

令和3年度「産油国等連携強化促進事業費補助  
金(石油天然ガス権益・安定供給の確保に向け  
た資源国との関係強化支援事業のうち中東等産  
油・産ガス国投資等促進事業(ロシア等産油・産  
ガス国投資等促進事業))」

# ロシアのガス化学産業 アンモニアおよび水素製造動向

2022年3月

一般社団法人 ロシアNIS貿易会  
ロシアNIS経済研究所

## 序 文

昨今、国際的に気候変動問題への関心が急速に高まり、関連サミットも開催される中、ロシアなどの資源国も脱炭素化社会に対応するべく、新たな政策的試み、また新たな環境技術開発の導入を迫られている状態にある。こうした諸国の現状と展望に関する最新の情報を、関心を持つ日本企業および関係者へ提供することは、今後の世界的なエネルギー市場動向の把握のために非常に重要である。このような視点にたち、当会はロシアにおけるガス化学産業、特にアンモニアの生産動向と、水素製造プロジェクトに係る最新の取組みに関する調査を実施、これらを二部構成とし、報告書を作成した。また、巻末に当会が実施した関連事業において、ロシア側関係者から提出のあった水素案件に係る各種資料も掲載した。

調査の具体的な方法については、ガス化学分野におけるロシア側の見方、現状のプロジェクトおよび需給、今後の新規案件動向などについて、ロシアの政府関係者、ビジネス団体（ロシア商工会議所など）、研究機関・団体（ロシア科学アカデミーやその他大学機関）、現地コンサルティング企業を対象にインタビューを実施、また資料提供を受けるといった形をとった。本調査においては、ロシア石油ガス業界で評判の高いコンサルティング企業である Vygon Consulting から、多くの情報提供およびコメントをいただいた。なお、本報告書はロシアのウクライナ侵攻開始前の 2022 年 2 月前半時点までの情報と環境に基づき作成したことに留意願いたい。

本報告書は産油国等連携強化促進事業費補助金の一環として、経済産業省の助成を得て刊行されたものである。本事業実施に当たって多大なご協力を賜った経済産業省、現地調査にご協力いただいた関係者の皆様、調査の段階でご協力や助言をいただいた当会会員各位、関係者に改めて謝意を表すものである。

2022 年 3 月

一般社団法人 ロシア N I S 貿易会  
会 長 飯島 彰己

# 目次

## 第1部

### 脱炭素化に向けたロシアのガス化学産業(アンモニア分野)発展に係る展望

- 1. アンモニア産業の現状と展望: コロナ禍と脱炭素化潮流の影響 ..... 6
- 2. ロシアにおけるアンモニア産業の問題点と展望 ..... 27

## 第2部

### ロシアにおける水素産業発展の展望

- ロシア水素市場の現状 ..... 58
- 2030年までの生産・供給の経済性を前提としたロシア水素の販売市場展望および優先すべき潜在的な需要者群、競争環境の予測 ..... 81
- 製法グループごとの水素生産コストの比較分析 ..... 82
- ロシアにおけるクリーンエネルギー認証システム創出の現状と展望 ..... 86

## 資料1

- ロシア水素技術コンソーシアム ..... 92

## 資料2

- サハリン州の水素プロジェクト ..... 105

## **第1部**

### **脱炭素化に向けた ロシアのガス化学産業(アンモニア分野)発展に係る展望**

<b>概要整理</b>	3
1. アンモニア産業の現状と展望：コロナ禍と脱炭素化潮流の影響	6
1.1. 世界におけるアンモニア需要：現状と予測	6
1.2. 世界の主要なアンモニアプロジェクト	11
1.3. グローバルな気候変動アジェンダに伴う制約と可能性	20
2. ロシアにおけるアンモニア産業の問題点と展望	27
2.1. ロシアにおけるガス化学産業の現状	27
2.2. 現行プロジェクトおよび新規プロジェクトの概要	29
2.3. アンモニア産業の発展予測と投資状況	35
2.4. 生産に係る経済性、外国市場への供給に向けたその効率性	39
2.5. プロジェクトに対する国家支援と気候変動アジェンダ	48

## 概要整理

- アンモニアとその加工品はメタンを利用した化学産業において最大の品目である。2020年の世界における生産量は1億8,500万tで、その大半(76.5%)が各種アンモニア肥料製造に用いられた。その中でも重要な肥料は尿素、硝酸アンモニウム、リン酸二アンモニウムおよびリン酸一アンモニウム(DAP/MAP)である。
- アンモニアの世界消費量は、我々の推計によれば、2025年までに1,000万t増加し、1億9,500万tに達する。しかも、農業部門の消費量は以前と変わらず、需要量の75%を維持するはずなので、この市場は高い安定性を堅持し続けるであろう。
- アンモニア製造用原料は主に天然ガスと石炭であるが、前者によるアンモニアの製造が優勢になりつつある。2010年以降、生産能力を最も大きく伸ばしたのは、原料として天然ガスを使用する工場であった。これらが2020年の世界の生産構成の72%を占めている。
- 最大の生産者はアジア太平洋地域の国々であり、世界の製造能力のおよそ半分を占める中国がそのトップである。上位4カ国に入るロシア、米国、インドは同時にアンモニアの主要消費国でもある。
- 外国市場への窒素肥料の供給は地政学的な緊張の影響を強く受け、しばしば貿易紛争の対象になっている。2020~2021年にはこのような貿易紛争がアンモニア市場の発展にとっての障壁になることはなかったが、将来の制限措置(たとえばアンチダンピング関税)が採られた場合には、新規プロジェクトを実施する際の制約要因となりうる。
- アンモニアそれ自体の世界的な貿易量は、製品の多くが別の製品に再加工されることから(特に尿素製造に使用)、限定的である。当該製品の主要輸出国はロシアや中南米諸国であり、主要な輸入国は欧州やアジア太平洋地域の国々である。
- 我々の評価では2030年までに、合計生産量は現在の1億8,300万tから2億2,900万tにまで、年平均では2.3%の伸び率で増えることになる。現在建設中、および検討段階にある施設は60以上ある。需要の伸びが限られていることを考慮するなら、新工場を予定通りに立ち上げることになれば、世界市場に過剰な生産設備が供給されることになり、工場の稼働率は著しく低下することが想定される。
- アンモニア合成の結果、約5億t、または世界のCO<sub>2</sub>排出量の約1.8%に相当するCO<sub>2</sub>が生成される。それが、この部門を化学産業における最大のCO<sub>2</sub>排出源とする根拠である。さらに、アンモニアの合成はセメント、鉄鋼、エチレンの製造と並んで、グローバルな気候アジェンダの目的を達成するために脱炭素化の実施が不可避とされる「4大」産業に入る。
- 切迫した世界的な脱炭素化アジェンダを背景にして、カーボンフリーアンモニア製造プロジェクトが相次いで登場していることに注目する必要がある。そうした一連のプロジェクトには「ブルー」アンモニア合成工場や「グリーン」アンモニアプロジェクトが含まれる。

- 「ブラウン」アンモニアの合成にかかる費用が236～432ドル/tであるのに対し、「ブルー」アンモニアは二酸化炭素の回収、輸送と貯留のための設備導入に追加的な資本投下と運転費用を要するため、CCSプロジェクトの内容に応じて、最低コストは32～129ドル/t押し上げられることになる。CCSプロジェクトの内容が部分的な回収であれば、排出されるCO<sub>2</sub>の濃度が高い生産現場のみでの排出量削減を想定したもの、全面的な回収であればすべての生産現場での排出量削減を想定したものとなる。「グリーン」アンモニアとなると、プロセスでのエネルギー強度が高くなり、電力消費も増加することから、製造コストは320～1,655ドル/tになり、再生可能エネルギー発電コストが特に重要となる。
- アンモニア製造にCCS技術を用いることは、現在ではすでに技術的に完成されたプロセスである。世界では、少なくとも、13の工場がこのプロセスを採用し、順調に稼働している。その全ての工場で液体溶媒を用いた二酸化炭素の吸収という、CCS分野での最も成熟したソリューションの一つが採用されている。
- グローバルな脱炭素アジェンダは世界のアンモニア製造業に対して製品の低炭素製造法やフリーカーボン製造法を要求するだけでなく、将来的に消費増加の新たな推進力となる一連の可能性を提起している。その中核となるのが、水素経済の発展であり、船舶用燃料としてのアンモニアの利用である。
- 水素経済発展の文脈で見ると、アンモニアが果たす役割はきわめて大きい。なぜなら、現時点ではアンモニアが保存および輸送技術の発展と利用可能性の点において最も成熟した水素キャリアだからである。
- ロシアでは、アンモニアはメタンを使用した化学製品の中で、その生産量がメタノールの数倍の規模にあり、第1位を占めている。アンモニアの大半(75%以上)は尿素、硝酸アンモニウム、その他の肥料を製造するための加工に振り向けられる。これはアンモニアを積み替え、輸出するための自前のインフラがないことによるものである。
- 国内には、15社の大手アンモニアメーカーがあり、その合計生産能力は約2,100万tに達する。それらメーカーの近年の稼働率は安定して高い。
- 製品がロシアの農業部門で消費されるため、そして、製品が欧州や米国に輸出されることを見込んでいるため、既存の工場すべてがロシア欧州部に立地している。その一方で、遠隔地の鉱床から産出されるガスを収益化する一環として、北極圏やロシア極東など、統一ガス供給システムから離れた地域でのプロジェクトがますます増えてきた。
- 建設中のプロジェクトだけに限っても、これらを実施した場合にはアンモニアの生産能力が約500万t増えて2,460万tになり、また、尿素の生産能力は620万t増えて1,910万tに達する。計画中の製造設備が稼働した場合には、2030年までにアンモニアで3,000万t、尿素で2,300万tに達する。
- 関連製品出荷量は2030年までに1,900万tから2,500万tに増加する見込み。アンモニアの正味輸出量の増加については、そのかなりの部分が、アジア太平洋地域や欧州にアン

モニア(後に水素に加工する分も含めて)を供給することになる、ナホトカ無機肥料工場やオビ・ガス化学コンビナートの操業開始によってもたらされる。

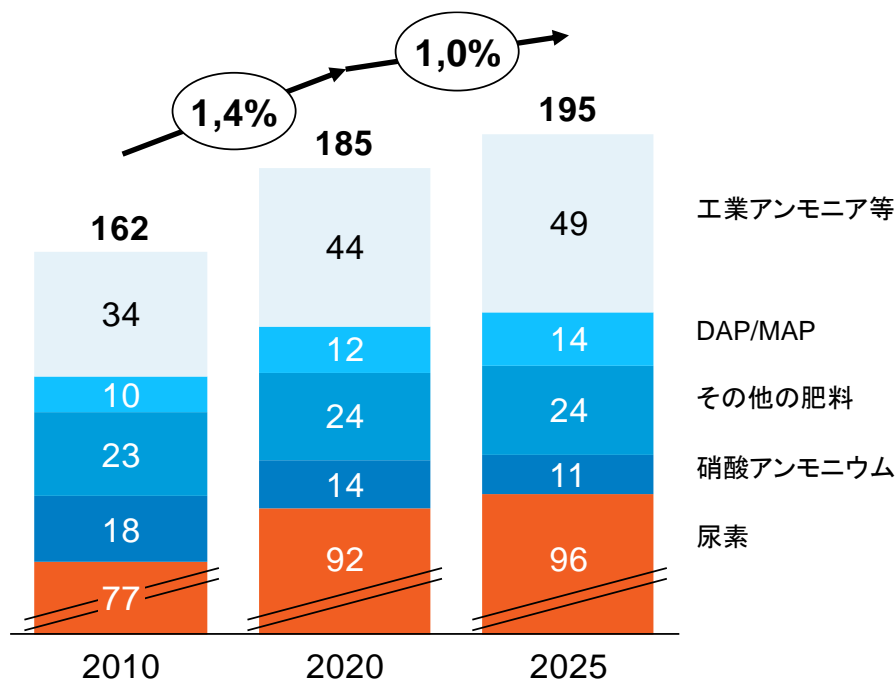
- ロシアの化学および石油化学分野に係る2030年までの発展戦略は時代遅れになっており、現在の現実と課題に対応していない。切実に必要とされる大型プロジェクトの大半が戦略に一切含まれておらず、逆に戦略に含まれているプロジェクトの多くはさほど必要のないものばかりである。文書に記載されているリスク(競争の激化、輸入関税の導入など)の多くはすでに現実となっている。2020年に承認された「2035年までのロシア連邦のエネルギー戦略」ではメタンを使用した化学製品については言及しない。
- 総合的、かつ専門化されたこの分野の発展計画が必要である。そこでは、大規模なガス化学プロジェクトのアップデートだけではなく、当該分野の発展に関わる、その他の現実的な課題も網羅されていなければならない。喫緊の改題の一つがガス化学事業の低炭素化に係るパイロットプロジェクトの発展とこれへの支援である。
- 現在、低炭素アンモニアの発展に関わる体系的な支援、または国家の取り組みといったものは存在しない。しかし、2021年11月、ロシア産業貿易省は低炭素・カーボンフリー水素・アンモニアの生産に関わるロシアのプロジェクト概観を発表した。これにはロシアの18地域における33件のパイロットプロジェクトが記載されている。低炭素アンモニアについては、現在、16件のプロジェクトが発表されており、そのうち、8件は生産量1,040万tの「ブルー」アンモニアプロジェクトである。さらに、水力発電所や再生可能エネルギーをベースにして「グリーン」水素またはアンモニアを製造することを目指すプロジェクトが8件ある。
- ガス化学プロジェクトに対する総合的な支援策は存在しないが、極東での実施が計画されているいくつかのプロジェクトに対しては、先行社会経済発展区(TOR)とウラジオストク自由港の枠内での特別税制措置が適用される可能性がある。
- 極東連邦管区で利用するために立ち上げられたTORというツールは石油ガス化学プロジェクトに対しても非常に効果的である。2019年時点での条件を前提とすれば、地域支援ツールによってガス化学プロジェクトの経済効率を高めることが可能である。TORを利用することによって、極東連邦管区における生産能力100万tに関し、アンモニア生産プロジェクトの現在価値(NPV)を大きく改善することができる。その現在価値は60億ルーブルの赤字から20億ルーブルの黒字へと向上するだろう。将来的には、ガス化学分野を含め、低炭素プロジェクトに特化した新しいクラスターを立ち上げることも可能である。

# 1. アンモニア産業の現状と展望： コロナ禍と脱炭素化潮流の影響

## 1.1. 世界におけるアンモニア需要： 現状と予測

アンモニアとその加工品はメタン化学最大の部門を成している。2020年の世界の製品生産量は1億8,500万tで、そのうちの大多数—76.5%が各種のアンモニア肥料の製造に用いられた。その中でも重要な肥料は尿素、硝酸アンモニウム、リン酸二アンモニウムおよびリン酸一アンモニウム(DAP/MAP)である。残りの23.5%のアンモニアは、ソーダ、尿素ホルムアルデヒド樹脂、カプロラクタム、アクリロニトリル、液体試薬AdBlueのほか、爆発性物質の原料として用いられる工業銘柄の硝酸アンモニウムの製造など、農業以外の分野で使用されている。

図1 アンモニアの世界における需要、100万t



出所: IFA, VYGON Consulting

このように、世界のアンモニア需要のベースを構成しているのは、農業分野であり、その推移がかなりの程度までこの製品の市場の状況および特徴を左右している。

歴史的に農業部門は安定していることがその特徴だったが、その成長テンポはかなり緩やかである。例えば、2000年から2015年にかけて世界の農業生産は平均で2.4%増加したが、その後は、発展途上国における農業生産増強のポテンシャルが徐々に減衰していくにつれて、また、急成長する市場が飽和するとともに、その成長テンポは約1%のレベルにまで低下した。長期的な展望においては、人口の増加が農作物需要の推進力となるが、農作物の生産量増加はこの人口要因に制約される。

そのほか、無機肥料を過剰に使用すると農作物の品質や安全性を低下させるので、多くの農業大国では施肥量の最適化に向けた政策が採られているという事実を指摘しなければならない。例えば、2015年、中国農業省は国家プログラム「2020年までの化学肥料使用量ゼロ成長達成に向けて」を導入した。

しかし、現在、農業部門からの需要の伸びが鈍化しているにもかかわらず、まさにその農業部門が世界のアンモニア市場に危機への耐性という大きな優位性を与えている。食品安全保障が重要な問題であるため、農業部門も、そして窒素肥料の消費も、世界経済の状況にさほど影響されない。例えば、2008年～2009年の金融危機の結果、世界のGDPがほぼ2%落ち込んだ時にも、アンモニアに対する需要はほぼ変化がなかった。

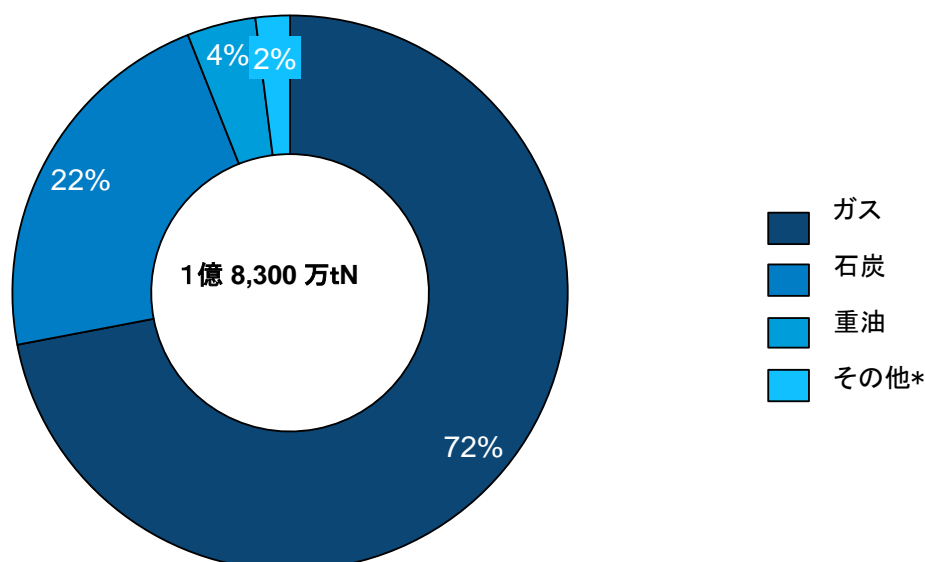
COVID-19のパンデミックも例外ではなかった。パンデミックに伴って、渡航制限措置が導入され、欧州や米国へのサプライチェーンにトラブルが発生した。例えば、肥料散布などの季節的な農作業に従事するために、毎年のように外国からやって来る労働者やトラック運転手が足りなくなることが問題になった。それにもかかわらず、2020年のアンモニアの需要は減少することではなく、それどころか、若干の増加さえ見られた。

上記と関連して、我々は、2025年までの間に農業向けアンモニアの消費量は年平均1%以下の成長率で、わずかではあるが、400万t程度は増加すると見込んでいる。

それと同時に、工業部門からのアンモニアに対する需要増加の見通しはさらに楽観的と言える。現在のアンモニア消費量に占める工業分野の割合は農業分野に比べてはるかに小さいが、絶対量としては2025年までに540万t、年平均2.4%の大きな増加が見込まれる。これはアンモニアから製造される化学製品が原料として使用されている分野の発展が期待されていることによるものである。例えば、ソーダ灰の世界市場は自動車、建設、梱包などの分野向けのガラス生産量の増加によって、年に約4%拡大する<sup>1</sup>。

総じていえば、アンモニアの世界消費量は、我々の推計によれば、2025年までに1,000万t増加し、1億9,500万tに達する。しかも、農業部門の消費量は以前と変わらず、需要量の75%を維持するはずなので、この市場は高い安定性を堅持し続けるであろう。

図2 2020年の世界アンモニア生産能力(原料種別)、100万t



\* ナフサ、水素

注: アンモニア中の水素含有量82.2%

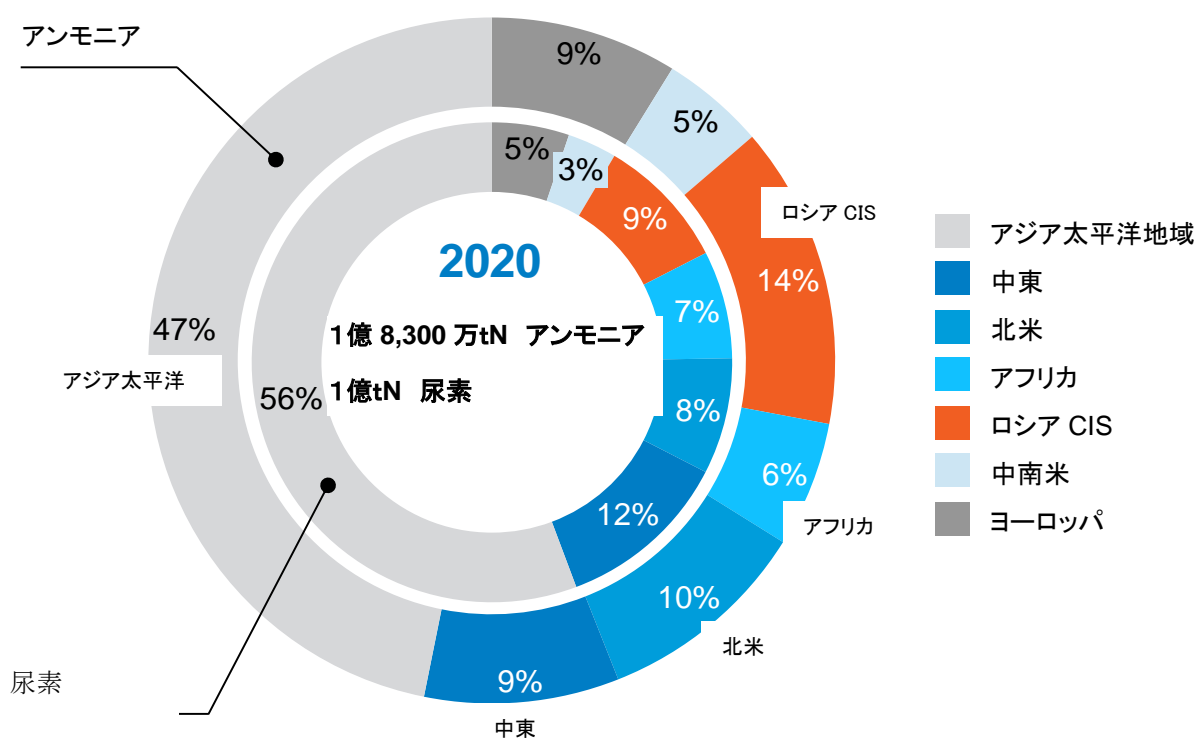
出所: Ammonia Energy Association, VYGON Consulting

<sup>1</sup> Persistence Research. Global Market Study on Soda Ash: Glass & Ceramics Upholding 50% Revenues. URL: <https://www.persistencemarketresearch.com/market-research/soda-ash-market.asp>

アンモニア製造用原料の主な種類は天然ガスと石炭であるが、前者によるアンモニアの製造が優勢になりつつある。2010年以降、生産能力を最も大きく伸ばしたのは、原料として天然ガスを使用している工場であった。そうした工場が2020年の世界生産の72%を占めている。

製造工場の約22%は石炭を使用しており、世界のほぼ全ての石炭利用工場は中国に集中している。しかし、中国の産業は環境上の理由から、石炭利用工場を新たに操業するよりも早いスピードで工場を閉鎖している。例えば、2017年以降、石炭によるアンモニア製造が中止され、新規施設で代替されることのない生産能力は約1,000万tになる。その他の種類の原料(例えば、ナフサ、重油、水素)の比率はわずか6%であった。最近の5年間にはこれらの工場が新たに操業を開始することはなかった。

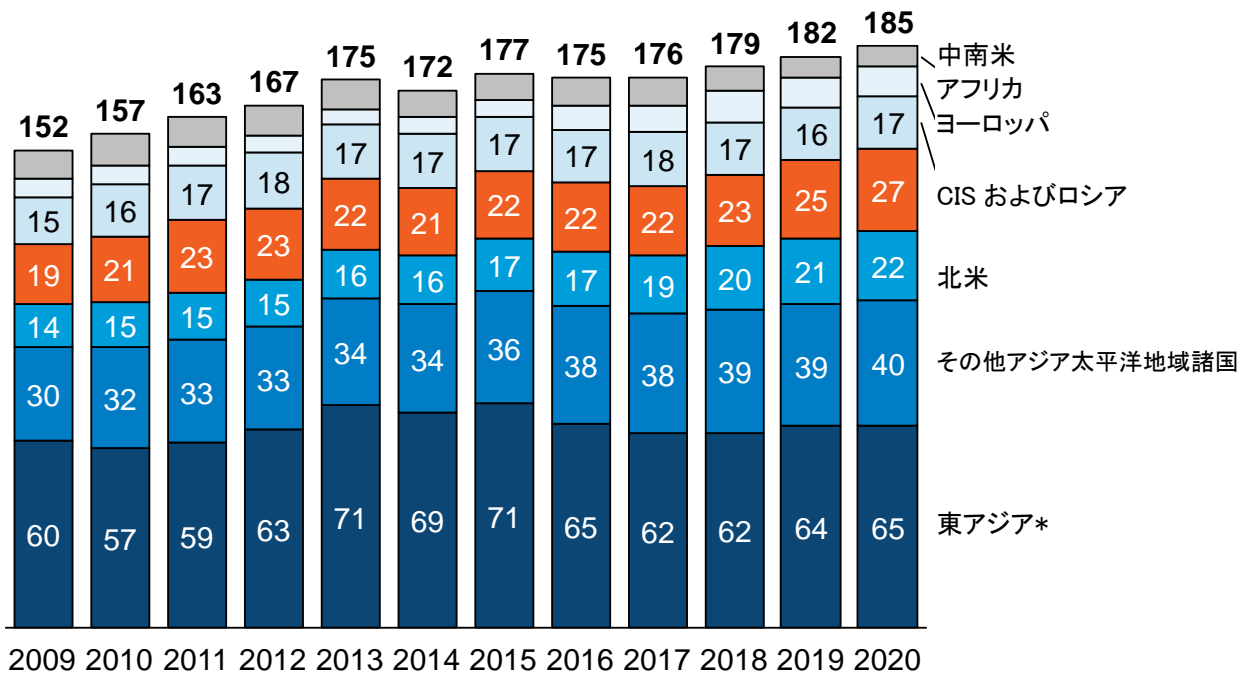
図3 2020年のアンモニア化学製品生産能力、100万t



出所: VYGON Consulting

当該市場の安定性は供給側からも見受けられる。最近の10年間で主要なアンモニアメーカーの構成は変わっていない。歴史的に最大の生産者はアジア太平洋地域の国々で、そのトップは世界の製造能力のおよそ半分を占める中国である。上位4カ国に入るロシア、米国、インドは同時にアンモニアの主要消費国でもある。というのはこうした国々では総生産量の約半分が国内での尿素製造に向けられているからであり、そうなる理由は尿素製造までの一貫したプロジェクトには、それが輸出志向であればなおのこと、高い収益性があるからである。

図4 アンモニアの地域別生産量推移、100万t



\* 中国を含む

出所: IFA, VYGON Consulting

上述のように、2020年のCOVID-19の感染拡大によって肥料のサプライチェーンにいくつかのトラブルが発生したが、各国政府はロックダウンを導入する際に、肥料を必需品のカテゴリーに分類したため、アンモニアメーカーは生産量を若干、増加することができた。いくつかの地域ではトラブルはきわめて深刻であったが、最も大きな影響を受けたのはリン酸肥料であった。特に、2020年はじめにコロナウイルスの発生源となった中国湖北省には、生産量にして530万tの、中国のリン酸製造工場の25%が集中していた。窒素肥料については、このような問題はなかった。

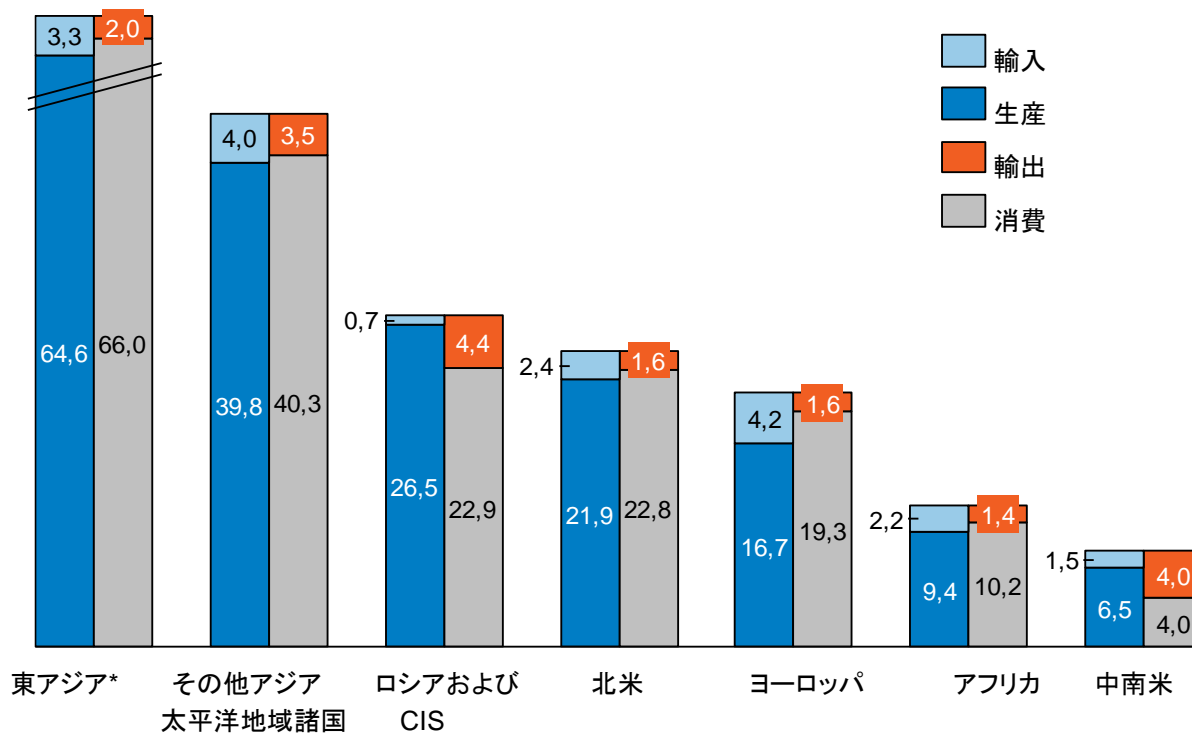
もう一つ注目に値するのは、外国市場への窒素肥料の供給が地政学的な緊張の影響を強く受け、しばしば貿易紛争の対象になっているということである。これには以下に挙げるいくつかの理由がある。窒素肥料が広く普及していること、農業部門で果たしている窒素肥料の大きな役割、大きな市場規模、その製造原料になっているのがエネルギー資源であり、その価格がアンモニアや窒素肥料生産国の国内市場で規制の対象となりうることなどである。2020～2021年にこのような紛争が、特にリン酸肥料やカリウム肥料のサプライヤーに関して起こったことは注目に値する。窒素肥料分野についてはロシアと関連して1件の事例を紹介しておかねばならない。2021年6月、米国企業CF Industriesがロシアとトリニダードトバゴからの尿素硝酸アンモニウム(UAN)の輸入に関して、米国の関連機関に請願書を送り、アンチダンピング審理を提起した。現在も審理が続いており、2022年1月には米国商務省は当該国からの製品の輸入に関してアンチダンピング輸入関税を課すとの仮決定を下した。このように、2020～2021年には貿易紛争がアンモニア市場の発展にとっての障壁になることはなかったが、将来においてこのような措置が採られた場合には、新規プロジェクトを実施する際の制約要因になりうる。

アンモニアそれ自体の世界的な貿易量は、上述したように、製品の多くが加工されてから輸出となるため(特に尿素製造)、かなり限定的である。当該製品の主要輸出国はロシアや中南米諸国であり、主要な輸入国は欧州やアジア太平洋地域諸国である。

今後アンモニア業界で発生すると想定されることは、膨大な数の新製品導入に伴う変化である。我々の評価では2030年までに合計生産量は現在の1億8,300万tから2億2,900万tにまで、年平均で2.3%の伸

び率で増えることになる。このように、需要の伸びが限られていることを考慮する場合、新工場を予定通りに立ち上げることになれば、世界市場には過剰な生産設備が供給されることになり、工場の稼働率は著しく低下することになる。このため、建設中のプロジェクトや発表済みのプロジェクトについて詳細に検討することが望ましい。

図5 2020年の地域別アンモニア需給バランス、100万t

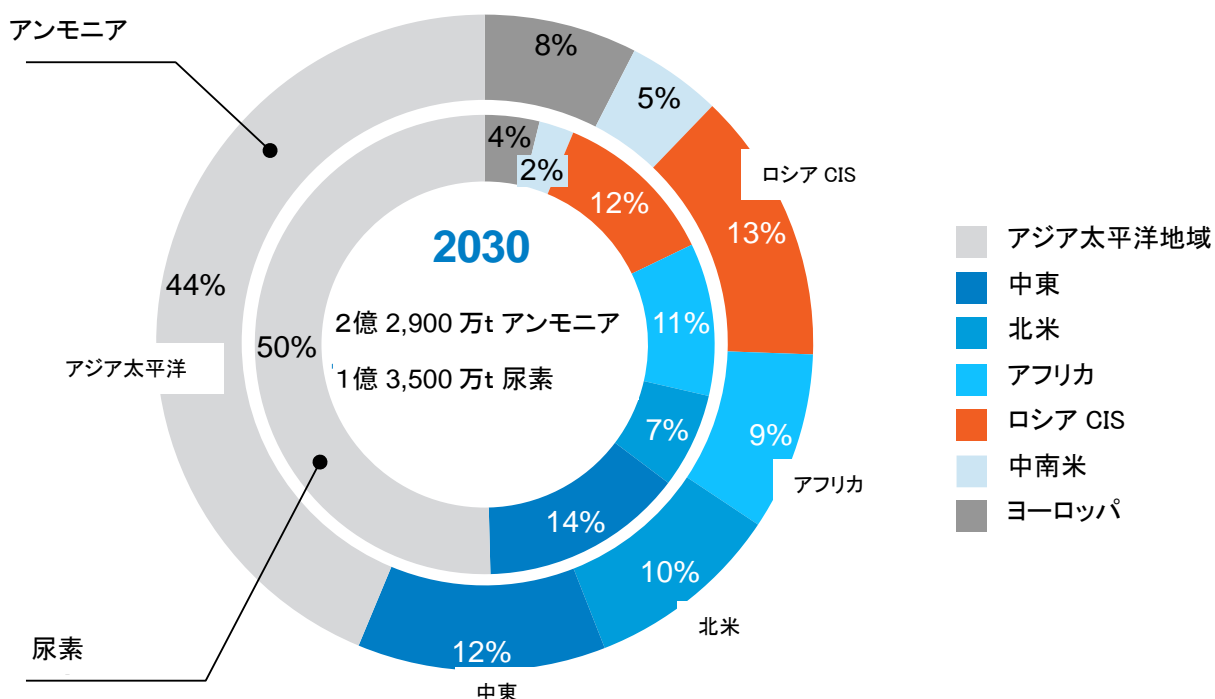


\* 中国を含む。

\*\*棒グラフ上部が輸出入数値。

出所： IFA, VYGON Consulting

図6 2030年のアンモニア化学製品生産能力、100万t



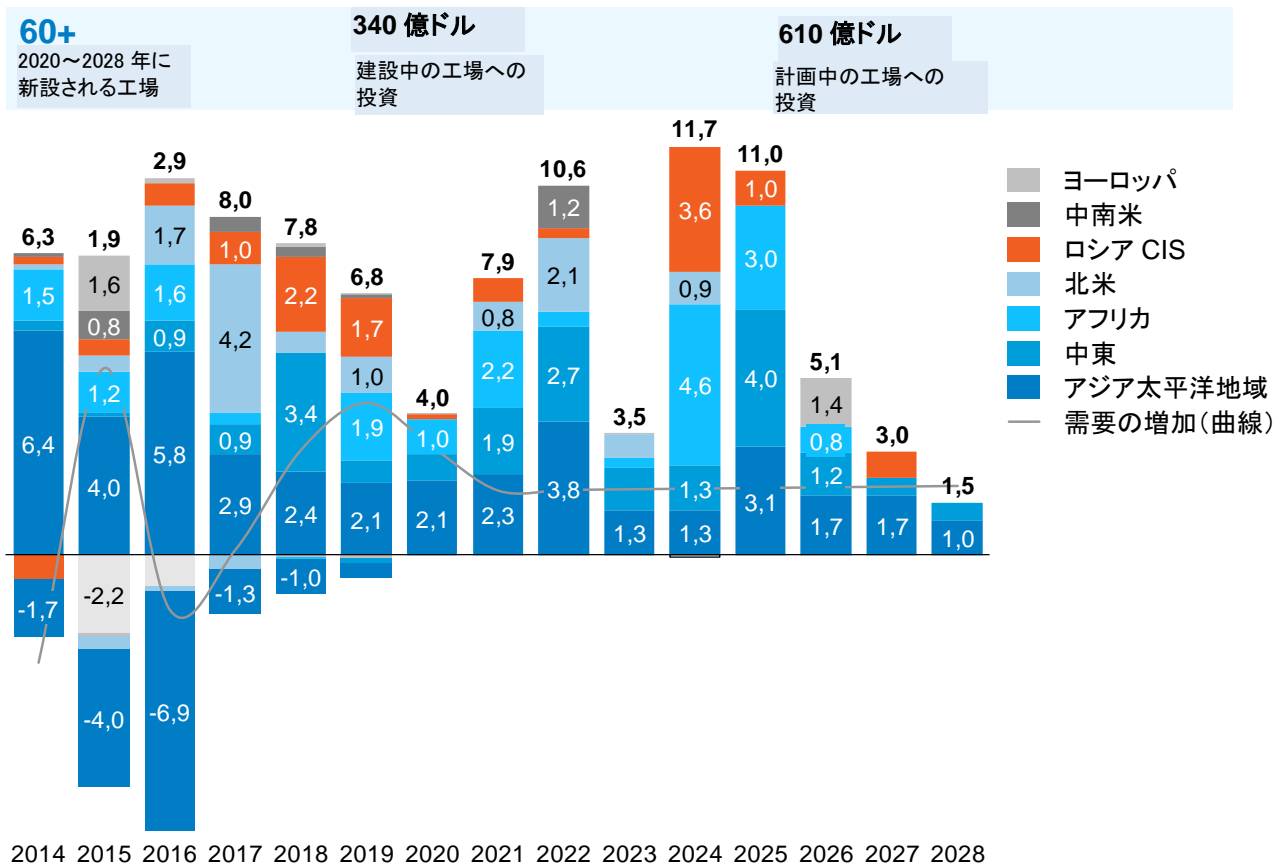
出所: VYGON Consulting

## 1.2. 世界の主要なアンモニアプロジェクト

2030年までに世界におけるアンモニア工場の生産能力は現在のレベルから4,600万t増えて、2億2,900万tに達する。これは、建設中および検討中の段階にある新規資産が60件以上もあることに関連する。我々の試算では、肯定的な最終投資決定(FID)が採択されたプロジェクトの実施には、およそ340億米ドルの投資が割り当てられ、また、計画中の工場にはさらに610億米ドルが割り当てられるものと見込んでいる。

なお、将来的に供給過剰となる可能性を高い確度で裏付けるもう一つの事実がある。2014～2019年にアジア太平洋地域では生産設備構成の最適化が行われ、それに伴って非効率的な工場が積極的に閉鎖された。この時期にこの地域では、総計1,500万t以上の設備が生産を停止した。こうしたトレンドは現時点では完了しており、今後の数年間で大規模な設備の閉鎖は計画されていない。

図7 世界のアンモニア生産能力と需要増加予測、100 万t



注: 棒グラフ上部の数値は合計  
出所: IFA, VYGON Consulting

上記の新規製造設備の稼働開始スケジュール(図7)では、操業開始の二つの大きな波を指摘することができる。2020~2022年には、インド、ナイジェリア、米国での大規模プロジェクトがあり、また、それよりも長いスパンでは、2023~2028年に、ロシア、ナイジェリア、イラン、サウジアラビア、オーストラリア、米国、その他の国々で最終投資決定を待っている「グリーン」アンモニア製造工場の一群がある。

近年操業を開始した工場や、現在建設中のプロジェクトのなかで、最大の生産能力を有しているのは以下の通りである。

### Agenebode Ammonia Plant

プロジェクト実施主体はナイジェリアのDangote Industries社で、2021年初頭に操業を開始した。約150万tのアンモニア製造能力を有する。EPCコントラクターを務めたのはイタリアのSaipem社で、プロジェクトの費用は25億米ドルとされている。

