

エネルギー会第120回運営委員会

座談会話題提供

「石炭クリーン化技術、メタンハイドレード」

1. 石炭をガス化して発電
2. 二酸化炭素を回収し固定化
3. メタンハイドレードの可能性

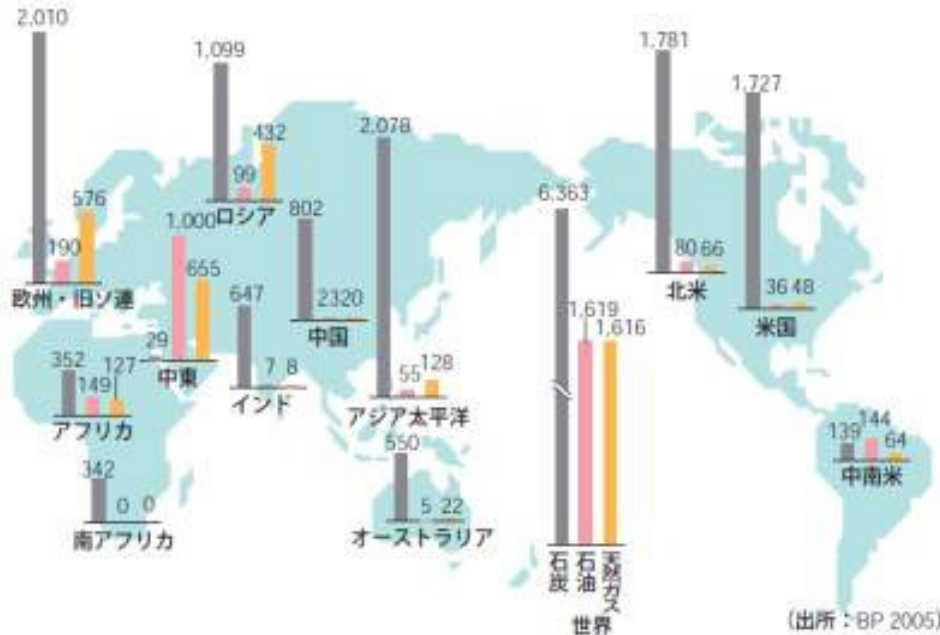
2012年3月7日

金氏 顕

1. 石炭をガス化して発電

化石燃料の埋蔵量およびCO2発生量

単位:石油換算億トン



項目	天然ガス	石油	石炭
CO ₂ 発生量 (発熱量当たり)	60%	80%	100% (ベース)
燃料主成分 (C:H重量比)	メタン CH ₄ (75:25)	ベンゼン C ₆ H ₆ (85:15)	CH ₂ (95:5)
可採年数	約60年	約40年	約130年

出典:BP Statistical Review of World Energy (2008)

資源	石炭		石油		天然ガス	
	埋蔵量	生産量 (2006)	埋蔵量	生産量 (2006)	埋蔵量	生産量 (2006)
1	米国	中国	サウジ	サウジ	ロシア	ロシア
2	ロシア	米国	イラン	ロシア	イラン	米国
3	中国	インド	イラク	米国	サウジ	イラン

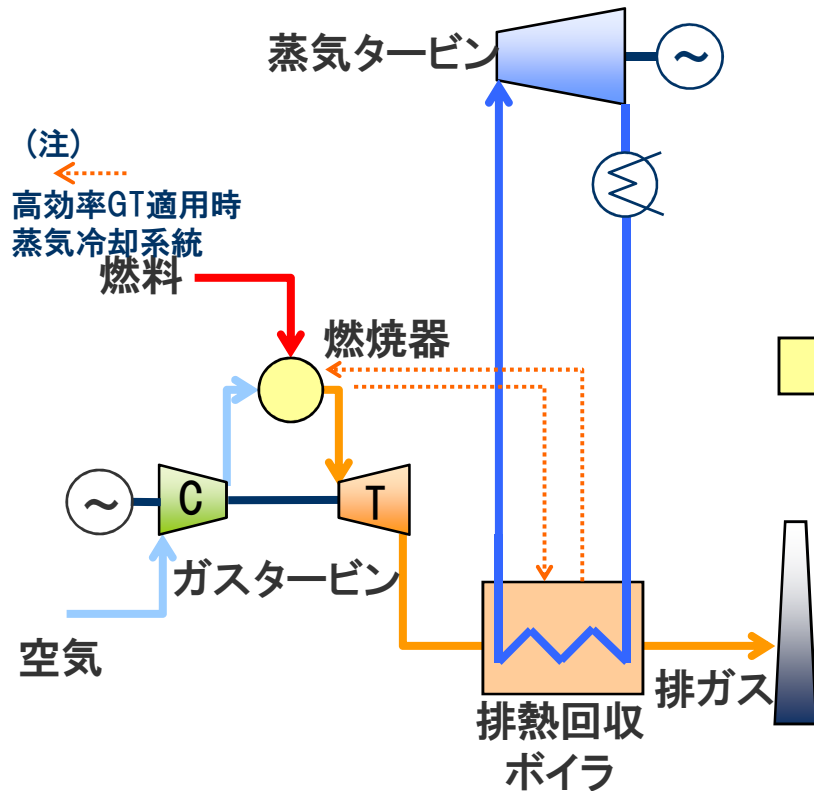
豊富かつ偏在していない
廉価な石炭の有効利用

CO₂発生量の多い石炭では高効率化、
更にCO₂回収が必要⇒ I G C C

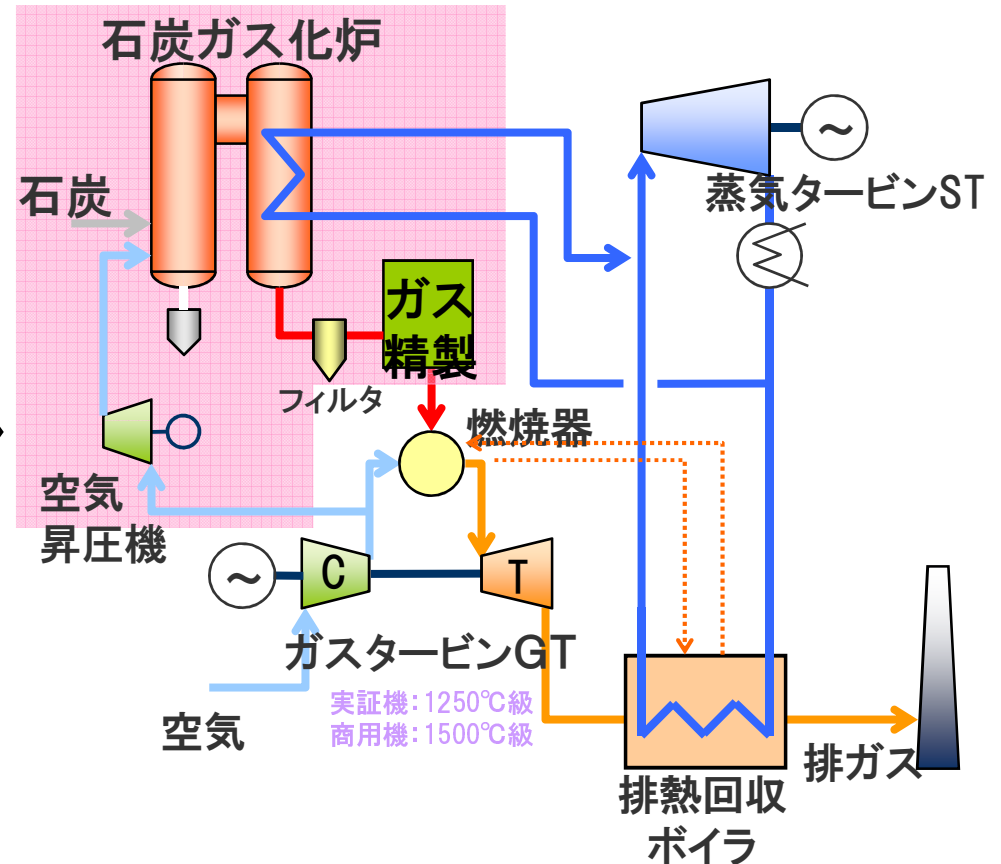
なぜIGCC?①

石炭を用いた高効率火力発電方式

高効率火力発電(クリーンな天然ガス)



高効率火力発電(石炭)



コンバインドサイクル(C/C)

IGCC(石炭ガス化複合発電)

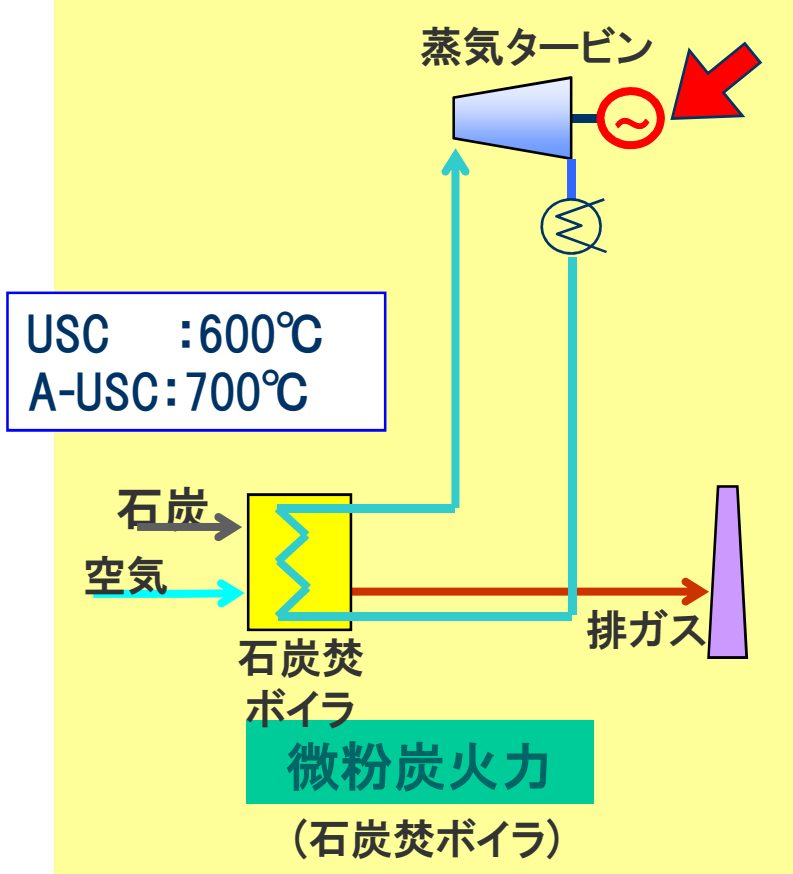
IGCC(Integrated coal Gasification Combined Cycle) 石炭ガス化複合発電

