

中東産油国の脱炭素への石油・天然ガス開発戦略
—ブルー・アンモニア，カーボンニュートラル LNG
- The Future Strategy of Middle East Oil Producing Countries' Carbon Free Oil and Natural Gas Development — Blue Ammonia and Carbon Neutral LNG etc. -



和光大学経済経営学部 教授 岩間 剛一



はじめに

新型コロナウイルスのパンデミックを経て、世界は2050年のカーボンニュートラル（炭酸ガス排出実質ゼロ）に向けて動き出している。特に、米国のバイデン大統領誕生により、地球温暖化対策の国際的な枠組みであるパリ協定に米国が復帰し、中国、インドをはじめとした途上国を含めた各国は相次いで気候変動対策として、温室効果ガス排出ゼロを打ち出している（図表1）。

パリ協定においては、18世紀後半の産業革命期からの地球の気温上昇を、人類の社会・経済に壊滅的な打撃を与えない2度未満、できれば1.5度以内とするためには、21世紀半ばには、人類の経済活動による炭酸ガス排出量を実質ゼロとする必要があるとしている。国連の報告によれば、地球の気温は産業革命期から1度上昇しており、地球の炭酸ガス濃度は上昇を続けている。米国は1958年から、ハワイのマウナロア火山において大気中の炭酸ガス濃度を観測しており、長期的な炭酸ガス濃度の上昇をモニタリングし（観測者の名前にちなんでキーリング曲線とよぶ）、産業革命期の炭酸ガス濃度280ppmに対して、2021年10月時点における炭酸ガス濃度は410ppmを超えている（図表2）。

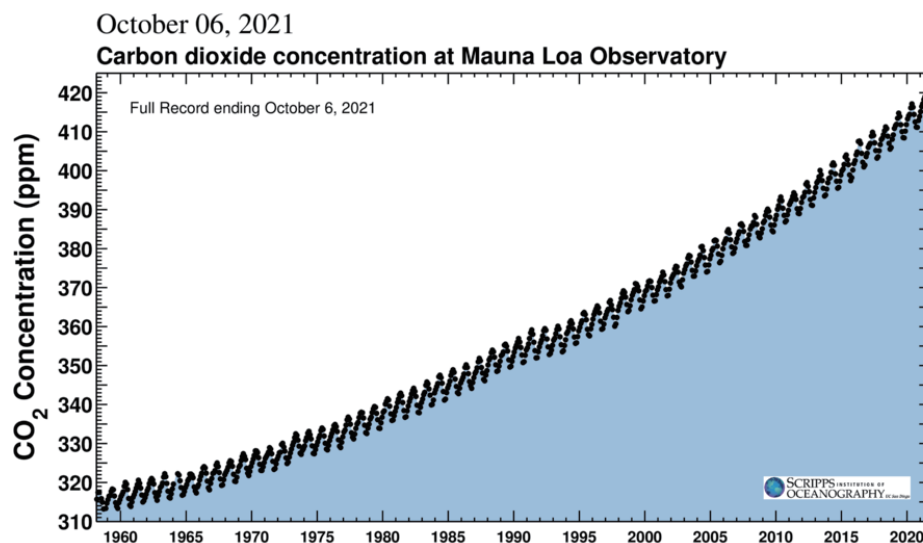
(図表1) 主要国の温室効果ガス排出削減目標

温暖化ガス排出削減2050年の目標2021年11月時点

国名	温暖化ガス排出削減目標 (%)
日本	2050年に実質ゼロ
米国	バイデン政権は2050年までに実質ゼロ
カナダ	2050年までに実質ゼロ
英国	2050年までに80%削減→2019年に2050年実質ゼロ
EU	2050年に実質ゼロ
中国	2060年に実質ゼロ
インド	2070年に実質ゼロ

出所：各種新聞報道

(図表2) 地球の大気の炭酸ガス濃度 (単位: ppm)



出所: NOAA (米国海洋大気局) 統計

2021年10月に発表された国連気候変動枠組み条約事務局の報告書によれば、現時点における世界の温室効果ガス排出削減目標では、2030年の温室効果ガス排出量は2010年比16%増加し、21世紀末には産業革命期と比較して地球の気温が2.7度上昇する可能性があり、パリ協定の目標は達成できないと警鐘を鳴らしている。欧州諸国（特に北欧）を中心に、炭酸ガスの濃度上昇による地球温暖化への関心は強く、2021年のノーベル物理学賞も、1960年代から先駆的に気候変動モデルを構築してきた米国海洋大気庁の日本人科学者に授与されている。2021年10月31日に COP26（国連気候変動枠組条約第26回締約国会議）が英国のグラスゴーにおいて開催され、中国、インドを含めた途上国に対しても、さらなる温室効果ガス排出削減を求める議論がなされた。

このように世界的な暴風雨、干ばつの発生、北極圏における氷の溶解等の異常気象に対して、人類の経済活動にともなう炭酸ガスの排出による地球温暖化への対策は、人類にとっての喫緊の課題であるという流れが、欧州諸国を中心に強固なものとなっている。世界

(図表3) 中東産油国のカーボンニュートラル目標

温暖化ガス排出削減の長期目標2021年11月時点

国名	温暖化ガス排出削減目標 (%)
サウジアラビア	2060年までに実質ゼロ
バーレーン	2060年までに実質ゼロ
UAE	2050年までに実質ゼロ

出所: 各種新聞報道

の石油・天然ガス生産の中心となっている中東産油国も、石油・天然ガスをはじめとした化石燃料の生産・消費が炭酸ガス排出量の増加につながるという考えから、2021年10月以降に、サウジアラビア、UAEをはじめとして、相次いで21世紀半ばに炭酸ガス排出実質ゼロ社会の構築を掲げるようになってきている（図表3）。

サウジアラビアをはじめとした中東産油国は、国内の炭酸ガス排出を実質ゼロとするとともに、国内に豊富に賦存する石油資源、天然ガス資源を原料として、石油・天然ガスの

生産時に排出される炭酸ガスを CCS（Carbon Capture and Storage：排出された炭酸ガスを回収して、老朽化した天然ガス田等に地下貯留する）技術によって回収し、ブルー水素、ブルー・アンモニアを生産し、海外に輸出する計画を始めている。世界最大級の LNG（液化天然ガス）輸出国カタールも、今後の LNG プロジェクトについて、天然ガス生産時に発生した炭酸ガスを CCS によって回収する計画を立てている。さらには、LNG の生産・輸送・消費のプロセスにおいて排出する炭酸ガスを、植林・森林保全等による炭酸ガス吸収によって相殺するカーボンニュートラル LNG の輸出も検討されている。また、中東地域は太陽光の照射が多く、砂漠の面積も広大であることから、太陽光発電、風力発電をはじめとした再生可能エネルギーの開発も行われている。再生可能エネルギーによる電力を使って、水を電気分解して、水素を生産し、水素と窒素を反応させて、アンモニアを生産する、グリーン水素、グリーン・アンモニアの実証実験も行われている。ここで述べるブルーとグリーンとは、永年にわたって使われてきた製法として、石油・天然ガスを原料として水素（ H_2 ）・アンモニア（ NH_3 ）を生産し、排出された炭酸ガスを CCS によって、地下に貯留したものを、ブルー水素、ブルー・アンモニアとよび、そもそも炭酸ガスを排出しない再生可能エネルギーの電力を利用し、水を電気分解して水素をつくり、水素と窒素を反応させてアンモニアを生産した場合、完全にカーボン・フリーなグリーン水素、グリーン・アンモニアとよぶ。本論においては、世界的な脱炭素の流れのなか、中東産油国が生き残りをかけて、どのような石油・天然ガス開発戦略を行っているかを考察する。

