

添付書類- 5

当該特定二酸化炭素ガスが海底下廃棄以外に適切な
処分の方法がないものであることを説明する書類

目 次

1. 気候変動対策での CCS の位置づけ	1
2. 我が国での CCS 技術の位置づけ	4
2.1 環境エネルギー技術革新計画（平成 25 年 9 月 13 日総合科学技術会議）	4
2.2 エネルギー基本計画（平成 26 年 4 月 11 日閣議決定）	4
2.3 エネルギー関係技術開発ロードマップ（平成 26 年 12 月）	5
3. 本計画での特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄の意義	8
4. CO ₂ 分離・回収における付随的な関連物質の有効利用の方法	8
5. その他の処分方法の可否	9

1. 気候変動対策での CCS の位置づけ

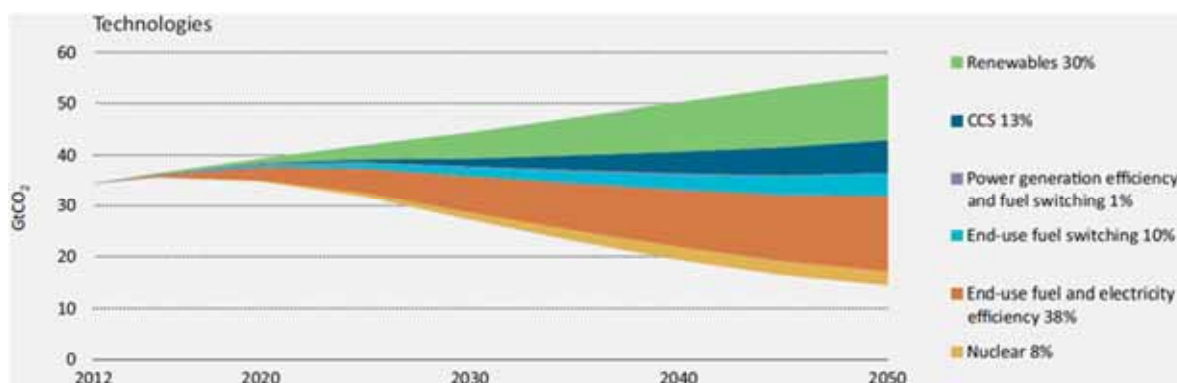
二酸化炭素の大気への排出量を実質的に削減する技術的オプションについては、2005 年に発表された IPCC 「CCS に関する特別報告書」^[1]に、次のとおり記載されている。

- ・ エネルギー転換やエネルギー利用の効率改善（エネルギー集約度の低い経済活動の強化を含む）等による、エネルギー消費の削減。
- ・ 石炭を天然ガスで代替する等、低炭素燃料への転換。
- ・ 実質的に CO₂ をほとんどあるいは全く排出しない、再生可能エネルギーおよび原子力エネルギーの利用の増加。
- ・ 森林および土壌の生物学的吸収能力を高めることによる CO₂ の隔離。
- ・ 化学的および物理的な CO₂ 回収および貯留。

二酸化炭素回収・貯留（Carbon dioxide Capture and Storage; CCS）は、「化学的および物理的な CO₂ 回収および貯留。」に分類され、中長期的に最も重要な地球温暖化対策の一つとして世界的に期待されており、国際エネルギー機関（International Energy Agency; IEA）の試算によると、温暖化対策における各技術の貢献というデータがあり（第 1-1 図）^[2]、地球温暖化による気温の上昇を 2℃以下にする場合、エネルギー効率の向上や再生可能エネルギーの利用に次いで、CCS が 2050 年までの必要削減分のうち約 13%を担うという結果が出ている。

^[1] Freund, P., Adegbulugbe, A., Christophersen, Ø., Ishitani, H., Moomaw, W., Moreira, J. (2005). Introduction. In: IPCC Special Report on carbon dioxide capture and storage. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp. 51-74.

^[2] International Energy Agency (2015). Energy Technology Perspectives 2015, Mobilising Innovation to Accelerate Climate Action. IEA Publications, Paris, p. 36.



