

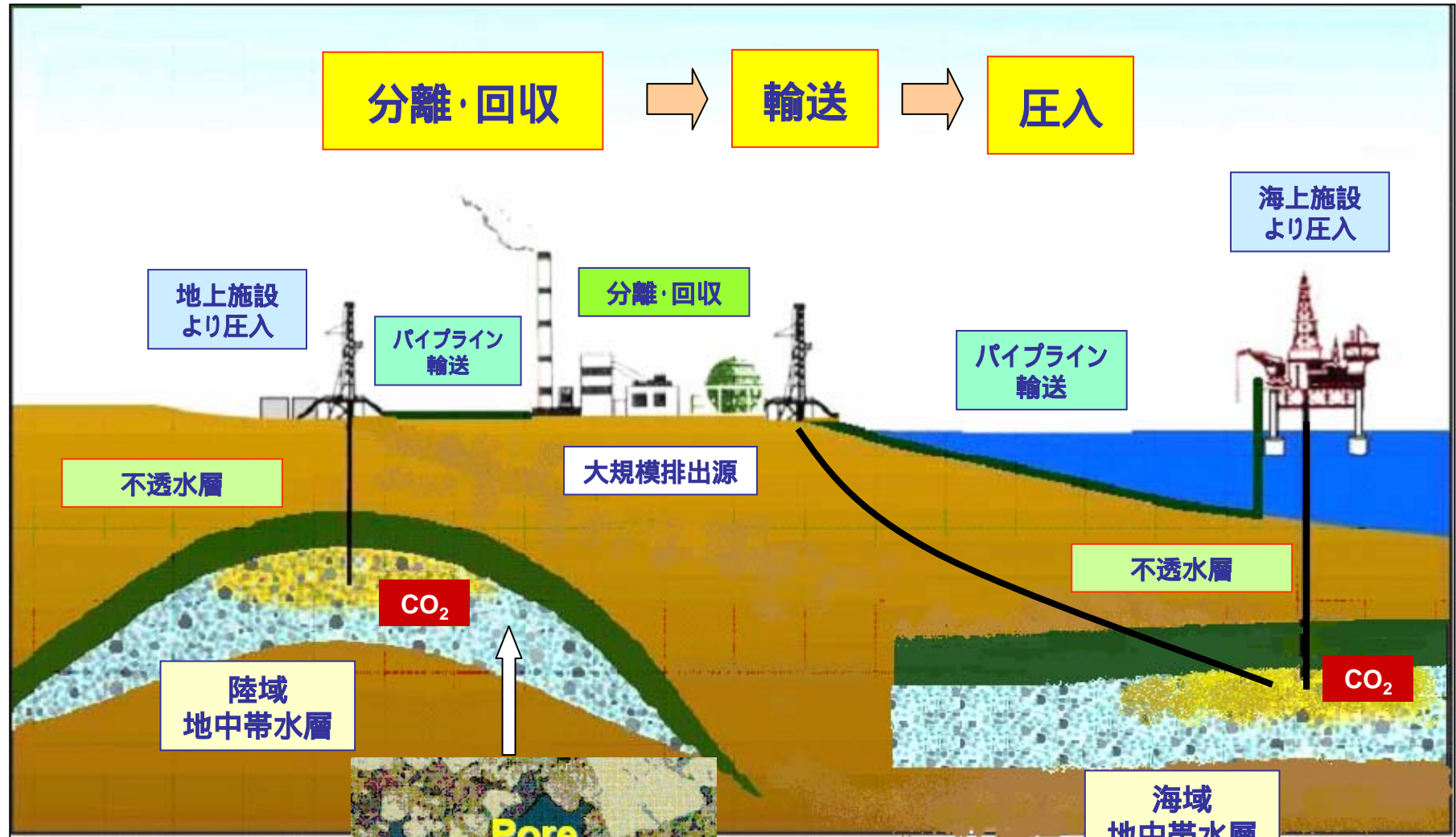
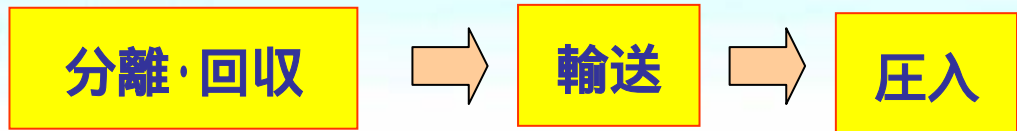
CCS2020

二酸化炭素の分離回収・地中貯留技術の 現状と実用化の方向について

平成18年5月17日

経済産業省産業技術環境局

二酸化炭素の分離回収・地中貯留技術(CCS)の概要



帯水層の顕微鏡写真

Pore (空隙) 部分に CO₂を貯留



CO₂地中貯留の現状

1. 現状： 地中貯留はすでに実用化

1) 天然ガス随伴CO₂の帯水層貯留

Sleipner (北海、Norway) 100万t-CO₂/年

In Salah (Algeria) 120万t-CO₂/年

2) 石炭ガス化炉発生CO₂のEOR利用

Weyburn (Canada) 100万t-CO₂/年

2. 計画中の大型案件：天然ガス随伴CO₂の帯水層貯留

Snohvit (Norway) 2006 ~ 75万t-CO₂/年,

Gorgon (Australia) 2008 ~ 500万t-CO₂/年 など

3. 日本の実験例：長岡での帯水層貯留(1万t-CO₂)

4. 民間企業の動き：

- 三菱重工 - シェル 中東 EOR
- スタットオイル - シェル ノルウェー 発電所回収CO₂でのEOR
- RWE ドイツ 石炭火力発電所と地中貯留

5. CCS促進に向けた国際的な取組の進展

(IPCC、京都議定書、ロンドン条約、APP)

IPCC「二酸化炭素の回収・貯留に関する特別報告書」

昨年9月の第24回IPCC総会で採択された特別報告書は、CO₂の回収・貯留(CCS)に関する国際的共通認識に立つものである。

(主な内容)

- CCSは大規模排出源からCO₂を回収し、地中あるいは海洋などに貯留する技術
- 大気中温室効果ガス濃度安定化におけるポートフォリオの一つとの位置付け
- 地中貯留では2兆t-CO₂、海洋隔離では数兆t-CO₂の技術ポテンシャルを有する
- 発電所のCCSは追加エネルギーを10～40%必要とするが、CO₂排出を実質約80～90%削減できる。
- CCS適用による発電コストは約0.01～0.05US\$/kWh上昇と見込まれる。
- CCSの総コストは15～90US\$/t-CO₂程度と見込まれ、回収コストが最大である。
- 2100年までに世界全体の対策のうち、CCSは累積で15～55%貢献するとの試算。
- 適切に管理された地中貯留の場合CO₂保持率は、1000年でも99%超の可能性が高い。
- 国際及び国内法整備についての検討は、今後の課題である。

2006 IPCC GHG排出インベントリガイドライン

- ◆ 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventoriesの改訂
- ◆ 2006年4月27日 IPCC第25回総会にて採択
- ◆ 温室効果ガス排出量等を算定する方法・実例等の中で、CO₂地中貯留を記載。これによって、CO₂地中貯留によるCO₂排出削減について、国別排出インベントリでの算定が明確化された。
- ◆ CO₂回収については、排出源において回収された場合、大気に排出されないものとしてカウント（回収されなかった分のみ排出量としてカウント）する一方、地中貯留からの漏洩に関する排出量算出のためのガイドラインを提示している。

ガイドラインにおける貯留サイトからの排出量推定手続き

サイト特性の把握：地質特性の評価、漏洩経路の特定



漏洩リスクの評価：サイト特性、CO₂挙動予測モデル等により起こり得る漏洩を特定



モニタリング：モニタリングプランの策定（漏洩経路の特定、漏洩量の計測、予測モデル更新）



報告：圧入量、貯留サイトからの排出量の報告

2005年12月京都議定書第一回締約国会議において、CCSをCDMとして扱うことに関し、project boundary, leakage, permanencyの3点を中心に検討を行うことを決定

具体的な検討プロセス

- ✓ CDM理事会は、提案された新方法論について検討し、RecommendationをCOP/MOP2(2006年11月)に提出
 - 締約国からの意見募集(2006年2月13日締め切り)
 - SBSTA24(2006年5月)でのWS開催
- ✓ COP/MOP2では、CDM理事会がCCSをCDMとしてどう扱うかのガイダンスを決定

