

Watching

2021. 11 No. 324

特集

二酸化炭素回収貯留の事業と技術の将来…………… 1

ハイライト

水電解技術の多様化と先進企業の戦略……………	10
カーボン・クレジット市場拡大の動き……………	12
プラ製品を追跡して資源の循環を……………	15
プラスチックのリサイクル事業が本格化……………	17
ライフスタイル転換によるGHG削減策が活発化……………	18
タンパク源多様化の潮流とバイオケミストリー……………	20
ハイテクと人との融合によるパラ競技の進化……………	22
デジタル庁で加速するベースレジストリ整備……………	24
経済安全保障で注目される重要鉱物資源……………	27
自由主義諸国で高まる中国への人権包囲網……………	29
中国と台湾がCPTPPに加盟申請……………	30
データ保護関連法整備でデジタル化進む中国……………	32
ドイツ総選挙、連立新政権の課題……………	34
健康オフィスを評価する国際基準「WELL認証」……………	36
開発が進むCOVID-19経口治療薬……………	38
受精卵から成体に至る人間の全細胞地図の作成……………	40
古代人が残した足跡、貝殻のビーズ……………	41
ARC活動報告・予定(9月～)……………	42



株式会社 旭リサーチセンター

ARC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		
	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II		6	7	8
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															

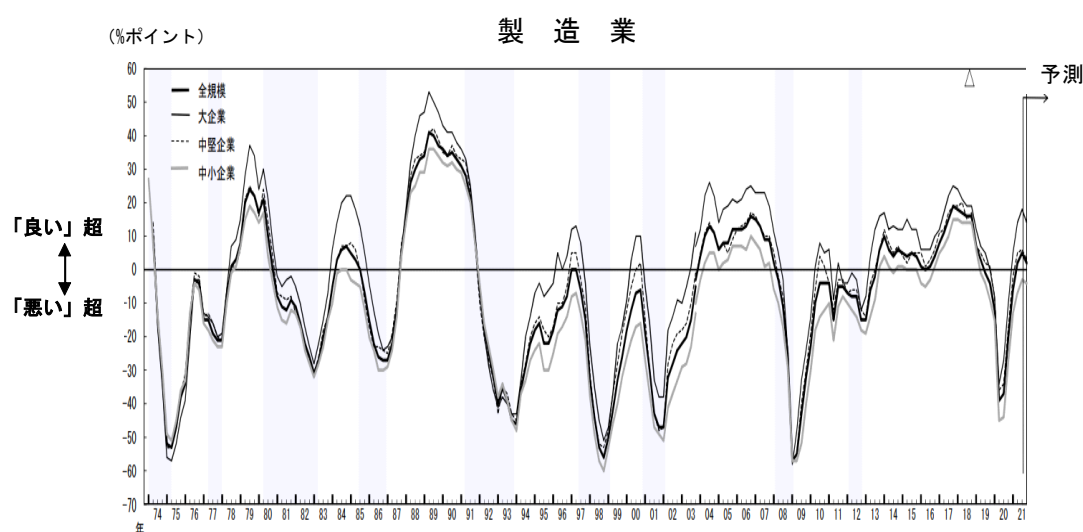
注1：天気マーク☀️は前年比3%以上、☁️は前年比0%～3%、☁️は前年比▲3%～0%、☔️は前年比▲3%超を基準にしている。

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10月15日時点での入手可能なデータに基づく。

日銀短観（9月調査）業況判断の推移



(注) シャドーは特に断りのない限り、景気後退期（内閣府調べ）。△は直近（2018年10月）の景気の山。

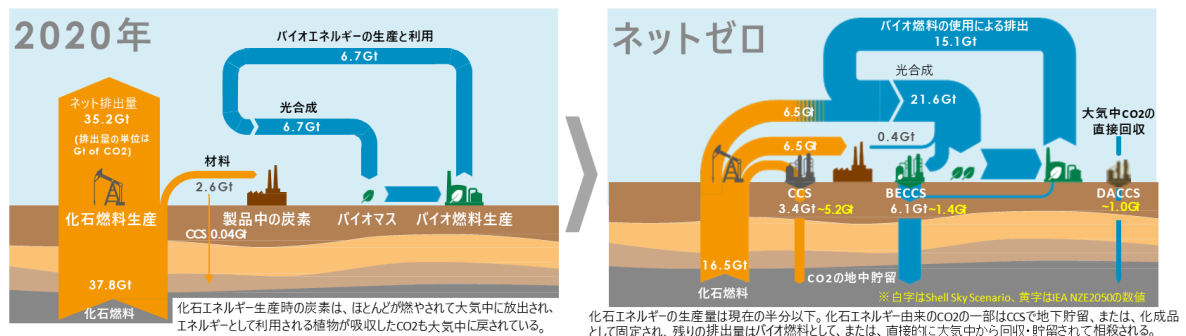
出所：日本銀行調査統計局「第190回 全国企業短期経済観測調査」2021年10月

二酸化炭素回収貯留の事業と技術の将来

◆CCSの拡大と産業化が温暖化防止に必要とされる理由

世界が持続可能な社会に移行するために、地球の平均気温上昇を産業革命以前よりも1.5℃以下に抑制することが世界共通の目標となった（パリ協定第2条）。それには、化石資源に依存する経済産業活動からの脱却が必須であるが、原料・燃料の削減や代替だけでは不十分である。化石資源を使い続ける限り発生するCO₂を回収して大気に放出しない状態とする必要があるからだ。

現状のエネルギー経済システムにおいては、石油、石炭、天然ガスなどの生産によって生じる炭素の殆どが利用時に燃焼されて大気に放出されるだけでなく、植物が吸収したCO₂もエネルギー資源として利用される際に大気中に戻される。大気中の炭素収支がバランスされた状態である、ネットゼロの実現のためには、再生エネルギーへのシフトによって化石エネルギーの生産量を半分以下とするだけでなく、発生するCO₂の多くを回収しつつ、残りの排出量もバイオ燃料として大気中から回収して相殺する必要がある。

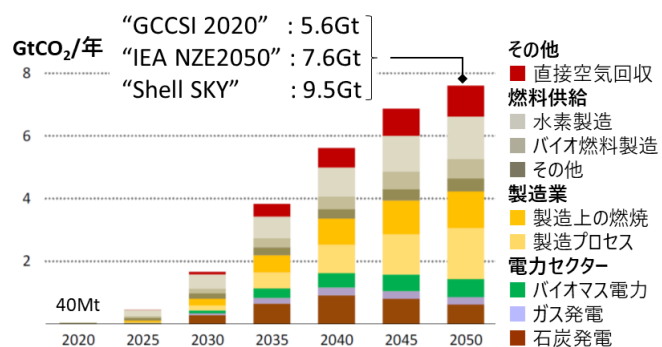


回収されたCO₂の行く末には2つの経路がある。一つは貯留であり、もう一つは再利用だ。二酸化炭素回収・貯留（CCS）とは、発電所や化学工場などから排出されたCO₂を濃縮して地下深くに圧入する技術である。二酸化炭素回収・利用（CCU）は、CO₂を原料として石油代替燃料や化学原料などの有価物に転換する。一般的には、両者を併せてCCUSとも呼ばれる。

国際エネルギー機関（IEA）が2020年9月に公表した「Energy Technology Perspective 2020, Special Report in CCUS」によれば、化成品や燃料として利用される炭素の一部は最終的に地下貯留されるが、殆どは焼却炉や動力機関に

よって大気に再放出されることが指摘されている。そのため、20年には、回収された0.16Gt¹の化石由来のCO₂のうち、0.04Gtが地下貯留されて0.12Gtが大気放出されたが、ネットゼロ実現時には、地下貯留を6.6Gtに増加させつつも、再放出量は現状よりも削減して0.05Gtとする姿が示されている。炭素リサイクルと呼ばれる研究開発が目下の話題となっているが、仮に循環経済の下で炭素が複数回のサイクルに亘って再利用されたとしても、化石由来のCO₂を原料とする限りはカーボンニュートラルとはならない²。

以上の理由より、ネットゼロの実現には、製造業から2.8Gt、火力発電から1.4Gt、水素製造から1.4Gt、燃料製造から1.0Gt、大気中から1.0GtのCO₂を毎年回収して計7.1Gtを地下貯留する必要性がIEAや石油会社Shellにより予測されている。7.1Gtの数値は



ネットゼロにおける排出源セクター別のCO₂回収量
 (“Net Zero by 2050”, IEAより引用作成)

現在、運用中の設備能力の160倍となるが、貯留の潜在可能性のある場所は世界各地に存在する。具体的には、既知の石油・ガス田を活用すれば数100Gtの収容能力があり、塩水層には数1,000Gtのポテンシャルがある。CCSの実証や商用運転は既に各国で行われており、日本でも苫小牧（北海道）で実証され、柏崎（広島県）、有明（福岡県）、舞鶴（京都府）でも部分的実証や準備が進められている。つまり、貯留場所はCCSの拡大の制限とはならない。他の廃棄物処理と同様に、コスト負担と削減の仕組みが産業化の鍵である。

◆ASEAN・豪州でもCCSの実証検討が始まる

21年6月22日、経済産業省と東アジア・アセアン経済研究センターは、ASEAN、豪州、米国、日本の計13ヵ国が参加してアジア全域でのCCUSの活用に向けた情報共有や事業環境整備を目指す「アジアCCUSネットワーク」の立ち上げを発表した。IEAの報告書「東南アジアにおけるCCUSの機会」（21年6月21日公表）によれば、

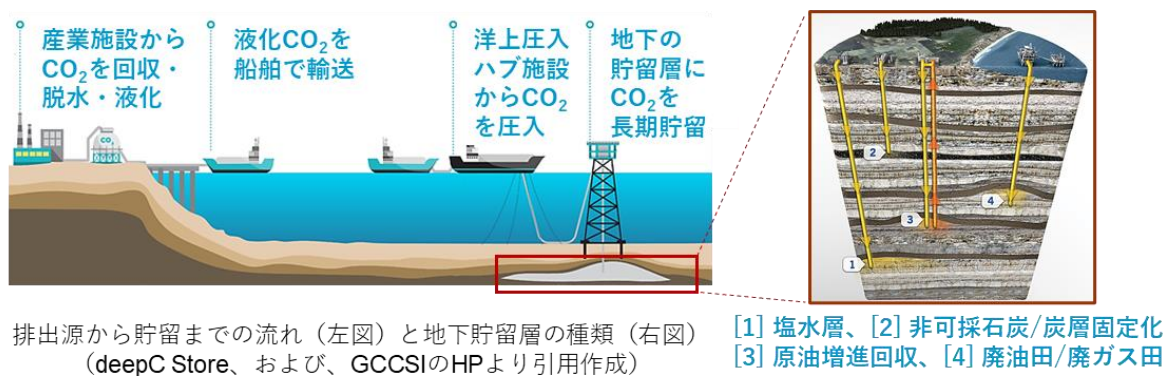
¹ 以下、CO₂の数量を Gt（10 億トン）、Mt（100 万トン）と表記する。

² バイオや大気中由来の CO₂ 利用ならば、カーボンニュートラルとなる可能性がある。

今後も化石燃料需要が増加する東南アジアでのCCUSの役割は大きく、30年時点で35Mt、50年には200Mt以上の回収が望まれる。その実現には25年から30年までに毎年10億ドルの投資が必要とされ、革新的な分離回収技術や長距離間の船舶輸送の実証、2国間クレジット制度の活用など、日本の貢献が期待されている。

21年6月15日、豪州を拠点とする海洋ガス田開発企業Transborder Energyは、JX石油開発、および、東邦ガスと、洋上CO₂貯留施設「deepC Store」の共同開発契約を締結した。deepC Storeは、アジア太平洋地域の産業施設から回収したCO₂を船舶で輸送し、豪州沖合の地下に長期貯留する設備である。両社は、既存提携先である東京ガス、大阪ガス、九州電力などと共に、プロセスの概念設計、地下貯留層の選定、ファイナンスを含む主要契約条項の事前協議を進める。

21年9月14日、豪州の石油・ガス製造業Santosが、東ティモールのBayu-Undan沖合の石油貯留層をCCSとして利用する実行可能性の共同調査を行うために同国の石油鉱業評議会との覚書を締結した。Bayu-Undan貯留層には年10MtのCO₂を貯留できる可能性が予測されている。東ティモール政府は、これまで自国の経済を支えてきた石油産出の資産が脱炭素移行で座礁するリスクを見越し、他国のCO₂を受け入れるための貯留地に転用することで、将来の財源となる排出権取引枠や炭素クレジットを確保する。



◆CCSの適用が期待される産業とビジネスの現状

CCSの展開加速のために各国政府の主導で設立されたシンクタンク「Global CCS Institute」(GCCSI)によれば、各産業セクターでのCCSの必要性を次の通りに分類している。i) セメント、製鉄、化学など、本質的にCO₂排出や高温加熱を伴う製造業を脱炭素化する。ii) 石炭や天然ガスとCCSとの併用によって低炭素水素（ブルー水素）を安価に製造する。iii) 再エネの大規模導入時に課題とな

る送電系統の不安定性に対して火力発電とCCSの併用で補完する。iv) CO₂削減が困難な産業セクターでの排出残補償のために後述のBECCSやDACCSなどのネガティブエミッションを活用する。v) CO₂排出量の大きな既存産業にCCSを適用することでネットゼロ経済移行期の資産座礁や失業を防止する。

IEAによれば、より具体例に、水素製造（天然ガス、石炭、産廃プラスチック由来）、製鉄・セメント製造、火力発電（バイオマス、天然ガス、石炭）、化成品・燃料合成（アンモニア、メタノール、高付加価値品）のプロセスからのCO₂貯留を50年のカーボンニュートラル実現までに導入することが期待されている。

