

C02 固定化・有効利用分野

従来から地球温暖化対策として、省エネルギー技術の開発・導入や代替フロン等の削減対策等、CO₂をはじめとする温室効果ガスの排出を抑制する取り組みが行われている。しかしながら、大気中の CO₂ 濃度は上昇を続けており、地球温暖化を緩和・抑止し持続可能な社会を構築するためには現行の取組みのみでは不十分と考えられる。したがって、これらの対策に加えて、排出後の CO₂ に対する固定化・有効利用技術についても、将来的に導入可能な対策オプションとすべく、技術開発を推進する必要がある。

CO₂ 固定化分野の中でも、CO₂ 回収・貯留技術(CCS: Carbon Dioxide Capture and Storage)は、IPCC(気候変動に関する政府間パネル)第4次評価報告書において、温暖化緩和策のキーテクノロジーの1つとして期待されている。また、我が国が2008年3月に策定した「クールアース-エネルギー革新技术計画」においても、2050年までに世界全体の温室効果ガス排出量を半減するために必要な革新的技術のひとつとして、CCSが位置づけられている。

このような点を踏まえ、中長期的な観点から、CO₂ 固定化・有効利用技術についての技術戦略マップを作成した。

C02 固定化・有効利用分野の技術戦略マップ

I. 導入シナリオ

(1) C02 固定化・有効利用分野の目標と将来実現する社会像

2007年5月24日に発表された地球温暖化に関する総理イニシアティブ「美しい星50(クールアース50)」において、「世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して2050年までに半減する」という長期目標が提案された。

経済成長を阻害することなく、この温室効果ガス削減目標を達成するためには、省エネルギー技術、化石燃料転換や原子力発電、あるいは太陽エネルギー等の新エネルギーの利用技術のみならず、炭素隔離などのC02固定化・有効利用分野の新技術の開発、進展が不可欠である。

2008年1月に福田総理より表明された「クールアース推進構想」においても、革新的技術開発の重要性に再び言及があり、同年3月には「クールアース-エネルギー革新技術計画」が策定され、同年7月には「低炭素社会づくり行動計画」が定められる等、世界共通の課題である地球温暖化問題の解決に向けて、技術開発への期待が高まっている。

C02固定化・有効利用分野の技術は、その期待に応える事ができる技術分野のひとつである。この分野の技術開発を促進することで、持続的に発展可能な社会の礎の構築に資するものである。

(2) 研究開発の取組み

大規模発生源から大気中へ排出されるC02を削減するためのC02回収・貯留(CCS: Carbon Dioxide Capture and Storage)技術(分離・回収、地中貯留、海洋隔離)と、大気中へ排出されたC02の削減対策技術(大規模植林による地上隔離)は、それぞれ異なった視点からの対策技術であり、大気中へのC02排出前と排出後の削減技術を並行して進めることが重要である。

また、これらの技術を実際に導入するためには、投入するコストやエネルギーの削減、環境への影響・安全性の評価、社会的受容の形成等の信頼醸成といった、総合的な取組みが不可欠である。

(3) 関連施策の取組み

[規制・制度改革]

- ・ CCSの国内での本格実施に必要な、法規制・制度の整備等に関して検討を行う。
- ・ 我が国としても海洋汚染防止法を改正すべく、地球温暖化対策としてのC02海底地層貯留の利用とその海洋環境への影響防止のあり方について検討が行われ、「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律の一部を改正する法律案」が2007年5月の通常国会で可決され成立し、我が国における海底地層へのC02貯留のための制度的枠組が整備された。

〔基準・標準化等〕

- ・ 2008 年に有識者で構成する「CCS 研究会」を設置し、大規模実証実験の実施の必要性を踏まえ、「CCS の実施に当たり、安全面、環境面より守るべき指針」等について検討中である。
- ・ 各プロジェクトで得られた成果のうち、標準化すべきものについては、適切な標準化活動（国際規格 (ISO/IEC)、日本工業規格 (JIS)、その他国際的に認知された標準の提案等）を実施する。
- ・ CO₂ 回収・貯留後のモニタリング、植林等による CO₂ 固定化量の計算、バイオマス利用時の CO₂ 排出削減量の評価、環境影響や安全性評価手法など、CO₂ 固定化・有効利用を推進するに当たって標準化が必要となる事項については、研究・開発状況や社会情勢を常に意識しながら計画的に標準化を推進する。

〔知的基盤整備〕

- ・ 情報交換に関する取組み

国内外との共同研究等を通じ、革新的な温暖化対策技術や方策についての情報交換に資する情報ネットワークの構築等を図る。

〔国際連携・協力〕

(A) CCS 関係

《主要国首脳会議 (G8) 関連》

- ① 『G8』：2005 年 7 月に策定されたグレンイーグルズ行動計画で、CCS に関しては、炭素固定化貯留技術の開発及び商業化を加速するための作業に取り組むと表明。また、2008 年 7 月の洞爺湖サミットでは 2020 年までに CCS の広範な展開を始めるために、各国毎の様々な事情を考慮しつつ、2010 年までに世界的に 20 の大規模な CCS の実証プロジェクトが開始されることを強く支持することが首脳宣言にうたわれた。
- ② 『国際エネルギー機関 (IEA) 及び国際エネルギー機関温室効果ガス関連研究開発プログラム (IEA GHG R&D Programme)』：IEA が作成した「エネルギー展望 2006 (Energy Technology Perspectives 2006)」の中では、特に中国、インド等の石炭資源国での CCS の重要性を強調。また、「IEA 閣僚理事会声明 (2007 年 5 月)」では、CCS に関して、規制や安全性の問題に十分な注意を払いながら実証及び早期の普及を推進することを表明。2008 年には『エネルギー技術展望 2008』を発表し、2050 年に世界の温室効果ガス排出を半減させるケースでは、CCS がその 19%を担うとした。さらに、洞爺湖サミットの声明を受けて、CCS などの革新技術のロードマップを作成中。
- ③ 『炭素隔離リーダーシップフォーラム (CSLF)』：2003 年 6 月に発足した CCS 技術の研究開発に取り組む国際的枠組み。日本、米国、英国等の欧米諸国に加え、中国、インド等も参加し、炭素隔離に関する各種プロジェクトを実施。
- ④ 『世界銀行』：クリーン・エネルギーと開発に関する投資枠組を発表。石炭ガス化複合発電 (IGCC) と組み合わせた CCS を商業的に実行可能な技術としており、重要な

技術的オプションの1つに挙げ、石炭火力発電における CCS の適用を課題としている。

《クリーン開発と気候に関するアジア太平洋パートナーシップ (APP) 関連》

2006 年 1 月に発足した日本、米国、豪州、中国、インド、韓国の 6 カ国が参加する官民のパートナーシップ。CCS に関しては、2015 年までに燃焼前回収法による商業的サイトの開発、純酸素燃焼法及び燃焼後回収法技術の商業化、石炭ガス化の商業化、IGCC 技術の商業化、CCS と IGCC の組み合わせの促進等の目標を掲げている。

《気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 関連》

第 4 次評価報告書 (2007 年公表) において、2030 年までに気候変動の緩和に重要な貢献をするキーテクノロジーの 1 つとして CCS を位置付け。

《ロンドン条約 [1972 年の廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約の 1996 年議定書 (ロンドン条約 96 年議定書)] 関連》

海底下地層貯留する CO₂ が附属書 I に加えられ、国際法において初めて CO₂ の貯留技術を位置付け。

《COP/MOP 関連》

CCS の CDM 化に関しては、2006 年 11 月に開催された COP/MOP2 では、2008 年の COP/MOP4 でのガイダンス採択に向けたプロセスが決定されたが、2008 年のガイダンス採択には至らず、CDM 理事会にて今後その影響を分析することとなった。

(B) 大規模植林関係

《IPCC 第 4 次評価報告書》

- ① 20 世紀の最後の 10 年に熱帯雨林の破壊が起こっており、1990 年代の森林伐採からの CO₂ 排出は 5.8 Gt-CO₂/yr。
- ② 森林による 2030 年の削減ポテンシャルは、ボトムアップモデルとしては、100 US\$/t-CO₂ 以下の削減コストで 1.3~4.2 Gt-CO₂-eq/yr、20 US\$/t-CO₂-eq では約 50%達成。トップダウンモデルとしては、100 US\$/t-CO₂ 以下で 13.8 Gt-CO₂-eq/yr。
- ③ CO₂ 削減手法には、森林伐採の減少、森林管理、植林、agro-forestry がある。短期的には森林伐採の抑止が効果的。森林バイオマスのエネルギー等の利用による CO₂ 削減ポテンシャルは 0.4~4.4 Gt-CO₂/yr。将来は持続可能な森林経営によって炭素ストックを維持・増加させることが必要。
- ④ 森林は安価でグローバルな CO₂ 削減ポートフォリオに対して、非常に重要な寄与をしている。一方、ポテンシャルの非常にわずかな部分しか現在では実現していない。
- ⑤ 削減ポテンシャルの達成には、制度面の能力、投資資本、研究開発とその移転、適切な政策とインセンティブ、国際協力が必要。

《COP/MOP 関連》

- ① 森林等吸収源による二酸化炭素吸収量の運用ルールが 2001 年の COP7 で決定 (マ

ラケシュ合意)。一方、森林による吸収は成長過程に限られること、伐採や山火事等があると吸収・固定された二酸化炭素が再び大気に放散されるという「非持続性」の問題があり、CO₂ 吸収源プロジェクトで得られるクレジットは期間限定的。また、CDM 植林は COP9 で、小規模 CDM 植林は 2004 年の COP10 で運用ルールが合意。2005 年末に、初の吸収源 CDM に関する方法論が承認。

