

◆ 革新的環境技術シンポジウム ◆

---

CCS導入に向けた今後の対応について

---

平成27年12月

(公財)地球環境産業技術研究機構 (RITE)  
企画調査グループ

都筑 秀明

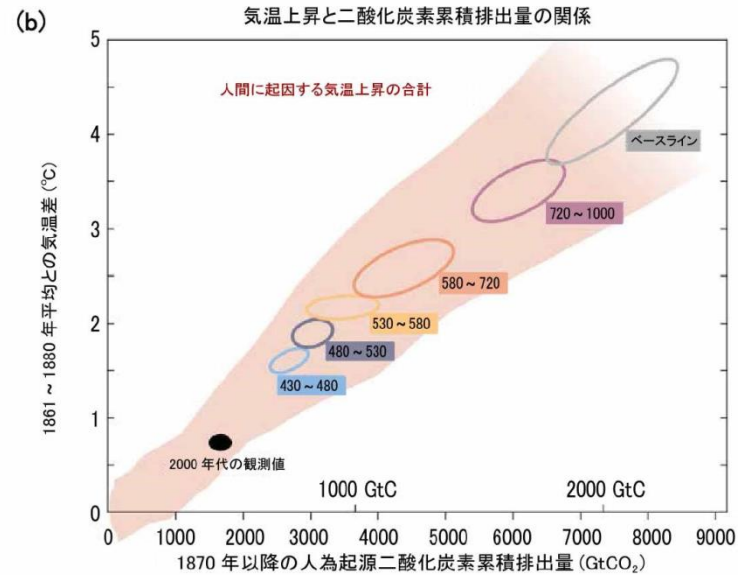


# 目次

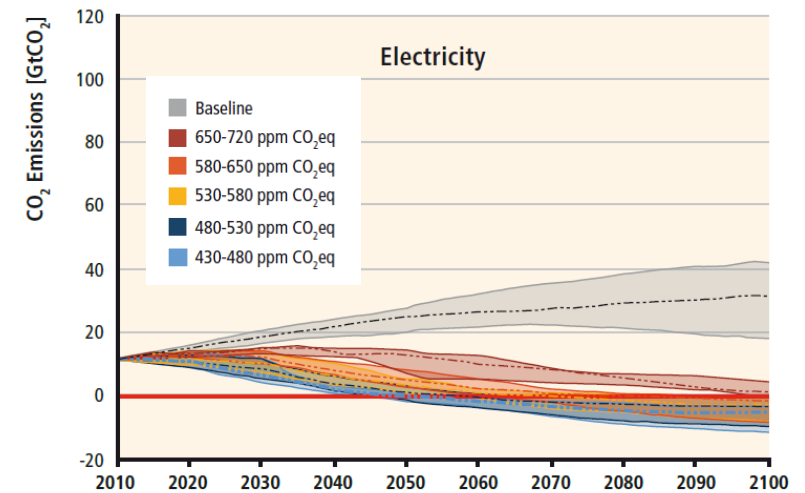
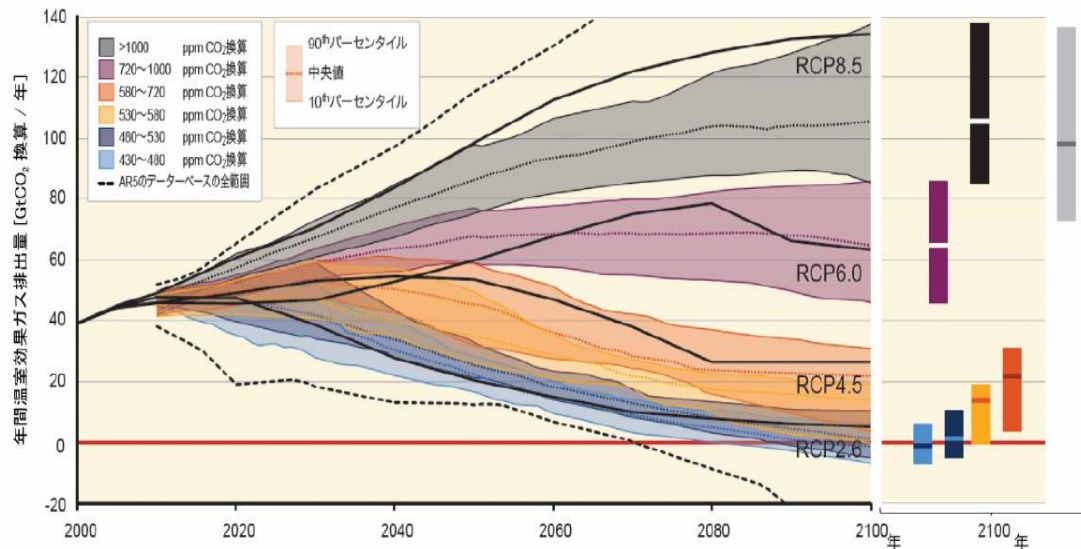
1. IPCCのAR5が示唆するもの
2. CCSを巡る海外の動向
3. CCS導入のために着実に進めるべき対応の方向
4. より経済的で安全なCCS技術(SUCCESS)の検討
5. CCSの理解増進に向けたRITEの取組
6. まとめ

