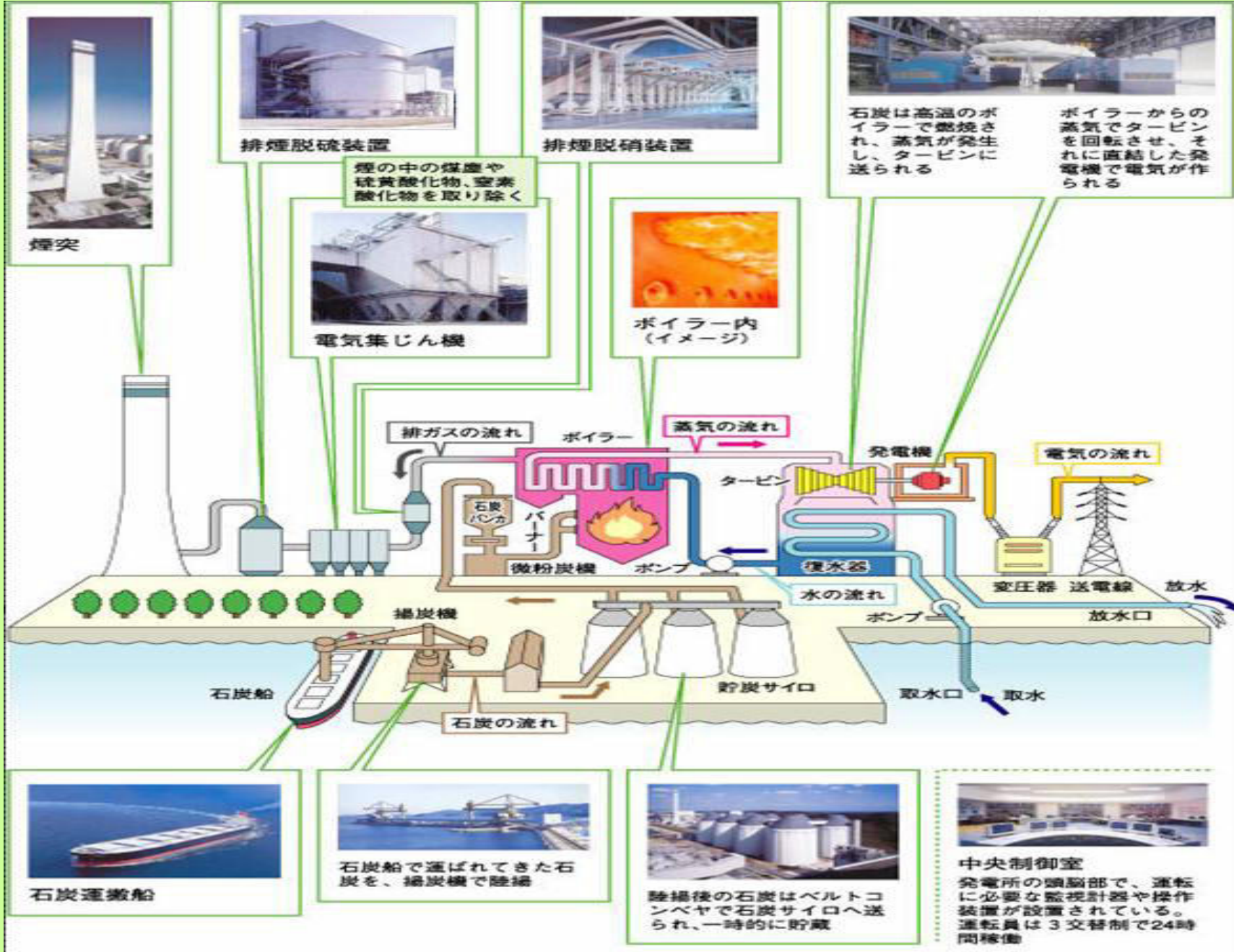


講座 7

石炭発電技術



石炭火力発電所のしくみ



煙突



排煙脱硫装置



排煙脱硝装置



電気集じん機



ボイラー内 (イメージ)



石炭は高温のボイラーで燃焼され、蒸気が発生し、タービンに送られる

ボイラーからの蒸気でタービンを回転させ、それに直結した発電機で電気が作られる



石炭運搬船



石炭船で運ばれてきた石炭を、揚炭機で陸揚



陸揚後の石炭はベルトコンベヤで石炭サイロへ送られ、一時的に貯蔵



中央制御室
発電所の頭脳部で、運転に必要な監視計器や操作装置が設置されている。運転員は3交替制で24時間稼働

石炭利用に係る環境対策技術の体系

SOx → 脱硫技術 (DeSOx) — 湿式石灰石石膏法
— 乾式活性炭法

NOx → 脱硝技術 (DeNOx) — 二段燃焼法
— 低NOxバーナー
— 選択接触還元法(SCR)

ダスト → 集塵技術 — 電気集塵(ESP)
— 集塵フィルター

CO₂ → 高効率技術 — 超々臨界圧発電(USC)
— 石炭ガス化複合発電(IGCC)
— 石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)

→ バイオマス燃料利用

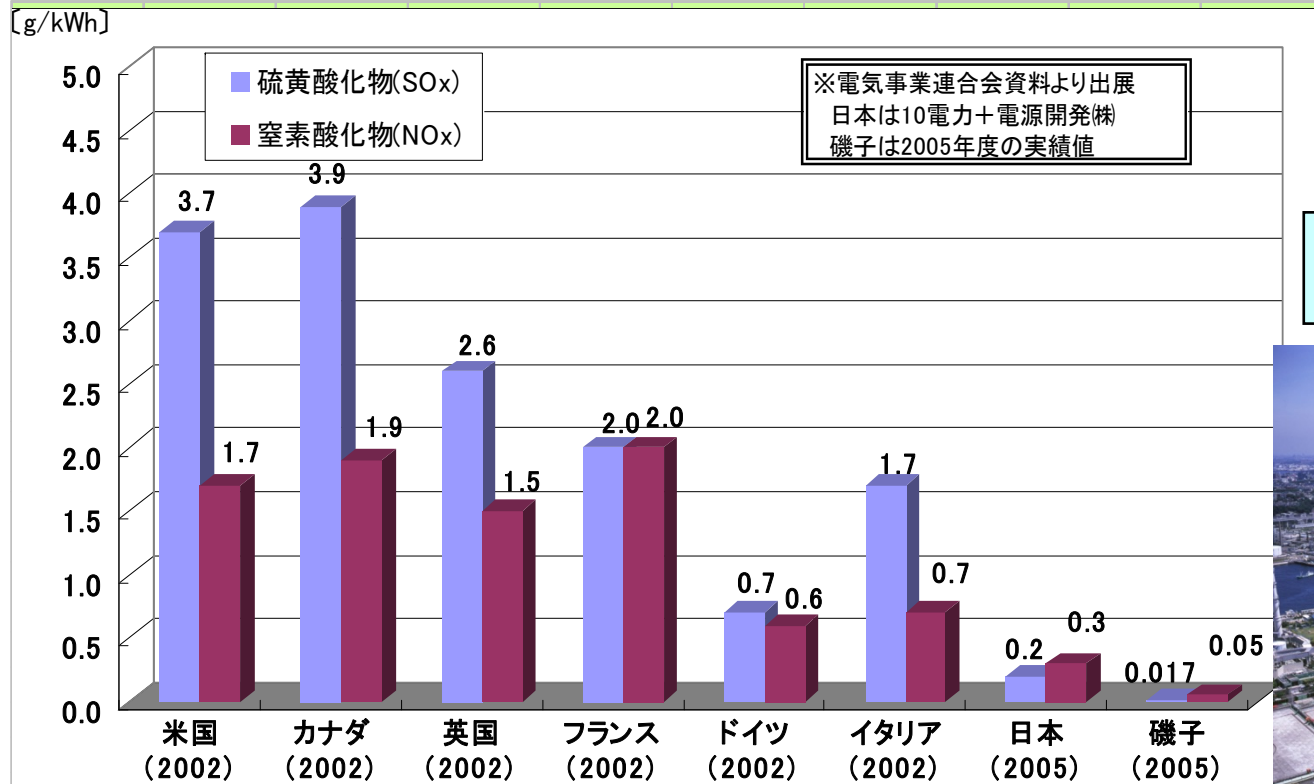
→ 炭素回収貯留技術 (CCS: Carbon Capture & Storage)

