政大学教授

インターネットを介して膨大なデータを集め、ビッグデータとすることで価値を生み出し続けるビジネスモデルが目立っている。一方で、製造業の現場にも膨大なデータがあるが、それらは、個別の状況に依存し、複雑な因果関係に基づいているため、共有するよりは、むしろ個々の事情を深く分析し、モデルを常に精査していくことで価値を生み出す“ディープデータ”である。製造業のデジタルトランスフォーメーションの成否は、このディープデータの扱いに懸かっている。

図1に示すように、ビッグデータは、消費者の行動に関するものである場合が多いのに対して、ディープデータは、生産者側の情報であり、そこにはノウハウなどの知的財産を多く含む。生産者にとって、ひとたび外部に流出したら、元の状態には戻せない。したがって、その扱いには、十分な配慮が必要となる。

図1 ビッグデータとディープデータ

データの区分	ビッグデータ	ディープデータ
データの構造	多種多様な関係	複雑な因果関係
得られる事実	確率的事象の推測	確実な事象の導出
適用できる範囲	広く共有が可能	個別の状況に依存
管理のポイント	データ蓄積が重要	モデル管理が重要
表現する内容	主に消費者の行動	主に生産者の行動
扱い上の課題	個人情報を含む	ノウハウを含む

IVIでは、経済産業省の施策であるコネクテッドインダストリーズの製造業への展開を具体化するために、データ流通基盤及びそのユースケース開発事業を受託し取り組んでいる。製造業オープン連携フレームワーク（CIOF）は、生産現場の複雑で奥深い知的活動をデータを介してつなぐことで、バリューチェーンをより強く柔軟なものとする。生産現場に存在するディープデータの特徴を踏まえ、それぞれの現場の知財を守りつつ、自律的で個性的なつながる現場を支援するフレームワークとなっている。2019年度は、以下の4つのカテゴリーに分かれ、実証実験を実施した。

<カテゴリー1：製造ノウハウを含むデータの知財管理>

加工に関するノウハウやNCプログラムなど、営業秘密として価値が高い情報をデータとして外部の取引先と共有する場合に、技術漏洩のリスクがある。知財としてのデータの送信先において、データの保存、修正、削除を、CIOFが取引契約に基づき監視し、かつ利用の実績を必要に応じて照会することで、取引先との高い信頼関係に裏付けられた生産プロセスの共有を可能とする。(DMG 森精機 (株))

<カテゴリー2：品質データ管理による高付加価値経営>

高度な品質管理では、工程内の様々な箇所で適切な検査が要求される。このような検査結果をデータ化し、CIOFにより関連する複数拠点で共有し、問題発見に活用することで、適正な品質管理を現場サイドと経営サイドが一体となって管理できる仕組みとする。また、ブロックチェーン技術を利用して、品質データの正当性を保証し、高品質を強みとして製造業を高付加価値化する。((株) ジェイテクト)

<カテゴリー3：つながる中小製造業の競争力強化問題>

生産プロセスの一部を担う中小製造業は、比較的規模が小さく、現場のオペレーションと経営とが一体である場合が多い。注文内容や在庫、出荷品の検収などのデータを、取引先と共有する場合に、中小企業が不利な立場とならないようにCIOFによって管理することで、中小企業の管理レベルの向上と経営力向上につなげ、同時に発注側であるメーカーの生産性向上にもつなげる。(三菱電機 (株)、ビジネスエン

ジニアリング(株))

<カテゴリー4：AIによるエッジデータ収集と価値の共有>

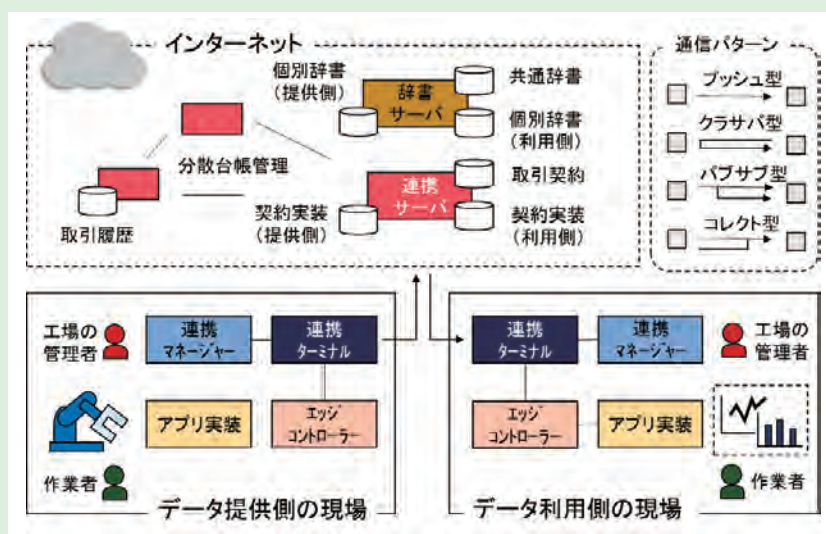
設備から得られる膨大なデータを、AIを用いて価値あるデータとするには、生産管理や品質管理などのデータと関連づけて学習させる必要がある。現場のデータをクラウド上に置くことには抵抗があるなかで、CIOFにより、エッジサイドで分散管理された一次データを、AIによる学習モデルに応じて収集し、それによって得られた成果を契約に基づき共有する。((株)安川電機、SCSK(株))

現場と現場をつなぐための仕組みであるCIOFは、図2に示すように、インターネット上に連携サーバーと辞書サーバーをもち、各現場に配置された連携ターミナルと通信する。以下の3つの機能を有することを特徴とする。((株)アプストウェブ)

- ① 辞書機能・・・複数の異なる現場の独自性の高い情報を相互につなげるための個別辞書を、共通辞書と関係づけて定義する。
- ② 契約機能・・・データに関する権利関係を契約として合意した後にデータの受け渡しを行い、データの利用や削除などを監視する。
- ③ 認証機能・・・取引履歴の改ざんや、なりすましによるデータ送受信を検知するために、分散台帳技術を用いた履歴管理を行う。

本システムは2020年度より運用を開始し、2022年度から商用サービスとして本格的な展開を図る予定である。

図2 CIOFシステム構成図



問題点や取組課題を基に、円滑で公正な国際データ流通の実現に向けて日本が取るべき対応を議論し、日本の企業・行政・市民・研究機関等のためのデータ流通管理基盤の在り方を提言していく。その要件をまとめ、2020年度後半には、参加企業等と協力してプロトタイプの構築検証を行う予定である。DTA（一般社団法人データ流通推進協議会）、JEITA（一般社団法人電子情報技術産業協会）等の他団体と協力するとともに、製造事業者のみならずクラウド事業者、データプラットフォーム事業者等様々な企業に参加を呼びかけ、産官学連携によるグローバルデータ流通管理基盤の整備を推進して行くことが予定されている。

(4) バーチャル・エンジニアリング

1990年代半ば以降、製造業の設計現場に3DCAD（Computer Aided Design）の導入が始まった。2000年以降になると、CAM（Computer Aided Manufacturing）にCAE（Computer Aided Engineering）が加わるようになり、さらにPDM（Product Data Management）によって、設計・製造・解析の各データを同期させて一体に検討する「バーチャル・エンジニアリング」の環境が整備されていった。最近では、これにIoTやAIが加わり、バーチャル・エンジニアリングは更なる進化を遂げつつある。

このバーチャル・エンジニアリングにより、企画、設計、製造、営業、品質、認証等の各分野の専門家、さらにはサプライヤーや一部顧客までも含めて、3D図面を用いて同期的・一体的に製品開発に参加することができる協業の場が実現する。また、バーチャル・エンジニアリングを用いることで、構想設計の段階で、検証も含めた詳細設計までが可能になり、リアルな試作の前に全ての仕様を決めることができるので、製品開発のリードタイムは、大幅に短縮することとなる。このようなエンジニアリングの手法は、「コンカレント・エンジニアリング」「サイマルテニアス・エンジニアリング」とも呼ばれる。

ダイナミック・ケイパビリティ論に即していえば、バーチャル・エンジニアリングは、機会を捉え、既存の組織内外の資産・知識・技術を再構成して競争力を獲得する「捕捉」の能力を著しく高め、開発リードタイムを極限まで短縮化する。こうして、バーチャル・エンジニアリングは、不測の事態に迅速に対応する能力であるダイナミック・ケイパビリティを著しく高めるのである。

従来、日本の製造業は、製造現場の技術力（いわゆる「匠の技」）が非常に高く、それが競争力の源泉となっていた。このため、設計部門から送られてきた設計図面が多少不備であっても、製造部門の技術者が、設計

図面を細かく修正したり、詳細部分を設計したりすることができた。日本の製造業では、生産設備を考慮に入れた量産品質の高い最適仕様の設定は、設計部門ではなく、製造部門において行われる傾向にあったのである^{注17}。

しかし、近年、製品の複雑化が進み、さらには不確実性が高まる中で不測の事態への俊敏な対応も必要になる中では、これまでのように、詳細設計まで製造現場の技術力に過度に依存することは、極めて難しくなっている。加えて、近年、生産年齢人口の減少等により、熟練技術者が減り、生産現場の技術力の維持・向上にも支障を来しつつある。このようなことから、製造業が競争力を維持し強化する上では、バーチャル・エンジニアリングは大きな役割を果たすものと考えられる。

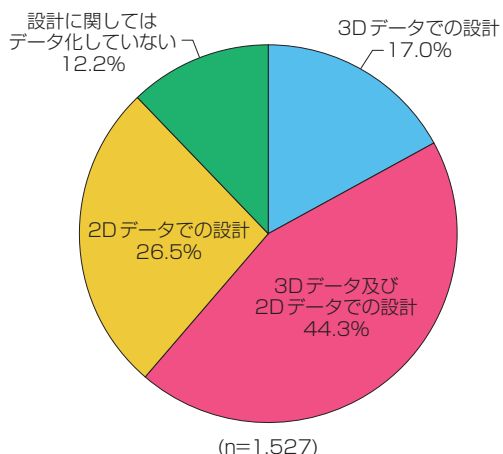
ところが、我が国の製造業では、バーチャル・エンジニアリングが進んでいないことが、今回の調査で浮き彫りとなった。

バーチャル・エンジニアリングでは、3DCADを用いて設計図面を描くだけにとどまるものではなく、設計情報の受け渡しも3Dデータで行うことが基本となる。ところが、3Dデータのみで設計を行っているのはわずか17.0%にとどまっている（図132-13）ことに加え、協力企業への設計指示の半数以上が未だに図面で行われ、3Dデータによる指示は15.7%に過ぎない（図132-14）。また、3Dデータによる指示を行わない理由の約半数が、「主な設計手法が3Dではないため」と答えている（図132-15）。

関連して、一般社団法人日本自動車工業会が同工業会に加盟する自動車会社に対して行った調査（図132-16）によれば、全体的に、2D図主体から3D図主体への移行は停滞しており、直近では、3D図から2D図への回帰の傾向すら現れている。また、3D図面化を進めようとしている企業と、2D図主体を維持しようとする企業との二極化が拡大している。

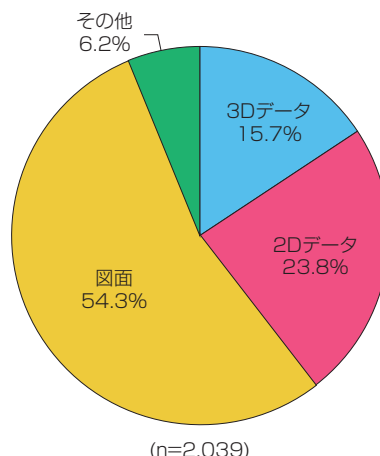
注17 内田孝尚『バーチャル・エンジニアリング—周回遅れする日本のものづくり』（2017年、日刊工業新聞社）

図 132-13 3DCAD の普及率 (設計方法)



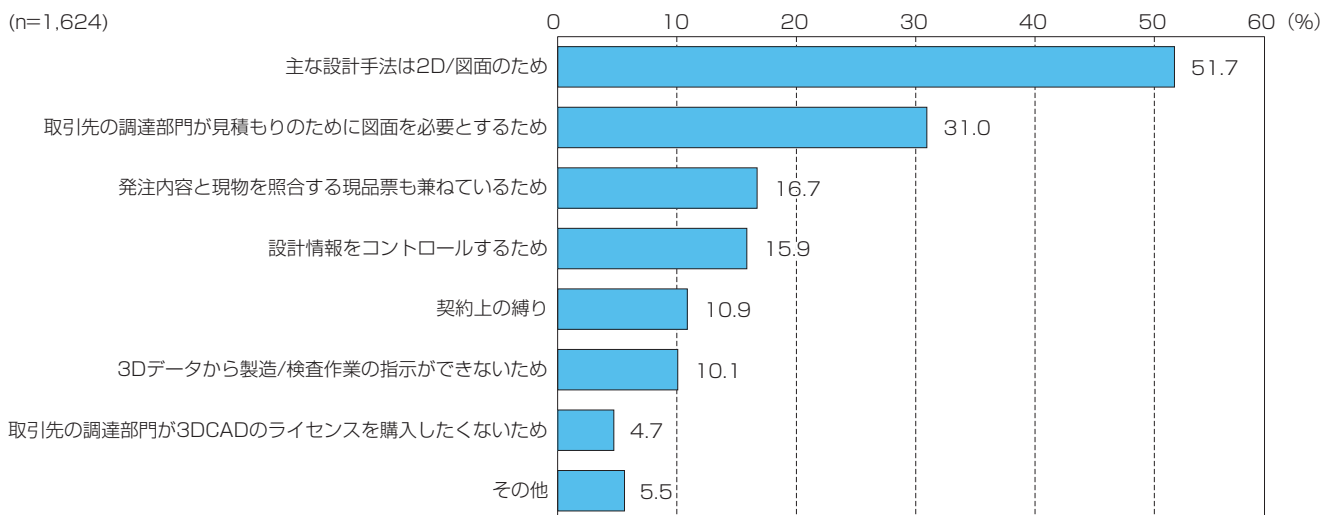
資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

図 132-14 協力企業への設計指示の方法



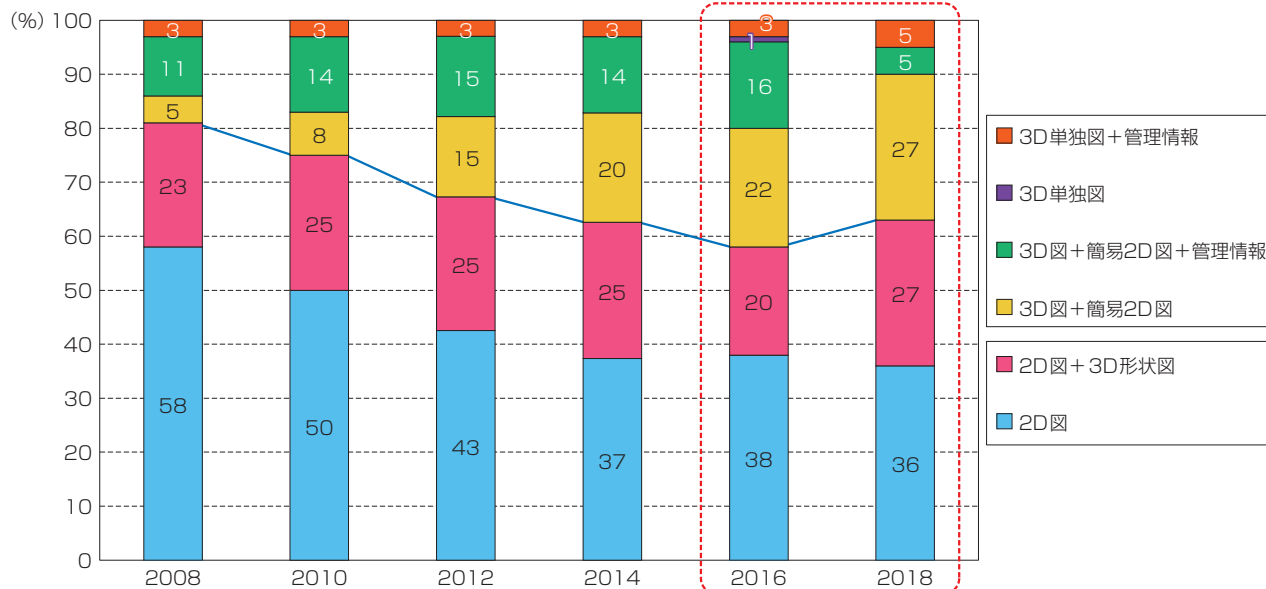
資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

図 132-15 2Dデータや図面で設計指示している理由



資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

図 132-16 2018年度3D図面普及調査レポート (JAMA各社の状況)

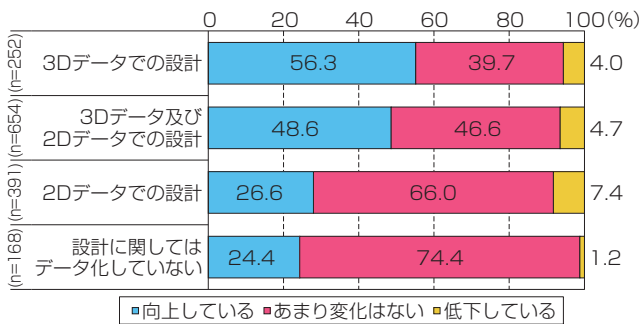


資料：一般社団法人日本自動車工業会 (JAMA)「2018年度3D図面普及調査レポート (JAMA各社の状況)」(2019年3月)より経済産業省作成

しかし、3DCADを利用しバーチャル・エンジニアリングを進めることはエンジニアリングチェーンの強化に不可欠である。アンケートを見ても、3DCADを利用した設計が進んでいる企業ほど、製品設計力が向上し、製品設計のリードタイムが短縮して

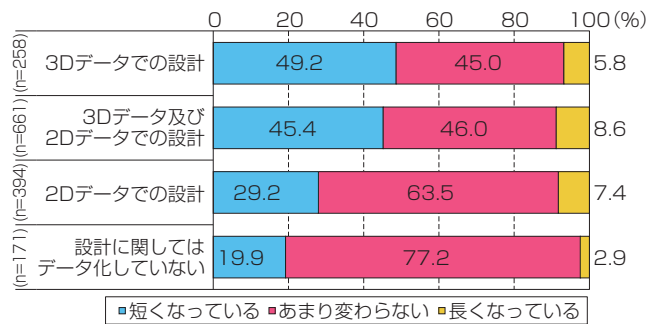
いる(図132-17・18)。さらに、工程設計力も向上している(図132-19)。アンケートの結果からも、3DCADの利用がエンジニアリングチェーンの強化に大きく貢献することが分かる。

図132-17 製品設計力の5年前に比べての変化と設計方法の関係



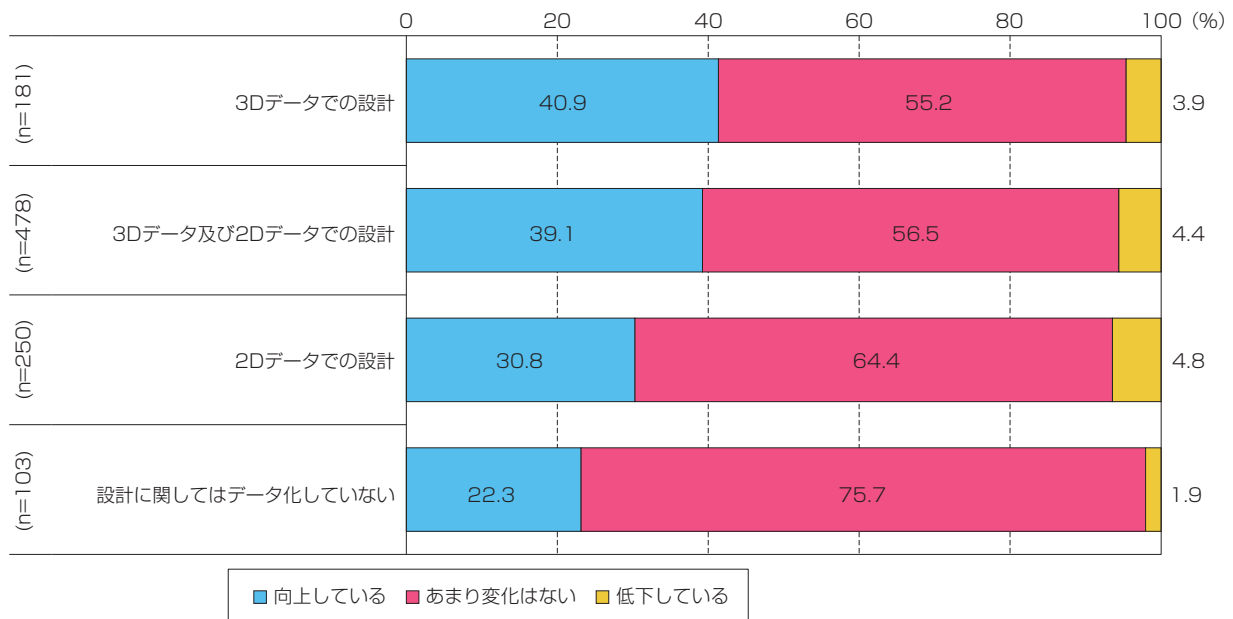
資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

図132-18 製品設計のリードタイムの5年前に比べての変化と設計方法の関係



資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

図132-19 工程設計力の5年前に比べての変化と設計方法の関係



資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

以上で見てきたように、我が国の製造業では3Dによる設計が未だに普及しておらず、バーチャル・エンジニアリングの体制が整っていない。不確実性が高まり、製造業のダイナミック・ケイパビリティの重要

性が増している中で、このバーチャル・エンジニアリング環境の遅れは、我が国製造業のアキレス腱となりかねないと言っても過言ではない。

自動車産業は、電動化、自動化などの CASE と呼ばれる百年に一度の大きな変革に直面している。高機能化（電子制御システム及び安全運転システムの導入、ネットワーク化）・複雑化が進む自動車開発の徹底的な効率化が不可欠となっており、開発・性能評価のプロセスをバーチャルシミュレーションで行う MBD（モデルベース開発）の取組の重要性が拡大している。

【事例 1】 MBD により短期間で商品開発を実現（ダイキョーニシカワ（株））

広島県東広島市のダイキョーニシカワ（株）は、自動車の内外装及びエンジン関係樹脂部品の開発から生産までを一貫して手がけている Tier1 総合プラスチックメーカーである。

同社では 2016 年から MBD 推進部門を発足し、金型・製品を製作した後に発生する機能 / 品質不具合の対策経費や時間ロスなどの手戻りの無い高効率な開発の実現を目指して活動を進めている。導入に当たっては地域の産学間連携の推進を行っている「ひろしま自動車産学連携推進会議」の技術面のバックアップや「ひろしまデジタルイノベーションセンター」の CAE ソフト・スーパーコンピュータ等の計算機環境を活用した。

MBD を活用した具体的な開発事例としては、インストルメントパネルの衝突性能の開発がある。従来はインストルメントパネルとその周辺部品のみで CAE 解析をしていたが、車体も含めた大規模モデルを作成、さらには衝突時の速度を想定した材料物性を織り込んで CAE 解析することで解析精度が上がり、設計変更のロスを大幅に削減させた。

今後、同社内で確実に MBD の成果を積み重ねていき、手戻り防止により開発費の削減を実現するとともに、MBD を Tier2 に対しても展開していきたいと考えている。

【事例 2】 MBD を通じて得た解析技術により取引先との関係を強化（（株）ヒロテック）

広島県広島市にある（株）ヒロテックは自動車の排気系部品、ドア部品の開発・生産を行うメーカーである。同社では机上の段階での製品設計から試作・評価テストや工程設計等の生産までの製品開発の工程を同時に行う取組を全社的に進めている。また経営ビジョンの 1 つとしても、「世界に通用する技術と製品開発でお客様に満足頂く」を掲げており、その実現に向けた 1 つの取組として MBD を導入し、世界での競争に向け開発型部品メーカーへの転換をした。

具体的には排気系の騒音性能や熱マネジメント性能の開発の領域において、CAE 解析を活用して実機を用いない開発の効率化が行われている。これまでの MBD 導入による効果は社内での開発プロセスの効率化のみならず、新規取引先の獲得にもつながってきた。

今後は MBD の適用領域を拡大するとともに、開発の初期段階に従来自動車メーカーのみで行われてきた「機能設計」にパートナーとして参画する技術力を身に付け、例えば、排気系部品のモデルを車両モデルに組み込んで車全体の燃費性能を予測し改善案を考えるなど、MBD によってシステム全体を俯瞰した高度な技術提案を行える企業に成長し、国内外の自動車メーカーから更なる受注拡大を目指す。

設計分野への革新的技術によるソリューションを提供するスタートアップ企業・・・Nature Architects (株)

Nature Architects (株) (東京都港区) は、2017年5月に設立された東京大学発のスタートアップ企業である。研究開発を手がけるコアメンバーは、(独)情報処理推進機構 (IPA) の未踏IT人材発掘・育成事業の採択者等となっている。また、大嶋代表は、具体的な技術シーズを活用した事業構想を有する起業家候補支援プログラム (NEDO Entrepreneurs Program (NEP)) に採択されるなど、独創的な技術力が評価されている。

現在、ユーザーが求める製品等の機能要件をダイレクトに実現する独自の設計技術として、「Direct Functional Modeling (以下、DFM)」の技術開発を手がけている。DFMでは、部材の構造と機能について膨大な計算結果が蓄積されたデータベースのライブラリから、その固さや密度、弾力、動きをコンピュータシミュレーションに生成し、最適化を図る独自のアルゴリズムにより、一切の組立なく、可動部がある人工物を一体成形したり、部材の強度を保ちながら軽量化を図る設計を可能とする。これまでハードウェアとして設計が難しかったものを、ソフトウェア技術で設計することで、どこにも存在していないものを瞬時に作り、誰も設計できないものを生み出すことが大きな強みである。

また、同社はコア技術の開発を加速させるとともに、国内外の素材から加工組立メーカーまで多種多様なユーザー企業と設計・開発段階からの協業を推進しており、建築、家具インテリア (ベンチ、オフィスチェア)、自動車、ロボット、航空宇宙等の幅広い分野へのソリューションを提供している。DFMによる設計の自由度を活かし、最終製品だけでなく、レバー、スイッチ、ファン、バネ等の多様な部材へと適用範囲を広げている。

なお、同社は3Dプリンティングに象徴される「Additive Manufacturing (AM)」の技術・ビジネス展開の可能性やポテンシャルをまだ十分に活かしきれていないと考えている。海外では、数年前のメーカーズムーブメントとは異なり、3Dプリンティングによる大量生産が始まり、DFMのような新たな設計の考え方やソリューションが適用されようとしている。今後、3Dプリンティングによる量産が浸透すれば、同社としてライセンス等でフィーを得る新たなビジネスモデルを構築するとしている。さらに、海外では自己修復部材等の4Dプリンティング、カーボン3Dプリンティングで、クッション性など衝撃を吸収する素材の研究が始まっているため、最先端の技術開発を加速させることで、次世代のイノベーション創出を目指している。

図 DFMで設計された多様な曲面形状のベンチ



出所：Nature Architects (株) より提供

コラム CAE と AI を活用した設計フローを支援・・・(株) 科学計算総合研究所

(株) 科学計算総合研究所(東京都千代田区)は2015年から、CAE(Computer Aided Engineering)とAIを創発的に組み合わせることで製品仕様を満たす最適設計を瞬時に提案できるAutodesignの実現に向けた研究開発をスタートさせた。

CAEは設計の評価において重要な技術である。物理現象をコンピュータ上でシミュレーションすることにより、試作や実験の回数を削減しながら製品の評価を行うことができ、ものづくりプロセスのコストダウンを実現するための技術として注目されている。例えば、シミュレーション上で力を加えて変形の度合いをみることで材質の選定に役立ったり、新幹線のレールと車輪の間の摩擦といった実際に観測することが難しい現象に関する知見を得るためにも活用されている。

一方で、CAEを行うのは人手が掛かり高コストであるため、現状は資本力のある大手企業を中心とした導入にとどまっている。CAEの一般的なプロセスは、CAD(Computer Aided Design)と呼ばれる製品設計をコンピュータ上で行う技術を用いて作成された製品形状をメッシュと呼ばれる単純形状の集まりに変換するステップ、行いたい解析や材料などシミュレーションの条件を付与するステップ、実際に解析を行うステップ、解析結果を解釈して設計にフィードバックするステップなどからなるが、それぞれのステップで膨大なコストが掛かっているのが現状である。メッシュを作成するステップでは、このメッシュの品質によってCAEの精度が大きく異なってしまうため、メッシュを手で直す際にも膨大なコストが発生している。また、ハイエンドなCAEソフトウェアを使用して複雑なシミュレーションを行う場合、1回のシミュレーションを行うためにも数日・数百万円のコストが掛かる場合がある。

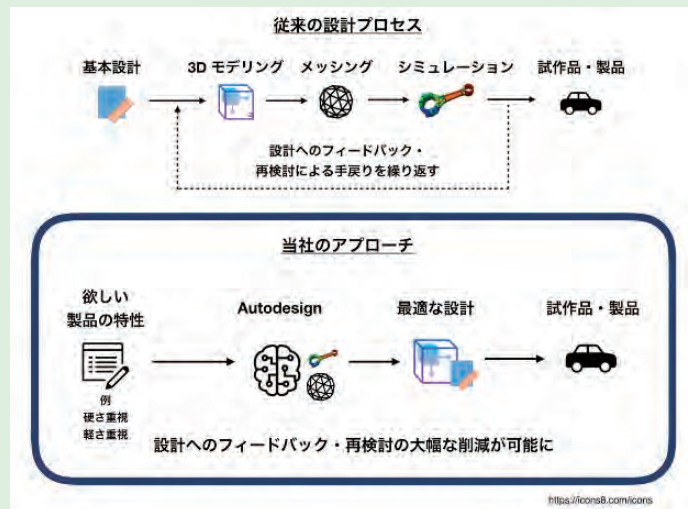
これらCAEに掛かるコストが最適な設定を行うための障害となっている。設計を修正しながらCAEで性能を評価するといった設計最適化のためには数百回程度シミュレーションを行うことになるが、1回のシミュレーションに膨大な時間・人手・コストが掛かっているのはCAEを用いて設計最適化を行うことは非常に困難なものとなる。

そこで、同社はCAEを活用した設計フローの効率化を支援している。高品質なメッシュを生成する技術やシミュレーション技術などの強みを活かしてCAEプロセス全体の自動化を実現する。さらに、高コストなシミュレーションをAIに置き換えるほか、目標とする性能や完成品形状からそれらを実現するための条件をAIで推論することにより設計プロセスの高速化・高効率化を実現する。これらの技術を適用することによって数日掛かっていたシミュレーションが数秒で完了することになり、ここまでの高速化を行うことで初めてCAEが設計最適化のためのツールとして有用なものになるのである。

同社ではAutodesignを用いたコンサルティングも実施している。多数の部品からなるような複雑な製品については、個々の部品のシミュレーションモデルを簡略化して全体の挙動を調査した後それを元の複雑な製品にどう復元するかを考えることによって高効率な最適設計を実現する。

自動運転技術などが重要度を増したことによってこの3～4年で自動車業界がソフトウェアリッチになっているため、設計の部門に負荷が掛かっている。この設計負荷をなんとか軽減してリードタイムを短縮したいという要望は極めて強い。米CADメーカーのオートデスクはそういった自動車メーカーの要望に対応するべく、ジェネレーティブデザインと呼ばれる、製品の性能を高くするための設計案を生成する仕組みを提供している。オートデスクに比した同社の強みは汎用性の高い機械学習の技術を使用している点である。同社は機械学習を用いることによって高速な最適設計を実現できるため、「硬さ重視」「軽さ重視」といった条件を入力すれば瞬時に最適な設計を得ることができる。また、汎用性が高い機械学習の技術を使用しているため、硬さや軽さだけでなく、例えばエンジンの近くに配置するような部品に関しては「排熱効率重視」といった要件を追加することも可能となる。したがって、計算よりもプロダクトデザインに設計者のリソースを割くことができる点も強みとなっている。

図 CAE のワークフローが完全自動化された「Autodesign」



出所：(株) 科学計算総合研究所より提供

コラム

AIを活用したシステムデザイン
(AASD : AI-Augmented System Design)

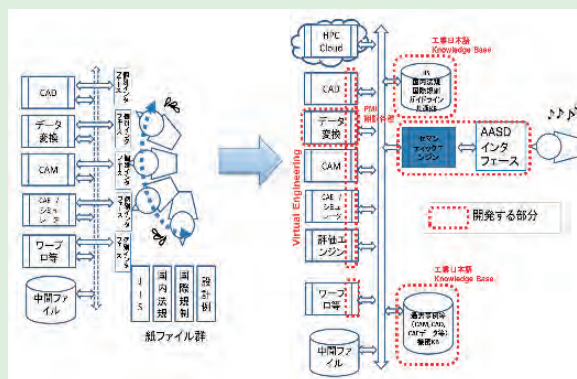
AASDとは、設計開発に携わるエンジニアの能力をAIによって拡張するためのソフトウェアである。これまで熟練したエンジニアの経験などに依存していた設計作業のうち間接的な作業をAIによって補助することで、エンジニアが「モノの形を作る」という本質的な作業に集中できるようになり、設計工程の生産性を大きく向上させることが期待される。

そもそも設計作業とは、単にモノの形をつくるだけでなく、言葉による非常に抽象度の高い情報（仕様）を徐々に具体化して設計図に落とし込んだ後、応力変形や構造強度、組立プロセスや加工時の変形の評価、過去のトラブル事例との照合、規格や規則への適合性確認など、様々な検証プロセスを行う必要がある。しかし、これらの中には法令や文献検索などあまり本質的でない作業も多く含まれる。また、設計工程に依拠して、CAD、CAE、CAMといった、様々なデジタルツールを使用するが、これらを連携して使いこなすためには、単にファイルをそのまま転送するだけではうまくいかずツールに合わせたデータ表現などの変換作業が必要となり、設計工程の特性を理解した、熟練エンジニアの介在が欠かせない。さらに、熟練エンジニアが蓄積した経験や知識が、デジタル情報として残っていない、記載ルールや言葉などが統一化されておらず同様な事例を探す他の分野のエンジニアには読み取れないといった問題もあり、エンジニアの高齢化等によってこれらが失われてしまう懸念もある。

AASDでは近年飛躍的な進歩を遂げたAIを、高度な意味理解に基づく工程や分野を横断した検索や推論エンジンに適用し、設計データの検証作業（デザインレビュー）といったエンジニアの支援システムの構築を目指す。その実現に当たっては、AIの要素技術開発だけでなく、知識ベースの構築も必要となる。基盤となるデータの構造化手法や言語整備、またサプライチェーン全体で使うためにデータ流通・保護機構の開発も重要となる。

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）を中心に研究開発を進めることによって、製造業サプライチェーンの構成企業が全体で使えるようなサービスとなり、ひいては日本の製造業の競争力強化につながることを期待される。

図 従来システム（左）とAASDを適用したシステム（右）の違い



出所：NEDO 技術戦略研究センター（TSC）「AIを活用したシステムデザイン（AASD）技術分野の技術戦略策定に向けて」（2019年7月）、TSC Foresight vol.34.

第3節

製造業の企業変革力を強化するデジタルトランスフォーメーション（DX）の推進

(5) マテリアルズ・インフォマティクスの波

2. (4) のバーチャル・エンジニアリングは、主として、自動車産業や電機産業などのディスクリート系（加工組立系）の製造業における製品設計を念頭に置いた議論である。しかし、デジタル技術の威力は、化学産業などのプロセス系の製造業における製品設計にも及んでいる。

特に注目すべきは、情報科学を活用した研究開発である。このような手法は創薬研究の効率化が求められる製薬業界における「バイオインフォマティクス」に見られるように、研究開発を大きく前に進める可能性がある。例えば、創薬研究の臨床開発フェーズでは、ビッグデータ解析を通じて病気の発症や進行に密接に関係する遺伝子変異や生体分子「バイオマーカー」によるターゲットの絞り込みを行うことが有効になる。そして、近年、同様の研究開発手法を素材分野へ適用する動きが活発化してきており、AI やビッグデータを素材分野に適用する、いわゆる「マテリアルズ・インフォマティクス」が注目を集めてきている。マテリアルズ・インフォマティクスは、もともとアメリカで始まり、2011年のオバマ政権下で始まったマテリアルズ・ゲノム・イニシアチブ (MGI) が端緒とされている。2012年には、MGI に取り組む研究者らが、日本が発表した電池材料に関する論文情報をもとにインフォマティクスの手法を活用して電池材料開発を行い、日本企業が実験的に見出した結果と同等の結果を論文発表した。これは、実験をせずにデータ分析のみで材料を導き出した点で非常に注目を集めた。その他、欧州、中国、韓国等においても様々な取組が行われている。

日本においても、2013年に内閣府主導の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) において始まり、産学官連携による分野横断的な基礎研究から実用化・

事業化までを見据えて一気に通貫で研究開発を行っている。また、2015年には文部科学省の情報統合型物質材料開発イニシアチブ (MI2I) において、各種材料の具体的なテーマに取り組むとともに、データ駆動型の研究手法の開発に取り組み、産官学の研究者や技術者が研究開発の現場で活用できる情報統合型物質探索・材料開発システムの構築を行っている。

また、経済産業省においては、2016年からの予算事業において、有機系の機能性材料の実験やシミュレーションによって創出したデータをマテリアルズ・インフォマティクスと融合し、革新的な機能性材料の創成・開発を加速させることを目指しており、2019年4月にはシミュレーターの公開も実施した。

一般に、マテリアルズ・インフォマティクスの活用には、質の良い多くの技術データが必要とされている。このような技術データとしては、民間企業が日々の研究開発活動の一環として独自に蓄積・保有しているものも多いが、学術論文や特許文献等の公知情報も技術データの宝庫であり、協調領域としてデータを整理することは有効であると考えられる。特に特許情報の整理は民間企業の関心も高く、文献を技術分野ごとに整理することも可能であることから、2019年12月より、民間企業や公的研究機関とともに特許情報を活用するためのデータベースの構築及び持続的な活用のための仕組み作りの検討を開始した。化学系企業など20者近い参画者が集まり、検討を進めている点において、これまでにないマテリアルズ・インフォマティクスに関する取組として高い注目を集めている。

このような施策の連携等を通して、世界において高いシェアを確保してきた機能性材料を始めとする素材分野において、研究開発現場でマテリアルズ・インフォマティクスを活用し、日本がその研究開発力を維持・強化できるように、必要な基盤構築を支援していく。

コラム マテリアルズ・インフォマティクスによるイノベーションの進展

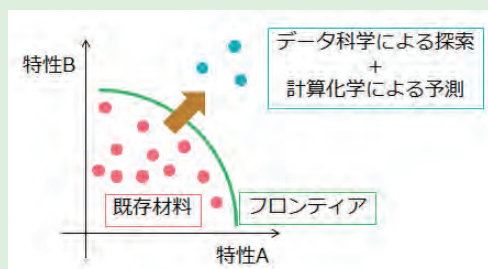
近年、材料分野等のプロセス型の製造業においてデジタルトランスフォーメーションやデータサイエンスが進展する中、素材メーカーである三菱ケミカル（株）は、マテリアルズ・インフォマティクス（以下、MI）の研究開発を推進している。

MIの研究では、高度なシミュレーション等を用いた新規物質探索に向け、複合領域における横断的な研究開発が必要となるため、多種多様な企業や研究機関との協業やオープンイノベーションを加速させている。

例えば、2019年10月には、大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 統計数理研究所と共同研究部門として、「ISM-MCC フロンティア材料設計研究拠点」を設置し、新たなMI分野における基盤技術の構築を目指している。同研究部門には、親会社である（株）三菱ケミカルホールディングスのデジタルトランスフォーメーションを推進する先端技術・事業開発室のデータサイエンティストも参加しており、グループ一体となり研究開発を推進する体制となっている。

従来のデータ科学に基づく物質探索では、既存の入力データの範囲で探索をするのに対し、計算化学では、これまでにない革新的な新物質の予測等が可能となるため、両者を高度に融合することで新たなMIの基盤技術を構築することが可能となる。今後、これらの研究で構築・蓄積したアルゴリズムを用いることで、これまでにない材料研究のフロンティアの開拓を図ろうとしている。

図1 データ科学と計算化学の融合による物質探索（イメージ）



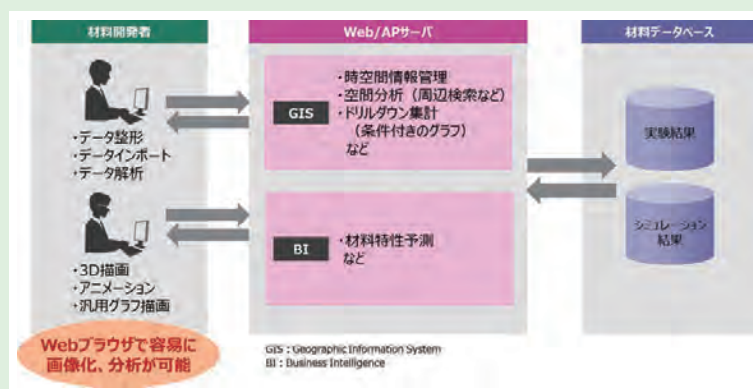
出所：大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 統計数理研究所、三菱ケミカル（株）より提供

このような中、MIを用いた素材メーカーの材料開発を支援するサービスも現れており、大企業に加え、スタートアップ企業も参入している。

例えば、（株）日立製作所は、2017年からAIを活用したマテリアルズ・インフォマティクスに基づき、素材メーカーにおける新材料開発の期間やコスト削減を支援する「材料開発ソリューション」を提供している。

同社が蓄積した実験・シミュレーション結果等の膨大な材料データを分析し、材料特性の変化を予測することで、実験回数の低減につなげることが可能となる。また、材料開発者のクラウド上での画像化や分析、素材メーカーから預かった材料データの分析代行、研究者間での分析結果の共有等により、材料開発の効率化を図っている。2019年10月には、アルミニウム総合メーカーである（株）UACJとMIを活用した高機能アルミニウムの効率的な研究開発に向けた協創を開始するなど、材料開発の効率化や新材料開発に資するオープンイノベーション環境を整備している。

図2 MIを用いた「材料開発ソリューション」



出所：(株) 日立製作所より提供

また、MI分野のスタートアップとして、MI-6(株)(東京都港区)が2017年に設立されている。同社は、ITを活用した材料開発の研究・開発、コンサルティング、ソフトウェアの開発・提供等を手がけている。特に、ハンズオンでのデータ解析サービスでは、専業で培った技術やノウハウだけでなく、大学の教員からなる同社の技術顧問の専門知識も組み合わせ、顧客の研究開発テーマに個別カスタマイズした解析を提供している。

近年、大学・研究機関との連携も強化しており、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の「次世代ロボット中核技術開発/次世代人工知能技術分野」のプロジェクトに採択され、「MIによる材料探索に関する調査研究」の成果により、優れたAIベンチャー企業として高く評価されている。

3 製造現場における5G等の無線技術の活用

(1) 5Gとローカル5Gの動向

5Gとは、ITU(国際電気通信連合:International Telecommunication Union)^{注18}が国際標準化を、3GPP(3rd Generation Partnership Project)^{注19}が標準仕様策定をそれぞれ進める「第5世代移動通信システム」であり、「超高速通信」、「超低遅延通信」、「多数同時接続」を実現することがその特徴である。具体的には、最高伝送速度10Gbps(LTEの100倍、4Gの10倍)、接続機器数100万台/km²(LTEの100倍、4Gの10倍)、超低遅延1

ms(LTE、4Gの10分の1)が5Gの主な要求条件として挙げられている^{注20}。3GPPにおいて5Gの仕様は「Release15」にて基本機能が策定され、「Release16」以降順次機能が拡充される予定である(図133-1)。

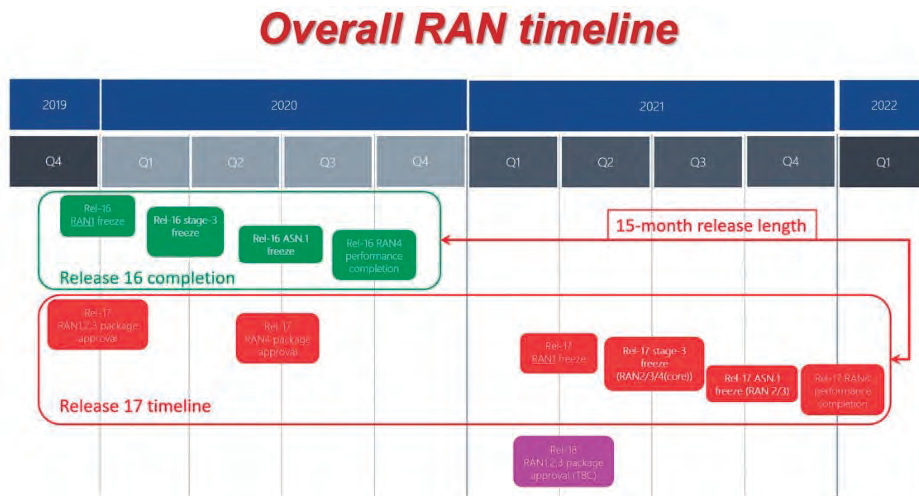
既に消費者向け市場については、米国や中国、韓国を始めとした諸外国においてスマートフォン向けの5Gサービスが開始されており、日本においても2020年3月に、NTT、KDDI、ソフトバンクの3社がサービスを開始した。楽天においても、2020年以降にサービスが開始される予定である。

注18 ITU-R(ITU Radiocommunication Sector)ではIMT-Advancedの検討以降、「第*世代携帯電話」という名称の利用を避けているが、2015年10月にITUにおけるIMT-Advancedの後継・発展システムの名称が「IMT-2020」となることが決定された。現実には、IMT-2020無線インターフェースの標準化は、5Gの国際標準化を念頭に置いた作業となっている。総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会(第135回)資料より引用。

注19 3G、4G等の移動通信システムの仕様を検討し、標準化することを目的とした日米欧中韓の標準化団体によるプロジェクト。総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会(第135回)資料より引用。

注20 総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会(第135回)資料より引用。

図 133-1 3 GPP による 5 G の標準化スケジュール



出所：3 GPP [Release 17 package for RAN Outcome from RAN#86]

ローカル 5G は、地域のニーズや多様な産業分野の個別ニーズに応じて、様々な主体が柔軟に構築・利用可能な第 5 世代移動通信システム^{注21}である。従来の移動通信システムはキャリア事業者を中心に公衆網として構築されてきたが、5G では公衆網としてのサービスに加え、ユーザーが電波免許を取得したエリアでの独自の運用が可能となる。ローカル 5G のユースケースとして、医療機関や製造現場、スタジアム等、多様な場面での活用が想定されている。

日本においては、免許帯である 4.6-4.8GHz 及び 28.2-29.1GHz の周波数帯がローカル 5G の候補帯域として想定されており、先行して制度整備が行われた 28.2-28.3GHz の 100MHz 幅については、2019 年 12 月より総務省への免許申請が開始された。28.2-28.3GHz 以外の帯域についても、引き続き制度整備が進められる予定である。

(2) 製造現場における 5G の活用の期待

製造現場における 5G の活用を考える上では、通信システムの高度化の観点と、ローカル 5G 等による無線技術の活用の 2 つの観点から、その可能性を捉える必要がある。前者については、5G の実装は工場内等の閉域網やインターネットへとつながる通信システムを高度化することから、例えば、新たなアプリケーションの開発を通じたエッジコンピューティングやクラウドコンピューティングの活用拡大による生産性向上が期待される。

ローカル 5G 等による無線技術の活用の観点からは、現場の作業支援が期待されており、例えば、産業機械のリアルタイムでの遠隔操作や遠隔からの保守点

検、多くの無人搬送車の活用は、人手不足に直面する製造現場を支援するものとして期待がされている。また、工場における無線化が進むことで産業機械のワイヤレス化が実現すれば、レイアウト変更に伴う配線コストが軽減されるため、より柔軟な製造ラインの構築が可能となると考えられる。

以上のように 5G によって製造現場における新たな可能性が期待される一方で、ユーザーである製造現場としては、4G や無線 LAN 等の無線技術の活用も視野に入れつつ、ユースケースとコストに応じて、どのような無線技術を活用するか検討する必要がある。

(3) 製造現場におけるローカル 5G 等の無線技術の活用に向けた課題

工場においてローカル 5G 等の無線技術を最大限活用するためには、製造システム特有の通信要件への対応や、通信障害の克服等が大きな課題となる。例えば、無線 LAN 等が使う免許不要帯においては、既に製造現場において複数の IoT 機器が導入されつつあり、このような機器が発する電波が同じ周波数を利用する場合、互いに干渉し合うことで通信障害が生じ、その可能性を最大限引き出すことができなくなる可能性がある。

このようなことから、国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT: National Institute of Information and Communications Technology) では、[Flexible Factory Project] を通じて、多種多様な無線機器や設備をつなぎ、安定して動作させるためのシステム構成である SRF (Smart Resource Flow) 無線プラットフォームの研究開発を実施しており、非営利の

注 21 総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会 (第 143 回) 資料より引用。

任意団体であるフレキシブルファクトリパートナーアライアンス（FFPA：Flexible Factory Partner Alliance）の活動を通じて、標準化活動が推進されている。

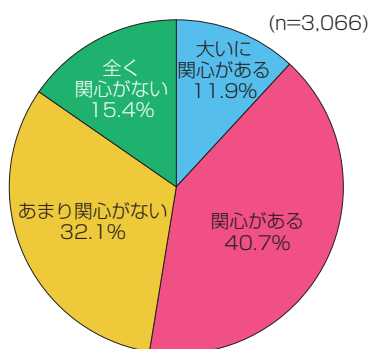
この他、通信干渉を回避し、無線技術を最大限活用するためには、「どの周波数帯域」を「どのような経路・回線」で、「いつ・どのように活用するか」という無線通信ネットワークの設計・運用や、「無線通信がどのように使われているか」を現場の管理者が把握することが重要となる。このため、ローカル5Gに限らず、多種多様な無線技術が今後益々製造現場に導入される場合、このようなノウハウの有無が企業の競争力に影響を及ぼすことが想定される。

響を及ぼすことが想定される。

（4）5G等の無線技術に対する国内製造業の認識

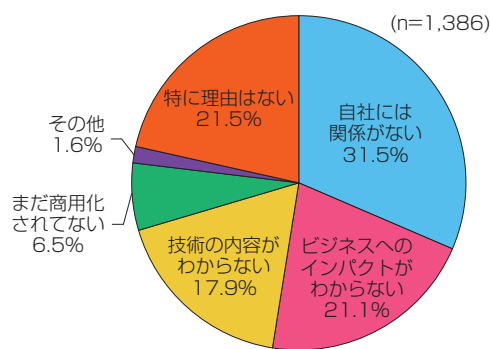
以上で確認したように、企業の競争領域として開発が進められている新たな無線技術に対して、国内製造業がどのように認識しているかを確認したところ、過半数は5G等の次世代通信技術に「関心がある」と回答したものの（図133-2）、「関心が無い」層にその理由を尋ねると「自社には関係が無い」「ビジネスへのインパクトがわからない」と考えていることが分かった（図133-3）。

図 133-2 次世代通信技術への関心



資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

図 133-3 次世代通信技術に関心がない理由



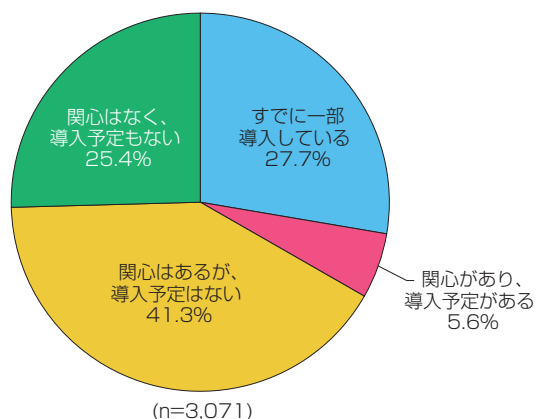
資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

一方で、工場の無線化に対しては、「すでに一部導入している」割合が27.7%に上り、さらに、全体の約4分の3が何らかの関心があると回答した（図133-4）。従業員規模別に分析すると、規模が大きくなればなるほど工場の無線化に積極的で、従業員数1,000人以上の大企業では過半数がすでに一部導入

している（図133-5）。

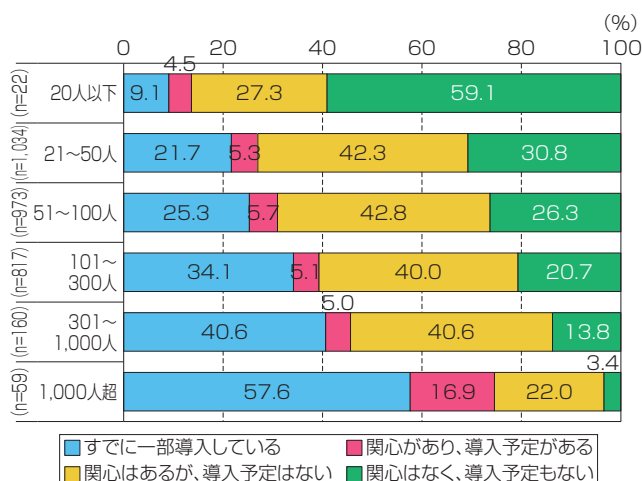
工場の無線化を始めとする無線技術の活用に伴う課題や不安としては、「セキュリティの確保」や「初期コストの不透明感」が上位に挙がる結果となった（図133-6）。

図 133-4 工場内の無線化への関心・導入の状況



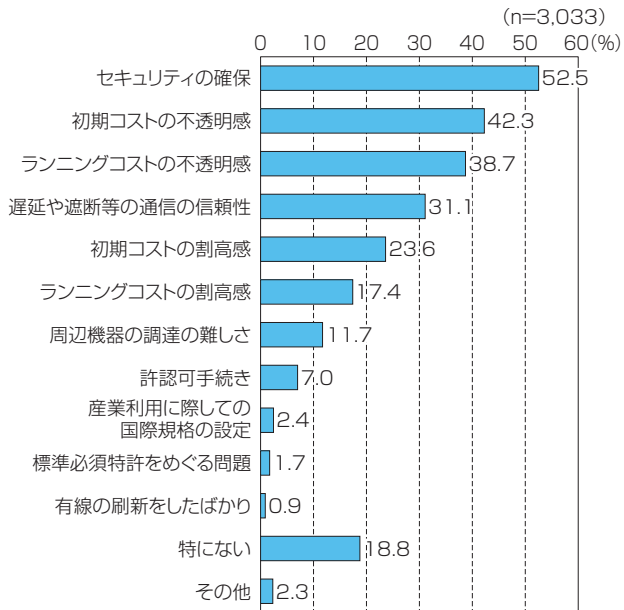
資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

図 133-5 従業員規模別に見た工場内の無線化への関心・導入の状況



資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

図 133-6 工場の無線化を始めとする次世代通信技術の活用に伴う課題や不安



資料：三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

4 製造業のデジタルトランスフォーメーションに求められる人材

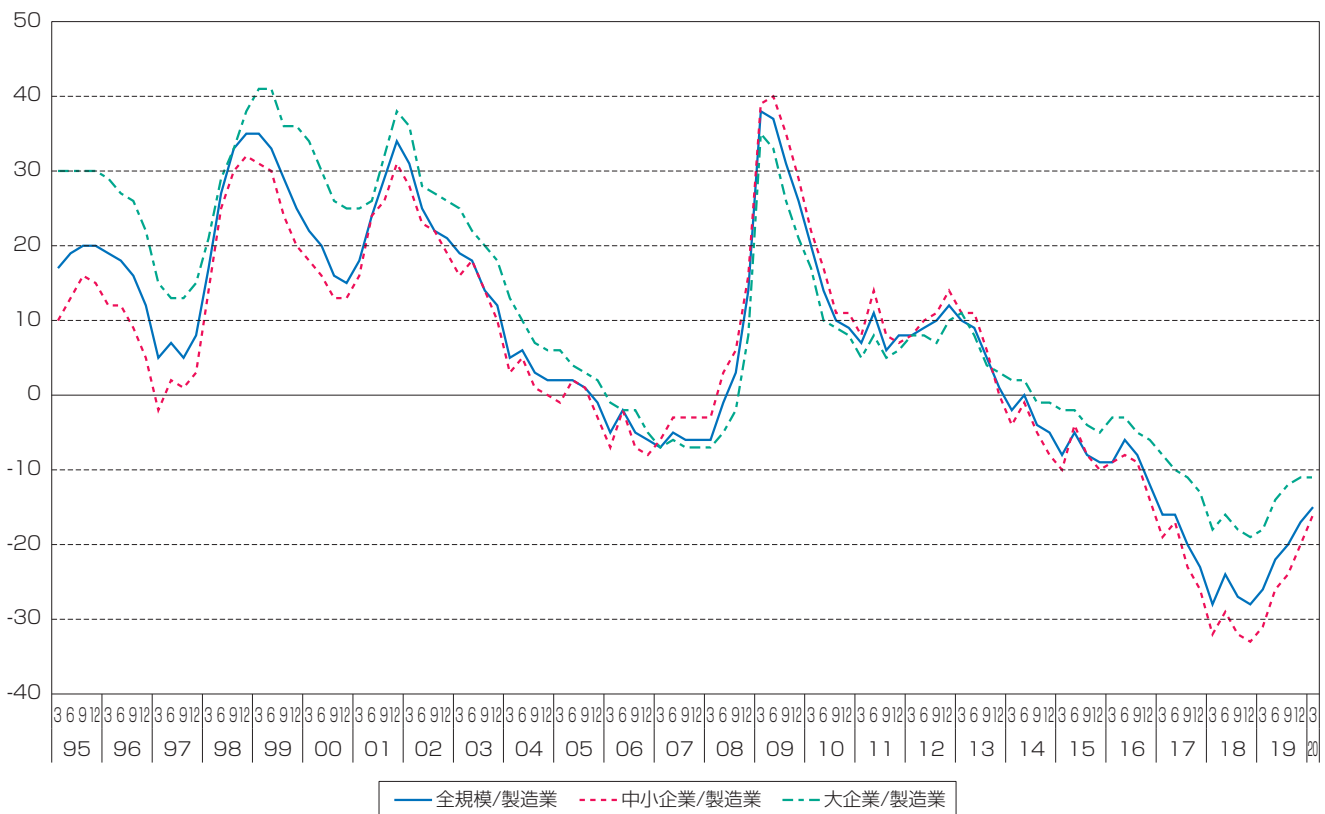
我が国製造業における人手不足状況は年々深刻化しており、ますます大きな課題となっている。過去のものづくり白書においても、度々同問題に触れ、デジタル化を通じた解決を模索してきた。ここでは、本節で論じてきたデジタルトランスフォーメーションを実現するために必要となる人材について、更に分析を深める。

(1) 製造業のデジタル化に必要な人材とその確保状況

① 我が国製造業における人材確保の状況

はじめに、我が国製造業における人材確保状況を概観する。本章第1節で確認したとおり、2020年3月時点での完全失業率は引き続き3%を下回る低水準で推移しており、低下傾向が続いている。一方、有効求人倍率は2018年4月から2019年6月までの間1.6倍を超える高水準が続いてきたが、その後は低下傾向となっており、2009年以降回復が続いていた有効求人倍率に変調が見られる結果となった（前掲：図111-19）。製造業の従業員不足感は、2014年以降「過剰」と答える割合を「不足」と答える割合が上回り、マイナスが続いているものの、2019年第1四半期から2020年第1四半期にかけては、大企業、中小企業共にマイナス幅が縮小傾向である。（図134-1）。

図134-1 製造業における従業員の不足感（規模別DI）



資料：日本銀行「短観」

② デジタル化に必要な人材

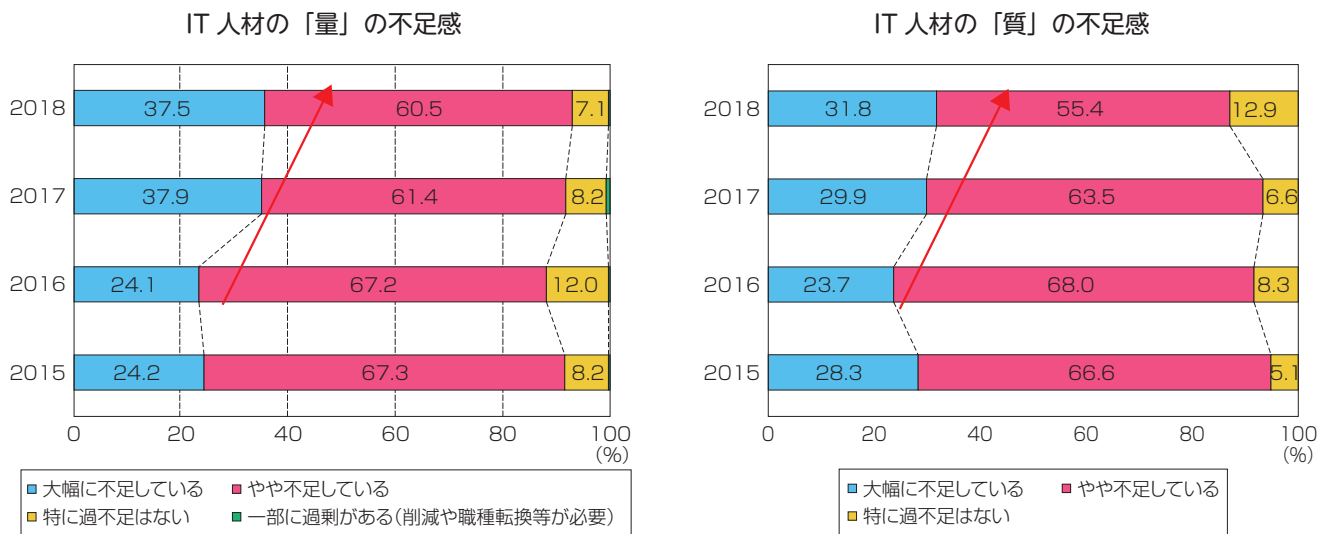
アンケートにおいて工程設計力が低下した理由を尋ねると、79.4%が「ベテラン技術者の減少」、19.1%が「間接部門の人員削減」と回答しており、ベテラン技能者の退職や人材不足は、エンジニアリングチェーンにも深刻な影響を与えていることが分かる（前掲：図132-8）。一方、工程設計力が向上した理由を確認すると、「生産技術、製造、調達といった他部門との連携強化（79.2%）」「営業、アフターサービスなどから顧客ニーズのフィードバックを強化

（26.5%）」「デジタル人材の育成、確保（22.5%）」が上位に挙がっており、デジタル人材の活躍による部門間連携がエンジニアリングチェーンの強化に有効であることが示唆される（前掲：図132-7）。

一方で、デジタル人材の供給は十分に進んでいない。「IT人材白書2019（独立行政法人情報処理推進機構）」の中でIT企業やユーザー企業に対して行われたアンケートによれば、特にIT人材の「量」の不足感が強まっている状況が確認できる（図134-2）。デジタル技術を理解しているIT人材の質・量両面で

の供給不足は、デジタル化によるエンジニアリングチェーンの強化に向けた課題の一つである。

図 134-2 IT人材の「量」と「質」に対する過不足感



資料：独立行政法人情報処理推進機構「IT人材白書 2019」より経済産業省作成
備考：無回答を除く

③システム思考の強化

エンジニアリングチェーンを強化するためには、各部門の個別最適ではなく全体最適を考慮してビジネス全体を俯瞰する能力も重要となるが、この能力は「システム思考」と呼ばれている。システム思考は「システムズエンジニアリング(システム工学)」として体系化されており、複数の専門分野にまたがる事象を統合し、統合された事象全体としてのシステムを成功させるために必要となるアプローチと手段を構築する力を指す。米国において汎用化されたもので、軍事産業、航空・宇宙産業などの隆盛に伴って大規模システムを設計し、運用するために必要不可欠な教育として同国で発展してきたとされる。

我が国における製造業のデジタル化は個別最適に陥ることが多く、システム思考を強化することが重要であると過去のものづくり白書においても繰り返し述べられてきた^{注23}。このようなシステム思考は、米国において体系化されたものであるが、その一方で、システム思考は、「チームでの協働(協創)^{注24}」という点において、日本の手法とされる「ワイガヤ」や「スリアワセ」と共通するという指摘もある^{注25}。

しかし、2.(2)において指摘したように、我が国製造業における部門間の連携は必ずしも十分とはいえない状況にあり、システム思考に必要な「チームで

の協働(協創)」の妨げとなっている。したがって、部門間を越えたデータ連携を進め、バーチャル・エンジニアリング環境を整備することは、「ワイガヤ」や「スリアワセ」といった「チームでの協働(協創)」を復活・発展させ、我が国製造業におけるシステム思考の導入を容易にするものと考えられる。

なお、システム思考は、現在、国内では慶応大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科などを中心に講座提供されており、多くの卒業生が輩出されている。部門間のデータ連携やバーチャル・エンジニアリング環境の整備と平行して、このようなシステム思考のできる人材を育成することで、エンジニアリングチェーンを強化していくことが重要であろう。

(2) 数学—製造業のデジタル化に必須の知識

今後、製造業においてデジタルトランスフォーメーションが進み、IoT、AI等のデジタル技術が活用されるようになっていくに従って、これまで以上に必要性和重要性が増してくるとされる人材は、数学^{注26}の知識や能力を有する人材である。

例えば、数学の能力は、デジタル化した製造業に不可欠なデータ分析、モデリング、シミュレーションにおいて大いに発揮される。特にAIと人間との協調・協働においては、数学がAIの制御を始め、学習デー

注 23 2017年版、2018年版

注 24 慶応SDMのイノベーション教育 白坂氏提出資料(1)(文部科学省人材委員会(第62回 2013年9月4日)配付資料) https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu10/siryu/attach/1340846.htm

注 25 内田孝尚「イノベーションと思考共通」(一般社団法人日本機械学会 2017年度年次大会講演論文集[2017.9.3-6、(さいたま)])

注 26 ここでいう「数学」は、純粋数学、応用数学、統計学、確率論、さらには数学的な表現を必要とする量子論、素粒子物理学、宇宙物理学なども含む広範な概念であり、文部科学省・経済産業省「理数系人材の産業界での活躍に向けた意見交換会」報告書「数理資本主義の時代-数学パワーが世界を変える」(2019年3月26日)における「数学」の定義や、文部科学省科学技術政策研究所科学技術動向研究センター報告書「忘れられた科学-数学」(2006年5月)における「数学研究」の定義をほぼ踏襲している。

タや推定結果の信頼性を高めるために必ず必要となる。さらに、AI 自体に画期的な技術革新を起こすともなれば、高度な現代数学の能力が決定的に重要になるであろう。AI 以外にも、VR、AR、マテリアルズ・インフォマティクス、量子暗号や量子コンピュータ等、製造業に大きなインパクトをもたらすと予想されるデジタル技術革新の多くが、高度な数学の能力を要するものである。

また、数学は「モノや構造を支配する原理」を見出すための普遍的かつ強力なツールであり、数学の力によって、将来の変化が起こる前の予兆の検出、予測の精緻化、ビッグデータを重要な部分にのみ着目して活用することなどが可能となる^{注27}。この数学の能力は、ダイナミック・ケイパビリティの要素の一つである「感知」を格段に強化するものであろう。

加えて、(1)において述べたように、今後は、全体最適を考慮してビジネス全体を俯瞰するシステム思考が重要性を増してくる。言い換えれば、具体的な課題を抽象化・一般化することによって俯瞰し、統合的に解決する能力が以前にも増して求められることになるが、その抽象化・一般化において、数学的な思考は大きな力を発揮する。

さらに、数学は、ライフサイエンス、ナノテクノロジー、環境科学、材料科学、物理学、化学、金融工学、経済学、社会学など様々な分野の科学技術の基盤となるため、数学の進歩は各分野の発展をもたらすほか、数学を軸とすることで異なる分野の課題を共通化し、分野融合的な技術開発が可能となる^{注28}。ダイナミック・ケイパビリティ論に従っていうならば、数学は、異なる分野の知識を融合させて新たな価値を生み出す「共特化」を可能にするものである。

このように、製造業のデジタル化を進め、そのダイナミック・ケイパビリティを強化する上で、数学の知識や能力を有する人材が非常に重要になると考えられる。

そこで、我が国における数学の水準について見てみると、数学研究についていえば、若い数学者の優れた業績を顕彰するフィールズ賞の受賞者数(3名)では、我が国は、世界第5位である。また、2006年に伊藤清(京都大学名誉教授)が、ガウス賞(社会の技術的発展と日常生活に対して優れた数学的貢献をした研究者に贈られる賞)の第1回受賞者となっており、さらに、2018年には柏原正樹(京都大学名誉教授)が、チャーン賞(生涯にわたる群を抜く業績を上げた数学者に贈られる賞)の第3回受賞者となっている。そし

て、これらの賞を授与する国際数学連合(IMU)の総裁を2018年まで4年間務めたのが、フィールズ賞受賞者でもある森重文(京都大学高等研究院長)である。このようなことから、我が国における数学の研究能力の水準は、他国に引けをとるものではないといえる。また、義務教育終了段階(15歳児)の生徒が知識・技能をどの程度活用できるかを評価した「経済協力開発機構(OECD)」の調査(PISA)によると、我が国の科学的リテラシーや数学的リテラシーは、国際的に見ても上位にあり、高いポテンシャルを持つことが分かる。さらに、高校生等が参加する「国際数学オリンピック」や「国際情報オリンピック」では、例年メダリストを輩出し、国際順位も上位にある^{注29}。

なお、経済産業省が実施した「産業振興に寄与する理工系人材の需給実態等調査」では、2017年度採用予定人数と2019年度の採用希望人数を比較すると、全体的にはマイナス7.7%と採用希望人数が減少している中で、人工知能(プラス125.0%)やwebコンピューティング(84.7%)に加えて、統計・オペレーションズ・リサーチ(プラス90.9%)や数学(プラス69.2%)の割合が増加しており、我が国の企業が理数系人材の獲得に動いていることが明らかとなっている^{注30}。

しかし、製造業において数学の知識や能力を有する人材を活用する上では、課題もある。その一つは、我が国の若手数学者のうち、民間企業に進む者が比較的少ないということである。

図134-3・4・5のとおり、我が国において、数学の博士後期課程を修了した者の進路状況については、修了後に高等教育機関に進むものが多く、民間企業等に進む者は2013年から2016年にかけて増加しているが、全体の12%程度となっている。

一方で、「American Mathematical Society」の調べによると、アメリカのPhD(数理科学)修了者数は、ここ数年増加傾向にあり、なかでも産業界へ進む者が年々増え、2016年には全体の約30%となっている(図134-6)。アメリカの動向で注目すべきは、PhD修了者の数が日本の10倍以上である上に、産業界へ進むPhD修了者が増えている一方で、学術界に進むPhD修了者は必ずしも減っているわけではないという点である。

今後、我が国においても、若手数学者が、学術界のみならず製造業においても活躍できる機会が拡大することが望ましい。

注27 「忘れられた科学-数学」 p.107

注28 「忘れられた科学-数学」 p.106-7

注29 「数理資本主義の時代-数学パワーが世界を変える」、p16-7

注30 平成29年度産業技術調査事業(産業振興に寄与する理工系人材の需給実態等調査)

る経験や技能をブラッシュアップし続けるということである。これはアメリカだけでなく日本でも同じことが言える。土台だけでなく新しい技術や環境に対応するために努力し続けること、地域のニーズを継続して掘り起こし続けること。新しいものづくりの形がそこにある。

2 ものづくり現場を取り巻く環境変化とものづくり人材の確保

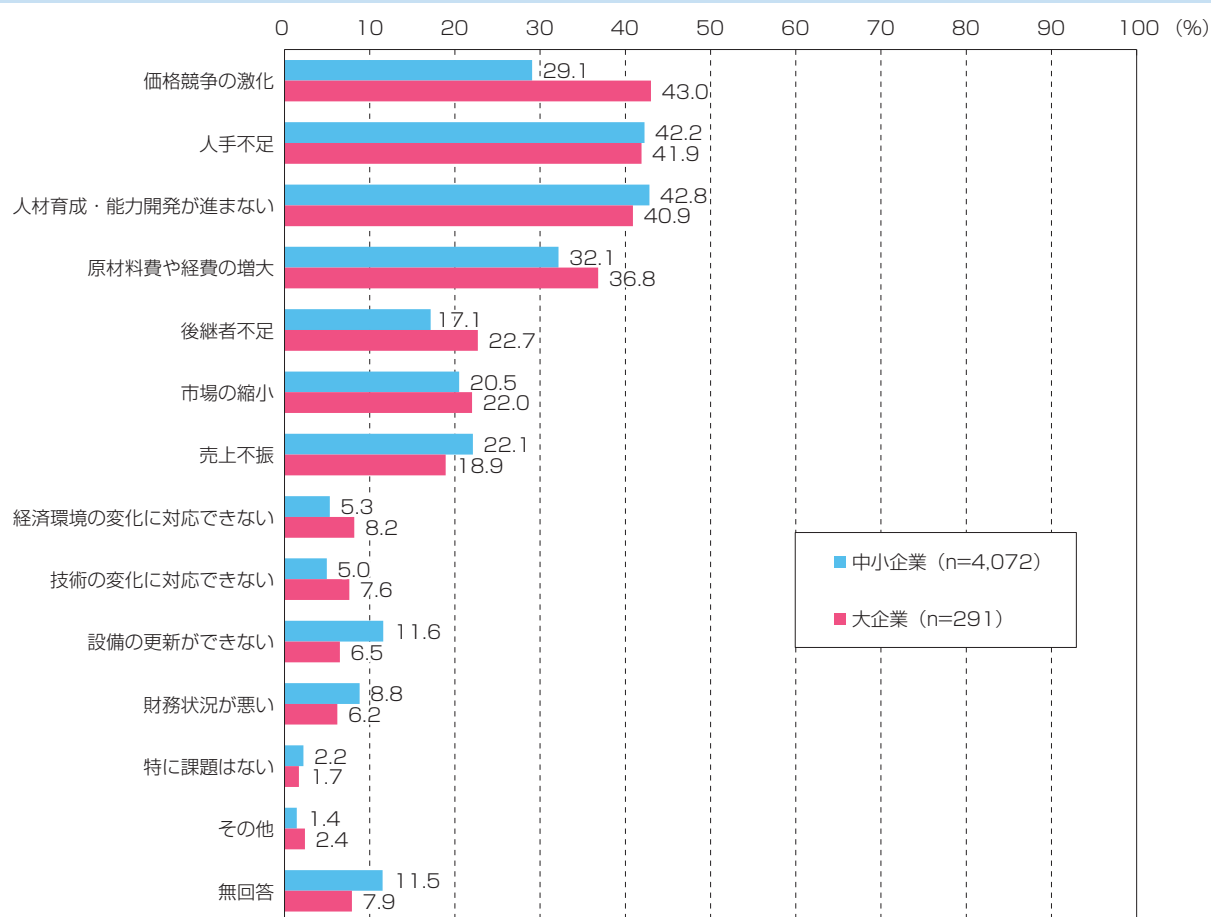
ものづくり現場を取り巻く不確実性が増す中で、環境変化による経営課題を、各ものづくり企業がどのように認識し、人材育成の方向性をどのように考えているのか、JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」から考察する。

(1) ものづくり現場が直面している経営課題

ものづくり企業が直面している経営課題をみると、

大企業では「価格競争の激化」(43.0%)と回答した企業割合が最も高く、次いで「人手不足」(41.9%)、「人材育成・能力開発が進まない」(40.9%)が続く。中小企業では、「人材育成・能力開発が進まない」(42.8%)と回答した企業割合が最も高く、「人手不足」(42.2%)、「原材料費や経費の増大」(32.1%)と続いており、企業規模に関わらず、人材育成・能力開発にも課題を感じているものづくり企業が多い状況がうかがえる(図221-1)。

図 221-1 ものづくり企業の経営課題 (企業規模別)

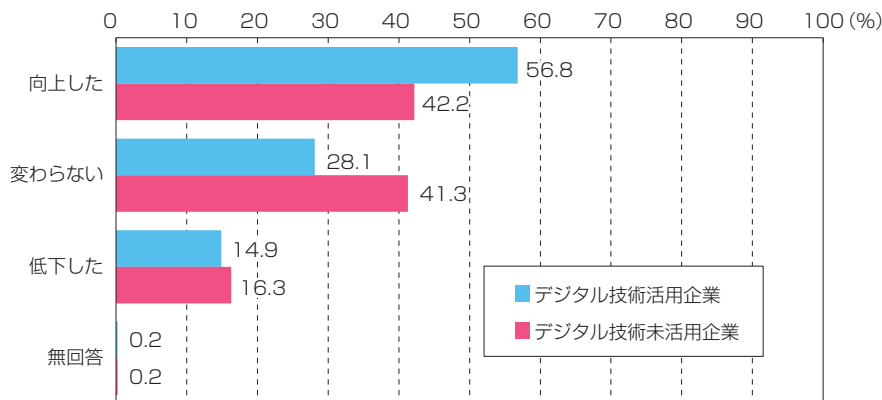


資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」

人材育成・能力開発への取組は、労働生産性にも良い影響がみられる。自社の労働生産性が3年前と比較して「向上した」と回答した企業の割合は、人材育成・能力開発がうまくいっていると認識している企業(56.8%)が、人材育成・能力開発がうまくいっていないと回答した企業(42.2%)を大きく上回って

いる。一方、自社の労働生産性が3年前と比較して「変わらない」、「低下した」と回答した企業は人材育成・能力開発がうまくいっていないと回答した企業が、人材育成・能力開発がうまくいっていると認識している企業を上回る(図221-2)。

図 221-2 人材育成・能力開発の取組と3年前と比較した自社の労働生産性



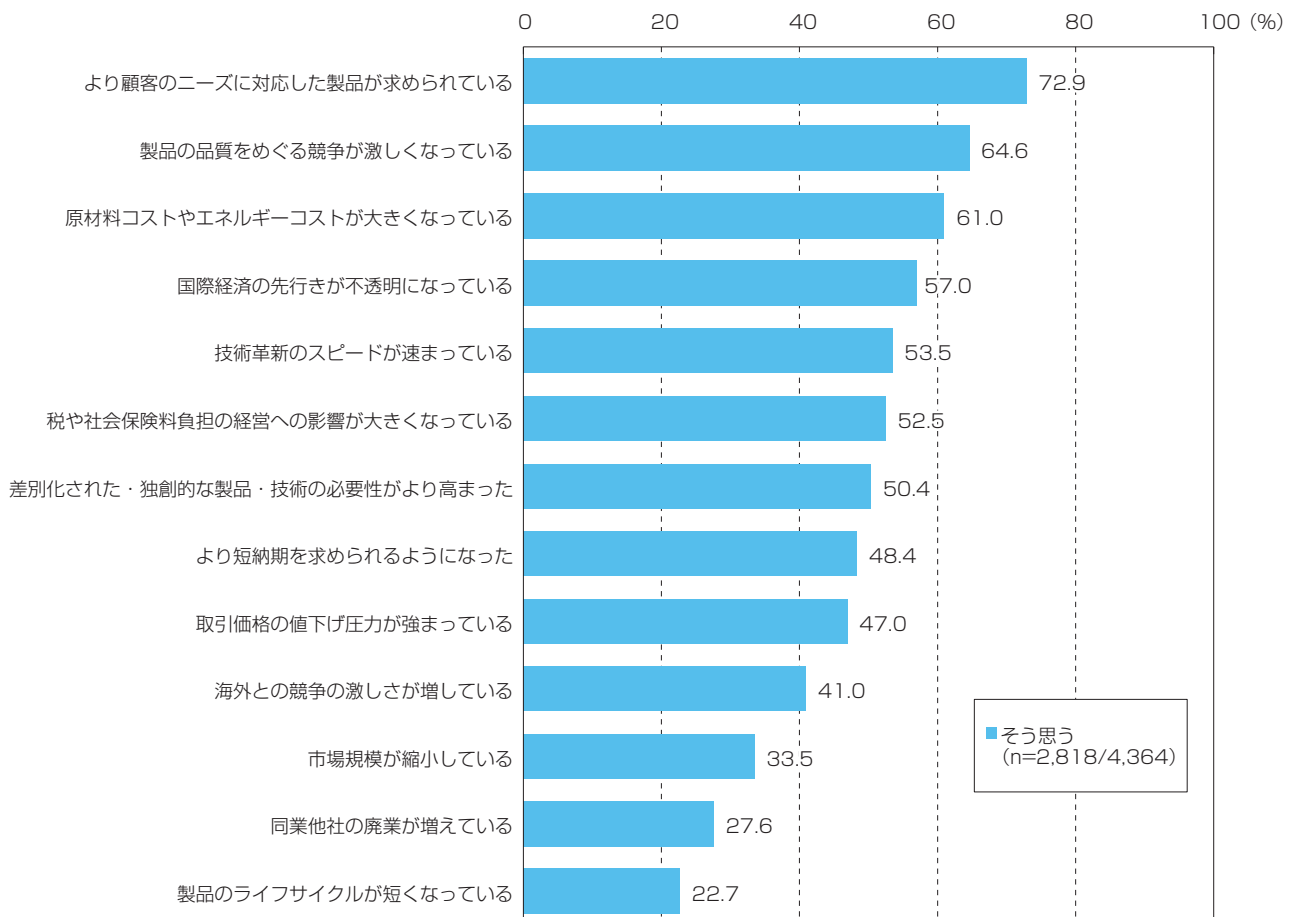
資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」

事業環境・市場環境の状況認識をみると、「より顧客のニーズに対応した製品が求められている」(72.9%)、「製品の品質をめぐる競争が激しくなっている」(64.6%)、「原材料コストやエネルギーコストが大きくなっている」(61.0%)、「国際経済の先行きが不透明になっている」(57.0%)といった経営課題に直結する、厳しい認識に基づいた回答が多数を占め、「同業他社の廃業が増えている」(27.6%)、「製品のライフサイクルが短くなっている」(22.7%)を

大きく上回っている。(図 221-3) (図 221-4)

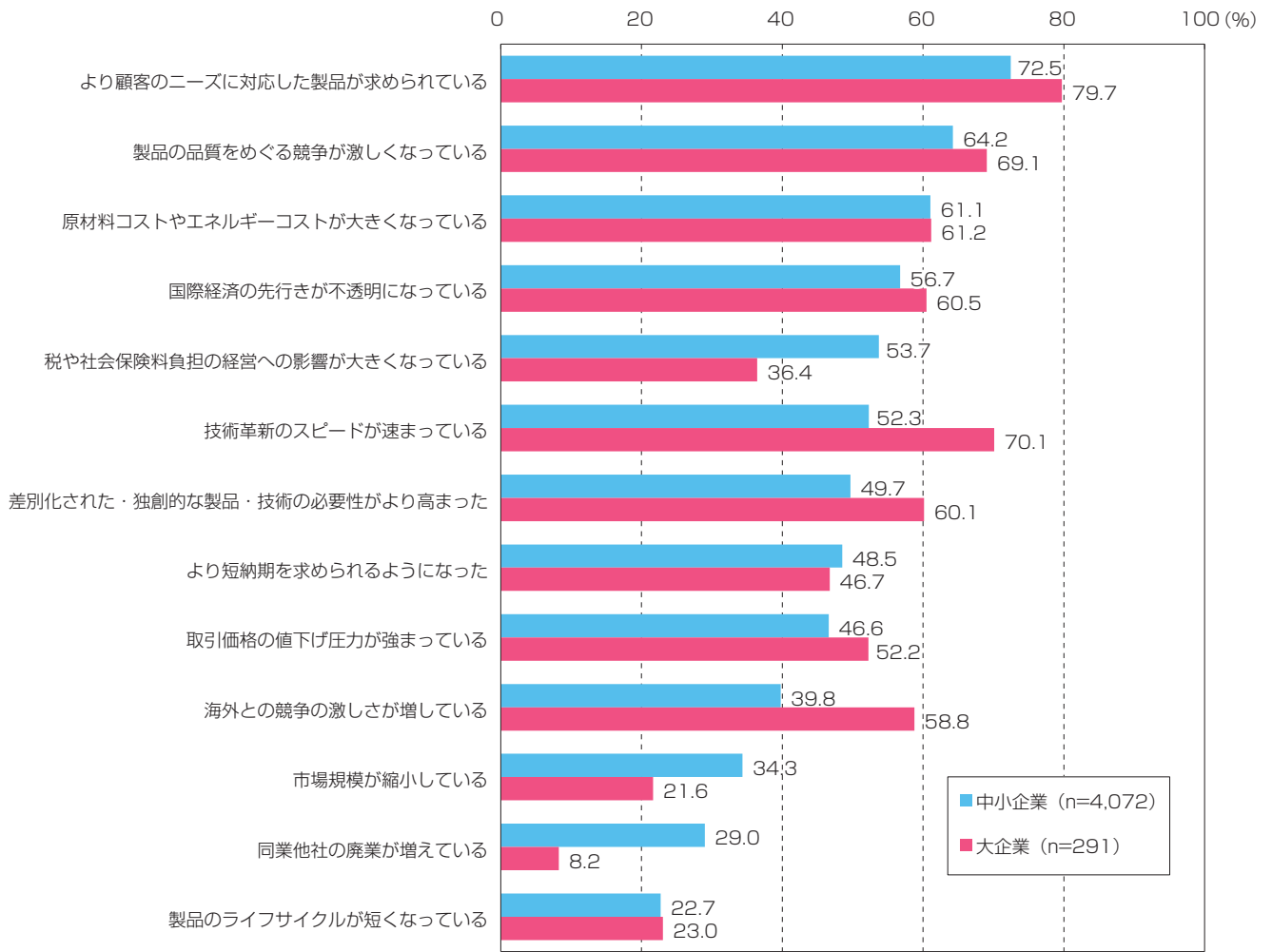
企業規模別では、「技術革新のスピードが速まっている」、「海外との競争の激しさが増している」と回答した企業は、大企業が中小企業よりも高く、「税や社会保険料負担の経営への影響が大きくなっている」、「同業他社の廃業が増えている」と回答した企業は、中小企業が大企業よりも高くなっており、それぞれ20%程度の差がある。

図 221-3 事業環境・市場環境の状況認識



資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」

図 221-4 事業環境・市場環境の状況認識（企業規模別）



資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」

また、これらを業種別にみると、プラスチック製品製造業で「品質」、「原材料・エネルギーコスト」、「税・社会保険料」、鉄鋼業で「同業他社の廃業」、「市場規模縮小」、生産用機械器具製造業で「国際経済の不透明さ」、「短納期」、電子部品・デバイス・電子回路製

造業で「値下げ圧力」、情報通信機械器具製造業で「技術革新」、「製品のライフサイクル短期化」、「差別的・独創的」、「顧客ニーズ」、輸送用機械器具製造業で、「海外」の回答率がそれぞれ高い等、各業種の動向を反映した際も認められる（図 221-5）。

