

Watching

2023. 11 No. 346

特集

画期的新薬が市場トレンドを変える…………… 1

ハイライト

アンモニア使用を想定した国内の動きが進む……………	7
再エネによる分散型アンモニア生産の動きが進む……………	9
低炭素燃料「合成メタン」の導入は進むか……………	12
輸入水素か国内再エネかで異なる蓄電池戦略……………	14
次世代太陽光電池の開発で日本は勝てるのか……………	16
解重合法ケミカルリサイクルの実証が始まる……………	19
圧倒的な低消費電力化を実現する光電融合技術……………	20
次世代農業を目指すイチゴの植物工場……………	22
主要国が普及を競うEVの急速充電方式……………	23
欧州委員長、任期最後の一般教書演説……………	24
原産地証明手続きの電子化がEPA利用を後押し……………	25
少子化対策はどこを目指すのか……………	26
夫婦の家事・育児の分担の実態は……………	28



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			
	2020年		2021年		2022年			2023年			2023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	☔	☔	☀	☀	☀	☀	☀	☀	☀	☀	☀☁	☁	☁	☁

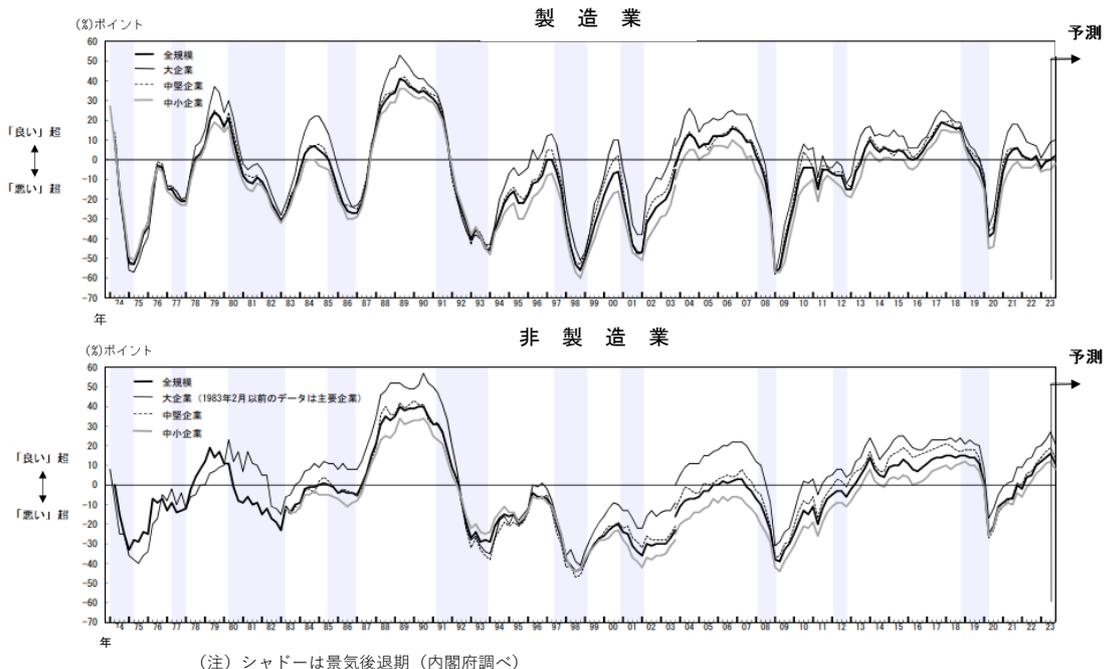
注1：天気マーク☀は前年比3%以上、☀☁は前年比0%~3%、☁は前年比▲3%~0%、☔は前年比▲3%超を基準にしている。

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2023年10月10日時点での入手可能なデータに基づく。

日銀短観（2023年9月）業況判断の推移



（出所：日本銀行「第198回全国企業短期経済観測調査」）

画期的新薬が市場トレンドを変える

◆抗ウイルス薬の改良により、根絶も視野に入ったC型肝炎とエイズ

これまで多くの医薬品が開発され登場してきたが、感染症治療薬など一部の医薬品を除いて、病気自体を無くしたり、激減させたわけではない。例えば、高脂血症治療薬は、次々と優れた改良新薬が登場したが、高脂血症患者数は大きく減少していない。高脂血症の原因に対する根本治療ではないためである。

一方、感染症においては、優れた治療薬が、疾病構造自体に影響を与えている。例えば、C型肝炎とHIV感染症（エイズ）は、それぞれHCVとHIVというウイルスによって引き起こされ、治療薬の登場以前は死に直結する感染症であった。

一つの治療薬というより、連綿と改良が続けられた抗ウイルス薬により、今では、どちらの疾患も脅威とはなっておらず、根絶も視野に入るようになった（表1）。WHOは、2030年までに新規のHCV感染を90%減少させ、HCV関連死亡を65%減少させることができるとしている。また、国連合同エイズ計画（UNAIDS）は、世界が協力すれば、30年までに「エイズを終結できる」としている。エイズでの死者数は、04年の63万人をピークに減少を続け、21年には69%減少に達している。一方で、次々と新しい治療薬が開発され、古い薬を淘汰していった。いくつかの治療薬は承認から10年も持たずに販売終了となっている。今後、患者数の減少とともに医薬品を含めた関連市場も縮小していくだろう。

表1 医薬品の進歩により脅威では無くなりつつあるC型肝炎とAIDS

疾患名	疾患の原因の経過	現在の状況
HCV感染症（C型肝炎）	C型肝炎ウイルス（HCV）によって引き起こされる。感染すると、約7割が慢性肝炎となり、肝線維化が惹起され、肝硬変や肝細胞癌へと進展する。	15年以降に開発、改良された一連の抗ウイルス薬により、99%以上のウイルスが除去可能となっている。
HIV感染症（AIDS）	ヒト免疫不全ウイルス（HIV）によって引き起こされる。感染すると、無症候期を経て、後天性免疫不全症候群（AIDS）に進展する。	1990年代より、連綿と改良が続けられた抗ウイルス薬により、2010年代半ばには、HIVに感染しても、AIDSの発症を防止できるようになっている。

（各種資料を元に ARC 作成）

◆病気を根治する遺伝子治療薬が次々と登場

20年代から、さまざまな技術を用いて遺伝子を改変する遺伝子治療薬が登場し、23年にいくつかの画期的な治療薬が登場した（表2）。これらは、継続的な治療を必要としていた遺伝疾患を、理論上一回の投薬で根治を可能にした（登場か

ら時間が経過していないため、生涯投薬治療を必要としないかを検証中)。

表2 遺伝疾患を根治する主な遺伝子治療薬

疾患名	治療薬	承認年		従来の治療法	影響を受ける市場
		日本	米国		
鎌状赤血球症	exagamglogene autotemcel	未承認	申請中	輸血、対症療法、骨髄移植	血液、医薬品
	lovotibeglogene autotemcel	未承認	申請中		
βサラセミア	betibeglogene autotemcel	未承認	2022	輸血、対症療法、骨髄移植	血液、医薬品
血友病A(第Ⅷ因子の欠損・異常)	valoctocogene roxaparvovec	未承認	2023	血液製剤、バイオ医薬品	血液製剤、バイオ医薬品産業
血友病B(第Ⅸ因子の欠損・異常)	etranacogene dezaparvovec	未承認	2022	血液製剤、バイオ医薬品	血液製剤、バイオ医薬品産業

(各種資料を元に ARC 作成)

鎌状赤血球症は、赤血球の形状が鎌状になり酸素運搬機能が低下して起こる遺伝性の貧血症である。ヘモグロビン遺伝子の異常によって生じ、黒人に多い疾患である。世界の患者数約1億人、米国に約10万人存在する。βサラセミアも、ヘモグロビン遺伝子の異常によって生じる疾患で、貧血が生じ、異常赤血球の破壊（溶血）により臓器障害が生じる。地中海沿岸や南アジア住民に多い疾患である。どちらの疾患も根治することが困難な遺伝疾患であり、治療手段が輸血や対症療法に限られていた。

血友病は、出血を止めるための血液凝固因子が遺伝的に欠損、あるいは機能が低下し、出血しやすくなる疾患であり、血友病A（第Ⅷ因子の欠損・異常）と血友病B（第Ⅸ因子の欠損・異常）が存在する。血友病患者は、世界に約21万人、日本に約7,000人存在する。治療法としては、血液から調製した血しょう分画製剤、あるいは遺伝子組み換え技術を用いたバイオ医薬品（遺伝子組み換え第Ⅷ因子や遺伝子組み換え第Ⅸ因子）が開発されて使用されてきた。遺伝子治療薬は、これらの血液製剤やバイオ医薬品を不要にする。一方、遺伝子異常を持って生まれてくる子供は一定数存在する。子孫にも影響を与える、受精卵に対する遺伝子操作が認められない限り、遺伝子治療薬の市場は無くならない。

◆慢性腎臓疾患や心不全への高い効果が確認された糖尿病治療薬SGLT2阻害剤

SGLT2（ナトリウム・グルコース共輸送体2）阻害剤は、尿細管におけるグルコースの再吸収を阻害し、グルコースを尿に排泄させることで血糖値を下げる糖尿病治療薬である。12年にダパグリフロジンが欧州で最初に承認され、その後多くの同効薬が登場している。

SGLT2阻害剤の臨床試験中に、腎臓や心臓に対する高い保護効果があることが判明した。意外なことに、糖尿病を伴っていない、慢性腎不全や慢性心不全にも有効であり、21年には効能が追加された（表3）。

表3 慢性腎不全や慢性心不全への適用が広がったSGLT2阻害剤

一般名称	商品名(日本)	日本における承認年月			米国における承認年月日		
		糖尿病	慢性心不全	慢性腎不全	糖尿病	慢性心不全	慢性腎不全
ダバグリフロジン	フォシーガ	2014年	2020年	2021年	2014年	2020年	2021年
エンバグリフロジン	ジャディアンス	2014年	2021年	承認申請(2023年)	2014年	2022年	2023年

(各種資料を元に ARC 作成)

慢性心不全は5年生存率が約50%と予後不良の進行性心疾患であり、世界に6,400万人（うち日本約120万人）の患者が存在する。心臓の機能が徐々に低下し、十分な量の血液を送り出せなくなり、全身の症状が悪化する。これまで、あまり有効な治療薬がなかった。SGLT2阻害剤は、糖尿病の有無に関わらず、慢性心不全に対して従来の治療薬では見られない高いレベルの効果を示した。23年には、日本循環器学会・日本心不全学会は合同で、慢性心不全に対する治療薬としてSGLT2阻害剤の使用を強く推奨するに至っている。

