

# IPCC報告書と 二酸化炭素の回収・貯留

産業技術総合研究所  
エネルギー技術研究部門  
エネルギー社会システムグループ  
西尾匡弘

1

## IPCCとは

### ● IPCCとは？

➢ 国連環境計画(UNEP)・世界気象機関(WMO)により  
**1988年に設立**された政府間機関。1990年の第一次評価報告書に始まり、1995年、2001年に評価報告書を発行。今年発行されるのは、第四次評価報告書となる。

### ● IPCCの任務：

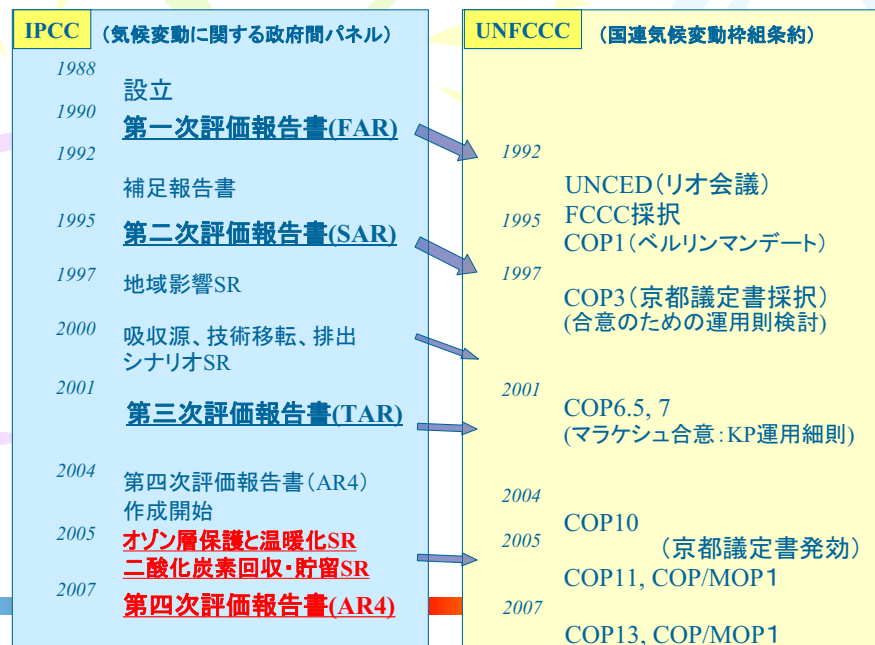
#### 「気候変動に関する最新の科学的知見の評価」

➢ 世界各国の研究者の参加のもと、地球温暖化に関する科学的・技術的・社会経済的な評価を行い、得られた知見を政策決定者を始め広く一般に利用してもらうこと。

※ただし、IPCCは設立以来、前提として、**政策的に中立であり特定の政策の提案を行わない**、という科学的中立性を重視している。

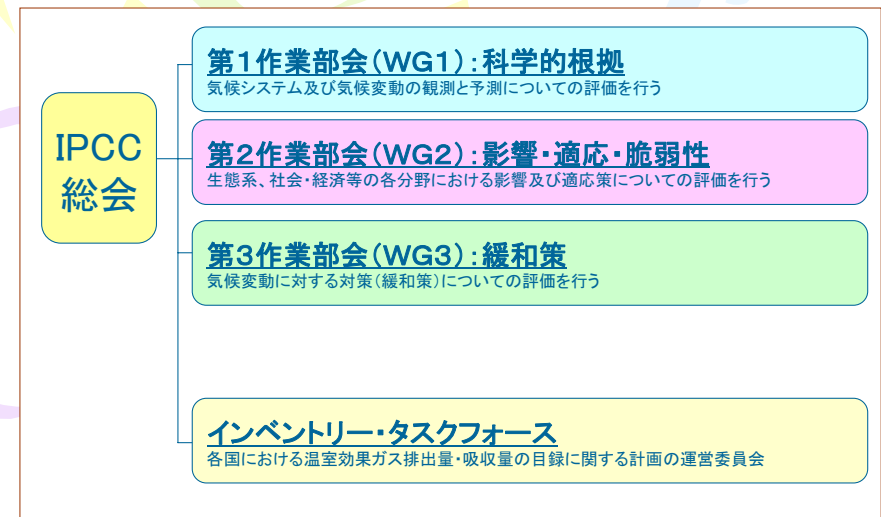
2

## IPCCの歴史とUNFCCCとの関連



3

## IPCCの組織と概要



4

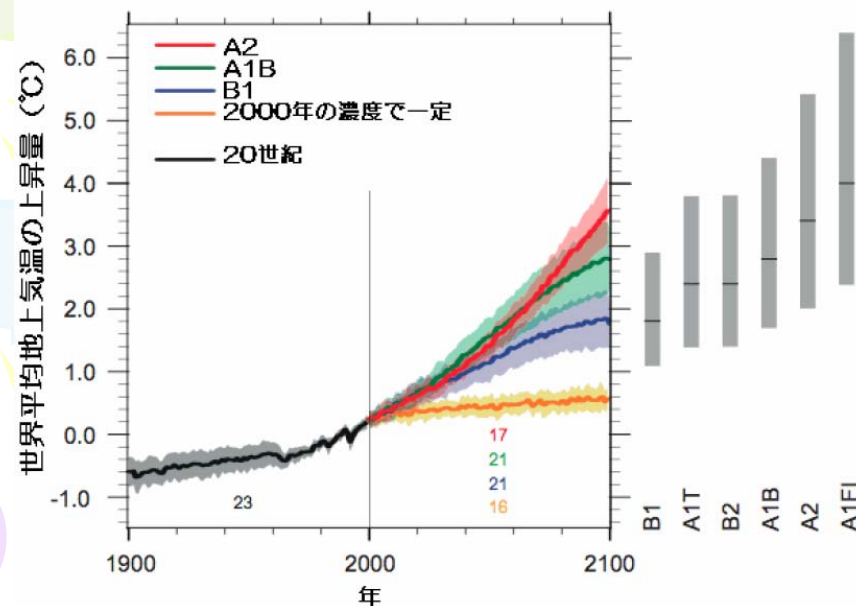
## 第一作業部会第四次評価報告書概要

2007年1月29日～2月1日:

第一作業部会総会(フランス・パリ)で審議・採択

- 気候システムの温暖化が生じていると断定。
- 温暖化の原因は、人為起源の温室効果ガス排出によるものとほぼ断定。(TARでは「可能性が高い」としていたもの)
- 気候感度の下限を1.5°Cから2°Cに修正。  
最適予測値も3.2°Cに上方修正。(550ppmで平衡に達すると最低でも2°Cの気温上昇が見込まれる)
- 2030年までは、どのシナリオでも10年間に0.2°C上昇。
