

# Watching

2021. 6 No. 320

## 特集

- COVID-19のこれまでとこれから ..... 1  
次世代人工知能発展計画が牽引するデジタル中国 ..... 7

## ハイライト

- ドイツ政権に「緑」は戻ってくるのか ..... 11  
WTO委員会でEUの炭素国境調整を議論 ..... 13  
CNに向けた温対法改正と30年目標 ..... 15  
企業に環境への配慮を促す銀行融資 ..... 17  
脱炭素社会に向けた暮らしの中での取り組み ..... 18  
脱炭素社会に向けた合成燃料の是非 ..... 20  
加速する熱電変換材料開発 ..... 22  
カーボンニュートラルに向けた製鉄業の取り組み ..... 24  
CO<sub>2</sub>捕獲技術の実用化に向けた進展 ..... 26  
廃プラのケミカルリサイクルとバイオプラの進展 ..... 28  
持続可能な宇宙産業への挑戦 ..... 30  
人間の腸内細菌叢、他生物の腸内細菌叢 ..... 33  
技術流失対策強化と機微技術含む技術の必要性 ..... 34  
ECサイトで広がる後払い決済サービス ..... 35  
女性活躍を推進する力を問われる日本企業 ..... 36  
コロナで可視化される外国人労働者への人権侵害 ..... 38  
ARC活動報告・予定(4月～) ..... 39



株式会社 旭リサーチセンター

## A R C 作成：主要経済指標の天気マップ

	四半期別推移											月別推移		
	2018年		2019年				2020年			2021年		2021年		
	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	1	2	3
鉱工業生産														
第3次産業活動														
家計実質 消費支出														
乗用車 新規販売台数														
機械受注 (除:船舶、電力)														
公共工事・ 受注金額														
新設住宅・ 着工戸数														
輸出・数量指数														
実質賃金														
新規求人数														

注1：天気マーク☀️は前年比3%以上、☁️は前年比0%~3%、☁️は前年比▲3%~0%、☔️は前年比▲3%超を基準にしている。

注2：四半期別推移Iは1~3月、IIは4~6月、IIIは7~9月、IVは10~12月。

注3：月別推移は異常値補正のため、前月、前々月との3ヵ月平均値を使用している。

注4：各指標の数字は2021年5月16日時点での入手可能なデータに基づく。

## 2020~2023年度の政策委員の大勢見通し

前年度比%、< >内は政策委員見通しの中央値

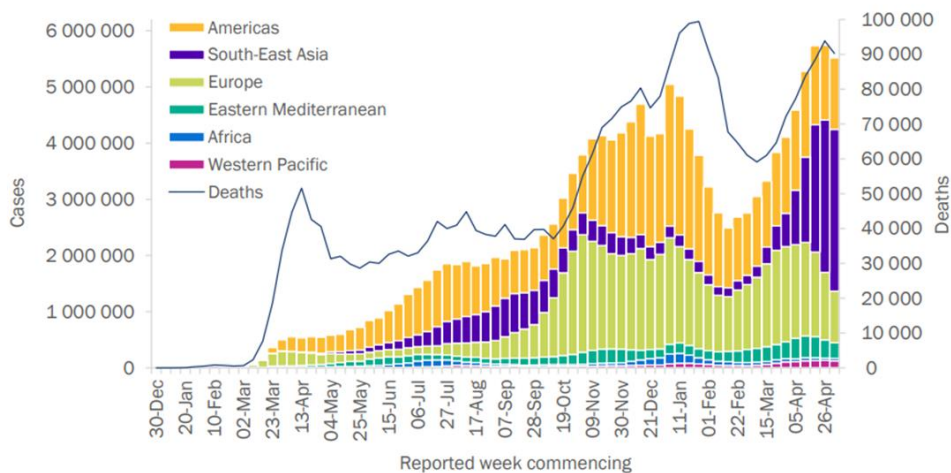
	実質GDP	消費者物価指数 (除く生鮮食品)
2020年度	-5.0~-4.9 <-4.9>	-0.4
1月時点の見通し	-5.7~-5.4 <-5.6>	-0.7~-0.5 <-0.5>
2021年度	+3.6~+4.4 <+4.0>	0.0~+0.2 <+0.1>
1月時点の見通し	+3.3~+4.0 <+3.9>	+0.3~+0.5 <+0.5>
2022年度	+2.1~+2.5 <+2.4>	+0.5~+0.9 <+0.8>
1月時点の見通し	+1.5~+2.0 <+1.8>	+0.7~+0.8 <+0.7>
2023年度	+1.2~+1.5 <+1.3>	+0.7~+1.0 <+1.0>

(注)2020年度の消費者物価指数(除く生鮮食品)は実測値  
(出所：日銀展望レポート2021年4月)

## COVID-19のこれまでとこれから

### ◆世界で1億6,000万人以上の感染者と330万人を超える死者

2019年12月に中国武漢市で発生が初報告された新型コロナウイルス感染症（COVID-19）は、急速に世界中に拡大し、世界保健機構（WHO）は20年3月、パンデミック（世界的流行）を宣言した。09年の新型インフルエンザ（H1N1、通称豚インフルエンザ）以来の宣言となる。その後、COVID-19は世界各地で収束と流行を繰り返し、累計で1億6千万人の感染者と330万人を超える死者が発生する状況となっている（図1、21年5月13日時点）。



（WHO weekly report より抜粋）

図1 世界のCOVID-19感染者と死者の推移

1918年のスペインかぜ（世界人口の25～30%が感染、推定死者数4,000万人）以来の深刻なパンデミックとなった。しかし、当時はワクチン（1950年代に実用化）も抗生物質（1940年代に実用化）も存在しない時代であり、ワクチンと抗生物質が入手可能となった第二次世界大戦後では、COVID-19は最悪のパンデミックとなっている（1957-8年のアジア風邪では約100万人の死者）。

日本においては、20年2月にクルーズ船ダイヤモンドプリンセス号内で武漢株（A株）による集団感染が発生、20年3～4月には欧州株（B.1.1.114株）が流行し、政府は7都道府県に緊急事態宣言を発出した。いったん収束したかに見えたが、20年8月に感染は再拡大（B.1.1.284株）した。その後、感染が収束しないま

ま、3度目の感染拡大（B.1.1.214株）が生じ、21年1月、政府は1都3県に2度目の緊急事態宣言を発出した。21年2月に入って、流行はやや沈静化した。英国株（B.1.1.7株）による感染が拡大し、21年4月、3度目の緊急事態宣言が発出されて現在に至っている（図2、21年5月12日時点）。

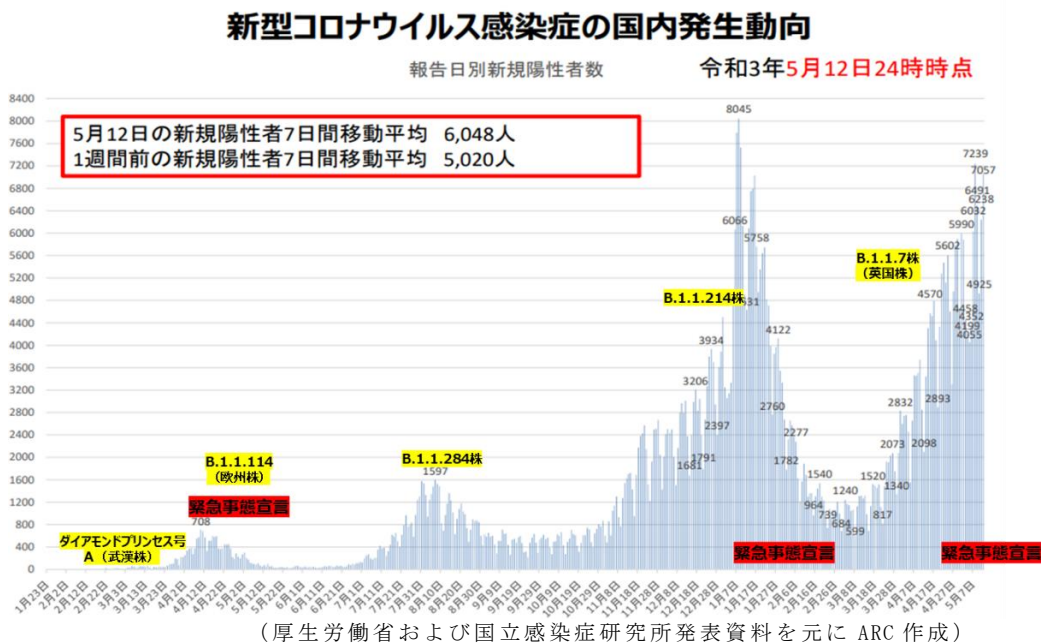


図2 COVID-19の日本国内発生動向と流行株

◆ COVID-19のインフルエンザを超える致死性、感染力と無症状者による感染

COVID-19の致死率は当初の7～8%から、治療法の改善により、2%弱まで減少したが、(季節性)インフルエンザの0.1%以下より、はるかに高い(表1)。また、COVID-19は高齢者における致死率が高い。インフルエンザの場合、死者のうち60歳以上の占める割合は約3割だが、COVID-19の場合、60歳以上の占める割合は9割を超え、高齢者にとっての脅威となっている。

COVID-19の感染しやすさは、インフルエンザを上回る。感染防止対策が行われた20から21年の冬にインフルエンザは全く流行しなかった。感染経路も少し異なる。インフルエンザウイルスは上気道細胞に感染し、咳やくしゃみで拡がるのに対し、新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)は、上気道細胞だけでなく口腔内の細胞にも感染し、唾液を通して会話やカラオケなどによっても感染する(表1)。

また、インフルエンザは発症24～72時間後に、ウイルス排出量のピークを迎えて他人に感染させるため、無症状者による感染は10%程度である。一方、COVID-

19では発症時にウイルス排出量がピークとなり、発症前から他人に感染させるため、半数以上が無症状者による感染と考えられている（表1）。

そのため、インフルエンザで有効な、発症患者の迅速な発見と隔離（休校や登校・出勤制限）では不十分で、無症状感染者による感染拡大を前提とした、発症の有無に関わらない、全員のマスクの着用と社会的距離の確保、会食や会議、イベントを行わないことが求められる。つまり、COVID-19の感染拡大防止には、社会的な活動の制限が必要で、このことがCOVID-19の収束を難しくしている。

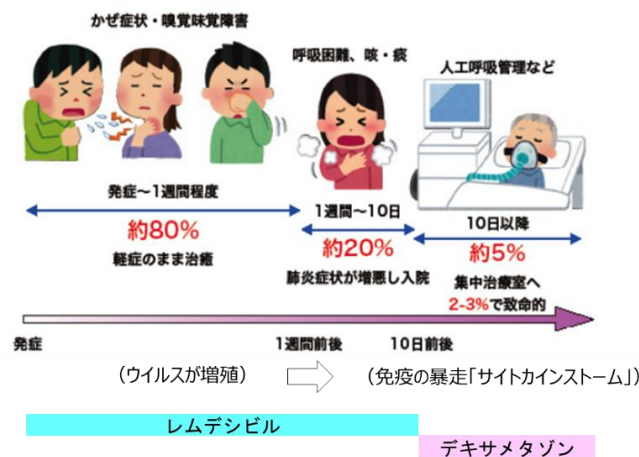
表1 COVID-19 とインフルエンザの違い

	COVID-19	季節性インフルエンザ
ウイルス種類	RNAウイルス(29.9kb)	RNAウイルス(13.5kb)
感染経路	飛沫・空気(せき、くしゃみ、会話)、接触	飛沫・空気(せき、くしゃみ)、接触
感染細胞	呼吸器細胞、口腔細胞、消化管細胞など	上部気道上皮細胞
潜伏期間	5日前後(2~11日)	2日前後(1~3日)
感染可能期間	発症2日前から発症後7~10日間程度 感染の半数以上が無症状者から	発症1日前から発症後3~5日間程度 感染のほとんどが有症状者から
致死率	1.9%(80代以上12%)	0.1%以下

(厚生労働省「COVID-19 診療の手引き」などを参考に ARC 作成)

◆ COVID-19の発症経過（味覚と嗅覚の喪失とサイトカインストームによる重症化）

COVID-19は、感染しても、約半数が無症状で終わる。発症すると発熱やせきなどインフルエンザによく似た症状が生じる。口腔内細胞などに感染するため、味覚障害や嗅覚障害を伴うことがある。発症しても、約80%は軽症のまま治癒するが、約20%が悪化し肺炎となる。全体の約5%が重症化し、自発呼吸が困難となり、人工呼吸器が必要となる（図3）。



(厚生労働省「COVID-19 診療の手引き」などを参考に ARC 作成)

図3 COVID-19 発症の経過と治療法



体内のウイルス量は発症時にピークとなり、その後徐々に減少する。重症化するのには、ウイルスが原因ではなく、免疫を活性化するサイトカインと呼ばれる物質が過剰に分泌され、暴走した免疫細胞が肺などの臓器を障害するためだ（サイトカインストーム）。感染前期には免疫増強、後期には免疫抑制が必要となる。

◆ 中軽症者に有効な抗ウイルス薬と抗体薬、重症者に有効な抗炎症薬

20年4月末時点で、厚生労働省により使用が認められている治療薬は、レムデシビル、デキサメタゾンとバリシチニブ（21年4月、厚生労働省薬事・食品衛生審議会が承認を了承）の3剤である。レムデシビルは、SARS-CoV-2のRNA合成酵素を阻害することで、ウイルスの増殖を抑制し、中軽症患者に用いられる。デキサメタゾンとバリシチニブはサイトカインストームを抑制し、重症患者に用いられる。米国では、日本で承認された3剤に加え、抗体カクテル2種に、緊急時使用許可（EUA）が与えられている（表2）。

表2 日米で承認・許可されている治療薬

	名称	承認等（年月）	特徴	適応患者	備考
日本	レムデシビル	特例承認（20年5月）	RNA合成阻害剤	中軽症	ウイルスの増殖を阻害
	デキサメタゾン	適応追加（20年7月）	ステロイド	重症	サイトカインストームを抑制
	バリシチニブ	適応追加（21年5月予定）	JAK阻害剤	重症	サイトカインストームを抑制
米国	bamlanivimab	EUA（20年1月） EUA取消し（21年4月）	単一抗体	中軽症	ウイルスの感染を阻害
	casirivimab imdevimab	EUA（20年11月）	抗体カクテル	中軽症	ウイルスの感染を阻害
	bamlanivimab etesevimab	EUA（21年2月）	抗体カクテル	中軽症	ウイルスの感染を阻害