■ SOx, NOx, ダストの処理技術では日本は最先端の技術を保有。

■ 今後のR&Dは短中期はIGCC等の高効率技術、長期的にCCS技術の確立

火力発電電力量あたりSOx、NOx排出の国際比較

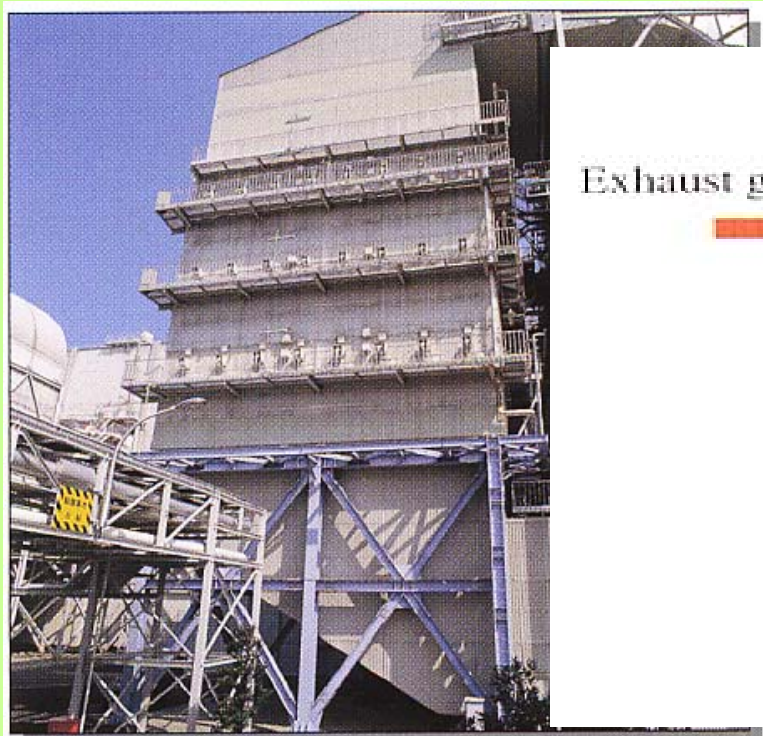
日本の水準は他の主要先進国と比べて圧倒的に低い排出レベルを達成している。



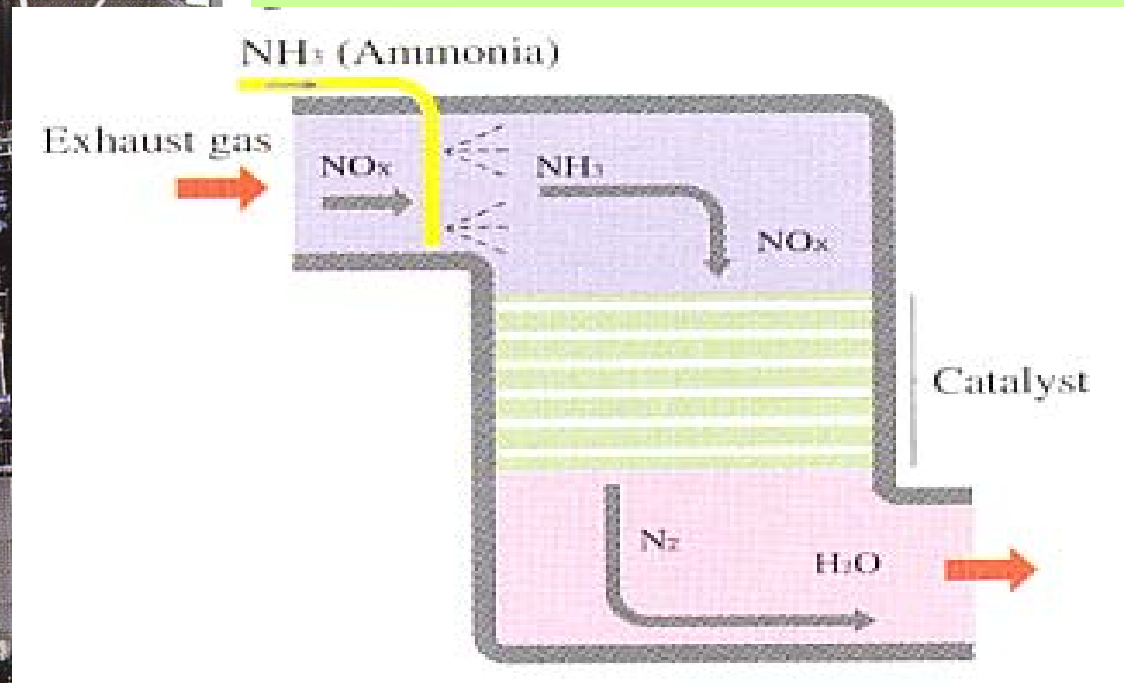
最新の都市型石炭火力発電所
(Jパワー 磯子火力発電所)



排煙脱硝技術 (SCR: 乾式アンモニア選択接触還元法)