第 1-1 図 IEA「エネルギー技術展望 2015」温暖化対策における各技術の貢献^[1]

また、2014 年に公表された気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第 5 次評価報告書によると、人類の活動による影響が 20 世紀半ば以降に観測された地球温暖化の最も有力な要因であった可能性が極めて高いとされており、特段の温暖化対策を行わなかった場合には、直近 20 年（1986～2005 年）から 21 世紀末（2081～2100 年）の平均地上気温上昇量は 2.6～4.8℃と予測されている^[2]。

さらに、気温上昇を 2℃未満に抑えられる可能性が高いシナリオでは、以下の特徴を有するとしている。

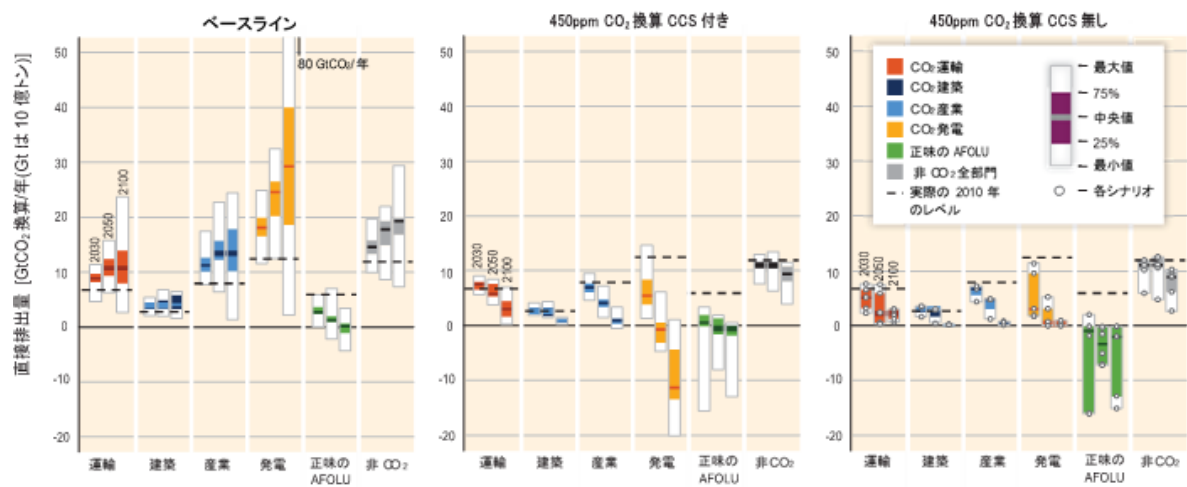
- ① 2010 年の世界の温室効果ガス排出量と比べて、2050 年の世界の温室効果ガス排出量を 40～70%削減し、さらに 2100 年には世界の温室効果ガスの排出量がほぼゼロまたはそれ以下に削減する。
- ② エネルギー効率がより急速に改善され、再生可能エネルギー、原子力エネルギー、ならびに二酸化炭素回収・貯留（CCS）を伴う化石エネルギーならびに CCS を伴うバイオエネルギーを採用したゼロカーボンおよび低炭素エネルギーの一次エネルギーに占める割合が、2050 年までに 2010 年の 3 倍から 4 倍近くになる。
- ③ バイオエネルギーの生産、植林、森林減少の抑制など大規模な土地利用変化を伴う。

CCS 技術については、「化石燃料発電プラントの温室効果ガス排出を削減できる可能性がある」と評価されており、シミュレーション結果によれば、CCS 有り（第 1-2 図の中図）では発電部門からの大規模削減が見込めるが、CCS 無しの場合（第 1-2 図の右図）には、大規模植林などの「土地利用（Agriculture, Forestry and Other Land Use: AFOLU）」部門にて、極めて多量の削減を行わなければならないことが示唆されている。

これらのことから、気温上昇を抑えるためには、他の技術的オプションを活用した上で、CCS 技術での二酸化炭素排出量の削減が必要と考えられる。

^[1] International Energy Agency (2015). Energy Technology Perspectives 2015, Mobilising Innovation to Accelerate Climate Action. IEA Publications, Paris, p. 36.