（FDAおよび厚生労働省発表資料を元に ARC 作成）

抗体医薬品は、いずれもSARS-CoV-2のSタンパク質に結合し、ウイルスの細胞への取り付きを妨害することにより増殖を抑制し、中軽症患者に高い効果を示す。20年1月のウイルス単離とゲノム配列の決定から、わずか11ヵ月で開発を終え、EUAが与えられた。しかし、21年4月、FDAは抗体医薬品bamlanivimabに対するEUAを取り消した。Bamlanivimabが結合する部位に変異が生じた変異株が流行したためである。変異に対抗するため、結合する部位の異なる2種類の抗体医薬品を混ぜた抗体カクテルにEUAが与えられている。現在、新たな変異株に対して有効な抗体医薬品や長期間有効性が持続するものなど複数の製品が開発中だ。また、SARS-CoV-2のRNA複製酵素に対する特異的阻害剤の開発も進んでいる。

◆驚異的な速度で開発が進んだ多種多様なワクチン

パンデミックが終息し、社会が正常化するためには、自然感染かワクチン接種による集団免疫の獲得が必要となる。集団免疫とは、集団の一定部分が免疫を持つことにより、感染の連鎖が断たれ、集団全体が守られるとする考えだ。COVID-19の場合、集団の70%以上の免疫獲得が必要とされる。

通常、ワクチンの開発には数年の期間を必要とする。幸いなことに、SARS（重症急性呼吸器症候群）やMERS（中東呼吸器症候群）、エボラ出血熱などのウイルス感染症に対して、欧米や中国で進められていた研究成果や技術が用いられ、最初の患者の確認からわずか1年足らずで多くのワクチンが開発された（表3）。

表3 世界で承認・使用許可されているCOVID-19ワクチン

ワクチン開発者	ワクチン種類	承認・使用許可国	治験での有効性	
			感染予防	重症化予防
ファイザー（米国） ビオンテック（ドイツ）	mRNA	日米英EU他	95%	未報告
モデルナ（米国）	mRNA	米英EU他	94%	100%
アストラゼネカ（英国） オックスフォード大（英国）	ウイルスベクター	英EU他	76～81%	100%
ジョンソン&ジョンソン（米国）	ウイルスベクター	米英EU他	64～72%	82～88%
ガマレヤ研究所（ロシア）	ウイルスベクター	ロシア他	92%	100%
カンシノ・バイオロジクス（中国）	ウイルスベクター	中国他	66%	91%
シノバック（中国）	不活化ウイルス	中国他	78%	100%
シノファーム2種（中国）	不活化ウイルス	中国他	79%	100%
バーラト・バイオテック（インド）	不活化ウイルス	インド他	81%	未報告
ベクター研究所（ロシア）	タンパク質	ロシア他	未報告	未報告

（WHO 発表資料他を参考に ARC 作成）

中でも、mRNAを用いたワクチンは、90%を超える驚異的な感染予防効果と重症化予防効果を示し、日米における接種ワクチンの主役となっている。

世界は、ワクチンの接種を急いでいる。最もワクチン接種が進んでいるイスラエルでは、40歳以上の国民の8割以上、20歳以上の国民の7割以上が少なくとも1回のワクチン接種を行った。ワクチン接種が進むにつれ、流行は急速に収束し、21年1月に1日1万人を超えていた感染者は、5月13日には29人まで減少している。接種が進む英国でも感染者数は減少しており、ワクチンの有効性は、もはや疑うべくもない。米国も成人の半数以上が少なくとも1回の接種を行っており、パンデミックは収束に向かう可能性が高い。

当初懸念されていたワクチンの副反応は、ファイザー製やモデルナ製のワクチンに稀にアナフィラキシーが認められている。一方、アストラゼネカ製とジョン

ソン&ジョンソン製のワクチンは、極めて稀に重篤な血栓症を起こす可能性があり、世界で接種年齢の制限などの措置が行われている。

◆変異株の懸念があるもののワクチン接種が進めばパンデミックは終息へ向かう

SARS-CoV-2は変異を繰り返し、新たな変異株を発生させている。特に、感染力を増した英国株（B. 1. 1. 7）、南ア株（B. 1. 351）とブラジル株（P. 1）は、世界各国で大流行を引き起こしている。また、現行のワクチンは、従来株を元につくられており、南ア株やブラジル株に対する感染予防効果が減少する。インドやフィリピンなど、世界各地で新たな変異株も報告されている（表4）。幸いなことに、現行のワクチンは変異株に対しても十分な重症化予防効果を発揮する。

表4 COVID-19の変異株とその特徴

分類	変異株名	最初の報告国・地域	報告国数	感染性	致死率	ワクチンの有効性	重要な変異
VOC	B. 1. 1. 7	英国	149	従来株に比べ50~70%増加	40%程度高い	ほぼ同等	N501Y
	B. 1. 351	南アフリカ	102	従来株に比べ30~50%増加	不明	低下	N501Y、E484K、K417N
	P. 1	ブラジル	60	従来株に比べ50~150%増加	不明	低下	N501Y、E484K、K417T
	P. 3	フィリピン	12	高い可能性	不明	低下の可能性	N501Y、E484K
	B. 1. 617	インド	34	高い可能性	不明	低下の可能性	E484Q、L452R
VOI	B. 1. 427、B. 1. 429	米国カリフォルニア州	30	高い可能性	不明	不明	L452R
	R. 1	日本	31	不明	不明	不明	E484K

(注) 分類は国立感染症研究所による。VOC：懸念のある変異株 VOI：注意すべき変異株 (Outbreak.info、WHO report他を参考にARC作成)

米国や英国のように、国民の大半にワクチンが行き渡りつつある国がある一方で、多くの新興国ではワクチンが不足している。ワクチンも、種類によって効果や副反応の出現率に差があることが明らかとなり、効果が高く副反応の懸念が少ないmRNAワクチンに需要が集中している。各製薬企業は増産を急いでおり、21年以内に世界で100億回分以上のワクチンが調達される見込みとなっている。

変異株にも対抗できるワクチンの開発も進んでいる。ファイザーとモデルナはそれぞれ、南ア株とブラジル株などのE484Kを持つ変異株に対抗できるmRNAワクチンの治験を開始した。年内にFDAによるEUAを目指している。

ワクチン接種が進むに従いパンデミックは終息へ向かうと考えられるが、鍵となるのはワクチン接種率だ。また、新たな変異株出現に備えた検査体制や防疫体制の確立、ワクチン開発力の強化と生産能力の確保など、将来の新たなパンデミックに対する備えが急務である。

【毛利光伸】



## 次世代人工知能発展計画が牽引するデジタル中国

### ◆第14次5ヵ年計画と2035年までの長期目標要綱

2021年3月に全国人民代表会議が開催され「[第14次5ヵ年計画と2035年までの長期目標要綱](#)」（以下「要綱」）が承認された。21年から25年までの中期計画の5ヵ年計画と35年までの長期計画目標がセットになった要綱だ。中国は50年までに「社会主義現代化強国」の実現を図るという目標を掲げており、35年はその中間年に当たる。21年はそのスタートとなる年でもあり、中国共産党設立100周年という特別な年でもある。

ただ、今回の要綱ではGDPの具体的な成長目標は示さず「35年に社会主義現代化を実現し、1人当たりGDPを中等先進国レベルに引き上げる」という漠とした目標のみが掲げられている。一人あたりGDPが先進国の中くらいに到達すれば、14億の人口数を掛け算すれば、米国のGDPを抜くのは間違いない。「[中国製造2025](#)」への言及も全く無かったことなどから、具体的な数字を示すことを避けて、米国を刺激しないように意図したのかもしれない。

今回の要綱で特筆すべきは、「数字（デジタル）」という用語が頻繁に用いられていることで、デジタル化の発展を加速し「デジタル中国」を建設するという計画が「第5編」として別立てにまでなっている。さらにデジタルエコノミー産業のGDP比を20年の7.8%から25年には10.0%に引き上げることも織り込まれており、そのために必要な研究開発費の伸び率を年平均7%以上とする目標が掲げられている。また、研究開発に占める基礎研究の割合を足元の6%程度から8%以上（先進国は15~20%）に引き上げることも目標に設定している。

研究開発で重視する先端7分野には、AI（人工知能）、量子情報、IC（集積回路）、脳科学、ライフサイエンス（遺伝子・バイオ）、臨床医学・ヘルスケア、深宇宙・大深度地下・深海・極地探査があげられている。特にAIに関しては重点分野のトップに掲げられており、20年から始動している「新基建（新型インフラ建設）」推進事業においても、第5世代（5G）移動通信システムとともに重点投資分野として、社会実装に向けた投資が既に進められている。

#### ◆中国製造2025とは何だったのか

15年5月に中国政府は「中国製造2025」という、25年までの10年間の製造業発展のロードマップ（行程表）を発表した。製造強国へと国をあげて産業の革新を進めようというものだった。重点分野として、①次世代情報技術（半導体、5GやAI）、②高性能NC制御工作機械・ロボット、③航空・宇宙用設備、④海上設備及びハイテク船舶、⑤先端軌道交通設備、⑥省エネ・新エネ自動車、⑦電力設備、⑧農業設備、⑨新素材、⑩バイオ医療があげられており、第一段階で25年までに製造強国となり、第二段階として2035年までに中国の製造業を世界の製造強国陣営において中堅水準に高め、経済力でアメリカに追い付くというもので、第三段階では、新中国成立100周年（2049年）に総合力で世界の製造強国のトップに立ち、軍事力でも米国に並ぶという国家戦略でもある。

ただ中国製造2025は、米国に対する挑戦と受け取られ、18年10月のペンス前米国副大統領の中国批判の演説につながり、その後の米中両国関係の緊張化へとつながっていったことから、今回の要綱でも言及されていない。

#### ◆次世代人工知能（AI）発展計画

中国は中国製造2025の中で主力分野にあげている次世代情報技術の中でも、特にAI分野に注力しており、17年10月に開催された中国共産党第19回大会後の11月に、AI分野における以下の4つのプロジェクトの基盤分野を「次世代AI発展計画」として始動させている。

- ✓ 騰訊（Tencent）：医療イメージングAI基盤
- ✓ 阿里雲（Alibaba Cloud）：スマートシティAI基盤
- ✓ 百度（Baidu）：自動運転国家AI開放・革新基盤
- ✓ 科大訊飛<sup>※</sup>（iFLYTEK）：スマート音声AI基盤

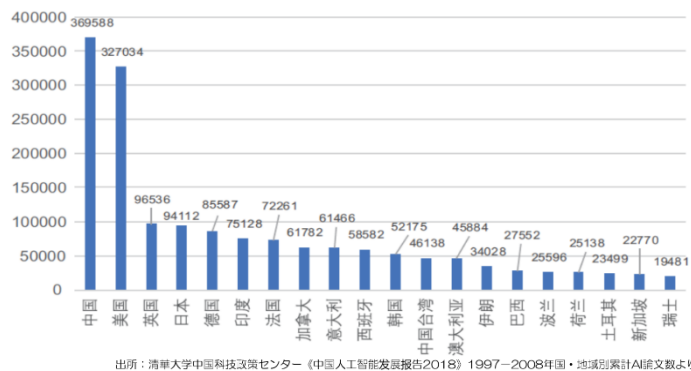
次世代AI計画は、中国がAI関連産業で世界をリードする科学技術強国へ至るまでの工程表で、30年にはAI理論、技術及び応用分野で世界のリーダーとなり、経済強国としての基礎を固め、産業規模1兆元、周辺産業の規模を10兆元とするというものである。

その後18年には商湯科技<sup>※</sup>（SenseTime）を画像認識プラットフォーム企業として追加認定し、さらに19年に上海依図網絡科技<sup>※</sup>（YITU Technology）：視覚計算

(CGチップ)、名略科技 (Mininglamp Technology) :スマートマーケティング、華為<sup>※</sup> (HUAWEI;ファーウェイ) :基本ソフトウェア、中国平安 (PINGAN) :金融包摂、京東 (JD.COM) :スマートサプライチェーン、海康威視<sup>※</sup> (HIKVISION;ハイクビジョン) :監視カメラ、曠視<sup>※</sup> (MEGVII) :顔認証、奇虎360 (Qihoo 360 technology) :安全大脳 (データセキュリティ)、好未来 (TAL: Tomorrow Advancing Life) :スマート教育、小米 (XIAOMI) :スマートリビング (スマホからデジタル家電まで) の10社が追加され、合計15社がこれまでに選定されている。このうち6社は米国のEntity List (米国再輸出規制) の対象 (※印) 企業だ。

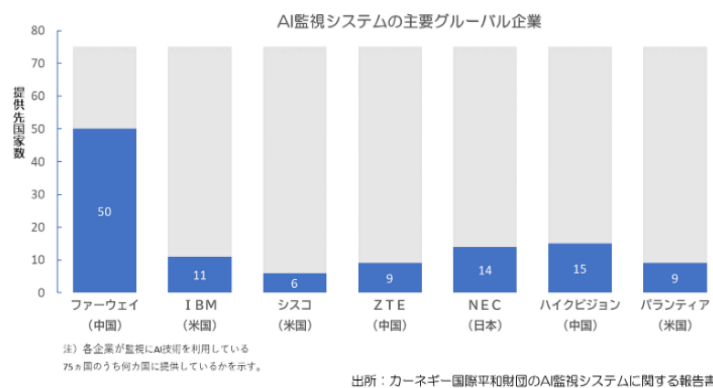
◆AIによる顔認証システム先進国中国

清華大学の中国科学技術中心が発表した「中国人工知能発展報告 (2018)」(グラフ参照) によると、国別のAI分野における論文数の数は首位の中国が369,588件で、2位の米国が327,034件だ。



AI、特に顔認証技術では「カーネギー国際平和財団のAI監視システムに関する報告書 (The Global Expansion of AI Surveillance)」によると、調査対象の世界176カ国のうち少なくとも75カ国で監視目的に

