

研究企画グループ

CO₂ 固定化・有効利用技術戦略マップ

1. はじめに

昨年の RITE TODAY では、RITE がとりまとめている「技術戦略マップ」について目的や概要を紹介するとともに、「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技術」として抽出された CO₂ 回収・貯留（CCS）および大規模植林による地上隔離技術についての技術戦略とロードマップを示した。RITE では毎年 CO₂ 固定化・有効利用分野の政策・技術動向の調査を行い、本技術戦略マップをローリングしている。本稿では CO₂ 固定化・有効利用分野の動向について述べた後、「技術戦略マップ 2010」の内容について紹介したい。

2. CO₂ 固定化・有効利用分野の動向

2-1. CCS の動向

最初に CO₂ 固定化・有効利用技術の中心的な技術である CCS の動向について述べる。

①政策動向

2008 年の洞爺湖サミットでは、IEA（国際エネルギー機関）から 2050 年に CO₂ を半減させるシナリオが提出された。本シナリオでは、CO₂ 半減のためには 2050 年にはベースラインから 48 Gt CO₂/年の排出削減が必要であること、また、対策技術毎の寄与率は省エネが 36%、再生可能エネルギーが 21%、CCS は 19% となり、CCS は 3 番目に寄与率が高いことが述べられている。また、もし CCS 技術が利用できなければ目標達成のための全体的なコストが 70% 増加することが示されている。このように CCS は世界で相当量の CO₂ 排出削減を達成するために必要な技術のポートフォリオの重要部分である。本報告を受け洞爺湖サミットの共同声明には、「2020 年までに CCS の広範な展開を始めるために、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」事が盛り込まれた。

これをうけて IEA は、2009 年に「CCS ロードマップ」を発表し、2050 年に CO₂ を半減するためには、2050 年までに世界中で約 3,400 のプロジェクトが必要であること、このおよそ半分が、発電部門によって実行されねばならないこと、さらに今後 10 年以内に、約 100 のプロジェクトが必要で、現在の CCS 展開レベルから大幅に増やさねばならないことを示した。また、新興経済圏での CCS の広範な展開が今後、極めて重要となることを述べている。

一方、CCS の実施についてはいろいろな課題をかかえている。第一は実施のための資金問題である。CCS は石油増進回収（EOR）などを除くと炭素に価格がつかない限り収益を生まない。しかし、現状では炭素価格が設定されていない、あるいは、EU のように設定されていても低くかつ不安定であるため、CCS プロジェクトの実施は各国政府の資金支援に依存せざるを得ない。2010 年 4 月時点での各国政府の支援金額は 266 億から 361 億米ドルに達している。第二の課題は法規制の整備である。CCS の本格実施には、CCS の法制化が必要であり、EU の「CO₂ の地中貯留に関する指令」と「排出量取引指令」、米国の安全飲料水法の地下注入管理（UIC）プログラムによる法制化、豪州の改正沖合石油法（OPA）など、各国で法制化が進められている。我が国においても、2007 年 5 月に海洋汚染防止法が改正され、海底下地層への CO₂ 貯留のための制度枠組みが整備された。

火力発電所の寿命は 40 年にもおよぶため、CO₂ の排出量の大きな火力発電所を建設してしまうと、長期間 CO₂ の排出が続けられてしまう（カーボン・ロックイン）。そこでカーボン・ロックインを防ぐために、EU では CCS が技術的、経済的に十分効果的であると将来認められた段階で、速やかに CCS に改造するキャプチャーレディを

300MW 以上の新設火力発電所に対して義務付けることを、CCS 指令の中で明文化した。これをうけて英国では、2009 年 4 月に他の EU 加盟国に先駆けてキャプチャーレディに関する諮問文書を発表した。

このような CCS 政策の動きをうけて、2010 年までに各国政府や民間企業の協力により、開発レベルは様々ではあるが、80 の大規模な統合プロジェクトが発表されている。また、従来の天然ガス起源の CCS プロジェクトに加えて、米国 AEP の Mountaineer プロジェクトなど発電分野での CCS プロジェクトが多数発表されている。

