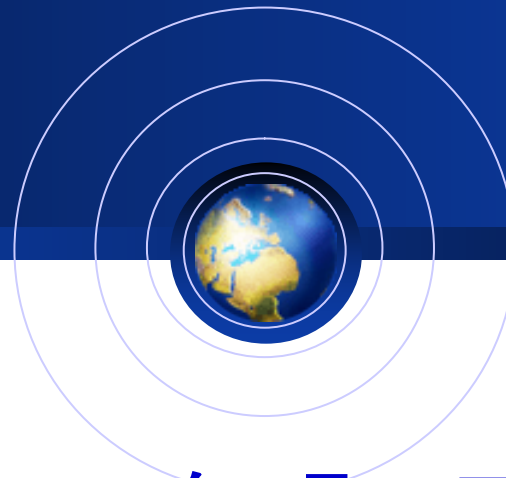


# 石炭と日本の将来



2013年5月17日

東京大学生産技術研究所  
特任教授 金子 祥三

# 目 次

## 1. 日本のエネルギーの現状

1-1 3.11以降の日本の現状

1-2 エネルギーのベストミックス

## 2. 石炭の重要性

2-1 石炭で安定した安い電力を

2-2 世界における石炭の重要性

2-3 日本の世界への貢献

## 3. 石炭の高効率発電

3-1 超超臨界圧(USC)

3-2 石炭ガス化複合発電(IGCC)

## 4. 日本の将来を支えるIGCC

4-1 米国PRB炭の利用

4-2 福島IGCC特区構想

4-3 IGCCを日本の輸出産業に

[参考資料] 日本の石炭資源

# 1. 日本のエネルギーの現状

## 1-1 3.11以降の日本の現状

原子力の比率の高い電力で再稼働がないとどうなる？

1. 供給力不足
2. 火力発電比率の急増→燃料購入費の大幅増加



- 原子力の再稼働無し→電力料金値上げに直結
- 輸入燃料費の増加→貿易収支の大幅赤字化

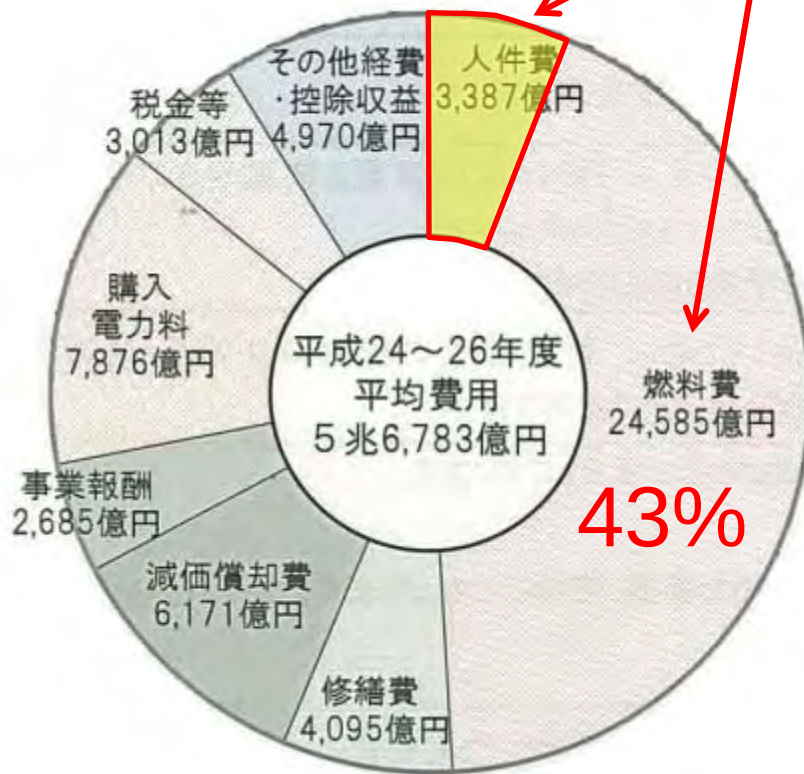
## 火力発電の増加と燃料費の急増

- 年3兆円増加とすると
- $30,000\text{億円} / 1.2\text{億人} = 2.5\text{万円/年}$
- $30,000\text{億円} / 0.5\text{億所帯} = 6\text{万円/年}$

原子力を停止すると必ず料金値上げとなる

# 東京電力の費用内訳

燃料費が15%上がれば人件費は吹き飛ぶ！



(億円)

| 費用    | 新原価(A)  | 申請時(B)  | 差引(A-B) |
|-------|---------|---------|---------|
| 人件費   | 3,387   | 3,488   | ▲ 101   |
| 燃料費   | 24,585  | 24,704  | ▲ 118   |
| 修繕費   | 4,095   | 4,205   | ▲ 110   |
| 減価償却費 | 6,171   | 6,281   | ▲ 110   |
| 事業報酬  | 2,685   | 2,815   | ▲ 130   |
| 購入電力料 | 7,876   | 7,943   | ▲ 67    |
| 税金等   | 3,013   | 3,048   | ▲ 35    |
| その他経費 | 7,098   | 7,237   | ▲ 139   |
| 小計    | 58,911  | 59,721  | ▲ 810   |
| 控除収益  | ▲ 2,128 | ▲ 2,097 | ▲ 31    |
| 総原価   | 56,783  | 57,624  | ▲ 841   |

費用の43%は燃料費である！

2012年8月 東京電力発表資料より作成

## 東京電力

|                   | 12年度実績          | 13年度予想 |
|-------------------|-----------------|--------|
| 売上高               | 連 59,762( 11.7) | —      |
|                   | 単 57,694( 13.0) | —      |
| 経常利益              | 連 ▲3,269( —)    | —      |
|                   | 単 ▲3,776( —)    | —      |
| 当期利益              | 連 ▲6,852( —)    | —      |
|                   | 単 ▲6,943( —)    | —      |
| 配当1株              | 0円              | 0円     |
| 総販売電力量<br>(億kWh時) | 2,690           | 2,670  |
| 原子力稼働率            | 0%              | —      |

|       |               |
|-------|---------------|
| 経常収益  | 58,185( 12.2) |
| 電灯力   | 23,351( 9.5)  |
| 電     | 30,403( 16.0) |
| 経常費用  | 61,961( 10.8) |
| 人件費   | 3,458( ▲5.7)  |
| 燃料費   | 27,885( 21.9) |
| 修繕費   | 3,490( 25.2)  |
| 減価償却費 | 5,931( ▲8.1)  |
| 購入電力料 | 8,653( 10.8)  |
| 支払利息  | 1,194( ▲6.1)  |
| 租税公課  | 3,095( 2.1)   |
| その他   | 7,531( 7.9)   |

燃料費割合:48%

## 関西電力

|                   | 12年度実績         | 13年度予想 |
|-------------------|----------------|--------|
| 売上高               | 連 28,590( 1.7) | —      |
|                   | 単 25,207( 0.7) | —      |
| 経常利益              | 連 ▲3,531( —)   | —      |
|                   | 単 ▲3,925( —)   | —      |
| 当期利益              | 連 ▲2,434( —)   | —      |
|                   | 単 ▲2,729( —)   | —      |
| 配当1株              | 0円             | —      |
| 総販売電力量<br>(億kWh時) | 1,418          | —      |
| 原子力稼働率            | 17.7           | —      |

|       |               |
|-------|---------------|
| 経常収益  | 25,467( 0.6)  |
| 電灯力   | 10,106( 0.2)  |
| 電     | 13,435( 1.0)  |
| 経常費用  | 29,393( 3.7)  |
| 人件費   | 2,312( ▲2.0)  |
| 燃料費   | 9,198( 18.4)  |
| 修繕費   | 2,026( ▲25.7) |
| 減価償却費 | 2,947( ▲7.0)  |
| 購入電力料 | 5,679( 7.1)   |
| 支払利息  | 499( 7.8)     |
| 租税公課  | 1,456( ▲2.1)  |
| その他   | 4,696( 8.5)   |

燃料費割合:36%

## 東北電力

|                   | 12年度実績         | 13年度予想 |
|-------------------|----------------|--------|
| 売上高               | 連 17,926( 6.4) | —      |
|                   | 単 15,919( 8.1) | —      |
| 経常利益              | 連 ▲932( —)     | —      |
|                   | 単 ▲531( —)     | —      |
| 当期利益              | 連 ▲1,036( —)   | —      |
|                   | 単 ▲591( —)     | —      |
| 配当1株              | 0円             | —      |
| 総販売電力量<br>(億kWh時) | 778            | 780程度  |
| 原子力稼働率            | 0%             | —      |

|       |               |
|-------|---------------|
| 経常収益  | 16,302( 9.4)  |
| 電灯力   | 5,545( 3.7)   |
| 電     | 8,076( 6.5)   |
| 経常費用  | 16,834( 0.5)  |
| 人件費   | 1,318( ▲18.2) |
| 燃料費   | 5,550( 8.3)   |
| 修繕費   | 1,191( ▲11.3) |
| 減価償却費 | 2,127( ▲0.7)  |
| 購入電力料 | 3,793( 2.8)   |
| 支払利息  | 401( 5.5)     |
| 租税公課  | 811( 6.1)     |
| その他   | 1,640( ▲3.1)  |

燃料費割合:35%

## 北陸電力

|                   | 12年度実績         | 13年度予想 |
|-------------------|----------------|--------|
| 売上高               | 連 4,924( ▲0.5) | 4,970  |
|                   | 単 4,795( ▲0.8) | 4,850  |
| 経常利益              | 連 17( 65.2)    | —      |
|                   | 単 ▲21( —)      | —      |
| 当期利益              | 連 0( —)        | —      |
|                   | 単 ▲23( —)      | —      |
| 配当1株              | 50円            | —      |
| 総販売電力量<br>(億kWh時) | 281            | 274    |
| 原子力稼働率            | 0%             | —      |

|       |              |
|-------|--------------|
| 経常収益  | 4,822( ▲1.0) |
| 電灯力   | 1,608( 0.9)  |
| 電     | 2,664( ▲1.1) |
| 経常費用  | 4,844( ▲1.0) |
| 人件費   | 496( ▲4.9)   |
| 燃料費   | 1,384( ▲2.8) |
| 修繕費   | 592( ▲4.3)   |
| 減価償却費 | 709( ▲8.5)   |
| 購入電力料 | 478( 4.0)    |
| 支払利息  | 121( ▲3.1)   |
| 租税公課  | 312( ▲1.9)   |
| その他   | 748( ▲15.5)  |

燃料費割合:29%

## 九州電力

|                   | 12年度実績         | 13年度予想       |
|-------------------|----------------|--------------|
| 売上高               | 連 15,459( 2.5) | 17,600(13.8) |
|                   | 単 14,488( 3.0) | 16,600(14.6) |
| 経常利益              | 連 ▲3,312( —)   | —            |
|                   | 単 ▲3,399( —)   | —            |
| 当期利益              | 連 ▲3,324( —)   | —            |
|                   | 単 ▲3,380( —)   | —            |
| 配当1株              | 0円             | —            |
| 総販売電力量<br>(億kWh時) | 837            | 847          |
| 原子力稼働率            | 0%             | —            |

|       |               |
|-------|---------------|
| 経常収益  | 14,575( 3.0)  |
| 電灯力   | 5,915( 0.7)   |
| 電     | 7,689( 1.8)   |
| 経常費用  | 17,975( 9.4)  |
| 人件費   | 1,518( ▲9.6)  |
| 燃料費   | 6,797( 30.6)  |
| 修繕費   | 1,479( ▲16.0) |
| 減価償却費 | 1,801( ▲10.9) |
| 購入電力料 | 2,695( 30.8)  |
| 支払利息  | 355( 10.3)    |
| 公租公課  | 839( ▲1.1)    |
| その他   | 2,255( 1.3)   |

燃料費割合:47%

## 沖縄電力

|                   | 12年度実績        | 13年度予想 |
|-------------------|---------------|--------|
| 売上高               | 連 1,664( 0.2) | 1,824  |
|                   | 単 1,589( 0.6) | 1,741  |
| 経常利益              | 連 63( ▲38.6)  | 57     |
|                   | 単 43( ▲46.5)  | 40     |
| 当期利益              | 連 43( ▲37.9)  | 40     |
|                   | 単 30( ▲38.7)  | 30     |
| 配当1株              | 60円           | 60円    |
| 総販売電力量<br>(億kWh時) | 73            | 75     |
| 原子力稼働率            | —             | —      |

|       |             |
|-------|-------------|
| 経常収益  | 1,595( 0.8) |
| 電灯力   | 707( ▲1.8)  |
| 電     | 860( 1.6)   |
| 経常費用  | 1552( 3.3)  |
| 人件費   | 168( 1.3)   |
| 燃料費   | 510( 3.5)   |
| 修繕費   | 171( 2.5)   |
| 減価償却費 | 239( 8.5)   |
| 購入電力料 | 171( 1.4)   |
| 支払利息  | 28( 0.0)    |
| 公租公課  | 69( ▲3.3)   |
| その他   | 183( ▲1.4)  |

燃料費割合:32%

## Jパワー

|                   | 12年度実績         | 13年度予想 |
|-------------------|----------------|--------|
| 売上高               | 連 6,560( 0.2)  | 6,840  |
|                   | 単 5,869( ▲2.2) | 5,740  |
| 経常利益              | 連 448( 22.4)   | 470    |
|                   | 単 288( 12.3)   | 310    |
| 当期利益              | 連 298( 85.0)   | 350    |
|                   | 単 185(102.8)   | 220    |
| 配当1株              | 70円            | 70円    |
| 総販売電力量<br>(億kWh時) | 656            | 678    |
| 原子力稼働率            | —              | —      |

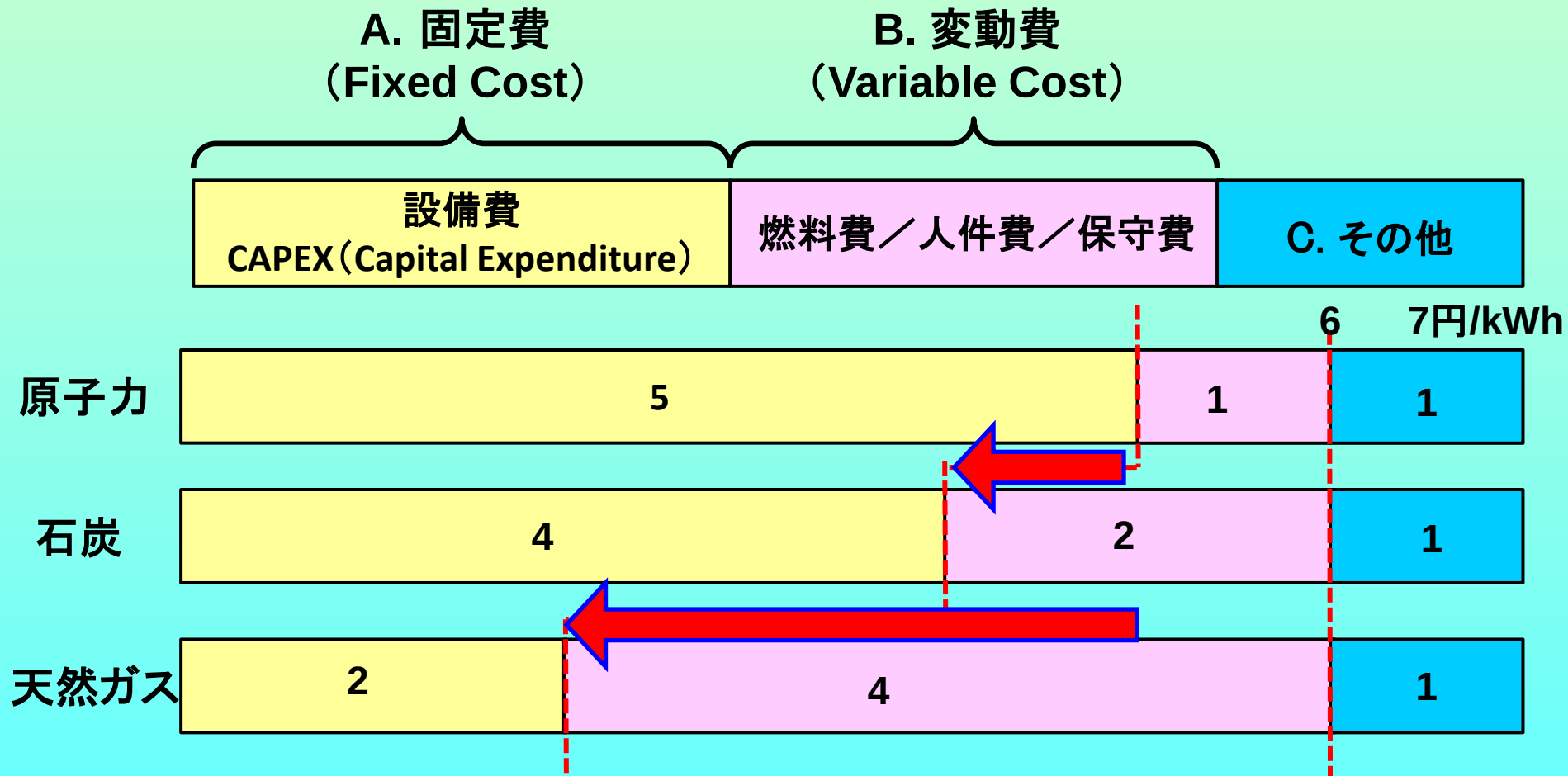
|              |              |
|--------------|--------------|
| 経常収益         | 5,952( ▲2.3) |
| 他社販売<br>託送収益 | 5,206( ▲2.3) |
|              | 526( ▲0.8)   |
| 経常費用         | 5,664( ▲2.9) |
| 人件費          | 340( ▲1.0)   |
| 燃料費          | 2,384( 0.0)  |
| 修繕費          | 564( 4.0)    |
| 租税公課         | 260( ▲2.8)   |
| 減価償却費        | 894( ▲10.9)  |
| その他          | 902( ▲4.6)   |
| 財務費用         | 207( 0.9)    |

燃料費割合:41%

電力会社の2012  
年度決算と燃料費  
の割合

電気新聞2013年4月26日、5月2日

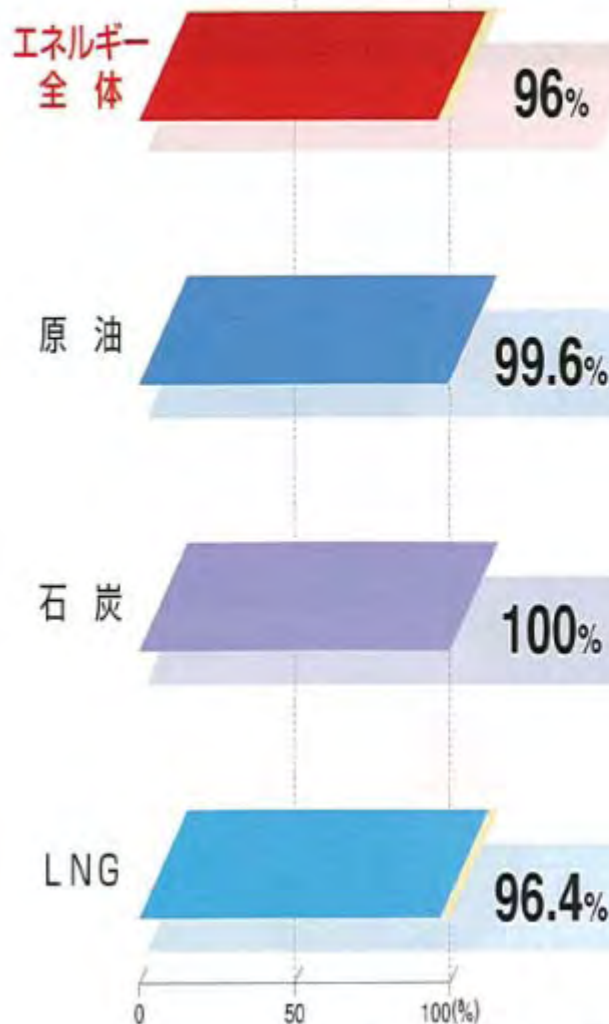
# 発電原価の構成と燃料費の急増



- 発電原価が同じでも固定費の高い電源は稼働しないと一遍で赤字に転落
- 変動費(特に燃料費)は年度単位---これが急増し、年度予算が大赤字に
- 従って原子力の再稼働が無く、火力増の電力は電気料金値上げは必至