- ② CDM における外来種侵入樹種および GMO の使用については、ホスト国がそれらの使用に関連する危険性をホスト国の国内法規で評価し、附属書 I 国もそれらを使用した植林からのクレジットを使用することを国内法規で評価することをそれぞれ認識すべきとされている。
- ③ 森林による二酸化炭素の吸収量の報告、検証方法は、2004 年の COP10 で、2003 年の IPCC 良好手法指針に従うことが合意。
- ④ 京都議定書の運用ルールでは、第一約束期間（2008～2010 年）においては、森林内にある炭素のみを把握することになっており、伐採分は排出とみなされるようになってきている。一方、伐採木材製品（Harvested wood products, HWP）の取り扱いについての議論が進められている。
- ⑤ 気候変動対策の新しいイニシアティブ、国連『森林減少・劣化からの温室効果ガス排出削減 (REDD)』プログラムが 2008 年 9 月に発表。3 つの国連機関 (FAO, UNDP, UNEP) が、世界銀行の森林カーボン・パートナーシップ・ファシリティや地球環境ファシリティの熱帯林アカウント等と協力して、このプログラムを運営する。
- ⑥ 2008 年の COP/MOP4 では森林減少・劣化に由来する排出の削減 (REDD) について議論され、次期枠組みの中に位置づけるため COP15 までの検討スケジュールが作成された。

(4) 海外での取組み

(A) CCS 関係

《米国》

- ① CCS は、2005 年 9 月に米エネルギー省 (DOE) 発表の気候変動技術に関わる戦略プランの目標の一つに挙げられている。
- ② 炭素隔離プログラムの一つである FutureGen イニシアティブは、ゼロ・エミッション型石炭火力発電所の実現を目指し、石炭から水素と CO₂ を分離するシステム及び CO₂ の地中貯留の実証を中核とする多国間協力事業。2008 年 1 月に DOE から見直しが発表され、商業的規模の複数の IGCC において最新の CCS 技術を実証することを目的とし、DOE は 2015 年までに操業を開始する IGCC プラントの CCS 設置に対し資金提供することとなった。2003 年の当初計画に比し、少なくとも 2 倍の量の CO₂ を貯留可能と見込まれる。
- ③ EPA (Environmental Protection Agency) は 2008 年 7 月に安全飲料水法の地下注入管理 (UIC) プログラムに基づき、CO₂ の地中貯留の規制を公表し、12 月にパブリッ

クコメントが終了した。

- ④ Regional Carbon Sequestration Program で 100 万 t-CO₂/年以上の CCS を行う 9 つのプロジェクトが計画されている。

《EU》

- ① 『Energy Policy for Europe (2007. 3 採択)』: EU のエネルギー分野における包括的な政策パッケージ。CCS に関しては、「2030 年までに、より多くの電力と熱が CO₂ 回収貯留を備えたニア・ゼロエミッション化石燃料発電所から作り出されることが必要である」としている。
- ② 欧州委員会は、『二酸化炭素の地中貯留に関する欧州議会及び欧州連合理事会の指令』の草案を作成し、2008 年 1 月に公表した。
- ③ CCS の法的枠組みを含む『気候・エネルギー政策パッケージ』が 2008 年 12 月に欧州議会で採択された。また、EU-ETS において 2013 年計画のものから CCS を認めることになった。

《英国》

- ① 化石燃料利用における炭素削減技術(CAT)に関する戦略を公表(2005年6月)。目標では、CATの開発及び商業化で、英国が主導的役割を担うことであり、CO₂固定化・貯留技術が含まれている。
- ② 2006年7月に発表したエネルギー・レビューでは、CCSに対する規制障壁を廃止、ノルウェー等のパートナー国との国際協力を強化、実証コストをさらに検討。
- ③ 2008年1月にエネルギー法案を発表。その中でCCSに関する規定を設けている。
- ④ 2008年に石炭の燃焼後回収(最低300MW、2014年運転開始)の分離回収・海底下地中貯留プロジェクトを公募。

《オランダ》

オランダ経済省のエネルギー報告書では、CCSに関する3つの目標(供給の安全保障、環境基準、経済効率)を定めている。

《ドイツ》

ドイツ環境省はCCSを許容する政策スタンスを明らかにした。CO₂圧入による天然ガスの増進回収(EGR)で経済的見返りが望める枯渇ガス田への貯留調査が最優先事項。

《ノルウェー》

- ① 1996年からスライプナーで年間100万トンのCO₂を貯留。
- ② スノービットで天然ガスから分離されたCO₂を帯水層貯留するプロジェクトが2008年から開始(0.7百万t-CO₂.年)。
- ③ エネルギー政策は、再生可能エネルギーと併せ、CCSの推進等が重点項目。

《カナダ》

中国との間で、CCCDP (CBM Technology/CO₂ Sequestration Project) を推進。

《オーストラリア》

- ① CCS は、エネルギー効率の向上、低炭素燃料への転換、再生エネルギー資源の有効活用等と共に、GHG 排出量削減の有効手段であると考えている。
- ② 2005 年、CCS 促進のため、評価、所有権、輸送、モニタリング、責任、財政等を定めた「CCS に関する規制ガイド原則」を制定。
- ③ Offshore Petroleum Act (OPA：沖合石油法) 2006 を改正し、CCS 規制を整備。(現在議会において審議中)
- ④ ZeroGen や Callide-A(日本が協力)など多くの CCS プロジェクトが進められている。
- ⑤ GCCSI (Global Carbon Capture and Storage Institute) を設立し、日本からも参加している。

《中国》

- ① 豪との協力のもと燃焼後回収の第一号¹⁾ 100t(3,000 t-CO₂/年)が稼働した。
- ② 貯留ポテンシャルの算出(米国が協力)、英国とのパートナーシップである NZEC など各国と協力して CCS プロジェクトを進めている。

(B) 大規模植林による地上隔離

《米国》

- ① 『炭素隔離ロードマップ(2006年)』：地上隔離として森林形成技術を記述。2008年時点の植林等による地上隔離のコスト目標を 10 \$/t-C に設定。
- ② 『バイオマス研究開発構想』：バイオマスに的を絞った取り組みが連邦政府レベルで実施。2002年のバイオマス導入ビジョンで、バイオパワー、バイオ燃料、バイオ製品の導入目標を設定。2002年12月にロードマップを公表し、原料生産、処理および転換、製品利用および供給、公共政策の4分野での目標を定め積極的な研究開発を推進。
- ③ 『バイオ燃料プログラム(2003年3月～)』：生物化学的変換、熱化学的変換のそれぞれの開発を研究目標としているが、先にあるバイオリファイナリーによるバイオ燃料、化学製品、エネルギーの生産を最終的な目標として取り組みを加速化。
- ④ 『エネルギー保障強化イニシアチブ(Twenty in Ten)(2007年1月)』：2017年までの10年間でガソリン使用量を20%削減し、バイオエタノールを含むガソリン代替燃料を2006年の約7倍にあたる350億ガロンにすることを義務付け。
- ⑤ 『Breaking the Biological Barriers to Cellulosic Ethanol(米国DOE)』：ソフトバイオマス、ハードバイオマスのセルロースからエタノールを生産していくプロセスの開発ロードマップを提示。

《EU》

- ① 『White Paper(1997)』：エネルギー消費に占めるバイオマスの割合を2010年で8.5%に設定。EUが行う研究開発枠組み計画(FP6,FP7)で、現エネルギーシステムと再生可能エネルギーとの統合化などを目標に研究開発を積極的に推進。
- ② 『バイオ燃料のためのEU戦略(2006年2月)』：域内バイオ燃料の利用促進、コス

ト競争力強化などを目標に取り組み。

- ③ 『EU 首脳会議（欧州理事会）（2007年3月）』：「持続可能かつ統合された欧州の機構変動及びエネルギー政策を策定する」として、ポスト京都を想定し2020年までに温室効果ガス排出量を1990年比で少なくとも20%削減することで合意。EU全体のエネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合を、現行の5.75%から2020年までに20%までとする拘束力のある目標を設定。2020年までのEU全体の運輸部門のガソリン及びディーゼルの消費におけるバイオ燃料のシェアを全てのEU加盟国が拘束力のある目標として、最低10%に設定。
- ④ 再生可能エネルギーのシェアを2020年に20%に拡大することを含む『気候・エネルギー政策パッケージ』が2008年12月に欧州議会で採択された。

《ドイツ》

バイオ燃料と食糧となる作物の作付けに関する対立を回避するとともに、バイオ燃料の拡大の目的について、これまでよりも、温室効果ガス排出量の効果的な削減を重視することを目指すバイオ燃料促進変更法案を承認した。燃料への混合の割合は、2009年は5.25%、2010年に6.25%に高め、2014年までこの値を維持する。

（5）民間での取組み

（A）CCS 関係

- ① プラント会社および電力会社において、燃焼後化学吸収による大規模排出源（天然ガス焼き排出ガス）からのCO₂回収試験を実施している。
- ② 我が国における二酸化炭素の分離・回収・輸送及び地中貯留に関する研究開発や事業化にかかる調査を行うことを目的として、日本CCS調査株式会社が2008年5月に電力、鉄鋼、石油販売、石油開発、化学等の合計29社の出資により設立された。