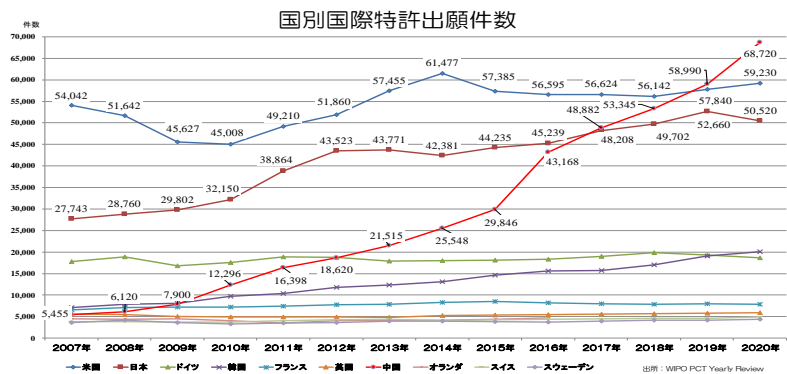
AI技術が使われており、顔認証技術はこのうち64カ国で使われている。同報告書では、なかでも中国は監視技術を国内で活用しているだけでなく、世界中に輸出



しているメインプレーヤーだとしている。中国企業の中でも、ファーウェイは50カ国に対してAI監視技術を提供しており、米国などが問題にしている新疆ウイグル自治区での人権弾圧問題で話題になる顔認証を利用した監視技術で、2位のハイクビジョンとともに、優れた技術を持っているといわれている。

◆中国製造2025に沿った分野に注力し技術大国となった中国

中国製造2025で最重点分野に掲げた情報技術分野、特に5Gでは既に首位の地位を固めたことが、WIPOが発表したPCT Yearly Review(右表)からもわかる。中国は国際特許の出願数で19年に米国を抜きトップとなっているが、企業別の特許数でも、5Gの通信分野に強いファーウェイが突出したトップになっている。中国の特許出願分野は、1位がデジタル通信、2位が情報技術、3位が音声・画像技術の分野で、中国製造2025の重点注力分野と見事に一致している。



年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	件数
1位	パナソニック (日本)	ファーウェイ (中国)	パナソニック (日本)	パナソニック (日本)	ZTE (中国)	ZTE (中国)	パナソニック (日本)	ファーウェイ (中国)	ファーウェイ (中国)	ZTE (中国)	ファーウェイ (中国)	ファーウェイ (中国)	ファーウェイ (中国)	ファーウェイ (中国)	5,464
2位	フィリップス (オランダ)	パナソニック (日本)	ファーウェイ (中国)	ZTE (中国)	パナソニック (日本)	パナソニック (日本)	ZTE (中国)	クアルコム (米国)	クアルコム (米国)	ファーウェイ (中国)	ZTE (中国)	三菱電機 (日本)	三菱電機 (日本)	サムスン (韓国)	3,093
3位	シーメンス (ドイツ)	フィリップス (オランダ)	ボッシュ (ドイツ)	クアルコム (米国)	ファーウェイ (中国)	パナソニック (日本)	ファーウェイ (中国)	ZTE (中国)	ZTE (中国)	クアルコム (米国)	インテル (米国)	インテル (米国)	サムスン (韓国)	三菱電機 (日本)	2,810
4位	ファーウェイ (中国)	トヨタ (日本)	フィリップス (オランダ)	ファーウェイ (中国)	シャープ (日本)	ファーウェイ (中国)	クアルコム (米国)	パナソニック (日本)	サムスン (韓国)	三菱電機 (日本)	三菱電機 (日本)	クアルコム (米国)	クアルコム (米国)	LG (韓国)	2,759
5位	ボッシュ (ドイツ)	ボッシュ (ドイツ)	クアルコム (米国)	フィリップス (オランダ)	ボッシュ (ドイツ)	ボッシュ (ドイツ)	インテル (米国)	三菱電機 (日本)	三菱電機 (日本)	LG (韓国)	クアルコム (米国)	ZTE (中国)	OPPO (中国)	クアルコム (米国)	2,173
6位	トヨタ (日本)	シーメンス (ドイツ)	エリクソン (スウェーデン)	ボッシュ (ドイツ)	クアルコム (米国)	トヨタ (日本)	シャープ (日本)	インテル (米国)	エリクソン (スウェーデン)	HP (米国)	LG (韓国)	サムスン (韓国)	BOE (中国)	エリクソン (スウェーデン)	1,989
7位	クアルコム (米国)	ノキア (フィンランド)	LG (韓国)	LG (韓国)	トヨタ (日本)	クアルコム (米国)	ボッシュ (ドイツ)	エリクソン (スウェーデン)	LG (韓国)	インテル (米国)	BOE (中国)	BOE (中国)	エリクソン (スウェーデン)	BOE (中国)	1,892
8位	マイクロソフト (米国)	LG (韓国)	NEC (日本)	シャープ (日本)	LG (韓国)	シーメンス (ドイツ)	トヨタ (日本)	マイクロソフト (米国)	ソニー (韓国)	BOE (中国)	サムスン (韓国)	LG (韓国)	平安電機 (中国)	OPPO (中国)	1,801
9位	ノキア (フィンランド)	エリクソン (スウェーデン)	トヨタ (日本)	エリクソン (スウェーデン)	フィリップス (オランダ)	フィリップス (オランダ)	エリクソン (スウェーデン)	シーメンス (ドイツ)	フィリップス (オランダ)	サムスン (韓国)	ソニー (韓国)	エリクソン (スウェーデン)	ボッシュ (ドイツ)	ソニー (韓国)	1,793
10位	モトローラ (米国)	富士通 (日本)	シャープ (日本)	NEC (日本)	エリクソン (スウェーデン)	エリクソン (スウェーデン)	フィリップス (オランダ)	フィリップス (オランダ)	HP (米国)	ソニー (韓国)	エリクソン (スウェーデン)	ボッシュ (ドイツ)	LG (韓国)	パナソニック (日本)	1,611

◆海外との交流がキーとなった中国の技術発展

78年7月米国カーター政権が、中国に科学者の代表団を派遣し、本格的な学术交流が開始した。79年1月1日に中華民国に代え中華人民共和国と外交関係を結び、同月には鄧小平氏が訪米し、両国の科学交流を加速させる協定に署名し、最先端技術を導入するために、多くの留学生を米国に送り出してきた。94年に海外で就労していた科学技術人材の帰国を促し、中国の近代化に参加し奉仕することを奨励する百人計画を導入し、2016年までに約2,500名のトップレベル研究者の海外からの帰国招致に成功し、現在の研究機関のトップの多くを百人計画の研究者が占めている。さらに、海外のハイレベル人材を国籍問わず、多額の報奨で招致するのが現在の千人計画だ。

こうしてみると海外との交流が中国の科学技術の発展を支えてきたのは間違いない。現在の中国の高圧的な「戦狼外交」を継続しながらこれまでのような「交流」による発展が可能か、注視していきたい。

【森山博之】

## ドイツ政権に「緑」は戻ってくるのか

### ◆9月にドイツは総選挙、首相候補出そろう





ドイツでは、4年に1度連邦議会選挙（総選挙）が行われる。これまで、多数の議員が当選した政党から首相が選出されてきた。16年間首相の座についていたメルケル首相が引退を表明していることもあり、2021年9月に予定されている総選挙は、その後継者が誰になるのかという点からも注目を集めている。

ドイツでは、各党が首相候補を掲げて議会選挙に臨むが、4月までに主要政党の候補者が出そろった。今回、特に注目を集めているのが、野党で環境重視を掲げる緑の党だ。同党は、党首にあたる代表を男女2名が共同で務めるシステムを取っており、今回18年からロベルト・ハーベック氏と共同代表を務めている女性のアンナレーナ・ベアボック氏が候補者にあげられた。

他党の候補者を見ると、現政権与党のキリスト教民主同盟（CDU）/キリスト教社会同盟（CSU）は、CDU党首のアルミン・ラシェット氏、社会民主党（SPD）が、副首相兼財務相を務めるオラフ・ショルツ氏で、共に60歳を超える男性である。これに対し、緑の党のベアボック氏は2人の子供を持つ40歳の女性で、対立候補としての違いが鮮明になっている。野党の自由民主党（FDP）の候補者クリスチャン・リンドナーも40代だが、男性である。

ドイツの政党には、CDU/CSUが黒、SPDが赤、FDPが黄色などのシンボル色があるが、今回の選挙戦では緑の党の人气が上昇中で、「緑」の旋風が吹きそうだ。

ドイツの主要政党と首相候補者

政党名	色	首相候補	党及び候補者の特徴
キリスト教民主同盟（CDU）/*キリスト教社会同盟（CSU） *バイエルン州のみの党		アルミン・ラシェット	NRW州首相。CDUの候補者。人気が高かったCSUのゾーダ氏を抑えて候補に。メルケル（CDU）路線の後継者。
社会民主党（SPD）		オラフ・ショルツ	政権与党で、副首相兼財務相。
緑の党（Grüne）		アンナレーナ・ベアボック	野党。党の共同代表の1人。女性、40歳、子供2人。
自由民主党（FDP）		クリスチャン・リンドナー	党首。現在野党だが、同党は与党を担った経験もある。

◆現政権への不満から、緑の党の支持が拡大、CDUとトップ争いの様相

ドイツでは、新型コロナ対策が当初は上手くいっていたが、この数ヶ月は状況が悪化し、感染者数が日に2万人を超える日もあった。さらに、ワクチンの開発に成功したビオンテック（日本での販売権はファイザー）の本拠地で、政府も開発支援をしてきたにも関わらず、国内でのワクチン配布が遅れるなど、政権への国民の不満が増大していった。その反動として野党への期待が高まっている。

ドイツは欧州でも環境意識が高い国の1つだ。環境運動「Fridays for Future」のデモにも多くの若者たちが参加した。また、若者や環境活動家らは、「19年施行の気候保護法では31年以降の温室効果ガス排出量削減目標を定めていないのは不十分」として、連邦憲法裁判所に「将来的に基本的人権が侵害される」と主張し提訴したが、21年4月末に裁判所は一部違憲判決を下し、22年末までの目標設定を求めた。政府はこれを受け目標明示に動くこととなった。

若年層を中心とする高い環境意識と現政権への失望から、環境重視の緑の党への期待が高まり、世論調査ではCDU/CSUに次ぐ支持率となってきた。さらにベアボック氏が候補と報じられると、一部の世論調査でトップに躍り出た。女性を売りにした得票マシンと揶揄される向きもあるが、共同代表ハーベック氏が理想論を語るカリスマに対して、ベアボック氏は平易な言葉で語る地に足の着いた勉強家という評価もある。欠点は、国政での閣僚や州首相の経験に欠けることだ。

◆緑の党は、過去1度だけ国政政権を経験、今年は国政復帰が現実味

緑の党は州レベルでは半数以上の州で連立政権に参画しているが、国政政権復帰も現実味を帯びてきた。1998年のSPDとの赤緑連立政権以来、23年ぶりとなる。どの党も単独での政権獲得が難しく、緑の党を軸に、連立の組み合わせが取りざたされている。CDU/CSUとの黒緑政権、SPDとFDPとの赤黄緑（信号機）政権などだ。

緑の党は、環境団体の系譜を持つが、同時に人権団体でもある。90年に東ドイツの民主化に関わった市民グループが「同盟90」を結成、平和や人権を掲げていた。そして、当時の選挙対策もあり、93年に緑の党と統合した。緑の党が男女の共同代表制をとっているのも、人権やジェンダー平等に力を入れているからだ。ベアボック氏の首相候補選出も党是の体現と言われている。緑の党が政権に戻れば、今以上にドイツは環境と人権に力を入れていきそうだ。 【赤山英子】



## WTO委員会でEUの炭素国境調整措置を議論

### ◆中国など8カ国がCBAM（EUの炭素国境調整措置）について懸念を表明

WTO（世界貿易機関）の常設委員会で、貿易上の関税及び非関税障壁撤廃を目指す「市場アクセス委員会」が、2021年4月29日と30日に開催された。今回の主な議題は、コロナ禍における輸出制限・禁止措置とWCO（世界税関機構）が22年に改正するHSコードであったが、EUが検討を進めるCBAM（炭素国境調整措置）も「貿易懸念事項」として問題提起された模様だ。

一般に炭素国境調整措置とは、国家・地域間の炭素排出規制の強度によって生じる企業の負担コストの差を、炭素関税や排出枠購入を課すことで相殺する仕組みを指す。この概念は決して新しいものではなく、09年のCOP15では導入に前向きな欧米諸国と反対するインドや中国などが激しく対立し、頓挫した経緯がある。克服すべき最大の論点としてはWTO協定との整合性が指摘されており（表1）、日本でも10年に財務省の「環境と関税政策に関する研究会」にて検討されたが、今日に至るまで最終解釈は得られていない。

今回CBAMを貿易上の懸念事項として提起した国は、中国、アルメニア、バーレーン、カザフスタン、キルギス、カタール、ロシア、サウジアラビアの8カ国で、4月30日のInside U.S. Tradeによれば、「貿易フロー上の混乱」と「WTOルール違反」が主な理由である。米国で気候変動対策を担当するケリー特使も、3月のFinancial Timesとのインタビューで、国境調整は経済や国家関係、貿易に影響を与えることから、「CBAMは最後の手段（last resort）であるべき」と述べており、今後の米国や中国の出方が注目される。

表1：炭素国境調整とWTOルール整合性に関する検討結果

GATT1条	GATT1条は、「ある国のある産品に与える最も有利な待遇を、他の全てのWTO加盟国の同じ産品に与えること」を規定している。例えば高い環境技術を持つ国の産品と持たざる国の産品に対し、同一の算出方法に基づく税率を課すことは、当原則に反する可能性がある。よって炭素国境調整の設計には、「輸出国の状況に応じた」税率などの設定が必要であり、この実現性が課題となっている。
GATT2条	GATT2条2項(a)と3条2項は、「国境税調整」の要件を定めている。国境税調整とは、国境を越えて取引される産品について、各国の内国税の差異を調整する「GATTが許容する」措置であり、炭素国境調整は同措置の要件を満たす必要がある。主な論点は、温室効果ガスが内国税の課税対象になり得るか、課税の内国民待遇を証明するための「同種の産品」があるかなど、さまざまである。これらについては先例がないため、学説でも賛否両論がある。
GATT20条	GATT20条は、GATT規定違反が「例外的に」認められる措置を列挙している。炭素国境調整はいくつかのGATT規定に抵触する可能性があるため、当例外措置に該当する必要がある。主な論点は、同条（g）の「自国内の有限天然資源の保存に関する措置」に該当するか、柱書の「国際貿易の偽装された制限となるような方法で適用しない」を満たすかなどである。特に後者については、気候変動枠組条約でも参照されており、経済制裁的な設計にならないよう、注意する必要がある。

