

総合資源エネルギー調査会
資源・燃料分科会

報告書

令和3年5月

目次

I. はじめに	1
II. 資源・燃料政策を取り巻く国内外の情勢変化	2
1. カーボンニュートラルに向けた取組	2
2. 国際的な資源・エネルギー需給構造の変化	3
3. 国内の化石燃料需要の減少	4
4. 頻発・激甚化する災害	5
III. 今後の資源・燃料政策の重点	6
1. 資源・燃料政策の拡大と一体的な推進	6
2. 適切な時間軸を設定した対応	7
3. 包括的な資源外交	8
IV. 政策の具体的方向性	9
1. 資源・燃料の安定供給確保	9
1. 1 石油・天然ガス	9
(1) 上流開発（石油・天然ガス）	11
(2) 石油備蓄	18
(3) 石油精製	19
(4) 石油販売（SS）	22
1. 2 LPガス	26
1. 3 石炭	27
1. 4 地熱	29
2. 鉱物資源の安定供給確保	32
(1) 横断的取組	32
(2) 上流	33
(3) 中流	34
(4) 下流	36
3. 脱炭素燃料・技術によるイノベーション	37
(1) バイオ燃料	37
(2) 水素	39
(3) 燃料アンモニア	41
(4) 合成燃料	44
(5) 合成メタン（メタネーション）	46
(6) CCS（CO ₂ の分離・回収・貯留）	47
(7) カーボンリサイクル（含：DAC）	49
(8) クレジット	52

I. はじめに

総合資源エネルギー調査会資源・燃料分科会では、2019年7月に、資源・燃料政策を取り巻く国内外の情勢変化を踏まえた資源・燃料政策全体に係る報告書（以下「2019年報告書」という。）を取りまとめた。2019年報告書においては、我が国が一次エネルギーの約9割を占める化石燃料を輸入に頼るという構造的な脆弱性を抱えていることを改めて確認し、資源・燃料政策を取り巻く環境が大きく変化している中で、我が国エネルギー政策の要諦たる「3E+S」原則の下、国内燃料サプライチェーンの維持・強化、カーボンリサイクル技術開発の一層の加速化に加え、国際資源戦略を早期に立案する必要性が示された。その後、資源・燃料分科会において、国際資源戦略として策定すべき事項を検討し、提言として取りまとめた。同提言を踏まえ、経済産業省は、2020年3月に「新国際資源戦略」を策定するとともに、同年6月に独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構法改正を行うなど、同戦略は着実に実行に移されているところである。

一方で、2019年報告書取りまとめや新国際資源戦略策定後に、新型コロナウイルス感染拡大を受け、世界及び日本のエネルギー需給構造は大きく変化している。加えて、気候変動問題への対応の必要性も益々高まっており、我が国も、2020年10月に菅内閣総理大臣が2050年カーボンニュートラル宣言を行った。

このように我が国のエネルギー政策を取り巻く環境が大きく変化する中、資源・燃料政策についても、足下の安定供給確保をしっかりと維持しつつ、将来を見据え、そのあり方を見直していくことが必要である。本報告書では、2019年報告書や新国際資源戦略以降の状況変化を踏まえ、今後の資源・燃料政策のあり方・方向性を示す。

II. 資源・燃料政策を取り巻く国内外の情勢変化

1. カーボンニュートラルに向けた取組

2020年10月、菅内閣総理大臣は、2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを宣言し、「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略（2019年6月閣議決定）」において「今世紀（21世紀）後半のできるだけ早期に実現していくことを目指す」としていたカーボンニュートラル目標を前倒しした。これを受け、同年12月、経済産業省が中心となり、関係省庁と連携して「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を策定した。同戦略では、洋上風力や燃料アンモニア、水素、カーボンリサイクル等の14の重要分野を設定した上で、予算、税、規制改革、規格・標準化、民間の資金誘導といったあらゆる政策ツールを総動員して推進することにより、2050年カーボンニュートラルへの挑戦を、「経済と環境の好循環」につなげることをしている。また、2021年4月、菅内閣総理大臣は、2050年カーボンニュートラルと整合的で野心的な目標として、2030年度に温室効果ガスを2013年度から46%削減することを目指すこと、さらに、50%の高みに向け挑戦を続けることを表明した。

日本の産業界においても、自らカーボンニュートラルに向けたビジョン等を策定し、事業活動に伴うCO₂等の温室効果ガス（GHG）排出すなわち自社排出のネットゼロカーボンを目指すことや、社会全体のカーボンニュートラル実現に貢献するため、水素や再生可能エネルギー、カーボンリサイクル等の技術開発等を行っていくことを掲げる企業や団体が増加している。その中には、石油やガス、電力業界をはじめ、燃焼するとCO₂を排出する化石燃料の生産や利用等に深く関係する企業等も多く含まれており、気候変動問題への対応が、企業にとっても経営上の重要性を増してきていることがうかがわれる。

海外では、欧米を中心にカーボンニュートラルに向けた機運が更に高まりを見せている。2021年1月20日に発足した米バイデン政権では、気候変動問題への対応と経済・雇用政策を一体的に進める姿勢を示すとともに、気候変動問題への対応が米国の外交政策と国家安全保障に不可欠な要素であると強調している。政権発足初日からパリ協定への復帰に関する文書へ署名した。さらに、4月にはGHG排出を2005年比で50～52%減とする新たな2030年排出削減目標であるNDC（自国が決定する貢献）を提出するとともに、気候サミットを開催した。

EUでも、気候変動対策への取組が一層加速化している。2019年12月、欧州委員会は、フォン・デア・ライエン欧州委員長のトッププライオリティである「欧州グリーンディール」を発表し、2020年3月に、「2050年カーボンニュートラル」目標を含む長期低排出発展戦略をUNFCCCに提出した。2020年7月に新型コロナウイルスからの復興計画を盛り込んだ総額1.8兆ユーロ規模の次期EU7か年予算及び復興基金に合意した。経済復興と合わせて、デジタルや気候変動対策

の促進、レジリエンスの向上を強調している。復興基金の37%（約35兆円）を気候変動対策に充当することを表明している。また、2020年12月に、2030年目標として少なくとも55%のGHG排出削減（1990年比）との目標を示したNDCを国連に提出した。今後、EU-ETSの対象拡大や省エネ・再エネ法、自動車排出規制といった関連法制の見直しを2021年6月末までに実施することとしている。

また、中国においてもカーボンニュートラルに向けた取組が進んでいる。2020年9月の国連総会において、習国家主席が、2060年までのカーボンニュートラルやNDCの引き上げ、CO₂排出量を2030年以前に頭打ちさせるとともに、2060年までのカーボンニュートラルを表明した。2015年に発表した「中国製造2025」でも省エネルギー・新エネルギー自動車や電力設備が重点分野に含まれている。加えて、政府のNEV（プラグインハイブリット車、電気自動車及び燃料電池車）振興政策により、全世界のNEV販売台数（約185万台）の過半（56%）が中国となり、BYD等の中国自動車メーカーが世界シェアの上位となっている。

2. 国際的な資源・エネルギー需給構造の変化

国際的なエネルギー情勢は、世界全体で、石油については2040年まで増加、天然ガスについては新興国の伸びを中心に今後確実に需要が増加していくと見込まれる中で、いくつかの変化が表れている。シェールオイルの増産により米国が2020年に初めて石油の純輸出国化を達成した。米国の自国内の石油・天然ガス等の生産量拡大は、中東への関与低下につながっているという指摘もある。

また、新型コロナウイルスの世界的な感染拡大により、各国で国境管理や都市封鎖等が実施されたことにより、資源国における生産停止や物流の停滞等による供給途絶リスクが顕在化した事例も発生した。加えて、世界的な経済活動の制限・停滞により資源・エネルギー需要が減少するとともに、資源価格が下落した。特に、原油については、新型コロナウイルス感染拡大による需要減少が価格下落を招く中、2020年3月のOPECプラス閣僚会合において各国の意見が鋭く対立して減産交渉が決裂し、更なる価格競争の激化等が起こった。その後、4月のOPECプラス閣僚会合において減産合意がなされたものの、原油需要が一層減少する中、WTI原油先物価格がマイナス37.63ドルとなり史上最安値を更新した。その後、世界の経済活動の再開等を受けて、原油価格は上昇してきているところである。

長期的に資源価格が下落することにより、上流投資をはじめとした新規投資が減少し将来の需給逼迫につながるとともに、メンテナンスへの投資が過小となりサプライチェーンの維持が困難になることも懸念される。そのため、原油

市場の安定化は重要であり、生産国・消費国がこの認識を共有し、協力していくことが必要である。

また、エネルギー需要が大幅に高まっている中国やインド等が消費国として存在感を高めている。特に中国は、石油・LNGの輸入量が増大しており、2019年において、2010年比で石油が約2倍、LNGが約6.5倍まで増加し、石油輸入量が世界一となっており、LNG輸入量世界一も目前となっている。一方で、2020年末から2021年始においては、寒波に伴う日中韓等によるLNG需要増加や世界各地のLNG供給設備のトラブル多発による供給量低下、パナマ運河の通航船の渋滞による輸送日数長期化等が重なり、LNGのスポット価格が急騰した。多量の在庫を持つことが困難なLNGの新たなリスクが顕在化した。

加えて、レアメタルの資源ナショナリズムの高まりによって、金属鉱物資源の安定供給に対するリスクも顕在化してきている。インドネシアは鉱業法改正により事実上の鉱石輸出禁止措置を2014年より講じている。このような動きは、フィリピン、アフリカ諸国にも広がりつつあるところである。また、中国では、昨年12月以降、輸出管理法の改正や希土管理条例案の公表を相次いで行っており、輸出管理の強化やサプライチェーン全体でレアアース産業への統制を強めつつある中、将来的にレアアースが輸出管理対象となった場合には、日本企業への深刻な影響も懸念される。日本は各国と連携しながら供給源の多角化を図り、特定国に依存しないサプライチェーン構築を進めることが重要である。

また、新型コロナウイルス感染拡大により、中南米やアフリカ南部等の一部資源国においては、ロックダウン等の影響により、鉱山の一時的な操業の停止や稼働率の低下、物流の停滞等も生じた。このような状況が長期化した場合には供給に支障を及ぼす可能性もある等、新たなリスクが顕在化した。

3. 国内の化石燃料需要の減少

人口減少や化石燃料から再生可能エネルギーをはじめとした他のエネルギー源への転換、省エネルギー化の進展等により、我が国の化石燃料の需要は、今後も減少していくものと見込まれる。これに加え、2020年以降の新型コロナウイルス感染拡大による経済活動の制限・停滞等により、例えば2020年度の燃料油の消費量は、2019年度比で6.5%減と見込まれており、特に消費量の減少したジェット燃料油は2019年度比で42.8%減と見込まれているなど、エネルギー需要の更なる減少も起きている。

加えて、2035年乗用車新車販売電動車100%目標が表明されたほか、再生可能エネルギーの導入拡大、省エネルギー化の更なる進展、CO₂排出量の少ない燃料への転換等が見込まれるなど、2050年カーボンニュートラルに向けて、将来的に化石燃料の需要減少は加速する見通しである。

このような状況は、化石燃料の大半を輸入に依存する我が国にとって、国際資源マーケットにおける購買力や存在感の低下につながる事が懸念される。また、化石燃料需要の先行きが不透明な中で、国内におけるサプライチェーンをいかに維持するかといった課題への対応も急がれる。

4. 頻発・激甚化する災害

資源・燃料政策の検討に際しては、昨今頻発・激甚化する災害への備えという観点も重要である。2019年9月には台風15号が、同年10月には台風19号が上陸し、各地に甚大な被害をもたらした。特に台風15号では、送配電設備への被害が大きく、停電が長期化した。停電が長期化する中で、石油・LPガスは、エネルギー供給の最後の砦として、病院等の重要施設の自家発電機や電源車の稼働等のために利用され、また、2020年12月中旬から翌1月上旬にかけて、北日本から西日本の広範な地域が豪雪に見舞われた。暖房や除雪車・除雪機のために多くの石油・LPガスが利用される、また、一部の地域では、停電や高速道路等における自動車の立ち往生が発生し、SSが自治体や自衛隊と連携して停電地域や自動車への燃料給油に貢献した。このように頻発・激甚化する災害に伴い、石油・LPガス、さらにはSS等の燃料サプライチェーンの災害時における強靱性や重要性が改めて認識されている。

カーボンニュートラルを目指す中でも、3E+Sのバランスを取りながらエネルギーの安定供給を確保することは極めて重要であり、引き続き、平時のみならず災害時、特に南海トラフ地震や首都直下地震等の大規模災害の可能性も見据えて、資源・燃料政策を検討することが求められている。

Ⅲ. 今後の資源・燃料政策の重点

1. 資源・燃料政策の拡大と一体的な推進

エネルギー政策を進める上では、安全性を大前提とし、日々の国民生活や産業活動に支障をきたさないよう、いかなる状況においても、エネルギーの安定供給が確保されることが重要である。また、安定的なエネルギー供給を維持し、国民の信頼を得つつ、カーボンニュートラルへの移行を確実に進めるためにも、資源の安定供給の確保は不可欠である。特に、昨今の中東情勢の変化やアジア域内におけるエネルギー調達行動の変化、さらには戦略物資を巡る国際的な緊張の高まりといった地政学・地経学的状況の変化によって海外からの調達が不安定化したことや、自然災害・異常気象等によって国内におけるエネルギー供給が不安定化したことなどにも留意が必要である。

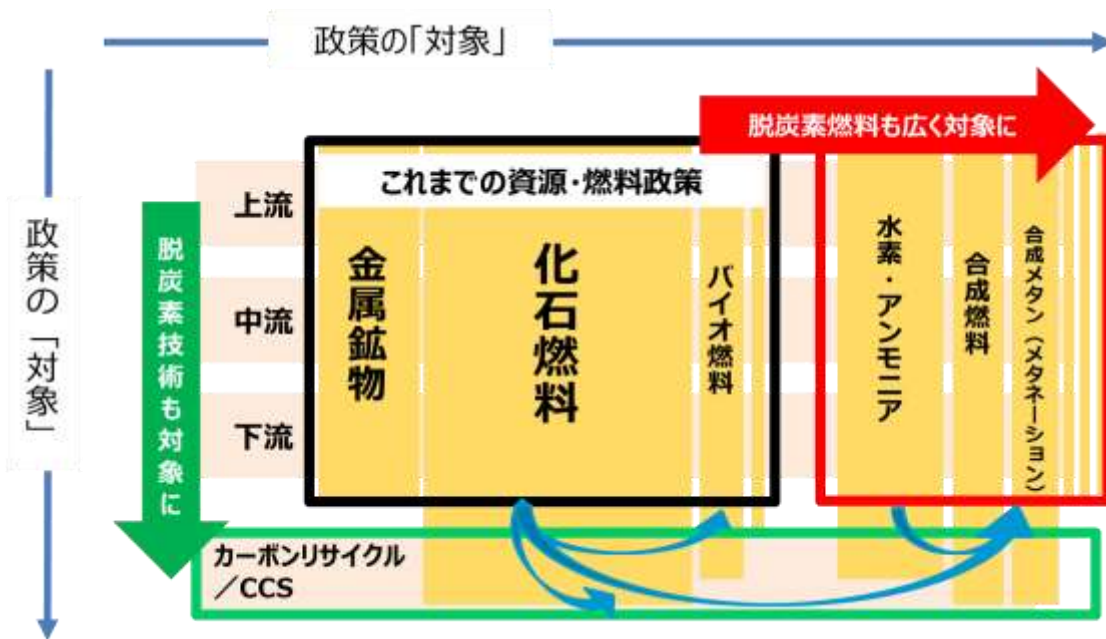
2019年度時点で、日本の一次エネルギー供給の85%、電源構成の76%は化石燃料であり、今後、日本の化石燃料需要は減少することが予想されるが、引き続き化石燃料は重要なエネルギー源であることに変わりはない。また、2050年カーボンニュートラルに向け、電化や再生可能エネルギー機器等で需要が拡大する金属鉱物資源の重要性は更に増大していくことが予想される。