（B）大規模植林による地上隔離

- ① 製紙会社では、毎年、植林計画が策定され、それにより一定の植林がなされている。
- ② 木質系バイオマスの小規模分散型高効率ガス化発電システムや、稲わらからのバイオエタノール変換など、パイロットスケールの検討がなされている。

（6）改訂のポイント

- CO₂の回収・貯留における国内外動向の進展により、導入シナリオ（国際動向、導入促進・関連施策項目）の見直しを行った。

Ⅱ. 技術マップ

（1）技術マップ

CO₂固定化・有効利用のための技術として、現在研究開発を実施しているものや検討が行われているものを体系的に「CO₂固定化・有効利用分野の技術マップ（技術体系）」として示した。また、それに加え、実用段階に近く特に重要な技術を用いた場合のCO₂

固定化コストについて詳細な調査・分析を行い、「技術分類」、「技術の概要」、「開発段階」、「現時点での概算コスト」、「2030年でのコスト実現性」、「総合評価」等を「CO2固定化・有効利用分野の技術マップ（技術リスト）」として表形式で示した。

（2）重要技術の考え方

削減ポテンシャル、コスト両面等から検討を加え、重要技術を選定し、技術マップの中で明示した。なお、実用化段階に近く特に重要な技術については、「CO2固定化・有効利用分野の技術マップ（技術リスト）」に現時点でのCO2固定化の概算コストを示している。

（A）削減ポテンシャル

当該技術の適用による大気中CO2の削減可能量の大きな技術。

（B）コスト・実現性

現状での概算コストや技術レベルを踏まえ、2030年までに技術が確立し、コストが2,000～6,000円/t-CO2程度に到達可能かを評価。

選定された重要技術について簡潔に説明すれば、以下のとおり。

① 分離・回収

分離・回収技術には化学吸収法、物理吸収法、膜分離法などがある。我が国においては、化学吸収法を用いた実証プラントの実績があるが、さらなる低コスト、低エネルギー化に向けたより高効率な化学吸収法の開発が望まれている。また、高圧ガスからの分離・回収として、高分子膜、セラミック膜などの分離膜技術の開発推進も重要である。その他、物理吸着法等の中からも、低コスト、低エネルギー化に資する技術の新方式基礎研究と適用検討について検討する必要がある。

② 地中貯留

地中貯留は、地下深部塩水層（帯水層）貯留、石油・ガス増進回収（EOR/EGR）、枯渇油・ガス層貯留及び炭層固定などに大別される。海外では、特にEORや枯渇油・ガス層貯留が進められており、地下深部塩水層貯留についても検討されてきている。我が国では、長岡市において地下深部塩水層への実証実験を実施してきた。今後は、国内における地中貯留の実用化を目指し、早期に大排出源を対象とした大規模実証に着手する必要がある。

地中貯留の技術開発を進めるに当たって共通的な課題として、信頼醸成に関わる環境影響・安全性評価手法の開発、CO2挙動予測手法の確立等がある。

③ 海洋隔離

海洋隔離は、海洋によるCO2吸収能力の大きさを考慮した削減手段として有望ではあるものの、これを実施した場合における海洋生態系への影響が必ずしも明らかではない。将来の実施に向けて、CO2の海洋拡散・生物影響の科学的理解、拡散シミュレーション実験によるマッチング等の技術の確立を目指した技術開発を行うことが重要であり、その成果を広く公開し、海洋隔離実施に対する国際的・社会的合意を

得ていくことが不可欠である。

④ 大規模植林による地上隔離

大規模植林は、二酸化炭素の大規模削減に寄与し得る、見通しのある技術であり、一層の低コスト化が重要である。植物の生育が可能な土地における単位面積あたりのCO₂固定量の増大、乾燥地等不良環境地における植生拡大については、植林範囲の拡大のために優良種選抜や土壌改良などは早い段階で実施すべきであり、遺伝子組み換えを伴うものについては、安全性に関する知見を蓄積し、その有効性を主張しつつ順次取り組む必要がある。また、CO₂固定量の適切な評価方法を確立する必要がある。加えて、産業利用や、バイオマスの革新的利用の観点から、有用物質生産の面からの取り組みも必要である。

上記の②～④のイメージを【参考資料1：二酸化炭素貯留・隔離技術の概要】、【参考資料2：大規模植林による地上隔離技術の概要】として添付する。

※ 変換・有効利用技術は、CO₂を分解・化学品等へ変換するなど、CO₂の有効利用をとおして、CO₂排出抑制に寄与するものである。変換過程のエネルギー使用等に伴って正味のCO₂排出量が増加する場合もあるため、温暖化対策技術として検討する際には、CO₂削減量などの効果を総合的に見極めることが必要である。

※ 分離回収技術の国際競争力について【参考資料3：CO₂分離・回収技術の国際競争力】として添付した。

(3) 改訂のポイント

- 新技術の動向調査を行い、内容を見直した。

Ⅲ. 技術ロードマップ

(1) 技術ロードマップ

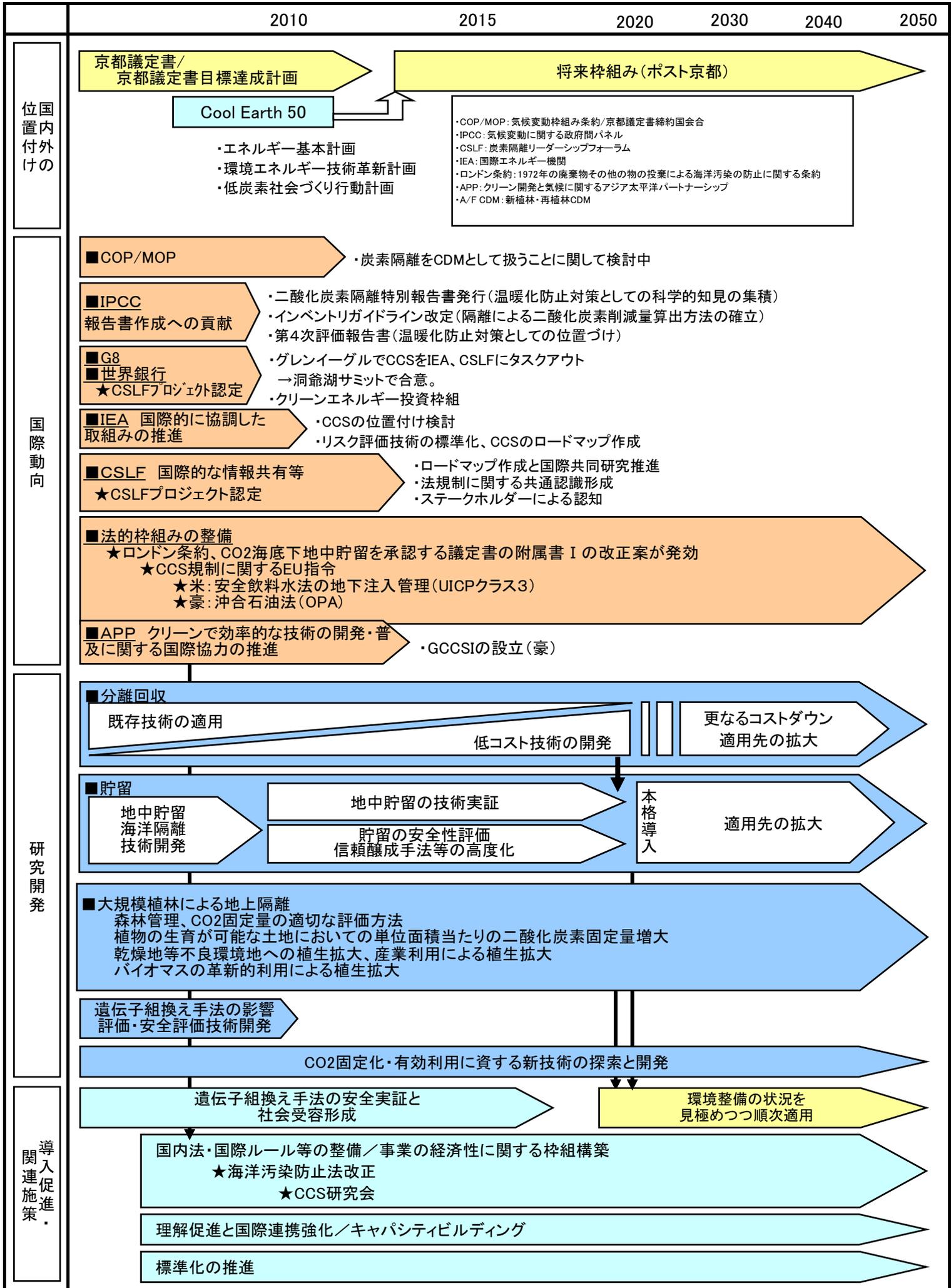
上記のⅡ.(2)により選定した重要技術について、今後の技術課題を中長期的視点から整理し、現状のコストと目標コストを明確にしたロードマップを示した。