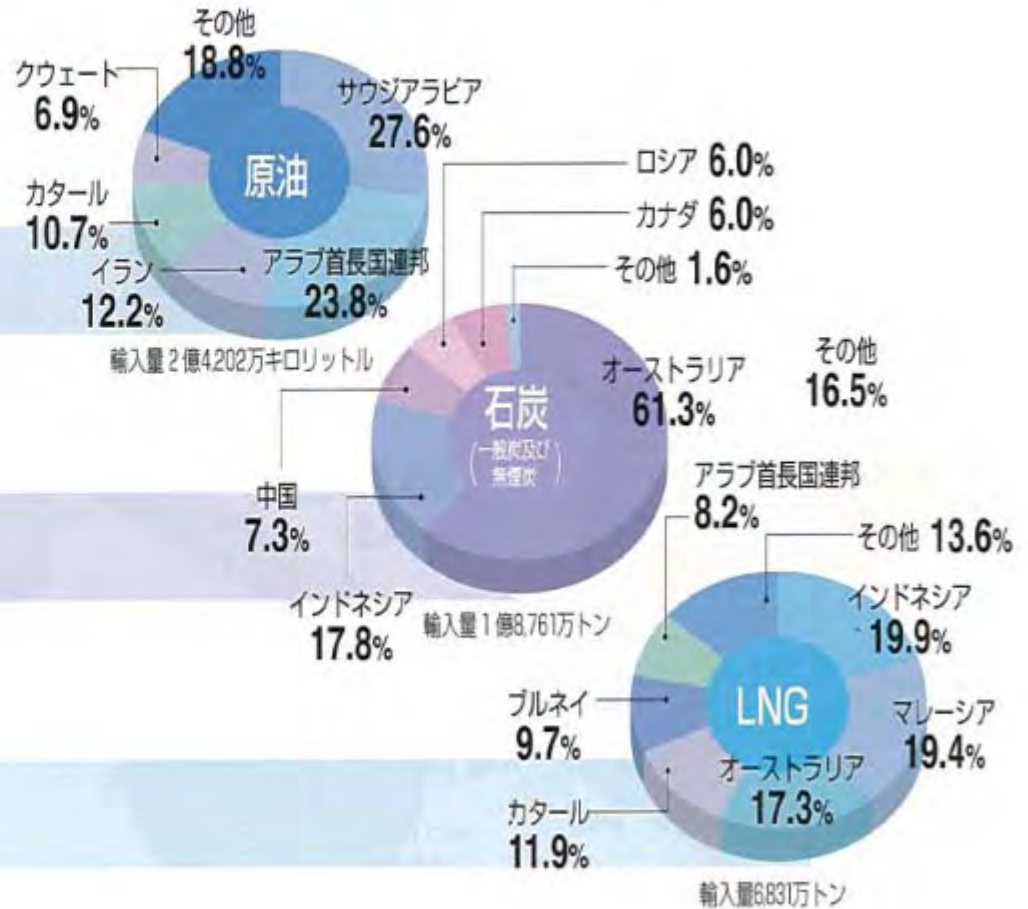
# 日本のエネルギーの海外依存度(2007年度)

エネルギー原料の輸入依存度 (2007年度)



エネルギー原料の主な輸入先 (2007年度)

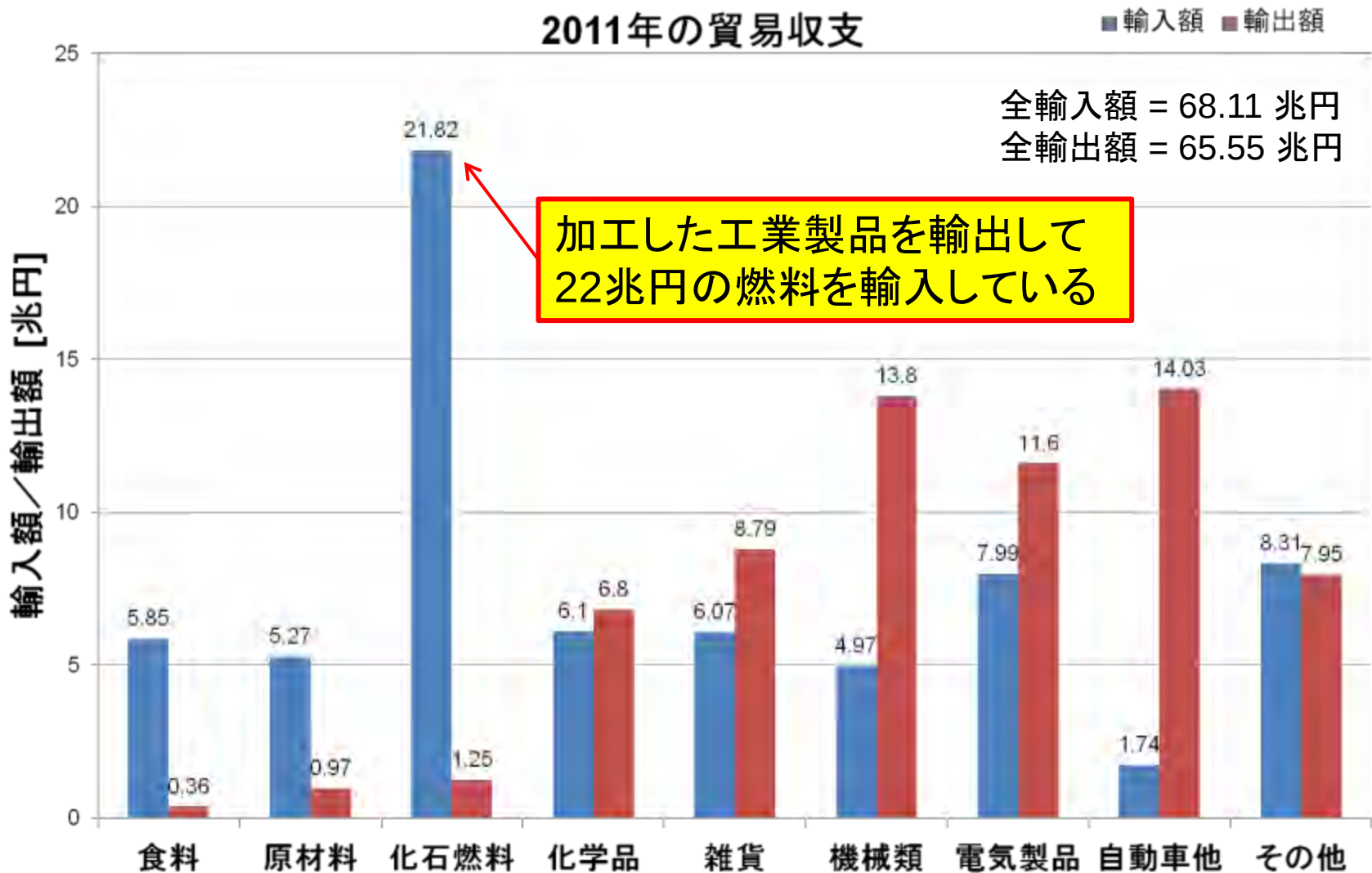
**日本の自給率は僅か4%---先進国で最低！**



出典:「エネルギー白書」2009年版

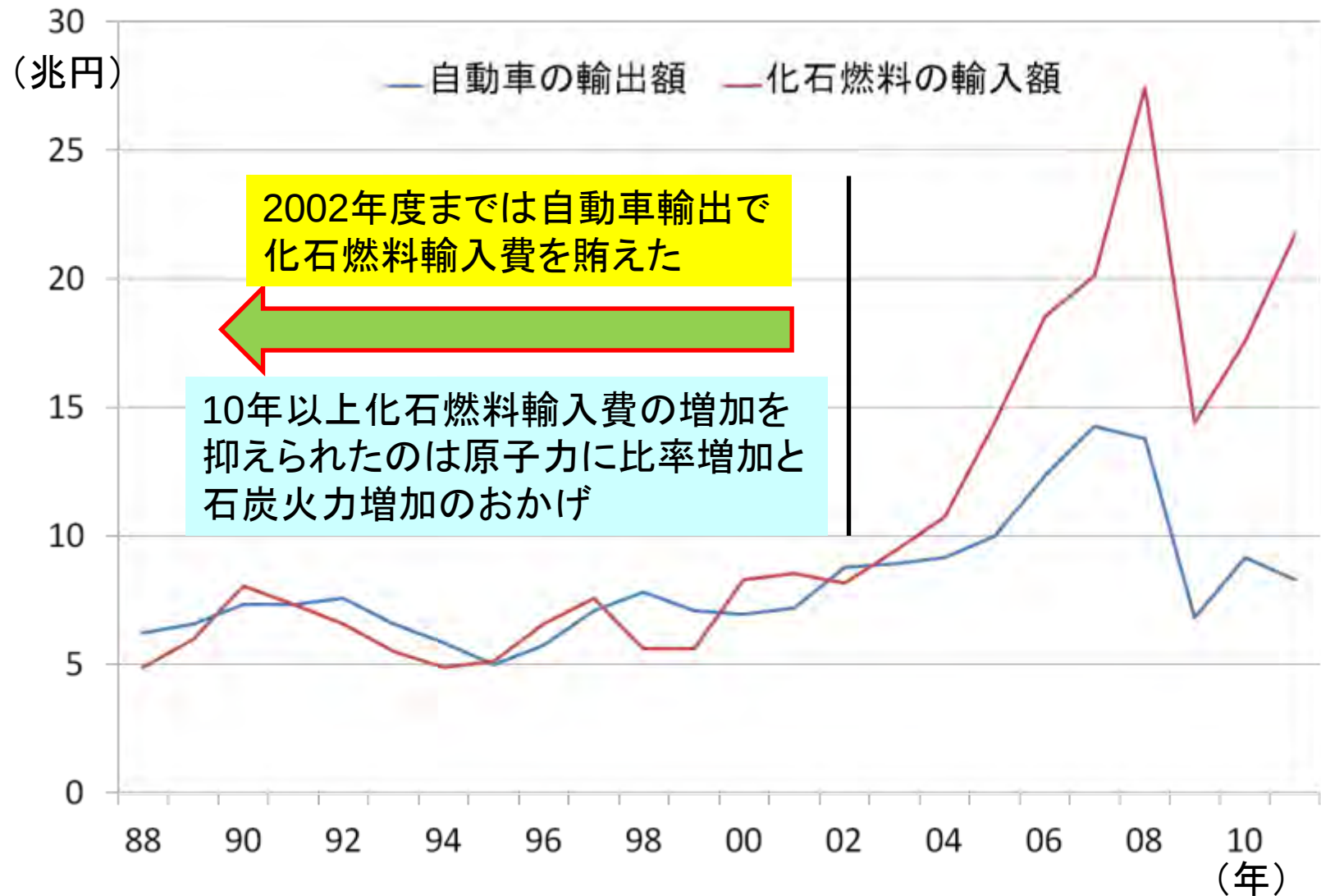
※SHIPPING NOW 2009-2010より引用

# 日本の貿易収支(2011年)



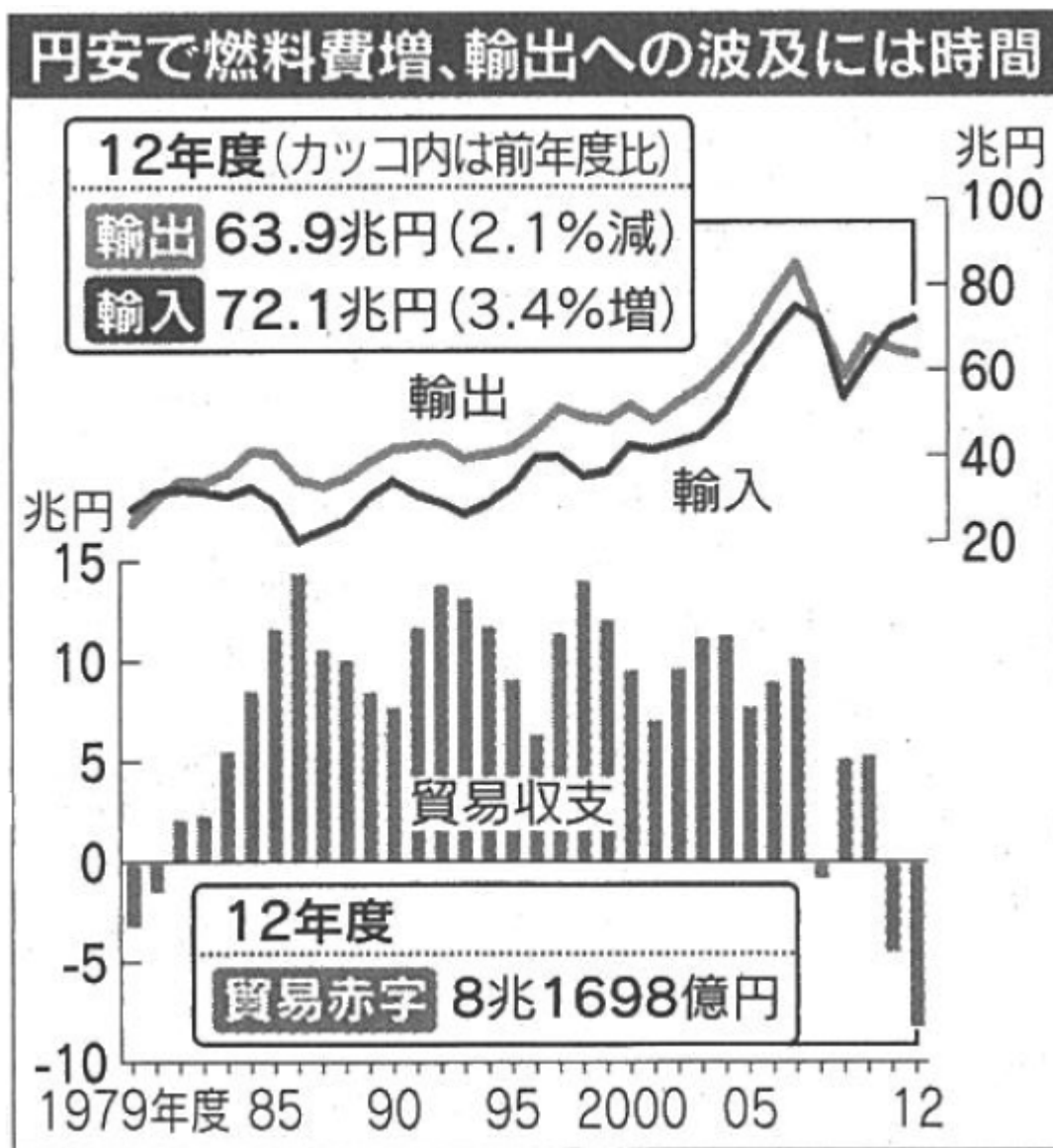
悲しいかな日本国内で付加価値を高め輸出している工業製品がなければ燃料を買えない！

# 化石燃料の輸入額と自動車の輸出額（年額）



資料:財務省 貿易統計

# 過去20年以上続いた貿易黒字が一挙に赤字に転落



日本経済新聞2013年4月18日

## 1-2 エネルギーのベストミックス

**3E + S**

国家としての最優先事項

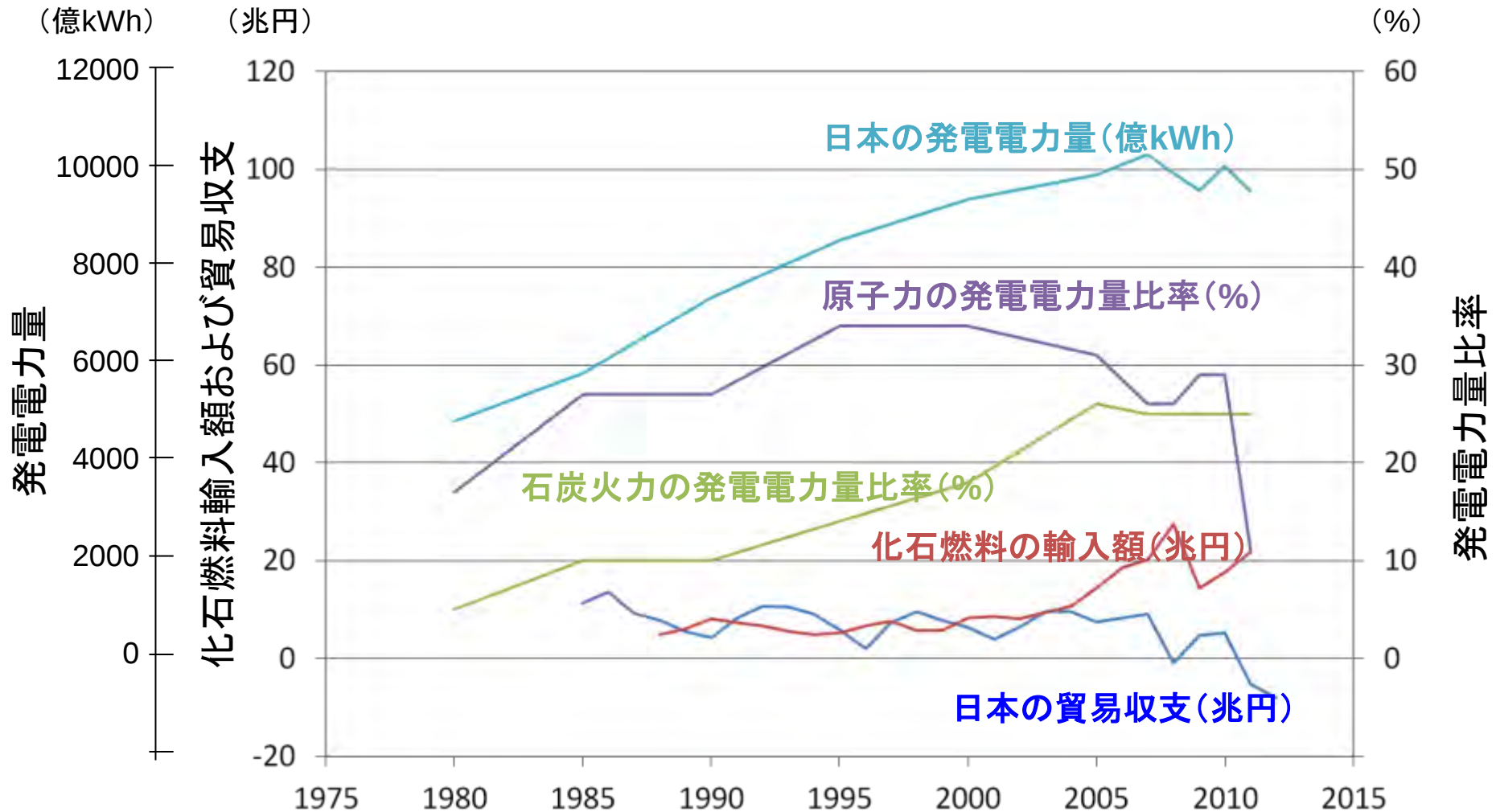
3E+S: Energy + Economy + Environment + Security

