



2022年度 政策提言書

石炭利用で挑む！ “ゼロエミッション”

2023年 1月

JCOAL

(一般財団法人 石炭フロンティア機構)

【提言骨子】

ロシアのウクライナ侵攻もあり、世界では資源・エネルギーの需給逼迫及び価格高騰に見舞われ、需給/安定供給に問題が発生し、各国の産業活動や国民生活に影響を及ぼしている。こうした事態を踏まえ、エネルギー安定供給を第一とする日本のエネルギー政策の重要性や、特定の地域やエネルギー種に偏らない石炭を含む多様なエネルギーの必要性を再認識させられた。世界が目指すカーボンニュートラルは、石炭利用をやめることではなく、石炭利用に伴う脱CO₂化を進めることであり、CCUS/カーボンリサイクル等を含めたCO₂排出削減を徹底し、我が国は石炭のローエミッション/ゼロエミッション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では、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を維持することが引き続き重要。
- ・カーボンニュートラル実現にあたっては、既設インフラを最大限活用したコスト抑制が最善策。石炭火力はアンモニア、バイオマス混焼/専焼への燃料転換や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必要。

2.CCUS/カーボンリサイクル等 イノベーションの推進と政府支援

- ・カーボンニュートラルの実現には、CCUS/カーボンリサイクル等の技術が必要不可欠。国内CCSの社会実装やカーボンリサイクル研究の加速が重要。
- ・CCUS/カーボンリサイクル等は、将来の事業性の予見が難しく、社会に普及させるためには、官民の連携が重要であり、政府支援が推進力となる。

3.途上国への日本のクリーン・コール・テクノロジー展開と政府支援の継続

- ・日本の石炭利用に関する信頼性の高い地域環境対策技術や、CCUS/カーボンリサイクル等の研究成果を途上国に普及、展開させることが重要。
- ・CO₂排出削減対策を講ずる石炭火力等への資金援助などの継続実施が必要。

4.カーボンプライシング

- ・炭素税や排出量取引制度の検討は重要であるが、税制を導入する場合は、特定の産業に偏ることなく、国民全体で負担する仕組みとすることが望ましい。

5.石炭等の安定供給の確保

- ・石炭等、資源の安定供給には資源開発の継続が重要であり、資源国との友好関係や国や政府による投資への後押し(本邦企業の投資し易い環境整備)が必要。

6.人材育成の戦略的な支援、及び広報活動の強化

- ・エネルギー安定供給の観点から資源開発のノウハウの継承は重要であり、産炭国と連携した国際的な人材育成活動には政府支援が必要。
- ・石炭利用は、CCUS/カーボンリサイクル等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、国内外に広く情報発信することが重要。

以上

「石炭利用で挑む！ “ゼロエミッション”」

(目 次)

はじめに	P 3
1.カーボンニュートラルに向けた石炭火力の位置づけ	P 4
2.CCUS/カーボンリサイクル等 イノベーションの推進と政府支援	P 5
3.海外への日本のクリーン・コール・テクノロジー展開と政府支援の継続	P13
4.カーボンプライシング	P13
5.石炭等の安定供給の確保	P14
6.人材育成の戦略的な支援、及び広報活動の強化	P14

【参考資料】 P16～19

- 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供給見通し
 - 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要見通し
- 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. 火力の役割と石炭火力の電源構成比
- 図5. CCS 長期ロードマップ
- 図6. GX 投資の主な施策

はじめに

世界各国が 2050 年カーボンニュートラル実現に向けた取組を加速している中、2022 年 2 月にロシアのウクライナ侵攻により、これまで積み上げてきた気候変動対策とエネルギー安定供給の確保が危機に晒されている。特に、エネルギー資源の大宗をロシアのガスに依存する EU は、代替エネルギー資源調達に伴う経済負担や量的確保の困難に直面し、域内のエネルギー価格の高騰とエネルギー供給不足が、産業活動や国民生活に甚大な影響を及ぼしている。このような事態を目の当りにし、エネルギー資源を特定の地域や国に依存するリスクや、特定のエネルギー種に偏ることの危険性を改めて認識し、これまで進めてきた日本のエネルギー政策、S+3E の重要性を再確認した。

こうした中、2022 年 11 月の COP27 では、合意文書に“気候変動に伴う「損失と損害(ロス&ダメージ)」の途上国支援に特化した初の基金の設立や、COP26 の合意内容を踏襲する形で、産業革命以前からの気温上昇を 1.5°C 以下に抑える努力の追求、及び CO₂ 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の加速”などが盛り込まれた。昨今のエネルギー危機の中、気候変動対策の後退も懸念されたが、目標が堅持され、2050 年カーボンニュートラル実現に向け、世界各国の取組や国際協調がますます重要となった。

現状、温室効果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、化石エネルギー資源の中でも地域偏在性が小さく、膨大な埋蔵量から安価で安定的に使えるものとして、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、主要な資源やエネルギーとして社会の基盤を支え続けている。しかし、気候変動が世界の主要課題になると、石炭は燃焼時の CO₂ 排出量が相対的に多いがゆえに、エネルギー選択肢としては劣後され、新たな投資も抑えられた結果、ロシアからの資源依存低減で天然ガスから石炭にシフトしようとしても、需給のタイト化により、石炭価格も高騰に見舞われている。

