

2022年1月号

海外情報

産業機械業界をとりまく動向



一般社団法人 日本産業機械工業会

◎ジェトロ・シカゴ事務所

JETRO, CHICAGO

1 East Wacker Drive., Suite 3350

Chicago, Illinois 60601, U.S.A

Tel. : 1 - 312 - 832 - 6000

Facsimile : 1 - 312 - 832 - 6066

調査対象地域

アメリカ, カナダ

◎ジェトロ・ウィーン事務所

JETRO, WIEN

Parkring 12a/8/1,

1010 Vienna, Austria

Tel. : 43 - 1 - 587 - 56 - 28

Facsimile : 43 - 1 - 586 - 2293

調査対象地域

オーストリア及びその他の
西欧諸国, 東欧諸国並
びに中近東諸国, 北ア
フリカ諸国

調査対象機種

ボイラ・原動機, 鉱山機械, 化学機械, 環境装置, タンク, プラスチック機械, 風水力機械,
運搬機械, 動力伝導装置, 製鉄機械, 業務用洗濯機, プラント・エンジニアリング等

海外情報

— 産業機械業界をとりまく動向 —

2022年1月号 目次

調査報告

- (ウィーン)
- カーボンフリーのエネルギーおよび製品としての水素…………… 1
(シカゴ)
 - 2021 NIPA Industry & Economic Outlook Conference (その2) について…………… 25

情報報告

- (ウィーン) 廃棄物発電における CCS …………… 42
- (ウィーン) 中東・北アフリカにおける太陽光発電市場の投資可能性 …………… 50
- (ウィーン) 欧州環境情報…………… 81
- (シカゴ) 米国環境産業動向…………… 90
- (シカゴ) 最近の米国経済について…………… 94
- (シカゴ) 化学プラント情報…………… 98
- (シカゴ) 米国産業機械の輸出入統計 (2021年9月) …………… 99
- (シカゴ) 米国プラスチック機械の輸出入統計 (2021年9月) …………… 113
- (シカゴ) 米国の鉄鋼生産と設備稼働率 (2021年9月) …………… 118

駐在員便り

- ウィーン…………… 125
- シカゴ…………… 127

カーボンフリーのエネルギーおよび製品としての水素

欧州の水素業界団体である Hydrogen Europe が 2021 年に発行したカーボンフリーなエネルギーおよび製品としての水素に関するレポート『Hydrogen - a carbon-free energy carrier and commodity』の内容を紹介する。

1. はじめに

完全に再生可能なエネルギーシステムを実現するための水素の役割は、世界中で認識されている。2021 年前半までに 30 カ国以上が水素戦略を実施しており、その大部分が 2020 年に実施されている。中でも、このような戦略を発表した国は、日本、韓国、オーストラリア、チリ、モロッコ、中国、ロシア、サウジアラビア、オーストリア、フランス、ドイツ、オランダ、ノルウェー、ポルトガル、スペインとなっている。

欧州では 2020 年 7 月 8 日、欧州委員会が「欧州グリーンディール」の一環として、「気候ニュートラルな欧州のための EU 水素戦略」を発表した。この戦略では、2024 年までにクリーンな水素の年間生産量を 100 万 t、電解槽の容量を 6GW とし、2030 年までに年間生産量を 1,000 万 t、電解槽の容量を 40GW 以上にするという目標を定めている。また、近隣地域、特に北アフリカからの水素輸入の重要性も認識している。

現在の水素戦略の主な目標は、温室効果ガス排出量の削減、特に削減が困難な分野での削減、エネルギー供給の多様化、再生可能エネルギーの統合、経済成長の促進、国家技術開発の支援、供給の安全性と戦略的埋蔵量の確保、そして最後に忘れてはならないのが、水素の輸出と輸入の開発である。

2. 水素の製造と利用

2.1 水素製造技術

水素は、電気と同様にカーボンフリーのエネルギーキャリアであり、水素の燃焼や変換の際に大気中に CO₂ が放出されないことを意味する。唯一の「廃棄物」となるのは純水である。しかし、電気と同じように、水素を製造において CO₂ が排出されないというわけではない。水素は、水素を含む分子から、エネルギー投入を必要とする変換技術を用いて製造する必要がある。

水素は、化石燃料（水素-炭素分子）、バイオマス資源（水素-酸素-炭素分子）、水（水素-酸素分子）から製造することができる。

化石燃料やバイオマスから水素を製造する場合、投入されるエネルギーは化石燃料やバイオマスから得られる。しかし、水を水素の原料とする場合は、電気（電気分解プロセス）、熱（熱分解プロセス）、太陽の光・光子（光分解または光電気化学プロセス）のいずれかが入力エネルギーとなる。

最終的には、エネルギー源、変換プロセス、入力エネルギー、排ガス処理プロセスによって、大気中に直接または間接的に CO₂ が排出されるかどうかが決定的である。各水素製造技術の概要、現在の成熟度、主な生産物、関連する大気中への CO₂ 排出量を「色」として表現し表 1 にまとめた。水素の色は大気中への CO₂ 排出量の目安であり、大気中への CO₂ 排出量を正確に定義するものではない。

空気中に CO₂ を排出しない再生可能な水素、すなわちグリーン水素は、再生可能な電力を使った水の電気分解によってのみ製造できるというのが一般的な意見である。再生可能な電力とは、太陽光や風力などの電力を指すことが多いが、地域によっては水力や地熱などの電力も使われる。この表から、生物由来の廃棄物を利用すれば、再生可能な、あるいはグリーンな水素が製造できることがわかる。これらのプロセスで発生する CO₂ を回収し、利用または貯蔵すれば、生物起源の廃棄物からの水素は大気中への CO₂ 排出量がマイナスになる可能性もある。

表 1 水素製造方法の技術ごとの概要

原料	プロセス/技術	成熟度	主な生産物	水素のカラー
天然ガス	蒸気メタン改質 (SMR)	成熟	H ₂ + CO ₂	グレーまたはブルー。 回収技術とプロセスの投入エネルギーに応じて、50～100%の CO ₂ を回収・貯留することができる。
	自然熱改質 (ATR)	成熟	H ₂ + CO ₂	ATR では、生成された H ₂ の一部をプロセス熱用のエネルギーとして使用することで、100%の CO ₂ の回収・貯留が可能となる。
	メタン熱分解	2025 年最初のプラント	H ₂ + C	ターコイズ グリーン電力や製造された水素の一部をプロセスエネルギーとして使用した場合、間接的な CO ₂ 排出量はゼロとなる。
石炭	部分酸化/ガス化	成熟	H ₂ + CO ₂ + C	茶色または青色。
	石炭地下ガス化	プロジェクトが存在	H ₂ + CO ₂	CCS 技術によっては、50～90%の CO ₂ を回収・貯留することができる。
固形バイオマス、バイオマス廃棄物	ガス化	ほぼ成熟	H ₂ + CO ₂ + C	グリーン
	プラズマガス化	2023 年最初のプラント	H ₂ + CO ₂	CO ₂ のマイナス排出が可能
湿潤バイオマス	超臨界水ガス化	2023 年最初のプラント	H ₂ + CH ₄ + CO ₂	グリーン CO ₂ のマイナス排出が可能
	微生物電気分解	実験室	H ₂ + CH ₄	
電力+水	電解槽 アルカリ PEM SOEC	成熟 ほぼ成熟 パイロットプラント	H ₂ + O ₂	電力源によってグレーからグリーン、ピンクへ変化。 再生可能資源からの電力ではグリーンの H ₂ 、原子力からの電力ではピンクの H ₂ が生産され、どちらも CO ₂ の排出はゼロである。
太陽光+水	光電気化学	実験室	H ₂ + O ₂	グリーン

新しい技術開発として、光電気化学電池がある。これは、太陽光（光子）が水分子を直接水素と酸素に分解するものであり、電気分解プロセスが不要となる。世界中の多くの大学が、このプロセスを最適化し、より高い効率、より少ない安価な材料、低劣化性、そして安定したプロセスを目指して研究を行っている。しかし、スペインの石油会社である Repsol 社は、2021 年 8 月に、中間段階としての電気分解を必要としない「太陽電池による直接水素製造」が 2030 年までに商業的に実現すると発表している。

化石燃料からの水素製造でも、大気中への CO₂ 排出はゼロになる。現在、天然ガスからの水素製造は水蒸気メタン改質 (SMR) プラントで行われている。将来的には自然熱改質法 (ATR) プラントも導入される予定である。これらの改質プロセスでは、(i)改質プロセスからの純粋な CO₂ の流れと、(ii)プロセスのための熱を生成するために天然ガスを燃やしたことによる CO₂ を含む排ガスの流れという、2 つの異なる CO₂ の流れが発生する。改質プロセスからの純粋な CO₂ の流れを 50% (SMR) から 100% (ATR) まで捕捉することは比較的容易である。しかし、CO₂ を排ガス中の他の成分から分離することはより難しく、結果的にコストもかかる。しかし、製造された水素

の一部を燃焼させてプロセス熱を発生させれば、CO₂ を含まない蒸気だけの排ガスとなるため、CO₂ 全体の 100% を回収・貯留することも可能であると考えられる。

新しい技術であるメタン熱分解では、メタン (CH₄) を水素 (H₂) と固体炭素 (C) に分解する。このプロセスでは、CO₂ は発生しないが、間接的に CO₂ が発生するかどうかは、熱として投入されるエネルギーに依存する。また、製造した水素の一部や電力を再生可能エネルギーや原子力資源で賄えば、CO₂ を排出せずに水素を製造することができ、この技術では CO₂ の回収・貯留は必要ない。

2.2 現在の水素利用

現在、水素は主に天然ガスや石炭から製造されており、現在は主に化学製品、アンモニア（肥料の主成分）、メタノールを製造するための原料として使用されている。また、水素は製油所で石油の脱硫、灯油、ガソリン、ディーゼルの生産にも使用されている。水素製造のためにガスと石炭が投入する一次エネルギーは約 3,200TWh で、世界の一次エネルギー消費量の約 2% に相当する。図 1 は、世界の水素生産と消費のエネルギーバランスを示している。

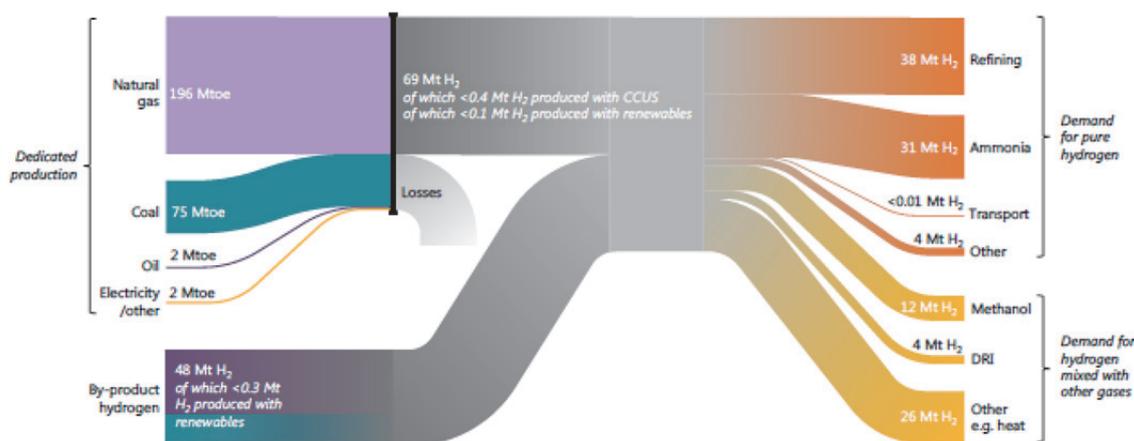


図1 世界における水素製造と消費のエネルギーバランス (2018年)

出典：Hydrogen - a carbon-free energy carrier and commodity、Hydrogen Europe

現在、ほとんどすべての水素は、化学・石油化学の現場やその近くで製造・使用されている。天然ガスはパイプラインで、石炭は船、鉄道、トラックで、製油所、肥料工場、メタノール工場などの場所に運ばれ、ガスや石炭が水素に変換される。このように、水素は同じ場所で生産・利用されるため、キャプティブ水素生産・利用と呼ばれる。特に信頼性の高いベースロード供給を確保するために、化学現場には限られた民間の水素パイプラインのインフラがある。公的なインフラ、公的な市場、そして市場規制は存在しない。

現在、水素はエネルギーキャリアや、公共施設の暖房の燃料として使用されておらず、非常に限られた範囲でしかエネルギーキャリアとして使用されていない。エネルギー法やエネルギー規制において、水素はエネルギーキャリアとして考慮されていないか、考慮され始めたばかりである。

純粋な形の水素は、今日の公共領域のエネルギーシステムにはほとんど存在しないが、混合された形の水素は存在しないわけではない。石炭や石油から製造される都市ガスは、都市部で調理や暖房のために流通する合成ガスであり、この都市ガスの組成は、水素が 50% 以上であった。1970 年代から 1980 年代にかけて、世界各地で都市ガスに代わって天然ガスが使われるようになった。しかし、特に中国（香港をはじめと

する中国 20 省) では、ナフサと天然ガスから製造され、水素が 50%以上、残りは主にメタンという都市ガス組成の都市ガスが、今でも暖房や料理に使われている。

2.3 水素利用技術

過渡期には、水素をボイラー、炉、エンジン、タービンなどで燃焼させて、熱や電気、機械的な動力を得ることができる。しかし、将来的には、燃料電池による電気化学的変換が重要になる。燃料電池の反応は、電気分解の逆の反応である。燃料電池システムは、あらゆる種類のモビリティのドライブトレインとして、特に自動車メーカーによって過去数年間に渡って開発されてきた。燃料電池の技術構造は、電解槽、電池、太陽電池と同様に、セルを積層し、それを他の機器組み合わせに燃料電池スタックとしてシステムを構築している。コストダウン、効率アップ、劣化の抑制、材料（特にプラチナ）の削減など、研究開発は重要である。特に、セルとスタックの大量生産は、コストを大幅に下げることになる。セルとスタックの大量生産（年間 50 万台の燃料電池システムを生産する工場）により、自動車用の燃料電池システムの Capex コストは 30~40 ドル/kW にまで下がると言われている。燃料電池の設備投資コストは、現在のエンジンやタービンなどの燃焼技術に比べて低く、変換効率も高い。したがって、将来的には、燃料電池技術は、少なくともコスト競争力があり、ほとんどの場合、現在の燃焼技術よりも安くなるとみられる。

2.4 燃料電池システムはすべての分野で適用される

燃料電池システムは、自動車メーカーが燃料電池電気自動車（FCEV）の駆動系として開発している。しかし、これらの燃料電池システムは、船舶、列車、ドローン、飛行機などの他の輸送手段にも適用できる。燃料電池システムは、このようなモビリティへの応用以外にも、電気と熱を生成する燃料電池が住宅やビルで使用されるようになるなど、他の用途でも重要な役割を果たすことになる。ヒートポンプを使って、熱の量と温度を必要なレベルにすることができる。熱を生み出すだけでなく、燃料電池で作られた電気は、屋根に設置されたソーラーパネルからの電力を補うこともできる。パナソニックは、天然ガス系統に接続可能な小規模（1kWe 未満）の燃料電池ホームシステムを発表しており、天然ガスは燃料電池上部の小型改質器で水素に改質される。日本ではすでに 10 万台のシステムが販売されている。

燃料電池システムは、再生可能エネルギーが需要を満たせない場合に電力を生産する、電力バランスプラントとして使用することができる。これらの燃料電池システムは、地方や、オフィスなどに分散的に設置することができ、地元で電気と熱を生産することができる。

3. 水素コスト

3.1 水素製造コスト

(1) 天然ガスからの水素製造コスト

多くの研究が水素製造コストを分析しており、中でも IEA、Bloomberg-NEF、Hydrogen Council などが挙げられる。一般的に、すべての成熟した水素製造技術において、エネルギーコストは水素製造コストの中で最も重要な要素である。IEA は、世界のいくつかの地域における天然ガスからの水素の製造コストを分析した。ガス価格が低い地域、中東、ロシア連邦、北米では最も低く、日本、韓国、中国、インドなどのガス輸入国では最も高い値となっている。ガス価格は 0.010~0.038 ドル/kWh の間で変動し、燃料費が最大のコスト要素で 45~75%を占めている。天然ガスからの SMR による水素製造コストは、0.9~1.8 ドル/kg-H₂ である。

また、IEA では炭素回収・貯留（CCS）を行った場合の SMR による水素製造コストも計算している。その結果、CCS は水素製造コストに約 1 ドル/kg-H₂を加えることが明らかとなった。SMR による天然ガスからの水素製造コストに 10 ドル/t-CO₂ の炭素税を加えた場合、水素価格に約 0.1 ドル/kg が加算される。

(2) 再生可能エネルギーによる水の電気分解による水素製造コスト

水の電気分解による水素製造コストは、エネルギーコストに左右される。IEA は、電解槽の投資コストと電力コストを変数として、全負荷時の水素コストを関数として分析した。図 2 を見ると、電力コストが水素製造コストの中で最も支配的な要因であることがよくわかる。経験則では、電解槽の効率が 80% HHV (67% LHV) の場合、10 ドル/MWh ごとに、0.5 ドル/kg-H₂ のコストが追加される。もちろん、太陽光発電のように全負荷時間が少ない場合の電解槽の Capex および Opex コストも、水素製造コストに寄与する。例として、太陽光発電の電気代が 0.01 ドル/kWh、電解槽の Capex が 250 ドル/kW、全負荷時間が 2,000 時間、WACC が 3% の場合の水素製造コストは、約 1 ドル/kg-H₂ となる。この場合、電気代と Capex + Opex は、水素製造コスト全体の 50% に相当する。

再生可能資源が豊富な場所（電力コストが 10~20 ドル/MWh）では、低コストのグリーン水素を製造することができ、2030 年頃には現在の化石燃料からのグレー水素のコスト（1~1.5 ドル/kg）と競合し、長期的には天然ガスでも電力コストが 10 ドル/MWh 以下になると考えられる。もちろん、電解槽の設備投資や Opex コストの削減も重要だが、電力コストが最も重要なコスト要因である。変換効率が 50kWh/kg-H₂ の場合、10 ドル/MWh の電力コストごとに、0.5 ドル/kg のコストが総水素コストに加算される。

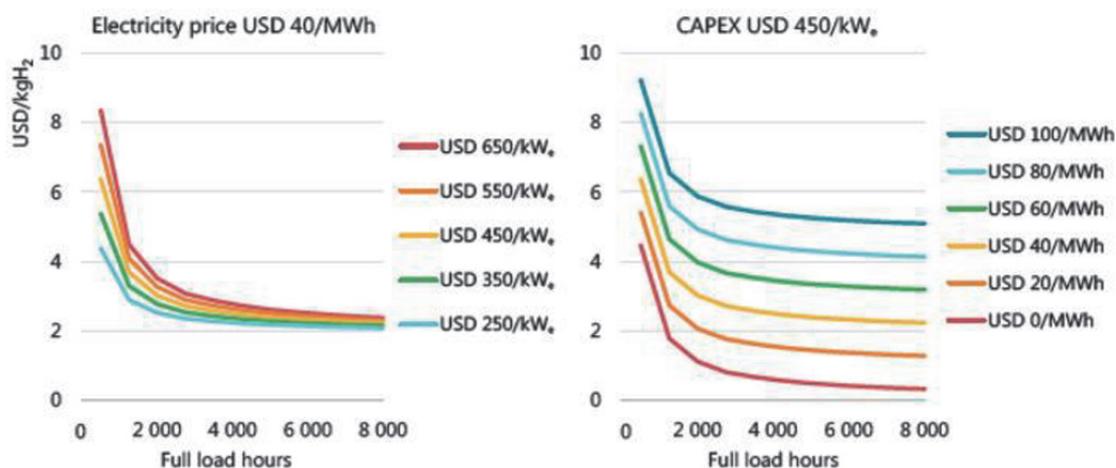


図2 全負荷運転時間、CAPEX、電力価格と水素生産平準化コストの関係
 (左図：電力価格を40ドル/MWh固定、右図：CAPEXを450ドル/kW固定)

出典：Hydrogen - a carbon-free energy carrier and commodity, Hydrogen Europe

(3) 大量生産、技術統合、複数 GW 規模のプロジェクトによる電解技術コストの低減
 アルカリ電解槽は 100 年以上の歴史を持つ技術で、現在では水中の溶存塩（NaCl）から塩素を製造し、副産物として水素を得ることができる。全世界のアルカリ電解槽の設備容量は約 20GW である。また、PEMEL や SOEC などの新しい電気分解技術も開発されているが、これらのアルカリ電解槽は水素製造にも容易に適用できる。電気化学変換技術であり、太陽電池やバッテリーと同様の技術構造を持っている。電解槽は、電気分解セルから構成されており、セルを積み重ねてスタックを構成し、0.1~5MW の容量を持つ。大容量の電解槽の場合、多数のスタックが設置されるため、1kW あたりのプラントバランスコストを下げるができる。コストダウンのために

は、研究開発による技術の向上が重要であるが、特にセルとスタックの大量生産、太陽光や風力とのシステム統合、数 GW スケールの再生可能水素製造プラントにより、Capex と Opex のコストを下げるができる。これらの数 GW スケールの再生可能な水素製造プラントは、電力網ではなく、太陽光や風力タービンに接続される。

天然ガスからの水素製造と、太陽光発電による水素製造を比較すると、似たコスト構造になっている。300 万 BTU の天然ガスコスト (0.01 ドル/kWh) は、約 0.5 ドル/kg-H₂に寄与し、これは 0.01 ドル/kWh の電力コストと同じである。IEA が推定した SMR の設備投資コストは、500~900 ドル/kWh であり、8,000 時間のフルロード時には約 0.5 ドル/kg の水素が供給される。これは、資源の豊富な場所にある太陽光発電の場合、フルロード時間が 2,000 時間の電解槽の設備投資コストが 250 ドル/kWh であることと同じである。

3.2 水素輸送コスト

水素は、パイプラインや船で長距離を輸送することができるため、世界中に水素を輸送することが可能である。両輸送手段のコストについては、以下で説明する。

(1) パイプラインによる水素輸送コスト

パイプラインによる水素輸送は、数十年前からすでに一般的に行われている。例えば、Air Liquide 社は、何十年にもわたって、オランダ、ベルギー、フランス北部までの水素パイプラインインフラを運営している。既存の天然ガスパイプラインのインフラも、水素輸送に再利用することが可能である。大型の輸送用スチールパイプラインや分配用 PE または PVC パイプラインは、水素輸送に比較的容易かつ安価に再利用できることが、ガス TSO、KIWA、DNV-GL などの研究で明らかになっている。

21 カ国の欧州ガスインフラ企業のグループは、2021 年 4 月に欧州専用の水素バックボーンの実現に向けたロードマップを発表している (図 3 参照)。水素バックボーン (20、36、48 インチのガスパイプラインを改造したもの) は、パイプラインごとにそれぞれ 2GW、5GW、15GW の水素 (HHV) を輸送することができる。試算によると、75%の改造ガスパイプラインと 25%の新規水素パイプラインで構成され、年間 5,000 時間フルロード稼働する欧州の水素バックボーンの輸送コストは約 0.16 ユーロ/(kgH₂・1000km) となる。しかし、新たに大規模な専用パイプラインを建設し、ベースロードの水素を 80 気圧で輸送すれば、輸送コストは 0.1 ユーロ/(kgH₂・1000km) よりも低くなる可能性がある。

数千キロの距離をパイプラインで輸送する水素は、コスト効率の高いエネルギー輸送方法である。この距離を電気で輸送する場合と比較すると、水素輸送はおよそ 10 分の 1 のコストで済む。US-DOE の研究では、天然ガス、水素、石油、メタノール、エタノール、電気のエネルギー輸送コストを比較している。その結果を図 4 に示す。彼らは、パイプラインによる水素輸送コストを 5 ドル/(MWh・1000 マイル) と見積もっており、これは 0.1 ユーロ/(kg-H₂・1000km) に相当する。

HVDC 輸送ケーブルの容量は、パイプラインによる液体や気体の分子輸送に比べてかなり低い。さらに、電気輸送ではケーブル内の抵抗によるエネルギー損失が大きい。分子輸送の場合、分子の損失はないが、パイプラインの圧力損失のために圧縮エネルギーが必要である (図 4 参照)。US-DOE の研究では、水素の流速を天然ガスと同じにしているため、電力輸送に比べて水素輸送のコストが 8 倍になっている。

電力輸送のコストは、電圧レベルを上げて損失を減らすことでさらに削減できる。しかし、水素のコストは、水素の流速を上げたり、パイプラインの圧力レベルを上げたりすることで、さらに下げることができる。つまり、将来的には電気の輸送コストは水素のパイプライン輸送よりも 1 割度高くなると考えられる。

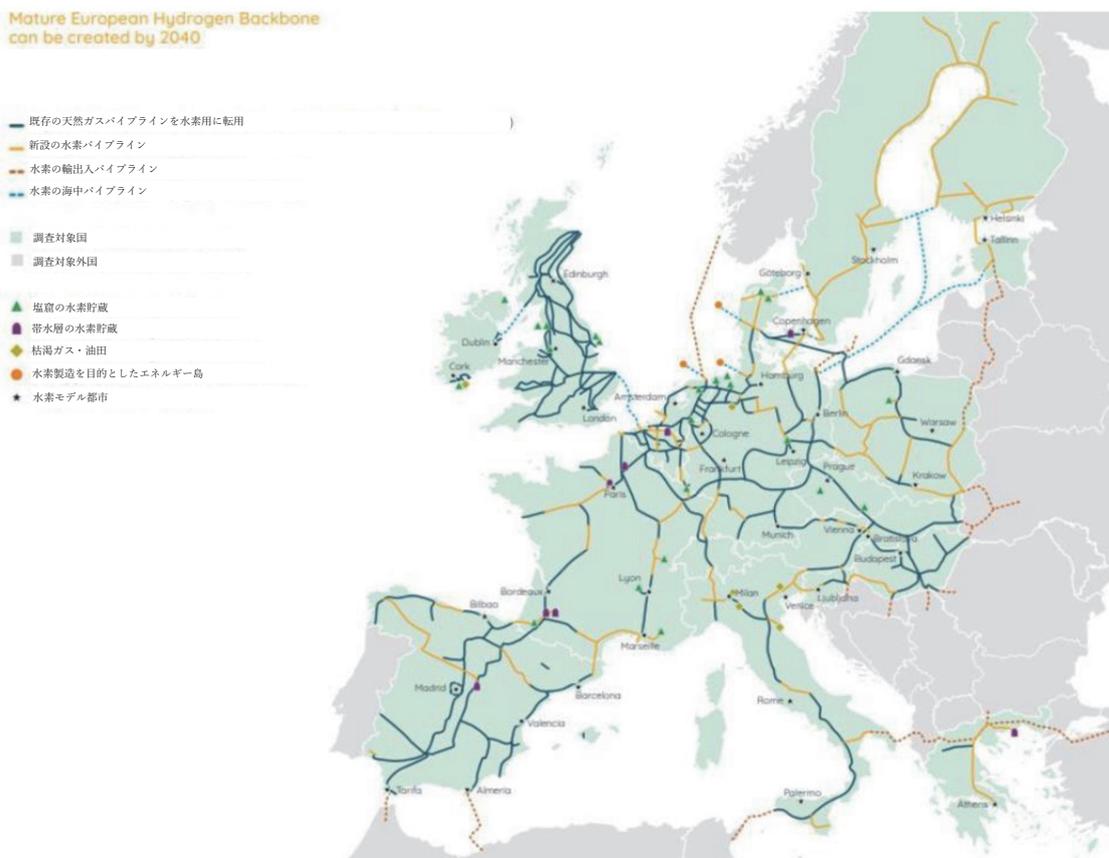


図3 2040年に実現を目指す欧州の水素バックボーン
 出典：Hydrogen - a carbon-free energy carrier and commodity、Hydrogen Europe

(Relatively) Low-Capacity drives electrical transmission costs up.

Liquids have high energy densities and low pumping costs

	Electrical	Liquid Pipeline			Gas Pipeline	
Energy Carrier	HVDC	Crude Oil	Methanol	Ethanol	Nat Gas	Hydrogen
Flow (amps,kg/s)	6,000	1,969	1,863	1,859	368.9	69.54
Rated Capacity (MW)	2,656	91,941	37,435	50,116	17,391	8,360
Capital Cost (\$M/mile)	\$3.9M	\$1.47M	\$1.92M	\$1.92M	\$1.69M	\$1.38M
Operating Power: Rated Capacity	12.9%	0.78%	2.02%	1.51%	2.67%	1.94%
Capital Cost (\$/(mile-MW))	\$1,467	\$16	\$51	\$38	\$97	\$166
Transmission Cost (\$/MWh/1000mi)	\$41.50	\$0.77	\$2.2	\$1.7	\$3.7	\$5.0

Electrical transmission faces high cost for sending electricity

図4 電気、液体・気体エネルギーキャリアの輸送コスト比較
 出典：Hydrogen - a carbon-free energy carrier and commodity、Hydrogen Europe

(2) 船舶による水素輸送コスト

船舶による水素輸送は、世界中に水素を輸送することを可能にする。水素は、液体水素として船で輸送することも、アンモニア (NH₃) に変換して輸送することも、液体有機水素キャリア (LOHC) に水素を結合して輸送することもできる。この 3 つにはそれぞれ異なる特徴と利点がある。液体水素輸送は、海上では船で、陸上ではトラックで給油所まで運べるというメリットがある。トラックによる液体水素輸送は、トラックによる圧縮水素輸送の 4~10 倍の量の水素を運ぶことができ、その分、コストも安くなる。しかし、液体水素の船舶輸送は新しいもので、輸送船を開発・製造する必要がある。船によるアンモニアの輸送は、成熟したサプライチェーンを持つ技術であり、肥料や化学産業で使用されている。アンモニアは、ディーゼルエンジンに使用してディーゼルの代わりにすることができる。アンモニアは、パイプライン (米国にはアンモニアのパイプラインインフラがある) や船、鉄道、トラックで内陸部を輸送することができ、分解して水素に戻すことができる。LOHC は、既存の石油タンカーで輸送し、石油タンクに貯蔵することができるため、既存の石油関連資産を再利用することができる。LOHC は、パイプライン、船、鉄道、トラックなどで内陸部を輸送することができる。脱水素処理は、港湾エリアや使用場所で行うことができ、その場合、キャリアを輸送して戻す必要がある。いくつかの港では、水素の輸出入施設や戦略を開発している。例えば、オランダのロッテルダム港は水素戦略を策定し、2050 年には 2,000 万 t の水素を処理することを予測している。

図 5 はサウジアラビアからオランダに水素を輸送して水素ステーションに供給するために、3 種類の輸送方法を比較したものである。3 つの異なる輸送方法のコストは、距離と、特に水素の最終用途によって異なり、どの方法が最もコスト効率が高いかを示している。現時点では、アンモニアの出荷サプライチェーンのコストが最も低くなると予想される。しかし、将来的には、液体水素と LOHC のサプライチェーンコストは、技術の向上と水素量のスケールアップによって下がると予想される。

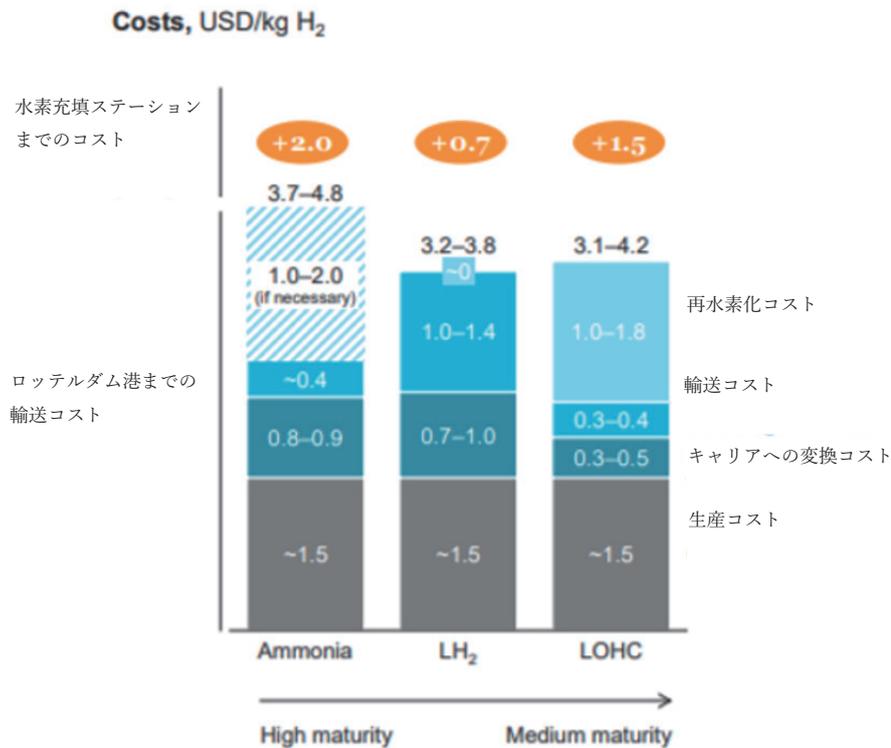


図5 サウジアラビアからロッテルダム港へ輸送コスト比較

出典 : Hydrogen - a carbon-free energy carrier and commodity、Hydrogen Europe

3.3 水素貯蔵コスト

水素を貯蔵する技術は数多くあるが、大規模な水素貯蔵においては、塩窟での圧縮水素貯蔵が、現在最も経済的で成熟した技術である。

塩窟は、天然ガスを貯蔵するのと同じように、水素を貯蔵することができる。英国では、すでに何十年も前から塩窟が水素貯蔵に使われている。また、アメリカでも塩窟を使った水素の貯蔵が長年行われている。

典型的な塩窟では、最大 200bar の圧力で水素を貯蔵することができる。塩窟の貯蔵容量は、最大で 6,000t である。配管、コンプレッサー、ガス処理などを含めた総設置費用は約 1 億ユーロで、水素貯蔵の Capex コストは 0.5 ユーロ/kWh 以下である。

安価な水素貯蔵の必要性は、時間の経過とともに指数関数的に増大する。塩窟は、この安価な水素貯蔵ソリューションを提供することができる。欧州には、大規模な水素貯蔵に利用できる空の塩窟がまだ多く残っており、水素貯蔵に特化した塩窟を開発することができる。潜在的には、水素を貯蔵するための特定の要件を満たす空のガス田に水素を貯蔵することができる。しかし、これにはさらなる研究が必要である。

Jülich 研究センターの研究では、塩窟での水素貯蔵能力の可能性が調査された。欧州中の塩窟には、水素貯蔵の大きな可能性がある。陸上の塩窟の総貯蔵量は 23,200TWh で、そのうち 7,300TWh は海岸までの最大距離 50km を考慮して開発可能である。この最大値は、塩水の処分のために設定されている。洋上の貯蔵容量は陸上の容量よりもさらに大きく、61,800TWh である。塩窟の貯蔵能力の可能性は、欧州の最終エネルギー消費量の合計よりも大きいことに留意すべきである。これまで研究されてこなかったが、塩窟での水素貯蔵の大きな可能性は、世界の他の多くの場所でも利用可能である。

4. 再生可能エネルギーシステムにおける空間と時間の次元

4.1 遠隔地にある良質な再生可能エネルギー資源

再生可能エネルギー資源、特に太陽光と風力は、世界中に偏在している。太陽資源は、主に熱帯地方の砂漠地帯に多く見られる。サハラ砂漠、オーストラリア、ナミビア、サウジアラビア、チリなどは世界で最も日射量が多く、インド、米国南部、メキシコ、ブラジル、中国、イランなども良好な太陽資源を有している（図 6 参照）。

良好な風力資源は、沿岸部（海風）だけでなく、一部の砂漠地帯、熱帯周辺（貿易風）、パタゴニア、カザフスタン、米国中西部、モンゴル、ニュージーランドなどの平坦な地形の地域にもある（図 7 参照）。しかし、海や海洋では、陸上よりもさらに風速が速くなる。

太陽や風の資源が豊富な地域は、通常、人口の多い地域からは離れているため、エネルギー需要も少なくなる。また、これらの資源地域では、スペースが豊富で、人口密度が低い。サハラ砂漠の 10%にも満たない面積にソーラーパネルを設置すれば、世界中のエネルギーを生産できるとされている。また、太平洋の 1.5%に大型の浮体式風力発電機を設置すれば、世界中のエネルギーを生産することができる。このような再生可能エネルギー資源に恵まれた地域は、多くの場合人口集中地区よりもはるかに大きな面積を持ち、人口密度が低い。例えば、920 万 km² のサハラ砂漠は、EU と英国の 2 倍、インドの約 3 倍、日本の 24 倍以上の広さがある。しかも、人口密度は 1 人/km² 以下であり、EU は 117 人/km²、インドは 382 人/km²、日本は 347 人/km² である。

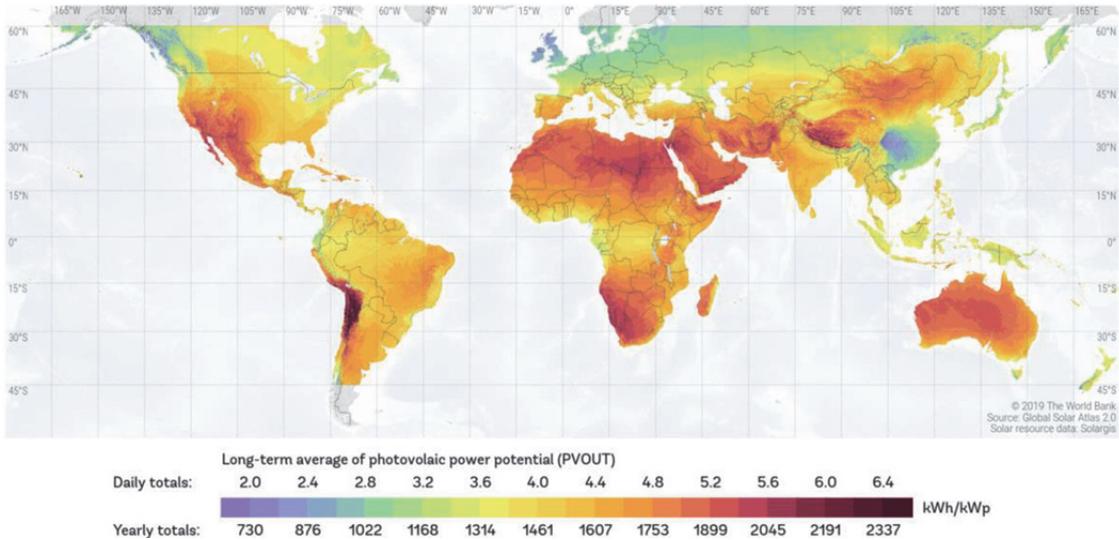


図6 太陽光資源の分布

出典：Hydrogen - a carbon-free energy carrier and commodity、Hydrogen Europe

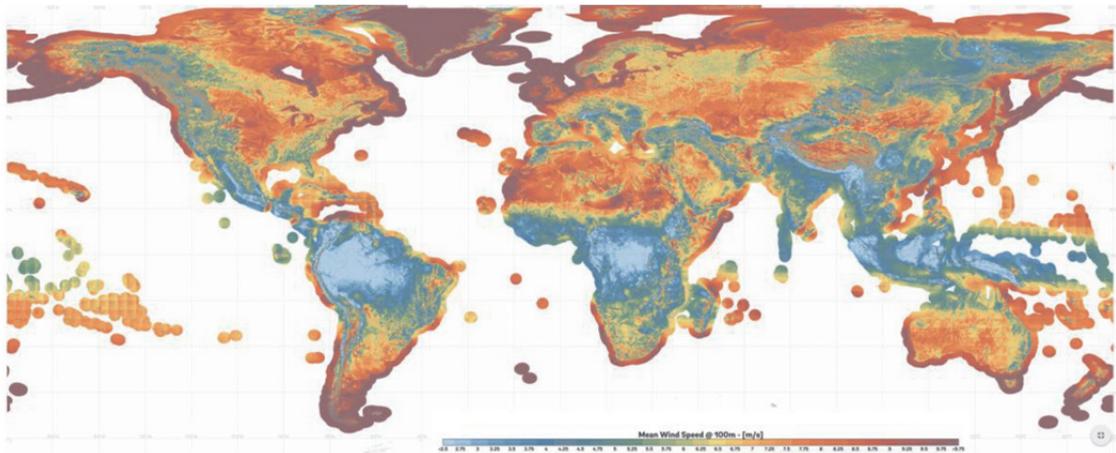


図7 風力資源の分布

出典：Hydrogen - a carbon-free energy carrier and commodity、Hydrogen Europe

4.2 安価な太陽光や風力を世界中に運ぶための商品としての水素

世界の多くの地域では、再生可能エネルギーや低炭素・無炭素の水素を低コストで生産することができるが、特定の地域が水素やアンモニアなどの水素派生物による再生可能エネルギーの純輸出国になり、他の地域が純輸入国になることは明らかである。地域内でも、水素の取引、輸出入が行われることが予想される。

日本、韓国、中国の一部、米国の一部、欧州連合、そしてインドは、再生可能エネルギー資源が少ないだけでなく、限られた面積と高い人口密度のために、低コストの水素の純輸入国になる（図8参照）。

このような資源に恵まれた場所で太陽光や風力発電を数 GW スケールで生産し、水素に変換して需要地に輸送すれば、安価な再生可能電力を水素の形で世界中に大量に供給することができる。輸入された水素は、いずれ地元や地域で生産された水素、さらには地元や地域で生産された電気と価格競争をすることになる。したがって、水素とその派生物は、国際的に輸送・取引されるエネルギー商品となるとみられる。

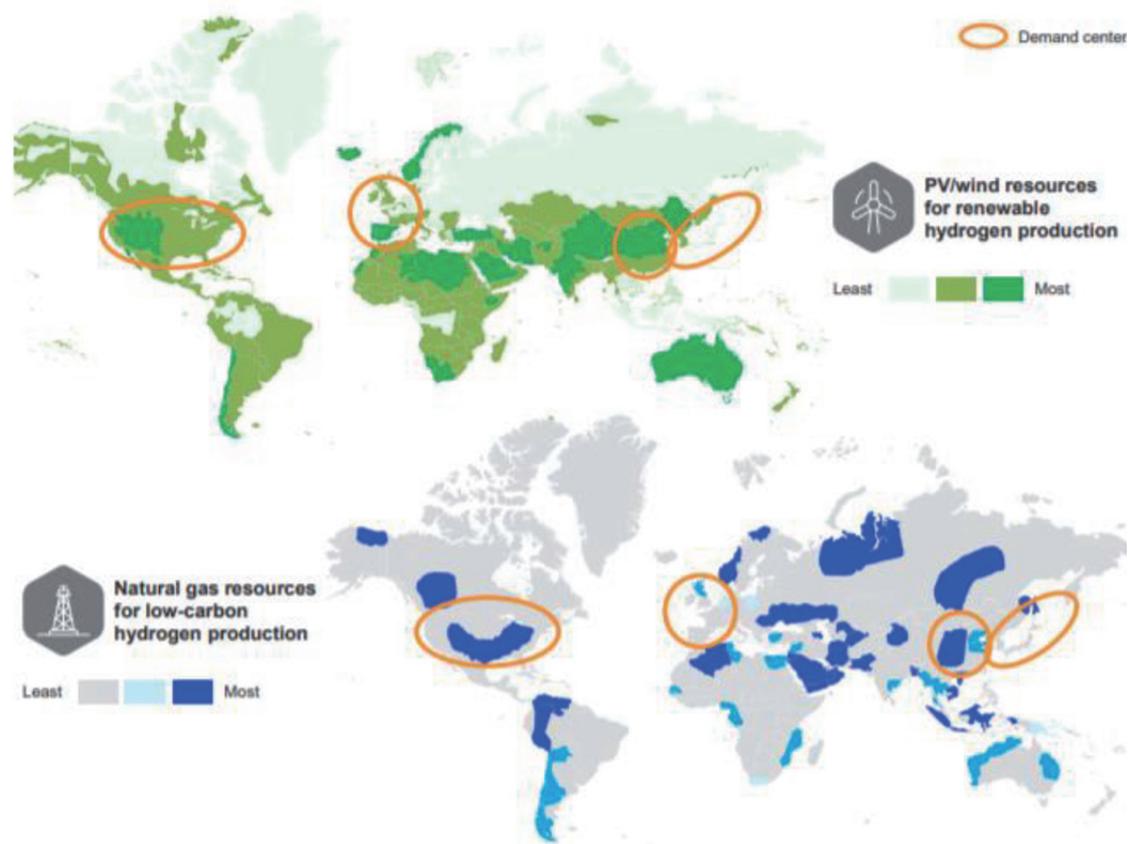


図8 水素生産資源（上図：太陽光/風力、下図：天然ガス）の分布と水素需要地
出典：Hydrogen - a carbon-free energy carrier and commodity、Hydrogen Europe

4.3 大規模な再生可能水素製造に必要なスペース

輸送コストが低いという利点を十分に生かすためには、電気よりも桁違いに多くの水素を製造する必要がある。HVDC ケーブルの容量は 1~2GW なので、電力生産には 1~2GW の風力・太陽光発電所があれば十分な規模である。しかし、水素を製造するためには、水素輸送パイプラインの容量に基づいて、風力や太陽光発電所の規模を 10~20GW にする必要がある。輸送パイプラインの容量が 10GW で、そのパイプラインの稼働率が約 4,000 時間の場合、年間 40TWh の量が輸送されることになる。これは 100 万 t の水素に相当する。100 万 t の水素を製造するには、太陽光や風力による発電、電解槽、コンプレッサー、ケーブルやパイプライン、アクセス道路などのスペースが必要である。表 2 は、約 100 万 t の水素を製造するために必要な面積の概要を示している。

表 2 からわかるように、太陽電池の場合は約 500km² の面積が必要で、多かれ少なかれ設備や機器で埋まってしまう。特に、太陽光発電や CSP の発電には、ほとんどのスペースが必要となる。アルカリ電解槽の設置面積は PEM 電解槽の平均 2 倍であるが、アルカリ電解槽に必要な面積は 10 ha/GW と、太陽光発電や風力発電に必要な面積に比べるとわずかである。

陸上および洋上風力の場合、風力発電機が必要とする物理的スペースはそれほど多くはない。しかし、風力発電所では、風車による航跡効果や乱流のために、風車同士の間隔を十分に取る必要がある。目安としては、2つの風車の間にローターの直径の 7 倍の間隔が必要である。したがって、ウィンドファームを実現するために必要な総面積は、必要な物理的面積よりもはるかに大きい。そのため、土地や海を農業用に利用したり、大規模な太陽光発電所を風車の間に配置したりすることも可能である。

必要な面積の目安は、必ずしも 500~2,000km² の連続したエリアでなければならないということではない。隣接した小さな地域で水素を製造し、小さなパイプラインで水素を輸送して、大きな水素輸送パイプラインに接続することも可能である。

表 2 数 GW スケールの太陽光・風力水素生産プラントに必要な土地面積

	Capacity Factor (Full load hours)	Installed capacity (GW)	Hydrogen production* (million ton)	Specific requirement (km ² / GW)	space	Space requirement (km ²)
Solar PV	1,800	30	1.10	16.5		500
Solar PV	2,100	25	1.07	16.5		420
Solar CSP	4,000	12.5	1.02	30		375
Wind onshore	4,000	12.5	1.02	3 (physical space) 170 (wind farm space)		38 2,125
Wind offshore	6,000	9	1.10	2 (physical space) 125 (wind farm space)		18 1,125

*Electrolyser system efficiency 80% HHV

4.4 欧州・北アフリカにおける数 GW スケールの低コストグリーン水素のポテンシャル

低コストのグリーン水素は、太陽光や風力の資源が豊富な地域で生産することができる。しかし、大規模な再生可能電力と水素の生産の可能性は、スペースの利用可能性によって制限される。欧州と北アフリカについて、太陽光と風力の資源と地域の特徴を表 3 に示す。

表 3 欧州と北アフリカの地域外概要比較

	サハラ砂漠	EU	地中海
Area Size (km ²)	9,200,000	4,272,000	2,500,000
Population density (person/km ²)	Less than 1	117	0
Solar resource	Excellent	Good in South Europe	Good to Very Good
Wind resource	Very good to excellent at several areas	Good in coastal areas and several other places	Good to excellent in the Eastern part

サハラ砂漠の面積が EU 諸国の 2 倍以上であること、人口密度が 117 倍も違うこと、一方で太陽光・風力資源の特性が優れていることなどが表から読み取れる。

GIS (地理情報システム) のモデリングツールとデータを使った研究では、欧州と北アフリカについて、水素製造の平準化コスト (LCoH) を太陽光と風力の資源の関数としてマッピングしている (図 9、図 10 参照)。太陽電池と風力の両方で、陸上での水素製造コストが最も低いのは、サハラ砂漠である。南欧では、太陽電池から低コストの水素を製造することができる。北欧やその他の沿岸地域では、風力による低コストの水素製造が可能である。洋上風力発電による水素製造は含まれていないが、洋上でも低コストで大規模な水素製造ができる可能性がある。

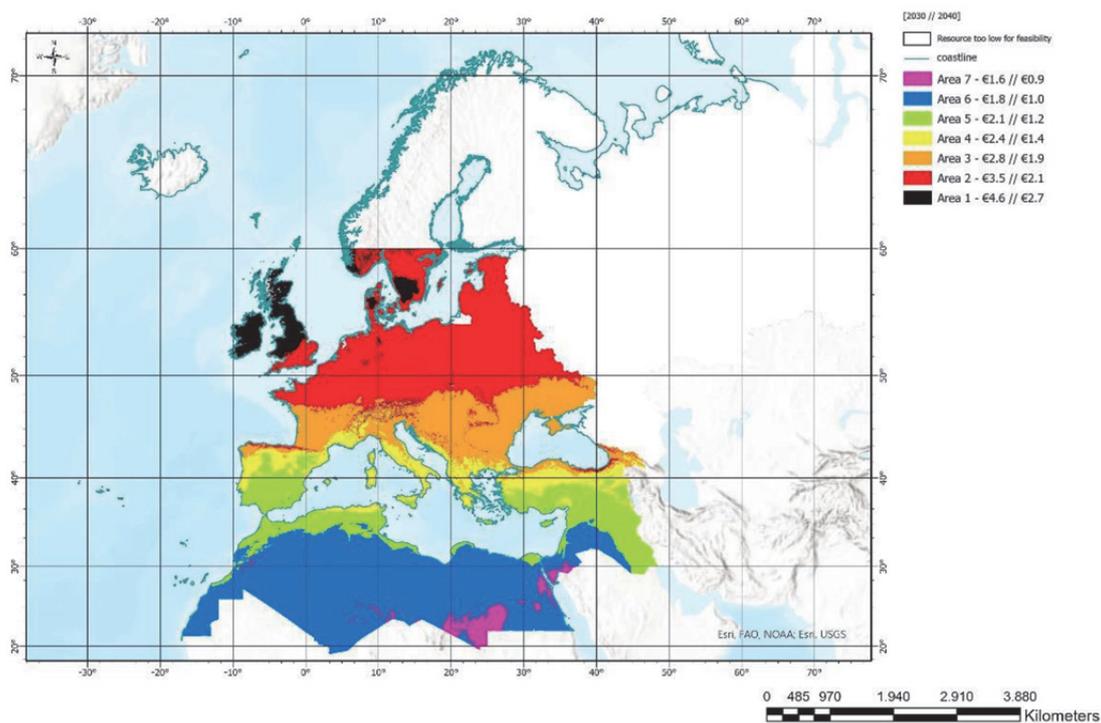


図9 太陽光発電によるLCoH分布 (2030年/2040年)

出典 : Hydrogen - a carbon-free energy carrier and commodity、Hydrogen Europe

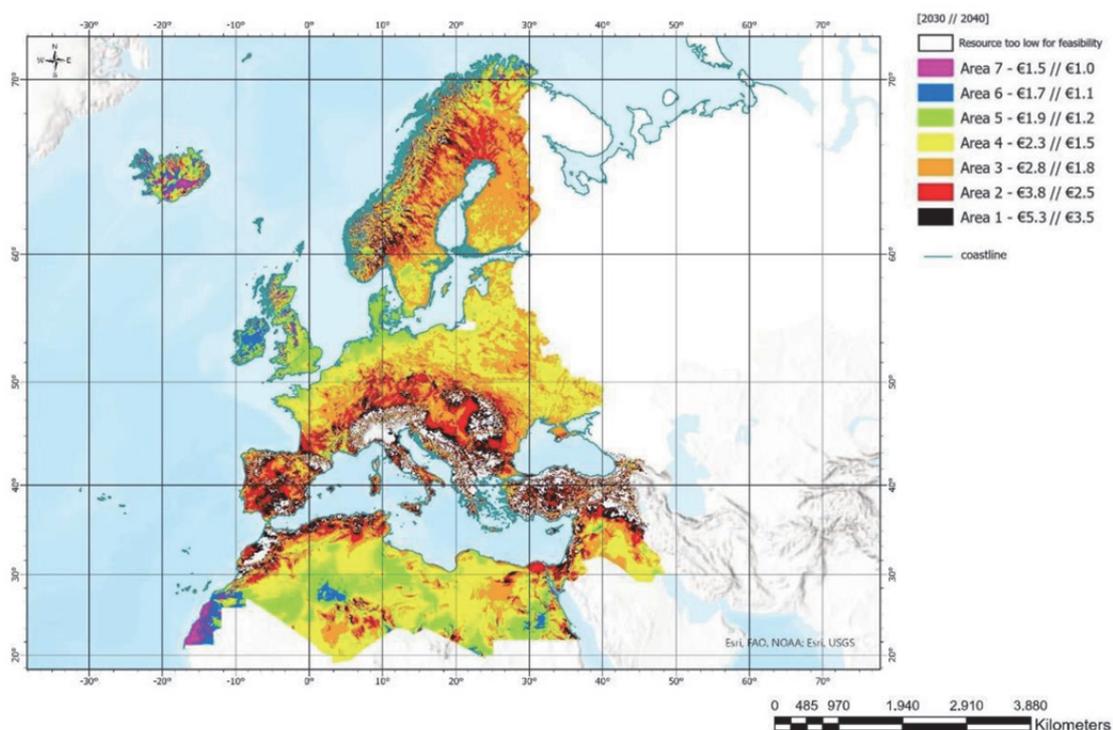


図10 風力発電によるLCoH分布 (2030年/2040年)

出典 : Hydrogen - a carbon-free energy carrier and commodity、Hydrogen Europe

資源に恵まれていても、数 GW の低コスト水素製造にはスペースが必要であり、それを確保しなければならない。0.5～200 万 t の水素を製造するためには、太陽電池では約 500km²、風力では約 1,000km²のスペースが必要である。太陽電池の場合は太陽電池モジュールではほぼ全ての土地が占められているが、風力の場合は風車で限られたスペースしか使用されていない。GIS モデリングツールでは、太陽光と風力のこれらのエリアサイズを考慮して、以下の土地エリアを除外した。

- 人口が 100 人/km²以上の地域
- 人口 100 人/km²以上の地域、山岳地帯、自然保護区
- 建築物のある地域、都市、工業用地、空港

図 11 と図 12 は、上記の地域を除いた場合の、太陽光または風力資源の機能としての LCoH をマッピングしたものである。これらのマップは、EU、特に北西部と中西部では、低コストの水素製造に利用できるスペースが限られていることを明確に示している。しかし、北アフリカでは、太陽光と風力の両方の資源が優れており、豊富なスペースが利用できる。

2040 年の北アフリカ、南欧、EU における低コスト水素製造（1.5 ユーロ/kg 以下の LCoH）の可能性を表 4 に示す。EU は、特に太陽光を利用した低コスト水素を陸上で製造できる可能性がある。1.5 ユーロ/kg 以下（2040 年）の水素のポテンシャルは、EU27 カ国の一次エネルギー消費総量の約 2 倍である。欧州北西部と中欧の国々では、資源と利用可能な土地面積の制限により、大規模な低コストの再生可能な水素の可能性は実質的にゼロである（図 11 と 12 参照）。したがって、これらの国は低コスト水素の純輸入国となる。洋上風力発電による水素製造の可能性は考慮されていないことに留意する必要がある。