- 熱帯低気圧は、発生数は減少するも強度が強まると予測。
- 二酸化炭素濃度の上昇より、海洋表層の酸性化の進行を指摘。(温暖化以外の直接影響を初めて指摘)

## 全球平均気温上昇予測



## 第二作業部会第四次評価報告書概要

2007年4月2日～4月5日:

第二作業部会総会(ベルギー・ブリュッセル)で審議・採択

- 全ての大陸といくつかの海洋における、多くの自然システムは、地域の気候変動(温度上昇)の影響を受けている
- 人間の活動に起因する温暖化が、世界的なレベルで多くの物理的、生物学的システムに識別できる影響を持っている
- 「影響」については、現在、より組織的に、分野あるいは地域ごとに予測が可能となった
- 長期的には、温暖化の影響は自然と人間の適応力を超えると予測。適応策と緩和策を組み合わせる必要がある
- 全球平均気温の上昇が1990年レベルから1~3°C未満では、ある影響はある場所のあるセクターに便益をもたらす、別の影響は別の場所の別のセクターにコストを要すると予測
- 気温の上昇が約2~3°C以上である場合には、全ての地域は正味の便益の減少か正味のコストの増加のいずれかを被る可能性が非常に高いと予測
- 第3次評価報告書で報告された、4°Cの温暖化が起こると、全球平均損失はGDPの1~5%となり得るとい証拠を再確認

## AR4 WG3報告書アウトライン

- イントロダクション
- 枠組み
- 長期的な視点での緩和問題

- エネルギー供給
- 輸送と輸送インフラ
- 住居/商業
- 産業
- 農業
- 林業
- 廃棄物処理

セクター別の評価を採用

- 分野横断的な観点からみた緩和措置
- 持続可能な発展と緩和
- 政策、手法及び協力協定

## 第三作業部会第四次評価報告書の概要

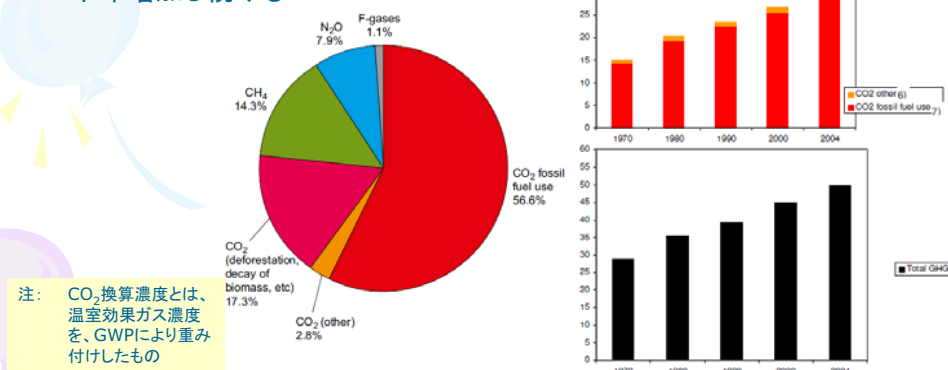
2007年4月30日～5月4日：  
第三作業部会総会(タイ・バンコク)で審議・採択