図 221-5 事業環境・市場環境の状況認識（業種別）

	より顧客のニーズに対応した製品が求められている	製品の品質をめぐる競争が激しくなっている	原材料コストやエネルギーコストが大きくなっている	国際経済の先行きが不透明になっている	技術革新のスピードが速まっている	税や社会保険料負担の経営への影響が大きくなっている	差別化された・独創的な製品・技術の必要性がより高まった	より短納期を求められるようになった	取引価格の値下げ圧力が強まっている	海外との競争の激しさが増している	市場規模が縮小している	同業他社の廃業が増えている	製品のライフサイクルが短くなっている
合計	72.9	64.6	61.0	57.0	53.5	52.5	50.4	48.4	47.0	41.0	33.5	27.6	22.7
【業種】													
プラスチック製品製造業 (n=484)	72.3	70.9	68.0	53.3	48.1	58.1	52.7	45.5	52.7	36.4	37.6	33.7	25.6
鉄鋼業 (n=169)	66.9	58.0	63.3	60.4	38.5	44.4	42.0	43.2	39.6	45.6	39.6	36.1	14.8
非鉄金属製造業 (n=163)	67.5	66.3	63.2	61.3	46.6	54.0	44.2	37.4	42.9	40.5	40.5	28.2	21.5
金属製品製造業 (n=1,154)	71.2	64.6	63.6	56.8	48.4	56.4	49.7	53.7	47.0	37.3	36.3	33.2	22.6
はん用機械器具製造業 (n=211)	73.0	62.1	61.6	57.3	45.0	52.1	45.5	45.5	38.4	33.2	28.9	23.2	16.6
生産用機械器具製造業 (n=503)	78.7	62.4	57.3	60.8	56.5	48.1	57.3	54.9	42.3	39.0	26.6	21.1	19.7
業務用機械器具製造業 (n=211)	81.0	61.6	57.3	44.1	52.6	42.7	58.8	46.0	41.2	37.0	31.3	18.5	18.0
電子部品・デバイス・電子回路製造業 (n=253)	69.2	68.4	54.2	70.0	67.2	48.6	53.8	47.0	56.5	55.3	30.0	27.7	30.4
電気機械器具製造業 (n=562)	76.0	59.6	55.3	52.0	60.9	50.2	50.5	49.6	46.6	41.6	28.3	20.6	25.3
情報通信機械器具製造業 (n=50)	86.0	52.0	44.0	54.0	76.0	42.0	66.0	42.0	44.0	32.0	36.0	24.0	46.0
輸送用機械器具製造業 (n=602)	69.9	68.6	63.1	58.6	59.6	54.5	43.9	41.4	50.7	50.7	35.2	26.2	21.8

資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」

一方、自社の「強み」の認識については、「柔軟に顧客のニーズに対応できる（多品種少量生産など）」（47.8%）が最も多く、次いで「高度な熟練技能を持っている」（31.3%）、「優良企業の下請企業の主力となっている」（28.9%）、「極めて短い納期に対応できる」（19.5%）、「極めて短い納期に対応できる」（19.5%）の順となり、事業環境認識にほぼ合致した強みを持っていると自己評価する企業が相当数に上ること、各課題対応共通の基盤となる「現場の高技能」を多数の企業が強みとして意識していることが認められる（図 221-6）。

図 221-6 自社の強みの認識複数回答（複数回答）



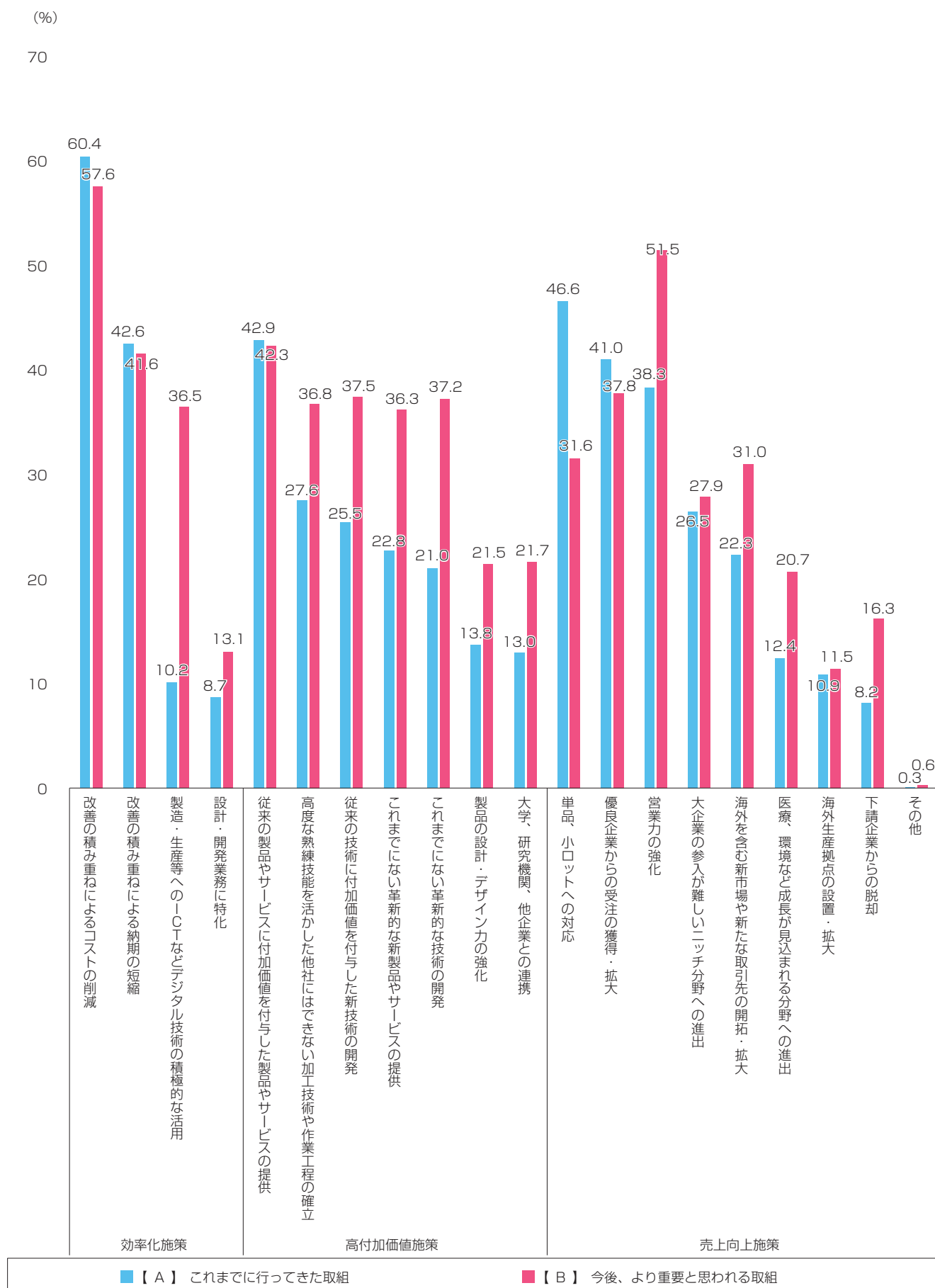
資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」

さらに競争力を高めるためのこれまでの取組としては、「改善の積み重ねによるコストの削減」（60.4%）、「単品、小ロットへの対応」（46.6%）、「従来の製品やサービスに付加価値を付与した製品やサービスの提供」（42.9%）、「改善の積み重ねによる納期の短縮」（42.6%）とつづき、売上向上に寄与する取組について回答した企業割合が81.0%であり、高付加価値の取組に関する回答は69.8%となっている。一方、今後さらに競争に勝ち抜いていくために重要となる取組としては、「改善の積み重ねによるコストの削減」（57.6%）、「営業力の強化」（51.5%）、「従来の製

品やサービスに付加価値を付与した製品やサービスの提供」（42.3%）、「優良企業からの受注の獲得・拡大」（37.8%）と続いており、それぞれの回答を大別すると、売上向上に繋がる取組を重視する回答の81.5%に、高付加価値の取組に関する回答が79.2%と迫る（図 221-7）。

また、「製造・生産等へのICTなどデジタル技術の積極的な活用」、「これまでにない革新的な技術の開発」は、今後より重要と思われる取組の方が、今まで行ってきた取組よりもそれぞれ26.3ポイント、16.2ポイント高くなっている。

図 221-7 競争力を高める取組



資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」

主要製品の製造に当たり重要となる作業について具体的な内容を問うと、「測定・検査」(37.6%)が最も多く、次いで「切削」(35.2%)、「機械組立・仕上げ」(33.1%)、「製罐・溶接・板金」(29.8%)となっている(図221-8)。今後の見込みとしても、いずれの技能も「機械に代替される」、「工程自体がなくなる」、「海外調達に変わる」といった見通しはごく少数で、過半が「今までどおり熟練技能が必要」としている(図221-8)。

しかし、今後も必要となる熟練技能に関しては、課

題を感じている企業も多い。2007年から、団塊の世代(1947年から1949年生れの世代)が60歳の定年を迎え、これまで養ってきた技能や技術をどのように継承していくか等の問題は「2007年問題」と呼ばれ、ものづくり産業において注目された。厚生労働省の能力開発基本調査によると、2007年調査時には、製造業の事業所の過半数が「技能継承に問題がある」としていたが、2016年調査時にはそれを上回るようになってきている。

図221-8 主力製品の製造に当たって重要となる作業と5年後の見通し

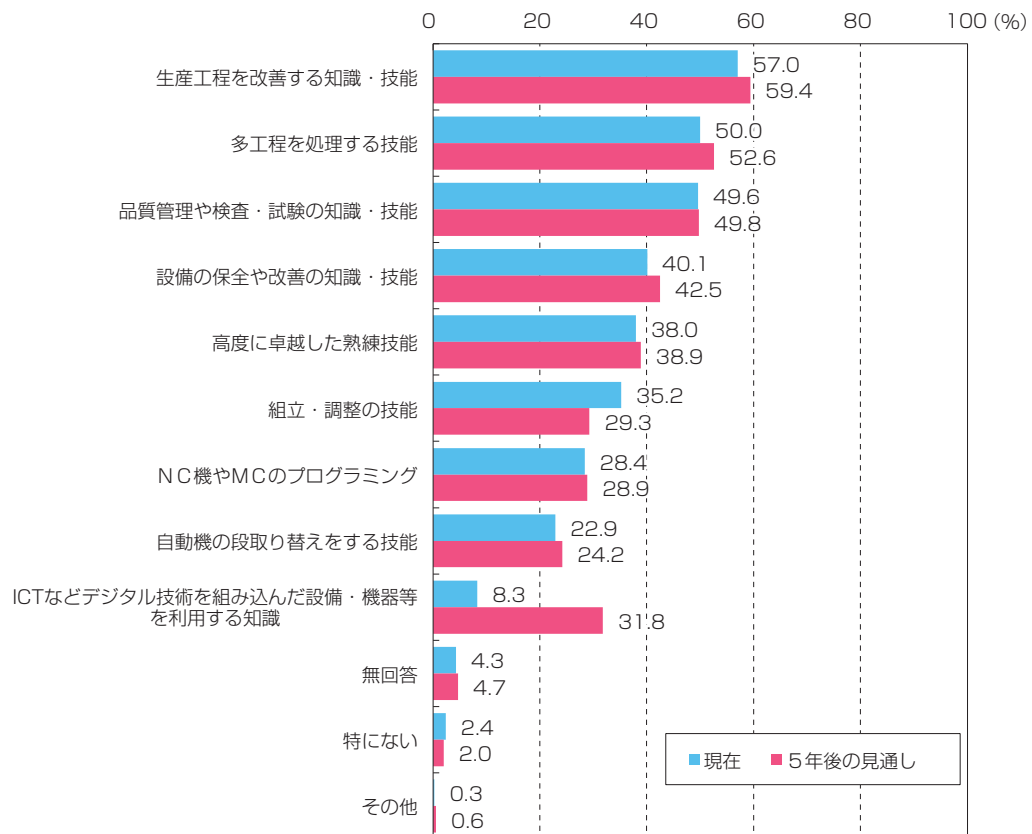
主力製品の製造にあたって重要な作業内容	て主力製品の製造にあたって重要な作業計画	5年後の見通し						
		が今までもどおり熟練技能が必要	る技能習得期間が短くなる	機械に代替される	工程自体がなくなる	外注化される	海外調達に変わる	無回答
製罐・溶接・板金	29.8	69.8	14.3	10.5	0.1	3.2	0.9	1.2
プレス加工	21.6	53.1	23.2	15.0	0.4	4.3	2.0	2.2
鑄造・ダイキャスト	6.0	63.4	12.3	7.9	1.3	7.0	6.2	1.8
鍛造	4.7	64.6	19.7	6.7	1.1	3.9	2.8	1.1
圧延・伸線・引き抜き	2.7	69.9	9.7	12.6	1.0	4.9	1.0	1.0
切削	35.2	53.3	22.3	18.2	0.1	2.9	1.8	1.4
研磨	21.8	63.7	16.3	15.0	-	2.2	0.6	2.2
熱処理	8.6	59.6	16.7	10.8	1.2	7.7	0.9	3.1
メッキ	5.3	51.5	18.0	10.0	1.0	15.5	2.5	1.5
表面処理	8.4	54.4	18.9	15.1	0.3	7.5	1.6	2.2
塗装	15.3	62.0	16.5	11.1	0.3	7.8	0.7	1.6
射出成型・圧縮成型・押出成型	13.5	56.1	24.9	12.4	1.2	2.0	2.7	0.8
半田付け	9.1	62.4	14.9	15.7	0.9	3.8	0.6	1.7
機械組立・仕上げ	33.1	65.4	21.8	5.8	0.7	3.1	1.1	2.0
電気・電子組立	25.2	57.2	24.1	9.9	0.8	4.1	1.7	2.2
測定・検査	37.6	51.3	23.8	17.1	0.4	0.6	0.6	6.3

資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」

また、主要製品の製造に当たり鍵となっている具体的な技能を問うと、技能系正社員では「生産工程を改善する知識・技能」(57.0%)が最も多く、次いで「多工程を処理する技能」(50.0%)、「品質管理や検査・試験の知識・技能」(49.6%)となっており、この傾向は5年後の見通しと概ね一致する(図221-9)。また、技術系正社員では「工程管理に関する知識」(48.4%)、「複数の技術に関する幅広い知識」(44.2%)、「生産の最適化のための生産技術」(43.4%)となっているが、5年後の見通しでは「複

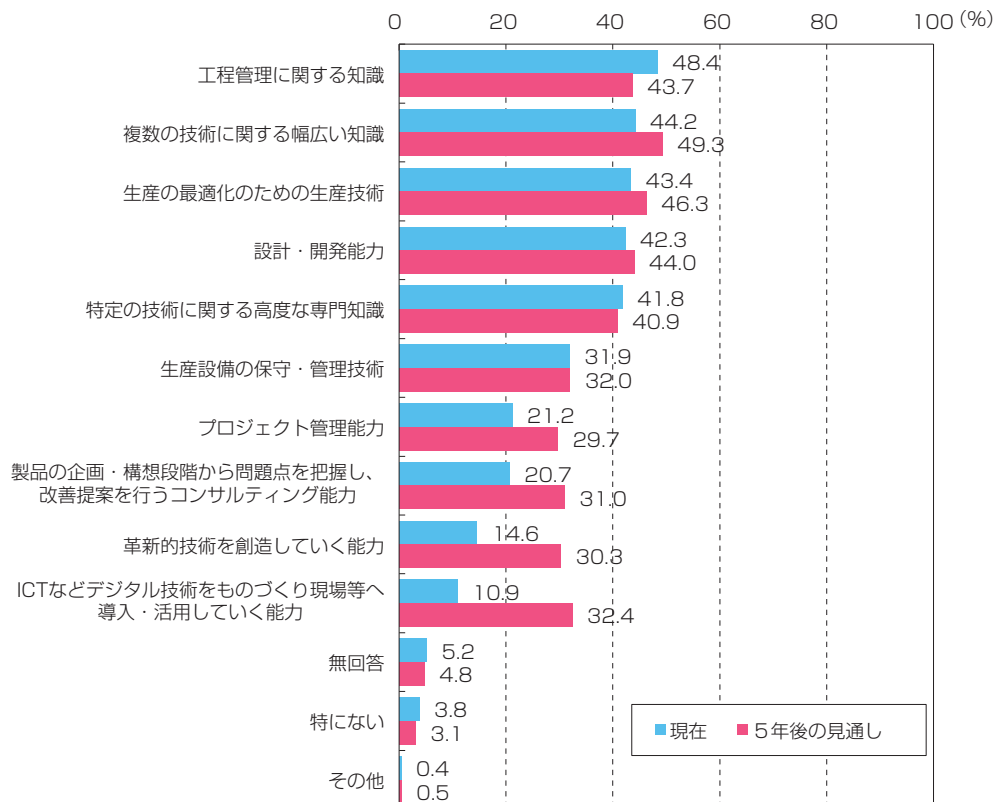
数の技術に関する幅広い知識」(49.3%)、「生産の最適化のための生産技術」(46.3%)、「設計・開発能力」(44.0%)となっている。技能系正社員、技術系正社員いずれにおいても、それぞれ「ICTなどのデジタル技術を組み込んだ設備・機器等を利用する知識」、「ICTなどのデジタル技術をものづくり現場等へ導入・活用していく能力」について、5年後の見通しが現在の認識の約3倍となっており、ものづくり企業が今後重要となってくる能力であると認識している様子がうかがえる(図221-10)。

図 221-9 主力製品の製造にあたり鍵となる技能（技能系正社員）



資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」
注：ここで言う技能系正社員とは、現在、ものの製造に直接携わる方。

図 221-10 主力製品の製造にあたり鍵となる技能（技術系正社員）



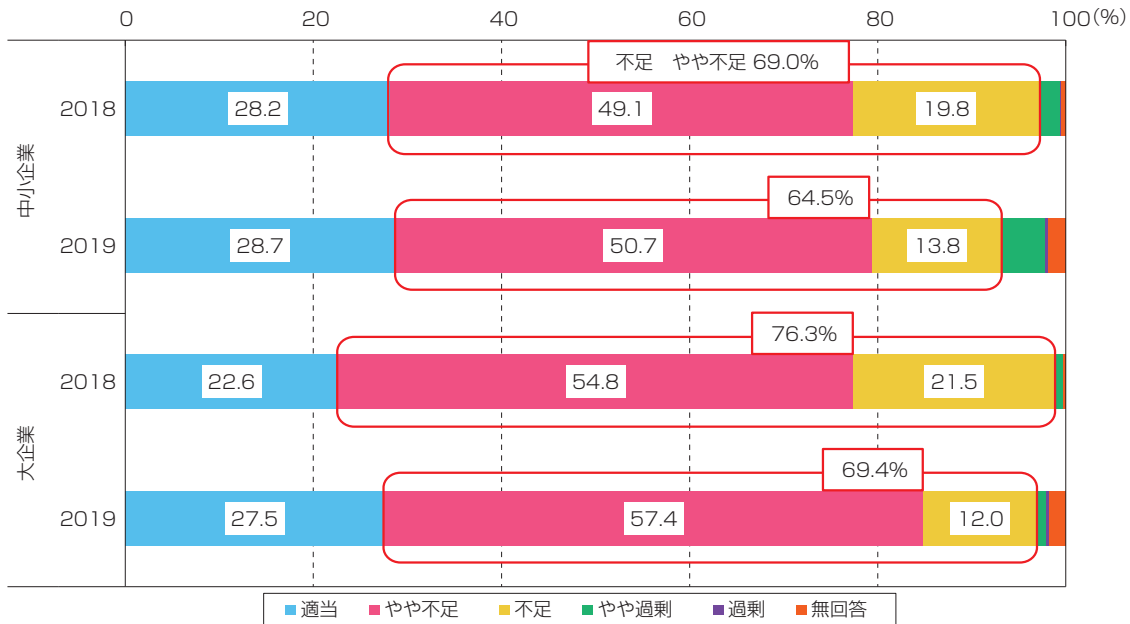
資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」
注：ここで言う技術系正社員とは、現在、研究・開発・生産管理・品質管理などを担当する方。

(2) 人材確保の状況とその対応策

ものづくり企業の大きな経営課題の一つとして人手不足がある。ものづくり人材の過不足状況について、前年調査と比較すると、「不足」、「やや不足」と回答した企業の合計は大企業、中小企業ともにやや減少しているものの、いずれも約7割の企業が人手不足となっており、人材確保が大きな課題として顕

在化し、深刻な課題となっていることがうかがえる(図222-1)。もっとも、新型コロナウイルス感染症の影響による解雇・雇止めや雇用調整の可能性があるとする事業所もみられることから、ものづくり企業の課題認識については、今後よく注視していく必要がある。

図 222-1 ものづくり人材の過不足状況

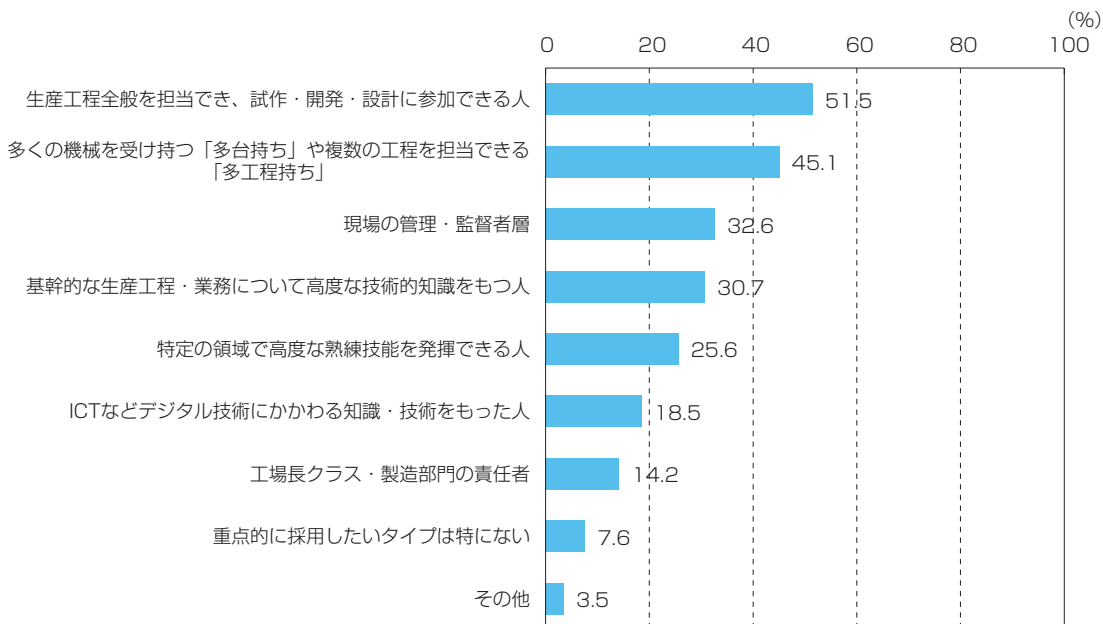


資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したもののづくり人材の確保・育成に関する調査」

そうした中、企業が特に重点的に採用したいものづくり人材のタイプとしては、「生産工程全般を担当でき、試作・開発・設計に参加できる人」が51.5%、「多

くの機械を受け持つ「多台持ち」や複数の工程を担当できる「多工程持ち」が45.1%と続く(図222-2)。

図 222-2 重点的に採用したいと考える人材

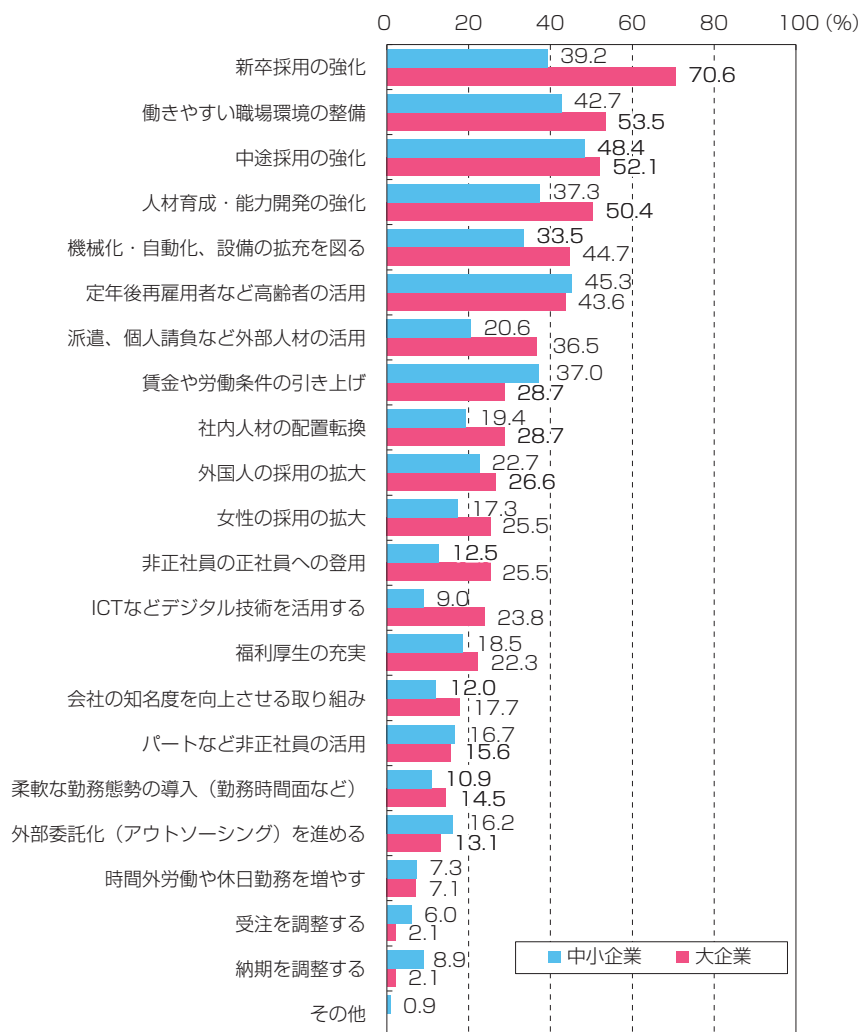


資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したもののづくり人材の確保・育成に関する調査」
注：「無回答」は表示していない

また、このような人手不足を解消する手段として行っている取組を企業規模別で見ると、中小企業では「中途採用の強化」(48.4%)、「定年後再雇用者など高齢者の活用」(45.3%)と続き、大企業では「新卒採用」(70.6%)、「働きやすい職場環境の整備」(53.5%)と続いており、企業規模における取組の差を確認すると、「賃金や労働条件の引き上げ」は中

小企業が大企業と比較して8.3ポイント高く、「新卒採用の強化」は大企業が中小企業と比較して31.4ポイント高くなっている。中小企業は中途採用により、即戦力となる人材の確保を強化する一方で、大企業は新卒採用により、中期的に人材確保を図る動きがみられる(図222-3)。

図 222-3 ものづくり人材の確保などの人手不足解消策 (企業規模別)



資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したもののづくり人材の確保・育成に関する調査」
注：「無回答」は表示していない

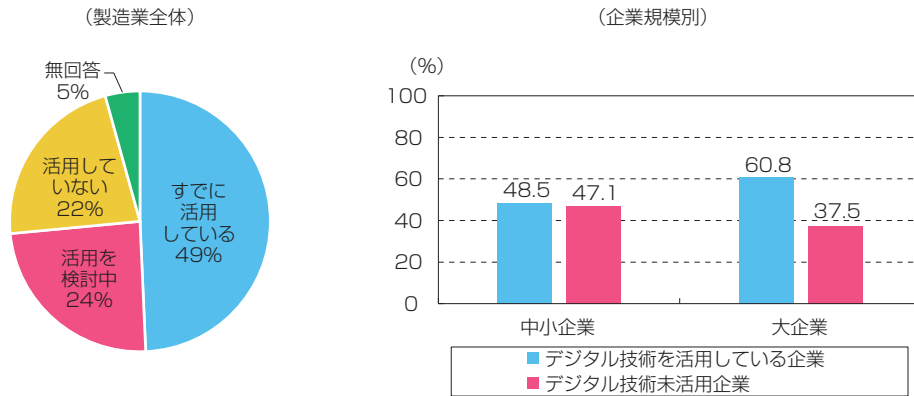
3 ものづくり現場におけるデジタル技術の活用と人材育成

これまで、ものづくり企業においては、生産工程全般に精通した多能工などの人材の確保と育成が、最も重要な経営課題となっていることを確認してきた。このような中で生産性の高い現場を構築するためには、「デジタルツールなどの利活用」が鍵を握ると考えられる。今日、高度で高価なツールだけでなく、汎用性が高く、扱いやすい安価なツールも数多く存在しており、そうしたツールを積極的に活用することが期待される。

(1) デジタル技術の活用の状況とものづくり現場への影響

まず、ものづくりの工程・活動におけるデジタル技術の活用状況を確認する。「すでに活用している」と回答した企業は49.3%であり、「未活用」と回答した企業は46.4%であった。デジタル技術を活用している企業割合を規模別にみると、中小企業では48.5%、大企業では60.8%となっており、大企業の方がデジタル技術を活用している割合が高い(図231-1)。

図 231-1 ものづくりの工程・活動におけるデジタル技術の活用状況

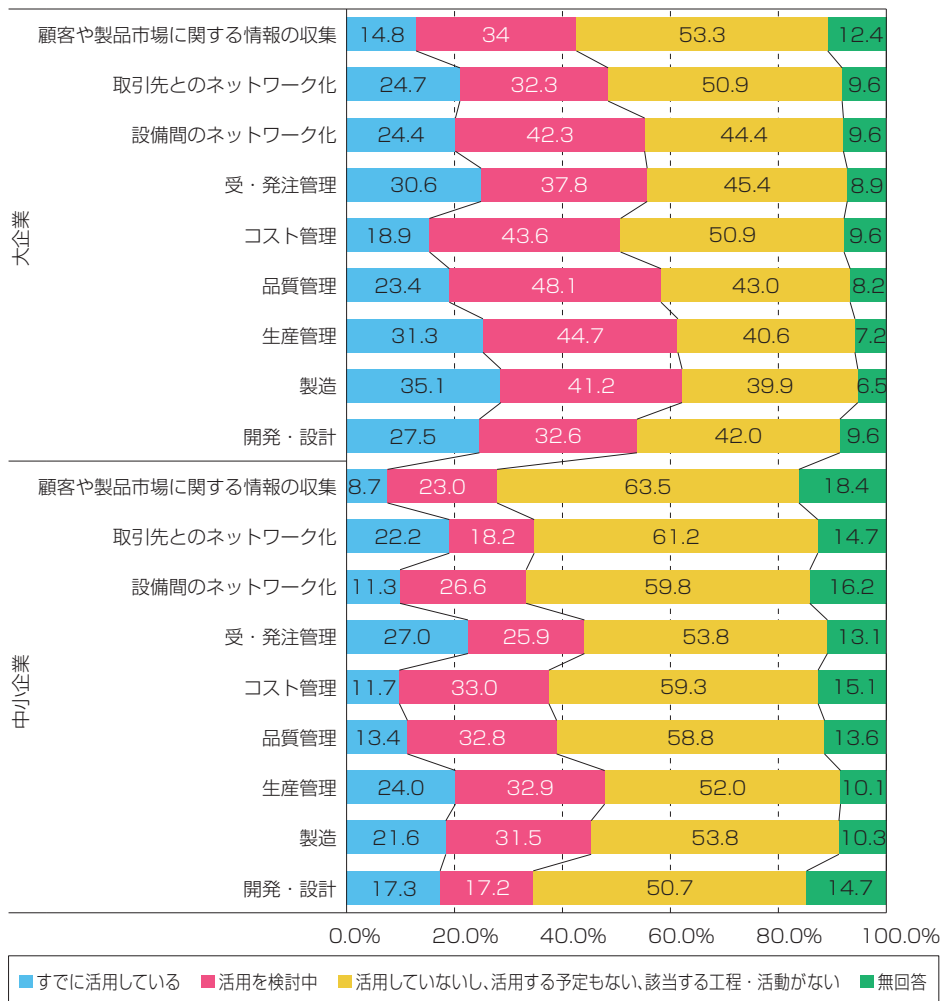


資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」

さらに、企業規模別に、ものづくりのどの工程においてデジタル技術が活用されているかを確認すると、大企業では「製造」(35.1%)、「生産管理」(31.3%)、「受・発注管理」(30.6%)、「開発・設計」(27.5%)の順に高く、中小企業では「受・発注管理」(27.0%)、「生産管理」(24.0%)、「取引先とのネットワーク化」(22.2%)、「製造」(21.6%)となっており、企

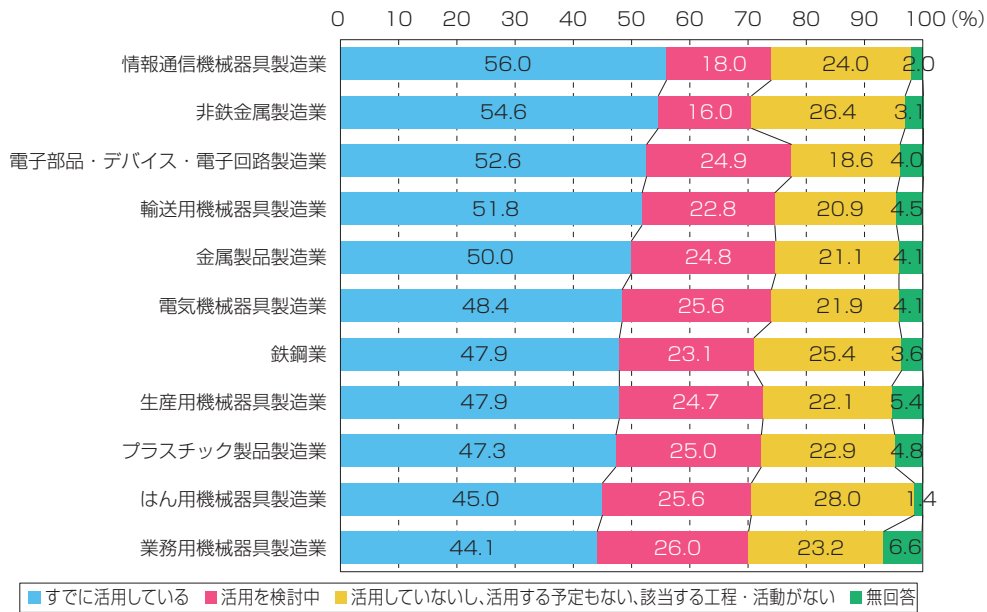
業規模による取組の差は「製造」が13.5ポイント、「設備間のネットワーク化」が13.1ポイント、それぞれ大企業の方が高い。また、業種別では、いずれの業種においてもデジタル技術を活用している企業割合は5割程度となっており、大きな差はみられない(図 231-2)(図 231-3)。

図 231-2 ものづくりの工程・活動におけるデジタル技術の活用状況(企業規模別、工程・活動別)



資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」

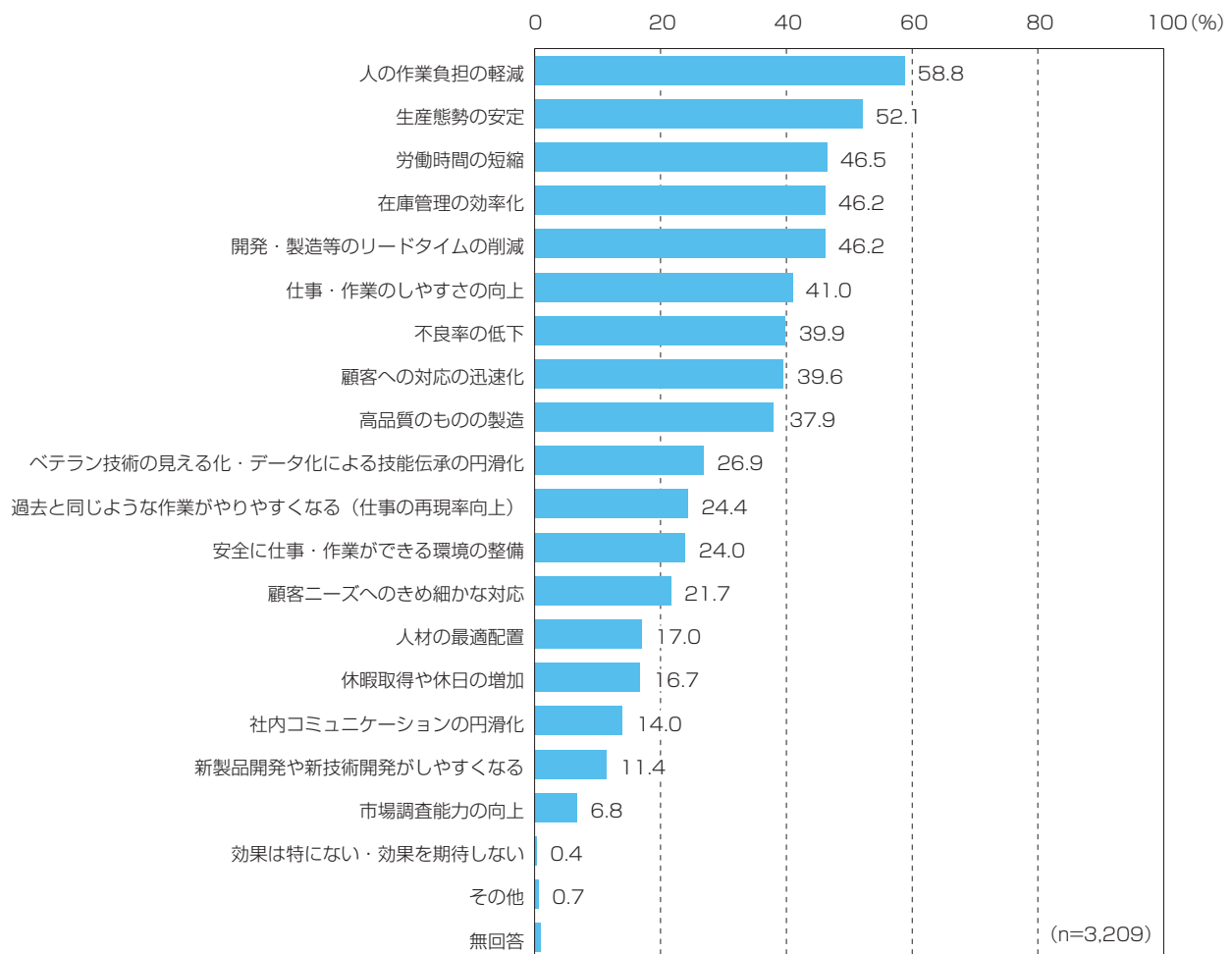
図 231-3 ものづくりの工程・活動におけるデジタル技術の活用状況（業種別）



資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」

デジタル技術の活用理由を問うと、「人の作業負担の軽減」(58.8%)、「生産態勢の安定」(52.1%)、「労働時間の短縮」(46.5%)と続いている(図 231-4)。

図 231-4 デジタル技術の活用理由（複数回答）

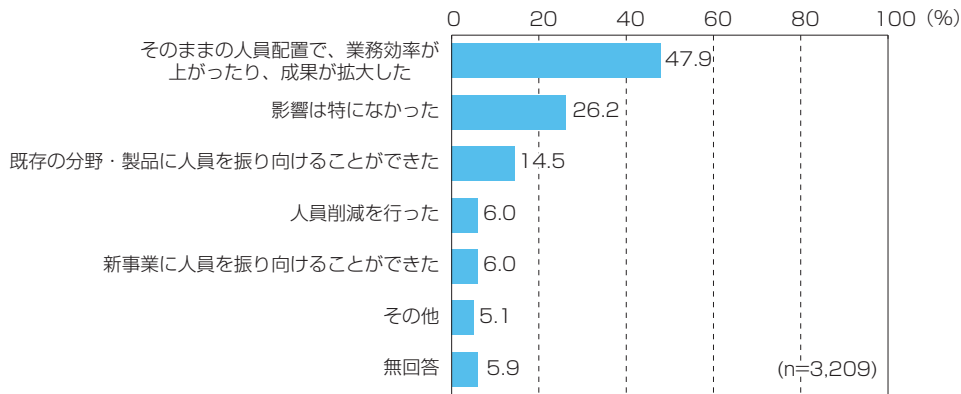


資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」

デジタル技術を活用したことによる、ものづくり人材の配置や異動における変化については、「そのままの人員配置で、業務効率が上がったり、成果が拡大した」（47.9%）と回答した企業が47.9%と最も高

く、次に続く「影響は特になかった」（26.2%）、「既存の分野・製品に人員を振り向けることができた」（14.5%）を大きく上回っている（図 231-5）。

図 231-6 デジタル技術を活用したことによるものづくり人材の配置や異動における変化（複数回答）

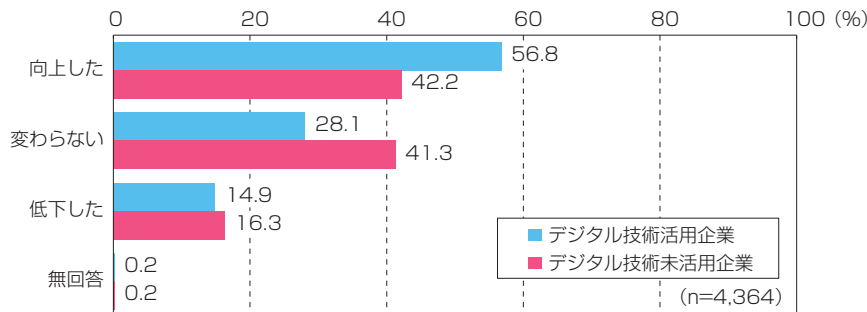


資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」

デジタル技術の活用と労働生産性の関係をみると、自社の労働生産性が3年前と比較して「向上した」と回答した企業の割合は、デジタル技術活用企業（56.8%）が、デジタル技術未活用企業（42.2%）

を14.6ポイント上回っている。一方、自社の労働生産性が3年前と比較して「変わらない」、「低下した」と回答した企業はデジタル技術未活用企業が、デジタル技術活用企業を上回る（図 231-7）。

図 231-7 デジタル技術の活用と3年前と比較した自社の労働生産性

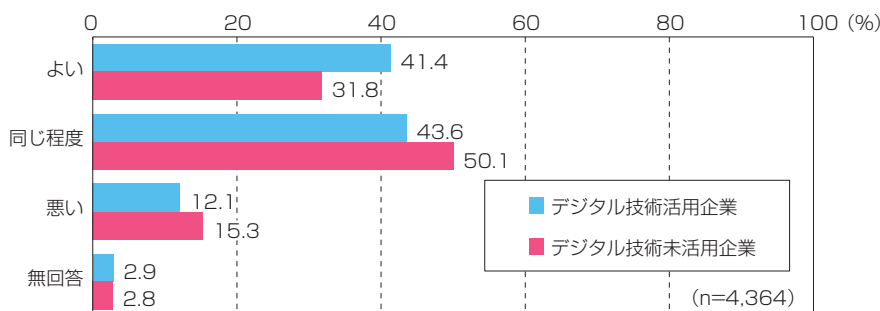


資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」

また、デジタル技術の活用と人材の定着状況をみると、ものづくり人材の定着状況が「よい」と回答した企業は、デジタル技術を活用している企業（41.4%）が、デジタル未活用企業（31.8%）を9.6ポイント

上回っている。「同じ程度」「悪い」と回答した企業は、デジタル技術未活用企業がデジタル技術活用企業を上回っている（図 231-8）。

図 231-8 デジタル技術の活用と人材の定着状況



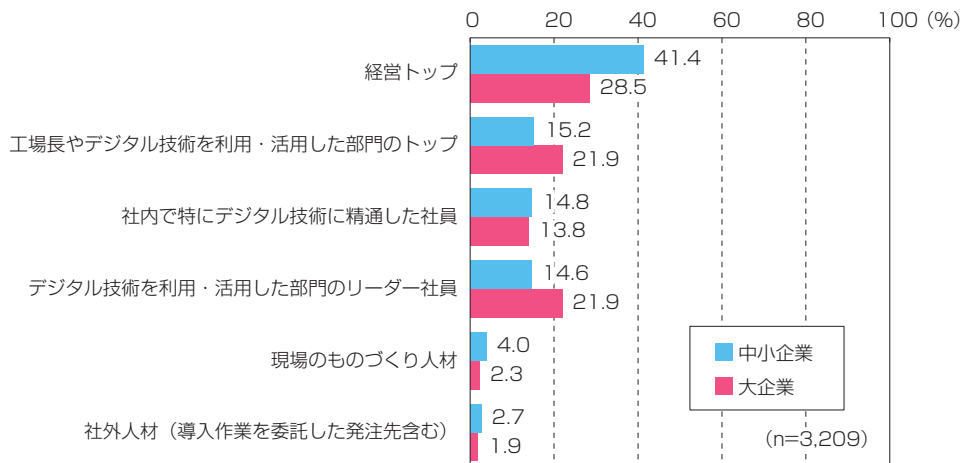
資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」

(2) デジタル技術の活用において先導的な役割を果たす人材

デジタル技術の活用を進めるに当たり、先導的な役割を果たした社員について、企業規模別にみると、「経営トップ」と回答した企業は大企業 28.5%、中小企業 41.4% となっており、企業規模に関わらず最も回答が多い。大企業では、「工場長やデジタル技術を利用・活用した部門のトップ」と続き、回答に大きな偏りはみられないが、中小企業では、「工場長やデジタル技術を利用・活用した部門のトップ」（15.2%）、「社内ですべてデジタル技術に精通した社員」（14.8%）と続き、回答が「経営トップ」に大きく偏っていることが分かる（図 232-1）。

用・活用した部門のトップ」（21.9%）、「デジタル技術を利用・活用した部門のリーダー社員」（21.9%）と続き、回答に大きな偏りはみられないが、中小企業では、「工場長やデジタル技術を利用・活用した部門のトップ」（15.2%）、「社内ですべてデジタル技術に精通した社員」（14.8%）と続き、回答が「経営トップ」に大きく偏っていることが分かる（図 232-1）。

図 232-1 デジタル技術の活用を進めるに当たって、先導的な役割を果たした社員

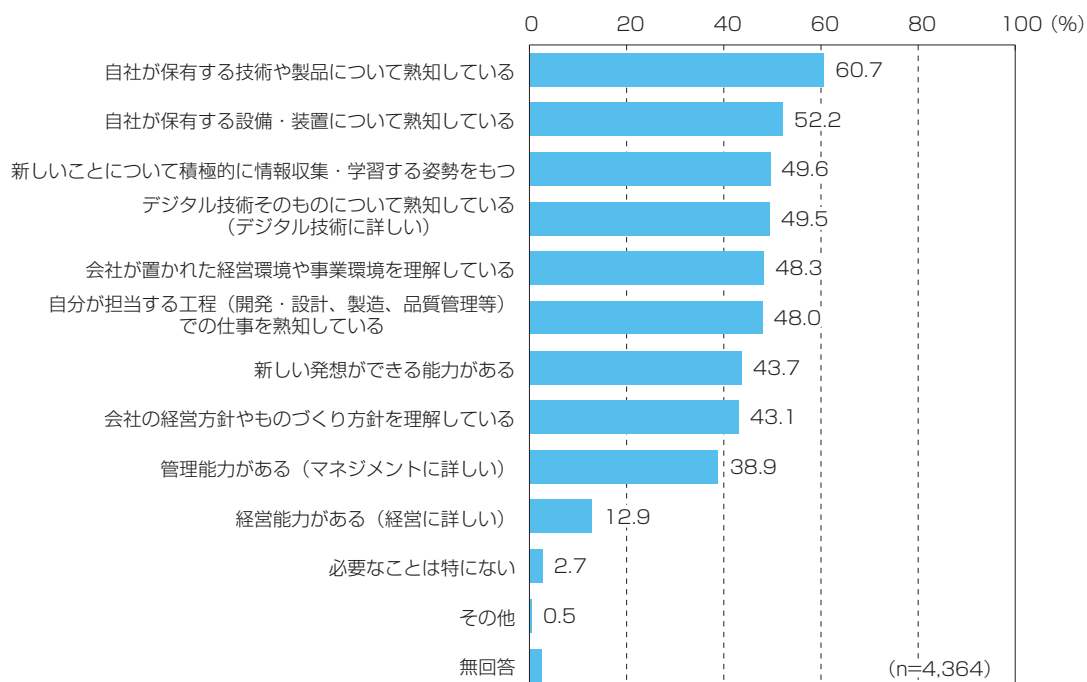


資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したのものづくり人材の確保・育成に関する調査」
注：「無回答」は表示していない

今後のデジタル技術の活用を進めるにあたって、先導的な役割を果たすことができる人材に必要なことを問うと、「自社が保有する技術や製品について熟知している」（60.7%）が最も高いが、次いで「自社が保有する設備・装置について熟知している」（52.2%）、

「新しいことについて積極的に情報収集・学習する姿勢をもつ」（49.6%）など、多くの項目が4割を超えており、デジタル技術の活用においては、会社を取り巻く環境に関する幅広い知識と、挑戦する姿勢や、想像力が求められる様子が見えてくる（図 232-2）。

図 232-2 デジタル技術活用を進める上で、先導的な役割を果たすことができる人材に必要なこと



資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したのものづくり人材の確保・育成に関する調査」

(3) デジタル技術を活用する企業の取組の現状と課題

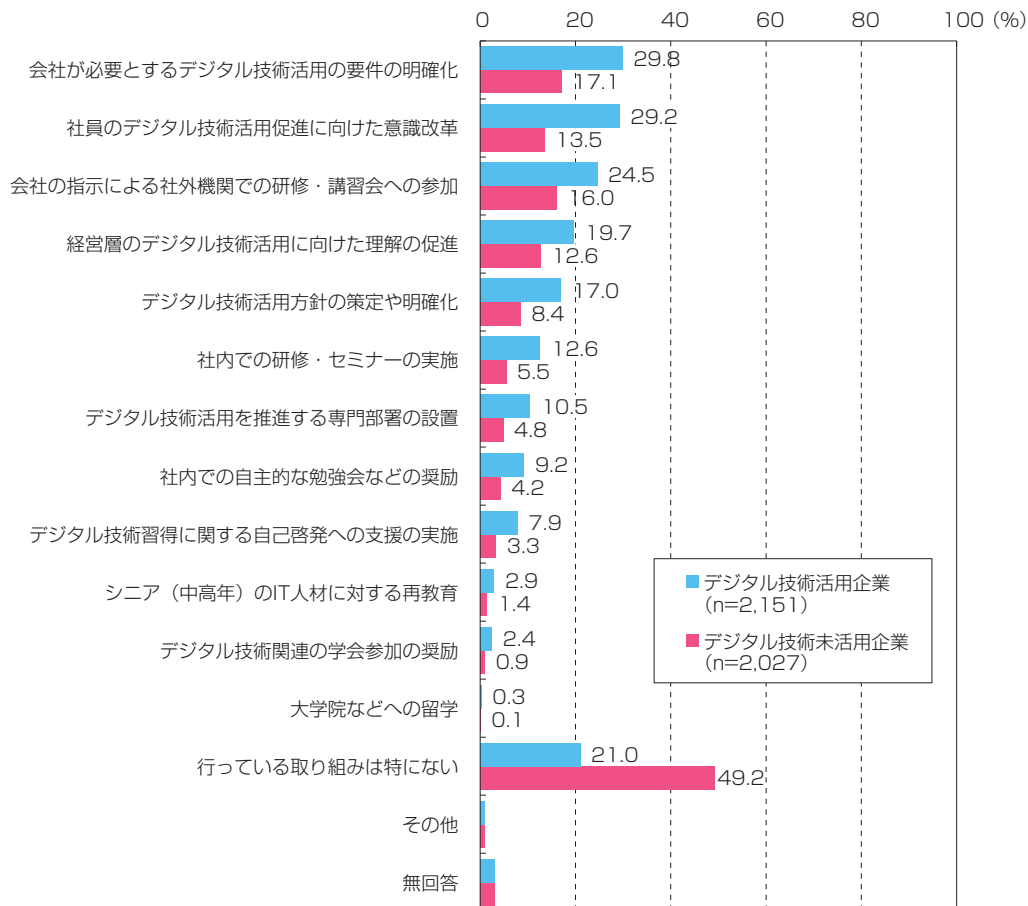
デジタル技術を活用する初動のキーパーソンは「経営トップ」であることを確認したが、デジタル技術は導入することは目的でない。ものづくり現場において、導入されたデジタル技術を活用し、ものづくりの「現場力」を高めることで、作業負担が軽減され、労働環境改善や、生産効率の向上に繋がる。

ここからは、デジタル技術を「活用している」と回答した企業群（以下「デジタル技術を活用している企業」という。）と、「活用を検討中」、「活用していないし、活用する予定もない」「該当する工程・活動がない」と回答した企業群（以下「デジタル技術未活用企業」という。）に分けて、ものづくり企業のデジタル技術

を活用するための取組や、ものづくり人材に求められる技能、人材確保について、すでにデジタル技術を活用しているものづくり企業には、どのような傾向がみられるのか分析を行う。

デジタル技術の活用を進めていくにあたって、デジタル技術を活用している企業が現在行っている取組では、「会社が必要とするデジタル技術活用の要件の明確化」（29.8%）、「社員のデジタル技術活用促進に向けた意識改革」（29.2%）、「会社の指示による社外機関での研修・講習会への参加」（24.5%）と回答した企業割合が順に高い。対してデジタル技術未活用企業では、「行っている取り組みは特にない」と回答した企業が21.0%と最も高い（図233-1）。

図 233-1 デジタル技術の活用を進めていくにあたって現在行われている取組

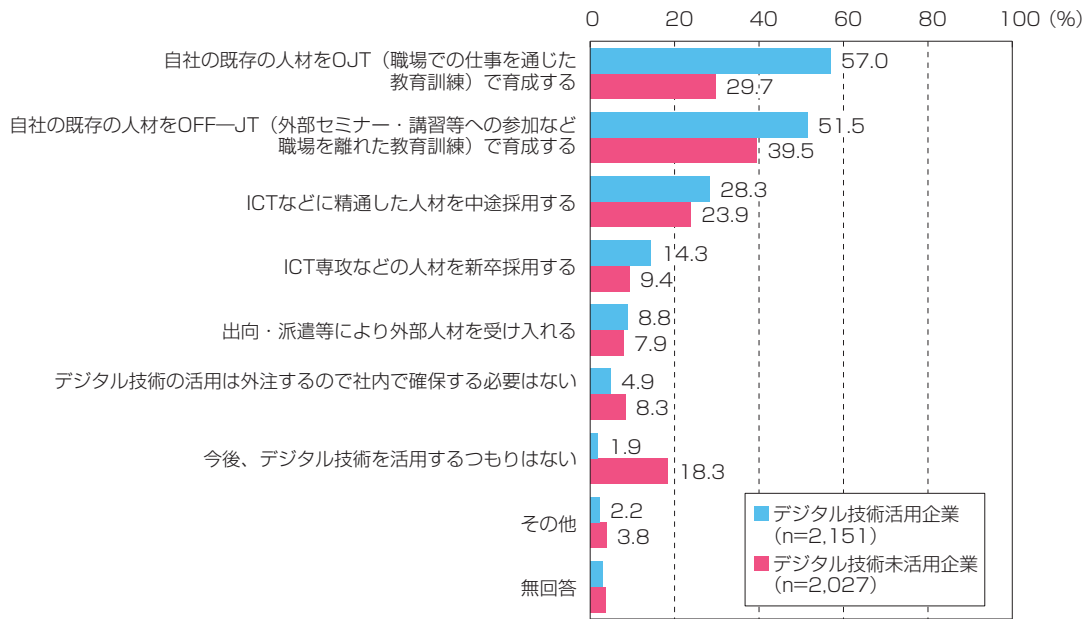


資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」

今後のデジタル技術の活用を担う人材確保の方法について、デジタル技術を活用している企業は、「自社の既存の人材をOJT（職場での仕事を通じた教育訓練）で育成する」（57.0%）、「自社の既存の人材をOFF-JT（外部セミナー・講習等への参加など職場を離れた教育訓練）で育成する」（51.5%）、「ICTなどに精通した人材を中途採用する」（28.3%）の順に回答した企業割合が高く、デジタル技術未活用企業では、「自社の既存の人材をOFF-JT（外部セミナー・

講習等への参加など職場を離れた教育訓練）で育成する」（39.5%）、「自社の既存の人材をOJT（職場での仕事を通じた教育訓練）で育成する」（29.7%）、「ICTなどに精通した人材を中途採用する」（23.9%）の順に回答した企業割合が高く、デジタル技術を活用している企業、未活用企業ともにOJTやOFF-JTを活用し、自社でデジタル技術を活用できるものづくり人材を育成しようとする傾向がみられる（図233-2）。

図 233-2 デジタル技術の活用を担う人材確保の方法

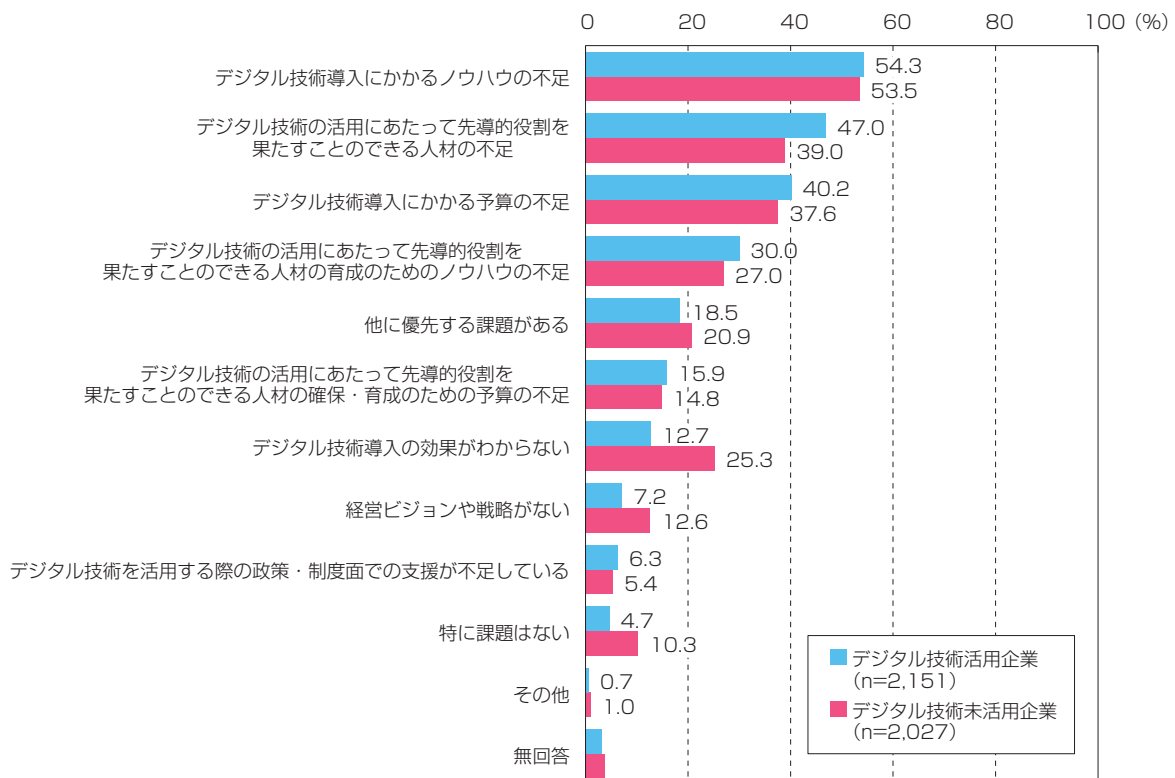


資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」

また、デジタル技術を活用していく上で課題となる点について問うと、デジタル技術を活用している企業、未活用企業ともに、「デジタル技術導入にかかるノウハウの不足」と回答した企業割合が最も高く、次いで「デジタル技術の活用にあたって先導的役割を果たすことのできる人材の不足」、「デジタル技術導入にかかる予算の不足」と回答した企業割合が高い。一方、

デジタル技術を活用している企業、未活用企業の「差」に着目すると、デジタル技術未活用企業は、デジタル技術を活用している企業に比べて、「デジタル技術導入の効果がわからない」が12.6ポイント、「経営ビジョンや戦略がない」が5.4ポイント高く、「デジタル技術の活用にあたって先導的役割を果たすことのできる人材の不足」は8ポイント低い(図 233-3)。

図 233-3 デジタル技術を活用していく上で課題となる点



資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」

図 221-8 で示した「主力製品の製造に当たって重要となる作業と5年後の見通し」について、デジタル技術を活用している企業の回答割合をみても、「今ま

で通り熟練技能が必要」と回答している企業が全ての製造工程において最も高い（図 233-4）。

図 233-4 デジタル技術を活用している企業の主力製品の製造に当たって重要となる作業と5年後の見通し

主力製品の製造にあたって重要な作業内容	て主力製品 の製造 計にあつ	5年後の見通し						
		必 今 ま で 通 り 熟 練 技 能 が	る 技 能 習 得 期 間 が 短 く な	機 械 に 代 替 さ れ る	工 程 自 体 が な く な る	外 注 化 さ れ る	海 外 調 達 に 変 わ る	無 回 答
製罐・溶接・板金	28.8	65.8	16.9	12.5	0.2	2.6	0.9	1.1
プレス加工	22.4	47.5	28.1	16.1	0.2	4.0	2.1	1.9
鑄造・ダイキャスト	7.0	66.2	12.0	9.0	0.8	6.8	5.3	-
鍛造	4.7	65.2	21.3	5.6	1.1	3.4	2.2	1.1
圧延・伸線・引き抜き	2.3	68.2	6.8	15.9	2.3	4.5	-	2.3
切削	37.0	51.2	23.5	19.2	0.1	3.0	2.1	0.9
研磨	22.0	62.7	18.6	15.2	-	2.2	0.5	1.0
熱処理	9.2	60.3	14.4	12.6	0.6	8.0	1.1	2.9
メッキ	5.2	49.5	21.2	11.1	1.0	15.2	1.0	1.0
表面処理	8.8	54.8	19.3	14.5	-	9.0	0.6	1.8
塗装	15.0	55.1	18.7	14.8	0.7	9.2	0.4	1.1
射出成型・圧縮成型・押出成型	14.3	54.1	28.5	13.0	1.1	1.1	1.9	0.4
半田付け	9.6	62.4	16.6	14.4	0.6	3.3	0.6	2.2
機械組立・仕上げ	31.9	61.1	24.1	7.1	0.7	3.7	1.3	2.0
電気・電子組立	24.9	53.6	27.0	10.0	0.6	4.7	1.5	2.6
測定・検査	39.4	47.0	26.6	18.7	0.7	0.7	0.7	5.6

資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」

4 デジタル技術の進展に対応するものづくり企業の取組

ここまで、ものづくり産業における、デジタル技術活用の取組状況や課題を確認してきた。

高い技術を誇り、日本経済を支える製造業を、引き続き良質な雇用の場とし、日本の成長力の源泉としていくため、今後も企業の生き残り・発展に重要な役割

を果たすものづくり人材の育成を強化していくとともに、デジタル技術活用の取組を進め、労働生産性の向上と、高付加価値のものづくりを実現していくことが重要である。

以下では、実際に現場で行われているデジタル技術の活用、良好な人材育成の推進事例、熟練技能の継承の取組などについて紹介する。



写真：実績収集と計画管理



写真：進捗状況の「見える化」

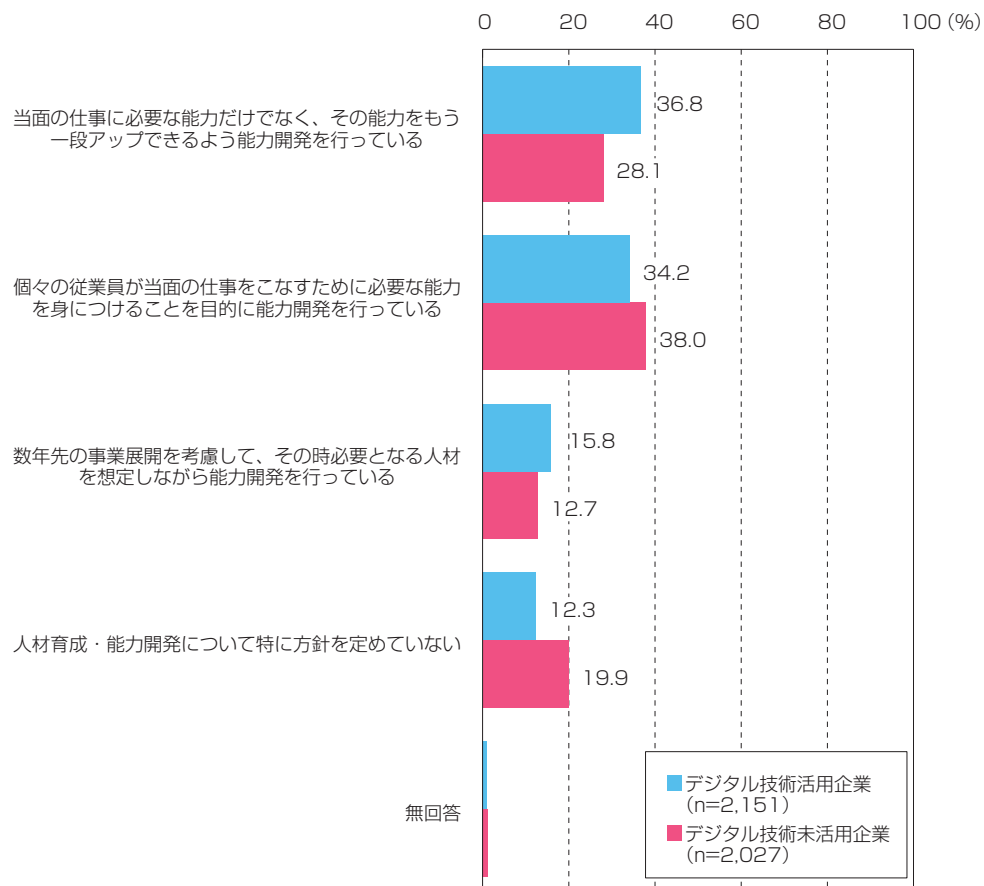
5 デジタル技術を活用する企業における人材育成

ものづくり人材の育成・能力開発方針をみると、デジタル技術を活用している企業では「当面の仕事に必要な能力だけでなく、その能力をもう一段アップできるように能力開発を行っている」と回答した企業が36.8%と最も多く、デジタル技術未活用企業では「個々の従業員が当面の仕事をこなすために必要な能力を身につけることを目的に能力開発を行っている」と回答した企業が38.0%と最も多く、「人材育成・

能力開発について特に方針を定めていない」と回答した企業も2割あることから、デジタル技術の活用は企業の経営戦略であり、それを活用できる人材の育成においても、一歩先を見据えた人材育成が必要となっている様子が見える（図251-1）。

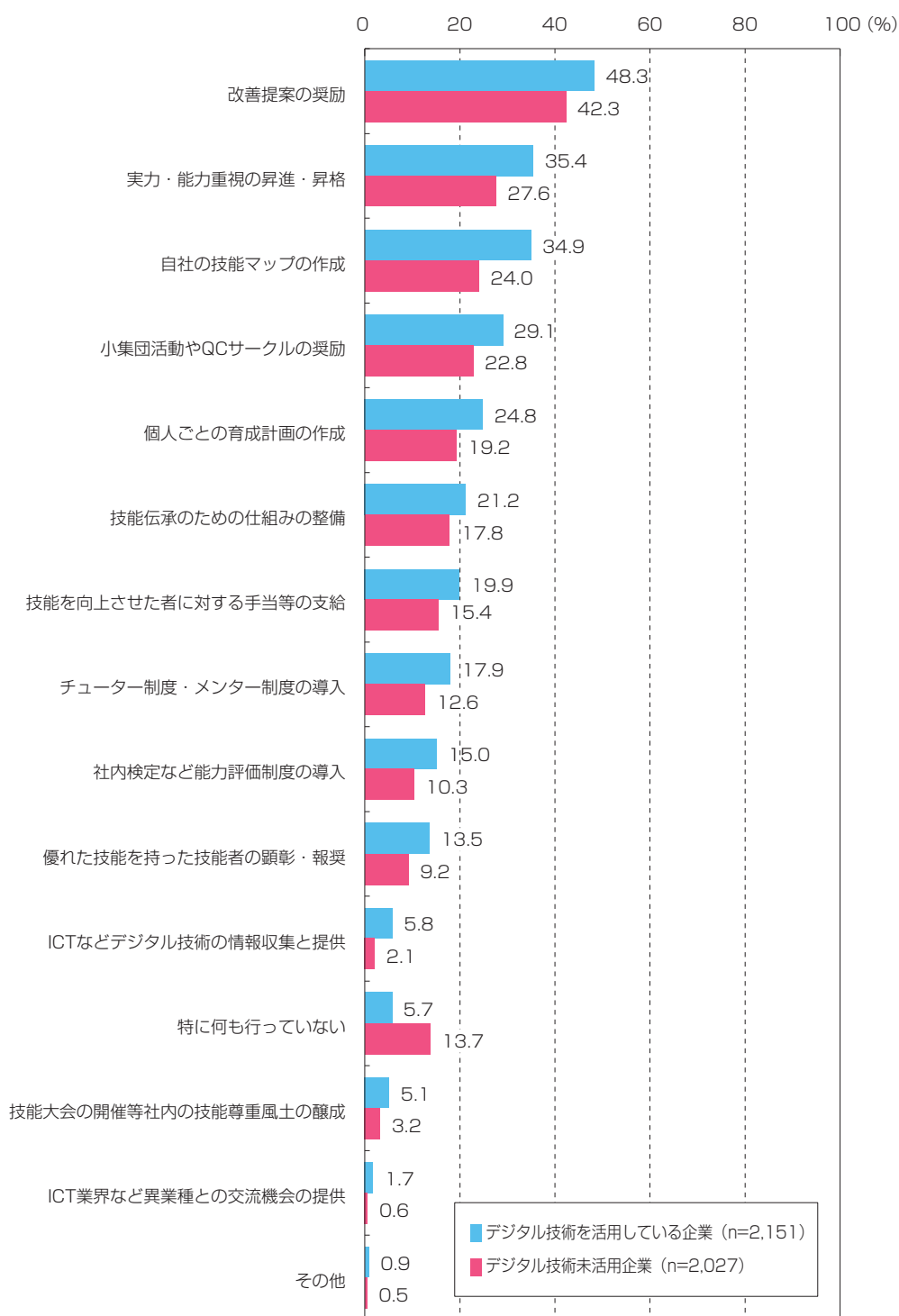
また、ものづくり人材を育成するための環境整備については、デジタル技術を活用している企業、デジタル技術未活用企業どちらも、「改善提案の奨励」、「実力・能力重視の昇進・昇格」、「自社の技能マップの作製」とつづいている（図251-2）。

図 251-1 ものづくり人材の育成・能力開発方針



資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」

図 251-2 ものづくり人材の育成、能力開発における環境整備



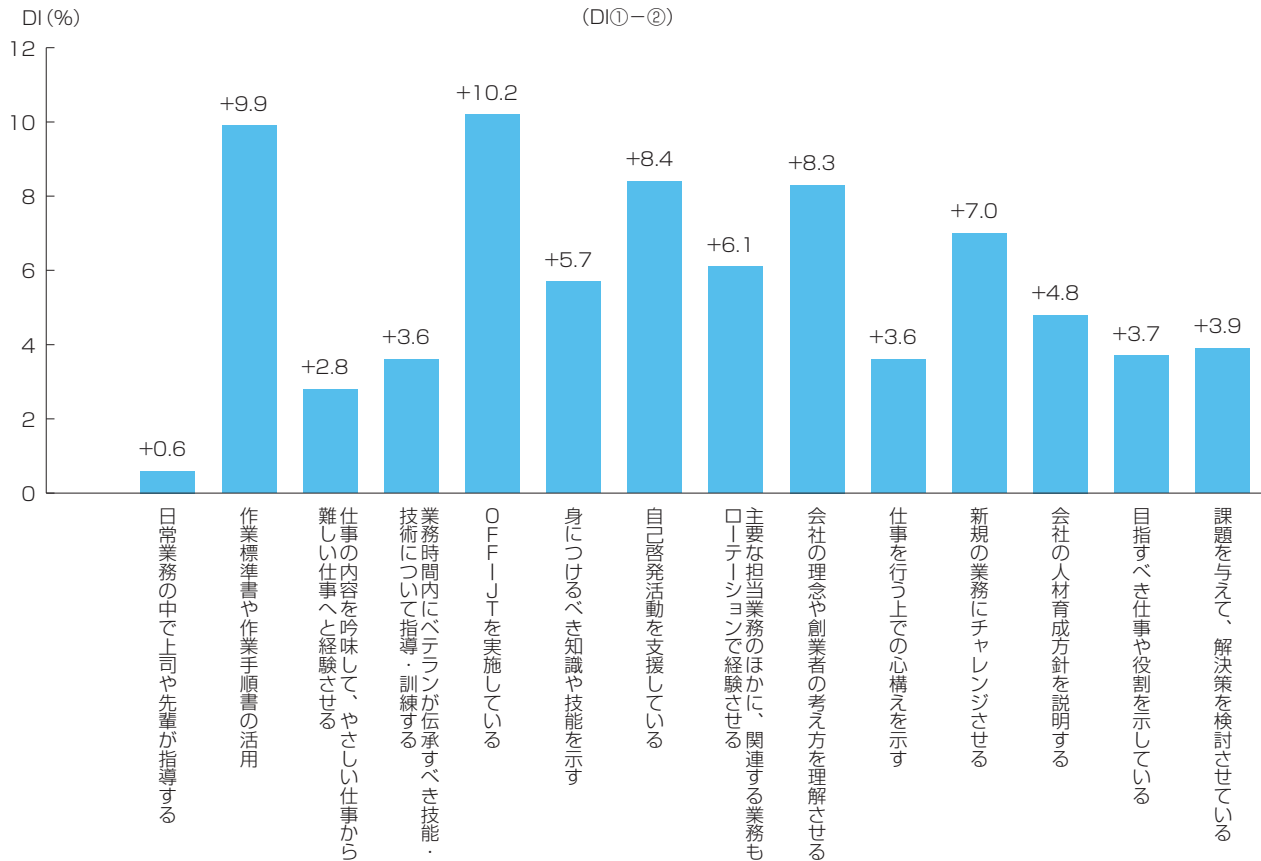
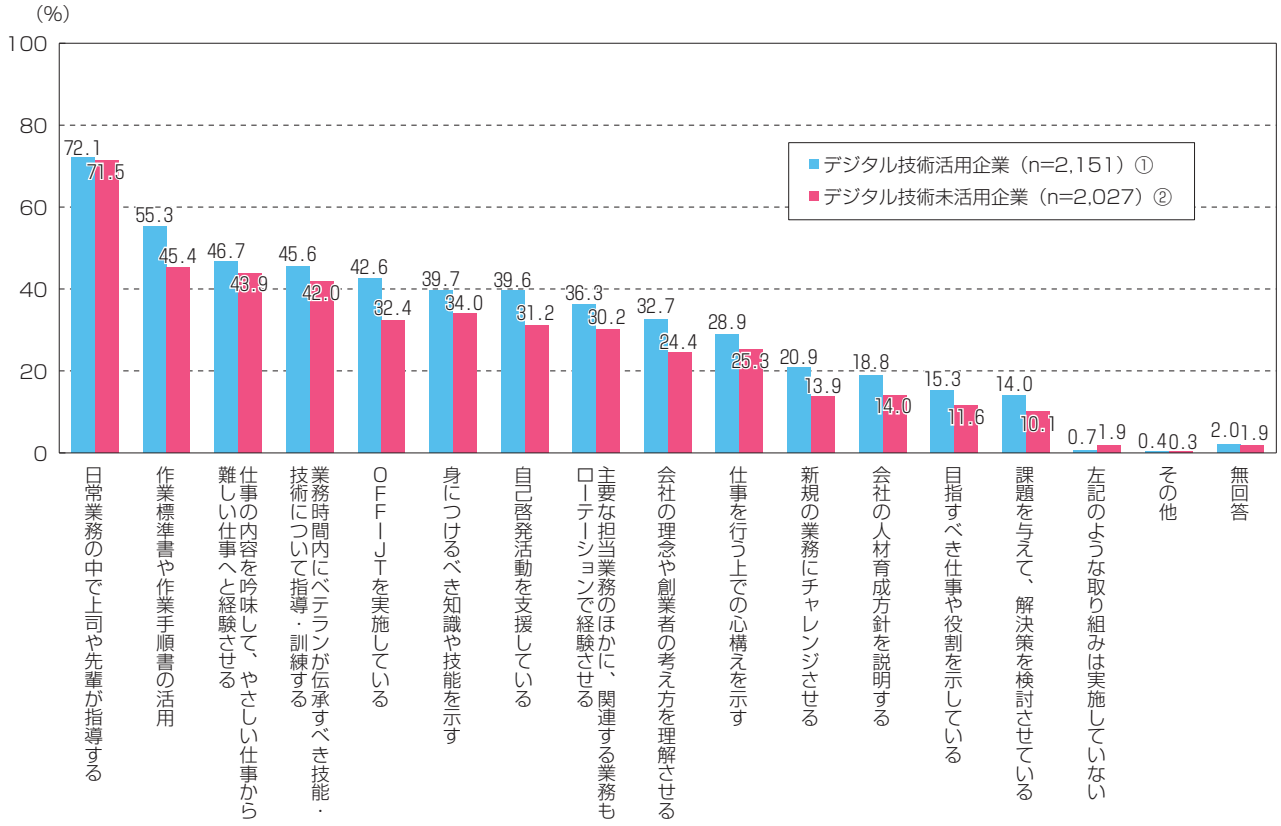
資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」
 注：「無回答」は表示していない

また、デジタル技術を活用している企業に対して人材育成の取組の内容を問うと、「日常業務の中で上司や先輩が指導する」、「作業標準書や作業手順書の活用」、「仕事の内容を吟味して、やさしい仕事から難しい仕事へと経験させる」が続く。同様の傾向はデジタル技術未活用企業でも見られる。デジタル技術活用企業、未活用企業の取組の差を見ると、多くの項目でデジタル活用企業の取組が進んでおり、「OFF-JTを

実施している」(10.2%)、「作業標準書や作業手順書の活用」(9.9%)、「自己啓発活動を支援している」(8.4%)、「会社の理念や創業者の考え方を理解させる」(8.3%)の順に差が大きく、デジタル技術の活用をしている企業は、作業のマニュアル化により効率化を進め、同時に従業員の能力開発においては、OFF-JTや、自己啓発支援など、職場を離れた訓練も進めている企業の姿勢がうかがえる(図 251-3)。

図 251-3 デジタル技術を活用する企業の人材育成・能力開発の取組

(人材育成・能力開発の取組の内容)



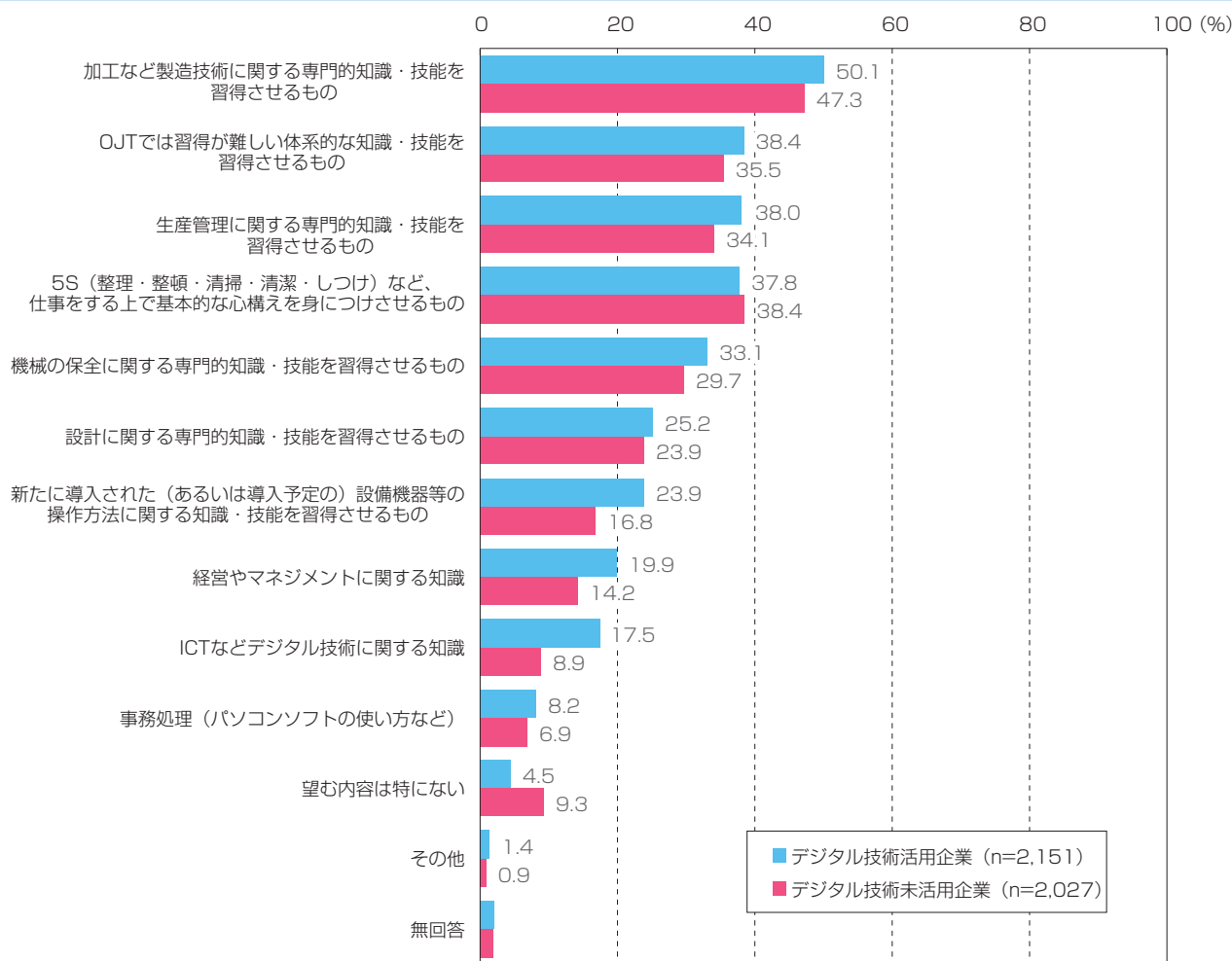
資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査」

注：「無回答」は表示していない

民間や公的な教育訓練機関が実施するものづくり人材を対象とした OFF-JT で望む研修内容を問うと、デジタル技術を活用している企業では、「加工など製造技術に関する専門的知識・技能を習得させるもの」(50.1%)、「OJT では習得が難しい体系的な知識・技能を習得させるもの」(38.4%)、「生産管理に関する専門的知識・技能を習得させるもの」(38.0%)、「5S(整理・整頓・清掃・清潔・しつけ)など、仕事をする上で基本的な心構えを身につけさせるもの」(37.8%)、「機械の保全に関する専門的知識・技能を習得させるもの」(33.1%)、「設計に関する専門的知識・技能を習得させるもの」(25.2%)、「新たに導入された(あるいは導入予定の)設備機器等の操作方法に関する知識・技能を習得させるもの」(23.9%)、「経営やマネジメントに関する知識」(19.9%)、「ICTなどデジタル技術に関する知識」(17.5%)、「事務処理(パソコンソフトの使い方など)」(8.2%)、「望む内容は特にない」(4.5%)、「その他」(1.4%)、「無回答」(0.9%)。

る専門的知識・技能を習得させるもの」(38.0%)とつづき、「ICTなどデジタル技術に関する知識」(17.5%)を大きく上回っており、デジタル技術の活用が進む企業においても、ものづくりに関する能力は必要とされていることが表れている(図 251-4)。

図 251-4 デジタル技術を活用する企業が教育訓練機関が、実施するものづくり人材を対象とした OFF-JT に対して希望する研修内容



資料：JILPT「デジタル技術の進展に対応したのものづくり人材の確保・育成に関する調査」

6 まとめ

世界の「不確実性」が増し、デジタル革新により先進的ツールの利活用が重要となる中、どのようにして我が国の強みとされてきた「ものづくり現場」を、より生産性高く、強靱なものとするかはものづくり経営の中心的な課題である。また、これは、現場任せにすることなく、経営陣が主導して課題解決にあたるべき、まさに経営力が問われる課題だといえる。

一方で、デジタル技術を十分に活用していく上で、導入にかかるノウハウや、人材が不足している状況を確認し、その対応としては、OJT や OFF-JT を通じた自社ものづくり人材の育成が有効であることを確認してきた。

ものづくりを取り巻く環境や状況が激しく変化し、また、不確実性が増す中で、我が国のものづくり企業が、持続的に競争力を維持するために、その変化に対応できる人材育成の推進が期待される。

経営陣にとっては、デジタルツールの導入とそれを使いこなせる人材の確保・育成を通じて、現場作業の自動化・効率化を図りつつ、人材をより付加価値の高い業務に重点的に配置し、活用できる職場づくりを目指すための人材育成戦略の構築が重要となる。また、ものづくり人材にとっては、デジタル技術を活用できるスキルを始めとした変化に対応するための職業能力を身につけていくことが求められる一方で、我が国のものづくりの源泉である熟練技能も磨き続けることが求められている。

第3章

ものづくりの基盤を支える教育・研究開発

2030年頃には、AI^{注1}、ロボット、ビッグデータ^{注2}など第4次産業革命^{注3}とも言われる技術革新が一層進展し、社会や生活を大きく変えていく超スマート社会（Society5.0^{注4}）の到来が予想されているが、その一方で、総論でも記述した新型コロナウイルス感染症の感染拡大に代表されるように、様々な要因によって引き起こされる世界的な「不確実性」への対応も大きな課題となっている。このような社会の変革の中で、我が国は世界規模の課題の解決に貢献するとともに、我が国自身が直面する課題を克服しつつ産業競争力を向上していくことが重要な課題である。

人材は、我が国が世界に誇る最大の資源であり、今後のSociety5.0においては、新たな社会の在り方に対応し、AIを活用しつつ新しい社会をデザインし、新たな価値を生み出すことができる人材が求められている。ものづくり分野においても、変化に対応でき、新たな価値を生み出す人材を量・質共に充実させることが重要である。このような、人材を育成するため、

今後は学びの変革に向けた先導的な取組を積極的に進めていく必要がある。

このような認識の下、我が国のものづくり人材の育成については、今後の社会において必須となる「数理・データサイエンス・AI」に関する知識・技術の習得のための教育機会の充実を図るとともに、ものづくりへの関心・素養を高める小学校、中学校、高等学校における特色ある取組の一層の充実や、大学の工学関連学部、高等専門学校、高等学校の専門学科、専修学校などの各学校段階における職業教育などの推進が必要である。また、伝統的な技法や最新技術などの活用による、文化財を活かした新たな社会的・経済的価値の創出や、文化や伝統技術を後世に継承する取組なども重要となっている。さらに、イノベーションの源泉としての学術研究や基礎研究の重要性も鑑みつつ、ものづくりに関する基盤技術の開発や研究開発基盤の整備も不可欠の取組である。

第1節 不確実性の高まる社会の変化に対応することのできる人材の育成

1 AI時代を担う人材育成基盤の構築

(1) AI人材育成の方向性

近年、人工知能技術は、加速度的に発展しており、世界の至る所でその応用が進むことにより、広範な産業領域や社会インフラなどに大きな影響を与えているが、我が国は、現在、人工知能技術に関しては、必ずしも十分な競争力を有する状態にあるとは言い難い。

一方、我が国は、Society5.0の実現を目指し、世界規模の課題（SDGs）の解決に貢献するとともに、我が国自身が直面する高齢化、人口減少、インフラの老朽化などの社会課題を他国に先駆けて解決し、産業

競争力の向上を目指していく必要がある。これらの課題は、人工知能をはじめとしたテクノロジーのみで解決できる問題ではなく、テクノロジーと社会の仕組みを連動して変革し、「多様性を内包した持続可能な社会」を実現することが必要である。

このような社会の実現を目標として、「AI戦略2019」においては、AI時代を担う人材育成の重要性を強調している。AIをきっかけとする社会の大転換が進む中で、今後は、AIを作り、活かすことにより、新たな社会の在り方や新しい社会にふさわしい製品・サービスをデザインし、新たな価値を生み出すことができる人材が求められており、今後の社会や産業の活

