

第11回IEEJエネルギーセミナー 「シリーズ石炭を考える会（第3回開催） ～石炭は21世紀の主役となりうるか～」 平成20年2月4日開催

「石炭関連平成20年度予算概要及び

JBICアジア・環境ファシリティについて」

経済産業省資源エネルギー庁資源・燃料部石炭課長 谷 明人氏
国際協力銀行金融業務部企画課課長代理 中島 裕行氏

「最近の石炭需給状況と価格の動向」

(財)日本エネルギー経済研究所 戦略・産業ユニット石炭グループ
研究主幹 佐川 篤男

「京都メカニズムをはじめとする

排出権の概要と最近の動向」

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構
京都メカニズム事業推進部長 中島 英史氏

「地球温暖化とエネルギー」

経済産業省大臣官房審議官 本部 和彦氏

IEEJエネルギーセミナー
シリーズ石炭を考える会(第3回)

石炭関連事業の今後の取組み

平成20年2月22日
経済産業省資源エネルギー庁
資源・燃料部石炭課長
谷 明人

共通認識

1. 緊迫する石炭需給
2. 待ったなしの地球環境問題
3. 複数、複雑化する考慮要因
4. 想像を超える世界の変化

昨年の石炭輸入力

<一般炭が10%の伸び、1億トンの大台>

- 総輸入力 186百万トン(+ 5.1%)
- 一般炭 101百万トン(+10.2%)
- 原料炭 80百万トン(+ 0.3%)
- 無煙炭 6百万トン(▲ 7.5%)

一般炭の輸入元の変化

＜中国減少分を豪、露、インドネシアでカバー＞

- 豪州 64 → 65 (単位:%)
- 中国 15 → 11
- インドネシア 13 → 14
- ロシア 6 → 8
- カナダ 2 → 2
- 南アフリカ 0 → 0 (42万トン)

原料炭の輸入元の変化

＜中国大幅減少分を豪、加でカバー＞

- 豪州 55 → 58 (単位:%)
- 中国 6 → 2
- インドネシア 24 → 24
- ロシア 4 → 4
- カナダ 9 → 11
- ニュージーランド 1 → 1

石炭総計の輸入元の変化

＜中国シェアがついに10%を切る。
減少分を豪、露、加でカバー。＞

- 豪州 58 → 61 (単位:%)
- 中国 12 → 8
- インドネシア 18 → 18
- ロシア 5 → 6
- カナダ 5 → 6
- ベトナム 1 → 1

天災、人災等による出炭不調

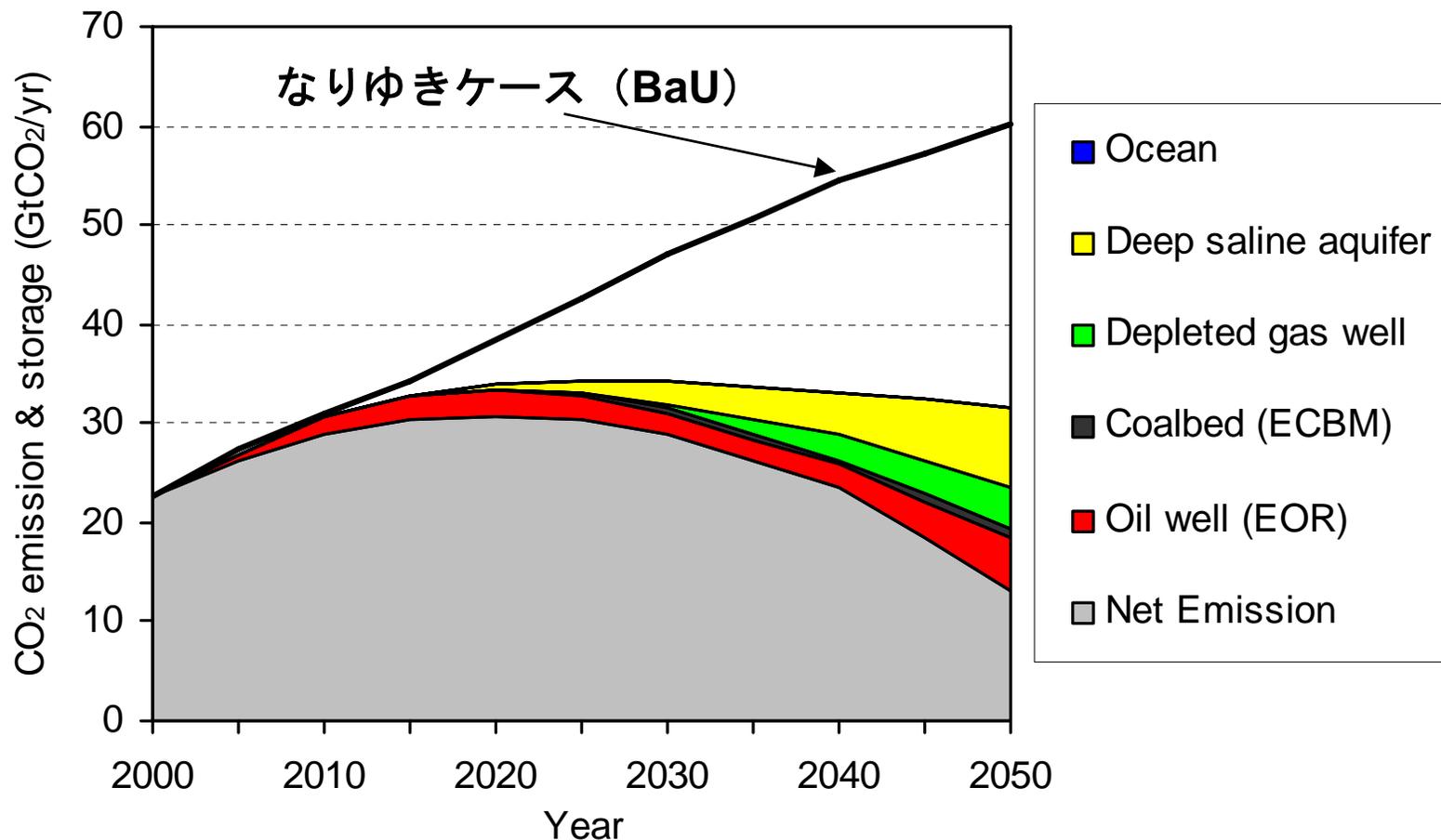
- 豪QLD州の大雨による、FM宣言(1千万トンの原料炭供給に影響、10億A\$ 損害予測)
- 中国の大寒波による輸送への障害(安全確認の強化、在庫水準の半減、石炭会社の売惜しみ)