- エネルギー源の安定確保
- 経済の成立
- 交渉力の確保
- 輸出競争力の基盤確保

◆ 高度成長時代の終焉

◆ 日本国内だけの論理でなく世界を見据えた国際的な視点が重要

# エネルギーのベストミックスがいかに日本経済に貢献したか？

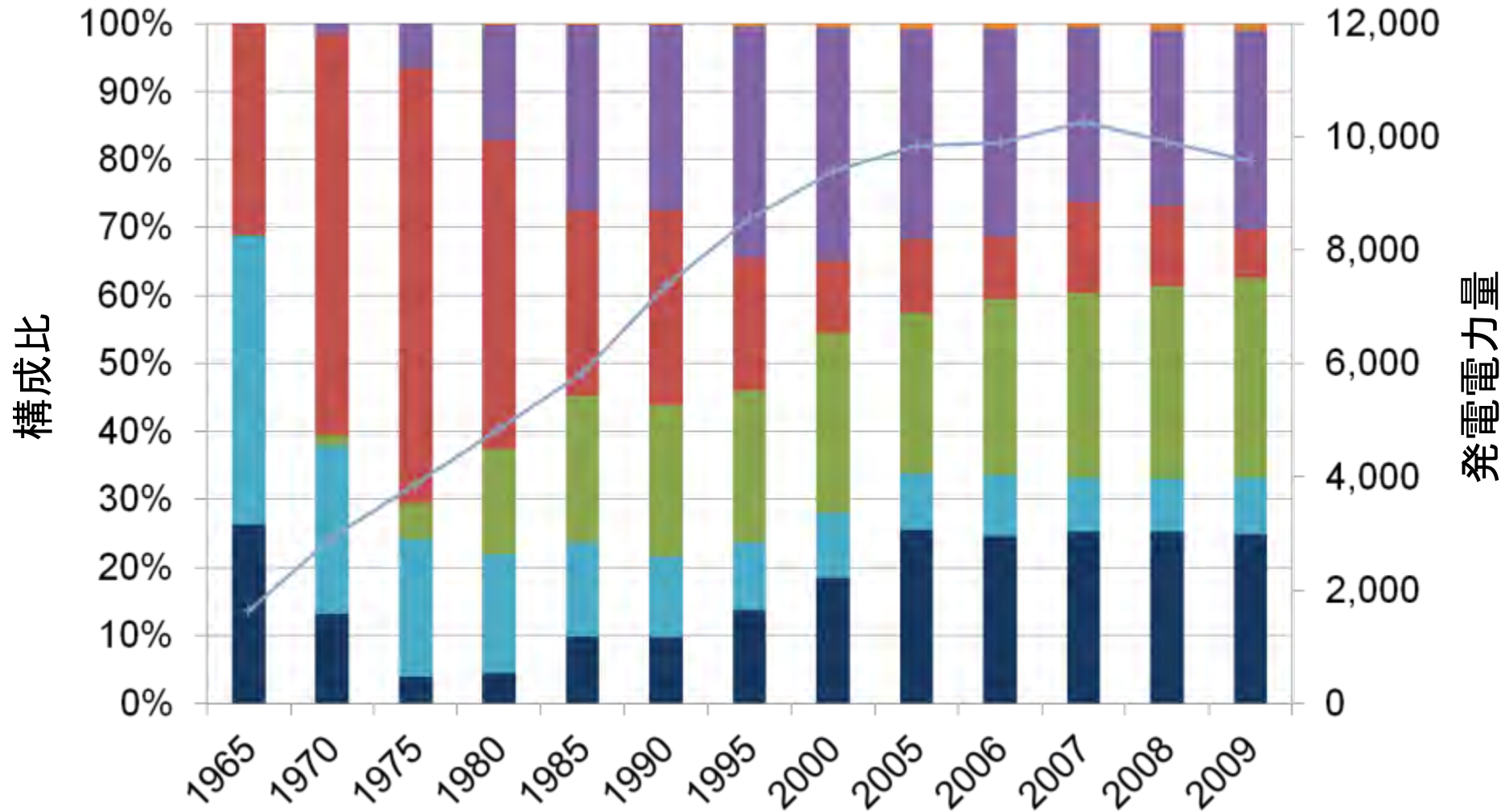


発電電力量が33%も増えたのになぜ燃料費は一定であったのか？  
日本の15年にわたる貿易黒字を支えたのはエネルギーのベストミックスの成果

石炭火力: 10→25%  
原子力: 27→34%

# 日本の発電電力量の推移

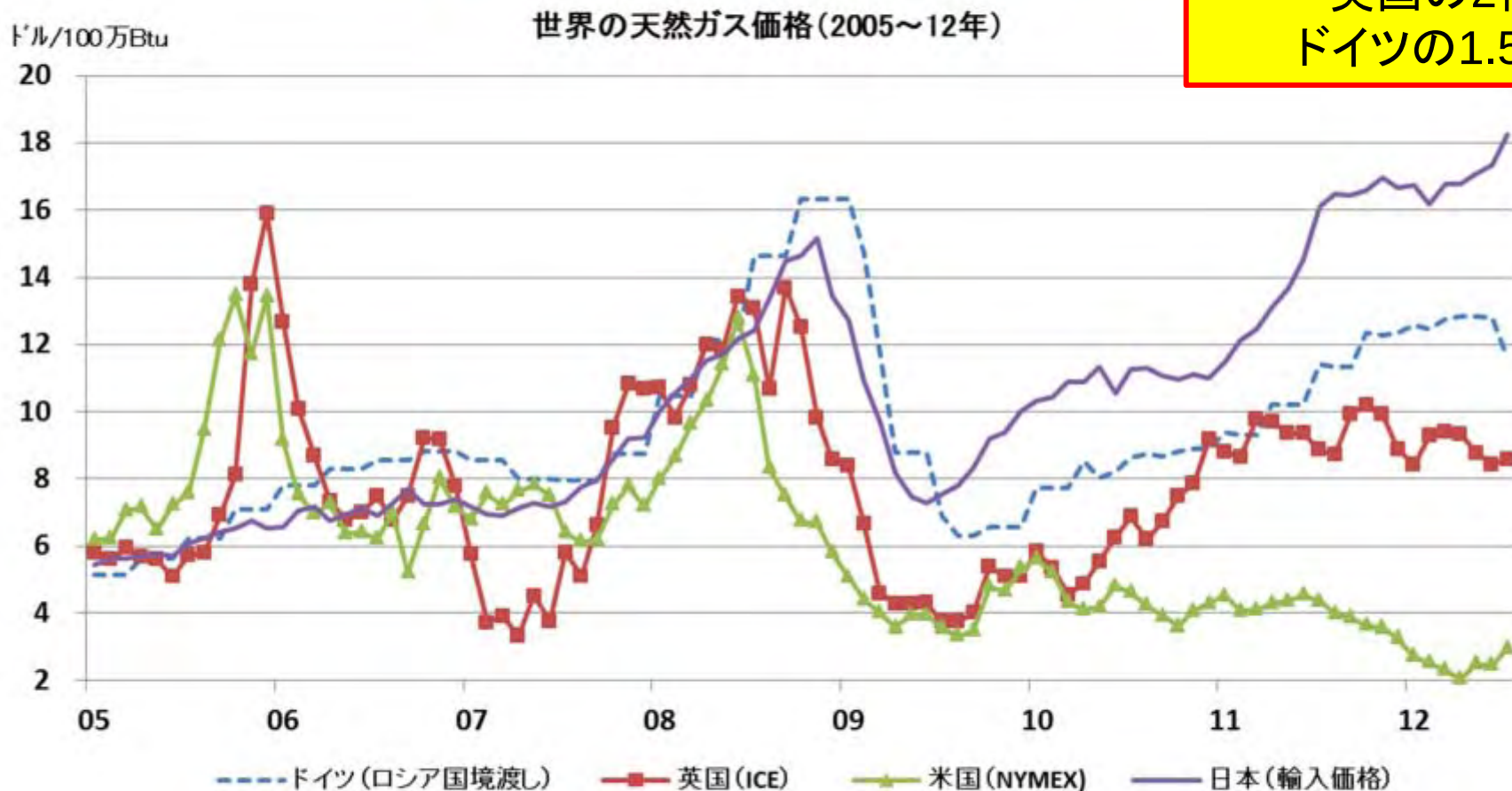
新エネルギー他 原子力 石油等 LNG 水力 石炭 計 (億kWh)



JCOAL資料より作成

# 各国の天然ガス価格

日本の購入価格：  
米国の6倍  
英国の2倍  
ドイツの1.5倍



出所: 各種データより算出

第15回CEEシンポジウム「天然ガスシフト—その期待と課題—」  
独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 野神 隆之氏講演資料より

# LNG購入価格は安くできるか？ 国際交渉の現実

Optionを持たなければ  
交渉はできない！

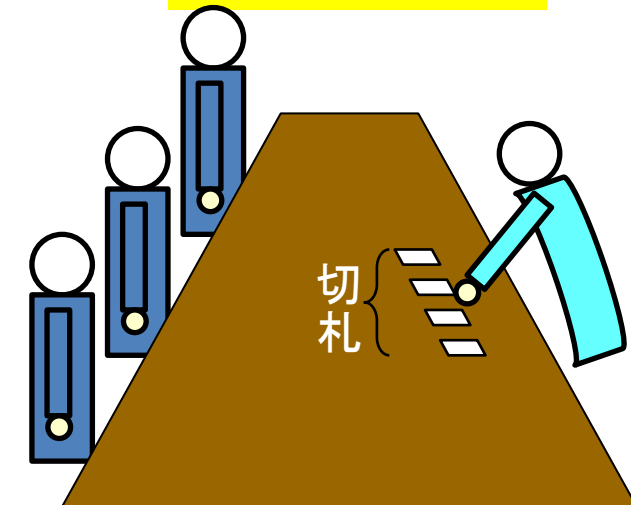
## 交渉開始

切札あり  
オプションあり

## Negotiation

### 交渉一条件闘争

切札



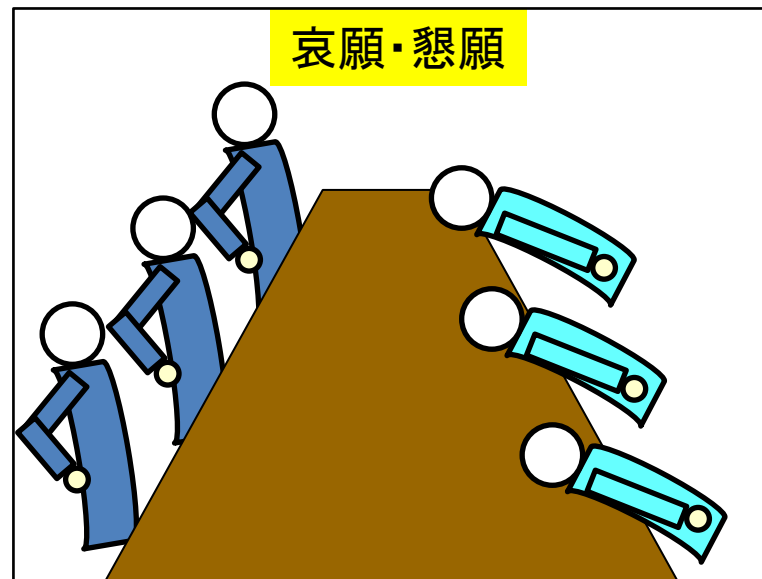
## Plea - Petition -

### 哀願・懇願

切札無し  
オプション無し



土下座外交



## ➤ negotiate

Latin : *negotius* pp. of *negotiar*  
--- to carry on business  
from *negotium*  
--- business  
from *neg-* not  
*otium* leisure

(from Merriam Webster's Collegiate Dictionary)

# 一つのバスケットに卵を全部入れてはいけない

*Don't put all your eggs in one basket!*



- リスクヘッジ
- 危険分散
- 交渉力オプション

● 手を拱いていては、まともな LNG の価格交渉もできない！

● 今、大事なことは世界最高効率の石炭火力を国内にしっかりと建設すること！

# アリとキリギリス The Ants and the Grasshopper

エネルギーセキュリティは国家の最優先事項

キリギリス  
- 天然ガス?



アリ  
- 石炭?

過去の大戦はいずれもエネルギー資源争奪戦が根本原因

# もともと軍艦は石炭焚きであった (日露戦争時のバルチック艦隊の苦労もそのせい)



日本海軍の標準: ヤーロ式ボイラ



最初は石炭焚きであった



太平洋戦争前にいち早く  
すべて重油専焼に切り替え  
→これが裏目に出た  
→米国の石油禁輸でやけくそ  
で戦争突入



# 海外でのプラント建設：イラク・ハルサ(1977)



- 日本から初めて輸出：20万kW × 4基建設
- 良い仕事をし、良い製品を作ることだけが取り柄の日本人

# なぜデンマークはアフガニスタンに派兵しているのか？

人口わずか550万人のデンマーク  
がなぜ？

## デンマーク

- ・NATO設立時(1949年)からの原加盟国
- ・ISAF (International Security Assistance Force)  
へ約700名派遣

## NATO軍の構成

加盟国 : 28カ国  
設立年 : 1949年(原加盟国12カ国)  
NATO本部: ブリュッセル(ベルギー)  
事務総長: アナス・フォー・ラスムセン  
(2009年～、元デンマーク首相)



ラスムセン事務総長  
外務省HP資料より

## アフガニスタンのNATO軍

アフガニスタンの治安維持のため  
国連安保理決議により設立された  
国際治安支援部隊ISAFを統括。

**デンマーク軍犠牲者数: 42名**

[http://web.econ.keio.ac.jp/staff/nobu/iraq/casualty\\_A.htm](http://web.econ.keio.ac.jp/staff/nobu/iraq/casualty_A.htm)



- 相手にいうことを聞かせる為には(ルールを守らせるには)  
強制力(軍事力)が必要！



言うことを聞かなければカダフィのようになるぞ！



# ◆ 世界的視野の重要性

- 高度成長が終わり、市場は海外に移った。
- 国内製造業の維持と高付加価値製品の輸出が国を支えている。
- 常に世界で戦うという視点なくしては日本の将来はない。この支援をどのような形で実現するのか。国がしっかりと守ってくれるという安心がないと戦えない。
- 国内のみの論理で、なあなあで済ませていたのでは将来はない。今こそ変革の時である。

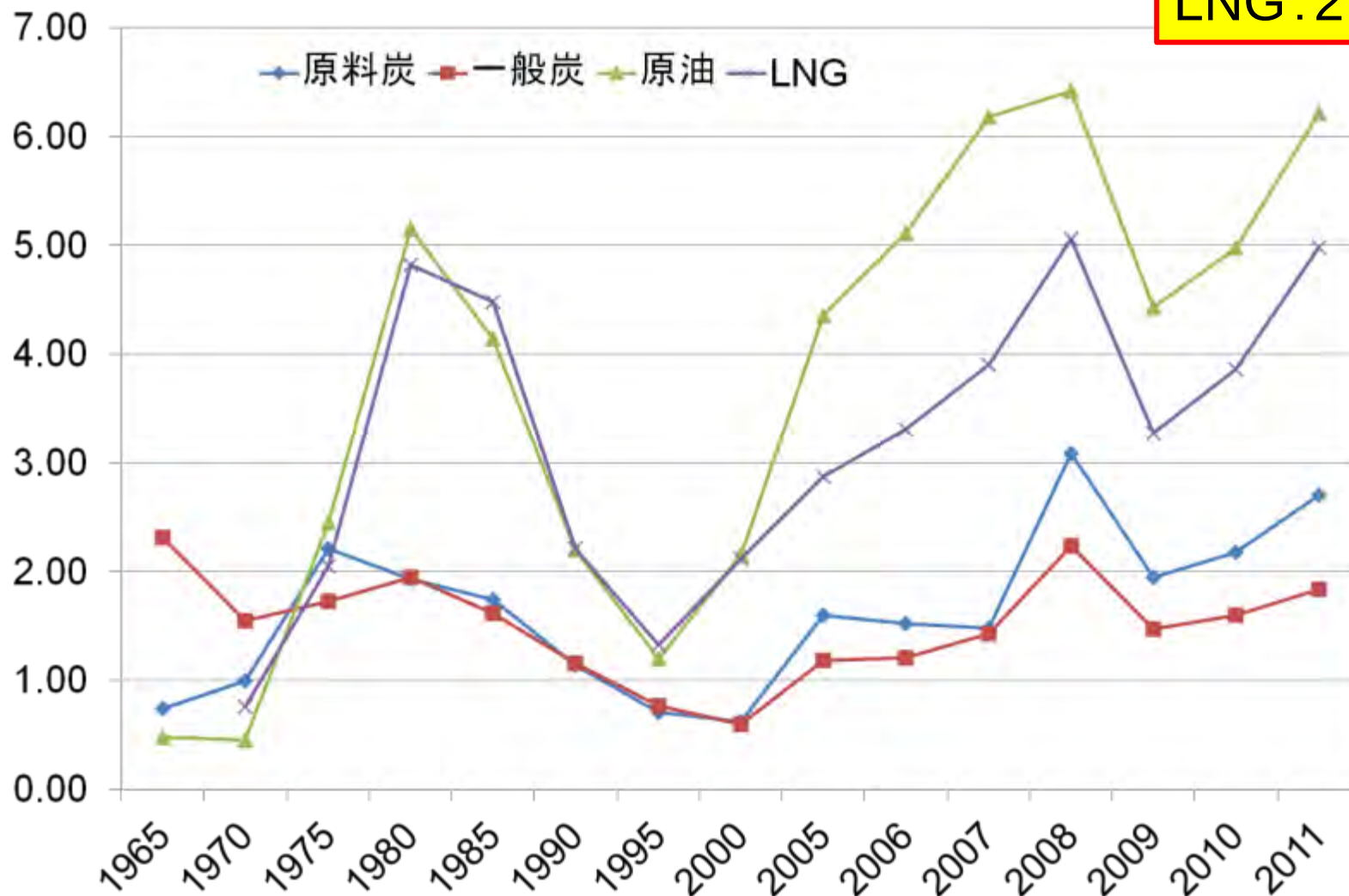
## 2. 石炭の重要性

- 2-1 石炭で安定した安い電力を
- 2-2 世界における石炭の重要性
- 2-3 日本の世界への貢献

# エネルギー源別価格(カロリー当たり)

(円/千kcal)

石炭比:  
石油:3倍  
LNG:2.5倍



JCOAL資料より作成

# 石炭火力で経済好転も

第一生命経済研究所は 拡大し、0・3%の経済 肢とした。  
石炭火力発電の活用がマ 成長率押し上げと約5万 1ヶ月前当たりの発電  
クロ経済に好影響を及ぼ 人の雇用拡大につながる 単価は、石炭なら4円と  
すとのレポートを発表し と分析している。 LNGの4割程度にとど

た。日本が火力燃料の大 リポートでは2012 まる想定。日本全体で年  
部分をLNG（液化天然 年に6兆円を超えたLN 間約8千億円の発電コス  
ガス）で賄っている現状 G輸入の急拡大が日本の トが抑制されれば国の経

LNG10%  
置き換え  
GDP1.6兆円増

を踏まえたもので、その 貿易赤字の主因であるこ 常黒字が17%以上拡大す  
10%を石炭に置き換えた とから、この総額を削減 ると試算し、ドルに対し  
場合、理論上の年間発電 しない限り早期に問題解 て1・5円の円高圧力が  
コストを8千億円程度抑 決はできないと指摘。安 かかることから、さらに  
制できると試算。実質G 価な石炭を高効率化技術 輸入コストの低減につな  
DP（国内総生産）が3 で消費量を抑えながら活 がると予想した。  
年後に1兆6千億円程度 用することが有望な選択 結果として企業業績の