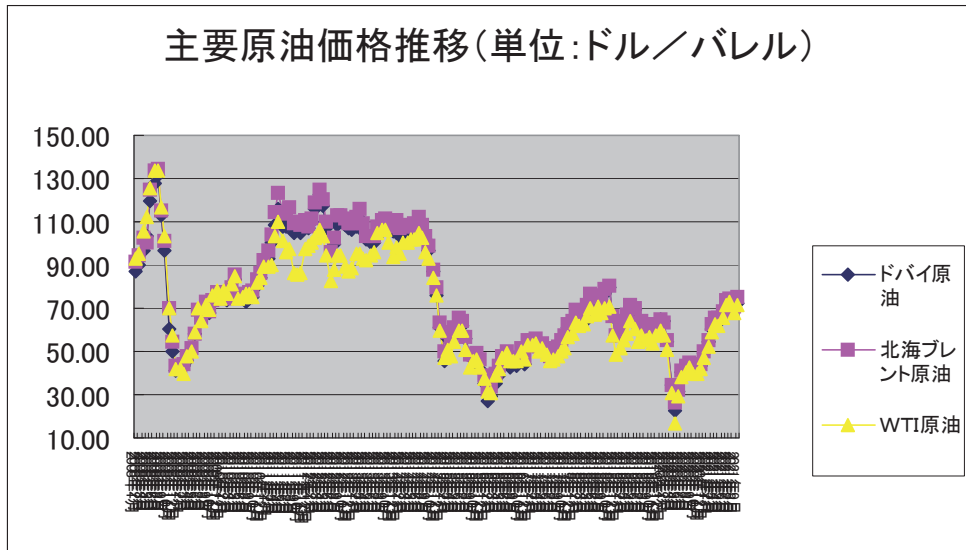
2021年秋以降には、新型コロナウイルスに対するワクチン接種の開始による経済活動の再開にともなう、「現実に発生している石油・天然ガス需要」と、ESG（環境・社会・企業統治）投資、SDGs（持続可能な開発目標）等による、筆者から見れば、過度な化石燃

筆者紹介

1981年東京大学法学部卒業、東京銀行（現三菱UFJ銀行）入行、東京銀行本店営業第2部部長代理（エネルギー融資、経済産業省担当）、東京三菱銀行本店産業調査部部長代理（エネルギー調査担当）。出向：石油公団（現石油天然ガス・金属鉱物資源機構）企画調査部（資源エネルギー・チーフ・エコノミスト）、日本格付研究所（チーフ・アナリスト：ソブリン、資源エネルギー担当）。2003年から和光大学経済経営学部教授（資源エネルギー論、マクロ経済学、ミクロ経済学）。東京大学工学部非常勤講師（金融工学、資源開発プロジェクト・ファイナンス論）、三菱UFJリサーチ・コンサルティング客員主任研究員、石油技術協会資源経済委員会委員長。

* 著書「資源開発プロジェクトの経済工学と環境問題」、「ガソリン」本当の値段、「石油がわかれば世界が読める」、その他、新聞、雑誌等への寄稿、テレビ、ラジオ出演多数

(図表4) 主要原油価格 (単位:ドル/バレル)

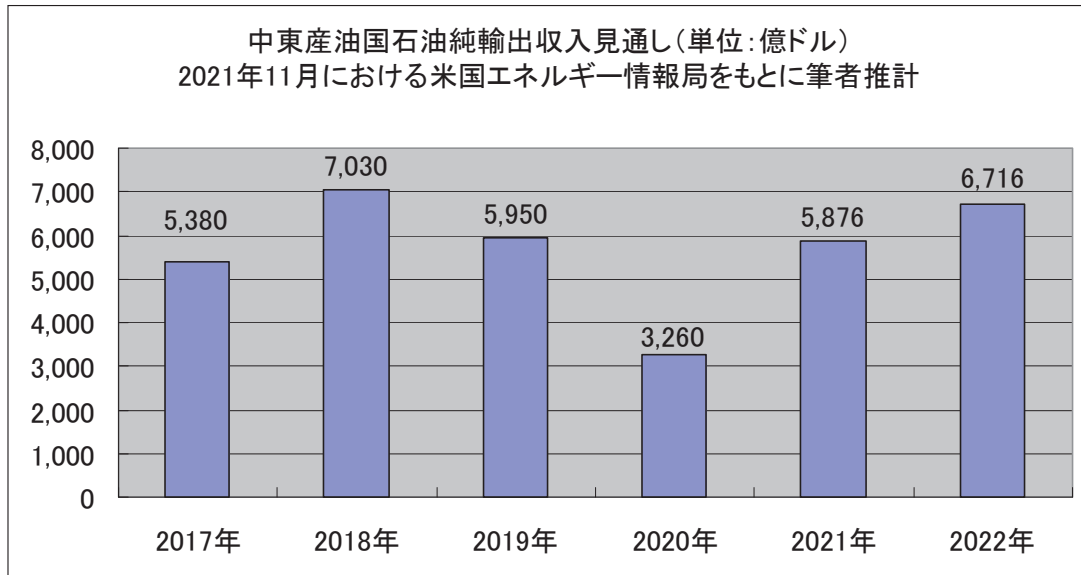


出所: NYMEX 等

料投資抑制, 欧米石油企業へのダイベストメント (投資撤退) により, 「環境規制により抑制されている石油・天然ガス供給」に乖離が発生し, 石油・天然ガスの需給逼迫が発生し, 原油価格, 天然ガス価格の高騰が発生している (図表4)。

本来であれば, 原油価格が上昇し1バレル50ドルを超えると, 米国のシェール・オイル生産企業が新規油田の開発を活発化してシェール・オイルの生産量が増加し, 原油価格の上値を抑える働きをする。しかし, 原油価格が上昇しても, 新規の油田開発投資を抑制しているために, 米国の原油生産量が伸び悩んでいる。それに対して, サウジアラビアをはじめとした OPEC (石油輸出国機構) 加盟国と, ロシアをはじめとした非加盟国による OPEC プラスは, 今後の石油需要の伸びを見極めており, 日量40万バレルずつの協調減産幅縮小を維持していることから, 原油価格は上昇基調にある。そのため, 米国, 日本等の先進国は中東産油国に原油生産量の引き上げを求めているものの, これは少し身勝手な要求であるといえる。原油価格の高騰に対して米国が産油国に増産を求めているとしても, 米国も世界最大の原油生産国であり, 長期的な視点から, 米国内においても新規油田開発投資を考えるべきである。2021年時点における人類の技術において, 石油以外には量的にも経済的にも適切なエネルギーはない。にもかかわらず, 脱炭素の流れから石油企業の株式を売却したり, 石油企業への融資を抑制するならば, 経済活動の再開に伴って石油需給が逼迫することは目に見えている。石油・天然ガスの価格が高騰すると, 石炭火力発電のコストが割安となることから, 炭酸ガスの排出量が天然ガスと比較して2倍の石炭の消費が増加し, 石炭価格も高騰する。その結果が, 米国標準油種 WTI (ウェスト・テキサス・インターミディエート) 原油価格1バレル84ドル, 極東アジア LNG スポット価格百万Btu 当たり35ドル, 豪州発電用一般炭価格1トン当たり200ドルという, アラブの春以来とも

(図表5) 中東産油国の石油純輸出収入 (単位: 億ドル)