我が国においても CCS は CO₂ 排出の大幅削減のための重要技術であり、2009 年 7 月に閣議決定された「低炭素社会づくり行動計画」には、「CCS は、我が国の排出量の約 3 割を占める火力発電や約 1 割を占める製鉄プロセスの大幅削減につながり得る技術であるが、その分離・回収コストを 2015 年頃にトン当たり 2000 円台、2020 年代に 1000 円台に低減することを目指して技術開発を進めるとともに、2009 年度以降早期に大規模実証に着手し、2020 年までの実用化を目指す。実用化に当たっては、環境影響評価及びモニタリングの高度化、法令等の整備、社会受容性の確保などの課題の解決を図る」ことが盛り込まれた。また、CCS の調査・実証を行う民間会社「日本 CCS 調査」が設立され、大規模実証に向けての準備が開始された。さらに経済産業省は大規模実証へ向けて、候補地が備えるべき地質等の条件及び候補地の検討のために必要な情報や CCS の実施に際して安全面・環境面において検討すべき事項について検討し、報告書『CCS 実証事業の安全な実施にあたって』を 2009 年 8 月に取りまとめた。

②技術動向

CO₂ の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、石油から水素を製造する際に化学吸収法を用いて CO₂ を分離している実績があるが、温暖化対策として燃焼排ガス等に適用するためには、さらなる低コスト、低エネルギー化が可能なより高効率な化学吸収法の開発と大規模な実証試験による実

用化に向けての信頼性の向上が望まれている。我が国では、先進的な吸収液の開発が早くから行われ、KS 液などの吸収液がすでに実用化レベルにある。また、新規な吸収液の開発と製鉄所をモデルにした廃熱を利用する「低品位廃熱を利用する CO₂ 分離回収技術開発」が 2004 年から実施され、さらに 2008 年からは革新的製鉄プロセス技術開発 (COURSE50) が開始され、30t CO₂/日処理プラントでの試験が実施されている。また、海外では冷アンモニアを用いる分離回収法がパイロット試験レベルにある。一方、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。RITE では 2003 年からの米国 NETL との国際共同研究を経て、2006 年から「分子ゲート機能 CO₂ 分離膜の技術研究開発」を実施中である。

CO₂ の地中貯留は、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実用規模の圧入が開始されてきている。我が国では、長岡市において 1 万トンの CO₂ を地下深部塩水層へ圧入し、その挙動をモニタリングするプロジェクトが RITE によって実施された。さらに国内における地中貯留の実用化を目指し、早期に分離・回収システムも含めた統合システムを組み上げる必要があるため、日本 CCS 調査株式会社によって大規模実証の候補地検討や設備検討が進められている。また、地中貯留の技術開発を進めるに当たっての共通的な課題である「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」等についての検討を RITE で実施中である。

2-2. 大規模植林による地上隔離の動向

①政策動向

IPCC 第 4 次評価報告書第三部会報告において、大規模植林による地上隔離の CO₂ 削減技術としての有効性に関して下記が結論づけられた。

- 20世紀の最後の10年に、熱帯雨林の破壊が起こっていると現状認識。1990年代の森林伐採からのCO₂排出は5.8 Gt-CO₂/yr。
- 森林による2030年のCO₂削減ポテンシャルは、ボトムアップモデルでは、100US\$/t-CO₂以下の削減コストで1.3-4.2 Gt-CO₂-eq/yr、20US\$/t-CO₂-eqでは約1.6 Gt-CO₂-eq/yr達成。トップダウンモデルでは、100US\$/t-CO₂以下で13.8 Gt-CO₂-eq/yrと推定。
- 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と推定される。将来はサステナブル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である。
- 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。
- 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、国際協力が必要である。