注) 目標コストについては、技術の進展により大幅な低コスト化が望める分離コストのみ示している。

(2) 改訂のポイント

- 大規模植林による地上隔離のロードマップを見直した。

CO2固定化・有効利用分野の導入シナリオ



CO2固定化・有効利用分野における標準化導入シナリオ

標準化

2010

2020

2030

2040

2050

○分離・回収技術に関する標準化

性能向上・コストダウンを実現する各種技術(ex. 化学吸収・膜分離・物理吸着・・・)の仕様など

性能向上・コストダウン

○地中貯留に関する標準化

貯留CO2モニタリング手法
環境影響・安全性評価方法

新技術・国際動向等に対応

実適用先の拡大・コストダウンを実現する各種技術の仕様など

実証試験段階・社会受容性確保

実適用先の拡大・コストダウン

○海洋隔離に関する標準化

CO2拡散シミュレーション方法
環境影響・安全性評価方法

国際動向等に対応

実適用に伴う各種技術の仕様など

研究開発段階・国際的合意獲得

実証試験段階・社会受容性確保

実適用段階

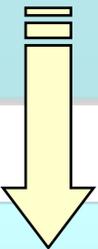
○大規模植林、バイオマス利用に関する標準化

大規模植林によるCO2固定量評価
バイオマスによるCO2削減量評価

新技術・国際動向等に対応

各種技術(ex. 品種・土壌改良、バイオマス変換・・・)の性能・環境影響・安全性等を評価する方法など

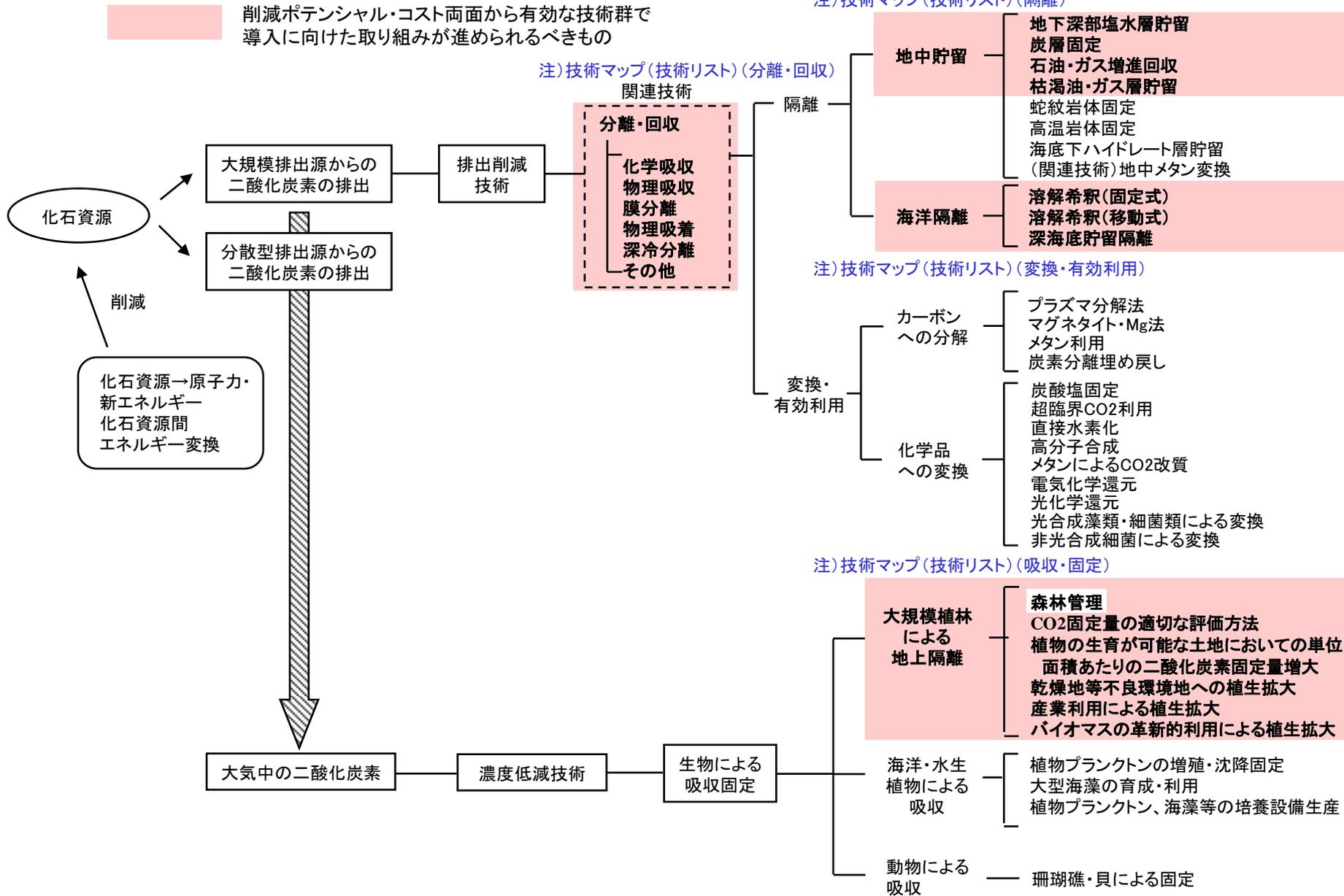
ISO



JIS

CO2固定化・有効利用分野の技術マップ(技術体系)

削減ポテンシャル・コスト両面から有効な技術群で導入に向けた取り組みが進められるべきもの



CO2固定化・有効利用分野の技術マップ(技術リスト)(分離・回収)

注) は重要技術

技術分類			技術 No	技術の概要	技術分類 隔離/ 有効利用	開発段階 (基礎研究、 実証研究、研 究中断、実用 化中)	現状の技術レベル/開発動向	概算コスト	コスト概算の根拠	2030年での コスト実現性 ○	総合評価 ◎削減ポテンシャル・コスト両面 から有効な技術群で導入に向け た取り組みが進められるべきもの ○削減ポテンシャル・コスト両面 から可能性があり、更なる検討 が進められるべきもの	タスクフォースでの 有識者からのコメント	
大分類	中分類	小分類技術名											
関連技術	分離・回収	化学吸収	化学吸収液	1101	CO ₂ を選択的に溶解できるアルカリ性溶液との化学反応によるガス吸収法(アルカリ性溶液としてアミン、炭酸カリK ₂ CO ₃ 水溶液等)を使用	-	基礎研究～実証研究～実用化中 【常圧ガス】 ・アミン液を用いた化学吸収法は天然ガスからのCO ₂ 分離で100万t-CO ₂ 規模の実績あり。燃焼排ガスからのCO ₂ 回収でもEconamine FG法(1,000t-CO ₂ /日)、KS液による尿素プラントで実用化(200t-CO ₂ /日)など、大規模商業実績あり。 ・経済性向上、省エネルギー化が課題であり、新吸収液の開発が基礎～実証レベルで各国で進められている。また、アルカリ吸収-電気透析再生についての基礎研究も実施されている。 ・石炭・油の混合蒸気排ガスからの回収性能評価試験が実施され、石炭火力発電所に10t-CO ₂ /日の分離回収プラントを設置し、実ガスを用いた連続的な分離回収検討がなされている。また、欧州でも石炭火力から1ton-CO ₂ /h規模の分離回収試験が実施されている。 ・鉄鋼副生ガスを対象に更なる低コスト化のため吸収液改良や廃熱利用の研究開発が実施されている。 ・冷アンモニア法が開発され、パイロット規模の運転が実施されている。 【高圧ガス】 ・MDEAを用いた分離が実証～実用化レベルにある。 ・さらに低エネルギー、低コスト化を目的とした新吸収液の基礎研究が実施されている。	NGCC新設 \$37~74/t-CO ₂ 石炭火力新設 \$29~51/t-CO ₂ 4,900~5,800円/t-CO ₂ 4,200円/t-CO ₂	IPCC特別報告書(2005) 平成14年3月NEDO報告書 51401158-0(MEA、排ガス3x106Nm ³ /h、CO ₂ 濃度13.2%) RITE(2006) 新設石炭火力	○			
			固体(リチウムシリケート、酸化亜鉛など)	1102	-	基礎研究	高温でCO ₂ を回収再生する個体吸収剤の基礎研究が実施されている。	-	-	-			
		物理吸収	物理吸収法	1201	高圧下でCO ₂ を大量に溶解できる液体に接触吸収させる方法	-	基礎研究～実証研究～実用化中	・米独にてアンモニア合成用ガスからのCO ₂ 分離用の商用実績がある。 ・IGCC等からのCO ₂ 回収が検討されている。 ・新しい吸収液としてイオン液体の基礎研究がなされている。	3,100円/t-CO ₂ IGCC新設 \$13~37/t-CO ₂	平成5年3月NEDO報告書 P-9210 (石炭火力発電、酸素吹き IGCC/SELEXSOL法ケーススタ ディ) IPCC特別報告書(2005)	○	◎	・現段階では回収～分離プロセスコストの相当分を回収コストが占めているため、大幅なコスト削減が必要である。 ・燃焼プロセスや排ガスの性状に応じて分離方法が選択される必要がある。 ・化学吸収法では、CO ₂ の再生プロセスでのエネルギー消費が著しいため、低再生エネルギー型吸収液の開発、発電所エネルギーロス低減や安価な未利用排熱の利用、化学吸収システムの性能向上などの開発が必要である。 ・膜分離法はガス化プラント等の圧力を有するガス分離に適用すれば大幅なコストダウンが期待される。透過速度・選択率の向上、高寿命化、膜の大型化・モジュール化技術などの開発が必要である。 ・また、酸素燃焼法などの燃焼ガス化システムとも比較がなされる必要がある。
		膜分離	高分子膜	1301	多孔質膜の気体分離膜にガスを通し、孔径によるふるい効果や拡散速度の違いにより選択的に分離する方法	-	基礎研究～実証研究	・インドネシアの天然ガスプラントにて実用化されている。 ・高選択性を有するCO ₂ 分離膜(高分子、セラミック)が研究開発が進んでいる。 ・CSLFなどで圧力ガスへの分離膜の適用が検討されている。	-	-	○		
			セラミック膜	1302		基礎研究							
		物理吸着	PSA法、TSA法、PTSA法	1401	ガスを吸着剤と接触させてCO ₂ を吸着させて、圧力差や温度差を利用して脱着させる分離方法(吸着剤:ゼオライト、活性炭、アルミナ等)	-	基礎研究～実証研究～実用化中	・鉄鋼からの燃焼排ガスについては、食品などの商用向けで実用化されている。 ・石炭火力については性能評価試験が実施された。 ・水蒸気の影響を受けない新しい吸着剤の基礎研究がおこなわれている。	-	-	○		
		深冷分離	液化分離、蒸留分離	1501	ガスを圧縮冷却後、蒸留操作により相分離でCO ₂ を分離する技術	-	実証研究～実用化中	・液化CO ₂ の精製では技術は完成しており、国内36ヶ所で実績がある。	-	-	○		
		その他	ハイドレート分離法	1601	CO ₂ ハイドレート生成条件にすることにより高濃度CO ₂ を回収する方法	-	基礎研究	・研究開発レベル。	-	-	-		
			熔融塩を用いた濃縮	1602	発電所の排ガスを熔融炭酸塩燃料電池(MCFC)に送りこみ、CO ₂ を濃縮。	-	基礎研究～実証研究	・小型試験装置での実験が成功。50kWに規模を拡大して実証を実施。	-	-	-		