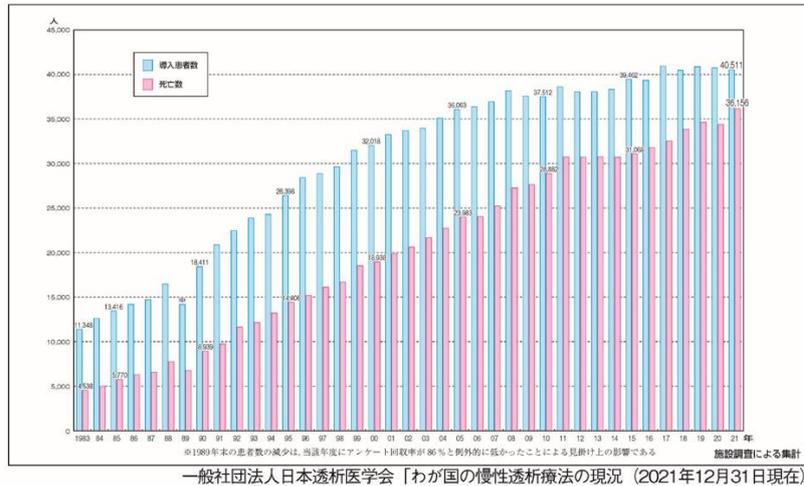
慢性腎不全は、様々な原因により、腎機能が徐々に低下する疾患で、腎機能が極度に低下すると血液透析が必要となる。腎臓の負担を下げ、腎機能の低下を遅らせるための降圧剤や利尿剤が使われていたが、これまで有効な治療法がなかった。SGLT2阻害剤は、糖尿病性腎症だけでなく、非糖尿病性の慢性腎不全にも高い効果を示した。22年、日本腎臓学会は慢性腎不全に対する治療薬としてSGLT2阻害剤の使用を強く推奨している。なお、SGLT2阻害剤が慢性心不全や慢性腎不全に対して高い効果を示す機序はよくわかっていない。

◆透析の新規導入患者の増加が頭打ちに

現在、日本の透析患者数は約35万人、毎年約4万人が新規に透析を導入している。18年頃より、高齢者の増加にも関わらず、新規導入患者は頭打ちとなっている（図1）。また、透析導入の原因の約4割を占める糖尿病性腎症の割合は、10年頃をピークに減少傾向にある。糖尿病に対する啓発活動やSGLT2阻害剤をはじめとする様々な新しい糖尿病治療薬の登場により、糖尿病の重症化が抑制された

めと考えられている。今後、慢性腎不全に対して高い効果を示すSGLT2阻害剤の普及により、新規透析導入患者は減少していくと考えられる。

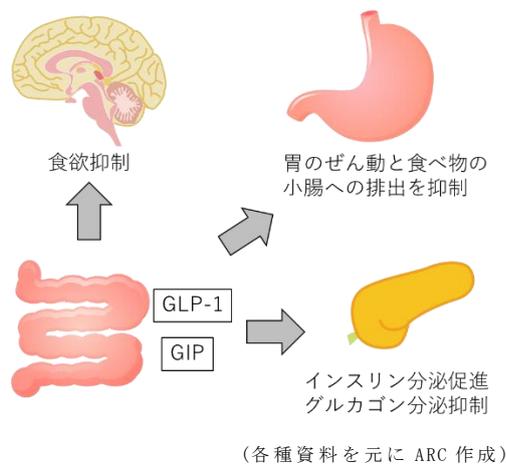
図1 日本の透析新規導入患者数の推移



◆糖尿病治療薬として開発されたインクレチン受容体作動薬

GLP-1（グルカゴン様ペプチド-1）とGIP（グルコース依存性インスリン分泌刺激ポリペプチド）は、いずれも腸細胞から分泌されるインクレチンと呼ばれる生体ホルモンである。食べ物の摂取に反応して、膵臓のβ細胞にインスリン分泌を促すことにより血糖値を下げる効果などがある（図2）。

図2 インクレチンの作用



インクレチンはDPP-4（ジペプチジルペプチダーゼ-4）と呼ばれる酵素により、速やかに分解されるため、その血中半減期は約2分と短い。そのためDPP-4を阻害し、体内での持続時間を長くする薬剤（DPP4阻害剤）が、糖尿病治療薬とし

て実用化されている。

GLP-1とGIPは、半減期が極めて短いため、そのものを医薬品として使用することが難しく、構成するアミノ酸の一部を変えた類縁体（アナログ）が受容体作動薬として開発された（表4）。GLP-1受容体作動薬セマグルチドは、17年に米国で、18年に日本で糖尿病治療薬として承認された（商品名オゼンピック）。チルゼパチドは、GLP-1受容体とGIP受容体の両方に対する作動薬である。22年に米国で、23年に日本で糖尿病治療薬として承認された（商品名マンジャロ）。

◆インクレチン受容体作動薬の驚異的な減量効果

インクレチンには食欲抑制作用（図2）がある。セマグルチドは、従来の食欲抑制薬をはるかに超える減量効果があることが臨床試験で明らかとなり、21年に米国で、23年に日本で、肥満症治療薬（商品名ウゴービ）として承認された。セマグルチドは、肥満症患者を対象にした臨床試験で、週1回・2.4mgの投与で、68週時点の体重が平均で15.6%減少した（運動療法のみ偽薬が2.8%の減少）。5%以上の体重減少が認められた者の割合も86.4%に達している。

チルゼパチドの減量効果は、セマグルチドをさらに上回る。週1回・15mgの投与で、72週の時点での体重が平均で20.9%減少した（運動療法のみ偽薬が3.1%の減少）。5%以上の体重減少が認められた者の割合が91%に達している。

また、セマグルチドには、心臓に対する高い保護効果があり、20年に米国で心血管疾患に対する治療薬として承認されており、心不全に対する効果も臨床試験で確認されている（表4）。

表4 肥満症や心血管疾患への適用が広がったインクレチン受容体作動薬

一般名称	作用機構	商品名(日本)	日本における承認年		米国における承認年			腎不全・心不全など
			糖尿病	肥満症	糖尿病	肥満症	心血管疾患	
セマグルチド (semaglutide)	GLP-1受容体 作動薬	オゼンピック(注射剤) リベルサス(経口剤) ウゴービ	2018年(オゼンピック) 2020年(リベルサス)	2023年(ウゴービ)	2017年(Ozempic) 2019年(Rybelsus)	2021年(Wegovy)	2020年(Ozempic)	治験中
チルゼパチド (tirzepatide)	GLP-1/GIP受容体 2重作動薬	マンジャロ	2023年	未承認	2022年	未承認	未承認	治験中

(各種資料を元に ARC 作成)

両薬とも副作用として消化器症状があるが、重篤な副作用は少なく、総じて安全な薬である。セマグルチドやチルゼパチドの優れた薬効（減量効果や心臓保護作用など）から、製薬企業各社は、同効薬の開発を急いでいる。

◆インクレチン受容体作動薬の驚異的な薬効が社会問題を引き起こす

インクレチン受容体作動薬には、心臓に対する保護作用があることから、SGLT2阻害剤と同様に、心不全の治療に用いられていくことになると思われる。心不全自体は、加齢疾患であるため、インクレチン受容体作動薬やSGLT2阻害剤の登場で、患者数が大きく減少するとは考えにくいですが、今後高齢化に伴って生じると危惧されていた心不全患者の急激な増加（心不全パンデミック）を抑制できるかもしれない。

また、これまでの肥満症治療薬は、覚せい剤に近い成分で、副作用の懸念のある物しか存在せず、高度な肥満患者に使用が限定されていた（米国では承認取り消し）。実質上、使用可能な抗肥満薬（食欲抑制剤）は存在しなかった。

セマグルチドとチルゼパチドは、強力な減量効果があるため、いわゆるやせ薬としての美容目的での使用（適応外使用や個人輸入など）が急速に広まっている。結果、品不足が生じ、必要とする患者に行きわたらないなど、社会問題となっている。また、高額な医薬品（米国で月千～2千ドル）であることから医療財政に対する懸念も強い（日本では薬価未収載）。加えて、両薬とも長期的な使用に対する評価（有効性の持続や副作用）は定まっていない。

各製薬企業は改良薬の開発を行っており、より使用しやすい経口薬も登場していくだろう。また、現状では医師の診療が必要な処方薬であるが、将来的には後発薬の登場やドラッグストアで買える一般薬化もあるだろう。

◆ダイエット市場にも大きな変化が生じる可能性

世界の減量・ダイエット市場は、22年に30兆円に達し、今後も高い成長が見込まれている。低カロリー食品・飲料、フィットネスジムなどが主たる市場を形成している。市場の大きさと成長性は、いかに減量が困難であるかも示している。インクレチン受容体作動薬の登場と普及は、減量・ダイエット市場の成長性に影響を与える可能性が高い。

食物を多量に摂取して運動で消費するのではなく、食欲を抑制すれば、少量の食料で足りるようになる。その意味では地球環境にやさしいといえる。今後、食欲抑制薬が普及することで、世界の食糧事情や食習慣に影響を与えることもあながち荒唐無稽といえないかもしれない。

【毛利光伸】

アンモニア使用を想定した国内の動きが進む

◆発電用途での大規模ブルーアンモニアの調達・使用の取り組み

日本最大の発電会社であるJERAに石炭－アンモニア混焼発電計画がある。JERAは、東京電力と中部電力の火力発電部門の統合により、2019年に発足した会社で、日本の火力発電能力の約1/2、発電量では日本全体の発電量の約1/3を占める。22年5月のJERAの発表では、当初の計画を前倒しして23年度中に実証発電（アンモニアの混焼率：20%（熱量ベース））を始める予定だ。そして、このアンモニア混焼実証発電に必要なアンモニアを確保するため、JERAは、年間最大50万トンの燃料用グリーンまたはブルーアンモニアを調達する。これは27年から40年までの長期調達契約で、次の2社と協業検討を進めていくことが23年1月に発表された。また、実際のアンモニアの調達については、23年6月に三井物産とアンモニア売買契約を締結している。

