

# 革新的CO2削減技術の動向と課題

(公財)地球環境産業技術研究機構 (RITE)  
東京分室・研究企画グループ  
高木 正人

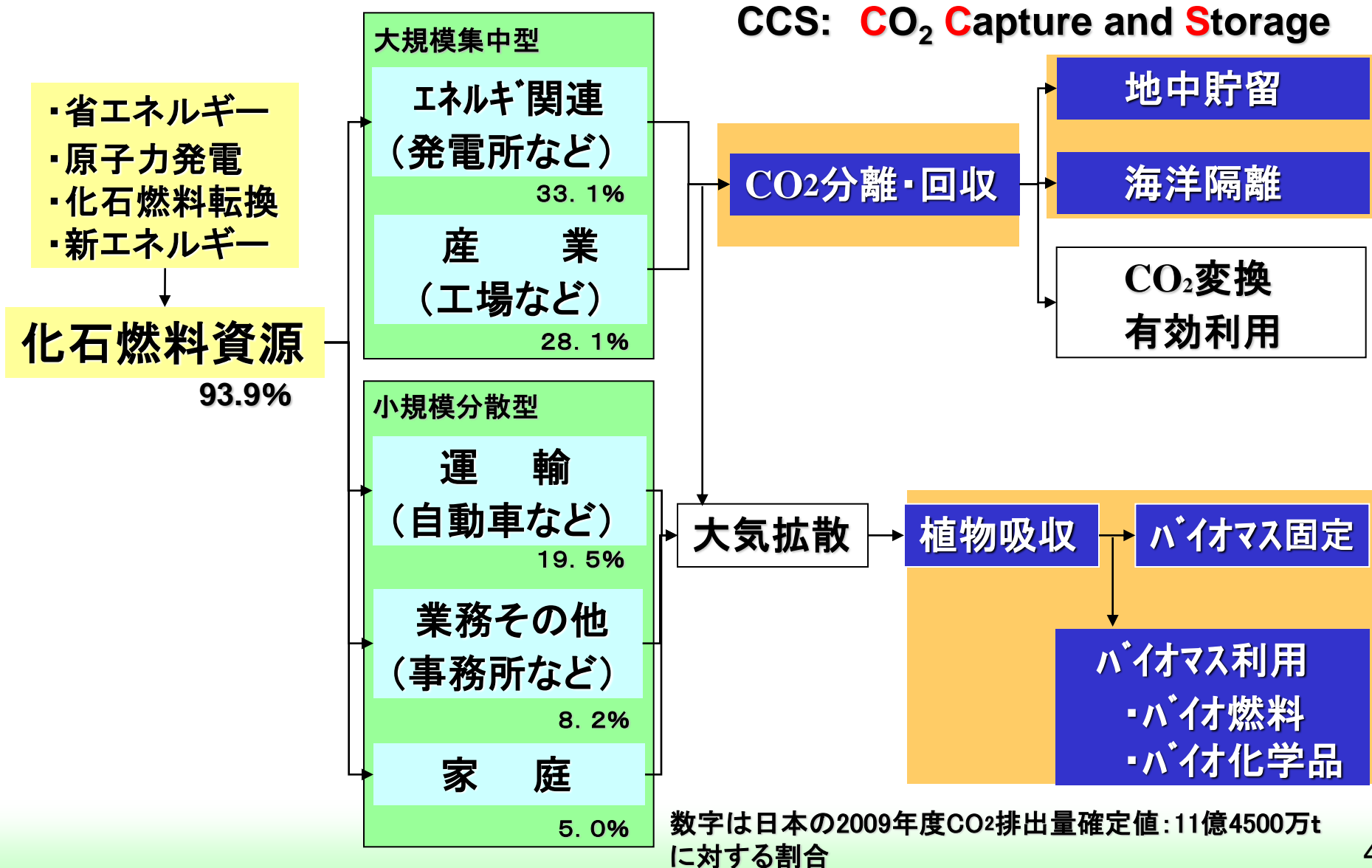


1. はじめに
2. CO<sub>2</sub>削減を取り巻く状況
3. CCSの進展と課題
4. バイオマス利用の動向
5. まとめ

# 1. はじめに

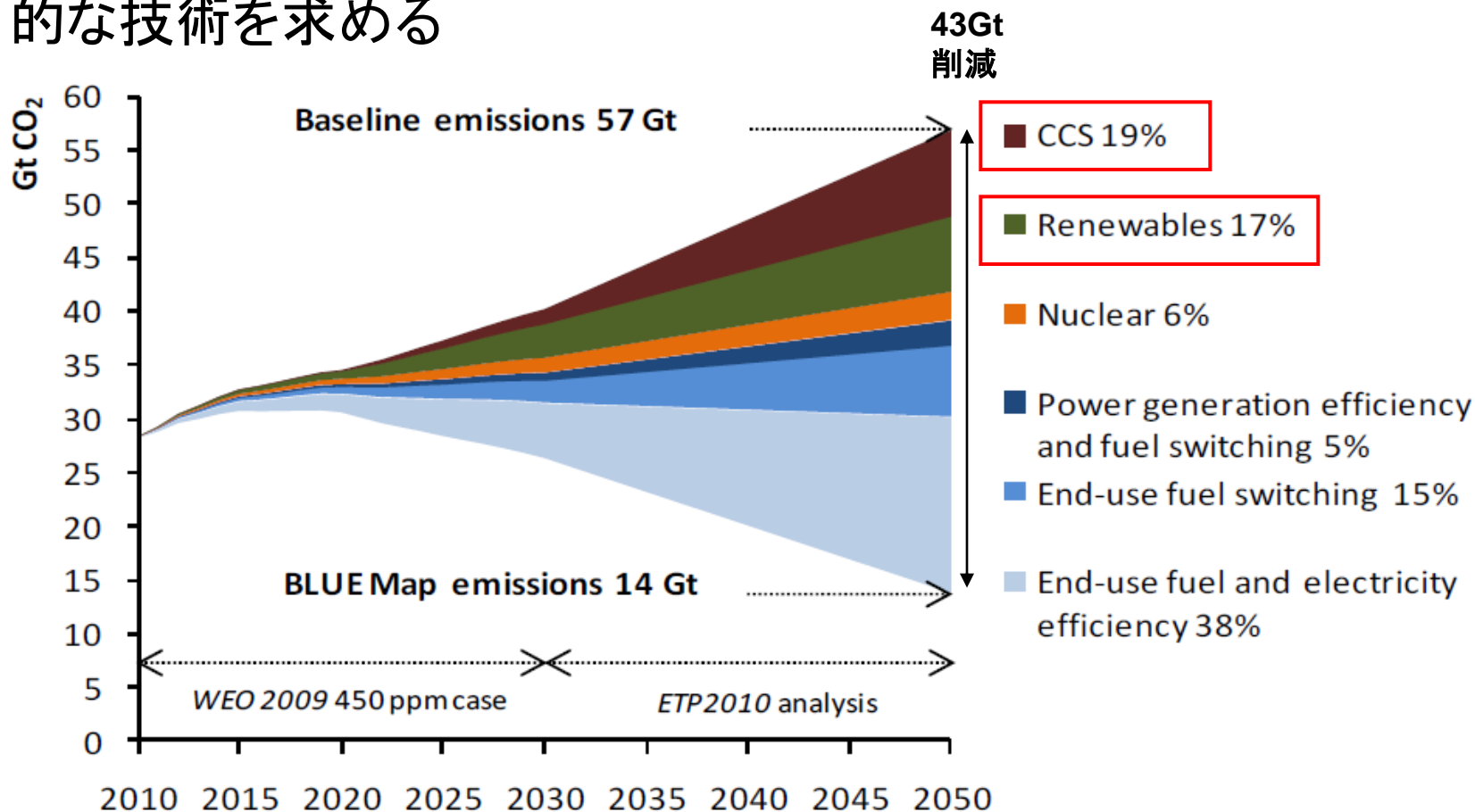
- ここでいう、「革新的CO<sub>2</sub>削減技術」とは、排出されたCO<sub>2</sub>の固定化・有効利用による削減技術を指す。
- IEAの「エネルギー技術展望2010」によると、2050年に世界のCO<sub>2</sub>排出量を2005年比で50%とするためには、自然体ケースに対して43 Gt/年のCO<sub>2</sub>を削減が必要。CO<sub>2</sub>の回収・貯留(CCS)やバイオマス利用などの革新的なCO<sub>2</sub>削減技術が注目。
- 本講演では本技術の動向について解説するとともに、東日本大震災や福島原発事故さらにユーロ圏の経済危機など、様々な不安定要素を抱える2011年秋の時点での課題について考える。