^[2] IPCC (2013). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.



注：IPCC AR5 WG3 SPM Fig. SPM.7 に加筆

第 1-2 図 部門別温室効果ガス排出量

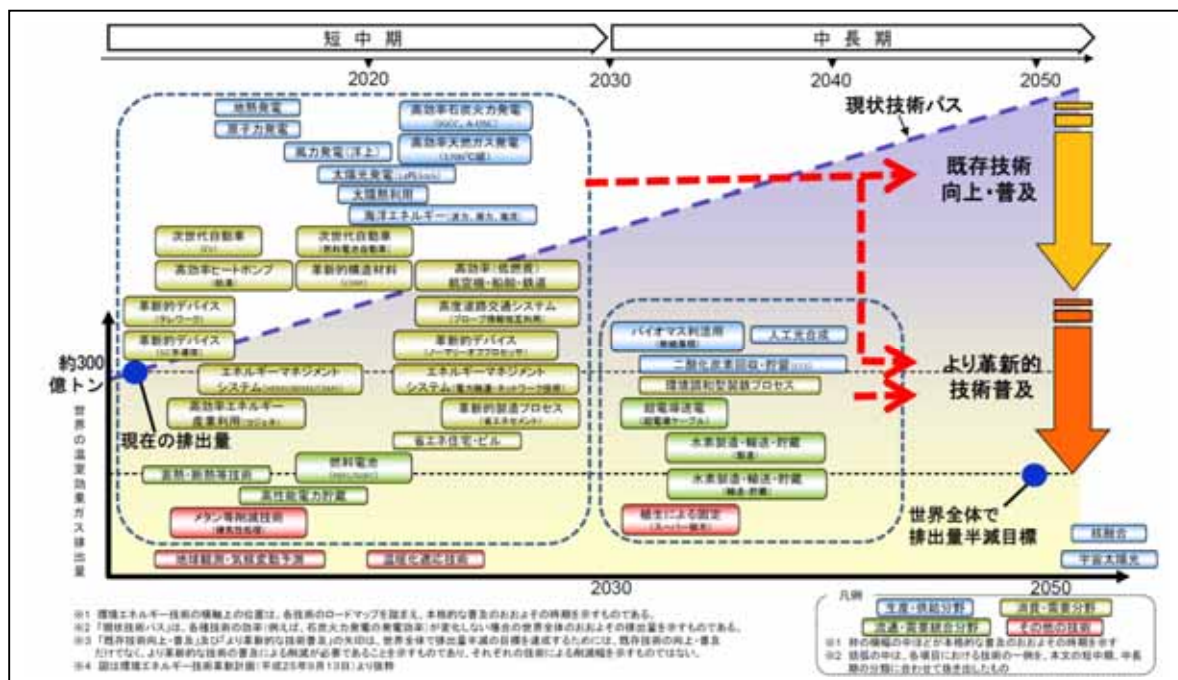
2. 我が国での CCS 技術の位置づけ

我が国では、環境エネルギー技術革新計画、エネルギー基本計画、エネルギー関係技術開発ロードマップにおいて、以下のように位置付けられている。

2.1 環境エネルギー技術革新計画（平成 25 年 9 月 13 日総合科学技術会議）^[1]

（中長期（2030 年頃以降）で実用化・普及が見込まれる技術）

2020 年頃からの実用化が見込まれる CCS については、実用化に向けた研究開発・実証とともに、社会実装への取り組みを進める（第 2.1-1 図）。



第 2.1-1 図 「革新的技術」のロードマップ

2.2 エネルギー基本計画（平成 26 年 4 月 11 日閣議決定）^[2]

（高効率石炭・LNG 火力発電の有効利用の促進）

2020 年頃の二酸化炭素回収貯留（CCS）技術の実用化を目指した研究開発や、CCS の商用化の目途等も考慮しつつできるだけ早期の CCS Ready 導入に向けた検討を行うなど、環境負荷の一層の低減に配慮した石炭火力発電の導入を進める。

^[1] 内閣府（2013）．環境エネルギー技術革新計画，平成 25 年 9 月 13 日，総合科学技術会議，資料 4-2，p. 18.