懸念される点及び対応

- 来年度価格交渉への悪影響
- 価格以上に、必要な量を如何に確保するか
- 日本としてのフォーメーション

待ったなしのCO2削減要求

世界のCO2排出量：2050年に現状比半減を想定した場合の予測結果



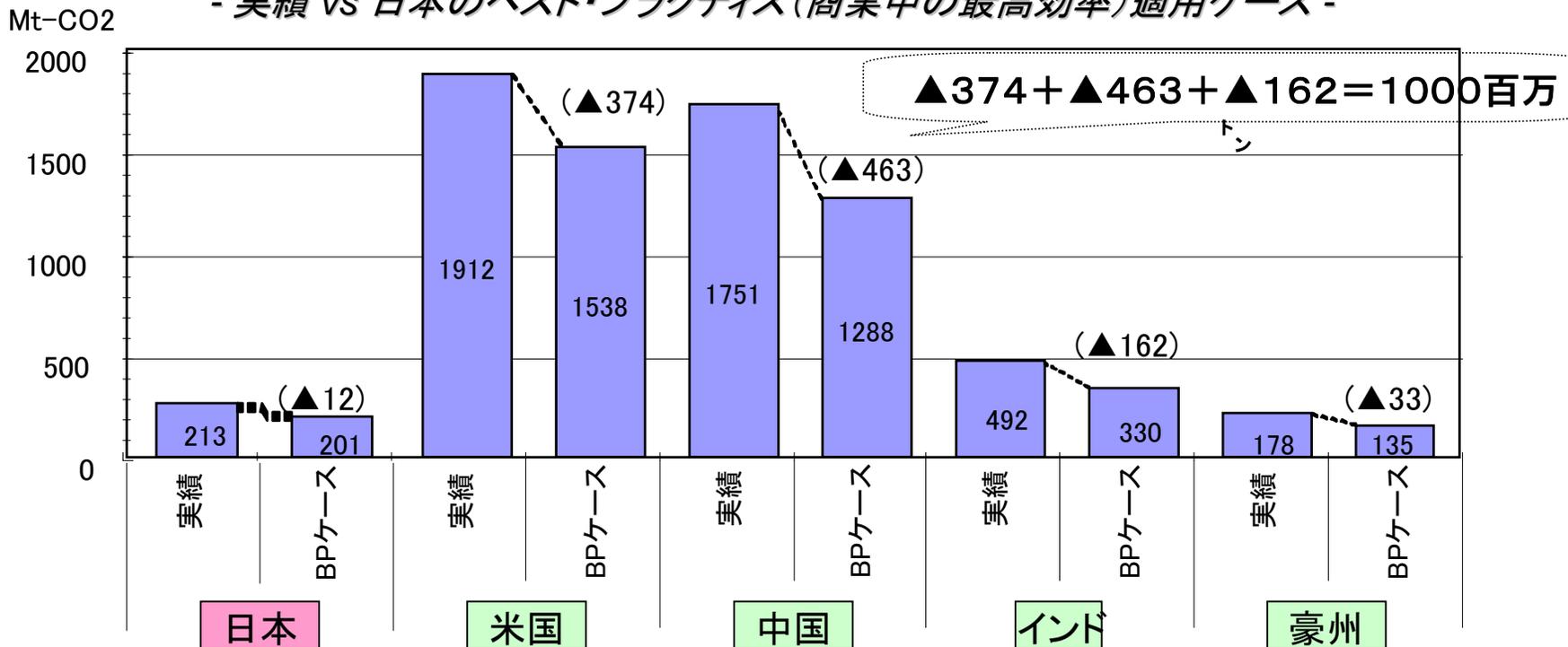
2050年には、CO₂地中貯留は世界において年間300万トン規模換算で6200箇所以上

日本の石炭火力発電効率を主要国に適用すると、CO₂排出量削減に大きな効果あり

- 日本のベストプラクティスを米、中、インドの石炭火力に適用すれば、CO₂削減効果は、合計10億トン。これは、日本の石炭火力CO₂排出量2.1億トンの5倍弱、また日本全体のCO₂排出量(12.6億トン)の約8割に相当。

石炭火力発電からのCO₂排出量 (2003年)

- 実績 vs 日本のベスト・プラクティス(商業中の最高効率)適用ケース -



「BPケース」：日本のベスト・プラクティス(商業中発電所の最高効率)を適用した場合の試算。

「実績」データの出典：IEA "CO₂ Emissions from Fuel Combustion" 2005 edition

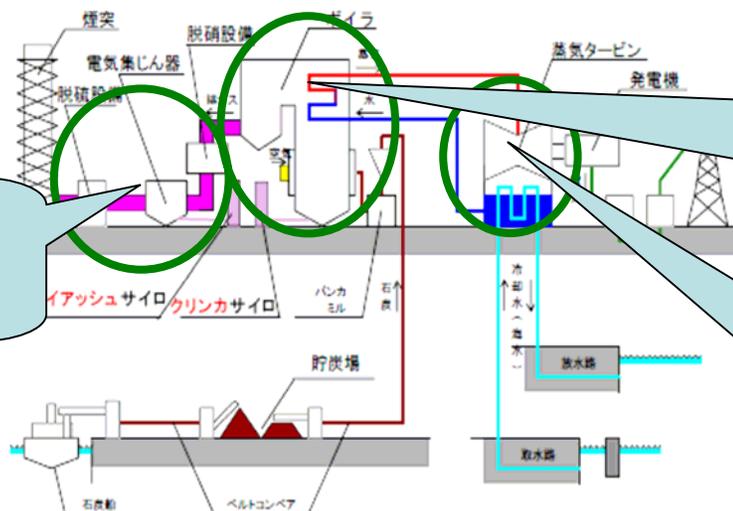
中国の既設石炭火力発電所のリノベーション

- 中国の石炭火力発電設備容量は3億kW(日本の石炭火力の約8倍)。発電設備容量の70%を占める。
- 石炭火力発電のうち90%は40万kW未満(10~40万kWが800基以上)で、高効率化と環境対策が進んでいない。
- 高効率化と環境対策のため、正確で高度な我が国の診断・改善技術に対して高いニーズ。
- ボイラー、タービンの一部の改修を行うだけでも大きく効率改善。
- CDM(クリーン開発メカニズム)化のファイナンスをJBICで用意。

