

Watching

2021. 12 No. 325

特集

米国の対中通商政策、際立つ官民のズレ	1
--------------------	---

ハイライト

ワクチン接種による経済活動再開を模索する各国	5
巨額の補助金が支える中国の新エネルギー自動車	6
中国は水素利用でカーボンピークアウトに向かう	8
COP26で試されるステップマンシップ	10
IEAとCOP26はクリーン技術の普及加速を求める	13
ノーベル物理学賞も環境分野を対象にする時代に	15
気候変動による影響を回避・低減する適応策	16
CO ₂ 多排出企業は脱炭素化ロードマップが重要に	17
鉱物によるCO ₂ 固定化促進技術の展望	19
「国連生物多様性条約第15回締約国会議」開催	21
家庭用蓄電池を活用した新サービスに期待	22
水素エンジン車が現実に、レースに参加も	23
地球温暖化をゲノム編集技術で乗り切る	25
農作物の成長メカニズムが解明されてきている	26
プリントeddエレクトロニクスの技術開発	27
将来のパンデミックに備える感染源の解明	30
ARC活動報告・予定(10月～)	31



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		
	2019年			2020年			2021年			2021年			2021年		
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	7	8	9	
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	☂️	☂️	☁️	☂️	☂️	☂️	☂️	☂️	☁️	☀️	☀️	☀️	☀️	☀️	☀️
実質賃金	☁️	☁️	☁️	☁️	☀️	☁️	☁️	☁️	☁️	☀️	☀️	☁️	☀️	☁️	☁️
新規求人	☁️	☁️	☁️	☂️	☂️	☂️	☂️	☂️	☂️	☀️	☀️	☀️	☀️	☀️	☀️

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11月15日時点での入手可能なデータに基づく。

IMFの世界経済見通し改定見通し（2021年10月）

	2020年	2021年		2022年	
全世界計	▲3.1%	5.9%	(▲0.1%)	4.9%	(0.0%)
先進国・地域	▲4.5%	5.2%	(▲0.4%)	4.5%	(0.1%)
米国	▲3.4%	6.0%	(▲1.0%)	5.2%	(0.3%)
日本	▲4.6%	2.4%	(▲0.4%)	3.2%	(0.2%)
ユーロ圏	▲6.3%	5.0%	(0.4%)	4.3%	(0.0%)
英国	▲9.8%	6.8%	(▲0.2%)	5.0%	(0.2%)
新興国・地域	▲2.1%	6.4%	(0.1%)	5.1%	(▲0.1%)
中国	2.3%	8.0%	(▲0.1%)	5.6%	(▲0.1%)
インド	▲7.3%	9.5%	(0.0%)	8.5%	(0.0%)
ブラジル	▲4.1%	5.2%	(▲0.1%)	1.5%	(▲0.4%)
ロシア	▲3.0%	4.7%	(0.3%)	2.9%	(▲0.2%)
ASEAN5（注）	▲3.4%	2.9%	(▲1.4%)	5.8%	(▲0.5%)
メキシコ	▲8.3%	6.2%	(▲0.1%)	4.0%	(▲0.2%)

注：ASEAN5は、インドネシア、マレーシア、フィリピン、タイ、ベトナムの5ヵ国。

2021年、2022年の（ ）内の数字は前回（2021年7月）見通しからの変化幅。

出所：IMF「World Economic Outlook, 2021 OCT」

米国の対中通商政策、際立つ官民のズレ

◆バイデン政権の対中通商戦略はいまだ定まっていない

米国の対中通商政策が定まらない。2021年10月5日、USTR（米国通商代表部）は、1974年通商法301条に基づく追加関税措置の適用除外制度復活の検討を発表し、10月8日には「第一段階の米中経済・貿易協定」（以下、貿易協定）による中国との閣僚級協議（以下、米中協議）を再開した。ただし301条による追加関税自体は維持するとし、議会では中国の産業補助金を調査する新たな強硬策も浮上するなど、方向感の定まらない対応となっている。さらに共和党の調査によれば、管理・規制の強化を図ってきた中国企業向けの輸出審査について、BIS（商務省産業安全保障局）が柔軟な運用をしている実態も明らかになった。

バイデン大統領は、トランプ前政権による対中通商政策を批判し、就任直後の「2021 Trade Policy Agenda」（以下、通商報告書）では「包括的な対中戦略による対処」を掲げた。しかし「戦略」の中身はいまだに示されていない。一方の中国は、CPTPPへの加盟申請を21年9月に実施し、自らが主導するRCEPも22年1月に発効することが決まるなど、アジア・太平洋地域の通商ルールに着実に関与しつつある。これらについても、米国は積極的に関わる意思を表明していない。

以上の背景には、米国議会と産業界の間で、対中政策に関する「認識のズレ」が拡大している事情がありそうだ。

◆関税政策をめぐる官民認識のズレ

いわゆる米中貿易摩擦は、中国による不公正な経済慣行（強制的な技術移転、組織的な米国企業の買収、営業秘密の窃取など）の是正を目的として、米国が18年7月に、通商法301条に基づく追加関税措置を執行して始まった。その後の二国間協議の結果、20年2月に発効した貿易協定では、中国が知的財産権の保護や2年間で総額2,000億ドルの対米追加輸入などを約束したが、知財権保護については目立った進展はないとされ、追加輸入についても、20年実績で目標の約6割、21年も9月時点で目標の約6割までしか進捗していない。

一方、US-China Business CouncilやAmericans For Free Tradeなどの経済団

体は議会や政府に対し、中国による貿易協定の完全履行や追加関税適用除外制度の復活、そして追加関税措置自体の撤廃などを強く求めてきた。その理由は、301条措置の発動から3年を経ても中国の不公正慣行は是正されておらず、それどころか米国消費者の負担を増やし、米国産業界の競争力を後退させているというものである。これを受けUSTRは、21年10月に入って適用除外制度の復活の検討を発表し、続いて米中協議を再開した。米中協議では中国政府に対して貿易協定の完全履行を迫り、非市場的な政策への懸念を強調したとされている。

バイデン政権としては、22年秋の中間選挙や目下の議会対策などの観点から、中国による貿易協定の完全履行がない限り、産業界の意向をくんだ大幅な制裁緩和をしにくい状況にある。しかも各種世論調査によれば、21年8月下旬を境に政権の不支持率が支持率を上回っており、11月のバージニア州知事選では民主党候補が敗退を喫するなど、まさに、慎重な政権運営が求められているといえよう。ちなみに今回発表した適用除外制度は、産業界と議会の反応を探る観測気球との見方もある。その証左に、貿易摩擦を開始したトランプ政権が累計で約2,200品目を適用除外対象としたのに対し、今回は僅か549品目にとどめている。

◆経済・国家安全保障政策をめぐる官民認識のズレ

特にトランプ政権以降、米国は輸出管理や投資管理、経済制裁などのルールを駆使し、重要技術への中国のアクセス制限と、情報通信インフラからの中国の排除などを進めてきた。18年に成立したNDAA19（19年国防権限法）は、ECRA（輸出管理改革法）やFIRRMA（外国投資リスク審査近代化法）、政府調達規制条項（Sec. 889）などを含み、超党派による対中強硬策の象徴となっている。中国も20年以降、「信頼できない実体リスト規定」、「輸出管理法」、「外国法・措置の不当な域外適用を阻止する弁法」、「外商投資安全審査弁法」、「反外国制裁法」などを施行し、重要産業の発展や技術の国産化を進めている状況だ。米中が執行することから、両国と事業を行なう企業は対応に苦慮している。

さらに企業が懸念しているのが、ECRA や FIRRMA で新たな管理強化対象となる「新興技術」と「基盤技術」である。これらの技術は軍民融合戦略や「中国製造2025」などを進める中国を念頭に、懸念国への流出を防ぐべき重要技術とされ、

企業の国際商取引に大きな影響を与える可能性がある。対象技術は商務省が指定するが、パブリックコメントの収集を終えても技術リストは公表されず、21年6月には USCC（米中経済・安全保障調査委員会）が、[技術指定の遅れを指摘する調査書](#)を発表するに至った。これに対し BIS の次官代行は、[9月2日の議会公聴会](#)で新たな「一括リスト」の作成を否定し、従来通り EAR（輸出管理規則）の既存リストに逐次追加する方針を示した。

その背景には、関税政策と同様、[Information Technology Industry Council](#)などの数多くの経済団体からの強い反発があったようだ。「幅広い品目の一括規制は米国産業界の競争力を後退させる」、「米国の雇用や経済成長のためには巨大な中国市場は必要」、「米国が規制しても他国が中国市場の果実を得てしまう」などの理屈だ。さらに10月21日には、Entity Listに掲載されている中国のHuaweiやSMICへの輸出許可申請に対し、少なくとも調査期間（20年11月9日から21年4月20日）においては、[BISがその過半を承認していた事実](#)も明らかになった。データ開示を求めた下院共和党は21年10月25日、レモンド商務長官へ規制強化を求める書簡を送ったと発表した。

◆巨大FTAによる通商ルール構築の行方

明らかに産業界と議会の利害が対立する301条措置や経済安保政策と異なり、FTA交渉に関する官民のスタンスは「反対」で概ね一致している。バイデン政権の最優先課題は経済を中心とする内政で、通商問題はその次である。21年の通商報告書には、「労働者中心の通商協定を志向する」との記述はあるが、具体的なFTA交渉への言及はない。また、7月1日には大統領が通商交渉をする上で必要な「2015年TPA（貿易促進権限）法」が失効しており、法案審議の予定もない。このような状況下で、中国はCPTPPへの加盟申請を9月に実施し、自らが主導する世界最大級のGDPを誇るRCEPが22年1月に発効することが決まった。

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、環境などの規程を具備した、「[21世紀型の新しいルール](#)」と称されるメガFTAである。日本を含む6ヵ国で18年12月に発効し、21年11月11日時点では8ヵ国で発効している。CPTPPの原型はTPPであり、TPP交渉を主導した当時のオバマ政権は、中国に対する経済安全保障と関与政策的観点から、極めて自由度の高い先進

的な通商ルールの構築を目指した。よって今回の中国の加盟申請は大いに注目されているところである。ただし広く議論されているように、中国には不公正貿易慣行や強制労働問題などの課題が山積しているため、加盟申請に拒否感を滲ませる向きも多い。また、今回の加盟申請を、中国による「[パクス・アメリカーナを基礎とする既存の世界秩序の書き換え](#)」と指摘する研究もある。一方で通商秩序安定の観点から、中国が高い関税撤廃率と全ての規程を「例外なく」順守する前提においては、加盟を認めるべきとの関与政策的意見もみられる。