# CO<sub>2</sub>排出削減技術の俯瞰図



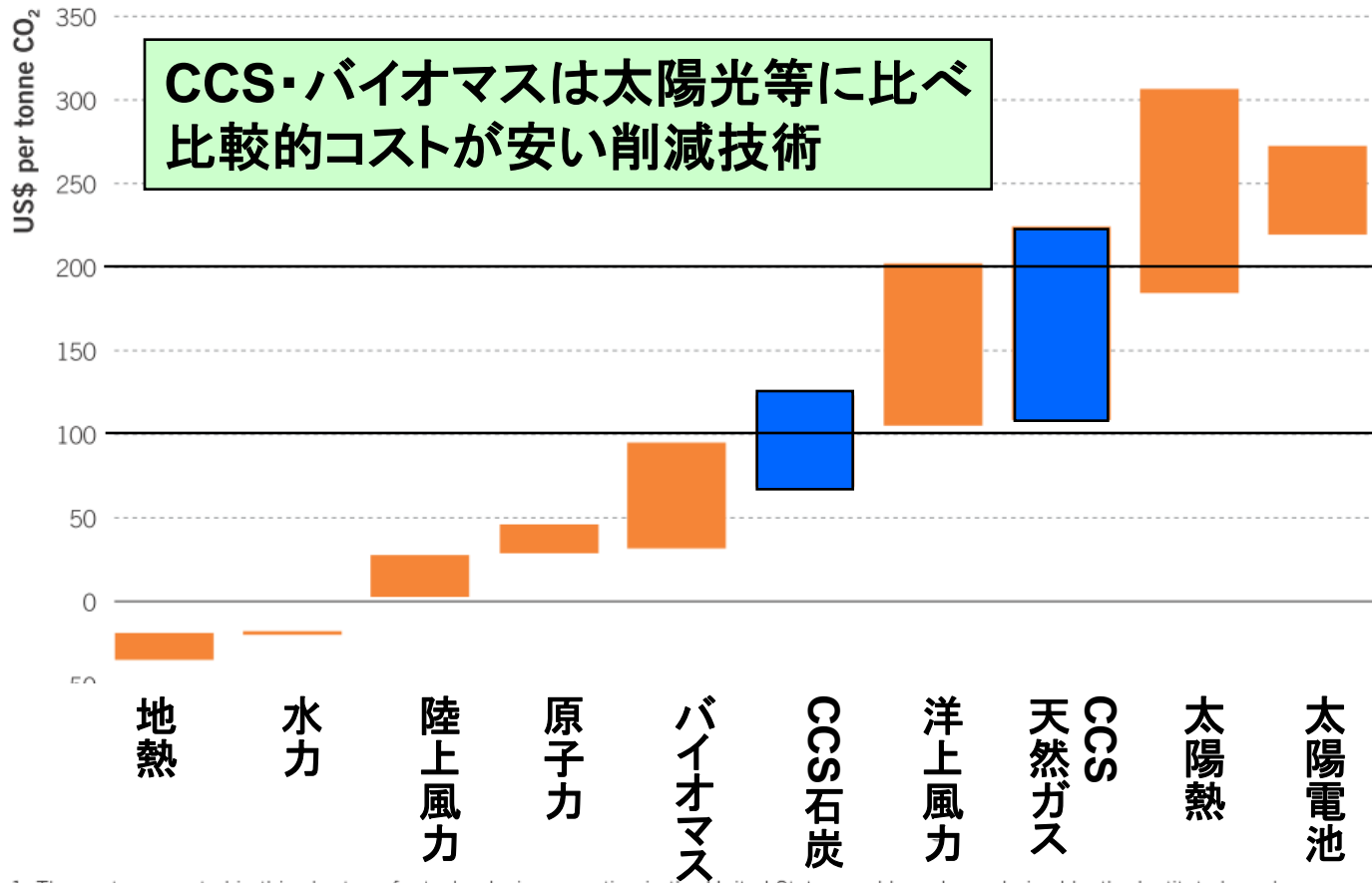
## IEA の分析例 ( 2010 )

「2050年のCO<sub>2</sub>排出を現在レベル半減」のためのコスト効率的な技術を求める



# CO<sub>2</sub>の削減コストの比較

Figure 3 Avoided costs of CO<sub>2</sub> by technology in the power sector<sup>1</sup>



<sup>1</sup> The costs presented in this chart are for technologies operating in the United States, and have been derived by the Institute based on reviewing a range of studies. Technology costs vary regionally due to a range of local factors including resource availability, as well as the costs of labour and capital inputs. Also, some options are very site specific (for example geothermal and hydropower).

# エネルギーコストの比較 (発電コスト)

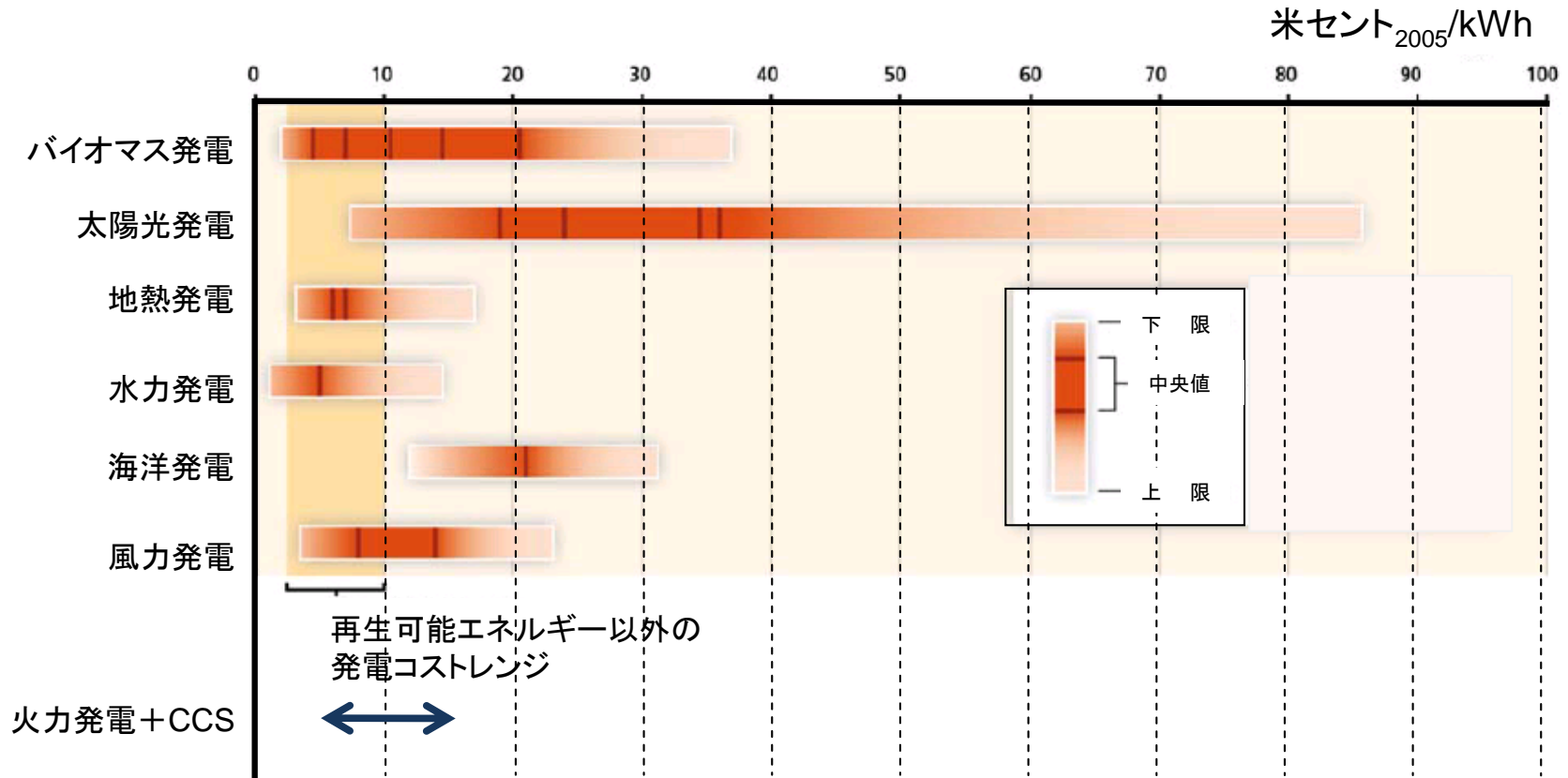
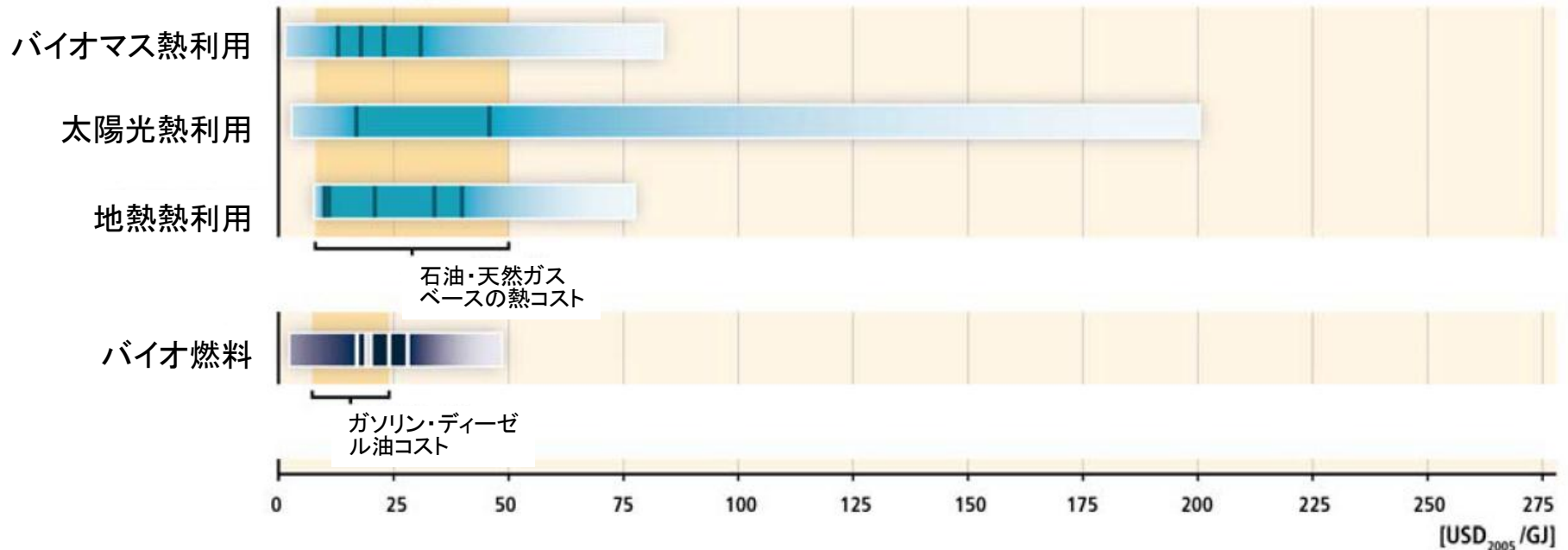