- GHGの低濃度安定化には早期着手が必要
  - 500ppm程度の安定化には、現状からの漸減が必要
  - 緩和による経済影響は、最大でGDPの数%の損失
- セクター毎の短中期的な緩和について評価
  - 二酸化炭素1tあたり100\$までのコストを想定し、各セクターに相応のポテンシャルがあると評価
  - 原子力、CCSなど現実的なオプションに言及
- 政策措置や手法についても記述
  - 炭素価格は一つの重要なインセンティブ
  - 日本の自主行動計画、トップランナー方式などに一定の評価
- 各種の対策技術、政策措置の緩和策はあるが切り札はない
  - 省エネや非CO<sub>2</sub>削減に低コストで大きなポテンシャルがある
  - 多様かつ網羅的な対応が求められることを示唆。

9

## 温室効果ガス排出量の動向

- 温室効果ガスの排出量は、産業革命以降増加
- 2004年の排出量は490億トン(CO<sub>2</sub>換算)。1970年比で70%増
- 追加的な政策がなければ、今後数十年増加し続ける



10

## 二酸化炭素の排出増の要因

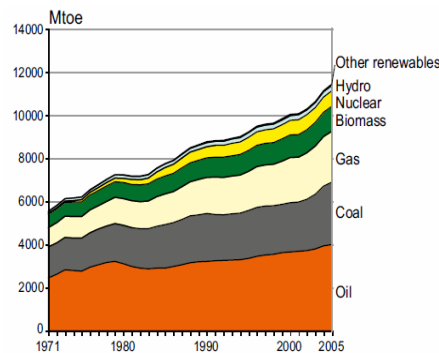
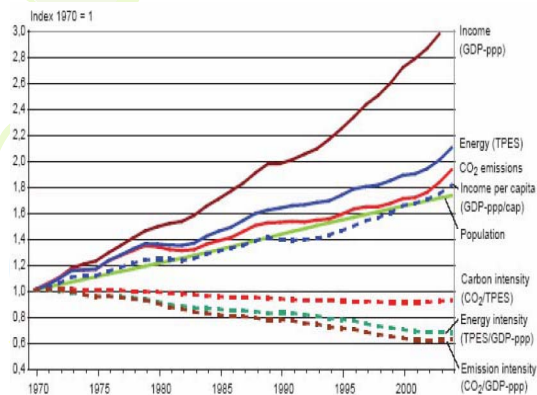


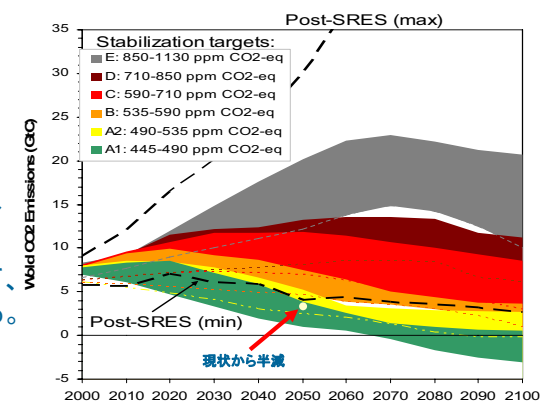
Figure TS.13: World primary energy consumption by fuel type. (Figure 4.5).

- 排出原単位は減少しているものの、人口や所得の伸びに相殺されて、CO<sub>2</sub>の排出量は増加。
- 全体のエネルギー消費の伸びの大半は化石資源由来

11

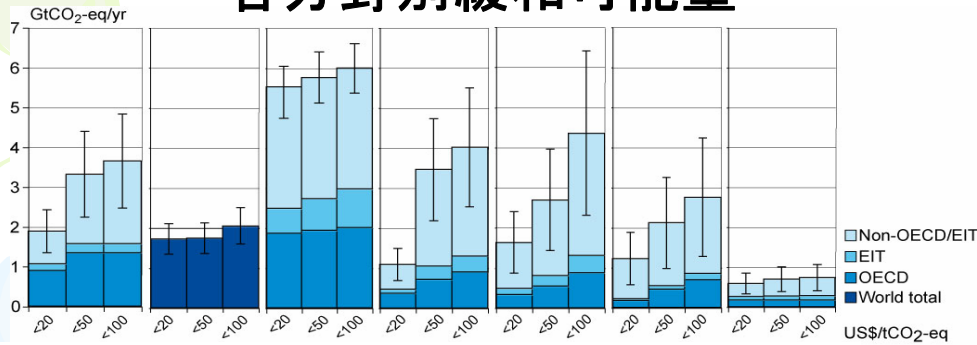
## 各濃度安定化目標への排出パス

- 長期的な安定化のためには、世界の温室効果ガス排出量がどこかでピークを迎え、その後減少させる必要がある。
- 目標とする安定化レベルが低いほど、このピークと減少を早期に実現しなければならず、今後20～30年間の緩和努力によって、長期的な気温上昇とそれに対応して、回避できる影響がほぼ決定される。
- 安定化レベルを低く設定したシナリオでは、再生可能エネルギー、原子力などの低炭素エネルギーの活用、そしてCO<sub>2</sub>回収貯留に重点が置かれる。