米国では、民主党左派と共和党の多くが新規FTA交渉に慎重なスタンスをとり、産業界でも農業や酪農以外は慎重なスタンスとされる。しかし成長著しいアジア太平洋地域の通商ルールが、米国抜きで構築されることへの危機感は強い。仮に中国がCPTPPに加盟すれば、米国の加盟が困難になることも予想されている。中国のCPTPP加盟審査には相当な年月がかかるといわれており、安定した通商秩序構築のためには、超大国である米国の再考を期待したい。

◆産業界は冷静な判断に基づき行動すべき

これまでみてきたように、米国産業界の多くはトランプ政権より前の関税政策や輸出管理政策への回帰を切望し、対して議会は対中関与政策の終焉と技術覇権争いに勝利するための政策を、概ね超党派で支持している状況だ。このような官民の対中政策に対する意識のズレがあるなかで、[JETROの集計](#)によれば、米中間の貿易総額は、コロナ禍において追加関税措置と輸出管理強化が図られているにも関わらず、総額では右肩上がりの増加基調となっている。また、世界最大の資産運用会社であるBlackRockは、[中国投資を3倍に増やすよう助言](#)している。

以上の通り、米国企業の多くは広く通商動向にアンテナを張り、関連ルールを正確に順守しつつ、積極的に政府や経済団体に働きかけながら、「冷静な判断」に基づいて事業を行なっている。日本では20年12月に経産大臣が、米中対立下の企業行動について、「各国の輸出管理上求められている内容を超えて過度に萎縮する必要はない」、「サプライチェーンの分断が不当に求められる場合は経産省が前面に立って支援をする」などと表明した。経産省は21年5月に、「事業機会を逸しないよう欧米企業のベンチマークを推奨する」としている。日本企業も米国企業と同様に、「冷静な判断」に基づき事業展開をすべきであろう。【田中雄作】

ワクチン接種による経済活動再開を模索する各国

◆海外では入国、移動、出社の際のワクチン接種義務化も

2021年11月8日より、米国に入国するにあたり新型コロナウイルスのワクチン接種が義務化された。米国は、20年3月以降、感染が拡大している国からの入国を禁止していたが、国別の制限を撤廃する一方で、ワクチンの接種証明書とPCR検査の陰性証明書の提示が入国の条件となる。

またカナダでは、10月30日より、カナダ国内空港発の航空便、長距離列車、クルーズ船の乗客に対して、ワクチンの接種を義務付けている。

さらに厳しい措置を講じているのがシンガポールだ。10月23日、シンガポール政府は、22年1月1日よりワクチン接種者もしくは過去270日以内に感染して回復した者のみ出社できるという感染防止策を発表した。ワクチン未接種者は、在宅勤務もしくは出社前のPCR検査が必須となる。

これらの国では、国民のワクチン接種は義務化されていないが、移動や出社などの経済活動を行うにあたり、実質的にはワクチン接種が必須になりつつある。

◆日本ではワクチン接種者に便益を与える動き

日本では、ワクチン接種の義務化ではなく、ワクチン接種者に便益を与える形で、経済活動と感染拡大防止を両立しようとしている。

経団連は、21年6月に「ワクチン接種記録の早期活用を求める」と題する提言を発表した。そこでは、①ワクチン接種記録を提示することにより、検疫手続きが迅速化されたり、隔離が免除・緩和されるなど出入国時の活用、②ワクチン接種記録の提示によってイベントへの入場時の要件が緩和されたり、さまざまなサービスが受けられたりするなどの国内における活用、が提案されている。

①については、11月8日より、短期のビジネス目的の日本入国、海外から帰国した日本人の待機期間について、ワクチン接種などを条件に3日間に短縮された。また②については、例えば東京都は、LINEを使って接種記録を登録できる専用アプリ「TOKYOワクショナップル」を11月1日にリリースし、協賛企業から値引きなどの特典を受けられるサービスを開始している。

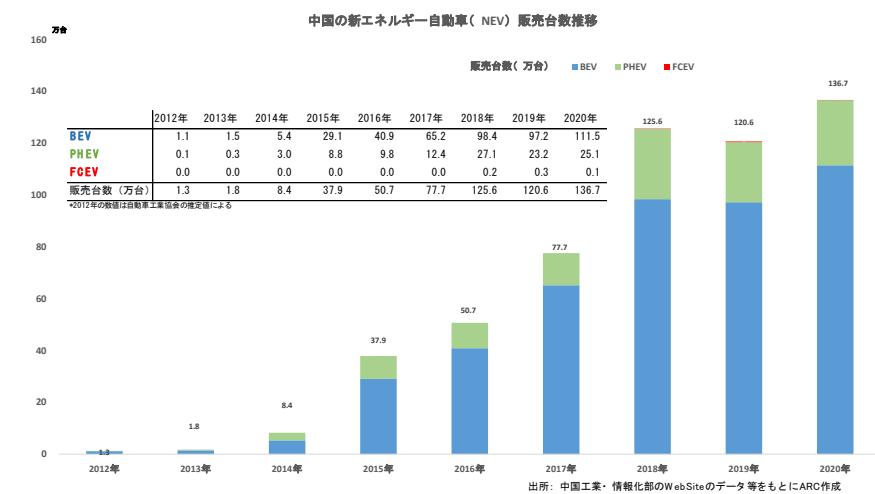
【今村弘史】

巨額の補助金が支える中国の新エネルギー自動車

◆販売台数が順調に拡大する新エネルギー自動車

2020年の中国の自動車販売台数は2,531.1万台（前年比1.9%減）となり3年連続で前年比マイナスとなった。21年の1~9月期の販売台数は1,862.3万台

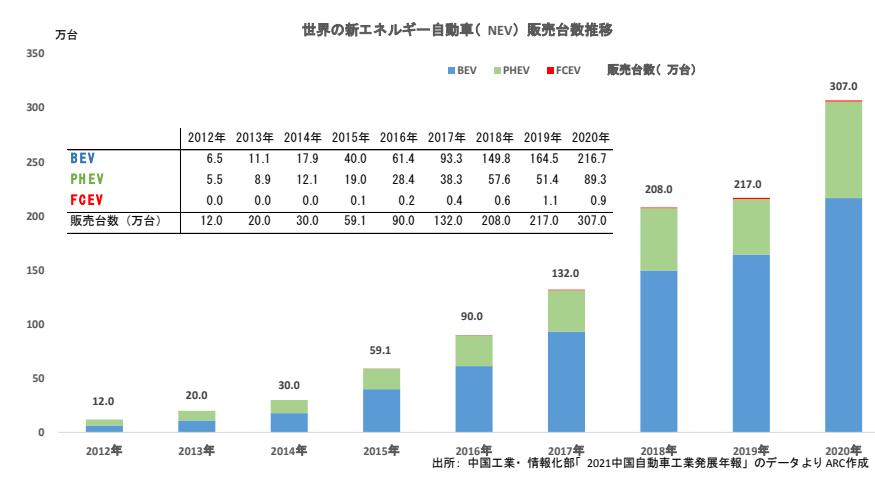
（前年同期比8.7%増）となったが、半導体不足などで、5月以降前年同月比でマイナス（1~4月期は同51.8%増）が続いている。通年販売に影を落としている。一方、新エネルギー自動車（NEV）の1~9月期の販売台数は、215.7万台（同190%増）と大幅に増えており、すでに昨年の年間販売実績136.7万台を上回っている。



◆世界の自動車市場でも高まるBEVやPHEVなどのNEV比率

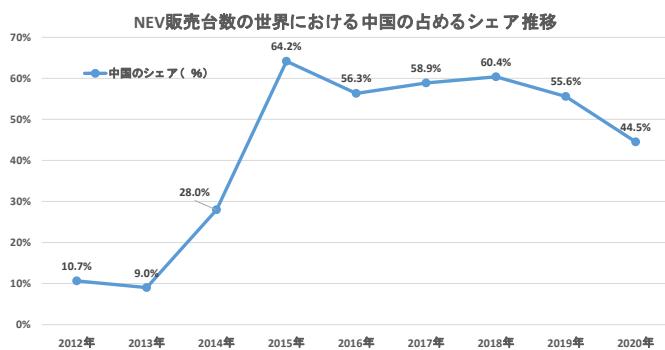
20年の世界の自動車販売台数は7,849万台（調査会社フォーイン調べ）で前年比13.6%減となったが、NEVは307万台（前年比41.4%増）とコロナ禍にもかかわらず、世界全体でも堅調に推移している。

20年のNEVの伸びは、中国市場における伸びはもとより、先進国市場における伸びも大きいのが特徴だ。欧州環境機関（EEA）によるとEU、アイスランド、ノルウェー、英国で昨年登録された1,160万台の新車のうち、BEV（純粹電気自動車）



やPHEV（プラグインハイブリッド自動車）が占める割合は11%と、19年の3.5%から約3倍に拡大している。

中国におけるNEVの販売台数も伸びたが、先進国でのNEVの販売台数も19年以降同様に増加しているため、グラフのように20年の中国の世界におけるシェアが下がった形になっている。



◆政府の政策と補助金が支える中国NEV市場に変化

中国市場におけるNEVを支えているのは政府支援策、特に補助金である。15年に中国市場が急拡大したのは、単にバッテリーを積んだ電気で動く車を「製造」するだけの補助金目当てで参入した、技術レベルの低いメーカーによるBEV生産台数が増えただけのものだった。当局による調査が入ることで、16年の第三四半期までの販売台数が伸び悩むなどの影響を受けたが、その後外資へのNEV参入を促す政策などを検討し、NEVの性能重視へ方針転換を図ったのが16年だ。

NEVに対する補助金などは、[20年に打ち切る予定](#)だったが、販売台数の落ち込みを受けて2年間延長となった。車両価格30万元を上限とし、20年は19年比10%削減、21年は20%削減、22年は30%削減に見直されたが、補助金政策は継続された。同様に[自動車購入税\(10%\)の免除](#)も22年まで継続されている。

