



2021 年度 政策提言書

カーボンニュートラルの実現に向けた
石炭フロンティアを目指して

2022年 1 月

JCOAL

(一般財団法人 石炭フロンティア機構)

【提言骨子】

石炭は、供給安定性や経済性に優れた資源・エネルギー源として、我々の社会基盤を支えている。一方、石炭は燃焼時の CO₂ 排出量が比較的多いという問題があり、非効率な石炭火力発電をフェードアウトさせるとともに、CCUS/カーボンリサイクルを含めた CO₂ 排出削減を徹底し、カーボンニュートラルに向けて努力する必要がある。また、カーボンニュートラルは世界全体で実現すべき目標であり、我が国は石炭利用先進国として国際連携を図り、貢献すべきである。

2050 年カーボンニュートラルを実現するため、以下を提言する。

1.カーボンニュートラルに向けた石炭火力の位置づけ

- ・エネルギー自給率が低い我が国においては、エネルギーの安定供給のためには特定のエネルギーに偏らないエネルギーミックスが引続き重要
- ・カーボンニュートラル移行期間(トランジション)においては、既設インフラを最大限活用しコストを極力抑えながら、アンモニアへの燃料転換、CCUS 技術と組合せたゼロエミッション電源に段階的に移行することが重要

2. CCUS/カーボンリサイクル等 イノベーション “革新的 CCT” の推進

- ・石炭を利用する電力部門及び非電力部門の CO₂ 排出削減、さらに CCUS/カーボンリサイクルの実現に資する技術開発と社会実装の加速的な推進が必要
- ・再生可能エネルギーの調整力として必要な火力発電には CCS の利用が必須となることから、国内 CCS の実現に向けた貯留適地調査の加速が必要

3. 海外への日本のクリーン・コール・テクノロジー展開・政府支援の継続

- ・我が国の石炭利用に関する信頼性の高い地域環境及び地球環境対策技術、CCUS/カーボンリサイクル取組成果を海外に普及、展開させることが重要
- ・石炭利用が必要な国・地域に対して、カーボンニュートラル実現に資する排出削減対策を講ずる石炭火力発電導入への政府支援の継続的な実施が重要

4. 石炭等の安定供給の確保

- ・産炭国との友好関係を強化し、将来にわたって必要な石炭資源の安定供給の確保が重要
- ・これまでの資源外交で培ったネットワークを活用し、国際協力・連携を進め、水素・アンモニアのサプライチェーン構築や CCS 適地確保等の一体的な推進が重要

5. 人材育成の戦略的な支援の推進・継続、及び石炭広報活動の強化

- ・石炭利用が必要な国々へクリーン・コール・テクノロジーや CCUS/カーボンリサイクルの技術開発、社会実装の普及に向けた戦略的な人材育成活動の支援
- ・公平なエネルギーアクセス、石炭利用の革新的技術開発と社会実証、国際協調と相互理解など、取組に関する分かりやすい情報発信が重要

以上

「カーボンニュートラルの実現に向けた石炭フロンティアを目指して」

はじめに

1. カーボンニュートラルに向けた石炭火力の位置づけ
2. CCUS/カーボンリサイクル等 イノベーション “革新的CCT” の推進
3. 海外への日本のクリーン・コール・テクノロジー展開・政府支援の継続
4. 石炭等の安定供給の確保
5. 人材育成の戦略的な支援の推進・継続、及び石炭広報活動の強化

【参考資料】

図1-①. IEA発表誓約(APS)シナリオにおける世界の資源別エネルギー需給見通し

-②. IEA発表誓約(APS)シナリオにおける世界の電力エネルギー需給見通し

-③. IEAシナリオ別世界の石炭需給見通し

図2. 革新的クリーン・コール・テクノロジー（CCT）の体系

図3. 日本の石炭供給の動向

図4. エネルギー基本計画における日本の発電電力量構成の推移

図5-①. カーボンリサイクル技術ロードマップ

図5-②. カーボンリサイクル技術体系

図6. 成長が期待される産業（14分野）

はじめに

2020年10月に公表された「2050年カーボンニュートラル達成」、及び2021年4月の「2030年度温室効果ガス46%削減（対2013年度比）、さらに50%の高みに向けて挑戦する」という目標などを踏まえ、10月に「第6次エネルギー基本計画」が閣議決定された。また、11月の国連気候変動枠組み条約第26回締約国会議（COP26）における「今世紀末の世界の気温上昇1.5℃に抑える努力を追求する」などが合意され、日本や世界において、カーボンニュートラル実現への取組が加速している。

一方で、温暖化ガスの主要な排出源とされる化石資源は、発電や輸送用燃料として、また工業製品の原材料等として国内外で幅広く活用されている。中でも石炭は、産業革命以降、発電、鉄鋼、セメント、化学工業などの基幹産業の発展に貢献するとともに、現在も主要な資源やエネルギーとして社会の基盤を支えている。

IEA（国際エネルギー機関）が2021年10月に公表した「世界エネルギー見通し2021」によると、「公表政策シナリオ(STEPS)」より更に踏み込んだ「発表誓約シナリオ(APS)¹」では、2050年までCO₂を削減するため石炭の使用量は減少するものの、一次エネルギーに占める割合は10%程度と予測している(図1-①)。また、2050年の世界の電力需要の7.7%を石炭が支えている(図1-②)。とりわけ、どのシナリオでもアジア・大洋州の国々では引き続き相当量の石炭が必要とされていることが分かる(図1-③)。

世界が目指すべきカーボンニュートラルは、化石燃料から再生可能エネルギーに転換すれば良いといった単純な移行では成り立たない。世界の電力部門及び非電力部門において、石炭を利用せざるを得ない国、地域が存在しており、資源・エネルギーとして必要な石炭を利用しながら、カーボンニュートラルの実現を進めるためのCO₂排出削減への取組やCCUS/カーボンリサイクルへのチャレンジが重要である。

世界各国がカーボンニュートラルの実現に向けた今後の目標や取組を表明しているが、資源やエネルギーをめぐる状況は各国千差万別である。特に、資源が乏しく周囲を海で囲まれた我が国において、S+3E（安全性[Safety]を前提に、エネ

¹IEA World Energy Outlook 2021(2021.10.22 発行)より引用。本資料では「公表政策シナリオ(STEPS: Stated Policies Scenario)」「発表誓約シナリオ(APS: Announced Pledges Scenario)」「持続可能開発シナリオ(SDS: Sustainable Development Scenario)」「2050年実質ゼロ(ネットゼロエミッション)シナリオ(NZE: Net-Zero Emissions by 2050 Scenario)」下のエネルギー需給見通し等を想定している。

ルギーの安定供給[Energy Security]、経済効率性の向上[Economic Efficiency]、環境への適合[Environment])を満たす単一の完璧なエネルギー源がない現状では、多様なエネルギー源をバランス良く活用することが重要であり、私たちが取り組むべきことは、多くの選択肢を保持しながら、それぞれに必要な技術革新にチャレンジし、CO₂排出抑制のコスト削減や、社会実装を進めることである。