こうした状況を踏まえ、我が国が2050年に向けて「カーボンニュートラルへの移行」という大きなチャレンジを円滑に実現するためには、以下の3点を資源・燃料政策の柱として取り組んで行くことが必要である。

- ▶ 足元で必要な石油・天然ガス等の安定供給をこれまで以上にしっかり確保していくこと
- ▶ 電化や再生可能エネルギー機器等で需要が拡大していくレアメタル等の金属鉱物資源の安定供給をこれまで以上にしっかり確保していくこと
- ▶ 脱炭素化に向けてあらゆる選択肢を追求していくこととし、脱炭素燃料・技術の導入・拡大に向けたイノベーションを推進していくこと

また、3E+Sの原則の下で、これら3つの柱を一体的に推進するため、石油・天然ガス・金属鉱物資源等の安定供給確保や緊急時の対策を充実させることは大前提であるが、以下の2つの方向で、資源・燃料政策を拡大し、一体的に政策を推進することが必要である。

- ▶ 化石燃料及び金属鉱物資源だけでなく、脱炭素燃料（水素・アンモニア、合成燃料等）にまで政策の対象を拡大する
- ▶ 資源・燃料の上・中・下流だけでなく、脱炭素技術（カーボンリサイクル・CCS等）にまで政策の対象を拡大する



さらに、こうした政策の拡大を踏まえ、資源・燃料政策の実施機関である独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）についても、我が国がカーボンニュートラル社会への移行という大きなチャレンジを行うことから、水素・アンモニア、CCS等の脱炭素燃料・技術も視野に、大幅な役割の見直し・機能拡充を検討することが必要である。

2. 適切な時間軸を設定した対応

カーボンニュートラルへの移行には、省エネルギーの更なる実施、再生可能エネルギーの導入等に加えて、脱炭素燃料・技術の商用化に向けたイノベーションも含め、あらゆる選択肢を追求することが不可欠であり、中長期的な挑戦が必要とされる。そのため、カーボンニュートラルへの移行に当たっては、有望なイノベーションに挑戦しつつも、特定の技術を決め打ちするのではなく、技術確立の状況や社会環境の変化等を踏まえた上で、適切な時間軸を設定した対応が重要である。

具体的な取組については、まず、燃料利用の更なる高効率化や足元で可能な低炭素燃料・技術への転換・導入を図りながら、研究開発による脱炭素燃料・技術の確立状況やその経済性等に応じて脱炭素燃料への転換や脱炭素技術の導入・拡大を図っていくという形で取組が拡大し、GHGの排出が十分減少した社会に移行していくことが想定される。

他方、カーボンニュートラルに向けた諸外国の実施状況や国際世論、資本市場の動向等を踏まえ、カーボンニュートラルに向けた取組の加速化や国際連携の推進等の見直しを絶えず行っていくことが必要である。

3. 包括的な資源外交

これまでは、主に、石油・天然ガスと金属鉱物資源の安定供給確保を目的として、資源外交が展開されてきた。カーボンニュートラルに向けた国際的な動向の影響も受け、世界の資源・エネルギー情勢はより複雑化・不透明化しており、資源に乏しい我が国は、石油・天然ガスと金属鉱物資源の安定供給確保のため、引き続き資源外交を最大限取り組む必要がある。

一方、脱炭素燃料・技術の将来的な導入・拡大のため、今から積極的にカーボンニュートラルへの移行に向けた取組を開始していくことが必要である。例えば、水素・アンモニアのサプライチェーン構築やCCSの適地確保には、これまで石油・天然ガスの資源外交で培った中東やロシア等の産油・ガス国との協力関係、ネットワーク等が重要な基盤となり得るものと考えられる。また、諸外国で生産された再生可能エネルギーについて、石油や天然ガスと同様に資源と捉えて、グリーン水素・グリーンアンモニアに転換して輸入するという新しいコンセプトを強く意識して活動することも必要である。

このため、資源外交は、包括性を強く意識した「包括的な資源外交」に高度化すべきである。

具体的には、石油・天然ガスと金属鉱物資源の安定供給確保、さらには脱炭素燃料・技術の将来的な確保について、これまで以上に、短期から中長期までの広い視野を持ち、SDGsの観点も踏まえ、資源・燃料全体を総合的に捉えて一体的に推進すべきである。その際、従来の二国間の枠組みに加えて、多国間の枠組みを通じた案件組成や国際ルール形成にも積極的に参画し、推進すべきである。

また、世界、特に今後のエネルギー需要増化の中心となるアジアのエネルギーセキュリティに貢献し、これによって我が国の資源・エネルギーの安定供給を実現していくべきである。こうした観点から、例えば、アジア等新興国の実態に即した現実的なエネルギーtransitionに向けたLNG導入支援や脱炭素移行政策誘導型インフラ輸出支援、信頼性のある重要鉱物サプライチェーン構築のための米国との連携など、資源供給国のみならず、資源需要国との連携・協力も推進すべきである。また、先進国間においても、各国ごとの事情を踏まえたカーボンニュートラルへの移行に向け、実効的かつバランスの取れた議論を進めるべきである。

IV. 政策の具体的方向性

1. 資源・燃料の安定供給確保

今後のカーボンニュートラルに向けた移行のスピードが予見できない中で、将来にわたって一瞬の途切れもなく、必要な資源・燃料の安定供給を確保し続けることが、資源・燃料政策の責務である。将来的に CCS やカーボンリサイクル、クレジットによるオフセット等の社会実装により、化石燃料の利用とカーボンニュートラルが両立していくことに十分留意すべきである。そのため、足元で依存している石油・天然ガス等の安定供給を、引き続きしっかりと確保していくことが重要である。

他方、石油・天然ガス等の確保に向けてこれまで通り取り組むだけでは、将来の燃料の安定供給確保の観点からは不十分である。脱炭素燃料・技術の導入・拡大に向け、今から積極的に取組を開始していくことが必要である。エネルギー・レジリエンスを確保しつつ、カーボンニュートラルに円滑に移行していくためには、政府、JOGMEC 等の関係機関、石油・天然ガス関係企業の役割も、以下のように転換していくことが求められる。

- ▶ 政府：化石燃料だけでなく、脱炭素燃料・技術も含めた資源・燃料政策を展開する
- ▶ 関係機関：化石燃料だけでなく、脱炭素燃料・技術に係る民間企業を取組も支援する
- ▶ 石油・天然ガス関係企業：既存のアセットや人材、ネットワーク、安全に係るノウハウ等の強みを活用し、化石燃料だけでなく、脱炭素燃料・技術の分野においてもメインプレイヤーを目指す

1. 1 石油・天然ガス

① 石油の位置付け

国内需要は減少傾向にあるものの、2019 年度時点で、一次エネルギーの 37%を占めており、運輸・民生・電源等の幅広い燃料用途や化学製品など素材用途があるという利点を持っている。特に、運輸部門の依存は極めて大きく、製造業における材料としても重要な役割を果たしている。そうした利用用途に比べ、電源としての利用は電源構成の 7%に留まっている。

調達に係る地政学的リスクは化石燃料の中で最も大きいものの、既に全国的な供給網が整備されており、また、備蓄が整備されている。また、医療機関等の社会的重要なインフラや一般家庭においても備蓄可能で、可搬性が高く、停電地域の自家発電機や豪雪で立ち往生した自動車への給油等も可能であるなど、災害発生直後から被災地への燃料供給に対応する機動性があり、加えて、他の

喪失電源を代替するなどの役割を果たすことができることから災害時にはエネルギー供給の「最後の砦」となる、今後とも活用されていく重要なエネルギー源である。

国際的には、2020年10月に公表された「IEA World Energy Outlook 2020」の Stated Policies Scenario においては、2040年の世界の石油需要は2019年に比べ増加するとされている。Sustainable Development Scenario においては、2030年に2019年比で約9割、2040年に同約7割の水準とされている。

② 天然ガスの位置付け

現時点で電源の約4割を占め、熱源としての効率性が高いことから利用が拡大している。石油と比べて地政学的リスクも相対的に低く、化石燃料の中でGHGの排出も最も少なくクリーンで、発電においてはミドル電源の中心的な役割を果たしている。各分野における天然ガスシフトが進行する見通しであることから、長期を展望した環境負荷の低減を見据えつつ、その役割を拡大していく重要なエネルギー源である。

また、エネルギーの安定供給を確保するためには、天然ガスを利用する都市ガスなどエネルギーネットワークの多様性を確保することが必要である。天然ガスを活用して電気と熱を供給できるガスコージェネレーションの利用促進も重要である。これにより天然ガスは、カーボンニュートラルへの移行期の低炭素化にも貢献できる。

加えて、天然ガスは、再生可能エネルギーの導入が進んだ場合の調整電源としても必要となる。また、クレジットでカーボン・オフセットされたLNGの利用が始まっている。さらに、将来的には、燃焼してもCO₂を排出しない水素や燃料アンモニアの主要な原料として期待されており、水素社会の基盤となっていく。

こうしたことを踏まえれば、天然ガス（LNG）は、カーボンニュートラル社会の実現に向けた移行期に加え、カーボンニュートラル社会実現後も、引き続き重要なエネルギー源である。

国際的には、2020年10月に公表された「IEA World Energy Outlook 2020」の Stated Policies Scenario においては、2040年の世界の天然ガス需要は2019年から30%もの増加とされている。Sustainable Development Scenario においても、天然ガス需要は、2030年は2019年とほぼ変わらず、2040年も同約9割の水準が維持されるとされている。

(1) 上流開発（石油・天然ガス）

① 位置付け

石油・天然ガスは、エネルギー政策の大前提となるエネルギーの安定供給を確保していく上で、引き続き、国民生活・経済活動を支える重要なエネルギー源である。中東情勢や新興国の需要拡大等も踏まえると、石油・天然ガスの上流権益確保等の重要性は変わらない。

さらに、カーボンニュートラル実現に資する新たな燃料や技術の導入・拡大には、これまで石油・天然ガスの資源外交で培った中東やロシア等の資源国との協力関係・ネットワーク等が重要な基盤となることが見込まれ、石油・天然ガスの開発を担ってきた企業が、こうした新たな燃料確保のメインプレイヤーとなることが期待される。

② 背景・課題

(i) 自主開発の重要性

資源のほぼ全量を海外からの輸入に依存する我が国において、エネルギー資源の安定的かつ低廉な調達を行うためには、国際市場から調達するのみならず、我が国企業が海外で資源権益を確保し、直接その開発・生産に携わることで、生産物の引取を行う、いわゆる自主開発の推進を図ることが極めて重要である。

そのため、内閣総理大臣を筆頭とした資源外交や JOGMEC によるリスクマネー供給等を通じて、我が国企業による国内外における自主開発を推進してきた。

一方で、2020 年前半の急激な油価下落・低迷による同年以降の世界の上流開発投資の減少により、2025 年以降の石油・天然ガス生産量は大きく減少し、需給逼迫や価格上昇につながるおそれがある。こうした中で、石油・天然ガスのほぼ全量を輸入に依存する我が国は、輸入依存度が高いことによる資源調達における交渉力の限界や、中東情勢の変化等による供給リスクを抱えるという構造的課題を抱えている。とりわけ、昨今は、ホルムズ海峡における紛争リスクに加え、南シナ海・東シナ海での緊張の高まりが指摘されるなど、石油・LNG の調達におけるシーレーンのリスクが高まっている。引き続きエネルギーの安定供給を確保するためには、将来の需給逼迫リスクに鑑み、供給源の多角化に加え、自主開発の更なる拡大が不可欠である。

また、世界的な脱炭素化の流れの中で、資源国は既存の化石燃料資産の座礁化を避けるため、水素・アンモニア、CCS といった脱炭素燃料・技術への投資を重視していくというメッセージを出している。こうした状況を踏まえ、我が国としても、前述の「包括的な資源外交」を展開することが必要である。

(ii) 我が国及びアジアのエネルギー・レジリエンス向上

昨今の中東情勢の変化や成長著しいアジア地域の域外エネルギー依存度の高まりといった地政学・地経学的状況の変化への対応に加え、自然災害等に対するエネルギー・レジリエンスの向上が不可欠である。

我が国のエネルギー・レジリエンス向上のあり方を考える事象の一つとして今冬の電力需給逼迫がある。今般の電力需給の逼迫は、厳しい寒波による電力需要の大幅な増加と世界各地の LNG 供給設備のトラブル等に起因する LNG 在庫減少による LNG 火力の稼働抑制が主因とされる。さらに、石炭火力のトラブル停止や渇水による水力の利用率低下、太陽光の発電量変動といった背景事象や石油火力の休廃止等の構造的事象が存在した。それらに加え、再生可能エネルギーの導入拡大に伴い、調整力としての火力の重要性が増し、LNG 火力への依存度が増大した一方で、電力自由化に伴う経済効率性の観点から各電力会社は LNG 在庫の余剰分を適正化しており、その結果として kW・kWh 双方が不足するリスクが顕在化した。今般の LNG スポット市場の動向が示しているのは、我が国が冬を迎え、長期契約をベースとする供給量では足りない量をスポット市場から調達する時期に、中国・韓国でも LNG の急激な需要が発生する可能性が高くなっており、それによる一時的な価格の急騰、マーケットのタイト化である。また、本年にも中国が日本を抜いて世界一位の LNG 輸入国になる可能性があり、国際的な LNG スポット市場における日本のプレゼンス低下や、日本の LNG の安定供給への懸念が指摘されている。

我が国の LNG 調達は、原油にリンクした長期契約をベースにした取引が多数を占めており、それ以外については LNG スポット市場から調達する必要がある。2016年には、市場の流動性向上を通じた LNG 需給と価格の安定化を目指して「LNG 市場戦略」を策定し、同戦略に基づいて、第三者への転売等を禁じる仕向地条項の緩和・撤廃や調達先の多角化を進め、LNG 市場の流動性は確実に向上してきたが、今冬に北東アジアの LNG 価格が乱高下したように、価格の安定化は未だ道半ばといえる。

これまで、我が国及びアジアの LNG セキュリティを高め、流動性の高い市場を構築する観点から、我が国の 50 年にわたる LNG 輸入の知見を活かし、アジアの需要を開拓し、新たな供給プロジェクトを推進するため、2017 年及び 2019 年の LNG 産消会議において、我が国の官民合わせて 200 億ドルのファイナンス支援と 1,000 人のキャパビル支援をコミットした。また、「新国際資源戦略」において、「2030 年度に日本企業の「外・外取引」を含む LNG 取引量が 1 億トン」とする目標を設定し、取組を推進してきた。

さらに、2020 年 10 月に開催された第 9 回 LNG 産消会議では、昨今の世界的な脱炭素化の流れを踏まえ、梶山経済産業大臣が「LNG バリューチェーン全体