16年から20年までの対象となったNEV生産メーカーに対する補助金の額が、[工業・情報化部によって発表](#)（18年までは確定で19・20年は審査額）されたが、16年に6.0億元、17年に41.5億元、18年に52.3億元が支給され、19年・20年で183.1億元が支給予定となっている。5年間の補助金支給額は280億元を超える額になりそうだ。外資単独のテスラも15億元弱の支援を受けられる予定だ。

これらNEV販売支援政策の後押しもあり、自動車販売全体が伸び悩むなか、NEVは好調に伸びて、21年は300万台に達するという予想もある。中国は20年に「[新エネルギー自動車産業発展計画（2021～2035年）](#)」を公表し、25年までに新車販売台数に占めるNEVの割合を約20%に引き上げる計画だが、23年以降の補助金打ち切り後、どこまで成長を維持できるかが注目される。

【森山博之】

中国は水素利用でカーボンピークアウトに向かう

◆中国政府、カーボンピークアウト行動方案を発表

中国国務院は2021年10月、「2030年までのカーボンピークアウトに向けた行動方案」を発表した。方案では、30年までに単位GDP当たりのCO₂排出量を05年比で65%以上削減し、エネルギー消費に占める非化石比率を25%程度に引き上げる目標を掲げた。目標達成に向け、エネルギー・工業、交通・輸送などでの取り組みを「カーボンピークアウト10大行動」として列挙している。

エネルギーでは石炭から再生可能エネルギー（再エネ）への移行を進め、送電網やエネルギー貯蔵（蓄エネ）を重視している。工業分野では生産能力の過剰を削減し、鉄鋼と化学が連携して水素還元製鉄やCO₂回収に取り組むよう求めている。全国でモデル地区を100ヵ所選定するとしており、今後、各地でカーボンピークアウトを謳ったプロジェクト計画が相次ぎそうだ。

カーボンピークアウト10大行動のテーマと具体的取り組み例

1. エネルギー	新設発電所の50%以上を再エネに、送電網や蓄電設備の整備
2. 省エネ・効率向上	産業インフラや製造設備などのエネルギー効率向上
3. 工業分野	鉄鋼やアルミなどの過剰生産能力の削減、リサイクルの推進
4. 都市・農村建設	省エネ建築、省エネ建材、建物への太陽光発電設備の設置
5. 交通・輸送	電力や水素エネルギー、バイオ燃料などの活用
6. 循環経済	電池、太陽光などのリサイクル推進、生活ごみの減量と再資源化
7. 科学技術創新	新エネ、蓄エネ、電池、水素エネルギー、CCUSなど
8. カーボンシンク	森林や草地、湿地、海洋、土壤などでの炭素吸収・隔離
9. 全国民的取り組み	低炭素製品認証制度、重点分野企業の行動方案策定
10. 地域の取り組み	モデル地区を100ヵ所選定し、パイロットプロジェクトを実施

◆燃料電池自動車モデル都市群に北京市、上海市、広東省が選定される

交通・輸送分野の脱炭素化で注目される水素・燃料電池自動車（FCV）については、20年9月に中央政府が「FCVモデル都市群」構想を打ち出し、以降、各地で水素エネルギー・燃料電池の発展計画策定が相次いだ。21年8月には北京市と上海市が、9月には広東省がモデル都市群に選定されたと発表している。

北京市が21年4月に発表した計画では、近隣の河北省の都市などと連携し、22年2月の北京冬季五輪におけるFCVバス運行などのモデルプロジェクトを展開し、25年までにFCVを10,000台、水素ステーションを70ヵ所超との目標を掲げている。上海市は江蘇省蘇州市などと連携、長江デルタの高速道路などで水素ステー

ションを25年までに100ヵ所整備し、FCVは10,000台との目標を設定している。FCVの大半はトラックやバスを見込んでいる。広東省には自動車関連産業が集積しており、化学工業の副生水素も豊富にある。広東省では電力や化石燃料は域外から供給を受けているが、水素利用でエネルギーの地産地消にもつながる。このほか、山東省や大連市なども水素・燃料電池関連産業の発展を目指している。

◆課題は、水素をグレーからグリーンに、水素関連規格の国際調和

中国水素エネルギー連盟が21年4月に発表した「中国水素エネルギー・燃料電池産業白書」によれば、世界の水素生産量は年間約7,000万トン、中国は約3,342万トンで世界第1位の水素生産国である。中国の水素は、石炭や天然ガスなどの改質や化学工業での副生水素といったグレー水素がほとんどである。水素はエネルギーとして利用する段階はCO₂を排出しないが、製造過程ではCO₂を排出する。再エネ水電解で水素をつくり、CO₂を排出しないグリーン水素が世界的に期待されるなか、長江などの上流に位置する四川省では、豊富な水力を利用してグリーン水素をつくり、各地にグリーン水素を供給する基地を目指す計画を発表している。風力発電が盛んな吉林省もグリーン水素の製造、利用に期待を寄せている。

一方、中国標準化研究所は21年10月、水素エネルギー産業標準化白書を発表した。交通や電力、鉄鋼、化学などの分野で脱炭素化を進めるには水素エネルギーが不可欠で、水素の製造や貯蔵、運搬、充填、水素エネルギー利用などの基準・標準づくりを急ぐよう提言している。水素関連の標準化では米国が先行し、欧州や日本もISOなど国際機関と連携して取り組むなか、中国の水素関連の国家基準99項目と、300以上ある国際規格との体系的な整理が必要と指摘している。

◆世界最大の水素市場に、グローバル企業の進出が相次ぐ

水素でも世界最大の市場かつ工場である中国に向かって、企業の進出も目立ってきた。トヨタは20年6月から中国自動車メーカーなどと商用車向け燃料電池の開発に取り組み、ShellやAir Liquideなどは水素ステーションの整備で中国企業と協働している。21年10月には、Siemensが水電解水素製造のデジタル化に取り組むと発表、Cumminsは上海に中国本社と研究開発センターを設け、PEM型の燃料電池や電解槽などを製造すると発表している。

【長谷川雅史】

COP26で試されるステークマンシップ

◆世界の衆目のなかでCOP26が開催、197カ国・4万名が参集

2021年10月31日から11月13日にかけてCOP26が開催された。各国の首脳と閣僚、国際政府組織と非政府組織、市民団体、企業、メディアを含む約4万名の参加者が197カ国から英国グラスゴーに集まった。

気候変動に関する国連交渉である3つの締約国会議「COP」「CMP」「CMA」と2つの補助機関会合「SBI」「SBSTA」が会議体の中心であり¹、英国政府による「議長国プログラム」、国連気候変動枠組条約による「グローバル気候変動対策イベント」が脇を固めた。さらに、市民団体、財団、投資家、企業、都市、有識者による討論、研究発表、パビリオン展示などの多様なイベントが併催された。

締約国会議では適応策、緩和策、資金調達が議論の中心となった。協議は難航し、延長がなされたが、結果的に途上国への年間1,000億ドルの資金提供、平均気温上昇を1.5°C以下に抑止、炭素市場の透明性に関する規範が合意された。

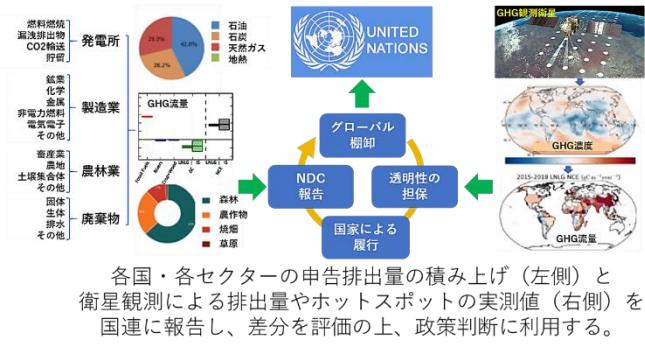
◆地球規模でのGHG排出監視システムを気象学の専門機関が提案

SBSTAが主催した「Earth Information Day 2021」では、各国の気象学の専門機関による、地球の気候システムの状態と観測技術の研究成果が発表された。例えば、特殊なセンサーを持つ気象衛星群を構築し、地上のCO₂やメタンの濃度をリアルタイム観測することで、パリ協定国のGHG削減の貢献度を「可視化」し、火力発電・製造業・農林畜産業などの各セクターが排出・吸収するCO₂の収支を「棚卸」する仕組みがNASAなどの複数の機関から提案された。

こうしたハイテクの紹介の一方で、各沿岸国に協力を仰いでデータを収集した海洋酸性度の状況や、ヒマラヤ山脈を徒步で踏破して測定した氷河の質量収支の変化といった、地道な研究も報告された。海水の酸性度（pH）は過去35年間で8.11から8.06と酸性化が進み、氷河の融解量は過去10年間で増加を続けている。

¹ COP（気候変動枠組条約締約国会議）は条約の最高意思決定機関として、CMP（京都議定書締約国会合）とCMA（パリ協定締約国会合）は議定書と協定の各々について、実施のレビューと各種の決定を行う。SBSTA（科学上及び技術上の助言に関する補助機関）とSBI（実施に関する補助機関）は補助機関として、科学技術情報を助言し、条約などの効果的な実施を評価する。

さらに、これらの気象学的データから各国・各セクターの排出状況の実態を継続的に計測し、地球温暖化に与える影響を国連や当事国に報告の上、政策判断を導くための方法論も議論された。



◆ 将来に起こり得る気候変動の最新予測をIPCCとSBSTAが解説

IPCC²とSBSTAは特別イベントを開催し、「IPCC第6次評価報告書」（21年8月）で公開された、気候変動に関する新たな知見の理解を深める場を提供した。次の4つの視点について3時間にわたる討議がなされた。

- 気候の現状：人間の影響による、大気、海洋、陸地の温暖化は明白であり、大気圏、海洋圏、雪氷圏、生物圏に広範囲かつ急速な変化が生じている。熱波、豪雨、干ばつ、熱帯サイクロンなどの極端現象の変化が人間の影響に起因する証拠は、ますます強まっている。
- 気候の未来：地球の表面温度は、少なくとも今世紀半ばまで上昇し続ける。GHG排出を大幅削減しない限り、21世紀中の温暖化は1.5から2.0°C以上を超える。温暖化が進むにつれ、海洋と陸地の炭素吸収源によるCO₂の蓄積効果は遅延し、多くの変化は数世紀から数千年にわたって不可逆的に進む。
- リスク評価と適応：地球温暖化に伴い、すべての地域で、同時かつ複数の変化が予測される。氷床崩壊、急激な海洋循環の変化、複合的な異常現象などの可能性も排除できず、リスクの一部である。
- 気候変動の抑制：人為的な地球温暖化を制限するには、少なくともCO₂排出量をネットゼロにする必要がある。メタン排出量を削減すれば、大気中のアエロゾル濃度を制御でき、温暖化効果と大気質を改善できる。GHG排出量の低いシナリオは高いシナリオと比べて顕著な差異があり、約20年以内には地表面温度に効果が現れる。