(1)	米国のCF Industriesからの燃料アンモニアの調達。 加えて、CF Industriesが米国メキシコ湾岸において開発を検討している年間製造能力100万トン超のブルーアンモニア製造事業を、出資を通じて共同開発する。
(2)	ノルウェーのYara International ASA（“Yara”）の子会社、Yara Clean Ammonia Norge AS（“YCA”）からの燃料アンモニア調達。 加えて、YCAが米国メキシコ湾岸において開発を検討する年間製造能力100万トン超のブルーアンモニア製造事業を、出資を通じて共同開発する。

表1. 協業検討を進めていく2社の内容

出所：2023年1月17日のJERAのプレスリリースより、ARC作成

◆日本の周南コンビナートにおけるアンモニア導入拠点整備の動き

23年4月、出光興産は韓国最大の発電事業者であるKEPCO（韓国電力公社）とのブルー・カーボンフリーアンモニアサプライチェーン構築に向けて協力することに合意した。両社は今後、ブルー・カーボンフリーアンモニアの調達・海上輸送・供給に関する協業検討を進める。協業の内容は、世界各地のアンモニア製造

案件の共同探索、共同配船などによる、燃料アンモニア海上輸送コストの最適化、両社間での製品融通による需給調整最適化などである。

並行して出光興産は、徳山事業所（山口県周南市）のナフサ分解炉や石炭ボイラーを利用したアンモニアの混焼実証試験を計画するとともに、同所の既設インフラを活用したアンモニア輸入基地を設置し、コンビナート各社へのブルー・カーボンフリーアンモニア供給を目指している。

また、周南コンビナート全体としては、30年までに年間100万トン超のブルー・カーボンフリーアンモニアの供給体制の確立を目的に、コンビナートを形成する出光興産、東ソー、トクヤマ、日本ゼオンの4社が協業している。その一環で、同コンビナートの燃料供給を担う出光興産の既存設備（タンク、栈橋、パイプライン）のアンモニア取扱い設備への転用や、4社共同によるアンモニアパイプラインの建設など、検討が進みつつある。

◆混焼から専焼に向けたIHIのアンモニア専焼バーナーの開発

現時点でのJERAや出光興産のアンモニアの利用方法は、まずは石炭との混焼であり、これは既存の設備改造があまり要らないため今後実証の具体的計画がある。だが、アンモニアの専焼については、カーボンフリーになるため理想的であるが、現在専焼技術を開発している段階である。

IHIにおいてはアンモニア専焼バーナーを開発しており、22年5月小型燃焼試験設備においてNO_xなどの有害物質を抑制した状態での燃焼に成功している。また、アンモニアの供給量を従来設備の10倍に大型化した大規模アンモニア供給設備を22年9月に建設し、同年11月より大型燃焼試験設備での専焼試験を開始している。そして23年9月、アンモニア燃焼火炎の可視化に成功したことで、詳細な燃焼状態の確認や計測結果の妥当性評価が可能となり、より信頼性の高いバーナーの開発ならびに実用化に取り組んでいる。

【野沢将胤】



図1. 今後の協業イメージ

出所：出光興産ニュースリリースより引用

再エネによる分散型アンモニア生産の動きが進む

◆エレクトライド触媒による、初の商用機となる小型アンモニア合成設備

2023年8月、つばめBHBは、大学発ベンチャー表彰2023にて、新エネルギー・産業技術総合開発機構理事長賞を受賞した。

つばめBHBの事業内容は、アンモニア合成触媒の開発、小規模分散型アンモニア生産システムの販売である。アンモニア合成に、エレクトライド（電子化物）触媒を用いることで、従来よりも低温（300～400℃）、低圧（30～50気圧）でアンモニア生産が可能になる。製造条件が緩和されるため、プラントを小型化して設備投資を数億～数十億円規模に抑えることができる見通しで、再生可能エネルギー（再エネ）などの分散型エネルギーを活用したグリーンアンモニアのオンサイト生産を実現できる。

22年、つばめBHBは、INPEXが新潟県柏崎市で行うブルー水素・アンモニア製造・利用一貫実証試験向けに、つばめBHB初の商用機となるアンモニア合成設備（図1の点線枠内）を受注した。本設備では、22年12月から詳細設計、機器調達を開始し、25年8月に500トン/年のアンモニア生産を計画している。なお、アンモニアは、発電所や工業炉などで燃料として用いることで、CO₂排出量の削減を期待している。

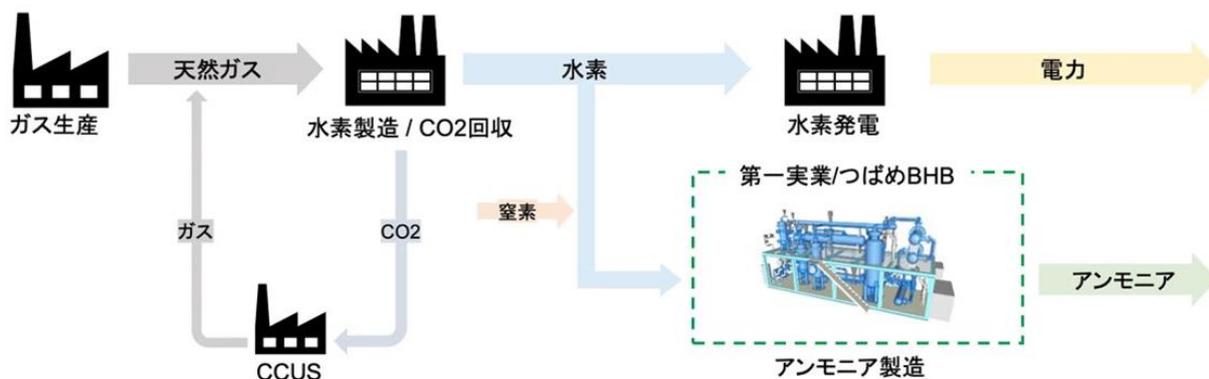


図1 INPEXのブルー水素・アンモニアプロジェクト（出典：つばめBHB）

◆燃料アンモニア需要が高まる一方で、肥料用アンモニア不足の恐れ

アンモニアは、世界中で年間約1億8,000万トンが生産され、その最終用途は約

8割が農業用肥料である。しかし、今後は脱炭素への関心の高まりから、燃料や水素キャリアとしてグリーンアンモニアの需要が伸びることが予想される。既に再エネ資源が豊富な国ではグリーンアンモニア製造設備への投資が加速している。その一方で、アフリカや南米など、アンモニアの製造工場から遠い国・地域では、アンモニアの調達が困難になって農業用肥料が不足する恐れがある。

アンモニアの製造は、100年以上前に確立されたハーバー・ボッシュ法が採用されている。このプロセスでは、鉄触媒を使い、500～600℃、200～350気圧の高温・高圧下でアンモニアを製造する。大量一極集中製造に適していることからエネルギー効率やコスト競争力は高いものの、数千億円規模の設備投資が必要で、小規模生産では採算が合わない。

一方で、つばめBHBが商業化したような、小規模分散型のアンモニア生産システムでは、肥料が必要な農地や、アンモニアを原料として使用する製品工場に隣接する小型のプラントを設置する。これにより、アンモニアの製造が難しかった国・地域でもアンモニア生産が可能になる。水素社会においてアンモニアのエネルギー需要が高まる中でも、オンサイトで安定的にアンモニアを生産し、サプライチェーンのリスク低減ができる。

◆分散型グリーンアンモニア生産の動きが活発化

22年11月、グリーンアンモニア生産用のモジュール式化学プラントの開発会社である米国のStarfire Energyは、2,400万ドルの資金調達が成功したことを発表した。調達した資金は、モジュール式アンモニア生産システムの商業化に使われる。このシステムの稼働には、水素やエネルギー貯蔵のバックアップは不要で、必要な投入物は空気、水、再エネだけである。なお、この資金調達ラウンドはSamsung Venturesが主導し、IHI、三菱重工業、大阪ガスUSAなど日本企業による投資も含まれている。なお、アンモニアの用途は燃料用である。

23年9月、空気、水、再エネを利用したコンテナ型グリーンアンモニア生産システムを開発するカナダのFuelPositiveは、商業用としてのアンモニアの初期生産に成功したと発表した。製造上の安全プロトコルを遵守して生産したアンモニアは第三者試験機関でも検証され、アンモニアの合成率と生産量は目標を達成した。このシステムは、空気から窒素を生産する窒素発生装置、水から水素を生産

ハイライト

する水電解装置、水素と窒素からグリーンアンモニアを生産する特許出願中のアンモニア合成コンバーターで構成される。コンテナ3個に収まるシステムの実証プロジェクトでは、100トン/年のグリーンアンモニアを生産できる。なお、アンモニアの用途は農業用肥料、穀物乾燥用燃料である。

米国のAmmPowerは、小規模のグリーンアンモニア生産システムを開発し、販売している。このシステムは、空気から窒素を分離し、窒素と水素を混合し、ハーバー・ボッシュプロセスの縮小版を使用して混合物をアンモニアに変換する。市販されている1つのユニット（図2）で、4トン/日のアンモニア生産が可能である。なお、アンモニアの用途は農業用肥料、輸送用燃料である。

