

# 石炭火力とLNG火力の 現状と課題について

平成21年1月26日  
資源エネルギー庁  
電力・ガス事業部

1. はじめに

2. LNG火力について

3. 石炭火力について

4. まとめ

# 電源開発の歴史

- 電力会社は最大電力量の伸びに応じ、その時代の最新技術を投入して電源を開発してきた。

水主火従 1945年～

電力不足の克服を目指して水力開発を促進

火主水従 1960年～

電力需要の急増に石油火力で対応

オイルショック 1970年代

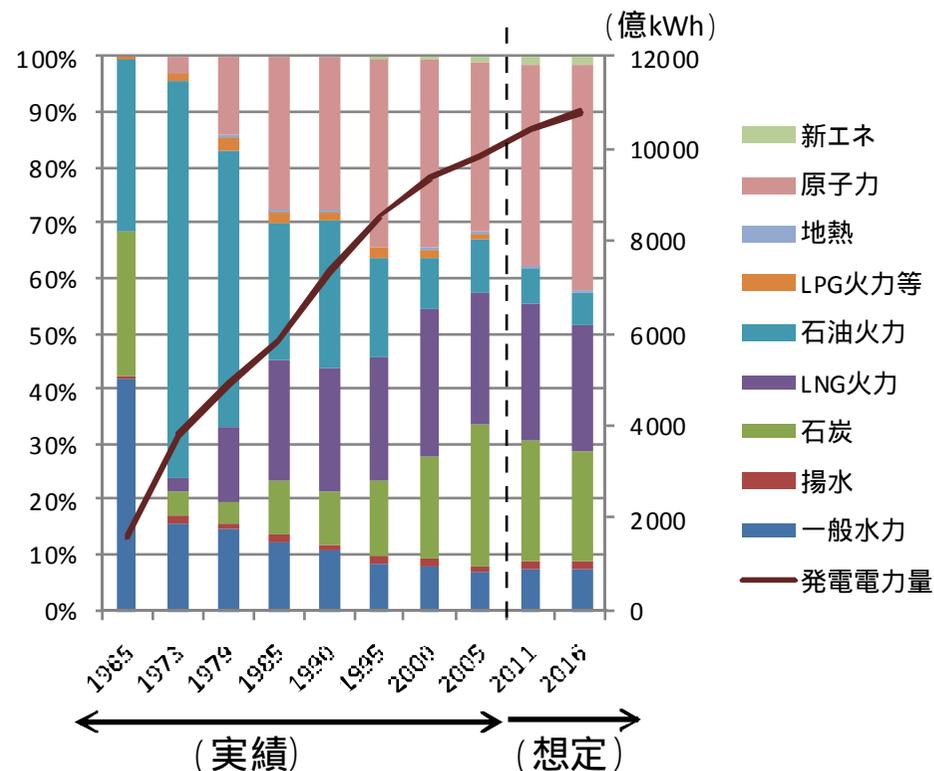
石油火力依存の見直し

電源のベストミックス 1980年代～

原子力・LNG火力・石炭火力の開発

低炭素電力供給システムの時代へ 2020年頃～

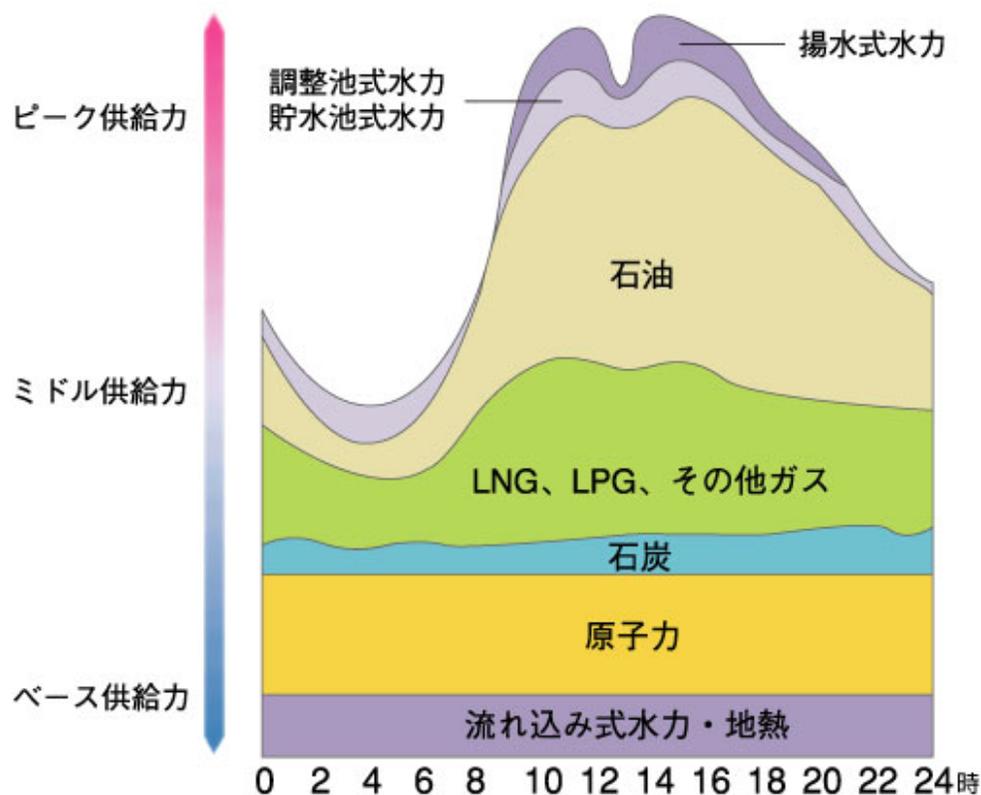
電源構成と発電電力量の推移



出典: 電源開発の概要

# 発電電力量の調整について

- 電力需要は昼と夜で異なるため、供給力の特性にも留意が必要。



発電方式	供給力	特性
揚水式水力	ピーク供給力	電力需要の変動への対応が極めて容易であることから、急激な需要の変動、ピーク需要への対応供給力として活用する。
調整池式・貯水池式水力	ピーク供給力	初期コストは高いが耐用期間平均で見ると経済性に優れ、電力需要の変動への対応が極めて容易であるため、ピーク供給力として活用する。
石油火力	ピーク供給力	運転コストは比較的高いが、資本費が安く、電力需要の変動への対応に優れることから、ピーク供給力として活用する。
LNG、LPG、その他ガス火力	ミドル供給力	運転コストが安く、資本費についても石炭火力よりも安く、電力需要の変動への対応に優れることから、ミドル供給力として活用する。
石炭火力	ベースおよびミドル供給力	資本費は高いが、原子力に比べると電力需要の変動にも対応しやすいことから、ベース供給力とミドル供給力の中間供給力として活用する。
原子力	ベース供給力	資本費は高いが、運転コストが安いいため、ベース供給力として高利用率運転を行う。
流れ込み式水力	ベース供給力	初期コストは高いが耐用期間平均で見ると経済性に優れ、ベース供給力として活用する。

ピーク供給力: 発電電力量の調整が容易な電源

ミドル供給力: ピーク電力とベース電力の2つの特徴を持つ電源

ベース供給力: 一定量の電気を安定的に供給する電源

1 . はじめに

2 . LNG火力について

3 . 石炭火力について

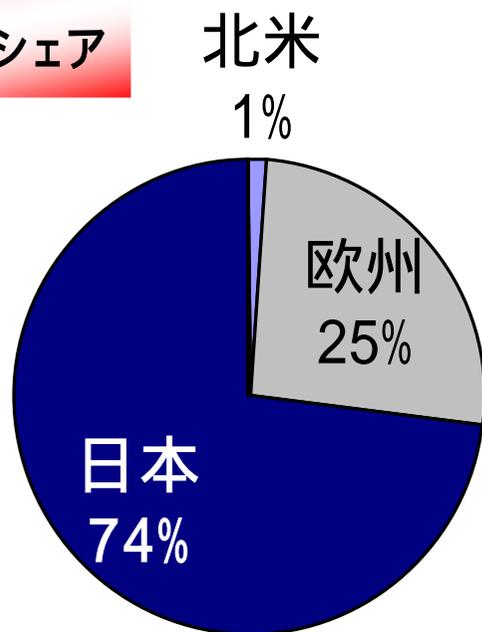
4 . まとめ

# LNG火力の開発について

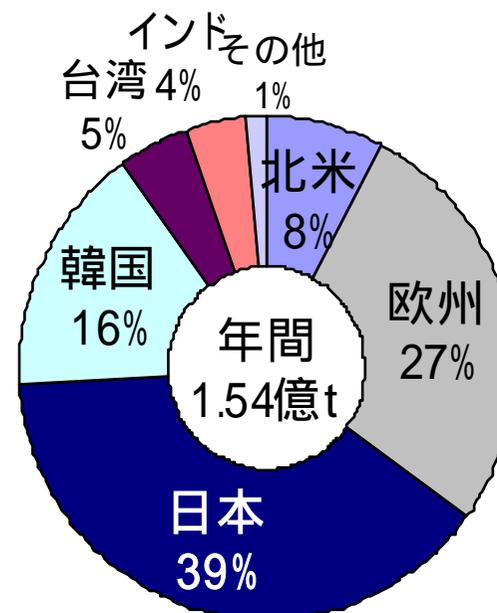
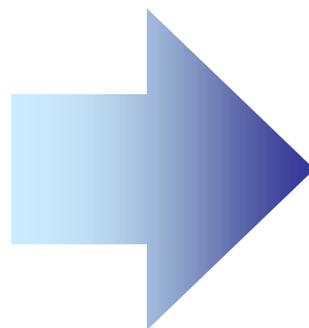
- 通常、LNG火力は、ガス田の開発(総コストの約15%)、液化(同約40%)、LNGタンカー輸送(同約30%)、受け入れ基地(同約15%)からなるLNGチェーンと一体で開発。
- このため、LNGの供給契約は一般的には20年間の長期契約が基本。一方、石炭は1~10年程度の契約となっている。
- 我が国は、パイプラインによる天然ガスの輸入が困難であったこともあり、1969年にアラスカからのLNG輸入を開始したことを皮切りに、LNGの利用で世界をリードしてきた。
- LNG火力のメリットとして、NO<sub>x</sub>やSO<sub>x</sub>の排出濃度が低いことや、石油と比べて燃料費が安かったことから、各電力会社はオイルショック後にLNGを積極的に導入。
- 現在、全世界のLNG貿易量の約4割は日本への輸入となっている。