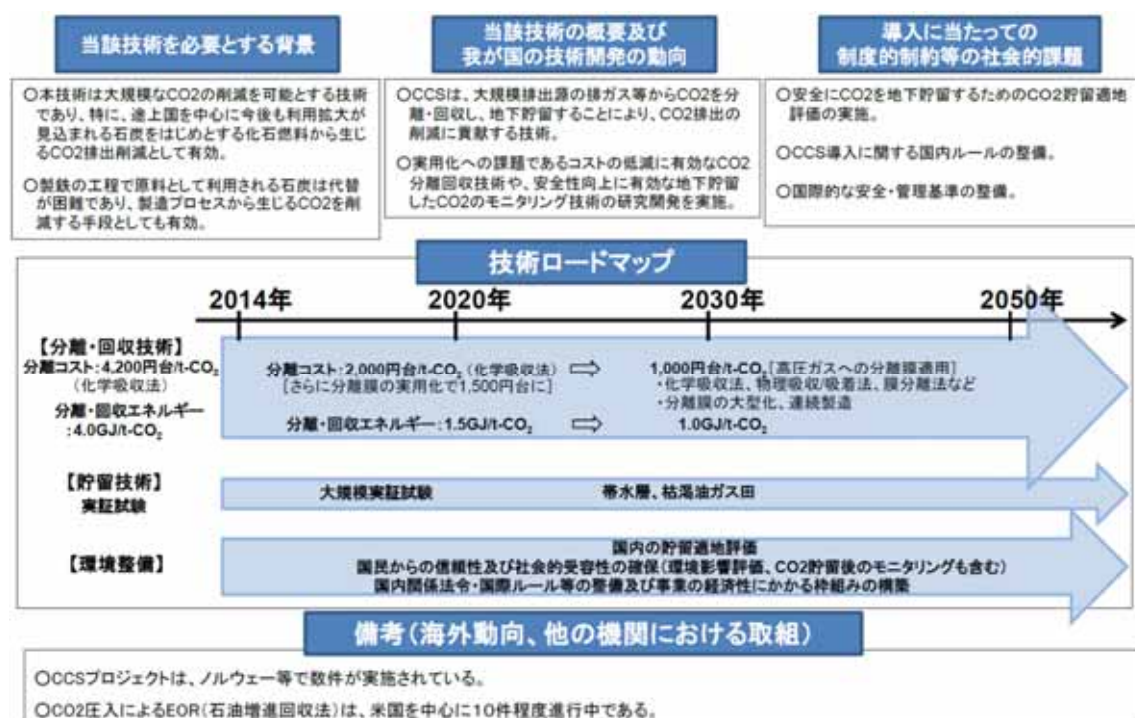
^[2] 閣議決定（2014）．エネルギー基本計画，平成 26 年 4 月 11 日，p. 49，74.

(戦略的な技術開発)

こうした徹底した効率化や水素エネルギーの活用のための取組を進める一方、それでも最終的に対応しなければならない地球温暖化などに関する課題について、例えば化石燃料を徹底的に効率的に利用した上でCCSなどに関するCO₂削減技術開発も並行して進めていく。

2.3 エネルギー関係技術開発ロードマップ(平成26年12月)^[1]

当省においては、「環境エネルギー技術革新計画」を受け、個別技術課題のロードマップの個表を作成している(第2.3-1図)。



第2.3-1図 CCSのロードマップ

これらを受け、現在、2020年頃のCCS技術の実用化を目指した研究開発等を実施しているところ(第2.3-2図～第2.3-3図)であり、本計画はCCSトータルシステムの実証試験(第2.3-2図)で行う二酸化炭素の海底下貯留に係るものである。

^[1] 経済産業省(2014)．エネルギー関係技術開発ロードマップ，平成26年12月，p. 59．

CCS研究開発・実証関連事業

平成30年度予算案額 93.0億円 (93.0億円)