注1 AIは、artificial intelligenceの略。大まかには「知的な機械、特に、知的なコンピュータプログラムを作る科学と技術」と説明されているものの、その定義は研究者によって異なっている状況にある。

注2 デジタル化の更なる進展やネットワークの高度化、またスマートフォンやセンサー等IoT関連機器の小型化・低コスト化によるIoTの進展により、スマートフォン等を通じた位置情報や行動履歴、インターネットやテレビでの視聴・消費行動等に関する情報、また小型化したセンサー等から得られる膨大なデータ。

注3 2016年1月にスイス・ダボスで開催された第46回世界経済フォーラム（World Economic Forum（以下「WEF」という。）の年次総会（通称「ダボス会議」）の主要テーマとして取り上げられ、その定義をはじめ議論が行われた。WEFでは、「現在進行中で様々な側面を持ち、その一つがデジタルな世界と物理的な世界と人間が融合する環境」と解釈しており、具体的には、あらゆるモノがインターネットにつながり、そこで蓄積される様々なデータを人工知能などを使って解析し、新たな製品・サービスの開発につながる等としている。

注4 サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会（Society）。狩猟社会（Society 1.0）、農耕社会（Society 2.0）、工業社会（Society 3.0）、情報社会（Society 4.0）に続く、新たな社会を指すもので、第5期科学技術基本計画において我が国が目指すべき未来社会の姿として初めて提唱された。

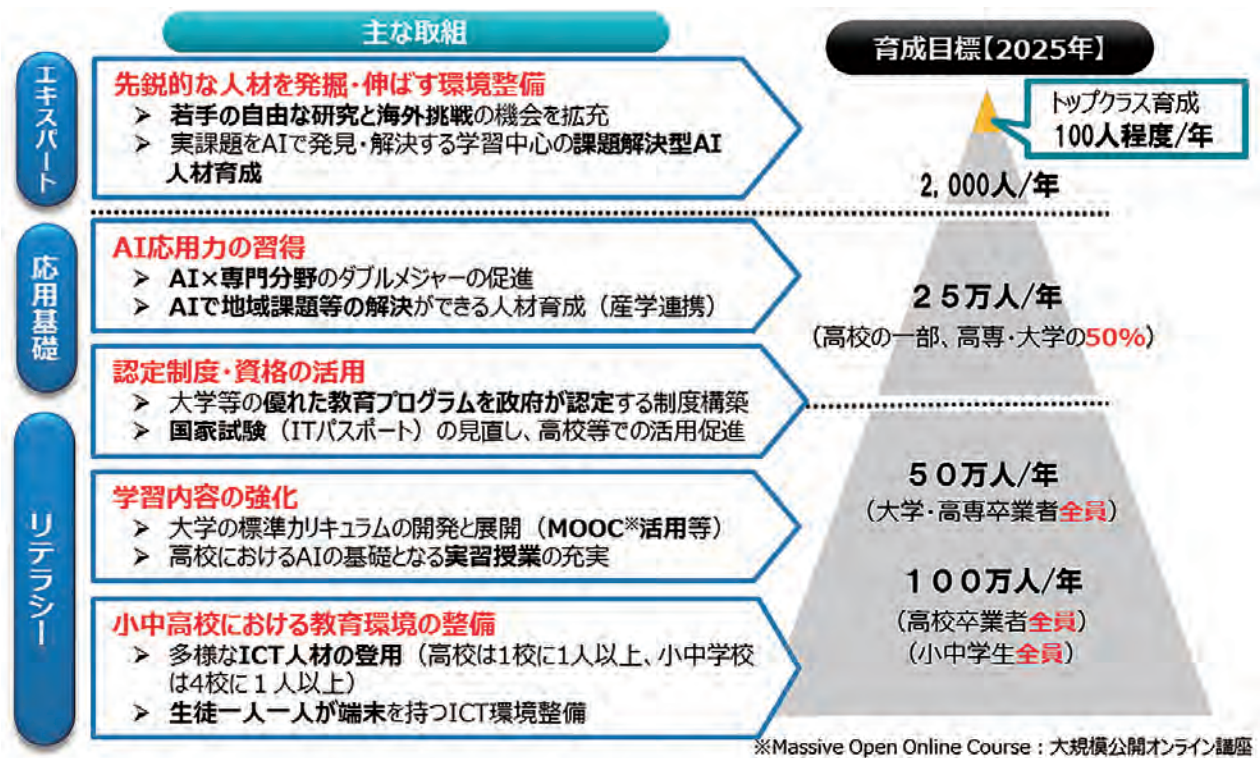
力を決定づける最大の要因の一つであると指摘している。

このように、人材の育成・確保は、緊急的課題であるとともに、初等中等教育から高等教育、リカレント教育、生涯学習を通じた長期的課題である。特に、「数理・データサイエンス・AI」に関する知識・技能と、人文社会芸術系の教養をもとに、新しい社会の在り方や製品・サービスをデザインする能力の育成が重要である。持続可能な社会の創り手として必要な力を全ての国民が育み、社会のあらゆる分野で人材が活躍することを目指し、これまでの教育方法の改善や、STEAM教育などの新たな手法の導入・強化、さらには、実社会の課題解決的な学習を教科横断的に行うことが不可欠となる。

具体的には、全ての人に共通して求められる力として、文章や情報を正確に読み解き対話する力、科学的

に思考・吟味し活用する力、価値を見つけ生み出す感性と力、好奇心・探求力が必要となる。また、新たな社会を牽引する人材として、技術革新や価値創造の源となる飛躍知を発見・創造する人材、技術革新と社会課題をつなげ、プラットフォームを創造する人材、様々な分野においてAIやデータの力を最大限活用し展開できる人材が求められるようになることが考えられる。そのため、今後の教育の方向性として、「公正に個別最適化された学び」を実現する多様な学習の機会と場の提供、基礎的読解力、数学的思考力などの基礎的な学力や情報活用能力の習得、文理分断から脱却するための方策などについて取り組んでいくことが必要である。また、数理・データサイエンス・AIのリテラシーレベルや応用基礎レベルの能力の習得、高い能力を発揮しイノベーションを創出することのできる環境整備などが重要である。

図 311-1 「AI 戦略 2019」における AI 人材育成に係る主な取組



（2）初等中等教育段階における新たな社会を創造していくために必要な力の育成

「AI 戦略 2019」（2019年6月統合イノベーション戦略推進会議決定）においては、「数理・データサイエンス・AI」に関する知識・技能や、新たな社会の在り方や製品・サービスをデザインするために必要な基礎力などを、デジタル社会における基礎知識（いわゆる「読み・書き・そろばん」的な素養）と位置付けている。このため、これらを誰もが身に付けることができるようリテラシー教育を進めていくこととして

おり、全ての高等学校卒業生が、「数理・データサイエンス・AI」に関する基礎的なリテラシーを習得し、新たな社会の在り方や製品・サービスのデザインなどに向けた問題発見・解決学習の体験などを通じた創造性を涵養することを目標としている。

この目標の達成のため、初等中等教育段階において、情報活用能力の育成、理数素養の習得、STEAM教育の推進など、所要の取組を進めている。

情報活用能力の育成については、2020年4月から順次実施されている新学習指導要領において、言語能

力などと同様に「学習の基盤となる資質・能力」と位置付けられ、各学校におけるカリキュラム・マネジメントを通じて、教育課程全体で育成するものとなった。特に、プログラミング教育については、小学校において必修となるなど小・中・高等学校の全ての学校段階を通じてプログラミング教育を実施することとしており、円滑な実施のために、プログラミング教育に関する有益な情報提供などを行うこととしている。

理数素養の習得については、現行の学習指導要領においても、小・中・高等学校を通じて算数・数学の中で統計的な内容について指導がなされているところであるが、2020年4月から順次実施されている新学習指導要領においては、小学校算数において「データの活用」の領域を新設し、小・中・高等学校の各学校段階において内容を新たに加えるなど、統計教育の更なる充実を図っている。また、大学などにおける数理・データサイエンス教育との接続を念頭に、確率・統計・線形代数などの基盤となる知識を高等学校段階で修得するための教材作成を進めている。

STEAM教育とは、各教科などでの学習を実社会での課題解決に活かしていくための教科等横断的な教育を指すものであり、その趣旨は、高等学校の新学習指導要領に新たに位置付けられた「総合的な探究の時間」や「理数探究」と多くの共通点を有する。STEAM教育は、スーパーサイエンスハイスクールなどにおいて、これまでも先導的に取り組まれてきたものであり、そうした取組も活かしながら、事例の構築や収集、モデルプランの提示、全国展開などを通じて、新たな社会を創造していくために必要な力の育成を進めていくこととしている。

このような取組を進めていくためには、それを支える環境の整備も不可欠である。

学校におけるICT環境整備は、そもそも全国的に整備が進んでおらず、自治体間の格差も大きい。このような状況を打開すべく、令和の学校のスタンダードとして「GIGAスクール構想の実現」として高速大容量の通信ネットワークと、義務教育段階の児童生徒1人一台端末の一体的な整備を文部科学省において進めていく。今後さらにGIGAスクール構想の実現により遠隔教育の推進など、教育の情報化を進めていく。

また、教員のICT活用指導力の向上に向けて、文部科学省において、教科などの指導におけるICTの活用について記載した「教育の情報化に関する手引」を作成・公表するとともに、教職員支援機構において「学校教育の情報化指導者養成研修」を実施している。また、各教科などのICTの効果的な実践事例などの作成を進めることにより、今後とも教員のICT活用指導力の向上を図ることとしている。

あわせて、情報活用能力の育成については、特に新設された高等学校情報科に対応した担当教員の指導力向上を推進するため、都道府県などの研修や担当教員が個人で活用できる教員研修用教材を作成・公表している。

また、文部科学省では、「『情報科学の達人』育成官民協働プログラム」において、民間企業・団体の資金協力を得て、情報オリンピックなどの科学オリンピックで優秀な成績を収めた高校生などに国際的な研究活動の機会などを与え、高校段階から、世界で活躍するトップレベルIT人材の育成を図っている。

コラム 茨城県つくば市教育委員会の取組

つくば市では、現在、市全体で無線LAN、タブレット、大型提示装置、デジタル教科書、校務用PCを1人1台設置している。つくば市立みどりの学園義務教育学校は平成30年4月開校、公立の小中一貫の義務教育学校であり、小学校全学年で発達段階に応じたプログラミング教育を展開している。また、全職員によるICT活用・STEAM・1年生からの英語・SDGsを実践し、2040年代に必要な21世紀型スキルの育成に取り組んでいる。

2020年1月16日には、文部科学大臣が同校を視察し、ロボットを使った外国語活動や、国語と図画工作とプログラミングを融合した授業、デジタル教科書を活用したり、大型提示装置を顕微鏡とつないで理科の観察を行ったりする授業など、ICTを効果的に活用し、主体的に学ぶ子供たちの様子を視察した。



コラム 企業と連携したプログラミング教育の推進について

令和2年度から全面実施された小学校プログラミング教育については、文部科学省・総務省・経済産業省及び、3省と教育・IT関連の企業・ベンチャーなどと共に設立した「未来の学びコンソーシアム」が連携して推進している。2018年3月から、「未来の学びコンソーシアム」が立ちあげた「小学校を中心としたプログラミング教育ポータル」(<https://miraino-manabi.jp/>)において、プログラミング教育の具体的な指導事例を掲載している。また、2019年度及び2020年度には、「みらプロ」として、企業と連携して、「プログラミングが社会でどう活用されているか」に焦点を当てた総合的な学習の時間における指導案等の提供を行う取組を行っている。これらを通じて、引き続き、小学校におけるプログラミング教育の充実を図っていく。



(3) 高等教育段階における全学的な数理・データサイエンス・AI教育の強化・エキスパート人材の育成、異分野融合型教育の推進

AI戦略2019においては、数理・データサイエンス・AIに関して、「文理を問わず全ての大学・高専生（約50万人卒／年）が初級レベルの能力を習得すること」、「大学・高専生（約25万人卒／年）が自らの専門分野への応用基礎力を習得すること」が、目標として掲げられている。

その実現のため、文部科学省では、全ての大学・高専生が「データ」をもとに事象を適切に捉え、分析・説明できる力を修得すること、すなわち「データ思考を涵養すること」を目指し、リテラシーレベルの数理・データサイエンス・AI教育の基本的考え方、学修目標・スキルセット、教育方法などを体系化したモデルカリキュラムを策定・活用するとともに、全国の大学などへの普及・展開を推進している。また、2020年度中に、自らの専門分野での活用が必要となる応用基礎レベルのモデルカリキュラムを策定することや、応用基礎レベルの数理・データサイエンス・AI教育を全国の大学・高専に普及・展開する予定である。

また、大学が自らの判断で機動性を発揮し、学内の資源を活用して学部横断的な教育に積極的に取り組むことができるよう「学部、研究科等の組織の枠を越え

た学位プログラム」を設置可能とする所要の規定を2019年8月に改正・施行した。2020年度からは新たに「知識集約型社会を支える人材育成事業」において、特定の専門分野に焦点を当てた学修に留まるのではなく、今後の社会や学術の新たな変化や展開に対して柔軟に対応しうる幅広い教養と深い専門性を有する人材育成を行えるような新たな教育プログラムを構築・実施する取組の支援を行うことを予定している。

エキスパート人材の育成について、文部科学省では、大学、企業などがコンソーシアムを形成し、各分野の博士人材などに対して、データサイエンスなどのスキルを習得させる育成プログラムを開発・実施し、キャリア開発の支援を行う「データ関連人材育成プログラム」を実施することにより、高度データ関連人材を育成し、社会の多様な場での活躍を促進している。また、理化学研究所革新知能統合研究センター（AIPセンター）において、国内外のインターンシップの受け入れや研究開発のOJTを通じた研究人材の育成に取り組むほか、科学技術振興機構において、人工知能などの分野における若手研究者の独創的な発想や、新たなイノベーションを切り開く挑戦的な研究課題に対する支援を推進している。

コラム 数理・データサイエンス・AI 教育プログラム認定制度

AI 戦略 2019 では、大学・高専における数理・データサイエンス・AI 教育のうち、特に優れた教育プログラムを政府が認定する制度を構築することとされ、2020 年度を認定開始の目標年度としている。具体的な認定方法やレベル別の認定基準、産業界での活用方策などは、内閣府、文部科学省、経済産業省の協力の下、「数理・データサイエンス・AI 教育プログラム認定制度検討会議」において検討が進められ、報告書が策定されたところである。本報告書を踏まえ、認定された教育プログラムは政府だけでなく産業界をはじめとした社会全体として積極的に評価する環境を醸成し、質の高い教育を牽引していくような制度の構築を目指している。

(4) 社会人の基本的な情報知識と実践的活用スキルの習得機会の提供

AI 戦略においては Society5.0 の実現を進めるために、「多くの社会人が、基本的情報知識と、データサイエンス・AI 等の実践的活用スキルを習得できる機会をあらゆる手段を用いて提供」することが目標の一つとされており、文部科学省においても社会人の基本的な情報知識と実践的活用スキルの習得機会の提供に取り組んでいる。

大学においては、情報技術人材の育成機能の強化を目指し、産学連携による課題解決型学習 (PBL) などの実践的な教育の推進により、主に IT 技術者を対象

とした短期の学び直しプログラムを開発・実施する取組を支援している。

また、放送大学では、数理・データサイエンス・AI 教育に関する授業科目や公開講座を提供するため、放送番組やインターネット配信コンテンツの制作に取り組んでいる。

専修学校においても、Society5.0 等の時代に求められる能力について分野ごとに体系的に整理し、その養成に向けたモデルカリキュラムの開発を実施しているところであり、2019 年度は 20 箇所モデル事業を実施している。

コラム 放送大学：科目群履修認証制度「データサイエンスプラン」

放送大学は、放送大学学園法に基づき、BS 放送（テレビ、ラジオ）やインターネットの活用などにより大学教育の機会を幅広く提供する通信制大学であり、30～60 歳代を中心に、10～100 歳代までの幅広い年齢層が学んでいる。

放送大学では、学校教育法に定める履修証明制度に基づく制度として、科目群履修認証制度「放送大学エキスパート」を実施している。同制度は、放送大学が指定する授業科目群を履修することにより、一定分野の学習を体系的に行ったことを証明するものであり、単位取得のほか、履歴書に記載することもできる認証状の交付を受けることができる。

「放送大学エキスパート」には、現在 25 の学習プランがあり、その一つとして「データサイエンスプラン」が開講されている。同プランは、データサイエンスの基本要素となる科目を学ぶことにより、データを収集・分析し、数理的思考に基づいて社会の様々な課題を解決することや、データサイエンティスト、アクチュアリー、データアナリストとなる力を身に付けることを目指している。

科目名	必修科目	選択必修科目	無印：選択科目
1 数値の処理と数値解析 (14)	○		
2 データの分析と知識発見 (20)	○		
3 データベース (17)	○		
4 マーケティング論 (17) *	○		
5 ユーザ調査法 (20)	○		
6 感性工学入門 (16) [1 単位]	○		
7 身近な統計 (18)			
8 経営情報学入門 (19)			
9 データ構造とプログラミング (18) *			
10 統計学 (19)			
11 経済社会を考える (19)			
12 現代経済学 (19)			
13 入門線形代数 (19)			
14 社会調査の基礎 (19)			
15 情報技術が拓く人財理解 (20)			
16 自然言語処理 (19)			
17 Java プログラミングの基礎 (16) [1 単位]			
18 アルゴリズムとプログラミング (20)			
19 問題解決の数理 (17) *			
20 ソーシャルシティ (17)			
21 心理統計法 (17)			
22 社会統計学入門 (18)			
23 情報セキュリティと情報倫理 (18)			
24 解析入門 (18)			
25 経営学概論 (18) *			
26 簿理会計 (18)			
27 初級簿記 (16)			
28 入門微積分 (16)			
29 生態環境情報の表現—GIS 入門 (20) [1 単位]			

コラム ー子供の学び応援サイトー

文部科学省では、新型コロナウイルスの影響による学校の臨時休業期間における子供たちの学習の支援策として、公的機関などが作成した自宅等で活用できる教材や動画等のリンクを紹介するポータルサイト「子供の学び応援サイト」を2020年3月2日から開設している。

本サイトは、NHKのオンライン動画をはじめ、自治体や教員養成系大学、民間機関等が作成した動画や教材などを掲載しており、4月15日現在、リンク数は約240個を数え、延べ約215万人が同サイトにアクセスし延べ約241万回閲覧されている。

掲載しているコンテンツは、教育・学習に係る様々な分野から構成されており、例えば、小学校の図画工作や家庭科、中学校の美術や技術・家庭科また、科学技術関係「わくわくサイエンスリンク集」など、子供たちがものづくりや科学の魅力に触れ探求することができるものとなっている。

URL : https://www.mext.go.jp/a_menu/ikusei/gakusyushien/index_00001.htm



写真：文部科学省ホームページ「子供の学び応援サイト」

(2) 大学の人材育成の現状及び特色ある取組

ものづくりと関連が深い「工学関係学科」では、2019年度現在、38万452人(国立12万3,231人、公立2万1,831人、私立23万5,390人)の学生が在籍している。2018年度の卒業生8万8,732人のうち約60%が就職し、約36%が大学院などに進学している。職業別では、ものづくりと関連が深い機械・電気分野を始めとする専門的・技術的職業従事者となる者が約80%を占めており、産業別では、製造業に

就職する者が約28%を占めている(表321-1)。また、工学系の大学院においては、職業別では、専門的・技術的職業従事者となる者が、修士課程(博士課程前期を含む)修了者で就職する者では約92%(表321-2)、博士課程修了者で就職する者では約93%を占めている(表321-3)。産業別では、修士課程修了後に就職するもののうち、製造業に就職する者では約60%、博士課程修了後に製造業に就職する者では約34%を占めている。

表 321-1 大学(工学関係学科)の人材育成の状況

	14年度	15年度	16年度	17年度	18年度
卒業生数	85,976	85,958	87,542	87,835	88,732
就職者数	49,001	49,521	51,146	51,953	53,141
就職者の割合	57.0%	57.6%	58.4%	59.1%	59.9%
製造業就職者数	12,928	13,585	13,857	14,344	14,790
製造業就職者の割合	26.4%	27.4%	27.1%	27.6%	27.8%
専門的・技術的職業従事者数	37,610	38,380	39,902	41,443	42,694
専門的・技術的職業従事者の割合	76.8%	77.5%	78.0%	79.8%	80.3%

資料：文部科学省「学校基本調査」

表 321-2 大学院修士課程（工学関係専攻科）の人材育成の状況

	14年度	15年度	16年度	17年度	18年度
卒業者数	30,898	31,086	31,130	30,575	31,334
就職者数	27,656	27,970	28,076	27,461	28,275
就職者の割合	89.5%	90.0%	90.2%	89.8%	90.2%
製造業就職者数	15,940	16,456	16,696	16,370	16,826
製造業就職者の割合	57.6%	58.8%	59.5%	59.6%	59.5%
専門的・技術的職業従事者数	25,464	25,878	25,867	25,363	25,950
専門的・技術的職業従事者の割合	92.1%	92.5%	92.1%	92.4%	91.8%

資料：文部科学省「学校基本調査」

表 321-3 大学院博士課程（工学関係専攻科）の人材育成の状況

	14年度	15年度	16年度	17年度	18年度
卒業者数	3,494	3,440	3,324	3,350	3,166
就職者数	2,516	2,447	2,401	2,329	2,303
就職者の割合	72.0%	71.1%	72.2%	69.5%	72.7%
製造業就職者数	784	833	797	809	793
製造業就職者の割合	31.2%	34.0%	32.2%	34.7%	34.4%
専門的・技術的職業従事者数	2,334	2,255	2,189	2,145	2,142
専門的・技術的職業従事者の割合	92.8%	92.2%	91.2%	92.1%	93.0%

資料：文部科学省「学校基本調査」

大学では、その自主性・主体性の下で多様な教育を展開しており、我が国のものづくりを支える高度な技術者などを多数輩出してきたところである。

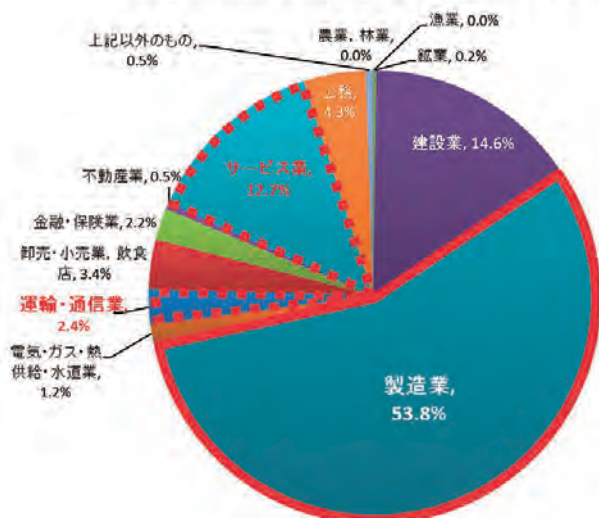
工学分野については、専門の深い知識と同時に幅広い知識・俯瞰的視野を持つ人材育成を推進するため、

2018年6月に学科ごとの縦割り構造の見直しなどを促進するために大学設置基準などを改正したところである。今後、当該制度改正による工学系教育改革の実施などを通じて、工学系人材の育成を戦略的に推進していくところである。

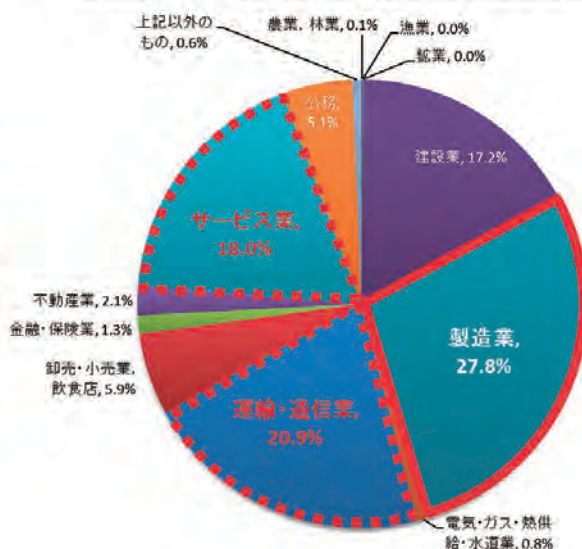
図 321-4 工学系大学卒業後就職者における産業別の比較（学士課程）

●1990年度から2018年度にかけて、製造業分野への就職者が大幅に減少する中、運輸・通信分野やサービス業分野への就職者が増加している。

1990年度産業別就職数（65,015人）



2018年度産業別就職者数（53,141人）



資料：2019年度 文部科学省 学校基本調査に基づき作成

②大学等におけるインターンシップの推進

大学などにおいてキャリア教育の一環として行われるインターンシップは、学生の大学などにおける学修の深化や新たな学習意欲の喚起につながるとともに、主体的な職業選択や高い職業意識の育成が図られる有益な取組である。

2016年6月から「インターンシップの推進等に関する調査研究協力者会議」を開催し、適正なインターンシップの普及に向けた方策や更なる推進に向けた具

体的方策などについて検討を行い、2017年6月に議論の取りまとめを行った。その内容を踏まえ、優れたインターンシップを広く全国に普及させるための「届出・表彰制度」を2018年に創設し、2019年度は新潟大学が最優秀賞を受賞したほか4件の取組を表彰した。加えて、(独)日本学生支援機構と連携しながら、教育的効果の高いプログラムを構築・運営する専門人材の育成・配置などに取り組んでいる。

図 321-14 「大学等におけるインターンシップ表彰」受賞大学一覧（2020年3月）

大学等名	科目名	取組概要
新潟大学 最優秀賞	フィールドスタディーズ	1学年時に大学で学ぶことに対する動機づけを高めるとともに、専門領域への関心を焦点化することを目的に、日常生活に関連する地域や産業界における現状の理解や課題の解決を行う4週間（実質12日間）のプログラムを実施。
跡見学園女子大学 優秀賞	インターンシップ	授業で学ぶマネジメントの基礎を就業体験の中で確認し、3年次以降に学ぶ専門科目に対する意識を高めることを目的に、受入先の企業活動に従事し、「ヒト・モノ・カネ・情報」の流れや社会の仕組み、社会が求める人材像について理解する10日間のプログラムを実施。
甲南大学 優秀賞	BP (ビジネス・プロフェッション) インターンシップⅠ・Ⅱ・Ⅲ	専門教育として学んだ経営学の知識を、企業の経営管理の現場で実践することを目的に、経営に関する専門的知識を身に付けた上で、受入先企業における就業体験を通して、経営課題の発見と改善策の提案を行う3か月間の長期プログラムを実施。
宮崎大学 優秀賞	国内インターンシップ	具体的な目標をもって実務に関わることで、地域における課題や資源の可能性を体感し、自ら考え行動する力を身に付けることを目的に、企業や地域団体等において、業務に係る課題分析や新規事業の試行等をプロジェクト化して1か月間のプログラムとして実施。
大阪府立大学 選考委員会特別賞	イノベーション創出型 研究者養成Ⅲ（TECⅢ）	大学と企業における研究活動の違いを理解し、産業界を牽引する博士人材として高い実業的センスを身に付けることを目的に、企業における事業化・実用化を前提とした研究開発業務に取り組む3か月間の長期プログラムを実施。

2

人生100年時代の到来に向けた社会人の学び直し及びスポーツの推進

人工知能などの技術の進展に伴う産業構造の変化や、人生100年時代とも言われる長寿命化社会の到来など、これからの我が国は大きな変化に直面することとなる。このような時代に対応するためには、学校を卒業して社会人となった後も、キャリアチェンジやキャリアアップのために大学などで学び直し、新たな知識や技能、教養を身に付けることができる環境の整備による社会人の学び直しの抜本的拡充や、社会教育施設などにおける生涯学習の推進、さらには中途採用拡大の体制構築及びスポーツを通じた健康増進などにより、生涯現役社会の実現に取り組む必要がある。

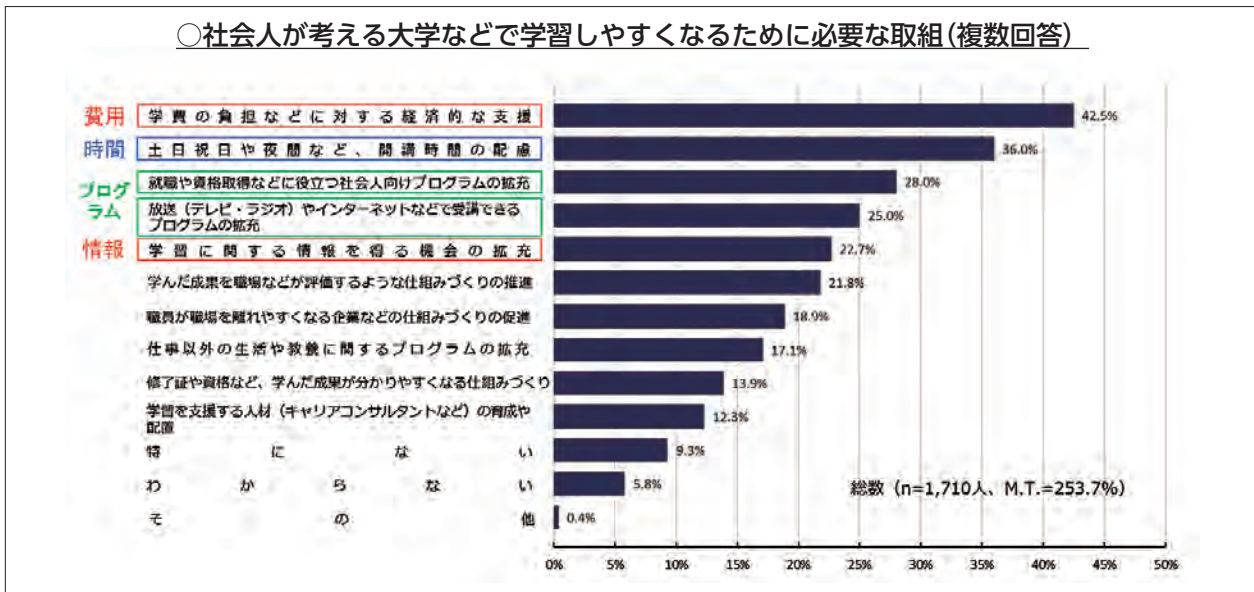
(1) 社会人の学び直しのための実践的な教育プログラムの充実・学習環境の整備

①実践的なリカレントプログラムの充実

社会人が大学などで学び直しを行うにあたっては、土日祝日や夜間などの開講時間の配慮や、学費の負担に対する経済的な支援の問題などがあること、社会人のニーズにあった実践的なプログラムが少ないことなどが挙げられており、大学などにおける社会人の学びは進んでいない状況である。

図 322-1 社会人が考える大学などで学習しやすくなるために必要な取組（複数回答）

学び直す際の課題は、時間や情報



資料：平成 30 年度「生涯学習に関する世論調査」より文部科学省作成

このことを踏まえ、文部科学省では、多様なニーズに対応する教育機会の拡充を図り、社会人の学びを推進するために、大学・専修学校における実践的なプログラムの開発・拡充に取り組んでいる。

具体的には、大学において、IT 技術者を主な対象とした短期の実践的な学び直しプログラムの開発・実施に取り組んでいるほか、2019 年度より、実践的なプログラムを実施するために不可欠な実務家教員育成の質・量の充実を図るため、実務家教員育成に関するプログラムの開発・実施など、産学共同による人材育成システムを構築する取組を実施している。

また、放送大学においては、社会的に関心の高いテーマの番組放送や、キャリアアップに資する実践的な公開講座のインターネット配信・認証を行い、「リカレント教育」の拠点として、一層高度で効果的な学びの機会を全国へ提供できるよう取組を進めている。

さらに、専修学校におけるリカレント教育機能の強化に向けて、短期的な学びを中心とする分野横断型のリカレント教育プログラムの開発や、e ラーニングを活用した講座の開催手法の実証、リカレント教育の実施運営体制の検証に取り組んでいるほか、2020 年度からは新たに非正規雇用者などのキャリアアップを目的とした産学連携によるプログラムの開発・実証を行うなど、リカレント教育の実践モデルの形成に取り組むこととしている。

加えて 2020 年度からは新たに、大学などにおいて産学官が連携し地域が求める人材を養成するための教育改革を実行するとともに、出口（就職先）と一体

となった教育プログラムを開発・実施することとしている。

そのほか、多様なニーズに対応する教育機会の拡充を進めるため、大学などにおける社会人や企業のニーズに応じた実践的かつ専門的なプログラムを「職業実践力育成プログラム ((BP))」として文部科学大臣が認定している (2019 年 10 月現在で 261 課程を認定)。同様に、専修学校においても社会人が受講しやすい工夫や企業などとの連携がされた実践的・専門的なプログラムを「キャリア形成促進プログラム」として文部科学大臣が認定している ((2020 年 3 月現在で 15 校、19 課程を認定)。さらに、短期間で修了できるプログラムに対する社会人のニーズが高いことを踏まえ、大学などが行う履修証明制度の最低時間数が「120 時間以上」から「60 時間以上」に見直されたことにより、これらの文部科学大臣認定制度についても認定対象となるプログラムが拡大されるなど、更なる社会人向け短期プログラムの開発を促進している。

出典：経済産業省、厚生労働省、文部科学省「2020年ものづくり白書」より抜粋
https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2020/honbun_pdf/pdf/all.pdf

日本貿易振興機構（JETRO）
「主要国の自動車生産・販売動向(2020年10月)」

資料 26

表2 国別新車登録・販売台数(上位30カ国)

(単位:台、%)

順位	2017年		2018年		2019年		
	国・地域名	台数	国・地域名	台数	国・地域名	台数	前年比
1	中国	28,878,904	中国	28,080,577	中国	25,768,677	△ 8.2
2	米国	17,550,521	米国	17,701,402	米国	17,480,004	△ 1.3
3	日本	5,234,166	日本	5,272,067	日本	5,195,216	△ 1.5
4	インド	4,059,455	インド	4,400,151	ドイツ	4,017,059	5.1
5	ドイツ	3,810,408	ドイツ	3,822,060	インド	3,816,891	△ 13.3
6	英国	2,910,405	英国	2,742,472	ブラジル	2,787,850	8.6
7	フランス	2,549,402	フランス	2,692,748	フランス	2,755,696	2.3
8	イタリア	2,191,760	ブラジル	2,566,424	英国	2,676,918	△ 2.4
9	ブラジル	2,172,738	イタリア	2,122,365	イタリア	2,131,916	0.5
10	カナダ	2,038,799	カナダ	2,040,261	カナダ	1,975,855	△ 3.2
11	韓国	1,829,988	韓国	1,827,141	韓国	1,795,134	△ 1.8
12	ロシア	1,657,570	ロシア	1,821,320	ロシア	1,778,841	△ 2.3
13	メキシコ	1,530,498	スペイン	1,563,495	スペイン	1,501,260	△ 4.0
14	スペイン	1,434,593	メキシコ	1,465,442	メキシコ	1,359,671	△ 7.2
15	イラン	1,429,172	イラン	1,194,505	インドネシア	1,043,017	△ 9.5
16	オーストラリア	1,189,116	インドネシア	1,152,641	オーストラリア	1,034,379	△ 7.8
17	インドネシア	1,069,674	オーストラリア	1,121,396	タイ	1,007,552	△ 3.3
18	タイ	1,006,062	タイ	1,041,739	ポーランド	656,265	3.6
19	トルコ	980,277	アルゼンチン	803,050	イラン	655,515	△ 45.1
20	アルゼンチン	862,332	トルコ	641,550	ベルギー	644,041	0.7
21	ベルギー	633,642	ベルギー	639,434	マレーシア	604,287	1.0
22	ポーランド	577,297	ポーランド	633,284	オランダ	538,742	△ 0.1
23	マレーシア	576,636	マレーシア	598,598	南ア	536,611	△ 2.8
24	南ア	547,406	南ア	552,226	サウジアラビア	528,883	31.0
25	サウジアラビア	500,601	オランダ	539,203	トルコ	491,909	△ 23.3
26	オランダ	487,939	スウェーデン	418,090	スウェーデン	418,478	0.1
27	フィリピン	468,981	チリ	417,495	フィリピン	415,826	3.6
28	スウェーデン	442,836	サウジアラビア	403,857	アルゼンチン	408,674	△ 49.1
29	台湾	434,657	フィリピン	401,345	オーストリア	382,333	△ 2.9
30	オーストリア	402,924	オーストリア	393,738	スイス	356,039	4.3
	EU	17,347,614	EU	17,589,517	EU	17,813,165	1.3
	ASEAN	3,481,639	ASEAN	3,577,090	ASEAN	3,490,598	△ 2.4
	世界計	95,892,819	世界計	95,649,543	世界計	91,358,457	△ 4.5

(出所)表1に同じ

出典：JETRO「主要国の自動車生産・販売動向（2020年10月）より抜粋」
https://www.jetro.go.jp/ext_images/_Reports/01/f2067f867d465ba0/20200011.pdf

米カリフォルニア州、2035年までにガソリン車の新車販売を禁止と発表

(米国)



サンフランシスコ発

2020年10月02日

米国カリフォルニア州のギャビン・ニューサム知事は9月23日、同州内におけるガソリン車の新車販売を2035年までに禁止すると発表し、同年までに州内で販売する全ての新車（乗用車およびトラック）をゼロ・エミッション車両とすることを義務付ける知事令を発した。ガソリン車両の所持や中古車販売は対象外となる。これは、気候変動への対策として、化石燃料の需要を劇的に減らすことを目的とする。

同発表によると、同州内の温室効果ガス排出の50%以上が輸送セクターによるもの。ゼロ・エミッション車両の新車販売を義務化することで、同州内の車両から排出される温室効果ガスの35%以上、窒素酸化物の80%削減を目指す。

この知事令を受けて、カリフォルニア州大気資源委員会（CARB）は、2035年までにゼロ・エミッション車両の新車販売義務化の詳しい規則と、2045年までに同州内で走行できる中・大型トラックをゼロ・エミッション車両のみとする規則も策定する予定だ。

国際クリーン輸送協議会（ICCT）の2020年8月の報告書によると、2019年に全米で販売された（中古車を含む）電気自動車（注1）のうち、約50%がカリフォルニア州で販売されたもの。都市別で同年の新規登録車両に占める電気自動車の割合をみると、サンノゼが20%で最も高く、自動車を購入する5人に1人が電気自動車を選んでいることになる。電気自動車の新規登録台数でも、ロサンゼルスが最も多い約5万5,000件、次いでサンフランシスコ、サンノゼ（約2万8,000件、約2万件）と、カリフォルニア州は全米最大の電気自動車市場だ。一方、報道によると、ゼネラルモーターズ（GM）やトヨタなどから成る自動車イノベーション協会（AAI）（注2）からは、「『命令』や『禁止』で市場は成功しない。カリフォルニア州の新車販売のうち、電気自動車は10%にも満たない」と否定的コメントが出された。

排ガス削減目標を緩和しようとするトランプ政権と、グリーン化を促進したいカリフォルニア州は、燃費基準などをめぐって激しく対立している。9月23日、ホワイトハウスの記者会見に同席したラリー・クドロー国家経済会議委員長は今回の知事令に関して、「非常に極端な判断のように思える。消費者が電気自動車を含め、全ての自動車から選択可能であるべきだ」と述べた。

ジャッド・ディーアール大統領報道官は「（カリフォルニア州政府の措置は）米国民の生活をあらゆる面で指図したいだけ。雇用喪失や消費者のコスト負担も増える。トランプ大統領が支持することはない」と批判した、と報道されている。

カリフォルニア州などは連邦政府に対し、燃費基準に関する「SAFE車両規則」を見直すよう求める訴訟も起こしており、エネルギー分野で国と各州の方針の隔たりは大きい（2020年6月2日記事参照）。

（注1）バッテリー式電気自動車（BEV）とプラグインハイブリッド電気車（PHEV）。燃料電池電気自動車、低速電気自動車は含まない。

（注2）2020年1月に、GMなど米国系メーカーやトヨタなどをメンバーとする米国自動車工業会（AAM）と、ホンダや韓国の現代自動車など外資系メーカーをメンバーとするグローバル・オートメーカーズが統合。加盟メーカーで、全米の自動車生産台数の99%を占める。

(田中三保子)

(米国)

バイデン米政権、2030年までに新車の半数以上をEV、FCVとする大統領令


(米国)



ニューヨーク発

2021年08月06日


添付資料  (53 KB)

ジョー・バイデン米国大統領は8月5日、2030年までに販売される新車（乗用車と小型トラック）の50%以上を、電気自動車（EV（バッテリー式電気自動車とプラグインハイブリッド車））と燃料電池車（FCV）とする大統領令  を発令した。

米国で排出される温室効果ガス（GHG）のうち、交通・輸送部門が占める割合は28%で、そのうち乗用車と小型トラックの排出量が59%を占める（2018年時点）。大統領令に先駆けて発表されたホワイトハウスの声明によると、今回の大統領令による目標が達成すれば、2030年に販売される新車からのGHG排出量を2020年比で60%以上削減できることから、2030年までに全米からのGHGネット排出量を2005年比で50～52%削減したいとするバイデン政権の達成目標を後押しするとみられている。

自動車業界団体や環境団体、メーカーなど関係者は新たな目標値をおおむね歓迎した。ゼネラルモーターズ（GM）、フォード、ステランティスのデトロイト3は、2030年までの全新車に対するEVおよびFCV比率を40～50%とする共同声明を発表。ただし目標達成には、連邦政府が消費者に対するインセンティブや包括的な充電ネットワークを含む、より効率的な電動化戦略をタイムリーに実現する必要があるとしている。

日系メーカーでは、トヨタが「われわれの役割を果たしていく。（今回の目標値は）環境に最適で、米国内の従業員、ディーラー、サプライヤー、その他の利害関係者43万6,000人の雇用を守ることになる」と述べた。ホンダは、2019年にフォードを含む4社とともに締結したカリフォルニア州との「クリーンカー枠組み協定」（2021年6月29日付地域・分析レポート参照）として共同声明を発表。今回の目標値を踏襲するとして、「われわれはカリフォルニア州とともに気候変動の分野で引き続き業界をリードしていく」と述べた。また、消費者のEV需要を構築し、パリ協定を順守するには、全米統一の排出基準や、充電施設への継続投資、消費者インセンティブといった連邦政府による大胆な行動が不可欠、と付け加えた。

全米自動車労働組合（UAW）も、雇用維持を考慮した今回の目標値に賛同し、「（EV化において）米国は欧州、中国に後れを取っている。今回の発表は自動車産業とUAWメンバーにとって将来の仕事の確実性をもたらすものだ」と述べた。さらに、カリフォルニア州のギャビン・ニューサム知事も、連邦政府と協力して環境対策に努める意向を示した。なお同州は、ニューヨーク州など11州（注）とともに、2035年までに販売される全新車をゼロエミッション車（ZEV）とする方針を  している。

また、大統領令では、排ガス規制を所管する環境保護庁（EPA）と、燃費規制を所管する運輸省（DOT）に対し、2027年型車から少なくとも2030年型車の乗用車と小型トラックに関し、GHGを含む排出ガスと燃費の新たな基準値を制定し、2024年7月までに最終規則をつくることなどを指示した（添付資料表参照）。

大統領令においては、これら新基準値の制定に当たって、所管省庁であるEPAとDOTが協力して行うことや、自動車業界におけるイノベーションと製造の加速、国内サプライチェーンの強化、高給と福利厚生を提供する雇用の拡大を念頭に、商務省、労働省、エネルギー省との調整を行うことが指示されている。また、カリフォルニア州および同州の基準値を踏襲する州とも調整することや、労働組合、各州、業界、環境団体および公衆衛生の専門家などの利害関係者から広く意見を求めること、なども盛り込まれている。

（注）ニューヨーク州、マサチューセッツ州、メイン州、コネチカット州、ロードアイランド州、ワシントン州、オレゴン州、ニュージャージー州、ハワイ州、ノースカロライナ州、ニューメキシコ州

（大原典子）

（米国）

2035年までの自動車技術ロードマップを発表、販売台数に占める新エネルギー車の割合を50%以上に

(中国)



北京発

2020年11月05日

中国自動車エンジニアリング学会は10月27日、「省エネルギー・新エネルギー車技術ロードマップ2.0」を発表した。工業情報化部装備第1司の指導の下、同学会が中心となり作成したもので、政府の意向が一定程度反映されているとみられる。

ロードマップでは、純電動車主導型発展戦略を堅持するとの方向性を示し、2035年に向けた6大総体技術目標として以下の項目を掲げた。

1. 国家目標に先立って、自動車産業の二酸化炭素（CO2）排出総量を2028年前後にピーク値に到達させ、2035年の総排出量をピーク値の20%以上減らす。
2. 新エネルギー車を徐々に主流製品とし、自動車産業の電動化モデルチェンジを実現する〔注〕。
3. 中国方式のインテリジェント・コネクテッド自動車の技術体系を基本的に確立し、製品を大規模に実用化する。
4. 基幹核心技術の自主化レベルを顕著に引き上げ、共同で効率が高く、安全かつ管理可能な産業チェーンを形成する。
5. 自動車のインテリジェント・モビリティ体系を確立し、自動車—交通—エネルギー—都市が深く融合するエコシステムを形成する。
6. 技術イノベーション体系を改善し、世界を牽引するオリジナル・イノベーションのレベルを備える。

また、2035年におけるより具体的な目標として以下の5項目などを示した。

1. 自動車販売台数に占める新エネルギー車の割合を50%以上にする
2. 新エネルギー車の販売台数のうち純電動車の割合を95%以上にする
3. 燃料電池車の保有台数を約100万台にする
4. 商用車は水素動力へのモデルチェンジを実現する
5. 伝統的エネルギー（ガソリンなど）動力の乗用車を全てハイブリッド動力にする

伝統的エネルギー（ガソリンなど）車を全面的に省エネルギー・新エネルギー車に切り替える方針とみられるが、国家エネルギー安全保障の観点から、使用エネルギーの多元化の必要性を指摘する意見もある。

国家新エネルギー車・イノベーション工程プロジェクト専門家グループの王秉剛グループ長は、中国は、国土が広く、気候、環境、道路など自動車を利用する環境が複雑なことを踏まえ、「自動車技術や使用エネルギーの多元化が必要で、他国のような化石燃料（ガソリンなど）禁止に向けたスケジュール表を作成せず、それに代わって今回のロードマップのように全面的な電動動力化を進めるという考え方が中国の国情により即している」と指摘する（「経済日報」10月29日）。

〔注〕国家新エネルギー車イノベーション工程プロジェクト専門家グループの王秉剛グループ長によると、同ロードマップにおいては、プラグイン・ハイブリッド車（PHEV）と純電動車（BEV）が「新エネルギー車」に分類され、燃料電池車（FCEV）、レンジエクステンダー式車（REEV）、ハイブリッド車（HEV）が「省エネルギー車」に分類されている。

(藤原智生)

(中国)

「グリーン産業革命」を発表、ガソリン、ディーゼル車は2030年に販売禁止へ

(英国)



ロンドン発

2020年11月20日

添付資料  (185 KB)

英国のボリス・ジョンソン首相は11月18日、クリーンエネルギー、輸送、自然、革新的な技術などの野心的な10項目の計画を含む「グリーン産業革命」を発表した。この計画は、英国が2050年までに温室効果ガス（GHG）の純排出ゼロ（注）の目標達成に貢献するものとし、英国政府による総額120億ポンド（約1兆6,560億円、1ポンド＝約138円）の投資を行い、最大25万人の雇用を創出する。英国の強みを中心に構築された10項目の中には、電気自動車（EV）や洋上風力、水素、原子力などが含まれる（添付資料表参照）。

特にEVの項目では、政府は2020年2月にガソリン車とディーゼル車の新車販売を2035年までに禁止する方針を発表していたが（[2020年2月6日記事参照](#)）、自動車製造業者や販売業者と協議を行い、今回の計画ではその方針をさらに早め、2030年までに実現するとした。ただし、炭素排出ゼロで長距離走行可能なハイブリッド車の販売は2035年まで認める。また、ゼロエミッション貨物輸送の先駆者となるため、ディーゼル重量物車両（HGV）の段階的廃止に関する協議も開始するとした。

洋上風力の項目では、10月6日の与党・保守党の党大会での演説内容も含まれ（[2020年10月14日記事参照](#)）、英国の全家庭への電力供給に十分な容量を供給するため、2030年までに洋上風力による発電量を現在の4倍の40ギガワット（GW）にするとした。一方、太陽光や陸上風力、エネルギー貯蔵などといった関連技術は項目に含まれなかった。

本計画は、2021年に開催される国連気候変動枠組み条約第26回締約国会議（COP26、開催地：英国グラスゴー）に向けても重要だとし、世界中の国々や企業にGHGの純排出ゼロ推進への参加を呼び掛けるとしている。

各業界団体もこれを歓迎する声明を発表している。英国自動車製造販売者協会（SMMT）のマイク・ホーズ会長は「政府がEVへの移行に当たりハイブリッド車の重要性を認めたこと、ゼロエミッションまたは超低排出ガス車の購入インセンティブへの追加支出とEV製造能力強化への支援を歓迎する」とした。目標の達成には、消費者が新技術の恩恵を享受でき、従来の燃料補給と同様に充電を容易にすることが重要とした。

エネルギー関連の業界団体エナジーUKのエマ・ピンチベク最高責任者は「エネルギー産業は、政府が掲げるEV、ヒートポンプ、エネルギー効率などの野心的な目標の多くの実現に貢献することができ、水素、原子力、洋上風力などの技術投資に深く関わっている」と述べ、「エネルギー産業界は『グリーン産業革命』で中心的な役割を果たす準備ができています」とした。

（注）人間の活動によって排出される温室効果ガス（GHG）の量を森林などで吸収されるレベルにまで抑えること。

（宮口祐貴）

（英国）

ビジネス短信 dde99f8b387141a2

ご質問・お問い合わせ

表 「グリーン産業革命」の10項目とその概要

項目		概要
1	洋上風力	英国の全家庭への電力供給に十分な容量の洋上風力を導入。2030年までに発電量を現在の4倍の40ギガワット(GW)にし、最大6万人の雇用をサポート。
2	水素	業界と協力し、2030年までに産業、輸送、電力、家庭向けの5GW規模の低炭素水素発電の開発を目指す。家庭向けでは水素を利用して暖房や調理を行う住宅の試用を進め、2023年に水素を利用した「住宅区域」、2025年には「住宅地域」へと拡大、2030年の終わりまでに数万世帯に相当する「水素タウン」の開発を目指す。最大5億ポンドを投資、このうち2億4,000万ポンドが新たな水素製造施設に投資される。
3	原子力	クリーンエネルギー源として原子力を推進し、大規模な原子力から次世代の先進的な小型モジュール炉(SMR)の開発まで、新たな原子力発電計画を進める。特に1万人の雇用を支援するSMRの研究開発には5億2,500万ポンドを投資する。
4	電気自動車(EV)	2030年までにガソリン車、ディーゼル車およびバンの新車販売を段階的に禁止する。ただし、炭素排出ゼロで長距離走行可能なハイブリッド車とバンは2035年まで販売を認める。充電設備に13億ポンドの投資、ゼロエミッション車または超低排出ガスの購入に5億8,200万ポンドの助成金、最大10億ポンドを提供する自動車変革基金(Automotive Transformation Fund)の投資の一環として、EV用バッテリーの開発と大量生産に今後4年間で約5億ポンドを支出、数千人の新たな雇用を保護、創出する。
5	公共交通機関、サイクリング、ウォーキング	数千台のグリーンバス、数百マイルの自転車専用レーンなどを導入することで、サイクリングとウォーキングをより魅力的な移動手段にする一方、将来のゼロエミッション公共交通に投資する。
6	ゼロエミッション航空輸送とより環境にやさしい海上輸送	ゼロエミッション航空機、船舶の研究プロジェクトを通じ、脱炭素化が困難なこれら産業をより環境負荷が小さいものとすることを支援。クリーンな海運技術の開発に2,000万ポンドを投資する。
7	住宅、公共施設	住宅、学校、病院をより環境負荷が小さく、より温熱環境の整った、よりエネルギー効率の高いものにするための支援策などに10億ポンドを投資。2030年までに5万人の雇用を創出し、2028年までに毎年60万台のヒートポンプを設置することを目標とする。
8	炭素回収	北アイルランド、ウェールズ、スコットランドの産業集積に10億ポンドを投資し、炭素を大気から回収・貯蔵する技術で世界をリードする新産業を確立、2030年までに1,000万トンの二酸化炭素を削減することを目標とする。
9	自然	2025年までに毎年3万ヘクタールの樹木を植えることで自然環境の保護および回復を目指し、自然の炭素吸収能力を活用する。これにより数千人の雇用の創出、維持する。
10	イノベーションとファイナンス	上記9項目の新しい野心的なエネルギー目標の達成、およびロンドン市をグリーンファイナンスのグローバルセンターにするために必要な最先端技術を開発する。



(出所)英国政府

欧州委、EVの促進などスマートモビリティ戦略発表 (EU)



ブリュッセル発

2020年12月11日

欧州委員会は12月9日、2050年までの気候中立（温室効果ガス排出実質ゼロ）を目指す「欧州グリーン・ディール」の一環として、[持続可能なスマートモビリティ戦略](#)   を発表した。現在、温室効果ガス排出に占める交通輸送業界の割合はEU全体の約4分の1となっていることから、2050年までの目標達成には同業界における排出量削減が欠かせない。欧州委は同業界の各分野での目標や行動計画を示すことで、2050年までに排出量の90%削減を達成したい考えだ。

2030年までにEVを3,000万台に

欧州委は、こうした野心的な削減目標の達成のためには、現在の化石燃料への依存をあらゆる輸送手段において大幅に軽減する必要があるとする。そこで、2030年までに電気自動車（EV）などの温室効果ガス排出ゼロの乗用車やトラック（ローリー）を最低でもそれぞれ3,000万台と8万台に増やすとし、さらに、2050年までには大型車両を含むほぼ全ての自動車の排出ゼロ化を目指す。それに合わせ、2030年までに1,000カ所の水素ステーションと、300万カ所の充電スタンドの設置を目標とし、2021年6月までに乗用車などの二酸化炭素や大気汚染物質などの規制強化法案を提案するとしている。また、脱炭素化が難しいとされる航空と海運分野の研究開発を加速させ、それぞれ2030年と2035年までに排出ゼロの外航船と大型航空機を市場に投入することを狙う。

また、鉄道輸送や公共交通機関の利用拡大などにより持続可能な代替輸送手段を幅広く確保する必要があると指摘。2030年までに500キロ以内の定期運行の旅客輸送の脱炭素化を達成し、高速鉄道の旅客量や鉄道輸送量を2030年までに現在の2倍と1.5倍にし、2050年までに3倍と2倍にそれぞれ増やすとした。

さらに、化石燃料への税控除などの補助金の廃止などに加えて、排出量取引制度（ETS）の対象拡大を含む、温室効果ガスの排出に関わる社会的費用の汚染者負担・利用者負担の原則の2050年までの完全実施など、脱炭素化に向けたインセンティブを提供する予定だ。

そのほかにも、デジタル技術を活用し、2030年までに電子チケットによる複数の交通手段の一体的な利用の促進や貨物輸送のペーパーレス化、自動運転技術の大規模な実用化なども目指すとしている。

(吉沼啓介)

(EU)

ビジネス短信 745a20fb725d69ae

ご質問・お問い合わせ

記事に関するお問い合わせ

[お問い合わせフォーム](#)

ジェトロ海外調査企画課
Tel : 03-3582-3518
E-mail : j-tanshin@jetro.go.jp

ジェトロ・メンバーズに関するお問い合わせ

[ジェトロ・メンバーズ](#)



ジェトロメンバー・サービスデスク（会員サービス班）
Tel : 03-3582-5176（平日9時～12時/13時～17時）
E-mail : jmember@jetro.go.jp


欧州委、2035年までに全ての新車のゼロエミッション化提案 (EU)



ブリュッセル発

2021年07月16日

欧州委員会は7月14日に発表した環境対策政策パッケージ「Fit for 55」([2021年7月15日記事参照](#))で、乗用車・小型商用車(バン)の二酸化炭素(CO2)排出基準に関する規則の[改正案](#)  を発表した。改正案では、ゼロエミッション車への移行を加速させるため、新車のCO2排出量を2021年比で2030年までに55%削減、2035年までに100%削減という目標を設定した。規則案に基づけば、2035年以降は全ての新車がゼロエミッション車となり、ハイブリッド車を含めて内燃機関搭載車の生産を実質禁止とする。2020年1月1日から適用している[規則\(EU\) 2019/631](#)  では、2030年のCO2削減目標を乗用車は2021年比で37.5%、バンは31%と定めているが、欧州委は、EU全体の温室効果ガス(GHG)排出量の約20%を占める運輸部門は「排出量が増加し続けている唯一の部門」であり、2030年までにGHGを2021年比で55%削減するには、乗用車・バンのCO2排出削減基準の厳格化が運輸部門全体からの排出削減の「主要な原動力」になると説明した。

欧州委は同時に、代替燃料インフラ指令の改正も発表した。現行の指令では、EU加盟国の代替燃料の充填(じゅうてん)や充電設備などのインフラ整備目標について具体性と拘束力がなく、加盟国間で取り組み状況に差があり、EUとしてさらに包括的に取り組む必要があるとして、同指令を加盟国に直接適用する「規則」に変更する。[新規則案](#)  では、加盟国は電気自動車(EV)1台につき1キロワット(kW)の充電能力が必要として、EV登録台数に応じて目標設置数を算出。出力300kW以上の急速充電ポイントを主要高速道路上に60キロ間隔で、また、水素充填ステーションと大型トラックやバスなど電気重量車用の出力1,400kW以上の充電ポイントをそれぞれ150キロ、60キロ間隔で2025年までに設置することとし、2030年までに充電ポイントを350万基程度まで増やすことを目指すとした。

業界、内燃機関搭載車の実質禁止に反発も、代替燃料インフラ整備の新規則は歓迎

欧州自動車工業会(ACEA)は7月14日付の声明で、2030年までにCO2を2021年比で55%削減という新目標はメーカーにとっては「非常に厳しい」とし、また、特に充電ステーションなどが十分に整備されていない現段階で「内燃機関」を禁止するのは「合理的な方法ではない」と反発した。一方で、ACEAも拡充を繰り返し求めてきた代替燃料インフラ整備について、欧州委の目標数に懸念は残るものの、乗用車からバン、重量車についてまで加盟国に拘束力ある目標が課されることや、EU排出量取引制度(EU ETS)に道路交通燃料が含まれたことを歓迎した。

また、EUにおける自動車の主要生産国の1つであるフランスのバルバラ・ポンピリエコロジー移行相は7月15日、同国のニュース専門テレビ局BFMTVに出演し、同国の主要メーカーは2035年までに新車のゼロエミッション化という目標に向けて「準備ができています」と述べたが、「Fit for 55」発表で「全てが決まったのではない」と、ハイブリッド車の扱いの見直しなど、今後多くの議論がなされるだろうとした。

(滝澤祥子)

(EU)

ビジネス短信 d870a9cd8282f522

ご質問・お問い合わせ

記事に関するお問い合わせ

お問い合わせフォーム

ジェトロ海外調査企画課
Tel : 03-3582-3518
E-mail : j-tanshin@jetro.go.jp

ジェトロ・メンバーズに関するお問い合わせ

ジェトロ・メンバーズ

ジェトロメンバー・サービスデスク(会員サービス班)
Tel : 03-3582-5176 (平日9時~12時/13時~17時)
E-mail : jmember@jetro.go.jp

学生確保(資料) - 136

出典 : ジェトロビジネス短信より <https://www.jetro.go.jp/>

HV、PHV、EVの世界市場を調査

2020年も需要は堅調。今後、EVを中心に市場は急拡大する

—2035年世界市場（乗用車・新車販売台数）（2020年比）—

■HV 1,359万台（5.1倍）

～内燃自動車（以下、内燃車）からの移行が増加。

ASEAN・東アジアでは低価格コンパクトカーの需要が増加～

■PHV 1,142万台（11.9倍）

～2030年以降は北米や電力供給が不安定な新興国の需要がけん引～

■EV 2,418万台（11.0倍）

～車両価格の低下により大幅に拡大。2022年にHVの市場を超え、以降は電動車の主役に～

総合マーケティングビジネスの株式会社富士経済（東京都中央区日本橋小伝馬町 社長 清口 正夫 03-3664-5811）は、各自動車メーカーによる車種ラインアップの拡充で市場が活性化しているHV（ハイブリッド自動車）、PHV（プラグインハイブリッド自動車）、EV（電気自動車）の世界市場について調査した。その結果を「[2021年版HEV、EV関連市場徹底分析調査](#)」にまとめた。

この調査では、HV、PHV、EVの各市場を捉えると共に、FCV、48VマイルドHV、電動トラック・バス、内燃車の市場について整理し、それらの関連部品16品目の市場について現状を調査し、将来を予想した。また、日系自動車メーカー8社、海外自動車メーカー14社の取り組みも明らかにした。

※超小型モビリティを除く。また、HVには48VマイルドHVを含まない

<調査結果の概要>

■HV、PHV、EVの世界市場（乗用車・新車販売台数）

	2020年	2019年比	2035年予測	2020年比
HV	269万台	105.9%	1,359万台	5.1倍
PHV	96万台	165.5%	1,142万台	11.9倍
EV	220万台	131.7%	2,418万台	11.0倍
合計	585万台	122.1%	4,919万台	8.4倍

2020年のHV、PHV、EV合計した市場は2019年比22.1%増の585万台となった。電動化を推進する動きが鈍かった欧米自動車メーカーも電動化に大きく舵を切り、特に欧州では厳格な環境規制に対応するため多くの新型電動車が市場に投入されたことで、活況年となった。

各国のインセンティブ政策や充電インフラ整備などを下支えに、自動車メーカーはEVやPHVの販売を強化している。内燃車からの撤退を発表する自動車メーカーも増えており、今後電動車へのシフトが加速するとみられる。

HV、PHV、EVがそれぞれ順調に伸びるが、車両価格の低下やインフラの整備により、長期的にはEVが電動車の主役となり、2022年にはEVの販売台数がHVを上回るとみられる。2035年にEVの販売台数は2020年比11.0倍の2,418万台が予測される。

■HVのエリア別市場

	2020年	2035年予測	2020年比
全体	269万台	1,359万台	5.1倍
日本	84万台	187万台	2.2倍
中国	49万台	253万台	5.2倍

※日本、中国は全体の内数

HVは内燃機関を使用するものの、燃費性能や環境性とコストパフォーマンスを両立できるため、HVが補助金対象にならない国でも内燃車からの乗り換えが進んでいる。日本が市場の中心であるが、2020年は欧州や中国の需要が旺盛であった。

HVの技術を保有する日系自動車メーカーは、内燃車を段階的に廃止し、HVの展開を強化すると想定されるため、今後も堅調な市場拡大が予想される。特に、北米の需要増加が期待され、長期的には市場をけん引するとみられる。また、将来的に安価なコンパクトカーHVが登場することで、ASEAN・東アジアやインドなどでの需要増加が予想される。

■PHVのエリア別市場

	2020年	2035年予測	2020年比
全体	96万台	1,142万台	11.9倍
欧州	61万台	399万台	6.5倍
中国	25万台	402万台	16.1倍

※欧州、中国は全体の内数

PHVは環境規制の厳格な欧州や中国での需要が大きく、2020年の市場は2019比65.5%増の96万台となった。

欧米系自動車メーカーは、PHVをHVのバリエーションと位置づけているが、補助金対象としてだけでなく、HVと比較して燃費性能や環境性能に優位性があるため、EVが普及するまでの穴埋めとして重要な役割を果たすとみられる。当面は欧州の需要が市場をけん引し、2025年頃からは中国の需要増加が加速すると予想される。2030年以降はバッテリー価格の低下が市場拡大の追い風になるとみられるが、PHVは部品点数が多いためEVと比べると車両価格の低下が緩やかとなり、それまでと比較すると伸び率はやや鈍化するとみられる。一方で、ピックアップトラックや大型車が好まれる北米や電力供給が不安定な新興国ではPHVの需要増加が期待される。

■EVのエリア別市場

	2020年	2035年予測	2020年比
全体	220万台	2,418万台	11.0倍
欧州	80万台	851万台	10.6倍
中国	102万台	936万台	9.2倍

※欧州、中国は全体の内数

2020年の市場は2019年比31.7%増と大幅な伸長となった。新型コロナウイルス感染症の流行を受け、多くの自動車メーカーが工場の操業停止を実施するなかで、CO₂排出量や燃費平均を上げる環境規制に対応するために内燃車の生産量を減らしてEV生産を優先する傾向がみられた。また、各国政府がEV購入補助金を増額する政策を実施するなど、官民一体のEV普及促進策が奏功し好調となった。2020年代前半に主要ブランドから新型EVの投入が相次ぐとともに、中国を中心に安価なエントリーEVが普及することにより、市場は大幅な拡大が予想される。

内燃車からの撤退を発表する自動車メーカーが相次いでいることに加え、EVの平均車両価格が低下していることから、今後ますますEVを選択するユーザーが増えると予想される。各エリアで順調な伸びが期待されるが、特に欧州と中国の需要が市場をけん引するとみられる。

<調査対象>

自動車		
・HV ・PHV ・EV	・FCV ・48VマイルドHV ・電動トラック・バス	・内燃自動車
HV、PHV、EV、FCV関連部品		
・駆動用モーター・ジェネレーター ・インバータ ・DC-DCコンバータ ・パワー素子（パワーデバイス） ・平滑コンデンサー ・電動車用暖房機構	・駆動用バッテリー ・電流センサー ・車載充電器 ・マネジメントECU ・高電圧ケーブル ・燃料電池（FCスタック）	・水素タンク ・急速充電器 ・普通充電器 ・ワイヤレス給電
自動車メーカー		
・日系自動車メーカー8社		・海外自動車メーカー14社

<調査方法>

富士経済専門調査員による参入企業および関連企業・団体などへのヒアリングおよび関連文献調査、社内データベースを併用

<調査期間>

2021年1月～5月

以上

資料タイトル	： 「2021年版 HEV、EV 関連市場徹底分析調査」	
体裁	： A4判 297頁	
価格	： 書籍版 187,000円（税抜170,000円） 書籍／PDF＋データ版セット 231,000円（税抜210,000円） ネットワークパッケージ版 374,000円（税抜340,000円）	
発行所	： 株式会社 富士経済 〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町1番5号 PMO日本橋江戸通 TEL：03-3664-5811（代） FAX：03-3661-0165 URL： https://www.fuji-keizai.co.jp/ e-mail：info@fuji-keizai.co.jp	
調査・編集	： 名古屋支社	
この情報はホームページでもご覧いただけます。 URL： https://www.fuji-keizai.co.jp/press/		

出典：株式会社富士経済プレスリリースより<http://www.fuji-keizai.co.jp/press>

2050年カーボンニュートラルに伴う グリーン成長戦略

令和3年6月18日

内閣官房

経済産業省

内閣府

金融庁

総務省

外務省

文部科学省

農林水産省

国土交通省

環境省

本戦略は、表紙に掲げた府省庁が、各担当分の記載等を行っている。
内閣府は、所掌が多岐にわたるが、経済社会総合研究所及び科学技術・イノベーション推進事務局が、統計・指標や革新的環境イノベーション戦略関連の箇所を担当している。

目次

1. 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略	1
(1) カーボンニュートラルとグリーン成長戦略の関係	1
(2) 2050年カーボンニュートラルの実現	4
2. グリーン成長戦略の枠組み	6
3. 分野横断的な主要な政策ツール	7
(1) 予算（グリーンイノベーション基金）	7
(2) 税制	9
(3) 金融	11
(4) 規制改革・標準化	13
(5) 国際連携	19
(6) 2050年に向けた大学における取組の推進等	22
(7) 2025年日本国際博覧会	24
(8) グリーン成長に関する若手WG	26
4. 重要分野における「実行計画」	28
(1) 洋上風力・太陽光・地熱産業（次世代再生可能エネルギー）	30
(2) 水素・燃料アンモニア産業	41
(3) 次世代熱エネルギー産業	50
(4) 原子力産業	56
(5) 自動車・蓄電池産業	60
(6) 半導体・情報通信産業	72
(7) 船舶産業	77
(8) 物流・人流・土木インフラ産業	79
(9) 食料・農林水産業	87
(10) 航空機産業	95
(11) カーボンリサイクル・マテリアル産業	99
(12) 住宅・建築物産業・次世代電力マネジメント産業	113
(13) 資源循環関連産業	122
(14) ライフスタイル関連産業	125
参考1. 「成長戦略実行計画」（令和3年6月18日閣議決定）（抄）	129
参考2. 重要分野における「工程表」	135

1. 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略

(1) カーボンニュートラルとグリーン成長戦略の関係

2020年10月、日本は、「2050年カーボンニュートラル」を宣言した。また、2021年4月には、2030年度の新たな温室効果ガス削減目標として、2013年度から46%削減することを目指し、さらに50%の高みに向けて挑戦を続けるとの新たな方針も示された。

温暖化への対応を、経済成長の制約やコストとする時代は終わり、国際的にも、成長の機会と捉える時代に突入したのである¹。従来の発想を転換し、積極的に対策を行うことが、産業構造や社会経済の変革をもたらし、次なる大きな成長につながっていく。こうした「経済と環境の好循環」を作っていく産業政策が、グリーン成長戦略²である。

「発想の転換」、「変革」といった言葉を並べるのは簡単だが、カーボンニュートラルを実行するのは、並大抵の努力ではできない。産業界には、これまでのビジネスモデルや戦略を根本的に変えていく必要がある企業が数多く存在する。他方、新しい時代をリードしていくチャンスでもある。大胆な投資をし、イノベーションを起こすといった民間企業の前向きな挑戦を、全力で応援するのが、政府の役割である³。

国として、可能な限り具体的な見通しを示し、高い目標を掲げて、民間企業が挑戦しやすい環境を作ることが必要である。2050年カーボンニュートラルに向けては、温室効果ガス排出の8割以上を占めるエネルギー分野の取組が特に重要となる。このため、産業政策の観点から、成長が期待される分野・産業を見いだすためにも、まずは、2050年カーボンニュートラルを実現するためのエネルギー政策及びエネルギー需給の絵姿(3E+S)を示すことが必要である。グリーン成長戦略は、こうして導き出された成長が期待される産業(14分野)において、高い目標を設定し、あらゆる政策を総動員する。

2050年カーボンニュートラルに向けて、電力部門の脱炭素化は、大前提である。現在の技術水準を前提とすれば、すべての電力需要を100%単一種類の電源で賄うことは一般的に困難であり、あらゆる選択肢を追求する。

再生可能エネルギーは、最大限導入する。このため、コストを低減し、地域と共生可能な適地を確保し、蓄電池等も活用して変動する出力の調整能力を拡大していく。こうした取組を通じて、洋上風力産業や蓄電池産業、次世代型太陽光産業、地熱産業を成長産業として育成していく必要がある。

火力については、CO₂回収を前提とした利用を、選択肢として最大限追求していく。技術を確立し、適地を開発し、併せてコストを低減していく。世界的にも、アジアを中心に、火力は必要最小限、使わざるを得ない。こうしたことを踏まえると、水素発電は、選択肢として最大限追求していく。供給量と需要量とともに拡大し、インフラを整備し、コストを低減する。そのため、水

¹ 世界的なIT企業やメーカーなど、民間企業の中には、サプライチェーン全体の脱炭素化を目指し、取引先にも脱炭素化の取組を求める例もある。

² このグリーン成長戦略は、「成長戦略会議」において、その方向性などについて報告・議論を行ってきた。骨格部分については、「成長戦略実行計画」(令和3年6月18日閣議決定)に盛り込まれている(P.129参照)。

³ 2021年現在、民間企業において、「ゲームチェンジ」、「パラダイムシフト」と言えるような経営判断、研究開発方針の変更例が、次々と出てきている。この流れを加速すべく、2021年6月に更なる内容の具体化を行った。今後も、社会・経済情勢や技術の進展に応じて、適切にフォローアップや、内容や分野等の見直しを行う。

素産業の創出が必要である。同時に、カーボンリサイクル産業や燃料アンモニア産業を創出していく必要がある。

原子力については、可能な限り依存度を低減しつつ、原子力規制委員会により世界で最も厳しい水準の規制基準に適合すると認められた場合には、再稼働を進めるとともに、実効性のある原子力規制や原子力防災体制の構築を着実に推進する。安全性等に優れた炉の追求など将来に向けた研究開発・人材育成等を推進する。

電力部門以外（産業・運輸・業務・家庭部門）は、電化が中心となる。熱需要には、水素などの脱炭素燃料、化石燃料からのCO₂の回収・再利用も活用していくこととなる。電化により、電力需要が増加することが見込まれる中で、省エネ関連産業を成長分野として育成していく必要があり、熱需要においてはガス供給事業の在り方を、次世代の熱エネルギー供給として対応できるよう、大きく成長させる必要がある。

なお、電化が大きく進んだ2050年社会においても、エネルギーの安定供給は確保されなければならないことは言うまでもない。国産エネルギーである再生可能エネルギーの最大限の導入と原子力の活用により、エネルギーの自給率を上げていくことは、我が国のエネルギー需給の戦略的自律性を高め、安定供給の確保に大きく寄与する。この安定供給のメリットを、電化社会で十全に発揮するには、分散するエネルギーリソースの価値を集約し、デジタル制御と市場取引等で活用するビジネスの推進や、それを可能にするグリッドの構築につながる次世代電力マネジメント産業の育成が必要となる。これに加えて、電力のレジリエンス・防災機能を強化していくことがその前提となる。例えば、電気自動車の導入や冷暖房機器の電化が進む中においても、豪雪・津波・地震など有事の際に電力の安定供給が可能となるよう、調整力の整備やシステムの強化に取り組むとともに、一時的に供給が途切れた場合でも自給自足が可能となるような仕組み⁴についても、技術・コスト面の状況を勘案しながら活用を促していくことが求められる。

産業部門では、水素還元製鉄など製造プロセスの変革やマテリアル産業の成長が必要である。運輸部門では、電動化を推進しつつ、バイオ燃料や水素燃料を利用していく必要がある。業務・家庭部門では、住宅・建築物のネット・ゼロ・エネルギー化や電化、水素化、蓄電池活用が期待される。こうしたことを踏まえると、水素産業、自動車・蓄電池産業、運輸関連産業、住宅・建築物関連産業を成長分野として育成していく必要がある。

また、2050年カーボンニュートラルを目指す上では、こうしたエネルギーの需給構造の実現だけでなく、電力ネットワークのデジタル制御も課題となる。グリーン成長戦略を支えるのは、強靱なデジタルインフラであり、グリーンとデジタルは、車の両輪である。したがって、デジタルインフラの強化が必要であり、半導体・情報通信産業を成長分野として育成していく必要がある。例えば、電力部門では、系統運用の高度化を図るスマートグリッドや、天候により出力が変動する太陽光・風力の需給調整、インフラの保守・点検作業等は、デジタル技術で対応していく必要がある。また、輸送部門では、クルマ、ドローン、航空機、鉄道が自動運行されることは、国民の利便性を高めるだけでなく、エネルギー需要の効率化にも資する。さらに、工場では、FAやロボット等により、製造は自動化される。業務・家庭部門では、再生可能エネルギーと蓄電池

⁴ 例えば、シートヒーターの装備により、寒冷環境においても、比較的長い時間、座面の温度維持が可能となり、体温低下を抑制することができる。また、寒冷地の暖房については、CO₂と水素から作られる合成燃料・合成メタンの普及が進めば、現在の石油製品や天然ガスと大差ない暖房の使い方を行っていくことも想定される。LEDを使用する省エネ対応信号機についても、表面温度が高くないため積雪時に雪が溶けず信号が見えなくなることがあるが、信号機の形状や素材を工夫することで、交通安全性に支障を及ぼさなくなる技術の開発が進められている。

をエネルギーマネジメントシステムで組み合わせて最適制御するスマートハウスや、サービスロボットの登場により、快適な暮らしが実現するだけでなく、エネルギーの有効利用も図られることとなる。

また、2021年4月の、これまでの目標を7割以上引き上げる野心的な2030年排出削減目標の新たな表明は、政策の強化やイノベーションの創出を加速度的に進めていく必要性を、更に高めるものとなる。例えば、非化石価値取引市場などの制度的措置や、エネルギー多消費型産業を中心とした石炭火力自家発電のガス転換や設備の高効率化、規制改革による洋上風力の導入促進、需要サイドにおける非化石エネルギー導入拡大等に向けた制度的措置、電動化や住宅省エネ化の促進が必要となる。こうした措置により、2030年度断面においても、省エネ量の更なる深掘りや、再エネの最大限の導入及び原子力の活用、水素・燃料アンモニア発電の導入についての位置付けや方向性が示されるなど、こうした脱炭素技術の成長可能性や、イノベーションの機会増加への期待はますます高まっている。

こうした社会を実現する技術の芽は、これまでの研究開発により、既に見いだされつつある。2020年1月には、政府として、産業革命以降、累積したCO₂の量を減少させる「ビヨンド・ゼロ」を可能とする革新的技術の確立を目指した「革新的環境イノベーション戦略」（令和2年1月21日統合イノベーション戦略推進会議決定）を策定し、克服すべき技術面での課題を示し、その検討を深めてきている。これら革新的技術の確立に加え、更なる課題は社会実装であり、量産投資によるコスト低減にある。

本戦略に基づき、予算、税、金融、規制改革・標準化、国際連携といったあらゆる政策を総動員し、民間企業が保有する240兆円の現預金を積極的な投資に向かわせることが必要である。

この戦略により、2030年で約140兆円、2050年に約290兆円の経済効果⁵が見込まれる。

また、2030年で約870万人、2050年で約1,800万人の雇用効果⁶が見込まれる。

新しい製品やサービスの創出によって、プラスの影響だけでなく、関係する産業に一定程度のマイナス影響が生じることも想定されるが、政府としては、例えば、これまでガソリンエンジンの変速ギアを製造していた中堅・中小サプライヤーが、電動車用モーター部品の製造に新たに挑戦するといった取組を積極的に後押しする。また、このような新たな挑戦に取り組む産業界のニーズを踏まえながら、人材育成に取り組む事業者やスキルアップに取り組む労働者への支援として、企業の人材確保や人材投資等を促進する助成制度の活用、教育訓練給付制度の活用、地域の職業訓練実施機関等の環境整備など、雇用に関連する施策を中長期的にも講ずる必要がある。そうした政策を講じることで、着実な雇用創出を目指す。

⁵ 経済効果は、企業からのヒアリング等を通じて得られた今後の市場規模予測や輸出拡大等を積み上げて試算した。将来の市場にどのような成長の可能性があるかを試算したものであり、関連産業への波及効果や、新製品・サービスの創出によって生じ得るマイナス影響は考慮していない。

⁶ 雇用効果は、産業連関分析により、関連産業への波及効果を含めて試算した。その際、新製品・サービスの創出によって生じ得るマイナス影響を考慮している。

(2) 2050年カーボンニュートラルの実現

2050年の電力需要は、産業・運輸・業務・家庭部門の電化によって、一定程度の増加を要する。電化で対応できない熱需要には、水素などの脱炭素燃料、化石燃料からのCO₂の回収・再利用も活用することとなる。

2050年カーボンニュートラルを目指す上では、電力部門以外では革新的な製造プロセスや炭素除去技術などのイノベーションが不可欠となる。電力部門は再生可能エネルギーの最大限の導入及び原子力の活用、さらには水素・アンモニア、CCUSなどにより脱炭素化を進め、脱炭素化された電力により、電力部門以外の脱炭素化を進める。

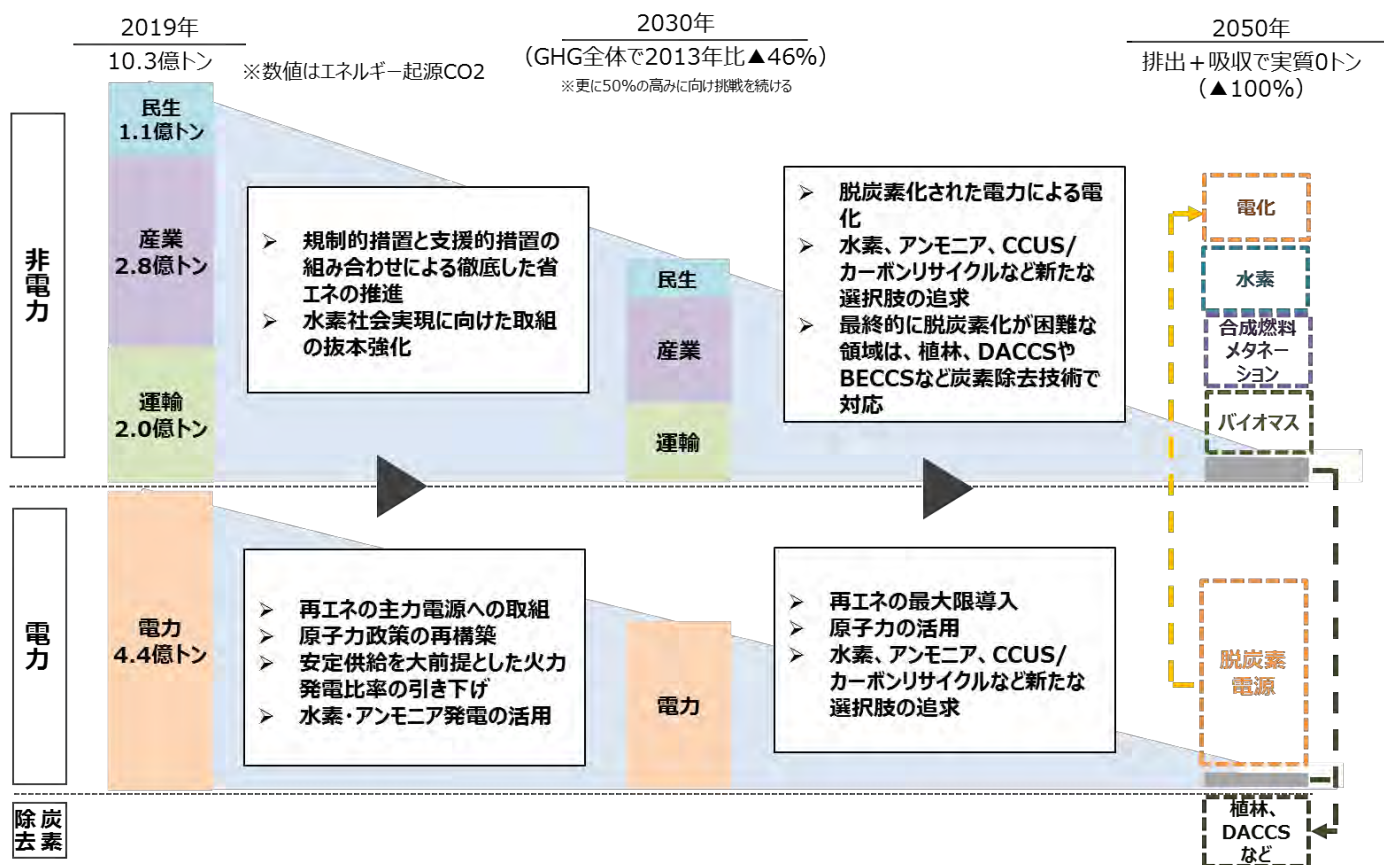
2050年については多様な将来像が考えられることから、エネルギー分野における多様な専門家間の意見交換を踏まえ、2050年には発電量の約50～60%を太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス等の再エネで、水素・燃料アンモニア発電は10%程度、原子力・CO₂回収前提の火力発電は30～40%程度を、議論を深めて行くに当たっての参考値としていた。これらの2050年の電源の参考値を実現するためには、各電源が自然条件や社会制約、技術課題など様々なハードルを克服する必要があり、このレベルを実現することは容易なことではない。

さらに、専門機関⁷による、シナリオ分析では、2050年にカーボンニュートラルを実現する上では、電化の進展により約3～4割電力需要が増加することが見込まれる中、膨大な電力需要を賄うには、政策の選択肢を狭めることなく、最大限導入する再エネの他、原子力、水素・アンモニア、CCUS／カーボンリサイクルなど脱炭素化のあらゆる選択肢を追求する重要性が示唆された。

2050年カーボンニュートラルへの道筋は、技術の進展や社会状況の変化など、様々な不確実性が存在する。そのため、様々なシナリオを想定した上で目指すべき方向性として捉え、今後の技術の進展などに応じて柔軟に見直していくことが重要である。

最終的な2050年カーボンニュートラルを目指し、足下の段階においても、本戦略にのっとり、自動車の電動化や住宅の省エネ化に向けた導入促進、技術開発、系統制約の克服、地域と共生可能な適地の確保等の再エネの導入促進、非化石市場の拡充などの制度的措置の促進、分散型エネルギーの活用の促進に取り組んでいく。

⁷ 公益財団法人地球環境産業技術研究機構 (RITE)



2050年カーボンニュートラルを実現するには、現在の技術水準、コスト等の下では、一定の負担増加が想定される。

一方、それぞれの脱炭素電源ごとに、技術イノベーション、コスト低減、国民理解の促進、導入制約の緩和などにより課題が克服され、更に導入が拡大すれば、電力コストはそうした大幅な増加を回避し、それよりも低廉なコストで、2050年カーボンニュートラルの実現を目指し得る。例えば、2030～35年において、洋上風力発電（着床式）は8～9円/kWh、2050年において、燃料アンモニア火力発電は12円/kWh、水素火力発電は12円/kWh以下と試算され、これにより現状の火力発電並みのコストを想定すれば、カーボンニュートラルの実現可能性が高まる。

また、例えば住宅のZEH化、HEMSの導入などを通じて、需要サイドにおけるコストの押し下げが期待できる。さらに、レジリエンス・防災機能の向上など、様々な取組を組み合わせることで、確固たるメリットを確立すべく、イノベーションの創出に不断に取り組んでいく。

こうした点を踏まえれば、カーボンニュートラルを確かなものにするためには、再エネを主力電源として最大限導入すると同時に、水素・燃料アンモニア、CCUS/カーボンリサイクルなどあらゆる分野のイノベーションの実用化に向けた政策対応を行うことが求められる。

2. グリーン成長戦略の枠組み

2050年カーボンニュートラルへの挑戦を、産業構造や経済社会の変革を通じた、大きな成長につなげる。グリーン成長戦略は、民間投資を後押しし、240兆円の現預金の活用を促し、ひいては3,000兆円とも言われる世界中の環境関連の投資資金を我が国に呼び込み、雇用と成長を生み出す。そのための政策ツールを総動員する。

2050年カーボンニュートラルを実現する上で不可欠な重要分野ごとに、①年限を明確化した目標、②研究開発・実証、③規制改革・標準化などの制度整備、④国際連携、などを盛り込んだ「実行計画」を策定し、関係省庁が一体となって、取り組んでいく。

重要分野における実行計画においては、当該分野における現状と課題、今後の取組方針を明確に示した上で、2050年までの時間軸をもった工程表を提示する。規制改革・標準化、金融市場を通じた需要の創出と民間投資の拡大を通じた価格低減に政策の重点を置く。

工程表では、当該分野における成長を実現する上で鍵となる重点技術等について、

- ① 政府が創設した基金と、民間の研究開発投資によって進めていく「研究開発フェーズ」
- ② 民間投資の誘発を前提とした官民協調投資によって進めていく「実証フェーズ」
- ③ 公共調達、規制・標準化等の制度整備による需要拡大と、これに伴う量産化によるコスト低減を図っていく「導入拡大フェーズ」
- ④ 規制・標準等の制度を前提に、公的な支援が無くとも自立的に商用化が進む「自立商用フェーズ」