出所：Watching「カーボンプライシングと国境調整の論点（21年2月18日）」を加筆修正

◆21年は炭素国境調整措置の議論が可視化する

21年は気候変動議論の場が目白押しである。4月22日の「気候変動サミット」を皮切りに、気候変動対策に前向きな欧州勢が議長国を務めるG7、G20、COP26などが続き、EUは6月までにCBAMの詳細を発表する予定だ（表2）。WTOでも3月から53カ国による通商と環境に関する多国間協議がスタートし、11月の閣僚会合での報告を予定している。これらを受けて経済産業省も、2月から開催している有識者会議の中で、「WTO整合性がないことを理由に、措置が導入されないと考えるのは早計」、「輸出時の還付も組み合わせる点も議論のスコープに入れるべき」とし、日本としての基本的な考え方を早急にまとめるべきとしている。

表2：気候変動に関する主な会合

	日本	米国	欧州
2月	17日：経産省と環境省による有識者会議（以降、3月1日、23日、4月22日開催）		
3月		1日：2021 Trade Policy Agenda発表、気候変動対策を重要テーマに	
		5日：WTOでTESSD（Trade and Environmental Sustainability Structured Discussions）議論開始	
4月	22日・23日：気候変動サミット（主催：米国）		
6月	11日～13日：G7（Group of Seven）首脳会議（議長国：英国）		
			EUがCBAM（炭素国境調整措置）詳細公表、2023年1月導入予定
9月	21日～27日：第76回国連総会		
10月	30日・31日：G20（Group of Twenty）首脳会議（議長国：イタリア）		
11月	1日～12日：第26回気候変動枠組条約締約国会議（COP26、議長国：英国）		

出所：各種報道などから筆者作成

◆企業はEUが予定通りCBAMを導入する前提で準備するべき

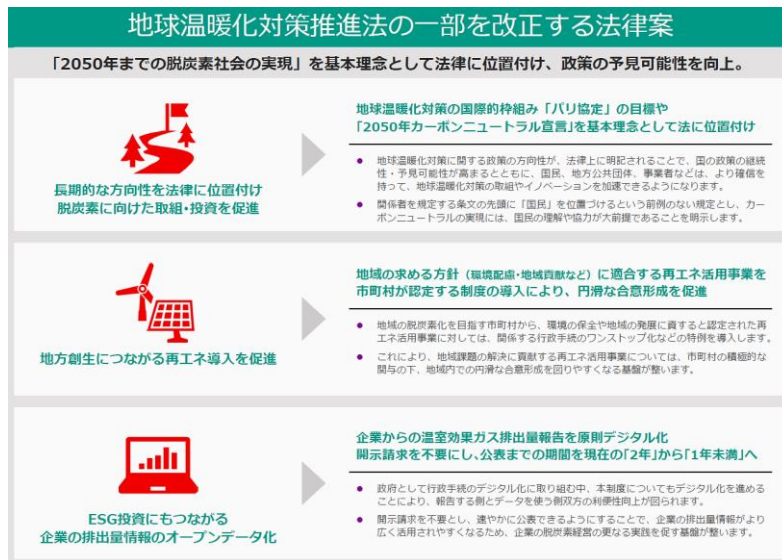
以上に鑑みると、6月のEUのCBAM公表を契機として、各国で炭素国境調整措置の導入議論が一気に進む可能性は高い。EUは23年1月にCBAMを導入するとしており、WTOやOECDでの多国間協議を積み重ねながら、国際合意を得られなくても何らかの形で導入を進めると思われる。一方、気候変動領域で主導権を握りたい米国は、連邦レベルでの制度設計で出遅れているためにEUを牽制しつつも、EUのCBAM導入の動きを黙認する可能性が高いだろう。ただし米国は22年に中間選挙を控えており、政権の支持率次第では対応が変わる可能性もある。また、CBAMが導入されれば、反対する国々がWTO協定違反として紛争処理手続に持ち込むほか、報復関税措置に打って出る可能性も否定できず、注意が必要である。

いずれにしても日本企業としては、WTO協定との整合性議論や米国の中間選挙、反対する国々の対応いかんに関わらず、EUが予定通り23年1月にCBAMを導入する前提で、当局動向を把握すること、経営レベルでCBAMの大枠を理解すること、そして輸出品の採算性を厳しめに確認しておくことが必要だろう。 【田中雄作】

## CNに向けた温対法改正と30年目標

### ◆日本のカーボンニュートラル（CN）目標は温対法の改正で維持

2021年3月、地球温暖化対策の推進に関する法律（温対法）の一部を改正する法律案が閣議決定された。開催中の第204回国会で成立する予定である。



（環境省）

温対法改正案には3つの内容が追加される（上表）。50年までのカーボンニュートラル（CN）社会の実現が明記されることが最も重要な改正内容である。これにより政権が変わっても、日本の脱炭素化目標は維持される。また、CN宣言をした自治体のニーズに応え、再エネ主体で地域課題の解決を進めていく。さらに、企業（一定規模以上の工場等を持つ温対法対象の特定排出者）に温室効果ガス排出量の電子システムによる報告を課す。投資家などが企業情報を迅速に確認でき、ESG投資に適応させる。

### ◆21年4月、30年削減目標を上積みすることで、国内課題は山積み

21年4月下旬、バイデン米大統領は大統領選挙時の公約に基づいて、気候変動サミットを主催した。世界の主要な炭素排出国である中国やインド、ロシアを含む40カ国の首脳が参加し、米国は野心的な公約を働きかけた。

IPCCでは、これまでに各国が提出した温室効果ガスの国別削減目標（NDC）の合計のままでは、2100年に2.3～2.6℃の気温上昇が予測されるとし、パリ協定の1.5℃目標には、2030年に世界平均で45%の削減（2010年比）が必須としている。

国・地域	21年4月気候変動サミットで発表した2030年目標 (取り消し文字は従前目標)	1990年比 (換算含む)	21年4月気候変動サミットでの発表概要
英国	少なくとも▲68% 90年比 (変更なし)	▲68%	6月までに世界最初にネットゼロを法制化、気候資金倍増。 直前に2035年に▲78%(1990年比)を表明。
EU	少なくとも▲55% 90年比 (変更なし)	▲55%	欧州復興計画(約1.8兆ユーロ)の30%を気候変動対策に充てる。
カナダ	<del>▲32~40% 05年比</del> <del>▲40~45% 05年比</del>	<del>▲18~27%</del> <del>▲26~32%</del>	数か月内に新NDCをUNFCCCに提出。
米国	<del>▲26~28% 05年比</del> <del>▲50~52% 05年比</del>	▲41~44%	NDC提出。気候変動への取組みは若者の将来のため。 クリーンエネルギーを含む気候変動対応には雇用効果がある。
日本	<del>▲26% 13年比</del> ▲46% 13年比	▲18% ▲41%	▲50%の高みに向け挑戦する。(※13年は日本のピーク)
インド	—	—	30年までに米国との削減協力。
中国	—	—	30年までにピークを達成し、60年までにCNを達成するよう努力。石炭消費は14次5か年計画で制限し、15次5か年計画(2026-30年)で減らしていく。
ロシア	—	▲30%	CO <sub>2</sub> 除去で各国に連携を呼び掛けた。(20年秋に90年比7割抑制を策定)

(各種資料よりARCまとめ)

日本は米国に同調し、従来目標の26%を46%（13年比）に修正した。ただし、これにより今後9年間で行うべき国内対策の課題は増えた。例えば、経産省はこの30年目標を、今年策定される第6次エネルギー基本計画に取り込む必要がある。また、目標の大幅な引き上げにより、再エネの大幅な導入が必須となった。

#### ◆先導する英国を参考にするべきとの指摘も

英政府はサミットに先立ち、21年4月20日、温室効果ガスの排出量を35年までに90年比で78%減らすことを目指す新たな方針を発表した。英政府は自らの目標を“世界で最も野心的な目標”とし、6月末までに国内で法制化する。同時に、これまで除外してきた国際線航空機と船舶の排出量も削減対象に含めるとした。

英国はパリ協定に基づき、50年に排出量を実質的にゼロとする方針を19年に決め、30年までに排出量を90年比で少なくとも68%減とする目標を20年に発表した。具体策として、ガソリン車とディーゼル車の新車販売を30年までに禁止し、風力発電など再エネの積極的な導入を掲げている。

英国は21年11月に開催されるCOP26(気候変動枠組み条約第26回締約国会議)の議長国として主導する使命がある。ジョンソン首相は「気候変動に対する取り組みの水準を上げ続けたい。ともに行動を起こしてこそ、より環境にやさしく経済を再生させ、地球を守ることができる」と各国に協調を呼びかけている。

日本の目標設定には一定の評価を得るものの、その場しのぎではなく、長期的な課題への取り組み体制として、英国のように政府と独立した気候変動委員会で、計画性のある対策をすべきとの指摘も出ている。

【新井喜博】

## 企業に環境への配慮を促す銀行融資

### ◆国内3メガバンクの石炭火力発電所の建設を抑制する融資方針が出そろう

2021年4月に三菱UFJフィナンシャル・グループ（MUFG）は石炭火力発電所への融資方針を6月に厳格化すると発表した。MUFGは新規の建設案件に融資せず、既存発電所の拡張にもこの厳格化した方針を適用する。ただし、排出したCO<sub>2</sub>を回収して地中に埋めたり再利用する技術、化石燃料のほかに水素やアンモニアなどを混焼する技術などを備えた案件は個別に検討する例外規定を設ける。

石炭火力発電所への融資は、みずほフィナンシャルグループが20年4月に新規建設のための融資や資金の借り換えに応じないことでプロジェクトファイナンスの融資残高を50年度までにゼロにすると発表していた。三井住友フィナンシャルグループも20年に40年度をめどに石炭火力向けプロジェクトファイナンスの貸出金残高をゼロにする目標を掲げていた。MUFGの発表で国内3メガバンクがすべて環境への影響が大きい火力発電所の建設を抑制することで融資方針が固まった。

### ◆銀行業界に広がる環境への影響を配慮した企業に対する融資の優遇

企業の環境への影響を配慮した行動を支援する融資の取り扱いも銀行業界では始まっている。三井住友銀行は19年12月から「サステナビリティ・リンク・ローン（SLL）」と呼ばれる融資を行っている。SLLは主に企業である借り手の環境・社会・ガバナンス（ESG）への取り組みを評価し、評価の高いものに優遇金利を適用する融資である。このSLL融資については21年3月に、みずほ銀行と農林中央金庫が清水建設と建設業界初の設定を、りそな銀行も初めての融資実施を発表した。地方の銀行でも、21年3月に滋賀銀行が実施を発表、21年4月に肥後銀行が取り扱いを発表するなど融資を銀行が増えている。

火力発電所の建設を抑制する融資方針や環境への影響を配慮した行動を支援するSLLなどは銀行などからの借り入れが多い企業に環境への影響を配慮した行動を促す可能性がある。特にSLLは環境だけでなく、社会やガバナンスへの取り組みも評価して融資することからESGや持続可能な開発目標（SDGs）への企業の取り組みを積極的にさせる可能性があり、今後の動きに注意したい。【藤井和則】

## 脱炭素社会に向けた暮らしの中での取り組み

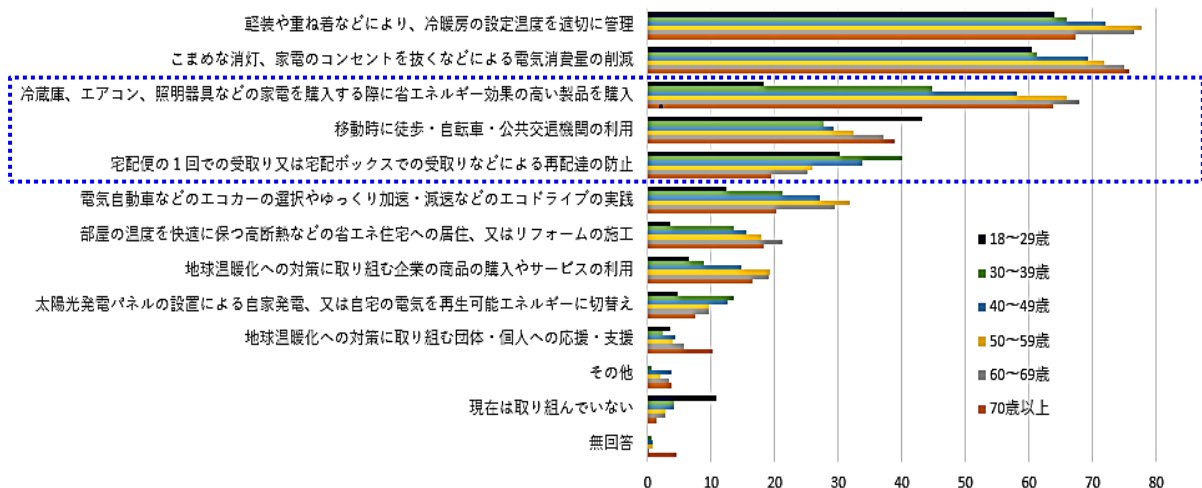
### ◆「脱炭素社会」に向け9割以上が取り組みたいと回答

2021年3月、内閣府は全国の18歳以上の男女を対象に実施した「気候変動に関する世論調査」の結果を発表した。調査では20年10月に菅内閣が50年までに実現を目指すと表明した「脱炭素社会」の認知度や、実現に向けて生活の中で取り組んでいることなどを聞いている。認知度は「知っていた」（33.2%）と「言葉だけ知っていた」（35.1%）をあわせると、約7割が認識していることがわかった。18～29歳の認知度は約5割と若い世代ほど認知度が低くなるが、全世代で9割以上が脱炭素社会の実現に向けての取り組み意向を持っている。

### ◆世代ごとに異なる日常生活での脱炭素への取り組み

調査では、取り組み意向があると回答した対象者に日常生活で何を行っているかを聞いている。全体では「軽装や重ね着などにより、冷暖房の設定温度を適切に管理」と「こまめな消灯、家電のコンセントを抜くなどによる電気消費量の削減」など、すぐにでも行動に移すことができる行動が約7割と多かった。

【日常生活で行っている脱炭素社会の実現にむけた取り組み（年齢別）】



(出所)「気候変動に関する世論調査」 <https://survey.gov-online.go.jp/r02/r02-kikohendo/index.html> (内閣府)