<診断・改修例>

○環境装置の設置

- ・脱硫設備の設置
- ・脱硝設備の設置



○ボイラ改善

- ・ボイラ伝熱面洗浄
- ・節炭器スートブローア新設
- ・空気予熱器の元素の洗浄・交換
- ・バーナノズル自動制御化
- ・灰付着防止添加剤、等

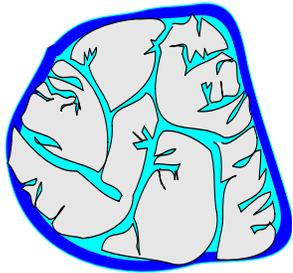
○タービン改善

- ・タービンのローターごと取替え
- ・高性能ブレード採用
- ・シールフィン取替え(蒸気漏れ削減)
- ・ダイヤフラム取替え
- ・内車室取替え、等

低品位炭改質技術の概要

- 中国、インドをはじめ、世界的に石炭の需要は飛躍的に拡大。世界的に大量に賦存する低品位炭も利用されていく見込み。
- 低品位炭については、技術開発により改質を行って高品位化することにより、高効率でより環境調和的なエネルギーとしていくことが有意義。

低品位炭原炭



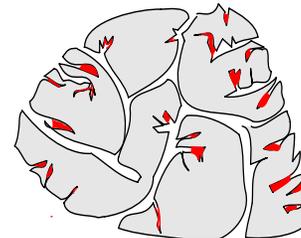
- 低発熱量(高水分)
- 自然発火
- ローカルエネルギー

-  細孔内の水分
-  表面水分
-  重質油

- 経済的な脱水
- 性状の安定化

改質技術

改質炭

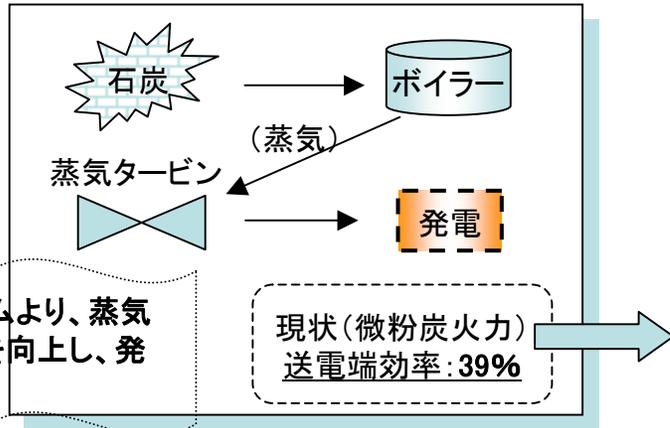


- 豊富な資源
- 環境調和型性状
- 低灰分、低硫黄
- 高い燃焼性
- 低価格

細孔内の水分が油と入れ替わり、重質油が石炭表面、細孔内に選択的に吸着することにより、水分の再吸着を防止 (2001~2005年度、3t/日プラントで実証)

石炭火力発電について、次のような革新的な技術の導入がなされている

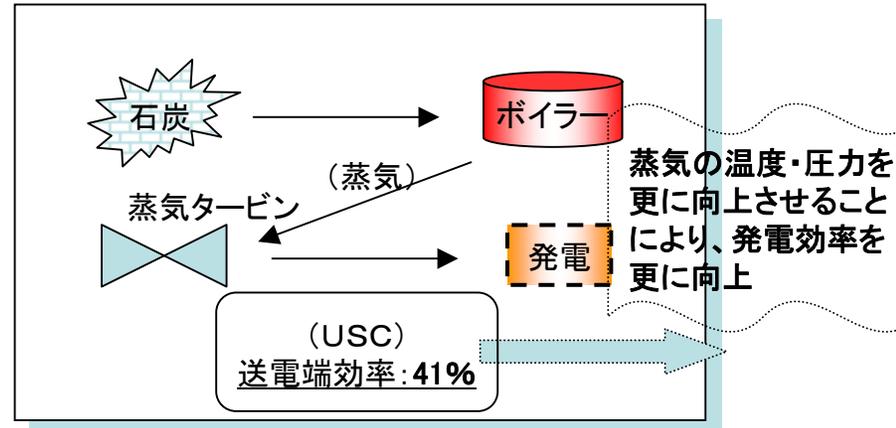
【超臨界圧発電(SC)】1980年頃～



☆建設費 27万円以下/kW 注1)

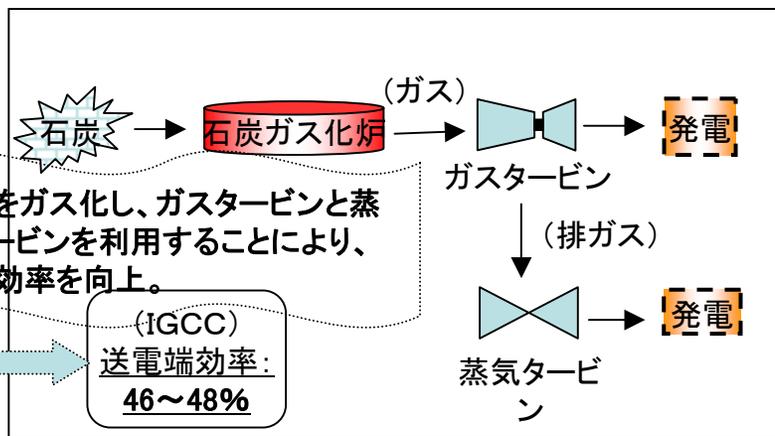
☆発電単価 5.9円/kWh 注2)

【超々臨界圧発電(USC)】1993年頃～



☆建設費 27.2万円/kW 注1, 2)

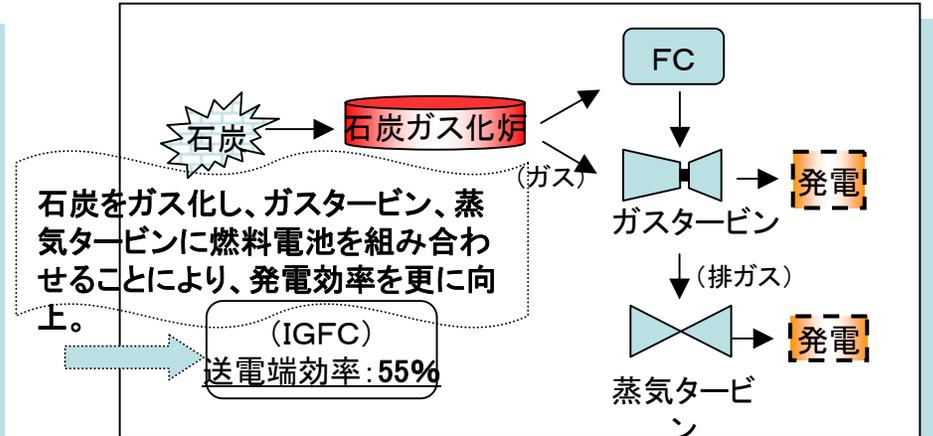
【石炭ガス化複合発電システム(IGCC)】2015年頃～



☆建設費 29万円/kW (目標) 注1)

☆発電単価 USCと同等水準 (目標)