を意識し、日本の国際競争力を強化しつつ、自立的な市場拡大につなげるための具体策を提示する。分野によって各フェーズの進展スピードは異なり、場合によっては「研究開発フェーズ」から「実証フェーズ」を飛び越えて「導入拡大フェーズ」に移るものが現れる可能性にも留意が必要である。

予算面では、まずは政府が環境投資で一步大きく踏みこむため、過去に例のない2兆円の基金（グリーンイノベーション基金）を創設し、野心的なイノベーションに挑戦する企業を今後10年間、継続して支援していく。

税制面では、カーボンニュートラルに向けた投資促進税制、研究開発税制の拡充、事業再構築・再編等に取り組む企業に対する繰越欠損金の控除上限を引き上げる特例の創設を講じ、民間投資を喚起していく。

金融面では、情報開示や評価の基など、金融市場のルール作りを通して、低炭素化や脱炭素化に向けた革新的技術へのファイナンスの呼び込みを図る。

規制改革・標準化については、水素ステーションに関する規制改革、再生可能エネルギーが優先して入るような系統運用ルールの見直し、自動車の電動化推進のための燃費規制の活用やCO₂を吸収して造るコンクリート等の公共調達等について検討し、需要の創出と価格の低減につなげていく。

民間の資金誘導については、情報開示・評価の基準など金融市場のルールづくりを、海外とも連携をしながら進めていく。

3. 分野横断的な主要な政策ツール

(1) 予算（グリーンイノベーション基金）

2050年カーボンニュートラルは極めて困難な課題であり、これまで以上に野心的なイノベーションへの挑戦が必要である。特に重要なプロジェクトについては、官民で野心的かつ具体的目標を共有した上で、目標達成に挑戦することをコミットした企業に対して、技術開発から実証・社会実装まで一貫通貫で支援を実施する。このため、(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)に2兆円の「グリーンイノベーション基金」を造成した。

カーボンニュートラル社会に不可欠で、産業競争力の基盤となる重点分野について、本戦略の実行計画を踏まえ、意欲的な2030年目標を設定(性能・導入量・価格・CO₂削減率等)し、そのターゲットへのコミットメントを示す企業による野心的な研究開発を、今後10年間、継続して支援する。

基金事業の運営については、「産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会」において議論を行い、長期間にわたる研究開発を確実に遂行するための「基本方針」を、2021年3月に策定した。世界中においてカーボンニュートラル社会をリードするビジネスの主導権争いが激化している中、プロジェクトの成果を最大化できるようにするため、同方針に基づき、

- ① CO₂削減効果や経済波及効果等への貢献ポテンシャル
- ② 技術的困難度、実用化可能性等を踏まえた政策支援の必要性
- ③ 潜在的な市場成長性・国際競争力

等の評価軸を設定した上で、特に重要なプロジェクトに対して重点的に投資を行う。経営・技術・新規事業・金融等の幅広い専門性を持つ有識者の参画を得て、プロジェクトごとの内容や優先度等について審議する。行政とNEDO双方の精査の上で、2021年夏以降に順次事業を開始⁸する。

なお、サプライチェーンの裾野を支え、新たな産業を創出する役割等を担う中小・ベンチャー企業の参画を促していくことが有効な領域も存在することに留意が必要である。このため、中小・ベンチャー企業との連携を採択審査時の加点要素とすること、小規模プロジェクトの柔軟な組成、開発テーマの分割公募、既存の中小・ベンチャー企業支援策との連携等、幅広い主体が参画しやすい制度とすることにより、スタートアップ企業等との効果的な連携を促進する。

あわせて、企業の経営者に経営課題として取り組むことへの強いコミットメントを求めるとともに、部会の下に設置するワーキンググループにおいて、幅広いステークホルダーを交えて、継続的に取組状況等の確認を実施する。具体的には、プロジェクトの実施企業は、採択時において、経営者トップのコミットメントの下、当該分野における長期的な事業戦略ビジョン(10年間のイノベーション計画や経営者直結のチームの組成等)を提出する。さらに、経営者自身に対しても、経営課題として粘り強く取り組むことへのコミットメントを明確化させ、プロジェクト成功のための議論をする場への定期的な参画を求める。その上で、経営課題としての取組が不十分である場合の事業中止や委託費の一部返還、目標の達成度に応じて国がより多く負担するインセンティブ措置等の仕組みを導入する。

⁸ 水素産業関係のプロジェクトについては、研究開発・社会実装計画を策定済であり、早ければ2021年夏頃にも事業開始予定。その他のプロジェクトについても、引き続き、検討していく。

これら経営者のコミットメントを求める仕掛けを作ることなどにより、政府の2兆円の予算を呼び水として、約15兆円の民間企業の研究開発・設備投資を誘発し、野心的なイノベーションへ向かわせる。世界のESG資金約3,000兆円も呼び込み、日本の将来の食い扶持（所得・雇用）の創出につなげる。

(2) 税制

2050年カーボンニュートラルの実現は高い目標であり、長期を見据えた研究開発投資はもちろん、足下の設備投資についても、目標達成に向けて効果の高い投資を企業に促していかなければならない。このため、税制においても、企業の脱炭素化投資を強力に後押ししていく。

具体的には、脱炭素化に向けた民間投資を喚起し、温室効果ガス削減効果の高い製品の早期の市場投入による新需要の開拓や、足下の生産工程等の脱炭素化を促進する税制措置を創設する。また、コロナ禍の厳しい経営環境の中で、赤字でも果敢に「新たな日常」に向けて、カーボンニュートラル実現に向けた投資等に挑む企業に対し、繰越欠損金の控除上限を引き上げる特例措置を創設する。さらに、研究開発税制についてコロナ禍でも積極的に研究開発投資を行うインセンティブを強化し、中長期に向けた投資意欲を下支えする。

これらの措置により、企業による短期・中長期のあらゆる脱炭素化投資が強力に後押しされること等により、10年間で約1.7兆円の民間投資創出効果を見込む。

① カーボンニュートラルに向けた投資促進税制（税額控除又は特別償却）の創設

「産業競争力強化法」に新設する計画認定制度に基づき、以下(i)(ii)の設備導入に対して、最大10%の税額控除又は50%の特別償却を措置する（改正産業競争力強化法施行から令和5年度末まで3年間）。

(i) 大きな脱炭素化効果を持つ製品の生産設備の導入

「革新的環境イノベーション戦略」（令和2年1月21日統合イノベーション戦略推進会議決定）では、温室効果ガス削減量が大きく、日本が技術力を持つとされる全39テーマが設定されている。この39テーマのうち、我が国のCO₂排出量の4割以上を占めるエネルギー転換部門に着目し、当該部門に関する製品のうち、足下の投資ニーズはあるものの、民間企業の自律的取組のみでは初期の導入拡大が難しいと見込まれる以下の製品の生産に専ら使用される設備の導入を支援する。

<対象製品>

- ・ 化合物パワー半導体素子又は当該素子の製造に用いられる半導体基板
- ・ 電気自動車又はプラグインハイブリッド自動車用リチウムイオン蓄電池
- ・ 定置用リチウムイオン蓄電池（充放電サイクル7,300回以上を満たすもの）
- ・ 燃料電池（発電効率50%以上、総合効率97%以上、純水素を燃料とすること、のいずれかを満たすもの）
- ・ 洋上風力発電設備（1基当たり定格出力9MW以上を満たすもの）の主要専用部品（ナセル、発電機、増速機、軸受、タワー、基礎）

(ii) 生産工程等の脱炭素化と付加価値向上を両立する設備の導入

事業所等の炭素生産性（付加価値額÷エネルギー起源CO₂排出量）を相当程度向上させる計画に必要な設備（導入により事業所の炭素生産性が1%以上向上するもの）の導入を支援する。

<炭素生産性の相当程度の向上と措置率>

2050年カーボンニュートラルを目指した足下の設備投資支援を行う際に企業が達成すべき基準として、炭素生産性の向上率とそれに応じた措置率を以下のとおり定める。

- 3年以内に7%以上向上⁹： 税額控除5%又は特別償却50%
- 3年以内に10%以上向上¹⁰： 税額控除10%又は特別償却50%

② 事業再構築・再編等に取り組む企業に対する繰越欠損金の控除上限の特例の創設

コロナ禍の影響により欠損金を抱える事業者が、「産業競争力強化法」に新設する計画認定制度に基づき、カーボンニュートラル実現を含む「新たな日常」に対応するための投資を行った場合、時限措置として繰越欠損金の控除上限¹¹を認定投資額の範囲で最大100%まで引き上げる特例を創設する。

この対象となる投資は、企業が事業再構築・再編等のために、認定事業適応計画に基づき行われる投資で、計画期間中にROAが5.0%ポイント以上向上すること等の目標達成が見込まれるものであることが求められる。具体的には、2050年カーボンニュートラルの実現に向けた新技術開発のための研究開発投資や、生産設備の集約化によりCO₂排出量を大きく減少させる設備の導入や高付加価値製品の増産のための投資が考えられる。

なお、特例の対象となる欠損金は、令和2年4月1日から令和3年4月1日までの期間内の日を含む事業年度（一定の場合には、令和2年2月1日から同年3月31日までの間に終了する事業年度及びその翌事業年度）に生じた欠損金とし、控除上限を引き上げる期間は、最長5事業年度とする。

③ 研究開発税制の拡充

コロナ禍の影響が長期化する中、企業の経営状況は依然として厳しい環境にあり、企業収益・売上げの落ち込みが引き続き懸念されるところである。同じく企業の経営状況が著しく悪化したリーマンショックの際、日本の研究開発投資は大きく減少し、回復に時間を要したことを踏まえ、中長期的な成長の源泉であり、我が国のカーボンニュートラルの実現にも不可欠な研究開発投資について、コロナ禍の影響が大きい企業が当該投資を増加させるインセンティブを強化することが重要である。

現行の研究開発税制において、企業は試験研究費の額に一定割合を乗じた金額を法人税額の25%まで控除することができる。一方、売上げの減少により収益が悪化し法人税額が減少すると、この上限を超過する額が発生・増加し、企業の投資意欲を押し下げる可能性がある。このため、コロナ禍前（令和2年1月末までに終了する直近の事業年度）に比べて売上金額が2%以上減少していても、なお試験研究費を増加させている企業については、この控除上限を法人税額の30%までに引き上げる。これにより、企業の投資意欲を下支えし、2050年カーボンニュートラルの実現のためのイノベーションの創出につなげていく。

⁹ 「エネルギー基本計画」（平成30年7月3日閣議決定）、「地球温暖化対策計画」（平成28年5月13日閣議決定）、「長期エネルギー需給見通し」（平成27年7月経済産業省策定）など既存の政府計画等で想定されている2030年度のエネルギー起源CO₂排出量目標や、「中長期の経済財政に関する試算」（令和2年7月31日経済財政諮問会議提出資料）におけるGDP成長率等を基に算出。

¹⁰ 2050年カーボンニュートラルを見据え、上述の政府計画等で想定されている2030年度のエネルギー起源CO₂排出量目標を上回る水準を想定して算出。

¹¹ ある事業年度に発生した欠損金額を翌期以降に繰り越し、翌期以降の課税所得から控除（相殺）できる制度。現行、中堅・大企業は50%が上限。

(3) 金融

2050年カーボンニュートラルに向け、政府の資金を呼び水に、民間投資を呼び込む。パリ協定実現には、世界で最大8,000兆円必要との試算（国際エネルギー機関（IEA））もあり、再生可能エネルギー等（グリーン）に加えて、省エネ等の着実な低炭素化の取組等の脱炭素への移行（トランジション）、脱炭素化に向けた革新的技術（イノベーション）へのファイナンスが必要である。

「クライメート・イノベーション・ファイナンス戦略2020」（2020年9月）を踏まえ、グリーン、トランジション、イノベーションの取組に、民間投資を呼び込むべく、政策を講じる。

グリーン・ファイナンスに関して、グリーンボンド市場は国内外で堅調に拡大しており、2020年には国内の年間の発行額が1兆円を超えた。グリーンボンドを始めとするグリーン・ファイナンスの更なる推進のため、発行支援体制の整備を行うとともに、国際的な動向や発行実績等を踏まえ、調達資金の使途や、発行に当たっての手續、環境整備等について更なる検討を行い、2021年度中に、グリーンボンドガイドラインの改訂等を行う。

トランジション・ファイナンスは、脱炭素社会の実現に向け、長期的な戦略に基づく温室効果ガス削減の取組に対して資金供給するという考え方である。「グリーン」な活動か、「グリーンではない」活動か、の二元論だけでは、企業の着実な低炭素移行の取組は評価されない恐れがある。2020年12月に公表された「トランジション・ファイナンスに関する国際原則」を踏まえ、日本としての「トランジション・ファイナンス基本指針」を策定した。この基本指針を基に、脱炭素に向けた移行の取組について、一足飛びでは脱炭素化できない多排出産業向けの分野別ロードマップ（鉄鋼、化学、製紙・パルプ、セメント、電力、ガス、石油等）等を2021年度に順次策定していく。

世界のカーボンニュートラル実現に向け、アジア等新興国のエネルギー・トランジションを進めるため、国内の基本指針をベースとした「アジア版トランジション・ファイナンス」の考え方の策定・普及も推進する。各国の経済成長に向けたニーズや、経済的・地理的多様性、エネルギー政策等を踏まえた多様な「トランジション」の道筋（ロードマップ）の策定とともに、基本指針を基にしたアジアのためのトランジション・ファイナンスの枠組みの策定、トランジションの実現に向けた各種の取組を通じ、こうした国々の巻き込みを図る。

また、10年以上の長期的な事業計画の認定を受けた事業者に対して、その計画実現のための長期資金供給の仕組みと、成果連動型の利子補給制度（3年間で1兆円の融資規模）を「産業競争力強化法」に創設し、事業者による長期間にわたるトランジションの取組を推進する。

さらに、民間事業者が、設備投資誘発効果が大きく期待できるリース手法を活用し、低炭素化に資する先端的な設備への積極的な投資を行うことを促進するための取組を推進し、1,500億円以上の投資誘発を狙う。

イノベーション・ファイナンスに関しては、投資家向けに脱炭素化イノベーションに取り組む企業の見える化（ゼロエミ・チャレンジ：2021年3月時点で325社）を行っている。今後、対象分野の拡大を図るとともに、投資家や企業、政策立案者等の対話の場を創設し、脱炭素イノベーションに取り組む企業へのファイナンスの呼び込みを図る。

洋上風力等の再エネ事業や低燃費技術の活用、次世代型蓄電池事業等の取組に対してリスクマネー支援を行う。具体的には、日本政策投資銀行（DBJ）の特定投資業務の一環として「グリーン投資促進ファンド」（事業規模800億円）を創設した。また、日本企業による脱炭素社会に向けた

質の高いインフラの海外展開やその他の海外事業活動等を支援するため、2021年1月、国際協力銀行（JBIC）に「ポストコロナ成長ファシリティ」（事業規模1.5兆円）を創設した。

サステナブルファイナンスについては、国内外の政府・機関において様々なガイドライン等の検討が進められる一方、企業や投資家から、実務の観点から一覧性のある形で整理してほしいとのニーズが高まっている。こうした点を踏まえつつ、上述のグリーンボンドガイドラインの改訂のほか、ソーシャルボンドについてもガイドラインを策定するとともに、社会的課題解決に関する具体的な指標等を幅広く例示する文書の策定を検討する。また、企業や投資家から見て利便性の高い情報提供を行う観点から、証券取引所等が中心となって、マーケット情報等の提供も含めた情報基盤を開設する。

グリーンボンドやトランジションボンド等の取引が活発に行われる「グリーン国際金融センター」の実現を目指して、上述の情報基盤の開設に加え、民間業界において、グリーンボンド等の適格性を評価する認証の枠組み（外部評価を前提に、グリーンボンド等の適格性を外部機関が客観的に保証するもの）を構築するよう金融庁等が後押ししていく。また、ESG等に関する外部評価手法が必ずしも明らかでないなどの声があることを踏まえ、金融庁等が、ESG評価機関の在り方（透明性やガバナンス等）を検証する。

サステナビリティに関する開示については、2021年6月のコーポレートガバナンス・コードの改訂を受け、プライム市場上場企業に対して、気候関連財務情報開示タスクフォース（TCFD）又はそれと同等の国際的枠組みに基づく開示の質と量の充実を促す。

国際会計基準（IFRS）財団における気候変動を含むサステナビリティについての比較可能で整合性の取れた開示の枠組みの策定の動きに、意見発信を含め日本として積極的に参画する。

また、金融機関に対して、融資先企業における気候変動対応を支援するとともに、ビジネス機会の創出に貢献するよう促していくほか、気候変動に関連する金融機関自身のリスク管理を求めていくため、監督当局によるガイダンスの策定等を行う。

加えて、間接金融中心の我が国において、各地域の脱炭素化を進める観点からは、地域金融の役割が重要である。地域の脱炭素化を地域における経済と環境の好循環の創出につなげるため、国としての明確なビジョンを示すとともに、先進的な地域金融機関と連携し、各種の情報提供、ノウハウ共有等を通じて、地域資源を活用したビジネス構築や地域課題の解決のモデルづくりを推進することで、地域金融機関による環境・経済・社会へのインパクトを重視したESG金融の取組を促進する。

(4) 規制改革・標準化

今後の成長の鍵となる革新的な技術等については、民間投資の誘発を前提とした官民協調投資により進めていく「実証フェーズ」の後に、①新技術の需要を創出するような規制強化、②新技術を想定していなかった規制の合理化など、国内の規制・制度を整備する。さらに、温暖化対策に関する国際的なルール形成の競争が激しさを増す中、我が国としても、③新技術を世界で活用しやすくするような国際標準化等に積極的に取り組むことで、我が国の利害や社会事情を国際ルールに反映し、我が国の優れた新技術が正しく評価される環境を作る。こうした国内外での制度環境整備により、その需要とグリーン投資を拡大し、量産化・価格低減を図る。

① 規制改革

＜具体的な取組（例）＞

(i) 水素

- ・ 小売電気事業者に一定比率以上のカーボンフリー電源の調達を義務付けた上で、カーボンフリー価値の取引市場を活用する。再生可能エネルギー、原子力と並んで、カーボンフリー電源としての水素・アンモニアを評価し、水素・アンモニアを活用すればインセンティブを受け取れる電力市場を整備する。
- ・ 燃料電池自動車の普及拡大に向けた事業者及び利用者の負担軽減の観点から、「道路運送車両法」と「高圧ガス保安法」における関連規制を一元化することも視野に、燃料電池自動車等の規制の在り方について検討を行い、2021年6月に一定の方向性を取りまとめ、年内に結論を得る。

(ii) 洋上風力

- ・ 送電網の空き容量を超えて再エネが発電した場合に、出力を一部抑えることを条件に、より多くの再エネを送電網に接続する仕組みについて、ローカル系統等への全国展開に向けて必要な技術開発等を進める。また、石炭火力等より再エネが優先的に送電網を利用できるようなルールの適用開始に向けての検討を進める。
- ・ 事業者の負担軽減、審査期間の短縮に向けて、経済産業省（「電気事業法」）と国土交通省（「港湾法」、「船舶安全法」）の審査を2021年4月より一本化。また、経済産業省（「電気事業法」）の安全審査については、同月から、一定の条件下で、有識者による詳細な検証を不要とする設備類型の割合を大幅に増加させ、手続の合理化を図った。
- ・ 「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律」に基づく、風車撤去時の残置許可基準の明確化については、2021年度より有識者も交えた検討会を開催し、同年度前半を目途に一定の考えを示す。
- ・ 「航空法」に基づく、洋上風力発電設備への航空障害灯の設置等に係る基準の緩和等についても、2021年3月に学識経験者、運航者、風力発電機設置者、航空局関係者で構成した会議体を立ち上げ、検討を行っており、2021年度内を目途に緩和策を取りまとめ、速やかに基準の改正を行う。

(iii) 自動車・蓄電池

- ・ 技術中立的な燃費規制を活用し、あらゆる技術を組み合わせ、効果的にCO₂排出削減を進

めていく。

- 蓄電池ライフサイクルでの CO₂ 排出見える化や、材料の倫理的調達担保、リユース・リサイクルの促進等について、2021 年度を目途に制度的枠組みを含め、その在り方を検討するとともに、CO₂ 排出の見える化等の実施方法についても、早急に具体化を進める。

(iv) 住宅・建築物

- 住宅を含む省エネ基準の適合義務付け等の規制措置を強化する。
- 既存の太陽電池では技術的な制約により設置が困難な、①屋根の耐荷重が小さい既築住宅・建築物や、②住宅・建築物の壁面や窓等にも設置可能な次世代型太陽電池の開発も念頭に、太陽光発電等の再エネ導入を促す制度整備を行う。

(v) 船舶

- 燃費規制等のルール作りに取り組み、燃費性能が劣る船舶の新造代替を促進する。現在国際海事機関（IMO）において、日本主導により、既存船の燃費性能規制（EEXI）及び燃費実績の格付け制度を提案し、2020 年 11 月に原則合意したところ、2023 年からの早期実施を目指す。燃費性能規制の早期実施により、既存船に新造船並みの燃費基準を義務付けるとともに、格付け制度により省エネ・省 CO₂ 排出船舶への代替にインセンティブを付与する。

(vi) 物流・人流・土木インフラ

- 2025 年度までに道路照明施設設置基準等を見直して、更なる省エネ化が可能な新たな道路照明の導入を促進する。

(vii) カーボンリサイクル

- 2030 年までに人工光合成によるプラスチック製造コストを約 2 割削減する際、光触媒による水素・酸素混合低圧ガスの生成から水素と酸素の分離回収に至るまでの一連の工程における安全の担保も考慮しながら、人工光合成の大規模実証や社会実装を最適に進めていくための関連規制の検討が必要となる。
- こうした検討が後手に回り、技術確立や社会実装に遅れが生じ、日本の優位性を失うことのないよう、今後の技術動向を予測しながら先見性のある新たな保安・安全基準の策定、「高圧ガス保安法」等の関連規制の対応等に取り組む。

② 標準化

研究開発から社会実装段階へと移行する際、新技術をいち早く社会に実装し、カーボンニュートラルに向けた革新技術を世界的に普及・促進するためには、技術主導で市場開拓してだけでなく、技術に係る標準を国内外でルール化し、展開していくことが極めて重要である。即ち、「技術で勝って、市場で負ける」といった過去の轍を踏まないためにも、技術や製品・サービスの、想定される市場獲得への道筋を意識しつつ、戦略的に標準化を進めていくことが極めて重要である。

他方、必然的に、短期の業績を確保せざるを得ない企業にとっては、中長期的に効果を発するルール形成の必要性が理解されにくい。また、企業を取り巻く外部環境が大きく変化している中で「ESG（環境・社会・ガバナンス）」に代表される、中長期的な事業拡大と企業の持続可能性が

価値評価軸として位置付けられるなど、より幅広いステークホルダーとの連携が重要となってきたが、その重要性は必ずしも企業に理解されておらず、実効性のある取組に至っていない。これらの結果として、多くの企業が、技術は創れても市場が創れないという苦しい状況に陥っている。

この状況を抜け出すには、研究開発や外部連携等を通じて課題解決に資する製品・サービスを生み出す活動だけでなく、解決を目指す課題の社会的意義を具体的に訴え、ソーシャルセクターやパブリックセクターを含む様々なステークホルダーを巻き込むことで、開発した製品・サービスが適切に供給され、価値として受容される社会・経済システムの構築を目指すルール形成活動が必要である。

こうした観点から、2021年4月、中長期的かつ市場の枠を越えたルール形成により主導される市場創出を目指す取組の状況を客観視するために、個々のプロジェクトについて、市場形成力（市場の創造・拡大を可能とする潜在能力）を客観的に表す指標として、「市場形成力指標 Ver1.0」を開発・公開した。この指標は「アジェンダ構想力」、「社会課題解決力」、「ルール形成力（遠心力・求心力）」から構成されており、それぞれ、「ステークホルダーが共感するアジェンダを設定し、内在する社会課題の解決が価値として評価される市場を形成するストーリーを設計する力」、「自社のリソースや外部連携を用いて社会課題を解決する実力（人材・ノウハウを含む）」、「設計したストーリーに基づき、ステークホルダーを巻き込むことで、市場形成に必要なルールメイキングを実現する力」を測定するものである。

これをカーボンニュートラルに向けたプロジェクトに適用することにより、ルール形成主導型の市場創出を促すとともに、カーボンニュートラルの実現や新技術の市場開拓へ向けて、戦略的な標準化を後押しする。さらに、こうした活動を支えるため、ルール形成・標準化活動を実施する人材の育成や、我が国人材の国際的なルール形成・標準化議論への積極参加促進等、我が国のルール形成力そのものを底上げする取組も継続していく。加えて、企業単位での市場形成力の評価を可能とする指標の開発も、2021年度中を目途に検討を進める。

これとは別に、標準化には、(i) 共通化すべき要素の技術情報を開放し、市場を拡大する、(ii) 製品・技術等を正當に評価する「物差し」として市場形成や差別化を目指す、(iii) 安全や安心、利便性、環境影響に関する規制や基準の基礎となる、といった目的がある。こうした目的も意識し、それぞれの分野における市場形成を見据えて、標準化を進めていく。

(i) 共通化すべき要素の技術情報を開放し、市場を拡大する標準化

- ・ 今後、2050年に270兆円¹²と試算される水素関連市場の獲得に向けて、大型モビリティ向けの水素充填方法やローディングアーム等の液化水素運搬に必要な機器、国際的に整合的なクリーン水素の定義の確立に必要な水素製造時のCO₂排出の測定方法等の標準化に向けて検討を進めていく。
- ・ 仮に東南アジアの1割の石炭火力に燃料アンモニア混焼技術を導入できれば、約5,000億円規模とも見込まれる燃料アンモニア市場において、世界の供給・利用産業のイニシアティブをとるため、燃料としての仕様や燃焼時の窒素酸化物の排出基準等についての国際標準化を目指す。
- ・ CO₂分離回収の標準評価技術については、広範囲な応用を視野に入れた技術を確立し、日本

¹² Hydrogen Council 「Hydrogen Scaling up」等を基に推計（水素関連市場2050年2.5兆ドル）。

の技術の国内外への展開を加速するため、国際標準化について検討する。

- ・高層建築物等の木造化に資する木質建築部材の開発・工法の標準化等を進める。

(ii) 製品・技術等を正當に評価する「物差し」として市場形成や差別化を目指す標準化

- ・車載用蓄電池をリユースし、コストの低い定置用電池としての再利用を促進するため、蓄電池パックの残存性能等の評価方法やリユース蓄電池を含む定置用蓄電システムの性能や安全性に関する国際標準化を行うとともに、リユース促進等に関する国際ルール・標準化を進める。
- ・家庭用蓄電池の劣化後の安全性等の性能指標や、性能ラベルの開発・JIS化を進める。
- ・ZEBについて、ISO化等の活動を通じ、ASEAN等を念頭ににおいた海外展開に向けた更なる実証及びその横展開を図る。
- ・海外市場の獲得も見据え、次世代型太陽電池に係る性能評価等の標準化を進める。

(iii) 安全・安心等の基礎としての標準化

- ・世界でも新興領域とされる、大型風車を載せる「浮体式洋上風力」について、安全評価手法の国際標準化に取り組む。
- ・EV充電施設が少ない地域の幹線道路等において、案内サインの整備を促進することで、充電の利便性を向上させる。

なお、標準化等のオープン戦略は、技術情報等を公表・普及させることで市場を拡大させる効果がある一方、当該技術情報等を踏まえた新規参入の増加による競争激化を誘発することとなるため、当然のことながら、その対となるクローズド戦略を企業が有していることが前提となる。形成した市場において持続的な優位性を確保するため、コア・コンピタンスを特定し、ブラックボックス化や知的財産権の活用、研究開発資源の集中投下等を通じたクローズド戦略の重要性も併せて周知し、万が一、企業がクローズド戦略を保有していない場合には、その構築を奨励する。

③ 市場メカニズムを用いる経済的手法（カーボンプライシング等）

市場メカニズムを用いる経済的手法（カーボンプライシング等）は、産業の競争力強化やイノベーション、投資促進につながるよう、成長に資するものについて、躊躇なく取り組む。検討に当たっては、総理指示の下、経済産業省、環境省が連携して取り組むこととしており、成長戦略の趣旨に則った制度を設計し得るか、マクロ経済・気候変動対策の状況や、脱炭素に向けた代替技術の開発状況等を考慮した適切な時間軸を設定する観点から、検討を進める。

また、足下で、J-クレジットや非化石証書等の炭素削減価値を有するクレジットに対する企業ニーズが高まっている情勢に鑑み、まずは、これらのクレジットに係る既存制度を見直し、自主的かつ市場ベースでのカーボンプライシングを促進するとともに、引き続き、炭素税や排出量取引については、負担の在り方にも考慮しつつ、プライシングと財源効果両面で投資の促進につながり、成長に資する制度設計ができるかどうか、専門的・技術的な議論を進める。その際、国際的な動向や多くの企業が脱炭素化に意欲的に取り組んでいることも含めた我が国の事情、先行する自治体の取組、企業の研究開発や設備投資への影響も含めた産業の国際競争力への影響等を踏まえた専門的・技術的な議論が必要である。

(i) クレジット取引

政府が上限を決める排出量取引は、制度設計次第ではCO₂排出総量削減が進むなどの利点がある一方で、経済成長を踏まえた排出量の割当て方法の在り方などの課題が存在していることを踏まえつつ、引き続き、専門的・技術的に議論を進める。

自主的なクレジット取引に関しては、日本でも、民間企業がESG投資を呼び込むためにカーボンフリー電気を調達する動きに併せ、小売電気事業者に一定比率以上のカーボンフリー電源の調達を義務付けた上で、カーボンフリー価値の取引市場や、J-クレジットによる取引市場を整備しており、更なる強化を検討する。具体的には、

- ①カーボンフリー価値として、再エネ・原子力だけでなく、水素・アンモニアを対象に追加することを検討する。
- ②カーボンフリー価値を自動車・半導体等の製造業を始めとした最終需要家が調達しやすくなるよう、取引市場の在り方の見直しを検討していく。2021年3月、経済産業省の制度検討作業部会で、需要家が市場取引に参加できる形での、再エネ価値の取引市場を新たに創設することを提起し、引き続き、検討を進める。
- ③ J-クレジットにおいては、森林経営・植林由来や中小企業等の省エネ・再エネ設備の導入、国等の補助事業に伴う環境価値のクレジット化の推進、水素・アンモニア・CCUS/カーボンリサイクル等、新たな技術によるクレジット創出の検討等を通じ、質を確保しながら供給を拡大する。また、企業や、政府、自治体でのオフセットでの活用による需要拡大を図る。
- ④ J-クレジットの持続性の確保や利便性確保のためのデジタル化の推進、非化石証書等の他の類似制度との連携、自治体との連携等の制度環境整備の検討を進める。

(ii) 炭素税

炭素税は、価格が一律に定まるため、事業活動への影響等について予見可能性が高いといった利点がある一方、企業の現預金を活用した投資を促すという今回の成長戦略の趣旨との関係や、排出抑制効果の不確実性などの課題が存在しており、日本が既に導入済である「地球温暖化対策のための税」や、その他のエネルギー諸税、FIT賦課金等の負担も踏まえつつ、引き続き専門的・技術的に議論を進める。

(iii) 国境調整措置

国境調整措置は、国際的なカーボンリーケージ防止の観点から、欧州で検討されている。

多排出産業を中心に、温暖化対策に消極的な国との貿易における国際的な競争上の公平性を図り、カーボンリーケージを防止するべく、以下の「炭素国境調整措置に関する基本的な考え方」に基づき、欧米等各国の動向を注視しつつ、引き続き必要な対応を検討していく。

<炭素国境調整措置に関する基本的な考え方>

- ・炭素国境調整措置は、国内の気候変動対策を進めていく際に、他国の気候変動対策との強度の差異に起因する競争上の不公平を防止し、カーボンリーケージが生じることを防止するためのものである。輸入品に対し炭素排出量に応じて水際で負担を求めるか、輸出品に対して水際で負担分の還付を行う、または、その両方を行う制度である。

- ・日本は、対話等を通じて、主要排出国及び新興国がその能力に応じた排出削減に取り組むよう国際社会を促していくことが基本である。よって、炭素国境調整措置については、その導入自体が目的であるべきではなく、国際的な貿易上の悪影響を回避しつつ、新興国を含む世界各国が実効性のある気候変動対策に取り組む誘因とするものでなければならない。
- ・炭素国境調整措置について、諸外国の検討状況や議論の動向を注視しつつ、国内の成長に資するカーボンプライシングの検討と並行しながら、以下の対応を進める。
 - ①炭素国境調整措置は、WTOルールと統合的な制度設計であることが前提であり、諸外国の検討状況も注視しながら対応について検討する。
 - ②製品単位当たりの炭素排出量について、正確性と実施可能性の観点からバランスの取れた、国際的に信頼性の高い計測／評価手法の国際的なルール策定・適用を主導する（例：ISOの策定）。また、各国が有する関連するデータの透明性を確保することを促す。
 - ③日本及び炭素国境調整措置を導入する国において、対象となる製品に生じている炭素コストを検証する。
 - ④炭素国境調整措置導入の妥当性やその制度の在り方について、カーボンリーケージ防止や公平な競争条件確保の観点から立場を同じくする国々と連携して対応する。

(5) 国際連携

2050年カーボンニュートラルの実現に向けた革新的な技術開発やその社会実装を進める上では、内外一体の産業政策の視点が不可欠である。国内市場のみならず、新興国等の海外市場を獲得し、スケールメリットを活かしたコスト削減を通じて国内産業の競争力を強化する。あわせて、対日直接投資、内外協業・M&Aを通じ、海外の資金、技術、販路、経営を取り込んでいく。そうした取組により、持続的な成長を実現するためにも、国際連携又は多国間・二国間の国際交渉において、積極的なルールメイキングや、標準・基準の策定を提案することで、我が国が議論をリードしていく必要がある。

具体的には、日本企業と海外企業との協業・M&Aのためのプラットフォームである「Japan Innovation Bridge (J-Bridge)」を活用して、洋上風力分野など、カーボンニュートラルに強みを持つ欧州・米国企業と、日本企業との協業等を進め、日本企業の競争力強化を図る。その際、地方自治体との連携により、地域の強みの強化につなげる。また、ASEAN等において新市場創出の動きが急速に進んでいる機会を捉え、脱炭素化に関連した技術力を持つ日本企業として、現地企業との協業を促進するなど、協力を進める。

また、重点分野等におけるイノベーション・技術開発で各国と連携しつつ、社会実装・市場獲得を視野に入れた海外実証プロジェクトの実施や、日本企業の技術を活用した海外インフラプロジェクトの組成支援、貿易保険の機能強化（「LEAD イニシアティブ」）の一環として、「環境イノベーション保険」の機能強化・運用改善を検討することや、日本企業の技術・ノウハウや日本の制度（標準・基準等）の海外普及を担う現地の産業界・政府関係者等の育成等により、社会実装を推進する。さらに、パリ協定における市場メカニズム、金融市場の情報開示・評価の基準、クレジット取引等を含む国際的なルールメイキングや、標準・基準の策定等にも積極的に参画していく。

① 主要国との連携

米国・欧州等との間では、イノベーション政策における連携、新興国を始めとする第三国での脱炭素化に向けた取組への支援を含む重点分野等における個別プロジェクトの推進、重点分野等での要素技術の標準化、貿易障壁の除去等のルールメイキングに取り組んでいく。

また、特にグローバルな脱炭素化を進めていく観点で重要なアジア新興国等との間では、国際エネルギー機関（IEA）や東アジア・アセアン研究センター（ERIA）といった国際機関とも連携しつつ、アジア新興国は先進国よりも社会的・経済的制約が大きいことを踏まえ、より現実的なアプローチで脱炭素化へのコミットメントを促す必要がある。こういった観点から、IEAが提唱する「すべてのエネルギー源、すべての技術」の考え方にに基づき、再生可能エネルギーに加え、CO₂回収、原子力、水素、バイオ燃料とともに既存インフラを活用したアンモニア・水素混焼／専焼、化石燃料の脱炭素化など、ファイナンス面、技術・人材協力面も含め、脱炭素化に向けた幅広いソリューションを提示する。また、市場獲得の観点も踏まえ、二国間及び多国間の協力を進めていく。

具体的には、以下の取組を進めていく。

(i) 日米首脳共同声明「新たな時代における日米グローバル・パートナーシップ」に基づく協力

2021年4月に開催された日米首脳会談において立ち上げられた「日米競争力・強靱性（コア）パートナーシップ」及び「野心、脱炭素化及びクリーンエネルギーに関する日米気候パートナー

シップ」の中で、日米両国は、クリーンエネルギーや他の関連する分野における、両国の技術力を最大限に活用することにより、気候変動に対処し、グリーンで持続可能な世界成長・復興を促進するため、以下について取り組むことを確認した。

- ・ 再生可能エネルギー・省エネルギー技術、グリッドの次世代化、エネルギー貯蔵（蓄電池や長期貯蔵技術等）、スマートグリッド、水素、CCUS／カーボンリサイクル、産業における脱炭素化、革新原子力等のクリーンエネルギー技術に関するイノベーション、開発及び普及における連携・支援
- ・ 電力系統最適化、デマンド・レスポンス、スマートグリッド、再生可能エネルギー・省エネルギーに関連する、気候変動・環境に、配慮・適応したインフラの整備・活用の推進
- ・ ICT 技術（スマートシティ、省エネルギーICT インフラ、インフラ管理のためのデジタルソリューション等）、カーボンニュートラルポート及び持続可能で気候に優しい農業を含め、気候変動緩和、クリーンエネルギー及びグリーン成長・復興に貢献する他の分野についての協力
- ・ 2050 年までの地球規模の排出実質ゼロの実現に向けて、再生可能エネルギーを迅速に普及させ、経済の脱炭素化を推進し、地域における多様で野心的かつ現実的な移行の道筋を加速化させるため、新たに設立された日米クリーンエネルギーパートナーシップ（JUCEP）や、気候変動やクリーンエネルギー分野において両国が連携して国レベルで行う他の活動などによる、インド太平洋地域の国々を含む開発途上国の支援

（ii）アジア等新興国における「エネルギーtransition」の加速化

世界のカーボンニュートラル実現に向けて、途上国、特にアジア等の新興国のエネルギー資源の安定供給確保と持続的な経済成長を実現しつつ、各国のカーボンニュートラルに向けた現実的なtransitionの取組を加速化すべく、アジア等新興国による自主的な取組を支援する。

具体的には、

- ① 各国のニーズや実態等を踏まえたエネルギーtransitionのロードマップの策定
- ② アジア版transition・ファイナンスの考え方の策定・普及
- ③ 個別プロジェクトに対する 100 億ドルのファイナンス
- ④ グリーンイノベーション基金による研究開発・実証の成果の活用
- ⑤ 1,000 人を対象とした脱炭素技術に関する人材育成
- ⑥ 「アジア CCUS ネットワーク」を通じたアジア域内の CCS の知見共有等

をパッケージ化した「アジア・エネルギー・transition・イニシアティブ（AETI：エイティ）」を推進する。

さらに、こうした支援の対象国をアジアのみならず他の新興国へも広げるとともに、支援パッケージに厚みを増すべく、米国やカナダ、豪州、中東諸国等との連携を進める。

（iii）日 EU 首脳声明「日 EU グリーン・アライアンス」に基づく協力

2021 年 5 月に開催された日 EU 首脳協議において、「日 EU グリーン・アライアンス」が立ち上げられた。グリーン成長と 2050 年温室効果ガス実質排出ゼロを達成するため、気候中立で、生物多様性に配慮した、資源循環型の経済の実現を目指す。また、2021 年の気候変動 COP26 及び生物多様性 COP15 の成功及びその先も念頭に置きながら日 EU で協力を行う。具体的には以下の分野での協力を想定する。

- ① エネルギートランジション：再エネ、蓄電池、水素、CCUS／カーボンリサイクル、原子力等の技術協力
- ② 環境保護：資源循環効率の向上及び生物多様性の保全
- ③ 民間部門：企業の気候変動対策・環境配慮に資する政策の推進
- ④ 研究開発：低炭素技術の研究開発や社会実装
- ⑤ 持続可能な金融：持続可能な金融の促進に向けた協力
- ⑥ 第三国における協力：途上国の気候中立で強靱な社会への移行に向けた協力の促進
- ⑦ 公平な気候変動対策：日 EU の取組が正当に評価される国際ルール整備、主要新興国への共同での働きかけ

(iv) 「貿易と気候変動」に関する日本提案

日本を含む世界全体のカーボンニュートラル実現のためには、既存の製品・技術の活用だけではなく、排出削減に貢献する優れた革新的な製品・技術を開発し、グローバルに普及させる必要がある。そのためには、貿易上の障壁があれば除去するなどの措置が必要であり、今後、国際的なルールメイキングがますます重要となる。このような考えの下、世界全体のカーボンニュートラルに向けた国際的なルールメイキングを我が国がリードしていくため、2021年3月、世界貿易機関（WTO）の少数有志国による閣僚級会合（オタワ・グループ閣僚級会合）において、気候変動対策に資する製品の関税撤廃や、規制面でのルール作り等を日本から提案した。

「貿易と気候変動」に関する同提案では、

- ① 水素関連製品等、脱炭素に直接貢献する技術が用いられた物品（環境物品）の関税撤廃
- ② 「環境物品」やその部品・原材料への輸出規制の規律強化、国内規制と国際規格との調和など規制面に関するルール作り
- ③ 途上国へのキャパシティ・ビルディングの実施

の三本柱からなる提案を行った。今後、まずは2021年11～12月に予定されるWTO第12回閣僚会議に向けて、関心国と共に議論していく。

② 東京ビヨンド・ゼロ・ウィークを通じた国際発信・国際連携

こうした国内外での動向を踏まえ、「東京ビヨンド・ゼロ・ウィーク」として、エネルギー・環境関連の国際会議を集中的に開催し、各国や各分野をリードする世界の有識者や指導者を集め、カーボンニュートラル実現に向け「経済と環境の好循環」を実現する日本の成長戦略の世界に向けた発信（ICEF）、先端的研究機関間の協力促進（RD20）、イノベーションの実現やトランジションを支える資金動員に向けた環境整備（TCFD サミット）を進める。さらに、水素、カーボンリサイクル、化石燃料の脱炭素化といった重点分野での国際的な議論や協力をリードするプラットフォームとして活用していく。

(6) 2050年に向けた大学における取組の推進等

① カーボンニュートラルに資する教育研究体制の整備に向けて

2050年カーボンニュートラル社会の実現に向けては、大学において、人材育成や研究開発を進めるための環境を整備することが重要である。こうした人材育成等は、2050年を待つことなく速やかに行われる必要があり、そのための環境整備については、既に大学に在籍している者も対象に、直ちに開始することが必要である。

特に、必要となる人材と大学の学部学科のマッチングが図られる¹³ことが必要である。具体的には、2050年カーボンニュートラル、あるいは現在進展しているデジタル化の大きな流れ等、社会が一変することを考えれば、大学は、学生や社会のニーズに機動的に対応した人材育成を行うことが求められる。

例えば、カーボンニュートラルに資する学位プログラムを設定するなど、学部・大学院等を横断・連携した教育研究の推進や、地方国立大学の限定的・特例的な定員増を活用した先導的な取組の創出など、カーボンニュートラル社会の実現に資する大学の学部・学科やカリキュラム、リソースを整備することが必要となる。また、カーボンニュートラル社会の実現という大きな社会変革に対応するためには、キャリアアップ・キャリアチェンジのための学び直しも重要であり、大学院における履修証明制度の充実や入学前の単位認定の拡大、在学期間短縮やオンライン授業の活用等を通じて、カーボンニュートラルに係るリカレント教育を加速することも必要である。この際、カーボンニュートラルを含めた持続可能な社会の実現に向けた人材育成においては、理系分野のみならず、必要な要素は何かということに係る分野横断的な知見も必要であり、関係省庁が連携して、大学等間の議論を推進する。

また、カーボンニュートラル社会の実現に資する観点から、地球環境問題の解決のため、持続可能な社会の創り手となることが期待される子供たちが、環境問題について理解を深め、環境を守るための行動を取ることができるよう、初等中等教育段階から地球環境問題に関する教育の充実を図ることが必要である。学校においても、GIGAスクール構想等のインフラも活用しながら、STEAM教育を始め、地球環境問題等をテーマに、実生活・実社会における問題と結び付けて、各教科等で学んだことを統合的に働かせながら、探究のプロセスを展開する学びを推進していくことが重要である。

② 大学と地域社会

2050年カーボンニュートラルの達成に向けては、国や地域の変革に向けた知見の創出・普及の観点から、人文・社会科学から自然科学までの分野横断的な研究開発を推進するとともに、大学等と地域社会の連携を推進し、地域における大学等の「知の拠点」としての機能を強化することが必要である。そのため、文部科学省、経済産業省、環境省は「カーボン・ニュートラル達成に貢献する大学等コアリション」¹⁴を立ち上げ、地域社会との連携、人材育成等について、先進的な取組や研究成果の横展開・議論を行い、カーボンニュートラルに向けた知見・技術の社会実装等を推進する。

¹³ 例えば、1960～70年における大学生の増加率は約120%である。他方で、高度経済成長期の工業発展の中で、工学分野の学生の増加率は約210%となっている(文部科学省「文部科学統計要覧」令和2年度版)。

¹⁴ 大学が、国や自治体、企業、国内外の大学等との連携強化を通じ、国・地域の脱炭素化等に資する研究開発や社会実装の推進、地域やキャンパスのゼロカーボン化等に係る機能や発信力を高め、カーボンニュートラル達成に一層貢献していくための大学等間ネットワーク。2021年夏に立ち上げ予定。

また、カーボンニュートラルに資する大学の研究成果等を社会に還元するために、指定国立大学法人において、大学発ベンチャーへの出資を活用するよう促進する。

同時に、地域の中堅・中小企業にとって、カーボンニュートラルを始めとする社会課題への対応については、人材の確保が不可欠である。この際、各地域の人材ハブとしての大学の役割は大きい。そこで、カーボンニュートラルの実現に向けた、地域の人材育成と研究開発を推進する複数の大学と企業のネットワークを形成する。また、カーボンニュートラルの人材育成に資する大学等におけるインターンシップの取組について、大学等コアリションとの連携等も通じて、広く情報収集等を行い、横展開を図る。

③ 経済波及効果の分析手法の検討等

2050年カーボンニュートラルに向けた、国や自治体、大学、研究機関における政策の企画立案・提言や、その効果の検証にとって、例えば経済的なプラスマイナス効果や新製品の増加による経済波及効果を示し得ることは重要な要素である。

そのため、カーボンニュートラルに向けた政策立案の十分な効果検証を実現すべく、例えば経済波及効果を計算することができる産業連関表¹⁵への反映の可能性も含め、関係府省庁とも連携し、カーボンニュートラルに資する品目群の特定や分析方法の確立を目指し検討を進める。これにより、例えば、複数試算の諸元の設定などが、統一的手法で行われることを目指す。

その他、カーボンニュートラルの実現に向けて、国連が定める国際基準である環境経済勘定体系(SEEA)や国際機関等による研究に則しつつ、環境要因を考慮した統計(グリーンGDP(仮称)など)や指標に係る研究やその整備を関係省庁が連携して行う。

¹⁵ ここから数年の間に、各分野において企業の動きが大きく加速することで、カーボンニュートラルに資する品目にも変化が生じると考えられる。さらに、例えば産業連関表については、統合小分類で約200品目に及ぶため、数年単位での調査を要するものであることや、政府全体の統計の見直しに伴って、産業連関表も含めた経済統計の推計方法の変更が今後予定されていること、などを勘案すれば、例えば令和7年産業連関表から、カーボンニュートラル関連品目群の導入を行うことなどを想定しつつ検討を進める。

(7) 2025年日本国際博覧会

2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す中で、2025年日本国際博覧会（大阪・関西万博）の機会を活用するとともに、大阪・関西万博を契機に、日本は、「課題解決先進国」として、人間一人一人がそれぞれの可能性を最大限発揮できる持続可能な社会を、国際社会と共に創ることを推し進めることが、我が国の基本方針である。

また、大阪・関西万博の会場を「People's Living Lab（未来社会の実験場）」として、新たな技術やシステムを実証する場と位置付けることで、国内外の多様なプレイヤーによるイノベーションを誘発し、それらを社会実装していくための巨大な装置とすることをコンセプトとしている。

① 革新的なイノベーション技術の実証

大阪・関西万博の会場である大阪市臨海部（夢洲）は、3つの主要な空港や複数の大規模な港、高速道路、新幹線といった交通インフラが整備されており、国内・海外からのアクセスが容易な地点であるとともに、総合的な防災対策が講じられているなど、実証を行うのに適した地域である。

この際、グリーンイノベーション基金において将来的に採択されたプロジェクトとの連携を図ることで、個社単位ではなく、我が国全体としての効率的な研究開発の促進に資することとなる。特に、大阪・関西万博のような国際的かつ市民参加型のイベントにおける取組は、供給側だけでなく、実際にイノベーションの果実を享受するユーザー側の声を反映させることが比較的容易であり、社会実装までを一気通貫で視野に入れている同基金の基本理念にもかなうものである。以下に列挙する実証的取組については、同基金における扱いは2021年6月時点においては未確定であるものの、例えば実証地域の一部を、大阪・関西万博会場で行うなど、相互に協力関係を構築できるよう、政府としても働きかけを行う¹⁶。また、その他の実証的な取組についても、同様の考え方に基いて行うこととする。

例えば、以下のような取組について、大阪・関西万博の会場等における実証等を目指す。

- ・燃料アンモニア産業関連では、会場近郊においてアンモニア発電の実証等を行う。
- ・水素産業、船舶産業関連では、水素発電の実証等を行い、CO₂フリー電力を会場に供給するとともに、会場内外で運行するモビリティ等において水素由来エネルギーを活用することで水素活用社会をPRする。
- ・カーボンリサイクル産業関連では、CO₂を回収する技術、生ごみから発生するバイオマス由来のCO₂から合成メタンを生成する技術を会場内で実証する。また、CO₂吸収型コンクリートについて、万博会場を活用して性能向上に必要となる実証等を行う。
- ・2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指し、ネガティブエミッション技術（DACCS；Direct Air Carbon Capture and Storage）につながる実証等を行う。
- ・ペロブスカイト等の次世代型太陽電池について、万博会場等における試作品のデモンストレーション等を行う。

¹⁶ 「グリーンイノベーション基金事業の基本方針」（2021年3月12日）においては、「(3) 早期実用化の促進 着実な社会実装を促すため、プロジェクトの終了を待たず、研究開発成果を利用し得るユーザーとの意見交換、ユーザーに対する試作品提供、国際展示会（大阪・関西万博等）への出展等により、ユーザーの声を活かして素早く軌道修正を図る開発手法（アジャイル開発）を促進する。」とされている。

- ・資源循環産業関連では、飲食物の提供・販売に活用できるバイオマス由来の生分解性容器の循環処理・資源化に関する実証等を行う。

② 万博全体としての取組

こうした革新的イノベーション技術の実証のみならず、パビリオン等の会場施設においても、カーボンニュートラルを中心とした「2050年の社会像」を強く意識した展示やイベントの展開を積極的に進めることにより、大阪・関西万博全体として、日本と世界の「いのち輝く未来社会のデザイン」を、カーボンニュートラルを軸のひとつとして提示する。

また、会場で利用されるエネルギーについては、次世代型太陽電池を始めとした再生可能エネルギーや水素・アンモニアの利用を進めるとともに、CO₂吸収型のコンクリート、ネガティブエミッション技術の活用等を目指すことにより、大阪・関西万博の場を「ビヨンド・ゼロのまちづくり」につながる日本の最先端の技術をPRする場として活用する。

③ 取組・効果の国内外への発信

大阪・関西万博は、開催期間の半年にわたって、国内外から2,820万人の来場者を見込むプロジェクトである。カーボンニュートラルに関する大阪・関西万博の取組については、来場者の声を確実に整理し、反省点も含めた上で、社会実装に役立つ形で国内外に発信することとする。

また、この際は、2050年の現役世代を強く意識し、未成年層の声も重点的に整理する。また、同時に、2050年の少子高齢化社会も見据え、高齢者としての利便性の声も意識する。これらの声の提供に当たっては、簡易・気軽に率直な印象を提供いただけるような工夫を行う。

これは革新的イノベーション技術の実証においても同様であり、各パビリオンを含む会場及び会場近郊のエリアを活用し、魅力的なデザインやバーチャル技術を活用しながら、来場者からのフィードバックが行われるような仕組みを検討する。その際、個別技術が散逸的・独立的に存在するのではなく、全体として、カーボンニュートラルという大きな目標にどのようにつながっているかを、よりよく実感し、体感することができるようなデザインを行うことを目指す。

(8) グリーン成長に関する若手 WG

2050 年カーボンニュートラルの実現に向けて我が国社会が成長し続けるためには、2050 年に現役である若手世代の意見を取り入れることも重要である。したがって、経済産業省に「グリーン成長に関する若手 WG¹⁷⁾」を立ち上げ、2050 年カーボンニュートラルに向けた課題と取り組むべき政策を若手目線で検討し、2021 年 6 月に報告書「自分ゴトにするために／共感から始めるカーボンニュートラル」を取りまとめた。その中で行われた提言のポイントは以下のとおりであり、こうした政策の実現に向けて、今後も若手世代による議論を継続していく。

① 経済の持続可能性を表す新たな指標の設定

カーボンニュートラルに向けた取組は、短期的にはコストに見えてしまう。2050 年に向けて、長期的に持続可能性を保って取組を継続するためには、カーボンニュートラルに向けた取組が、その他の取組に比べて、相対的に評価される必要がある。また、将来のウェルビーイングを保障するために「未来に何を残せるのか」という視点が重要である。

若手 WG においては、具体的な政策として、「現在の総生産力」を測る GDP に対して、「未来に残す総資産」を測る新たな指標である国内総持続可能性 (GDS ; Gross Domestic Sustainability) 等についての議論を行った。

② カーボンニュートラルに向けた行動の可視化

カーボンニュートラルの達成には、一人一人がカーボンニュートラルについて考え、行動につながる事が重要であり、カーボンニュートラルへの関心の有無に関わらず、各ステークホルダーの行動変容を実現することが重要である。

若手 WG においては、具体的な政策として、カーボンニュートラルに資する行動の可視化 (提示) や、消費者視点でカーボンニュートラルに資する取組を体系的に整理し、その取組を行った場合にポイントが付与されるといった、消費者の行動変容を後押しする取組等について議論を行った。

③ CO₂ の可視化 (ライフサイクルアセスメント) の推進

各主体のカーボンニュートラルに向けた取組を適切に評価するためには、CO₂ の排出及び削減や、その影響を適切に可視化することが必要である。特定の業種だけではなく、産業全体・サプライチェーン全体を見渡すことが重要である。

若手 WG においては、具体的な政策として、CO₂ の排出・削減量及び影響を評価するための統一的な算定ルール・規格の策定や、可視化した情報を元に投資家向けの認証制度を構築するなど、開示に当たっての企業のインセンティブ付け等について議論を行った。

④ カーボンニュートラルへの移行に向けたコスト負担に関するガイドラインの策定

企業のカーボンニュートラルに向けた取組を後押しするためには、そのコストを明らかにするとともに、そのコストを単一企業のみで負担するのではなく、サプライチェーンの中で適切にコストを分担することが必要である。

¹⁷⁾ 2020 年 12 月に経済産業省に設置された私的研究会。民間企業や大学、研究機関、省庁の若手有志 (計 76 名・平均年齢 30 歳) で構成。

若手 WG においては、企業がカーボンニュートラルに取り組むに当たってのコストの全体像の提示と、個別項目（研究開発、設備投資、既の実施した研究開発の無効化等）の一覧化が必要であるという問題意識の下、具体的な政策として、業種や地域、事業規模等に応じた、具体的なコストのイメージや投資計画のひな型、サプライチェーン内でのコスト負担の考え方等をまとめたガイドラインの策定等について議論を行った。

⑤ 炭素循環プロセスの構築

CO₂回収・資源化に立脚した炭素循環プロセスの構築によって、炭素資源を基盤とする既存産業の存続・発展、CO₂の資源化による新たな産業の創出を図ることが重要である。

若手 WG においては、具体的な政策として、CO₂回収・活用技術に関する基礎研究の支援、CO₂を活用した製品価格の調整等について議論を行った。

⑥ 人材育成

(i) 起業人材の応援

イノベーション創出の担い手として、様々な分野でスタートアップの活躍が求められている。2050年カーボンニュートラル社会の実現に向けても、どのような技術が勝ち筋となるか分からない不確実性の高い取組だからこそ、多数のスタートアップが試行錯誤し、カーボンニュートラル実現に資するイノベーションを生み出していくことが期待される。一方で、環境関連のスタートアップエコシステムにおいては、

- ・ 実用化までの期間が比較的長期にわたるため、投資を集めるのが困難
- ・ 情報（先行事例や環境関連技術、投資家の動向等）が不足している

といった課題が存在する。

若手 WG においては、カーボンニュートラル関連のスタートアップの活動を重点的に支援する必要があるとの問題意識の下、具体的な政策として、環境分野における起業人材と、企業や大学、行政といった多様な関係者が結びつくためのネットワーク構築の支援や、カーボンニュートラル関連の新規事業立ち上げのためのガイドラインの策定等について議論を行った。

(ii) カーボンニュートラルに関する知見獲得の支援

カーボンニュートラルに向けた取組を着実に進めるためには、様々な取組を実行するための人材が不可欠である。企業の場合、研究開発人材や経営に携わる人材にカーボンニュートラルに関する知見が求められることに加えて、就業者全体にも、最低限カーボンニュートラルに関する知見が必要であるように、様々な主体が、その役割に応じてカーボンニュートラルに関する知見を獲得し、カーボンニュートラルに向けた取組の進展に応じて柔軟に対応することが必要である。

若手 WG においては、具体的な政策として、社会人の学び直し（リカレント教育）や大学教育でのダブルメジャー、ひいては初等中等教育におけるカリキュラムの見直しを通じて、様々な人材のカーボンニュートラルに関する知見獲得の支援等について議論を行った。

4. 重要分野における「実行計画」

2050年カーボンニュートラルへの挑戦に、成長戦略として取り組む観点から、今後の産業としての成長が期待される重要分野であって、温室効果ガスの排出削減の観点からも、2050年カーボンニュートラルを目指す上での取組が不可欠な分野において、「実行計画」を策定することとする。

足下から2030年にかけて市場が立ち上がるものから、2050年にかけて市場が立ち上がって行くものまで、成長に至る時間軸が異なる14分野を取り上げる。

これらの分野については、エネルギー関連産業、製造・輸送関連産業、家庭・オフィス関連産業など、その分野ごとに、足下の「導入拡大フェーズ」における対応の必要性が高い分野から、将来に向けた「研究開発フェーズ」における対応の必要性が高い分野など様々であるが、それぞれの分野の特性を踏まえながら、日本の国際競争力を強化しつつ、自立的な市場拡大につなげるための具体策を盛り込んでいく。

今後、これらの分野における実行計画の着実な実施を通じて、2050年カーボンニュートラル社会の実現可能性を、関係省庁が一体となって、年々高めていく。

この際、カーボンニュートラルを目標の一つとしつつ、革新的技術によるイノベーションの創出や社会実装を目指すことに主眼を置いている、「革新的環境イノベーション戦略¹⁸」や「みどりの食料システム戦略¹⁹」、「半導体・デジタル産業戦略²⁰」、「地域脱炭素ロードマップ²¹」、「国土交通グリーンチャレンジ²²」などと、相互連携を図ることで、各分野の実行計画の実現の確度を高めることが重要である。

また、カーボンニュートラルの本質は、社会を変える企業・人々の、行動の変革にある。行動の変革は、技術の提供側と利用側の双方において、技術の「使い方」や「つながり方」を変容させ、イノベーションのスパイラルをもたらす。そのため、2050年カーボンニュートラルの結果としての、脱炭素効果以外の国民生活のメリットを意識して、グリーン成長戦略と各分野の実行計画を推進していく。

¹⁸ URL 参照 <<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/pdf/kankyousenryaku2020.pdf>>

¹⁹ 農林水産省では、食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現するため、中長期的な観点から戦略的に取り組む政策方針として、「みどりの食料システム戦略」を2021年5月に取りまとめた。

URL 参照 <<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/index.html>>

²⁰ 経済産業省では、「半導体・デジタル産業戦略検討会議」を開催し、半導体の競争力強化やデータセンター等のデジタルインフラの強化・最適配置、デジタル社会を支えるデジタル産業の育成などからなる「半導体・デジタル産業戦略」を2021年6月に取りまとめた。詳細は、「4（6）半導体・情報通信産業」を参照。

URL 参照 <<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210604008/20210604008.html>>

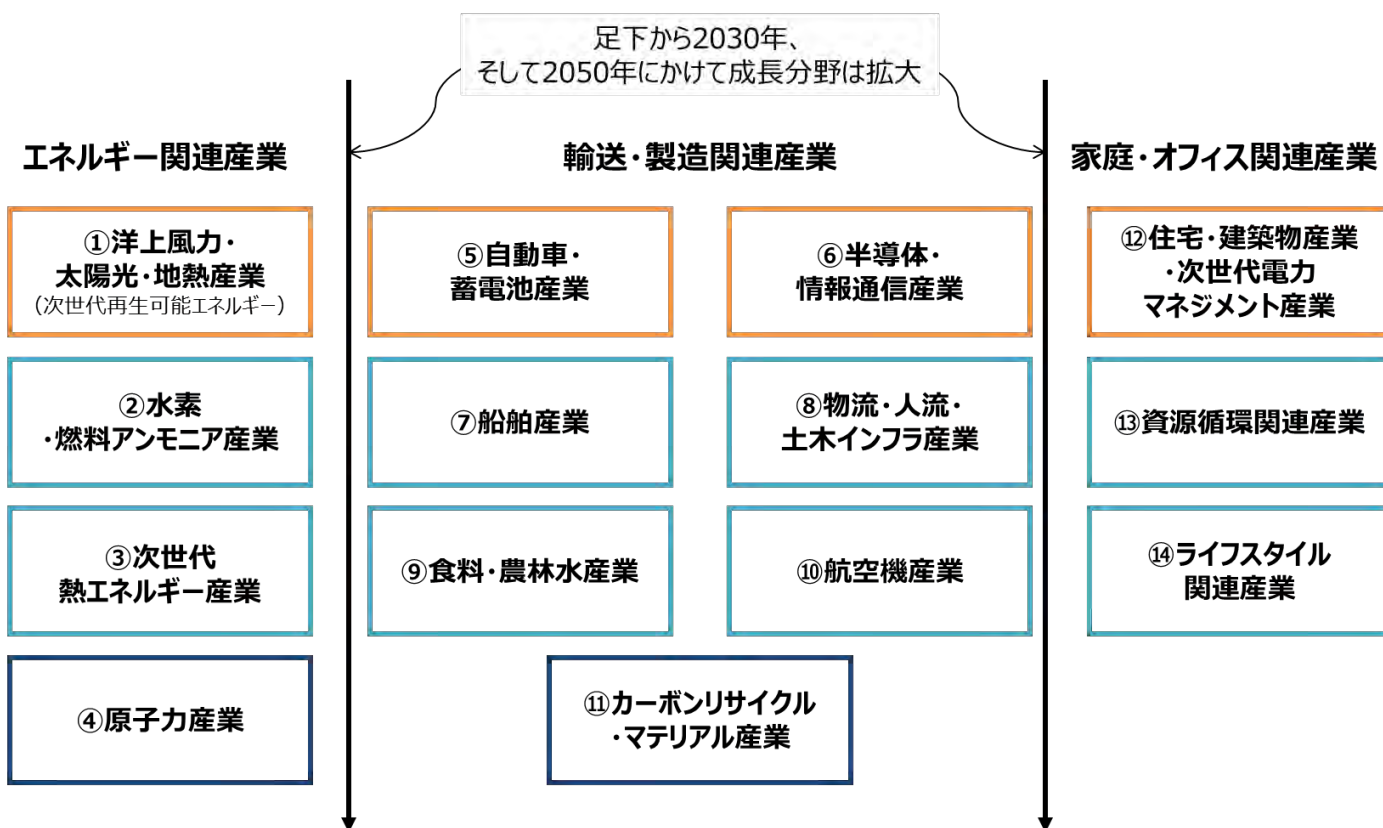
²¹ 国・地方脱炭素実現会議では、国と地方の協働・共創による、地域における2050年脱炭素社会の実現に向けて、特に地域の取組と密接に関わる「暮らし」「社会」分野を中心に、国民・生活者目線での2050年脱炭素社会実現に向けたロードマップ及びそれを実現するための関係府省・自治体等の連携の在り方等について検討及び議論し、「地域脱炭素ロードマップ」を2021年6月に取りまとめた。

URL 参照 <<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/datsutanso/>>

²² 国土交通省では、国土・都市・地域空間におけるグリーン社会の実現に向け、2021年夏に取りまとめる「国土交通グリーンチャレンジ」により、2021年度から、暮らし、まちづくり、交通、インフラ等における脱炭素化に向けた緩和策・適応策等の分野横断・官民連携による取組を戦略的に推進していく。

URL 参照 <https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/s204_green.html>

(成長が期待される 14 分野)



(1) 洋上風力・太陽光・地熱産業（次世代再生可能エネルギー）

i) 洋上風力

洋上風力発電は、大量導入やコスト低減が可能であるとともに、経済波及効果が期待されることから、再生可能エネルギーの主力電源化に向けた切り札である。特に、事業規模は数千億円、部品数が数万点と多いため、関連産業への波及効果が大きい。

我が国の洋上風力産業を育て、競争力を強化していくため、国内においてコスト低減を図りつつ最大限の導入を進め、将来的にはアジアの成長市場を獲得していく戦略を官民で構築し、実現していくことが、エネルギー政策・産業政策双方の観点から重要である。

そこで、まずは魅力的な国内市場の創出に政府としてコミットすることで、国内外からの投資の呼び水とし、事業環境整備等を通じて投資を促進することにより、競争力があり強靱な国内サプライチェーンを構築する。さらに、アジア展開を見据えて次世代の技術開発や国際連携に取り組み、国際競争に勝ち抜く次世代産業を創造していく。

上述のような方向性を示す「洋上風力産業ビジョン（第1次）」（令和2年12月15日）に基づき、「洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会」を通じて、官民一体となって取組を推進する。

① 魅力的な国内市場の創出

<現状と課題>

グローバルな洋上風力市場は着実に成長しており、国際機関の分析では、2040年には全世界で562GW（現在の24倍）、120兆円超の投資が見込まれる成長産業である²³。

他方、風車製造は海外企業が米欧中を中心に立地している状況である。特に欧州では、需要地に近い工場立地により輸送コストを抑えつつ、風車の大規模化や量産投資を行うことにより、過去10年でコスト低減が進展し、洋上風力発電による売電価格が、落札額10円/kWhを切る事例や、補助金に頼らない事例も生じている。

一方で、2030年の世界シェアのうち41%（96GW）がアジアになるとの予測²⁴もあるなど、今後、アジア市場は急成長が見込まれ、欧米風車メーカー等のアジア進出が本格化しており、アジア各国においても誘致競争が始まっている。日本においても、「海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律（再エネ海域利用法）」に基づく公募（4か所、約150万kW）が2020年度から始まっており、案件獲得に向けて発電事業者を中心にサプライチェーン全体で取組が活発化している。

国内にサプライチェーンを新たに構築するためには、まずは国内外からの投資の呼び込みが必要である。産業界からは、投資判断のためには、市場規模の見通しが必要との意見があった。このため、政府として導入目標を明示するとともに、「絵に描いた餅」とならないよう、その実現に向けた取組を進める。

<今後の取組>

第一に、魅力的な国内市場の創出に政府としてコミットすることで、国内外からの投資の呼び

²³ 国際エネルギー機関（IEA） 「Offshore Wind Outlook 2019」 Sustainable Development Scenario (SDS)

²⁴ 世界風力会議（GWEC） 「Global Offshore Wind Report 2020」

水とするため、政府として導入目標（「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」に基づく認定量）を明示する。具体的には、2030年までに1,000万kW、2040年までに浮体式も含む3,000万kW～4,500万kWの案件を形成する²⁵。

第二に、2019年4月に施行された再エネ海域利用法に基づき、着実に案件形成プロセスを進めていく。加えて、施行を通じて得られた知見を踏まえ、案件形成の迅速化に向けて必要な改善を図る。また、初期段階から政府や地方自治体が関与し、より迅速・効率的に風況等の調査、適時に系統確保等を行う仕組み（日本版セントラル方式）の確立に向け、実証事業を立ち上げることなどにより、案件形成を促進し、継続的な区域指定につなげていく。具体的には、事業者の重複確保が問題となっていた系統確保について、系統確保スキーム²⁶を適用した系統の公募への活用に向けて、ガイドラインや関係機関の規程等の改訂等、2021年度中に関連するルールの整備を行う。また、国主導による風況調査、海底・海象調査等についての実証事業等を進め、案件形成を促進する。

第三に、系統や港湾等のインフラ整備を計画的に進めていく。導入目標の実現に貢献する系統整備のマスタープランについて、2021年5月に取りまとめた中間整理を踏まえ、2022年度中を目途に完成を目指す。さらに、洋上風力発電の適地から大需要地に運んでくる送電網が重要であるため、海底の長距離直流送電線について、「長距離海底直流送電の整備案に向けた検討会」を2021年3月から立ち上げ、技術的課題やコストを含め、導入に向けた整備案を具体化する。また、送電網の空き容量を超えて再エネが発電した場合に出力を一部抑えることを条件に、より多くの再エネを送電網に接続する仕組みについて、ローカル系統等への全国展開に必要な技術開発等を進めるとともに、石炭火力等より再エネが優先的に送電網を利用できるようなルールの適用開始に向けての検討も進める。さらに、基地港湾については、既に地耐力強化等の整備を終えた秋田港を活用し、発電事業者によって風車の設置工事が開始されている。残る3港湾については、引き続き大型風車の設置・維持管理に必要な地耐力強化等の工事を着実に進める。加えて、有識者や関係団体等から構成する検討会を立ち上げ、系統整備や促進区域等指定のスケジュール、風車の大型化傾向等を踏まえつつ、将来的な我が国の基地港湾に求められる機能や、地域経済の活性化や雇用創出を図るための臨海部エリア等における企業誘致策等の検討を進め、2021年度中の取りまとめを目指す。

② 投資促進・サプライチェーン形成

<現状と課題>

政府による国内市場の創出を投資の呼び水として、競争力があり強靱なサプライチェーンを形成することが、電力安定供給や経済波及効果といった観点から重要である。

風車については、国内に製造拠点が不在であるため海外からの輸入に依存している。また、発電機、増速機、ベアリング、ブレード用炭素繊維、永久磁石等の陸上風力の経験等から技術力を有する国内部品メーカーの潜在力や国内のものづくり基盤を十分に活用できていないのが現状で

²⁵ 「実行計画」（令和2年12月1日成長戦略会議）においては、「日本において、2040年までに3,000万kW、大型火力30基分という大きな建設関連需要の創出を目指す。」としているところであるが、2050年カーボンニュートラル実現に向けて、産業界からの投資を引き出すべく、2040年における導入目標を引き上げる。ただし、4,500万kW達成には、浮体式のコストが、技術開発や量産化を通じて、今後大幅に低減することが必要である。

²⁶ 再エネ海域利用法第8条第1項に規定する促進区域の指定を行うことを目的として、一般送配電事業者が暫定的な系統容量を確保することについて、国が電力広域的運営推進機関に要請を行う。

ある。

このため、産業界においては、産業界としての国内調達に係る目標を設定することで、強靱なサプライチェーンの形成を促進する。政府においては、設備投資へのインセンティブ付与や国内外の企業連携の促進、規制改革による事業環境整備等によって産業競争力の強化を図る。あわせて、産官学が連携して、洋上風力発電に必要な人材育成を進めていく。

＜今後の取組＞

第一に、競争力があり強靱なサプライチェーンの形成に向けて、産業界は、我が国におけるライフタイム全体での国内調達比率を2040年までに60%にすること、着床式の発電コストを2030～2035年までに8～9円/kWhにすること、という2つの目標を設定し、実現に向けた取組を進める。

第二に、サプライチェーンの形成に向けて公募におけるサプライチェーンの評価、設備投資へのインセンティブの付与、グローバルなビジネスマッチングの促進等の取組を進める。具体的には、再エネ海域利用法に係る公募占用計画の評価において、電力の安定供給を確保するなどの観点から、強靱なサプライチェーン（国内又はそれと同等のもの）の形成を評価する。また、サプライチェーンの構築に対する設備投資を促していく。さらに、日本企業と海外企業の協業・M&Aのためのプラットフォームである「Japan Innovation Bridge (J-Bridge)」等を通じた海外企業と日本企業のビジネスマッチングの促進や、風車製造に必要であるが特定国依存度の高いレアアース等の原材料の確保に向けた取組を進める。

第三に、事業環境の改善に向け、産業界が整理したプロジェクト推進の障壁となり得る規制について、各省が連携しながら総点検を行う。このうち、まずは、事業者の負担軽減、審査期間の短縮に向けて、2021年4月より実施している経済産業省（「電気事業法」）と国土交通省（「港湾法」、「船舶安全法」）の審査一本化に加えて、経済産業省（「電気事業法」）の安全審査については、同月から、一定の条件下で、有識者による詳細な検証を不要とする設備類型の割合を大幅に増加させ、手続の合理化を図ったところである。さらに、「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律」に基づく、風車撤去時の残置許可基準の明確化については、2021年度より有識者も交えた検討会を開催し、同年度前半を目途に一定の考えを示す。また、航空法に基づく、洋上風力発電設備への航空障害灯の設置等に係る基準の緩和等についても、2021年3月に学識経験者、運航者、風力発電機設置者、航空局関係者で構成した会議体を立ち上げ、検討を行っており、2021年度内を目途に緩和策を取りまとめ、速やかに基準の改正を行う。また、洋上風力の導入に向けて整備が必要な規格を産業界が総点検し、必要性の高い規格については、政府と連携して整備を進める。

第四に、長期的・安定的に洋上風力発電を普及させていくに当たっては、風車製造関係のエンジニア、調査・施工に係る技術者、メンテナンス作業員等の幅広い分野における人材育成を行うことが必要である。その実現に向けて、必要なスキルの棚卸し、スキル取得のための方策を具体化した「洋上風力人材育成プログラム」を策定し、短期的な異業種からの技術者の移動・転換の推進、中長期的な人材育成を進める。

③ アジア展開も見据えた次世代技術開発・国際連携

＜現状と課題＞

サプライチェーンの形成等を通じて競争力を高めつつ、将来的に、気象・海象が似ており、市

場拡大が見込まれるアジアへの展開を目指すことが重要である。

現在、世界で進む洋上風力導入は着床式が中心であるが、浮体式については造船業等の新たなプレイヤーの参入余地が大きく、今後競争の激化が特に見込まれる。商用化を常に見据えながら、技術開発を加速化し、世界で戦える競争力を培っていく必要がある。同時に、将来のアジア市場展開を見据え、国際標準化や政府間対話等により、官民が連携して海外展開の下地づくりを進めていく必要がある。

＜今後の取組＞

第一に、アジア展開も見据えた次世代技術開発を進める。競争力強化に向けて必要となる要素技術を特定するため2021年4月に策定した「洋上風力の産業競争力強化に向けた技術開発ロードマップ」に基づき、特に、サプライチェーン構築に不可欠な風車や中長期的に拡大の見込まれる浮体式等について、要素技術開発を加速化し、実海域での実証を見据えて、グリーンイノベーション基金の活用も検討しつつ、企業から目標へのコミットメントを得た上で、長期間にわたる技術開発・実証等を一貫通貫で支援する取組等を行う。

第二に、将来のアジア市場展開を見据え、政策対話や国際実証等を行うことにより、政府間の協力関係の構築と国内外の企業の連携を促す。具体的には、2021年4月に二国間政策対話である日EUエネルギー政策対話を通じて、ワークショップを開始したところであり、洋上風力に関する協力事例、技術の認証と適合性評価、浮体式等に関する取組・課題について日EU双方の理解を醸成することで、日EU協力の更なる深化を図る。また、海外での洋上風力事業への参画等を検討する日本企業をFSや実証、ファイナンスで支援していく。加えて、浮体式の安全評価手法の国際標準化等を進める。これらの取組等を通じて、浮体式等の海外展開に向けた下地作りを行う。

ii) 太陽光

太陽光発電は、平地面積当たりの導入量が世界一であるなど、再エネの主力として導入が拡大してきた。また、自家消費や地産地消を行う分散型エネルギーリソース（DER）として、レジリエンスの観点でも活用が期待されており、カーボンニュートラルの実現に向けては、更なる導入拡大が不可欠である。

一方で、太陽光発電の導入量はFIT制度導入当初は7～8GW、2016年以降も5～6GW程度を維持してきたが、足下の認定量は1.5GWまで低下している。これはFIT制度導入後、産業全体が未成熟な状況で生じた急激な拡大を、買取価格の引下げや事業規律の強化等を実施し、産業の適正化を図ってきた結果であると考えられるが、今後はこうした経緯を踏まえた産業拡大の絵姿を描いていくことが不可欠となる。

ただし、足下では、太陽電池モジュールの出荷量において日本企業の世界シェアも大きく減少し、2019年には1.8%のシェアにまで低下している。

こうした状況を踏まえ、更なる導入拡大に向けては、適正な事業者による、地域と共生した形での事業実施を大前提に、足下での導入量の再拡大を図りつつ、主流となっている既存のシリコン太陽電池では設置困難な場所でも設置可能な次世代型太陽電池の技術開発等を通じ、中長期的に新市場を創出していくことが急務である。

具体的には、既存の太陽電池では技術的な制約により設置が困難な場所にも設置可能な次世代型太陽電池等の次世代技術の開発に取り組み、太陽光発電の活用可能性の拡大を進める。加えて、関連する市場の活性化等を通じた環境整備を進めることにより、産業の育成・再構築を図りつつ、様々な規制や制度の再検討を通して、地域と共生可能な適地の確保を図る。

① 次世代技術の開発

<現状と課題>

既存の太陽電池は、価格の低減等が進んではいるが、屋根の耐荷重が小さい既築住宅・建築物や、住宅・建築物の壁面等には設置が容易でないという技術的な課題も存在する。こうした技術的課題を克服する次世代型太陽電池の研究開発については、世界各国のあらゆる研究機関等でのぎを削っている状況である。具体的には、我が国においては実験室レベルで、変換効率24.9%を達成しているが、韓国では変換効率25.4%（世界最高）を達成している。また、モジュールについては、国内企業が世界最高変換効率17.9%を達成している。

今後、製品レベルで既存の太陽電池を超える性能の実現（変換効率・耐久性・コスト等）やエンドユーザー等のニーズ（意匠性等）に合わせた技術開発によるビル壁面等の新市場開拓（建材一体型太陽電池等）を進めていくことが課題となる。

また、太陽光発電を始めとした変動再エネ導入の増加は、火力発電の減少とあいまって非同期電源の増加をもたらすことから、慣性力の確保等も系統安定化のために必要となる。

<今後の取組>

ペロブスカイトを始めとした有望技術の開発を徹底的に支援し、性能向上に向けた研究開発を加速化する。特に、既存の太陽電池では技術的な制約のある壁面等に設置可能な次世代型太陽電池の実用化と新市場創出を図るため、次世代型太陽電池や関連製品の社会実装に向けた実証等に取り組む。

具体的には、グリーンイノベーション基金の活用も検討し、産学官が協力してペロブスカイトに関する共通基盤技術の開発を加速化するとともに、製品レベルの性能の実現に向けた個別企業の研究開発も推進する。さらに、上述の研究開発の成果も踏まえて、エンドユーザー企業のニーズを考慮した製品開発、開発された製品のプロトタイプを用いた実証等を行い、次世代型太陽電池の市場投入を加速化させる。

こうした取組を通じ、2030年を目途に一定条件下での発電コスト14円/kWh等を実現して普及段階に移行できるよう、研究開発の重点化を促す。また、こうした研究開発と併せて、海外市場の獲得も見据え、次世代型太陽電池に係る性能評価等の標準化を進める。太陽光発電は2050年までに世界全体で累積4.4TWが導入されると予測されているが、これを前提とすれば、年間の世界での市場規模は約10兆円となる²⁷。(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)によると、2050年に次世代型太陽電池等の技術により期待される市場は、太陽光発電市場全体の50%と想定されており、これを前提とすれば2050年の次世代型太陽電池関連の市場規模は約5兆円と想定される。上述のような技術開発を進めることで早期の市場獲得を図り、こうした世界市場の取り込みを目指す(市場が急拡大した2010年以降に日本企業のピークシェアである25%と同等と仮定すると、その経済効果は1.25兆円となる)。

また、既存の太陽電池では技術的な制約により設置が困難な住宅・建築物にも太陽光発電設備が設置可能となった場合、発電した電力の約3割を自家消費すると仮定すれば、一般家庭においては電力消費量の3割程度を賄うこと(機械的に換算すれば電気代年間1万円相当の節約)が可能となる。

加えて、慣性力を提供する次世代インバーターや系統制御方式の技術開発を進め、2030年代からグリッドコード化や市場開設を通じて、慣性力の確保等を図る。

② 関連産業の育成・再構築

<現状と課題>

太陽光発電の導入拡大を進める上で、更なるコスト低減等を進めつつ、FIT制度等の支援から自立化を進めることが必要である。このため、FIT買取期間が終了した太陽光発電を活用するビジネスモデルの確立や、FIT制度が無くとも導入拡大が可能な環境整備を進めていく必要がある。こうした中、2022年4月にはFIP制度を導入し、再生可能エネルギー発電事業者に電力需給を意識させる取組を進め、太陽光を含む再エネの電力市場への統合を促していく。

加えて、FIP制度を利用又はFIT買取期間が満了した太陽光発電を活用するアグリゲーションビジネスの活性化・育成や、海外に比して高止まりしている家庭用蓄電池等の価格の低減、需要家が遠隔地に発電設備を設置し自ら受電する仕組み(オフサイトPPA)等の新たなビジネス形態の創出・拡大など、多様なプレイヤーの参画を促し、太陽光発電の関連産業を拡大させていく。

<今後の取組>

まず、FIP制度については、制度開始に向けた準備を着実にを行うとともに、制度開始以降は、制度運用状況や市場環境等を踏まえつつ、プレミアム水準や対象範囲等について適時適切に設定・見直しを行っていく。また、DERの価値を各種市場において適切に取引できるよう、海外先行事例も参考にしつつ検討を進めること等により、アグリゲーションビジネスの活性化を促す。

²⁷ 国際再生エネルギー機関(IRENA)における現行政策シナリオの導入見通しより(IRENA Remap 2019 dataset, IRENA Future of Solar PV 2019)

蓄電池についても、定置用蓄電池の価格低減・普及拡大に向けて、家庭用で2030年度7万円/kWh（工事費込みの蓄電システム価格）という価格目標を要件化した導入促進や、製造設備への投資促進、調整力等の提供技術の実証等を進める。

また、家庭用太陽光の導入時のイニシャルコストが導入者の負担になっているとの指摘や、RE100等の取組が進む中で再エネを直接購入することを希望する需要家が増加していることを踏まえれば、需要を取り込む新たなビジネスモデルの創出・拡大は太陽光発電の導入拡大にも資する。こうした観点から、初期費用ゼロで設備導入を可能とするPPAモデルやオフサイトPPAモデルを活用した先進事例の創出、先進事例の横展開等を通してこれらのモデルの拡大を図る。

③ 適地確保等

<現状と課題>

太陽光発電の導入拡大には、地域と共生しながら、安価に事業が実施できる適地が不足しているという懸念の声が多く寄せられている。例えば、近年、自治体では自然環境や景観の保全を目的とした再エネ発電設備の設置に抑制的な条例（再エネ条例）の制定が増加し、2020年度時点では全国の自治体の1割弱が再エネ条例を制定している状況である。また、優良農地を確保しつつ、再エネ導入に適した農地において営農型等を拡大することや、系統容量確保の容易化等による導入量の拡大に期待の声がある。

国内における太陽光発電の産業規模の裾野を拡大していくためには、こうした状況を踏まえた、様々な分野の規制や制度等の再検討が必要である。

<今後の取組>

まず、地域との共生を図りつつ導入を拡大するためには、地域における前向きな合意形成をどのように促していくのが課題となる。この点、改正地球温暖化対策推進法においては、自治体が再エネ利用促進等の施策の実施目標を定め、再エネ等の導入を促進する「促進区域」を設定するとともに地域ごとの環境保全及び地域貢献への配慮事項を定めることができる規定を追加している。こうした取組の具体化を関係省庁が既存の施策とも連携しつつ進めることにより、個別の開発案件の加速化を促していく。

また、荒廃農地を再生利用する場合の要件緩和や再生困難な荒廃農地の非農地判断の迅速化や農用地区域からの除外の円滑化について国が助言すること等により、営農が見込まれない荒廃農地への再エネの導入拡大や発電と営農が両立する営農型等による導入の拡大を進める。

加えて、系統容量の確保については、まずはローカル系統におけるノンファーム型接続の試行的な実施、その結果を踏まえた全国展開を進めつつ、系統増強についても検討を進めていく。

さらに、次世代型太陽電池の実用化等を通じ、住宅・建築物への太陽光発電導入に資するZEH・ZEBの普及拡大を図っていく。

iii) 地熱

地熱発電は、発電時にCO₂をほとんど発生しない再生可能エネルギーの中で、太陽光発電や風力発電等と異なり、ベースロード電源となり得る再生可能エネルギーである。2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、再生可能エネルギーの最大限の導入が求められる中で、安定的な再生可能エネルギーの導入に資する電源として地熱発電の推進は非常に重要である。

このため、国自らが行う開発適地における資源量の調査、事業者に対するリスクマネーの供給、地元理解の促進に向けた取組等を行うことにより、開発コストや開発リスクの低減を図っていく。

また、国内の地熱資源の8割が国立・国定公園内に存在することを踏まえ、環境省では「地熱開発加速化プラン」に基づき、「自然公園法」や「温泉法」の運用の見直しに加え、改正地球温暖化対策推進法に基づく促進区域の設定の促進、温泉モニタリングなどの科学データの収集・調査や円滑な地域調整を進めることを通じ、全国の地熱発電施設数の2030年までの倍増と最大2年程度のリードタイムの短縮を目指す目標を掲げることとしている。同プランの実施に加えて、それらを中心に自然環境の保全とも両立した開発加速化や開発地点の拡大が必要である。

さらに、2050年に向けては、これらに加えて、新たな技術の開発により、これまで開発できていなかった地熱資源の開発を図る。

このような取組を通じ、地熱発電の大幅な導入を目指すとともに、導入拡大に伴い、これを担う掘削やタービン等の発電システム、抗井の素材・部材等の地熱開発に関する様々な産業の更なる成長を図ることが重要である。

特に、現在国内外での地熱発電に使用されている発電用タービンの7割を日本企業の製品が占めているというアドバンテージを活かし、途上国を中心とする世界の膨大な未開発の地熱開発に対し、世界トップクラスにある発電システムとともに、マスタープランの作成から探査、試掘調査、掘削、プラント建設まで資金面を含め途上国を支援することにより市場を拡大し、我が国地熱産業の競争力を強化していく。また、超臨界地熱発電等の、次世代型の地熱発電技術を世界に先駆けて実現し、超臨界地熱資源の探査技術や大深度掘削技術、地上・地下の配管、タービンを含めた発電システム全体をパッケージで海外に売り込むことで、我が国地熱産業における海外展開の更なる拡大に取り組む。