ロンドン条約の最近の議論

- 2006年4月、会期間ワーキンググループとしてCO₂に関する法律・関連事項WG会合、科学的事項WG会合が開催された
- **法律・関連事項WG**では、CO₂海底下地中貯留をロンドン条約でどのように扱うべきかが議論され、2006年3月に発効した96年議定書(現条約の全面改定にあたる)において、附属書 (リバーズリスト:投棄を検討できる品目)にCO₂海底下地中貯留を加える改正を行う方向で合意が得られた
- **科学的事項WG**では、主としてCO₂海底下地中貯留に関するリスク評価の枠組みについて議論され、これらの成果は今後CO₂海底下地中貯留をロンドン条約で扱う際のガイドライン作成のための基本的な考え方となるものである
- なお、4月28日に豪(共同提案:仏、ノルウェー、英)から96年議定書附属書改正案が提出されたため、本年10月30日から開催される締約国会合で採決されることとなった
(2/3以上で採択。採択後100日で自動発効。日本は96年議定書は現在未批准)

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

• パートナーシップ行動計画(仮訳・抜粋)

– よりクリーンな化石燃料エネルギータスクフォース

- 議長:オーストラリア、副議長:中国

- 石炭とガスはパートナーシップ経済6カ国すべてにとって、現在、そして今後も重要な燃料であり続ける。石炭及びガス技術には、一連の重要な先進技術が存在し、温室効果ガスの排出レベル、大気汚染物質、その他の環境影響を大きく削減する可能性を有している。これらの技術の中心となるものには、CO2回収・貯留(CCS)に関係するもの及び補完的な先進的発電システムに関係するものがある。

- 新しい技術は、時間の経過とともにそのコストを低下させることが良く知られており、パートナーシップの主要な目的は、それらの技術開発や普及を共同研究や継続的な実証を通じて加速することにより、コストを削減し、多様な入手可能かつ安価な低排出技術の利用可能性を促進することである。この点で、低排出型又はゼロ排出型発電を達成する機会は、主要な技術を統合することにある。

• 目標(抜粋)

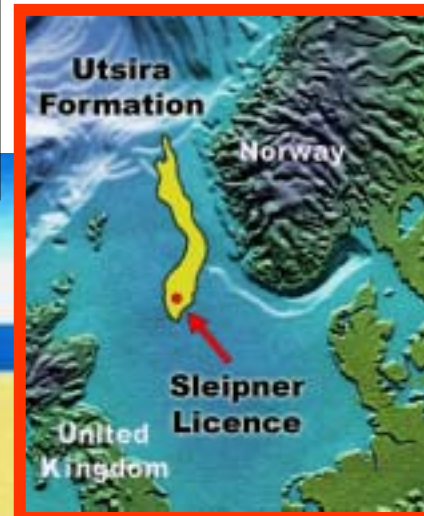
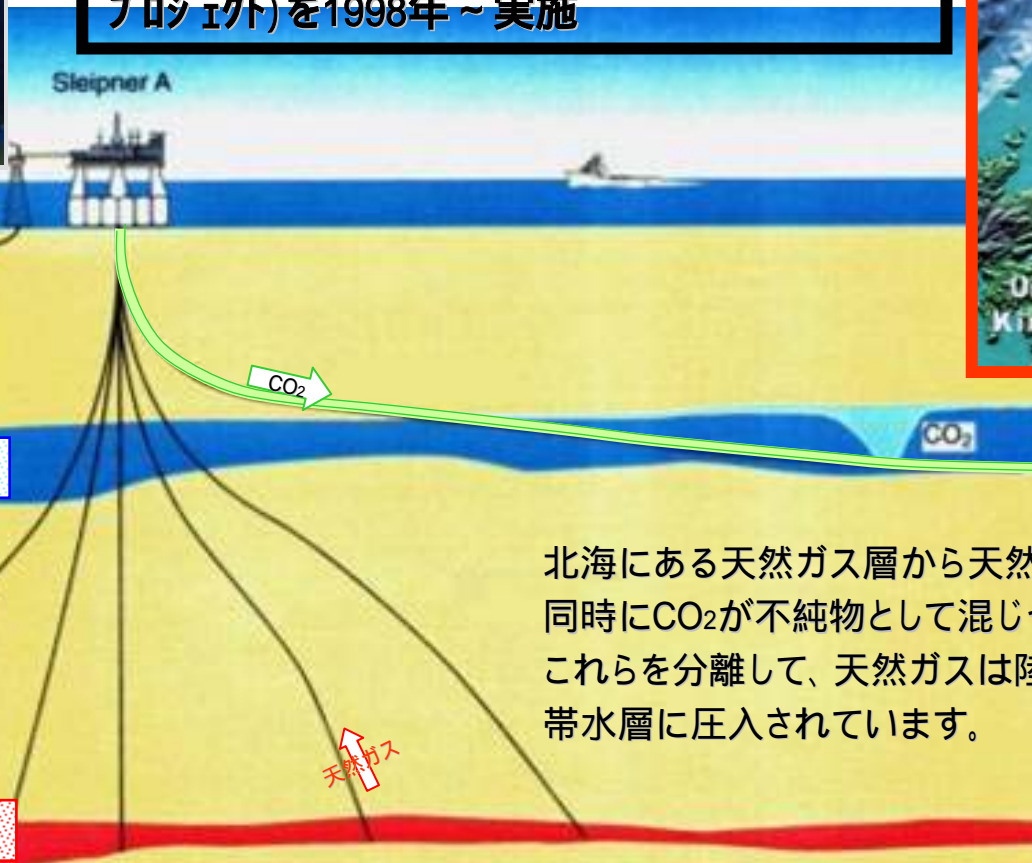
- 一連の既存の国内(そして他の国際的な)措置やイニシアティブに則り、AP Pでのクリーンな化石エネルギー - 技術開発プログラムを策定する
- パートナーシップ諸国におけるCO2地中貯留の機会を特定し、利用を促進する

地中貯留の海外プロジェクト例

	ノルウェー Sleipner	カナダ Weyburn	アルジェリア In Salah	オーストラリア Gorgon
実施主体	Statoil	カナダ石油 技術センター (PTRC)	BP	Chebron Exxon Mobile Shell
場 所	ガス田上の帯水層	油層(EOR)	ガス田	帯水層
	海域	陸域	陸域	陸域 / 海域
開始時期	1996年10月	2000年9月	2004年7月	2008年予定
注入レート (国内総排出量比)	100万トン / 年 (2.9%)	100万トン / 年 (0.2%)	120万トン / 年 (1.7%)	500万トン / 年 (1.5%)
総 量	2000万トン	2000万トン	1700万トン	-
CO ₂ 源	天然ガス随伴	石炭ガス化炉	天然ガス随伴	天然ガス随伴

ノルウェーのCO2地中貯留の実証事例

事業主体: Statoil社 (石油事業)
PJ実施期間: 1996年～ (商業ベース)
CO2圧入期間: 20年間を予定
CO2圧入量: 100万t-CO2/年
別途, CO2モニタリングのためのPJ(SACSプロジェクト)を1998年～実施