### Gulf Coast Ammonia

このプロジェクトの実施に取り組んでいるのはGulf Coast Ammonia LLCである。工場はテキサス(米国)にあり、130万tのアンモニア製造能力を有する。操業開始は2023年前半を予定している。投資家としてはStarwood Energy社とMabanaft社が招かれた。EPCコントラクターを務めたのは米国のAir Products社である。投資総額は10億米ドルと見込まれる。

## **Perdaman Chemicals and Fertilizers**

Perdaman Chemicals and Fertilizers社のプロジェクト施設はオーストラリア西部にある。130万tのアンモニア製造能力を有し、予定通り2023年に操業が開始されれば、同工場はこの地域最大のアンモニア生産施設となる。投資総額は40億豪ドル(27億米ドル=試算時)と見込まれる。EPCコントラクターを務めたのはSNC-Lavalin社である。

## **Gorakhpur plant**

Hindustan Urvarak & Rasayan Ltd (HURL)社のプロジェクト施設はインドにあり、130万tのアンモニア製造能力を有している。工場の操業開始は2022年に予定されている。プロジェクトの発起人であるHURL社はインドの大手国営企業Coal India Limited (CIL)、NTPC Limited (NTPC)、Indian Oil Corporation Limited (IOCL)の3社がFertilizer Corporation of India Limited (FCIL)とHindustan Fertilizer Corporation Limited (HFCL)の協力を得て設立した合弁企業である。プロジェクト費用は10億米ドルと評価され、EPCコントラクターを務めたのはTechnipFMC社である。

## **Talcher Fertilizers**

インドで実施されたもう一つのプロジェクト、Talcher Fertilizers社による工場は130万tのアンモニア製造能力を有する。プロジェクトは石炭のガス化によって製品を製造することを想定している。プロジェクトの費用は19億米ドルで、EPCコントラクターを務めたのは中国の武漢エンジニアリング(Wuhuan Engineering)社である。操業開始は2024年を予定している。

## **Sindri Plant**

上述したインドの合弁企業HURL社のプロジェクトで、シンドリ地区(インド)にあり、130万tのアンモニア製造能力を有し、2022年の操業開始を予定している。その費用は10億米ドルと評価され、EPCコントラクターを務めたのは日本の東洋エンジニアリングである。

## **Telangana Plant**

インドのテランガナ州にあるRamagundam Fertilisers & Chemicals社のプロジェクト物件は130万tのアンモニア製造能力を有する。工場は2021年に操業を開始した。その費用は約10億米ドルと評価される。EPCコントラクターを務めたのは地元企業のEngineers Indiaであった。

## **Ras Az Zawr Plant**

Maaden社のラス・アズ・ザウル・プロジェクト施設はサウジアラビアにある。工場の建設は2021年末に完了した。110万tのアンモニア製造能力を有する工場の費用は約40億米ドルとされている。同工場は近年中東地域に建設されたアンモニア生産施設の中で最大級となった。本件に請負業者として参加したのは、Daelim Industrial、Intecsa Industrial、Hanwha Engineering & Construction、China Huanqiu Contracting & Engineering Corp、HQC Middle East、SNC-Lavalin、Sinopec Engineeringである。

## **Chabahar Ammonia Plant**

もう一つの中東でのプロジェクトは、合弁企業FALAT RCF GSFCがイランで実施した、110万tのアンモニア製造能力を有するチャバハル・アンモニアプラントである。操業開始は2022年に予定されている。EPCコントラクターを務めたのはイタリアのMaire Tecnimont社である。

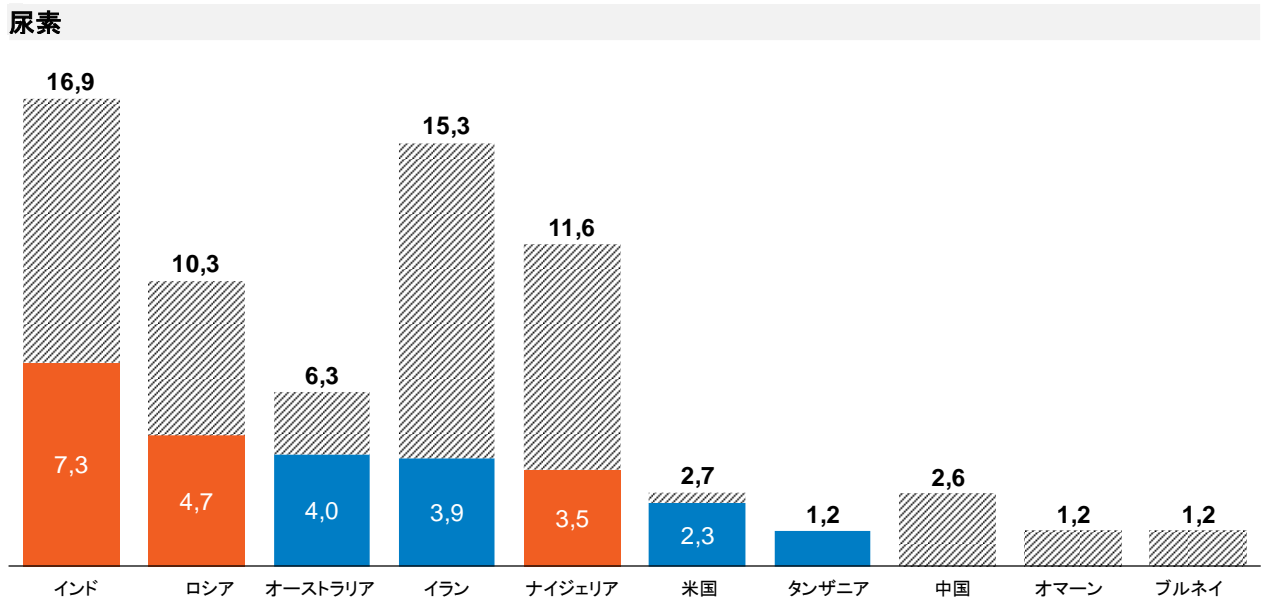
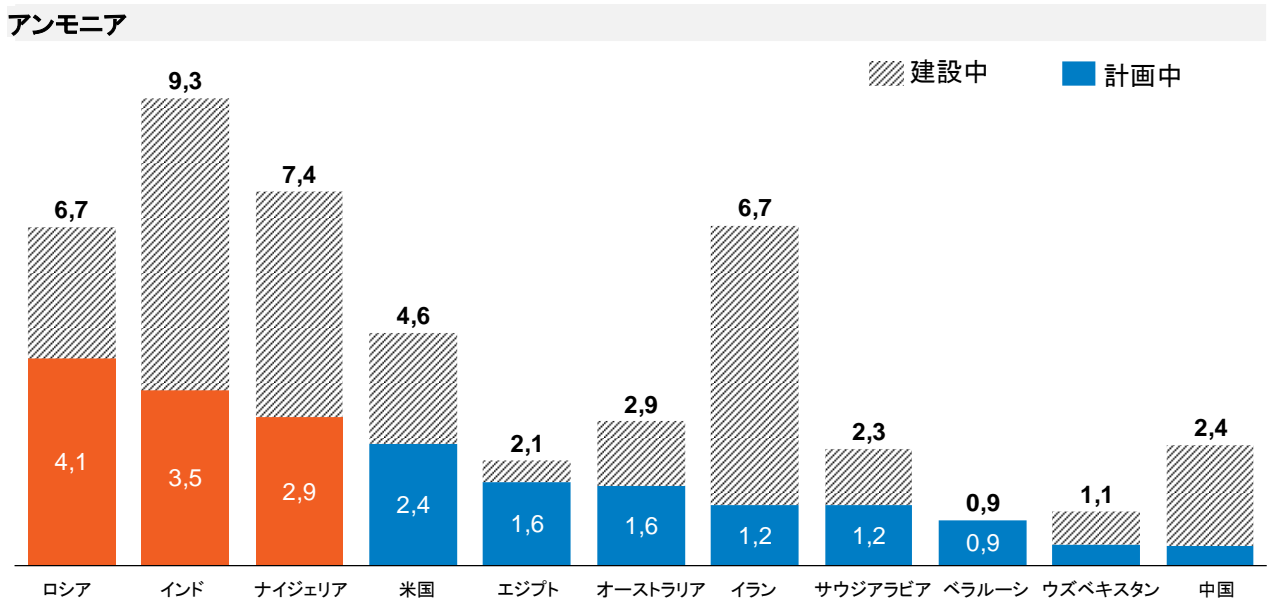
上述した案件のほかに、2021年現在時点で、ロシア以外(ロシアのプロジェクトについては本稿次章で詳述する)で建設段階にあるプロジェクトは、世界でさらに13件あり、そのアンモニア生産能力は合計で800万tに達する。それらプロジェクトは以下の通りである。

- 米国の4案件： Cronus社のTuscola工場、Midwest Fertilizer社のMount Vernon工場、Ohio Valley Resources社のRockport工場、Pacific Coast Fertilizer社のLongview工場。
- ナイジェリアの2案件： Brass Fertilizer社のBrass Island工場、Indorama社のPort Harcourt 2工場。
- ウズベキスタンの2案件： 「ナヴォイアゾト」社の工場、UZKhIMPROM社のシルダリヤ・プロジェクト。
- ブルネイの合弁企業Brunei Mitsui社のSungai Liang工場
- ペルーのNitratos SA社のPisco工場
- エジプトのEgypt Hydrocarbon Corporation S.A.E. (EHC)社のAin Sokhna工場
- イスラエルのHaifa Group社の工場
- ポーランドのAnwil社のWloclawek工場

このように、建設中のプロジェクトや最近になって操業を開始したプロジェクトによって2020～2024年の期間に、世界のアンモニア製造能力は合計で2,600万t増強される。

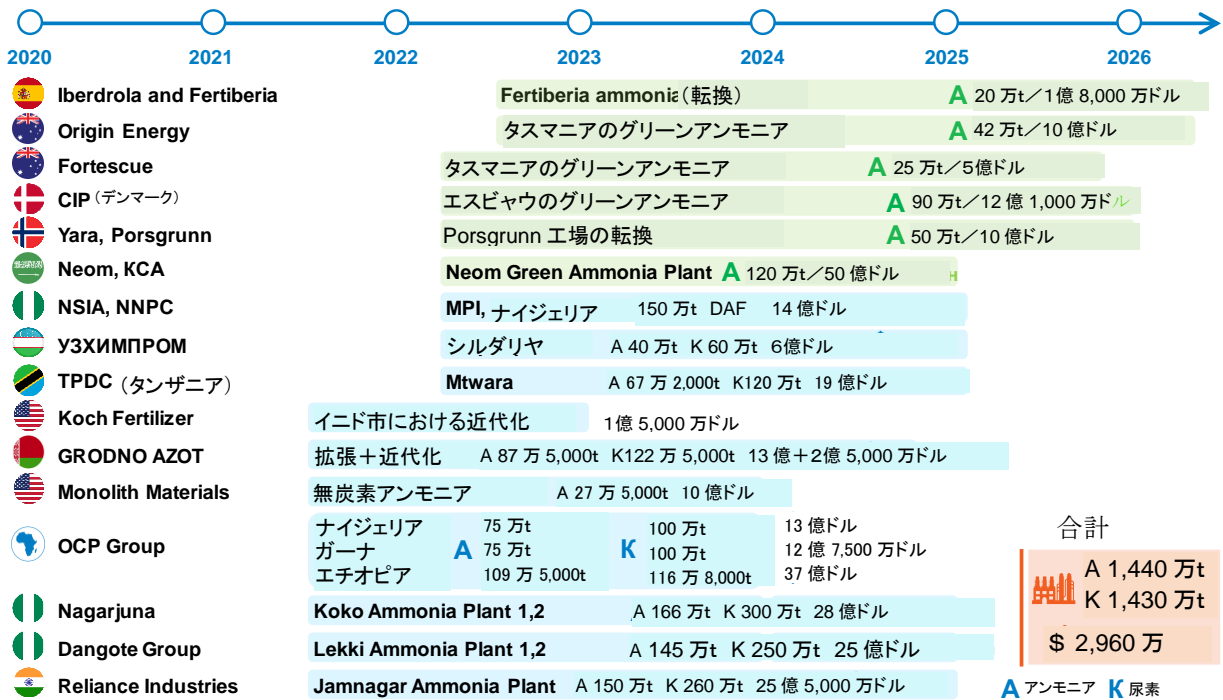
現時点で最終投資決定を待っている計画中の生産施設が加われば、生産能力は2,000万t増強される。アンモニア化学の分野で発表されたプロジェクトの規模において主力となるのは、ロシア、インド、ナイジェリアで、それぞれ410万t、350万t、290万tの生産能力を有する。同じく、米国、エジプト、オーストラリア、イラン、サウジアラビアで新たに操業する工場も生産能力増強に大きく貢献することになる。

図8 アンモニア化学製品 国別生産量(予測)、100万t



出所: VYGON Consulting

図9 (ロシア除く)アンモニア工場の新規建設と稼働開始スケジュール



出所: VYGON Consulting

現時点で最終投資決定を待っている大型アンモニアプロジェクトには以下がある。

### Jamnagar Ammonia Plant

インドのジャムナガル市にあるReliance Industries社のプロジェクトは2025年の操業開始を予定している。同工場の生産能力はアンモニアで150万t、尿素で260万tである。プロジェクト費用は26億米ドルと評価されている。

### Lekki Ammonia Plant 1、2

生産能力拡充の野心的な計画を進めているのはナイジェリアの企業Dangote Groupである。最近操業を開始したアゲネボデ・アンモニアプラントのほかに、同社は同じく、ナイジェリアで150万tのアンモニア製造能力と250万tの尿素製造能力を有するレッキ・アンモニアプラントのプロジェクトの立上げを計画している。アンモニア製造工場は2024年、尿素製造工場は2025年の操業開始を予定している。プロジェクト費用は25億米ドルと評価されている。

### Koko Ammonia Plant 1、2

もう一つのナイジェリア案件はNagarjuna社のココ・アンモニアプラントである。製造能力はアンモニアで170万t、尿素で300万tである。アンモニア製造工場は2024年、カバミド製造工場は2025年の操業開始を予定している。プロジェクトの費用は28億米ドルと評価されている。

### ナイジェリアにおけるOCP Groupのプロジェクト

アフリカ大陸で3件のプロジェクトの実施を計画しているのは、原料産出と無機肥料の製造を行うモロッコ国営企業OCP Groupである。そのうちの最初のプロジェクトはナイジェリアで操業予定の工場、アン

モニアで75万t、尿素で100万tの製造能力を有する。2024年の操業開始を予定している。プロジェクトの費用は13億米ドルと評価されている。

#### **ガーナにおけるOCP Groupのプロジェクト**

OCP Groupの2件目のプロジェクトはガーナで計画されている。同プロジェクトは、その構成からナイジェリアで計画されている工場と類似している。アンモニアで75万t、尿素で100万tの製造能力を有する。操業開始も同じく2024年を予定している。プロジェクト費用は13億米ドルと評価されている。

#### **エチオピアにおけるOCP Groupのプロジェクト**

OCP Groupの3件目のプロジェクトはエチオピアで計画されている。その製造能力はアンモニアで110万t、尿素で120万tである。操業開始は2024年を予定しており、プロジェクト費用は37億米ドルと評価されている。

#### **ベラルーシの「グロドノアゾート」工場の製造能力増強**

「グロドノアゾート」社は稼働中の工場の近代化計画の一環として、「アンモニア-3」と「アンモニア-4」作業場を改修し、さらにベラルーシで稼働中の工場に新しい尿素製造施設を建設する予定である。こうした計画を実施することにより、企業の生産能力はアンモニアで87万5,000t、尿素で120万t増強される。同プロジェクトへの投資額は16億米ドルと見込まれる。

#### **インド市(米国)の工場の近代化**

もう1件の製造設備近代化計画はKoch Fertilizer社が米国のインド市の工場で計画しているものだが、この計画を実施したとしても、製造能力が大幅に増強されるわけではない。工事の完了は2023年を予定しており、その費用は1億5,000万米ドルと評価されている。

#### **Mtwara Plant**

Tanzania Petroleum Development Corporation (TDPC)社はタンザニアのムトワラ市でプロジェクトの実施を計画している。工場の製造能力はアンモニアで67万2,000t、尿素で120万tである。工場の操業開始は2025年を予定しており、費用は19億米ドルと評価されている。

#### **ヤンギエル工場(ウズベキスタン、シルダリヤ州)**

ウズベキスタンの「ウズヒムプロム」社と韓国サムソンエンジニアリング社はウズベキスタン領内でアンモニアと尿素の製造工場を立ち上げることを計画している。発表された情報によれば、プロジェクトへの投資額は6億米ドルとされる。企業は設計指標に達した後は、年間40万tのアンモニアと60万tの尿素を生産できるようになる。工場はシルダリヤ州ヤンギエルで立ち上げる予定である。「シルダリヤほど恵まれたインフラはどこにもない。このような可能性は工場の建設を容易にし、安定した稼働を約束し、投資家には魅力的に映る。これはきわめて収益性が高く、有望なプロジェクトになる」と、ミルジヨエフ・ウズベキスタン大統領はコメントしている<sup>2</sup>。

#### **ナイジェリアにおける多目的工業プラットフォーム(MPI)プロジェクト**

2021年3月、ナイジェリア・ソブリン投資局、OCP社および石油・ガスの主要なオペレーターである、ナイジェリア国営石油会社(NNPC)、ナイジェリアガス集約会社(GACN)、その他のメンバーが5件の重要な協定を締結した。これらの協定の目的は肥料に関する大統領の取り組みの第2段階を順調に実行し、ナ

---

<sup>2</sup> <https://repost.uz/chemicals-plant>

イジェリアにおける多目的工業プラットフォーム(MPI)を立ち上げ、実行に移すための可能性を構築することである。

この取り組みは大規模なアンモニアプロジェクトの実施を含むものである。その第1フェーズでは年間150万tのアンモニア製造を想定している。生産された製品の70%はモロッコへの輸出に振り向けられ、残りは国内需要を満たすために、100万tのリン酸二アンモニウム(DAP)と肥料NPK(窒素・リン酸・カリウム)の合成のために用いられる。この段階でのプロジェクトへの投資規模は14億米ドルと見込まれ、2025年の操業開始を予定している。

切迫した世界的な脱炭素化のアジェンダを背景にして、カーボンフリーアンモニア製造プロジェクトが相次いで登場していることに注目する必要がある。そうした一連のプロジェクトには「ブルー」アンモニア合成工場や「グリーン」アンモニアプロジェクトが含まれる。「ブルー」アンモニア合成工場では、業界で従来から用いられているメタンの水蒸気改質法の使用や、このプロセスで生成されるCO<sub>2</sub>をCCS技術(二酸化炭素の回収・貯留)によって回収することが想定されている。一方、「グリーン」アンモニアの製造では、水から水素を抽出するための電解槽用に再生可能エネルギーが用いられる。そうした工場やプロジェクトには以下の有望な物件がある。

### 米国におけるMonolith Materials社の「ブルー」アンモニア製造プロジェクト

米国のMonolith Materials社は2020年10月、米国で約27万5,000tのカーボンフリー無水アンモニアを製造するために自社の特許取得済みのプロセスを採用すると発表した。同社が開発した技術により、大気中に炭素を排出することなく、天然ガスを水素と、副生成物であるカーボンブラックに転換することができる。Monolith Materials社が自動車タイヤメーカーのGoodyear社との間で、生成されるカーボンブラックを同社の製造プロセスで使用することについて合意したことは注目に値する。工場の操業開始は2024年の予定である。プロジェクト実施に向けた投資額は10億米ドルと評価されている。

### NEOMグリーンアンモニアプラント

最初の「グリーン」アンモニアプロジェクトはNEOM社がサウジアラビアで実施しているNEOMグリーンアンモニアプラントである。プラントは紅海沿岸にあり、製造能力は120万tで、プロジェクトの費用は50億米ドルと見込まれる。プロジェクトの実施に際しては請負業者のAcwa Power社およびAir Products社と契約を締結した。操業開始は2025年第1四半期に予定されている。

Acwa Powerの副社長兼再生可能エネルギー開発部のアンドレア・ロヴァト部長は2021年4月21日、オンライン会議World Hydrogen Mena 21に出席して、プロジェクトの準備作業はすでに始まっていると報告していた<sup>3</sup>。

### ポシュグルン市(ノルウェー)のYara工場の転換

ノルウェーの肥料メーカーYaraはポシュグルン市の自社工場で50万tの「グリーン」アンモニアを製造する計画について発表し、パートナーの募集や国家支援を呼びかけた。同社は自社の稼働中のアンモニア工場を全面的に「電化」する意向であるが、それによってCO<sub>2</sub>の排出量を年間80万t削減できる。これは乗用車30万台分の排出量に相当する。従来の分野での利用も、船舶用燃料としての利用もYaraの製品の主要な販売分野である。投資規模は10億米ドルと見込まれており、操業開始は2026年の予定である。

### エスビャウ市における「グリーン」アンモニアプロジェクトPower-to-X

2021年2月、Copenhagen Infrastructure Partners (CIP)社は1GWの電解槽を備え、「グリーン」アンモニアを製造する欧州最大の工場をエスビャウ市(デンマーク)に建設する計画について発表した。Power-to-X装置はオフショアの風力発電所で発電される風力エネルギーを肥料、またはCO<sub>2</sub>を排出しない船舶

<sup>3</sup> <https://energy-utilities.com/saudi-arabia-s-5bn-green-hydrogenbased-ammonia-news111872.html>

用燃料として用いられるアンモニアに変換する。電解装置から出る余熱は、エスビャウ市の3分の1の世帯に熱を供給するために使用される。

CIPはすでにプロジェクトの発展のためにデンマークの主要な農業団体や船舶会社との間で相互理解に関する覚書を調印した。そのなかにはArla、Danish Crown、DLGなどの欧州最大の乳製品、豚肉加工メーカー、そして、MaerskやDFDSなどの船舶会社が含まれている。また、CIPは新規の投資家や既存の投資家のためのエネルギー転換基金(Energy Transition Fund)を立ち上げた。設備の生産能力はアンモニア90万tで、設備の費用は12億米ドルと評価されており、2026年の操業開始をめざしている。

#### **タスマニアにおけるFortescue Metals Groupの「グリーン」アンモニアプロジェクト**

Fortescue Metals Group社は、オーストラリアのタスマニア北方にあるベルベイ市に「グリーン」アンモニア製造工場を建設する可能性を検討していると発表した。このプロジェクトを発表したFortescue Metals Group社は、再生可能水素製造業の発展に向けた資金供与に関わるタスマニア政府のプログラムで成功をおさめており、今回は出力250KWの設備の導入を検討している。それによって国内消費および輸向けに年間25万tの製品を製造できる。プロジェクトは2025～2026年の操業開始を予定しており、その費用は5億米ドルと評価されている。

#### **タスマニアにおけるOrigin Energy社およびJ-POWER社の「グリーン」アンモニアプロジェクト**

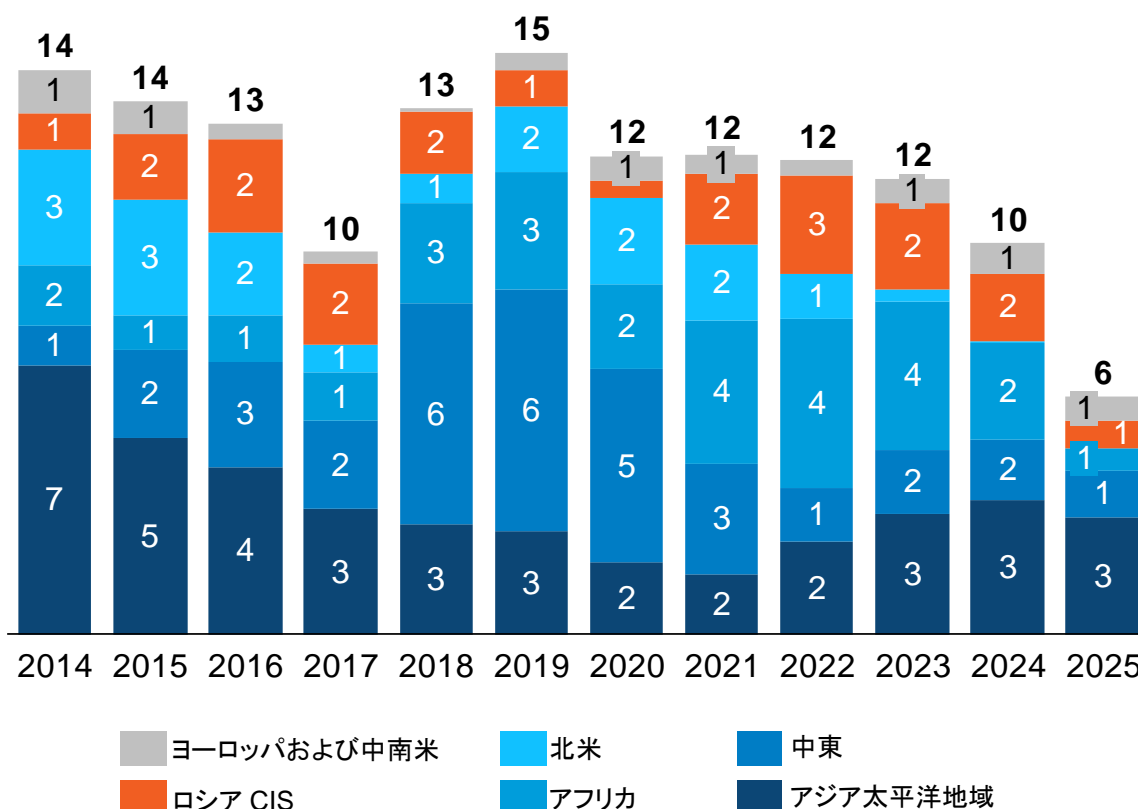
オーストラリアのエネルギー会社Origin Energy社と日本の電源開発株式会社J-POWERは、オーストラリアでグリーンアンモニアを輸出するプロジェクトを立ち上げる可能性を共同で検討することに関する相互理解覚書(MoU)に調印した。Fortescue Metals Group社の取り組みと同様に、このプロジェクトはタスマニア北部で実施される計画である。製造能力はアンモニア42万tで、その費用は10億米ドルと見込まれる。

#### **スペインにおけるFertiberia工場の転換**

スペインのプエルトリャノ工場での「グリーン」アンモニアの製造に関するFertiberia社の計画が初めて発表されたのは2020年10月であった。製造能力は20万tで、転換への投資額は約1億8,000万米ドルと見込まれる。工場は2026年までに操業を開始する予定である。

アンモニアや尿素の新しい製造設備に関する大規模な計画は、上述したように、従来製品についても、カーボンフリー製品についても、ロシアでも検討・実施されている。ロシアの新しいプロジェクトの詳細については、本研究の第2章に記載されている。そのほか、上記の取り組み以外にも、世界では、進展度では劣るものの、現時点でイスラエル、イラン、カタール、サウジアラビア、中国、ブラジル、オーストラリアで実施が検討されているいくつかのアンモニアプロジェクトがある。

図 10 アンモニア化学製品分野への投資実績と予測、10 億米ドル



出所: VYGON Consulting

このように、今後の数年間で世界のアンモニア業界には新しい生産能力増強の波が押し寄せる。新しいプロジェクトを2020～2023年に実施するための投資額は、我々の試算では、年間で120億米ドルと見込まれる。そうしたプロジェクトの多くは、野心的な生産力発展計画を立てている、アフリカ、中東、アジアの国々や地域、ロシアなどで実施される。

### 1.3. グローバルな気候変動アジェンダに伴う制約と可能性

「ブルー」、「グリーン」を問わず、カーボンフリーアンモニア生産の取り組みが相次いで進められていることは、グローバルな気候アジェンダを背景にして、脱炭素化の堅固なトレンドが存在することを裏付けるものである。このトレンドが出現した主な要因は、アンモニアの製造が世界のエネルギー消費量の1.8%を占めるエネルギー強度の高いプロセスで、そのうち80%がメタン水蒸気改質に実施されている点にある。

アンモニア合成の結果、約5億t、または世界のCO<sub>2</sub>排出量の約1.8%の二酸化炭素が生成される。それが、この部門を化学工業における最大のCO<sub>2</sub>排出源とする所以である。さらに、アンモニアの合成はセメント、鉄鋼、エチレンの製造と並んで、グローバルな気候アジェンダの目的を達成するために脱炭素化の実施が不可避とされる「4大」産業に入る<sup>4</sup>。

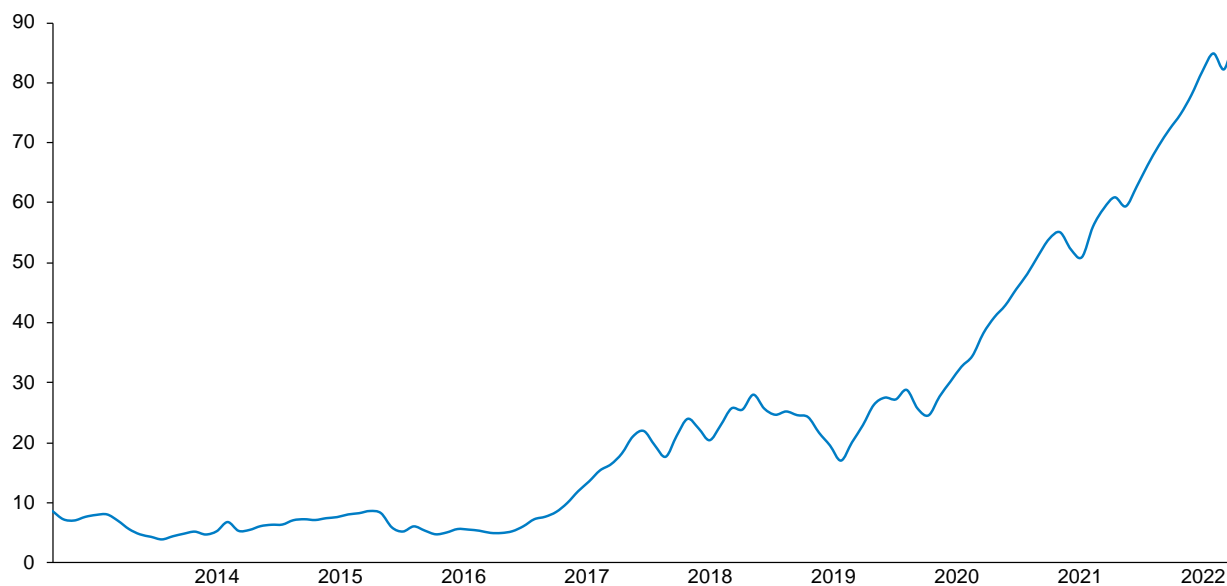
しかも、欧州における国境炭素調整のようなメカニズムや、排出課徴金の体系的な値上げの導入を背景にして、脱炭素化は徐々に単なるイメージの道具ではなく、プロジェクトの競争力維持の必須条件になりつつある。現在、例えば、欧州のシステムである欧州連合域内排出量取引制度(EU ETS)での温室効

<sup>4</sup> The Royal Society. Ammonia: zero-carbon fertiliser, fuel and energy store. Policy briefing.

果ガス排出割当料はCO<sub>2</sub>等量1t当たり90ユーロに達しており、長期的展望ではこの金額は上昇の一方である。

このような条件下においては、産業構造の変化は事実上、避けられない。「ブルー」、「グリーン」を問わず、カーボンフリーアンモニア生産プロジェクトはますます大きな比重を占めるようになるだろう。その陰で、CCS技術の使用を想定しない、いわゆる「ブラウン」アンモニア合成用の古い製造設備は脇に押しやられるばかりである。

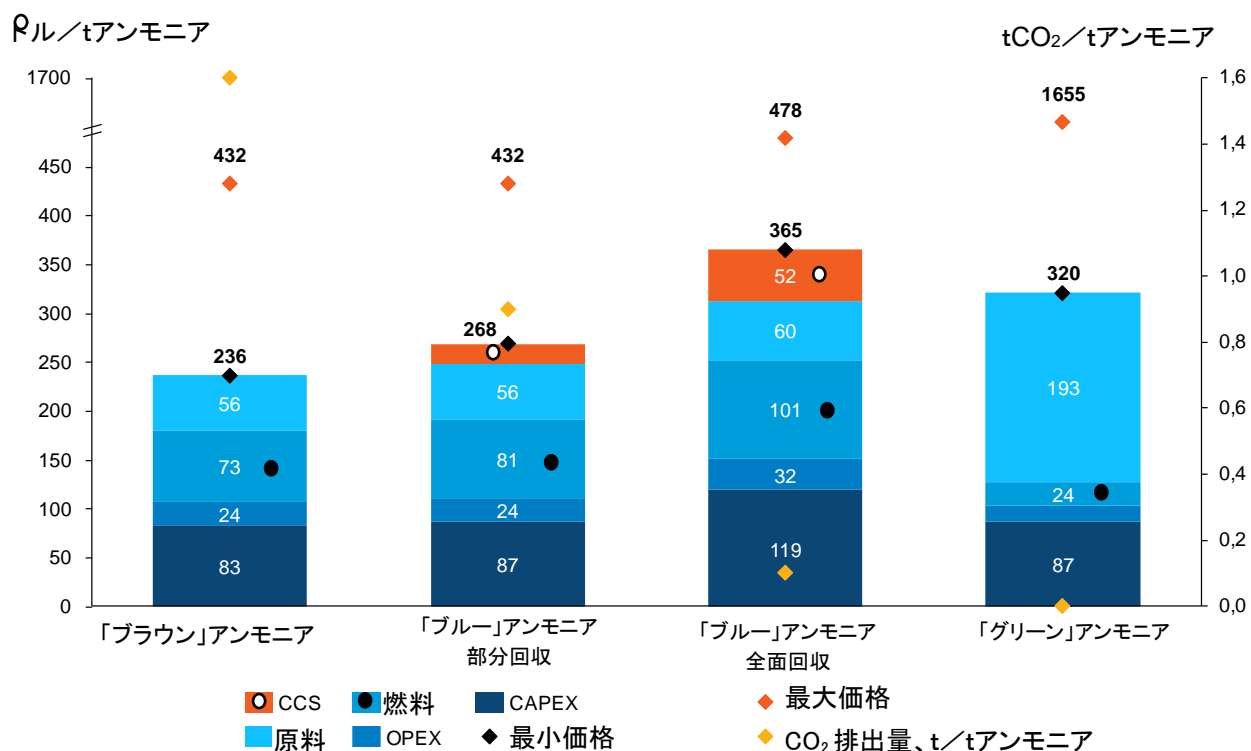
図 11 EU ETS における CO<sub>2</sub> 等量割当量価格、ユーロ/t CO<sub>2</sub> 等量



出所: Trading Economics, VYGON Consulting

「ブルー」や「グリーン」アンモニアの生産コストが相対的に高いという事実を考えれば、こうしたトレンドはアンモニア化学製品にとっては大きな試練である。

図 12 アンモニア製造技術別の製造コストおよび CO<sub>2</sub> 排出量




出所: IEA, Royal Society, VYGON Consulting

国際エネルギー機関 (IEA) のデータによれば、「ブラウン」(石炭と天然ガスで生成される)アンモニアの合成にかかる費用が236~432ドル/tであるのに対し、「ブルー」アンモニアは二酸化炭素の回収、輸送と貯留のための設備導入に追加的な資本投下と運転費用を要するため、CCSプロジェクトの内容に応じて、最低コストが32~129ドル/t押し上げられることになる。CCSプロジェクトの内容であれば、排出されるCO<sub>2</sub>の濃度が高い生産現場のみでの排出量削減を想定したもので、全面的な回収であれば、すべての生産現場での排出量削減を想定したものになる。「グリーン」アンモニアとなると、プロセスでのエネルギー強度が高くなり、電力消費も増加することから、製造コストは320~1,655ドル/tになり、再生可能エネルギー発電コストが重要なポイントとなる。

このように、今後の数年間において、経済的な観点から製品製造の最も効果的な低炭素オプションとなるのは「ブルー」アンモニアである。これは、二酸化炭素の回収コストが比較的安価であることが大きな決め手であり、特に注目に値する。

図 13 排出源別の CO<sub>2</sub>回収価格、ドル/t CO<sub>2</sub>

 排出源	CO <sub>2</sub> の分圧*, kPa	ガスフローの圧力, kPa	IEA の試算による CO <sub>2</sub> 回収価格の範囲、ドル/t CO <sub>2</sub>
発電所	3,8 – 14,2	大気圧	40 40 80
セメント製造	18 – 30		60 60 120
冶金	3,7 – 35		40 60 100
エチレンオキシド製造	92+		25 10 35
水素製造(SMR)	300 – 480	2 000 – 3 000	50 30 80
アンモニア製造	300 – 2 500	2 000 – 6 000	25 10 35
ガス精製工場	5 000	900 – 8 200+	15 10 25

出所: IEA, Global CCS Institute, VYGON Consulting

二酸化炭素の回収コストを決定する重要な要素は混合ガスの特性であり、具体的にはCO<sub>2</sub>の分圧である。この指標はこのガスの体積分率に全圧を掛けた値に等しい。すなわち、大きなCO<sub>2</sub>の分圧が観察されるのは、混合ガス中の二酸化炭素の含有量がより多い場合やガスフローの全圧がより高い場合である。CO<sub>2</sub>の分圧が高ければ、混合ガスからの排出物を比較的容易に捕捉できることになる。分圧の値がより高い場合にはこのプロセスではエネルギーは少なくて済み、それに伴って、製造コストは低くなる。

アンモニア合成の特徴として、排出物の濃度が高いことや、混合ガスの圧力が高いことが挙げられる。それに伴って、CO<sub>2</sub>を捕捉するコストは、IEAの試算では、25～35ドル/t(CO<sub>2</sub>)と見込まれ、その他大多数の炭素集約型工業プロセスよりも、かなり低くなる。例えば、セメント製造の場合には、このコスト幅は60～120ドル/t(排出量)と見込まれている。

アンモニア製造にCCS技術を用いることは現在ではすでに技術的に完成されたプロセスであるということ指摘しておくべきだろう。世界では、少なくとも、13の工場がこのプロセスを採用し、順調に稼働している。その全ての工場で液体溶媒を用いた二酸化炭素の吸収という、CCS分野での最も成熟したソリューションの一つが採用されている。

表1 肥料製造工場での CCS プロジェクトの特性

プロジェクト	会社	国名	操業開始年	回収技術	回収量 (1,000t CO <sub>2</sub> /年)	CO <sub>2</sub> の利用
Enid Plant	Koch Nitrogen и Anadarko	米国	2003	吸収 (液体 溶媒)	680	オクラホマの油田での原油の二次回収
Coffeyville Plant	Coffeyville Resources		2013		650	
Aonla Plant	Indian Farmers Fertilizer Cooperative	インド	2006		164	CO <sub>2</sub> は尿素的増産に用いられる
Phulpur Plant			2006		164	
Kakinada Plant	Nagarjuna Fertilizers		2009		164	
Vijaipur Plant	National Fertilizers		2012		164	
Bahrain Plant	Gulf Petrochemical Ind.		バーレーン		2009	
Fertil-2 Project	Ruwais Fertilizer Ind.	UAE	2009		146	
Ghotoki Plant	Engro Fertilizers	パキスタン	2011		124	
Fukuoka Plant	三井重化学	日本	1905		120	
Phu My Plant	Petrovietnam	ベトナム	2010		88	
Kedah Plant	Petronas Fertilizer	マレーシア	1999		73	
Luzhou NGC	Luzhou NGC	中国	2009		58	

出所：NETL, VYGON Consulting

さらに重要なことであるが、グローバルな脱炭素アジェンダは世界のアンモニア製造業に対して製品の低炭素製造法やフリーカーボン製造法を要求するだけでなく、将来的に消費増加の新たな推進力となるいくつかの可能性を提起している。その中核となるのが、水素経済の発展であり、船舶用燃料としてのアンモニアの利用である。











水素経済発展の文脈で見ると、アンモニアが果たす役割はきわめて大きい。なぜなら、現時点ではアンモニアが保存および輸送技術の発展と利用可能性の点において最も成熟した水素キャリアだからである。例えば、液体水素の場合に障壁となるのは大容量の液化装置や大容量の船がないことである。一方、トルエンのような液状有機キャリア(LOHC)の成分として製品を輸送する技術の将来性について言えば、LOHCを合成し、キャリアからH<sub>2</sub>を取り出す技術の開発レベルがまだ低いという欠点がある(必要な物質の生産量が不足しているという難点もある)。アンモニア製造技術、さらにそれをパイプラインで輸送する技術や海上輸送する技術は、ガス化学工業ではすでにかかなり以前から実用化されている。しかも、その完成度はかなり高い。エネルギー消費量を削減する観点から言えば、改善が必要とされているのは製品の成分から水素を取り出すソリューションのみである。