【石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)】2025年頃～

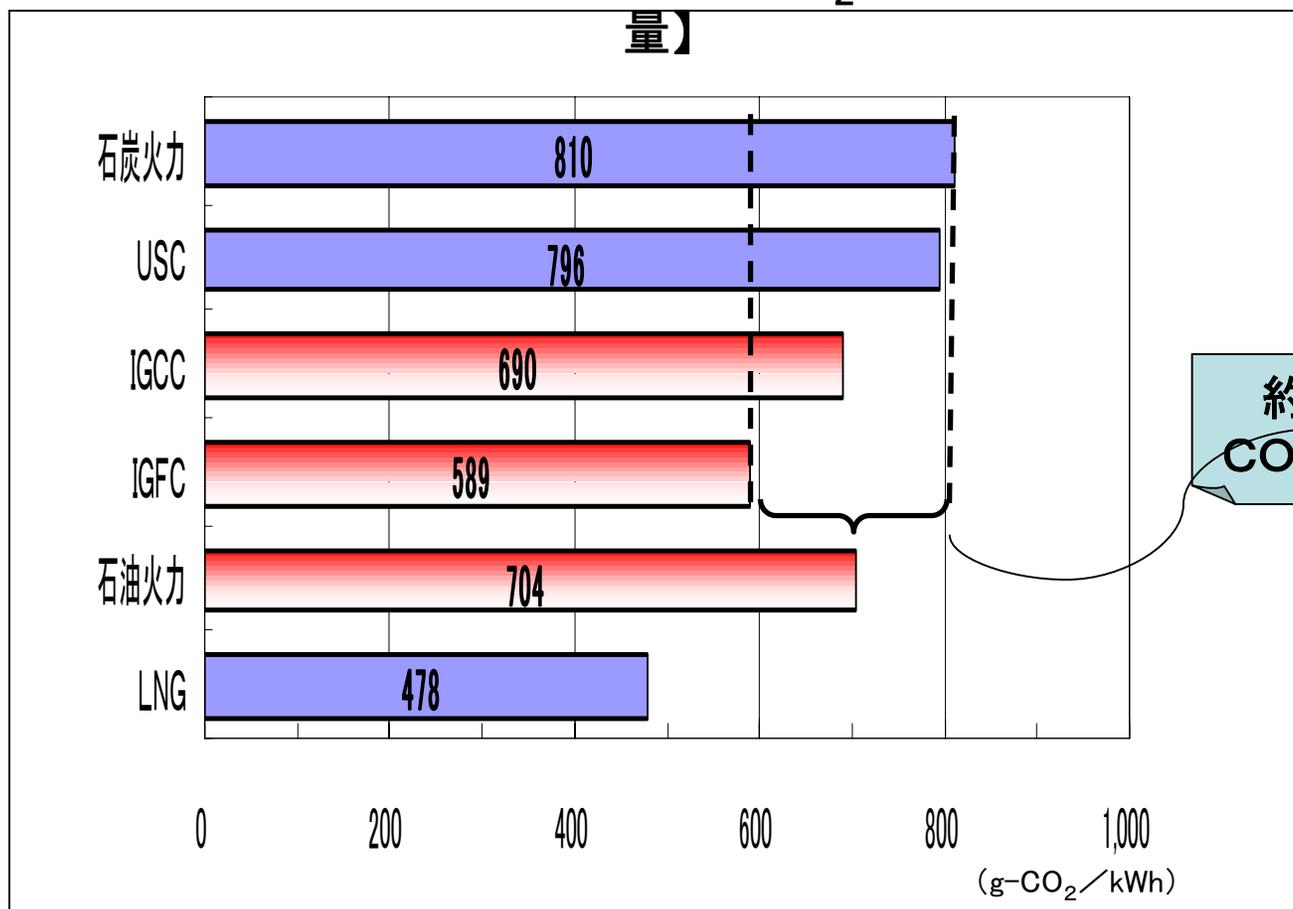


注1) 建設費には設備費に加えて土木工事等付帯費用を含む

革新的技術によるCO₂削減効果

- エネルギー効率の向上により、IGFCではCO₂排出量を3割程度改善。

【単位発電量当たりCO₂排出量】



約30%の
CO₂削減効果

※ 排出係数(石炭:379.28、石油:296.81[g-CO₂/1000kcal])、現行火力の発電効率(送電端)(石炭火力:39%、石油火力:36%)

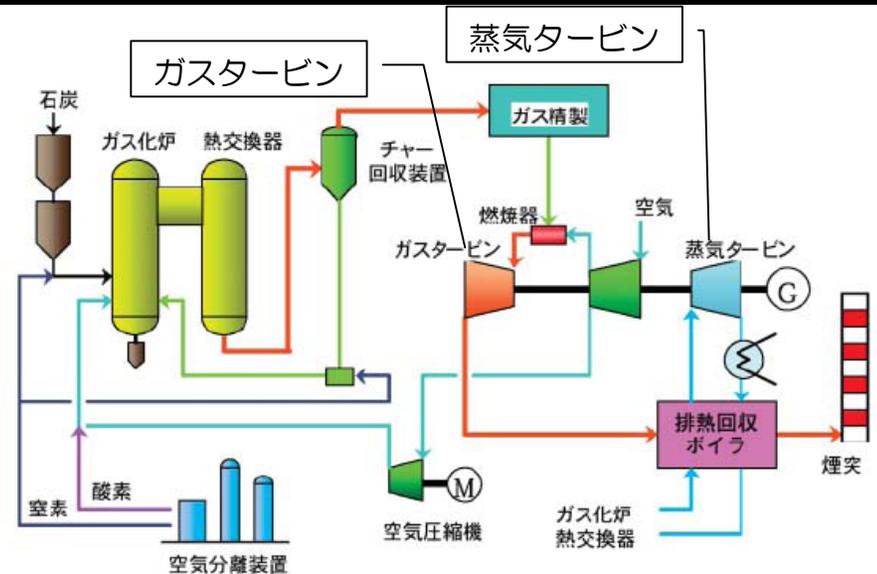
※※IGCCの発電効率は48%、IGFCの発電効率は55%、USCの発電効率は40%(送電端、設計値)と仮定。

出典:電源開発調べ(「石炭ガス化技術開発への取り組みについて」2006.3.16)

石炭ガス化複合発電(IGCC) 2015年頃実用化

技術概要

- ガス化複合発電(IGCC)は、石炭を高温のガスにしてガスタービンを回し、さらに、排熱により蒸気タービンを回すことにより、発電効率を高める技術。
- 2015年頃には、**発電効率が約2割程度向上**する(現状の石炭火力の効率41%程度が50%まで向上)ことが期待され、**二酸化炭素の排出も2割程度減少**
 石炭火力: $810\text{g-CO}_2/\text{kWh}$
 IGCC: $690\text{g-CO}_2/\text{kWh}$