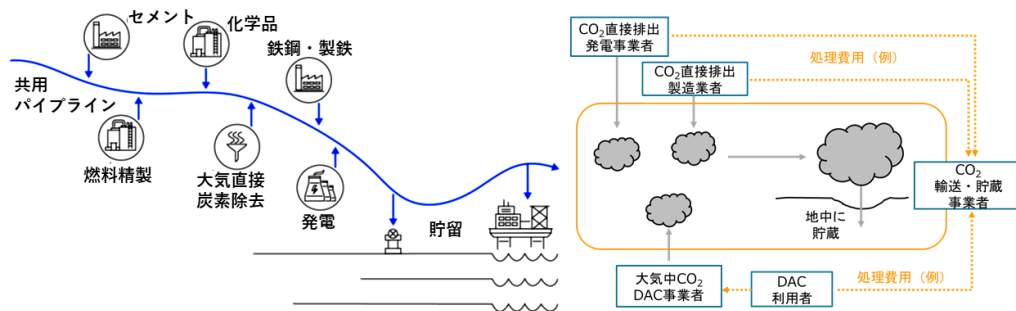
現在までに、世界の65ヵ所でCCS施設が運転されており、毎年40MtのCO₂が貯留されている。米国では、連邦政府による45Q税控除やカリフォルニア州の低炭素燃料基準による排出権取引が商用化を牽引した。同国中西部に広がるバイオエタノール工場のCO₂をパイプラインで南部に輸送し、石油・ガス田で原油増進回収（EOR）に用いる事業が拡大した。EORとは、CO₂圧入で残留石油・ガスの産出を行う技術であり、化石エネルギーの需要が続く限りは付加価値を生む。

一方、脱炭素の旗頭である欧州では、社会的批判を受ける石油・ガス会社による脱炭素化目的での地下貯留が急速に発生しつつある。しかしながら、一般の廃棄物処理と同様に単なるCO₂の貯蔵だけでは付加価値は生まれず、補助金、ないしは、炭素税や排出権取引が産業の原資とならざるを得ない。GCCSIによれば、炭素価格が50から100ドル/tCO₂となる30年代には、CO₂の回収から貯留までのコストも約50から90ドル/tCO₂までに低減されており、CCSの各バリューチェーンでの利益配分が可能になると予測される。

このような背景から、来るべきCCS産業の将来像を見越した、「ハブ&クラスター型」の事業モデルが形成されつつある。ハブ&クラスターとは、大規模排出源の事業者が座組の長となり、近隣の火力発電や化成品・セメント製造業などの複数の中低規模排出源の事業者との協業体を構成し、パイプラインや貯留設備を共用する仕組みである。規模の経済効果で投資リスクを低減しつつ、操業を安定化させることが狙いだ。この仕組みは欧州以外にも転移され、各国で新たに設置されるCCS拠点の事業モデルの標準となりつつある。

結果的に、天然ガス処理やバイオエタノール製造の大規模排出源からのCO₂回収とEOR利用が従来のCCS事業の主流であったが、次第に、中小規模排出源の事業

者もCCSに参入しつつある。これに伴い、より低コストで汎用性のあるCO₂回収技術が市場で要求されつつある。



ハブ＆クラスター型事業モデルのイメージ（左図：“Global Status of CCS 2020”, GCCSIより引用作成）

◆新しい事業モデルが欧州企業から始まる

21年9月8日、ノルウェーの設備メーカー Aker Carbon Capture (ACC) が、同国のバイオ炭製造業 Carbonor の脱炭素化の共同開発契約を締結した。ACC の小型CO₂回収設備「Just Catch 100」を炭製造プロセスに接続し、24年5月から稼働する Øygarden 島沖合の貯留地への輸送と圧入までの一貫サービスを提供する。



Aker のモジュール型CO₂回収装置「Just Catch」。既設燃焼炉に附帯でき、移設も可能である。（同社のHPより引用）

利用者である Carbonor は、炭素回収量に応じた料金を支払う。ACC は、セメント会社などの大規模排出事業者には年間40万トン級の大型設備を販売しつつ、複数の中小規模排出事業者には10万トン級の小型設備の利用を柔軟な支払いサービスで提供してハブ＆クラスターに取り込む。結果的に貯留地の稼働率を向上でき、コストを排出権取引などの炭素価格の範囲内にまで落とし込める。これが、ACC の事業モデル「Carbon Capture as a Service」だ。

21年8月17日、デンマークの Aalborg Portland Cement は、Ineos など29の企業・研究機関・大学とのコンソーシアムと共に、セメント製造から排出されるCO₂を貯留する欧州初の実証パイロットの建設に合意した。同国 North Jutland のセメント工場で回収されたCO₂はタンカー船でデンマーク領北海の Nini West 油田貯留層に輸送され、22年後半から洋上注入を行う。北海には16Gt、EUの全海域では300GtのCO₂貯留能力がある。コンソーシアムは将来的にハブ＆クラスターに発展し、デンマークの全排出量の4分の1に相当する年間800万トンのCO₂を貯留し、同国が目標とする30年までのCO₂排出量70%削減への貢献を目指す。

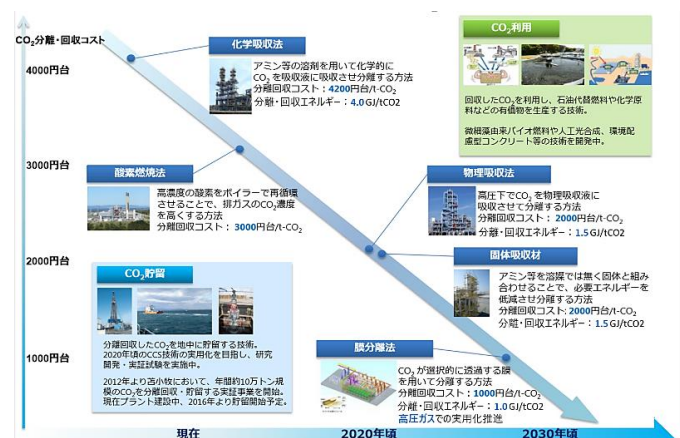
◆ CCSとCCUの共通基盤となるCO₂分離回収技術

CO₂の地下貯留、或いは、再利用のいずれの場合でも、酸素、窒素、水素などの混合ガスからCO₂を選択的に分離して高濃度・高純度で回収するプロセスが必要であり、コスト削減の決め手となる。具体的には、溶媒を利用する化学吸収・物理吸収法、固体材料を利用する化学吸着・物理吸着法、膜分離法、深冷分離法が従来から開発・実用化されている。稀に、ケミカルループ法、静電気法なども利用されており、最近では電気化学的手法も研究されている。

吸収法・吸着法の場合には、吸収液・吸着材に混合ガスを接触してCO₂のみを単離し（分離）、CO₂が希薄なガスで洗い流すことで脱着を行う（回収）。これらの工程でCO₂を分離する駆動力（温度差、CO₂濃度差・分圧差、湿度差など）との組み合わせによって、同じ材料でも様々なプロセスが存在する。

プロセスの設計指標には、処理前ガスの圧力・組成、処理前後でのCO₂回収率、処理後ガス中のCO₂濃度、また、材料腐食性、排気・廃液処理などが挙げられるが、分離回収エネルギーが最重要であり、運転コストに直接的に影響する。分離回収エネルギーは、同じ材料やプロセスであっても処理前ガスのCO₂濃度・分圧に依存する。このため、分離を行う処理前ガスのCO₂濃度・分圧に適した、運転エネルギーが最小となる材料やプロセスの設計が求められる。さらに、プロセスの分離回収エネルギーが同じであっても、運転コストは設置場所で調達できる電力や熱源に依存する。そのため、設備実装の際には対象とするプロセスに密着した高度な専門技術が求められる。

前述のIEAのネットゼロシナリオによれば、50年に7.6GtのCO₂回収が必要とされる。古典的な技術では分離回収エネルギーが高いため（約4.0GJ/tCO₂）、年間32兆円の運転経費が必要であるが、エネルギーの低い技術を実装できれば（日本政府目標は1.5GJ/tCO₂）、12兆円にまで抑制できる³。



CO₂分離回収の技術とコスト削減 ※輸送・利用・貯留コストは含まず
（「エネルギー関係技術ロードマップ」経産省（2014年）より引用）

³ 天然ガス価格を 10 ドル/MMBTU とする。

◆CO₂分離回収技術を開発提供する米国企業

現状では、三菱重工、Shell、Acerなどの大手のエンジニアリング会社や石油会社がCO₂分離回収の設備事業の主流である。一方、米国には、独自の吸着材料や分離膜を研究する大学やベンチャー企業だけでなく、プロセス技術を開発する専門会社も複数存在する。例えば、化学プロセスのシンクタンク SRI Internationalは、ポリアミン担持シリカ粒子を開発し、ノルウェーのセメント工場でパイロット試験を実施した。この技術は、Baker Hughesにライセンス譲渡されている。TDA Researchは、アルカリ化アルミナ系吸着材を用いて概ね等温等圧下でのCO₂濃度差で吸着・再生を行うプロセスを開発し、石炭火力発電所でのパイロット実証を行った。膜分離技術の開発会社である、Membrane Technology and Researchは、ポリエチレングリコール系分離膜によるCO₂分離とH₂分離のハイブリッドプロセスを提案。石炭ガス化複合発電所の合成ガスからのCO₂回収コストを試算して約2,500円/tCO₂に目途を付けた。技術系NPOのGas Technology Instituteは、酸化グラフェン膜とPEEK膜の直列モジュールプロセスを開発し、石炭火力発電所でのパイロット実証を行った。



a) TDAによるSinopec工場でのパイロット実証
b) RTIによる非水溶媒系吸収材のパイロット実証
c) GTIが試作した酸化グラフェン膜モジュール

◆CO₂分離回収技術の実証を支援する米国・欧州政府

さらに、米国とノルウェーには、実ガス実証のパイロット設備が複数あり、企業や大学の技術開発の支援体制が整備されている。

米国エネルギー省（DOE）傘下のエネルギー技術研究所の資金提供で設立されたNational Carbon Capture Centerには、石炭ガス化炉と石炭火力発電の実ガス試験を提供する環境が整っており、DOE予算で運営される開発テーマの多くが実証試験を行っている。また、Wyoming州政府と地域電力会社の協業で設立された、Wyoming Integrated Test Centerには、20MW級の石炭火力発電の煙道ガスを

用いた試験設備が提供されており、川崎重工による利用実績もある。University of Kentuckyにも、石炭発電の燃焼後回収の実ガス設備があり、硫化水素などの影響を検証できる。

ノルウェーの国営石油会社Gassnova、および、Equinor、Shell、Totalが設立した、Technology Centre Mongstadには、石油精製プラントと天然ガス火力発電の2種類のCO₂回収設備が提供されている。Aker、Shell Cansolv、Flourなど大手設備メーカーの利用実績があり、21年からは固体吸着材や分離膜の実証設備も新たに稼働を始めた。

◆将来技術であるネガティブエミッションへのCCSの適用

ネットゼロを超えて地球をさらに「冷やす」ためには、過去の経済・産業活動で大気中に蓄積されたCO₂を人工的に取り除く必要がある。所謂、ネガティブエミッションと呼ばれるプロセスであり、バイオマス発電（BE）や直接空気回収（DAC）で回収された大気中のCO₂をCCSで地下貯留する事業が検討されている。

BECCSとは、大気中からCO₂を吸収して成長したバイオマスを燃料として電力や熱を取り出しつつ、排気CO₂を回収貯留する技術である。国内では、東芝エネルギーシステムズによる、年間15万tCO₂の一部実証が始まった。また、プラスチックなどの化石原料由来の廃棄物と、大気中のCO₂が固定された紙・木材などのバイオマス廃棄物が混合されたごみを焼却処分する際、化石由来の廃棄物から発生するよりも多量のCO₂を回収貯留することで、ネガティブエミッションとなる。オランダの廃棄物処理事業者Twenceは、前述のACCの回収設備「Just Catch」をごみ焼却炉に実装し、ネガティブエミッションの商用運転を開始した。

DACCSとは、化学工学的手法で大気中からCO₂を直接に回収して地下に貯留する技術である。欧米のベンチャー企業Climeworks、Carbon Engineering、Global Thermostatによる商用化が先行しているが、国内でも川崎重工が移動層プロセスのベンチ実証を行った。米国でもDOEによる開発支援が急進しており、21年に立ち上がった開発プログラムに産官学が40件以上のテーマをエントリーした。従来法であるアミン系だけでなく、MOFなどの新たな吸着材、電気化学的分離、ケミカルループの利用、さらに、海水中からのCO₂除去も提案されている。

◆CCSによるネガティブエミッションの実用化が始まる

21年9月8日、スイスのベンチャー企業Climeworksがアイスランドに建設した、DACCS設備「Orca」の稼働を開始した。この設備は地熱発電で運転され、年間で約870台の自動車排出量に相当する4,000トンのCO₂を空気中から濃縮回収する。回収されたCO₂は地下1,000メートルの岩盤に圧入され、地熱によって約2年を掛けて鉱物化・固定化される。

21年9月10日、東芝エネルギーシステムズと石炭フロンティア機構を含む13法人は、環境省の公募テーマ「環境配慮型CCUS一貫実証拠点・サプライチェーン構築事業」に採択された。三川発電所のバイオマス燃焼炉の排ガスから1日あたり600トンのCO₂を分離回収し、パイプラインで低温液化圧縮設備に輸送して港湾から船舶で海上輸送までのバリューチェーンを実証する。将来的には、一連の設備をBECCSに拡張する計画である。

21年9月27日、国内大手の医薬品開発試験の受託企業である新日本科学が、九州大学とのCCSに関する共同研究契約を締結した。同社が鹿児島県内に所有する敷地を活用して、九州大学のカーボンニュートラル・エネルギー国際研究所がCO₂貯留の可能性を検討する。同社の敷地は地熱地域に該当するため、圧入後のCO₂が鉱物に変化して安定に貯留されることが期待される。

◆CCSの産業化を誘導する政策支援への期待

ネットゼロ実現のために拡大が期待されるCCSであるが、政策支援も必要だ。GCCISは、政府による3つのイニシアチブを提案する。i) インセンシティブ（税控除、炭素税、排出権取引、排ガス基準、政府調達）や財政投資によって回収・輸送・貯留事業者に収益を適切配分する。ii) CO₂排出者と貯留者の2者間のみによる事業運営では設備稼働率低下のリスクが伴い、コスト負担も分散されない。複数の排出者を募ってハブ&クラスター型ネットワークを開発するために、当初は政府が輸送・貯留設備を所有し、段階的に民間に売却する。iii) 地下貯留されたCO₂の漏洩リスクは否めない。排出事業者に対する漏洩責任には短期的上限を設け、長期的責任は政府に移管する、或いは、損害補償を設ける。