① リスクマネーの供給、理解促進

<現状と課題>

地熱発電の開発は、事業化判断前の段階においても掘削調査等に多大な費用を要する、掘削した生産井において想定した熱資源を確保できない、系統接続に時間とコストがかかるなど、運転開始に至るまで多大なリスクとコストを要することが地熱開発の阻害要因の一つとなっている。

また、地熱開発は、地元関係者の理解が必須であるが、ほとんどの場合、事業者単独で理解を得ることから、その調整コストが事業者にとって大きな負担となっている。

<今後の取組>

事業者のリスク、コストの低減を図るため、引き続き（独）石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）による助成金や、出資、債務保証等のリスクマネーの供給を行うとともに、開発の加速化と自然環境保全への影響軽減も目指した探査や掘削技術の向上を図る。また、開発リスクの

低減のためには、地域の理解促進や投資リスクの低減、掘削成功率や掘削効率の向上に資する技術開発を進める。さらに、系統接続等の地熱開発拡大に向けたその他の技術的課題の解決に努める。

また、発電後の熱水利用など、エネルギーの多段階利用も期待される。例えば、地熱発電所の蒸気で作った温水が農業用のビニールハウス等で活用され、地域のエネルギー供給の安定化を支える役割も担っている事例も存在する。こうした点を踏まえ、地域と共生した持続可能な開発を進めるとともに、こうした優良事例を全国に発信する。

加えて、今後、JOGMEC 自らが地熱資源調査を行うとともに、掘削調査のデータ等は広く事業者提供し、掘削した井戸については、事業者の求めに応じて引き継ぐ。

さらに、「地熱開発加速化プラン」を通じて、関係省庁でも連携しつつ、改正地球温暖化対策推進法に基づく地熱開発の促進区域の指定の促進や、温泉事業者等の地域の不安や自然環境への支障を解消するための科学データの収集・調査を実施し、円滑な地域調整による案件開発を加速化する。

② 関連法令による規制

<現状と課題>

日本の地熱資源のポテンシャルは世界第3位であるが、火山直下等の高温帯が開発適地でないこと、系統接続等の課題もあり、他国と比べるとそのポテンシャルを十分に活かしてきていない（ポテンシャルは世界第3位であるが、活用実績では第10位）。また、国内の地熱資源の約8割が国立・国定公園内に存在しているが、国立・国定公園は優れた美しい自然の風景地であり、日本の自然環境を保護するにあたって重要な役割を果たしているため、地熱等の開発においても配慮する必要はある。これまで、国立・国定公園の第2種・第3種特別地域への掘削や、第1種特別地域への地下部への傾斜掘削が認められるなど、環境省において「自然公園法」に関する2回の規制緩和が進められ、国立・国定公園内の開発案件数が60件以上まで増加したが、開発の推進に向けては、国立・国定公園内での更なる運用の見直しが必要である。

また、地熱発電は地中の熱水を利用するため、温泉の保護とその利用の適正化を図ることを目的とした「温泉法」に基づき都道府県知事の許可が必要となる。このため、温泉資源の保護を図りながら再生可能エネルギーの導入が促進されるよう、地熱開発のための掘削許可をより円滑かつ公正に進めることを狙いとして「温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）」が策定されている。しかしながら、大深度における掘削の許可の考え方が都道府県ごとに異なり、例えば、地熱発電では、複数本の井戸が必要である中で、同一事業者による掘削であっても、井戸と井戸を一定の距離以上離さなければならない規制や、地熱貯留層の形状や賦存量は地点ごとに異なる中で、ある地点で過去に問題が生じた際に設定した距離を根拠とし、他の地点にも同じ離隔距離規制を適用している点などについて、地熱発電事業者から地熱資源を有効に活用することができないとの指摘がある。

このほか、「森林法」等の規制及びその運用についても、地熱発電が円滑に進められない要因となっている。

<今後の取組>

「自然公園法」や「温泉法」の運用の必要な見直し、地域の不安払拭や合意形成に資する温泉モニタリングの推進を含めた「地熱開発加速化プラン」を推進するとともに、2021年6月に閣議

決定された「規制改革実施計画」に基づき、関係省庁が規制の運用の見直しを行うことで、地熱開発の更なる加速化を目指す。主な実施事項は以下のとおり。

（自然公園法）

- ・自然公園内における地熱発電等の許可基準及び審査要件の明確化について、専門家や事業者団体等の意見を踏まえて検討し、結果を通知等に反映する。
- ・事業の全体像を策定するのが困難な地表調査段階や調査井掘削時点から、最終的な地熱発電事業計画の詳細レイアウト等の提出は不要と整理し、通知する。

（温泉法）

- ・「温泉法」による大深度の傾斜掘削に対する離隔距離規制や本数制限等について、まずは都道府県の規制について科学的根拠のない場合の撤廃も含めた点検を求めるとともに、都道府県の規制内容及びその科学的根拠の公開を行うよう通知等にて周知する。
- ・都道府県等の意見聴取や実態把握、有識者による検討を経て、離隔距離規制や本数制限等についての科学的な知見を踏まえた考え方や方向性について結論を得て、「温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）」にも反映する。

③ 次世代型地熱発電技術の開発

＜現状と課題＞

2050年カーボンニュートラルを目指すためには、上述の取組に加えて、新たな技術開発による抜本的な地熱導入を進める必要がある。

従来の地熱発電では、地下1,000～2,000m程度にある約150℃の熱水資源を活用しているが、地下5,000m程度にある約400～500℃の熱水資源（温度、圧力により「超臨界状態」となっている水）を活用することで、従来より大規模な地熱発電が可能となる。

海外では、アイスランドにおいて大深度高温域への実験的な掘削プロジェクトを実施し、深さ4,650m地点で、超臨界状態の条件を満たす、温度427℃、圧力34MPaの水を確認したが、発電までの実用化には至っていない。また、イタリアにおいても超臨界状態の水を活用するための掘削調査を行ったが、掘削技術や扱う部材等の検証が不十分であったことから、事業が停止している状況である。

日本における従来地熱発電での最大の発電容量は1地点当たり数千～数万kWだが、超臨界地熱発電は約10万kW程度の発電施設の大規模化や発電コストの低減が期待され、2050年のカーボンニュートラル実現に向けて重要な地熱発電技術である。

日本の企業は、5km以上の地下深くの高温な地層まで掘削する技術や、高温・高酸性の状態の流体に対応する部材・素材開発、掘削・流体の挙動等を精緻にシミュレーションし全体の発電システムを設計・構築するノウハウ等、超臨界地熱発電に関する先進的な技術・知見に強みを持つ。

日本の企業がこれらを総動員し、さらに難易度の高い高温・高圧・高酸性の超臨界状態の流体を利用した地熱開発に取り組むことで、世界に先駆けて超臨界地熱発電技術を確立し、商用化を実現することが期待される。

＜今後の取組＞

超臨界地熱資源は、超高温であることに加え、従来地熱資源よりもシリカや酸性熱水の濃度が高いため、坑井やタービン等の地上設備の腐食対策等の要素技術開発が必要である。また、超臨

界状態の水を効率的に発電に利用するためのシステムや抗井等の部材開発等も必要となる。さらに、地下深くでの超高温・高圧な環境下での掘削技術の確立も必要不可欠である。

大学や研究機関、企業等との連携による長期間の技術開発・実証等を一気に通貫で推進する。具体的には、2030年までに上述の技術開発と並行して実際に調査井の掘削・試験を行い、超臨界地熱資源の存在実証及び開発した掘削技術やケーシング、配管等の部材・素材の検証を行う。2040年までにこれら検証結果を踏まえた技術開発を行いつつ、パイロットプラントの設置等を通じてタービン等の地上設備を含めた発電システム全体としての検証を行う。約10年程度の開発リードタイムに鑑み、2050年頃の商用化・普及を目指す。世界でもこうした技術を用いた商業ベースでの開発は実現しておらず、世界に先駆けて商用化を実現する。

超臨界地熱発電が実現できれば、国内での市場規模は1兆円以上が見込まれる。さらに、世界に技術を展開することで、国内と同等以上の市場の獲得が期待できる。

また、超臨界地熱発電以外の次世代型技術についても、更に効率的・経済的な地熱開発を実現することが期待されるため、これらの次世代型技術の海外動向を把握し、国内での地熱開発への適用可能性を検討していく。

(2) 水素・燃料アンモニア産業

i) 水素

水素は、発電・輸送・産業等、幅広い分野で活用が期待されるカーボンニュートラルのキーテクノロジーである。日本は世界で初めて水素基本戦略を策定し、複数の分野で技術的に先行しているものの、欧州・韓国等も戦略等を策定し追随してきている。今後は水素を新たな資源と位置付けるとともに、乗用車用途だけでなく、幅広いプレイヤーを巻き込んでいく。その上で、例えば、利用・輸送・製造の各分野において、一定の仮説に基づき世界の市場規模等を推計し、以下に記載するような各種措置を講ずることで、脱炭素化を促進しつつ、産業競争力を強化していく。

そのためには、導入量拡大を通じて、2030年に供給コスト30円/Nm³（現在の販売価格の1/3以下）、2050年に水素発電コストをガス火力以下（20円/Nm³程度以下）にする等、化石燃料に十分な競争力を有する水準となることを目指す。目標量に関しては、再エネポテンシャルや市場規模等、それぞれの国・地域が置かれている状況が異なることを認識しつつも、国内水素市場を早期に立ち上げる観点から、2030年に水素導入量を最大300万トンとすることを目指す²⁸。うち、グリーン水素（化石燃料+CCUS/カーボンリサイクル、再生可能エネルギー等から製造された水素）の2030年供給量はドイツが2020年6月に発表した国家水素戦略で掲げる再エネ由来水素供給量（約42万トン）以上を目指す。加えて、2050年には2,000万トン程度の供給量を目指す。

① 水素の利用

水素はその利活用を通じ、発電（燃料電池、タービン）、輸送（自動車、船舶、航空機、鉄道等）、産業（製鉄、化学、石油精製等）等の様々な分野の脱炭素化を行うことが期待されているが、日本企業が優れた技術を保有し、成長が期待される水素発電タービン、FCトラック等の商用車、水素還元製鉄といった分野を中心に、国際競争力を強化していく。

<現状と課題>

タービンを用いた大規模水素発電は、カーボンニュートラル時代の電源のオプションの一つであり、調整力として系統の安定化にも寄与することができる。日本企業は、燃えやすい水素の燃焼を水素タービンの中で制御する技術開発で先行するなど、他国企業に対して競争優位を持つ。しかしながら、実機での安定燃焼性の実証がまだ完了していない。潜在国内水素需要（一定の仮説に基づく導入量）は約500~1,000万トン/年程度と考えられる。

モビリティにおける水素利用については、燃料電池自動車の普及と水素ステーション整備の支援を実施している。また、トラック等の商用車は、EVでは対応しづらい長距離輸送が定常的に必要であるため、輸送分野において水素利活用が期待される領域の一つである。潜在国内水素需要量は約600万トン/年を見込む。欧州や中国等も商用車のFC化（燃料電池化）に積極的に取り組んでおり、日本企業も企業間連合を組んで、乗用車での知見も生かしつつ、その開発を加速していく必要がある。

さらに、トラックを含むモビリティや民生・業務部門等、多様な部門の脱炭素化に貢献することができる基幹部品である燃料電池については、日本が世界に先駆けて、FCVや家庭用燃料電池

²⁸ 導入量の中には、アンモニアを含む水素キャリアの直接利用により導入された数字も包含する。

(エネファーム)を商用化するなど、世界をリードしている。市場拡大を見据え、諸外国においても産業競争力を強化する動きがある。そのため、海外との競争に打ち勝ち、我が国の国内産業基盤を守る観点から、燃料電池の更なるコスト削減や発電効率向上等を実現する必要がある。

加えて、産業分野での大きな需要先としては、鉄鋼業がある。現在、鉄鉱石の還元剤として利用されている石炭等を水素還元製鉄により水素に置き換えることができれば、多量のCO₂排出量の削減が達成可能となる。しかしながら、水素による還元反応は熱を吸収(吸熱反応)し、高炉が冷えてしまうため、連続的に還元するのに必要な熱をどう補填するか(コークスの場合は自ら発熱)、また、コークスが減ることで反応ガスの通気に必要な炉内の隙間をどう作るのかなど、技術面のハードルが非常に高い。また、技術が確立できた場合でも、多額の設備導入費用が必要になることに加え、現在と同等の競争力及び生産量を維持するには大量かつ安価な水素供給が不可欠である。潜在国内水素需要は約700万トン/年と考えられる。

<今後の取組>

水素発電タービンについては、2050年までの世界の累積導入容量は最大約3億kW(約23兆円)を見込む²⁹。この世界市場を獲得するため、まずは早期の実機実証を支援し、国内での商用化を加速する。また、再エネや原子力と並んで、カーボンフリー電源として水素を評価し、水素を活用すればインセンティブを受け取れる電力市場を整備する。これにより、発電分野における大規模需要の創出を通じた国内水素市場の本格的な立ち上がりを下支えする。国内で立ち上がった市場において得られる知見・経験を活かし、その後は、既にプロジェクトが動きつつある先進国に加え、電力需要の伸びが旺盛なアジア等にも輸出することを目指す。

燃料電池自動車の普及と水素ステーションの計画的な整備を加速する。その中でも特にFCトラックについては、2050年時点で累積導入台数は最大1,500万台、金額にして約300兆円を見込む³⁰。現状、燃料電池自動車の普及拡大に向けた事業者及び利用者の負担軽減の観点から、「道路運送車両法」と「高圧ガス保安法」における関連規制を一元化することも視野に、燃料電池自動車等の規制の在り方について検討を行い、6月に一定の方向性を取りまとめ、年内に結論を得るとともに、商用化を加速するためのFCトラックの実証や、電動化の推進を行う一環での導入支援策の検討を行う。加えて、水素ステーション等の必要なインフラ整備等も、状況に合わせて柔軟かつタイムリーに実施する。具体的には、大型水素ステーションの開発・実証だけでなく、更なる規制改革等を通じて、欧州で認められている水準の水素タンクの昇圧の検討等、コスト削減のための努力も継続して行う。

また、定置用燃料電池については、世界の市場規模が約150万台/年、金額にして約1.1兆円³¹を見込む。そのため、発電効率や耐久性の向上に加えて、モビリティも含めた多用途展開等に向けた研究開発を推進する。また、燃料電池の開発段階における基礎セル等の性能評価手法等の標準化を行うことで、非競争領域の研究開発を効率化しつつ、設備投資を税制等で支援することで、商業フェーズの大量生産や競争促進を通じたコスト削減を促すことを目指す。加えて、燃料

²⁹ IEA 「Energy Technology Perspectives 2020」 Sustainable Development Scenario(SDS)等を基に推計(タービン価格:8万円/kW)。

³⁰ Hydrogen Council 「Hydrogen Scaling up」等を基に推計(平均価格:2,000万円/台)。

³¹ IEA 「World Energy Outlook 2019」 Sustainable Development Scenario(SDS)等を基に推計(2018~2040年の家庭用燃料電池年間平均導入台数約150万台、平均容量1.5kW/台、システム価格50万円/kW)。業務・産業用燃料電池やモビリティ用燃料電池は含まれていない。

電池を電力系統において供給力・調整力として活用する実証を行い、そのポテンシャルを最大限活用することを目指す。定置用燃料電池については、災害による停電時においても発電が可能といったレジリエンスの観点や、高い総合エネルギー効率により光熱費削減が可能な点も踏まえた上で、純水素燃料電池も含め、引き続き、普及拡大を目指す。

鉄鋼については、グリーンスチール（水素還元製鉄、高炉+CCUS／カーボンリサイクル等の合計）の世界の市場規模が、2050年時点で最大約5億トン/年（約40兆円/年）と見込まれる³²ため、この市場を獲得すべく、世界に先駆けた水素還元製鉄の技術確立を支援する。具体的には、現行の高炉を有効活用し、水素を用いて鉄鉱石を還元するとともに、高炉排ガスに含まれるCO₂を分離・回収し、還元剤に転換して活用することにより、製鉄プロセスで発生するCO₂排出の50%を削減することができる技術を開発する。さらに、2050年までの「ゼロカーボン・スチール」の実現を見据え、水素だけで鉄鉱石を還元できる「水素直接還元法」の実現に向けた基礎技術（例えば、①鉄鉱石の還元に必要な炉内熱補償技術、②原料に含まれる不純物を除去する技術、③還元鉄の溶解に不可欠な電炉の高度化技術等）を確立する。確立したトップランナー技術は、順次業界に求められる脱炭素水準として設定し、導入を促進する。こうした取組を通じて、「ゼロカーボン・スチール」を実現し、自動車を始めとする我が国製造業の脱炭素化に貢献することを目指す。

また、国境調整措置について、国際競争力を確保するための内外一体の産業政策として、温暖化対策に消極的な国との貿易の国際的な公平性を図るべく、諸外国と連携して対応を引き続き検討する。

② 水素の輸送・貯蔵（液化水素運搬船等）

＜現状と課題＞

水素の国際取引は、ドイツ等が水素の輸入に関心を示すなどしており、今後の立ち上がりが期待されている。我が国は当初から輸入水素の活用を前提としており、液化水素やMCH（メチルシクロヘキサン）を用いた、海上輸送技術・インフラの技術開発・実証を国も支援してきた。その結果、世界で初めて液化水素運搬船を建造するなど、技術で世界をリードしている。

今後はいかに早期の商用化を図っていくかが課題となっている。また、水素はこれまで海上輸送を行うことが想定されておらず、各国の法規制が不統一になる懸念がある。

＜今後の取組＞

2050年時点で1割の水素が国際市場で取引されていると仮定すると、その取引市場は最大約5,500万トン/年（約5.5兆円/年）となることを見込まれる³³。こうした市場を創設するためには、更なる水素輸送・貯蔵コスト低減に資する輸送関連設備の大型化を、グリーンイノベーション基金も活用した研究開発や実証、国内需要の創出等の様々な手段で支援し、2030年を目途とした商用化の達成を目指すことが重要。また、革新的水素液化・冷凍技術の研究開発についても推進していく。こうした取組を通じ、2030年に30円/Nm³の供給コストの実現を目指す。

その上で、国際的な機器の安全性・互換性を担保することで、将来世界に機器や技術等を輸出する基盤を整備すべく、液化水素運搬船から受入基地に水素を移すローディングアーム等の関連機器の国際標準化を推進する。また、海外での積出港における水素輸出に対応した岸壁・供給設

³² IEA 「Energy Technology Perspectives 2020」 SDS等を基に推計（平均鉄鋼価格：8万円/トン）。

³³ Hydrogen Council 「Hydrogen Scaling up」等を基に推計（平均水素取引価格：100円/kg）。

備等の環境整備は、案件に応じて（株）海外交通・都市開発事業支援機構（JOIN）による民間事業者との共同出資によるリスクマネーの供給やハンズオン支援の活用について検討を進めていくとともに、国内では、港湾において必要な水素の輸入・貯蔵等が可能となるよう技術基準や港湾計画の見直し等を検討する。

③ 水素の製造（水電解装置等）

<現状と課題>

水素製造で今後重要となるのは、水素を水の電気分解から作る水電解装置である。再エネや水電解装置のコスト低下に伴い、2050年には化石燃料+CCUS/カーボンリサイクルで製造する水素よりも安価に水素を製造することが可能となる地域が出てくる見込みである。こうした予想を受け、域内への再エネ導入に積極的な欧州等は、水電解装置の導入も併せて実施することを目指す。

日本は世界最大級の水電解装置を建設するとともに、要素技術でも世界最高水準の技術を有している。しかし、更なる大型化を目指すための技術開発等では欧州等、他国企業が一部先行する構図となっている。

<今後の取組>

水電解装置は、世界全体で2050年までに、毎年平均約88GW（約4.4兆円/年）の導入が最大で見込まれる³⁴。今後は、先行して市場が立ち上がる欧州等の市場獲得にまず注力するため、グリーンイノベーション基金も活用しながら、日本企業の大型化や優れた要素技術の装置への実装等を集中的に支援し、装置コストの一層の削減³⁵や、耐久性向上による国際競争力の維持・強化を目指す。加えて、欧州等と同じ環境で水電解装置の性能評価を行える環境を国内でも整備することで、国内で開発を行い、製品等を輸出することを志向する企業の海外市場への参入障壁を低下させることを目指す。さらに、国内でも中長期的には余剰再エネが増大することなどを見越し、上げDR（ディマンド・レスポンス）を適切に評価し、安価な電力の積極的な活用促進策も併せて検討する。こうした取組を通じて、水電解装置を普及させることは、再エネ等による水素製造の機会の増大につながることから、今後国内でも更なる普及が見込まれる再エネ電源を余すことなく活用できる可能性がある。

また、光触媒や、高温ガス炉等の高温熱源を活用した革新的な水素製造技術の研究開発・実証についても推進していく。

上述のような個別テーマでの取組に限らず、テーマ横断的な取組として、水素利用・輸送・製造に関する革新的技術の研究開発・実証に継続的に取り組むとともに、福島等、既に水素製造設備等が整備されている場所や、大規模な水素需要が見込まれる発電所等を含む港湾・臨海部、空港等を中心に、多様な分野で集中的に水素利活用の実証を行い、必要に応じて規制の見直し等も検討する。具体的には、グリーンイノベーション基金も活用しながら、国際水素サプライチェーンの構築を通じた水素の大量かつ安価な輸送技術と、将来的に大量な水素需要が見込める水素発電技術の一体的な実証や、水電解装置の大型化等による供給コストの低減と、製造された水素の基礎化学品原料としての活用に向けた技術開発・実証に取り組み、水素社会実現の先鞭となる社

³⁴ IEA 「Energy Technology Perspectives 2020」 Faster Innovation Case 等を基に推計（平均設備価格：5万円/kW）。

³⁵ アルカリ型5.2万円/kW、PEM型6.5万円/kWを目指す。（アルカリ型は、低コストで大型化が容易という特徴があり、PEM型は小型化しやすく、負荷追従性が高いため、調整力として活用が期待。）

会実装モデルの構築を目指す。また、災害に強いまちづくり等、地域課題の解決を目指して再エネ等の地域資源を活用した自立分散型エネルギーシステムの実証・移行支援・普及も併せて実施する。あわせて、非常用電源も兼ねた自立型水素等電源や、燃料電池を使用した港湾荷役機械の導入等、大量に輸入される水素を複数の事業者が多様な用途に活用することにより、港湾・臨海部におけるカーボンニュートラルを実現していく。

こうした先進的な事例をモデルとして確立した後、それらが全国に拡大するという絵姿を目指す。なお、面的な水素の普及に際しては、昨年、幅広い業種の企業の参加の下で立ち上がった水素バリューチェーン推進協議会や中部圏水素利用協議会、神戸・関西圏水素利活用協議会等、民間主導の動きとも十分連携を取りながら実施する。また、2025年日本国際博覧会等、国際社会への発信・働きかけに資する取組との連携を検討することとする。

既に、水素ステーション関連物品等については国際標準化機構（ISO）に日本から積極的に提案を行うなどして標準化を進めているが、今後の技術開発や企業・市場動向を踏まえつつ、国際標準化を並行して検討することで、今後、2050年に270兆円³⁶と試算される水素関連市場の獲得に向けて、我が国の強みとなる技術の円滑な市場投入を推進していく。例えば、大型モビリティ向けの水素充填方法や、液化水素運搬に必要な機器、国際的に整合的なクリーン水素の定義の確立のための水素製造時のCO₂排出の測定方法等の標準化に向けて検討を進めていく。また、水素等の安定供給やインフラ輸出の観点も踏まえ、化石燃料に限らず、再エネポテンシャルを多く有する国も含めた資源国との関係強化や、需要国の積極的な開拓を通じ、安定・柔軟・透明な国際水素市場の確立を主導する。こうした国際連携を推進する際には、国際エネルギー機関（IEA）とも協力しつつ日本が主導する水素閣僚会議を最大限活用する。また、アンモニアやカーボンリサイクル等、そのバリューチェーンの中で水素を活用する分野等とも十分な連携を行う。

また、海外の特定地域への依存度の低減や国内調達比率の上昇等を通じて、安定した水素サプライチェーンの構築が実現し、同時に、2050年に水素火力発電のコストがガス価格以下（12円/kWh）に低減することで、水素が化石燃料に十分な競争力を有する水準となる場合、海外依存度等が高い化石燃料による発電に比して、水素火力発電の価格が安定的になるという効果が期待できる。

例えば、過去には、LNG火力発電のコストは、原油価格高騰の影響等を受け、13.8円/kWh³⁷の水準まで高騰したことがある（2012年）。将来の水素火力発電が、コスト低減実現後に12円/kWhの水準で安定して供給されるのであれば、こうした急な価格高騰の影響を抑止する効果をエンドユーザーにもたらす可能性がある。（例えば、約1.8円/kWh相当の急な価格高騰を、分かりやすく表現するために、一家庭での電力料金支出における抑制効果として表すと、2人以上の一般家庭（電力使用量400kWh/月³⁸）では、約8,600円/年³⁹に相当することとなる。）

³⁶ Hydrogen Council 「Hydrogen Scaling up」等を基に推計（水素関連市場2050年2.5兆ドル）。

³⁷ 総合エネルギー調査会発電コスト検証ワーキンググループ（2015年4月）における、2014年モデルプラント試算結果概要及び感度分析の概要に基づき、LNGの価格最高騰時点（2012年：16.55\$/MMBtu）の発電単価を試算。

³⁸ 総務省「家計調査」（2020年）から引用。

³⁹ 水素由来電気100%の小売メニューと天然ガス由来電気100%の小売メニューが、それぞれ同額と仮定して、後者の小売メニューのみに約1.8円/kWhの高騰があったと仮定した場合に、それぞれのメニューを選択した需要家間の支出の差分。2050年の実際の電力料金支出は、各電力会社の販売価格やメニュー、電源構成等によることに留意が必要。また、料金が低下するのではなく、高騰を抑制する効果であることに留意が必要。

ii) 燃料アンモニア

燃焼してもCO₂を排出しないアンモニアは、石炭火力での混焼等、水素社会への移行期では主力となる脱炭素燃料である。石炭火力1基にアンモニアを20%混焼（カロリーベース）した場合、20%のCO₂排出減となり、仮に国内主要電力会社の全石炭火力での20%混焼を実施した場合には、国内の電力部門からのCO₂排出量の約1割を削減することになる。

利用面では、燃焼を安定化させNO_x発生を抑制する技術は、20%混焼では既に完成しており、2021年度から2024年度までは、実機での20%混焼の実証を行う。2020年代後半には実用化を開始し、2030年時点では、年間300万トン（水素換算で約50万トン）規模の燃料アンモニアの国内需要を想定する。2030年代は導入を拡大し、将来的には混焼率の向上や専焼化を図るとともに、発電用バーナー（混焼・専焼）の東南アジア等への展開や、利用用途の拡大も図る。

また、供給面では、プラントの新設等を通じて国際的なサプライチェーンをいち早く構築し、世界における燃料アンモニアの供給・利用産業のイニシアティブを取る。あわせて、燃料アンモニアの安定的かつ安価な供給に向け、製造や輸送・貯蔵の大規模化や高効率化といった技術開発を進める。その他の脱炭素燃料についても、活用に向けた検討を進める。

具体的には利用・供給の以下の対策により、2050年には年間1.7兆円規模のマーケットが見込まれ、我が国がコントロールできる調達サプライチェーンとして国内で年間約3,000万トン（水素換算で約500万トン）の燃料アンモニアの国内需要を想定し、世界全体で年間1億トン規模の需要量を目指す。

① 利用（火力混焼等の発電用バーナー）

<現状と課題>

石炭火力への混焼技術については、2014年度から2018年度にかけて「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）」にて、NO_x発生を抑制した20%混焼バーナーの開発を行い、2018年度から2020年度にかけてNEDOにおいて大容量燃焼試験設備での混焼試験を実施した。

今後、実機においても上述の混焼バーナー技術でNO_x発生が抑制可能かどうかなどの検証が必要である。さらに、アンモニアは石炭に比べ燃焼時の火炎温度が低く輻射熱が少ないことから、アンモニアの混焼率を高め、さらには専焼化を目指していく上では、発電に必要な熱量を確保するための収熱技術の開発も必要となる。

<今後の取組>

短期的（～2030年）には、石炭火力への20%アンモニア混焼の導入や普及を目標とする。そのため、技術面では、2021年度から4年間、実機を活用した20%混焼の実証を行うことで20%混焼の技術を確立させ、その後、電力会社を通じて、NO_xを抑制した混焼バーナーの既設発電所への実装・燃料アンモニアの導入を目指す。

また、これまでアンモニアの燃料用途での活用が想定されてこなかったことから、エネルギー政策において、燃料アンモニアの法的な位置付けは未だ明確になっていない状況である。燃料アンモニアの導入・拡大に当たっては、「エネルギー供給構造高度化法（高度化法）」における非化石価値の顕在化や、「エネルギーの使用の合理化等に関する法律（省エネ法）」における発電効率算定時のエネルギー投入量からの控除等を通じて、法制上の評価がなされるよう対応する。

今後も電源の相当程度が石炭火力で占められる東南アジアをはじめ世界の脱炭素移行に貢献す

るため、バーナー等の混焼技術の展開を検討する。仮に東南アジアの1割の石炭火力に混焼技術を導入できれば、約5,000億円規模の投資が見込まれる。こうした世界的な燃料アンモニアの利用拡大に加え、供給面でも世界的な燃料アンモニアのサプライチェーン構築を進めるべく、そして、世界的な脱炭素社会に向けて現実的なエネルギー構成の移行（トランジション）を促していくという考え方の下で、従来の化石燃料の枠組みに捕らわれない包括的な資源外交を進める。具体的には、

- ①国際機関（IEA や ERIA 等）も含めた燃料アンモニアの海外認知度の向上や重要性の理解促進
- ②産油・ガス国／再生可能エネルギー生産適地（北米、豪州、中東、アジア等）及び潜在的需要国（アジア等）との二国間会談・政策対話を通じた協力強化や共同プロジェクトの組成といった国際的な連携を強める。

こうした国際的なアンモニアの流通、活用の円滑化の観点では、アンモニアの管理手法や燃焼時の機器の性能に関する規格化が有効となる。クリーン燃料アンモニア協会（CFAA）（旧名：グリーンアンモニアコンソーシアム）の内部に標準・基準の専門WGを立ち上げ、アンモニアの燃料としての仕様や燃焼時の窒素酸化物の排出基準等についての国際標準化を目指す。これにより、例えば東南アジアの電力市場に向けた輸出拡大を目指す。

その他、船舶を含む輸送や工業での活用等の新たな用途についても検討を進める。具体的には、2018年に国際海事機関（IMO）が温室効果ガス削減戦略・目標を打ち出すなど、国際海運の脱炭素化を推進しており、アンモニアは船舶用燃料としての利用が期待されている。

長期的（～2050年）には、収熱技術開発を含めた混焼率の向上（50%～）や専焼化技術の開発を積極的に進め、既存の火力発電のリプレースによる実用化を目指す。ゼロエミッション火力発電として、東南アジアのみならず世界全体にその技術を展開し、世界全体の脱炭素を加速化させるとともに、我が国のグリーン産業の成長を促進する。

② 供給（アンモニア製造プラント）

<現状と課題>

アンモニア生産は世界全体で年間約2億トン程度であり、大半が肥料用途で地産地消されている状況である。今後、石炭火力にアンモニアの20%混焼を実施すると、1基（100万kW）につき年間約50万トンのアンモニアが必要となる。例えば、国内主要電力会社のすべての石炭火力で20%の混焼を実施した場合、年間約2,000万トンのアンモニアが必要となり、現在の世界全体の貿易量に匹敵する。そのため、これまでの原料用アンモニアとは異なる燃料アンモニア市場の形成やサプライチェーンの構築と、それを通じた安価な燃料アンモニアの供給が課題となる。

<今後の取組>

短期的（～2030年）には、燃料アンモニアの生産拡大に向け、製造プラントの新設を進め、必要な燃料アンモニアを安定的に供給できる体制を構築する。

安価な燃料アンモニアの供給に向けては、モジュール化等を通じた製造効率の向上のための取組の強化に加え、日本貿易保険（NEXI）や国際協力銀行（JBIC）、（独）石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）によるファイナンス支援を強化する。JBICにおいては、2021年1月に創設したポストコロナ成長ファシリティ等を通じた支援を含め、具体的な案件支援に向けた検討を進めていく。NEXIにおいては、「環境・イノベーション保険」の支援対象に燃料アンモニア事業を加えることを検討する。また、「資源エネルギー総合保険」の適用対象である資源にアンモニアを追

加することで、燃料アンモニア事業向け案件に係る保険料率の引き下げ及び信用付保率の引き上げが可能となるよう検討を進めていく。JOGMECにおいては、リスクマネーの供給の観点に加え、石油ガス開発で培った地下技術や施設技術のノウハウを活用した支援策の強化についても検討を進めていく。

また、海外での積出港におけるアンモニア輸出に対応した岸壁・供給設備等の環境整備については、案件に応じて（株）海外交通・都市開発事業支援機構（JOIN）による民間事業者との共同出資によるリスクマネーの供給やハンズオン支援の活用について検討を進めていくとともに、国内では、港湾において必要な燃料アンモニアの輸入・貯蔵等が可能となるよう、技術基準や港湾計画の見直し等を検討する。あわせて、大量に輸入されるアンモニアを複数の事業者が多様な用途に活用することにより、港湾・臨海部におけるカーボンニュートラルを実現していく。

供給の安定化の観点では、調達先国の政治的安定性・地理的特性に留意した上で、生産国（北米、豪州、中東）と消費国（日本含むアジア）との有機的な連携を通じて、我が国がコントロールできる調達サプライチェーンの構築を目指していく。また、燃料アンモニアの着実な導入拡大のためには十分な供給確保が不可欠であることから、化石燃料由来も再生可能エネルギー由来も重要であるとの国際的な認識醸成を、二国間会談や国際会合等を通じて進めていく。

なお、化石燃料由来のアンモニアの場合、製造時にCO₂が発生する。製造国との関係（製造国の法制度等）にも留意しつつ、当面は製造プロセスでのCO₂の処理がなくとも、燃料アンモニアの導入・普及を図っていく。その上で、一定の導入・普及後には、生産時に排出されるCO₂については、CCUS／カーボンリサイクル、植林、ボランタリークレジットによるオフセット等から適切な手段を通じて、合理的な形でCO₂の処理を行う。こうして、再生可能エネルギー由来のアンモニア価格が十分に下がることを待つことなく、燃料アンモニアの利用拡大を着実に進めていく。

アンモニア価格については、現状Nm³当たり20円台前半（熱量等価での水素換算）であるところ、こうした供給拡大の取組を通じて、2030年までに、Nm³当たり10円台後半（熱量等価での水素換算）での供給を目指す（現在の天然ガス価格等を前提とする）。

長期的（～2050年）には、発電分野では混焼率向上、専焼化が見込まれるとともに、船舶や工業炉（製造業各業種での活用）等、他の用途での活用の広がりも見込まれる。こうしたアンモニアの利用拡大に適切に対応するため、新触媒の開発や製造・輸送・貯蔵プロセスの大規模化や効率化、再エネ由来での安価なグリーンアンモニア製造技術の開発等を進めていく。

こうした供給拡大の取組や、上述の利用拡大への取組を通じて、2030年には国内で年間300万トン（水素換算で約50万トン）、2050年には国内で年間3,000万トン（水素換算で約500万トン）のアンモニアの国内需要が想定される。

また、海外の特定地域依存度の低減や国内調達比率の上昇等を通じて、安定したアンモニアサプライチェーンの構築が実現し、同時に、2030年にアンモニア供給価格がガス価格以下（12円/kWh）に低減（2050年までその水準が継続）し、アンモニアが化石燃料に十分な競争力を有する水準となる場合、海外依存度等が高い炭化水素による発電に比して、アンモニア火力発電の価格が安定的になるという効果が発揮される。

例えば、過去には、LNG火力発電のコストは、原油価格高騰の影響等を受け、13.8円/kWh⁴⁰の水

⁴⁰ 総合エネルギー調査会発電コスト検証ワーキンググループ（2015年4月）における、2014年モデルプラント試算結果概要及び感度分析の概要に基づき、LNGの価格再高騰時点（2012年：16.55\$/MMBtu）の発電単価を試算。

準まで高騰したことがある（2012年）。将来のアンモニア火力発電が、コスト低減実現後に12円/kWhの水準で安定して供給されるのであれば、こうした急な価格高騰の影響を抑止する効果をエンドユーザーにもたらし可能性がある。（例えば、約1.8円/kWh相当の急な価格高騰を、分かりやすく表現するために、一家庭での電力料金支出における抑制効果として表すと、2人以上の一般家庭（電力使用量400kWh/月⁴¹）では、約8,600円/年⁴²に相当することとなる。）

⁴¹ 総務省「家計調査」（2020年）から引用。

⁴² アンモニア由来電気100%の小売メニューと天然ガス由来電気100%の小売メニューが、それぞれ同額と仮定して、後者の小売メニューのみに約1.8円/kWhの高騰があったと仮定した場合に、それぞれのメニューを選択した需要家間の支出の差分。2050年の実際の電力料金支出は、各電力会社の販売価格やメニュー、電源構成等によることに留意が必要。また、料金が低下するのではなく、高騰を抑制する効果であることに留意が必要。

(3) 次世代熱エネルギー産業

我が国の産業・民生部門のエネルギー消費量の約6割は熱需要である。熱は国民生活に欠かせないものであり、2050年カーボンニュートラル実現に向けて、需要サイドに熱エネルギーを供給するガスの脱炭素化を進めることにより、熱需要の脱炭素化に貢献できる。

ガスの脱炭素化に向けては、再生可能エネルギー由来等の水素とCO₂から合成（メタネーション）される合成メタンや水素の直接利用などが考えられ、これら熱需要の脱炭素化に向けた取組を進めることで、カーボンニュートラルを達成した次世代の熱エネルギーを供給する産業（次世代熱エネルギー産業）が誕生する。

この次世代熱エネルギー産業の実現に向けては、熱エネルギーの供給サイド（現状ではガス供給事業側）の取組だけでは達成できない。ガスの脱炭素化は、熱需要のあるすべての産業・民生部門の脱炭素化に大きく貢献するものであり、次世代の熱エネルギーを利用する需要サイドを巻き込みながら取り組んでいくことが必要となる。

2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、以下の取組を通じて、次世代熱エネルギー産業の実現を目指す。

① 供給サイドのカーボンニュートラル化（ガスの脱炭素化）

<現状と課題>

ガスの脱炭素化は、合成メタンや水素の直接利用、クレジットでオフセットされたLNGの導入、CO₂の分離・回収や利用等の技術の活用など、様々な手段が存在する。2050年カーボンニュートラルの実現に向けては、様々な不確実性が存在することを踏まえ、このような様々な手段をそれぞれ追求していくことが必要である。

この中で合成メタンは、メタネーションされているため、水素キャリアの一つとして期待される。都市ガス（天然ガス）の主成分はメタンであり、合成メタンは都市ガス導管等の既存のインフラや設備を活用して、天然ガスを代替することができるため、2050年カーボンニュートラルに向けてコストを抑えつつ、より円滑な移行への貢献が期待できる。また、排出されるCO₂を回収してグリーン水素と組み合わせた合成メタンは、新たなCO₂を排出しないためカーボンニュートラルとなり得る。CO₂の分離・回収や利用等と組み合わせることにより、より一層のCO₂排出量の削減に貢献できる。

ガス導管は、埋設されていることから風雨の影響を受けにくく、大部分は耐震性も備えていることに加え、継続的な耐震性向上の取組も行われており、高いレジリエンスを有している。また、電力以外でカーボンニュートラルなエネルギー源・エネルギーネットワークの多様性を確保することにより、脱炭素化社会におけるエネルギーの安定供給にも資する。

メタネーションの技術については、2017年度から2021年度にかけて（国研）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）において、小規模試験設備でメタネーションを行う基盤技術開発を実施した。また、2019年度から2020年度にかけてNEDOにおいて、水素の調達を必要とせず、従来のメタネーション技術より高効率に合成メタンを製造できる革新的なSOECメタネーション技術に必要な要素技術を確認する先導的な基盤技術開発も行われている。

今後、メタネーションの実用化・低コスト化に向けた設備の大型化や高効率化などの技術開発が必要となる。また、メタネーションには安価な水素とCO₂の調達が必要であり、サプライチェーンの構築が課題となる。CO₂削減量のカウントについては、カーボンニュートラルに資する方向

での検討が必要である。

合成メタンに加えて、水素の直接利用も熱需要の脱炭素化に資する有望な選択肢である。特に、インフラ整備に係る追加費用が比較的軽微と考えられる臨海部等のローカルエリアで期待される。新設する中・低圧のガス導管での水素供給は現行のガス技術基準での適合が確認されているほか、一部の地域において、水素コージェネレーションシステムにより水素を利用した熱・電気の供給に向けた取組が進展している。水素導管を整備した地域で水素による熱エネルギー供給を行うことなどを通じて、需要サイドの脱炭素化に貢献することも考えられる。

このほか、大手ガス事業者を中心に、クレジットでオフセットされたLNGを需要サイドに対して販売する取組が開始されている。また、ガス事業者等において、需要サイドで排出されるCO₂を分離・回収して利用するCCU／カーボンリサイクルの技術開発が進められている。2050年カーボンニュートラルに向けて、様々な選択肢を追求するとともに、ガス体エネルギーの変遷、需要の量・分布等に応じてネットワークを整備し、次世代の熱エネルギーの供給を行うことが必要である。

地域において再生可能エネルギーとガスコージェネレーションの組合せ（分散型エネルギーシステム）により、熱と電気をデジタル技術で制御し、面的に利用することで熱の有効利用を含む省エネルギーとCO₂削減に貢献するスマートエネルギーネットワークの取組を進めるガス事業者も存在する。分散型エネルギーシステムは、出力が変動する再生可能エネルギーの調整力としても期待できるとともに、エネルギー源・エネルギーネットワークの多様性を確保することにより、地域におけるレジリエンスの向上にも資する。

今後、再生可能エネルギーの主力電源化が進み、再生可能エネルギーの余剰電力等から水素や合成メタンを製造するようになれば、電力を貯蔵・活用することが可能となる（Power to Gas、PtoG）とともに、この合成メタン等を活用してガスコージェネレーションにより熱を有効利用しつつ発電を行うこと（Gas to Power、GtoP）で、緊急時における電力供給不足のバックアップや、再生可能エネルギー等の変動電源導入時に必要となる調整電源としての役割も期待できる。このため、2050年カーボンニュートラルに向けて、分散型エネルギーシステムの中で、デジタル技術を活用しつつ、電気とガスのデータ連携によりPtoGとGtoPを適切に行い、需給の最適化を図りながら電気とガスの融合が進展していくことが考えられる。

このように、需要サイドの熱需要に対してガスを供給してきたガス事業者は、ガスだけでなく再生可能エネルギー等の多様なエネルギー源も活用し、需要サイドが求める様々な熱・電気のニーズに応じた、最適なエネルギーを安定的に供給するエネルギー供給事業者へと変わりつつある。

2050年カーボンニュートラルに向けては、電化、水素、アンモニア、合成メタンなど複数の手段による脱炭素化が考えられている。需要サイドが求める最適なエネルギーは一様ではなく、より様々なエネルギー源の供給が求められていく。エネルギー供給事業者としてのガス事業者が、自ら積極的に熱・電気等のニーズを取り入れ、需要サイドを巻き込みながら、デジタル技術も活用して総合的に地域のエネルギーをマネジメントし、関連サービスを提供していく総合エネルギーサービス企業として転換していくことが求められている。

総合エネルギーサービス企業として、需要サイドのニーズを取り込み、経営を多角化して経営基盤を強化する。その上で、活発な競争に勝ち抜くための新たな投資を積極的に推進し、同業種・異業種の事業者との競争や連携を通じて、アジアなど新たな市場の開拓を進め、我が国の経済成長を目指す。

＜今後の取組＞

2030年には、既存インフラへ合成メタンを1%注入し、水素直接利用等その他の手段と合わせて5%のガスのカーボンニュートラル化を目標とする。2050年までには、既存インフラに合成メタンを90%注入し、水素直接利用等その他の手段と合わせてガスのカーボンニュートラル化達成を目指す。加えて、2030年頃において、船舶分野におけるガス燃料として合成メタン等の供給開始を目指す。

仮に国内の都市ガスすべてをメタネーションによる合成メタンに置き換えた場合、国内のCO₂排出量の約1割を削減することとなる。また、仮にインフラすべてを改修する場合、約20兆円規模の投資が必要となり、一般家庭で年間約14,000円の負担増が見込まれるが、合成メタンなら既存のインフラや設備を活用できるため、この負担を回避できる。

このためまずは、水素製造に必要な水電解装置の低コスト化やメタネーション設備の大型化に必要な技術開発、高効率なメタン合成やCO₂の分離・回収に必要な革新的技術開発に取り組む。

2025年日本国際博覧会では、会場の生ごみから発生するバイオマス由来のCO₂と再生可能エネルギー由来の水素からメタネーションにより合成メタンを生成し、会場内の施設で活用する実証が提案されている。

また、CO₂削減量のカウントについて、カーボンニュートラルに資する方向での検討を速やかに行う。

さらに、2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、合成メタンの生成のために相当量の水素の確保が必要となり、合成メタンのコストを低く抑えるためには、水素コストが相対的に安価な海外で生成した合成メタンを国内に輸送することが有効と考えられる。これらを踏まえ、合成メタンの導入などガスの脱炭素化に向けた海外サプライチェーン構築を進めていく。2020年代後半には海外から国内へ合成メタンの輸送を開始し、2030年代には全国的な導入拡大を進めていき、コスト低減を図りながら、2040年代には商用化の実現を目指す。

これらの取組を進めるためには、供給側・需要側の民間企業や政府など関係する様々なステークホルダーが連携して取り組むことが重要であることから、ガスの脱炭素化に向けて官民が一体となって取組を推進する「メタネーション推進官民協議会」を2021年6月に設置し、検討を推進する。

また、アジアで急拡大するLNG需要の一定割合を合成メタンに置き換えることにより、アジアにおける合成メタン市場の開拓と円滑な脱炭素化に貢献していく。仮に東南アジアの1割の天然ガス需要をメタネーションで置き換えた場合、約5,000億円規模の投資が見込まれる。

これらの取組を通じて、2050年までに合成メタンを2,500万トン供給し、合成メタンの価格が現在のLNG価格(40~50円/Nm³)と同水準となることを目指す。

また、水素の直接利用、クレジットでオフセットされたLNGの導入、需要サイドで排出されるCO₂の分離・回収や利用等の推進に取り組む。

これらを踏まえつつ、ガス体エネルギーの変遷、需要の量・分布等に応じて次世代の熱エネルギーの供給ネットワークを整備する。

ガスコージェネレーションの導入を促進することにより、再生可能エネルギーとガスコージェネレーションによる熱を有効利用した分散型エネルギーシステムの構築を図る。ガスコージェネレーションは再生可能エネルギーの調整力としての役割を果たすため、再生可能エネルギーの主力電源化の促進にも貢献する。また、デジタル技術の活用により、ガスコージェネレーションを

中心とした分散型エネルギーシステムにおいて地域における最適なエネルギー制御を実現する。

デジタル技術の活用に取り組むことにより、人の流れや需要側の熱・電気利用の情報等を収集・分析することで、熱・電気の最適化や融合が図られ、コンパクトシティ政策などと連動して地域における低炭素かつレジリエントなまちづくりにも貢献できるとともに、データを活用した新たなビジネスも期待できる。

また、PtoGを実現するための合成メタンや水素製造等の技術開発、GtoPを実現するためのガスコージェネレーションの導入拡大を通じた分散型エネルギーシステムの構築の推進に取り組む。

こうした取組により、現行のガス事業者が、需要サイドのニーズを踏まえ、デジタルを活用しながら地域において最適なエネルギーの供給・マネジメント・設備メンテナンスなどを総合的なサービスとして提供することに加え、脱炭素化メニューも提供するなど様々なエネルギー供給サービスの実施や、これまでのガス供給だけでは十分に取り込めていない国内外の新たな市場の開拓などの事業展開を通じて、総合エネルギーサービス企業への転換を図ることを促す。

② 需要サイドのカーボンニュートラル化（低炭素化・レジリエンス）

<現状と課題>

2050年カーボンニュートラル実現に向けては、移行期（トランジション期）において、需要サイドで使用するエネルギーの低炭素化・脱炭素化を徹底して進めることが重要であり、石炭・石油から天然ガスへの燃料転換や、天然ガス利用機器の高効率化等を進めることが重要となる。天然ガスは化石燃料の中でCO₂排出量が最も少ないため、カーボンニュートラルへのトランジション期における天然ガスへの燃料転換等によって低炭素化に貢献できる。メタネーションの技術が確立すれば、合成メタンは都市ガス導管等の既存のインフラや設備を活用して天然ガスを代替することができるため、燃料転換等を行った需要サイドは将来的に合成メタン等の供給を受けることにより、2050年に向けてコストを抑えつつ、より円滑な脱炭素化への移行が期待できる。

産業部門においては、燃料が天然ガスから合成メタンに転換した場合に既存のガス利用設備を活用できるため、需要サイドの事業予見性が確保されることでトランジション期からの積極的な設備投資が期待され、生産効率の維持・向上を通じた我が国の産業競争力の強化につながる。

CO₂分離・回収技術が実用化されれば、工場等において排出されるCO₂を分離・回収し、そのCO₂を利用してメタネーションにより合成メタンを生成して、燃料としてその工場等で再利用することが可能となるため、CO₂の循環利用を通じた工場等のカーボンニュートラル化実現が期待できる。

民生部門においては、これまで使用してきたガス機器を引き続き利用できるメリットがある。仮にガス機器を改修した場合、一般家庭で約60万円⁴³の負担増となることが見込まれるが、合成メタンなら既存設備を活用できるため、この負担を回避しつつ、脱炭素化への移行を実現できる。

需要サイドの脱炭素化を進めるため、メタネーションの技術が確立する前であっても、水素の直接利用やクレジットでオフセットされたLNGなど様々な手段を追求することが必要である。

特に、インフラ整備に係る追加費用が比較的軽微と考えられる臨海部等のローカルエリアでは、水素直接利用が期待される。新設する中・低圧のガス導管での水素供給は現行のガス技術基準での適合が確認されているほか、一部の地域において、水素コージェネレーションシステムに

⁴³ 事業者等の公表情報、水素産業における定置用燃料電池に関する推計に基づき、工事、IH調理器、純水素燃料電池（700W）に要する費用を推計。

より水素を利用した熱・電気の供給に向けた取組が進展している。水素導管を整備した地域で水素直接利用による熱エネルギー供給を行うことなどを通じて、需要サイドの水素による脱炭素化ニーズに貢献することも考えられる。

大手ガス事業者を中心に、クレジットでオフセットされた LNG を需要サイドに対して販売する取組が開始されている。このような LNG の普及拡大とその利用価値向上の実現を目的とした民間団体も設立され、多くの需要サイドの企業等が参加している。また、ガス事業者等において、需要サイドで排出される CO₂ を分離・回収して利用する CCU/カーボンリサイクルの技術開発が進められている。2050 年カーボンニュートラルに向けて、このような需要サイドのニーズは今後高まってくると考えられ、様々な手段を追求する取組が必要である。

需要サイドに次世代の熱エネルギーを供給するため、カーボンニュートラルの達成に向けたガス体エネルギーの変遷、需要の量・分布等に応じてネットワークを整備することが必要である。トランジション期における天然ガスへの燃料転換等による低炭素化の取組の進展やクレジットでオフセットされた LNG の利用拡大とともに、メタネーションの技術開発により熱・ガスの脱炭素化の確度が高まることで事業予見性が確保され、ガスの需要拡大を通じたガスネットワークの拡充が期待されること、加えて水素直接供給のネットワークの形成も期待されること、これらにより次世代熱エネルギー産業の更なる成長が期待される。

ガス導管は高いレジリエンスを有している。事故件数は減少傾向にあり、高い保安レベルを維持している。また、近年の台風や大地震などの自然災害時における供給途絶リスクは低く、これまでの災害等による対策の強化も踏まえれば、早期復旧も見込める。加えて、最近では、遠隔での検針や開閉栓等を実現するスマートメーターの検討やデジタル技術を活用した新しい安全技術の活用による保安・レジリエンスの向上に向けた取組が一部のガス事業者において進められている。引き続きレジリエンス向上を図ることにより、需要サイドのより安定的なエネルギー利用につながる。

ガスコージェネレーションを活用すれば熱と電気の両方を利用することができる。ガスコージェネレーションは需要地でガスを熱と電気に変換して利用するため、エネルギー効率が低い。また、災害等による停電時であっても、熱と電気を継続して利用できるため、そのような場合であっても社会経済活動や生活環境を維持することができる⁴⁴。

地域における再生可能エネルギーとガスコージェネレーションの組合せ（分散型エネルギーシステム）など、エネルギー源・エネルギーネットワークの多様性を確保することにより、地域におけるレジリエンスの向上に資する。また、再生可能エネルギーとガスコージェネレーションを組み合わせ、熱と電気をデジタル技術で制御するスマートエネルギーネットワークの取組も進められている。

今後、地域の分散型エネルギーシステムの中で、再生可能エネルギー主力電源化に伴う余剰電力から合成メタンを製造して電力を貯蔵でき、ガスコージェネレーションで発電と熱供給を行うことができるため、PtoG と GtoP の最適化による電気とガスの融合により更なるレジリエンス強化が考えられる。

⁴⁴ 2018 年の北海道胆振東部地震の際には、北海道内全域が停電する中、さっぽろ創世スクエアにおいてガスコージェネレーションにより入居するオフィスや隣接する市役所等への熱・電気の供給が継続された。2018 年の台風 21 号による近畿地方等での停電時には、家庭用エネファームにより電気・風呂・給湯を利用することができた。2019 年の台風 15 号による停電時には、むつざわウェルネスタウン（千葉県）において、再生可能エネルギーとガスコージェネレーションにより道の駅及び各住宅に対する電力供給や道の駅での温浴施設温水利用を実施した。

多くのガス事業者は地域に根ざしており、人口減少・少子高齢化が進む中、地域の需要サイドが求めるエネルギーやサービスを提供することに加え、これまで培った地域住民との信頼関係等を活かし、地域の様々な課題やニーズに対して地方自治体や地域企業と連携して取り組むことで地方創生やSDGsに貢献するとともに、再生可能エネルギーや水素、バイオガスなど地域資源を活用することを通じて地域における脱炭素化の担い手としての役割を果たしていく。これにより、カーボンニュートラルにおいても需要サイドが安価で安定的なエネルギーの多様な選択肢を確保することができ、地域企業の成長に貢献するとともに、地域の脱炭素化に貢献する。

<今後の取組>

産業分野において、石炭・石油から天然ガスへの燃料転換や天然ガス利用機器の高効率化等を進める。メタネーションの技術開発が進み、合成メタンが天然ガスを代替することで、需要サイドの円滑な脱炭素化への移行につなげることができる。

2050年カーボンニュートラル実現を目指すため、トランジション期に着実なCO₂削減の取組を行う事業者を支援するトランジション・ファイナンスの促進に向け、ガスを含めた分野別ロードマップを2021年度中に策定する。

ローカルエリアでの水素直接利用を進める中で、ガス事業者が地域の行政・事業者等と連携しながら、地域における水素直接供給のネットワーク形成に取り組むとともに、そのための課題解決に向けた検討を行う。東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会後の選手村地区では、水素パイプラインが整備され、各街区の住宅・商業施設に供給される水素により発電を行うことが予定されている。

クレジットでオフセットされたLNGの導入促進、需要サイドで排出されるCO₂の分離・回収や利用等の技術の実用化にガス事業者等が取り組み、脱炭素化ニーズを有する需要サイドが供給を受けられるようにする。

これらを踏まえつつ、ガス体エネルギーの変遷、需要の量・分布等に応じて需要サイドに次世代の熱エネルギーを供給するネットワークを整備する。

ガスインフラの継続的なレジリエンス強化に取り組む。スマートメーターの検討やデジタル技術を活用した保安・レジリエンス向上に向けた取組を推進し、更なる耐震性の向上等を通じたレジリエンスの強化に取り組む。また、デジタル技術の活用により集められたデータを活用することで、需要サイドはガスや電気、水道等のデータを活用した遠隔見守りサービスや省エネサービス、ライフスタイルに応じた生活関連サービスといった新たなサービス等を受けられるなどサービスの多様化が期待される。

分散型エネルギーシステムの構築を図るべく、ガスコージェネレーションの導入を促進する。また、人の流れや需要側の熱・電気利用の情報等を収集・分析することなどデジタル技術の活用により、地域全体でガスコージェネレーション等を柔軟に運転し、地域における最適なエネルギー制御を実現する。

地域に根ざしたガス事業者は、地域の需要サイドに対する次世代熱エネルギーの供給に向け、地方自治体や同業種・他業種との連携により業務効率化や新たなビジネス創出に取り組む事例を参考にしつつ、主体的な取組を推進するとともに、その展開を大手ガス事業者、業界団体、行政がサポートすることを通じて、ガス事業者による地域への貢献や経営基盤の強化を進める。これにより、地域における脱炭素化や地域活性化、まちづくりなどの地域課題の解決に貢献するとともに、将来にわたって地域におけるエネルギーの安定供給の確保に貢献する。

(4) 原子力産業

2050年カーボンニュートラル実現に向けては、原子力を含めたあらゆる選択肢を追求することが重要であり、軽水炉の更なる安全性向上はもちろん、それへの貢献も見据えた革新的技術の原子力イノベーションに向けた研究開発も進めていく必要がある。原子力は大量かつ安定的にカーボンフリーの電力を供給することが可能な上、技術自給率も高い。更なるイノベーションによって、安全性・信頼性・効率性の一層の向上、放射性廃棄物の有害度低減・減容化、資源の有効利用による資源循環性の向上を達成していく。また、再生可能エネルギーとの共存、カーボンフリーな水素製造や熱利用といった多様な社会的要請に応えることも可能である。

現行軽水炉では、中露が政府ファイナンスをバックに市場を席卷しており、米英加を始めとした先進国では小型炉、革新炉に活路を見出し、2030年前後の商用化を目指して大規模政府予算を投入して研究開発を加速している。目標として①国際連携を活用した高速炉開発の着実な推進、②2030年までに国際連携による小型モジュール炉技術の実証、③2030年までに高温ガス炉における水素製造に係る要素技術確立、④ITER計画等の国際連携を通じた核融合研究開発の着実な推進を目指す。

① 高速炉

<現状と課題>

小型炉や高温ガス炉といった革新炉型を含め、原子力の持続的な利用のためには、放射性廃棄物の適切な処理・処分が必要であり、さらには放射性廃棄物の減容化・有害度低減、中長期的には資源の有効利用に向けた技術開発を進めることが重要である。高速炉は、高速中性子を活用して、このような高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減、資源の有効活用という核燃料サイクルの効果をより高めるものであり、引き続き重要である。

世界ではロシアが2015年に実証炉の初臨界を達成し、中国も2023年の実証炉建設完了を目指した開発を進めている。米国も2020年に、7年以内の実証炉建設を目指す高速炉ベンチャー企業に最大約1,600億円の開発支援を決定するなど、北米でも政府支援を得たベンチャー企業等による高速炉開発の取組が加速している。

<今後の取組>

2018年12月に、原子力関係閣僚会議において決定した高速炉開発の「戦略ロードマップ」に基づく開発を着実に推進する。「戦略ロードマップ」では、21世紀後半の高速炉の本格的利用を視野に、例えば21世紀半ば頃の適切なタイミングにおいて、技術成熟度、ファイナンス、運転経験等の観点から現実的なスケールの高速炉が運転開始されることが期待されるとしている。まず、当面5年間程度は、民間によるイノベーションの活用による多様な技術間競争を促進し（ステップ1）、国、（国研）原子力研究開発機構（JAEA）、電気事業者が、メーカーの協力を得て技術の絞り込みを行った上で（ステップ2）、一定の技術が選択される場合、工程を具体化していく（ステップ3）。なお、2024年度以降の技術の絞り込み・重点化には、JAEAが保有する実験炉「常陽」での照射試験による検証が不可欠であり、運転再開に向けた準備を速やかに進めていく。

また、「戦略ロードマップ」では、仏米等との国際協力を活用しながら高速炉開発を進めることとしている。フランスとは、2020年より新たな一般取決めに基づいて安全性・経済性向上に係る

技術開発を実施しており、例えば、自然循環による冷却システムや、温度上昇に伴い自動的に制御棒が挿入される機構等の革新的技術を共同開発していく。

アメリカとは、2019年に高速炉の試験炉である多目的試験炉（VTR）の開発協力について覚書を締結したところであり、これらに基づく取組を進めていく。

高速炉開発を進めるに当たっては、JAEAが保有する「常陽」・原型炉「もんじゅ」の運転・保守経験で培われたデータや、ナトリウム実験ループ「AtheNa」等の世界的にも貴重なデータ・施設を最大限活用する。関係機関から協力を期待されていることを踏まえ、日仏・日米協力でも活用するとともに、日本が規格基準策定の点でも海外に先行している状況を踏まえ、日本の規格基準普及に向けた他国関連機関との協力を推進する。

また、「常陽」においては、世界的にも希少な医療用放射性同位体を、大量製造することが可能である。「常陽」の再稼働を進めていくことで、先進的ながん治療等への貢献が期待される。

② 小型モジュール炉（SMR）

<現状と課題>

小型モジュール炉（SMR）は炉心が小さいために、自然循環を使用した原子炉の冷却機構等、自然原理を安全設備に取り入れてヒューマンエラーや機器故障による停止を回避することが比較的容易で、システムのシンプル化を通じて安全システムの信頼性を高めることを狙う。こうした設計上の工夫により、配管が破断するなど、冷却水がすべて失われてしまうような事象が発生する可能性を大幅に低下させ、結果として避難区域縮小を図ることを目指している。加えて、モジュール生産による工期短縮で初期投資コストを削減し、建設時のサイト選定・資金制約の緩和を目指している。

SMRが採用している安全性・経済性向上に向けた革新的設計については、一部に技術開発・実証が必要であるとともに、アメリカが世界に先行して安全基準類や工業規格類の策定を進めている状態である。アメリカに加え、イギリス、カナダ等ではSMRの実証炉建設、その先の第三国への展開に向けたプロジェクトが進行中であり、一部の日本企業は高い設計・製造能力をもってこれらのプロジェクトへの参画に向けた取組を進めている。加えて、日本企業の独自設計による多様なニーズを見据えたSMR開発も行われており、これらに対する継続的な研究開発支援が不可欠である。

<今後の取組>

2020年代末の運転開始を目指す米英加等の海外の実証プロジェクトと連携した日本企業の取組を、安全性・経済性・サプライチェーン構築・規制対応等を念頭に置きつつ、積極的に支援する。海外で先行する規制策定を踏まえ、技術開発・実証に参画する。SMRで採用されている革新的技術の技術開発課題の克服について協力を行うとともに、優れた設計・製造技術をもって脱炭素技術であるSMRの実現に貢献する。これらの取組を通じて、SMRの設計・製造技術をより高めるとともに、主要サプライヤーとしての地位を獲得し、SMRのグローバル展開に合わせた量産体制を確立していく。

なお、SMRには冷却材や出力によって軽水炉や高速炉、高温ガス炉のほか、熔融塩炉、マイクロリアクター等の様々な炉型が存在することを踏まえ、技術熟度等に応じて、民間の創意工夫による技術開発や基盤技術開発を推進していく。

③ 高温ガス炉

<現状と課題>

高温ガス炉は、化学的に安定なヘリウム冷却材、四重に被覆した高温でも溶けにくい燃料、高温熱を吸収する構造材を使用することで、カーボンフリーな 700℃以上の高温熱を活用し、発電以外にも、効率的な熱利用・大量かつ安価なカーボンフリー水素製造の可能性で着目される。

製鉄、化学を含めた産業分野の脱炭素で着目される水素製造については、高温ガス炉 1 基で完全水素還元製鉄が可能なシャフト炉 1 基を脱炭素することができる可能性がある。太陽光発電で水を電気分解した場合と比べ、必要敷地面積が約 1,600 分の 1 となり、高温ガス炉の高い安全性が実証されれば、産業プロセスに必要な熱供給と組み合わせた水素の地産地消が可能となり、追加の水素運送コストが発生しない。発電・熱供給との併用で 2050 年にはガス火力以下(水素換算で 20 円/Nm³程度以下)となる約 12 円/Nm³のコストが実現される可能性がある。

アメリカは 7 年以内の実証炉建設を目指す高温ガス炉ベンチャー企業に最大約 1,600 億円の開発支援を決定したところ。イギリスも約 230 億円の革新的モジュール炉用のファンド設置を発表し、水素製造等に対応する高温ガス炉を有力な支援対象炉型としている。

我が国においては、JAEA が高温工学試験研究炉 (HTTR) を保有している。試験炉 HTTR は世界最高温度 950℃で 50 日間の高温連続運転を達成し、東京電力福島第一原子力発電所事故と同種の、冷却材が失われる事故を模擬した試験を実施し、原子炉が自然に冷却することを確認するなど、世界に先行する技術を有する。その他、メーカーでも高温熱を活用した水素製造や、熱エネルギーの貯蔵を含んだ多様な概念を開発中であり、水素製造についても、要素技術を確立する必要がある。

<今後の取組>

世界最高温度を記録した試験炉 HTTR を活用し、安全性の国際実証に加え、2030 年までに大量かつ安価なカーボンフリー水素製造に必要な技術開発を支援していく。並行して、IS 法やメタン熱分解法等を含む超高温熱を活用したカーボンフリー水素製造方法についても開発を支援する。開発支援に当たっては、安全性・経済性・サプライチェーン構築・規制対応等を念頭に置きながら、技術開発・実証に参画し、海外の先行プロジェクトの状況を踏まえ、海外共同プロジェクトも組成していく。

また、試験炉 HTTR の建設・運転・再稼働を通じて、規格基準策定の点でも海外に先行している状況を踏まえ、日本の規格基準普及に向けた他国関連機関との協力を推進する。

④ 核融合

<現状と課題>

核融合炉は、1 億℃以上のプラズマを生成し、最高 1,000℃程度に冷却材を熱することにより、発電以外に熱利用・水素製造を行うことも可能な技術である。燃料は水素が基本であり、長期間にわたって管理が必要な高レベル放射性廃棄物は発生しない。プラズマ生成は反応維持が難しい技術であるため、炉の暴走リスクはなく、安全性が高い。

核融合実験炉 (ITER) については、2025 年の運転開始に向け、世界 7 極の協力により、建設・各種機器の製作が進められ、2020 年 7 月に ITER 本体の組立て・据付けを開始した。日本企業は超伝導トロイダル磁場 (TF) コイル等主要機器を製作しており、フランス ITER サイトに順次納入中である。具体的には、2021 年 3 月に 3 機目の日本製 TF コイルを納入したほか、同年 2 月に日

米共同で製作した中心ソレノイド（CS）コイルの1機目の最終試験が米国で完了したところであり、各極において主要機器の製作が着実に進んでいる。

並行して ITER 計画の補完や将来の核融合原型炉に向け、日欧協力の下、幅広いアプローチ（BA）活動を実施。日本国内で建設中の大型トカマク装置（JT-60SA）を使用したプラズマ制御技術の高度化に向けた試験実施や、核融合原型炉に向けた、核融合中性子への耐久性、低放射化特性を有する構造材料等の開発、海水等からのリチウム回収技術及びリチウムから三重水素を生産する技術、低温・低 CO₂ 排出なベリリウム等の金属精製技術等の燃料生成技術の開発等を実施している。

また、米・英・加においては核融合発電の早期実現を目指すベンチャー企業が多数設立されており、日本においても核融合ベンチャー企業が 2010 年代後半から誕生しつつあるが、民間における核融合への投資は他国と比して相対的に少ない状況である。

<今後の取組>

ITER 計画については、2025 年運転開始、2035 年の核融合運転開始を目指している。BA 活動においても JT-60SA の運転開始やその他の研究開発を核融合原型炉に向けて着実に実施する。これらを通じ、主要機器の工学的実証とエネルギー出力状態の長時間維持技術を確立し、核融合エネルギーの実現を目指す。あわせて日本での核融合原型炉建設計画に向け各種設計や技術開発を行い、21 世紀中葉までに、核融合エネルギー実用化の目処を得るべく研究開発を推進する。燃料精製技術開発についても、リチウム精製技術、低温・低 CO₂ 排出の金属精製技術の実証に取り組み、それぞれ商用化を目指す。

また、核融合エネルギーへの興味喚起と相互理解を目指すアウトリーチ活動等を通じて、核融合の裾野の拡大を図ることにより、長期的な観点でより多くの企業に参加を促すとともに、海外プロジェクトに国内のベンチャー企業等が参画することを目指す。

さらに、発電にとどまらず、核融合炉の高温を活用したカーボンフリーな水素製造プロセス等、カーボンニュートラルに貢献する基盤技術の研究開発を推進する。

(5) 自動車・蓄電池産業

自動車は、電動化を推進する。この取組は、自動車産業のみならず、エネルギー供給、様々な産業、生活や仕事、モビリティや物流、地域やまちづくりに関わるものであり、支援・規制等の幅広い政策をパッケージとして、積極的に総動員しなければならない。また、我が国産業の国際競争力にもつながるよう、特定の技術に限定することなく、パワートレインやエネルギー・燃料等を最適に組み合わせて、多様な道筋を示す必要がある。さらに、日本の自動車産業は、世界各国に自動車を供給する、世界に冠たる総合的な技術力をもつ基幹産業であり、諸外国の電動化に関する目標や規制、支援等の施策や、これらの施策による電動車市場の状況に注目して、包括的な措置を講じる必要がある。関連産業には中小零細企業が多くを占める分野も多いことから、電動化への対応の他、新たな領域への挑戦、業態転換や多角化、企業同士の連携や合併等を通じて、カーボンニュートラル実現に向けて、前向きに取り組めるような産業構造を目指すべきである。

こうした基本的な考え方の下、以下の取組を進めていくことにより、日本はこの分野でのリーダーを目指さなければならない。

2035年までに、乗用車新車販売で電動車⁴⁵100%を実現できるよう、包括的な措置を講じる。

商用車については、8トン以下の小型の車について、2030年までに、新車販売で電動車20～30%、2040年までに、新車販売で、電動車と合成燃料等の脱炭素燃料の利用に適した車両で合わせて100%を目指し、車両の導入やインフラ整備の促進等の包括的な措置を講じる。8トン超の大型の車については、貨物・旅客事業等の商用用途に適する電動車の開発・利用促進に向けた技術実証を進めつつ、2020年代に5,000台の先行導入を目指すとともに、水素や合成燃料等の価格低減に向けた技術開発・普及の取組の進捗も踏まえ、2030年までに、2040年の電動車の普及目標を設定する。

二輪車については、引き続き世界市場をリードしていくため、蓄電池規格の国際標準化やインフラ整備等、国内外の取組を通じて電動化を推進する。

各国では電気自動車等への施策が相次いで打ち出されており、例えば、欧州の一部の国やカリフォルニア州では、2040年以前に電気自動車や燃料電池自動車等のゼロエミッション車へ転換するとの目標が相次いで打ち出されるとともに、欧州では約2,500億ユーロ（内数）、米国では約1,740億ドルの支援が検討されている。

また、2021年6月に行われたG7サミットにおいては、①持続可能で、脱炭素化された移動と、バス、列車、海運及び航空産業を含む排出ゼロ車両技術を拡大することにコミットする、②2020年代を通して、またそれ以降も、このために道路交通部門の世界的な脱炭素化のペースを劇的に加速させる必要性を認識する（充電及び充填インフラを含む必要なインフラの展開の加速化、及び公共交通機関、共有モビリティ、自転車、徒歩を含むより持続可能な交通手段の提供の強化への支援を含む）、③排出ゼロ車両の導入を促進するために、ディーゼル車やガソリン車の新規販売からの移行を加速させることにコミットする旨が言及されている。

我が国においても、この10年間は電気自動車の導入を強力に進め、電池を始め、世界をリードする産業サプライチェーンとモビリティ社会を構築する。この際、特に軽自動車や商用車等の、電気自動車や燃料電池自動車への転換について、特段の対策を講じていく。また、部品サプライヤーや地域経済を支える自動車販売店、整備事業者、サービスステーション（SS）等の加速度的

⁴⁵ 電気自動車、燃料電池自動車、プラグインハイブリッド自動車、ハイブリッド自動車。

な電動化対応を後押しするべく、「攻めの業態転換・事業再構築」を支援していく。

CO₂ 排出削減と移動の活性化が同時に実現できるよう、車の使い方の変革による地域の移動課題の解決にも取り組む。将来的な理想像として、例えば交通事故や交通渋滞が限りなくゼロとなるモビリティ社会が挙げられるが、それに向けて自動車分野においては自動走行・デジタル技術の電動車への実装を進めることとする。このように、中長期的な移動課題の解決を目指し、ユーザーの行動変容や、電動化に対応した新たなサービス・インフラの社会実装を加速する。

また、蓄電池は、自動車の電動化や再生可能エネルギーの普及に必要な調整力のカーボンフリー化等のグリーン化や、デジタル化の進展の要となる「新たなエネルギー基盤」である。研究開発・実証・設備投資支援や制度的枠組みの検討、標準化に向けた国際連携といった政策により、蓄電池の産業競争力強化を図る。

こうした取組やエネルギーの脱炭素化の取組を通じて、カーボンニュートラルに向けた多様な選択肢を追求し、2050 年に自動車の生産、利用、廃棄を通じた CO₂ ゼロを目指す。

① 電動化の推進・車の使い方の変革

<現状と課題>

欧州や中国は、電気自動車・プラグインハイブリッド自動車の普及を戦略的に進めており、急速に普及が拡大する一方、日本では、欧州や中国に比べ、普及が遅れている⁴⁶。また、各国で燃料電池トラック・バスの開発支援の取組が強化されている。

電動車の普及に向けては、車両価格の低減等による社会的受容の拡大、充電インフラ・水素ステーション等のインフラ整備といった課題がある。また、蓄電池・燃料電池・モーター等の電動車関連技術・サプライチェーン・バリューチェーンの強化も課題となる。特に、軽自動車・商用車等ユーザーのコスト意識や車体設計上の制約が厳しい自動車の電動化や、中小企業等のサプライヤーの競争力強化は、重要な課題である。また、自動車のライフサイクルでの CO₂ 削減のためには、CO₂ 排出の少ないエネルギーの調達の円滑化も重要となる。

加えて、各国で、MaaS（モビリティのサービス化：Mobility as a Service）や自動走行技術を活用した持続的な都市交通の実証・実装が進展中である。例えば欧州では、環境負荷の低減と都市交通の最適化を図る「持続可能でスマートなモビリティ戦略」を策定するほか、各国連携による大規模実証プロジェクト⁴⁷が進む。日本では、各地で MaaS 実証の取組が進むものの、大規模に事業化できている事例は少なく、環境負荷の低減と移動課題の解決の両立を地域全体で進める必要がある。自動走行技術についても、米国や中国に比べて、日本では公道実証を通じた走行データ収集は容易ではなく、デジタル技術を活用した開発・評価環境の整備が急務である。

<今後の取組>

電動化の推進に向け、以下のような取組を行う。

ア) 電動車・インフラの導入拡大

燃費規制の活用や公共調達の推進、充電インフラ拡充、導入支援、買換え促進等に取り組む。

⁴⁶ 2021 年第 1 四半期の電気自動車・プラグインハイブリッド自動車の販売台数は、EU 全体：約 35 万台（2020 年同期比で 1.5 倍以上、欧州自動車工業会速報ベース）、日本：約 1.1 万台（2020 年同期比で約 2 割増、日本自動車販売協会連合会公表データから経済産業省集計）。

⁴⁷ 欧州 13 か国含む 69 組織が合同で「SHOW」プロジェクトを実施。2024 年までに域内 12 都市に 70 台以上の自動走行電気自動車を、専用レーンや 5G 網とともに実装・配備予定。

今後、カーボンニュートラルを目指していく中で、規制的手法とインセンティブ措置を両輪として取り組んでいくことが必要である。

（乗用車・商用車）

技術中立的な燃費規制を活用し、あらゆる技術を組み合わせ、効果的にCO₂排出削減を進めていく。このため、自動車の製造事業者等に対し、2030年度を目標年度とする新たな燃費基準⁴⁸の達成を通じた新車の燃費向上を促していく。その際、勧告・公表の運用を見直すことにより、燃費基準の遵守に向けた執行強化を検討する。

また、地方公共団体や民間企業が所有する公用車・社用車の電動化を促進する。政府の公用車については、政府実行計画の見直しに当たり、代替可能な電動車がない場合等を除き、2030年度までに電動車とすることを検討していく。

個人や民間企業への普及に際しては、中長期的な視点に立って電動車とガソリン車との経済性の差、電動車の普及度合いや諸外国における支援状況等も踏まえ、導入や買換えの促進等を検討する。税制については、「令和3年度与党税制改正大綱⁴⁹」を踏まえ、次のエコカー減税等の期限到来時に抜本的な見直しを行うこととし、2050年カーボンニュートラル目標の実現に積極的に貢献するものとするよう、検討を行う。

また、電動車に対して高速道路利用時のインセンティブを付与することにより、一般道路から高速道路への交通転換による排出ガスの削減や電動車の普及促進を図り、さらに、国立公園等の駐車料金の減免についても検討する。なお、軽自動車や商用車は電動車への転換がより難しいことを踏まえた対応策を検討する。

充電・充てんインフラの不足は、電動車普及の妨げとなる。したがって、充電インフラについては、老朽化設備を更新するほか、既存のインフラを有効に活用できるサービスステーション(SS)における急速充電器1万基等、公共用の急速充電器3万基を含む充電インフラを15万基設置し、遅くとも2030年までにガソリン車並みの利便性を実現することを目指す。この際、充電インフラの普及促進や規制緩和等により、最適な配置やビジネス性の向上を進めるとともに、充電設備の普及が遅れている集合住宅に対する導入を促進する。また、充てんインフラについては、燃料電池自動車・燃料電池バス及び燃料電池トラックの普及を見据え、2030年までに1,000基程度の水素ステーションについて、人流・物流を考慮しながら最適な配置となるよう整備するとともに、規制改革に取り組む。バスやトラック等の商用車向けの充電設備や水素ステーションについては、事業所専用の充電・充てん設備も含め、整備を推進する。あわせて、充電・充てんインフラの設備の技術開発や標準化に取り組む。

電動車の普及には、上述に加え制度的な措置も重要である。例えば、電気自動車や燃料電池自動車に搭載される電池の重量・体積に応じて、トラック等の大型車の走行に支障がないよう措置を必要に応じて検討する。また、燃料電池自動車の普及拡大に向けた事業者及び利用者の負担軽

⁴⁸ 2016年度の出荷台数を勘案すると2030年度における燃費基準は25.4km/Lに相当し、これを達成するためには、2019年度の業界トップ水準の実績値20.5km/Lを約24%引き上げる必要がある(ただし、販売車種の重量別台数によって基準値は増減し得る)。

⁴⁹ 「令和3年度与党税制改正大綱(2020年12月10日)」には「自動車関係諸税については、「2050年カーボンニュートラル」目標の実現に積極的に貢献するものとするとともに、自動運転をはじめとする技術革新の必要性や保有から利用への変化、モビリティの多様化を受けた利用者の広がり等の自動車を取り巻く環境変化の動向、地域公共交通へのニーズの高まりや上述の環境変化にも対応するためのインフラの維持管理や機能強化の必要性等を踏まえつつ、国・地方を通じた財源を安定的に確保していくことを前提に、受益と負担の関係も含め、その課税のあり方について、中長期的な視点に立って検討を行う」とされている。

減の観点から、「道路運送車両法」と「高圧ガス保安法」における関連規制を一元化することも視野に、燃料電池自動車等の規制の在り方について検討を行い、6月に一定の方向性を取りまとめ、年内に結論を得る。充電インフラについては、商業施設への設置を促進するため、「大規模小売店舗立地法」の自治体における運用について、柔軟な方策を促す。

(二輪車)

二輪の電動車については、搭載可能な蓄電池容量が小さく航続距離が短いことや、蓄電池に起因した車体価格の高さ等の課題があり、現時点では必ずしもすべての車種で多くの消費者の使用に耐え得る性能は有していない。他方で、アジアを中心に二輪車の電動化を積極的に推進する動きが見られ、この動きを契機に多くの企業が電動車市場への参入を図っている。我が国の二輪車メーカーはアジアを軸足として世界市場シェアの半数超を有しており、引き続き国際競争力を維持するためには、二輪車の電動化に対応していくことが必要不可欠である。

したがって、二輪車は、他のモビリティと比べてCO₂排出量が少ないことを考慮し、まずは現在の性能でも利用可能性を有する短距離移動の用途から二輪車の電動化を推進していく。このため、引き続き、導入や買換えの促進等を行うことで電動車の普及拡大を図るとともに、コストの主要因となる蓄電池については、我が国メーカーの主導による規格の国際標準化に取り組むことで量産性の向上を図る。また、短距離移動を前提としたバッテリーステーション（交換式等）の整備を推進し、短い航続距離の車体でも不便さを感じることなく移動が可能な環境の構築に取り組む。

イ) エネルギー政策との両輪での政策推進

自動車部門からの排出削減に向けては、世界の自動車市場の変革のスピードが加速していることを踏まえ、自動車の電動化とエネルギーの脱炭素化を両輪で進めていくことが必須である。例えば、電動車は、利用段階の充電のみならず、生産段階の電池製造に大量の電気を必要とするため、自動車のライフサイクル全体でのCO₂排出削減のためには、安価な脱炭素化された電力が必要となる。具体的には、再生可能エネルギーは主力電源として、引き続き、コストを低減しつつ最大限の導入を目指すとともに、自立化を促す。原子力、さらに、水素・アンモニア・CCUS/カーボンリサイクル等、新たな選択肢も追求していく。また、我が国産業の競争力の維持向上のため、エネルギーコストの最大限の抑制を進める。さらに、非化石電源由来の電気が有する環境価値を取引する非化石価値取引市場において、トラッキング付き非化石証書の増加や需要家による購入可能化、非化石証書の価格の引き下げの見直しを進める。

このように、エネルギー政策と両輪で、自動車のカーボンニュートラル化に向けた施策を総合的に講じていく。あわせて、日本の自動車産業が引き続き世界各国に環境性能に優れた自動車を提供できるよう、カーボンニュートラルを巡る国際的な議論の状況を踏まえて、公平で透明な国際競争環境の整備に努める。

ウ) 蓄電池・燃料電池・モーター等の電動車関連技術、サプライチェーン、バリューチェーン強化

大規模投資支援や、技術開発・実証、軽自動車・商用車等の電動化支援、中小企業等のサプライヤーや自動車販売店・整備事業者、サービスステーション（SS）等の自動車関連産業の電動化対応・業態転換・事業再構築とそれを支えるデジタル開発基盤の構築に取り組む。

電動車の基幹部品である電池・モーターやその材料については、将来の自動車産業の競争力を左右する。サプライチェーン強靱化の観点から、一定以上の規模を有するそれらの生産拠点の国内立地を図る。

また、後述のとおり、次世代電池の技術開発を進めるほか、モーターについては、農機や建機、ドローンや空飛ぶクルマ等、近接領域のモビリティの電動パワートレインも併せて取組を進めることが、サプライヤーも含めた産業競争力強化の上で有効であると考えられることから、モビリティ用のモーターシステムの性能（重量、体積、出力等）の向上や材料開発等に取り組む。

また、サプライチェーン、バリューチェーン全体の強化に向けて、まず電動化による車体の重量化に対応した軽量化技術や、塗装工程等の自動車に特徴的な製造工程やリサイクル工程におけるCO₂排出削減等、電動化に伴う車両（車体架装物を含む）の変化や、自動車のライフサイクル全体でのCO₂排出削減に向けた技術開発、設備構築等も促進し、自動車関連産業全体でのカーボンニュートラル対応を進める。

加えて、エンジン部品サプライヤーが自動車向けの部品製造等の新分野に挑戦すること、サービスステーション（SS）・整備拠点が地域の新たな人流・物流・サービス拠点・EVステーション化すること等の「攻めの業態転換・事業再構築」を後押しする。

具体的には、サプライヤーの電動化対応を加速度的に推進するため、技術開発や設備投資、人材の確保・活用・育成等を後押しする。また、サプライヤーの製造プロセスのカーボンニュートラル化や事業転換について伴走的にサポートするための体制構築や環境整備（企業間連携や再編等を含む）も進める。

自動車販売店や整備事業者については、電動化に伴う車両の構造変化に対応した設備投資・人材育成や、整備事業の更なる効率化・生産性向上に向けたDX投資等を後押しする。あわせて、MaaS等を活用した新たなサービス展開や、自動車への買換促進に向けた蓄電池劣化評価の取組の後押しや関連する環境整備等を通じた中古車市場の魅力向上に取り組む。また、これまでも自動車への燃料供給を担ってきたサービスステーション（SS）については、自動車の普及が進む中において、ハイブリッド車に加えて、電気自動車や燃料電池自動車へのエネルギー供給や合成燃料の供給も担えるように、総合エネルギー拠点化や経営多角化等の事業再構築を後押しする。

エ) 車の使い方の変革

ユーザーによる自動車の選択・利用の促進、そのための対応・選択肢の拡大に加え、持続可能な移動サービス、物流の効率化・生産性向上を実現するべく、自動走行・デジタル技術の活用や道路・都市インフラとの連携に取り組む。

まず、安全運転支援機能の普及を通じて引き続き自動車単体での安全性の向上を図ることに加え、正確な自己位置推定のための高精度デジタル地図、OTA（Over-the-Air）を通じた継続的なソフトウェアアップデート機能、車車間・路車間・歩車間での狭域通信機能等を具備した電動車が普及することにより、自動車単体だけではなく交通システム全体を通じて事故や渋滞を削減し、周辺の車両や歩行者にとっても安全・安心な環境を創出することが可能となる。同時に、あらゆる車両がコネクテッド機能を通じて事故・渋滞なく円滑に走行することで、交通流全体での環境負荷の低減も実現できる。こうした次世代の交通システムの基盤となる高精度デジタル地図・OTA機能・狭域通信機能を社会実装するべく、2021年度から必要な実証や普及に向けた検討を開始する。

さらに、2030年頃のBeyond 5Gのデジタル社会に向けて、情報処理量とともに増加するネット

ワーク・クラウドデータセンターの消費電力を最小化するため、ネットワークに対するエッジデバイスとしての自動車の側で、自動走行を含む高度な情報処理等を可能な限り実施することが求められる。同時に、電動車は電気系で駆動するため制御の面で自動走行との相性がよく、2050年に向けた電動車の普及は、自動走行・安全運転支援技術の実装とともに進むものと見込まれる。他方で、車内の情報処理の高度化に伴うエッジにおける電力消費量の増加は、蓄電池容量の限界との関係で、電動車の航続距離等へ影響を与えることも指摘されている。自動走行と電動化を両立するべく、自動走行系を中心に先端半導体等を用いた高度なセンサー・コンピュータ類、さらにそれらの次世代デバイスを支える新たな車載ネットワークシステムやデジタル開発基盤等について、その性能向上と徹底した省エネ化を同時に実現するための研究開発に取り組む。

また、ラストマイルから長距離輸送まで、商用車分野における電動車普及の課題である商用利用に適した電動車両の開発、充電・充てんインフラの最適配置、運行管理とエネルギーマネジメントの最適化等による経済性の最大化の実現等に向け、道路・都市インフラとも連携しつつ、トラック・バス等の商用車分野における大規模なコネクテッド実証や、地域におけるエネルギーシステムとも連動した自動走行車等の運用実証を検討する。