①石炭焼きUSC

→ 高効率化

発電は1回

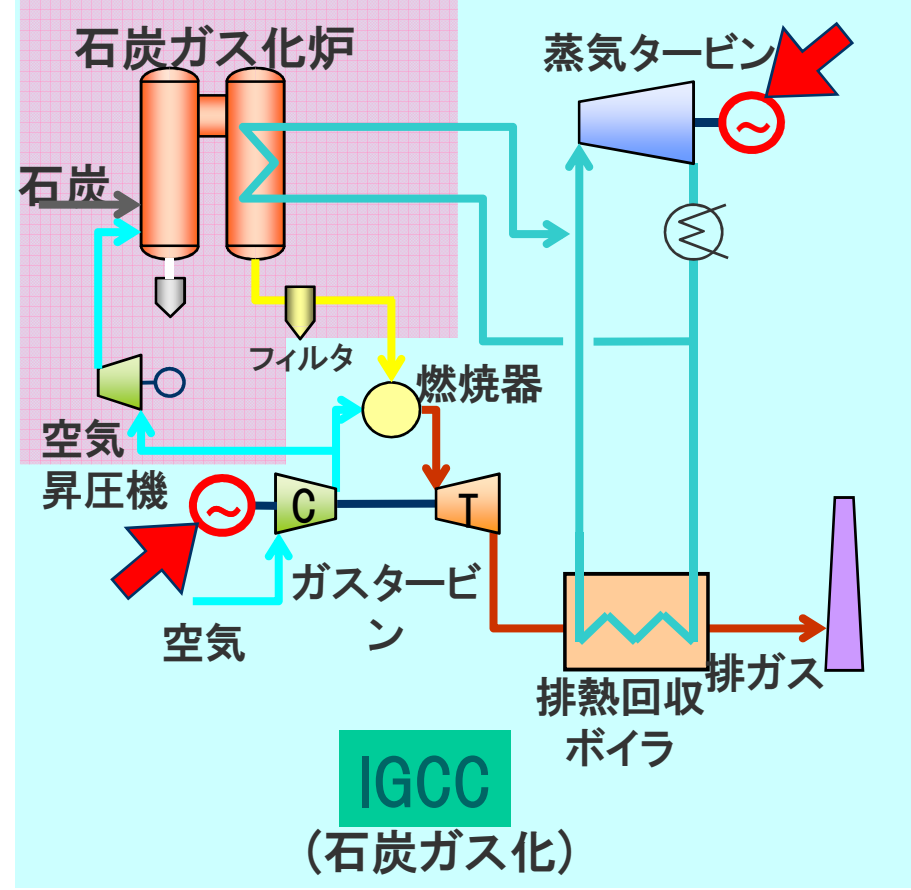
(ランキンサイクル)



②石炭ガス化複合発電 (IGCC)

発電は2回

(ランキンサイクル+ブレイトンサイクルのコンバインドサイクル)



高効率天然ガス複合発電の出現で天然ガスボイラは消滅。しかし、石炭はガスタービンで使用困難 ⇒石炭ガス化複合発電

なぜIGCC?② 環境にやさしい灰処理



石炭火力
 フライアッシュ
 (粉状)

IGCC
 スラグ
 (ガラス質)

容積 100%(ベース) → 非溶出性・容積 40%

スラグ化のメリット

- ・ 灰捨て場の面積低減 (容積減)
- ・ 灰処理費の低減 (非溶出性、管理が容易)
- ・ 灰の有効利用 (舗装細骨材等に利用可能)



フライアッシュ
 (従来石炭火力)

ガラス状スラグ
 (IGCC)



道路舗装のアスファルトへの利用

なぜIGCC?③

低品位炭など幅広い炭種適用性

豊富な石炭：適用炭種拡大によるエネルギーセキュリティ確保

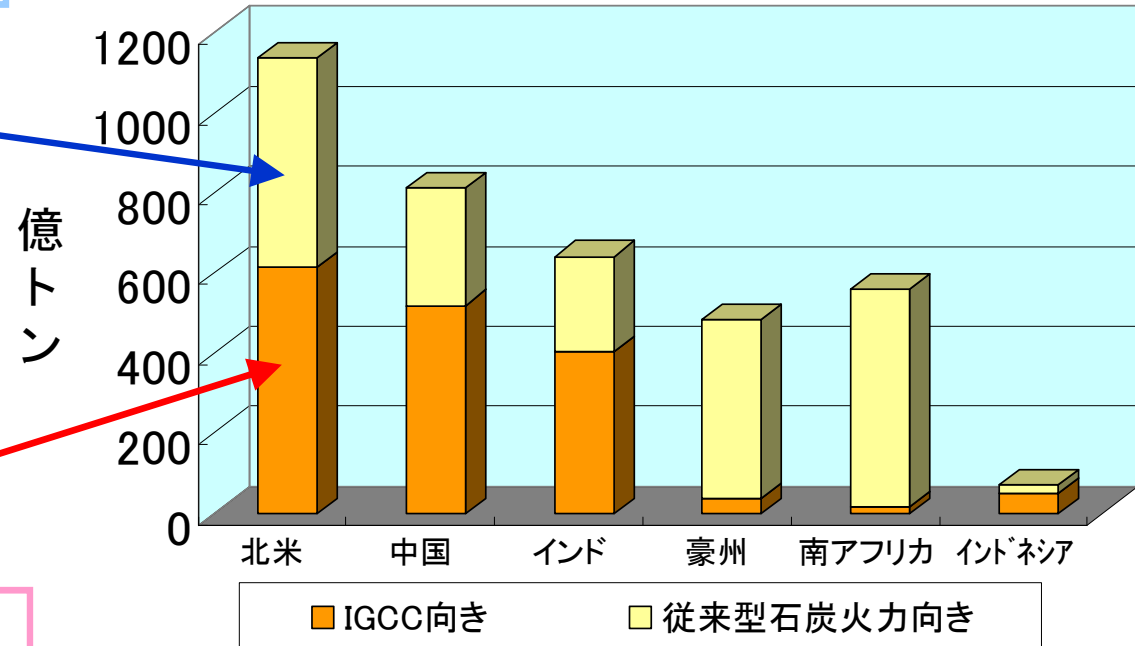
高灰融点炭を使用することにより、ボイラの壁に溶融灰が付着して伝熱障害を起こすのを防ぐ。