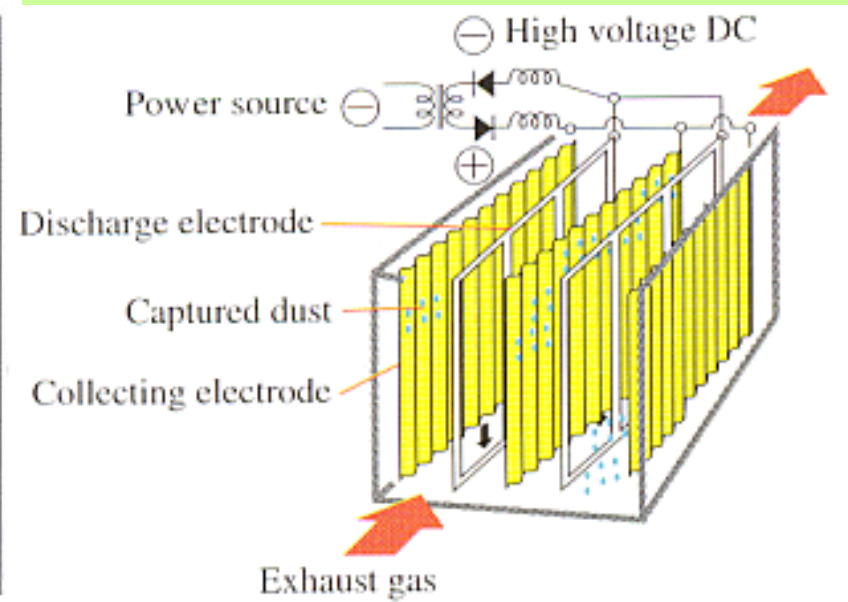
Matsuura Thermal Power Station



ばいじん除去技術（電気集塵器）



Matsuura Thermal Power Station

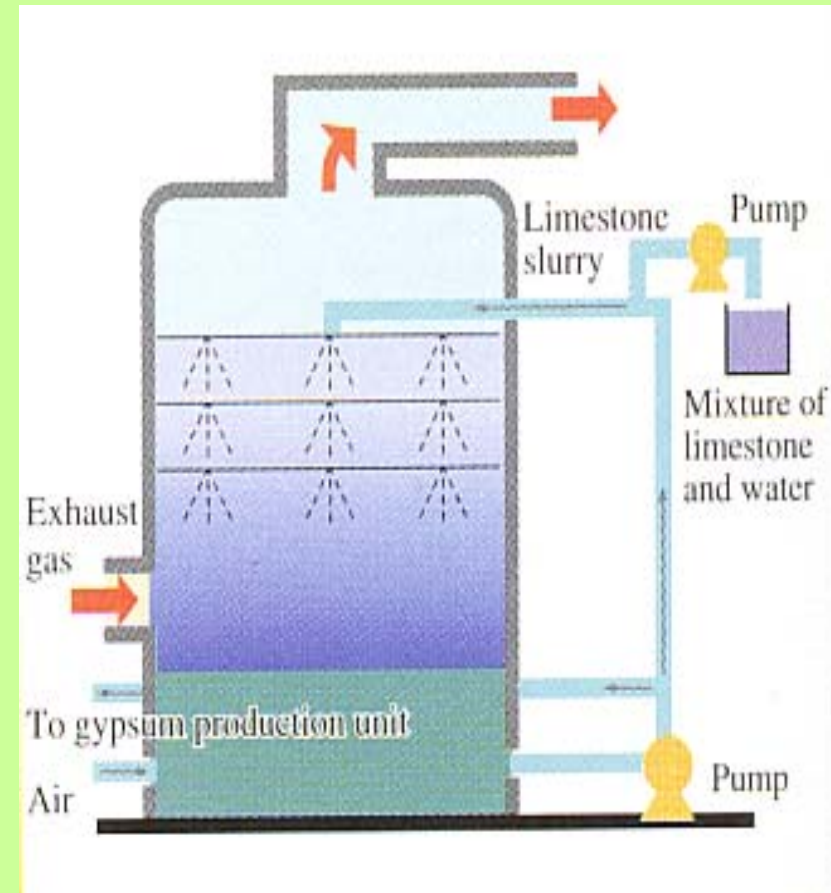


- 高温ESP
- 低温ESP
- 低低温ESP

排煙脫硫技術（湿式石灰石石膏法）



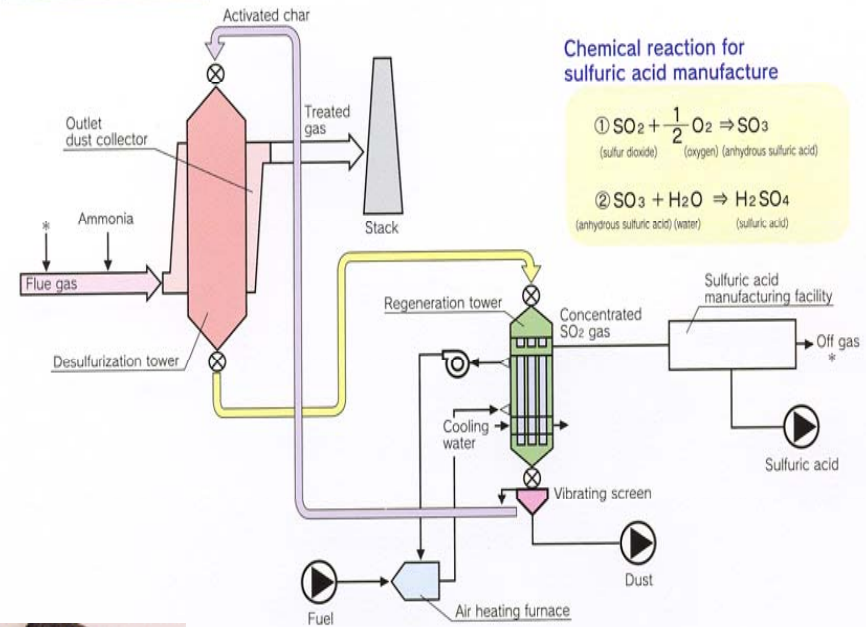
Matsuura Thermal Power Station



排煙脫硫技術 (乾式活性炭法)



Basic process flow chart



Activated cokes

日本の石炭灰発生と処理の概況

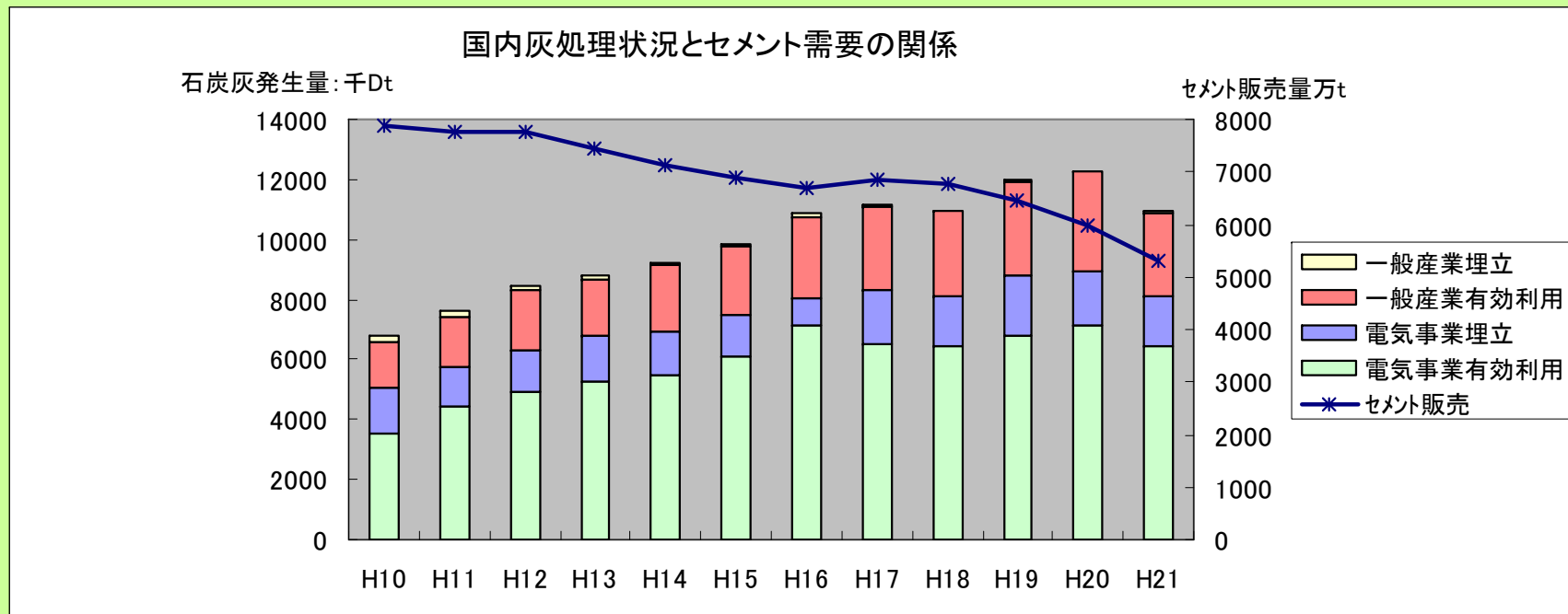
- ・日本での石炭灰発生量は約1100万トン(2009年度)
- ・その内約810万トンは電気事業。約290万トンは一般産業(自家発、IPP等)。
- ・そのほとんどは有効利用(97%)
- ・最大の有効利用先はセメント原料化(粘土代替)で680万トン(全有効利用の約60%、ただし減少傾向)
- ・有効利用できない場合などは、一部埋立処分している。
※ただし、海面埋立は国の解釈に基づき土地造成材として有効利用にカウントされている。

電気事業の石炭灰有効利用内訳（'09年度）

- セメント分野《66.5%》
原料(63.7%)、混合材(2.3%)、コンクリート混和材(0.5%)
- 土木分野《14.8%》
地盤改良材(2.7%)、土木工事(6.5%)、電力工事(0.6%)、
道路路盤材(1.7%)、アスファルトフィラー材(0.1%)、炭坑充填材(2.6%)
- 建築分野《3.4%》
建材ボード(3.0%)、コンクリート2次製品(0.4%)
- 農林水産分野《1.1%》
肥料等(0.3%)、土壌改良剤(0.8%)
- その他《14.2%》
ほとんどが公有水面埋立(海上処分場埋立)

セメント利用減少の影響

- ・石炭灰の有効利用先の約60%を占めるセメントの販売量は公共事業減、景気後退などの影響により徐々に減少し、10年間で8000万トンから5000万トンに低下。
- ・一方石炭灰発生量は700万トンから1100~1200万トンと大幅増加。
- ・有効利用量減は埋立増、処分場不足につながるため、セメント以外の有効利用拡大などの対策が必要。



有効利用拡大と処分場の保有

➤国内

- ・セメント原料以外の有効利用拡大が必要。
- ・コンクリート混和材など土木・建築資材の用拡大
- ・埋め戻しが必要な空洞の埋め戻材としての適用などが有望。

➤海外輸出

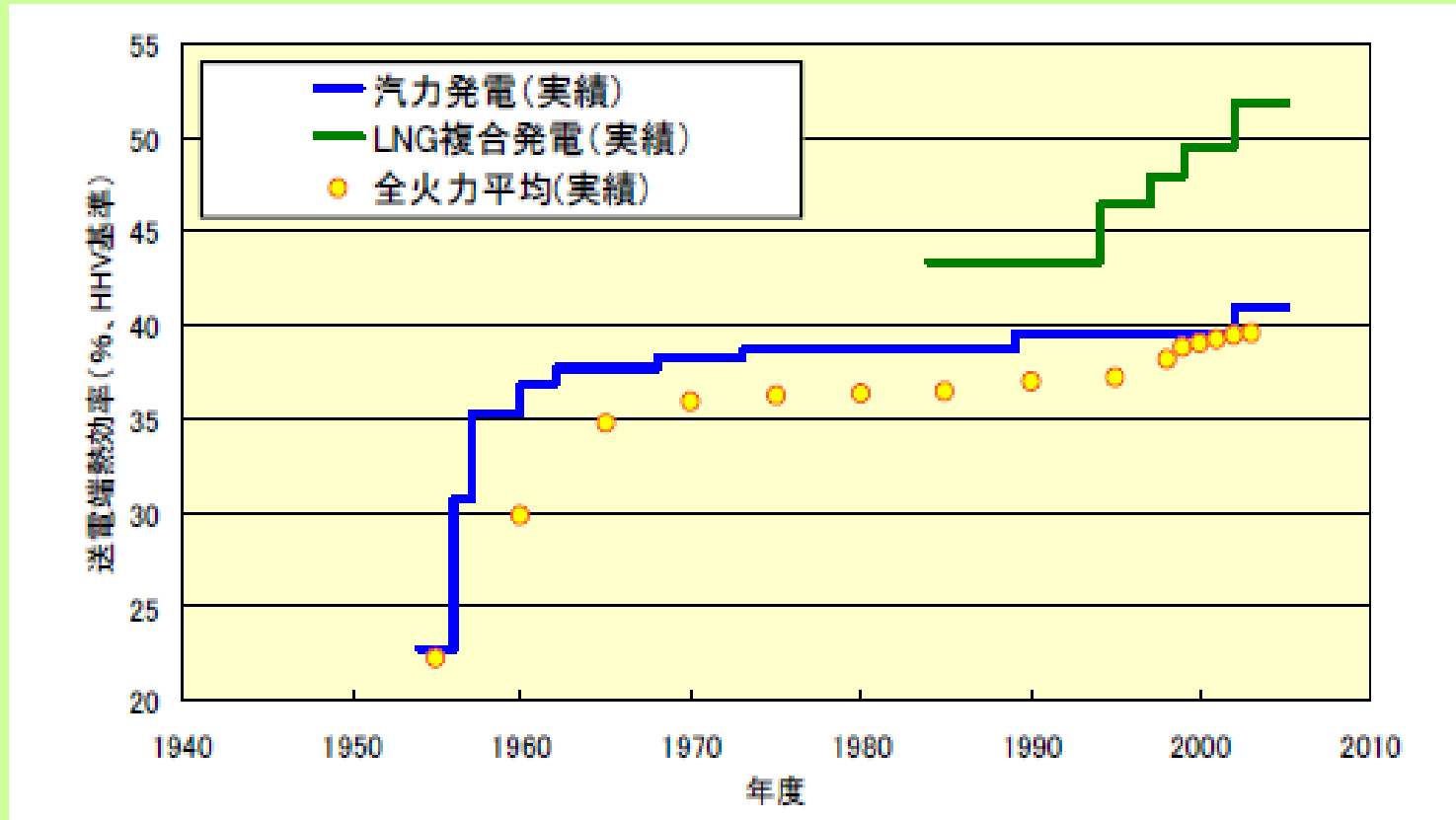
- ・石炭灰は世界で広くリサイクル材として活用。
- ・国内だけでの循環に拘らず海外輸出も視野に入れ、石炭灰リサイクルを進める。
- ・すでに韓国輸出は実績がある(2010年実績約 96万トン)が、その他の国への輸出も検討が必要。(バーゼル条約に留意)