このため、海上輸送を想定した大規模な水素輸出プロジェクトを実施するには、現時点では、事実上、唯一可能なオプションはアンモニアの成分として水素を供給することしかない。

大きな関心を集めているのが、低炭素アンモニアをクリーンな船舶用燃料として使用する可能性である。例えば、船級協会DNV GLの推計によれば、この分野への製品の広範な商業的導入は2037年に始まり、2042年までには、アンモニアは新しい船舶のための最も普及した燃料になっているはずで、2050年にはアンモニアは船舶燃料バランスの4分の1を占めるようになるであろう。

しかし、船舶の低炭素アンモニアへの大規模な転換はどちらかと言えば、長期的な将来の問題であるということは明確に言うておかねばならない。現時点では、低炭素アンモニアは、海上輸送分野の、例えば、メタノールのような他の代替燃料オプションに劣っていると看做されるを得ない。

表2 水素キャリアの特性

キャリア/パラメータ	液化、圧縮、ガス状水素	NH3 アンモニア	LOHC
 キャリアの定義および 主な性状	-253℃まで冷却して得られる液状・凝集状態の水素 可燃性、無臭、無色の炎	ガス化学の主要かつ ベーシックな製品。 工業的製法: $N_2+3H_2 \rightarrow 2NH_3$ -33℃で液化する。 毒性があり、腐食性がある。	LOHC(液状有機水素キャリア) 化学反応の結果、H2を吸収、発生させる有機化合物。 主に、メチルシクロヘキサン(MCH)/トルエンが用いられる。より高額なオプションとしてジベンジルトルエンがある。
技術の成熟度レベル			
水素キャリアの製造	5,000t/日以下 ● 5,000~10万t/日 ●	●	●
保存	●	●	●
輸送	 ●  ** ●  *** ●	 ●  ●  ●	 ●  ●  ●
キャリアからの水素生成	●	●	●

● 商業化されている技術      ● 試作品の製造・デモンストレーション      ● 開発中の技術

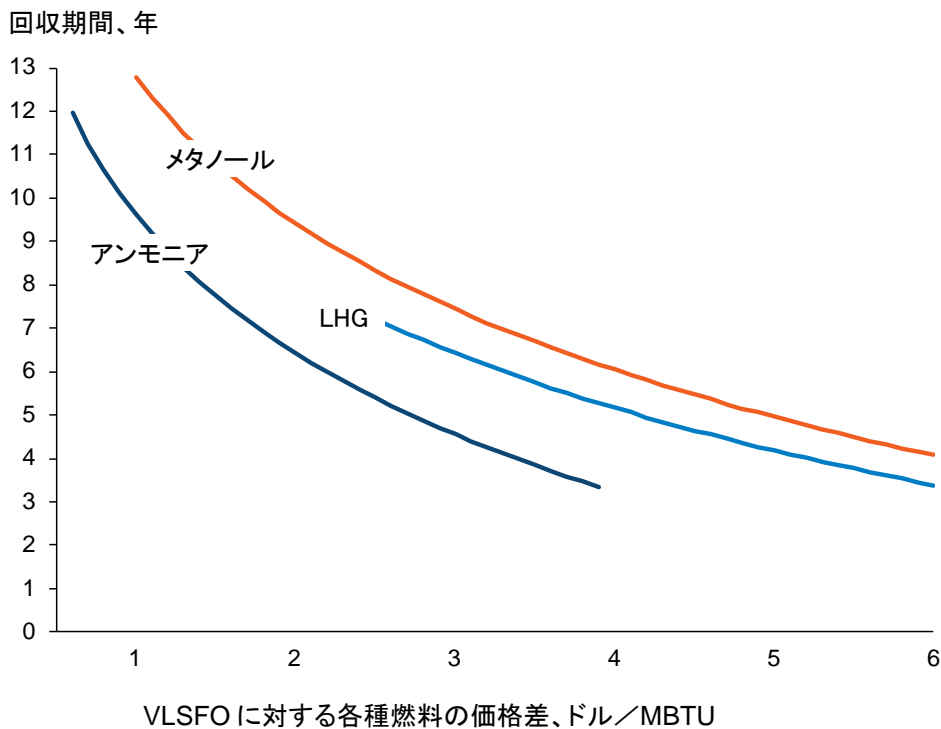
\* 圧縮・液化水素

\*\* ガス状水素

\*\*\* 圧縮水素

出所: IEA, VYGON Consulting

図 14 船舶の代替燃料への転換の経済効果



出所: DNV GL, VYGON Consulting

このように、DNV GLの推計によれば、船舶を新しい種類の燃料に転換する費用を回収するには、アンモニアは低硫黄重油(VLSFO)よりも約15%安くなければならない。この点ではメタノールのようなその他の代替燃料の方がより魅力的に思われる。

上記を念頭に入れてまとめると、グローバルな気候アジェンダはガス化学工業の脱炭素化および「ブルー」アンモニアや「グリーン」アンモニアの役割を高めることを通じて、ガス化学工業の転換を促すだけでなく、長期的な展望においてガス化学工業発展の重要な推進役の一つになる

## 2. ロシアにおけるアンモニア産業の問題点と展望

### 2.1. ロシアにおけるガス化学産業の現状

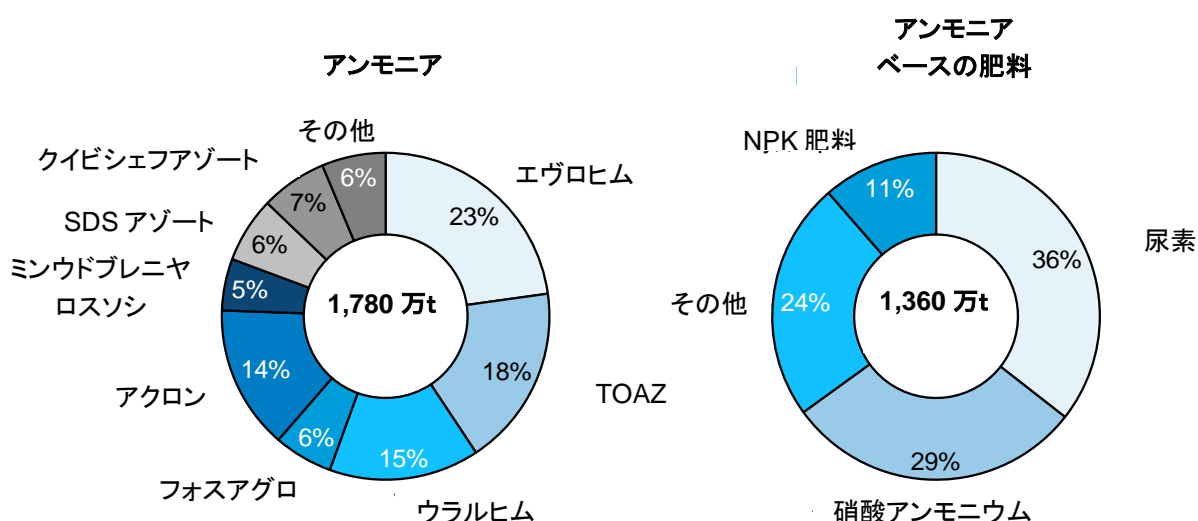
ロシアにおけるガス化学工業施設(アンモニアおよびメタノール)の大部分はその欧州部に集中している。21ある大規模製造工場のうち、18工場が同地域内で操業している。このような地理的配置となった背景にはいくつかの要因がある。

まず、消費市場への近接性である。メタノール産業では、主要な最終製品は木材加工にて使用される合成樹脂や燃料添加剤である。

次に、アンモニアやその加工品の製造はロシアの農業部門での消費、および、特に欧州や米国への輸出に向けられている点である。

ロシアでは、アンモニアはメタン化学製品の中でメタノールの数倍の生産量を誇り、第1位を占めている。アンモニアの大半(75%以上)は尿素、硝酸アンモニウム、その他の肥料を製造するための加工へ振り向けられる。これはアンモニアを積み替え、輸出するための自前のインフラがロシアに存在しないことによるものである。

図 15 ロシアにおけるガス化学製品構成(2019年)、100万t

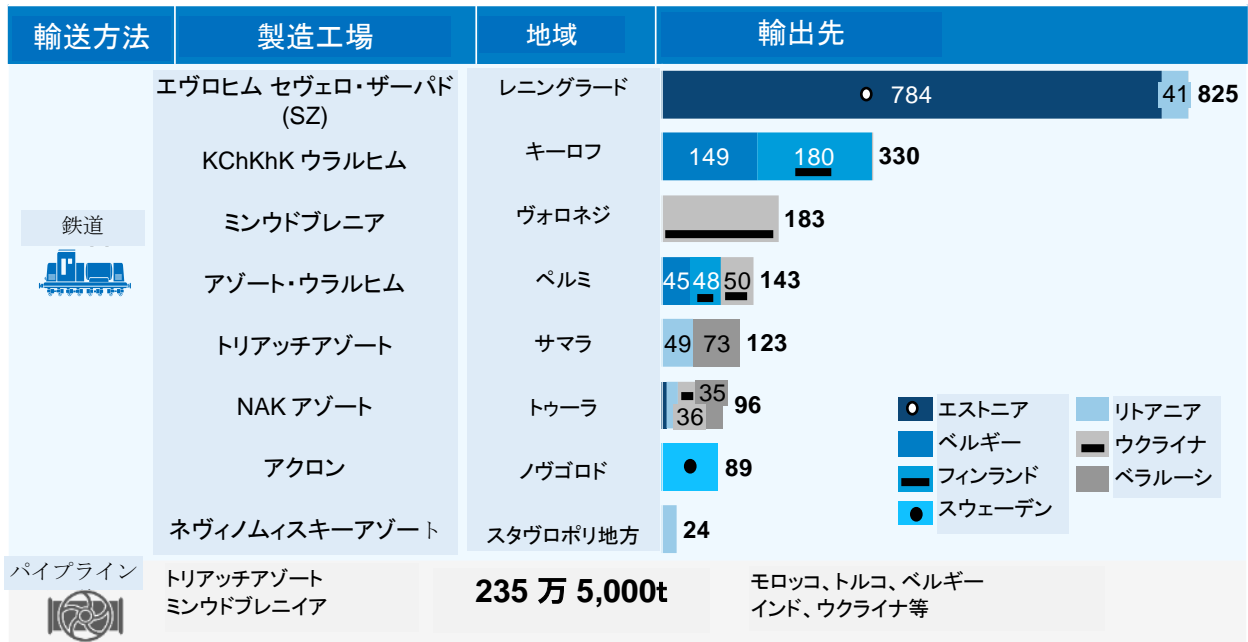


出所: VYGON Consulting

ロシアからのアンモニアの主要な販売チャンネルは「トリアッチ〜オデーサ」アンモニアパイプラインである。2019年のこのパイプライン経由での輸送量は約250万t、それは過去最高記録であった。2020年には約240万tを輸送したが、これはロシアからのアンモニア輸出量の約55%を占める。トリアッチアゾートおよびミンウドブレニヤのほぼ全量がパイプラインを介して、港に設けられた工場へ運ばれ、そこで製品は船へと積み替えられて、海路で運ばれていく。

残りの約180万tは鉄道でCIS諸国や欧州に運ばれ、そこからさらに海上ターミナルを経由して出荷、あるいはロシアメーカーの欧州尿素工場へと供給される。

図16 2020年のアンモニア輸出(輸出先、生産者別)、1,000t

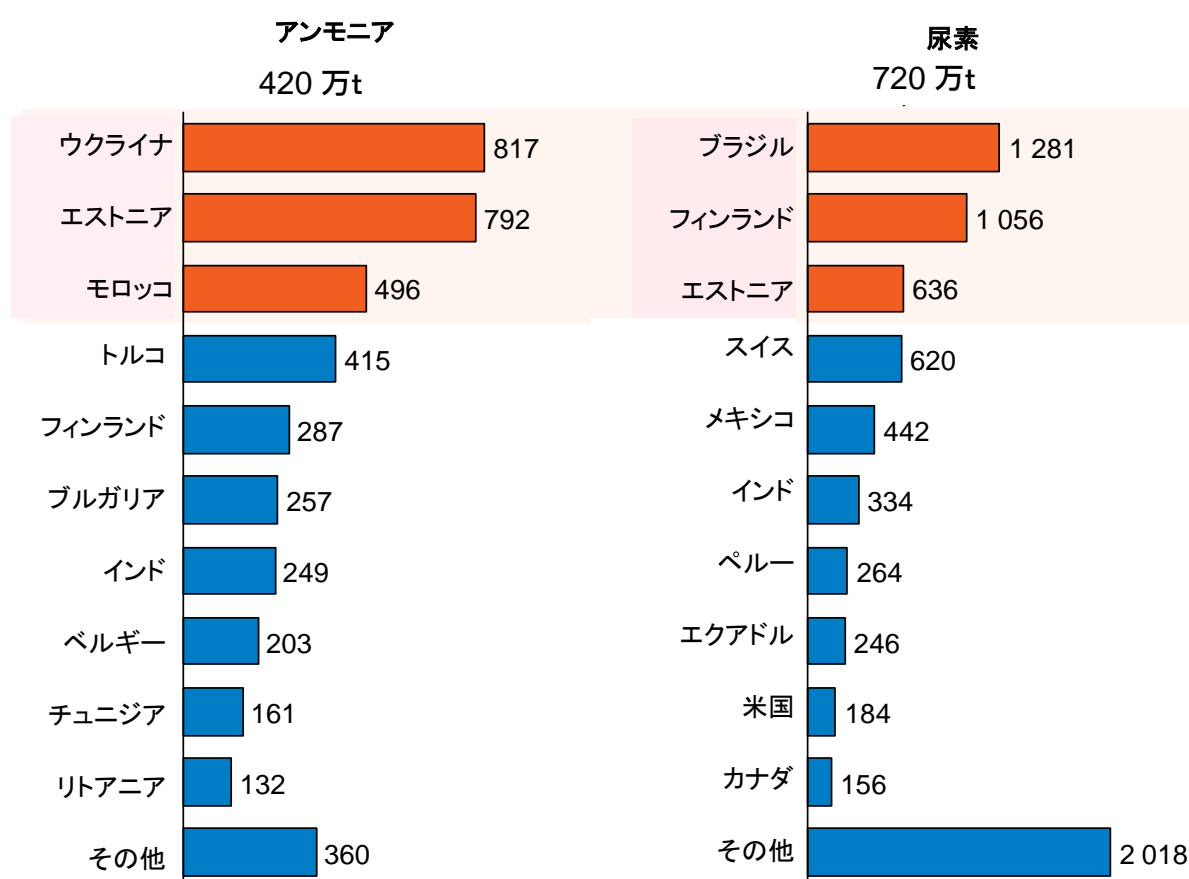


出所：ロシア鉄道、ロシア税関庁、VYGON Consulting

アンモニアとその主要加工品のメーカーは伝統的に輸出を重視していることを指摘しておきたい。原料として、あるいは加工品として外国へ供給される製品の7割は、ロシアメーカーが原料調達コストを低く抑えられるからこそ競争力がある。そして、その背景には、ロシア国内市場における需要が限られていることがある。

また、アンモニア輸出市場にはインフラの制約と高い輸送コストという障害がある。さらには現状、アンモニアが最終製品として使用されることがほとんどないことも輸出市場規模が限定される原因になっている。したがって、その主要なユーザーは、ロシア側製造工場やインフラの近辺に拠点を有している(ウクライナ、エストニア)。他方で、尿素は販路が多様化している点に特徴がある。

図17 2020年のロシア製アンモニアと尿素の主な輸出先、1,000t



出所：ロシア鉄道、ロシア税関庁、VYGON Consulting

上記の結果として、アンモニアガス化学工業の新規プロジェクトのうち、安定して収益性があり、リスクが少ないのは、現行のアンモニア工場に尿素製造工場を建設することである。しかも、尿素の輸送コストが安価であるため、このような投資の経済的な効果は工場の場所にはほとんど左右されない。

しかし、環境配慮型燃料の需要が増大する可能性が高いため、製品を燃料として使用することを想定したクリーンなアンモニア製造は発展に向けて新たに弾みがつくであろう。多くの点において、これはアンモニアが水素運搬のための媒体として使用されることに関連するものである。

石油化学とは異なり、ロシアにおけるパイプラインシステム（統一ガス供給システム）が発展しており、また、国内市場において天然ガスは余剰気味なので、資源の確保はアンモニアプロジェクトの実施に当たっては障壁とはならない。したがって、全ての将来有望な輸出志向の工場は国境近くに立地しているが、これは外国メーカーから後れている物流面を補うためである。

## 2.2. 現行プロジェクトおよび新規プロジェクトの概要

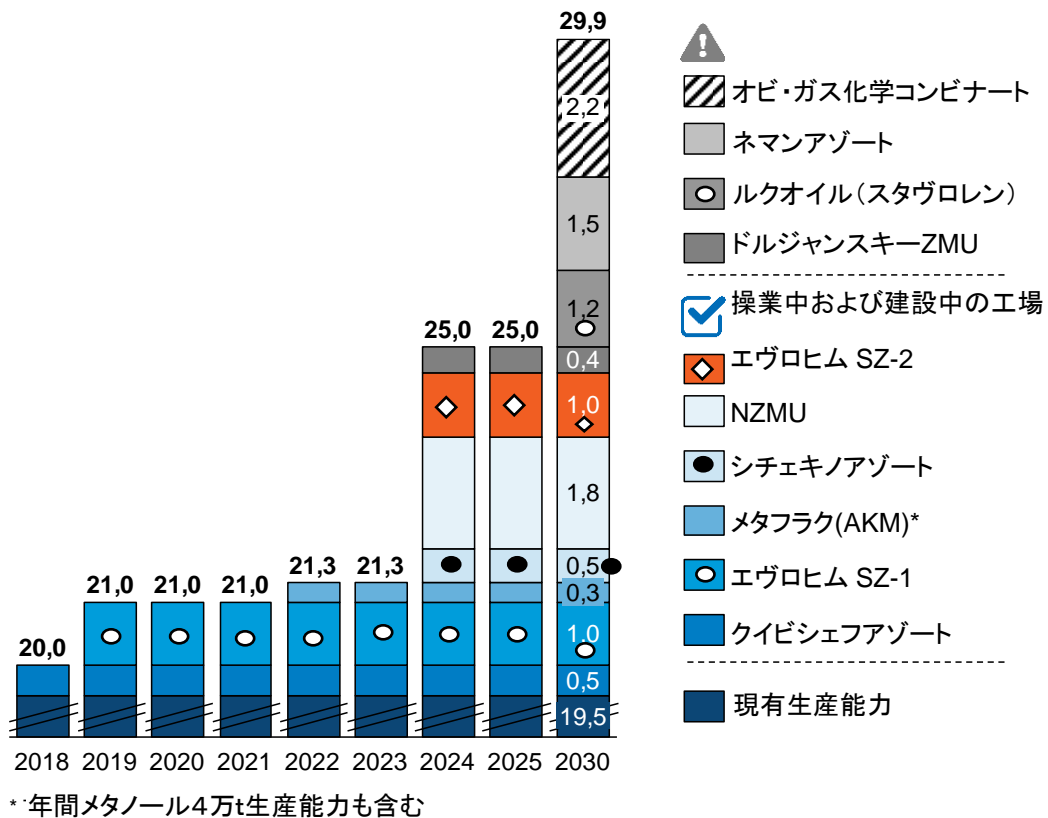
ロシア国内には、15社の大手アンモニアメーカーがあり、その合計生産能力は約2,100万tに達する。それらのメーカーの近年の稼働率は安定して高い。

製品がロシアの農業部門で消費されるため、そして、製品を欧州や米国に輸出することを見込んでいるため、全ての工場はロシアの西部に立地している。その一方で、遠隔地の鉱床のガスを収益化する一環として、北極圏やロシア極東など、統一ガス供給システムから遠く離れた地域でのプロジェクトがますます増えてきた。

建設中のプロジェクトだけに限っても、これらを実施した場合にはアンモニアの生産能力が500万t増えて2,460万tになり、また、尿素の生産能力は620万t増えて1,910万tに達する。



図19 アンモニア化学プロジェクト操業開始予測、100万t



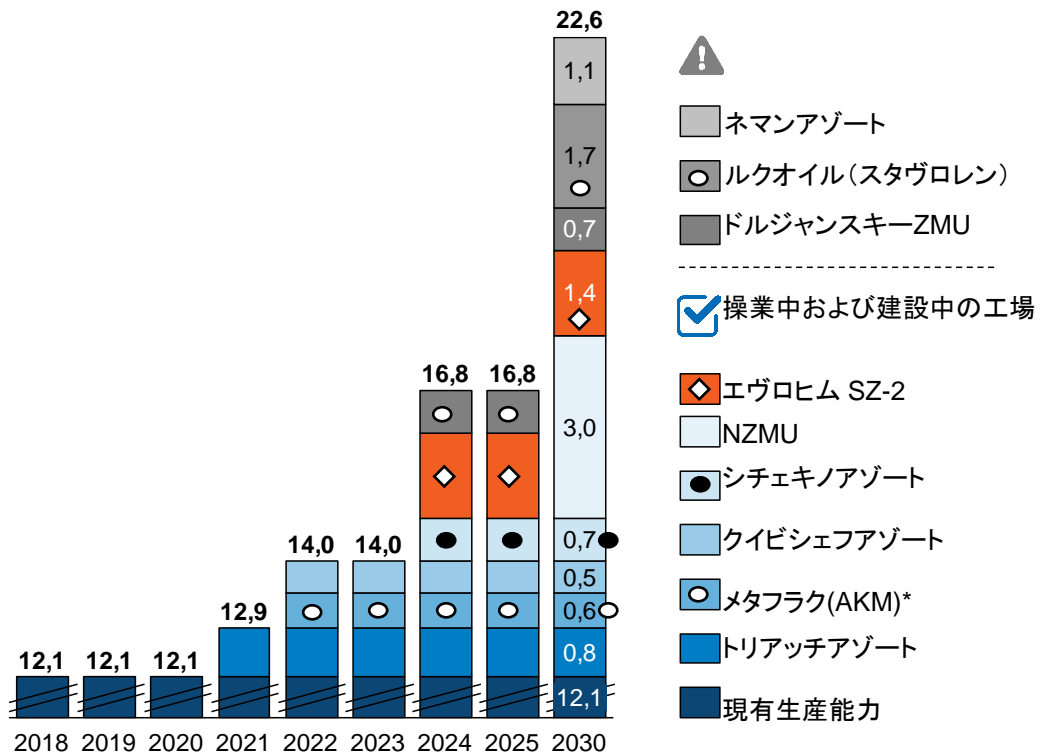
出所：各社データ、VYGON Consulting

### エヴロヒム

エヴロヒムは2019年6月、レニングラード州キングセップで生産能力100万tの新しいアンモニア製造工場を立ち上げた。エヴロヒムの新しいキングセップ工場はロシアや欧州の自社工場に納入されていたアンモニアの外注量を自社生産に切り替えることを目的にしている。こうして、同じくキングセップにあるリン鉱石工場に約10万tのアンモニアが供給される。そのほか、2020年には80万tのアンモニアが鉄道でエストニアに輸出され、さらにそこからシッラマエ・ターミナルを経由して海路でベルギーのアントワープにある生産能力290万tのエヴロヒムの工場に移送された。さらに、2020年には4万tのアンモニアがリトアニアのリフォサ工場(生産能力110万t)に送られた。ちなみに、アンモニアの最大納入量は将来的には年間20万tになるものと見込まれる。

エヴロヒムは同じ敷地内で2つ目のプロジェクト「セヴェロ・ザーパド(北西)2」を実施する計画を追加して発表した。その生産能力はアンモニア100万t、尿素140万tになる。プロジェクトの費用は1,250億ルーブルと予想されている。同プロジェクトはウスチ・ルガにあるエヴロヒムの自社ターミナルを経由して製品を輸出することを目的とする。2019年10月、イタリアの設計会社Maire Tecnimontとの間でこの工場の建設趣意書が締結された。2021年9月、プロジェクトは積極的な建設の段階へと移行した。

図20 尿素製造プロジェクト操業開始予測、100万t



\*年間メタノール4万t生産能力も含む

出所：各社データ、VYGON Consulting

### トリアッチアゾート

同社は能力250万tのアンモニアパイプラインを所有しているが、アンモニアから尿素を製造する事業に取り組むことを計画している。2019年夏、トリアッチの敷地内で3基目の尿素製造設備（製造能力2,200t/日）の建設が始まった。現時点で、同社は3,000tの製造能力を有している。3基目の製造設備への総投資額は250億ルーブルと見込まれ、2021年の完工をめざしている。これによってアンモニアパイプラインの負荷を若干軽減することができる。また、2019年に同社は新しい発展戦略を採択した<sup>5</sup>。同社は2025年までに既存の敷地内でアンモニアの生産量を40%、尿素の生産量を2.5倍に増産し、無機肥料の生産で世界のトップクラスとなることを計画している。そのために、トリアッチアゾートはタマニ港に肥料積替用のターミナルを建設することを計画している。

### クイビシェフアゾート

同社はすでに窒素肥料市場で事業を行っているが、トリアッチの既存の敷地内に製造能力52万5,000tの尿素工場を新たに建設することを計画している。プロジェクトへの投資額は1億6,000万ユーロと見込まれる。クイビシェフアゾートのパートナーとしてMaire Tecnimontが参加する。

### ルクオイル

同社はカスピ海にある膨大な量の自社のガスを収益化する案を検討している。例えば、オプションの一つの枠内で、ルクオイルはスタヴロレンにアンモニア（能力120万t）と尿素（能力170万t）の製

<sup>5</sup> 2019年、上場株式会社「トリアッチアゾート」(TOAZ)取締役会により承認。

造設備を建設することを計画している。操業開始の時期としては2023年が有力と見られている。プロジェクトは輸出のみならず、ロシア最大級の農産物生産企業数社があるスタヴロポリ地方での国内消費を見込んでいる。輸送距離が短いことから、同社は尿素市場での競争力を高めることができる。スタヴロポリ地方とルクオイルとの暫定投資協定は2019年夏の終わりに調印された。

### シチェキノアゾート

同社はトゥーラ州の自社の敷地内にアンモニア(能力52万5,000t)と尿素(能力70万t)の製造工場を建設することを計画している。2019年3月、中国化学工程股分有限公司(China National Chemical Engineering Co.)との間で、設備の設計、納入、製造設備の据付に関する契約を締結した。この中国の会社にとってはロシアとの初めての大型案件になる。建設の完了は2024年を予定している。シチェキノアゾートは以前から、主に工業用および家庭用化学薬品市場で事業を展開してきたので、今回、新たに農業用肥料市場への進出戦略を策定している。プロジェクトの費用は5億5,000万ドルと見込まれるが、ガスプロムバンクとの間では融資条件について合意ができています。

### メタフラクス

2018年、主にメタノールとその誘導体を生産していたメタフラクスはアンモニア、尿素、メラミン製造工場の建設に着手した。それぞれの製品の生産能力は30万8,000t、57万5,000t、4万1,000tである。プロジェクトはグバハの既存の敷地で実施する予定である。投資額は580億ルーブルと見込まれる。

### 国営化学グループ

国営化学グループは沿海地方にナホトカ無機肥料工場(NZMU)を建設する計画を進めている。第1段階では製造能力180万tのメタノール工場の建設を想定しており、第二段階では、製造能力180万tのアンモニア工場を建設する計画で、2024年の完工を予定している。その後は、次の加工品である尿素の製造工場(能力200万t)建設の可能性を検討している。工場の製品は主にアジア太平洋地域市場向けとなる予定である。プロジェクトに必要な資金の80%は借入金で賄い、20%は同社の自己資金となる。2019年9月、メタノールのライセンサーとしてHaldor Topsoe社(デンマーク)が選ばれた。天然ガスはNZMUが2015年にガスプロムと締結した契約に基づき、ガスプロムが供給する。

### ネマンアゾート

同社はカリーニングラード州の経済特区にある新しい用地に肥料製造工場を建設しようとしている。このプロジェクトを提起したのは株主であるリトアニアのAchema Groupである。計画されている工場の能力はアンモニア100万t、尿素200万tである。製造される無機肥料は域内での消費に振り向けられるほか、輸出にも向けられる。プロジェクトの費用は470億ルーブルと評価されている。

### オリョールメタヒム

オリョールメタヒムは生産能力がアンモニア年産40万t、尿素年産70万tのドルジャンスキー無機肥料工場の建設を検討している。プロジェクトはオリョール州のドルゴエ村近くの新しい用地で実施する計画である。生産は輸出向けに行われるもので、商品の75%はブラジルとインドに輸出する計画であり、残りの25%は国内市場に送られる。設備投資規模は1億8,100万ユーロを見込んでおり、そのうちの1億3,600万ユーロは自己資金が当てられる。建設期間は約4年間の予定である。

## ノヴァテク

2021年中頃、ノヴァテクは液化天然ガス(LNG)年産500万tの中規模「オビLNG」工場建設計画を断念し、低炭素「ブルー」アンモニアと水素を生産すると発表した。

その原料ベースとなるのは、ヤマル半島にあるヴェルフネテウテイスコエ・ガス田と西セヤヒンスコエ・ガス田である。オビ・ガス化学コンビナートの2つのラインの総生産能力は自社用のブルーアンモニア220万t以上、水素約13万tである。プロジェクトの稼働開始は2027年を予定している(1本目の製造ラインの稼働開始は2026年の予定)。そのコストはCO<sub>2</sub>の捕捉および回収費用込みで22億~24億ドルと見込まれる。

現在、会社は工場建設に関連したプロジェクト準備作業を行いながら、投資家を募っている。特に、Arctic LNG2プロジェクトでノヴァテクのパートナーになった日本の三井物産と交渉を進めている。

2021年12月末、ノヴァテクはすでにドイツのUniper社との間で、年間120万tのアンモニアを納入する長期契約の主要条件に関する協定を締結した。製品はドイツ(ヴィルヘルムスハーフェン)にある、アンモニア・クラッキング装置を備えた同社のターミナルに供給される予定である。また、ドイツのRWE社もドイツやその他の欧州諸国の市場への供給の可能性を探っている。

## YaTEK(ヤクート燃料エネルギー会社)

2021年、YaTEK社は約200万tのアンモニア生産の可能性を検討していると発表した。現在、同社はヤクーチヤの資源基盤の開発と増強に積極的に取り組んでいる。それには、計画中の大規模液化天然ガス(LNG)プロジェクトへの原料供給も含まれるが、同プロジェクトの第1期分の生産能力は860万tで、操業開始は2027年を予定している。同社はガス埋蔵量を現在の4,230億m<sup>3</sup>から、2022年には5,760億m<sup>3</sup>に、2025年には1兆m<sup>3</sup>に増やす意向である。

アンモニア生産はこれらのガス埋蔵量の収益化プロジェクトの一部になりうる。計画中のアンモニア工場はLNGコンビナートに隣接したハバロフスク地方アヤン村に建設されることになろう。

ガスはスレドネヴィリユイスクからサイトまで計画中のガスパイプライン(全長約1,400km)で運ばれる。

現在のところ、このプロジェクトは構想段階にとどまっており、そのため、同プロジェクトは工場操業開始基本シナリオには含まれていない。

このように、上記の全ての製造設備のうち、実施が計画されているのは、ポートフォリオにすでに尿素製造工場が含まれていて、無機肥料に特化した販売網を確保している会社の3つのプロジェクトのみである。それはエヴロヒム、トリアッチアゾート、クイビシエフアゾートで、この市場の古参プレーヤーであり、いずれも既存の敷地に工場を建設することを想定している。トリアッチアゾートとクイビシエフアゾートは余剰なアンモニア製造能力を抱えており、増産を検討しているのは尿素のみである。最近、100万tのアンモニア製造能力を有する「セヴェロ・ザーパド(SZ)」プロジェクトを稼働させたばかりのエヴロヒムは、外国の自社の現状の需要やリン鉱石工場に対する需要をカバーしたにすぎず、二つ目のプロジェクトについては、尿素についても、アンモニアについても、大きな生産能力が提起されている。

ルクオイル、シチェキノアゾート、メタフラクスは長く化学市場で活動しているとは言え、今のところ、無機肥料部門に資産を持っていない。そのほか、これらの会社も、上記3社と同様に、恵まれたインフラを有する地域にある既存の敷地に製造設備を展開することになるため、必要な投資額を抑えることができる。ちなみに、スタヴロレン(ルクオイル)は唯一の垂直統合プロジェクトになる。そのためのガスはルクオイルが採掘を行っているカスピ海のガス田から送られてくる。これらの3件のプロジェクトの合計生産能力は、アンモニア180万t、尿素300万tになる。

NZMU(ナホトカ無機肥料工場)、ネマンアゾート、オリョールメタヒム、オビ・ガス化学コンビナートおよびYaTEK(ヤクート燃料エネルギー会社)などの新規プロジェクトは新しい敷地に建設される。これらの会社には自社の販売網はないが、アンモニアのためのきわめて原価の安い自前のガスがある。しかも、これらの製造拠点はいずれも国境近くにあるため、輸出に適している。大きな販売市場を想定した、きわめて野心的な生産能力が発表されている。これら4件のプロジェクトの合計生産能力はアンモニア840万t、尿素460万tで、ロシア全体における両製品の増加分の約半分に相当する。

### 2.3. アンモニア産業の発展予測と投資状況

建設中および計画中のアンモニアおよび尿素生産プロジェクトへの投資額は1兆4,020億ルーブル(約200億米ドル)に達し、そのうちの42%はすでに着工済みの施設である。

表3 プロジェクトへの予測投資額およびその特徴

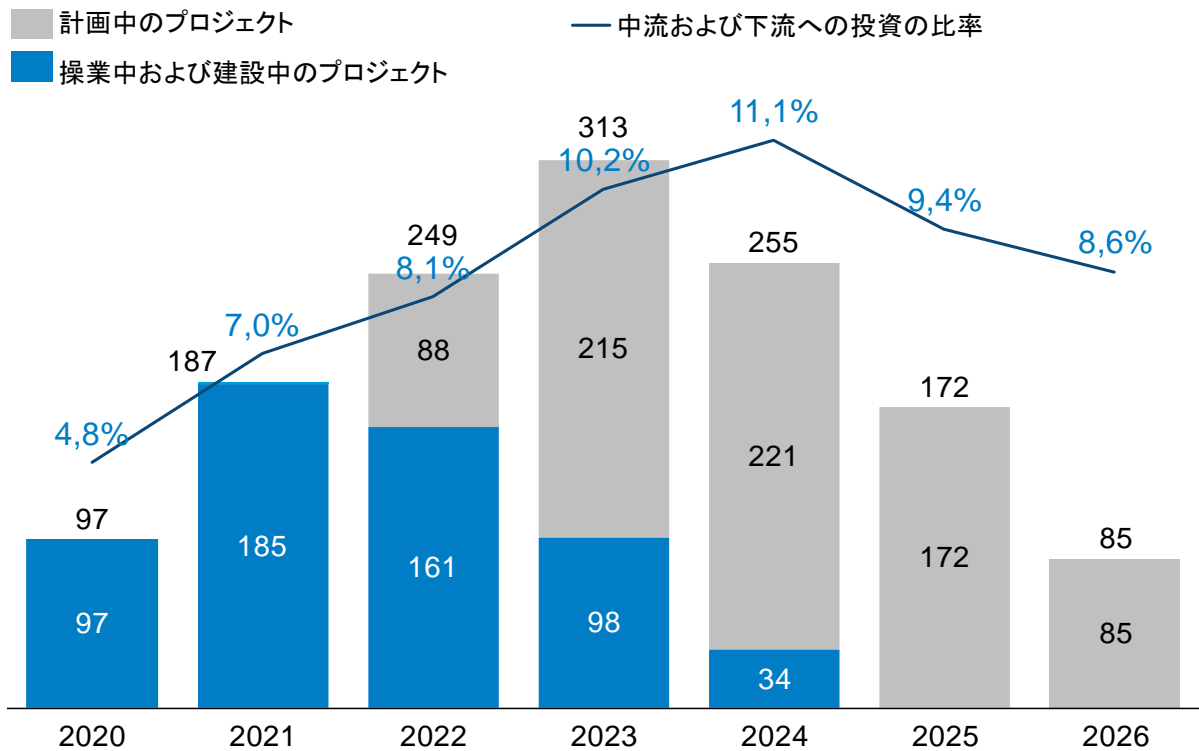
プロジェクト	生産能力 (1,000t)	投資額 (10億Rb)	現状
YaTEK	A – 2 000 (2027+)	140	構想段階
オビ・ガス化学コンビナート	A – 2 200	160-175	プロジェクト開始前の準備 作業中
ネマンアゾート	A – 1 500, K – 1 100	47	-
ルクオイル (スタヴロレン)	A – 1 200 K – 1 700	446	ライセンサーの選定
ドルジャンスキー無機肥料工場 (DZMU)	A – 430, K – 700	16	最終投資決定待機中
<b>計画中の工場(小計)</b>	<b>A – 7 330 K – 3 500</b>	<b>809</b>	
エヴロヒム SZ-2	A – 1 000 K – 1 400	125	建設中。EPCコントラクター: Maire Tecnimont

ナホトカ無機肥料工場 (NZMU)	A - 1 800 (2024) K - 3 000 (2027)	352	建設中。CNCECとEPC契約を調印
シチェキノアゾート	A - 525 K - 700	40	建設中。Tecnimontと合併企業設立。設計会社：尿素・有機合成品科学設計研究所
クイビシェフアゾート	K - 525	19	建設中。Casale Saとライセンス・EPCM契約を調印
メタフラクス(AKM)	A - 308 K - 575, M - 40	57	建設中。ゼネコン：尿素・有機合成品科学設計研究所
<b>建設中の工場(小計)</b>	<b>A - 3 633 K - 6 200</b>	<b>593</b>	
トリアッチアゾート	K - 800	25	2019年操業開始
エヴロヒムSZ-1	A - 1 000	60	2018年操業開始
クイビシェフアゾート	A - 480	19	
<b>2018年以降の操業開始済 の工場(小計)</b>	<b>A - 1 480 K - 800</b>	<b>104</b>	

出所: 各社データおよび報道資料、VYGON Consulting

建設中の工場投資が肥料に関わる総合プロジェクト、または尿素生産の拡張に関わるものであるのに対して、計画中の製造工場については逆に、圧倒的にアンモニアのインフラへの投資が多い。

図21 アンモニア化学(アンモニアおよび尿素)ロシアプロジェクトへの投資予測、10億ルーブル



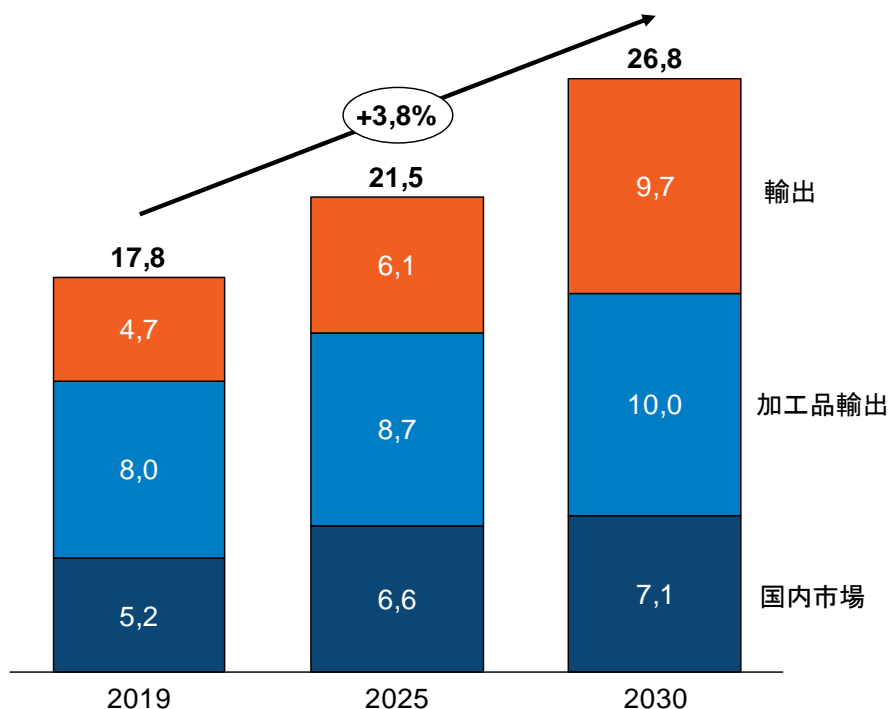
注：中流および下流のロシアプロジェクトには、メタノール、アンモニア化学、LNG、ガス精製工場、石油化学、製油所、石油パイプライン、ガスパイプラインが含まれる。