# 1. IPCCのAR5が示唆するもの

# CO2の排出量と世界平均気温の安定化



2000～2100年のGHG排出経路: 全てのAR5シナリオ



# IPCCのAR5が示唆するもの

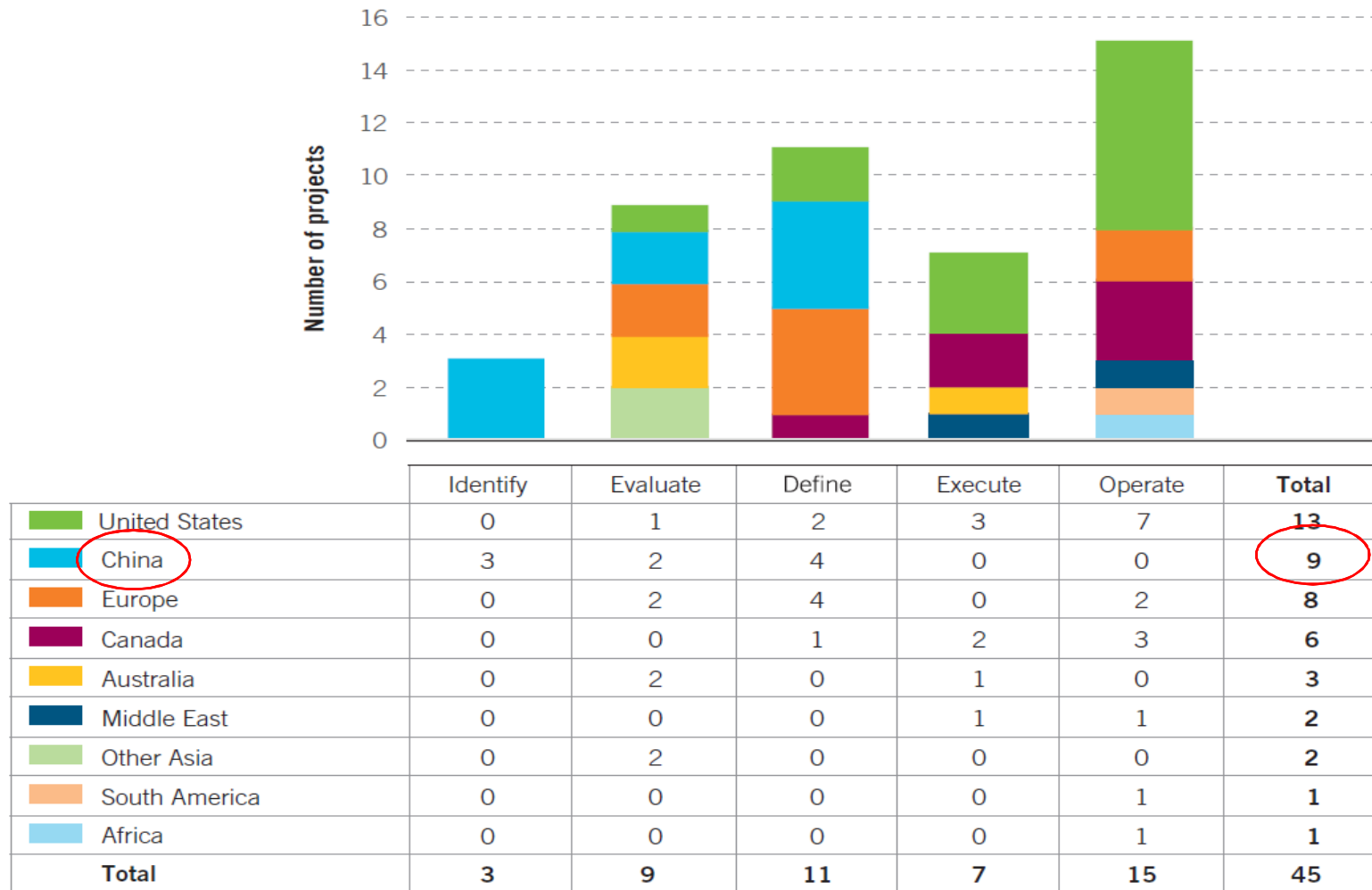
○ 以上を踏まえると、以下の点を指摘できる。

- ・地球平均気温を一定にさせるためには、CO2の年間排出量をゼロにすることが必要である。
- ・いわゆる2°C目標シナリオでは、2100年に年間排出量がほぼゼロ、電力部門では2050年に年間排出量がほぼゼロ、それ以降は負の排出となっている。
- ・インフラ整備には相当の時間を要すること等を考慮すれば、十分な余裕があるとは言えない。早期からの対策を進めることが必要。
- ・選択肢は限られており、可能性のある全ての対策を検討、実施することが必要。
- ・その中で、CCSは、重要な対策オプションの一つとして、導入の促進が重要。
- ・特に電力部門で負の排出とするためには、バイオマス+CCS(BECCS)が不可欠。
- ・ただし、その本格導入のためには相当の時間と資金が必要。例えば、未調査地域を最終投資判断に対応できる水準まで完全に評価するには、10年以上が必要。
- ・このため、将来後手の対応にならないよう、着実に準備を進めていくことが極めて重要。