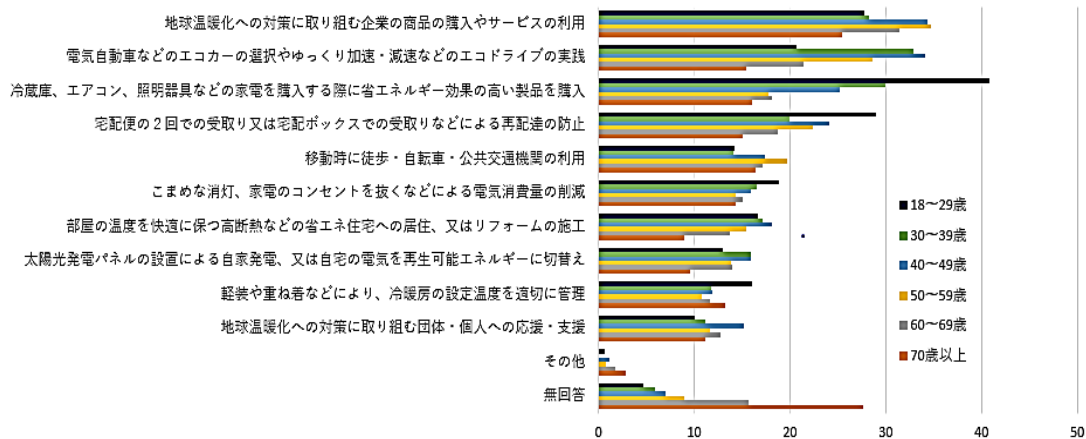
年齢別にみると、18～29歳の最も若い世代は未婚者が多いためか、省エネ家電の購入や省エネ住宅の居住といった行動が他の世代と比べると少ない。一方で、移動時の徒歩・自転車・公共交通機関の利用は多く、クルマ離れが指摘される世



代の特徴かもしれない。また、30～39歳は宅配便の再配達防止による取り組みが最も多い。前後の18～29歳、40～49歳の世代でも宅配便の再配達防止は多く、ネット通販を頻繁に利用する時代や社会背景の変化がうかがわれる。

今後の取り組み意向では、「地球温暖化への対策に取り組む企業の商品の購入やサービスの利用」が最も多い。若い年齢層でも、省エネ家電の購入や住宅関連分野など、多くの項目で積極的に取り組みたいという傾向があらわれている。

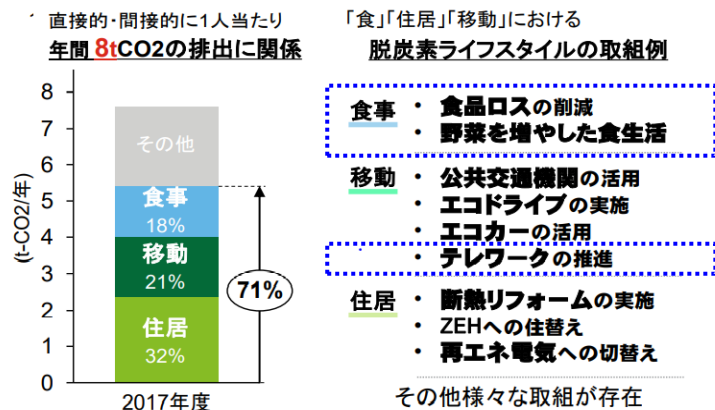
【今後、日常生活で行いたい脱炭素社会の実現に向けた取り組み（年齢別）】



(出所)「気候変動に関する世論調査」 <https://survey.gov-online.go.jp/r02/r02-kikohendo/index.html> (内閣府)

◆30年度の46%削減目標達成に向けて、若い世代へのアプローチが不可欠

若い世代は脱炭素社会の実現への意欲はあるものの、日常生活での行動に至っていない。日常生活に伴う一人当たりのCO<sub>2</sub>排出量は年間8tに上り、そのうち7割は「住居」、「移動」、「食事」に由来する。食品ロスや野菜中心の食生活やコロナ禍で普及したテレワークなど、広く知られていない取り組みもある。意欲的な若い世代に向けた、丁寧でわかりやすい情報発信が一層重要になる。【新井佳美】



(出所)「脱炭素型ライフスタイルの施策について」脱炭素型ライフスタイル・イノベーションシンポジウム資料より 令和2年3月7日 (環境省)

## 脱炭素社会に向けた合成燃料の是非

### ◆脱炭素化手段のひとつとして期待される合成燃料とe-fuel

2021年4月22日、資源エネルギー庁の合成燃料研究会は、二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）と水素（H<sub>2</sub>）を合成して製造する合成燃料について、将来の利用可能性などをまとめた報告書を公開した。合成燃料は、燃焼時にCO<sub>2</sub>を排出するものの、製造時にCO<sub>2</sub>を再利用していることから、カーボンニュートラルとみなすことができる。特に、再エネ由来の水素を用いた場合の合成燃料を「e-fuel」と呼ぶ。

報告書では、合成燃料の用途として、自動車、航空機・船舶、民生・産業用の燃料に加えて、停電時におけるレジリエンス性や、国内製造や長期備蓄が可能となるといったエネルギー安全保障面での利点を示し、30年までに高効率かつ大規模な製造技術を確立し、40年までの自立商用化を目指すとした。

### ◆普及拡大には大幅なコスト低減が課題

合成燃料は既存の化石燃料と同等の物性を持つ燃料であり、インフラへの新規投資は必要ないが、製造コストが普及に向けた課題である。研究会は、現状のコストを約300～700円/l、将来的に合成燃料の原料であるグリーン水素が20円/m<sup>3</sup>となった条件下で、約200円/lと試算している。一方で20年12月に発表されたグリーン成長戦略では、50年に合成燃料のコストをガソリン価格以下にする目標が示されており、既存技術の改善では目標の達成が困難であることがうかがえる。

現状、合成燃料の製造方法としては、CO<sub>2</sub>からCOに転換（逆シフト反応）し、COとH<sub>2</sub>を反応（フィッシャートロプシュ合成、以下、FT合成）させる手法が知られているが、反応効率の向上などが課題となっている。報告書では、既存技術の高効率化や、大規模製造を実現するための製造設備の開発や実証を行う必要性が示されたほか、製造コストを飛躍的に低減させるために

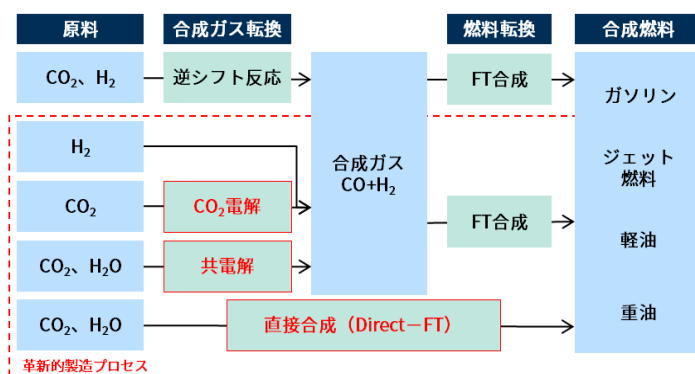


図1 合成燃料の製造技術 出所) 合成燃料研究会報告資料を基にARC作成

は、CO<sub>2</sub>電解や共電解、直接合成（Direct-FT）といった革新的技術の研究開発が重要であると指摘している。いずれも逆シフト+FT合成プロセスよりエネルギー効率が良く、低コスト化が期待される技術だが、電解装置の耐久性向上や大型化、目的とする合成燃料を選択的に生成する触媒の開発、といった課題がある。

◆自工会はe-fuel普及を提言も、ホンダは電動化を推進

報告書では総花的に合成燃料の適用可能性が示されているが、現実的には大型商用車や航空機など、炭化水素燃料の利用が不可欠な分野に限定されるとの見方が多い。21年5月6日、ポツダム気候影響研究所はe-

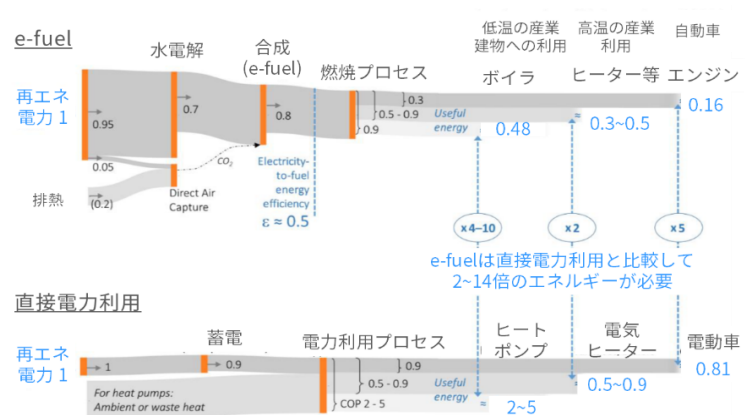


図2 e-fuelと電動化のエネルギー効率の比較  
出所) "Potential and risks of hydrogen-based e-fuels in climate change mitigation."よりARC作成

fuelの経済性に関する研究結果を発表し、e-fuelの利用は、航空分野などの電化が困難な分野に限定され、自動車や暖房用途での化石燃料の利用を代替することはできないとした。報告書では、e-fuelを使用する自動車が、EVより5倍のエネルギーが必要となり効率的でない試算した。また、e-fuelのGHG削減コストは、現状でCO<sub>2</sub>1トンあたり約1,000ユーロ、大規模導入をしても50年に20ユーロ程度と、電化で代替が可能な分野では、コスト競争力がないとした。

4月23日、本田技研工業の三部新社長は、就任会見にて、30年に国内向けで純ガソリン車の販売をなくし、40年にはグローバルでの新車販売をEVか燃料電池車のみにすると発表した。e-fuelについては、コストや供給能力の課題があるため、大規模には普及せず一部の特殊車両での利用にとどまると指摘した。

一方で4月22日には、日本自動車工業会（自工会）の豊田章男会長（トヨタ自動車社長）が、ガソリン車廃止政策に異議を唱え、e-fuelの普及を提唱した。国内にある約7,800万台の既存車両のほとんどが内燃機関車であり、既存車両からのCO<sub>2</sub>排出削減のために、燃料の脱炭素化が重要だと指摘した。また、ガソリン車を禁止し電動化に傾倒すれば、燃料噴出技術などの日本が培ってきた技術競争力が失われるとの危機感を示した。

【塚原祐介】

## 加速する熱電変換材料開発

### ◆熱エネルギーの約90%が利用されずに捨てられている現状の問題点

IoTセンサーなどの低消費電力の端末を電池不要にするため、廃熱などを有効活用する環境発電デバイスが注目されている。熱電発電の広範囲な実用化に向けて、320℃以下の低温領域における低価格で高性能な熱電変換材料の開発が望まれていた。熱電変換材料はゼーベック効果<sup>1</sup>により固体素子で熱エネルギーを電気エネルギーに変換する材料で、これまでは、唯一、実用的な熱電変換特性を有しているBi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>系材料が利用されてきた。しかし、Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>系材料は、層状構造で加工性が良くないこと、Te（テルル）が非常に希少な元素で毒性があり、発電モジュールの低コスト化が難しいことから、宇宙や辺境地などの特殊環境でしか用いられていない。その結果、現在320℃以下の低温領域において、熱エネルギーのうち約90%が利用されずに捨てられている状況である。熱電変換効率の向上には、熱伝導率を低く、電気伝導率を高くする必要があるが、通常材料には電気伝導率が高いと熱伝導率も高くなるという性質があり、低温領域で熱電変換性能を有する低価格の新材料は過去50年以上開発されていない。

### ◆物質・材料研究機構（NIMS）は高い熱電変換特性を有する材料を開発した

2021年4月、物質・材料研究機構（NIMS）はn型Mg<sub>3</sub>Sb<sub>2</sub>系材料に、わずかな銅原子を添加することで熱伝導率を大きく低減し、同時に高い電荷移動度を実現することに成功した。この材料を用いて試作した熱電モジュールは、希少元素のTeを用いたBi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>系材料に匹敵する熱電効率が得られことを検証した。

原理の一つは、原子間隙に挿入された少量の銅原子によって、熱伝導を支配するフォノン<sup>2</sup>の伝搬速度が遅くなり、熱伝導率を大きく低減できたことで、利用熱が失われることを防ぎ、熱電変換効率を高めることが可能になった。もう一つは、結晶粒界へ挿入された銅原子によって電子の散乱が抑えられ、多結晶試料

<sup>1</sup> ゼーベック効果：物体に温度差をかけたときに、温度差に比例して電圧が発生する現象。

<sup>2</sup> フォノン：結晶格子の振動を量子化した準粒子。結晶では「フォノン」が熱伝導を担う。

でありながら単結晶材料に匹敵する高い電荷移動度を実現でき、ジュール発熱によるエネルギー損失が抑えられた。

この2つの効果により、熱電材料における電気伝導と熱伝導のトレードオフ問題を解決し、高い熱電効率を実現した。

NIMSは同じく高性能化したp型材料を組み合わせた8対の「熱電モジュール」を、産業技術総合研究所と共同で製作し、その特性を評価したところ、低温領域において熱電変換特性7.3%を実現した（図1）。

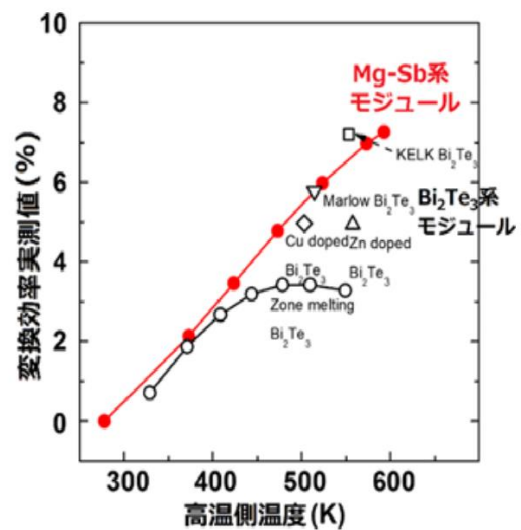


図1. Mg-Sb系モジュール変換特性

出典: <https://www.nims.go.jp/news/press/2021/04/202104170.html>

これはBi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>系の世界最高性能モジュールの特性に匹敵する。材料性能から見積もられる理論効率は11%とさらなる高効率化も見込まれる。

NIMSの国際ナノアーキテクトゥクス研究拠点は、オーストリアのウィーン工科大学との共同研究で、鉄・バナジウム・アルミ系熱電変換材料で、磁性を活用した熱電変換性能の向上実現や、アイシン、茨城大学などとの共同研究で、汎用元素のみで構成する鉄・アルミニウム・シリコン系熱電材料を高性能化させるなど、多くの成果を出している。