CO2固定化・有効利用分野の技術マップ(技術リスト)(隔離)

注) は重要技術

技術分類			技術 No	技術の概要/開発動向	技術分類 隔離/ 有効利用	開発段階 (基礎研究、 実証研究、研 究中断、実用 化中)	ポテンシャルの大きさ (総量 億t-CO ₂)		ポテンシャル 根拠	概算コスト	コスト概算の根拠	2030年での コスト実現性 ○	総合評価 ◎削減ポテンシャル・コスト両 面から有効な技術群で導入に 向けた取り組みが進められる べきもの ○削減ポテンシャル・コスト両 面から可能性があり、更なる検 討が進められるべきもの	タスクフォースでの 有識者からのコメント		
大分類	中分類	小分類技術名					国内	世界								
大規模発 生源から のCO2排 出削減	隔離	地中貯留	2101	分離回収したCO ₂ (液相/ガス相)をタンカー/パイ プラインにより輸送し地下深部塩水層に圧入し貯 留する。 海外では商用化されている。わが国でも長岡で1 万t-CO ₂ の圧入実験がなされた。 トラッピングメカニズムの解明やシミュレーションな どの貯留CO ₂ の挙動理解と予測、モニタリングや CO ₂ の漏洩メカニズムに関する検討と対策立案、 環境影響評価、安全評価、貯留層の開拓と賦存量 調査、効率向上とコストダウンの検討がなされてい る。	隔離	実証研究			*背斜構造へ の貯留 ~300 *層位トラップ 等を有する地 質構造への 貯留 ~1,200	**10,000~ 100,000	*RITE(2006) **IPCC特別報 告書(2005)	6800 (6800~13600) 円/t-CO ₂	NEDO(1992) 約180万t/年回収、LNG複合発電、化学吸 収、パイプライン輸送100kmを想定 分離回収コスト : 4,880円/t-CO ₂ 輸送コスト : 1,700円/t-CO ₂ 圧入コスト : 200円/t-CO ₂ (探査費を含まず) IPCC特別報告書(2005) 分離回収コスト 微粉炭火力 29~51US\$/t-CO ₂ NGCC 37~74US\$/t-CO ₂ 輸送コスト(250km) 1~8 US\$/t-CO ₂ 圧入コスト 0.5~8 US\$/t-CO ₂ RITE(2005) 新設石炭火力、100万t/年回収・貯留 分離回収コスト : 4200円/t-CO ₂ 輸送コスト(20km) : 800円/t-CO ₂ 圧入コスト : 2300円/t-CO ₂ (ERD、10万t-CO ₂ /年・井戸)	○	◎	・国内の削減ポテンシャルが大きく、コストの実現性もある。 ・海外での技術適用も期待大である。 ・国内外での実証が開始されており、環境影響に関する理 解、評価手法の体系化に関し、国際的な基準作りが開始さ れた段階にある。 ・今後10年程度で国際的コンセンサス作りが進むものと考え られ、積極的に取り組む必要がある。 ・「石油ガス増進回収」や「枯渇油・ガス増進回収」は国内で は量比其他方式に比べ少ないと考えられる。技術の大部分は 「地下深部塩水層貯留」と共通である。 ・貯留トータルコストの低減、貯留層の評価と利用拡大、圧 入CO ₂ の挙動理解とモニタリング手法の確立、安全評価、環 境影響評価手法の確立が課題。
			2102	分離回収したCO ₂ を炭層に圧入メタンの回収を促 進するとともに、CO ₂ を吸着貯留する。タ張にて CO ₂ 圧入・メタン回収の実験が行われている。	隔離	基礎研究 ~実証研究	*10	**ECBM 150~2,000	*炭素固定 PJ(2004) **IPCC特別報 告書(2005)	-	-	○	-	-	-	
			2103	CO ₂ を油・ガス層に圧入し石油・天然ガスの回収率 を向上させるとともにCO ₂ を貯留する。	隔離	実証研究 ~実用化中	-	9,000~ 12,000	IPCC特別報告 書(2005)	-	-	○	-	-	-	-
			2104	分離回収したCO ₂ を枯渇した油・ガス層に圧入し貯 留する。	隔離	実証研究	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-
			2105	分離回収したCO ₂ を蛇紋岩体の間隙に注入し生成 鉱物により固定するとともにシールを形成し貯留。	隔離	基礎研究	-	-	-	-	-	○	-	-	-	・これらの技術はまだ科学的知見の集積段階にあり、現状 では削減ポテンシャル、コストなどの評価は不能であるが、 将来の地中貯留可能量拡大につながるため、積極的に研 究が進められるべきである。 ・蛇紋岩固定ならびに高温岩体固定の課題: 多量のCO ₂ を 高効率に地下水へ溶解する技術の開発。鉱物生成までの 間、多量のCO ₂ を岩体内に留め置く技術の開発。シール能 力を最大化する技術の開発。発生源との位置関係の調査。 経済性の検討。 ・海底下ハイドレート固定の課題: 高効率にCO ₂ を注入しハ イドレートを形成する技術の開発。貯留に適した地質条件の 検討。経済性の検討。適地調査。
			2106	CO ₂ 含む排ガスをそのまま高温岩体(地熱地帯)に 注入し、生成鉱物によりシールを形成し貯留。	隔離	基礎研究	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-
			2107	分離回収したCO ₂ (液相)を深海底下の砂層に注 入しハイドレートによるシールを形成し貯留。	隔離	基礎研究	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-
			2108	地中に貯留したCO ₂ を地中メタン生成菌を用いてメ タンに変換する。	隔離	基礎研究	-	-	-	-	-	○	-	-	-	・天然におけるメタン生成および地中微生物についての科 学的知見の集積段階にあり、削減対策としての有効性は不 明である。 ・貯留したCO ₂ がメタン等に変換できれば、循環使用が可能 となるため、重要技術となる可能性がある。 ・変換のためには水素等の一次エネルギーが必要であり、 その直接利用とも有効性比較が必要。
	海洋隔離	2201	大規模排出源から分離回収されたCO ₂ (気相/液 相)を陸上から海底パイプラインにより表層または 中層へ輸送し注入溶解する。	隔離	基礎研究	23,000~107,000		IPCC特別報告 書(2005)	7,130 (5,299~7,130)* 円/t-CO ₂	NEDO1992, NEDO1996* 気相について 分離回収: 4,880円/t-CO ₂ 輸送コスト: 1,510円/t-CO ₂ 処理コスト: 740円/t-CO ₂	○	◎	◎	・国内の削減ポテンシャルが極めて大きく、コストの実現性も 高い技術である。 ・海外での技術適用も期待大である。 ・方式としては「移動式」がCO ₂ の初期希釈効果大、比較的 生物の少ない中層領域への投入という面で他の技術に比 較して優位。 ・環境影響に関する理解、評価手法の体系化が最優先課題 である。		
		2202	大規模排出源から分離回収されたCO ₂ (液相)をタ ンカーにより輸送し移動しながら中深層に注入し、 希釈する。 MovingShip方式の有効性検討や環境影響に関す る検討が行われている。	隔離	基礎研究	-	-	-	15.7 US\$/t-CO ₂ (net)	IPCC特別報告書(2005) CO ₂ 貯蔵(陸上): 2.2\$/t-CO ₂ (shipped) 輸送(500km): 5.3\$/t-CO ₂ (shipped) 処理(航送船舶): 7.7\$/t-CO ₂ (shipped)	○	◎	◎	・国内の削減ポテンシャルが極めて大きく、コストの実現性も 高い技術である。 ・海外での技術適用も期待大である。 ・方式としては「移動式」がCO ₂ の初期希釈効果大、比較的 生物の少ない中層領域への投入という面で他の技術に比 較して優位。 ・環境影響に関する理解、評価手法の体系化が最優先課題 である。		
		2203	大規模排出源から分離回収されたCO ₂ (液相)をタ ンカーにより輸送し3,000m以深の海底に貯留す る。	隔離	基礎研究	-	-	-	9,975 円/t-CO ₂	NEDO(1992) LNG-CC、化学吸収、船舶輸送500km 回収コスト: 4,880円/t-CO ₂ LNG冷熱利用液化: 1,940円/t-CO ₂ 輸送コスト: 500円/t-CO ₂ 処理コスト: 2,655円/t-CO ₂	○	◎	◎	・国内の削減ポテンシャルが極めて大きく、コストの実現性も 高い技術である。 ・海外での技術適用も期待大である。 ・方式としては「移動式」がCO ₂ の初期希釈効果大、比較的 生物の少ない中層領域への投入という面で他の技術に比 較して優位。 ・環境影響に関する理解、評価手法の体系化が最優先課題 である。		