での脱炭素化の取組を日本が主導する」ことを宣言しており、脱炭素化の流れを踏まえた取組も必要である。

(iii) 上流分野における脱炭素化の必要性

世界的な環境意識の高まりにより、資源国政府による上流開発時における CCS の義務化や GHG 排出量の計測・報告が求められるようになり、メジャーをはじめとした世界の主要上流開発企業は上流開発のみならず、再生可能エネルギーや植林、CCS 等、脱炭素化に向けた様々な取組を強化している。

今後、海外の上流分野では新規開発や既存案件の追加開発時に CCS の実施が義務化されていく可能性が高いが、こうした上流開発における CCS 実施には、1,000 億円～数千億円規模という多大な追加コストが発生する一方で、それだけでは収益を生まない。現状、我が国は、上流開発に伴う海外の CCS 事業への直接的な支援策を有していない。我が国企業による上流開発における CCS 実施に対する政策的支援や、CCS 事業そのものに何らかの経済性が付加されなければ、他国の欧米メジャー等と比較して企業規模が小さい我が国企業は、こうした事業リスクを負うことは困難である。結果的に、我が国企業による上流開発への投資意欲が抑制され、我が国のエネルギー安定供給に支障が出るおそれがある。

上記を踏まえると、CCS 等脱炭素化の取組を通じた CO₂ 削減そのものに何らかの形で付加価値を付けることで、上流開発における脱炭素化を支援することが必要となる。

海外における上流開発が大宗を占める中で、特に、CCS 等の脱炭素化技術に付加価値を付けるために有効だと考えられる手法が、政府間合意に基づいて実施されるプロジェクトを通じてクレジットが得られる二国間クレジット制度 (JCM) である。もう一つが、TSVCM (Taskforce on Scaling Voluntary Carbon Market) のメンバーでもある VCS (Verified Carbon Standard) や Gold Standard など民間認証機関が企業の GHG 排出削減活動に対してクレジットを発行し、それが取引されるボランタリー・クレジット市場を通じたクレジット取引である。しかしながら、現状では、二国間クレジット制度とボランタリー・クレジット市場のいずれにおいても CCS 事業による GHG 排出削減量の方法論が確立されていないことが課題となっている。また、CCS 等脱炭素化の取組により海外で創出したクレジットが、日本国内の CO₂ 削減目標に貢献できないという課題もある。

(iv) アジアのエネルギーtransitionにおける石油・天然ガスの必要性

経済成長に伴い、東南アジアではエネルギー需要が大きく拡大している。IEA の Stated Policies Scenario では、2040 年時点においても一次エネルギー

一の約8割を化石燃料が占める。パリ協定等で定められた目標を達成するため、先進国のみならずアジアを中心とする新興国の低炭素化が求められる。

国際金融にも変化が表れており、欧州投資銀行をはじめとする欧州金融機関が、石油・ガス関連事業のダイベストメントを発表する一方で、欧州復興開発銀行などの一部の欧州金融機関は、SDGsの観点からはグリーンだけではなく、「Secure」かつ「Affordable」なエネルギーが不可欠である点を強調するなどして、ガス火力プロジェクトを含む化石燃料への支援を継続している。各国のエネルギー資源賦存状況や経済実態等を踏まえた、現実的かつ戦略的な対応と言える。

我が国としては、世界のカーボンニュートラル実現に向けて、未だエネルギーの多くを石油・天然ガス等の化石燃料に依存するアジア等の新興国が、今後の経済成長と現実的なエネルギーtransitionを両立できるようにするため、それらの新興国とともに、移行期における化石燃料の必要性を示していく必要がある。この考え方は、SDGsの一つである「すべての人が手頃な価格で安定的な発電による持続可能で近代的なエネルギーを使える」(SDGs Indicator 7: Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all.)にも合致するものである。

こうした考えを踏まえて、2020年11月に開催された日ASEAN首脳会議等において、菅内閣総理大臣から「日本として、アジアの事情に即した現実的で持続可能な脱炭素・エネルギー転換の取組を全面的に支援」することを宣言した。

また、2020年12月に決定された「インフラシステム海外展開戦略2025」では、相手国の発展段階に応じたエンゲージメントを強化していくことで、世界の実効的な脱炭素化に責任を持って取り組むべく、「脱炭素移行政策誘導型インフラ輸出支援」を推進するという基本方針が定められており、さらに、同月に決定された「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」では、欧米やアジア新興国等、主要国と連携したグローバルな脱炭素化を促進しつつ、新興国等の海外市場獲得を通じた国内の脱炭素技術産業の強化を進めていくとされている。

(vi) 新時代における人材育成・獲得

世界的なカーボンニュートラルの流れの中で、石油・天然ガス業界は、GHGの多排出業界として、就職志望者が減少傾向にある。我が国における上流開発業界に関して言えば、企業側の採用人数自体が例年少ないため、当面は、人材の確保が危機的状況になることは想定されにくいものの、今後も重要なエネルギーの供給を維持し、総合エネルギー産業として発展していくためには、資源工学や地質学を専攻する学生の継続的確保が課題となる可能性がある。

また、石油・天然ガス事業で必要な人材は、必ずしも資源工学や地質学を専攻する学生だけではない。今後、2050年カーボンニュートラル実現に向けて、脱炭素化の取組を積極的に進めて自ら変革を遂げる石油・天然ガス業界こそが、2050年の脱炭素化社会をダイナミックに実現できる「メインプレイヤー」であり、最もチャレンジングでエキサイティングな産業」といった前向きなメッセージを継続して発信していくことが必要である。これにより、文理問わず多様かつチャレンジ精神あふれる学生を確保していくことが必要となる。

我が国にとっても、足下の石油・天然ガスの安定供給確保と将来的な水素・アンモニアの導入やCCS適地の確保に向けた体制構築を進めていくための中心的な担い手が現在の石油・天然ガス業界であることを鑑みれば、こうした取組を通じて、多様かつチャレンジ精神あふれる人材の獲得は、我が国のエネルギー安定供給及びカーボンニュートラルへの移行に資するものと考えられる。

③ 政策の方向性

(i) 石油・天然ガスの自主開発の更なる推進

2050年カーボンニュートラルに向けても、石油・天然ガスの安定供給確保が引き続き重要な柱であることに鑑み、国際情勢の変化への対応力をより一層高めるため、JOGMECによるリスクマネーの供給や内閣総理大臣を筆頭とした資源外交の推進等を引き続き行い、海外権益の獲得や中東内での供給源の更なる多角化を図ることが重要である。また、我が国企業の権益に基づく引取量拡大と国内資源開発の推進を通じて、現状の自主開発比率目標を可能な限り高めることが重要である。このため、現状のエネルギー基本計画（2018年7月閣議決定）で「石油・天然ガスの自主開発比率を2030年に40%以上に引き上げること」を目指すとしている現在の目標を更に高く引き上げつつ、2040年以降の目標についても、新しいエネルギー基本計画の検討状況等を踏まえて、新たに具体的な数値を定めるべきである。なお、今後の水素・アンモニアの国内需要や国内外の水素・アンモニア関連の上流開発プロジェクトの立ち上がり状況も踏まえて、水素・アンモニアを自主開発目標の対象とすべきかどうか、今後の検討事項とすべきである。

国内資源開発については、世界で第6位の広さを誇る我が国の管轄海域には、海洋由来のエネルギー資源の賦存が確認されており、陸域に存在するものも含め、これら国内資源の開発を進めることで、地政学リスクに左右されない安定的なエネルギーの供給が可能となることから、引き続き重要である。このため、後述するブルー水素・ブルーアンモニアの原料としての利用も見据えつつ、なるべく早く成果が得られるよう、引き続き国内資源開発を推進するべきである。

具体的には、石油・天然ガスについては、現状のエネルギー基本計画等において位置付けられているとおり、三次元物理探査船「たんさ」を用いて、2028

年度までに概ね 50,000 平方キロメートルの探査を実施するという目標の達成に向けて、国内石油・天然ガスの探査を着実に実施するとともに、民間企業等による探査に同船を活用するなど、より効率的・効果的な探査を実現し、市場競争力を高めることで、国内のみならず海外でも石油・天然ガスの探査を実施すべきである。

また、メタンハイドレートについては、海洋基本計画に基づき策定された「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画（2019年2月経済産業省策定）」において「2023年度から2027年度の間民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指す」という目標の中で、なるべく早く成果が得られるよう、技術開発等を引き続き着実に実施すべきである。

(ii) 産油・産ガス国等との資源外交

石油・天然ガスといった従来資源に加え、将来的な水素・アンモニア、CCS 適地等の獲得も見据え、資源国との関係を強化するため、資源国における経済構造改革や財政基盤の強化、さらには資源需要国も含めて、水素等の分野における協力案件の組成に貢献していくべきである。その際、従来の二国間枠組みに加えて、同志国間の緩やかなネットワークや、多国間の枠組みを通じて、脱炭素燃料・技術に関する協力案件組成や国際ルール形成にも貢献していくべきである。

(iii) アジア LNG 市場の創出・拡大、「新 LNG 戦略」の策定

LNG は、原油と同様の方法で備蓄を保持することが困難なことから、調達先の多角化、LNG 市場の拡大によるエネルギーセキュリティを高めることが重要である。国際 LNG 市場における我が国の影響力を維持するために、引き続きアジア各国の LNG 需要の創出・拡大に積極的に関与し、流動性が高く厚みのある国際 LNG 市場の形成に貢献していくことが重要である。加えて、我が国企業が我が国以外の取引にも積極的に関与し、ビジネスチャンスを拡大させることも重要である。このため、JOGMEC によるリスクマネー供給等を通じ、引き続き積極的に我が国企業の天然ガス田開発・LNG 事業を支援していくべきである。

さらに、2016年に策定した「LNG 市場戦略」を刷新し、昨今の世界的なカーボンニュートラルの流れを踏まえつつ、電力・ガス市場の自由化の中で、いかに LNG の安定調達を図り我が国のエネルギーセキュリティを確保するか、といった方針を含めた「新 LNG 戦略」を早期に策定すべきである。同戦略の策定に当たっては、LNG 市場の流動性向上を目的として 2017年に公正取引委員会から発表されたレポート（「液化天然ガスの取引実態に関する調査について」）により、どの程度仕向地フリーの契約が増加したかについて評価を行うべきである。また、更なる仕向地柔軟化や契約多様化等を通じた市場の流動化に資する

施策や、「2030年度に日本企業の「外・外取引」を含むLNG取引量が1億トン」とする目標の達成に向けた具体的取組の検討、LNGインフラへのファイナンス支援・人材育成等を通じたアジアLNG市場の拡大策、安定的かつ効果的なLNG調達体制のあり方等について検討すべきである。

(iv) 我が国企業が海外で創出したクレジットの付加価値化

JOGMECによるリスクマネー供給や技術開発、実証、人材育成等を通じた我が国企業の上流開発におけるCCS等脱炭素化対策への支援に加えて、CCSプロジェクトの形成を通じた二国間クレジット制度(JCM)における更なるパートナー国の拡大に向けた環境作り、ボランティア・クレジット市場におけるCCSのクレジット対象化に向けた環境整備、日本企業が海外で創出したクレジットの国内制度における位置付けの検討・明確化等を通じて、日本企業が海外で創出したクレジットの付加価値化を図るべきである。

(v) アジアの現実的なエネルギーtransition

世界のカーボンニュートラルへの移行に向けて、アジア等の新興国のエネルギー資源の安定供給確保と持続的な経済成長を実現しつつ、現実的なエネルギーtransitionの取組を加速すべく、各国による自主的な取組を我が国として支援すべきである。

具体的には、各国の経済成長に向けたニーズや、経済的・地理的多様性、化石燃料の重要性、再生可能エネルギーのポテンシャル等を踏まえた多様なエネルギーtransitionの道筋(ロードマップ)の策定を支援するとともに、その実現に向けて、アジア版のtransition・ファイナンスの普及や、個別プロジェクトに対する実証事業やファイナンス支援、制度整備、人材育成等を実施すべきである。

(vi) 新時代における人材育成・獲得

今後、石油・天然ガス業界を取り巻く環境が大きく変化していく中で、「総合エネルギー産業」としての業界をリードする多様かつチャレンジ精神あふれる人材を獲得していくため、経済産業省と上流開発企業、エンジニアリング会社等が連携して、他の関連業界も含めた検討枠組みを創設し、学生等に向けた情報発信等、カーボンニュートラル社会における新たな人材育成・獲得のための具体的方策を検討すべきである。

(2) 石油備蓄

① 位置付け

石油備蓄は、国が保有する「国家備蓄」、石油備蓄法に基づき石油精製業者等が保有する「民間備蓄」、UAE（アラブ首長国連邦）、サウジアラビア及びクウェートとの間で実施する「産油国共同備蓄」で構成されている。

石油備蓄の数量については、IEAにより石油輸入量の90日分とされていることに加え、石油備蓄法に基づき、現在、国家備蓄については産油国共同備蓄の2分の1と合わせて輸入量の90日分（IEA基準）程度に相当する量、民間備蓄については消費量の70日分に相当する量、をそれぞれ下回らないこととされている。2021年2月末現在、国内消費量の244日分（IEA基準では輸入量の192日分）に相当する石油備蓄を保有している。

② 背景・課題

(i) 中東情勢の緊迫化

我が国の原油輸入に占める中東依存度は約90%であり、中東情勢の不安定化等により、原油調達の不確実性が高まるリスクに常にさらされている。特に昨今では、日本関係船舶を含むタンカー等の船舶への襲撃（2019年6月）やサウジアラビアの石油施設への攻撃（2019年9月）をはじめ、ホルムズ海峡を含めアラビア半島周辺において多数の事案が発生するなど、中東地域における情勢が緊迫化しており、引き続き中東地域を中心に石油の供給制約が発生するリスクを抱えていることに変わりはない。

緊急時においても石油の安定的な供給を継続するためには、石油備蓄の放出を円滑かつ迅速に行うことが重要であり、これまで、官民の連携体制の強化や、国家備蓄基地における緊急放出訓練等を実施している。

(ii) アジア大でのエネルギー・レジリエンス向上の重要性

アジア諸国は、今後も石油需要が増加し世界の石油需要の回復を牽引することが見込まれる一方、原油の中東依存度が高く、十分な備蓄を保有していない国も多い。アジア、とりわけASEAN諸国には、製造業をはじめとした多くの我が国企業が進出しており、同地域における石油途絶は、我が国のサプライチェーンの途絶にも直結するおそれがある。このため、石油備蓄を通じたアジア全体のエネルギー・レジリエンス向上は非常に重要である。

ASEAN諸国では石油備蓄に関する知識が十分ではなく、石油備蓄の実施に必要な総合的な戦略策定のためのノウハウの提供が我が国に対して求められている。また、各国が自国で石油備蓄タンクを新造することは大きな負担となることから、こうした負担を回避する形での緊急供給枠組みなど、各国と我が国との協力体制の構築が求められている。さらに、アジアへの最大の原油供給元で

ある中東産油国は、一大消費地であるアジア地域に対してマーケット面で大きな関心を有し、共同備蓄は中東産油国にとって平時のアジア地域向けの供給拠点としてのメリットがあるとともに、平時の供給過剰なマーケット状況においては備蓄原油としての供給は供給先の確保というメリットもあることから、中東産油国を巻き込んだ形でのアジアのエネルギー・レジリエンス向上に向けた枠組みの構築も有効であると考えられる。