#### ◆産業廃棄物を原料とするアルカリ活性化ナノコンポジットによる熱電発電

21年4月、ドレスデン工科大学は、廃棄物を原料としたアルカリ活性化ナノコンポジットの熱電特性と微細構造を評価し、高い熱電性能を発表した。廃熱エネルギーの利用に向けた新しい熱電材料として活用が期待できるとした。

火力発電所の燃焼時に発生する灰の一種であるフライアッシュや種々の金属の精錬時に発生するスラグなどの産業廃棄物を原材料としたアルカリ活性化材料にカーボンナノチューブなどの導電性炭素系フィラーを添加することで、導電性を高めた素材を熱電材料とする研究開発である。10個のp型熱電素子を直列に接続したデバイスで、熱差60°Cで最大発電量0.695 μW、電圧7.5mVと昇圧回路を動作させ、IoTデバイスを動作可能なエネルギーを収穫することができている。

エネルギーハーベスティングを推進する素材開発に注目したい。 【成田誠】

## カーボンニュートラルに向けた製鉄業の取り組み

### ◆日本製鉄が2050年にカーボンニュートラルを達成する目標を公表

2021年3月5日、日本製鉄は中長期の経営計画を発表し、環境面では50年に炭素排出量を実質的にゼロにする、カーボンニュートラルを目指すことを公表した。背景には日本政府の「50年カーボンニュートラル達成宣言」を意識し、近年、ESGへの取り組みが企業の投資先として選ばれる条件ということもあるだろう。

鉄鋼業から排出される温室効果ガスは産業全体のおよそ4割を占め、化学業界の約3倍と突出している（図1）。鉄鋼業界がいかにCO<sub>2</sub>排出量を削減するかが、カーボンニュートラル達成に特に重要なことがわかる。

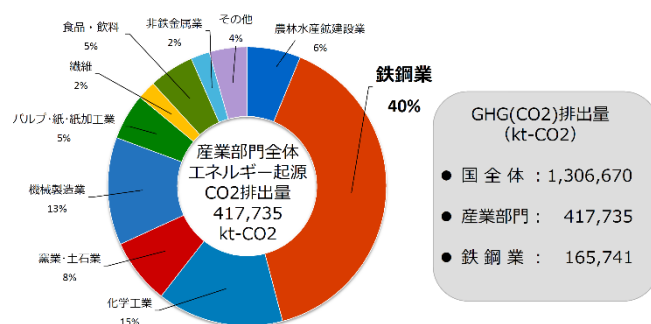


図1 産業別温室ガス排出量データ（2016）  
出典：国立環境研究所

### ◆鉄鋼業はなぜCO<sub>2</sub>排出量が多いのか

歴史上人類が初めて鉄を入手し、利用したのは鉄隕石（隕鉄）だったとされる。隕鉄は鉄ニッケル合金で、これを刀などに加工した。ツタンカーメンの墓から出た短刀などが知られる。隕鉄には、極めて長時間かけて冷却した際に特有の結晶構造、「ウィドマンステッテン構造」（図2）が見られることが特徴だ。

約3300年前に人類は鉄精錬の技術を発明した。地球上では鉄は主に酸化鉄として産出するため、酸素を取り除く還元が必要だった。古代には砂鉄などと炭をまぜて加熱することで、炭素をCO<sub>2</sub>にして鉄を得た。現在は、高品位石炭を蒸し焼きにして炭素純度の高いコークスを得て、それと鉄鉱石などを混合して高炉に投入する。コークスは炭素の塊であるため、

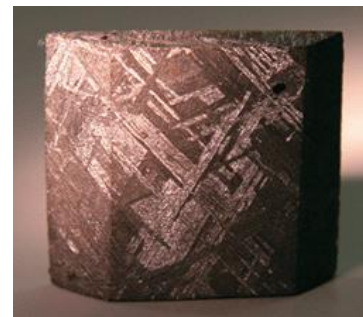


図2 鉄隕石特有の構造  
出典：理化学研究所

ため、燃焼して高温になり鉄鉱石が溶解し、炭素は酸化鉄の酸素と反応してCO<sub>2</sub>を生成し、金属鉄を得る。このため製鉄の工程では極めて大量のCO<sub>2</sub>を排出する。



◆水素還元製鉄が究極の製鉄方法だが実現には課題が多い

日本製鉄はカーボンニュートラル宣言を実現するためのロードマップを示した(図3)。ここで大きな目標とされているのは水素直接還元製鉄だ。08年からNEDOのプロジェクトで開発が進んでいるが、最も困難な課題は、水素還元反応が吸熱反応である点だ。コークスは自己燃焼で発熱したが、電力で鉄を熔解する高温を維持する技術、高炉の開発が重要だ。実用化は30年後を目指す、約5兆円の多額の経費が必要とみられ、社会全体での負担が必要だ。また、還元に用いる水素もグリーンであることが望ましい。スウェーデンでは再エネ水素による製鉄プラントを建設し、26年までに年130万トンの鉄を生産する計画が進んでいる。

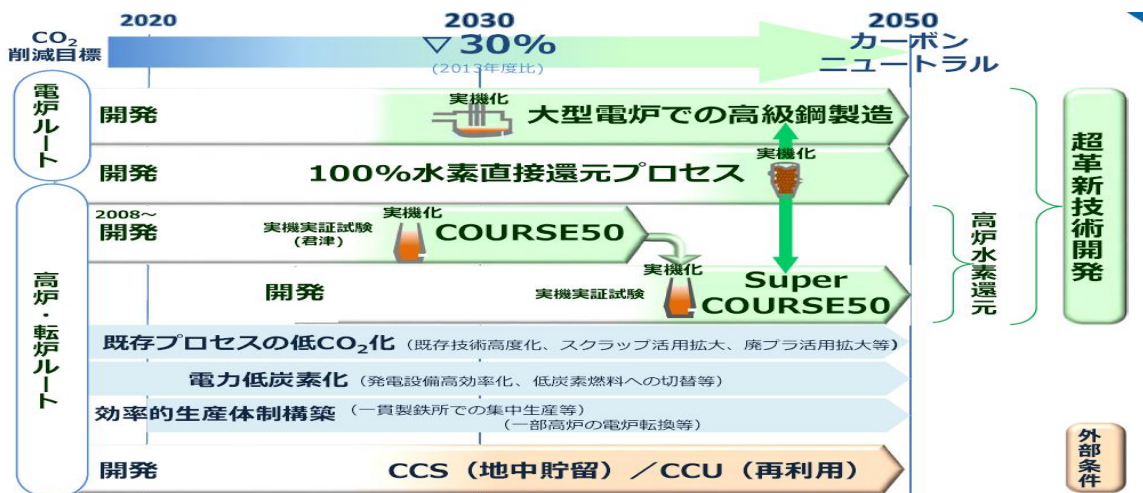


図3 カーボンニュートラルを目指すロードマップ 出典；日本製鉄

◆既存プロセスでの低炭素化の検討も進む

100%水素還元製鉄は大きな技術革新が必要で、当面は既存プロセスでいかにCO<sub>2</sub>発生量を削減するかが重要だ。21年2月、神戸製鋼所は高炉でのCO<sub>2</sub>発生量を2割削減することに成功したことを発表した。同社は鉄鉱石の一部を、すでに酸素を除去した「還元鉄」に代替する手法を確立した。この還元には天然ガスを使用するため高炉ではコークス量を減らし、それによりCO<sub>2</sub>発生量を削減できる。コークス量を減らすと発熱が減るため高炉内が不安定になり温度管理が難しくなるが、AIを活用し、より少ないコークスで炉内を安定に保つ技術を確立した。

鉄は安価で高強度のため、建材やインフラ、モビリティなどの幅広い用途で使用されてきたが、錆びやすく重いという負の面もある。軽量化などのため炭素繊維強化樹脂などを鉄鋼代替材料とする開発も進んでいる。鉄のリサイクルの拡大も含め、バージン鉄の生産を減らす取り組みも必要だろう。 【松田英樹】

## CO<sub>2</sub>捕獲技術の実用化に向けた進展

### ◆より安価なCO<sub>2</sub>捕獲技術が開発された

2021年1月、米国オークリッジ国立研究所の研究グループはペプチド溶液を使用することで、安価にCO<sub>2</sub>を捕獲できると発表した。

従来は、水酸化水溶液や固体アミンベースの吸着剤を使用していた。これらの材料を再生するためにはCO<sub>2</sub>ガスを放出する必要があり、多くのエネルギーを必要としていた。

今回開発された技術は、CO<sub>2</sub>と反応できるアミン基を含むペプチドを用いることで、CO<sub>2</sub>が重炭酸イオンに変換される。ペプチドを再生するには、プロトンと重炭酸イオンを除去してグアニジン-炭酸塩結晶を形成するグアニジン化合物を用いる。結晶を穏やかに加熱するとグアニジンが生成し、CO<sub>2</sub>が放出される。

ペプチドとグアニジンは安価であり、従来の水溶液や固体アミンよりも低い加熱温度で再生できる。そのため従来技術では、CO<sub>2</sub>1トンあたり5～10GJが必要だったが、新技術では3.45GJのエネルギーで済む。

### ◆燃料電池を用いたCO<sub>2</sub>の捕獲が実用化段階にきている

21年5月、米国FuelCell Energyは、燃料電池の実用化に向けて、米国エネルギー省（DOE）から800万ドルの資金を授与されたと発表した。

通常の燃料電池は空気中の酸素と水素から水が生成される際に電子を放出することで発電する。これに対して、FuelCell Energyの燃料電池は、まず、発電所などの排ガス中のCO<sub>2</sub>を、多孔質ニッケル電極を用いて酸素と2つの電子と反応させて、炭酸イオン（CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>）にする。この炭酸イオンを反対側の電極で水素と反応させ、水と2つの電子、CO<sub>2</sub>を生成させる。こうすることで、発電するとともに、排ガス中の10%のCO<sub>2</sub>を70%に濃縮することができる。

国際エネルギー機関の報告書によると、550MWの石炭火力発電所をモデルとした場合、351MW発電しながら、排出されるCO<sub>2</sub>の90%を捕獲できるとされている。発電から得られる利益も考慮すると、従来のアミンを用いた場合に比べコストを60%低くすることができる。また、CO<sub>2</sub>トン当たり33.63ドルの費用で

処理することができ、DOEのCO<sub>2</sub>捕獲コストの目標である40ドルを下回ることになる。

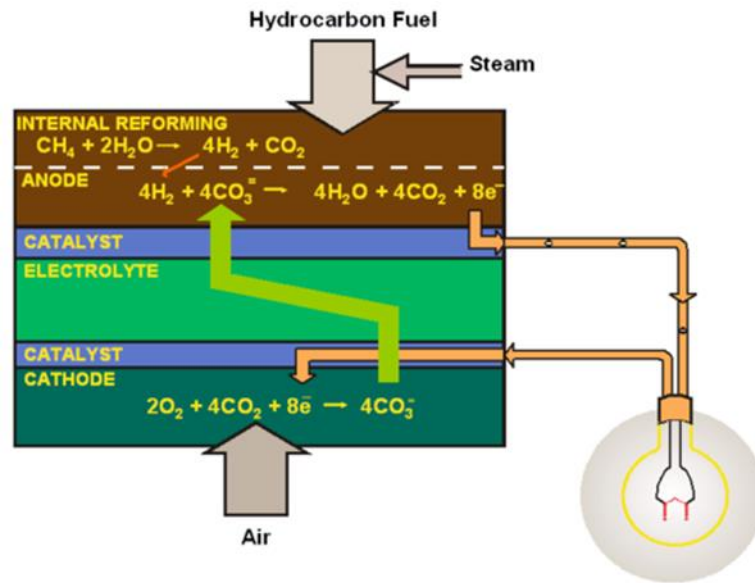


図 FuelCellの燃料電池によるCO<sub>2</sub>捕獲 出所：FuelCellホームページ

FuelCell Energyは、ExxonMobilとパートナーシップ結び、天然ガス発電所での実用化を目指している。

化学プラントでは、電気だけでなく、蒸気と熱を必要とするため、風力発電や太陽光発電に加えて、ボイラーなどの熱源を必要とするため、CO<sub>2</sub>の捕獲技術が必要とされている。

◆米国では、CO<sub>2</sub>をパイプラインで輸送する計画も検討され始めている

21年3月、米国のパイプライン会社のKinder Morganは、新たにベンチャー部門を設立し、CO<sub>2</sub>の捕獲分離と水素生産に投資すると発表した。

Kinder Morganは年間10億ドル規模のCO<sub>2</sub>を石油増進回収（採掘が終わった油田から石油を搾り取る）のために販売している。

一方、燃料および石油化学メーカーのValeroは、ネブラスカ、アイオワ、サウスダコタ、ミネソタ、およびイリノイで、2,000kmの液体CO<sub>2</sub>パイプラインネットワークの構築を計画している。パイプラインは、中西部のエタノールメーカーなどからイリノイ州南部の隔離サイトにCO<sub>2</sub>を運ぶ。イリノイ州南部では、CO<sub>2</sub>圧入によって復活できる枯渇した油井が多数あると考えられている。 【松村晴雄】

## 廃プラのケミカルリサイクルとバイオプラの進展

### ◆LyondellBasellやTotal、ケミカルリサイクルとバイオ由来の取り組みを強化

オランダの化学大手LyondellBasellは2021年4月、サステナブルな製品シリーズ「Circulen」を発表した。廃プラスチック（廃プラ）をメカニカルリサイクル（MR）した再生ポリマー「Circulen Recover」、廃プラをケミカルリサイクル（CR）で原料に変換してから再生したポリマー「Circulen Revive」、廃食用油などの再生可能原料からつくられたポリマー「Circulen Renew」で構成される。

20年9月にはフランスTotalが一部製油所で原油精製を停止し、バイオ燃料（植物由来の再生可能ディーゼル）製造に転換した。バイオ由来原料からのプラスチック製造と廃プラのCRへの取り組みを強化している。欧州化学大手でカーボンニュートラルに向け、持続可能な化学原料を使用する動きが広がってきた。