北アフリカは、水素製造の大きな可能性がある。約 110 万 TWh の水素が生産可能で、これは世界の一次エネルギー消費量の 6 倍以上に相当する。

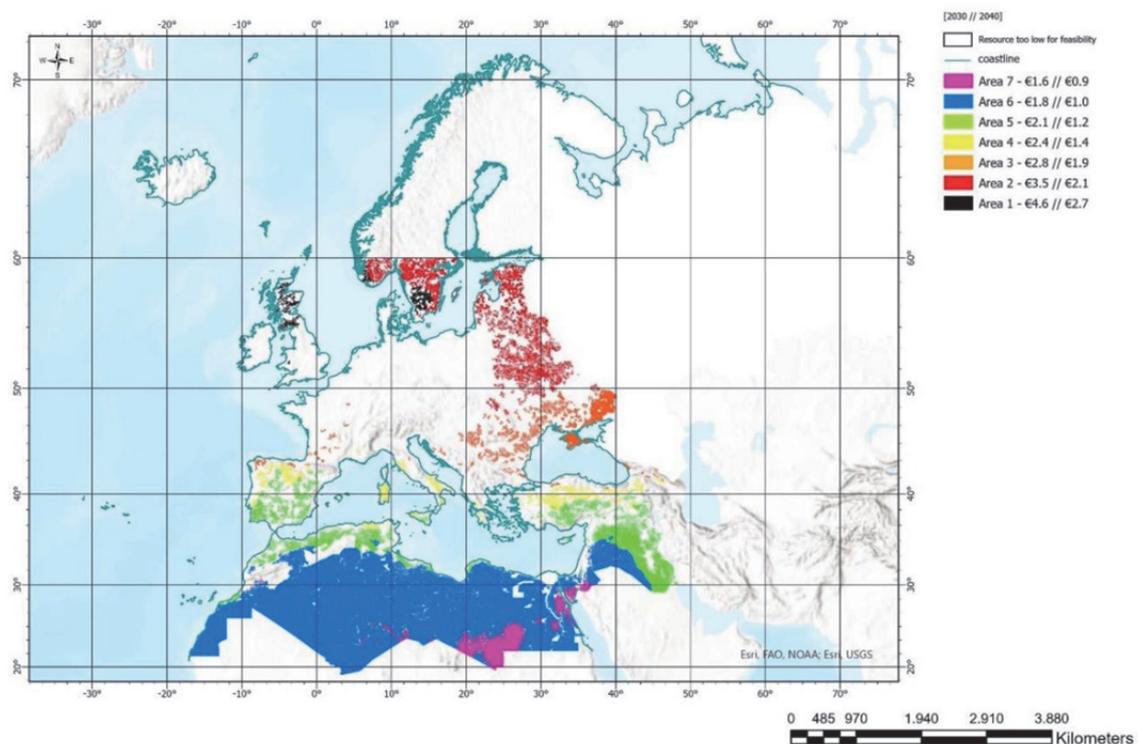


図11 土地の制約を考慮した太陽光発電によるLCoH分布（2030年/2040年）
出典：Hydrogen - a carbon-free energy carrier and commodity、Hydrogen Europe

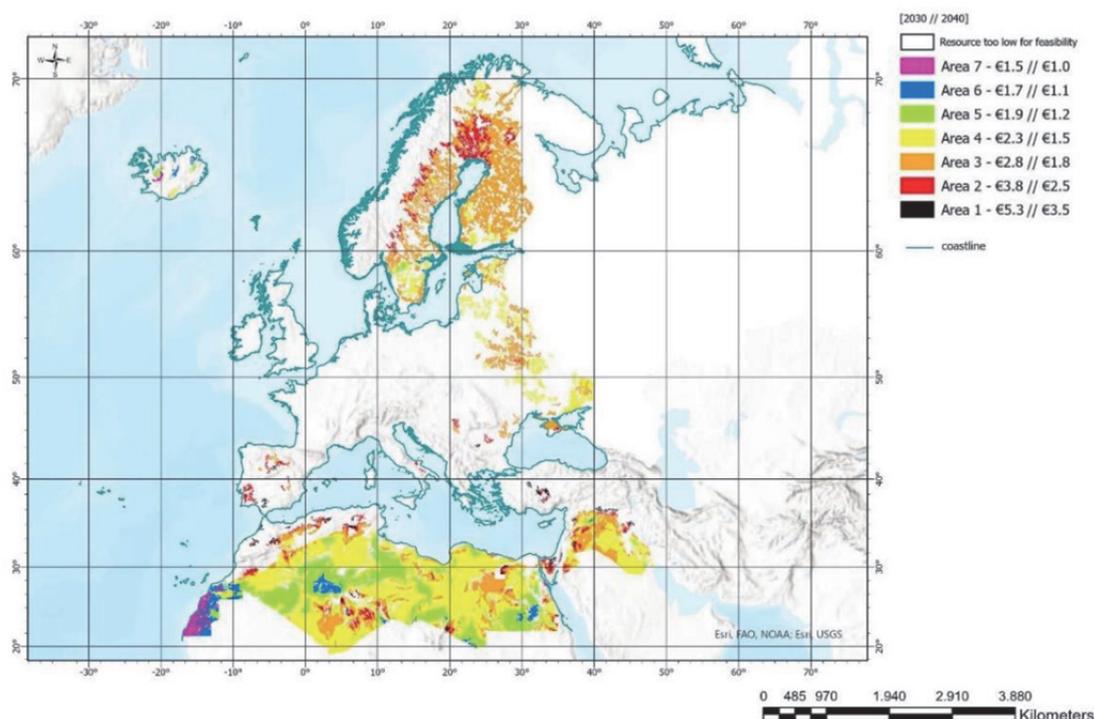


図12 土地の制約を考慮した風力発電によるLCoH分布 (2030年/2040年)
 出典：Hydrogen - a carbon-free energy carrier and commodity、Hydrogen Europe

表 4 地域ごとの LCoH : 1.5 ユーロ/kg 以下で生産できるポテンシャル

	North Africa (Morocco, Algeria, Tunisia, Libya, Egypt)	South Europe (Portugal, Spain, France, Italy, Malta, Slovenia, Croatia, Bosnia H., N. Macedonia, Albania, Montenegro, Serbia, Greece, Cyprus)	European Union 27 Countries
Hydrogen potential			
Solar			
Mton H ₂	24,400	815	815
TWh _(HHV) H ₂	961,300	32,100	32,100
Wind			
Mton H ₂	2,700	10	65
TWh _(HHV) H ₂	106,400	400	2,600
Total			
Mton H ₂	27,100	825	880
TWh _(HHV) H ₂	1,067,700	32,500	34,700
Primary Energy Consumption TWh	2019 World 159,000		2019 EU 17,000

4.5 ベースロード再生可能水素の供給コスト モロッコからドイツへのパイプラインによる供給

一例として、モロッコからドイツまで約 3,000km の距離でベースロード水素を供給した場合の平準化水素コスト (LCoH) を算出した。図 13 は、モロッコの風速と日射量を示したもので、良好な太陽と風の資源地域があることがわかる。また、図 12 はモロッコの塩層の地図である。これらの塩層のほとんどは、モロッコの海岸線の海状にあるが、一部は陸上にあり、Agadir にある Essaouira 盆地には良好な太陽光と風力の資源がある。

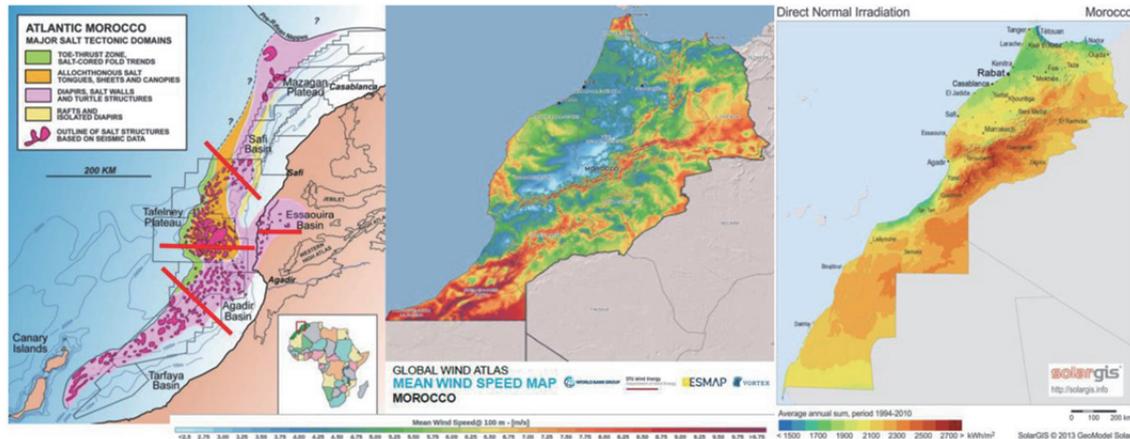


図13 モロッコの塩の地層、平均風速、日射量マップ

出典：Hydrogen - a carbon-free energy carrier and commodity、Hydrogen Europe

この地域では、水素貯蔵のための塩窟を開発することが可能であるが、その可能性と実現可能性を確認するためには、さらなる研究が必要である。2030 年には、この地域で太陽光発電を 0.01 ユーロ/kWh 以下のコストで、風力発電を 0.02 ユーロ/kWh 以下のコストで生産することも可能だと予想されている。

モロッコからパイプラインでドイツへと輸送されベースロード水素として供給される太陽熱水素のコストも計算されている。太陽電池による水素製造はベースロード水素製造ではなく、1 日や季節ごとの製造サイクルを示している。日中のピーク時に生産した水素の一部を貯蔵し、夜間に放出することで、毎日のベースロード水素のパイプラインへの供給を実現することができる。また、夏季に生産された水素の一部を貯蔵し、冬季に放出することで、年間を通じてパイプラインへのベースロード供給を実現することができる。これらの貯蔵コストは、太陽電池による水素製造と新たに実現した塩窟での貯蔵を行うポルトガルのケースで分析されている。これらの貯蔵コストは、水素コストに約 0.1~0.2 ユーロ/kg を加える。容量 20GW の水素パイプラインによるベースロード水素輸送では、年間のエネルギー量が $20\text{GW} \times 8,000 \text{ 時間} = 160\text{TWh}$ の水素が必要であり、これは 400 万 t 以上の水素に相当する。この量の水素をモロッコの太陽光発電で生産するには、約 1 億 kW の太陽光発電が必要であり、 $2,000\text{km}^2$ のスペースが必要となる。太陽光発電の電力コストが 0.01~0.02 ユーロ/kWh、電解槽の設備投資コストが 200 ユーロ/kW の場合、水素製造コストは 1.0~1.5 ユーロ/kg となる。ドイツまでの 3,000km の輸送コストは 0.1 ユーロ/(kg-H₂・1,000km) とした場合、0.3 ユーロ/kg-H₂ となる。以上よりモロッコからドイツまでのベースロード水素の輸送コストは、1.4~2.0 ユーロ/kg-H₂ となる (表 5 参照)。

表 5 モロッコから太陽光水素をドイツへベースロード供給する場合の LCoH

Base load solar H ₂ from Morocco to Germany		LCoH, Levelized Cost of Hydrogen
	Assumptions	
Solar-Hydrogen production	Solar electricity cost = 0.01-0.02 €/kWh Full load hours = 2,000 hours/yr Electrolyser efficiency = 50 kWh/kg H ₂ 100 GW solar = 4 million ton H ₂ Required surface = 2,000 km ²	1.0-1.5
Salt cavern storage	Flexible production to base load; daily cycles	0.1-0.2
Pipeline Transport	Pipeline capacity = 20 GW Full load hours = 8,000 hours/yr Pipeline length = 3,000 km	0.3
TOTAL		1.4-2.0 €/kg H₂ =0.035-0.050 €/kWh(HHV) H₂

5. 水素システムの設計

5.1 現在のガス・電気・水素システムの特徴

ガスシステムは、電力システムに比べて容量・容積とも一桁大きい。水素システムは、公共の大規模なインフラがないため、現在のところ単独のエネルギーシステムではなく、天然ガスシステムの一部として特徴づけられる。ガスは、電力システムや水素システムに必要な柔軟性を提供している。次のような規模の考察が可能である。

- ガス田でのガス生産は、生産量の規模が大きく、発電所に比べて需要地から遠く離れている。一般に、生産量と距離の大きさは、電力システムに比べてガスシステムでは約 10 倍になる。
- ガスはパイプライン（大陸間）や船（全世界）で長距離・大量に輸送することができる。電気はケーブルで輸送することができる（地域から大陸まで）。一般に、輸送パイプラインやケーブルの長さや容量の大きさは、電力システムに比べてガスシステムの方が 10 倍以上大きい。
- ガスの供給と需要のバランスは、大規模なガス貯蔵を介して行われる。電力の生産と需要のバランスをとるには、発電所の稼働率を上げたり下げたりして、瞬間的に行う必要がある。電力システムには揚水発電による蓄電があるが、実際にはガスシステムが電力システムの柔軟性を実現している。
- ガスは、水素需要のある場所やその近くにある水素製造プラントにパイプラインで供給される。民間の水素パイプラインのインフラは限られている。ガスシステムは、水素製造に必要な柔軟性を提供する。

表 6 は、現在のガス、電気、水素の各システムの特徴を示している。

表 6 ガス、電力、水素システムの特徴

	Gas system	Electricity system	Present Hydrogen system
1ヵ所での生産量	10-1,000 TWh/yr Gas field	1-30 TWh/yr Power Plant	0.1-4 TWh/yr SMR plant
生産地と需要地の距離	Up to 4,000 km Pipeline Worldwide Shipment	Up to 1,000 km Cable	'Captive' production only for demand on location
パイプライン/ケーブルの容量	10-35 GW Pipeline	1 (HVAC) - 4 GW Cable (HVDC)	Some small pipeline infrastructure on and between industrial sites
インフラの所有者	Public or Private (e.g., at North Sea, intercontinental)	Public or Publicly regulated Private	Private
貯蔵容量	200-500 GWh Salt cavern Gas Empty Gas field storage capacity factor 10 larger than salt caverns	5-25 GWh Pumped hydro-power storage Largest battery storage systems announced < 1 GWh	100-250 GWh Salt cavern H ₂ A couple of salt caverns are in use for H ₂ storage

5.2 再生可能で無炭素の化石燃料による水素製造の特徴

水素は、天然ガスやその他の化石燃料を水素が完全に代替することで、持続可能なエネルギーシステムへの迅速、安価、かつ信頼性の高い移行に貢献できる。水素製造は、大規模、小規模問わず、資源のあるところ、あるいはその近くで行われ、水素インフラに接続される。つまり、水素製造のシステム特性は次のようになる。

- 大規模な水素製造は、太陽光や風力の良好な資源地域で行う。最低でも 100 万 t の水素を生産する。このような量の水素は、良好な資源地域において、25GW の太陽光発電または 10GW の洋上風力発電から製造可能である。
- 中期的には、ガスまたは石炭などの化石資源がとれる地域での大規模なノーカーボン水素製造。典型的な生産規模は、ガス田や石炭田の生産量に匹敵する。したがって、ガス田での生産量は、年間 1,000 万 t 程度になる可能性がある。
- 生物由来の廃棄物からの水素および二酸化炭素の製造。生物起源の廃棄物は、H₂ と CO₂ に変換される。H₂ は水素グリッドに供給され、CO₂ はパイプラインやトラックで化学工業や温室に運ばれ、原料となる。
- 地域の再生可能な電力から水素を製造し、電力網の容量の制約を緩和する。

(1) 大規模ベースロード再生可能水素製造は、需要地ではなく資源地で行われる

数 GW スケールの大規模な再生可能水素製造は、水素需要地ではなく、再生可能資源地で行われる。電解槽は、太陽電池や風力発電などの再生可能な電力生産技術と統合され、電力網には接続されない。再生可能エネルギーからの水素生産量は変動するが、システム設計に加えて、水素貯蔵装置の容量を調整し統合することで、可能な限りベースロード水素を水素輸送パイプラインインフラに供給することができる。資源のある場所で再生可能な電力を水素に変換する理由はいくつかある。

太陽電池/モジュールと電解槽の統合、または風力発電機と電気分解装置の統合により、太陽電池または風力発電所と電気分解装置を別々に設置するよりも全体の投資コストが低くなり、水素製造コストも低くなる。

- パイプラインによる水素輸送は、ケーブルによる電力輸送よりも費用対効果が高い（最大で 10 倍）。
- 水素輸送パイプラインの容量（10～20GW）は、一般的に電力ケーブルの容量よりも 10 倍以上大きく、少なくとも 5,000km 以上の距離をパイプラインで輸送することが可能である。また、水素はパイプラインだけでなく船でも輸送できる。

- 需要時に再生可能な水素を供給するためには、主に地下にある大規模な水素貯蔵施設（塩窟や空のガス田など）を水素インフラシステムに組み込む必要がある。地球上の多くの場所では、ガス資源のある場所だけでなく、太陽光や風力資源のある場所でも、大規模で安価な水素貯蔵を実現する塩層が存在する。
- 鉄鋼生産、製油所、合成燃料生産、肥料、メタノール、その他の基本的な化学製品の原料と高温のための産業エネルギー需要は、ベースロードエネルギー需要である。したがって、ベースロードエネルギーは、これらの産業に供給されなければならないが、その他の産業（パルプ・製紙、食品加工、ガラス・セラミック）でも、エネルギー需要がベースロードで、週・週末または昼・夜のパターンがある。また、モビリティのエネルギー需要も基本的にはベースロードのエネルギー需要である。ベースロード水素供給は、ベースロード再生可能電力よりも大量に実現することが容易であり、コスト効率も高い。
- 空間の冷暖房と照明に限っては、地域の気候条件に応じて、季節的、週的、日的なエネルギー需要のパターンが存在する。水素は、天然ガスのように季節を問わず貯蔵することができるため、再生可能電力と比較して、輸送可能なバルクエネルギー源としての役割を果たすことができる。
- 大量の再生可能エネルギー、太陽光や風力による水素製造には、大量のスペースが必要となる。政府は、エネルギーシステム全体を脱炭素化するのに十分な量の再生可能エネルギーを実現するために、特に空間計画とインフラ政策を策定し、大規模な再生可能水素製造のための地域を指定する必要がある。しかし、スペースや優れた再生可能エネルギー資源が利用できない場合は、水素を介して再生可能エネルギーを輸入することができる。

(2) 資源からのノーカーボン化石水素製造

天然ガスからの無炭素化石水素製造は、技術的にはいくつかの技術で可能である。天然ガスは、メタン熱分解によって水素と固体炭素に変換することができ、また自然熱改質(ATR)によって CO₂ を 100%回収した上で、水素と CO₂ に変換することができる。化石資源の現場で天然ガスを水素に変換する理由はいくつかある。

- CO₂ が発生した場合、CO₂ をガス田などの地下に貯留することができ、地下に貯留するための大規模な CO₂ パイプラインなどの輸送システムを必要としない。
- 天然ガスを需要地まで輸送するガスパイプラインのインフラを、完全に水素に変えることができる。大量の水素を需要地まで輸送することができる。
- 天然ガスやその他の化石エネルギーから水素への迅速かつ完全な転換が可能となる。
- パイプラインや貯蔵インフラを水素に完全に変換することで、変動性再生可能水素生産をより簡単に、より低い輸送・貯蔵コストで投入することが可能となる。
- 水素を使用することによる需要側の CO₂ 排出量は、産業、電力バランス、モビリティ、高温・低温の暖房などでゼロとなる。CO₂ を排ガスや輸送、貯蔵から分離しなければならない燃焼後の炭素回収は必要なくなる。一般的に、燃焼後の CCS は燃焼前の CCS よりもコストが高い。
- ガス田の天然ガスを水素に変換することで、ガス田からのメタン漏洩を抑制することができる、メタン漏洩量が少なくなる。
- 天然ガスのパイプラインと貯蔵インフラを完全に水素に変えることで、輸送と貯蔵のためのメタン漏れがゼロになる。

(3) 生物起源の廃棄物からの水素および二酸化炭素の製造

水素と二酸化炭素は、生物由来の廃棄物だけでなく、プラスチックなどの化学廃棄物からも製造することができる。現在、大量の固形廃棄物、木くず、プラスチックなどは、熱や電気を作るために燃焼され、CO₂を含む排ガスを大気中に放出している。汚泥や糞尿などの湿った生物由来の廃棄物は、消化されてバイオガスを生成する。このバイオガスは、熱と電気を生産するために燃焼させたり、天然ガス品質にアップグレードしてガスグリッドに供給したり、最終的には燃焼したりする。いずれの場合もCO₂が大気中に排出される。しかし、将来のゼロエミッションのエネルギーシステムでは、以下の理由により、これらの固体およびウェットの生物起源の廃棄物の流れをH₂とCO₂に変換する方が、より効率的で経済的であり、汚染も少ない。

- 水素も二酸化炭素も、完全に脱炭素化されたエネルギー・原料システムにおいて有用な製品である。水素は、原料としてもエネルギーキャリアとしても利用できる。しかし、CO₂は化学物質や合成燃料の原料でもあり、温室では作物の成長を促進するための原料でもある。水素と二酸化炭素の両方とも、大気中への化石燃料由来のCO₂排出を避けることができる。したがって、生物起源の廃棄物を水素とCO₂に変換することで、化石燃料のCO₂排出量をマイナスにすることも実現できる。
- バイオガスを水素とCO₂に変換することで、「天然ガスインフラ」のロックインを回避することができる。もはや天然ガスインフラの必要性はない。水素は、水素インフラに供給することができる。二酸化炭素は、液体にしてトラックで輸送することもでき、大型の変換プラントでは、化学工場や温室に輸送するためのCO₂パイプラインのインフラを実現することもできる。
- バイオガスをすぐに水素と二酸化炭素に変換することで、バイオガス生産時のメタン漏れをより適切にコントロールすることができ、メタン漏れ量も少なくなる。
- 天然ガス/バイオガスのパイプラインと貯蔵インフラを完全に交換することで、輸送と貯蔵のためのメタン漏れをゼロにすることができる。
- 新しい生物由来の廃棄物を利用したエネルギー生産工場の場合、政府はガスの入力に対して厳格な温室効果ガス（CO₂とメタン）の排出基準を課す必要がある。

(4) 電力システムの容量制限を緩和するための水素製造

変動する太陽光発電や風力発電の電力を電力システムに統合することは、系統容量の制約や電力需給のバランスの問題から困難である。太陽光や風力の生産量が多い場合には、系統容量や電力需要が電力網への容量を超え、電力を抑制する必要がある。太陽光や風力の生産量が少なく、電力需要が高い場合、現在はまだ化石燃料を使用した発電所が電力供給と需要のバランスをとっている。しかし、将来的には、温室効果ガスを排出せずに電力需給のバランスをとることが求められている。特に、太陽光発電所や風力発電所で電力と水素を生産し、電力網と水素インフラにハイブリッドに接続することで、電力網の容量の制約を緩和し、バランスに貢献することができる。このような電力と水素の統合・連携システムは、次のような理由から興味深い。

- 太陽光発電所や風力発電所の容量の一部が電力網に接続され、残りの一部が電解槽に接続されている場合、より多くの太陽光発電所や風力発電所の生産能力を総合的なエネルギーシステムに統合することができ、電力網の容量拡大の必要性を軽減することができる。
- 電解槽が電力網に接続されている場合は、自然エネルギーの余剰電力を取り込むことも可能であり、電力網に柔軟性を与えることができる。

- 電解槽は、地域の水素需要（燃料ステーション、地域産業、暖房など）を満たすために、競争力のあるコストで十分な量の水素を生産できなければならない。そのためには、再生可能な電力をグリッドから「購入」する必要がある。
- 地域で生産された水素は、水素輸送インフラに接続された地域に供給される。余剰の水素は、大規模な地下貯蔵施設に輸送し、週単位や季節単位で貯蔵することができる。
- 水素インフラ（再利用天然ガスインフラ）の容量は、一般的に電力インフラの容量よりも大きく、電力だけでなくエネルギーシステム全体に必要な量、容量、柔軟性を提供することができる。小規模な燃料電池システムを建物や近隣、燃料電池自動車に搭載することで、電力を局所的に生産して需要と供給のバランスをとることができ、電力需要の増加による電力網の容量拡大を回避または緩和することができる。

5.3 将来の水素システムのレイアウト

将来の水素システムは、現在の天然ガスシステムとよく似ている。このような未来の水素システムのレイアウトは図 14 によりになり、以下のように構成される。

- 大規模な再生可能水素の生産拠点は、生産量の変動を均衡化するための地下貯蔵施設と、製品化する水素処理プラントに収集ラインで接続される。
- 中間期には、化石燃料から大規模な無炭素水素製造を行い、ガス田で直接炭素回収・貯蔵を行うことで、システム内の水素量を確保する。収集ラインにより水素処理プラントに輸送する。
- 大陸間および大陸間の輸送パイプラインは、水素を需要地に輸送する。この輸送は、主にベースロード水素の輸送となる。
- 港湾で水素は、LH₂、アンモニア、LOHC を経由して船で輸入され、タンクに一時的に貯蔵されたり、水素インフラに供給されたりする。
- その後、水素は大容量のベースロード顧客（化学工業、鉄鋼工場、合成燃料生産工場など）や、日・季節ごとの需要変動に対応するための地下貯蔵施設へと輸送される。
- また、水素はシティゲートステーションに輸送され、圧力レベルを中圧に下げ、中容量の顧客、産業（食品加工、製紙、特殊化学品、データセンターなど）、大規模商業施設（配送センター、キャンパス、オフィス、店舗など）、水素供給ステーションに接続される。
- 中圧では、廃棄物を利用した地域的な水素製造を水素グリッドに供給することができる。
- 中圧では、電力網の容量の制約を緩和するために、再生可能な電力から製造された地域の水素を水素グリッドに供給することができる。
- 最後に、水素を低圧で住宅、小規模店舗、オフィス、学校などの顧客に供給する。

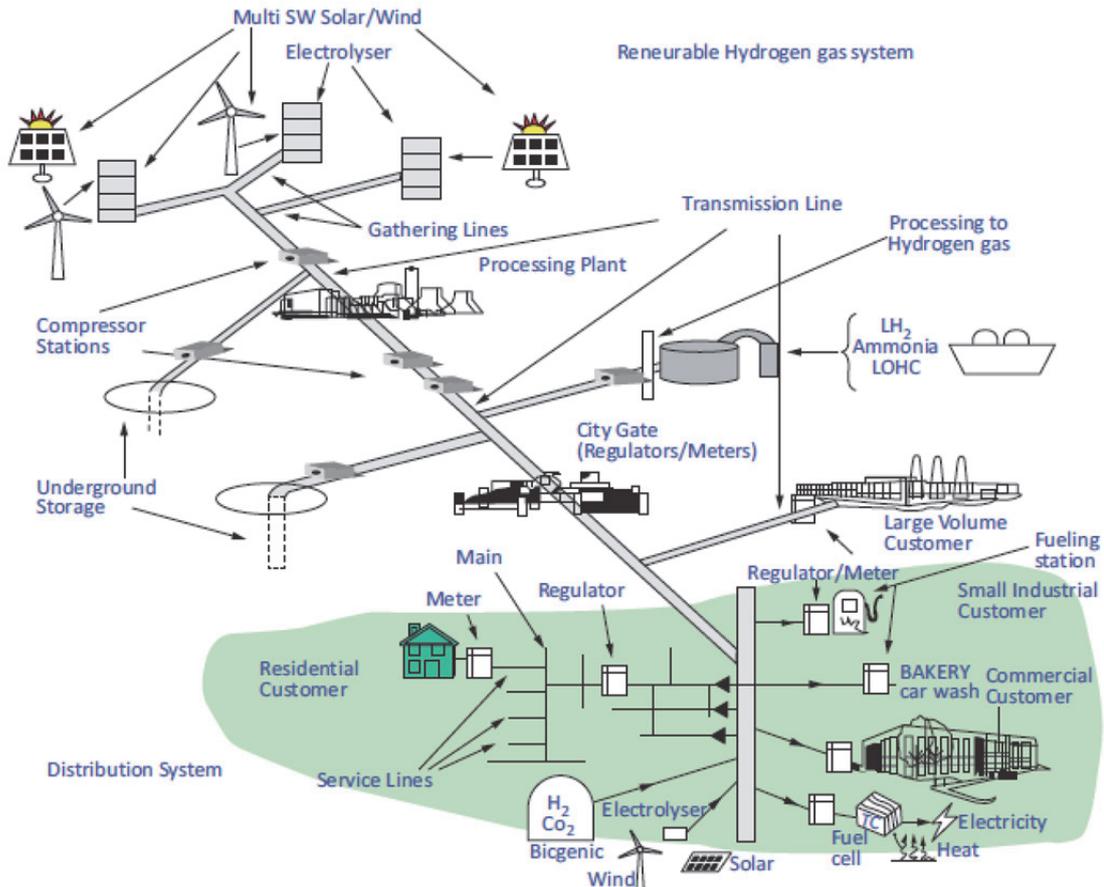


図14 将来的な再生可能水素システムの概要図

出典：Hydrogen - a carbon-free energy carrier and commodity、Hydrogen Europe

6. 結論

6.1 水素は電気のようなエネルギーキャリア

水素はカーボンフリーのエネルギーキャリアであり、使用時に大気中に CO_2 を排出することはない。水素は電気と同じように、石油、ガス、石炭などの化石エネルギーだけでなく、バイオマスや（生物由来の）廃棄物、水からも、電気や熱、太陽光などを入力エネルギーとして製造することができる。

水素も電気も、化石エネルギーと再生可能エネルギーの両方から、大気中に CO_2 を排出することなく製造することができ、水素と電気は相互に変換することができる。そのため、将来の温室効果ガス排出ゼロのエネルギーシステムでは、水素と電気はカーボンフリーのエネルギーキャリアとして主流になると考えられる。

6.2 輸送と貿易のためのグローバルなエネルギー商品としての水素

世界中の太陽光や風力の資源が豊富な場所では、現在、GW スケールの太陽光発電は 0.01 ユーロ/kWh、風力発電は 0.02 ユーロ/kWh で生産できる。将来的には、この価格はさらに下がるとみられる。しかし、太陽光や風力の資源が中程度の場所では、発電コストは 2~5 倍にもなる。

水素に変換することで、安価な再生可能な太陽エネルギーや風力エネルギーの輸送や貯蔵が可能になり、実現性が高まる。パイプラインによる大量の水素輸送は、ケーブルによる電力輸送の約 10 分の 1、地下での水素貯蔵コストは、揚水発電やバッテリーによる電力貯蔵コストの少なくとも 100 分の 1 にできる。

パイプラインによる水素の輸送は、少なくとも 5,000km の距離までは可能である。それ以上の距離になると、アンモニアや液体水素、液体水素運搬船 (LOHC) を使った船舶輸送も可能になり、世界中からの水素供給が可能になる。したがって、水素とその派生物は、温室効果ガス排出量が正味ゼロになる将来のエネルギーシステムにおいて、世界的に取引可能なゼロカーボンエネルギー商品となる。

6.3 水素の輸入・輸出地域

優れた再生可能エネルギーである太陽電池や風力発電の資源は、世界中に偏在している。優れた太陽資源は、熱帯地方の砂漠地帯にあり、良質な風力資源は、海や沿岸地域だけでなく、熱帯周辺の砂漠地域や平坦な地形の地域にもある。これらの良質な資源地域は、通常、人口集中地やエネルギー需要地から離れている。その上、世界の多くの地域では、エネルギー需要のある場所では、利用可能な土地の広さ、人口密度、反対運動などのあらゆる種類の制約や、その他の地域の制約（自然保護区、飛行場など）により、十分な量の再生可能エネルギー電力を生産することができない。

このため、安価な太陽エネルギーや風力エネルギーをコスト効率よく輸送・貯蔵するために、大規模な水素への変換が必要となる。欧州、日本、米国の一部、中国、インドなどの地域は、水素の純輸入地域となり、オーストラリア、中東、アフリカの大部分、南米、海洋などの地域は、水素の純輸出地域となる。

6.4 輸入エネルギーと地域で生産される再生可能エネルギーのコスト競争

スケールアップした水素産業は、2050 年には世界の多くの地域で、ベースロードの水素を約 1~2€/kg-H₂ の価格でパイプラインにより供給することができる。水素は削減が困難な分野の脱炭素化にも利用できる。しかし、輸入された水素は、現地で生産された再生可能エネルギー、特に太陽光や風力による再生可能電力や水素と競合することになる。エネルギー利用は、産業界での高温熱、モビリティ、建物・住宅の冷暖房、電力生産・バランスングなど、あらゆる分野・用途において、地元・地域で生産された電力、地域で生産された水素、輸入水素の間でトレードオフ・競合することになる。

6.5 数 GW スケールの再生可能エネルギーによる電力・水素製造のための空間計画

大量の再生可能な水素を生産するためには、数 GW スケールの太陽光および風力による水素生産プラントを実現するためのスペースと時間が必要である。また、水素輸送インフラと水素需要も同時に開発しなければならない、水素生産と需要のバランスを取る必要がある。

2050 年に大気中に温室効果ガスを排出しない再生可能エネルギーシステムを実現することは確かに可能であり、水素はそのようなシステムの重要なエネルギーキャリアであり、商品となる。しかし、再生可能な水素製造のための大規模な用地を開発するためには、政府が再生可能な電力と水素の大規模な製造のための地域を指定する必要がある。政府は、いくつかの基準に基づいてそのような地域を選択する必要がある。ゾーニングプランの作成、環境影響評価、道路や通信などのインフラ整備、インフラ事業者による大規模な水素輸送・貯蔵インフラや必要な電力インフラの整備などが必要となる。

6.6 ブルー水素から再生可能水素への移行

大気中に CO₂ を排出する化石エネルギーシステムから、CO₂ を排出しない再生可能エネルギーシステムへの移行が課題となる。低コストで大規模な太陽光発電や風力発電、水素製造を実現し、世界中の化石エネルギーを代替できるようになるには、数十年かかると言われている。しかし、CO₂ 排出量を迅速かつ低コストで削減する移行経路は可能である。天然ガスから直接ガス田で大規模な水素製造を行い、大気中に CO₂ を排出しないことで、このような道筋を早めることができる。ガス田ですぐに 100% 炭素を回収・貯蔵する ATR 技術と、CO₂ を排出せずに固体炭素のみを生成するメタン熱分解により、カーボンフリーのブルー水素を大量に生産することができる。これにより、天然ガスの輸送・貯蔵インフラをより早く、完全に純水素インフラに転換することが可能となり、プロセスやインフラからのメタン排出も回避することができる。CO₂ 排出量もより早く、より大量に削減される。また、このような水素システムでは、再生可能な水素を供給することが容易となり、コスト効率も向上する。ガス田で天然ガスからブルー水素を製造することで、「天然ガス」のロックインを回避することができる。

6.7 将来の水素システムの特徴

将来の水素システムは、現在の天然ガスシステムと同様の特徴を持つ。年間 100 万 t 以上の水素を生産する大規模な数 GW の再生可能な水素製造プラントが、良好な資源の場所で開発される必要がある。水素製造コストは、2030 年頃には 1 ユーロ/kg-H₂ を下回り、2040 年頃には現在のガス価格と競合するようになる。水素インフラは、ガスインフラ、パイプライン、塩窟貯蔵などを再利用することで、大規模な改造なしに実現できる。

移行期には、資源地で化石燃料から製造された水素を炭素回収して直接現場で貯蔵したり、副産物として固体炭素のみを使用したりすることで、ブルー水素をシステムに導入することができる。地域的・局地的には、水素と CO₂ を生物由来の廃棄物から生産することができ、それによって生産された CO₂ は循環型の原料として使用することができる。太陽光発電や風力発電から地域で生産された水素は、輸入を補完し、電力網の容量制限を緩和することに役立つ。水素は、現在の天然ガスと同様に、完全に再生可能な電力・エネルギーシステムが必要とする、日、週、季節の時間スケールでの必要な柔軟性を提供することができる。このようなアプローチにより、水素が天然ガス、石炭、石油に取って代わることで、持続可能なエネルギーシステムへの迅速、安価、信頼できる、安全で包括的な移行が可能になる。

(参考資料)

- ・ Hydrogen - a carbon-free energy carrier and commodity、Hydrogen Europe

2021 NFPA Industry & Economic Outlook Conference (その2) について

2021年8月16日から18日にかけて、全米流体動力協会(NFPA: National Fluid Power Association)主催の米国の経済動向及び機械産業の今後の見通しにかかる国際経済アウトック会議(IEOC: Industry and Economic Outlook Conference)が開催された。

前月号に続き、代表的な講演内容を報告する。なお、報告の中の図表については、各講演資料からの引用である。

1. 世界経済の動向 - オックスフォード・エコノミクスの視点

(講演者: Michael Reid 氏、オックスフォード・エコノミクス、シニア・エコノミスト)

先進国の企業投資がパンデミック前の水準に完全に回復するのは、2021年の年末になると予測している。米国の実質GDPは、2020年に3.4%減少した後、2021年に6.1%、2022年に4.8%増加すると予測される。米国のインフレ率は、2020年の1.2%から2021年には4.1%へと大きく上昇し、その後2022年には2.7%へと緩やかになると予想される。英国とインドはパンデミックにより経済的に大きな打撃を受け、2020年の実質GDPはそれぞれ9.8%、7.0%減少した。米国以外では、中国の実質GDPが急速に回復し、2021年には8.4%増、2022年には6.1%増に達すると思われる。

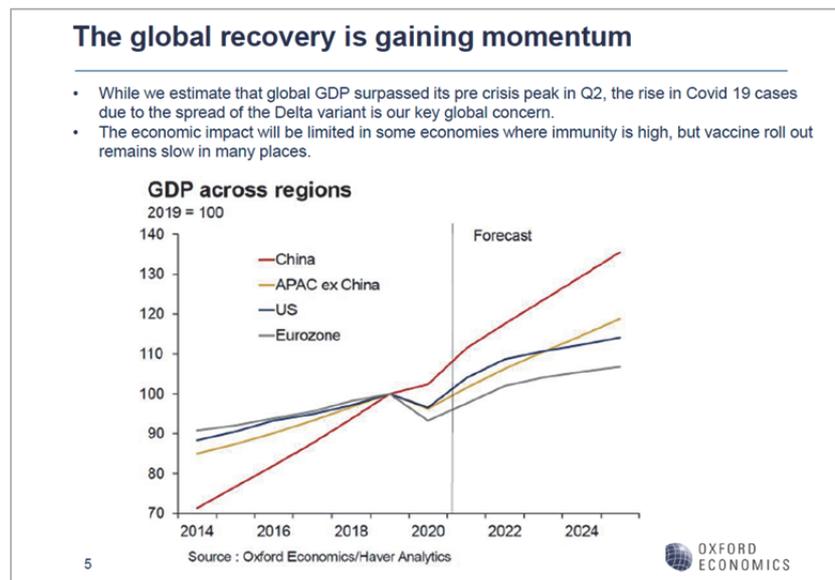


図1 主要各地域のGDP予測(2019年=100とする指標)

(出所) Oxford Economics

米国のGDPは完全に回復したが、雇用は回復していない。米国の総消費は2020年1月に比べて増加しているが、サービスの消費は増加していない。日本の総消費量は2020年1

月と比較して 10%以上減少しており、サービス業の消費は 20%近く減少している。プラスの面は、人々が通常の生活を再開することにより、世界的な回復が消費者主導で行われることだ。パンデミックの間に蓄積された貯蓄の増加に加え、大きな潜在需要がある。2021 年 6 月の米国の小売売上高は小幅に増加した。

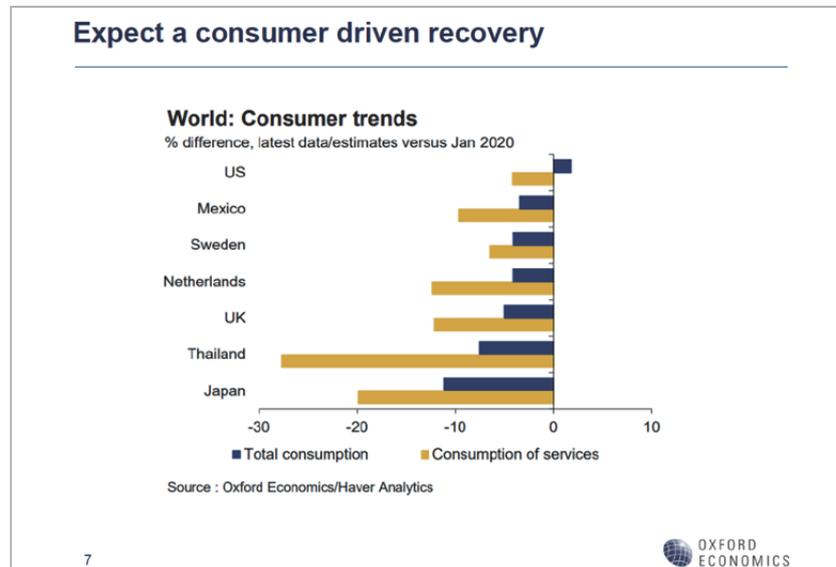


図2 各国の総消費量（青）とサービス業（黄）の推移（対 2020 年 1 月比）
 （出所）Oxford Economics

世界の商品価格は、パンデミックの発生以降、全体として約 40%上昇している。同時に、コンテナ輸送コストも 3 倍になっている。半導体チップ不足はおそらく谷間を迎えたが、工場の復旧に伴い完全に回復するまでには時間がかかる。世界の軽自動車生産台数は、パンデミック前の水準である月間 700 万台付近まで完全に回復していた。船舶不足が自動車業界に影響を及ぼし始めたのは 2021 年に入ってからであり、2021 年 7 月時点ではまだ生産量が 600 万台を下回っている。

2021 年の世界の油圧機器需要の成長率は 14.6%に達し、空圧機器需要も同様に 14.8%の成長が見込まれている。両分野とも、南米の需要が特に大きくなるだろう。2020 年、フルードパワー市場で世界をリードしているのは、中国（31.1%）、米国（21.7%）と、合わせて過半数を占めている。日本は 11.9%で第 3 位。フルードパワーの最終用途市場の成長予測は、油圧機器と空気圧機器で世界的に 2 桁台となっている。南米は、ブラジルが牽引して、2021 年に油圧機器で 28.7%、空気圧機器で 26.1%の成長が見込まれている。

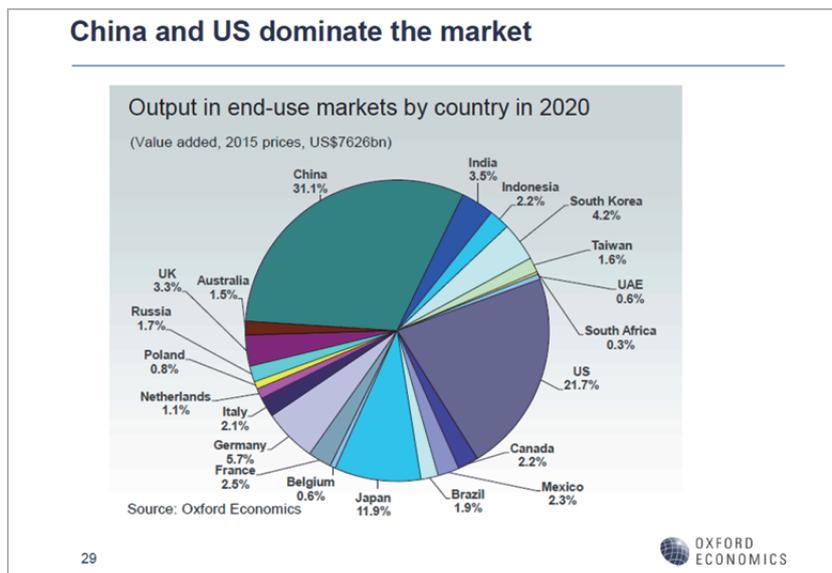


図3 フルードパワーの国別市場

(出所) Oxford Economics

米国のフルードパワーは、2019年に292億ドルの産業となった。そのうち、機械産業用途は107億ドル、輸送機器産業用途は90億ドルだった。この2つのセグメントを合わせた合計が、2019年の米国のフルードパワー消費量の3分の2を占めていた。第3位は建設業で31億ドル、第4位は金属加工品で19億ドル、第5位は石油・ガス・鉱業で17億ドルだった。

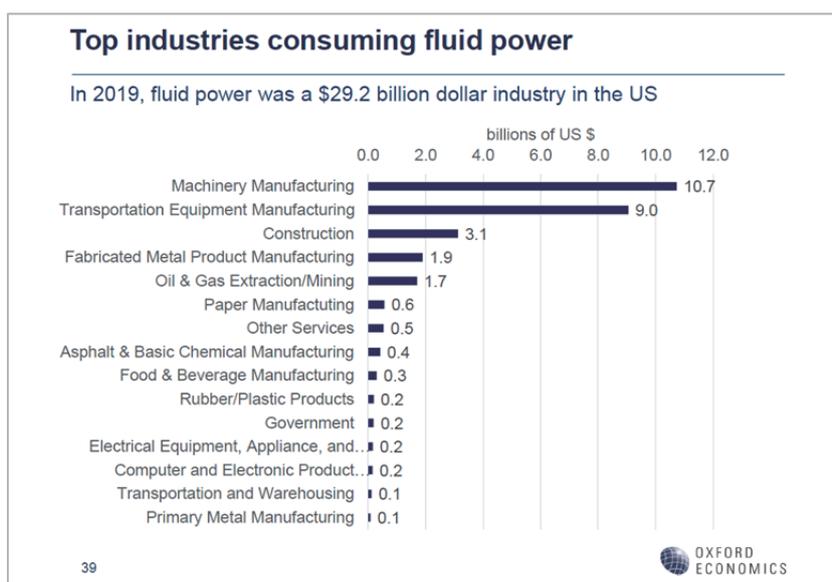


図4 米国フルードパワーの用途別市場

(出所) Oxford Economics

州別では、フルードパワー需要のトップはテキサス州で 29 億ドル、次いでカリフォルニア州で 22 億ドルとなっている。3 位はミシガン州で 18 億ドル、4 位はオハイオ州で 18 億ドル、5 位はイリノイ州で 15 億ドルとなっている。上位 10 州の合計は、米国の全需要の半分以上を占めている。イリノイ州は機械産業の需要が最も強く、ミシガン州は輸送機器産業でリードしている。テキサス州は建設機械産業の需要が第 1 位で、石油・ガスの採掘でも第 1 位である。

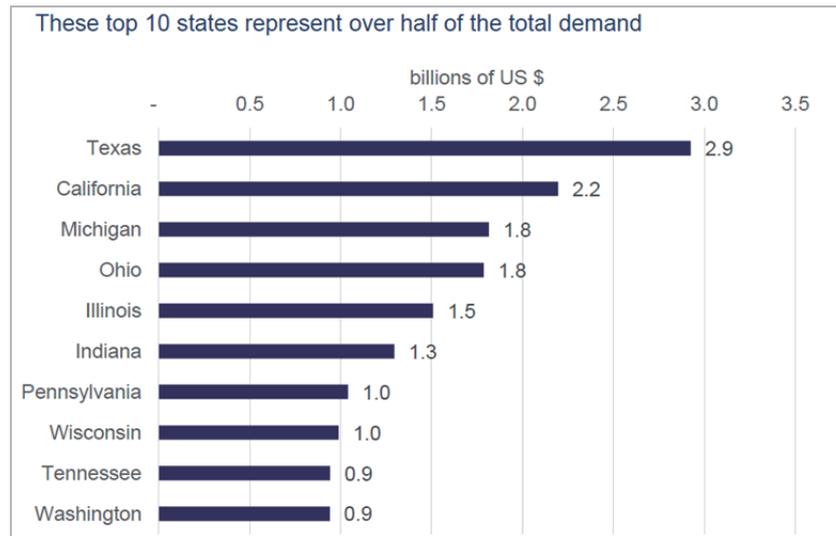


図 5 米国フルードパワーの州別需要

(出所) Oxford Economics

2. フルードパワー業界の見通し

(講演者：Connor Lokar 氏、ITR エコノミクス、シニアフォレストアー)

米国の工業生産は回復しつつあり、6 四半期にわたって安定した。今後はやや減少した成長率を維持するはずだ。2023 年初頭には、工業生産は 2019 年のパンデミック前のピークに近づくはずだ。2022 年には減速が予想される。多くの主要経済国および多くの産業では、成長率が加速し、2022 年の第 1 四半期または第 2 四半期にピークに達した後、成長率が鈍化するという非常に似た予測となっている。

米国フルードパワーの総出荷台数予測では、2021 年に 12.4%、2022 年に 7.0%の成長が見込まれる。油圧機器の出荷台数は、2021 年に 12.9%、2022 年に 7.5%の成長が見込まれている。空圧機器の出荷台数は、2021 年に 12.3%、2022 年に 1.5%の成長が見込まれている。

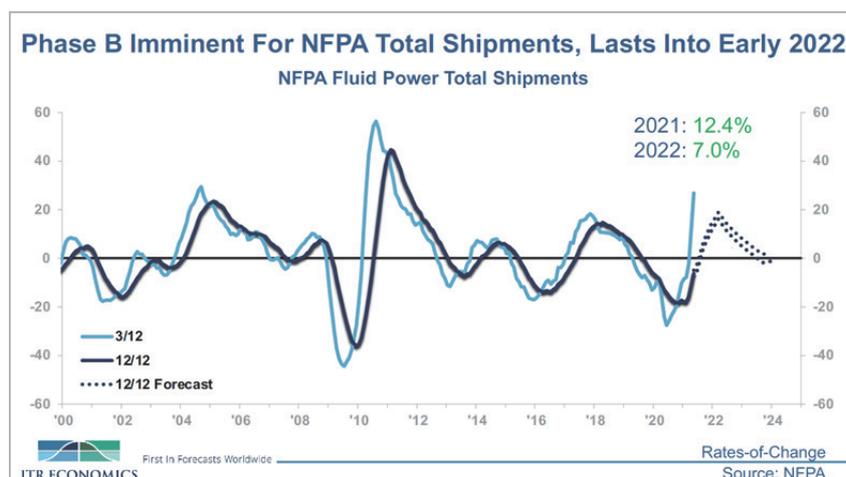


図6 米国フルードパワー総出荷台数推移・予測

(出所) NFPA

NFPA（米国フルードパワー協会）会員の油圧機器出荷額の26.2%は建設機械業界が占めており、次いで農業機械14.4%、自動車10.9%、マテリアルハンドリング8.7%、オイル・ガス機器4.7%と続く。農業機械の生産は軌道に乗りつつあり、2021年から2022年にかけて他の市場よりも好調に推移すると思われる。

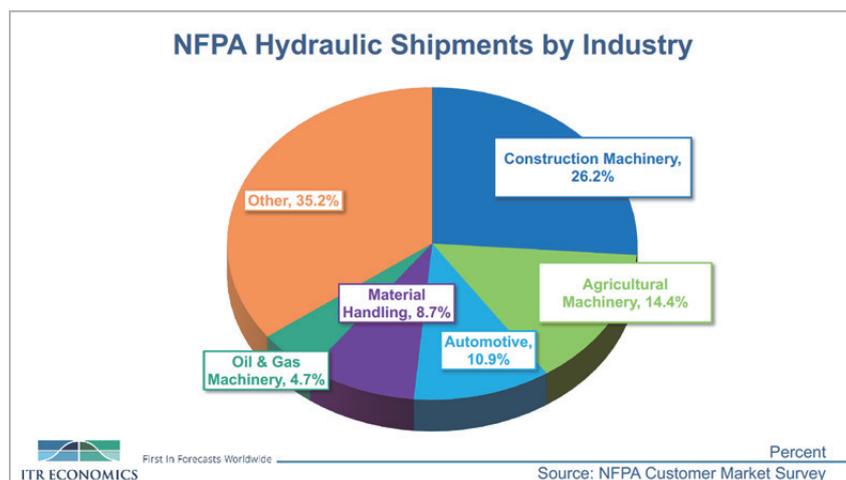


図7 用途別の油圧機器出荷額割合

(出所) NFPA

米国のマテリアルハンドリング機器の新規受注は3,380万ドルに達しており、2022年半ばまでは力強い成長が期待できる。NFPA会員の空圧機器売上の14.4%を自動車産業が占めており、次いで食品加工が6.3%、包装機械が4.2%、医療機器が4.1%、半導体製造が3.2%、中・大型トラックが2.8%となっている。

空圧機器は、油圧機器の伝統的なエンドユーザーである重工業よりも、エンドユーザーの市場が早く回復しているため、好調に推移している。米国の半導体産業は、パンデミック

ク時にも不況に陥ることはなかった。労働力の逼迫は、自動化の成長と革新の機会を生み出し続けるだろう。NFPA の空圧・油圧機器の出荷台数は、ともに 2023 年にソフトランディングすると予測される。

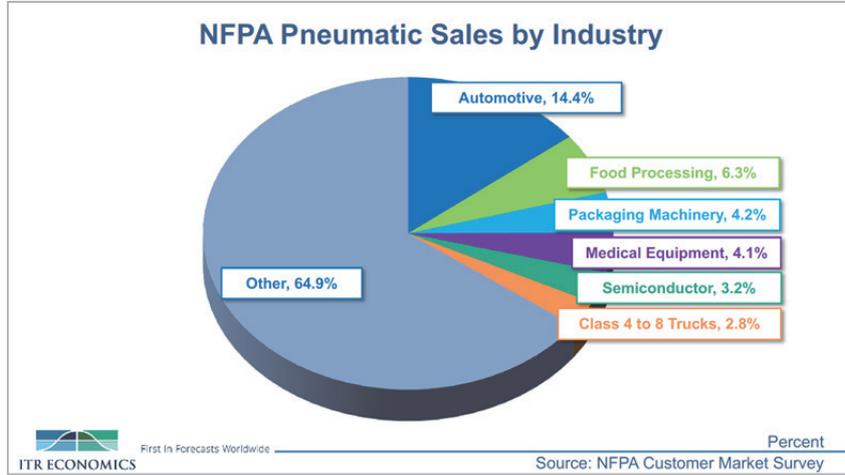


図 8 用途別の空圧機器出荷額割合

(出所) NFPA

3. 金属加工/工作機械市場の見通し

(講演者：Pat McGibbon 氏、米国製造技術協会 (AMT) チーフナレッジオフィサー)

AMT による米国の工作機械受注予測は、2020 年の 38.4 億ドルから 2021 年には 42.5% 増の 54.8 億ドル、2022 年にはさらに 11.6% 増の 61.1 億ドル、2023 年には 2.0% 減の 59.9 億ドルとなる。これは、2019 年が 16.8% 減、2020 年が 15.4% 減と、2 年間にわたって受注額が減少した後であることに留意してほしい。

	U.S. Machine Tool Order Forecast* (Annual Percent Changes)						
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Cutting	8.0	18.8	-15.9	-14.8	41.4	11.5	-2.5
Forming	3.2	43.6	-38.0	-34.0	85.8	14.6	12.1
Machine tools	7.9	19.7	-16.8	-15.4	42.5	11.6	-2.0

図 9 工作機械受注額の推移・予測 (年平均成長率)

(出所) AMT

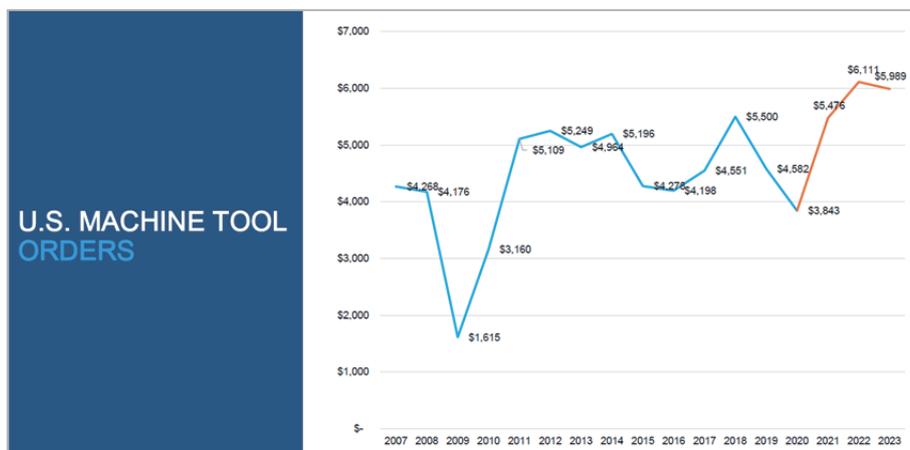


図 1 0 工作機械受注額の推移・予測

(出所) AMT

2019年、米国製造業の収益は5兆7300億ドルに達した。耐久財製造業は2兆6,500億ドルで、このうち輸送（自動車、航空宇宙など）は9,570億ドル、コンピューター・電子機器は3,160億ドル、金属加工品は3,050億ドル、一次金属製品は2,400億ドルとなった。金属成形品業界全体の収益は1兆4,300億ドルに達した。収益の増加は、エンドユーザー市場の多様化によってもたらされた。