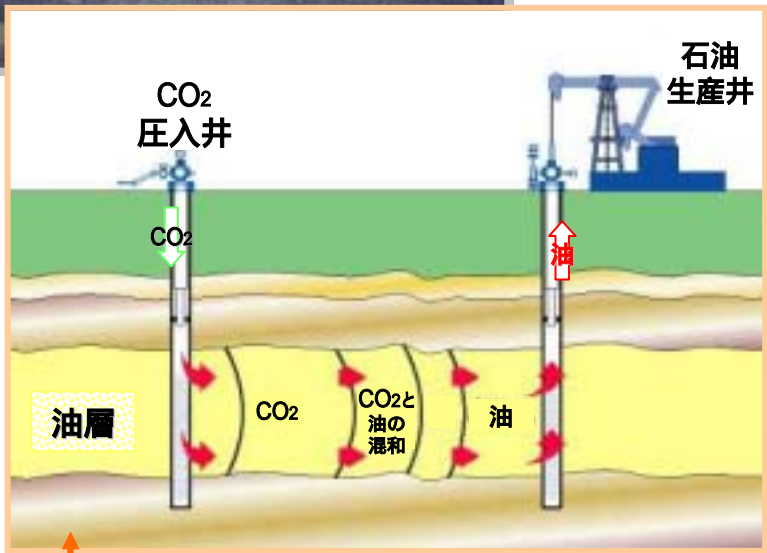


北海にある天然ガス層から天然ガスを採掘する時、同時にCO2が不純物として混じってきます。これらを分離して、天然ガスは陸へ輸送、CO2は帯水層に圧入されています。

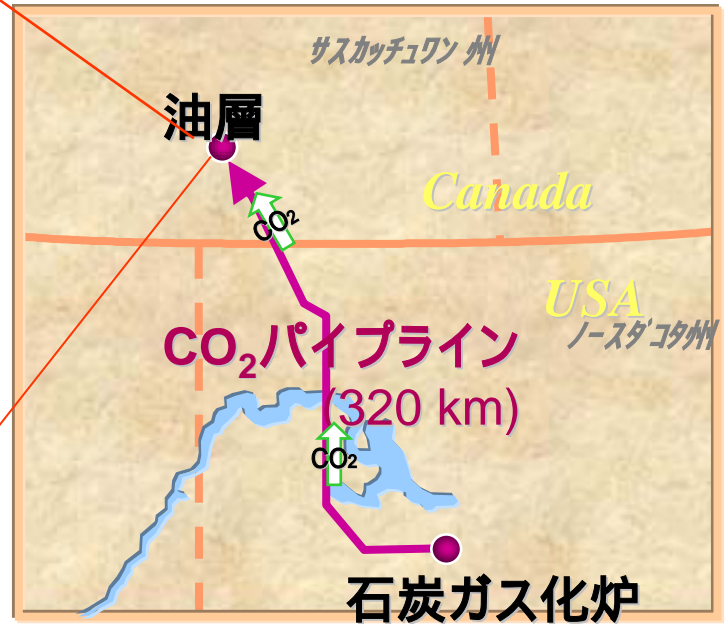
カナダのCO2-EORの実証事例



事業主体：加連邦政府，州政府（操業管理：石油業者）
PJ実施期間：2000年～（商業ベース）
CO2圧入期間：20年間を予定
CO2圧入量：100万t-CO2/年
別途，CO2モニタリングのためのPJを2000年～実施



深さ1000メートル程にある油層に、CO2を圧入することによって、原油の粘性が弱まり、原油の回収がしやすくなります。



カナダでは、大量のCO2を排出しているアメリカの工場からCO2だけを輸送して、CO2貯留をするのと同時に、原油の回収率を高めています。

参考：<http://www.ieagreen.org.uk/>

In Salah CO₂ 貯留 プロジェクト

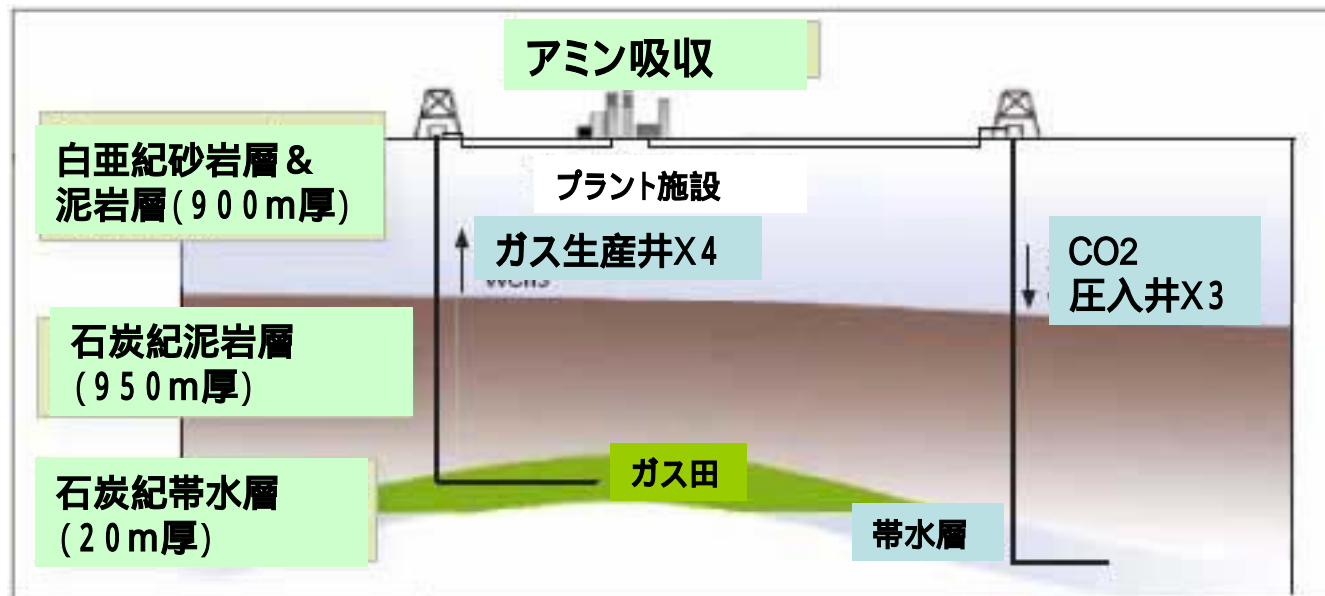


<http://www.cslforum.org/>

- 国営炭化水素公社ソナトラック社、BP社、 スタットオイル社のジョイントベンチャー
- アルジェリア国内の複数のガス田から最高10%のCO₂ を含む天然ガスを回収するプロジェクト



- 年間100万tのCO₂ を分離回収し、地下1,800mの石炭紀帯水層に再注入
- プロジェクト実施期間中に1,700万t以上のCO₂ を地中貯留



<http://www.zero.no/fossil/co2/prosjekter/eksisterende/200410161451>

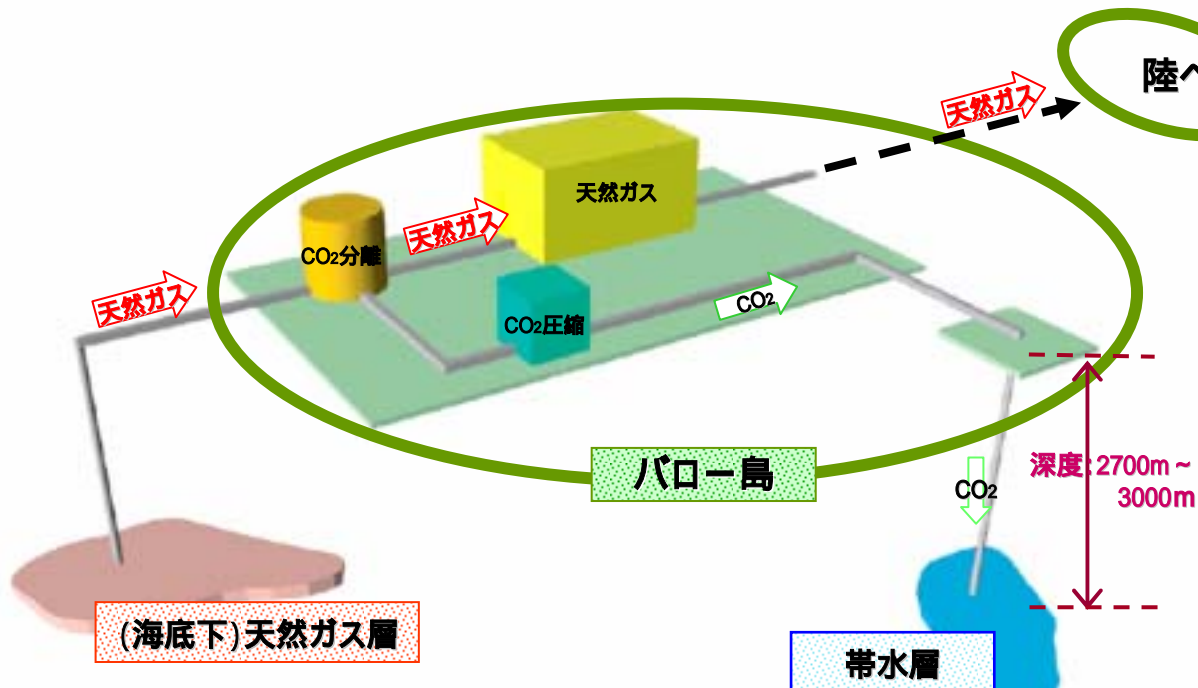
オーストラリアのCO2地中貯留の計画

事業主体：共同 (Chevron, Exxon Mobil, Shell)

PJ実施期間：2009年～ (商業ベース)

CO2圧入期間：不明

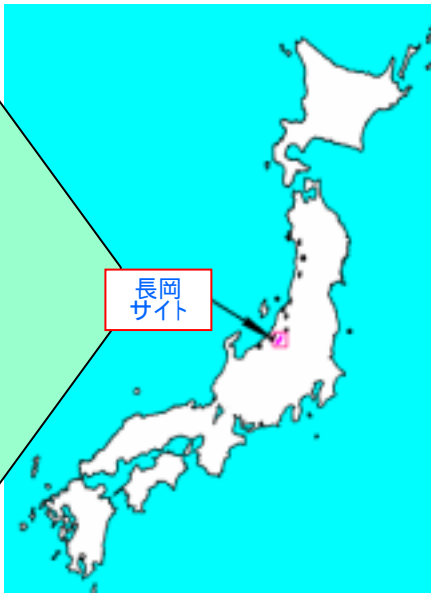
CO2圧入量：500万t-CO2/年



天然ガス層から天然ガスを採掘する時、同時にCO2が不純物として混じってきます。これらを島で分離して、天然ガスは陸へ輸送、CO2は島の下の帯水層に圧入する予定です。