総コストの内訳は一例であり、プロジェクトによって異なる。

## 国際LNG市場シェア



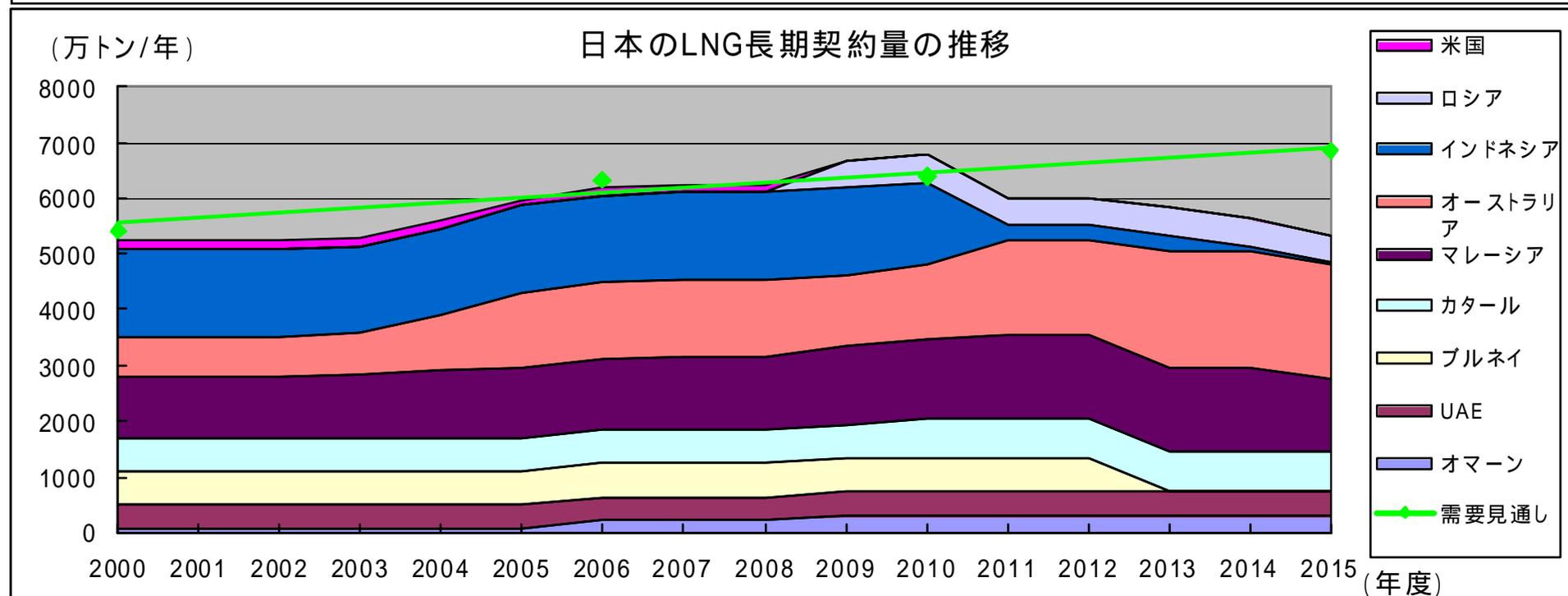
< 1985年 >



< 2006年 >

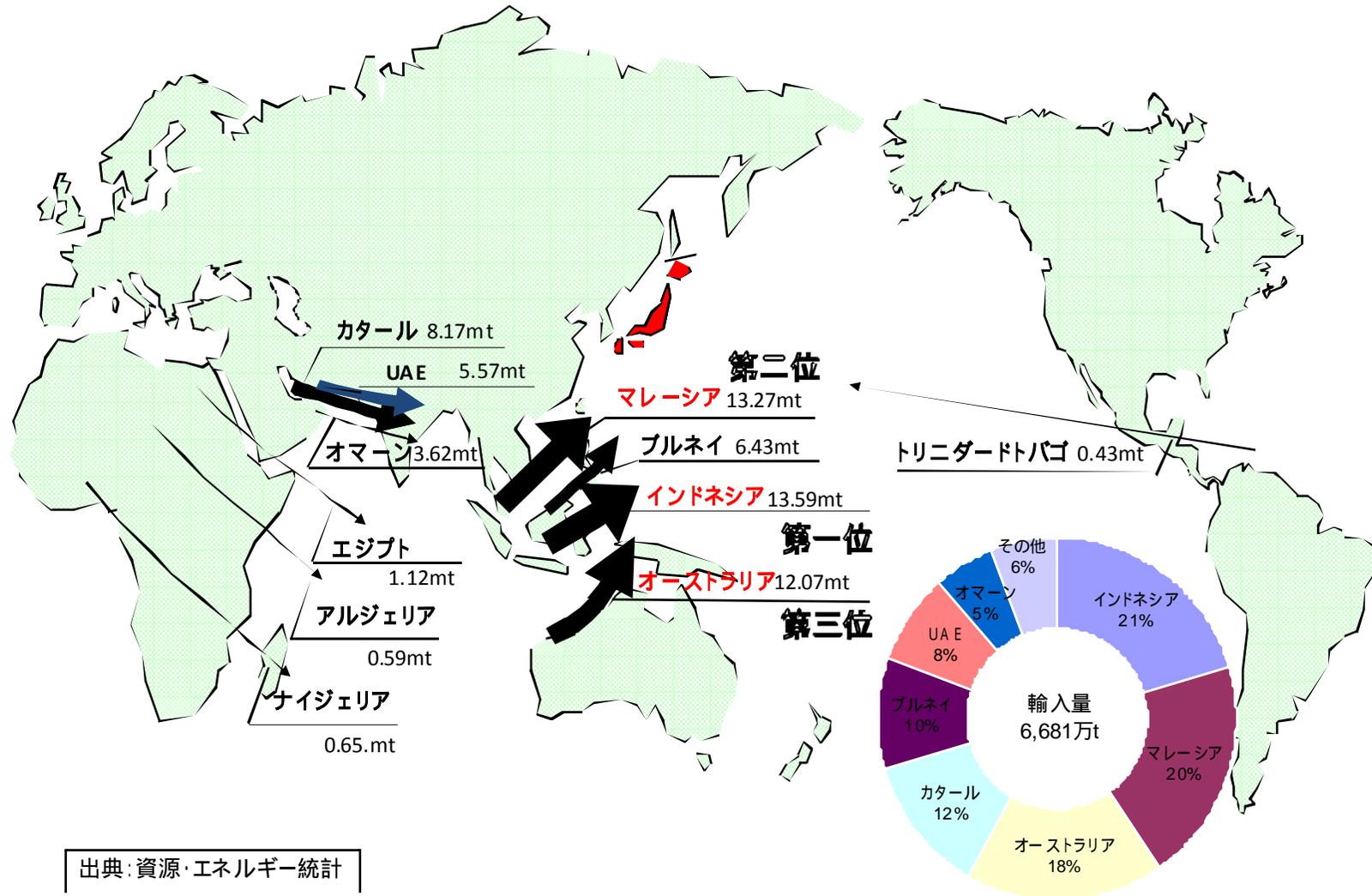
# 我が国のLNGの輸入状況

- 2007年現在、日本のLNG長期契約量は約6200万ト/年で、輸入量はインドネシア、オーストラリア、マレーシアの順に多い(3国合計で全輸入量の約60%)。
- 2010 - 2011年以降、現契約満了によりインドネシアからの輸入量が減少する見込み。一方、豪州のプルート(最大375万ト/年)やゴーゴン(420万ト/年)、ロシアのサハリン (500万ト/年)など新規プロジェクトからの供給が開始予定(サハリン は2009年、プルートは2011年、ゴーゴンは2013年の供給開始を想定)。
- 既存契約の延長・新規プロジェクトの立ち上がり、安定調達確保の鍵。
- アジア産ガス国の需要増によって、我が国へのLNG供給の大幅増は見込めない状況。



# 我が国のLNG火力の建設計画とLNG輸入相手国(2007年度)

- 我が国におけるLNG火力は、今後32基 1186万kWの建設が計画されている。
- LNGの輸入先は、インドネシア等のアジアパシフィック地域が中心。



# LNGの特徴(貯蔵と輸送)について

- LNG(液化天然ガス)は、燃焼時のCO<sub>2</sub>排出量が少なく、生産地が分散しているため供給安定性に優れるエネルギーである一方、  
長期契約を基本とするため供給が硬直的となる可能性があり、  
原油や石炭に比べ、貯蔵・輸送が難しいため、緊急時の対応力が低く、  
燃料価格以外の面でも設備投資などに多大なコストがかかる  
などのデメリットも存在。

## LNGの特徴

- 燃焼時のCO<sub>2</sub>排出量が他の化石燃料に比して少ない。
- 液化のためには極低温(-162℃)まで冷却する必要があり、貯蔵・輸送にも高価な耐低温設備を使用する必要がある<sup>1</sup>。
- 単位熱量当たりの輸送コストが割高。
- 密度(g/cm<sup>3</sup>)が低いため、輸送に大きな容積が必要となり、石炭や石油に比べ輸送効率が悪い<sup>2</sup>。
- プロジェクトの開始までに10年単位の時間がかかる。
- 調達時には長期契約が多いが、長期契約は安定供給に資する一方で燃料調達が硬直的であるという問題あり。