今一度、世界のエネルギー需給の観点から、石炭の在り方について考えるべきではないだろうか？

IEA（国際エネルギー機関）が今年発表した「世界エネルギー見通し 2022」の「発表誓約（APS）シナリオ¹」によると、2050 年まで CO₂ を削減するため石

¹ IEA World Energy Outlook 2022(2022.10.27 発行)より引用。本資料では「公表政策シナリオ(STEPS)」「発表誓約シナリオ(APS)」のエネルギー需給見通し等を想定している。

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 7.5%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 4.3%程度のエネルギーを石炭が支えている(図 1-②)。とりわけ、アジア・大洋州では、各シナリオで石炭は一定量の需要が見込まれる(図 1-③)。引き続き、世界には、石炭を利用せざるを得ない国や地域が存在する。

CO₂ の分離・回収・利用・貯留 (CCUS)、カーボンリサイクル等の“革新的クリーン・コール・テクノロジー² (Innovative CCT、図 2)” を駆使し、豊富で低廉な石炭資源のメリットを長期に活かすべきと考える。

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 を満たす単一の完璧なエネルギー源がないことから、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、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。

カーボンニュートラル実現に向けて必要なことは、石炭利用をやめることではなく、石炭利用に伴う脱 CO₂ 化を進めることであり、その取組をますます加速するため、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 2020 年度の石炭消費量は約 1.7 億トン(図 3、内訳は、電力分野で約 55%、製鉄分野で約 30%、産業用その他が約 14%)であり、ほぼ全量(99%)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。

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。

ロシアによるウクライナ侵攻により資源・エネルギー価格の高騰や、電力需給逼迫などを経験したが、安定供給確保を大前提としつつ、ロシア依存の低下を進め、温室効果ガス全体を 2030 年度に 2013 年度比 46%減や、2050 年度カーボンニュートラル実現に繋げる「第 6 次エネルギー基本計画」は変更されていない。

「第 6 次エネルギー基本計画」における火力発電に関する基本的な考え方(図 4)は以下の通り。

- 2030 年に向けて、安定供給確保を大前提に、火力発電の比率をできる限り引き下げていく。
- 再生可能エネルギー大量導入の下では、①調整力として再生可能エネルギーを保管する、②不足する供給力を賄う等、火力はトランジションを支える重要な役割。エネルギー安全保障の観点から、天然ガスや石炭を中心に適切な火力ポートフォリオを維持しつつ、非効率な火力をフェードアウト。
- 2050 年カーボンニュートラルに向けては、従来型の化石火力が果たしてきた機能を脱炭素型電源に置き換えていくことが必要。

上記を踏まえ、2030 年想定される電源構成で石炭火力の発電電力量は全体の 19%(総発電電力量約 9,340 億 kWh 程度)と試算されている。

カーボンニュートラル実現にあたっては、事業者や国民の負担軽減の観点から、既存インフラを最大限活用し、コストを極力抑制することが最善の策と言える。

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力、供給力、慣性力としての役割を拡大しつつ、アンモニア・バイオマス混焼から専焼への燃料転換や CCUS 技術を組合せた電源に段階的に置き換えていくことが必要である。

また、近年経年劣化した火力設備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。当分の間、高効率火力設備の維持、活用を図りつつ、予備力確保の観点から容量市場³の柔軟な運用やディマンドリスポンス(DR)⁴の拡大等の対策が重要である。

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。

⁴ ディマンドリスポンスは、市場の電力需給がピークに達した時に、電力を追加で供給するのではなく、需要側の電気使用量を制御することである。ディマンドリスポンスの導入により、電力会社と需要家が連携して電力使用量をコントロールできるようになり、電力の需要と供給のバランスがとりやすくなる。

2. CCUS/カーボンリサイクル等 イノベーションの推進と政府支援

2050年カーボンニュートラル実現に向けては、電化・水素化等で脱炭素化できない領域については、CCUS/カーボンリサイクル等の技術を最大限活用することが必要不可欠である。国内 CCS の社会実装やカーボンリサイクル分野の研究開発について、イノベーションを起こし加速することが重要である。

今年度、CCS 長期ロードマップ(図 5)の検討が進み、CCS の商用化を前提に 2030 年までの事業化に向けた事業環境整備(国内法整備、政府支援策等)が取り纏められる。CCS の事業化には、多くのステークホルダーとの合意形成や、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。国による積極的な CCS 適地調査や、欧米など CCS 先行国の政策を参考にした新たな政府支援をお願いする。国が行う政策支援が民間企業の活力に繋がり、今後 10 年間で、官民協調で 150 兆円規模とされるグリーン・トランスフォーメーション(GX)投資(図 6)に寄与し、我が国の産業競争力強化及び経済成長に大きく貢献できる。

カーボンリサイクルについては、グリーンイノベーションに伴う成長戦略の一つとして位置付けられ、産学官の総力戦で研究開発に取り組む必要がある。カーボンリサイクルに必要な CO₂ 分離・回収プラントの実績は日本企業がトップシェアを誇っていることから、カーボンリサイクル技術についても、グリーンイノベーション基金を最大限活用し、さまざまな技術開発に取り組み、新たな産業を創出することが、経済と環境の好循環に繋がる。

その他、水素・アンモニア、バイオマス等で化石燃料を代替利用するなど、多様な技術にも取り組み、事業として社会に広く普及させて行くことが重要である。

各事業者が、自らの事業環境を踏まえ、これら選択肢の中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。これら技術については、切磋琢磨し自立することが求められるが、事業として成り立たせるためには、将来の採算の予見できる政策支援も必要となる。政策支援については、全ての技術が費用対効果の面で等しく評価されるように公平で中立的な観点での議論をお願いしたい。

