

Watching

2022. 8・9 No. 333

特集

次世代航空機での温暖化ガス対策の最新動向…………… 1

ハイライト

グリーン水素のグリーン性はどう定義されるか……………	8
水素液化で期待される磁気冷凍を、冷凍空調にも……………	10
中韓がインドネシアで電池サプライチェーン構築……………	12
EUは2035年までに内燃車販売禁止、EV普及の課題……………	14
米国で広がる「修理する権利」……………	17
エアコンの回収率向上という課題……………	19
食とくらしの「グリーンライフポイント」始動……………	22
日本の経済成長に資するカーボン・クレジット……………	24
岸田政権の「新しい資本主義」と賃上げ議論……………	27
注目される「人的資本経営」と情報開示……………	28
人口減少加速と出会いのオンライン化……………	31
IPEF（インド太平洋経済枠組み）発足の意味とは……………	33
中国、報奨額200万円の密告奨励制度を新設……………	35
日本のIoT競争力はセンサー通信の遠隔監視から……………	36
実用化が始まった次世代パワー半導体……………	38
早期診断の実用化や難題の解決に挑むがん研究……………	40

ARC活動報告・予定(6月～)……………41



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			
	2019年		2020年		2021年						2022年			
	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	3	4	5
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。

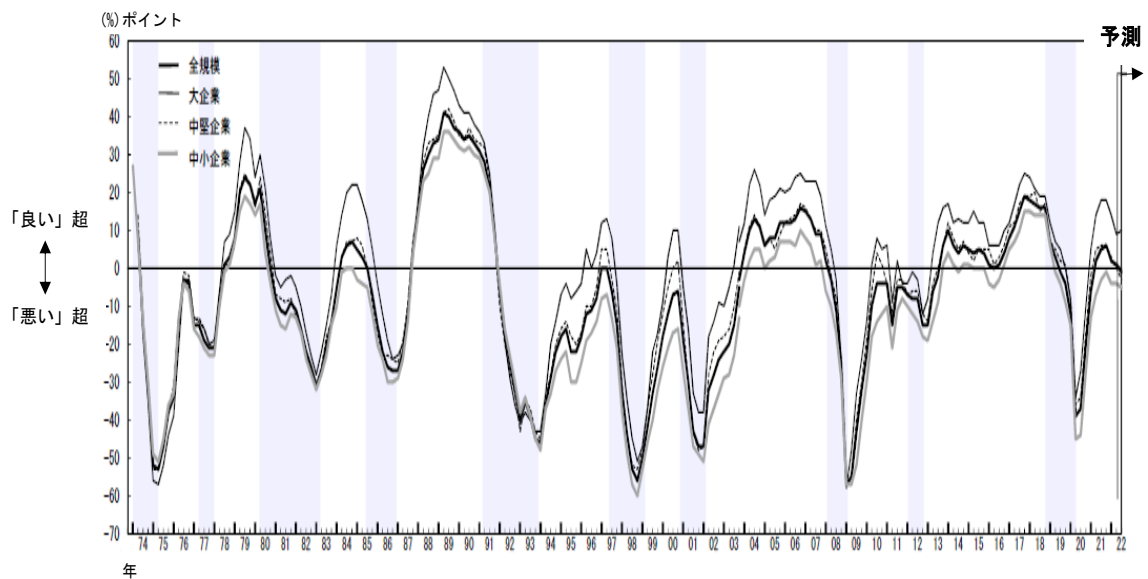
注2：四半期別推移 I は1～3月、II は4～6月、III は7～9月、IV は10～12月。

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2022年7月11日時点での入手可能なデータに基づく。

日銀短観（2022年6月調査）業況判断の推移

製 造 業



(注) シャドーは景気後退期（内閣府調べ）

次世代航空機での温暖化ガス対策の最新動向

◆航空会社による出張時のCO₂排出削減プログラムが始動

2022年4月、全日本空輸（ANA）は出張でANAを利用する法人向けに、出張時のCO₂排出量の削減に貢献したことを示すプログラム「SAF Flight Initiative」（図1）の運用を開始したことを公表した。政府の50年カーボンニュートラル（CN）宣言に合わせ、50年までにCNの実現を宣言している企業が多くなっている。このプログラムは持続可能な航空燃料SAF(Sustainable Aviation Fuel)によってANAが削減したCO₂の量を、参加法人が支払った金額に応じて従業員の出張時に排出したCO₂に割り当て、減らすものだ。貨物事業者向けは21年10月から先行して開始済みだ。同様のプログラムはエールフランスKLMが実施し、日本企業では堀場製作所やナブテスコが参加を公表している。ANAのプログラムには、三井倉庫、伊藤忠商事、野村ホールディングス、運輸総合研究所が参加を表明している。




GHG プロトコルに基づく CO ₂ 削減プログラム		
		
	 コーポレート・プログラム	 カargo・プログラム
参加方法	法人契約を締結	
参加証明 認証	第三者機関の認証を受けた CO ₂ 削減証書を発行	
対象・用途	従業員の出張等による CO ₂ 排出を実質的に削減(Scope3 のカテゴリ-6)	事業のバリューチェーンにおける輸送・配送(上流・下流)による CO ₂ 排出を実質的に削減(Scope3 のカテゴリ-4、9)
その他 ご活用方法	SAF Flight Initiative のパートナーとして弊社媒体での社名、コーポレートシンボル等の提供	

図1 ANAのSAF Flight Initiativeプログラム 出典；ANA

◆企業などは本業だけではなく、物流や出張などでも排出削減が求められる

企業はCNの前提となる排出CO₂量としては、自らの排出量だけでなく、事業活動に関係するあらゆる排出を合計した排出量を公表するように求められ、これをサプライチェーン排出量という。Scope1と2は自社活動で排出する量を示すが、Scope3には上流、下流での物流や従業員の出張、通勤が含まれる（表1）。

表1 Scope3のカテゴリと該当する活動例 出典；環境省などの資料を元にARC作成

Scope3カテゴリ	該当する活動（例）
1 購入した製品・サービス	原材料の調達、パッケージングの外部委託、消耗品の調達
2 資本財	生産設備の増設（複数年にわたり建設・製造されている場合には、建設・製造が終了した最終年に計上）
3 Scope1,2に含まれない燃料及びエネルギー活動	調達している燃料の上流工程（採掘、精製等） 調達している電力の上流工程（発電に使用する燃料の採掘、精製等）
4 輸送、配送（上流）	調達物流、横持物流、出荷物流（自社が荷主）
5 事業から出る廃棄物	廃棄物（有価のものは除く）の自社以外での輸送、処理
6 出張	従業員の出張
7 雇用者の通勤	従業員の通勤
8 リース物流（上流）	リース使用している倉庫の運用時
9 輸送、配送（下流）	出荷後、所有権移転後の物流
10～14省略	
15 投資	株式投資、債券投資、プロジェクトファイナンスなどの運用
その他（任意）	従業員や消費者の日常生活

出張や通勤に関しては、各交通手段によって排出されるCO₂量の原単位は大きく違う（図2）。このうち最も大きいものは自家用車であり、次が航空機だ。地方では通勤に車を使う場合も多く、地方に拠点がある場合今後問題になる可能性はある。鉄道の方がCO₂排出量は少ないため、出

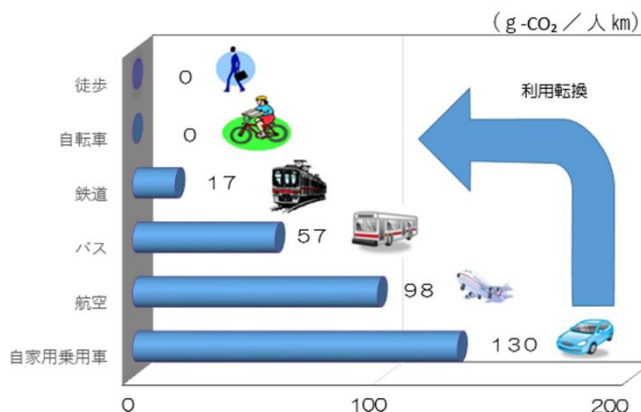


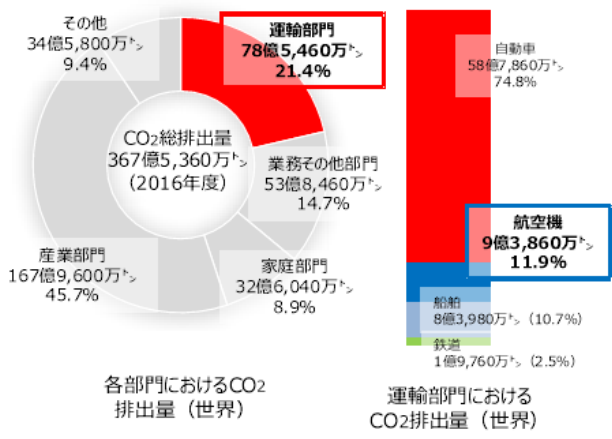
図2 各交通手段におけるCO₂排出原単位 出典；国土交通省

張ではなるべく鉄道を使用することが望ましいが、海外出張や長距離では航空機に依存することになる。そのため航空機のCO₂排出量の削減が注目されている。

◆航空機から排出のCO₂の比率は小さいが、欧州を中心に対策が進む

航空機のCO₂排出原単位は大きいですが、運輸部門の中の比率で見れば必ずしも大きくはない（図3）。世界では運輸部門でのCO₂排出の比率は16年で21.4%だが、乗用車やバス、貨物車など自動車に由来するものは運行台数も大きいため、排出量は運輸部門のうちのおよそ75%で圧倒的に多い。これらに対して現在は純電動化やハイブリッド、水素燃料電池などで対応しようとしている。航空機からの排出量は、運輸部門全体のうちでは12%程度に過ぎないが、それでも欧州を中心に急速に規制や対策が進んでいるので今後国際標準になる可能性がある。

フランスでは航空機で2時間半の国内線で、オランダでは500km以内で航空機の運航を禁止する動きが顕在化している（表2）。また、フランスはフランス発のすべての航空機に対しSAF使用割合を1%に引き上げることを検討しており、外国籍の航空機にも適用される。ICAO（国際民間航空機関）は、21年以降航空機からの温室効果ガスを19年の排出量を超えない目標を設定するなど、世界的に航空機への規制が進んでいる。



全世界でのCO₂排出量：367億5360万ト
 運輸部門：21.4%（うち 航空分野11.9%）
 図3 運輸部門におけるCO₂排出量
 出典；経済産業省

表2 航空機のCO₂削減に対する欧州の取り組み 出典；各資料を元にARC作成

国名	対策の内容
フランス	2時間半圏内の国内線の運航を禁止する計画。フランス発のすべての航空便に対し、SAF搭載量を1%以上に引き上げることを検討（当初は22年中だったが延期か）
英国	2035年までに温室効果ガス排出量を78%減とする方針発表。国際線航空機からの排出量も削減の見通し。
ドイツ	国内線とEU域内の航空税引き上げ。ルフトハンザ航空が鉄道とコードシェア連携。
オランダ	KLMオランダ航空が500km以下の近距離路線を減便（アムステルダム/ブリュッセルなど）。高速鉄道と連携。
EU	「欧州グリーンディール」は、航空機に搭載するSAFの割合を2025年までに2%、2030年までに5%に増やすことを目標に。

◆ 航空機のCO₂排出削減の手法はSAFが中心に、水素や電動化の動きも

航空機におけるCO₂発生削減の手法としては、SAFを使用する方法が当面は主流になるが、水素を燃焼させる方法や電動化の動きもある（表3）。SAFや水素燃焼は基本的には全ての航空機に適用できるが、水素燃焼は実用化には時間がかかり、電動化は大型機への適応は難しいとみられている（表4）。

表3 航空機のCO₂削減の手法 出典：各資料を元にARC作成

	内容	現状および課題	今後の取り組み
バイオ系燃料 (SAF)	バイオベース原料からエタノールやCO ₂ を得て、合成したHCを燃焼させることで推進力を得る。	・FT合成やエタノールHC化は触媒最適化など必要。藻類培養について大量増殖が必要。 ・現状は大量供給難しい。	・大規模実証によりコストダウン、大量生産技術の確立が必要。(コスト目標は2030年既存燃料並み100円台/L)
合成燃料 (SAF)	回収したCO ₂ と水素から合成したHCを燃焼させることで推進力を得る。	・現状燃料同等品であるためエンジンの改良不要。商用化にむけたプロセスは未確立。	・既存技術(逆シフト反応でCO ₂ にしてFT合成)の高効率化など技術開発。 ・革新技術(共電解や直接合成)の完成。 ・2030年までに製造技術を確立し、2040年までの商用化を目指す。
水素燃料	ジェット燃料の代わりに水素を燃焼させることで推進力を得る。燃料電池搭載の可能性も。	・エアバスは2035年に水素航空機の市場投入を目指すと公表。 ・日本がリードする軽量化、水素貯蔵タンク、エンジン効率化などの技術を生かせる可能性。	・2030年に向け、航空機向けコア技術(水素貯蔵タンク、エンジンなど)の開発促進。 ・2035年以降の水素航空機の本格導入に備えたコア技術の航空機への応用を目指し、空港での水素インフラの整備。
電動化	蓄電した電力を使用してプロペラまたはファン回転させて推進力を得る。途中段階ではハイブリッド化も。(世界市場は2030-50年で約2兆ドル見込む)	・航空機向け蓄電池、ハイブリッドシステム、インバーターなど航空機向けに性能向上が必要。 ・機体をより軽量化する材料技術が必要。	・2030年までにハイブリッド電動化技術完成。 ・2050年までにコンピューター機での全電動化、リージョナルから小型機でのハイブリッド電動化技術に向けた基盤技術確立、蓄電池やモーターなどの技術開発。

表4 航空機のCO₂削減の手法の適応範囲 出典：各資料を元にARC作成

機体タイプ	客席数	代表的な機種例	バイオ燃料	合成燃料	バッテリー電動	水素
コンピューター	<19	ドルニエ228	○	○	○	○
リージョナル	20-80	DHC-8、CRJ700				
小型機	81-165	B737、A320			×	
中型機	165-250	B787、A350				
大型機	>250	B777、A330				
超大型機	>400	B747、A380				
有利な点			機体やエンジンの大きな変更なし		フライト中の温暖化ガス排出無し	温暖化ガス削減に大きな効果
不利な点			原料供給に限り、CO ₂ 削減に限り	CO ₂ 削減に限り	充電やバッテリー交換のためのインフラ整備	水素充填のためのインフラ整備

◆COから炭化水素油製造の技術は古い、最新技術開発も進む

ジェット燃料は通常は原油精製時に石油製品のひとつとして生産されるもので、主成分はC₁₂~15の灯油成分とほぼ同じである。SAFはさまざまなルートで生産されるが(図4)、COと水素から炭化水素(HC)を製造するフィッシャー・トロプ