12

## 各分野別緩和可能量



エネルギー供給	輸送	建築物	産業	農業	林業	廃棄物
100米ドル/tCO <sub>2</sub> -eq以下のポテンシャル	100米ドル/tCO <sub>2</sub> -eq以下のポテンシャル	100米ドル/tCO <sub>2</sub> -eq以下のポテンシャル	100米ドル/tCO <sub>2</sub> -eq以下のポテンシャル	100米ドル/tCO <sub>2</sub> -eq以下のポテンシャル	100米ドル/tCO <sub>2</sub> -eq以下のポテンシャル	100米ドル/tCO <sub>2</sub> -eq以下のポテンシャル
24-47億トン(CO <sub>2</sub> 換算/年)	16-25億トン(CO <sub>2</sub> 換算/年)	53-67億トン(CO <sub>2</sub> 換算/年)	25-55億トン(CO <sub>2</sub> 換算/年)	23-64億トン(CO <sub>2</sub> 換算/年)	13-42億トン(CO <sub>2</sub> 換算/年)	4-10億トン(CO <sub>2</sub> 換算/年)

- ポテンシャルは先進国にも存在するが、概して途上国の方が大きい。
- エネルギー供給では、主として燃料転換が寄与
- 省エネルギーの寄与は総じて大きい

## 各個別分野の緩和ポテンシャル-1

## ●エネルギー供給:

- 途上国への新規供給投資、先進国でのインフラの改善、エネルギー安全保障関連政策により温室効果ガスの排出削減機会がとられる。
- 将来のエネルギーインフラに対する投資の意志決定は、温室効果ガスの排出量に長期的な影響を及ぼす。
- エネルギー需要を満たすためエネルギー供給量を増加するよりも、最終エネルギー効率の向上に投資する方が安価である場合が多い。
- 現在関心が高まりつつある新規の石炭火力発電所にどれだけ早くCCSを装備できるかも重要。
- 原子力は、現状でも電力供給の16%を占め、2030年の時点でも18%を占める可能性が高い。(50\$/tCO<sub>2</sub>)

## 各個別分野の緩和ポテンシャル-2

## ●運輸:

- 排出量の増加は最終消費部門で最も大きい。
- 燃費向上はコストを節約する効果があるが、消費者は他の観点からも判断するので、燃料コストなど市場の力だけでは大幅な削減に結びつかない。

## ●建築(民生機器を含む):

- 高効率化オプションで、コストを生じさせずに2020年までに30%CO<sub>2</sub>を削減できる可能性がある。これには障壁も大きいですが共同便益も大きい。

## 各個別分野の緩和ポテンシャル-3

## ●農業:

- 農業を実施することで、低コストでの土壌吸収源の拡大や、バイオエネルギーに貢献できる可能性がある。
- 緩和ポテンシャルの90%は土壌炭素の管理による。

## ●林業(森林):

- 低コストで、排出量の削減及び吸収量の増加の両方に大きく貢献することが可能。
- 緩和ポテンシャルの65%以上が熱帯にあり、また合計量の50%が森林減少の削減と劣化の防止で達成可能。

## ●廃棄物:

- 全体の寄与は小さいものの低コストでのGHG排出削減が可能であり、持続可能な開発も促進する。

## 大きな削減可能性を持つ緩和技術-1

部門	現在商業化されている主要な緩和技術	2030年までに商業化されると期待される主要な緩和技術
エネルギー供給	燃料転換; 原子力発電; 再生可能エネルギー(水力、太陽光、風力など); CCSの早期適用(例、天然ガスから分離したCO <sub>2</sub> の貯留等)	ガス、バイオマス、石炭を燃料とする発電所での炭素回収貯留(CCS)、先進的原子力技術、潮汐発電、波力発電、太陽電池など先進的再生可能エネルギー
運輸	ハイブリッド車、バイオ燃料、公共交通システムへのモーダルシフト、動燃機関以外の交通手段(自転車、徒歩)	第二世代バイオ燃料、高効率航空機、強力かつ信頼性の高い電池を利用する電気自動車およびハイブリッド車
建築	高効率照明、高効率な機器利用、代替冷媒、フロンガスの回収と再利用	統合的太陽電池による電力、高性能な計測器、建築物に統合された太陽電池などの技術により商業ビルを総合設計する