² IPCC（気候変動に関する政府間パネル）は、地球温暖化の科学的研究の収集と整理のための政府間機関。地球温暖化に関する最新の知見の評価を行い、対策技術や政策の実現性と効果、それらが実施されない場合の被害想定などを提供する。

◆観光産業における新たな気候変動対策を世界観光機関が宣言

国連傘下の「世界観光機関」(World Tourism Organization)は、「観光業における気候変動対策へのコミットメント(グラスゴー宣言)」を発表し、署名式が行われた。グラスゴー宣言では、観光業のステークホルダーによる気候変動に対する意欲を高め、ネットゼロ達成に向けて変革をすることが観光産業の競争力と持続可能性を向上し、パンデミックからの回復にも寄与すると位置付けている。また、コミットメント達成のために今後の10年間で観光業が即座に行動すべき、5つのアプローチも定義した(全ての排出量の測定、脱炭素化の加速、生態系の回復・保護、ガバナンスと行動力の強化、財政的・政策的手段の確保)。

◆途上国10億人のためのイニシアチブ団体が新たに発足

英国政府は、COP26の傘下に「エネルギー移行協議会」(ETC)を設立し、議長国プログラムとして「クリーン電力への世界的移行の実現」と題するパネル討論会を招集した。討論会には、英国、EU、米国などが参加し、COP26以降のETCの活動内容が協議され、その一つに、「人と地球のためのグローバル・エネルギー・アライアンス」(GEAPP)とのパートナーシップ構築が計画された。

GEAPPは、ロックフェラー財団、イケア財団、ベゾス・アース・ファンドなどのプライベート機関や、世界銀行、アジア開発銀行、欧州投資銀行、米州開発銀行などの国際金融機関が参画し、COP26の期間に併せて発足したイニシアチブ団体である。1,000億ドルの公的・民間資金を獲得することで、途上国10億人に再生可能電力を提供し、40億トンのCO₂排出を回避し、1億5千万人以上の雇用を創出・支援・改善することを目的とする。ETCとGEAPPとのパートナーシップには、ETCでの政治的対話を通じて得られる各国のニーズにGEAPPが対応し、両者が共に支援を展開するための相互協定が含まれる。

COP26は、エリザベス女王の「明日の人々のために為すことこそが、ステーツマンシップ³です。私達は自分自身のためではなく、私達の子供達、その子供達の後に続く人々のために行動するのです」との挨拶から始まった。会議の様子は世界中に公開され、オンデマンドで後々まで閲覧できる。世界が見守るなかで、真のステーツマンシップが試される。

【酒向謙太朗】

³ 短期的な私利私欲に捉われず、国家大計のために強い責任感と倫理感で行動する政治家精神。

IEAとCOP26はクリーン技術の普及加速を求める

◆ IEA、世界のエネルギー見通し発表、現在の公約ではネットゼロに到達せず

2021年10月31日、第26回気候変動枠組条約締約国会議（COP26）が英国グラスゴーで開幕した。それに先立つ10月13日、世界のエネルギー展望をまとめた「World Energy Outlook 2021 (WEO-2021)」が国際エネルギー機関（IEA）から発行された。WEO-2021はCOP26のハンドブックと位置づけられており、脱炭素政策のレベルに応じて、3つの温室効果ガス（GHG）排出量と気温上昇のシナリオが示されている。

「Stated Policiesシナリオ」は、各国が実施中の政策に限定してGHG排出量が推計されている。50年までのエネルギー需要増加の大半は、再エネなどの低排出なエネルギー源で賄われるが、年間排出量は現状レベルにとどまり、2100年の平均気温は産業革命前より2.6°C上昇する。

「Announced Pledgesシナリオ」では、各国政府が公表した気候変動対策が、現状で未着手のものも含めすべて実施されることが想定されている。化石燃料の需要は25年にピークアウトし、50年までに世界のCO₂排出量は40%減少するが、パリ協定の目標には達せず、2100年に2.1°C程度まで上昇する。

「Net Zero by 2050シナリオ」には、50年までに世界が脱炭素化するために必要となる削減目標や技術を示されており、1.5°Cに抑制される。

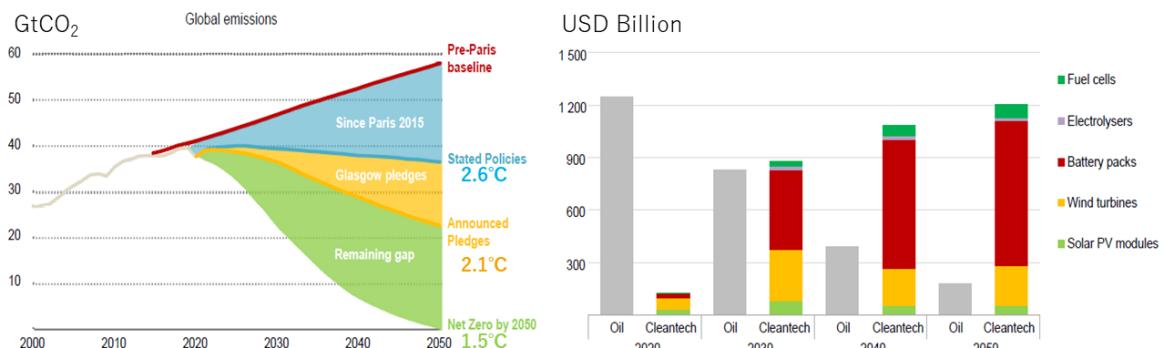


図 各シナリオのGHG排出量(左)、NZEシナリオにおける石油とクリーンテクノロジーへの投資額(右)
出展) IEA WEO-2021にARC一部追記

◆ IEAはネットゼロに向けた加速を要求、クリエネ市場は1兆ドル以上を見込む

IEAは、世界でクリーンエネルギー技術の開発が加速しているにも関わらず、

50年までのCO₂排出量ゼロ化への移行ペースがあまりに遅いと警告し、各國政府の意気込みやアクションをCOP26で明確に示す必要があると指摘する。

一方で、ネットゼロ達成に必要な排出削減の40%以上は、エネルギー効率の向上、ガス漏れの抑制、再エネがコスト競争力のある地域への風力や太陽光発電の設置など、採算性のある方策によって達成が可能である。風力・太陽光発電設備、リチウムイオン電池、水電解装置、燃料電池の拡大に対する投資額は、50年までに年間1兆ドルを超え、現在の石油市場に匹敵する規模になる。

◆COP26、各國のゼロエミ目標に乖離が残るもクリーン技術の開発に期待

COP26では、アロック シャルマ議長が「1.5°C目標を達成可能とするための最後の希望」と緊急性を強調し、ジョンソン首相も「COP26が失敗すれば、全てが失敗する」と危機感を示した。しかし、60年の脱炭素化宣言で期待をされていた中国の習近平国家主席は会議を欠席し、世界3位のGHG排出国であるインドは脱炭素化を宣言するも目標年を70年とするなど、先進国と途上国間の乖離は埋まらなかつた。

一方で、30年までにクリーン技術を世界中に普及させる「ブレイクスルーアジェンダ」が新たに発表され、米国、中国、インド、EU、日本を含む42カ国の支持を受けた。このアジェンダでは、当初の目標として「安定的なクリーン電力」「ゼロエミッション車」「脱炭素鉄鋼」「クリーンな水素」「気候変動に強く持続可能性のある農業」を、すべての国・地域で安価に利用できることが掲げられており、途上国の雇用創出やGDPの向上への貢献も主張されている。

また、クリーン技術の需要拡大を目指すイニシアチブ「First Movers Coalition」がCOP26で正式に発足した。鉄鋼、セメント、アルミニウム、化学品、海運、航空、トラック輸送、DAC（直接空気回収）を主な対象産業としており、参画企業は、イニシアチブが設定した脱炭素水準を満たすクリーンエネルギーや技術の購入を宣言し、クリーン技術市場の拡大を後押しする。

脱炭素化に向けて世界が足並みを揃えるか注目を集めたCOP26だが、各國の思惑により統一された結論に至ることは難しい状況だ。一方で、クリーン技術や脱炭素市場への資金投入は着実に増加しており、企業が国境を跨ぎ世界の脱炭素化に貢献する機会と期待が高まっている。

【塚原祐介】

ノーベル物理学賞も環境分野を対象にする時代に

◆ 地球温暖化を予測する気候モデルにノーベル物理学賞

2021年のノーベル物理学賞は米プリンストン大学上席研究員の真鍋淑郎氏がドイツ、イタリアの研究者と共に受賞した。選考委員会は真鍋氏の地球の気候モデルが現代の気候の研究の基礎となり、世界中で地球温暖化の研究が進んだことを評価した。真鍋氏は1967年に地球規模の大気の流れを模擬したモデルで「大気中の二酸化炭素（CO₂）濃度が2倍になると地上の気温が2.3℃上がる」と試算し、CO₂が長期的な気候変動に重要な要因であることを示した。69年には海洋から出る熱や水蒸気などの影響を加味した「大気・海洋結合モデル」を開発した。これを発展させたモデルの試算結果は国連の気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第1次報告書に引用されている。

◆ より多くのデータを集めて解析し、少ない負担で実効性のある対策を

これまでのノーベル物理学賞は天文学と宇宙物理学、原子や分子、物質を構成する素粒子物理などから選ばれることが多かった。気象や気候を対象とした分野からの物理学賞受賞は初めてのことである。21年のIPCCの報告書は「CO₂の排出ゼロを達成しない限り、今後は今まで以上の気温上昇とそれに伴う様々な災害が起こる」としており、脱炭素による地球温暖化対策は人類の直面する大きな課題だ。真鍋氏の研究は、地球温暖化による気温の上昇を2℃以内に抑える、1.5℃以内に抑えるといった具体的な数値目標を設定する際に使用する気候モデルの発展に寄与してきた。今回の受賞はこうした研究成果を評価したものといえよう。