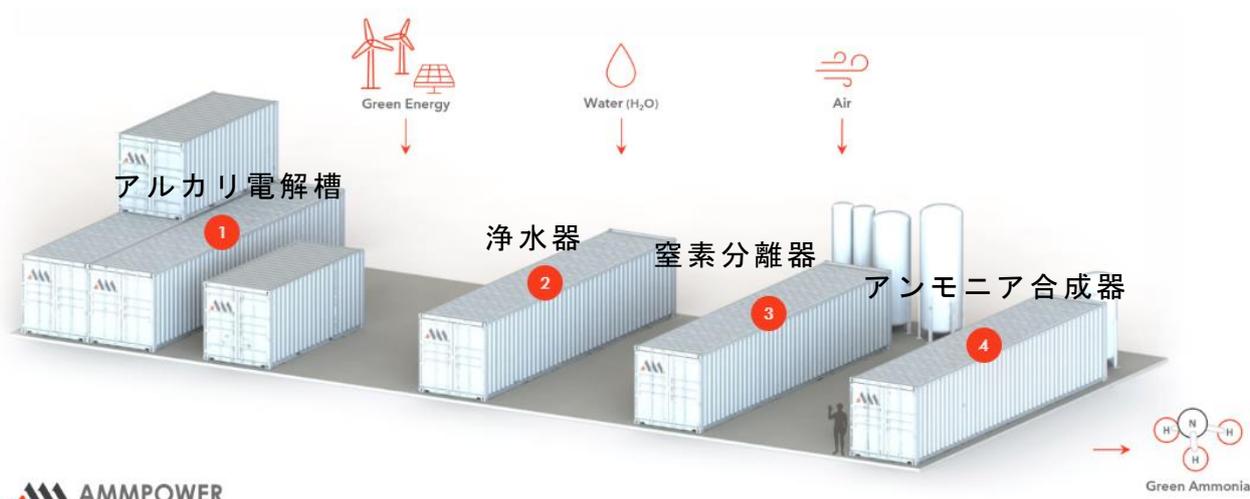


図2 AMMPowerのグリーンアンモニア生産システム（出典：AMMPower、ARC加筆修正）

◆再エネによるグリーンアンモニアへの関心が再燃

歴史的には、再エネ（水力発電）によるアンモニアの生産は、化石資源のない国・地域で、1920年代から商業的に行われ、最盛期の1930年には世界のアンモニア生産量の3割を占めた。日本でも、1923年10月、日本窒素肥料（現旭化成）が延岡に建設した日本初のアンモニア工場生産を開始した。その後、経済的な理由から化石資源ベースのアンモニアの生産が長く主流になっていたが、再エネ（太陽光発電、風力発電）によるグリーンアンモニア生産が再び注目を集めている。小型プラントで、太陽光発電、風力発電など分散型エネルギーで生産したアンモニアを地産地消すれば、輸送・貯蔵コストはかからず、アンモニアを必要とする発展途上国や離島など交通インフラの整っていない場所のニーズに応えることができるだけでなく、脱炭素化にも貢献できる。

【永田紘基】

低炭素燃料「合成メタン」の導入は進むか

◆2050年、都市ガスの9割は合成メタン導入により低炭素化へ

2023年8月、大阪ガスとENEOSは、大阪港湾部にて、合成メタンの日本初となる大規模生産を行うと発表した。合成メタンは、再エネを利用して作られたグリーン水素と、大気中や工場などから回収されたCO₂を合成して作る。燃焼時に排出するCO₂は、回収して原料として再利用されたCO₂であり、追加的な排出がないため、カーボンニュートラルな燃料とされる。本件では、ENEOSが海外から調達したグリーン水素と大阪ガスが近隣の工場から調達したCO₂を原料に、30年から6,000万m³/年（大阪ガスの都市ガスの1%）の製造を目指す。

政府はグリーン成長戦略において、都市ガスの脱炭素化のために、30年までに都市ガスの1%を、また50年までに90%を合成メタン化する目標を掲げており、ガス業界もこの目標の達成に向けて取り組んでいる。都市ガスへの合成メタン導入のメリットは、LNGの主成分と同じメタンであることから、LNGと混合して既存の都市ガスインフラ・ネットワークを活用できることであり、徐々に合成メタンの割合を増やして切れ目なく都市ガスを低炭素化できる。

◆輸入調達が本命、日本のCO₂排出量削減に貢献する計上ルール確立が必須

23年6月に経済産業省が発表した「都市ガスのカーボンニュートラル化について（中間整理）」によると、合成メタンの製造コストの大半は水素が占め、コスト低減が最大の課題である。国内生産についても、今後、臨海部のコンビナートなどでの水素拠点

整備による進展が期待されるが、輸入調達が本命で、大手ガス各社は、再エネ由来電気が安く調達できて、天然ガスのパイプ

主要「合成メタン フィジビリティスタディ」一覧

実施者	生産国	日本への輸出目標	内容
三菱商事・東京ガス 大阪ガス・東邦ガス	米国	30年に13万トン (3社の都市ガス計の1%相当)	米国テキサス州・ルイジアナ州において合成メタンを製造し、キャメロンLNG基地（ルイジアナ州）およびLNG船・受入基地等の既存LNGサプライチェーンを活用して液化、日本への輸送を行う。
大阪ガス トールグラス（※、エネルギーインフラ） グリーンプレーンズ （※、バイオエタノールプラント運営）	米国	30年までに最大20万トン/年	米中西部において、グリーンプレインズが保有・運営するバイオエタノールプラントから回収するバイオマス由来のCO ₂ と、天然ガスを改質して得るブルー水素（プラント新設、CCS活用）を用いて、合成メタンを製造。（将来的にはグリーン水素の活用も視野）。フリーポートLNG基地（テキサス州）で液化して日本に輸出する。
大阪ガス 大阪ガスオーストラリア サントス（※、エネルギー）	豪州	30年6万トン/年	グリーン水素と、工場や天然ガス液化プラントから回収するCO ₂ を利用して合成メタンを生産し、LNG基地で液化して日本に輸出。将来はDAC（大気中から直接回収）によるCO ₂ の活用も視野。合成メタン製造プラントの規模は10,000Nm ³ /h級を想定。25年度の投資意思決定、30年の合成メタン輸出開始を目指す。
大阪ガス 丸紅 ベルーLNG	ベルー	-	グリーン水素とベルーLNGの液化基地から回収するCO ₂ を利用して生産検討。25年に投資意思決定、30年には合成メタンの製造・販売開始を目指す。
大阪ガス アトコオーストラリア （ガス配給・天然ガス発電・水素）	豪州	-	豪州の発電所などの施設や大気中から回収したCO ₂ と、再エネ由来の水素を用いて生産。既存の配管を活用して豪州のガス需要に供給するとともに、LNG輸送インフラを使っての日本などへの輸出も検討。
東京ガス 住友商事 ペトロナス（マレーシア）	マレーシア	-	マレーシアにおいて再エネ由来の水素と石油・ガスプラント由来のCO ₂ を用いて合成メタンを生産、LNG基地で液化して日本に導入するサプライチェーンを構築を検討。

（各社ニュースリリースなどより、ARC作成）

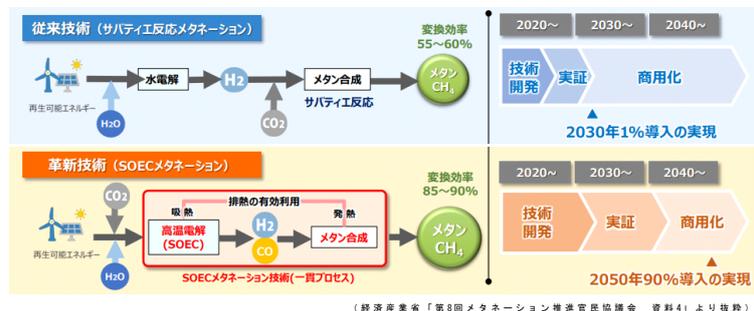
ハイライト

ライン、LNG液化・出荷基地などを活用できる海外生産拠点を検討している。

ところが、現状では、合成メタンを含むカーボンリサイクル燃料について、生産国と利用国が異なる場合のCO₂排出量計上についての国際ルールがない。利用側が自らのGHG排出量削減に活用するためには、生産側でCO₂排出を計上し、利用側で排出ゼロとする仕組みが必要である。今後、日本政府は国のGHG排出の計上に関わるIPCCのガイドラインについて、企業団体は、企業のGHG排出の算定・報告の国際的民間基準であるGHGプロトコルについて、それぞれ働きかけを行う。

◆革新的メタン合成技術によるコストダウンは50年頃

現在、大規模商用化に取り組んでいる合成技術では、30年頃の価格はLNGの2倍以上になると予測されている。現在のLNG価格と同水準を目指して、グリーンイノベーション基金のもと、大阪ガス、東京ガスなどが、再エネを利用した水電解による水素生産、水素とCO₂の合成、の2つのプロセスを一体化して、水とCO₂からメタンを作る革新的合成技術の開発に取り組んでいるが、大規模商用化は50年頃になる。政府は、30～50年までの移行期においては、LNGとの



価格差に留意して、支援と規制の両面から導入促進策を検討するとしている。

◆化学的合成は日本のみ、欧米はバイオメタンが主流

日本においては、バイオマス（食品廃棄物、下水汚泥、家畜排せつ物、農業残渣など）を原料とするバイオメタンのコスト低減は将来的にも期待できず、大規模利用は検討されていない。一方、欧米では合成メタンではなく、バイオメタンの導入拡大を目指している。EUは、「30年、350億m³/年（日本の都市ガス総量の9割相当）のバイオメタン導入」を目標としており、23年3月発表のネットゼロ産業法案でも、バイオガス・バイオメタン技術を戦略的ネットゼロ技術に挙げている。米国ではカリフォルニア州が、22年2月にガス供給事業者に対し、25年約5億m³、30年約20億m³のバイオメタン供給目標を設定している。 【石井由紀】

輸入水素か国内再エネかで異なる蓄電池戦略

◆50年ネットゼロは電力ミックスシナリオにより定置型蓄電池の必要量に差異

2023年6月、東大グローバル・コモンズ・センターは、50年ネットゼロ日本社会を実現できるエネルギーシステムの姿を起点にバックキャストしたシナリオを、定量的に例示した中間報告を発表した。

用いたシナリオは、エネルギー源として①太陽光や風力など再エネ、②原子力発電、③CO₂フリー水素・アンモニア、④バイオ・合成燃料（カーボンニュートラル燃料）を組み合わせたもので、電力需給のバランスを満たし、かつ、電力システムコストが最小となるよう最適化解析を行っている。

その結果、海外からCO₂フリー水素・アンモニアを調達して発電に用いる「水素活用」シナリオと、太陽光・風力発電を大量導入して電力需給調整に蓄電池を用いる「再エネ活用」シナリオ（表1）では電力設備容量の差は2倍程になった。他方、定置用蓄電池容量は、「水素活用」シナリオでは大規模発電設備に対応可のNAS（ナトリウム硫黄）電池が中心となって

146GWh、「再エネ活用」シナリオでは再エネ施設に適すりチウムイオン電池が多

用され1,322GWhと示され（図1）、シナリオによる差が大きくなった。

表1 エネルギー源シナリオ例（50年ネットゼロ）

シナリオ分類		「水素活用」シナリオ	「再エネ活用」シナリオ
セクター別エネルギー転換方針	建物	最大限の電化	
	移動体	BEV,重負荷は水素、航空機等はCN燃料	
	産業	電化・水素化・CCS併用の化石資源（限定的利用）	
電力供給	再エネ	高位の賦存量 高コスト	高位の賦存量 低コスト
	原子力	60年寿命・新設なし	
	水素火力	再エネ・原子力が担うことのできない調整力・不足発電量を提供	