### ◆DowやBASFが熱分解油メーカーと組み、化石由来同等の再生材をつくる

品質や物性が低下した廃プラ、複数種からなる廃プラはMRには不向きで、廃プラを化石資源と同等の油やガスにまで戻すCRが、欧州では本格化している。

米Dowは21年4月、超臨界水を利用して、包装用途の多層・軟質プラスチックなどを油に戻す技術をもつ英Mura Technologyと提携した。Muraは英国で年間処理能力8万トンのプラントを建設し、Dowは原料油の供給を受け、食品などの包装用途向けの化石資源由来同等のプラスチックを製造する。

また、独BASFも21年4月、ノルウェーQuantafuelなどと廃プラスチックの熱分解プラントを発表した。BASFとQuantafuelは19年10月から、混合廃プラスチックの熱分解、熱分解油精製の技術を共同開発しており、BASFは「ChemCycling」プロジェクトの一環で、当プラントで生成された熱分解油を原料として使用する。

### ◆熱分解油メーカーは大手化学や包装材、消費財メーカーとも協業

このほか、英Plastic Energyが21年3月、米ExxonMobilのフランスにある石油化学コンプレックスに隣接してのCRプラント建設を発表するなど、熱分解油メーカーと大手化学との連携が相次いでいる。Plastic Energyは20年10月にTotal、

21年1月にはサウジアラビアSABICともCRで協業している。

熱分解油メーカーの協業先は大手化学にとどまらない。20年10月には飲食品世界最大手スイスNestleが、Plastic EnergyとのCRプラントを発表、食品用途向けの再生材の開発を目指している。ドイツの包装材大手SÜDPACKも20年9月、ドイツの廃棄物処理業RECENSOと複層ラミネートフィルムのCRで協業を発表し、食品や医療品など高品質・衛生基準の厳しい用途に取り組んでいる。

### ◆PETに近い化学的特性で、カーボンニュートラルなバイオ由来のPEFの開発

一方、バイオマス由来のプラスチック開発では21年4月、米Origin Materialsと米Packaging Mattersがポリエチレンテレフタレート（PET）などの包装材開発を発表した。PEFは、糖質原料から製造するフランジカルボン酸（FDCA）をバイオマス由来のエチレングリコールと重合して製造する。ポリエチレンテレフタレート（PET）に近い化学的特性ながら、PETに比べて酸素や水蒸気のバリア性が高く、100%バイオマス由来でカーボンニュートラルとみなされる。Origin Materialsは木材残渣由来のセルロースからFDCAを生成する。

また、オランダAvantiumも21年4月、ベルギーの包装サプライヤーResiluxとPEFの供給契約を締結した。23年稼働予定のプラントからはオランダの飲料ボトルRefrescoのほか、東洋紡、米TerphaneなどにFDCAが供給される。

### ◆ポリアミド、ポリカーボネートなどでもバイオプラスチックの開発が進む

Origin Materialsは21年4月、ベルギーSolvayと自動車用途などにバイオ由来の特殊ポリアミド（PA）を開発すると発表している。米Genomaticaも20年11月、イタリアAquafilとのバイオPAでの協業を発表している。また、ドイツCovestroは、21年1月にバイオ由来60%の熱可塑性ポリウレタン（TPU）、20年6月にバイオ由来50%以上のポリカーボネート（PC）を発表している。ポリエチレン（PE）に限らず、バイオ由来の多様なプラスチックが普及しつつある。

日本では20年12月に「廃プラスチックのケミカルリサイクルに対する化学産業のあるべき姿」が日本化学工業協会から発表され、21年1月には「バイオプラスチック導入ロードマップ」も策定された。CRやバイオプラスチックなど、持続可能な原料に対する日本企業の取り組みが注目される。 【長谷川雅史】

## 持続可能な宇宙産業への挑戦

### ◆天然資源としての宇宙とスペースデブリによる脅威

宇宙には広大なイメージがあるが、人工衛星を運用できる地球軌道は限られた天然資源である。天気予報、気候研究、通信、位置情報サービスのための軌道領域を保護することが、今後の経済成長において、ますます重要になりつつある。その天然資源を脅かす存在が、「スペースデブリ」（宇宙ごみ）だ。

スペースデブリとは、機能停止、または、制御不能となった人工衛星やロケットの本体、部品、破片など、地球の衛星軌道上を周回する人工物のことである。現在、10cm以上のデブリは2万個を超え、地球の低軌道上には7,600トンを超える物体が飛び交っている。毎日、約10個が大気圏に再突入しているが、宇宙の産業利用の拡大に伴って、その数は年々増え続けている。

この状況を踏まえ、2020年12月の国連総会で「責任ある行動の規範、規則及び原則を通じた宇宙における脅威の低減」の決議が採択された。デブリは衛星や宇宙船との衝突リスクや誤用の可能性を高め、長期的な持続可能性を脅かすものであり、各国は国際法に基づいて宇宙利用を実施すべきことが強調されている。



史上初の人工衛星「Sputnik号」（1957年）の打ち上げ以降、地球周回軌道に残されたスペースデブリの数は増え続けている（各種資料より引用）

### ◆「長征5号B」の2度の落下と宇宙利用の安全保障に対する懸念

2021年5月9日、中国の大型ロケット「長征5号B」のコアステージが、アラビア半島上空で大気圏に再突入した。全長約30m、質量21.6トンと推定される建造物である。20年5月にも、同じ型式の長征5号Bが大西洋上で落下し、約10mの大きさの破片がコートジボワールで発見された。



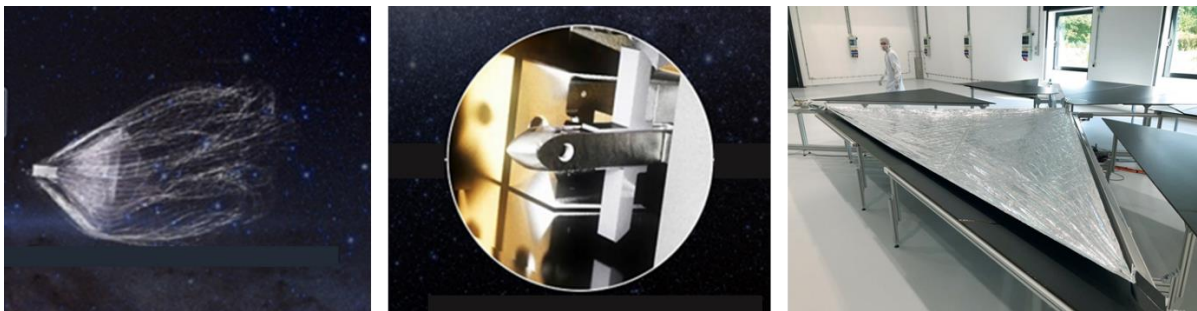
長征5号Bは、第1段コアステージと補助ブースターのみで構成され、第2段を持たない。そのため、巨大なコアステージのままで地球の周回軌道にリフトアップされる。また、投棄後の制御機能を持たないため、その後は、成り行きで地上に落下する。長征5号Bは宇宙ステーション「天和」の建設や低軌道衛星の投入のために設計された汎用型のロケットであり、今後も打上げの都度に、制御されない落下の懸念が続く。13年にロシアに隕石が落下した際、多くの負傷者を出したが、その大きさは17mであった。米国航空宇宙局は、中国はスペースデブリに関して責任ある基準を満たしていない、との声明を2度の再突入直後に発表した。

### ◆民間企業の主体で推進する、スペースデブリ除去の技術開発

スペースデブリ除去は未だ黎明期であるが、様々な企業が挑戦を始めている。

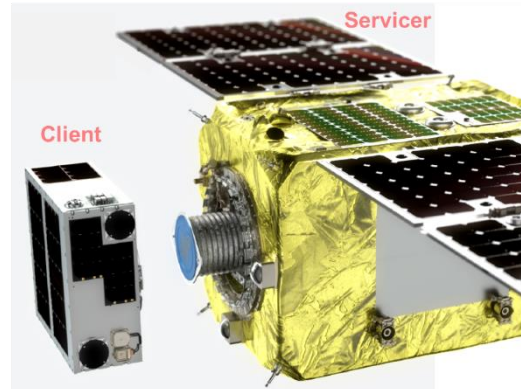
欧州のエアバスと、そのコンソーシアムは、宇宙を飛び交うデブリを追跡・捕獲するための技術を開発し、18年9月から19年2月にかけて軌道上での試験を実施した。「2Dカメラ」と「3D LiDAR」（光検出・測距）によって宇宙船から捕獲目標の位置を追跡し、「ネット」を用いて直径2m、質量2トンまでのデブリを捕獲する。さらに、「鉈」を秒速20mで発射し、目標に衝突・貫通させて捕獲する。

捕獲されたデブリは、「ドラッグセイル」（帆）を用いて本来の軌道から離脱させる。ドイツの企業HPSと欧州宇宙機関は、アルミニウムを被覆した、厚さが7.5ミクロンのポリイミドフィルムを共同開発した。デブリに取り付けたフィルムを広げ、ごく希薄な大気でブレーキを掛けて減速させる仕組みだ。21年6月には、米国企業のSpaceXのFalcon9で軌道の上に打ち上げられ、3.5m<sup>2</sup>のセイルを広げて、探査機の軌道離脱をテストする。



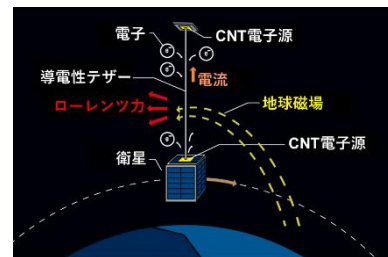
エアバスはスペースデブリ捕捉用の「ネット」（左）と「鉈」（中）を実証した。  
HPSの「ドラッグセイル」は厚さが7.5ミクロンのフィルムを3.5m<sup>2</sup>に展開できる。  
（各社HPと公開資料から引用）

21年3月22日、日本の民間企業である、アストロスケールホールディングスが、複数の手段で多目的にデブリ除去のサービスを提供できる衛星を開発し、カザフスタンの宇宙基地から軌道への投入に成功した。アストロスケールは単独でデブリ除去のビジネス化に取り組む世界初の民間企業だ。13年の創業以来、1.9億ドル以上の資金を調達し、日本を含む5カ国に拠点を持つ。各国から125名以上の技術者を招集し、既存のデブリの除去、運用中の人工衛星の延命、新規に打ち上げる衛星の寿命・故障後の除去の簡易化などの技術開発とサービスを行っている。



アストロスケールのスペースデブリ除去の実証衛星「ELDA-d」。「Servicer」から「Client」を切り離し、位置を探索し、再結合し、軌道離脱による再突入で廃棄する（同社プレスキットより引用）。

また、日本のベンチャー企業のALEは、カーボンナノチューブによる軽量の電子源で導電性のひも状の「テザー」（手綱）に電流を流し、地球磁場から受けるローレンツ力を利用して人工衛星を降下させる技術をJAXAと共同開発した。宇宙利用のサービス商社を目指す、日本のSpace DBとの販売代理契約を20年8月に締結し、国内外の宇宙利用市場に展開する。



導電性テザーによる軌道降下（ALEのHPより引用）

#### ◆宇宙産業の発展と持続可能性の達成への挑戦

内閣府での報告によれば、世界の宇宙利用産業の市場規模は、現在の約40兆円から40年には160兆円に成長する。特に、情報通信、自動化、遠隔操作に関する用途が多くを占め、多数個の人工衛星から構成されるメガコンステレーション（衛星網）の配備が加速する。

世界経済フォーラムは、人工衛星の製造、宇宙船の運用、ロケットの打ち上げの事業者に対して、デブリ軽減に関する国際的なガイドラインとの整合性を示す評価法「スペース・サステナビリティ・レーティング」の展開を始めた。事業者が評価スコアを自主的に公開することで透明性を高め、ミッションの機密情報や専有情報を開示することなく、デブリ軽減のアプローチを強調できる、という。

宇宙産業への投資が過熱するなか、デブリ除去の技術開発やルール作りなど、持続可能性の達成に挑戦する人々の先見性に敬意を表したい。 【酒向謙太郎】

## 人間の腸内細菌叢、他生物の腸内細菌叢

### ◆都市化によって変化が加速した人間の腸内細菌叢の機能や多様性

2021年4月、米国のマサチューセッツ工科大学などの国際研究チームは、都市化にともなって人間の生活環境が変化した結果、腸内細菌叢（腸内細菌の全体像）を構成する細菌の機能や多様性が変化したと考えられると発表した。

都市化の程度の異なる世界各地の15の地域において、数千の腸内細菌のゲノムを解析し、遺伝子の水平伝播の速度と遺伝子機能を検討した。遺伝子の水平伝播とは、一つの細菌から別の細菌に遺伝子が受け渡される現象である。遺伝子を受け取った細菌は、その遺伝子が発現する新たな機能を獲得することになる。

遺伝子の水平伝播は、最近の数世代で増加しており、個人の腸内で頻繁に起きている。異なる地域で比較すると、都市化の程度と水平伝播の頻度が相関していた。生活スタイルの変化で腸内環境が変化し、人口密度の増加で人から人への感染が増え、水平伝播が加速され、遺伝子機能が変化したと考えられる。

### ◆多種類の生物の腸内細菌叢のゲノム解析と特性や分類との対応付け

21年4月、イスラエルのワイツマン科学研究所などの研究チームは、野生の生物の腸内細菌叢は、これまでに知られていなかった多種類の細菌を含んでおり、それぞれの生物の特性や分類に対応していると発表した。

4大陸における184種の魚類、鳥類、ほ乳類からなる野生動物の糞から得られた腸内細菌叢のゲノム解析が行われた。解析された腸内細菌の75%に当たる1,000種を超える細菌が、これまでに知られていない細菌であった。腸内細菌叢の組成、多様性、機能は、それぞれの生物の生息場所、食餌、活動時間、社会構造などに対応していることが明らかになった。新たに発見された腸内細菌には、工業的な利用や医療分野への応用の可能性がある。

ゲノム解析の応用によって、腸内細菌叢の研究はこれまでも大きく進展してきた。ゲノム解析のさらなるコストダウンとスピードアップによって、より多くの腸内細菌叢を解析することが可能になり、人間の集団内や集団間の比較、多くの生物間の比較も可能になった。

【戸潤一孔】

## 技術流失対策強化と機微技術含む技術の必要性

### ◆ 研究インテグリティ指針で国際的に信頼性のある研究環境の構築へ

2021年4月、内閣府は技術流失を防ぐ研究インテグリティ（公正性）の指針を年内に作成するとした。公的資金を受ける研究機関・研究者は、外国からの支援情報の開示など、公正性に関する説明が必要となる。国際化する先端研究活動における透明性を確保し、海外流出、軍事転用のリスクに対応する。21年4月の日米首脳会議ではバイオ、AI、量子技術など共同研究に合意し、連携を進める中で、経済安全保障を確保し、技術流出の懸念を払拭することが求められている。