ただし、気候モデルには「大気中のCO₂増加が引き起こす温暖化の数値が大きすぎるでは」と指摘する声もある。モデルの予測精度は向上しているものの、より精度を向上させ、CO₂増加と温暖化の関係を解明することが求められている。今回の受賞を契機に研究費が増額され、IoT技術を駆使して集めた多くのデータをAIで解析すれば、新たな知見が得られ、モデルの精度が向上するかもしれない。その予測に基づき、多くの人が許容できる範囲のCO₂削減目標を設定し、今より少ない負担で実行可能な対策を行うことができれば理想的だ。

【藤井和則】

気候変動による影響を回避・低減する適応策

◆ 「気候変動適応計画」を閣議決定、新たに加えたのは分野別施策

国土交通省によると2020年の水害被害額は約6,512億円で、このうち9割は過去最大級の広域災害をもたらした7月の豪雨によるものだった。気候変動の影響はもはや無視できなくなっており、温室効果ガス排出量を削減する「緩和策」と併せて、気候変動による被害を低減する「適応策」も極めて重要になってきた。

政府は21年10月、地球温暖化対策計画と併せて「気候変動適応計画」を閣議決定した。「気候変動適応計画」は、18年に公布された気候変動適応法に基づいて策定され、今回3年ぶりに改定した。主な変更内容は、最新の科学的知見を踏まえて、分野別に「適応策の基本的な考え方」を新たに提示したことだ。

気候変動の影響と適応策（分野別の例）

分 野	影 韵	適応策
農林水産業	・高温によるコメの品質低下	・高温耐性品種の導入
自然災害	・洪水の原因となる大雨の増加 ・土石流などの発生頻度の増加	・「流域治水」の推進 ・砂防堰堤の設置等
水環境・水資源	・灌漑期における地下水位の低下	・地下水マネジメントの推進等
自然生態系	・造礁サンゴ生育海域消滅の可能性	・順応性の高いサンゴ礁生態系の保全
健康	・熱中症による死亡リスクの増加 ・様々な感染症の発生リスクの変化	・高齢者への予防情報伝達 ・気候変動影響に関する知見収集
産業・経済活動	・安全保障への影響	・影響最小限にする視点での施策推進

出所：環境省「気候変動適応計画の概要」資料よりARC作成

◆ AIやIoTの活用で水害被害を軽減

一方、気候変動への適応をビジネス機会として捉える企業も出てきた。NECプラットフォームズは20年6月、「河川水位IoT監視パッケージ」の販売を開始した。同サービスは、河川に設置した水位センサからリアルタイムに水位情報を収集し、クラウド上で可視化することで河川管理や地域防災を支援する。

また富士通は、過去の雨量や水位データと気象関連機関が配信する数時間先の気象データから洪水時の河川水位を予測する「AI水管理予測システム」を開発、21年3月から販売を始めている。特徴は、データの蓄積が少ない中小規模の河川でも、リアルタイムで水位予測を可能にしたことだ。AIやIoTなど最新技術を駆使した適応ビジネスは、今後ますます注目されるだろう。 【秋元真理子】

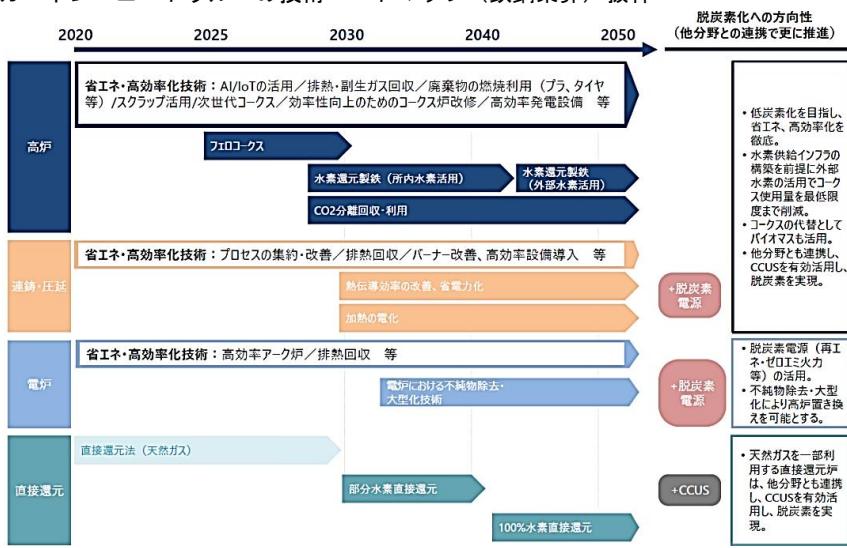
CO₂多排出企業は脱炭素化ロードマップが重要に

◆政府がトランジションファイナンス促進のための技術ロードマップ策定

2021年10月、経産省が「トランジションファイナンスに関する鉄鋼分野における技術ロードマップ」を発表した。トランジションファイナンスとは、脱炭素化が困難なエネルギー、重工業、運輸などCO₂多排出産業が、低炭素化を経ながら脱炭素化に移行するための資金供給をいう。5月に経産省、環境省、金融庁が合同で発表した「クライメート・トランジションファイナンスに関する基本指針」において、トランジションボンド／ローンに信頼性を持たせるために、資金調達を求める企業に科学的根拠のある脱炭素化への移行の目標、経路などを含む全体の戦略を示すことを求めた。

技術ロードマップは、50年カーボンニュートラルに至るために国内で必要と想定される技術オプションが時間軸で示されている。企業が自社の脱炭素化戦略を立てる際や、金融機関が、企業の戦略やプロジェクトがトランジションファイナンスとして適格かどうかの判断をする際に活用することを狙いとしている。技術ロードマップ策定にあたり、日本のパリ協定目標に基づくグリーン成長戦略、エネルギー基本計画などの政策と整合性があること、また、技術オプションの内容や導入時期などが、IEAやSBTなどが提示するパリ協定と整合する国際的脱炭素化シナリオに照らして、科学的根拠があることを検証している。

カーボンニュートラルへの技術ロードマップ（鉄鋼業界）抜粋



（出所：経済産業省「トランジションファイナンスに関する鉄鋼分野における技術ロードマップ」）

ハイライト

鉄鋼業界のロードマップの場合、30年代までは低炭素化技術が中心で、より実装が困難な脱炭素技術は40年以降の導入となっている。技術ロードマップは、CO₂多排出製造業を対象に、鉄鋼のほか、化学、電力、石油、ガス、製紙・パルプ、セメントについて順次策定される。

◆ 化学は脱炭素化へのロードマップ策定の進捗にばらつき

技術ロードマップ策定対象の鉄鋼、化学、電力、石油の大手企業は1社を除いて、「2050年カーボンニュートラル」を宣言しており、鉄鋼、電力などは50年脱炭素化に向けてのロードマップや長期計画の公表が進んでいる。一方、鉄鋼や電力などと違い、製品が多岐にわたる化学は、各社の取り組み方も多様である。富士フィルム、三井化学、積水化学はロードマップや長期計画を発表している。また住友化学、花王、積水化学が、サプライチェーン全体について、科学的根拠のある中期的な削減計画策定を求めるSBTの認定を受けている。

トランジションファイナンスは、グリーンファイナンスならば対象外とする低炭素化活動でも、その企業が脱炭素化に移行する文脈において投資対象となりうる。カーボンニュートラル達成に向けて、実効性のあるロードマップをどう示すかによって、脱炭素化への移行資金の確保に差が出る恐れがある。【石井由紀】

CO₂多排出製造業 大手企業のカーボンニュートラルへの取り組み開示状況

	業界大手企業 (売上1兆円超)	2050年カーボン ニュートラル宣言	ロードマップ/ 長期計画公表 (Scope1,2)	SBT認定企業 (Scope3含む)
鉄鋼	日本製鉄	○	○	—
	JFEホールディングス	○	○	—
	神戸製鋼所	○	○	—
化学	三菱ケミカルHD	○	—	—
	住友化学	○	—	○
	富士フィルム	○	○	—
	旭化成	○	—	—
	信越化学	—	—	—
	花王	2040年CN	—	○
	三井化学	○	○	—
	積水化学	○	○	○
電力	東京電力HD	○	○	—
	関西電力	○	—	—
	中部電力	○	2030年迄	—
	東北電力	○	○	—
	九州電力	○	○	—
	中国電力	○	○	—
石油	ENEOS	2040年CN	○	—
	出光興産	○	—	—
	コスモエネルギーHD	○	21年度策定予定	—

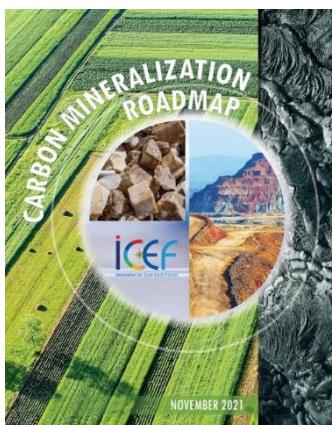
Scope1,2:
Scope1は燃料の燃焼による直接排出、Scope2は電気や蒸気の使用による間接排出のこと、自社の生産に関わる排出。
Scope3:
自社の生産以外の上流（原材料の輸送など）や下流（販売した製品の使用や廃棄）での排出。

（各社ホームページよりARCまとめ）

鉱物によるCO₂固定化促進技術の展望

◆ 鉱物によるCO₂固定化促進技術の展望示される

2021年10月、ICEF (Innovation for Cool Earth Forum) が開催された。ICEFは、科学技術で気候変動問題を解決するために、日本政府が世界の有識者を招聘し、協力を促進する国際シンポジウムである。過去7年のICEFを通じて炭素リサイクルやネガティブエミッションなどの技術成果が報告されてきた。21年度は、議題の一つとして、鉱物によるCO₂固定化促進のロードマップ案が示された。



- ・炭素鉱物化によって、世界でCO₂を年間数10億トン、固定隔離できる可能性がある
- ・炭素鉱物化導入の課題は、反応を促進させるようすること、経済的な価値を高めること、導入実績が少ないとことなど
- ・炭素鉱物化に必要な原料として、天然の岩石のほかに、尾鉱(鉱山の廃棄物)、鉄鋼スラグなどもある。鉱物への固定化のほか、建設資材や農業への適用も考えられており、炭素鉱物化をする方法は複数考えられている
- ・炭素鉱物化の技術課題として、粉碎、加熱、化学処理の効率化がある