## 2. CCSを巡る海外の動向

# 世界におけるCCS大規模プロジェクトの現状

Figure 1.5 Large-scale CCS projects by lifecycle stage and region/country



出典: The global Status of CCS 2015 VOLUME 2

# CO2排出に関する米国の規制動向

国名	CO2に関する主な規制等の概要
米国	<p><b>【個別発電所へのCO2排出規制】</b></p> <p>○EPAによる新排出性能基準 (NSPS)規制案(2015年10月23日施行)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・Clean Air Act 111条b項に基づき、EPAが制定。</li><li>・新規石炭火力: 640 kg-CO2/MWh (GROSS; 発電端) (Partial CCSの実施)</li><li>・新規ガス火力(ベースロード電源): 450kg-CO2/MWh (GROSS; 発電端) 又は 470kg-CO2/MWh (NET; 送電端)</li></ul> <p>○各州によるEPS規制(カリフォルニア州、ワシントン州、オレゴン州)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・ベースロード電源: 500kg/MWh</li></ul> <p><b>【州毎のCO2全体排出規制】</b></p> <p>○既設火力発電所に対する排出規制(2015年12月22日施行予定)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・Clean Air Act 111条d項に基づく既設火力発電所に対する排出規制</li><li>・①全州共通の個々の既設火力発電所に対するCO2排出性能レート、②州ごとのCO2排出レートによる目標値、③州ごとのCO2排出質量による目標値が設定。</li><li>・各州はEPAによって設定されたCO2排出性能目標を達成するための州の計画(State Plan)を策定して実行。</li><li>・対策例としては、熱効率の改善、燃料の転換、再生可能エネルギーの併用、CCS・CCUの導入、バイオマス混焼、排出質量取引きの利用など。</li><li>・2030年までに発電部門で2005年比で32%のCO2削減を図る。</li></ul>



# CCSのISO化（ISO/TC265体制）

## ISO/TC265の体制

**ISO/TC265**  
Carbon Dioxide Capture, Transportation and Geological Storage(CCS)  
(二酸化炭素回収・輸送・地中貯留)

議長国:カナダ  
幹事国:カナダ、中国

Pメンバー:20カ国  
Oメンバー:8カ国  
リエゾン:7機関

2011年10月に設立以降、これまで総会を6回開催

WG1 (回収) コンビナー:日本  
事務局:日本

WG2 (輸送) コンビナー:ドイツ  
事務局:ドイツ

WG3 (貯留) コンビナー:カナダ、日本  
事務局:カナダ

WG4 (Q&V) コンビナー:中国、フランス  
事務局:中国

WG5 (クロス Cutting イシュー)  
コンビナー:フランス、中国  
事務局:フランス

WG6 (EOR) コンビナー:米、ノルウェー  
事務局:米

## 国内の体制

**国内審議団体: RITE**

経済産業省に設置されている  
日本工業標準調査会 (JISC) からの委託

**ISO/TC265  
国内審議委員会**

委員長:佐藤教授(東大)  
メンバー:約25名

CO<sub>2</sub>-EOR検討タスク  
リーダー:平岡氏 (INPEX)

回収WG 主査:東井主席研究員 (RITE)

輸送WG 主査:尾崎教授(東大)

貯留WG 主査:松岡教授(京大)

Q&V・クロス Cutting イシューWG  
主査:赤井名誉リサーチャ  
(産総研)

# CCSのISO化(各WGの状況)

WG	標準化の内容	出版目標	備考
WG1 (回収)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 回収技術を集めたTRは最終合意されISOにて出版準備中。<u>ISO/TR 27912</u></li> <li>● IS(発電分野・燃焼後回収技術)のNWIPが承認され開発着手。<u>ISO 27919-1</u></li> </ul>	TR:2015 IS:2018	ISO/TR 27912は2015年中に出版予定。 <b>日本主導でTC265として初の出版</b>
WG2 (輸送)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● パイプライン輸送に関するISを開発中で、DIS投票し承認。投票コメント対応中。<u>ISO 27913</u></li> </ul>	IS:2016	216個のコメントに基づきドラフトを改訂中。船輸送は今後の検討課題。
WG3(貯留)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 陸域、海域の貯留を対象にIS開発中でCD投票し承認。投票コメント対応中。<u>ISO 27914</u></li> </ul>	IS:2017	1000個のコメントに基づき改訂予定。2016年9月DIS投票目標。
WG4 (Q & V)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 定量化と検証分野の情報を集めたTRを開発中 <u>ISO/TR 27915</u></li> </ul>	TR:2016	WD作成中。2016年1月DTR投票予定。
WG5 (クロスキャッシング)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● CCSのボキャブラリに関するISを開発中。クロスキャッシング用語について2回目のCD投票予定。<u>ISO 27917</u></li> <li>● Lifecycle risk managementに関するTR開発中。<u>ISO/TR27918</u></li> <li>● Stakeholders engagementをPWIキャンセル</li> </ul>	IS:2017 TR:2017	ISO 27917は開発期間4年へ変更。
WG6 (CO2-EOR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● TPを立ち上げ、WD開発中。<u>ISO 27916</u></li> </ul>	IS:2018	ドラフトの作成中。2016年春にはCD投票予定。

