

クリーンコールテクノロジーの未来

平成26年12月28日
資源エネルギー庁
資源・燃料部
石炭課

目次

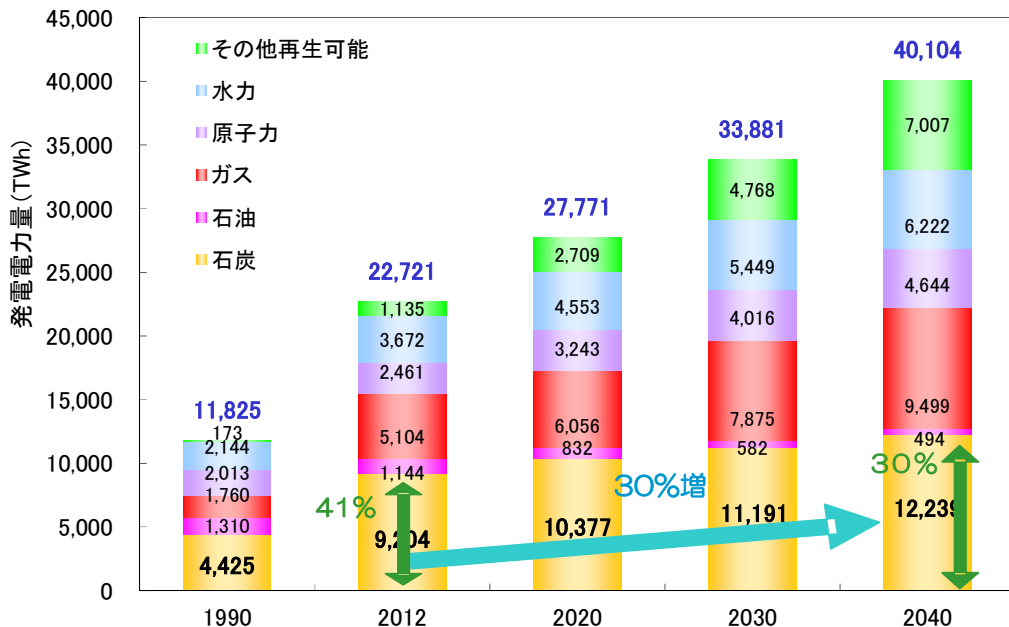
1. 石炭の位置づけ
2. 高効率石炭火力の意義
3. 途上国等への石炭火力の高効率化協力
と国際的な動き
4. 気候変動対策と両立する今後の石炭火力利用
に係る課題・対応

1. 石炭の位置づけ

世界のエネルギー資源における石炭の位置づけ

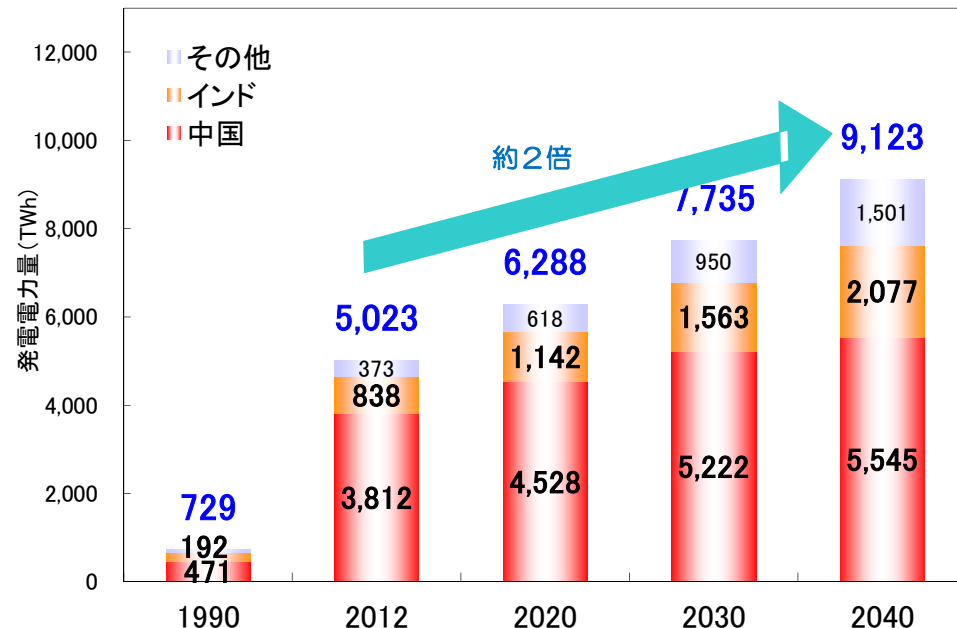
○石炭火力は、世界の発電電力量の40%以上を占めており、2040年に向け30%増加する見通し。
 ○中国インド等の新興国による石炭消費の増加は不可避。