出所：VYGON Consulting

全体的に見れば、輸送、加工、石油・ガスプロジェクトへのロシアの投資全体にガス産業が果たす役割は今後数年間高まっていくばかりであろう。歴史的にはアンモニア産業への投資の割合が5%を超えることはなかったが、中期的にみれば、2023～2024年にその割合が10～11%に達する可能性があり、その金額は2,500～3,000億ルーブルに相当する。

基本シナリオで想定された新しいプロジェクトを立ち上げたとしても、我々の推計では、アンモニアの販売構造に劇的な変化をもたらすことはない。ちなみに、年平均生産成長率は3%程度となる。

図22 ロシア製アンモニア販売構成の実績および予測、100万t



出所: VYGON Consulting

全体としては、製品の生産量は2030年までに1,900万tから2,500万tに増加する。純粋なアンモニアの輸出量増加については、そのかなりの部分が、アジア太平洋地域や欧州にアンモニア(後に水素に加工する分も含めて)を供給することになるナホトカ無機肥料工場やオビ・ガス化学コンビナートの操業開始によってもたらされる。

同時に、トリアッチアゾートの尿素工場が稼働を開始するのに伴い、トリアッティ〜オデッサ間のアンモニアパイプラインの通過量が低減する。それによってアンモニアの輸出増加総量が制約されることになる。

2025年までの尿素の供給増加は、トリアッチアゾートやクイビシェフアゾート、エヴロヒムのセヴェロ・ザーパドー2の既存のアンモニア工場に新しい施設を立ち上げることによって可能になる。2025年以降は、主に、新しいプロジェクト(特に、ナホトカ無機肥料工場)をフルサイクル(アンモニア+最終製品)で実施することを背景にして尿素の供給が増加する。

そのほか、最近の5年間でロシアでは農作物の生産量が増え、その結果、窒素肥料の需要が増大した。肥料の他に、工業分野(爆発物の生産)では硝酸アンモニウムの消費量が増加した。2030年までこの傾向は続き、国内市場での需要も2019~2030年にほぼ200万t増加するものと期待される。

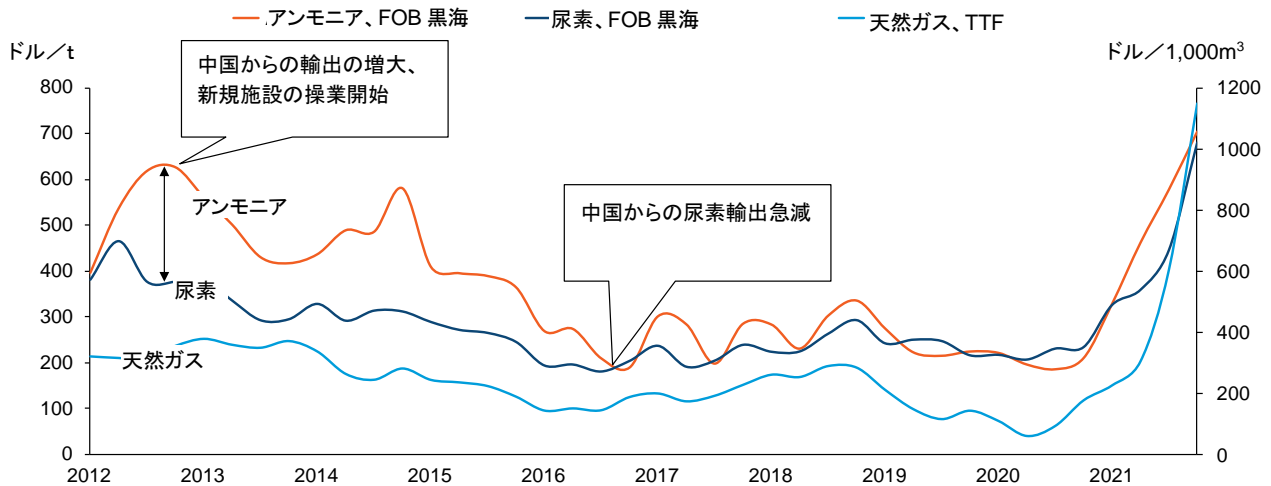
## 2.4. 生産に係る経済性、外国市場への供給に向けたその効率性

### 価格およびスプレッド

近年、欧州におけるアンモニアおよびその副産物の価格は200～700ドル/tの範囲で大幅に変動した。しかし、こうした変動性にもかかわらず、これらの製品の価格は、原則として、主要原料である天然ガスの価格によく対応している(図23)。

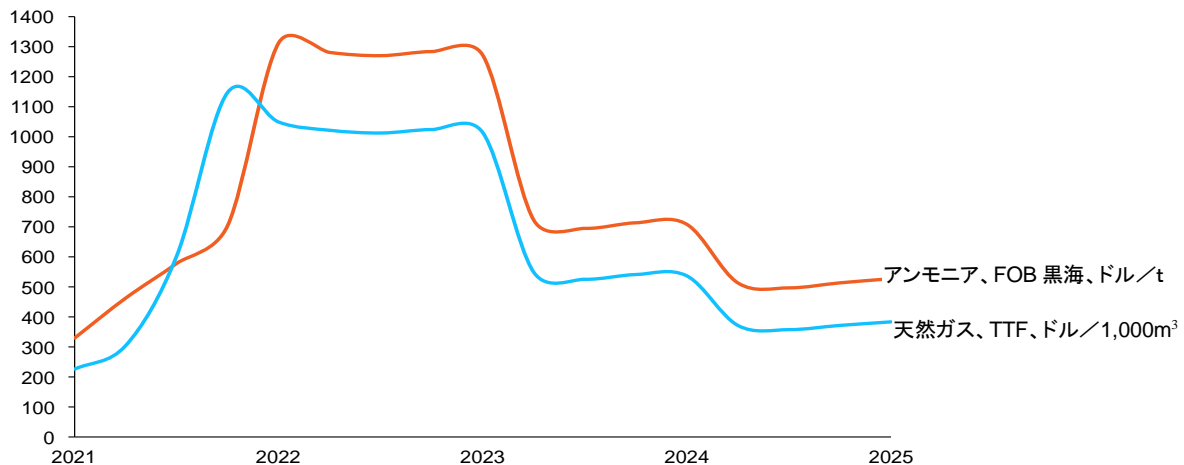
アンモニアとその誘導体とのスプレッドの額は何よりも需要と供給に左右される。例えば、アンモニアと尿素のスプレッドは2008年の30ドル/tから2014年には180ドル/tにまで拡大し、その後、2019年にゼロになるまで緩やかに減少した。このような推移の背景には、2010～2015年に中国からの輸出量が大幅に増加し、それが尿素価格に対する圧力として作用したことが考えられる。同国における2015年末の輸出業者に対する補助金の廃止と付加価値税の導入、そして、石炭価格の上昇によって、外国への製品輸出量の減少と世界市場での価格の正常化がもたらされた。言い換えれば、尿素の価格トレンドは多くの点において、中国における製品製造の国内規制に左右される(輸出関税、石炭市場でのトレンドなど)。

図23 アンモニア、尿素および天然ガス価格の歴史的変遷



出所：Refinitiv、各社報告書、VYGON Consulting

図24 アンモニアと天然ガスの価格予測



出所：Refinitiv、各社報告書、VYGON Consulting

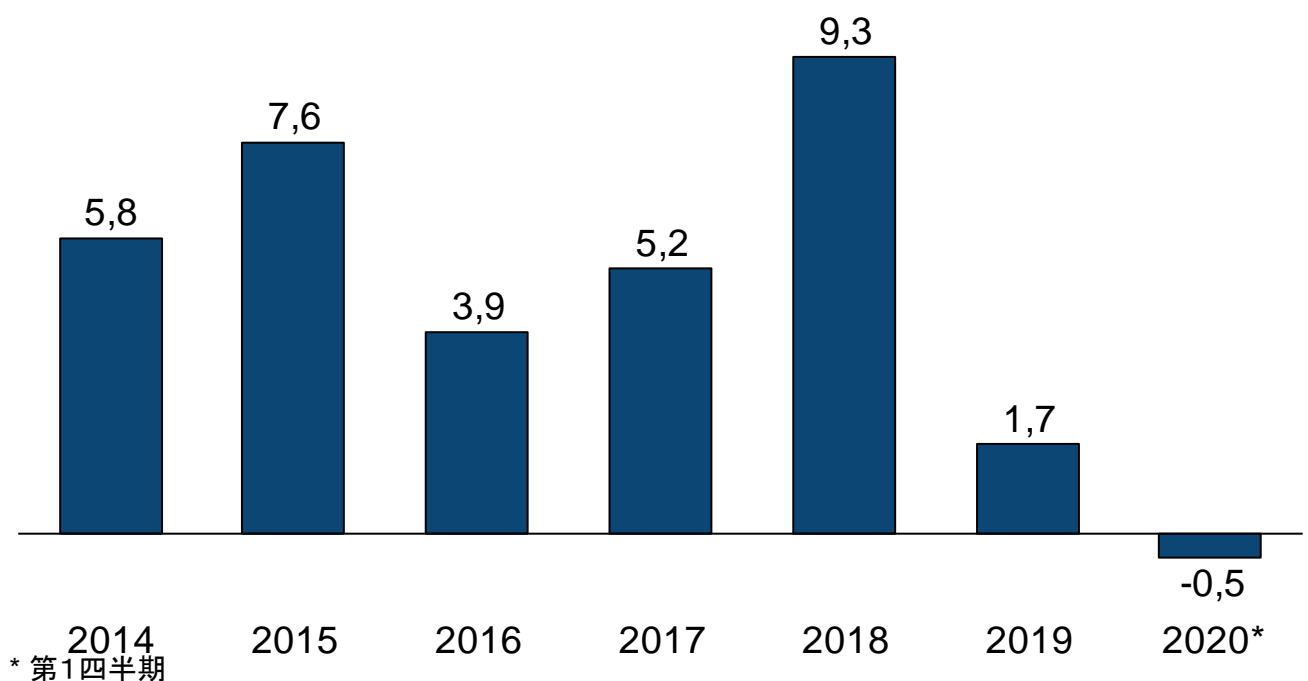
天然ガスは今後の数年間はアンモニアの製造に用いられる主要な燃料としての役割を維持するので、製品価格の直接的な関係性もそのまま維持され続ける。これと関連して、「ブルー燃料」の現在のフォワードカーブから判断して、現在のレベルに対する相場の本格的な低下が期待されるのは2023年以降になる。ロシアの国内市場について言えば、国内の農業生産者保護のために無機肥料の価格上昇を抑制する政策を行っている。主な規制方法は、播種前に農家のために製品の販売価格を確定することである。このように、世界価格が上昇する季節には、ロシアの農業生産者に割引が適用される。

### 原料

世界市場においてロシアのアンモニアが伝統的に競争優位性を保っていたのは原料が安価だったからである<sup>6</sup>。例えば、ロシアの肥料を欧州に供給する場合、1tの製品を製造する場合の原料価格の差はアンモニア1t当たり200ドル、または窒素肥料1t当たり100～130ドルを上回っていた。輸送費を考慮に入れても、ロシアメーカーは欧州のメーカーに対して圧倒的に優位な立場にあった。

上述のように、2020年のコロナウイルス感染症による制限策はアンモニア産業に危機的な影響を及ぼすことはなかった。それどころか、年末には世界的な需要が上昇したほどであった。肥料メーカーに対してより強い影響を及ぼしたのはガス価格の変動である。例えば、世界的なガス価格相場がその当時としては大幅に下落し、国内ガス価格が2019年7月に連邦反独占庁によって設定されたレベルに維持されたため、ロシアの肥料メーカーに対する価格補助金の規模<sup>7</sup>が2018年の1,650億ルーブルから2019年の330億ルーブルまで数分の1に減少した。

図25 アンモニア部門の年度別価格補助金の推移、1,000ルーブル/tアンモニア



出所: VYGON Consulting

<sup>6</sup> ロシアのガス市場における価格設定の原則についての詳細は VYGON Consulting「ロシアのガス化学。第1章。メタノール: 目下のところ計画のみ」(2019年3月)を参照。

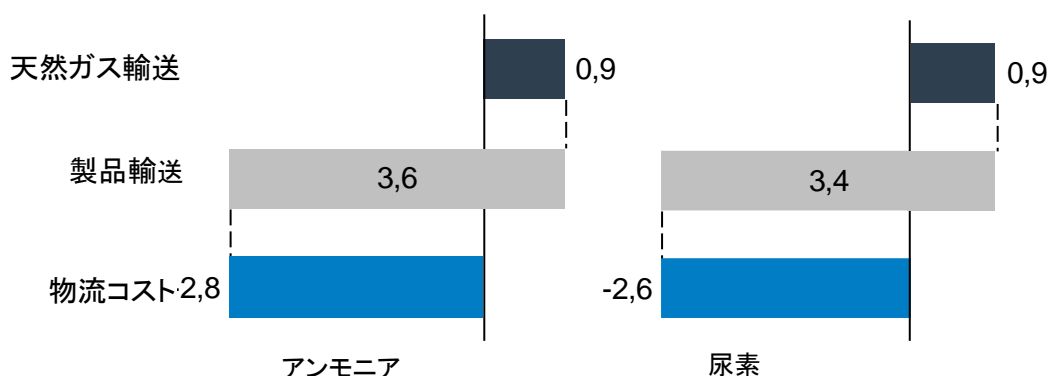
<sup>7</sup> 輸出業者の輸送費を差し引いた外国市場のガス価格と、ロシア連邦内の産業用ガスの価格との差。

## 輸送

ロシア製品の競争力を低下させている主な要因は、輸出志向の国産品の多くと同様に、物流面の悪条件、つまり、製品の市場までの輸送費と、その製品の生産に必要な原料の同じ市場までの輸送費との差である。既存のパイプラインでガスを輸送するほうがガス化学製品、特にアンモニアを輸送するよりもはるかに安いのだ。欧州市場に輸出する場合、ロシア西部にあるアンモニア工場はウラルにある企業よりも圧倒的に有利である。

アンモニアの加工品（例えば、尿素）の製造はロシアの工場の物流コストにほとんど影響を及ぼさない。尿素は不燃性で、爆発の危険性のない固体であるため、人間や環境に否定的な影響を与えない。そのため、尿素の輸送費はアンモニアよりも安価である。一方、同じ量の天然ガスから得られる尿素的量は1.7倍多く、尿素的の製造に用いられる二酸化炭素は通常、同じ工場で製造されるため、別途の輸送費は不要である。言い換えれば、アンモニアと尿素にとっての物流面の悪条件はほぼ同程度（図26）であると言える。このように、アンモニアの製造と尿素的の製造には物流の点でどちらかが圧倒的に優位であるということがないので、どちらについても輸出志向の工場は海港に近い、国境に接する地域に建設するのが妥当である。

図26 ロシア欧州部のアンモニア・尿素工場：ロシア西部国境からの出荷における物流コスト、ルーブル／1,000m<sup>3</sup>ガス



出所：VYGON Consulting

## 関税

肥料の国際貿易の場合、保護輸入関税メカニズムを適用するのが一般的である。保護輸入関税は多くの点において、現地企業に外国のサプライヤーと競争する能力を与えるものであり、外国のサプライヤーにとっては深刻な障壁となる。

例えば、EUは自分たちの肥料メーカーを守るために、ガス料金が安い国々からの肥料に対して輸入関税を導入した。ただし、関税の種類によって計算方法が異なる。ある関税は（燃料エネルギー部門のその他の製品の多くと同じく）価格のパーセンテージで提示され、その他の関税は絶対額で設定される。計算の値と原則は国によって異なる（表4）。

表4 欧州へ輸出する場合のロシアおよび米国のメーカーにおける関税の相違

製品	ロシア	米国	トリニダード トバゴ
アンモニア	価格の5.5%	価格の5.5%	価格の5.5%
尿素	価格の6.5%	価格の6.5%	価格の6.5%
硝酸アンモニウム	32.71 €/t	価格の6.5%	価格の6.5%
尿素硝酸アンモニア (UAN)	42.47 €/t*	29.48 €/t	22.24 €/t

\* エヴロヒムについては、27.77 €/t

出所：European Commission: Taxation and customs union

例えば、2019年4月、アンチダンピング調査が行われた結果、欧州委員会はロシア、米国、トリニダードトバゴからの尿素アンモニア硝酸溶液(UAN)に暫定関税<sup>8</sup>を課し、10月にはその課税措置を5年間延長する最終決定が採択された。調査はEU市場でのUANの価格の下落の原因をめぐって始まったものである。価格下落によって、欧州のメーカーは損失を蒙り、生産設備の稼働率も50%をわずかに超える程度になっていた。結局、現在では米国のUANへの関税は29.48ユーロ/t、トリニダードトバゴのUANへの関税は22.44ユーロ/tである。ロシアのエヴロヒムについては、関税額は27.77ユーロ/t、その他のロシアのサプライヤーについては42.47ユーロ/tとなっている。ロシアからの窒素肥料の輸入に関するこのような貿易審査は珍しいことではない。そうした審査は現在も行われている。その一例となるのが、本研究の第1.1章で述べたアメリカのCF Industriesが主導したプロセスである。

関税額は第一に、欧州と肥料輸出国における天然ガス価格の差に左右される。UANの原価に占める天然ガスの割合は70~85%に達する。欧州委員会のアンチダンピング調査を行った専門家は3カ国におけるガスの価格設定に注目する。つまり、米国とトリニダードトバゴでは天然ガスの価格には市場的根拠があるのに対して、ロシアでは、欧州委員会の見解では、ガスプロムが国内の産業ユーザーに、損失を受け入れてでも、固定された割引価格にてガスを販売しているとされる。ガスプロムはEUに対して高い市場価格でガスを販売することで損失を埋め合わせている。このように、化学産業は国から補助金<sup>9</sup>を得ているに等しい状態にある。エヴロヒムとロシアの他の肥料メーカーとの間のUANに対する輸入関税の差について言えば、ロシア欧州部のユーザーがウラルよりも高い値段でガスを購入する時があり、これを欧州の規制当局がガス市場における国内の価格設定システムとして解釈したものと思われる。

EU以外でも、無機肥料に対する輸入関税はそれを大量に消費する国の大半に存在する。例えば、トルコでは、ロシアメーカーに対して尿素への輸入関税が課せられている。肥料の国内生産が年々増加しているインドでも、ロシア産の肥料に関税が課されている。ウクライナでは2014年から硝酸アンモニウムに関税が課されている。現在、関税額はメーカーに応じて価格の29~43%となっている。そのほか、政府は尿素やUAN、その他の無機肥料に32%の関税を導入したが、これはウクライナ

<sup>8</sup> COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2019/576 of 10 April 2019.

<sup>9</sup> COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2019/576 of 10 April 2019, p. 7.

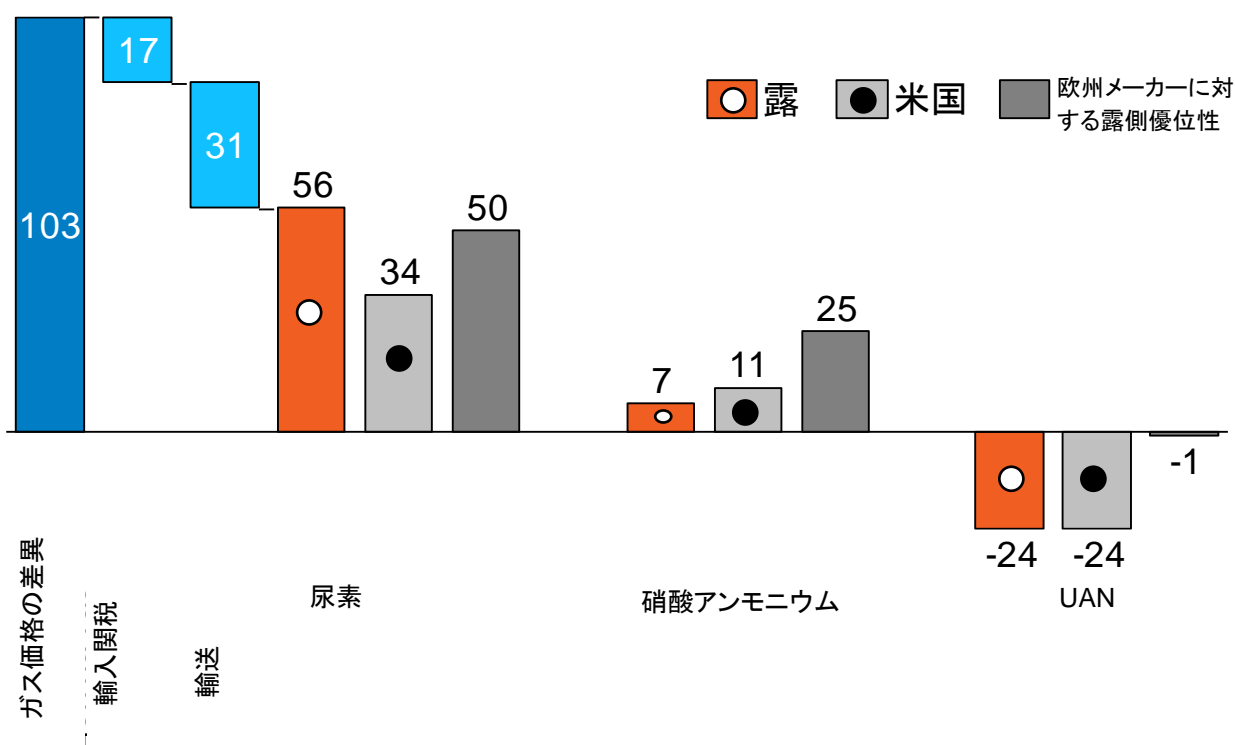
の肥料メーカーの競争力が弱いことを背景にして、各国間の相互関係が悪化したことによるものであった。

米国では逆に、2016年に政府がロシア産の尿素や硝酸アンモニウムへの関税を廃止した。今後の長期的な展望では、現地のガス生産が発展し、国内で新しい肥料製造工場が立ち上げられることもありうる。

価格補助金が削減されたため、外国市場におけるロシア肥料の競争力は大幅に低下した。また、固定された関税額を考慮すると、例えば、欧州のUANメーカーに対するロシアメーカーの競争優位性<sup>10</sup>はマイナスになった(図27)。言い換えれば、2019年、欧州の一部窒素肥料メーカーはロシアメーカーに勝利したことになる。

こうしたアプローチは様々な国々から様々な種類の肥料を供給する効率の低下をもたらした。例えば、硝酸アンモニウムまたはUANの場合、現在のような価格環境では、ロシア、米国、トリニダードトバゴの間にこれだけ関税の差があれば、ロシアの肥料はたとえ地理的に近くても、欧州市場のユーザーには魅力的には映らない。

図27 2019年の欧州国別肥料供給における競争優位性、ドル/t



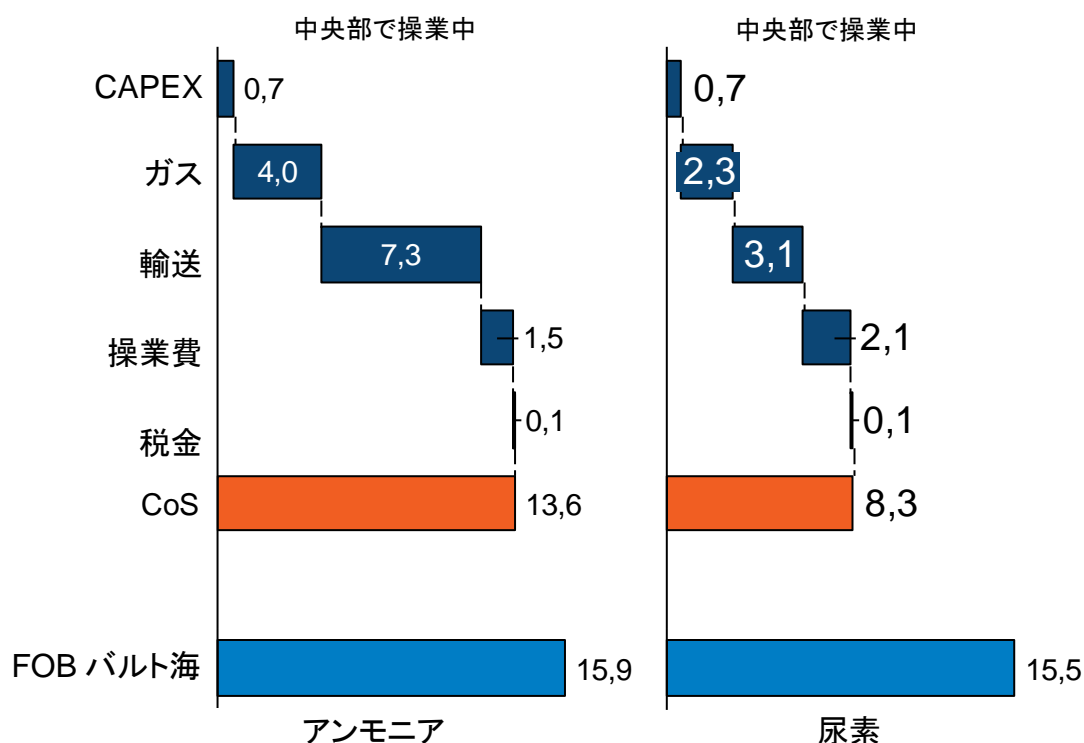
出所: VYGON Consulting

それとともに、保護関税を導入することによって、国内価格が上昇するため、欧州の肥料ユーザーにさらなる負担が生じている。地元の農民たちは率先して輸入関税引き下げを提案しているが、相応の決定が採択された地方は数えるほどしかない。例えば、2018年に、欧州6カ国の農民協会が肥料の高額な価格に関して声明を発表したが、これに対して、欧州委員会はロシア産の硝酸アンモニウムへの関税を47ユーロ/tから33ユーロ/tに引き下げた。このことはロシアのメーカーの競争力に肯定的に作用したものの、様々な肥料を供給する経済の均衡をさらに揺るがすものとなった。

<sup>10</sup> 輸入関税と市場までの輸送費を差し引いた、原材料の価格優位性

関税が課され、競争が激化したにもかかわらず、ロシアの既存の工場での肥料の生産は、最近の数年間では利幅は激減したものの、経済的には効率的に行われている(図28)。

図28 2019年のロシアにおける操業中工場の経済性、1,000ルーブル/t



出所: VYGON Consulting

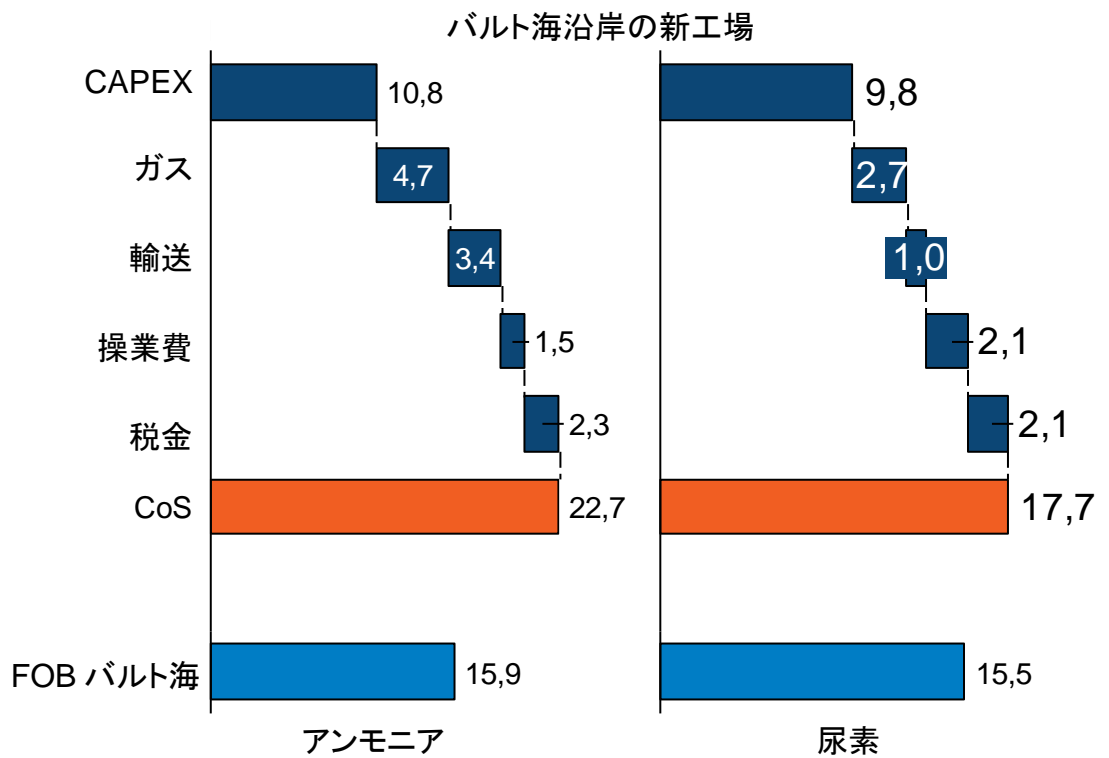
### 新しい工場の経済性

現在発表されているアンモニア産業の大規模投資プロジェクトの多くは尿素の生産を目的としているが、いずれのプロジェクトも大きなリスクを抱えている。上述した制約に加えて、ロシアで新たに化学工場を立ち上げる際によくある問題点としては、技術的な規制の性格に由来する建設費の高騰と建設期間の長期化が挙げられる。また、安価な資金源<sup>11</sup>が極端に少ないことも問題である。

海洋インフラの近くにあり、国境に近接した地域に立地する輸出志向の工場は国内中央にある工場に比べて有利である。しかし、この場合でも、製品価格が安いために、2019年における新しい工場建設は採算が取れていない(図29)。

<sup>11</sup> ロシアのガス市場における価格設定の原則について、詳細は VYGON Consulting「ロシアのガス化学。第1章。メタノール: 目下のところ計画のみ」(2019年3月)を参照。

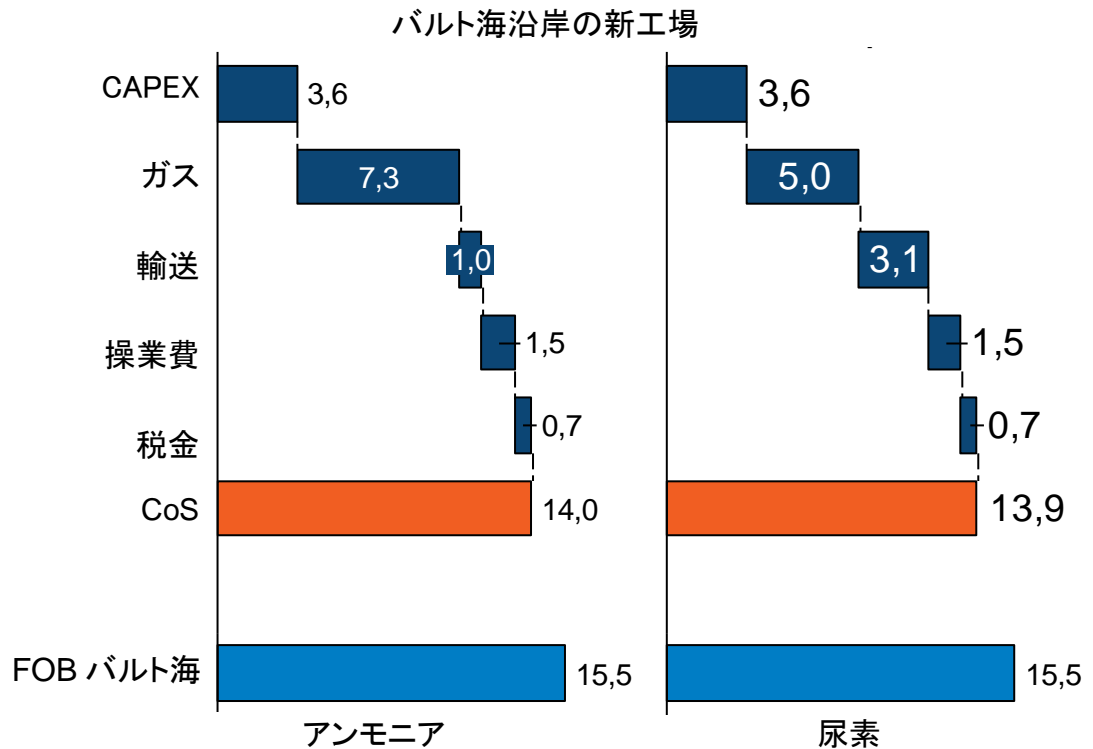
図29 2019年のロシアにおける新設工場の経済性、1,000ルーブル/t



出所: VYGON Consulting

このようにガス価格が安い場合には、現行のアンモニア工場に尿素製造設備を建設するプロジェクトには採算性がある。しかも、このような工場の経済効果は工場の立地に左右されない(図30)。なぜなら、アンモニアと、アンモニアから製造された尿素的の輸送費はほとんど変わらないからである。

図30 2019年にロシアにおいて操業中のアンモニア製造施設に追加新設される尿素設備の経済性、1,000ルーブル/t



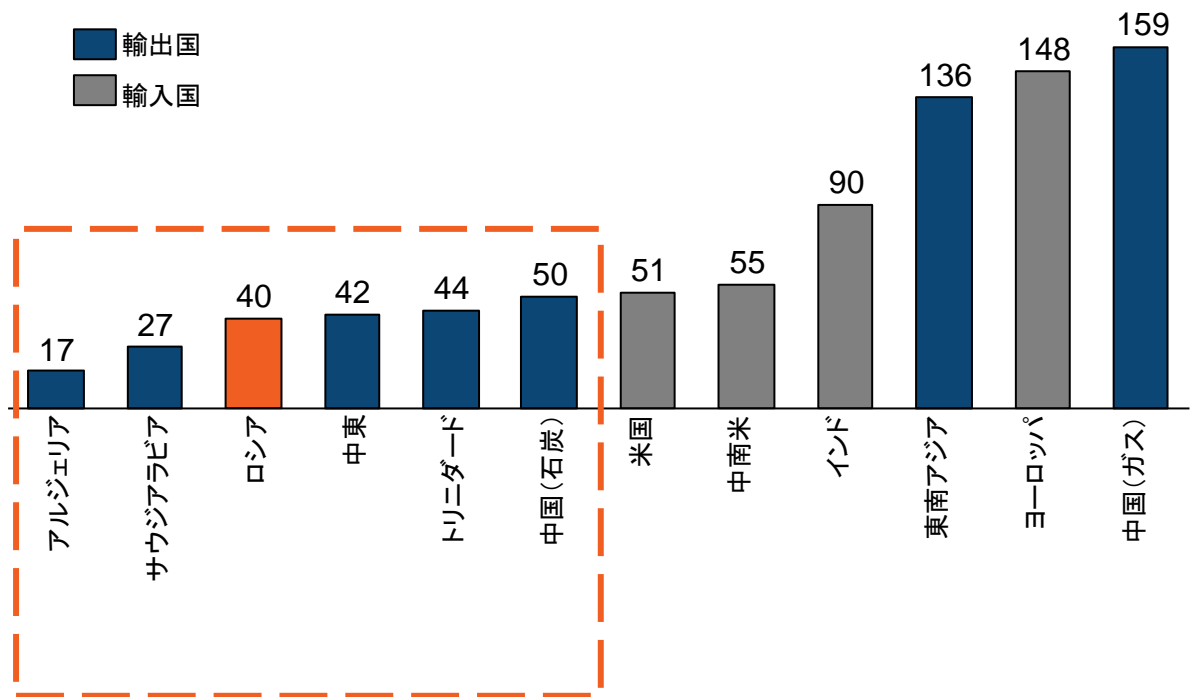
出所: VYGON Consulting

### 競争的な立場

長期的な展望で見ると、アンモニアの主要な輸出国として残るのは、西半球ではトリニダードトバゴ(近くに米国、メキシコ、ブラジル、チリなど、多くの消費国が存在しているため)とカナダ(米国への供給)、東半球ではロシア(ウクライナや欧州への供給)、中東諸国(欧州やアジアの販売市場)、インドネシア(アジアへの供給)である。列挙した輸出国の多くがその主要市場で競争力を持ち得ているのは、安い原料を調達できること(図31)および(あるいは)物流上の優位性があるためである。

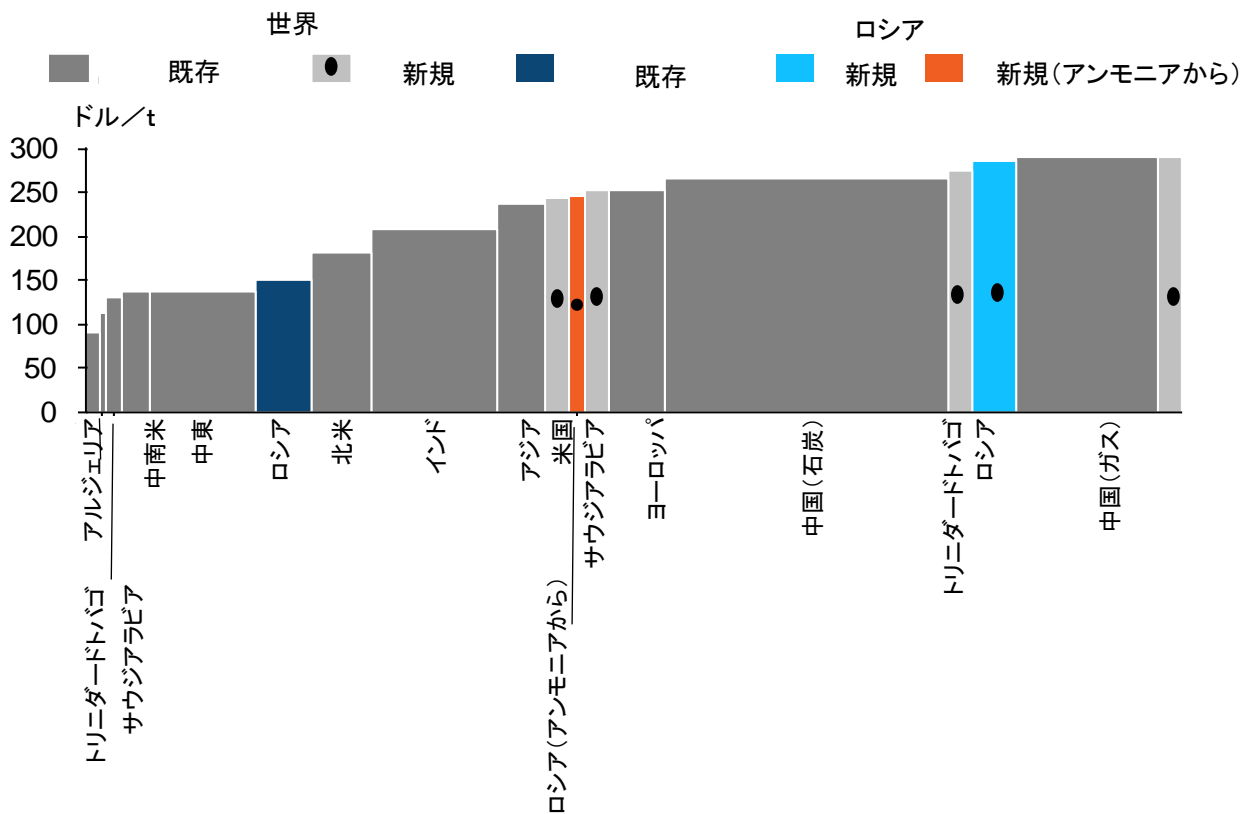
製造営業経費の70~90%を占めるのは原料、製造に必要な材料(水、触媒)と電力である。そのお陰で、中東、ロシア、トリニダードトバゴのサプライヤーは消費大国の市場で国内プレーヤーと効果的に競争できる。しかし、最も効果的になりうるのは、既存のアンモニア工場をベースにした尿素の生産プロジェクトである。

図31 アンモニア1t製造に必要なガスの価格、2019年、ドル



出所: IGU, VYGON Consulting

図32 2025年の中南米における尿素供給の推移



出所: VYGON Consulting

## 2.5. プロジェクトに対する国家支援と気候変動アジェンダ

アンモニア化学分野におけるロシアの国家政策について言えば、現行の産業発展戦略は時代遅れ<sup>12</sup>になっており、現時点の現実と課題に対応しきれていないことを指摘しておきたい。切実に必要とされる大型プロジェクトの大半は戦略に一切含まれておらず、逆に戦略に含まれているプロジェクトの多くはさほど必要のないものばかりである。文書に記載されているリスク(競争の激化、輸入関税の導入など)の多くはすでに現実となっている。2020年に承認された「2035年までのロシア連邦のエネルギー戦略」<sup>13</sup>ではメタン化学については言及しない。