シュ（FT）反応による合成方法が広く使用される。

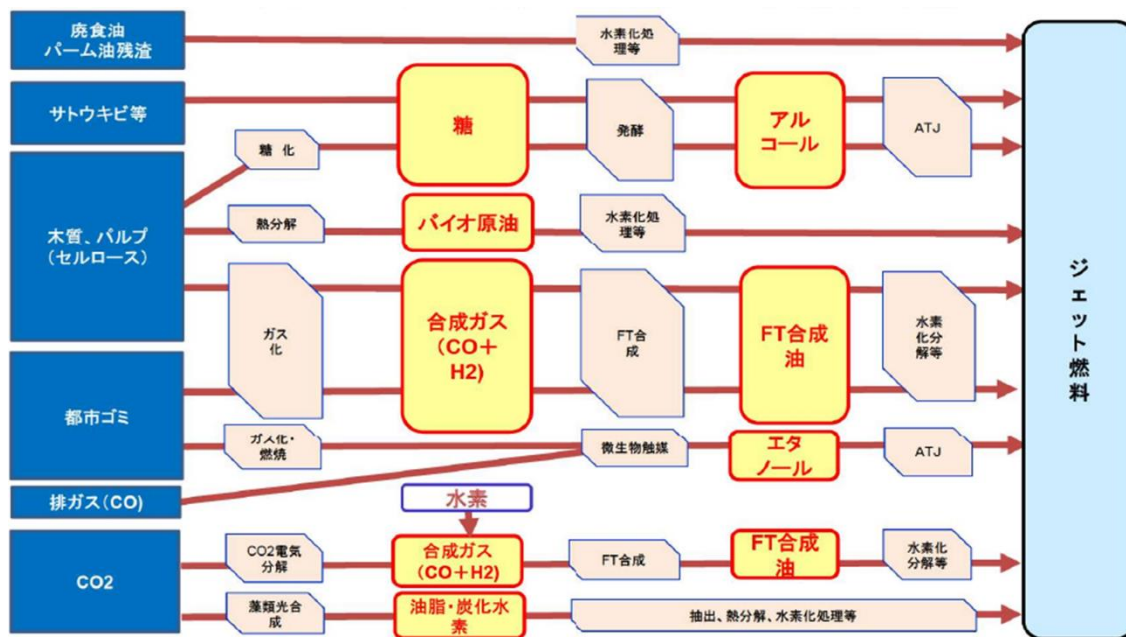


図4 SAFのさまざまな合成ルート 出典；国土交通省

FT合成は古くから知られた合成反応だ。日本では戦前航空燃料が不足したために京都帝国大学が石炭から得られるCOとH₂から、安価で入手が容易な鉄系触媒を使用して「人造石油」を合成する手法を完成していた。北海道で試運転が行われたが間もなく終戦になった。これらの資料は13年に日本化学会が化学遺産に選定した。そのほかに触媒にはルテニウムやコバルトが用いられる（表5）。

FT合成については、新たな触媒開発が進んでいる。従来の触媒ではSiO₂の表面にCoを担持する構造のため比較的短鎖のHCの収率が高くなるが、SiO₂のコアで囲みカプセル型触媒にすることで、SiO₂の細孔の中でHCが長く成長でき、長鎖HC、ジェット燃料成分の収率が増える（図5）。

東京大学の研究者は20年、今後電池用電極などで需要が増え、高騰が予想されるコバルトを使用しない反応系を開発した。金属の代わりにホウ素を用いるもので、今の

表5 FT合成に使用される触媒 出典；各資料を元にARC作

触媒	反応温度	長所	欠点
コバルト (Co) 系	230°C程度	最も広く使用されている。反応条件と液体HC生産性のバランスが良好。	Coは資源量が少なく偏在している。最近ではリチウムイオン電池の電極用での需要が増え、価格が高騰している。
鉄 (Fe) 系	320~350°C	安価な鉄を使用	反応温度が高く、C-C連鎖成長には不利で軽質HC生産比率が多く、ジェット燃料に向くHCの生産性が低い。
ルテニウム (Ru) 系	260°C程度	FT反応に対する活性が高い。Ru担持量は少なく、担体を生かした触媒設計がしやすい。	Ruの価格が高価で、商業生産には向かない。

ところは水素ではなく強力なヒドリド還元剤を使用するが、室温条件でHCの生成を確認したとのことだ。

CO₂を原料に用いる場合には通常はシフト反応により一旦COに還元してから使用するが、20年12月、オックスフォード大学のグループが直接ジェット燃料に変換する新たな鉄系触媒を開発、Nature Communicationsに発表した。クエン酸と水素およびFe-Mn-K系触媒の混合物を350℃まで加熱し、そこにCO₂を加えることによりジェットエンジンで使える液体HCを生成するというプロセスだ。CO₂からHCへの転化率は38.2%、生成する全HCの中の47.8%が長鎖HCであり、COやCH₄など短鎖HCの生成は5~10%に抑えることができた。現状はまだ実験スケールであり、今後スケールアップが必要だ。

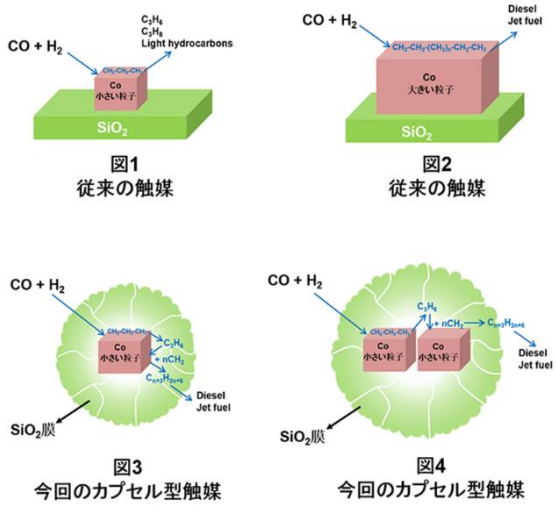
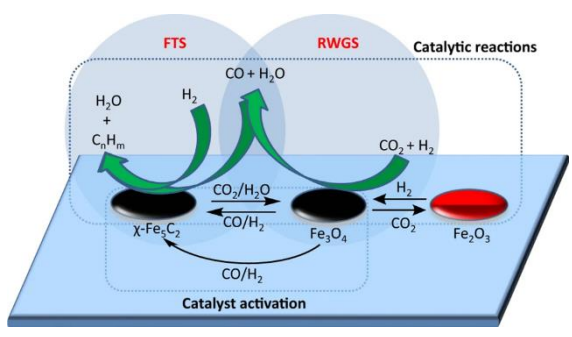


図5 新規な触媒構造 出典；富山大



◆エタノールからジェット燃料を合成するプロセスも実用化へ

図4ではCOを原料とする合成ルートのほか、エタノールを出発原料にしてジェット燃料を合成するルート（ATJ）も示されている。これはサトウキビ廃棄物や木材など非食性原料から発酵により製造したエタノールをエチレンに変換し、二量化工程（Dimerization）を繰り返し、炭素数が10から15程度のHCを得る手法である（図7）。最初の工程はエタノールの脱水工程によるエチレンの生産

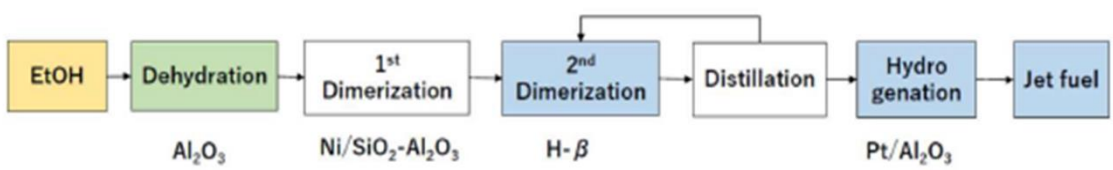


図7 エタノールからジェット燃料の合成 出典；触媒学会懇談会ニュース

で、 Al_2O_3 を用いる。1段目の二量化はNi触媒を用い、2段目の二量化はH- β 型ゼオライトが用いられ、最後に水素化を行う。海外では、米国のLanzaTechは古細菌（生物の主要な3系統の内の一つ）を用いた発酵法によりCOからエタノールを製造する技術を開発し、ジェット燃料を合成する企業LanzaJetを設立した。

出光興産は22年4月、「最先端のATJプロセス技術を用いたATJ実証設備の開発と展開」がNEDOプロジェクトとして採択されたことを明らかにした。原料となるバイオエタノールの国内外からの調達（年間18万kL）と、世界初の10万kL級ATJの製造商業機の開発に取り組み、25年度に同社千葉事業所内にSAF製造装置を建設し、26年から供給を開始する計画だ。製造コストは100円台/Lを目指す。

◆ユーグレナは使用済み食用油と微細藻類により燃料を合成、飛行試験に成功

ユーグレナは微細藻類の光合成によりCO₂からジェット燃料を合成する技術を完成した（図8）。21年6月にはホンダジェットがユーグレナの燃料を使用した試験飛行を行い、また22年3月にはフジドリームエアラインがエンブラエル機での試験飛行に成功した。しかし現状は1万円/Lほどのコストで、今後生産規模拡大でコストダウンを目指す。

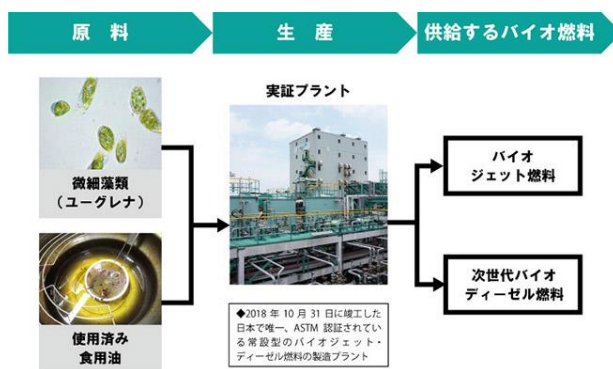


図8 廃油と微細藻類による燃料合成
出典；ユーグレナ

◆SAF開発は欧米が中心に進むが、日本でも開発が進む

ANAがSAFの調達をフィンランドのNesteから行うなど、欧米企業が製造開発でリードしている。今後欧州でSAFの需要が増えると日本に回る量が無くなる可能性もある。将来、日本でSAFの給油ができないと欧米の飛行機は来航しなくなることも考えられる。22年3月、日揮ホールディングス、レボインターナショナル、全日本空輸、日本航空の幹事企業4社共同で、国産のSAFの商用化および普及・拡大に取り組む有志団体「ACT FOR SKY」を設立したと発表した。コストについても大幅に下げる必要があり、200円/L程度が目標になりそうだ。電動化や水素エンジンについても今後開発が進みそうで、電池や機体の大幅な軽量化、水素の燃焼技術などに関してイノベーションが必要になるだろう。 【松田英樹】

グリーン水素のグリーン性はどう定義されるか

◆IRENAはグリーン水素認証に4つの要件を定義、SCOPE2・3の計算も主張

2022年3月、IRENA(国際再生可能エネルギー機関)は、再エネの水電解によって生産する水素(グリーン水素)の認証制度に関するレポートを発表した。報告書は、グリーン水素を定義する要件として、再エネ発電との時間相関性や地理的相関性、再エネ発電設備の追加性、技術相関性、の4つを示した。また、製造時や輸送時・エネルギー変換時などのバリューチェーン上で排出されるスコープ2,3に該当するGHGも考慮すべきであると主張した。

グリーン水素を定義する4要件 出所) IRENA資料をともにARCまとめ

時間相関性	再エネ発電と、水電解による電力消費が、適切な時間内でおこなわれていること
地理的相関性	再エネ発電設備と水電解設備が、直接的に接続しているか、ある範囲内に立地していること
追加性	グリーン水素の生産に向けて、新規の再エネ設備が導入されること ※水電解の再エネ電力消費により、他の地域で化石燃料による火力発電が増加することを避ける
技術相関性	再エネ由来電力を使用していることを、透明性のある手法で保証できていること

◆欧州はグリーン水素の定義に関する法案を公開

22年5月23日、欧州委員会は再生可能エネルギー指令に基づく、非生物起源の再生可能燃料(RFNBO)を対象とした、グリーン水素を定義する委任法案を公開した。法案ではグリーン水素の定義として、追加性としては水電解槽導入の3年前までに再エネ発電設備を新設すること、時間相関性として再エネ発電と水電解による電力消費を1時間以内とすること、地理的相関性として再エネ発電設備と水電解装置の設置場所を同じ電力入札地域とすること、系統から電力を調達する場合は系統の再エネ電力比率が90%以上であること、さらに欧州域外から輸入する水素においても同等の条件をグリーン水素認証に求めること、などを要件とし、27年1月1日からの施行を提言した。反対に、26年までに導入した水電解装置については、一部の条件を除き、追加性や時間相関性といった要件の適用を求めず、グリーン水素の認証を得られるとした。

水素市場関連企業から寄せられたパブリックコンサルテーションでは、時間相関性を1時間単位から月次単位への拡張、再エネ発電設備と系統電力を組み合わせ

ハイライト

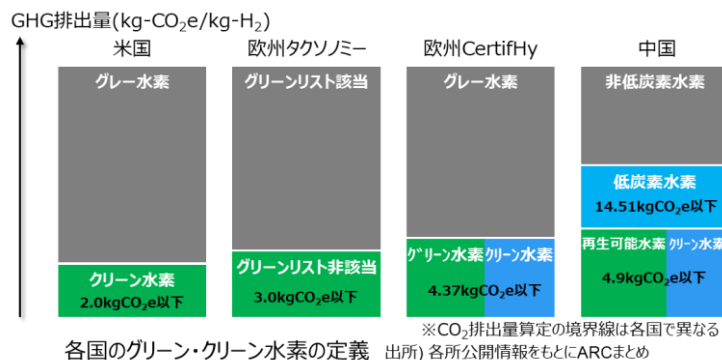
せた運用におけるグリーン水素認証制度の追加、法律施行までの猶予期間を30年頃までの延長、といった要望があった。