また、2050年カーボンニュートラルに向けては、国際連携が必要不可欠である。とりわけ、今後も石炭需要が見込まれる東南アジア諸国においては、CCUS/カーボンリサイクル等の技術の普及が求められることから、日本の取組

状況や研究成果を情報発信するとともに、諸外国の実情やニーズを把握することが重要である。国が推進するカーボンリサイクル産学官国際会議やアジア CCUS ネットワークを活用して最新動向の知見共有を進め、さまざま国際ルールの枠組みを議論する必要がある。特に、CCUS を活用した CO₂ 削減効果については、さまざまな燃料について科学的根拠に基づき、合理的かつ公正に評価されるべきであり、国際的な基準の整備が望まれる。そして、日本が開発した技術で世界に貢献し、世界全体でカーボンニュートラル実現を目指すことが肝要である。

【発電分野の高効率化】

石炭火力の高効率化については、石炭をガス化し、ガスタービンと蒸気タービンで発電する IGCC の研究開発が終了し、現在、大崎クールジェンプロジェクトでは IGCC に燃料電池を組合わせた IGFC の研究開発が進められているが、IGFC は高圧プロセスになることから、実用化に向けては、更なる燃料電池の高圧化が必要である。

研究開発が終了した技術については実用化することが望ましく、IGCC については、勿来 IGCC 実証の成果を踏まえ、空気吹き IGCC が福島県(勿来、広野)で商用機運転されるとともに、大崎クールジェンの成果を反映して、長崎県(松島火力 2 号機)で酸素吹きガス化炉を併設する商用機検討が進められ、今後 IGCC 技術の普及がゼロエミッション型石炭火力の新設、リプレイスに繋がることが期待される。

一方、既設石炭火力については、CO₂ 排出削減対策が必要不可欠となることから、高効率発電のみならず、アンモニアや CCUS/カーボンリサイクル等の技術との親和性も考慮した研究開発が必要である。

【水素・アンモニア利用技術】

国は 2030 年までに、ガス火力への 30%水素混焼や水素専焼化、石炭火力への 20%アンモニア混焼の導入・普及を目標とするとともに、電源構成において、水素・アンモニアで 1%賄うことを想定している。水素・アンモニアを燃料とした発電は、受入れ設備の追設や燃焼器の開発の必要があるが、既設発電設備の多くを流用できることから、将来の投資が予見し易く、カーボンニュートラル実現に向けた有力な選択肢である。水素・アンモニア混焼や専焼技術(燃焼器の開発)は、国内企業の得意とする分野であり、早期市場導入に向け、研究開発を加速する必要がある。

一方、2030年時点で国内需要は、水素・アンモニアともに年間300万トン、2050年では、年間水素2,000万トン、アンモニア3,000万トンと試算されているが、その調達が容易ではない。

水素、アンモニアは製造プロセスにより、グリーン、ブルー、グレーがあるが、経済的な観点からは、さまざまな手法で技術を競い安価な製造を実現することが重要である。とりわけ、褐炭由来のブルー水素、ブルーアンモニアは、経済的にも、多様なエネルギー資源活用の面からも有望であり、着目する点である。

製造技術としては、余剰再エネ・水電解による水素製造の大型化(PEM型、アルカリ型)や、水素を経由しない水と窒素からのアンモニア製造(電極の触媒や電解質の開発)、及びハーバーボッシュ法より低温・低圧条件でのアンモニア合成などの革新的な製造技術への挑戦が求められるとともに、水素輸送技術としては、液化水素、メチルシクロヘキサン(MCH)などの実用化が必要である。

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おり、今後、豪州褐炭水素プロジェクトの商用化が期待される。また、アンモニアについては、中東UAEにおけるブルーアンモニアプロジェクトの事業化検討が進められている。こうしたプロジェクトには、国際的なサプライチェーンの早期構築が求められることから、関係国との協力関係の構築、及び資源外交の展開が重要である。

[再生可能エネルギー利用と石炭火力のリンク（再エネとのリンク）]

再生可能エネルギー利用拡大に伴い、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を前提に、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、昨今の技術開発の進展で、負荷変化率の向上や最低負荷の切り下げが可能となった石炭火力が活用できる。今後、石炭火力は、再生可能エネルギーの調整電源としてその役割が期待される。

また、バイオマス利用については、石炭火力へのバイオマス混焼が、既存設備を最大限活用できることからメリットがある。現在、供給系統(粉砕機)の改良や、燃料を改善する技術(半炭化等)の開発が進み実用化段階にあるが、普及には、国内未利用材の確保や調達コストの削減などの課題がある。バイオマスは地産地消し、地域創生プロジェクトとして展開して行くことが望ましく、林業関係者へインセンティブが働く政策支援を検討するとともに、成長が早く、かつ、燃料専用として活

用できる早生樹の育成、および農業残渣や下水汚泥等の社会活動で発生する廃棄物をバイオマスとして利用拡大に資する技術開発など、国内バイオマスの安定供給と経済性の改善に資する取組を推進することが重要である。

なお、海外から木質バイオマスを調達する場合は、現地で森林破壊などが起きないように、森林認証を義務付けるなど、国際連携が求められるとともに、輸送については、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。

[CO₂の分離・回収]