1 耐低温材を用いない場合、低温に耐えられず破壊されてしまう。

2 日本に輸入されている標準的なLNGの液密度は0.43~0.47(kg/l)程度であり、原油(0.86)の約半分程度。

1. はじめに

2. LNG火力について

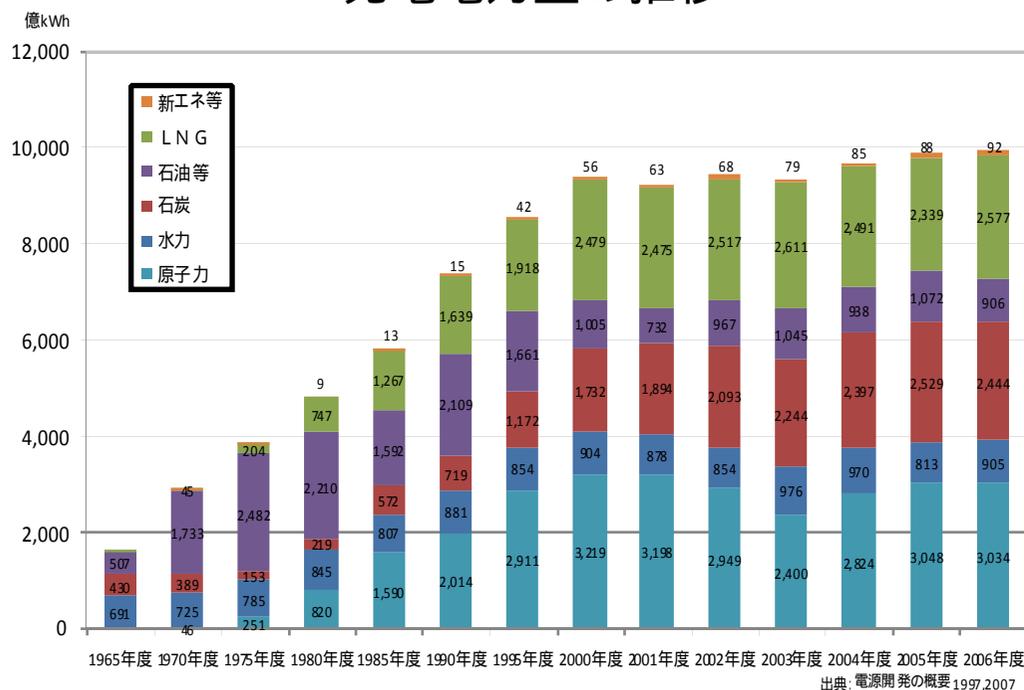
3. 石炭火力について

4. まとめ

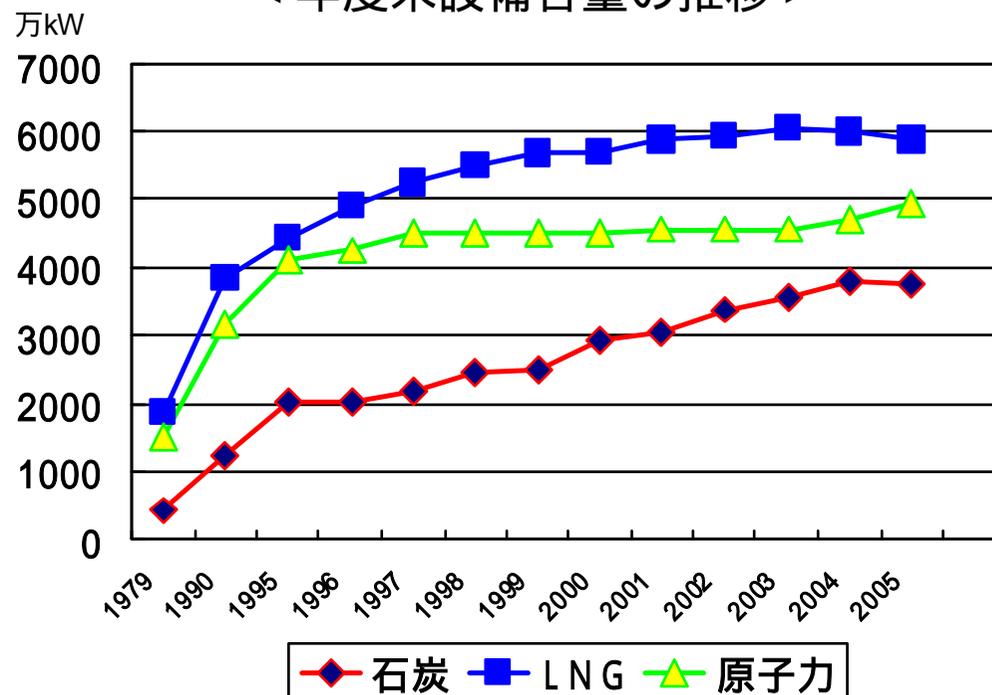
# 石炭火力の建設について

- オイルショック前(1973年)には約8割であった一次エネルギー供給に占める石油依存度を引き下げるため、電力分野においても原子力とLNG火力の開発とあわせて石炭火力の開発を推進。
- 石炭火力については、早期に立地を進めてきた原子力や計画から建設までに比較的時間を要しないLNG火力に比べ、建設が遅れてきたため、90年代以降に順次立ち上がってきた。
- また、80年代後半から90年代前半にかけての電力需要の拡大を踏まえた電源開発にあたって、原子力開発に制約がある中で、ベース電源としての石炭火力の導入が進んできた面あり。

< 発電電力量の推移 >



< 年度末設備容量の推移 >



# 今後の石炭火力とLNG火力の開発計画(平成29年度まで)

- 平成20年度電力供給計画等によると、平成29年度までに運転が予定される石炭火力・LNG火力の基数・出力は以下のとおり。

石炭 → 8基 415万kW

LNG → 32基 1186万kW

## 石炭火力発電所の開発計画

(一般電気事業者及び卸電気事業者)

事業者名	発電所名	所在地	出力 (万kW)	着工年月	運転開始年月
東京電力	常陸那珂2号	茨城	100.0	平成12年5月 (2000年5月)	平成25年度 (2013年度)
東京電力	広野6号	福島	60.0	平成20年度 (2008年度)	平成25年度 (2013年度)
関西電力	舞鶴2号	京都	90.0	平成11年3月 (1999年3月)	平成22年8月 (2010年8月)
電源開発	磯子新2号	神奈川	60.0	平成17年8月 (2005年8月)	平成21年7月 (2009年7月)
中国電力	三隅2号	島根	40.0	平成26年度 (2014年度)	平成29年度 (2017年度)
合計 350万kW(5基)					

(その他電気事業者)

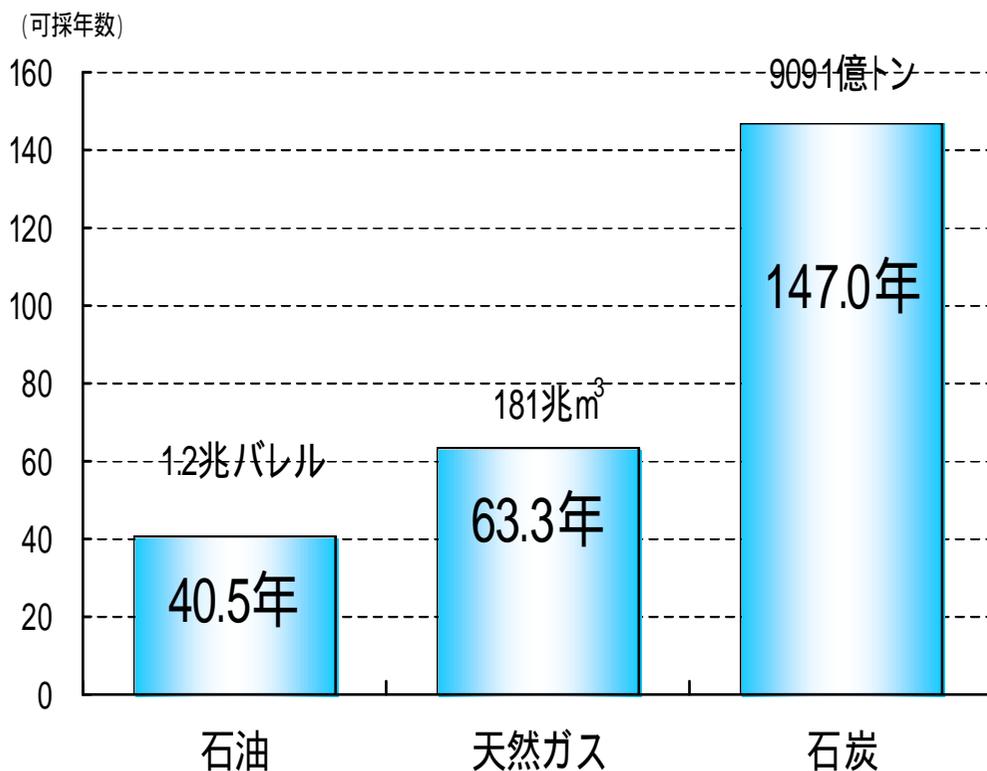
事業者名	発電所名	所在地	出力 (万kW)	現状	運転開始年月(予定)
小名浜パワー事業化調査(株)	(仮称)小名浜火力発電所	福島	40.0 (20万kW×2基)	方法書大臣勧告 2004年12月6日	1号機:2012年7月 2号機:2014年7月
住友共同電力(株)	新居浜第二火力発電所	愛媛	25.0	方法書審査中 2008年7月1日届出	2014年4月
合計 65万kW(3基)					

出典:「平成20年度電力供給計画の概要」等

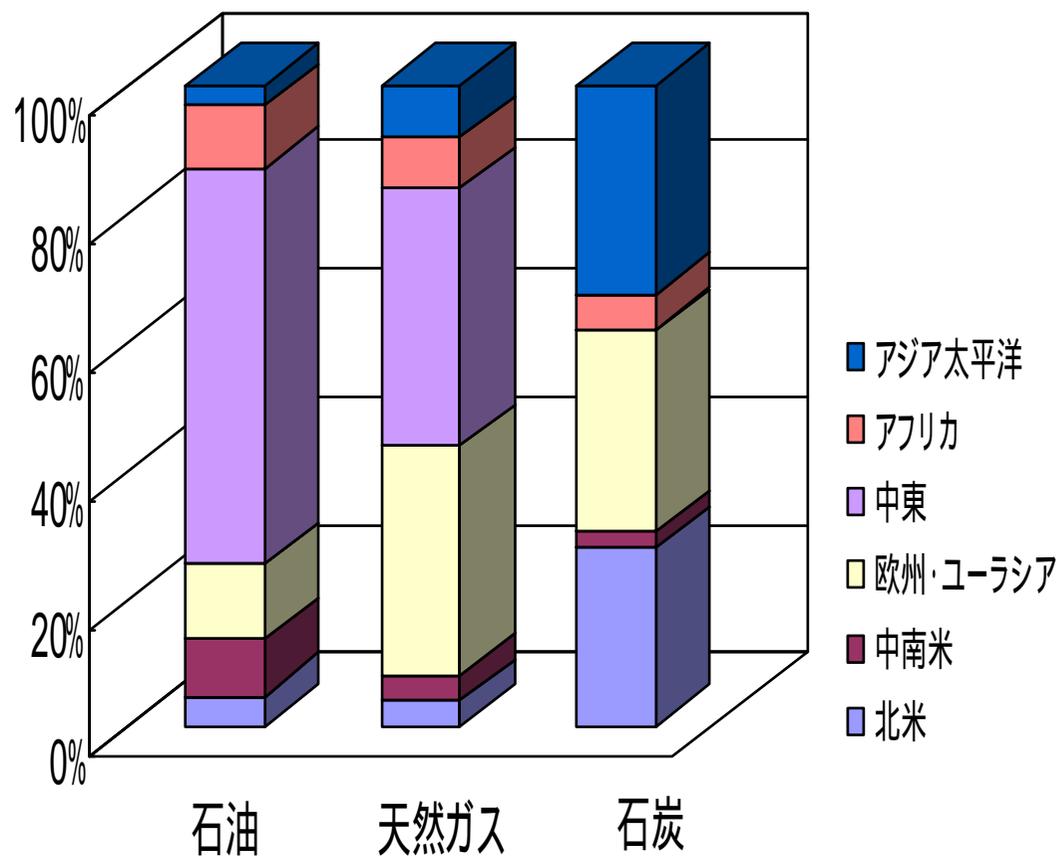
# 燃料の安定供給性

- 石炭は埋蔵量が豊富で、**可採年数は石油の3.6倍、天然ガスの2.3倍。**
- 石油は中東に偏在しているが、石炭は世界に広く分布しており、安定供給性に優れている。