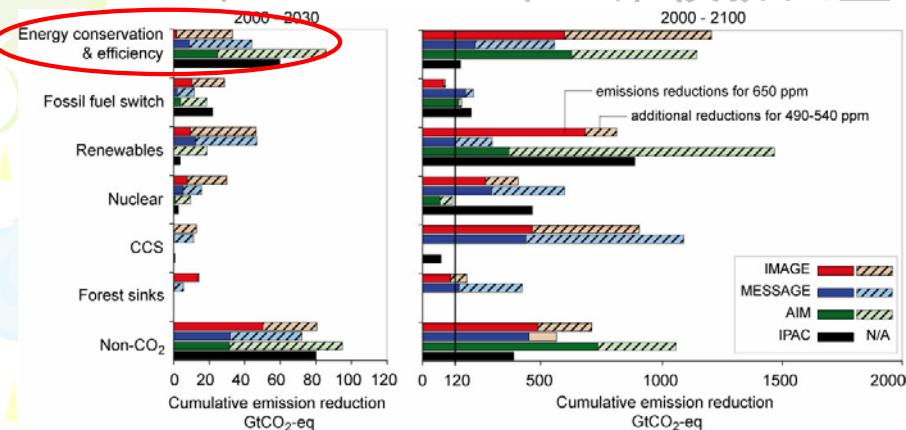
17

## 大きな削減可能性を持つ緩和技術-2

部門	現在商業化されている主要な緩和技術	2030年までに商業化されると期待される主要な緩和技術
産業	熱および電力の回収、材料の再利用と代替、CO <sub>2</sub> 以外のガス排出量の制御	先進的なエネルギー効率化、セメント、アンモニア、鉄鋼の製造でのCCS
農業	土壌炭素貯留量増加のための作物耕作、放牧用の土地の管理方法改善、CH <sub>4</sub> 排出量削減のための家畜および堆肥の管理方法の改善	作物生産の向上
林業・森林	新規植林、再植林、森林管理、森林減少の削減	バイオマス生産のための樹種改良、土地利用の変化の地図化のためのリモートセンシング技術の向上
廃棄物	埋立地メタンの回収、廃棄物焼却によるエネルギー回収、有機廃棄物の堆肥化、廃棄物の再利用、最小化	CH <sub>4</sub> 酸化を最適にするバイオカバーとバイオフィルター

18

## 2000年から2100年の累積排出量



- 最重要な削減策は、省エネルギー：我が国の強みを発揮させる戦略の必要性
- 短期的には、非CO<sub>2</sub>削減が有効：我が国では大きな削減は期待薄
- 原子力も重要なオプション：今後の拡充が可能か？
- 再生可能エネルギー、原子力、CCSは見解に相違

19

## 気候変動緩和の政策、手法

- 広範な開発政策への気候政策の組み込み
- 規制と基準
- 税金および課徴金：
- 排出権取引制度
- 資金インセンティブ(補助金と税金控除)
- 産業界と政府の自主協定
- 情報手法(例えば啓蒙活動)
- 研究開発／普及

政策措置は、中立的に列挙。特定のことを推奨しているわけではない

20

● 政策、措置、手法

- 「炭素価格」がプラスである場合、低炭素の製品や技術、プロセスに投資を行うインセンティブが生産者及び消費者の間に生まれる。しかし、直接的な政府の財政支援や規制による追加的なインセンティブも重要である。
- 温室効果ガスの排出緩和を促すインセンティブは多種多様であるが、いずれの手法にも利点と欠点が存在する。
  - 規制措置、税金・課徴金、排出権取引制度、自主協定、自主行動、資金インセンティブなど。