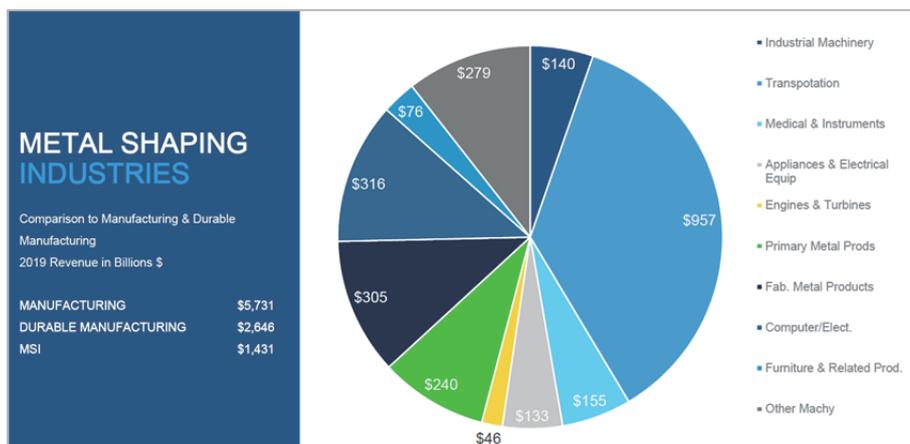


図 1 1 米国製造業収益の内訳（2019年）

(出所) AMT

現在、米国では1,000万人の求人があり、そのうち約60万人が製造業に従事している。通常、不況時には失業を補うための自動化が加速する傾向にあり、今回のパンデミックもその傾向に沿ったものだ。労働市場が逼迫していることも寄与している。

4. 産業・ギア市場の見通し

(講演者：Tom Runiewicz 氏、IHS マークイット、シニア・プリンシパル・エコノミスト)

ベースライン予測では、原油価格は年末まで 1 バレル 70 ドル前後で推移し、2022 年にかけて平均 66 ドル程度まで下落する。米ドルの価値は横ばいとなり、インフレ率は 2%前後に落ち着くと予想される。FRB が 2023 年秋まで大幅な利上げを行う可能性は低い。インフラ投資・雇用法が制定されれば、10 年間で約 1 兆 1,000 億ドルの支出とコストオフセットが発生する。このうち 20%は COVID の救済資金である。

IHS マークイットの予測によると、米国の実質 GDP は、2020 年に 3.5%減となった後、2021 年に 6.6%増、その後 2022 年にさらに 5.0%増、2023 年に 2.1%増となる。

米国の総輸出は、2020 年に 12.9%減となった後、2021 年に 5.6%増、2022 年に 8.8%増と加速した後、2023 年には 6.1%増に落ち着くと予想される。

輸入は、2020 年に 9.3%減となった後、2021 年に 12.8%増となり、その後、2022 年に 4.8%増、2023 年に 4.0%増と減速すると予測される。

工業生産は、2020 年に 7.2%減となった後、2021 年に 6.4%増、さらに 2022 年に 4.8%増、2023 年に 1.5%増と予測される。工業生産高は、過去 24 年間で最も速いペースで増加している。

産業機器および輸送機器への投資は、2021 年に 11%、2022 年に 7%、2023 年に 10%の成長が見込まれる。また、耐久消費財の生産は、2020 年に 8%減少した後 10%増となり、2022 年にはさらに 7%増加する見込みだ。

「ジャストインタイム」の製造は、「ジャストインケイス」に理念を変えつつあり、効率よりもリスク管理が重要になっている。

ACMA / NIPA US Gear Presentation, August 2021

US economic growth by sector

Percent change	2020	2021	2022	2023
Real GDP	-3.5	6.6	5.0	2.1
Final sales	-2.9	5.9	4.1	2.4
Consumption	-3.9	7.6	4.4	2.9
Light vehicle sales (Millions)	14.4	16.7	16.8	16.9
Residential fixed investment	6.1	11.1	-4.0	-3.8
Housing starts (Millions)	1.40	1.57	1.44	1.35
Business fixed investment	-4.0	8.4	6.6	4.5
Federal government	4.3	1.9	-0.8	-0.9
Exports	-12.9	5.6	8.8	6.1
Imports	-9.3	12.8	4.8	4.0

Source: IHS Markit © 2021 IHS Markit

Confidential. © 2021 IHS Markit®. All rights reserved. 5

図 1 2 セクター別の米国経済成長予測 (その 1)

(出所) IHS Markit

AGMA / NFPA US Gear Presentation, August 2021

Other key US indicators

Key indicators				
Percent change	2020	2021	2022	2023
Industrial production	-7.2	6.4	4.8	1.5
Payroll employment	-5.7	2.8	3.7	1.7
Consumer Price Index	1.2	3.7	2.4	2.1
Core CPI	1.7	3.0	2.7	2.2
Brent crude oil price (USD/barrel)	41.8	67.4	66.1	65.5
Federal funds rate (%)	0.38	0.09	0.10	0.18
10-year Treasury yield (%)	0.89	1.53	1.89	2.16

Source: IHS Markit © 2021 IHS Markit

Confidential. © 2021 IHS Markit®. All rights reserved. 6

図 1 3 セクター別の米国経済成長予測（その 2）

（出所） IHS Markit

マテリアルハンドリング機器の生産予測は、2020 年の 6.9%減の後、2021 年は 5.1%増、2022 年はさらに 5.0%増、2023 年は 0.8%増となっている。2021 年 6 月までの受注は、前年同期比で 13%増。輸入市場のシェアは 2016 年以来の低水準で約 24%となる。

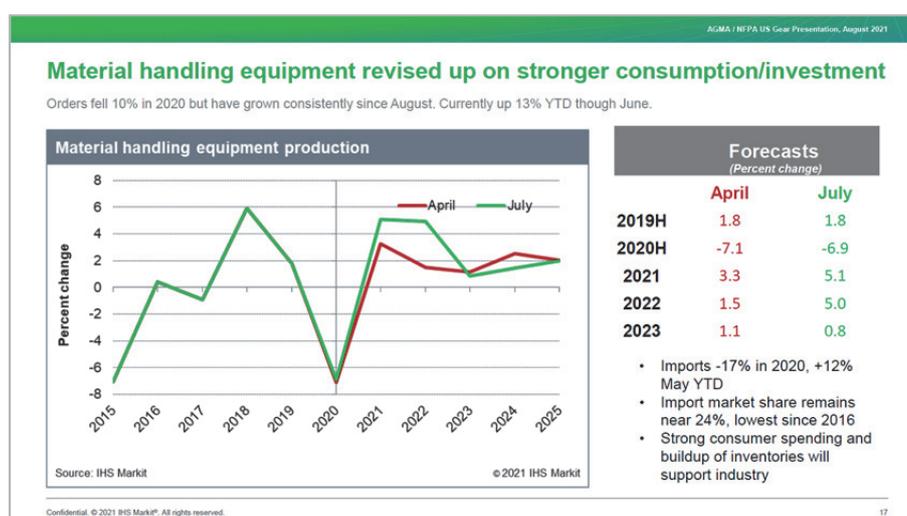


図 1 4 マテリアルハンドリング機器の生産予測

（出所） IHS Markit

米農務省によるコロナ禍の被害農家への支給金は、2020 年の 460 億ドルから 2021 年には 250 億ドル、2022 年には 80 億ドルと減少していく。支給金が農業機械の販売を後押しする要因となっている。農業機械の生産量は、2020 年に 8.1%減少した後、2021 年には 18.1%増、2022 年に 0.7%減、2023 年に 3.7%減と予想する。2021 年 6 月までの出荷量は、前年同期比で 18%増加している。生産量の 25%から 30%が輸出の対象となっている。

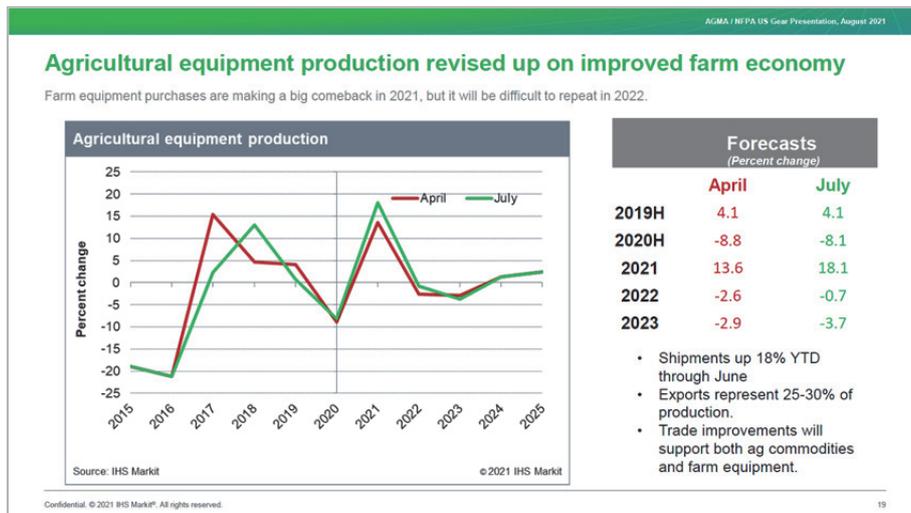


図 1 5 農業機械の生産予測

(出所) IHS Markit

鉱山機械の生産は回復に時間がかかっており、2021年6月までの受注は前年同期比でまだ4%減少している。生産台数は、2020年に21.5%の大幅な減少を記録した後、2021年には2.0%の減少が予想されるが、2022年には9.3%、2023年にはさらに1.4%の増加が見込まれる。

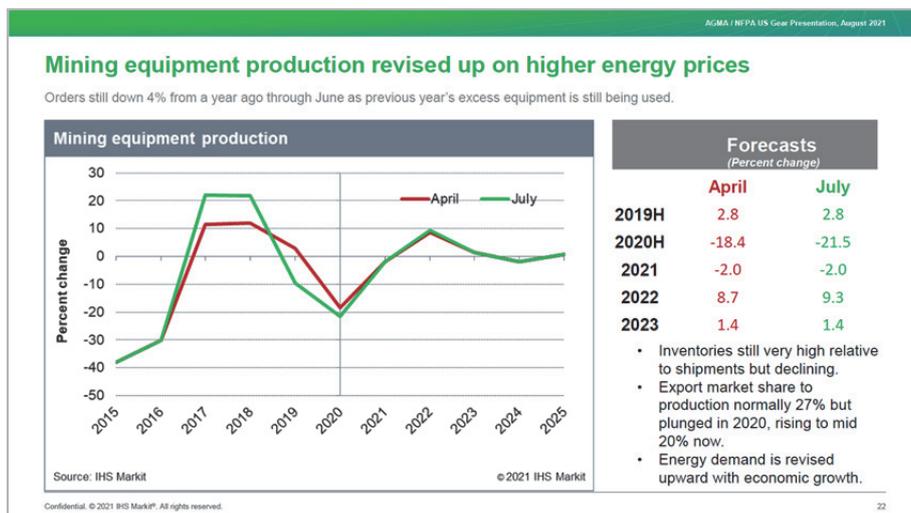


図 1 6 鉱山機械の生産予測

(出所) IHS Markit

建設市場は二分されており、住宅分野が好調な一方で、非住宅分野やインフラ分野が低迷している。提案されたインフラ法案は、時間をかけて徐々に公共建設を増加させることになる。民間建設は引き続き減少するだろう。建設機械の生産量は、2020年に9.9%減少した後、2021年には20.4%と大幅に増加し、2022年にはさらに2.6%増加した後、2023

年には0.4%とわずかに減少すると予測される。生産量の約半分が輸出の対象となっている。

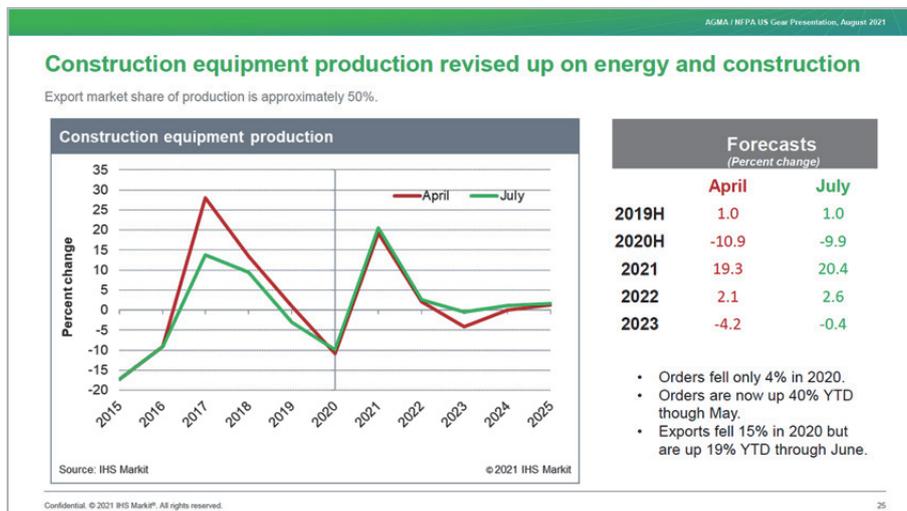


図 1 7 建設機械の生産予測

(出所) IHS Markit

産業機械の生産は、2020年の0.5%増に続き、2021年には18.6%増、2022年には3.6%増、2023年には0.4%増となる見込みだ。

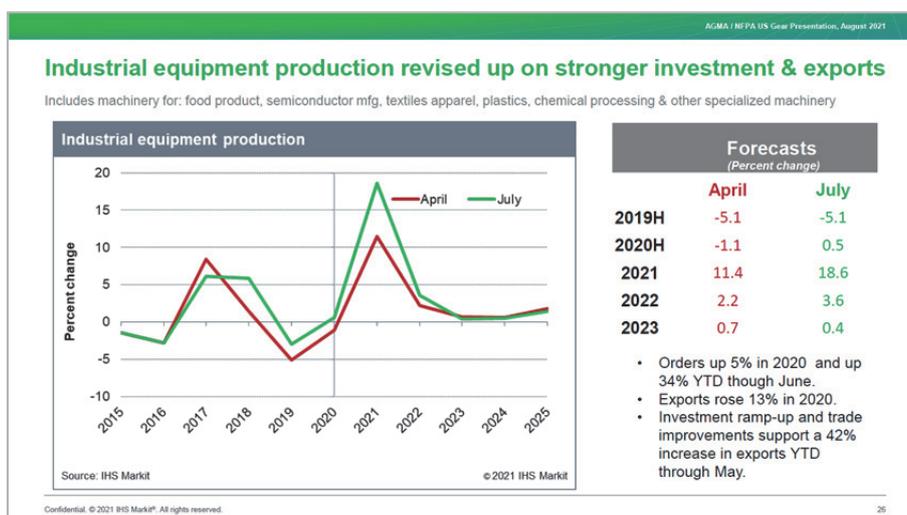


図 1 8 産業機械の生産予測

(出所) IHS Markit

エンジン、タービン、パワートランスミッション機器の生産台数は、2020年に1.4%減少した後、2021年には12.6%増加し、2022年には4.3%の成長が続き、2023年には0.4%増とほぼ横ばいになると予測される。

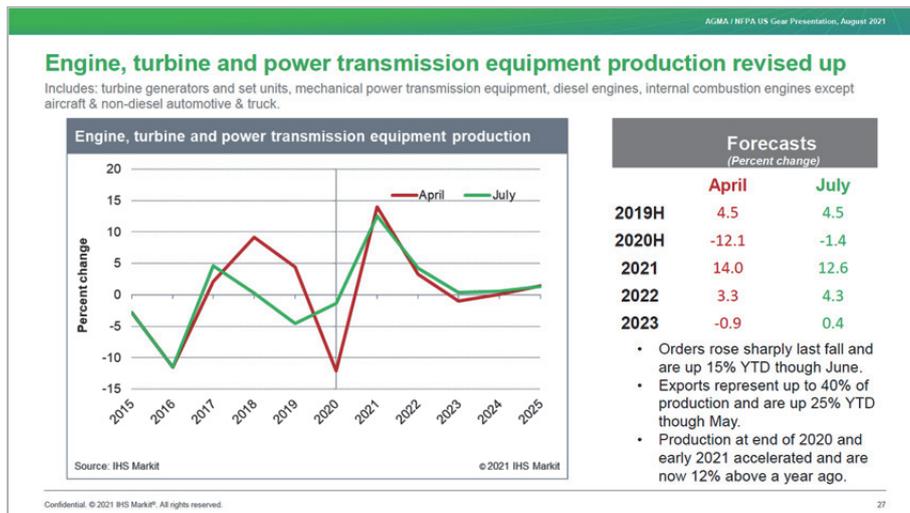


図 19 エンジン、タービン、パワートランスミッション機器の生産予測
(出所) IHS Markit

小型自動車および部品の生産数は、2020年に15.7%減少した後、2021年に15.4%、2022年に17.7%増加すると予測される。2023年の生産数は0.2%減と横ばいになるだろう。生産量は2021年7月にパンデミック前の水準に達した。中型・大型トラックの販売台数は、2021年に23%増加し、2022年にはさらに18%増加する見込みだ。

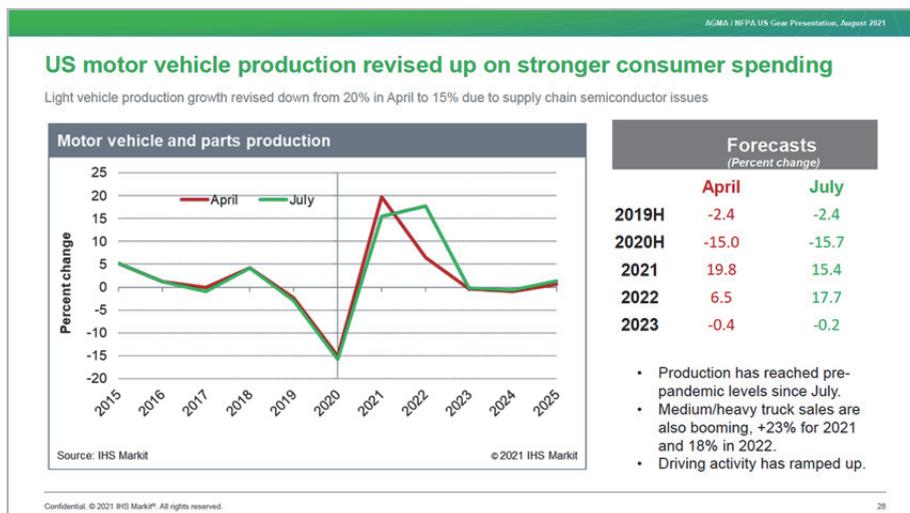


図 20 小型自動車の生産予測
(出所) IHS Markit

米国の航空宇宙機器および部品の生産は、2021年に14.9%、2022年に7.8%、2023年に4.8%の成長が見込まれるが、これは2020年に20.1%の落ち込みがあったことによるものだ。生産量がパンデミック前の水準に戻るのには2023年後半以降となる。

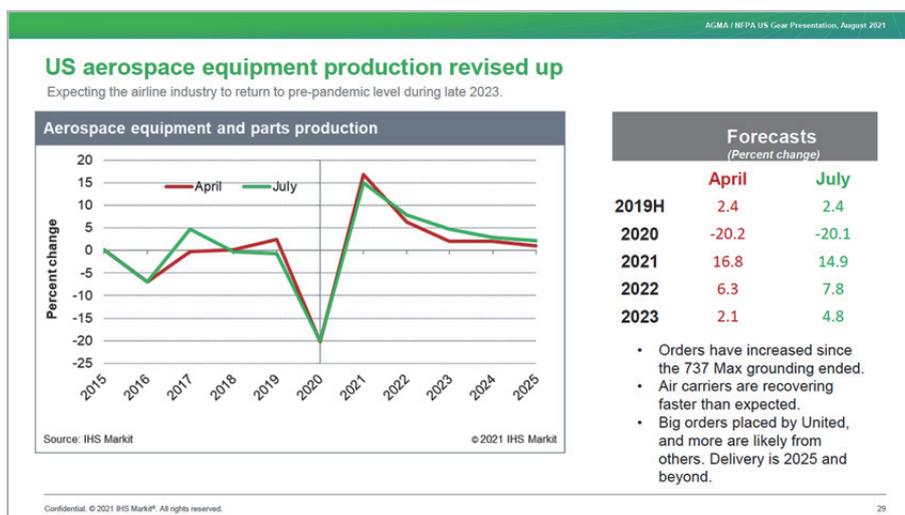


図 2 1 航空宇宙機器および部品の生産予測

(出所) IHS Markit

米国のギア業界の見通しでは、需要が 2021 年に 11.4%増の 56 億 7,000 万ドル、2022 年にさらに 8.4%増、2023 年に 5.3%減となる。出荷額も、2021 年に 13.2%増の 36 億 9,000 万ドル、2022 年に 4.3%増、2023 年に 7.9%減となる見込みだ。予約注文は、2021 年に 36 億 9,000 万ドルと 43.6%の大幅な増加、2022 年には 7.8%の増加となり、2023 年には 12.2%減少すると予測される。ただし、2023 年の数字は後に上方修正される可能性がある。サプライチェーンの問題からオンショアリングが進み、輸入品の市場シェアが低下する中、国内のギアメーカーは好調に推移すると思われる。2020 年のギアの輸入は、中国から 30%、日本から 24%減少した。アジアからの輸入は、2020 年にはヨーロッパからの輸入を下回り、2021 年もその傾向が続くと予想される。2021 年には、中国と日本の輸入シェアがそれぞれ 20% (1 位)、10% (4 位) となり、上位 5 位にはドイツ、イタリア、インドが入ると予測される。全体として、米国のギアの輸入総額は 2020 年に 35 億 8,000 万ドルとなり、2019 年の 44 億 4,000 万ドルから 19.4%減少した。

マテリアルハンドリング機器製造業は、米国内のギア需要の中で最大のセグメントであり、2021 年の需要は 20 億ドルになると予想される。次に大きいのは農業機械で、2021 年の需要は 10 億 2,000 万ドルになると予想される。この 2 つのセグメントを合わせると、国内のギア需要の半分以上を占める。2021 年に最も急速に需要が伸びるセグメントは、建設機械(21.0%)、産業機械(19.2%)、農業機械(17.7%)、航空宇宙(15.5%)、動力設備(13.1%)と予測される。2022 年は、油田設備(16.6%)、航空宇宙(12.4%)、マテリアルハンドリング機器(10.1%)、工作機械など(9.1%)、電力機器(8.7%)と予測している。2023 年には、ほとんどの需要分野が減少する中、航空宇宙分野の需要は 4.2%増加すると予想される。サプライチェーンの問題により、前回の見通しが修正され、成長が 2021 年から 2022 年にずれ込んだことが反映されている。

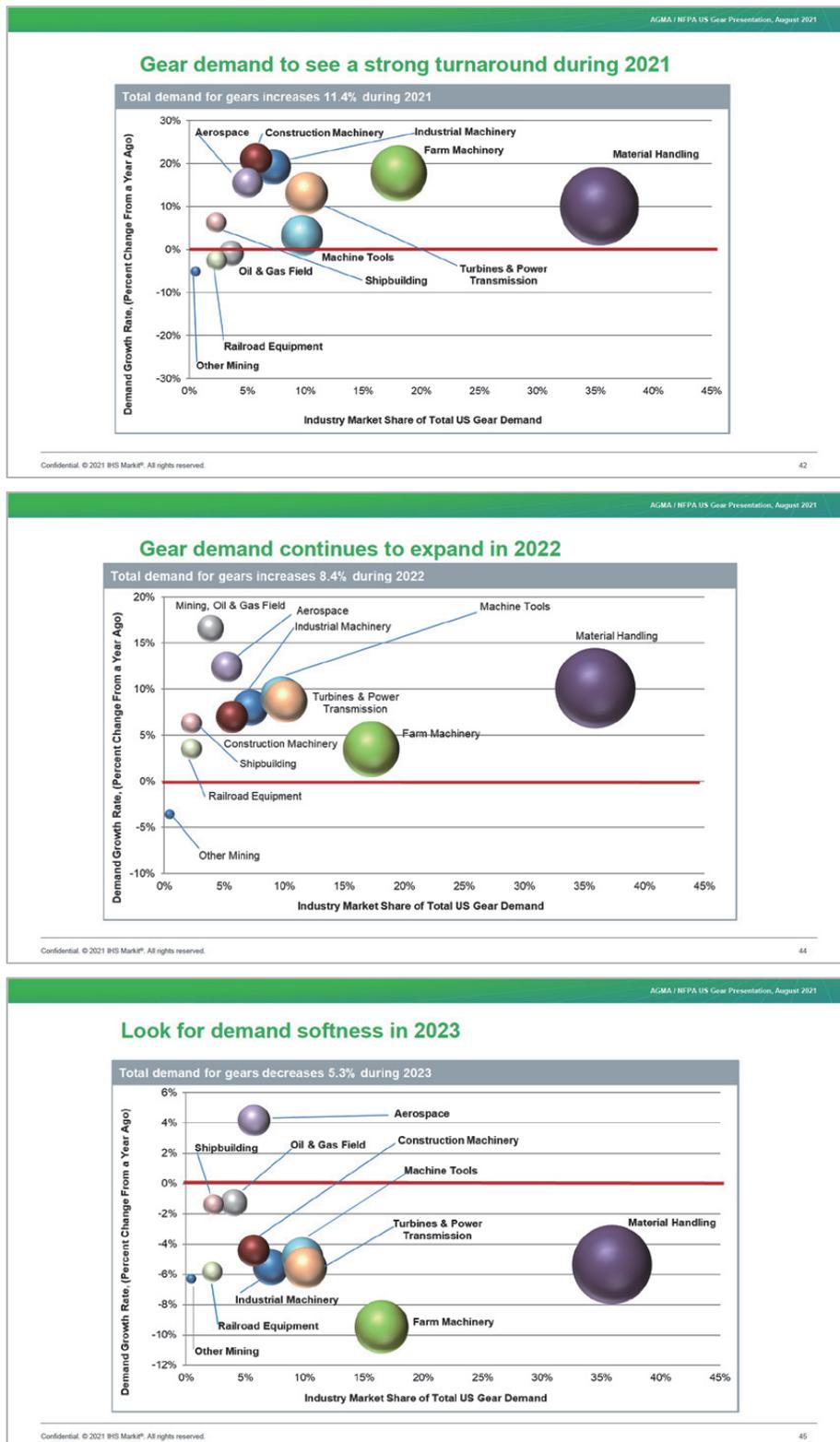


図 2 2 ギア需要産業市場と成長率（上：2021年、中：2022年、下：2023年）
 （出所） IHS Markit

5. 労働、国際貿易、そしてその先にあるもの

(講演者：John Manzella 氏、ManzellaReport 創設者)

米国経済分析局によると、実質 GDP は 2019 年に 2.2% 成長した後、2020 年には 3.5% 縮小した。これは、2009 年の 2.5% 減よりも大きな落ち込みだ。ウォール・ストリート・ジャーナル紙は、2021 年の実質 GDP 成長率を 6.9%、2022 年を 3.2%、2023 年を 2.3% と予測している。

米国の失業率は、2020 年 2 月に 3.5%、3 月に 4.4%、4 月に 14.7% と急上昇し、そこから徐々に低下し、2021 年 7 月には 5.4% となった。ウォール・ストリート・ジャーナル紙は、2021 年 12 月に 4.9%、2022 年 6 月に 4.4%、2022 年 12 月に 4.1% と予測している。米国では、グレート・リセッションから 2020 年 2 月までの間に 2,010 万人の雇用を獲得したが、2020 年 4 月だけで 2,200 万人の雇用を失っている。公式の失業率には、仕事を探すのをやめた人や、フルタイムの仕事を探しながらパートタイムで働いている人はカウントされていないことに留意したい。U6 の失業率にはこれらの人々が含まれており、労働市場の異なる様相を示している。2021 年 7 月の失業率 5.4% は、U6 データでは 9.2% になる。2020 年 4 月の U6 の数値は、実際には 22.8% であった。

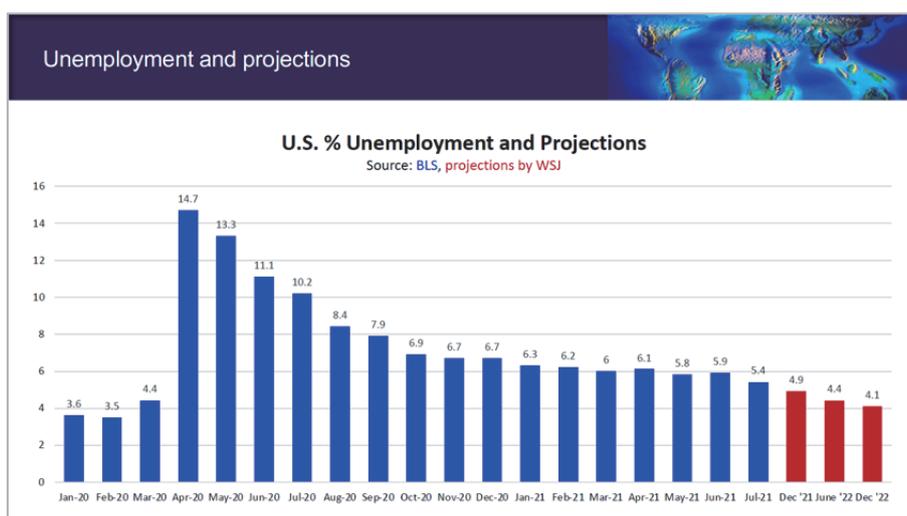


図 2 3 米国失業率推移

(出所) 米労働統計局、WSJ

労働参加率もモニターすべき重要な数値で、1999 年の 67% から 2019 年には 63% と過去 20 年間一貫して低下しており、2029 年には 61% とさらに低下すると予測されている。25 歳から 54 歳の男性の約 5 人に 1 人が長期失業者だ。その中には、投獄されていたり、障害者であったり、その他の社会的援助を受けている人もいる。オピオイド危機は、農村部にも大きな影響を与えている。驚くべきことに、4 年制大学の学生のうち留年せずに卒業できるのは 40% に過ぎず、労働力への参入が遅れている。また、ベビーブーマーの退職の波が影響しており、毎日 1 万人が 65 歳に達している。

米国労働統計局によると、2021年6月時点で未充足の非農業部門の求人数1,010万人のうち、貿易・運輸・公益事業部門が190万人、レジャー・ホスピタリティ部門が170万人、建設部門が33万9,000人、製造部門が82万6,000人となっている。米国の労働力人口に占める55歳以上の割合は、1999年の12.7%から2019年には23.4%に増加し、2029年には25.2%になると予測されている。EU諸国では、米国よりもはるかに多くの割合で保育園の補助金が支給されており、その結果、若い女性の労働参加率ははるかに高くなっている。1981年から1996年に生まれたミレニアル世代は、2025年には労働人口の75%を占めるようになると言われている。

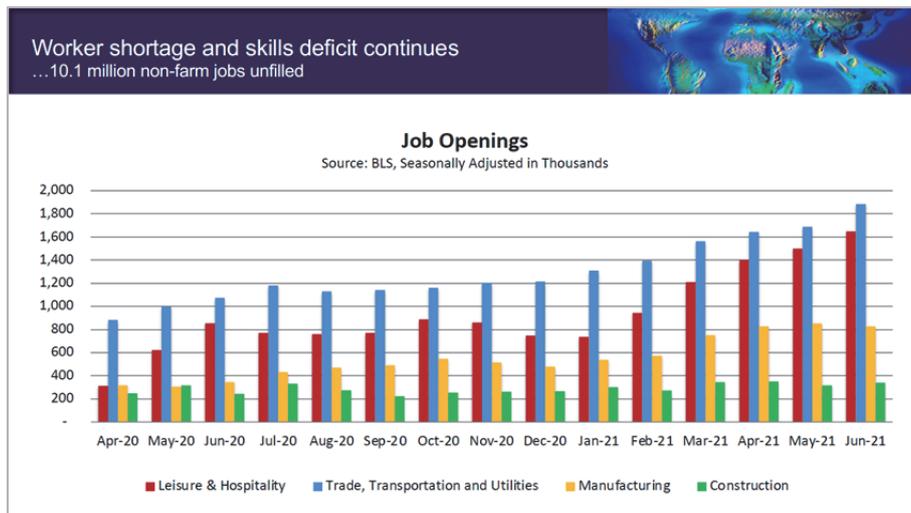


図 2 4 非農業部門の求人数の内訳

(出所) 米労働統計局

貿易は米国にとって大きなメリットがある。2030年までに、世界の中間層の消費者数は36億人から57億人に増加し、その多くはアジア諸国に集中する。海外市場は、世界の購買力の80%、経済成長の92%、消費者の95%を占める。貿易は米国の雇用の5分の1を支えている。

WTOは、世界の商品貿易額が、2020年に5.3%減少した後、2021年に8%、2022年に4%増加すると予測している。米国は現在、20カ国と14の自由貿易協定を結んでいる。国勢調査局によると、米国の商品輸出の47%がFTA相手国に輸出されているが、FTA相手国の人口は合わせても世界の6%にすぎない。中でもNAFTAは圧倒的に重要だ。

米連邦準備制度理事会は、2018年3月の232条に基づく鉄鋼・アルミニウム関税により、製造業全体の雇用が7万5,000人減少したと試算している。ブルッキングス研究所は、米国の消費者が鉄鋼業で得られた雇用1件につき90万ドルを支払うことになったと計算している。

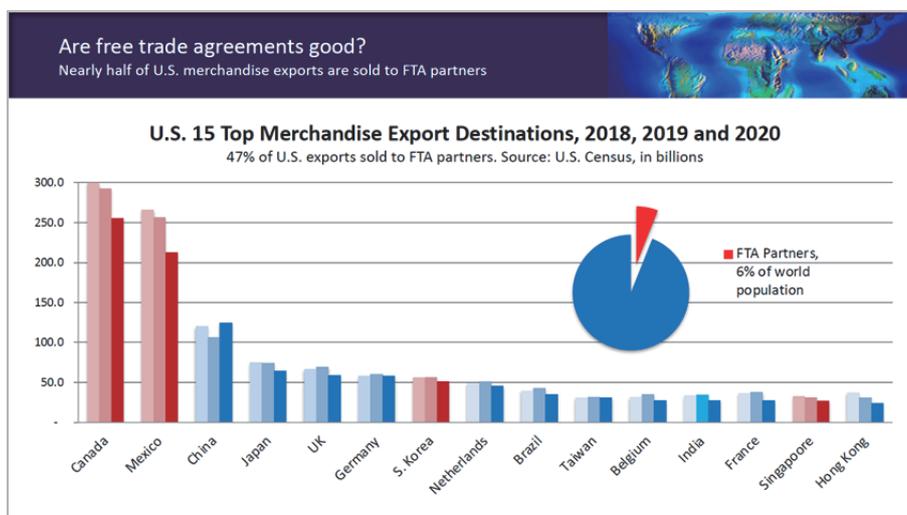


図 2 5 米国の財輸出先（上位 15 か国）

（出所）米国情勢調査

米国の政策は、米国企業が中国市場への展開を必要としていることを反映しなければならない。21 世紀末には、米国の人口が中国の半分になっている可能性がある。2001 年から 2019 年にかけて、米国の対中輸出は 455%増加し、世界の輸出は 126%増加した。同期間に、中国の世界からの輸入は 2,500 億ドルから 2 兆ドル以上に増加している。米国の財貿易赤字額は、2018~2020 年の間に対世界では 5%増加、対中国では 26%減少した。貿易戦争の結果、カナダ、ブラジル、オーストラリアに奪われた中国市場を米国企業が取り戻すことは非常に難しい。バイデン大統領はいずれ、トランプ政権下で設定された関税の削減や撤廃に乗り出すことになるだろう。



図 2 6 米国の対世界貿易赤字額（青）対中国貿易赤字額（赤）の推移（いずれも財）

（出所）米国商務省
以上

廃棄物発電におけるCCS

欧州の廃棄物発電業界団体である ESWET が 2021 年 10 月に開催したウェビナー「WASTE-TO-ENERGY: THE BEAUTY OR THE BEAST?」から廃棄物発電における CCS に関する講演の内容を紹介する

1. 資源循環と環境保全に貢献する廃棄物発電

Tom Croymans 氏、ESWET

1.1 はじめに

廃棄物発電 (Waste-to-Energy、WtE) は、廃棄物の発生を抑制し、再利用やリサイクルを促進する「廃棄物ヒエラルキー (図 1)」の一部である。リサイクルが不可能な場合は、廃棄物からエネルギーと材料を最大限に回収する必要がある。廃棄物発電は、この回収 (Recovery) の部分に位置づけられる。廃棄物ヒエラルキーによると、最も好ましくない選択肢は埋立処分 (Disposal) することである。

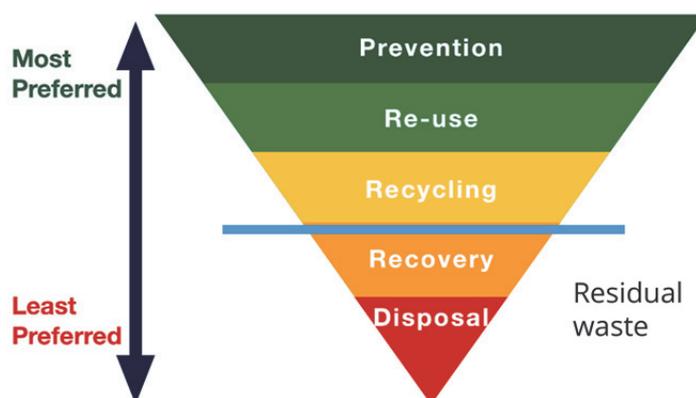


図1 廃棄物ヒエラルキー

出典: WASTE-TO-ENERGY: THE BEAUTY OR THE BEAST?、Tom Croymans氏講演資料、ESWET

廃棄物発電はリサイクルを補完するものである。リサイクルは、材料を回収し、循環させることを目的としている。しかし、このループの中には、ある種の有害物質が蓄積される可能性があることに注意しなければならない。当然、有害物質が蓄積され、最終的に環境や人間に害を与えることは避けなければならない。廃棄物発電は、この物質循環をクリーンに保つために重要な役割を担っている。また、リサイクルには限りがあり、リサイクルできない廃棄物や、リサイクル後の廃棄物も処理される必要がある。

図2は2019年における欧州各国の廃棄物処理状況である。図をみると、リサイクル率の高い国 (緑の割合が多い国) と、廃棄物の埋め立てを主体としている国 (赤の割合が多い国) の2つに分類できることがわかる。国によっては、80%以上の廃棄物が埋め立てられているところもある。廃棄物の埋め立てに依存している国々では、今後、廃棄物の発生抑制、再利用、リサイクルに最大限の努力をしたとしても、物質循環をクリーンにするために、廃棄物発電の果たすべき重要な役割が残っている。

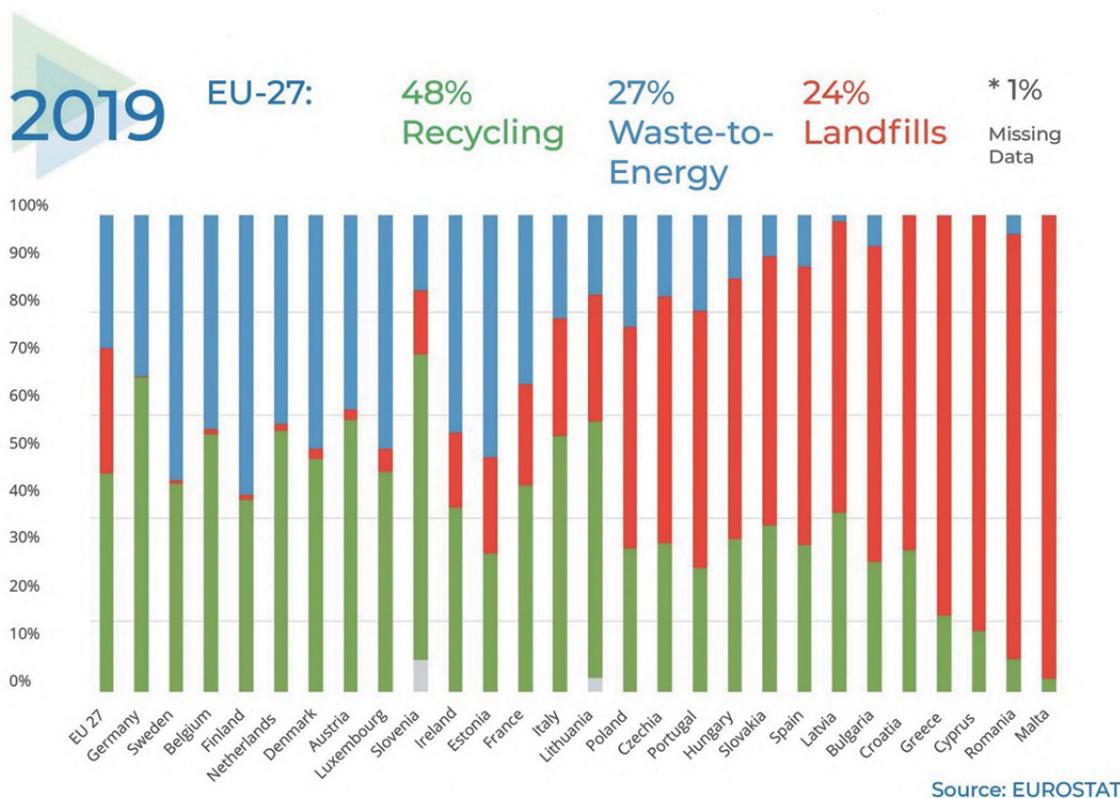


図2 EUの廃棄物処理状況

出典: WASTE-TO-ENERGY: THE BEAUTY OR THE BEAST?, Tom Croymans氏講演資料、ESWET

以上により、廃棄物発電はリサイクルを補完するものといえる。リサイクルは常に望ましい選択肢である。しかし、何かをリサイクルするたびに、リサイクル可能なものの質は低下していく。つまり、リサイクルは有限であり、すべてがリサイクルできるわけではないため、これらの物質循環をクリーンに保ち、物質循環の中から有害物質を排除することに関して廃棄物発電は重要な役割を果たす。

1.2 廃棄物処理からのGHG排出

廃棄物ヒエラルキーに戻ると、最も好ましくない選択肢は埋立である。埋立では、CO₂やメタンなどの温室効果ガスは発生することが確認されている。メタンは、CO₂よりもはるかに地球温暖化への影響が大きく、国連の最新の報告書によると、現在の地球温暖化の40%がメタンに関連しているとされている。このメタンの排出のうち20%は、不適切な廃棄物処理から発生するものである。世界レベルで見ると、現在、廃棄物の70%が埋め立てられている。また、廃棄物を埋め立てると、資源が失われる。埋立地では、エネルギーも物質も回収できない。廃棄物が埋立地に捨てられると、汚染物質も埋立地に捨てられることになる。そして、これらの汚染物質が土壌や水を汚染するのは時間の問題である。

埋立の一つ上の階層に位置するのが「廃棄物発電」である。廃棄物発電では、メタンガスの排出を避け、材料とエネルギーを回収することができ、廃棄物の量を90%以上削減することができる。

廃棄物発電は、リサイクルできない廃棄物を安全に処理する役割も果たす。廃棄物の中には、不要な物質が含まれており、廃棄物発電では、可能な限り高温処理で有害物質を破壊している。しかし、重金属など破壊できない有害物質もある。そこで、それらの物質を特定の分画に濃縮して、制御された方法で処理する。また、廃棄物発電では、非常に高度な排ガス処理システムを採用している。つまり、廃棄物発電のフットプリントの約3分の1は、排ガス処理が占めている。これにより、有害な汚染物質が環境に排出されることがないようにしている。廃棄物発電施設は非常に厳しい排出規制値の下で操業しており、それを遵守している。

廃棄物発電では、焼却の過程でCO₂が発生する。目安としては、廃棄物1tを焼却するごとに1tのCO₂が発生すると言われている。ここで注目したいのは、排出されるCO₂の60%がバイオマス由来であることである。つまり、大気中に戻すとカーボンニュートラルになるといえる。一方、排出されるCO₂の40%は化石燃料由来である。このフットプリントに注目すると、石炭や天然ガスといった他の化石燃料エネルギー生産者と比べても、かなり低い数値になっている。埋立地から発生するメタンの抑制、エネルギー生産のための化石燃料消費の抑制、バージン金属採掘の抑制、バージン原材料の開発の抑制などにより、これらからの排出を相殺していることにも注目すべきである。

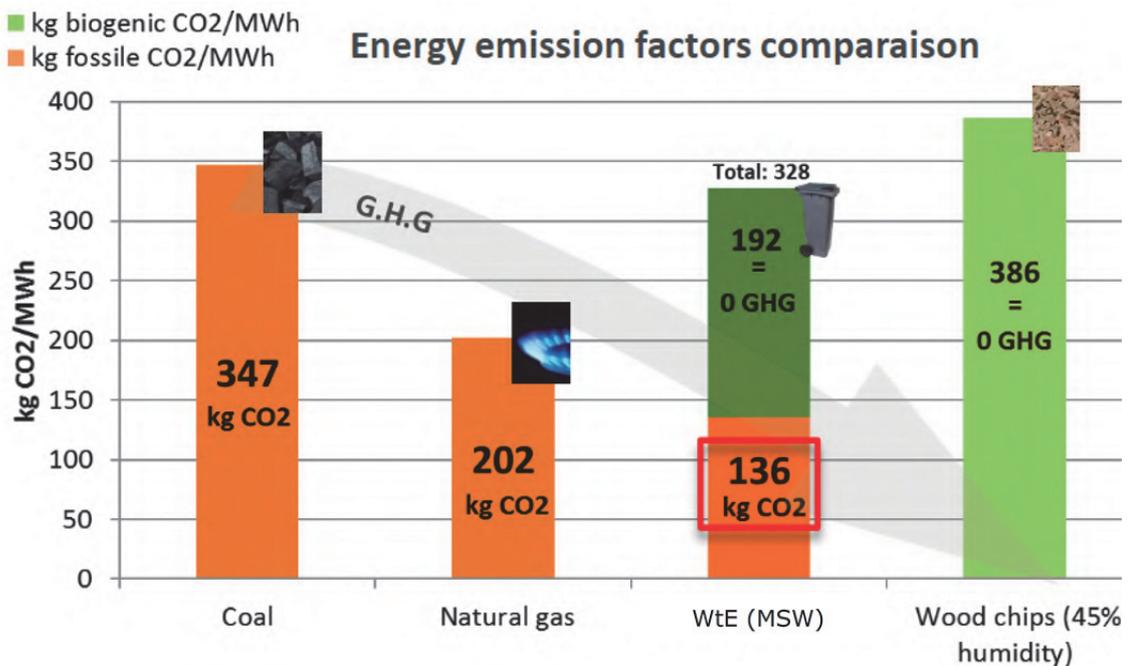


図3 燃料別発電量あたりのCO₂排出量

出典：WASTE-TO-ENERGY:THE BEAUTY OR THE BEAST?, Tom Croymans氏講演資料、ESWET

1.3 廃棄物発電におけるCCS

バイオマス由来CO₂は現在、カーボンニュートラルである。次のステップとして、はマイナスの排出量を目指す必要がある。廃棄物発電と炭素回収貯留施設を組み合わせると、二酸化炭素を除去することができる。バイオマス由来のCO₂を大気中に放出する代わりに、それを回収して地中に永久に貯蔵し、大気中への排出をゼロにすることで、二酸化炭素の正味排出を削減し、大気中の二酸化炭素濃度を減少させることができる。気候技術センター・

ネットワークの計算では、1日1,000tのCO₂を排出する廃棄物発電所では、CCSと組み合わせることで、1日500tのCO₂が正味で削減されるという結果がでていいる。IPCCは2018年の報告書で、地球温暖化を1.5°C以下に抑えるためには二酸化炭素の除去技術が重要な役割を果たすと言及している。2050年以降、廃棄物発電部門はカーボン・ネガティブを目指しているが、この戦略において、二酸化炭素除去技術は重要な役割を担っている。

1.4 まとめ

- 廃棄物発電は、リサイクルできない廃棄物や埋め立てられる廃棄物に対して望ましい選択肢である。
- 廃棄物発電はリサイクルを補完するものであり、資源循環において残留性有機汚染物質などの有害物質から環境を守ることができる。
- リサイクルできない廃棄物からエネルギーと材料を回収することができる。
- CCSと組み合わせることで、カーボン・マイナスになる可能性がある。

(参考資料)

・ WASTE-TO-ENERGY: THE BEAUTY OR THE BEAST?, Tom Croymans氏講演資料、ESWET

2. CCSは将来的に廃棄物発電と組み合わせられるのか

Eve Tamme 氏、Climate Principles

2.1 はじめに

廃棄物発電と CCS の背景と、現在の気候政策がどのようにこれらを規制しているかを紹介する。欧州には、多くの廃棄物発電プラントがある (図 4)。現在、EU の気候政策の分野では、排出量の 40% をカバーする EU 排出量取引制度と、排出量の 60% をカバーする努力分担規則がある。現在、廃棄物発電は努力分担規則の対象である。欧州委員会が 2021 年 7 月に提案した 2030 年までに温室効果ガス 55% 削減を目指す **Fit for 55** パッケージでは、この組み合わせを変更するよう提案されている。現在の努力分担規則の大部分を占める建物と輸送分野が排出権取引制度の対象となる。つまり、努力分担規制のもとで残るのは、全排出量の 20% 程度となる。

廃棄物発電からの排出を削減するためにはまず、再利用やリサイクルなどを促進し、焼却量を削減する方法が考えられる。しかし、すべての廃棄物を再利用・リサイクルできるわけではないため、廃棄物の焼却による排出をなくすことはできない。この問題に対する解決策は、これらの排出物を捕捉し、輸送し、地中へ貯留する CCS である。しかし、この方法は場所によって利用可能性が異なるため、すべての廃棄物焼却炉に適用できるわけではない。CO₂ の輸送と貯蔵のネットワークにアクセスできることは、CCS の利用を検討しているプラントにとって非常に重要である。もうひとつは、プラントの規模である。小規模な工場では、CCS を適用するためのビジネスケースを見つけるのがより困難になる。

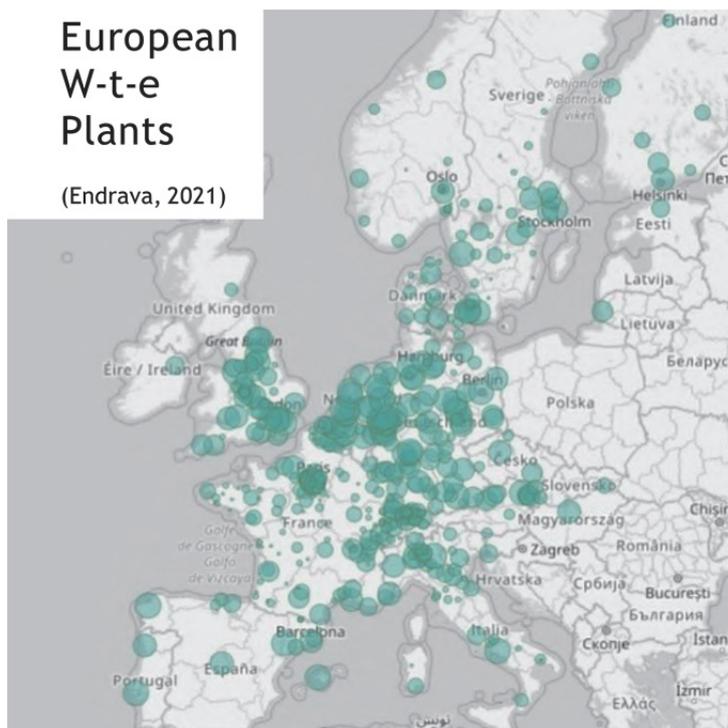


図4 欧州の廃棄物発電プラントの分布

出典 : WASTE-TO-ENERGY:THE BEAUTY OR THE BEAST?, Eve Tamme氏講演資料、Climate Principles

2.2 政策の枠組みを改善するために、何をすべきか

ステークホルダーが長い間求めてきたことのひとつに、廃棄物発電の排出量に炭素価格を設定することがある。これは、CCSを伴う廃棄物発電の話をするときにも役立つ。炭素価格の設定は、廃棄物発電プラントでのCCSを実現するための唯一の解決策ではないが、こうした技術を導入するインセンティブとして大きな役割を果たすことは間違いない。また、商業ビルや住宅に廃棄物発電プラントからの熱を利用する場合、建物や輸送に関する排出権取引制度に、エネルギー回収を伴う廃棄物発電を含める方法が考えられる。このように、選択肢はあるが、具体的な解決策を提示する提案はまだなされていない。

もう一つのトピックは、サステナブルファイナンスのタクソノミーの中に廃棄物発電プラントを含めることである。CCSのアプリケーションの中には、タクソノミーの計画で、すでに対象に含まれているものがあるが、廃棄物発電プラントはそのうちのひとつではない。このような資金調達機会を確保することは、非常に重要である。欧州では資金調達が2つのレベルで行われている。ひとつは加盟国レベル、もうひとつはEUレベルである。廃棄物発電の話をするとき、特に廃棄物発電の排出量が多い国は、国の脱炭素化戦略の中でそのことを強調することが重要である。廃棄物発電とCCSは、かなり多くの国で排出量を削減できるものである。EUでは、イノベーションファンドが重要な資金源となっている。

(参考資料)

・ WASTE-TO-ENERGY:THE BEAUTY OR THE BEAST?, Eve Tamme氏講演資料、Climate Principles

3. 排出量マイナスの廃棄物発電：Fortum社のオスロでのCCSプロジェクト

Jannicks Gerner Bjerkas 氏、Fortum Oslo Varme 社（ノルウェー）

3.1 はじめに

Fortum Oslo Varme 社は、Oslo 市にある廃棄物発電所から炭素回収・貯留システムを確立することを目指している。Fortum 社は地域冷暖房会社で、主な熱源は廃棄物発電所から供給されており、他の熱源からの排熱も回収して利用している。

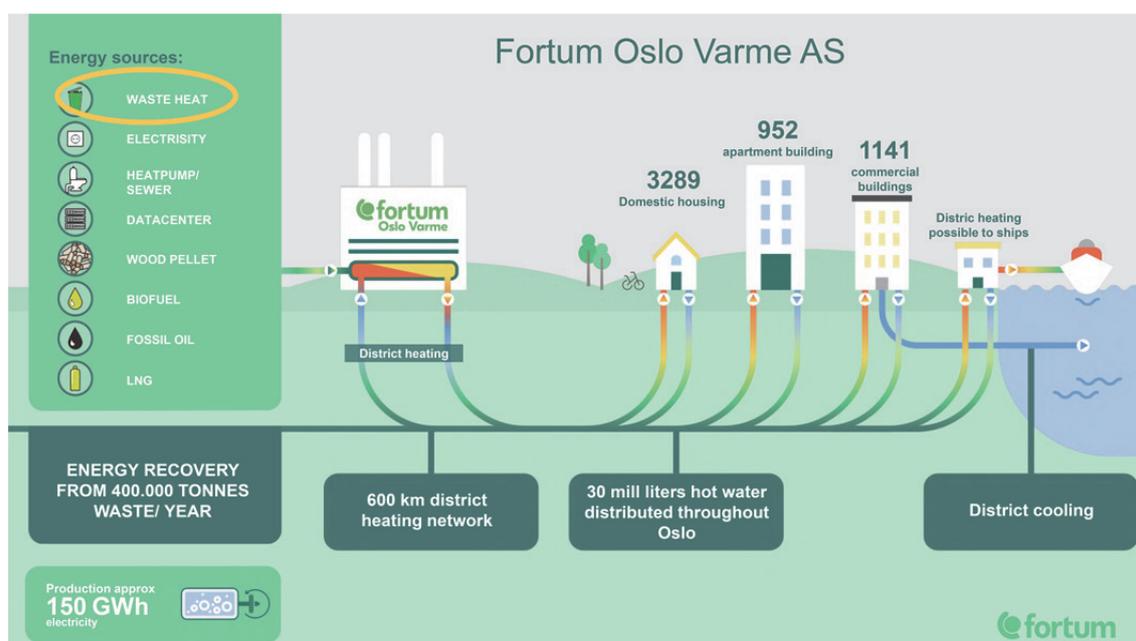


図5 Fortum Oslo Varme社の事業概要図

出典：WASTE-TO-ENERGY:THE BEAUTY OR THE BEAST?, Jannicks Gerner Bjerkas氏、Fortum社

Fortum社が取り組んでいる廃棄物発電所におけるCCSプロジェクトは、この分野で最初の本格的なプロジェクトである。このプロジェクトは、バイキング船にちなんでLongshipと名付けられたノルウェーのCCSプロジェクトの一環である。このプロジェクトの目的は、炭素の回収、輸送、そして北海の海底下におけるCO₂の永久地中貯留のための完全でオープンなバリューチェーンを確立することである。このCCSプロジェクトには、2つのCO₂回収プロジェクトが含まれており、ひとつはセメントプラント（Norcem）から、もうひとつは廃棄物発電所からである。Fortum社が取り組む廃棄物発電所でのプロジェクトのCO₂回収目標は、年間40万tであり、これはこのプラントの総排出量の90%に相当する。廃棄物発電の利点は、工場から排出されるCO₂の約50%がバイオマス由来であることである。つまり、このCO₂は自然のCO₂サイクルの一部であるということであり、このCO₂を回収・貯蔵することで、大気中のCO₂を取り除いていることになる。これは、欧州や世界の気候変動に関する目標を達成するための重要な技術である。Fortum社は2015年からこのプロジェクトに取り組み、フィージビリティスタディを完了し、ノルウェー政府からプロジェクトの外部品質保証も受けた。このプロジェクトは、排出地点が港にない場合、工場から港までCO₂をどのように輸送するかを試験することも重要な課題である。このプロジェクトの輸送距離は