産業別の戦略を更新し、それを新しい現実に対応させることに加え、少なくとも既存の障壁の一部でも除去するような一連の決定を下す必要がある。

何よりもまず、メタノール産業ではすでに解決済みだが、アンモニア産業では依然として数々のトラブルを惹き起こしている問題、すなわち、ガス価格の規制撤廃の問題を検討する必要がある。現時点では、ガス価格が低い金額に固定されていることの否定的な影響は以下の通りである。

1. 安価な資金調達にアクセスできないこと。その理由としては、多くの点において経済を左右する原料価格が連邦執行権力機関の決定によって変更されることがあり、外国の信用機関はそれがプロジェクトに参加する場合に大きなリスクになると考えているからである。プロジェクト資金の調達コストが3~5パーセントポイント下がれば、投資効率をマイナスまたはボーダーラインから安定的にプラスにすることができる。

2. 製品の消費国に対する、当該国内の生産者価格が規制されていることを根拠とする輸入関税があること。他の輸出国と関税を平準化することによって、肥料供給効率に最大15~20ドル/tの上乗せが可能で、これはプロジェクトの正味現在価値(NPV)で言えば、1億~1億5,000万ドルの上乗せに相当する。

3. 外国市場でガス価格が大幅に下落した場合に企業の経済的な柔軟性がないこと。その結果として、ロシアの生産者は競争優位性を失ってしまう。それによって、ガス需要が低迷している間、ロシアのガス採掘業に余分な圧力がかかる。

ガス価格を算定する公式を導入することによって上記の問題はすべて解決する。その公式は定数的な「ガス」部分と、製品の市場価格に直結する変数から成る。このようなアプローチはロシアでは、製品価格の変動性に関わるリスクを軽減し、外国の投資家にとってのプロジェクトの投資魅力を向上させる。それと同時に外国の規制当局との連携を強化し、関税体制の緩和を図る必要がある。

そのほか、総合的で、かつ専門化されたこの部門の発展計画<sup>14</sup>が必要である。それにはアップデートされた大規模なガス化学プロジェクトだけではなく、当該分野の発展に関わる、その他の現実的な諸問題も網羅されていなければならない。そのような緊急課題の一つが低炭素ガス化学のパイロットプロジェクトの発展と支援である。

現在、低炭素アンモニア発展に関わる体系的な支援、または国家の取り組みといったものは存在しない。しかし、2021年11月、ロシア産業貿易省は低炭素・カーボンフリー水素・アンモニアの生産に関わるロシアのプロジェクトアトラスを発表した。これにはロシアの18地域における33件のパイロットプロジェクトが記載されている。低炭素アンモニアについては、現在、16件のプロジェクトが発表されており、そのうち、8件は総生産量1,040万tの「ブルー」アンモニアプロジェクトである。

<sup>12</sup> 2014年4月8日、ロシア連邦産業貿易省およびロシア連邦エネルギー省により承認(2016年1月14日変更)

<sup>13</sup> 2020年6月9日付指令第1523号

<sup>14</sup> 文書の作成については、VYGON Consulting「ロシアのガス化学。第1章。メタノール: 目下のところ計画のみ」(2019年3月)に記載されている。

表5 低炭素・カーボフリー水素・アンモニアの生産に関わるロシアのパイロットプロジェクト

種類	プロジェクト	パートナー	パイロットプラントの始動	地域	生産能力	2030年における生産能力
ブルーアンモニア	特別プロジェクト会社ゴールヌイ	-	2026	サラトフ州ミハイロフスキー村	アンモニア - 20 H <sub>2</sub> - 0	アンモニア- 170 H <sub>2</sub> - 0
ブルーアンモニア	レニングラード州経済発展庁	-	2023	レニングラード州	アンモニア - データなし H <sub>2</sub> - 1	-
グリーン水素/アンモニア	En+ Group	-	2024	カレリア共和国カーメンヌイ・ボル村	アンモニア - データなし H <sub>2</sub> - 5.2	-
グリーン水素/アンモニア	H4Energy	H2Trasition Capital Eurasia Mining	2024	ムルマンスク州	アンモニア - データなし H <sub>2</sub> - 17	アンモニア - データなし H <sub>2</sub> - 170
グリーン水素/アンモニア	ガスプロムエネルギーホールディング「グリーン」水素/アンモニア	地域発電会社 (TGK)-1	2024	ムルマンスク州	アンモニア - データなし H <sub>2</sub> - 2	アンモニア- データなし H <sub>2</sub> - 20
ブルーアンモニア/水素	ノヴァテック「ブルー」水素/アンモニア	-	2027	ヤマロ・ネネツ自治管区、ヤマル半島 (サベッタ)	アンモニア - 2,200 H <sub>2</sub> - 130	-
ブルーアンモニア	「エネルギー」基金	東洋エンジニアリング伊藤忠プラントック株式会社	2025	ヤマロ・ネネツ自治管区、バイダラツカヤ湾	アンモニア - 2,200 H <sub>2</sub> - 0	-
ブルーアンモニア	「エネルギー」基金	東洋エンジニアリング伊藤忠プラントック株式会社	2026	ヤマロ・ネネツ自治管区、セヤハ村	アンモニア - 2,200 H <sub>2</sub> - 0	-
ブルーアンモニア	シベリア石炭エネルギー会社 (SUEK)	-	2027	クラスノヤルスク地方、ポロディンスキー露天掘鉱業所	アンモニア - 800 H <sub>2</sub> - 0	-
グリーン水素/アンモニア	En+ Group	-	2030	クラスノヤルスク地方、モティギノ村	アンモニア - データなし H <sub>2</sub> - 116	-
グリーン水素/アンモニア	En+ Group	-	2024	イルクーツク州、ブラーツク市	アンモニア - データなし H <sub>2</sub> - 3	-
グリーン水素/アンモニア	En+ Group	-	2024	イルクーツク州、ウスチ・イリムスク市	アンモニア - データなし H <sub>2</sub> - 5.4	-
グリーン水素/アンモニア	En+ Group	-	2024	イルクーツク州、イルクーツク市	アンモニア - データなし H <sub>2</sub> - 4,2	-

ブルーアンモニア	セヴェロ・ヴォストーチヌイ・アリヤンス	西ヤクーチヤガス採掘会社	2026-2030	ヤクーチヤ	アンモニア-3,000 H <sub>2</sub> -0	アンモニア-6,000 H <sub>2</sub> -0
ブルーアンモニア水素	ロスアトム	Air Liquide	2024	サハリン州	アンモニア-データなし H <sub>2</sub> -30	アンモニア-データなし H <sub>2</sub> -100
グリーン水素/アンモニア	H4Energy	H <sub>2</sub> Trasition Capital, Eurasia Mining, サハリン石油会社	2024	サハリン州	アンモニア-データなし H <sub>2</sub> -16	アンモニア-データなし H <sub>2</sub> -150

出所：ロシア産業貿易省、VYGON Consulting

以下の超大型プロジェクトについては特筆しておかねばならない。

1. ノヴァテクのオビ・ガス化学コンビナート(詳細については第2.1章参照)。
2. 基金「エネルギー」が発表した2件の有望な「ブルー」水素プロジェクト。

ヤマル半島のバイダラツカヤ湾とセヤハ村では、CO<sub>2</sub>を回収し、長期間にわたって地下に貯留する技術を伴うメタンの水蒸気改質法により「ブルー」アンモニアを製造することが計画されている。操業開始はそれぞれ2025年と2026年に予定され、生産量はアンモニア年産220万tと見込まれている。東洋エンジニアリング株式会社や伊藤忠プラントック株式会社というパートナーがいるにもかかわらず、こうした取り組みが今後10年以内に実施される見通しは立っていない。資源基盤が不透明でありその増強計画もないこと、地域のインフラが未整備であることがその原因である。

3. 特別プロジェクト会社ゴールヌイ-これは2015年に構想が策定され、それ以来長年にわたって続けられてきたプロジェクトである。これは、連邦国営企業「ゴールヌイ」の敷地を小規模な無機肥料工場に転用するという構想である。プロジェクトはロシア連邦産業貿易省、サラトフ州政府、ロシア連邦国有資産管理庁(ロスイムーシチェストヴォ)、科学生産企業「プラテックス」が参加して策定された。投資家(ヴェネシエコノムバンク)が選定され、請負業者(日本の三菱重工業株式会社と双日株式会社)も決定したにもかかわらず、このプロジェクトは未だに検討段階にとどまっている。新しい低炭素構想がプロジェクトを実現に向けて前進させるかもしれない。

4. レニングラード州経済発展局は、レニングラード州内のガス化学企業で、CO<sub>2</sub>の回収を伴うメタンの水蒸気改質法により「ブルー」水素またはアンモニアを製造する小規模プロジェクトを推進しており、2023年の操業開始が予定されている。

5. シベリア石炭エネルギー会社(SUEK)は2027年までに、クラスノヤルスク地方内で褐炭を採掘しているポロディンスキー露天掘鉱業所をベースにしてアンモニアを製造するプロジェクトの実施を計画している。この炭鉱を利用して、年産80万tのアンモニアを製造し、CO<sub>2</sub>を回収して地層に注入することが考えられている。製品販売ターゲット市場はアジア太平洋地域諸国、特に中国である。もし、このプロジェクトが実現した場合、アンモニア製造のための原料として石炭を使用する、ロシアで唯一のプロジェクトになる。

6. ヤクーチヤでは、低炭素アンモニアとヘリウムの製造、さらにはヘリウムの回収・長期貯留システムの構築が計画されている。

投資家である科学生産合同「セヴェロ・ヴォストーチヌイ・アリヤンス」は、極東北極圏発展公社、有限責任会社「ヒムマシュ・アパルト」(技術パートナー)、原料のサプライヤーとなる有限責任会社「ヤクーチヤ・ガス」との間の四者協定に調印した。資源基盤として想定されているのはレンスキー地区のホトゴ・ムルバイスキーライセンス鉱区で、2026~2030年に300万~600万tのアンモニアを生産できるようになる。

7. ロスアトムは、サハリン州でフランスのAir Liquide社と組んで、CO<sub>2</sub>の回収を伴うメタンの水蒸気改質法により「ブルー」水素またはアンモニアを製造する工場を立ち上げることを計画している。2024年における水素の予測生産量は年産3万tで、2030年には10万tになる。

このほかにも、水力発電所や再生可能エネルギーをベースにして「グリーン」水素またはアンモニアを製造することを目指すプロジェクトが8件ある。

これらパイロットプラントでの、公表されている水素の合計生産能力は年間16万8,000tであるが、2030年には47万3,000tに増強される可能性がある。また、クラッキングによる水素生成のための「グリーン」アンモニアの製造も考えられる。

そのうち5件を計画しているのはEn+ Groupで、それらはオンデ水力発電所(カレリア)、モティギノ水力発電所(クラスノヤルスク地方)、ブラーツク水力発電所、ウスチ・イリムスク水力発電所、イルクーツク水力発電所(イルクーツク州)の電力を利用して水の電気分解を行うものである。2件の「グリーン」水素製造プロジェクトを発表したのはH4Energy社である。サハリンにおいて2024年にパイロット段階で年間1万6,000tの能力で操業開始を計画しており、このプロジェクトは2030年には年産15万tの「グリーン」水素を製造するレベルに達する。H2Transition Capital、Eurasia Mining、サハリン石油会社と組んでの風力発電所をベースにした生産施設も検討されている。

ガス化学プロジェクトに対する総合的な支援策はないが、極東での実施が計画されているいくつかのプロジェクトに対しては、現在のところ、TOR(先行社会経済発展区)とウラジオストク自由港の枠内での特別税制措置が適用される可能性がある。

表6 様々な振興策における主要税率

税金	現行税制	TOR入居企業	地域投資プロジェクト参加者
利潤税(地域分)	17%	0%(利益が出た時点から5年間) 10%(次の5年間)	0%(利益が出た時点から5年間) 10%(次の5年間)
利潤税(連邦分)	3%	0%(利益が出た時点から5年間)	0%(利益が出た時点から10年間)
資産税	2.2%	0%(5年間)	現行税制
社会保険料	30%	7.6%(10年間)	現行税制

出所: VYGON Consulting

TORとは極東連邦管区内にあって、インフラが整備された20の経済特区のことであり、入居企業には以下のような国家支援策が供与される。

- プロジェクトの最初の5年間は利潤税が無税で、次の5年間は半額に減税
- 雇用主の保険料は4分の1に減額
- プロジェクトの最初の5年間は資産税が無税で、次の5年間は4分の1に減税
- プロジェクト開始後の10年間は鉱物資源採掘税が2.5分の1に減税
- 自由関税区制度の確立
- 土地取得手続きの簡素化
- 外国人のビザの電子化
- 投資家は必要なインフラの建設費の助成金を国から無償で受けられる
- 期限10年間で、年率5%のルール建てプロジェクト優遇融資(オペレーター極東発展基金)

図33 TORおよびウラジオストク自由港

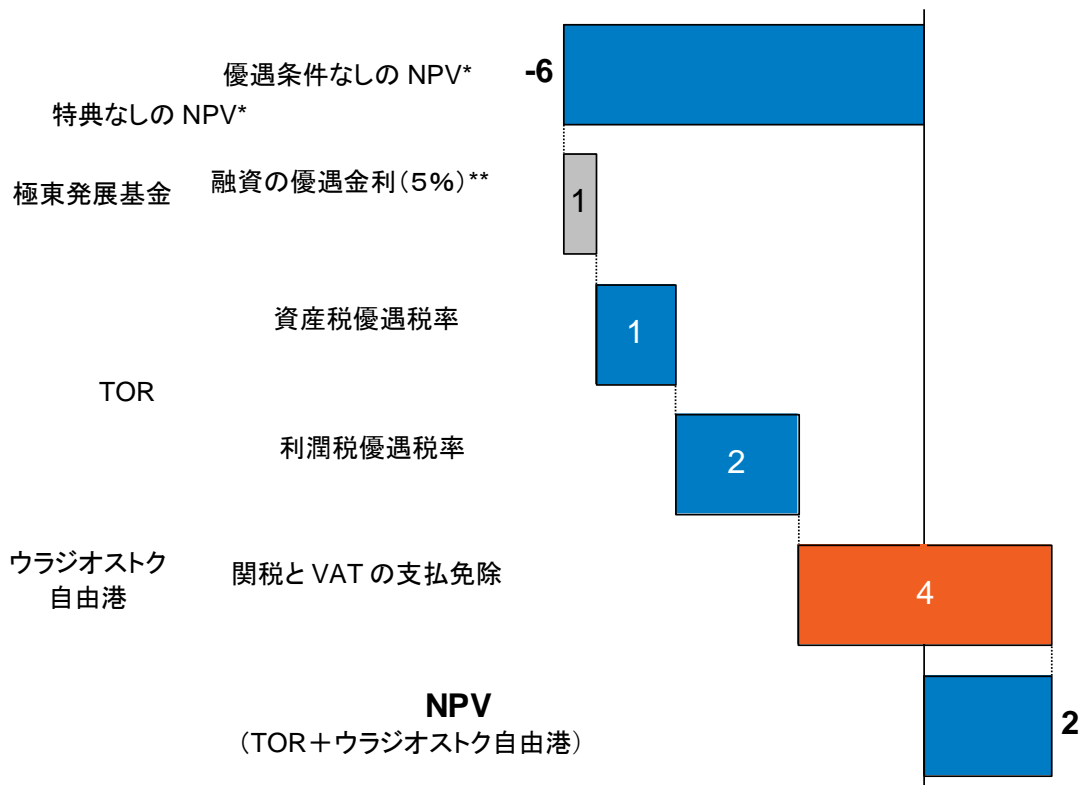


出所: 極東投資発展エージェンシー

極東連邦管区で利用するために立ち上げたTORというツールは石油ガス化学プロジェクトには最も効果的である。2019年の条件下では、地域支援ツールによってガス化学プロジェクトの経済効率を担保することが可能である。

例えば、TORを利用することによって、極東連邦管区における生産能力100万tの典型的なアンモニア生産プロジェクトの現在価値(NPV)を大きく改善することができる。その現在価値は-60億ルーブルから20億ルーブルに向上する。将来的には、ガス化学分野を含め、低炭素プロジェクトに特化した条件を有する新しいクラスターを立ち上げることも可能である。

図34 極東連邦管区におけるガス化学プロジェクトの経済性(原料処理能力100万t)、10億ルーブル



\* 2019年の価格条件による計算。債務の比率-30%。

出所: VYGON Consulting

## 第2部

### ロシアにおける水素産業発展の展望

<b>概要整理</b>	56
1. ロシア水素市場の現状(水素生産の現状と計画、産業部門ごとの水素消費)	58
1.1. 既に実施されているプロジェクト	59
1.2. 計画中のプロジェクト	59
2. 2030年までの生産・供給の経済性を前提としたロシア水素の販売市場展望および優先すべき潜在的な需要者群、競争環境の予測	81
3. 製法グループごとの水素生産コストの比較分析	82
4. ロシアにおけるクリーンエネルギー認証システム創出の現状と展望	86
4.1. ロシアにおける I-REC(国外再エネ電力証書)の利用	86
4.2. グリーン電力証書国家制度	89

## 概要整理

- 現在ロシアは水素をおよそ600万t製造しており、その重要な消費先はアンモニア生産で、全体の半分以上を消費している。2030年にはロシアの国内需要向け水素生産は80%以上増大し、年産1,100万tに近づく。
- 2019～2021年にはロシアの水素エネルギー発展の歴史に大きな変化が生じた。水素関連パイロットプロジェクトの実施に関し、ロシアの主力企業による(外国パートナーとのものを含む)協力が盛んに行われるようになった。この分野の将来の発展はまず水素の輸出に関わっている。
- 2035年までのロシアの優先分野として、二酸化炭素を回収する技術も利用する、原子力発電所をベースにする(二酸化炭素も回収する)、原子力発電、水力発電、然るべきカーボンフットプリントを達成できる場合には電力送電網により供給される電力を利用した水の電気分解法による、また再生可能エネルギーを利用して生産される水素の原価に競争力がある地域では再生可能エネルギー発電による電力を利用する、地下資源からの低炭素水素の製造が考えられている。
- 現在ロシアの水素市場で最も盛んに活動しているのはガस्पロムとロスアトムである。計画中のプロジェクトについては、ロシア産業貿易省が2022年1月に、合計すると生産能力が960万tになる41の水素プロジェクトが掲載されているアトラスを発表している。このリストではグリーン水素、ブルー水素、オレンジ水素およびターコイズ水素が紹介されている。そのうちの73%に当たる30プロジェクトがグリーン水素を生産するもので、ほぼ20%に相当する8プロジェクトがブルー水素とアンモニアを生産するブループロジェクトである。リストにあるプロジェクトの70%近くは消費市場としてアジア太平洋地域諸国を想定している。水素アジェンダにおいてロシアで最も活発に動いている企業としては、まず「En+ Group」と「H2チースタヤエネルギー」があり、この2社はそれぞれ5つのグリーンプロジェクトを展開している。次にロスアトムは二つのグリーンプロジェクト、一つのブループロジェクト、一つのオレンジプロジェクトを実施している。基金「エネルギー」は一つのグリーンプロジェクトと二つのブループロジェクトを予定している。最後にその資産として三つのグリーンプロジェクトを有するH2社がある。
- 「ブルー」水素を大量に生産するプロジェクトは、天然ガスや随伴ガスといった原料資源があり、メタンから水素を製造する技術の開発が十分に進んでいるため、グリーン・エネルギー技術よりも実現性が高い。これらのプロジェクトの発展は、「ブルー」水素の生産コストと二酸化炭素の回収と利用にかかる費用という二つの要因に制約される。
- 今のところロシアには水素生産者に特化した支援策はないが、この分野はロシアの工業部門とエネルギー部門にとって優先すべきものとされているので、現在、水素生産のためのインセンティブ制度の策定が進められている。この問題を最も総合的に定めた基本的な国家文書としては「ロシア連邦における水素エネルギー開発概念」

がある。ロシアエネルギー省はこのほかにもクラスターの創出と補填契約制度の導入を盛り込んだ「2050年までの展望を含めた2030年までのロシア連邦における水素エネルギー発展総合プログラム」の策定を進めている。

- 「ロシア連邦における水素エネルギー発展構想」<sup>15</sup>によれば、ロシアが世界市場に輸出する水素量は、世界の低炭素経済の発展、ならびに世界市場における水素需要の増加が進むスピードにもよるが、2024年20万t未満、2035年200万～1,200万t、2050年1,500万～5,000万tと見積もられる。ロシアエネルギー省が現在作成中の「2050年までの展望を含む2030年までのロシア連邦における水素エネルギー発展総合プログラム」の予測によれば、ロシアの2030年の水素輸出量は950万tとなる。ロシアの水素の最も有望な輸出市場とみなされているのは、中国(450万t)、日本(230万t)、韓国(140万t)およびドイツ(130万t)である。
- 現時点ではロシアには、グリーン電力証書の流通を規制する国家制度は導入されておらず、そのため暫定的に国際的なI-RECシステムが利用されている。I-REC証書システムは非営利団体 International REC Standard Foundation が開発したもので、現在世界の47の国々で利用されている。
- 世界で登録機関として認可された会社は17社あり、ロシアでは「ツェーリ・ノーメル・セーミ」協会がそれに当たる。「ツェーリ・ノーメル・セーミ」は2020年2月に I-REC Standard Foundation の審査を通して認可されたが、最初の証書の発行を行ったのは、発電会社「En+ Group」が自社の太陽光発電施設と水力発電所を登録し、証書の発行を申請した2020年末になってからであった。
- ロシアには2022年初頭の時点で60の発電施設が登録されており、その合計発電能力は9GWを上回る。
- グリーン電力証書の取引市場では競争が激しくなっており、現在すでに15の企業がグリーン電力証書取引市場で活動している。ロシア最大の銀行であるズベルバンクもこの市場の参加者であり、2022年第1四半期にはグリーン電力証書取引のために、ブロックチェーン・プラットフォームを使った自社のマーケットプレイスを立ち上げる計画である。始動は活発であるが、ロシアのI-REC証書に対する需要は、こうした制度が長く続いている地域と比べると甚だしく見劣りする。
- 現在ロシアでは、グリーン電力証書国家制度の導入を準備している。電力源証書を民間に流通させるための連邦法が立案中である。この連邦法では、グリーン電力証書流通制度の機能に関する基本的な定義と規定が定められることになる。この法は、発電施設を低炭素であると認定するための手順を決定し、インフラ機関が電力源証書登録簿を導入する義務を定める。この連邦法は2022年中に採択されることになっている。

---

<sup>15</sup> ロシア連邦政府命令「2024年までのロシア連邦における水素エネルギー発展施策計画(「ロードマップ」)(20年10月12日付第2634-r号)。

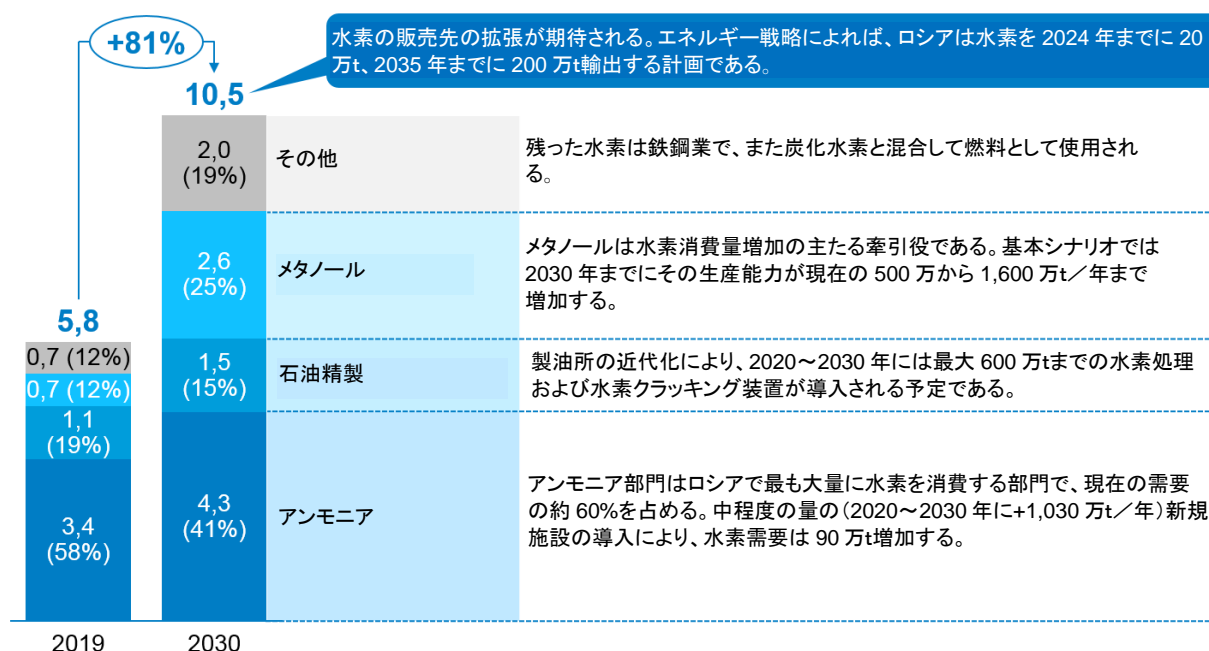
## 1. ロシア水素市場の現状(水素生産の現状と計画、産業部門ごとの水素消費)

ロシアが現在生産している水素は600万tを若干下回っている。水素の主要需要家が石油精製業である世界の需要構造とは異なり、ロシアにおける重要な消費先はアンモニア生産で、全体の半分以上を消費している(図1)。

アンモニア以外では石油精製(全需要の19%)とメタノール生産(同12%)が大口需要家である。残りの水素は鉄鋼業で、また炭化水素との混合物の形で燃料として使われる。

2030年にはロシアの国内需要向け水素生産は80%以上増大し、年産1,100万tに近づく予想される。その頃には国内市場の需要構造も大きく変化し、メタノール生産能力が何倍にも伸びる結果、この分野の水素消費が200万t近く増大する。アンモニア製造施設が新たに稼働し、水素処理および水素クラッキング装置が導入されれば、年間150万tの水素が消費されるようになる。

図1- ロシアの水素消費の推移と構成(100万t)



出所: 各種報道、VYGON Consulting

2019~2021年にはロシアの水素エネルギー発展の歴史に大きな変化が生じた。パイロットプロジェクトの実施に関し、ロシアの主力企業による(外国パートナーとのものを含む)協力が盛んに行われるようになった。この分野の将来の発展はまず水素の輸出に関わっているが、大口の水素需要は国内にも存在する。

そこで、2035年までのロシアの優先分野として、二酸化炭素を回収する技術も利用する、原子力発電所をベースにする(二酸化炭素も回収する)、原子力発電、水力発電、然るべきカーボンフットプリントを達成できる場合には電力送電網により供給される電力を利用した水の電気分解法による、また再生可能エネルギーを利用して生産される水素の原価に競争力がある地域では再生可能エネルギー発電による電力を利用する、地下資源からの低炭素水素の製造が考えられている。

本章では、現に実施されているロシアの水素生産プロジェクトと計画中的の水素生産プロジェクトについて検討し、これらのプロジェクトの仕様と、使われる製造技術について紹介する。

## 1.1. 既に実施されているプロジェクト

上場株式会社ガスプロムは、サマラとウファで、メタンの断熱的変換プロセスを用い、ガス圧送装置の気体燃料として使用されるメタン・水素燃料を製造する革新的プロジェクトを2件実施している。メタン・水素燃料製造プロジェクトは製造・輸送インフラに大掛かりな投資を必要としない。このプロジェクトから得られる効果として、気体燃料が5%近く節約され、CO<sub>2</sub>の排出が30%抑えられ、汚染物質のNO<sub>x</sub>の排出は4.5分の1、COは5分の1にまで少なくなる。次のステップは、メタン・水素燃料を量産するために生産設備を(標準化して)モジュール化し、ガスプロムの各施設で生産体制を整えることである。

天然ガスから水素を生産する完全なカーボンフリー技術の開発が進められている。

有望な技術として、天然ガスを非平衡低温プラズマ条件下で使って水素と炭素に分解する革新的技術が検討されている。

ドイツとオーストリアの企業と共同で、メタン・水素混合気を地下貯蔵施設で安全に貯蔵する可能性を調査する国際科学技術プロジェクトが進められている。

上場株式会社「石油会社『ロスネフチ』」は、2023年に水素の生産量を倍増させる計画を立てている。同社の水素生産量は年間132万tにまで増えることになる。現在は年産65万tで、同社はロシア最大の水素生産者となっている。

ルクオイルの子会社「リテック」は、開発が終了したガス鉱床において、2022年に実験的な水素採収を始める計画である。

2021年2月に同社の科学・技術革新担当副社長V.ダリシチェフはこう語った―「古くなった(ガス)鉱床は休止処置に付されることになるが、まだメタン、プロパン、ブタンが残っている。実験モデルを使用して以下の研究が行われている:メタンを高温にし、メタンから水素を発生させる。水素は最も軽い物質なので、高温により鉱床の頂部にまで上昇する。重いガスはすべて下に留まる。頂部に井戸を掘削すれば、そこから工業用水素を採収し、利用することができる」<sup>16</sup>。

現在同社は、スコルコフスキー科学技術研究所、M.V.ロモノーソフ記念国立モスクワ大学、I.M.グプキン記念ロシア国立石油ガス大学とともに、メタンから水素を得るラボ実験を行っている。現在は実験室から開発が終了したガス井に実験場所を移そうとしている。

## 1.2. 計画中のプロジェクト

2021年の10月にロシア連邦産業貿易省ははじめて「ロシアにおける低炭素およびカーボンフリー水素とアンモニアの製造プロジェクトアトラス」を発表した。このリストには、ロシアの18の地方や州で実施中か実施予定の33のプロジェクトが載っている。2022年1月、「アトラス」の改訂版が発表された。新版では、合計すると生産能力が960万tになる41の水素プロジェクトが掲載されている<sup>17</sup>(図2)。このリストではグリーン水素、ブルー水素、オレンジ水素およびターコイズ水素が紹介されている<sup>18</sup>。そのうちの73%に当たる30プロジェクトがグリーン水素を生産するもので、ほぼ20%に相当する8プロジェクトがブルー水素とアンモニアを生産するブループロジェクトである。リストにあるプロジェクトの70%近くは消費市場としてアジア太平洋地域諸国を想定している。水素アジェンダにおいてロシアで最も活発に動いている企業としては、まず「En+ Group」と「H2チースタヤエネルギー」があり、この2社はそれぞれ5つのグリーンプロジェクトを展開している。次にロスアトムは二つのグリーンプロジェクト、一つのブループロジェクト、一つのオレンジプロジェクトを実施している。基金「エ

<sup>16</sup> <https://nangs.org/news/renewables/hydrogen/ritek-hochet-dobyvaty-vodorod-iz-otrabortannyh-mestorozhdeniy>

<sup>17</sup> すべてのプロジェクトについて計画生産能力を紹介しているものではない

<sup>18</sup> [https://minpromtorg.gov.ru/press-centre/news/#!/atlas\\_rossijskih\\_vodorodnyh\\_proektov](https://minpromtorg.gov.ru/press-centre/news/#!/atlas_rossijskih_vodorodnyh_proektov)

エネルギー」は一つのグリーンプロジェクトと二つのブループロジェクトを予定している。最後にその資産として三つのグリーンプロジェクトを有するH2社がある。

図2ーロシアの低炭素およびカーボンフリー水素とアンモニアの生産プロジェクト



出所：ロシア連邦産業貿易省、VYGON Consulting

以下に、色別にまとめたプロジェクトごとの詳細を述べる：

## 1. グリーンプロジェクト：

### 1.1. クロンシュタットグループ：「グリーン水素」

プロジェクト：水力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン水素」製造

プロジェクト実施時期：2023年

地域：スヴェートルィ市、カリーニングラード州

ターゲット市場：ロシア国内市場、欧州諸国

予想生産量：水素年間2,700t

プロジェクト参加者：クロンシュタット、ソドルージェストヴォ、アトムエネルギー

プロジェクトスキーム：

- 水力発電所による発電
- 電気分解による「グリーン」水素の製造
- ロシア領内および欧州諸国の顧客への水素輸送
- 需要：ロシア領内および欧州諸国の顧客との長期契約

### 1.2. ロスアトム：「グリーン」水素(1)

プロジェクト：風力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン水素」製造

パイロット生産の開始：2024年

地域：カリーニングラード州

ターゲット市場：ロシア国内市場、欧州諸国

参加者：ロスアトム、その他のパートナー

プロジェクトスキーム：

- 風力発電所による発電
- 電気分解による「グリーン」水素製造
- ロシア領内および欧州諸国の顧客への水素の輸送
- 需要：ロシア領内および欧州諸国の顧客との長期契約

### 1.3. ロスアトム「グリーン」水素(2)

プロジェクト：風力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素製造

パイロット生産開始：2025年

地域：サハリン州、サハリン島

ターゲット市場：アジア太平洋地域諸国

参加者：ロスアトム、その他のパートナー

プロジェクトスキーム：

- 風力発電所による発電
- 電気分解による「グリーン」水素製造
- 液化および貯蔵
- ロシア領内およびアジア太平洋地域諸国の顧客への水素輸送
- 需要：アジア太平洋地域諸国の顧客との長期契約

### 1.4. ルクオイル：「グリーン」水素

プロジェクト：太陽光発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素製造

実施時期：2023年

地域：クラスノヤルスク地方、クラスノダル市

ターゲット市場：ロシア国内市場、欧州諸国

予想生産量：水素年間13t

参加者：ルクオイル、その他のパートナー

プロジェクトスキーム

- 太陽光発電所による発電
- 電気分解による「グリーン」水素製造
- ロシア領内および欧州諸国の顧客への水素の輸送
- 需要：ロシア領内および欧州諸国の顧客との長期契約

### 1.5. 科学試験センター ロケット宇宙産業(NITs RKP)：「グリーン」水素

プロジェクト：ウグリチ水力発電所およびザゴルスク揚水発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素製造

実施時期：2022年

地域：モスクワ州、ペレスヴェート市

ターゲット市場：ロシア国内市場

生産量：水素年間400t

2024年の予想生産量：水素年間800t

参加者：NITs RKP、その他のパートナー

プロジェクトスキーム:

- 水力発電所での発電
- 電気分解による「グリーン」水素製造
- ロシア領内の顧客への水素の輸送
- 需要:ロシア領内の長期契約

#### 1.6. レニングラード州経済発展エージェンシー:「グリーン」水素(1)

プロジェクト:風力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素製造

実施時期:2023年

地域:レニングラード州

ターゲット市場:ロシア国内市場、欧州諸国

生産量:水素年間3,500t

参加者:レニングラード州経済発展エージェンシー、その他のパートナー

プロジェクトスキーム:

- 風力発電所による発電
- 電気分解による「グリーン」水素製造
- ロシア領内および欧州諸国の顧客への水素の輸送
- 需要:ロシア領内および欧州諸国の顧客との長期契約

#### 1.7. レニングラード州経済発展エージェンシー:「グリーン」水素(2)

プロジェクト:小規模水力発電所の電力を利用した水の電気分解に法による「グリーン」水素製造

実施時期:2023 год

地域:レニングラード州

ターゲット市場:ロシア国内市場、欧州諸国

生産量:水素年間1,000t

参加者:レニングラード州経済発展庁、その他のパートナー

プロジェクトスキーム:

- 水力発電所による発電
- 電気分解による「グリーン」水素製造
- ロシア領内および欧州諸国の顧客への水素の輸送
- 需要:ロシア領内および欧州諸国の顧客との長期契約

#### 1.8. タトエネルギー:「グリーン」水素

プロジェクト:ニジニカムスカヤ水力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素製造

実施時期:2024年

地域:タタルスタン共和国

ターゲット市場:ロシア国内市場、欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国

予想生産量:水素年間2,500t

参加者:タトエネルギー、その他のパートナー

プロジェクトスキーム:

- 水力発電所での発電
- 電気分解による「グリーン」水素製造

- ロシア領内、欧州諸国、アジア太平洋地域諸国の顧客への水素の輸送
- 需要：ロシア領内、欧州諸国、アジア太平洋地域諸国の顧客との長期契約

#### 1.9. アルハンゲリスク州地域開発エージェンシー：「グリーン」水素

プロジェクト：出力最大12GWのメゼニ潮力発電所の電力を利用した水の電気分解による「グリーン」水素製造

パイロット生産開始：2030年

地域：アルハンゲリスク州、メゼニ地区、メゼニ湾

ターゲット市場：欧州諸国およびアジアタイへよう地域諸国

2030年の予想生産量：水素年間50万t

2033年の予想生産量：水素年間100万t

参加者：アルハンゲリスク州地域開発エージェンシー、ノルドエネルゴグループ、その他

プロジェクト実施スキーム：

- 潮力発電所による発電
- 電気分解による「グリーン」水素製造
- ロシア領内、欧州諸国、アジア太平洋地域諸国の顧客への水素の輸送
- 需要：欧州諸国、アジア太平洋地域諸国の顧客との長期契約

#### 1.10. ロスナノ：「グリーン」水素

プロジェクト：コラ風力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素製造

実施時期：2024年

地域：ムルマンスク州

ターゲット市場：欧州諸国

予想生産量：水素年間1万2,000t

参加者：ロスナノ、Enel、その他のパートナー

プロジェクト実施スキーム：

- 風力発電所による発電
- 電気分解による「グリーン」水素製造
- ロシア領内および欧州諸国の顧客への水素の輸送
- 需要：ロシア領内および欧州諸国の顧客との長期契約

#### 1.11. H4Energy：「グリーン」水素 / アンモニア(1)

プロジェクト：水力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素／アンモニア製造

パイロット生産開始：2024年

地域：ムルマンスク州

ターゲット市場：ロシア国内市場、欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国

2024年の予想生産量：水素年間1万7,000t

2030年の予想生産量：水素年間17万t

参加者：H4Energy、H2Transition Capital、Eurasia Mining、ムルマンスク州、その他のパートナー

プロジェクトスキーム：

- 水力発電所での発電

- 電気分解による「グリーン」水素製造
- ロシア領内、欧州諸国、アジア太平洋地域諸国の顧客への水素の輸送
- 需要:ロシア領内、欧州諸国、アジア太平洋地域諸国の顧客との長期契約

#### 1.12. H4Energy: 「グリーン」水素／アンモニア(2)

プロジェクト:水力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素／アンモニア製造

パイロット生産開始:2024年

地域:サハリン州、サハリン島

ターゲット市場:ロシア国内市場、欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国

2 024年の予想生産量:水素年間1万6,000t

2030年の予想生産量:水素年間15万t

参加者: H4Energy、H2Transition Capital、Eurasia Mining、サハリン石油会社、その他のパートナー

プロジェクトスキーム:

- 風力発電所による発電
- 電気分解による「グリーン」水素製造
- ロシア領内および欧州諸国の顧客への水素の輸送
- 需要:ロシア領内、欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国の顧客との長期契約

#### 1.13. H2 チースタヤエネルゲティカ:「グリーン」水素(1)

プロジェクト:水力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素製造

実施時期:2025年

地域:ムルマンスク州

ターゲット市場:欧州諸国

予想生産量:水素年間1万6,000t

参加者: H2 チースタヤエネルゲティカ、TGK-1、その他のパートナー

プロジェクトスキーム:

- 水力発電所による発電
- 電気分解による「グリーン」水素製造
- ロシア領内および欧州諸国の顧客への水素の輸送
- 需要:ロシア領内および欧州諸国の顧客との長期契約

#### 1.14. H2 チースタヤエネルゲティカ:「グリーン」水素(2)

プロジェクト:ウスチスレドネカン水力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素製造

実施時期:2025年

地域:マガダン州

ターゲット市場:アジア太平洋地域諸国

予想生産量:水素年間1万6,000t

参加者: H2 チースタヤエネルゲティカ、ルスギドロ、その他のパートナー

プロジェクトスキーム:

- 水力発電所による発電

- 電気分解による「グリーン」水素製造
- ロシア領内およびアジア太平洋地域諸国の顧客への水素の輸送
- 需要:ロシア領内およびアジア太平洋地域での長期契約

#### 1.15. H2 チースタヤエネルギーゲティカ:「グリーン」水素(3)

プロジェクト: ママカン水力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素製造

実施時期: 2025年

地域: イルクーツク州、ボダイボ地区

ターゲット市場: ロシア国内市場

予想生産量: 水素年間6,000t

参加者: H2 チースタヤエネルギーゲティカ、ポリュス、その他のパートナー

プロジェクト実施スキーム:

- 水力発電所による発電
- 「グリーン」水素製造
- ロシア領内の顧客への水素の輸送
- ロシア領内での長期契約

#### 1.16. H2 チースタヤエネルギーゲティカ:「グリーン」水素(4)

プロジェクト: 出力1GWの風力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素製造

実施時期: 2025年

地域: サハリン州、サハリン島

ターゲット市場: アジア太平洋地域諸国

予想生産量: 水素年間5万t

参加者: H2 チースタヤエネルギーゲティカ、その他のパートナー

プロジェクトスキーム:

- 風力発電所による発電
- 電気分解による「グリーン」水素製造
- ロシア領内およびアジア太平洋地域諸国の顧客への水素の輸送
- 需要: アジア太平洋地域諸国での長期契約

#### 1.17. H2 チースタヤエネルギーゲティカ:「グリーン」水素(5)

プロジェクト: 出力最大100GWのペンジナ潮力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素製造

実施時期: 2031年

地域: カムチャッカ地方、ペンジナ湾

ターゲット市場: アジア太平洋地域諸国

予想生産量: 水素年間500万t

参加者: H2 チースタヤエネルギーゲティカ、カムチャッカ地方発展公社、その他のパートナー

プロジェクトスキーム:

- 潮力発電所による発電
- 「グリーン」水素の電気分解
- アジア太平洋地域諸国への輸出

- アジア太平洋地域諸国の顧客との長期契約

#### 1.18. H2:「グリーン」水素(1)

プロジェクト:風力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素製造

実施時期:2024年

地域:ムルマンスク州

ターゲット市場:ロシア国内市場、欧州諸国

予想生産量:年間2,200t

参加者:H2、その他のパートナー

プロジェクト実施スキーム:

- 風力発電所による発電
- 電気分解による「グリーン」水素製造
- ロシア領内および欧州諸国の顧客への水素の輸送
- 需要:ロシア領内および欧州諸国の顧客との長期契約

#### 1.19. H2:グリーン水素(2)

プロジェクト:風力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素製造

パイロット生産開始:2023年

地域:クリミア共和国

ターゲット市場:ロシア国内市場

生産量:水素年間1万t

参加者:H2、その他のパートナー

プロジェクトスキーム:

- 風力発電所による発電
- 電気分解による「グリーン」水素製造
- ロシア領内および欧州諸国の顧客への水素の輸送
- 需要:ロシア領内および欧州諸国の顧客との長期契約

#### 1.20. H2:「グリーン」水素(3)

プロジェクト:風力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素製造

実施時期:2023年

地域:サハリン州、国後島

ターゲット市場:ロシア国内市場、アジア太平洋地域諸国

予想生産量:水素年間1万t

参加者:H2、その他のパートナー

プロジェクトスキーム:

- 風力発電所による発電
- 電気分解による「グリーン」水素製造
- ロシア領内およびアジア太平洋地域諸国の顧客への水素の輸送
- ロシア領内およびアジア太平洋地域諸国での長期契約

### 1.21. ガСПロム・エネルギーホールディング:「グリーン」水素／アンモニア

プロジェクト:水力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素／アンモニア製造

実施時期:2024年

地域:ムルマンスク州

ターゲット市場:ロシア国内市場、欧州諸国

2024年の予想生産量:水素年間2,000t

2030年の予想生産量:水素年間2万t

参加者:ガスピロム・エネルギーホールディング、TGK-1、その他のパートナー

プロジェクト実施スキーム:

- 水力発電所による発電
- 電気分解による「グリーン」水素製造
- ロシア領内および欧州諸国の顧客への水素の輸送
- 需要:ロシア領内および欧州諸国の顧客との長期契約

### 1.22. 基金「エネルギー」:「グリーン」水素

プロジェクト:風力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素製造

実施時期:2025年

地域:ヤマロ・ネネツ自治管区、バイダラタ湾

ターゲット市場:ロシア国内市場、欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国

参加者:基金「エネルギー」、その他のパートナー

プロジェクトスキーム:

- 風力発電所での発電
- 電気分解による「グリーン」水素製造
- ロシア領内、欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国の顧客への水素の輸送
- 需要:ロシア領内、欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国での長期契約

### 1.23. En+ Group:「グリーン」水素／アンモニア(1)

プロジェクト:モトウイギノ水力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素／アンモニア製造

実施時期:2030年

地域:クラスノヤルスク地方、モトウイギノ村

ターゲット市場:アジア太平洋地域諸国

予想生産量:水素年間11万5,600t

参加者:En + Group、その他のパートナー

プロジェクト実施スキーム:

- 水力発電所による発電
- 電気分解による「グリーン」水素製造
- 貯蔵および輸送技術の選定
- 需要:ロシア領内およびアジア太平洋地域諸国の顧客との長期契約

#### 1.24. En+ Group: 「グリーン」水素／アンモニア(2)

プロジェクト: ブラツク水力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素／アンモニア製造

実施時期: 2024年

地域: イルクーツク州、ブラツク市

ターゲット市場: アジア太平洋地域諸国

予想生産量: 水素年間3,000t

参加者: En+ Group、その他のパートナー

プロジェクト実施スキーム:

- 水力発電所による発電
- 「グリーン」水素の製造
- 貯蔵および輸送技術の選定
- 需要: ロシア領内およびアジア太平洋地域諸国の顧客との長期契約

#### 1.25. En+ Group: 「グリーン」水素／アンモニア(3)

プロジェクト: ウスチイリムスク水力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素／アンモニア製造

実施時期: 2024年

地域: イルクーツク州、ウスチイリムスク市

ターゲット市場: アジア太平洋地域諸国

予想生産量: 水素年間5,400t

参加者: En+ Group、その他のパートナー

プロジェクト実施スキーム:

- 水力発電所による発電
- 「グリーン」水素の製造
- 貯蔵および輸送技術の選定
- 需要: ロシア領内およびアジア太平洋地域諸国の顧客との長期契約

#### 1.26. En+ Group: 「グリーン」水素／アンモニア(4)

プロジェクト: イルクーツク水力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素／アンモニア製造

実施時期: 2024年

地域: イルクーツク州、イルクーツク市

ターゲット市場: アジア太平洋地域諸国

予想生産量: 水素年間4,200t

参加者: En+ Group、その他のパートナー

プロジェクト実施スキーム:

- 水力発電所による発電
- 「グリーン」水素の製造
- 貯蔵および輸送技術の選定
- 需要: ロシア領内およびアジア太平洋地域諸国の顧客との長期契約

#### 1.27. En+ Group: 「グリーン」水素／アンモニア(5)

プロジェクト: オンダ水力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素／アンモニア製造

実施時期: 2024年

地域: カレリア共和国、カメンヌイボル村

ターゲット市場: 欧州諸国

予想生産量: 水素年間5,200t

参加者: En+ Group、その他のパートナー

プロジェクト実施スキーム:

- 水力発電所による発電
- 電気分解による「グリーン」水素製造
- ロシア領内および欧州諸国の顧客への水素の輸送
- 需要: ロシア領内および欧州諸国の顧客との長期契約

#### 1.28. ユニグリーンエナジー: 「グリーン」水素

プロジェクト: 太陽光発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素製造

パイロット生産開始: 2023年

地域: ザバイカル地方

ターゲット市場: ロシア国内市場, アジア太平洋地域諸国

予想生産量: 水素年間3,200t

参加者: ユニグリーンエナジー、SKTBE、その他のパートナー

プロジェクトスキーム:

- 太陽光発電所での発電
- グリーン水素製造
- ロシア領内およびアジア太平洋地域の顧客への水素の輸送
- ロシア領内およびアジア太平洋地域での長期契約

#### 1.29. アムール州投資誘致庁: 「グリーン」水素

プロジェクト: 水力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素製造

実施時期: 2027年

地域: アムール州

ターゲット市場: ロシア国内市場, アジア太平洋地域諸国

予想生産量: 水素年間11万t

参加者: アムール州投資誘致庁、その他のパートナー

プロジェクトスキーム:

- 水力発電所での発電
- 電気分解による「グリーン」水素製造
- ロシア領内およびアジア太平洋地域の顧客への水素の輸送
- ロシア領内およびアジア太平洋地域での長期契約

#### 1.30. AFKシステム: 「グリーン」水素

プロジェクト: トウグル潮力発電所の電力を利用した水の電気分解法による「グリーン」水素製造

実施時期: 2035年

地域: ハバロフスク地方、トウグル湾

ターゲット市場:ロシア国内市場およびアジア太平洋地域

予想生産量:水素年間35万t

参加者:AFKシステム、チャジマシ、ハバロフスク地方投資誘致およびイノベーション開発庁、その他のパートナー

プロジェクトスキーム:

- 潮力発電所での発電
- 電気分解による「グリーン」水素製造
- ロシア領内およびアジア太平洋地域諸国の顧客への水素の輸送
- 需要:ロシア領内およびアジア太平洋地域諸国の顧客との長期契約

## 2. ブループロジェクト:

### 2.1. SPKゴールヌイ、「ブルー」アンモニア

プロジェクト:CO<sub>2</sub>回収を伴う水蒸気メタン改質法による「ブルー」アンモニア製造

パイロット生産開始:2026年

地域:サラトフ州、ミハイロフスキー村

ターゲット市場:ロシア国内市場、欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国

2026年の予想生産量:年間アンモニア2万t

2030年の予想生産量:年間アンモニア17万t

参加者:SPKゴールヌイ、その他のパートナー

プロジェクトスキーム:

- 水蒸気メタン改質:天然ガスから「ブルー」アンモニアを製造
- 微細藻類によるCO<sub>2</sub>の回収と利用
- ロシア領内、欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国の顧客への水素の輸送
- 需要:ロシア領内、欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国の顧客との長期契約

### 2.2. レニングラード州経済発展エージェンシー:「ブルー」水素/アンモニア

プロジェクト:レニングラード州のガス化学企業におけるCO<sub>2</sub>回収を伴う水蒸気メタン改質法による「ブルー」水素/アンモニアの製造

実施時期:2023年

地域:レニングラード州

ターゲット市場:ロシア国内市場、欧州諸国

予想生産量:水素年間1,000t

参加者:レニングラード州経済発展エージェンシー、その他のパートナー

プロジェクトスキーム:

- 天然ガスからの「ブルー」水素/アンモニア製造
- CO<sub>2</sub>の回収
- ロシア領内および欧州諸国の顧客への水素の輸送
- 需要:ロシア領内および欧州諸国の顧客との長期契約

### 2.3. ノヴァテク:「ブルー」水素/アンモニア

プロジェクト:CO<sub>2</sub>の回収と長期地下貯蔵技術を用いた、水素、アンモニアおよびその他の低炭素製品の製造を伴う天然ガス処理総合施設(オビ・ガス化学コンビナート)

実施時期:2022年半ば、2024~2025年に操業開始の計画

地域: ヤマロ・ネネツ自治管区、ヤマル半島(サベッタ)

ターゲット市場: 欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国

予想生産量: アンモニア年間220万t、水素年間13万t

参加者: ノヴァテク、その他のパートナー

プロジェクトスキーム:

- ガス処理およびガス化学
- CO<sub>2</sub>の回収と地層への圧入
- ロシア領内、欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国の顧客への水素の輸送
- 需要: ロシア領内、欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国の顧客との長期契約

#### 2.4. 基金「エネルギー」:「ブルー」アンモニア／水素(1)

プロジェクト: CO<sub>2</sub>の回収と長期地下貯蔵技術を用いた水蒸気メタン改質法による「ブルー」アンモニアの製造

実施時期: 2025年

地域: ヤマロ・ネネツ自治管区、バイダラタ湾

ターゲット市場: ロシア国内市場、欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国

予想生産量: アンモニア年間220万t

参加者: 基金「エネルギー」、東洋エンジニアリング、伊藤忠プラントック、ヤマロ・ネネツ自治管区、その他のパートナー

プロジェクトスキーム:

- 天然ガスからの「ブルー」アンモニア製造(水蒸気メタン改質)
- CO<sub>2</sub>の回収と地層への圧入
- ロシア領内、欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国の顧客への輸送
- 需要: ロシア領内、欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国の顧客との長期契約

#### 2.5. 基金「エネルギー」:「ブルー」アンモニア／水素(2)

プロジェクト: CO<sub>2</sub>の回収と長期地下貯蔵技術を用いた水蒸気メタン改質法による「ブルー」アンモニアの製造

実施時期: 2026年

地域: ヤマロ・ネネツ自治管区、セヤハ村

ターゲット市場: ロシア国内市場、欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国

予想生産量: アンモニア年間220万t

参加者: 基金「エネルギー」、東洋エンジニアリング、伊藤忠プラントック、その他のパートナー

プロジェクトスキーム:

- 天然ガスからの「ブルー」アンモニア製造(水蒸気メタン改質)
- CO<sub>2</sub>の回収と地層への圧入
- ロシア領内、欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国の顧客への輸送
- 需要: ロシア領内、欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国の顧客との長期契約

#### 2.6. SUEK:「ブルー」アンモニア

プロジェクト: CO<sub>2</sub>の回収と埋設技術を用いた褐炭のガス化による「ブルー」アンモニアの製造

実施時期: 2027年

地域: クラスノヤルスク地方

ターゲット市場: アジア太平洋地域諸国

予想生産量: アンモニア年間80万t

参加者: SUEK、その他のパートナー

プロジェクトスキーム:

- 石炭のガス化
- CO<sub>2</sub>の回収と油層への圧入
- ロシア領内およびアジア太平洋地域諸国の顧客への製品の輸送
- 需要: アジア太平洋地域の顧客との長期契約

## 2.7. セヴェロ・ヴォストーチヌイ・アリヤンス: 「ブルー」アンモニア

プロジェクト: ガス鉱床をベースにしたCO<sub>2</sub>回収技術を用いた「ブルー」アンモニアの製造

第1段階実施時期: 2026年

第2段階実施時期: 2030年

地域: サハ共和国

ターゲット市場: アジア太平洋地域諸国

2026年の予想生産量: アンモニア年間300万t

2030年の予想生産量: アンモニア年間600万t

参加者: セヴェロ・ヴォストーチヌイ・アリヤンス、西ヤクーチヤのガス採掘企業、その他のパートナ

プロジェクトスキーム:

- 水蒸気メタン改質
- CO<sub>2</sub>の輸送への圧入 (CO<sub>2</sub>回収)
- タンク車でのターミナルまでの物流
- ロシア領内およびアジア太平洋地域諸国の顧客への製品の輸送
- 需要: ロシア領内およびアジア太平洋地域諸国の顧客との長期契約

## 2.8. ロスアトム: 「ブルー」水素／アンモニア

プロジェクト: CO<sub>2</sub>の回収を伴う水蒸気メタン改質法による「ブルー」水素／アンモニアの製造

パイロット生産開始: 2024年

地域: サハリ州、サハリ島

ターゲット市場: アジア太平洋地域諸国

2024年の予想生産量: 水素年間3万t

2030年の予想生産量: 水素年間10万t

参加者: ロスアトム、Air Liquide、その他のパートナー

プロジェクトスキーム:

- 天然ガスからの「ブルー」水素／アンモニアの製造
- CO<sub>2</sub>の回収と地層への圧入
- 液化および貯蔵
- ロシア領内およびアジア太平洋地域諸国の顧客への水素の輸送
- 需要: アジア太平洋地域諸国の顧客との長期契約

## 3. オレンジプロジェクト:

### 3.1. ロスアトム: 低炭素(オレンジ)水素

プロジェクト:コラ原子力発電所の電力を利用した水の電気分解による低炭素水素の製造

パイロット生産開始:2024年

産業規模の生産量達成:2030年

地域:ムルマンスク州

ターゲット市場:ヨーロッパ市場

2024年の予想生産量:水素年間150万t

参加者:ロスアトムおよびその他のパートナー

プロジェクトスキーム:

原子力発電所での発電

水の電気分解による水素の製造

水素の液化および貯蔵

欧州諸国への輸出

需要:欧州諸国の顧客との長期契約

実施スキーム:

- 発電(原子力発電所)
- 電気分解による水素の製造
- 水素の液化および貯蔵
- ロシア領内および欧州諸国の顧客への水素の輸送
- 需要:欧州諸国の顧客との長期契約

### 3.2. セーヴェルナヤ・ズヴェズダ:低炭素(オレンジ)水素

プロジェクト:微粉炭火力発電所による電力を利用した水の電気分解による低炭素水素の製造

パイロット生産開始:2024年

地域:クラスノヤルスク地方、タイムイル半島、スィラダサイ鉱床

ターゲット市場:欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国

参加者:セーヴェルナヤ・ズヴェズダ、その他のパートナー

実施スキーム:

- 石炭精製によって得られる工業製品の加工
- 微粉炭火力発電所(発電)
- 電気分解(水素製造)
- 貯蔵および輸送技術の選定
- 欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国の顧客との長期契約

## 4. ターコイズプロジェクト:

### 4.1. コミ企業活動発展センター:「ターコイズ水素」

プロジェクト:ソスノゴルスクガス精製工場におけるメタンの熱分解による「ターコイズ」水素の製造

パイロット生産開始:2024年

地域:コミ共和国、ソスノゴルスク市

ターゲット市場:欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国

予想生産量:水素年間2,000t

参加者:コミ企業活動発展センター、その他のパートナー

プロジェクト実施スキーム:

- メタンの熱分解(「ターコイズ」水素製造)

- 欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国への輸出
- 需要: 欧州諸国およびアジア太平洋地域諸国の顧客との長期契約

これまで見てきた産業貿易省のアトラスには載っていないプロジェクトについても言及しておくべきだろう。

### 「ブルー水素」

「ノヴァテク」社と「セヴェルスターリ」社は水素エネルギーと温室効果ガス排出削減に関する覚書に署名した。この覚書は、二酸化炭素ガスを回収して貯蔵する技術を使い、天然ガスから「ブルー」水素を製造するパイロットプロジェクトを共同で行うことを定めている。

両社は、水素輸送パイプライン、タービン、水素貯蔵システムおよび水素輸送タンクを生産し、供給するための仕様、規格および技術ソリューションを共同で策定する意向である。

両社はまた、水素の製造と供給、ならびに水素ベースの燃料およびアンモニアを含む水素担体を利用するための技術開発の分野で協力することに合意した。パイロット生産をチェレポヴェツ(ヴォログダ州)の「セヴェルスターリ」社の敷地で、2023年までに開始する計画である。

### 「オレンジ水素」

「メタロインヴェスト」とUSMグループは2024年に、将来的には全面的に水素に移行する新工場(「ミハイロフスキーGBZh(HBI)」)を稼働させる計画である。

「ルスアトム・オーヴァーシーズ」と世界でも有数の工業用ガス・メーカーのAir Liquideとの間の低炭素(オレンジ)水素生産に関する覚書。水素はブリケット化した直接還元鉄(HBI)の生産に使われる。「メタロインヴェスト」は世界有数のHBIメーカーである。覚書では、環境にやさしい水素を「メタロインヴェスト」の諸施設のためにベルゴロド州とクルスク州で生産する計画段階のプロジェクトについて、技術的および商業的に評価する予定であるとされている。

また、上場株式会社ガスプロムの「天然ガスを基礎とした水素エネルギー開発および産業・輸送の脱炭素化」というハイテク分野発展の「ロードマップ」にも言及しなければならない<sup>19</sup>。「ロードマップ」のコーディネータはロシアエネルギー省に委ねられる。

「ロードマップ」の目的のなかには以下のような水素プロジェクトに直接関わるものがある。

1. 天然ガスをもとにした水素エネルギーの最初のパイロットプロジェクトの始動を可能にし、技術を拡張するのに最適なプロジェクトを選択する。
2. 天然ガスから「低炭素」水素を生産・貯蔵・輸送する、競争力のある国産技術を開発する。

上場株式会社ガスプロムは2025年までに7つの水素関連プロジェクトを実施する計画である。天然ガスから低炭素水素と水素エネルギー担体を製造することが同社の優先技術課題である。

製造方法には以下のものがある。

- 高温プロセスおよびプラズマ化学プロセスによる天然ガスからの水素製造
- 二酸化炭素の回収を伴う、天然ガスからの水素製造
- 硫化水素のプラズマ分解および硫化水素のもとでのメタン改質技術
- 低炭素水素からのアンモニア製造
- 天然ガスからの、水素と水素エネルギー担体の分離
- 再生可能エネルギーを用いて天然ガスから低炭素水素を製造する技術スキーム

<sup>19</sup> 2021年9月6日付ロシア連邦命令第2471号

ロードマップには、この分野での施策計画および指標と並んで、二酸化炭素を地中に注入して貯蔵するための地質構造調査、さらに水素製造のための国産技術開発が盛り込まれている。

国内外での消費を目的に天然ガスから製造される水素の量は、消費量(市場の需要)により決まることを指摘しておく。

中期的には、発電のための水素需要は二酸化炭素削減のためにガス焚き火力発電とガスタービン発電をメタン・水素混合気発電に転換する、今後実施されるかもしれないパイロットプロジェクトにかかっている。

現有の再生可能エネルギー発電の能力とロシアの再生可能エネルギー中長期開発計画を踏まえると、現在のところ、ロシアで可能なグリーン水素生産プロジェクトは中小規模のものに限られる。しかし水素をエネルギー蓄積手段として利用することには十分将来性がある。「ルクオイル」社の再生可能エネルギー部門はこの分野に熱心に取り組んでいる。水素はエネルギーの貯蔵、蓄積手段としての、また、とくに電力消費や(再生可能エネルギーを利用する場合に)発電量が変動することを考えれば、送電システムの負荷を均すための高いポテンシャルを有している。電力需要が不足するときは余剰になった電力を(電気分解による)水素の製造に利用でき、需要が高まれば作られていた水素を発電に使うことができる。

「ブルー」水素を大量に生産するプロジェクトは、天然ガスや随伴ガスといった原料資源があり、メタンから水素を製造する技術の開発が十分に進んでいるため、グリーン・エネルギー技術よりも実現性が高い。これらのプロジェクトの発展は、「ブルー」水素の生産コストと二酸化炭素の回収と廃棄にかかる費用という二つの要因に制約される。

「オレンジ」水素生産プロジェクトは、原子力発電に余力があり、淡水から水素を製造するときのカーボンフットプリントがほぼゼロであることを考えれば、ロシアで最も実現性が高い。ロシアにおいて水の電気分解による純(「オレンジ」)水素の大量生産を始めることは、5年、10年後の近い将来に可能になる。株式会社「コンツェルン・ロスエネルギーアトム」の複数の計画はまさにこのことの証左である。

ガस्पロムは2024年までに、水素とメタン・水素燃料をガスタービン・エンジンとガス・ボイラーや、様々な交通機関の動力燃料として利用するための研究を行うとしている。

ロスアトムは2024年を目処にサハリンに水素で走る鉄道の試験場を建設する。その後、同島の列車を水素燃料電池車にする計画である。

これ以外のプロジェクトはパイロットプロジェクトとして行われ、2035年までに徐々に拡大していく。というわけで、近い将来、ガस्पロムとロスアトムがロシアの主要な水素生産者となる。

## 水素産業支援計画の分析

ここでは参考まで、ロシアの水素生産者に対する現行および計画中の規制面での支援策を紹介する。今のところロシアには水素生産者に特化した支援策はないが、この分野はロシアの工業部門とエネルギー部門にとって優先すべきものとされているので、現在、水素生産のためのインセンティブ制度の策定が進められている。この問題を最も総合的に定めた基本的な国家文書としては「ロシア連邦における水素エネルギー開発構想」<sup>20</sup>がある。

「ロシア連邦における水素エネルギー開発」(以下、「概念」という)は2024年までの中期および2035年までの長期を対象とし、また2050年までの基本的指標となるよう、ロシア連邦における水素エネルギー開発の目標、課題、戦略的イニシアティブおよび重要施策を定めており、ロシア連邦政

<sup>20</sup> ロシア連邦政府命令「ロシア連邦における水素エネルギー開発構想」(2021年8月5日付第2162-r号)

府命令により2020年に承認された施策計画「2024年までのロシア連邦における水素エネルギー発展」<sup>21</sup>に則り策定された。

構想は、2020年6月9日付ロシア連邦政府命令第1523-r号により承認された「2035年までの期間のロシア連邦のエネルギー戦略」の水素エネルギー発展に関する部分を補足し具体化するものである。

構想によれば、ロシアが世界市場に輸出する水素量は、世界の低炭素経済の発展、ならびに世界市場における水素需要の増加が進むスピードにもよるが、2024年20万t未満、2035年200万～1,200万t、2050年1,500万～5,000万tと見積もられる。しかし、この構想は、国内の水素市場を対象とする戦略目標については何も言っていない。

水素エネルギーの発展およびその支援策の方向性は、水素の製造、輸出、利用および水素エネルギーを支える製造業といった分野での国家ポテンシャルを実現し、グローバルなエネルギー転換が進むなかでロシアが自国の経済競争力を保持しながら水素の製造と輸出で世界のリーダーの一員となるという主要戦略目的に基づいて定められる。

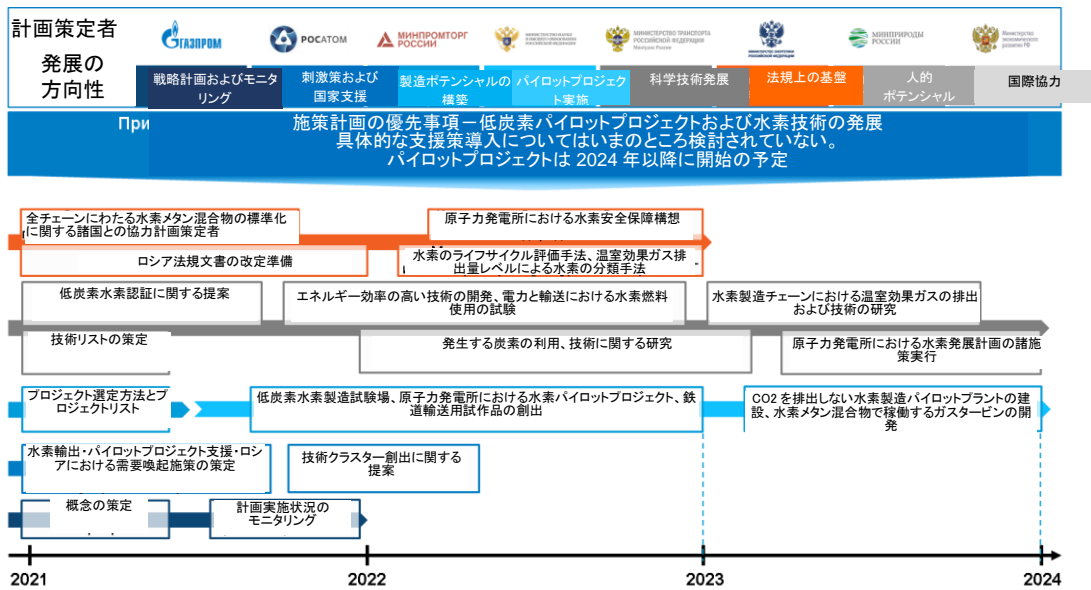
そのためには以下の課題を解決しなければならない。

- 輸出プロジェクト、および製造業やエネルギー企業による製品生産時のカーボンフットプリント削減プロジェクト、水素エネルギーに必要なインフラと工業製品の生産の確保、二酸化炭素の回収、貯蔵および(または)埋設、輸送および利用プロジェクトへの政府支援策の立案と実施に加え、既存の水素輸送インフラの(技術的に可能な場合の)利用の支援
- 水素および水素混合物エネルギー源、水素エネルギーに必要な工業製品の生産・利用および、二酸化炭素の回収、貯蔵および(また)埋設、輸送ならびに利用に対する支援の法規的基盤の整備
- 低炭素水素および水素混合物エネルギー源の生産規模の拡大
- 炭化水素の改質、熱分解、石炭ガス化、電気分解による水素製造の国産低炭素技術の開発、水素の大量貯蔵、輸送技術、二酸化炭素の回収・貯蔵・輸送・利用技術、燃料電池技術および上記すべての低炭素技術のための新世代素材技術などの開発、ならびにロシア国内において工業製品を製造することが認められるための基準を満足するような形で外国技術国産化の可能性を含む、水素エネルギー施設のエンジニアリング技術の開発
- ロシア国内における、水素エネルギー設備の製造、水素エネルギーのためのコンポーネントとエンジニアリングサービスの発展
- 水素および水素混合物エネルギー源、燃料電池、ガスタービンおよび様々な経済部門に使用されるその他の水素エネルギーシステム技術に対する国内需要、ならびに集中式エネルギー供給システムの効率を向上させ、また分散式エネルギー供給システムを創出するために必要なエネルギーの蓄積と変換を行う手段としての水素および水素混合物エネルギー源への需要の喚起
- 水素エネルギー安全のための法規的基盤の整備
- 水素および水素混合物エネルギー源の長期輸出契約締結、ならびに水素輸送手段を含む水素エネルギーのための工業製品の輸出契約締結などの水素エネルギー発展分野での国際協力の強化および国外市場への進出。

---

<sup>21</sup> ロシア連邦政府命令「2024年までのロシア連邦における水素エネルギー開発施策計画(「ロードマップ」)」(2020年10月12日付第2634-r号)

図3-「水素エネルギー開発計画」における重要施策



出所: VYGON Consulting

「ロシア連邦における水素エネルギー開発概念」には、地方における水素産業クラスター創出が盛り込まれている。このアプローチは石油ガス化学工業において成功を収めている。

地方(構成主体)の水素産業クラスターは、輸出指向の水素および水素混合物エネルギー源製造業の創出を促し、ロシアの国内市場におけるその供給も可能にする。水素産業クラスターの創出は、総合的なシステムとそのコンポーネントの仕様の研究、策定および修正を行い、また複雑なシステムの試験とその機能解析を実地試験操業の段階で行う科学技術インフラの土台となるエンジニアリング・技術コンピテンシーセンターの積極的な関与によって可能になる。少なくとも以下の3カ所に生産クラスターを設けなければならない。

- EU 諸国向け輸出と、輸出指向製造企業の製品のカーボンフットプリントの低減を目指す北西クラスター
- アジア向け輸出と、輸送と発電に関する水素インフラの開発を目指す東方クラスター。例として、サハリン州に経済特区「水素バレー」を設立する案が検討されている。
- ロシアの北極圏エリアにおける低炭素発送電システムの創出および(または)水素混合物エネルギー源の輸出を目指す北極圏クラスター

上記に加え、南方クラスターの創出も可能である。このクラスターは、エネルギーと資源の供給源として、ロシア南部に存在する天然ガス資源と、再生可能エネルギーやその他の二酸化炭素排出量の少ないエネルギーのポテンシャルに依拠し、また大きな輸出港との近接性といった発達したインフラを利用することもできる。

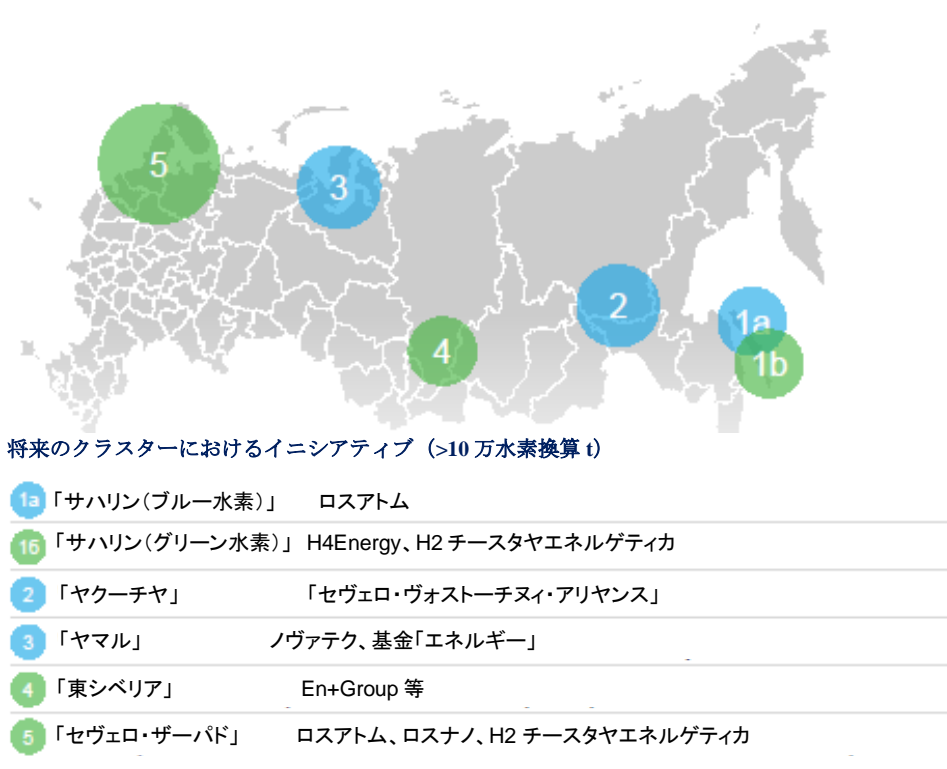
また、水素生産・貯蔵・輸送・利用のための設備や水素エネルギーに関するその他の工業製品の製造と認証試験を行うクラスターを形成することもできる。

現在ロシアエネルギー省はもう一つの目的文書「2050年までの展望を含めた2030年までのロシア連邦における水素エネルギー発展総合プログラム」<sup>22</sup>の策定を進めている。その現行版(2021年

<sup>22</sup> <https://www.kommersant.ru/doc/5219029>

2月17日付)では、ヤマル、東シベリア、ヤクーチヤ、サハリン、北西という5つの生産クラスターを形成することが提言されている(図4)。このうち、サハリン、ヤマルおよびヤクーチヤのクラスターは現在でもすでに競争力を持つことができる。他のクラスターは政府の支援が必要である。

図4ー低炭素水素生産クラスター\*



\* 各社の生産能力計画、現有資源基盤、設備稼働予定、ターゲット市場を勘案した、企業の現時点イニシアティブに基づく

出所: エネルギー省

エネルギー省は支援策として補填契約制度の導入を提案している。補填契約制度とは、輸出の内部利益率(IRR)が15%を下回らないよう、水素の生産者のコストを補填するものである。提案されている補填額は、「ブルー」水素の場合1kgにつき約1ドル、「グリーン」水素の場合は同じく3.5ドルである。エネルギー省はインフラ(ターミナル、船舶、タンクおよびコンテナに対するCAPEX)に対して最大37億ドルに達する助成金を、また運転資金の一部、借入金の利息に補助金を提供し、優遇税制を適用することも提案している。

国産水素エネルギー技術を開発・導入するには、水素エネルギーの分野で能力のある研究者が集まる科学技術研究インフラを創出することが不可欠である。科学技術研究インフラは、ロシア連邦が技術・エネルギー主権を確立するために先端技術を創出する基礎を形成し、重要なコンピテンシーを育成することのできる、世界水準の科学拠点、エンジニアリングセンターおよび試験場の分散したネットワークとして発展する。こうしたセンターの主要方針は、科学研究のレベルから研究成果の生産への導入(開発技術の商品)までの一貫したサイクルを創出することである。

エンジニアリングセンターの活動の方向性の一つとして、石油化学工業、化学工業および電力産業などのロシアの伝統的産業分野における水素エネルギー技術の輸入代替が考えられる。国産水素エネルギー技術を導入できる分野としては、冶金、住宅公共サービス、輸送、ロボット技術、さらには燃料電池やガスタービンおよびそれらに基づく水素エネルギー設備のための素材産業や部品の製造が考えられる。

水素および水素混合物エネルギー源を生産、輸出し、またロシア国内市場で使用できるようにするためにパイロットプロジェクトを実施することが考えられている。

優先的に開発し、科学技術研究インフラを創出して産業規模で導入できるようにするべき水素エネルギー技術としては以下が挙げられる。

- 地下資源を原料とする水素および水素混合物エネルギー源の生産：メタン水蒸気改質、オートサーマル改質、部分酸化改質、炭化水素熱分解、石炭および炭素含有物のガス化および原子力発電所を利用した水素の製造、二酸化炭素の回収、貯蔵、輸送、利用技術
- 水の電気分解による水素の製造：アルカリ水電解、固体高分子および固体酸化物を利用する電気分解
- 水素および水素混合物エネルギー源の輸送および貯蔵：圧縮水素の貯蔵および輸送システム、凝縮状態の（液化した）水素の貯蔵および輸送システム、水素の圧縮および液化装置、アンモニアなどの液体有機水素担体および金属水素化物の形で結合され水素の貯蔵および輸送、水素および水素メタン混合物のパイプライン輸送。なかでも中心とすべきは、輸出のために水素を大量に貯蔵および輸送する国産技術の開発である。
- 水素担体の利用：アルカリ形燃料電池、固体高分子形燃料電池、固体酸化物形燃料電池、内燃機関とガスタービン、輸送用（自動車、鉄道、水運、航空）の水素エネルギー動力装置、燃料電池を使用する固定式および移動式動力装置、水素供給ステーション、水素利用輸送手段、ロボット技術。

水素の局所的（地域）市場を創出するために、水素クラスターの形成と併せて以下が計画されている。

- 水素を使用して主に輸出品を生産する企業における低炭素水素の製造体制の整備
- 水素自動車（第一にバスと貨物自動車）と水素列車の試作品を作り、環境負荷を低減する目的で大都市において水素利用交通機関を利用するパイロットプロジェクトを実施する。
- 水素利用交通機関に必要なインフラ（水素供給ステーション）を整備する。
- 水素を製造しローカルなエネルギーシステム向けエネルギー貯蔵手段として利用したのち発電に利用するための試験場を設置する。
- 安全と経済性を確認したうえで水素を住宅公共サービスに使用するパイロットプロジェクトを実施する。

水素エネルギー発展への投資を促進するために第一にすべきことは国家支援策を適用することであり、そうした支援策には、産業政策分野に関する、および資本の保護と奨励に関するロシア連邦の法令が定める施策（特別投資契約）、ならびに他のロシア連邦の法的文書が定める、ハイテク製品生産支援のための生産コストの一部補填、入手可能な最良の技術を導入するための投資プロジェクトで発行された債券の利払いの一部補填などがある。国による支援策を水素エネルギープロジェクトに適用するために、（必要な場合）法令が修正されることになる。

たとえば、水素エネルギー分野で動力源用水素を生産するプロジェクトに関わる利潤税、資産税、土地税、保険料などに軽減税率を適用することが提言されている。他にも、ロシアまたは国外にお

ける、水素エネルギー分野の輸出指向プロジェクトに関する建設や近代化への資本支出について国が助成金を提供する計画がある。また、ロシアの生産者の競争力を強化するために、水素生産に使う原子力発電の余剰電力を原価で利用できるようにし、水素生産者であれば誰でもガスパイプライン輸送システムにアクセスできるようにすることが考えられている。

輸出プロジェクトを支援するために、輸出優遇ローン制度とナショナルプロジェクト「国際協力と輸出」の支援策が、水素エネルギー分野のプロジェクトに適用され、動力源用水素の輸出税がゼロにされる。

水素エネルギー分野の科学研究と技術開発を促進するための利用が想定されている国の支援策には、上記科学研究費の一部補填、科学研究機関の課税対象利益を小さくするための科学研究費増加係数の適用、水素技術開発助成金、公共予算および予算外資金による特定目的基金の形成などがある。同時に、水素エネルギーの開発を阻んでいる技術上の制限(障害)の克服に焦点を当てた研究プログラム(総合的科学技術プログラム、フルライフサイクルの科学技術プロジェクトの形のものを含む)を立案する必要がある。将来的には、水素エネルギーのロシア式プラットフォームを普及させる目的で様々な完成度の技術ソリューションをロシアのパートナー諸国に輸出できるようにするための条件整備が図られる。

水素エネルギー用工業製品の生産を促進するためには、生産手段のパイロットロットの生産と需要家への販売費用の一部の補償、加速減価償却、重要投資プロジェクトに対するロシア産業発展基金からの優遇金利での融資、製品輸送コストの一部補填、クラスター、工業団地、産業テクノパーク支援制度、ロシア連邦構成主体が行う工業企業近代化・発展投資プロジェクト額の一部補填に対する連邦予算からの共同融資などの現行の国家支援策が利用されるほか、新たな国家支援制度も創出される。

水素エネルギーのインフラ建設を促進するために、官民パートナーシップ制度、資本保護および奨励協定の枠内でのインフラプロジェクトへの国家による融資および共同融資、ロシア連邦構成主体の予算から拠出されるインフラプロジェクト助成金などが利用できるようになっている。