● 持続可能な開発と気候変動の緩和

- 開発経路を、より持続可能な開発の方向に向けるなら、気候変動の緩和にも大きく貢献する可能性がある。

AR4のメッセージ

● WG1: 自然科学的根拠

- 気候変動が生じていることに疑いの余地がない
- 人為起源の温室効果ガスの排出に起因している

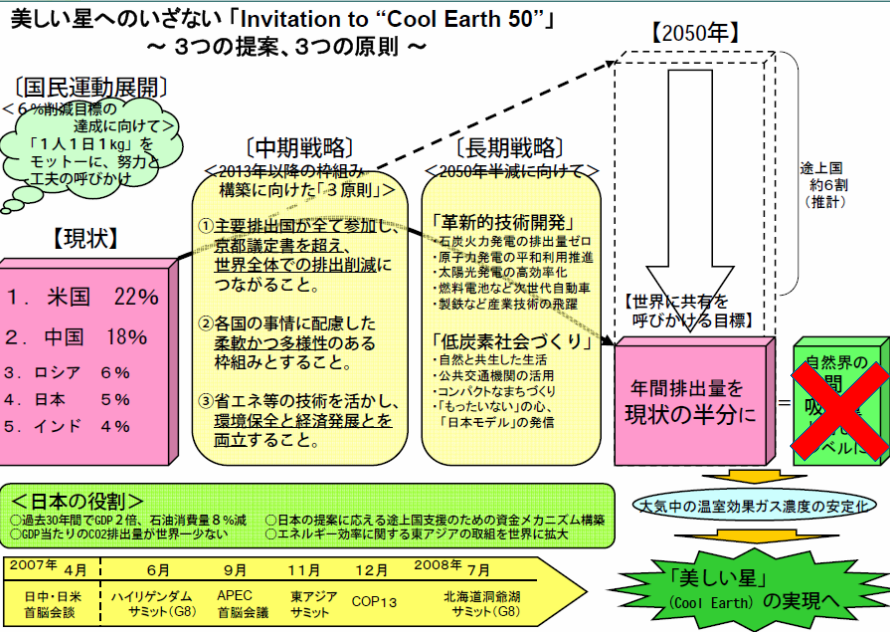
● WG2: 影響・適応・脆弱性

- 世界のあらゆるセクターに気候変動の影響

● WG3: 気候変動の緩和策

- 追加的な対策がなければGHG排出は増加
- あらゆるセクターで削減の可能性

美しい星へのいざない



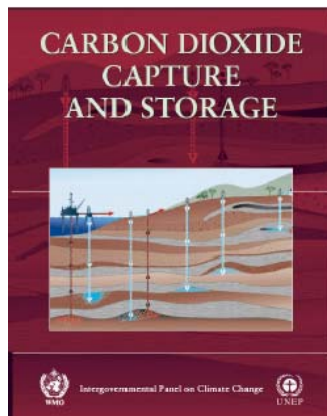
CO2の大幅削減に向けた革新的技術の例

1. 革新的ゼロ・エミッション石炭火力発電  
石炭ガス化発電の高効率化とCO2の回収・貯留(CCS)を組み合わせることにより、世界の排出量の3割を占める石炭火力発電からの排出をゼロに。
2. 先進的な原子力発電  
次世代軽水炉、中小型炉、高温ガス炉、高速増殖炉(FBR)の開発・実用化により、ゼロ・エミッションの原子力発電を大幅に拡大。
3. 高効率で低コストな革新的太陽光利用技術  
太陽光発電の変換効率を飛躍的に向上させ、火力発電並の経済性を実現するとともに、蓄電池を大容量化、低コスト化。
4. 水素をエネルギー源として利用するための革新的技術  
燃料電池の低コスト化と高効率化により、燃料電池車が大幅に普及。これにより、世界の排出量の2割を占める自動車からの排出をゼロに。
5. 超高効率な省エネルギー技術  
コークスの一部代替に水素を還元材として用いた製鉄技術により、製鉄プロセスからの排出を大幅削減する等、生産プロセス・機器等の超高効率化により大幅な省エネ・低炭素化を実現。

# 二酸化炭素の回収・貯留に関する特別報告書

## 目次

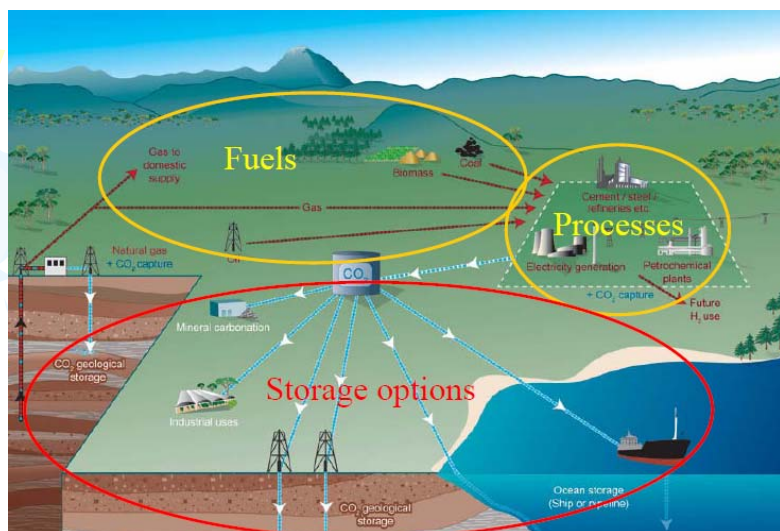
- 1章: 序章
- 2章: 排出源
- 3章: 回収
- 4章: 輸送
- 5章: 地中貯留
- 6章: 海洋隔離
- 7章: 炭酸塩化と工業的利用
- 8章: コストと市場ポテンシャル
- 9章: 回収貯留技術の温暖化ガス排出インベントリと算定の役割
- 10章: 知識とのギャップ