資源の可採埋蔵量と可採年数



資源の地域別埋蔵量分布



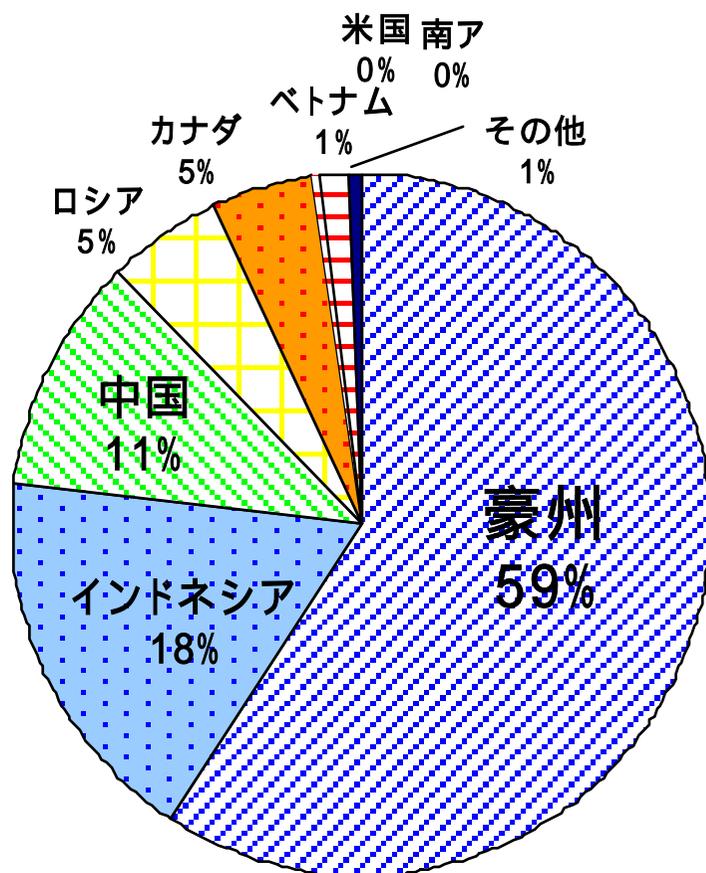
(注) 可採埋蔵量は確認可採埋蔵量

出典: BP統計2007

# 我が国の石炭輸入相手国(2006年度)

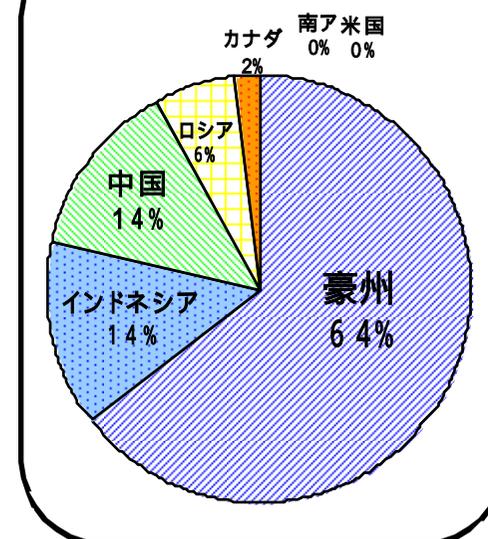
## 石炭輸入割合(全体)

(1億7915万t)



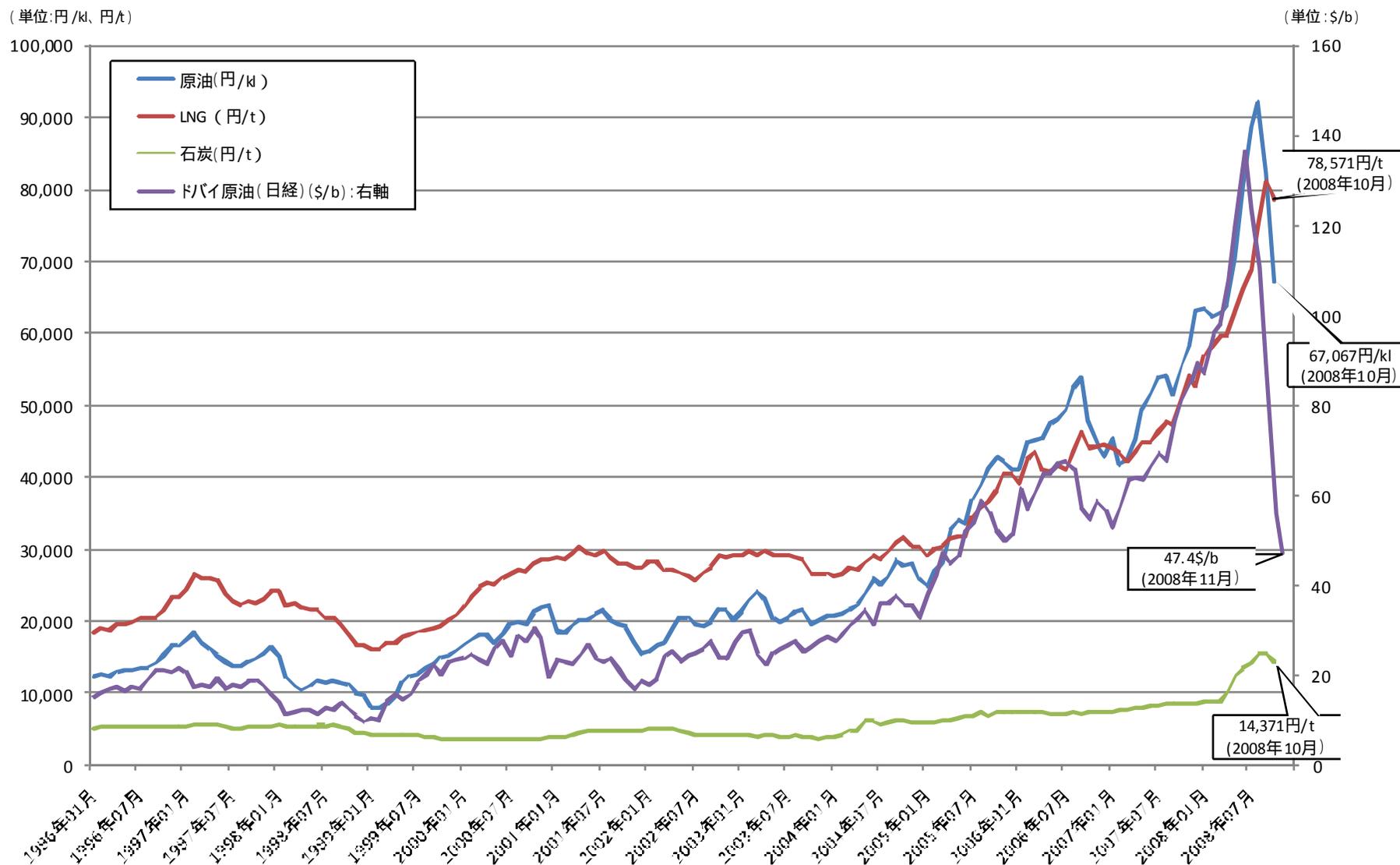
出所:財務省貿易統計

(一般炭) 9354万t



# 燃料価格の動向 (円建て通関統計価格・ドバイ原油(日経)価格)

- 石炭は、原油・LNGに比較し安価であり、経済性に優れる。

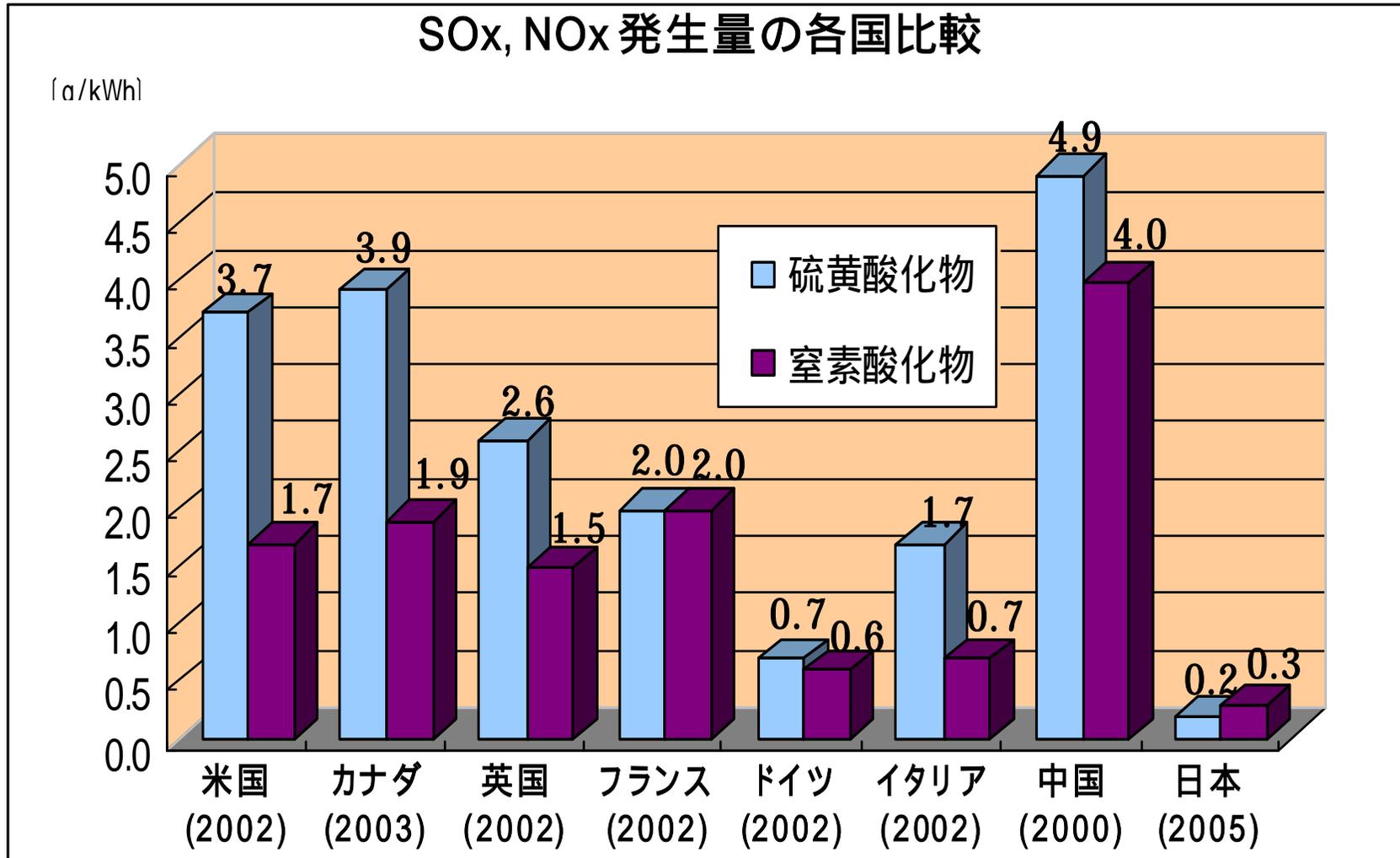


(注)原油、LNG、石炭価格は2008年10月まで、ドバイ原油(日経)価格は11月までのデータ

(財務省通関統計及び日経NEEDSを基に事務局作成)

# 石炭火力のSO<sub>x</sub>・NO<sub>x</sub>問題への対応

- 過去の公害問題の教訓を活かし、環境対策に取り組んで来た結果、現在我が国の石炭火力発電由来のSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>の発生量は世界最低水準。