これを受けて、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月に発表された。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・ファシリティアや地球環境ファシリティア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。また、2008年のCOP/MOP4ではREDDについて議論され、次期枠組みの中に位置づけるための検討が継続されるとともに、2009年のCOP15では、日・米・仏・豪・英・ノルウェーの先進6カ国がREDDのために協調して資金拠出することを決めた。また、米国のRegional Carbon Sequestration Partnershipでは、森林や耕地・湿地帯に関して、管理やCO₂吸収モニタリングの手法の実証、および炭素クレジットに対する経済性の検証等が行われている。

一方、地上に固定されたバイオマスの利用に関して、米国では2009年2月に成立した「再生・再投資法」においてクリーンエネルギー・再生可能エネルギー分野が重点3分野のひとつとされ、米国エネルギー省はバイオ燃料・バイオリファイナリープロジェクトの加速へ資金拠出を発表した。一方、欧州では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月に欧州議会で合意され2009年に法制化された。

我が国では政府によって2007年2月に国産バイオマス燃料の生産量を2030年までに現在の年間ガソリン消費量の1割に相当する600万klに拡大するという目標を掲げ、セルロースからのエタノール生産など技術開発の工程表が示されている。また、「国産バイオ燃料の生産拡大工程表」との整合性を図りつつ、経済的かつ多量にセルロース系原料からバイオ燃料等を効率的に生産する画期的な技術革新の実現を目指すため、産学官連携の協議会を設置し、具体的な目標、技術開発、ロードマップ等を内容とする「バイオ燃料技術革新計画」が策定された。ここではベンチマークとして40円/Lが設定され、原料、酵素にかかるコストを重点的に低減することによりエタノール生産の低コスト化を実現するとしている。

②技術動向

大規模植林は、CCSと並んで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、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組みも必要である。

RITEではコリネバクテリウムを用いて増殖非依存型プ

プロセスによるセルロースからの高効率のアルコール生産技術を開発した。本プロセスはまた、通常の発酵阻害物質の影響も受けない画期的なものである。さらに、RITEでは本技術を元に、非可食バイオマスからの新しいブタノール製造プロセスや、乳酸、コハク酸などの化学品製造の新プロセスを開発中である。

3. CO₂ 固定化・有効利用分野の技術戦略マップ

上記の調査内容を踏まえて「CO₂ 固定化・有効利用分野の技術戦略マップ」を作成した。今年度は分離回収、地中貯留、海洋隔離、大規模植林による地上隔離、バイオマス有効利用の各分野について学術論文の発表件数（図1）や被引用件数（図2）を調査し、日本と世界を比較することで定量的なベンチマークを行い、研究開発に関する日本の

ポジショニングの把握を行った。また、他のCO₂削減技術との位置づけを明らかにするためのポートフォリオ分析についても検討した。

技術ロードマップを図3に示す。今年度の改訂では「CCSの統合プロセスの実証」をこれまでより強調して示した。

4. おわりに

RITEでは本技術戦略マップをホームページ上に公開し、広く意見を伺いながら、定期的な見直しを行っている。地球温暖化の阻止には革新的な技術開発が必要である。このためには大学・研究所・企業等から多数の叢智を集めるとともに、目的にそった効率的な研究と実用化の推進が必要である。本技術戦略マップがその一助になれば幸いである。