(出典:NEDO)

技術課題

- 実用化に向け、実証試験においては、商用機に求められる長期運転信頼性の確保、経済性、安全性の確保、酸素吹きガス化技術の確立といった課題への対応が必要。



我が国の取組

- 現在、福島県いわき市勿来(なこそ)において、25万kW級の実証試験中。
- 2015年頃に実用化の見込み。

国際的な動向

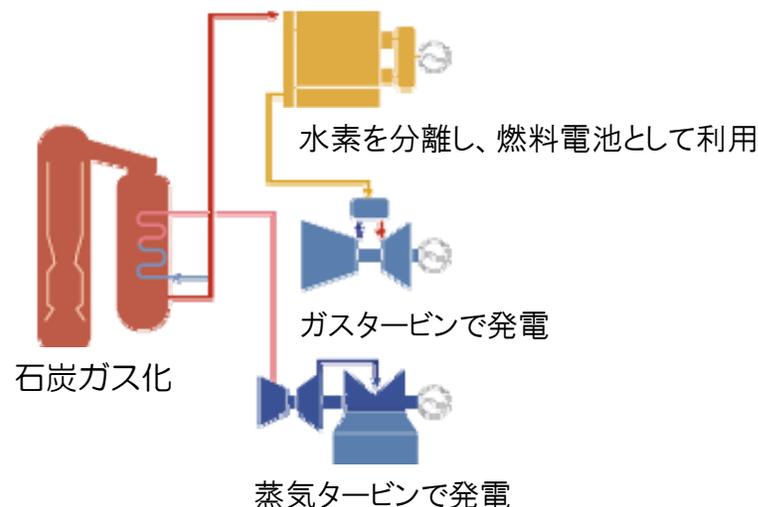
- 我が国のガス化発電効率は世界トップレベル。
- 30万kW規模の実証機が欧州で2基、米国で2基運転中。ただし、発電効率48-50%を達成可能な実証試験に取り組んでいる

のほわが国のみ

石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)2025年頃実用化

技術概要

- 石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)は、石炭をガス化し、ガスタービンと蒸気タービンを動かして発電を行うとともに、ガス中に含まれる水素を回収し、燃料電池として活用することにより、発電効率を高める技術。
- 発電効率が現行の41%程度から55%まで約3割向上することにより、現在の石炭火力に比べCO2排出量が約3割削減可能。
 石炭火力: 810g-CO2/kWh
 IGFC: 589g-CO2/kWh



(出典:電源開発)

技術課題

- 石炭ガス化に必要な酸素を高効率かつ安価に製造する技術の確立、燃料電池の大型化、IGFCシステムの信頼性の検証等が課題。



(出典:NEDO)

我が国の取組

- 北九州市若松において技術開発を実施。
- 現在、パイロット試験を実施中、2009年に終了予定。その後、実証試験等を経て、2025年頃に実用化の見込み。

国際的な動向

- 我が国は、ガス化及び燃料電池の技術ともに、世界のトップレベル。
- 米国DOEにおいて、発電所で利用可能な燃料電池の技術開発を実施。

革新的ゼロエミッション石炭火力発電システム

- 石炭火力発電所から発生するCO₂のCCSに関しては、輸送についてどう現実的なものとするかが重要な課題であり、現在、基盤研究中。トータルシステムの実現を図っている。

<石炭ガス化・燃焼> <分離・回収>

<輸送>

<地中貯留>

■ 基盤研究事業

■ システム概念設計

■ 貯留ポテンシャル、コスト等の調査(全国数力所)
■ 米国での実証

オフガス
(煙突にリターン)