世界の発電電力量(新政策シナリオ)



出典：IEA World Energy Outlook 2014

非OECDアジアの石炭火力発電電力量シナリオ

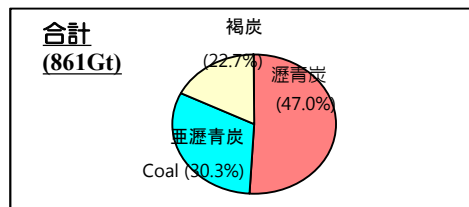
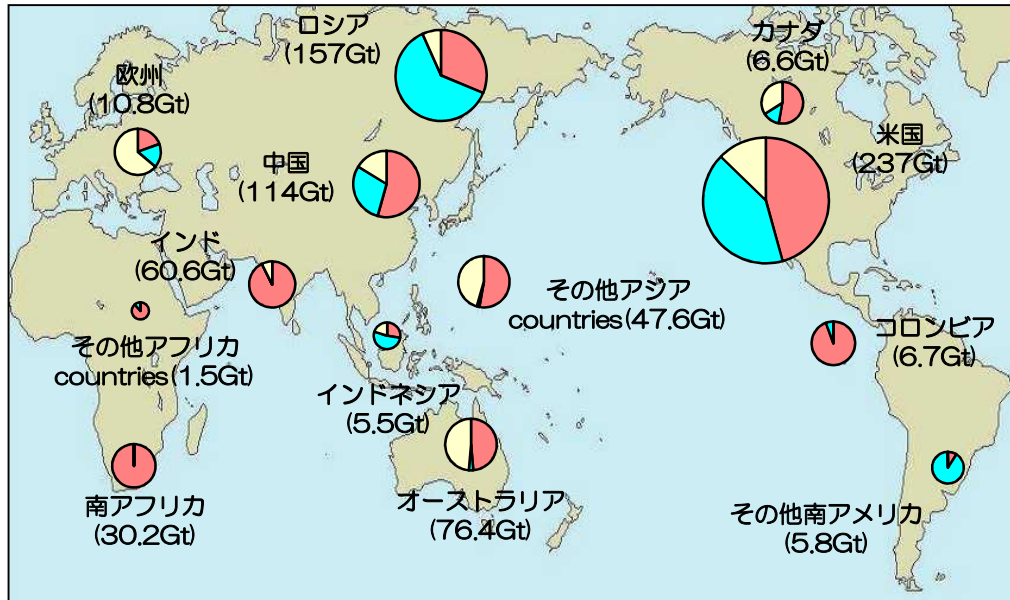


出典：IEA World Energy Outlook 2014

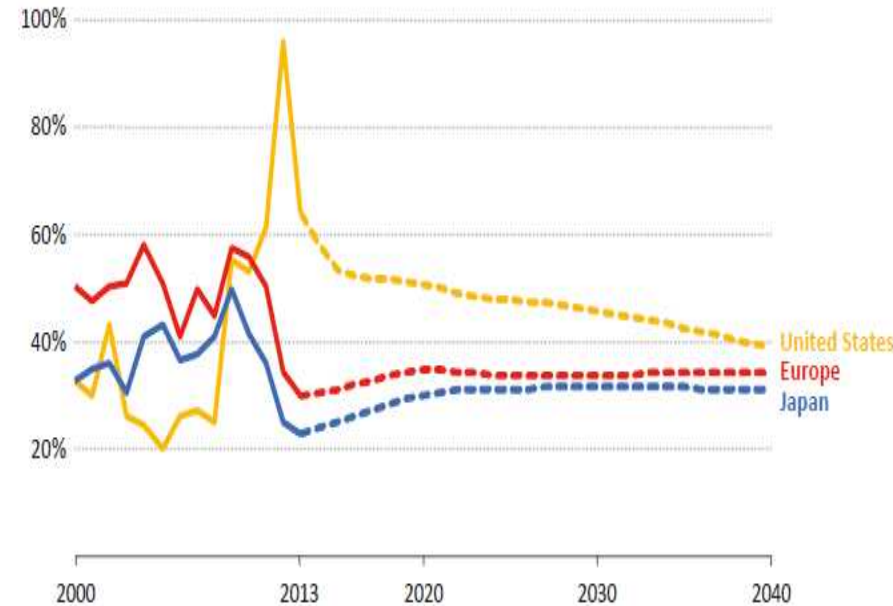
石炭の優位性

- ◆ 安定供給（エネルギー安全保障） 石油や天然ガスのような賦存地域の偏在はなく、各大陸に存在
- ◆ 経済性 天然ガスに比べて安価。特に、アジア地域では天然ガスの価格は高い。
- ◆ 環境負荷低減 高効率石炭火力技術の導入によるCO₂排出低減が可能。