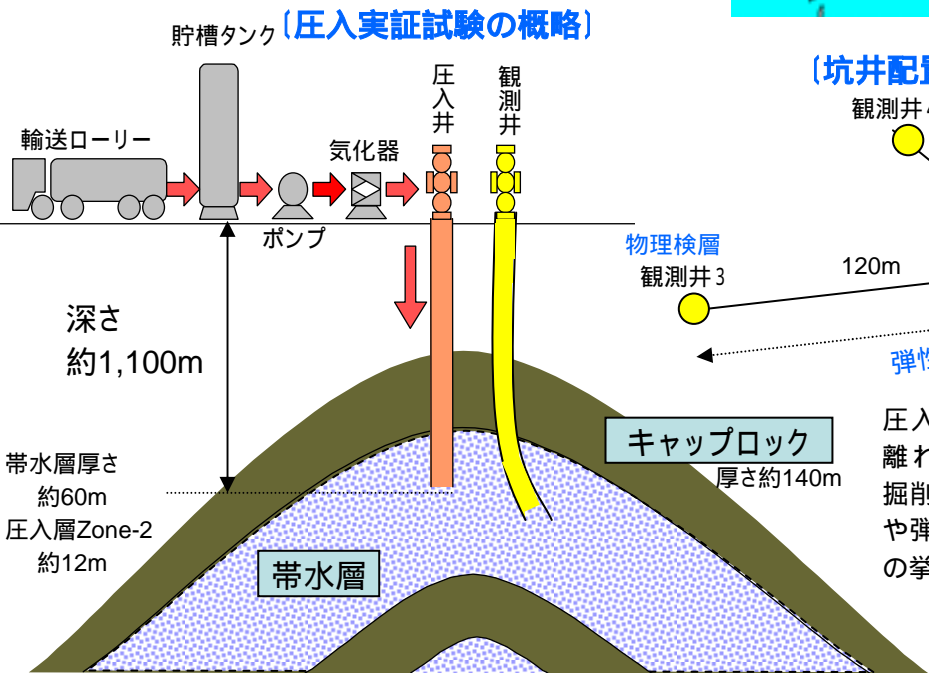
長岡プロジェクト

(試験サイト)

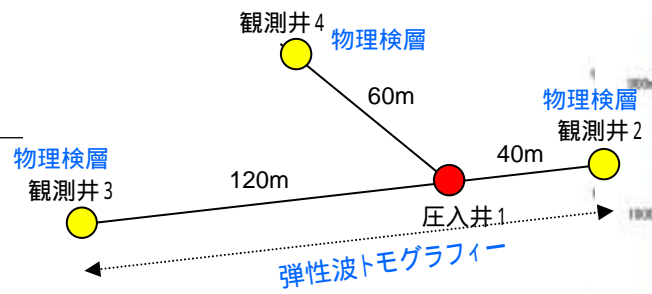


(プロジェクト概要)

実施主体	(財)地球環境産業技術研究機構
プロジェクト期間	2000年FY ~ 2007年FY
CO ₂ 圧入期間	2003/7 ~ 2005/1
CO ₂ 圧入量	約10,400t-CO ₂
CO ₂ 圧入レート	20 ~ 40t-CO ₂ /日
CO ₂ 調達	市販品購入
モニタリング	物理検層、弾性波トモグラフィー、微動観測、地層水サンプリング他
その他	2004/10/23に発生した新潟県中越地震(震度6)による影響なし

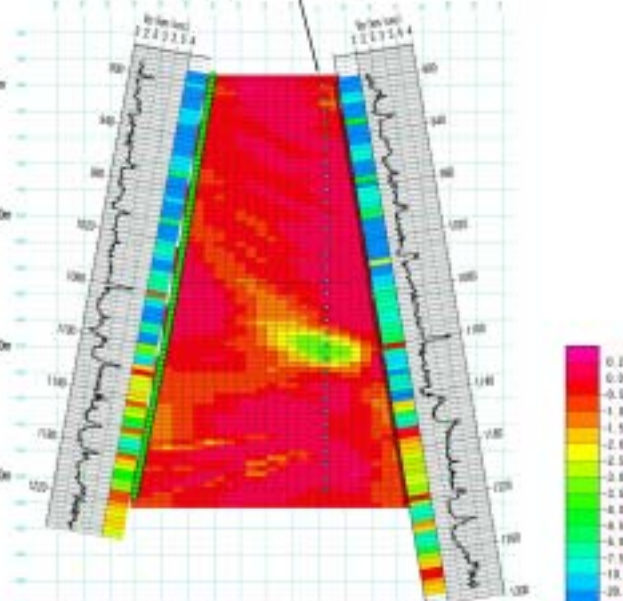


(坑井配置とモニタリング)



圧入井から40m、60m、120m離れた地点に3本の観測井を掘削。観測井を用いた物理検層や弾性波トモグラフィー等でCO₂の挙動を観測。

(弾性波トモグラフィーによる挙動観測)



世界のCO2貯留可能容量(IPCC)

- ✓ IPCC特別報告書では、世界全体で少なくとも約2,000Gt-CO₂(2兆t-CO₂)分の地中貯留の技術ポテンシャルがある可能性が高いとしている。これは、現在の世界のCO₂排出量(24Gt-CO₂/年(240億t-CO₂/年))の100年分にも相当するものである。

