

添付書類-3

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

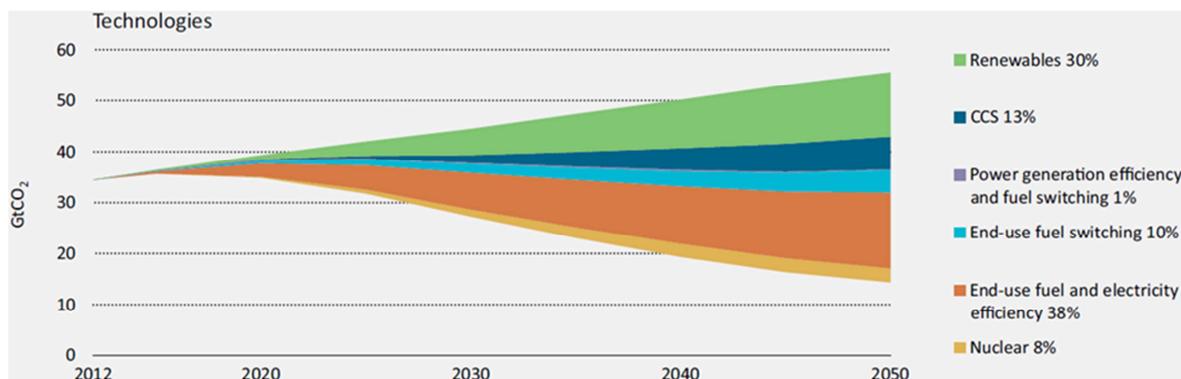
二酸化炭素の大気への排出量を実質的に削減する技術的オプションについては、2005年に発表された IPCC「CCSに関する特別報告書」^[1]に、次のとおり記載されている。