産業技術振興局 地球環境連携室
03-3501-1757

事業の内容	事業イメージ
事業目的・概要 (1) 苫小牧におけるCCS大規模実証試験事業 ● 二酸化炭素回収・貯留(CCS)技術の実用化のため、我が国初の実証の大規模排出源を利用したCCS実証試験を苫小牧で実施します。平成27年度に完成した実証試験設備を用いて、平成28年度から平成30年度にかけ、年間10万トン規模のCO₂を地中に圧入・貯留します。併せて、CO₂の海底下貯留の許認可を規定する海洋汚染防止法に準拠すべく、圧入CO₂の分布を監視します。 (2) CO₂分離回収技術の研究開発事業 ● CCS技術の実用化にはコスト低減が課題です。本事業ではCCS全コストの6割以上を占めるCO₂の分離回収のコスト低減を目的に、CO₂分離回収エネルギーを低減させるべく、研究開発を実施します。 (3) 安全なCCS実施のためのCO₂貯留技術の研究開発事業 ● 平成32年度頃のCCS技術の実用化に向けて、実用規模でCCSを実施する際のCO₂漏出等を防ぐため、CO₂地中貯留に関する安全管理技術の確立等を目標とします。 成果目標 (1) 平成32年度までのCO₂回収・貯留の実証試験を通じて、CCSトータルシステムの技術確立 (2) 平成31年度までに分離回収コストの低減(現状4200円/トン・CO₂から1500～2000円/トン・CO₂以下相当) (3) 平成32年度までにCCS実証サイトへのCO₂貯留・モニタリング技術の導入を通じて、安全管理技術の確立 条件 (対象者、対象行為、補助率等) 交付金 国 → 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合研究機構 (NEDO) → 委託 → 民間企業等	事業イメージ (1) 製油所の排出ガスから分離回収したCO₂を年間10万トン規模で苫小牧沖の地中（地下1,000m程度及び3,000m程度の2つの層）へ貯留し、地中のCO₂をモニタリングする技術の実証試験を行います。 (2) ①高効率な回収が可能なアミン吸収材を含む固体吸収材に係る、実用規模のプラント試験設備での実用化研究 ②石炭ガス化発電などの比較的高圧のガスからのCO₂分離回収に有効な分離膜技術に係る、実ガスをを用いた実用化研究 (3) ①安全かつ効率的にCO₂を圧入・貯留する技術の開発（光ファイバーを用いたモニタリング技術、CO₂溶解促進技術等） ②CCSの安全管理技術の開発（CO₂の挙動把握のためのモニタリング技術等） ※CCS(Carbon dioxide Capture & Storage)は、工場や発電所などから発生するCO₂を大気放出前に回収し、貯留に適した地層へ圧入し、長期的、安定的に貯留する技術。

第 2.3-2 図 平成 30 年度当省 CCS 関連事業予算案の PR 資料

CO₂貯留適地の調査事業

平成30年度予算案額 5.5億円 (5.5億円)

産業技術振興局 地球環境連携室
03-3501-1757

事業の内容	事業イメージ																																
事業目的・概要 ● 二酸化炭素回収・貯留(CCS)技術はCO₂排出削減ポテンシャルが高く、地球温暖化対策の重要な選択肢の一つとして、平成32年度の実用化が期待されています。 ● 国内には約1,460億トンのCO₂貯留ポテンシャルがあると推定されていますが、不十分な基礎データに基づく推定であり、個々の候補地点の貯留ポテンシャルには大きな不確実性があります。 ● このため、大きな貯留ポテンシャルを有すると期待される貯留地点において、弾性波探査※1やボーリング調査※2等を行い、貯留層のポテンシャル評価を実施します。 ● なお、本事業は、経済産業省と環境省の連携事業であり、両省共同で事業を実施します。 ※1 弾性波探査とは、人工的に強い振動を発生させ、地下を伝わる振動の速さを観測することで、地下の構造を把握する作業。 ※2 ボーリング調査とは、実際に地下を掘削し、土や岩のサンプルを分析することで、地下の構造を把握する作業。 成果目標 ● 平成26年度から平成33年度までの8年間の事業であり、本事業を通じて、CO₂を貯留可能な地点を3ヶ所程度選定することを目指します。 条件 (対象者、対象行為、補助率等) 委託 国 → 民間企業等	事業イメージ エアガン発射で生じた水泡 海底下地層の弾性波探査 弾性波探査による地層断面図 ボーリング調査 全国貯留層賦存量調査(2005, RITE) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>平成26年度</th> <th>平成27年度</th> <th>平成28年度</th> <th>平成29年度</th> <th>平成30年度</th> <th>平成31年度</th> <th>平成32年度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>弾性波探査</td> <td>←</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>→</td> </tr> <tr> <td>調査井掘削</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>←</td> <td>→</td> </tr> <tr> <td>貯留層評価</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>←</td> <td>→</td> </tr> </tbody> </table>		平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度	平成31年度	平成32年度	弾性波探査	←						→	調査井掘削						←	→	貯留層評価						←	→
	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度	平成31年度	平成32年度																										
弾性波探査	←						→																										
調査井掘削						←	→																										
貯留層評価						←	→																										