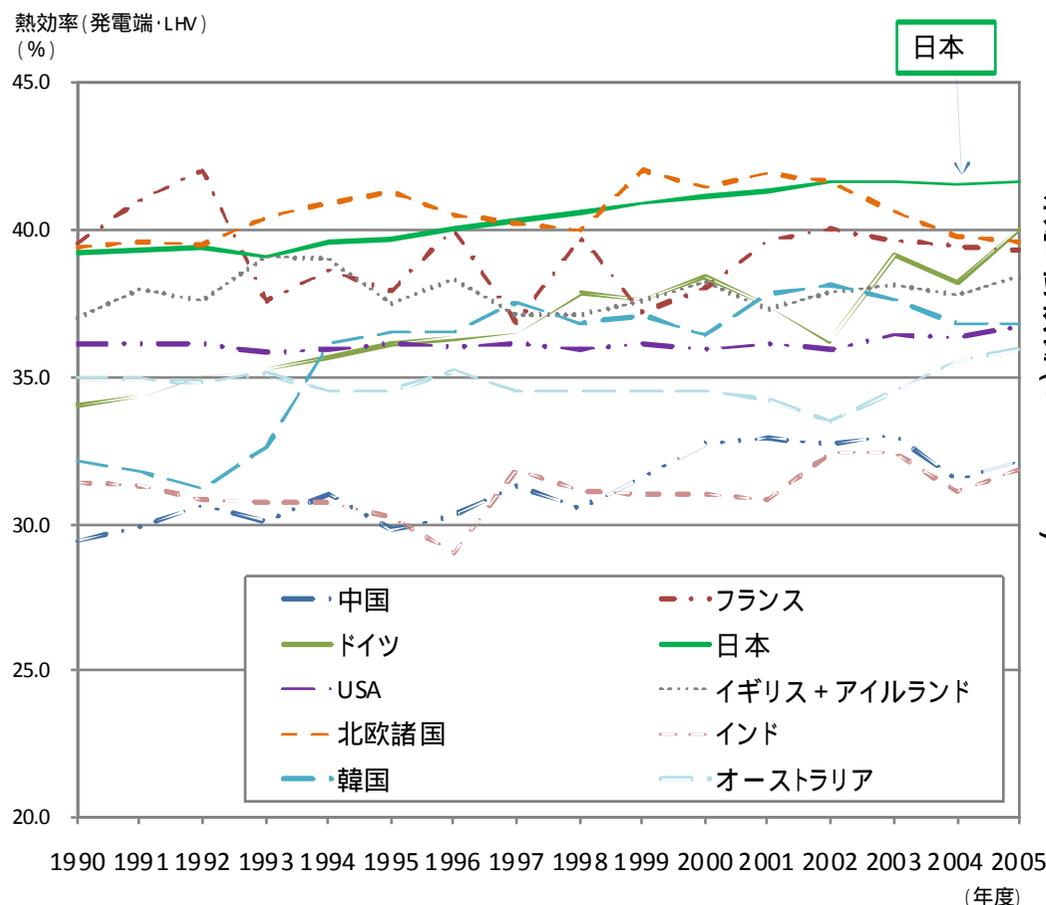


出典: OECD Environmental Data Compendium 2004, Energy Balances of OECD Countries 2002-2003,  
日本のデータ: 電気事業連合会調べ

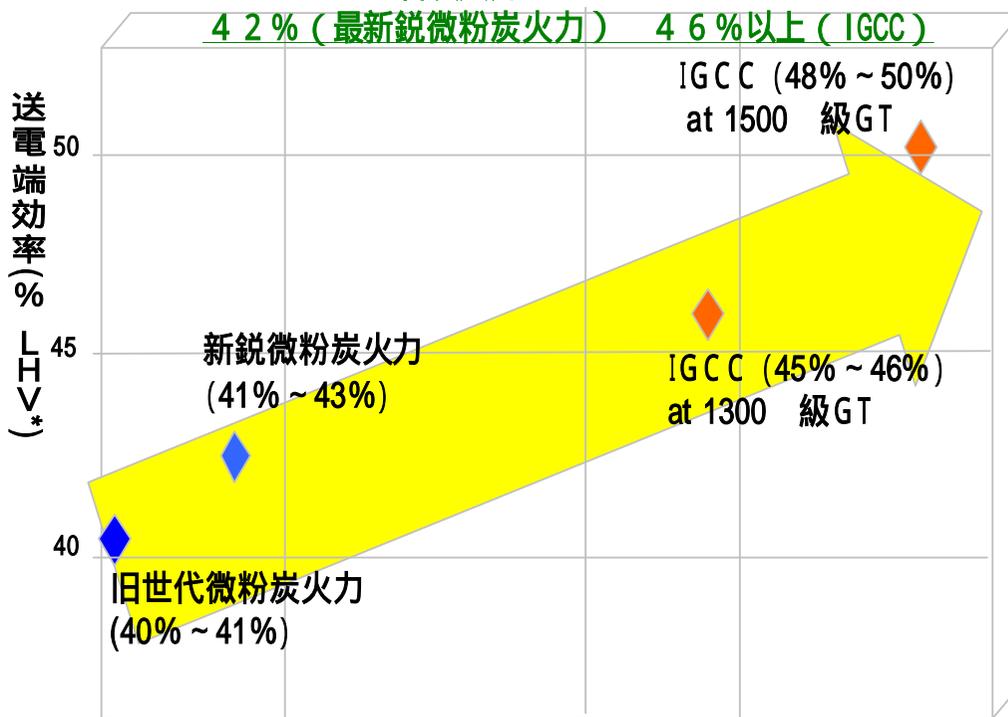
# 日本の石炭火力の熱効率は世界最高水準

- 日本の石炭火力の熱効率は世界トップ。
- 一般電気事業者は、「電気事業における環境行動計画」に基づき技術開発を推進し、更なる効率向上を図っているところ。

<石炭火力の熱効率の国際比較>

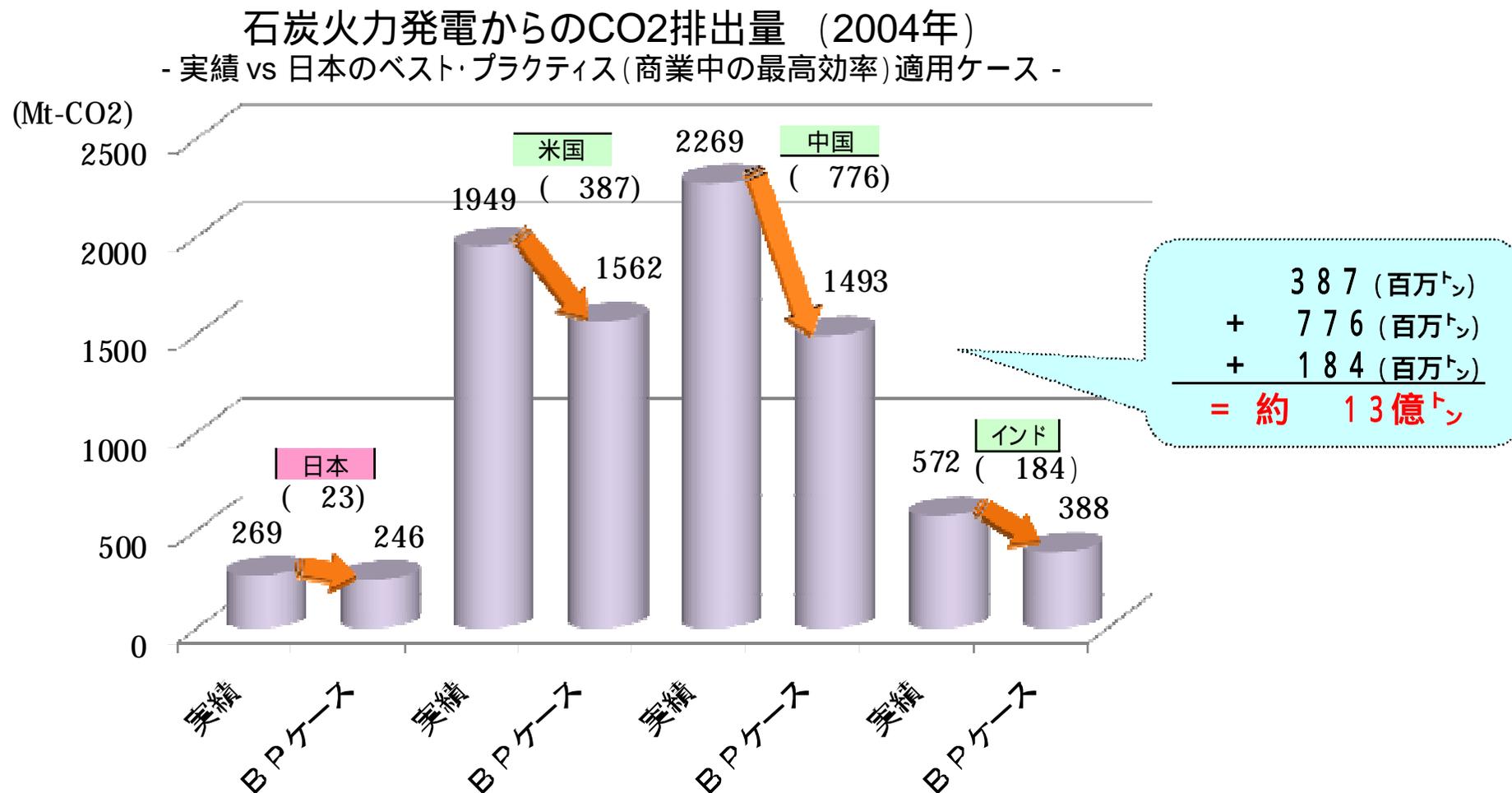


<石炭火力の熱効率の推移>



# 石炭火力発電の効率改善のインパクト

- 日本で運転中の最新式の石炭火力発電の効率を米、中、インドの石炭火力発電に適用すると、CO2削減効果は、約13億トン。
- これは、日本一国のCO2排出量に相当。

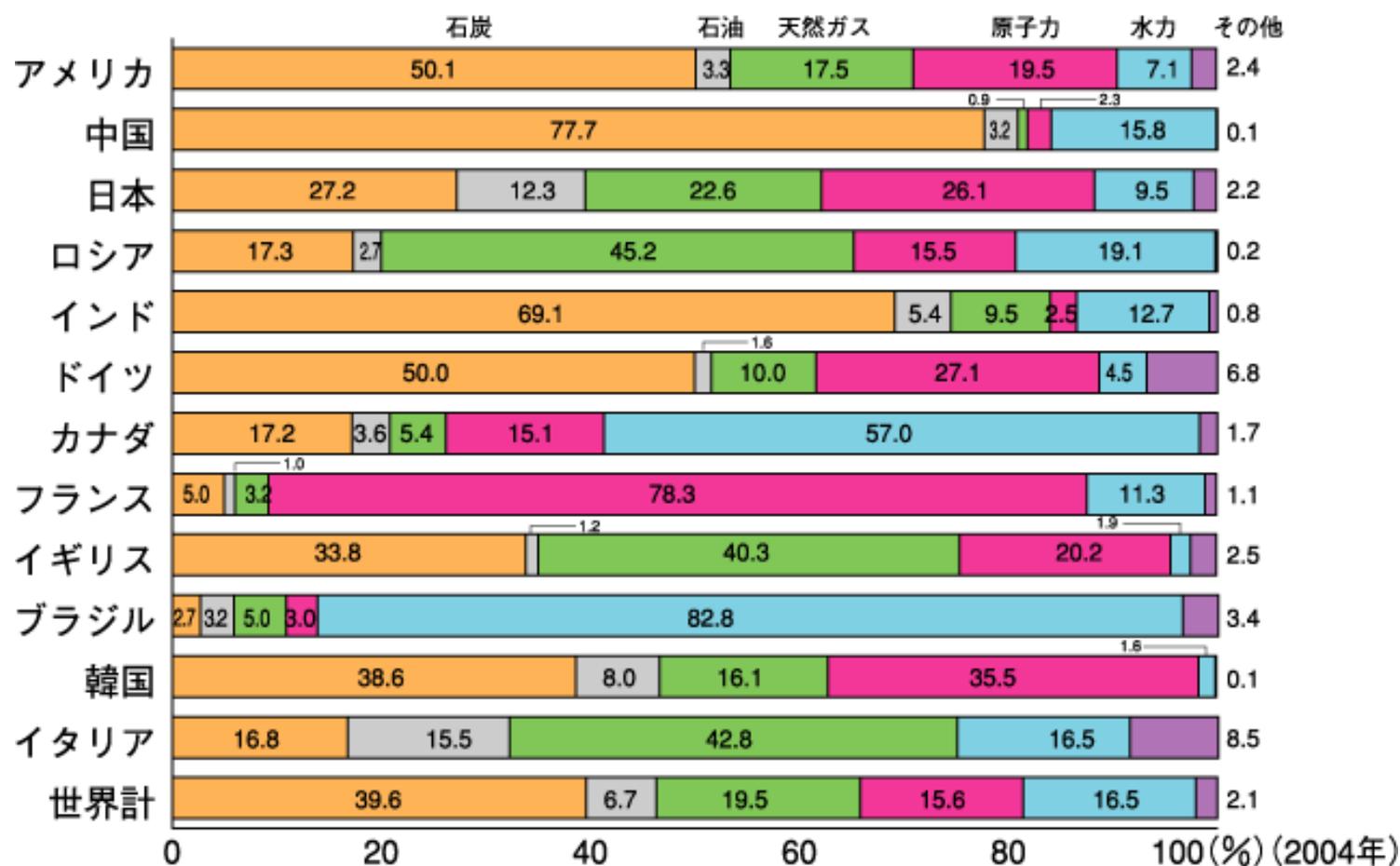


「BPケース」：日本のベスト・プラクティス(商業中発電所の最高効率)を適用した場合の試算。  
「実績」データの出典：IEA "World Energy Outlook 2006"