図. 発電コストの比較

出典: 再生可能エネルギーはIPCC再生可能エネルギーに関する特別報告書 (SRREN), Figure 10.28, 2011、CCSはIPCC二酸化炭素回収貯留に関する特別報告書 (SRCCS), Table 8.3a, 2005) の値を用いた。後者ではCCSコストが4.3-9.9 UScent/kWh、通常化石燃料発電比で+1.2~+4.7 UScent/kWh とされているので、前者の化石燃料発電のレンジ+CCS増分を矢印で示した。

# エネルギーコストの比較 (熱利用・燃料)



化石燃料ケース

IPCC, SRREN(2011)



## 2. 2011年秋でのCO<sub>2</sub>削減を 取り巻く状況

- 炭素政策が不透明  
COP17ダーバン：  
第二約束期間維持vs新たなる枠組みの対立  
→ポスト京都の姿は未だ不透明
- 経済の不振  
EUの債権危機
- 炭素価格の低迷  
欧州市場：10ユーロを割る
- エネルギー構成の変化：World Energy Outlook 2011
  - 原子力の低迷
  - 安価なシェールガスの掘削技術→天然ガスの躍進
  - 再生可能エネルギーの今後は？

# 排出権取引価格

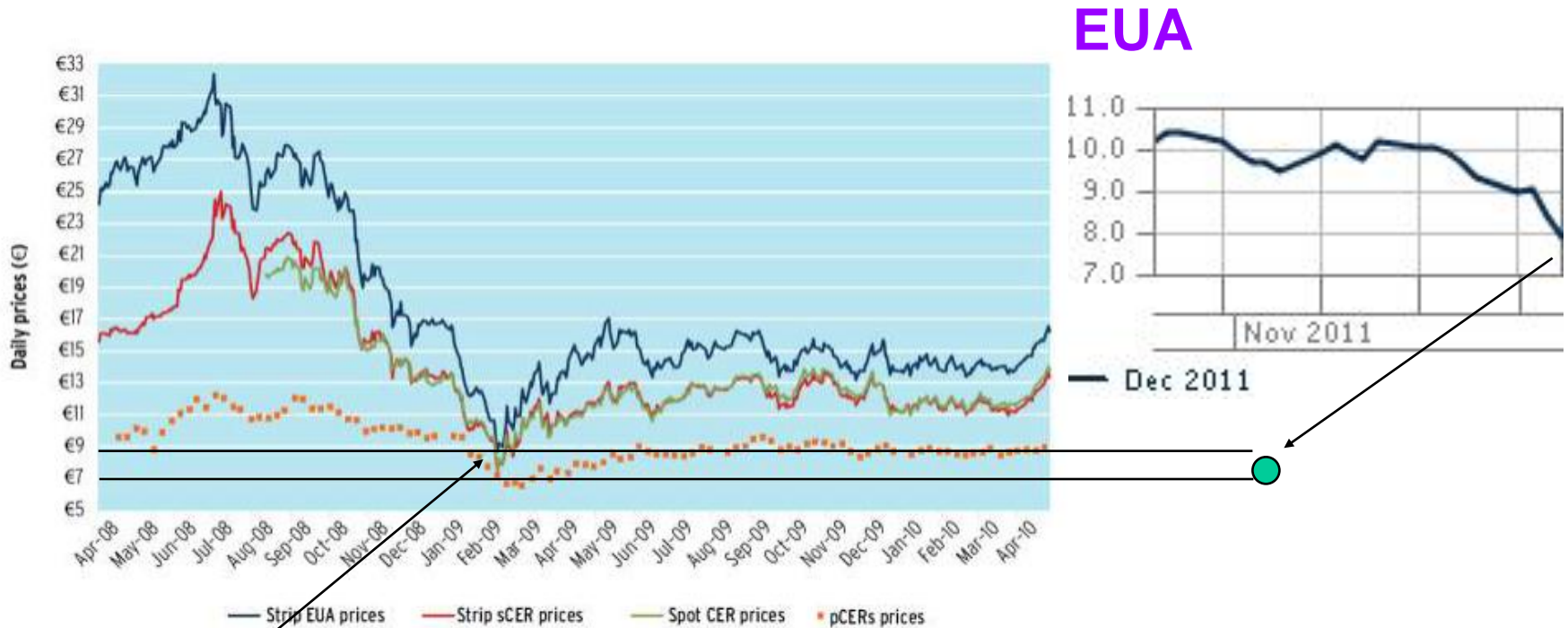


図 1. 2008-2009 年炭素価格の推移

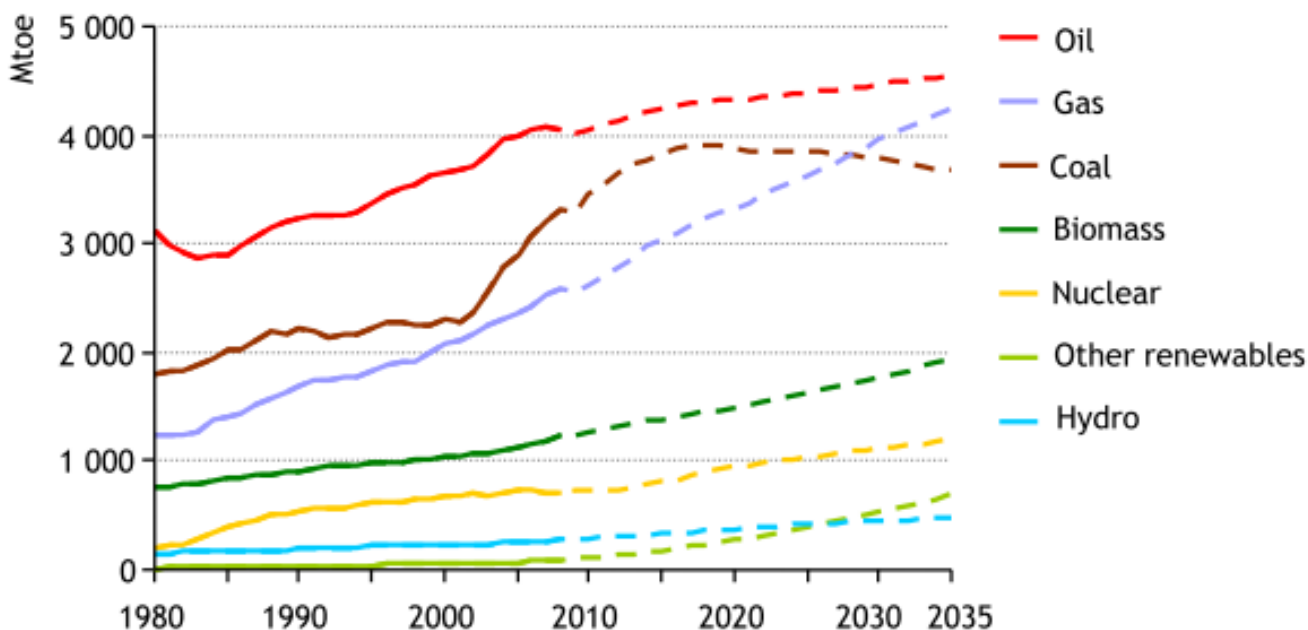
2009 年第1四半期、EUA 価格は最安値を記録。  
EUA の余剰を抱える企業が、資金獲得のため主に  
スポット市場で EUA を大量に売却。2009 年2月  
には、EUA 価格は8ユーロにまで急落した