- ・ 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。

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。

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。

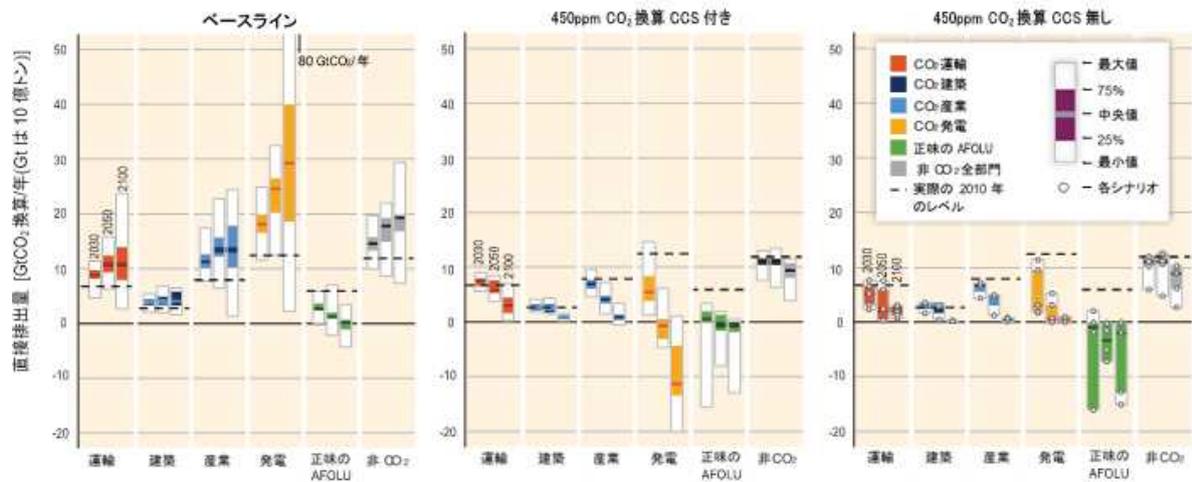
バイオエネルギーの生産、植林、森林減少の抑制など大規模な土地利用変化を伴う。

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

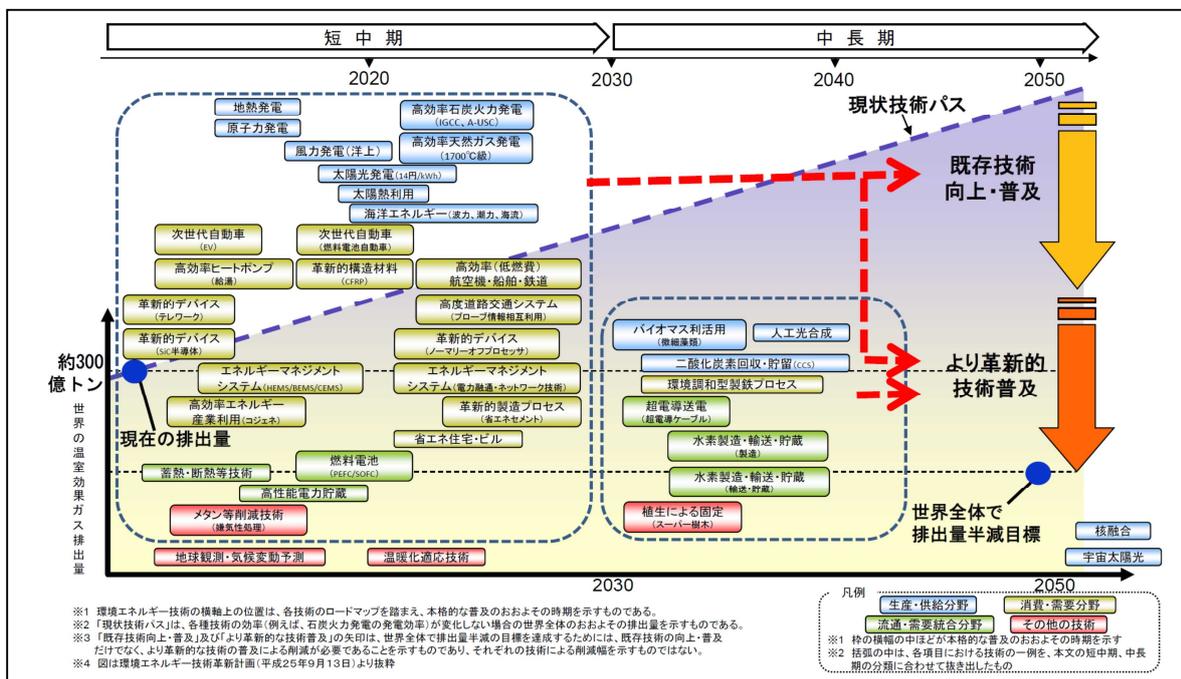
2. 我が国での CCS 技術の位置づけ

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.

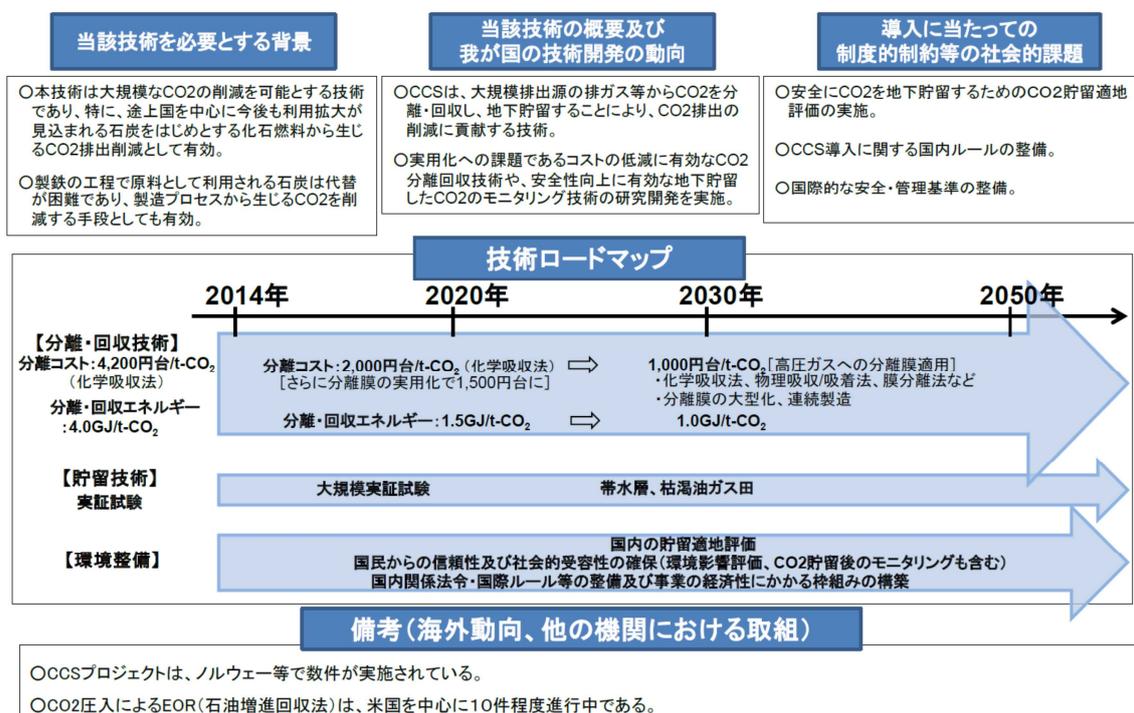
^[2] 閣議決定（2014）. エネルギー基本計画，平成 26 年 4 月 11 日，p.49，74.