微粉炭火力向き
高灰融点炭

新たに利用可能
低灰融点炭

低灰融点炭を使用することにより、ガス化炉から溶融スラグとして石炭灰が排出される。

＜日本に輸入可能な石炭量＞



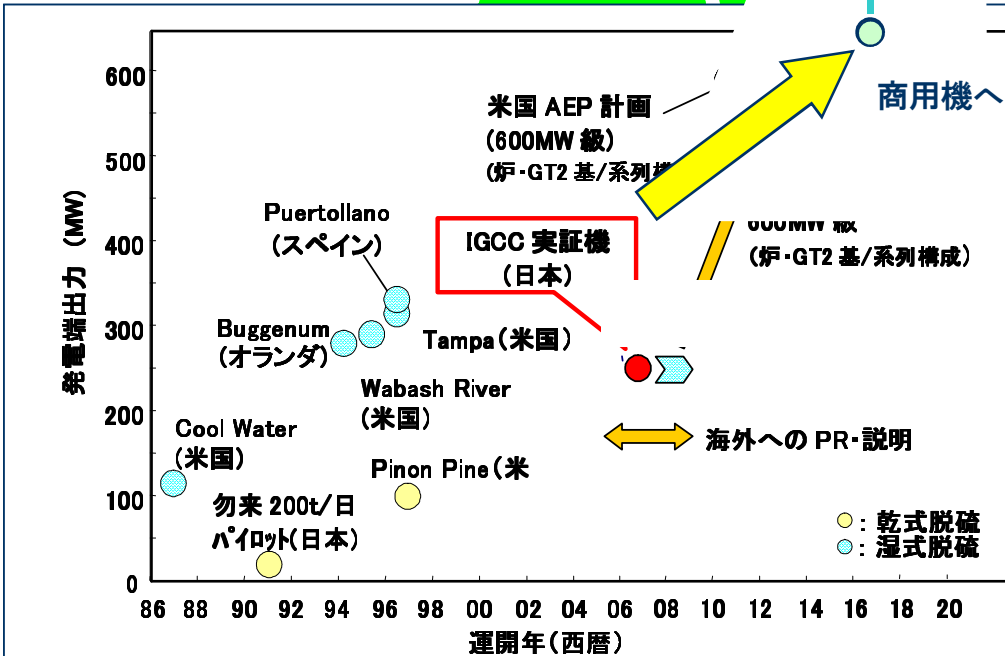
世界の主要なIGCC先行機

Puertollano(スペイン)
 318MW 1997運開

Buggenum (オランダ)
 284MW 1994運開

Wabash River(米国)
 296MW 1995運開

Tampa(米国)
 315MW 1996運開



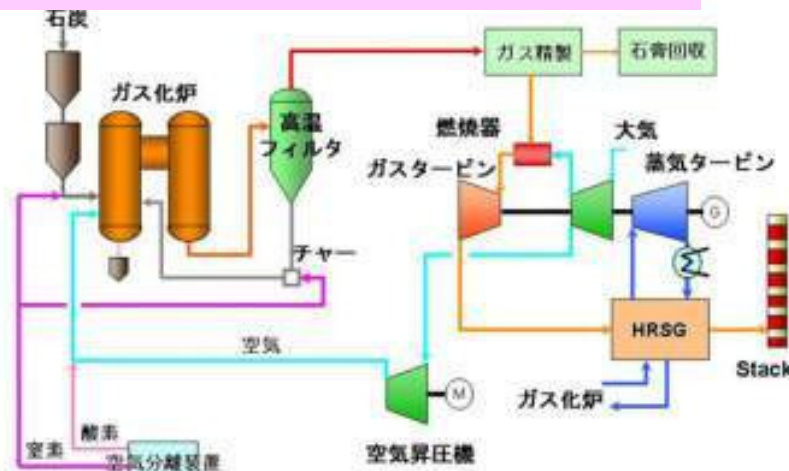
CCP研究所 (日本)実証機
 250MW 2007試験開始

勿来のIGCCの紹介

- 実証機では、安定した運転を確認し、送電端効率を始め各種性能は計画値以上であることを確認中。
- 累積運転時間10,500時間超え。



M社IGCCシステム構成

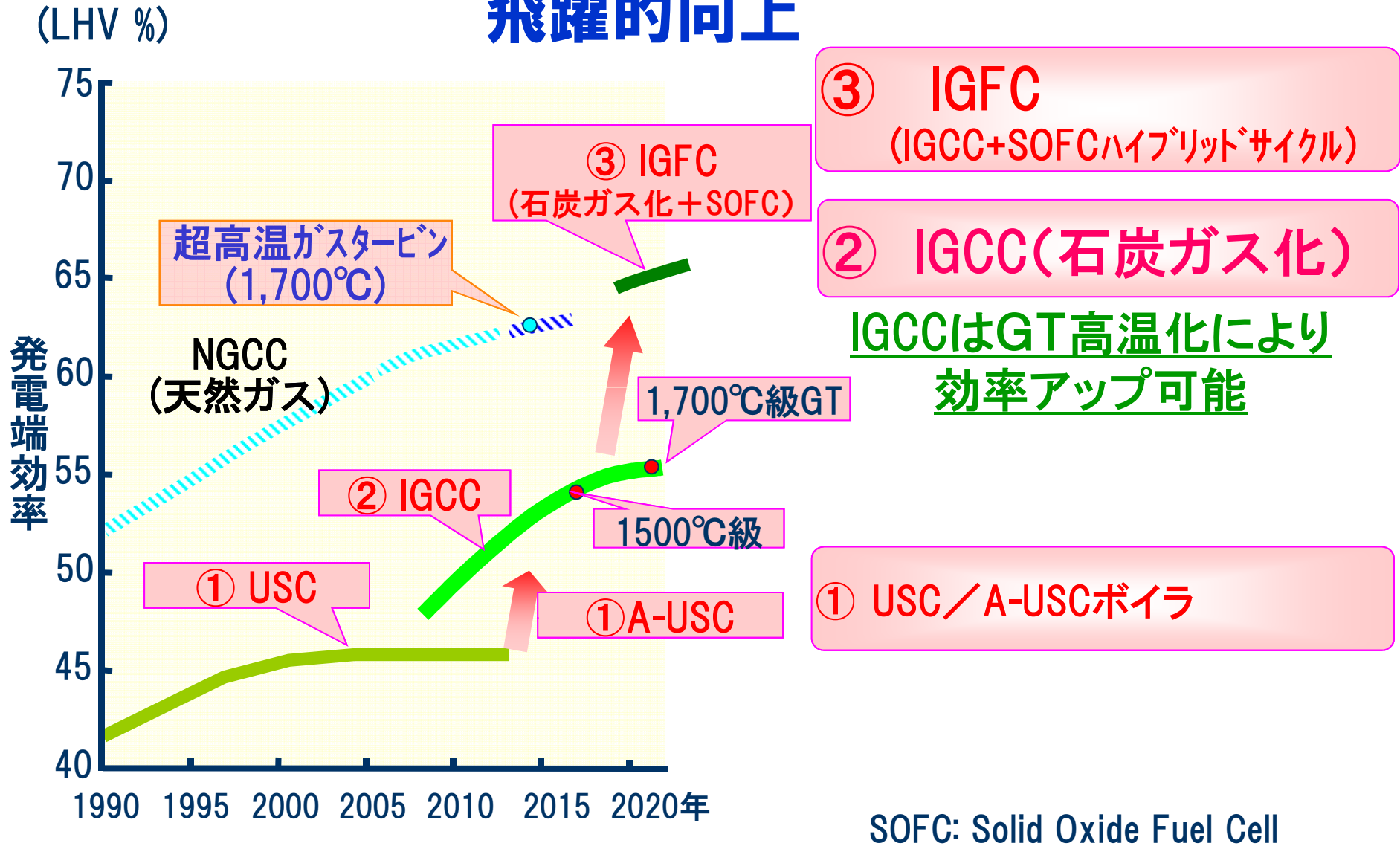


IGCC実証機

出力	250MW級	
石炭 使用量	約1,700t/日	
方式	ガス化炉	空気吹きドライフィードガス
	ガス精製	湿式ガス精製(MDEA) +石膏回収
	ガスタービン	1,200°C級
目標 熱効率*	発電端	48%(46%)
	送電端	42%(40.5%)
環境特性 (目標値)	SOX排出濃度	8ppm(O ₂ 16%換算)
	NOX排出濃度	5ppm(O ₂ 16%換算)
	ばいじん 排出濃度	4mg/mN ₃ (O ₂ 16%換算)

*熱効率は低位発熱量(LHV)基準。カッコ内は高位発熱量(HHV)基準。

クリーンコール技術による効率の 飛躍的向上

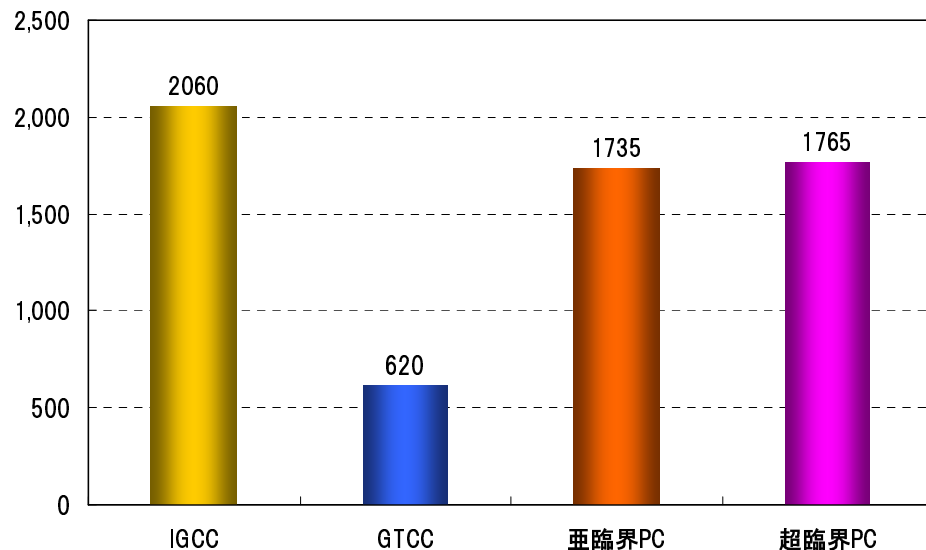


IGCCの経済性

GTCCやコンベンショナルと比べ
設備費用、発電コストは割り高。

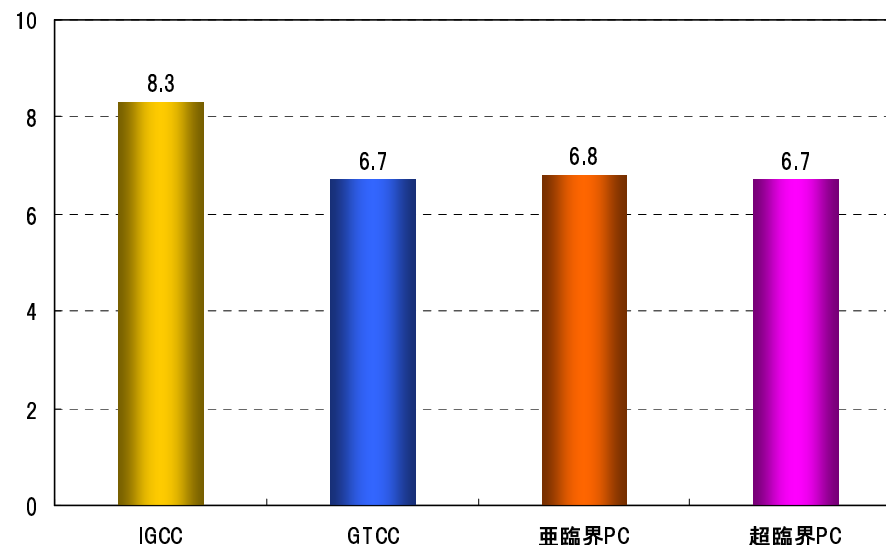
(\$/kW)

設備費用



(¢/kWh)