CO₂の分離・回収は、CCUS/カーボンリサイクル等に必要な共通技術であり、普及させるためには、更なるコスト低減が必要である。現状、化学吸収法が実用化されているが、コスト削減が期待できる固体吸収法や、膜分離法等の技術開発を推進することが重要である。

特に、固体吸収法については、化学吸収法に比べエネルギー消費が少なく(発電所の排熱エネルギーで吸収剤の再生が可能)、国内石炭火力(舞鶴発電所：USC)へ適用した実証試験が進捗しており、早期実用化が期待できる。CO₂分離・回収技術の市場導入は EOR への適用が近道であり、インフラが整備されている北米が有望視される。現在、日米国際共同で米国ワイオミング州において固体吸収法を用いた革新的省エネルギー型 CO₂分離・回収技術実証⁵を進めており、事業化を目指している。

また、CO₂分離・回収設備を伴わないシステムとして CO₂が回収できるクローズド IGCC や、CO₂分離・回収型化学燃焼技術(ケミカルルーピング)等の低コスト化の可能性が見込める技術の探求も必要である。

さらに、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。

⁵ 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。

[CCS]

2050年時点で、国内 CCS による貯留は年間 1.2 億トン～2.4 億トンと想定され、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 液化輸送が伴う。現在、適地選定調査、既設インフラの活用、及び液化 CO₂ 船舶輸送、並びに CO₂ 排出源と貯留地点を効率的にマッチングするバリューチェーンの構築等⁶、さまざまな検討が進められている。今後、CCS 長期ロードマップの取り纏めが進められ、事業環境が整備される計画であることから、早期 CCS 実現を目指し、こうした検討が社会実装に繋がるように、官民一体となった取り組みが重要であり、法整備のほか、税制⁷などの支援策、及び地点や事業関係者との調整など、国のリーダーシップをお願いしたい。

また、エネルギー部門においては、CO₂ 排出量をゼロにすることが難しい部門もある。カーボンニュートラル実現に向けては、DACCS や BECCS⁸といったネガティブエミッションの活用も必要となることから、CCS は着実に推進しなければならない。

[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、2022年9月に 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を整備した。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(スイコム⁹)、化学品やバイオ燃料等を製造する実証や、微細藻類由来のジェット燃料製造に係る研究開発、並びにダイヤモンド電極によるギ酸の製造、プラズマを利用した尿素製造、産廃由来の炭化ケイ素合成、微細藻類を用いた機能性化学品やバイオプラスチック生産等の基礎研究に取り組み、多様な炭素化合物の合成・製

⁶ 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。

⁷ 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」(2022.8 改訂)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 85USD 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 60USD、DAC は貯留する場合は 180USD、利用する場合で 130USD まで税制控除される。

⁸ 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

⁹ スイコムは、CO₂ と反応して炭酸化することで固まる特殊な材料をセメントの代替材料の一部に活用。一般的なコンクリート比較してセメント量を 1/3 に低減した上で、使用するセメントで発生する CO₂ 以上に、炭酸化で CO₂ を吸収する。

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とともに、国内外への情報発信を推進すべきである。こうした拠点整備は地元からの期待も大きく、地域創生に貢献できることから、他地域への展開が望ましい。

また、国内石油化学コンビナートでは、既設インフラ、未利用エネルギーあるいはCO₂や水素等を融通活用することでCO₂排出量の大幅削減や、低コスト化に繋がり、早期事業化が期待できる。コンビナートに於ける産業間連携によるカーボンリサイクル事業の検討¹⁰を推進することが重要である。

さらに、海洋における海草などのCO₂吸収・固定（ブルーカーボン¹¹等）については、人工藻場等が既に実用化段階にあり、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、積極的に活用すべきである。については、国交省、農水省、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。

加えて、2019年8月に民間ベースで「一般社団法人カーボンリサイクルファンド¹²」が設立され、カーボンリサイクルに係る広報活動や研究助成活動を継続している。今年度、助成した研究開発が、国の支援事業に発展するなど、着実に成果が現れ、ますますイノベーション創出が期待される。

【製鉄・セメント分野のCO₂排出削減】

我が国の製鉄業界は世界でも最高レベルのエネルギー効率であるが、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COURSE50¹³（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推進することが重要である。併せて、高炉技術では一気に石炭コークス利用をゼロにすること

¹⁰ JCOAL は石油コンビナート高度統合運営技術研究組合と共同で、NEDO の令和 2 年度コンビナート等における産業間連携を活用したカーボンリサイクル事業の実現可能性調査に採択され、対象コンビナートの特性を踏まえた現状調査を行い、CO₂ 排出量の大幅削減につながるカーボンリサイクル事業の実現可能性を調査中。

¹¹ 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。

¹² 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。福田信夫会長（三菱ケミカルグループ(株)代表執行役エグゼクティブバイスプレジデント）、北村雅良副会長（電源開発(株) 特別顧問）。

¹³ 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認し、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。

は不可能であり、製鉄所から発生する CO₂ を対象とする CCS やカーボンリサイクル等の技術導入も必要である。

そして、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が、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。アンモニア混焼や合成メタンの活用等の燃料転換技術開発を推進するほか、セメント生産工程における CO₂ 排出削減（低炭素型セメント、CO₂ 分離回収・再利用¹⁴）や、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、並びに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。とりわけ、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 割の石炭灰が発生し、そのうち約 7 割がセメント分野で粘土代替原料として利用されているが、セメント分野や、それ以外の分野で、より一層の石炭灰有効利用を促進していく必要がある。石炭灰利用促進には制度の整備が有効であり、JIS 等の規格化、利用ガイドラインの作成など、石炭灰を利用しやすい環境を整えていくべきである。国内では IGCC の稼働開始に合わせて、2020 年 10 月に石炭ガス化スラグが規格化され、現在、土木・建築分野での設計施工指針の作成が進められ、その利用促進に取り組んでいる。