➤処分場の確保

- ・有効利用を拡大しても石炭灰の発生量と有効利用需要はアンバランス発生。これを解消するために、一定の処分場は必要。
- ・有効利用拡大による処分場延命化と共に、代替処分場の準備も必要。

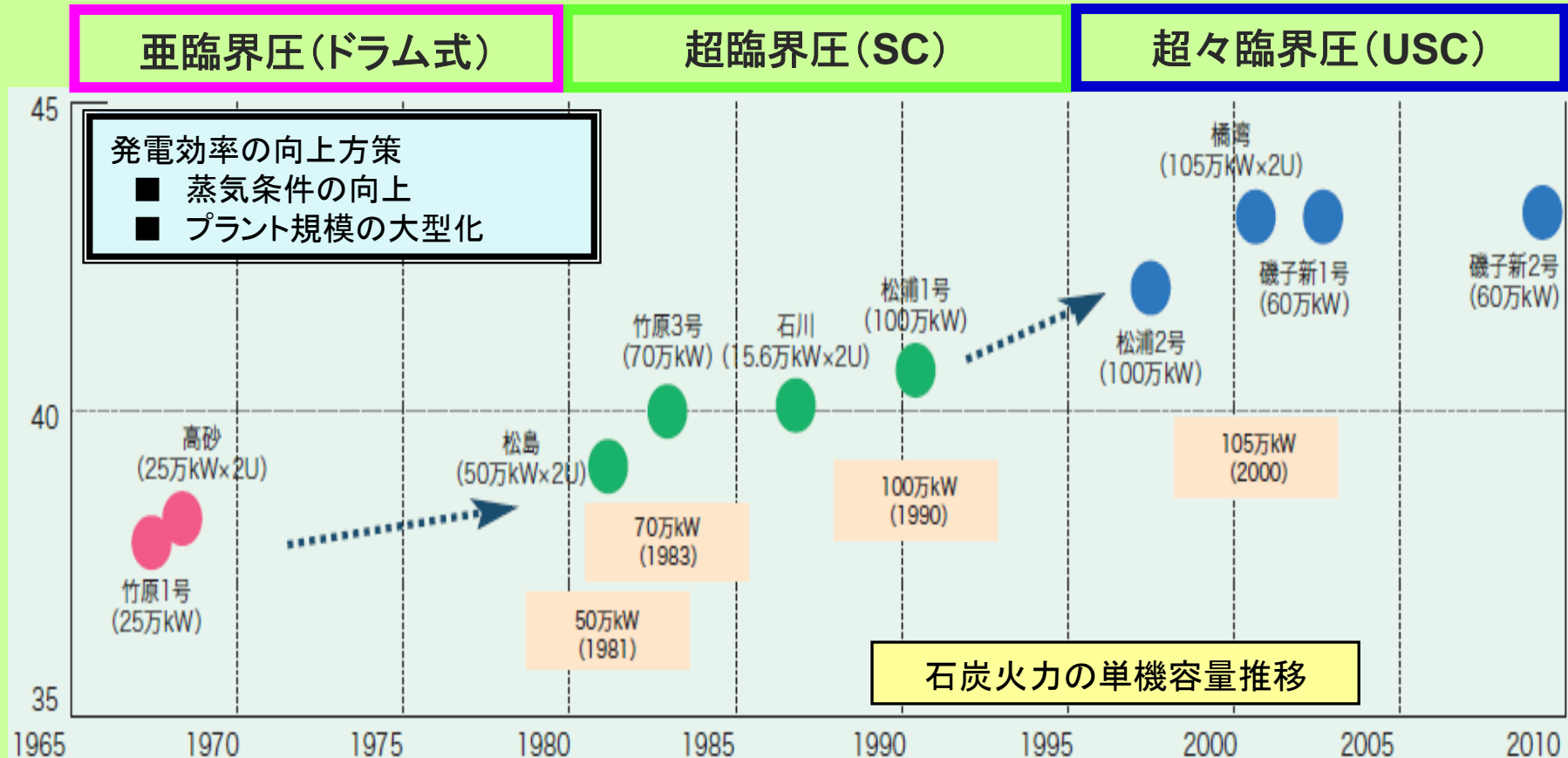
火力発電所の発電効率の推移

- 汽力発電の発電効率はプラント大型化および蒸気条件の向上に伴って向上
- ガス火力の発電効率は複合サイクル化およびガスタービンの高温化に伴って向上
- 石炭火力の発電効率向上のためには複合発電化が大きな方向性



出所: 石炭火力発電の将来像を考える研究会 中間とりまとめ(H19年3月)

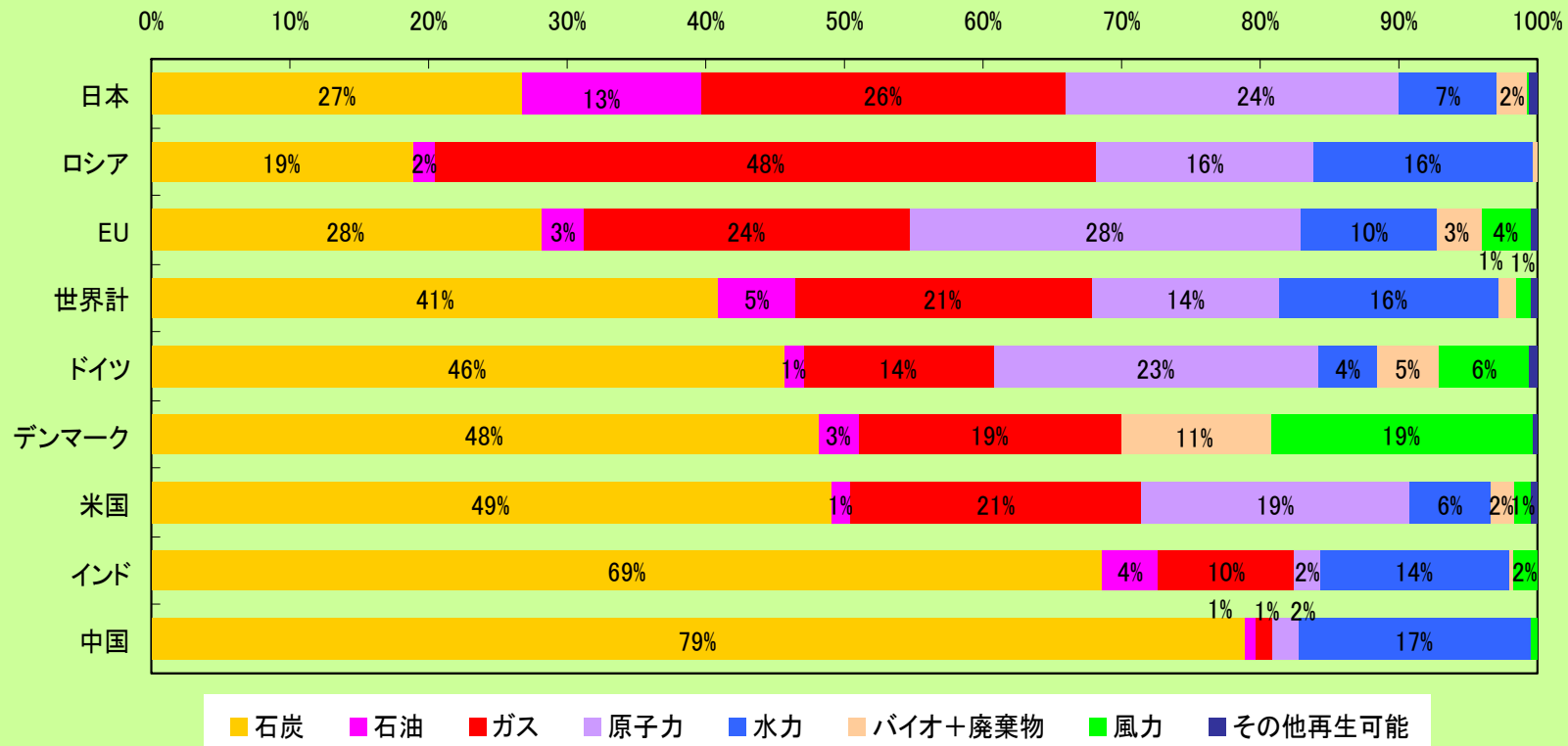
石炭火力発電所の蒸気条件の推移



(注) 亜臨界圧 (Sub-Critical、ボイラの型式がドラム式) ……蒸気圧力が22.1MPa未満
 超臨界圧 (SC: Super Critical) ……蒸気圧力が22.1MPa 以上かつ蒸気温度が566℃以下
 超々臨界圧 (USC: Ultra Super Critical) ……超臨界圧 (SC)のうち、蒸気温度が566℃を超えるものを特にUSCと呼ぶ