10km程度であるが、エミッションフリーのトラック、可能であれば電気トラックによりこの課題を解決する予定である。

廃棄物発電所から排出される排ガスを対象に、パイロットプラントを建設し、9ヵ月間テストしたところ、非常に良い結果が得られた。非常に低い排出量、高い捕捉率、安定した運転を実現できたため、フルスケールでも機能すると確信している。

これは、リサイクルできない残留廃棄物の最終的な解決策として、炭素除去を行うことが、将来の循環型経済にどのように貢献するかを表している。廃棄物発電施設にヒエラルキーの最後のステップを加えることは、化石燃料による二酸化炭素の排出を減らすだけでなく、特に利用やリサイクルに問題のあるプラスチックからの排出を減らすことを意味する。また、バイオマス由来のCO₂の除去にも貢献することができる。

3.2 プロジェクトの進捗状況

プロジェクトと資金調達の状況について説明する。Longshipプロジェクトは、2020年にノルウェー議会で最終投資決定がなされた。ノルウェー政府は、「Northern Lights」と呼ばれるこのプロジェクトの輸送・貯蔵部門を全面的に支援することを決定した。Fortum社のプロジェクトについては、必要な額の50%、設備投資で2億円、運営費で1億ユーロの条件付支援を受けた。そこで、残りの資金の一部をEUのイノベーションファンドに申請している。Fortum社のプロジェクトは技術的には成熟しており、資金調達さえできれば、すぐに開始できる状態である。2021年末までには融資を受け、その後すぐにでもスタートできるようにしたいと考えている。輸送と貯蔵の部分には全額資金が投入され、すでに進行中であることに加え、ノルウェー政府からも一部資金を調達している。また、廃棄物発電でCCSを実証し、気候変動に配慮した廃棄物処理のパイオニアとなるためには、このプロジェクトで大きなBECCSの可能性があることが重要である。これは、欧州にある他の多くの廃棄物発電所にも応用できることである。すべてが計画通りに進めば、2025年末にはプロジェクトと炭素回収プラントが稼動する予定である。

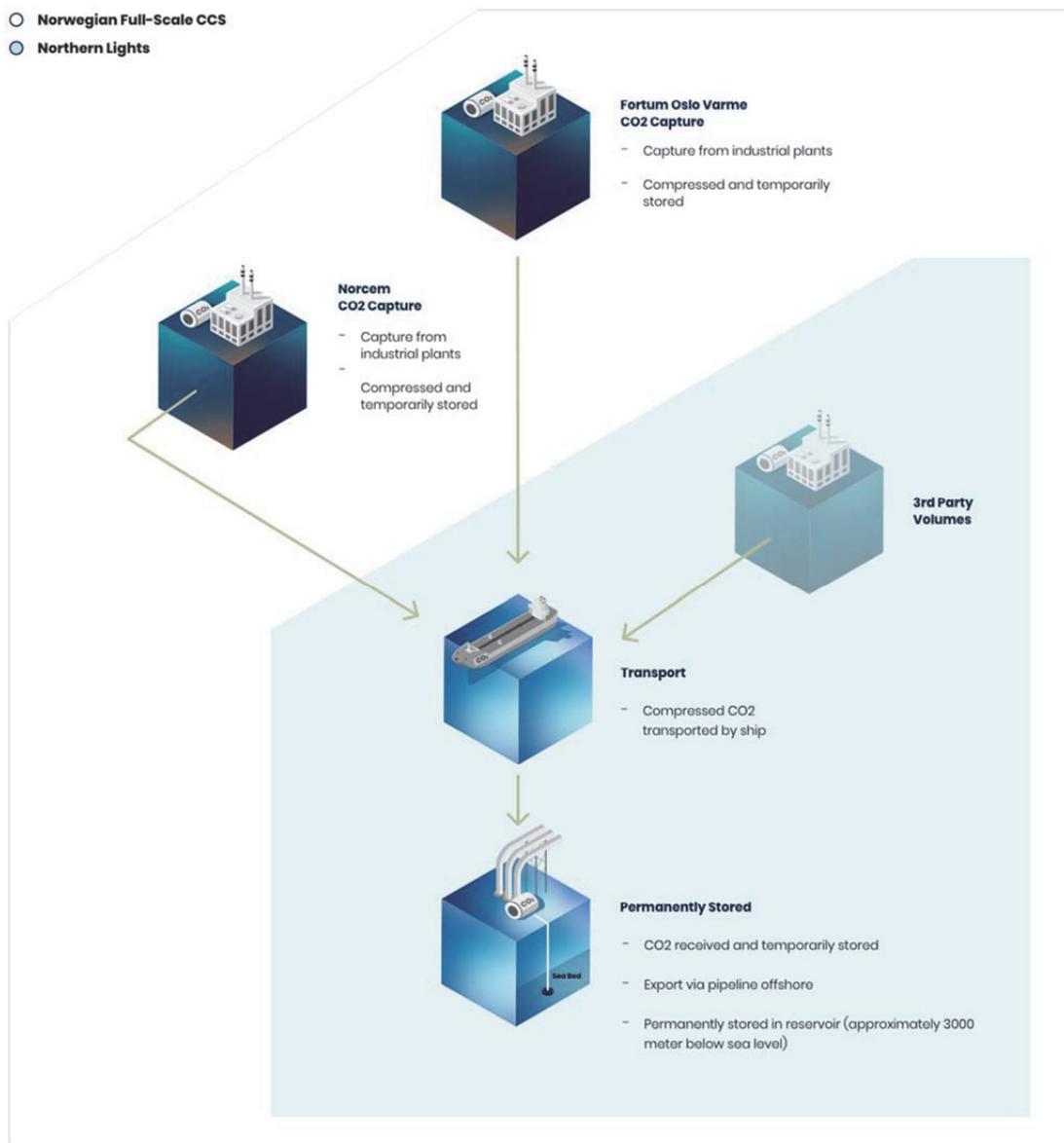


図6 Northern lightプロジェクトの概要図

出典 : <https://northernlightsccs.com/about-the-longship-project/>

(参考資料)

・WASTE-TO-ENERGY:THE BEAUTY OR THE BEAST?, Jannicks Gerner Bjerkas氏、Fortum Oslo Varme社

中東・北アフリカにおける太陽光発電市場の投資可能性

欧州の太陽光発電業界団体である（SolarPowerEurope）が2021年11月に発行した中東・北アフリカにおける太陽光発電市場の投資可能性に関するレポート『Middle East Solar investment opportunities』の内容について以下に紹介する。

1. はじめに

SolarPower Europe Emerging Markets Workstreamは、ビジネスと協力のための新たな道筋を見極め、世界のエネルギー転換に貢献するために、2018年3月に発足した。創設以来、Workstreamは成長を続け、現在では70社以上の企業から150名の専門家が参加し、世界の新興市場に大きな投資ポートフォリオを有している。

本稿では、中東・北アフリカにおける太陽光発電の投資機会に関する調査結果を紹介する。エジプト、ヨルダン、オマーン、サウジアラビアの調査対象としており、4カ国それぞれのビジネス環境、主要なマクロ経済、社会政治的動向の概要を説明している。さらに、各国のエネルギー事情、主要な利害関係者、太陽電池部門への投資に関する規制の枠組みについて詳しく説明している。最後に、この地域の膨大な太陽光発電の潜在能力を活用し、4カ国の市場への国際的な投資を促進するために、専門家が各国に対していくつかの提言を行っている。

2. エジプト

2.1 経済、社会、政治的背景

(1) マクロ経済的背景

エジプトは、2016年のマクロ経済改革と構造改革により、COVID-19パンデミックの衝撃を吸収することができた。しかし、COVID-19の危機により、4月から6月（第4四半期～2019/20年度）に前年比1.7%の縮小が見られたため、実質成長率は2018/19会計年度の5.6%から2019/20年度には3.6%に低下した。2020年、エジプトはMENA地域で第2位の経済大国であり、GDP総額は3631億米ドルで、2020-21年には2.8%の成長が見込まれている。主要な経済部門である貿易、観光、製造、農業は、一連の金融パッケージや措置という形で、政府の支援の恩恵を受けた。その中には、非正規労働者への金銭的支援や、補助金付き融資に加えて既存の現金給付制度の拡大などが含まれていた。さらに、IMFによる経済支援も行われた。エジプトは、スタンドバイ契約で50億米ドル、COVID-19緊急支援で28億米ドルの計78億米ドルを確保した。これにより、エジプトはマクロ経済の安定を維持しつつ、パンデミックの影響に対処するための必要な支出を守ることができる。

主要な構造改革には、為替レートの自由化が含まれていた。これにより、エジプト経済に対する国際的な投資コミュニティの信頼を回復することに成功した。その結果、過去1年間でインフレ率が低下し、より安定した経済環境を実現した。その他の措置として、政府は2017年に投資法を採択し、国家エネルギー多様化戦略の一環として、再生可能エネルギーのプロジェクトに特別な投資優遇措置を与えた

(2) ビジネス環境

エジプトはCOVID19のパンデミックの中、S&P BBの信用格付けを維持した。マクロ経済の安定と金融・財政改革により、ビジネス環境が改善され、金融へのアクセス拡大と民間セクター主導の投資が促進され、投資家に優しい政策が統合され、ビジネスサービスが効率化された。その結果、前回の世界銀行のDoing Business Reportでは、エジプトは190カ国中114位となり、2019年に比べて6つ順位を上げた。ビジネスの開始（90）と建設許可への対応（74）の両方で地域平均を上回った。投資のハブにするための努力により、MENA地域における外国直接投資（FDI）フローの第2位の受入国となり、2019年には11%増の90億米ドルとなった。FDIの多くは依然として石油・ガス産業に牽引されているが、資本は再生可能エネルギー開発を含む様々な戦略的セクターにも向けられている。

(3) 政治的・社会的背景

現在の国の指導者は、退役将官であり、経験豊富な政治家であるAbdel Fattah Al-Sisi大統領で、これまでに軍情報局長（2010年～2012年）、国防大臣（2021年～2014年）、エジプト副首相（2013年～2014年）などを歴任している。Al-Sisi大統領は、前任者のMohamed Morsi大統領が2013年に軍事クーデターによって解任された後、2014年に政権を獲得し、2018年に2期目を獲得した。再選直後、Al-Sisi大統領が2030年まで任期を延長できる憲法改正案が持ち込まれ、国内の絶対的な権力者としての地位と、軍による政治領域の支配が強固なものとなった。

人口圧力は、国家経済の課題を推進する重要な要因の一つである。エジプトはMENA地域で最も人口の多い国であり、アフリカではナイジェリアとエチオピアに次いで3番目に人口の多い国である。その人口は2019年に1億人に達したにもかかわらず、人口の3分の1は貧困水準以下で生活しており、失業率はCOVID-19の第1波で9.6%まで上昇し、その後2020年後半には7.2%まで低下している。女性の失業率は21.4%と男性の6.8%を著しく上回っている。また、エジプトと周辺国との関係も、エジプトの政治的・社会的安定のリスクとなっている。隣国のエチオピアとの関係は、エチオピアがグランド・エチオピア・ルネッサンス・ダム貯水池を埋めるという一方的な決定をしたことで悪化し、エジプトの水の安全保障を脅かす可能性がある。

2.2 エネルギーと電気

(1) エネルギー部門の状況

エジプトはアフリカ最大の非OPEC産油国であり、アルジェリア、ナイジェリアに次ぐアフリカ第3位の乾式天然ガス生産国である。しかし、2014年にはその生産量が同国の経済と急速に増加する人口を満たすには不十分となり、深刻なエネルギー不足に陥っていた。2015年には、経済的な海洋国境線のすぐ内側、地中海で最大の海上ガス田であるZohrガス田を発見した。Zohrガス田からのガス生産は2018年末に始まったばかりであるが、エジプトはそれまでの間、近隣諸国からのガス輸入（LNGとパイプラインによる輸入）でガス供給不足を解消した。また、エジプトはSiemens社と契約して3基の複合サイクル発電所を建設し、エジプトの電力網に14.4GWを追加した。これにより、エジプトの発電能力は45%以上向上した。また、2020年にはZohrガス田の生産量が30億立方フィートを超え、エジプトのガス

生産量全体の40%を占めるようになった。これにより、エジプトは純ガス輸入国から、ガス輸出市場での地位を取り戻した。また、既存のLNGターミナルや近隣諸国とのガスパイプラインの接続により、地域のエネルギーハブとなっている。しかし、現在のエジプトは、エネルギー供給能力の過剰という大きな課題に直面している。COVID-19の大流行により、電力の輸出が一時的に停止し、エネルギー需要が低迷したことで、この過剰供給能力がさらに悪化した。再生可能エネルギーの開発にも大きな影響を与えているため、発電能力の過剰に対処することは非常に重要である。

近年、エジプトはエネルギーの移行と多様化を加速させている。2015年、エジプトは「統合持続可能エネルギー戦略 (ISES)」の中心に再生可能エネルギーを据えた。これは、持続可能な社会経済的発展とエネルギーの多様化を推進するために、新電力法とともに採用された。この目的に向け、政府はエネルギー市場を徐々に自由化するために、様々な政策と柔軟なメカニズムの組み合わせ、特に固定価格買取制度、ネットメータリング制度、政府オークションを開始した。これらの施策により、エジプトのエネルギー市場に対する投資家の信頼が高まった。

2015年に策定された「統合持続可能エネルギー戦略 (ISES)」は、2040年に向けたビジョンを掲げ、2021年に更新された。現在の戦略には、石炭火力発電を廃止し、再生可能エネルギーに置き換えることが含まれている。更新されたISESでは2022年までに総電力量に占める再生可能エネルギーの割合を20%、2035年までに55%（従来は42%）、2040年までに61%（新規目標）とすることを目標としている。2040年の目標のうち、再生可能エネルギーの割合は、太陽光発電が45%、風力発電が13%、水力発電が3%となっている。これは、エジプトがCO2排出量を削減し、エネルギーミックスに占めるグリーンエネルギーの割合を高めることを明確に示している。太陽光に関しては、エジプトには膨大な太陽光資源があり、その量はエジプトの北から南まで合計で2,000~3,200kWh/m²/年と推定されている。世界銀行のレポートGlobal Solar Atlasによると、東・西ナイル地域の太陽光発電のポテンシャルは最大で52.3GWに達するとされているが、太陽光発電の設備容量は2020年時点で約2GWのみである。2020年までに政府が承認した太陽光発電プロジェクトは約3,400MW、風力発電プロジェクトは約750MWで、総投資額は約286億USドルである。2020年には、再生可能エネルギーの総設備容量は、水力(2,832MW)、太陽光(1,623MW)、風力(1,375MW)、太陽熱発電(140MW)、バイオマス(12MW)の順で、合計約6GWである。

2020年9月、政府はロンドン証券取引所において、5年間で7億5,000万米ドル相当の初のグリーンボンドの発行を開始した。Hala Al-Saeed計画・経済開発大臣によると、政府は691件のグリーンボンドに4,470億エジプトポンド(284億米ドル)を投資する予定で、これは2020/2021会計年度の公共投資総額の14%に相当する。さらに、政府は2021年から2022年までに公共投資総額を30%に引き上げる予定である。計画されている予算の約50%は公共交通機関のグリーン化に、30%は住宅部門のグリーン化に充てられる。この計画では、再生可能エネルギー投資に90億エジプトポンドが割り当てられており、2020/2021会計年度に30億エジプトポンドをスエズ湾の250MW風力発電プロジェクトと50MWpのZaafarana太陽光発電所の建設に充てることになっている(NREA, 2020)。

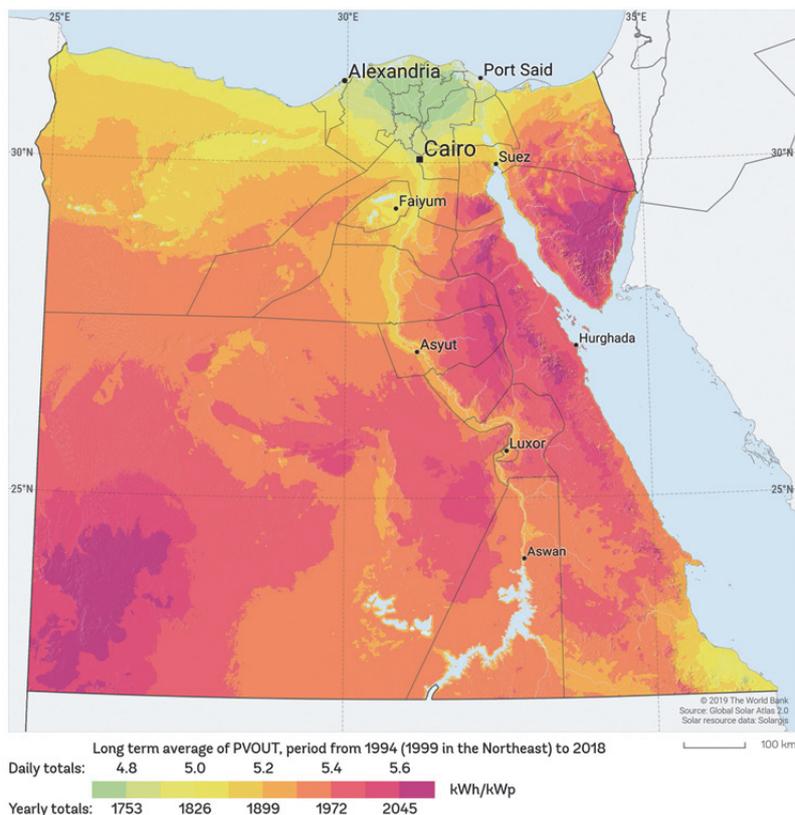


図1 エジプトの太陽光資源ポテンシャル

出典：Middle East Solar investment opportunities、SolarPowerEurope

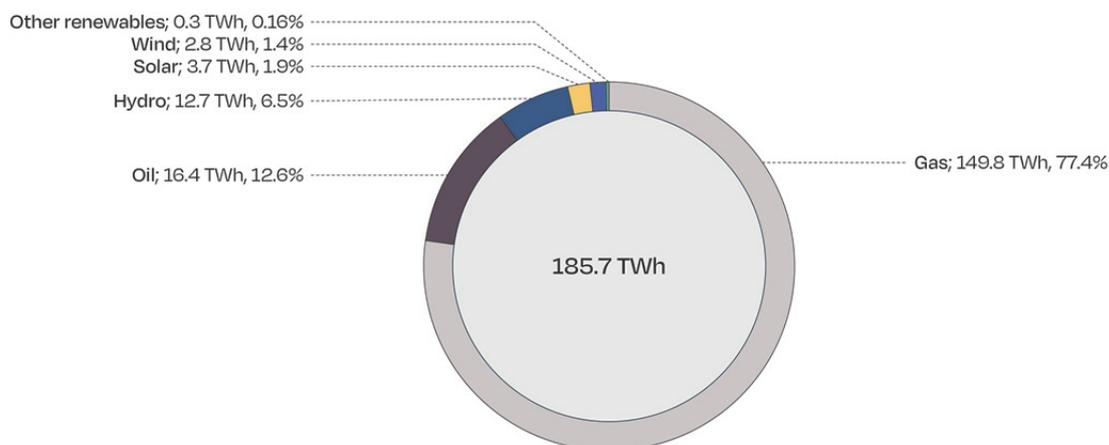


図2 エジプトの電力ミックス (2019年)

出典：Middle East Solar investment opportunities、SolarPowerEurope

(2) 電力インフラ

記録的な規模の洋上Zohrガス田が発見されたことで、エジプトは欧州、アフリカ、中東の主要なエネルギーハブの地位を取り戻した。エジプトでは、電力の相互接続が、電力の輸出入において重要な役割を果たすことになる。エジプト、キプロス、ギリシャの間には、相互接続が計画されている。「Euro-Africa」と呼ばれるこのプロジェクトは、1,396kmにわたる2GWの海底HVDCケーブルの商業テストが行われている。実現可能性調査は2021年

に完了し、プロジェクトの実行は3年で終了する予定である。エジプトは、ヨルダンとリビアに接続しており、現在、ヨルダンを経由してイラクに接続するための調査を最終的に行っている。また、サウジアラビア王国との間でも、2つの建設段階を経て300万kWの容量に達する相互接続プロジェクトを進めている。また、エジプト電力公社は現在、スーダンとの相互接続を80MWから300MWに拡大することを検討している。しかし、このプロジェクトは主に政治的な要因によるものであり、コストとリスクが高くなる可能性がある。

欧州、アフリカ、中東との相互接続を拡大する計画のあるエジプトは、エネルギー生産における潜在能力をさらに引き出し、市場の自由化を進めることに適した立場にある。2015年、政府は、2023年までの8年間（COVID-19パンデミックの経済的影響により2025年に延長）で電力市場を自由化するための構造改革を導入する電力法87/2015を採択した。これには、電力省の再編とエジプト送電会社（EETC）のアンバンドリング、偏りのない第三者のグリッドアクセスの許可、電力規制機関の独立性・能力・説明責任の保証などが含まれていた。しかし、現在のところ、これらのアクションはいずれも行われておらず、短期的にはエジプトの電力市場が真の意味で自由化される兆候はほとんど見られていない。

独立系発電事業者（IPP）の参入は認められているものの、電力セクターはエジプト電力保有会社（EEHC）傘下の国有企業に支配されたままである。2014年に制定された「再生可能エネルギー法」では、投資家はIPPモデルにより、民間発電会社と契約を結び、再生可能エネルギーによる電力を購入することができる。この仕組みはまだ初期段階にあり、長期的に固定された電気料金以外のインセンティブがないのが現状である。しかし、エネルギー消費型の産業にとっては、特に魅力的な仕組みとなっている。

再生可能エネルギープロジェクトの運用・保守（O&M）に関しては、エジプトでは新・再生可能エネルギー庁（New & Renewable Energy Authority: NREA）の設立法を改正し、再生可能エネルギープロジェクトのためのO&M会社を単独または民間セクターと共同で設立できるようにした。この改正は、電力セクターの政策目標を達成するために、投資家がNREAと官民パートナーシップを結ぶことを目的としている。

(3) ステークホルダー、料金設定、規制の枠組み

電力市場の主なステークホルダーは以下の通りである。

- 電力・再生可能エネルギー省（MOERE）は、エネルギー戦略を担当するエネルギー最高評議会の指示の下、政策を設定する責任がある。また、同省は供給の安全性にも責任を負っている。
- 1986年に設立された新・再生可能エネルギー庁（NREA）は、再生可能エネルギーの技術やソリューションの開発に関して、国の中心的な役割を担っている。NREAは再生可能エネルギープロジェクトを計画・実施している。
- TSOである Egyptian Electricity Transmission Company（EETC）は、送電システムオペレーターであり、垂直統合された国内市場における単一の買い手である。
- Egyptian Electricity Holding Company（EEHC）は、現在、発電と配電を担当する会社のほとんどを所有し、これらの分野のプロジェクトを監督・実施している。今後、再生可能エネルギーを中心とした新規発電設備のほとんどがEEHCの所有・運営ではなくなるため、その役割は縮小していくと予想されている。

- エジプトでは、カイロ、東デルタ、中デルタ、西デルタ、上エジプトの各地域に6つの電力会社が存在する。また、水力発電所に特化した会社が1社あり、全国的に事業を展開している。すべての電力会社は、電力をエジプト送電会社と、エジプト国内の多数の配電会社に販売している。また、EEHCの取締役会で承認された発電所プロジェクトの実施も担当している。
- エジプトには9つの配電会社があり、北カイロ、南カイロ、アレキサンドリア、カナル、北デルタ、南デルタ、ベヘイラ、中エジプト、上エジプトに電力を供給している。配電会社は、EETCや電力会社から直接電力を購入し、各地域に配電している。また、EEHCの中・低圧ネットワークの管理・運営・保守を行い、負荷やエネルギーの予測調査、経済・財務予測を行っている。また、国の送電網に接続されていない発電ユニットの管理、維持、運営も担当している。
- 電気事業・消費者保護規制庁（EgyptERA）は、電気事業と消費者保護のための規制機関で、電気の生産、送電、配電、消費など、すべての電力活動を組織し、フォローアップ、監視、開発を行っている。また、エジプト国内の電力網を利用するための電力供給料金を設定し、2年ごとに更新する責任を負っている。また、環境保護も目的としている。自由で合法的な競争の枠組みの中で、消費者やその他の電気事業の利害関係者の利益を損なうことなく、投資を誘致することを目指している。

上記の確立されたプレーヤー以外にも、電気・エネルギー省（MOEE）内の再生可能エネルギー庁（NREA）の指導の下、3つのIPP、1つの風力発電事業者、1つの水力発電事業者が存在する。電力法に基づき、電力の生産、分配、販売には、EgyptERAの許可が必要である。さらに、規制機関であるEgyptERAは、エネルギープロジェクトへのライセンス付与の前提条件として、最低資本金を要求する規則を一方的に発行することができる。2017年のFiTプロジェクトでは、貸し手に1,500万エジプトポンドの最低資本金を要求したことがある。BOO（Build-Own-Operate）スキームにおいてEETCがオフテイカーとなる場合、EETCと発電事業者の間でオフテイカー契約を締結する必要がある。また、BOOモデルで事業を行うIPPは、土地割当契約が必要である。配電事業を行う民間企業（通常は住宅やC&Iセグメント）は、企業が遵守すべき要件を定めたEgyptERAのライセンスが必要である。

2015年の電力法の2020年改正の一環として、政府は2025年までに電力補助金を完全に撤廃することを約束し、2020年には2017年の3.6%に対し、国内GDPの0.6%にまで下げた。当初の目標は2019年までに補助金を完全に撤廃することであったが、主要な消耗品の一つである電力のインフレを抑えるため、またCOVID-19パンデミックの影響を抑えるために、この期限は2021年から2025年まで何度か延期されてきた。2020年の年次閣僚令では、2025年までの新たな電力料金が設定され、家庭向けの電力料金は2019年と比べて19.1%引き上げられた。

(4) 太陽光市場の需要に関する最新情報

エジプトの年間市場は2019年に約1.2GWの新規設置でGW規模に達し、総容量は1.8GWとなった。COVID-19のパンデミックからの回復に伴い、年間市場の成長率は再び着実に上昇すると予想される。SolarPower Europeの中期シナリオでは、2025年までに市場はGW規模に再突入し、さらに1.1GWの太陽光発電容量を設置する予定である。これに伴い、2021

年から2025年にかけて二桁台の力強い成長が期待されている。しかし、SolarPower Europeの高シナリオによると、早ければ2023年には1.2GWの設置が予測され、市場はGW規模になる可能性がある。

2019年のエジプトの電力ミックスに占める再生可能エネルギーの割合は10%弱で、2022年の目標である20%を達成するにはまだ長い道のりがある。2013年には20万kWの太陽光発電、2015年には20万kWの太陽光発電と10万kWのCSP、2017年には60万kWの太陽光発電と、過去10年間にエジプトでは大規模太陽光発電のオークションが行われてきた。オークションは、NREAとの国有のEPC契約、またはEETCとのPPA契約によるIPPとのBOO (Build Own Operate) 方式で実施されている。2020年、エジプトは総投資額18~22億米ドルの再生可能プロジェクトを承認した (Al Nowais社の500MW太陽光発電、ACWA power社の200MW太陽光発電)。ACWAパワーが25年のPPA契約とネットワーク接続契約で獲得した200MWの太陽光発電所Kom Omboは、0.0248米ドル/kWhの価格を提示した。この価格は、Al Nowais社の500MWのPVの0.02米ドル/kWhを上回り、この地域で最も低い価格となった。政府は現在、ナイル川西岸で開発される50MWと600MWのCSPの入札を開始している。

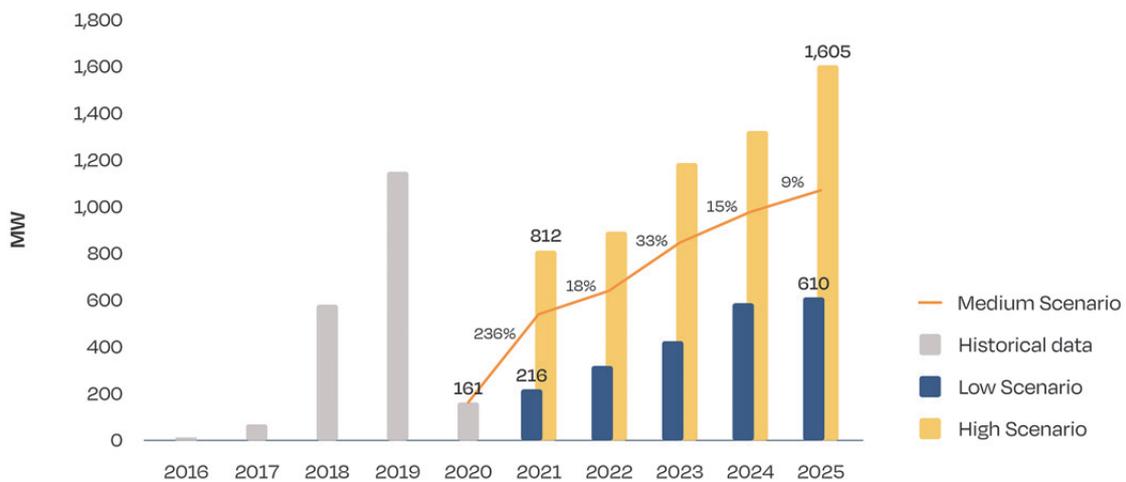


図3 エジプトの太陽光市場の推移

出典：Middle East Solar investment opportunities、SolarPowerEurope

2.3. 推奨事項

- 2035年までに電力の55%、2040年までに61%を再生可能エネルギーで賄うという目標を達成するためには、エジプトの送配電網のさらなる改革が必要である。送配電網が老朽化しているため、電力供給が滞っている。エジプト政府が2019年から2020年にかけて15億ドルの投資を行い、2021年には7億6,000万ドルの投資を予定しているが、性能の劣る送配電線による電力損失を減らすためには、さらなる協調行動と送電網のアップグレードが必要である。送電網のアップグレードは、自然エネルギーの統合を容易にする。
- 需要側と供給側の両方の対策を採用することで、現在のエネルギー生産における過剰生産能力に対処することを検討する。さらに、過剰生産能力は、経済全体の脱炭素化

の主な障害となっているHVAC（冷暖房）や輸送部門の電化を加速する機会になる可能性がある。このように、エネルギーミックスの中で増え続ける変動性再生可能エネルギーを統合するという観点から、柔軟な国内グリッドに投資することは非常に重要である。グリッドレベルのエネルギー貯蔵、バックアップ分散電源、グリッドの強化、貯蔵とエネルギー効率対策、分散型発電、データによるスマート技術、より統合されたネットワークの導入など、多くのソリューションを開発することができる。

- 再生可能エネルギー産業における雇用創出のための国家計画の策定を検討し、特に太陽光発電、CSP、その他の再生可能技術における国家能力の強化に焦点を当てる。雇用創出のための国家計画はなく、ISESもこれを扱っていない。国家計画には、エジプトの再生可能エネルギー分野で熟練した労働力を確保するために、キャパシティビルディング、教育・訓練プログラム、官民パートナーシップからなる具体的なアクションセットを含めることができる。
- 拡大するエネルギー需要に対応するため、ISESの見直しを検討する。現在の戦略は2040年までで、今後20年間は5年ごとに更新される。この更新では、特に再生可能エネルギーの比率を高めることを考慮して、システムの柔軟性と信頼性を考慮した電力網の拡張計画、接続、運用の定義を検討することができる。
- 大企業や投資家にアピールする企業向け電力購入契約（PPA）市場を創設する。現在、企業向けPPAの枠組みは小規模な発電に適している。このため、エジプトでは価格の再構築や補助金の廃止を検討する必要がある。大規模なPPAは、エネルギー消費型の消費者のニーズを満たし、国のグリーン移行を加速することに貢献する。さらに、政府はエネルギー市場を自由化するために、第三者による送電網へのアクセスを認め、エネルギー部門の透明性、独立性、能力を向上させるという大胆な措置をとるべきである。特にエネルギー集約型の消費者にとって魅力的なPPAを促進することは、エジプトの再生可能エネルギー開発にとって重要である。

3. ヨルダン

3.1 経済、社会、政治的背景

(1) マクロ経済的背景

ヨルダンは、不安定なMENA地域の中で相対的に安定している。また、国際的な融資の恩恵を受けている。しかし、これはいくつかの根深い構造的問題を裏付けており、ヨルダンの経済は低成長、高い失業率、負債の増加を特徴としている。2018年以降、ヨルダン政府はこの動きを変えようと、いくつかの改革に取り組んでいる。その中には、官民パートナーシップ、公共調達、国内の歳入動員を管理する法律の改革が含まれている。しかし、これらの改革の実施が遅れているため、国のGDPへの影響はまだ見られていない。

ヨルダンでは、パンデミックの影響を受けて、経済の脆弱性が高まっている。ヨルダンの経済は2020年に1.6%縮小し、失業率は2020年第4四半期に24.7%に上昇した。ヨルダンの経済は旅行・観光に大きく依存しており、国内のGDPと総雇用の18%を提供している。これらの部門は、パンデミックの第一波で特に大きな打撃を受け、失業率の急上昇に繋がった。しかし、2021年には実質GDPが2%回復すると予想されるなど、回復の兆しが見え

始めている。さらなる成長は、国内でのワクチンの普及が遅れていることや、旅行・観光業の回復が遅れると予想されていることによって抑制されている。

(2) ビジネス環境

世界銀行の**Doing Business**レポートによると、ヨルダン**は**ビジネスを行う上で全**190**カ国中**75**番目に位置している。この国でビジネスを行うことにはいくつかの利点がある。ヨルダンは、信用を得ることに特に関し高い評価を得ており、調査対象の**190**カ国中**4**位となっている。これは、担保法による借り手と貸し手の広範な法的権利と、破産法による担保付債権者の権利の保護によるものである。同様に、信用調査機関や登録機関が保有する信用情報は広範で容易に入手可能であり、信用を得るための環境整備に貢献している。しかし、ヨルダンでビジネスを行う上での欠点もいくつかある。ヨルダンの建設許可取得状況は、**190**カ国中**138**位である。これは主に、建設許可を得るための官僚的なプロセスが煩雑であることと、許可を得るための費用が比較的高いことによるものである。また、ビジネスを始める際に必要な行政手続きも平均より多く、ヨルダンは**120**位となっている。

(3) 政治的・社会的背景

地政学的に、ヨルダンは不安定な地域の中心に位置している。それにもかかわらず、これまでヨルダンはバランスを保つことができた。しかし、現在進行中の紛争や**COVID-19**の流行など、この地域の不安定な状況が長引けば、それに抵抗する能力が試されることになる。シリア戦争と国内にいる**136**万人のシリア難民の影響で、ヨルダンの**GDP**成長率はパンデミック前の時点で**1.6%**低下していた。同様に、人口の増加により、医療サービスや電力供給への圧力が高まっている。これらの影響を緩和し、シリア難民をよりよく社会に統合するために、ヨルダンはいくつかの先進的な政策を実施した。例えば、農業、建設業、小売業、製造業に従事するシリア人に労働許可を与えたり、学校を無料で利用できるようにしたり、政府の**COVID-19**対応やワクチン接種キャンペーンに難民を参加させたりした。また、国民からの圧力が高まっている兆候もあり、その原因は改革のペースが遅いことと、政府の説明責任や汚職をめぐる問題が続いていることの**2**つである。いくつかの汚職スキャンダルを受けて、国民の抗議に対する政府の標準的な対応は再編成であった。このように指導者の継続性がないため、国内の政策課題はより支離滅裂になっている。政府に対する信頼の低下は、**COVID-19**パンデミックへの対応と相まって、ヨルダンの社会契約を弱体化させ、**2020**年後半の議会選挙の投票率は**29.9%**にとどまった。

3.2 エネルギーと電力

(1) エネルギー部門の状況

ヨルダンの電化率は**100%**である。国の電力ミックスの大部分はガスが占めており（**78.27%**、**15.46TWh**）、自然エネルギーのシェアは約**14%**である。ヨルダンの電力ミックスに占める自然エネルギーの割合は、**2015**年に**1%**であったため、着実に上昇しているといえる。

また、同国のエネルギーミックスは、化石燃料に支配されている。**2019**年、ヨルダンで消費されたエネルギーの**54%**は、原油とその製品によるものであった。これは圧倒的に最

大のエネルギー源であり、天然ガスはエネルギー消費量の35%と2番目に大きなシェアを占めていた。再生可能エネルギーは、エネルギー消費量全体のわずか8%であった。ヨルダンは必要なエネルギーの8%しか現地で生産していないため、エネルギー需要の92%を輸入に頼っていることになる。MEMRの2017年のデータによると、ヨルダンの電力消費量は17,547GWhで、一人当たりの電力消費量は1,748kWhであった。発電量は20,054GWhで、システムインフラ内の電力損失率は13.1%であった。2017年のピーク負荷は3,320MWであった。

ヨルダンはこの地域で、シリアとエジプトの2つの相互接続を有している。この地域の変動性を考慮すると、ヨルダンは長期的なエネルギー安全保障を害するエネルギー不足や価格変動に対して脆弱である。ヨルダンのエネルギー輸入依存度を低減するために、政府はエネルギーの独立性を達成する方法を模索してきた。地質学的な証拠から、ヨルダンの国土の下には300億t以上のオイルシェールが埋蔵されているとされている。このため、政府は2019年に潜在的な生産者と4つのコンセッション契約を締結した。また、ヨルダンには大きなウランの埋蔵量があるが、ほとんど利用されていない。

再生可能エネルギーに関しては、ヨルダンにもある程度のポテンシャルがある。2020年には約2.4GWの再生可能エネルギー設備容量があったが、「国家エネルギーセクター戦略2020-2030」により、3.2GWに引き上げることが計画されている。

太陽エネルギーに関しては、ヨルダンには約2GWの設備容量があり、圧倒的に大きな再生可能エネルギー源となっている。ヨルダンは北緯25度と南緯25度の間の「ソーラーベルト」と呼ばれる地域に位置しており、年間316日ももの晴天日があり、1日平均8時間の日照時間がある。

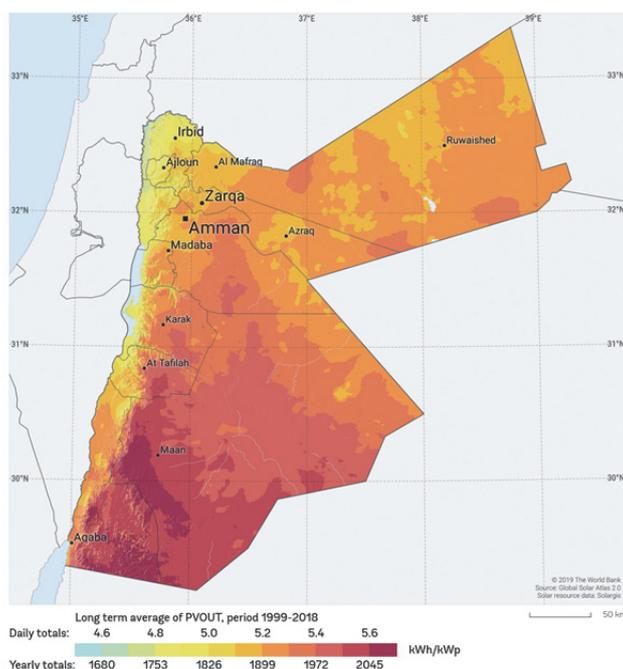


図4 ヨルダンの太陽光エネルギーポテンシャル

出典：Middle East Solar investment opportunities、SolarPowerEurope

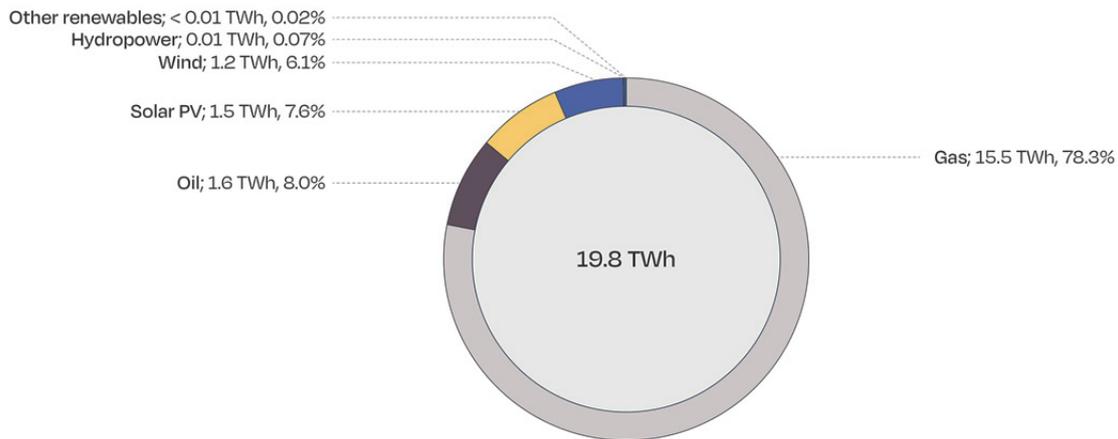


図5 ヨルダンの電力ミックス (2019年)

出典：Middle East Solar investment opportunities、SolarPowerEurope

(2) 電力インフラ

ヨルダンの発電部門は、Central Electricity Generation Company (CEGCO)、Samra Electricity Power Company (SEPCO)、Amman East Power Company、Qatrana Power Companyの4社で構成されている。CEGCOは、1999年に垂直統合型の国営電力会社であるNEPCOが、発電会社、配電会社、送電会社に分割されて誕生した。もともとCEGCOは国営企業であったが、2007年に民営化され、政府が株式の60%を売却した。CEGCOは現在、ヨルダンの総設備容量の49%にあたる1,555MWの発電容量を保有している。SEPCOは現在も完全な国営企業であり、888MWの発電容量を持ち、ヨルダンの総設備容量の28%を占めている。Amman East Power Companyは、370MWの天然ガスとディーゼルのハイブリッド発電プロジェクトを2008年に稼働させたヨルダン初のIPPである。ヨルダンで2番目のIPPは、2010年に操業を開始したAl-Qatrana Power Companyである。こちらも373MWの天然ガス・ディーゼルハイブリッド発電機を保有している。ヨルダンのIPPプロジェクトはいずれも、建設・所有・運営モデルで運営されている。ヨルダンの3番目のIPPは、現在573MWの容量を持つ世界最大の内燃機関発電所であり、天然ガス、軽油、重油での運転が可能であり、Amman Asia Electric Power Companyが所有・運営している。ヨルダンの最新の稼働中のIPPは、250MWの三燃料発電所である。主に電力需要ピーク時での運転を想定して設計されており、燃料の使用やディスパッチの面でより柔軟な対応が可能である。2019年には46MWの太陽光発電所が改修された。この発電所はAES Levant Holdingsが所有・運営している。

ヨルダンの唯一の送電系統運用者は、National Electric Power Company (NEPCO) である。NEPCOは完全な国営企業であり、電力系統運用者、送電網所有者、発電部門からの単一オフテイカーとしての役割を担っている。また、電力系統の計画・開発、発電所運営のための燃料調達、近隣諸国との電力の輸出入の監視などを行っている。最後に、着実に増加するヨルダンのエネルギー需要を満たすために、新たな発電設備の契約を行う。NEPCOが統括する送電網は、総容量10,023MVAの主変電所で構成され、国内4,121kmをカバーする高圧送電線(132kV以上)に供給されている。国内の送電網の安定性と、新たな大量の自然エネルギーを統合できるかどうかがか大きな懸念材料となっている。その結果、2019年、エネルギー鉱物資源省は、容量1MW以上のすべての再生可能エネルギーのオーク

ションを凍結した。これは送電網の技術的限界を調査することが目的であり、NEPCOは現在、送電網の延長・補強プロジェクトに取り組んでいる。

ヨルダンの配電部門は、JEPCO (Jordan Electric Power Company)、IDECO (Irbid District Distribution Company)、EDCO (Electric Distribution Company) の3社で構成されている。これらの会社はすべて民間企業で、ヨルダンのさまざまな地域にサービスを提供している。JEPCOはヨルダン中央部に、IDECOは北部に、EDCOは南部に配電している。

JEPCOは、Amman、Zarqa、Madaba、Al-Balqaに住む約300万人（ヨルダンのエネルギー消費者全体の約66%）に電気エネルギーを供給する役割を担っている。19,000kmに及ぶ電線網を運営し、産業用や高負荷時には11/6.6KV、家庭用には400Vの電圧で電力を供給している。

1997年の設立から2007年末まで、EDCOは公的な株式保有会社であったが、2008年に Kingdom Electricity for Energy Investments (KEC) が政府の株式を100%取得した。13,024kmの線路網を運営し、33/11KVまたは415Vでエンドユーザーに電気を供給している。1957年、イルビドに設立されたIDECOは、Irbid、Jerash、Mafraq、Ajlounの各州とAl-Balqa州の一部に電力を供給している。IDECOの鉱区面積は約23,000km²で、王国の面積の26%を占めている。2008年、IDECOは民営化され、KECが55.4%の株式を取得した。IDECOは23,389kmの線路網を運営し、33/11KVまたは415Vでエンドユーザーに電気を供給している。

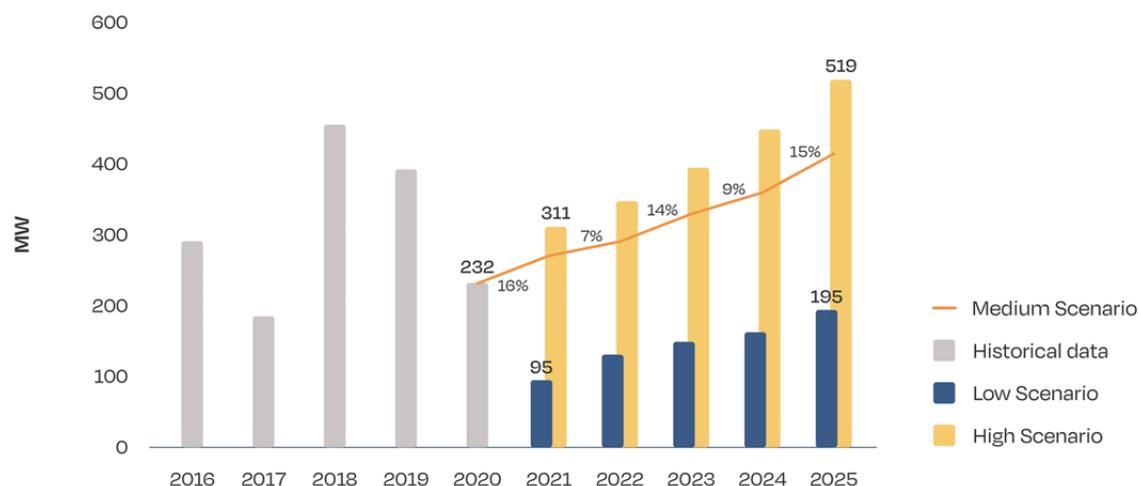


図6 ヨルダンの太陽光市場の推移

出典：Middle East Solar investment opportunities、SolarPowerEurope

(3) ステークホルダー、料金設定、規制の枠組み

ヨルダンの電力市場における主要なステークホルダーは以下の通りである。

- エネルギー・鉱物資源省 (Ministry of Energy and Mineral Resources、MEMR)：大臣の管轄下にあり、エネルギー部門の政策立案と戦略的方向性の設定を担当している。
- エネルギー・鉱物資源規制委員会 (EMRC)：EMRCの目的は、エネルギー・鉱物分野の規制と競争を促進し、消費者と投資家の利益を確実に保護することである。また、安全で、持続可能で、手頃な価格の、高品質で耐久性のあるサービスを提供するためのフレームワークの構築を目指している。容量1MW以上のプロジェクトにはEMRCの許可が必要である。

- 環境省 (Ministry of Environment) : 給電プロジェクトや屋上太陽光発電の場合は、環境省の許可が必要である。
- グレーター・アンマン・ミュニシパリティ (GAM) : GAMの管轄下にある再生可能エネルギープロジェクトには、有効な公共事業許可証と、公共事業許可証が他の目的に使用されないことを保証する公証書が追加が必要である。
- National Electric Power Company (NEPCO) : IPPのオフテイカーとして、ヨルダンの送電網を運営している。
- JEPCO : ヨルダン電力会社は、ヨルダンの中央地域に電力を供給している。
- IDECO : イルビド地区電力会社は、ヨルダン北部に電力を供給している。
- EDCO : ヨルダン南部の電力を供給するElectricity Distribution Companyのこと。
- EDAMA : ヨルダンの再生可能エネルギー協会。エネルギー、水、環境分野の事業性と可能性を最大化し、これらの分野の民間企業を動員することを目的としている。

ヨルダンの電力市場は、一般電力法と再生可能エネルギー・エネルギー効率法の2つの法律で規定されている。一般電力法は、電力の生成、分配、販売に関する規制の枠組みを定めている。また、エネルギー効率を国家的な優先事項として認識し、技術的効率の開発を奨励するためのインセンティブを提供する権限をEMRCに与えている。小規模プロジェクト(5MW未満)は直接交渉で契約し、自家発電用の超小規模プロジェクト(1MW未満)の電力はピーク時にしか購入できないようになっている。

再生可能エネルギー・エネルギー効率法(Renewable Energy & Energy Efficiency Law)は、再生可能エネルギー源の利用促進、供給側の効率化、再生可能エネルギーへの民間投資の促進のための規制的枠組みを定めている。同法では、MEMRが同法の制定と、再生可能エネルギー開発のための地域を特定し、入札制度によって割り当てることを担当している。また、国内のあらゆる土地で再生可能エネルギー設備を開発するためのプロジェクト提案を認める規定を設け、そのプロセスにおける一般的な意思決定の概要を記載している。この法律は、一般電気事業法の電力購入の仕組みの多くを引き継いでいる。しかし、重要なのは、個々の家庭で再生可能エネルギーを生産し、余ったエネルギーを送電網に戻すことを認めていることである。最後に、この法律は再生可能エネルギープロジェクトの開発を支援するために、ヨルダン再生可能エネルギー・エネルギー効率基金(JREEEF)を設立した。

再生可能エネルギー・エネルギー効率化法の実施は、いくつかの細則、指示、ガイドラインによって支えられている。その中でも重要なのは、再生可能エネルギープロジェクトの直接提案の条件と手順を定めた2015年の細則No.50とその2016年の改正である。同様に、2013年の細則No.10とその2015年、2017年、2018年の改正では、再生可能エネルギーやエネルギー効率の高いシステムや機器に対する税の免除について詳しく説明している。付属の説明書には、競争入札や直接提案の場合の再生可能エネルギー源の配電系統への接続費用の計算、再生可能エネルギーで発電された電気の販売に関する説明書、再生可能エネルギー源からの電気エネルギーの購入価格を計算するための参考価格表が含まれている。再生可能エネルギー・エネルギー効率法に関連するガイドラインには、配電網と送電網での再生可能エネルギー源の相互接続、配電網と送電網の両方でのネットメータリングのための電気メーターに関するものがある。

最後に、MEMRは「Intermittent Renewable Resources Distribution Connection Code at Medium Voltage」において、再生可能エネルギーを送電網と相互接続するプロジェクトのルールを定めている。このコードでは、そのための契約書も用意されている。

(4) 太陽光市場の需要に関する最新情報

2020年、ヨルダンの太陽光発電の総設備容量は1.55GWに達したが、政府が「2020-2030年の国家エネルギー戦略」の中で、2030年までに国内の総設備容量に占める自然エネルギーの割合を31%にするという目標を掲げたことから、これは順調に伸びる予定である。SolarPower Europeの中シナリオによると、2025年には総設備容量が3.2GWに達するとしている。しかし、SolarPower Europeの高シナリオでは、より野心的な見積もりとして、この数字を約3.6GWとしている。2019年1月以降、1MW以上の新規プロジェクトが無期限に停止されたことで、ヨルダンにおける自然エネルギーの成長に対する野心は、打撃を受けている。これは主に、2020年に向けた既存のパイプラインを超えて、自然エネルギーのグリッドへの統合が可能かどうかという懸念によるものである。

ヨルダンは、再生可能エネルギープロジェクトへの民間投資を促進するための枠組みを2012年から構築しており、最初の直接提案書の提出を受けた。最初の関心表明にはFITによるインセンティブが含まれていたが、2013年の第2ラウンドでは競争入札プロセスに変更された。政府は、投資家の懸念を払拭するための追加措置を講じた。その中には、オフテイカーのリスクに対応するための政府支援のPPAも含まれており、入札パッケージには、PPA、土地リース契約、グリッド接続契約、政府保証契約などのテンプレート契約が含まれている。また、プロジェクト会社の10年間の所得税75%減免、関税などの関税、手数料、課徴金、返品、税金の免除、印紙税の免除、一般消費税の免除など、いくつかの優遇税制も用意されている。このルートで実現するプロジェクトは、通常、IPPが建設、所有、運営している。

また、ヨルダンには大規模なC&Iおよび自家消費市場があり、送電およびネットメータリング制度の恩恵を受けている。送電制度では、ユーザーが消費地から離れた場所に発電設備を設置し、送電網に接続することができる。商業プレーヤー以外にも、ヨルダンの難民キャンプの電力供給にも送電制度が利用されている。

3.3 推奨事項

- ▶ ヨルダンがCOVID-19パンデミックから回復するにあたり、再生可能エネルギー企業の財政負担を軽減する措置を導入することを推奨する。これらの措置は、理想的には、所得税、プロジェクトライセンス、企業ライセンス（発電、企業、専門家のライセンスを含む）を軽減し、再設定することである。
- ▶ ヨルダンの再生可能エネルギー部門をさらに支援するために、再生可能エネルギーシステムの所有者に対する償還制度の導入を推奨する。パンデミックの際、NEPCOは車輪を使った再生可能エネルギーシステムを切り離し、所有者はコスト上昇の影響を受けた。さらに、いくつかのセクターが停止し、再生可能エネルギーシステムによって生成されたエネルギーから利益を得ることができなかった。償還制度があれば、再生可能エネルギーシステムへの継続的な投資を促すことができる。

- 最終的なエネルギーミックスに占める再生可能エネルギーの割合を31%にするという野心を実現するために、ヨルダンには明確なロードマップを示すべきである。2019年1月以降の1MW以上の新規プロジェクトの停止は、投資家に不確実性をもたらし、政府が目標を達成できるかどうか疑問を投げかけている。省庁、配電会社、自治体の間で協調して調整された政策行動があつて初めて、自然エネルギーのグリッドへの完全な統合が可能となる。
- 自然エネルギー部門の継続的な成長を促進するためには、承認プロセスとタイムラインを短縮することで、プロジェクトのリスクと取引コストを削減するための大きな努力が必要である。固定されたマイルストーンベースのプロジェクトのタイムラインは、計画に役立ち、自然エネルギーへのより多くの民間投資を促進する。
- 再生可能エネルギーの比率を高めるための送電網の不確実性を解消するためには、送配電インフラの強化とアップグレードのための大規模な投資が必要である。当面、ヨルダンは送配電網の優先順位を明確にし、インフラの強化と自然エネルギーの統合のためのネットワーク容量の確保に投資を動員する必要がある。長期的には、この分野の作業には、電力システムの柔軟性のニーズを評価し、産業、運輸、水、農業などの他のステークホルダーと調整して、現在および将来の電力需要を決定することが含まれる。
- また、再生可能なエネルギー源を優先的に送電する方法を確立することを推奨する。これにより、ヨルダンの再生可能エネルギー部門の成長が加速され、風力や太陽光が化石燃料やガスに対する競争力を高めることで、エネルギー部門の競争力が向上する。
- 蓄電池は、グリッドを管理するための効果的な手段となる。大臣は、システムオペレーター、配電会社、その他の関連するステークホルダーと協議して、送配電レベルでのグリッド管理のためのストレージ法を作成すべきである。これにより、規制の確実性が得られ、より多くの再生可能エネルギーの統合に役立つ。また、再生可能電力の柔軟性が高まり、ピーク時の対応が可能となり、そのコストは、他のピーク時必要の解決策と比べても競争力がある。
- 蓄電池の導入を促進し、入札における抑制を回避するために、価格が一定の閾値を下回り、需要が最も低い時間帯にフィードイン・プレミアムを停止する価格ベースの戦略を入札に盛り込むことを推奨する。これにより、再生可能エネルギー発電事業者が、抑制を回避するための革新的なソリューションを確実に導入することができる。
- 電気システムの柔軟性をさらに高めるために、ヨルダンはスマートグリッドソリューションの展開のためのフレームワークを開発することを推奨する。このフレームワークでは、スマートメーター、インバーター、統合ストレージソリューション、リアルタイム認識の使用を促進する。これにより、再生可能エネルギー発電の予測と管理が改善され、システムの効率と供給の安全性が向上する。
- 柔軟性を向上させるもう一つの方法は、近隣諸国との相互接続を促進することである。これにより、ヨルダンのエネルギー需要が増加し、再生可能エネルギーの過剰発電に伴う経済的損失が軽減される。また、NEPCOが長期のPPAを履行し、再生可能エネルギーの目標を達成することにもつながる。