SDGs(持続可能な開発目標)が示す「誰も置き去りにしない、持続可能で多様性と包摂性のある社会」のために、発展途上国を含めた全ての人々にaffordable(手頃な価格)、reliable(安定的)、sustainable(持続可能)、そしてmodern(近代的)なエネルギーへのアクセス確保が求められていることから、供給安定性や経済性に優れた石炭の果たす役割はこれからも大きいと言える。

石炭利用による、世界全体の気候変動問題とエネルギーアクセス改善問題の同時解決には、“革新的クリーン・コール・テクノロジー²(Innovative CCT、図2)”に示す高効率化等によるCO₂排出削減対策、CO₂分離・回収・利用・貯留(CCUS)、カーボンリサイクルの活用が必要である。2050年カーボンニュートラル移行期(トランジション)にイノベーションにチャレンジするため、国の支援が重要と認識し、以下を提言する。

1. カーボンニュートラルに向けた石炭火力の位置づけ

我が国の2019年度の石炭消費量は約1.9億トン(図3、内訳は、電力分野で約5割、製鉄分野で約4割、窯業その他が約1割)であり、ほぼ全量(99.6%)を海外から輸入している状況が継続している。我が国のエネルギー事情を考えると、他国に比べて極端に低い自給率、及び送電網やガスパイプラインが海外と連携・接続していない島国であるという現状から、エネルギーの安定供給には特定のエネルギーに偏らないエネルギーミックスが引き続き重要である。

2021年10月の「第6次エネルギー基本計画」で、引き続きS+3Eを原則とした上で、次のように示された。

- 2030年想定として、再生可能エネルギーを36~38%へ増加(前計画に約10ポイント強引き上げ)、原子力を20~22%(現状維持)、水素・アンモニアを利用する火力発電を1%(従って、3分野以外の火力発電は41%目標となる)。

² CCUS/カーボンリサイクル等、ゼロエミッションを目指すクリーン・コール・テクノロジーを革新的CCT(Innovative CCT)とJCOALにて表現した。

- 火力発電の内、石炭火力の発電電力量は 19%、石油火力は必要最小限の約 2% 程度を見込む（図 4）。
- 安定供給確保を大前提に、再生可能エネルギー導入に対応可能な供給力を確保しつつ、できる限り火力の比率を引き下げる。
- 次世代化・高効率化を推進しつつ、非効率火力のフェードアウトに取り組むとともに、水素・アンモニア等の燃料の混焼や CCUS/カーボンリサイクル等 CO₂ 排出削減措置の促進。

カーボンニュートラル移行期（トランジション）においては、一気にインフラ整備をすることは不可能である。むしろ既存インフラを最大限活用しながらコストを極力抑えつつカーボンニュートラルに取り組むことが、電力・製鉄、一般産業等全ての業種に亘って最善の策と言える。

石炭火力はベース電源から再生可能エネルギー大量導入を支える調整電源として役割を拡大しつつ、アンモニアへの燃料転換や CCUS 技術を組合せたゼロエミッション電源に段階的に置き換えていくことが必要である。また、近年石炭火力等の休廃止が相次ぐ中、供給力の低下により、夏場や冬場のピーク時に需給が逼迫している。予備力確保の観点から容量市場³等の制度の適正運用が重要である。

2. CCUS/カーボンリサイクル等 イノベーション “革新的 CCT” の推進

カーボンニュートラルに向け、石炭を利用する電力部門及び非電力部門の CO₂ 排出削減、CCUS/カーボンリサイクル等の技術開発について、産官学が協力する体制作りを進め、CO₂ 排出抑制のコスト削減を目指し、CCUS/カーボンリサイクル等の分野でイノベーションを起こし、“革新的クリーン・コール・テクノロジー”の開発を加速することが重要である。

また、カーボンリサイクル政策は極めて重要であり、2019 年 6 月の「カーボンリサイクル技術ロードマップ」が、2021 年 7 月に改定（図 5-①）されるとともに、同年（2021 年）10 月に第 3 回カーボンリサイクル産学官国際会議が開催され、前回に引き続きカーボンリサイクルの国際連携強化への取組が共有された。カーボンリサイクル分野（図 5-②）は、イノベーションにより技術的成果が発揮

³ 容量市場は、将来必要な供給力を予め確保することにより安定供給を確保し、電力（kWh）取引価格の安定化の実現、及び電気事業者の安定した事業運営、並びに需要家の電気料金の安定化などを目指す制度である。

され、CO₂削減策として期待される分野であり、日本の技術が大きく貢献できるものである。

さらに、カーボンニュートラル達成には、水素・アンモニア、バイオマス、CCUS等の多様な選択肢に取り組み、広く技術的にも商業的にも普及させていく必要がある。各事業者が、それぞれの事情に応じ、これら選択肢から最適な技術を選び取り組むことは、カーボンニュートラルの裾野を広げ、我が国産業の生産・供給力のレジリエンスにも繋がる。選択した技術が商用的に自立し切磋琢磨できるように、再生可能エネルギーに適用されている FIP と同様な経済的支援、政策的な導入の検討を頂き、その際、どの技術においても経済性が同一に評価されるように公平で中立的な観点でご議論をお願いしたい。

加えて、2050年に発電量の一定程度をCCUS付き火力で対応するには、早期にCCSの適地選定を行う必要であり、国内、海外でのCCSの実現に向けた貯留適地調査の加速が求められる。CCSの事業化には、多くのステークホルダーとの合意形成、及び事業の透明性の確保が条件となることから、民間企業のみでの取組は困難である。国主導による調査井掘削、及びCO₂貯留地点の選定や、助成金・税制処置等のインセンティブが働く制度設計をお願いしたい。

今後も化石燃料の需要が残る東南アジア地域においては、CCUSが果たす役割は大きく、アジア全域でのCCUS活用に向けた知見や事業環境整備を目指す国際的な産学官プラットフォーム「アジアCCUSネットワーク」を推進する必要がある。

2021年3月に発足したグリーンイノベーション基金事業により、NEDOに2兆円基金が造成された。本基金は「経済と環境の好循環」を目指したクリーン成長戦略の重点分野（図-6）のうち、政策効果が大きく、社会実装までを見据え、具体的な目標とその達成に向けた取組をコミットする企業等に対し、研究開発・実証から社会実装までを継続支援するものである。2兆円基金は従来の研究開発プロジェクトより相対的に大きい予算規模であり、こういった支援制度の運用は、集中的かつ戦略的に実施することが重要である。

【発電分野の高効率化・次世代技術】

火力発電技術の高効率化・次世代化は、省エネルギーの推進や再生可能エネルギーの導入拡大とともに、エネルギーセキュリティの向上やエネルギーコスト削減の観点から重要な課題である。石炭をガス化しガスタービンと蒸気タービンの2段