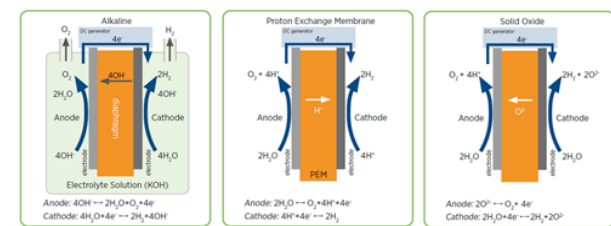
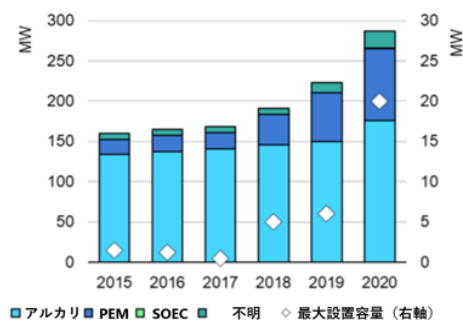
温暖化危機に国境はなく、猶予も期限もない。世界のリスクを回避して事業機会に変えるために、産官学を挙げての喫緊のコミットが必要だ。【酒向謙太郎】

水電解技術の多様化と先進企業の戦略

◆グリーン水素製造を支える3つの水電解技術

2021年10月4日、国際エネルギー機関（IEA）が、国際的な水素経済の動向をまとめた報告書「Global Hydrogen Review 2021」を発行した。報告書では、世界の水電気分解装置の生産能力が過去5年間で倍増しており、現在開発中のすべての水電解プロジェクトが実現した場合、世界の電解槽からの水素供給量は、現在の5万トン弱から、30年には800万トンに達するとしている。

グリーン水素製造用の主要な水電解技術には、アルカリ電解、プロトン交換膜（PEM）型電解、SOEC（固体酸化物電解セル）の3種類が存在し、20年に設置された設備容量の61%がアルカリ、31%がPEMであった。アルカリ電解は最も技術が成熟し低コスト化が進んでおり、安定電力での稼働に適している。一方で、出力に変動性のある再エネ電力の利用には課題が残る。PEM電解は高分子固体電解質を使用し、電極触媒、膜材料などが高価なため、全体のコストはアルカリよりも高い。一方で、設備面積が比較的小さいことや、変動性電力に対する耐性があり再エネ電力との相性が良い。SOECは固体セラミック電解質を使用する電解槽で、開発途上の技術だが、PEMやアルカリ電解槽よりも高い温度で動作するため、鉄鋼やアンモニア生産など、蒸気や高熱を利用する工業プロセスとの組み合わせに適する。



	アルカリ	PEM	SOEC
動作温度[°C]	70-90	40-60	700-850
エネルギー効率 (システム) [kWh/KgH ₂]	50-78	50-83	45-55
コストレベル (システム) [USD/kW]	500-1000	700-1400	-

図 水電解技術と設置容量実績の比較 出展) IRENA, IEA資料にARC追記

◆SunfireはSOECに加えて、加圧アルカリ水電解技術を取得・拡大

21年1月12日、水電解技術を開発するドイツのSunfireが、加圧アルカリ電解装置を開発するスイスのIHT Industrie Haute Technologyを買収した。IHTはオー

ストリアのDemo4Gridプロジェクトにて、欧州最大となる4MWのシングルスタック加圧アルカリ電解装置を供給する。また、Sunfireは10月7日に、加圧型のアルカリ水電解装置の年間生産能力を現在の40MWから23年までに500MWに拡大すると発表した。将来的な生産能力は1GW/年以上に拡張可能としている。

SunfireはSOEC技術のトップ企業の一つとして知られており、21年5月には250kWのSOEC型電解モジュールの運用実験に成功した。また、EUが資金提供するMultiPLHYプロジェクトにおいて、ロッテルダムにあるNesteの製油所に3MWのSOEC装置を納入する計画が進行中である。

9月9日、Sunfireは、再エネ発電事業を手掛けるEnertragと、水電解装置を開発する契約を締結した。ドイツのPrenzlauにあるEnertragの再エネ・水素製造実験施設にSunfireの水電解装置を合計15MW設置する。10MWの加圧アルカリ電解槽による、系統負荷を低減した水素製造や水素貯蔵の実証に加え、SOECベースの高温電解装置を導入し、水電解の高効率化や熱利用に取り組む。

◆CumminsはSOEC生産の自動化技術を開発し、アルカリ、PEMの3技術を網羅

21年9月27日、CumminsはSOEC製造プロセスの自動化に取り組むと発表した。米国エネルギー省（DOE）から、500万ドルの支援を受ける3年間のプロジェクトで、SOECのセルスタックの組み立てを自動化し、製造コストを大幅に削減し、電解システムの年間生産能力を100MW以上に拡大することを目指す。

Cumminsは当初、アルカリ水電解の技術開発を手掛けていたが、19年にPEM電解技術を持つ米国のHydrogenicsを買収し、技術ポートフォリオを拡大させた。また20年11月には、DOEから200万ドルの支援を受け、固体酸化物燃料電池（SOFC）とSOECのいずれとしても利用できる可逆燃料電池の開発を発表した。

日立造船、ノルウェーのnel、中国のPericなども複数の電解技術を保有し、各技術の特性を活かして水素市場のニーズに対応することで、シェア拡大を図る。

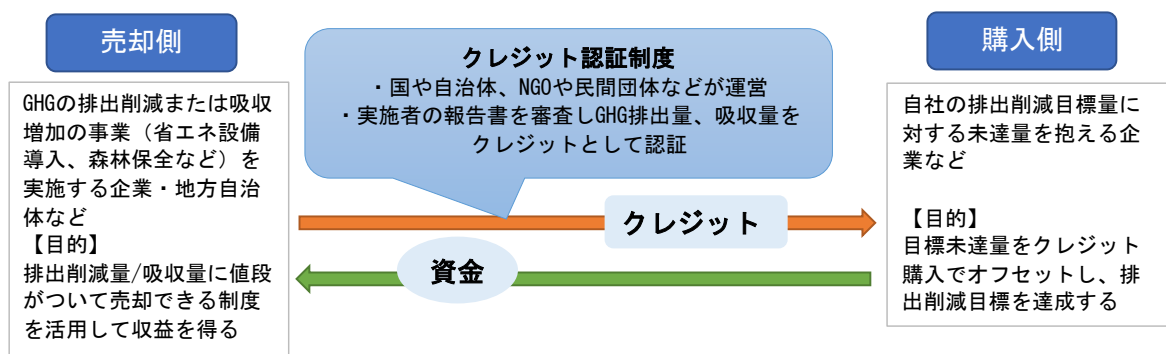
一方で、SiemensやITM Powerは、ひとつの電解技術に注力し、生産設備の大規模化や電解槽コストの低減を狙っており、各社に戦略の違いがみられる。

大規模で安定的な水素製造用途にはアルカリ、変動性のある再エネ電源の利用にはPEM、水素と高温熱源の両者が必要な顧客にはSOEC、の形で、水電解に使用する電力やターゲット顧客にも住み分けが生じるだろう。 【塚原祐介】

カーボン・クレジット市場拡大の動き

◆カーボン・クレジットのニーズが世界で増加

世界で企業の脱炭素化が進むなか、カーボン・クレジット取引量が急増している。他者が削減した温室効果ガス（GHG）排出量を「カーボン・クレジット」として購入すれば、購入した量を自分の排出削減量としてカウントできるしくみだ。省エネ設備の導入や森林保全などでGHGの排出削減や吸収増加する事業の実施者がクレジットを売却して収益を得る一方、排出削減目標が達成できていない企業などがクレジットを購入して目標未達量をオフセットする。事業実施者が報告する排出削減量や吸収量を国や自治体がクレジットとして認証するほか、NGOや民間団体が運営するボランタリークレジットと呼ばれる認証制度もある。



(各種資料よりARC作成)

特に近年はボランタリークレジットの取引が増えており、2021年9月の国際環境NGOのForest Trendsが推進するイニシアティブ「Ecosystem Marketplace」の発表によると、21年は、8月末までの取引量で、239百万トンと19年比の約2.3倍であった。背景には、50年またはそれ以前のカーボンニュートラル実現を宣言する企業の増加がある。自社の排出削減計画未達分のオフセットのほか、サプライヤーからのGHG排出量が少ない、またはゼロの製品納入要望に対応するために、クレジット購入により製品納入までに発生するGHG排出量をオフセットするケースが増えている。

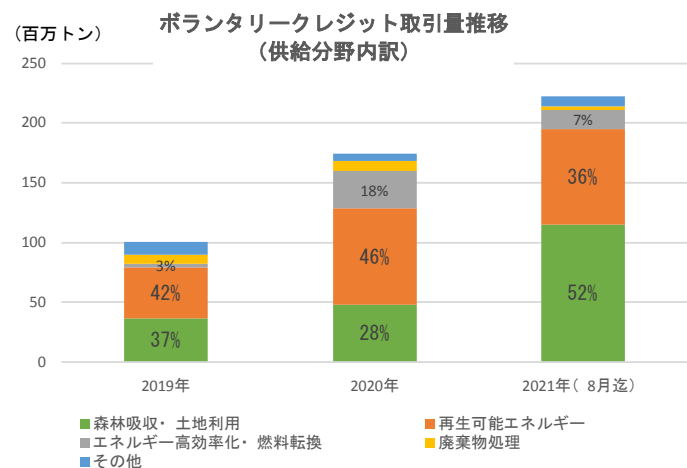
また、業界のGHG排出量削減にクレジットを活用する動きも出ている。国連民間航空機関（ICAO）は、GHG排出量を増加させずに国際航空を成長させるための制度、CORSIAにおいて、世界88カ国の航空会社に対し、21年以降の毎年のGHG排

出量が19年排出量を超過した場合、超過分をクレジット購入でオフセットすることを義務付けている。コロナ流行前の19年の予測ではあるが、35年までに累計約25億トンのオフセット需要が見込まれる。世界銀行によると、20年の世界のカーボン・クレジット発行残高は約42億トンに過ぎず、供給拡大が望まれている。

◆ボランタリークレジットの品質について国際的基準の検討も進む

ボランタリークレジットの由来となったプロジェクト分野内訳を見ると、21年は「森林吸収・土地利用」52%、「再エネ」が36%、「エネルギー効率化・燃料転換」が7%となっている。

20年までは4割を超えていた再エネの割合が、21年は減少に転じている。世界1位と2位のボランタリークレジット制度であるVCS、Gold Standardが、20年以降は再エネを原則対象外とした影響が大きい。再エネは、設備コストも下がり、



出所：A Forest trends initiative「State of the Voluntary Carbon Markets 2021」よりARC作成

発電設備としての導入が当たり前となっており、もはや「追加性（他の代替手段より追加して排出削減できる）」がないとされた。

クレジットの認証基準は制度ごとに異なっており、質の低下に関する懸念が高まっていた。そこで、20年9月にクレジットの品質に関する基準や評価の枠組みについての国際的ガイドラインの検討を行うイニシアティブ、「自主的炭素市場の拡大に関するタスクフォース（TSVCM）」が、世界の250以上の企業や団体が参加して設立された。11月のCOP26前に報告書公表の見込みである。

◆カーボン・クレジット取引の国際化を進める動き

世界では、EUとスイス、カリフォルニアとカナダなど、排出量取引制度導入国・地域が越境して排出量取引を連携させる動きがあるほか、シンガポールの複数の金融機関が共同で、21年末までに国際的クレジット取引所を開設すると発表

している。

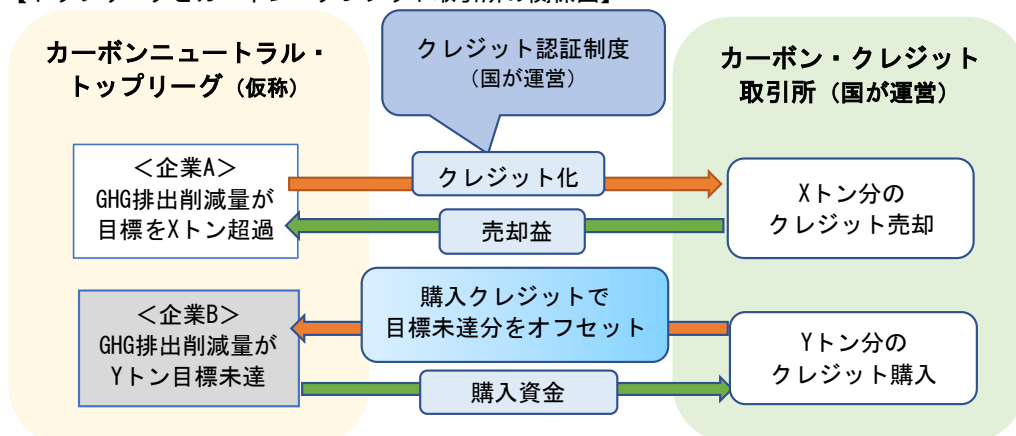
日本では、21年8月に経済産業省の「世界全体でのカーボンニュートラル実現のための経済的手法等のあり方に関する研究会」が発表した「中間整理」に、日本にアジアの拠点となる国際的カーボン・クレジット取引所を創設する案が提示されている。現状のクレジット取引は相対取引であり、価格は不透明で、量の確保にも手間がかかる。取引価格が明示され、大量に取引量がある取引所が存在すれば、企業の脱炭素投資や技術開発のインセンティブになると期待している。

◆日本は官民協働でカーボン・クレジット取引所の仕組み構築をめざす

同中間整理では、50年カーボンニュートラルを掲げる日本のグローバル企業をメンバーにして先駆的に脱炭素化に取り組むトップリグ（仮称）を提示している。トップリグと併せて、国内向けカーボン・クレジット取引所を立ち上げ、参加企業は毎年の自社排出削減目標達成に取引所を活用する。目標超過分はクレジット化して販売し、収益化できる。未達成分についてはクレジットを購入してオフセットする。トップリグの脱炭素化過程を通じて、官民協働で、日本全体を脱炭素化社会に構造転換するための制度設計、基盤整備を行う狙いである。

トップリグや取引所は22年度実証開始を目標とする。取引所は、Jクレジット、JCMなど既存の日本の制度由来のクレジットのほか、海外のボランタリークレジットも取り扱い、トップリグ以外の企業の取引も可能とする。日本のクレジットの対象に、日本企業が強みを持つ水素やCCUSなどの新環境技術を追加する検討も行われており、日本の新技術の社会実装を後押しする。 【石井由紀】