グリーン水素のグリーン性定義 (REDII Delegated Acts) とパブリックコンサルテーション (PC)		出所) 欧州委員会ウェブサイト	
	再生直接接続	系統接続：PPA(Power Purchase Agreement) or 入札)	系統接続：平均値
再生追加性	- 再生の新規導入 - 再生は電解槽設置の 3年以内 に運転開始	2026年12月31日まで - 追加性の要求なし 2027年1月1日以降 - 再生は電解槽設置の 3年以内 に運転を開始 - 発電所は公的な運転・投資支援を受けない	
> PC例	"4年以内にすべき" McPhy "15年以内にすべき" Siemens Energy	"5年以内にすべき" Bosh	
時間相関性		2026年12月31日まで - 再生発電と水電解の相関要件： 月単位 2027年1月1日以降 - 再生発電と水電解の相関要件： 時間単位 - 蓄電池を活用する場合は、発電時に充電された再生を使用	
> PC例	"26年までの猶予期間を再生直接接続にも適用すべき" McPhy	"月単位" Hydrogen Europe, Siemens, thyssenkrupp, など "2030年適用" Hydrogen Europe, thyssenkrupp, HyCC, など "2029年適用" Siemens Energy, Sunfire	
地理的相関性	- 再生発電所と水電解が同一施設内または異なる施設内で直接接続されている	- 再生発電事業者との PPAに基づき購入した電力 - 再生と 電解槽が同じ入札区域に設置	
> PC例	"再生直接接続と系統接続の組み合わせを可能にするべき" Hydrogen Europe, Siemens Energy "NH3合成などの後工程は系統利用可にするべき" Siemens Energy	"削除すべき" RWE "加盟国で判断すべき & 越境輸入を可能に" thyssenkrupp	
その他			再生電力比率が 90%以上 の入札地域
> PC例			"70%以上にすべき" Hydrogen Europe, thyssenkrupp, HyCC など多数

◆米国は野心的な基準を満たすクリーン水素の製造を目指す

22年6月6日、米国エネルギー省 (DOE) は、米国国内に複数のクリーン水素ハブ (H2Hubs) を開発する、総額80億ドルのプログラムを発表した。水素の生産から、輸送、貯蔵、利用までバリューチェーン全体をカバーするインフラを構築し、クリーンエネルギーとしての水素の使用を加速させる。H2Hubsでは、再生発電の拡充や水電解を含む革新的な水素製造技術を通じて、水素1kg当たりのCO₂排出係数を2.0kgCO₂e以下にする、クリーン水素の製造を目指す。

グリーン水素の認証制度は、現在は国別に議論が進められているが、国際的な水素取引量が拡大するにつれて、国際標準化が進むことが想定される。各国の先進的な取り組みや議論には注視が必要だ。 【塚原祐介】



水素液化で期待される磁気冷凍を、冷凍空調にも

◆水素社会へ前進する成果を発表した物質・材料研究機構（NIMS）

物質・材料研究機構（NIMS）は2022年4月、2件の水素液化に関する成果を発表した。一つは東北大学などと共同で、水素液化温度の -253°C 付近での磁場変動下で劣化しない粒状の磁性材料ホルミウムアルミニウム金属間化合物を、機械学習の適用などで最適化して開発した。二つ目は金沢大学などと共同で、超伝導磁場中に磁性体を出し入れする能動的蓄冷式磁気冷凍（AMRR）という冷凍システム技術を適用し、水素の液化に世界で初めて成功した。磁気冷凍とは、磁性体に磁界をかけていくと磁性体が発熱し（図1(1)(2)）、磁界を取り去ると温度が下がる（図1(3)(4)）、磁気熱量効果を利用した冷凍システム技術である。

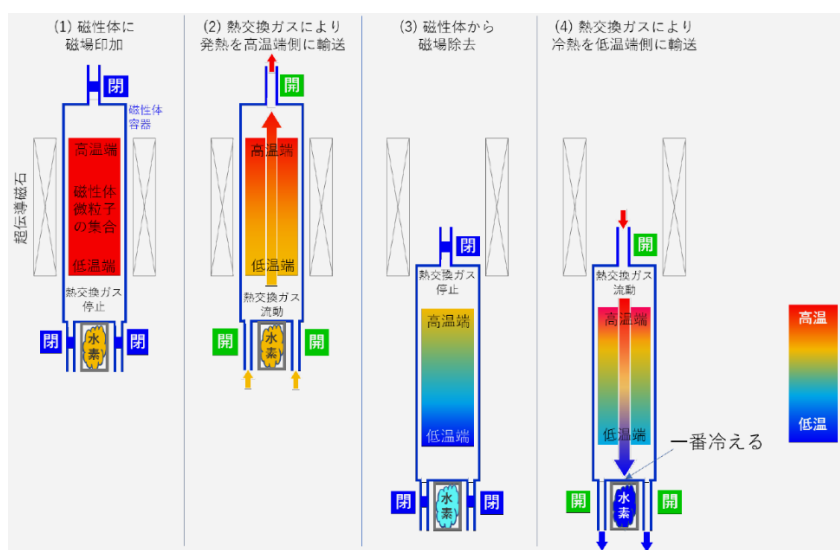


図1 開発した能動的蓄冷式磁気冷凍（AMRR）の説明（冷凍サイクルの4過程）

※能動的蓄冷式磁気冷凍：Active Magnetic Regenerative Refrigeration: AMRR
 磁性体と安定的な熱交換ガスのヘリウムが磁性体容器内に充填される。熱交換ガス流路の間に水素吹込み容器が設置される。
 （出所：物質・材料研究機構 プレスリリース、2022. 4. 11）

◆磁気冷凍技術は水素キャリアを液体水素にするキーとなる技術

液体水素は水素社会での水素キャリアとして利用が期待される。水素の液化により、水素の体積を1/800にして貯蔵・運搬できる。蒸気圧縮式の水素液化装置は当初、独リンデと仏エアリキッドしか製造しておらず、20年ようやく川崎重工が国産化した段階であり、水素の液化は高コストであった。

磁気冷凍は従来の蒸気圧縮式に比べ、エネルギー効率が2倍になり、さらに、圧縮用コンプレッサーが不要で装置の小型化が可能となり、製造コストも下が

る。日本の水素基本戦略には、30年に水素価格を1 Nm³当たり100円から30円にする目標があり、水素を液化するコストは1/5に下げることが求められている。

AMRR装置の利用場面は多く、タンカー輸送中に気化する水素を再液化するシステムや、少量の水素をローカルで扱うシーンなどが考えられる。基礎研究中心だったNIMSでも水素液化の開発は原理実証に留まらず、企業の参画、開発競争を促し社会実装を目指している。特に水素分野での国際競争力や知財の確保、デファクトスタンダード化も目標にするなど、水素社会への貢献を目標とする。

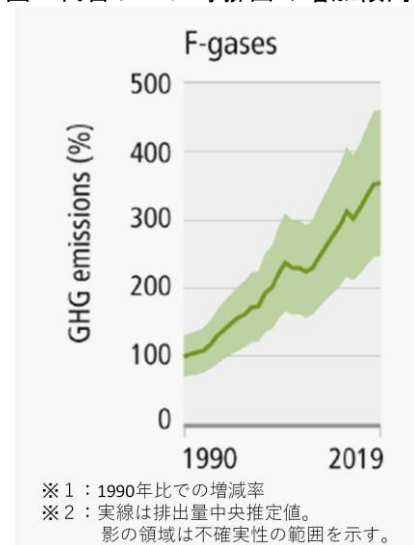
◆能動的蓄冷式磁気冷凍方式による冷凍空調の開発は温暖化対策に

磁気冷凍は冷凍空調分野で待望される技術でもある。蒸気圧縮の方式は冷凍空調で現在主流になり（表1）、世界に広がっているが、使用される温暖化ガスの代替フロン（HFC）冷媒の大気への排出増加が大きな課題である（図2）。磁気冷凍はそれを抜本的に解決できる可能性のある技術である。

表1 冷凍空調機器の方式による分類

冷凍サイクル	型 式		主な用途	主な冷媒
蒸気圧縮冷凍サイクル	容積圧縮式	往復動式	カーエアコン、冷蔵庫など	フロン類、ブタンガス等
		回転式	ルームエアコンから中大型冷凍空調など	フロン類、アンモニア等
	遠心式（ターボ）		大型冷凍空調	フロン類等
	エグゼクタ式		船舶用空調、化学工場用空調	水
吸収冷凍サイクル（水蒸気式）			空調全般	水
空気冷凍サイクル			航空機空調、冷房服など	空気
ペルチェ効果（電流効果）			小型冷蔵庫、潜水艦冷蔵庫、着るクーラーなど	なし
磁気冷凍			開発中（水素液化、冷凍空調全般）	なし

図2 代替フロン等排出の増加傾向



（経産省資料などに基づきARC作成）（出所：IPCC第6次第3作業部会報告, 2022. 4）

AMRRの手法は、磁性体の磁気熱量効果に加え、磁性体自体が蓄冷・蓄熱する機能により、冷熱を熱交換ガスの流動で取り出し、動作温度範囲を広げる方法である。温度帯別の磁性材料開発や永久磁石の小型化によるエアコンなどへの適用可能性について、ダイキン工業などが取り組んでいる。

磁気冷凍技術は磁性体材料開発に多く依存し、日本の材料開発力が活かされる分野である。水素液化だけでなく、ノンフロンの冷凍空調技術としての価値があり、さらに開発に注目が集まることを期待したい。

【新井喜博】

中韓がインドネシアで電池サプライチェーン構築

◆韓国LGES、中国CATLがインドネシアで電池サプライチェーン構築へ

2022年6月、インドネシアで韓国LG Energy Solution (LGES) のニッケル加工工場の建設が始まった。起工式に出席したジョコ大統領は、ニッケルを採掘、製錬、加工したあと、リチウムイオン電池 (LIB) の正極材、電池セル、電池パックをつくり、さらにEVの生産や電池のリサイクルに至るまで、サプライチェーンを川上から川下まで構築することに期待を表明した。LGESやLG化学、POSCOなど韓国企業と、インドネシアのIndonesia Battery Corporation (IBC)、国営非鉄金属PT Antamは22年4月にサプライチェーン構築に関する協定を締結している。21年9月にLGESは現代自動車とLIBのセル生産工場をインドネシアで着工しており、今後、ニッケルの製錬や正極材生産への投資も予定されている。

一方、車載電池最大手の中国CATL (寧徳時代新能源科技) も22年4月、IBC、PT AntamとインドネシアでのEV電池のサプライチェーン構築で合意し、約60億ドルを投資すると発表している。CATLは既に電池リサイクル大手・格林美 (GEM) やステンレス鋼大手・青山集団 (Tsingshan)、阪和興業などとQMB NEW ENERGY MATERIALSを19年にインドネシアで設立し、LIB正極材に使われるニッケル・コバルト化合物の生産に乗り出している。今回の投資では、ニッケルの採掘・製錬、電池材料と電池の製造、および電池のリサイクルに焦点を当てるとしている。

◆インドネシア政府は鉱物資源の高付加価値化とEV産業振興を目論む

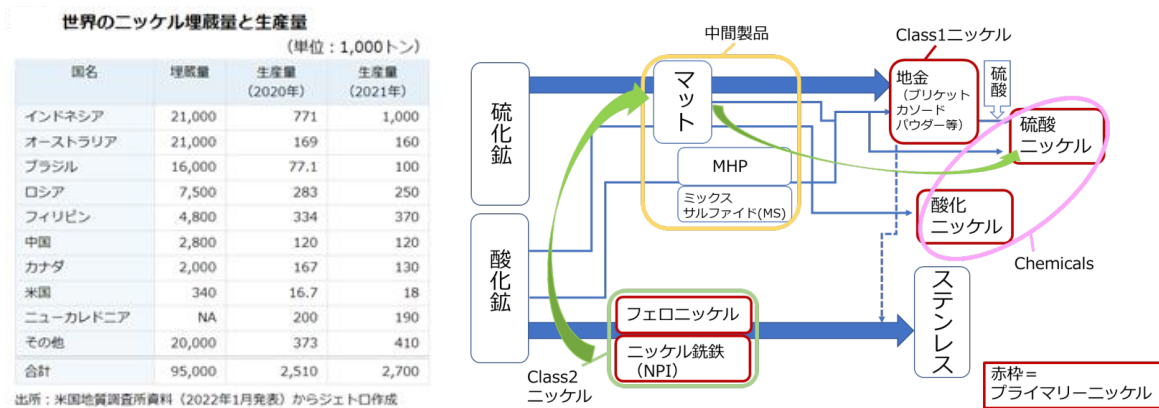
EV車載電池、LIBの正極材に使われるニッケルは、インドネシアが埋蔵量、生産量とも世界一位である。ニッケル以外にも、インドネシアは錫やボーキサイト、銅などの埋蔵量、生産量とも世界トップクラスにある。ただ、鉱物資源が採掘後、そのまま海外に持ち出され、インドネシア国内には付加価値が生まれないことから、14年からは未加工のまま鉱物資源を輸出することが禁止された。その後、インドネシア国内ではニッケル製錬工場の建設が進み、14年には2カ所だったのが、20年には16カ所に増えている。

また、ニッケル以外にもコバルトやマンガンなど、EV車載電池の原材料資源は

ハイライト

インドネシア国内にあるとして、19年8月にはEV促進に関する大統領令で、EVおよび関連製品の国内製造が奨励された。21年3月にはPT Antam、国営鉱業MIND ID、国営石油PERTAMINA、国営電力PLNが各25%出資するIBCが設立され、今回のように中国や韓国企業とEV・電池のサプライチェーン構築が進められている。

ところで、EV車載電池に使われるのは硫酸ニッケル（下図右上Chemicals）で、硫化鉱由来のClass1ニッケル（ニッケル地金）からの生産が主流であった。一方、インドネシアは酸化鉱由来のClass2ニッケルが多く、これらは中国のステンレス鋼用に使われていた。しかし最近、高圧硫酸浸出（HPAL：High Pressure Acid Leach）技術によって、Class2ニッケルからニッケルマットを經由して硫酸ニッケルができるようになり、EV/LIB向けの開発が注目されている。



(資料) 左表：JETRO「EV車両・電池のサプライチェーン拠点化を目指す（インドネシア）」（2022.03.25）

右図：JOGMEC「世界のニッケル需給と今後の動向2021」（2022.02.07）

◆中国企業はインドネシアHPAL事業に相次ぎ進出、韓国・欧州勢も

浙江華友鈷業（注：鈷はコバルト）は22年6月、増資による資金調達案（約3,500億円）を発表し、7割弱はインドネシアでVare Indonesia (PTVI) と協業するニッケル・コバルト精錬事業にあてる。このほか、浙江華友と青山集団、China Molybdenum (CMOC) によるニッケル・コバルト事業、CNGR Advanced Material（中偉新材料）のニッケルマット事業など、中国企業の進出が相次いでいる。

また、韓国政府は22年2月にインドネシア政府と重要鉱物分野の開発協力で合意し、POSCOのEV電池サプライチェーン構築事業も報道されている。欧州勢では独化学BASFと仏鉱業Erametが、HPAL事業の可能性調査を完了している。

ちなみに、浙江華友とPTVIのHPAL事業は、もとは住友金属鉱山が進めていた案件で、22年4月に事業化検討中止を発表したばかりだった。 【長谷川雅史】

EUは2035年までに内燃車販売禁止、EV普及の課題

◆EUは2035年までに乗用車などで内燃機関車の新車販売を原則禁止へ

欧州連合（EU）は、温室効果ガスの排出量を2030年までに対1990年比で55%削減するために政策パッケージ「Fit for 55」を定めている。

EUでは、二酸化炭素の排出量のうち、12%が乗用車から、2.5%が小型商用車（van）からとなっている。このため、政策の一環として、EUの主要機関で排出量の削減が検討されてきた。