発電コスト



出典) GTW2009 IGCC Reference Guide

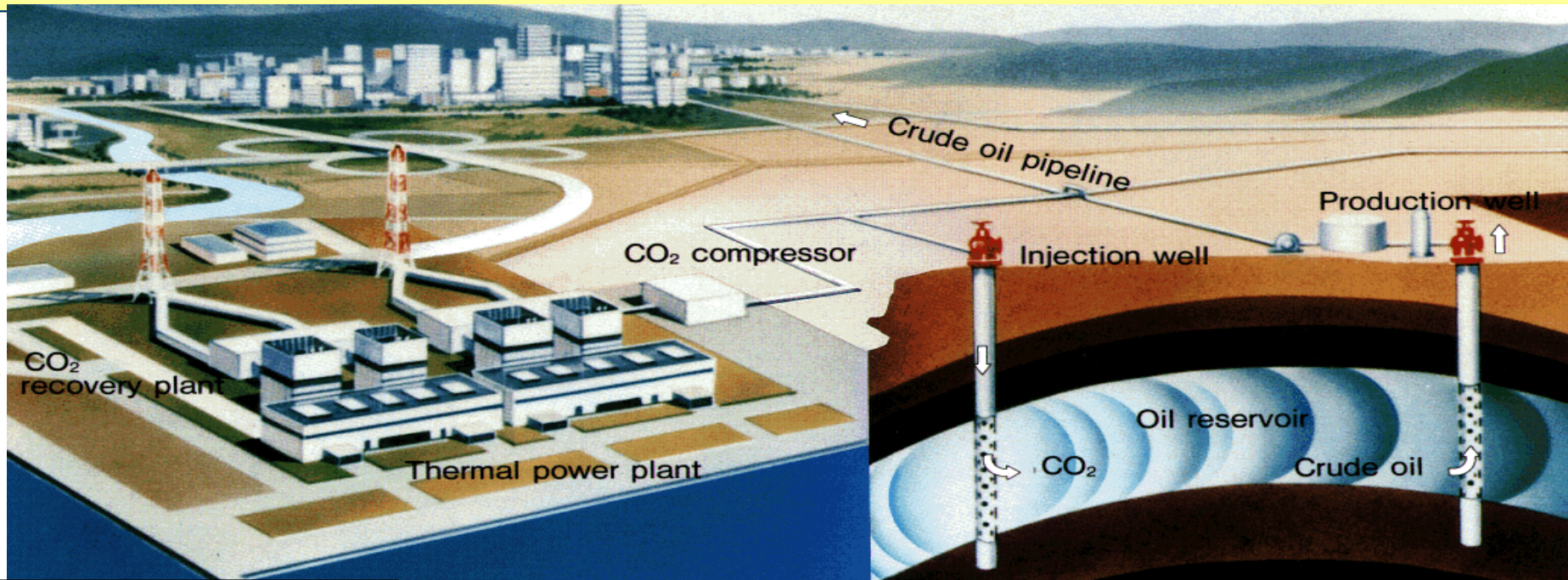
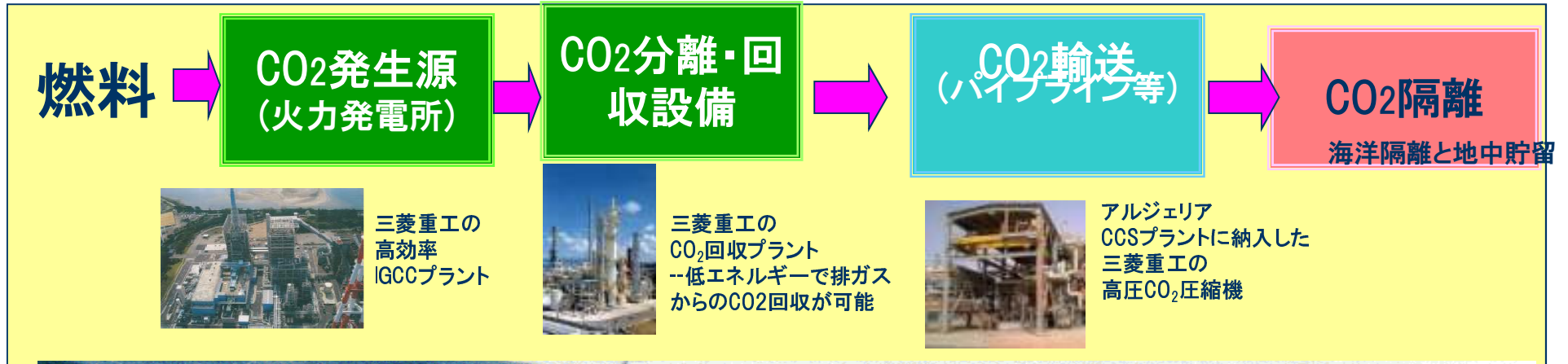
燃料費: 石炭\$1.8/MMBtu、ガス\$6.75/MMBtu

稼働率: IGCC80%、その他85%

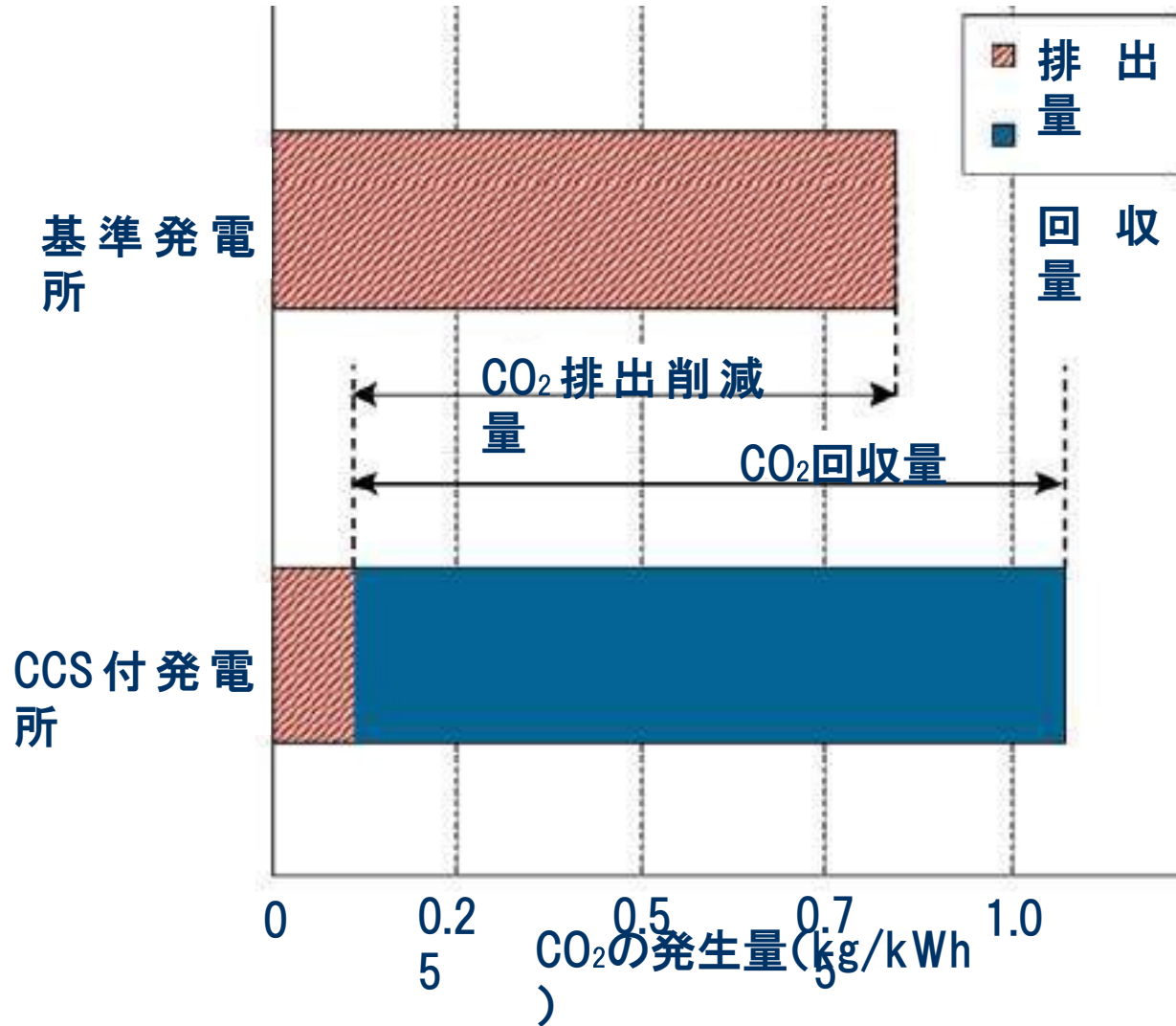
年間自己資本賦課率: IGCC17.5%、その他16.4%

2. 二酸化炭素を回収し固定化

CCSの適用 (Carbon dioxide Capture & Storage)