主要国の電源別発電電力量の構成比(2008年)

- ◆ 世界の発電電力量の約41%が石炭火力で、最も大きな割合を占めている。
- ◆ 石炭火力の割合は、エネルギー消費の大きい中国、インド、米国で高い。
- ◆ 再生可能エネルギーの導入が進むドイツ、デンマークにおいても、約半分は石炭火力が占める。
- ◆ 日本では全発電電力量の27%を石炭が供給

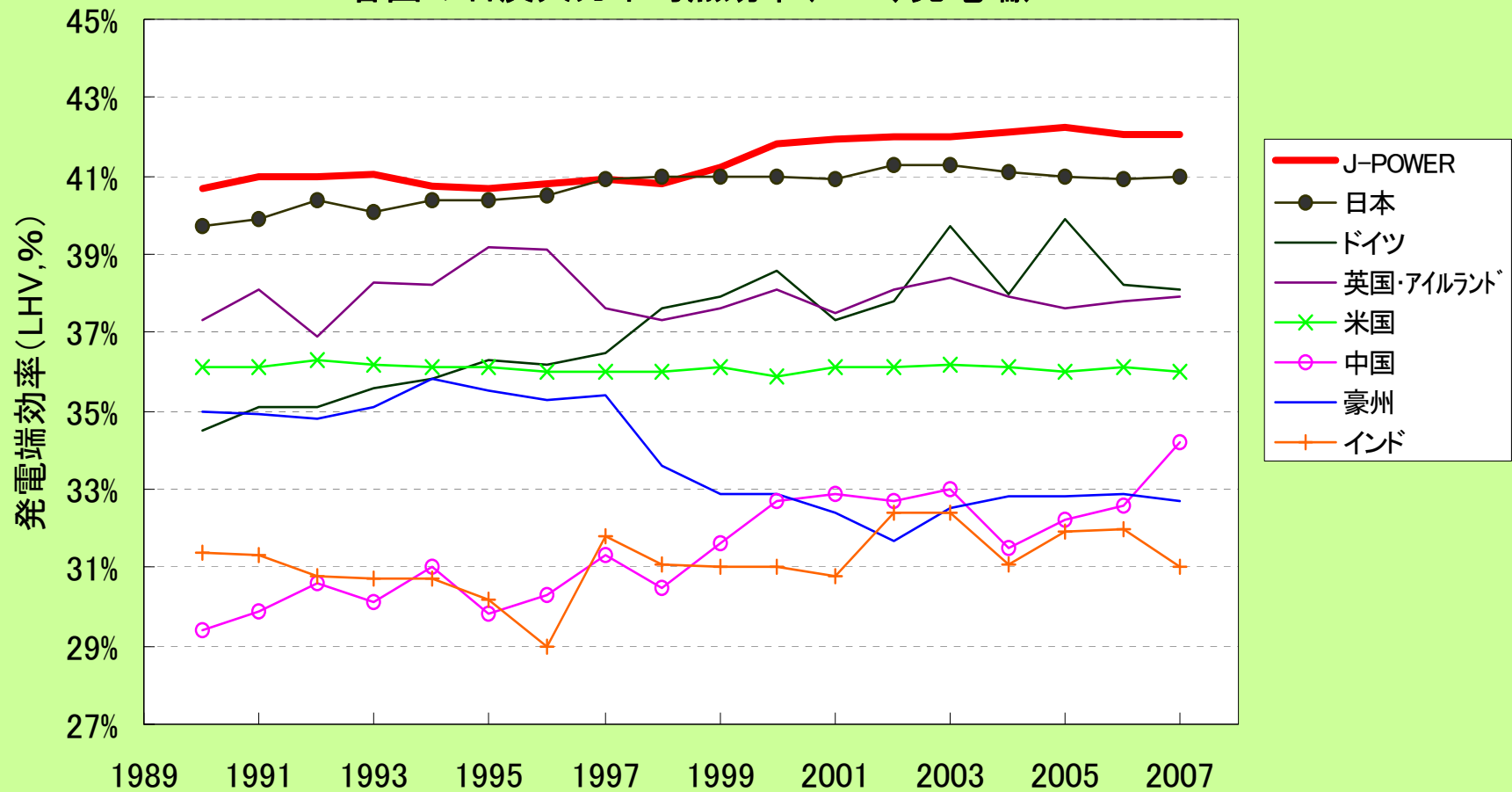


出典:「IEA World Energy Outlook 2010」から作成, ドイツ、デンマークは「IEA Electricity Information 2010」

各国の石炭火力発電の効率推移

- ◆ 日本の石炭火力の発電効率は世界最高水準である。
- ◆ CO2の主要排出国である米国、中国、インドの石炭火力の効率は相対的に低い。

各国の石炭火力平均熱効率(LHV、発電端)

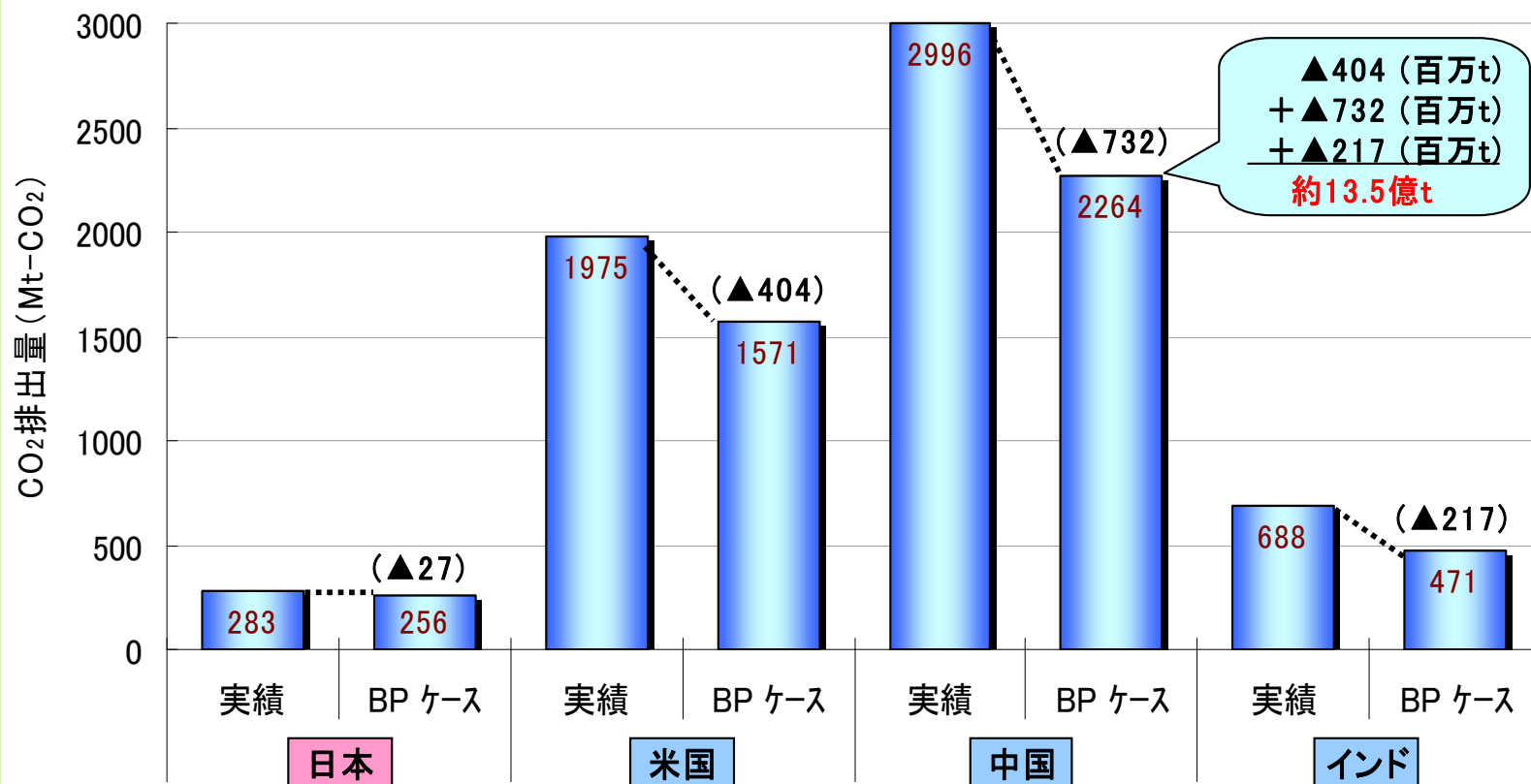


出典 「Ecofys International Comparison of Fossil Power Efficiency and CO2 Intensity 2010(電事連提供)」から作成