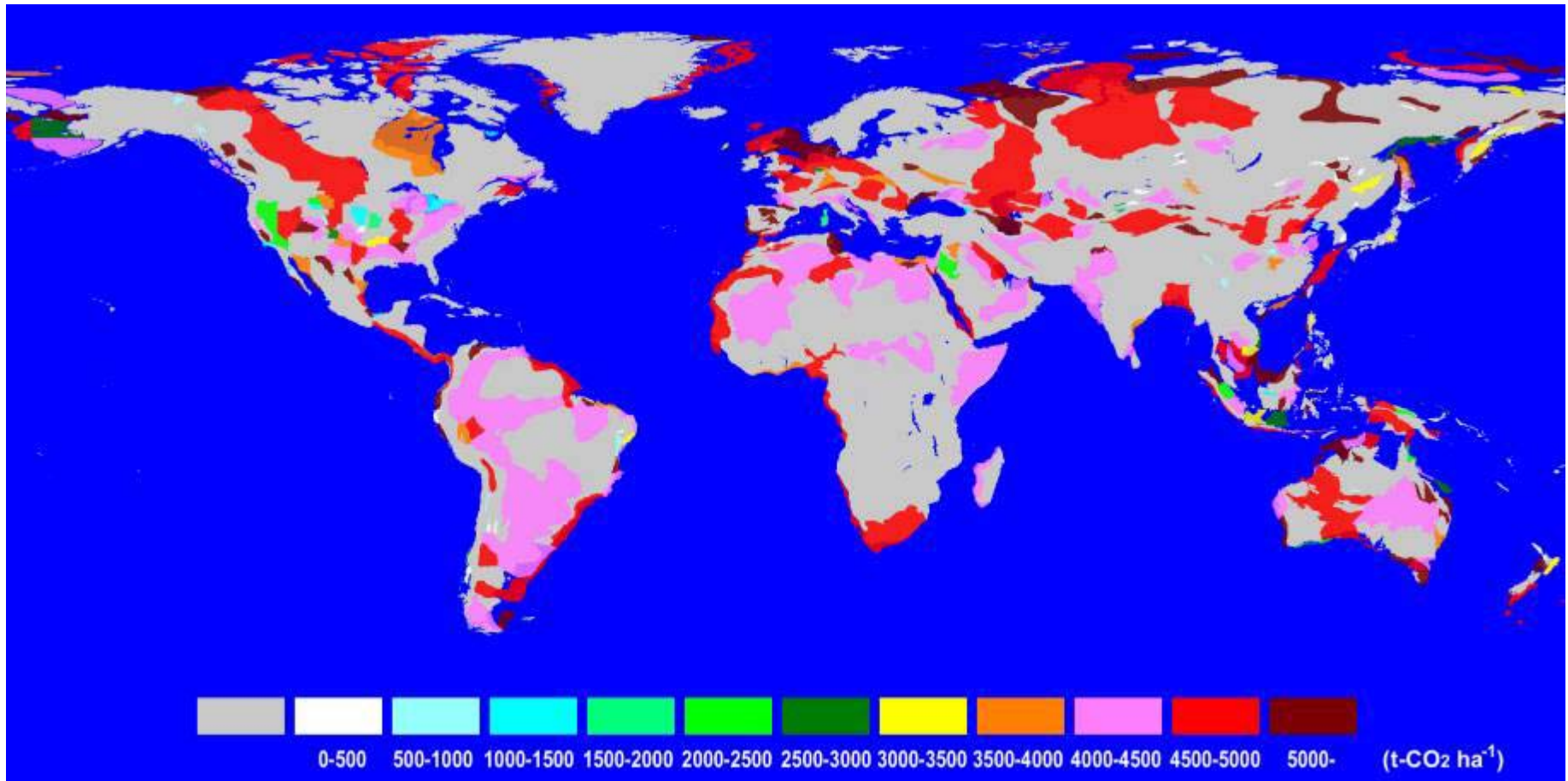
貯留層のタイプ別貯留容量

	推定値(下限)		推定値(上限)	
	(Gt-CO ₂)	(Gt-C)	(Gt-CO ₂)	(Gt-C)
石油・ガス田	675	184	900	245
炭層(ECBM)	3-15	1-4	200	55
帯水層	1000	273	10000(不確実)	~2700

(出典) IPCC 炭素回収・貯留に関する特別報告書(SRCCS)、Technical Summary

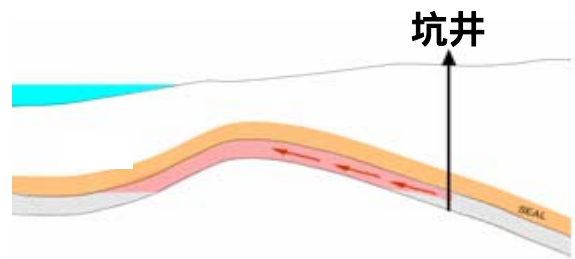
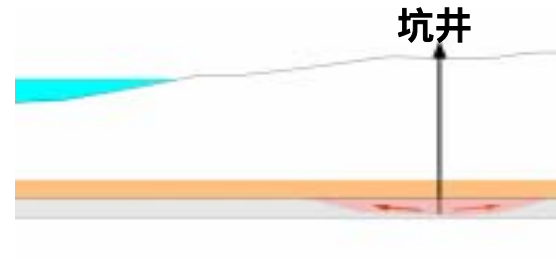
帯水層へのCO₂貯留ポテンシャルの推定 (R I T E)

RITEの評価では、究極的なCO₂貯留可能容量： 陸域 5,600 GtC、沿岸海域 1,500 GtC
そのうち10%のみが利用できるとしても、世界のCO₂排出量100年分程度の貯留が可能



(出典) K. Akimoto et al., "Role of CO₂ sequestration by country for global warming mitigation after 2013," Proceeding of the 7th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies. Vol.1:Peer-reviewed Papers and Plenary Presentations, 2005

国内帯水層の 카테고리分類と貯留ポテンシャル

地質データ		カテゴリーA 構造的帯水層	カテゴリーB 非構造的帯水層
油ガス田	坑井・震探データが豊富	A 1 35億t-CO ₂	B 1 275億t-CO ₂
基礎試錐	坑井・震探データあり	A 2 52億t-CO ₂	
基礎物探	坑井データなし、震探データあり	A 3 214億t-CO ₂	
貯留概念図			
小計		301億t-CO ₂	1,160億t-CO ₂
合計		1,461億t-CO ₂	
(参考)実施状況		Weyburn(カナダ)等 長岡岩野原(日本)	Sleipner(ノルウェー)等

(注)内陸盆地、湾(瀬戸内海、大阪湾、伊勢湾など)は対象外。B 1、B 2は水深200m以浅を対象。
 出典)RITE/ENAA、「二酸化炭素地中貯留技術開発 平成17年度成果報告書」、2006

全国の主な大規模排出源と帯水層

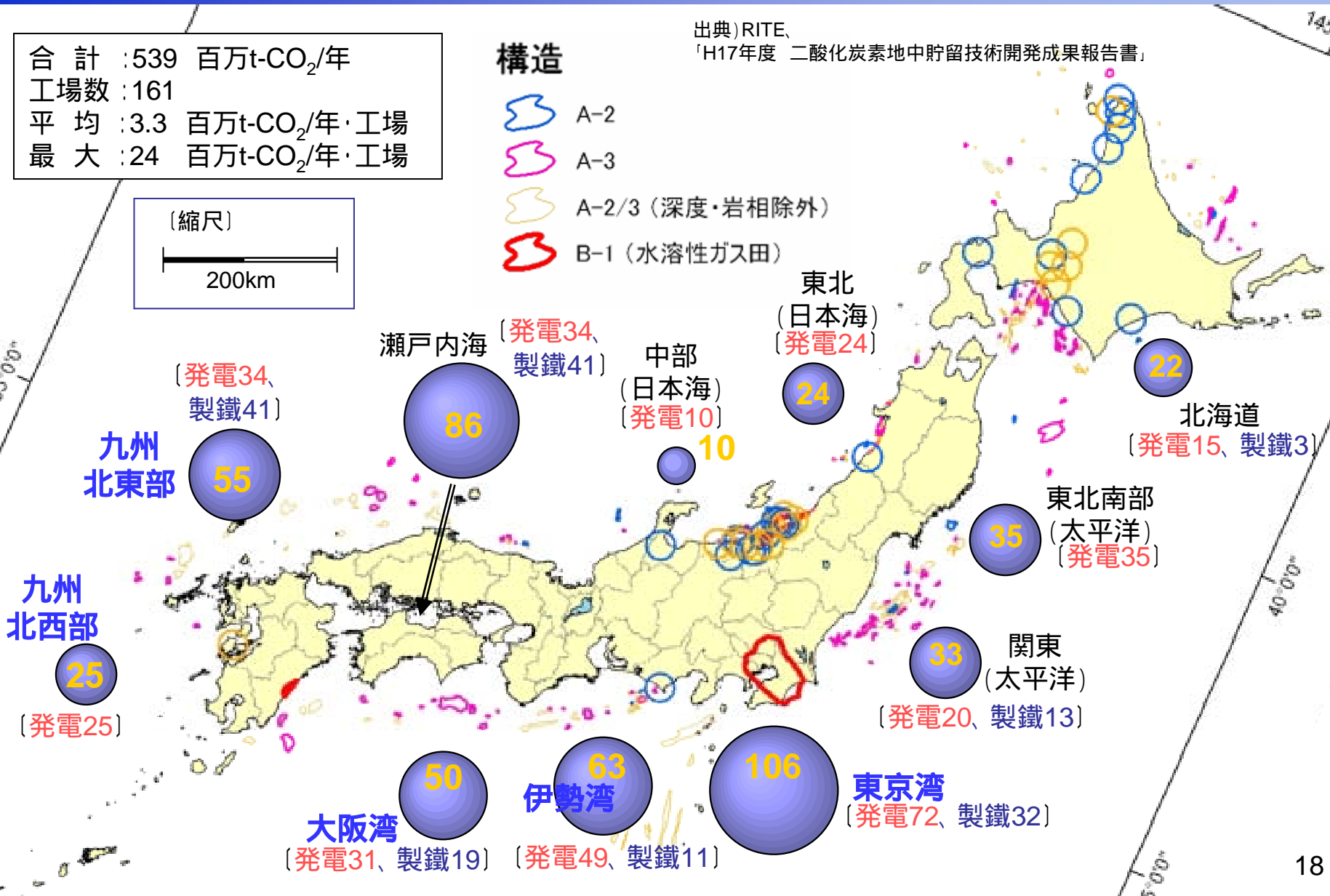
合計 : 539 百万t-CO₂/年
 工場数 : 161
 平均 : 3.3 百万t-CO₂/年・工場
 最大 : 24 百万t-CO₂/年・工場