出所: 米国エネルギー情報局の資料をもとに筆者推計

いえる高値圏の状況をもたらしている。

原油価格の上昇は、中東産油国の石油収入の増加につながる(図表5)。

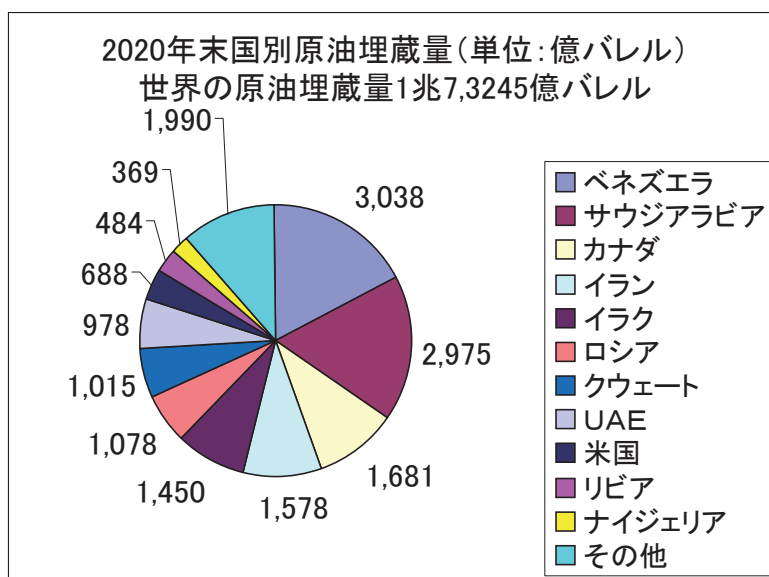
新型コロナウイルスの感染拡大後の景気回復、脱炭素政策による欧米の新規油田の開発抑制により、中東産油国は想定を越えた石油収入の増加という恩恵を受けている。中東産油国において増加した原油輸出収入、LNG輸出収入は、石油に依存しない経済構造改革を実施し、脱炭素社会に向けたブルーとグリーンの水素・アンモニア事業を展開し、炭酸ガス排出実質ゼロといえるカーボンニュートラル LNG プロジェクトの開発を行う原資とすることができる。

ブルー水素、ブルー・アンモニアへの中東産油国の動き

資源が有限な石油の枯渇、脱炭素社会の構築という観点から、燃焼しても炭酸ガスを排出しない、水素社会、アンモニア社会の構築が求められている。炭酸ガスの排出削減という視点からみると、太陽光発電、風力発電をはじめとした再生可能エネルギーの普及も考えられるものの、再生可能エネルギーにより作り出された電気では、自動車、照明、空調、情報通信等のエネルギー利用は可能であるが、現在の蓄電池の技術におけるエネルギー密度、重量の面から、軽量かつ長距離の航続距離を求められる航空機・船舶・商用トラックの動力源、また大規模な高熱を必要とする製鉄・石油化学の熱源としての利用は難しい。従来から電気を用いた電炉も利用されているものの、スクラップ鉄を溶融・再生させることに限定されており、鉄鉱石から品質の良い粗鋼生産を効率的に行うためには、現在も原料炭が一番優れたエネルギーとなっている。

このような用途においては、水素・アンモニアの利用が求められることとなる。一時は、

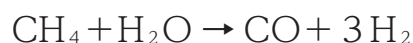
(図表6) 国別原油埋蔵量 (単位：億バレル)



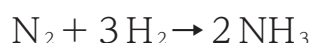
出所：BP 統計2021年7月

電気自動車次世代自動車の中心であるとされていたものの、水素と酸素を反応させる燃料電池トラック、燃料電池バスが見直されている理由も、こうした理由が挙げられる。水素・アンモニアという二次エネルギー（石油・天然ガスのように自然界において単体として存在する一次エネルギーではなく、一次エネルギーから生産されるエネルギー。例えば、電気エネルギーも二次エネルギーである）の利用においても、中東産油国は、引き続き重要な役割を果たすことが期待されている。第1に水素・アンモニアの生産は、これまでの技術においては、石油・天然ガスを改質して生成されている。日本においても、水素は石油精製のプロセスにおいて作り出され、日本でいち早く普及している家庭用燃料電池（エネファーム）も、灯油、天然ガス等を改質して水素を取り出し、酸素と反応させて、熱と電気をつくりだすコ・ジェネレーション（熱電併給）・システムとなっている。中東産油国は、水素・アンモニア製造の原料となる豊富な原油埋蔵量を誇っている（図表6）。

アンモニア生産についても、1906年にドイツにおいて開発されたハーバー・ボッシュ法が、100年以上にわたって利用されており、石炭、石油、天然ガスからアンモニアが製造されている。現在の技術においては、天然ガスの主成分となっているメタン（CH₄）と高温・高圧の水蒸気を反応させて、水素を作り出す。

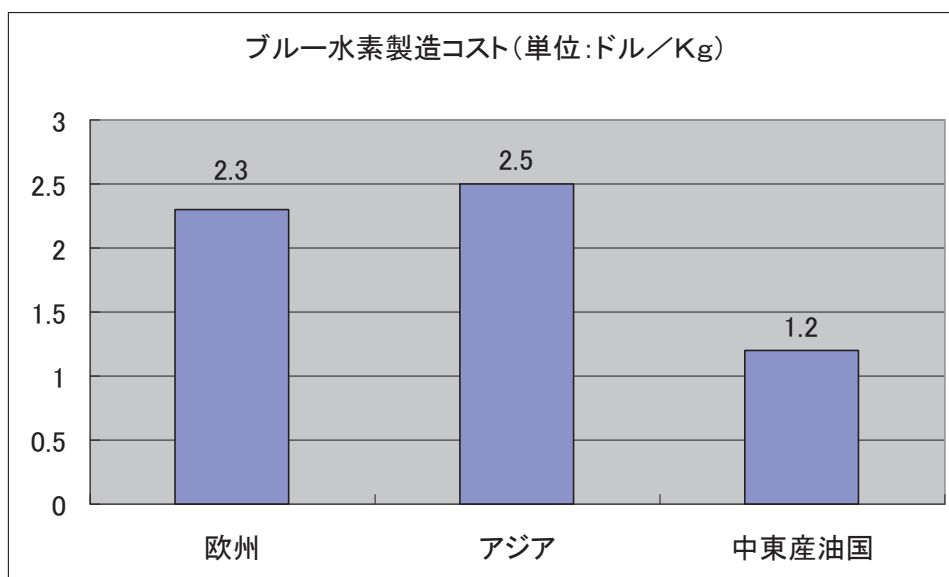


次に、高温・高圧下において、触媒を使って、水素と空気中の窒素を反応させて、アンモニアを合成する。



現在の水素・アンモニアの製造技術は、石油・天然ガスを原料として、高温・高圧の水蒸気と反応させて、大量の熱エネルギーを投入するものの、中東産油国に存在する豊富か

(図表7) ブルー水素製造コスト比較 (単位:ドル/キログラム)