日本の石炭火力最高効率を主要国へ適用

- ◆ 日本の現状の最高効率を米、中、インドの石炭火力に適用すると、CO2削減効果は、計13.5億トン。
- ◆ これは、2007年ベースで世界の石炭火力発電所からのCO2排出量(87億トン)の16%、世界全体のCO2排出量(288億トン)の5%に相当。また、日本の石炭火力発電所CO2排出量(2.8億トン)の約5倍に相当し、ほぼ、日本全体のCO2排出量に相当。

石炭火力発電からのCO₂排出量実績(2007年)と日本の最高効率適用ケース

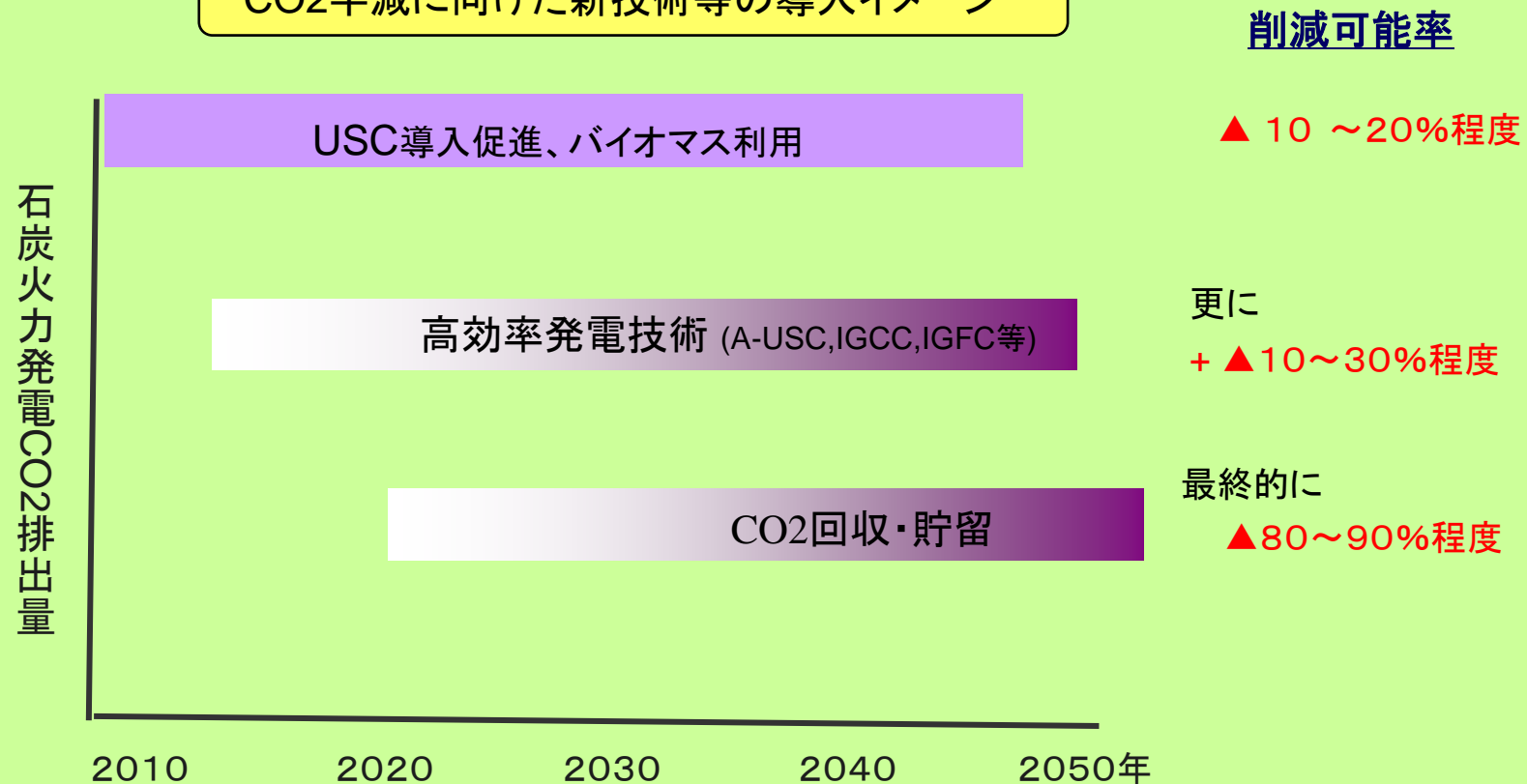


出典：「IEA World Energy Outlook 2009」、「Ecofys International Comparison of Fossil Power Efficiency and CO₂ Intensity 2010(電事連提供)」から作成

石炭火力におけるCO2削減技術等の導入イメージ

- ◆ 石炭火力の更なるCO2削減が可能。現時点では、将来のゼロエミッション化も視野に入れた技術開発を推進中。
- ◆ 2020年以降に革新的な技術を順次確立し、新設プラント、老朽化火力のリプレイス等に順次適用。
- ◆ 時間軸では、当面は「USC導入促進」、「バイオマス系燃料の混合燃焼」、であり、2020年以降、「IGCC, IGFC, A-USC等の高効率化」、「CCS」といった技術の成熟度に応じた適用になる。
- ◆ 高効率化のなかでは、IGCCは実用化の前段階。

CO2半減に向けた新技術等の導入イメージ



老朽石炭火力発電所のリプレース・USCの導入(当社の事例)

磯子火力発電所(横浜市) 1967年運転開始



新1号機:2002年運転開始 / 新2号機:2009年7月運転開始



3つの目的

- ◇出力増強
- ◇環境改善
- ◇効率改善

◆電気出力	53万kW (26.5万kW × 2基)	➡	120万kW (60万kW × 2基)
◆SOx	60 ppm		10 ppm (20)
◆NOx	159 ppm		13 ppm (20)
◆ばいじん	50 mg/m ³ N	➡	5 mg/m ³ N (10)
◆蒸気条件	亜臨界圧		超々臨界圧 <small>()は新1号機</small>
◆効率(発電端% HHV)	38%	➡	43%(USC)
◆CO ₂ 排出量(※)	100	➡	83

※ 送電端・kWhあたりのCO₂排出量について、リプレース前を100として比較。

バイオマス燃料の既設石炭ボイラでの利用

- バイオマス系固体燃料の既設石炭ボイラ設備での利用は、石炭が固体燃料ゆえに実施が可能
- バイオマス燃料利用によるCO₂排出原単位削減は、バイオマス資源量が限定的ではあるが、既存プラントにおけるCO₂対策として即効性がある
- 廃棄物のリサイクル手法としても有効



木質バイオマス燃料



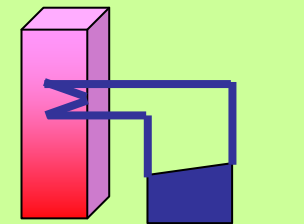
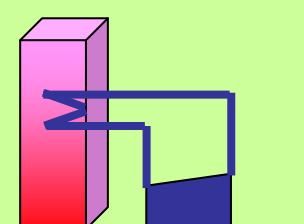
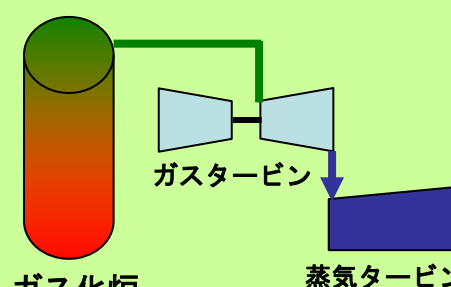
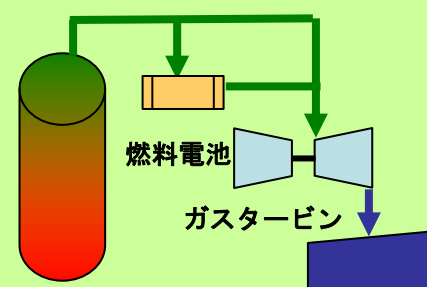
下水汚泥燃料