(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)。



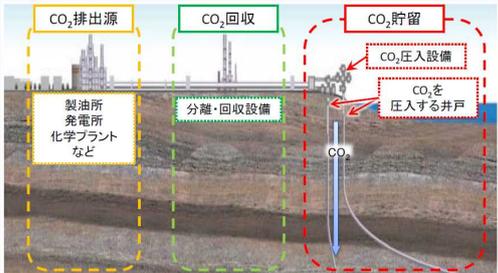
第 2.3-1 図 CCS のロードマップ

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 2.3-5 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.

二酸化炭素削減技術実証試験事業

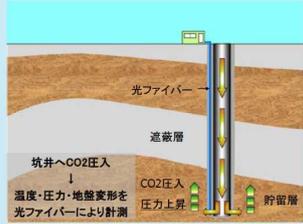
平成28年度予算案額 **69.0億円（89.0億円）**

事業の内容	事業イメージ						
<p>事業目的・概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 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大規模排出源を利用したCCS実証試験を実施します。 ● 具体的には、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（地下1,000m程度、3,000m程度）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実証を行います。 ● 平成27年度までに、実証試験に必要な設備の建設を行い、平成28年度からは、実際にCO2を地中に圧入・貯留するとともに、モニタリングを実施します。 <p>成果目標</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 平成24年度から平成32年度までの9年間の事業であり、平成28年度から平成30年度まで年間10万トン規模のCO2を圧入・貯留します。本事業を通じて、CO2分離・回収(CO2濃度99%以上)から輸送、圧入、貯留、モニタリング(漏えい検知回数0回)までのCCSトータルシステムの実証を行い、CCS技術の確立を目指します。 <p>条件（対象者、対象行為、補助率等）</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p style="text-align: center;">国 → 委託 民間企業等</p> </div>	<p>＜CCSとは＞</p> <p>工場や発電所などから発生するCO2を大気放散する前に回収し、地中貯留に適した地層まで運び、長期間にわたり安定的に貯留する技術です。</p>  <p>＜事業スケジュール＞</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 5px;">H24fy～H27fy</td> <td style="padding: 5px;">CO2分離回収設備、圧入設備及び、圧入井等の設計、調達、建設</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 5px;">H28fy～H30fy</td> <td style="padding: 5px;">CO2圧入実証試験、CO2圧入中のモニタリング</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 5px;">H31fy～H32fy</td> <td style="padding: 5px;">CO2圧入終了後のモニタリング</td> </tr> </table>	H24fy～H27fy	CO2分離回収設備、圧入設備及び、圧入井等の設計、調達、建設	H28fy～H30fy	CO2圧入実証試験、CO2圧入中のモニタリング	H31fy～H32fy	CO2圧入終了後のモニタリング
H24fy～H27fy	CO2分離回収設備、圧入設備及び、圧入井等の設計、調達、建設						
H28fy～H30fy	CO2圧入実証試験、CO2圧入中のモニタリング						
H31fy～H32fy	CO2圧入終了後のモニタリング						