石炭の賦存地域（確認埋蔵量）



地域別の石炭価格／ガス価格比率
（エネルギー等価）



出典：IEA, "World Energy Outlook 2014"

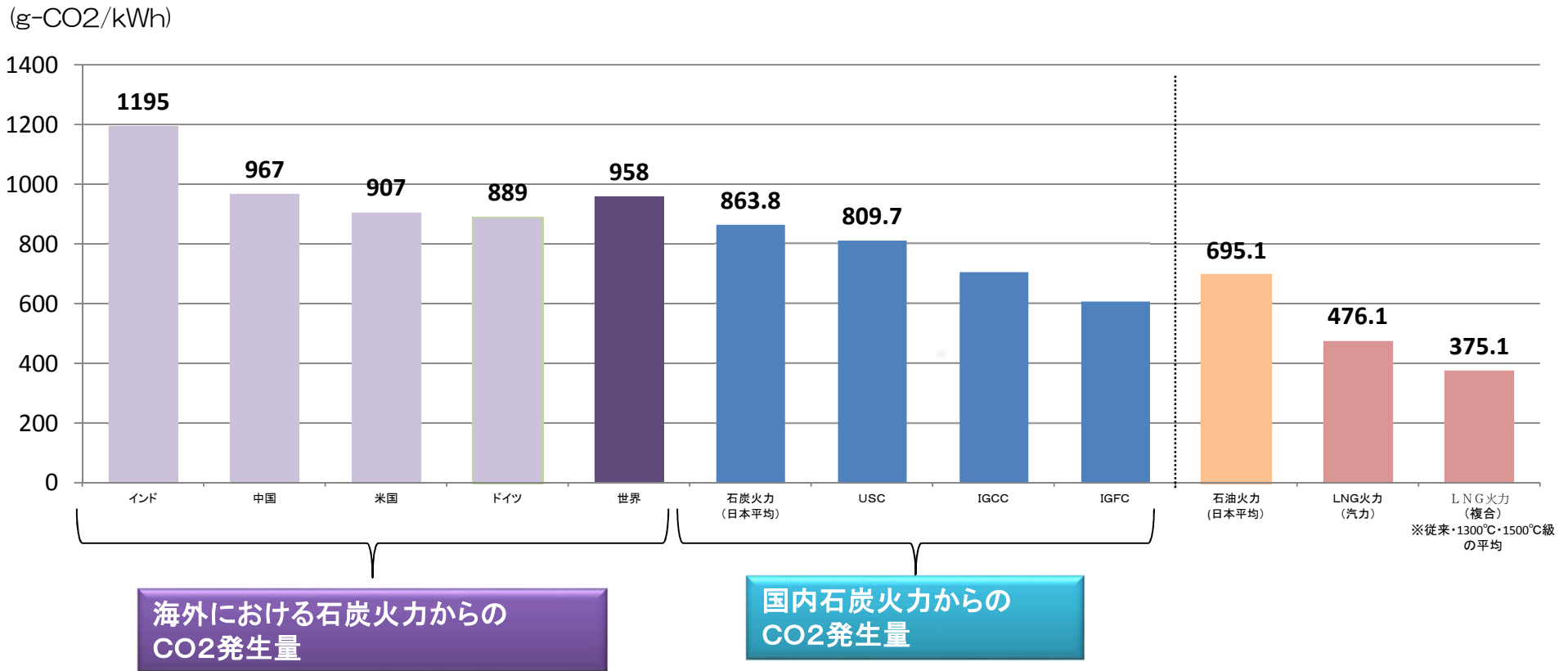
出典：WEC, Survey of Energy Resources 2010

2. 高効率石炭火力技術の意義

発電における燃料毎のCO2発生量の比較

○日本の石炭火力発電は世界最高効率だが、LNG火力発電に比べおよそ2倍程度のCO2を排出する。
○仮に石炭火力プラントの平均の効率が35%から45%に改善すれば、CO2は20%以上削減できることになる。火力発電所は40年の長期にわたって使用されることを考えれば、非常に大きなCO2削減効果と言える。