## 第一生命経済研が分析

改善や国内消費の拡大に つながら、中期的には企 業の立地選択や雇用にも 良い効果が広がると分析 している。

また、発展途上国の多 くは発電の大部分を石炭 で賄っており、その多く は効率が高く二酸化炭素 （CO<sub>2</sub>）排出量が大き い点も指摘。こうした国 に技術やノウハウを移転 して国際貢献を図る観点 から、高効率化や二酸化炭素回収・貯留（CCS）といった関連技術開 発を今以上に進めるべき だと結論付けている。

電気新聞2013年4月8日（月）

# 米国の石炭資源

褐炭

亜瀝青炭

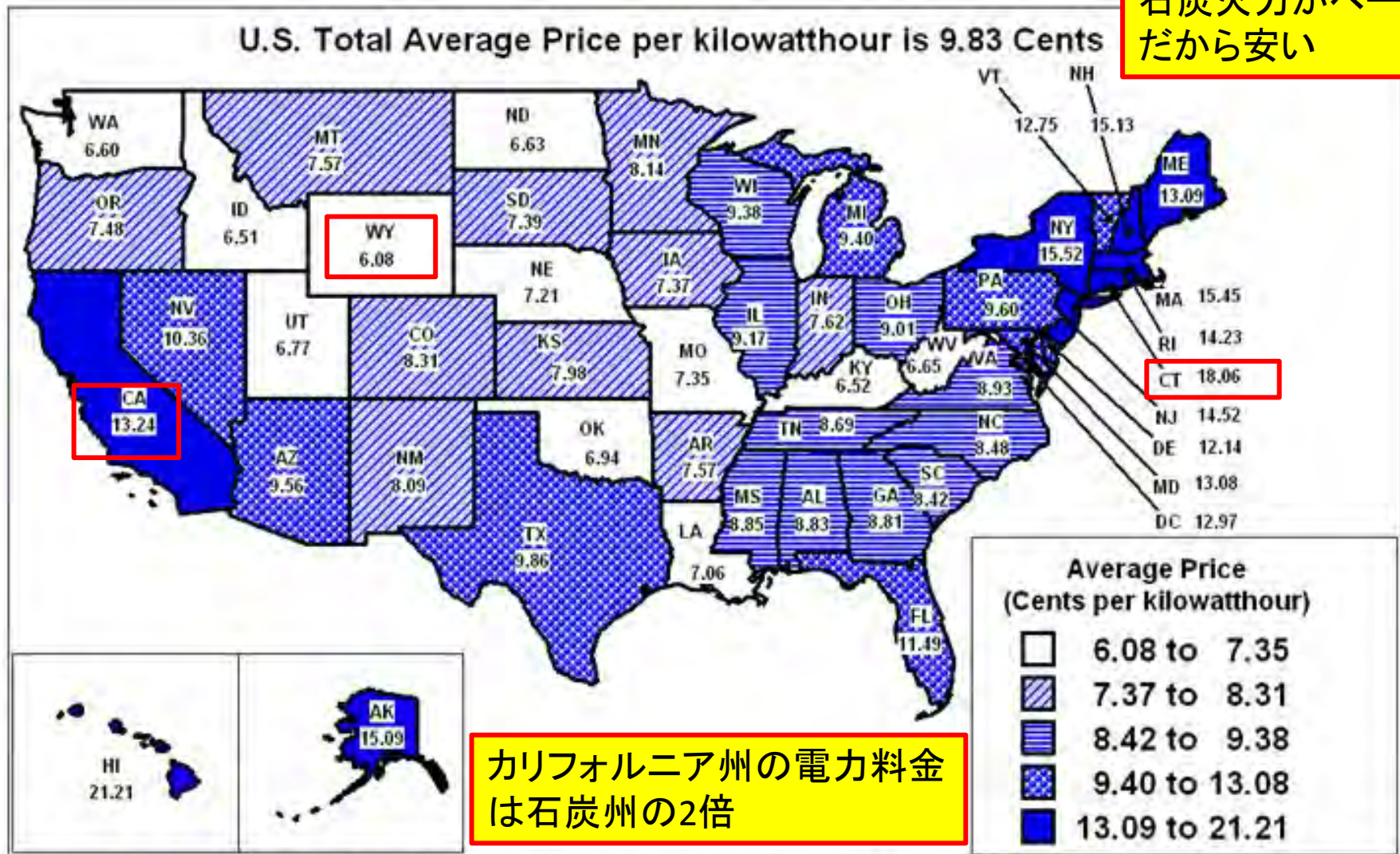
瀝青炭

褐炭



# アメリカの電力単価 2009年

米国の電力料金は  
石炭火力がベース  
だから安い

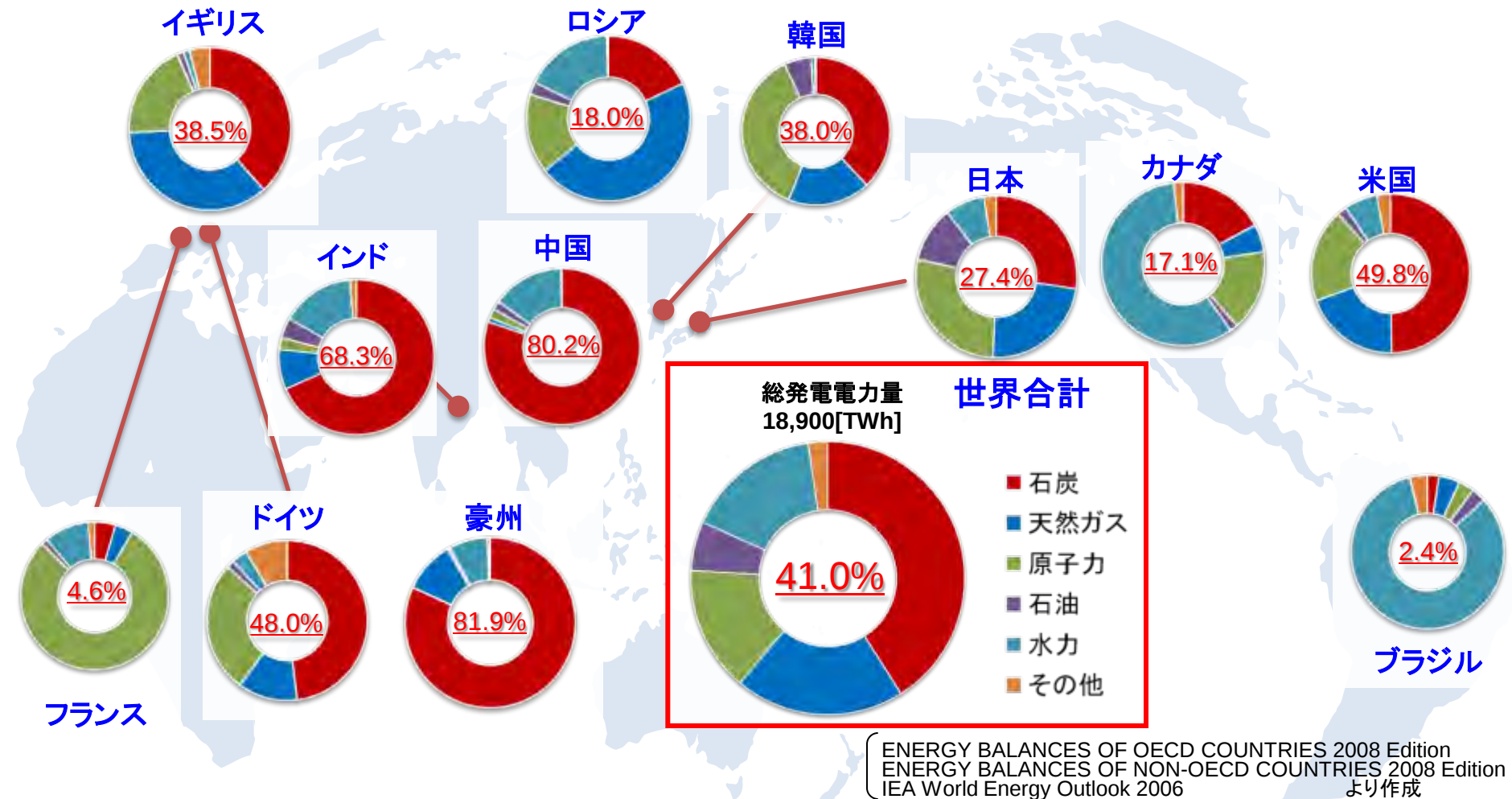


Note: Data are displayed as 5 groups of 10 States and the District of Columbia.

Source: U.S. Energy Information Administration, Form EIA-861, "Annual Electric Power Industry Report."

出典: U.S. Energy Information Administration web site

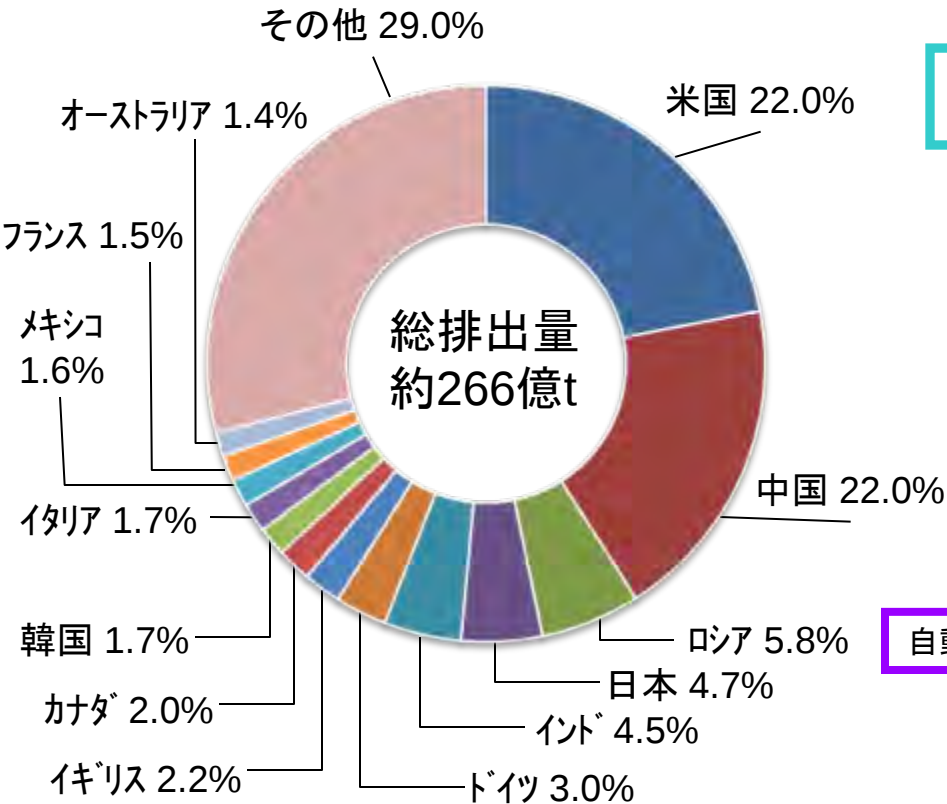
# 世界の主要国電源構成



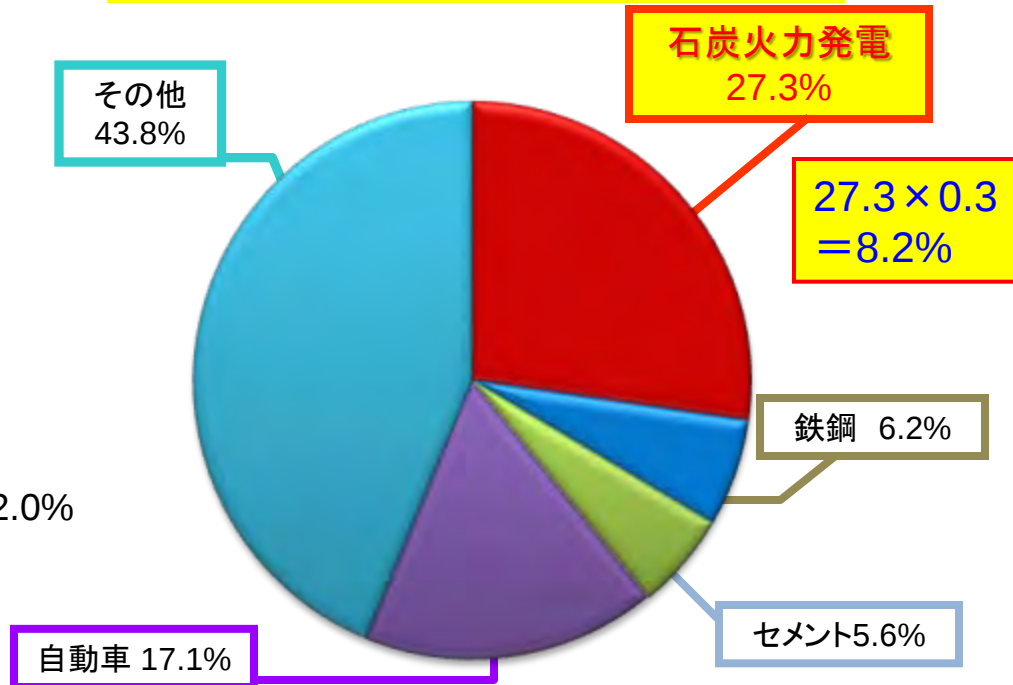
- 世界の電源構成に占める石炭火力の割合は40%
- 日本でも27%が石炭による発電
- 特に米国、豪州、中国、インドでは大半が石炭による発電

# 世界のCO<sub>2</sub>排出量

## 国別排出量内訳



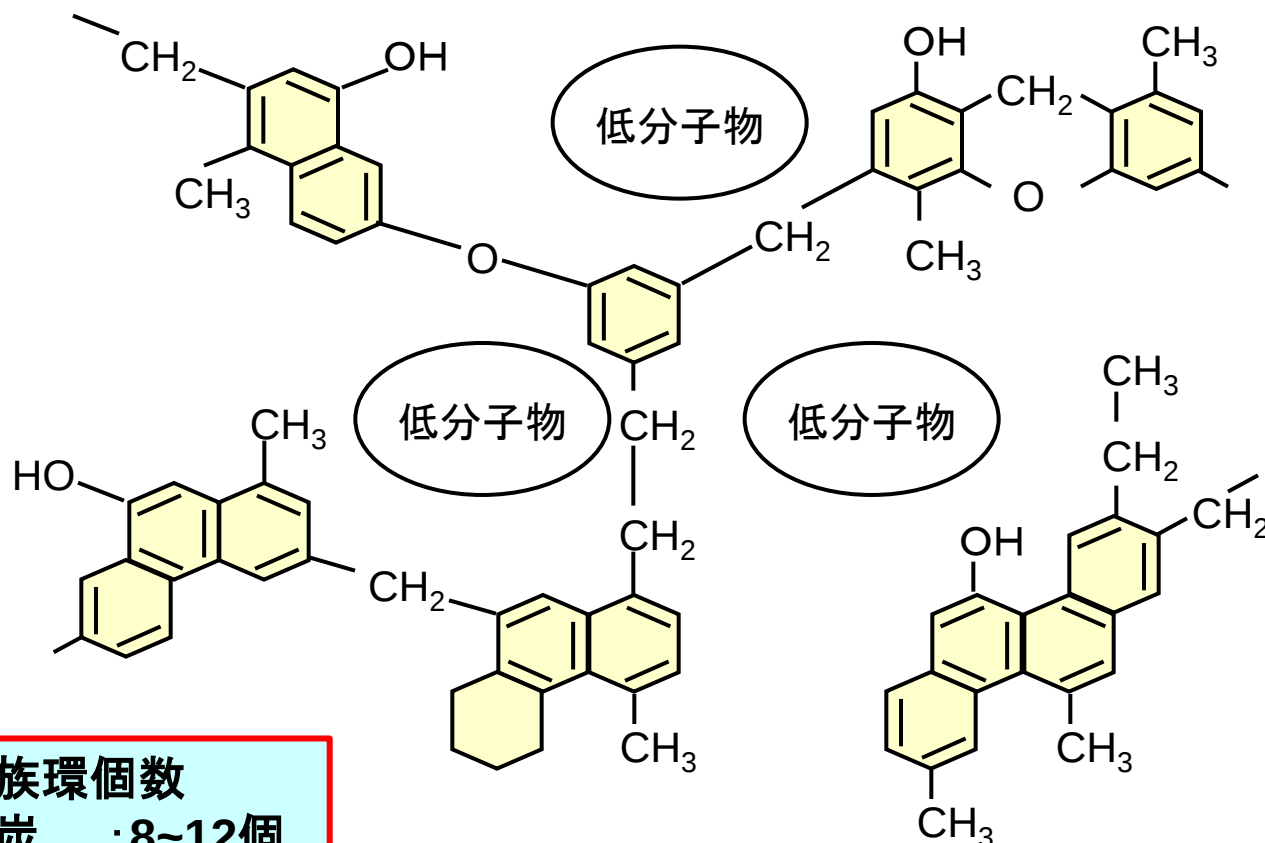
## エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出内訳



※出典：IEA CO<sub>2</sub> Emission from fuel combustion

- 石炭火力発電の割合が多い米国、中国等はCO<sub>2</sub>排出量も多い
- 世界のCO<sub>2</sub>の約30%は石炭火力から排出
- 石炭火力の効率を30%向上できれば、日本の総排出量の2倍が減らせる

# 石炭の基本構造



芳香族環個数

無煙炭 : 8~12個

瀝青炭 : ~4個

亜瀝青炭 : 2~3個

褐炭 : 1個

参考: 燃料中のC:H(重量比)