出所: Net Zero Japan 2050-Summary for Business Leaders, 東大グローバルコモンズセンター, 2023年6月

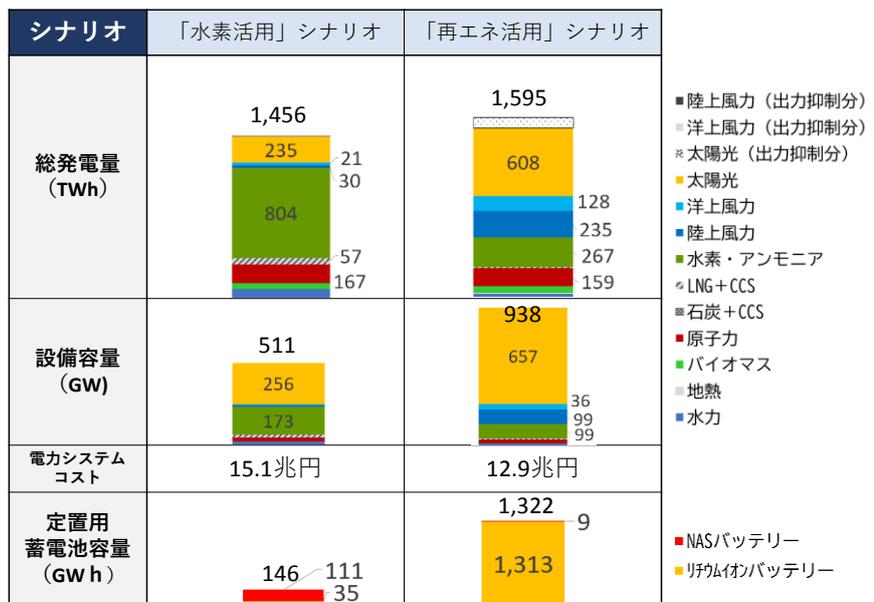


図1 日本の2050年ネットゼロ時の電力ミックス(2つのシナリオの場合)

出所: Net Zero Japan 2050-Summary for Business Leaders, 東大グローバルコモンズセンター, 2023年6月

◆国際再生可能エネルギー機関IRENAの2050年の電力に関する予測

世界の蓄電池の将来需要について、国際再生可能エネルギー機関（IRENA）の報告「Global Renewables Outlook Energy Transformation 2050」（20年4月）がある。シナリオ別に、定置用蓄電池の需要予測が示されている（表2）。

表2 IRENA報告による世界の定置用蓄電池容量の予測 単位:容量 (GWh)

	2019年	2030年	2050年	備考
現行計画シナリオ	30	370	3,400	50年での電源の再エネ比率は36%と推定
エネルギー転換シナリオ	30	745	9,000	50年での電源の再エネ比率は61%と推定

出所：“Global Renewables Outlook Energy Transformation 2050”，IRENA, 2020.4

IRENA報告の現行計画シナリオは、19年時点の各国のNDCやエネルギー計画などにに基づき将来を見通した。エネルギー転換シナリオは再エネへの転換を主に1.5℃を目標にしている。このシナリオ間でも50年の定置用蓄電池容量の振れ幅があった。電源の再エネ比率により、50年の蓄電池需要は大きな差が出た。

なお、22年8月に発表した日本の“蓄電池産業戦略”では50年の世界の蓄電池市場予測にIRENAの現行計画シナリオを用い、30～50年に定置用蓄電池が成長するとした（図2）。再エネ化がより進めば、蓄電池はさらに伸長する可能性がある。



図2 世界市場における蓄電池の需要推移予測

出所:「蓄電池産業戦略」,経済産業省・蓄電池産業戦略検討官民協議会,2022.8
 出典は“Global Renewables Outlook Energy Transformation 2050”,IRENA,2020.4による

◆蓄電池を活用するため50年に向けた課題

50年ネットゼロ社会でのエネルギー電源構成内容について言及する資料は世界でも少なく、東大の中間報告は貴重な資料である。特に、日本の定置用蓄電池の将来の利用状況について、水素・アンモニアによる発電と再エネ発電の普及に応じ、定置用蓄電池の需要が大きな差が出る見通しを示し、蓄電池戦略に示唆を投げかけた。将来の蓄電池について今後の議論進展や最終報告が待たれよう。

2050年に蓄電池を活用するための課題を表3にまとめた。 【新井喜博】

表3 2050年に蓄電池を活用するための課題

<ul style="list-style-type: none"> ➢ 蓄電池は50年ネットゼロ社会の電力需要に不可欠だが、電力ミックス構成に応じた供給が必要で、コストも含め適材適所の定置用蓄電池が必要となる。 ➢ 蓄電池ではリチウム供給不安の解消（精製のントリーリスク低減、リサイクル）やリチウムに頼らない新技術の開発が必要となる。 ➢ 定置用蓄電池には、サイクル寿命の大幅な延長と信頼性の向上が求められる。 ➢ 蓄電池では製造・リサイクル・廃棄工程のCO₂排出を削減する技術開発が必要となる。
--

各種資料を参考にARC作成

次世代太陽光電池の開発で日本は勝てるのか

◆次世代太陽電池として期待されるペロブスカイト型

第6次エネルギー基本計画では、2030年の電源構成として再生可能エネルギーは36～38%（現在18%）で、太陽光は14～16%（現在6.7%）となっている。

国土面積の4分の3が山地で、平地が少ない日本において太陽光発電の導入を進めた結果、国土面積当たり・平地面積当たりの発電設備の導入量は主要国の中で最大となっている。こうした状況から、更なる太陽電池導入拡大に向けては、新たな設置場所の開拓や既存シリコン系の重い、柔軟性がない、コストが高いといった課題を克服した次世代型太陽電池の開発が期待されている。

表1 太陽電池の種類（シリコン系、化合物系、有機系の3種類）

	シリコン系	化合物系	有機系 ペロブスカイト型
導入状況	普及 シェア95%	高付加価値用途 (衛星等)	研究開発段階
発電効率	26.7%	37.9%	21.0%

23年8月31日、「第6回 グリーン電力の普及促進等分野ワーキンググループ」で、「次世代型太陽電池の開発」プロジェクトに関する取組状況が討議された。

ワーキンググループでは、既存シリコン系の課題を解決できる可能性のある有機系のペロブスカイト型が有望視されている。ペロブスカイト型は、直近7年間で発電効率が約2倍に向上するなど、飛躍的な成長をしているからである。

◆ペロブスカイト型のメリットと課題

ペロブスカイト型は、実用化を達成した際には、既存シリコン系に比べて以下の3つのメリットがある。

- ①シリコン系は多くの製造工程が必要であるが、ペロブスカイト型は溶解処理による簡素化された製造工程である。また、ペロブスカイト型は薄膜で使用するので、シリコン系と比較して約1/20程度の材料となる。以上のことから、ペロブスカイト型はコストダウン（約1/3～1/5程度）が期待できる。
- ②ペロブスカイト型はプラスチックなどの軽量基板の利用が容易で、軽量性や柔軟性が確保できるので、シリコン系では設置困難だった場所（ビルの壁面や耐

荷重の小さな屋根など) への設置が可能となる。

- ③ペロブスカイト型の主要な材料であるヨウ素の生産量は、日本が世界シェア30%を占めている。また、他の材料も含めて国内の材料で製造できる。

一方、ペロブスカイト型の実用化には課題もある。ペロブスカイト結晶構造は、酸素や水分によって影響を受けやすく、熱劣化による結晶構造の不安定性がある。この特性から、結晶内部での結合が変化し、電子が効率よく移動できなくなり、発電効率が低下する。太陽光パネルの表面温度は、夏場に70～80℃程度まで上昇するので、実用化には少なくとも耐熱性が必要となる。

また、ペロブスカイト型は少量の鉛を使用しており、鉛が土壌や河川などに流出することによる環境への影響も懸念されている。鉛の代替としてスズの研究開発がされているが、発電効率が大幅に低下する問題が解決できていない。

◆加熱するペロブスカイト型の開発競争と実用化の動向

国内では、複数の企業で、グリーンイノベーション基金を通じて、ペロブスカイト型の基盤技術の開発や、製品レベルの大型化を実現するための各製造プロセス（例えば、塗布工程、電極形成、封止工程など）の個別要素技術の確立に向けた研究開発を行うことを通して、現時点における既存シリコン系と同等の発電コスト14 円/kWh 以下の達成を30年までに目指している。

表2 国内のペロブスカイト型の開発状況

企業	開発状況
積水化学工業	23年4月からNTTデータ共同で、フィルム型を建物外壁に設置し、国内初の実証実験を開始した。実証項目は、設置方法の確立、発電効率の測定、耐久性を確認する。
パナソニックHD	23年8月31日、ガラス建材一体型のプロトタイプを開発し、神奈川県藤沢市で実証実験の開始を発表した。実証項目は、小吹設置による発電効率や耐久性を検証する。
東芝	23年2月11日に横浜市などの4者が東急田園都市線・青葉台駅にて実施する先行実証実験向けに、大面積のフィルム型を実験資材として提供すると発表した。
エネコートテクノロジーズ *京大発のベンチャー企業	22年12月に、京大の若宮教授のグループはスズ-鉛混合系ペロブスカイト型薄膜を効果的に表面修飾する手法を開発した。スズを含むペロブスカイト型で22.7%の発電効率を達成した。本研究成果をエネコートテクノロジーズに技術移転し、実用化に向けた開発研究を展開している。

諸外国の動向に関して、中国では、15年頃からスタートアップ企業が複数設立

された。多数の企業や大学が中国自国内の特許取得を進めていると見られ、研究開発競争は激化している。Dazheng（大正）やGCL Perovskite（協鑫光電）などをはじめとして、量産に向けた動きが見られる。

表3 中国のペロブスカイト型の開発状況

企業	開発状況
DaZheng (大正)	23年7月14日、廈門市海滄区人民政府、福建省パイロット自由貿易区廈門地域の管理委員会と大正は、3MWのモジュール生産基地プロジェクトの署名と除幕式を開催した。
GCL Perovskite (協鑫光電)	23年6月26日、発電効率16%のペロブスカイト太陽電池パネルを発表。24年には、生産ライン整備に100億円を投資し、量産に向けた体制構築を進めることを計画。
Photon Crystal Energy (光晶能源)	23年8月24日、1億6000万元を調達した。23年下半期には100MWのパイロットスケール生産ラインを建設する。24年にパイロットラインの試運転を行い、25年に量産を開始する計画。