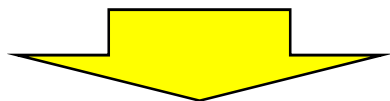


CO₂回収に伴うCO₂発生量比較



石炭火力からのCO₂回収スタディの 現状（CO₂回収・圧縮）

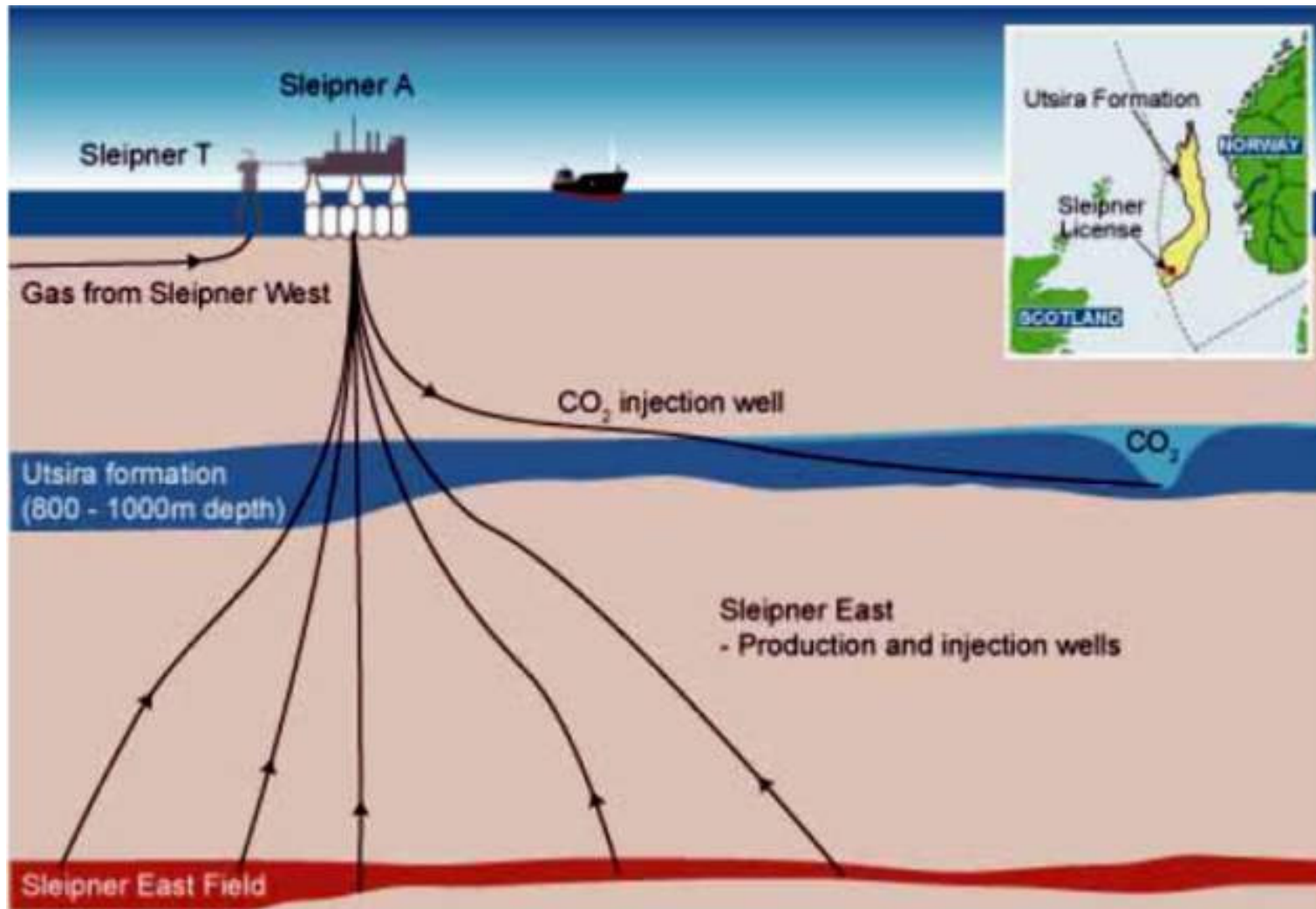
- ◆設備費：44～87%増加
- ◆発電コスト：42～81%増加
(1.8～3.8 US¢/kWh)
- ◆CO₂回収削減コスト：US\$ 29～51/Ton CO₂
- ◆エネルギー消費の増加：24～42%/kWh
- ◆CO₂排出削減効果：80～90%/kWh



石炭火力発電所の発電単価が上昇し、経済性が悪くなるので、CO₂排出権取引価格がかなり上昇しないことには実用化は困難だろう。

ノルウェー・スレイプナープロジェクト

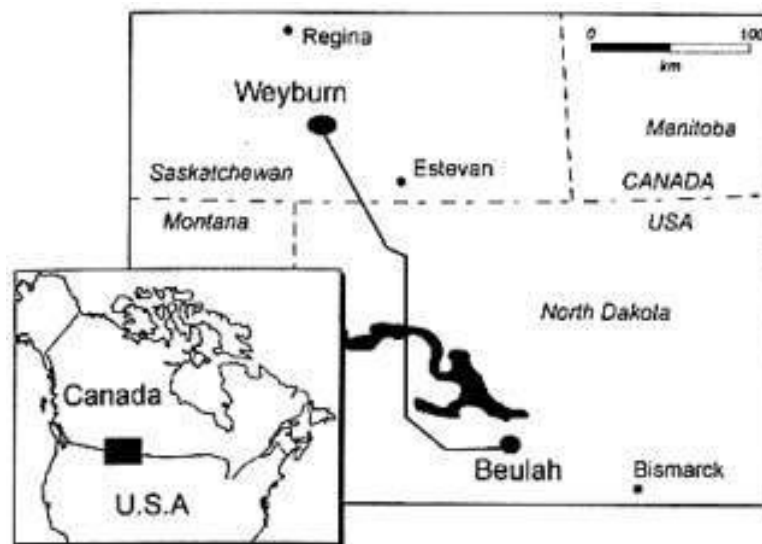
1996年より100万 Ton/年のCO₂の貯留を実施。



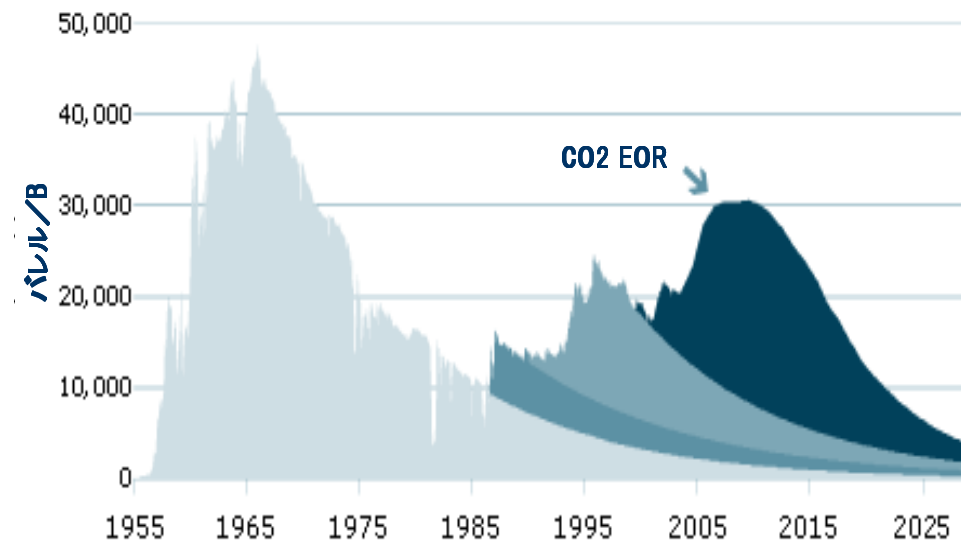
カナダウェイバーン CO₂ EOR*プロジェクト

EOR: Enhanced Oil Recovery (石油増進回収)

- ノースダコタ(米) 石炭ガス化プラントからのオフガスCO₂を利用
- 2001年秋からCO₂の圧入開始 5,000T/D CO₂
- 2002年中旬 5,400BBL/Dの増油量を確認
- 2006年 10,000BBL/D以上の増油量を確認