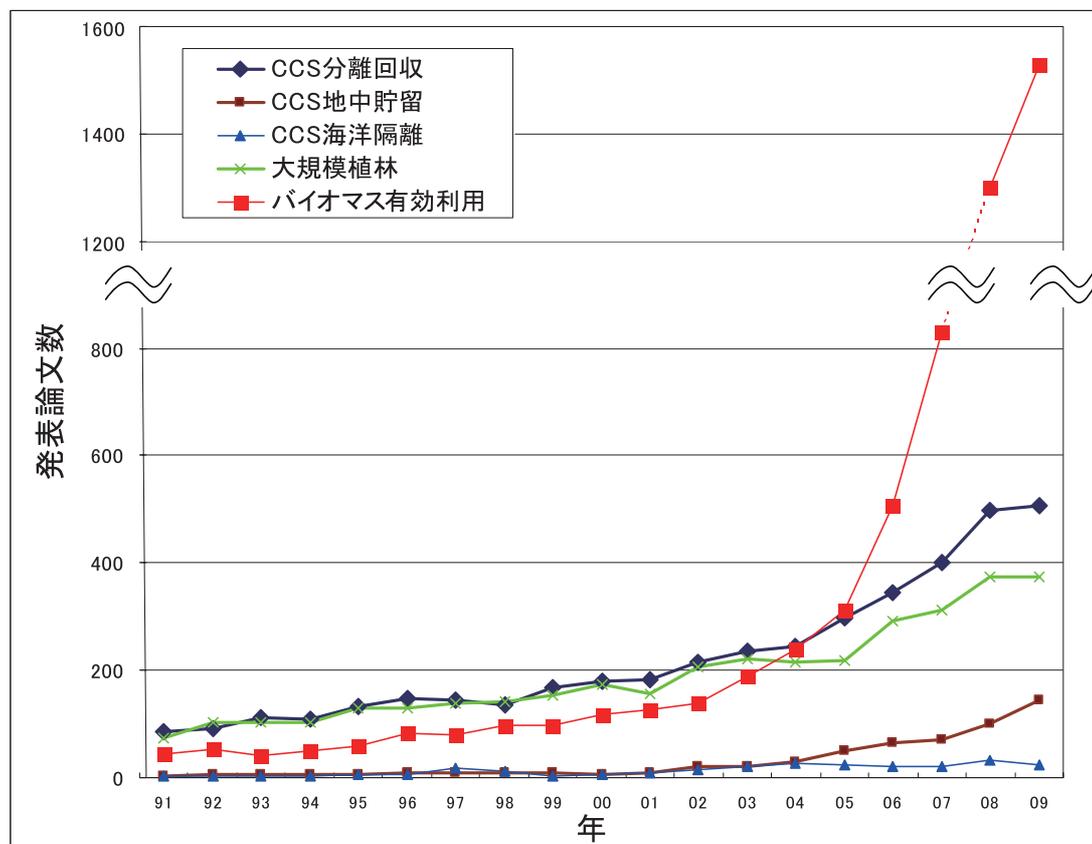
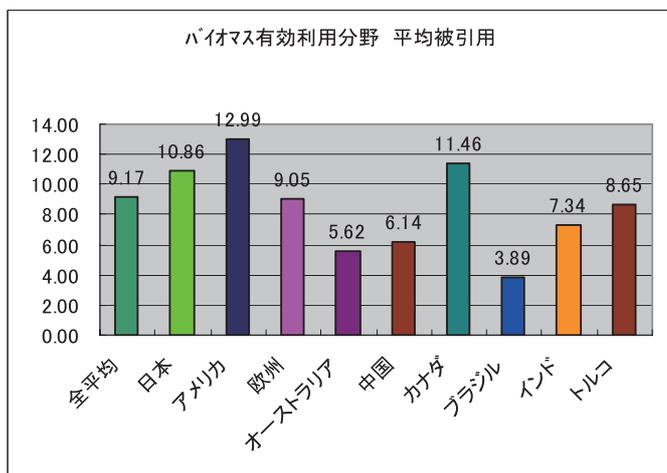
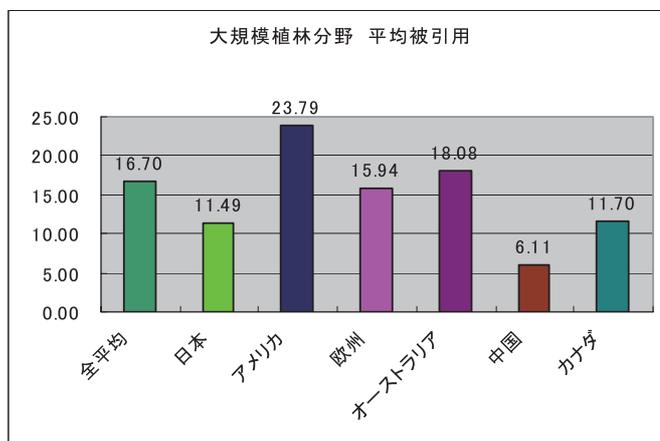