- ヨルダンの再生可能エネルギーの可能性を十分に活用するためには、エネルギー部門を競争力のある市場にするための改革を行うことを推奨する。改革の目的は、発電・配電部門の競争力を高め、短期価格方式を用いて今後の契約の柔軟性を高めることである。この市場改革は、2020-2030年の戦略に盛り込まれるべきである。
- 消費者に電力需要を調整するインセンティブを与えるために、COVID-19復興計画では、使用時間帯別料金を導入することを推奨する。使用時間帯別料金は、消費される時点での電力コストを反映し、送電網の柔軟性を向上させる。
- 化石燃料を最も多く消費するセクターの一つである運輸セクターは、エネルギーの多様化を優先すべきである。この業界はヨルダン最大のエネルギー消費国であり、その需要を満たすために主にディーゼルとガソリンに依存している。これには、民間セクターからの投資による国内の充電インフラの開発が含まれる。
- 運輸部門のエネルギー多様化は、他のさまざまな分野での電化の取り組みと組み合わせるべきである。冷暖房の電化を義務付け、産業の電化を促進し、水道分野を再生可能エネルギーで完全に賄うことを推奨する。これを実現するために、ヨルダンは新しい冷暖房条例を導入し、ユーザーに資金を提供する長期計画を立てるべきである。また、再生可能エネルギーの地産地消による産業の脱炭素化を促進し、再生可能エネルギー発電事業者と産業界との間のPPAに国の保証を提供し、大規模な再生可能エネルギープロジェクトの停止を解除し、水部門のために優先的に容量とグリッドの割り当てを確保すべきである。
- 再生可能エネルギーへの投資は、他のセクターとは異なり、より長い期間のローンや、より寛大な金利が必要となる場合がある。再生可能エネルギーへの投資を促進するには、現地の金融機関やプロジェクト開発者の能力を高めることが重要である。国際的な金融機関の支援を受け、地元銀行のグリーンファイナンス部門が発展すれば、国際的な金融を利用する機会が増え、JREEFやヨルダン中央銀行のプログラムの実施状況も改善されるとみられる。
- 再生可能エネルギーの成長は、グリーン・ジョブの増加と密接に関係している。再生可能エネルギーによる雇用創出を最大化するためには、多大な努力が必要である。再生可能エネルギーの導入拡大を最大限に活用するためには、政策立案を産業戦略、技能開発、研究開発にまで広げる必要がある。特に、成長中の産業に供給するための技能訓練については、各省庁、訓練機関、大学、産業界のパートナーとの間で調整する必要がある。

4. オマーン

4.1 経済、社会、政治的背景

(1) マクロ経済的背景

産油国であるオマーンは、COVID-19と原油価格の下落という二重のショックにより大打撃を受け、2020年のGDPは6.4%減となり、MENA地域全体の4%減よりも悪い数字であった。景気回復は緩慢で、2021年のGDP成長率は1.8%に上昇すると予想されている。これにより、政府支出、企業、個人消費へのストレスが高まり、公的債務も増加すると予想される。公的債務はすでに2019年の60%から2020年には81%に上昇している（35%増）。オマ

ーンの主要なリスクは、過去10年間に非石油部門やガスへの多様化を図る政府の努力があったにもかかわらず、石油への依存度が高いことにある（GDPの約40%、商品価格の変動により政府収入の平均85%にも及ぶ）。原油価格とその収入は、政府の支出、国民の賃金、補助金に直接影響を与えるため、オイルショックは国内のすべての経済セクターに影響を与える。このような経済的影響を受けて、S&Pグローバル・レーティングスは、オマーンの長期ソブリン格付けをBB-からB+に引き下げた。これは、純負債額の増加に示されるように、今後3年間で公共部門の財政が大幅に悪化すると予測されるためである。このことは、国際的な融資や同国の信用力に直接影響する。

経済活動の割合は、主に農業（2.5%）、工業（46%）、サービス業（～52%）に分かれており、雇用はそれぞれ4%、33%、63%となっている。農業生産高は主にナツメヤシ、ライム、バナナで、肥沃な土地がないことと厳しい気候のために種類が限られている。製造業だけでもGDPの10%を占めると推定されている。サービス業では、石油関連を中心に、物流（海上輸送）や金融業なども増加している。経済の多様化に向けた取り組みとして、2021年から2025年までの政府の第10次5ヵ年計画によると、経済の中で重要な役割を果たすべきセクターは、製造業・工業、運輸・物流、観光、水産、鉱業、教育となっている。これらのセクターは、オマーン政府が目標としている年間3.5%のGDP成長率を実現する上で、極めて重要な役割を果たす。オマーンの主な目標は、多様化、工業化、民営化である。産業部門の発展は、多様化と自立を可能にするだけでなく、雇用機会の増加をももたらす。

(2) ビジネス環境

世界銀行の「Doing Business 2020」レポートでは、ビジネス環境の観点から、オマーンは190カ国中68位（2019年と同じ）、総合スコアは70となっている。同国でビジネスを行うことにはいくつかの利点がある。オマーンは、ビジネスを始めることに関して特に高いスコアを示している（32位）。これは主に、設立に必要な時間が短く、官僚的な手続きが比較的軽いことによる。オマーンは、サウジアラビア（38位）やヨルダン（120位）など、他の類似国よりも高いスコアを出している。また、電気へのアクセスについても35位と、他のMENA地域に比べて手続きが多いにもかかわらず、接続にかかる時間は約半分で、比較的安価で、信頼性もはるかに高い。オマーンと比較して電気の利用しやすさで勝っているのは、サウジアラビア（18位）だけである。

オマーンでビジネスを行う上での主な障害は、信用を得ることの難しさである。オマーンは190カ国中144位にランクされている。このスコアの低さは、債権者に法的権利が与えられていないこと、主に担保付き取引を規定する法的枠組みがないことに起因している。また、債務超過や清算された場合に、債権者に優先的に支払われる保証もない。

(3) 政治的・社会的背景

2020年1月、半世紀近くにわたってオマーンを統治してきたSultan Qaboos bin Saidが死去した後、Sultan Haitham bin Tariq Al SaidがCOVID-19の危機を乗り越えるための舵取りを行った。政府の再構築、官僚主義の削減、政策決定プロセスの有効性を高めるため、いくつかの勅令が出された。オマーン的生活水準は比較的高く、税負担も軽くなっている。近隣諸国や米国、英国、インド、中国との関係も良好である。

推計によると、2020年の失業率は過去30年間で最も高い5%に上昇し、オマーンの若者労働力の約半数が失業している。民間企業は、主に教育のミスマッチ、賃金格差、市場の規制などの理由で、若者の雇用機会を満足に提供できていない。現在、約200万人の雇用が移民労働者によって行われているため、政府は国内の雇用促進に力を入れており、時には国内の外国人労働者の数に制限を設けることを犠牲にしている。

4.2 エネルギーと電気

(1) エネルギー部門の状況

オマーンで最も太陽光発電のポテンシャルが高いのは、南海岸のSalalah市付近に集中しており、2,045kWp/年を超える。しかし、同国の電力ミックスはほぼガスで占められており、太陽光のシェアは0.01%に満たないため、まだ活用されていない。オマーン国内の天然ガス生産量（323億m³）の4分の1近くが、発電や海水淡水化プラントの電力として利用されている。電力生産はほとんどがガス発電所によるもので、オマーンの電力生産の99%以上を占めている。総電力生産量は、2018年の33,547GWhから2019年は33,796GWhに増加した。ピーク需要は歴史的に見て年平均7%の伸びを示し、平均需要は2005年から2018年の間に年9%の伸びを示した。予測については、国営電力会社のOman Power and Water Procurement Company (OPWP) が推定しているベースケースでは、2019年から2025年にかけて5%の平均需要の伸びとなっている。

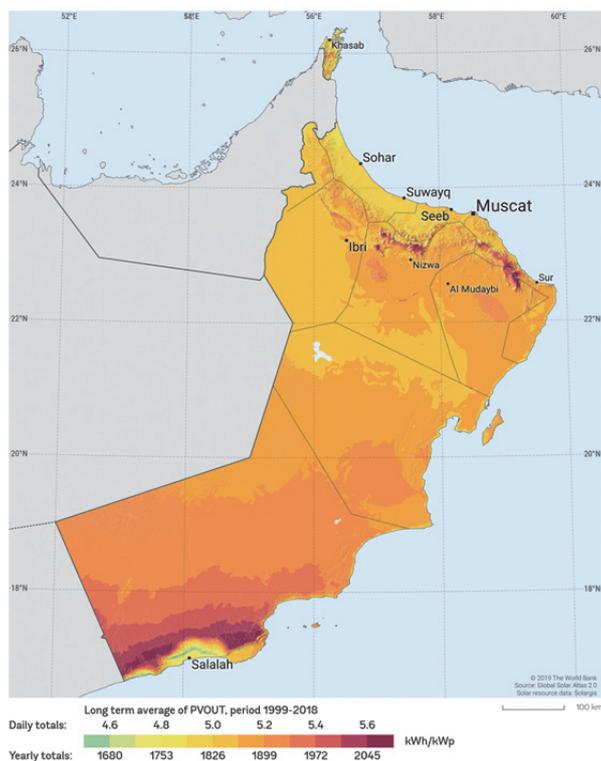


図7 オマーンの太陽光エネルギーポテンシャル

出典：Middle East Solar investment opportunities、SolarPowerEurope

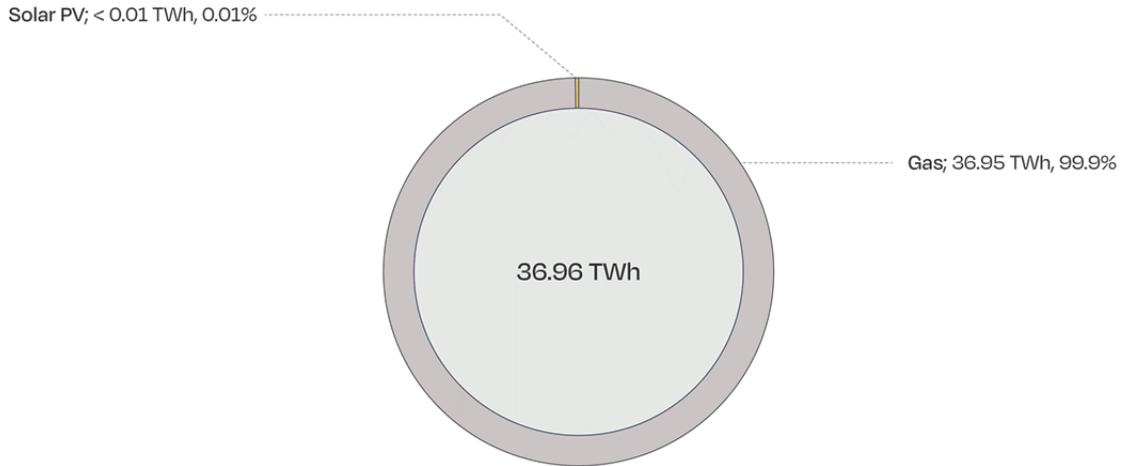


図8 オマーンの電力ミックス (2019年)

出典：Middle East Solar investment opportunities、SolarPowerEurope

(2) 電力インフラ

電力セクターの民営化に向けた取り組みとして、オマーンの主要系統連系システム(MIS)の発電容量の100%を民間企業が所有しており、送配電活動に関わる他のネットワーク企業の民営化に向けた取り組みも始まっている。これが実現すれば、中東地域で送配電部門を民営化した初めての国となる。

オマーンでは、ピーク時の電力需要が50%以上増加し、2023年には9.96GWに達すると予測されている。ネットワークの接続性については、Dhofar地域は北部のMISグリッドとまだ完全に統合されていない。OPWPは、2023年までに新たな400kVの送電線が完成し、MISとオマーン石油開発(PDO)の電力系統、そして開発中のAd Duqmの産業ハブを結び、最終的にはDhofarまで延長されることを期待している。これにより、容量計画と運用の完全な統合が可能となり、大幅な運用効率と財務上のメリットが得られる。

UAEとの既存の地域相互接続は、転送容量が限られており、UAEの国内送電網を通じて他の湾岸協力理事会(GCC)諸国の電力系統にアクセスしている。オマーンとサウジアラビアの間に直接送電線を設置することで、将来的にはGCC諸国との電力交換においてUAEの送電網への依存度を下げることができる。

オマーンでは発電事業がほぼ民営化されており、現在15の発電企業が運営されている。最も古い企業はUnited Power Company SAOGで、1996年に操業を開始している。同社は40%公営で、270MWのガス焼き複合火力発電所を運営している。同社は、オマーン電力・水調達(OPWP)会社とのPPAが2025年1月に終了する予定である。Dhofar Generating Companyは、Dhofar州のSalalah IPPプロジェクトを所有・運営している。このプロジェクトは、2つの発電所で構成されており、合計容量は718MW、同州の電力系統全体の62%を占めている。OPWPとのPPAは2033年1月に満期を迎える。Barka 1 IPPは、オマーン政府の民営化プログラムの一環として開発された最初のIPPである。427MWのガス火力発電所は2003年に運転を開始し、オマーンの電力の6%を供給している。この発電所は、OPWPとの間で19年間のPPAを締結しており、建設・所有・運営モデルを採用している。また、オマーンのSharqiyah地方に285MWの発電所を所有・運営しているAl Kamil Power Company SAOGもIPPの一つである。その他の注目すべきIPPとしては、665MWのプラン

トを所有・運営するAl-Rusail Power Company SAOCがあり、最近ではバルカの新プラントで商業運転を開始し、コンバインドサイクルで678MW、オープンサイクルで363MWの電力を生産している。Sohar Power Company SAOGは、オマーンのAl Batinah地域に容量585MWの発電所を所有・運営している。Phoenix Power IPPは、2000MWの容量を持つオマーン最大の稼働中の発電所を所有している。MISが契約している総容量の21%に寄与しており、同国の電力インフラの礎となっている。

OPWPは現在、オマーンの電力および関連する脱塩水の独占的な一括購入・販売を行っている。OPWPはNama Holdingの完全子会社であり、Oman Electricity Commission Company (OETC) と連携して、電力需要を満たすための生産能力の管理、計画、アンシラリーサービスの調達を任されている。OPWPは、電力購入契約（PPA）を通じて発電事業者から電力を購入している。これらのPPAの下での電力供給に関する契約上の取り決めは、確定容量、予備費の分配、非確定容量、エネルギーのみの供給に区別される。

送電は、オマーン電力送電会社（OETC）が行っており、本相互接続システムを担う220kVと132kVの送電システムを所有・運営している。OETCは国内の8つの主要発電所を接続し、220kVと132kVの送電を行い、33kVに降圧して配電している。

配電部門は、国内のさまざまな地域で活動する3つの株式会社で構成されている。Muscat Electricity Distribution Company (MEDC) は、国内のMuscat地域で操業しており、この地域の配電を担当している。また、配電インフラの構築と維持管理も行っている。Mazoon Electricity Company (MZEC)は、Dakiliya、Sharqiya、South Al-Batinah地域で操業している。Majan電力会社（MJEC）は、北Al-Batinah、Al-Dahirah地域とBuraimi州で操業している。なお、MISはまだ国全体をカバーしているわけではない。MISとSalalahのシステムから外れた地域には、Rural Electricity Company (RAECO)がディーゼル発電機で電力を供給している。また、農村部の電化を順次進めていく役割も担っている。

2018年7月には、OPWPが商業運転に先駆けて、電力のパイロットスポット市場に向けて取り組んでいることが報じられた。この新しいスポット市場は、既存の長期PPAや電力・水の購入契約のシステムと並行して運営されると報じられている。試験的に実施されるのは、MISのみである。OPWPは、この新市場によって発電会社間の競争が激化し、既存のPPAルートでは吸収できないような新たな容量の市場が形成されると述べている。既存の発電会社はすべて、現在の契約が満了したときにスポット市場に参加する選択肢を持つことになる。

太陽光発電プロジェクトの新しい提案依頼では、商業運転開始日から5年後にプロジェクトの何らかの少数派の持ち株比率を公表することが義務づけられているとされている。提案されている電力スポット市場は、発電のみに適用され、大容量料金で引き続きOPWPから電力を購入する顧客や配電会社による電力の購入は対象外となる。

(3) ステークホルダー、料金、規制の枠組み

オマーンの電力市場には、いくつかの主要なステークホルダーが存在する。

- **Public Authority for Electricity and Water (PAEW)**：オマーンの全地域への電力供給を確保し、電力・海水淡水化部門への民間部門の投資を促進する責任を負っている。

- 公共サービス規制機構（APSR）：APSRは電力・水道分野の規制当局であり、進行中の発電部門の民営化にも責任を負っている。APSRは市場を監視し、新しい発電能力を調達する際の公正な競争を確保するための活動を行っている。電力・水道部門のプロジェクトのライセンスを発行し、PPAが遵守されているかどうかを監視している。
- Electric Holding Company (EHC)：EHCは国有企業であり、電気や水の発電、送電、配電を行う9社の株式を保有している。EHCは、電力部門における政府の民営化計画の実施を支援しており、同部門の政府系企業に財務会計サービスと資金提供を行っている。
- Oman Electricity Transmission Company (OETC)：OETCはオマーン国内の送電を担当している。
- MEDC: Muscat Electricity Distribution Companyは、Muscat地域で事業を展開している。
- MZEC : Mazoon Electricity CompanyはDakiliya、Sharqiya、South Al-Batinah地域で操業している。
- MJEC : Majan Electricity Companyは、北Al-Batinah、Al-Dahirah地域とBuraimi州で操業している。
- RAECO: Rural Electricity Companyは、MISとSalalahのシステム以外の地域で操業し、農村部の電化を担当している。

オマーンの電気料金は中央で決定され、全国一律である。電力セクターのアンバンドリングと改革が大きく進んだにもかかわらず、小売料金は依然として補助金を受けている。電力市場における政府の補助金は、平均30%にのぼると推定されている。また、天然ガスが国際市場での価格よりも低い価格で、国内で販売されているため、発電に使用される燃料のコストが低いことから、価格が低く抑えられている。

オマーンは、産業用ユーザーに対して、発電コストなどを十分に反映した料金体系を導入する戦略を立てている。2016年10月、規制当局は、コスト反映型料金を反映させるため、1万の産業・商業ユーザーの電力料金を値上げすることを発表した。企業ユーザーの値上げは2017年1月に実施された。

さらに最近では、2021年1月に、補助金の段階的な廃止（2025年までに100%廃止）を目指して、新たな引き上げ（業務用ユーザーは最低上昇率40%）が導入された。

2017年の変更にもかかわらず、MISの小売タリフを通じて顧客から回収されたのは、電力供給の経済的コスト全体の57%にとどまった。残りの43%の収益要件は、政府の直接補助金の形で得られた。2017年には、大規模産業顧客と政府利用者からの電力需要は、これら2つの顧客カテゴリーでコスト反映型のタリフが実施されたことにより、前年に比べてそれぞれ2.6%と1.3%減少した。

再生可能エネルギープロジェクトの開発に適用される主な法律は、勅令第78/2004号で公布された「電力および関連水部門の規制および民営化」（以下、「部門法」）である。同法は、再生可能エネルギー発電には特化しておらず、民間で開発されるあらゆる種類の発電所を対象としている。しかし、報道によれば、APSRは再生可能エネルギーに関する規制の枠組みに取り組んでいるという。

(4) 太陽光市場の需要に関する最新情報

2020年のオマーンの太陽光発電累積設置容量は225MWであり、年間市場はこれまで比較的緩やかな成長を遂げており、2020年の年間最大設置量は合計115MWであった。市場は成長するとはいえ、SolarPower Europeの中・高シナリオによれば、GW規模に達するのは2025年である。当初、2020年には再生可能エネルギーによる発電量を10%にするという目標が設定されていた。しかし、その後（2020年1月時点で）2025年に改定され、2030年に目標は30%としている。

この目標は、いくつかのOPWPの入札を通じて計画されている。その中でも最も規模が大きいのは、ACWA Power社を中心としたコンソーシアムが受注したIBRI II太陽光発電所プロジェクトで、500MWの太陽光発電容量を追加するものである。このプロジェクトは、2020年にファイナンスクローズを迎えた。105MWのAminソーラープロジェクトは丸紅が受注し、2020年に操業を開始した。現在、Manah IとManah IIという2つの大規模な公開入札が行われており、合わせて1GW以上の太陽光発電容量が追加されている。OPWPはPower 2022プログラムでさらに600MW、Power 2024プログラムでさらに700MWの入札を計画している。

OPWPのプロジェクトが比較的的成功して進んでいる一方で、Tanweerが発行したハイブリッド・プロジェクトの入札では、農村部の11カ所にソーラー・ハイブリッド・システムを設置することになっており、2年以上前から開発が進められている。事前に資格を得た14社の入札者のうち、提案書を提出したのはEDF1社のみであった。フィードバックによると、主な障害は大規模なポートフォリオを管理するためのロジスティック上の困難さであった。

オマーンはグリーン水素の取り組みにも力を入れており、大規模な太陽光発電プロジェクトの実施が想定されている。最近の発表では、国営の石油・ガス会社OQ、香港の再生可能水素開発会社InterContinental Energy、クウェートのエネルギー投資家Enertechが、25GWの太陽光・風力発電を利用したグリーン水素プラントの建設を計画している。Muscat地域の屋上プロジェクトを対象としたSahim IIプログラムでは、建物の最大30%を屋上太陽光発電でカバーすることを目指している。これは、2025年から2030年までに約25万件の屋上設置、すなわち約1GWの太陽光発電容量に相当する。Sahimプロジェクトの初期段階ではMuscat地域の3000～5000軒を対象とし、2023年までに10万軒をカバーすることを目指している。

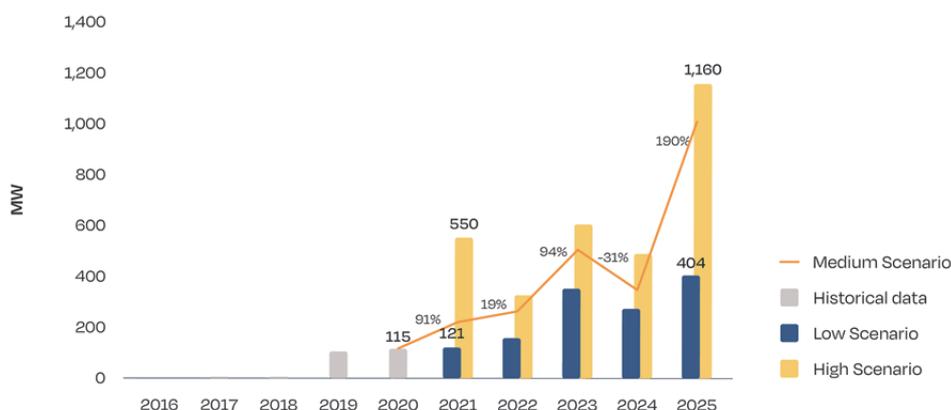


図9 オマーンの太陽光発電市場の推移

出典：Middle East Solar investment opportunities、SolarPowerEurope

4.3 推奨事項

COVID-19パンデミックによる経済的ショックからの回復に伴い、プロジェクトの開発を加速させるためのいくつかの提言がある。

- オマーンには包括的な規制の枠組みがあるが、自然エネルギーやクリーンエネルギーの定義が法定されていないなど、初期の自然エネルギー部門にとって課題となる点がある。自然エネルギーに特別な地位を与え、自然エネルギーの成長を目標とした具体的なプログラムを提案する権限を規制当局に与えることを提案する。規制当局は、既存の法律の改正を提案したり、電力の輸送や二国間取引などの戦略を導入したりすることもできるはずである。自然エネルギーに関する具体的な法律規定を設けることで、より多くの地域の電力ライセンスを付与することもできる。これにより、競争が激化し、エネルギー生産のコストが下がることになる。
- 自然エネルギーの開発をさらに制限するのは、国内の送電網が新たな容量を吸収できるかどうかである。自然エネルギー市場をさらに発展させるためには、国家開発のための資金やプログラムを、国内の送電網インフラの強化とアップグレードに向けることを推奨する。
- 現在、オマーンは、プロジェクト・ファイナンスへのアクセスに問題を抱えている。これは、信用格付機関によるいくつかの不利な格下げや、商業銀行のオマーンでの事業経験の不足によるものである。デフォルトのリスクは依然として低く、投資に対する障壁は限られており、本稿で強調されているように、この国の成長の可能性は非常に高い。
- オマーンでは化石燃料への補助金が特に高い。太陽光発電の平準化された電気料金は他に類を見ないものであるにもかかわらず、補助金による市場の歪みや、(C&Iや分散型発電セクターのような) 二国間の電気取引の法的枠組みがないことが、潜在的な投資家にとって魅力のない国となっている。現在、補助金の完全撤廃の目標期日は2025年であるが、この日付を補助金廃止の可能な限り遅い時期と考えるべきである。そうすることにより、再生可能エネルギー市場の開発者や主要なステークホルダーが、オマーンでの開発戦略の計画をすぐに始めることができる。

5. サウジアラビア

5.1 経済、社会、政治的背景

(1) マクロ経済的背景

サウジアラビア経済は石油部門への依存度が高く、サウジアラビアの予算収入の約87%、輸出収入の約90%、GDPの約42%が石油部門からもたらされている。

2016年からは、経済の多様化を目的とした一連の改革が実施され、経済への女性の労働力参加を増やし、非石油収入を動員し、サービスを成長させた。2016年以降、非石油部門のGDPの実質成長率は石油部門のGDPよりも大幅に高くなっている。この傾向は今後も続き、2021年の非石油GDPの成長率は4.3%、石油GDPは0.4%縮小すると予想されている。多くの国がそうであるように、COVID 19は経済に大きなマイナスの影響を与えた。サウジアラビアの場合は、世界的な原油価格の下落により、財政および対外的なポジションに大きな不足が生じたことが原因である。

2021年の予測では、需要の増加とOPEC+加盟国による供給の制約による世界的な原油価格の上昇と、国内経済の発展に公共投資基金（PIF）がより大きな役割を果たすことに基づいて、大幅な改善が見込まれている。

(2) ビジネス環境

サウジアラビアは、GCC諸国の中で最大の消費市場である。原油価格の下落にもかかわらず、サウジアラビアの市場は、国内消費者の強固な基盤と可処分所得の高い若者人口の増加、可処分所得水準の上昇（世界平均を上回る）、消費者信頼感指数の高さなどにより、堅調な成長を続けている。

サウジアラビアは、世界銀行の2020年版ビジネス環境報告書において、190カ国中62位にランクされている。評価対象となっている多くの指標において、起業（38位）、建設許可への対応（28位）、不動産の登録（19位）、少数株主の利益の保護（3位）など、同国の太陽光発電所への潜在的な投資にとって重要な指標よりもはるかに高い順位となっている。サウジアラビアは、全体的な順位よりも比較的良好なパフォーマンスを示している。相対的に順位が低いのは、信用の獲得（80位）、国境を越えた取引（86位）、債務超過の解決（168位）である。

重要なのは、サウジアラビアへの投資やビジネスの所有には、市民権やサウジアラビア市民のパートナーやスポンサーは必要ないということである。

居住者である企業は、サウジアラビアで発生した所得に対して、20%+2.5%のザカートの割合で課税される。物品・サービスに対するVATは2018年に導入され、現在の実効税率は15%である。また、燃料や清涼飲料水、たばこ製品などの特定の消費財にも特定の対象税が課せられている。非居住者の株主による居住者企業の株式の処分には、20%のキャピタルゲイン税が課される。減価償却資産のキャピタルゲイン（またはロス）にはキャピタルゲイン税は課せられない。

王国には、Jeddah市を中心とした西部地域、首都リヤドを含む中部地域、石油・ガス産業が集中している東部地域の3つの主要な商業活動地域がある。

(3) 政治的・社会的背景

政治面では、サウジアラビアは1932年以来、Al Saud家の支配下にある絶対王政国家である。政府と閣僚は国王によって直接任命され、2015年からはSalman bin Abdulaziz国王が国を統治しているが、2016年からはMohamed bin Salman皇太子が重要な役割を担うようになってきている。

諮問機関であるMajlis al-Shuraは、150人のメンバーで構成され、全員が国王によって任命される。市町村レベルでは、任命された議員と選挙で選ばれた議員の混合モデルとなっているが、市議会は王室が任命する13人の地方知事によって統制されている。

サウジアラビアには、市民のための広範な社会福祉制度がある。多くの公共サービスが無料または大幅な割引価格で提供されており、水道・電気料金は低価格帯の消費者に対して大幅な補助が行われており、公教育や医療サービスは無料である。

近年では、女性の権利に関する社会的な進展が見られ、女性にも運転免許を取得する権利が与えられたほか、政府が承認したセンターや研究所で職業訓練を受け、雇用を得るこ

とができるようになった。労働市場への女性の参加率は約18%まで上昇しており、2015年からは、女性の自治体選挙への参加が認められている。

サウジアラビアの現在の識字率は約95%で、2024年までに100%に引き上げる目標を掲げている。

5.2 エネルギーと電力

(1) エネルギー部門の状況

サウジアラビアのエネルギーミックスは、化石燃料が中心である。サウジアラビアの2019年の一次エネルギー総供給量は214,58ktoeであった。燃料ミックスの構成は石油134,509ktoe (63%)、ガス79,108ktoe (37%)、再生可能エネルギー21ktoe (0.006%)である。化石燃料の優位性は、同国の電力ミックスにも反映されており、ガスと石油が発電源の99%以上を占めている。

このデータは、一次エネルギーの98%を化石燃料で供給している中東地域全体の傾向である。違いがあるのは、ガスと石油の構成比であり、中東のエネルギー供給全体は、天然ガス56%、石油42%で構成されているが、この数字はサウジアラビアではそれぞれ37%、63%となっている。

過去15年間、セクター別の消費パターンの割合には比較的大きな変化はない。住宅部門と工業部門はともにわずかに減少し、政府部門と商業部門はわずかに増加している。2009年の消費データをまとめると、住宅、商業、政府部門ではHVACが重要な用途となっており、これらの部門の消費量全体の約70%を占めていた。

2019年のサウジアラビアの全体の発電量は361.46TWhであり、そのうち41%が石油から、59%がガスによる発電であった。自然エネルギーによる発電量は0.04%であった。サウジアラビアの「ビジョン2030」プログラムの一環として、再生可能エネルギーの生産量を増やし、地域のエネルギー源の組み合わせのバランスを取り、サウジアラビアの二酸化炭素排出量削減目標を達成することを目的とした取り組みが行われている。このプログラムを通じて、エネルギー省の目標は、液体燃料の使用を減らしつつ、天然ガスと再生可能エネルギー源の割合を2030年までに約50%（現在は37%）に引き上げることである。これにより、民間企業の投資や公共部門のパートナーシップの機会も得られ、再生可能エネルギーの競争力のある地域市場を、利用可能な再生可能エネルギー資源に基づいて創出することができる。

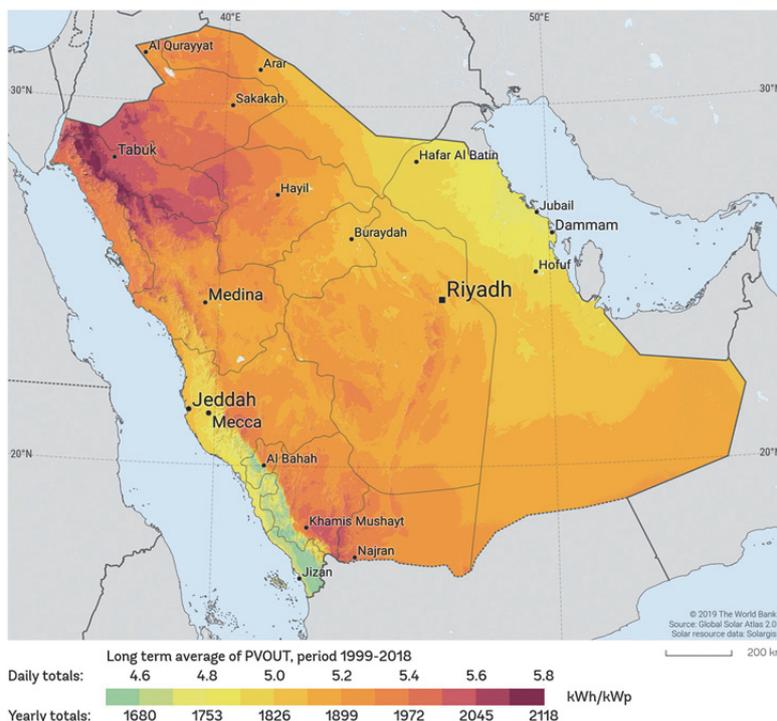


図10 サウジアラビアの太陽光エネルギーポテンシャル

出典：Middle East Solar investment opportunities、SolarPowerEurope

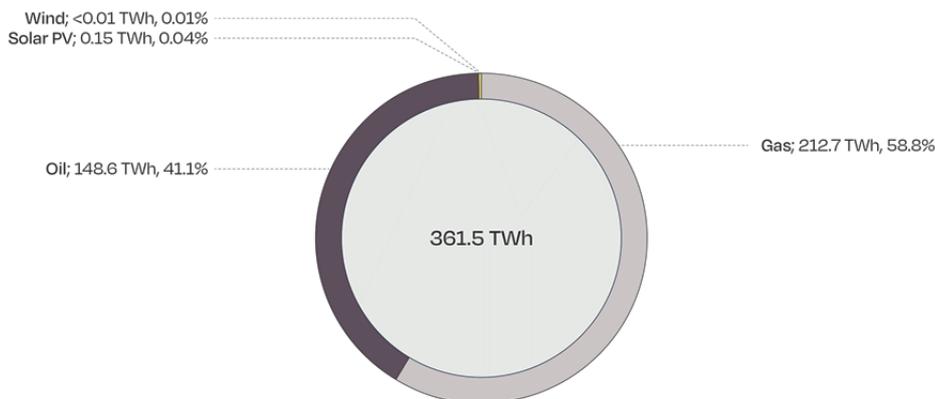


図11 サウジアラビアの電力ミックス (2019年)

出典：Middle East Solar investment opportunities、SolarPowerEurope

(2) 電力インフラ

サウジアラビアは、価格の透明性と参加者の増加による効率性の向上を目指して、電力部門を垂直統合型の公益事業から競争市場へと改革している段階である。近年、発電部門の自由化が進められているが、国有企業であるサウジ電力会社 (SEC) が国内の販売エネルギー全体の74%を占めている。しかし、国内のIPPの数は増加しており、現在は合計12社となっている。そのうち7つは稼働中で、3つは建設中、さらに2つは調達段階にある。この国で最初のIPPは、Shuaibahプラントであった。このプラントは900MWの蒸気タービンプラントで、Makkah、Jeddah、Taif、Al-Bahaの各都市を含む地域に水と電気を供給している。この発電所は、20年間のPPAを締結したBOOモデルで運営されている。Shuaibah

は操業開始以来、2回の拡張工事を行い、エンドユーザーからの水需要の増加に対応するために、より多くの造水能力を追加している。

RabighのIPPは、サウジアラビアの発電産業にとって大きな節目となるもので、ソブリン保証なしで調達された初のIPPプロジェクトである。この石油火力発電プロジェクトは1204MWの電力を生産することができ、2013年に操業を開始した。2016年、ACWAパワー社は、既存のプロジェクトの負債の借り換えを図った。このリファイナンスの総額は18.2億米ドルに相当し、銀行から見たサウジアラビアのIPPモデルの強さが浮き彫りとなった。PPAの期間は20年で、BOOモデルとなっている。

他に稼働しているIPPとしては、Riaydh郊外にある1,729MWのガス焼きコンバインドサイクル発電所(双日株式会社、2013年)、同国東部州にある同様の3,927MWの発電所、Rabighにある専焼2,060MWの発電所(ACWA Power、2021年)などがある。最近稼働したIPPはFadhiliのガス・コージェネレーション発電所で、発電容量は1,507MWである(ENGIE, 2017)。Shuqaiq IPPは、アシール地域の水と電力を生産するShuqaiq complexの第2フェーズの一部である。このプロジェクトは、850MWの蒸気タービンプラントで、2011年半ばから稼働している。このプロジェクトは、2011年半ばから稼働している850MWの蒸気タービンプラントで、BOOモデルによる20年間のPPAを締結している(ACWAパワー、2021年)。2,745MWのJubail蒸気・ガスプラントは、サウジアラビアの東部州地域に水と電力を供給している。PPAは20年のスパンで、BOO方式で運営されている(Marafiq, 2021)。これらのIPPは、いずれもSECと20年間のPPAを締結しており、BOO方式で運営されている。

最近では、サウジアラビアのIPPの入札は、従来の燃料から自然エネルギーへと移行している。Sakakaの300MW太陽光発電所は、同国の国家再生可能エネルギープログラム(NREP)の下で行われた最初の実用規模の再生可能エネルギープロジェクトである。価格は0.023米ドル/kWhと異例の低価格であった。このPPAは、BOOモデルで25年間となっている。これに先立ち、10MWのLayla太陽光発電所が系統に接続され、Al-Aflaj州の電力需要の10%を供給している。しかし、このIPPはNREPの対象外であった。

Saudi電力調達会社(SPPC)は、新しくアンバンドリングされた発電市場の主要な買い手である。珍しいことに、サウジアラビア政府は、このセクターの変化を移行するためのライセンスを与えている。つまり、SPPCの責任範囲は他のバイヤーよりもやや広い。SPPCは、国際的なパートナーシップの構築、再生可能エネルギープロジェクトの設立、燃料効率のモニタリング、エネルギー市場の発展に関する規制当局への助言などを行っている。エネルギー取引の分野では、すべてのPPAの管理、1年前のエネルギー配分計画と1年前の発電計画の策定、電力の購入・販売価格の設定、電気系統の予算と電気料金平衡基金の管理、サウジアラビア国外の事業者に対するすべてのPPAとエネルギーの輸出入契約のカウンターパーティとしての役割を担っている。また、SPPCはIPP部門においても、新規IPPプロジェクトの調査、準備、計画を行うなど、統制的な役割を担っている。SPPCは、従来型および再生可能エネルギープロジェクトの入札プロセスを担当し、IPPおよびPPAの実施を監視している。また、エネルギー部門への投資に魅力的な環境を整えることも目的としている。

送電は、SECの完全子会社であるNational Grid 社が行っている。13,000以上の都市や村をカバーする84,787kmのネットワークには、1,124の変電所と3,559の変圧器が設置され、ピーク時の負荷は62GWに達する。National Gridは、電力システムの運営と、生産地から

消費地への電気エネルギーの伝送を担当している。また、負荷予測を検討し、需要の増加に対応するための計画を立てることで、電気システムの強化を図っている。また、IPPの仲介役として、PPAの締結やSECの買い手としての役割も担っている。配電はSECが独占的に行っている。

(3) ステークホルダー、料金体系、規制の枠組み

電力エコシステムは、いくつかの重要なステークホルダーで構成されている。

- エネルギー省：エネルギー省は、サウジアラビアのエネルギーエコシステムを監督し、その戦略的方向性を決定する国家機関である。
- 再生可能エネルギープロジェクト開発局 (REPDO)：REPDOは、サウジアラビアのエネルギー省内に設置されており、同国の国家再生可能エネルギープログラム (NREP) の調整を担当している。同プログラムの下で再生可能エネルギープロジェクトの入札を行い、サウジアラビアにおけるすべての再生可能エネルギー関連の取り組みを支援している。また、再生可能エネルギーを取り巻く法律や規制の枠組みを定期的に見直すことで、重要な監視機能を担っている。
- 水・電気規制庁 (WERA)：WERAは、サウジアラビアの電力および海水淡水化部門の規制機関である。発電、送電、配電、小売、電力とコージェネレーションサービスの取引、および海水淡水化に関するライセンスの発行を担当している。また、電力と海水淡水化部門のインフラを調整し、その拡張計画を策定している。WERAは、電気、コージェネレーション、海水淡水化サービスの供給に関する料金を設定し、セクターのパフォーマンス向上に努めている。WERAは、電力と水の淡水化部門におけるベストプラクティスと基準の開発も担当している。最後に、このセクターとそのインフラへの民間セクターの参加と投資を奨励している。
- Saudi Energy Efficiency Centre (SEEC)：SEECは、サウジアラビアにおけるエネルギー効率の改善を担当している。SEECは、国のエネルギー効率化プログラムを策定し、エネルギー効率化の目的と政策の特定を支援する。また、エネルギー効率を向上させるための基準や技術規則の策定・発行も行っている。
- National Energy Services Company (Tarshid)。Tarshidは、サウジアラビアのエネルギー効率を向上させるために、Public Investment Fund (サウジアラビアの政府系ファンド) によって設立された。ターシド社は、サウジアラビアのエネルギー効率を向上させるために、公共部門と民間部門におけるエネルギー効率プロジェクトの開発、資金調達、管理を行い、国のために大幅なエネルギー削減を達成することを目指している。
- Saudi電力会社 (SEC)：SECはサウジアラビア国内の電力の送配電を独占しており、発電設備の大部分を所有・運営している。サウジアラビア政府はSECの74.3%を直接所有しており、さらに6.9%をSaudi Aramcoが間接的に所有している。残りの18.8%は、サウジアラビア国内の機関投資家および個人投資家が所有している。SECの主な事業は発電事業で、ネットワーク全体にエネルギーを供給し、増大する需要に対応するとともに、資源を最適化して電気エネルギーの生産コストを削減することを使命としている。SECの配電部門は、高圧送電用の変電所と地域の変電所やエンドユーザーを結

ぶ中・低圧電力線を担当している。配電部門は、高圧送電の変電所と地域の変電所およびエンドユーザーを結ぶ中低圧送電線を担当し、また、エンドユーザーの計測、請求、代金回収、電気サービスの接続を行っている。

- **National Grid 社**：送電は、SECが100%出資するNational Grid社を介して行われている。
- **Saudi Power Procurement Company (SPPC)**：SPPCは、新しくアンバンドリングされた発電市場における主要な買い手である。
- **Local Content & Government Procurement Authority (LCGPA)**：LCGPAは2018年12月に設立され、サウジアラビア経済のローカルコンテンツ要件広告政策のあらゆる側面を開発する責任を負っている。政策や規制を策定し、主要なターゲットを特定し、ローカルコンテンツの影響を測定して報告し、政府調達手続きを洗練させている。

電力価格は低く、顧客タイプによって異なり、6,000kWh未満の住宅用消費者と産業用消費者の18ハララ/kWh（0.049米ドル/kWh）から、6,000kWh以上の商業用および住宅用消費者の30ハララ/kWh（0.081米ドル/kWh）となっている。比較のために、最近ファイナンス・クローズを達成した1.5GWのSundair太陽光発電所の契約価格は0.01239米ドル/kWhであり、Jeddahの南東にある300MWの発電所の契約価格は0.0162米ドル/kWhである。

現在、再生可能エネルギーの発電、送電、配電に関する具体的な規制の枠組みはない。規制は、電気法とその施行規則に準拠し、WERAによって規制されている。電気事業を行おうとする事業者は、WERAから有効なライセンスを取得し、維持する必要がある。また、環境・社会影響評価、建築・建設許可（場所による）など、さまざまな追加承認が必要である。また、民間防衛やサウジ・テレコムなどからの承認や無承認証明書も必要である。

送電網への接続には、National Grid社への相互接続申請が必要となり、接続契約が締結される。接続の結果、送電網のアップグレードが必要になった場合は、National Grid社が費用を負担し、送電網への接続にかかる費用は開発者が負担する。サウジアラビアのグリッドコードには、再生可能エネルギーによる発電の電圧、周波数、変調に関する要件が含まれている。配電コードの中にも、配電網に接続する場合の同様の基準がある。現在のところ、蓄電に関する法律や規制の枠組みはない。

(4) 太陽光市場の需要に関する最新情報

2020年のサウジアラビアの太陽光発電累積設置容量は515MWであった。同国の年間市場は、まだ持続的な成長のリズムをつかめていない。2019年には459MWを設置したが、これは2016年、2017年、2018年、2020年の合計設置量（56MW）をはるかに上回るものであった。しかし、この遅いスタートにもかかわらず、サウジアラビアの太陽光発電の未来は明るい。SolarPower Europeのすべてのシナリオによると、Vision 2030の再生可能エネルギー目標を達成するための努力が高まる中、市場は2023年にGW規模に達するはずである。この年間設置量の増加は、2021年から2023年にかけての急激な成長率を表している。

サウジアラビアは「ビジョン2030」の文書の中で、2016年から2030年にかけてエネルギー消費量が3倍になると予測している。この需要増に対応するため、同国では2030年までに9.5GWを目標に、独自の再生可能エネルギー市場の開発を計画している。その一環として、サウジアラビアは、研究開発や製造などのバリューチェーンの大部分を現地化することを目指している。このような野心から生まれたのが、国家再生可能エネルギープログラム（NREP）であり、国家再生可能エネルギー産業のビジョンを実現する役割を担っている。

NREPの最初の入札は2017年に開始され、300MWの太陽光発電プロジェクト1件が含まれていた。2019年には、20MWから600MWのAl-Faisliyah太陽光発電所まで、6つの太陽光発電プロジェクトが入札された。最新の入札ラウンドでは、80MWから700MWまでの4つの太陽光発電プロジェクトが含まれていた。NREPの第2ラウンドと第3ラウンドのプロジェクトでは、国内の太陽光発電設備容量が2,670MWに達している。

太陽光発電のバリューチェーンの研究開発・製造部分の現地化の一環として、REPDOはLCGPAとともに、入札に現地調達要件を導入するためのスケジュールを設定した。短期的にはサプライチェーンの開発を促進するため、入札には17~19%の現地調達率の要件が含まれるようになる。2024-2025年までに、サウジアラビアは国内に太陽光発電と風力発電のクラスターを設立したいと考えており、入札に33-35%の現地調達率を導入する予定である。長期的（2028年以降）には、国内市場の発展から一転して輸出志向となり、入札に40~45%の現地調達率の要件を盛り込む予定である。

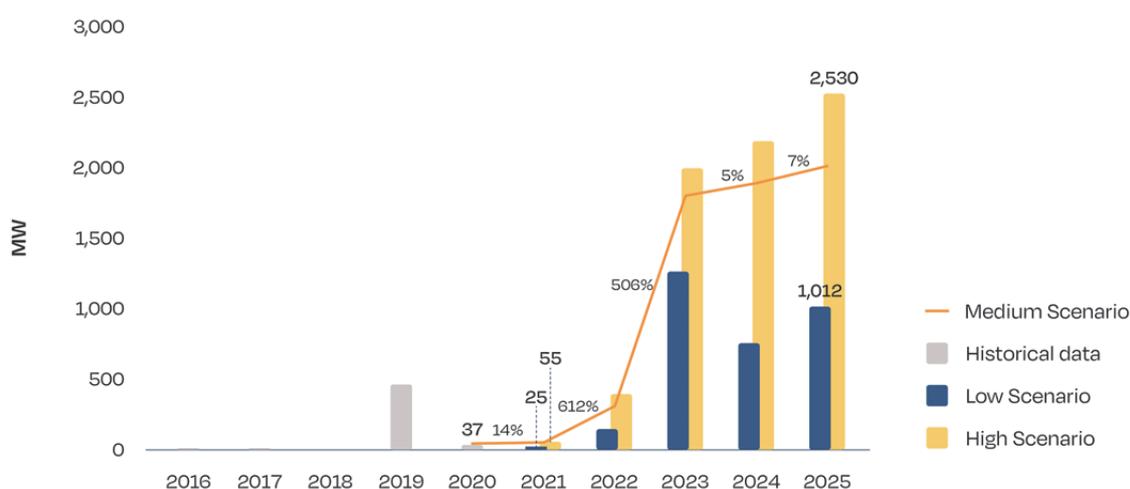


図12 サウジアラビアの太陽光発電市場の推移

出典：Middle East Solar investment opportunities、SolarPowerEurope

5.3 推奨事項

- PV開発戦略と実施計画を透明化する。サウジアラビアは、PVによる発電量を大幅に増やすという野心的な計画を持っている。これらの計画を公開し、国際的なパートナーが計画プロセスの初期段階から関与できるようなプロセスを確立することで、PVプラントの開発、融資、設計、エンジニアリングの競争が激化し、サウジアラビアに利益をもたらすことができる。これにより、最高のパートナーが市場に引き寄せられ、競争力のある価格を確保することができる。
- カウンターパーティのセキュリティを強固にする。国際的なパートナーは、プロジェクトの収入源が確保され、資本を送金（または再投資）できることを保証する必要がある。SPPCを介して長期PPAを中央で契約するという現在のメカニズムの継続が奨励される。サウジアラビアで市場モデルへの改革が進むにつれ、このプロセスは見直される可能性があるが、実用規模の太陽光発電市場が確立されつつある時期には、このシステムを維持すべきである。

- 価格だけでなく、品質にも注目する。新興市場では特に、初期費用の安さではなく、生涯価値の高さを保証するために、強固な品質メカニズムを導入することが重要である。これは、プラントのライフタイムにおける経済的リターンを最適化することを目的としている。IECやIECREなどの国際規格や適合性評価システムは、太陽光発電所の部品、EPC、O&Mの品質を確保するためのメカニズムとして利用できる。
- 分散型太陽光発電の実現を継続する。実用規模の太陽光発電所の開発に重点を置くだけでなく、商業・産業および住宅市場向けに分散型発電をさらに奨励する政策を策定すべきである。電力消費のかなりの部分が空調であるため、太陽光の分散型発電は昼間の需要ピークを大幅に軽減することができる。

(参考資料)

- ・ Middle East Solar investment opportunities、SolarPowerEurope

欧州環境情報

欧州：AtlasInvest 社は再生可能エネルギーの開発プラットフォームを設立

ベルギーのブリュッセルに本社を置く投資企業 AtlasInvest 社は、2022 年末までに欧州全体で 2.7GW のプロジェクトの開発を目的とした新たな再生可能エネルギーの開発プラットフォームを設立した。Aukera Energy 社と呼ばれる同プラットフォームは、全ての開発段階の再生可能エネルギーのプロジェクトに投資する予定である。

Aukera Energy 社は英国、イタリア、ドイツ、ルーマニアおよびポーランドでのプロジェクトに焦点を当て、既に 1GW 以上の太陽光発電所と風力発電所を確保している。

Aukera Energy 社は、既にいくつかの共同事業体を設立したチームにより立ち上げられた。同社はエネルギー移行部門において長期的に成長することを目標としており、商品価格の高騰とサプライチェーンの混乱による再生可能エネルギーのプロジェクトのコストの上昇は、現在の電力価格の高騰と同様に一時的なものとして見なしている。

欧州：EU は脱炭素化のプロジェクトに 11 億ユーロ以上を投資

欧州委員会は、EU のイノベーション基金を通じて、経済の脱炭素化を目的とした 7 つの大規模なプロジェクトに 11 億ユーロ以上を投資すると発表した。

大規模な脱炭素化プロジェクトの入札の一環として、水素生産用の化石燃料を使用しない電気分解、炭素回収・貯留（CCS）や太陽光発電などの環境に優しい技術に補助金を提供している。選択された 7 つのプロジェクトは、化学、鉄鋼、セメント、製油所や電力などの部門を対象にしており、ベルギー、イタリア、フィンランド、フランス、オランダ、ノルウェー、スペイン、およびスウェーデンで開発されている。

フィンランドの再生可能燃料の生産者である Neste Oyj 社は、フィンランドでの製油所においてグリーン水素と CO₂回収貯留プロジェクトを開発するために、EU のイノベーション基金から 8,800 万ユーロの補助金を調達している。

Enel Green Power Italia 社は、イタリアで両面ヘテロ接合型（B-HJT）太陽電池を製造するための産業規模のパイロットラインを開発している。同プロジェクトは、Catania 市での生産工場の B-HJT 年間生産能力を 200MW から 3GW に拡大することを目指している。

また、スウェーデンの HYBRIT Development 社は、EU からの補助金で HYBRIT（Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology）と呼ばれる技術の開発を進める予定である。HYBRIT は石炭ベースの高炉を直接水素を利用するの排出削減技術に置き換える予定である。HYBRIT Development 社は、水素ベースの製鉄と製鋼の完全な産業バリューチェーンを実証する予定である。このプロジェクトでは、年間約 120 万 t の粗鋼を生産することを目指している。これは、スウェーデンの生産量の 25%に相当する。

欧州：ベルギー、ドイツとデンマークの TSO は相互接続線に関する協力協定を締結

送電システム事業者であるベルギーの Elia 社、ドイツの 50Hertz 社およびデンマークの Energinet 社は、北海とバルト海において新たな電力線を設置することに関する協力協定を締結した。

この新たな相互接続線は、両海において洋上風力発電を大幅に拡大し、化石エネルギーに置き換えると期待されている。これは、いくつかの国を結ぶエネルギーグリッド、およびエネルギー島の実現において重要な前向きな一歩であるとされている。

この協力協定により、3 社の TSO は実現可能性調査を共同で開始し、ベルギー、ドイツおよびデンマークでのビジネスケースで協力できるという。

ベルギーは、北海にて新たな風力発電所を接続するための独自の人工エネルギー島を建設することを検討している。Elia 社と Energinet 社はデンマークで建設が予定されている人工エネルギー島への相互接続線に関する協力協定を締結した。

さらに、デンマークとドイツをバルト海にある Bornholm 島に接続する相互接続線に関する協力協定について、Energinet 社と 50Hertz 社により署名された。

欧州：Repsol社はスペインとポルトガルでのEV向けの充電ネットワークを拡大

スペインの石油大手 Repsol 社は、スペインとポルトガルに 610 台の急速充電器を設置するために、4,250 万ユーロを投資すると発表した。スペインの金融機関 ICO は、4,070 万ユーロの補助金を提供している。

同社は 2023 年末までに、スペインでの 577 の充電ステーション、およびポルトガルでの 33 の充電ステーションに 50kW の 592 台の充電器と、180kW の 18 台の急速充電器 (HPC) を設置する予定である。この充電ネットワークは、地中海と大西洋沿いの道路に開発されており、完全に再生可能エネルギーにより賄われる予定である。

Repsol 社は現在、イベリア半島で 70 台の急速充電器を含む 350 台の EV 向けの充電器を運営している。2022 年までにこの数を 1,000 台までに増加する計画であり、将来的には、イベリア半島の主要道路において 50km ごとに 1 台の充電器を設置する予定である。Repsol 社はまた、2050 年までにカーボンニュートラルを達成する目標を掲げている。

Repsol 社だけではなく、他の企業もイベリア半島における E モビリティの開発に取り組んでいる。Ionity 社は 2018 年以降、マドリードに本社を置く石油企業 Cepsa 社とともにスペインとポルトガルでのガソリンスタンドに最大 100 台の HPC 充電器を設置している。

しかし、スペインの EV 向けの充電インフラの普及が不十分であると Repsol 社は指摘している。2021 年初めの時点では、スペインが占める欧州に設置された充電インフラは 2.9%のみである。一方、スペインは EU の自動車販売全体の 10%と、自動車生産全体の 15%を占めている。

欧州：Ionity社は欧州の充電ネットワークを拡大する投資を受ける

Ionity 社は、Audi 社、BMW 社、Ford 社、Hyundai-Kia 社、Mercedes-Benz 社や Porsche 社などの株主と新たなパートナーである Blackrocks Global Renewable Power Platform から 7 億ユーロの投資を受ける。この投資により、2025 年までに欧州の HPC ネットワークを約 1,000 ヶ所に大幅に拡大する予定である。