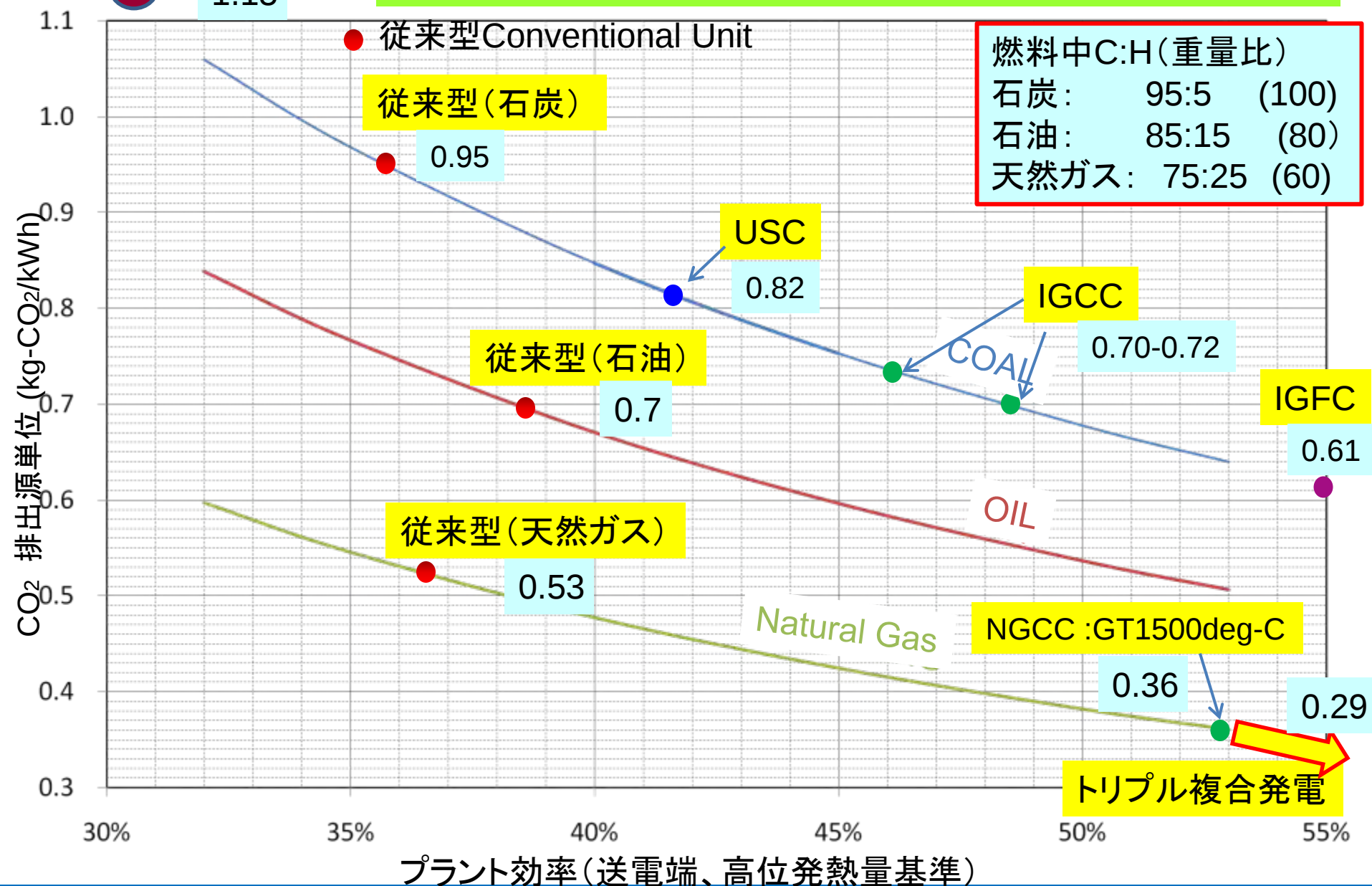
石炭 = 95:5

石油 = 85:15

天然ガス = 75:25

褐炭焚き

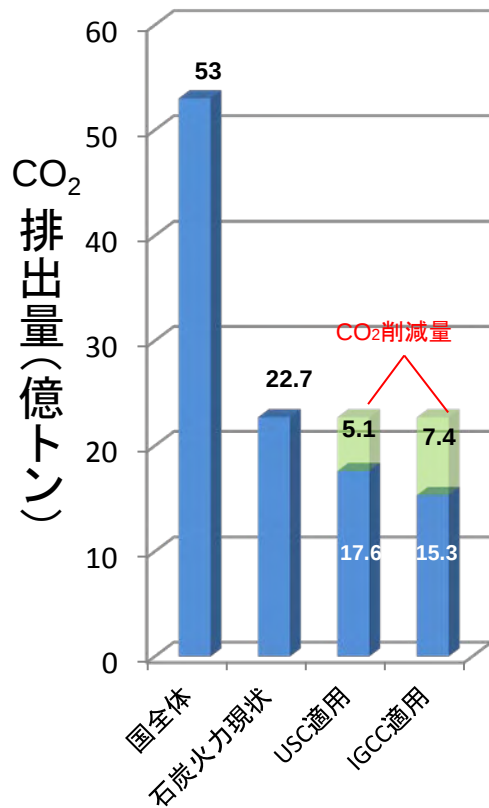
# CO<sub>2</sub> 排出量計算図表



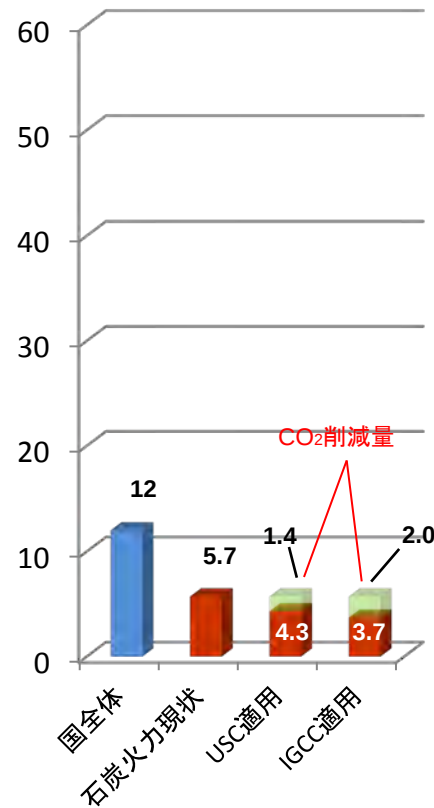
# 日本の石炭技術によるCO<sub>2</sub>削減の可能性

石炭高効率化の国際技術協力はIGCCさらにはIGFCが中心になる

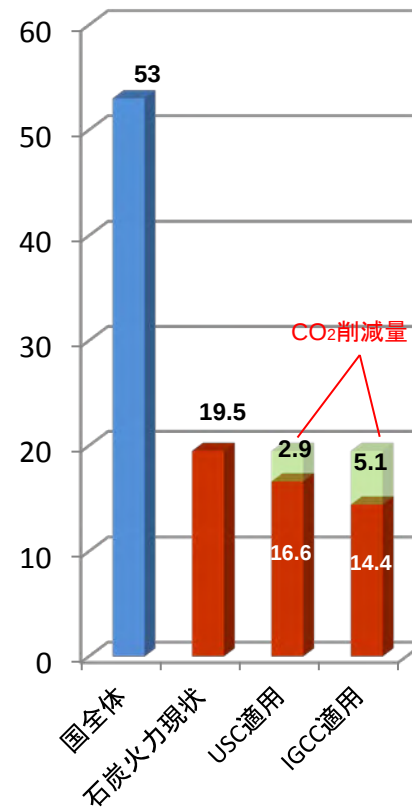
中国



インド



米国



可能削減量



IGCCは高効率・低灰融点炭の多い中国・米国・豪州・インドネシアなどとの協力に有効！

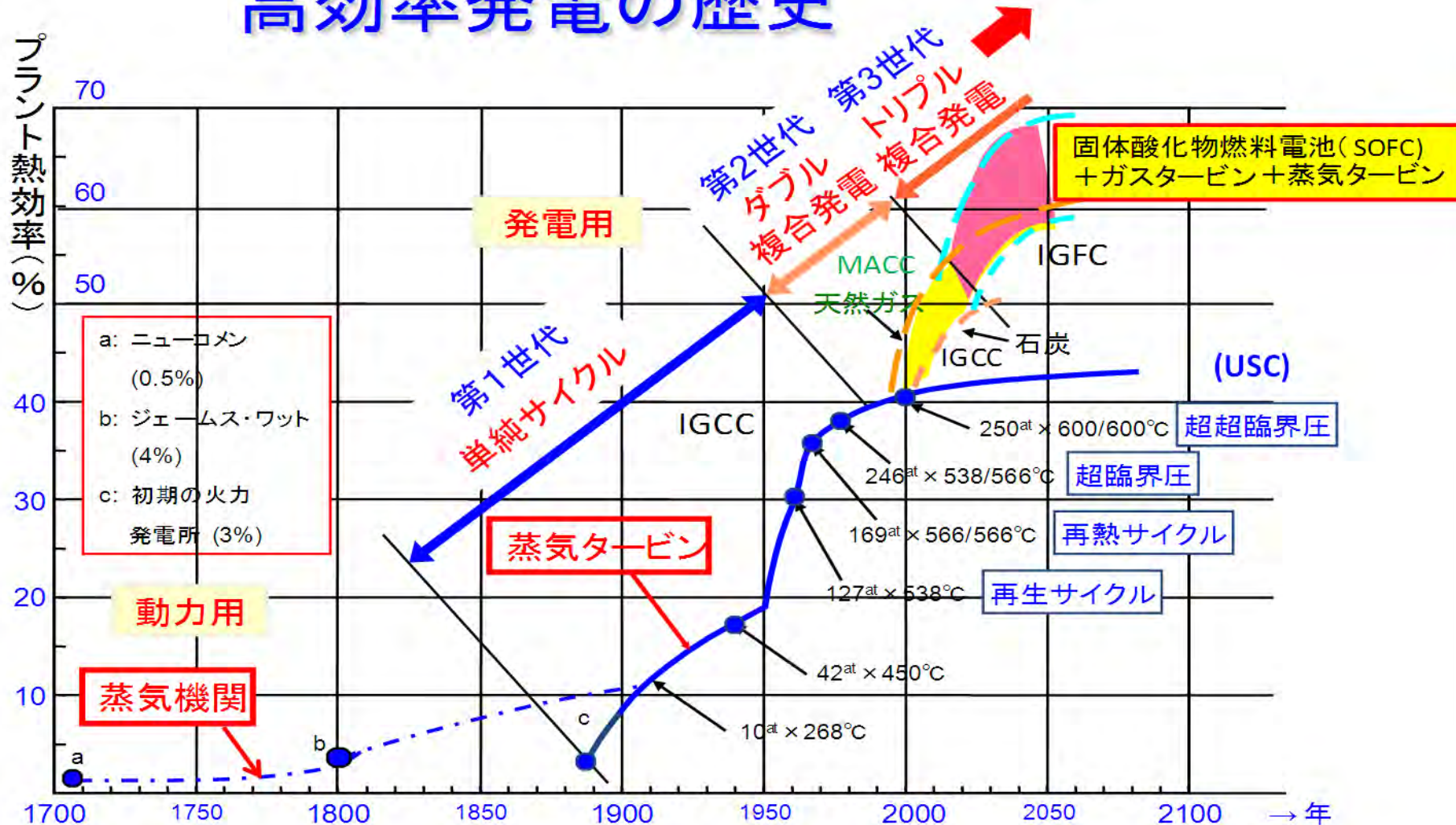
## 4. 石炭の高効率発電

4-1 超超臨界圧(USC)

4-2 石炭ガス化複合発電(IGCC)

# 火力発電の高効率化の動向

## 高効率発電の歴史



# 高度な石炭利用技術が必要！

|       |                                                                                                                |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| メリット  | <ul style="list-style-type: none"><li>・ 資源埋蔵量が豊富</li><li>・ 世界中に広く分布</li><li>・ 低廉で安定した価格</li></ul>              |
| デメリット | <ul style="list-style-type: none"><li>・ CO<sub>2</sub>排出量が多い</li><li>・ 取り扱いが難しい</li><li>・ 灰などの不純物を含む</li></ul> |



高効率でクリーンな石炭  
利用技術の開発が必須



[参考]米国の石炭火力は脱硫装置は3割、脱硝装置は2割しかついていない  
(自由化で価格競争がすべてとなると、法律で強制されない限り、環境改善設備をつける人はいない)

# 高効率石炭発電技術

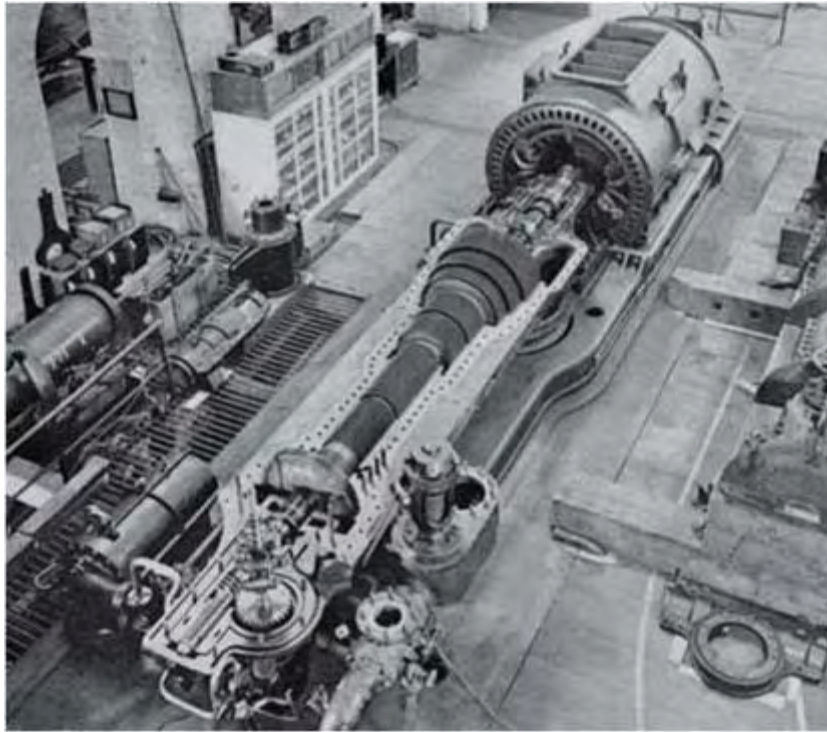
1. 基準：微粉炭火力---USC [効率40%]
2. ダブル複合発電---IGCC [効率48%]
3. トリプル複合発電---IGFC [効率55%]

徹底的に効率を向上することが最も重要

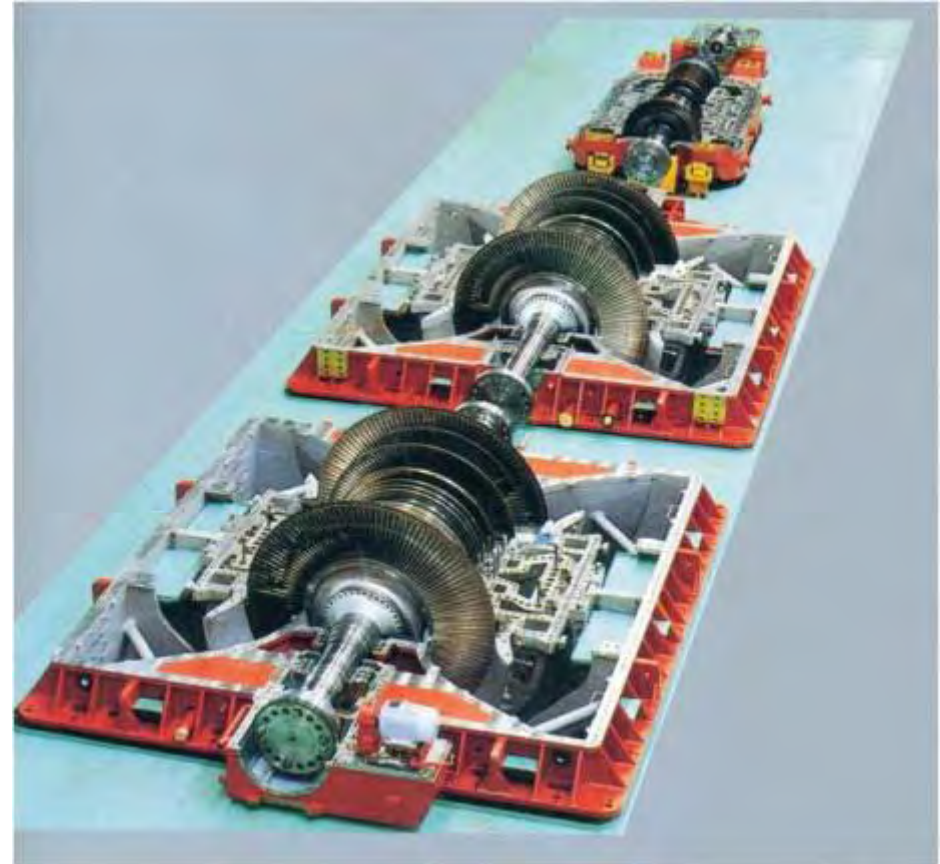
燃料節減と環境改善の同時実現！一正攻法

日本の高効率石炭技術で世界に貢献することができる！

# 第1世代: 単純サイクル 蒸気タービンの時代

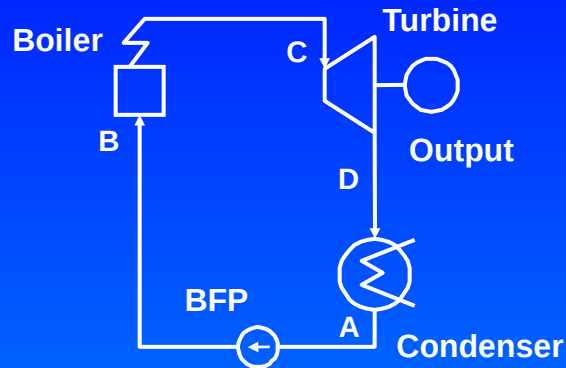


最初の発電用蒸気タービン: 500KW  
(1905年)

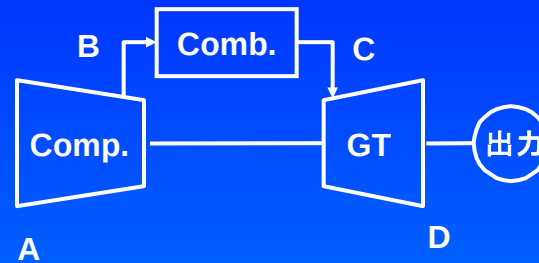
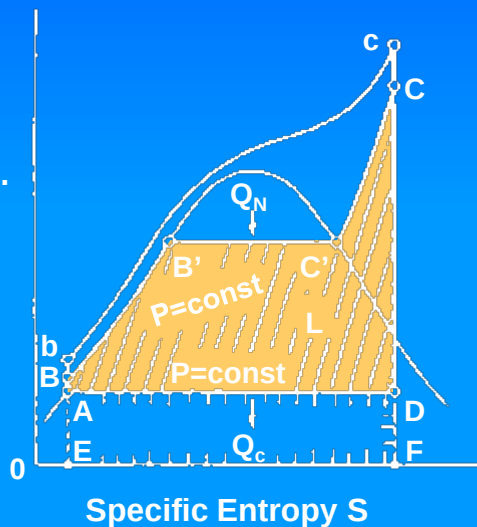


最近の発電用蒸気タービン: 700,000KW  
(1995年)

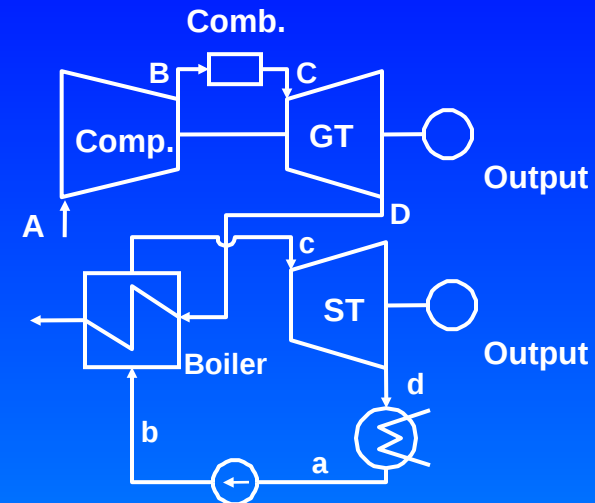
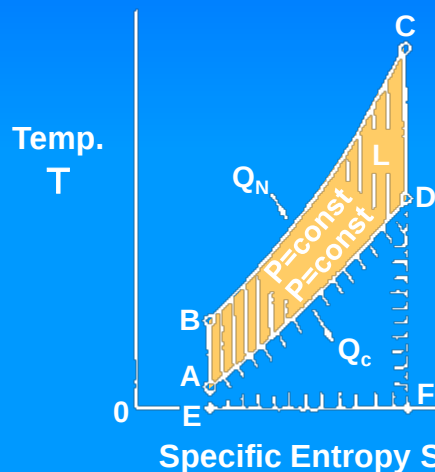
# 火力発電プラントのサイクル 線図