EU加盟国政府の閣僚で構成される意思決定機関であるEU理事会は22年6月29日、[35年までに域内で販売される乗用車と小型商用車の新車の二酸化炭素排出量をゼロとすることに合意](#)した。これは21年7月に欧州委員会（法令立案・執行機関）が提案したもので、欧州議会（直接選挙で選ばれた議員で構成）では採決済みだ。今後最終的な法案の策定に入り、施行されれば、ガソリンやディーゼル車など内燃機関の新車は、35年以降は原則販売できなくなる。また今回理事会は、30年までに21年比で乗用車の排出量を55%、小型商用車は50%、それぞれ削減する中間目標でも合意した。なお、35年の100%削減に向けた[進捗評価を26年に欧州委員会が行い](#)、プラグインハイブリッド技術の発展や、実行可能で社会的に公正なゼロエミッションへの移行の重要性を考慮に入れ、見直しを行うとしている。代替となる電気自動車は一般的に価格が高く、所得やインフラの問題から電気自動車を利用できない人たちや地域を取り残さないという意味合いがある。

欧州の業界団体は、電気自動車の期日までの普及には懸念を示す。間に合わせようとする、所得水準の低い東欧地域で、安価な中国製の電気自動車が席卷するという声もある。団体は、合成燃料技術の進展を勘案することも求めている。

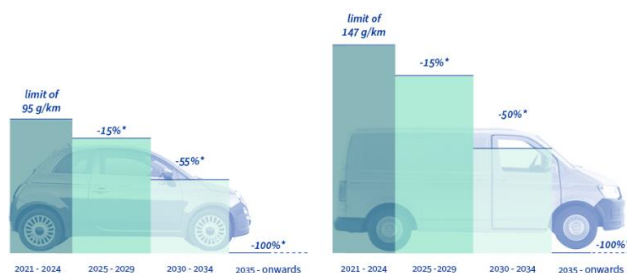


図1 乗用車と小型商用車（van）のCO₂削減計画 * 2021年比

出典：[Infographic - Fit for 55: why the EU is toughening CO2 emission standards for cars and vans](#)

◆欧州では、代替となる電気自動車の航続距離は延伸

ガソリン車やディーゼル車の代わりと期待されるのが電気自動車だが、その普及の2大ネックと言われてきたのが、航続距離と充電インフラ拡充の問題だ。

このうち、航続距離については、この数年で伸びてきており、国内移動など日常使いには問題ないレベルに達してきている。[電気自動車データベース](#)によれば、平均で328kmに達し（22年7月8日時点）、MercedesやTeslaなどの高級車では500kmを超える車種もある。日本勢では、日産のAriya 87kWhが445km、Leafが235km、トヨタのbZ4X FWDが380km、PROACE Versoが250kmなどとなっている。

◆問題は充電インフラの拡充だが、現状は厳しい状況

いま電気自動車の普及で最も課題となっているのが、充電インフラの拡充だ。

欧州委員会は、25年までに100万カ所の充電ポイントを達成する目標を掲げるが、公的にアクセス可能な充電ポイントは、20年で25万、21年末で33万余りに留まる。目標とのギャップを埋めるためには、毎年15万カ所（1週間に約3千）の新設が必要となる計算で、かなり野心的な目標だが、これでも十分ではないという指摘もある。また、短時間で充電できる急速型（Fast）の普及も必要だ。

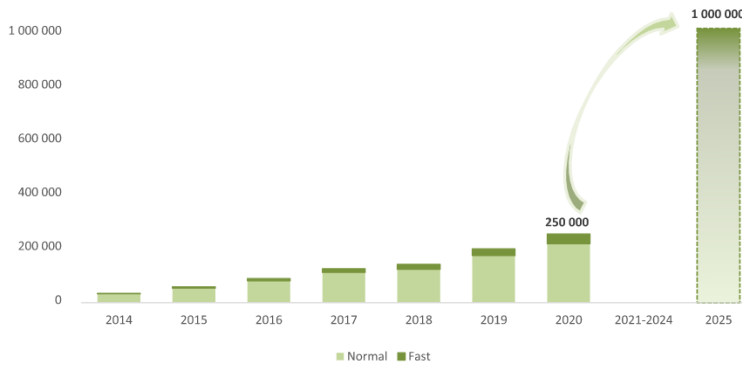


図2 充電ポイント（EU-27と英国）とグリーンディール目標

出典：[European Court of Auditors特別報告書05/2021](#)

Special Report 05/2021: Infrastructure for charging electric cars is too sparse in the EU

◆長距離移動のため、充電インフラの地域による偏り是正が必須

充電インフラでは、数だけではなく、地域の偏りの是正という課題がある。現在ある充電ポイントの約7割は、オランダ、ドイツ、フランスに[集中](#)している。さらに、業界団体ChargeUp EUROPEの報告書「[State of the Industry](#) (Insights into the Electric Vehicle Charging Infrastructure Ecosystem)」によると、

なかでもオランダは住民10万人当たりの充電設備の数も699と突出して多く、充実している。この数は、2位のルクセンブルクの399、3位のスウェーデンの202、そしてドイツの78、フランスの44と比べると圧倒的で、電気自動車の普及の妨げとなる問題は他国よりは少ないだろう。一方で、ブルガリアとギリシャは4となっており、バカンスの旅行先として人気のイタリアは49、スペインも12に留まり、電気自動車での長距離移動時の不安は払しょくできない。平均すると住民10万人当たりの充電ポイントの数は73カ所となっているが、電気自動車の普及のためには、人口比も見る必要があり、さらにバカンス先での需要も勘案する必要があるだろう。実際、普段はほとんど使われていない充電ポイントが、バカンスシーズンになると外国からの来訪者の車で利用度が上がるケースもあるという。

さらなる課題は、同じ国内でも都市部に集中し、農村部には少ない傾向があるということだ。たとえば、スロバキアの充電ポイントの3分の1は、首都のブラチスラバに集中しているという。[主要道路100kmごとの数](#)では、1に満たない国が10カ国もある。理想的には、60kmごとに必要とされている。こうした地域格差がある限り、EU27カ国全体で総数は足りたとしても、長距離の移動には支障が出る可能性がある。

国境を越えての移動では、利便性という点でも改善が望まれる。黎明期という事情もあるだろうが、充電設備運営会社が乱立し、運営会社で支払い方法などが異なるという課題もある。これについては、たとえば[Chargemap](#)のユーザーは、運営会社を越えて、約23万カ所の充電ポイントへのアクセスが可能になるなど、改善が進みつつある。

◆伏兵、電気供給に必要な銅線盗難が普及の妨げに

こうした課題のほか、充電ポイントの増加とともに顕在化してきた問題が、充電ケーブルが切断され、中の銅線が転売目的で盗まれるという被害だ。

たとえば、オランダのアムステルダムで数十件の盗難が発生したという。5月には北ドイツで建設中の充電設備で、ケーブル150mが盗難の被害にあったと[報じられた](#)。有人のガソリンスタンドとは異なり、無人であることが多く、被害を防ぎにくい。運転手がようやく充電ポイントにたどり着いても、ケーブル切断で充電ができないという事態を防ぐために、警備の強化も求められる。【赤山英子】

米国で広がる「修理する権利」

◆ ニューヨーク州で電子機器の「修理する権利」法案が可決

2022年6月、米国ニューヨーク州議会で「修理する権利 (Right to repair)」が可決され、電子機器メーカーに、23年半ばから修理に必要なパーツやツール、修理マニュアルを提供することが義務づけられることとなった。幅広い電子機器を対象にした法案が可決されたのは、ニューヨーク州が全米初となる。

「修理する権利」とは、消費者が購入した電子機器や家電製品、自動車などさまざまな製品が故障した際に、メーカーを通さずに自分で修理する権利のことで、現在はメーカーが修理に必要な情報やツールなどを独占し、消費者にはメーカーに依頼する以外に選択肢がほぼなかった。

現在、米国の25以上の州で「修理する権利」に関する法案が審議されている。カリフォルニア州では、22年5月、企業の強固な反発を受け、否決された。電子機器の場合、企業側が最も懸念するのは、ユーザーのセルフ修理によるリスクの増加だ。素人が修理に取り組めば、製品の損傷、さらには思わぬ事故が発生する可能性もあるからだ。こうした企業の強い反発もあるだけに、米国の消費者団体は、今回のニューヨーク州での法案可決を大きな前進と見ている。

◆ 「修理する権利」の旗手は、19年間にわたって世界各地でキャンペーン

すでにEUでは、21年3月、循環型経済行動計画の一環として、「修理する権利」の規則を採択した。EU圏内では、従来よりも手軽にセルフ修理が可能なスマートフォンや各種電化製品も販売されている。また米国でも、米連邦取引委員会 (FTC) が「修理する権利」を支持する報告書を提出、21年7月にはバイデン大統領もそれを支持する大統領令に署名した。

「修理する権利」の法制化に向けて、消費者や政治家、NGOなどに働きかけてきたのが、現在、米国で各種電子機器の修理情報の提供や、修理用パーツの販売で急成長しているiFixit (アイフィックスイット) のCEO、カイル・ウィーンズ氏だ。同氏は大学在学中の2003年、壊れたiBookを自分で修理しようとしたところ、説明書には修理方法が記載されていなかった。iBookの所有者である自分が

修理できないのはおかしい、という疑問を抱き、在学中にiFixitの前身となる企業を創業、19年間にわたって世界各地でキャンペーンを展開してきた。

◆法制化への動きに、電子機器メーカーも協調姿勢の方向に転換

政府の法制化への推進が追い風となり、企業の対応にも変化が生まれてきた。

21年10月、米Microsoftは、Surfaceなど自社製品をユーザーが修理する権利への対応を決定した。交換部品を販売し、メーカーの修理以外の選択肢を認めた。また認定修理ショップにしか公開してこなかった修理マニュアルを適宜公開すると発表している。

ユーザー修理に対して反対の意を示していた米Appleも、21年11月に「セルフサービスリペア」を発表し、「修理する権利」を求める声に応えている。22年4月から利用可能となり、米国では純正部品を購入すれば、壊れたiPhoneの修理をユーザー自身で行えるようになった。

Googleや韓国Samsungも「修理する権利」を一部認める方向に動いている。Googleは、22年後半からiFixitと提携し、米国、英国、EUなどにおいてPixelの修理部品や修理ツールを同梱した修理キットを販売する予定だ。同じくSamsungもiFixitと提携し、修理パーツや修理ガイドの提供を発表している。

但し、日本国内での実現はすぐには難しそうだ。国内で電波を発する機器を利用するには技術基準適合証明を受ける必要があり、個人で改造した場合には改造扱いとなり、そのまま使用すると違法となる可能性が高い。

◆急速に増える世界の電子ごみ

国連の「Global E-waste Monitor 2020」によると、世界の電子ごみ（e-waste、バッテリーまたはプラグを搭載した廃棄物）の発生量が、19年に5,360万トンと過去最多となり、わずか5年で21%増加した。さらに電子ごみは30年までに7,400万トンへと増加すると予測されている。

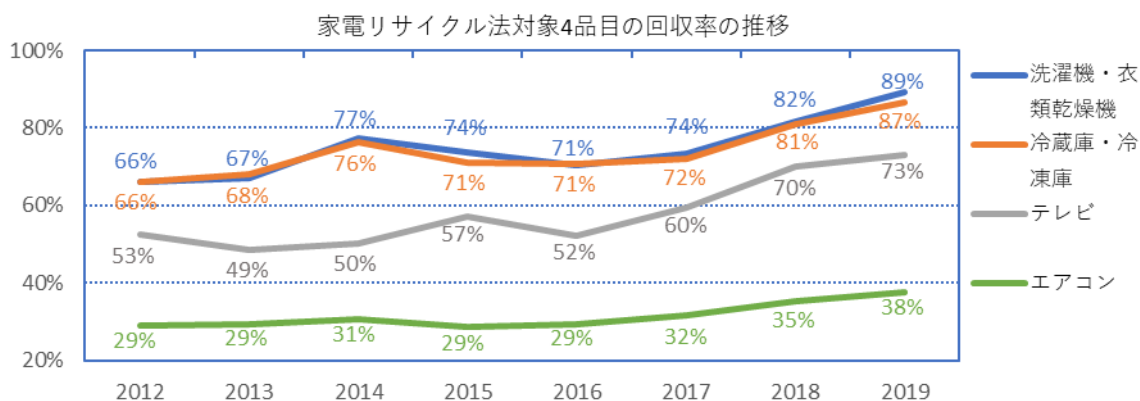
「修理する権利」は、自分で修理できない消費者にもメリットがある。その製品を製造したメーカーに持ち込まなくても、料金のより安い修理業者に持ち込んだりできるようになり選択肢が広がる。「修理する権利」は世界の流れになろうとしており、日本のメーカーも対応に備える必要がありそうだ。【秋元真理子】

エアコンの回収率向上という課題

◆ 審議会が環境大臣にエアコン回収率向上に重点的に取り組むことを具申

2022年6月、環境省の中央環境審議会は家電リサイクル制度の施行状況の評価・検討について環境大臣に[意見を具申](#)した。この具申の中で重点的に取り組むことの一つとしてエアコンの回収率向上をあげている。

エアコンは家電リサイクル制度の対象4品目の1つだが、他の3品目より回収率¹が低い。例えば、19年の回収率は洗濯機・衣類乾燥機89%、冷蔵庫・冷凍庫87%、テレビ73%に対して、エアコンは38%に止まっている。



出所：環境省中央環境審議会資料を基に作成。

◆ エアコン回収率の低さに3つの理由

経済産業省と環境省は家電リサイクル制度について合同会合を定期的に行っており、現状や課題について議論している。21年4月に開催された第38回合同会合では、エアコンの回収率が低い理由に①資源価値の高さ、②排出時の構造の違い、③新規購入の多さを指摘する[資料](#)が提出された（次頁の表参照）。

①と②は家電リサイクル制度の適正なルートを通さず、不法なスクラップ処理が行われることを指摘している。その主な理由として、①はエアコンの資源価値が他の3品目より高いことを、②は建物の解体や引っ越しなどの際に持ち主が廃棄を業者に委託することをあげている。③は回収率計算方法の不具合を指摘している。適正なルートで処理された台数を排出台数で割った排出台数ベースで推計

¹ 製造業者や廃棄物処理業者、自治体などにより回収・リサイクルされた台数を出荷台数で割って算定。

すると、18年のエアコンの回収率は53%になるとしている。ただし、排出台数ベースの回収率はテレビ62%、冷蔵庫94%、洗濯機98%となり、冷蔵庫、洗濯機との差が大きいことに違いはない。