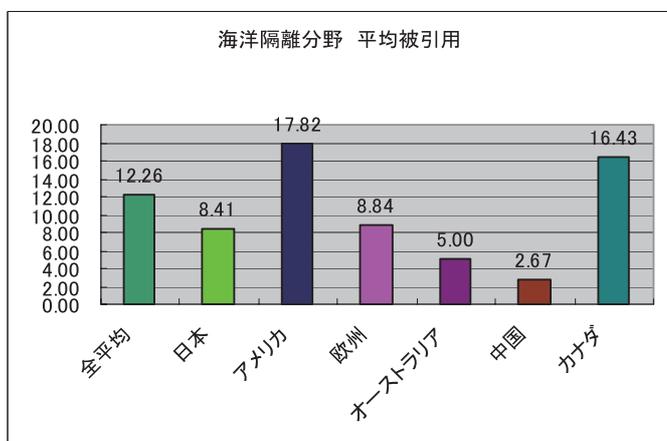
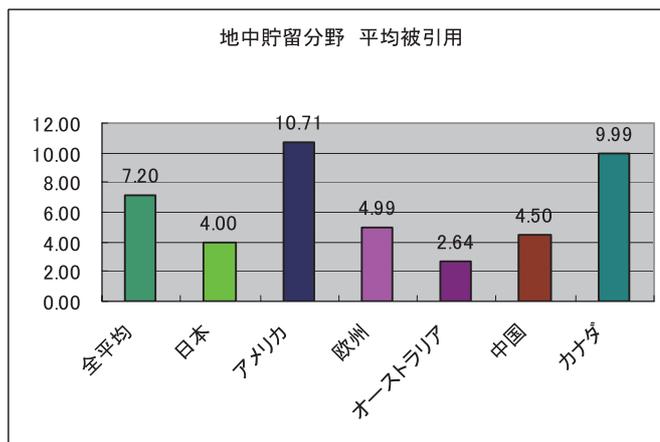
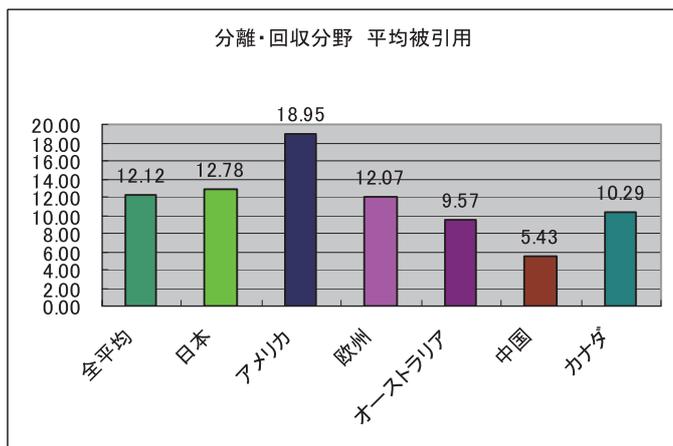