# 天然ガスの躍進シナリオ

安価なシェールガス掘削技術の確立に伴い、天然ガスの躍進が期待。IEAでは次の様な躍進シナリオを検討

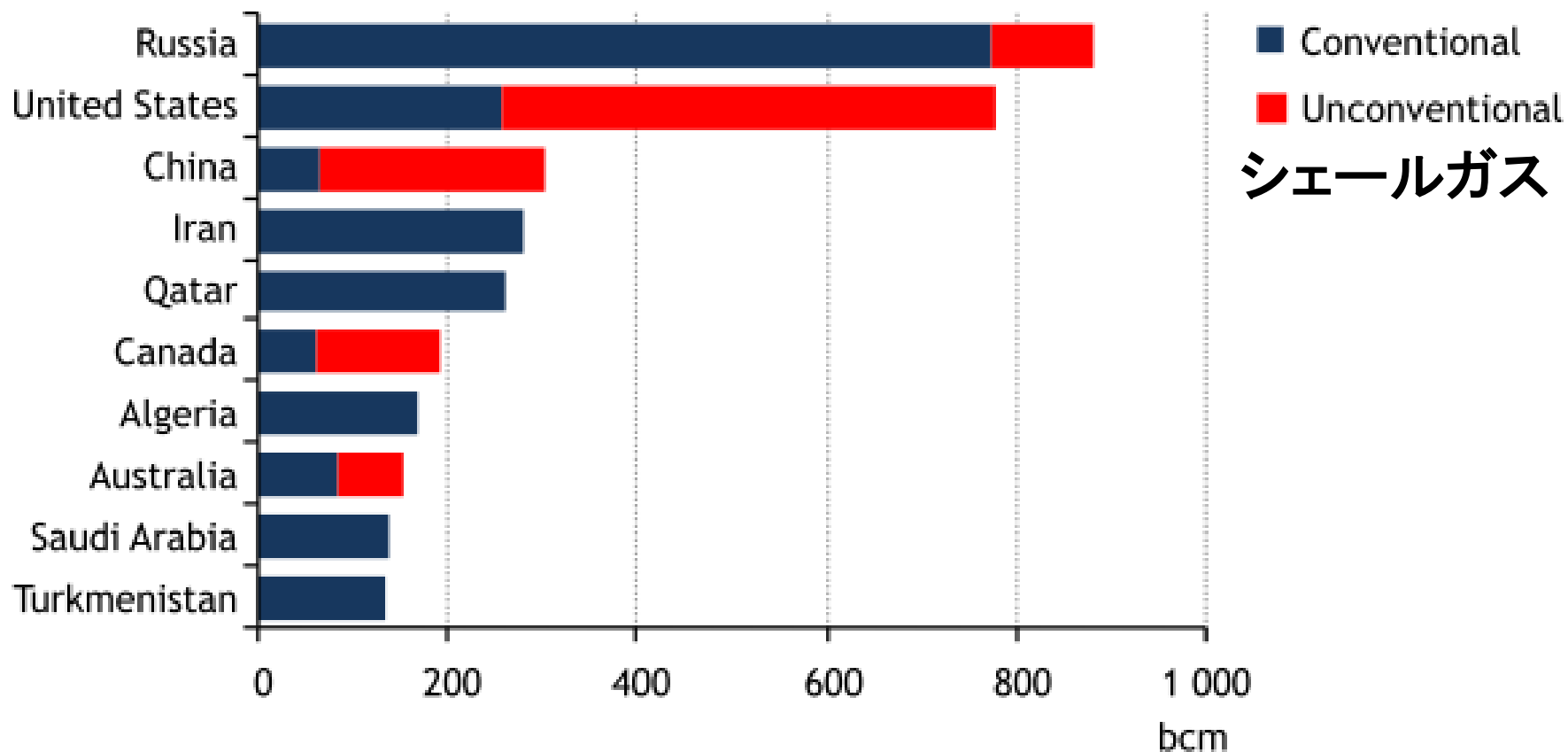
- ・ 天然ガスが 2030年前に石炭を抜き、2035 までには世界のエネルギー需要の1/4となる。
- ・ 需要は全エネルギーの伸び1.2%に対し、年2%で成長

世界の一次エネルギー需要(GASシナリオ)



# 国別の天然ガス生産予測

## Largest gas producers in the GAS Scenario, 2035



天然ガスの勢力図が変わる

# 3. CCSの進展と課題

## GCCSI The Global Status of CCS: 2011

Preface

Abbreviations

Executive summary

### 1 Introduction

- 1.1 Scope of this report
- 1.2 The role of CCS in CO<sub>2</sub> emission reductions
- 1.3 What is CCS?

### 2 Projects

- 2.1 Key project developments
- 2.2 Detailed project breakdown

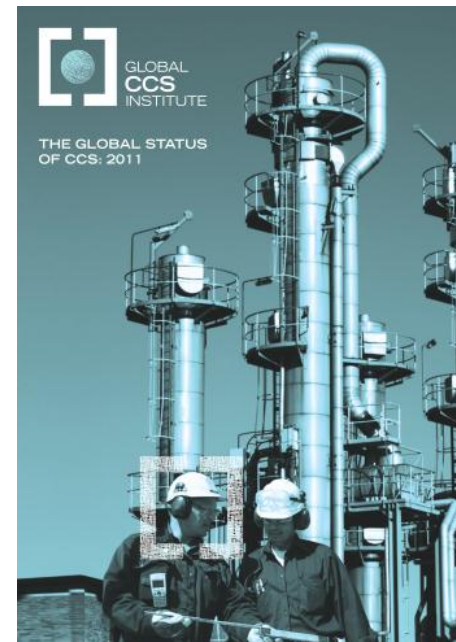
### 3 Technology

- 3.1 Capture
- 3.2 Transport
- 3.3 Storage and use
- 3.4 Technology costs and challenges

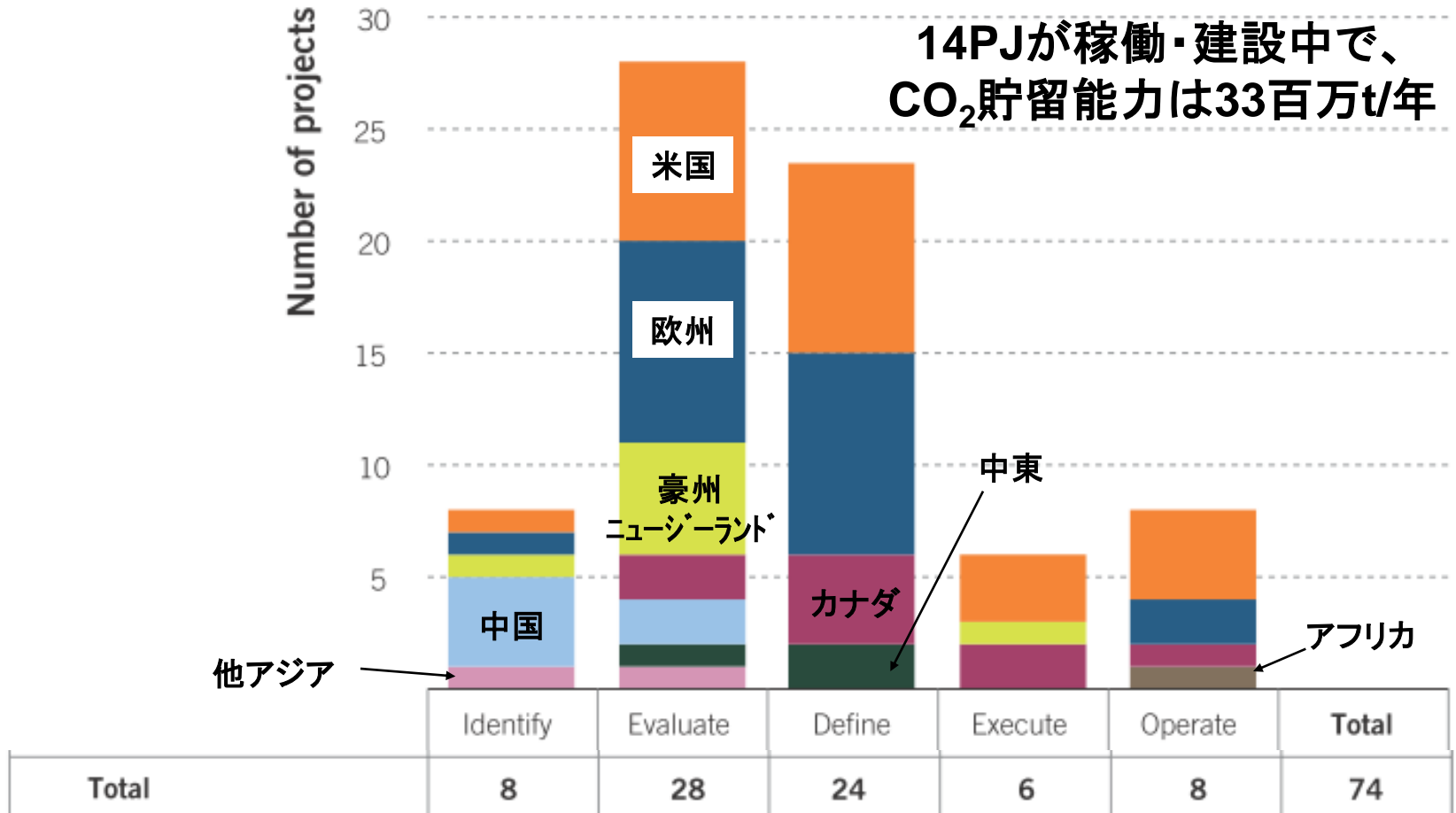
### 4 Policy, legal and stakeholder issues