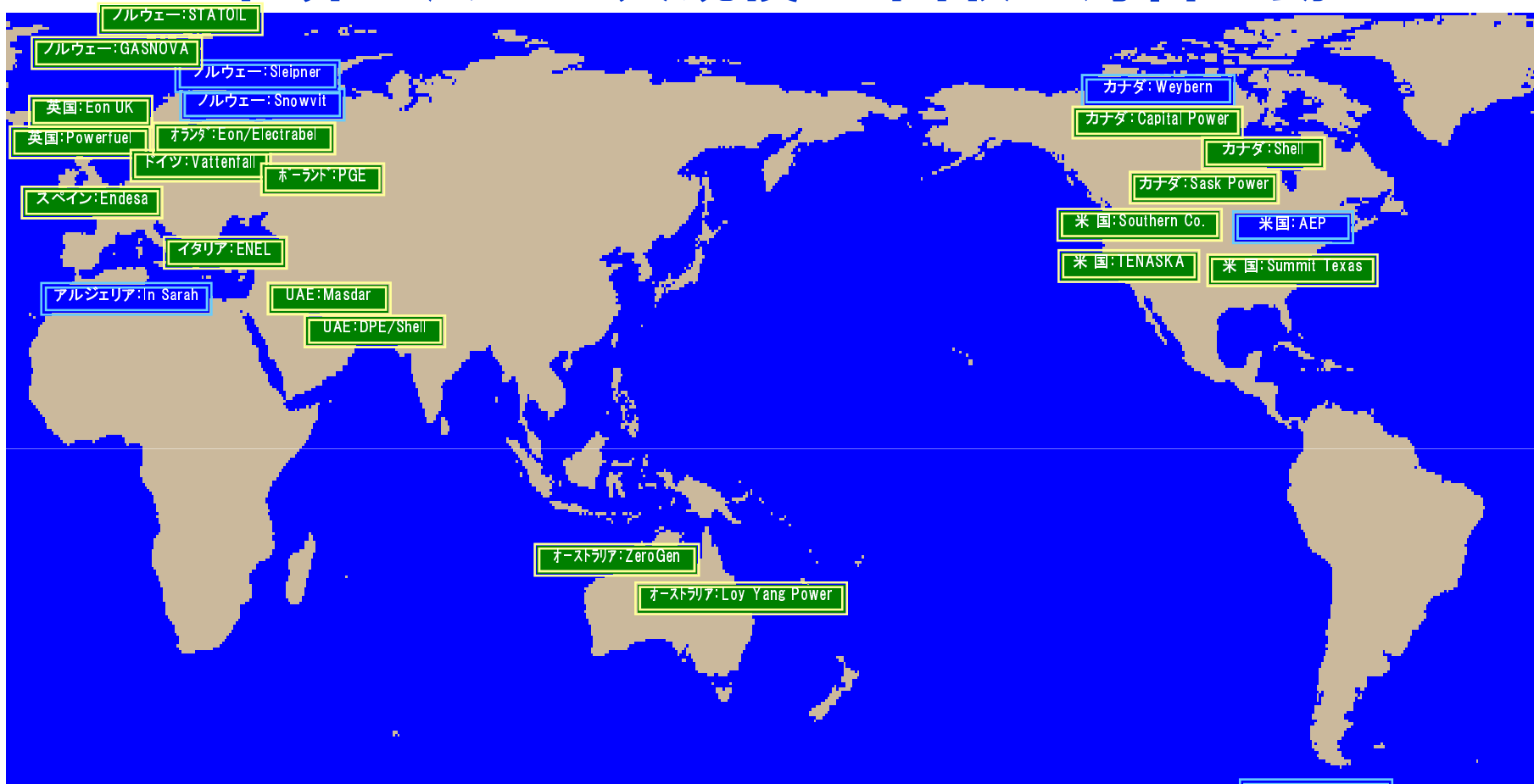


石油生産の経緯



出典: Encana

世界で広がる大規模CO₂回収・貯留の動き



○普及への課題

- ・世界各国の温暖化対策に踏み出すとの決断
- ・財源処置
- ・大型実証によるパブリックアクセプタンス
- ・CO₂回収・貯留コストの削減

: 稼働中
 : 計画中

M社のCO₂回収技術

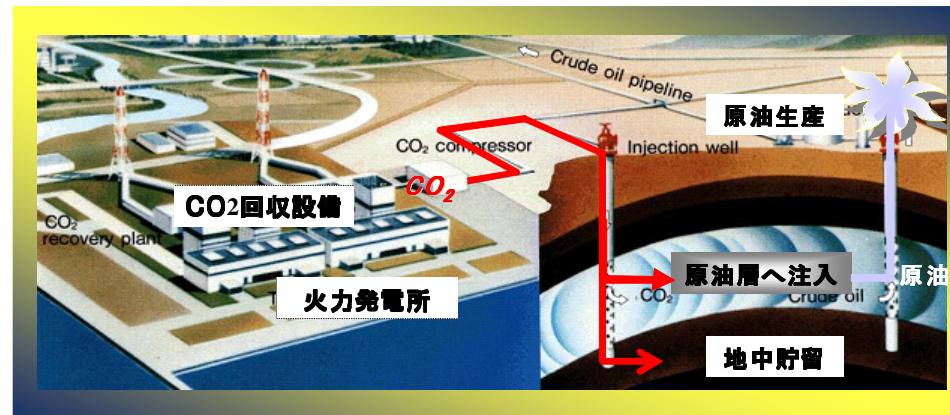
< 用 途 > CO₂回収技術の各種適用

1. 温暖化対策としてのCO₂地中貯留

CO₂回収・地中貯留(CCS)は温暖化対策として大容量のCO₂処理が可能。
(地中帯水層にCO₂を貯留)

2. 原油増進回収(EOR:Enhanced Oil Recovery)

原油の供給不足が心配されているが、CO₂を回収し油田に圧入する事により、油田の原油回収率を大幅に向上できエネルギー問題に貢献。
CO₂は油層中に貯留されるため温暖化対策も兼ね一石二鳥。

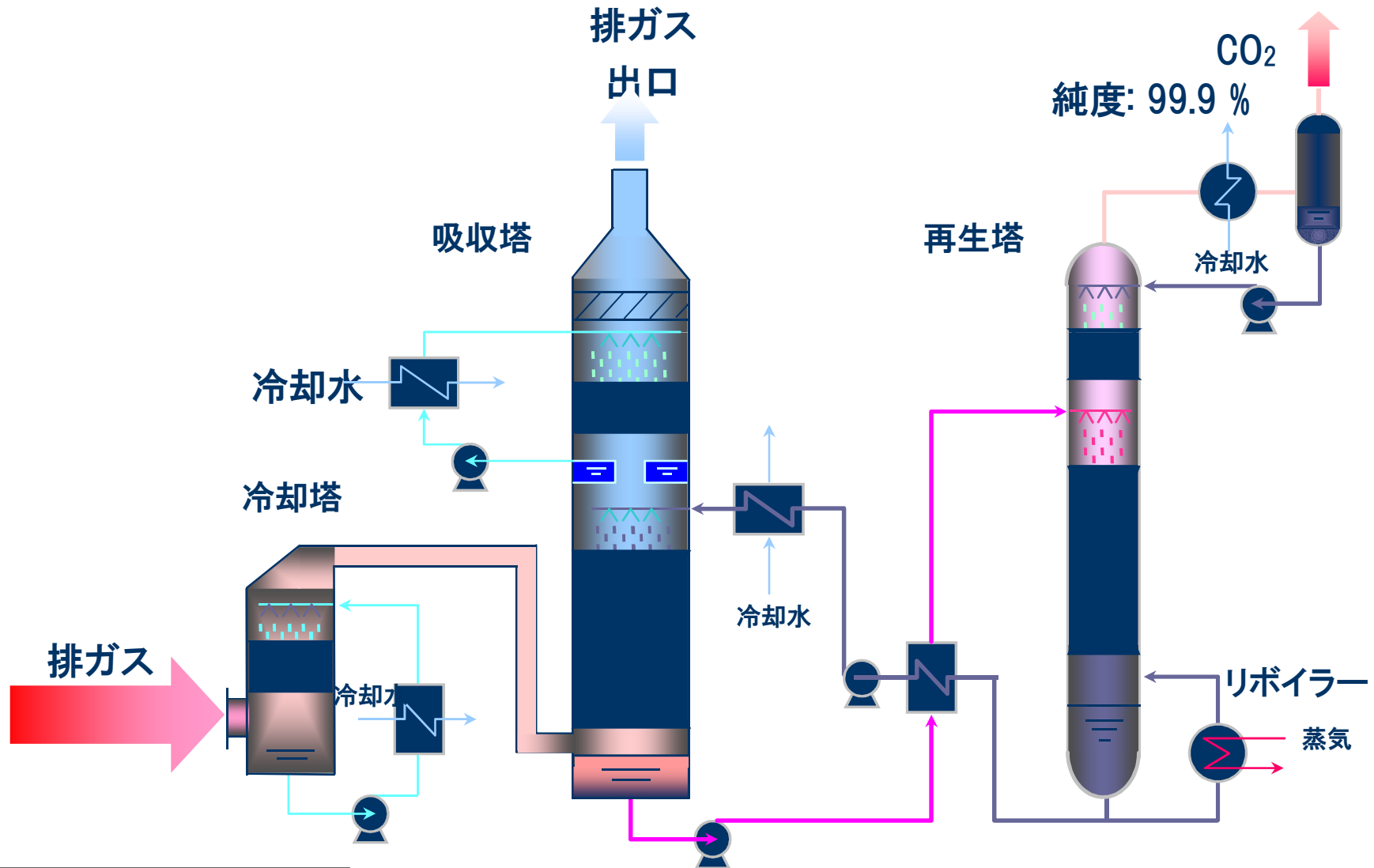


3. 化学用途へのCO₂の利用

尿素、メタノール、ソーダ灰、ドライアイス製造

M社のCO₂回収技術(1)

(プロセスフロー)



米国における石炭火力向け M社CCS実証プロジェクト

- M社と米国サザンカンパニー、EPRIが共同して石炭火力からのCO₂回収プラント建設中(500 T/D)
- 回収したCO₂は近隣の帯水層に圧入される(SECARBプロジェクト)
- 2011年中頃スタートアップ予定





Emerging Energy Researchによる CO₂回収・貯留の市場予測（2008年）

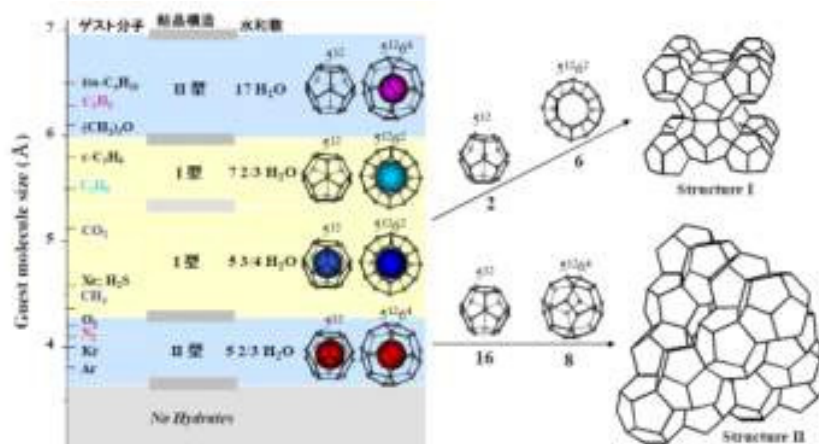
1. 現在計画されているCCSプロジェクトによるCO₂回収・貯留量は2016年までに合計は1.4億トン/年
2. 各国政府資金として下記資金がCCSに投入される予定

EU	:	100	億US\$
US	:	35	〃
カナダ	:	20	〃
オーストラリア	:	7	〃
3. 2030年までにCCSの市場は 300～700億US\$/年に拡大すると予想。
4. 最近の金融危機は短期的開発資金を低下させるかもしれないが、長期的CCSに対する投資意欲は高い。
5. 石油・ガス生産会社側がCO₂貯留サイドをリードする準備が出来ている。