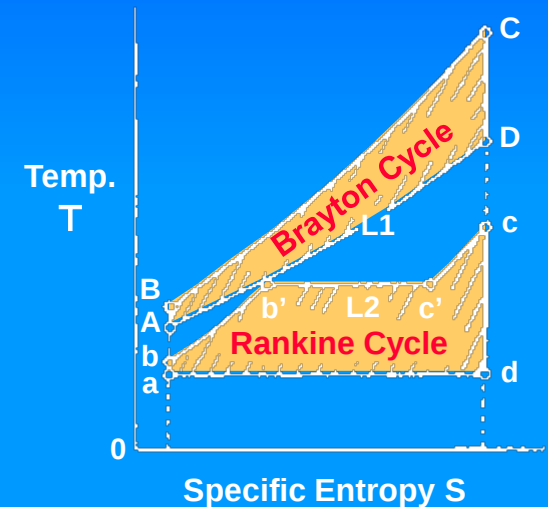
ランキンサイクル



ブレイトンサイクル

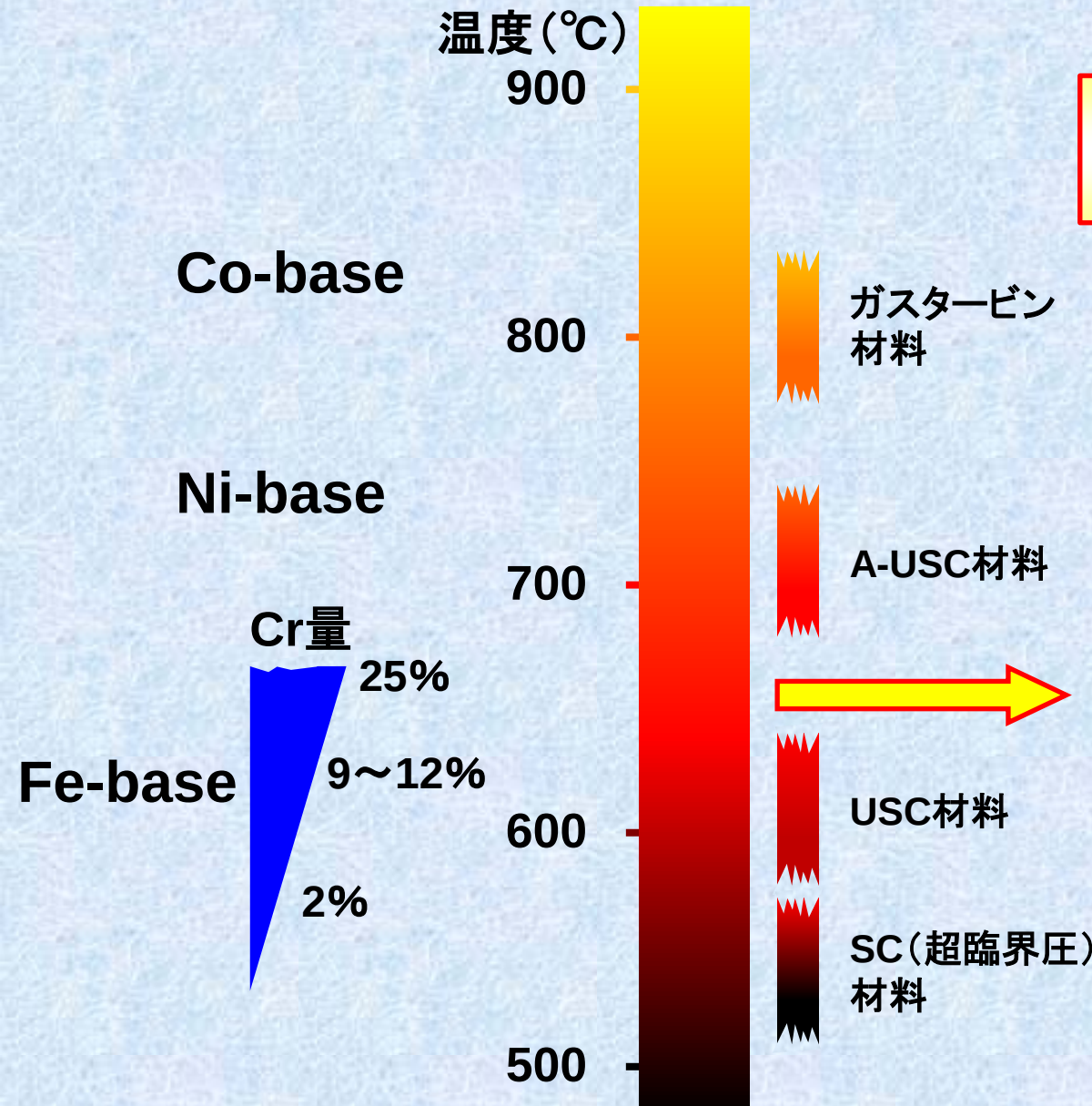


複合サイクル



Source : S. Kaneko, "Kagaku-Kougyou" ( AUG. 1992 ), p.32-39

# 耐熱高温材料



許容応力のベースは  
10万時間クリープ強度

蒸気温度650°Cの主蒸気管



# BAT (Best Available Technology)

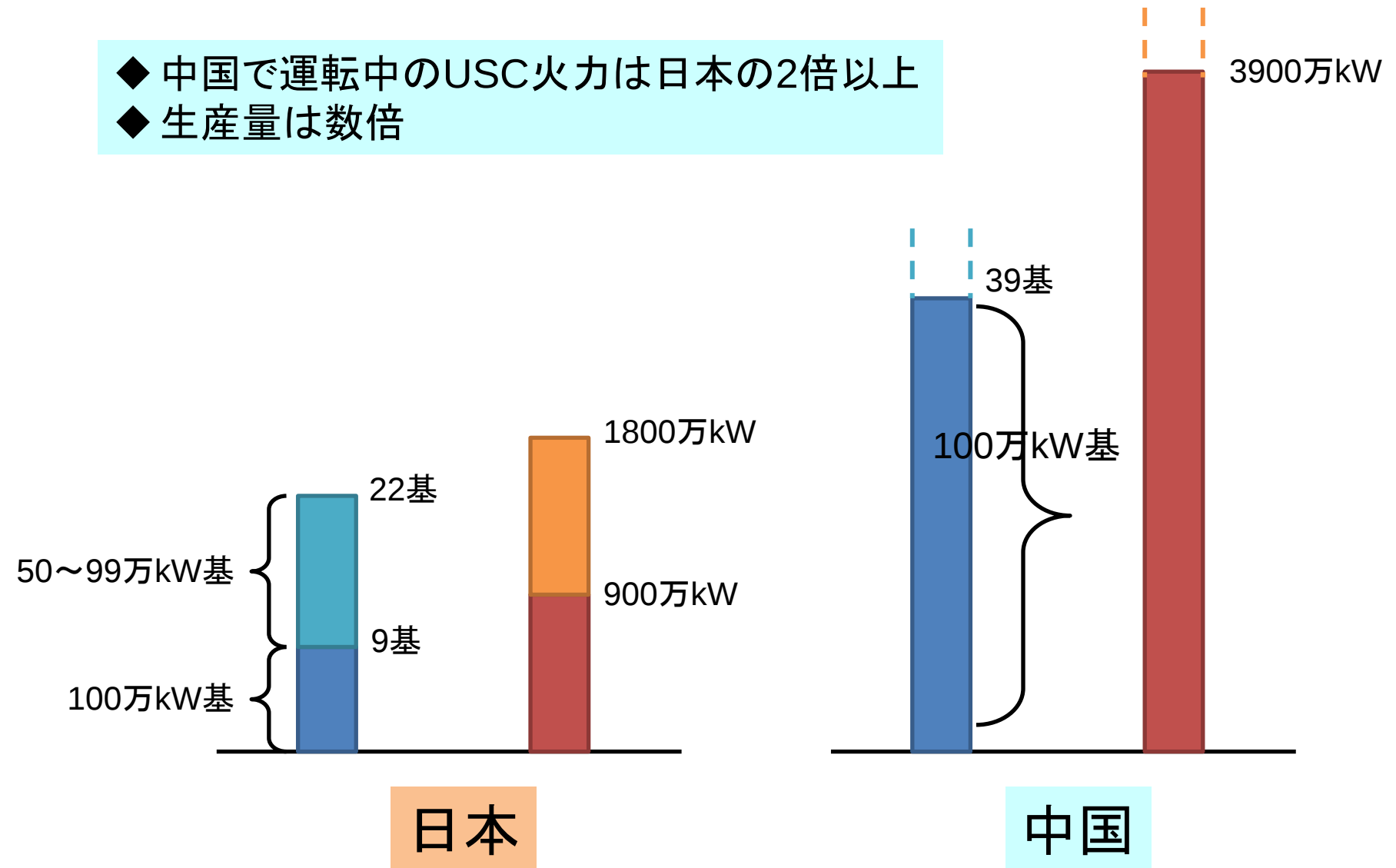
- 石炭火力お建設の是非をめぐる経産省と環境省の論争も2013.4.26に決着。ある基準を満たせば石炭火力が建設できることになった。
- 建設申請時点での”Best Available Technology”を適用すること。  
具体的には電発磯子2号(25MPa×600/620°C)並みの性能を実現すること。
- これにより価格競争力に優れる石炭火力が建設できることになった。  
----ただしこれで安心してはいけない----目を世界に向けよ----
- 中国は既に日本の2倍以上のUSC火力を国産で運転中であり、  
しかもオール中国で2段再熱USC(35MPa×600/620/620°C)の建設を  
2012年11月1日に開始(100万kW×1基、66万kW×2基)---これは日本の  
USCプラントより効率は2%(ポイント)も高い！

## ◆産業の視点からの石炭火力：

- ・世界で戦える石炭火力か？
- ・これからの輸出競争力にいかに貢献できるか？  
(国内マーケットは事実上飽和)

# ◆ 2011年末運転中のUSC火力の日中比較

- ◆ 中国で運転中のUSC火力は日本の2倍以上
- ◆ 生産量は数倍



# 石炭の高効率化国際競争

- 電発機子並み(25MPa × 600/620°C)が本当にBestか？

◎中国は既に“超々臨界圧二段再熱”を建設開始

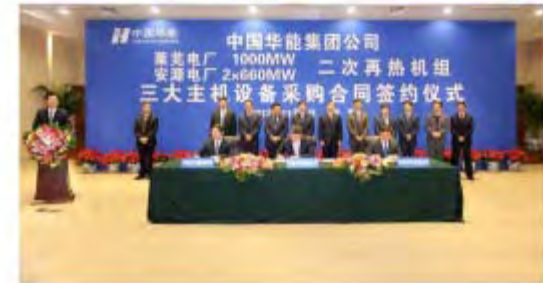
電力会社: 華能集团公司  
発電所 : 菜蕒発電所 1000 MW  
          : 安源発電所 2 × 660 MW  
メーカー : ハルピン、上海、東方(オール中国)  
蒸気条件: 31 MPa × 600 / 620 / 620 °C  
設計熱効率: 47.95% (LHV)  
          ...世界最高効率の石炭火力  
契約調印 : 2012年11月1日

華能舉行菜蕒、安源電廠二次再熱機組三大主機採購簽約儀式

2012年11月01日

信息來源: 華能集團

主持人: 王 中 林



11月1日、中國華能集團公司與哈爾濱電氣集團公司、東方電氣集團有限公司、上海電氣(集團)總公司舉行華能菜蕒電廠1000MW  
及安源電廠2×660MW二次再熱機組三大主機設備採購合同簽約儀式。

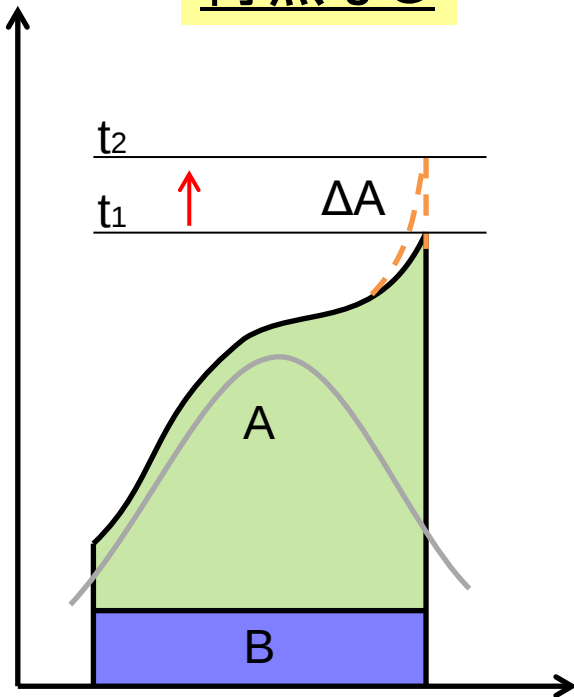
簽約合同儀式在公司總部舉行。中國華能集團公司總經理費利群、副總經理張志、哈爾濱電氣集團公司董事長、黨委書記

中国HP: <http://www.chng.com.cn/n31531/n31597/c921711/content.html>より

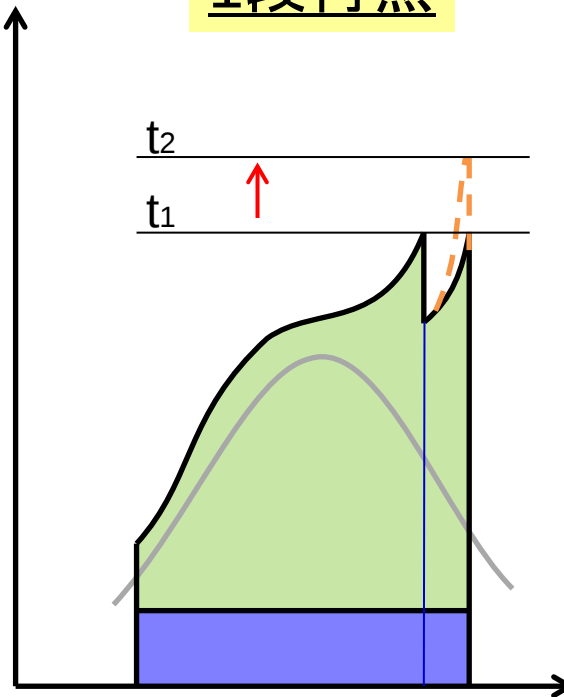
# ランキン・サイクルの効率向上

温度上昇では限界 → 多段再熱が有利

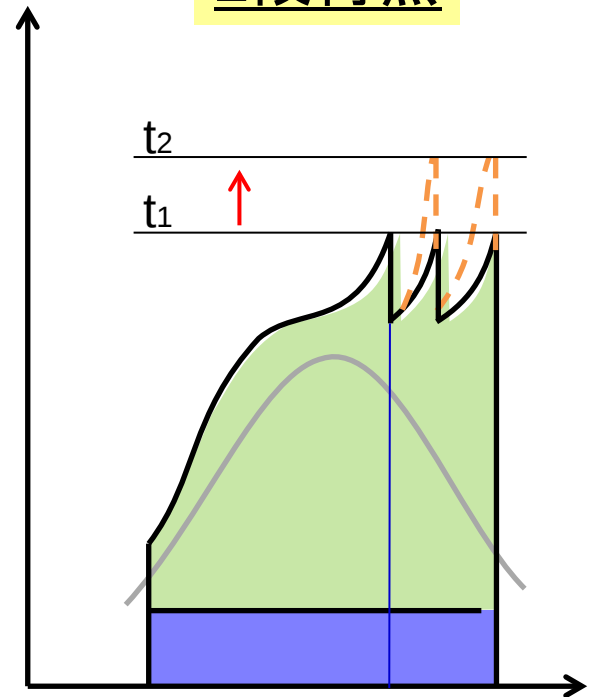
再熱なし



1段再熱



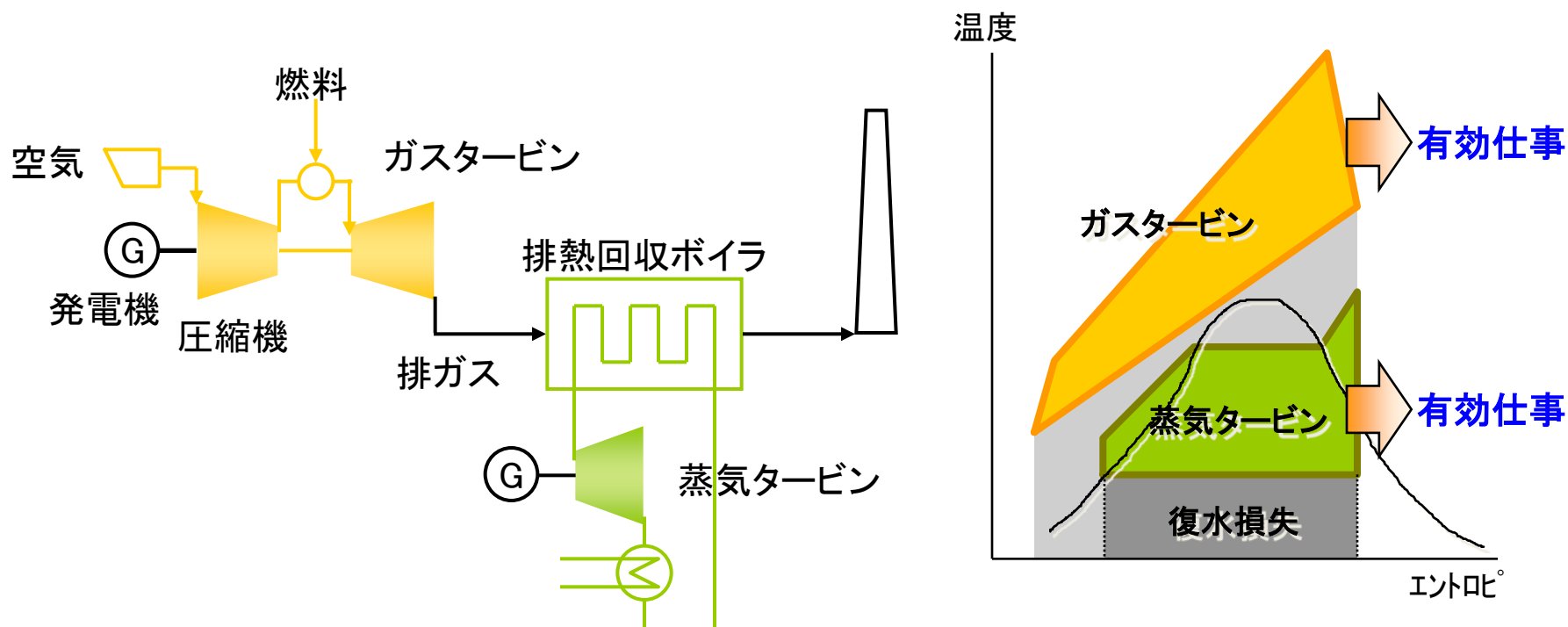
2段再熱



$$\eta = \frac{A}{A+B}$$

➤ IGCC並みの効率にするには  
35MPa × 700/750/750°Cの2段再熱が必要

# 第2世代: 複合発電サイクル



一粒で二度おいしい！

# 第2世代：ダブル複合発電：ガスタービンと蒸気タービン

## 単純サイクル

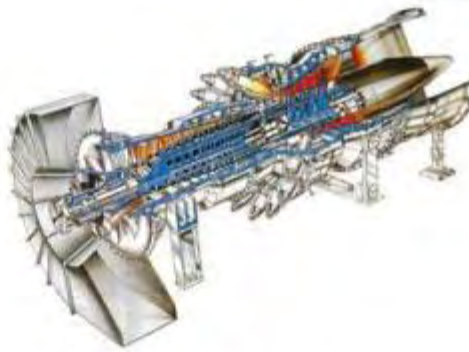
[ボイラ+蒸気タービン+発電機]