階で発電することで発電効率を向上させる（IGCC）については、福島県の勿来、広野で 2021 年に商用プラント運用が開始された。また、広島県の大崎クールジェンプロジェクトは、2019 年度より CO₂ 分離・回収型 IGCC の実証運転に取り組み、2021 年度末から同設備に燃料電池（SOFC）を追設した石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）の実証試験も開始される予定である。

[水素・アンモニア利用技術]

水素・アンモニアを燃料とした発電は、燃焼器の開発はあるものの、ガスタービンやボイラー、脱硝設備等の既存発電設備の多くをそのまま活用できる。燃焼時に CO₂ の排出抑制ができることから、カーボンニュートラル実現に向けた有力な選択肢の一つである。

水素は、エネルギーキャリアとして再生可能エネルギー由来の水素等を貯蔵、輸送、利用できる特性を備えており、大量導入については、海外の豊富な再生可能エネルギーを用いたグリーン水素⁴や、褐炭等の未利用エネルギー資源を活用したブルー水素が期待される。エネルギー資源の乏しい日本にとっては、経済的な観点からグリーン水素及びブルー水素ともに利用を推進することが重要であり、水素はエネルギー安全保障及び温暖化対策の切り札として位置づけられる。

また、将来的には、余剰再生可能エネルギー等を活用した水電解による水素製造の商用化、光触媒・高温ガス炉等を活用した革新的な水素製造技術の実用化等に取り組むべきであり、国内の資源を活用した水素製造基盤を確立すべきである。

現在、水素の社会実装としては、安価な豪州ビクトリア褐炭から水素を製造・液化し、日本へ輸送して利用する水素サプライチェーン構築実証事業が進捗している。豪州ビクトリア州の褐炭ガス化技術実証プロジェクトの完遂とともに、商用のサプライチェーン確立に向けた大型化実証の推進、日本国政府と豪州連邦・ビクトリア州政府等との協力関係の構築が重要である。

アンモニアは、水素キャリアとして活用できるが、燃焼しても CO₂ を排出しないことから燃料として直接利用が可能である。また、石炭火力の脱硝装置に使用されるなど、アンモニアの扱いには慣れており、既にインフラも整備されている。既

⁴ 水素は製造プロセスにより、グリーン/ブルー/グレーに識別されている。グリーンは再生可能エネルギー由来の電力を利用して水を電気分解して生成される水素である。また、ブルーは化石燃料を原料とし、蒸気メタン改質や自動熱分解などで H₂ と CO₂ に分解し、CO₂ を大気に排出する前に回収した水素であり、グレーはブルーと同じ製法ではあるが CO₂ を回収しない水素である。

設インフラを活用することで、水素より安価に製造・利用できることから、早期に実用化が期待できるため、アンモニアの燃料利用に向けた技術開発が進んでいる。

今後、高混焼・専焼化といった利用量の拡大や、船舶や工業炉等の用途拡大も見込まれる中、需要拡大に対応した新たなサプライチェーンの構築が必要となる。

アンモニアについても水素と同様に、大規模製造ではグリーンアンモニアとブルーアンモニアの双方を利活用することがコスト面で得策である。グリーンアンモニアは、アンモニア合成に用いる電極の触媒開発や電解質の開発を、ブルーアンモニアについては、ハーバーボッシュ法よりも低温・低圧で合成可能な技術等、社会実装に向けた製造技術の開発が求められるとともに、それら利用の制度整備、及び資源外交の展開も重要である。

【再生可能エネルギー利用と石炭火力とのリンク（再エネリンク）】

再生可能エネルギー利用の増加に伴い、電力供給の変動が大きくなり、電力需要に対する供給の偏差を埋める調整力が必要となる。調整力の要件には、S+3Eを満たすことや、負荷変化速度及び負荷変化幅の拡大が求められることから、安定供給と経済性に優れ、負荷変化率の向上や最低負荷の切り下げが可能な石炭火力が最適である。

また、再生可能エネルギーのうち、バイオマス発電は規模が小さく発電効率が20%程度と低い。最新の石炭火力の発電効率は40%程度あることから、石炭火力にバイオマス燃料を混焼することは、資源の有効活用とともに、CO₂排出削減策の有効な技術オプションとなる。

近年、石炭火力へのバイオマス混焼については、粉碎機の改良やバイオマス半炭化技術の開発により、混焼率の向上も図られ実用化段階にあるものの、国内未利用木材の確保やバイオマス調達コストの削減が課題となっている。経済産業省、農林水産省、環境省などの関係省庁が一体となり、林業関係者へのインセンティブや、バイオマスの地産地消に資する地域創生プロジェクトへ展開する支援が求められるとともに、成長が早くかつ燃料専用として活用可能な早生樹プランテーション育成等を通じて、国内バイオマスの安定供給確保や経済性の改善に努める必要がある。

さらに、既設石炭火力へのバイオマス混焼については、地産地消が基本であるが、海外から木質ペレット等を輸入する場合は、現地で森林破壊などが起きないように、森林認証などの国際連携が重要である。

[CO₂の分離・回収]

CO₂の分離・回収については、NEDO 事業として、広島県の大崎クールジェンで IGCC プラントと物理吸収法を組合せたシステムの実証、京都府の舞鶴発電所では微粉炭火力(USC)に固体吸収法を採用した実証試験が進展している。

CO₂分離・回収技術は、カーボンリサイクルや CO₂貯留に必要な共通技術であり、大幅なコスト削減が求められることから、今後、高圧プロセスに適用可能な膜分離法あるいは CO₂分離回収設備を伴わないシステムとして CO₂が分離回収できるクローズド IGCC、及び CO₂分離回収型化学燃焼技術(ケミカルルーピング)等の低コスト化が図れる可能性のある研究開発が重要である。

また、カーボンニュートラルに向けては、大気中に存在する CO₂を直接回収する技術(DAC: Direct Air Capture)も必要である。大気中の CO₂は僅か 0.04%(400ppm)しかないことから、それを集め濃縮するためにはさまざまな材料やプロセスの工夫が求められ、こうした研究開発への支援が求められる。

[CCS]

CCS においては、CO₂分離・回収技術を適用するとともに、貯留は、資源開発で確立された掘削技術が活用できる。CO₂分離・回収技術の研究開発・実証を行うとともに、貯留については、掘削・モニタリングの精緻化・自動化、及びコスト削減、並びに社会受容性の推進が重要である。

CO₂の貯留については、国内では、我が国初の大規模 CCS 実証試験の苫小牧プロジェクトが 2019 年 11 月に累計圧入量 30 万トンを達成し、現在、モニタリング試験を継続実施中であり、各種情報発信を行い社会受容性も進展している。