③ 政策の方向性

(i) 石油備蓄の確保・機動性向上

我が国の原油輸入における中東依存度の高さや供給途絶リスクを踏まえ、現状の石油備蓄水準を維持すべきである。あわせて、緊急時に石油備蓄を一層迅速かつ円滑に放出できるよう、備蓄放出の更なる機動性向上に向け、石油精製・元売各社との連携強化、必要に応じた油種入替、放出訓練や机上訓練、国家石油備蓄基地における必要な設備修繕・改良等を継続すべきである。また、長期的には燃料の移行の状況等を踏まえ、タンクの有効活用も含め、燃料備蓄のあり方について検討すべきである。

(ii) アジア各国への知見の提供及び中東産油国を巻き込んだ協力体制の構築

フィリピンやベトナム等の ASEAN 諸国に対して、相手国の石油備蓄に関する総合的な戦略策定支援を JOGMEC 等の知見を活用しながら引き続き行っていくとともに、中東産油国を巻き込んだ形で産油国共同備蓄を活用することによって、アジア諸国、日本、中東産油国の 3 者のメリットとなるような協力体制の構築を目指すべきである。

(3) 石油精製

① 位置付け

石油精製業は、石油の上流（開発）・中流（精製）・下流（流通）のうち、主に中流（精製）機能を担い、中東等の産油国から原油を調達し、製油所において原油からガソリン・軽油等の石油製品に精製することを通じて、石油の国内安定供給の中心的な役割を果たしている。

現在存在している 21 の国内製油所（精製設備能力約 350 万 BD）の多くは、戦後の高度成長期に運転を開始し、臨海部の石油コンビナートの中核に立地している。国内の石油精製業は過去 15 社以上存在していたが、国内石油需要の減少や規制緩和が進む中、業界再編が進み、現在では 5 社（グループ）に集約され、上位 3 社で国内市場シェアの 9 割以上を占めている。現在、約 2 万人の雇用を支えている。

石油精製業は、人口減少等による国内石油需要の減少や、アジアを中心とし

た世界の石油精製能力の拡大に伴う国際競争の激化など、厳しい事業環境に直面しているが、平時のみならず緊急時にも対応できる強靱な石油供給体制を確保することの重要性は変わらない。また、今後、カーボンニュートラルへの移行に伴う更なる国内需要の減少への対応も求められる。

② 背景・課題

(i) 自然災害の頻発化

石油精製業においては、東日本大震災で製油所等が被災し長期にわたり生産・出荷能力が低下した経験や、2018年北海道胆振東部地震による停電で一時的に出荷能力が低下した経験等を踏まえ、これまで製油所や油槽所における地震・津波対策や非常用発電設備の増強を進めてきた。

近年では、大型台風をはじめとする特別警報級の大雨・高潮等の頻発化や、新型コロナウイルスをはじめとする感染症の蔓延といった新たな脅威が顕在化している。こうした状況下においても、石油製品の安定供給を継続することが求められることから、今後、製油所の大雨・高潮対策や感染症対策にも取り組むことが必要である。

(ii) 国内石油需要の減少と国際競争の激化

人口減少や自動車の燃費性能の向上等により、国内の石油需要は1999年をピークに減少傾向にある。こうした中、石油精製業は、企業再編や製油所の統廃合等を進め、事業基盤の強化を図ってきた。2021年4月に示された石油需要見通しにおいて、石油製品全体で2022年度以降、年率1～2%程度の減少を見込んでいる。その結果、2025年時点では2021年比で5.7%程度、石油製品の国内需要が減少する見通しとなっており、こうした燃料需要の減少傾向は燃費向上等に伴い、それ以降も続く見通しとなっている。

国外の石油製品の事業環境もますます厳しくなっている。BP統計によると、2010年の世界の石油精製能力は合計9,323万BDだったが、2019年には合計10,134万BDと約1.1倍に拡大している。特に、中国やインド、中東地域の石油精製能力が拡大している。これらの地域では石油需要も増加傾向にあるが、供給能力はそれを上回る拡大であり、これらの国々から国際市場に石油製品が供給される状況の中、我が国の石油精製業にとって、国際市場への輸出環境が厳しくなっている。

我が国の石油精製業は、こうした状況下でも競争力を確保するため、一層の高効率化・高付加価値化が重要である。

(iii) カーボンニュートラルへの移行に伴う構造変化

2050年カーボンニュートラルに向けて、今後、自動車の電動化など、ますます

す脱炭素化の流れが加速し、国内の石油需要の減少も更に加速することが見込まれる。こうした中であっても、石油精製業は、エネルギー供給企業として、カーボンニュートラルへの移行に伴う新たな燃料供給ニーズをチャンスとして捉え、例えば水素や合成燃料等の新たな燃料ニーズにも対応した燃料供給体制を構築するといった事業基盤の再構築を進めていくことが求められる。また、製油所における更なる省エネルギー化に取り組むとともに、脱炭素燃料を活用するなどして、製油所の脱炭素化に一層取り組むことが重要である。こうした構造転換を進めていくことは、国内の石油需要が減少していく中でも、引き続き石油の安定供給を継続することにもつながる。

③ 政策の方向性

(i) レジリエンス強化

災害時も含め石油の安定供給を確保するため、これまで実施してきた地震・津波対策に加え、特別警報級の大雨・高潮対策を想定した製油所の排水設備の増強等を推進し、製油所・油槽所のレジリエンスを更に強化していくべきである。また、感染症蔓延下における石油の安定供給を確保するため、オペレーターの省力化を実現するデジタル技術の導入など、製油所操業の持続性を高める取組を後押しすべきである。

(ii) 事業基盤の再構築

コンビナート内外の事業者間連携、デジタル技術の一層の活用、重油分解能力の向上を通じた原油の有効活用等の生産性向上・競争力強化を引き続き後押しすべきである。また、需要増加が見込まれるアジア等の海外市場への事業展開を引き続き進めていくことも必要である。さらに、これまで石化シフトや再生可能エネルギー事業への展開等により、石油精製業は総合エネルギー企業化に向けた取組を進めてきたが、より積極的な新事業展開を行い、事業基盤の再構築を推進することが重要である。

加えて、2030年半ばの自動車の電動化、航空（ICAO）・海運（IMO）規制等が、石油需要減少を加速させる要因になっているが、石油精製業にとっては、こうした運輸分野への新たな燃料供給の機会と捉えるべきである。既存の燃料インフラや、これまで培ったネットワーク、人材を活かして、バイオ燃料、水素、燃料アンモニア、合成燃料等の新燃料供給にチャレンジするための構造改革やイノベーションを後押しすべきである。特に、CO₂と水素を合成して製造される合成燃料は、ガソリン、軽油、ジェット燃料、重油等の石油製品を代替する脱炭素燃料として期待されており、商用化に向けて、積極的に研究開発・実証を推進することが必要である。

(iii) 製油所の省エネルギー化・脱炭素化

石油精製プロセスの省エネルギー化については、従来から取り組まれてきたところであるが、2050年カーボンニュートラルに向けて、例えば、高効率熱交換器の導入による熱の有効利用、高度制御機器の導入による運転条件の最適化、蒸気タービンから高効率モーターへの置き換え等を一層推進すべきである。

また、製油所において、CO₂フリー水素の活用、自家発電の再生可能エネルギー化、トッパーや分解装置におけるボイラーの脱炭素燃料の活用など、製油所の脱炭素の取組を後押しすべきである。さらに、廃プラスチック焼却時のCO₂排出削減に向けて、精製プロセスにおいて廃プラスチック等をリサイクルする取組も後押しすべきである。

(4) 石油販売 (SS)

① 位置付け

SSは、石油供給網において、自動車へのガソリンや軽油の給油、灯油等の需要家への配送等のサービス提供を担っている。

また、中核SS¹、住民拠点SS²、小口燃料配送拠点³及び緊急配送用ローリーを整備することにより、災害時における停電リスクに対応し、緊急車両や一般車両への給油、医療機関や電源車等への燃料緊急配送を担う地域の燃料供給拠点を全国的に確保している。加えて、各都道府県の石油組合は、47都道府県等の地方自治体と災害時燃料供給協定を締結し、各地域において災害時の燃料供給要請に対応する「最後の砦」の役割を果たす体制を構築している。

このように、平時のみならず緊急時においても、石油製品の安定的な供給により、我が国の国民生活や経済活動を支えているSSは、2050年カーボンニュートラルを目指す中においても、ハイブリッド車等への給油や灯油の配送等により、引き続き石油製品の供給等を担う重要かつ不可欠な社会的インフラである。さらに、今後SSが、EVやFCVへのエネルギー供給や合成燃料等の新たな燃料の供給も担っていくことが期待される。

② 背景・課題

(i) 石油製品需要の減少・人手不足

これまでも自動車の燃費改善等を背景としてガソリン等の石油製品の需要は減少してきたところであるが、ガソリン需要は2021年度から2025年度にかけ

1 非常用発電機を備えて災害時に緊急車両への優先給油を担うSS

2 非常用発電機を備えて災害時に一般車両への燃料給油を担うSS

3 非常用発電機を備えて災害時に医療機関や電源車等への燃料配送を担う拠点

て年平均2.4%減少する見通し⁴であることに加え、今後、カーボンニュートラルへの移行に伴い、減少の加速も見込まれる。

また、人材確保については従来からSSの経営課題としてあげられてきたところであるが、カーボンニュートラル宣言以降、SSの従業員が離職する事例も生じており、今後、人手不足が深刻化することが懸念⁵されている。

(ii) EVやFCVへのエネルギー供給等によるカーボンニュートラルへの貢献

SSは、引き続き石油製品を供給しながら、EVやFCVへのエネルギー供給を担っていくことが期待されるが、EV向けの充電サービスやFCV向けの水素ステーションについては、ビジネス性の向上や設置コスト等が課題となっており、2020年12月末時点において、EV向け充電器を設置するSSは81箇所、水素ステーションを併設するSSは20箇所に留まっている。また、引き続き必要とされる石油製品の供給を継続しながらも、省エネルギー化等の取組により、カーボンニュートラルに貢献することも必要である。

(iii) 燃料配送遮断リスク等への対応

これまでに、東日本大震災や熊本地震等の教訓を踏まえ、災害時の停電リスクに対応するために中核SS、住民拠点SS、小口燃料配送拠点等を整備してきたところである。

しかしながら、近年頻発する災害等を踏まえれば、豪雪、土砂災害等によるSSへの燃料配送の遮断リスクへの対応、東日本大震災の際のような津波被害によりSSを喪失した地域における燃料供給体制の確保、豪雨に伴う浸水による計量機等の燃料供給設備の損壊への対応、自治体等からの燃料供給要請への確実な対応、SS従業員の更なる災害対応能力の強化や自治体や自衛隊等の関係機関との連携強化等も必要である。

(iv) 地域内のSSの燃料供給体制の維持

地域内における更なる石油製品需要の減少や後継者不足の問題等により、地域内のSSの経営が困難になるケースがある。市町村内のSSの数が3箇所以下である自治体(SS過疎地)は、288市町村(2015年度末)から332市町村(2019年度末)に増加している。このうち9市町村においては、経営者の高齢

⁴ 2021～2025年度石油製品需要見通し(総合資源エネルギー調査会資源・燃料分科会石油・天然ガス小委員会石油市場動向調査WG)

⁵ 政府のカーボンニュートラル宣言を受けて、全国石油商業組合連合会が令和3年1月12日から27日までの間、加盟する石油販売業者に対して、今後のSS経営に関するアンケート(全石連アンケート:1,194社を対象)を実施した結果によれば、石油製品の販売減少による懸念は、1位経営状況の悪化(79.6%)、2位今後の人材確保(51.3%)、3位従業員のモチベーション維持(37.5%)

化等を理由に廃業するSSを自治体が承継する公設民営形式でSSを保有し、2市町村において公設民営形式のSSを検討・建設中である。

周辺市町村におけるSSの所在状況等にもよるが、市町村内のSSの減少により、地域の需要に応じた燃料供給体制を確保することが困難になるリスクがあることに留意することが必要である。

③ 政策の方向性

(i) SSの経営力向上・経営多角化／デジタル化

石油製品需要の更なる減少が見込まれる中で、SSは、石油製品の販売以外の事業収益を拡大することが必要である。また、人手不足対策や新たな事業展開のツールとして、デジタル技術を活用することも重要である。

これまでもSSは自動車の点検整備・洗車等のカーケアサービスに取り組んできたが、こうした取組に加えて、フィジカル空間において消費者に対して多様なサービスを提供し得る拠点であるというSSの「強み」を活かして、カーシェア等のモビリティサービスの展開や、ランドリー等の地域のニーズに応じた生活関連サービスを展開していくことが期待される。

また、既にタブレット式の給油許可システムや灯油タンクのスマートセンサー等のデジタル技術が活用されているSSも出てきているところ、今後も、AIを活用した給油許可システム等、新たなデジタル技術の活用による効率的な事業運営や燃料配送、デジタル技術を活用したMaaS等の新たな事業展開への取組も期待される。

そのため、経営多角化等の事業再構築やデジタル技術の活用による収益向上や人手不足対策につながる取組等を後押しすることにより、SSが「マルチファンクションSS（多機能SS）」や「デジタル・トランスフォーメーションSS（DX・デジタル化に対応したSS）」として発展することを目指すべきである。

(ii) SSの総合エネルギー拠点化・省エネルギー化

2050年カーボンニュートラルに向けて、ハイブリッド車、EV、PHEV、FCVが普及していく中で、各自動車の利用者が、ガソリン車と同様に円滑にエネルギーを補給できることが重要である。

また、SSはこれまでもガソリン車等への給油を担ってきたが、引き続き、地域のエネルギー供給拠点としての社会的価値は大きく、電動車の普及に対応した取組が期待される。

そのため、SSにおけるEV向け充電器や水素ステーションの併設を後押しすることで、SSが地域の「総合エネルギー拠点」として発展することを目指すべきである。EV向け充電器については、SSにおける充電時間の短縮化の

観点から、急速充電器だけではなく、超高速充電器の整備も重要である。

また、石油製品の供給を継続しながらもカーボンニュートラルに貢献できるよう、設備の省エネルギー化や再生可能エネルギー導入を後押しすべきである。

(iii) レジリエンス強化

様々な自然災害リスク等に対応したSSの取組を後押しするとともに、災害時等に得られた教訓や経験等を活かして、レジリエンス強化に向けて不断に見直しを行い、必要な措置を講じていくべきである。

具体的には、燃料配送遮断リスクへの対応としてSSの地下タンクの大型化等の在庫増強対策、津波リスクへの対応として災害時専用臨時設置給油設備の配備、水害リスクへの対応として防水型計量機の開発・配備、燃料供給要請等に備えたSSの災害対応能力の強化や自治体等の関係機関との連携強化としてSSと自治体等関係機関の定期的な訓練や緊急配送用ローリーの整備等が期待される。

(iv) 地域のエネルギー安定供給

石油製品の需要減等の環境変化の中でも、燃料供給体制を維持・強化し、効率的・安定的な石油製品の供給を確保することが重要であり、引き続き、公正かつ透明な石油製品取引構造の確立に取り組む必要がある。