エアコンの回収率が低い理由

理由	内容
①資源価値の高さ	他の3品目と比べ、比較的資源価値が高く、一旦取り外せば不用品回収業者に売却可能。売却後は家電リサイクルルートに乗らず、不法なスクラップ処理が行われる可能性が高い。
②排出時の構造の違い	排出には取り外し工事が必要。直接の消費者でも小売業者でもない者を介して排出されるケースや、事業用などで使用者＝排出者でないケースも存在。 具体的例： ◆他の3品目と異なり、小売店ではなく工務店が消費者のインターフェースとなることが多く、排出だけの場合、小売店の監督が効かない（取外しのみを行う工務店には家電法に基づく引取・引渡義務がなく、消費者から引き取ったエアコンを家電リサイクルルート外に売却する可能性がある）。 ◆本来、建物解体時は発注者が解体前に取り外して適正に処理する必要があるが、それを怠る場合、他の解体廃材とともに産廃としてまとめて処理されるか、スクラップとしてヤード業者等に渡される可能性が高い。 ◆引越しに伴い排出される場合も、引越業者の委託を受けた工務店が対応することにより、上記と同様の問題が発生する可能性あり。
③新規購入の多さ	他の3品目と異なり、エアコン普及率が引き続き増大。新規購入・買い増しが多いため、出荷台数を分母にとる現行の回収率では回収率が低く現れる。

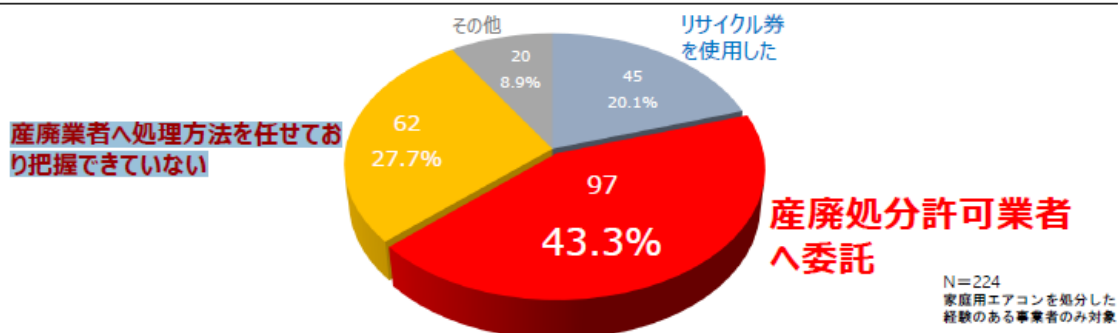
出所：中央環境審議会循環型社会部会 家電リサイクル制度評価検討小委員会、産業構造審議会産業技術環境分科会廃棄物・リサイクル小委員会 電気・電子機器リサイクルWG 合同会合（第38回）資料（令和3年4月19日）を基に作成。

◆事業者経由で廃棄されるエアコンへの取り組み始まる

家電リサイクル制度に対する経済産業省と環境省の21年第42回合同会合では、排出事業者に注目した調査の結果を報告している。この調査によると事業者が保有する家庭用エアコン²の廃棄は「産廃処分許可業者へ委託」が43%と高く、「産廃業者へ処理方法を任せており把握できていない」も28%ある。「リサイクル券を使用した」は20%と5分の1にとどまり、事業者保有のエアコンの廃棄は家電リサイクル制度の枠外で行われている。そして、事業者も家電リサイクル券を利用してエアコンを排出できることを知らない、つまり家電リサイクル制度を利用できることを知らないことが回収率の低い理由としている。そのため、対策として、量的効果の大きい賃貸管理業者、行動変容の可能性が高い教育委員会・学校への啓蒙活動を行うことを所轄官庁である国土交通省や文部科学省と取り組み始めたと報告している。

² 借家住宅、ホテル・旅館、カラオケ、学校などに設置したエアコン。

事業者における家庭用エアコンの廃棄方法に関するアンケート結果



出所：産業構造審議会産業技術環境分科会廃棄物・リサイクル小委員会電気・電子機器リサイクルワーキンググループ中央環境審議会循環社会部会家電リサイクル制度評価検討小委員会合同会合（第42回）「使用済エアコンの回収率向上に向けた普及啓発及び実態調査に関する取組」

◆重要なエアコンの適切な廃棄、広く国民の意見を求めるのも一つの方法

22年6月の環境省中央環境審議会の環境大臣への意見具申ではエアコンの回収率向上の対策を提案している。対策は大きく分けて、①ホテルや賃貸住宅等を含む排出事業者や消費者への制度の啓蒙啓発、②違法回収業者やヤード業者などの実態把握を踏まえた効果的な対策の検討・実施の2つとなっている。

①は先述したように関連省庁と連携した取り組みを始めている。複数の省庁が協力して取り組む範囲を広げていけば成果が今後出てくる可能性は高いだろう。

問題は②の違法回収業者やヤード業者への対策である。意見具申では「市町村による規制や指導等を強化しても、違法業者は拠点を移しながら広域的に活動する現状が指摘されており、根本的な解決につながっていない」として、「国は、実態把握及びそれを踏まえた効果的な対策を検討・実施すべきである」と提案している。この提案は、エアコンの排出者や回収業者への制度の啓蒙活動や違反した場合の罰則を含む規制強化を想定しているとみられている。しかし、エアコンの資源価値が高く、スクラップとして扱い、有価な資源を回収・販売して利益が得られるのなら、利益の大きさ次第で問題の解決は難しくなるだろう。

エアコンは温暖化係数の高いフロン類を使用しており、温暖化対策の観点からも廃棄は適切に行う必要がある。エアコンの資源価値の高さによっては、新しい回収・リサイクル制度を作ったほうが現実的で有用な制度に近づくかもしれない。今後対策として行われる実態把握を踏まえた調査と、その結果に基づく効果的な対策の検討はそうした視点も入れて行うことが必要だろう。 【藤井和則】

食とくらしの「グリーンライフポイント」始動

◆環境に配慮した行動の浸透を目指す「グリーンライフポイント」

2022年6月、環境省は食とくらしの「[グリーンライフポイント](#)」事業の一次公募で企業や自治体、NPO法人など[26団体](#)を採択した。「グリーンライフポイント」事業とは、環境に配慮した消費者の買い物や行動に対して、事業者がポイントを付与する取り組みである。ポイントの対象や付与率は商品やサービスを提供する個々の事業者が決定する。ポイントによる割引分は事業者が負担し、システムの開発・改修費や運営費などを国が補助する。ポイントは、買物や商品の交換などに利用でき、ポイントの付与を通じて消費者の環境配慮型商品・サービスの利用を推進し、脱炭素・循環型ライフスタイルへの転換を促すことが目的である。

温室効果ガス（GHG）の排出量の約6割（消費ベース）が衣食住や移動などの家計関連が占めている。30年までに、GHG排出量の46%削減（13年度比）や食品ロスの半減（00年度比）、ワンウェイプラスチックの25%排出抑制などが求められていることが背景にある。

◆生活様式や行動の変容につながりやすい日常生活での取り組みを推進

「グリーンライフポイント」は、衣食住などの分野で生活様式や行動の変容につながる取り組みを対象とする。

「食」では、食品ロスの削減につながる販売期限間際の商品の購入やGHG排出量を削減する地産地消、旬産旬消などがある。

「住」は、高性能省エネ機器への買い換えや再エネ電気への切り替え、「衣」では、古着の活用、店頭回収による再資源化など

がある。「移動」は、環境負荷を考えた移動を促すために自転車や公共交通機関、カーシェアの利用などを想定している。「循環」の切り口では、使い捨てプラスチック製カトラリーの受け取り辞退、リユース品の購入などがある。

【食とくらしの「グリーンライフポイント」】
対象となる“グリーンライフ”のイメージ



(資料:環境省)

◆全国事業は既存制度を活用して環境配慮型の商品・サービスをアピール

採択された事業を行う26団体は、スーパーマーケット、ネット通販、電力、通信の大手企業から新興のベンチャー企業、自治体、NPO法人など、多彩な顔ぶれである。ポイントの発行は、全国規模の事業（9件）と地域規模の事業（17件）がある。また、新規にポイント制度を立ち上げる場合や、既存の制度を活用した取り組みがある。

例えば、全国事業を行う楽天グループは、配送資材の省資源化商品、省エネ家電の購入、再エネ電力導入施設への宿泊、リユース衣類の購入などにポイントを発行する。イオンモールは、家庭で発電した余剰再エネをEVでイオンモールに放電するとポイントが付与される。NTTドコモは、dポイントなどと連携する全国のスーパーやコンビニの店舗で消費期限の迫った青果物、総菜などの購入にポイントを付与する。東京電力エナジーパートナーは、PPA（電力販売契約）方式での太陽光発電設備の設置、太陽光発電自家消費型エコキュートの導入や蓄電池ユーザーによる節電協力を対象とする。いずれも自社の既存ポイント制度を活用して、新たな環境配慮型の商品・サービスの認知や利用の拡充を目指している。

◆地域事業は「食」、「移動」、生活全般の行動変容を促す取り組み

地域規模の事業は、自治体、NPO法人などによる「食」や「移動」、生活全般の行動変容を促す取り組みが多い。例えば、富山県は、地産地消の農林水産物に、エコープ近畿は、地元地域の農家持ち込みの農産物の購入にポイント付与する。長野県塩尻市では、MaaS事業として展開するオンデマンドバスなどの公共交通機関の利用にポイントを発行する。堺市は、専用アプリを導入して市内店舗でのプラスチック製のカトラリーの受け取り辞退、リサイクルショップへの衣類の持ち込み、カーシェアの利用など生活全般の行動変容を促す。静岡県や秋田県ではNPO法人などが地域のポイント制度を活用して同様な取り組みを計画している。

同事業は、21年度補正予算に101億円を計上している。予算枠に達するまで公募を受け付けており、7月中に二次募集の採択結果を発表する。採択要件として、取り組み内容の新規性のほか、事業が完了する23年2月以降も3年間継続してポイントを付与することが求められる。全国と地域で展開する新たなポイント制度が脱炭素・循環型ライフスタイルの転換を加速するか注目される。 【新井佳美】

日本の経済成長に資するカーボン・クレジット

◆日本国内におけるカーボン・クレジットの質・種類と活用方法を整理

2022年6月、経済産業省「カーボンニュートラルの実現に向けたカーボン・クレジットの適切な活用のための環境整備に関する検討会」より、日本のGHG排出量削減と経済成長にプラスとなる[カーボン・クレジット](#)活用について、今後の政策の方向性をまとめたレポートが公表された。活用の課題を需要、供給、流通の側面で分けて検討し、需要サイドについて、どのような性質・種類のクレジットが、どのような制度、場面で活用されるべきかについて、整理したものである。

まず、クレジットの性質・種類を以下の4つに整理している。

(1) 日本のNDC（パリ協定のGHG排出削減目標）達成に貢献するクレジット

例) [J-クレジット](#)、[JCM](#)など、技術・モニタリング手法が確立しているプロジェクトによるもの

(2) 現状では技術やモニタリング手法が未確立で、J-クレジットとして認定できず、日本のNDC達成に活用できないが、国内の炭素吸収・除去プロジェクトにより創出されるクレジット（将来の（1）のクレジット候補）

例) ・DAC技術（大気中のCO₂を直接回収する技術）由来

・ブルーカーボン（藻など海洋生態系にCO₂を隔離・貯蔵）由来

(3) 日本の経済成長と脱炭素の好循環に寄与するプロジェクト由来の国内外のボランタリークレジット

例) ・日本企業の技術活用、または日本企業の出資プロジェクト由来

・新技術の社会実装を早期化するなど、先行投資型プロジェクト由来

・日本企業がクレジットの長期購入契約をするプロジェクト由来

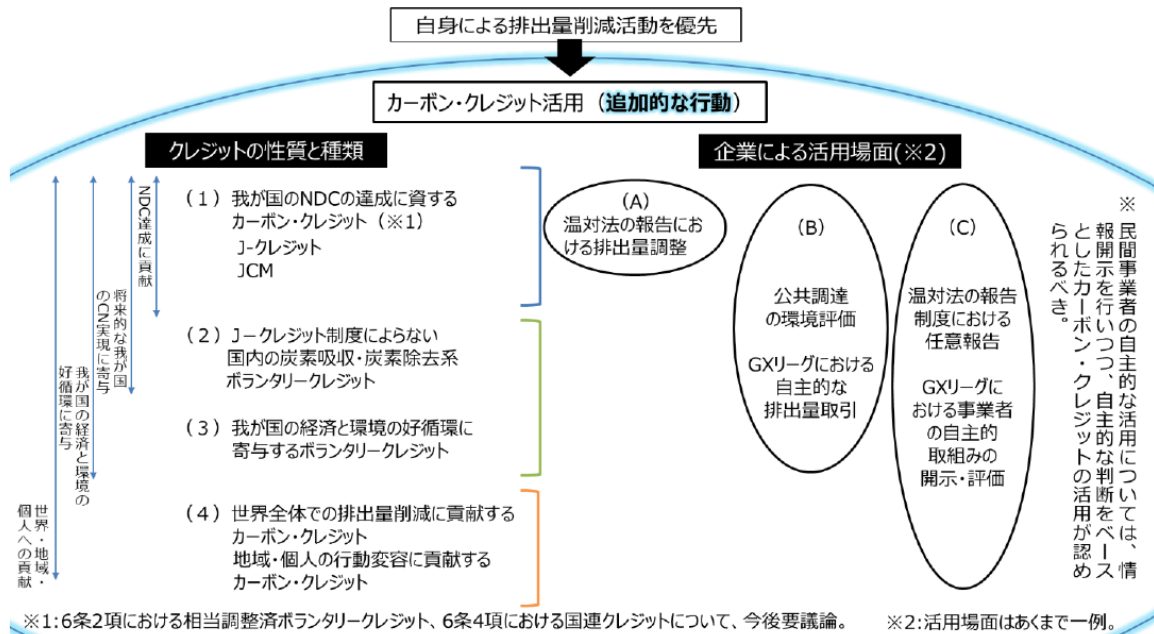
・日本での活用を想定した水素製造など、日本のエネルギーバランスの高度化に貢献するプロジェクト由来

(4) 上述（1）～（3）に該当しないが、世界全体の排出量削減に貢献、または地域・個人の行動変容に貢献するクレジット

クレジットの活用場面については、温対法の報告制度など企業の排出量の正確な把握を必要とするものには（1）の活用、[GXリーグ](#)の参加企業の自主的な排出

量取引や公共・民間調達における評価では、(1)のみでなく、将来の成長に向けた投資も評価されるべく(2)、(3)の活用も想定している。(4)は企業の自主的な取り組みをアピールする場合などの活用に留まる。