また、近年、石炭灰中の Ca 分に着目し、CO₂ の吸収源として期待される炭酸塩化技術の開発が推進されている。実用化に向けては、炭酸塩化製品の規格・標準化等の検討が求められるとともに、普及にはコスト高が障害となることが予想される。炭酸塩化による CO₂ 削減効果を評価し、事業化にインセンティブが得られるような政府支援策の検討が必要である。

¹⁴ 例として、廃コンクリートなどの廃材などからカルシウムを取り出し、それにセメント製造工程で排出される CO₂ を吸着させて「炭酸塩 (CaCO₃)」にすることで、セメントの主原料である石灰石の代替（人工石灰石：石灰石を使わずに生成する「カーボンリサイクルセメント」）を製造する技術開発など

さらに、石炭灰有効利用に関する日本の技術や経験はレベルが高く、海外ニーズに合せた開発・実証事業を進め、今後石炭灰の増加が見込まれるインドや、東アジア地域を中心に海外への事業展開の検討も重要である。

一方、国内石炭火力では、非効率石炭火力のフェードアウト政策の影響により、長期的には、石炭灰供給不足によるセメント原料の不足が懸念され、対応策の検討が求められる。併せて、バイオマス混焼率の増加等に伴う石炭灰の品質の変化にも注視する必要がある。

3. 途上国への日本のクリーン・コール・テクノロジーの展開と政府支援の継続

我が国では、石炭利用に伴う SO_x、NO_x、ばいじん等の地域環境対策は既に解決されているが、多くの国では未だ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、こうした地域環境対策に資するシステムの導入や、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。その上で、更にカーボンニュートラルを目指し、日本で技術確立した水素・アンモニア混焼、CCUS/カーボンリサイクル等の技術や、再生可能エネルギー大量導入における系統負荷変動対策など、途上国への展開が地球規模での CO₂ 排出削減対策として重要である。

世界が目指す 2050 年以降のカーボンニュートラルというゴールは共通だが、その取組やプロセスは国や地域により異なり、エネルギー資源をめぐる各国の状況を鑑みながら、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、CO₂ 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必要である。

4. カーボンプライシング

カーボンニュートラルの実現に資する経済手法として、炭素に価格を賦課する炭素税、国内排出量取引制度、二国間クレジット取引等のカーボンプライシングや、国際的な炭素国境調整措置の導入が検討されている。税制による場合は、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よう留意するとともに、特定の産業に偏ることなく、国民全体で負担する仕組みとすることが望ましい。

また、カーボンニュートラル実現に取り組む事業には、ビジネスとして成り立つインセンティブを付与する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求められる。

5. 石炭等の安定供給の確保

ロシアのウクライナ侵攻で、さらに世界規模でエネルギー価格が高値で推移している。足元で必要な石炭、石油、天然ガスの安定供給の確保が極めて重要である。

また、最近の石炭投資へのダイベ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、石炭の安定供給の確保が難しくなっている。

今後、資源安定供給のためには、資源国との友好関係とともに、国や政府による投資への後押しが必要であり、石炭についても産炭国における権益取得に向け、資源探査・調査等への支援とともに、本邦企業が投資し易い環境整備をお願いしたい。

現在、石炭輸入相手国は豪州、インドネシアが主であるが、ロシアからの調達も少なからずあり、今回のロシアへの経済制裁の措置からその調達先の代替に苦慮した本邦企業もあった。ロシアへの石炭依存を低減し、石炭安定供給を図るためには、主要産炭国への持続可能な石炭開発の支援などの働きかけが重要である。

さらに、カーボンニュートラルの実現には、水素・アンモニアの大量調達が必要となることから、埋蔵量が豊富な褐炭からのブルー水素・アンモニアの活用が有望視され、褐炭活用は資源安定確保の視点からも意義がある。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重要である。加えて、産炭国と連携したインフラ整備の推進等、政府間レベルの一層の関係構築が求められる。

6. 人材育成の戦略的な支援、及び広報活動の強化

〔人材育成〕

エネルギー安定供給の観点から、資源開発のノウハウの継承は必要不可欠である。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、石炭関連施設等と連携し知見を得る機会を提供することが有効であり、こうした国際的な人材育成活動には政府の支援が必要である。

また、石炭利用には、クリーン・コール・テクノロジーや、CCUS/カーボンリサイクル技術等の導入・普及が必要不可欠である。政府もアジア CCUS ネットワ

ークを構築していることから、こうした組織を活用して高い国内技術の情報発信や、技術普及のための人材育成、及び人材交流の活性化が重要である。国内企業や研究機関と連携した研修機能の充実・強化に政府支援が求められる。

【広報活動】

石炭は、発電、製鉄、セメント、化学工業など、あらゆる分野で利用され社会の基盤を支えている。また、SDGs に挙げられた諸課題の解決や、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、地域環境負荷と地球環境負荷の双方を低減化していく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。