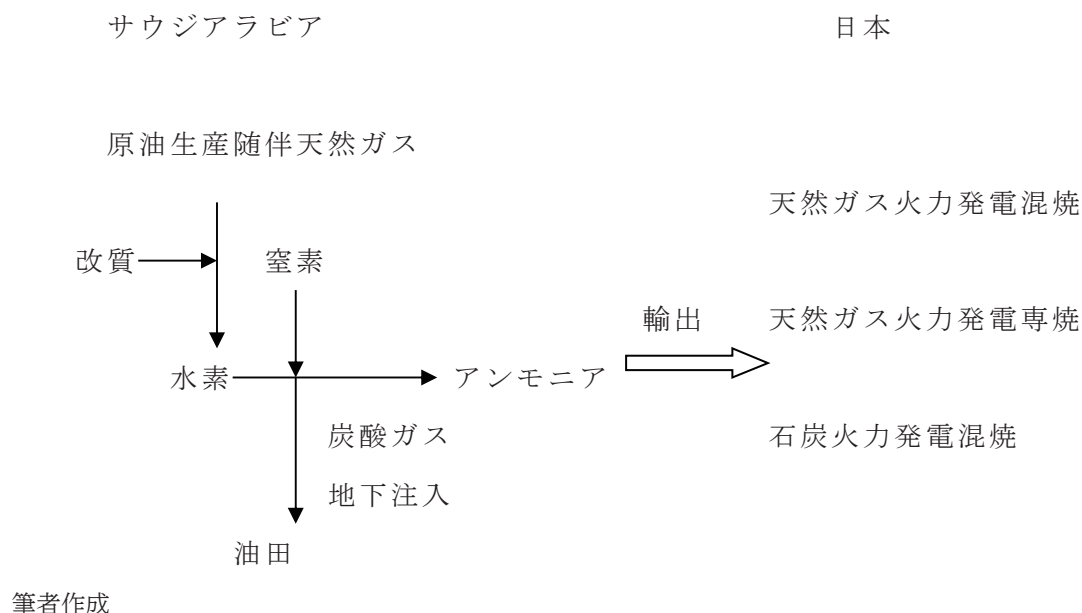
出所: 各種専門機関の資料をもとに筆者推計

つ安価な石油・天然ガスを利用すれば、極めて生産コストが割安な水素とアンモニアを製造することが可能といえる。

第2に中東産油国の原油・天然ガス生産コストは、他の地域と比較して圧倒的に安価であり、原油生産時、天然ガス生産時に排出される炭酸ガスをCCSの技術によって回収する。回収した炭酸ガスを油田・天然ガス田に注入して、石油・天然ガス生産の効率を向上させるEOR(増進回収法:既存の油田・天然ガス田に水あるいは炭酸ガスを注入して、生産効率を向上させる技術)の技術は確立しており、EORの技術を用いれば、CCSを効率的に行うことができ、CCSのコストを含めても、欧州諸国、アジア諸国と比較して、極めて安価な水素を提供することが可能であり(図表7)、その水素と空気中の窒素を反応させて安価なアンモニアを製造することもできる。豊富に存在する原油・天然ガスを利用して、安価なブルー水素、ブルー・アンモニアを生産することができるならば、中東産油国の莫大な原油埋蔵量、天然ガス埋蔵量を座礁資産(Stranded Assets)とすることを回避し、脱炭素社会における有力な輸出品とすることも可能となる。

中東産油国も、石油・天然ガスを原料としたブルー水素、ブルー・アンモニアの生産・輸出に乗り出している。2020年9月には、サウジアラビアの国営石油企業サウジアラムコが、日本エネルギー経済研究所、三菱商事、日揮ホールディングス、三菱重工業、宇部興産等とともに、ブルー・アンモニアの日本への輸出の実証試験を開始した。原油生産に伴う天然ガスから水素を取り出し、水素と空気中の窒素を反応させて、40トンのアンモニアを製造した。アンモニア製造時に発生した50トンの炭酸ガスは、一部をメタノールの原料として利用し、残って炭酸ガスは油田への注入によるEORに利用し、カーボン・フリーのアンモニア輸出に成功した(図表8)。

(図表8) ブルー・アンモニアの概念図



2021年7月には、INPEXが、JERA（中部電力と東京電力による燃料調達から発電までの合弁会社）、JOGMEC（石油天然ガス・金属鉱物資源機構）とともに、UAE（アラブ首長国連邦）のアブダビ国営石油企業 ADNOC と、ブルー・アンモニアの生産の事業化可能性に関する共同調査契約を締結している。ADNOCが生産する天然ガスを改質した水素と窒素を反応させ、アンモニアを合成し、製造時に排出される炭酸ガスを、INPEXが参画するアブダビの陸上油田に注入して、EOR を行う方法が計画されている。

サウジアラビアから輸入されたアンモニアは、天然ガス火力発電、石炭火力発電の燃料と混ぜて（混焼）発電実験を行い、アンモニアだけを燃料とした（専焼）ガス・タービン発電も行い、いずれも順調に稼働している。アンモニアのメリットは、①仮に20%の混焼を行えば2割の炭酸ガス排出削減につながり、②既に肥料・化学品原料として利用され、アンモニア輸送・貯蔵の船舶、タンク等のインフラストラクチャーが整備されており新たな巨額の投資を必要とせず、③従来の石炭火力発電設備・天然ガス火力発電設備を活用でき、④アンモニアそのものの燃焼速度が遅いことから、同じく燃焼速度が遅い石炭火力発電の混焼にも最適であること、等が挙げられる。日本においては、アンモニアは、脱炭素エネルギーの切り札として、数多くのアンモニア事業が行われている（図表9）。

水素についても、中東産油国の豊富な原油・天然ガスから改質されたブルー水素を、燃料電池車をはじめとした次世代自動車の燃料、航空機・鉄道の燃料、燃料電池トラックの燃料、水素エンジン、水素発電の燃料として利用することが計画されており、製鉄・石油化学の脱炭素の有力な燃料としても期待されている。世界各国は、相次いで水素戦略を打ち出し、EUは2050年までに官民で4,700億ユーロ（約57兆円）を投資する計画となっている。日本も水素とアンモニアの利用拡大を構想しており、水素の供給コストを2030年に

(図表9) 日本のアンモニア事業

アンモニア事業2021年

企業名	概要
サウジアラムコ	サウジアラビアのブルー・アンモニアを三菱商事等が輸入
JERA	2021年度から石炭火力発電に20% アンモニアの混焼試験
三菱パワー	大型タービンのアンモニア混焼の開発
IHI	天然ガス・タービンによるアンモニアの混焼試験
大阪ガス	炭酸ガスを排出しないアンモニア生産の米国企業に出資
大阪ガス	豊田自動織機とともにアンモニアを燃料とするエンジン開発
川崎重工業	2021年5月に LP ガスとアンモニアを両方輸送できる船舶の開発
INPEX	UAE の国営石油企業からブルー・アンモニア調達
東洋エンジニアリング	伊藤忠, JOGMEC と東シベリアからアンモニア輸送の事業化調査
三菱ガス化学	三菱商事, JOGMEC とともに, インドネシアにてブルー・アンモニア開発
日本郵船	LNG燃料船をアンモニアも利用できる船舶とする開発開始
日揮	旭化成とともに2024年からグリーン・アンモニア生産

出所：各種新聞報道

(図表10) 日本の水素・アンモニア目標

水素・アンモニアの日本の目標

	2020年	2030年	2050年
水素	200万トン	300万トン	2,000万トン
アンモニア	100万トン	300万トン	3,000万トン

出所：日本政府グリーン成長戦略2021年6月18日

30円/立方メートル, 2050年に水素発電コストが天然ガス火力発電コスト以下となる20円/立方メートル以下とし, 2050年に水素供給量を2,000万トン, アンモニア供給量を3,000万トンとする目標を掲げている(図表10)。

グリーン水素, グリーン・アンモニアへの中東産油国の動き

中東産油国は, 豊富に賦存する原油埋蔵量, 天然ガス埋蔵量を利用したブルー水素, ブルー・アンモニアにとどまらず, 再生可能エネルギーから炭酸ガスを一切排出せずに製造されるグリーン水素, グリーン・アンモニアの製造と輸出も視野に入れている。第1に中東の原油・天然ガスから製造される水素・アンモニアが安価で競争力があるとしても, やはり化石燃料から作られ, 製造時に炭酸ガスを排出するものとして, 欧州諸国の一部, 環