英国では、オックスフォード大学発スタートアップのOxfordPVは、タンデム型の商品化・量産化・製造プロセスの開発に注力し、25年前後の大量生産を目指している。ポーランドのSaule Technologiesは21年5月に生産工場を完成させ、コロナ禍の影響で遅れたが、23年内に少量から商用化を行う計画である。

◆ 実用化の開発で先行する中国勢に勝てるのか

09年、世界で最初に太陽電池材料として、ペロブスカイト結晶を発明したのは日本人の宮坂教授である。ペロブスカイト型は日本発の技術である。

ただ、宮坂教授は海外での特許出願手続きに多額の費用が掛かるため、基礎的な部分の特許を国内でしか取得しなかった。海外勢は特許使用料を支払う必要がなかったことが、海外勢の特許攻勢を許す一因となっている。

特許庁のニーズ即応型技術動向調査では、中国の出願は15年以降に急激に増加した。特許出願の内容は製造装置に係るもので、量産化が目的である。

最近、中国メーカーは量産化が具体化した。ペロブスカイト型の量産時の課題はロット毎の性能差といわれている。量産化をいち早く進めている中国メーカーに製造時のノウハウが蓄積され、早期に課題を解決する可能性が高まる。

実用化で先行する中国メーカーに勝つために、日本企業が得意な精度の高い大量生産技術の確立である。その為には、企業は生産技術開発を加速し、政府は資金援助などの支援策を強化する必要がある。

【渡部徹】

解重合法ケミカルリサイクルの実証が始まる

◆日米欧でベッドマットレスのポリウレタンからポリオールを回収する動き

三井化学は2023年9月、ベッドマットレスのポリウレタン（PU）をケミカルリサイクル（CR）する実証事業を**発表**した。CRにはガス化、油化、解重合法によるモノマー化があり、今回の実証では、ポリオールとイソシアネートを主成分とするPUの重合を解いてポリオールを回収する。三井化学は**22年5月**からマイクロ波プラスチック分解技術「PlaWave」の小型実証を行っており、CR技術の確立を目指す。また、パラマウントベッドやリバー（リサイクル業）と協業して、介護用にレンタル使用されたベッドマットレスを回収する仕組みの構築にも取り組む。高齢化が進み、介護用ベッドの需要増、廃棄増が見込まれるなか、この取り組みは環境省「脱炭素型循環経済システム構築促進事業」に**採択**されている。

海外では、米Dowが使用済みマットレスから再生された「RENUVA」ポリオールを、新しいマットレスや建築用断熱板などに活用している。また、独Evonikは、PUからポリオールを再生する加水分解プロセスのCR実証に、**21年**より取り組んでいる。**23年9月**には、リサイクル業REMONDISから使用済みマットレスフォームの供給を受け、スケールアップした実証段階に入っている。

◆ポリスチレンのケミカルリサイクルにともない、容器回収の動きも活発に

PSジャパンは23年9月、ポリスチレン（PS）のCR実証設備の新設を**発表**した。PSは食品容器包装用途で多く用いられるが、汚れや臭いなどの点で、メカニカルリサイクル（MR）での再生が難しいことも多い。PSを解重合してスチレンモノマーを回収し、食品容器包装を水平リサイクルすることに取り組む。PSのCRでは、デンカと東洋スチレンが22年1月に千葉県市原市で年間処理能力3,000トンのプラントを建設すると**発表**しており、23年度下期の稼働が予定されている。

一方、PS製容器のユーザーであるヤクルトは23年5月、市原市のPS・CRシステム推進協議会への参加を**発表**した。また、ヤクルトとPSジャパンなどは23年8月、PS製乳酸菌飲料容器の回収・再資源化の取り組みで**神戸市と連携協定**を締結した。CR実証にともない、容器回収の取り組みも加速しそうだ。【長谷川雅史】

圧倒的な低消費電力化を実現する光電融合技術

◆NTTは光電融合デバイスの開発・製造・販売を手がける会社を設立

2023年9月6日、NTTイノベティブデバイスは新事業戦略を発表した。

NTTイノベティブデバイスは、6月12日にNTTグループで中長距離伝送装置を手がけたNTTエレクトロニクスとNTT研究所の光電融合部門を統合する形でNTT100%出資の新会社として設立された。NTTが推進する次世代通信・情報処理基盤「IOWN」の中核となる光回路と電気回路が融合（光電融合）した小型・高速・低消費電力を特徴とするデバイスの開発・製造・販売を手がける。

半導体の集積化や性能向上、低消費電力化の技術開発に限界が見えつつある状況では、高性能コンピューティングとカーボンニュートラルを現実的に両立させることが難しい。この課題の解決には、半導体製造プロセスの超微細化やパッケージの超高密度実装化と並んで、光電融合技術を導入していくことが鍵になる（図. 1）。

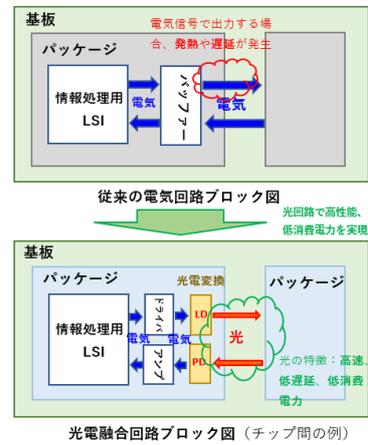


図.1 光電融合技術イメージ
ARC作成

光電融合デバイスは、既にIOWNの通信システムの中で適用されており、同社はこれを通信領域からデータセンターのコンピューティング環境、さらに車やPCからスマートフォンなどのモバイルコンピューティング領域にまで広げる。

開発スケジュールは、25年に光電融合の第3世代デバイスとして半導体チップ間近まで光技術を適用し、データセンターのボード間接続向けを開発する。そして28年に第4世代デバイスで半導体パッケージ内に薄膜レーザを取り込み、パッケージ内のチップ同士の接続に光を利用する。第5世代デバイスは32年での実用化で、小型半導体パッケージへの光電融合チップレット実現を目指す（図.2）。



図.2 光電融合デバイス開発スケジュール

資料からARC作成

◆米スタートアップAyar Labsはインパッケージ光I/Oで高速低消費電力を実現

23年3月1日、Ayar Labsは、光ファイバー通信会議（OFC）で、業界初の4テラビット/秒の双方向波長分割多重（WDM）光ソリューション公開デモを実施した。

現在、大容量データの高速伝送にPCB基板上まで光ファイバーを引くOn Board Optics (OBO)が実用化されているが、インパッケージ光I/Oはパッケージ内まで、光で通信する次世代の光電融合技術である。データセンター内で、CPUやメモリ、ネットワークがわずかな電力で通信できるようにすることで、既存の電気I/Oソリューションと比較して消費電力、遅延、到達距離といった性能を劇的に改善する。今回のデモでは、双方向で4.096Tbps帯域幅でデータ転送時の消費電力は5pJ/bit(10W)未満である。電気I/Oと比較して、1/10の電力で最大1000倍の帯域幅密度を実現する。CPU/GPUなどとコンパクトに

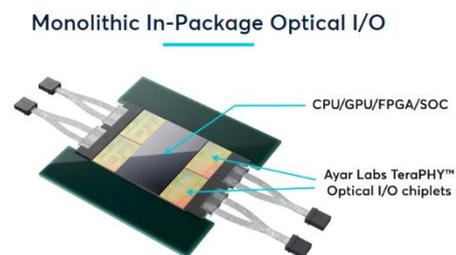


図.3 TeraPHY 光I/Oパッケージ

出典：Ayar Labs

パッケージ化されたCMOSチップレットで提供される「TeraPHY」は、次世代AI、分散型データセンター、高密度6G通信システムなどの基盤となる（図.3）。

◆高温安定動作を可能にする新型量子ドットレーザの提案と実証

23年5月29日、東京大学ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構の荒川泰彦特任教授とアイオーコアは、従来の量子ドット構造に横方向ポテンシャル障壁層を導入することを提案し、量子ドットレーザのさらなる高温安定動作が可能になることを実証したと発表した。試作した量子ドットレーザを評価し、150℃においてレーザ発振に必要な電流を40%低減、レーザ発振可能温度が150℃から160℃へ10℃向上することを確認し、高温で安定に動作することを実証した。これまで、光配線のコンピューティング分野への導入では、レーザ光源の高温での安定動作が課題であった。本提案による量子ドットレーザは、動作温度範囲の拡大が見込め、光配線の高い信頼性につながる。高温安定動作の特性は、光配線のデータセンターやハイパフォーマンスコンピューティングへの適応のみならず、自動車分野への光配線の導入に道を拓き、光電融合技術によるカーボンニュートラルへの道筋を示し、温室効果ガスの排出削減に大きく貢献するものと考えている。

低消費電力でのCO₂排出削減に向け、光電融合技術の開発が進む。 【成田誠】

次世代農業を目指すイチゴの植物工場

◆日本人起業家が、NYの植物工場で高級イチゴの量産化に成功

みずほ銀行は、2023年9月、「価値共創投資」（23年2月に新設）の第1号案件として、米国の植物工場のスタートアップ、Oishii Farm（オイシイファーム）に1,000万ドルを出資したと発表した。

Oishii Farmは、16年に日本人起業家の古賀大貴CEOによって創設され、ニューヨーク近郊の植物工場で、世界で初めて高級イチゴの安定量産化に成功した。受粉が必要な果実は、植物工場での栽培が難しいとされてきたが、ハチが自然環境と錯覚するほどの環境を自社で開発し、日本の贈答品に相当する糖度の高いイチゴの量産化に成功した。22年5月には、ニュージャージー州で世界最大級（約7,000平方メートル）の垂直型植物工場を創設し、一般消費者にも販売可能な供給体制が整い、22年6月から米国の高級スーパー「ホールフーズ・マーケット」などで販売を開始した。23年5月には植物工場の完全自動化を目指し、安川電機と資本業務提携を結んだ。みずほ銀行の投資は両社の取組を後押しするものだ。