第 2.3-3 図 平成 30 年度当省 CCS 関連事業予算案の PR 資料

3. 本計画での特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄の意義

本計画における特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄については、二酸化炭素回収・貯留（CCS）技術の実用化のため、我が国で初となる実際の排出源を利用した CCS トータルシステムの実証試験を実施するものである。具体的には、平成 28 年度から 4 年間、製油所のオフガスから分離・回収した CO₂ を年間約 10 万トン規模で地中へ貯留する技術を実証するとともに、長期にわたって CO₂ の挙動を予測することが可能なシミュレーション技術や CO₂ のモニタリング技術等の基盤技術の実証を行う。

また、二酸化炭素の貯留地点については、ロンドン議定書改正により海底下への二酸化炭素貯留が国際法的に根拠を持つことに対応することが一つの前提となっており、全国 115 か所の候補地点から、石油・ガス開発による既存データと実地調査を実施し、技術的な観点から確認および評価をした上で、選定されたものである。

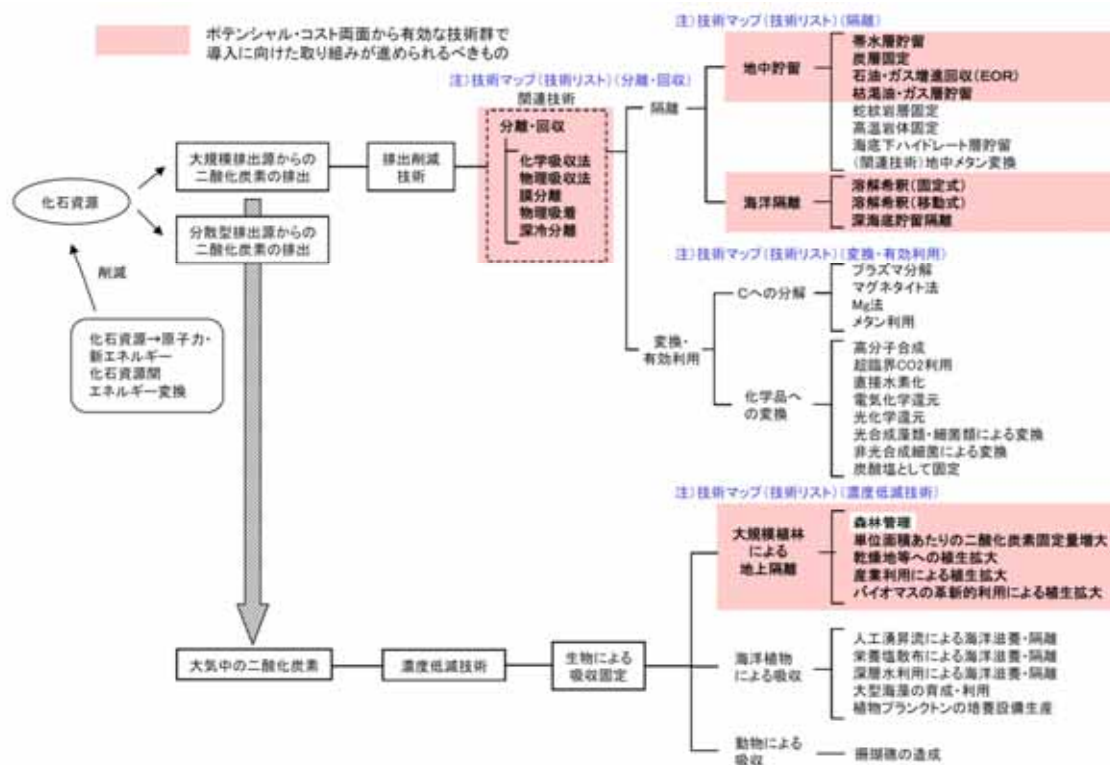
4. CO₂ 分離・回収における付随的な関連物質の有効利用の方法

CO₂ 分離・回収方法については、別紙-1「特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄に関する実行計画に係る事項」の「2.1 ガス等の発生源及び当該ガス等からの特定二酸化炭素ガスの回収の方法」に記載している。

なお、分離・回収装置で CO₂ を分離した後のガスは、H₂、CH₄、CO 等を含む可燃性ガスであるため、ボイラーでスチームを発生させてアミン再生用リボイラーの熱源として利用するとともに、スチームタービンにより発電して、CCS に係る新設設備への電力の一部として供給することにより、分離・回収エネルギーを低下させている。

5. その他の処分方法の可否

技術戦略マップ2010によると、CO₂固定化・有効利用分野の技術マップというデータがあり、技術体系が整理されている（第5-1図）^[1]。



第5-1図 CO₂固定化・有効利用分野の技術マップ（技術体系）^[1]