また、今後の石油製品の需要の減少のスピード・規模等を踏まえ、地域内の燃料供給体制を確保するために必要な施策を検討することが必要である。

地域内の石油製品需要の減少等により、民間事業者単独によるSSの事業存続が困難なケースにおいては、まずは、民間事業者同士の「協業化」、「経営統合」、「集約化」による安定供給の確保が重要である。しかし、こうした民間事業者の経営努力によってもSSの維持が困難な場合には、自治体によるSSの承継や新設による「公設民営」の形で地域内の燃料供給を確保していくことが適切である。国は、SSの事業転換等を伴う集約化等による地域内の燃料供給体制の合理化に加えて、自治体と地域内のSSとの平時からの連携強化や、自治体によるSS承継等に向けた取組を後押しすべきである。

また、都市部以外の地域においては、石油製品供給だけではなく、高齢者向けサービス等の社会的ニーズに対応する担い手も不足していることが多く、こうした社会的機能を担って新たな収益源を確保することを後押しすることにより、SSが「地域コミュニティ・インフラ」として発展することを目指すべきである。

(v) 政策当局と業界団体の連携

上記を中心としたSSの前向きな取組等を後押しするため、政策当局と業界団体が緊密に連携すべきである。

1. 2 LP ガス

① 位置付け

従来は中東依存が高く、地政学的リスクの高い供給構造であったが、米国から安価なシェール随伴のLPガスの輸入が増加したことで、中東依存が低下するとともに、近年では、カナダ、豪州からの調達も増加し、輸入の多角化が進んでいる。LPガスは、約4割の家庭に供給されており、全国的な供給体制が整備されていることや、緊急時に供給を維持できる備蓄体制もあり、さらに、可搬性や長期間の保管で品質が劣化しないという利便性があるため、引き続き国民生活・経済活動に不可欠なエネルギーである。そのため、停電時等の災害時に備え、自家発電設備等を有する中核充填所の整備や避難所への燃料備蓄を進めてきた。昨今の自然災害の激甚化・頻発化を踏まえると、引き続き、石油とともにエネルギー供給の「最後の砦」として、平時のみならず緊急時にも対応できる強靱なLPガス供給体制確保の重要性は変わらない。

また、LPガスは、燃焼時のCO₂排出が比較的低いという特性を有しており、低炭素に貢献できるエネルギーでもある。

② 背景・課題

今後、長期的には、家庭用エネルギーの電化の進展や地方での人口減、省エネルギー機器の普及等により、国内需要の減少の可能性があるものの、LPガスは化石燃料の中ではGHGの排出が比較的低いため、中期的には、低炭素化推進の観点から、ボイラーや発電機等での石油燃料からLPガスへの燃料転換による需要増も期待できる。

LPガスは災害に強い分散型エネルギーであり、平時においても国民生活にとって必要なエネルギーである。そのため、緊急時に円滑に国家備蓄放出ができる体制の整備が不可欠である。また、避難所等における燃料備蓄等、災害時の燃料供給に万全の体制を確保することが必要である。

一方で、LPガス販売事業者は人手不足が深刻化している状況であるとともに、低炭素化を図る観点から、サプライチェーンにおける省エネルギー化を進めていく必要がある。

また、LPガスの料金透明化の観点からは、標準的な料金の公表については店頭公表が多く、ホームページで料金を掲載している事業者が少ないという問題等がある。消費者が料金情報にアクセスし易い取組の更なる深化が期待される。

③ 政策の方向性

(i) LP ガスの安定供給確保等への対応

緊急時の供給維持のための LP ガスの備蓄体制については、引き続き、LP ガス備蓄の日数を維持すべきであり、また、業界や JOGMEC と連携しつつ、国家備蓄放出の業務オペレーションを具体化していくべきである。

また、避難所や医療・福祉施設等の重要施設における自衛的備蓄や災害時にも供給が維持できる中核充填所の新設・機能拡充を引き続き後押ししていくべきである。

なお、LP ガスの取引適正化のため、国の小売価格調査・情報提供を継続するほか、特に集合賃貸住宅における料金透明化を進めるため、不動産業界等の関係業界と連携した取組を促進していくべきである。

(ii) LP ガス産業の脱炭素化・省エネルギー化

2050 年カーボンニュートラルに向けては、バイオ LP ガスや合成 LP ガス（プロパネーション、ブタネーション）等のグリーン LP ガスの研究開発や社会実装に取り組む業界の取組を後押ししていくべきである。また、CO₂ 排出削減や収益力向上を目指し、省エネルギーにも資するスマートメーターの導入促進により、配送合理化等を後押ししていくべきであり、大企業のみならず中小企業の参画も重要である。

1. 3 石炭

① 位置付け

GHG の排出量が大いという問題があるが、地政学的リスクが化石燃料の中で最も低く、保管が容易で、熱量当たりの単価も化石燃料の中で最も安いことから、現状において安定供給性や経済性に優れた重要なベースロード電源の燃料として評価されている。ただし、再生可能エネルギーの導入拡大に伴い、適切に出力調整を行う必要性が高まると見込まれる。今後、石炭の活用においては、2050 年カーボンニュートラルに向けて、IGCC（石炭ガス化複合発電）への改修等の火力発電の高効率化・次世代化、脱炭素燃料の混焼の推進や CCUS/カーボンリサイクル等の脱炭素化技術の導入・拡大を図っていくとともに、よりクリーンなガス利用へのシフトと非効率石炭のフェードアウトに取り組むなど、長期を展望した環境負荷の低減を見据えつつ活用していく必要がある。

また、主に製鉄用に使用されている原料炭は、現時点で代替が困難であるが、高品位炭・原料炭の生産量が近年は減少する傾向にある。一方、褐炭については、水素原料としての活用も考えられている。

こうした状況を踏まえ、CO₂ 排出を低減するための技術開発を推進する点に重点を置きつつ、自主開発比率目標 60% の下で、必要な石炭の安定供給を確保す

るべきである。

② 背景・課題

(i) 上流開発

上流開発については、これまで JOGMEC による探鉱支援や、資源外交等を通じた産炭国との関係強化を図ることにより、我が国企業による石炭権益の確保を後押しし、石炭の安定供給に取り組んできた。現在、我が国の石炭輸入量の約 6 割が豪州に集中しており、更なる安定供給確保の観点から供給国の多角化が課題となっている。また、今後はカントリーリスクや事業リスクを低減した石炭供給源の確保が必要である。

(ii) 高効率火力技術開発等

火力の技術開発については、発電効率の向上及び環境負荷の低減に向け、IGCC や IGFC（石炭ガス化燃料電池複合発電）等の高効率火力及び燃料アンモニアやバイオマスといった脱炭素燃料の混焼に必要な技術開発、実証試験、影響評価等を実施してきた。引き続き、これら発電技術を確立し、早期実用化を進めることが必要である。

(iii) 海外展開

途上国の実効的な脱炭素化支援のため、2020 年 12 月の「インフラシステム海外展開戦略 2025」において、世界の実効的な脱炭素化に責任をもって取り組む観点から、今後新たに計画される石炭火力輸出支援の厳格化を行った。今後、この方針に従い、石炭火力の輸出支援を行っていくこととしている。

③ 政策の方向性

(i) 上流開発

引き続き JOGMEC が、豪州その他の産炭国政府等と共同で探鉱を実施することを通じ、供給国の更なる多角化を実現すべきである。また、JOGMEC 等を通じて、現地ニーズも踏まえたセミナーや人材育成を共同で実施することにより、産炭国政府との関係強化を図り、カントリーリスクや事業リスクを低減することを目指すべきである。

(ii) 高効率火力技術開発等

発電効率向上に向けた IGFC の実証試験を実施するとともに、環境負荷の低減に向け、アンモニア混焼の実機での実証試験や実用化、バイオマス混焼の促進、高混焼率化に取り組むべきである。また、CO₂分離回収技術（DAC 含む）や

カーボンリサイクル技術について、基礎技術開発、実証試験による低コスト化、実用化を進めていく必要がある。

(iii) 海外展開

厳格化したインフラ輸出支援方針に則り、火力の高効率化といった脱炭素社会実現に向けた支援を実施していくべきである。また、国際会議、国際展示会、バイ会談等を通じて、カーボンリサイクル技術を周知し、関係国との共同研究等を実施すべきである。

1. 4 地熱

① 位置付け

地熱は、CO₂の排出量がほぼゼロであり、また、国内で生産できることからエネルギーセキュリティにも寄与できる再生可能エネルギーであり、天候等の自然条件に左右されず、設備利用率が約80%と他の再生可能エネルギーと比べて格段に高いベースロード電源である。

また、エネルギーの多段階利用により地元経済・社会への好影響が期待できることなど、多くの利点を有する。

② 背景・課題

第五次エネルギー基本計画においても、地熱発電は、「地域との共生を図りつつ緩やかに自立化に向かう」電源として、引き続き開発リードタイムの短縮やコスト低減、地域と共生した持続可能な開発の促進に向けた取組を進めて行くこととされており、長期エネルギー需給見通しでは、2030年時点の設備容量を、現行の約3倍である約140～155万kWまで拡大する目標が掲げられている。2021年3月時点の地熱発電の導入量は約60万kWに留まっているが、我が国は世界第3位の地熱資源量を有しており、2050年カーボンニュートラルに向けて、更なる導入拡大が期待されている。

2019年5月には、出力10,000kWを超える大型案件としては実に国内23年ぶりとなる、山葵沢地熱発電所（湯沢地熱（株）、出力46,199kW）が商業運転を開始するなど、着実に進展が見られるが、2030年エネルギーミックスの達成に向けては、更なる導入促進が求められる。

一方、地下資源開発の特性でもある、長い開発リードタイムや開発コストの高さ、試掘の結果として期待した規模の地熱資源量が確認できないリスク、開発の競合や地熱貯留層の減衰等の事後的な状況変化により既存投資や長期安定的な事業運営が脅かされるリスク等を有し、投資回収に時間を要する大型開発は敬遠される傾向がある。

新規地点の開拓については、国立・国定公園をはじめとした高いポテンシャルが期待されるものの、開発難易度の高い地点については、JOGMEC 自らが先導的資源量調査を実施している。

また、無秩序な地熱開発に対して、温泉事業者等による温泉資源への影響を懸念する声も多く、地元の理解が不可欠である。

加えて、地熱開発の際に適用される各種規制手続や運用について、地域によっては過大な対応が求められるなど、未だ障害になっているとの声が事業者から挙げられている。

③ 政策の方向性

(i) 開発リスク・コストの低減

地熱の探査や開発に伴うリスクやコストの低減のため、JOGMEC 自らが行う先導的資源量調査をより積極的に実施すべきである。また、地表・掘削調査事業への補助や出資・債務保証等のリスクマネー供給を通じ、事業化に向けた事業者の取組を継続的に支援すべきである。

(ii) 地元理解の促進

地域と共生した持続可能な地熱開発を促進すべく、自治体主催の情報連絡会等の開催に対する支援や有識者の派遣、地熱シンポジウムの開催等、地元理解のための取組を継続するとともに、地熱資源を活用し、農林水産業や観光業等の産業振興に取り組む自治体を「地熱モデル地区」として積極的に選定・発信を行うべきである。

(iii) 規制の運用改善

我が国の地熱資源の約 8 割が賦存するとされている国立・国定公園内については、これまでの規制緩和により、条件付きで地熱開発が可能となっているが、地域によっては過大な対応が求められるなど、未だに順調に開発が進んでいるとは言い難い状況である。引き続き、関係省庁が連携し、規制の撤廃や緩和、基準の明確化等を行っていくべきである。

(iv) 革新的な技術開発

地表調査や掘削調査による高コスト化やリードタイムの長期化に対応するため、継続的な技術開発を実施していくべきである。加えて、地熱発電の抜本的な拡大を図るため、革新的な技術を利用した地熱開発（EGS：Enhanced Geothermal System）についても国内のポテンシャル調査や技術検討を行うべきである。

(v)海外展開

国際的に見ると、アジア・アフリカ等においても地熱開発のポテンシャルは大きく、我が国と類似の海外の火山帯において地熱資源調査や大規模発電事業等を行うことで知見を蓄積し、国内の探査や開発に活かしていくことも重要である。また、我が国企業は、地熱発電設備の世界シェアにおいて約7割を占めており、我が国が強みを持つ脱炭素技術の海外展開や、それを通じた世界のカーボンニュートラルへの貢献という観点からも、地熱発電の海外展開を促進していくことが重要であり、JOGMECの役割も含めて政策的支援の強化について検討すべきである。

2. 鉱物資源の安定供給確保

2050年カーボンニュートラルに向けて、電力部門では再生可能エネルギーや水素等の導入・拡大、非電力部門では脱炭素化された電力による電化等を進めていくことが重要となる。こうした取組の鍵となる蓄電池やモーター、半導体等の製造には、銅やレアメタル等の鉱物資源が不可欠である。今後、風力発電や太陽光発電、EV等の導入・拡大が進展し、カーボンニュートラルへの移行が進むにつれて、鉱物資源とエネルギーとの関係性はますます強くなることが見込まれる。

カーボンニュートラルへの移行を円滑に行うためには、それを支える十分な鉱物資源の安定的な供給が必要であるが、鉱物資源には多数の鉱種が存在し、それぞれ埋蔵・生産の偏在性、中流工程の寡占状況、価格安定性等が異なっており、上流の鉱山開発から下流の最終製品化までのサプライチェーン上に、多様な供給リスクが存在する。

このため、鉱物資源の安定供給確保に当たっては、サプライチェーン上の脆弱性を克服するため、上流・中流・下流の各工程における課題や横断的な課題を整理し、それぞれ必要な対応を行っていくことが必要である。

(1) 横断的取組

① 背景・課題

カーボンニュートラル社会では、銅等のベースメタルのみならず、レアアース、コバルトといったレアメタルがますます重要となることが見込まれる。レアメタルを安定的に確保するためには、従来の供給国との二国間協力に加え、さらなる国際協力を推進していくことが必要である。

上流権益の獲得・維持に向けて、これまで首脳・閣僚レベルで資源外交を展開し、資源国との二国間協力の強化を図るとともに、日米欧間での情報交換を通じた需要国側の連携等を推進してきた。他方、資源国によるロイヤリティの引き上げや資源の高付加価値化につながる投資要求等の資源ナショナリズムの動きは引き続き高まってきている。さらに、供給国による政治的手段としての輸出制限の発動といったリスクも生じている。

また、銅やニッケル等、ベースメタルに関する国際的な枠組みを通じて、政府間協議や統計データ整備、需給予測等を実施してきた。さらに、国際標準化機構（ISO）において、レアアース等の重要鉱物の持続的な開発や利用に係る国際規格化の議論が進んでいることから、我が国産業が強みを有する技術・プロセスに関する提案等を積極的に実施することも引き続き重要な課題である。

国内鉱山の休廃止や、環境汚染・労働衛生・人権問題意識の高まり等から、学生をはじめとした若年層にとって、鉱物資源産業への関心は必ずしも高くない。その結果、資源系を目指す学生が減少し、大学の資源系学科縮小・再編も

進んでいる。

② 政策の方向性

(i) 自給率目標

ベースメタルの自給率目標については、引き続き 2030 年までに 80%以上を目指すべきである。さらに、リサイクルによる資源循環を促進することによって、我が国企業が権益を有する海外自山鉱等からの調達確保を合わせて 2050 年までに国内需要量相当のベースメタル確保を目指すべきである。