【トップリグとカーボン・クレジット取引所の関係図】



（経団連「経済産業省『CN研究会』中間整理に関するオンライン説明会資料よりARC作成）

プラ製品を追跡して資源の循環を

◆ プラ製品の履歴を管理し、プラ資源の循環に取り組む化学企業

2021年8月、三菱ケミカル、大日本印刷、リファインバースの3社はプラスチック（プラ）製品の追跡管理システムの実証実験を行うと発表した。実験はオランダの企業「サーキュライズ」のブロックチェーン（分散型台帳）を活用した情報管理システムを使って9月末まで行う。

上記事例のようにブロックチェーンを使い、プラ製品の生産や流通、リサイクルなどの履歴を管理し、プラ資源の循環を進めようとする取り組みが化学企業の間で活発になってきている。例えば、三井化学は21年4月にブロックチェーンの技術を持つ日本IBMと協力してプラ資源循環プラットフォームの構築に取り組むと発表した。プロトタイプを開発し、野村総合研究所を加えた3社で22年度をめどにコンソーシアムを設立する。旭化成も21年5月に日本IBMやライオンなどとプラ資源循環プロジェクト「ブルー・プラスチックス」を発足させた。22年3月末までに試作品を用いた実証実験を始め、23年度のサービス開始を目指す。

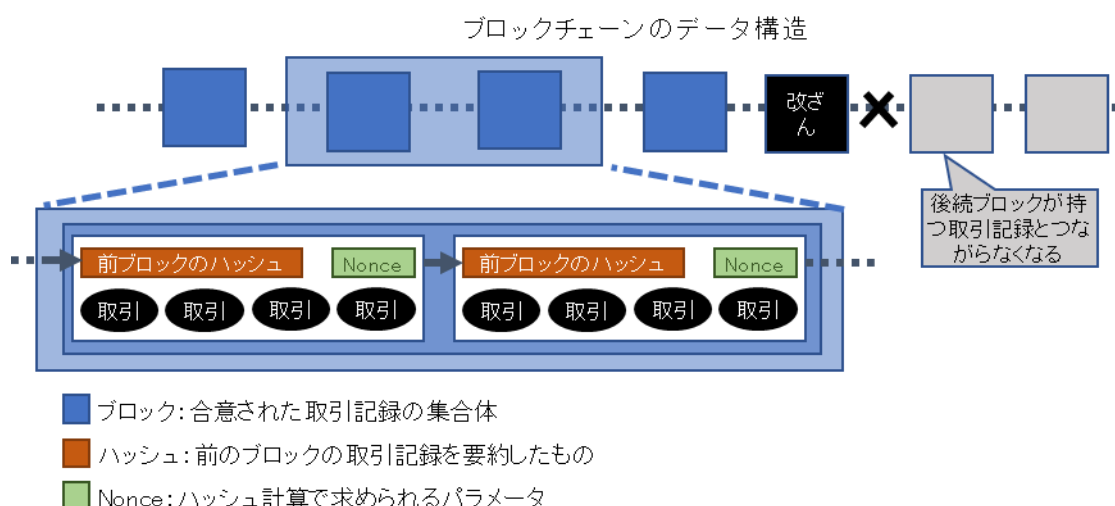
◆ プラ資源循環のために求められる製品履歴の管理システム

化学企業がプラ資源の循環に取り組み始めたのは、地球温暖化や環境問題への意識の高まりを受けて、プラ製品リサイクルへの社会的ニーズも高まってきたためである。そして、このプラ資源の循環のバリューチェーン構築で履歴管理が必要な理由は、プラ製品には工業用途に使用できても食品容器や日用品には使用できない添加剤や、耐久性に影響のある添加剤が混ざっていないか、原料から加工、流通、再利用の情報を公開しておく必要があるからである。また、再生プラはリサイクルコストや環境負荷低減の効果が加味され、化石資源由来のプラより割高で取引されている。これを悪用して化石資源由来のものを再生プラと偽り、高い価格で販売することを防止する仕組みとしてもプラ製品の履歴が分かる仕組みが必要になる。これらの課題に対応するものとして期待されているのが、上記のブロックチェーンを使って記録の改ざんを難しくしたプラ製品の生産や流通、リサイクルなどの履歴を管理する仕組みである。

◆履歴データの改ざんを難しくするブロックチェーン

ブロックチェーンは取引などの記録をブロックと呼ぶ記録の塊にして扱う。個々のブロックには取引などの記録に加えて、1つ前に生成したブロックの内容を示すハッシュ値などの情報も入れる。生成したブロックがチェーンのように時系列につながるのでブロックチェーンと名付けられた。

ブロックチェーンで既存のブロック内の情報を改ざんするとブロックから生成されるハッシュ値が変わるため、後続するブロックのハッシュ値もすべて変える必要がある。後続するブロックが増えるほど変更は難しくなるため、ブロックチェーンは改ざんが難しく、データの信頼性が高いとされている。これが履歴管理システムでブロックチェーンを使用する理由の一つである。



◆プラ資源循環を進めるには共通基盤やステークホルダー参画の仕組みも必要

化学企業が取り組むプラ製品の履歴管理システムは、まだ各社が構築を始めた段階であり、より良いものに成熟していくには今後しばらくは各社が競争し、創意工夫をしていくことが必要だろう。ただし、そのパフォーマンスを最大化するには、各社のシステムを統合した共通基盤の共創が必要になってくるだろう。

また、プラ資源循環を進めるには、プラ資源を利用する企業や消費者などのステークホルダーのシステムへの参画や協力も必要である。その一つとして三井化学、旭化成はリサイクルに協力した者へのポイント付与による環境への貢献の見える化、地域の植林活動の応援を考えている。これらの中から効果的な仕組みが生まれ、化学企業各社のシステムが成熟してきた段階で統合されて資源循環の共通基盤の運用が始まる。そのような展開が今後起これば理想的だ。【藤井和則】

プラスチックのリサイクル事業が本格化

◆欧州でプラスチックのリサイクル事業が本格化してきている

2021年9月、Shell は、プラスチック廃棄物を熱分解油に変換する技術をもつオランダのBlueAlpの株を21.25%取得したと発表した。合弁会社を設立し、オランダとドイツに2つのプラントを建設する。これらのプラントは、23年に稼働する予定であり、年間3万トン以上のプラスチック廃棄物を処理できる。

また、BPは、21年9月、プラスチックリサイクル技術をもつ米国のBrightmarkと熱分解によるプラスチック廃棄物のリサイクルプラント建設の評価を共同で実施すると発表した。オランダ、ドイツ、ベルギーでの建設を評価する。

◆アジアでもプラスチックのリサイクル事業に向けた動きが始まっている

21年8月、三菱ケミカルは、イギリスのMura TechnologyのHydroPRS技術を用いたプラスチック廃棄物のリサイクルプラントを茨城県に建設するプロジェクトを開始したと発表した。

HydroPRS技術は、水熱プラスチックリサイクルソリューションの略であり、高温高圧の超臨界水中で有機物を触媒分解して、油分と化学品を得る技術である。23年に建設が完了する予定であり、年間2万トンのプラスチック廃棄物を処理する能力を持つ。

韓国のSKも米国のPurecycle Technologiesと廃プラスチックリサイクルを行う合弁会社を設立すると21年8月に発表した。22年に韓国でリサイクル工場の建設を開始し、25年からの稼働を目指している。年間約5万トン規模のポリプロピレン廃棄物をリサイクルできる。このリサイクル工場で採用されるPurecycle Technologiesの技術は、まず、ポリプロピレン廃棄物から色、臭い、汚染物質を分離して、超高純度のリサイクルポリプロピレンに変換する。SKは、世界最大の都市油田会社になると宣言している。

マクドナルドが、ハッピーセットのプラスチック玩具を、バージンの石油を使わない原料にすると発表するなど、プラスチックのリサイクルが注目されている。アルミ缶のようなリサイクルシステムが望まれる。

【松村晴雄】

ライフスタイル転換によるGHG削減策が活発化

◆国内52都市における脱炭素型ライフスタイルの効果を初めて定量化

2021年7月、国立環境研究所（国環研）と地球環境戦略研究機関（IGES）は、国内の主要52都市の生活様式や行動などのライフスタイルの転換が、温室効果ガス（GHG）排出削減に与える影響を定量化した研究結果を発表した。

日本のGHG排出量をカーボンフットプリント*（CFP）に換算して消費ベースに置き換えると年間1人当たり約13トンとなる。そのうち、移動、住居、食、レジャー、消費財の利用など、日常生活領域における排出量は約8トンで全体の6割以上を占める。GHG排出削減に向けて、技術革新と比べると、ライフスタイルの転換は比較的短期間で効果が見込めるとして注目されている。

研究では、各都市のGHG排出量の現況と、日常生活領域において、65項目のGHG排出削減の取り組みを採用した場合の効果をCFPで定量化している。

*カーボンフットプリント(CFP)とは、商品・サービスの原料調達から廃棄・リサイクルに至るまで、ライフサイクル全体を通じて排出されるGHG排出量を二酸化炭素(CO₂)に換算して重量で表示する仕組み(単位:CO₂e)

◆各都市の状況に応じたGHG削減策が重要になる

52都市の平均GHG排出量は、年間1人あたり7.4トンで、最大の水戸市8.4トンと最小的那覇市5.8トンとでは、2.7トンの差があった。1.5℃目標達成のためには平均3.2トンに抑えることが必要なため、都市ごとに削減必要量に違いがある。

分野別の取り組みで削減効果が大きい項目は、移動はライドシェアリング（相乗り）が530kg、住居がゼロエネルギー住宅（ZEH）が1,910kg、食分野では卵や乳製品なども摂らない完全菜食（ヴィーガン）が350kg、レジャーでは地元地域でのレクリエーションが250kg、消費財では衣類の長期使用が200kgであった。

【GHG削減効果が大きい取り組み】 52都市平均の最大削減効果（単位：kgCO₂e）

移動	ライドシェアリング(相乗り)530、電気自動車(再生エネ充電)470、公共交通・自転車への転換(都市内移動)430、テレワーク290、職住近接280、地元で過ごす休暇140
住居	ZEH住宅1,910、再エネ由来電力への切り替え1,300、コンパクトな住居250、太陽光温熱供給190、ヒートポンプによる温水供給130、自宅でのウォーム・クールビズ120
食	完全菜食(ヴィーガン)350、菜食(ベジタリアン)220、代替肉製品への転換190、バランスフードガイドに基づく健康的な食事130、フードロス削減60、旬産旬消40
レジャー・消費財	地域でのレクリエーション250、エコツーリズム90、衣類の長期使用200、趣味用品の長期使用110、消耗品の節約90

（出所）国立研究開発法人国立環境研究所 記者発表資料より 2021年7月19日

都市ごとの分析では、住居分野のZEH住宅や再エネ由来の電力への切り替えなど、どの都市でも高い削減効果が見込まれる項目がある一方で、都市によって効果に2～5倍程度の差がある項目がある。例えば、自動車での移動距離は都市間で大きく異なるため、再エネで充電した電気自動車（EV）利用の削減効果は、最大の水戸市は760kgに対し最小の大阪市は150kgと幅がある。同様に太陽光パネルの設置では、地域によって天候、住居の種類や広さなどが異なるため、福井市は2,160kgであるが神戸市の1,020kgといった違いがある。つまり、各都市の状況に応じた効果的なGHG削減の取り組みや組み合わせが必要になることを示している。例えば、水戸市は移動から約2トン、福井市は住居から約2トン、他の都市より大きな削減効果が見込める。各都市のデータは国環研のウェブサイト「[国内52都市における脱炭素型ライフスタイルの選択肢](#)」で公開されており比較できる。

◆国や民間企業によるライフスタイル変革のための新たな施策

環境省の22年度予算概算要求には、脱炭素型のライフスタイルへの変革を推進する施策もある。食とくらしの「グリーンライフポイント」では、衣、食、住、移動などの環境配慮型の商品やサービスに対してポイントを発行する。ポイントの対象や対象額は個々の事業者の提案により決定する。ポイントの付与を通じて脱炭素型の商品やサービスの利用を推進し、ライフスタイルの転換を促す。

「ナッジ×デジタルによる脱炭素型ライフスタイル転換促進策」は、家庭の電力データを設備機器別に見える化して、省エネ行動を促すなど、データとIoT・AIを用いて環境配慮型のライフスタイルへ行動変容を促進する。

民間企業の事例では、21年8月、米コネクトIQラボが徒歩、自転車、自動車、電車、飛行機などの移動手段を自動で判断してマイルを付与するアプリMiles（マイルズ）の日本展開を開始した。米国では100万人以上の登録者がおり、貯めたマイルはウォルマート、アマゾン、スターバックスなど約200社の提携企業の商品やサービスの特典やギフトカードに交換できる。徒歩など環境配慮型の移動ほどマイルが多く貯まる仕組みになっている。マスターカードは顧客の購入した商品やサービスから排出されるCO₂を算出するアプリの提供を開始している。

GHG排出量の削減効果の見える化や、国の施策、企業の新たなビジネスの登場で、脱炭素型のライフスタイル転換が加速する可能性がある。 【新井佳美】

タンパク源多様化の潮流とバイオケミストリー

◆気候変動対策に不可欠とみなされているタンパク源の多様化

FAO(国連食糧農業機関)は、温暖化問題と関連して13年頃より畜産関連問題に焦点を合わせている。世界人口増に伴い、食肉を中心としたタンパク源の供給が長期的に不足することが予想されるためである。さらに、畜産は穀類の大きな消費先となっており、畜産分野由来のGHG排出量の削減が必須である。

それらの課題を解決する方法として、タンパク源の多様化が求められている。その方法には、家畜由来から植物由来の人工肉への移行、多様な豆類の製品拡充、そして、栄養素に優れた昆虫食なども含まれる。

IPCC第5次評価報告では、畜産を含む農業分野（土地利用を除く）でのGHG排出割合は、食品の輸入の多い日本では約4%であるが、世界では約10%を占めている（図1）。

畜産に関するGHG排出源には、家畜の消化管内発酵、堆肥、家畜排泄物管理などがあり、農業分野の60%を超えている（表1）。また、畜産の拡大は、間接的に飼料用穀類生産を中心に土地利用を増大させており、さらに、森林を減少させていると指摘されている。