# 火力発電比率の海外比較

- 日本の発電電力量に占める石炭火力発電の割合は、中国・インドなどのCO2大排出国のみならず、米国・ドイツ・イギリスなどと比較しても低い。

## 主要国の電源別発電電力量の構成比



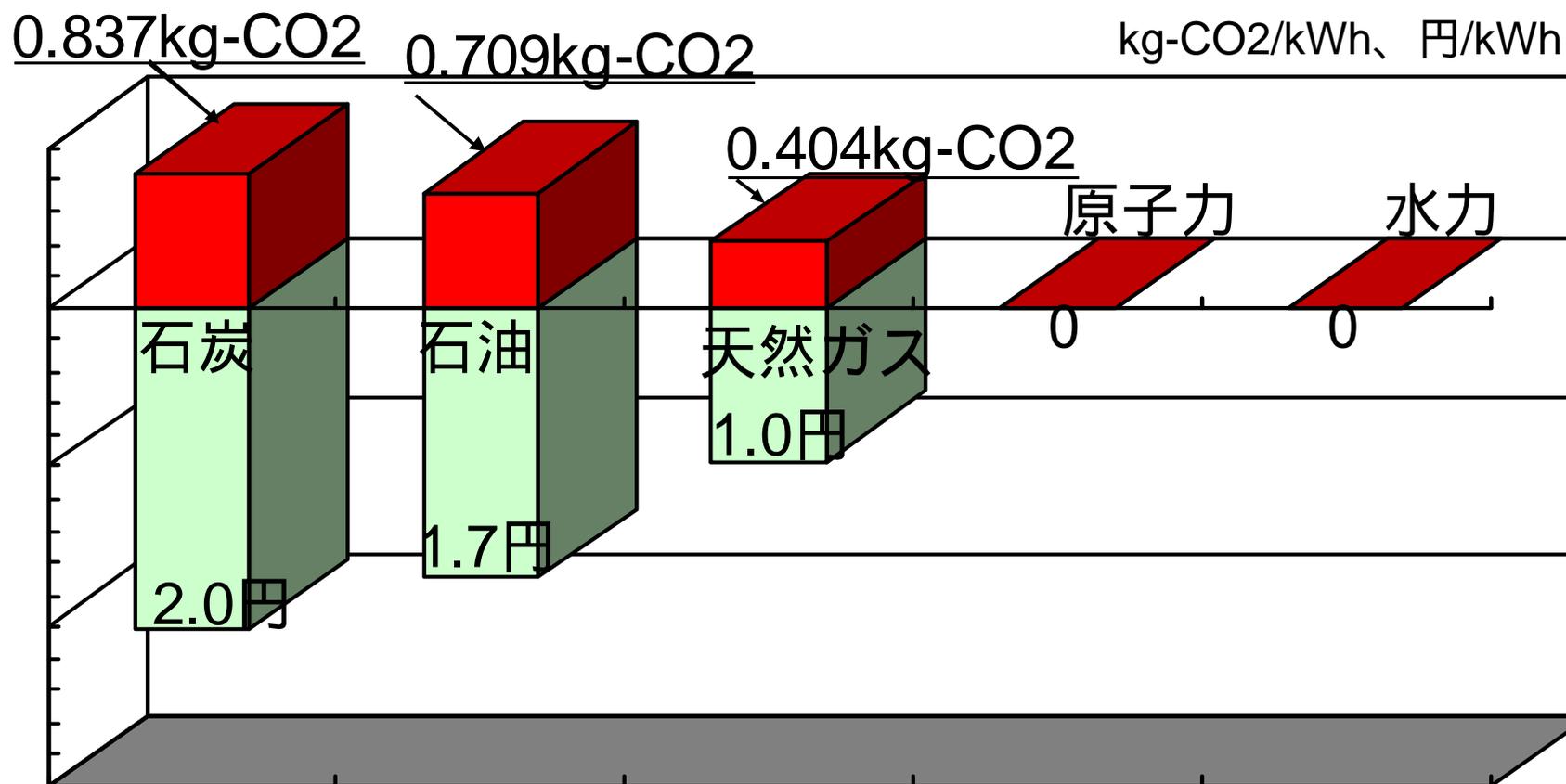
(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある。

出典: 電気事業連合会

# 火力発電由来のCO<sub>2</sub>をオフセットするコスト

- 発電過程におけるCO<sub>2</sub>排出原単位は電源種別ごとに異なり、1kWhあたり排出されるCO<sub>2</sub>をオフセットするため必要なクレジット価格は、現時点での試算では石炭で約2円、天然ガスで約1円である。