環境保護団体からの批判もある。第2に将来的に、炭素の排出に価格をつけるカーボン・プライシングが行われた場合には、生産コストが安価であるというメリットを失う。第3に中東産油国は、日照条件が良好であり、広大な砂漠地帯、海岸線を利用した、太陽光発電、太陽熱発電、風力発電をはじめとした再生可能エネルギーによる電力を豊富に得られる。この電力を利用したグリーン水素、グリーン・アンモニアの製造計画も、相次いで構想されている。サウジアラビアは建設中の未来都市 NEOM において、米国のエアー・プロダクト・アンド・ケミカルズと協力して、再生可能エネルギーによる電力を用い水を電気分解してグリーン水素を生産し、欧州諸国に輸出する計画を立てている。構想されている太陽光発電・風力発電の発電能力は400万キロワット、事業費50億ドル（約5,500億円）に達する。水素生産能力は日量650トン进行予定している。ドイツ政府は、国家をあげた水素戦略のもと、サウジアラビアで水電解装置を建設するティッセン・クルップに150万ユーロ（約2億円）の支援を行い、サウジアラビアをドイツにとってグリーン水素供給の重要な拠点と位置づけている。オマーンも、国営石油企業OQが香港のインターコンチネンタル・エナジー、クウェート政府系のエネルテックと提携し、発電能力2,500万キロワットの風力発電、太陽光発電の電力を利用した世界最大級のグリーン水素製造プラントを2038年に完成させ、年間180万トンのグリーン水素を欧州諸国に輸出する計画を構想している（図表11）。UAEのアブダビ首長国も、再生可能エネルギーにより製造したグリーン水素をもとに、年間20万トンのグリーン・アンモニアを製造する計画を表明している。

中東産油国全体としては、2050年までに2,000億ドル（約22兆円）に達するグリーン水素関連投資を行い、100万人の雇用を創出できることが見込まれている。グリーン水素製造を目的とした再生可能エネルギーの発電能力は、中東産油国全体において10億キロワットに達するという予測も行われている。中東産油国の強みは、豊富な太陽光の日照と広大な土地にある。そのため、グリーン水素の製造コストも、その他の地域と比較して安価で

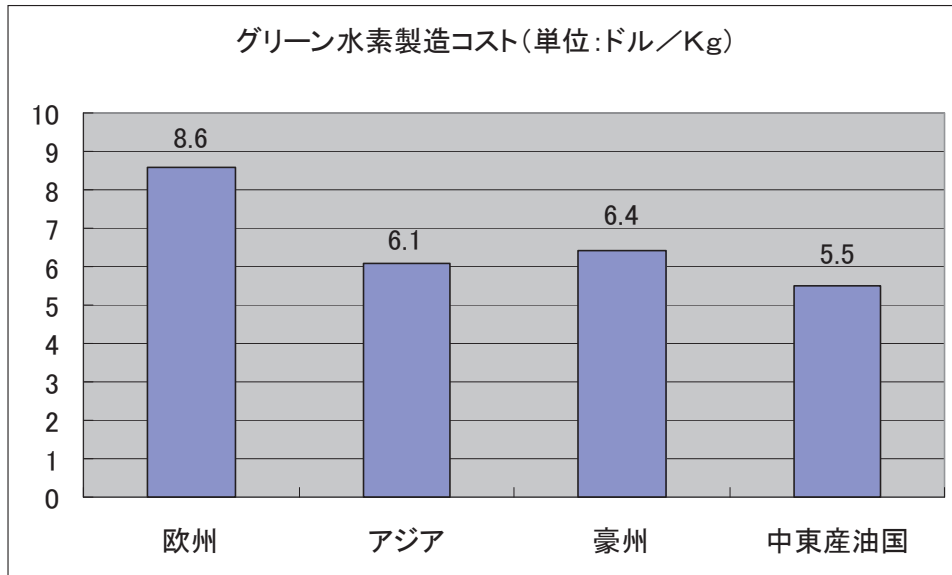
（図表11）中東産油国のグリーン水素製造計画

中東産油国のグリーン水素製造計画2021年

国名	概要
サウジアラビア	米国の産業ガス企業と提携
サウジアラビア	ドイツ企業との提携模索
オマーン	香港の水素開発企業と提携
オマーン	クウェートのエネルギー企業と提携
UAE	ドバイにおいて、シーメンス・エナジーと共同開発
UAE	アブダビにおいて、年間4万トンのグリーン水素生産プラント計画

出所：各種新聞報道

(図表12) グリーン水素製造コスト比較 (単位：ドル/Kg)

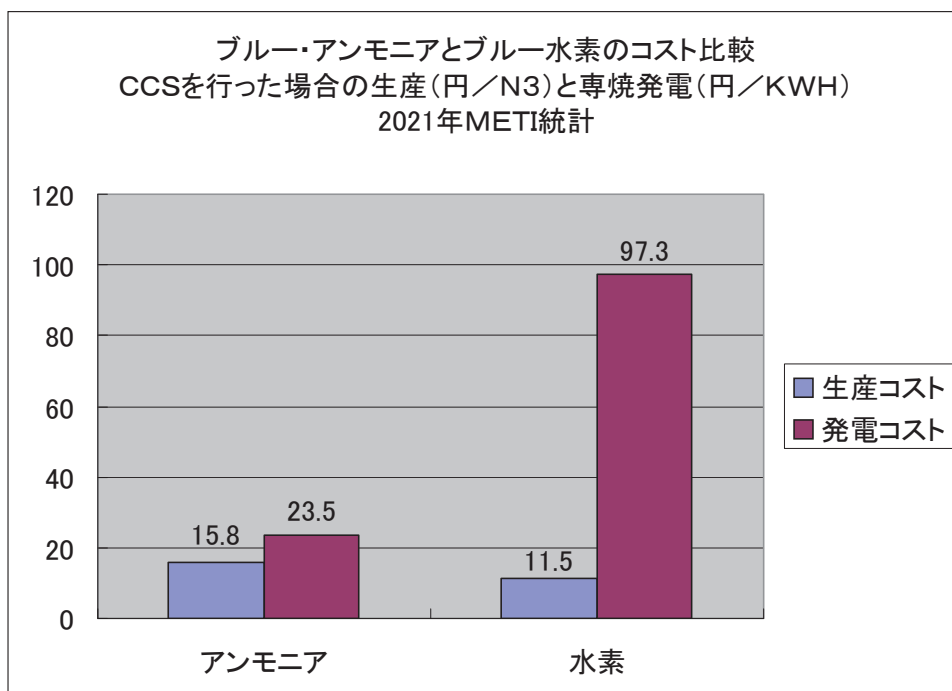


出所：各種専門機関の資料をもとに筆者推計

ある (図表12)。

しかし、ここで留意する必要があることは、ブルー、グリーンともに、水素を中東産油国から輸出するコストが、アンモニアと比較して割高であることである。水素の場合は、絶対零度に近いマイナス253度に冷却して液化して輸送するか、トルエンと反応させて、MCH (メチルシクロヘキサン) を作り出し常温・常圧の液体として輸送する。どちらの方法によっても、水素輸送にあたって大量のエネルギー投入が必要であり、輸送コストが

(図表13) ブルーの水素とアンモニアの発電コスト比較 (円/KWH)