発電燃料におけるkWh当たりのCO2発生量



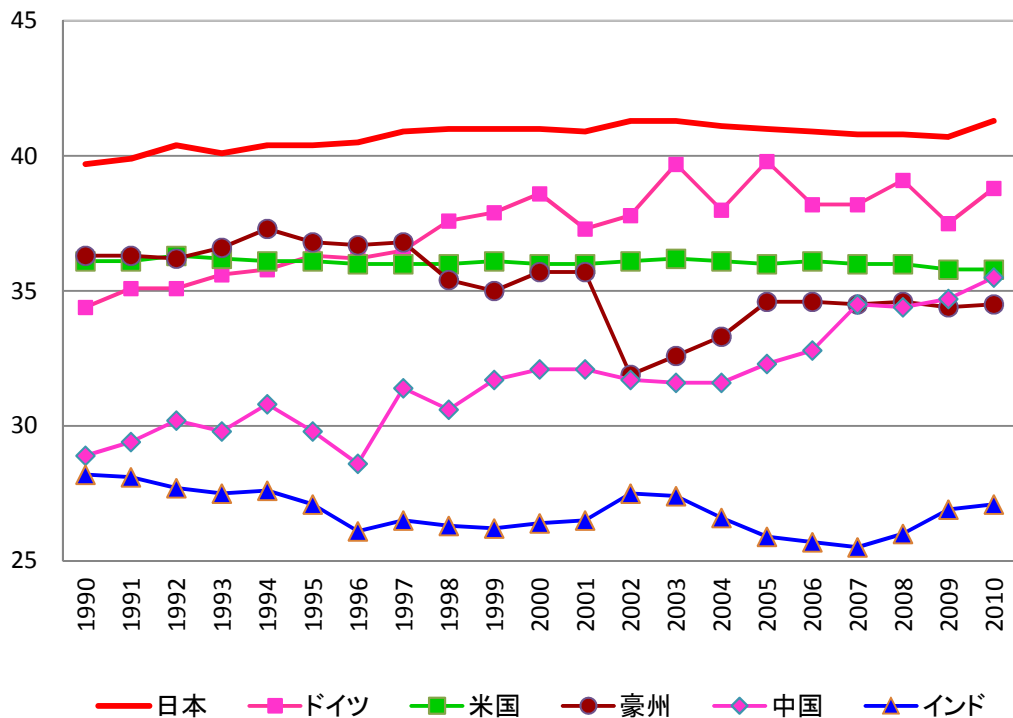
出典：電力中央研究所（2009）、各研究事業の開発目標をもとに推計
海外については、CO2 Emissions from Fuel Combustion 2012

我が国石炭火力の技術的優位性

○我が国の石炭火力は、高効率技術（超臨界圧・超々臨界圧）と運転・管理ノウハウにより、世界最高水準の発電効率を達成し、運転開始後も長期にわたり維持。
 ○こうした点も考慮すれば、日本製の最新石炭火力導入によるCO2削減効果はさらに大きい。

各国石炭火力発電平均効率の推移

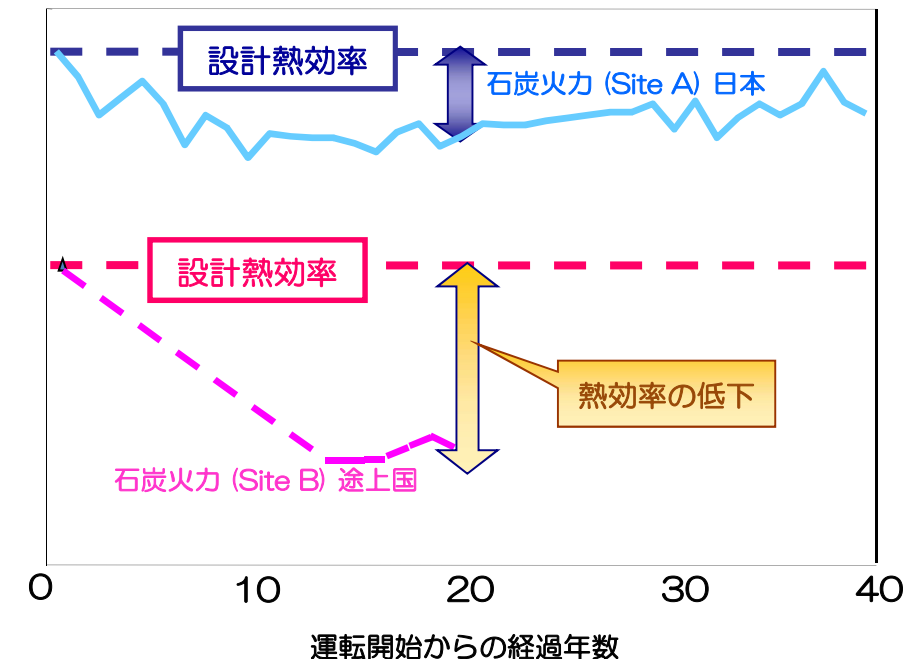
熱効率 (% LHV)