### 3. CCS導入のために着実に進めるべき 対応の方向

# CCSの重要性と課題

- CO2削減を図るためには、対策の選択肢が限られている中、省エネルギー、再生可能エネルギー、原子力などの低炭素エネルギー技術とともに、**CCS**の導入を推進することが極めて重要。
  
- 電力部門においては、太陽、風力等の再生可能エネルギー、原子力発電だけでは、負荷変動に十分追従できないため、負荷調整機構（蓄電池又は調整電源）が不可欠。この観点からも**CCS**を有する火力発電は極めて重要な対策手段。
  
- 一方、我が国において、CCSに対して、以下の指摘・懸念あり。
  - ・CCSの導入はコストアップとなるだけであり、経済的メリットが無い。
  - ・我が国に大量のCO2を貯留する場所があるのか。
  - ・CO2貯留はリスクが高く、事業として実施できるのか。

# CCSの導入のための今後取り組むべきこと(1)

- CCSを今後本格的に導入していくためには、CCS導入の容易化、事業実施の不確実性の低減等が必要。
- 具体的には、以下の取組を実施することが必要。
  - ① **CCSのコスト削減のための技術開発の継続的な実施**
    - ・ CCS導入を容易にするためには、コスト削減が極めて重要であり、技術開発等に継続的に取り組むことが望まれる。
    - ・ 2030年頃の本格導入が見込まれる中、民間だけで技術開発を進めることは極めて困難。
    - ・ 国が主導して、技術開発の継続的な実施を進めることが必要。
  - ② **CO<sub>2</sub>貯留賦存量の把握とデータベース化**
    - ・ 関係者がCCSを本格的に導入する決断をする上で、我が国のCO<sub>2</sub>貯留賦存量を把握することが極めて重要。
    - ・ 一方、CO<sub>2</sub>賦存量の把握とデータベース化は期間と資金が必要であるため、早期の調査開始が望まれる。

## ③日本の地層を想定した経済的で安全なCCS技術の開発

- ・日本の地層には多くの断層が存在し、特性分布も不均一。
- ・このような地層に十分な貯留量を確保するには、日本の地層を想定した経済的で安全なCCS技術の開発が必要です。