日本の場合、CO₂の発生地点と貯留地点が必ずしも近距離とは限らず、CCS については、CO₂輸送を含む社会実装が求められる。現在、適地選定調査、及び液化 CO₂船舶輸送実証、並びに CO₂排出源と貯留の集積地とのネットワークの最適化等、サプライチェーン構築⁵に向けた検討を進めている。今後、CCS 実現を目指し、経済産業省と環境省の連携強化を図り、法整備や税制⁶などの支援策、及び地点や事業関係者との調整をお願いしたい。

⁵ JCOAL を代表事業者とする 13 法人からなるコンソーシアムは、環境省の令和 3 年度環境配慮型 CCUS 一貫実証拠点・サプライチェーン構築事業委託業務(輸送・貯留等技術実証)に採択され、令和 3 年 9 月より CCS の一貫実証を目指して業務を開始している。

⁶ 米国における炭素回収・貯留に対する税制控除「税法第 45Q 節」は、炭素回収・貯留で安全な地質学的貯蔵庫に貯留した場合 1t 当たり 50USD まで、石油増進回収技術(EOR)を利用して注入された炭素や光合成、化学合成プロセス、その他の商用で回収・貯留された炭素 1t 当たり 35USD まで税制控除を受け取る。

また、エネルギー分野においては、CO₂排出量をゼロにすることが難しい分野もある。カーボンニュートラル実現に向けては DACCS や BECCS⁷ といったネガティブエミッション技術を活用する必要があり、その支援も重要である。

[カーボンリサイクル]

回収した CO₂ を資源として再利用するカーボンリサイクルについては、NEDO が大崎クールジェンの設備を活用した「カーボンリサイクル実証研究拠点化整備事業」を進めている。研究拠点では、CO₂ を資源として炭酸塩化したコンクリート製品、化学品やバイオ燃料等を製造する技術開発が計画されており、国内外の英知の集結と世界に向けた情報発信が期待されている。こうした拠点整備は他地域へも展開されることにより、地域創成にも貢献することが望ましい。

また、人工光合成・光触媒によるオレフィンなど基礎化学物質の製造、ダイヤモンド電極によるギ酸の製造等、CO₂ を炭素資源として多様な炭素化合物の合成・製造として再利用するための色々な研究が進捗し、今後それらの成果が期待される。

海洋における海草などの CO₂ 吸収・固定（ブルーカーボン⁸ 等）については、人工藻場等が既に実用化段階にあり、積極的に活用すべきである。海洋国日本としては、CO₂ 吸収源として普及・拡大するポテンシャルが高く、国土交通省、農林水産省、環境省など関係機関と連携しながら、民間企業が参入しやすいルール作りを早急に進める必要がある。

さらに、CO₂ 削減については地球規模での取組として海外との連携が重要である。特に、世界最大の CO₂ 排出国である米国と中国において、日本の協力の下でカーボンリサイクル等事業が推進されることが注目される。米国ワイオミング州では CCUS への活用を目指した革新的省エネルギー型 CO₂ 分離回収技術実証⁹、中国では榆林経済技術開発区をモデル地域としたカーボンリサイクル技術/メタネーションの国際実証に向けた調査事業を推進している。

⁷ DACCS(direct air capture with carbon storage) 大気中にすでに存在する CO₂ を直接回収して貯留する技術。BECCS(Bioenergy with carbon dioxide capture and storage) バイオマス燃料の使用時に排出された CO₂ を回収して貯留する技術。

⁸ 海洋において海草などが吸収・固定する炭素は「ブルーカーボン」と称される(2009. 国連環境計画[UNEP])。JCOAL は人工藻場(魚礁)の実用化を秋田県岩館漁港にて実施中であり、全国展開を検討中。また、秋田県から「洋上風力発電設備への石炭灰利用に関する適用可能性調査」を受託し継続試験中である。

⁹ JCOAL を代表事業者とする2法人は、環境省の令和3年度環境配慮型CCUS一貫実証拠点・サプライチェーン構築事業委託業務(固体吸収剤による分離回収技術実証)に採択され、令和3年10月よりCO₂分離回収設備の環境影響評価に関する業務を開始している。

加えて、民間ベースのカーボンリサイクルへの取組として、2019年8月に「一般社団法人カーボンリサイクルファンド¹⁰」が設立され、活動を継続しており、カーボンリサイクルに係る広報活動や研究助成活動にイノベーション創出への期待がかかっている。

【その他】

〔製鉄技術等、非電力部門のCO₂排出削減〕

産業・民生・運輸等の非電力部門（燃料利用・熱利用を含む）においては、徹底した省エネルギーによるエネルギー消費効率の改善に加え、カーボンニュートラル化された電力による電化、水素・アンモニア、CCUS/カーボンリサイクルなどを通じ、CO₂排出削減を進めることが重要である。

我が国の製鉄技術は世界で最もエネルギー効率が優れているが、更なる省エネルギーとCO₂排出削減に向けて、革新的なコークス代替還元材料（フェロコークス）や COURSE50¹¹（製鉄所から発生するCO₂の約30%を削減可能とする革新的な低炭素製鉄プロセス技術の確立）等の技術開発と社会実証を図っていくことが期待される。加えて、製鉄プロセスで発生する副生ガスの熱源としての利用のみならず、化学品の製造に活用していくことも重要である。

今後求められるイノベーションの中には、水素還元製鉄のように、水素による還元プロセスにおける吸熱反応といった課題をどのように克服するかなど、未だ技術的にも完全な解決策が見出せていない分野も多く、イノベーション実現への挑戦は容易なものではない。イノベーションの実現が我が国の産業競争力の源泉となり、世界のカーボンニュートラルへの動きをリードできるよう、今から政府、産業界を挙げて取組を加速する必要がある。

セメント製造分野におけるCO₂排出削減への取組も重要である。同分野での、石灰石の利用の抑制や、セメント生産工程におけるCO₂排出削減の実現とともに、CO₂をコンクリート・セメント生成物等に取り込み、活用する技術開発や社会実装を加速して、社会全体で持続的な資源循環システムを確立することが必要である。

¹⁰ 本法人は、地球温暖化問題と世界のエネルギーアクセス改善の同時解決を目指し、カーボンリサイクルに係る研究助成活動や広報活動等により、カーボンリサイクルイノベーション創出支援を行うため、民間ベースで設立された。小林喜光会長（株）三菱ケミカルホールディングス 取締役会長）、北村雅良副会長（電源開発(株) 特別顧問）。

¹¹ CO₂排出の抑制と、CO₂の分離・回収により、CO₂排出量を約30%削減する技術を開発し、2030年頃までに技術を確立し、2050年までの実用化・普及を目指すため、NEDO「環境調和型製鉄プロセス技術開発」として、取組を継続中。

カーボンリサイクル技術によるコンクリート等への CO₂ 利用については、大規模・長期利用による CO₂ 固定化が可能なことから、社会実装への期待も大きく、CO₂ 排出削減・固定量の最大化、用途拡大・コスト低減、セメントの製造プロセスで石灰石から排出される CO₂ を効率的に分離回収・再利用する技術の確立等が重要である。