出典: Energy balances of OECD/Non-OECD countries-2012

適切なプラント運用管理の重要性

熱効率 (% HHV)



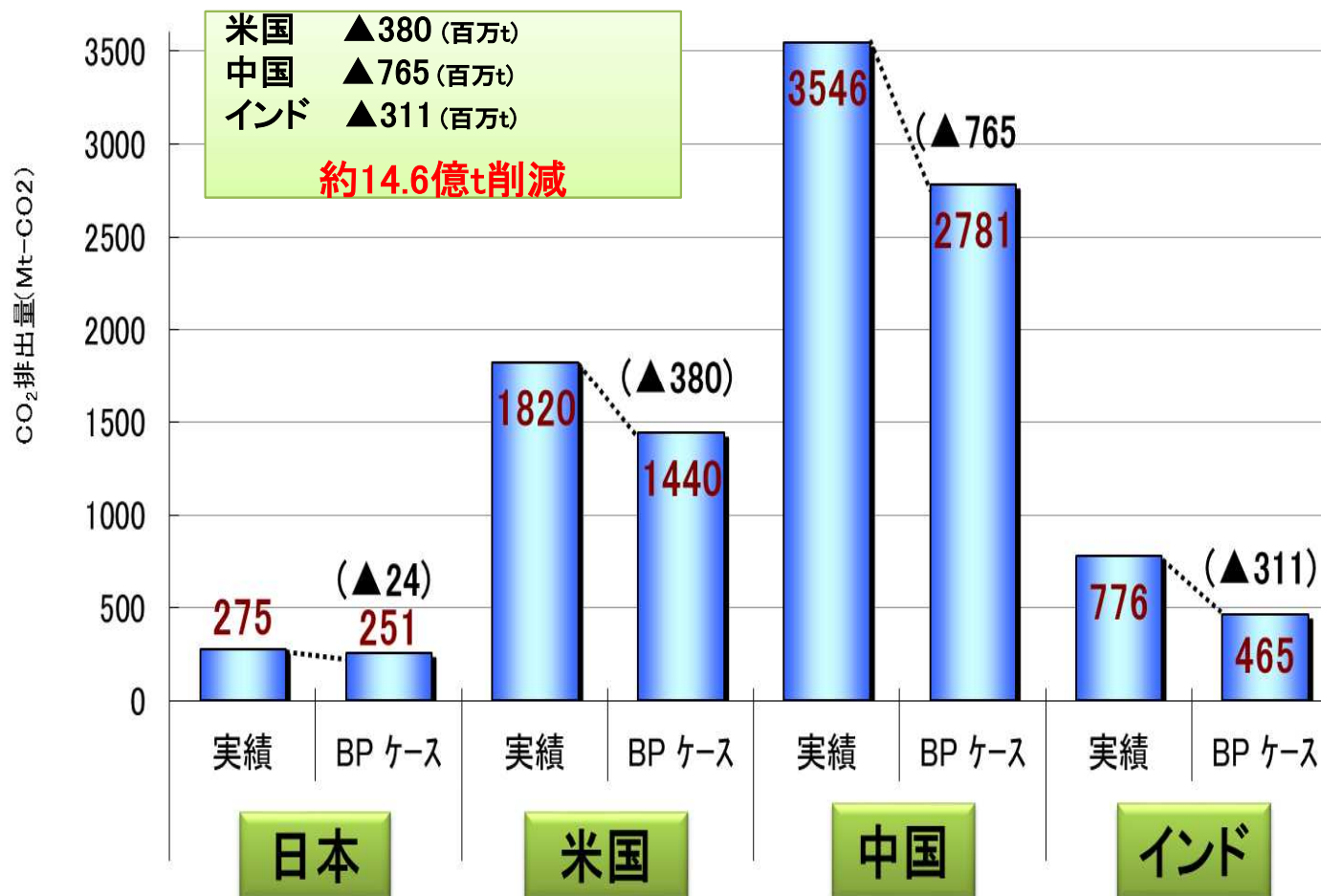
出典: 電事連

出典: 「IEA World Energy Outlook 2011」、 「Ecofys International Comparison of Fossil Power Efficiency and CO2 Intensity 2012」から作成