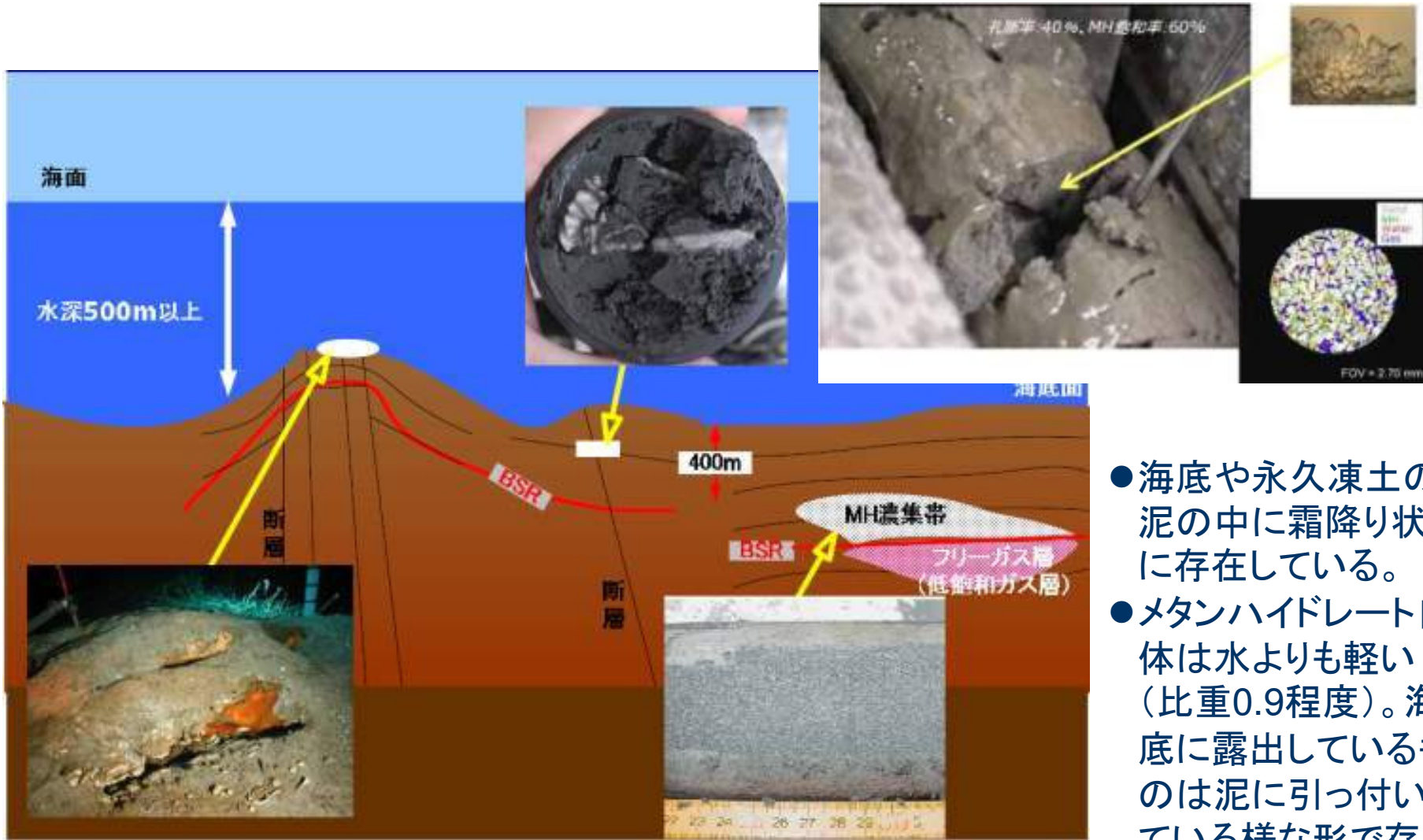
3. メタンハイドレートの可能性

メタンハイドレートとは

- 水分子からできたカゴ型の結晶の中にメタンが取り込まれてできた氷状の固体物質（見た目は氷）。
- 理論的にはメタンハイドレート中のメタンガス含有量は水1kgに対して216リットルのメタンガスが取り込まれている。実際は空隙がすべてガス分子で満たされているわけではなく、充足率は70～80%程度であり、150リットル程度のメタンガスが取り込まれている。
- 低温高圧で安定に存在できる。
0℃では26気圧以上、1気圧では-80℃以下で存在可能
- 自然界でも発見されている。
- 常温、常圧では、分解してメタンを放出し、火をつけると燃える。



メタンハイドレートは どのように存在しているか？



- 海底や永久凍土の泥の中に霜降り状に存在している。
- メタンハイドレート自体は水よりも軽い（比重0.9程度）。海底に露出しているものは泥に引っ付いている様な形で存在している。

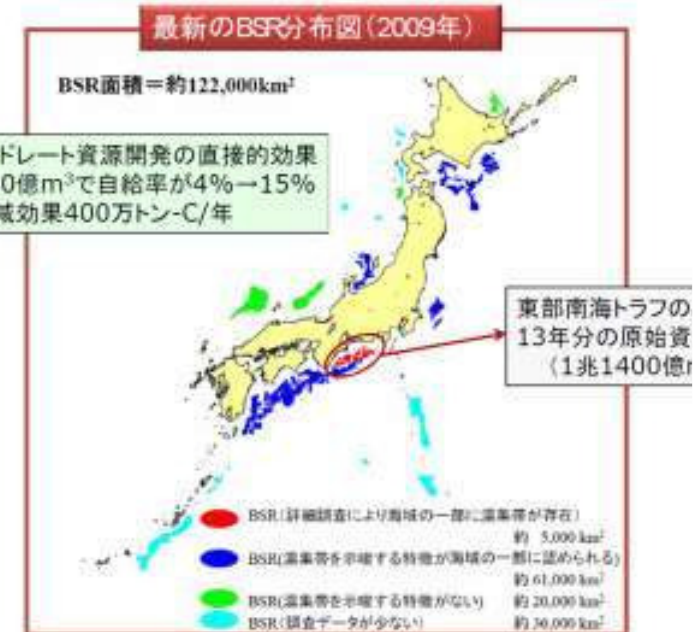
どんなところに メタンハイドレートあるのか？



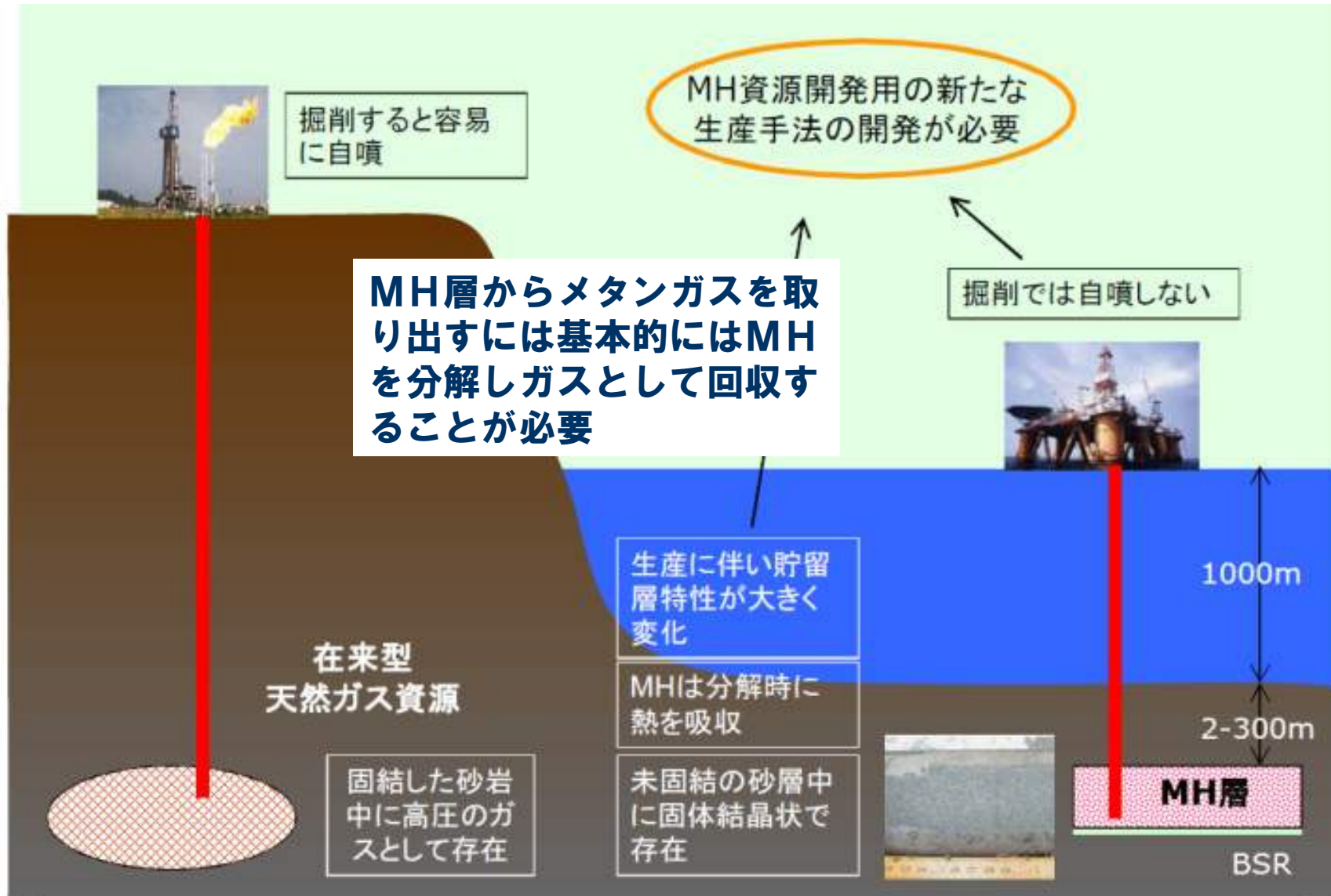
- 永久凍土地帯、大陸の縁辺部の海域に存在。
- 世界中のメタンハイドレート中のメタン量は、米国地質調査所のクベンボルデン氏によれば約2京立方メートルと推定されている。

- 日本が主張する排他的経済水域内（いわゆる200海里経済水域）に存在が確認されている。
- 四国、紀伊半島沖合いいわゆる南海トラフ、北海道奥尻島海域においては、実際にメタンハイドレートも採取されている。
- 日本海域全体の資源量についても種々の見方があるが、メタンガス量にて約7兆立方メートル（日本の天然ガス消費量の約100年分）はありと見られている。