CO2固定化・有効利用分野の技術マップ(技術リスト)(変換・有効利用)

注) は重要技術

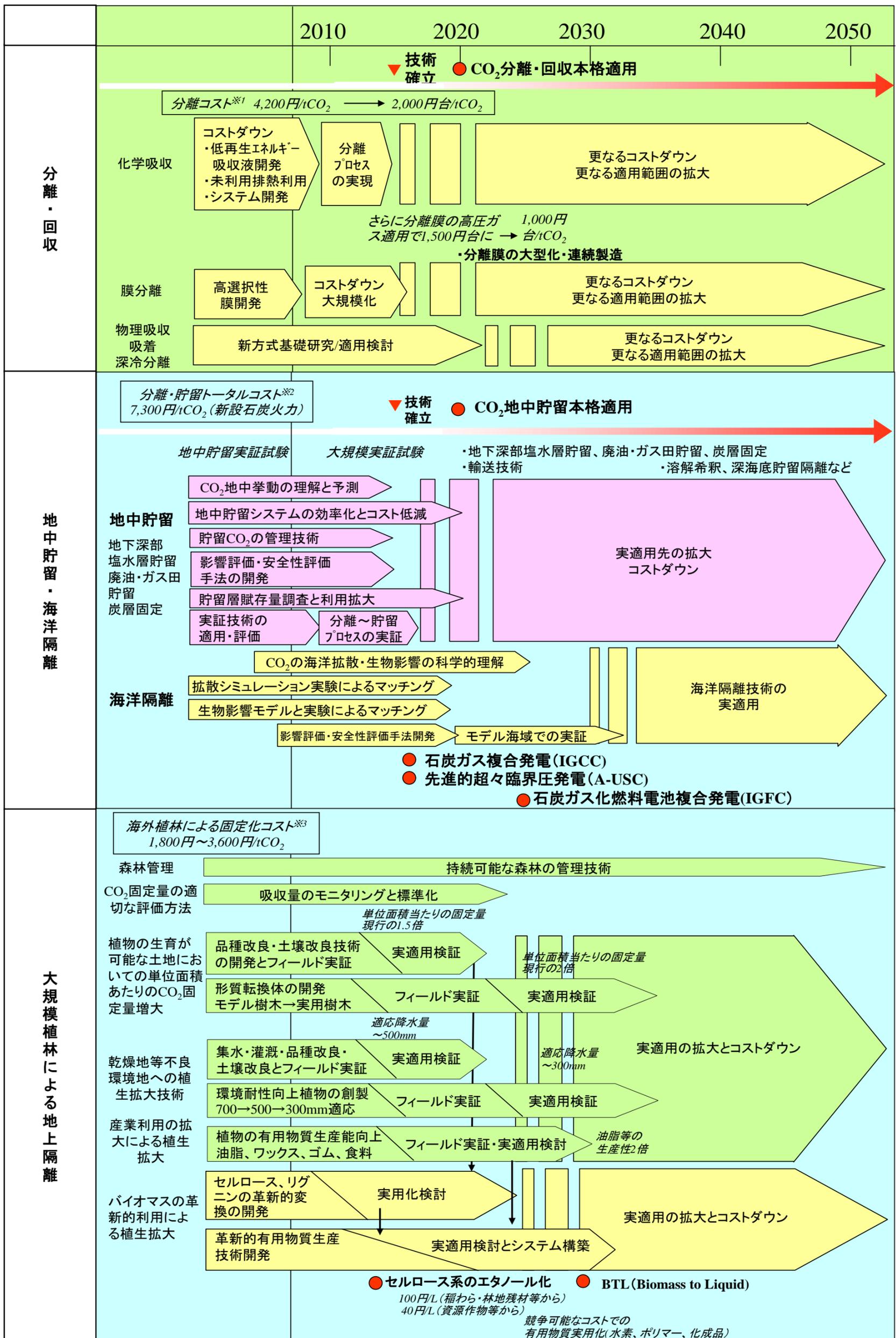
技術分類			技術 No	技術の概要/開発動向	技術分類 隔離/ 有効利用	開発段階 (基礎研究、 実証研究、研究 中断、実用 化中)	CO ₂ 削減技術としての有効性 (削減のための投入エネルギーやそのエネルギー 製造時の二酸化炭素発生量を考慮するとき有効 な二酸化炭素削減技術となるか?)		ポテンシャルの大きさ (総量 億t-CO ₂)		ポテンシャル 根拠	概算コスト	コスト概算の根拠	2030年での コスト実現性 ○	総合評価 ◎削減ポテンシャル・コスト両面 から有効な技術群で導入に向 けた取り組みが進められるべき もの ○削減ポテンシャル・コスト両面 から可能性があり、更なる検討 が進められるべきもの	タスクフォースでの 有識者からのコメント		
大分類	中分類	小分類技術名					有効性 ○△	有効性の根拠	国内	世界								
大規模発 生源から のCO2排 出削減	変換・有効利用	カーボンへの分解	プラズマ分解法	3101	CO ₂ をプラズマ照射で分解してカーボンとCOを得る	隔離/ 有効利用	基礎研究	△	化石資源からの電力を用いる限り CO ₂ 削減にならない。CO ₂ →C+O ₂ は吸熱反応であり、Δ Hは電力換算 で2.49kWh/kg-CO ₂ 。排出係数 0.407kg-CO ₂ /kWhでは1kg/kg-CO ₂ の排出になる。	-	-	-	-	-	-	・自然エネルギー由来の電力使用時に意味を持つ可能性が あるが、自然エネルギーの直接利用との有効性比較が必要。 (吸熱反応CO ₂ →C+O ₂ の反応熱は394kJ/mol。電力の CO ₂ 排出係数0.407kg-CO ₂ /kWhは2002年度実績、電気事業 連合会)		
			マグネタイト・Mg法	3102	還元したマグネタイト、MgをCO ₂ と接触させた後、水 素と反応させて固体炭素を得る方法	隔離/ 有効利用	基礎研究	△	マグネタイト等の還元に必要な水素 を化石資源に求める限り二酸化炭 素削減にならない。	-	-	-	-	-	-	-	・自然エネルギー由来の電力使用時に意味を持つ可能性が あるが、自然エネルギーの直接利用との有効性比較が必要。	
			メタン利用	3103	金属化合物上でCO ₂ とCH ₄ を反応させて固体Cと水 にする	隔離/ 有効利用	基礎研究 ~実証研究	△	本反応ではメタンの燃焼熱がほぼす べて二酸化炭素の変換に使用され てしまう。CO ₂ の分離+貯留時の消 費エネルギーが70kJ/mol程度の 為、メタンを燃料として使用し二酸化 炭素を貯留する方が低エネルギー 消費。	-	-	-	-	-	-	-	・変換にエネルギー投入が必要のため、化石資源から取り出 せるエネルギー量が減少するという問題がある。 ・CO ₂ の削減が必要であるが、CO ₂ 自体での隔離ができない 場合に意味を持つ可能性がある。 例)メタン発酵からの発生ガスや低品位のLNG等。 ・現状技術では効率低く、生産性・熱効率の大幅な向上が必要 である。	
			化石燃料からの炭素分離 埋め戻し	3104	化石資源をCとH ₂ に分解し、水素をエネルギーとし て使用、炭素は隔離する(Steinbergの提案)	隔離	基礎研究	△	燃焼熱800kJ/molのメタンに 75kJ/molのエネルギーを投入し、固 体Cと水素(2分子で572kJ/mol)に 変換する反応である。CO ₂ の分離+ 貯留時の消費エネルギーが 70kJ/mol程度である為、メタンを燃 料として用い、二酸化炭素を回収・ 貯留する方が低エネルギー消費。	-	-	-	-	-	-	-	・変換にエネルギー投入が必要のため、化石資源から取り出 せるエネルギー量が減少するという問題がある。 ・CO ₂ の削減が必要であるがCO ₂ 自体での隔離ができない場 合や低品位排ガスから水素を取得したい場合などに意味を 持つ可能性がある。	
	化学品への変換	化学的変換	炭酸塩固定 Ca塩、Mg塩、珪酸、アルミ ン酸塩	3211	・アルカリ土類金属を利用してCO ₂ を炭酸塩として 固定する技術 ・珪酸塩、アルミン酸塩の風化プロセスの人為的促 進技術	隔離/ 有効利用	基礎研究	○	二酸化炭素とアルカリ金属の反応は 発熱反応であり、主反応はエネル ギー投入を必要としない。	-	-	-	-	-	-	○	・発熱反応であるため、反応に際してのエネルギー投入が不 要。炭酸カルシウムでの埋め戻しも含めるとポテンシャルは 大きいと考えられ、今後更なる検討を続けるべき技術であ る。 ・CaOを含有する岩石や鉄鋼スラグからCaイオンを低エネル ギーを取り出せるのが重要課題である。 ・固定するため岩石等の種類の拡大も検討の必要がある。	
			超臨界CO2利用による有 用品製造	3212	超臨界状態のCO ₂ の反応性を利用して炭酸エステ ル合成、ウレタン合成、ポリカーボネートなどの合 成を行なう。	有効利用	基礎研究	(○) 省エネ技術とし て	省エネ技術である。 現行のホスゲン法(塩素は電解で製 造)に比べれば低二酸化炭素発生型 のプロセスになっている。 (産総研ヒアリング)	-	-	-	-	-	-	-	・省エネ技術として位置づけるべきもの。 ・炭酸ジメチルの有効な合成法である。	
			直接水素化によるメタノ ール、DME等合成	3213	・CO ₂ と水素を触媒反応によりメタノール、DMEを合 成する	有効利用	基礎研究	△	水素の発生源が化石資源の場合に は二酸化炭素の削減につながら ない。水素をメタン改質で行いさら に、二酸化炭素のメタノール変換を行 うと、総反応はCH ₄ +H ₂ O→CH ₃ OH+ H ₂ となってメタンのメタノール変換と 同じ。燃焼させればまた二酸化炭素 がでるし、変換反応を起こすために 二酸化炭素が増える。	-	-	-	-	-	-	-	・エネルギー変換技術として位置づけるべきもの。 ・バイオマス等のガス化プロセス等での基礎技術として重要 となる可能性がある。	
			共重合による高分子合成	3214	・CO ₂ と他のモノマー体との共重合等によりポリカー ボネートなどの高分子を得る	有効利用	基礎研究	(○) 化学品合成技 術として	化学品の合成法として意味を持つ。	-	-	-	-	-	-	-	-	・化学品の合成法として位置づけられるものである。
			メタンによるCO2改質	3215	金属や固体酸化物触媒下でCO ₂ とCH ₄ からCO、水 素を作る	有効利用	基礎研究	△	反応によってエネルギーが減少す る。液体燃料用合成ガスへの変換 技術として意味を持つ。	-	-	-	-	-	-	-	・エネルギー変換技術として位置づけるべきもの。	
			電気化学還元	3216	・金属を陰極とする還元し、メタン、エチレン、CO、 辛酸などを得る ・高温電気化学的還元 ・錯体による還元	有効利用	基礎研究	△	電力の発生源として化石資源を用 いるとCO ₂ 削減にはならない。辛酸 への変換には0.3kWh/molの電気が 必要で、2.5倍の二酸化炭素が発生 することになる。	-	-	-	-	-	-	-	・エネルギー変換技術として位置づけるべきもの。 ・自然エネルギー由来の電力使用時に意味を持つ可能性が ある。自然エネルギーの直接利用との有効性比較が必要。	
			光化学還元	3217	半導体光触媒によりCO ₂ を還元し、CH ₄ などを得る 錯体による還元	有効利用	基礎研究	○	光を用いて変換するので原理的に は有効である。 均一系、不均一系触媒を用いた紫 外光、可視光での光還元的基础研 究がおこなわれている。おもにメタン が生成。量子収率が低い。	-	-	-	-	-	-	-	・大幅に変換効率を高めるブレークスルー技術が必要。 ・太陽電池や自然エネルギーの直接利用と有効性比較が必要。	
			生物学的変換	光合成藻類、光合成細菌 類のバイリアクターによる 有用物質生産	3221	高濃度CO ₂ 排ガスを光合成藻類や光合成細菌の光 合成機能を利用して有用物質に変換する	有効利用	基礎研究	○	光を用いて変換するので原理的に は有効である。 スピルリナ、クロレラなどバイオマス を利用するものと、ポトリオッカス など油を生産するものについてバイ リアクターを含めた検討がなされ ている。	-	-	-	-	-	-	-	・大幅に変換効率を高めるブレークスルー技術が必要。 ・太陽電池や自然エネルギーの直接利用と有効性比較が必要。
		非光合成細菌のバイオリ ャクターによる有用物質生 産		3222	CO ₂ を資化する微生物を探索・育種して高濃度CO ₂ 排ガスから有用物質を生産する	有効利用	基礎研究	-	光に依存しないため高密度培養の 可能性があり、CO ₂ 発生源に連結し て排ガスから直接CO ₂ を固定でき るが、用いる微生物がまだ不明のため 保留。	-	-	-	-	-	-	-	・現状はCO ₂ を効率的に還元する代謝系の科学的理解の段 階。 ・変換のためには水素等の一次エネルギーが必要であり、そ の直接利用とも有効性比較が必要。	