高効率石炭火力の技術移転によるCO2削減効果(試算)

○日本で運転中の最新式の石炭火力発電の効率を米、中、印の石炭火力発電に適用すると、CO2削減効果は約15億トン(試算)。

石炭火力発電からのCO2排出量実績(2010年)と日本の最高効率適用ケース



石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業(大崎クールジェン)

○さらに、より高効率なIGCC (Integrated Gasification Combined Cycle) は実証段階まで来ており、その効率は48%程度に達する。これに燃料電池を組み合わせたIGFCについても研究開発が進められており、その実用化は2030年頃となるが、効率は55%を超えるものとなる。こうした技術が実用化され、アジア地域へ普及すれば、より大きなCO₂削減効果も期待できる。

事業の内容

○ 高効率かつCO₂分離・回収が容易な酸素吹石炭ガス化技術(酸素吹IGCC)を確立する。また、将来の酸素吹ガス化により得られる水素による燃料電池と組み合わせたトリプルコンバインドの発電技術を見越した実証を行う。

① 技術的特徴

- 発電端効率55% (←現状USC 41%)
- ガス化し易い亜瀝青炭利用(低品位炭利用)
- 酸素吹によるCO₂分離・回収の容易性(CO₂削減)
- 酸素吹による水素利用(燃料電池)

② 実施者：大崎クールジェン(電源開発、中国電力)

③ 期間：H24~H33年度

今後のスケジュール

年度	24年度	25年度	26年度	27年度	28年度	29年度	30年度	31年度	32年度	33年度
第1段階 酸素吹IGCC 実証	酸素吹IGCC詳細設計・建設					実証試験				
第2段階 CO ₂ 分離・回 収型IGCC実証			適用技術評価 概念設計		CO ₂ 分離・回収 詳細設計・建設			実証 試験		CO ₂ 輸送 貯留試験
第3段階 CO ₂ 分離・ 回収型IGFC 実証				技術調査 概念設計			CO ₂ 回収一体型 IGCC/IGFC 詳細設計・建設			実証 試験



実施場所：広島県豊田郡大崎上島町

日本の石炭火力発電の環境政策の歴史

1960

1970

1980

1990

2000

時代背景

【経済の高度成長】

【石油ショック】

石炭→石油へ燃料転換

石油→石炭への燃料転換

・工業地帯環境悪化
(川崎、四日市) (煤塵, SOx)

・都市部の光化学スモック(NOx)

・都市部のPM10, NOx 問題(自動車)

PM2.5 問題(自動車)

環境政策

1963
「ばい煙排出の規制
に関する法律」



1968
「大気汚染防止法」
・汚染者負担の原則
(硫黄酸化物賦課金等)
・公害防止施設への低利融資

〔自治体と事業者との公害防止協定〕

- ・大気汚染防止計画(上乘せ規制値)
- ・発生源テレメータ監視

例) JPOWER/磯子2号の協定値(排出規制)

SOx ≤ 60ppm, NOx ≤ 159ppm, ばい塵 ≤ 50mg/m³N(瞬時値)

(1964)



SOx ≤ 10ppm, NOx ≤ 13ppm, ばい塵 ≤ 5mg/m³N(瞬時値)

(2010)

・排ガス中NOx排出規制を5段階で実施
新設: 450ppm → 200ppm
(1973年) (1983年)

1993
「環境基本法」

1997
「環境アセスメント法」

1993
PM10環境基準
・日平均値: ≤ 0.10mg/m³
・時平均値: ≤ 0.20mg/m³

2009
PM2.5環境基準
・年平均値: ≤ 15μg/m³
・日平均値: ≤ 35μg/m³

日本の石炭火力発電の環境対策の歴史

1960

1970

1980

1990

2000

2010

環境対策

- ・低硫黄炭の使用
- ・高煙突や集合煙突の採用

脱硝技術

1970～ 低NOx燃焼方式の採用

{ 二段燃焼法(1970～)、低Nox炉(1970～)、低Noxバーナ(1975～) }

1977～ 選択接触還元法脱硝装置の導入

脱硫技術

1975～石膏法高性能排煙脱硫設備の導入

{ 二塔式 → 一塔式 → 大型化 }

水銀除去
微量元素除去

集塵技術

1966～ 高効率EP集塵装置の導入

{ 低温集塵
(130℃)