液化設備

船舶輸送

貯槽設備

圧入井

燃焼排ガス
CO₂濃度: 7~40%

CO₂

CO₂

圧縮機 貯槽設備

■ 日本型船舶輸送の概念設計

地中貯留

石炭ガス化(火力)発電所

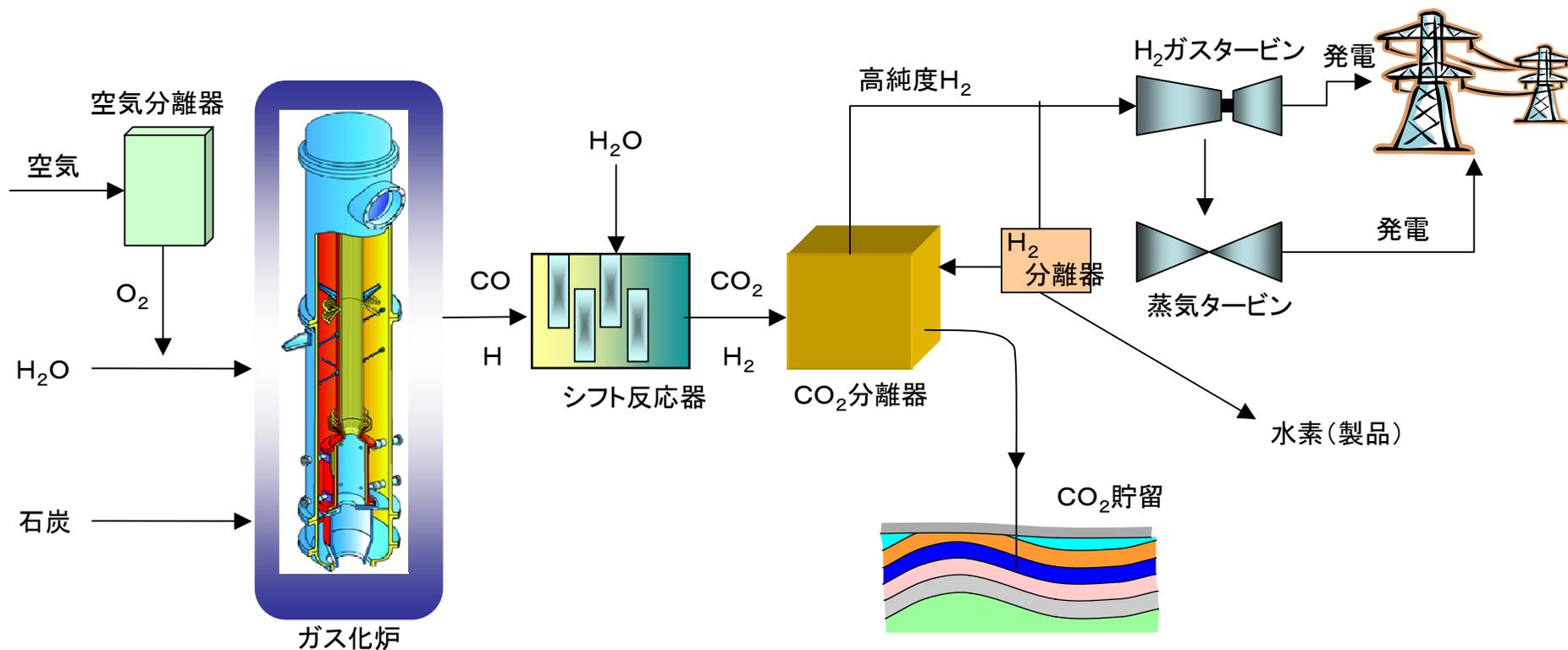
■ 適合炭種拡大のための実証試験
■ 酸素分離装置等の開発実証

CO₂回収装置

■ 化学吸収法を用いたCO₂の分離回収

FutureGenプロジェクトの概要

- 2003年に米国エネルギー省が提唱し、現在、米、日、印、韓、中が参加。
- 石炭ガス化から発生する水素とCO₂を分離するとともに、CO₂の地中貯留を実証。
- 総費用17億ドル程度。
- CO₂の経済的分離が大きな課題。



発電所CCSプロジェクト(計画中)

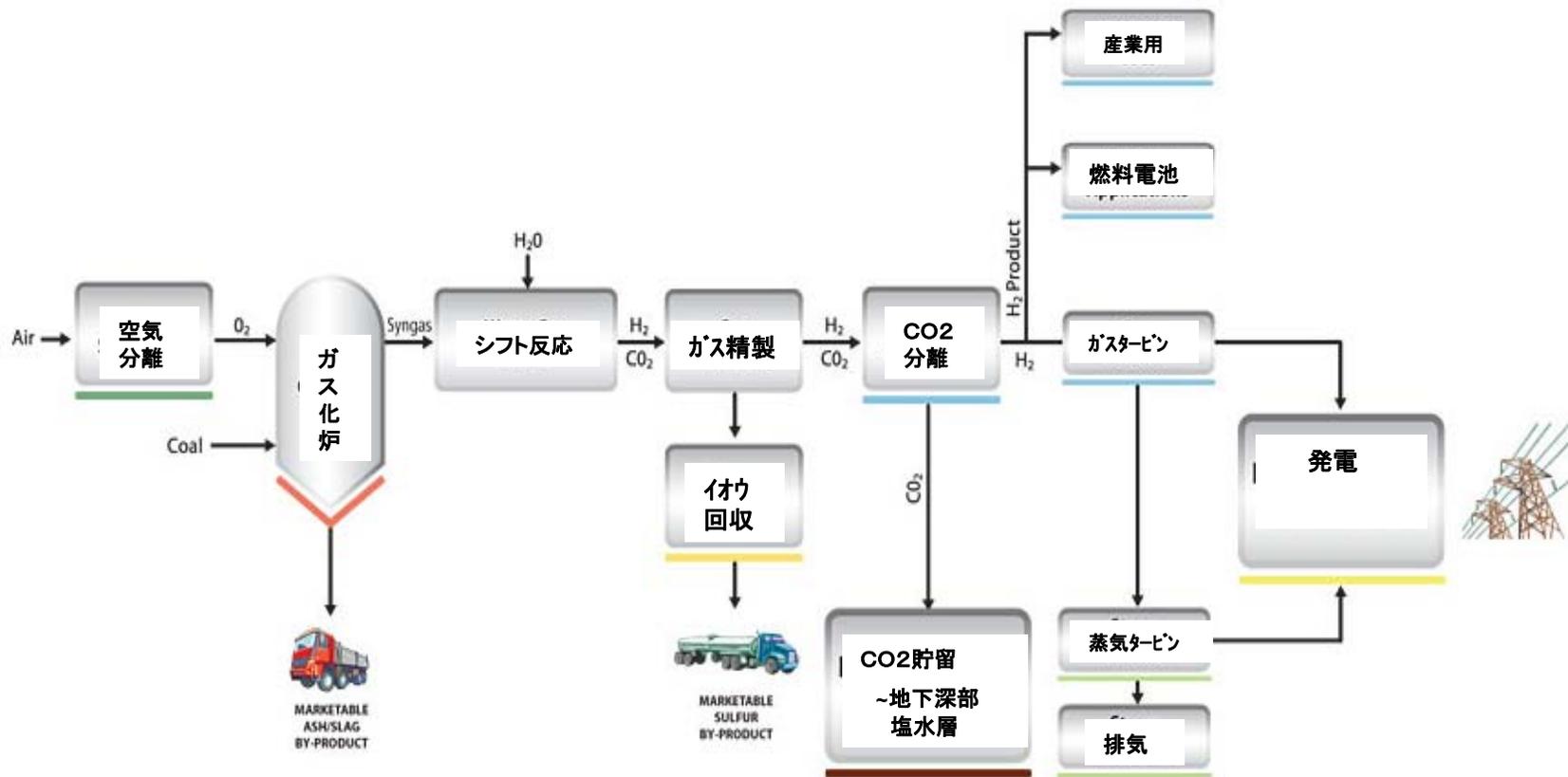
プロジェクト	国	燃料	出力	回収方式	貯留層	運開
Vattenfall	ドイツ	褐炭	30MWt	酸素燃焼	帯水層	2008
Callide A	オーストラリア	石炭	30MWe	酸素燃焼	枯渇ガス田	2009
Statoil, Mongstad	ノルウェー	天然ガス	280MW	燃焼後回収	帯水層	2010
BP DF2, Carson	米国	石油コークス	500MW	燃焼前回収	油ガス田	2011
Statoil/Shell, Tidebergødden	ノルウェー	NG	860MW	燃焼後回収	油ガス田	2011
SaskPower, Saskatchewan,	カナダ	褐炭	300MW	燃焼後回収 または酸素燃焼	油ガス田	2011
AEP, Oologah	米国	石炭	450MW	燃焼後回収	油ガス田 または帯水層	2011
Naturkraft, Karsto	ノルウェー	天然ガス	420MW	燃焼前回収		2011以降 CCS
Stanwell, Queensland (Zerogen)	オーストラリア	石炭	100MW	燃焼前回収	帯水層	2012
Futuregen	米国	石炭	275MW	燃焼前回収	帯水層	2012
RWE	ドイツ	石炭	450MW	燃焼前回収	帯水層	2014
BP、Rio Tinto, Kwinana	オーストラリア	石炭	500MW	燃焼前回収	帯水層	2014
RWE, Tilbury	英国	石炭	1,000M	燃焼後回収		2016
CHNG (Greengen)	中国	石炭	400MW	燃焼前回収		2020