現在、国内では、多くの企業が国の支援もあり、カーボンリサイクル研究開発や CCS 社会実装にチャレンジし、その技術力を高めている。

石炭等化石燃料の利用は、CCUS/カーボンリサイクル等技術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。したがって、これら取組みを、国際会議等の場や SNS などのツールを活用し、国内外に分り易く情報発信をしていくことが重要である。

以 上

【参考資料】

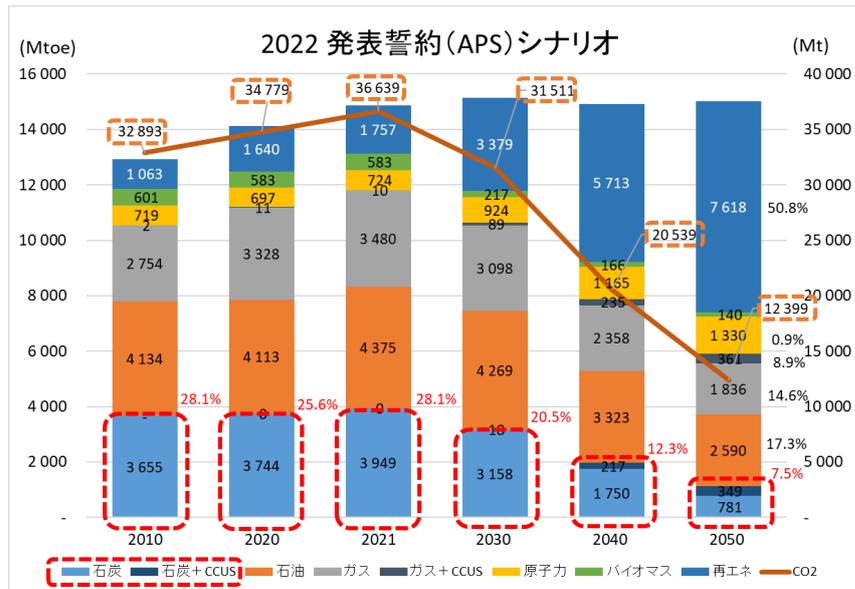


図 1-①. IEA 発表誓約シナリオ(APS)における CO2 排出量と世界の資源別エネルギー供給見通し

出典：IEA 2022 を参考に JCOAL 作成

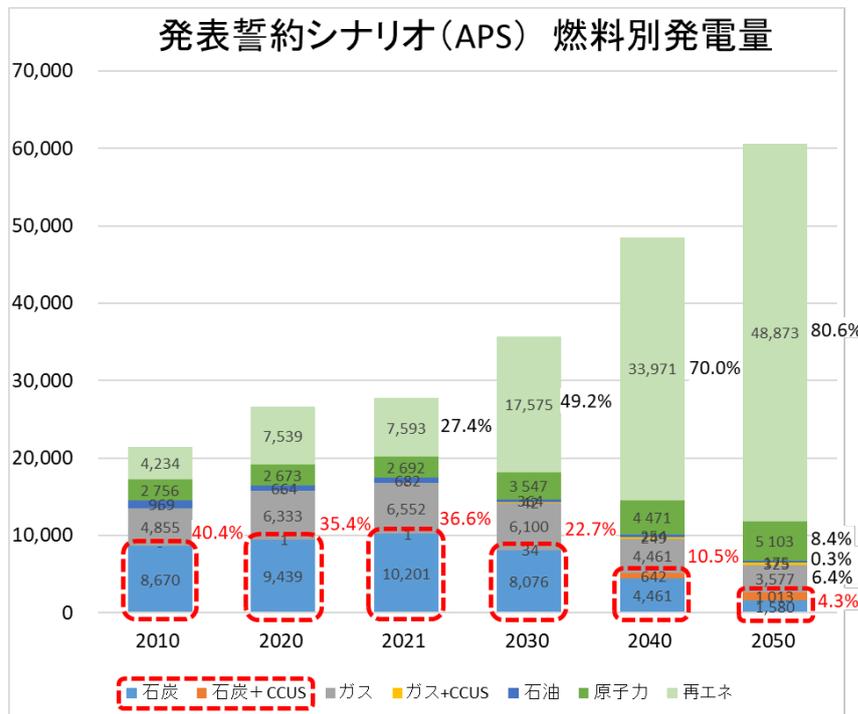


図 1-②. IEA 発表誓約シナリオ(APS)における世界の電源別電力需給見通し

出典：IEA 2022 を参考に JCOAL 作成

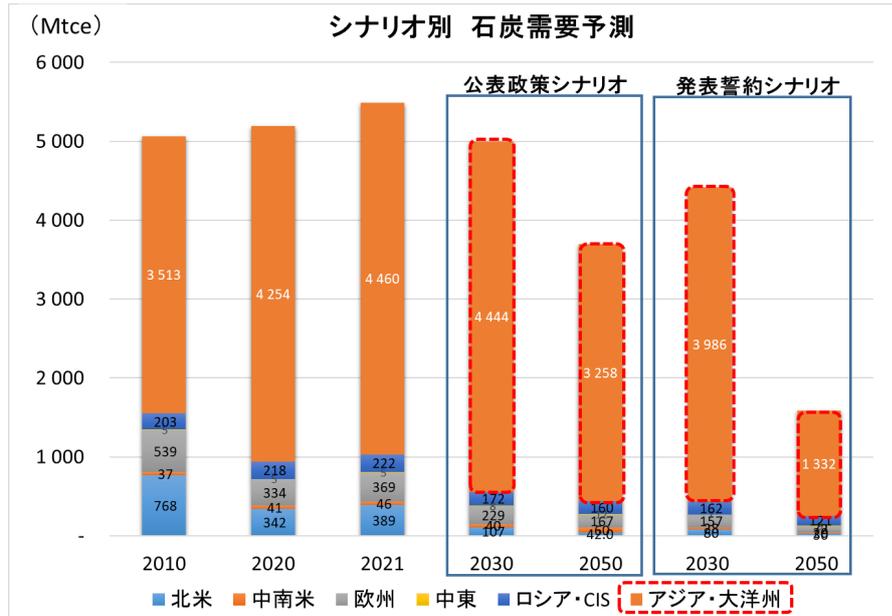


図 1-③. シナリオ別 世界の石炭需要見通し

出典：IEA 2022 を参考に JCOAL 作成

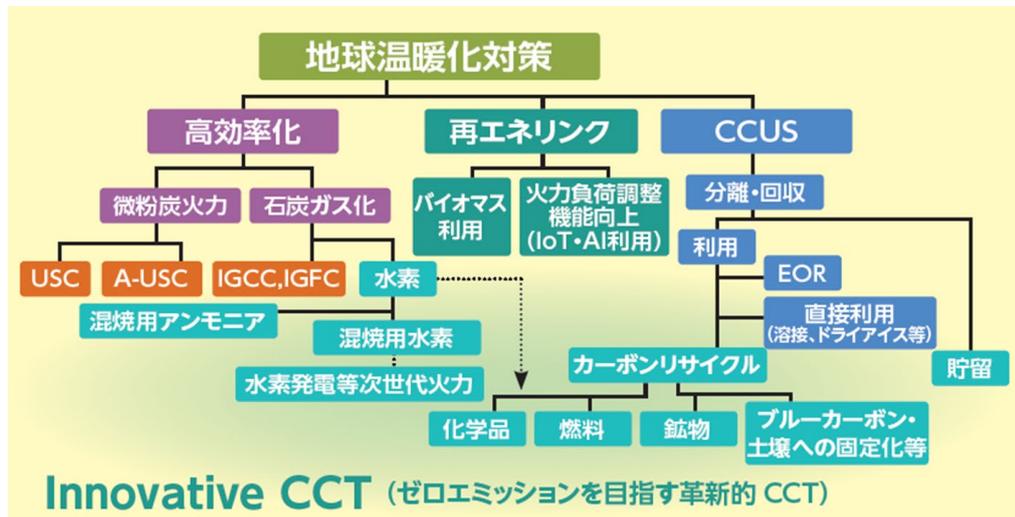


図 2. 革新的クリーン・コール・テクノロジー (CCT) の体系

出典：JCOAL 作成