- 4.1 Policy, legal and regulatory context
- 4.2 Status of funding support
- 4.3 Public engagement

### 5 Making the Business Case for CCS



# CCS プロジェクト

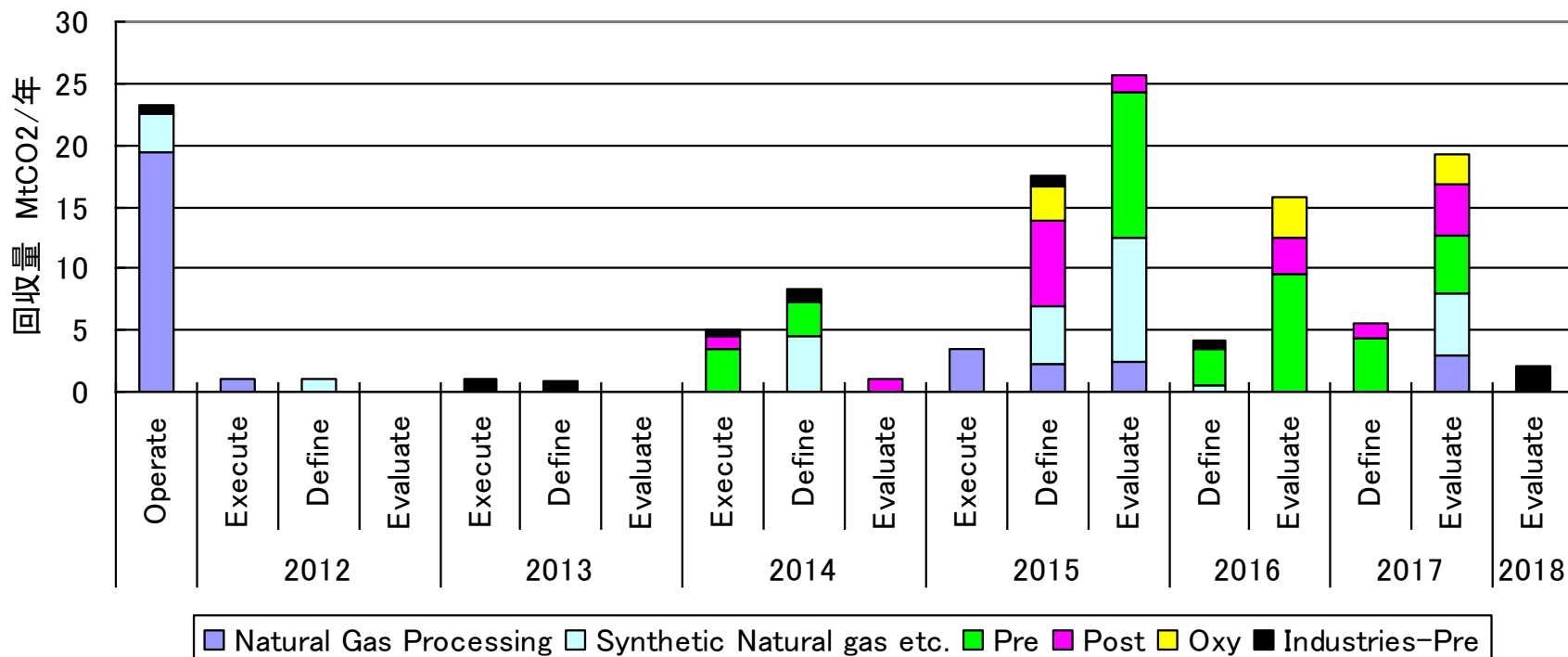


Identifyはサイトのスクリーニング段階、Evaluateはサイト評価とプレFS段階、Defineは候補を絞り込み、詳細なサイト調査とFSの実施段階、Executeはプロジェクトの実施・圧入設備の建設段階、operateで運転開始。

# CCSのプロジェクト動向(1)

## Capture

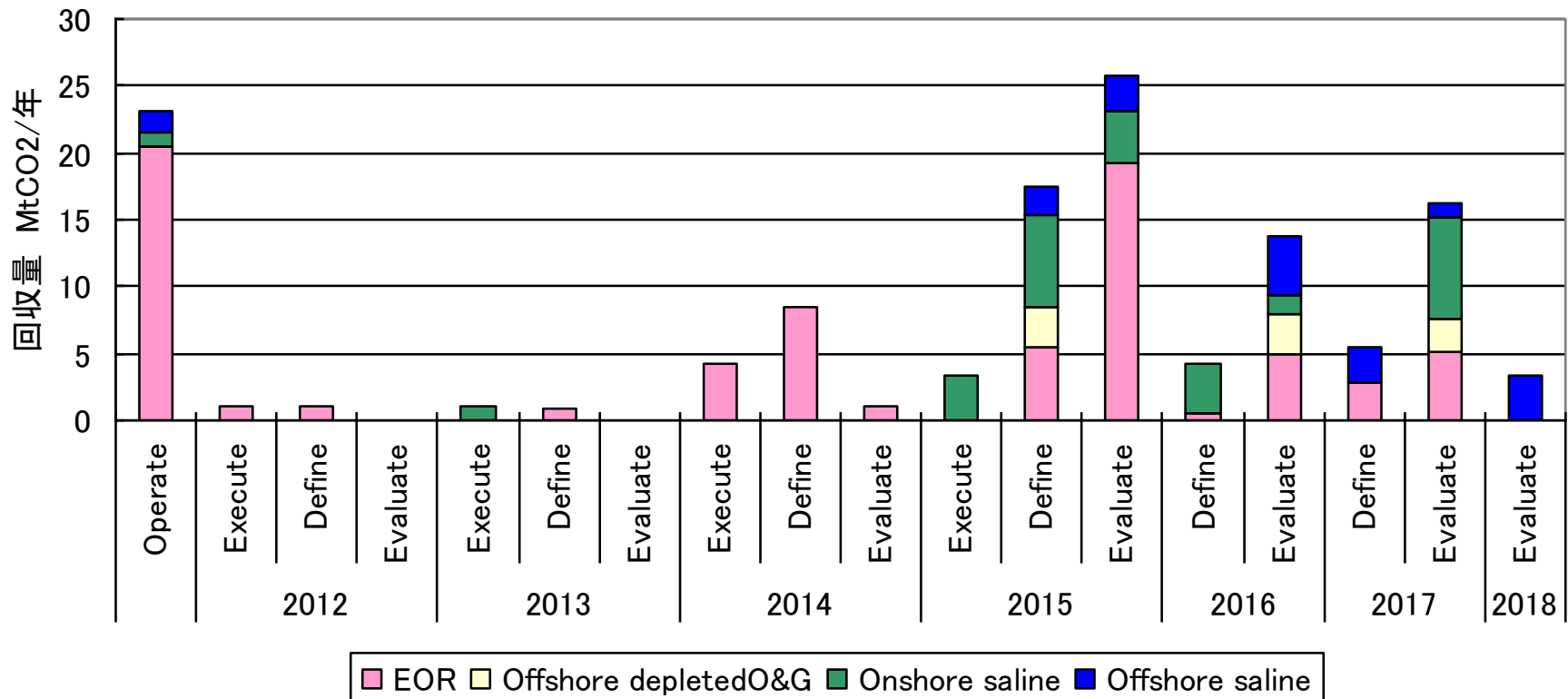
- 初期は天然ガス生産が中心
- 2014年頃から発電所・合成ガスプラントからの回収が出現
- 酸素燃焼(Oxy)は少なく、最初は燃焼後回収(Post)と燃焼前回収(Pre)が均衡するが、次第にPreが多くなる。
- 合成ガス製造のプロジェクトも含めると、燃焼前回収の使用が多い