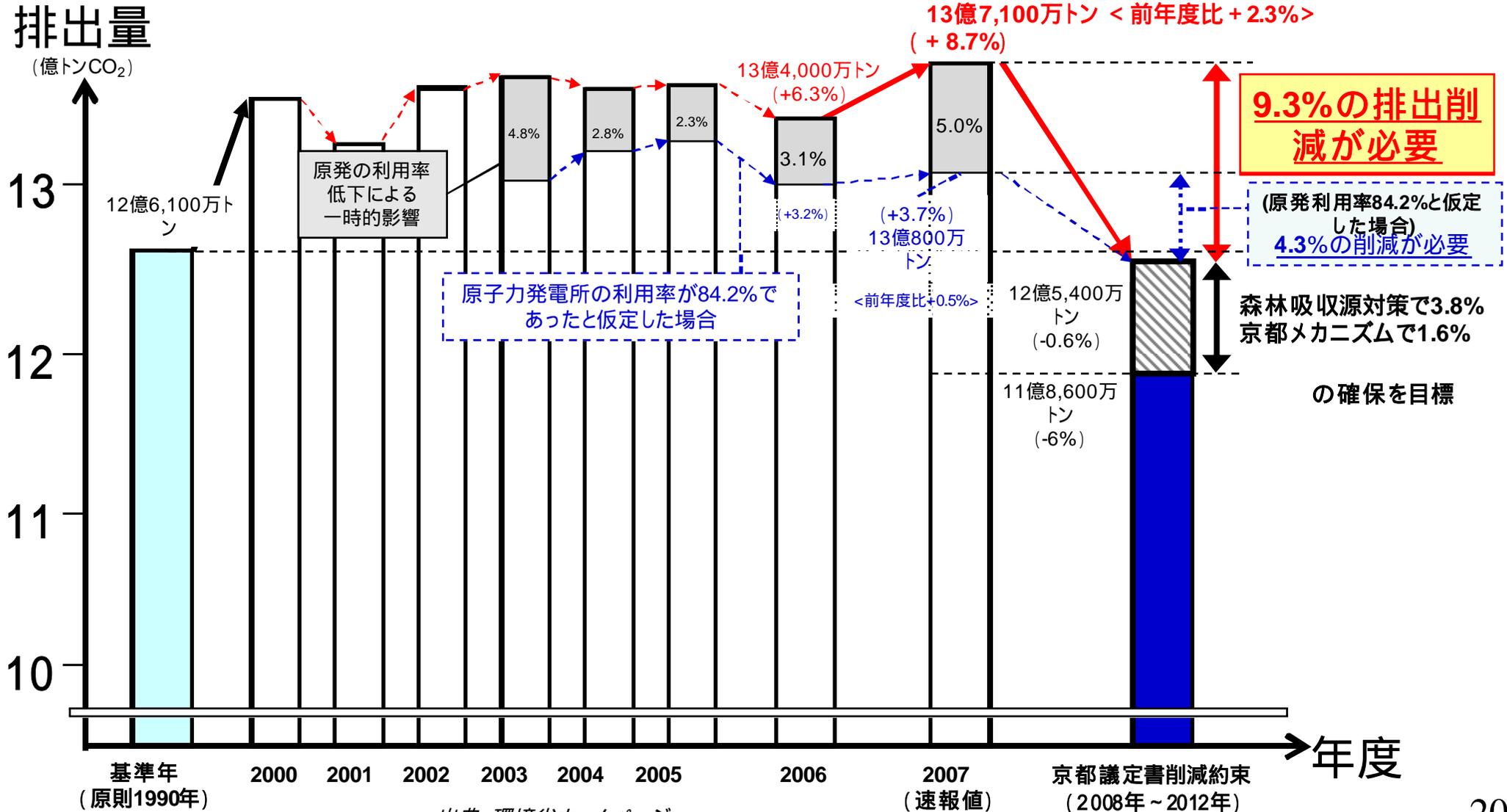
< 電源種別ごとの平均的なCO<sub>2</sub>排出原単位の差異 >



京都メカニズムクレジット価格については、\$ 20 / t-CO<sub>2</sub>、1 \$ = 120円で試算。

# 我が国の温室効果ガス排出量

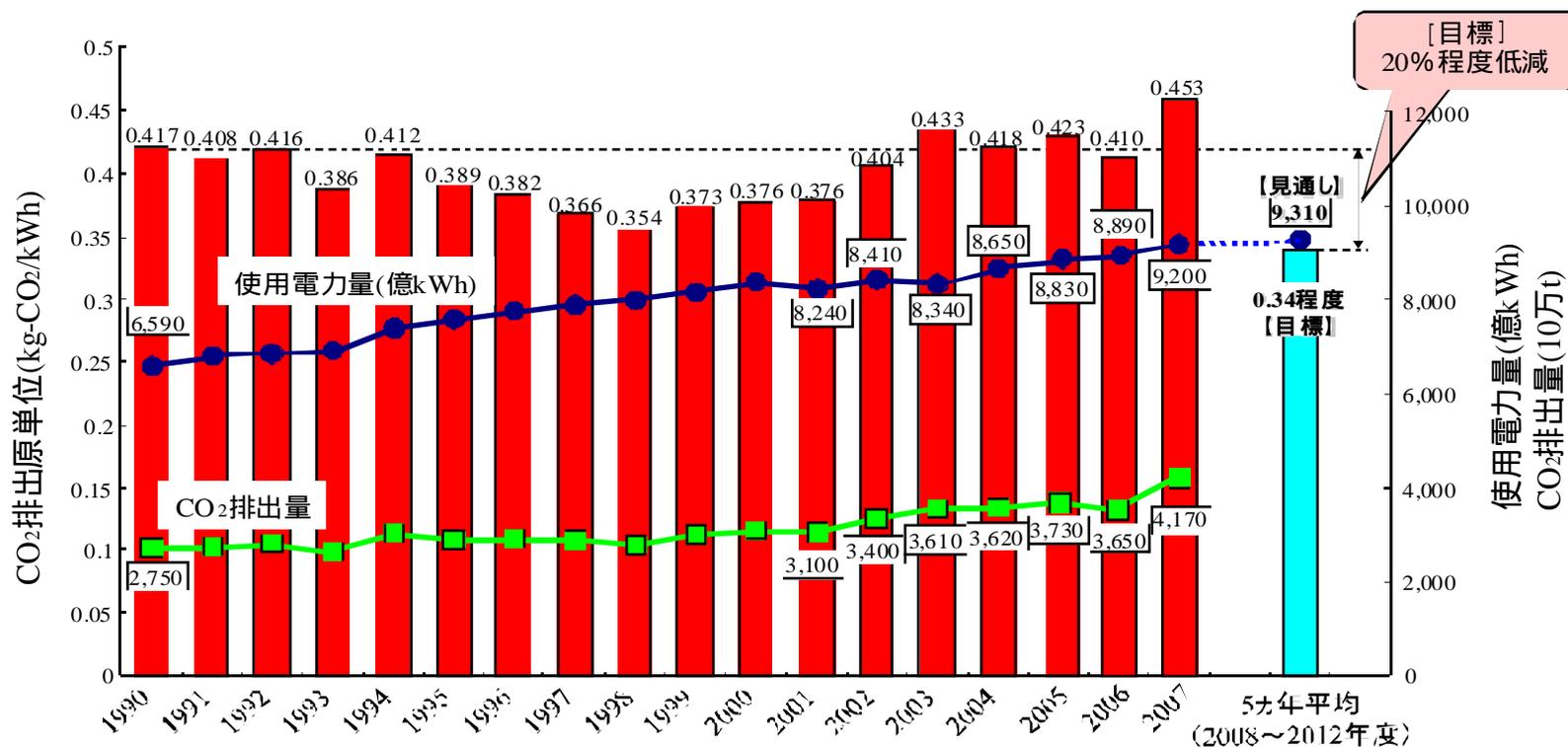
2007年度における我が国の排出量は、基準年比8.7%上回っており、議定書の6%削減約束の達成には、9.3%の排出削減が必要。  
(原子力発電所の利用率を84.2%と仮定した場合、排出削減必要量は4.3%)



出典: 環境省ホームページ

# 電気事業連合会の目標達成状況と今後の取組

- 電力部門における2007年度のCO<sub>2</sub>排出量は、柏崎刈羽原子力発電所の運転停止や湯水等の影響により、2006年に比べ5200万トン-CO<sub>2</sub>増加し、CO<sub>2</sub>排出原単位は0.043kg-CO<sub>2</sub>/kWhの増加となっており、1990年度比で約8.6%の悪化となっている。



## < 目標達成に向けた取組 >

安全確保と信頼回復を前提とした原子力の推進

火力発電熱効率の更なる向上等

国際的な取組(京都メカニズムクレジット(約1.9億トン-CO<sub>2</sub>分)の活用等)

出典: 電気事業連合会の自主行動計画フォローアップ資料より抜粋

# 特定規模電気事業者の目標達成に向けた今後の取組み

現状の温暖化対策のままの場合、CO<sub>2</sub>排出原単位の見通しとしては0.58kg-CO<sub>2</sub> /kWhとなるがCO<sub>2</sub>排出原単位の更なる低減を図るための対策を講ずることによって0.52kg-CO<sub>2</sub> /kWhを目指す。

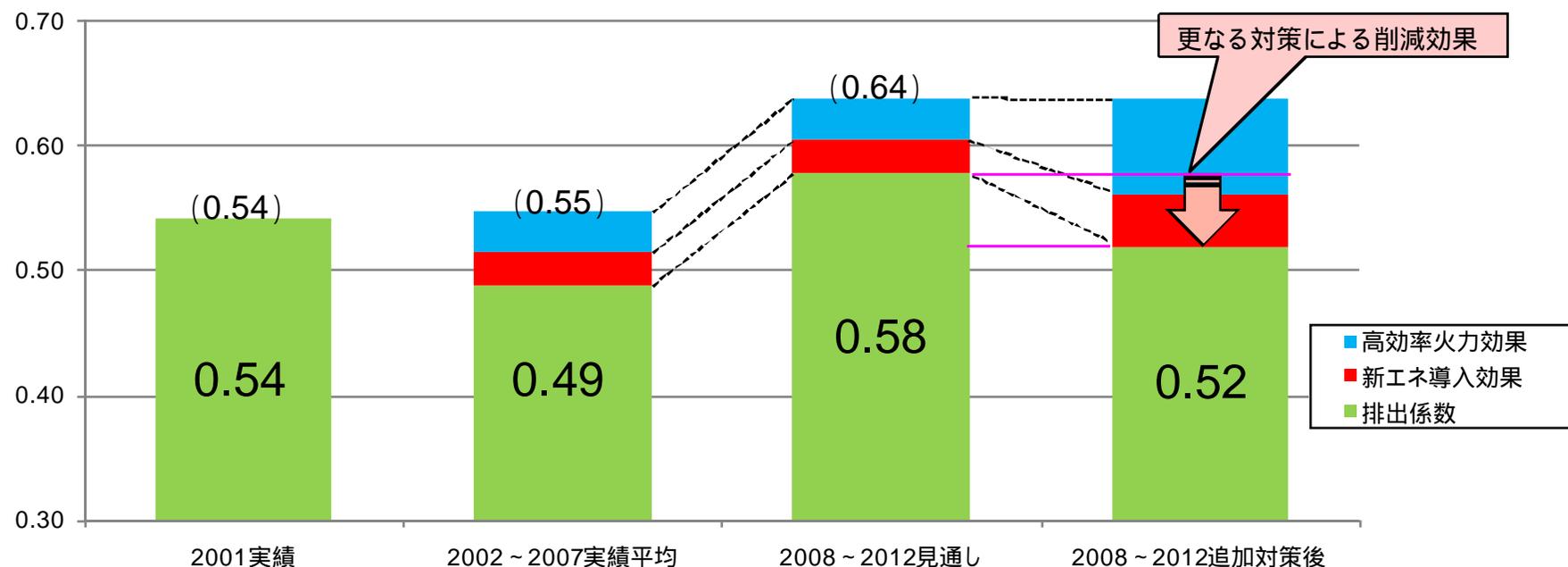
## < 原単位低減のための更なる対策 >

### 最新鋭高効率・環境負荷のより小さな火力の導入

自社関連の発電所の新規立地にあたっては、環境負荷のより小さく経済性にも優れた最新鋭・高効率の大規模（約30万kW以上）な火力発電所の建設を推進。

### 新エネルギーの利用

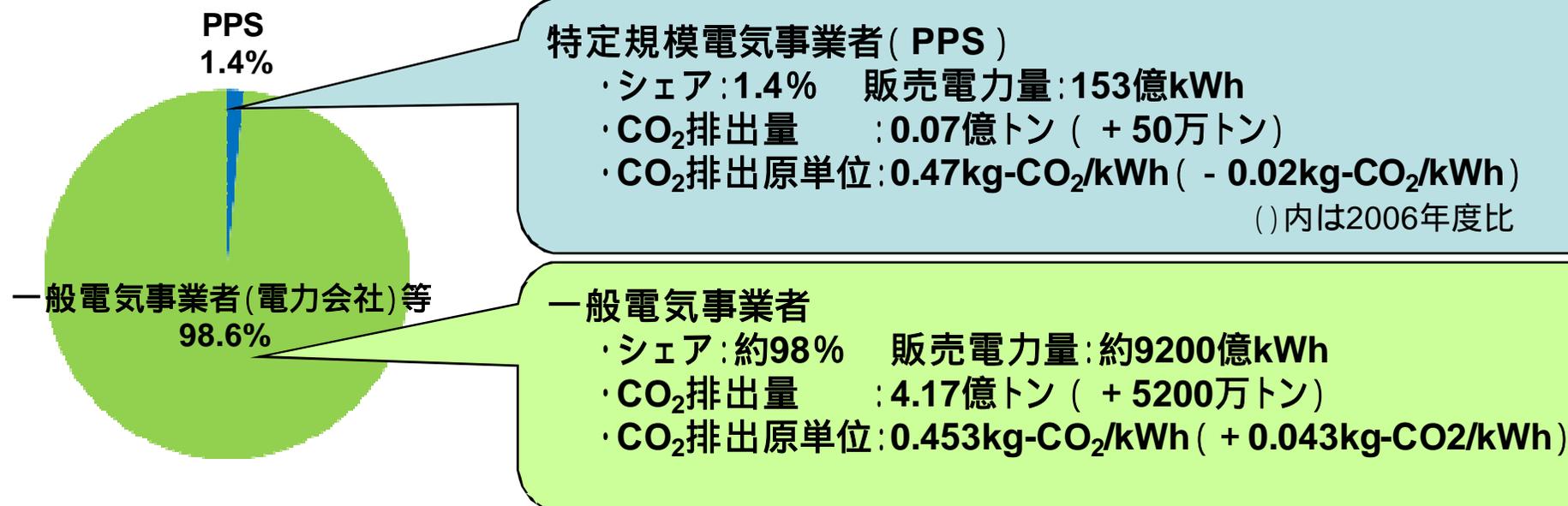
新規に建設する風力発電や木屑などのバイオマス発電からの調達を推進。RPS法の義務量における目標値の引上げを踏まえつつ対応。



参考：特定規模電気事業者の自主行動計画フォローアップ資料

# 電気事業における温暖化対策について

## 1. 2007年度のCO<sub>2</sub>排出量及びCO<sub>2</sub>排出原単位の実績



## 2. 電気事業者における自主行動計画の概要

### 電気事業連合会

目 標: 2008～2012年度における使用端CO<sub>2</sub>排出原単位を、1990年度実績から平均で20%程度低減。(0.34kg-CO<sub>2</sub>/kWh程度)

### 特定規模電気事業者(PPS)

目 標: 2008～2012年度平均の使用端CO<sub>2</sub>排出原単位を2001年度実績から3%低減。(0.52kg-CO<sub>2</sub>/kWh程度)