出典)RITE,
 「H17年度 二酸化炭素地中貯留技術開発成果報告書」

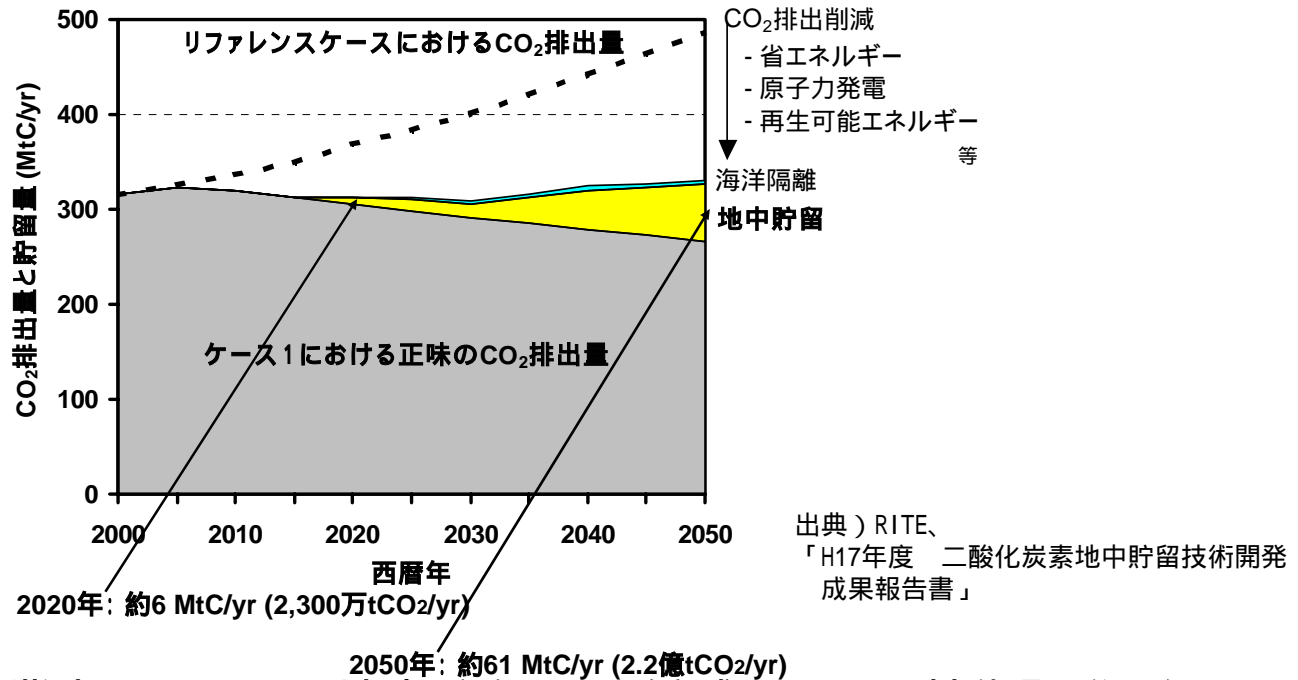
構造

- A-2
- A-3
- A-2/3 (深度・岩相除外)
- B-1 (水溶性ガス田)



日本における地中貯留の可能性

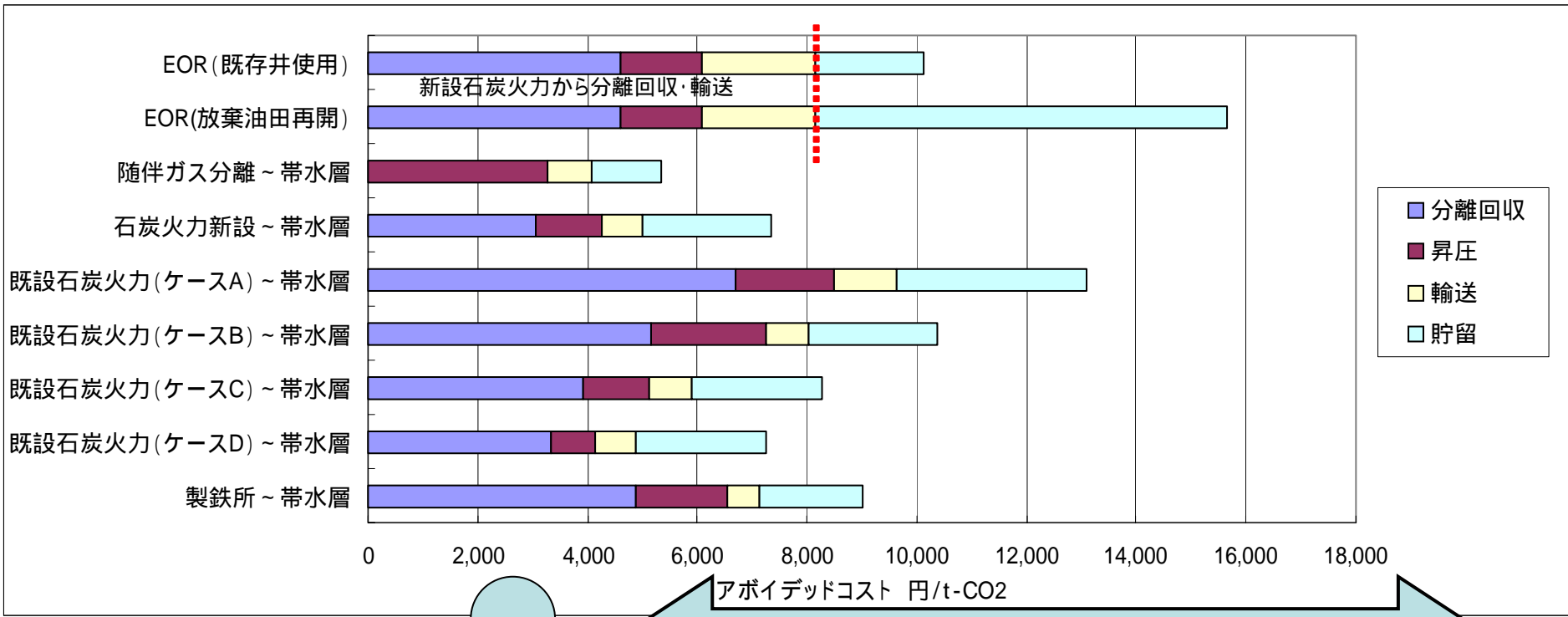
- 最新の知見によれば、日本における貯留ポテンシャルは、構造的帯水層の基礎試錐データがあるものに限っても52億t-CO₂程度、帯水層全体では約1,500億t-CO₂もの量が見込まれる。
- 2050年にGDP当たりのCO₂排出量を2000年比1/2にするという目標を想定した場合、基礎試錐データがある構造的帯水層に限っても、52億t-CO₂の約半分程度は、2050年までに経済性を有する可能性がある。



- 現在、経済産業省、RITEでは地中貯留コスト低減のための技術開発を行っており、今後さらに経済性を有する貯留量が増加することが見込まれる。加えて、帯水層全体の試錐データなどが得られれば、評価可能なサイトが拡大することによって、経済性を有する貯留量は極めて大きくなる可能性がある。

現状技術での日本における分離回収～貯留コスト

- 現状での分離回収～貯留コストは5千円～1万数千円
- 他の温室効果ガス削減対策より経済性をもつには、約3000円/t-CO2を目標とする必要がある。



目標

アボイデッドコスト 円/t-CO2

京都議定書達成のための2010年の限界削減費用 (IPCC TAR)
 97-645 US\$/t-C (1990年ベース) 3,830-25,450 円/t-CO2

標準条件: 回収隔離量 100万t-CO2/年、輸送距離20 km、圧入10 MPa、圧入法: ERD、坑井1本あたりの注入量: 10万t-CO2/年

新設石炭火力: 電気 5円/kWh

既設石炭火力: (ケースA) 石炭焚補助ボイラー設置、電気 5円/kWh
 (ケースB-D) 蒸気タービンから低圧蒸気を抽気、電気: B 10円/kWh、C 5円/kWh、D 2.6円/kWh