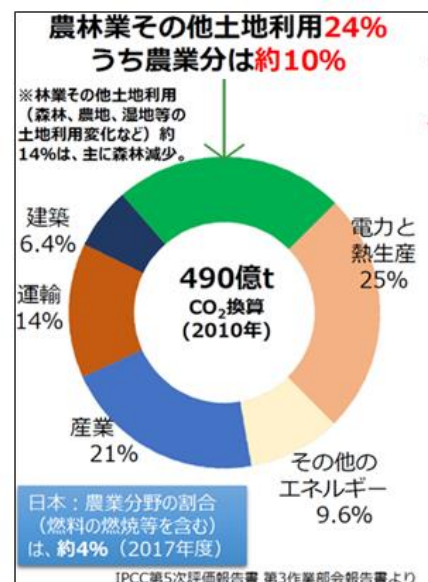


図1 世界のGHG排出量の農業の割合

表1 世界の農業分野のGHG排出（GHGガス種）の内訳

農地用の土壌（N ₂ O）	39.1%
うち家畜関連（牧草地と堆肥製造）（N ₂ O）	（17.5%）
家畜消化管内発酵（CH ₄ ）	38.8%
稲作関連排出（CH ₄ ）	9.9%
家畜排泄物管理（CH ₄ , N ₂ O）	6.5%
その他（CH ₄ , N ₂ O）	5.8%

※水色箇所が畜産関係

出所：FAO(国連食糧農業機関)、2017年時

◆世界の大手食品業界は食肉に関する方針を転換中

畜産関連のESG投資を推進する機関投資家イニシアチブFAIRR（Farm Animal Investment Risk and Return）は2021年9月、世界大手の食品製造10社と食品小売15社（欧州11、北米11、他3）のタンパク源多様化に関する企業調査を発表し

た。主な結果として、①食品製造8社がタンパク源の多様化への開発投資を進め、②食品小売8社がタンパク源を多様化する販売戦略を実施し、③食品製造・小売7社が上流段階のScope3を含むタンパク源の多様化によるGHG削減目標を設定している、などが示された。調査結果は、世界の食品・小売業で多様化が中心課題になってきたことを示している。

◆消化管内発酵やタンパク源確保の課題にバイオ化学が対応

消化管内でのメタン発酵が少ない家畜に改良をするために、牛などの腸内細菌叢を調整する微生物を活用した飼料の開発が進められている。しかし、牧草地と堆肥製造や家畜排泄物管理によるGHG排出量（表1）も大きく、それらの排出は畜産には避けられない。タンパク源の食肉依存から他の原料へのシフトは、世界の食糧危機に対し、どうしても必要な課題である。

ただ、植物由来タンパクの食品だけでは、人や動物が必要とする9種の必須アミノ酸を十分に賄えないという問題が残されている。この問題に対応可能な技術に、東大発ベンチャーのCO₂資源化研究所が挑んでいる。



図2 CO₂とH₂を栄養源にする「UCDI水素菌」の応用分野

出所：CO₂資源化研究所

CO₂で増殖する嫌気性細菌「UCDI水素菌」と培養・触媒技術を組み合わせることで、必須アミノ酸含むタンパク源を合成し、人工肉をつくることを目指している。21年から人工肉原料の上質なタンパク源のサンプル生産を始め、24年の量産化を計画している。タンパク源の世界需要増とGHG削減の双方を満たす、未来社会を支える取り組みとして、同社は10社近くの大企業と共同開発を進めている。

また、米国で08年創業のKiverdiは、ある水素菌を用い、人工肉の原料にできる淡褐色の粉末「Air Protein」を開発し、19年に発表した。

微生物によるバイオケミストリー技術が、世界の食の未来への問題解決に向けて動き出している。

【新井喜博】

ハイテクと人との融合によるパラ競技の進化

◆パラリンピックでオリンピック並み記録の競技も

2021年7月から9月にかけて、東京オリンピック、パラリンピックが開催された。今回はパラ競技や選手もマスコミに多く取り上げられたが、9月1日実施のパラの男子走り幅跳び（切断などT64）では、パラの記録がオリを上回る可能性があったため、特に関心を集めた。マルクス・レーム選手（独）が同種目で6月に出した世界記録8m62cmは、過去のオリと比較しても金メダルが可能な記録であった。東京大会のパラでレーム選手が3連覇を達成した記録が8m18cmであり、オリと比較しても優勝の8m41cmに迫る、4位相当であった（表）。

レーム選手は前回と今回、オリへの参加を希望していたが、最終的にはかなわなかった。踏切を義足で行うので、反発力が加わり有利で、公平ではないという理由である。オリパラの記録（表）によれば、義足は走りに対して不利になる。しかし、幅跳びには、義足を上方と前方の合力として使うことができる。圧倒的な有利ではないが、ハイテクと人との融合による進化と言えるだろう。

表 オリンピックとパラリンピックの優勝記録の比較 出典：各種資料を元にARC作成

		走り幅跳び	走り高跳び	100m走
オリンピック	男子	8m41cm	2m37cm	9秒80
	女子	7m00cm	2m04cm	10秒61
パラリンピック（T64）	男子	8m18cm	2m10cm	10秒76
	女子	6m16cm	競技なし	12秒78

◆スポーツ義足は炭素繊維使用で高反発力を実現

写真1はスポーツ義足の例だ。曲がった部分には炭素繊維と樹脂のコンポジットを用いる。厚さ50ミクロンほどの炭素繊維シートに樹脂を含浸させ、重ね合わせ、これを50から90層の積層体とし、真空オーブンで加熱することで硬化させて製造する。形を整えて、検査をして製品になるが、軽量で鉄の10倍の強度を有する素材である。足に装着するソケットの形状は個人ごとに異なるため、ナイロン素材などを用いて3Dプリンターにより製作することもある。エリート向けは極めて高価だが、これらの技術の一般者向けへの展開も検討されている。



写真1 スポーツ義足の例
出典；オットーボック社



写真2 子供、一般用スポーツ義足
出典；ミズノ

21年9月、福祉機器メーカー今仙技術研究所とミズノは子供やエントリー層向けのカーボン製板バネを完成させたことを公表した（写真2）。両社は短距離走選手向けなどで今回のパラ参加選手用にも義足を提供していた。それらの技術やノウハウを生かす形で、義足で初めて走る人などを対象にしたエントリーモデルとして、軽量で扱い易い板バネを新たに開発したものだ。価格も安価であり、障がいのある多くの子供たちのスポーツへの参加をサポートしている。

◆ホンダはF1や航空機設計で培ったハイテクを車いす開発に生かす

車いすマラソンの記録は1時間20分台であり、平均時速は30kmを超える。ホンダがF1レース参加や航空機開発で長らく培ってきた技術が、競技用車いす開発にも応用された（写真3）。レーシング競技車両や航空機は軽量化と強度の両立のため金属に代わり炭素繊維強化プラスチック（CFRP）が使用され



写真3 ホンダの競技用車いす
2020年モデル 出典；ホンダ

ている。ホンダの車いすにもフレーム部分やホイール部分にCFRPが採用されている。また、空力の知見も生かされ、風の抵抗を極力低減するデザインを実現している。一方、バスケット用車いすは激しくぶつかるため強度と、衝撃を吸収するしなやかさも必要になる。日本製はその点で優れているため海外選手も注目している。パラ競技は競技人口も少なく、収益には貢献しないが、企業の社会貢献や技術開発の場として注目される。

【松田英樹】

デジタル庁で加速するベースレジストリ整備

◆デジタル庁を内閣に設置し活動をスタートさせた

2021年9月1日、民間からデジタル人材を募集し、従来の霞が関の省庁とは異なる官民混在組織でデジタル庁がスタートした。日本の経済の発展と国民の幸福な生活の実現を目的とするデジタル社会の形成の司令塔として、内閣にデジタル庁を設置することで各省庁の横串を刺す役割を果たす。

政府はコロナ禍の給付金で露見したデジタイゼーションもできていない現状を

表 デジタル化の3段階

表現	内容	例 名刺
デジタイゼーション	特定業務のアナログ情報をデジタル化してデータを蓄積できる環境を整えるためにデジタル技術を取り入れること	個人で交換した名刺をスキャンしてデジタルデータで管理する
デジタルライゼーション	デジタルツールを導入して組織全体の業務フローを最適化し、データの共有化やプロセスの効率化を実現すること	名刺データをクラウドで管理、組織で情報共有し、メールによる情報送付先など業務効率化に活用する
デジタルトランスフォーメーション (DX)	環境変化に対応し、データとデジタル技術を活用し、製品やサービス、ビジネスモデル、業務そのものや組織を変革することで、競争上の優位を確立すること	名刺データと各種外部データを連携し、AI活用によりマーケティング業務（未接点担当者情報の抽出や受注見込み度判定など）を変革させる

鑑み、デジタル化を加速させる組織を立ち上げた。行政手続きデジタル化3原則を掲げ、実現するための根本課題はベースレジストリ整備と認識している。

1. デジタルファースト：個々の手続きやサービスが一貫してデジタルで完結する
2. ワンスオンリー：一度提出した情報は再度提出不要とする
3. コネクテッド・ワンストップ：民間サービスを含め、複数の手続き、サービスをワンストップで実現する

ベースレジストリとは、公共機関などで登録・公開され、さまざまな場面で参照される、人、法人、土地、建物、資格等社会の基幹となるデータベースである。日本では紙の台帳が多いが、データを利活用し、ワンスオンリーを実現するには、ベースレジストリを含む基幹データの整備が重要である。特に各省庁間の調整とデジタル化の障壁となる古い慣習の法律改正も丁寧に実施する必要がある。ここが、社会生活が便利で災害時にも安心なデジタルシステム構築の鍵となる。

◆各省庁は行政手続きのデジタルライゼーションに取り組んできた

日本では20年前のIT基本法の制定以来、紙処理や対面ベースの業務に電子情報を用いるシステム化（電子政府）の実現を重要課題としてきた。18年6月8日に開催された第一回デジタル・ガバメント閣僚会議では、各大臣が行政サービスのデジタル化の取り組みが紹介された。例えば、経済産業省のものづくり補助金総合

表 第一回デジタル・ガバメント閣僚会議時点での行政システムデジタル化方針

省庁	デジタル化の取り組み内容
総務省	電子決裁の実現のため、プロセス全体を見直し電子化に取り組んでいる マイナンバーカードを活用した国民の利便性向上 地方公共団体のクラウド導入を積極的に取り組み、地方公共団体のオープンデータに取り組む
法務省	法人設立等に必要な各種手続きにおける登記事項証明書の添付省略を可能とする 各種手続きにおける戸籍謄抄本等の添付省略に向け、戸籍事務へのマイナンバー制度導入のための戸籍法改正 外国人の在留資格手続きに関する手続きのオンライン化検討
経済産業省	中小企業向け補助金などの申請手続きのデジタル化、ワンスオンリー化、事業者が一つのIDでさまざまな手続きができる法人デジタルプラットフォームの構築など 他省庁でも共通する課題に先行的に取り組んで、他省庁でも活用できる環境をつくる 中小企業、ベンチャー企業などの声を聞き、ユーザに使い勝手の良いものを構築したい
行政改革担当	行政のIT化と業務改革を一体的にすすめるため、手続きの添付書類撤廃を指示 添付資料で確認している事項がないもの、国民にとってより簡便な核に方法が別にある事例や、行政機関が既に保有する情報の活用で、添付資料を見直す

サイトは既に電子申請化されているが、GビズIDの取得が必要で、ID登録時情報の再度入力要求や、“売上高や経常利益、当期利益の数値入力は、決算書等を基に「実績」を入力してください”とマニュアル化されているように、使い勝手が悪く、改善が必要である。行政サービスは各省庁が国民に向けてシステムを提供するものであり、デジタル庁がベースレジストリを踏まえた使いやすさや全体最適化のための整備・調整の役割を担う。

◆デジタル庁はデジタルの日にオンラインイベントを開催した

デジタル庁は10月10日をデジタルの日と制定し、デジタル庁創設記念のオンラインイベントを開催した。デジタル化の現状が見える化し、使い方や楽しみ方を学ぶとともに、1年間の進捗を振り返ることを目的としている。

オンラインイベントは、YouTube、Twitterで生配信され、YouTubeには約7,000名の参加者があった。イベントは「日本のデジタル度2021」、「デジタル社会推進賞2021」、「eスポーツの今」など、多様な内容になっていた。日本のデジタル度2021では、デジタル庁職員が調査した内容を報告した。個人のデジタル度では、メッセージアプリ（LINE）やキャッシュレスがほぼ全ての世代で活用されている

のに対し、音楽配信や動画配信、オンラインゲームについては、10代から30代での活用が多い状況が見える化された。また、行政手続きに要する時間を、デジタル庁職員が体験して時間を測定した結果を報告した。

このように職員自らが体験し、現状の課題を抽出する姿勢は、今後のシステム構築や行政手順自体の改善に役に立つものと考えられる。

デジタル社会推進賞では、309件の応募の中から、マイナンバーカードを69.3%普及させた加賀市を含む7組の個人や組織に銀賞が、金賞には「シン・テレワークシステム」を開発で知られる情報推進機構（IPA）の登大遊サイバー研究室長を含む2名と1団体が表彰された。

◆多くの企業・団体がデジタルの日に合わせイベントを開催した

約300の企業・団体がプログラミングコンテストや社内のデジタル啓発、Web会議の日などのイベントやウェビナーを開催した。特許庁のように商標審査にAI技術を試行導入するため、精度の高い優れたAIモデルを募るAIコンペティション開催告知や、経済産業省は教育DXを考えるイベントの開催、総務省はスマートフォンやマイナンバーカードの講習会を開催するなど、デジタルの日を盛り上げた。

表 おもなデジタルの日イベント

組織	イベント内容
特許庁	AI技術を活用したツールを審査の一部に試行的に導入。精度の高い優れたAIモデルを募るAIコンペティションの開催を告知。共催するNishika株式会社のウェブサイトにおいて、開催告知した。 https://www.nishika.com/competitions/22/summary
経済産業省	「未来の教室」では「教育DX」（DX：デジタルトランスフォーメーション）を考えるイベントを開催。教育DXで子供たちの学びはどう変わる？のタイトルで、デジタル庁、文部科学省からゲストを招いて、議論を行った。 https://www.youtube.com/watch?v=bzljftiu1iw
総務省	スマートフォン、マイナンバーカード、オンライン診療などの講習会等、全国でのデジタル活用推進支援事業の周知啓発を行うとともに、デジタル活用について〈学ぶ / 教える〉の両方の側面から意識・機運の醸成を図る。 https://www.deji-katsu.jp/nationwide-seminar
IEEE	家電技術の国際会議GCCE2021の前夜祭として、「デジタル・シンポジウム」を、10月11日（月）午後に京都で開催。 http://www.ieee-gcce.org/digital_symposium.html
国立情報学研究所	市民講座を開催。タイトル「データに隠れた規則性を探せ！ーパターンが織りなす構造とAIー」 https://www.nii.ac.jp/event/shimin/
情報処理推進機構（IPA）	DXへの取り組みに有益な情報を提供するウェビナーや展示を開催。 IPA Digital Symposium 2021 - DX:その一步を踏み出そう -。 https://www.ipa.go.jp/event/ipasympo2021.html