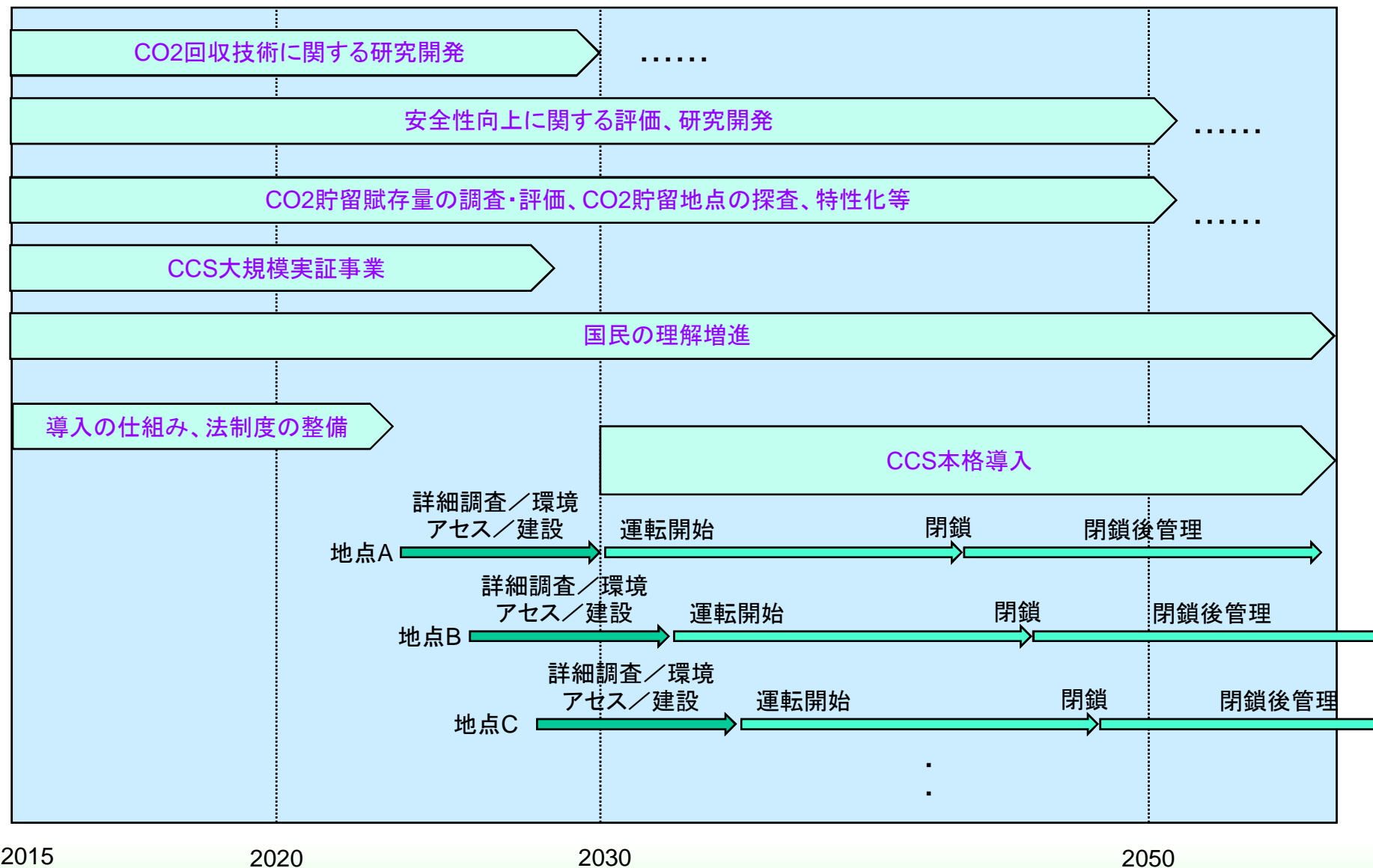
## ④CCS導入のための仕組み、法制度等の整備

- ・外部不経済である地球温暖化問題への対応に特化したCCSは、市場原理だけでは導入が困難。
- ・補助金、税制等のインセンティブ、排出権取引、規制等の仕組みを構築することが必要。

## ⑤CCSの理解増進

- ・地球温暖化対策の重要な技術であるにもかかわらず、あまり知られていない。その一方で、CO<sub>2</sub>の漏洩等の懸念がある。
- ・正確な知識を分かり易く説明する努力が重要。