図1 Carbon Mineralization Roadmap報告の結論（概要） ICEF2021年11月報告よりARC要約

自然環境において、鉱物が含む一部の無機物は大気中のCO₂を固定している。この炭素鉱物化を人工的に促進する技術は気候変動の緩和に有効とされている。先のCOP26でも、35年までに年間10億t、50年までに年間100億tのCO₂を大気除去でき、世界的な政治誘導と支援が不可欠であると提案された。

◆ 炭素鉱物化はネガティブエミッション技術のひとつ

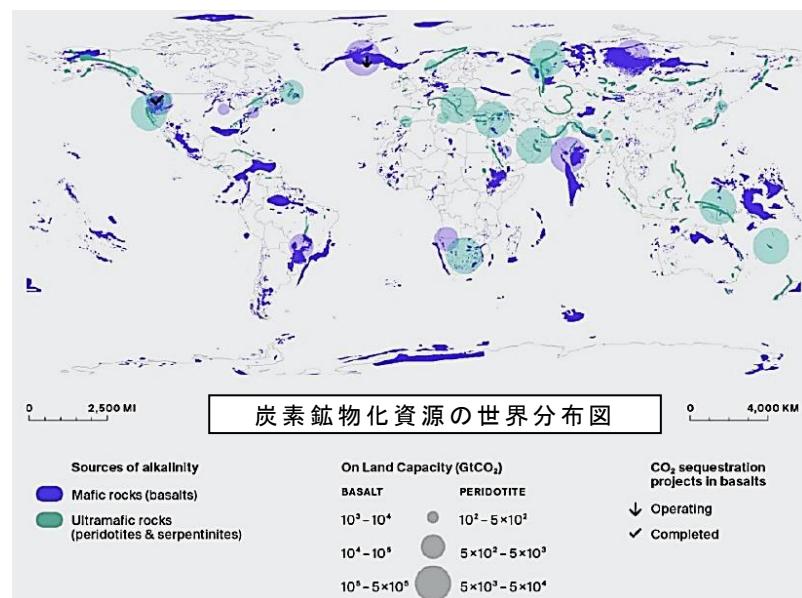
炭素鉱物化は、大気中のCO₂を炭酸水溶液とし、鉱物中のカチオンとの反応で炭酸塩として固定化する、ネガティブエミッション技術の一つである。

表1 主なネガティブエミッション技術（NETs:Negative Emission Technologies）の種類

植物への固定	植林・再森林化を促進する方法
BECCS	バイオマス発電を行い、CO ₂ を回収・貯留する方法
DACCs	大気からCO ₂ を回収、貯留する方法
海洋への隔離	海洋の植物プランクトンにCO ₂ を取り込み、海底へ堆積する方法
バイオ炭	木炭等によって土壤へ炭素を隔離する方法
炭素鉱物化（岩石風化）	苦鉄質/超苦鉄質鉱物（玄武岩など）に固定化する方法。 岩石風化ともいう〔地中貯留とは異なる〕

◆ 炭素鉱物化促進技術による炭素固定化は世界で2件実証済み

ICEF報告では、素鉱物化に適する地質である、かんらん岩、玄武岩などを含む地域が示された(右図)。米国ではエネルギー省Wallula計画により、地下800mの玄武岩層に千トンの超臨界CO₂を注入し、2年経過のCO₂の約60%が炭酸塩鉱物に鉱化



されて漏洩がないことが確認されている。アイスランドでは民間企業CarbFixが地熱発電タービンの運転で発生したCO₂をファインバブル化して水溶させ、地下400mの玄武岩層に累積7万トンのCO₂を注入、うち6割以上が鉱化されたことを確認済みである。21年9月、同社はスイスのClimeworkと提携し、CO₂の大気回収技術の商用化を始めた。

なお、炭素鉱物化の範囲には、従来から提案してきた地下岩石との反応以外のプロセスも含まれる。例えば、鉱山や発電所で発生するスラグを炭酸塩の原料として利用する、あるいは、炭酸塩を農地の土壤改良剤に利用する方法である。鉱業による粉末状のスラグには炭素鉱物化に適する原料が含まれており、廃棄物の活用となるだけでなく、世界で年間数億トンのCO₂を除去できるとしている。

◆ 豪MCiと伊藤忠は製鉄スラグや石炭灰にCO₂を固定化する事業で締結

日本でも動きがある。伊藤忠は21年8月、CO₂固定化技術を開発するMCiへの出資を発表した。MCiは鉄鋼スラグや発電所の廃棄物の石炭灰などとCO₂を反応させ、炭酸塩を製造、CO₂を固定化あるいはコンクリートなどを製造する技術を持つ。世界の鉄鋼・電力業界のCO₂固定化技術への関心の高まりから、伊藤忠はMCiと提携し、それらの業界を対象にした新たなビジネスを行うことを決めた。

また、NEDOは複数のプロジェクトを20年度から立ち上げた。例えば、三菱パワーなどが石炭灰・バイオマス灰によるCO₂固定化を開発中である。【新井喜博】

「国連生物多様性条約第15回締約国会議」開催

◆生物多様性会議COP15の第1部が開催、第2部は2022年春に開催

2021年10月11日～15日、生物多様性の保護に関する新たな目標を議論する「国連生物多様性条約第15回締約国会議」(CBD COP15)が、中国がホスト国となり雲南省昆明市で開催された。今回は対面とオンライン併用の第1部会合で、22年4月25日～5月8日に第2部が開催される。第2部では、10年に採択された「愛知目標」後の新たな目標「ポスト2020生物多様性枠組」が採択される予定だ。

◆第1部の「昆明宣言」では生物多様性損失の危機の再認識

第1部では、各国首脳や閣僚から生物多様性に関する取組みが表明され、日本は生物多様性日本基金として総額1,700万ドル規模での国際支援を発表した。

閣僚級会合後には「[昆明宣言](#)」が取りまとめられた。宣言では、「生物多様性の損失、気候変動、土地の劣化と砂漠化、海洋の劣化と汚染、人間の健康と食料安全保障に対するリスクの増加という、前例のない相互に関連した危機が、社会、文化、地球に存亡の危機をもたらしている」とし、各国の国家戦略強化や法整備の必要性を強調した。「遅くとも2030年までに生物多様性の現在の損失を回復させ、生物多様性が回復軌道に乗ることを確実にするために、『ポスト2020生物多様性枠組』の策定、採択、実施を確実にする」としている。

◆投資の観点からも関心を集める自然保全、COP15第2部の数値目標に注目

ESG投資では気候変動対策が重視されているが、生物多様性を含む自然資源も関心を集めつつある。気候関連財務情報開示タスクフォース(TCFD)の自然版ともいえる「自然関連財務情報開示タスクフォース([TNFD](#) : Taskforce on Nature-related Financial Disclosures)」が21年6月に設立された。企業の事業活動が自然に与える影響や依存度、自然関連リスクを評価し、情報開示を求める国際的な枠組みだ。23年に枠組みを完成し、市場で活用することを目指している。「ポスト2020生物多様性枠組」で決定される数値目標や、金融機関や企業を対象とした目標もTNFDの枠組みに反映される見込みだ。今後の動向に注目だ。【赤山英子】

家庭用蓄電池を活用した新サービスに期待

◆ 2030年度までに新築戸建住宅の6割に太陽光発電を設置する

2021年10月に閣議決定された新エネルギー基本計画は、再生可能エネルギー（再エネ）の導入を最優先する方針を掲げている。30年度の電源の再エネ比率を19年度の18%から36～38%に引き上げる。住宅分野の政策では、50年度までに全住宅でZEH水準の省エネ性能を確保するとともに、30年度までに新築戸建住宅の6割に太陽光発電の設置を目指している。新築戸建住宅の太陽光発電の導入率は、現状、約1～2割であるため、目標達成には官民あげての取り組みが必要となる。

国や自治体は、22年度から開始する消費者向け情報発信の強化や補助金制度の検討を進めている。一方、民間企業による新たな取り組みも活発化している。

◆ リースや定額課金で太陽光発電や家庭用蓄電池を提供する新サービス

FIT制度（再エネ固定価格買取制度）の買取価格が低下するなか、太陽光発電電力の効率的な自家消費や自然災害などの防災対策のために、家庭用蓄電池を導入したいという消費者のニーズが高まっている。しかし、太陽光発電と同様、初期費用に数百万円が必要な蓄電池を併せて設置となると、導入のハードルがさらに高くなる。そこで、高額な初期費用が不要となる新サービスが登場している。

21年10月、新電力のLooopは、太陽光発電と蓄電池の15年間リースなどを組み合わせた「とくするソーラー蓄電池付きプラン」を開始した。プランを導入すると住まい全体の光熱費を約10%削減できる。シャープエネルギーソリューションの「COCORO POWER」は、太陽光発電と蓄電池を14年間の契約で月額約1万4千円の定額料金で利用できる。伊藤忠商事は、9月から家庭用蓄電池を15年間の契約で月1万円台後半の定額で利用できるサービスを開始した。AIが搭載されており、太陽光や安価な深夜電力を活用して蓄電池の充放電を最適化し、光熱費を抑える。

新サービスの設備機器の所有権は設置企業にあり、利用者間での電力の融通など、電力データを活用した次のビジネスも見据えている。

行政の施策に加えて民間企業による蓄電池を活用した新たなサービスの普及が進めば、30年度の太陽光発電の設置目標の達成が可能になるだろう。【新井佳美】

水素エンジン車が現実に、レースに参加も

◆ トヨタが水素の内燃機関エンジン車を開発しレースに参加

2021年9月、トヨタ自動車は開発中の水素エンジンを搭載したカローラで、「スーパー耐久シリーズ2021 鈴鹿大会」に参戦した。ここで使用する水素はオーストラリアの褐炭由来であり、副生するCO₂は地中に戻す。レースで使用された水素は空輸で国内に持ち込まれたが、川崎重工などは、船舶による水素の長距離輸送を実証中である。