図1. 本分野関連の学術論文発表数の推移 (Web of Science により RITE にて調査)



- 図1の発表件数調査の検索にてリストアップされた発表論文のうち、発表年度が1997年以降のものを対象とした。
- それぞれの論文の被引用件数合計を論文総数で除した平均値 [件/1発表論文] としている。

図2. 各分野の被引用件数調査の一例
(Web of Science により RITE にて調査)

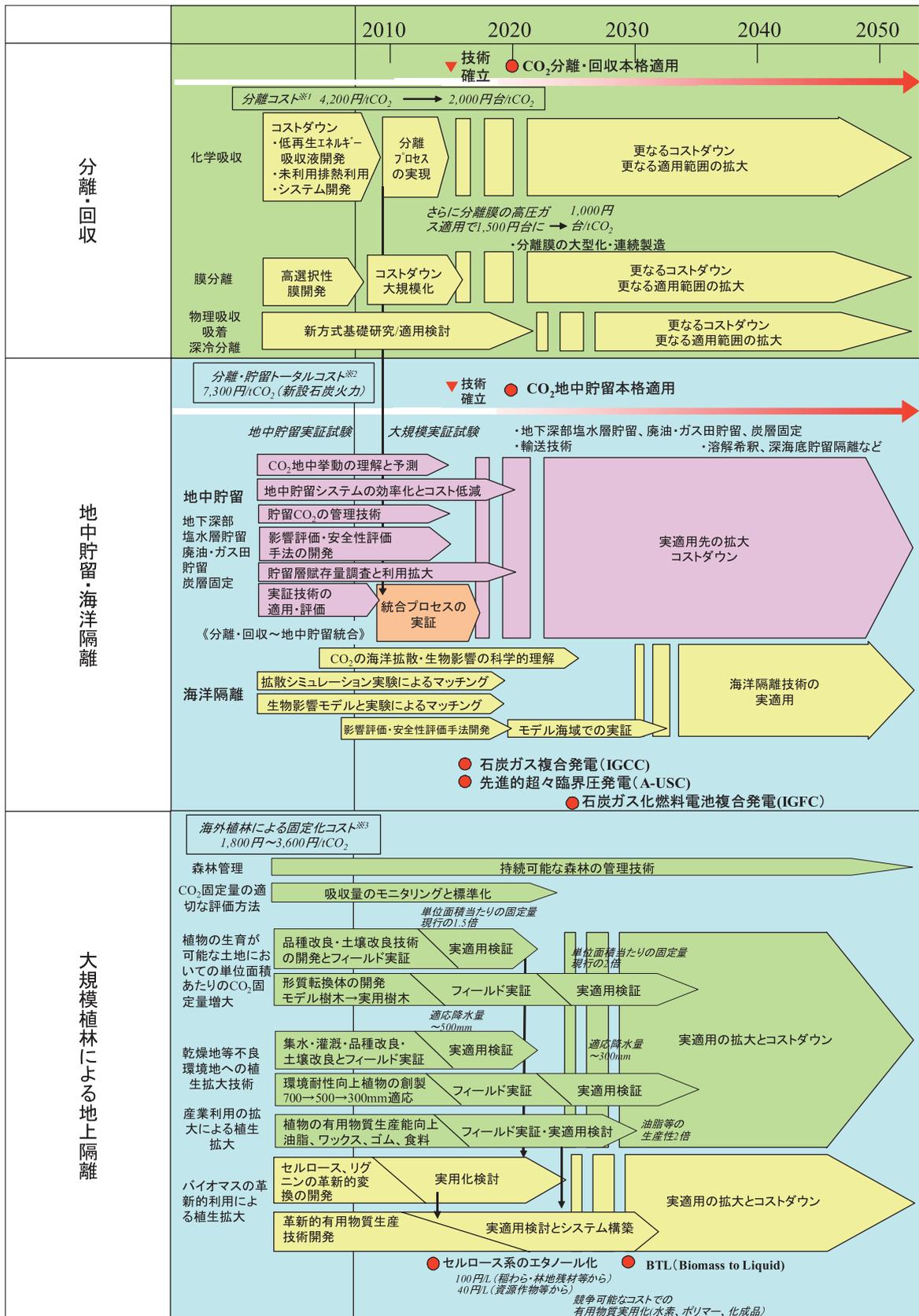


図3. CO₂固定化・有効利用分野のロードマップ

※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)