高温集塵
(350℃)

脱硫装置との最適化(2000～

低低温電気集塵機(2005～
(90℃)

低CO2排出(高効率発電)

亜臨界圧
(40-43%)

超臨界圧
(42-44%)

超々臨界圧
(43-45%)

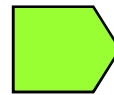
先進超々臨界圧
(46-48%)

IGCC
(40-48%)

IGFC
(55%)

出典: 火力原子力発電協会 入門講座 火力発電所の環境保全技術・設備
JCOAL石炭基礎講座(平成22年度)資料、JCOAL CCTロードマップ

旧 磯子火力発電所 1967年



磯子火力発電所 1号機 2002年
磯子火力発電所 2号機 2009年



3つの目的

- ◇ 発電容量向上
- ◇ 環境対策改善
- ◇ 発電効率向上

◆ 発電容量 530MW
(265MW×2)



1,200MW
(600MW×2)

◆ SOx 60 ppm
NOx 159 ppm
粉塵 50 mg/m³N



20 ppm (10)
20 ppm (13)
10 mg/m³N (5)

} ():二号機

◆ 蒸気条件 Sub-critical
熱効率 38% (%; 送電端)
CO₂ 排出量 100



Ultra Super Critical (USC)
42~43% (%; HHV)
83 ※

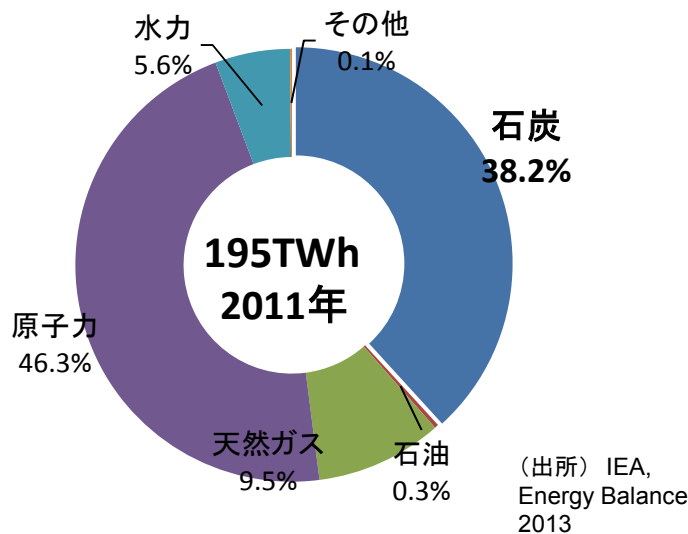
※ 旧発電所を100とした場合の発電電力量(kWh)当たりのCO₂排出量

3. 途上国等への石炭火力の高効率化の協力 と国際的な動き

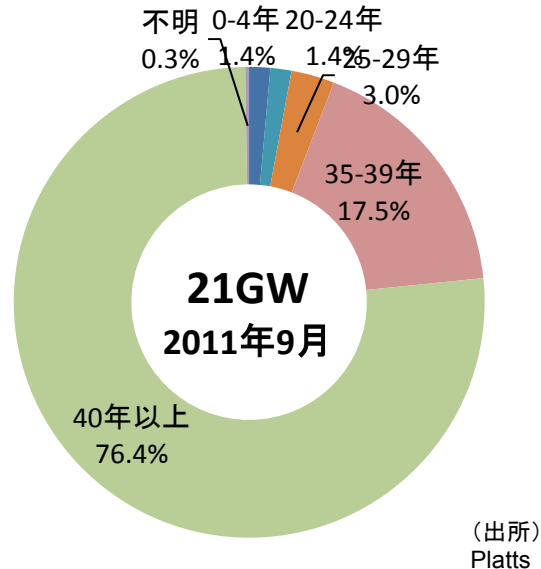
取組事例(ウクライナ・石炭火力発電所の効率改善への協力)

○我が国は、産炭国であり石炭火力比率の高いウクライナからの要請に基づき、同国における老朽化した石炭火力発電所の効率改善に貢献するための支援を実施することとなった。