写真 水素エンジン車走行の様子
出典：トヨタ

◆ ハイブリッド車が禁止になる流れの中で内燃機関車の選択肢を増やす

トヨタは水素を燃料にする車としてすでに燃料電池車（FCV）MIRAIを市場に出している。今回の水素エンジン車は、ガソリンの代わりに水素を内燃機関で燃焼させて走行するものだ。内燃機関を使用しつつCO₂発生を実質ゼロにする方法には2つある。バイオ由来やCO₂を原料にして合成した持続可能な燃料を燃焼する方法と、再エネ由来の水素やアンモニアを燃焼する方法だ。7月14日、欧州委員会は、35年以降に発売する新車を排出ガスゼロ車のみとする法案を提案した。今後、欧州議会で審議されるが、もしも可決されると世界は一気にEV化にシフトすることになりそうだ。トヨタが得意とするハイブリッド車は禁止になる可能性もある。トヨタにはハイブリッドを含め内燃機関車への思いが強く、EV化の流れのなかで内燃機関の「選択肢を増やす」目的がある。

◆ 水素エンジンの開発はなぜ困難なのか

水素エンジン車は過去にはBMWなどで開発されたが、多くは失敗した。ガソリンに比べて水素の燃焼範囲が広いため、ノックキング（異常燃焼）制御やNO_x（大気汚染や酸性雨の原因）の発生抑制が困難であるからだ。ガソリンと空気の燃焼組成範囲は1.4から7.6vol%だが、水素は4.0から75vol%と非常に広い。また水素の最小点火エネルギーは小さく、着火のし易さはガソリンの10倍だ（表）。

水素がエンジンの燃焼シリ
ンダーに噴射されると、燃焼
範囲が広く着火しやすいの
で、燃焼室内や配管の高温部

	爆発限界（空気中）	最小着火エネルギー（空気との混合気）
ガソリン	1.4~7.6vol%	0.2~0.4mJ
水素	4.0~75vol%	0.01~0.02mJ

表 ガソリンと水素の燃焼性

出典：各種資料を元にARC作成

分で早期着火し、異常燃焼が生じる。また水素濃度の高い部分の燃焼温度は高温になるためにNOxが発生しやすい。BMWは排ガス基準以下にまで抑制できなかつた。また液化水素を用いたことでガス化や未使用水素の排気機構が複雑になったこともあり、結果的にBMWは開発を断念し、現在はFCV開発に移行している。

◆ トヨタは過去に低NOx水素専焼バーナーを開発も課題も多い

トヨタは水素エンジン車のNOx発生がどの程度かを公表していないが、レース用車向けで使用されたため、一般車向けには低コスト化などの改良が必要だろう。トヨタは18年に、鍛造などの工業利用を目的とした水素のみを燃料とする、世界初の水素専焼バーナーを開発した。水素の燃焼特性のため、従来の水素バーナー技術では水素が激しく燃焼し、火炎温度が高温になりNOxが多く生成する。そのため水素バーナーの実用化は困難だった。同社が新開発した水素バーナーは、水素を緩やかに燃焼させる2つの新機構を導入し、NOx排出を大幅に低減した。一つは水素と酸素が完全には混ざらないようにする機構

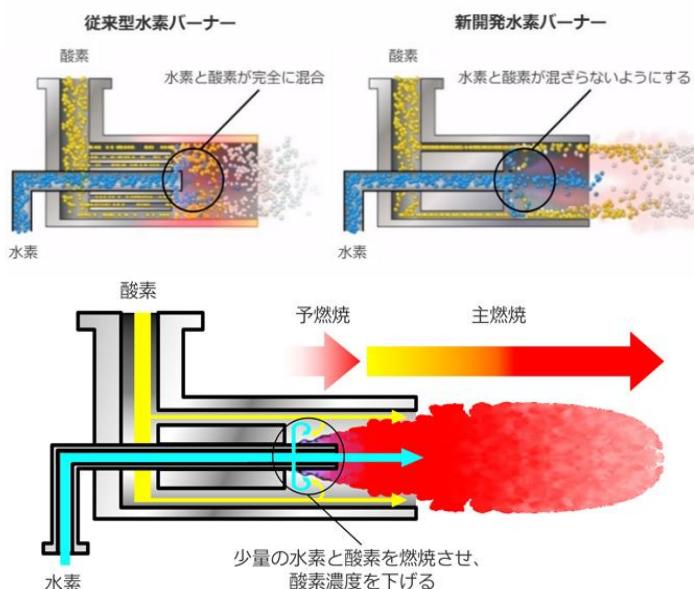


図 急激な水素燃焼を防ぐ2つの工夫
出典：トヨタ@2018

（図上）と、もう一つは酸素濃度を下げる機構（図下）だ。これらのバーナー開発の知見、経験が、水素エンジンの開発に生かされた可能性がありそうだ。

実用化には他にも課題が多い。高温水素での金属脆化、分子が小さく漏れやすい、新型MIRAIは満充填でおよそ800km走行できるが、同量の水素を燃焼させた場合には数十kmに過ぎないなどだ。一般車に拡大できるか注目される。【松田英樹】

地球温暖化をゲノム編集技術で乗り切る

◆ゲノム編集技術を用いて温暖化に強い農作物品種を創出

農作物への地球温暖化による影響が危惧されている。農林水産研究開発レポートによると、日本の平均気温が3℃上昇すると、東北地方以南の水稻の収穫量が8から15%減少し、ミカンやリンゴの産地は壊滅的打撃を受けるとしている。人類はこれまで、種々の品種改良技術（表）を用いて、環境に適した品種を生み出してきた。しかし、加速する温暖化に対応しきれるか不安が残る。

ゲノム編集技術により、狙った遺伝子の働きを変えることが可能となり、品種改良の速度が飛躍的に高まった。すでに、トマトなどの品種改良にゲノム編集技術が利用されており、温暖化に強い品種への改良も視野に入る。

表 これまでの品種改良技術とゲノム編集技術の違い

ゲノム編集技術	これまでの品種改良技術			
	分離育種	人為選択	交配育種	突然変異
特定の遺伝子にピンポイントで変異を入れる。遺伝子の機能を止めて、生成物を作らせないなど、性質の改変を短期間にできる。	望ましい形質を持つ品種を自然界で探索して見つけ出す。	望ましい形質を持つ品種の選択を数代にわたりて続け、その変化を望む方向に誘導する。	望ましい形質を持つ親種を交配させて、親種の性質を併せ持つ子種を得る。	放射線や化学物質処理により、人為的に突然変異を行わせる。

（各種資料を参考に ARC 作成 2021.11.08）

◆ゲノム編集技術により作成した生育の早い針葉樹でCO₂を吸収・貯蔵

2021年9月、農研機構は、ゲノム編集技術を用いて、針葉樹であるスギの品種改良に成功したと発表した。これまでの技術では数十年以上かかっていた、スギなどの針葉樹の品種改良が、ごく短期間に実現可能となる。農研機構は、50年には成長速度や幹の密度を高めた、CO₂を吸収し貯蔵するゲノム編集スギが植林され、脱炭素社会の実現に貢献できるとしている。

樹齢40年のスギ人工林は1haあたり約80トンの炭素を貯蔵し、年間約9トンのCO₂を吸収する。日本には、約700万haのスギ・ヒノキ人工林が存在する。スギ人工林のCO₂吸収量が2割増加すると、年間約1,300万トンのCO₂（日本の総排出量の約11%）が新たに吸収可能となる。世界の森林は約33億トンのCO₂（世界の総排出量の約13%）を吸収する。ゲノム編集技術により改良された樹木を植林することで、脱炭素社会の実現に近づけるかもしれない。

【毛利光伸】

農作物の成長メカニズムが解明されてきている

◆ 農作物の増産につながるリンの役割が解明された

2021年10月、理化学研究所は、国際共同研究チームが、「ホスホコリン」という化合物がリン欠乏状態の植物の成長に必要であることを発見したと発表した。リンは、植物の成長に必須の元素であり、植物は土壤中のリンを根から吸収して成長する。

ホスホコリンは、リン酸化されたコリンであり、これまで、リン脂質の合成に使われる前駆体であると考えられてきた。しかし、動物細胞ではホスホコリンが細胞の増殖を促すことが知られており、植物でも成長を促す役割を持っている可能性がある。そこで研究グループは、モデル植物のシロイヌナズナを用いて、ホスホコリンの合成能力が低下した植物体を作製し、リン欠乏状態にすると、野生株と比較して根が短くなることを明らかにした。次に、ホスホコリンを与えると根の長さが回復することを確認した。さらに、葉の成長でも同様の効果がみられた。この研究成果は、養分の少ない土壤における農作物の増産に貢献すると期待される。

◆ イネのケイ酸吸収メカニズムが解明された

岡山大学と東京大学の研究グループは、イネの安定多収に欠かせないケイ酸チャネルの構造基盤を解明したと、21年10月に発表した。

ケイ素はイネの健全な生育に欠かせない栄養素である。イネは土壤からケイ素をケイ酸の形で吸収して体内に蓄積し、表面にシリカ (SiO_2) として沈着させることで、害虫などの生物学ストレスや高温などのストレスに対する耐性を獲得している。

ケイ素は、Lsi1というケイ酸チャネルタンパク質によって根から吸収されるることは知られていたがそのメカニズムは不明であった。今回、その立体構造を1.8 Åという高解像度で解明し、ケイ素の選択的な吸収メカニズムを明らかにした。

Lsi1タンパク質を立体構造に基づいて改変すれば、安定・安全な作物の作出に役立つことが期待される。

【松村晴雄】

プリントエレクトロニクスの技術開発

◆ CEATEC 2021がオンラインで開催された

2021年10月19日、電子情報技術安全協会（JEITA）は、「CEATEC 2021 ONLINE」を昨年に続き完全オンラインで開催した。22回目となる今回からJEITAが主催となり、これまでともに主催してきた情報通信ネットワーク産業協会とソフトウェア協会は共催者となった。「つながる社会、共創する未来」の開催テーマを掲げ、Society5.0実現に向けての重要課題である「カーボンニュートラル」「スーパー・シティ＆スマートシティ」「5G」「モビリティ」の4つがフォーカスされている。

延べ出展者数314社/団体のうち41%にあたる128社/団体が新規出展者であり、海外からも85社/団体が出展し、スタートアップや大学研究機関も115社/団体となった。昨年の出展者数356社/団体と比較すると、数は下回っているが、これまでCEATECを牽引してきた電機、IT、電子部品各社に加え、通信、化粧品、モビリティなどの新規領域からの出展が増え、裾野が広がった状況である。

出展した技術の中から、イノベーション性が高く、優れていると評価できるものを表彰するCEATECアワード2021では、東芝のフィルム型ペロブスカイト太陽電池が経済産業大臣賞とカーボンニュートラル部門の2部門を受賞した。