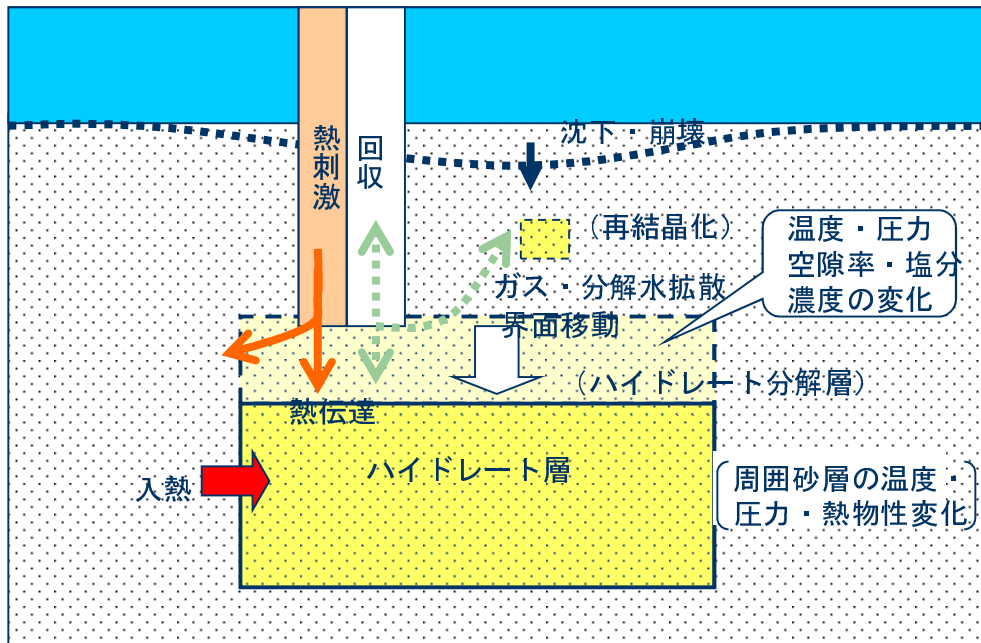
【出典】メタンハイドレートコンソーシアム



メタンハイドレート資源化の課題



メタンハイドレート資源化の課題 - 環境への影響



メタンハイドレート層は地盤の構成要素の一つであるため、分解により空隙が発生する事になる。そのため、地盤の沈下や崩壊等により周囲環境へ影響を及ぼす可能性がある。

【出展】メタンハイドレートコンソーシアム

- 大規模な地盤の沈下や崩壊により津波が発生する懸念がないか？
- メタンハイドレートが海中に露出した場合、周囲の海水により分解が加速され、一度に大量のメタンガスが大気に放出される懸念がないか（メタンガスの温暖化係数はCO2の20倍）？
- 分解したメタンガスが海水に溶け込み生態系に影響が出ないか？

今後十分な検討と検証が必要な課題

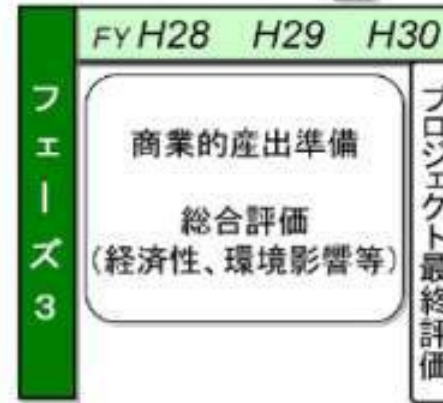
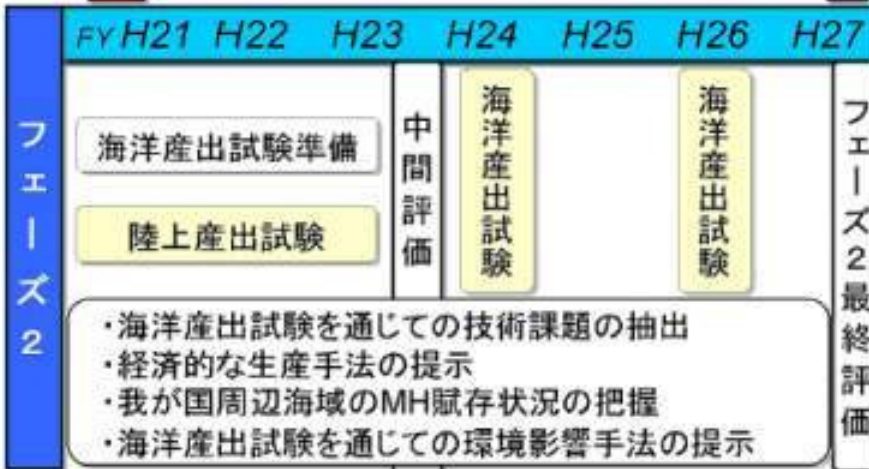
国内のメタンハイドレート資源化のスケジュール

我が国におけるメタンハイドレート開発計画



フェーズ1
メタンハイドレート賦存
様態の解明
原始資源量の評価
(東部南海トラフ海域)
陸上産出試験の実施

フェーズ2
海洋産出試験の実施
陸上産出試験の検討

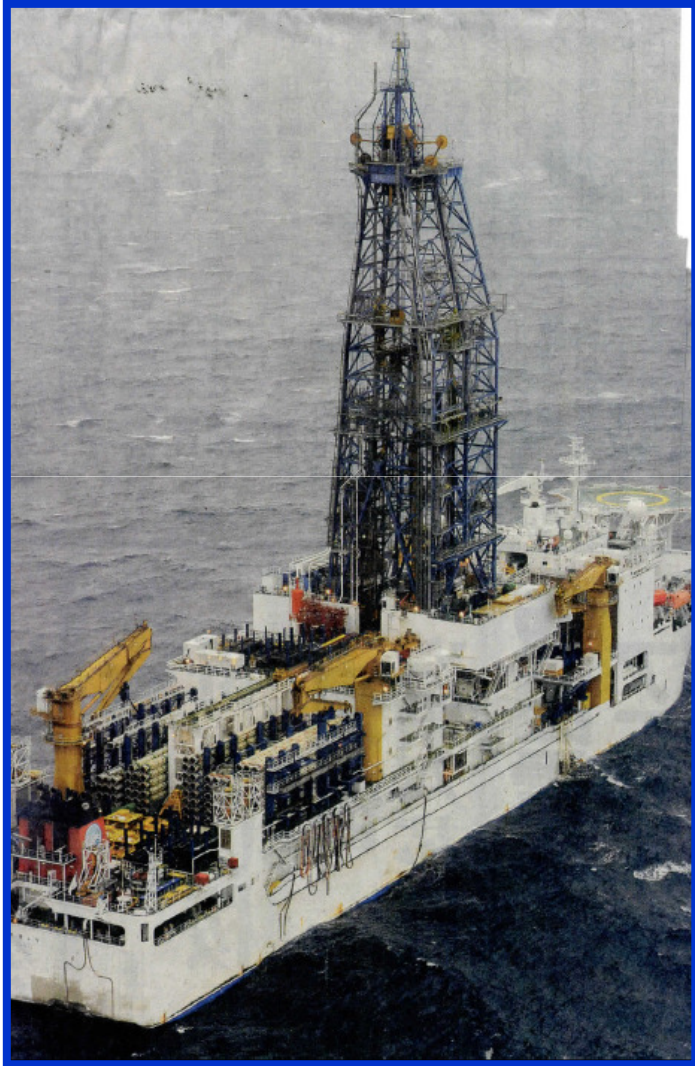


フェーズ3
商業的産出のため
の技術整備

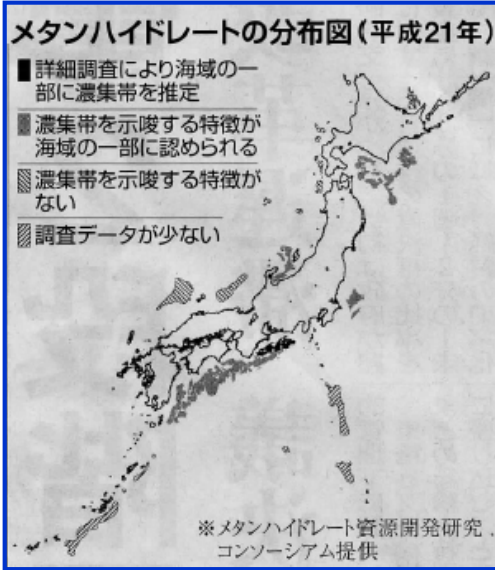
本スケジュールはフェーズ1終了時に設定されたものである

メタンハイドレート掘削開始

産経新聞H24.2.15.



独立行政法人石油天然ガス・金属
 鉱物資源機構（JOGMEC）が15
 日に愛知県渥美半島沖で世界初とな
 る海底掘削を始めた「メタンハイド
 レート」は、日本を囲む近海に豊富
 に埋蔵されている。安定的な供給が
 実現すれば、資源小国ニッポンにと
 っては、「夢のエネルギー」とな
 る。ただ、採掘技術が確立されてい
 ないうえ、大幅なコスト削減による
 採算性向上も不可欠だ。環境への影
 響も未知数で、乗り越えるべき課題
 は多い。
 （1面参照）



まとめ

我が国は東電福島事故の影響により、直近だけでなく中長期的にも原子力依存の後退は避けられない情勢にある。一方、再生可能エネルギーは主役にはなれず、化石燃料利用拡大に頼らざるを得ない。その場合の資源量、価格、二酸化炭素排出削減対策等はどうなるのか、大いに気になるところである。

そこで、資源量が最も多い石炭をクリーンなエネルギーとして利用する石炭ガス化(IGCC)また石炭火力排ガス中CO₂回収固定化(CCS)の技術開発、更には我が国近海にも膨大な資源があるとされるメタンハイドレード(MH)の資源開発の実用化可能性について主に技術的な観点から検討した。

その結果、IGCC、CCSは技術的にはほぼ実用化開発終了段階と言えるが、経済性がネックであり、CO₂排出権取引価格が大幅に上昇しないと商業化は困難であり、一方MHは試掘が始まったが、採掘技術未確立、採算性も環境影響も未知で課題は多く、実用化の判断には程遠いと思われる。