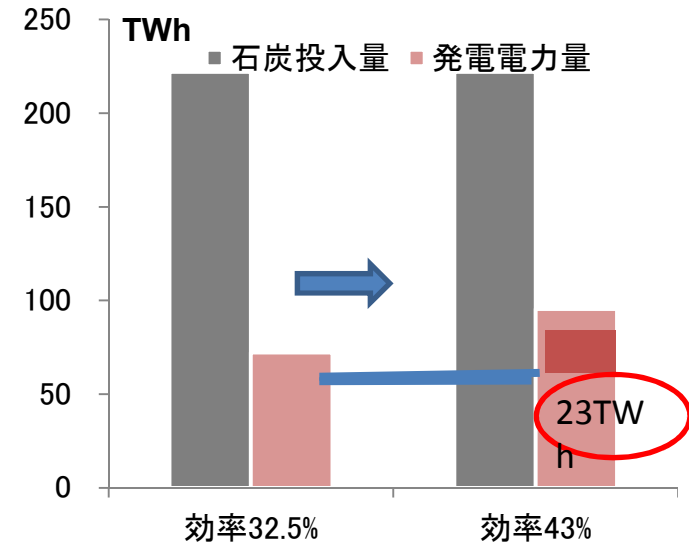
ウクライナの電源構成



既存石炭火力発電容量の経年別内訳



高効率石炭火力発電導入の効果



効率改善により発電量が23TWh増加(32%増)
 →ガスによる発電電力量(18TWh)より大きい

- ウクライナの天然ガス供給のうち、7割を占める輸入は、全量ロシア産。ロシア一極依存の構造。
- ウクライナは石炭の生産国である一方、電力供給の4割を占める石炭火力は、40年以上経過した設備が約4分の3と著しく老朽化。改修・リプレースによる効率化の余地が大きい。

1. オバマ大統領気候変動行動計画

- 2013年6月25日、オバマ大統領は、「大統領気候変動行動計画（The President's Climate Action Plan）」（以下オバマアクションプラン）を発表。オバマアクションプランは、「①国内排出削減」、「②気候変動の影響に対する米国の備え」、「③気候変動の挑戦に対し米国が世界をリード」の3つの柱で構成されている。

◎ 「③気候変動の挑戦に対し米国が世界をリード」中に以下の記述あり；

「海外の石炭火力新設に対する米政府公的金融支援の終了。但し、(a)経済的な代替手段がない最貧国における最高効率の石炭火力技術、又は(b)二酸化炭素分離・回収・貯留（CCS）技術を導入する場合は除く。他国や多国間開発銀行（Multilateral Development Banks：MDBs）に対し、早急に同様の措置を取るよう求めていく」を掲げている。

2. 我が国の考え方

- 地球温暖化対策としてのCO₂排出削減の必要性が高まっており、特に、今後エネルギー需要が増加する新興国等の発電部門のCO₂排出の抑制は重要な課題。
- そのため、新興国等において発電所が新設、更新されるに当たっては、より低炭素の電源が選択されることが望ましく、我が国は、政策対話や様々な支援ツールも用いつつ、原子力発電や地熱発電、水力発電等の再生可能エネルギー導入の働きかけを行っている。
- 一方で、エネルギーセキュリティや供給安定性・経済性の観点から、アジアを中心とする新興国等では石炭火力発電を選択する国が多く、こうした場合には、より高効率の石炭火力が導入されることが、CO₂排出抑制の観点から望ましい。
- 我が国としては、新興国等において、石炭火力発電の導入が選択される場合には、可能な限り高効率石炭火力の導入を促進することが、実効的かつ不可欠な気候変動対策と認識。

4. 気候変動対策と両立する今後の石炭火力利用に係る課題・対応

- 国際社会においては、今後COP21に向けて温暖化対策の議論が高まることから、今後CO2を削減するための取り組みが一層求められていくことが予測される。
- エネルギーセキュリティや経済性の面から、引き続き石炭火力の導入の拡大が見込まれるアジア地域においては、より高効率な石炭火力の導入を促すことが実効的な温暖化対策と言える。
- アジア地域で高効率な石炭火力の導入を促進するためには、技術協力や公的金融支援の付与が必要である。
- 日本としては、アジアの一員として、アジア地域のエネルギーセキュリティの向上、持続可能な経済発展、気候変動対策の強化のために、今後とも貢献する。