# 石炭火力の新規建設に関する指摘事項

- 小名浜パワー事業化調査(株)が現在進めている現在環境アセスメント手続き中である小名浜火力発電所(仮称)に対する厳しい指摘がなされているところ。

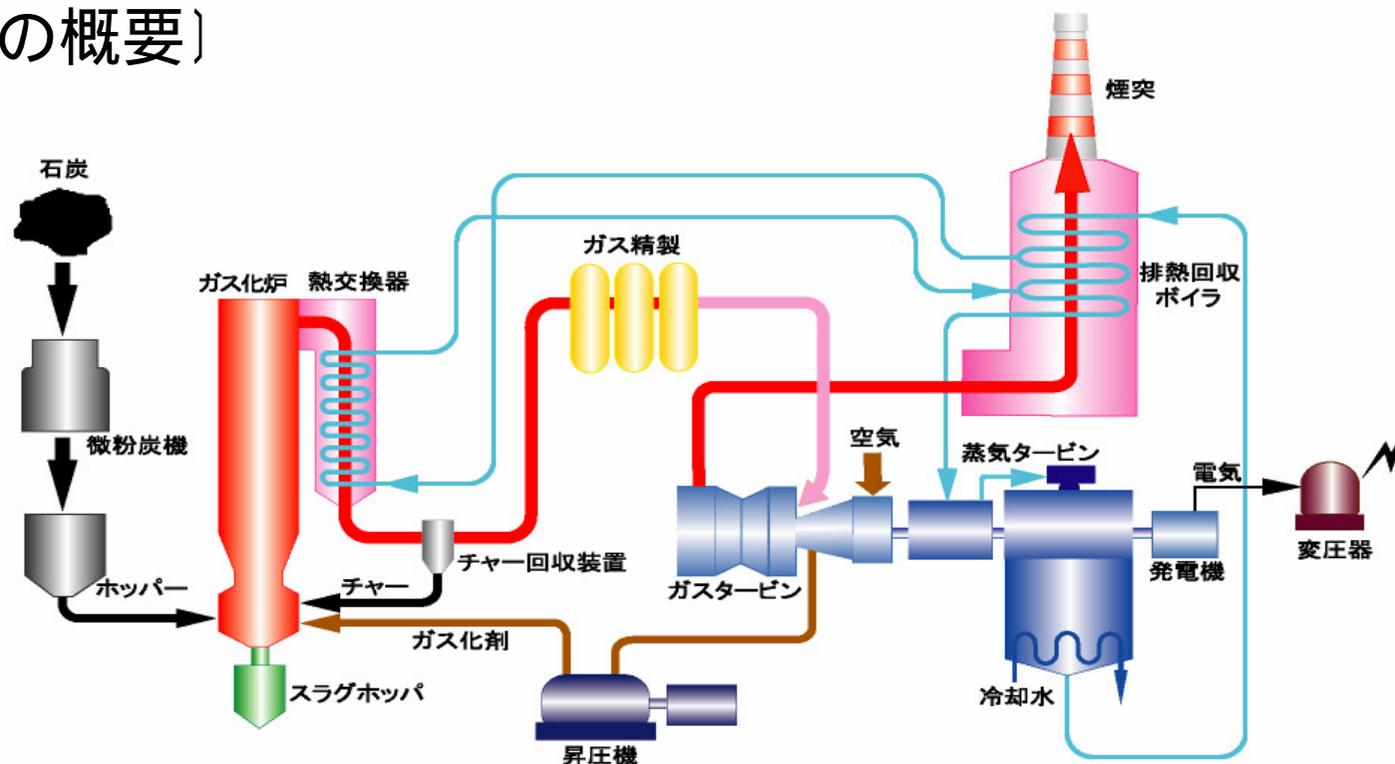
## 2008年12月26日 斉藤環境大臣閣議後発言 <抜粋>

- ◆ この計画につきましては圧倒的に原単位が劣る計画であり、そのことによって原単位の劣った電力が、原単位が優れた電力に置き換わるような計画でございまして、みんなで力を合わせて低炭素社会めざして頑張っていこうという状況の中で、とても国民の理解が得られるものではないと思っております。
- ◆ 事業者におかれては、この県知事の意見を真摯に受け止めて、少なくとも低炭素社会づくりに向けてこの電気がこれまでの原単位をこれまで改善するというものを示してもらいたいと思っておりますし、そのような措置を入れるべきだと思っております。
- ◆ 燃料の転換、CCS、ガス化等いろいろ方法はあると思います。また火力の流動床等の技術、それらを組み合わせるという事も一つの方法だと思いますが、0.8という原単位、今の一般電気事業者の原単位目標が0.34、またPPSの原単位の目標が0.52という中でこのような計画が成立する、認められるとはとても思えません。PPSは、現在の原単位が0.47位でしょうか、自主行動計画の目標が0.52です。この自主行動計画の目標が現在の原単位よりも緩やかだというのも、自主行動計画というものをどう考えているのかということで非常に疑問に思っております…(略)。
- ◆ 低炭素社会づくり行動計画において国民全体で動いていこう中であって国民の理解は得られない。
- ◆ PPSについて目標は0.52で、一般事業者に比べますと緩い目標が掲げられているわけですがけれども、これを是非達成していただきたいと思えます。
- ◆ 将来的にはPPS事業者も一般電気事業者と同じような原単位ならぬとおかしいと、イコール・フッキングで競争することにならないと思っております、先ほども申し上げましたけれどもこの0.52というのは現在でも0.47までとなっている中では、自主行動計画の目標としてはいかなものかという思いは持っております。ましてや今回は0.81ということで話しにならないというのが私の率直な感想です。
- ◆ これから二酸化炭素を減らしていこうという大きな中で、この発電所で起きる電気が置き換わるその電気の原単位よりも低いと、こういう状況でなければこれからの発電所の計画は国民の理解を得られないと思えます。

# 石炭ガス化複合発電 ( I G C C ) について

- IGCCとは、石炭をガス化炉で可燃性ガスに転換させ、ガスタービンに導入して発電し、更にその排熱を蒸気にて熱回収し蒸気タービンに導入して発電する複合発電方式。
- IGCC ( 1,500 級ガスタービン ) の熱効率は46% ( 送電端、HHV )、CO<sub>2</sub>排出原単位は既存の微粉炭石炭火力と比較して2割程度の改善を期待。
- 2017年頃の実用化を目指して技術開発が行われており、商用機の第1号は中国電力・三隅2号を予定。

## ( I G C C の概要 )



出典：(株)クリーンコールパワー研究所HP

# I G C C の課題について

- 既存の火力発電プラントと比較して運用面等の課題があり、今後、既存の火力発電プラントとの運用面等の課題を技術的にどこまで改善できるかの検討が必要。
- 将来的に太陽光等の新エネルギーが大量に普及した場合、火力発電所の要求性能として、負荷追従性の高さが重要となる可能性があるため、実用化に向けては更なる改善が必要。

## < I G C C の課題（(株)クリーンコールパワー研究所の例） >

- ・ 立ち上げ時間の短縮：起動に18時間、停止に6時間必要。現時点ではミドル運用は困難。
- ・ 最低負荷の低減：既存火力は30%程度まで可能であるが、現時点では50%が限界。
- ・ 出力変化速度の高速化：既存石炭火力は3%（7.5MW）／分であるのに対し、現時点は1.6%（4MW）／分。
- ・ 使用可能炭種の拡大：現時点では灰の融点が高い中国炭（神華炭）のみ使用。今後、インドネシア炭や米国炭等について燃焼データ等を取り使用可能炭種を増やしていくことが必要。
- ・ 高いプラント建設コスト

# バイオマス混焼

- バイオマス(木質チップ等)の導入量が同じ場合、バイオマス専焼に比べ石炭火力での混焼の方が熱効率が高い。
- バイオマスの調達に係る不確実性や既存設備の活用による初期投資抑制などの観点からも石炭火力での混焼の方が導入が容易。

## <バイオマス混焼と専焼の比較(試算)>

	石炭とバイオマスの混焼 (5%、カロリーベース)	バイオマス専焼
出力	40万kW(20万kW×2)	1.3万kW
年間利用率	80%	
年間発生電力量(全体)	28億kWh	0.9億kWh
年間発生電力量(バイオマス)	1.4億kWh	
混焼時の熱効率(発電端、LHV)	43.6%	29%
所内率	10%	17%
混焼時の熱効率(送電端、LHV)	39.2%	24%
年間木質バイオマス使用量	約11万t	
石炭消費削減量	約5万t	約3万t
CO <sub>2</sub> 削減量	約11万t - CO <sub>2</sub> (削減率5%)	約7万t - CO <sub>2</sub> (削減率3%)

石炭火力の熱効率を44%と仮定した場合、木質バイオマス1%の導入で熱効率は0.08%低下するため、5%混焼で効率は43.6%(Δ0.4%)に低下。

# 石炭火力に対する政府・与党の考え方

- 地球温暖化対策推進本部中間報告(自民党政務調査会 平成20年6月11日) 抜粋

石炭火力については、電力の安定供給を確保しつつ、二酸化炭素排出削減の観点から、その電源構成における依存度を抑制し、また、IGCC(石炭ガス化複合発電)等のクリーンコール技術やCCS(二酸化炭素回収・貯留)などの技術開発への支援を強化し、長期的に二酸化炭素排出量の削減を目指す。

- エネルギー基本計画(平成19年3月閣議決定) 抜粋

石炭は、(中略)可採埋蔵量が150年以上と豊富に存在するエネルギー源であり、世界各国に幅広く分布する等、他の化石燃料に比べ供給安定性が高く、経済性にも優れている。このため、エネルギー安定供給の観点から、石炭は今後とも不可欠なエネルギーと位置付けられる。特に電力供給においては、長時間継続して運転を行い安定的に電気を供給する電源として重要な役割を果たしてきている。従って、石炭の更なる安定供給の確保を目指して、産炭国との関係を強化しつつ、供給源の多様化を促進する。

1. はじめに

2. LNG火力について

3. 石炭火力について

4. おわりに

# 石炭火力・LNG火力の特性

## < 経緯 >

我が国は石油危機以降、石油への依存度を引き下げるためにバランスの良い電源構成を目指し、原子力・LNG火力・石炭火力の建設を進めてきた。電源の開発にあたっては、数十年単位の期間が必要となるため、90年代に多数のプラントが運転開始をしてきている。

## < 供給安定性 >

産炭地の分散性や可採年数の長さ等に優れる石炭は我が国のエネルギーセキュリティ上重要な役割。LNGは長期契約が主であり、我が国への供給を大幅に増加させることは困難。

## < 経済性 >

石炭は石油・LNGに比較して安価。低廉に電気を安定的に供給するためには、石炭火力の果たす役割は重要。

また、石炭は石油・LNGに比して単位熱量当たりのCO<sub>2</sub>排出量が多いものの、1kWh当たりのCO<sub>2</sub>排出量をオフセットするコストは、石炭2円、LNG1円程度。

(京都メカニズムクレジット価格を2,000円/トン、1ドル=120円と想定。)

# 石炭火力・LNG火力の特性

## < 海外比較 >

我が国の発電電力量に占める石炭火力の割合(27.2%(2004年))は、中印はもちろん、米(50.1%)、ドイツ(50.0%)と比較して低い水準。我が国の石炭火力の熱効率は世界最高水準であり、仮に米中印の石炭火力に我が国の最新設備の効率を適用すると、13億トンのCO<sub>2</sub>削減が可能。LNG火力については、我が国の導入割合は他国と比較しても遜色ない水準。

## < 技術開発 >

IGCCやCCSの活用は重要であるが、現在は研究開発段階にあり、実用化にまだ時間がかかる。また、CO<sub>2</sub>低減技術として期待されているバイオマス混焼が可能なのは従来型の石炭火力のみ。

## < 環境適合 >

火力の中でもCO<sub>2</sub>排出原単位が小さいLNG火力は、我が国において引き続き重要な電源として期待される。

石炭火力については、安定供給、経済性の観点からは、我が国の電気事業において今後とも一定の役割を果たしていくことが必要。地球温暖化対策の重要性が増している現状では、石炭火力の建設にあたっては、温室効果ガス削減にかかる我が国の目標に整合した形で、事業者に実行可能な範囲内で最大限の環境対策を求めていくことが必要。また、新規建設にあたり何らかの指針を定めることも考えられる。