国内制度におけるカーボン・クレジット活用のイメージ



出所：経産省 カーボンニュートラルの実現に向けたカーボンクレジットの適切な活用のための環境整備に関する検討会「カーボン・クレジット・レポート」2022年6月

供給面については、今後のクレジット創出の鍵となる炭素吸収・除去技術がまだ確立していないため、(1)～(4)のクレジット創出促進を課題として挙げるに留まり、今回のレポートでは具体的な整理には至っていない。流通については、カーボン・クレジット市場の創設と、クレジット売買に関する法的・会計・税務的取り扱いの明確化などを課題として挙げている。

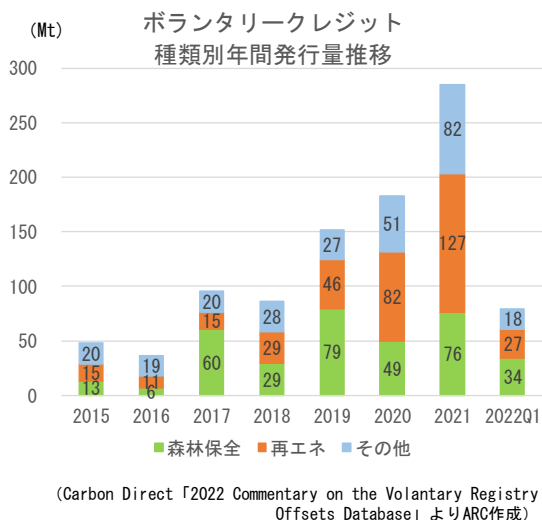
◆炭素排出回避・削減系から炭素吸収・除去系カーボン・クレジットへの動き

ボランタリークレジット市場は近年急拡大しており、主要なボランタリークレジット認証機関による発行量は、21年は前年の1.5倍強になっている。種類別には、再エネや森林保全など炭素排出回避・削減プロジェクト由来によるものが主流である。しかし、再エネや省エネ技術の普及に伴い、世界最大のボランタリークレジットの認証機関VCSが20年以降、これらの技術による排出量削減プロジェクト由来のクレジットを原則登録対象外とするなど、炭素排出回避・削減系か

ら、炭素吸収・除去系にシフトさせる動きが出ている。

TSVCM(自主的炭素市場の拡大に関するタスクフォース)の21年の報告書によると、2030年に最大で毎年8~12ギガトンのクレジットが創出され、そのうち炭素排出回避・削減系が約4ギガトンであるのに対し、炭素吸収・除去系が3.9~6.4ギガトンとなっている。炭素吸収・除去系が増

加すると予測されているが、植林など自然由来のクレジット創出は2.9ギガトンと供給に限界がある。DACCS(直接的に大気からCO₂を回収して貯蔵)やBECCS(CO₂排出量ネットゼロであるバイオ燃料を利用して排出したCO₂を貯蔵)など、技術ベースのプロジェクト由来のクレジットの早期創出が期待される。



カーボン・クレジットを創出するプロジェクトの分類とプロジェクト例

	炭素排出回避・削減系	炭素吸収・除去系
自然ベース	<ul style="list-style-type: none"> REDD+ (森林減少、劣化による排出抑制・森林保全) その他自然保護 	<ul style="list-style-type: none"> 植林 土壌の炭素貯留を増加させる耕作地管理 泥炭地修復 沿岸域海洋藻場修復
技術ベース	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギー 設備効率改善 燃料転換 輸送効率改善 CCS (排出したCO₂の回収・貯留) 	<ul style="list-style-type: none"> DACCS BECCS Enhanced weathering (玄武岩などの岩石を人工的に風化促進させる過程でCO₂を吸収・貯留)

(経産省「カーボンニュートラルの実現に向けたカーボンクレジットの適切な活用のための環境整備に関する検討会「カーボン・クレジット・レポート」2022年6月より ARC作成)

◆GXリーグで中長期的に需要が高まる炭素吸収・除去系クレジット創出に挑戦

GXリーグはカーボンニュートラル実現に先駆的に取り組む企業が、自主的な排出権やクレジット取引を実験的に行う場であるため、日本政府は今後需要増が見込まれる炭素吸収・除去系技術由来のプロジェクトのクレジット創出にも、GXリーグを活用する考えである。将来の脱炭素化に貢献する技術への投資的意味合いが強いクレジットの活用を活発化させ、日本企業のクレジット購入資金を、日本経済の成長や環境のために循環させる狙いである。 【石井由紀】

岸田政権の「新しい資本主義」と賃上げ議論

◆骨太の方針で「人への投資と分配」が標榜される

2022年6月7日、「経済財政運営と改革の基本方針2022」（骨太の方針）が閣議決定された。骨太の方針は、政権の重要課題や経済財政政策の方針を示すもので、翌年度の予算策定や税制改正などの指針となる。22年度の骨太の方針は、岸田政権が掲げる、成長と分配の好循環を目指す「新しい資本主義」を大きく取り上げている点が特徴となっており、そのための改革として、第一に「人への投資と分配」が挙げられている。

分配を促進する手段として、岸田首相は折に触れて企業に賃金の引上げを求めている。例えば、21年12月の経団連との会合においては、「賃上げを通じた分配はコストではなく未来への投資」として賃上げを求めるとともに、賃上げに積極的な企業の法人税を軽減する賃上げ促進税制を22年4月に拡充している。

◆賃上げは労働生産性向上がカギ

労働政策研究・研修機構の調査によると、20年の日本の労働分配率は50.8%と主要先進国に比べて低く、賃上げの余地はあるようにみえる。しかし、労働分配率が高い国は労働生産性も高い傾向があり、労働生産性の向上が賃上げの重要なカギとなる。

主要国の労働分配率と労働生産性

	ドイツ	英国	米国	フランス	日本	韓国
労働分配率 (%)	53.4	53.0	52.7	51.1	50.8	47.1
労働生産性 (USドル)	76.0	69.3	80.5	79.2	49.5	43.8

(出所) 労働分配率：労働政策研究・研修機構「データブック国際労働比較2022」

労働生産性：日本生産性本部「労働生産性の国際比較2021」（時間あたりの労働生産性）

※労働分配率は2020年のデータ（米国のみ2019年）、労働生産性は2020年のデータ

労働生産性を向上させるために企業としてできることは、DXによる業務革新、社員のスキル向上や働き方の改革などが考えられる。また日本全体では、低付加価値の産業から高付加価値の産業への円滑な労働移動も必要になる。日本の持続的経済成長のためには、単なる賃上げの議論に終始することなく、労働生産性の向上を含めた大きな視野で対策を講じる必要がある。

【今村弘史】

注目される「人的資本経営」と情報開示

◆「人材版伊藤レポート2.0」公表、人的資本経営の3つの視点と5つの共通要素

2022年5月13日、経済産業省は「[人的資本経営の実現に向けた検討会 報告書～人材版伊藤レポート2.0～](#)」を発表した。検討会座長である伊藤邦雄一橋大学CF0教育研究センター長の名を冠したものだ。

14年に経産省が公表した最初の「[伊藤レポート](#)」は、持続的成長のための企業と投資家の関係構築、資本効率経営などを提唱し、企業経営と資本市場に影響を与えた。20年には人的資本に着目し、持続的企業価値向上のための人材戦略を論じた「[人材版伊藤レポート](#)」が発表されており、今回の「2.0」はその実践編だ。

「人材版伊藤レポート」では、企業の人材戦略について、①経営戦略との連動、②目指すべき経営戦略（To be）と現時点の人材戦略（As is）のギャップの定量把握、③企業文化への定着、の3つの視点が必要であると、人材戦略で必要な共通要素として、「動的な人材ポートフォリオ構築」などの5点を挙げている。

「2.0」では、3つの視点や5つの共通要素について「実践」のアイデアを示し、人的資本経営に関する調査結果と、旭化成など19社の実践事例集を付している。

「人材版伊藤レポート2.0」の全体像

「人材版伊藤レポート2.0」の全体像	
視点1 経営戦略と人材戦略を連動させるための取り組み <ul style="list-style-type: none"> CHRO（Chief Human Resource Officer）の設置 全社的経営課題の抽出 KPIの設定、背景・理由の説明 人事と事業の両部門の役割分担検証、人事部門のケイパビリティ向上 サクセッションプランの具体的なプログラム化 <ul style="list-style-type: none"> -20・30代からの経営人材選抜、グローバル水準のリーダーシップ開発 -候補者リストには経営者の経験を持つ者を含める 指名委員会委員長への社外取締役の登用 役員報酬への人材に関するKPIの反映 	共通要素1 動的な人材ポートフォリオ計画の策定と運用 <ul style="list-style-type: none"> 将来の事業構想を踏まえた中期的な人材ポートフォリオのギャップ分析 ギャップを踏まえた、平時からの人材の再配置、外部からの獲得 学生の採用・選考戦略の開示 博士人材等の専門人材の積極的な採用
視点2 「As is - To be ギャップ」の定量把握のための取り組み <ul style="list-style-type: none"> 人事情報基盤の整備 動的な人材ポートフォリオ計画を踏まえた目標や達成までの期間の設定 定量把握する項目の一覧化 	共通要素2 知・経験のダイバーシティ&インクルージョンのための取り組み <ul style="list-style-type: none"> キャリア採用や外国人の比率・定着・能力発揮のモニタリング 課長やマネージャーによるマネジメント方針の共有
視点3 企業文化への定着のための取り組み <ul style="list-style-type: none"> 企業理念、企業の存在意義、企業文化の定義 社員の具体的な行動や姿勢への紐付け CEO・CHROと社員の対話の場の設定 	共通要素3 リスキル・学び直しのための取り組み <ul style="list-style-type: none"> 組織として不足しているスキル・専門性の特定 社内外からのキーパーソンの登用、当該キーパーソンによる社内でのスキル伝播 リスキルと処遇や報酬の連動 社外での学習機会の戦略的提供（サバティカル休暇、留学等） 社内起業・出向起業等の支援
<small>出所：内閣官房 非財務情報可視化研究会資料（2022.6.20）を基に作成 （元資料：経済産業省「人的資本経営の実現に向けた検討会報告書～人材版伊藤レポート2.0～」）</small>	共通要素4 社員エンゲージメントを高めるための取り組み <ul style="list-style-type: none"> 社員のエンゲージメントレベルの把握 エンゲージメントレベルに応じたストレッチアサインメント 社内のできるだけ広いポジションの公募制化 副業・兼業等の多様な働き方の推進 健康経営への投資とWell-beingの視点の取り込み
	共通要素5 時間や場所にとらわれない働き方を進めるための取り組み <ul style="list-style-type: none"> リモートワークを円滑化するための、業務のデジタル化の推進 リアルワークの意義の再定義と、リモートワークとの組み合わせ

◆骨太の方針で「人への投資」を重点分野に掲げる岸田内閣

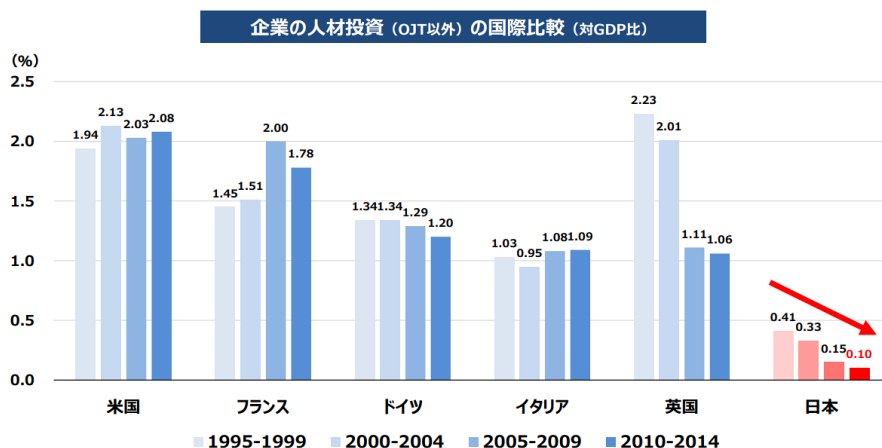
22年6月7日に閣議決定された「[経済財政運営と改革の基本方針2022](#)」（[骨太の方針](#)）で、岸田内閣は重点投資分野の第一に「人への投資と分配」を掲げ、3年

間で4,000億円規模の施策パッケージを講ずるとした。

人への投資は、財務諸表の数字上は単年度の「コスト」（人件費）としてしか表れないが、企業の持続的な価値創造につながる「資産」であるというのが人的資本の考え方だ。しかし、日本の人的投資が少ないという問題意識が背景にある。

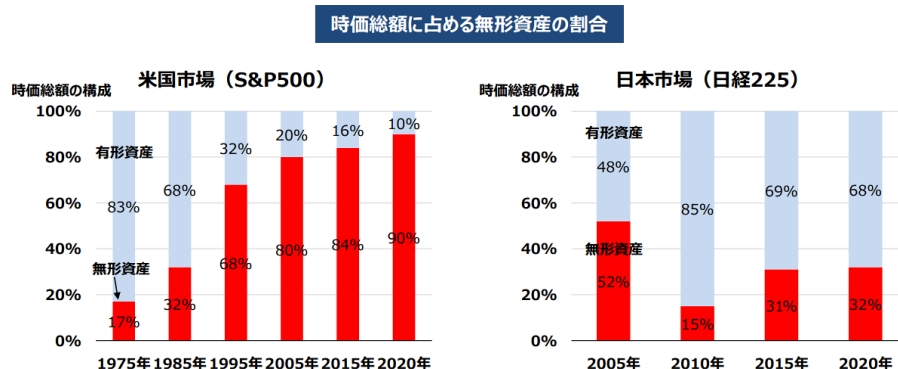
内閣官房の資料に

よれば、2010～14年の欧米企業の人的投資額（Off-JTの研修費用）がGDPの1～2%なのに対し、日本は0.1%で、しかも減少傾向にある。



(注) 内閣府「国民経済計算」、JIPデータベース、INTAN-Invest database を利用し、学習院大学経済学部宮川努教授が推計
(出所) 厚生労働省「平成30年版 労働経済の分析-働き方の多様化に応じた人材育成の在り方について」を基に作成。

また、米国の株価指数S&P500の時価総額に対する純有形資産の比率は10%で、人的資本を含む無形資産の価値が9割を占めるのに対し、日経225銘柄では無形



(注) 時価総額(market cap)から純有形資産(net tangible asset value)を引いたものを純無形資産 (net intangible asset value) とする。その純無形資産を時価総額で割ることによってそのインデックスに占める無形資産を割り出している。

(出所) OCEAN TOMO「INTANGIBLE ASSET MARKET VALUE STUDY」(2020年)を基に作成。

内閣官房「非財務情報可視化研究会」資料(2022年2月)より

資産は3割強にすぎない。人材など無形資産への投資規模やその情報開示の差が、株価評価の違いに反映されていると考えられる。日本企業の国際的な評価を高める上では、企業価値創出につながる「人的資本」への投資を促す必要がある。