(プロジェクト事業主体のHP、IEA-GHG CCSプロジェクトデータベース等より作成)

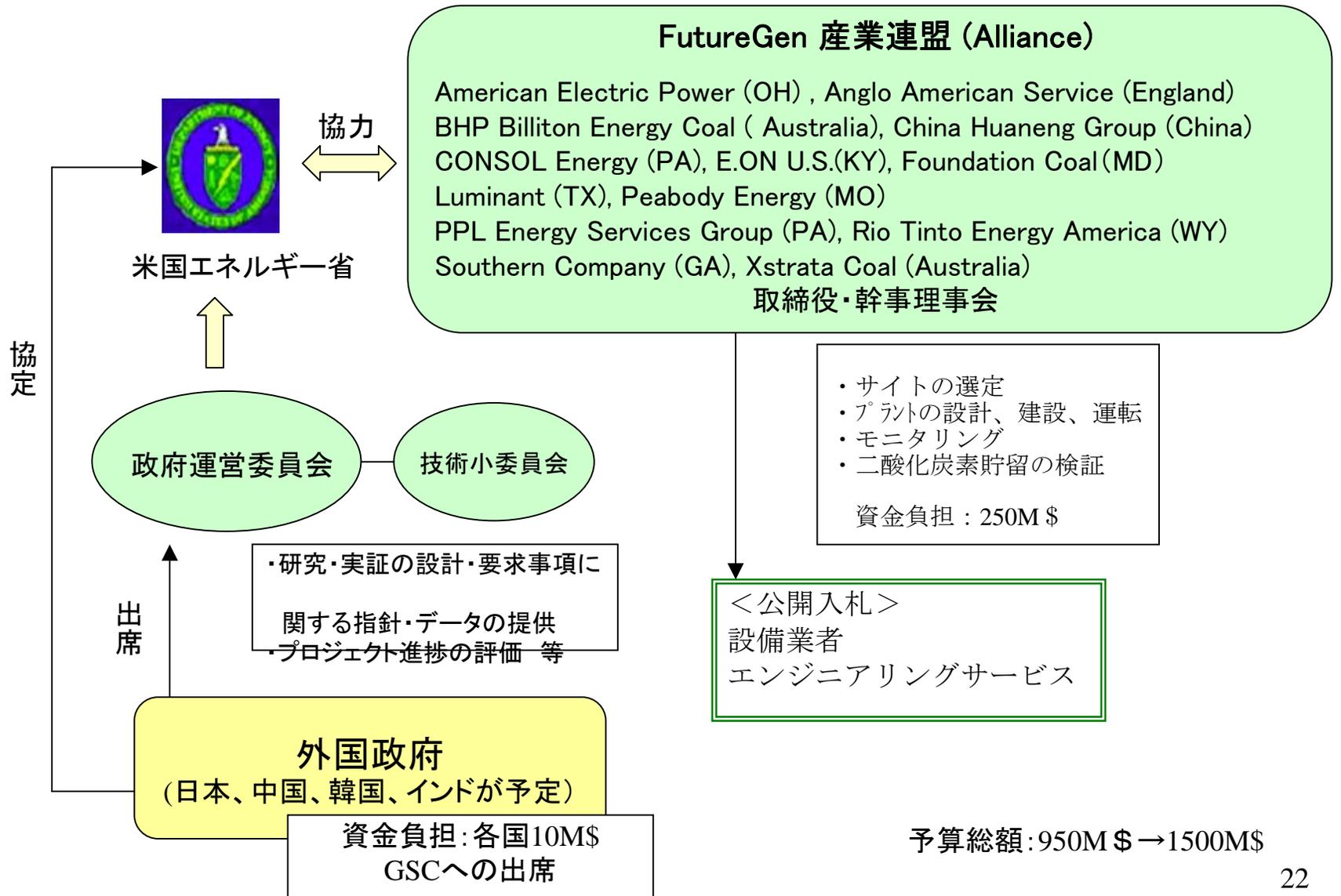
FutureGenプロセス概要

FutureGenにおける発電及びCO₂地中貯留のプロセス

- 石炭ガス化炉に純酸素を注入し、石炭をガス化
- シフト反応($\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$)によりCOをCO₂・H₂に変換した後、ガスを精製
- CO₂分離工程で分離したH₂は燃料として使用し、CO₂は地中貯留
- 水素燃料は、水素燃料ガスタービンを中心に、高温型燃料電池、自動車燃料等に使用



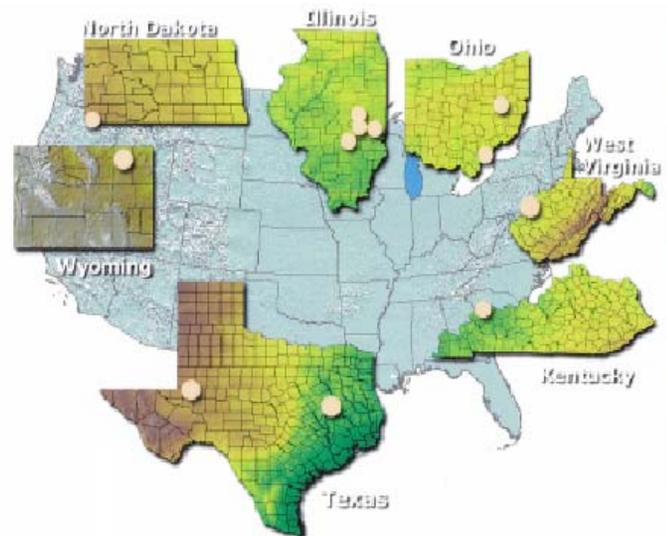
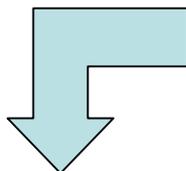
FutureGen 実施体制



FutureGenプロジェクトの経緯(サイト選定)

2006.7 Alliance: 4箇所の候補地を公表

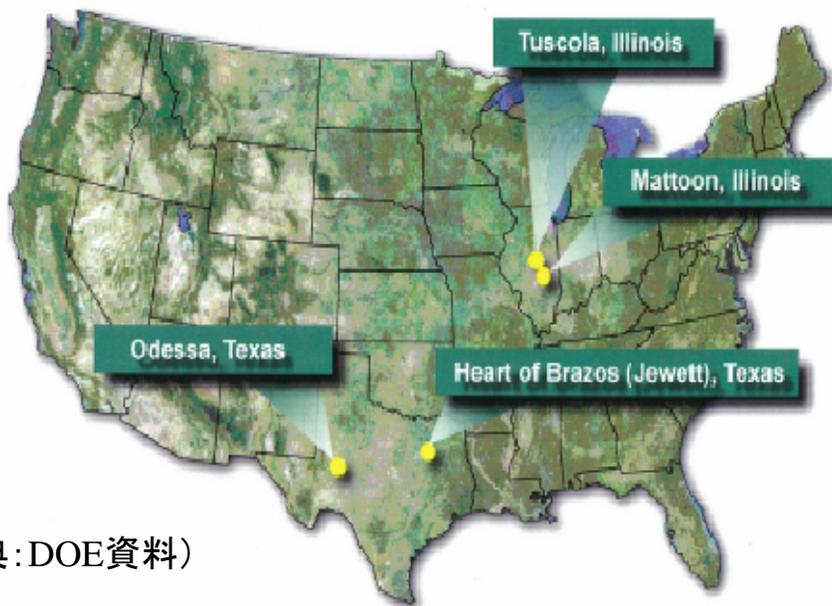
(応募された12箇所から4箇所に絞り込み)