[石炭灰]

石炭は燃焼後、石炭重量比約 1 割の石炭灰が残る。現在のところ発生量の約 7 割がセメント分野で利用されているが、セメント分野以外も含め、一層の石炭灰有効利用を促進していく必要がある。制度面においては、JIS 等の規格化、利用ガイドラインの作成などにより、石炭灰を利用しやすい環境を整えていくべきである。

また、日本では IGCC の稼働開始に合わせて、石炭ガス化スラグの規格化の整備を行っている。JIS 規格原案作成委員会（事務局：JCOAL）での原案作成に基づき、2020 年 10 月に規格化され、土木・建築分野での設計施工指針の作成にも着手しており、今後の有効利用拡大が期待される。

コンクリートの主な構成材料であるセメントの代替材料として、石炭灰や副生消石灰を原料とする特殊混和材（CO₂ 吸収コンクリート）等、環境負荷低減に貢献しうる石炭灰利用の新技术開発も重要である。

石炭灰の地産地消となるリサイクル運用は、国内では既に完成され長年運営されてきたものであるが、今後の非効率石炭火力のフェードアウト政策の影響により、石炭灰の国内供給の支障が懸念されるため、長期的な改善策も準備しなければならない。

さらに、石炭灰有効利用に関する日本の技術や経験を活かした開発・実証事業を海外のニーズに合わせて進め、今後石炭灰発生量の増加が見込まれるインドネシアやベトナム等アジア地域を中心とした海外への事業展開も重要である。

[自然発熱性評価法の標準化]

石炭を利用せざるを得ない国・地域にとって、石炭の自然発熱のメカニズム解明や信頼性と経済性を兼ね備えた対策技術の確立、発熱性評価法の国際標準化 (ISO) に向けた取組も引続き重要である。石炭の安全な運搬・利用・管理のために適切な自然発熱性評価方法の標準化が求められており、海上輸送時の管理を想定した ISO や国際海事機関 (IMO) に関する関係国の動向にも注意が必要である。

3. 海外への日本のクリーン・コール・テクノロジー展開・政府支援の継続

我が国では、石炭利用に伴う SO_x、NO_x、ばいじん等への対策は地域環境対策として解決済の課題であるが、多くの国では十分な対策が実施されていない。今後、石炭によるエネルギー供給が必要な発展途上国等に対し、こうした環境対策のためのシステムを導入するとともに、その運転・保守管理技術を着実に普及させることが基本的な課題である。発展途上国における CO₂ 排出削減対策としては、実績のある我が国の信頼性の高い高効率石炭火力発電技術も含め、その運転・保守管理技術の移転支援を図ることが現実的な対応である。その上で、更にカーボンニュートラルを目指し、水素・アンモニア混焼、CCUS/カーボンリサイクル技術等の社会実装を先進国側・途上国側の両方で進めていくことが、地球規模での CO₂ 排出削減対策として重要であり、この新たなフロンティア分野における我が国の貢献が期待される。

また、2021年6月の主要7か国首脳会議（G7）では、「排出削減対策が講じられていない石炭火力発電への政府による新規の国際的な直接支援の2021年末までの終了」がコミットされ、2021年11月のCOP26においては、「排出削減対策が取られていない石炭火力の段階的な削減¹²や非効率な化石燃料への補助金の段階的な廃止への努力の加速」が合意されるとともに、「各国の事情に応じ最も貧困で脆弱な人々を対象とした支援を提供し、公正な移行に向けた支援の必要性が認識」された。

2050年のカーボンニュートラルへのゴールは共通の到達目標点であるが、その取組方法やプロセスは国や地域により異なり、エネルギーをめぐる各国の実情を踏まえながら、最適な技術を組合せたカーボンニュートラルへの道を追求することが肝要である。故に、排出削減対策を講ずる石炭火力発電等インフラ整備への政府による国際的な直接支援や既設石炭火力の改造を含むカーボンニュートラル実現に資する取組への資金援助、投資・金融・貿易促進の支援策の継続的な実施など、ファイナンスの充実が重要である。

さらに、カーボンニュートラルの実現に資する経済手法の一つになりうるカーボンプライシングは、炭素税、国内排出量取引制度、クレジット取引等様々な仕組みが考えられ、今後、国際的には炭素国境調整措置の導入も検討されている。税制と

¹² 石炭火力に関しては、当初議長国・英国が成果文書の草案で「段階的廃止（phase-out）」を明記していたが、インドなどが採択の直前に反発し、排出削減対策が取られていない石炭火力発電の「段階的縮小（phase-down）」のための努力を加速するとの文言が入った。

して検討する際は、負担が特定の産業や地域に偏るのではなく、社会全体で広く公平に負担を求めていくことが必要である。カーボンの価格付けに当たっては、国際競争に取組む産業活動や国民生活への著しい支障とならないことに留意するとともに、むしろカーボンニュートラル実現に取り組む事業が新たなビジネスとして成り立つインセンティブになるような仕組みや、資金支援となる金融市場の整備等、多面的な政策の実施が重要である。

4. 石炭等の安定供給確保

カーボンニュートラルへの円滑な移行を目指しながら、我が国の資源燃料政策の戦略的な取組を進めなければならない。世界規模でのエネルギー価格の上昇基調の継続が今後も予測される中、足元で必要な石炭、石油、天然ガスの安定供給の確保、及び電化や再生可能エネルギー機器等で需要の拡大が見込まれるレアメタルの金属鉱物資源の確保が極めて重要である。また、これまでの資源外交で培ったネットワークを活用し、国際協力・連携を進め、水素・アンモニアのサプライチェーンの構築や CCS 適地確保等を一体的に推進する包括的な資源外交が求められる。

例えば、CO₂の貯留適地として、枯渇ガス田などは有望な候補地となり得る。化石燃料の需要が多いアジア諸国と連携し、油ガス生産と CCS を組み合わせたカーボンニュートラルに資する事業化検討(EOR の可能性調査等)を CCS 適地確保に向けた資源外交の一環として進めることが必要である。

また、最近の石炭投資へのダイバーストメントの動きの中で、供給構造の変化が顕在化しており、石炭の安定供給を確保していくためには、我が国の企業が産炭国において権益を取得していくことが重要であり、海外で実施する探査、調査等への支援とともに、最大の輸入相手国である豪州やインドネシアに加え、今後、石炭輸入増加が期待されるモザンビーク等、主要産炭国との友好関係の強化が不可欠である。

さらに、石炭開発においては、カントリーリスクや事業リスクも高く、民間企業のみでは対応しきれないケースもある上、石炭市場価格変動に起因し、優良売却案件の増加もある。官民一体となった炭鉱権益獲得を念頭に、操業中の炭鉱権益獲得（石油天然ガス及び鉱物資源分野と同様の資産買収出資）を対象とした支援策の創設が必要である。