第 2.3-2 図 平成 28 年度当省 CCS 関連事業予算案の PR 資料

二酸化炭素大規模地中貯留の安全管理技術開発事業

平成28年度予算案額 **9.0億円（新規）**

事業の内容	事業イメージ
<p>事業目的・概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 二酸化炭素回収・貯留(CCS)技術は、二酸化炭素(CO2)排出削減効果が大きく、温暖化対策の重要な選択肢の一つとして期待されています。 ● 本事業では、CCS技術の平成32年頃の実用化に向けて、実用化規模でCCSを実施する際の、CO2地中貯留に関する安全管理技術の確立等を目指します。 ● 具体的には、下記の内容を実施します。 <ul style="list-style-type: none"> ① CO2圧入・貯留時のモニタリング技術や、貯留したCO2の長期挙動を予測するシミュレーション技術の開発 ② 効率的にCO2を圧入・貯留するための技術開発 ● 本事業で開発した技術は、北海道苫小牧市で実施しているCCS実証事業(二酸化炭素削減技術実証試験事業)で活用し、その有用性を確認します。 <p>成果目標</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 平成28年度から平成32年度までの5年間の事業であり、最終的には実用化規模に適用できるCO2圧入・貯留に係る安全評価手法をCCS実証サイトにおいて7件活用し、安全管理技術を確認することを目指します。 <p>条件（対象者、対象行為、補助率等）</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p style="text-align: center;">国 → 委託 民間企業等</p> </div>	<p>事業イメージ</p> <p>① CO2圧入・貯留時のモニタリング技術開発例</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 光ファイバーを用いた、地層安定性や廃坑井健全性のモニタリング技術を確立し、苫小牧CCS実証サイトに適用し、その有効性を検証します。 ● 重力モニタリング技術等を用いた、長期連続モニタリング技術を確立します。 ● CO2圧入に係る安全管理技術を確立します。  <p>② 効率的にCO2を圧入・貯留するための技術開発例</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 大規模なCO2圧入を行う際に有効な抗井の配置を最適化する技術等を開発します。

第 2.3-3 図 平成 28 年度当省 CCS 関連事業予算案の PR 資料

二酸化炭素回収技術実用化研究事業

平成28年度予算案額 **5.4億円（4.6億円）**

事業の内容

事業目的・概要

- 二酸化炭素回収・貯留(CCS)はCO₂の削減技術として有効ですが、実用化にはコスト削減が課題です。本事業ではCCSの全コストの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以下の事業を実施します。

- 1) 先進的二酸化炭素固体吸収材実用化研究開発事業

CO₂の分離・回収技術の一つである化学吸収法のうち、高効率な回収が可能なアミンを固体に担持した固体吸収材について、実用規模のプラント試験設備を用いた実用化研究を行います。
- 2) 二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発事業

石炭ガス化発電等で発生する比較的高い圧力を有するガスからCO₂を分離・回収するのに有効な分離膜技術について、実ガスを用いた実用化研究を行います。

成果目標

- 平成27年度から平成31年度までの5年間の事業であり、最終的にはCCS実用化規模で、1)についてはCO₂分離・回収エネルギー1.5GJ/t-CO₂以下^(*1)、2)についてはCO₂分離・回収エネルギー0.5GJ/t-CO₂以下^(*2)とするCO₂分離・回収技術を開発します。