◆「垂直農法」の最大の課題は、膨大なエネルギー消費量

植物工場は、農作物の生育に必要な環境を人工的に制御することで、天候に左右されず農作物を安定的に生産できることから、世界中で投資が集まっている。中でもOishii Farmも採用する「垂直農法」の植物工場は、垂直方向に何層にも積み重ねて農作物を栽培する農法で、少ない農地と水と農薬で、より多くの食料を生産できると期待されている。グローバルインフォメーションは22年に公開した「垂直農法の世界市場（2022～2026年）」で、世界の垂直農法市場は20年に55億ドル規模に達し、26年には約198億6,000万ドル規模に達すると予測している。

一方、垂直農法の最大の課題は、膨大なエネルギー消費量だ。Oishii Farmが完全自動化を目指す植物工場は、同社の初期工場と比較してエネルギー使用量を60%削減でき、次に建てる工場では再生可能エネルギーで必要な電力をすべてまかなう計画だ。垂直農法に代表される次世代農業は、気候変動対策だけでなく、エネルギーコスト対策、環境配慮も重要な課題になっている。 【秋元真理子】

主要国が普及を競うEVの急速充電方式

◆米国ではテスラの「NACS」が主流に

2023年7月、日産自動車は、25年以降に米国で販売するEV（電気自動車）の急速充電に、テスラが開発した充電方式「NACS」を採用すると発表した。また9月には、ホンダも同様の発表を行った。

EVの急速充電の方式には、日本が開発した「CHAdeMO」、米国が開発した「CCS1」、欧州が開発した「CCS2」、中国が開発した「GB/T 27930」、テスラが独自に開発した「NACS」の5つの方式があり、このうち、「NACS」以外の4つは、国際電気標準会議（IEC）で国際規格として承認されている。「NACS」は国際規格ではないが、テスラが米国のEV市場の約7割を占めていることから米国で広く普及しており、23年6月には米国での標準規格に正式に認定された。

◆日本は日中共同開発の「ChaoJi」で巻き返しを図る

日本が開発した「CHAdeMO」は、世界で最初に国際規格となった方式である。方式が古い分、最近のEV用電池の大型化に伴い充電時間の長さが課題となり、日本以外では普及が進んでおらず、「ガラパゴス化」も指摘されている。こうした事態を打破するため、「CHAdeMO」の後継として20年に発表された「ChaoJi」は、世界最大のEV大国である中国と共同で開発され、世界的な普及を狙っている。

利用者からすると、異なる方式の急速充電器でも、アダプターを使えば基本的には充電可能なため、どの方式が普及するかは大きな問題にはならない。しかし自動車メーカーからすると、世界的に複数の方式が併存するとそれぞれに対応した改良が必要となる。また、他国が開発した方式が普及すると、自社技術に不利な条件に変更される懸念もある。

今後は、日中の「ChaoJi」、欧州の「CCS2」、テスラの「NACS」の3方式が普及を競う形になるとみられるが、日本が普及を狙う「ChaoJi」については、23年9月時点で対応するEVは販売されておらず、今後の普及は未知数である。既に「CCS2」と「NACS」の普及が進んでいる欧州と米国での巻き返しは難しいと想定されるが、その他新興国などへの普及が期待される。 【今村弘史】

欧州委員長、任期最後の一般教書演説

◆ 欧州連合のフォン・デア・ライエン委員長、一般教書演説で成果強調

欧州連合の欧州委員会のフォン・デア・ライエン委員長は2023年9月、今後1年間の委員会の活動方針を表明する一般教書演説を行った。任期は5年、24年10月までのため最後の演説となり、実績総括の色合いが強いものとなった。女性の立場から、改めてジェンダー平等を訴え、同一労働同一賃金などにも言及した。

演説では、欧州の「グリーン」「デジタル」「地政学」重視を掲げた就任当初の施政方針のうち90%以上で成果を上げたと強調した。欧州委員会の提案した法案の大半はその方向性に沿って成立もしくは審議が進んでいる状況だ。

19年の就任後、新型コロナ危機やロシアのウクライナ侵攻、異常気象による自然災害の多発という事態に見舞われるなか、「欧州グリーン・ディール」に関しては、気候変動対策を経済成長戦略に転換し、投資や技術革新の方向性を明確にした。クリーン水素への投資は、米国と中国を合わせたよりも多くなっている。

◆ 中国への警戒感、日・米・豪との協力強化、産業界からは評価と注文

産業政策では、EUの競争力維持のためには必要なことは何でもするという姿勢を示した。23年3月に発表した「(GHG排出) ネットゼロ産業法案」や「重要原材料法案」などに言及し、早期成立の必要性を訴えた。

今回、EU域内で圧倒的なシェアをもつ中国産太陽光パネルや、進出を強める電気自動車を例に、価格競争の公平性の観点から中国政府の補助金を問題視し、警戒感を露わにした。一方、日、米、豪などとの協力体制にも言及した。

産業界は、おおむね演説内容を評価している。BusinessEuropeは、重要原材料法案の早期成立を求めた。一方、演説で成功例として挙げた風力発電関連産業については、WindEuropeから、安価な中国製タービンの流入で苦慮しているという声が挙げた。サイバーセキュリティ対策や欧州の労働条件に配慮しない価格競争に陥っており、オークションでは、欧州企業が応札できない現状に苦言を呈した。風力発電部門では30年までに少なくとも20万人の雇用創出が見込まれるが、不足する専門能力を持つ労働者の育成支援も要望している。 【赤山英子】

原産地証明手続きの電子化がEPA利用を後押し

◆原産地証明手続きの電子化が加速している

2023年7月18日、日本がインド、マレーシアと締結する経済連携協定（EPA）において、原産地証明書の電子化が始まった。対象は、日インド包括的経済連携協定、日マレーシア経済連携協定と日ASEAN包括的経済連携協定である。低税率なEPA特惠関税を利用するには、EPAの原産地規則を充足し、かつその事実を原産地証明書に記載して輸入通関時に提示する必要がある。従来は、輸出者が原本を輸入者に送付し、輸入者が税関に提示する必要があったが、今後は輸入者がPDF形式の証明書を受領し、これを印刷して税関に提示することが可能となった。

原産地証明書の電子化の恩恵は多々ある。実務的なところでは、輸入者への郵送コストの削減があるが、最も大きな効果はリードタイムの削減であろう。現在は、輸出者が日商の発給システムで申請し、原則2営業日後に紙原本が発給され、手数料を納付してから日商の窓口に取りに行く（または郵送の手配をする）必要がある。その後、受領した原本を輸入者へ送付するのだが、この間に貨物が輸出先国に到着してしまうケースがある。輸入通関時に原産地証明書がないと、EPA特惠関税を利用できない。いったん通常の税率で関税を納付し、事後に還付請求できるEPAもあるが、その手続きは煩雑だ。

◆EPA特惠関税の利用向上のためにも、さらなる電子化の促進を期待

その意味で、原産地手続きの電子化は非常に価値の高い制度改善といえよう。電子化を促したのは産業界からの強い要請だ。新型コロナパンデミックによる非接触対応要請が出たことも追い風となり、20年からPDF方式や電子交換方式などの具体的な電子化議論が活発化した。そして22年1月に初めて日タイEPAでPDF形式の原産地証明書の利用が始まり、23年7月時点で原産地証明書の8割が電子化される状況となった。[23年4月のJETRO調査](#)によれば、企業のEPA特惠関税利用率は20年10月時点に比べて13.8%ポイント伸び、電子手続きの導入が大きく寄与したとの分析も出ている。EPA特惠関税の活用は、今や競争優位を維持するための必須事項となっているため、電子化がさらに進むことを期待したい。【田中雄作】

少子化対策はどこを目指すのか

◆経財白書が少子化を分析：若年層の所得向上、「共働き・共育て」環境整備を

厚生労働省の人口動態統計によると、2022年の出生数は77万人、合計特殊出生率（15～49歳女性の年齢別出生率の合計）は1.26、いずれも統計開始以来最低だ。

少子化が止まらない中、23年8月に内閣府が発表した「令和5年度年次経済財政報告」（経済財政白書）では、1節30ページを費やして「少子化と家計経済」について分析している。

15年以降の出生数は、人口要因（女性数の減少）、有配偶率要因（結婚の減少）、有配偶出生率要因（夫婦の出産の減少）が全てマイナスに作用している。結婚の減少は1990年代から続いており、15年頃まで増加要因だった有配偶出生率要因もマイナスに転じた。

男性は年収が低いほど未婚率が高い傾向がある。30代・年収100万円台の層の未婚率76%に対し、800万円以上層は17%と大きな差があり、若年期の所得向上が婚姻率上昇の鍵になると白書は指摘している。

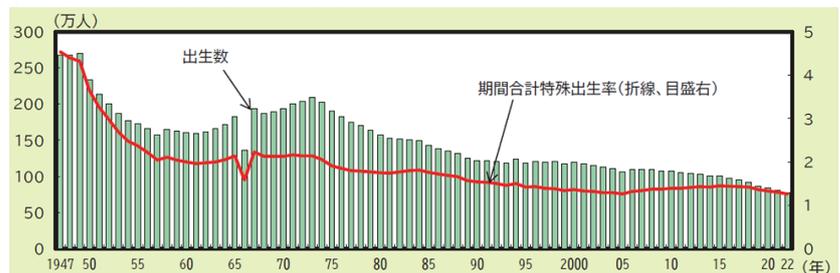
また、「女性が男性より収入が高い組み合わせ」の結婚が少ないことに着目し、男性が世帯の主な稼ぎ手であるべきという伝統的な価値観に加え、「こどもの出生後の収入やキャリアパスの見通しの男女差が影響している」可能性があるとし、出産後の女性の労働所得下落を改善する取り組みが必要だと訴えている。

有配偶出生率に関しては、教育費負担などの経済的要因に加え、夫の家事・育児参加が夫婦の出生意欲に影響しており、男性の育休取得の促進やベビーシッターの利用推進など「共働き・共育て」の環境整備が重要であると指摘している。