加えて、褐炭等、現在はあまり利用されていない低品位炭の活用は、石炭の長期安定供給に資するものであり、インフラ整備の推進、税制優遇など産炭国側での支

援が得られるよう、政府間レベルでの一層の協力関係構築が求められる。同様に、低品位炭の円滑な活用にあたっては、課税の見直し¹³も重要である。

5. 人材育成の戦略的な支援の推進・継続、及び石炭広報活動の強化

〔人材育成〕

カーボンニュートラル実現に向け、石炭利用が必要な国々との連携が求められる。世界全体のCO₂排出削減に寄与するクリーン・コール・テクノロジーやCCUS/カーボンリサイクルの技術開発、及び社会実装の普及に向けた戦略的な人材育成活動の支援が重要であり、研修機能の充実・強化が求められる。

また、国内外の石炭関連人材については、石炭・非鉄・石灰石等の業種横断的連携による継続的な人材育成活動が必要である。国内の石炭生産現場が縮小していることから、資源開発人材育成には、産炭国の炭鉱、石炭関連施設等との連携が有効であり、こうした国際的な人材育成活動には政府機関の支援も必要である。

〔石炭広報活動〕

石炭は、現在も製鉄原料や発電燃料等として、我々の生活に必要不可欠なものである。石炭等化石燃料は、CCUS/カーボンリサイクルと組み合わせることでカーボンニュートラル実現に貢献できることを広く国民に理解してもらうため、積極的な広報活動が必要である。

SDGsに掲げられた課題の解決や、多様で公平なエネルギー確保のためには、石炭を利用しながら、地域・地球環境負荷の低減化となる革新的技術開発と社会実装を進め、国際協調と相互理解を深めることが重要である。

日本の石炭関連企業は、世界でも最高レベルのクリーン・コール・テクノロジーを有しており、カーボンニュートラルに向けた革新的クリーン・コール・テクノロジーの開発に挑戦している。これら取組みを国際会議等の機会やSNS等のツールを活用し、事業者や一般市民に対しても、分かりやすい情報発信をしていくことが重要である。