◆ エネルギー変換効率15.1%を実現したフィルム型ペロブスカイト太陽電池開発

21年9月10日、東芝は世界最高のエネルギー変換効率15.1%を実現したフィルム型ペロブスカイト太陽電池を開発したと発表した。18年6月にペロブスカイト太陽電池として世界最大サイズ（703cm²）のモジュールを開発したが、そのサイズを維持しながら、成膜プロセスの高速化と変換効率の向上に成功した。変換効率15.1%は、現在普及している多結晶シリコン型の太陽電池のエネルギー変換効率に相当する。フィルム型太陽電池の軽量薄型で曲げることが可能な特長を生かし、シリコン型では設置できなかった強度の弱い屋根やオフィスビルの窓など多様な場所への設置、IoTやモバイル機器のエナジーハーベスティング用電源として利用が期待できる。

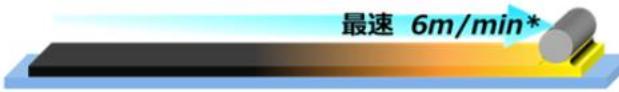
仮に、この太陽電池を東京都23区内の建物の屋上および壁面の一部に設置した

場合、東京都23区の家庭内年間消費電力量の2/3相当がまかなえる。

従来の2段階によるペロブスカイト層の成膜法では大面積の均一塗布が困難との課題があったが、東芝は、 MAPbI_3 結晶の成長を制御することができる1段階のメニスカス塗布法によって解決した。具合的には MAPbI_3 インク、乾燥プロセス、装置の開発によって、成膜工程の段数が従来の半分となり、塗工速度の高速化が可能となった。この方法により、高品質で低コストの製品量産に向けて大きく前進した（図.1）。しかしながら、長期耐久性が不足している点など、改善点が残っており、今後の改善が期待される。

1ステップメニスカス塗布法

- ・2ステップのメニスカス塗布の最大25倍以上の塗布速度
- ・塗布+乾燥の2工程のみ *:5cm角での検証値
→ 塗布工程の合計時間が最大50倍以上短縮（当社比）



インク開発、塗布プロセス開発、装置開発により
高速で、大面積均一塗布可能な1ステッププロセスを実現

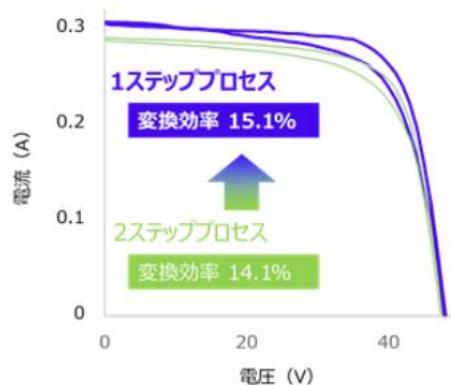


図.1 新たに開発した1ステップメニスカス塗布法の概念図とIV曲線

出典：<https://www.global.toshiba/jp/technology/corporate/rdc/rd/topics/21/2109-01.html>

◆ポリマー半導体の高性能化に向けて性能を20倍以上向上させる手法開発

21年10月22日広島大学、京都大学、名古屋大学、物資・材料研究機構（NIMS）などの共同研究チームは、ポリマー半導体の化学構造を少し組み替えるだけで、電荷となる π 電子が主鎖に沿って高度に非局在化し、半導体性能の一つである電荷移動度が20倍以上向上することを発見したと発表した。

ポリマー半導体は、印刷プロセスで簡便に薄膜化できる半導体であり、有機トランジスタや有機薄膜太陽電池などの次世代プリンテッドデバイスへの応用が期待されている。しかし、これらのデバイスの性能を左右する電荷移動度は、シリコン半導体などに比べて著しく低い値を示す。そのため、高速動作の回路設計ができず、高い電荷移動度特性を持つポリマー半導体の開発が強く求められている。

共同研究チームは、過去に広島大学の研究グループが開発したポリマー半導体「PBT4T」のBTD部分を、京都大学と名古屋大学の研究グループが共同で開発していたSPという化学構造に置き換えた「PSP4T」を合成した。PBT4TとPSP4Tは互

いに化学構造が少し組み変わっただけの構造異性体であるが、これらのポリマーを半導体層とする有機トランジスタを作製したところ、PSP4Tの電荷移動度は

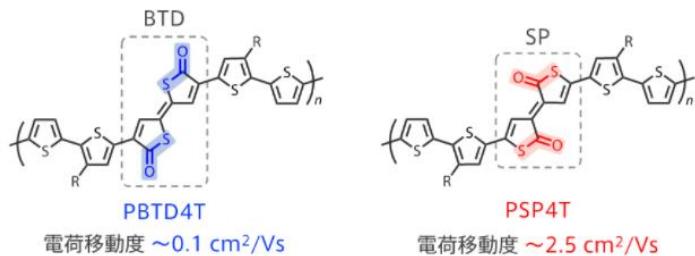


図. 2 PBTD4TとPSP4Tの化学構造

出典：<https://www.hiroshima-u.ac.jp/news/67285>

2.5cm²/VsとPBTD4Tの0.1cm²/Vsに比べて25倍の性能を示した（図.2）。X線解析の結果、PSP4TはPBTD4Tに比べて、ポリマー主鎖上にあるn電子が高度に局在化し、電荷が主鎖内を流れやすい構造を持つことが明らかになった。さらに、第一原理計算によりポリマー主鎖のバンド構造を計算し、主鎖内電荷移動度を算出したところ、PSP4TはPBTD4Tよりも最大で30倍も高い値を示し、これまでに報告されたポリマー半導体の中でも最高レベルの性能であることも示唆された。

◆ポリマー半導体で急峻なスイッチング特性を持つ薄膜トランジスタ開発

21年10月15日、東京大学はポリマー半導体による薄膜トランジスタ（TFT）のスイッチングの鋭さと安定性を決定づける要因について解析し、これをもとに従来にない高急峻なスイッチング動作、高いバイアス耐性、低電圧動作を同時に示す、実用的な塗布型TFTの構築に成功したと発表した。

具体的には、キャリアの動きを阻害しスイッチング特性を劣化させるトラップがポリマー半導体層内部や半導体と絶縁層の界面近傍に潜むことを突き止め、その発生を抑え込む技術を開発した（図.3）。

これまで安定したスイッチング動作を得るには、10V以上の電圧印加が必要になるなど、低電圧、低消費電力駆動を実現することが課題であったが、今回の開発により、低電圧の動作と高速動作が可能となる。

フィルム型ペロブスカイト太陽光発電池や高性能ポリマー半導体の開発により、さまざまなプリントエディベイス性能が飛躍的に向上し、IoT社会、低炭素社会実現に大きく貢献することを期待する。

【成田誠】

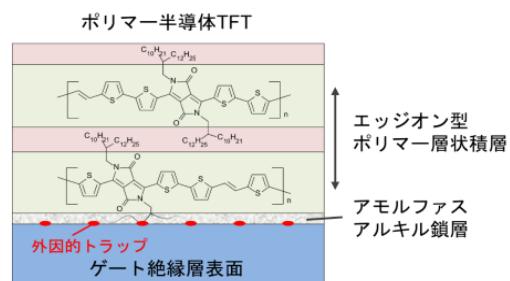


図. 3 半導体界面のトラップ不動態化

出典：東京大学

将来のパンデミックに備える感染源の解明

◆世界保健機関が新たな病原体の感染源に関する諮問委員会を設置

2021年10月、世界保健機関（WHO）は、新たな病原体の感染源を調査する体制の確立を目的とする諮問委員会 Scientific Advisory Group for the Origins of Novel Pathogens (SAGO) の委員を発表した。公募に応じた700人の中から、地域やジェンダーの多様性が配慮され、疫学、獣医学、生態学、臨床医学、ウイルス学、ゲノム科学、分子疫学、分子生物学、生物学、食品安全性、生物安全性、バイオセキュリティ、公衆衛生の専門家からなる26人が選ばれた。11月に入って、さらに、社会科学、人類学、倫理学、政治学、生物安全性／バイオセキュリティの分野のSAGO委員3人の追加募集が行われた。新型コロナウイルス感染症COVID-19の原因ウイルスであるSARS-CoV-2の感染源に関しては、WHOと中国の調査により、コウモリなどが有力視されているが、結論は出でていない。もし、感染源が特定されれば、将来の感染症の発生や拡大を防げる可能性がある。SAGOは、病原体の出現や再出現を研究する世界的な枠組み作り、研究や現地調査の優先順位付けなどに関してWHOに助言を行う。

◆感染症から回復した患者の体内に長期間潜伏するエボラウイルス

21年9月、ギニアのコナクリ大学などの研究チームは、エボラウイルスに感染すると、病状が回復した後でも、長期間、ウイルスが体内に潜伏している可能性があると発表した。ギニアで21年2月に発生したエボラウイルス感染症の小規模な流行の際に患者から採取されたウイルスのゲノムと、13年から16年にかけての西アフリカでの大流行の際に、ギニアの同じ地域で採取されたウイルスのゲノムを比較した。両者の配列は極めて類似しており、ウイルスゲノムの変異を伴う感染が繰り返されたのではなく、人間の体内でウイルスの複製が抑えられるか、休止した状態で留まっていたと考えられる。エボラウイルスの感染源についてもコウモリなどが候補に挙がっているが、まだ、結論は出でていない。人間の体内に潜伏するウイルスが感染症の再発の原因の少なくとも一部であれば、該当者の定期的な検診を行うなど、対策を立てることが容易になる。

【戸潤一孔】

ARC活動報告・予定（10月～）

12.21 第92回 ARC定例研究会

（16時よりWEB配信「Zoomウェビナー」：帝国ホテルよりライブ配信）

テーマ： 2022年への展望：アメリカの内政と日米関係

講 師： 中林 美恵子氏（早稲田大学 社会科学総合学術院 教授）

新聞・雑誌等での弊社研究員による意見発表など

◇シニア・フェロー 松村晴雄

11月15日 新社会システム総合研究所において、

「セルロースナノファイバーの実用化に向けた研究開発動向とビジネスチャンス
～各産業の将来性～」のテーマで講演

◇主席研究員、リードエキスパート（通商・関税） 田中雄作

『国際商事法務Vol.49, No.11』（11月15日発売）に

「通商環境が大きく変化する時代：企業がとるべき通商戦略」を寄稿

Watching No.325

2021年11月24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/>