一般廃棄物炭化燃料

石炭利用高効率発電技術

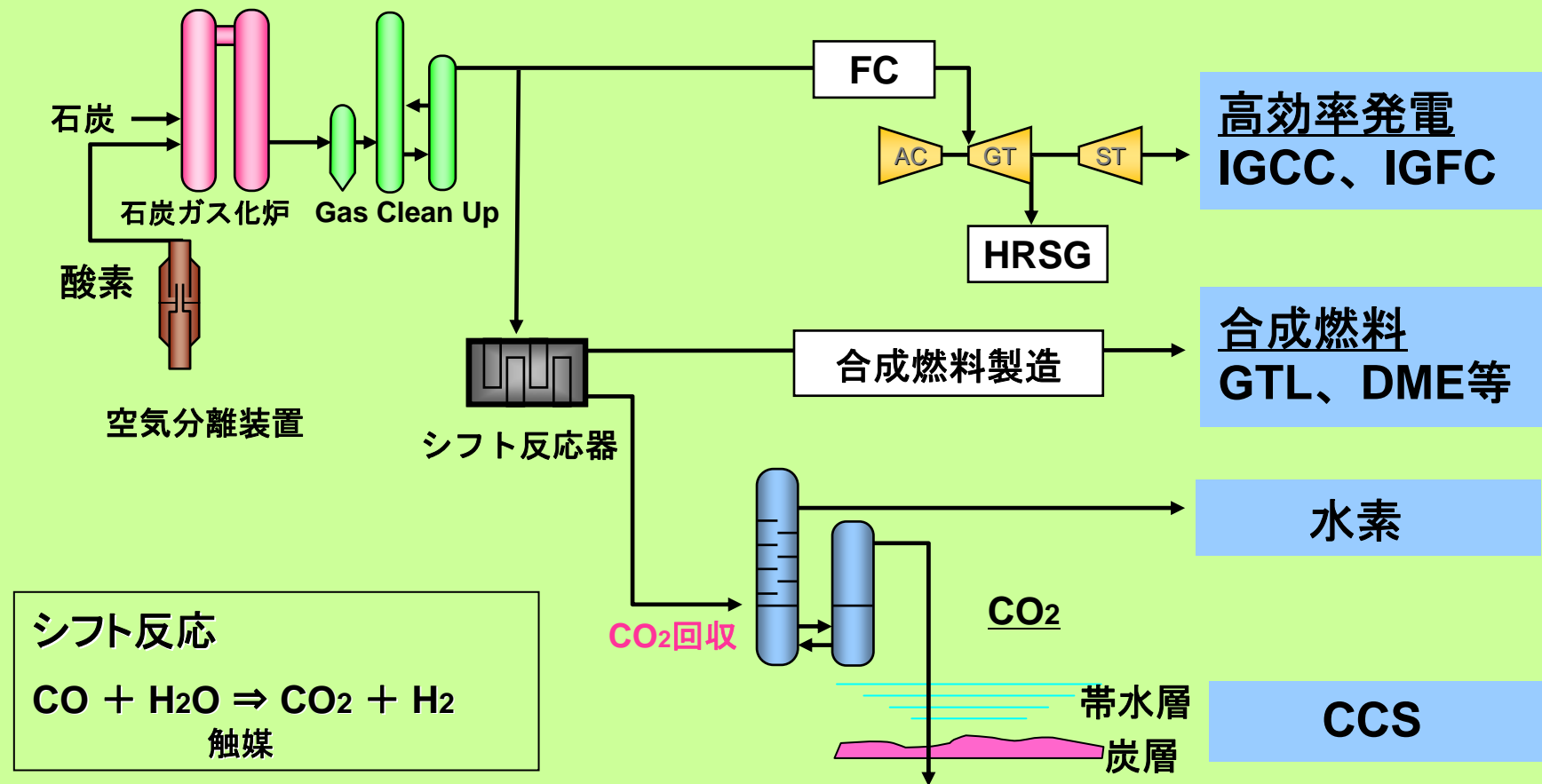
- ◇**微粉炭火力**：微粉炭火力は蒸気タービン(ST)のみで発電する方式、現在の石炭火力の主流。蒸気の温度・圧力条件を上げることで効率が向上。現在、700℃級の**A-USC**の開発が計画中。
- ◇**石炭ガス化複合発電**：**IGCC**はガスタービン(GT)とSTの複合発電、微粉炭火力に比べ高効率発電が可能。ガスタービン入口ガス温度を上げることで効率は向上する。
- ◇**石炭ガス化燃料電池複合発電**：**IGFC**は、IGCCに燃料電池(FC)を組み合わせたトリプル複合発電方式。IGCCに比べ更に高効率発電が実現できる。

微粉炭火力		石炭ガス化複合発電 (1500℃級 IGCC)	石炭ガス化燃料電池 複合発電 (IGFC)
<p>最新火力(USC)</p>  <p>ボイラ 蒸気タービン</p>	<p>700℃級A-USC</p>  <p>ボイラ 蒸気タービン</p>	 <p>ガス化炉 蒸気タービン</p>	 <p>ガス化炉 蒸気タービン</p>
<p>発電端：43%(HHV) 送電端：41%(HHV) (比較ベース)</p>	<p>発電端：48% 送電端：46% CO2低減：約11%</p>	<p>発電端：51～53% 送電端：46～48% CO2低減：約▲13%</p>	<p>発電端：60%以上 送電端：55%以上 CO2低減：約▲25%以上</p>

※ CO2低減割合は最新石炭火力をベースにしており、既設石炭火力をベースにすれば更に大きくなる。

酸素吹石炭ガス化技術

酸素吹石炭ガス化技術は、IGFCに至る「高効率発電技術」、石油代替の「合成燃料」、「水素製造」、効率的な「CO2分離回収」など多様な用途に展開できる。



酸素吹石炭ガス化技術の開発ステップ

EAGLEパイロット試験

規 模：石炭使用量 150 t/日

試験運転：2002～2009年度

試験内容：酸素吹石炭ガス化及びCO₂分離回収技術のパイロット試験



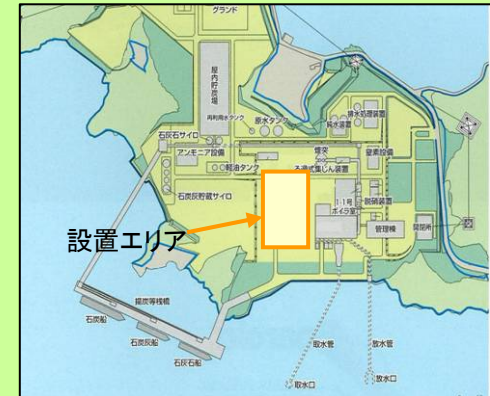
Jパワー若松研究所(北九州市)

大崎クールジェンプロジェクト

規 模：石炭使用量 1,100 t/日級(電気出力17万kW級)

試験運転：2016年度開始予定

試験内容：酸素吹石炭ガス化複合発電システム(IGCC)の
スケールアップ & システム検証とCO₂回収技術の検証



中国電力 大崎発電所(広島県)

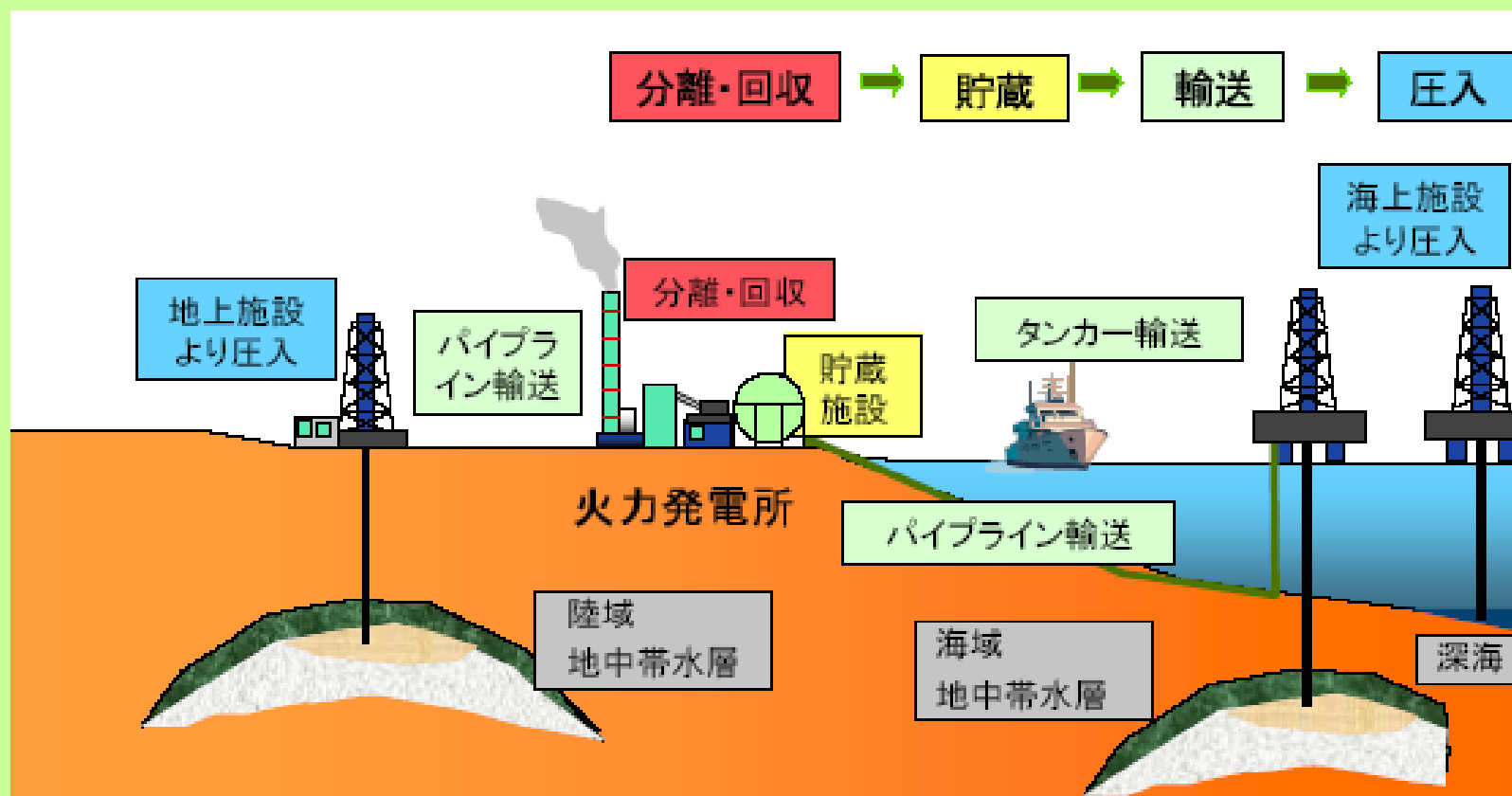
酸素吹IGCC/CO₂回収商用プラント
(30-60万kW級)