(*1) 2,000円/t-CO₂以下に相当
(*2) 1,500円/t-CO₂以下に相当
※ コストは、現時点で一定の仮定に基づき試算したものです。

条件（対象者、対象行為、補助率等）

国 → 委託 → 民間企業等

事業イメージ

＜実ガス試験＞

- 1) 固体吸収材
- 2) 分離膜モジュール

実機型膜モジュール

第 2.3-4 図 平成 28 年度当省 CCS 関連事業予算案の PR 資料

二酸化炭素貯留ポテンシャル調査事業

平成28年度予算案額 **12.5億円（10.0億円）**

事業の内容

事業目的・概要

- 二酸化炭素回収・貯留(CCS)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、2020年頃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地点において、弾性波探査やボーリング調査等を行い、貯留層評価を実施します。
- なお、本事業は経済産業省と環境省の連携事業であるため、両省で共同要求します。

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ヶ所程度特定することを目指します。

条件（対象者、対象行為、補助率等）

国 → 委託 → 民間企業等

事業イメージ

エアガン発振で生じた水泡

海底下地層の弾性波探査

弾性波探査等による
海底下の地質状況の把握

ボーリング調査

日本近海の貯留層分布図

	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	平成33年度
弾性波探査	←							→
調査井掘削				←				→
貯留層総合評価						←		→

第 2.3-5 図 平成 28 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 3 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（第 2.3-2 図）。

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。

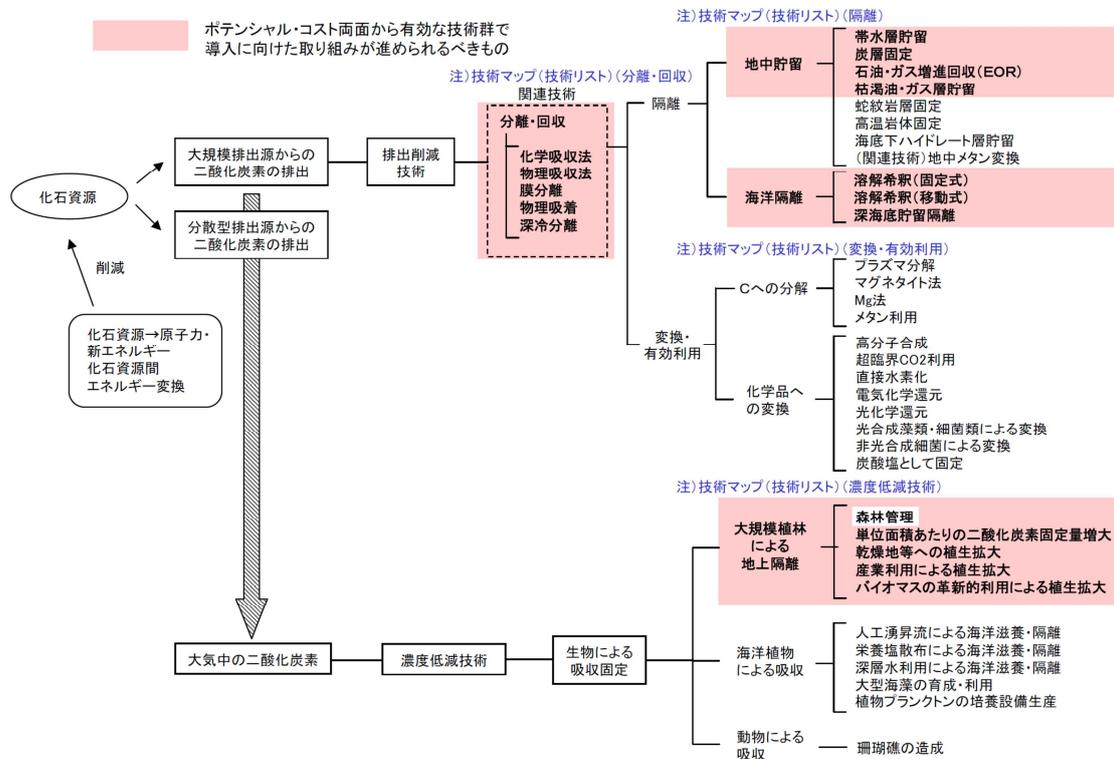
4. CO₂ 分離・回収における付随的な関連物質の有効利用の方法

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.