出所：資源エネルギー庁統計

(図表14) アンモニアと水素の特徴

アンモニアと水素の特徴2021年

	アンモニア	液化水素	有機ハイドライド
液化	マイナス33度で液化	マイナス253度	常温・常圧で液化
体積	1,300分の1	800分の1	500分の1
メリット	既存設備を利用	生産コストが安価な国から輸入	トルエンを利用
デメリット	窒素酸化物の排出	超低温が技術的に難しい	水素を取り出す際のエネルギー投入

出所：各種新聞報道

極めて高くなる。その点、アンモニアに合成して輸送すると、既存の化学品輸送船によって輸出が可能となる。そのため、ブルーの水素とアンモニアでは、日本において発電燃料として利用した場合には、アンモニア発電のほうが圧倒的に発電コストが安価となる（図表13）。

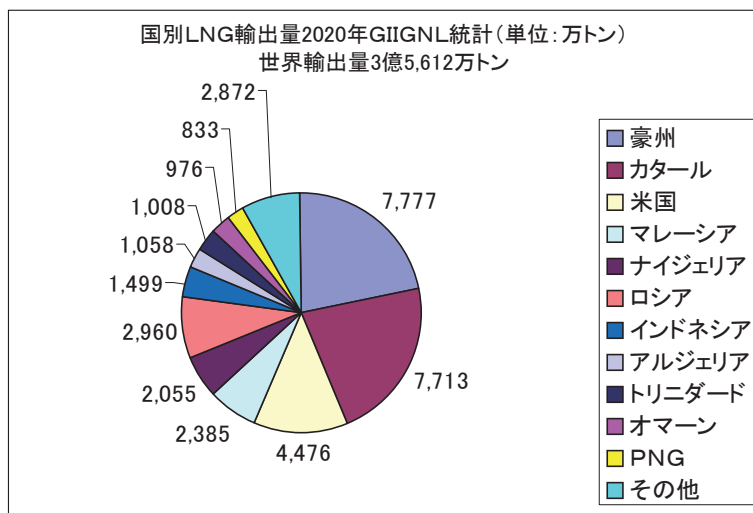
2021年に入って、脱炭素社会の切り札として、水素に加えて、アンモニアが注目されるようになった理由は、水素と比較したアンモニアのハンドリングの容易さ、既存のインフラストラクチャーを利用できるメリットにある（図表14）。

カーボンニュートラル LNG も新たな切り札に

カタール、UAE、オマーンにとっては、LNGは重要な輸出品であり、カタールは世界最大級のLNG輸出量を誇っている（図表15）。

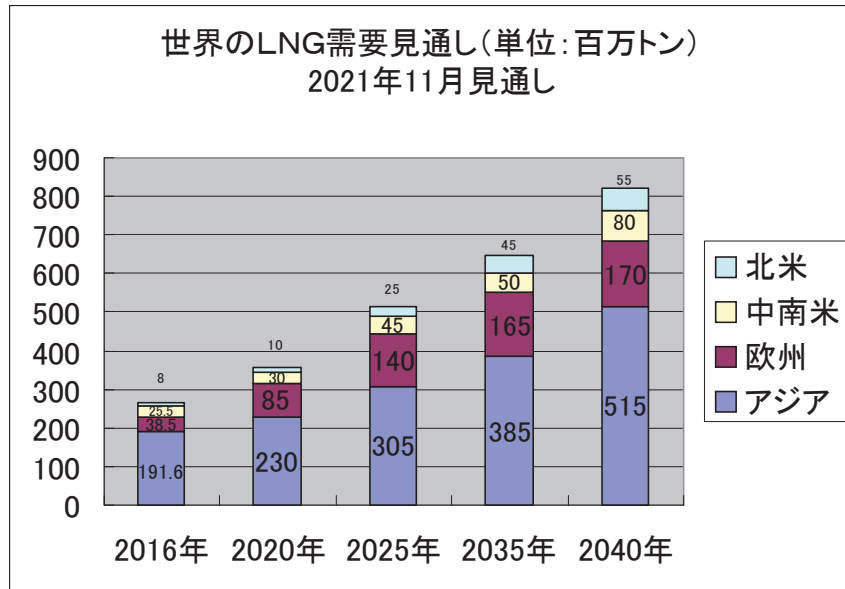
LNGは、単位熱量当たりの炭酸ガス排出量が石炭の半分程度であり、硫黄酸化物、窒素

(図表15) 国別 LNG 輸出量 (単位：万トン)



出所：GIIGNL（国際LNG輸入者協会）統計

(図表16) 世界のLNG 需要見通し (単位：百万トン)



出所：各種専門機関の資料をもとに筆者推計

酸化物の排出もほとんどない。石油・石炭と比較してクリーンなエネルギーとして、脱炭素社会へのトランジション（橋渡し）のエネルギーと考えられている。中国・インドをはじめとしたアジア諸国も、地球温暖化対策、大気汚染防止策として、LNGの輸入を急速に増加させており、2021年に中国が日本を抜いて世界最大のLNG輸入国となり、長期的にも世界のLNG需要の伸びが見込まれている（図表16）。新型コロナウイルスの感染拡大後における世界のLNG需要の増加、寒波の来襲による暖房需要、欧州諸国の天然ガス在庫の減少等から、国際LNGの需給は、当初の予想よりも早く2022年に逼迫することが見込まれている。

世界最大級のLNG生産国カタールは世界一の座を堅持すべく、現在の年間7,700万トンのLNG生産能力を年間1億1,000万トンに引き上げ、2027年には年間1億2,600万トンにする。千代田化工は、2021年2月にカタール国営石油企業QPと総額130億ドル（約1兆4,300億円）の液化プラント建設契約を調印している。しかし、環境に優しいLNGも、化石燃料の一つとして炭酸ガスを排出するという批判が欧州諸国の環境保護団体からは出ている。そのため、カタールの新規LNGプロジェクトは、液化のプロセスにおいて排出される炭酸ガス250万トンをCCSによって回収・地下貯留し、油田の生産性向上を目的としたEORに利用する。さらに、液化プラントを稼働させるための電力については、丸紅等が運営する出力80万キロワットの太陽光発電から調達し、LNGの生産工程における炭酸ガス排出削減を行う。さらに、今後期待されているものが、植林・森林保全等による炭酸ガス吸収と組み合わせ、LNGの製造・輸送・再気化・燃焼のすべてのプロセスにおける炭酸ガス排出量を相殺した、カーボンニュートラルLNGである。既に、東京ガスをはじめとした都市ガス企業は、石油メジャーのロイヤル・ダッチ・シェル等からカーボンニュー

(図表17) 日本企業によるカーボンニュートラル LNG 例

日本企業によるカーボンニュートラル LNG 取引

年月	売主	買い手
2019年7月	シェル	東京ガス
2021年3月	三井物産	北海道ガス
2021年4月	三菱商事	東邦ガス
2021年5月	インペックス	日本海ガス
2021年7月	シェル	大阪ガス