# CCSのプロジェクト動向(2)

## Storage

- 初期は一部の例外を除き貯留先はEORである。
- 枯渇ガス田や塩水層への貯留PJは2015年頃から出現し、以降割合が増える。





# 運転中のCCSプロジェクトの特徴

	CO2利用収入	気候政策に対応	政府支援他収入
プロジェクト例	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Shute Creek Gas Processing Facility</li> <li>•Enid Fertilizer</li> <li>•Greate Plains/Weyburn-Midale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Sleipner CO2 Injection</li> <li>•Agrium with ACTL</li> <li>•Gorgon CO2 Injection</li> <li>•In Salah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Kemper County</li> <li>•Boundary Dam</li> <li>•Illinois CCS</li> </ul>
プロジェクトの特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>•CO2分離が実施工業プロセスの一部</li> <li>•操業中の油田への圧入</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•CO2分離が実施工業プロセスの一部</li> <li>•貯留サイトの情報がすでに豊富</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•CO2分離を大スケール産業に適用</li> <li>•操業中の油田への圧入・塩水層の開拓</li> </ul>
ビジネス面の促進要素	<ul style="list-style-type: none"> <li>•EOR収入</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•炭素コスト負担の軽減</li> <li>•炭素オフセット市場からの収入の可能性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•政府補助</li> <li>•炭素コスト負担の軽減</li> <li>•EOR収入</li> <li>•リスク分散</li> </ul>

## ■ 補助金等資金の減少

- Longannet (英): 補助金の減少 (2011)
- Peterhead (英): 補助金が見つからない(2007)

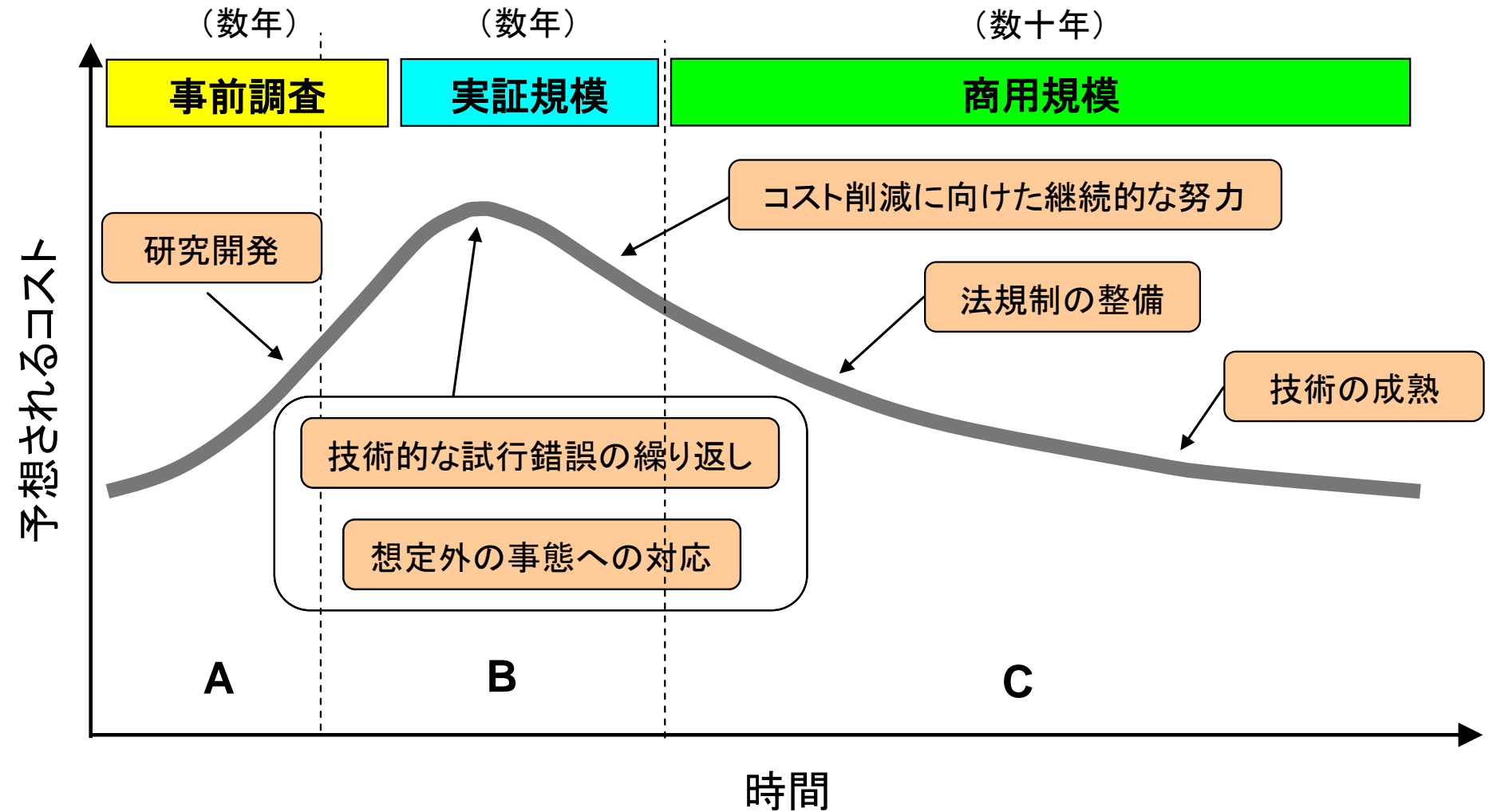
## ■ 当初見積もりからの費用の増大

- Draugen *Statoil* (ノルウェー): 商業的に成立しない(2007)
- FutureGen (米): IGCC→CCS部分補助→酸素燃焼(2008、2010)
- ZeroGen (豪): 経済的に成立しないため (2010)

## ■ 住民の反対

- Barendrecht Shell (オランダ): 貯留サイトが人口の多い陸域にあり、住民が反対(2009)