デジタルの日が日本のデジタル度進捗を振り返る良い機会となり、申請した人しか行政サービスを受けられない現状から、申請対象者全員に通知が届くような、誰一人取り残さない、人に優しいデジタル化が進むことを期待する。【成田誠】

経済安全保障で注目される重要鉱物資源

◆レアアースなど重要鉱物資源に関連する業種を外為法のコア業種に追加

経済産業省など4省は2021年10月、レアアースなどの重要鉱物資源34鉱種の安定供給が経済安全保障にとって重要として、金属鉱業や資源探査・掘削機などの製造業を、海外からの投資に規制がかかる外国為替及び外国貿易法（外為法）におけるコア業種に追加した。6月の「経済財政運営と改革の基本方針2021」ではレアアースを含む重要鉱物は半導体、電池、医薬品とともに、経済安全保障に関連してサプライチェーン強靱化を図る重点項目に挙げられていた。

50年のカーボンニュートラルに向けて風力・太陽光発電、蓄電池、EVなどが拡大すると、それらに使用される鉱物資源の安定供給はより重要になる。日本は鉱物資源を海外に依存し、1983年から官民で60日分相当の備蓄が行われてきた。今後は、資源確保に向けた国際協力、日本国内でのリサイクルや省資源・代替材料の技術開発、周辺海域での国産資源開発などの取り組みも強化が求められる。岸田新政権では経済安全保障担当相が新設されており、今後の動向が注目される。

	システム・要素技術	必要となる主な非鉄金属
再生可能エネルギー部門	発電・蓄電池	風力発電 銅、アルミ、レアアース
		太陽光発電 インジウム、カリウム、セレン、銅
		地熱発電 チタン
		大容量蓄電池 バナジウム、リチウム、コバルト、ニッケル、マンガン、銅
自動車部門	蓄電池・モーター等	リチウムイオン電池 リチウム、コバルト、ニッケル、マンガン、銅
		全固体電池、次世代電池 リチウム、ニッケル、マンガン、銅
		高性能磁石 レアアース
		燃料電池（電極、触媒） プラチナ、ニッケル、レアアース
		水素タンク チタン、ニオブ、亜鉛、マグネシウム、バナジウム



（資料）総合資源エネルギー調査会 資源・燃料分科会 第31回（2021年3月2日）資料-2

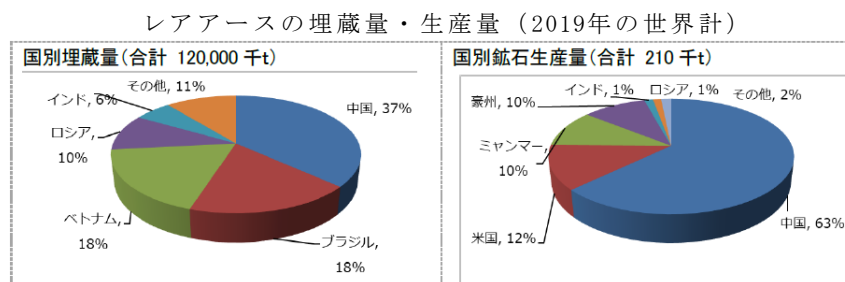
◆米国では対中依存度の高いネオジム磁石の調査を開始

米国商務省・産業安全保障局（BIS）は21年9月、1962年通商拡大法232条に基づきネオジム磁石の輸入に関する調査開始を発表した。232条では、特定品目の輸入が国家安全保障に脅威となる場合、追加関税などの輸入制限措置が取られ、トランプ前政権では鉄鋼・アルミニウムで発動され、自動車も狙上に上った。

ネオジム磁石は、戦闘機やミサイル誘導システムのほか、EVや風力発電、民生

用電機・電子機器にも使用される。ネオジムは米国内にも埋蔵されるが、ネオジム磁石は輸入に依存しており、20年は中国（シェア70.2%）、日本（12.1%）、ドイツ（4.6%）、フィリピン（4.1%）からの輸入が9割を占めている。

2月にレアアースなど重要鉱物のほか、半導体、バッテリー、医薬品の4分野に関してサプライチェーン強化に向けた大統領令が出され、6月の報告書には重要鉱物について米国内での生産・加工やネオジム磁石の232条調査の検討が盛り込まれていた。調査を踏まえ、22年6月までに報告書と提言がまとめられる。



（資料）JOGMEC「鉱物資源マテリアルフロー2020 レアアース（REE）」（2021年6月）

◆中国ではレアアースの管理強化に向けた法整備、企業再編

米中対立の下、中国では19年に「レアアースを米国への対抗手段として利用する」、「米軍事産業は中国のレアアース調達で規制を受ける」などの報道があり、米国は19年に「重要鉱物の安定確保に向けた戦略」、20年に「稀少鉱物の敵対外国勢力への依存解消に向けた大統領令」を発した経緯がある。

中国では21年1月に**レアアース管理条例（草案）**が発表され、中国国内でのレアアースの採掘、加工、利用、流通などに対する政府の管理を強化する方向にある。9月には傘下企業がレアアース採掘・生産を手掛ける中国五鉱集団とアルミニウム最大手の中国鋁業集団との戦略的再編計画も発表されている。

◆韓国も希少金属産業発展対策、日米欧豪加での連携も強化

韓国も21年8月、「**希少金属産業発展対策2.0**」を発表し、レアアースなど35種のサプライチェーン強化対策などを発表している。欧州は20年9月に重要な原材料の戦略的な確保に向け**欧州原材料アライアンス（ERMA）**を発足させている。21年6月には日本が議長国となって**クリティカルマテリアル・ミネラル会合**が開催され、日米欧にオーストラリア、カナダも加わった。レアアースなど重要鉱物資源を巡って、連携やせめぎ合いが深まりそうだ。

【長谷川雅史】

自由主義諸国で高まる中国への人権包囲網

◆欧米諸国で広がるマグニツキー法、オーストラリアでも制定を目指す

2021年8月5日、オーストラリアのペイン外務大臣は、人権侵害などを理由に海外の関係者に制裁を科す、オーストラリア版の「マグニツキー法」を21年末までに制定すると発表した。

マグニツキー法は、ロシア税務当局の汚職を告発した税理士セルゲイ・マグニツキー氏が09年にロシアの刑務所で死亡したのを契機に、米国で12年に制定された法律で、人権侵害などに加担した海外関係者との取引禁止、資産凍結、入国禁止などの措置が可能となっている。EUでも、20年12月にEU版のマグニツキー法が制定されたほか、英国でも20年7月にマグニツキー法に基づくロシアや北朝鮮などへの制裁が初めて発動されるなど、欧米諸国の間で人権侵害に対する制裁の動きが高まっている。

オーストラリアがマグニツキー法制定に動く背景には、中国との対立が激化するなかで、欧米諸国と足並みを揃えてウイグル族への人権侵害を理由とした制裁を中国に科そうという意図がみられる。

なお、日本でも超党派の議員により日本版のマグニツキー法の制定を目指す動きがあるが、具体的な制定の見通しは立っていない。

◆米国はウイグルが絡む取引の警告文書を更新

米国政府は、21年7月に「ウイグルでの人権侵害に関する企業のリスクと考慮事項」と題する文書を発表した。これは、中国のウイグル自治区に関連するビジネスを行っていたり、サプライチェーンを保有したりする企業に対し、懸念されるリスクやデューデリジェンスの視点を解説したもので、20年に発表された同様の文書の更新版になる。

21年版では、これまでリスクとして指摘されていた、強制労働により生産された製品を含むサプライチェーンに加えて、監視カメラ、追跡技術、生体認証技術などの中国企業への提供も、米国法への抵触や風評リスクが生じる可能性がある」と警告している。

【今村弘史】

中国と台湾がCPTPPに加盟申請

◆CPTPP加盟承認は全会一致が条件、加盟基準を堅持した議論が先決

21年9月、中国と台湾が相次いでCPTPPの加盟申請を行なった。2月に加盟申請をした英国とあわせて、3エコノミー（国または独立した関税地域）が新規加盟を目指すことになる。今後の流れとしては、まず締約国（発効国）からなるCPTPP委員会が、中国と台湾の加盟手続開始の可否を全会一致で判断し、承認すれば「加盟作業部会」を設置する。その後、加盟作業部会が中国と台湾に対する審査を実施し、それらを経て作成された報告書をもとに、CPTPP委員会が最終的な加盟承認の可否を決定する。

CPTPPは関税の自由化率が高く、WTOが定めていない電子商取引、国有企業、労働、環境などに関する規程を具備した21世紀型の新しいルールと称される。自由かつ持続可能な国際通商秩序を構築、拡大していくうえで、日本と密接なサプライチェーンを構築する中国と台湾が加盟申請したことの価値は大きい。一方で、経済安全保障や「1つの中国」原則などの観点から、中国と台湾の加盟申請を政治・外交問題として捉える向きもある。しかしCPTPPがWTOで認められる通商協定である以上、その加盟基準を堅持する前提で、中国と台湾が加盟基準を充足できるか否かを議論することが先決であろう。

◆中国のCPTPP加盟の障壁は高い：データの越境移動、国有企業補助金など

中国は20年11月に15カ国が署名したRCEPの構成国である。RCEPもCPTPPと同様、アジア太平洋地域におけるメガFTAであり、中国を含む8カ国が重複参加している。しかし関税の自由化や規程の先進性では、CPTPPが大きく凌駕している（表1）。

まず、CPTPPの加盟申請要件は「国または独立した関税地域」であり、中国も台湾も要件を充足している。次にCPTPP基準との整合性については、中国がクリアすべきハードルは高いようだ。ポイントは広く議論されている通り、①関税撤廃率、②電子商取引、③国有企業の扱い、④労働基準の4点である。特に②の電子商取引については、「TPP3原則」と呼ばれる、データの越境移動の自由、データローカライゼーション要求の禁止、ソースコード開示要求の禁止を充足するこ

とは、「**データセキュリティ法**」との兼ね合いから困難と言われている。また③についても、国有企業への補助金問題や政府調達市場の国外開放などの論点で充足できず、④は**団体交渉権や強制労働に関するILO条約を批准していない点や、新疆ウイグル自治区などでの強制労働疑惑事案を抱える状況では、極めて高いハードルと言わざるを得ない**。一方の台湾は、蔡英文総統が「全てのルールを受け入れる」とツイートするなど、中国と比べて問題は少ないと思われる。

委員会構成国との関係も注目である。オーストラリアは中国と貿易摩擦を抱え、ベトナムは中国と地政学上の問題を抱えている。メキシコとカナダは米国と参加する**USMCA**で「非市場経済国条項」の制約を受け、中国などの非市場経済国とFTAを締結すると、米国がUSMCAを終了するリスクを抱える。あくまでも審査は公正性をもって実施されるはずだが、要注目である。

表1：RCEPとCPTPPの比較

	RCEP	CPTPP
参加国	<署名> 日本、ASEAN（10カ国）、中国、韓国、ニュージーランド、オーストラリア <寄託> シンガポール、中国、日本	<寄託・発効> メキシコ、日本、シンガポール、ニュージーランド、カナダ、オーストラリア、ベトナム、ペルー <未寄託> ブルネイ、マレーシア、チリ <加盟手続中> 英国 <加盟申請中> 中国、台湾
発効	ASEANで6カ国、非ASEAN署名3カ国が寄託して60日後	18年12月（発効8カ国のうちベトナム、ペルー以外で）
参加可能性国	（インド）	韓国、タイ、（米国）
GDP規模（世界比）	29.8%（日米貿易協定に次ぐ世界2位） インド参加で33.0%	12.9%（世界5位） 米国参加で29.8%
日本の貿易総額割合	46%	15%
関税撤廃率	91%	99%
原産地判定の厳しさ	ASEAN既存FTAレベル	RCEPより厳しいレベル
事前教示	可能なら90日以内（関税分類・関税評価・原産地）	150日以内（関税分類・関税評価・原産地）
WTO協定を上回る主な規定（WTOプラス）	投資（* 政府による技術移転要求禁止／ロイヤルティ規制禁止）、知的財産権、貿易円滑化など * CLM（カンボジア、ラオス、ミャンマー）3カ国は義務免除	投資（政府による技術移転要求禁止／ロイヤルティ規制禁止など）、電子商取引、知的財産権、貿易円滑化、国有企業、環境、労働、規制の整合性、政府調達など
CPTPPにあってRCEPにない主な規定	国有企業、環境、労働、規制の整合性、政府調達市場の「自由化」、ISDS（*）など * ISDS：投資家と国の間の紛争解決手続き、RCEPでは「発効後2年以内に協議開始」と定めている	
「TPP3原則」とRCEP	データフリーフロー△、コンピュータ関連設備設置要求禁止△、ソースコード開示要求禁止×	

（出所）各協定文などから筆者作成、21年10月14日現在

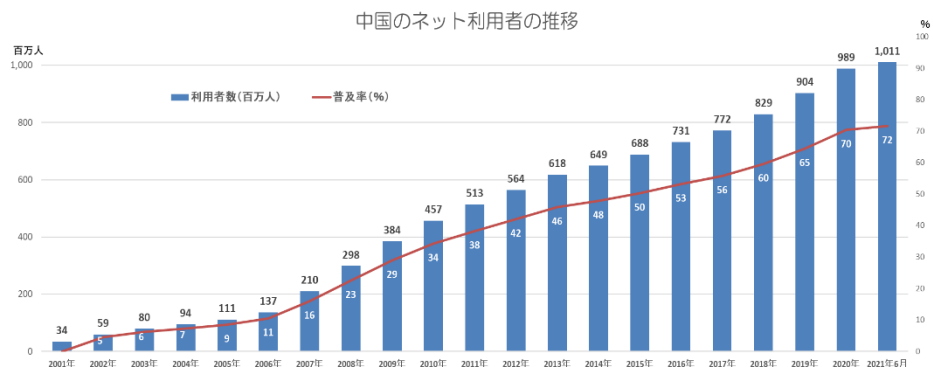
◆加盟基準を充足する限りは、いかなるエコノミーも歓迎すべき

いかなるエコノミーであっても、CPTPPの高い加盟基準を充足し、「例外なく」順守し続けられる限りにおいては、加盟は歓迎されるべきである。WTOの機能が形骸化して久しいなか、企業にとっては、先進の通商規程を備えたCPTPPの加盟国が増えることで、国際通商秩序が安定し、事業の予見可能性が高まるメリットは大きい。21年のCPTPP議長国である日本の役割は、加盟基準に一切の例外を認めず透明な審査の実施に寄与すること、そして米国にCPTPP加盟を働き掛けることであり、産業界も政府へ粘り強く要望を出し続けるべきだ。 【田中雄作】