分離・回収された二酸化炭素の有効な利用の機会等について、CO₂固定化・有効利用分野の技術マップに基づき検討すると、地中貯留と海洋隔離が考えられるが、海洋隔離については、ロンドン議定書上、実施が認められていない。

陸域での地中貯留については、現時点では、一定規模の貯留層と遮蔽層を備えた具体的な貯留地を特定できないため、長期間にわたり漏えい等の問題が起きないことを確認出来ず、安全な地中貯留を実施することは難しいと考えられる。したがって、本計画において、陸域における地中貯留は、海底下廃棄に代替する適切な処分方法ではないと考えられる。

国内の貯留適地の調査状況としては、海域において調査が進められているところである。一方、陸域においては、人口密集地や山岳地帯などが広くあるため、地質データの取得に必要な弾性波探査の実施が困難な地域が多いことや、人工的なノイズの影響等から海域に比べ精度の高いデータの取得が難しい等の課題があり、本格的な貯留適地調査は行われていないのが現状である。なお、陸上における貯留管理方法は法的に未整備である。

地中貯留には、帯水層貯留、炭層固定、石油・ガス増進回収（Enhanced Oil Recovery; EOR）、枯渇油・ガス層貯留が考えられるが、実証試験地である苫小牧地域の地質性状から、実施可能

^[1] 経済産業省（2010）. 技術戦略マップ2010, 平成22年6月14日, 環境, CO₂固定化・有効利用分野, p. 15.

なものは帯水層貯留となるため、本計画では海底下への帯水層貯留を実施するものである。

原料としての利用の機会等については、我が国における二酸化炭素ガスの産業利用は、「平成 26 年 経済産業省生産動態統計年報 化学工業統計編」^[1]によると、炭酸ガスは 969,408 トン生産され、897,259 トンが出荷されている。過去 5 年(平成 22～26 年)の生産量の平均は 972,140 トン、出荷量の平均は 893,943 トンとなっており、需給のバランスに大幅な変動はないと考えられる。炭酸ガスは、主に石油精製等による副生ガスから生産されており、仮に本事業において分離・回収した二酸化炭素を新規に市場投入しても、全体として余剰が生じることとなり、代替する適切な処分方法とはならないと考えられる。なお、炭酸ガスの用途としては、冷却用ドライアイス、金属の溶接、炭酸飲料等がある。

^[1] 経済産業省 (2014). 経済産業省生産動態統計年報 化学工業統計編, p. 10.