以 上

¹³ 現在の課税制度が、カロリーベースではなく重量ベースなので、品位の低い石炭が輸入されにくい。

【参考資料】

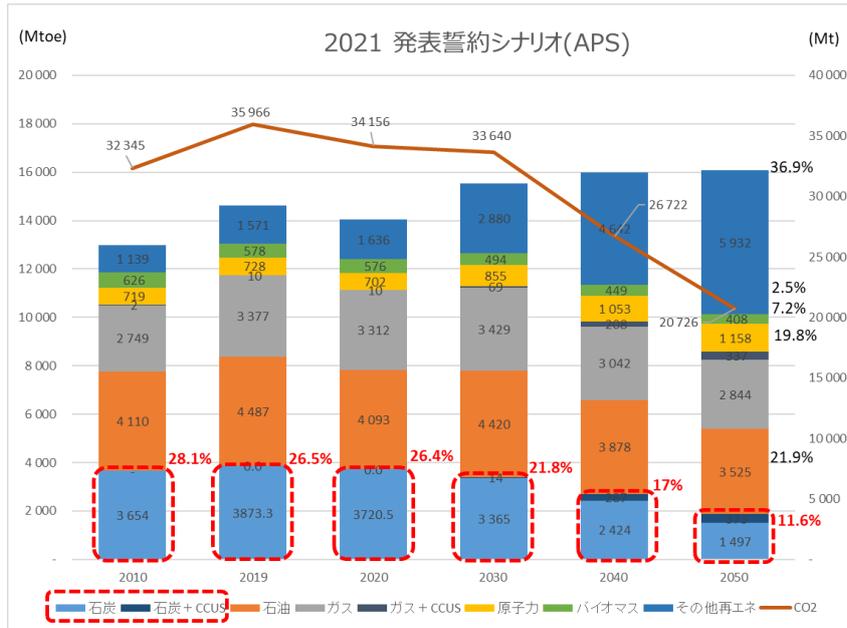


図 1-①. IEA 発表誓約シナリオ(APS)における CO2 排出量と世界の資源別エネルギー需給見通し

出典：IEA 2021 を参考に JCOAL 作成

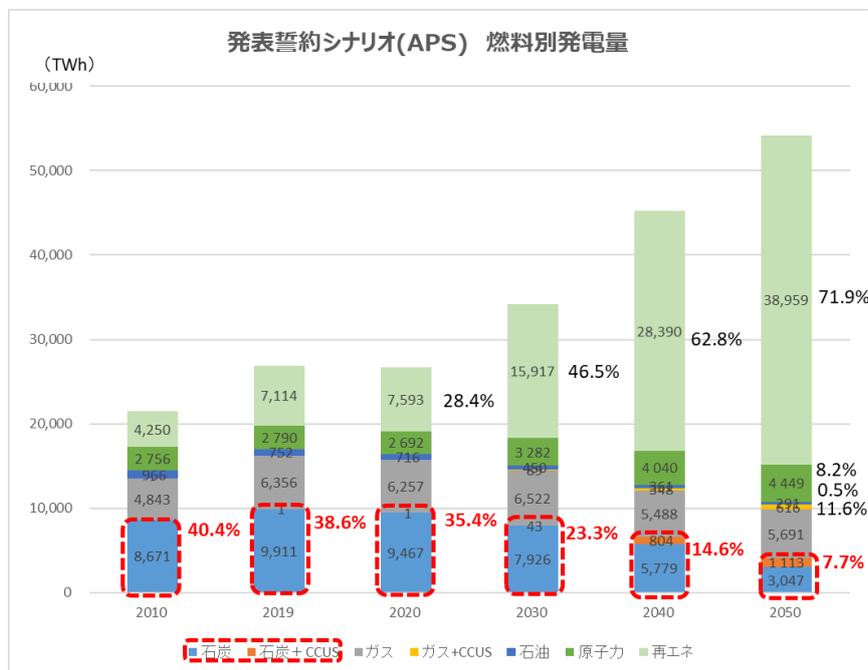


図 1-②. IEA 発表誓約シナリオ(APS)における世界の電源別電力需給見通し

出典：IEA 2021 を参考に JCOAL 作成

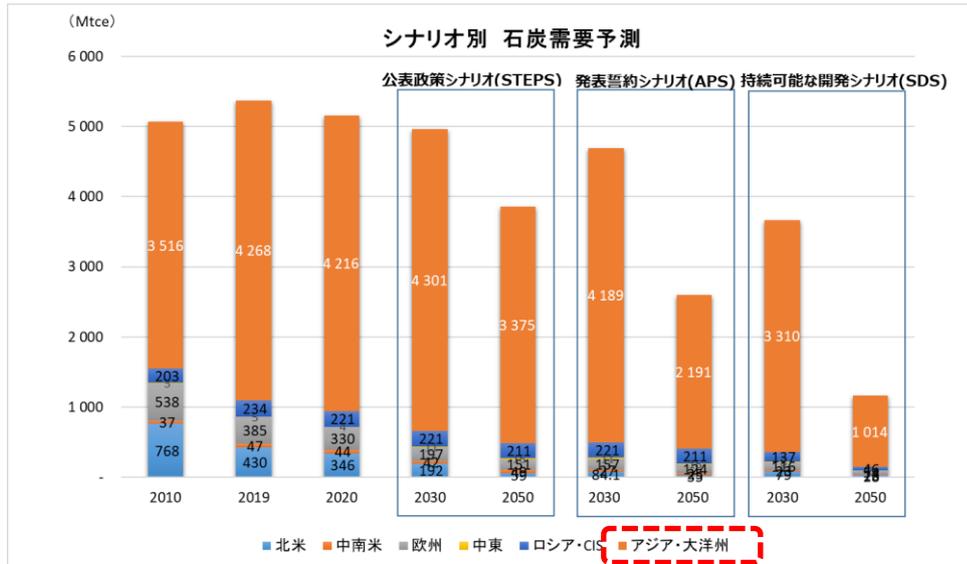


図 1-③. シナリオ別 世界の石炭需給見通し

出典：IEA 2021 を参考に JCOAL 作成

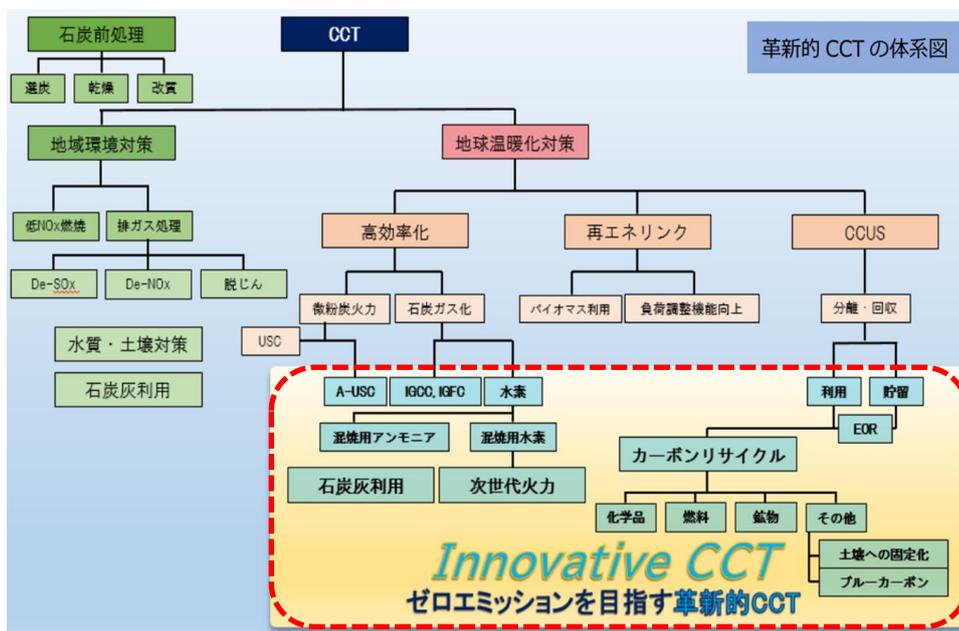
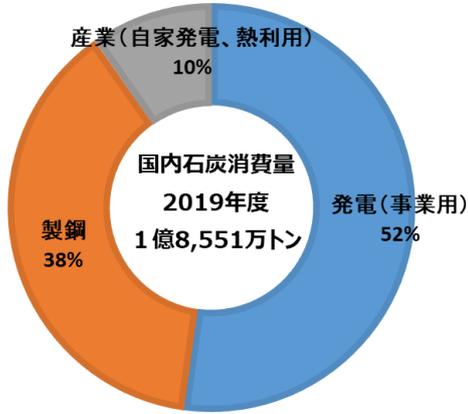


図 2. 革新的クリーン・コール・テクノロジー (CCT) の体系

出典：JCOAL 作成

国内石炭消費量（業種別）



石炭の輸入先

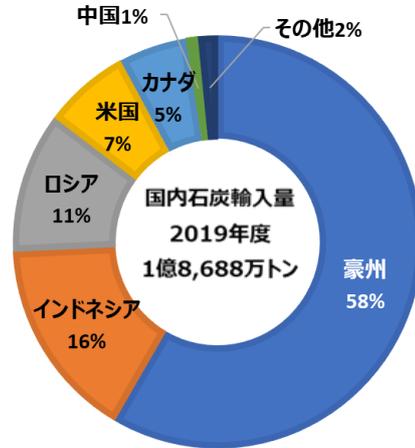


図3. 日本の石炭供給の動向

出典：財務省貿易統計、資源エネルギー庁
総合エネルギー統計を基にJCOAL作成

2030年度におけるエネルギー需給の見通しのポイント①

- 今回の見通しは、2030年度の新たな削減目標を踏まえ、徹底した省エネルギーや非化石エネルギーの拡大を進める上での需給両面における様々な課題の克服を野心的に想定した場合に、どのようなエネルギー需給の見通しとなるかを示すもの。
- 今回の野心的な見通しに向けた施策の実施に当たっては、安定供給に支障が出ることのないよう、施策の強度、実施のタイミングなどは十分考慮する必要。（例えば、非化石電源が十分に導入される前の段階で、直ちに化石電源の抑制策を講じることになれば、電力の安定供給に支障が生じかねない。）

		(2019年 ⇒ 旧ミックス)	2030年度ミックス (野心的な見通し)
省エネ		(1,655万kl ⇒ 5,030万kl)	6,200万kl
最終エネルギー消費（省エネ前）		(35,000万kl ⇒ 37,700万kl)	35,000万kl
電源構成	再エネ	(18% ⇒ 22~24%)	36~38%*
	水素・アンモニア	(0% ⇒ 0%)	1% (再エネの内訳)
	原子力	(6% ⇒ 20~22%)	20~22%
	LNG	(37% ⇒ 27%)	20%
	石炭	(32% ⇒ 26%)	19%
	石油等	(7% ⇒ 3%)	2%
(+ 非エネルギー起源ガス・吸収源)			46%
温室効果ガス削減割合		(14% ⇒ 26%)	更に50%の高みを目指す