レアメタルについては、ベースメタル生産の副産物であること、権益比率とは関係なくオフテイク権が設定されることが多いことから、一律の自給率目標は設けず、鉱種ごとに安定供給確保に取り組んでいくことが必要である。

(ii) 資源外交・国際協力

レアメタルを安定的に確保するため、これまでの二国間の資源外交のみならず、多国間の枠組みを通じた協力も実施していく必要がある。また、供給側に加え、需要側との鉱種横断的な国際連携も強めていく必要がある。こうした取組を通じ、SDGs を意識した上流開発や公正な取引、信頼できるグローバル・サプライチェーン構築、緊急時における国際連携の強化等を推進していくべきである。

(iii) 人材育成

将来の資源分野の人材を確保するため、学生を対象にした鉱物資源産業への関心向上、産学連携による合同寄付講座の創設、大学・学科の横断的連携による総合的な資源講座の創設等の取組を通じ、人材育成を図ることが重要であり、政府としても引き続き必要な対策を講じていくべきである。

(2) 上流

① 背景・課題

上流権益の確保や供給源の多角化のため、これまで JOGMEC による資源探査やリスクマネー供給支援、資源開発税制等を通じた新規探鉱に対する支援を展開してきた。他方、鉱物資源の品位低下や、開発条件の悪化、資源国における資源ナショナリズムの高まり等により、開発リスク・コストは引き続き増加傾向にある。

また、レアメタルは、市場規模が小さく、需要国の経済情勢等の影響も受けやすいことから、価格の変動幅が大きいといった投資の阻害要因がある。さらに、一部のレアメタルでは、上流の生産工程から中流の製錬工程まで、特定国による寡占化が進みつつあるといった課題もある。

さらに、我が国は鉱物資源のほぼ全量を海外からの輸入に依存しており、鉱物資源の安定供給確保のためには、地政学リスク等に左右されない国産資源開発の推進が不可欠である。我が国領海・EEZ内に確認されている海底熱水鉱床、コバルトリッチクラスト、マンガン団塊、レアアース泥等については、現在、既知鉱床の資源量評価や新規鉱床の発見等において進展がある一方、民間事業者の参入判断に必要な資源量の把握が不十分であることや、海底の多様な鉱床性状に応じた生産技術の開発等が課題となっている。

② 政策の方向性

(i) 権益確保の更なる取組強化

カーボンニュートラルを実現する上で重要となる鉱物資源の確保に対しては、JOGMECによる継続的な資源探査に加え、出資割合に係る運用の見直し等により、リスクマネー支援を強化すべきである。また、我が国企業が関与する海外鉱山開発等事業における脱炭素化のための取組に対しても、リスクマネー供与の条件を優遇するなど、JOGMECによる支援を更に強化すべきである。

また、サプライチェーンの分業化の進展もあり、上流権益確保に向けた取組だけでは鉱物資源の安定供給確保が達成できない状況にある。このため、上流、中間産業（素材産業）、最終製品産業の連携が重要であり、これらの取組を促進するため、JOGMEC等が鉱物資源の開発に係る正確な情報発信を行っていくことが必要である。

(ii) 国産資源開発の推進

海底熱水鉱床、コバルトリッチクラスト、マンガン団塊、レアアース泥等の国産海洋鉱物資源について、引き続き国際情勢をにらみつつ、「海洋基本計画」に基づき、資源量の把握、生産技術の確立等の取組を推進していくべきである。

例えば、コバルトリッチクラストについては、2020年7月にJOGMECが南鳥島海域で実施した掘削性能試験において鉱石片の試験的な掘削・回収に成功しており、同試験の結果に基づく掘削機の改良に向けた検討等を推進すべきである。

(3) 中流

① 背景・課題

我が国非鉄製錬所は、高品質な金属地金供給、ベースメタル製錬からのレアメタル回収、メタル・リサイクルによる資源循環等を担っており、鉱物資源サプライチェーンの要である。他方、鉱石品位の低下や中国の需要拡大に伴う国際的な競争激化等を背景として、非鉄製錬所を取り巻く環境は厳しい状況とな

っている。

鉱物資源の安定供給を確保する観点から、製造等の工程くずや使用済製品からのレアメタル・リサイクルは有効な手段である。特に、コバルトやレアアース等は、資源調達リスクが高いことから、製品の形で社会にストックされている金属物資を回収して、新たな原材料として再利用していくことが望ましい。既に、多くの国内製錬企業がリサイクル原料を効率的に処理するため、グループ製錬所間の金属回収ネットワークを構築している。これにより、多種にわたる金属を回収することが可能となっている。政府としても、優先鉱種の選定や使用済電気製品等からレアメタルを分離・抽出する技術の開発等、マテリアルリサイクルの高度化を推進してきている。他方、依然として、再資源化コストが高く、未回収・廃棄される金属も存在するといった課題がある。

また、国内の非鉄金属鉱業・製錬事業者は、経団連「低炭素社会実行計画」に基づき CO₂ 排出量削減に向けた取組を実施中であるが、2050 年カーボンニュートラルに向け、国内非鉄製錬所の脱炭素化も課題である。

鉱物資源のグローバル・サプライチェーンの強靱化に向け、2020 年の JOGMEC 法の改正において、鉱山に附属しない海外の製錬所単独案件へのリスクマネー供給機能を JOGMEC に追加した。他方で、レアアース等の一部鉱種では、中流工程における特定国の寡占化等による供給途絶リスク等が引き続き存在している。

② 政策の方向性

(i) 製錬工程やメタル・リサイクルの強化

レアメタル等のリサイクルの推進に向けては、各製錬所の得意分野を活かして、企業間の連携を促進するなど、複合的ネットワークによりリサイクル資源が最大限に活用されるよう支援していくことが必要である。また、我が国非鉄製錬所がグローバルなリサイクル・サプライチェーンにおいて中核的な位置付けとなるよう、国際機関等の活用を含め検討していくべきである。

二次原料の調達においては、スクラップや使用済製品の資源循環量（フロー）や国内外の資源貯蔵量（ストック）についても、マテリアルフローを調査し、循環型経済への転換に向けた課題分析を行うことが重要である。このため、原料調達、中間処理、製錬等のプロセス改善・技術開発による回収率向上や、企業間連携による生産性向上のための投資を促進していくべきである。

また、国内非鉄製錬所の脱炭素化に向けて、関係団体と連携し、取組を後押ししていくべきである。

(ii) サプライチェーンの強靱化

特定国に依存しないサプライチェーンの確立に向け、国内製錬所における原

料鉱石の調達リスクや需要の急激な変動リスク等を低減するため、JOGMEC のリスクマネー供給等の支援を強化していくべきである。

(4) 下流

① 背景・課題

レアメタルの短期的な供給障害に備えるため、供給途絶リスクの高い鉱種については、備蓄の増強を実施している。他方、今後、脱炭素技術の開発・普及に伴い、鉱種ごとの需要が大きく変化する可能性が高い。今後の技術動向が不透明な中においても、真に必要な鉱種を確実かつ十分に提供できる体制を確立することが必要である。なお、短期的な供給障害に加えて、中長期的な供給途絶事態への対応も重要である。

また、レアアース等の希少金属は、鉱石生産・製錬工程が特定国に偏在するため、供給リスクが高く、価格ボラティリティも大きい。特定国による寡占化や特定国への偏在への対応として、それら希少金属を代替する又は使用量を低減する材料・製品の実用化に向けた技術開発が引き続き必要である。また、こうした供給側の対策に加え、需要側の対策も課題である。

② 政策の方向性

(i) 緊急時の備蓄

技術動向を踏まえた需要家のニーズや鉱種ごとの供給動向等も踏まえ、「新国際資源戦略」で示された JOGMEC の備蓄日数を確保するとともに、備蓄鉱種を柔軟に入れ替えるなど、引き続き機動的な対応が可能となるよう、不断に制度の改善を行っていくべきである。また、需要家において在庫を積み増すことも重要である。

(ii) 省資源化・代替材料開発

省資源化や代替材料開発は、上流・中流の双方で、海外からの供給リスクを大きく低減できることから、今後も、レアメタルの使用量低減技術や、その機能を代替する新材料開発に向けた取組の更なる支援を行っていくべきである。

3. 脱炭素燃料・技術によるイノベーション

2050年カーボンニュートラルの実現は大きなチャレンジであり、これを達成するには、脱炭素燃料や脱炭素技術の導入といったイノベーション追求が必要である。カーボンニュートラルへの移行も、3E+Sの原則を満たし、エネルギー供給が安定的かつ移行コストが低い形で推進することが必須であり、現時点で予め特定の技術を決め打ちするのではなく、将来的に安定的かつ安価な技術の導入・拡大を可能とすべく、あらゆる選択肢を追求していくことが必要である。

燃料分野での対応には、以下の二つに大別できるが、いずれも、導入や拡大に向けたイノベーションの実現が鍵となっている。

- ▶ 脱炭素燃料：燃焼しても大気中のCO₂を増加させない燃料
＜主な例＞バイオ燃料、水素、燃料アンモニア、カーボンリサイクル燃料（合成燃料、合成メタン、合成プロパン）
- ▶ 脱炭素技術等：化石燃料を利用しながらも大気中のCO₂を増加させない技術等
＜主な例＞CCS、カーボンリサイクル、DAC、クレジット

そのため、今後、まずは有望な技術ごとに、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」で定めた工程表等の計画に沿って、イノベーションの実現に向けた技術開発・実証等を推進することが必要である。

その上で、イノベーションの加速に向けた計画の深堀りや、技術開発の進捗等に応じた海外のみならず国内も含めたサプライチェーン構築、カーボンリサイクルをはじめとしたカーボンマネジメント産業の後押し等についても検討していくことが必要である。なお、その際、エネルギーセキュリティや日本の雇用確保等の視点も重要である。

さらに、各種脱炭素燃料のCO₂回収・排出量カウントについて考え方を整理し、国際的にルール化等を図っていくとともに、化石燃料とボランタリー・クレジットの国内での発行との関係等について研究を行うことが必要である。

また、例えば、水素やアンモニアは、まず製造プロセスでのCO₂処理がないグレーも含めて導入・普及を図ることで市場を拡大し、技術確立やコスト低減等に応じ、ブルーやグリーンに転換していくというアプローチも重要である。

(1) バイオ燃料

① 位置付け

バイオ燃料は、植物や廃棄物等を原料とし、ゼロエミッションとみなされる脱炭素燃料であり、我が国を含めて、世界で導入が進められている。

陸上輸送分野では、自動車用ガソリンに混合するバイオエタノールは、エネルギー供給高度化法に基づき導入され、2017年度以降は、原油換算で毎年50万klが導入されている。

また、バイオマス発電については、エネルギーミックス（602～728万kW）の水準に対して、2019年末時点のFIT前導入量+FIT認定量は1,080万kW、導入量は450万kWとなっている。

航空分野では、ICAO（国際民間航空機関）の規制により、2021年から、国際航空分野においてCO₂排出削減が義務化（2019年比でCO₂排出量を増加させない）されており、欧米企業をはじめとして、各国企業におけるバイオジェット燃料（持続可能な航空燃料（SAF: Sustainable Aviation Fuel）の一種）の開発が活発化している。

② 背景・課題

(i) 安定供給の確保及びコスト低減

世界的にカーボンニュートラルの実現に向けた機運が高まる中で、世界中でバイオ燃料の利用が活発化している状況である。他方、バイオ燃料の原料は、植物や廃棄物等が中心であるため、その供給量には限界があり、今後、国際的なバイオ燃料の原料確保競争が見込まれる。バイオ燃料の導入拡大に向けては、国内外の原料の安定確保や供給拡大、持続可能性の考慮が課題となっている。

さらに、例えば、バイオエタノールはETBE加工前で66.2円/Lであり、また、バイオマス発電は3%混焼で石炭専焼比1.2倍のコストがかかるなど、既存の化石燃料と比べて高コストとなっており、コスト低減が課題である。

(ii) ICAO 規制への対応

ICAOによるCO₂排出削減義務の達成に効果が高いとされるSAFについては、今後、需要の増大に伴い世界・国内ともに供給不足の懸念が出てくる。

足元では、新型コロナウイルス感染症拡大の影響により、国際航空需要は落ち込んでいるものの、今後の需要の回復・拡大に備えて、我が国の重要インフラに対し、適切に国内でSAFを供給できるよう、体制構築を行うことが重要である。

③ 政策の方向性

(i) バイオ燃料のコスト低減・供給拡大

バイオ燃料について、競争力のあるコストで安定的な供給を実現すべく、大規模実証等を推進すべきである。

例えば、SAF となるバイオジェット燃料については、既に製造に係る要素技術は実証段階へ移行している。藻類の培養によるバイオ燃料では、「グリーン成長戦略」で定めた、2030年に既存のジェット燃料と同価格（100円台/L）、他国に先駆けて2030年頃には実用化、との目標の達成を目指すことが必要である中、原料の価格変動等に対応しつつ安定供給を達成することが重要である。また、SAFの製造で生じるエネルギー消費量等を算出し、従来の化石燃料由来のジェット燃料に比べてCO₂の排出が抑制されているかどうかの検証も必要である。ICAO規制への対象燃料として登録するためには、製造したSAFのCO₂排出削減効果等を示す必要があるため、よりCO₂排出削減効果の高いSAFの製造技術の確立が必要である。

(ii) バイオ燃料の適切な供給に向けたインフラ整備

現在、海外のSAF製造事業者からSAFを輸入し、本邦航空会社の航空機に給油する取組が始まっているが、今後、国内における輸入SAFや国産SAFの流通拡大に備え、その円滑な流通・利用を促進するため、国内のジェット燃料の取扱いに関する規則等の見直しを行うことが必要である。

具体的には、石油業界が作成するSAFに関する取扱い指針等の改定・明確化や、SAF製造事業者向けのSAFの取扱い手引きの作成等、官民での調整を加速化すべきである。

(2) 水素

① 位置付け

水素は、発電・産業・運輸など幅広く活用が見込まれるカーボンニュートラルのキーテクノロジーであり、日本が先行し、欧州・韓国も戦略等を策定して追随している。今後は新たな資源と位置付けて、自動車用途だけでなく、幅広いプレーヤーを巻き込んでいくことが必要である。

② 背景・課題

(i) 水素の安定供給確保のための体制構築

水素は、将来的には、製造時においてもCO₂を発生しない再生可能エネルギー由来の水素（グリーン水素）の利用も期待されるが、グリーン水素のコスト低減を待つことなく、グリーン水素と比較してコスト競争力を有すると見込まれる天然ガス由来の水素（ブルー水素）（現在、ブルー水素の製造コストはグリーン水素と比較して最大値で約1/4）の導入を図り、利用体制を整えていくべきである。実際、IEAでは2070年時点においても、世界の水素製造量の約4割は天然ガスを中心とする化石燃料由来と予想されている。

2050年カーボンニュートラルの実現に向けては、水素やアンモニアの活用に

よる火力燃料自体の脱炭素化と並行して、2050年以降でも一定量活用される火力発電にCCUS/カーボンリサイクルを活用してオフセットする方向性が想定されており、そのために現在、CO₂の分離回収技術のコスト低減やカーボンリサイクル技術の実用化に向けて、研究開発が実施されているところである。また、当面はブルー水素が大宗を占めることを踏まえると、天然ガス等の資源国との関係維持・強化や地政学リスクがない国内資源も活用した水素の供給体制の構築に向けた取組が重要となる。また、将来的なグリーン水素の利用も見込んで、再生可能エネルギーのポテンシャルを多く有する国との関係構築・強化も必要になる。