データ保護関連法整備でデジタル化進む中国

◆インターネットユーザー数10億人超のデジタル先進国中国

中国のインターネットユーザーは以下のグラフが示すように、2021年6月に10億人を超え、普及率も70%を上回っている。14億人の人口の内、60歳以上の比率が18.7%、農村人口が同36.1%などのマイナス要素を考慮すると、すでに殆どの人がインターネットを活用しているデジタル先進国といえるだろう。



25年までの中期計画である「第14次五カ年計画」でも「数字（デジタル）」という用語が頻繁に用いられており、デジタル化の発展を加速し、先進的な「デジタル中国」の建設を重点目標としている。

◆ユーザーを保護するためのデータ保護に関連する法律を制定

21年9月20日、中華人民共和国個人情報保護法が成立した。10億人を超えるインターネットユーザーの個人情報などを保護するための法律で、21年11月より施行される。習近平指導部は、12年の発足以来サイバー空間に対する統制を強化して来ており、個人情報保護法もその流れを汲むものである。

まず17年に「インターネット安全法（サイバーセキュリティ法）」を施行し、中国国内で収集した個人情報や重要データを中国国内に保存することを義務付け、国外に情報を提供する場合は安全評価を受けなければならないこと、被害対象および被害程度を5段階（国家の安全に及ぼす影響で特に著しい侵害が最も重大な五級に相当）に分ける等級保護証明の取得を義務付けることなどを規定した。さらに21年には、企業が扱うデータ管理を厳しくする「データ安全法（データセキュリティ法）」が施行され、中国域外のデータ処理活動が中国の国家の安全などを損なった場合、その責任を追求することなどが付け加えられた。そして今般

11月1日に施行される「個人情報保護法」によって、個人データの海外への持ち出しを厳しく制限するとともに、顔認証やプラットフォームによるアルゴリズムなどを利用した差別的価格設定に関する個人情報の取扱い方法、個人情報には匿名化処理後の情報は含まれないなどの細部が規定され、デジタル中国を支える3つの柱となるデータ保護関連の法的枠組みが揃うことになる。

◆保護法で強まるプラットフォームなどへの規制とCPTPP加盟申請との矛盾

中国政府は21年6月に、米国市場に上場したばかりの滴滴出行（ディディチューシン）に対し、アプリに個人情報の収集・利用に関する重大な違反を確認したとして、アプリのダウンロードの停止を命じた。米国で上場すれば同社の顧客データに米国の規制当局がアクセスできることにに対し、当局が懸念を抱いていたにもかかわらず、ニューヨーク証券市場に上場したためだ。「国家安全法」と「サイバーセキュリティ法」に基づいた審査が開始され、審査終了まで新規の利用者登録中止を命じている。

データ関連法の規定では、中国国内のデータを国外へ持ち出す際には当局の許可が必要だ。自動運転などの開発のための自動車の走行データや配車アプリのデータなども含まれ、デジタル化の進んだ中国市場での開発は魅力的だが、中国国内で収集したデータをグローバルに活用しづらくなることになり、外資に取っての中国市場の魅力を損なうことも懸念される。

また、中国が加盟申請したCPTPPでは、事業の実施のためには、国境を越える情報（個人情報を含む）の電子的手段による移転を認める必要があり、中国のデータ保護関連法が規定している「データの越境制限」はこの点で齟齬があり、中国政府がどう対応していくのかも注目点の一つとなりそうだ。 【森山博之】

中国のデータ保護に関する三つの基本法

中国語表記 (日本語訳)	个人信息保护法 (個人情報保護法)	数据安全法 (データセキュリティ法)	网络安全法 (サイバーセキュリティ法)
施行日	2021年11月	2021年9月	2017年6月
対象	個人情報の取扱者	中国国内で行われるデータ処理活動（国外のデータ処理活動が中国の国家安全、公共の利益、組織の合法的権利を損なう場合は追求対象）	中国国内でネットワークを設置、運営、維持・保護、使用ならびにセキュリティの監督管理を行う者
内容・特徴	電子化などで記録された識別可能な自然人に関する様々な情報（匿名化処理後は含まず）の取り扱いに関する規定。企業の従業員、取引先など対象が広い。越境提供に関する制限、収集および発生した個人情報国内に保存	国内のデータを国外の司法・法執行機関に許可なく提供できない。データの開発・利用技術などに関わる投資、貿易などで、中国に対し差別的な禁止、制限などの措置を講じた場合には、同等の報復措置を講じることが可能	情報システムをインシデントによる影響の重大性に5等級に区分（5が最大）し、それに応じた安全対策を実装する等級保護制度を設定。データの国内保管の義務、セキュリティ調査への同意の義務
罰金	5,000万元以下または前年度売上高の5%以下	1,000万元以下	100万元以下

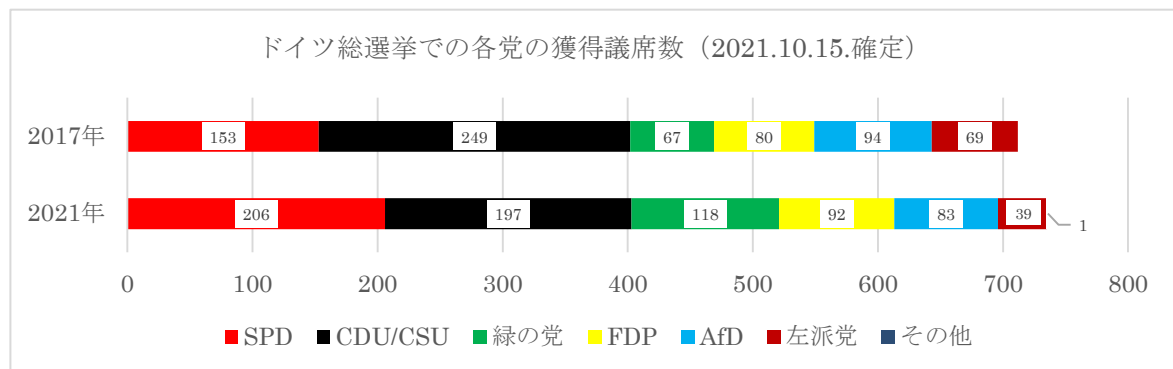
出所：国家法律法規データベース (<https://flk.npc.gov.cn/>) などの各種資料を元にARC作成

ドイツ総選挙、連立新政権の課題

◆引退表明のメルケル所属の与党が大敗、連立のもう一つの与党SPDが第一党に

2021年9月26日、ドイツで連邦議会選挙（総選挙）が行われた。今回は、16年間政権を率いてきたメルケル首相が政界引退を表明していたため、欧州のリーダーの一翼を担うドイツの次期首相を決める選挙戦としても注目された。

ドイツでは、一党が過半数をとることがなく、連立政権が続いている。これまでは、中道右派でメルケル首相の属するキリスト教民主同盟・社会同盟の統一会派（CDU/CSU）と、中道左派の社会民主党（SPD）の大連立で政権を率いてきた。



今回の選挙で第一党となったのはSPDで、前回の17年より議席数を大きく増やし、ショルツ副首相は首相への意欲を見せた。一方、CDU/CSUは得票率が史上最低に沈んだ。環境政党の緑の党は、支持率が急増し第三党に躍進。産業界寄りの自由民主党（FDP）も支持を伸ばした。反難民を掲げて一時は勢いのあったドイツのための選択肢（AfD）は失速した。CDU/CSUは、メルケルの後継者が出馬した地方選でもSPDの新人に敗北するなど、一人負けと評されている。

◆高齢層が支持した二大政党、若年層が支持した緑の党

二大政党による大連立の組み合わせは今回有権者の評判が悪く、CDU/CSU、SPDそれぞれが、他党との連立を模索している。過激な言動もみられるAfDとの連立は拒否しているため検討されているのが、政党のシンボルカラーから「SPD（赤）・緑の党・FDP（黄）」の信号機連合、「CDU/CSU（黒）・緑の党・FDP」のジャマイカ（国旗の配色）連合だ。第三党と第四党がどちら側につくかで決まる構造だ。

二大政党が緑の党とFDPを取り込もうとしているのは、数合わせの意味だけではなく、若年層の取り込みが必須だからだ。二大政党を支持したのは高齢層だった。一方で緑の党は若者に限ると支持率がトップだった。FDPも若年層での支持率が高い。CDU/CSUとSPDはこのままではじり貧状態は確実で、大敗したCDUでは世代交代を図るため、国防相と経済相が比例区で得た議席を若手へ移譲する。

Infratest dimapの調査によると、70歳以上と24歳以下の層で政党の支持を比較すると、CDU/CSUでは、高齢層が38%の支持率に対し、若年層はわずか10%。SPDも高齢層は35%で若年層は15%だ。一方で緑の党は、高齢層は7%にとどまるが、若年層は23%の支持率。FDPも高齢層は8%で若年層は21%だった。

◆背景には環境問題、未曾有の洪水で気候変動問題も再認識

選挙前の世論調査で、有権者がコロナや難民より環境を重視している傾向がうかがえた。環境活動家グレタ・トゥーンベリ氏（18歳）は投票日直前、「1751年以降の累積二酸化炭素排出量で、ドイツは米中露に次ぎ世界で4番目に多い」と批判した。選挙戦で各政党が掲げた石炭火力発電の全廃時期は、CDU/CSUとSPDは2038年、緑の党は30年。カーボンニュートラルの達成時期もCDU/CSUとSPDが45年、緑の党は41年へ前倒しを表明した。グレタ世代の若年層で緑の党の支持が高い理由には、20年後や30年後の自分たちの未来に直結する気候変動問題がある。

ドイツでは7月に大雨による大洪水が発生し、多数の死傷者を出した。温暖化の影響を指摘する専門家の声もあり、危機意識が高まった。CDUが選挙戦で失速した原因の一つに、洪水被災地で大統領がお悔やみを述べている後ろで、CDUの首相候補ラシェット氏が同席者と大笑いしている映像が流れたことがある。事態の深刻さを理解していない姿に、有権者は失望した。

◆今の生活を守るか、次世代につなぐか、割れる意見に財源確保の問題も

電通と電通総研が7月に12カ国を対象に実施した「サステナブル・ライフスタイル意識調査」によると、「今の生活を守るか、次世代につなぐか」という設問に、ドイツは「今の生活を守る」が50.6%で半々に割れた。コロナの影響で7年ぶりに赤字財政に転落したなか、経済を立て直しつつ、次世代に持続可能な生活環境をつなぐため、財源確保も含め、新政権の力量が求められる。【赤山英子】

健康オフィスを評価する国際基準「WELL認証」

◆WELL認証は、人間の健康に焦点を当てた国際的な環境評価システム

働く人の健康や快適性に配慮したオフィス環境や大型施設への関心が高まっている。定量的に測定しにくい「健康オフィス」の指針となるのが「WELL認証（WELL Building Standard™）」で、2021年7月、鹿島建設の技術研究所本館研究棟がWELL認証の最高ランク「プラチナ」を取得した。

「WELL認証」は人間の健康に焦点を当てた国際的な環境評価システムで、14年に米国で始まり、6年間で世界58ヵ国（20年2月時点）に広がり、世界に425件、国内に12件（うち10件が研究所を含めたオフィス系の施設）の認証事例をもつ。評価項目は「空気」「水」から「イノベーション」まで11のカテゴリーに分かれ、24の必須項目と95の加点項目があり、書類審査と実地性能検査を受ける。

鹿島建設の場合、ヒートアイランド現象を緩和するため屋上に庭園を設置したほか、光や音などの能動的な環境制御を融合させて五感に訴える「そと部屋」（19年に開発）が先進的な取り組みとして高い評価を受けた。

健康的に働ける環境を評価するWELL認証の評価項目

	必須		加点			
 空気 AIR	- 基本的な空気質 - 禁煙	- 機械換気(基本性能) - 後付け設置の場合	- 基準の強化 - エントランス - 換気強化	- 開閉窓 - 燃焼の最小化 - フィルタ性能	- IAQセンサー見える化 - 発生源の分離 - 外気導入の強化	カビの管理
 水 WATER	- 基本的な水質 - 飲水の品質	基本的な水質管理	- 手洗い設備 - 飲水の厳しい基準 - 湿気の管理	- 手洗い - 飲水の管理 - ウォーターサーバー		
 光 LIGHT	- 昼光設計と評価 - 照明設計と評価		- 昼光の厳しい基準 - サーカディアン照明 - 採光デザイン	- 採光デグレ制御デザイン - 視覚的なバランス - 電灯の品質		
 音 SOUND	音響ゾーニング		- 最大騒音レベル - サウンドマスキング - 吸音性	- インパクトノイズ - 残響時間 - AV音声明瞭度	- 遮音壁 - 聴覚サポート	
 温熱快適性 THERMAL COMFORT	温熱環境の評価		- 温熱アンケート - 温熱ゾーニング - 温熱モニタリング	- パーソナル空調 - 湿度制御 - 輻射パネル空調		
 心 MIND	- メンタルヘルスの促進 - 自然とのつながり		- メンタルサービス - 修復機会 - メンタルヘルス教育	- 休憩スペース - ストレス管理 - 回復プログラム	- 禁煙 - 自然へのアクセス - 薬物使用	
 コミュニティ COMMUNITY	- 健康と福祉の促進 - 居住後評価	- ステークホルダー - 緊急事態への対応	- 健康サービスと福利 - 利用者調査 - 地域エンゲージメント	- アクセシビリティ - 健康と福祉の促進 - 責任ある労務管理	- ダイバーシティ - 緊急時リソース - 新しい親の支援	- DV対策支援 - 住民への公平性 - 緊急時の抵抗力と回復 - 新しい母親の支援 - 家族へのサポート
 材料 MATERIAL	- 材料の制限 - 室内危険物の管理	CCA・鉛管理	- 材料制限の強化 - 廃物の管理 - サイトの評価	- 内外装材のVoC - 外注管理と薬品 - 建材の透明性	- 清掃洗剤の指定 - 自然建材の選択 - 接触面の低減	
 栄養 NOURISHMENT	- 果物と野菜 - 栄養情報開示		- 糖類制限 - 健康的分量 - 食事環境	- 食事広告 - 栄養教育 - 食品生産	- 人工的原料 - 心豊かになる食事 - 食品生産ガーデン	- 特別食 - 地元の食品環境 - 赤身肉と加工肉
 運動 MOVEMENT	- V3-5.8のいずれか 1.視覚 2.昇降車		- 階段促進 - 運動の機会 - 自転車促進	- 昇降車など強化 - 歩行者推進 - 運動インセンティブ	- 運動スペース - セルフモニタリング - エルゴノミクス・プログラム	
 イノベーション INNOVATION			- WELLのイノベーション - WELL APの参加 - WELL教育	- ウェルネスへの入口 - グリーンビルディング評価システム		