◆人的資本情報開示の指針の策定が進む、欧米も開示強化の流れ

岸田内閣は、企業の人的資本などの非財務情報に関する開示も推進している。内閣官房の「非財務情報可視化研究会」が、22年6月20日に「人的資本可視化指針(案)」を発表した。人的資本可視化の背景、方法(既存フレームワークの活用、開示事項の種類など)、可視化に向けたステップなどが盛り込まれており、「人材版伊藤レポート」との相互参照による活用を想定している。

この研究会とも関連した動きとして、22年6月13日、金融庁が「[金融審議会 ディスクロージャーワーキング・グループ報告](#)」を公表した。人的資本に関しては、金融商品取引法で上場企業などが作成を義務付けられている有価証券報告書にサステナビリティ情報の記載欄を新設し、「人材育成方針」「社内環境整備方針」、及びこの方針に整合的で測定可能な指標などを開示項目とする案が示されている。また、既存の「従業員の状況」欄に、多様性の観点で「男女間賃金格差」「女性管理職比率」「男性育児休業取得率」を開示項目として追加する方針だ。

国際的には、国際標準化機構（ISO）のガイドライン「IS030414」（19年）など、人的資本情報開示の指針・指標がいくつか開発されている。制度面でも、20年11月に米国証券取引委員会（SEC）が上場企業に年次報告書での人的資本に関する開示を義務付けるなど、義務化や基準制定の動きが欧米で先行している。

◆日本企業の人的資本情報開示の取り組み

日本ではこれまで人的資本に関する体系的な開示義務はなかったが、有価証券報告書での任意記載のほか、統合報告書やサステナビリティ報告書で任意的な開示が行われており、独自に工夫して開示を充実させている企業も多い。

「人材版伊藤レポート2.0」の事例集でも紹介されている丸井グループやオムロンは、金融庁が[サステナビリティ情報開示好事例](#)に挙げている。人材戦略の考え方や取り組みについて、人的資本投資額など定量的情報を含めて開示している。

味の素は、グループバリューと関連づけ、「人財投資」を通じたエンゲージメント、多様性、働き方の3つの柱の取り組みを推進している。重点KPI（主要業績指標）として従業員エンゲージメントスコアなどを開示している。

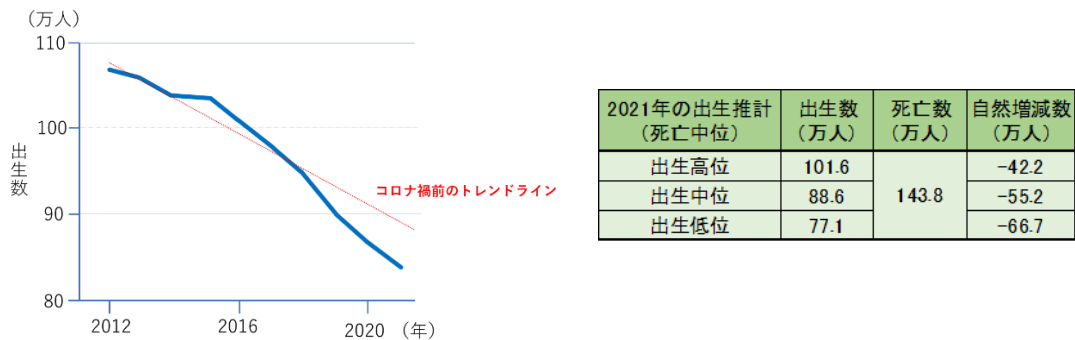
エーザイは、人的資本などのESG要素が企業価値に与える影響を、統計学的手法（重回帰分析）により解析・可視化するユニークな試みを行い、たとえば「人件費投入を1割増やすと5年後のPBR（株価純資産倍率）が13.8%向上する」など、企業価値向上に貢献する重要な要素をKPIとして統合報告書で公表した。

将来の成長可能性を含む企業の価値は、人的資本や技術ノウハウ、ビジネスモデルなど、財務情報に表れない無形資産による部分も大きく、経営戦略と連動した人材戦略が重要であることは論を俟たない。情報開示強化の流れを、自社の戦略をブラッシュアップし、企業価値評価を高める好機と捉えたい。【本間克治】

人口減少加速と出会いのオンライン化

◆21年の日本の出生数が過去最低を更新

2022年6月、厚生労働省は、21年に生まれた子供（出生数）が81万1604人と、1899年の統計開始以来の最少になったと発表した。国立社会保障・人口問題研究所が17年に行った中位推計の88.6万人を大きく下回る数字で、少子化が想定以上に加速した形だ（図表）。出生数減少の要因として、出産適齢期の女性人口の減少に加え、1人の女性が生涯に産む子供の数を示す「合計特殊出生率」がコロナ禍前の19年より0.06低下、1.30となった。出生数から死亡数を引くことで算出される「自然増減数」は62万8205人の減少となり、人口減少が加速した。



図表 日本の出生数の推移と推計（厚生労働省発表資料などを元にARC作成）

◆コロナ禍後の出生数減少は東アジアで顕著

出生数の減少は世界的な長期トレンドではあるが、米国や欧州に比べ、日本、韓国、中国における出生数がコロナ禍前より大きく減少した（表）。

表 主要国の出生数の推移

	出生者数(万人)			合計特殊出生率		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021
日本	87	84	81	1.36	1.33	1.30
韓国	30	27	26	0.92	0.84	0.81
中国	1,465	1,200	1,062	1.04	0.85	0.75
米国	375	361	366	1.71	1.64	1.66
フランス	71	70	70	1.83	1.79	1.80
ドイツ	78	77	80	1.54	1.53	未発表
英国	71	68	69	1.63	1.56	1.61

（各国政府発表資料などを元にARC作成）

◆婚姻数の減少加速により、将来の出生数がさらに減少する可能性も

日本や韓国では、婚姻してから出産する割合が高く、婚外子率は日本が2.3%、韓国が1.9%に過ぎない。一方、欧米の婚外子率は40～60%である。つまり、日本や韓国においては、婚姻数が出生数に直結する。日本の婚姻数はコロナ禍前に比べ急減し、21年の婚姻数は50万1,116組であった(図)。

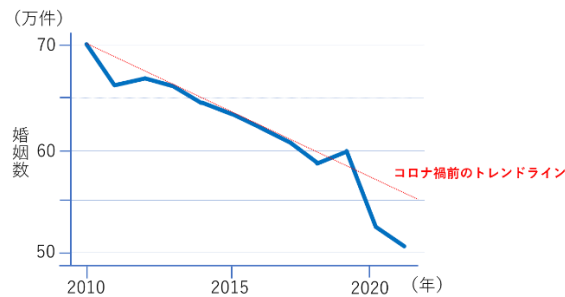


図 日本の婚姻数の推移 (厚生労働省発表資料などを元にARC作成)

◆コロナ禍により出会い機会の減少が深刻

男女の出会いの場もコロナ禍により大きく変化した。「アニヴェルセル総研」が、コロナ禍前の14年に実施したアンケート調査(824人の既婚男女)によると、出会いのきっかけが職場とする割合が24.1%、友人・知人の紹介とする割合が19.6%、学校とする割合が16.1%であった。

コロナ禍により、大学や職場でのオンライン化が進み、居酒屋や遊興施設などが休業し、リアルな環境での出会いが激減した。婚活サイト「Omiai」が21年にサイト会員を対象に実施したアンケート調査(1,364人の男女)によると、69%の男女が「リアルな出会いの場が減少した」と回答している。

消費者庁が21年に実施した調査によると、20年の婚姻者のうち、マッチングアプリなどを利用して結婚した人の割合が、19年の6.3%から20年の11.1%へと上昇した。コロナ禍により男女の出会いのオンライン化が進んだ形だ。一方、米国では、成人の30%(20代では半数以上)がマッチングアプリを利用したことがあり、利用者の39%が結婚または真剣交際に進んでおり、オンライン化の先を行く。

コロナ禍による急激なオンライン化に社会が追い付いていないことが少子化の一因に挙げることができる。マッチングアプリが安心して使えるようするなど、企業も従業員の出会いの場の構築への支援が必要かもしれない。 【毛利光伸】

IPEF（インド太平洋経済枠組み）発足の意味とは

◆米国主導によるインド太平洋地域の経済枠組みが始動

2022年5月23日、米国の主催により、インド太平洋経済枠組み（IPEF）の立上げに関する首脳級会合が開催され、参加13カ国による[共同声明](#)が発表された。これによれば、IPEFは、経済の強靱性、持続可能性、包摂性、経済成長、公平性、競争力を高めることを目的に、下表の4つの柱で成り立っている。大きな特徴は、関税撤廃を協議項目から外してFTA（自由貿易協定）の体裁を取らず、従来のWTO協定やFTAでカバーしきれていない、デジタル貿易や貿易技術政策などに焦点を当てている点であろう。しかも参加国は全ての柱に参加する必要がない。

その後、5月26日にフィジーが14番目の参加国となり、6月11日には初の[非公式会合](#)が開催された。現在は4つの柱の交渉範囲を策定している段階で、夏までには正式交渉が開始される見込みだ。

表1：共同声明によるIPEFの4つの柱（*米国発表Fact Sheetによる例示）

①貿易（* Connected Economy）
<ul style="list-style-type: none"> ・ハイスタダードで包摂的で自由かつ公正な貿易に係るコミットメントの構築の追求 ・貿易技術政策において新しく創造的なアプローチを発展（デジタル経済における協力を含む） * 国境を越えるデータの流れやデータローカライゼーションなどを含む、デジタル経済における高度なルールの追求 * 貿易を通じた強力な労働・環境基準や企業の説明責任規程の追求
②サプライチェーン（* Resilient Economy）
<ul style="list-style-type: none"> ・サプライチェーンの透明性、多様性、安全性、持続可能性向上へのコミット ・事業継続をより確実にするための備え、主要原材料や半導体、重要鉱物、クリーンエネルギー技術へのアクセス確保 * 早期警戒システムの確立、重要鉱物のサプライチェーンのマッピング、主要セクターにおけるトレーサビリティの改善などによる、サプライチェーンの混乱の防止策
③クリーンエネルギー・脱炭素化・インフラ（* Clean Economy）
<ul style="list-style-type: none"> ・パリ協定の目標及び国民と労働者の生活を支援する取り組みに沿ったクリーンエネルギー技術の開発と展開の加速 ・技術協力の深化、譲与的融資を含む資金の動員、インフラの開発支援と技術協力による競争力の向上と連結性の強化 * 再生可能エネルギー、脱炭素、エネルギー効率基準、メタンガス対策などの取り組みを加速する野心的な目標を追求
④税・腐敗防止（* Fair Economy）
<ul style="list-style-type: none"> ・租税回避及び腐敗を抑制するための、効果的で強固な税制、マネーロンダリング防止、贈収賄防止制度の施行 * 税務情報の交換、国連基準に沿った贈収賄防止対策など

出典）米国ホワイトハウス“Fact Sheet, MAY 23, 2022”、外務省「共同声明、5月23日」をもとに筆者作成

◆米国の目的は、インド太平洋地域での中国の台頭を抑えること

米国がIPEFの構想を明らかにしたのは、中国が参加する[RCEP](#)の発効が目前に迫り、中国が[CPTPP](#)へ加盟申請を行なった直後の、21年10月である。トランプ政権時にTPPから離脱して以降、米国はインド太平洋地域への具体的な経済関与策を

示してこなかった。議会が自由貿易交渉に後ろ向きであり、かつ大統領が貿易交渉を進める権限（TPA）が失効していることもあって、CPTPP加盟交渉はもちろん、日米貿易協定の第二弾交渉にも応じていない。一方で中国は、成長著しい当地域への経済関与を強めているため、バイデン政権としては、関税を封印する形での「新たな関与政策」を捻出する必要性に迫られていたといえよう。

結果としてIPEFは、RCEP交渉から離脱したインドを含む14の参加国を獲得し、自由なデジタル流通や労働問題などの「中国が後ろ向きな」テーマを取り上げることになった。よって当地域への中国の経済関与を薄め、中国の台頭を抑えるという、米国の戦略目標に合致した枠組みに仕上がりにつつあるといえるだろう。

◆各国は脱中国依存や重要技術アクセスなどの観点から参加へ

では、「関税撤廃による日米市場へのアクセス」が出来ない前提で、各国がIPEFに参加する理由は何であろうか。

1つ目は、経済面での脱中国依存に寄与する可能性である。新型コロナやロシアによるウクライナ侵略などを踏まえ、各国は特定国への極端な経済依存が国家存続のリスクになり得ることを学んだ。よって中国不在の経済枠組みも活用しながら、中国への過剰依存を見直したいという思惑は一致している。

2つ目は、主要原材料や半導体などへのアクセスの確保である。今後も感染症リスクや地政学リスクの顕在化は否定できないことから、各国は「信頼できるサプライチェーン」の重要性を再認識している。各国は米国と協調する側に立つことで、サプライチェーンの強靱化が進むことを期待していると思われる。

3つ目は、非関税措置の撤廃による日米市場への有利なアクセスの確保である。IPEFは貿易円滑化を追求するとされており、その一環で非関税措置が撤廃されれば、参加国に大きなメリットをもたらす可能性がある。一般論として、輸入国が求める基準・認証などの非関税措置は、関税と並ぶ貿易障壁となり得る。

以上は、企業にとってのメリットでもある。特に半導体などの重要部材・技術へのアクセス確保や、インフラ開発支援、非関税措置撤廃などの可能性は、大きなメリットといえよう。従って、日本はRCEPとCPTPPの締約国である立場を活かしながら、IPEFを加えた有利な「インド太平洋通商戦略」を構築すべく、官民一体となって、IPEFのルール形成に積極的に関与していくべきである。【田中雄作】

中国、報奨額200万円の密告奨励制度を新設

◆「国家安全に関する通報奨励法」が公布され、即日施行へ

2022年6月1日午前0時に上海市では約2ヵ月間続いた都市封鎖が解除された。この熱気の冷めやらぬ6月6日に、国家安全部が公布と同時に施行したのが、「[公民举报危害国家安全行为奖励办法](#)」（[国家安全に関する通報奨励法](#)）だ。

中国ではこれまでも国家安全に関する各種の法律を整備してきている。14年に習近平総書記が提唱した「[総体国家安全観](#)」（政治、国土、軍事、経済、文化、社会、科学技術、情報、

生態系、資源、核を重要な要素と定義。その後海外権益さらに20年4月に生物安全を追加、計13項目で構成）にもとづき、表のように関連する法規が次々と整備されてきている。

中国の主な国家安全保障関連法規

施行年月	中国語法律名	日本語略称
2014年 11月	中华人民共和国反间谍法	反スパイ法
2015年 7月	中华人民共和国国家安全法	国家安全法
2016年 1月	中华人民共和国反恐怖主义法	反テロリズム法
2017年 1月	中华人民共和国境外非政府组织境内活动管理法	域外NGO域内活動管理法
2017年 6月	中华人民共和国国家情报法	国家情報法
2017年 6月	中华人民共和国网络安全法	サイバーセキュリティ法
2020年 6月	中華人民共和國香港特別行政區国家安全維持法	香港国家安全維持法