(Alphabetical Order)

- Effingham, IL
- Marshall, IL
- Mattoon, IL
- Tuscola, IL
- Henderson Co., KY
- Bowman Co., ND
- Meigs County, OH
- Tuscarawas Co., OH
- Odessa, TX
- Jewett, TX
- Point Pleasant, WV
- Gillette, WY

4 sites were selected as "finalists" to host the FutureGen plant



United States Department of Energy

13

2007.12.18 Alliance: 立地サイトとして Mattoonを選定した旨公表

2007.12.18 DOE: 正式なサイト決定は未だであり、事業費の増大に対応して事業内容の見直し作業中である旨発表



(出典:DOE資料)



FutureGenプロジェクトの経緯(事業の見直し)

2008.1.30 DOE: FutureGenプロジェクトの見直し計画発表



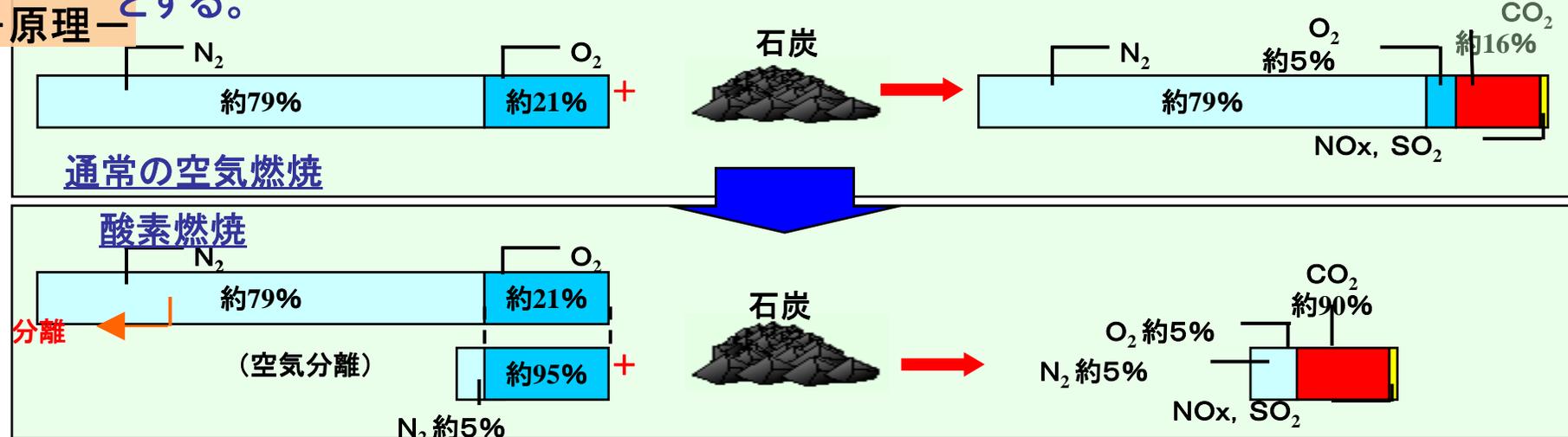
- 商業的規模の複数の石炭ガス化複合発電所(IGCC)において最新のCO2回収・貯留(CCS)技術を実証することを目的とする
- DOEは2015年までに操業を開始するIGCCプラントのCCS設置に対し資金提供する
- 2003年の当初計画に比し、少なくとも2倍の量のCO2を貯留可能と見込まれる
- DOEにとってCCS技術進展における国際協力は引き続き重要

2008.1.30 Alliance: DOEの発表に対し、FutureGen計画は継続する旨表明



既存石炭火力発電所の酸素供給の増大化による効率的なCO₂分離・回収プロジェクト

- 主な特徴として、既存の微粉炭火力発電所に高濃度の酸素を吹き込むことにより、排ガス中のCO₂の割合が約90%となり、排ガスからのCO₂分離を容易とする。



CO₂隔離サイト: 枯渇ガス田
 位置: 発電所の西250km
 容量1,300万トン(CO₂換算)



発電所サイト:
 豪州クィーンズランド州
 Callide-A 発電所
 4号機
 発電容量 30MWe

○酸素燃焼プロジェクト

日本と豪州の共同研究であり、APPのよりクリーンな化石エネルギー タスクフォースにおける重要プロジェクトとして位置付けられている。

全体スケジュール(2004~2015)

項目	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
フィージビリティスタディ	■		FS									
ボイラ改造&CO ₂ 回収の実証			建設・改造		■	■	■	■	■	■	■	■
CO ₂ 地中隔離の実証			試掘・設計、建設・試運転		■	■	■	■	■	■	■	■
その他		契約・交渉	■								まとめ	■

クールアース・パートナーシップ

＜気候変動対策における開発途上国支援のための資金メカニズム＞

我が国は、100億ドル規模の新たな資金メカニズムを構築します。・・・途上国の排出削減への取り組みに積極的に協力するとともに、・・・米国、英国と共に多国間の新たな基金を創設することを目指し、他のドナーにも参加を呼びかけます。

福田総理スピーチ(H20. 1. 26 ダボス)

これまでの技術開発の成果

- 世界最高の石炭火力発電(USC、脱硫、脱硝技術、PFBC等)
- 原料炭の使用を削減出来る新型コークス炉 (SCOPE21:新日鐵大分製鉄所にて本年5月に操業)
- CO₂分離回収においても、10年前から世界に発信

その他関連情報

- FutureGenワークショップ(2月25日 10:00~17:50、
主催:RITE、於:第一ホテル東京、米国エネルギー省 デール部長、欧州、中国専門家等講演)
- 豪州:クイーンズランドとの石炭ガス化CCT普及プロジェクトマッチングミッション(RITE主催、3月9日~13日)
- 豪州:インフラ整備促進のための報告書提出、豪州政府等への要請(NEDO、エネルギー経済研究所)(3月中下旬)