これらの 1,000 ヶ所にて、急速充電の開発を手掛ける共同事業体は約 7,000 台の充電器を設置する計画である。このプロジェクトの第 1 フェーズでは、同社は 2020 年末までに欧州全体に 400 の充電ステーションを開発する目標に取り組んでいる。現在、385 の充電ステーションでは 1,526 の充電器が設置されており、さらなる 37 の新たな充電パークが設置されている最中である。

プロジェクトの第 2 フェーズでは、Ionity 社は高速道路だけでなく、主要都市近郊や幹線道路沿いにも充電器を設置する予定である。

同社はまた、複数の充電器が接続を共有し、満充電時には充電電力を分割するというパワーシェアリングの開発を進める予定である。これにより、Ionity 社の全ての充電器は、最大 350kW の充電電力をいつでも供給できるという。

欧州：EUの循環率は2020年に上昇

Eurostat の最新データによると、2020 年には EU のリサイクル材料使用率は 12.8%に達成した。即ち、EU で使用されている材料資源のほぼ 13%がリサイクルされた廃棄物からのものであるという。

EU のリサイクル材料使用率は 2019 年比で 0.8%増加し、初めて発表された 2004 年からは 8.3%増加した。

循環率は、リサイクルされた廃棄物から使用される材料のシェアであり、EU の循環経済に関する監視枠組みの一部である。

2020 年には、循環率はオランダ (31%) で最も高く、ベルギー (23%) とフランス (22%) が続く。一方、最も低い循環率はルーマニア (1%)、アイルランド (2%) とポルトガル (2%) である。

2020 年における 4 つのカテゴリの循環率に注目すると、金属は 25% ($\Delta 0.7\%$)、非金属鉱物 (ガラスを含む) は 16% ($\Delta 0.7\%$)、バイオマス (紙や木材など) は 10% ($+\Delta 0.2\%$) および化石燃料は 3% ($\Delta 0.5\%$) であった。

欧州：日産は欧州で 600 台の EV 向けの充電器を設置

日産は、2 つの主要なパートナーシップを設立することで、欧州で充電インフラを大幅に拡大する計画である。ドイツの E モビリティ開発者 Allego 社は、欧州 16 カ国の日産ディーラーに DC 充電器を設置する予定である。また、ドイツのエネルギー大手 E.ON 社は、ドイツと英国での日産ディーラーと協力し、EV 向けのインフラを開発する予定である。

日産によると、パートナー企業の 70%では、2024 年までにコンバインド充電システム (CCS) と CHAdeMO 充電ステーションを開発する予定である。

Allego 社は、ベルギー、オランダ、ルクセンブルク、ノルウェー、スウェーデン、フィンランド、デンマーク、フランス、イタリア、スペイン、ポルトガル、スイス、オーストリア、エストニア、ラトビアやリトアニアの欧州 16 カ国の 600 以上の販売店で DC 充電器を設置し、管理すると述べた。

ドイツでは、日産は自社の Nissan Center Europe を通じて車両の販売を続けるという。また、ドイツと英国において新たな充電器の開発は E.ON が担当する。

EV のメーカーや充電容量によらず、新たな充電器は日産以外も含むすべての EV が利用できるように設置されると日産は発表した。新たな充電ポイントは、Hubeject を通じてローミングサービスに接続されるため、4 つの異なる充電サービスに使用できる。クレジットカードや QR コードによる直接支払い方法も可能であるという。

英国：Advanced Biofuel Solutions 社と Greenergy 社は高度なバイオ燃料の開発で連携

高度なバイオ燃料の開発者と生産者である英国の Advanced Biofuel Solutions 社と、廃棄物ベースのバイオ燃料の製造者である Greenergy 社は、英国で最大 5 つの廃棄物ベースのバイオ燃料プラントを開発、建設および運営することにおいて共同開発契約を締結した。

Liverpool 近郊の Ellesmere 港にて最初のプラントを開発する予定であり、2025 年に商業用生産を開始する予定である。その後、さらなるプラントを建設する計画である。

ABSL 社の特許の RadGas 技術により、Ellesmere 港でのプラントは、年間 133,000t の都市ごみをガス自動車用のバイオメタン、または水素自動車用のバイオ水素に変換する計画である。

この 5 つのプラントで生産されたバイオ燃料は、輸送燃料に使用される数百万リットルのガソリンとディーゼルを置き換え、年間 80 万 t の CO₂ 排出量の削減に繋がると推定されている。同プラントの年間生産能力は、約 5,000 台の重量物運搬車 (HGV) に燃料を供給するに十分であるという。

英国：英国初の風力タービンプレードのリサイクルプラントを開発

英国の洋上風力発電企業 Aker Offshore Wind 社とスコットランドの研究者が率いるコンソーシアムは、英国初の風力タービンプレードのリサイクルプラントを建設するという 3 年間のパイロットプロジェクトを開発すると発表した。このパイロットプロジェクトは、英国政府のイノベーション機関である Innovate UK から 130 万ポンドの補助金を調達している。

Aker Offshore Wind 社は、プロジェクトに必要な 200 万ポンドのうち、50 万ポンド以上を投資する予定である。このプロジェクトは、スコットランドの Strathclyde 大学が開発した複合材製からガラス繊維と樹脂成分を分離し、回収するというリサイクル方法を商業化向けに設立することを目指している。このリサイクルされたものは、自動車貿易や建設産業などの業界に再利用できると期待されている。

Aker Offshore Wind 社とは Strathclyde 大学に加え、Nottingham 大学、廃棄物企業 SUEZ 社、複合材製企業 GRP Solutions 社や Cubis 社もこのパイロットプロジェクトの開発に取り組んでいる。

Aker Offshore Wind 社は、2025 年までに欧州全体で、使用済みの風力タービンプレードの埋立地での処分を禁止することを要求している欧州風力エネルギー業界団体 WindEurope の取り組みを支援することを約束している。

現在、使用済みの巨大な風力タービンプレードは一般に埋立、または廃棄物エネルギー転換 (Waste-to-Energy) プラントで高いエネルギーコストで焼却されるという 2 つの処分方法がある。

Aker Offshore Wind 社によると、世界中の風力タービンプレードからの廃棄物が 2050 年までに約 200 万 t に増加すると予測されている。また、英国での複合廃棄物量は年間 10 万 t 以上であるという。

英国：LM Wind Power 社は 2030 年までに廃棄物ゼロの風力タービンプレードを製造

英国の GE Renewable Energy 社の子会社である LM Wind Power 社は、2030 年までに廃棄物ゼロの風力タービンプレードを製造するという野心的な目標を発表した。

これは、2018 年に風力発電業界で初めてカーボンニュートラルのビジネスを達成した LM Wind Power 社の持続可能な取り組みの一環であるという。この目標では同社は 2030 年までに、エネルギー回収せずに過剰な製造材料や包装を埋立または焼却で処分しないことを目指している。

製造から発生する廃棄物は、CO₂ 排出量の削減において主な課題の 1 つであるとされている。LM Wind Power 社では、生産のカーボンフットプリントのほぼ 3 分の 1 が廃棄物処理によるものである。

風力発電業界では、風力タービンプレードのメーカーが購入した材料の約 20~25% が最終製品に使用されてない。今後 10 年間にわたって、ブレード製造からの廃棄物量は、使用済みのブレードの量より多くなると推定されている。

風力タービンとブレードの製造者にとって、サプライチェーンは製品のカーボンフットプリントの削減の鍵を握っている。風力ブレードのライフサイクルでは、CO₂ 排出量の約 75% がサプライチェーンで発生すると推定されている。

ブレード製造からの廃棄物の防止とリサイクルに焦点を当てる LM Wind Power 社は産業パートナーとともに、DecomBlades と呼ばれるプロジェクトでは使用済みのブレードをリサイクルするソリューションを開発することを目指している。また、ZEBRA (Zero Waste Blade Research) プロジェクトでは、より簡単にリサイクルできる次世代の風力ブレードの開発に取り組んでいる。

英国：排出量ゼロのバスに 7,100 万ポンドを投資

英国政府は、排出量ゼロバス地域 (Zero Emission Bus Regional Areas : ZEBRA) というプログラムの一環として、最大 355 台の排出量ゼロのバスの導入を後押しするために、5 つの地方交通機関に約 7,100 万ポンドの補助金を提供すると発表した。

2030 年までに 200 台以上の排出量ゼロのバスの導入をサポートする Leicester 市議会スキームに加え、Cambridgeshire & Peterborough 合同行政機構、Kent 州議会、Milton Keynes Borough 議会および Warrington Borough 議会もこのプログラムに参加すると発表した。

ZEBRA プログラムは、Leicester 市に 1,900 万ポンド、Warrington Borough に 2,150 万ポンド、Milton Keynes Borough に 1,600 万ポンド、そして Kent と Cambridgeshire & Peterborough に百万範囲の補助金を提供する予定である。

英国政府はまた、排出量ゼロのバスの導入をさらに促進するために、さらなる 3 億 5,500 万ポンドの補助金を提供する予定である。

英国：BECCS などの技術に 1 億 1,600 万ポンドを投資

英国政府は、炭素回収・貯留にバイオエネルギー利用を組み合わせることで CO₂ を回収するという BECCS (Bio-energy with Carbon Capture and Storage) などの技術の開発を促進するために、全国においてグリーンイノベーションに 1 億 1,600 万ポンド以上の投資を提供すると発表した。

グリーンイノベーションのプロジェクトに投資することで、住宅や建物のエネルギー効率を向上させ、CO₂ 排出量を削減し、英国のエネルギー安全保障を強化し、より環境に優しい方法で電力と熱を生産するとみられる。

Direct Air Capture and Greenhouse Gas Removal (直接空気補足と温室効果ガス除去) というプログラムを通じて、CO₂ を回収し、温室効果ガスを大気から除去するといった新技術のプロジェクトの開発を支援するために、6,400 万ポンドの補助金に応札できる。

このプログラムの第 1 フェーズでは、BECCS を含む様々なグリーン技術の開発を後押しする予定である。同プログラムの第 2 フェーズでは、これらのプロジェクトは設計段階からデモンストレーション向けに発展させ、2025 年までに商業規模までに拡大する予定である。

さらに、英国政府は、様々な脱炭素化と省エネ技術を開発するために、エネルギー事業者に3,000万ポンドの補助金を提供する予定である。Energy Entrepreneurs Fundの最新入札ラウンドでは、エネルギー効率、発電、発熱およびエネルギー貯蔵の分野に関するプロジェクトに取り組んでいる58の中小企業が補助金を落札した。

ドイツ：ドイツ新政府は2030年までに電解槽容量10GWを目指す

ドイツの社会民主党（SPD）、緑の党（Die Grünen）および自由民主党（FDP）は、連立交渉の一環として、2030年までに電解槽容量を10GWに倍増する計画を公表した。

Merkel氏が率いた旧政府は2020年に、洋上風力発電と陸上風力発電ベースの5GWのグリーン水素と、2035年～2040年までにさらなる5GWの国内電解槽容量を開発するという国家水素戦略を発表した。

新政府の首相に就任するScholz氏は、産業規模の水素経済の開発を含む、エネルギー転換を推進することを計画している。この目標を達成するために、新政府は、主に洋上風力発電を大幅に増加し、欧州と国際的なパートナーシップを設立する予定である。

ドイツは、2030年までにエネルギーミックスにおける再生可能エネルギーの割合を80%に増加する計画である。洋上風力発電設備容量を2030年までに30GW、2035年までに40GWおよび2045年までに70GWに増加する予定である。

陸上風力発電の開発を促進するために、計画と許可プロセスを加速するとともに、建設法を変更する予定である。また、太陽光発電設備容量を2020年末の54GWから2030年までには200GWに増加する計画である。太陽光発電の開発目標を達成するために、新しい商業用の建物において太陽光発電設備の設置を義務付け、新築住宅において屋上太陽光発電設備の普及を促進する予定である。

また、水素の開発に必要なインフラを構築するために、入札におけるグリーン水素の割当などの支援プログラムを設立する予定である。

新政府はまた、原子力発電と石炭を段階的に廃止するために再生可能エネルギーの開発速度が不十分であると考えているため、化石ガスを繋ぎとして使用し、石炭と亜炭発電所に一時的に置き換える新たな火力発電所を建設すると発表した。これらの火力発電所は、気候中立のガスを使用できるという。

ドイツ：Deutsche BahnとLhyfe社はグリーン水素の調達に関する契約を締結

ドイツの国営鉄道事業者であるDeutsche Bahnは、2040年までの気候中立の目標を進めるために、フランスの生産者であるLhyfe社と、2024年以降の30tのグリーン水素の調達に関する契約を締結した。

この契約の一環として、Lhyfe社はドイツ南西部のTuebingen市にて電解槽を設置し、Deutsche Bahnに向けてカーボンニュートラルの燃料を生産する予定である。

Lhyfe社との長期供給契約に加え、Deutsche BahnはSiemens Mobility社とともに、H2goesRailというプロジェクトの開発に取り組んでいる。同プロジェクトは、ディーゼル車をカーボンニュートラルの列車に置き換えることを目指し、補給ステーション、列車や維持インフラからなるグリーン水素のシステムを開発する予定である。2024年初頭には、水素列車の試験運転がTuebingen、HorbとPforzheim間のルートで行われる予定である。

Deutsche Bahnはまた2021年夏、15分以内に水素列車に燃料を補給できる最初の水素補給ステーションの試験運転を開始した。この補給ステーションは、ドイツの天然ガス貯蔵システムの製造事業者Wystrach社と熱力学開発者Wenger Engineering社により開発されている。

オランダ：4.1GWの太陽光発電プロジェクトがSDE++プログラムに応札

大規模な再生可能エネルギーのプロジェクトの開発を対象としたオランダの SDE++ (Stimulerend Duurzame Energieproductie) というプログラムは、同国の太陽光発電設備の開発に拍車をかけている。

合計容量が 4,161MW である太陽光発電プロジェクトが 2021 年の SDE++プログラムの第 1 ラウンドに提出されたとオランダ経済気候政策省は発表した。そのうち、商業用と産業用の太陽光発電システムが 2,224MW と、地上設置型太陽光発電システムが 1,908MW を占めるという。

オランダ政府の金融とサポートネットワークである Rijkdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) は、このプログラムを担当している。提案には、合計容量が 5.17GW である持続可能な暖房と CO₂ 回収・貯留のプロジェクトが含まれている。全てのプロジェクトを開発するためには、120 億ユーロの投資が必要であると推定されている。

2020 年の第 2 ラウンドでは、合計容量が 3,535MW である 3,426 の太陽光発電プロジェクトが落札された。SDE++プログラムの他のラウンドでは、合計容量が 3,340MW である 6,882 の太陽光発電プロジェクトが落札された。

オランダの電力・ガス団体 Netbeheer Nederland の最新報告によると、オランダは 2050 年までに 125GW までの太陽光発電設備容量を開発できると推定されている。オランダの 2020 年 12 月末の太陽光発電設備容量は 10GW である。

ルクセンブルク：ルクセンブルク初の浮体式太陽光発電所を運転開始

ドイツの再生可能エネルギー企業 Enovos 社とルクセンブルクの鉄鋼製造者 ArcelorMittal 社は、ルクセンブルク初の浮体式太陽光発電所の運転開始を発表した。

25,000 台の太陽光発電モジュールから構成されている太陽光発電施設は、ArcelorMittal Differdange 社が所有している 5.7ha に及ぶ製鉄所の旧冷却池に設置されている。

この太陽光発電プロジェクトは 2019 年にルクセンブルク政府によって行われた入札から補助金を調達しており、電力グリッドに電力を販売している。このプロジェクトに関する建設作業は 2021 年 3 月に開始した。

国際再生可能エネルギー機関 (IRENA) のデータによると、ルクセンブルクの 2020 年末の太陽光発電設備容量は 195MW である。現在、ルクセンブルクは固定価格買取制度を通じて太陽光発電システムの開発を後押ししている。

イタリア：2030年までに再生可能エネルギー容量を154GWに増加

イタリアのエネルギー大手 Enel 社は、2022 年～2024 年の戦略計画を公表し、2030 年までに再生可能エネルギー容量を 154GW に増加することを目指している。

この再生可能エネルギー開発の目標を達成するために、Enel Group 社からの 1,700 億ユーロの直接投資を含む 2,100 億ユーロを投資する予定である。直接投資には、84GW の再生可能エネルギー容量を設置するための 70 億ユーロの投資が含まれている。Enel 社は、イタリア、スペインおよびルーマニアなどの EU 加盟国に加え、米国、ブラジル、チリ、コロンビアおよびペルーの市場にも取り組んでいる。

Enel 社は、消費の電化を促進することで 2030 年までに電力販売を約 30%増加することを目指している。さらに、公共の E モビリティや Behind-the-Meter (BTM) 貯蔵などのサービスの開発にも取り組む予定である。電化と再生可能エネルギーの組み合わせにより、エネルギー消費量を最大 40%削減できると期待されている。

Enel 社はまた、直接排出量と間接排出量に関する 2050 年の排出量ゼロの目標を 2040 年に前倒しすることを決定した。2040 年までに、全ての電力販売を再生可能エネルギーによるものにすることを目指している。

2022 年～2024 年の期間において、Enel 社は 450 億ユーロを直接投資する予定である。そのうち、約 190 億ユーロが再生可能エネルギーの開発に使用されており、同社の再生可能エネルギー設備容量を 2021 年末までに 54GW から 77GW に増加すると推定されている。

スペイン：ワイン産地で360MWの太陽光発電プロジェクトを開発

スペインの再生可能エネルギー開発者である Aresol 社は、スペイン北部のワイン産地である La Rioja 地域にて、合計容量が約 360MW である 9 つの太陽光発電所プロジェクトを開発すると発表した。

同社は、Cidamon、Banares および Hervias 地方自治体で太陽光発電所を建設するために、2 億 7,000 万ユーロの投資を行う計画である。

これらのプロジェクトの規模は、10.56MWp～50MWp に及び、最大プロジェクトは Casafuerte I and II と呼ばれる太陽光発電所である。建設作業は 2022 年末に開始する予定であり、2024 年には運転を開始する予定である。

このイニシアティブにはまた、太陽光発電設備に関する訓練、太陽光発電と養蜂、および営農型太陽光発電を含むサイドプロジェクトが含まれている。

La Rioja は、スペインで再生可能エネルギーの設備容量が最も少ない地域の一つである。スペインのグリッド事業者 Red Electrica de Espana 社のデータによると、同地域の 2020 年末の再生可能エネルギー容量は 603MW である。そのうち、太陽光発電が 99MW、風力発電が 448MW、水力発電が 52MW、および他の再生可能エネルギー源が 4MW を占める。

スペイン：2022年～2024年に再生可能エネルギーの開発に31億ユーロを投資

スペインの電力企業 Endesa 社は、2022 年～2024 年の戦略計画の下で、12.3GW の再生可能エネルギー設備を設置するために、31 億ユーロの投資を行うと発表した。

同社は、2024 年末までに 4GW の新たな再生可能エネルギー容量を設置する予定であり、そのうち、太陽光発電プロジェクトが 90% を占める。

残りの投資は、配電ネットワークのデジタル化、電力小売、および EV 向けの充電器の設置などのプロジェクトに使用される予定である。

この再生可能エネルギーへの投資により、同社の収益（EBITDA：金利、税金、償却前利益）は 2021 年の 40 億ユーロから 2024 年には 47 億ユーロに増加すると推定されている。また、経常利益は 2024 年には 18% で 22 億ユーロに上昇すると予測されている。

現在、Endesa 社のイベリア半島における電力発電の 54% は再生可能エネルギー源に基づくものである。同社は、再生可能エネルギーへの投資とポルトガルとスペインでの火力発電所の閉鎖により、この数値を 63% に増加することを目指している。

Endesa 社はまた、直接排出量と間接排出量に関する 2050 年の排出量ゼロの目標を 2040 年に前倒しすることを決定した。

ポルトガル：262MWの浮体式太陽光発電に関する入札を開始

ポルトガルは、太陽光発電に関する入札の開始により、全国の 7 つのダムにて 262MW の浮体式太陽光発電を開発する予定である。

そのうち、Algarve 地域南部の Alqueva ダムで 100MW と、同国中部の Castelo de Bode ダムで 50MW の浮体式太陽光発電プロジェクトを開発する予定である。両プロジェクトは 2023 年までに運転を開始する予定である。

ポルトガルでの以前の浮体式太陽光発電プロジェクトとして、ポルトガルのエネルギー大手 EDP 社は Alto Rabagão ダムで 220kWp のパイロットプロジェクトを開発した。今回の入札では、同ダムにてさらなる 42MW の浮体式太陽光発電所を建設する計画である。EDP 社はまた、Alqueva ダムでさらなる 4MW の浮体式太陽光発電所を建設し、2021 年末に運転を開始する予定である。

2021 年 11 月に 628MW の石炭火力発電所を閉鎖したことで、ポルトガルは EU において石炭火力廃止を実現した 4 番目の国となった。

ポルトガルは 2030 年までに 9GW の太陽光発電設備容量を設置する目標を掲げている。Galp 社と Lightsource bp 社は、合計容量が 1.35GW である太陽光発電プロジェクトの開発を後押しするために、9 億ユーロを投資すると発表した。

ギリシャ：欧州委員会はギリシャの 22 億 7,000 万ユーロのインセンティブプログラムを承認

欧州委員会は、再生可能エネルギー設備容量の開発を促進するというギリシャ政府の 3 年間の 22 億 7,000 万ユーロのインセンティブプログラムを承認した。同国の差金決済取引（Cfd）のシステムが EU の国家援助規則に違反しないと発表した。

このインセンティブプログラムの下で、太陽光発電と風力発電の共同入札が開催され、最低の行使価格を提示した開発者が発電施設の許可を落札する。クリーン電力が小売市場で販売されるために、開発者は、行使価格が卸売電力価格より高い場合、ギャップを埋めるためのプレミアム価格を受ける。また、行使価格が卸売電力価格より低い場合、開発者は差額を国に返金する。Cfd は最大 20 年間提供される予定である。

この 2025 年までのプログラムにより、ギリシャ政府は 4.2GW の再生可能エネルギー設備容量を設置することを期待している。

陸上風力発電と太陽光発電プロジェクトの開発者は、行使価格を設定することにおいて競争するが、バイオガス、バイオマス、埋立地ガス、水力発電、集光型太陽光発電および地熱技術に関するプロジェクトは、国によって定められた使用される技術と推定コストに基づく価格を採用する。

デンマーク：CIP 社は Power-to-X プラントを建設

デンマークの投資企業である Copenhagen Infrastructure Partners 社（CIP）は、廃棄物企業 Reno-Nord 社と電力企業 Aalborg Forsyning 社とともに、デンマークの Aalborg 市にて Power-to-X プラントを建設する計画を公表した。

このプラントは、廃棄物の焼却から回収された CO₂ と再生可能エネルギーベースのグリーン水素により、グリーンメタノールを生産する予定である、300MW~400MW の電解槽プロジェクトは 2028 年に完成すると予測されている。

同施設は、年間 18 万 t の廃棄物ベースの CO₂ をリサイクルし、13 万 t のグリーンメタノールを生産すると推定されている。これは、船舶やトラック、化学およびプラスチック産業などの分野の脱炭素化に役立つと期待されている。

このプラントは、Aalborg Forsyning 社が所有しているコージェネレーションプラントのサイトで建設される予定である。グリーン燃料に加え、同プラントは余剰熱を生み出し、Aalborg Forsyning 社の地域暖房ネットワークに利用される予定である。

フィンランド：OX2 社は 445.5MW の大規模な風力発電所を補助金なしで建設

スウェーデンの再生可能エネルギー開発者である OX2 社は、フィンランドの Lestijarvi 地方自治体にて 445.5MW の大規模な風力発電所を補助金なしで建設するプロジェクトを発表した。

OX2 社はこのプロジェクトに関する権利を 2021 年 2 月に取得し、同年 11 月に建設作業を開始した。2025 年初頭までに運転を開始する予定である。Lestijarvi 地方自治体での風力発電所は、それぞれ 6.6MW の 69 台のタービンから構成されており、年間 1.3TWh 以上の電力を生産すると推定されている。

プロジェクトは完成後、フィンランドのエネルギー企業 Kymmivoima 社がこの風力発電所の株式の 65%、Oulun Energia 社が 25%、および Kuopion Energia 社が 10%を取得する予定である。

この風力発電所には、約 6 億 5,000 万ユーロの投資が必要であり、技術的と商業的管理に関する 15 年間の契約が含まれている。OX2 社はまた、変電所や 58km に及ぶ 400kV の送電線などの風力発電所と接続するグリッドインフラを開発する予定である。このインフラの開発について、同社はフィンランドの通信企業 Eltel Finland 社と 2,200 万ユーロの契約を締結した。

OX2 社は 2021 年に 716MW の風力発電プロジェクトに関する建設作業を開始しており、現在 1,356MW の風力発電設備容量を設置している最中である。

フィンランド：貨物船からの下水をバイオガスに

フィンランドでは、貨物船から排出される下水からバイオガスを生産するという新たなプロジェクトが開発されている。バルト海の生物多様性の保護に取り組んでいる Baltic Sea Action Group (BSAG) はフィンランドのガス企業 Gasum 社などの企業と協力し、Ship/t Waste Action と呼ばれるプロジェクトを共同で開発している。このイニチアチブは、下水をバイオガスに変換し、大型輸送部門で燃料として使用することを目指している。

Ship/t Waste Action のプロジェクトは、様々な関係者間の廃棄物のバリューチェーンを設立している。同プロジェクトは最初に、フィンランド最大の港である HaminaKotka に実施されている。

地元の下水処理企業 Kymen Vesi 社は、HaminaKotka 港で貨物船から排出される下水を処理する。このプロセスで生産された下水汚泥は、Gasum 社のバイオガスプラントで再生可能エネルギーに変換される。

バルト海では、約 2,000 台の船が運航し、そのうち貨物船が 95% を占める。現在、家庭雑排水、下水および食品廃棄物を海に排出することが合法化されている。2021 年以降、国際海事機構 (International Maritime Organisation) の規制により、バルト海で旅客船からの未処理の下水の排出が禁止されている。しかし、貨物船において同様の規制はない。

ポーランド：ポーランド最大規模の太陽光発電所を運転開始

ポーランドの電力企業である Zespół Elektrowni Pątnów-Adamów-Konin 社 (ZE PAK) は、ポーランド中部の Turek 市近郊の Adamów 褐炭鉱山地帯にて 70MW の同国最大規模の太陽光発電プロジェクトを完了させたと発表した。

この太陽光発電発電所は、それぞれ 455W の 155,554 台の太陽光発電モジュールから構成されている。また、同サイトには 306 台のインバーター、900km に及ぶケーブルと光ファイバー、および 31 台の変電所が設置されていると ZE PAK 社は述べた。

ZE PAK 社は 2030 年までに太陽光発電発電、風力発電およびバイオマスを含む再生可能エネルギー源のみで電力を生産する目標を掲げている。2018 年 11 月に発表された大規模な太陽光発電所プロジェクトには、約 1 億 6,380 万 PLN (約 4,040 万ドルに相当) が投資された。ポーランドの企業 Esoleo 社と Przedsiębiorstwo Remontowe 社は同プロジェクトの建設作業を担当した。

ZE PAK 社はまた、ポーランドの電気通信グループ Polsat 社とこの太陽光発電プロジェクトに関する 15 年間の電力購入契約 (PPA) を締結した。

この新たな太陽光発電所は、2018 年 1 月に閉鎖された Adamów 鉱山地帯での 5 ユニットからなる 600MW の石炭火力発電所に置き換えると ZE PAK 社は発表した。

ルーマニア：Core Value Capital 社はルーマニアでの太陽光発電プロジェクトに投資

オーストリアの投資企業 Core Value Capital 社は、今後 7 年間にわたって、ルーマニアの太陽光発電所に 8 億ユーロを投資する計画を公表した。これにより、合計 1GW の太陽光発電設備容量を設置することを目指している。

Core Value Capital 社は既に、同国の Giurgiu 市で 2012 年～2014 年に開発された 50MW の太陽光発電所を所有している。

ルーマニアの国家エネルギー規則当局のデータによると、現在ルーマニアには合計 3GW の風力発電設備容量と、1.4GW の太陽光発電設備容量が設置されている。EU 加盟国として、ルーマニアは 2050 年までにカーボンニュートラルになる目標を掲げている。

2050 年までのカーボンニュートラル目標の一環として、ルーマニアは 2030 年までに 6.9GW の再生可能エネルギー設備容量 (そのうち、太陽光発電が 3.7GW) を設置し、エネルギーミックスにおける再生可能エネルギーの割合を 30.7% に増加することを目指している。

ポーランドの太陽光発電開発者である R.Power 社やデンマークの電力企業 Danish European Energy も 2021 年 9 月にルーマニアの再生可能エネルギー市場に参入すると発表した。R.Power 社はルーマニアで 100MWp の太陽光発電プロジェクトを開発している。また、Danish European Energy 社はルーマニア市場での役割を強化するために、同国に子会社を設立した。

●米国環境産業動向

○Closed Loop Partners、堆肥化エコシステムを確立するコンソーシアムを発足

リサイクル投資企業の米 Closed Loop Partners 社 (CLP) は 11 月 9 日、ペプシコ社、NextGen コンソーシアムと共に、「コンポストイング・コンソーシアム」を発足したと発表した。米国のコンポストイング(堆肥化)・エコシステムにおいて、堆肥化可能な食品パッケージの回収率を高め、環型経済を目指すための方法を模索することが目的だという。

化石燃料を使用する従来の使い捨てプラスチックパッケージに取って代わるパッケージへの需要は高まる一方で、堆肥化可能なパッケージの市場は 2020 年から 2021 年の間に年率 17% で成長すると予測されている。堆肥化可能なパッケージは、食品パッケージやパッケージ内の食品残渣を堆肥化インフラに転用することできる上、これらが埋め立てられる際に排出される温室効果ガスを軽減することも可能であり、環境、経済、社会面でのさまざまなメリットが期待できるといふ。

○エネルギー省、インフラ法案によるクリーンエネルギー技術の開発・利用促進を発表

米エネルギー省 (DOE) は 11 月 5 日、9 日に超党派インフラ法案が下院で可決されたことを受け、クリーンエネルギー技術の開発・利用促進に向けて予算が今後 5 年間で 620 億ドル (約 7 兆 231 億円) 増額されたと発表した。同法による新規予算は総額 5,500 億ドル (約 62 兆 3,000 億円)、すでに予算化されている額と合わせ 1 兆ドル (約 113 兆 276 億円) 超の規模となる。インフラ関連の投資対象となる主な項目は次のとおり。

- 重要鉱物の生産・調達・リサイクルを含む電池のサプライチェーンへ 70 億ドル
- クリーン水素の生産およびリサイクルの研究開発促進へ 15 億ドル
- 石炭の先進技術支援へ 7 億 5,000 万ドル
- 米環境保護庁によるディーゼルエンジンのスクールバスの EV バスへの置き換えへ 50 億ドル、再生可能エネルギーの提供による学校のクリーン化へ 5 億ドル
- エネルギーの効率化及び省エネを目指す Energy Efficiency and Conservation Block Grant (EECBG) プログラムへ 5.5 億ドル
- 電力網の整備・普及事業への助成金へ 110 億ドル
- 既設のゼロ・カーボンの原子力発電所の長期利用を目指すプログラムへ 60 億ドル
- 既設の水力発電所の効率改善・ダム安全性向上・環境への影響の軽減などへ 7 億ドル
- 研究・開発・実証の促進へ総額 215 億ドル (クリーン水素分野に 80 億ドル、炭素回収・直接空気回収・排出削減分野に 100 億ドル、先進原子炉分野に 25 億ドルなど)

○小売業界のネット・ゼロキャンペーンに Best Buy、Walmart などが参加

世界最大の家電量販店である米 Best Buy 社は 11 月 10 日、小売業界における気候変動対策を推進するための「Breakthroughs 2030: Retail」キャンペーンに参加、創設メンバーとなったことを発表した。

同キャンペーンは 7 月に発表された気候変動枠組条約 (UNFCCC) の「Race to Zero」イニシアティブの一環で、小売業界における気候変動対策を推進する企業・都市・地域・投資家のリーダーシップを結集することで、2050 年までに炭素排出量をネット・ゼロにし、温暖化抑制に向けた二酸化炭素削減計画の策定を促すことを目的としている。キャンペーンの設立メンバーには、

H&M グループ、Ingka グループ (IKEA)、Kingfisher、Walmart などが含まれている。Race to Zero に参加する小売企業は、科学的根拠に基づく気候目標を設定し、2030 年までに温室効果ガスの排出量を半減させ、2050 年までに排出量を完全にゼロにすることを目指すという。

○米日中など 5 カ国、石油価格抑制を目指し備蓄放出へ

バイデン大統領は 11 月 23 日、日本・中国・インド・韓国・英国の 5 カ国と協調し、石油価格の抑制に向け、戦略石油備蓄を放出すると発表した。米国が中国などの主要消費国と協調して備蓄を放出するのは今回が初めて。米政権をはじめとする消費国はこれまで、石油輸出国機構 (OPEC) と非 OPEC 主要産油国で構成される「OPEC プラス」に対し、十分な原油供給量を維持するため追加増産を再三求めていたが、見送られていた。

原油価格は最近、7 年ぶりの水準に急騰。新型コロナウイルス対策である行動規制の緩和に伴い、ガソリン小売価格は 2020 年以降 60% 余り上昇している。今回の計画では、米国は国内消費量の約 2 日半分に相当する 5,000 万バレルを放出し、12 月中旬から下旬にかけて市場に供給する予定。インドは備蓄から 500 万バレル放出し、英国は民間備蓄から 150 万バレルを任意に放出することを認めると表明した。日本も 24 日、数百万キロリッターの放出を予定していると発表した。韓国は放出量や時期については、米国や他の同盟国との協議後に決定するとした。中国の放出量および時期は明らかになっていない。

バイデン大統領は「遠くない将来に給油所のガソリン価格は下がる」とし、「長期的に米国はクリーンエネルギーにシフトし、石油への依存度を低下させる」と強調した。

○LM Wind Power、廃棄物ゼロの風力発電ブレード製造へ

米 General Electric (GE) 社の再生可能エネルギー事業である LM Wind Power 社は 11 月 23 日、2030 年までに廃棄物ゼロの風力発電ブレードを製造すると発表した。LM Wind Power は、生産時の廃棄物の発生が少ない完全循環型の風力タービンを開発する顧客を支援する上で中心的な役割を果たしており、余剰の製造材料やパッケージを埋立地や焼却地に送らないことで、廃棄物ゼロの達成を目指す。

風力発電業界では、風力発電ブレードメーカーが購入する材料の約 20~25% が最終製品にならず、ブレード製造時の廃棄物量は、今後 10 年間で廃止されるブレードの量よりも多くなることが予想されている。LM Wind Power 社においても、業務上の二酸化炭素排出量の約 3 分の 1 が廃棄物処理によるものであるため、廃棄物を削減することで、二酸化炭素排出量の大幅な削減も達成できるという。

○バイデン政権、石油・ガス開発会社への連邦所有地リース制度の変更を提案

バイデン政権は 11 月 26 日、連邦政府所有の石油・ガス鉱区リース制度について、開発会社に課される手数料の引き上げや野生生物・文化資源保護区へのアクセス制限など、一連の変更を提案した。

同政権は今年、気候変動対策の公約実現に向けて鉱区リース制度の見直しに着手。米内務省はエネルギー自給率の向上や資金調達を目的に、定期的に石油・ガス開発会社向けにリース権の入札を行ってきたが、新たな報告書において、現行法では連邦所有地での石油・ガス生産のロイヤリティ料率は下限が 12.5% だが、この割合は過去約 100 年間変更されていないことから、現行制度が「国民の利益に合致していない」と指摘。開発会社に課すロイヤリティ料や保証料などの手数料の引き上げなどの新たな制度が必要とした。また、「リクリエーションや野生動物の生息地、自然保護、歴史的・文化的資源」と相反するリースを回避するための新たなルールも提案した。

米石油協会（API）は鉱区リース制度の見直しについて、ガソリンの小売価格が高騰している現在、エネルギー生産会社のコスト負担を増やすものと反発している。

○J&J、再生可能エネルギー電力 100%に向け新たな PPA を締結

製薬・医療機器・ヘルスケア関連製品大手の米 Johnson & Johnson（J&J）社は 11 月 30 日、2023 年までに米国、カナダ、欧州における同社の事業活動に必要な電力を再生可能エネルギーで賄うために、新たな電力購入契約（PPA）を締結したことを発表した。

今回の契約は、2025 年までに再生可能エネルギーによる電力供給を 100%実現し、2030 年までに全世界の事業活動においてカーボンニュートラルを達成するという目標に向けたもの。デンマークの電力会社 Ørsted 社と協力し、テキサス州南部に現在建設中の太陽電池アレイより年間 55 メガワットの再生可能電力を使用する計画である。2020 年末時点で、J&J の全世界の電力の 54%が再生可能エネルギーで賄われているという。また J&J と Ørsted は、アイルランド Kilgarvan 風力発電所と Booltiagh 風力発電所から風力発電による電力を調達する 8 年間の PPA を発表。この契約により、J&J はアイルランド国内の 4 つの製造拠点の電力を 100%再生可能エネルギーで賄うことができるようになるという。J&J は今年初め、2023 年までにヨーロッパの全事業所で 100%相当の再生可能エネルギー電力を供給することを目的とした一連の PPA を発表しており、今回の契約はその一環とみられる。

○北米 3 カ国首脳が 5 年ぶりに会談、気候変動対策についても協議

バイデン大統領は 11 月 18 日、カナダのトルドー首相、メキシコのロペスオブラドル大統領を迎え、5 年ぶりとなる 3 カ国首脳会談を開催した。会談は、米、カナダ、メキシコが結ぶ通商協定「米国・メキシコ・カナダ協定（USMCA）」に基づき、3 カ国の共通点を見いだすことが目的。USMCA の通商規模は年間 1 兆 5,000 億ドルとされている。

3 首脳は温室効果ガスであるメタンガスの削減の取り組みで合意するなど、気候変動対策などで連携を強化。一方、バイデン米大統領の推進する米国製の電気自動車（EV）の優遇策に対し、カナダとメキシコは、EV 購入に対する税控除で米製造業が有利になると懸念しており、トルドー首相はこの優遇策は USMCA 違反だと主張。バイデン大統領に見直しを申し入れ、米国は「話し合う」と応じた。10 月下旬には、メキシコは欧州連合（EU）、ドイツ、カナダ、日本、フランス、韓国、イタリアなどととも、EV 税額控除案は国際貿易ルールに反しているとする書簡を米議会に送付している。

○Amazon、グローバル再生可能エネルギー新規プロジェクトを 18 件発表

米 Amazon は 12 月 1 日、米国、フィンランド、ドイツ、イタリア、スペイン、英国において、18 件の風力・太陽光発電事業の開始を発表した。今回の発表により、今年初頭に発表されたプロジェクトとあわせて、同社の再生可能エネルギーの生産能力は 560 万 kW が追加。全世界では 274 件のプロジェクトを発表しており、Amazon の生産能力の合計は 1,200 万 kW 以上と、世界最大の再生可能エネルギーの買い手となる。これらのプロジェクトは、2040 年までにゼロエミッションを達成し、2030 年の目標を 5 年前倒しして 2025 年までに企業活動の 100%を再生可能エネルギーで賄うという、Amazon のサステナビリティ目標の一環とされている。

今回の新規プロジェクトでは、米国の 300 万件以上の家庭の年間電力使用量にあたる 12GW 以上の再生可能エネルギーの生産を行い、Amazon のオフィス、フルフィルメントセンター、ウェブサービスのデータセンターにエネルギー供給を計画。同社はまた、274 件のプロジェクトがすべて運用されれば、年間約 1,370 万トンの二酸化炭素排出を回避されると推定しているが、これは米国の自動車約 300 万台の年間排出量に相当するという。

○United Airlines、100%持続可能な航空燃料による旅客便の運航に成功

米 United Airlines は 12 月 1 日、100%持続可能な航空燃料（Sustainable Aviation Fuel、以下 SAF）を使用した初の旅客便の運航を完了したことを発表した。このフライトは、シカゴのオヘア国際空港からワシントン D.C.のレーガン・ナショナル空港まで、ボーイング 737 MAX8 で行われ、右エンジンに 100%SAF を、左エンジンに従来のジェット燃料を使用。この SAF エンジンを使用した場合、従来のジェット燃料を使用したフライトと比較して、CO2 排出量を約 75%削減することができるという。

航空輸送は、世界の温室効果ガスの排出量の 2%を占めると言われており、気候変動の大きな要因の一つ。SAF は一般的に、化石燃料ではなく、廃油や農業残渣などの持続可能な資源、あるいは空気中から回収した炭素を原料として製造され、従来のジェット燃料に比べ炭素排出量が大幅に少ないため、航空業界が気候変動の影響に対処するための重要な手段と考えられている。United Airlines は、2050 年までに温室効果ガスの排出量を完全に削減するという計画を発表しており、今回のフライトはその計画の一環とみられる。同社はほかにも、超音速旅客機の開発を行う Boom Supersonic 社へのネット・ゼロ・カーボン航空機 15 機の発注や、ゼロ・カーボンの電動垂直離着陸機（eVTOL）の開発を目的とした航空会社 Vertical Aerospace 社への投資などを行っている。また United Airlines は、今年 4 月、企業の顧客が SAF の追加費用を支払うことで、オフセットの購入以上に旅行による環境負荷を軽減する機会を提供することを目的としたプログラムである Eco-Skies Alliance を立ち上げているが、今回 Microsoft 社、Salesforce 社、Visa、郵船ロジスティクス社などがこのプログラムに新たに参加することを発表。プログラムの加盟社数は約 30 社に拡大した。

○トヨタ、米国初のバッテリー工場をノースカロライナに建設

トヨタ自動車の北米事業体である Toyota Motor North America, Inc.（以下 TMNA）は 12 月 6 日、約 12 億 9000 万ドル（約 1430 億円）を投資し、ノースカロライナ州のグリーンズボロ・ランドルフ・メガサイト（Greensboro-Randolph Megasite）に米国初の車載用バッテリー工場を建設すると発表した。同工場の名称は Toyota Battery Manufacturing, North Carolina（以下 TBMNC）で、生産開始は 2025 年を計画している。この工場は TMNA と豊田通商の合併によるもので、米国において 2030 年までに BEV（バッテリー電気自動車）用を含めた車載用バッテリーの現地生産に向け約 3,800 億円（約 34 億ドル）を投資するという計画の一部。稼働開始時には 4 本の生産ラインが設置され、各ラインが電気自動車やハイブリッド車約 20 万台分のバッテリーを生産できるようになるが、将来的には年間 120 万台分のバッテリー生産を目指す。新工場では約 1750 人の新規雇用を創出し、バッテリーの生産には 100%再生可能エネルギーを使用するという。

トヨタは 11 月 11 日にも、ウエストバージニア州のハイブリッド車向けトランスアクスル（トランスミッションとデフを一体化した動力伝達機構）製造ラインに 2 億 4000 万ドル（約 273 億 3,000 万円）を投資すると発表している。バイデン政権が提案した 1 兆 7,500 億ドル（約 200 兆円）規模の気候変動・社会保障関連歳出法案には、米国製の電気自動車に対する最大 12,500 ドル（約 140 万円）の税額控除が含まれているが、トヨタなどの外資系自動車メーカーや Tesla 社など、米国内で製造は行っているものの工場に従業員を代表する労働組合は持っていない企業にはこの提案は適用されない。トヨタは労働組合のある米国内の工場で組み立てられた電気自動車（EV）に適用される 4,500 ドルの税優遇に反対しており、その中での新たな投資となる。

●最近の米国経済について

○10月の米小売売上高、前月比1.7%増で3カ月連続増加、インフレ懸念が高まる

米国商務省の速報（11月16日付）によると、2021年10月の小売売上高（季節調整値）は前月比1.7%増の6,382億ドルと、3カ月連続の増加になった。ブルームバーグがまとめた市場予想の1.4%増を上回った。なお、9月の売上高は0.7%増（速報値）から0.8%増に上方修正された。

業種別にみると、無店舗小売りが前月比4.0%増の917億ドルで、寄与度0.56ポイントと全体を最も押し上げた。次いで、自動車・同部品が1.8%増の1,266億ドル（寄与度：0.35ポイント）、ガソリンスタンドが3.9%増の540億ドル（0.33ポイント）で増加に寄与した。一方、衣料、ヘルスケアはそれぞれ0.7%減（261億ドル）、0.6%減（321億ドル）と減少した。

全米小売業協会（NRF）のマシュー・シェイ会長兼最高経営責任者（CEO）は「10月の小売売上高は、ホリデーシーズンに向けた消費者の経済力と支出意欲の持続を反映している」と述べた。また、サプライチェーン問題や労働力不足、インフレの高まりなど、さまざまな課題はあるにもかかわらず、「消費者がホリデーシーズンの買い物を先取りしている」とし、個人消費は依然として力強いとの見方を示した（NRFプレスリリース11月16日）。

また、民間調査会社コンファレンスボードが10月26日に発表した10月の消費者信頼感指数は113.8と、9月（109.8）より4.0ポイント上昇し、4カ月ぶりの上昇となった。内訳をみると、現況指数は147.4（9月：144.3）で3.1ポイント上昇し、6カ月先の景況見通しを示す期待指数も91.3（86.7）で4.6ポイント上昇した。

一方、米国労働省の発表によると、10月の消費者物価指数の前年同月比の上昇率は6.2%と、約30年ぶりの高水準に達した。米国ミシガン大学が11月12日に発表した11月の消費者信頼感指数（速報値）では66.8と、2011年以来、約10年ぶりの低水準になったが、同大学によると、先行きについて消費者は依然として高いインフレ率を予想している。1年後のインフレ期待は4.9%まで上昇するとしており、今後の消費の重しになると予想する。ミシガン大学の消費者調査部門のチーフエコノミスト、リチャード・カーティン氏は「インフレの高進による打撃を軽減する効果的な政策がまだ実施されていないという認識が消費者の間で広がっている」とし、「住宅や自動車、耐久財の価格上昇は、過去半世紀以上の間で最も頻繁に報告されている」と指摘した（「CNBC」11月12日）。

○米年末商戦、最初の5日間の買い物客数は前年を下回るも、平年並み

全米小売業協会（NRF）は11月30日、米国の年末商戦の始まりとされる、感謝祭（11月25日）から翌週月曜日（11月29日）までの5日間の買い物客数を発表した。実店舗とオンラインを合わせた買い物客数は1億7,980万人となり、2020年の1億8,640万人から減少したものの、直近4年間の水準（1億7,910万人）とほぼ同水準だった。

2021年は、新型コロナウイルス感染対策の入店規制などもあった前年に対し、ワクチンの普及により、実店舗への客足が増えた。感謝祭から5日間の実店舗への来客数は1億490万人に上り、2020年の9,230万人を上回ったものの、2019年比では15%減と、新型コロナウイルス感染拡大以前の水準（1億2,400万人）には及ばなかった。5日間のうち、来客数が最も多かった日は感謝祭翌日の「ブラックフライデー」で、1日の買い物客数は6,650万人に達した。また、ブラックフライデー翌日の土曜日は5,100万人となった。新型コロナウイルス感染への懸念は依然として高いものの、それに伴うサプライチェーンの混乱による配送遅延を回避するために消費者は店舗

を訪れたとみられる。

一方、オンラインでの購入者数は前年同期比 12%減となる 1 億 2,780 万人だった。米国アドビ・アナリティクスによると、ブラックフライデーのオンライン売上高は前年比 1.3%減の 89 億ドル、オンライン販売のセール日とされる「サイバーマンデー」は 1.4%減の 107 億ドルといずれも前年より減少した。同社の首席アナリスト、ビベク・パンディヤ氏は「ブラックフライデーでは、過去数年の成長トレンドが初めて反転した」と述べ、「消費者は最高の買い物をするため、年末商戦期間の早い段階に商品を購入し、買い物のタイミングを柔軟に変えるなど、戦略的にプレゼントを購入している」と指摘した（「CNET」11月27日）。

○サムスン電子、米テキサス州オースティン近郊に半導体工場新設

韓国のサムスン電子は 11 月 23 日、米国テキサス州オースティン近郊のテイラー市に最先端の半導体工場を新設すると発表した。建物、土地、工場設備などを含めた総投資額は 170 億ドルの見込みで、同社にとり米国最大の投資案件となる。

同社は 2022 年前半に着工し、2024 年後半の製造開始を目指すとしている。2,000 人以上のハイテク人材の雇用、数千人規模の間接雇用、工場建設で 6,500 人以上の雇用を見込む。敷地は 500 万平方メートル（東京ドーム約 107 個分）以上。新工場ではモバイル、第 5 世代移動通信システム（5G）、高性能計算（HPC）、人工知能（AI）向けの先端処理技術を備えた半導体製品を製造する。

サムスン電子は 5 月に米国での新工場建設を発表後、複数の建設候補地を検討してきた。新工場から南西約 25 キロのオースティン市内には、1996 年開設の同社半導体工場が既にあり、近接する両工場でインフラや資源を共有できる点が大きな決め手となったという。また、半導体産業の集積やインフラの充実度、地元政府の支援なども理由として挙げている。他の候補地としてはニューヨーク州やアリゾナ州と報じられていた。

テキサス州政府によると、今回の投資額は同州での外国直接投資額として史上最大となり、同州でのサムスン電子の累計投資額は 350 億ドル以上に上るといふ。同州政府はサムスン電子に対し、同州が他州と進出先として競合する場合に活用できるテキサス・エンタープライズ・ファンドから 2,700 万ドルの助成金を交付している。サムスン電子は地元支援の一環で、テイラー学区の生徒向けの教育訓練支援施設サムスン・スキルズ・センターを設置するための資金援助を予定している。テキサス州のグレッグ・アボット知事（共和党）は今回の発表を受け、「サムスンのような企業がテキサス州に投資を続ける理由は、テキサス州には世界に冠たるビジネス環境と、優れた労働力があるからだ」と述べている。

○米 11 月の非農業部門雇用者数は 21 万人増の低水準、失業率は 4.2%に低下

米国労働省が 12 月 3 日に発表した 11 月の非農業部門の雇用者数は前月から 21 万人増で、市場予想（57 万 3,000 人増）を大きく下回った。一方、失業率は、失業者数が前月から 54 万 2,000 人減少したことに加え、就業者数が 113 万 6,000 人増加したことにより、4.2%と、前月（4.6%）より改善した（市場予想は 4.5%）。なお、10 月の非農業部門の雇用者数は 53 万 1,000 人増から 54 万 6,000 人へと上方改定された。

失業者のうち、一時解雇を理由とする失業者数は前月（105 万 6,000 人）より 25 万 5,000 人減少して 80 万 1,000 人、恒常的な失業者数も前月（212 万 6,000 人）より 20 万 5,000 人減少して 192 万 1,000 人となった。

労働参加率は前月から 0.2 ポイント上昇して 61.8%だった。失業給付金打ち切りなどにより職探しを再開する人の増加が期待される中、11 月の労働力人口は前月から 59 万 4,000 人増加の増

加となった。

平均時給は 31.03 ドル（10 月：30.95 ドル）と、前月比 0.3%増（10 月：0.4%増）、前年同月比 4.8%増（10 月：4.8%増）と引き続き高水準で推移している。

11 月の非農業部門雇用者数の前月差は、21 万人増と前月の増加幅（54 万 6,000 人増）から縮小した。前月からの雇用増減の内訳をみると、民間部門は 23 万 5,000 人増で、そのうち財部門が 6 万人増で、製造業、建設業ともに 3 万 1,000 人増となった。サービス部門は 17 万 5,000 人増で、運輸倉庫業 5 万人増、娯楽接客業 2 万 3,000 人増、対事業所サービス 9 万人増、教育・医療サービス 4,000 人増など全般的に低調だった。また、小売業は 2 万人減と 7 月以来の減少となり、政府部門は 2 万 5,000 人減と 4 カ月連続で減少した。

人種別の雇用状況については、11 月のそれぞれの失業率は、白人 3.7%（前月：4.0%）、アジア系 3.8%（4.2%）、ヒスパニック・ラテン系 5.2%（5.9%）、黒人 6.7%（7.9%）と全ての人種で前月から改善している。

11 月の雇用者数の増加は低水準だったものの、労働参加率が上昇する中で失業率が大幅に低下しており、人手不足が加速していることがうかがわれた。ただ、新型コロナウイルスのオミクロン株の出現により、今後の労働市場の回復を始めとする経済の先行きに不透明感が漂ってきている。連邦準備制度理事会（FRB）による量的緩和策の縮小（テーパリング）は既に開始されているが、このような先行き不透明な状況でも、ジェローム・パウエル FRB 議長は、インフレは加速しており物価高騰が 2022 年半ばまで続く見通しを示した上で、「次回の連邦公開市場委員会（FOMC）でテーパリングのペースの加速を議論するつもりだ」と議会証言で述べ（ロイター 11 月 30 日）、足元の物価高騰を踏まえた対応を急ぐ考えを示した。

次回の FOMC は 12 月 14、15 日に開かれる。パウエル議長の任期は 2022 年 2 月までだが、ジョー・バイデン大統領は 2021 年 11 月 22 日、同氏の再任を発表し、「新型コロナ禍」が続く中、金融政策を任せる判断を下している。オミクロン株の影響が不透明で、物価など過熱気味になっている経済金融情勢に対し、パウエル議長はじめ FRB が今後どのように対応するかが注目される。

○11 月の米消費者物価、前年同月比 6.8%上昇、39 年ぶりの高い伸び

米国労働省が 12 月 10 日に発表した 2021 年 11 月の消費者物価指数（CPI）は前年同月比 6.8% 上昇、変動の大きいエネルギーと食料品を除いたコア指数は同 4.9% 上昇となった。民間予想はそれぞれ 6.7%、4.9% だった。各指標の前年同月比の伸びは、CPI は 1982 年 6 月以来、コア指数は 1991 年 6 月以来最大だった。一方、前月比で見ると、消費者物価指数、コア指数はそれぞれ 0.8%、0.5% 上昇と、前月の伸び（それぞれ 0.9%、0.6% 上昇）からやや低下した。

品目別に前年同月比で見ると、食料品は家庭用、外食ともに伸びが高く、全体でも 6.1% と、2008 年以来最高の水準だった。さらに、ガソリンが 58.1% 上昇で、2021 年 5 月以来となる 50% 超の伸びを記録した。財では、中古車が 31.4% 上昇、新車 11.1% 上昇と、どちらも伸びが加速しており、エネルギーと食品を除いた財でも、前年同月比 9.4% 上昇と、前月より 1.0 ポイント伸び率が高い。他方、エネルギー関連サービスを除いたサービスは 3.4% 上昇と、前月から 0.2 ポイントの増加にとどまるが、物価全体で 3 割程度のウエートを占めている住居費が 3.8% と、最近になって上昇が顕著となっている。航空運賃は 3.7% 低下で前月に引き続きマイナスだが、前月比では 4.7% 上昇で 5 カ月ぶりのプラスとなった。

バイデン政権は 11 月 23 日、石油戦略備蓄の市場放出を決定したが、今回の CPI 公表後にジョー・バイデン大統領は声明を発表し、この CPI 統計には最新の物価動向が反映されていないが、物価上昇のペースが徐々に鈍化していると述べ、一部の州でガソリン価格が低下していることを指摘した。加えて、議会で審議中のビルド・バック・ベター（BBB）法案について、医療費など

による家計への負担を軽減させるとして、早期の成立を訴えた。議会では債務上限問題に関し、与野党で勢力が拮抗（きっこう）する上院で本来、法案可決に 60 票が必要なところ、債務上限問題に限って単純過半数での議決を可能とする法案が上下院で成立している。12 月 13 日の週にも債務上限引き上げそのものに関する議決が行われる見込みとされており、この処理が終われば、BBB 法案の議決に移っていくとみられている。また、原油価格高騰に関連し、連邦政府が米国外への石油輸出を禁止する措置を検討しているという指摘に対し、議会からはそれに反対する書簡がホワイトハウスに送られるといった動きがあるが、ブライアン・ディーズ国家経済会議委員長は「現在、われわれが注目している問題ではない」とし、同措置について否定している（ロイター12月9日）。

12月14、15日には連邦公開市場委員会（FOMC）が開かれるが、ジェローム・パウエル連邦準備制度理事会（FRB）議長は量的緩和策縮小（テーパリング）のペース加速を議論する意向を示している。高インフレの現状を踏まえ、テーパリング終了や利上げの時期、2022年の利上げの回数などについて、パウエル議長からどのようなメッセージが発信されるのかが注目される。