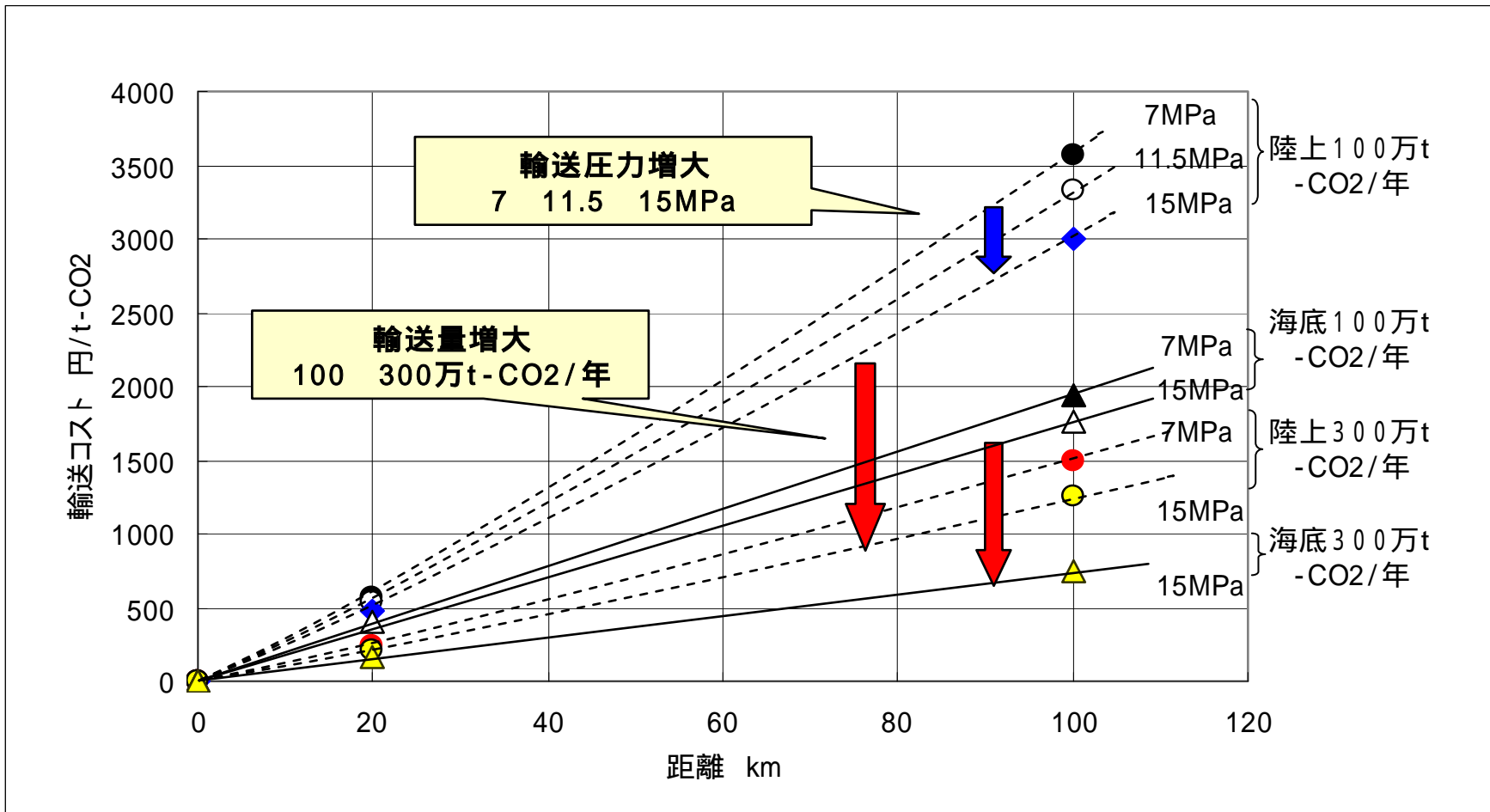
鉄鋼: 蒸気2500円/t-蒸気、電気: 10円/kWhで購買

EOR: 新設石炭火力から20万t-CO2/年分離回収、輸送距離20 km、費用から収入を差し引く

随伴ガス: 隔離量10万t-CO2、輸送距離9 km

日本での輸送コスト

- ・CO₂の輸送コストは、輸送圧力及び輸送量の増大により低減することが可能
- ・全体のコスト目標(3000円/t-CO₂)の下では、輸送距離を長くすることは難しい



海外のCCSコストとの比較

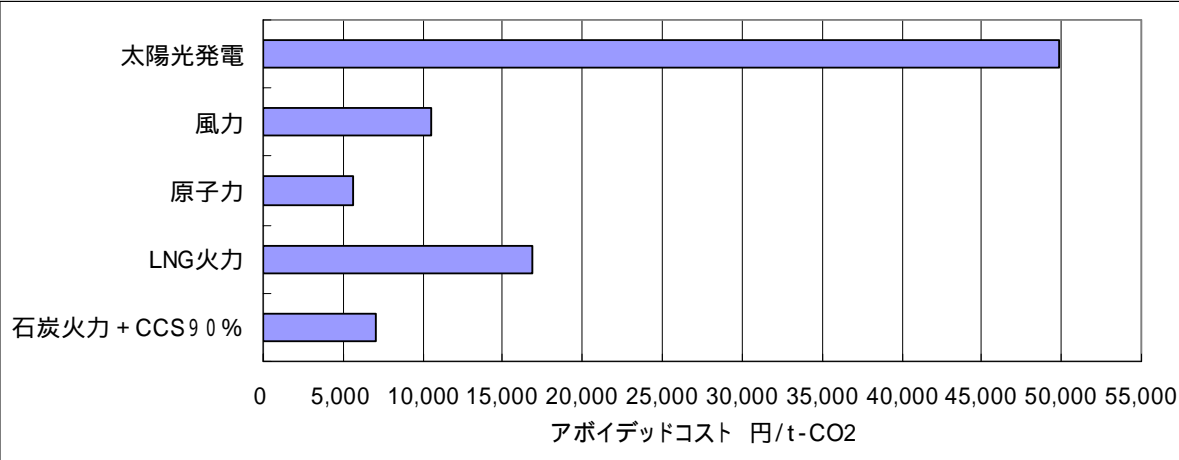
・現状、海外でのCCSの回収～貯留までのトータルコストは、国内より低い

ケース	現状	IPCC CCS特別報告書		
	円/t-CO ₂	US\$/t-CO ₂		
	新設石炭火力 ～帯水層貯留	新設石炭火力 ～帯水層貯留	新設NGCC ～帯水層貯留	新設石炭火力 ～EOR
分離回収～ 昇圧	4,200	29 - 51	37 - 74	29 - 51
輸送	800 100万t/y - 20km	1 - 8 500-4000万t/y 250km		
圧入	2,300 10万t/年・well, ERD	0.5 ~ 8		10 ~ 16
トータル	7,300 100万t/y・20km- ERD	30 - 70	40 - 90	9 - 44

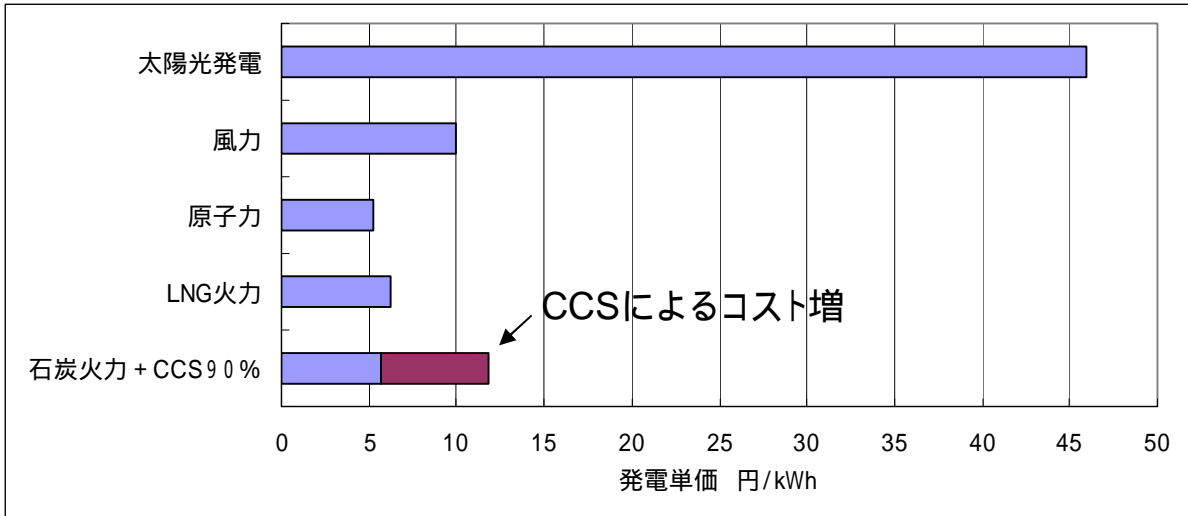
現状での他の対策とのコスト比較

石炭火力を置き換える場合のアボイデッドコストと発電単価
(CCSアボイデッドコスト:7000円/t-CO2と設定)

アボイデッドコスト
の比較



発電単価の比較



排出係数: 電力中央研究所報告書
石炭火力、LNG火力、原子力発電コスト: 電気事業分科会コスト等検討小委員会資料
風力発電コスト: NEDOロードマップ、太陽光発電コスト: 太陽光発電協会等

普及に向けた基本的考え方

• 官民役割分担

- 民間企業が事業ベースで行うことのできるコストの概ね1.5倍程度のところまでのコストダウンは政府が主体となって技術開発・実証等を実施
- その後は、基本的に民間主導で事業が行えるよう、政府は導入促進策の検討、法体系の整備等を行う