ちなみに、総務省の社会生活基本調査によれば、6歳未満のこどものいる共働き世帯の21年の家事関連時間（家事、介護・看護、育児、買物）は、夫が1日平

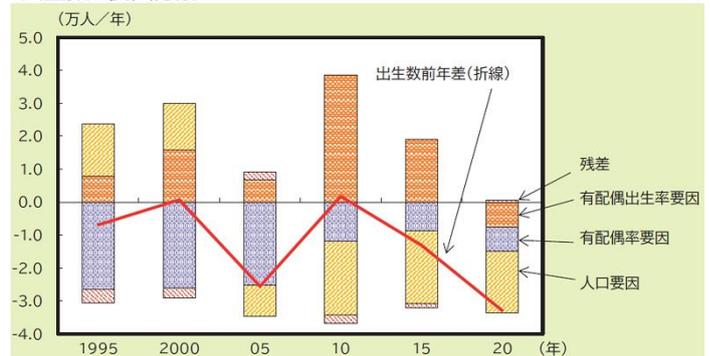
出生数と期間合計特殊出生率の推移

出所：令和5年度年次経済財政報告



出生数の要因分解

出所：令和5年度年次経済財政報告



均1時間55分、妻が6時間33分で、3.4倍の開きがある。パソナの調査では、育児休業を「自分は特に取得したいと思わない」という回答が男性の38.9%に上る。

◆ 「異次元の少子化対策」、目指すところを明確にして重点的な施策を

日本では、1990年に合計特殊出生率が過去最低となった「1.57ショック」で危機感が高まり、03年に少子化社会対策基本法が施行され、対策が進められてきた。

岸田政権は「異次元の少子化対策」を掲げ、23年6月に「こども未来戦略方針」を閣議決定した。基本理念として

①構造的賃上げと経済的支援により若い世代の所得を増やす、②社会全体の構造や意識を変える、③全てのこども・子育て世帯を切れ目なく支援する、の3点を掲げ、多様な施策を「加速化プラン」として今後3年間で推進する。特に若い世代の所得向上に力点を置いており、児童手当拡充など子育て関連の経済支援策が目立つ。

これに対し、日本経済新聞の7月の読者アンケートでは、87%の人が加速化プランを「異次元だと思わない」との見方を示した。また、加速化プランで新たに子供をもうけようとは思わない人が、20代で68%、30代で78%に上った。

数十年前から対策を打ってきたのに少子化が続く現実には、よくよく考察が必要だ。少子化問題は多くの論点が複雑に絡み合うが、人口減少の問題と、子育てや働き方をめぐる社会環境などの問題が十把一絡げに論じられ、そもそも目的が見えにくい印象だ。少子化や人口減少は、経済成長や社会保障財政にはマイナスだが、例えば環境保護の観点なども考えると、何が最適かは難しい。また少子化対策の模範とされる欧米は、フランスのPACS（連帯市民協約）など家族形態の概念自体が多様で、婚外子比率がきわめて高く、外国人住民の割合も多い。欧米の考え方や文化との違いをどう捉えるかによって、日本の対応の方向も違ってこよう。

改めて少子化対策の目的や目指すところを明確にした上で、長期的な効果を見込める施策に、限られた原資を重点投入すべきだ。目先の経済支援策が間違いとは言わないが、社会意識・構造の変革がより重要かもしれない。 【本間克治】

「こども未来戦略方針」の概要 出所：内閣府資料よりARC作成

<p style="text-align: center;">基本理念</p> <p>①若い世代の所得を増やす ②社会全体の構造・意識を変える ③全てのこども・子育て世帯を切れ目なく支援する</p>	<p style="text-align: center;">こども・子育て政策の課題</p> <p>①若い世代が結婚・子育ての将来展望を描けない ②子育てしやすい社会環境や子育てと両立しにくい職場環境 ③子育ての経済的・精神的負担感や子育て世帯の不公平感</p>
<p style="text-align: center;">「加速化プラン」 (2030年までがラストチャンス。今後3年間で前倒し実施)</p> <p>①子育てに係る経済的支援強化、若い世代の所得向上 (児童手当拡充 出産の経済的負担の軽減 医療費・高等教育費の負担軽減、「年収の壁」対応など) ②全てのこども・子育て世帯を対象とする支援拡充 (伴走型支援、産前産後ケア、幼児教育・保育の質向上、保育の拡充「こども誰でも通園制度」、など) ③共稼ぎ・共育の推進 (男性育休取得促進、柔軟な働き方の推進 多様な働き方と子育ての両立支援、など) ④こども・子育てにやさしい社会づくりのための意識改革</p>	
<p>財源 ■新たな特別会計創設で見える化(こども金庫) ■まずは徹底した歳出改革によって確保、実質的に追加負担を生じさせないことを目指す ■前倒しして速やかに少子化対策を実施、その間の財源不足は必要に応じてこども特例公債を発行 ■企業を含め社会・経済の参加者が公平に負担する「支援金制度(仮称)」を23年末までに検討</p>	

夫婦の家事・育児の実態は

◆コロナ禍以降、初の家庭動向調査結果を公表

2023年8月、国立社会保障・人口問題研究所は「[第7回全国家庭動向調査](#)」（22年7月実施）の結果を発表した。前回の調査は18年で、1993年からおおむね5年おきに実施されており、出産や子育て、家事、介護などの家庭の実態や家族関係の変化要因を明らかにし、少子高齢化関連の施策の基礎資料として活用されている。調査テーマの1つである「夫婦の家事・育児」の分析は、家事については妻が60歳未満の世帯、育児については妻が50歳未満で12歳未満の子どもと同居している世帯を対象にしている。

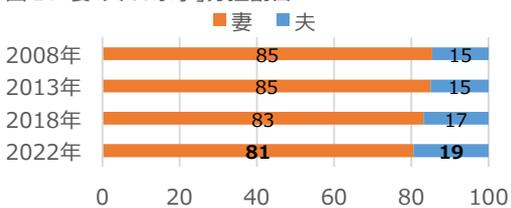
◆夫の家事・育児分担は増加傾向にあるが、妻の分担割合は約8割と変わらず

表1. 妻・夫の家事・育児時間と2008年比増減

単位:分		2008年		2022年		増減	
		妻	夫	妻	夫	妻	夫
家事時間	平日	278	31	247	47	-31	16
	休日	305	62	276	81	-29	19
育児時間	平日	455	75	524	117	69	42
	休日	572	273	724	423	152	150

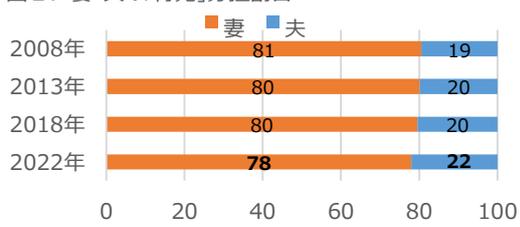
夫婦の1日の平均家事時間は、妻は平日247分、休日276分、夫は平日47分、休日81分と、08年の第4回調査以降、妻は減少、夫は増加している。一方、育児時間は、妻は平日524分、休日724分、夫は平日117分、休日423分と夫婦ともに増えており、特に休日が増加している。（表1.）

図1. 妻・夫の「家事」分担割合



妻と夫で行う家事・育児の総量を100としたとき、それぞれが分担する割合の平均値の推移を08年からみると、夫の家事分担割合は、15%から19%に4ポイント増加（図1.）、夫の育児分担は、19%から22%に3ポイント増加している（図2.）。

図2. 妻・夫の「育児」分担割合



夫の家事・育児の分担は増加傾向にあるものの、大きな変化とまではいえず、いずれもなお約8割を妻が担っている。

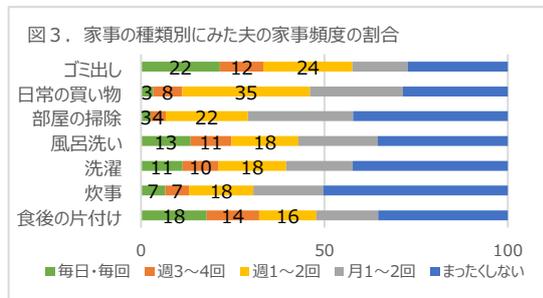
出所：[第7回全国家庭動向調査](#) 国立社会保障・人口問題研究所 より ARC作成

調査では、夫の家事・育児に関する妻の期待についても聞いている。「期待す

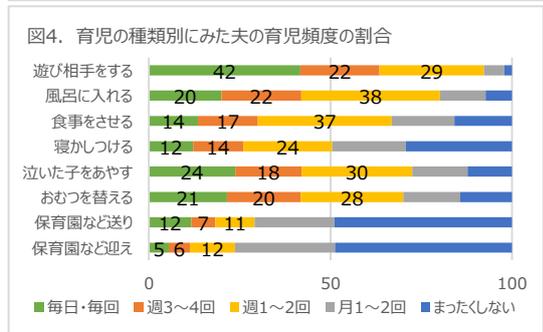
ハイライト

る」という回答の割合は、全体では、家事44%、育児58%だが、29歳以下は、それぞれ70%、74%、「正規」従業の妻は、57%、64%と、割合が最も高い。

◆夫が担う家事は「ゴミ出し」、「日常の買い物」、「食後の片付け」



調査では、具体的に7種類の家事を行う頻度を聞いている。「週に1~2回」以上行う割合が比較的高いのは「ゴミ出し」（58%）、「日常の買い物」（48%）、「食後の片付け」（48%）で、炊事や掃除は頻度が低い。（図3.）また、18年から調査項目に追加された、食材や日用品の在庫を把握する、食事の献立を考える、といった、いわゆる「見えない家事」も妻が担当している割合が高いことが指摘されている。



出所：第7回全国家庭動向調査 国立社会保険・人口問題研究所 より ARC作成

一方、3歳までの子どもの8種類の育児についてみると、夫の実施頻度が「週に1~2

回」以上の割合が8割を超えるのは、「遊び相手をする」と「風呂に入れる」である。保育園の送り迎えは圧倒的に妻の仕事になっている。（図4.）家事に比べると育児の方が、全般に夫が行う頻度は高い。

◆家事・育児の平等な役割分担で目指す「令和モデル」

内閣府が公表した令和5年版男女共同参画白書では、若年層を中心に生活様式や働き方への考え方が大きく変化しており、サラリーマンの夫と専業主婦の妻の世帯を前提とした「昭和モデル」から、誰もが希望に応じて、家庭でも仕事でも活躍できる「令和モデル」への転換を掲げている。早期実現に向けて、①仕事・働き方の環境整備、②仕事と家事・育児のバランスのとれた生活、③女性の経済的自立の3つを優先事項としており、家事・育児の分担は重要事項の1つである。

若年層はもとより、長寿化や生活様式の多様化が進むなか、どの世代・性別でも仕事、家事、育児を担う可能性があるが、「男性は仕事」、「女性は家庭」という固定的な性別役割分担からの脱却は簡単には進まないようだ。 【新井佳美】

Watching No.346 2023年10月17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]