(ii) 水素の輸送における課題

水素の国際取引は、ドイツ等が水素の輸入に関心を示すなどしており、今後の立ち上がり期待されている。我が国は当初から輸入水素の活用を前提としており、アンモニアのキャリアとしての利用、液化水素やMCH（メチルシクロヘキサン）を用いた、海上輸送技術・インフラの技術開発・実証を国も支援してきた。その結果、世界で初めて液化水素運搬船を建造している。今後はいかに早期の商用化を図っていくかが課題となっている。一方で、水素はこれまで海上輸送を行うことが想定されておらず、各国の法規制が不統一になる懸念がある。

(iii) 水素の製造における課題

水素製造で長期的にイノベーションが期待されるのは、水素を水の電気分解から作る水電解装置である。再生可能エネルギーや水電解装置のコスト低下に伴い、2050年には競争力のあるグリーン水素を製造することが可能となる地域が出てくると想定されている。こうしたことから、域内への再生可能エネルギー導入に積極的な欧州等は、水電解装置の導入も併せて実施することを目指している。日本は世界最大級の水電解装置を建設するとともに、要素技術でも世界最高水準の技術を有している。しかし、更なる大型化を目指すための技術開発等では欧州等、他国企業が一部先行する構図となっている。

③ 政策の方向性

(i) 水素導入量の拡大

導入量拡大を通じて、2050年には、水素発電コストをガス火力以下に低減（水素コスト：20円/Nm³程度以下）することで、2050年に化石燃料に対して十分な競争力を有する水準を目指すべきである。また、導入量は2030年に最大300万トン、2050年に2,000万トン程度を目指すべきである。

また、国際競争力の観点から、内外一体の産業政策として、国境調整措置のあ

り方を検討すべきである。

(ii) 水素輸送技術の開発・普及促進

水素輸送コスト低減のための輸送関連設備の大型化を、研究開発や実証、国内需要の創出等の様々な手段で支援し、2030年を目途とした商用化の達成を目指すことが重要である。こうした取組を通じ、2030年に30円/Nm³の供給コストの実現を目指すべきである。

また、クリーン水素の定義付けを国際的に標準化することは、共通の指標で水素の持つ価値を適切に評価することを可能とし、透明かつ流動的な国際水素市場の形成に寄与する。関係国と連携しながら、日本の将来の選択肢を狭めないような国際標準を推進することが重要である。加えて、液化水素運搬船から受入基地に水素を移すローディングアームなどの関連機器についても、国際的な機器の安全性・互換性を担保することで、将来世界に機器や技術等を輸出する基盤を整備すべく、国際標準化を推進することが必要である。

(iii) 水素製造のコスト低減

水電解装置の大型化や優れた要素技術の装置への実装等を集中的に支援し、装置コストの一層の削減や、耐久性向上による国際競争力の維持・強化を目指すことが必要である。加えて、欧州等と同じ環境で水電解装置の性能評価を行える環境を国内でも整備することで、国内で開発を行い、製品等を輸出することを志向する企業の海外市場への参入障壁を低下させることを目指すべきである。さらに、国内でも中長期的には余剰再生可能エネルギーが増大することなどを見越し、上げDR（ダイヤモンドレスポンス）を適切に評価し、安価な電力の積極的な活用促進策も併せて検討すべきである。

(iv) 水素の安定供給確保のための体制構築

水素の供給体制構築について、ファイナンスや技術開発、実証、人材育成等について、JOGMEC等を通じた支援の検討が必要である。

また、水素の原料の確保も見据えて、天然ガス等の資源国や再エネポテンシャルを多く有する国との具体的案件の実施等を通じた関係維持・強化を図る。

(3) 燃料アンモニア

① 位置付け

燃焼してもCO₂を排出しないアンモニアは、火力発電での混焼やその後の専焼など、カーボンニュートラルに向け、重要な脱炭素燃料である。石炭火力1基にアンモニアを20%混焼（カロリーベース）した場合、20%のCO₂排出減となる。

利用面では、燃焼を安定化させNO_xを発生させない技術は、20%混焼では既に完成しており、2020年代後半には実用化を開始し、2030年代には国内で年間300万トンのアンモニア需要を想定する。将来的には混焼率の向上や専焼化、発電用バーナー（混焼・専焼）の東南アジア等への展開や、利用用途の拡大も期待される。

② 背景・課題

(i) アンモニア利用における課題

石炭火力への混焼技術については、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）においてNO_xを発生させない20%混焼バーナーの開発を行い、NEDOにおいて大容量燃焼試験設備での混焼試験を実施した。今後、実機においても上記の混焼バーナー技術でNO_x発生が抑制可能かどうかなどの検証が必要である。さらに、アンモニアは石炭に比べ燃焼時の火炎温度が低く輻射熱が少ないことから、アンモニアの混焼率を高め、さらには専焼化を目指していく上では、発電に必要な熱量を確保するための収熱技術の開発も必要となる。

(ii) アンモニア供給における課題

アンモニアは、既に肥料用途や工業用途といった原料用市場が国内外に確立されている一方、その規模が限られる中で、今後新たに燃料用途での活用を進めていくに当たっては、市場価格の高騰を防ぎつつ、安定的に必要な量を確保していくことが必要となる。

今後、石炭火力発電にアンモニアの20%混焼を実施すると、1基（100万kW）につき年間約50万トンのアンモニアが必要となる。例えば、国内の大手電力会社のすべての石炭火力発電で20%の混焼を実施した場合、年間約2,000万トンのアンモニアが必要となり、現在の世界全体の貿易量に匹敵する。そのため、これまでの原料用アンモニアとは異なる燃料アンモニア市場の形成とサプライチェーンの構築が課題となる。

また、製造（ハーバーボッシュ法）・輸送・貯蔵というサプライチェーンの各段階で既存の技術を活用することが可能であることから、アンモニア同様にゼロエミッションである水素と比較して、一定の仮説に基づく、現時点では専焼や混焼時の発電価格を抑えることが可能となっている。石炭火力発電に20%のアンモニア混焼を行った場合の発電価格は石炭火力の発電価格の1.2倍程度となっており、現在の我が国の発電価格と比較してもアンモニアによる発電コストは一定程度の競争力を持つものと考えられるが、当然ながら、そのコスト負担を下げる取組は更に求められる。

③ 政策の方向性

(i) アンモニア利用の促進

短期的（～2030年）には、石炭火力への20%アンモニア混焼の導入や普及を目標とすべきである。そのため、実機を活用した20%混焼の実証を推進し、技術を確立させ、その後、NO_xを抑制した混焼バーナーの既設発電所への実装等を目指すべきである。

また、今後も電源の相当程度が石炭火力で占められる東南アジアをはじめ世界のカーボンニュートラルへの移行に貢献するため、バーナー等の混焼技術の展開を検討すべきである。我が国の独自技術である混焼技術の国際的な認知向上と海外展開を促進するため、東南アジア等の各国政府やIEAやERIA等の国際機関との連携等を行うべきである。また、NEXIやJBICによるファイナンスの活用や、アンモニアの燃焼や管理手法に関する規格や国際標準化を主導することで、海外展開に向けた環境整備を進めるべきである。

その他、船舶を含む輸送や工業での活用等の新たな用途についても検討を進めるべきである。

他方、長期的（～2050年）には、混焼率の向上（50%～）や専焼化技術の開発を積極的に進め、既存の石炭火力のリプレースによる実用化を目指し、これによって火力発電の脱炭素化に向けた取組を加速させるべきである。

(ii) アンモニア供給の拡大

燃料アンモニア市場の形成とサプライチェーンの構築に向け、短期的には2030年に向けて、製造プラントの新設を促進し、必要な燃料アンモニアを安定的に供給できる体制を構築すべきである。また、積出港においてアンモニア輸出に対応した岸壁・供給設備等の環境整備を行うとともに、国内港湾において必要な燃料アンモニアの輸入・貯蔵等が可能となる環境を整備すべきである。

同時に、燃料アンモニア供給の安定化を図るため、調達先国の政治的安定性・地理的特性に留意した上で、生産国と消費国（我が国含むアジア）との有機的な連携を通じて、燃料アンモニアを重要な資源と捉え、我が国がコントロールできる調達サプライチェーンの構築を目指していくべきである。

長期的には、東南アジアをはじめとする世界全体で燃料アンモニアが広く普及することを想定して、2050年に国内含む世界全体で1億トン規模の我が国企業による調達サプライチェーンの構築を目指すべきである。

また、競争力のある燃料アンモニアの導入に向け、燃料アンモニアの調達、生産、輸送・貯蔵、利用、ファイナンス等において、コスト低減を図るべきである。特にファイナンスにおいては、大規模なプラント投資等の事業リスクに対応したJOGMECやJBIC、NEXIの支援の検討が必要である。さらに、各工程における高効率化に向けた技術開発や、燃料アンモニアの普及後には、生産時に

排出される CO₂ のより効率的な抑制を図るための技術開発及び環境整備を進めていくべきである。他方、我が国のバーゲニングパワーを確保するための取組も求められる。

なお、2050 年カーボンニュートラルに向けてアンモニア専焼（アンモニア火力発電）の実現を目指していくが、ステップ・バイ・ステップでの移行が現実的である。第一段階としては火力発電へのアンモニア混焼の実現であるが、製造国との関係（製造国の法制度等）にも留意しつつ、当面は製造プロセスでの CO₂ の処理がなくとも、燃料アンモニアの導入・普及を図っていくべきである。その上で、一定の導入・普及後には、生産時に排出される CO₂ については、EOR（CO₂ 注入による石油増進回収）、CCS、カーボンリサイクル、植林、ボランティア・クレジットによるオフセット等から適切な手段を通じて、合理的な形で CO₂ の処理を行うことが重要であり、グリーンアンモニアの導入についても検討を行うことが必要である。また、非化石価値の顕在化等を通じて、アンモニア由来の電気が評価され、事業者の投資予見性が確保される環境整備を図るべきである。

(4) 合成燃料

① 位置付け

合成燃料は、CO₂ と水素を合成して製造される燃料であり、排出された CO₂ を再利用することから脱炭素燃料とみなされるべきである。特にガソリン・灯油・軽油等の混合物である液体合成燃料は、複数の炭化水素化合物の集合体、いわば「人工的な原油」である。既存の燃料インフラや内燃機関が活用可能であることから、水素など他の新燃料に比べて導入コストを抑えることが可能となる。

特に液体合成燃料は、化石燃料と同様にエネルギー密度が高く、可搬性があるという特徴がある。例えば、大型車やジェット機が電動化・水素化した場合、液体燃料と同様の距離を移動する際、液体燃料よりも大容量の電池・水素エネルギーが必要となる。こうした液体燃料は、電気・水素エネルギーへの代替が困難なモビリティ・製品がある限り存在し続けると考えられる。

② 背景・課題

(i) 自動車用燃料

自動車は、グリーン成長戦略において、電動化を推進することとされており、「遅くとも 2030 年代半ばまでに、乗用車新車販売で電動車 100% を実現できるよう、包括的な措置を講じる。」とされている。他方で、電動車の普及には、車両、蓄電池やインフラなど様々な課題への対応が必要となる。特に、電動化のハードルが高い商用車等については、合成燃料を代替燃料として利用す

るなど燃料の脱炭素化の取組も追求すべきである。

(ii) 航空機・船舶用燃料

航空機・船舶分野においては、国際機関の要請により、CO₂削減目標が定められており、航空機についてはバイオジェット燃料・合成燃料、船舶については水素・アンモニア等の代替燃料の技術開発がそれぞれ推進されている。特に航空機については、ICAOにおいて、2021年以降、国際航空に関してCO₂排出量を増加させないとの目標を採択しており、この目標を達成するための手段としてバイオジェット燃料に加え、合成燃料等の代替燃料の活用が期待されている。既に商用化されているバイオ燃料が先行して活用されることが見込まれるが、バイオ燃料の原料不足に対する懸念がある一方で、合成燃料の原料はCO₂と水素であるため、工業的に大量生産することが可能であるという観点から、SAFとしてのポテンシャルを評価すべきである。

(iii) 石油精製業にとっての合成燃料のポテンシャル

石油精製業は、国内の石油需要の減少に伴い、精製設備能力の削減が求められるとともに、削減で余剰となったアセット（タンク、土地、人材等）を活かした新規事業への取組が迫られている。こうした中で、既存インフラを活用できる合成燃料の導入は石油精製業にとってもメリットがあると考えられる。

(iv) エネルギー・レジリエンス上の優位性

合成燃料は、当然のことながら、化石燃料同様、可搬性があり、積雪により停電が発生した地域への燃料配送の継続や、高速道路で立ち往生した自動車に対しても給油することなどが可能である。また、災害等に備えて長期間の備蓄が可能であるという性質、エネルギー・レジリエンスの観点からも有効である。

③ 政策の方向性

(i) 研究開発の加速化

合成燃料の技術開発・実証は、欧米を中心に急速に広がりを見せている。こうした中、合成燃料の製造技術について我が国の優位性を確立するため、合成燃料の研究開発・実証を推進すべきである。

具体的には、合成燃料の製造技術の確立に向け、様々な製造プロセス（逆シフト反応、共電解等）の技術開発を行うと同時に、大規模製造を実現するための設計開発や製造実証を行うことが必要である。その際、追加的な設備投資に対応した支援のあり方を検討すべきである。

合成燃料に係る技術開発・実証を今後10年で集中的に行うことで、2030年ま

でに高効率かつ大規模な製造技術を確立し、2030年代に導入拡大・コスト低減を行い、2040年までの自立商用化（環境価値を踏まえたもの）を目指すべきである。

(ii) 脱炭素燃料としての国際的評価と枠組みの構築

合成燃料は、燃焼時にCO₂を排出するものの、製造時にCO₂を再利用していることから、脱炭素燃料とみなすことができる。合成燃料の導入拡大のためには、合成燃料が脱炭素燃料であるとの国際的評価を確立すること等が重要であり、今後、国際的議論に積極的に参画していく必要がある。

また、合成燃料の製造場所が海外である場合、海外で回収されたCO₂を消費国のCO₂削減分としてカウント（オフセット）しなければならない。合成燃料が国内のみならずグローバルなサプライチェーンの中で製造される可能性が高いことを踏まえれば、カーボンクレジット制度を通じて、合成燃料製造時に回収されるCO₂のオフセットの枠組みを構築していく必要がある。

(5) 合成メタン（メタネーション）

① 位置付け

合成メタンは合成燃料の一類型であり、メタネーション技術により、水素とCO₂から製造される燃料である。

合成メタンは、カーボンリサイクルされたメタンを都市ガス等として供給することによりカーボンニュートラルに貢献するとともに、都市ガス導管等の既存インフラ・既存設備を有効活用できるため投資コストを抑制でき、また、電力以外のエネルギー供給の確保や高い強靭性を有する既存インフラ等を活用可能であるため、3Eの観点から大きなポテンシャルを有している。

② 背景・課題

要素技術の開発が進展しており、既に実証が行われている。現状では、エネルギー効率が限定的で反応時に発生する熱の有効利用や、耐久性の高い触媒開発等による生産性の向上が課題である。また、コスト低減に向けて、エネルギー効率の更なる向上や水素の供給コスト低減が課題である。