出所：各種新聞報道

トラル LNG の輸入を開始している（図表17）。

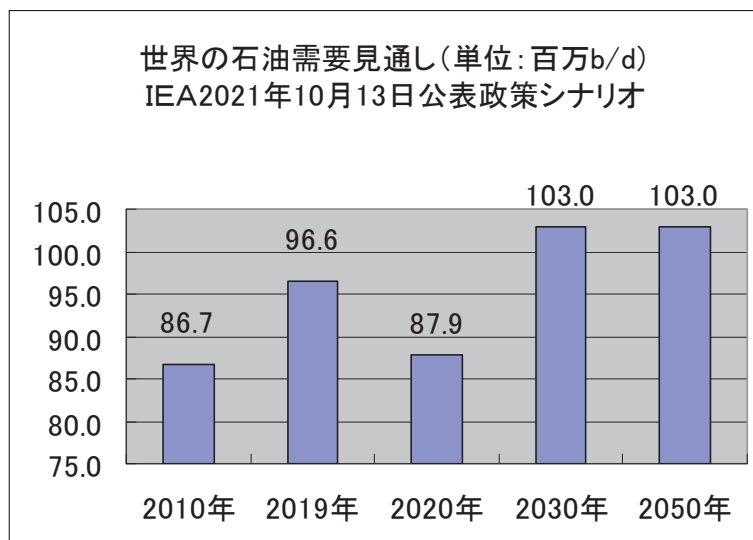
カーボンニュートラル LNG は、生産から燃焼までのプロセスにおける炭酸ガス排出実質ゼロを実現できるうえに、LNG 輸送船・受入基地・都市ガス導管・天然ガス火力発電所等の既存のインフラストラクチャーを活用することができる。カーボンニュートラル LNG 生産のための植林等によるコストは、百万Btu当たり0.5ドル～0.6ドル程度かかるものの、炭酸ガス排出削減を求める企業、消費者から受け入れられている。CNG自動車、LNGトラックについても、カーボンニュートラル LNG を燃料とすれば、電気自動車、リチウム・イオン電池等の技術開発、リチウム、コバルト等のレア・メタル、レア・アースの大量消費、新規の供給インフラストラクチャーへの巨額投資を必要とせず、現在の技術を活用して脱炭素を実現できる画期的な手法といえる。カタール・UAE をはじめとした LNG 輸出国も、長期的に LNG 輸出を増加させるために、LNG の生産・輸送のプロセスにおける脱炭素の実現に向けて動き出している。

脱炭素への石油・天然ガス開発戦略

現在の人類が持っている技術においては、自動車・航空機・船舶等の輸送用燃料、また化学原料として、石油以外に量的・質的・経済的に優れたエネルギーおよび資源はない。発電用の燃料としては、天然ガスはコストと炭酸ガス排出削減の観点から見れば最適のエネルギーといえる。そのため、アジアをはじめとした途上国における自動車保有台数の増加・人口増加・経済成長により、IEA（国際エネルギー機関）の最新の公表政策シナリオでは、2050年に向けて世界の石油需要は引き続き増加する（図表18）。

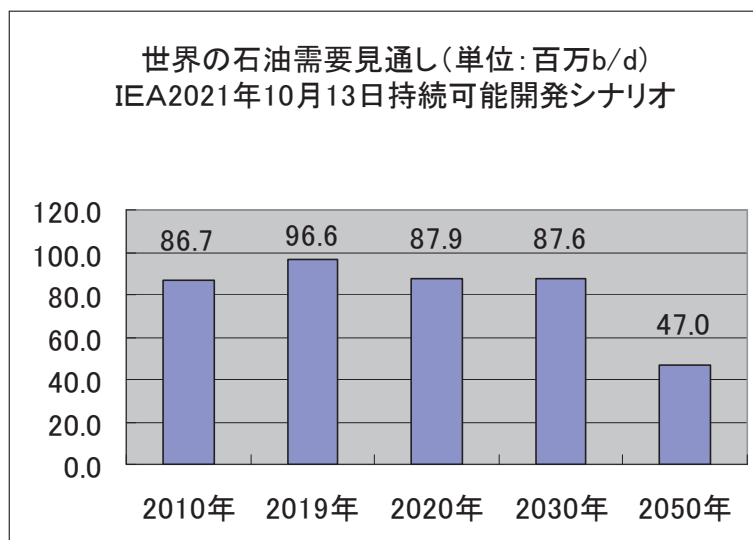
しかし、現在の世界各国の地球温暖化対策では、パリ協定における気温上昇1.5度以内を達成できない。IEAは、パリ協定達成に向けて必要な持続可能開発シナリオにおいて2050年の世界の石油需要は、現在の半分以下の日量4,700万バレルにまで落ち込むと予測している（図表19）。

(図表18) 世界の石油需要見通し (単位: 百万 b/d) 公表政策シナリオ



出所: IEA 世界エネルギー見通し2021年10月13日

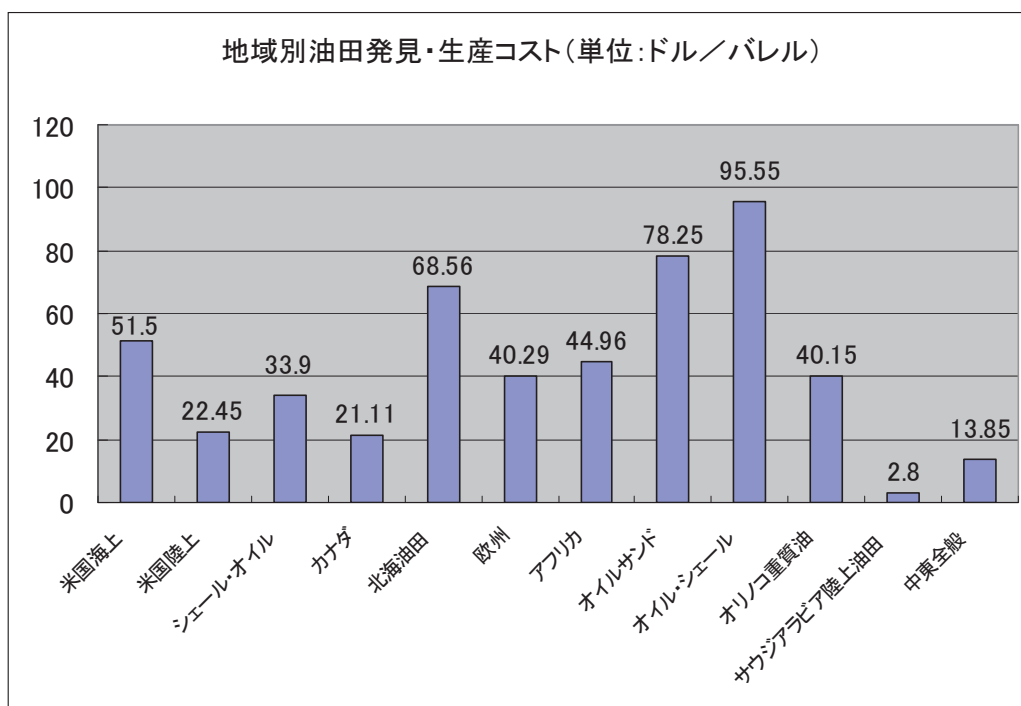
(図表19) 世界の石油需要見通し (単位: 百万 b/d) 持続可能開発シナリオ



出所: IEA 世界エネルギー見通し

世界が脱炭素に動き出し、燃焼時に炭酸ガスを排出する化石燃料の消費を抑制する政策が先進国と途上国を問わず実行されることから、世界の石油・天然ガス需要は伸び悩み、あるいは減少することが見込まれる。その場合には、第1に先進国では、石油企業へのダイベストメント・新規融資の停止等が行われ、米国をはじめとして油田・天然ガス田開発の新規投資は減少する。既に、米国のシェール・オイル生産企業は、原油価格は上昇しているにもかかわらず、原油生産量引き上げのための新規投資に慎重になっている。第2に長距離走行の自動車・大容量積載トラック・長距離航海の船舶・軽量化が求められる航空機等については、電気を動力源とすることは容易ではない。また大量の高熱を必要とする製鉄・石油化学の分野も、水素を利用した直接還元鉄の技術開発にはかなりの時間を要すると考えられる。今後も一定量の石油・天然ガスが必要となり、地球温暖化対策を重視す