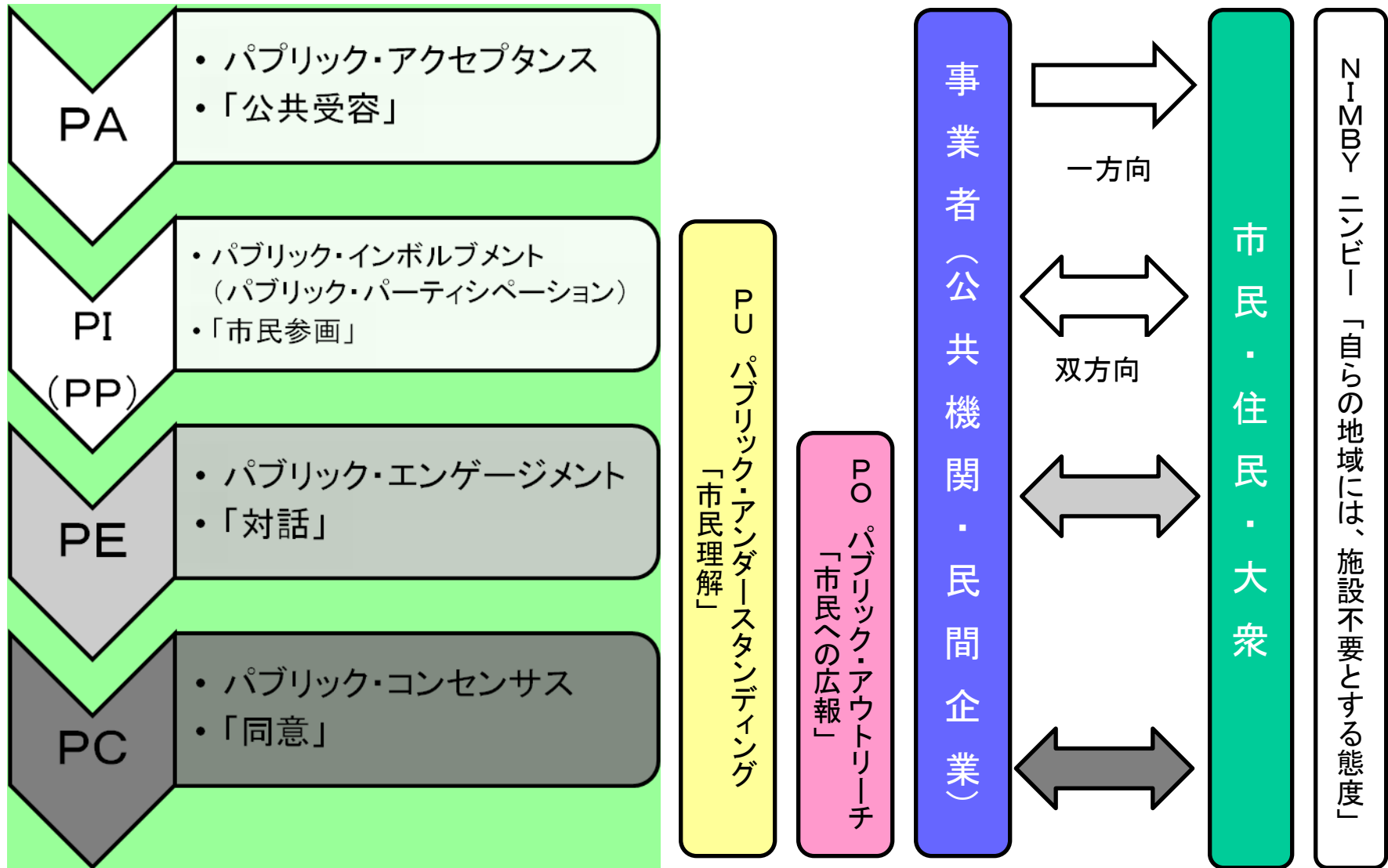
# CCSのコスト



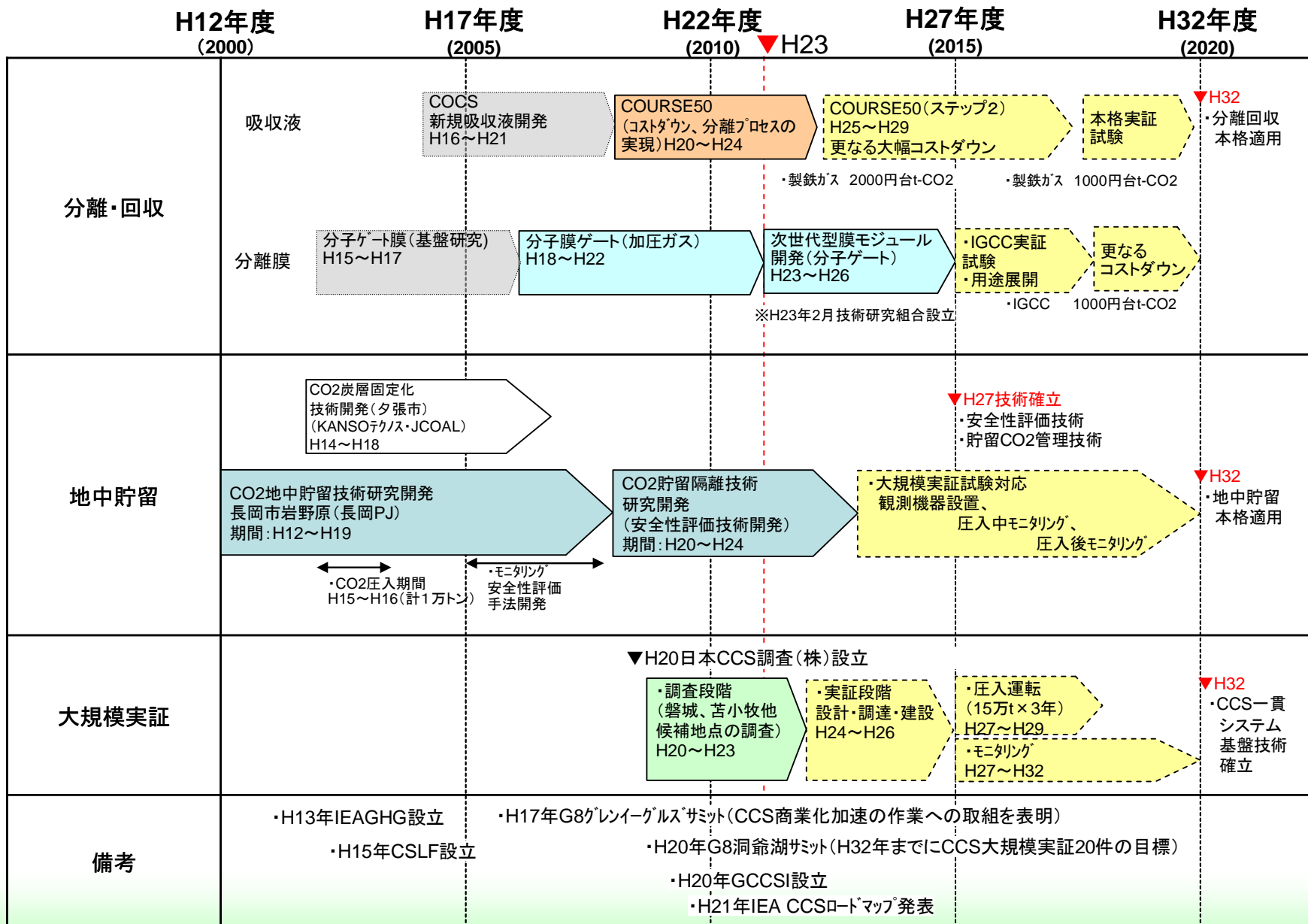
# CCS展開のための今後の課題

- 十分に、タイミングのよい、かつ安定した政策のサポート（インセンティブ、法規制体系など）
- コスト、消費エネルギー、リスク低減のための技術開発
- 早い段階からの、Community Engagement

# 社会的合意の進展



# 日本のCCS技術開発



# CCS実証試験の実施に向けて

## News Release



平成23年10月19日

### 第1回「CCS実証試験実施に向けた専門検討会」の開催について

経済産業省は、二酸化炭素回収・貯留（CCS：Carbon dioxide Capture and Storage）の大規模実証試験実施に向けて、これまでに実施した地質等の調査結果を技術的観点から評価し、その結果を踏まえて試験の実施計画を策定することを目的に、専門的知見を有する外部有識者による検討会を開催することとしましたので、お知らせいたします。

**年末までに4回の検討会（すでに3回を終了）**

カナダからCCSのISO化のために、新しく技術委員会(TC)の設置を行うという提案があり、10/24のTMB(Technical Management Board)において、TCの設立が決定された。

1. 番号: ISO/TC 265
2. 名称: 炭素回収と貯留 Carbon capture and storage (CCS)
3. スコープ: CCS分野における材料、装置、環境計画、管理、リスク管理、定量化と検証(Quantification and Verification)および関連事項の標準化。ISO/TC67でカバーされる掘削、生産、パイプライン輸送の装置および材料を除く。
4. 中央事務局をSCC(カナダ)に置く
5. メンバー:
  - P-メンバー: オーストラリア、カナダ、中国、フランス、ドイツ、イタリア、日本、韓国、オランダ、ノルウェー、南アフリカ、スイス、英国
  - O-メンバー: アルゼンチン、ブラジル、チェコ、エジプト、フィンランド、インド、イラン、ニュージーランド、セルビア、スペイン、スウェーデン、米国



監修：茅 陽一／編集：RITE シーエムシー出版  
2011年11月発行 217頁

執筆者41名：RITE、日揮、IHI、エンジニアリング協会、大成建設、JFEテクノデザイン、大林組、三菱重工、日本CCS調査、経済産業省、東京大学、工学院大学、京都大学

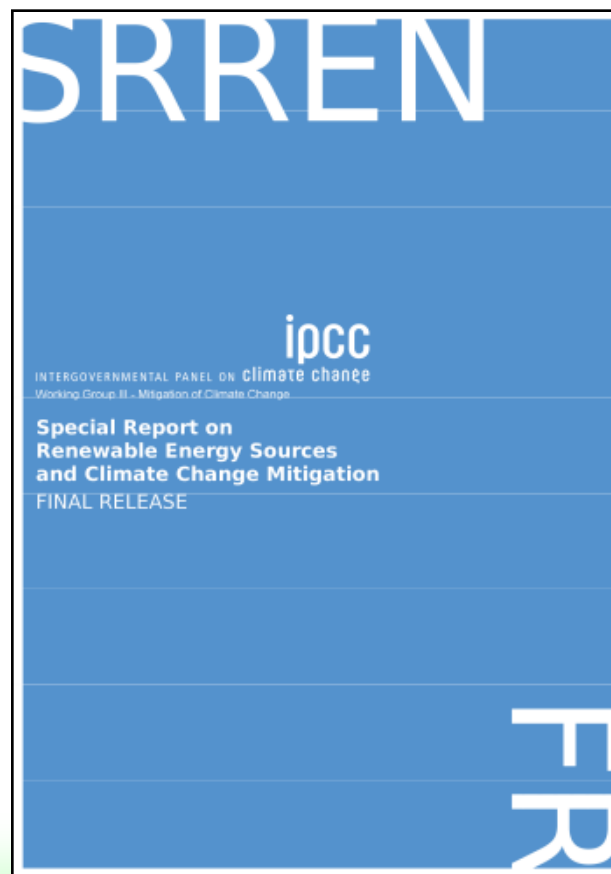
- 序章 地球温暖化対策としてのCCS
- 第一編 CCSの国際動向
  - 1. 政策動向、2. プロジェクト動向
- 第二編 CO2回収技術
  - 3. 全体観と今後の展望、4. 燃焼後回収、5. 燃焼前回収、6. 膜法、7. 吸着法、8. 酸素燃焼法、9. その他の回収法
- 第三編 CO2輸送技術
  - 10. CO2輸送技術
- 第四編 CO2貯留技術
  - 11. 技術動向と今後の展望、12. 貯留メカニズム、13. 地質モデリング、14. CO2圧入技術、15. モニタリング技術、16. 挙動シミュレーション技術、17. 新CO2貯留技術
- 第五編 CCSの安全性と経済性
  - 18. 安全性評価、19. 経済性
- 座談会 わが国でのCCSの課題と展望