CO2固定化・有効利用分野の技術マップ(技術リスト)(吸収・固定)

注)  は重要技術

技術分類			技術 No	技術の概要/開発動向	技術分類 隔離/ 有効利用	開発段階 (基礎研究、実証 研究、研究中 断、実用化中)	ポテンシャルの大きさ (総量 億t-CO ₂)		ポテンシャル 根拠	概算コスト	コスト概算の根拠	2030年でのコ スト実現性 ○	総合評価 ◎削減ポテンシャル・コスト両面 から有効な技術群で導入に向 けた取り組みが進められるべき もの ○削減ポテンシャル・コスト両面 から可能性があり、更なる検討 が進められるべきもの	タスクフォースでの 有識者からのコメント		
大分類	中分類	小分類技術名					国内	世界								
大気中の 二酸化炭 素濃度の 削減	吸収・固定	生物による吸収・ 固定	 大規模植林による 地上隔離	森林管理	4111	個別樹種、森林の成長量計測技術の開発 森林火災防止技術(適正間伐、遠隔監視)の開発	実証研究 ~実用化中	-	総ポテンシャル 5,310 精鋭樹植林 1,460	RITE調査(2005) RITE調査(2007)	1800~3600 円/t-CO ₂	○	◎	・吸収源としての森林の拡大は削減ポテンシャル、コストの両 面から実現性のある方法である。 ・吸収量を確保するためには海外展開が必要である。 ・植林可能な面積は限りがあるため植林可能面積の拡大技 術、単位面積当たりの固定量増大技術、産業利用技術との結 合が重要。 ・バイオマス利用と結合することによって、大幅に吸収量を向 上させることができる。 (左のポテンシャル計算では、25~75t-C/haの吸収量を想定 しているが、生長量の大きな樹木を植林し、10年程度で伐採 ・有効利用し、伐採地に再植林するサイクルをとれば10倍程度 の吸収量拡大が可能である。) ・植林はまた水源涵養、土砂流出防止、土砂崩壊防止、大気 保全、鳥獣保護などの環境保全面からの便益を生み出す。 ・遺伝子組み替え法を用いる場合には、社会的受容のための 影響評価体系の確立が課題。 ・吸収源CDMを展開することでクレジット確保が可能となる。た だし、クレジット価格の変動等のリスクがあることから、将来に わたって安定的にクレジットが確保できる方法論の検討が必要 である。		
				CO2固定量の適切な評価方法	4112	植物の生長量・CO ₂ 固定量の測定方法の開発と標準 化	基礎~実証研究									
				植物の生育が可能な土地におい ての単位面積あたりの二酸化炭 素固定量増大	4113	優良樹種選抜クローニング技術の開発、土壌改良技 術。 光合成能力抑制遺伝子群の解明およびその解除形 質転換体の取得、形質転換植物の環境に対する安全 性評価、フィールドでの森林形成実証試験	非遺伝子組換え 基礎研究~実証研 究~実用化中 遺伝子組換え 基礎研究									
				乾燥地等不良環境地への植生拡 大技術	4114	集水・灌漑技術、土壌改良技術。 遺伝子組換え体を使用しない品種改良、環境耐性遺 伝子群の解明およびその形質転換体の取得、形質転 換植物の環境に対する安全性評価、フィールドでの森 林形成実証試験	非遺伝子組換え 基礎研究~実証研 究~実用化中 遺伝子組換え 基礎研究									
				産業利用による植生拡大	4115	油脂、ワックス分、ゴム、食料等の産業的有用物質 の増産に向けた改良	基礎研究									
				バイオマスの革新的利用による植 生拡大	4116	バイオマスの革新的変換技術: バイオマス(セルロース系)の効率的糖化技術、リグニ ンの高効率変換技術	基礎研究									
					4117	バイオマスの革新的利用技術: バイオマスから種々のエネルギー製品(アルコール、 水素等)や有用物質製品群を作り出すための変換技 術開発とシステムの構築	基礎研究 ~実証研究									
	海洋・水生植物に よる吸収	植物プランクトンの増殖・沈降固定	4121	鉄、アンモニア等の栄養塩を海洋に散布、または海洋 構造物やポンプによって海洋深層水を表層へ移行さ せることにより、植物プランクトンを増殖、海底に沈降 させて隔離する	隔離	基礎研究	-	-	-	-	-	-	-	・潜在的な固定化ポテンシャルは相当大きいと考えられるが、 海底への固定量および海洋生態系への影響についてはまだ 不明点が多い。 ・鉄散布は世界的に検討がなされてきたが、固定量が比較的 小さい、深海生物系への影響危惧などの指摘がある。 ・他の技術は科学的理解の途上にあり、さらに深い検討が必要 である。 ・人工湧昇流や海洋深層水法は、深層の二酸化炭素の表層 移動にともなう放散等も考慮にいれて検討する必要がある。		
			大型海藻の育成・利用	4122	コンブのような浅海で固い岩盤で生育する海藻を固 着、生育させる	隔離/有効利用	基礎研究	730万t-CO ₂ /Y	-	-	-	-	-	-	・流れ藻等の海底への沈降による固定量は科学的理解の途 上にあり、今後も継続的な研究が必要。 ・大型海藻を栽培・回収し、エネルギー源、肥料、飼料等として 利用する方法は、新たなバイオマス利用技術として魅力的な オプションになる可能性もある。今後コスト・ポテンシャルを含 めた実現可能性の検証と他の自然エネルギー利用と有効性 の比較が必要。	
			植物プランクトン、海藻等の培養 設備生産	4123	培養池による培養生産 クロレラやクロロコッカムなどの微細藻類を利用しCO ₂ を吸収させるとともに、場合によっては油を回収する	有効利用	基礎研究	-	-	-	-	-	-	-	-	・大量のCO ₂ 削減のためには膨大な面積が必要。生産性向上 に関して大幅なブレークスルーが必要。 ・他の自然エネルギー利用法と有効性を比較する必要がある。
			動物による吸収	珊瑚礁・貝による固定	4131	サンゴの育成基材を海底に設置し、サンゴを育成す ること、サンゴ礁生態系による炭素ストック拡大をはか る 貝類の養殖によりCO ₂ 吸収をはかる	隔離	基礎研究	-	-	-	-	-	-	-	・サンゴあるいは貝類がCO ₂ の吸収源か放出源か議論があ り、対象とする時間スケールや調査対象の視点によって異なっ た結論が導かれている。