(図表20) 地域別油田発見・生産コスト比較 (単位:ドル/バレル)



出所: 各種専門機関の資料をもとに筆者推計

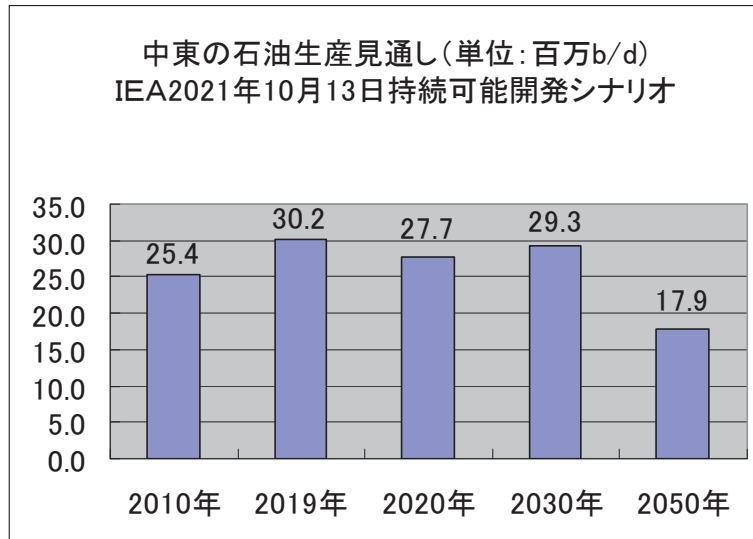
る投資家・金融機関の抑制が小さく、投資余力をもった中東産油国が必要な石油・天然ガスを供給しないと石油・天然ガス需給が逼迫し、2021年秋時点のように、原油価格・LNG価格が高騰する。

そこで、中東産油国の考えられる石油・天然ガス開発戦略としては、第1に圧倒的な競争力を持つ安価な生産コストを武器に、石油・天然ガス供給者としての地位を強化することである(図表20)。

サウジアラビアをはじめとした中東産油国は、他の地域と比較して圧倒的に生産コストが安く、21世紀半ばにかけての石油需要の減退においても、残存者としての位置を守ることができる。持続可能な開発シナリオにおいても、2050年に日量2,000万バレル程度の石油生産により、石油収入を得ることが可能であると見込まれる(図表21)。

第2に太陽光発電、風力発電をはじめとした再生可能エネルギーの一大拠点として、電力輸出国としての役割を發揮することが挙げられる。再生可能エネルギーで作られた電力により国内の増加する電力需要を満たし、余裕のある石油・天然ガスの輸出を外貨獲得源とするとともに、送電ロスが小さい超伝導送電網の構築により、豊富な再生可能エネルギーによる電力を欧州諸国に輸出するスーパー・グリッド構想も考えられる。第3に石油・天然ガスを原料としたアンモニア・水素の新たな輸出戦略が挙げられる。2050年に炭酸ガス排出実質ゼロを実現するためには、人類のエネルギー消費の16%程度を水素が担う必要があるとBPは予測しており、2050年の水素市場は2兆5,000億ドル(約275兆円)に達する。世界的にも、生産コストが安価な水素を供給できる地域は、石油・天然ガスの生産コ

(図表21) 中東地域の石油生産量見通し (単位：百万 b/d) 持続可能開発シナリオ



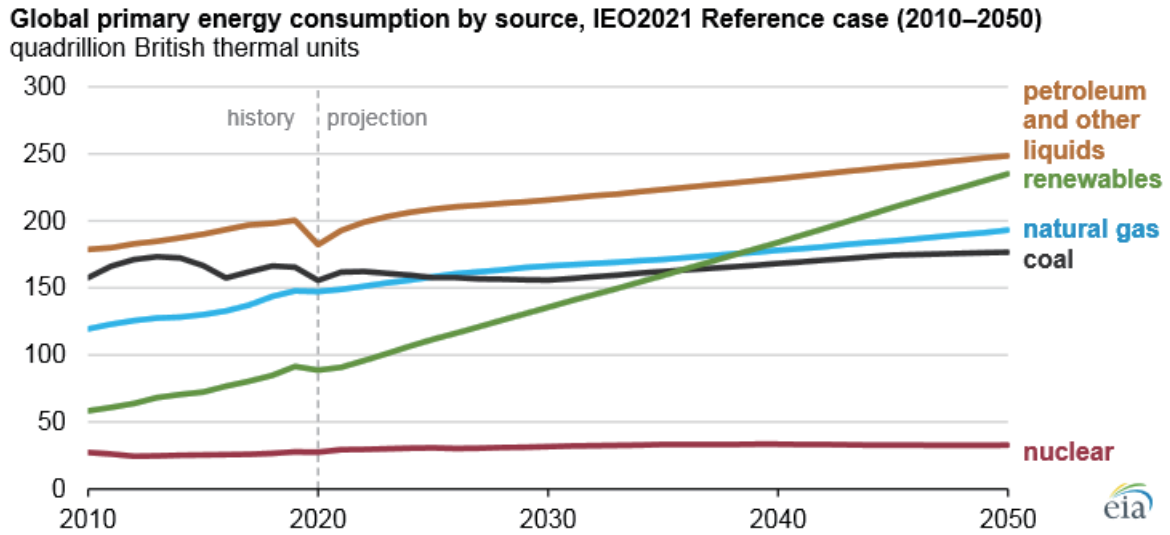
出所：IEA 世界エネルギー見通し2021年10月13日

ストが安い中東産油国と、褐炭等の低品位炭が豊富にある豪州等に限られる。上述したように、日本と同じく水素戦略を掲げるドイツは、サウジアラビアを有望な水素供給国として重視している。第4に脱炭素への技術が完成できなかった場合の必要な石油・天然ガス供給者としての位置を守るために、必要な新規油田、LNG新規プロジェクトへの投資を行うことが挙げられる。

世界が脱炭素に向かうなか、実現のための技術が本当に開発できるのか。そもそも脱炭素が必要なのかは、現時点においては誰にも分からない。そうした状況において、石油による社会構造が生き残るのにしても、アンモニア・水素社会が構築されるのにしても、中東産油国における安価かつ大量の原油・天然ガス埋蔵量、豊富な太陽光の照射は、人類にとって大きな意味を持っている。現実的な予測としては、世界的な人口増加・経済成長により、米国EIA（米国エネルギー情報局）の見通しによれば、2050年においても石油は主力エネルギーであり続け、炭酸ガスの排出量が相対的に少ない天然ガスと、再生可能エネルギーの消費量が増加すると考えられている（図表22）。

脱炭素政策を取り巻く論争において、先進国との対立ではなく、気候変動対策に係わる先進国との良好な対話を通じて、先進国からの資金と技術の導入をはかり、「現実的な」国際石油需給にも対応し、機動的な新規油田開発、LNGプロジェクト戦略、ブルー水素、グリーン・アンモニア戦略をとりつつエネルギーの安定供給者としての役割を果たし、中東産油国の経済構造改革の原資を生み出すことが、中東産油国と日本をはじめとした人類全体にとって、持続的な発展につながることは間違いない。

(図表22) 世界のエネルギー消費見通し (単位：千兆 BTu)



出所：米国 EIA 世界エネルギー見通し2021年

* 本稿の内容は執筆者の個人的見解であり、中東協力センターとしての見解でないことをお断りします。