大崎クールジェンプロジェクトは、酸素吹石炭ガス化技術(IGCC)、CO₂分離回収技術の商用化に向け、酸素吹IGCCシステム及びCO₂分離回収の実証試験を実施するものである。

CO2分離回収・貯留技術(CCS)とは

- CO2分離回収・貯留技術(CCS: Carbon Capture & Storage)は大規模排出源からCO2を分離回収し、地中あるいは海洋に貯留する技術
- CCSは、CO2の「分離・回収」「輸送」「貯留(圧入)」の一貫システムであって成立する

CO2回収・貯留技術の概念図



CO₂ 回収技術開発への取組み

- 石炭火力からのCO₂回収法として有望な3つの方法の技術開発に取り組んでいる。

微粉炭火力発電

燃焼後回収法

- 実施機関: 三菱重工/Jパワー
- 処理ガス量: 1,750Nm³/h
- 回収CO₂量: 10 t-CO₂/日
- 試験期間: 07年4月～09年3月

酸素燃焼法

- 実施機関: 日本(Jパワー、IHI等)/豪州
- 試験規模: 30MW規模
- 回収CO₂量: 30,000 t-CO₂/年
- 試験期間: 2011年～2014年予定

石炭ガス化発電

燃焼前回収法

- 実施機関: Jパワー/NEDO
- 処理ガス量: 1,000Nm³/h
- 回収CO₂量: 20 t-CO₂/日程度
- 試験期間: 08年11月～10年3月

CCS技術開発の意義と課題

CO2分離回収・貯留(CCS)技術の意義

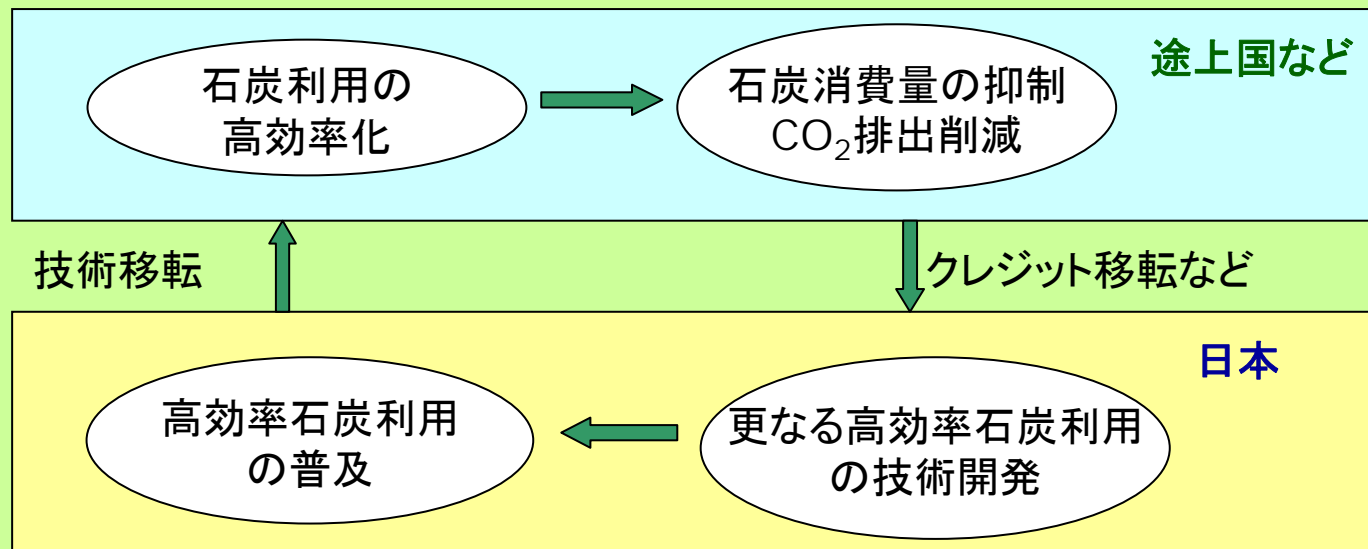
- ◆ 化石燃料からの**大幅なCO2削減が可能な殆ど唯一の新技術**
- ◆ 温室効果ガス濃度安定化**ポートフォリオの一つ**との位置づけ
- ◆ 現在のエネルギーの太宗である化石燃料が十分に活用でき、**エネルギー供給上の安定性、多様性、柔軟性が確保できる。**
- ◆ CCS技術(CCSコスト)が将来の**炭素価格の抑制機能**を果たす可能性がある。
- ◆ 化石燃料(石炭ガス化ガス)の脱炭素化=**水素社会**の可能性拡大

CCS技術の現状と課題

- ◆ CCSには**分離回収・輸送・貯留の一貫システムが必要**
- ◆ **CCSコスト(7000~8000円/t-CO2)、追加エネルギーとも大きい。特に、分離回収コストが全体の60~70%程度を占める**
- ◆ CCSの実用化には、**技術的、経済的、社会受容性等解決すべき課題が多くあることは事実**
- ◆ CCS検証や調査を通じて、**CCSの知識、経験を蓄積することが適用性を評価するのに重要な役割**
- ◆ **CCSの適用性には地域性があり、国や地域によりその可能性に差異がある。そのために柔軟性を持たせることが必要であり、CDM等のソフトメカニズム導入は重要**
- ◆ 日本では**貯留可能量に関する情報の確度を高めることが重要。また、地中貯留範囲の拡大や海洋貯留の可能性も追求すべき**
- ◆ CCS導入に際しては、**社会受容、法整備、制度設計、政策的・財政的支援など国による主導・支援が必須**

技術開発・技術移転のサイクル

- 先ずは、現在、我が国が保有する高効率発電技術や運転・保守技術を途上国などに移転することが重要である。
- その際、ビジネスで成立すれば良いが、そうでない場合、日本側にも相応のメリットがないと持続しないため、省エネCDMなど柔軟なメカニズム活用が必要となる。
- また、日本がこれまでトップランナーとして開発してきた高効率発電技術や環境対策技術の高度化を国内で更に進め、この分野での世界のトップランナーを維持することが重要である。これらの技術が、将来の技術移転のシーズとなる。



まとめ

世界では石炭火力が発電の主役

- 世界の40%以上、日本の30%は石炭火力発電
- 中国80%、インド80%と大きく、今後、これら途上国の大きな伸びが予想

日本の発電効率は世界トップレベル

- 超々臨界圧(USC)で日本の最新石炭火力は世界最高水準の発電効率
- 日本の最高水準性能を米国、中国、印に適用すればCO₂約13億トン/年削減可能と試算

石炭火力のCO₂はまだ削減可能

- 日本でもIGCC,A-USC、IGFCの開発で10%–30%以上の大幅削減が可能に
- 更に将来的にはCO₂回収貯留(CCS)でゼロ・エミッション石炭火力が実現可能に

石炭火力からのCO₂削減が地球温暖化対策として重要

- 世界のCO₂排出量全体の約3割は石炭火力発電からの排出
- 今後、中国、インドをはじめとした途上国の石炭利用が大幅に増加すると予想
- 日本が有する高効率発電技術・環境対策技術の果たす役割は重要
- 技術移転を効率的に進めるためには、両国にメリットのあるスキーム構築が望まれる

ご静聴ありがとうございました