○米小売製品主要輸入港の輸入コンテナ量、2021年は過去最高に達する見通し

全米小売業協会（NRF）と物流コンサルタント会社のハケット・アソシエイツが発表した「グローバル・ポート・トラッカー」（12月8日）によると、米国の小売製品の主要輸入港（注）における年間コンテナ輸入量は、新型コロナウイルスによるサプライチェーンの混乱にもかかわらず、過去最高の水準と伸び率に達すると見込まれている。

発表によると、2021年の年間コンテナ輸入量は前年比18.3%増の2,600万TEU（20フィートコンテナ換算）と予測しており、NRFが2002年に輸入量の調査を開始して以来、過去最高水準を記録すると見込んでいる。これまでのコンテナ輸入量の最高は、2020年の2,200万TEUで、伸び率の最高は、2009年金融危機からの回復期だった2010年の前年比16.7%増だった。

NRFのバイス・プレジデント（サプライチェーン・税関担当）のジョナサン・ゴールド氏は「（新型コロナウイルスの影響により）サプライチェーンのあらゆる段階で問題が発生し、消費者需要が引き続き旺盛なことから、かつてないほどの混乱が生じているが、それと同時に貨物の量は増え、成長もかつてないほどに加速している」と述べた。また、「荷降ろしされていない船や未配送のコンテナはまだまだあるものの、今年はサプライチェーンに携わるすべての人々がこれらの課題を克服するために残業をしてきた」と関係者の協力を評価し、物流の混乱は継続しているものの、年末の消費需要を満たせるとみている。

また、NRFは12月3日に発表した月次報告で、2021年の年末商戦の小売売上高が前年比11.5%程度増加すると予測しており、過去最高の売上高を記録する見通しを示している。同協会は10月時点で、小売売上高を前年同期比8.5~10.5%増の8,434億~8,590億ドルになると見込んでいたが、足元の堅調な消費動向を踏まえて上方修正している。

なお、年初来からの輸入コンテナ量は前年比で2桁台の伸びを示したものの、月次ベースでは前年比1桁台の伸びに落ち着いており、少なくとも2022年第1四半期まではこの傾向が続くと予想されている。先行きについて、ハケット・アソシエイツの創設者、ベン・ハケット氏は、年末年始が終われば、（前年同期比で）2桁台を記録していた輸入コンテナ量の伸び率は、落ち着いてくると見込んでいる。

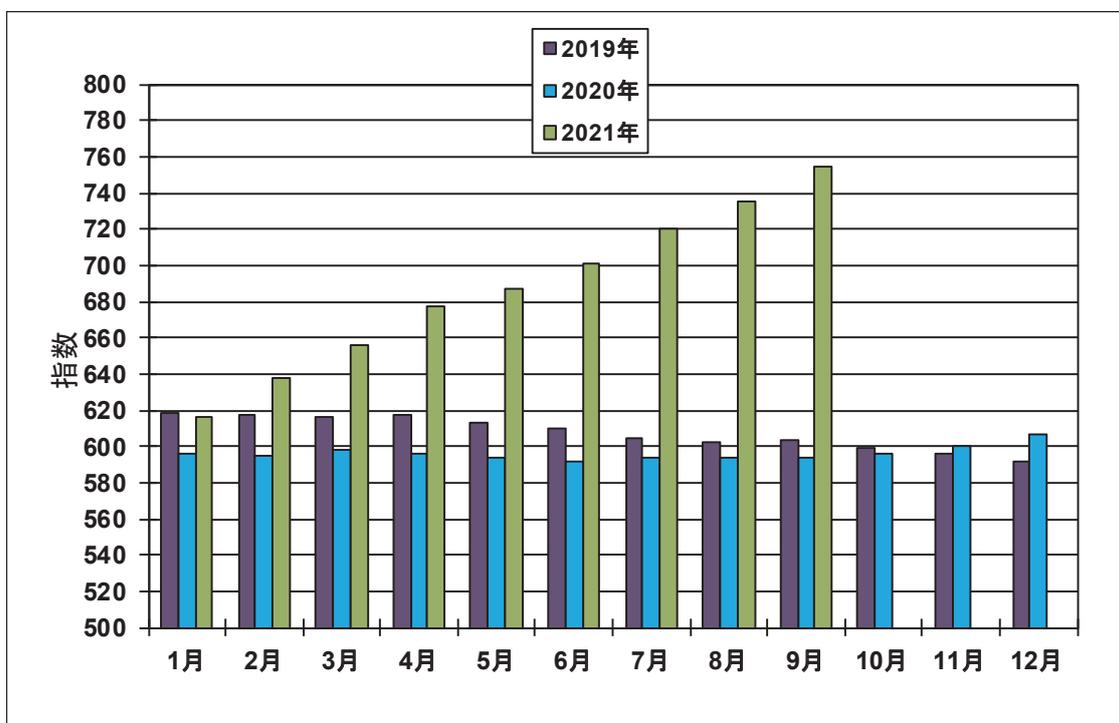
（注）主要輸入港には、米国西海岸のロサンゼルス/ロングビーチ、オークランド、シアトル、タコマ、東海岸のニューヨーク/ニュージャージー、バージニア港、チャールストン、サバンナ、エバングレーズ港、マイアミ、ジャクソンビル、メキシコ湾岸のヒューストンの各港が含まれる。

●化学プラント情報

○米国の化学プラント建設コスト指数

米国の化学プラント建設コスト指数			
(1957-59 = 100)	2021年09月 (速報値)	2021年08月 (実績)	2020年09月 (実績)
指数	754.7	735.2	593.7
機器	947.5	918.6	717.2
熱交換器及びタンク	813.2	784.8	605.8
加工機械	958.5	921.1	717.9
管、バルブ及びフィッティング	1,330.9	1,304.7	954.0
プロセス計器	551.3	541.3	422.1
ポンプ及びコンプレッサー	1,180.5	1,148.8	1,084.0
電気機器	639.3	616.8	565.0
構造支持体及びその他のもの	1,038.9	1,000.4	752.7
建設労務	348.6	347.4	337.6
建物	772.0	767.5	616.1
エンジニアリング及び管理	311.1	310.2	311.8

年間指数
2013 = 567.3
2014 = 576.1
2015 = 556.8
2016 = 541.7
2017 = 567.5
2018 = 603.1
2019 = 607.5
2020 = 596.2



(出所:「ケミカル・エンジニアリング」2021年12月号より作成)

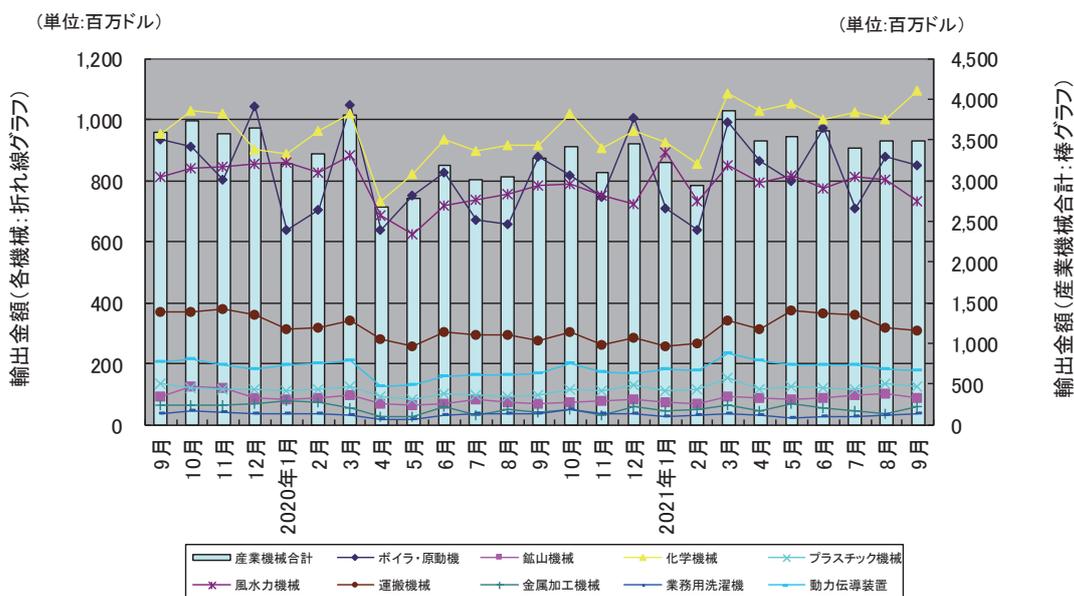
●米国産業機械の輸出入統計（2021年9月）

米国商務省センサス局の輸出入統計に基づく、2021年9月の米国における産業機械の輸出入の概要は、次のとおりである。

- (1) 産業機械の輸出は、34億8,660万ドル（対前年同月比6.7%増）となった。鉱山機械、化学機械、プラスチック機械、運搬機械、金属加工機械、業務用洗濯機、動力伝動装置は対前年同月比がプラスとなったが、ボイラ・原動機、風水力機械、は対前年同月比がマイナスとなった。
- (2) 産業機械の輸入は、52億2,501万ドル（対前年同月比15.0%増）となった。ボイラ・原動機、鉱山機械、化学機械、風水力機械、運搬機械、業務用洗濯機、動力伝動装置は対前年同月比がプラスとなったが、プラスチック機械、金属加工機械は対前年同月比がマイナスとなった。
- (3) 産業機械の純輸入は、17億3,841万ドルとなり、69ヵ月連続で輸入が輸出を上回った。ボイラ・原動機を除くすべての機械で輸入超過となった。
- (4) 各機械の輸出入の概要は、次の通りである。
 - ① ボイラ・原動機は、輸出が8億5,125万ドル（対前年同月比2.9%減）となり、水管ボイラ（<45t/h）や蒸気タービン（>40MW）などの減少により、6ヵ月振りに対前年同月比がマイナスとなった。輸入は7億9,686万ドル（対前年同月比2.7%増）となり、水管ボイラ（>45t/h）や蒸気タービン（≤40MW）などの増加により、4ヵ月連続で対前年同月比がプラスとなった。
 - ② 鉱山機械は、輸出が9,042万ドル（対前年同月比29.7%増）となり、せん孔機やさく岩機（手持工具）などの増加により、6ヵ月連続でプラスとなった。輸入は1億2,420万ドル（対前年同月比28.7%増）となり、せん孔機や破碎機などの増加により、8ヵ月連続で対前年同月比がプラスとなった。
 - ③ 化学機械は、輸出が10億9,609万ドル（対前年同月比19.4%増）となり、温度処理機械（乾燥機・紙パ用）や紙パ製造機械（成形用）などの増加により、7ヵ月連続で対前年同月比がプラスとなった。輸入は12億6,798万ドル（対前年同月比11.9%増）となり、温度処理機械（気体液化装置）や紙パ製造機械（仕上用）などの増加により、14ヵ月連続で対前年同月比がプラスとなった。
 - ④ プラスチック機械は、輸出が1億2,808万ドル（対前年同月比29.1%増）となり、射出成形機やその他の機械（成形用）などの増加により、7ヵ月連続で対前年同月比がプラスとなった。輸入は2億4,270万ドル（対前年同月比5.1%減）となり、押出成形機や吹込み成形機などの減少により、11ヵ月振りに対前年同月比がマイナスとなった。
 - ⑤ 風水力機械は、輸出が7億3,365万ドル（対前年同月比6.4%減）となり、ポンプ（油井用回転容積式）や圧縮機（定置回転式≤11.19KW）などの減少により、6ヵ月振りに対前

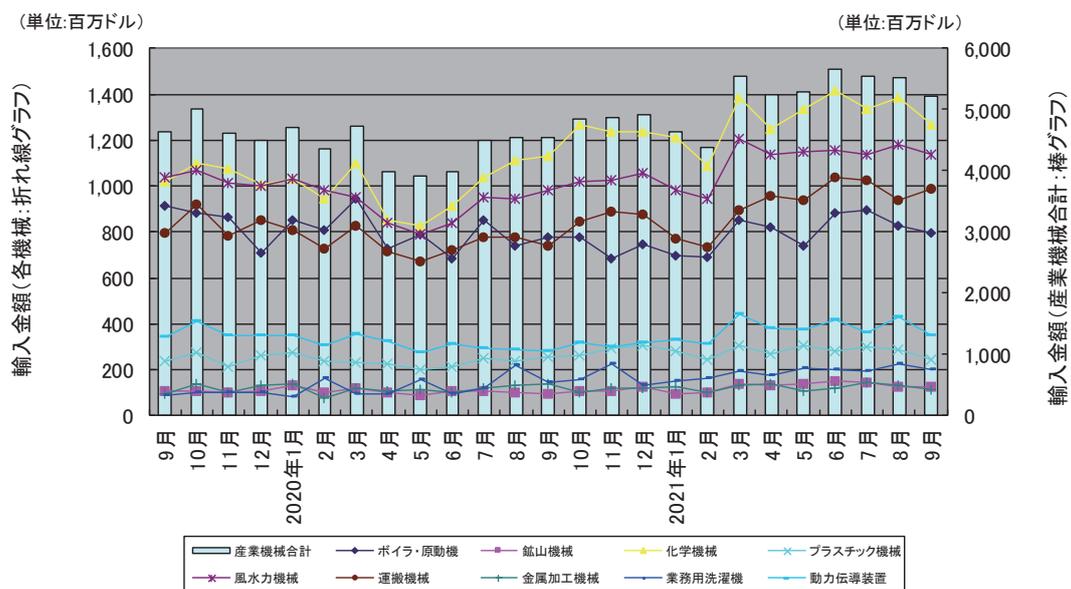
年同月比がマイナスとなった。輸入は11億3,512万ドル(対前年同月比15.4%増)となり、ポンプ(その他計器付設置型)や圧縮機(定置式>74.6KW)などの増加により、7ヶ月連続で対前年同月比がプラスとなった。

- ⑥ 運搬機械は、輸出が3億1,038万ドル(対前年同月比11.5%増)となり、クレーン(タワークレーン)や巻上機(産業用ロボット)などの増加により、6ヶ月連続で対前年同月比がプラスとなった。輸入は9億8,992万ドル(対前年同月比34.1%増)となり、クレーン(移動リフテ・ストラドル)やエスカレータ・エレベータ(空圧式エレベータ)などの増加により、8ヶ月連続で対前年同月比がプラスとなった。
- ⑦ 金属加工機械は、輸出が6,016万ドル(対前年同月比50.6%増)となり、剪断機(数値制御式)やパンチング等(その他)などの増加により、2ヵ月振りに対前年同月比がプラスとなった。輸入は1億1,493万ドル(対前年同月比15.3%減)となり、圧延機(管圧延機)や鋳造機等などの減少により、4ヵ月振りに対前年同月比がマイナスとなった。
- ⑧ 業務用洗濯機は、輸出が3,822万ドル(対前年同月比9.0%増)となり、洗濯機(10kg以下遠心脱水・その他)や乾燥機(10kg超・品物用)の増加により、4ヶ月振りに対前年同月比がプラスとなった。輸入は2億222万ドル(対前年同月比39.3%増)となり、洗濯機(10kg以下遠心脱水)やドライクリーニング機などの増加により、7ヶ月連続で対前年同月比がプラスとなった。
- ⑨ 動力伝動装置は、輸出が1億7,835万ドル(対前年同月比6.4%増)となり、トルクコンバータやギヤボックス等変速機(固定比)やなどの増加により、7ヶ月連続で対前年同月比がプラスとなった。輸入は3億5,109万ドル(対前年同月比25.3%増)となり、トルクコンバータやギヤボックス等変速機(手動可変式・紙パ機械用)などの増加により、8ヶ月連続で対前年同月比がプラスとなった。



出典：米国商務省センサス局の輸出入統計より作成

図1 米国における産業機械の輸出金額の推移



出典：米国商務省センサス局の輸出入統計より作成

図2 米国における産業機械の輸入金額の推移

表1 米国における産業機械の輸出入統計(総括表)

		(単位:ドル・百円:\$1=100円)							
番号	産業機械名	区分	輸出				純輸出		
			2021年09月		2020年09月		対前年比 伸び率(%)	2021年09月	2020年09月
			金額(A)	構成比	金額(B)	構成比		金額(E)=A-C	金額(F)=B-D
1	ボイラ・原動機	機械類	362,791,223	42.6	408,892,076	46.6	-11.3	88,859,902	172,209,939
		部品	488,461,117	57.4	467,642,271	53.4	4.5	-34,466,725	-71,609,764
		小計	851,252,340	100.0	876,534,347	100.0	-2.9	54,393,177	100,600,175
2	鉱山機械	機械類	37,970,025	42.0	26,465,841	38.0	43.5	-25,987,468	-23,893,666
		部品	52,451,934	58.0	43,270,879	62.0	21.2	-7,790,088	-2,842,908
		小計	90,421,959	100.0	69,736,720	100.0	29.7	-33,777,556	-26,736,574
3	化学機械	機械類	836,219,490	76.3	703,155,894	76.6	18.9	-196,498,923	-244,538,238
		部品	259,872,990	23.7	215,084,432	23.4	20.8	24,613,084	29,138,715
		小計	1,096,092,480	100.0	918,240,326	100.0	19.4	-171,885,839	-215,399,523
4	プラスチック機械	機械類	66,102,064	51.6	43,700,545	44.1	51.3	-87,018,010	-117,482,558
		部品	61,977,503	48.4	55,475,022	55.9	11.7	-27,600,751	-39,069,183
		小計	128,079,567	100.0	99,175,567	100.0	29.1	-114,618,761	-156,551,741
5	風水力機械	機械類	517,313,039	70.5	557,910,081	71.2	-7.3	-329,970,982	-201,134,935
		部品	216,338,202	29.5	225,767,086	28.8	-4.2	-71,496,269	861,580
		小計	733,651,241	100.0	783,677,167	100.0	-6.4	-401,467,251	-200,273,355
6	運搬機械	機械類	199,937,669	64.4	177,993,315	64.0	12.3	-513,539,804	-333,003,412
		部品	110,442,627	35.6	100,331,563	36.0	10.1	-166,000,940	-127,060,182
		小計	310,380,296	100.0	278,324,878	100.0	11.5	-679,540,744	-460,063,594
7	金属加工機械	機械類	53,844,703	89.5	33,883,265	84.8	58.9	-36,629,799	-75,839,993
		部品	6,312,542	10.5	6,058,232	15.2	4.2	-18,140,467	-19,867,782
		小計	60,157,245	100.0	39,941,497	100.0	50.6	-54,770,266	-95,707,775
8	業務用洗濯機	機械類	35,866,524	93.9	33,348,362	95.1	7.6	-148,963,752	-93,585,899
		部品	2,349,920	6.1	1,718,806	4.9	36.7	-15,038,171	-16,539,130
		小計	38,216,444	100.0	35,067,168	100.0	9.0	-164,001,923	-110,125,029
9	動力伝導装置	機械類	116,081,909	65.1	117,314,509	70.0	-1.1	-126,263,937	-82,134,660
		部品	62,265,826	34.9	50,310,679	30.0	23.8	-46,479,216	-30,533,587
		小計	178,347,735	100.0	167,625,188	100.0	6.4	-172,743,153	-112,668,247
産業機械合計		機械類	2,226,126,646	63.8	2,102,663,888	64.3	5.9	-1,376,012,773	-999,403,422
		部品	1,260,472,661	36.2	1,165,658,970	35.7	8.1	-362,399,543	-277,522,241
		合計	3,486,599,307	100.0	3,268,322,858	100.0	6.7	-1,738,412,316	-1,276,925,663

番号	産業機械名	区分	輸入				純輸出		
			2021年09月		2020年09月		対前年比 伸び率(%)	増減率(%)	対輸出割合(%)
			金額(C)	構成比	金額(D)	構成比		(G)=(E-F)/F	(H)=E/A
1	ボイラ・原動機	機械類	273,931,321	34.4	236,682,137	30.5	15.7	-48.4	24.49
		部品	522,927,842	65.6	539,252,035	69.5	-3.0	51.9	-7.06
		小計	796,859,163	100.0	775,934,172	100.0	2.7	-45.9	6.39
2	鉱山機械	機械類	63,957,493	51.5	50,359,507	52.2	27.0	-8.8	-68.44
		部品	60,242,022	48.5	46,113,787	47.8	30.6	-174.0	-14.85
		小計	124,199,515	100.0	96,473,294	100.0	28.7	-26.3	-37.36
3	化学機械	機械類	1,032,718,413	81.4	947,694,132	83.6	9.0	19.6	-23.50
		部品	235,259,906	18.6	185,945,717	16.4	26.5	-15.5	9.47
		小計	1,267,978,319	100.0	1,133,639,849	100.0	11.9	20.2	-15.68
4	プラスチック機械	機械類	153,120,074	63.1	161,183,103	63.0	-5.0	25.9	-131.64
		部品	89,578,254	36.9	94,544,205	37.0	-5.3	29.4	-44.53
		小計	242,698,328	100.0	255,727,308	100.0	-5.1	26.8	-89.49
5	風水力機械	機械類	847,284,021	74.6	759,045,016	77.1	11.6	-64.1	-63.79
		部品	287,834,471	25.4	224,905,506	22.9	28.0	-8,398.3	-33.05
		小計	1,135,118,492	100.0	983,950,522	100.0	15.4	-100.5	-54.72
6	運搬機械	機械類	713,477,473	72.1	510,996,727	69.2	39.6	-54.2	-256.85
		部品	276,443,567	27.9	227,391,745	30.8	21.6	-30.6	-150.31
		小計	989,921,040	100.0	738,388,472	100.0	34.1	-47.7	-218.94
7	金属加工機械	機械類	90,474,502	78.7	109,723,258	80.9	-17.5	51.7	-68.03
		部品	24,453,009	21.3	25,926,014	19.1	-5.7	8.7	-287.37
		小計	114,927,511	100.0	135,649,272	100.0	-15.3	42.8	-91.05
8	業務用洗濯機	機械類	184,830,276	91.4	126,934,261	87.4	45.6	-59.2	-415.33
		部品	17,388,091	8.6	18,257,936	12.6	-4.8	9.1	-639.94
		小計	202,218,367	100.0	145,192,197	100.0	39.3	-48.9	-429.14
9	動力伝導装置	機械類	242,345,846	69.0	199,449,169	71.2	21.5	-53.7	-108.77
		部品	108,745,042	31.0	80,844,266	28.8	34.5	-52.2	-74.65
		小計	351,090,888	100.0	280,293,435	100.0	25.3	-53.3	-96.86
産業機械合計		機械類	3,602,139,419	68.9	3,102,067,310	68.2	16.1	-37.7	-61.81
		部品	1,622,872,204	31.1	1,443,181,211	31.8	12.5	-30.6	-28.75
		合計	5,225,011,623	100.0	4,545,248,521	100.0	15.0	-36.1	-49.86

出典:米国商務省センサス局の輸出入統計

表2 米国における産業機械の輸出統計(詳細)

(1) ボイラ・原動機

(単位:ドル・百円:\$1=100円)

HSコード	品名		2021年09月		2020年09月		Ch.(%)
			数量	金額	数量	金額	
8402 - 11	水管ボイラ(>45t/h)	*	62	535,988	66	648,190	-17.3
12	水管ボイラ(<45t/h)	*	210	1,066,972	184	1,344,055	-20.6
19	その他蒸気発生ボイラ	*	1,068	4,322,296	172	1,449,547	198.2
20	過熱水ボイラ	*	10	67,169	19	157,411	-57.3
90 - 0010	部分品(熱交換器)	*	76	755,750	156	2,789,770	-72.9
8404 - 10 - 0010	補助機器(エコノマイザ)	*	34	665,235	35	898,517	-26.0
0050	補助機器(その他)	*	73	911,626	27	333,213	173.6
20	蒸気原動機用復水器	*	42	434,358	47	909,274	-52.2
8406 - 10	蒸気タービン(船用)		1	7,496	0	0	-
81	蒸気タービン(>40MW)		1	13,086	3	164,940	-92.1
82	蒸気タービン(≤40MW)		200	7,913,716	14	1,038,264	662.2
8410 - 11	液体タービン(≤1MW)		80	290,633	50	63,628	356.8
12	液体タービン(≤10MW)		13	350,000	0	0	-
13	液体タービン(>10MW)		192	44,412	147	35,645	24.6
8411 - 81	ガスタービン(≤5MW)		50	22,253,942	63	30,333,866	-26.6
82	ガスタービン(>5MW)		91	141,821,788	100	232,684,969	-39.0
8412 - 21	液体原動機(シリンダ)		201,428	93,742,892	62,634	66,769,390	40.4
29	液体原動機(その他)		71,406	43,415,748	43,176	36,234,604	19.8
31	気体原動機(シリンダ)		148,689	16,339,440	110,420	12,289,918	32.9
39	気体原動機(その他)		32,931	13,043,867	12,132	7,500,556	73.9
80	その他原動機		X	14,794,809	X	13,246,319	11.7
機械類合計			-	362,791,223	-	408,892,076	-11.3
8402 - 90 - 0090	部品(ボイラ用)		X	13,490,050	X	4,982,094	170.8
8404 - 90	部品(補助機器用)		X	1,358,024	X	1,676,752	-19.0
8406 - 90	部品(蒸気タービン用)		X	16,659,769	X	14,902,437	11.8
8410 - 90	部品(液体タービン用)		X	8,725,021	X	1,408,094	519.6
8411 - 99	部品(ガスタービン用)		X	378,431,810	X	389,791,722	-2.9
8412 - 90	部品(その他)		X	69,796,443	X	54,881,172	27.2
部品合計			-	488,461,117	-	467,642,271	4.5
総合計			-	851,252,340	-	876,534,347	-2.9

(注) ・「Ch.」は、金額対前年比伸び率(%)
 ・「*」の数量単位は「t」である。

・「X」は、数量不明である。

出典:米国商務省センサス局の輸出入統計

(2) 鉱山機械 (輸出)

(単位:ドル・百円:\$1=100円)

HSコード	品名		2021年09月		2020年09月		Ch.(%)
			数量	金額	数量	金額	
8430 - 49	せん孔機		X	19,410,861	X	5,177,818	274.9
8467 - 19 - 5060	さく岩機(手持工具)		4,599	948,170	3,241	654,301	44.9
8474 - 10	選別機		589	6,857,161	246	10,261,296	-33.2
20	破碎機		247	9,382,203	207	8,345,400	12.4
39	混合機		96	1,371,630	92	2,027,026	-32.3
機械類合計			-	37,970,025	-	26,465,841	43.5
8474 - 90	部品		X	52,451,934	X	43,270,879	21.2
部品合計			-	52,451,934	-	43,270,879	21.2
総合計			-	90,421,959	-	69,736,720	29.7

(注) ・「Ch.」は、金額対前年比伸び率(%)

・「X」は、数量不明である。

出典:米国商務省センサス局の輸出入統計

(3) 化学機械（輸出）

(単位:ドル・百円:\$1=100円)

HSコード	品名	2021年09月		2020年09月		Ch.(%)
		数量	金額	数量	金額	
7309 - 00	タンク	202,957	27,250,698	54,151	19,368,572	40.7
8419 - 19	温度処理機械(湯沸器)	36,134	15,476,564	39,396	17,210,832	-10.1
20	"(減菌器)	2,947	11,071,894	2,156	10,339,947	7.1
32	"(乾燥機・紙ハ用)	123	1,642,627	18	232,878	605.4
39	"(乾燥機・その他)	4,228	10,030,512	5,765	9,026,914	11.1
40	"(蒸留機)	91	4,401,084	91	1,489,920	195.4
50	"(熱交換装置)	209,742	111,846,523	212,816	78,980,476	41.6
60	"(気体液化装置)	622	24,855,617	238	6,557,234	279.1
89	"(その他)	18,365	57,919,693	21,637	60,463,632	-4.2
8405 - 10	発生炉ガス発生機	X	6,042,313	X	2,568,982	135.2
8479 - 82	混合機	25,945	21,266,403	14,358	22,283,682	-4.6
8401 - 20	分離ろ過機(同位体用) *	117	111,815	42	427,722	-73.9
8421 - 19	"(遠心分離機)	1,206	12,961,769	1,096	12,008,412	7.9
29	"(液体ろ過機)	6,970,298	212,677,192	8,603,504	158,459,934	34.2
39	"(気体ろ過機)	X	284,577,075	X	286,058,515	-0.5
8439 - 10	紙パ製造機械(パルプ用)	27	270,614	16	263,395	2.7
20	"(製紙用)	219	2,429,462	53	1,623,441	49.6
30	"(仕上用)	17	874,717	19	761,396	14.9
8441 - 10	"(切断機)	342	7,339,238	383	8,938,920	-17.9
40	"(成形用)	49	1,391,681	2	57,540	2,318.6
80	"(その他)	200	21,781,999	246	6,033,550	261.0
機械類合計		-	836,219,490	-	703,155,894	18.9
8405 - 90	部品(ガス発生機械用)	X	1,868,492	X	1,865,432	0.2
8419 - 90 - 2000	部品(紙ハ用)	X	2,187,891	X	1,348,111	62.3
8421 - 91	部品(遠心分離機用)	X	8,187,408	X	8,165,053	0.3
99	部品(ろ過機用)	X	215,823,246	X	172,558,976	25.1
8439 - 91	部品(パルプ製造機用)	X	6,799,207	X	6,828,587	-0.4
99	部品(製紙・仕上機用)	X	8,058,011	X	9,028,417	-10.7
8441 - 90	部品(その他紙ハ製造機用)	X	16,948,735	X	15,289,856	10.8
部品合計		-	259,872,990	-	215,084,432	20.8
総合計		-	1,096,092,480	-	918,240,326	19.4

(注) ・「Ch.」は、金額対前年比伸び率(%) ・「X」は、数量不明である。
 ・「*」の数量単位は「t」である。

出典: 米国商務省センサス局の輸出入統計

(4) プラスチック機械（輸出）

(単位:ドル・百円:\$1=100円)

HSコード	品名	2021年09月		2020年09月		Ch.(%)
		数量	金額	数量	金額	
8477 - 10	射出成形機	130	13,626,245	104	10,786,388	26.3
20	押出成形機	20	1,694,346	27	1,640,719	3.3
30	吹込み成形機	69	3,818,978	42	6,732,438	-43.3
40	真空成形機	146	2,875,509	37	1,086,482	164.7
51	その他の機械(成形用)	160	1,428,209	21	100,889	1315.6
59	その他のもの(成形用)	211	10,523,485	194	9,110,089	15.5
80	その他の機械	1,426	32,135,292	815	14,243,540	125.6
機械類合計		2,162	66,102,064	1,240	43,700,545	51.3
8477 - 90	部品	X	61,977,503	X	55,475,022	11.7
部品合計		-	61,977,503	-	55,475,022	11.7
総合計		-	128,079,567	-	99,175,567	29.1

(注) ・「Ch.」は、金額対前年比伸び率(%) ・「X」は、数量不明である。

出典: 米国商務省センサス局の輸出入統計

(5) 風水力機械（輸出）

(単位:ドル・百円・\$1=100円)

HSコード	品名	2021年09月		2020年09月		Ch.(%)
		数量	金額	数量	金額	
8413 - 19	ポンプ(その他計器付設置型)	43,306	17,015,185	42,252	19,662,583	-13.5
30	" (ピストンエンジン用)	911,278	90,084,922	1,310,159	99,173,511	-9.2
50 - 0010	" (油井用往復容積式)	1,107	5,489,900	1,778	9,069,702	-39.5
0050	" (ダイアフラム式)	49,132	20,232,076	38,239	17,477,615	15.8
0090	" (その他往復容積式)	21,246	31,284,126	8,511	22,413,140	39.6
60 - 0050	" (油井用回転容積式)	23	310,570	33	750,495	-58.6
0070	" (ローラポンプ)	2,968	1,051,806	2,276	1,054,670	-0.3
0090	" (その他回転容積式)	13,168	32,218,466	9,450	22,880,203	40.8
70	" (紙バ用等遠心式)	247,292	99,469,676	232,326	88,331,513	12.6
81	" (タービンポンプその他)	112,715	35,569,719	75,000	31,152,865	14.2
82	液体エレベータ	1,427	347,506	1,074	211,835	64.0
8414 - 80 - 1618	圧縮機(定置往復式≤11.19KW)	10,786	4,925,877	15,291	6,200,305	-20.6
1642	" (" 11.19KW < ≤ 74.6KW)	51	501,927	123	1,155,638	-56.6
1655	" (" > 74.6KW)	232	1,958,181	248	2,055,270	-4.7
1660	" (定置回転式≤11.19KW)	258	617,874	575	1,224,628	-49.5
1667	" (" 11.19KW < ≤ 74.6KW)	246	2,831,214	632	7,945,229	-64.4
1675	" (" > 74.6KW)	184	3,910,834	226	5,469,349	-28.5
1680	" (定置式その他)	15,272	4,747,675	27,975	5,156,289	-7.9
1685	" (携帯式<0.57m ³ /min.)	110	1,013,251	74	607,905	66.7
1690	" (携帯式その他)	40,179	4,119,556	38,788	4,476,756	-8.0
2015	" (遠心式及び軸流式)	362	17,274,834	46,466	77,313,053	-77.7
2055	" (その他圧縮機≤186.5KW)	1,044	9,505,389	2,195	6,815,464	39.5
2065	" (" 186.5KW < ≤ 746KW)	5	106,299	7	302,840	-64.9
2075	" (" > 746KW)	27	4,184,424	20	6,619,282	-36.8
9000	" (その他)	122,109	24,846,499	169,836	24,192,879	2.7
59 - 9080	送風機(その他)	1,404,952	74,068,607	1,473,979	68,679,486	7.8
10	真空ポンプ	79,485	29,626,646	80,277	27,517,576	7.7
機械類合計		3,078,964	517,313,039	3,577,810	557,910,081	-7.3
8413 - 91 - 1000	部品(圧縮点火機関用ポンプ)	X	31,386,425	X	24,432,207	28.5
9010	" (その他エンジン用ポンプ)	X	12,537,662	X	14,240,450	-12.0
9520	" (ポンプ用その他)	X	94,041,949	X	108,729,022	-13.5
92	" (液体エレベータ)	X	349,982	X	608,232	-42.5
8414 - 90 - 1080	" (その他送風機)	X	16,836,225	X	16,582,602	1.5
2095	" (その他圧縮機その他)	X	31,764,607	X	31,175,332	1.9
9000	" (真空ポンプ)	X	29,421,352	X	29,999,241	-1.9
部品合計		-	216,338,202	-	225,767,086	-4.2
総合計		-	733,651,241	-	783,677,167	-6.4

(注) ・「Ch.」は、金額対前年比伸び率(%)

・「X」は、数量不明である。

出典: 米国商務省センサス局の輸出入統計

(6) 運搬機械（輸出）

(単位:ドル・百円;\$1=100円)

HSコード	品名	2021年09月		2020年09月		Ch.(%)
		数量	金額	数量	金額	
8426 - 11	クレーン (固定支持式天井クレーン)	72	1,050,069	32	507,224	107.0
12	〃 (移動リフト・ストラドル)	609	4,673,657	27	1,082,774	331.6
19	〃 (非固定天井・ガントリ等)	273	793,250	156	905,479	-12.4
20	〃 (タワークレーン)	84	1,513,688	14	305,089	396.1
30	〃 (門形ジブクレーン)	171	1,151,623	172	1,454,173	-20.8
91	〃 (道路走行車両装備用)	270	4,878,459	798	12,408,175	-60.7
99	〃 (その他のもの)	71	555,716	127	1,783,999	-68.8
8425 - 39	巻上機 (ウインチ・キャブ:その他)	3,407	6,289,406	5,794	7,021,788	-10.4
11	〃 (プーリタ・ホイスト:電動)	1,830	8,502,936	1,296	5,731,339	48.4
19	〃 (〃:その他)	21,956	4,793,693	11,785	2,745,961	74.6
31	〃 (ウインチ・キャブ:電動)	14,386	4,534,164	13,722	5,684,655	-20.2
8428 - 60	〃 (ケーブルカー等けん引装置)	125	574,635	163	697,222	-17.6
90 0210	〃 (森林での丸太取扱装置)	291	5,232,279	194	3,577,369	46.3
0220	〃 (産業用ロボット)	643	16,403,713	286	7,735,838	112.0
0290	〃 (その他の機械装置)	48,897	55,561,485	48,818	44,635,087	24.5
8425 - 41	ジャッキ・ホイスト (据付け式)	302	1,108,241	474	1,608,533	-31.1
42	〃 (液圧式その他)	17,453	7,140,131	13,916	5,160,851	38.4
49	〃 (その他のもの)	210,143	5,714,494	258,740	6,119,479	-6.6
8428 - 20 - 0010	エスカレーター・エレベータ (空圧式コンベイヤ)	246	4,130,924	171	2,183,338	89.2
0050	〃 (空圧式エレベータ)	483	3,998,205	195	2,097,218	90.6
10	〃 (非連続エレ・スキップホ)	945	13,843,681	1,287	20,120,240	-31.2
40	〃 (エスカレーター・移動歩道)	22	594,798	5	40,849	1356.1
31	その他連続式エレベ・コンベイヤ (地下使用形)	16	328,121	27	581,583	-43.6
32	〃 (その他バケット型)	41	751,835	35	2,051,697	-63.4
33	〃 (その他ベルト型)	1,483	19,139,032	2,057	17,606,055	8.7
39	〃 (その他のもの)	19,007	26,679,434	33,949	24,147,300	10.5
機械類合計		343,226	199,937,669	394,240	177,993,315	12.3
8431 - 10 - 0010	部品 (プーリタック・ホイスト用)	X	2,885,600	X	1,161,347	148.5
0090	〃 (その他巻上機等用)	X	10,259,144	X	7,506,032	36.7
31 - 0020	〃 (スキップホイスト用)	X	917,282	X	455,266	101.5
0040	〃 (エスカレーター用)	X	1,070,004	X	1,048,910	2.0
0060	〃 (非連続作動エレベータ用)	X	7,633,110	X	7,848,619	-2.7
39 - 0010	〃 (空圧式エレベ・コンベ用)	X	33,739,806	X	29,254,889	15.3
0050	〃 (石油・ガス田機械装置用)	X	8,496,378	X	8,845,332	-3.9
0090	〃 (その他の運搬機械用)	X	27,345,860	X	32,820,831	-16.7
49 - 1010	〃 (天井・ガント・門形等用)	X	7,369,617	X	4,336,013	70.0
1060	〃 (移動リ・ストラドル等用)	X	1,718,688	X	1,560,033	10.2
1090	〃 (その他クレーン用)	X	9,007,138	X	5,494,291	63.9
部品合計		-	110,442,627	-	100,331,563	10.1
総合計		-	310,380,296	-	278,324,878	11.5

(注) ・「Ch.」は、金額対前年比伸び率(%) ・「X」は、数量不明である。
 ・8425.20.0000巻上機(ウインチ・坑口巻上)は、8425.39.0100巻上機(ウインチ・キャブスタン:その他)に統合された。
 出典:米国商務省センサス局の輸出入統計

(7) 金属加工機械 (輸出)

(単位:ドル・百円:\$1=100円)

HSコード	品名	2021年09月		2020年09月		Ch.(%)
		数量	金額	数量	金額	
8455 - 10	圧延機(管圧延機)	2	157,519	8	175,330	-10.2
21	“(熱間及び熱・冷組合せ)	39	1,138,410	73	2,427,035	-53.1
22	“(冷間圧延用)	7	149,876	173	1,564,454	-90.4
8462 - 10	鑄造機等	136	10,287,083	41	6,164,019	66.9
21	ベンディング等(数値制御式)	182	6,847,134	266	3,880,256	76.5
29	“(その他)	2,563	6,342,095	1,227	7,021,578	-9.7
31	剪断機(数値制御式)	63	2,561,914	11	628,546	307.6
39	“(その他)	496	2,002,019	505	2,582,414	-22.5
41	パンチング等(数値制御式)	92	4,208,736	79	2,962,251	42.1
49	“(その他)	1,161	3,640,184	430	540,195	573.9
91	液圧プレス	41	13,722,303	58	1,750,570	683.9
99	その他	557	2,787,430	419	4,186,617	-33.4
機械類合計		5,339	53,844,703	3,290	33,883,265	58.9
8455 - 90	部品(圧延機用) *	161,740	6,312,542	100,552	6,058,232	4.2
部品合計		-	6,312,542	-	6,058,232	4.2
総合計		-	60,157,245	-	39,941,497	50.6

(注)・「Ch.」は、金額対前年比伸び率(%)

・「*」の数量単位は「kg」である。

出典:米国商務省センサス局の輸出入統計

(8) 業務用洗濯機 (輸出)

(単位:ドル・百円:\$1=100円)

HSコード	品名	2021年09月		2020年09月		Ch.(%)
		数量	金額	数量	金額	
8450 - 12	洗濯機(10kg以下遠心脱水)	77	56,422	489	222,314	-74.6
19	“(”・その他)	351	157,528	327	130,284	20.9
20	“(10kg超)	69,598	27,164,524	69,655	26,488,457	2.6
8451 - 10	ドライクリーニング機	3	17,290	5	35,358	-51.1
29 - 0010	乾燥機(10kg超・品物用)	18,116	8,470,760	10,590	6,471,949	30.9
機械類合計		88,145	35,866,524	81,066	33,348,362	7.6
8450 - 90	部品(洗濯機用)	X	2,349,920	X	1,718,806	36.7
部品合計		-	2,349,920	-	1,718,806	36.7
総合計		-	38,216,444	-	35,067,168	9.0

(注) ・「Ch.」は、金額対前年比伸び率(%)

・「X」は、数量不明である。

出典:米国商務省センサス局の輸出入統計

(9) 動力伝導装置 (輸出)

(単位:ドル・百円:\$1=100円)

HSコード	品名	2021年09月		2020年09月		Ch.(%)
		数量	金額	数量	金額	
8483 - 40 - 1000	トルクコンバータ	7,768	10,709,915	6,473	6,343,096	68.8
4010	ギヤボックス等変速機(固定比)	10,186	29,846,361	8,085	24,162,285	23.5
4050	“(手動可変式)	35,896	40,330,400	15,798	54,494,200	-26.0
7000	“(その他)	9,549	6,570,193	1,731	5,840,795	12.5
9000	歯車及び歯車伝導機	X	28,625,040	X	26,474,133	8.1
機械類合計		-	116,081,909	-	117,314,509	-1.1
8483 - 90 - 5000	部品(ギヤボックス等変速機用)	X	62,265,826	X	50,310,679	23.8
部品合計		-	62,265,826	-	50,310,679	23.8
総合計		-	178,347,735	-	167,625,188	6.4

(注) ・「Ch.」は、金額対前年比伸び率(%)

・「X」は、数量不明である。

出典:米国商務省センサス局の輸出入統計

表3 米国における産業機械の輸入統計(詳細)

(1) ボイラ・原動機

(単位:ドル・百円:\$1=100円)

HSコード	品名	2021年09月		2020年09月		Ch.(%)
		数量	金額	数量	金額	
8402 - 11	水管ボイラ(>45t/h) *	68	932,723	90	615,250	51.6
12	水管ボイラ(<45t/h) *	19	228,570	69	1,190,773	-80.8
19	その他蒸気発生ボイラ *	161	1,729,179	201	2,101,661	-17.7
20	過熱水ボイラ *	2	23,110	1	4,383	427.3
90 - 0010	部分品(熱交換器) *	178	1,267,485	132	923,979	37.2
8404 - 10 - 0010	補助機器(エコノマイザ) *	1	6,900	0	0	-
0050	補助機器(その他) *	285	1,880,623	4,292	9,549,593	-80.3
20	蒸気原動機用復水器 *	16	127,504	2,566	4,684,526	-97.3
8406 - 10	蒸気タービン(船用)	0	0	1	3,937	-100.0
81	蒸気タービン(>40MW)	0	0	0	0	-
82	蒸気タービン(≤40MW)	19	2,184,239	2	979,215	123.1
8410 - 11	液体タービン(≤1MW)	0	0	2	24,000	-100.0
12	液体タービン(≤10MW)	0	0	0	0	-
13	液体タービン(>10MW)	2	3,808	0	0	-
8411 - 81	ガスタービン(≤5MW)	63	30,434,150	63	18,545,928	64.1
82	ガスタービン(>5MW)	8	9,062,011	6	15,212,918	-40.4
8412 - 21	液体原動機(シリンダ)	752,923	108,214,608	739,019	84,898,122	27.5
29	液体原動機(その他)	125,272	67,322,919	91,724	58,870,526	14.4
31	気体原動機(シリンダ)	734,397	33,224,094	483,007	22,458,059	47.9
39	気体原動機(その他)	113,370	9,664,958	113,844	8,389,766	15.2
80	その他原動機	X	7,624,440	X	8,229,501	-7.4
機械類合計		-	273,931,321	-	236,682,137	15.7
8402 - 90 - 0090	部品(ボイラ用)	X	5,653,333	X	16,346,166	-65.4
8404 - 90	部品(補助機器用)	X	1,001,965	X	1,342,388	-25.4
8406 - 90	部品(蒸気タービン用)	X	11,844,766	X	18,922,847	-37.4
8410 - 90	部品(液体タービン用)	X	1,708,301	X	7,341,802	-76.7
8411 - 99	部品(ガスタービン用)	X	190,576,387	X	193,472,423	-1.5
8412 - 90	部品(その他)	X	312,143,090	X	301,826,409	3.4
部品合計		-	522,927,842	-	539,252,035	-3.0
総合計		-	796,859,163	-	775,934,172	2.7

(注) ・「Ch.」は、金額対前年比伸び率(%) ・「X」は、数量不明である。
 ・「*」の数量単位は「t」である。

出典:米国商務省センサス局の輸出入統計

(2) 鉱山機械 (輸入)

(単位:ドル・百円:\$1=100円)

HSコード	品名	2021年09月		2020年09月		Ch.(%)
		数量	金額	数量	金額	
8430 - 49	せん孔機	X	5,684,935	X	3,311,139	71.7
8467 - 19 - 5060	さく岩機(手持工具)	323,109	17,137,101	289,030	15,039,620	13.9
8474 - 10	選別機	613	20,232,338	2,468	16,812,930	20.3
20	破碎機	267	19,545,860	871	14,116,606	38.5
39	混合機	248	1,357,259	535	1,079,212	25.8
機械類合計		-	63,957,493	-	50,359,507	27.0
8474 - 90	部品	X	60,242,022	X	46,113,787	30.6
部品合計		-	60,242,022	-	46,113,787	30.6
総合計		-	124,199,515	-	96,473,294	28.7

(注) ・「Ch.」は、金額対前年比伸び率(%) ・「X」は、数量不明である。

出典:米国商務省センサス局の輸出入統計

(3) 化学機械 (輸入)

(単位:ドル・百円;\$1=100円)

HSコード	品名	2021年09月		2020年09月		Ch.(%)
		数量	金額	数量	金額	
7309 - 00	タンク	50,231	31,749,566	58,886	30,245,214	5.0
8419 - 19	温度処理機械(湯沸器)	173,711	36,789,382	164,733	33,191,072	10.8
20	"(滅菌器)	26,751	25,100,804	8,409	16,289,424	54.1
32	"(乾燥機・紙パ用)	140	356,514	183	2,014,123	-82.3
39	"(乾燥機・その他)	19,174	16,267,541	40,989	15,210,201	7.0
40	"(蒸留機)	2,288	4,582,630	7,448	5,975,530	-23.3
50	"(熱交換装置)	891,037	104,313,566	841,604	82,988,166	25.7
60	"(気体液化装置)	353	9,390,079	1,047	1,363,895	588.5
89	"(その他)	289,462	69,727,121	316,030	98,520,092	-29.2
8405 - 10	発生炉ガス発生機	X	1,925,168	X	4,383,678	-56.1
8479 - 82	混合機	168,861	69,235,374	66,678	36,413,555	90.1
8401 - 20	分離ろ過機(同位体用) *	13	49,017	2	150,000	-67.3
8421 - 19	"(遠心分離機)	179,998	23,744,814	150,941	16,745,017	41.8
29	"(液体ろ過機)	30,524,704	110,617,207	28,918,528	88,015,165	25.7
39	"(気体ろ過機)	X	461,169,051	X	442,878,496	4.1
8439 - 10	紙パ製造機械(バルブ用)	10	518,023	27	923,825	-43.9
20	"(製紙用)	24	967,848	136	3,055,174	-68.3
30	"(仕上用)	65	7,781,089	29	255,636	2943.8
8441 - 10	"(切断機)	366,625	36,873,892	462,275	49,866,471	-26.1
40	"(成形用)	500	1,818,442	44	1,197,129	51.9
80	"(その他)	610	19,741,285	638	18,012,269	9.6
機械類合計		-	1,032,718,413	-	947,694,132	9.0
8405 - 90	部品(ガス発生機械用)	X	619,458	X	628,795	-1.5
8419 - 90 - 2000	部品(紙パ用)	X	7,175,717	X	2,460,213	191.7
8421 - 91	部品(遠心分離機用)	X	15,642,874	X	13,057,861	19.8
99	部品(ろ過機用)	X	149,942,310	X	123,336,594	21.6
8439 - 91	部品(バルブ製造機用)	X	9,202,412	X	8,278,027	11.2
99	部品(製紙・仕上機用)	X	19,580,520	X	13,507,827	45.0
8441 - 90	部品(その他紙パ製造機用)	X	33,096,615	X	24,676,400	34.1
部品合計		-	235,259,906	-	185,945,717	26.5
総合計		-	1,267,978,319	-	1,133,639,849	11.9

(注) ・「Ch.」は、金額対前年比伸び率(%)
 ・「*」の数量単位は「t」である。

・「X」は、数量不明である。

出典: 米国商務省センサス局の輸出入統計

(4) プラスチック機械 (輸入)

(単位:ドル・百円;\$1=100円)

HSコード	品名	2021年09月		2020年09月		Ch.(%)
		数量	金額	数量	金額	
8477 - 10	射出成形機	493	63,592,594	396	57,728,771	10.2
20	押出成形機	43	6,618,493	73	11,330,399	-41.6
30	吹込み成形機	37	18,916,907	50	30,647,796	-38.3
40	真空成形機	485	7,173,250	280	8,179,903	-12.3
51	その他の機械(成形用)	34	2,317,447	20	3,060,035	-24.3
59	その他のもの(成形用)	432	14,685,876	362	22,457,302	-34.6
80	その他の機械	38,508	39,815,507	15,022	27,778,897	43.3
機械類合計		40,032	153,120,074	16,203	161,183,103	-5.0
8477 - 90	部品	X	89,578,254	X	94,544,205	-5.3
部品合計		-	89,578,254	-	94,544,205	-5.3
総合計		-	242,698,328	-	255,727,308	-5.1

(注) ・「Ch.」は、金額対前年比伸び率(%)

・「X」は、数量不明である。

出典: 米国商務省センサス局の輸出入統計

(5) 風水力機械（輸入）

(単位:ドル・百円; \$1=100円)

HSコード	品名	2021年09月		2020年09月		Ch.(%)
		数量	金額	数量	金額	
8413 - 19	ポンプ(その他計器付設型)	637,436	50,169,116	495,058	16,226,244	209.2
30	" (ピストンエンジン用)	5,637,587	225,800,885	5,409,592	208,177,805	8.5
50 - 0010	" (油井用往復容積式)	955	6,313,764	143	4,571,294	38.1
0050	" (ダイヤフラム式)	360,065	14,124,717	356,123	17,212,623	-17.9
0090	" (その他往復容積式)	704,179	29,262,151	565,057	25,428,514	15.1
60 - 0050	" (油井用回転容積式)	57	168,242	58	123,972	35.7
0070	" (ローラポンプ)	4,691	1,519,792	7,452	396,205	283.6
0090	" (その他回転容積式)	434,380	20,089,728	441,241	18,743,048	7.2
70	" (紙パ用等遠心式)	3,692,581	134,626,375	4,052,900	122,347,435	10.0
81	" (タービンポンプその他)	638,017	33,726,249	1,458,384	32,422,244	4.0
82	液体エレベータ	15,417	429,692	1,209	491,014	-12.5
8414 - 80 - 1605	圧縮機(定置往復式≤746W)	122,657	8,213,648	198,742	9,752,748	-15.8
1615	" ("746W < ≤4.48KW)	26,129	3,437,476	28,079	3,155,958	8.9
1625	" ("4.48KW < ≤8.21KW)	5,684	2,045,658	5,495	1,922,226	6.4
1635	" ("8.21KW < ≤11.19KW)	1,124	804,727	866	697,557	15.4
1640	" ("11.19KW < ≤19.4KW)	548	429,081	201	242,429	77.0
1645	" ("19.4KW < ≤74.6KW)	2,963	855,664	149	882,459	-3.0
1655	" (" >74.6KW)	184	1,537,934	219	444,370	246.1
1660	" (定置回転式≤11.19KW)	4,672	5,374,056	9,407	3,574,168	50.4
1665	" ("11.19KW < <22.38KW)	2,093	5,394,400	1,229	3,758,612	43.5
1670	" ("22.38KW ≤ ≤74.6KW)	900	5,752,649	314	3,363,417	71.0
1675	" (" >74.6KW)	446	9,837,499	285	7,611,946	29.2
1680	" (定置式その他)	19,120	5,129,803	18,074	6,173,955	-16.9
1685	" (携帯式<0.57m ³ /min.)	920,629	34,548,921	1,138,926	36,029,922	-4.1
1690	" (携帯式その他)	161,646	8,901,244	194,861	7,804,419	14.1
2015	" (遠心式及び軸流式)	436	1,782,694	373	7,018,844	-74.6
2055	" (その他圧縮機≤186.5KW)	65,802	6,193,879	29,717	3,702,831	67.3
2065	" ("186.5KW < ≤746KW)	15	133,056	46	1,915,275	-93.1
2075	" (" >746KW)	17	8,854,110	31	6,575,210	34.7
9000	" (その他)	498,312	12,032,966	653,094	11,694,298	2.9
8414 - 59 - 6560	送風機(その他遠心式)	1,648,567	43,231,520	1,534,124	44,458,763	-2.8
6590	" (その他軸流式)	3,297,176	67,346,219	2,928,465	53,612,094	25.6
6595	" (その他)	1,475,849	36,501,077	1,891,386	33,911,513	7.6
10	真空ポンプ	897,001	62,715,029	841,997	64,601,604	-2.9
機械類合計		21,277,335	847,284,021	22,263,297	759,045,016	11.6
8413 - 91 - 1000	部品(圧縮点火機関用ポンプ)	X	13,473,148	X	14,869,496	-9.4
2000	" (紙パ用ストックポンプ)	X	785,607	X	368,733	113.1
9010	" (その他エンジン用ポンプ)	X	26,687,253	X	23,044,807	15.8
9096	" (ポンプ用その他)	X	119,863,614	X	90,442,143	32.5
92	" (液体エレベータ)	X	1,594,750	X	1,822,179	-12.5
8414 - 90 - 1080	" (その他送風機)	X	33,847,878	X	23,597,693	43.4
4165	" (その他圧縮機ハウジング)	386,922	14,001,266	370,403	11,661,604	20.1
4175	" (その他圧縮機その他)	X	48,795,581	X	38,173,582	27.8
9040	" (真空ポンプ)	X	8,156,027	X	7,337,879	11.1
9080	" (その他)	X	20,629,347	X	13,587,390	51.8
部品合計		-	287,834,471	-	224,905,506	28.0
総合計		-	1,135,118,492	-	983,950,522	15.4

(注) ・「Ch.」は、金額対前年比伸び率(%)

・「X」は、数量不明である。

出典: 米国商務省センサス局の輸出入統計

(6) 運搬機械 (輸入)

(単位:ドル・百円: \$1=100円)