オ) 電動車の普及に向けたアジア等との連携

日本の自動車産業と関わりの深いアジア等と連携して電動化の推進に取り組む。アジア等、電動車の普及が今後本格化される地域において、電動化に向けた二国間対話等を通じてカーボンニュートラルに向けた道筋を議論し、政策協調を行うとともに、充電インフラの整備、サプライチェーンの電動化対応、電気自動車や燃料電池自動車等の市場拡大等のため、充電規格の国際調和活動や国際標準化の後押し、現地サプライヤーに対する技術指導、現地実証試験等に取り組む。

電気自動車や燃料電池自動車の普及の環境整備への協力を進める一方、社会受容性や既存のインフラ及びサプライチェーン活用の観点から、段階的に電動車の普及を進めることが現実的であり脱炭素化に有効である。モータリゼーションが進展している新興国における脱炭素化にも技術、政策両面で貢献するべく、各国の国内事情を踏まえつつ、アジア等と一体的に電動化に関する取組を具体化し推進する。

カ) 電動車の災害時対応

電動車は、災害時に外部給電を行うことができる等、防災に貢献することが期待されており、例えば、2019年に台風15号の影響で千葉県を中心に発生した停電時に、避難所での携帯充電や灯火確保、乳幼児・高齢者等がいる個人宅や老人ホーム等での給電が実施され、必要な電源の確保に貢献してきた。一方、災害時における充電切れ等の対応について課題が指摘されているため、電動車が大規模に普及することを見据え、ロードサービスの在り方を含め、調査を実施し、対策を検討する。

キ) 2050年のモビリティ社会（電動・自動走行車をもたらす社会変革と生活の理想像）

2050年カーボンニュートラルに向けた自動車分野でのイノベーションは、単にCO₂排出を削減することのみに資するものではなく、「ヒトとモノの移動」そのものを活性化させ続け、また、あらゆる人のモビリティに係るニーズの充足や課題解決につながる社会変革を促すものを目指すべきである。いかなる新たな技術・サービスも日本社会や人々の生活にとって、より大きな新しい付加価値を提供すればするほど、より円滑に社会に受容されていくことになると考えられるから

である。その意味で、電動車についても、環境負荷が低く、持続可能性が高いというだけでなく、例えば、それらが合わせて自動化されることを通じて、より安全で快適、また自由に魅力的といった新たな付加価値を提供するものであることが適切である。このため、2050年カーボンニュートラルの実現に当たっては、2050年のモビリティ社会の在り方の変革も見据え、単に電動化のみを射程とするのではなく、「電動・自動走行車」をターゲットとして取り組んでいく。

この際、新たなモビリティ社会の構築に向けて、電動車のインフラ構築を、2035年を一つの目途として行うことは当然であるが、これと並行して、自動走行車についても可能な限りに早期に社会実装できるように、必要なインフラ等の環境整備や普及策の検討に取り組んでいく。

自動車の電動化と並行して、自動走行・デジタル技術の電動車への実装を進めるべく、2030年、2040年と段階的にイノベーションを起こしながら、最終的に2050年には、下記に挙げるような新たな移動サービスを創出できるよう、今後のイノベーション促進策やその社会実装に向けた環境整備にあたって、強く留意することとする。

A) 移動の安全性・利便性の向上

a) 「事故ゼロ」に向けて

安全運転支援・自動走行技術の普及・高度化に加えて、高度なデジタル・通信技術を通じて自動車が車車間・路車間・歩車間で連携することにより、自動車単体としての人為的ミスを防止するだけでなく、周辺の自動車や歩行者にとっても安全・安心な環境を創出することが可能となる。運転者はもちろん、歩行者についても、移動時の安全性が向上し、交通事故ゼロへの大きなステップとなる。そのためには、こうした自動走行・デジタル技術の確実な社会実装を促進し、必要なセキュリティや信頼性をシステム全体で確保できるようなものとすべきである。

b) 「移動弱者ゼロ」に向けて

公共交通機関が不十分な地方圏域を中心に、自力での運転が困難あるいは不安な高齢者や子供の移動手段の確保は、ライフラインそのものとなる。また、都市部にあっても少子高齢化の進展とともに、例えばベッドタウンにおける移動弱者の移動手段の確保や、新型コロナウイルスの感染終息後には再度増加し得る訪日外国人向けの円滑な移動手段の確保はますます重要な課題となる。2050年に予想される人口偏在や、労働力不足の一環としての公共交通機関のドライバー不足は、こうした状況に拍車をかける。移動弱者ゼロに向けては、電動車が自動走行化することが重要であり、その結果として、公共交通機関の人手不足の解消に貢献するとともに、あらゆる人にとって必要な移動手段の確保が可能となる。

c) 「交通渋滞ゼロ」に向けて

交通渋滞ゼロに向けて、デジタル技術を活用して交通情報をリアルタイムに解析し、自動で最適な移動経路・交通手段を提案するほか、ITS・自動走行技術を活用した交通需要管理、整流化によって、人流や物流における時間的ロスが大きく削減され、生産性が向上する。

B) 移動時間の活用の革新（移動時間の有効活用）

自動走行によって、ドライバーは、例えば渋滞時の煩わしい低速運転や業務上の長時間の運転等の運転操作の負担から解放される。また、高度な安全運転支援技術は、これまで以上に安全・安心なドライビング体験を可能とする。結果的にあらゆる人々にとって、モビリティの新たな体

験を提供し、さらに移動の時間をより自由に使うことが可能となる。

また、電動化に合わせて高度な自動走行技術が実装されれば、車内スペースや内装⁵⁰が、現行車を前提としない可能性、言わば「動く居住・サービス空間」となる可能性も十分に考えられる。これにより、車内空間の有効活用が容易になり、車による移動の時間を有効活用し、移動とサービスを掛け合わせた様々な価値の創出が期待される。例えば、自動走行技術とテレワーク技術を組み合わせて、移動しながら場所を問わずに快適に仕事をするのが可能となる。必ずしもオフィスへの出勤の必要性がなくなり、また仕事をしながら行楽地等の余暇に移動することが当たり前になり、これまでの「通勤」の概念がなくなる。こうなると「最短時間」で移動する必要性すら飛躍的に低減し、ある時点・場所に行き着くための「最適化」が重要になることから、経路の選択肢、経由地点の自由度が増し、後述する交通流の最適化にも必然的につながる事となる。また、電動車の静粛性も活用して、宿泊等の生活機能や映画等のエンターテインメント機能を備えるなど、ホーム・アイデンティティとしての「自宅」と合わせて、居住空間の概念が拡大し、ライフスタイルの幅も拡張されることによる、新たなビジネスの展開も期待される。

さらに、ポストコロナで新たに高まる価値として、移動せずに様々なサービスを受けられるということが挙げられる。あるいは、地方圏を中心に、医療・買い物といった生活上必須のインフラまでのアクセスが困難な地域はますます増加することが予想される。例えば「動くサービス空間」としてのモビリティが、より低廉かつ便利な形であらゆる場所でサービスを提供できるようになれば、これまで必要なインフラまでの移動に要していた時間から人々を解放し、また稼働率の低い固定インフラの維持に要していた社会的コストの低減も可能となる。その結果として少子化・過疎化の中にあっても、一定のインフラ等の集約・効率化を引き続き実施しつつ、あらゆる人々の生活の快適性を引き続き確保する。インフラは固定のものという常識を覆して、動くインフラとしてのモビリティを日本社会として最大限活用できるよう、また中長期的に移動インフラが固定インフラを代替する可能性を念頭におきながら、制度面を含め必要な環境整備を引き続き推進する。

C) 「動く蓄電池」の社会実装

a) スマートシティの高度化

デジタル技術や各種データを活用してあらゆるサービスの最適化を行うスマートシティの実現は、住民の満足度の最大化へとつながる可能性がある。他方で、通信容量の増大やデータセンターの整備に合わせて電力需要も増加することが見込まれ、住民サービスの最適化・高度化のためにもエリア内で最適にエネルギーマネジメントを行うことが一層求められることになる。一定のエリア内であらゆる電動車が高速通信等を通じてリアルタイムにつながることで、遊休車両の活用等を通じて、平時でも「動く蓄電池」となり、VPP⁵¹やV2X⁵²としても利用できるなど、電動車の調整能力を最大限に発揮できる。これにより、現在よりも電化が進んだ社会において、増大する電力需要を乗り越えて、いわゆるスマートシティの実現・高度化に貢献することが可能となる。

また、高精度な乗客需要・混雑状況予想等を通じて、自分の乗りたいときに、行きたい場所

⁵⁰ 現行車両においても、低床化を通じたバリアフリー対応、車内スペースの拡大等の取組が各メーカーによってなされている。今後本格拡大する電動車は、一般的に低床化との相性が良く、潜在力が期待される。例えば、商用トラックの運転席の低床化は、女性や高齢者のトラックドライバーの増加にもつながる。

⁵¹ 電動車の車載用蓄電池等の分散型エネルギーリソースを、デジタル技術を活用して多数束ねて遠隔制御することで、電力の需給調整や再エネ出力制御の回避、電力系統混雑の緩和等に活用する技術。

⁵² 電動車から、需要家（家庭、ビル等）や電力系統等の様々な対象に対し、電気を供給すること。

へ、無駄な待ち時間等を消費することなく移動することが可能となる。

b) 災害時のレジリエンスの向上

後述の蓄電池のイノベーションが進展し、容量・能力が向上すると、電動車は移動手段のみならず、「動く蓄電池」としての本領を発揮することが期待される。2050年の人口偏在による過疎化の進展は、過疎地域における防災機能、特に地震・台風への備えの強化を必要とするが、動く蓄電池としての電動車は、停電時における備えの中核機能を担う。

D) モビリティによる新たな付加価値の提供

2050年カーボンニュートラル社会の実現を始めとする社会の変化や自動走行技術等の技術革新、またこれらを活用した新たなモビリティサービスの社会実装等により、上述のように、あらゆる人の移動ニーズを満たし、また移動に関する課題を解決するという新たな付加価値が提供されることで、結果的に、すべての人にとって、モビリティの保有・利用に当たっての相対的なコスト負担感が下がることが期待される。

② 燃料のカーボンニュートラル化（合成燃料（e-fuel）等）

<現状と課題>

カーボンニュートラルを目指す上では、動力源となるエネルギーの脱炭素化も必要となる。特に、電動化のハードルが高い商用車等については、燃料の効率的利用とともに、燃料のカーボンニュートラル化の取組が重要となる。

合成燃料は、CO₂と水素を合成して製造される燃料であり、排出されたCO₂を再利用することからカーボンフリーな脱炭素燃料とみなすことができる。特にガソリン・灯油・軽油等の混合物である液体合成燃料は、複数の炭化水素化合物の集合体、言わば「人工的な原油」である。特に、再エネ由来の水素を用いた場合はe-fuelと呼ばれる。既存の燃料インフラや内燃機関が活用可能であることから、水素等、他の新燃料に比べて導入コストを抑えることが可能となる。

合成燃料は、化石燃料と同様に液体燃料であるため、エネルギー密度が高く、可搬性があるという特徴がある。例えば、大型車やジェット機が電動化・水素化した場合、液体燃料と同様の距離を移動する際、液体燃料よりも大容量の蓄電池・水素エネルギーが必要となる。こうした液体合成燃料は、電気・水素エネルギーへの代替が困難なモビリティ・製品がある限り存在し続けると考えられる。

合成燃料の商用化に向けた課題はコストと製造技術の確立であり、今後、既存技術の高効率化・低コスト化や革新的な新規技術・プロセスの開発に取り組んでいくことが必要である。

<今後の取組>

合成燃料について、2050年に、ガソリン価格以下のコストが実現できるよう、商用化に向けた一貫製造プロセス確立のため、既存技術（逆シフト反応+FT合成プロセス⁵³）の高効率化や製造設備の設計開発に加え、革新的新規技術・プロセス（共電解⁵⁴、Direct-FT⁵⁵等）の開発を実施する。

⁵³ CO₂からCOに転換（逆シフト反応）し、触媒を用いて合成ガス（CO、水素）から合成燃料に転換（FT合成プロセス）する、合成燃料製造における既存技術。

⁵⁴ 水電解とCO₂電解を同時に行う革新的新規技術。

⁵⁵ 逆シフト反応とFT合成プロセスを同時に実現し、CO₂と水素から直接炭化水素を製造する革新的新規技術。

こうした合成燃料に係る技術開発・実証を今後 10 年で集中的に行うことで、2030 年までに高効率かつ大規模な製造技術を確立し、2030 年代に導入拡大・コスト低減を行い、2040 年までの自立商用化（環境価値を踏まえたもの）を目指す。

③ 蓄電池

<現状と課題>

蓄電池は、自動車の電動化や再生可能エネルギーの普及に必要な調整力のカーボンフリー化等のグリーン化や、デジタル化の進展の要となる「新たなエネルギー基盤」である。当面は、自動車の電動化の進展に伴い、車載用蓄電池の市場が成長し、再生可能エネルギーの普及割合が高まるにつれ、定置用蓄電池のニーズも拡大していくことが見込まれることから、こうした市場拡大の傾向も意識し、「新たなエネルギー基盤」としての蓄電池産業の競争力強化の総合的な戦略が必要である。

電気自動車にはハイブリッド自動車の 50～100 倍程度、プラグインハイブリッド自動車には 10～20 倍程度の容量の蓄電池がそれぞれ搭載されるなど、自動車を始めとしたモビリティの電動化を進める上で、蓄電池の確保とサプライチェーンの安定化は重要な課題である。欧州では、域内蓄電池サプライチェーン構築に向けて「欧州バッテリーアライアンス」を構築し、素材・蓄電池・自動車メーカー等を支援⁵⁶するほか、フランス等による蓄電池工場への投資支援等も発表⁵⁷されている。加えて、2020 年 12 月には、バッテリー指令の改正案が公表され、蓄電池のライフサイクルでの CO₂ 排出量のラベル規制やリユース・リサイクルに関する規律の導入等が示された。今後は、CO₂ 排出の少ないエネルギーの調達ができるかどうか蓄電池の競争力を規定することとなる可能性がある。

中国・韓国企業は、積極的に蓄電池への投資を進めており、世界シェアを伸ばす一方、日本企業のシェアは落ちている⁵⁸ほか、次世代蓄電池の技術開発においても、中国・韓国の取組が強化されている⁵⁹。電動車の用途拡大や定置用蓄電池の一層の普及のためには、蓄電池の軽量化・小型化・価格低減等が必要であり、大規模投資と技術力強化が課題である。

また、家庭用太陽光の普及やレジリエンスの関心の拡大を受け、日本の家庭用蓄電池の市場規模は、容量ベースで世界最大⁶⁰に成長する一方、韓国企業が約 7 割のシェアを占め、日本企業のシェアは約 3 割に過ぎない。国内でも、液系リチウムイオン電池に加え、主要部材に粘土や樹脂を採用すること等により、生産コストの大幅な低減や安全性の向上を図った製品開発に取り組む例もある。業務・産業用や系統用の蓄電池も含め、自立的普及に向けた一層のコスト低減や投資回収の予見可能性の拡大が課題である。

<今後の取組>

電動化の進展という変化の中でも、国内の自動車製造の安定的な基盤を確保するため、2030 年までのできるだけ早期に、国内の車載用蓄電池の製造能力を 100GWh まで高めるとともに、蓄電池

⁵⁶ 参加国が、2031 年に向けて最大総額 32 億ユーロの研究費支援を表明（2019 年）等。

⁵⁷ 2020 年 5 月にフランスが発表した「Plan de soutien à l'automobile」（自動車支援計画）には、最大 8 億 5,000 万ユーロの公的資金による蓄電池製造工場支援が盛り込まれた。

⁵⁸ 民間調査によれば、2016 年から 2019 年で、日本勢が EV・PHEV 用車載用蓄電池の世界シェア 37%から 29%まで低下する一方、中国勢が 35%から 46%に、韓国勢が 14%から 19%にシェアを伸ばしている。

⁵⁹ 例えば、2001 年から 2018 年の累計で、全固体リチウムイオン電池の特許出願件数の約 37%を日本が占める一方、中国が約 28%を占めている。また、2018 年の特許出願件数では中国が世界一位となっている。

⁶⁰ 2019 年、蓄電容量ベースで世界市場の約 28%。

サプライチェーンの強化に向け、蓄電池材料を含めた大規模投資を促す。こうした大規模投資によるスケール化や技術力の強化により、2030年までのできるだけ早期に、電気自動車とガソリン車の経済性が同等となる車載用の蓄電池パック価格1万円/kWh以下、太陽光併設型の家庭用蓄電池が経済性を持つシステム価格7万円/kWh以下（工事費込み）、工場等の業務・産業部門に導入される蓄電池（業務・産業用蓄電池）が経済性を持つシステム価格6万円/kWh（工事費込み）を目指す。また、家庭用、業務・産業用蓄電池の合計で2030年までの累積導入量約24GWh（2019年までの累積導入量の約10倍）を目指す。さらに、2030年以降、更なる蓄電池性能の向上が期待される次世代電池の実用化を目指す。具体的には、まずは全固体リチウムイオン電池の本格実用化、2035年頃に革新型電池（フッ化物電池、亜鉛負極電池、多価イオン電池等）の実用化を目指す。このため、以下のような取組を行い、成長市場⁶¹を取り込む。

ア) 蓄電池のスケール化を通じた低価格化

蓄電池・資源・材料等への大規模投資支援や定置用蓄電池の導入支援等に取り組む。

イ) 鉱物資源の確保

蓄電池の製造には、ニッケル、コバルト、リチウム等の鉱物資源が必要であることから、カーボンニュートラル実現に向けた電動化の進展等に伴い、関連する鉱物資源の需要拡大が想定される。こうした状況を踏まえ、（独）石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）を通じた資源探査、海外権益確保のためのリスクマネー供給、レアメタル備蓄制度の整備等を通じて、我が国企業の鉱物資源の安定的な供給確保を強化する。

ウ) 研究開発・技術実証

全固体リチウムイオン電池・革新型電池の性能向上、蓄電池材料の性能向上、蓄電池や材料の高速・高品質・低炭素生産プロセス、リユース・リサイクル、定置用蓄電池を活用した電力需給の調整力等の提供技術等の研究開発・技術実証等に取り組む。

例えば、現行リチウムイオン電池の2倍以上の体積エネルギー密度を実現する全固体リチウムイオン電池を、2030年に本格量産するために必要な技術開発に取り組む。その際、マテリアルズインフォマティクスや放射光・中性子線による解析技術の活用等により、効率的な研究開発を進めるほか、液系リチウムイオン電池と全固体リチウムイオン電池の材料の共通性も踏まえ、材料開発に当たっては、液系リチウムイオン電池の低価格化に資する性能や生産性の向上も意識し、研究開発・技術実証を行う。

エ) 蓄電池のリユース・リサイクルの促進

蓄電池は、ニッケル、コバルト等のレアメタルや、大量のエネルギーを使用することから、リユースやリサイクルを促進することが重要である。このため、使用後利用できる場合には再度車載用パーツとして活用、又は定置用蓄電池として利用し、利用できなくなった場合には鉱物資源を効率回収するために、研究開発や技術実証に取り組む。また、後述する標準化等の取組を進めるとともに、蓄電池のリユース・リサイクルの促進に向けた制度的枠組みを含めて検討する。

⁶¹ 2018年から2030年の比較で、世界で、蓄電池全体で約2倍（約8兆円から約19兆円）、車載用電池に限れば、約5倍（約2兆円から約10兆円）に成長するとの民間試算がある。

オ) ルール整備・標準化

蓄電池ライフサイクルでの CO₂ 排出見える化や、材料の倫理的調達担保、リユース・リサイクルの促進等について、2021 年度を目途に制度的枠組みを含め、その在り方を検討するとともに、CO₂ 排出の見える化等の実施方法についても、早急に具体化を進める。

また、車載用蓄電池をリユースし、コストの低い定置用蓄電池としての再利用を促進するため、蓄電池パックの残存性能等の評価方法やリユース蓄電池を含む定置用蓄電システムの性能・安全性に関する国際標準化を行うとともに、リユース促進等に関する国際ルール・標準化を進める。我が国が強みとする耐久性や安全性等の性能を見える化するため、家庭用蓄電池の劣化後の安全性等の性能指標や性能ラベルの開発と JIS 化を進める。

需給調整市場（2024 年本格開設）への参入に向けた制度設計等、定置用蓄電池の価値を評価する各種市場に係る環境整備を進める。大規模な系統用蓄電池を活用し調整力等を提供する新たなビジネスを促進するため、系統用蓄電事業の電気事業法上の位置付けを明確化するとともに、足下の変動する再生可能エネルギーによる電力の短期出力変動に対する調整力不足に対応するため、系統用蓄電池を共同で調達するプロセス等を実施する。さらに、将来の需給調整に蓄電池を活用することを見越し、蓄電池に関するグリッドコード（系統に接続される電源等が従うべきルール）の整備に取り組み、定置用の蓄電池の導入を促進する。

(6) 半導体・情報通信産業

情報の利活用、デジタル化が急速に進展する中、カーボンニュートラルは、製造・サービス・輸送・インフラなど、あらゆる分野で電化・デジタル化が進んだ社会によって実現される。したがって、デジタル化・電化の基盤である、半導体・情報通信産業は、グリーンとデジタルを同時に進める上での鍵である。

半導体・情報通信産業については、①デジタル化によるエネルギー需要の効率化・省CO₂化の促進（グリーン by デジタル）と、②デジタル機器・情報通信産業自身の省エネ・グリーン化（グリーン of デジタル）の2つのアプローチを車の両輪として進めていく。

特に、日本が世界に先駆けてグリーンとデジタルが両立した持続可能な社会を構築するためには、「産業のコメ」であり、あらゆる社会・経済活動に深く関係し、データ通信、処理等の根幹を担う半導体やデジタル産業について、時代の変化を正確に捉え、競争力を高めることが必要である。このような背景を踏まえ、経済産業省では、有識者をメンバーとした「半導体・デジタル産業戦略検討会議」を開催し、様々な意見をいただくことで、半導体の競争力強化やデータセンター等のデジタルインフラの強化・最適配置、デジタル社会を支えるデジタル産業の育成などからなる「半導体・デジタル産業戦略」を2021年6月に取りまとめた。今後は、当該戦略を、グリーン成長戦略と共に、着実に実行に移していく。

① デジタル化によるエネルギー需要の効率化・省CO₂化（グリーン by デジタル）

<現状と課題>

デジタル化の進展は、人・物・金の流れの最適化が進むことなどを通じ、エネルギーの効率的な利用・省CO₂化にもつながる。例えば、企業のシステムをクラウド化することにより8割の省エネを達成できることや、テレワーク・オンライン会議によって、移動に伴うエネルギーを削減することができることなど、デジタル化による省エネ効果は、あらゆる産業に大きく寄与するものである。

2050年カーボンニュートラルの実現に向け、社会・経済全体でエネルギーの効率的利用を達成するために、デジタル化を支えるデータセンター、情報通信インフラなどの国内整備、都市部だけでなく地域のデジタル活用・省CO₂化などに取り組むとともに、あらゆる産業分野においてデジタル化、デジタルトランスフォーメーション（DX）を後押しすることが必要である。

ア) 都市部・地方を問わないDXの推進

近年、DXの重要性は広く認識されつつあるが、例えば企業の実態を見ると、大半の企業は現在DXに全く取り組んでいないか、ようやく取り組み始めたに過ぎず、産業・企業全体として危機感の共有や経営改革には至っていない。また、同一業界内でも各企業が独自のソフトウェアやシステムを開発・使用しており、企業や産業をまたがった情報連携によるシステムの統廃合や稼働率向上、業務プロセスの最適化による省エネ・省CO₂化が進んでいない。

今後、電力多消費インフラ・産業が一般的となる中で、DXを推進することは省エネ・省CO₂化に寄与することに加えて、我が国企業の競争力強化にも資するものであるため、早急に進めていく必要がある。

イ) デジタルインフラの中核となるデータセンター立地

今後、デジタル化の進展、特に、AI・ビッグデータの利用拡大により、データセンターはより高度な計算能力が求められていく方向であり、大規模なデータセンター市場が世界的に拡大していくと見込まれている。また、国内に目を向けると、2000年代に立てられたデータセンターは全体の40%以上を占め、今後、建て替え需要が発生する。

データセンター立地に当たっては、①電力コスト、②基幹ネットワークの利用可否、③需要地との距離、④自然災害などの環境条件などが考慮すべき要件であったが、これに加え、近年は、「再生可能エネルギーなど脱炭素電源の利用」が重要な要件となっている。

日本は、経済規模や政治情勢など、地政学的に有利な側面がある一方、①電力コストが高い、②効率的な脱炭素電力の購入が困難、③大規模なエネルギー需要の場合、電力インフラへの接続に年単位の時間を要するなど、立地に不利な面も存在している。

データセンターは、デジタル社会における心臓部であり、データセンターが国内に存在し、通信インフラで連結され、エッジ処理が進んだ社会では、データ通信の低遅延化が実現することなどにより、IoT、自動運転や遠隔手術、スマート工場など、データを利用した新たなサービス展開も広がっていく。また、データが国内に集約・蓄積されることは、経済安全保障にも寄与する。このような背景から、データセンターの国内立地を進めるとともに、安定した活用がなされるために分散立地や非常時の電力供給の対応等が必要である。

ウ) 高度情報通信インフラ (5G、ポスト5G、高度化された5G、Beyond 5G)

デジタル化によるエネルギー需要の効率化・省CO₂化を進めていくためには、データセンターだけではなく、5Gなどの情報通信インフラの整備を迅速に進めることが必要となる。我が国では、2020年から5Gサービスが開始されているところであるが、安全・安心な5Gインフラの早期整備を進めるとともに、高速大容量通信だけでなく、超低遅延や多数同時接続などの特徴を活かした5G (ポスト5G)、5Gの機能強化に対応した情報通信システム (高度化された5G) の研究開発を進め、様々なサービスの早期実現を目指すことが必要となる。

また、2030年頃に実用化されるBeyond 5Gについても、既に国際的な研究開発競争がスタートしている。諸外国に劣後しないよう、我が国においても、産官学の力を結集し、研究開発や標準化等の取組を戦略的に進めていくことが必要である。

<今後の取組>

DX推進、グリーンなデータセンターの国内立地推進、次世代情報通信インフラ整備を進めることで、日本が世界一のグリーン・デジタル大国となることを目指す。

DX推進として、具体的には、遠隔・非対面・非接触といった社会生活のオンライン化を実現できるような次世代ソフトウェアの研究開発や、デジタル技術活用による地域の省CO₂化推進のための実証などを支援することで、技術の確立、競争力強化を進めるとともに、各産業・企業・地域におけるDXを更に加速するための方策の検討を進める。今後、社会・経済システム、企業のDXを進め、2030年には、DX関連の市場規模で24兆円獲得を目指す。

デジタル化が更に進み、新たなデジタルサービスを提供するためにも、データセンター拠点の整備、データセンター国内立地を進めることが重要である。また、データセンターが社会・経済の重要インフラとなる中、レジリエンスの観点がこれまで以上に重要になってきている。現在、日本は、東京・大阪にデータセンターの多くが集中している状況であり、レジリエンスの観点か

ら問題を抱えている。このような環境変化や、今後増大するデータセンターの需要に鑑みて、データセンターの国内立地・誘致、最適配置につながるよう、データセンター集積拠点の整備を後押しするため、立地計画策定などの政策パッケージを検討し、早期に実行する。同時に、データセンターの国内立地促進に向け、データセンターのゼロエミッション化・レジリエンス強化のモデル創出や再エネなど脱炭素電源の導入を促進するための実証・補助事業・制度支援等を実施する。

また、データセンターの立地促進のためには、脱炭素電力の購入の円滑化を進める必要がある。このため、需要家の利便性向上に向け、非化石価値取引市場などの制度の在り方の検討を進める。

これらの取組により、2030年には、国内データセンターサービス市場3兆円、データセンター投資1兆円規模を目指す。

情報通信インフラについては、ポスト5G、高度化された5Gや、光エレクトロニクスの高度化に向けた研究開発・標準化を支援する。また、2030年のBeyond 5Gの実現に向けては、「Beyond 5G 推進戦略」に基づき、産学官の協力の下、着実に取組を進める。

② デジタル機器・産業の省エネ・グリーン化（グリーン of デジタル）

<現状と課題>

「グリーン by デジタル」によりCO₂排出が減る一方で、住宅や工場、自動車等の電化やデジタル化が進むことにより、デジタル関連の消費電力は増加し、CO₂排出が増えることが予見される。例えば、大規模データセンターは、大型火力発電所の発電量に匹敵する電力を消費するものがある。また、デジタル関連の消費電力は、今後、飛躍的に増加していく見込みである。そのため、実質的なCO₂削減の観点からは電気機器、データセンターや通信ネットワークでの更なる省エネ化や再エネ利活用等の省CO₂化を促進することが重要である。

現に、国際的にデジタルプラットフォームを展開する企業では、再生可能エネルギー発電への投資やグリーン電力の購入により、カーボンニュートラルを目指す動きも出てくるなど、情報通信産業において、グリーン化は既に大きな動きとなっている。

さらに、あらゆる電気機器に組み込まれているパワー半導体、情報処理に不可欠なメモリ、半導体や、光エレクトロニクス（光配線）、ソフトウェアなどの分野では、省エネ化・高性能化に向けた投資や研究開発競争が激化しており、情報通信産業全体として、省エネ化、グリーン化をいち早く達成することが競争力の源泉となる。

今後は、パワー半導体（国内企業で世界シェア29%）など、日本企業が強みを持っている分野を伸ばすとともに、メモリや光エレクトロニクス、ハイパフォーマンスコンピューティングなどの半導体関連や、データセンター、5Gやポスト5G、高度化された5G、Beyond 5Gなどの情報通信インフラの省エネ化・省CO₂化・高性能化・早期導入を進めていくことが必要である。

このように、グリーンとデジタルを両立させ、成長していくために、デジタル機器・産業の省エネ化と、データセンター等でデジタル分野が使用する電力の脱炭素化は必須である。

<今後の取組>

幅広い分野で使われているパワー半導体や、情報処理に不可欠なメモリなどの半導体、データセンター、情報通信インフラの省エネ化・省CO₂化・高性能化を進めて、グリーン・デジタル社会の構築を目指す。以下、具体的な分野について、それぞれ記載する。

ア) パワー半導体等の研究開発、実用化、普及拡大

パワー半導体等の利活用については、従来のSiパワー半導体の高性能化に加えて、超高効率の次世代パワー半導体(GaN、SiC、Ga₂O₃等)の実用化に向けて、放射光・中性子線施設を活用した物性評価や、高速電子計算機の活用による材料探索等、アカデミアが保有する半導体関連技術・施設等も活用し、研究開発を支援するとともに、導入促進のために、半導体サプライチェーンの必要な部分に設備投資支援などを実施することで、2030年までには、省エネ50%以上の次世代パワー半導体の実用化・普及拡大を進める。これにより、日本企業が世界市場シェア4割(1.7兆円)を獲得することを目指す。

また、次世代省エネ機器(モーター制御用半導体等)、次世代パワーエレクトロニクス技術(AI等を活用した高効率制御等)、次世代モジュール技術(高放熱材料等)や次世代受動素子・実装材料(コイル等)などの研究開発を進めるとともに、Siパワー半導体・次世代パワー半導体等の成果を用いて、現時点から応用可能な用途(電動車、データセンター電源、電力変換器、LED等)に係る技術の実証・実装・高度化を支援する。

イ) グリーンデータセンターの推進

データセンターの省エネ化に向けて、サーバーを構成する要素デバイス(CPU、アクセラレーター、メモリ等)の高性能化・省エネ化技術に、光配線技術といった光エレクトロニクス技術を融合(光電融合)したシステムの開発・実証や、データセンターを制御するソフトウェアによる性能・消費電力の最適化技術を開発、省エネ半導体の製造拡大のための設備投資支援を行う。また、データセンターでの脱炭素電力の利活用や、再エネ活用型データセンターの需要サイドでのニーズ醸成等を促進する。こうした取組により、2030年までにすべての新設データセンターの30%以上の省エネ化、国内データセンターの使用電力の一部の脱炭素化を目指す。

ウ) エッジコンピューティング技術拡大

IoTや自動運転、スマートシティ等の新たなサービスの普及においては、多量の機微情報を含むデータ処理が必要となる。従来のようにエッジ側で取得したすべてのデータ処理をクラウドで実施すると、ネットワークやデータセンターの電力消費が増大してしまうため、データ処理の安全性を確保しつつ複数のクラウドを効率的に相互接続する連携基盤を確立するとともに、エッジコンピューティングによってクラウドに送信するデータ量やクラウドで処理するデータ量を必要最小限として、ネットワークやデータセンターの負荷を低減させて、情報通信インフラの30%以上の省エネ化を目指す。

こうした取組を着実に進めるとともに、電力消費量が増大する電気・情報通信産業も含めた省エネ・省CO₂推進のための制度など、カーボンニュートラルに向け必要となる制度の検討を進めることで、半導体・情報通信産業の2040年のカーボンニュートラル実現を目指す。

③ デジタル化による経済・社会生活の変容

2000年代から本格化したデジタル化は、2020年を迎え、IT企業だけでなく、製造業、サービス業、農業、医療産業なども含め、すべての産業、社会経済システムに変革をもたらしている。また、グリーン成長、地方創生、生産性向上、少子高齢化など日本が抱える課題は、デジタル化

無しに解決することはできない。もはや、デジタル化は「将来の目標」ではなく、「達成しなければならぬ必須条件」であり、日本が持続的な成長を遂げるために避けて通ることができない大きなテーマとなっている。特に、デジタル化の基盤となるデータセンターなどのデジタルインフラや、デジタルを支える半導体について、時代の変化を正確に捉え、「グリーン by デジタル」、「グリーン of デジタル」の観点から、競争力を高めていくことで、今後、日本が世界に先駆けて、持続可能なデジタル社会（Society 5.0）を実現することができる。

デジタル化による社会変容は、産業構造の変化だけでなく、国民生活にも大きな変化をもたらす。例えば、データセンターの国内立地や、エッジコンピューティング技術の社会実装が進むことで、消費電力を抑えながら、データ通信・処理による伝送遅延（レイテンシー）⁶²を限りなく短くすることが可能となる。このことは、自動運転や遠隔手術、拡張現実（AR）、仮想現実（VR）など、遅延が許されない新たなデジタルサービスや製品の実用化につながっていく。かつて、携帯電話の普及、更にはスマートフォンの拡大によって国民生活が便利かつ豊かになったように、これらの新たなサービス・製品は、2030年、そして2050年に向け、国民生活をより良く、大きく変革する原動力となる。

また、カーボンニュートラルに向けて、電動車などの社会生活の電化が進む中において、あらゆる電気製品に使用される半導体の性能向上は、国民負担の軽減にもつながる。例えば、GaN や SiC などの次世代パワー半導体は、電動車、ロボット、電車などの大電流を使用する機器、インフラ用途だけでなく、エアコンなどの家電にも搭載されることで、一般家庭にも普及していくと考えられる。一例として、エアコンに次世代パワー半導体を搭載することで、従来製品と比較し6%程度の省エネにつながる例もある⁶³など、次世代パワー半導体が広く普及することで、生活の水準を落とすことなく、より高水準の省エネ効果を発揮し、家庭の電気料金負担を軽減することが可能となる。

このように、「グリーン by デジタル」、「グリーン of デジタル」を推し進めることは、産業だけに影響するものではなく、大きな負担を強いることなく、国民生活全般の変容につながっていくものであり、グリーンとデジタルを車の両輪として進めていくことが求められている。

⁶² データセンターの立地場所は、データセンターの伝送遅延（レイテンシー）に大きな影響を及ぼす。例えば、東京に所在するユーザーの場合、データセンターがシドニー（オーストラリア）にある場合の伝送遅延は0.165秒、シンガポールにある場合は0.069秒であるのに対して、データセンターが東京にある場合は0.001秒である。

⁶³ 次世代パワー半導体がすべての家電に搭載され、家電全体で6%程度の省エネにつながると仮定した場合、その省エネ効果は一般家庭で7,700円程度の支出削減に相当する（総務省「家計調査」（2020年）、全国家庭電気製品公正取引協議会が提示する新電力料金目安単価から計算）。

(7) 船舶産業

2050年カーボンニュートラルを目指すに当たり、海外からの輸入が想定されている水素等の脱炭素燃料について、サプライチェーンの大半を海上輸送が担うことが予測されるが、サプライチェーン全体におけるカーボンニュートラルも求められている。このため、海上輸送を担う船舶のカーボンニュートラル化も必然的に求められており、日本国内における船舶からのCO₂排出量約1,000万トンについても2050年までに削減する必要がある。また、これまで我が国は造船・海運業等を中心に、環境性能に優れた船舶・サービスを強みとしていたところ、地球温暖化対策への世界的な関心とともに、そうした船舶・サービスの市場価値も高まっており、ゲームチェンジの時期を迎えているとも言える。この時期を逃すことなく、我が国造船・海運業等が強みとする環境性能に優れた船舶・サービスを提供することで、国内貨物輸送の4割以上を担う内航海運も含め、2050年カーボンニュートラル実現に貢献する。

世界的に地球温暖化対策への関心が高まり、2050年カーボンニュートラル実現に向けた取組が加速する中、我が国における安定的な海上輸送の確保のためにも、ゼロエミッションの達成に必須となるLNG⁶⁴、水素、アンモニア等のガス燃料船等の開発に係る技術力を獲得し、生産基盤を確立するとともに、国際基準の整備を主導することにより、我が国造船・海運業の国際競争力の強化及び海上輸送のカーボンニュートラルに向けて取り組む。グリーンイノベーション基金等の活用も検討しつつ、技術開発を実施することにより、2025年までにゼロエミッション船の実証事業を開始し、従来の目標である2028年よりも前倒しでゼロエミッション船の商業運航を実現するとともに、2030年には更なる普及を目指す。また、2050年において、船舶分野における水素・燃料アンモニア等の代替燃料への転換を目指す。現在の国際海運全体からのCO₂排出量は約7億トン（そのうち日本商船隊のCO₂排出量は、推計では約7,000万トン程度）であるが、代替燃料への転換を中心とした取組により、国際海運分野においてもCO₂排出量削減を進める必要がある⁶⁵ため、日本の造船・海運業が世界に先駆けて技術開発に成功すれば、こうした需要を取り込むことができる。

① カーボンフリーな代替燃料への転換

<現状と課題>

一部企業等が、自動車用等の水素燃料電池システムを転用した小型の水素燃料電池船やリチウムイオン電池を用いたバッテリー推進船の開発・実証に取り組んでいるが、水素燃料電池システムやバッテリー推進システムは出力・重量・サイズの制約上、近距離・小型船に用途が限定されている。遠距離・大型船向けには高出力が必要だが、水素・燃料アンモニアを直接燃焼できるエンジンが存在しない。

⁶⁴ 2050年カーボンニュートラルを実現するためには、水素・燃料アンモニアやカーボンリサイクルメタンといったガス燃料への転換が必須となる。LNGについては、熱量当たり燃料体積が重油と比べて大きいことや、沸点がマイナスのため常温で気体であるなど、これらのガス燃料と共通の特徴があり、世界に先駆けて水素・アンモニア燃料船等の早期導入を図るためには、LNG燃料船で技術力（燃料タンクや燃料供給システム、ガス燃料エンジン）を蓄積することが重要となる。また、将来的にカーボンリサイクルメタンの供給が現実的になった際には、LNG燃料船や陸側の燃料供給のインフラ設備がそのまま転用可能となり、実質ゼロエミッションの達成に資することとなる。

⁶⁵ 国際海運分野については、我が国のCO₂排出量削減目標の対象外であるが、国際海事機関（IMO）において、2050年までに国際海運からの温室効果ガス総排出量を2008年比50%以上削減、今世紀中のなるべく早期に排出ゼロとする目標を掲げている。

＜今後の取組＞

近距離・小型船向けには、脱炭素化のみならず、低騒音化・低振動化による船員・乗客の快適性向上も期待される水素燃料電池システムやバッテリー推進システムの普及を促進するとともに、遠距離・大型船向けに水素・燃料アンモニアを直接燃焼する船舶の開発・実用化を推進するべく、2021年度中に水素・アンモニア燃料エンジン及び付随する燃料タンク、燃料供給システム等の核となる技術開発を開始する。

② LNG 燃料船の高効率化

＜現状と課題＞

省エネ・省CO₂排出なLNG燃料を使用するためのIMOにおける国際ルールの整備は完了している（「国際ガス燃料船安全コード（IGFコード）」が2017年1月に発効）。国内においても、先進船舶導入等計画の認定制度や内航船省エネルギー格付制度の運用により、省エネ・省CO₂排出なLNG燃料船の普及を推進している。また2021年3月には、国内海運事業者がLNG燃料船の導入に際し、日本で他分野を含め初めてトランジション・ファイナンス認定を取得するなど、LNGもカーボンニュートラルに向けた代替燃料として期待されている。他方、ガス燃料はエネルギー密度が低く、かさばるため、燃料タンクが貨物スペース等を圧迫するなど、課題も多い。

＜今後の取組＞

LNG燃料を低速航行、風力推進システム等と組み合わせCO₂排出削減率86%を達成する。また、カーボンリサイクルメタン活用による実質ゼロエミッション化を推進するべく、2021年度中に温室効果ガス削減効果の更に高いエンジン等の技術開発を開始するとともに、スペース効率の高い革新的な燃料タンクや燃料供給システムの開発及び生産基盤の確立を進める。

③ 省エネ・省CO₂排出船舶の導入・普及を促進する枠組みの整備

＜現状と課題＞

日本主導により、IMOにおける新造船に対する燃費性能規制（EEDI）の導入と同規制値の段階的な強化を実施しているが、既存船に対するCO₂排出規制の国際枠組みが存在せず、環境性能の優れた新造船への代替が進んでいない。

また、国際海運については、2020年に産学官公の連携により我が国が取りまとめた「国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップ」に従い取組を進めているが、内航海運にはこのようなロードマップが存在していない。

＜今後の取組＞

燃費規制等のルール作りに取り組み、燃費性能が劣る船舶の新造代替を促進する。現在IMOにおいて、日本主導により、既存船の燃費性能規制（EEXI）及び燃費実績の格付け制度を提案し、2020年11月に原則合意したところ、2023年からの早期実施を目指す。燃費性能規制の早期実施により、既存船に新造船並みの燃費基準を義務付けるとともに、格付け制度により省エネ・省CO₂排出船舶への代替にインセンティブを付与する。

現在、国内の内航海運に携わる関連業界と行っている内航海運の低・脱炭素化に向けた議論を踏まえ、内航海運のカーボンニュートラル推進に向けたロードマップを2021年中に策定し、必要な制度構築を含めた取組を推進する。

(8) 物流・人流・土木インフラ産業

すべての社会経済活動の基盤となる物流・人流システムと土木インフラは、国民の生活に不可欠なものであり、環境に配慮した交通ネットワーク等の構築・導入や、建設、維持管理、利活用の各フェーズにおける技術開発、社会実装を通じてカーボンニュートラルを目指す。

具体的には、スマート交通等の導入、グリーン物流、交通ネットワーク等の効率化、建設現場の施工の効率化やEV・FCV建設機械等の普及促進、道路設備の省エネ化・高度化、EV給電システムの研究開発、港湾利用でのゼロエミッション化による物流・人流における環境負荷の低減等を進めていく。

また、こうした取組について、2021年夏に取りまとめる「国土交通グリーンチャレンジ」に基づき、民間事業者と連携した技術イノベーションやその実装の加速化を通じ、暮らし、まちづくり、交通、インフラにおける分野横断的な脱炭素化等の取組を戦略的に推進する。

① カーボンニュートラルポートの形成

カーボンニュートラルを目指す上で不可欠な重要分野である水素は、発電、運輸、産業等幅広い分野における脱炭素化に貢献できるエネルギーであり、国際エネルギー機関（IEA）のレポート（2019年）では、水素の利用拡大のため、工業集積港をクリーン水素の利用拡大の中核にすることが掲げられている⁶⁶。

我が国の輸出入の99.6%を取り扱う物流拠点であり、かつ我が国のCO₂排出量の約6割を占める産業の多くが立地する産業拠点である港湾において、水素・燃料アンモニア等の大量かつ安定・安価な輸入や貯蔵・配送等を図るとともに、脱炭素化に配慮した港湾機能の高度化や臨海部産業の集積等を通じて、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする「カーボンニュートラルポート（CNP）」を形成し、2050年までの港湾におけるカーボンニュートラル実現を目指す。

<現状と課題>

国際的に、SDGsやESG投資に関心が高まっている中、国際港湾における競争力として、コスト、スピード・サービス面での競争力強化に加え、「環境」を意識した取組も重要となってきている。

我が国のCO₂排出量の約6割を占める発電、鉄鋼、化学工業等の多くは主に港湾・臨海部に立地していることに加え、港湾においてはトレーラー等によるコンテナ貨物輸送やトラック等による横持輸送が大量に行われているなど、港湾・臨海部は、CO₂排出量削減の余地が非常に大きい。また、港湾は、CO₂排出削減の取組において、重要な水素や燃料アンモニア等の輸入拠点となることから、需要と供給が近接しており、水素・燃料アンモニア等の利活用（製造、輸送・貯蔵、利用）のポテンシャルが高い。

一方、水素や燃料アンモニア等の利活用を図るためには、大量かつ安定・安価な調達が必要不可欠であるが、現状においては、そうした調達を実現する輸送手段や受入体制がまだ確立されていない。

また、水素・燃料アンモニア等の輸送や利用等については、それぞれの事業者が個々に検討、

⁶⁶ IEA 「The Future of Hydrogen」(2019)において、IEAは、水素利用を拡大する短期的な機会（実社会において、コスト・リスクを低減させるために必要な規模にまで水素が利用されるようにする足がかり）として、「工業集積港をクリーン水素の利用拡大の中核にする」を掲げている。

技術開発等を進めているが、関係者が連携して、まとまった需要と供給を生み出し、コストを縮減させる必要がある。

加えて、水素・燃料アンモニア等を大量かつ安定・安価に大量輸入するためには、国内の環境整備のみならず、海外における資源の確保及び積出港の輸送環境の整備が必要である。

<今後の取組>

CNPの形成に向けて、港運や倉庫、トラック、船社等の様々な企業が立地・利用する港湾において、水素・燃料アンモニア等の需要・供給事業者のマッチングの支援や港湾機能の高度化を通じて、脱炭素化の取組を面的に実施する。2021年1月から3月にかけて、まずは多様な産業が集積する6地域7港湾（小名浜港、横浜港・川崎港、新潟港、名古屋港、神戸港、徳山下松港）において、検討会を開催し、各港湾地域におけるCO₂排出量、水素・燃料アンモニア等の需要、その利活用方策、必要となる港湾の施設の規模等についての検討を行った。本検討結果等を踏まえ、2021年度内にCNP形成のためのマニュアルを作成する。これに基づき、各港湾において、CO₂排出量削減目標やロードマップを含む「CNP形成計画」（仮称）の作成や同計画に基づく取組の実証・実装を推進し、CNP形成を全国へ展開するとともに、環境価値の高い港湾を形成し、世界の港湾における脱炭素化をリードしていく。具体的には、2025年において、同計画を策定した港湾が全国で20港以上となることを目指す。

CNP形成に向けて、具体的には、

- ・ デジタル物流システムの構築によるコンテナターミナルゲート前渋滞の緩和
- ・ 停泊中船舶への陸上電力供給の導入促進による船舶のアイドリングストップ
- ・ 港湾荷役機械や港湾に出入りする大型車両等のFC化
- ・ 非常時にも活用可能な自立型水素等電源の導入促進
- ・ 水素・アンモニア・LNG等燃料船舶への燃料供給体制の整備
- ・ 洋上風力で発電した電力の活用
- ・ 洋上風力余剰電力由来の水素等内航輸送ネットワークの構築
- ・ ブルーカーボン生態系の活用
- ・ 港湾・臨海部に立地する事業者の脱炭素化促進

等に取り組む。

加えて、海外での積出港における水素・燃料アンモニア等輸出に対応した岸壁・供給設備等の環境整備について、案件に応じて（株）海外交通・都市開発事業支援機構（JOIN）による民間事業者との共同出資によるリスクマネーの供給やハンズオン支援の活用について検討を進めていく。また、CNP形成に関連する海外連携の取組として、2021年4月の日米首脳共同声明において立ち上げられた「日米競争力・強靱性（コア）パートナーシップ」に記載されたとおり、「カーボンニュートラルポート」について日米両国で協力して取組を進めていく。

② スマート交通の導入、自転車移動の導入促進

<現状と課題>

自動車のCO₂排出量は日本全体の15.9%を占めているため、日常生活における車の使い方を始めとした国民の行動変容を促し、公共交通の利用促進による自動車交通量の減少等を通じて、環境負荷の低減を図る。具体的には、地域課題の解決に資するMaaSの提供や自動車の電動化を推進するとともに、自動化に対応した持続可能な移動サービスを、道路、都市インフラと連携し社会

実装していくことなどにより、地域における公共交通の確保・維持や、利便性向上を図ることが重要である。

また、自転車活用推進計画や自転車ネットワーク計画に基づき、自転車利用環境の整備と活用促進のために自転車通行空間の整備を進めているが、その整備延長は2019年度末時点で約2,930kmであり、更なる整備が求められている。

<今後の取組>

地域課題の解決に資するMaaSの提供やMaaSの普及に必要な基盤づくりを官民一体で推進するとともに、これまでの実証実験により把握された様々な課題を解消しつつ、移動サービスそのものや、データ利活用の更なる進化について検討し、公共交通等を使った移動に求められる様々なニーズに対応できるMaaSの普及を促進する。これにより、複数の公共交通や、公共交通以外の様々な移動サービスが最適に組み合わせたり、検索・予約・決済・移動までがシームレスに行えるなど、移動の利便性が向上し、マイカーだけに頼ることなく、移動しやすい環境が整備される。加えて、電動車の選択にメリットを感じられる環境整備も進める。

地域公共交通活性化再生法を活用し、まちづくりと連携しつつ、地域交通ネットワークの再編、バリアフリー化の促進等により地域における公共交通の確保や利便性向上による利用促進を図るとともに、Light Rail Transit (LRT)・Bus Rapid Transit (BRT)への転換や、電動化・自動化された公共交通の活用等、カーボンニュートラルの実現に向け、新たな技術を活用したCO₂排出の少ない輸送システムの導入を促進する。これにより、自動車を運転できない高齢者を始め、地域住民にとって利用しやすい公共交通サービスの提供がなされるとともに、環境負荷が低く将来にわたって持続可能な公共交通の実現が図られる。さらに、こうした取組を一体的に推進することは、まちのにぎわいや魅力の向上に寄与し、更なる地域の活性化に資することとなる。

地方公共団体における自転車活用推進計画の策定を促進するとともに、国においても新たな自転車活用推進計画を策定し、安全で快適な自転車利用環境の創出を推進する。これにより、2025年度には、通勤目的の自転車分担率18.2%を目指す。

③ グリーン物流の推進、交通ネットワーク・拠点・輸送の効率化・低炭素化の推進

<現状と課題>

物流分野においては、我が国全体のCO₂排出量の約7%をトラック（営業用・自家用計）が占めており、物流分野におけるCO₂排出量の削減は極めて重要である。また、生産年齢人口の減少や厳しい労働環境等を背景としたドライバー不足が社会問題化しており、カーボンニュートラルの観点だけでなく、物流需要に対する輸送能力の向上の観点からも、CO₂排出原単位の小さい輸送手段への転換や輸送の効率化の推進が課題となっている。また、物流需要は企業における生産・消費等の活動に伴って発生するため、CO₂排出量の削減のためには、物流事業者のみの取組では限界があり、荷主事業者との連携も重要となる。そのため、「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」では、一定の燃料使用量、輸送量を超える輸送事業者及び荷主については、エネルギー使用量やエネルギー使用原単位の報告等の取組を求めているが、事業者が行う省エネ取組が適切に評価される仕組みへの移行が課題である。また、エネルギー使用原単位の改善が鈍化傾向にある。

物流施設については、庫内作業の省人化に伴う照明等のエネルギー消費量の削減等を行う取組や、冷凍冷蔵倉庫における省エネ型自然冷媒機器の導入によるエネルギー消費量の削減及び脱フ

ロンの取組等が不可欠となっている。

国内貨物輸送については、その約8割をトラック輸送が占めており、渋滞等、現状の交通課題を解消するため、道路の交通流対策やダブル連結トラック等による物流の効率化を推進する必要がある。

過疎地域等においては、既存物流手段による積載効率の低い非効率な輸配送を無人航空機で代替することにより、輸送の効率化や物流網の持続可能性の確保を図ることが必要となっている。

鉄道分野については、よりクリーンなエネルギーで走行する燃料電池鉄道車両の試験車両の開発を進めているところ。しかし、現行の関連基準・規制は、燃料電池鉄道車両の運行を想定していないため整備する必要がある。また社会実装に向けては、コスト低減のほか、公共交通結節点である、駅のポテンシャルを最大限活用したインフラ整備が課題となっている。

空港分野については、環境に優しい空港の実現に向けた指針（エコエアポート・ガイドライン）を策定し、各空港低炭素化に向けた自主的な取組を実施しているところ。2050年カーボンニュートラルに向け、施設・車両からのCO₂排出削減の取組を推進するとともに、空港の特性を踏まえた再生可能エネルギーの活用を検討していく必要がある。

また、効率的な航空機の運航を実現すべく、これまでも航空交通システムの高度化が図られてきたが、増大する航空交通量に対して様々な技術的限界や運用上の課題等により、更なる運航の効率化（消費燃料の削減を通じたCO₂排出抑制を含む）が課題となっている。効率的な航空交通システムの確立には、エアライン側の機上搭載装置等の高度化と航空管制当局のシステム高度化を同調させながら進める必要がある。国際民間航空機関（ICAO）が策定する将来計画と協調を取りつつ産学官連携のもと策定されている長期計画「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン（CARATS）」に基づき、飛行経路短縮を通じたCO₂削減等に寄与する施策（RNAV経路の導入促進）を進めている。

<今後の取組>

我が国全体の国際競争力を向上させ、持続可能な成長を促すためには、生産から消費までの柔軟なサプライチェーンの構築や、標準化したモノやデータを共有化し、輸送モードや輸送ルート等を柔軟に組み換える効率的な物流サービスが求められる。CO₂排出削減の取組は、これらの理想的な物流網の構築を促進し、経済活動を活性化させることに加え、ドライバー不足等、社会課題の同時解決に資するものでなければならない。

このような観点から、サプライチェーンに関わる物流事業者・荷主事業者、輸送モード、倉庫等の物流施設等、物流に関する様々な要素を組み合わせるとともに、将来に向けた変化を促すことで、物流の効率化・生産性向上と電動化、燃料の脱炭素化等の同時実現に取り組む。

具体的には、CO₂排出原単位の小さい輸送手段への転換を図るモーダルシフトや、共同輸配送、輸送網の集約を推進し、トラックによる貨物輸送距離の短縮を通じたCO₂排出量の削減を図るほか、トラックの荷待ち時間等の削減等によるドライバー不足の解決にもつなげる。また、物流に係るパレットや伝票等の標準化を進めるとともに、サプライチェーン全体での輸送の効率化を推進し、物流分野における生産性の飛躍的な向上や魅力ある労働環境の実現につなげる。加えて、デジタル化や荷主・事業者連携等による生産性や積載効率の徹底的な向上（排出量原単位の徹底改善）と、地域内輸配送の電動化、長距離輸送の燃料の脱炭素化等により、物流の脱炭素化に取り組む。また、荷主と輸送事業者が行う省エネ取組を適切に促す評価の在り方等を検討する。

自動化機器・システム及び再生可能エネルギー設備等の導入により、CO₂排出量の削減だけでな

く、庫内作業や荷待ちの削減等労働力不足対策、及び災害の発生や感染症の流行においても途切れることの無いサプライチェーンの構築等、地域社会にも貢献する倉庫等の物流施設のゼロエネルギー化を促進する。あわせて、冷凍冷蔵倉庫における省エネ型自然冷媒機器への転換に係る取組を推進する。

三大都市圏環状道路等の道路ネットワークの整備や、ビッグデータ等を活用した渋滞対策等による交通流対策を更に推進するとともに、ダブル連結トラックの普及促進を図るなど物流の効率化を推進する。これにより道路交通が円滑になるとともに、深刻なドライバー不足が進行するトラック輸送の省人化を図る。

ラストワンマイル配送については、過疎地域等におけるドローン物流の実用化に向け、制度面の整備、技術開発及び社会実装を推進する。特に、社会実装については、「ドローンを活用した荷物等配送に関するガイドライン」を作成・公表し、ドローン物流の本格的な実用化・商用化を推進する。また、自動配送ロボットを用いた配送の社会実装に向け、技術開発やサービス化を推進する。

鉄道分野については、燃料電池鉄道車両の社会実装に向け、営業路線での実証試験等を踏まえた関連基準・規制の見直しや、公共交通結節点である駅周辺における、鉄道のみならず乗用車・バス・トラック等も利用可能な総合水素ステーションの設置等、必要な環境整備について検討を行うとともに、他分野も含めた低炭素な水素サプライチェーンについて検討を行う。

空港分野については、「空港分野におけるCO₂削減に関する検討会」における検討を通じ、空港から航空機への電力・空調供給施設（GPU）導入の促進、空港施設のLED化等の省エネルギーシステムの導入促進、空港車両のEV・FCV化等によるクリーンエネルギー車両の導入促進に取り組むとともに、太陽光発電等の導入促進による空港の再エネ拠点化を推進する。

また、更なる高度化として、2040年を目途に、衛星やデータ通信等を活用し、航空機の燃料消費量増の要因となる気象条件等、運航に影響する様々な要素を考慮した航空機の最適な軌道を出発から到着までの全飛行フェーズで管理・運用することにより、より柔軟な飛行経路の設定や更なる空中待機の抑制を可能とする運航改善の実現を図る。具体的には、必要となる管制システム等について、国際的な協調を取りつつ、実用化に向けた研究開発等に取り組む。特に、「航空機運航分野におけるCO₂削減に関する検討会」における検討を通じて、更なる飛行経路短縮に寄与する新たな運航方式（RNP-AR等）の普及促進に向け、適用空港の拡充と審査基準の見直しの検討を行い、CO₂排出削減と航空関連事業者の国際競争力強化を同時に進める。

④ インフラ・都市空間等でのゼロエミッション化

<現状と課題>

道路照明の省エネ化については、道路の整備や設備の更新の際に道路照明灯のLED化を図っているところであるが、引き続き、直轄国道のLED道路照明灯整備を進めていくことが必要である。

また、道路空間を利用した再生可能エネルギー発電については、道路インフラの電源として利用するため道路管理者が太陽光発電設備等を設置するほか、平成25年に太陽光発電設備等を道路占用許可対象物件として追加するなど、導入拡大を進めている。

EVについては、走行中給電技術の開発支援やEV充電器の公道設置の社会実験を行っており、走行中給電技術では給電システムを埋め込む道路構造の開発や技術基準の検討、EV充電器の公道設置による道路交通への影響の評価等が必要である。

下水道では、全国の電力消費量の約0.7%（約75億kWh）の電力を消費し、日本の温室効果ガスの約0.5%（約596万t-CO₂）を排出している。自治体の事務事業から排出される温室効果ガスの大部分を占めており省エネの取組が急務となっている。下水熱は都市空間内での採熱が可能であるが、国内で32か所（2020年8月時点）の導入事例にとどまり、コスト低減が進んでいない。下水熱利用を進めるためには複数の再生可能エネルギー熱との複合利用が必要となり、また、熱利用に関する官民の情報交流（マッチング）が不足していることが課題となっている。

水力発電の促進については、水力発電に係る水利権許可の手續の簡素化や河川流量データの公表を図るなどの取組を進めてきたところであるが、水力エネルギーの有効活用を更に促進する必要がある。

人口減少や高齢化の進展だけでなくエネルギーや環境の観点からも、持続可能なまちづくりの実現を図る必要がある。このような背景の下、コンパクトなまちづくりに向け、地域公共交通と連携し、居住や都市機能の集約を目指す「立地適正化計画」（都市再生特別措置法）を作成した市町村数は、383市町村である（2021年4月1日時点）。

また、都市における脱炭素化を強力に推進するため、これまでの都市単位の取組に加え、都市内のエリア単位の取組を展開する必要がある。

加えて、全国約11万箇所ある都市公園のうち、太陽光発電が既に、国営公園や地方公共団体が設置する一部の都市公園に導入されているが、立地特性等に応じて風力発電やバイオマス発電の導入も可能であると見込まれている。都市公園において再エネを導入することで、温室効果ガス削減に資するだけでなく、地域の防災性向上やエネルギーの地産地消による経済循環といった地域活性化にもつながる観点から、更なる導入を図る必要がある。

自然環境が有する多様な機能を活用する「グリーンインフラ」の社会実装については、CO₂吸収源ともなる都市空間の緑化や雨水貯留・浸透等の防災・減災等の多様な地域課題の同時解決を図り、持続可能なグリーン社会の実現を図る必要がある。国土交通省では、産学官の多様な主体が参画する「グリーンインフラ官民連携プラットフォーム」（2020年3月設立）において、分野横断・官民連携により、グリーンインフラの社会的な普及やグリーンインフラに適用される技術導入に関する調査・研究等を行っているが、地域における社会実装は十分に進んでいない。環境省においても、自然環境の機能を活用することなどにより地域のレジリエンスを高める「生態系を活用した防災・減災（Eco-DRR）」の考え方の普及を進め、2020年度からは河川流域においてEco-DRRの実装に適した地域を見える化する「生態系機能ポテンシャルマップ」の作成を進めているが、今後はこれを積極的に活用したまちづくり等への展開が課題である。

横浜市では、旧上瀬谷通信施設（約242ha）において、2027年に国際園芸博覧会（A1）の開催を予定しており、グリーンインフラの実装を国内外に発信する準備を推進しているが、開催には、国際園芸家協会（AIPH）の承認（2020年3月）に加え、博覧会国際事務局（BIE）の認定が必要であり、認定に向けた取組を推進していく必要がある。

<今後の取組>

道路照明の更なる省コスト化、省エネ化、高度化等を実現するために新たな道路照明技術の開発を促して、それらの導入促進に向け技術検証や評価を行う。あわせて、2025年度までに道路照明施設設置基準等を見直して更なる省エネ化が可能な新たな道路照明の導入を促進する。また、費用対効果を踏まえつつ、直轄国道における道路照明灯のLED化を推進する。これらの取組により道路照明に係る道路管理コストの低減が図られる。

道路管理に必要な電力について、太陽光発電等の再生可能エネルギーの導入を推進するための検討を行い、全国展開を目指す。これにより道路管理コストが低減するとともに、停電時における道路管理に必要な電力の確保が期待できる。

走行中給電技術については、その技術の開発や給電システムを埋め込む道路構造の開発のための研究を支援し、2020年代半ばの実証実験の開始を目指す。研究の進捗状況に応じて、社会実装のための検証や評価を行いつつ、EV充電器の公道設置も含め、道路に係る制度や技術基準等の検討を行う。また、EV充電施設が少ない地域の幹線道路等において、案内サインの整備を促進する。これらの取組により充電の利便性が向上する。電動車に対して高速道路利用時のインセンティブを付与することにより、一般道路から高速道路への交通転換による排出ガスの削減や電動車の普及促進を図る。

下水道では、水処理の省エネ化等の新技術の開発を行い、水処理や汚泥処理のより一層の省エネ化を進める。また、官民連携による下水熱利用を推進するため、下水熱利用マニュアルの改訂等、熱利用システムのコスト低減や官民連携による下水熱利用の案件形成促進につき、2025年度まで集中的に取り組む。

水力エネルギーの有効活用を更に促進するため、多目的ダムに貯まった洪水を次の台風等に備えて水位低下させる際に、最新の気象予測技術の活用により、洪水対応に支障のない範囲でできるだけ発電に活用しながら放流するなど、ダムの運用改善の実現可能性を検証し、実行可能なものから順次、適用する。

コンパクト・プラス・ネットワーク⁶⁷の更なる推進を実現するために、2024年度末までに600市町村の「立地適正化計画」の作成を目指す。

また、都市内のエリア単位の脱炭素化について、エリア設定の考え方の検討や民間資金の活用を含めた支援体制を構築し、包括的な取組を強力に推進する。

加えて、都市の脱炭素化に向け、都市公園への太陽光発電、風力発電、バイオマス発電等の再生可能エネルギーの導入可能性に関する調査を実施するとともに、「立地適正化計画」や、都市内のエリア単位での脱炭素化の取組と併せて、都市公園の再エネ導入を推進し、低炭素で賑わいのある、自立的な生活圏を構築していく。

グリーンインフラの計画・整備・維持管理等に関する技術開発（都市空間の緑化、緑と雨水貯留・浸透と組み合わせた雨庭、ブルーカーボン、リモートセンシングを活用したモニタリング等）を進めるとともに、地域モデル実証等を行い、地域への導入を支援する。特に、新たな2030年度削減目標の達成に向け、屋上・壁面緑化を含めた都市の緑化等による排出削減策・吸収源対策の強化や、緑と組み合わせた雨庭等による雨水貯留・浸透機能の強化等に向け、官民が連携した技術開発等を進めるとともに、その実証・実装の推進に向け、「グリーンインフラ官民連携プラットフォーム」の活動を拡大し、技術ニーズとシーズのマッチング等を行うパートナーシップ構築支援による普及拡大や、グリーンインフラ技術の導入を目指す地方公共団体等における先導的なモデルの形成を推進する。また、グリーンインフラ技術の社会実装の拡大を通じて、グリーンボンド等の民間資金調達手法の活用により、グリーン・ファイナンス、ESG投資の拡大を図る。これらの結果、グリーンインフラの地域における社会実装が官民連携・分野横断により進むことで、CO₂吸収源対策のほか、生態系の保全、雨水貯留・浸透等の防災・減災、ポストコロナの健康

⁶⁷ コンパクト・プラス・ネットワーク：人口減少・少子高齢化が進む中、地域の活力を維持し、生活に必要なサービスを確保するため、人々の居住や必要な都市機能をまちなかなどのいくつかの拠点に誘導し、それぞれの拠点を地域公共交通ネットワークで結ぶ、コンパクトで持続可能なまちづくりの考え方。

でゆとりある生活空間の形成、SDGs に沿った環境と経済の好循環に資するまちづくり等、多様な地域課題の複合的解決により、持続可能で魅力ある地域の実現につながる。Eco-DRR についても、生態系機能ポテンシャルマップの作成方法の手引きを作成し、自治体等による社会実装を加速させるとともに、新たなインフラの建設施工におけるゼロエミッション化に貢献する。

2027 年に横浜市で開催を目指す国際園芸博覧会において、グリーンインフラを実装し民間資金を活用した持続可能なまちづくりのモデル等を国内外に発信する具体的な機会となるよう、関連法律の制定や実施主体となる博覧会協会の設立等の BIE の認定取得に向けた準備を進め、SDGs 達成やグリーン社会の構築に向けた取組を推進する。博覧会におけるグリーンインフラの実装は、グリーンインフラを国内外に普及し、多様な主体による技術開発等を誘発するものであり、開催後も日本モデルとして国内外への普及を推進する。

⑤ 建設施工におけるカーボンニュートラルの実現

<現状と課題>

建設施工における CO₂ 排出量は、産業部門の CO₂ 排出量の 1.4% (約 571 万 t-CO₂) を占めている。ICT 活用により建設現場の生産性が向上すれば、作業時間の短縮により CO₂ 排出量の削減に寄与でき、また、将来的には電気、水素、バイオマス等の革新的建設機械の開発・導入が図られれば、一層の CO₂ 排出量削減が期待できる。ICT 施工を導入し、建設現場の作業効率が向上することで CO₂ 排出を削減してきた。現状、直轄の建設現場における ICT 施工（土工）の実施率は約 8 割に達しているが、地方自治体における実施率は約 3 割にとどまっております。今後、地方自治体の工事における ICT 施工の更なる普及が必要となる。また、建設機械としては、ディーゼルエンジンを基本として、その燃費向上を目指し、燃費基準の策定、機器認定を行い、融資等で導入を促進してきたところである。国際的にも、建設施工における更なる CO₂ 削減の取組がなされており、我が国においても革新的な技術の導入促進が必要である。

<今後の取組>

地方自治体の工事を施工している中小建設業へ ICT 施工の普及等、i-Construction の推進等により、技能労働者の減少等への対応に資する施工と維持管理の更なる効率化や省人化・省力化を進めるとともに、建設機械の普及等によるコスト縮減を含めた建設現場の生産性向上の取組を進める。また、燃費性能の優れた建設機械の普及を図ることにより、CO₂ の削減を目指す。中小建設業への ICT 施工の普及に当たっては、コストや人材等の面で導入が難しい側面があるため、ICT 建設機械に加え、既存の建設機械に後付けパーツを取り付けて ICT 施工を行う技術や、ICT 建設機械を対象にして認定制度の創設を行う。また、地域の中で ICT の指導者を育成し、希望する企業にアドバイスする制度を導入する。そして、2050 年目標である建設施工におけるカーボンニュートラルの実現に向け、動力源を抜本的に見直した革新的建設機械（電動、水素、バイオ等）の認定制度を創設し、導入・普及を促進する。この認定制度においては、革新的建設機械の環境影響や安全性、作業性能等、様々な評価項目を設定し、現場導入試験を通じて項目ごとの評価指標を定める必要があることから、有識者や関係機関を含めた検討会を設置し、革新的建設機械の社会実装に向けた検討を進める。この際、これまでの建設機械に係る各種関連基準を踏まえつつ、国際情勢に鑑みて新たな基準策定に取り組むとともに、国土交通省の直轄事業における使用原則化も検討していく。これらの取組により、労働時間や工事期間が最大で約 3 割程度短縮されるとともに、建設施工における騒音低減といった効果も見込まれる。

(9) 食料・農林水産業

我が国の食料・農林水産業は、木材を適材適所で活用する「木の文化」の浸透や、森林及び木材・農地・海洋が巨大なCO₂吸収源として期待されるなど、それ自身が吸収源となる重要な産業である。また、農山漁村に存在する土地、水、バイオマス等の地域資源を活用した再生可能エネルギーの活用や、スマート技術を活用した作業最適化等によるCO₂削減、適正施肥によるN₂O削減等の温室効果ガス（GHG）排出削減の取組が進むなど、カーボンニュートラルの実現に向けて多くの潜在的な強みを有している。

しかしながら、我が国の温暖化が世界平均の2倍近い上昇率で進む中、全国各地での記録的な豪雨や台風等の頻発、高温が農林水産業における重大なリスクの一つとなっている。近年、食料の安定供給・農林水産業の持続的発展と地球環境の両立が強く指摘されている中で、自然や生態系の持つ力を巧みに引き出して行われる食料・農林水産業において、その活動に起因する環境負荷の軽減を図り、豊かな地球環境を維持することは、重要かつ緊急の課題である。

このため、農林水産省では、食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現するため、中長期的な観点から戦略的に取り組む政策方針として、2021年5月に、「みどりの食料システム戦略」を策定し、調達から、生産、加工・流通、消費に至るサプライチェーン全体について、労力軽減・生産性向上、地域資源の最大活用、カーボンニュートラル、化学農薬・化学肥料の低減、生物多様性の保全・再生の点から、革新的な技術・生産体系の開発とその社会実装を推進する。このように経済・社会・環境の諸課題に統合的に取り組むことにより、持続的な産業基盤の構築（経済面）、国民の豊かな食生活や地域の雇用・所得増大（社会面）、カーボンニュートラルへの貢献を含む、将来にわたり安心して暮らせる地球環境の継承（環境面）の効果をもたらすことが期待される。

さらには、本戦略を、欧米とは気象条件や生産構造が異なるアジアモンスーン地域の新しい持続的な食料システムとして提唱し、国際的な議論やルールメイキングにも積極的に参画していく（国連食料システムサミット（2021年9月）など）。

① 共通事項

<現状と課題>

農林水産業を担う生産者の減少・高齢化の一層の進行など、生産基盤の脆弱化や地域コミュニティの衰退が顕在化している中、食料・農林水産業の生産力強化が克服すべき課題となっている。一方、地球環境の安定性を維持する観点からは、食料・農林水産業が利活用してきた土地や水、生物資源等のいわゆる「自然資本」の持続性に大きな危機が迫っており、早急かつ大胆な取組が求められている。

将来にわたり、食料の安定供給と農林水産業の発展を図るためには、生産者の一層の減少・高齢化やポストコロナも見据え、省力化・省人化による労働生産性の向上や生産者のすそ野の拡大とともに、資源の循環利用や地域資源の最大活用、化学農薬・化学肥料や化石燃料の使用抑制を通じた環境負荷の軽減を図り、カーボンニュートラルや生物多様性の保全・再生を促進し、災害や気候変動に強い持続的な食料システムを構築することが急務である。

また、2021年4月に行われた「気候サミット」において、菅総理大臣は、2030年度のGHGの排出を2013年度比で46%の削減を目指すことを宣言するとともに、さらに、50%削減の高みに向け、挑戦を続けていくことを明らかにした。この野心的な目標の達成には、国の総力を上げて努

力していくことが必要であり、食料・農林水産分野において、これに貢献する技術開発・普及が不可欠である。

そのため、食料システムが抱える課題に対する関係者の理解の促進を図り、農林水産業の生産者・食品企業・消費者のこれまでの延長ではない、野心的・意欲的な取組を十分に引き出すとともに、それでもなお不足する部分は、官民を挙げたイノベーションを強力に推進し、将来に向けて課題解決を図っていく必要がある。また、こうした取組の推進に当たっては、農林水産業の生産者による持続的な取組による効果の「見える化」を進め、そのような取組を消費者や関連事業者が共に支え合う社会を目指すことが重要である。また、新技術の導入等による労働安全性・労働生産性の向上や所得向上等の具体的なメリットをもたらすことを分かりやすく情報発信し、国民理解の促進に取り組むことも必要である。

＜今後の取組＞

食料・農林水産業でのカーボンニュートラルについては、「みどりの食料システム戦略」に基づき、調達から、生産、加工・流通、消費に至るサプライチェーン全体において、労力軽減・生産性向上、地域資源の最大活用、化学農薬・化学肥料の低減、生物多様性の保全・再生の点から目指す姿として、2040年までに革新的な技術・生産体系を順次開発し、2050年までに革新的な技術・生産体系の開発を踏まえ、「政策手法のグリーン化」を推進し、その社会実装を実現する。

また、これらの取組を後押しする観点から、補助・投融资・税・制度等の政策誘導の手法に環境の観点を盛り込むことで環境配慮の取組を促す「政策手法のグリーン化」については、以下のように段階的に見直していく。

- ア) パリ協定やポスト2020生物多様性枠組への貢献も踏まえつつ、2030年までに施策の支援対象を持続可能な食料・農林水産業を行う者に集中していくことを目指す。農林水産省の補助事業については、技術開発の状況を踏まえつつ、2040年までにカーボンニュートラルに対応することを目指す。
- イ) 補助金の拡充、環境負荷軽減メニューの充実、これらとセットでのクロスコンプライアンス要件の充実を図るとともに、取組の継続的な実施を検証する仕組みを検討する。
- ウ) 革新的な技術・生産体系の社会実装や、持続可能な取組を後押しする観点から、研究者やユーザーの意見を聴きながら、その時点において必要な規制の見直しや新たな制度について検討する。その際、農業生産について、持続可能な生産技術への転換を促す仕組みや支援について検討する。
- エ) 持続的な原材料調達やGHG排出削減、廃棄物の削減や資源循環など企業等による環境配慮経営の取組を促進するとともに、これらの情報開示を促す仕組みやESG投資の引き込み等に向けた具体の促進策について検討する。

さらに、我が国に眠る革新的アイデアや技術シーズを早期にイノベーションに結びつけるため、研究開発から製品・サービス化に至るまでの取組をシームレスに展開するとともに、農業と他業種が連携した、地域産業に所得と雇用をもたらす新しいサービス・事業の立ち上げを促す。また、グリーンイノベーション基金やムーンショット型研究開発制度等、各省横断的な枠組の活用も視野に入れた革新的技術開発や、農林水産業の生産者や地域にメリットとなる技術開発・普及、J-クレジット制度等の公的インセンティブ制度の取組等を推進する。

海外展開・国際連携の観点からは、土壌管理技術等によって土壌炭素の増加を推進する取組「4パーミルイニシアチブ」や、国立研究開発法人を中核とした国際共同研究体制を整備し、国内外の研究機関や大学等が行う二国間／多国間による国際共同研究を推進する。農業分野のGHG削減等に関する世界的研究ネットワーク等への参画・連携に引き続き取り組むとともに、我が国の優れた農林水産分野における脱炭素技術等を、国際機関との連携や二国間クレジット制度（JCM）等を通じて海外に展開し、GHGの世界全体での排出削減に貢献する。また、将来的な日本企業の海外展開や持続可能な輸入原料調達の実現のため、専門家の派遣や人材育成を含めた実証事業等を通じ、アジアモンスーン地域の持続可能な食料システムの構築や、それに資するスマート農業体系の導入等を推進する。

② CO₂ 吸収・固定

<現状と課題>

我が国のCO₂吸収量のうち、93%（2019年度実績）を占める森林は、吸収源として地球温暖化防止に貢献している。また、森林から生産される木材は、炭素を長期的に貯蔵することに加えて、製造時等のエネルギー消費が比較的少ない資材であるとともに、エネルギー利用により化石燃料を代替することから、CO₂排出削減にも寄与する。

森林・木材による吸収や排出削減の効果を最大限発揮するため、利用期を迎え、高齢級化に伴い吸収量が減少傾向にある人工林について、「伐って、使って、植える」という循環利用を確立し、木材利用を拡大しつつ、成長の旺盛な若い森林を確実に造成していくことが重要である。その際、高層建築物等の木造化や木質系新素材の開発など、大量の炭素を長期間貯蔵する木材利用技術を開発・実装する必要があるとともに、林業者等にとって費用や労力の負担が大きい主伐後の再造林について、新たな技術を取り入れ、省力化・低コスト化を進めていくことが必要である。

また、近年、農地が果たす炭素貯留効果にも大きな期待が寄せられている。農作物等のCO₂固定能力を高め、農作物残渣やバイオ炭等の形で積極的に地中に投入することにより、農地が果たす炭素貯留効果を高め、併せて土壌の肥沃度を回復させようとする取組が各地で始まっている。特に、バイオ炭については、2019年改良版IPCCガイドラインに「バイオ炭施用による農地・草地土壌での炭素貯留効果の算定方法」が新規に追加され、2020年の条約インベントリより農業用途の木炭等生産量を用いて報告を実施したことを受け、我が国でJ-クレジット制度におけるバイオ炭の農地施用の方法論が策定されたところである。我が国の農地面積は437万haと広大であることから、バイオ炭の投入による炭素貯留等、炭素吸収源としての農地は極めて高いポテンシャルを持つと言える。今後は、研究開発、ブレークスルー技術の確立等を通じて、この能力を最大限引き出していくことが必要となる。

有機農業についても、堆肥等の施用による炭素貯留効果が認められているところであり、この推進を通じて農地の炭素吸収能力を更に高めていくことが重要である。

ブルーカーボン（海洋生態系による炭素貯留）については、吸収源としての大きなポテンシャルが期待されており、2013年に追加作成されたIPCC湿地ガイドラインには含まれていない海藻藻場を対象として、藻場タイプ別のCO₂吸収量評価手法の開発を進めている。また、藻場・干潟の造成・再生・保全技術の開発を実施中である。

＜今後の取組＞

2050年カーボンニュートラルの実現には、ゼロエミッション化が困難な排出源をカバーするネガティブエミッションが不可欠であり、森林及び木材・農地・海洋における炭素の長期・大量貯蔵を実現する必要がある。

森林については、人工林の適切な間伐に加え、エリートツリー（成長や材質等の形質が良い精英樹同士の人工交配等により得られた次世代の個体の中から選抜される、成長等がより優れた精英樹）等を活用しつつ主伐後の再造林を推進し、成長の旺盛な若い森林を確実に造成することを通じて、中長期的な森林吸収量の確保・強化を図る。このため、林木育種の高速化等によるエリートツリーの効率的な開発やその苗木の生産拡大を図るとともに、自動化林業機械等の開発、ドローンや林業機械を活用した苗木運搬、エリートツリーや大苗等を活用した下刈り回数の削減等による造林の低コスト化・省力化を進めるほか、植樹等の国民参加の森林づくり等も進める。その際、エリートツリー等の成長に優れた苗木の活用について、2030年までに林業用苗木の3割、2050年までに9割以上を目指す。また、木材利用については、建築物の木造化や暮らしの木質化を図るとともに、高層建築物等の木造化に資する木質建築部材の開発・工法の標準化等を図り、2040年までに高層木造の技術の確立を目指すことに加え、改質リグニン・CNF等の新素材の幅広い利用やそれに続く木質由来新素材等の開発・実用化等を進め、木材による炭素の長期・大量貯蔵を図る。

地球温暖化の進行に伴い、豪雨等の気象災害等のリスクが更に高まることが予測されている中、これらの取組を通じた間伐・再造林や、路網の整備、治山対策等を推進し、国民の生活基盤を支える森林を適切に整備・保全することは、安心して暮らせる社会の実現にも寄与する。

農地における炭素貯留については、バイオ炭の高機能化を図り、炭素貯留効果と土壌改良効果を併せ持つ新しいバイオ炭資材等の開発やバイオ炭規格の整備を進めるとともに、土壌中に残留する有機物の分解制御技術を開発する。あわせて、農地への炭素貯留を効率的かつ効果的に行うため、土壌中の有機物含有量や肥沃度を自動計測し、高機能化したバイオ炭等を精密に施用することができるスマート農機を開発し、炭素貯留量の増大と肥沃度の向上の両立を図る。また、CO₂固定能力の高い農作物の開発に向けたバイオデータ基盤の整備を行う。このほか、もみ殻ガス化発電システムを開発し、地域バイオマス由来のバイオ炭を活用した持続的かつ高付加価値の営農モデルの確立を目指す。

有機農業については、2040年までに次世代有機農業に関する技術の確立し、これにより、2050年までにオーガニック市場を拡大しつつ、耕地面積に占める有機農業（国際的に行われている有機農業⁶⁸）の取組面積の割合を25%（100万ha）に拡大することを目指す。実践技術の体系化と省力技術の開発、農業者の多くが取り組むことのできる次世代技術体系の確立等により、地域内外の多様な人材が農林水産業の新たな支え手となって参画する「生産者のすそ野の拡大」等を通じた生産基盤の強化につながることが期待される。

あわせて、有機農産物の消費拡大のため、地域支援型農業や地域間交流といった消費者や地域住民が有機農業を理解し支える仕組みの拡大等を通じて、見た目重視の商品選択の見直しや、有機農業等による環境にやさしい農業経営と付加価値の高い農産物の販売促進を図っていくことが重要である。

⁶⁸ 「国際的に行われている有機農業」とは、有機JASに定められた取組水準の有機農業を指す。「有機農業」とは、化学的に合成された肥料及び農薬を使用しないこと並びに遺伝子組換え技術を利用しないことを基本として、農業生産に由来する環境への負荷をできる限り低減した農業生産の方法を用いて行われる農業を指す。

ブルーカーボンについては、2023年度までに海藻藻場によるCO₂の吸収・貯留量の計測方法を確立し、国連気候変動枠組条約等への反映を目指すとともに、産・官・学による藻場・干潟の造成・再生・保全の一層の取組を推進する。このことは、沿岸域での生物多様性の回復にも寄与する。また、新たなCO₂吸収源として、水素酸化細菌の大量培養技術等の革新的な技術開発を推進する。さらに、海藻や水素酸化細菌の商業利用を進めるとともに、カーボンオフセット制度を利用した収益化を図り、CO₂吸収を自律的に推進する。

③ 温室効果ガス排出削減 —エネルギー調達及び生産から流通・消費段階—

<現状と課題>

農山漁村に豊富に存在する土地、水、バイオマス等の地域資源は、地域循環が可能な再生可能エネルギー資源としての利活用が期待されている一方、エネルギー密度が低く、広く分散していることに加え、季節や時間変動が大きい等の理由から、現状では十分に活用されていない。また、農林水産業では、園芸施設の加温や光合成促進、農林業機械・漁船等の動力において、化石燃料に大きく依存する構造となっている。

このため、農山漁村に賦存する地域資源の最大限の活用、化石燃料からの脱却に向けて、再生可能エネルギー生産・収集及び利活用の更なる低コスト化・効率化を図り、農山漁村を持続的なエネルギー地産地消型の社会に変革していく必要がある。

農林水産分野からのGHGの総排出量は、国内では約4%であるが、世界では約24%を占める主要排出源となっている。また、我が国における農林水産分野からのGHGの排出は約5,000万トンとなっているが、このうち燃料燃焼から発生するCO₂が34%、水田等から発生するメタンが46%を占めている。我が国では、農畜産業からのGHG（メタン、N₂O等）排出削減において、水田からのメタン発生を抑制する基盤的技術等の開発が進展しており、実用化段階技術の早期普及とアジアモンスーン地域を中心とした世界への展開を推進する必要がある。

食品産業は、他の産業に比べて労働生産性が低いのが現状である。このため、生産から流通・消費段階までの省力化や最適化を図るスマート技術の開発・社会実装が必要である。

木材は、温かみや安らぎなど心理面での効果や、調湿作用、一定の断熱性、転倒時の衝撃緩和等、利用する人に快適な生活をもたらす様々な特長があることに加え、森林が吸収した炭素を長期的に貯蔵するとともに、製造時等のエネルギー消費が比較的少ない資材であり、エネルギー利用により化石燃料を代替する効果があることから、木材利用の拡大を通じて、CO₂排出削減に寄与することが可能である。このため、高層建築物等の木造化・木質化等を通じて木材利用を推進するとともに、木質バイオマス由来の新素材の開発・普及等により、プラスチック等の化石燃料由来製品の代替を進めていく必要がある。また、木質バイオマスのエネルギー利用については、森林資源の持続可能性確保の観点から、未利用材の活用やカスケード利用（回収・再利用による多段階利用）、熱効率を踏まえた効率的な利用を図っていく必要がある。

我が国の漁獲量は、長期的な減少傾向にある。この減少傾向に歯止めをかけ、国民への水産物の安定的な供給を行うため、数量管理を基本とする新たな資源管理システムの構築が開始されたところである。

<今後の取組>

再生可能エネルギーについては、2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、農林漁業の健全な発展に資する形で、我が国の再生可能エネルギーの導入拡大に歩調を合わせた、農山漁村に

おける再生可能エネルギーの導入を目指す。このため、技術開発では、地産地消型エネルギーシステムを実現するため、種類の異なる再生可能エネルギーを組み合わせ、一年を通じて安定的にエネルギーを供給するシステムや他地域へ再生可能エネルギーを供給する効率的・安定的なシステムの構築を産学官連携の下に行う。自治体、地域企業、住民を始め、各地域がシステムの導入を進めることにより、地域に新しい産業を起こし、雇用の創出と地域活性化につながる。

開発した技術の普及に向けては、農山漁村の活性化に資する再生可能エネルギーの取組を可視化するためのロゴマークの導入を行う。また、農山漁村地域の脱炭素化を後押しし、農山漁村地域の活力向上や農林漁業の健全な発展に資する形で、再生可能エネルギーの導入拡大を加速化するため、農山漁村地域における再生可能エネルギー導入目標を新たに設定した上で、小水力発電、地産地消型のバイオガス発電施設の導入、バイオ液肥（バイオガス発電の副産物である消化液）や営農型太陽光発電の活用による地域資源循環の取組の推進等、再生可能エネルギーの地産地消の取組を推進するとともに、農山漁村における地産地消型エネルギーシステムの構築に向けた必要な規制の見直しを行う。