# IPCCにおける隔離技術の取扱い

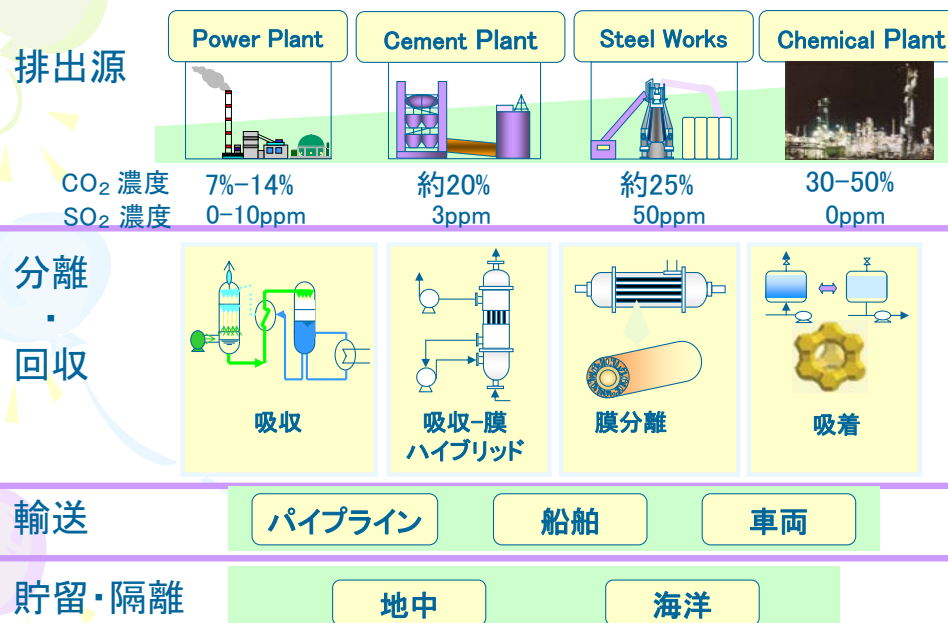
- 1995年の第二次評価報告書の時点でも、オプションとして考慮
  - ただし、将来技術としての取扱い。
- 2001年の第三次評価報告書でも第二次評価報告書と同様の評価。
- 2002年、UNFCCCは、「地中貯留技術に関する技術報告書」の作成をIPCCに要請。(サウジアラビアの提案)
- 2005年に「二酸化炭素の回収・貯留」に関する特別報告書を発行
  - 単一の**技術を取り上げた、IPCCで初の報告書**となる。
- 2006年に改訂された、「国別排出インベントリガイドライン」の中では、地中隔離技術に関するガイドラインが盛り込まれた。
- 2007年に発行された「第四次評価報告書」においては、**中長期シナリオ**の中で用いられる緩和オプションとして位置づけられる。

# 二酸化炭素の回収・貯留概念



SBSTA24 IPCC WG3講演資料

# CO<sub>2</sub>発生源と分離・回収・貯留の全体システム



# 世界の大規模固定排出源の内訳

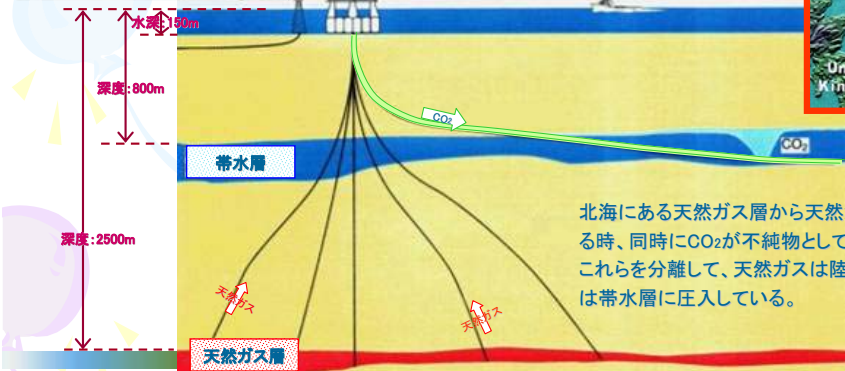
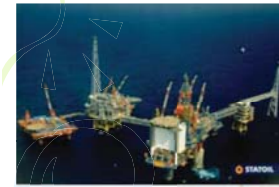
(年間10万トン以上を対象)

プロセス	施設数	排出量(Mt CO <sub>2</sub> /年)
<b>化石燃料</b>		
発電(石炭、ガス、石油他)	4,942	10,539
セメント製造	1175	932
石油精製	638	798
鉄鋼	269	646
石油化学	470	379
石油およびガス処理	N/A	50
その他の排出源	90	33
<b>バイオマス</b>		
バイオエタノール及びバイオエネルギー	303	91
<b>合計</b>	<b>7,887</b>	<b>13,466</b>

出展: IPCC特別報告書

# ノルウェーのCO<sub>2</sub>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)  
 CO<sub>2</sub>圧入期間: 20年間を予定  
 CO<sub>2</sub>圧入量: 100万t-CO<sub>2</sub>/年  
 ※別途、CO<sub>2</sub>モニタリングのためのPJ(SACSプロジェクト)を1998年~実施