国内市場における水素エネルギー担体とその利用に対する需要と供給の拡大に資するものとして以下が挙げられる。

- 任意での気候プロジェクトの実施およびプロジェクト検証(validation)ならびに二酸化炭素の排出および吸収の検証に関する、二酸化炭素排出国家規制諸制度の段階的導入
- 二酸化炭素排出削減ならびに水素消費およびカーボンフットプリントの小さいエネルギー担体や商品やサービスの利用拡大プロジェクト実施の支援ツールの開発
- 従来のエネルギー担体に対する水素の競争力を確保するための、水素エネルギープロジェクト助成に関する提言の策定。

以下の主要部門における、水素エネルギー分野で必要な法規的基盤と規格文書の整備

- 水素の規格・認証システムの改善、ならびに水素の様々な生産方法、貯蔵方法、輸送方法および利用方法を踏まえたライフサイクル評価方法の開発
- 水素エネルギー分野の仕様を定める技術規制分野の文書と規格文書の策定、技術規格、規準および規則集同士の整合性確保のための調整、統一作業。またそれらの国際規格との調整
- 水素燃料および水素エネルギー設備用の商品分類コードの新たな制定などの、ユーラシア経済連合文書の変更
- しかるべき法規文書の変更による、水素で走る輸送手段の利用を制限している規制障壁の撤廃

水素エネルギー分野における国際協力の発展は、以下の施策の実施により促進される。

- 水素供給共同パイロットプロジェクトを実施するために、水素の有望な輸入業者と双方向の協力を行う
- 水素エネルギー分野における有望なアジェンダを討議し、新たな可能性を模索するために、ロシア連邦が水素エネルギー国際団体や国際的プラットフォームに参加する
- 水素エネルギーの法的規制制度、国際規格や国際規則の統一（標準化）などの標準化や認証に関わる問題について外国や外国機関と協力し、「技術的中立性」構想ならびに化石燃料および原子力発電による電力を使って生産される低炭素水素に対する非差別的アプローチを推進する
- 燃料エネルギーコンプレックス、気候および環境保護問題をテーマにロシア連邦で開催される、国内／国際的実務／科学会議の枠内で、水素エネルギーとその分野での国際協力を推進する施策を実施する
- ロシア連邦は、少ない二酸化炭素排出により製造されるものを含めた、環境にやさしい水素の供給国であるという評判を諸外国で確立する
- 水素エネルギーのための工業製品や部品の輸出契約を国外パートナーと締結する
- 水素の製造・貯蔵・輸送・利用のための設備生産の企業・技術チェーンに自らを組み込む

## 2. 2030年までの生産・供給の経済性を前提としたロシア水素の販売市場展望および優先すべき潜在的な需要者群、競争環境の予測

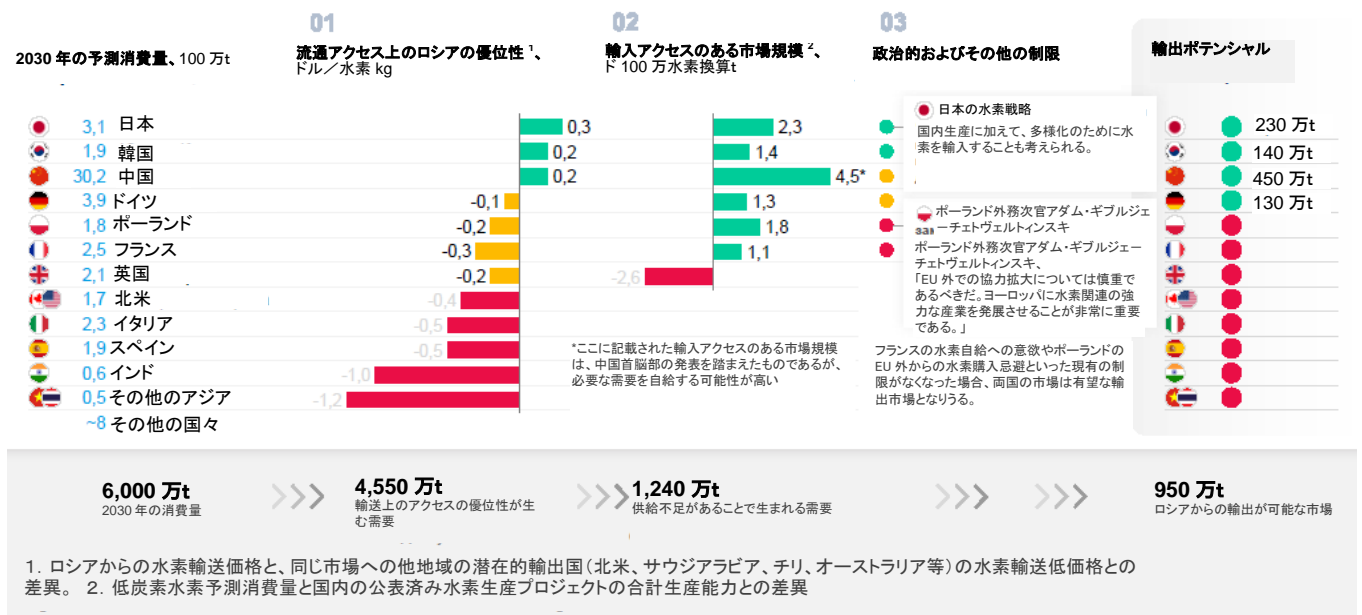
上述のように、ロシア連邦における水素エネルギー開発構想<sup>23</sup>によれば、ロシアの世界市場への潜在的輸出力は、世界の低炭素経済の発展、ならびに世界市場における水素需要の増加が進むスピードにもよるが、2024年に20万t未満、2035年に200万～1,200万t、2050年に1,500万～5,000万tと見積もることができる。

ロシアエネルギー省が現在作成中の「2050年までの展望を含む2030年までのロシア連邦における水素エネルギー発展合プログラム」<sup>24</sup>の予測によれば、ロシアの2030年の水素輸出量は950万tで、この値は国外市場を詳細に分析した結果であるという。ロシアの水素の最も有望な輸出市場とみなされているのは、中国(450万t)、日本(230万t)、韓国(140万t)およびドイツ(130万t)である。プログラム作成者らが検討したすべての基準、すなわち、物流におけるロシアの優位性、アクセス可能な輸入市場の規模および政治的規制やその他の制限、に適合しているのがまさにこれらの国々なのである(図5)。

<sup>23</sup> ロシア連邦政府命令「2024年までのロシア連邦における水素エネルギー開発施策計画(「ロードマップ」)」(2020年10月12日付第2634-r号)

<sup>24</sup> <https://www.kommersant.ru/doc/5219029>

図5ーロシア産水素が目標とする輸出市場の選択基準



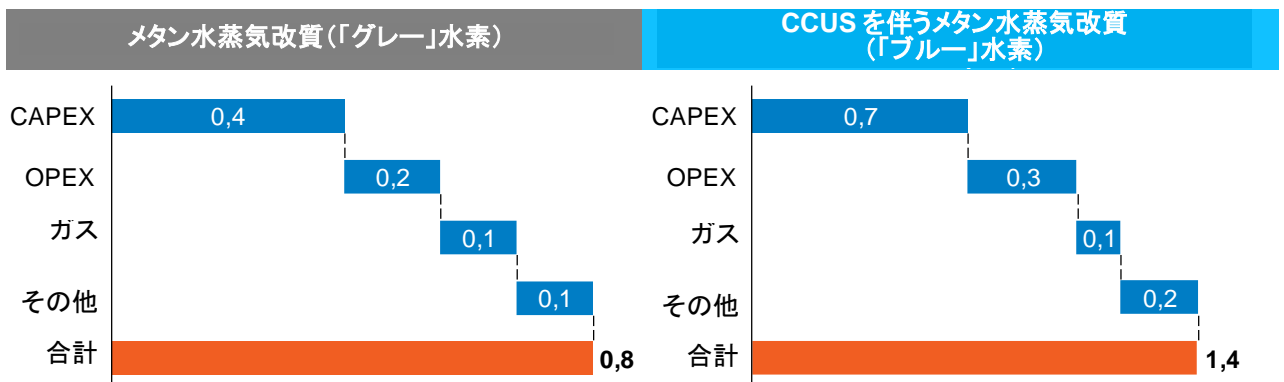
出所: エネルギー省

### 3. 製法グループごとの水素生産コストの比較分析

水素の製法のうち最も普及しており、有望でもあるのは、原料として天然ガスを用い、低炭素電力(再生可能エネルギーや原子力発電など)を利用する二つのグループである。

VYGON Consultingによる評価では、これらの製法コスト構成は以下の通りとなっている(図6)。

図6ー水素生産のコスト構造(ドル/H<sub>2</sub> kg)



前提: 公定歩合 10%、ガス価格 2,000 ルーブル/1,000m<sup>3</sup>、貯留二酸化炭素割合 90%

出所: VYGON Consulting

天然ガスを原料とする水素は生産コストが最安となる。また最も普及した生産方法でもある。(CO<sub>2</sub>の回収なしにメタンから水蒸気改質法により生産される)グレー水素は、生産に二酸化炭素

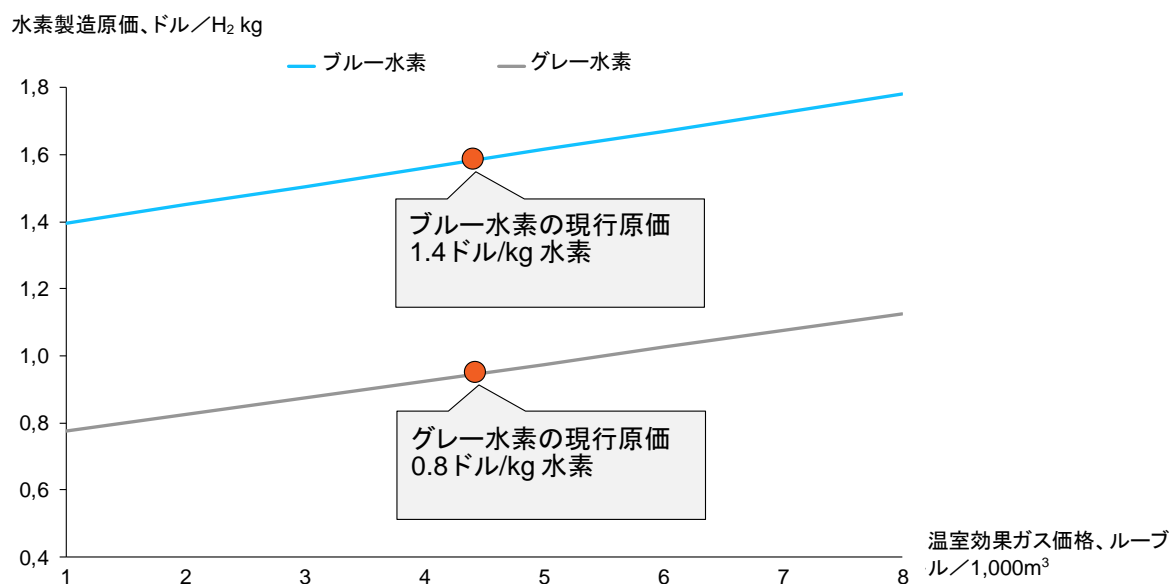
の排出を伴うものの、炭化水素から作られる他の燃料よりは環境を汚さない。排出権買い取りの導入がなければ、グレー水素は経済的に最も効率のよい生産方法である。

(水蒸気改質法と二酸化炭素を回収／利用する技術が用いられる)ブルー水素の製造コストは、CO<sub>2</sub>の貯留に余計な投資と費用が必要なため、グレー水素より65%高くなる。

現在、世界で化石燃料を原料とする水素製造でCO<sub>2</sub>貯留設備が使われているものは1%にすぎない。それでもブルー水素技術はロシアの水素エネルギー発展にとって最も有望であると見られている。

どちらの方法も原料(天然ガス)価格の影響を受けやすいという点を指摘しておかなければならない。なぜなら、生産が始まった後は原料費が主たる支出項目になるからである。両者の相対的競争力にあまり変化はないが、ブルー水素の製造コストは、CO<sub>2</sub>排出権費がないにしても、ガス価格が大きく変わってもグレー水素に比べ50%から80%高いままである(図7)。

図7ー水素の製造コストの構成(ドル／H<sub>2</sub> kg)



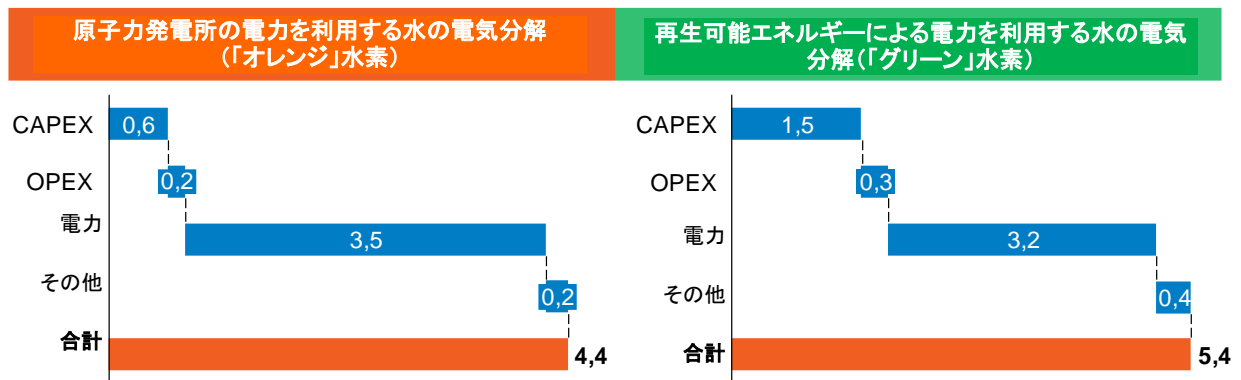
前提: 公定歩合 10%、ガス価格 2,000 ルーブル／1,000m<sup>3</sup>、貯留二酸化炭素割合 90%

出所: VYGON Consulting

原料にガスを使わない水素製造法としては、再生可能エネルギーや原子力発電による電力を使った電気分解を利用する技術がある。

現在の技術水準ではそうした電力による水素の製造コストはブルー水素やグレー水素の数倍になる(図8)。

図8ー低炭素エネルギー源からの水素生産コスト(ドル/H2 kg)



前提: 公定歩合 10%、再生可能エネルギー電力価格5ルーブル/kWh、原発電力価格 5.5 ルーブル/kWh、電気分解の設備利用率:再生可能エネルギー電力の場合 30%、原発電力の場合 80%

出所: VYGON Consulting

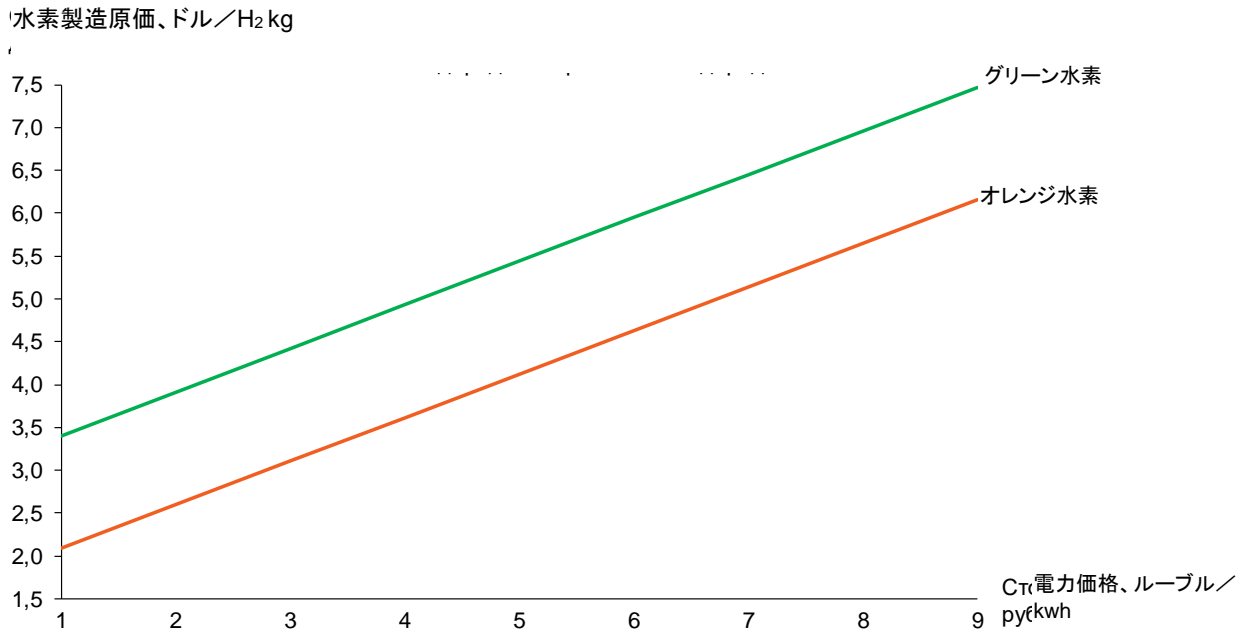
現在、グリーン水素の(再生可能エネルギー電力を使用した水の電気分解による)生産コストはオレンジ水素の(原子力発電の電力を使用した水の電気分解による)生産コストより20%以上高い。オレンジ水素の効率のよさは、原子力発電による出力の安定した電力が利用できるため、安価なアルカリ水電解が可能であることによる。この製法を採用するさらなるインセンティブは、製造施設の稼働率を上げるために現有の原子力発電所で水素を製造することが可能だということである。この方向性は、水素エネルギーを開発する国策の優先事項の一つとなっている。

反対に、グリーン水素については、再生可能エネルギー発電の出力が不安定ために、電解設備の利用率が低くなり、その結果水素価格が高くなる。いくつかの機関の予測によれば、グリーン水素の製造コストは2050年までには大きく下がり、ブルー水素に価格で対抗できるようになる。

「グリーン」水素の効率がオレンジ水素を上回るのは、再生可能エネルギーから生まれる電力が原子力発電より2.5ルーブル/kWh以上安くなったときである(図9)。

両グループの製法を比較分析すると、水素製造原価は、改質法では投資額に、カーボンフリー製法では電力価格に左右されるところが大きい(図10)。

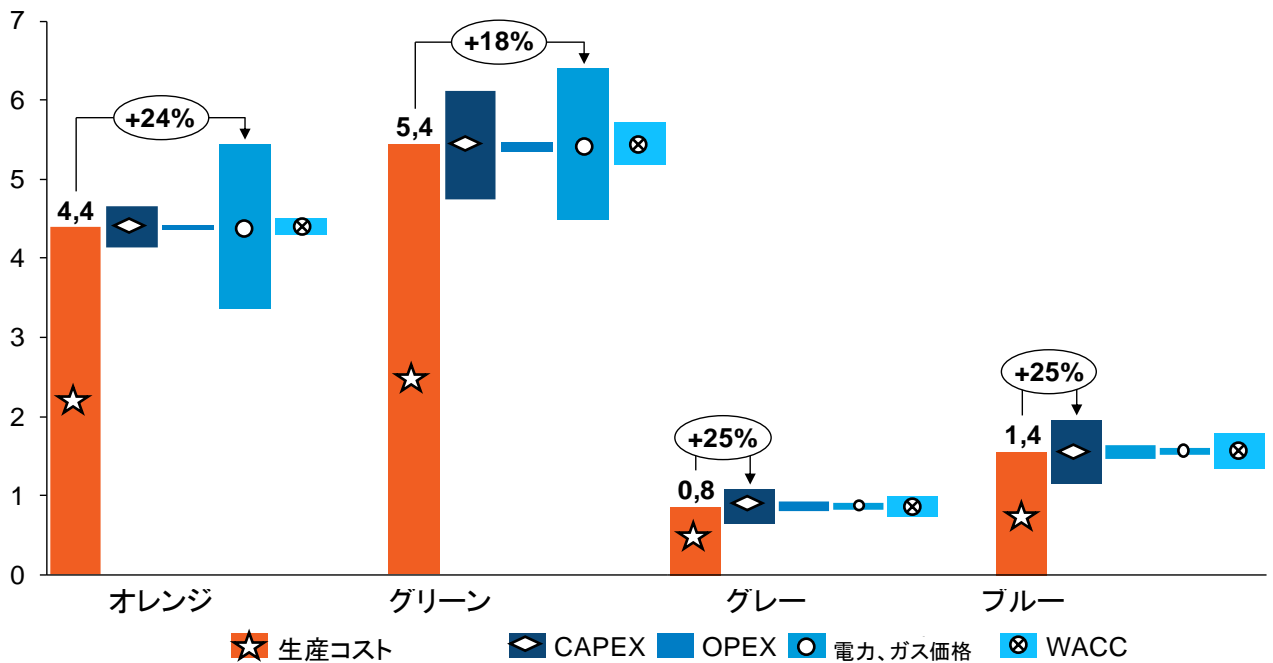
図9ー電力価格がグリーン水素とオレンジ水素の製造コストに及ぼす影響



前提: 公定歩合 10%、再生可能エネルギー電力価格5ルーブル/kWh、原発電力価格 5.5 ルーブル/kWh、電気分解の設備利用率:再生可能エネルギー電力の場合 30%、原発電力の場合 80%

出所: VYGON Consulting

図 10ー水素生産コストが受ける影響\*(ドル/H2 kg)

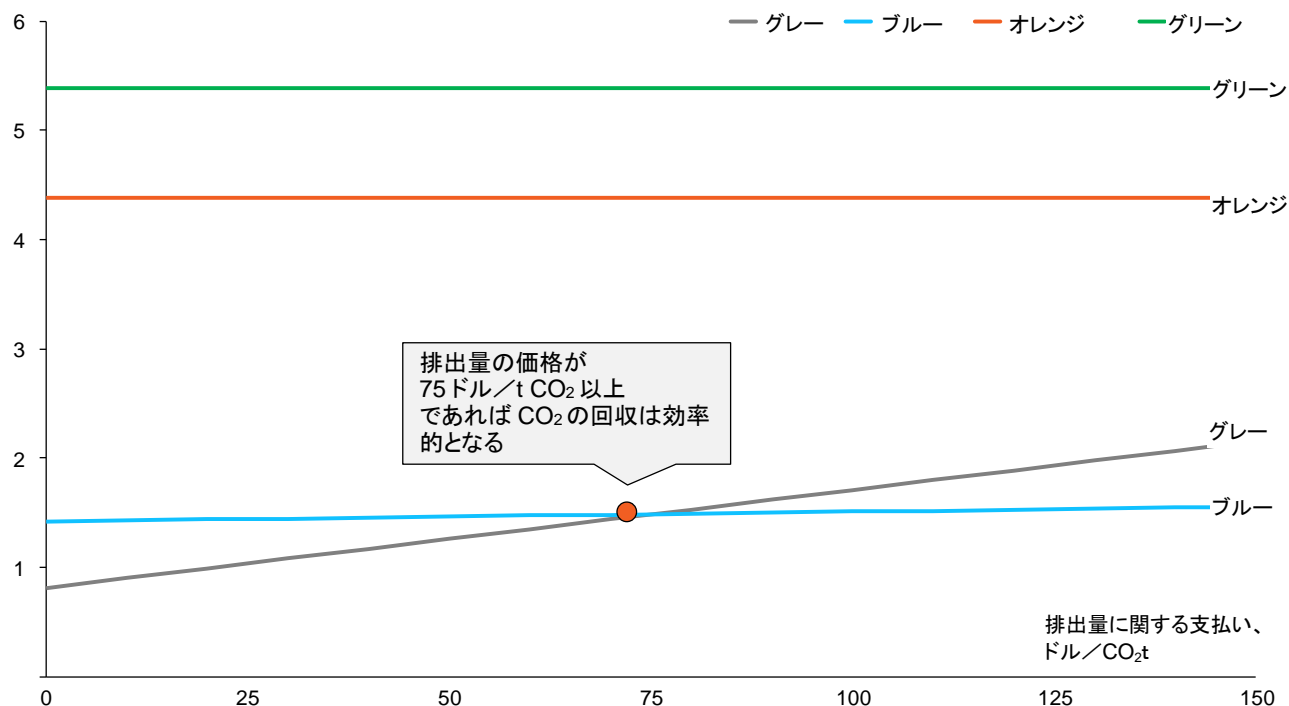


\* CAPEX、OPEX、電力・ガス価格の変動を 30%、WACC の変動を3%とする

出所: VYGON Consulting

このように、ガス価格が現時点の水準で、再生可能エネルギーと原子力発電の電力が高価であれば、メタンの水蒸気改質は電気分解よりも効率的な水素製造法である。ロシアではガスが安いので、たとえ排出に対し高額な罰金が課せられても、再生可能エネルギーや原子力発電による電力を利用した水素生産は非効率的である。より有望なのはガスから「ブルー」水素を生産し、排出される二酸化炭素を回収し貯留(CCUS)することで、これは大きな追加投資をしなくても可能である(図11)。

図 11ー水素製造コストと、排出量に関する支払いが価格に及ぼす影響(ドル/H<sub>2</sub> kg)



出所: VYGON Consulting

以上により、暫定評価ではメタン水蒸気改質が最も経済的に有利な水素生産法となる。

#### 4. ロシアにおけるクリーンエネルギー認証システム創出の現状と展望

##### 4.1. ロシアにおける I-REC (国外再エネ電力証書) の利用

現時点ではロシアには、グリーン電力証書の流通を規制する国家制度は導入されておらず、そのため暫定的に国際的なI-RECシステムが利用されている。I-REC証書システムは非営利団体 International REC Standard Foundation が開発したもので、現在世界の47の国々で利用されている。

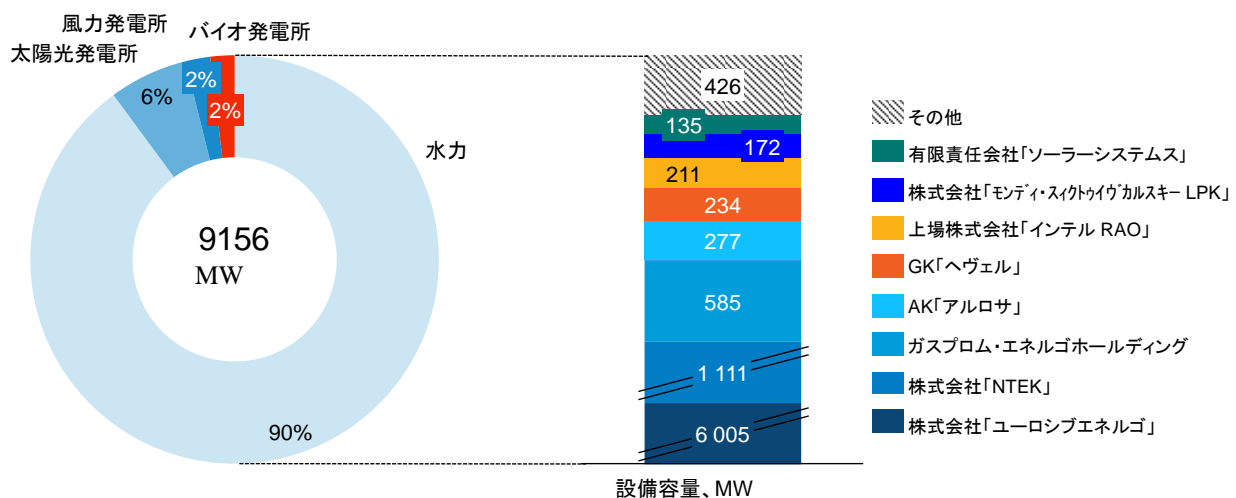
1枚のI-REC証書は1MWhの電力に相当し、これだけの電力量が太陽光・風力・水力・地熱・バイオマスという再生可能エネルギーのうちのどれか一つにより発電されたことを証明する。International REC Standard Foundation の規程によれば、グリーン電力証書システムが機能するためには当該国に以下の機能を果たす企業が複数なければならない。

発行(登録)機関は、グリーン電力証書を一定の国または地域で発行するために電力生産者の発電能力を登録する役目を担う。世界で登録機関として認可された会社は 17 社あり、ロシアでは「ツ

「ツェーリ・ノーメル・セーミ」協会がそれに当たる<sup>25</sup>。「ツェーリ・ノーメル・セーミ」は2020年2月にI-REC Standard Foundationの審査を通して認可されたが、最初の証書の発行を行ったのは、発電会社「En+ Group」が自社の太陽光発電施設と水力発電所を登録し、証書の発行を申請した2020年末になってからであった。

発電機関は「ツェーリ・ノーメル・セーミ」と協定を結び、自己の発電能力を登録し、電力証書の買手を探す。買手が見つかり発電会社は「ツェーリ・ノーメル・セーミ」に証書の発行を申請し、「ツェーリ・ノーメル・セーミ」は証書を発行し、システムに登録する。ロシアには2022年初頭の時点で60の発電施設が登録されており、その合計発電能力は9GWを上回る。グリーン電力証書の発行認証を得た発電所のタイプ別分布を以下に示す(図12)。

図12—I-RECグリーン電力証書を発行する発電施設の発電タイプと市場参加者の分布



出所: VYGON Consulting

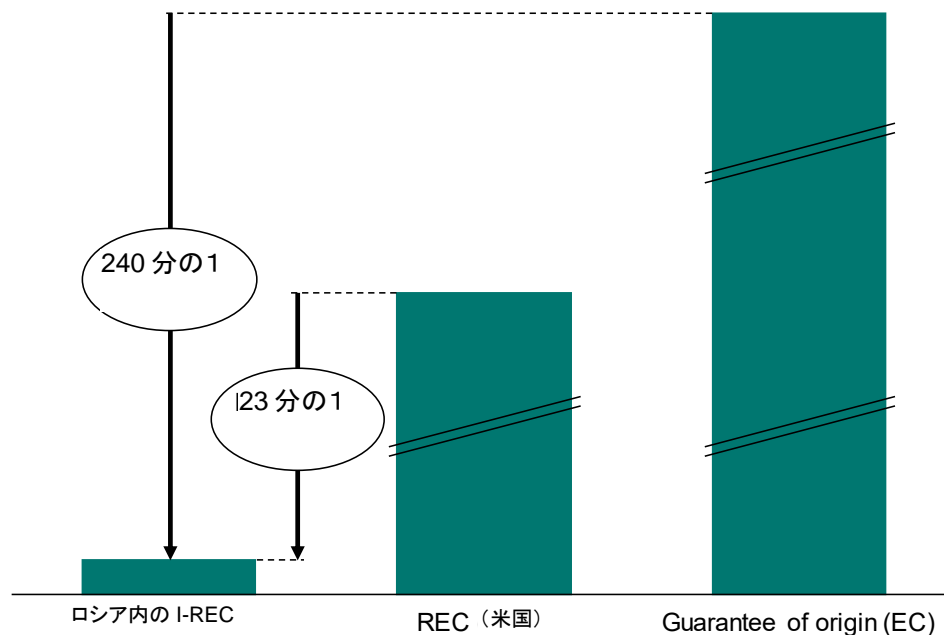
市場参加者は二つのタイプに分けられる。

- 発電会社から自己の目的のためにグリーン電力証書を取得する最終需要家
- 他の需要家に販売する目的でグリーン電力証書を取得するトレーダー。トレーダーの存在によりどの企業もグリーン電力証書へ容易にアクセスできるようになる。I-RECの証書を購入したい企業は登録簿に自分のアカウントを記載しないことでかなりの額のアカウント維持料を回避することができ、トレーダーが自己のアカウントで行う取引の手数料をトレーダーに支払うだけで、トレーダーからサービスの供与を受けることができる。

グリーン電力証書の取引市場では競争が激しくなっており、現在すでに15の企業がグリーン電力証書取引市場で活動している。ロシア最大の銀行であるズベルバンクもこの市場の参加者であり、2022年第1四半期にはグリーン電力証書取引のために、ブロックチェーン・プラットフォームを使った自社のマーケットプレイスを立ち上げる計画である。始動は活発であるが、ロシアのI-REC証書に対する需要は、こうした制度が長く続いている地域と比べると甚だしく見劣りする(図13)。

<sup>25</sup> 同協会の詳細は <https://www.gns.center/>を参照

図 13—ロシア、米国、EU 間の低炭素エネルギー年間販売量の比較



出所: VYGON Consulting

グリーン電力証書の購入が少ないことには、以下を含む多くの理由がある。

- ロシアには、送電会社や電力需要家に対して、使用電力に占める再生可能エネルギーの最低限の比率を定めるような規制が存在しない。
- ロシアの企業が脱炭素やカーボンフットプリント削減に取り組み始めたのは最近のことなので、グリーン電力証書を含め、温室効果ガス排出削減方法もようやく知られはじめたにすぎない。
- 市場には自由な二者間電力供給契約による低炭素電力買付という制度がすでに長く根付いている。このスキームでは顧客に電力を供給する電力供給組織は、低炭素発電会社と顧客が必要とする消費電力量分だけ上記契約を結ぶことができ、そうすればその顧客はカーボンフットプリントの小さい電力を使っているとみなされることになる。

グリーン電力証書は、一部の会社が主として自社の低炭素成長戦略を実現するために、また持続可能な発展目標に忠実であることのデモンストレーションとして購入する。銀行はオフィスを再生可能エネルギーにするために証書を購入し、メーカーは輸出のために、また小売チェーン、暗号通貨のマイニング業者も購入する。ロシアのグリーン電力証書市場は発電会社のオファーで溢れている。グリーン電力証書の発行が認められた発電施設が2021年に発電した電力は3,000万MWhであるが、そのうちグリーン電力証書が発行されたのはたったの300万MWhについてのみであった。このようにオファーが余るので、証書の値段は下がる。ロシアでグリーン電力証書の販売価格は1ドル/MWhを超えない。他の国の国家制度ではグリーン電力証書の値段ははるかに高くなる。たとえばインドの太陽光発電のグリーン電力証書は約30ドル/MWh、米国のREC証書の価格は州により異なるが、1~40ドル/MWh、ヨーロッパの状況は反対で、Guarantee of Originの現在の価格は約0.8ドル/MWhとなっている。

## 4.2. グリーン電力証書国家制度

現在ロシアは、グリーン電力証書国家制度の導入を準備している。電力源証書を民間に流通させるための連邦法が立案中である。この連邦法では、グリーン電力証書流通制度の機能に関する基本的な定義と規定が以下のように定められることになる。

- 電力源証書—グリーン電力証書のロシアにおける名称
- 低炭素発電施設—電力源証書を発行することのできるタイプの発電所。

この法は、発電施設を低炭素であると認定するための手順を決定し、インフラ機関が電力源証書登録簿を導入する義務を定める。この連邦法は 2022 年中に採択されることになっている。

ロシアで導入することが提案されているグリーン電力証書制度には以下の特徴がある。

- 連邦法案によれば、低炭素発電施設となるのは原子力発電所と大規模水力発電所である。原子力発電所は、米国、インド、中国など多くの国の国家制度では I-REC と同じように、グリーン電力証書を発行できる発電施設には入っていない。
- 電力源証書は、他の国々の電力消費記録国家制度や国際的な制度に転記できる。
- 法案は、非常に広範な電力源証書取引方法を定めている。法案によれば「電力源証書は自由に手放すことができ、またある者から他の者に譲渡ができ...」となっている。

電力源証書の流通制度は再生可能エネルギーの発展を促進するために策定された。ロシアでは今のところグリーン電力証書の値段は高くないが、この制度はロシアにおける再生可能エネルギー発電施設建設プロジェクトの投資上の魅力を向上させる追加要因となっている。また長期的に見るならば、支援期間の15年が終わるころには証書の売上金が、関係するプロジェクトのキャッシュフローに大きな役割を果たすようになるかも知れない。

ロシアでは再生可能エネルギー開発支援プログラム「再生可能エネルギーDPM(設備供給契約)」が実施されている<sup>26</sup>。このプログラムでは特別な競争選抜により、再生可能エネルギー施設建設投資プロジェクトが選抜され、その結果生産能力に対する特別支払いを受ける権利が取得され、そのことが、定められた収益性を計算に入れたうえでの投資の返済を可能にする。支援プログラムの定めるプロジェクト選抜方法は以下の通りである。

- プロジェクトの選抜に当たり、投資者は建設予定発電施設の効率指標をルーブル/kWh として提示する。ここでいう効率指標は LCOE (Levelized Cost of Electricity=均等化発電原価)と同様のもので、当該発電施設からの電力の、投資の回収を可能にする料金である。
- 個々のプロジェクトごとに支援規模が算定される。支援規模は、プロジェクトの投資回収に必要な売上と、そのプロジェクト施設が電力と生産能力の卸売市場での電力販売から得る売上額の差として算出される。
- 支援対象となる施設は、最小効率指標にもとづいて選抜される。支援を受ける施設数は、選抜対象ごとに決められた最大支援規模に応じて決まる。選抜の対象となる再生可能エネルギーの種類ごとの支援発電量は次のように計画されている。

- 風力発電:2.3 ~4.6 GW
- 太陽光発電:1.2 ~2 GW
- 小規模水力発電:67 MW

支援対象となる生産能力の正確な規模は、申請されるプロジェクトの効率で決まる。

<sup>26</sup> 2021 年6月1日付ロシア連邦政府命令第 1446-r 号 - <http://government.ru/docs/all/134709/>

現在、合計設備能力が660 MWになる35の再生可能エネルギー発電施設が再生可能エネルギーDPMプログラムの支援を享受しており、同時にグリーン電力証書を発行している。

ロシアには、グリーン電力証書の発行と組み合わせることが可能なもう一つの魅力的な再生可能エネルギー支援プログラムとして、技術的に「ロシア単一電力系統」に接続されていない地域における再生可能エネルギー発電施設の建設がある。このような地域には極東連邦管区、カリーニングラード州、アルハンゲリ斯克州およびコミ共和国がある。この支援制度は、極東連邦管区の電力需要家の支払いの一部を、単一電力系統の電力需要家に付け替えるものである。極東連邦管区に建設された発電施設は電力料金を、プロジェクトへの投下資本の回収と、投資家が見込んだ収益性の確保を可能にするレベルに設定することができる。

ロシアは脱炭素の道を進み始めたばかりである—「温室効果ガス排出削減を伴う2050年までのロシア連邦の社会経済発展戦略」が採択されたのは2021年10月のことだ<sup>27</sup>。この戦略は企業に対する低炭素エネルギーの利用比率についての要求を定めてはいないが、将来こうした要求を導入するための前提条件すべてを含んでいる。米国、ノルウェー、スウェーデンといった諸外国の経験に照らせば、電力消費における再生可能エネルギーによる電力の最小比率要求の導入は、グリーン電力証書の利用を大いに促進することになる。

(以上)

---

<sup>27</sup> 2021年10月29日付ロシア連邦政府命令第3052-r号「温室効果ガス排出削減を伴う2050年までのロシア連邦の社会経済発展戦略」。



## 資料1

### ロシア水素技術コンソーシアム

# The Development of the Consortium as a Network of Industrial, Educational and Scientific Sites

Session of the Supervisory Board of the Consortium for Hydrogen Technologies

April 16, 2021

Andrey A. Yakovlev

Co-Chair of the Coordinating Board of the Consortium for Hydrogen Technologies  
Acting Rector of TPU

## LEADING ECONOMIES OPT FOR A DECENTRALIZED MODEL OF HYDROGEN COMPETENCIES DEVELOPMENT (examples of research centers' specializations in different countries)

2



### GERMANY: 6 hydrogen research centers

- Materials for hydrogen technologies
- Fuel cells and electrolytic cell systems
- Industrial solutions, fuel cells and batteries
- Hydrogen technologies safety
- Joint Scientific Center of the Universities of Braunschweig, Clausthal, Göttingen, Hannover and Oldenburg
- Research in the field of materials and fuel cells



### USA: 7 national research laboratories

- Fuel cells
- Solid state hydrogen batteries and lithium batteries for vehicles
- Batteries development and testing, synthesis of new materials for cathodes, anodes and electrolytes
- Development and testing of solid oxide fuel cells
- Fuel cells for vehicles, stationary and portable devices
- Storage, liquefaction and production materials, safety, fuel cells
- Materials, separators



### ITALY: 6 hydrogen research centers

- Research in the field of energetic hydrogen
- Research in the field of fuel cells and hydrogen applications
- Hydrogen technologies, energy storage, smart grids
- Hydrogen storage for RES
- Research on the European hydrogen agenda
- Fuel cells