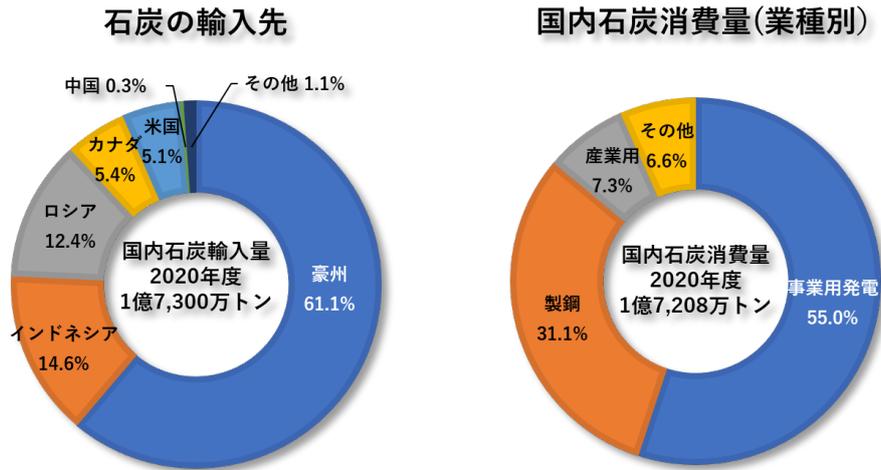


図3. 日本の石炭供給の動向

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

- < 基本的な考え方 >
- 脱炭素の世界的な潮流の中、2050年カーボンニュートラルに向けて、火力発電から大気へ排出されるCO2排出を実質ゼロにしていこうという、火力政策の野心的かつ抜本的な転換を進めることが必要。このため、2030年に向けて、安定供給確保を大前提に、火力発電の比率をできる限り引き下げていくことが基本。
 - その際、火力は震災以降の電力の安定供給や電力レジリエンスを支えてきた重要な供給力であり、また再エネの更なる導入拡大が進む中で、当面は再エネの変動性を補う調整力・供給力として必要であり、過度な退出抑制など安定供給を大前提に進めていく。
- < 対応の方向性 >
- 脱炭素化に向けた過渡期においては、再エネの大量導入の下で、①調整力として再エネを補完する、②不足する供給力を賄う等、火力はトランジションを支える重要な役割。エネルギー安全保障の観点から、天然ガスや石炭を中心に適切な火力ポートフォリオを維持しつつ、非効率な火力をフェードアウト。
 - また、2050年カーボンニュートラルに向けて、従来型の化石火力が果たしてきた機能を脱炭素型電源に置き換えていくことが必要。このため、火力の脱炭素化の取組を加速度的に促進。