・蒸気タービン



・航空用ジェットエンジン



・発電用ガスタービン

## 複合サイクル

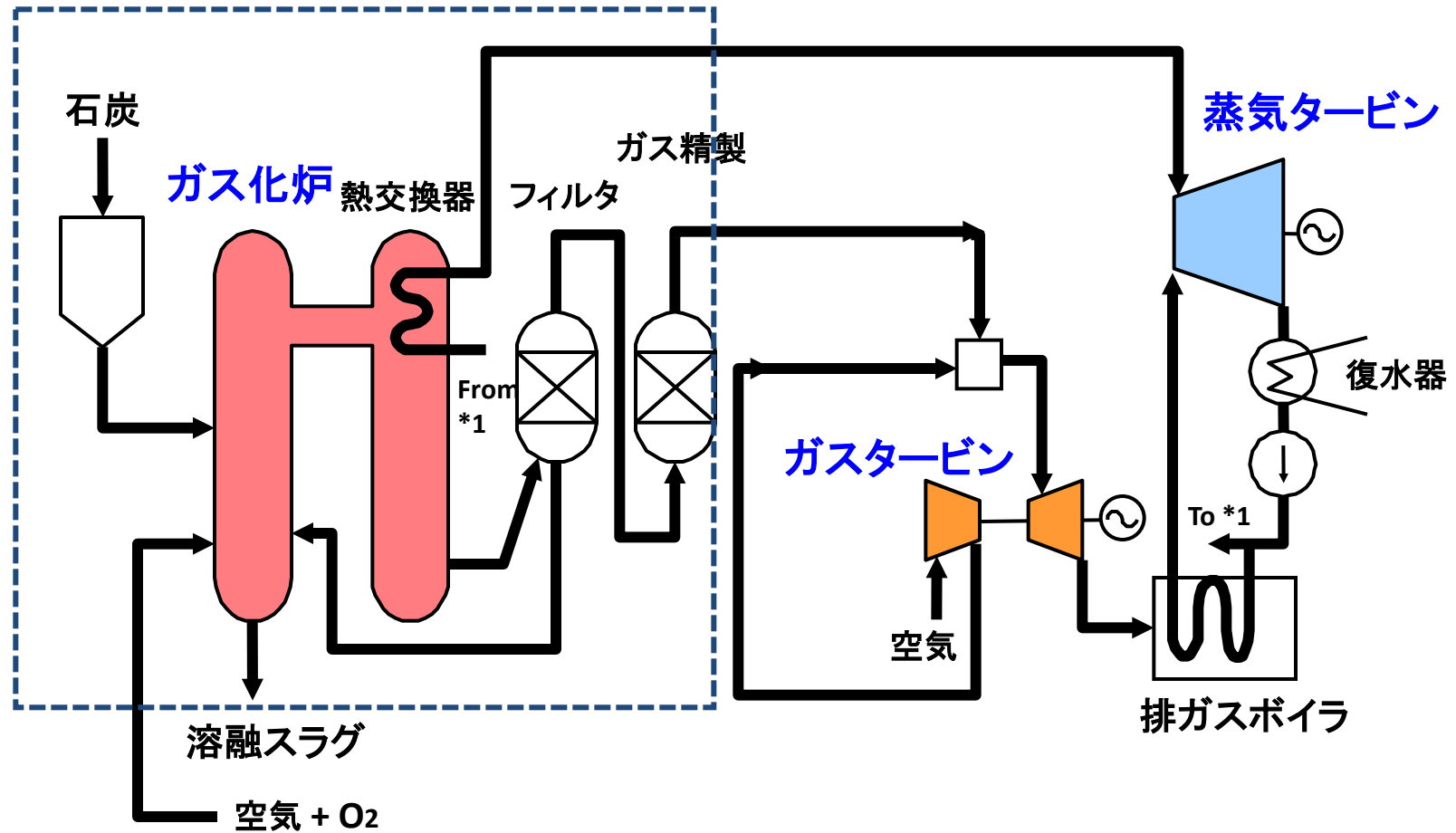
[ガスタービン+排ガスボイラ  
+蒸気タービン+発電機]



複合発電

## 第2世代：石炭ガス化複合発電(IGCC)

### ガス化炉およびガス精製



● 日本の最高の技術力を結集したIGCC  
クリーンコールパワー研究所(CCP) 勿来 250MW IGCC  
---石炭を使いながら天然ガス並みのクリーンさ

- 
- ガス化炉:1700 Ton/日、NOx、SOx、ばいじんが一桁の数値
  - 2000時間連続運転達成(2008年)
  - 5000時間耐久運転達成(2010年)
  - 2011.3.11の大震災後、4か月で復旧、8月11日以降3カ月連続運転(2238時間以上)
  - 48% (送電端、HHV) の高効率が1600℃GTで実現可能

2007.11.12

福島県いわき市にある石炭ガス化複合発電（IGCC）実証機が今月1日に商用化された。同時に、実証を手がけてきたクリーンコールパワー研究所（CCP）が同日、東京電力と東北電力などが出資する常磐共同火力（東京都千代田区、橋本哲社長）に吸収合併された。旧CCP社員の多くは現在も、常磐共火の社員としてIGCCの事業運営や技術管理に携わっている。出向が解除され、親元の電力会社へ戻った社員もいるが、貴重な経験を胸に地元での活躍を誓っていた。実証機は今月から、常磐共火の勿来発電所10号機として運用されている。

# IGCC 商用を開始

実証機↓「勿来10号機」に

CCPは2001年に誕生した。沖繩を除く電力9社とJパワー（電源開発）が出資。出力25万キロワットの実証機が07年に完成し、試験が始まった。これまでの試験により十分な成果が得られたため、今年3月末で試験を終えた。IGCCは、発電効率が従来型石炭火力よりも2割ほど高い。ただ、常磐共火のIGCCは、実証機をそのまま商用化しているため、効率は超々臨界圧（USC）石炭火力並みの42%。商用設計IGCCの48%50%には及ばない。

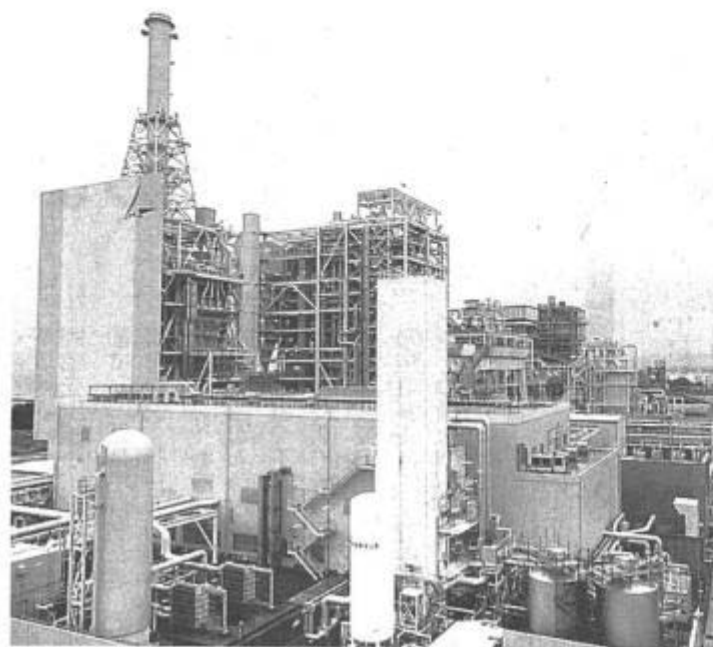
常磐共火の勿来発電所では、譲渡されたIGCCも含め計5基の火力を運用している。合計出力は187万5千キロワットに達する。常磐共火は今後も使用炭種の拡大、設備性能の維持向上、コスト削減などIGCC技術の成熟化を目指す。

常磐共火との合併に伴い、CCPに出向していた電力会

## 技術の成熟化を目指す

常磐共火

社の社員は一部、親元の会社とのメッセージを残していつに転出した。そうした社員らは、東日本大震災でIGCCプラントが被災した後、迅速に復旧を遂げた実績を誇りに帰還。「ここでの仲間との絆を一生の宝として、電力マンとして精進していきます」なっている。



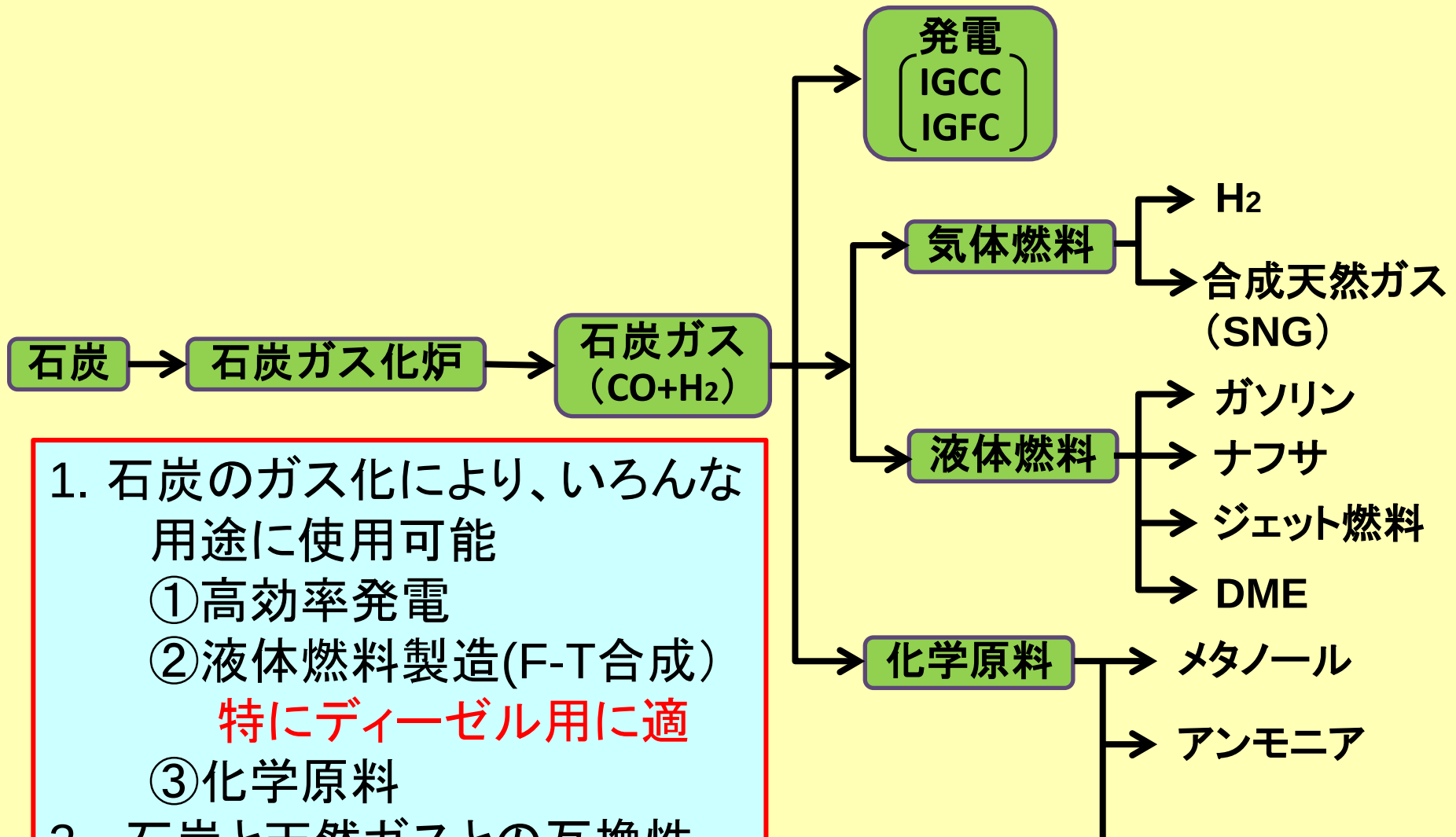
CCPから常磐共火へ譲渡・商用化され、勿来10号機として活躍するIGCC設備

電気新聞2013年4月8日（月）

勿来の実績を基にIGCCはいつでも  
商用機が建設できる状況である

- ①信頼性は世界でも抜群の実績
- ②コスト競争力も大きく前進
- ③日本が商用機建設をもたつくとライバル国に  
追い抜かれる懸念がある

# 石炭ガス化の用途



1. 石炭のガス化により、いろんな用途に使用可能

① 高効率発電

② 液体燃料製造(F-T合成)

特にディーゼル用に適

③ 化学原料

2. 石炭と天然ガスとの互換性

(IGCCはいつでも天然ガス専焼可)

# 石炭ガス化の目的と歴史

- 固体である石炭をガス体に  パイプラインによる輸送可能
- ガス化の過程で灰分除去可能

## ガス化炉の変遷

最初のガス化炉: マードック

- 間接加熱 --- 乾留ガス化
  - ⇒ 石炭の熱分解---揮発分がガス化
  - ⇒ 熱源・照明(ガス灯)として利用

近代ガス化炉: ● 直接ガス化 --- 部分燃焼  
--- 石炭を燃焼させながらガス化を行う  
⇒ 生成ガスにCOを含む

# 乾留ガス化

低温ガス化ではタール生成が宿命



# 石炭ガス化炉の分類(流動方式による)

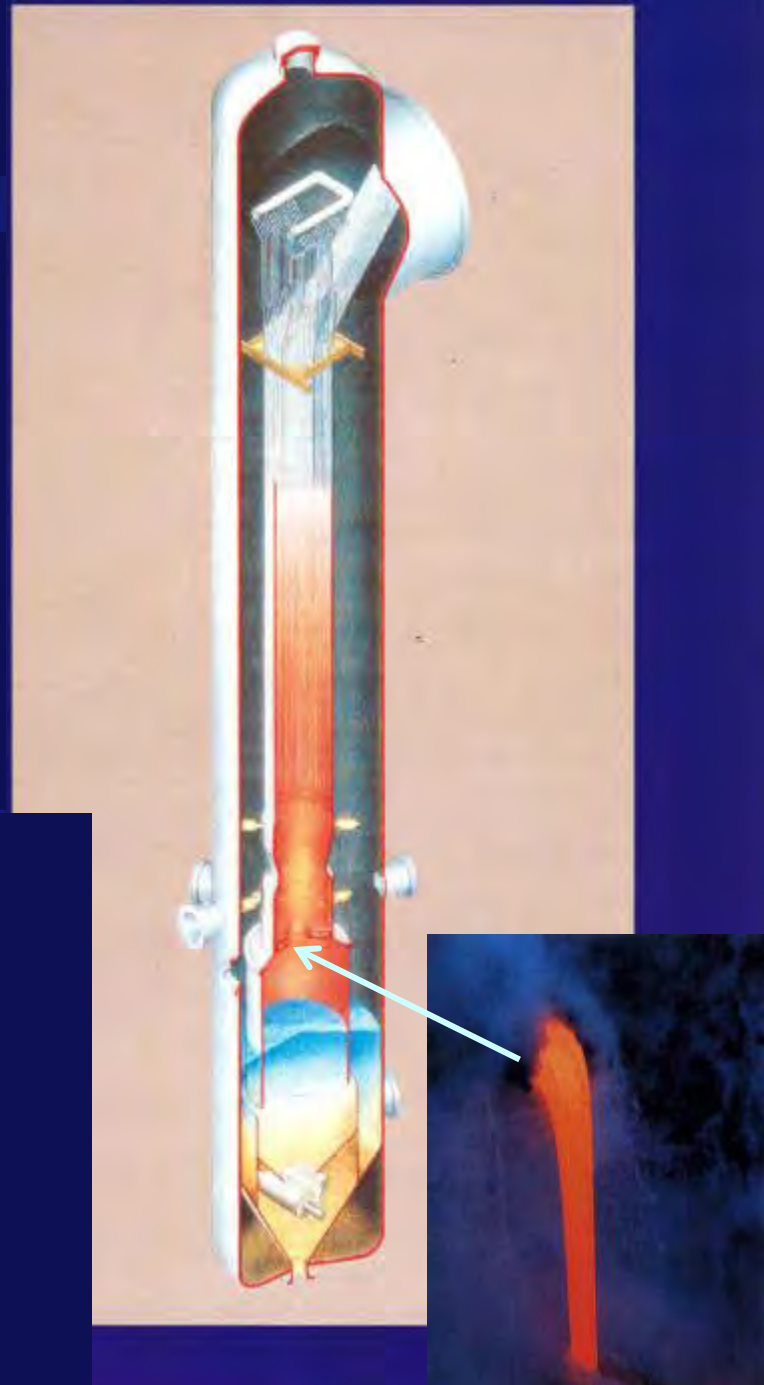
| 項目       | 固定床 (移動床)                                                                  | 流 動 床                                                                            | 噴 流 床                                                                                        |
|----------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 概 念 図    | <p>塊炭 (5~30 mm)</p> <p>ガス</p> <p>酸素 水蒸気 灰分</p> <p><math>D^{1.5}</math></p> | <p>ガス</p> <p>粗粒炭 (1~5 mm)</p> <p>空気 灰分</p> <p>1000°C</p> <p><math>D^2</math></p> | <p>ガス</p> <p>微粉炭 (0.1 mm以下)</p> <p>酸素 水蒸気 又は 空気 灰分</p> <p>1800°C</p> <p><math>D^3</math></p> |
| ガス化剤     | 酸素・水蒸気又は空気                                                                 | 空気 (酸素・水蒸気)                                                                      | 酸素・水蒸気又は空気                                                                                   |
| ガス化温度    | 400~900 (~1,800)°C                                                         | 700~1,100°C                                                                      | 1,600~1,800°C                                                                                |
| 生成ガス     | 2,500~4,000 kcal/m <sup>3</sup> N                                          | 1,000~1,200 kcal/m <sup>3</sup> N                                                | 酸素吹き: 2,500 kcal/m <sup>3</sup> N<br>空気吹き: 1,100 kcal/m <sup>3</sup> N                       |
| 石炭粒径     | 5~30mm                                                                     | 1~5mm                                                                            | 0.1mm 以下                                                                                     |
| 灰の排出形態   | 灰又はスラグ                                                                     | 灰                                                                                | 溶融スラグ                                                                                        |
| 最適炭種     | ・ 高灰融点/低燃料比炭                                                               | ・ 高灰融点炭向き<br>・ 高灰分炭向き                                                            | ・ 幅広い炭種に適用可能                                                                                 |
| スケールアップ則 | 容量 $\propto D^4$                                                           | 容量 $\propto D^2$                                                                 | 容量 $\propto D^3$                                                                             |

相似則  
 $D^3$

大型商用プラントには  
噴流床が有利!