※現在取り組んでいる再生可能エネルギーの研究開発の成果の活用・実装が進んだ場合には、38%以上の高みを目指す。

図4. エネルギー基本計画における日本の発電電力量構成の推移

出典：経済産業省 資源エネルギー庁
第6次エネルギー基本計画（2021年10月）

カーボンリサイクルを拡大していく絵姿

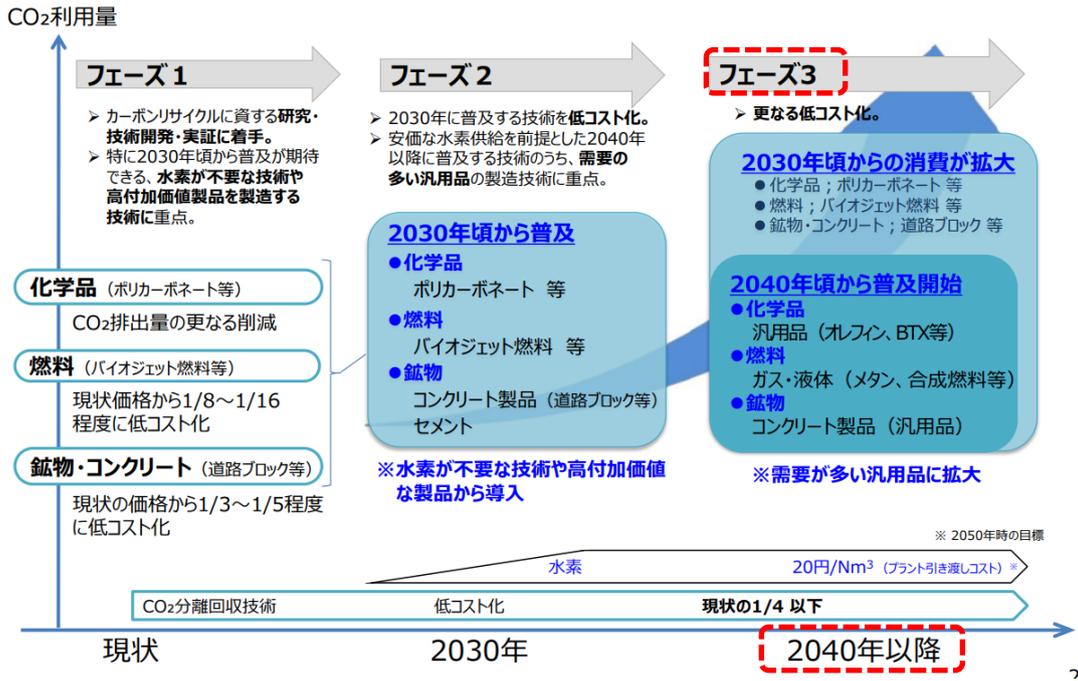


図5-①. カーボンリサイクル技術ロードマップ

出典：経済産業省 カーボンリサイクル技術ロードマップ
(2021年7月改定版)

カーボンリサイクルとは

- **カーボンリサイクル**：CO₂を資源として捉え、これを分離・回収し、鉱物化によりコンクリート等、人工光合成等により化学品、メタネーション等により燃料へ再利用し、大気中へのCO₂排出を抑制。

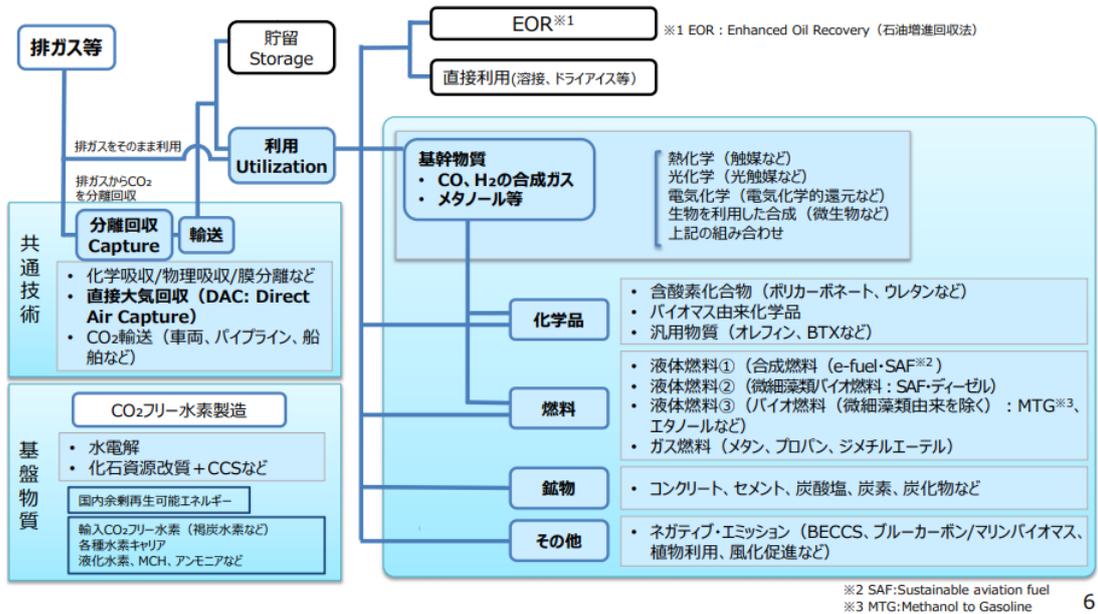


図5-②. カーボンリサイクル技術体系

出典：経済産業省 カーボンリサイクル技術ロードマップ
(2021年7月改定版)

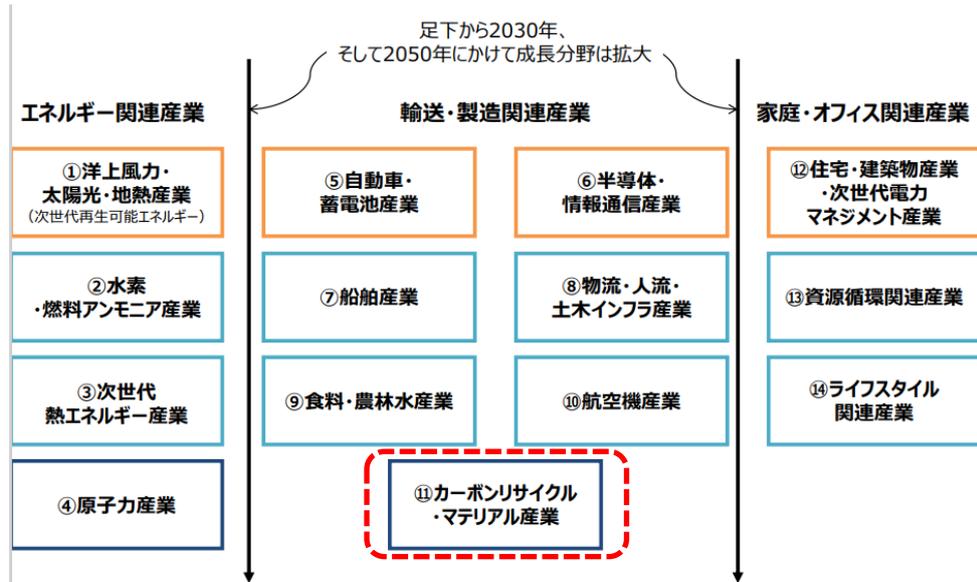


図6. 成長が期待される産業（14分野）

出典：経産省 「グリーン成長戦略」 具体化
2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略
(2021年6月)