資料提供：パナソニック株式会社エレクトリックワークス社「WELL認証の基本まとめBOOK」

◆大手ゼネコン各社は、自社施設の認証取得で健康オフィスのノウハウを蓄積

国内で初めてWELL認証を取得したのは、大林組の技術研究所本館テクノステーションで、17年12月に「ゴールド」ランクを取得した。同社は現在、横浜市内に11階建ての自社研修施設を建設中（22年3月竣工予定）で、「純木造高層ビル」として注目されている。同社が開発した耐火木造部材を柱と梁に採用しており、サーカディアンリズム（体内時計）に合わせて調光・調色する照明を導入して集中力向上や緊張緩和を図るなど、健康推進への取り組みも行っている。完成後には生体データを基に効果を実証し、WELL認証の最高ランク「プラチナ」の取得を目指している。

また竹中工務店は、同社が設計施工した独身寮で、21年2月WELL認証の「シルバー」ランクを取得し、西松建設も本社オフィスでWELL認証の年内取得を目指している。このように大手ゼネコン各社は、昨今の健康経営への関心の高まりもあり、WELL認証取得で健康オフィスに関するノウハウや知見を蓄積している。

◆WELL認証取得支援サービスも登場

20年6月には、新型コロナウイルス感染拡大を受け、WELL認証の派生的な認証制度として「WELL Health-Safety Rating（健康安全性評価）」（以下WELL H-SR）も新設された。WELL認証同様、「国際WELLビルディング協会」（IWBI）が認証しており、感染症対策の評価に特化したもので、「換気の維持」や「空気質や水質の監視」「手洗いのサポート」など27項目のうち15項目以上の合格で取得できる。

パナソニック株式会社エレクトリックワークス社は、今後日本でもWELL認証やWELL H-SRの取得が加速すると予測し、21年7月から認証取得支援サービスを展開（<https://www2.panasonic.biz/ls/solution/office/genre/well-certification/>）している。WELL認証は最大3年で更新する必要があるメンテナンスの支援も行う。

同社は21年1月、大阪のシステムソリューション開発センターがWELL認証のゴールドを取得し、さらに3月には東京汐留ビル内のオフィスが二酸化炭素濃度を監視するシステムや、天井から床に向かって空気を流す「ダウンフロー気流」などの最新設備の導入が評価されてWELL H-SR認証も取得している。

働く人の健康や生産性向上のみならず、企業価値の向上にもつながることからWELL認証制度への注目は、今後も高まると思われる。

【秋元真理子】

開発が進むCOVID-19経口治療薬

◆重症者を治療する抗炎症薬と軽症者の重症化を防ぐ抗体医薬品

COVID-19は世界で約2億4千万人の感染者と約500万人の死者を引き起こし、現在も流行中である。幸い、有効なワクチンが相次いで開発され、世界で約38億人が接種した（いずれも2021年10月14日時点）。しかし、感染力の強いデルタ株が登場し、ワクチンの感染予防効果が数ヵ月から半年で減少、接種後に感染し、重症化する例が増えるなど、ワクチンだけに頼ることの限界も見えてきた。

COVID-19感染者の多くは重症化しないが、高齢者や基礎疾患を持つ人は重症化リスクが高く、重症化の抑制や重症者の治療に薬剤が必要である。20年5月に米国食品医薬品局（FDA）がベクルリーに緊急時使用許可を与えて以来、各国は、いくつかの治療薬を承認・許可してきた（表1）。

表 1 世界で承認・許可されている主なCOVID-19治療薬

適応	商品名（一般名）	開発会社	メカニズム、臨床試験結果	承認・許可・推奨			
				日本	米国	欧州	その他
重症・中等症	（デキサメタゾン）	ジェネリック医薬品	・抗炎症作用によりサイトカインストームを抑制する。 ・偽薬と比較して重症患者の致死率を約2割抑制した。	○	○	○	WHO推奨
	アクテムラ（トシリズマブ）	ロシュ	・抗炎症作用によりサイトカインストームを抑制する。 ・標準治療と比較して重症患者の致死率を15%抑制した。	—	○	○	WHO推奨
	オルミエント（バリシチニブ）	イーライリリー	・抗炎症作用によりサイトカインストームを抑制する。 ・標準治療と比較して入院期間を短縮（8日→7日）した。	○	○	○	—
	ベクルリー（レムデシビル）	ギリアードサイエンシズ	・RNAポリメラーゼを阻害しウイルスの増殖を抑制する。 ・偽薬と比較して入院期間を短縮（15日→10日）した。	○	○	○	—
軽症・中等症	ロナプリーブ（カシリビマブ/イムデビマブ）	ロシュ/リジェネロン	・Sタンパク質に対する2種類の抗体のカクテル。 ・偽薬と比較して重症化を70%抑制した。	○	○	○	WHO推奨
	（Bamlanivimab/Etesevimab）	イーライリリー	・Sタンパク質に対する2種類の抗体のカクテル。 ・偽薬と比較して重症化を70%抑制した。	—	○	○	—
	ゼビュディ（ソトロビマブ）	グラクソスミスクライン	・Sタンパク質に対する抗体医薬品。 ・偽薬と比較して重症化を79%抑制した。	○	○	○	—
	Regkirona（regdanvimab）	セルトリオン	・Sタンパク質に対する抗体医薬品。 ・偽薬と比較して重症化を70%抑制した。	—	—	審査中	韓国承認

（各種資料を参考に ARC 作成 2021.10.14）

当初は、既存品や別用途で開発中の医薬品の転用であったが、20年12月に、FDAは、抗体医薬品Bamlanivimabに緊急時使用許可を与えた。これはCOVID-19を引き起こすSARS-CoV-2（以下コロナウイルス）のSプロテインに結合し、コロナウイルスが細胞に接着・侵入することを阻害する。

Bamlanivimabは、当初、軽症者の重症化を約70%抑制するという画期的な効果を示したが、変異株に対する効果の減少が明らかとなり、緊急時使用許可は取り消された。その後、単一抗体の弱点をカバーできる、Sプロテインの異なる部位

を認識する2種類の単一抗体を混ぜたロナプリーブなどの抗体カクテルが登場している。20年9月、厚生労働省は、Sプロテインの変異しにくい部位を認識する単一抗体医薬品ゼビュディを軽症者の治療薬として承認した。

◆複数のCOVID-19経口治療薬の開発が最終段階に

抗体医薬品は、優れた効果を示すが高価であり、病院での点滴投与が必要である。また、新たな変異株の登場により効果が著しく減少する可能性もある。そこで、経口投与可能で安価な低分子化合物医薬品の開発が進んでいる（表2）。

経口治療薬は、主として、2つの分子メカニズムに基づく。コロナウイルスは細胞に侵入後、RNA依存性RNAポリメラーゼを用いて自らを複製（以下RNA合成）する。RNA合成を阻害すれば、ウイルスの増殖が阻害される。また、複製したRNAからコロナウイルスを構成するタンパク質の製造を手助けする3CLプロテアーゼに対する阻害剤の開発も進んでいる。

表2 現在開発中の主なCOVID-19経口治療薬

種類	薬剤名	開発会社	用途	開発状況
RNA合成阻害剤	モルヌピラビル	米メルク	軽症者の重症化予防と非感染者の感染予防	FDAへ緊急時使用許可を申請
	AT-527	ロッシュ/アテア/中外製薬	軽症者の重症化予防	国際第3相臨床試験を実施中
3CLプロテアーゼ阻害剤	PF-07321332	ファイザー	軽症者の重症化予防と非感染者の感染予防	国際第3相臨床試験を実施中
	S-217622	塩野義製薬	軽症者の重症化予防	国内第2/3相臨床試験を実施中

（各種資料を参考に ARC 作成 2021. 10. 14）

21年4月、米国のアテアとスイスのロッシュ（日本は中外製薬が担当）がAT-527の国際第3相臨床試験を開始した。続いて21年6月、米国のメルクがモルヌピラビルの、21年7月には、米国のファイザーがPF-07321332の国際第3相臨床試験を開始した。その中でいち早く、メルクはモルヌピラビルが軽症者の重症化を約50%抑制したとして、21年10月にFDAへ緊急時使用許可を申請した。今後、日本を含む各国でも承認申請を行う予定である。日本企業では、21年9月、塩野義製薬が3CLプロテアーゼ阻害剤S-217622の国内第2/3相臨床試験を開始した。

軽症者や非感染者を対象とする経口治療薬には高い安全性が要求され、開発の成功に予断はできない。しかし、これまでインフルエンザやエイズの経口治療薬で成し遂げてきた実績もある。経口治療薬の登場に期待したい。 【毛利光伸】

受精卵から成体に至る人間の全細胞地図の作成

◆人間の発育に関する細胞地図の目指すもの

2021年9月、人間の発育期間における網羅的な細胞地図の作成を目指して世界の研究機関が参加しているHuman Developmental Cell Atlas (HDCA) イニシアチブは、その活動の現状と今後の方向性をまとめたロードマップを発表した。HDCAは、人体を構成する約37兆個の細胞の遺伝子発現パターンをカタログ化しようという壮大な計画 (Human Cell Atlas (HCA) コンソーシアム) の一部であり、受精卵から成体へと変化するダイナミックな細胞像を描こうとしている。

網羅的な参照地図の作成により、正常な器官形成、ゲノム変異の影響、環境因子や病原体が発育に与える影響、先天性または幼児期の異常、老化の細胞機序、がんや再生を理解することが可能になる。胎児由来の生体試料を用いることは、倫理的、宗教的な理由により、国によっては研究を進めること難しい。しかし、例えば、英国などでは胎児由来の生体試料を提供する機関が存在し、HDCAに関する研究が進められている。16年にHCAが発足した背景には、1細胞を対象としたRNAシーケンス解析 (single-cell RNA sequencing、scRNA-seq) の技術的な確立があった。技術のさらなる発展に支えられ、HDCAでは、一時点の個々の細胞ばかりではなく、その変化を捉えることを目指す。

◆空間と時間にまたがる人間の腸管の全細胞地図

21年9月、英国のWellcome Sanger研究所などの研究チームは、一生を通じて動的に変化する腸管の網羅的な細胞系譜の地図を発表した。人間の腸管から得られる約42.8万個の細胞を、scRNA-Seqと抗原受容体の解析技術を用いて、発育期の5つの解剖学的領域、小児から成人の11の解剖学的領域について解析した結果、133種類の細胞あるいは状態を識別することが可能であった。今回得られた結果によって、いくつかの腸管の疾患のメカニズムも明らかになっている。

解析に用いられた細胞数だけをみても、時間と労力の掛かるプロジェクトであることが分かり、国際的な協力が必須である。また、HCAなどで得られた成果は公開され、関連するライフサイエンス分野の研究を促進している。【戸潤一孔】

古代人が残した足跡、貝殻のビーズ

◆ゲノム解析だけでは分からない古代人の活動や文化

2021年9月、英国のボーンマス大学などの研究チームは、米国のニューメキシコ州で発見された古代人の足跡について、また、米国のアリゾナ大学などの研究チームは、モロッコ西部で発見された貝殻のビーズについて発表を行った。

ゲノム解析の高速化、低コスト化は、医療分野に革新をもたらしただけでなく、人類の歴史の研究にも、現代人のゲノムから推定される古代人の動き、古代人のゲノムから判明した複数の人類の混血の状況、環境ゲノムから分かる古代人の生活様式など、さまざまな形で新たな話題を提供している。最近の人類の歴史に関する研究発表には、ゲノム解析を活用したものが多いなかで、今回の発表は、どちらも、発掘調査の重要性を再確認させる研究成果であった。

◆米国のニューメキシコ州で発見された古代人の足跡

ボーンマス大学などの研究で発見された古代人の足跡は、2.1から2.3万年前のものと推定され、これまで、北米大陸にベーリング海峡を越えて人類が移動してきたと考えられていた時期である1.6から1.7万年前をはるかに遡ることになる。年代の近い地層からマンモスの足跡も発見されており、この地域に人類が生息したのは氷河時代の出来事であったことが裏付けられた。最近のゲノム解析を用いた研究により、北米大陸での人類の移動は、北から南へ向かう流れだけでなく、逆の流れも推定されている。今回の発見は、その前提を揺るがすものである。

◆モロッコの西部の洞窟で発見された貝殻のビーズ

アリゾナ大学などの研究により洞窟で発見された貝殻のビーズは14.2から15万年前のものと推定され、類似のものがアフリカの他の地域でも発見されているが、これまで発見されたもののなかでは最古のものである。最近のゲノム解析を用いた研究により、北アフリカには、まだ、遺跡が見付かっていない一群の人類が存在したと推定される。今回の貝殻のビーズの発見のように、その存在を裏付ける資料が出土することを期待したい。

【戸潤一孔】

ARC活動報告・予定（9月～）

新聞・雑誌等での弊社研究員による意見発表など

◇取締役主席研究員 長谷川雅史

- ・一般社団法人 日本食品包装協会 会報 172 号（2021 年 10 月）に「海洋プラスチック問題、最近の動向を概観」を寄稿。

http://shokuhou.jp/news/kaiho_kouhou/detail/4071/

◇主席研究員、リードエキスパート（通商・関税） 田中雄作

- ・経済産業省「令和 3 年度 貿易救済セミナー」（2021 年 9 月 2 日開催）登壇

https://www.meti.go.jp/policy/external_economy/trade_control/boekikanri/trade-remedy/seminar/20210902_seminar.html

Watching No.324

2021年10月25日発行

発行所 株式会社 旭リサーチセンター

編集人 今村 弘史

〒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/>