出所:令和3年防衛白書、中国政府のWebSiteなどをもとにARC作成

◆情報提供した市民に、最高10万元（約200万円）の報奨金

この「通報奨励法」は、国家安全法、反スパイ法等の法令に基づき、国家の安全に関わる通報を奨励するために設けられたものだ。この法律の施行に先駆けて、17年に北京市でスパイ摘発の情報提供者に最大50万元の報奨金を支払う制度を実施したところ、1年間で5,000件近い情報が提供され、情報提供者に対して報奨金が支払われたという。

実名での情報提供を奨励しているが、匿名での情報提供も可能としており、国家安全機構への電話（Tel:12339）、ネット（www.12339.gov.cn）、郵便、対面での受け付けを行っている。報奨を得るためには、①国家安全保障を危険に晒す行為の手がかりとなる情報、②情報が新規のものであること、③国家安全保障を脅かす行為の防止、抑制に貢献するものという3条件を満たしている必要がある。

14年11月に反スパイ法が施行されて以降、中国で拘束された邦人は16人に達している。今回の密告を奨励する法の施行で、中国ビジネス関係者は従前にも増して、中国国内外での活動に対する注意が求められるといえそうだ。【森山博之】

日本のIoT競争力はセンサー通信の遠隔監視から

◆総務省はIoT国際競争力指標（2020年実績）を公表

2022年4月28日、総務省は「IoT国際競争力指標（2020年実績）」を公表した。IoT市場では「スマートシティ」の規模が最も大きく、次いで「スマート工場」となっている。一方、成長率では、「コネクテッドカー」や「スマートエネルギー」が高く、規模が最大の「スマートシティ」ではマイナスとなっている。

IoT市場の製品・サービスは、中国のシェアが高く、米国と日本が続く。日本のIoTシェアは年々低下してきており、特にスマートシティでのシェア低下が大きい。日本は「スマート工場」でのシェアが高く、なかでも「産業用ロボット」は57%、「マシンビジョン」も24%と最高の状況である（図.1）。

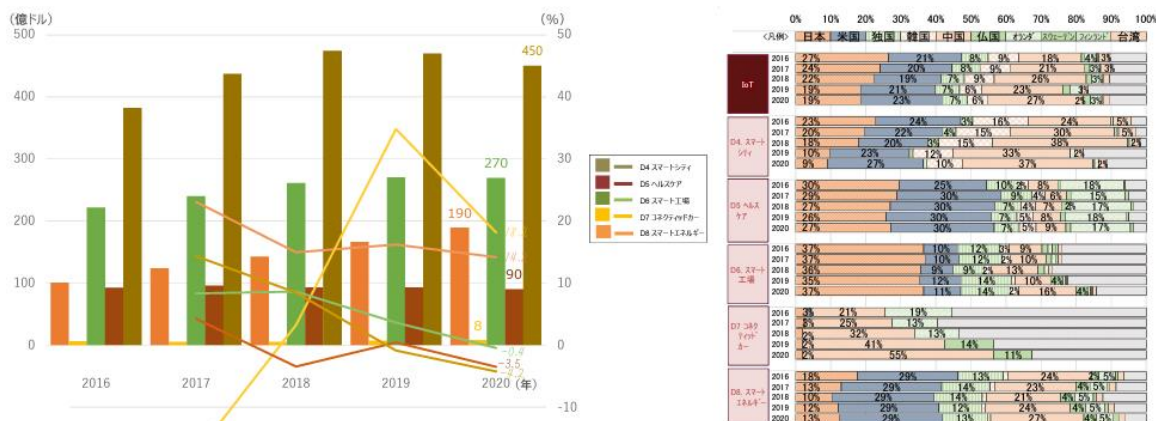


図.1 IoT市場規模と成長率、シェア

出典：総務省 IoT国際競争力指標

◆NTNはセンサー内蔵軸受「しゃべる軸受」を開発

22年6月14日、NTNは、センサー、発電ユニットおよび無線デバイスを軸受けに内蔵し、温度・振動・回転速度の情報を無線送信する「しゃべる軸受」を開発したと発表した。製造現場などにおいては、生産効率の向上に向けて、設備の稼働状態を監視し、そのデータに基づいて的確かつ計画的にメンテナンスや部品交換を行うことで、設備の稼働時間を上げる取り組みを実施してきた。NTNはこれまで、風力発電分野に特化した大型風力発電用軸受の状態監視システムや、工作機械主軸用にセンサー内蔵軸受けユニットや診断アプリを開発してきた。今回開発した「しゃべる軸受」は、既存製品の寸法および負荷容量を変更することなく、

標準軸受にセンサー、発電ユニットおよび無線デバイスを内蔵していることを特長とする。回転に伴って発電する電力により、センサーや無線デバイスを動作させ、センサーで取得した情報を自動で無線送信する（図.2）。センサーを装置に外付けする場合よりも感度良く軸受の状態を検出し、早期に異常を診断することが可能になる。また、寸法および負荷容量が標準軸受と同一であるため、既存設備に使用されている軸受の置き換えも可能な上、電源供給やデータ送信のためのケーブルも不要で、容易に軸受の状態監視をする環境を構築することが可能である。



図.2 「しゃべる軸受」

出典：NTN

◆タクシー業界向けタイヤソリューションサービスの実証実験を開始

22年6月20日、横浜ゴムは京都タクシー、興進タクシーの協力を得て、タイヤソリューションサービスとして、[横浜ゴムが開発したタイヤ内面貼り付け型空気圧センサー付きタイヤでの遠隔監視システム（Tire air Pressure Remote access System:TPRS）の実証実験を5月から開始した](#)ことを発表した。

タイヤ空気圧監視システム（TPMS）は海外主要国では、義務化されており、エアバルブ内にセンサーを取り付けた直接式やABSの車輪速センサーの回転差を利用した間接式がある。今回開発した「TPRS」は、タイヤ内面貼り付け型空気圧センサーがこれまでのタイヤ空気圧のほか、温度、摩耗、路面状態、車両の位置情報などのデータを取得し無線送信することで、車両管理者やタイヤサービススタッフの遠隔監視が可能になる。厳しいタイヤ管理と安全が要求されるタクシー会社へサービスを提供することは、タイヤ空気圧の記録など始業前点検の大幅な省力化と点検バラツキのないタイヤメンテナンスを確実にする。さらに、リアルタイム検知機能は、走行中の路面異常検知による事故防止、適正空気圧維持による燃費向上など多くの価値を提供する。検知データはクラウドサーバーに送られ、データ分析により異常を認めた場合には、事務所内に設置した警報装置で管理者に内容を通達する。国内外のタイヤメーカーは、タイヤと共にIoTセンサーの付加価値として車両制御の高度化や運行管理のサービスを積極的に勧めている。

センサー通信の遠隔監視が、IoT競争力回復の鍵となるか注目する。【成田 誠】

実用化が始まった次世代パワー半導体

◆パワー半導体の事業拡大が急ピッチで進む

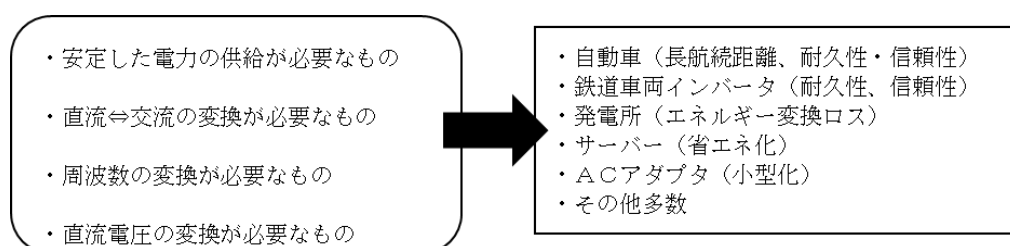
パワー半導体市場がかつてないほど活気づいている。ロームは2022年6月8日、EV向けに成長が見込まれるSiCパワー半導体を、25年度に売上高1,000億円、生産能力を21年度比で6倍に高める考えを明らかにした。ルネサスエレクトロニクスは、22年6月9日、14年に閉鎖した甲府工場（山梨県甲斐市）に900億円を投資して、25年から電気自動車（EV）向けのパワー半導体の量産を明らかにした。富士電機も22年1月、増産に向けた設備投資を発表している。その他の半導体製造各社も含めて、[経済産業省の半導体戦略](#)を踏まえ、パワー半導体の拡大投資が盛んに行われている。

◆注目が集まる次世代パワー半導体

半導体デバイスは、ヒトでいう頭脳に相当するロジック半導体（CPU、GPCなど）、筋肉に相当するパワー半導体、目・耳などの感覚をつかさどるセンサー類、記憶を記録としてとどめるメモリー類、などに大別される。

パワー半導体は、「電力を制御する半導体」と呼ばれ、高電流・高電圧に耐性を有する。日本の半導体メーカーのシェアが比較的高く、EV向けなど今後の需要急増が見込まれる半導体デバイスである。パワー半導体は、一般的には定格電流が1A以上の高電力と高電圧を要する施設・デバイスに用いられるため、発電所の電流・電圧の変換制御や鉄道車両モーターのインバータ制御などのインフラ用途に使用されることが多いが、最近では再生可能エネルギーやEVの普及にも展開されている。例えば、EVでは、バッテリーとモーターの間にあるPCU(Power Control Unit)の中にパワー半導体デバイスが入っている。

パワー半導体の働きと用途（各種資料よりARC作成）

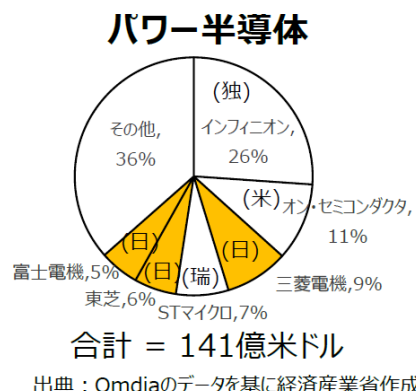


半導体の材料には一般的には単結晶シリコン（Si）が用いられ、パワー半導体にも使用されているが、高電流・高電圧をかけるとSi材料ではSi結晶の構造破壊（絶縁破壊）の問題がある。パワー半導体は、自動車や電車といった極めて高い安全性が必要な用途に使われるため、耐久性や信頼性の要求も非常に高くなる。インフラや産業の変化により、従来よりも高電流・高電圧・高周波に耐性のあるパワー半導体が求められ、絶縁性が高いSiC(炭化ケイ素)、GaN（窒化ガリウム）が次世代パワー半導体の材料として注目されている。SiCは高耐圧用途に、GaNは高耐周波用途に既に実用化が始まり、22年量産予定の酸化ガリウム（Ga₂O₃）や研究段階としてダイヤモンドパワー半導体の開発が行われている。

次世代パワー半導体は、Siよりも大容量化と高速動作が可能となり、例えば太陽光や風力の発電・駆動モーターなどのインバータの制御において、直流／交流の変換、電圧の変換、周波数の変換における損失（ロス）の軽減が図られ、CO₂排出ゼロを支えるグリーンイノベーション促進のキーデバイスとなる。

◆日本企業のシェアが比較的高い

パワー半導体のシェアは右図の通り、三菱電機、東芝、富士電機、「その他」に含まれているルネサス、ロームなど、発電設備や鉄道などインフラに強い企業が多く、インフラで得た知見をパワー半導体の開発に生かしていることがうかがえる。



◆パワー半導体の成長予測

[富士経済グループ](#)によると、パワー半導体の世界市場の規模予測は、21年の2兆918億円に対し、30年は5兆3,587億円に達する。Si基材が2.1倍に対し、次世代基材はEV普及の後押しもあり13.3倍の成長を予想しているが、Si基材が主流であることには変わらない。次世代基材は特性に応じた様々な用途への展開が始まり、急成長が見込まれる。今後の動向に注目してゆきたい。 【久保田章裕】

- SiC：太陽光発電装置、サーバー電源、EV、充電インフラなど
- GaN：サーバー電源、ACアダプタ、ロボット、EVなど
- Ga203（22年より量産開始）：情報通信機器、民生機器、産業機器、EVなど

早期診断の実用化や難題の解決に挑むがん研究

◆がん研究の難題に挑戦する予算を4組の国際的かつ学際的研究チームが獲得

2022年6月、「がんグランドチャレンジ (Cancer Grand Challenges)」プログラムは、国際的かつ学際的な4組の研究チームに、5年間で2500万ドルの研究資金を提供すると発表した。「がんグランドチャレンジ」は、米国のNational Cancer Institute (国立がん研究所、NCI) と英国のCancer Research UKが共催している世界的がん研究資金提供組織であり、新規性があり、がん研究を推進する可能性の高い世界各地の学際的な研究チームに資金提供を行っている。

今回、提案があった世界60カ国、169チームの中から研究資金を獲得したのは、1)悪液質として知られるがん患者の筋肉を減らす症状 (米国のラトガーズ大学など)、2)がんの染色体外DNAの生物学 (米国のスタンフォード大学など)、3)小児の固形がんの新規治療法 (米国のChildren's National Hospitalなど)、4)がんの原因となる遺伝子変異を持つ正常細胞ががん細胞に変化する引金 (米国のカリフォルニア大学サンフランシスコ校など) の4つの研究テーマであった。

◆NCIが複数のがんを早期に発見する血液検査の臨床試験計画を発表

「がんグランドチャレンジ」以外にも、がん研究は盛んで、多くのプロジェクトが動いている。その中で、この数年、実用化の期待が高まっているのが、血中に存在するがん由来のDNAや蛋白質を検出するがんの早期診断技術である。

22年6月、NCIは、多種のがんの早期検出 (multi-cancer early detection、MCED) 試験の大規模な臨床試験を計画していると発表した。血中のがん由来の生体物質を検出する非侵襲性の診断方法はリキッドバイオプシーとも呼ばれ、がん患者の経過や予後の観察の手段として、既に実用化されている。しかし、まだ、開発の段階ではあるものの、同様の手法が複数の異なる臓器のがんの早期診断に応用できる可能性が示されている。

MCEDの臨床試験では、まだ、症状が出る前の健常者を含めた大規模な検討が必要であり、そもそも、通常の健診と同様のスクリーニングで、早期診断が可能か、がんによる死亡率が下げられるのかが問われることになる。 【戸潤一孔】

ARC活動報告・予定（6月～）

研究会開催

07.15 第93回 ARC定例研究会（東京會館 7F ロイヤル）

テーマ：（仮題）バイデン政権下のアメリカと日米関係

講師：中林美恵子氏

- ・早稲田大学 教授
- ・グローバルビジネス学会 会長
- ・米国マンスフィールド財団 名誉フェロー

Watching No.333

2022年7月19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

Tel. 03-6699-3095(代表) Fax. 03-6699-3096 [禁無断転載複製]