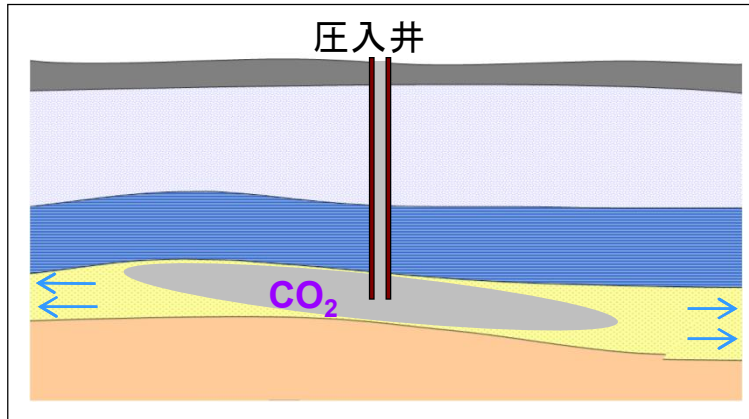
# CCSの導入のイメージ



## 4. より経済的で安全なCCS技術の検討 (SUCCESS)

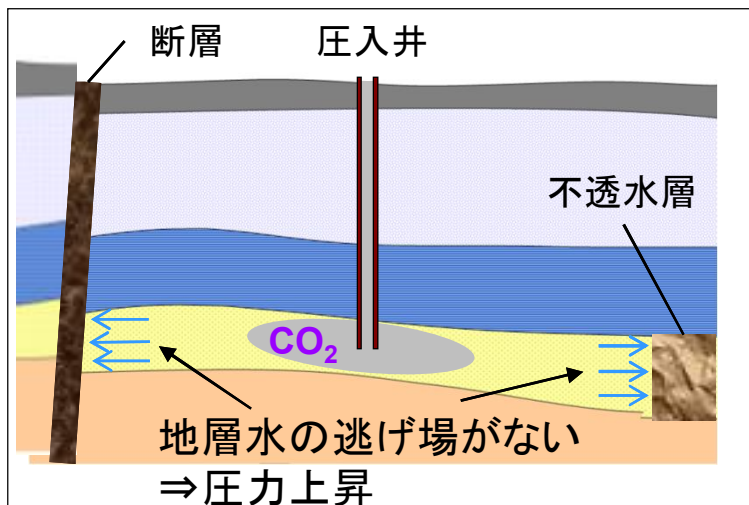


# 複数坑井システムによる貯留量確保のイメージ

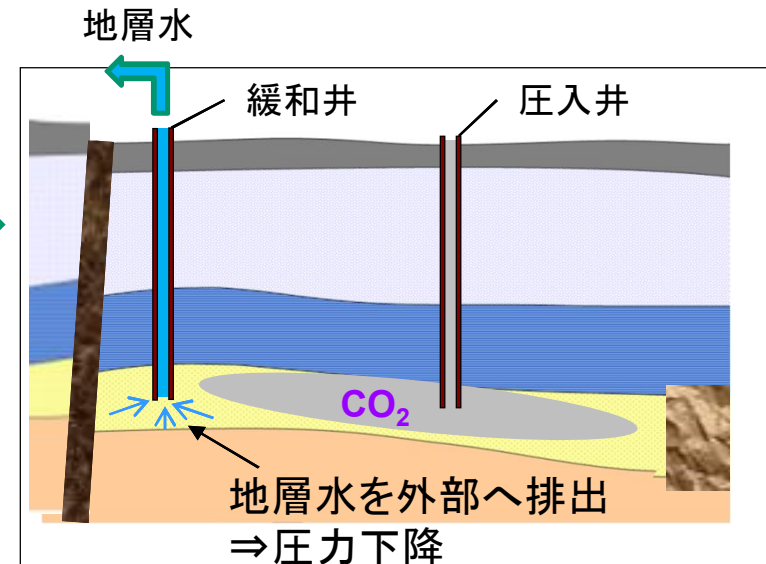
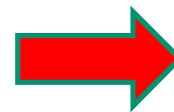


開放系の場合(断層、不透水層がない)  
地層圧上昇が小さく、貯留量を確保できる

閉鎖系の貯留層において、圧入井の他に緩和井を設けることで、本来の貯留量が確保できる



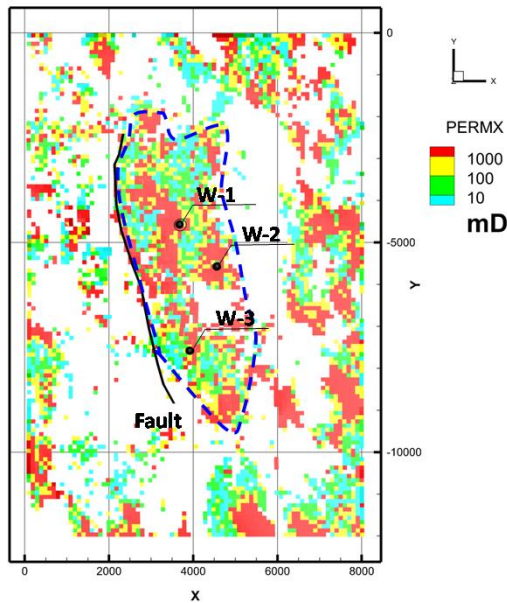
閉鎖系の場合(断層、不透水層が存在)  
貯留層で圧力上昇→貯留量の確保が不十分



閉鎖系で別に緩和井を設ける場合  
貯留層で圧力下降→貯留量確保

# 複数坑井システムの検討 数値シミュレーションによる有効性検討

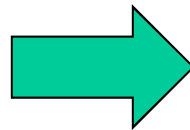
緩和井の設置は閉鎖系では極めて有効。緩和井がある場合、貯留可能量は3倍以上に増加。ただし、坑井間に導通性が無い場合は改善なし。



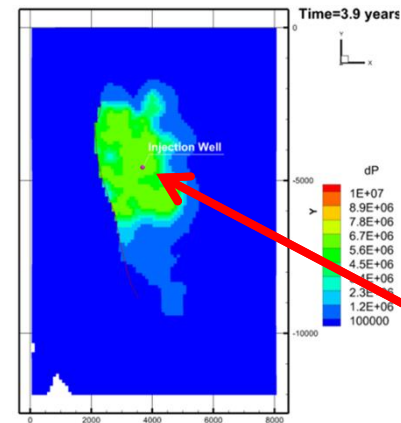
浸透率分布 (P50モデル)  
(JCCS,2014)

W-1: 圧入井  
W-2: 緩和井  
W-3: 緩和井  
(W2,3ともに高浸透率  
ゾーンに配置)