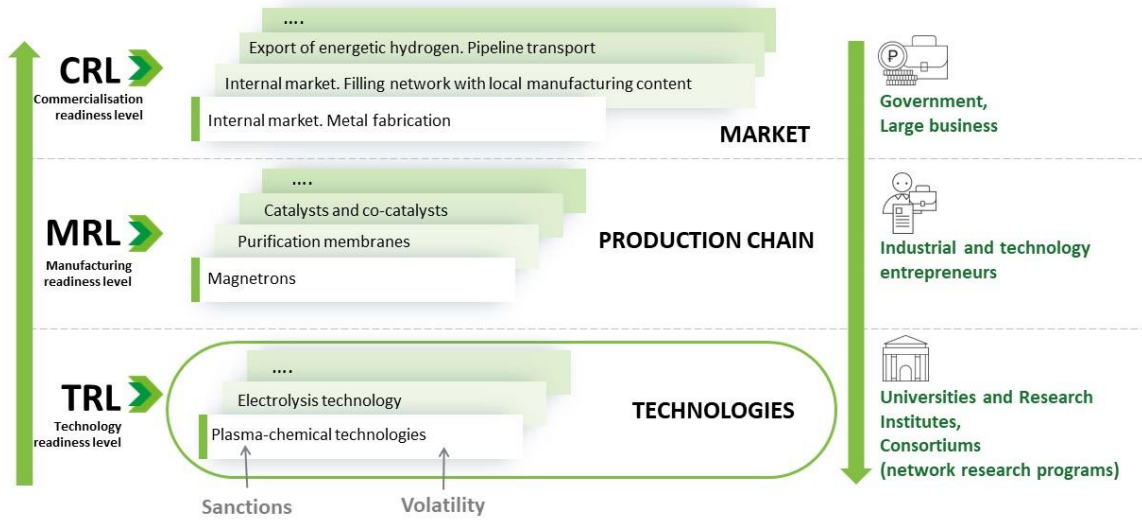
### United Kingdom: 4 hydrogen research centers

- Research and education in hydrogen safety
- R&D on the application and commissioning of fuel cells, hydrogen systems and technologies
- Hydrogen energy systems, technological changes in value chains
- Development and application of standards in the field of hydrogen technologies



**GOAL OF THE CONSORTIUM IS TO CREATE A VISION OF HYDROGEN TECHNOLOGY DEVELOPMENT AND PROVIDE TWO-WAY TRAFFIC: 'top-down' – from market (CRL) to technologies (TRL) and 'bottom-up'**

4



**BEST PRACTICES AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS OF THE CONSORTIUM MEMBERS**

3

### CONSORTIUM FOUNDERS

**Full-fledged coverage of a whole range of hydrogen technologies by the Core of the Consortium**

### HYDROGEN FORMATION

- 1. ORGANIC COMPOUNDS**
  - 1.1. Solid fuels**
    - 1.1.1. Electrophysical conversion
    - 1.1.2. Gasification
    - 1.1.3. Plasma conversion
  - 1.2. Liquid hydrocarbons**
    - 1.2.1. Steam conversion
    - 1.2.2. Catalytic conversion
    - 1.2.3. Catalytic membrane conversion
  - 1.3. Gas hydrocarbons**
    - 1.3.1. Plasma-chemical conversion of gases
    - 1.3.2. Noncatalytic matrix conversion
    - 1.3.3. Catalytic/membrane steam conversion
    - 1.3.4. Methane catalytic pyrolysis
    - 1.3.5. Catalytic conversion (acid and carbon-dioxide)
    - 1.3.6. Membrane-aided production from H<sub>2</sub>S
    - 1.3.7. Catalytic steam conversion of CO
- 2. INORGANIC COMPOUNDS**
  - 2.1. Electrolysis**
    - 2.1.1. Electrolysis catalysts (platinum and non-platinum)
    - 2.1.2. Catalytic decomposition of ammonia
  - 2.2. Photolysis**
    - 2.2.1. Nanocomposites with enhanced catalytic activity
    - 2.2.2. Semiconductor photocatalysts
  - 2.3. Other technologies**
    - 2.3.1. Isotopic exchange
- 3. RELATED TECHNOLOGIES**
  - 3.1. Catalytic CO<sub>2</sub> separation
  - 3.2. Membranes for gas separation

### STORAGE AND TRANSPORT

- 4. SOLID STORAGE**
  - 4.1. Storage hydrides
- 5. LIQUID STORAGE**
  - 5.1. Conversion catalysts
  - 5.2. Liquid organic carriers
  - 5.3. Liquid hydrogen storage tanks
  - 5.4. Cryogen research findings
  - 5.5. Liquefaction technologies
- 6. GAS STORAGE AND TRANSPORT**
  - 6.1. Hydrogen resistance
  - 6.2. Underground gas storage

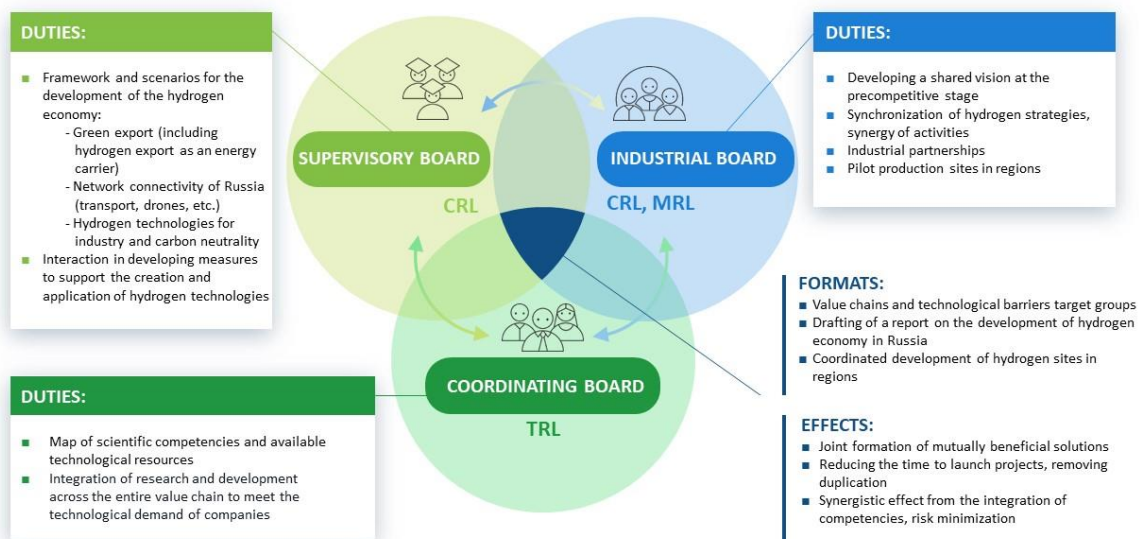
### USAGE

- 7. DMFC (direct methanol fuel cell)**
  - 7.1. Polymer membranes (radiation-modified)
  - 7.2. Fluoropolymer membrane
  - 7.3. Electrochemical generators
- 8. SOC (solid oxide cell)**
  - 8.1. Thin-film electrolytes (slip casting)
  - 8.2. Thin-film electrolytes (vacuum plasma)
  - 8.3. Microtubular SOCs
  - 8.4. SOCs materials
- 9. COMBUSTION**
  - 9.1. Matrix burners
  - 9.2. Hydrogen-based ICE
  - 9.3. Hydrogen-powered Stirling engines
  - 9.4. Hydrogen car fueling stations

### NEW MEMBERS

## DUTIES, FORMATS AND EFFECTS OF THE CONSORTIUM GOVERNING BODIES

5



## CONSORTIUM GOVERNING BODIES

6



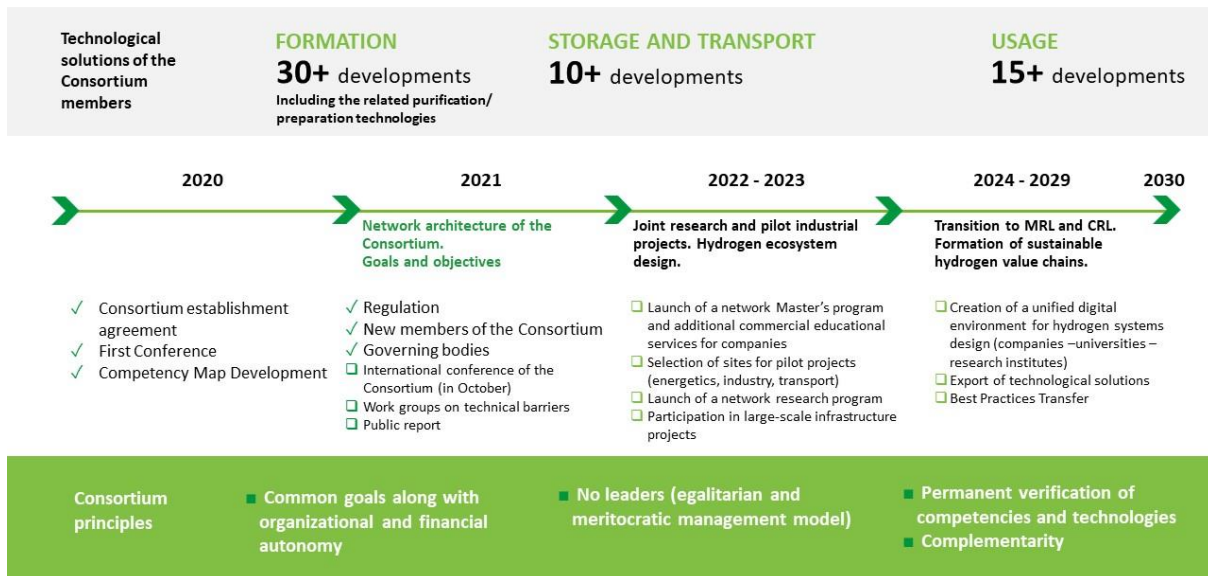
## Completed and immediate steps of the Consortium in 2021

7



## Vision of the Consortium work stages

8



# DEVELOPMENT OF HYDROGEN TECHNOLOGIES AT TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY

**Andrei Lider,**

Professor, Manager, TPU Division for Experimental Physics

## ACHIEVEMENTS OF TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY IN HYDROGEN TECHNOLOGIES (150 researchers and engineers)

### HYDROGEN PRODUCTION:

- using sunlight (photonics and plasmonics);
- catalysts for electrolytic production of hydrogen;
- from natural gas without carbon dioxide emissions;
- by gasification with released carbon dioxide disposal;
- by processing biomass and waste (including plastic) into hydrogen;
- electrophysical shale conversion.

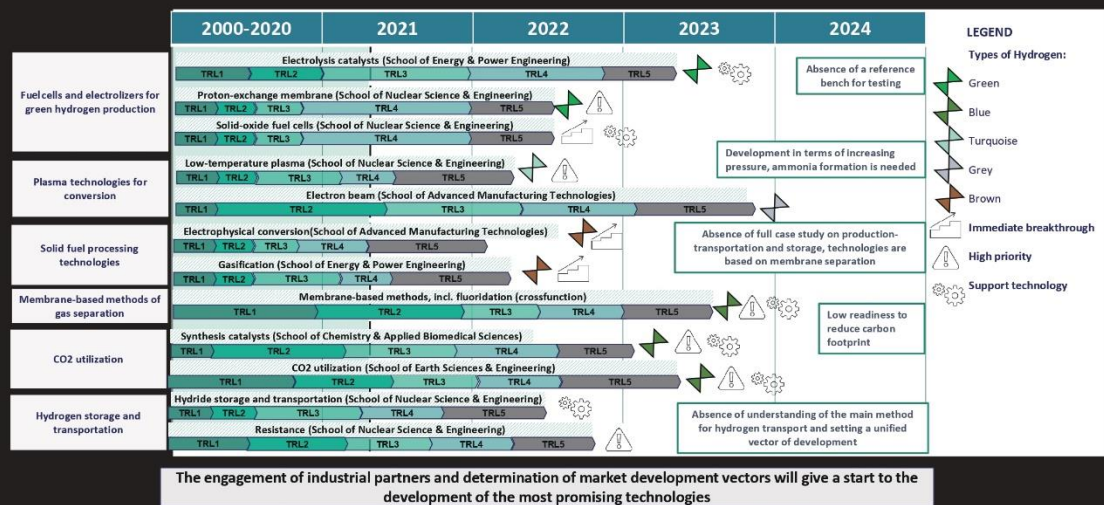
### PURIFICATION AND STORAGE OF HYDROGEN:

- using composite materials based on porous ceramics with a metal layer to create membrane elements of selective filters for deep hydrogen purification;
- using compounds based on hydride-forming metals, carbon nanomaterials and organometallic structures for hydrogen storage;
- development of software and hardware systems for certification of hydrogen storage materials characteristics.

### TRANSPORTATION AND USE OF HYDROGEN:

- new construction materials resistant to hydrogen, technologies of non-destructive testing and low-temperature removal of hydrogen;
- technologies for creating thin-film electrolytes for fuel cells of solid oxide fuel cells;
- composite polymer materials for fuel cells based on fluoropolymers;
- technologies for creating hydrogen fuel cells based on polymer membranes;
- hybrid models of modern power systems elements with hydrogen as an energy storage device using an all-mode real-time modeling complex of electric power systems;
- integration of renewable energy sources, hybrid autonomous power supply systems with production and use of hydrogen, including for remote hard-to-reach areas.

## TECHNOLOGY DEVELOPMENT OF TPU



## TECHNOLOGIES OF HYDROGEN ENERGY IN TPU METHODS OF HYDROGEN PRODUCTION

### DEVELOPMENT OF CO-CATALYST FOR WATER ELECTROLYSIS (TRL 3)

Development of co-catalyst for water electrolysis in order to reduce the cost of commercial platinum catalysts. Production of cubic tungsten carbide WC1-x. Doping of 1% Pt significantly improves electrocatalytic activity, and addition of 10% Pt allows to achieve characteristics almost similar to commercial platinum samples.

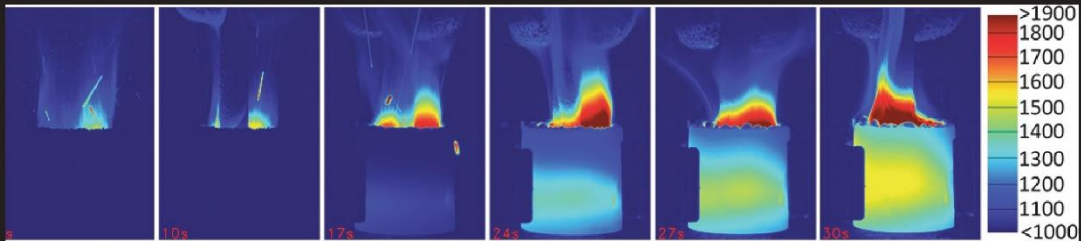
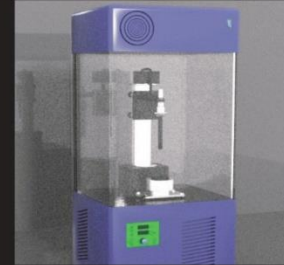
### PRODUCTION OF HYDROGEN (IN H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> SOLUTION):



## TECHNOLOGIES OF HYDROGEN ENERGY IN TPU METHODS OF HYDROGEN PRODUCTION

### SYNTHESIS OF CATALYSTS FOR HYDROGEN PRODUCTION (TRL 3, GREEN HYDROGEN)

- Simplification of synthesis process of molybdenum carbide based catalysts for hydrogen production by electrolysis (to replace platinum catalysts);
- Molybdenum carbide obtained, catalytic activity confirmed experimentally;



TOMSK  
POLYTECHNIC  
UNIVERSITY

## LABORATORY UNIT FOR CONVERSION OF HYDROCARBON GASES USING MICROWAVE ENERGY INTO CARBON NANOMATERIAL AND HYDROGEN



### TRL 3-4, TURQUOISE HYDROGEN

#### The main characteristics of the unit:

Gas capacity – up to 0.8 m<sup>3</sup> /

Carbon material process capacity – up to 60 g/hour;

Operating mode – periodic;

Overall reactor dimensions – 2 × 1.5 × 1 m

- The technology is based on the effect of a non-equilibrium low-temperature microwave discharge plasma on hydrocarbon gas molecules;
- As a result of exposure, gas molecules are excited, unsaturated hydrocarbons (ethylene, acetylene, etc.) are formed, and the gas is finally decomposed into hydrogen and nanostructured carbon material;
- Conversion of hydrocarbon gas occurs in confined flow-type plasma-chemical reactor without oxygen and at atmospheric pressure;
- In the process, in addition to gas, no additional sources of raw materials and energy are required.

TOMSK  
POLYTECHNIC  
UNIVERSITY

## TECHNOLOGIES OF HYDROGEN ENERGY IN TPU METHODS OF HYDROGEN PRODUCTION

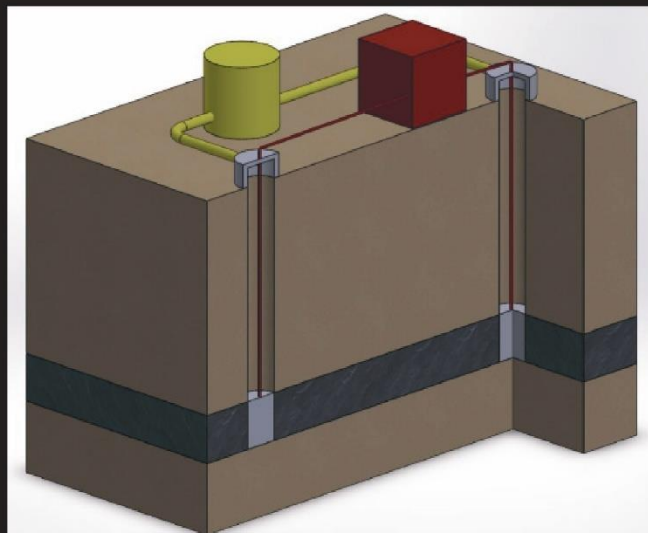
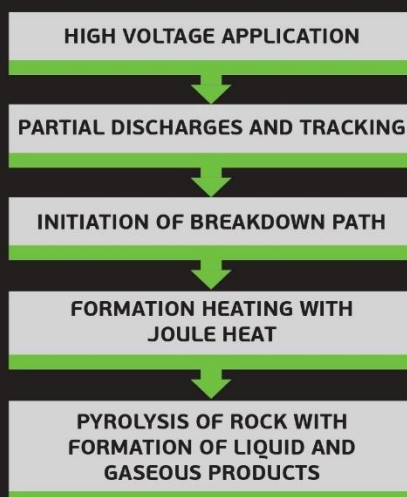
### PLASMA-CHEMICAL CONVERSION OF METHANE INITIATED BY PULSED ELECTRON BEAM

- Implementation of non-oxidative, carbon dioxide, steam, oxidative and mixed methane conversion initiated by pulsed electron beam;
- Obtaining experimental data on the composition of reaction products, their energy yields and optimal flow conditions to determine optimal parameters for practical application of the method.



## TECHNOLOGIES OF HYDROGEN ENERGY IN TPU METHODS OF HYDROGEN PRODUCTION

### UNDERGROUND COAL GASIFICATION



## UNDERGROUND COAL GASIFICATION

**SYNERGY OF ELECTROPHYSICAL AND THERMOCHEMICAL EFFECTS ALLOWS US TO ACHIEVE THE FOLLOWING ADVANTAGES:**

- without slag disposal → environmental safety;
- possibility to develop thin reservoirs.



**FIELD TESTS (Bogatyr coal mine, Ekibastuz, Kazakhstan) DEMONSTRATED:**

- Possibility and safety of using the technology in the field;
- Scalability of the method.



## TECHNOLOGIES OF HYDROGEN ENERGY IN TPU METHODS OF HYDROGEN PRODUCTION

**GASIFICATION OF SOLID FUELS (TRL 2-4, GRAY HYDROGEN)**

**INFRASTRUCTURE OF "EKOENERGETIKA 4.0" CENTER:**

**Test stand of comprehensive tests for technologies:**

- Gasification of solid fuels in the fuel and energy industry;
- Purification of generator gas (use for further combustion or gas chemistry);
- Generation of electricity from generator gas based on gas turbine engine;
- Coal chemistry – production of hydrogen, methane, carbon, liquid fuels of various fractions.

**Solid fuel gasification laboratory in the university campus** – the main elements of process cycle for fundamental and exploratory interdisciplinary research in new resource-efficient and environmentally friendly technologies for modern energy, from fuel preparation to ash plasma disposal.

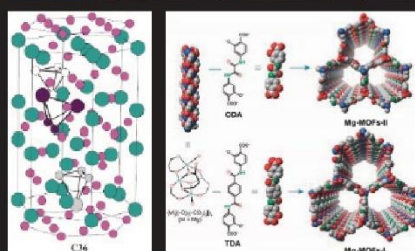


## TECHNOLOGIES OF HYDROGEN ENERGY IN TPU METHODS OF HYDROGEN PRODUCTION

### PURIFICATION AND STORAGE OF HYDROGEN TRL 3

Development of hydrogen storage materials with high sorption capacity and resistance to multiple hydrogenation/dehydrogenation cycles

- Synthesis of compounds and their composites based on:
  - hydride-forming metals
  - carbon nanomaterials
  - organometallic structures
- Development of recommendations to select hydrogen storage materials with high sorption capacity and resistance to multiple hydrogenation/dehydrogenation cycles.



## TECHNOLOGIES OF HYDROGEN ENERGY IN TPU METHODS OF HYDROGEN PRODUCTION

### LABORATORY OF LIQUID- PHASE FLUORINATION OF ORGANIC SUBSTANCES TRL 1-2

PRECURSORS FOR LUBRICANTS  
(LOW-TEMPERATURE MATERIALS  
FOR THE FAR NORTH, SPACE):

- fluorinated polymethylene oxide ( $\text{CF}_2\text{O}$ )<sub>n</sub>
- polyethylene oxide ( $\text{C}_2\text{F}_4\text{O}$ )<sub>n</sub>
- polypropylene oxide ( $\text{C}_3\text{F}_6\text{O}$ )<sub>n</sub>.



#### FLUORINATED ORGANIC COMPOUNDS:

- Radiopharmaceuticals
- PET diagnostics, etc.

#### FLUORINATED MEMBRANES:

- Membranes in terms of hydrogen energy
- Membrane gas separation (separation of hydrogen-containing mixtures, HF, technogenic gases, etc.)



## TECHNOLOGIES OF HYDROGEN ENERGY IN TPU USE AND TRANSPORTATION OF HYDROGEN

### COMPOSITE POLYMER MATERIALS FOR FUEL CELLS BASED ON FLUOROPOLYMERS

Development of import-substituting scalable technology for development of proton-conducting polymer membranes combining high mechanical, electrophysical and chemical properties for use in fuel cells.



### TRL 3-4

#### RESULTS:

- ✓ Technology of producing composite membranes with content of proton-conducting polymers of Nafion type up to 70% has been developed.
- ✓ Methods of controlling structure and morphology of composites have been tested.
- ✓ Technological production parameters are optimized.



## TECHNOLOGIES OF HYDROGEN ENERGY IN TPU USE AND TRANSPORTATION OF HYDROGEN

### TRL 3

#### Technologies for production and modification of materials resistant to prolonged exposure to hydrogen

- Theoretical and experimental study of the modification of structural materials by ion-plasma treatment methods in order to increase the hydrogen resistance of elements of systems for the production and use of hydrogen.
- Development of recommendations for improving hydrogen resistance of structural materials by ion-plasma treatment methods for complex synthesis gas production plants and solid oxide fuel cells.

## TECHNOLOGIES OF HYDROGEN ENERGY IN TPU USE AND TRANSPORTATION OF HYDROGEN

### USE OF HYDROGEN APPLYING INTELLIGENT POWER SYSTEMS


- Development and creation of hybrid models of elements of modern power systems with hydrogen as energy storage using an all-mode real-time modeling complex of electric power systems, creation of self-diagnosis system of the energy complex;
- Integration of renewable energy sources, hybrid autonomous power supply systems with production and use of hydrogen, including for remote hard-to-reach areas.



## 資料2

### サハリン州の水素プロジェクト

# サハリン州水素プログラム

 サハリン州開発公社

## 水素クラスター

 サハリン州開発公社



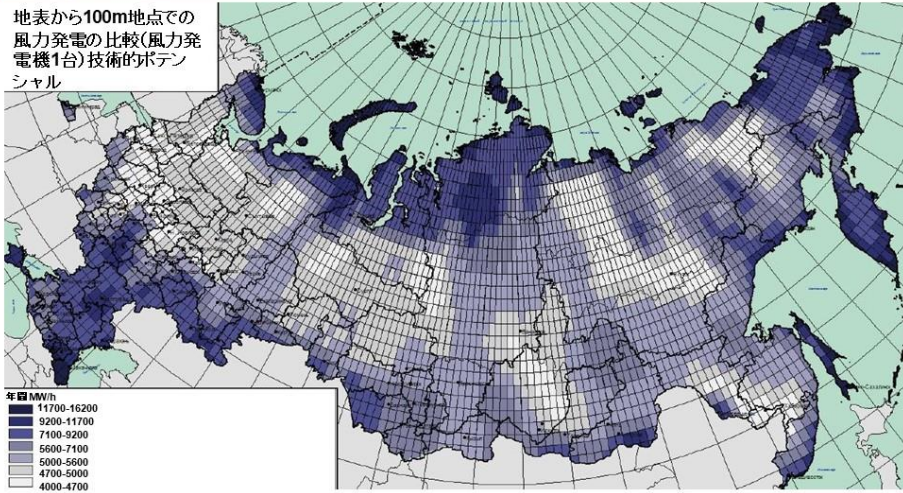
### 水素クラスターの内訳

<b>I 水素生産</b>
<b>I.a 天然ガスから得られる低炭素水素(F/S)</b> JSC «Rusatom Overseas» と有限責任会社 Air Liquide のプロジェクト ・ 生産能力 – 30000トン/年 ・ 2025年
<b>I.b グリーン水素</b> ・ 集合型風力発電所の建設 ・ グリーン水素の生産
<b>I.c 水素輸送インフラ</b> ・ 投資家にとっての可能性
<b>II 水素パーク</b>
・ 水素列車 ・ 水素ステーション ・ 水素トラック ・ 水素バス
<b>III コンピテンスセンター</b>
・ 新技術を用いた業務の専門家教育

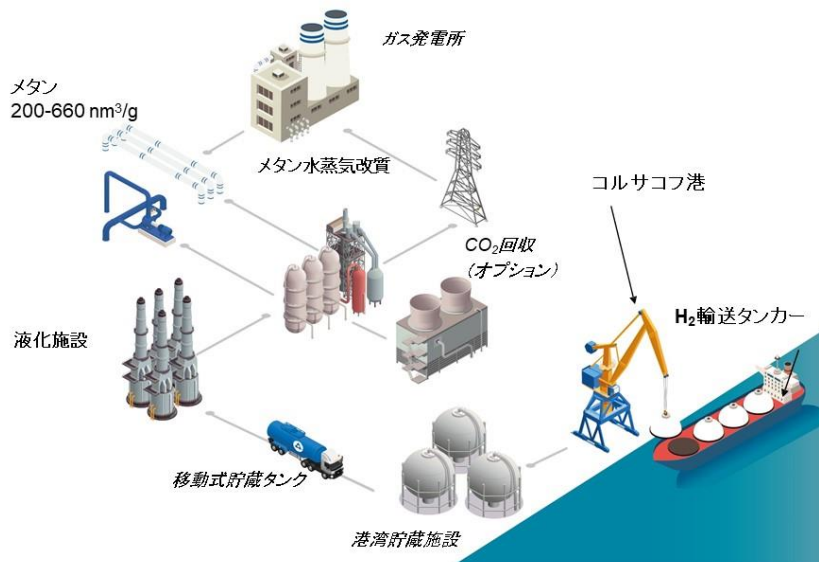
## グリーン水素の生産

サハリン州にはグリーン水素の生産のために風力発電を利用する点に大きなポテンシャルがある。技術的ポテンシャルは年間2270億kWhで、これは年間340万トンのH<sub>2</sub>に相当する

地表から100m地点での  
風力発電の比較(風力発電機1台)技術的ポテンシャル



## 天然ガスから低炭素水素を生産



### テクノパークの特徴

- アジア太平洋地域諸国への輸出
- 工場の生産能力-年間3万トン
- メタン改質およびCO<sub>2</sub>の回収におけるAir Liquideの優れた技術をリファレンスとして採用
- Air Liquideの水素液化技術を採用

### 水素の需要\*

- アジア太平洋地域の主要2カ国である日本と韓国における需要は、2025年までに年間400万トン以上に

### 水素輸送インフラ

- 輸出市場への製品の物流および販売のためのインフラ整備は、独自の投資プロジェクト
- 投資家に対してオープンなプロジェクト

出典: South Korea's Hydrogen Strategy, JOGMEC, Australian Renewable Energy Agency


## サハリン島における水素製造工場建設プロジェクト

サハリン州開発公社

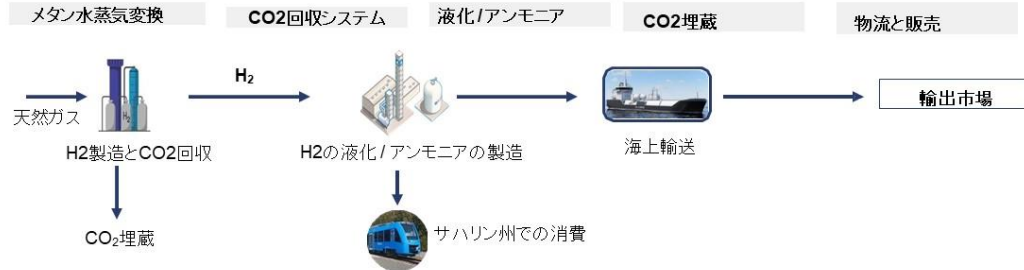
Rusatom OverseasおよびAir Liquideのテクノロジー、デベロッパー、投資、販売におけるパートナーシップ

- ☑ メタン改質およびCO<sub>2</sub>の回収におけるAir Liquideの優れた技術をリファレンスとして採用
- ☑ Air Liquideの水素液化技術を採用

プロジェクトの主要パラメータ

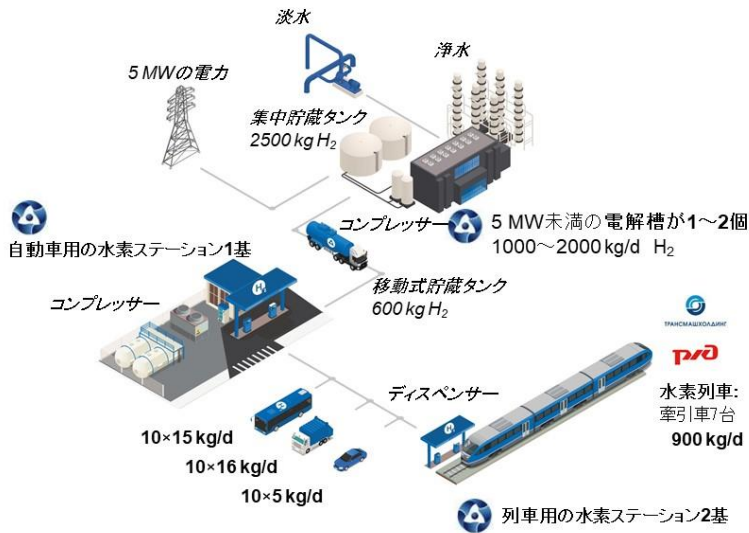
-  低炭素水素の生産
-  生産量: 2024年に水素30000トン

プロジェクトのフローチャート



## 水素パーク

サハリン州開発公社




水素パーク構想

- 水素列車
- 水素ステーション
- 水素トラック
- 水素バス

潜在的なレジデント:

KAMAZ  
Volvo Vostok

## 水素列車プロジェクト

 サハリン州開発公社



- ✓ロシア連邦におけるパイロットプロジェクト
- ✓サハリン州気候プログラムへの貢献
- ✓鉄道における水素技術の利用開発

### 水素列車プロジェクト

プロジェクトの目的-サハリンにおける水素燃料電池列車を使った鉄道輸送運営

- 水素列車が7本 – 内訳は2両編成が5本と3両編成が2本
- H<sub>2</sub>の推定需要 – 224トン/年
- 列車の1日平均走行距離 – 305 km
- 2024年 – 水素列車の運転開始

## コンピテンスセンター

 サハリン州開発公社



### コンピテンスセンター

- ロシア企業および外国企業とのパートナーシップ
- 水素プロジェクト運営分野における監査の実施、技術開発
- 教育
- 人材



## Carbon neutrality in Sakhalin in 2025



## THE RUSSIAN FEDERATION WILL ACHIEVE CARBON NEUTRALITY BY 2060



“  
*I will add that Russia in practice strives for carbon neutrality of its economy. And we are setting a specific benchmark - not later than 2060*”

*Russian Energy week-2021*



- The Government of the Russian Federation is developing a strategy for low-emission economic development - 2021
- Pilot projects (experiments) to achieve carbon neutrality will be carried out at the regional level - from 2022

## SAKHALIN IS THE FIRST RUSSIAN REGION AIMING TO BE CARBON NEUTRAL IN 2025



- Oil and gas industries play an important role in the regional economy - **up to 60% RDP**.
- Energy sector is a key source of GHG emissions in Sakhalin - **95%** (in **Russia-84%**).
- Forests cover **about 70%** of the territory and ensure high share of carbon sinks in the regional GHG balance.
- There are various options for energy transition: **all types of renewable energy sources** - wind, solar, tidal and geothermal are presented in the region.
- High potential for **hydrogen production**, including green hydrogen.
- Presence of **global (oil and gas)** companies exploring options for minimizing their carbon footprint, including by emissions offsets.

## OBJECTIVES OF THE CARBON REGULATION PILOT PROJECT

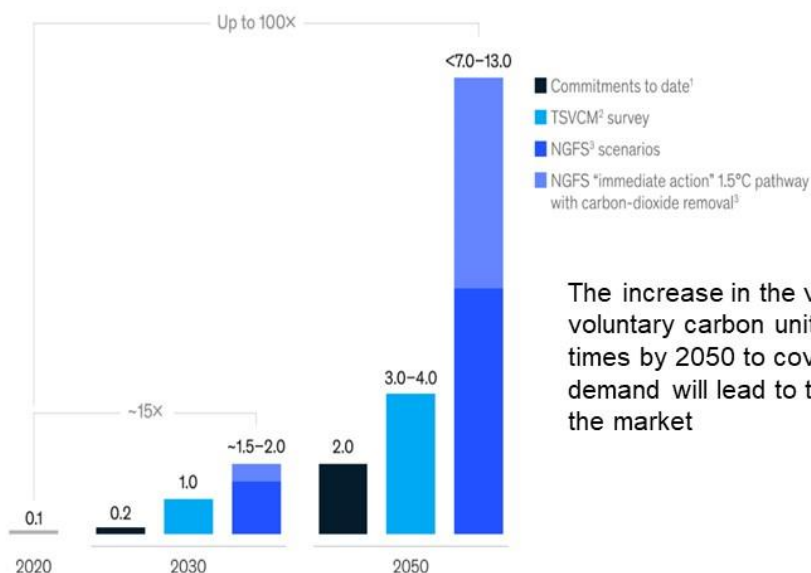


- Stimulating the implementation of technologies aimed to reduce greenhouse gas emissions and to increase their absorption;
- Establishment of a system for independent verification of information on greenhouse gas emissions and uptake;
- Creation of carbon market or a system for circulation of various types of carbon units.

# THE DEMAND FOR VOLUNTARY CARBON UNITS IN THE WORLD IS PROJECTED TO GROW IN ORDER TO FULFILL CLIMATE COMMITMENTS



Voluntary demand scenarios for carbon credits, gigatons per year



The increase in the volume of voluntary carbon units up to 100 times by 2050 to cover increased demand will lead to the importance of the market

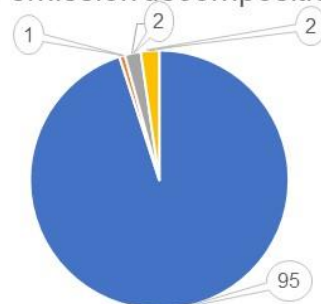
Source: <https://www.mckinsey.com>, 2021

5

# ENERGY IS THE MAJOR SOURCE OF ANTROPOGENIC EMISSIONS IN SAKHALIN REGION




GHG emission decomposition, %



- Based on IPCC sectors classification
- Data from 2019 Inventory

■ Energy ■ Industry ■ Agriculture ■ Waste

Source	Thousand tones CO2-eq
GHG Emissions	12 333
GHG Absorption in LULUCF	-11 068
GHG Net emissions	1 265

 LULUCF absorbs 90% of GHG emissions

# SAKHALIN IS THE FIRST RUSSIAN REGION THAT SET CARBON NEUTRALITY GOAL FOR 2025

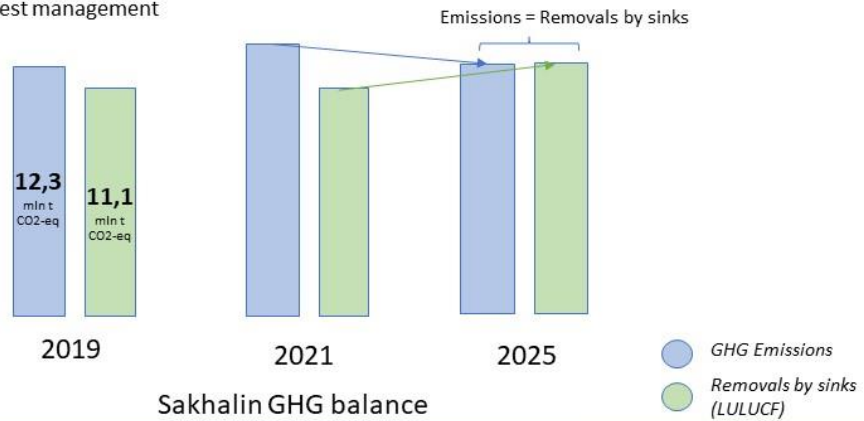


## How to reach the Goal:

ETS - pilot cap and trade a in 2022-2025

Realization of various regional programmes, including but not limited to:

- Fuel switching from coal to natural gas
- Clean transportation/ electrification
- **Hydrogen production and export**
- Increasing share of renewables
- Sustainable forest management



7

## KEY REGIONAL PROGRAMMES FOR GHG REDUCTION



Projects	Expected reduction in GHG emissions in 2025 compared to 2019 (tons of CO2-eq)
Energy Efficiency	115 000
Fuel switching from coal to natural gas	429 000
Clean transportation/ electrification	18 000
Renewable energy	517 000
Landfill gas disposal	134 000
<b>Total:</b>	<b>1 213 000</b>

8

## KEY ELEMENTS OF THE SAKHALIN ETS (as in the draft law)

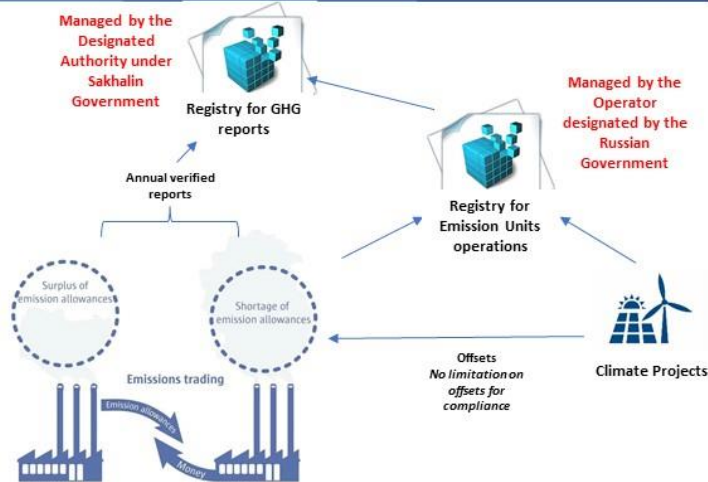


### Regulated organizations



The list to be set by the regional government upon certain criteria

With a threshold of 20 000 tones of CO<sub>2</sub>-eq/year about 20 organizations from Energy, Transportation, Fishery Sectors would be regulated



- First verified reports
- Adoption of all required methodologies

2022

2023

- List of regulated organization
- Emission quotation
- Emission trading
- Penalties
- Climate projects

2025

2026

- Report to the Russian Government about the pilot project and results achieved

9

## NEW OPPORTUNITIES FOR BILATERAL COOPERATION



- Reducing carbon footprint
- Offsetting unavoidable GHG emissions
- Access to green finances – national and international
- Cooperation with various stakeholders
- Rising competence on carbon regulation
- Ability to contribute to new educational products

10

---

---

令和3年度「産油国等連携強化促進事業費補助金（石油天然ガス権益・安定供給の確保に向けた資源国との関係強化支援事業のうち中東等産油・産ガス国投資等促進事業（ロシア等産油・産ガス国投資等促進事業））」

## ロシアのガス化学産業 アンモニアおよび水素製造動向

2022年3月発行

---

編集・発行

一般社団法人ロシアNIS貿易会  
ロシアNIS経済研究所  
東京都中央区新川1-2-12  
電話 (03) 3551-6218

---

---

©禁無断転載