**研究インテグリティの確保**

- 近年、外国からの不当な影響による利益・責務相反や技術流出等への懸念が顕在化。
- 米国等主要国では、国際研究協力を重視・大学等の自律性を尊重しつつ、対応策が講じられてきている。
- 我が国としても、こうした新しいリスクへの対応とともに、必要な国際協力及び国際交流を進めていくため、国際的に信頼性のある研究環境を構築することが不可欠。

→ 政府として、研究の健全性・公正性（「研究インテグリティ」）の自律的な確保を目指し、研究者・研究機関等に、透明性と説明責任を求めていく方針を示し、具体的な対応に早期に着手する必要。

（出所：内閣府 統合イノベーション戦略推進会議（第9回）、2021.4）

米国国務省が20年9月に中国軍と関係が疑われる中国人研究者千人以上のビザを取り消した。また、米国で国外の研究者や学生を介しての技術流出の防止を重視するようになった。これらが指針作成の背景にあると考えられる。

### ◆ 経済同友会は産学官連携で機微技術含めた先進技術への挑戦が必須と提言

21年4月、経済同友会は日本の経済安全保障への取り組みと、経営者の役割に関し提言した。提言は企業文化の変革、国益に資する国際ルール形成、安全保障の再定義の3つである。安全保障の項では、技術開発の国際連携のため機微技術（防衛技術に転用できる技術）を含む先端技術の競争力を高めるべきと示した。

- ・コロナ禍後も米中対立等で自由貿易は戻らず、経済力や先端技術により新たな国際秩序が形成される「非常時」が続く。
- ・経済合理性を追求する経営は「非常時」を乗り切れず、経営者は地政学や地経学の観点を経営戦略に反映させる必要がある。
- ・企業はサプライチェーンを分散し有事に代替可能とすること、サイバーセキュリティー強化、安全保障上重要な機微技術の洗い出しが必要。
- ・機微技術も含む先端技術開発への挑戦が必須（具体的にはAIや量子コンピューター、6Gや量子インターネット、量子暗号などの次世代通信技術と大量データ分析に係る技術、バイオテクノロジー等医療・防疫に関する技術、それらの基盤となる先端半導体技術など）
- ・米英 EU 等との情報共有に基づき、機微技術の認識、対応について適確な情報を提供するよう日本政府に要望。

「強靱な経済安全保障の確立に向けて」（経済同友会）提言の要旨

経済同友会、2021.4より

米中覇権競争の中で民生技術と防衛技術の境界が揺れているが、防衛技術の研究開発をタブー視する学術界に対し、建設的関与に転換すべきとしている。

先端技術が国力を強めることに変わりないが、世界経済、国際秩序は変容しつつあり、経済安全保障の環境変化への対応の重要性が増している。【新井喜博】

## ECサイトで広がる後払い決済サービス

### ◆クレジットカードが不要の後払い決済サービス

コロナ禍でEC市場が拡大を続けるなか、新たな決済手段として後払い決済サービスが注目されている。欧米では、後払い決済を「Buy Now, Pay Later（通称、BNPL）」と呼び、スウェーデンのKlarna、米国のAffirmなどのスタートアップが牽引している。いずれも加盟店から徴収する手数料などを収益源としている。

後払い決済サービスは、事業者の戦略などにより違いはあるが、クレジットカードや即時払い方式のデビットカードなどを保有していなくても、メールアドレスや携帯電話番号など簡単な情報入力によって与信審査され、原則として利用者に手数料等は課さない。利用者層は多岐にわたり、Web上にクレジットカード情報を入力することに不安な人や、コロナ禍で代引きを敬遠する人、カードを取り出す必要がないので移動中にスマホで注文する若者などさまざま。

矢野経済研究所は、2021年4月、日本のECにおける19年度の後払い決済サービス市場は6,870億円と推計し、24年度には1.8兆円を超えると予測している。

### ◆与信審査にAIも活用する日本発の後払い決済サービス事業者

日本でも、ペイディやネットプロテクションズといった後払い決済サービス事業者が存在する。ペイディ（14年10月創業）は、ECサイトで買い物をする際、メールアドレスと携帯電話番号を入力し、スマホに届く認証コードを入力することで買い物ができる。後払いの方法は、決済の翌月にコンビニなどでまとめて支払う方法のほか、手数料無料の3回分割払いも選択できる。利用登録者は約500万人で、20～30代前半が多く、加盟店はアマゾンジャパンなど約70万店ある。与信には信用情報機関の個人データに加えて、AIを活用して行動履歴から異常を検知し、不正利用を防ぐ仕組みを構築している。

最近では後払い決済事業者と大手クレジットカード会社との提携といった動きもあり、新規参入者がさらに増えれば競争激化の可能性も見込まれる。一方、後払い決済は使い勝手の良さゆえに消費者が過剰債務を抱える懸念もあり、利用動向を見極めながら適切な規制を検討していく必要があるだろう。【秋元真理子】



## 女性活躍を推進する力を問われる日本企業

### ◆令和2年度の「なでしこ銘柄」は45社

2021年3月、令和2年度「なでしこ銘柄」の選定企業45社が発表された。「なでしこ銘柄」とは投資家の女性活躍推進企業への関心を高めるために、12年から経済産業省と東京証券取引所（東証）が、取り組みが優れている企業を共同で選定している。27業種区分で、業種毎に基本枠が1、2社分ずつ設定されており、合計36枠であるが、最上位企業とスコア差がわずかな企業なども選定される。

東証のすべての上場企業が対象で、まず、「①女性活躍推進法に基づく行動計画策定」「②厚生労働省の女性活躍推進企業のデータベースに女性管理職比率を開示」「③女性取締役が1名以上」という3つの条件でスクリーニングが行われる。その後、国際性も含むダイバーシティの経営戦略への取り組みや推進体制の構築、全社的な環境・ルール整備などの7項目についてスコア付けを行い、3年間平均のROE（自己資本利益率）の値に応じて加点される。業績も考慮して選ばれるため、「なでしこ銘柄」は業績パフォーマンスや配当利回りも東証一部銘柄平均より高くなっている。

選定銘柄は常連ともいえる銘柄が多いが、令和2年度は、商船三井と住友商事の2社が初めて選定されている。

令和2年度 なでしこ銘柄

業界（基本枠数）	社名	業界（基本枠数）	社名
水産・農林業、食料品(2)	アサヒグループホールディングス キリンホールディングス	精密機器(1)	島津製作所
鉱業、石油・石炭製品(1)	ENEOSホールディングス	その他製品(1)	トッパン・フォームズ 凸版印刷
建設業(2)	住友林業 積水ハウス	電気・ガス業(1)	東京瓦斯
繊維製品(1)	帝人	陸運業、倉庫・運輸関連業(1)	東急
パルプ・紙(1)	王子ホールディングス	海運業、空運業(1)	商船三井
化学(2)	三井化学 積水化学工業 DIC 資生堂	情報・通信業(2)	野村総合研究所 エヌ・ティ・ティ・データ SCSC
医薬品(1)	中外製薬	卸売業(2)	双日 三井物産 住友商事
ガラス・土石製品(1)	AGC	小売業(2)	ローソン 丸井グループ イオン
鉄鋼(1)	日本製鉄	銀行業(1)	三菱UFJフィナンシャル・グループ 千葉銀行 高知銀行
非鉄金属(1)	住友電気工業	証券、商品先物取引業(1)	大和証券グループ
金属製品(1)	LIXIL	保険業、その他金融業(1)	SOMPOホールディングス MS&ADイン シュアランスグループホールディングス
機械(2)	ダイキン工業 日本精工	不動産業(1)	イオンモール
電気機器(2)	オムロン 堀場製作所	サービス業(2)	ギグワックス トレンダーズ
ゴム製品、輸送用機器(1)	アイシン		

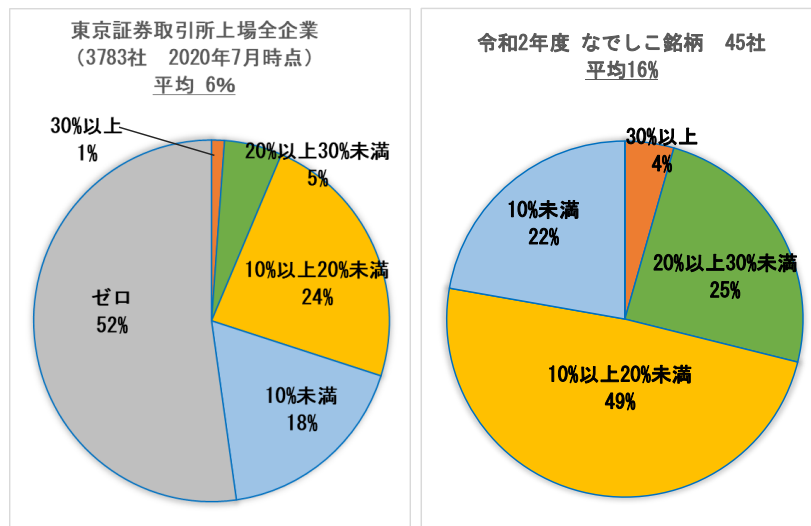
(出所：経済産業省 経済産業政策局経済社会政策室「令和2年度 なでしこ銘柄」よりARC作成)



◆日本の上場企業の半数は女性役員ゼロ

安倍総理が「上場企業は役員に1人は女性を登用」するように経済界に要請した13年当時は、日本の上場企業の女性役員比率は2%弱（役員四季報）であった。18年の「コーポレートガバナンスコード」の改訂で、取締役会の実効性確保のための前提条件（原則4-11）に「ジェンダーや国際性の面を含む多様性と適正規模を」という記述が追加された。20年における東証上場企業の女性役員比率は平均6%と増えてはいるものの、いまだに半数の企業が女性役員ゼロである。20年11月に経団連が発表した「新成長戦略」では「30年までに女性役員比率30%」と欧米主要国並みの目標を掲げているが、「なでしこ銘柄」に選ばれた企業45社の平均でも16%であり、程遠い。

女性役員比率比較



(出所：内閣府 男女共同参画局 女性役員情報サイト業種別一覧表、経済産業省「令和2年度なでしこ銘柄」よりARC作成)

◆「コーポレートガバナンスコード」21年度版では管理職層の多様化も迫る

3月末に金融庁が公表した「コーポレートガバナンスコード」21年度改訂版の最終案では、取締役会のみでなく、管理職層においても女性を含む多様性の確保が重視され、企業に実現に向けた具体的な行動を迫る補充原則が追加された。

「女性の活躍促進を含む多様性の確保の推進（原則2-4）」について、中核人材登用における多様性の確保についての考え方、測定可能な目標と実施状況、また多様性確保に向けた人材育成方針・社内環境整備方針と実施状況を併せて開示することを求めている。21年度改訂版は6月に施行される見込みで、東証上場企業は遅くとも年内に報告しなくてはならない。

【石井由紀】

## コロナで可視化される外国人労働者への人権侵害

### ◆米国がマレーシア企業の人権侵害を認定

2021年3月29日、米国税関・国境警備局（CBP）は、米国各地の税関に対し、世界最大手のゴム手袋製造企業であるマレーシアのTop Gloveの製品を押収するよう命じたと発表した。新型コロナの感染拡大で医療用ゴム手袋の需要が増加し同社の業績が急拡大している一方で、20年11月以降、ミャンマー人やバングラディッシュ人など同社内の外国人労働者の間で新型コロナのクラスター感染が度々発生しており、これまでに5,000人以上の従業員が感染している。CBPは、外国人労働者を劣悪な環境で生活・労働させている確証を得られたとして、製品の押収に踏み切った。一方、Top Gloveは、第三者による調査でも外国人労働者に対する人権侵害はなかったとし、CBPに反論している。

外国人労働者が多いマレーシアでは、Top Gloveの他にも多くの企業で従業員のクラスター感染が発生している。マレーシア政府は工場や宿舍の査察を強化しており、これまでに工場に隣接して設置された輸送用コンテナに多数の外国人労働者が生活している例などが見つかっている。

### ◆タイやシンガポールでも外国人労働者のクラスター感染が発生

20年12月、タイのバンコク近郊の水産市場で新型コロナのクラスター感染が発生したが、感染者の大半は市場で働くミャンマー人であった。タイで働くミャンマー人には不法入国した人も多く、PCR検査や治療・入院などの処置が受けられなかったことが感染拡大に繋がったとされている。

シンガポールでも、20年2月に外国人労働者の宿舍でクラスター感染が発生して以降、外国人労働者の間で感染が拡大し、20年5月までに感染した人の90%以上が外国人労働者であったと報じられている。

アジアなどの外国人労働者は、劣悪な環境で生活・労働させられていると度々指摘されるが、実態を把握しにくく、人権侵害の有無を明確に確認できないことが多かった。それが新型コロナのクラスター感染の発生により可視化され、問題が表面化するケースが増加している。

【今村弘史】

# ARC活動報告・予定（4月～）

## 1. ARCレポート

4月発行（予定）：「コロナ禍で生じた「働き方の変化」と「都心から分散する動き」  
（主幹研究員 石井由紀）

## 2. ARCテーマ別研究会

04.13 第128回 国際問題研究会

講師：中島恵氏（ジャーナリスト）

テーマ：「最近の中国人の消費動向について」

## 3. 新聞・雑誌等での弊社研究員による意見発表など

◇主席研究員 田中雄作

- ・「世界経済評論5月・6月号」（4月15日発売）に以下を寄稿。  
「2021年、企業がとるべき通商戦略とは」

◇主幹研究員 毛利光伸

- ・Medtec Japan オンラインセミナー（2021年2月10日～6月2日 配信）にて  
「AI医療機器の現状と将来」を講演

<http://www.medtecjapan.com/ja/onlineseminar>

◇シニア・フェロー 松村晴雄

- ・ファインケミカルジャパン2021 セミナー（4月16日）にて  
「セルロースナノファイバーの実用化に向けた研究開発状況」を講演

Watching No.320

2021年5月24日発行

発行所 株式会社 旭リサーチセンター

編集人 長谷川 雅史

〒100-0006 東京都千代田区有楽町1-1-2 日比谷三井タワー

<https://arc.asahi-kasei.co.jp/contact/>