園芸施設においては、高速加温型ヒートポンプや産業廃熱等の超高効率な蓄熱・移送・放熱技術の開発、新技術の低コスト化に向けた現場実証、RE100を実現した超精密環境制御施設の開発等を通じて、2050年までに化石燃料を使用しない施設への完全移行を目指す。また、林業機械・漁船や用排水機の省エネ化の取組を推進するとともに、農林業機械・漁船の、電化・水素化等に向けた技術開発を産学官連携の下に行い、2040年までの技術確立を目指す。

持続的な畜産物生産の推進については、①自給飼料生産の拡大による輸入飼料に依存した構造からの転換、②飼料利用性の高い家畜への改良やGHG削減飼料の開発、家畜の飼養管理等の省力化・精密化による環境負荷軽減、③耕種農家との連携等による家畜排せつ物由来堆肥の広域流通による資源循環、④生産現場の努力や消費者の理解醸成等に取り組み、課題解決に向け生産現場の知見や経験を活かしつつ、その普及・定着を図る。また、微生物活動の制御により農畜産業由来のGHG削減を目指す革新的な技術開発を進めるとともに、スマート技術の開発・実証・普及を推進する。

食品産業については、微生物糖化技術等を用いて食品残渣・食品加工残渣からエネルギーや油脂等を生産する技術、冷凍・解凍・調理技術による食のQOL向上及び食品の超長期保管技術、データ駆動型コールドチェーンシステム、植物性タンパク質を活用した新たな食品製造技術等の革新的技術開発を行うほか、2030年までに、食品企業における持続可能性に配慮した輸入原材料調達の実現を目指す。これらを通じ、生産段階のみならず、流通・消費段階までのデータ連携により、生産性の向上と食品ロス・CO₂の削減を両立するスマートフードチェーンを構築する。

事業系食品ロスの削減に向けては、見切り品など食品ロス削減につながる商品を寄附金付きで販売し、利益の一部をフードバンク活動の支援等に活用する仕組みを構築するとともに、フードバンク活動の推進のための食品提供側・受入側の情報を管理するオンラインマッチングシステムの構築等、製造・卸・小売が一体となった商慣習の見直しを推進する。2030年度までに、事業系食品ロスの半減（2000年度比）を目指し、2050年度までに、AIによる需要予測や新たな包装資材の開発等の技術の進展により、事業系食品ロスの最小化を図る。また、2030年までに食品製造業の自動化等を進め、労働生産性の3割以上の向上（2018年基準）を目指し、2050年までにAI活用による多種多様な製品に対応した完全無人食品製造ラインの実現等により、多様な食文化を持つ我が国食品製造業の更なる労働生産性の向上を図る。

飲食料品の流通については、2030年までに合理化を進め、飲食料品卸売業における売上高に占

める経費の割合を10%に縮減することを目指す。さらに、2050年までにAI、ロボティクスなどの新たな技術を活用して流通のあらゆる現場において省人化・自動化を進め、経費の更なる縮減と、トラック輸送や保管等、流通により発生するCO₂の排出削減を目指す。

気候変動や生物多様性保全等に適切に対応する持続可能な食料システムの構築に向けては、民間投資を拡大し、調達、生産から消費に至るまでの各工程における各主体の行動変容を促すための政策的な仕組みの在り方について検討する。また、環境負荷の低減に資する持続可能な生産等を拡げるため、「土壌のCO₂吸収「見える化」システム⁶⁹」の改良・高度化等を通じ、農林水産・食品事業者による取組の可視化を促進するとともに、持続可能な生産と消費を促進する多様な主体が参画するプラットフォーム「あふの環 2030 プロジェクト」等により、スマート農業技術の浸透や食育の推進の視点も含め、持続可能な食料・農林水産業に対する消費者の理解と購買行動の変容を促進する。

これにより、消費者への食料の安定供給や価格の安定化を実現するだけでなく、健康で栄養バランスに優れた日本型食生活の国民的拡がりにつながり、健康寿命の延伸等、食を通じた国民全体の健康の維持増進を図ることが可能となる⁷⁰。

生産力向上と環境負荷の軽減を図るため、化学農薬については、スマート防除技術体系の活用や、リスクの高い農薬からリスクのより低い農薬への転換を段階的に進めつつ、化学農薬のみに依存しない総合的な病害虫管理体系の確立・普及等を図ることに加え、2040年までに、多く使われているネオニコチノイド系農薬を含む従来の殺虫剤を使用しなくてもすむような新規農薬等の開発により、2050年までに化学農薬使用量（リスク換算）の50%低減を目指すとともに、化学肥料については、2050年までに、輸入原料や化石燃料を原料とした化学肥料の使用量の30%低減を目指す。また、輸入割合の高い肥料等の調達において、輸入から国内生産への転換が進むことによる関連産業の活性化、環境へ配慮した生産等の導入による国産品の評価向上による輸出拡大、新技術を活かした労働安全性・労働生産性の向上等を実現し、我が国の持続的な産業基盤の形成につながる。

さらに、有機農業の推進においても、化学農薬・化学肥料を低減する取組を進めることから、同様の効果が期待される。

これらの取組により、消費者の幅広いニーズに対応できるだけでなく、地域の自然循環による生産が行われ、農業生産に由来する環境への負荷低減が図られることで、生物多様性の保全や地球温暖化防止につながる。

木材利用については、炭素貯蔵やCO₂排出削減のみならず、心身への好影響⁷¹等といった木材利用の効果のエビデンスの検証・発信や、「木育」等の普及活動、設計・建築事業者や企業（施主）とのネットワーク化等を通じて、ESG投資にもつながる消費者等の理解の醸成を図りつつ、建築物の木造化や暮らしの木質化を図るとともに、高層建築物等の木造化に資する木質建築部材の開発・工法の標準化等を進める。また、プラスチック等を代替する改質リグニン・CNF等を活用し

⁶⁹（国研）農業・食品産業技術総合研究機構農業環境研究部門が運営するシステムで、調べたい場所や管理方法といった情報を入力すると、土壌炭素貯留量及び温室効果ガスの排出量を計算することができる。

⁷⁰ 東北大学による「日本食パターンと死亡リスクとの関連」についての検討（2020年 European Journal of Nutrition 発表）では、約18.9年の追跡期間中に確認された死亡について、日本食スコアが低いグループに比べて日本食スコアの高いグループでは、全死亡のリスクは14%低下、循環器疾患死亡のリスク及び心疾患死亡のリスクは11%低下した。

⁷¹ 例えば、居住空間の内装木質化率の向上は、睡眠効率を高めるといった研究結果もある。

（参考）（独）日本学術振興会・科学研究費助成事業「住環境が脳・循環器・呼吸器・運動器に及ぼす影響実測と疾病・介護予防便益評価」2017-2021年度。

た高機能材料やそれに続く木質由来新素材の開発、未利用材の効率的な運搬収集システムの構築や地域内での熱利用・熱電供給の推進等を通じた高効率な木質バイオマスエネルギー利用を推進するとともに、これらの取組に必要となる木材の生産流通の効率化に向けて、標準仕様に準拠した森林クラウドの導入、自動化機械やクラウドと整合した、IGT活用による木材の生産流通管理システム等を開発・普及する。

これらの取組は、木材を始めとする地域にある様々な資源を活かした経済循環や、地域内外の多様な人々の関わりを生じさせることとなり、地域の雇用・所得の増大、地域コミュニティの活性化につながることを期待される。

漁獲量については、科学的な資源調査・評価の充実、資源評価に基づく漁獲可能量による管理等、「新たな資源管理の推進に向けたロードマップ」に沿った水産資源の適切な管理を推進することで、2030年までに2010年と同程度（444万トン）まで回復させることを目指す。

また、2050年までにニホンウナギ、クロマグロ等の養殖において人工種苗比率100%を実現することに加え、養魚飼料の全量を配合飼料給餌に転換し、天然資源に負荷をかけない持続可能な養殖生産体制を目指す。

これらの取組により、我が国周辺水産資源の回復を図ることで、持続的に利用可能な水産物の量が増加することとなり、漁獲量の減少に歯止めがかけられ、安定供給体制が確立され、価格変動が抑えられることにより、豊かな食生活が維持される。また、水産資源が回復することで、不要な競争を避けた、計画的な操業を行うことや、漁船の効率的な運航につながり、化石燃料の使用量を抑えることにもつながる。

これらの取組に加え、農林水産省地球温暖化対策計画の改定・実践を通じて、2050年までに農林水産業のCO₂ゼロエミッション化の実現を目指す。

(10) 航空機産業

国際民間航空機関（ICAO）では2020年以降、国際航空に関してCO₂排出量を増加させないとの目標を採択しており、この目標を達成するためには、運航方式の改善や新技術導入、代替燃料、市場メカニズムの活用を組み合わせることが必要であるとされている⁷²。また、国際航空運送協会（IATA）は2050年時点でCO₂排出量を2005年比で半減させる目標を掲げている⁷³。

このように低炭素化要求が強まる中、低炭素関連技術の発展は、気候変動対策の観点から必要不可欠であるとともに、我が国の航空機産業の競争力維持・強化に資するものである。

したがって、我が国としては個々の技術開発を促進するとともに、安全・環境基準の見直し・整備等による機材・装備品等への新技術導入促進の具体策を検討し、航空機分野の低炭素化へ貢献していく。

① 装備品・推進系の電動化

<現状と課題>

航空機の電動化について、現在は、補助動力用や地上滞在時における電力供給用の蓄電池搭載など用途範囲は限定的であるが、今後は、飛行時の動力や内部システムの作動に係る用途へと拡大していくことが期待される。これを実現していくためには、電池やモーター等の飛躍的な性能向上が必要である。

昨今、欧米の機体・エンジンメーカーを中心に電動化技術の獲得や実証機の開発に向け競争が活発化している。日本企業は電池やモーター等の関連分野での要素技術に潜在的な競争力があるが、航空機の装備品等への現在の採用実績は一部にとどまっている。

なお、2019年にボーイング社と経済産業省で締結した「将来技術に関する協力覚書」において、航空機の電動化は、具体的な協力分野の一つとして位置付けられている⁷⁴。

<今後の取組>

航空機の電動化技術の確立のため、引き続き、（国研）宇宙航空研究開発機構（JAXA）等の国立研究開発法人における知見を活用しながら、航空機関連メーカーと電機関連メーカーが連携して行う研究開発を推進し、将来機における搭載技術が選定されるタイミングまでに、国内メーカーが必要な技術レベルを満たすことを目指す。具体的には、航空機向け電池や、モーター、インバーター等、航空機の動力としてのコア技術については、2030年以降段階的に技術搭載することを目指し、グリーンイノベーション基金等の活用も検討しながら研究開発を加速する。その際、航空機を製造する海外企業との連携の枠組みを活用・強化して、開発された技術の将来機への搭載を目指す。加えて、国内の産学官連携を通じて国際標準化を推進していく。

なお、電動航空機は、推進系統を電動システムに置き換えていくことによる大幅な騒音削減が期待されており、エンジン内の燃焼器やタービンに由来する騒音が解消されることに加え、既存

⁷² ICAO 「ON BOARD A SUSTAINABLE FUTURE」

(https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ICAOEnvironmental_Brochure-1UP_Final.pdf)

⁷³ IATA 「Aviation & Climate Change Fact Sheet」

(<https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet--climate-change/>)

⁷⁴ 経済産業省ニュースリリース（2019年1月15日）

(<https://www.meti.go.jp/press/2018/01/20190115007/20190115007.html>)

エンジンと比較して排気速度が低下するために排気騒音が低減する可能性が高い。実際に、昨今、海外における小型電動航空機の開発では2～3割程度の騒音低減が確認されている。我が国でも、蓄電池や電動モーター等に係る技術開発において積極的に騒音低減を目指していき、2050年には、空港周辺住民や乗客にとって、例えば夜間であっても許容性の高い、低騒音の電動旅客機の実現に向けて貢献していく。

② 水素航空機

<現状と課題>

航空機分野の低炭素化を実現させるためには、電動化技術の搭載に加えて、水素燃料の活用も期待される。水素航空機の実現に向けては、軽量かつ安全性を担保した水素貯蔵タンク、燃焼して使用する場合には新たなエンジン部品の開発等、多数の技術的課題が存在している。加えて、周辺インフラや水素供給サプライチェーンの実現可能性についても、安全性やコスト面等の観点から検討を行っていくことが必要である。

なお、2020年9月、エアバス社が2035年に水素航空機を市場投入すると発表した。現状、我が国企業においても、水素航空機に関する具体的な取組が始動しており、今後、研究開発や具体的検討を加速していく必要がある。

<今後の取組>

水素航空機の実現に向けて、必要となる要素技術の開発を推進する。その際、開発初期の段階から海外メーカーとの連携を模索するとともに、実用化につながる課題を特定し、重点的に取り組んでいく。例えば、燃料タンクやエンジン燃焼器等の製造技術は、水素航空機が成立するために必要不可欠なコア技術である一方、軽量化と安全性・信頼性の両立が困難といった観点で、極めて技術的ハードルが高く、中長期にわたる巨額の研究開発費用が必要となる。そのため、グリーンイノベーション基金等の活用も検討しながらコア技術の開発を推進していく。また、水素燃料の保管、輸送、利用のための空港の民間設備等の検討を、2021年6月以降、政府や航空機メーカー、その他関連企業や学術関係者が連携しつつ、「水素航空機の実現に向けた空港周辺インフラ検討会（仮称）」において進めていく。

③ 機体・エンジンの軽量化・効率化

<現状と課題>

航空機・エンジン材料については、軽量化、耐熱性向上等に資する新材料の導入が進んでいる。航空機構造（胴体や主翼等）や内装品（ギャレー等）では、アルミ合金から炭素繊維複合材への転換が進み、航空機エンジンでは、軽量で強度に優れた炭素繊維複合材のファン部品への適用、高温に耐え得る素材として有望視されているセラミックス基複合材料のタービン部品への適用が始まっている。

低炭素化要求の強まりに伴い、更なる軽量化・効率化につながる素材の適用ニーズは、今後も継続していくことが見込まれる。現状、我が国企業は素材分野での技術的優位性があるが、今後、更なる性能向上やコスト低減要求に対応していくことが重要である。

<今後の取組>

国内素材メーカー、航空機・エンジンメーカー、JAXA等の国立研究開発法人の連携の下、先端

材料に係るデータベース整備や生産技術も含めた必要な技術開発を進め、将来機における搭載技術が選定されるタイミングまでに、国内メーカーが必要な技術レベルを満たすことを目指す。その際、航空機を製造する海外企業との連携の枠組みを活用・強化して、開発された技術の将来機への搭載を目指す。

また、炭素繊維複合材は、軽量化という観点から運航時における省エネ効果は従来の金属よりも高い一方で、製造時には金属よりもエネルギー消費が多い。したがって、製造サイクル全体としての排出削減効果を高めるべく、中長期的なリサイクル技術の確立について、自動車等の他分野とも連携を図りながら推進していく。

④ バイオジェット燃料等・合成燃料

ア) 代替航空燃料 (SAF : Sustainable Aviation Fuel)

<現状と課題>

国際航空に関し、ICAOにより「2019年比でCO₂排出量を増加させない」という制度が導入された(制度は2035年まで継続)。制度導入により、SAFの市場は、現時点でほぼ皆無だが着実に拡大する見通しである。

このため、欧米企業を始めとして、各国企業はジェット燃料の代替燃料の開発を活発化している。複数あるSAFの技術開発については、各国が横並びの競争状態である中で、日本企業は要素技術の開発を進め、実証を開始している。

SAFの主な製造技術として、ガス化FT合成技術⁷⁵、ATJ技術⁷⁶、微細藻類培養技術⁷⁷等が挙げられる。

現状では、これら燃料の製造技術の課題として、ガス化FT合成については、様々な原料の品質を均一化する破砕処理技術を、ATJについては、高温状態での触媒反応の制御技術を、微細藻類の培養については、①藻がCO₂を吸収する効率が低く、増殖のスピードが遅い(生産性が低い)、②藻の外部環境への耐性が弱いため、安定的に増殖することが困難(生産の安定性が脆弱)であることを解決する技術をそれぞれ確立する必要があり、小規模な実証段階にとどまっている(現状のニート⁷⁸製造コスト200~1,600円/L(既製品:100円/L))。

<今後の取組>

ガス化FT合成技術、ATJ技術、微細藻類の培養技術等については、上述の技術の確立とコスト低減を実現するための研究開発、大規模実証を実施し、他国に先駆けて2030年頃には、コストを現在の200~1,600円/Lから既製品と同等の100円/Lまで低減し、実用化を達成する。

また、2025年以降、諸外国においてもSAFの製造・供給が進展していくものと想定される。このため、更なるコストの削減、CO₂排出削減に係る研究開発・社会実装を促進し、2030年における総需要が約2,500億円~5,600億円の規模になると見込まれる国内空港において、国内の製造事業者による低廉かつ安定的なSAFの製造・供給体制の早期の構築を目指す。

⁷⁵ 木くず等の有機物を蒸し焼き(ガス化)し、触媒により液化する工程によりSAFを製造する技術(Fischer-Tropsch process(フィッシュャートロプシュ法))。

⁷⁶ Alcohol to jetの略。バイオエタノールを、触媒等を用いてSAFに改質する技術。

⁷⁷ 光合成により、CO₂から油分・脂質を生み出す藻を安定大量培養し、SAFを製造する技術。

⁷⁸ 化石由来のジェット燃料と混合する前の、バイオマス原料等を基に製造されたジェット燃料を指す。ニートを使用する際には、化石由来のジェット燃料に一定割合を混合した上で、航空機に搭載する必要がある。

さらに、国際的な航空分野のカーボンニュートラルに向けた潮流において、SAF の需要も大幅に増加する見通し。国内における SAF の供給量と価格の国際競争力を確保することは、海外の航空会社が日本へ就航する大きな経済的・社会的インセンティブとなることから、アジアにおける日本の国際空港の地位向上につながり、ひいては安定的な国際航空ネットワークの構築につながる。

加えて、本技術を海外にも展開し、海外の航空会社が利用する SAF を供給することで、外貨獲得への貢献も期待される。こうした観点から、SAF の国際市場の動向に応じて、航空機へ競争力のある SAF の供給を拡大していく（一部国際認証取得済み）。

イ) 合成燃料

<現状と課題>

合成燃料は、CO₂と水素を合成して製造される燃料であり、排出された CO₂ を再利用することからカーボンフリーな脱炭素燃料とみなすことができる。特にガソリン・灯油・軽油等の混合物である液体合成燃料は、複数の炭化水素化合物の集合体、言わば「人工的な原油」である。特に、再エネ由来の水素を用いた場合は e-fuel と呼ばれる。既存の燃料インフラや内燃機関が活用可能であることから、水素など他の新燃料に比べて導入コストを抑えることが可能となる。

合成燃料は、化石燃料と同様に液体燃料であるため、エネルギー密度が高く、可搬性があるという特徴がある。例えば、大型車やジェット機が電動化・水素化した場合、液体燃料と同様の距離を移動する際、液体燃料よりも大容量の電池・水素エネルギーが必要となる。こうした液体合成燃料は、電気・水素エネルギーへの代替が困難なモビリティ・製品がある限り存在し続けると考えられる。

合成燃料の商用化に向けた課題はコストと製造技術の確立であり、今後、既存技術の高効率化・低コスト化や革新的な新規技術・プロセスの開発に取り組んでいくことが必要である。

また、合成燃料の原料は CO₂と水素であるため、資源制約を受けることなく工業的に大量生産することが可能であるという観点から、安定的な供給が可能な SAF の 1 つとしてのポテンシャルを評価することができる。このため、今後増加が見込まれる SAF の需要に対し、適切な供給の実現に貢献することが期待される。

<今後の取組>

合成燃料について、商用化に向けた一貫製造プロセス確立のため、既存技術（逆シフト反応＋FT 合成プロセス）の高効率化や製造設備の設計開発に加え、革新的新規技術・プロセス（共電解、Direct-FT 等）の開発を実施する。

こうした合成燃料に係る技術開発・実証を今後 10 年で集中的に行うことで、2030 年までに高効率かつ大規模な製造技術を確立し、2030 年代に導入拡大・コスト低減を行い、2040 年までの自立商用化（環境価値を踏まえたもの）を目指す。

(11) カーボンリサイクル・マテリアル産業

i) カーボンリサイクル

カーボンリサイクルは、CO₂を資源として有効活用する技術でカーボンニュートラル社会を実現するためのキーテクノロジーであり、日本に競争力がある。

カーボンリサイクル産業は、カーボンリサイクル技術ロードマップに示されたとおり、鉱物（コンクリート製品、コンクリート構造物、炭酸塩、セメント等）、燃料（藻類ジェット燃料、藻類ディーゼル燃料、合成燃料、バイオ燃料、メタネーションによるガス燃料等）、化学品（ポリカーボネートやウレタン等の含酸素化合物、バイオマス由来化学品、オレフィンやパラキシレン等の汎用物質）等の主要分野を含め、多岐にわたる。これら主要な製品を中心に、コスト低減や用途開発のための技術開発、社会実装を進め、カーボンリサイクル産学官国際会議の活用等も通じてグローバル展開を目指す。

① コンクリート・セメント

<現状と課題>

コンクリートについては、日本には、CO₂吸収型コンクリート（CO₂-SUICOM）を実用化することに成功している企業がある。化学工場等から排出される消石灰からCO₂を吸収して固まる材料を製造し、これをコンクリート製造に使用することで、①製造プロセスでCO₂を吸収、②セメント使用量を削減し、コンクリートのCO₂排出を削減することが可能である。さらにCO₂吸収量を増大させることでネガティブエミッション（炭素除去）の達成も可能となる。

国際的には、米国企業が同様の技術を開発、実用化していることに加え、英国企業は骨材にCO₂を吸収させるタイプの技術を実用化しており、各国が横並びの競争状態にある。

CO₂吸収型コンクリートの市場規模については、2030年時点で約15~40兆円にまで達すると予想されている中、こうした市場拡大を見据え、早期に価格低減を達成し、市場シェアを獲得する必要がある。

他方、現状のCO₂吸収型コンクリートはコストが高く（=既製品の約3倍の100円/kg）、低コスト化とCO₂吸収量増大との両立が主な課題である。また、コンクリート構造物中の鉄骨が錆びやすいため（CO₂吸収により酸化しやすくなるため）用途が限定的といった課題も存在する。さらに、コンクリートが地産地消型の特性があることも踏まえ、開発されたCO₂吸収型コンクリートの普及拡大には、地域における調達状況といった地域性に対応できる製造技術確立する必要がある。

セメントについては、その原料である石灰石の燃焼時に生じる脱炭酸反応により大量のCO₂が排出される。これに対処すべく、「革新的環境イノベーション戦略」等を踏まえ、工場等の排ガスから化学吸収法等によりCO₂を回収し、そのCO₂を廃コンクリートや鉄鋼スラグ等から回収したカルシウムに固定して炭酸塩化する研究開発等に着手し、セメント製造由来のCO₂有効利用の取組を進めている。

国際的には、EUによる資金提供を受け、セメント製造設備を改良し、燃焼過程で発生するCO₂を回収する製造技術の開発が実施されているなど、各国のセメント産業界ではカーボンニュートラルの実現につながる技術開発を進めており、将来のセメント市場の確保のため、2030年時点で国内5,000億円規模の維持を目指す。

現在、セメントキルン1基から1日当たり数千トン規模のCO₂が排出されており、化学吸収法で大量のCO₂を回収するためには設備の大規模化が避けられず、既存のセメント工場への適応が難しく、また、セメントの原料として災害廃棄物等も利用するため、CO₂の効率的な回収と多様な原料の再生利用に適応した革新的技術の開発が課題である。

<今後の取組>

コンクリートについては、公共調達による販路拡大により、コスト目標として2030年には、既存コンクリートと同価格(=30円/kg)を目指す。そのため、新技術に関する国交省データベース(NETIS)にCO₂吸収型コンクリートを登録済みであり、これを地方自治体に広く周知する。また、2025年日本国際博覧会等でも導入することで、国・地方自治体による公共調達を拡大することを目指す。グローバル市場においても、15~40兆円(2030年)にまで達すると考えられる中、特に経済成長著しいアジアでコンクリート需要が拡大することが見込まれるため、国際標準化や大規模な国際展示会でPR等を行い、アジアへ販路を拡大する。

さらに、2050年までに、グリーンイノベーション基金等の活用も検討しつつ、CO₂吸収範囲の制御技術の開発や鉄筋代替材の活用等により防錆性能を持つ新製品を開発・実証し、建築物やコンクリートブロックに用途拡大を図るとともに、標準化等にも取り組みつつ社会実装を進める。また、CO₂吸収量の増大と低コスト化を両立させた新技術・製品を開発するとともに、地域性に対応可能なCO₂吸収型コンクリートの製造技術を確立し、これらに係る特許取得等の知財戦略を通じたライセンス事業形態も活用することで、国内外でのシェア獲得・拡大を目指す。

セメントについては、短期的(~2030年)には、国内セメント工場で大量のCO₂回収を実現する技術の確立を目標とする。そのため、既存製造工程を基に、石灰石からの排出CO₂を100%近く回収するプラントの開発を行う。具体的には、まず小型プラントでの実証後、商用ベースに近い製造能力を持つ大型実証機の建設と実証を進めるとともに、廃棄物等の多様なカルシウム源を用いて、回収したCO₂と反応させ炭酸塩として有効利用する技術の開発や商用化に向けた実証等を進め、当該技術の確立を図る。

日本発のセメントキルン方式が世界のデファクトとなっている現状を踏まえると、この技術は、日本だけでなく世界各国において採用が見込まれる。このため、2030年以降、国内セメント工場(キルン51基)への導入を進めるとともに、2050年までに、世界各国のキルン改修・新設等における導入を進め、15兆円を超えると推計される市場でのシェア獲得・拡大を図る。

また、CO₂吸収型コンクリートは、CO₂削減効果に加えて、CO₂吸収によってコンクリートの耐水性・耐久性が増すという特徴も有する。このため、特に河川構造物等、水と接する構造物等の更新や取換頻度の低減につながり、公共投資の合理化が可能となる。

これらの取組により、カーボンリサイクルコンクリート・セメントを用いた製品・建築物を利用可能な市場環境の創出により、需要側が環境配慮や長寿命といったニーズに合わせた製品・建築物を選択できるようになる。

② カーボンリサイクル燃料

ア) 代替航空燃料(SAF:Sustainable Aviation Fuel)

<現状と課題>

国際航空に関し、国際民間航空機関(ICAO)により、「2019年比でCO₂排出量を増加させない」

という制度が導入された（制度は 2035 年まで継続）。制度導入により、SAF の市場は、現時点でほぼ皆無だが、着実に拡大する見通しである。

このため、欧米企業を始めとして、各国企業はジェット燃料の代替燃料の開発を活発化している。複数ある SAF の技術開発については、各国が横並びの競争状態である中で、日本企業は要素技術の開発を進め、実証を開始している。

SAF の主な製造技術として、ガス化 FT 合成技術⁷⁹、ATJ 技術⁸⁰、微細藻類培養技術⁸¹等が挙げられる。

現状では、これら燃料の製造技術の課題として、ガス化 FT 合成については、様々な原料の品質を均一化する破砕処理技術を、ATJ については、高温状態での触媒反応の制御技術を、微細藻類の培養については、①藻が CO₂ を吸収する効率が低く、増殖のスピードが遅い（生産性が低い）、②藻の外部環境への耐性が弱いため、安定的に増殖することが困難（生産の安定性が脆弱）であることを解決する技術をそれぞれ確立する必要がある、小規模な実証段階に留まっている。（現状のニート⁸²製造コスト 200～1,600 円/L（既製品：100 円/L））

<今後の取組>

ガス化 FT 合成技術、ATJ 技術、微細藻類の培養技術等については、上述の技術の確立とコスト低減を実現するための研究開発、大規模実証を実施し、他国に先駆けて 2030 年頃には、コストを現在の 200～1,600 円/L から既製品と同等の 100 円台/L まで低減し、実用化を達成する。

また、2025 年以降、諸外国においても SAF の製造・供給が進展していくものと想定される。このため、更なるコストの削減、CO₂ 排出削減に係る研究開発・社会実装を促進し、2030 年における総需要が約 2,500 億円～5,600 億円の規模になると見込まれる国内空港において、国内の製造事業者による低廉かつ安定的な SAF の製造・供給体制の早期の構築を目指す。

さらに、国際的な航空分野のカーボンニュートラルに向けた潮流において、SAF の需要も大幅に増加する見通し。国内における SAF の供給量と価格の国際競争力を確保することは、海外の航空会社が日本へ就航する大きな経済的・社会的インセンティブとなることから、アジアにおける日本の国際空港の地位向上につながり、ひいては安定的な国際航空ネットワークの構築につながる。

加えて、本技術を海外にも展開し、海外の航空会社が利用する SAF を供給することで、外貨獲得への貢献も期待される。こうした観点から、SAF の国際市場の動向に応じて、航空機へ競争力のある SAF の供給を拡大していく（一部国際認証取得済み）。

イ) 合成燃料

<現状と課題>

合成燃料は、CO₂ と水素を合成して製造される燃料であり、排出された CO₂ を再利用することからカーボンフリーな脱炭素燃料とみなすことができる。特にガソリン・灯油・軽油等の混合物である液体合成燃料は、複数の炭化水素化合物の集合体、言わば「人工的な原油」である。特に、

⁷⁹ 木くず等の有機物を蒸し焼き（ガス化）し、触媒により液化する工程により SAF を製造する技術（Fischer-Tropsch process（フィッシャートロプシュ法））。

⁸⁰ Alcohol to jet の略。バイオエタノールを、触媒等を用いて SAF に改質する技術。

⁸¹ 光合成により、CO₂ から油分・脂質を生み出す藻を安定大量培養し、SAF を製造する技術。

⁸² 化石由来のジェット燃料と混合する前の、バイオマス原料等を基に製造されたジェット燃料を指す。ニートを使用する際には、化石由来のジェット燃料に一定割合を混合した上で、航空機に搭載する必要がある。

再エネ由来の水素を用いた場合は e-fuel と呼ばれる。既存の燃料インフラや内燃機関が活用可能であることから、水素等、他の新燃料に比べて導入コストを抑えることが可能となる。

合成燃料は、化石燃料と同様に液体燃料であるため、エネルギー密度が高く、可搬性があるという特徴がある。例えば、大型車やジェット機が電動化・水素化した場合、液体燃料と同様の距離を移動する際、液体燃料よりも大容量の電池・水素エネルギーが必要となる。こうした液体合成燃料は、電気・水素エネルギーへの代替が困難なモビリティ・製品がある限り存在し続けると考えられる。

合成燃料の商用化に向けた課題はコストと製造技術の確立であり、今後、既存技術の高効率化・低コスト化や革新的な新規技術・プロセスの開発に取り組んでいくことが必要である。

<今後の取組>

合成燃料について、2050 年に、ガソリン価格以下のコストが実現できるよう、商用化に向けた一貫製造プロセス確立のため、既存技術（逆シフト反応+FT 合成プロセス）の高効率化や製造設備の設計開発に加え、革新的な新規技術・プロセス（共電解、Direct-FT 等）の開発を実施する。

こうした合成燃料に係る技術開発・実証を今後 10 年で集中的に行うことで、2030 年までに高効率かつ大規模な製造技術を確立し、2030 年代に導入拡大・コスト低減を行い、2040 年までの自立商用化（環境価値を踏まえたもの）を目指す。

ウ) 合成メタン

<現状と課題>

合成メタンは、再生可能エネルギー由来等の水素と CO₂ から合成（メタネーション）されているため水素キャリアの一つとして期待される。都市ガス（天然ガス）の主成分はメタンであり、合成メタンは都市ガス導管等の既存のインフラや設備を活用して天然ガスを代替することができるため、2050 年カーボンニュートラルに向けてコストを抑えつつ、より円滑な移行への貢献が期待できる。また、排出される CO₂ を回収してグリーン水素と組み合わせた合成メタンは、新たな CO₂ を排出しないためカーボンニュートラルとなり得る。CO₂ の分離・回収や利用等と組み合わせることにより、より一層の CO₂ 排出量の削減に貢献できる。

メタネーションの技術については、2017 年度から 2021 年度にかけて NEDO において、小規模試験設備でメタネーションを行う基盤技術開発を実施した。また、2019 年度から 2020 年度にかけて NEDO において、水素の調達を必要とせず、従来のメタネーション技術より高効率に合成メタンを製造できる革新的な SOEC メタネーション技術に必要な要素技術を確認する先導的な基盤技術開発も行われている。

今後、メタネーションの実用化・低コスト化に向けた設備の大型化や高効率化などの技術開発が必要となる。また、メタネーションには安価な水素と CO₂ の調達が必要であり、サプライチェーンの構築が課題となる。CO₂ 削減量のカウントについては、カーボンニュートラルに資する方向での検討が必要である。

<今後の取組>

2030 年には、既存インフラへ合成メタンを 1% 注入し、水素直接利用等その他の手段と合わせて 5% のガスのカーボンニュートラル化を目標とする。2050 年までには、既存インフラに合成メタンを 90% 注入し、水素直接利用等その他の手段と合わせてガスのカーボンニュートラル化達成

を目指す。加えて、2030年頃において、船舶分野におけるガス燃料として合成メタン等の供給開始を目指す。

水素製造に必要な水電解装置の低コスト化やメタネーション設備の大型化に必要な技術開発、高効率なメタン合成やCO₂の分離・回収に必要な革新的技術開発に取り組む。

2025年日本国際博覧会では、会場の生ごみから発生するバイオマス由来のCO₂と再生可能エネルギー由来の水素からメタネーションにより合成メタンを生成し、会場内の施設で活用する実証が提案されている。

CO₂削減量のカウントについて、カーボンニュートラルに資する方向での検討を速やかに行う。

また、2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、合成メタンの生成のために相当量の水素の確保が必要となり、合成メタンのコストを低く抑えるためには、水素コストが相対的に安価な海外で生成した合成メタンを国内に輸送することが有効と考えられる。これらを踏まえ、合成メタンの導入など、ガスの脱炭素化に向けた海外サプライチェーン構築を進めていく。2020年代後半には海外から国内へ合成メタンの輸送を開始し、2030年代には全国的な導入拡大を進めていき、コスト低減を図りながら、2040年代には商用化の実現を目指す。

これらの取組を進めるためには、供給側・需要側の民間企業や政府など、関係する様々なステークホルダーが連携して取り組むことが重要であることから、ガスの脱炭素化に向けて官民が一体となって取組を推進するメタネーション推進官民協議会を2021年6月に設置し、検討を推進する。

これらの取組を通じて、2050年までに合成メタンを2,500万トン供給し、合成メタンの価格が現在のLNG価格(40~50円/Nm³)と同水準となることを目指す。

エ) グリーンLPG

<現状と課題>

LPガスは全世帯の約4割の家庭に供給される、国民生活を支える必要不可欠なエネルギーである。また、工業用・化学原料用等、多岐にわたる分野を支えており、2050年時点においても約6割の需要が維持される見込みである。

カーボンニュートラルに向けて、化石燃料であるLPガスを海外から調達する業界構造から、バイオマス等から(化石燃料由来ではない)グリーンLPガスを合成する技術を確立することにより、グリーンLPガス製造業の創出を図ることで、カーボンニュートラルに貢献する業態へ転換する必要がある。

現状では、水素と一酸化炭素等による人工合成やバイオマス等によるグリーンなLPガス合成技術が想定されるが、将来的に、LPガスを直接合成するためには、耐久性の高い触媒等の開発・実証が不可欠。

本技術の商用化により、これまでの業界構造が変化し、従来LPガス産業と関わりがなかった様々なプレイヤーの参入により、コスト低減が図られることが期待される。

なお、欧州においては、バイオディーゼル燃料の副生物として、バイオマス由来のグリーンなLPガスの合成が行われているものの、数量は極めて少量であり、人工合成については、世界的に基礎研究途上の状況である。

<今後の取組>

LPガスのグリーン化を図るため、化学合成やバイオマスによるLPガス合成技術を確立し、

2030年の社会実装に向けた実証等に取り組む。

こうしたグリーンLPガスの合成に係る技術開発・実証を今後10年で集中的に行うことで、2030年までに合成技術を確立し、商用化を実現。2050年には需要の全量をグリーンLPガスに代替することを目指す。

③ カーボンリサイクル化学品（人工光合成等によるプラスチック原料）

化石資源由来のプラスチック等の化学製品の市場規模は、日本市場が10兆円規模、世界市場では数百兆円規模である。このような大規模市場について、日本企業のみが有している人工光合成技術等を確立することで、シェア獲得・拡大を図る。

ア) 人工光合成によるプラスチック原料

<現状と課題>

光触媒を用いて太陽光によって水から水素を分離し、水素とCO₂を組み合わせてプラスチック原料を製造する人工光合成の技術は、日本企業のみが開発中である。既に基礎研究（ラボレベル）は成功している。

他方、現状では、光触媒の変換効率が低く、また製造コストが高いため、大規模実証の実施には技術的課題がある。また、人工光合成技術の確立には、水素等の分離膜や、基幹物質である炭化水素の合成に必要な触媒等の開発・実証も併せて必要となる。

<今後の取組>

産総研ゼロエミッション国際共同研究センターとも連携し、変換効率の高い光触媒を開発することで、2030年までに人工光合成によるプラスチック製造コストを約2割削減する。その際、光触媒による水素・酸素混合低圧ガスの生成から水素と酸素の分離回収に至るまでの一連の工程における安全の担保も考慮しながら、人工光合成の大規模実証や社会実装を最適に進めていくための関連規制の検討が必要となる。こうした検討が後手に回り、技術確立や社会実装に遅れが生じ、日本の優位性を失うことのないよう、今後の技術動向を予測しながら、先見性のある新たな保安・安全基準の策定、「高圧ガス保安法」等の関連規制の対応等に取り組む。

その上で、2050年には人工光合成によるプラスチック原料製造の大規模実証を実施し、ポリエチレンやポリプロピレン等の汎用プラスチックについては既製品と同価格（=100円/kg）を実現する。

イ) 廃プラスチック・廃ゴムやCO₂直接合成等のプラスチック原料

<現状と課題>

廃プラスチック・廃ゴムは焼却するとCO₂が排出される一方、化成品の炭素源として再利用できることも踏まえ、対策が必要である。例えば、廃プラスチックから合成ガス（水素と一酸化炭素）を生成し、これをアルコール化した上で、プラスチック原料とするような取組も一部で進んでおり、その拡大・深化が求められる。

また、機能性化学品についても製造時のCO₂排出量削減が必要であることに加えて、軽量化等の機能性向上による高付加価値化が求められている。加えて、ナフサ分解炉において必要な熱源対応も重要となる。

<今後の取組>

CO₂を原料とする機能性化学品（ポリカーボネイト等の含酸素化合物）やバイオマス・廃プラスチック由来の化学品等については、2030年に製造技術を確立し、2050年に既存製品と同価格を目指す。耐熱性や耐衝撃性、軽量化といった機能性の更なる向上により、同価格で現行よりも高い付加価値を有する製品（自動車や電子機器等）の実現が可能である。

さらに、熱源のカーボンフリー化（バーナーや分解炉の研究開発）等によるナフサ分解炉の高度化も検討する。

ウ) バイオものづくり技術の活用

<現状と課題>

バイオものづくり技術は、カーボンリサイクル技術のひとつであり、ゲノム編集等により機能を高めた微生物等を用いて、バイオマス資源や大気中のCO₂を原料として、バイオプラスチックや機能性素材等の化学品を生産することが可能である。また、常温・常圧の生産プロセスによる省エネルギー効果や、動物由来繊維に変えて人工繊維等を製造すること等による家畜の生産段階の排出削減効果等も期待される。

バイオマス資源を用いたバイオものづくりは、既存の化学品に比べてコストが高いこと、生産できる化学品の種類が限定的であること等が課題である。また、大気中のCO₂を原料とするバイオものづくりは、商用化を見据えた研究開発を行っている事例もあるものの、効率的な物質生産が可能な遺伝子改変微生物等の開発や培養技術など、要素技術の開発が課題である。

<今後の取組>

バイオマス資源を用いたバイオものづくりについては、ゲノム編集等による産業用の微生物等の開発、AI等による効率的な生産プロセスの開発・実証などを実施する。今後10年間の集中的な取組により低コスト化を進め、2035年までに商業ベースで生産可能な化学品の種類・機能を拡大する。大気中のCO₂を原料とするバイオものづくりについては、培養に適した微生物株の開発等により、基盤技術を確立し、2040年頃からの実用化を目指す。

④ CO₂分離回収設備（排気中CO₂の分離回収）

<現状と課題>

ネットゼロエミッションが困難なCO₂排出源のネガティブエミッション（炭素除去）、及びカーボンリサイクルで必要なCO₂源を確保するため、CO₂分離回収技術の開発・実証が不可欠である。日本や欧米等の各国が脱炭素化に向かう潮流の中、2030年には、CO₂分離回収技術の市場規模は約6兆円/年、2050年には約10兆円/年にまで拡大すると予測されており、日本だけでも2050年に約4,000億円/年にまで達する見込み。

日本企業はEORや化学用途向けに、発電所からの高濃度CO₂の分離回収設備を完成させており、CO₂分離回収プラント建設でトップシェアを確保している。また、CO₂分離回収技術について、日本の産学の特許数が他国と比較して多い。

他方で、様々な濃度や特性を持つCO₂排出源からの低コストでの回収技術が、今後の開発課題である。

<今後の取組>

今後、高効率な CO₂ 分離回収技術を開発し、2030 年には分離回収技術の更なる低コスト化と、EOR 以外の用途への拡大を実現する。その際、CO₂ 分離回収の標準評価技術については広範囲な応用を視野に入れた技術を確立し、日本の技術の国内外への展開を加速するため、国際標準化について検討する。その上で、2050 年に、年間 10 兆円の世界の分離回収市場のうち 3 割のシェア確保を目指す。なお、社会実装を目指した技術開発を進めるに当たり、技術実証の実施や国際社会への発信を行うため、2025 年日本国際博覧会等の場の活用も検討する。

【参考】大気中からの CO₂ 直接回収 (DAC: Direct Air Capture)

<現状と課題>

DAC (Direct Air Capture) の技術開発について、欧米のベンチャー企業が商用化を見据えた研究開発を加速させているものの、世界的にも要素技術開発の段階。国内でも、ラボレベルでの開発を 2020 年から開始している。

現状、エネルギー効率が低く、大気中からの CO₂ 回収コストが高いことが課題となっている。

<今後の取組>

大気中からの高効率な CO₂ 回収方法について技術開発を進め、低コスト化を実現し、2050 年の実用化を目指す。

ii) マテリアル

化学品やセメントは、カーボンリサイクル産業の構成要素であると同時に、金属や紙なども含めたマテリアル産業の構成要素でもある。これらのマテリアル（部素材）は、鉄を始めとして、宇宙船から自動車、新幹線、PC、スマートフォン、住宅、日用品等の人々の生活を支えるあらゆる製品に組み込まれている。2050年のカーボンニュートラル社会においても、こうしたマテリアルが果たす役割は変わらず、生活を支えるあらゆる製品で活用され続けていく。

また、ものづくりの産業構造そのものが、単一の製品を製造することにより付加価値を求める時代から、他の製品やサービスのプロセス全体に、低炭素化など社会課題へのソリューションを提案し、マネジメントする時代へと転換しようとしている。そうした中、マテリアル産業では、高温・高圧等のエネルギー集約環境下で化学反応を活用しながら様々な部素材を提供している。したがって、マテリアル産業は、カーボンニュートラルを見据えたプロセスマネジメントの担い手となり、更なる成長が期待できる産業である。

こうした社会の基盤となる製品の材料を供給するマテリアル産業は、サプライチェーンの川上に位置し、資源・エネルギー・土木・建築等のインフラ分野や、自動車や電機電子・造船等の製造業等のあらゆる産業の基盤の役割を果たしている。現時点で約164万人の雇用⁸³を抱えており、地域の経済や雇用にも大きく貢献している。

しかしながら、こうしたマテリアル産業では、製造過程でCO₂を多く排出することが課題となっている。実際、鉄鋼業、化学工業、窯業土石製造業、製紙業は、産業分野の中でも、比較的CO₂を多く排出している。これらの産業においては、それぞれ熱源を脱炭素化するとともに、プロセスそのものの抜本的な変更が求められている。プロセスそのものの抜本的な変更の一例として、鉄鉱石の還元プロセスにおいて、石炭に代えて水素を利用する水素還元製鉄や、水とCO₂からプラスチック原料を製造する人工光合成などの取組が挙げられる。このような製造段階での脱炭素化・省CO₂化を進め、ゼロカーボンでの製造を実現するために、技術開発・実証・実装で世界をリードして革新的な製造手法に切り替えていく。

革新的な手法で製造されたマテリアルは、いずれも軽量化や強靱化により川下段階での省資源・省エネ化に貢献できるものであるとともに、幅広い用途での需要拡大が見込まれる。具体的には、炭素繊維（航空機や風力タービン）、ファインセラミックス・カーボンナノチューブ（革新的蓄電池、革新的太陽光発電、次世代半導体等の部素材）、セルロースナノファイバー（自然由来で様々な部素材の性能向上に寄与）等については、川下分野の戦略等を踏まえた開発を進め、環境性能の高いマテリアルの普及拡大、市場の取り込みを目指す。加えて、国内海外双方においてビジネスを行っていく上での前提となるビジネス環境整備に取り組む。

これらにより、マテリアル産業の産業基盤を強固にしつつ、2050年に向けて、カーボンニュートラルへの取組を加速し、我が国のマテリアル産業の更なる成長・発展との両立を目指す。

① 革新的な金属素材

<現状と課題>

産業分野において、自動車、船舶、航空機等の各産業のカーボンニュートラルの実現には、革新的な金属素材の開発と供給が必要である。例えば、エネルギー効率向上に向けて、輸送用機械の軽量化を進めるためには、軽量かつ強靱といった金属素材が不可欠であり、他方で、電動化拡

⁸³ 経済産業省「工業統計調査」（2020年）における、従業者数の合計（2018年時点）。

大が進む中で、電動パワートレインの性能向上と低コスト化を実現するためには、革新的な金属素材の開発が求められている。また、ポスト 5G、6G 等の高度情報通信社会の実現には、今後拡大が見込まれているデータセンター等の冷却に用いるエネルギーの省エネ化に向けて、熱伝導率等の熱特性の向上が必要である。しかし、一般的に熱伝導率と強度はトレードオフの関係にあり、双方の特性を向上させるための新たな合金等の開発が必要となっている。

インフラ分野におけるカーボンニュートラルの実現には、新たなカーボンフリーエネルギーの利用拡大のために、それぞれの特性に対応した部素材の供給が必要となる。例えば、水素供給基盤等のインフラについては、金属素材が高圧水素環境にさらされると、金属素材中に水素原子が侵入し材料を劣化させる「水素脆化」が発生するという課題があることから、水素による腐食に強い革新的な金属素材が不可欠である。また、洋上風力発電においては、主要な部素材のサプライチェーンを海外に依存しているため、輸送コストや台風・地震・津波等の災害といった日本特有の自然条件を考慮した構造材の開発等が課題となっている。加えて、洋上風力発電等の普及には地域間連系線等の拡大が不可欠であり、性能、コストが課題となっていることから、高効率かつ安定供給が可能な連系線部素材の開発・供給が必要である。

そして、産業分野、インフラ分野を含めたすべての用途において、金属素材の活用にあたっては、脱炭素及び資源制約克服の観点から、資源循環の拡大や長寿命化による製造時の CO₂ 排出の低減が不可欠である。例えば、鉄鋼やアルミは優れたリサイクル性を持つが、リサイクル材は用途が限られる点が課題である。鉄鋼やアルミは高強度・高耐食性などの性質により、新幹線や電車の車体、自動車、建材、飲料缶など生活の中で広く活用されており、今後、リサイクル技術の更なる発展と軽量化、耐食性の向上を進めることで、鉄道や自動車の燃費向上、建材の長寿命化など、様々な効果が見込まれる。このように、金属素材はライフサイクル全体での取組が不可欠である。

<今後の取組>

産業分野の最終製品の脱炭素化に向けて、革新的な金属素材の開発・供給を行い、輸送用機械の燃費低減や電動化、情報通信社会の高度化の実現を目指す。例えば、現在、自動車用鋼板に使用されている高張力鋼板（ハイテン）を超える革新鋼板（超ハイテン）等や複数素材の組合せ（マルチマテリアル化）に不可欠な接着・接合技術等を開発することにより、金属素材の特色であるコスト競争力を保ちつつ、輸送用機械の更なる軽量化を実現する。輸送用機械の高速化では、こうした革新的金属素材による軽量化等が必要不可欠であり、これにより、交通や移動にかかる時間等のコストを大きく低減できる可能性がある。そのため、研究開発を進めていくにあたっては、将来的に高速な輸送用機械に使用する部材の社会実装の在り方についても留意していく。

また、電動化に不可欠な新合金や耐熱性等の要求水準が高い航空機エンジンにも利用可能な全く新しい高機能材料の開発を加速する。全く新しい高機能材料の実現を通じて、次世代航空機の軽量化と航空機エンジンの高効率化による燃費改善が図られることにより、2040 年において、92.8 万トン/年の CO₂ 削減が期待される。

加えて、トレードオフの関係にある熱伝導率の向上と高強度化による製品の小型化・軽量化を両立し、日本の強みを活かした新しい銅合金や熱を効率的にマネジメントする機能性合金を開発する。これにより、データセンター等の省電力化を進めることにより、ポスト 5G、6G 社会の早期実現を目指す。

インフラ分野においては、新たなカーボンフリーエネルギーの特性に対応した部素材の開発・供給を通じて、再生可能エネルギー関連設備等の高耐久性やコスト低減を実現する。具体的には、水素・アンモニア等の新たなエネルギー源の利用拡大に不可欠な、腐食に強く、価格を抑制した革新的な金属素材等を開発することで、水素供給基盤等の早期確立に貢献する。また、洋上風力発電向けに、日本特有の自然条件に適した高強度かつ短工期・低コストに資する構造材やケーブル等の素材を開発することで、現状、海外に依存している洋上風力発電産業の国内サプライチェーン構築につなげることに加え、設置コストやメンテナンスコストの低減を目指す。また、こうした新たな市場の獲得に向けては、従来のように単なる素材の供給に留まらず、製造から設置、メンテナンスまで一貫して取り組むことで、1つのパッケージとしてソリューションを提案できるようなビジネスモデルを構築し、国際競争力向上を目指す。

② 革新的な製錬・圧延・溶解手法

<現状と課題>

金属素材は、私たちの生活や産業に不可欠な基礎素材であり、カーボンニュートラル社会の実現には、革新的な金属素材の供給という側面から、金属産業が担う役割はますます大きくなっている。しかし、カーボンニュートラル社会の実現に金属素材の供給が果たす役割が大き一方で、金属素材の製造段階ではCO₂が多く排出されており、製錬・圧延工程における脱炭素化が急務である。

例えば、製錬工程において、鉄鉱石の還元では、日本古来の「たたら製鉄」に始まり、長く木炭や石炭等の炭素を用いて鉄鉱石から酸素を取り除く手法が採られてきたが、化学反応の結果として不可避免的にCO₂が発生する。還元材を石炭から水素に代替することができれば、大幅なCO₂排出削減が期待できるが、現行の石炭（コークス）による還元は発熱反応であるのに対し、水素による還元反応は熱を必要とする吸熱反応であり、還元反応に伴い炉が冷えてしまうことから、連続的に還元するために必要な熱の補填が必要となる。加えて、石炭が減ることで反応ガスの通気に必要な炉内の隙間をどう作るのかなど、技術面の課題は非常に高く、世界的にも水素還元製鉄の技術は確立されていない。加えて、水素還元製鉄の実現には脱炭素燃料として期待される水素を安価（約8円/Nm³）かつ大量（約700万トン）に調達することが不可欠であるため、還元技術の確立以外にも多くの課題が存在する。

また、電炉法を拡大することによって、還元工程でCO₂を排出する高炉法と比較して、製造工程におけるCO₂排出を大幅に削減することができる。しかし、電炉法では原料に含まれる不純物の除去技術が確立されておらず、様々な不純物を含む原料の選別や前処理等様々な課題が存在し、電炉法のみでは、輸送用機械等に使用される高級鋼の供給が困難である。

圧延・溶解工程では、電気分解や加熱に膨大なエネルギーが必要となるが、電気料金等のエネルギーコストの負担が大きいことが課題となっている。例えば、アルミ精錬には1トン当たり13,000~14,000kWhもの電力が必要で、かつて我が国にも精錬工場が存在したが、石油危機により電力料金が急騰する中で、安価な輸入品が国内に流入するなど国際競争力の低下につながった例もある。こうしたエネルギーコストの負担を軽減し、国際競争力を強化しつつCO₂排出削減を実現するには、電気分解に要する膨大な電力消費や、加熱プロセスの大幅な省エネ化を実現するために、革新的加熱プロセスの開発が必要である。

このほか、我が国金属産業の脱炭素化と成長の好循環を実現するためには、日本企業の適切な利潤を確保し、設備の老朽化に伴う更新投資に加えてグリーン成長に向けた投資余力を確保していくことが必要である。加えて、我が国金属産業の優れた脱炭素化技術が適切に評価され、世界のグリーンメタル市場の獲得を促すルール形成を始めとするビジネス環境整備、国際連携も必要となる。

＜今後の取組＞

鉄鋼業については、カーボンフリー電力を用いた電炉法や、カーボンフリー水素を用いた高炉法により、世界に先駆けた「ゼロカーボン・スチール」の技術開発・供給を行うことで、2050年時点で最大約5億トン/年（約40兆円/年）と見込まれる⁸⁴グリーンスチール（水素還元製鉄、高炉+CCUS/カーボンリサイクル等の合計）の市場獲得を目指す。

そのための取組として、具体的には、鉄鋼業の還元・溶解工程においては、現行の生産性が高く、エネルギー効率に優れる高炉を有効活用し、水素を用いて鉄鉱石を還元するとともに、高炉排ガスに含まれるCO₂を分離・回収し、還元剤に転換して活用することにより、製鉄プロセスで発生するCO₂排出を削減することができる技術を開発する。また、2050年までの「ゼロカーボン・スチール」の実現を見据え、水素だけで鉄鉱石を還元できる「水素直接還元法」の実現に向けた基礎技術（例えば、①鉄鉱石の還元に必要な炉内熱補償技術、②原料に含まれる不純物を除去する技術、③還元鉄の溶解に不可欠な電炉の高度化技術等）を確立する。さらに、高炉法に比べ生産時のCO₂排出量を抑えることのできる電炉の大型化に伴う技術制約の克服により、生産コストを削減し競争力を高めつつCO₂削減を実現する。

溶解、圧延工程においては、膨大な電力を要する電気分解の省電力化や、化石燃料を用いた加熱の電化等、圧延時の再加熱プロセスのCO₂削減に向けた技術を開発する。一般に、電化によりエネルギー効率は化石燃料よりも低下するが、熱伝導効率の改善などを通じた省エネ化を進めることで、製造時のコストを低減する。

国際協調・国際連携の下で過剰生産能力問題の解決に取り組むとともに、国内需要拡大や企業体力向上に向けた施策を進めることで、日本企業の適切な利潤を確保し、グリーン成長に向けた投資余力を確保する。さらに、世界のグリーンメタル市場の獲得を促すため、我が国金属業の製造プロセスにおける優れた省エネ、CO₂削減技術が適切に評価されるためのルール形成に向けて、国際標準等の策定や普及に向けた取組を推進し、新興国を中心とした市場確保と世界全体でのCO₂削減を実現する。

③ 資源の有効利用

＜現状と課題＞

鉱物資源は海外に依存している中で、更なる資源循環の拡大やカーボンニュートラルに資する輸送用機械・インフラ向け金属素材の安定的な供給には、国内で発生するスクラップを活用したリサイクルの高度化や代替・省資源化が必要である。

また、構造物の長寿命化を目的に、国土強靱化の目的で河川の氾濫防止のための護岸工事や港湾における津波対策などで鋼材が活用されている。国民の安全安心な生活を確保しつつ環境負荷を低減するため、資源を長く有効に利用するため、強度や靱性等を更に高めた高強度鋼材が必要

⁸⁴ IEA 「Energy Technology Perspectives 2020」 Sustainable Development Scenario (SDS)等を基に推計（平均鉄鋼価格：8万円/トン）。

である。

このほか、環境性能に優れた我が国金属材料の利用拡大、ひいては、金属素材を利用した製品のライフサイクル全体のCO₂排出量低減に向けて、ライフサイクル全体での環境負荷評価に関する国際標準化等を通じ、グリーンメタルの普及を促進するような社会のルール形成と評価手法の普及も必要である。

＜今後の取組＞

資源循環の拡大や長寿命化による製造時のCO₂排出の低減を通じて、脱炭素化と資源制約の軽減を両立する。例えば、アルミニウムは軽量材料として、自動車向け等での需要増が見込まれており、2050年には世界市場が約5割程度増加して1.4億トン程度まで拡大することが期待される。この市場を獲得するため、アルミスクラップを、自動車の車体等にも使用可能な素材へとアップグレードする技術を開発し、国内に限らず世界的なカーボンニュートラル社会の実現に貢献する。これによりアルミ展伸材の資源循環率を現在の10%から2050年に50%まで拡大し、軽量化ニーズを背景とするアルミ需要の拡大に対応するとともに、リサイクル材活用を促進することで国内の脱炭素化のみならず世界的な脱炭素化へ貢献する。鉄鋼材料については、自動車用鋼板等の高級材の供給は鉄鉱石から鋼を製造する製造法に限られているが、不純物除去技術を開発することで鉄スクラップを原料とする製法からの供給を実現し、リサイクル材の活用を促進する。

また、鉱石や金属スクラップ、海洋中に微量に含まれる希少金属等（レアメタル、レアアース等）を着実に、抽出・回収し、再利用・再資源化するための技術や、希少金属の使用量を削減する技術、より希少性がない原材料への代替技術を開発・高度化することにより、資源制約の克服を目指す。

構造物の長寿命化に向けては、自然災害から国土を守り、被害を軽減するため、強度や靱性等を更に高めた高強度鋼材を開発し、地震等に強いだけでなく、スカイツリーや新国立競技場のようなデザイン性にも優れた建築物を実現する。こうしたデザイン性に優れた建築物は観光資源としての価値があり、インバウンドの増加など、地域の活性化にもつながる。

このほか、我が国金属製品の優れた省エネ・CO₂削減効果が適切に評価され、世界のグリーンメタル市場の獲得や、限界削減費用が低い発展途上国におけるCO₂削減への貢献を通じた脱炭素社会の実現を目指すため、製品ライフサイクル全体で環境負荷評価を行う仕組みに関する国際標準化等の策定や普及に向けた取組も推進する。

④ 熱源の脱炭素化

＜現状と課題＞

製紙業やガラス・セラミックス等の一部の窯業等では、化学や鉄鋼のように製造プロセスにおいてCO₂を排出するわけではないものの、いずれも高温での乾燥・焼成等が必要であり、現状ではコストが安い化石燃料を用いている。こうした熱源を非化石燃料に転換することで脱炭素化が図られるという意味では方向性は示されているものの、非化石燃料を用いた製造プロセスは過去においても存在せず、実証を経た上での設備転換が課題となる。

＜今後の取組＞

燃焼させてもCO₂を生じない水素やアンモニア等の非化石燃料由来の熱源に転換することにより、脱炭素化を目指す。転換に当たっては、非化石燃料が安定的かつ安価で手に入ることを前提

に、燃料変更に伴う製造設備の転換に取り組んでいく。具体的には、水素等の燃焼特性に合わせた大型ボイラー、コージェネレーション、ナフサ分解炉などの工業炉、セメントキルン、ガラス溶融炉、セラミックス焼成炉及び紙パルプ乾燥工程等の技術開発を行っていく。

こうした取組を通じて、日常生活に不可欠な日用品を製造する製紙業等の競争力を維持し、豊かな国民生活を支える。

⑤ 石油化学コンビナートの脱炭素化

<現状と課題>

国内の臨海部に立地している石油化学コンビナートは、石油化学、石油精製、鉄鋼、電力、ガス等の基幹産業が集積し、素材・エネルギーの供給拠点として、日本経済や国民生活を支えている。こうした石油化学コンビナートを構成している石油化学プラントや製油所においては、製造プロセスで多くのCO₂が排出されている。これまで高効率熱交換器の導入など省エネ対策に取り組んできたところであるが、製造プロセスへの脱炭素燃料の導入や脱炭素技術の活用など一層の取組が求められる。

<今後の取組>

石油化学コンビナートにおいて、製造プロセスへの脱炭素燃料の導入など一層の脱炭素化を図るため、石油化学プラントにおいては、水素やアンモニア等の燃料特性に合わせたナフサ分解炉の技術開発を行う。製油所においては、石油精製プロセスにおけるCO₂フリー水素の活用、トッパや分解装置におけるボイラーの脱炭素燃料の活用など、製油所の脱炭素化に向けた実証や設備投資を促進する。また、石油化学コンビナート内の企業間で熱を融通するなど企業間連携を促進し、石油化学コンビナート全体の脱炭素化の取組を行う。さらに、石油化学コンビナートが、水素や合成燃料など新たな燃料供給の拠点となる取組を後押しすることで、引き続き石油化学コンビナートがエネルギー供給の中心的な役割を果たしていくことを目指す。

(12) 住宅・建築物産業・次世代電力マネジメント産業

i) 住宅・建築物

住宅・建築物分野は家庭・業務部門のカーボンニュートラルに向けて鍵となる分野であり、一度建築されると長期ストックとなる性質上、早急に取り組むべき分野である。欧米を始めとした各国では、カーボンニュートラルに向け、住宅・建築物における断熱改修に係る大胆な投資や、太陽光発電の導入を通じ、市場創出を行うことで、コロナ禍で影響を受けた雇用や経済回復を目指すとともに、良質な住宅の供給によって生活の質を向上させていくことが世界的な潮流となっている。

我が国ではこれまで、住宅・建築物の省エネルギー性能の向上やライフ・サイクル・カーボン・マイナス化 (LCCM)、ネット・ゼロ・エネルギー化 (ZEH・ZEB)、長寿命化等の推進に取り組んできたが、進展は道半ばである。今後、2050年カーボンニュートラルを目指すに当たっては、ライフサイクル全体(建築から解体・再利用等まで)を通じたCO₂排出量をマイナスにするLCCM住宅・建築物の普及に加え、ZEH・ZEBの普及、省エネ改修の推進、高性能断熱材や高効率機器、再生可能エネルギーの導入、建築物における木材利用の促進を可能な限り進めていく。再生可能エネルギーに関しては、我が国が強みを持つ薄型軽量の次世代型太陽電池が実用化されれば、既存の太陽電池では技術的に設置が困難な耐荷重が小さい既築含む住宅・建築物の屋根や、住宅・建築物の壁面や窓等へ太陽光パネルの搭載が可能となり、より目標の実現に近づく。あわせて、住宅・ビルのエネルギー管理システム(HEMS・BEMS)等を用い、太陽光発電システムの発電量等に合わせた電力需給調整に資するようなエネルギーマネジメントを進めていくことが必要である。

① AI・IoTやEV等を活用したエネルギーマネジメント

<現状と課題>

エネルギーマネジメントの分野では、国内実証、市場獲得に向けた海外等との共同研究や事業展開を実施してきたところ。他方、導入に向けたエネルギーマネジメントの取組への評価・認知度・ニーズ不足が課題である。特に需要家側のエネルギー利用の最適化につながるエネルギーマネジメントシステム等の市場の拡大に向けては、電力需給状況に応じた需要家の行動を促すインセンティブ設計が課題となっている。具体的には、エネルギーマネジメントを得意とする制御機器メーカー等では、給湯、空調、照明等需要側の機器と系統の状況に応じ、快適性を損なわず、最適制御を自動的に行えるシステム開発を行い、実証・実用化しているところだが、需要側に導入するインセンティブが乏しく、導入が進展していない状況である。また、エネルギーマネジメントの一つの手段としてEV等の蓄電システムの活用が挙げられるが、EVは蓄電容量が大きく、日中の太陽光発電によって発電された電気の余剰分を蓄電し、別の時間帯で活用できるような仕組みを構築することで、再エネ導入拡大にもつながる大きなポテンシャルがある。現在は、実証事業等を通じて、EV充電のピークシフトを行う取組を普及拡大するための課題への対応を行っているが、今後の課題としては、EV導入や活用につながる需要家の行動を促すインセンティブの検討等が挙げられる。

将来的には、再生可能エネルギー等導入拡大に伴う調整力不足も懸念されるため、需給調整市場創設等を通じた調整力の調達コストの低減や活用するリソースの拡大に向けた取組を進めると

ともに、系統が不安定化した場合の需要側での対応策も検討する必要がある。さらに、海外においても再エネ大量導入に伴う系統安定化や需要側エネルギーマネジメントの取組ニーズは高まっており、これまで欧米等先進国において実証事業を実施してきた。ASEAN 等新興国での取組ニーズも高まることが予想され、海外展開のポテンシャルがある。

<今後の取組>

需要家内でのエネルギーマネジメントは普及が進むものの、これに加えて、今後、需給調整市場の開設等により多数の分散型エネルギーリソースを束ねるアグリゲーションビジネスの活性化と、それに必要なリソースや制御システムの導入拡大が見込まれ、電力需給状況に応じた需要家の行動を促すインセンティブ向上に併せ、国内市場の当該システムを活用したビジネスの活性化を進める。

このため、足下では、ビッグデータやAIを活用した最適制御の実証・導入支援を行うとともに、更なる導入を促進するため、EV・蓄電池、太陽光発電、電気機器等の最適制御などのエネルギーマネジメントの導入強化に向けた規格・基準の整備や制度の見直し（省エネ法、インバランス料金制度等）、再エネ、EV、蓄電池などを活用したアグリゲーターや配電事業などの新たなビジネスを促すための電事法上の関係省令等の整備及び実証支援等、制度的措置等の検討を行う。

また、EV活用に関しては、当面、EV充電のピークシフトに向けた実証事業等を進めつつ、電力需給状況に応じたEV活用のインセンティブを検討し、課題・方向性を整理しつつ進めていく。さらに、機器そのものの需給調整に資する制御として、系統の負荷変動に応じた空調等の自動制御技術が開発されており、市場への導入拡大に向けたインセンティブ強化を図る。これらの取組に加えて、AI・IoTの活用によるエネルギー利用の見える化や設備の最適制御による省エネ効果の評価方法を確立し、国民にとっての経済的メリットや生活水準の向上を実感できる社会の実現を目指す。

さらに、こうした国内の取組の成果も踏まえつつ、欧米や新興国における市場獲得を念頭に、二国間対話、人材育成事業、海外実証（（国研）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）国際実証）を通じ、相手国の制度構築支援や我が国技術の海外展開を進める。

② LCCM 住宅・建築物、ZEH・ZEB、住宅の省エネ性能向上

<現状と課題>

これまで、ZEH・ZEBを含む省エネ住宅・建築物の普及に向け、LCCM住宅・建築物、ZEH・ZEB等への導入補助や規制的手法（建築物省エネ法）の組合せによる導入促進やZEHビルダー等の登録制度を通じた担い手の拡大を図ってきた。新築住宅のうち、建築物省エネ法に基づく省エネ基準を達成している戸建住宅は約7割（2018年度）。ZEHは大手住宅メーカーに限れば約5割に達するが、注文戸建住宅の全体で見れば2割（全体の13%）（2019年度）という状況であり、政府目標としてきた「2020年までにハウスメーカー等が新築する注文戸建住宅の半数以上でZEH」への到達は難しい見通しとなっている。

課題としては、供給側では中小工務店における省エネ住宅の取扱いに係る体制や能力、習熟度向上が上げられる。あわせて需要側でも、既存住宅・建築物の省エネ性能向上にかかる費用負担、消費者の認知度の低さ、メリットに対する理解度の低さ、大規模マンション等における創エネポテンシャルの制約等が課題となっている。建築物についても同様の構図であり、特にZEBについては、海外市場開拓も進めてきたが、更なる取組拡大が課題である。また、建築物省エネ法

に基づく住宅や建築物のエネルギー消費性能に関する基準や、外皮性能の最上位の等級が省エネ基準と同等である住宅性能表示制度など、見直しが求められている。

<今後の取組>

当面の間は、省エネ性能の高い住宅・建築物や省エネ改修に対して政策による支援を行い、自立的な普及に向けた環境を整備しつつ、普及状況を踏まえて、住宅についても省エネ基準適合率の向上に向けて更なる規制的措置の導入を検討する。

具体的には、住宅を含む省エネ基準の適合義務づけ等の規制措置の強化、ZEH・ZEBの普及拡大、省エネリフォーム拡大や省エネ性能の向上に資する不動産事業に対する投資促進に向けた措置を含む既存ストック対策の充実・強化、長期優良住宅の認定基準・住宅性能表示制度の見直し等により省エネ性能の向上を図っていく。また、太陽光発電や蓄電池の導入促進等を通じ、住宅・ビルのゼロエネルギー化を実現する。その際、創エネポテンシャルの最大化に向け、既存の太陽電池では技術的な制約により設置が困難な①屋根の耐荷重が小さい既築住宅・建築物や、②住宅・建築物の壁面や窓等にも設置可能な次世代型太陽電池の開発も念頭に、太陽光発電等の再エネ導入を促す制度整備を行うとともに、ビル壁面等への次世代型太陽電池の導入による住宅・建築物での創エネ拡大に向けた支援措置を講じる。その際、消費者への認知度向上のための広報・メリットのPRも図っていく。さらに、ライフサイクル全体を通じた省CO₂化の観点から、CO₂の排出削減に資するLCCM住宅・建築物の普及を図るほか、住宅・建築物の長寿命化を推進する。これらの取組を通じ、消費者やビルオーナー・テナントが負担する光熱費ゼロ又は大幅な低減⁸⁵を目指すとともに、住宅の断熱性能の向上等を通じて、ヒートショックの防止による健康リスクの低減を図る。

さらに、ZEBについては、ISO化等の活動を通じ、ASEAN等を念頭においた海外展開に向けた更なる実証及びその横展開を図っていく。

これらを通じ、国内市場におけるLCCM住宅・建築物、ZEH・ZEB等の先端的な住宅・建築物需要を開拓するとともに、質の高い暮らし・生活の改善も実現する。また、一部技術については、国内市場で培った技術・製品を海外に展開することとする。

③ 炭素の貯蔵に貢献する木造建築物

<現状と課題>

再生産可能であり、炭素を貯蔵する木材の積極的な利用を図ることは、化石燃料の使用量を抑制しCO₂の排出抑制に資するため、建築物における木材利用の促進を図る必要がある。

低層の住宅においては約8割が木造である一方、非住宅・中高層建築物においては木造の割合が未だ1割未満である。非住宅・中高層建築物において木造を普及させるため、建築基準の合理化及びCLT等の新たな部材を活用した工法等や中高層住宅等の新たな分野における木造技術の普及とこれらを担う設計者の育成が課題である。

⁸⁵ 戸建ZEHにおいて、従来住宅は約20万円/年の光熱費（電気、ガス、灯油）を要するところ、約4万円/年まで節減が可能になるとの試算（「平成26年度ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス支援事業」結果より試算）をベースに、太陽光発電の自家消費や蓄電池・EVによるピークシフト、HEMS等を加えることにより、2050年の戸建住宅では、光熱費ゼロ又は大幅な低減を目指す。なお、豪雪地域や超高層ビルなど、太陽光発電の容量が不足する場合にはゼロにはならない可能性もあることに留意が必要。

<今後の取組>

2021年中に建築基準の合理化等を検討し、2022年から所要の制度的措置を講じるとともに、先進的な設計・施工技術が導入される実用的で多様な用途の木造建築物等の整備に対する支援を引き続き行う。また、非住宅・中高層建築物の標準図面やテキスト等、設計に関する情報ポータルサイトを整備する取組及び非住宅・中高層建築物を担う設計者を育成する取組に対する支援を引き続き行う。また、木材利用の普及・拡大に向け、国での公共調達を推進する。これらにより、都市における木の豊かな建築空間を創出する。

④ 高性能建材・設備

<現状と課題>

これまで、省エネ法に基づくトップランナー制度による機器・建材の性能の向上や、次世代省エネ建材の実証等の補助金による実証・導入支援を図ってきたところ。他方、機器・建材の性能向上が一部頭打ちになってきていることや、リフォーム時に省エネリフォームを行うこと健康面等でのメリット等が十分認知されず消費者における機器・建材の導入が進んでいないこと等が課題として挙げられる。特にリフォームは高額の支出を伴うものであり、コスト面でも課題がある。

<今後の取組>

既存を含めた住宅・建築物の省エネ性能の向上のためには、断熱サッシ等の建材や、高効率エアコン等の機器の普及拡大が必要。そのため、実証事業等を通じ、先端的な機器や建材の市場投入を当面進めていくとともに、官民で連携し、価格低減を図ることとする。あわせて、これら事業の成果を通じた高性能機器・建材の市場への導入拡大を踏まえ、機器・建材トップランナー基準の大幅強化を行い、高性能な機器・建材の市場への供給が当たり前となるよう進めていく。

さらに、電力料金やガス料金等のコストへの影響も含め、消費者にとって分かりやすい機器・建材の表示制度や性能評価制度を確立していく。

ii) 次世代電力マネジメント

再生可能エネルギーの大量導入に代表される電力供給構造の変化に伴い、電力需要と供給の間の空間的ギャップ（大需要地と発電適地の間の距離）と時間的ギャップ（需要量と発電量とのズレ）が拡大し、系統混雑や電力品質問題が深刻化することが懸念される。国民負担を抑制しつつカーボンニュートラル社会を実現するためには、こうした課題に効果的に対応すべく、必要となる規制の維持・見直しを行うとともに、発展を続けるデジタル技術を活用し、より高度な電力マネジメントの予測・運用・制御手法をビジネス展開に用いる「次世代電力マネジメント産業」の発展を、市場整備を含めた制度的対応や各種の支援措置を通じて後押しすることが重要である。

次世代電力マネジメント産業には、再エネ、燃料電池・コジェネ等、蓄電池、需要側リソース等の分散型エネルギーリソース（DER）の活用・価値提供を図るビジネスや、DERの増大・活用を前提にした送電・配電システムの運用高度化・設備形成を図る次世代グリッドビジネスが含まれ、さらには特定地域における両者の融合形態としてのマイクログリッドビジネス、広義に捉えれば、それらビジネスを可能にするシステムや機器、データ基盤等のプラットフォームを提供するビジネスも含まれるところ、以下に各々の現状・課題と今後の取組を整理する。

これらのビジネス・産業が発展することで、一般消費者を始めとする電力需要家にとっても様々なメリットが生じると考えられる。例えば、屋根置き太陽光発電設備で発電した電気が無駄なく活用され、家庭内の電気機器の利用が電力需給・価格動向も踏まえて必要な範囲で調整され、EVの蓄電池からの充放電も最適に管理されたりすることで、そうした最適な電力マネジメントがない場合に比べて電気料金の節約につながるるとともに、増大するDERの活用高度化や、各種予測・運用・制御技術の高度化によって、災害等による停電の発生確率や影響範囲の抑制、復旧の早期化といったレジリエンス向上にもつながることが期待される。今後は、こうした効果の定量的な検証についても実施していく⁸⁶。

DERの導入拡大、関連ビジネスの後押しや、次世代グリッドの構築等に関する方向性と当面予定する主要な取組については「エネルギー基本計画」にも示されており、今後は「総合資源エネルギー調査会」や関係事業者等が参加する実務的な検討の場における具体的な議論・検討を継続的に行い、官民一体となって取組を推進する。

① 分散型エネルギー関連産業

<現状と課題>

マネジメントの対象となるDERは、

- ・再エネや燃料電池・コジェネ等の発電リソース
- ・蓄電池やEV等の蓄電リソース
- ・電力多消費工場、水電解装置(水素製造)やエネルギー機器等の需要側リソース

に大別される。

再エネについては、FIT制度下で最も導入量が拡大した太陽光発電は、足下では発電コストが下げ止まり、立地制約が顕在化して拡大ペースが鈍化している。また、2022年4月からFIP制度が導入されるが、現状は再エネの電力市場への統合（再エネが他の電源と共通の事業環境・市場

⁸⁶ なお、国際エネルギー機関（IEA）の「Digitalization & Energy（2017）」では、ダイヤモンド・レスポンスを行い、需要側で電力をマネジメントすることで、185GWの調整力を生み出すポテンシャルがあり、これにより電力インフラへの投資を2,700億ドル節約できると試算。

価格で取引等されること)の移行過程にある。蓄電池については、家庭用蓄電池の市場規模は世界最大級であり、固定価格買取期間の終了した家庭用太陽光発電の出現やレジリエンス強化に対する消費者の関心の高まりを受けて、足下でも導入が増えているが、海外に比してコストが高止まりしている。車載用蓄電池の活用については、定置用として再利用を図るための技術実証や国際標準化、EV内蓄電池の活用を図るための技術実証等の取組が行われているが、本格活用にはEV等の更なる導入拡大が前提となる。需要側リソースについては、大規模工場等の計画的な需要抑制を送配電事業者に提供して調整力として用いることが既に行われ、2021年1月の電力需給逼迫時にも活用されたが、需給調整市場が今後順次整備されていく中、現時点では各地での活用量に差異があり、欧州等に比して量的にはまだ十分には活用されていない。

こうしたDERを束ねて運用・制御し、必要に応じて市場を活用しながら、供給力や調整力を提供していくアグリゲーターについては、2020年6月に電気事業法上「特定卸供給事業者」として位置づけられたが、今後は、適切な市場環境の整備や予測・運用・制御技術の確立が課題である。

<今後の取組>

第一に、DERの活用最適化に向けた制度・市場の整備を継続的に行う。まず、再エネの電力市場への統合を図るFIP制度については、2022年度からの制度開始に向けた準備を着実に行うとともに、制度開始以降は、制度運用状況や市場環境等を踏まえつつ、対象範囲等について適時適切に設定・見直しを行っていく。FIP制度においては、再エネ事業者がインバランス調整や市場価格を踏まえた高度な取引を求められる中で、分散する再エネから生じる電気を束ね、均しつつ、蓄電池等を活用して電力を市場価格動向に応じて売却するといった、アグリゲーションビジネスが果たす役割は大きく、ビジネスの促進に向けて、高度な再エネ予測技術や蓄電池を活用したインバランス回避に向けた技術の実証を行う。また、DERの供給力や調整力としての価値、さらには環境価値を取引できる各種市場(スポット市場、時間前市場、需給調整市場、先渡市場、容量市場、再エネ価値取引市場等)については、海外先行事例も参考にしつつ、その市場参加要件や取引活性化策等を整備・検討する際に、市場ごとに求められる客観要件を満たすことを前提にDERの大規模電源との間での公平な取扱いを確保していく。あわせて、DERを需給調整市場で調整力として活用するため、デジタル技術を活用して多様なリソースを遠隔管理・制御し、一定の出力を定められた時間内に供出する技術の実証を行う。さらに、今後、DERの活用を最適化し、系統混雑の緩和を一層効果的に図っていくためには、ローカル(配電系統)レベルでの価格シグナルを活用することが重要であり、実証等も行いつつ、市場取引の創設についても検討していく。

第二に、各DERをビジネスにおいて活用しやすくするための取組⁸⁷も推進していく。蓄電池については、定置用蓄電池のコスト低減・普及拡大に向けて、家庭用で2030年度7万円/kWh(工事費を含む蓄電システム)という価格目標達成に向けた導入・投資促進や、調整力等の提供技術用の研究開発・技術実証、車載用電池の定置転用に向けた国際標準の整備、系統に直接接続して充放電を行う蓄電池の電気事業法上の位置付けの明確化、系統接続に必要な協議の円滑化に資するJET認証の運用改善等を実施する。加えて、卸電力市場価格に連動するダイナミックプライシングの活用等による価格変動に合わせたEVの自動充電や車載用電池リユース等の技術実証を行い、DERを活用した新たなビジネスを推進する。需要側リソースについては、当面の中心と見込まれ

⁸⁷ 太陽光発電に関する取組については、「4(1)洋上風力・太陽光・地熱産業(次世代再生可能エネルギー)」を参照。燃料電池・コジェネに関する取組については「4(3)次世代熱エネルギー産業」を参照。

る産業用需要について一層の活用を図るべく、上述の市場整備と併せて普及啓発を行うとともに、将来的には家庭・業務用需要の活用も想定し、2020年代半ばから導入が始まる次世代スマートメーターでは取得するデータの種類や計測頻度等を増加させ、一般送配電事業者や小売電気事業者以外にも提供の幅を広げることで、ディマンド・レスポンスや需要家内のエネルギーマネジメントの高度化を進める。また、特定計量制度に基づき、EVの充放電器や、太陽光発電のパワーコンディショナーの計量機能の取引への活用を進め、より小型のリソースに取引対象の裾野を広げるとともに、これらのビッグデータやAI・IoTの活用による統合的・最適な管理・制御を可能とすべく、実証や必要に応じた規格・基準の整備を検討する。さらに、将来的には、水電解装置による水素の製造を電力需要の調整に活用し得ることから、その促進策についても検討する。また、将来的には「移動する蓄電池」としての活用が見込まれるEVも含め、様々なDERの活用を円滑化するためには、それらを低廉かつ素早く相互接続できる環境の整備とともに、各種のデータを把握・収集・管理・活用でき、リソース制御の基盤となるプラットフォームを構築し、システム利用者・運用者間で共有できるようにすることが重要との指摘もあるところ、その在り方についても検討を深めていく。

以上のような取組を通じ、2030年頃に年間約3,000億円⁸⁸以上の市場規模が見込まれるアグリゲーションビジネスを中心に、分散型エネルギー産業の成長を後押ししていく。

② 次世代グリッド関連産業

<現状と課題>

電力システム改革により、電力広域的運営推進機関を中心とした全国大での広域的な電力ネットワークの整備・運用が行われることとなり、需給逼迫時における地域間の調整や地域間連系線の増強等が推進されてきた。加えて、レジリエンスの強化や再エネの主力電源化に向け、2020年に成立したエネルギー供給強靱化法によって、系統設備形成を計画的に行うためのマスタープラン策定や、送配電事業者の投資インセンティブを確保するレベニューキャップ制度（2023年度導入）に向けた詳細検討等が開始され、また、再エネ導入量の増加等に対応して系統混雑時に出力制御され得ることを条件としたノンファーム型接続の受付も基幹系統において2021年1月から全国的に開始された。

しかしながら、カーボンニュートラルを見据えた再エネの最大限の導入、そのペースの加速化に適切に対応するためには、系統運用・設備形成面で対処すべき課題が多数存在・顕在化している。

配電系統では、単体は小規模でも、局所的には多数の変動再エネが導入されることに伴い、電圧等の電力品質の維持・管理がより難しくなることから、その前提となる各種データ把握・収集・管理方法の高度化含めた対応が求められることになる。送電系統では、地域的に偏在した形での再エネの大量導入が想定されることから、系統混雑に対応すべく、既存設備をできるだけ有効に活用した上で、洋上風力の導入等に対応した計画的な設備形成が必要となる。また、変動再エネの導入の増加は火力発電の減少とあいまって非同期電源の割合増加をもたらすことから、慣性力等の確保も系統安定化のために必要となる。

⁸⁸ 「アグリゲーターの市場ポテンシャル試算」（2021年4月22日総合資源エネルギー調査会基本政策分科会資料）において代表的DERのポテンシャルとして試算されているDR9GW、再エネ300億kWhに、それぞれ想定価格約4,500円/kW（2019-21年度の調整力公募電源I'におけるDRの平均落札価格単純平均）、9.6円/kWh（2018-20年度スポット市場価格単純平均）を乗じると、合計約3,300億円。

＜今後の取組＞

配電システムについては、変動再エネ等の DER の大量導入やデジタル技術活用を前提とした、配電システム運用の高度化に向けた取組を推進する。具体的には、想定潮流等の予測技術や送電時の電力ロスの削減などのデータ分析技術の高度化を進め、DER の配電システムへの接続可能量の増加や CO₂ の排出削減等を図る観点から、電圧等の電力の品質維持に必要なデータを収集するセンサー付柱上開閉器の導入や次世代スマートメーターの活用を進める。また、上位システムとも一体的に検討すべき取組であるが、変動再エネや蓄電池、各電力設備からシステムの状態監視に必要なデータをリアルタイムに収集・分析・統合し、セキュリティ面にも留意しつつ、状況変化に応じた最適な管理・制御を可能にするための技術を開発することが重要な課題であり、その解決に向けた検討・取組を行う。

送電システムについては、市場機能を活用した制度整備や、デジタル技術を活用したシステム運用の高度化、必要な設備形成を進める。具体的には、まず、再エネを最大限導入すべく、ノンファーム型接続の適用範囲拡大を図っていくとともに、システム混雑の改善に資するような地点に大規模需要を誘導すべく、託送料金等によるインセンティブ付与の具体的方法について検討する。システム混雑管理方法は、メリットオーダー（発電限界コストが小さい順に優先）に沿った考え方で行うべく、2022 年から導入する再給電方式（システム運用者が電源を調整）の運用方針を固めるとともに、2020 年代後半以降を目途に市場主導型（ゾーン制⁸⁹・ノーダル制⁹⁰）に移行できるよう、必要な制度面やシステム面の検討を進める。また、下位システムとも一体的に検討すべき取組であるが、慣性力等を提供する次世代インバーターやそれらのシステムに関する技術開発を進め、その目途が立った上で、基本的には 2030 年代からグリッドコード化や市場開設に反映し、必要十分な慣性力等の機能確保を図る。さらに、外気温の変化等に応じて送電容量を動的に扱うダイナミックレーティング等の実証を通じて、送変電設備の監視・運用技術の高度化を図る。

送電設備の広域的な形成については、2022 年中に策定予定のマスタープランに基づき、地域間連系線の整備を着実に進めるとともに、北海道や東北などの洋上風力の適地から大需要地への送電を可能とする長距離直流送電システムを計画的・効率的に整備すべく検討を加速し、あわせて、同システムの難易度の高い諸課題を克服し、より効率的に実現するために必要な技術の開発を推進する。

以上のようなシステム運用高度化や設備形成を支えるシステムや機器の提供を行うビジネスについても、今後海外でも同様の構造変化が生じる国・地域がアジア各国を始めとして多く想定され、需要の増加が見込まれる。したがって、国際競争力や経済安全保障の視点を踏まえつつ、これらの国々に必要な後押しをしていくことが重要である。例えば、デジタル技術も活用した高度なシステム運用手法やそれを支えるシステム・機器に関しては、2021 年 4 月の日米首脳合意において「スマートグリッド」が日米間の協力項目の一つに位置づけられたことや、これまでの海外実証プロジェクトの成果も踏まえ、海外展開の後押しを行っていく。また、長距離直流送電システムを構成する海底直流ケーブルや交直変換器等の設備に関しては、我が国企業が国際競争力を有するところ、経済効果の大きさや経済安全保障の視点等も踏まえつつ、国内設備投資の促進策等について検討していく。

⁸⁹ あらかじめ混雑送電線を特定し、混雑処理を行う準備を整えた上で、混雑発生時には市場において混雑処理を行う仕組み。

⁹⁰ すべての送電線に対して混雑処理を行う準備を整えた上で、混雑発生時には市場の入札情報などを基に混雑処理を行う仕組み。

③ マイクログリッド

<現状と課題>

DER を地域内で有効活用するマイクログリッドは、電気や熱といったエネルギーの地産地消を促進し、地域内の効率的なエネルギー利用を可能とするとともに、災害時の停電回避・影響緩和といったレジリエンス強化、さらには地域活性化にも貢献し得る取組である。また、①や②で記載した新たなビジネス形態や系統運用を実証し、更なる発展につなげるための知見を得る場としての効果も期待できる。