100万t/年で圧入

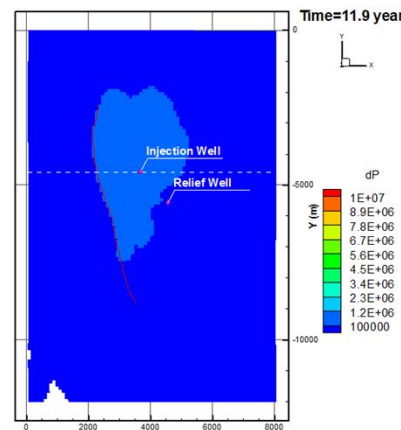


圧力増加量を算出

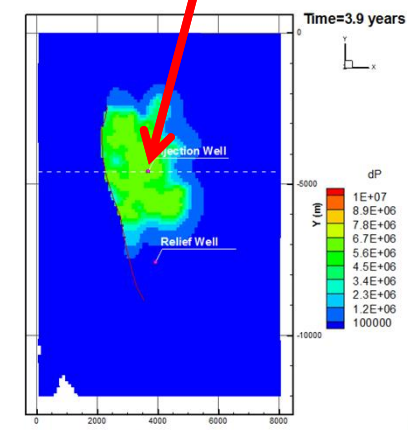


緩和井なし/4年

許容圧力  
(圧力上昇:  
6.8MPa)  
に達する



緩和井W-2/12年



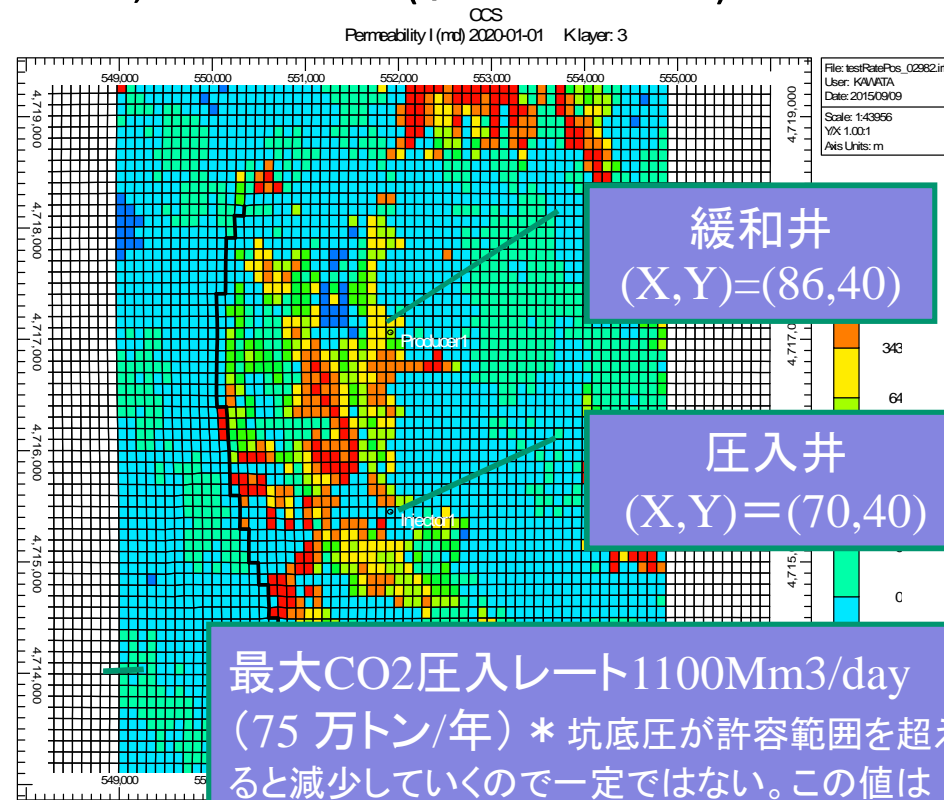
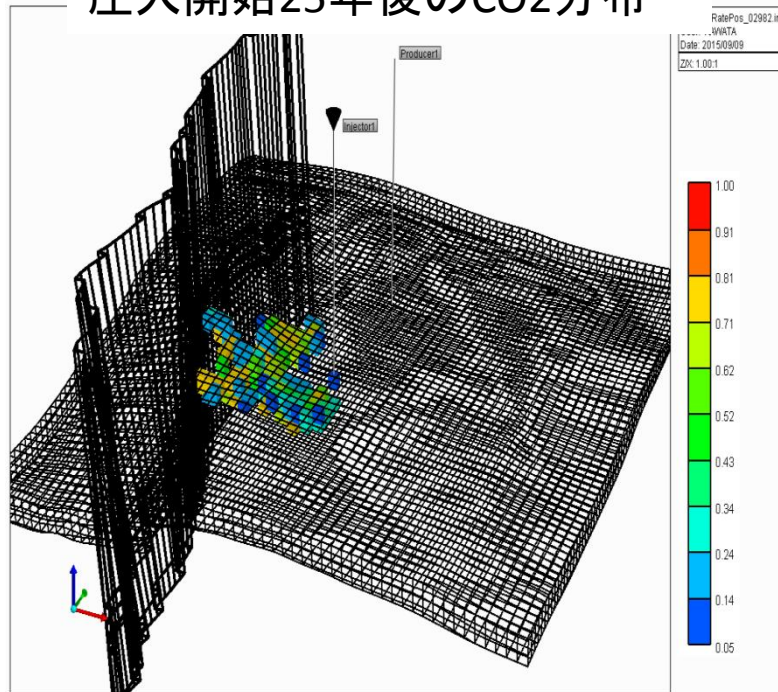
緩和井W-3/4年