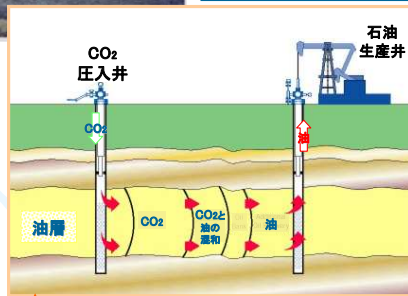
北海にある天然ガス層から天然ガスを採掘する時、同時にCO<sub>2</sub>が不純物として混じっている。これらを分離して、天然ガスは陸へ輸送、CO<sub>2</sub>は帯水層に圧入している。

参考: <http://www.ieagreen.org> 30

# カナダのCO<sub>2</sub>-EORの実証事例



事業主体: 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)  
 CO<sub>2</sub>圧入期間: 20年間を予定  
 CO<sub>2</sub>圧入量: 100万t-CO<sub>2</sub>/年  
 ※別途、CO<sub>2</sub>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、CO<sub>2</sub>を圧入することによって、油の粘性が弱まり、油の回収がしやすくなります。



カナダでは、大量のCO<sub>2</sub>を排出しているアメリカの工場からCO<sub>2</sub>だけを輸送して、CO<sub>2</sub>貯留をするのと同様に、油の回収率を高めています。

参考: <http://www.ieagreen.org/>

# In Salah CO<sub>2</sub> 貯留プロジェクト

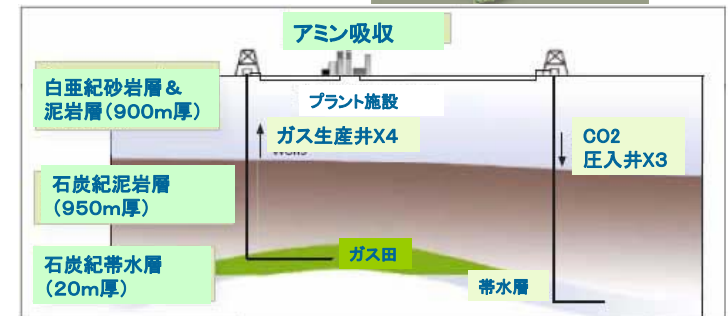


- 国営炭化水素公社ソナトラック社、BP社、スタットオイル社のジョイントベンチャー  
 - アルジェリア国内の複数のガス田から最高10%のCO<sub>2</sub>を含む天然ガスを回収するプロジェクト



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

- 年間100万tのCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>を地中貯留



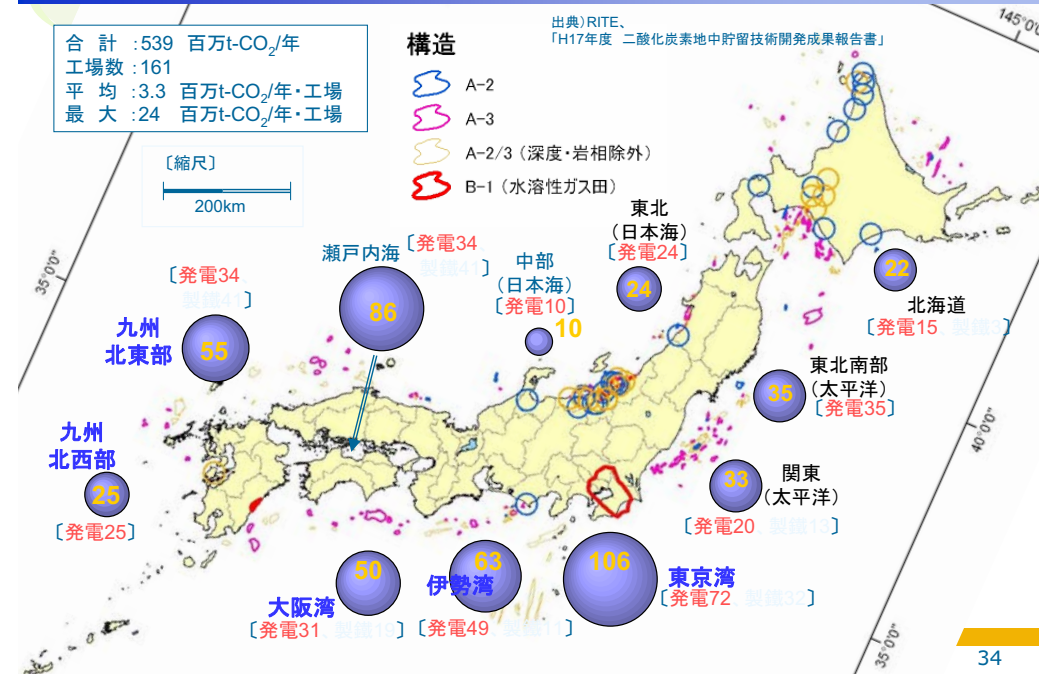
<http://www.zero.no/fossil/co2/prosjekter/eksisterende/200410161451>



# 欧州ゼロ・エミッション化石燃料発電所:



# 大規模排出源と貯留層のマッチング



# CO<sub>2</sub>隔離技術概念図