これまで行ってきた経済産業省の予算事業（マスタープラン作成 26 件、マイクログリッド構築 3 件を採択）等の経験からは、再エネ比率が高い独立系統運用の難しさ、需要家・小売電気事業者・系統運用者・自治体等の間の調整の難しさ、蓄電コストや系統運用コストの高さ等に伴う事業性の低下といった課題が浮かび上がってきている。

<今後の取組>

マイクログリッドについては、上述のような意義を見出せることから、エネルギーの地産地消に適した地域における導入を促進していくべく、課題への対応に取り組む。

具体的には、まず、離島を含めた各地域でのマイクログリッド構築支援等の実証事業から得られた技術的知見を関係者間で共有し、マイクログリッド内の需給調整に必要な基盤技術の確立や成功事例の創出を図る。また、関係者間の調整の容易化に向け、ガイドライン等の整備による電気事業法上の配電事業等の各種ライセンスの運用明確化や関係者との調整事項等の整理、分散型エネルギープラットフォームにおける関係者間でのベストプラクティスの共有等を行う。加えて、経済性の向上に向けては、①に示した蓄電池のコスト低減に取り組むとともに、多様なビジネスモデルの形成を促すため、DER の平時の有効活用、レジリエンスの価値の明確化や他の公共的サービスとの一体化等の方策や効果について、自治体と連携した各種事業等における経験を通じて検討していく。

また、海外でも新興国を中心に、スマートシティや工業団地の開発、島しょ部における再エネ・蓄電池等を含めたマイクログリッド導入の動きがあるところ、上述のような国内で培った技術的な知見・成功事例を人材育成や実証事業等を通じて相手国政府・都市・企業等に共有していくことで、日本企業の海外展開の後押しを行っていく。

(13) 資源循環関連産業

リデュース、リユース、リサイクル、リニューアブルについては、法律や計画整備により技術開発・社会実装を後押ししている。廃棄物発電・熱利用、バイオガス利用については、既に商用フェーズに入っており普及や高度化が進んでいる。今後、これらの取組について、「国・地方脱炭素実現会議」等における議論を踏まえつつ、技術の高度化、設備の整備、低コスト化等により更なる推進を図る。循環経済への移行も進めつつ、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする。

① リデュース、リニューアブル

<現状と課題>

リデュースについては、「循環型社会形成推進基本法」及び同基本計画・各種リサイクル法等により取組を推進している。

リニューアブル（バイオマス化・再生材利用等）については、実証事業により、化石資源由来のプラスチックの再生可能なバイオマスプラスチック・紙等への代替を推進している。また、グリーン購入法等により、化石資源由来のプラスチックからバイオマスプラスチックへの代替を促進している。

<今後の取組>

リデュースについては、資源循環の効率化や省CO₂化を進めるための、関係者間で使用済製品・素材に関する必要な情報を共有するためのシステムの実証を行う。

バイオマス化、再生材利用については、更なる再生利用拡大に向けた、バイオマス素材の高機能化や用途の拡大・低コスト化に向けた技術開発・実証、リサイクル技術の開発・高度化、設備の整備、需要創出を進める。

特に「バイオプラスチック導入ロードマップ」（2021年1月策定）を踏まえ、バイオプラスチックの導入に当たっては、製品領域ごとの導入に適したバイオプラスチックに関する技術開発が重要であり、多様な用途に適した機能性、環境影響も踏まえた原料調達が多様化等、バイオマスプラスチックの持続可能な利用に資する技術開発を推進する。また、バイオマスプラスチック約200万トン（2030年）の導入目標達成に向け、先進的な取組事例や需要量の見通しを示すことで円滑な供給を後押しし、グリーン購入法等に基づく国・地方自治体による率先的な公共調達を行うほか、海洋生分解機能を評価する手法の更なる信頼性向上に向けた国際標準化や、消費者への訴求・普及啓発に向けた環境配慮設計に関する新たな仕組みの検討を行う。

これらの取組を進めることで、国民生活において環境に配慮した製品の選択肢の拡充や地域での廃棄物焼却に伴うCO₂排出の低減が期待される。

② リユース、リサイクル・排ガスの活用

<現状と課題>

リユース、リサイクルについては、「循環型社会形成推進基本法」及び同基本計画・各種リサイクル法等により取組を推進するとともに、グリーン購入法によりリサイクル製品の調達拡大を推進している。また、国内での再生利用に向けたリサイクル技術の実証、設備の導入補助を実施している。

焼却施設排ガス等の活用については、ごみ焼却施設においてCCUプラントが既に稼働している。加えて、廃棄物の焼却・ガス化に伴う排ガス等からメタンやエタノール等を生成する実証事業を実施している。

<今後の取組>

リサイクルについては、更なる再生利用拡大に向け、リサイクル性の高い高機能素材やリサイクル技術の開発・高度化、回収ルート最適化、設備容量の拡大に加え、再生利用の市場拡大を図る。特に、「プラスチック資源循環促進法」に基づき、製造・販売事業者等、市町村及び排出事業者等による円滑な回収・リサイクルを促進する。同様に、プラスチック以外の分野についても、資源循環の推進について検討を深めていく。

焼却施設排ガス等の活用については、グリーンイノベーション基金の活用も検討しつつ、廃棄物処理施設からCO₂等を回収しやすくするための燃焼制御等や、多様な不純物を含む低濃度の排ガスからのCO₂等の分離・回収・利用等、革新的技術の開発や実証事業等を通じたスケールアップ・コスト低減等を図り、実用化・社会実装に向けた取組を進める。

これらの取組を進めることで、廃棄物や排ガスを地域資源として活用した産業振興等、地域循環共生圏の創造による持続可能な地域づくりが進むことが期待される。

③ 廃棄物発電、熱利用、バイオガス化、排ガスの固定化

<現状と課題>

有機性廃棄物の埋立てによるメタン発生を回避するため、有機性廃棄物は焼却やバイオガス化し、エネルギーを回収している。また、河川等の維持管理において発生する樹木（伐採木・流木等）については、バイオマス発電等の再エネ資源になり得るが、有効活用の促進が課題となっている。

廃棄物発電については、ボイラー材料の技術開発等により、ごみ焼却施設の発電効率を毎年向上させ、2018年度は平均13.58%を達成した。

熱利用については、廃棄物焼却施設から発生する熱を熱導管で近隣の利用施設へ供給することなどにより有効活用を推進している。

バイオガス化については、中小廃棄物処理施設での焼却によるごみ処理量当たりのエネルギー回収量に限りがあることから、メタン発酵によるバイオガス化技術で廃棄物エネルギーを回収している。

焼却施設排ガス等の固定化については、ごみ焼却炉の排ガス等から分離・回収したCO₂を固定化するラボレベルでの技術開発を実施している。

3Rの推進等により1人当たりのごみ排出量や最終処分量が着実に減少していることに加え、人口減少の進行によりごみ排出量は今後さらに減少していくことが見込まれるところ、日本全体での廃棄物処理に必要な処理施設の能力は減少していく。他方で、廃棄物処理に係る担い手の不足、老朽化した社会資本の維持管理・更新コストの増大、地域における廃棄物処理の非効率化等が懸念されている上、上述の技術開発・実装を進め、エネルギー回収効率の向上とコスト低減を図るには、一定以上の処理能力を有する施設を整備していく必要がある。このため、都道府県への通知や「広域化・集約化に係る手引き」の周知により、市町村単位のみならず広域圏での一般廃棄物の排出動向を見据え、廃棄物の広域的な処理や廃棄物処理施設の集約化を図るなど、必要な廃棄物処理施設整備を計画的に進めている。

＜今後の取組＞

廃棄物発電については、今後のごみ質の大きな変化（プラ割合の減少に伴う生ごみ割合の増加等）によって、発熱量が小さくなり、発電効率の低下が懸念されることから、低質ごみ下での高効率エネルギー回収を確保するための技術開発を進める。また、気候変動緩和策として、継続的に実施する河川等の維持管理において発生する樹木（伐採木・流木等）を、バイオマス発電等の再エネ資源として利用促進するため、現場実証で確認した課題を踏まえ、その解決と維持管理の効率化の実現可能性を検証するとともに、一般廃棄物処理施設等の有効活用の可能性を検討する。

熱利用については、廃棄物焼却施設の運転効率の向上に加え、廃棄物焼却施設の立地条件が熱の活用度合いに大きく影響するため、遠方の利用施設に熱供給を行うための蓄熱や輸送技術の向上・コスト低減を促進する。

バイオガス化については、今後のごみ質の大きな変化に伴うメタン化施設の大規模化を見据えた技術実証事業を進めるとともに、下水道バイオマスの活用拡大のため、「下水道エネルギー拠点化コンシェルジュ事業」の充実など、地方公共団体における案件形成促進を2025年度まで集中的に取り組む。

また、2021年度末を目途に各都道府県に対して「広域化・集約化計画」の策定を求め、広域化・集約化を推進し、地域の持続可能な廃棄物適正処理体制の構築と併せて、廃棄物エネルギーを効率的に回収することによる地域のエネルギーセンターとしての機能や、施設の耐震性等を推進し地震や水害等で稼働不能とならないよう強靱性を確保することによる災害時の電源供給や避難所等の防災拠点としての活用など、地域の社会インフラとしての機能を高めた廃棄物処理施設の整備を進めていく。

これらの取組により、地方公共団体における省エネ・創エネの推進や、CO₂排出の低減、さらには廃棄物エネルギーを利用した産業振興、自立分散型の電力・熱供給等による災害時の防災拠点としての活用など、地域循環共生圏の核となる地域に新たな価値を創出する施設整備が進むことが期待される。

(14) ライフスタイル関連産業

ライフスタイルを脱炭素化するための技術の普及を促すため、「国・地方脱炭素実現会議」等における議論を踏まえつつ、住まい・移動のトータルマネジメント（ZEH・ZEB、需要側の機器（家電、給湯等）、地域の再生可能エネルギー、動く蓄電池となるEV/FCV等の組み合わせを実用化）、ナッジやシェアリングを通じた行動変容、デジタル技術を用いたCO₂削減のクレジット化などを促す技術開発・実証、導入支援、制度構築等に取り組む。これらにより2050年までに、カーボンニュートラルで、かつレジリエントで快適なくらし（脱炭素プロシューマーへの転換によりエネルギーで稼ぐ時代へ）を実現する。

* 脱炭素プロシューマー：再生可能エネルギーで作り出すエネルギーが消費よりも多い家庭

① 住まい・移動のトータルマネジメント（ZEH・ZEB、需要側機器、地域の再生可能エネルギー、EV/FCV等の組み合わせを実用化）

<現状と課題>

ZEH・ZEB、需要側機器（家電、給湯等）、地域の再生可能エネルギーやEV/FCV等を組み合わせ、再生可能エネルギー主力化と整合した柔軟性の確保、電気・熱・モビリティのセクターカップリングに向けての実証や社会実装が先進的なエリアや街区で行われているところ。

<今後の取組>

ZEH・ZEB、需要側機器、地域の再生可能エネルギーやEV/FCV等を組み合わせ、最適化するための多種多様な機器等を自律制御やICT等による遠隔制御する必要がある、その手法の確立や市場形成を図っていく必要がある。また、更なるCO₂削減に向けて、需要近接型再生可能エネルギー電気・熱の普及、技術の実証・社会実装を図っていく必要がある。直流給電等による住宅・建築物間のネットワーク化や、水素等を活用した再生可能エネルギー主力化と整合した柔軟性の確保、電気・熱・モビリティのセクターカップリングに係る技術の実証・社会実装を図りつつ、普及のための適切な市場の設計によりビジネスモデルが確立される必要がある。

これらの取組を進めることで、地域の資源である再生可能エネルギーを有効活用し、地域の脱炭素化に加えて、災害に強いまちづくり、雇用の創出、生活の質の向上といった地域課題を同時解決した強靱で活力ある地域社会を実現する。具体的には、健康・快適で大幅な省エネルギーにつながる断熱性の高い住宅・建築物での生活や仕事をする環境を確保した上で、エネルギーは購入するものという従来のライフスタイルを変換して、太陽光発電等によりまず自らが再生可能エネルギーを作り出し、自らが使うという新しい生活様式を創造する。また、AI等のスマート技術の利用による需要側機器等のコントロールを通じたエネルギー需給の最適化等により、化石燃料の輸入・域外調達を行う社会から、地域内で資源・資金が循環し雇用が生まれる社会に変革する。これにより、気候変動により激甚化が見込まれる大規模災害時であっても電気・熱を一定程度自給できるようになり、安心・安全な暮らしを確立する。また、地域内で生み出したエネルギーで動くEV/FCV等は、再生可能エネルギーの変動性を吸収する動く蓄電池として社会全体で機能し、自動運転技術も活用すれば、高齢者になって免許を返納したとしても移動の自由が確保されるなど、地域の足としての利用が進み、利便性の向上が図られる社会を構築する。

② ナッジ・デジタル化・シェアリングによる行動変容等

<現状と課題>

ア) ナッジ、BI-Tech (Behavioral Insights と Tech の融合)

ナッジ等の行動科学と先端技術の融合 (BI-Tech) の概念を提唱した我が国の優位性を保ちつつ、国際協調もしながら、その社会実装に向けた実証事業を実施している。

イ) デジタル化

個人や中小企業の再生可能エネルギーの CO₂ 削減価値 (環境価値) を低コストかつ自由に取り引できる市場の構築を、ブロックチェーン技術を用いて実証している。

各種統計データを組み合わせたデジタル化により面的・動的なエネルギー利用を可視化する都市炭素マッピング手法等を試行的に開発している。

ウ) シェアリング

地域再生可能エネルギーを活用した EV のカーシェアリングによる脱炭素型交通や、バッテリー交換式 EV とバッテリーステーションを活用した地域貢献型脱炭素物流に係る先行事例の創出を支援している。

<今後の取組>

ア) ナッジ、BI-Tech

日々の生活における行動情報をデジタル化して集約・解析し、行動科学や AI に基づいて一人一人に合ったエコで快適なライフスタイル⁹¹を提案して暮らしをサポートするより高度なシステム技術の開発・実装・標準化、製品やサービスの販売に当たってのビジネスモデルに組み込んでいく。

イ) デジタル化

これまでの実証の成果も活用しつつ、J-クレジット制度において、小さなタイムラグで環境価値が取引・活用できるよう、申請手続の電子化・モニタリングやクレジット認証手続の簡素化・自動化を図るとともに、ブロックチェーンを活用した取引市場創出の検討を進め、最速で 2022 年度からの運用開始を目指す。

都市炭素マッピング手法等を用いて、脱炭素プロシューマー化に向けた技術導入のポテンシャル評価等を通じてゼロカーボンシティの実現に向けた将来のシナリオや施策の検討が全国の自治体で活用が可能となるよう地域が汎用的に活用できるツールを開発する。分散型エネルギーシステムを備えたスマートシティの構築を、セキュリティの確保を図りつつ、全国的に推進する。

ウ) シェアリング

地域の再生可能エネルギーを活用した EV のカーシェアリングによる脱炭素型交通や、バッテリー交換式 EV とバッテリーステーションを活用した地域貢献型脱炭素物流に係るビジネスモデルの

⁹¹ CO₂ 排出削減に資することはもとより、無理なく自発的な行動変容を促すに当たり重要となる non-energy benefit (非エネルギー面でのメリット) としての快適さを損なわないライフスタイル。例えば、緑化空間が増えることにより、快適性が上がったり、散歩の頻度が上がって健康が増進される効果や、空調を上手に制御することで、省エネでありながらも快適性を保つ効果等を指す。これらの実現のため、研究開発・実証・社会実装等の手法について、環境省において検討等を行っていく。

確立と全国レベルでの横展開を推進する。

③ 観測・モデルに係る科学基盤の充実

＜現状と課題＞

観測技術や、モデリング技術、シミュレーション技術の高度化により、気候変動メカニズムの解明を進め、不確実性の低減を図り、CO₂排出量のより正確な推定を目指している。

国際枠組みと緊密に協力して、人工衛星・航空機・船舶・地上観測による観測網を構築・拡大している。

データ統合・解析システム(DIAS)⁹²等を通じて温室効果ガス観測データ、気候変動予測情報等の更なる利活用を図っている。

また、カーボンニュートラルの実現に向けては、技術イノベーションのみならず経済社会システムのイノベーションが不可欠であり、そのための分野横断的な知見の創出やその社会実装の推進が必要となっている。これにより地域の脱炭素化等の取組を進め、その実践モデルを他の地域や国、世界に展開していくことが求められる。

＜今後の取組＞

観測・モデリング技術における時空間分解能を高め、気候変動メカニズムの更なる解明や気候変動予測情報の高精度化、観測・監視を継続的に実施し、DIAS等を通じて温室効果ガス観測データ、気候変動予測情報等の更なる利活用を推進し、科学基盤の充実を図る。

観測網と解析システムを統合し、時空間分解能や推定精度の面で高度化する。具体的には、市町村単位で排出分布を推定できる高分解能な大気モデルの開発とインベントリ整備を行うほか、都市大気を連続的に観測し排出量の変化を時間単位で把握するシステムを構築する。さらに、生態系を始めとする地域全体について、温室効果ガス収支を定量化する。それらのシステムを用いて脱炭素化取組の効果をより詳細に評価することが可能となり、技術の社会実装をより効果的に促すためのポテンシャル評価が促進される。

様々な気候変動への取組の温室効果ガス削減効果の検証や効果的な取組の抽出を通じて、結果を見える化し、国民の脱炭素意識を醸成するとともに、施策の改善や気候変動リスクのマネジメント等に貢献する。具体的には以下のとおり取り組む。

2021年4月より、気候変動研究に関する検討会を開催し、モデリング技術やシミュレーション技術の高度化や温度目標に対して許容される累積温室効果ガス排出量の上限であるカーボンバジェットのより正確な推定等に関する研究の方向性について検討を開始する。

「今後10年の我が国の地球観測の実施方針のフォローアップ報告書」(科学技術・学術審議会計画評価・分科会 地球観測推進部会 2020年8月)を踏まえ、GEO(地球観測に関する政府間会合)の枠組み等も活用し、関係省庁において、観測・監視を継続的に実施。同観測部会において、同年夏頃に、本フォローアップ報告書を踏まえた実施状況を確認する。

DIASについては、2021年度より新たな体制⁹³の下で、地球環境ビッグデータの利活用の推進を本格的に進めていく。

パリ協定の実施状況を確認し目標を見直すため、2023年の第1回以降5年ごとに実施されるグ

⁹² (国研)海洋研究開発機構(JAMSTEC)が代表機関として運営する、地球環境データを蓄積・統合解析する、データ統合・解析システム。

⁹³ 2021年4月1日より、DIAS運営の代表機関を、一般財団法人リモート・センシング技術センターからJAMSTECが引き継ぎ。

ローバルストックテイクにおいて、我が国及び各国政府が最良の科学的根拠に基づいて、各国の温室効果ガス排出量と削減目標に向けた進捗状況を報告するための科学面での支援を行う。環境研究総合推進費 SII-8「温室効果ガス収支のマルチスケール監視とモデル高度化に関する統合的研究」を通じて、温室効果ガス収支の高精度かつ継続性のある監視体制を提案し、各国による報告の透明性を検証できる体制を構築する。

気象衛星やシミュレーション技術等の高度化により、大気・海洋の観測・予測を充実し、その成果が企業や公的機関等における気候変動対策のための科学的基盤として利活用が進むよう産学官連携の下に取り組む。

これら科学的基盤のデータを活用することで、国や自治体、企業等の防災対策や脱炭素社会に向けたシナリオ評価等における最適な気候変動対策の立案に貢献する。具体的には、これらの成果を活用することで、ライフスタイル産業を含めた我が国の脱炭素の取組の検証や、今後の脱炭素社会に向けた官民における対策の検討等に貢献する。

また、地域の脱炭素化等の推進については、地域の未来社会像からのバックキャスト型の視点による技術革新や社会変革を促すため、人文・社会科学から自然科学までの分野横断的な研究開発を推進し、国や地域のシナリオ策定や政策横断的な視点による効果的な技術・施策の導入手法等に係る基盤的知見を充実するとともに、その社会実装を促すため、多様なステークホルダーによる共創の場となる拠点や、こうした拠点も含めた大学等の地域の「知の拠点」としての機能を一層強化するための大学等間ネットワークである「カーボン・ニュートラル達成に貢献する大学等コアリション」を形成し、大学間及び産学官の連携を強化する。

第 3 章 グリーン分野の成長

1. 2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略

(1) 2030 年排出削減目標を踏まえたグリーン成長戦略の枠組み

脱炭素化を目指し、グローバルにサプライチェーンの取引先を選別する動きも加速しており、温暖化への対応が成長の成否を決する時代に突入している。再生可能エネルギーを最大限導入する必要がある。2050 年カーボンニュートラルという高い目標の実現に向けて、グリーン成長戦略の具体化を下記のとおり進める。その際、需要側である国民一人一人にどのようなメリットがあるのか分かりやすく発信する。また、2030 年の排出削減目標を視野に入れて、更なる必要な投資を促す方策を検討する。なお、継続的に戦略の進捗状況のフォローアップと内容や分野の見直しを行う。

(2) 分野横断的な主要政策ツール

① 予算

2 兆円の基金により、10 年間にわたり、継続的に企業の挑戦を支援することを通じて革新的なイノベーションを促していく。

② 税制

投資促進税制により、脱炭素化効果が高い製品の生産設備や生産工程等の脱炭素化を進める設備の投資を促進する。

③ 規制改革・標準化

グリーン投資を誘発するため、規制を総点検する。新技術の需要を創出するような規制強化、新技術を想定していない規制の緩和、新技術を世界で活用しやすくするような国際標準化に取り組む。

④ 国際連携

国内市場のみならず、新興国等の海外市場を獲得し、スケールメリットをいかしたコスト削減を通じて国内産業の競争力を強化する。あわせて、直接投資、M&A を通じ、海外の資金、技術、販路、経営を取り込んでいく。

(3) 分野別の課題と対応

① 洋上風力・次世代型太陽光・地熱産業

洋上風力は、経済波及効果が期待されることから、魅力的な国内市場を創出することにより、国内外の投資を呼び込み、競争力があり強靱なサプライチェーンを構築する。さらに、アジア展開も見据えた次世代技術開発、国際連携に取り組み、国際競争に勝ち抜く次世代産業を創造していく。

具体的には、導入目標として、2030 年までに 1,000 万 kW、2040 年までに浮体式も含む 3,000 万 kW~4,500 万 kW の案件を形成する。

次世代型太陽電池の技術開発を通じ、2030 年を目途に普及段階への移行を図り、既存の太陽電池では設置が困難な住宅・建築物等への設置拡大・市場化を実現する。

地熱発電は、ベースロード電源となり得る再エネとして期待されることから、リスクマネーの供給や関係法令の規制の運用見直し、技術開発を通じて、大幅な導入拡大を図る。

②水素・燃料アンモニア産業

水素は、発電・産業・運輸など幅広く活用されるカーボンニュートラルのキーテクノロジーである。新たな資源と位置付け、自動車用途だけでなく幅広いプレーヤーを巻き込み、2030年に最大300万トンの導入、2050年に2,000万トン程度の供給拡大を目指す。そして、2050年に化石燃料に対して十分な競争力を有する水準、すなわち、水素発電コストをガス火力以下に低減(水素コスト:20円/Nm³程度以下)することを目指す。

燃焼してもCO₂を排出しないアンモニアは、石炭火力での混焼などで有効な燃料である。混焼技術を早期に確立し、東南アジア等への展開を図るとともに、国際的なサプライチェーンをいち早く構築する。

③自動車・蓄電池産業

自動車分野においては、サプライチェーン全体でのカーボンニュートラル化を目指し、エネルギーの脱炭素化と合わせて、包括的な支援策を実施し、電動化を推進する。電気自動車・燃料電池自動車等の導入促進に加え、後述の電池の次世代技術開発・製造立地推進、水素ステーションの整備、電気自動車向けの急速充電設備の整備等により、電動車について、遅くとも2030年までにガソリン車並みの経済性・利便性を実現する。

④カーボンリサイクルに係る産業・マテリアル産業

カーボンリサイクルは、CO₂を資源として有効活用する技術であり、カーボンニュートラル社会の実現に重要な横断的分野である。日本に競争力があり、コスト低減、社会実装を進めた上で、グローバル展開を目指す。

具体的には、CO₂吸収型コンクリートは、2030年には需要拡大を通じて既存コンクリートと同価格(=30円/kg)を、2050年には防錆性能を持つ新製品を建築用途にも使用可能とすることを目指す。輸送機器用等のCO₂と水素の合成燃料について、技術開発・実証を今後10年間で集中的に行い、2040年までの自立商用化を目指す。

マテリアル産業は、水素を用いた高炉製鉄法など、世界に先駆けゼロカーボン・スチールの技術開発・供給を行い、2050年に年間最大約5億トン、約40兆円と見込まれるグリーンスチール市場の獲得を目指す。

⑤住宅建築物産業・次世代電力マネジメント産業

住宅・建築物は民生部門のエネルギー消費量削減に大きく影響する分野である。高度な技術を国内に普及させる市場環境を創造しつつ、海外への技術展開も見込む。

具体的には、規制的措置を含む省エネ対策の強化について、ロードマップ策定などの取組を具体化するとともに、住宅や建築物のエネルギー消費性能に関する基準や長期優良住宅の認定基準・住宅性能表示制度の見直し、住宅・建築物の長寿命化などにより、省エネ性能の向上を図っていく。

再エネの大量導入等に伴う、電力系統の混雑を解消するため、デジタル技術を活用して、より高度な系統運用が行える次世代送電網の構築を図る。また、デジタル技術を活用して、太陽光や風力などの変動性が大きい再エネと蓄電池等を組み合わせた電力需給の最適化サービスを提供する事

業を促進する。

⑥次世代熱エネルギー産業

再生可能エネルギー由来等の水素と CO₂ から合成したメタンは、都市ガス導管など既存のインフラを活用して天然ガスを代替できるため、熱需要に必要なガスの脱炭素化において鍵となる。

合成メタンについて、技術開発を進め、2030 年までに利用開始を目指す。2050 年には、既存のガス供給インフラにおいて合成メタンを 90% 利用し、水素直接利用等の手段と合わせて、ガスの脱炭素化達成を目指す。

⑦原子力産業

原子力は、実用段階にある脱炭素の選択肢である。可能な限り依存度を低減しつつ、国内での着実な安全最優先の再稼働の進展とともに、米・英等で進む次世代革新炉等の開発に、高い製造能力を持つ日本企業も連携して参画し、多様な原子力技術のイノベーションを加速化していく。安全性等に優れた炉の追求など将来に向けた研究開発・人材育成等を推進する。

具体的には、2030 年までに、国際連携による小型モジュール炉技術の実証、高温ガス炉に係る要素技術確立等を進めるとともに、核融合研究開発を着実に推進する。

⑧半導体・情報通信産業

カーボンニュートラルは、製造・サービス・輸送・インフラなど、あらゆる分野で電化・デジタル化が進んだ社会によって実現される。したがって、①デジタル化によるエネルギー需要の効率化と、②デジタル機器・情報通信自体の省エネ・グリーン化の 2 つのアプローチを、車の両輪として推進する。2030 年までに全ての新設データセンターの 30% 省エネ化及び国内データセンターの使用電力の一部の再エネ化、2040 年に半導体・情報通信産業のカーボンニュートラルを目指す。

⑨船舶産業

水素、アンモニア等の代替燃料を使ったゼロエミッション船について、技術開発を進め、2025 年までに実証事業を開始し、従来目標である 2028 年よりも前倒しで商業運航を実現するとともに、2030 年には更なる普及を目指す。

⑩物流・人流・土木インフラ産業

水素の輸入等のためのカーボンニュートラルポートの形成、スマート交通の導入、自転車移動の導入促進、グリーン物流の推進、交通ネットワーク・拠点・輸送の効率化・低炭素化の推進、インフラ・都市空間等でのゼロエミッション化、建設施工におけるカーボンニュートラルの実現に総合的に取り組むことで、物流・人流・土木インフラ産業での 2050 年のカーボンニュートラル実現を目指す。

⑪食料・農林水産業

みどりの食料システム戦略に基づき、生産、加工・流通、消費に至るサプライチェーン全体で、革新的な技術・生産体系の開発と社会実装を推進し、2050 年までに農林水産業の CO₂ ゼロエミッション化の実現を目指す。

具体的には、農林業機械・漁船の電化・水素化等や、農畜産業由来の温室効果ガスの削減、農地・

海洋における炭素の長期・大量貯蔵といった吸収源の取組、食品ロスの削減等を強力に推進する。

また、森林・木材によるCO₂吸収・貯蔵機能を強化するため、高層木造技術の確立など建築物の木造化等を促進しつつ、間伐や成長に優れた苗木等を活用した再造林等の森の若返りにも取り組む。

⑫航空機産業

ICAO（国際民間航空機関）が2020年比でCO₂排出量を増加させないことを決定した中、電動化・ハイブリッド電動化、水素等の代替燃料、機体向け炭素繊維複合材などにおける我が国航空機製造業の技術的優位性の確立を目指す。

具体的には、将来航空機の市場導入のタイミングに合わせ、2030年以降の電動化技術の拡大、2035年以降の水素航空機等に必要のコア技術の確立を目指す。

⑬資源循環関連産業

廃棄物のリデュース、リユース、リサイクル、リニューアブルについては、法律や計画整備により技術開発・社会実装を後押ししている。廃棄物発電・熱利用、バイオガス利用といった技術は既に商用フェーズに入り、普及や高度化が進んでいる。今後、これらの取組について、技術の高度化、設備の整備、低コスト化等により更なる推進を図る。循環経済への移行も進めつつ、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする。

⑭ライフスタイル関連産業

ZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）・ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）や家電、給湯等の機器、動く蓄電池となる電気自動車等の組合せを実装し、住まいや移動のトータルマネジメントを推進する。ナッジやシェアリングを通じた行動変容を促す。CO₂削減効果の検証のための技術開発・実証等に取り組む。

2. カーボンプライシング

カーボンプライシングなどの市場メカニズムを用いる経済的手法は、産業の競争力強化やイノベーション、投資促進につながるよう、成長に資するものについて躊躇なく取り組む。

国際的に、民間主導でのクレジット売買市場の拡大の動きが加速化していることも踏まえて、我が国における炭素削減価値が取引できる市場（クレジット市場）の厚みが増すような具体策を講じて、気候変動対策を先駆的に行う企業のニーズに早急に答えていく。

具体的には、足下で、J-クレジットや非化石証書などの炭素削減価値を有するクレジットに対する企業ニーズが高まっている情勢に鑑み、まずは、これらのクレジットに係る既存制度を見直し、自主的かつ市場ベースでのカーボンプライシングを促進する。

その上で、炭素税や排出量取引については、負担の在り方にも考慮しつつ、プライシングと財源効果両面で投資の促進につながり、成長に資する制度設計ができるかどうか、専門的・技術的な議論を進める。その際、現下の経済情勢や代替手段の有無等、国際的な動向や我が国の事情、先行する自治体の取組、産業の国際競争力への影響等を踏まえるものとする。

加えて、我が国は、自由貿易の旗手としての指導力を存分に発揮しつつ、これと温暖化対策を両立する公正な国際ルールづくりを主導する。その際、炭素国境調整措置に関する我が国としての基本的考え方を整理した上で、EU等の議論の動向にも注視し、戦略的に対応する。

3. カーボンニュートラル市場への内外の民間資金の呼び込み

(1) 円滑な資金供給に向けた基盤整備

3,000兆円ともいわれる内外の環境投資資金を呼び込む。サステナブルファイナンスに向けた環境整備を図る観点から必要なガイドラインを作成する。

鉄鋼、化学、製紙・パルプ、セメント、電力、ガス、石油等の多排出産業のトランジションのための分野別ロードマップ策定やアジアの移行支援を進める。

企業年金等の機関投資家におけるスチュワードシップ・コードの受入れ、責任投資原則（PRI）への署名、TCFD（気候関連財務情報開示タスクフォース：Task Force on Climate-related Financial Disclosures）の提言に沿った開示などの強化を促し、運用戦略の情報開示を求める。

(2) グリーンボンド等の取引の環境整備

グリーンボンド等の取引が活発に行われるグリーン国際金融センターの実現を目指す。金融実務からみて利便性が高い情報基盤の整備を図る。グリーンボンド等の適格性を評価する民間の認証枠組みの構築や評価機関の育成を後押しする。

(3) サステナビリティに関する開示の充実

コーポレートガバナンス・コード等を通じて、プライム市場（来年4月の東証の市場再編後、時価総額が大きく、より高いガバナンス水準を備える企業が上場する市場）上場企業等に対して、TCFD等の国際的枠組みに基づく開示の質と量の充実を促す。また、国際基準の策定に日本として戦略的に参加する。

(4) 金融機関による融資先支援と官民連携

金融機関と事業者との積極的な対話やこれに基づく投融資を促進する。金融機関の気候変動リスク管理の向上を図るため、本年度中を目途に、金融監督当局によるガイダンスの策定や、地域金融機関への取組支援等を行う。

4. 地域脱炭素ロードマップ

地域脱炭素ロードマップに基づき、少なくとも100か所の脱炭素先行地域において2030年までの民生部門の電力消費における脱炭素実現を目指す。また、重点対策を全国で実施し、先行地域を核に脱炭素ドミノを実現する。特に以下の事項を中心に、今後5年間で集中して取組を進める。

(1) 地域の取組に対する継続的・包括的な支援

人材派遣・育成、情報・技術の共有、必要な資金の確保のため、先行地域をはじめとする地域の脱炭素取組を継続的・包括的に支援するスキームを構築する。

(2) ライフスタイルイノベーション

製品・サービスのCO₂排出量の「見える化」、脱炭素型の製品・サービスの積極的選択を促すインセンティブ付与、ふるさと納税の返礼品として地域再エネの利用、ナッジの社会実装、アンバサダー等を活用した国民運動を展開する。

(3) 脱炭素に向けたルールのイノベーション

環境保全や円滑な地域合意形成を図りつつ、事業者の予見可能性にも資する再エネ促進区域を

設定し、同区域において、地域共生・裨益型の太陽光発電等の再エネを促進する。風力発電促進等のための環境アセスメントの最適化の検討、科学調査実施による地域共生型の地熱発電の開発加速化などに向けた制度的対応等に取り組む。

第4章 グリーン成長戦略に向けた新たな投資の実現

1. カーボンニュートラルに伴う産業構造転換

2050年カーボンニュートラルに伴う産業構造転換を支援する。例えば、自動車の電動化に伴い、エンジン部品サプライヤーが電動部品製造に挑戦したり、ガソリンスタンド・整備拠点が地域の新たな人流・物流・サービス拠点・EVステーション化したりする等の攻めの業態転換を支援する。あわせて、産業構造転換に伴う失業なき労働移動を支援する。

2. カーボンニュートラルに伴う電化とデジタル技術の活用

カーボンニュートラルは電化社会が前提となる。例えば、再生可能エネルギーを最大限いかすためには、電力ネットワークのデジタル制御が重要である。車、ドローン、航空機、鉄道、これらの自動走行は、デジタル制御である。製造もサービスも、現場をロボットがサポートする。グリーン成長戦略を支えるのは、強靱なデジタルインフラであり、グリーンとデジタルは、車の両輪である。環境関連分野のデジタル化により、効率的、効果的にグリーン化を進めていく。世界のグリーン産業を牽引し、経済と環境の好循環を作り出していく。

3. 水素ステーションの整備

燃料電池自動車・燃料電池バス及び燃料電池トラックの普及を見据え、2030年までに1,000基程度の水素ステーションについて、人流・物流を考慮しながら最適な配置となるよう整備する。バスやトラックなど商用車向けの水素ステーションについては、事業所専用の充填設備も含め、整備を推進する。

4. 電気自動車向けの急速充電設備の整備

充電設備の不足は、電気自動車普及の妨げとなる。急速充電設備を3万基設置し、遅くとも2030年までにガソリン車並みの利便性を実現するよう、強力に整備を進める。

5. 石炭火力自家発電のガス転換等

鉄鋼、化学、製紙・パルプ、セメントといったエネルギー多消費型産業を中心に、石炭火力自家発電のガス転換や、低効率の高炉・コークス炉、工業炉などの設備の高効率化更新を推進する。

6. 再エネ普及のための送電線網の整備

再エネ普及のための送電線網の整備を加速化するため、海底直流送電線に関する実現可能性調査（FS調査）やケーブルの製造設備等に係る設備投資を推進する。

参考 2. 重要分野における「工程表」

① 洋上風力・太陽光・地熱産業

●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ

(洋上風力) の成長戦略「工程表」 ●具体化するべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
魅力的な国内市場創出	官民協議会を通じた、官民一体となった需要の創出（国は導入目標にコミット、民間は国内調達率・コスト低減目標にコミット）							
【国の目標】	再エネ海域利用法に基づく公募（導入見通し1GW/年、2030年10GW）					(2040年30～45GW) ※浮体式含む		
●導入目標 2030年 10GW	国主導による社会実証 (風況・地質等の事前調査)		プッシュ型の案件形成（日本版セントラル方式の確立）					
2040年 30～45GW	第一次マスタープラン策定、 直流送電の 具体的検討	風力発電適地と電力需要地を結ぶ系統整備						
	基地港湾の着実な整備							
投資促進、 サプライ チェーン 形成	競争力があり強靱な国内サプライチェーン形成(産業界の目標設定と着実な実行)					2030～2035年 発電コスト8～9円/kWh	2040年 国内調達比率60%	
【民間の目標】	サプライヤーの競争力強化							
●国内調達比率 2040年60%	公募で安定調達に資する国内調達に加点、JETROを通じた海外企業と日本企業の協業の促進等							
●コスト目標 2030～2035年 8～9円	サプライチェーンの構築に対する設備投資の促進							
	規制の総点検 (安全審査合理化、 残置規制等)	規制改革の更なる推進			人材育成の推進			
	人材育成プログラム策定							
アジア展開 も踏まえた 次世代技術開発、 国際連携	技術開発 ロードマップ策定	浮体式等の次世代技術開発・実証（基金の活用も検討）					浮体式の商用化・導入拡大	
	海外展開を見据えた二国間対話や共同研究開発・国際実証の推進					海外展開に向けたファイナンス支援（NEXI/JBICの支援）		
	浮体式の安全評価手法等の国際標準化 学生確保(資料) - 278							

① 洋上風力・太陽光・地熱産業 (太陽光) の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ：
 1. 開発フェーズ → 2. 実証フェーズ → 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ → 4. 自立商用フェーズ

●具体化するべき政策手法：
 ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年	
次世代技術の開発 ●次世代型太陽電池（ペロブスカイト等） ●慣性力等の提供に関する技術（次世代インバーターなど） ●蓄電池	開発競争の促進					新市場への製品投入			
			新市場を想定した実証事業・製品化						
	系統制御技術等の検討・開発					グリッドコード化・市場開設による系統安定性の確保を図り再エネの導入を促進			
			系統制御技術等の実証						
蓄電池の普及については、自動車・蓄電池の実行計画を参照									
関連産業の育成・再構築 ●制度・市場整備	FIP制度の施行準備	FIP制度の導入による太陽光を含む再エネの電力市場への統合・コスト低減、FIT等の支援からの自立化							
	PPA等を用いた新たなビジネス形態の普及促進								
	アグリゲーションビジネスの促進・各種市場の要件整備等については、次世代電力マネジメントの実行計画を参照								
適地確保等 ●ポジティブゾーニング等	各種規制・制度等の再検討								
	ZEH・ZEBの普及拡大については、住宅・建築物の実行計画を参照								

① 洋上風力・太陽光・地熱産業 (地熱) の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ

●具体化するべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
リスクマネー供給、 理解促進	・JOGMECによる地熱資源調査			・JOGMECから事業者への引き継ぎ ・事業者による開発				
	・地熱開発事業者に対する助成金、出資、債務保証等の開発支援							
	「地熱開発加速化プラン」の推進							
	<ul style="list-style-type: none"> 地球温暖化対策推進法に基づく地熱開発の促進区域の指定 温泉事業者等の地域の不安や自然環境への支障を解消するための科学データの収集・調査を通じ円滑な地域調整の実施 地域の不安払拭や合意形成に資する温泉モニタリングの推進 							
関連法令の 運用見直し	・自然公園法の運用見直し（自然公園内における地熱発電等の許可基準及び審査要件の明確化等）							
	・温泉法の運用見直し（離隔距離規制や本数制限等についての撤廃を含めた点検、規制の内容及び科学的根拠の公開、科学的知見を踏まえた考え方や方向性の提示等）							
	・その他の法令等を含めて、随時見直しについて検討し、必要に応じて措置							
次世代型地熱 発電技術 (超臨界地熱 発電技術)	<ul style="list-style-type: none"> 大深度の掘削技術の開発 強力な酸性・超高温の流体対策（抗井やタービンの腐食防止等） 						国内数力所において、超臨界地熱発電技術を用いた発電実証事業を実施	
	ポテンシャルの調査				商用化に向けた調査、開発及び建設（リードタイムを、約10年と想定）			

②水素・燃料アンモニア産業 (水素)の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ

●具体化するべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

●地域	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
●利用						★目標(2030年時) コスト:30円/Nm ³ 量:最大300万t	★目標(2050年時) コスト:20円/Nm ³ 以下、 量:2000万t程度	
●輸送	自動車、船舶、航空機及び、物流・人流・土木インフラ（鉄道）産業の実行計画を参照							
●発電	大型専焼発電の技術開発 水素発電の実機実証（燃料電池、タービンにおける混焼・専焼）					エネルギー供給構造高度化法等による社会実装促進		
●製鉄	国内外展開支援（燃料電池、小型・大型タービン） COURSE50（水素活用等でCO ₂ ▲30%）の大規模実証					導入支援		脱炭素水準として設定
●化学	水素還元製鉄の技術開発					技術確立		導入支援
●燃料電池	水素等からプラスチック原料を製造する技術の研究開発					大規模実証		導入支援
●燃料電池	革新的燃料電池の技術開発 多用途展開、生産設備の投資支援、導入支援					革新的燃料電池の導入支援		
●輸送等	国際輸送の大型化に向けた技術開発 大規模実証、輸送技術の国際標準化、 港湾において輸入・貯蔵等が可能となるよう技術基準の見直し等					商用化・国際展開支援		
●輸送等	商用車用の大型水素ステーションの開発・実証 水素ステーションへの規制改革等によるコスト削減・導入支援							
●製造	水電解装置等の大型化等支援・性能評価環境整備 海外展開支援（先行する海外市場の獲得）							
●製造	余剰再エネ活用のための国内市場環境整備（上げDR等）等を通じた社会実装促進					卒FIT再エネの活用等を通じた普及拡大		
●革新的技術	革新的技術（光触媒、固体酸化物形水電解、高温ガス炉等の高温熱源を用いた水素製造等）の研究開発・実証					導入支援		
●分野横断	福島や発電所等を含む港湾・臨海部、空港等における、水素利活用実証 再エネ等の地域資源を活用した自立分散型エネルギーシステムの実証・移行支援・普及 クリーン水素の定義等の国際標準化に向けた国際連携					インフラ等の整備に伴う全国への利活用拡大		
●分野横断	資源国との関係強化、需要国の積極的な開拓を通じた国際水素市場の確立							
●分野横断	洋上風力、カーボンリサイクル・マテリアル及び、ライフスタイル関連産業の実行計画と連携							

②水素・燃料アンモニア産業

●導入フェーズ:

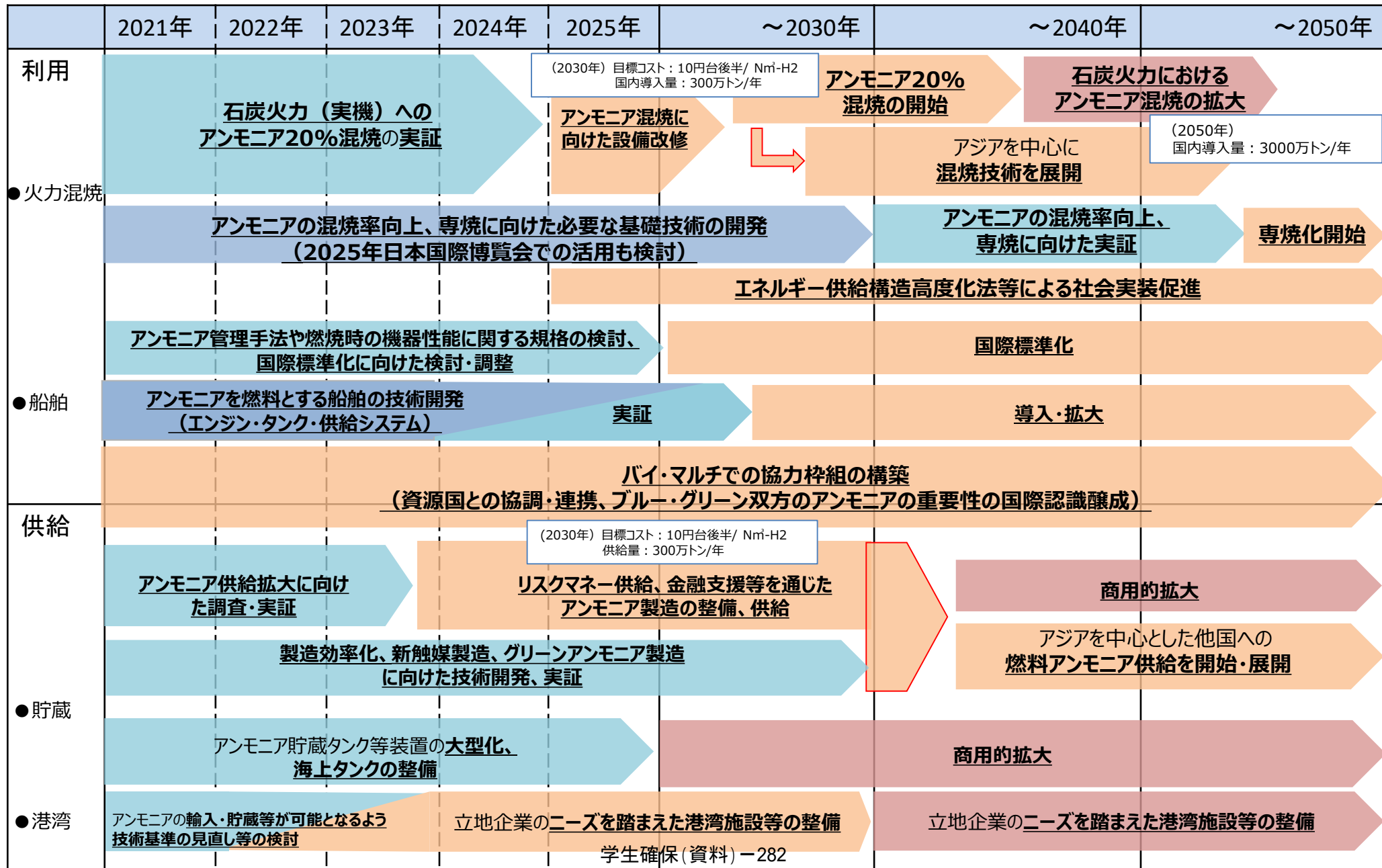
1. 開発フェーズ

2. 実証フェーズ

3. 導入拡大・コスト低減フェーズ

4. 自立商用フェーズ

(燃料アンモニア) の成長戦略「工程表」●具体化するべき政策手法: ①目標、②法制度(規制改革等)、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等



③次世代熱エネルギー産業の成長戦略「工程表」

- 導入フェーズ：
 1. 開発フェーズ → 2. 実証フェーズ → 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ → 4. 自立商用フェーズ
- 具体化するべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
供給サイド ●メタネーション 合成メタン コスト目標 2050年 40～50円/Nm ³ (=現在のLNG 価格と同等)	2040年頃の商用化に向けた 大規模実証、コスト低減						更なるコスト低減による 導入拡大	商用的拡大 海外への展開
	低コスト化に向けた 新たな基礎技術の開発 （共電解等）						実証による 大規模化、低コスト化	更なるコスト低減による 導入拡大
	水素製造コスト低減に向けた技術開発、実証						段階的拡大 商用的拡大	商用的拡大
	CO₂の分離・回収、活用 （回収技術開発、実証）							
	需要サイドでの CCU/カーボンリサイクル等の導入拡大							
	海外サプライチェーン構築に向けた 調査・実証						海外から国内への 輸送開始・導入拡大	
●水素直接利用	ローカル水素ネットワーク構築、適地の選定、実証						段階的拡大	
需要サイド	産業分野の石炭・石油の大規模需要を中心とした 天然ガス転換・コジェネ導入等の推進							
								合成メタンへの転換
	地域の課題解決と一体となった スマートエネルギーネットワーク（再エネ+コジェネ）の構築							
								合成メタンへの転換
	クレジットでオフセットされたLNGの導入拡大					学生確保(資料) - 283		

④原子力産業の

成長戦略「工程表」

●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ

●具体化するべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
高速炉	○戦略ロードマップに基づく開発		ステップ1 ・民間によるイノベーションの活用による多様な技術間競争を促進		ステップ2 ・国、JAEA、ユーザーがメーカーの協力を得て技術を絞り込み（常陽等の施設を活用）		ステップ3 ・工程の具体化	例えば21世紀半ば頃の適切なタイミングに、現実的なスケールの高速炉の運転開始を期待
	・国際協力を活用した効率的な開発 ・日仏協力(安全性・経済性の向上)・日米協力(多目的試験炉等)							
小型炉 (SMR)	米国・カナダ等で2030年頃までに実用化 →日本企業が海外実証プロジェクトに参画				日本企業が主要サプライヤーの地位を獲得		販路拡大・量産体制化でコスト低減	アジア・東欧・アフリカ等にグローバル展開
高温ガス炉 <small>水素コスト：2050年に12円/Nm³の可能性</small>	HTTR再稼働	HTTRを活用した「固有の安全性」確認のための試験		カーボンフリー水素製造に必要な技術開発			カーボンフリー水素製造設備と高温ガス炉の接続実証	販路拡大・量産体制化でコスト低減
	世界最高温の950℃を出力可能なHTTRを活用した国際連携の推進			高温熱を利用したカーボンフリー水素製造技術の確立（IS法、メタン熱分解法等）			実用化スケールに必要な実証	
核融合	国際協力の下、核融合実験炉（ITER）の建設・各種機器の製作				ITER運転開始 ・核融合反応に向けたプラズマ制御試験		ITER核融合運転開始 ・重水素-三重水素燃焼による燃焼制御・工学試験 ・核融合工学技術の実証	実用化スケールに必要な実証
	・JT-60SAを活用したITER補完実験、 ・原型炉概念設計・要素技術開発				原型炉へ向けた工学設計・実規模技術開発			
	人材育成、学術研究の推進							
	米国、英国等のベンチャーが2030年頃までに実用化目標					海外プロジェクトに日本のベンチャー等が研究開発・サプライヤーとして参画、機器納入		

⑤自動車・蓄電池産業の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ

●具体化するべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年	
電動化の推進・車の使い方の変革	自動車・インフラの導入拡大					<p>2050年のモビリティ社会の理想像 例：移動の安全性・利便性の飛躍的向上、移動時間の活用の革新、「動く蓄電池」の社会実装、モビリティの新たな付加価値の提供 等</p>			
	エネルギー政策と両輪での政策推進								
	蓄電池・燃料電池・モータ等の自動車関連技術・サプライチェーン・バリューチェーン強化								
	車の使い方の変革								
	電動車の普及に向けたアジア等との連携								
	電動車の災害時対応								
燃料のカーボンニュートラル化 (合成燃料(e-fuel)等)	合成燃料の製造技術の開発				大規模製造の実証		導入拡大・コスト低減	自立商用化	ガソリン価格以下のコスト実現
	合成燃料の革新的製造技術の開発								
蓄電池	蓄電池のスケール化を通じた低価格化					<p>新たなエネルギー基盤としての蓄電池産業の競争力強化</p> <p>車載用、定置用など、様々な種類の蓄電池を電力グリッドに接続し、調整力として活用</p>			
	鉱物資源の確保								
	研究開発・技術実証								
	蓄電池のリユース・リサイクルの促進								
	ルール整備・標準化								

⑥半導体・情報通信産業の成長戦略「工程表」(グリーン by デジタル)

- 導入フェーズ：
 - 1. 開発フェーズ
 - 2. 実証フェーズ
 - 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ
 - 4. 自立商用フェーズ
- 具体化するべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
2030年 DX関連市場 2.4兆円達成								
●DX推進	○各産業・企業や地域におけるDXをさらに加速するための方策の検討 ・重点領域(人・物の物理的移動を伴う産業や、大量の電力を使用する産業)のDXによる省エネ化検討					○電化、DXの更なる推進		
●ソフトウェア開発	○次世代クラウドソフトウェア、プラットフォームの研究開発、実証			○実証		○コスト低減等導入支援		
●デジタル技術を用いた省CO ₂ 促進	○デジタル技術の活用による地域の省CO ₂ 化推進のための実証					○コスト低減等導入支援		
2030年 データセンターサービス市場 3兆円、データセンター投資 1兆円規模								
●データセンター国内立地推進	○データセンターの立地促進 ・データセンターの省CO ₂ 化促進/ゼロエミッション・データセンターの先行事例創出/需要家ニーズの醸成 ・インターネットトラフィックの地域分散化					○国内グリーン・データセンターの拡大		
●データセンター早期立地に向けた検討	○データセンターの早期立地に向けた立地計画策定等の政策パッケージの検討		○データセンター国内早期立地のための新たな仕組みの運用開始					
●脱炭素電力非化石証書の購入拡大	○脱炭素電力調達促進に向けた各制度の在り方の検討							
●再エネ導入支援	○電機産業、データセンター等の再エネ導入促進							
2025年 ポスト5G・高度化された5G実用化、拡大 2030年 Beyond 5G 実用化（現在よりも大幅な省エネの実現（100分の1の消費電力））								
●情報通信インフラの高度化	○ポスト5G情報通信システム・高度化された5Gの実用化に向けた研究開発 ○省エネ効果の高い光エレクトロニクスの高度化に向けた研究開発（光チップ、光電コパッケージ、光電融合型プロセス等） ○エッジコンピューティング技術によるデータ処理の省エネ化に向けた研究開発					○設備投資支援		
	○Beyond 5Gの戦略的推進：先行的取組フェーズ ○Beyond 5G実現に向けた要素技術の研究開発					○取組加速化フェーズ		○導入拡大

⑥半導体・情報通信産業の

成長戦略「工程表」(グリーン of デジタル)

●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法： ①目標、②法制度(規制改革等)、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
<p>2025年 次世代パワー半導体等を用いた機器の実証 2030年 パワー半導体の省エネ(50%以上達成)、世界シェア4割 1.7兆円</p>								
●次世代 パワー半導体等 ●電気機器の 省エネ	○最先端パワー半導体の製造拡大のための設備投資支援				○設備投資支援			
	○超高効率次世代パワー半導体(最先端Si、GaN、SiC、Ga ₂ O ₃ 等)の研究開発							
	○超高効率次世代省エネ機器(モーター制御用半導体等)・次世代パワーエレクトロニクス技術(高効率制御等)の研究開発 ・パワーデバイス、回路システム、受動素子等周辺技術の一体的な研究開発 ・デバイスや回路システム等の研究開発に必要な設備整備							
	○次世代モジュール技術(高放熱材料等)の研究開発							
	○次世代受動素子・実装材料(コイル等)の研究開発							
○Siパワー半導体・次世代パワー半導体(GaN等)等の成果を用いて、現時点から応用可能な用途(電動車・データセンター電源・LED等)に係る技術の実証・実装・高度化								
<p>2030年 全ての新設データセンターを30%省エネ化、データセンターの使用電力の一部の再エネ化</p>								
●コンピューティング の省エネ・高度化 ●データセンター の脱炭素電力 活用・省エネ化	○省エネ半導体の製造拡大のための設備投資支援							
	○データセンターの省エネ化に向けた研究開発 HPC等の次世代コンピューティング(光エレクトロニクス等)の研究開発							
	○超分散グリーンコンピューティング技術(ソフトウェアによる省エネ化)の研究開発					○導入支援	○2040年までにデータセンターのカーボンニュートラルを目指す	
	○エッジコンピューティング技術によるデータ処理の省エネ化に向けた研究開発							
	○データセンターの省CO ₂ 化促進/ゼロエミッション・データセンターの先行事例創出/需要家ニーズの醸成(再掲)							
○電機産業、データセンター等の脱炭素電力導入促進(再掲)								
<p>2025年 ポスト5G・高度化された5G実用化、拡大 2030年 Beyond 5G 実用化(現在よりも大幅な省エネの実現(100分の1の消費電力))</p>								
●情報通信インフラ の高度化	○ポスト5G情報通信システム・高度化された5Gの実用化に向けた研究開発							
	○省エネ効果の高い光エレクトロニクスの高度化に向けた研究開発 (光チップ、光電コパッケージ、光電融合型プロセッサ等)					○設備投資支援		
	○エッジコンピューティング技術によるデータ処理の省エネ化に向けた研究開発							
	○Beyond 5Gの戦略的推進：先行的取組フェーズ					○導入拡大		
○Beyond 5G実現に向けた要素技術の研究開発					○取組加速化フェーズ		○設備投資支援	
							○導入拡大	

⑦船舶産業の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ

●具体化するべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
カーボンフリーな代替燃料への転換 ● 燃料電池船 ● EV船 ● ガス燃料船	○水素燃料電池船							
		実証				水素燃料電池船 導入拡大		水素燃料電池船 商用的拡大
	○フルバッテリー船							
		実証				ゼロエミッションEV船 導入拡大		ゼロエミッションEV船 商用的拡大
	○水素・アンモニア燃料船 ・水素燃料エンジン ・アンモニア燃料エンジン	技術開発				実証 2025年より前に実証開始	水素・アンモニア 燃料船 導入拡大	
		革新的燃料タンク 燃料供給システム	技術開発		実証			
LNG燃料船の効率化 ● 技術開発・導入 ● 風力推進等との組み合わせ	○LNG燃料船 ・革新的燃料タンク ・燃料供給システム							
		技術開発	水素・アンモニア燃料船 にも応用可能		実証			
	・風力推進	技術開発				超高効率LNG燃料船 + 風力推進船 導入・拡大		超高効率LNG+風力推進船* 商用的拡大 *CO ₂ 排出削減率86%、再生メタン活用でゼロエミッション
枠組の整備 ● 新造船 ● 現存船 ● 船社、船主	○新造船							EEDIの更なる規制強化（未定）
	○現存船							EEXI・燃費実績格付け制度の見直し等（未定）
							○船舶、船主等	経済的手法（例：燃料油課金）の導入による研究開発、普及等の促進（未定）
内航海運の低・脱炭素化に向けた議論を踏まえ必要な制度構築を含めた取組の推進								

⑧ 物流・人流・土木インフラ産業の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ

●具体化するべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年	
①カーボンニュートラルレポート	○カーボンニュートラルレポート（CNP）の形成					★目標(2050年時) 港湾におけるカーボンニュートラルの実現			
	CNP形成マニュアル策定		CNP形成計画に基づく取組を進める港湾等において重点的な実証			CNP形成の全国への展開			
	陸電・自立型水素等電源導入実行可能性調査	実装・陸上電力供給電源のCN化			CN化実装・コスト低減		陸上電力供給のCN化導入拡大		
	港湾荷役機械・大型車両等のFC化実行可能性調査				実証	自立型水素等電源、荷役機械・大型車両等のFC化導入拡大			
	LNGバンカリング拠点の拡大		LNGバンカリング拠点の利用促進等			水素・アンモニア燃料船商用的拡大に対応した燃料供給体制の整備			
	水素・アンモニア燃料船への燃料供給等技術開発			実証		燃料供給体制整備導入拡大			
	港湾・臨海部に立地する事業者の脱炭素化の取組み、実証支援					全国での港湾立地企業の脱炭素化展開			
②スマート交通の導入、自転車移動の導入促進	○MaaSの普及促進など公共交通等の利便性向上					マイカーだけに頼らず移動できる社会の実現			
	MaaSの導入に向けた実証		移動に求められる様々なニーズに対応できるMaaSの普及			★目標(2050年時)：環境負荷の低減が図られた移動手段の確保、CO ₂ 排出の少ない輸送システムが導入された社会の実現			
	移動サービス、データ利活用の更なる進化の検討								
	地域公共交通の確保・維持、計画策定の促進								
	まちづくりと連携した、電動化、自動化によるCO ₂ 排出の少ない公共交通等の輸送システムの導入								
③グリーン物流の推進、交通ネットワーク・拠点・輸送の効率化・低炭素化の推進	○モダルシフト、共同輸配送、物流標準化、物流施設の低炭素化の推進、交通流対策、ダブル連結トラック等による物流の効率化								
	○新技術を用いたサプライチェーン全体の輸送効率化		関係事業者が連携したサプライチェーン全体の効率化に向けた取組をモデル的に実証			連携してサプライチェーン全体の輸送効率化に取組む事業者に対する評価制度の導入		連携してサプライチェーン全体の輸送効率化を図る取組みの普及・一般化	
	○燃料電池鉄道車両の開発・導入		FC鉄道の車両の技術基準・地上設備の性能要件明確化		関連基準・規制の見直し		コスト低減		
	実証試験			総合水素ステーションの設置に関する検討			コスト低減		
	○エコアポート・空港の脱炭素化の推進								
	GPU導入拡大、空港施設のLED化等の省エネ導入拡大、空港車両のEV・FCV化等グリーンエネルギー車両の導入拡大、再エネ拠点化の推進								
	○航空交通システムの高度化								
	RNAV経路導入空港の拡充		時間管理を含むより柔軟な出発・到着経路に向けた検討			導入空港の拡充		全飛行フェーズでの運航改善の実現	
	管制システム及び運航者（エアライン）システムの設計に必要な国際基準策定・研究開発					運用前評価・段階的なシステム導入			
	○ドローン物流の実用化								
ドローン物流の離島や山間部等における荷物配送ビジネスの実用化の推進			都市を含む地域におけるドローンによる荷物配送の実現・展開						
ドローン、空飛ぶクルマの性能向上、大型化、遠隔複数機体運航の実現に係る技術開発				技術実証		導入支援			

⑧ 物流・人流・土木インフラ産業の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
④インフラ・都市空間等でのゼロエミッション化	<ul style="list-style-type: none"> ○道路照明の省エネ化、太陽光発電等導入検討、電動車の普及促進支援 ○省エネ化・高度化等新たな道路照明技術の開発 ○太陽光発電等の再生可能エネルギー導入推進の検討 ○給電システムを埋め込む道路構造の開発 ○EV充電器の公道設置の必要性及び課題への対応策の検討 ○EV充電施設への案内サインの整備促進 ○下水熱の利用 ○最新の気象予測を活用した未利用水力エネルギーの活用促進 ○コンパクト・プラス・ネットワークの推進 ○都市における脱炭素化 ○都市公園への再生可能エネルギーの導入推進 ○グリーンインフラの社会実装 ○Eco-DRRの社会実装 ○2027年横浜国際園芸博覧会の開催 	<ul style="list-style-type: none"> ○新たな道路照明技術の実証 ○給電システムを埋め込む道路構造の開発 ○EV充電器の公道設置の必要性及び課題への対応策の検討 ○EV充電施設への案内サインの整備促進 ○官民連携プロジェクトによる案件形成支援 ○最新の気象予測技術の活用により、洪水対応に支障のない範囲でできるだけ発電に活用しながら放流するなど、ダム運用改善の実現可能性の検証 ○コンパクト・プラス・ネットワークの更なる推進 ○都市公園への再生可能エネルギーの導入を推進する。 ○グリーンインフラに関する技術開発、地域モデル実証等 ○Eco-DRR適地のマップ化手法検討 ○関連法律の制定や実施主体となる博覧会協会等の設立等の準備を進め、グリーンインフラを実装し民間資金を活用した持続可能なまちづくりのモデル等の国内外への発信に資する取組の推進 	<ul style="list-style-type: none"> ○新たな技術の導入促進 ○道路照明省エネ化・高度化の推進 ○開発状況に応じて実証 ○EV車の普及状況に応じて自立商用化 ○下水熱利用技術の普及拡大 ○導入ダム数の拡大 ○コンパクト・プラス・ネットワークの更なる推進 ○地域への導入支援 ○SDGs達成やグリーン社会に向けた持続可能なまちづくりのモデルの実現・主流化を推進 	<ul style="list-style-type: none"> ○開発・実証状況に応じて導入 ○導入拡大・コスト低減フェーズ ○自立商用フェーズ 				
⑤建設施工におけるカーボンニュートラルの実現	<ul style="list-style-type: none"> ○施工の効率化・高度化 ○ディーゼルエンジンを基本とした燃費性能の向上 ○油圧ショベル等、ホイールクレーン、革新的建設機械の導入拡大 ○調査分析・検討 	<ul style="list-style-type: none"> ○ICTを活用した施工の効率化 ○燃費性能の優れた建設機械の普及促進 ○現場導入試験 	<ul style="list-style-type: none"> ○（直轄・地公体工事におけるICT施工の普及促進） ○（燃費基準値の改定・機種拡大） ○可搬型建設機械等 ○小型油圧ショベル等 	<ul style="list-style-type: none"> ○目標(2050年時)建設施工におけるカーボンニュートラルの実現 ○使用原則化(直轄事業) 				

●目標規模
2050年
571万CO₂トン
→0(ゼロ)

⑨ 食料・農林水産業の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
CO ₂ 吸収・固定	○エリートツリー等の開発・普及 優良系統の探索・選抜、優良形質遺伝子の解析、優良形質個体選抜の効率化・高速化						エリートツリー等の苗木生産の実証	優良品種による再生林の普及拡大
	○高層建築物等の木造化・バイオマス由来素材 高層建築等の木質建築部材の開発、国産材高度利用技術の開発						高層木造建築物等の技術の確立	高層木造建築物等の普及
	CNF(～2023年)、改質リグニン(～2024年)等を利用した高機能材料、それに続く木質由来新素材の開発							
	企業によるプラント実証 ※一部材料は2020年度より実証・普及開始						バイオマス由来素材製品の普及	
	○バイオ炭 バイオ炭資材の特性評価、GHG収支等への影響把握、施用技術の開発					LCAの実施、バイオ炭規格の整備		バイオ炭資材の普及、国内外で農地の炭素貯留量を拡大
	○有機農業の取組面積拡大、化学農薬・化学肥料の低減 物理・生物学的病害虫防除法の確立、病害抵抗性品種の育成、AIによる土壌診断技術の開発 ※病害虫の画像診断技術等、既存技術は2022年ごろから普及・実用化						次世代有機農業技術の実証・確立	次世代有機農業技術体系の普及
	○ブルーカーボン等 藻場・干潟の造成・再生・保全技術の開発					藻場・干潟の造成・再生・保全技術の実証		藻場・干潟の拡大によるブルーカーボンの増大
	水素酸化細菌の大量培養技術の開発						水素酸化細菌の商業利用促進	

⑨食料・農林水産業の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年	
温室効果ガス排出削減 エネルギー調達及び生産から流通・消費段階	○地産地消型エネルギーシステム構築								
	営農型太陽光発電、バイオマス・小水力発電等による地産地消型エネルギーマネジメントシステムの構築						VEMS(農山漁村の地域に合わせたエネルギーマネジメントシステム)の実証	VEMSの導入を拡大	
	○農林業機械・漁船の電化・水素化								
	農林業機械・漁船の電化・水素化を推進						電化システム等を実証	電化システム等の普及・拡大	
	○化石燃料を使用しない施設への移行								
	高速加温型ヒートポンプ、高効率蓄熱・移送技術、放熱抑制技術の開発、超精密環境制御施設の開発						新技術の低コスト化に向けた実証	新技術の普及・拡大	
	○家畜由来メタン・N ₂ Oの排出削減								
	飼料利用性の高い家畜への改良（～2040年まで開発、2040年後半から実証、2050年から社会実装）、AIやICT等を活用した飼養管理技術の高度化、ルーメン微生物の制御技術の開発						家畜飼養管理技術等の実証	家畜飼養管理技術等の普及・拡大	
	GHG削減飼料の開発								
	○スマートフードチェーン								
	フードチェーン情報公表JAS（仮称）を含め、スマートフードチェーン基盤技術の開発・実証						フードチェーン情報公表JAS（仮称）を含め、スマートフードチェーンの運用開始、民間企業等による活用		
	○事業系食品ロスの削減、食品の製造システムの自動化・リモート化								
	保存性に優れた新食素材の開発、AI等による食品製造の自動化・リモート化に係る研究開発					食ロス削減技術、食品製造システムの実証	食ロス削減技術、食品製造システムの普及		
	○持続可能な消費の拡大								
	消費者行動の変容（見た目重視の商品選択の見直し、地産地消の推進、食品ロス削減）								
○有機農業の取組面積拡大、化学農薬・化学肥料の低減（再掲） ○高層建築物等の木造化・バイオマス由来素材（再掲） ○木材の生産流通の効率化									
自動化機械や森林クラウドと整合したICT生産管理システム等の開発、センシング技術を活用した造林作業の低コスト化・省力化						総合的なスマート林業技術の実証	スマート林業技術の普及		
○水産資源の適切管理									
養殖魚種の人工種苗生産技術の開発、魚粉代替原料の開発						養殖魚種の人工種苗生産技術、魚粉代替原料の実証	天然資源に負荷をかけない持続可能な養殖生産の推進		
新たな資源管理の推進に向けたロードマップに沿った取組を実施					新たな資源管理システムの構築	水産資源の適切な資源管理を実施 我が国周辺水産資源の回復 漁獲量を2010年と同程度（444万トン）まで回復	持続可能な漁業を実現 国民への水産物の安定供給 水産業の成長産業化		

★目標(2050年時)
農林水産業における化石燃料起源のCO₂のゼロエミッションを実現

⑩航空機産業の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ

●具体化するべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年	
輸送	★規制 国際航空に関し、ICAOにより2019年比でCO2排出量を増加させないことを制度化（2021～2035年）					★目標 2050年時点でCO ₂ 排出量を2005年比半減(IATA目標)			
●電動化	装備品電動化の研究開発					技術実証	技術搭載・採用拡大		
	推進系電動化（ハイブリッド電動）の研究開発					技術実証	技術搭載・採用拡大		
	※ 電動化技術は小型機から順次搭載可能性（2020年代後半～）								
●水素航空機向け技術開発	水素航空機向けコア技術の研究開発					技術実証	技術搭載・導入拡大		
●軽量化効率化	エンジン効率化の研究開発（素材や設計等）					技術実証	技術搭載・採用拡大		
	機体構造向け炭素繊維複合材の研究開発					技術実証	自立的拡大		
	※ エンジン、電動化、水素関連技術は一部補完関係あり								
	上記項目での欧米との国際連携を強化								
●ジェット燃料	【ガス化FT合成】様々な原料の品質を均一化する破砕処理技術の開発を継続 【ATJ】高温状態の触媒反応の制御技術の開発を継続 【微細藻類】CO ₂ 吸収効率の向上や藻の安定的な増殖による生産性向上、品質改良の技術開発を継続 等					SAF（代替航空燃料、Sustainable Aviation Fuel）の国際市場の動向に応じて、国内外において、航空機へ競争力のあるSAFの供給拡大			
コスト目標 2030年 100円台/L (=既製品と同等)	合成燃料の製造技術の開発 ・既存技術（逆シフト反応+FT合成プロセス）の高効率化 ・製造設備の設計開発					大規模製造の実証		導入拡大・コスト低減	
	合成燃料の革新的製造技術の開発 ・CO ₂ 電解（+水電解）+FT合成プロセスの研究開発 ・共電解+FT合成プロセスの研究開発 ・直接合成（Direct-FT）プロセスの研究開発							自立商用	

⑪カーボンリサイクル・マテリアル産業

●導入フェーズ:

1. 開発フェーズ

2. 実証フェーズ

3. 導入拡大・コスト低減フェーズ

4. 自立商用フェーズ

(カーボンリサイクル)の成長戦略「工程表」

●具体化するべき政策手法: ①目標、②法制度(規制改革等)、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

※代表事例を記載	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
●コンクリート コスト目標 2030年 30円台/m ³ (=既製品と同等)	・2025年日本国際博覧会における導入を検討 ・新技術に関する国交省データベースにCO ₂ 吸収型コンクリートを登録し、地方自治体による公共調達を拡大 さらに、 <u>道路、建物等</u> への導入による販路拡大、コスト低減					・大規模な国際展示会でのPR等を行い、 途上国等へも販路拡大 ・知財戦略を通じた ライセンス事業形態 の活用によるシェア獲得・拡大	・設備導入コスト低減・補助金等による 導入支援 ・ 国内メーカー、アジアメーカーへの技術展開 ・海外企業への ライセンスビジネスの展開	
●セメント 国内キルン全機導入	・ 防錆性能を持つコンクリート の技術開発	・ 防錆性能を持つコンクリートの実証			・CO ₂ 吸収量の増大と低コスト化を両立させた新技術・製品の開発			・新技術を活用した製品の実証
●カーボンリサイクル燃料 コスト目標 2030年 100円台/L (=既製品と同等) (i) 代替航空燃料(SAF)	・2030年頃の商用化に向けた 大規模実証、コスト低減 ・国際航空に関し、 ICAO により、2019年比でCO ₂ 排出量を増加させないことが制度化(2021～2035年) (※ICAO:国際民間航空機関)					・ SAFの国際市場の動向 に応じて、国内外において、航空機へ競争力のあるSAFの 供給拡大	導入拡大・コスト低減	
(ii) 合成燃料	【ガス化FT合成】 様々な原料の品質を均一化する破砕処理技術の開発を継続 【ATJ】 高温状態の触媒反応の制御技術の開発を継続 【微細藻類】CO ₂ 吸収効率の向上や藻の安定的な増殖による 生産性向上、品質改良の技術開発 を継続 等							大規模製造の実証
(iii) 合成メタン コスト目標 2050年 40～50円/Nm ³ (=現在のLNG価格と同等)	2040年頃の商用化に向けた 大規模実証、コスト低減					更なるコスト低減による 導入拡大	商用的拡大	
(iv) グリーンLPG	低コスト化に向けた 新たな基礎技術の開発 (共電解等)					実証による 大規模化、低コスト化	更なるコスト低減による 導入拡大	
	海外サプライチェーン構築に向けた 調査・実証					海外から国内への 輸送開始・導入拡大	商用的拡大	
	触媒等の実証試験に必要な 基盤技術の開発					★目標(2030年時) グリーンLPGの商用化	★目標(2050年時) LPGにおけるカーボンニュートラルの実現	
	商用化に向けた 実証 学生確保(資料) - 294					コスト低減	グリーンLPGガス合成技術の普及拡大	

⑪カーボンリサイクル・マテリアル産業

●導入フェーズ:

1. 開発フェーズ

2. 実証フェーズ

3. 導入拡大・コスト低減フェーズ

4. 自立商用フェーズ

(カーボンリサイクル) の成長戦略「工程表」

●具体化するべき政策手法: ①目標、②法制度(規制改革等)、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

※代表事例を記載	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
<p>●カーボンリサイクル 化学品 コスト目標 50年100円台/kg (=既製品と同等)</p> <p>(人工光合成によるプラスチック原料)</p> <p>コスト目標 既製品と同等</p> <p>(廃プラスチック・廃ゴムやCO₂直接合成等のプラスチック原料)</p> <p>コスト目標 既製品と同等</p> <p>(バイオ技術による化学品)</p>								
	<p>・プラスチック原料製造の大規模実証に必要な生産性の高い光触媒を開発</p> <p>・関連規制の保安・安全基準に関する検討</p>						<p>・大規模実証</p>	<p>・コスト低減・補助金等による導入支援</p>
	<p>・廃プラスチック・廃ゴムやCO₂からより機能性を向上させた化学品の製造技術を開発</p>							<p>・コスト低減・補助金等による導入支援</p>
						<p>・実証</p>	<p>導入拡大・コスト低減</p>	<p>商用的拡大</p>
							<p>・実証</p>	<p>導入拡大・コスト低減 商用的拡大</p>
<p>●分離回収 コスト目標 (/CO₂t) 低圧ガス: 30年2千円台 高圧ガス: 30年千円台 DAC: 50年2千円台 目標規模 50年 世界で約25億CO₂t</p>	<p>○排ガス由来</p> <p>・高効率なCO₂分離回収技術を開発し、コスト低減</p>					<p>・大規模実証</p>		<p>・更なるコスト低減による導入拡大</p>
	<p>○大気由来(DAC)</p> <p>・ムーンショット型研究開発制度等を活用した、大気からのCO₂直接回収(DAC)技術の研究開発(エネルギー効率向上、コスト低減)</p>						<p>・実証による更なる低コスト化</p>	<p>・さらなる低コスト化・補助金等による導入拡大</p>

⑪カーボンリサイクル・マテリアル産業 (マテリアル)の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ

●具体化するべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年	
金属素材	輸送用機械の軽量化・高速化・電動化に資する金属素材を開発					導入・拡大	商用的拡大		
	社会インフラ設備（洋上風力、水素貯留、ケーブル等）の性能向上と低コスト化に資する金属材料の開発					導入・拡大	商用的拡大		
精錬・圧延手法	COURSE50（水素活用等でCO ₂ ▲30%）の大規模実証					導入支援			
	水素還元製鉄、電炉拡大の技術開発					実証	技術確立	導入支援	
	精錬、圧延、加工プロセスの省エネに必要な基礎技術の開発					実証	導入・拡大		
	国際的協力枠組の構築（過剰生産能力への対応、メタルプレッドの確保）、開発した省エネ・CO ₂ 削減技術が適切に評価される国際標準の策定を推進								
資源の有効利用	希少金属（レアメタル、レアアース等）を抽出・回収し、再利用・再資源化するリサイクル技術の開発					実証	導入・拡大		
	強度や靱性を高めた高強度材料による構造物の長寿命化技術の開発					実証	導入・拡大		
	アルミスクラップをアップグレードするリサイクル技術の開発					実証	導入・拡大		
熱源の脱炭素化	燃焼特性にあわせた製造設備の開発					実証	導入・拡大		
石油化学コンビナートの脱炭素化	燃焼特性にあわせた製造設備（ナフサ分解炉等）の開発					実証	導入・拡大		
	石油精製プロセスへのCO ₂ フリー水素等の導入実証						導入・拡大		

⑫住宅・建築物産業・次世代電力マネジメント産業
 (住宅・建築物)の成長戦略「工程表」

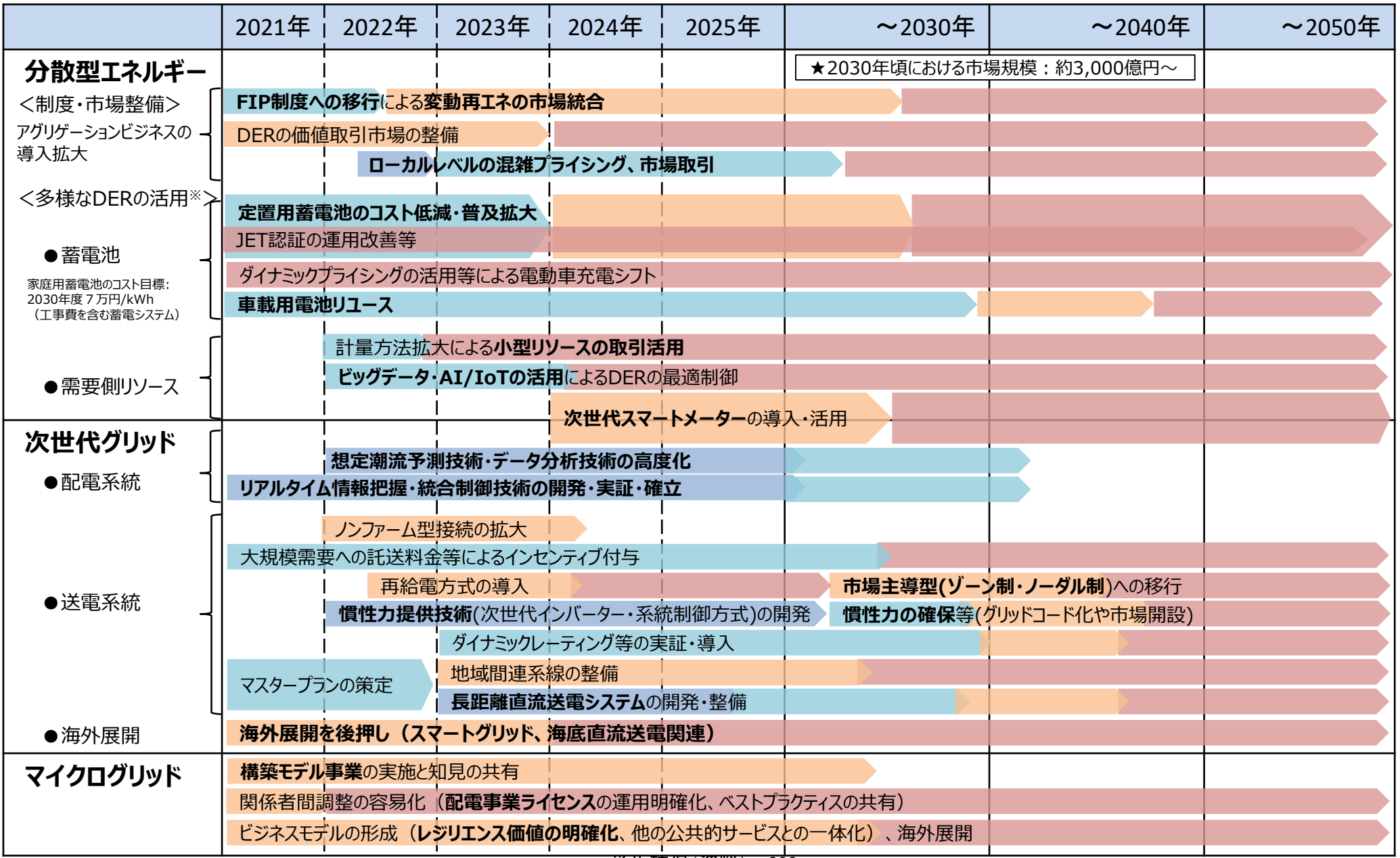
●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ

●具体化するべき政策手法： ①目標、②法制度(規制改革等)、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
制御・エネマネシステム ●AI・IoT等を活用したエネマネ	アグリゲーターや配電事業などの新たなビジネスを促すための制度整備及び実証支援 エネルギーマネジメントの導入強化に向けた規格・基準の整備					エネルギーの最適利用促進に向けた制度の見直し	AI・IoT等を活用した安全・便利・経済的なくらしの実現	
EV等の普及については、自動車・蓄電池の実行計画を参照								
高性能住宅・建築物 ●住宅・ZEH ●建築物・ZEB	広報等による認知度の向上や事業者等支援、太陽光発電や蓄電池の導入促進等を通じたZEHの普及拡大 ZEH-Mの実証					★目標(2030年時) ・新築住宅/建築物の平均でZEH/ZEB	次世代太陽電池を搭載したZEH・ZEBの実証・実用化 消費者等が負担する光熱費の大幅な低減 ヒートショック防止による健康リスクの低減	
省エネ性能の高い住宅・建築物の普及、省エネリフォームの拡大						住宅を含む省エネ基準の適合義務づけ等の規制措置の強化		
ZEBの実証 広報等による認知度の向上や事業者等支援、太陽光発電や蓄電池の導入促進等を通じたZEBの導入拡大						太陽光発電等の再エネ導入を促す制度整備		
ISO策定		ASEAN等への海外展開に向けたZEBの実証及び横展開				自立的海外展開		
国際標準を活用した他国製品との差別化								
木造建築物	建築基準の合理化 CLT等を活用した先導的建築物の整備促進 設計者向けの講習会等の実施					木造建築物の普及・拡大のための支援	木造建築物の普及	
建材・設備等 ●高性能建材・設備	トップランナー制度による性能向上・基準の見直し				機器・建材トップランナー基準の更なる強化			
評価や表示制度の明確化								
実証を通じた次世代建材の性能向上						次世代建材の普及拡大		

⑫住宅・建築物産業・次世代電力マネジメント産業
 (次世代電力マネジメント)の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ
 ●具体化するべき政策手法： ①目標、②法制度(規制改革等)、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等



⑬ 資源循環関連産業の成長戦略「工程表」

- 導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ
- 具体化すべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年	
	循環経済への移行									
Reduce・Renewable	循環経済への移行も進めつつ、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする									
	○リデュース	食ロス削減、サステナブルファッション、ワンウェイプラスチックの削減...								
	○Renewable	代替素材化（製品のバイオマス化・再生材利用等）の技術開発・実証		代替素材化（製品のバイオマス化・再生材利用等）による製品の自立的普及拡大						
		代替素材化（製品のバイオマス化・再生材利用等）導入拡大								
Reuse・Recycle	○リサイクル	リサイクル技術の技術開発・実証			リサイクル技術の普及拡大					
		リサイクル技術の導入、コスト低減								
	○焼却施設排ガス等の活用	焼却施設排ガス等のCO ₂ を活用したプラスチック原料等の製造実証・焼却施設の最適化等を通じた回収率向上					更なるコスト低減による導入拡大			
		コスト低減								
Recovery	○エネルギー回収の高度化・効率化	焼却施設の運転効率向上、生活系生ごみの大規模バイオガス化技術の確立、発電効率向上、バイオマス資源（下水道バイオマス・伐採木等）の活用拡大				メタン発酵エネルギー回収の向上、消化液等の有効活用		有機性廃棄物の一体処理によるコスト低減策の検討		先進事例の横展開、低コスト化
		先進事例の横展開								
	○回収したエネルギー利用の高度化・効率化	排熱利用型地域熱供給、オフライン熱輸送の向上等				エネルギー回収の全体効率の向上策、導入拡大策の検討		低コスト化		
		先進事例の横展開								

⑭ ライフスタイル関連産業の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
住まい・移動のトータルマネジメント	家庭でのカーボンニュートラル（脱炭素プロシューマー）の拡大 ○ZEH・ZEB、需要側機器、地域再生可能エネルギー、EV/FCV等を組み合わせたトータルマネジメント							★目標 2050年までに、カーボンニュートラルで、かつレジリエントで快適な暮らしを実現
	住まい・移動の脱炭素化を実現する脱炭素プロシューマーを拡大 需要近接型再エネ電気・熱の実証・社会実装・普及					脱炭素型の住まい・移動への転換コスト低減	脱炭素プロシューマーの一般化	
	需要側機器や水素化等による柔軟性確保					コスト低減	再エネ主力化と柔軟性確保の確立	
	直流給電等による住宅・建築物間のネットワーク化 電気・熱・モビリティのセクターカップリング					コスト低減	地域特性に応じた自律分散型エネルギーシステムの確立	
行動変容等	○ナッジ、BI-Tech BI-Techの技術実証		個人・世帯・コミュニティの特性に応じた ライフスタイル提案・適正規模のサービス提供				ナッジ、BI-Tech等による意識変革・行動変容の拡大	
	○デジタル化（中小企業・個人のCO ₂ 削減のクレジット化促進、都市炭素マッピング等） ブロックチェーンを用いたJ-クレジット取引市場の創出検討					J-クレジット取引市場の運用開始	取引の拡大、脱炭素プロシューマーの一般化	
	都市炭素マッピング開発等			実証・段階的導入		ビジネスモデルの確立	標準化等汎用化手法の検討	
科学基盤	○シェアリング、 EVを始めとする多様なシェアリングの先行事例創出					ビジネスモデルの確立	自立商品化による全国展開	
	○削減効果検証等のための科学的知見の充実 観測・モデル開発による研究開発				実証・段階的導入		GHG削減に効果的な技術抽出・成果の展開	標準化等の検討、脱炭素社会実現へのシナリオ提案、ネガティブエミッション評価
	地域の脱炭素化等のための分野横断的な知見の創出と 大学等間・産学官の連携強化に係る体制整備					地域モデルの確立等	地域モデルの全国展開、標準化等の検討	