出典: RITE作成

# 最適化された坑井配置と計算結果

差分進化法(Differential Evolution, DE) を用いて3450ケース計算し、最大値が得られたのは2982回目のケース  
最大化した累積CO2貯留量(25年間)は8,329MMm3 (約1560万トン)  
最低値と比べて3.3倍に増加。

圧入開始25年後のCO2分布



緩和井  
(X,Y)=(86,40)

圧入井  
(X,Y)=(70,40)

最大CO2圧入レート1100Mm3/day  
(75万トン/年) \* 坑底圧が許容範囲を超えると減少していくので一定ではない。この値は圧入レートの最大値である。

最適化された坑井配置と圧入レート

## 5. CCSの理解増進に向けたRITEの取組

# 環境教育の実践(1)

## ■ RITEの環境教育の構成

地球温暖化、CCSについての講義(セミナー)に加え、子どもたちに興味を持ってもらい、理解を深めるために、**実験**や**ゲーム**を組み合わせた授業を実施。

### セミナー

イラストやクイズを多用し、CO<sub>2</sub>の性質、温暖化のしくみ、CCSを解説



### 実験

CO<sub>2</sub>の特徴やCCSに関する実験



### ゲーム

楽しみながら温暖化問題やCCSについて理解を深める



## ■ 学校の校外学習(見学)の受け入れ

中学校2件、高校3件

⇒ 研究紹介・実験室見学に加え、温暖化・CCSの解説、実験デモ、ゲーム等

セミナー  
(温暖化&CCS)



ゲーム  
(蛇とはしご)



# 環境教育の実践(2)

## ■「地球温暖化とCCSを学ぶワークショップ」

夏休みにRITEにて、小中学生を対象にWSを計10回開催。107名が参加。内容は、**温暖化&CCSセミナー、CCS実験、ゲーム**で構成。⇒最終日は、**サイエスコミュニケーター川村康文先生(東京理科大学)**の科学実験教室も実施。



CO<sub>2</sub>の温暖化実験

## ■「けいはんな情報通信フェア2015」への出展

まほろば・けいはんなSSHサイエンスフェスティバル併催  
⇒主として、中高生をターゲットに**温暖化&CCS**について

紹介



クイズを盛り込んだ  
温暖化&CCSの解説  
ポスター

## ■CCSに関する教材の開発

グローバルCCSインスティテュート(GCCSI)より受託した「**カーボンキッズ事業**」において、オーストラリアの青少年向け教材を元にRITE独自の内容も採り入れた**CCSに関する環境教育の日本語版教材**を制作(2014年度)。

- (1)教師向け指導用テキスト (2)WS用プレゼン資料 (3)ゲーム教材 (4)科学実験手引書 (5)CCS紹介絵本



## 6. まとめ

# まとめ(1)

## 【IPCCのAR5が示唆するもの】

- ・世界の平均地上気温を安定化させるためには、究極的にはCO<sub>2</sub>の年間排出量をゼロにすることが必要。
- ・2100年にCO<sub>2</sub>濃度を430～480ppmにするシナリオ(いわゆる2°Cシナリオ)では、①2100年にCO<sub>2</sub>の年間排出量がほぼゼロ、②電力部門では、2050年にCO<sub>2</sub>の年間排出量がほぼゼロ、それ以降は負の排出となっている。
- ・選択肢が限られている中、CCSは、重要な対策オプションの一つとして、導入の促進が必要。

## 【CCSを巡る海外の動向】

- ・海外においては、米国においてCO<sub>2</sub>排出規制が制定される等の整備が進んでいる。
- ・CCSのISO化に関して、早ければ、2015年に技術報告書が、2016年に最初の国際規格が発行される予定である等、議論が着実に進んでいる。



# まとめ(2)

## 【CCS導入のために着実に進めるべき対応の方向】

- ・CCSを今後本格的に導入していくためには、①CCSのコスト削減のための技術開発の継続的な実施、②CO<sub>2</sub>貯留賦存量の把握とデータベース化、③日本の地層を想定した経済的で安全なCCS技術の開発、④CCS導入のための仕組みづくり、⑤CCSの理解増進などが不可欠。

## 【より経済的で安全なCCS技術(SUCCESS)の検討】

É緩和井の設置は閉鎖系の地層では極めて有効。数値シミュレーションによれば、緩和井がある場合、貯留可能量は3倍以上に増加。

É累積CO<sub>2</sub>圧入量を最大化する最適な坑井配置を求めるシミュレーション検討を行った。最適化により最低値と比べて3.3倍に増加。

## 【CCSの理解増進に向けたRITEの取組】

ÉRITEにおいては、CCSの理解増進のため、CCSに関する教材の作成、小学生から高校生の見学対応、出前授業などの取組を行っている。

**ご清聴ありがとうございました**

公益財団法人 地球環境産業技術研究機構

Research Institute  
of  
Innovative Technology for the Earth