HS コード	品名	2021年09月		2020年09月		Ch.(%)
		数量	金額	数量	金額	
8426 - 11	クレーン					
	(固定支持式天井クレーン)	77	5,574,478	55	6,343,971	-12.1
12	" (移動リフト・ストラドル)	75	10,370,405	29	1,411,173	634.9
19	" (非固定天井・ガントリ等)	1,349	65,829,880	1,277	8,528,719	671.9
20	" (タワークレーン)	123	2,930,362	14	4,142,733	-29.3
30	" (門形ジブクレーン)	29	245,970	25	106,503	131.0
91	" (道路走行車両装備用)	228	7,847,826	169	5,279,191	48.7
99	" (その他のもの)	380	1,216,957	2,398	1,991,884	-38.9
8425 - 39	巻上機					
	(ウィン・キャップ:その他)	904,279	17,428,252	767,583	10,219,134	70.5
11	" (プーリタ・ホイスト:電動)	20,302	9,381,458	36,044	15,171,804	-38.2
19	" (" :その他)	5,118,213	10,736,894	4,428,391	7,725,078	39.0
31	" (ウィンチ・キャップ:電動)	88,900	12,915,784	103,791	11,222,201	15.1
8428 - 60	" (ケーブルカー等けん引装置)	477	1,119,043	219	781,150	43.3
90 - 0110	" (森林での丸太取扱装置)	223	9,110,591	115	5,832,726	56.2
0120	" (産業用ロボット)	5,071	78,289,470	4,646	44,043,316	77.8
0190	" (その他の機械装置)	659,207	211,055,579	754,984	189,164,450	11.6
8425 - 41	ジャッキ・ホイスト					
	(据付け式)	35,588	3,940,321	44,766	5,704,232	-30.9
42	" (液圧式その他)	629,481	35,658,043	624,814	31,796,645	12.1
49	" (その他のもの)	1,728,569	31,200,977	1,673,863	24,108,311	29.4
8428 - 20 - 0010	エスカレーター・エレベータ					
	(空圧式コンベイヤ)	944	10,464,082	622	10,104,574	3.6
0050	" (空圧式エレベータ)	239	1,671,355	111	795,266	110.2
10	" (非連続エレ・スキップホイスト)	9,852	25,048,417	2,245	22,607,514	10.8
40	" (エスカレーター・移動歩道)	30	1,194,259	60	2,219,993	-46.2
31	その他連続式エレベ・コンベイヤ					
	(地下使用形)	2	2,285	3	106,645	-97.9
32	" (その他バケット型)	1,018	1,364,212	125	1,636,715	-16.6
33	" (その他ベルト型)	5,927	45,699,454	5,911	44,263,194	3.2
39	" (その他のもの)	49,700	113,181,119	52,921	55,689,605	103.2
機械類合計		9,260,283	713,477,473	8,505,181	510,996,727	39.6
8431 - 10 - 0010	部品					
	(プーリタタック・ホイスト用)	X	4,674,529	X	4,307,995	8.5
0090	" (その他巻上機等用)	X	18,175,454	X	12,546,155	44.9
31 - 0020	" (スキップホイスト用)	X	150,366	X	441,198	-65.9
0040	" (エスカレーター用)	X	1,052,651	X	1,817,881	-42.1
0060	" (非連続作動エレベータ用)	X	32,066,618	X	27,091,906	18.4
39 - 0010	" (空圧式エレベ・コンベ用)	X	104,886,002	X	75,451,322	39.0
0050	" (石油・ガス田機械装置用)	X	1,608,864	X	1,140,878	41.0
0070	" (森林での丸太取扱装置用)	X	3,135,944	X	1,221,540	156.7
0080	" (その他巻上機用)	X	81,728,626	X	61,243,941	33.4
49 - 1010	" (天井・ガント・門形等用)	X	14,134,724	X	5,851,693	141.5
1060	" (移動リフト・ストラドル等用)	X	2,903,802	X	1,828,282	58.8
1090	" (その他クレーン用)	X	11,925,987	X	34,448,954	-65.4
部品合計		-	276,443,567	-	227,391,745	21.6
総合計		-	989,921,040	-	738,388,472	34.1

(注) ・「Ch.」は、金額対前年比伸び率(%)

・「X」は、数量不明である。

・8425.20.0000巻上機(ウィンチ・坑口巻上)は、8425.39.0100巻上機(ウィンチ・キャップスタン:その他)に統合された。

出典: 米国商務省センサス局の輸出入統計

(7) 金属加工機械 (輸入)

(単位:ドル・百円: \$1=100円)

HSコード	品名	2021年09月		2020年09月		Ch.(%)
		数量	金額	数量	金額	
8455 - 10	圧延機(管圧延機)	10	21,403	219	14,105,542	-99.8
21	“(熱間及び熱・冷組合せ)	87	491,990	9	974,173	-49.5
22	“(冷間圧延用)	955	7,770,282	160	2,097,396	270.5
8462 - 10	鑄造機等	921	11,453,071	805	26,921,280	-57.5
21	ペンディング等(数値制御式)	142	21,092,596	160	20,066,461	5.1
29	“(その他)	12,418	17,736,590	11,902	14,484,352	22.5
31	剪断機(数値制御式)	17	915,664	21	626,252	46.2
39	“(その他)	1,233	5,593,628	1,086	4,797,689	16.6
41	パンチング等(数値制御式)	52	9,112,636	34	8,544,330	6.7
49	“(その他)	307	3,469,974	621	2,682,688	29.3
91	液圧プレス	5,497	6,891,052	2,219	7,989,585	-13.7
99	その他	1,202	5,925,616	677	6,433,510	-7.9
機械類合計		22,841	90,474,502	17,913	109,723,258	-17.5
8455 - 90	部品(圧延機用) *	1,734,648	24,453,009	2,596,852	25,926,014	-5.7
部品合計		-	24,453,009	-	25,926,014	-5.7
総合計		-	114,927,511	-	135,649,272	-15.3

(注) ・「Ch.」は、金額対前年伸び率(%) ・「X」は、数量不明である。
 ・「*」の数量単位は「kg」である。

出典: 米国商務省センサス局の輸出入統計

(8) 業務用洗濯機 (輸入)

(単位:ドル・百円: \$1=100円)

HSコード	品名	2021年09月		2020年09月		Ch.(%)
		数量	金額	数量	金額	
8450 - 12	洗濯機(10kg以下遠心脱水)	2,466	762,617	1,172	524,758	45.3
19	“(その他)	11,824	521,315	29,257	795,444	-34.5
20	“(10kg超)	267,120	112,975,627	193,906	75,722,377	49.2
8451 - 10	ドライクリーニング機	63	1,125,718	8	220,488	410.6
29 - 0010	乾燥機(10kg超・品物用)	180,934	69,444,999	139,301	49,671,194	39.8
機械類合計		462,407	184,830,276	363,644	126,934,261	45.6
8450 - 90	部品(洗濯機用)	X	17,388,091	X	18,257,936	-4.8
部品合計		-	17,388,091	-	18,257,936	-4.8
総合計		-	202,218,367	-	145,192,197	39.3

(注) ・「Ch.」は、金額対前年伸び率(%) ・「X」は、数量不明である。

出典: 米国商務省センサス局の輸出入統計

(9) 動力伝導装置 (輸入)

(単位:ドル・百円: \$1=100円)

HSコード	品名	2021年09月		2020年09月		Ch.(%)
		数量	金額	数量	金額	
8483 - 40 - 1000	トルクコンバータ	427,047	15,955,310	146,828	7,078,914	125.4
3040	ギヤボックス等変速機(固定比・紙パ機械用)	16,427	548,284	9,299	329,960	66.2
3080	“(手動可変式・紙パ機械用)	47,172	2,593,899	15,190	1,287,740	101.4
5010	“(固定比・その他)	844,913	112,801,631	960,579	105,942,898	6.5
5050	“(手動可変式・その他)	1,084,896	47,330,507	318,478	34,834,644	35.9
7000	“(その他)	293,641	11,588,354	101,286	5,935,018	95.3
9000	歯車及び歯車伝導機	X	51,527,861	X	44,039,995	17.0
機械類合計		-	242,345,846	-	199,449,169	21.5
8483 - 90 - 5000	部品(ギヤボックス等変速機用)	X	108,745,042	X	80,844,266	34.5
部品合計		-	108,745,042	-	80,844,266	34.5
総合計		-	351,090,888	-	280,293,435	25.3

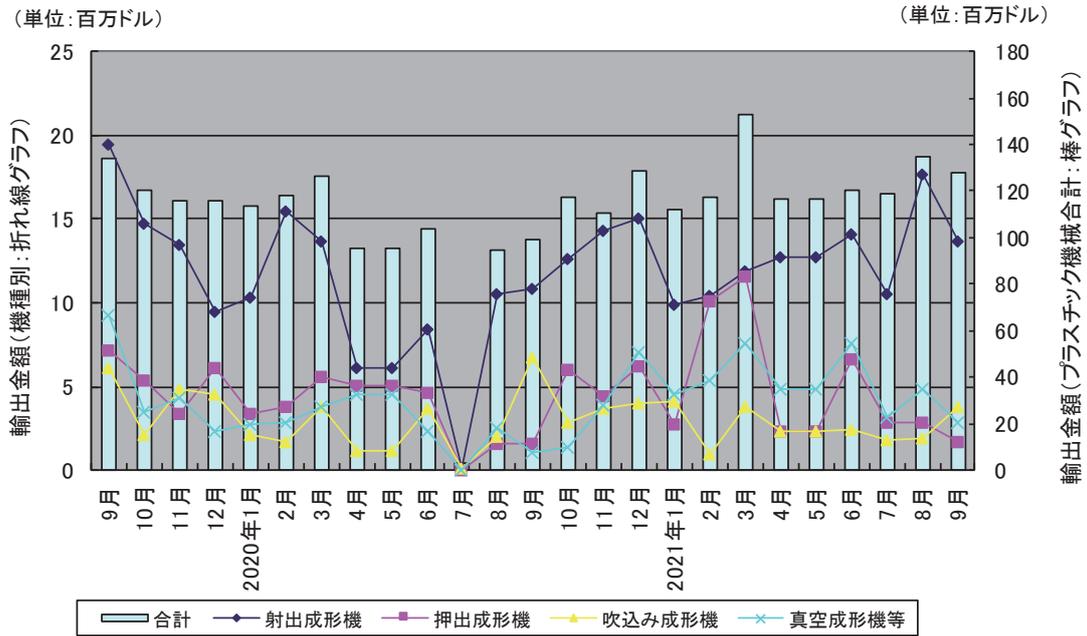
(注) ・「Ch.」は、金額対前年伸び率(%) ・「X」は、数量不明である。

出典: 米国商務省センサス局の輸出入統計

●米国プラスチック機械の輸出入統計（2021年9月）

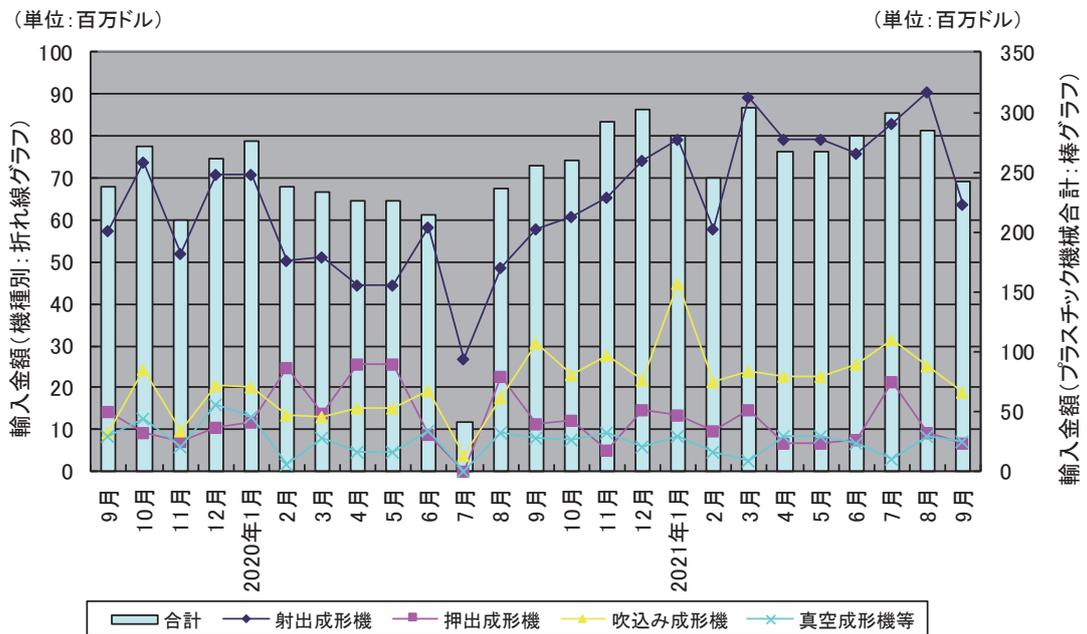
米国商務省センサス局の輸出入統計に基づく、2021年9月の米国におけるプラスチック機械の輸出入の概要は、次のとおりである。

- (1) プラスチック機械の輸出は、全体で1億2,808万ドル（対前年同月比29.1%増）となった。輸出先は、メキシコが2,776万ドル（同41.5%増）で最も大きく、次いでカナダが2,681万ドル（同10.2%増）、ドイツが1,573万ドル（同80.5%増）、中国が983万ドル（同13.0%増）と続く。機種別の輸出金額は、射出成形機は1,363万ドル（同26.3%増）、押出成形機は169万ドル（同3.3%増）、吹込み成形機は382万ドル（同43.3%減）、真空成形機及びその他の熱成形機（以下「真空成形機等」という。）は288万ドル（同164.7%増）となり、部分品は6,198万ドル（同11.7%増）となった。
- (2) プラスチック機械の輸入は、全体で2億4,270万ドル（同5.1%減）となった。輸入元は、ドイツが6,114万ドル（同16.9%減）で最も大きく、次いで日本が3,490万ドル（同8.2%増）、カナダが3,289万ドル（同16.9%減）、中国が2,324万ドル（同33.8%増）と続く。機種別の輸入金額は、射出成形機は6,359万ドル（同10.2%増）、押出成形機は662万ドル（同41.6%減）、吹込み成形機は1,892万ドル（同38.3%減）、真空成形機等は717万ドル（同12.3%減）となり、部分品は8,958万ドル（同5.3%減）となった。
- (3) プラスチック機械の対日輸出は、全体426万ドル（同143.8%増）となり、全輸出金額に占める割合は3.3%となった。
- (4) プラスチック機械の対日輸入は、全体で3,490万ドル（同8.2%増）となり、全輸入金額に占める割合は、14.4%となった。主要機種のうち、射出成形機の対日輸入金額が最も大きく、2,139万ドル（同32.2%増）となった。
- (5) プラスチック機械輸出の単純平均単価は、射出成形機が104.8千ドル、押出成形機が84.7千ドル、吹込み成形機が55.3千ドル、真空成形機等が19.7千ドルとなった。また、全機種 of 単純平均単価は、30.6千ドルとなった。
- (6) プラスチック機械輸入の単純平均単価は、射出成形機が129.0千ドル、押出成形機が153.9千ドル、吹込み成形機が511.3千ドル、真空成形機等が14.8千ドルとなった。また、全機種 of 単純平均単価は、3.8千ドルとなった。なお、対日輸入の射出成形機の単純平均単価は122.9千ドルとなった。



出典: 米国商務省センサス局の輸出入統計より作成

図1 米国におけるプラスチック機械の輸出金額の推移



出典: 米国商務省センサス局の輸出入統計より作成

図2 米国におけるプラスチック機械の輸入金額の推移

表1 米国プラスチック機械の国別輸出統計(2021年09月)

(単位:台、ドル・百円:\$1=100円)

輸出先 国名	プラスチック機械合計						射出成形機				
	2021年09月		2020年09月		輸出金額 増減	輸出金額 伸び率(%)	2021年09月		2020年09月		輸出金額 伸び率(%)
	数量	金額	数量	金額			数量	金額	数量	金額	
アイルランド	42	3,656,184	6	736,924	2,919,260	396.1	0	0	0	0	-
イギリス	22	3,246,047	133	3,662,582	-416,535	-11.4	0	0	0	0	-
フランス	4	1,056,915	4	624,024	432,891	69.4	1	45,000	0	0	-
ドイツ	243	15,733,598	109	8,718,381	7,015,217	80.5	0	0	0	0	-
イタリア	31	1,445,491	18	2,765,319	-1,319,828	-47.7	0	0	1	91,555	-100.0
トルコ	8	466,718	10	904,803	-438,085	-48.4	0	0	0	0	-
小計	350	25,604,953	280	17,412,033	8,192,920	47.1	1	45,000	1	91,555	-50.8
カナダ	270	26,811,589	252	24,320,950	2,490,639	10.2	65	6,069,667	30	3,749,703	61.9
メキシコ	642	27,763,530	261	19,627,796	8,135,734	41.5	54	5,984,351	56	5,914,555	1.2
コスタリカ	23	1,536,423	3	636,844	899,579	141.3	1	164,434	0	0	-
コロンビア	8	410,349	17	653,110	-242,761	-37.2	0	0	0	0	-
ベネズエラ	0	19,542	0	36,259	-16,717	-46.1	0	0	0	0	-
ブラジル	44	2,226,324	2	1,728,252	498,072	28.8	0	0	0	0	-
チリ	10	254,503	41	998,443	-743,940	-74.5	0	0	0	0	-
小計	987	58,767,757	535	47,003,211	11,764,546	25.0	120	12,218,452	86	9,664,258	26.4
日本	90	4,261,177	57	1,747,586	2,513,591	143.8	0	0	0	0	-
韓国	18	1,626,933	40	2,752,658	-1,125,725	-40.9	1	126,523	0	0	-
中国	263	9,825,657	60	8,693,398	1,132,259	13.0	0	0	9	333,103	-100.0
台湾	5	667,836	2	552,141	115,695	21.0	2	200,000	0	0	-
シンガポール	2	1,048,438	8	1,594,506	-546,068	-34.2	0	0	0	0	-
タイ	75	2,550,237	11	1,383,474	1,166,763	84.3	0	0	0	0	-
インド	62	2,464,128	40	1,848,616	615,512	33.3	0	0	2	217,759	-100.0
小計	515	22,444,406	218	18,572,379	3,872,027	20.8	3	326,523	11	550,862	-40.7
その他	310	21,262,451	207	16,187,944	5,074,507	31.3	6	1,036,270	6	479,713	116.0
合計	2,162	128,079,567	1,240	99,175,567	28,904,000	29.1	130	13,626,245	104	10,786,388	26.3

輸出先 国名	押出成形機			吹込み成形機			真空成形機等			部分品	
	2021年09月		輸出金額 伸び率(%)	2021年09月		輸出金額 伸び率(%)	2021年09月		輸出金額 伸び率(%)	21年09月	輸出金額 伸び率(%)
	数量	金額		数量	金額		数量	金額		金額	
アイルランド	0	0	-	10	866,620	751.2	28	176,690	-	2,546,187	360.0
イギリス	0	0	-	0	0	-	0	0	-	2,727,325	58.7
フランス	0	0	-	0	0	-	0	0	-	920,715	187.4
ドイツ	0	0	-100.0	0	0	-100.0	1	8,583	-84.1	5,678,403	1.6
イタリア	0	0	-100.0	0	0	-	0	0	-100.0	401,316	-71.1
トルコ	0	0	-	0	0	-100.0	0	0	-	75,816	-72.1
小計	0	0	-100.0	10	866,620	281.7	29	185,273	162.2	12,349,762	25.5
カナダ	11	956,831	10.0	3	40,105	-69.1	4	49,906	-90.3	16,257,215	1.5
メキシコ	5	459,015	38.6	7	140,607	-85.0	106	2,411,597	2,057.2	10,872,504	43.1
コスタリカ	1	65,000	-	0	0	-	0	0	-	860,624	46.7
コロンビア	0	0	-	0	0	-	0	0	-100.0	284,177	2.9
ベネズエラ	0	0	-	0	0	-	0	0	-	19,542	-46.1
ブラジル	2	84,890	11.7	31	936,336	-	0	0	-	1,159,147	-26.9
チリ	0	0	-	0	0	-100.0	0	0	-	211,065	-73.7
小計	19	1,565,736	22.6	41	1,117,048	4.5	110	2,461,503	257.7	29,453,209	12.9
日本	0	0	-	0	0	-	0	0	-	1,648,881	298.7
韓国	0	0	-	0	0	-100.0	0	0	-100.0	703,347	-46.4
中国	0	0	-	1	5,520	-99.8	3	86,128	22.1	2,675,945	-43.4
台湾	0	0	-	0	0	-	0	0	-100.0	437,301	-15.3
シンガポール	0	0	-	0	0	-100.0	0	0	-	1,040,448	-13.4
タイ	0	0	-100.0	0	0	-	0	0	-	471,496	-60.3
インド	0	0	-	8	630,000	121.1	0	0	-100.0	736,152	55.9
小計	0	0	-100.0	9	635,520	-80.3	3	86,128	-73.7	7,713,570	-21.5
その他	1	128,610	-30.7	9	1,199,790	-45.9	4	142,605	-	12,460,962	28.4
合計	20	1,694,346	3.3	69	3,818,978	-43.3	146	2,875,509	164.7	61,977,503	11.7

(注)プラスチック機械合計(HSコード8477)は、上記の各成形機に分類されないその他の機械を含む。

また、プラスチック機械合計の金額に部分品(HSコード8477-90)を含み、数量には含まない。

出典:米国商務省センサス局の輸出入統計

表2 米国プラスチック機械の国別輸入統計 (2021年09月)

(単位:台、ドル・百円:\$1=100円)

輸入元 国名	プラスチック機械合計						射出成形機				
	2021年09月		2020年09月		輸入金額 増減	輸入金額 伸び率(%)	2021年09月		2020年09月		輸入金額 伸び率(%)
	数量	金額	数量	金額			数量	金額	数量	金額	
イギリス	93	2,666,738	51	2,773,871	-107,133	-3.9	0	0	0	0	-
スペイン	11	942,985	9	1,216,342	-273,357	-22.5	1	27,196	0	0	-
フランス	32	5,153,123	30	10,833,475	-5,680,352	-52.4	4	477,365	2	250,362	90.7
オランダ	83	4,067,688	76	3,932,634	135,054	3.4	2	35,342	1	7,718	357.9
ドイツ	1,115	61,144,606	928	73,593,869	-12,449,263	-16.9	102	11,505,473	92	10,003,014	15.0
スイス	86	8,368,643	59	6,269,064	2,099,579	33.5	8	2,902,837	2	828,056	250.6
オーストリア	55	13,974,860	81	23,673,863	-9,699,003	-41.0	28	5,855,687	28	8,940,245	-34.5
ハンガリー	0	13,746	34	136,161	-122,415	-89.9	0	0	0	0	-
イタリア	225	15,242,390	175	14,016,848	1,225,542	8.7	6	1,413,833	3	47,478	2,877.9
ルーマニア	0	49,662	0	76,645	-26,983	-35.2	0	0	0	0	-
チェコ	263	49,662	271	76,645	-26,983	-35.2	0	0	0	0	-
ポーランド	5	520,691	11	327,045	193,646	59.2	0	0	0	0	-
小計	1,968	112,194,794	1,725	136,926,462	-24,731,668	-18.1	151	22,217,733	128	20,076,873	10.7
カナダ	418	32,887,660	731	39,582,432	-6,694,772	-16.9	18	4,532,156	22	12,503,258	-63.8
ブラジル	3	971,494	3	1,067,430	-95,936	-9.0	0	0	0	0	-
小計	421	33,859,154	734	40,649,862	-6,790,708	-16.7	18	4,532,156	22	12,503,258	-63.8
日本	459	34,896,380	363	32,266,023	2,630,357	8.2	174	21,385,811	124	16,175,910	32.2
韓国	46	4,461,023	2,113	2,412,073	2,048,950	84.9	28	3,183,072	9	1,242,657	156.2
中国	36,191	23,243,722	10,677	17,375,967	5,867,755	33.8	67	7,559,837	38	2,612,834	189.3
台湾	189	5,355,671	140	6,015,854	-660,183	-11.0	8	1,049,515	27	1,653,335	-36.5
タイ	294	3,934,367	150	3,354,562	579,805	17.3	30	2,523,711	30	2,309,119	9.3
インド	28	3,620,997	25	4,062,796	-441,799	-10.9	12	778,245	17	1,114,785	-30.2
小計	37,207	75,512,160	13,468	65,487,275	10,024,885	15.3	319	36,480,191	245	25,108,640	45.3
その他	436	21,132,220	276	12,663,709	8,468,511	66.9	5	362,514	1	40,000	806.3
合計	40,032	242,698,328	16,203	255,727,308	-13,028,980	-5.1	493	63,592,594	396	57,728,771	10.2

輸入元 国名	押出成形機			吹込み成形機			真空成形機等			部分品	
	2021年09月		輸入金額 伸び率(%)	2021年09月		輸入金額 伸び率(%)	2021年09月		輸入金額 伸び率(%)	21年09月	輸入金額 伸び率(%)
	数量	金額		数量	金額		数量	金額		金額	
イギリス	1	116,010	45.4	1	116,400	-	44	166,964	-46.9	1,674,691	-12.0
スペイン	0	0	-	0	0	-	0	0	-	854,497	974.2
フランス	0	0	-	0	0	-100.0	18	36,857	20.5	4,113,992	4.9
オランダ	3	185,011	-62.0	0	0	-	7	80,790	-83.5	1,890,157	-3.0
ドイツ	15	2,412,264	-72.9	9	10,133,464	-53.8	216	3,368,025	101.8	18,386,798	-15.2
スイス	3	1,228,846	-	6	1,913,914	-17.8	0	0	-	2,003,681	-32.2
オーストリア	3	1,170,093	20.9	3	2,176,724	-	6	669,397	242.1	2,888,662	-37.1
ハンガリー	0	0	-	0	0	-	0	0	-	13,746	-70.7
イタリア	9	627,328	258.5	3	972,894	116.4	0	0	-100.0	4,748,092	-30.4
ルーマニア	0	0	-	0	0	-	0	0	-	49,662	-35.2
チェコ	0	0	-	0	0	-	0	0	-	49,662	-35.2
ポーランド	0	0	-	0	0	-	0	0	-	473,005	114.3
小計	34	5,739,552	-45.9	22	15,313,396	-42.9	291	4,322,033	-33.8	37,146,645	-16.7
カナダ	0	0	-100.0	0	0	-100.0	5	363,658	-62.2	24,344,171	9.5
ブラジル	0	0	-	0	0	-	0	0	-100.0	161,366	-78.9
小計	0	0	-100.0	0	0	-100.0	5	363,658	-69.6	24,505,537	6.5
日本	0	0	-100.0	5	1,698,098	-1.3	110	1,627,292	-	4,862,224	-18.2
韓国	0	0	-100.0	0	0	-	1	16,000	-	826,949	-7.4
中国	2	407,343	12.4	5	909,155	608.9	56	574,589	1,419.9	10,407,162	6.3
台湾	2	341,373	-	0	0	-100.0	0	0	-	2,324,569	-40.1
タイ	0	0	-100.0	1	683,482	-	0	0	-	612,834	98.1
インド	5	130,225	26.7	1	91,000	-92.9	0	0	-	1,826,902	29.1
小計	9	878,941	42.6	12	3,381,735	7.9	167	2,217,881	5,766.8	20,860,640	-6.2
その他	0	0	-	3	221,776	-63.4	22	269,678	-35.0	7,065,432	50.2
合計	43	6,618,493	-41.6	37	18,916,907	-38.3	485	7,173,250	-12.3	89,578,254	-5.3

(注)プラスチック機械合計(HSコード8477)は、上記の各成形機に分類されないその他の機械を含む。

また、プラスチック機械合計の金額に部分品(HSコード8477-90)を含み、数量には含まない。

出典:米国商務省センサス局の輸出入統計

表3 米国プラスチック機械の機種別輸出入統計(2021年09月)

(単位:台、ドル・百円;単価は千ドル・10万円;\$1=100円)

項目	輸出金額			対日輸出金額			対日輸出割合(%)	
	2021年09月	2020年09月	伸び率(%)	2021年09月	2020年09月	伸び率(%)	2021年09月	2020年09月
8477-10 射出成形機	13,626,245	10,786,388	26.3	0	0	-	0.0	0.0
8477-20 押出成形機	1,694,346	1,640,719	3.3	0	0	-	0.0	0.0
8477-30 吹込み成形機	3,818,978	6,732,438	-43.3	0	0	-	0.0	0.0
8477-40 真空成形機等	2,875,509	1,086,482	164.7	0	0	-	0.0	0.0
8477-51 その他の機械(成形用)	1,428,209	100,889	1,315.6	0	5,772	-100.0	0.0	5.7
8477-59 その他のもの(成形用)	10,523,485	9,110,089	15.5	497,999	430,507	15.7	4.7	4.7
8477-80 その他の機械	32,135,292	14,243,540	125.6	2,114,297	897,725	135.5	6.6	6.3
機械類小計	66,102,064	43,700,545	51.3	2,612,296	1,334,004	95.8	4.0	3.1
8477-90 部分品	61,977,503	55,475,022	11.7	1,648,881	413,582	298.7	2.7	0.7
合計	128,079,567	99,175,567	29.1	4,261,177	1,747,586	143.8	3.3	1.8

項目	輸入金額			対日輸入金額			対日輸出割合(%)	
	2021年09月	2020年09月	伸び率(%)	2021年09月	2020年09月	伸び率(%)	2021年09月	2020年09月
8477-10 射出成形機	63,592,594	57,728,771	10.2	21,385,811	16,175,910	32.2	33.6	28.0
8477-20 押出成形機	6,618,493	11,330,399	-41.6	0	11,406	-100.0	0.0	0.1
8477-30 吹込み成形機	18,916,907	30,647,796	-38.3	1,698,098	1,720,351	-1.3	9.0	5.6
8477-40 真空成形機等	7,173,250	8,179,903	-12.3	1,627,292	0	-	22.7	0.0
8477-51 その他の機械(成形用)	2,317,447	3,060,035	-24.3	0	0	-	0.0	0.0
8477-59 その他のもの(成形用)	14,685,876	22,457,302	-34.6	0	7,705,336	-100.0	0.0	34.3
8477-80 その他の機械	39,815,507	27,778,897	43.3	5,322,955	707,549	652.3	13.4	2.5
機械類小計	153,120,074	161,183,103	-5.0	30,034,156	26,320,552	14.1	19.6	16.3
8477-90 部分品	89,578,254	94,544,205	-5.3	4,862,224	5,945,471	-18.2	5.4	6.3
合計	242,698,328	255,727,308	-5.1	34,896,380	32,266,023	8.2	14.4	12.6

項目	輸出単純平均単価		対日輸出単純平均単価		輸入単純平均単価		対日輸入単純平均単価	
	輸出数量		対日輸出数量		輸入数量		対日輸入数量	
8477-10 射出成形機	130	104.8	0	-	493	129.0	174	122.9
8477-20 押出成形機	20	84.7	0	-	43	153.9	0	-
8477-30 吹込み成形機	69	55.3	0	-	37	511.3	5	339.6
8477-40 真空成形機等	146	19.7	0	-	485	14.8	110	14.8
8477-51 その他の機械(成形用)	160	8.9	0	-	34	68.2	0	-
8477-59 その他のもの(成形用)	211	49.9	9	55.3	432	34.0	0	-
8477-80 その他の機械	1,426	22.5	81	26.1	38,508	1.0	170	31.3
機械類小計	2,162	30.6	90	29.0	40,032	3.8	459	65.4
8477-90 部分品	X	-	X	-	X	-	X	-
合計	-	-	-	-	-	-	-	-

出典:米国商務省センサス局の輸出入統計

●米国の鉄鋼生産と設備稼働率（2021年9月）

米国鉄鋼協会（American Iron and Steel Institute）の月次統計に基づく、米国における2021年9月の鉄鋼生産と設備稼働率の概要は、以下のとおりである。

- ① 粗鋼生産量は788.3万ネット・トンで、前月の829.1万ネット・トンから減少（△4.9%）となり、対前年同月比は増加（+19.7%）となった。炉別では、前年同月比で転炉鋼（N/A%）、電炉鋼（N/A%）、連続铸造鋼（+19.7%）となっている。

鉄鋼生産量は808.5万ネット・トンで、前月の840.5万ネット・トンから減少（△3.8%）となり、対前年同月比は増加（+21.3%）となった。鋼種別では、前年同月比で炭素鋼（+20.9%）、合金鋼（+65.1%）、ステンレス鋼（+6.6%）となっている。

- ② 主要分野別の出荷状況をみると、自動車関連108.6万ネット・トン（対前年同月比+18.7%）、建設関連232.0万ネット・トン（同+31.9%）、中間販売業者223.6万ネット・トン（同+24.9%）、機械産業（農業関係を除く）13.9万ネット・トン（同△3.0%）となっている。

需要分野別にみると、鉄鋼中間材（同+14.7%）、中間販売業者（同+24.9%）、建設関連（同+31.9%）、自動車（同+18.7%）、鉄道輸送（同+3.3%）、船舶・船用機械（同+13.4%）、航空・宇宙（同+2398.7%）、石油・ガス・石油化学（同+17.8%）、農業（農業機械等）（同+37.8%）、機械装置・工具（同+11.3%）、家電・食卓用金物（同+32.6%）、コンテナ等出荷機材（同+11.1%）が対前年比で増加となり、産業用ねじ（同△38.0%）、鉱山・採石・製材（同△14.6%）、電気機器（同△16.0%）が対前年比で減少となっている。また、外需は増加（同+3.8%）となっている。

- ③ 鉄鋼輸出は、67.1万ネット・トンで、前月の71.9万ネット・トンから減少（△6.7%）となり、対前年同月比は増加（+3.8%）となった。

- ④ 鉄鋼輸入は、325.2万ネット・トンで、前月の277.3万ネット・トンから増加（+17.3%）となり、対前年同月比は増加（+159.0%）となっている。鋼種別にみると対前年同月比で、炭素鋼（+150.8%）、合金鋼（+179.5%）、ステンレス鋼（+269.1%）となっている。

主要な輸入元としては、カナダが82.5万ネット・トン、メキシコが44.3万ネット・トン、メキシコ・カナダを除く南北アメリカが46.2万ネット・トン、EUが40.8万ネット・トン、欧州のEU非加盟国（ロシアを含む）が25.0万ネット・トン、アジアが76.5万ネット・トンとなっている。

主な荷受地は、大西洋岸で 35.4 万ネット・トン（構成比 10.9%）、メキシコ湾岸部で 138.2 万ネット・トン（同 42.5%）、太平洋岸で 50.0 万ネット・トン（同 15.4%）、五大湖沿岸部で 100.4 万ネット・トン（同 30.9%）となっている。

また、米国内消費に占める輸入（半製品を除く）の割合は 30.5%と、前月の 52.6%から 22.1 ポイント減となり、前年同月の 17.3%から 13.2 ポイント増となった。

- ⑤ 設備稼働率は 83.3%で、前月の 84.8%から 1.5 ポイント減となり、前年同月の 68.6%から 14.7 ポイント増となった。また、内需は 1066.7 万ネット・トンとなり、対前年同月比で増加（+46.7%）となっている。

表1 米国における鉄鋼生産、設備稼働率、輸出入等 (2021年9月)

	2021年		2020年		対前年比伸率(%)	
	9月	年累計	9月	年累計	9月	年累計
1.粗鋼生産 (千ネット・トン)						
(1)Pig Iron	N/A	N/A	1,770	14,521	N/A	N/A
(2)Raw Steel (合計)	7,883	70,786	6,587	59,226	19.7	19.5
Basic Oxygen Process(*1)	N/A	N/A	2,026	16,984	N/A	N/A
Electric(*2)	N/A	N/A	4,561	42,242	N/A	N/A
Continuous Cast(*1 及び *2 の一部を含む。)	7,867	70,640	6,572	59,079	19.7	19.6
2.設備稼働率 (%)	83.3	81.0	68.6	66.8		
3.鉄鋼生産 (千ネット・トン) (A)	8,085	70,739	6,663	60,449	21.3	17.0
(1)Carbon	7,670	67,241	6,342	57,471	20.9	17.0
(2)Alloy	208	1,600	126	1,354	65.1	18.2
(3)Stainless	208	1,899	195	1,624	6.6	16.9
4.輸出 (千ネット・トン) (B)	671	6,290	646	4,809	3.8	30.8
5.輸入 (千ネット・トン) (C)	3,252	23,822	1,256	17,647	159.0	35.0
(1)Carbon	2,600	18,611	1,037	13,512	150.8	37.7
(2)Alloy	491	4,237	176	3,577	179.5	18.4
(3)Stainless	161	974	44	558	269.1	74.5
6.内需 (千ネット・トン)	10,667	88,271	7,273	73,288	46.7	20.4
(D)=A+C-B						
7.内需に占める輸入の割合	30.5	27.0	17.3	24.1		
(E)=C/D*100(%)						

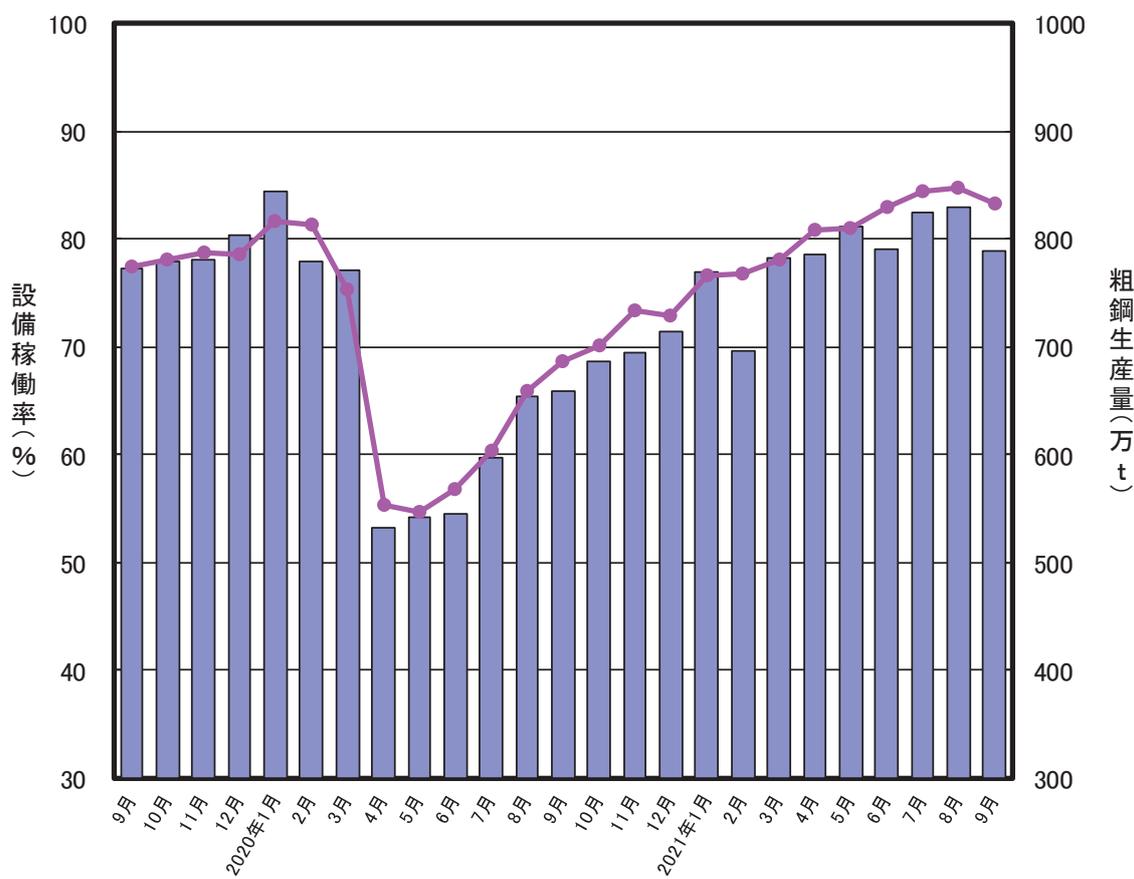
(注) ①出所：AISI(American Iron and Steel Institute)

②端数調整のため、合計の合わない場合もある。

表2 米国鉄鋼業の設備稼働率の推移

(単位：%)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均稼働
2020年	81.7	81.3	75.3	55.4	54.6	56.8	60.3	65.9	68.6	70.1	73.3	72.9	68.1
2021年	76.6	76.8	78.0	80.8	81.0	83.0	84.4	84.8	83.3				81.0



折れ線グラフ：設備稼働率（左軸）

棒グラフ：粗鋼生産量（右軸）

図1 米国における粗鋼生産量と設備稼働率の推移

別表1 米国の鉄鋼業データ(1)

	2021		2020		2021-2020 % Change	
	Sep.	9 Mos.	Sep.	9 Mos.	Sep.	9 Mos.
PRODUCTION:(Millions N.T.)						
Pig Iron	N/A	N/A	1,770	14,521	N/A	N/A
Raw Steel (total)	7,883	70,786	6,587	59,226	19.7%	19.5%
Basic Oxygen process	N/A	N/A	2,026	16,984	N/A	N/A
Electric	N/A	N/A	4,561	42,242	N/A	N/A
Continuous cast (incl. above)	7,867	70,640	6,572	59,079	19.7%	19.6%
Rate of Capability Utilization	83.3	81.0	68.6	66.8		
MILL SHIPMENTS: (000 N.T.)						
Total steel mill products	8,085	70,739	6,663	60,449	21.3%	17.0%
Carbon	7,670	67,241	6,342	57,471	20.9%	17.0%
Alloy	208	1,600	126	1,354	65.1%	18.2%
Stainless	208	1,899	195	1,624	6.6%	16.9%
FOREIGN TRADE-STEEL MILL PRODUCTS:						
Exports (000 N.T.)	671	6,290	646	4,809	3.8%	30.8%
Imports (000 N.T.)	3,252	23,822	1,256	17,647	159.0%	35.0%
Carbon	2,600	18,611	1,037	13,512	150.8%	37.7%
Alloy	491	4,237	176	3,577	179.5%	18.4%
Stainless	161	974	44	558	269.1%	74.5%
Imports excluding semi-finished	2,472	16,687	1,167	12,368	111.8%	34.9%
APPARENT STEEL SUPPLY EXCLUDING SEMI-FINISHED IMPORTS (000 NET TONS)						
Imports excluding semi-finished as % apparent supply	25.0	20.6	16.2	18.2		
MILL SHIPMENTS:SELECTED MARKETS						
Automotive	1,086	10,286	915	7,149	18.7%	43.9%
Construction & contractors' products	2,320	17,776	1,759	13,694	31.9%	29.8%
Service centers & distributors	2,236	20,086	1,790	17,888	24.9%	12.3%
Machinery,excl. agricultural	139	1,293	143	1,182	-3.0%	9.4%
EMPLOYMENT DATA:						
12 mo. 2019 vs. 12 mo. 2018						
Total Net Number of Employees (000) Source: BLS		144		141		2.3%
12 mo. 2011 vs. 12 mo. 2010						
Hourly Employment Cost: Total wage and benefits Source: BLS - NAICS 3311 Iron & Steel Mills		\$ 27.20		\$ 26.91		1.1%
FINANCIAL DATA:(Millions of Dollars) * Preliminary						
12 mo. 2019 vs. 12 mo. 2018						
Steel Segment						
Total Sales		\$52,350		\$57,885		-9.6%
Operating Income		\$1,482		\$5,099		

別表2 米国の鉄鋼業データ(2)

	2021		2020		2021-2020 % Change	
	Sep.	9 Mos.	Sep.	9 Mos.	Sep.	9 Mos.
FOREIGN TRADE - STEEL MILL PRODUCTS:						
Imports - Country of Origin (000 N.T.)	3,252	23,822	1,256	17,647	159.0%	35.0%
Canada	825	5,812	438	3,887	88.1%	49.5%
Mexico	443	3,357	207	2,543	114.2%	32.0%
Other Western Hemisphere	462	4,021	44	3,972	942.0%	1.2%
EU	408	2,790	176	2,246	132.3%	24.2%
Other Europe*	250	2,191	10	917	2309.4%	138.9%
Asia	765	5,044	344	3,673	122.3%	37.3%
Oceania	12	175	11	290	13.8%	-39.7%
Africa	87	432	25	118	243.7%	265.2%
* Includes Russia						
Imports - By Customs District (000 N.T.)	3,252	23,822	1,256	17,647	159.0%	35.0%
Atlantic Coast	354	3,733	151	2,771	134.1%	34.7%
Gulf Coast - Mexican Border	1,382	9,951	390	7,559	254.2%	31.7%
Pacific Coast	500	3,207	185	2,680	171.0%	19.7%
Great Lakes - Canadian Border	1,004	6,763	508	4,516	97.7%	49.8%
Off Shore	12	167	22	122	-46.5%	36.3%

別表3 米国における需要分野別の鉄鋼出荷量

MARKET CLASSIFICATIONS	CURRENT MONTH		YEAR TO DATE+		CHANGE FROM 2020			
	NET TONS	PERCENT	NET TONS	PERCENT	SAME	YEAR TO DATE		
					MONTH	NET TONS	PERCENT	
SEPTEMBER 2021								
1. Steel for Converting and Processing								
Wire and wire products	99,455	1.2%	857,175	1.2%	42.8%	237,561	38.3%	
Sheets and strip	183,972	2.3%	1,691,760	2.4%	-2.4%	-647,813	-27.7%	
Pipe and tube	443,828	5.5%	4,000,616	5.7%	20.8%	-246,100	-5.8%	
Cold finishing	899	0.0%	5,318	0.0%	399.4%	3,496	191.9%	
Other	29,722	0.4%	301,202	0.4%	-15.4%	1,249	0.4%	
Total	757,876	9.4%	6,856,071	9.7%	14.7%	-651,607	-8.7%	
2. Independent Forgers (not elsewhere classified)	11,614	0.1%	108,812	0.2%	0.3%	1,225	1.1%	
3. Industrial Fasteners	4,233	0.1%	46,491	0.1%	-38.0%	1,172	2.6%	
4. Steel Service Centers and Distributors	2,236,484	27.7%	20,085,552	28.4%	24.9%	2,197,462	12.3%	
5. Construction, Including Maintenance								
Metal Building Systems	90,591	1.1%	768,090	1.1%	-9.0%	58,576	8.3%	
Bridge and Highway Construction	10,633	0.1%	94,942	0.1%	-16.0%	9,968	11.7%	
General Construction	1,902,409	23.5%	14,549,723	20.6%	31.6%	3,367,192	30.1%	
Culverts and Concrete Pipe	0	0.0%	0	0.0%	0.0%	-125	0.0%	
All Other Construction & Contractors' Products	316,598	3.9%	2,363,201	3.3%	56.7%	646,533	37.7%	
Total	2,320,231	28.7%	17,775,956	25.1%	31.9%	4,082,144	29.8%	
7. Automotive								
Vehicles, parts & accessories-assemblers	995,784	12.3%	9,397,849	13.3%	21.1%	2,853,095	43.6%	
Trailers, all types	714	0.0%	7,091	0.0%	3.0%	1,388	24.3%	
Parts and accessories-independent suppliers	66,728	0.8%	680,726	1.0%	-7.0%	231,291	51.5%	
Independent forgers	22,477	0.3%	200,506	0.3%	11.3%	51,583	34.6%	
Total	1,085,703	13.4%	10,286,172	14.5%	18.7%	3,137,357	43.9%	
8. Rail Transportation	90,529	1.1%	871,838	1.2%	3.3%	-43,240	-4.7%	
9. Shipbuilding and Marine Equipment	7,436	0.1%	70,704	0.1%	13.4%	-3,723	-5.0%	
10. Aircraft and Aerospace	1,949	0.0%	6,025	0.0%	2398.7%	4,588	319.3%	
11. Oil, Gas & Petrochemical								
Drilling & Transportation	136,488	1.7%	1,280,989	1.8%	16.0%	79,845	6.6%	
Storage Tanks	1,338	0.0%	6,788	0.0%	155.3%	-1,039	-13.3%	
Oil, Gas & Chemical Process Vessels	4,691	0.1%	33,879	0.0%	66.8%	7,796	29.9%	
Total	142,517	1.8%	1,321,656	1.9%	17.8%	86,602	7.0%	
12. Mining, Quarrying and Lumbering	70	0.0%	840	0.0%	-14.6%	347	70.4%	
13. Agricultural								
Agricultural Machinery	9,226	0.1%	72,531	0.1%	38.8%	11,906	19.6%	
All Other	917	0.0%	7,953	0.0%	29.2%	2,410	43.5%	
Total	10,143	0.1%	80,484	0.1%	37.8%	14,316	21.6%	
14. Machinery, Industrial Equipment and Tools								
General Purpose Equipment - Bearings	12,938	0.2%	109,103	0.2%	18.8%	31,043	39.8%	
Construction Equip. and Materials Handling Equip.	26,028	0.3%	255,426	0.4%	-16.7%	-18,059	-6.6%	
All Other	36,641	0.5%	288,579	0.4%	42.1%	30,255	11.7%	
Total	75,607	0.9%	653,108	0.9%	11.3%	43,239	7.1%	
15. Electrical Equipment	62,947	0.8%	640,103	0.9%	-16.0%	68,250	11.9%	
16. Appliances, Utensils and Cutlery								
Appliances	222,463	2.8%	1,832,447	2.6%	32.9%	510,287	38.6%	
Utensils and Cutlery	497	0.0%	5,541	0.0%	-34.2%	-1,690	-23.4%	
Total	222,960	2.8%	1,837,988	2.6%	32.6%	508,597	38.3%	
17. Other Domestic and Commercial Equipment	21,461	0.3%	202,600	0.3%	42.3%	60,712	42.8%	
18. Containers, Packaging and Shipping Materials								
Cans and Closures	105,426	1.3%	832,027	1.2%	17.0%	61,506	8.0%	
Barrels, drums and shipping pails	57,703	0.7%	535,790	0.8%	11.0%	86,370	19.2%	
All Other	18,838	0.2%	194,337	0.3%	-13.3%	39,308	25.4%	
Total	181,967	2.3%	1,562,154	2.2%	11.1%	187,184	13.6%	
19. Ordnance and Other Military	946	0.0%	11,579	0.0%	-35.1%	-1,728	-13.0%	
20. Export	670,880	8.3%	6,290,080	8.9%	3.8%	1,481,549	30.8%	
21. Non-Classified Shipments	179,831	2.2%	2,030,768	2.9%	13.3%	-884,824	-30.3%	
TOTAL SHIPMENTS (Items 1-21)	8,085,384	100.0%	70,738,981	100.0%	21.3%	10,289,622	17.0%	

+ - Includes revisions for previous months

P - Preliminary, final figures will appear in the detailed quarterly report.

* - Net total after deducting shipments to reporting companies.



皆様、あけましておめでとうございます。本年もよろしくお願いたします。

ウィーンは12月に入り、最高気温が1℃の日が続くなどかなり冷え込んでいます。12月9日には今冬はじめて雪が積りました。一度雪景色のシェーンブルン宮殿を見たいと思っていたので、翌日早起きして見に行きました。運よく天気もよく、まだ雪が溶ける前で人も多くない時間帯でしたので真っ白な庭園の中にたたずむ宮殿のいつもとは違う風景を見ることができ大満足でした。

先月お伝えした通り、オーストリアは11月22日からロックダウンとなっていました。当初は最短10日間の予定でしたが、延長され12月12日までロックダウンされました。12月13日からは小売店やクリスマスマルクトが再開し、12月20日からはレストランや宿泊施設も再開し約1ヶ月で解除されました。しかし、ワクチン未接種者に関しては依然としてロックダウンされており、ワクチン接種義務化なども発表されていますので、ロックダウン中にも関わらず大規模なデモが頻繁に行われていました。

昨年は新型コロナウイルス感染拡大の影響により中止されていたこともあり、ロックダウン解除後は2年ぶりのクリスマスマルクトを楽しむ人で混みあっています。クリスマスの飾りや小物を選んだり、Punsch（プンシュ）やGluehwein（グリューワイン）といった季節のお酒を楽しんだりと様々な楽しみ方があります。PunschはSchnaps（シュナップス）という蒸留酒とフルーツジュースを混ぜたもので、ベリー系、アップル系など様々な味が楽しめます。Gluehweinは温めた赤ワインにシナモンやハーブと、オレンジなどの柑橘類を入れたものです。いずれも飲むと体が温まり、また会場ごとにデザインされたマグカップに入れて販売されているため、気に入ったデザインのものを探すという楽しみ方もできます。カップはデポジット制度となっており、返却時に返金してもらえますが、気に入ったものはそのまま持ち帰ることができます。

会場の入り口では予防接種証明か治癒証明を見せることで、手首に「確認済」のテープを巻いてもらい、それを見せることで飲食ができるというルールになっているようです。テープは外さない限り他の会場でも使用することができるため、何か所かをはしごしながら楽しむことができます。私も2年前にSpittelbergのマルクトで食べたSpittelberger Erdäpfelpufferというポテトパンケーキがもう一度食べたいと思っていたので、食べにいきました。このマルクトは観光地とは離れた場所にある穴場的なマルクトです。ポテトパンケーキはジャガイモの千切りを小麦粉の衣でせんべいのような形で揚げたものなのですが、外はサクッと中はモチットしておりニンニクと塩のきいた味付けで人気となっています。

私は今年のクリスマスは家族で過ごせないなので、何か記念になるようなクリスマス飾りか小物をお土産に買って帰ろうと思っています。

写真は雪景色のシェーンブルン宮殿の様子です。



ジェトロ・ウィーン事務所
産業機械部 尾森 圭悟



皆様、新年あけましておめでとうございます。ジェトロ・シカゴ事務所の小川です。本年もよろしく願いいたします。

昨年は様々な出来事がありました。新政権発足、新型コロナウイルス感染拡大、治安の懸念や大規模な自然災害など、米国での昨年一年間を振り返ります。

昨年 1 月 20 日のジョー・バイデン大統領就任から始まり、新政権発足以来、経済対策、環境問題、米中摩擦などについて、多くの政策が打ち出されました。大型の経済対策では、3 月に新型コロナウイルス対策のための 1 兆 9000 億ドル規模の米国救済計画法が成立、11 月に老朽化施設への投資や電気自動車（EV）の優遇措置などを含む 1 兆ドル規模のインフラ投資計画法が成立しました。環境問題では、パリ協定の目標値として 2030 年までに CO2 排出量を 2005 年比で少なくとも 50%削減を設定、2050 年までにカーボンニュートラルの実現、2030 年までに新車の半数を電動化する方針を示しています。米中摩擦に関しては、バイデン大統領は就任後、重要製品や材料におけるサプライチェーンの回復力を強化するための大統領令に署名、また強制労働を理由とした輸入制限など人権の切り口からも規制を強めています。

続いて米国での新型コロナウイルス感染拡大状況です。12 月 14 日、米国で新型コロナウイルスに感染して死亡した人の累計が 80 万人を超えました。最新の米疾病対策センター（CDC）の 12 月 20 日の発表によると、12 月 18 日までの 1 週間のデータでは、オミクロン株がコロナ感染者の 73%を占めると推定されています。オミクロン株による感染者の急増を受け、NY 市は 12 月 27 日から市内のすべての企業に従業員のワクチン接種の義務化、シカゴ市は 1 月 3 日から屋内活動に対してワクチン接種証明の義務化を開始します。

米国内でワクチン普及が加速した昨年 1 月以降、経済やビジネス活動の正常化への期待が急速に高まる中、2 年振りとなるリアル展示会やイベントも多く開催されるようになりました。しかし、収束までは至らず、特に米国製造業ではコロナ禍でのサプライチェーン停滞や労働者不足問題が長期化しています。さらに今般のオミクロン株の流行により、経済活動への影響が懸念されています。

治安の面でも様々な動きがありました。ジョージ・フロイド氏事件の裁判に伴う大規模な抗議活動や暴動、コロナ禍でのアジア系に対するヘイトクライムの急増などです。ヘイトクライムは事件が多発した 3 月当時、「アジア系市民であることを周囲に悟られないようにする」との注意喚起の下、帽子やフードを深くかぶり、外見の露出を減らす等の予防策を講じて外出していました。その後、バイデン大統領は取り組みを強め、ヘイトクライム対策法が 5 月に成立しています。

昨年は自然災害も多い一年間となりました。2月はテキサス州で30年ぶりに気温が摂氏零度まで下がるなどした影響で、電力需要が急増し、大規模停電や断水が発生しました。6月下旬は米国北西部で記録的な熱波に見舞われ、その後数週間で高温と乾燥が原因とみられる山火事が続発、発生カ所は13州80カ所以上とされています。そして年内の終わりの12月は、米南部・中西部一帯で複数の大型竜巻が発生し、イリノイ州ではアマゾン倉庫を直撃、深刻な被害をもたらしました。

様々な出来事がありました昨年一年間。振り返りの最後は、掲載写真を紹介して終わります。写真は米国で最も有名なクリスマスツリー、ニューヨークにあるロックフェラー・センターのツリーです。昨年12月初旬、オミクロン株拡大前の少し早めのクリスマス旅行で訪れました。本旅行記はまた翌月号でお伝えできればと思います。

それでは、本年も変わらぬご愛顧のほど、よろしくお願い申し上げます。



ニューヨーク／ロックフェラー・センターのツリー（2021年12月4日撮影）

ジェトロ・シカゴ事務所 産業機械部
小川 ゆめ子

一般社団法人 日本産業機械工業会

THE JAPAN SOCIETY OF INDUSTRIAL MACHINERY MANUFACTURERS

本 部 〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号(機械振興会館4階)

TEL : (03) 3434-6821

FAX : (03) 3434-4767

関西支部 〒530-0047 大阪市北区西天満2丁目6番8号(堂ビル2階)

TEL : (06) 6363-2080

FAX : (06) 6363-3086