# 4. バイオマス利用の動向

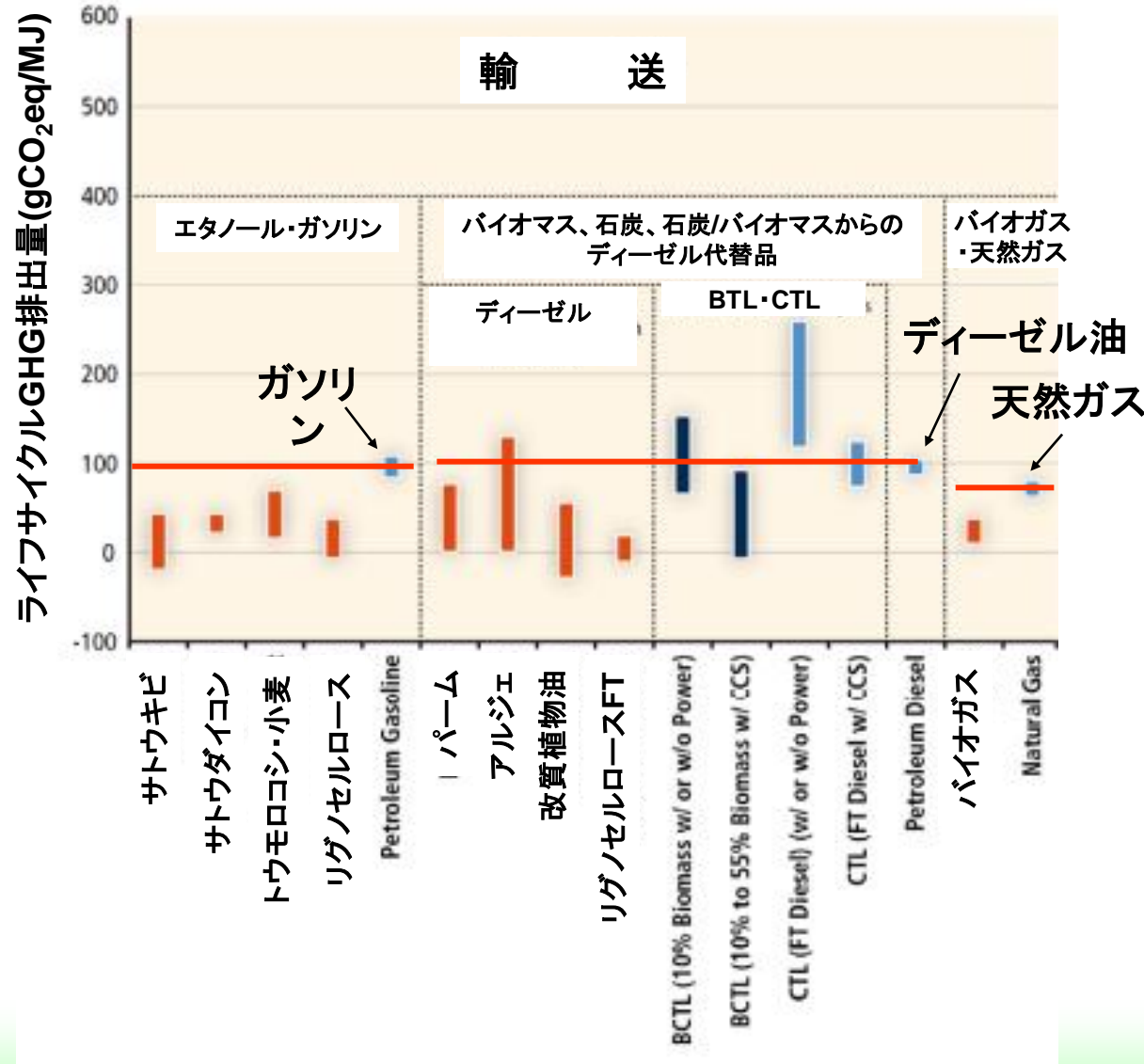
## Technology Roadmap Biofuel for Transport IEA 2011



## Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation IPCC 2011



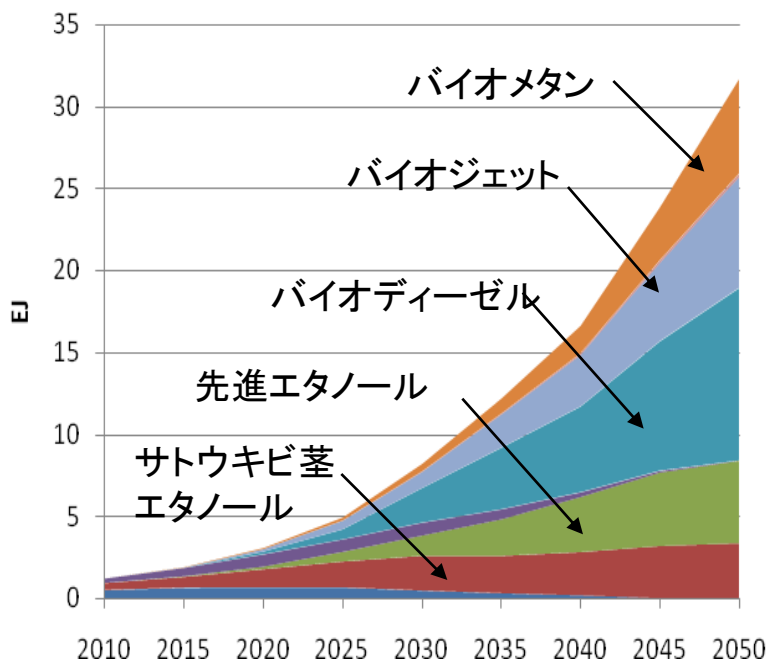
# 輸送用燃料のライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量



化石燃料の使用時に比べて  
バイオマス利用で  
CO<sub>2</sub>の排出量を  
削減できる

# バイオマス燃料のロードマップ(IEA)

(EJ=10<sup>18</sup>J)



【ブルーマップシナリオのバイオ燃料需要】

(注) Lge: ガソリン相当リットル

技術改善のマイルストーン	期限
1. セルロースエタノールやBTL、バイオ合成ガス商業規模生産の実証。	2015
2. 藻由来のディーゼル燃料や熱分解油からのHVO (Hydrogenated Vegetable Oil)の商業実証	2015-2020
3. 化石燃料に対してライフサイクルGHG排出の50%を超える削減を達成するために従来型バイオ燃料システムを改良	2015-2020
4. 商業的に有効な熱分解およびガス化の実証	2015-2020
5. 商業規模生産プラントでのCCS付きバイオ燃料	2015-2020
6. 1米ドル/Lge以下で50%GHG削減できるリグノセルロースエタノール、BTLディーゼル、藻バイオ燃料の生産、および/または他の先進的バイオ燃料プロセス	2020-2030

日経サイエンス11月号「期待外れのバイオマス燃料」(D.ピエツロ)

石油依存度と気候変動という2つの大問題を解決する有効な方法

..しかし、

■ コーンエタノールが食料価格を押し上げ  
→食料と競合しないセルロース利用

■ バイオマス利用には金がかかる

- 細胞壁の分解が非効率的
- ヘミセルロースが利用できない
- 糖化酵素が高価
- 反応が遅い

技術開発が重要  
RITE技術はかなりの  
部分を解決

■ バイオマス利用はエネルギー効率が悪い

- 水と酵母の混合物からエタノールを蒸留する膨大なエネルギーが必要 →膜など新しい回収法が必要

## 5. まとめ

- 2011年秋の時点では、原子力の低迷、シェールガスの躍進、再生可能エネルギーの発展の姿が見えている。CO<sub>2</sub>の排出削減も含めて、今後のエネルギーの姿はどうか見通せない。
- 地球温暖化は、その問題の大きさは認識しても、その進行が地球規模かつ緩慢であり、さらに、その対策がともすると経済発展にブレーキをかける作用をすることから、なかなか解決への道筋が見えない。
- この中でのCO<sub>2</sub>削減技術の実用化に向けた動きは不安定。十分な政策サポートが必要であるし、また、初期から利益が得られるPJを考える必要もある。
- このためには、技術のコスト削減が必要であり、革新的環境技術の技術開発が一層、求められる。

ご静聴ありがとうございました

本講演の一部には  
独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 委託事業  
「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト・ゼロエミッション石炭火力  
トータルシステム調査研究」の成果を使用しております。