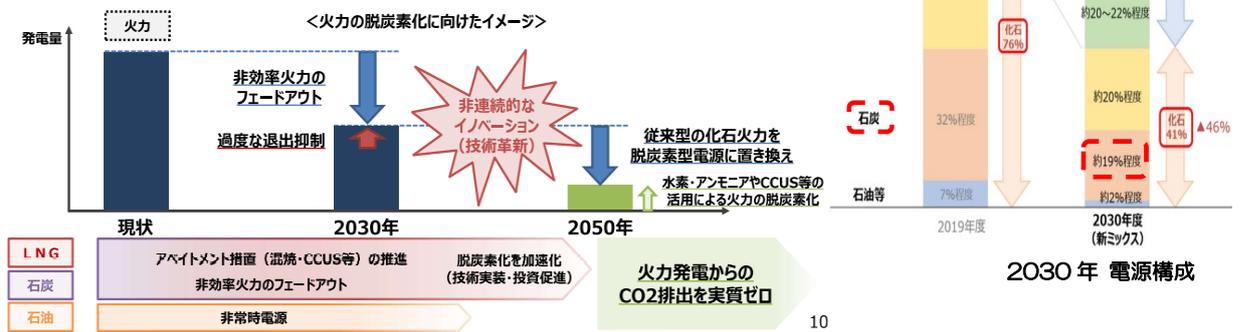


図4. 火力発電の役割と石炭火力の電源構成比

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）

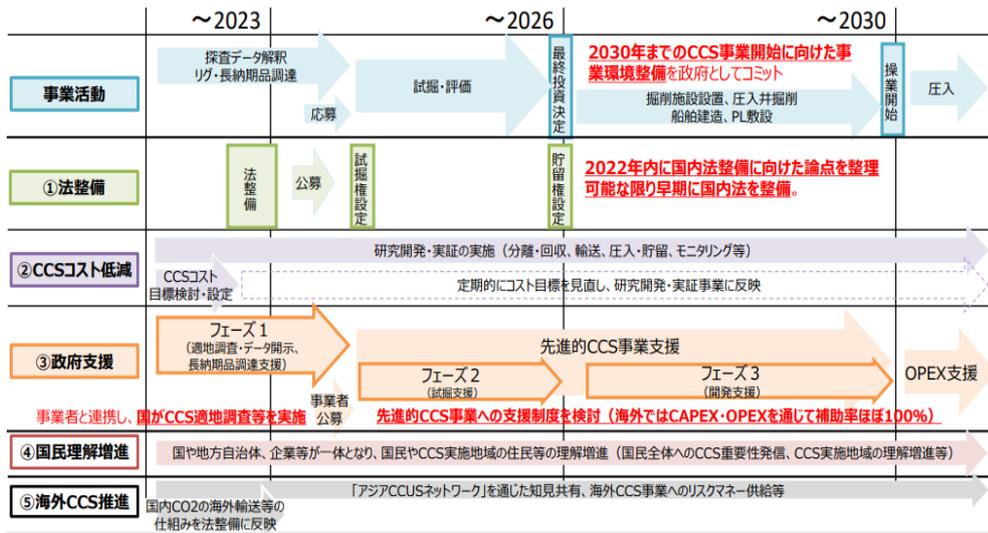


図5. CCS長期ロードマップ

出典：経済産業省 CCS長期ロードマップ検討会

(2022年9月)

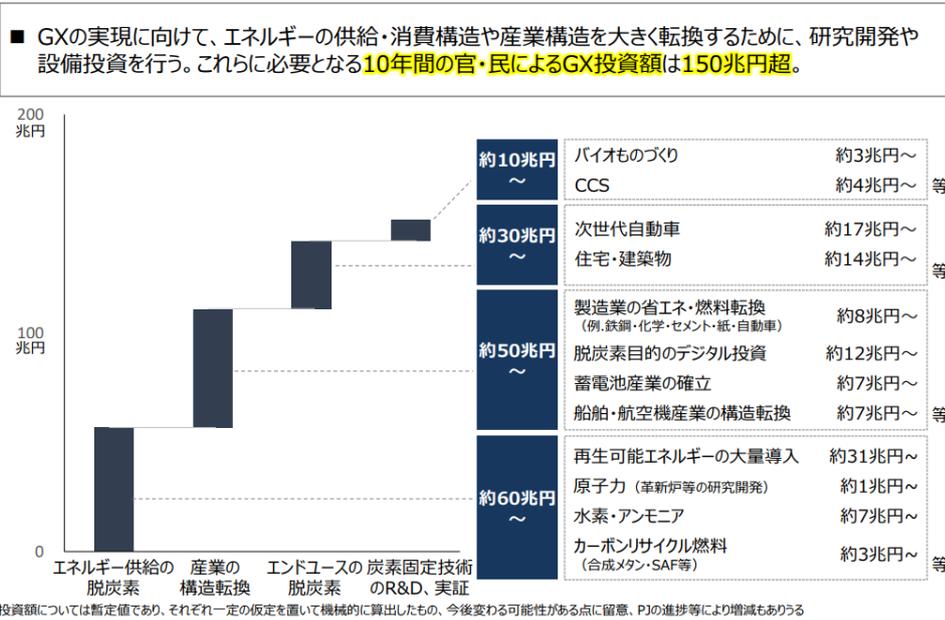


図6. GX投資の主な施策(GXを実現するための政府イニシアティブ資料)

出典：内閣官房 第3回 GX実行会議

(2022年10月)