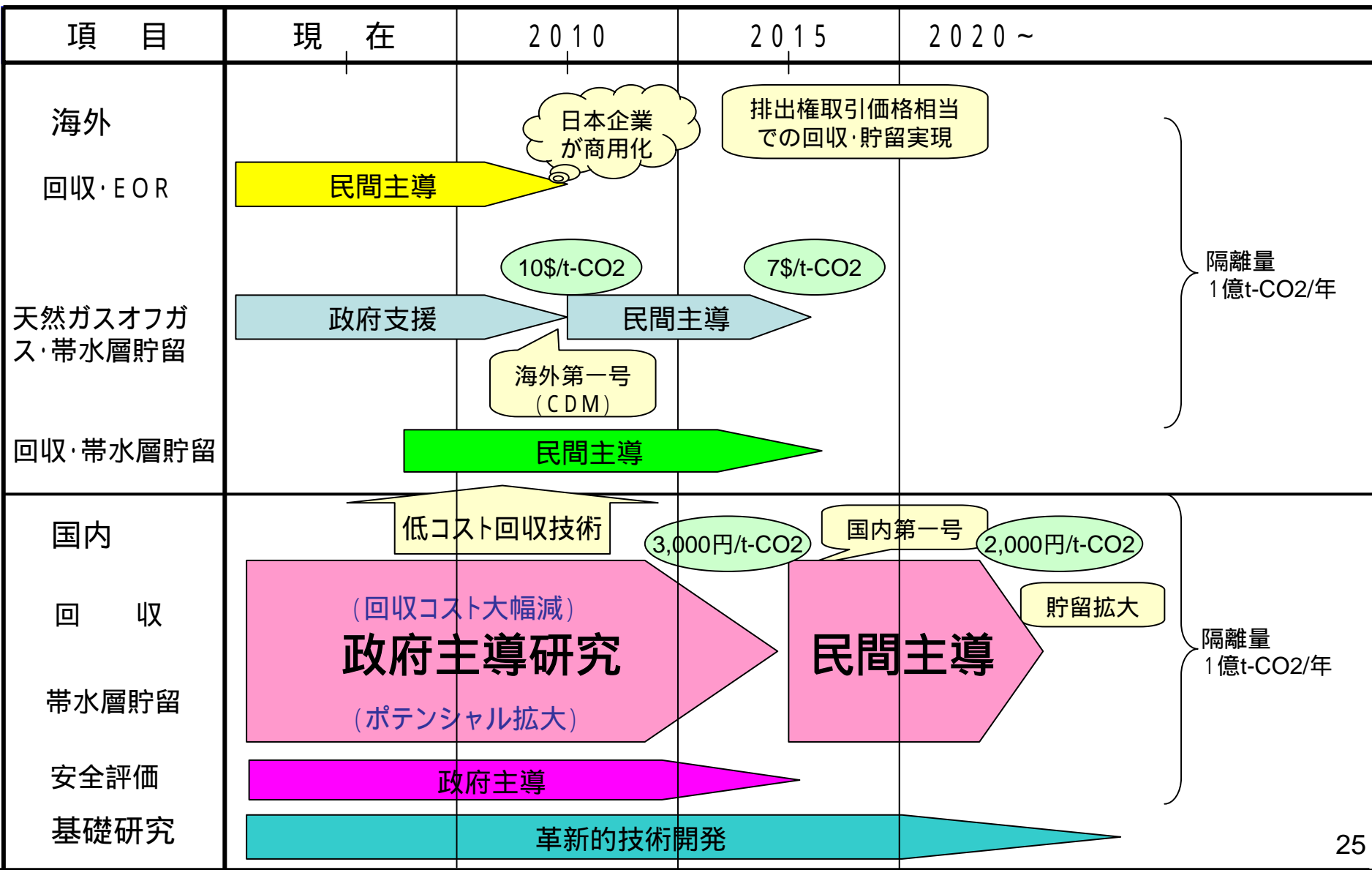
• 海外を視野に

- CCSは国内において行った場合と海外で行った場合とも、地球温暖化防止への寄与は同じである。CCSがCDMとなれば、海外でのCCSの実施は、国内の排出削減目標達成に寄与できる。

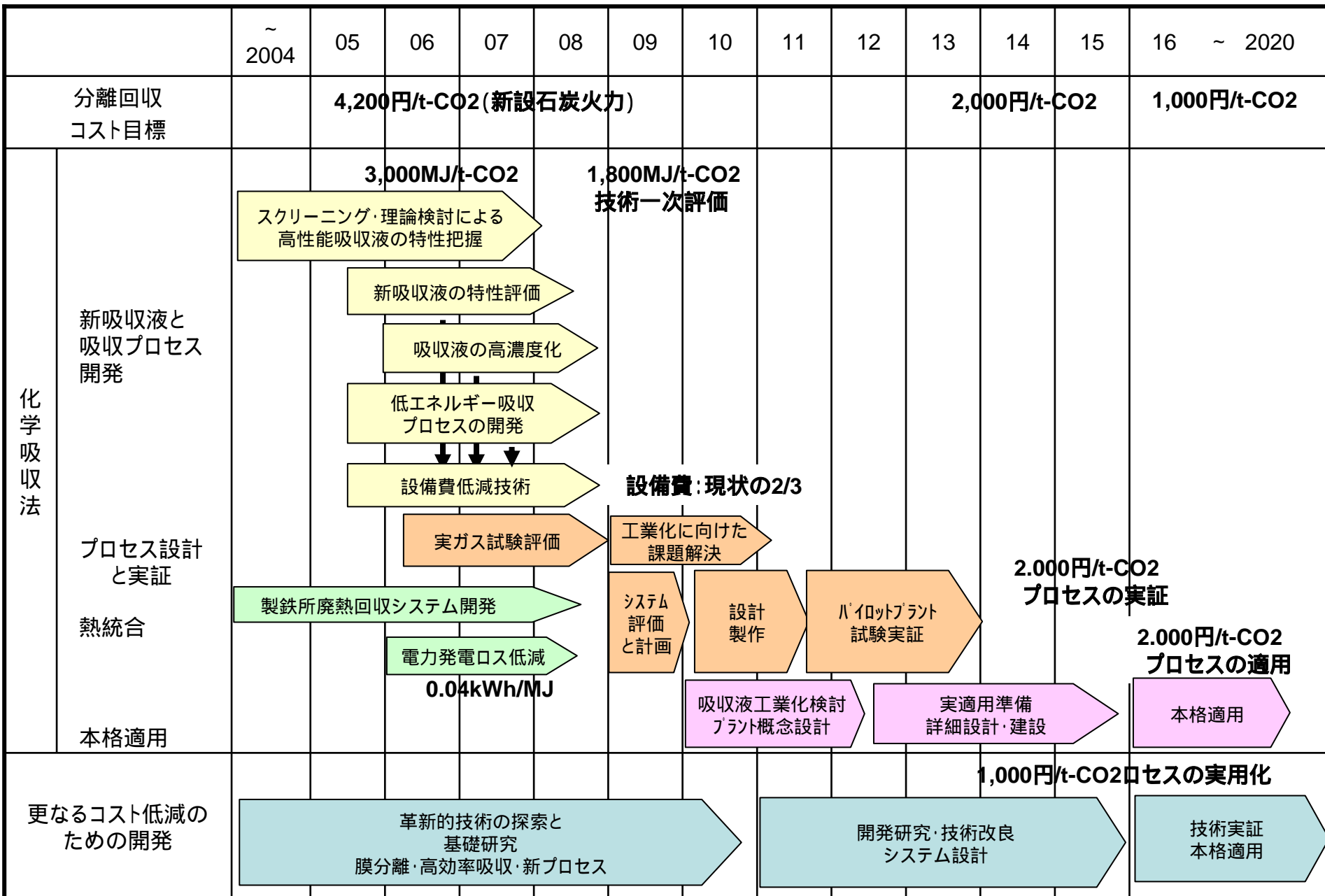
• 段階的实施

- CCSを事業として行う際に大きな制約要因の一つとしてコストの問題がある。天然ガスオフガスからのCO₂回収など、既にCO₂を分離しているプラントであれば、CCSのための追加コストは圧縮・輸送・圧入だけであり、分離・回収を含めたCCS事業よりかなり低いコストで実施可能である。こうしたサイトから順次事業を行っていくことのできる環境を整備するとともに、こうした事業を行っていくことによって技術を蓄積する。

コスト・隔離量目標のイメージ



分離回収法のロードマップ



帯水層貯留のロードマップ