CO2固定化・有効利用分野の技術ロードマップ

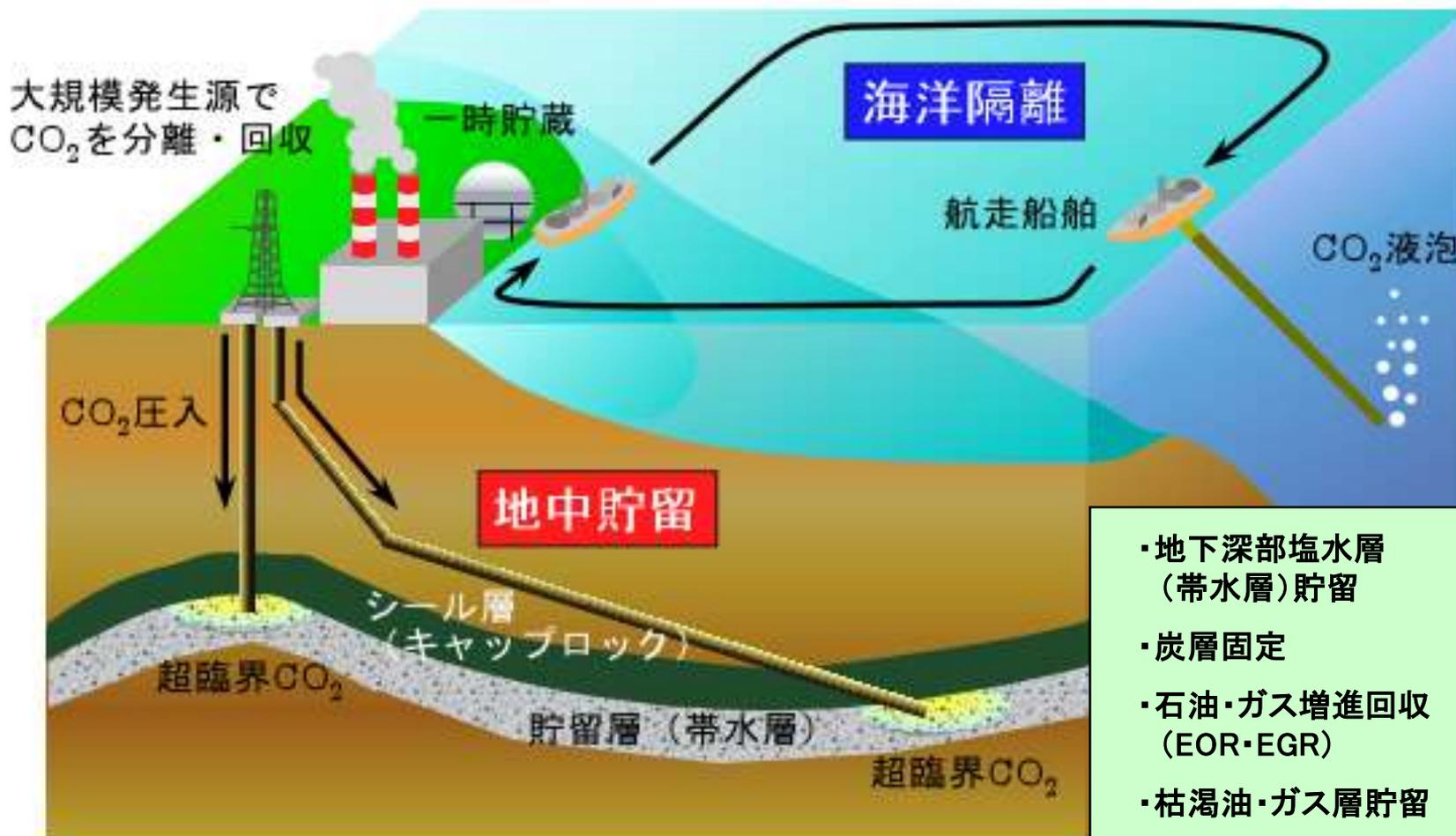


※1 分離回収: 新設石炭火力(830MW)、回収量: 100万t-CO₂/年、7MPaまでの昇圧含む、蒸気は発電所の蒸気システムから抽気 [コストベース: 2001年]

※2 地中貯留: 上記分離回収コスト+パイプライン輸送20km+圧入(昇圧15MPa、10万t-CO₂/年・井戸) [コストベース: 2001年]

※3 植林: 植林周期7年伐採+萌芽再植林、バイオマス生産量20m³/ha・年、植林管理費17-31%、用地リース費: 50\$/ha・年)

二酸化炭素貯留・隔離技術の概要



大規模植林による地上隔離技術の概要 参考資料2

単位面積当たりの固定量増大

- 品種改良・土壌改良技術
- 形質転換体の開発

実用樹木で単位面積当たりの固定量1.5倍



高成長性タバコ
(遺伝子組換え法)

土の肥沃度(窒素)



土の肥沃度と成長性(タバコ)

乾燥地等への植生拡大

未利用地の
大規模緑化

- 集水・灌漑・品種改良技術
- 環境耐性向上植物の創生



産業利用の拡大



アブラヤシ等



- 有用物質の生産能増大
 - ・成長量増大
 - ・有用物質の含量増大

油脂等の
生産量
2倍

バイオマスの革新的利用



バイオマス

■ 革新的変換技術

■ 有用物質生産技術

前処理

変換

糖類

変換

燃料エタノール
有用化学品等

セルロース類

変換

分解物

変換

エネルギー
有用化学品等

リグニン

CO2分離・回収技術の国際競争力

技術開発水準

膜分離性能(CO2/N2)

	既存技術	技術開発
常圧 (燃烧排ガス等)	<p>【化学吸収法】</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆MEA液: Fluor Daniel(米)、ABB Lummus Crest(米) ◆KS液: 関西電力/三菱重工(日) —KS液の性能は世界トップレベル —特許: KS液を包含した吸収液を広く出願 	<p>【化学吸収法】</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆日本(RITE) <ul style="list-style-type: none"> —目標: 回収エネルギー 1.8GJ/t-CO₂程度、コスト 2,000円/t-CO₂、特許: 7件出願(RITE) ◆欧州(CASTOR) <ul style="list-style-type: none"> —目標: 回収エネルギー 2.0GJ/t-CO₂程度、コスト 20-30ユーロ/t-CO₂、特許: BASFが数多く出願 ◆北米[テキサス大(米)、レジーナ大(カナダ)]
高压 (IGCC等の燃烧前回収)	<p>ガス化技術の検討が中心。分離回収法としてはaMDEA法やSELEXOL法が採用されているが、それらを凌駕する技術が検討中である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆IGCCからの分離(aMDEA法): 18-24ユーロ/t-CO₂(ENCAP) 	<p>分子ゲート膜は膜素材で世界トップレベルの分離性能</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆分子ゲート膜(テントリマー膜素材): RITE(日) <ul style="list-style-type: none"> —CO₂/H₂分離係数: 1400、透過性能[*]: $6 \times 10^{-8} \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \text{ s Pa})$ ◆ポリエチレン glycol系膜素材: テキサス大(米) <ul style="list-style-type: none"> —CO₂/H₂分離係数: 20、透過性能[*]: $2 \times 10^{-10} \text{ (m}^3 / \text{m}^2 \text{ s Pa)}$ ◆アミン含浸膜素材: オハイオ州立大(米) <ul style="list-style-type: none"> —CO₂/H₂分離係数: 40、透過性能[*]: $5 \times 10^{-7} \text{ (m}^3 / \text{m}^2 \text{ s Pa)}$ ※0.1μm換算 <p>特許: CO₂/H₂の分離膜特許にはオハイオ州立大の米国出願がある。国内では、RITEのテントリマー膜、神戸大のキャリア膜の出願がある。</p>