また、合成燃料等と同様に、海外においてCO₂フリー水素とCO₂から製造した合成メタンを国内で利用した場合や、国内の火力発電所から排出されるCO₂から製造した合成メタンを国内で利用した場合における、CO₂吸収量・排出量のカウントについて考え方を整理し、国際的にルール化を図っていくことが必要である。

③ 政策の方向性

(i) 大規模実証を通じたコスト低減

2050年に既存製品と同価格(40~50円/Nm³)を目指すとのコスト目標の実現に向け、生産性の向上に向けた技術開発や大規模実証を推進すべきである。

さらに、共電解等の革新技术の開発により、エネルギー効率の更なる向上や水素の供給コスト低減を目指すとともに、国内外の供給サプライチェーン構築に向けた取組を後押しすべきである。その際、追加的な設備投資に対応した支援のあり方を検討すべきである。

(6) CCS (CO₂の分離・回収・貯留)

① 位置付け

CCSは、CO₂を地下に貯留することから、大気中へのCO₂排出を削減し、カーボンニュートラルの実現に向けて鍵となる技術である。カーボンリサイクルと同様に、CO₂の分離・回収設備を設置することで、既存の化石燃料の調達体制や設備を活用しつつCO₂排出削減に貢献できるという利点も有している。また、DACやバイオマス発電等と組み合わせることで、ネガティブ・エミッションも実現することができる。

CCSに関しては、我が国でのカーボンニュートラルの実現の観点から、火力発電所等様々なCO₂排出源で発生するCO₂を処理するCCSについての検討が必要である。他に、前述のとおり、石油・天然ガスの上流開発と一体となったCCSや、化石燃料からブルー水素・ブルーアンモニアを製造する過程で発生するCO₂を処理するCCSへの対応は始まっている。他方、CO₂の貯留先についても、国内外における油ガス田及び油ガス田以外のCCS適地といったように複数の選択肢が存在する。現在、世界で稼働している大規模CCUSプロジェクトの太宗は、経済性の観点から原油の増産等で収益が見込まれるEOR案件であり、CO₂の地下貯留のみを目的とするCCS案件は非常に限られているのが現状である。

なお、IEAによると、パリ協定に基づいて各国が現在表明している削減目標に基づく排出量から、2100年までに世界の気温上昇を2°C以内とする場合

(2070年にカーボンニュートラル)に必要な追加の削減量のうち、CCSを含むCCUSの貢献量は世界全体の排出量の約19%に当たる年間約69億トンと試算されている。

② 背景・課題

国内では、「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」等に基づき、商用化を前提とした2030年までの導入を見据え、苫小牧における大規模CCS実証、CO₂長距離輸送実証、カーボンリサイクルとの連携、貯留・モニタリング技術の研究開発及びCO₂の貯留適地の調査を実施してきたところ。

こうした取組を通じ、CCS に必要となる CO₂ の分離・回収・輸送・貯留について、一貫した基礎技術は確立している。ただし、化石燃料から排出される CO₂ に見合った CCS を確保するためには、技術的課題の克服・低コスト化が課題である。例えば、火力発電に対する足下の CCS コストによる価格上昇は、石炭火力で約 7～9 円/kWh、ガス火力で約 3～4 円/kWh であるとの試算もあり、足下の太陽光発電以下の価格水準とするためには、CCS コストを半分以上低減することが必要と試算される。

次に、貯留適地の確保も課題である。国内の貯留可能な貯留ポテンシャルは約 1,500～2,400 億トンとの試算もあるが、CCS を社会実装するには、コスト面や社会的受容性も踏まえつつ、探査・調査井の掘削等を通じて、より確実な貯留適地を特定することが課題である。他方、世界全体では約 7 兆トン以上の貯留ポテンシャルが存在するとの試算もあり、特に東南アジアは、ポテンシャルが大きく、安価に貯留が可能な地域が多いと見込まれる。

さらに、CCS は、様々な法律を適用法規とするため手続きが煩雑であることや、CO₂ が貯留されている限り実施者が監視を続ける長期的責任が生じることなどから、CCS の事業化に向けた環境整備も課題である。

③ 政策の方向性

2050 年カーボンニュートラルを目指すために、CCS が極めて重要であることから、以下の項目について、CCS が効果的・効率的に社会実装されるよう、先行する海外における上流開発や水素・アンモニア製造に係る CCS の知見も活用し、海外の CCS 事業の動きにも対応した、長期のロードマップを策定した上で、その進捗・結果を公開し、関係者と共有していくべきである。

(i) CCS の技術的確立・コスト低減

CCS の大規模化や商用化に向けて、海上からの海底下貯留技術や、モニタリングの精緻化・自動化、掘削・貯留・モニタリングのコスト低減等の研究開発を推進すべきである。

また、CO₂ 排出源と貯留地の柔軟性確保に向けて、低コストな CO₂ 長距離輸送技術の開発・実証を推進すべきである。さらに、将来の CO₂ 大規模輸送を見据え、CO₂ 排出源の集積と幹線ネットワーク（ハブ&クラスター）の研究も必要である。

(ii) 事業化に向けた環境整備

国内の CO₂ 貯留適地の選定のため、貯留層のポテンシャル評価等の調査を引き続き推進すべきである。

また、国内における CCS の事業化に向けた事業者の検討を促進すべく、CCS 事業の経済性確保等に向け、CO₂ 排出事業者を含めたコスト負担のあり方や、インセンティブ設計のあり方、関係法令の整理等について検討を進めるべきである。

さらに、JOGMEC のリスクマネー供給や技術開発、実証、人材育成等の支援策や「たんさ」を国内外で CCS 適地探査に活用することなどを通じて、上流開発を伴う CCS 事業や CCS 適地の確保につながる事業への支援を検討すべきである。また、上流開発を伴わない CCS 事業など現状の支援策では対応できない事業についても、支援策の検討が必要である。

(iii) 国際協力等の推進

諸外国の CCS も視野に入れ、2020 年 11 月の EAS エネルギー大臣会合において歓迎された CCS 導入促進を目指す「アジア CCUS ネットワーク」の構築に向け、アジア各国との協力を強化していくべきである。また、同ネットワークを通じて、アジア各国とのネットワーク強化、アジア域内における CCS 関連制度作りへの関与の強化、CCUS に関する知識・経験の共有、ポテンシャル調査の実施、CCS 関連制度共通ルールの検討、具体的なプロジェクト形成等を図っていくことが重要である。

(7) カーボンリサイクル (含 : DAC)

① 位置付け

カーボンニュートラル社会においても、国民生活・経済発展やエネルギーセキュリティの観点から、化石燃料を一定程度使わざるを得ない産業・地域が存在する。その観点を踏まえると、カーボンリサイクルは、CO₂ を資源として捉え、鉱物化や人工光合成等により素材や燃料へ再利用することにより、大気中への CO₂ 排出を抑制することから、カーボンニュートラル社会の実現に必要な技術である。また、CO₂ の分離・回収設備を設置することで、既存の化石燃料の調達体制や設備を活用しつつ CO₂ 排出削減に貢献できるという利点も有している。

また、DAC については、あらゆる部門において脱炭素に向けた課題が存在する中で、その課題を克服するためのイノベーションの不確実性を考慮した際、DAC を CCS やカーボンリサイクルと組み合わせ、ネガティブ・エミッションを実現するという方策として必要な選択肢となっている。

② 背景・課題

(i) 技術開発・社会実装における課題

技術によるブレークスルーが必要であるが、各々の分野での可能性を追求し、可能なものから社会実装に取り組むべき。代表的分野の状況は以下の通り

である。

(ア) コンクリート

現状の CO₂ 吸収型コンクリートはコスト高であり、既存コンクリートの約 3 倍 (100 円/kg) であるため、コスト低減が課題である。また、CO₂ 吸収量が限定的であるとともに、コンクリートの中の鉄骨が錆びやすく (CO₂ 吸収により酸化しやすくなるため) 用途が限定されているため、用途拡大を図る必要がある。

(イ) 化学品 (人工光合成によるプラスチック原料)

光触媒を用いて太陽光によって水から水素を分離し、水素と CO₂ を組み合わせてプラスチック原料を製造する人工光合成の技術は、基礎研究 (ラボレベル) は成功しており、実証を進めることが重要である。現状の光触媒では太陽光の変換効率が限定的で、生産性が低く、コスト高になるため、コスト低減が課題である。

(ウ) 分離回収設備 (排気中 CO₂ の分離回収)

EOR や化学用途向けに、発電所からの高濃度 CO₂ の分離回収設備は、既に商用化されている。様々な濃度や特性を持つ排出源から低コストで CO₂ を回収するための技術が、今後の開発課題である。

(エ) 大気中からの CO₂ 直接回収 (Direct Air Capture (DAC))

DAC 技術については、世界的にも要素技術開発の段階である。国内でも、ラボレベルでの開発を 2020 年から開始している。現状、エネルギー効率が低く、大気中からの CO₂ 回収コストが高いことが課題である。しかしながら、社会全体でのカーボンニュートラルを実現するためには、長期かつ計画的に取組を進めることが必須である。

(ii) 海外展開

2019 年から毎年カーボンリサイクル産学官国際会議を開催し、非連続なイノベーションを通じた「経済と環境の好循環の実現」に向けたカーボンリサイクルの意義と取組の進捗を世界に向けて発信している。

同会議によるマルチの枠組みに加え、2019 年 9 月に豪州、2020 年 10 月に米国、2021 年 1 月に UAE と、それぞれ二国間でカーボンリサイクルに係る協力覚書を締結し、社会実装に向けた開発・実証に取り組むことを確認した。今後、カーボンリサイクル技術の開発・実用化を加速させるため、国際連携の更なる強化が必要である。

③ 政策の方向性

(i) 社会実装に向けた技術開発・実証等の推進

カーボンリサイクル技術の社会実装を早期に実現すべく、分野ごとに以下のとおり、技術開発・実証等の取組を推進すべきである。その際、「カーボンリサイクル技術ロードマップ」が2019年に策定されて以降、我が国における2050年カーボンニュートラル目標の宣言、各種技術の進展、国内外の企業によるカーボンリサイクルに係る取組の拡大等の環境変化があったことを踏まえ、技術の追加等、同技術ロードマップを必要に応じて見直すべきである。

(ア) コンクリート

2030年に需要拡大を通じて既存コンクリートと同価格(=30円/kg)、2050年に防錆性能を持つ新製品を建築用途にも使用可能とするとの目標の達成に向けた取組を推進すべきである。

具体的には、新技術に関する国交省データベース(NETIS)へのCO₂吸収型コンクリートの登録等を通じ、国・地方自治体による公共調達を拡大すべきである。なお、2025年大阪万博でも導入を検討すべきである。

また、防錆性能を持つ新製品を開発し、建築物やコンクリートブロックへの用途拡大を後押しすべきである。民間部門での需要拡大に向けた標準化等の導入、アジアへの販路拡大に向けた国際標準化等の取組を後押しすることも必要である。

(イ) 化学品

変換効率の高い光触媒を開発することで2030年までに製造コスト2割減、2050年に既存のプラスチック製品と同価格(=100円/kg)を実現するとの目標の達成に向け、大規模実証や社会実装を推進すべきである。

これを実施するため、保安・安全基準に関する検討を2030年までに行う。光触媒から発生する水素・酸素混合低圧ガスから水素と酸素を分離する際の安全性確保の観点から、今後の技術動向を予測しながら先見性のある新たな保安・安全基準の策定、高圧ガス保安法等の関連規制の対応等に取り組むべきである。

(ウ) 分離回収設備(排気中CO₂の分離回収)

2030年に分離回収技術の更なる低コスト化とEOR以外への用途拡大、2050年に世界の分離回収市場で年間10兆円の3割シェア実現(約25億CO₂トンに相当)との目標の達成に向け、低コスト化につながる高効率なCO₂分離回収技術の開発を推進すべきである。

(エ) 大気中からの CO₂ 直接回収 (Direct Air Capture (DAC))

未だ不確実な面が多いが、長期的・計画的に大気中からの高効率な CO₂ 回収方法について技術開発を進め、低コスト化を実現し、2050 年までのできるだけ早期の実用化を目指すべきである。

(ii) 国際連携の強化

カーボンリサイクルの技術開発・実証から、将来的な社会実装に向けて、米国、オーストラリア、UAE とのカーボンリサイクル協力覚書を皮切りとして、アジアをはじめとした各国とも国際連携を強化すべきである。また、それらを通じ、カーボンリサイクル製品の国際市場の拡大を図ることが必要である。

(8) クレジット

① 位置付け

クレジットは、CO₂ 等の GHG 削減に価値を付けて、市場ベース等でやりとりを行うものであり、GHG 排出を回避・削減あるいは吸収するプロジェクトを通じて発生する。事業者が自らプロジェクトを実施し、クレジットを発生させる場合だけでなく、他者からクレジットを購入し財政的に GHG 削減プロジェクトを支援することにより自社の GHG 排出を相殺（カーボン・オフセット）する場合もある。

クレジットの取引は、効率的に CO₂ 等が削減・吸収する取組に対し、経済や技術が変化する時間軸に沿って、政府の再配分を経ずに民主導で資本が移転されることや、事業計画やファイナンス計画において期待収益として加味することができるようになり、民間資金の流入が促進されるといった意義があるため、社会全体での GHG の効率的な削減に寄与するものである。

今後、世界的にカーボンニュートラルが目標となり、また、低コストなオフセットが強く求められ、国際的な比較優位が活用されていけば、クレジットは活性化していくと考えられる。

② 背景・課題

(i) 国際機関や行政が関与するクレジット

国際機関や行政が関与するクレジットには、京都議定書に基づき国連が管理する CDM (Clean Development Mechanism) や日本独自の制度で、日本政府とパートナー国政府との合意に基づき実施する二国間クレジット制度 (JCM: Joint Crediting Mechanism) などがある。JCM については、現在 CCUS プロジェクトへの活用に向け、アジアを中心としてフィージビリティ調査を実施しており、クレジットの対象化に向けた方法論の策定を含む環境整備が課題となっている。

また、日本国内のクレジットとして、Jクレジット等の制度が既に存在しており、温対法や省エネ法への報告等にも活用されている。

(ii) ボランタリー・クレジット

ボランタリー・クレジットは、政府間の合意を経ず、民間認証機関が企業のCO2排出削減活動に対して発行するクレジットであり、民間市場で取引されているが、海外企業からクレジットを購入した場合も現状では国の排出量削減には加算されていない。現在、世界で最も市場に流通している民間認証クレジットはVCS (Verified Carbon Standard) であり、例えば、東京ガス(株)が「カーボンニュートラルLNG」の販売に活用している。ボランタリー・クレジットの扱いについて、国単位での排出権にカウントされるかどうかや将来の規制対応に活用されるかなどが不明確であることや、マーケットのルールや基準が曖昧で、取引情報の透明性も欠如しているものもあり、取引リスクが高いことから、クレジットの質を担保すべきという議論もある。

現在、クレジットは主に海外で発行されているが、国内でクレジットが発行されるべきとの意見もある。

③ 政策の方向性

現在、クレジット取引を含めた「成長に資するカーボンプライシング」については、経済産業省、環境省が連携して検討を進めているところである。

カーボンニュートラル実現のため、現行のマーケット形成の動きも取り込みつつ、クレジット・マーケットを育てることが重要である。