# 石炭ガス化炉の特徴

- 加圧容器に収納
- 噴流床方式
- 部分燃焼で石炭ガスを発生
- ガスタービンで燃焼可能となるので複合発電が可能(IGCC)
- 高効率に加え、微粉炭焚きに不向きな低灰融点炭が使える
- ガス化炉の連続運転で重要なのは溶融スラグの排出である
- 将来LNGの供給不安時、この石炭ガス化炉を追設することによりLNG複合発電をIGCCに転換できる



# IGCCの溶融スラグ: ハワイキラウエア火山の溶岩と類似



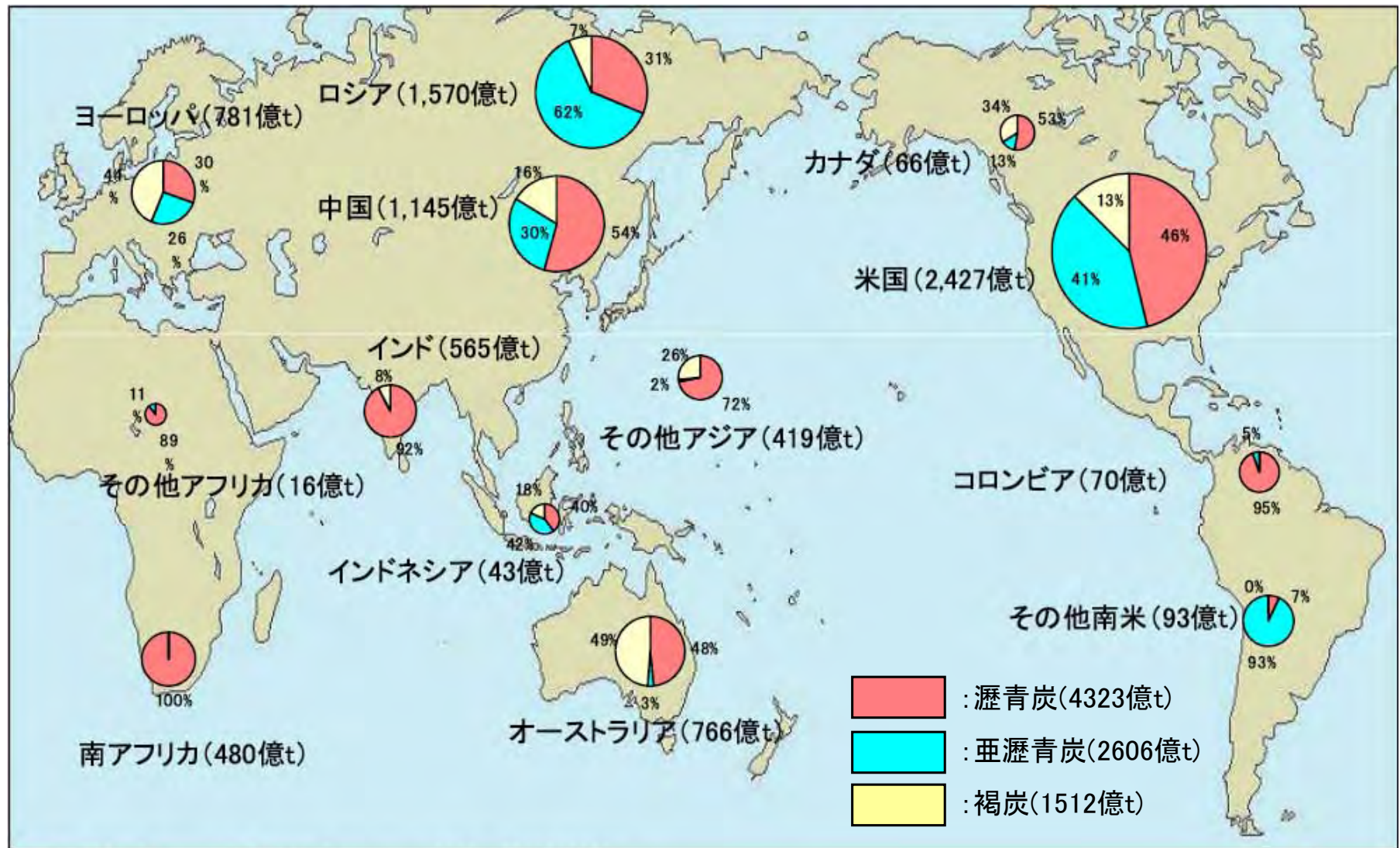
➤ パイロットプラント(200Ton/日)で最大の課題であった溶融スラグの問題も1994年について解決

# 新しい炭種の拡大

## 石炭とセットにしてIGCCのメリットを！

- もちろんインドネシア炭などの低品位炭の利用も考えられるが、今一番の注目は米国PRB炭である  
→WIN-WINの関係構築が可能

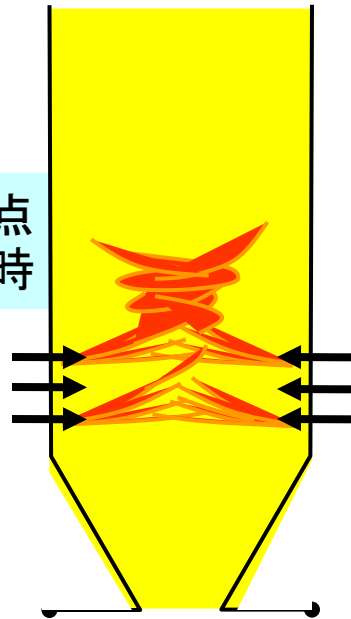
# 世界の褐炭・亜瀝青炭資源



出所: WEC Survey of Energy Resources 2008、BP統計2008

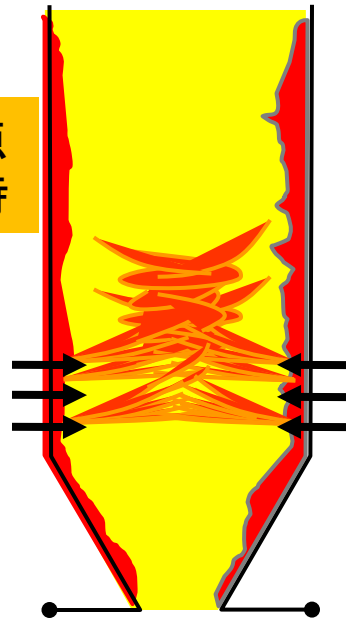
# 石炭焚きボイラの火炉のスラッキング問題

高灰融点  
炭使用時



正常な火炉

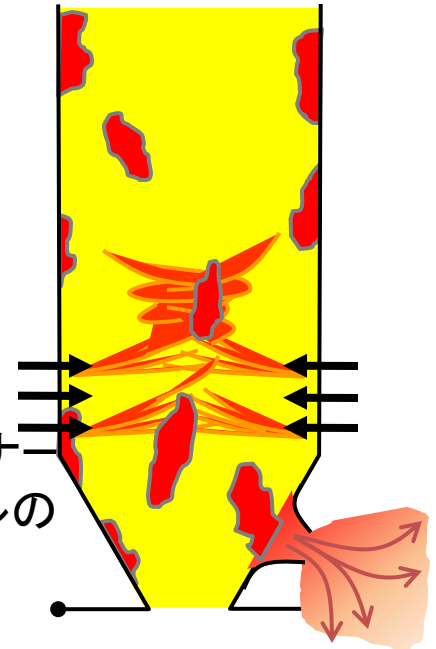
低灰融点  
炭使用時



スラグの堆積



バーナー  
ノズルの  
閉塞

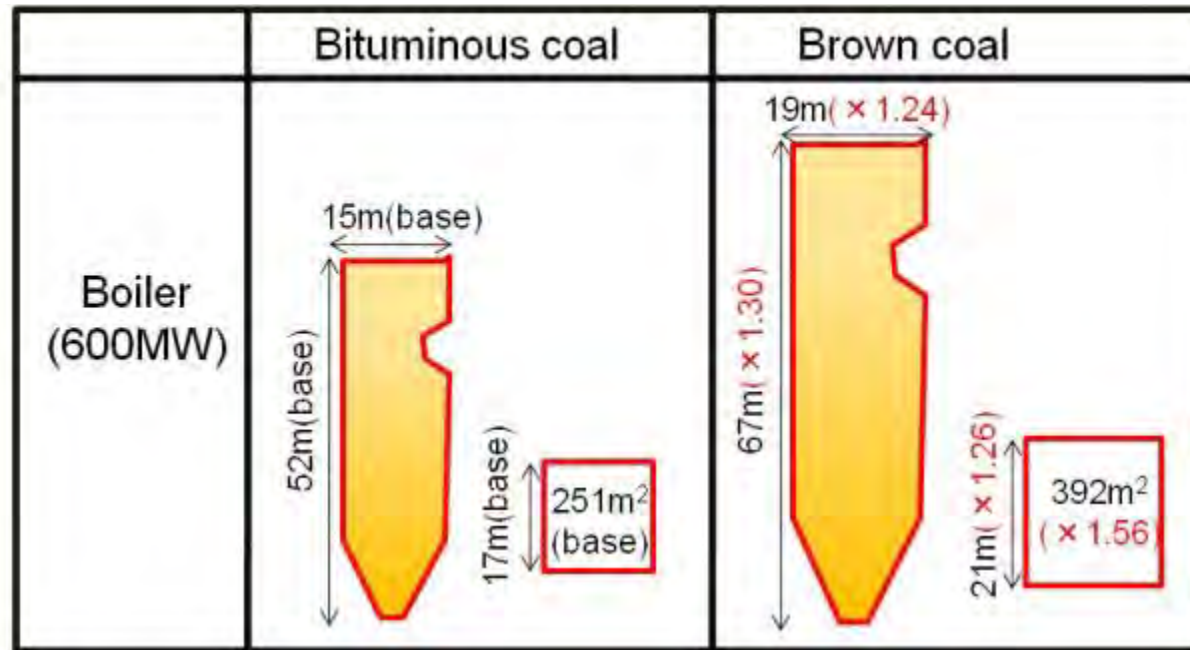


巨大スラグの崩落

- 火炉の出力低下
- 運転の不安定化

- 落下巨大スラグ  
による炉底部の破  
壊と高温ガス噴出

# 褐炭焚きボイラは巨大な火炉が必要!



2.5 倍の体積  
が必要!

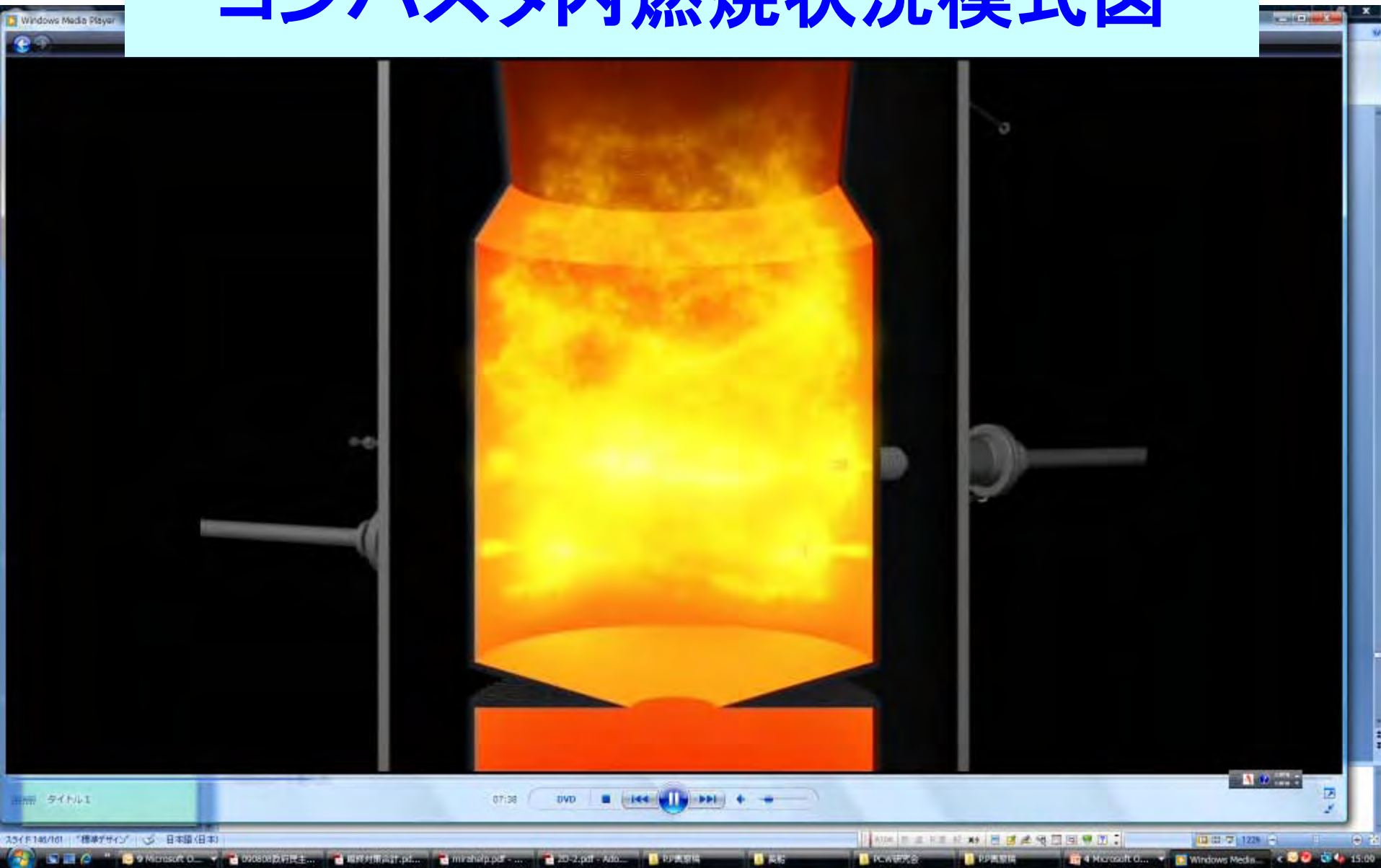
褐炭

➡ 高水分

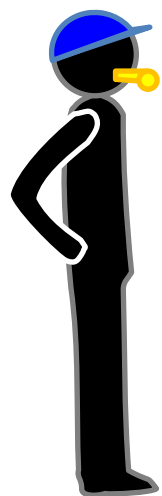
➡ 低い灰融点t

大きな火炉の  
必要性

# コンバスタ内燃焼状況模式図



優等生！



電力会社

1位

1650°C  
豪州炭

2位

1600°C  
豪州炭

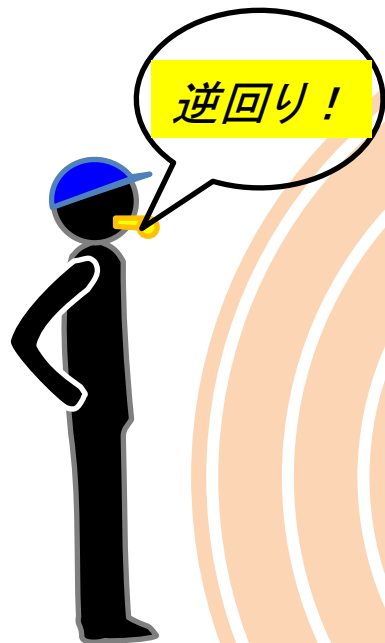
1550°C  
南ア炭

1250°C  
中国神華炭

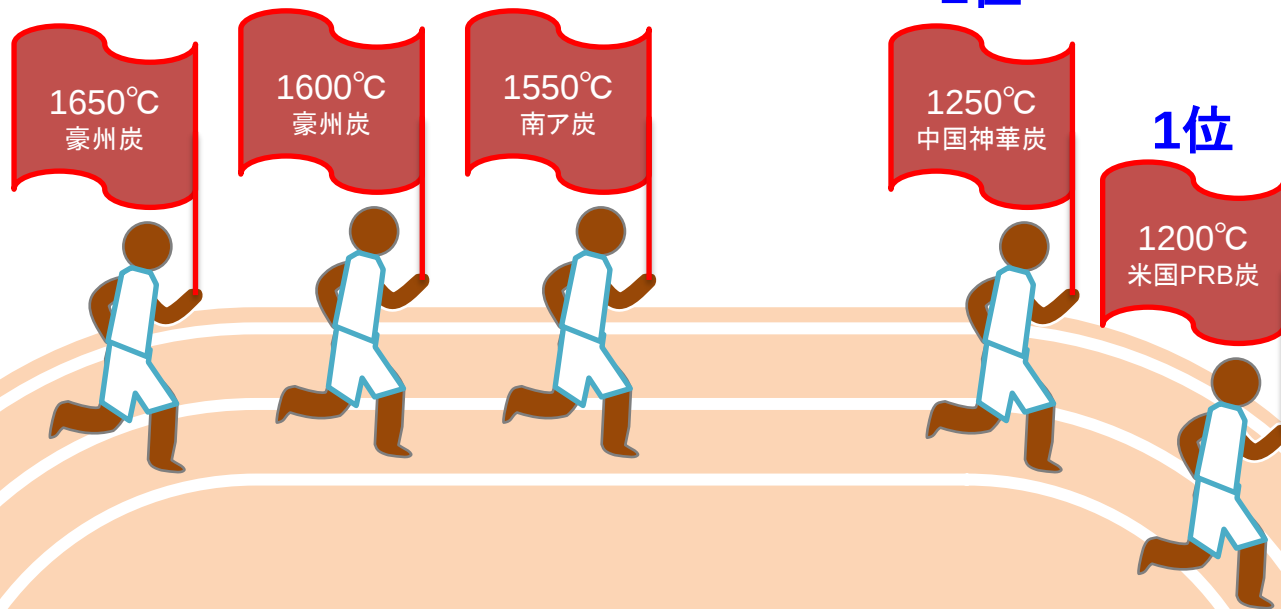
1200°C  
米国PRB炭

微粉炭火力

灰の融点の高いものを！



電力会社

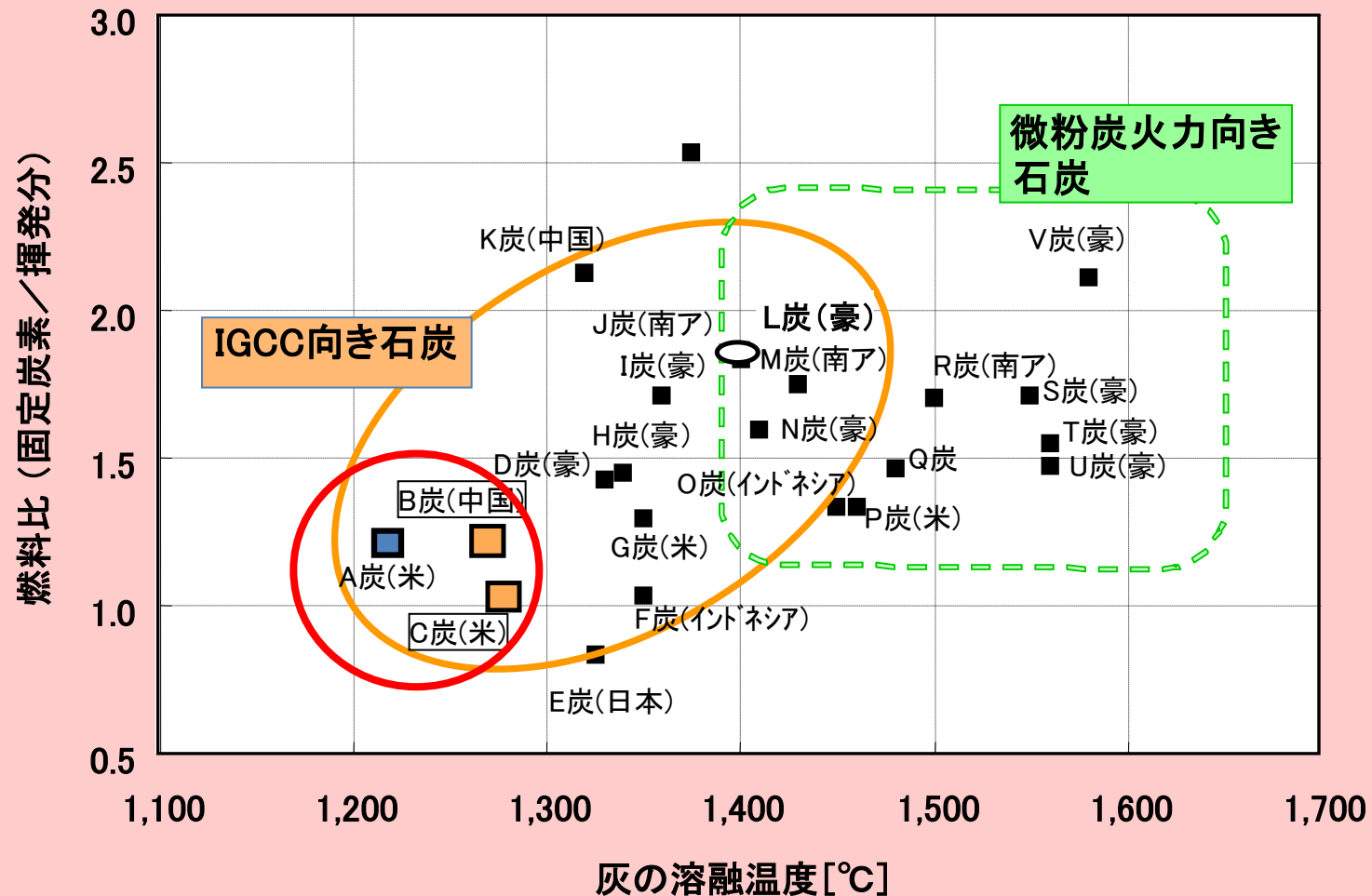


IGCC

灰の融点の低いものを！

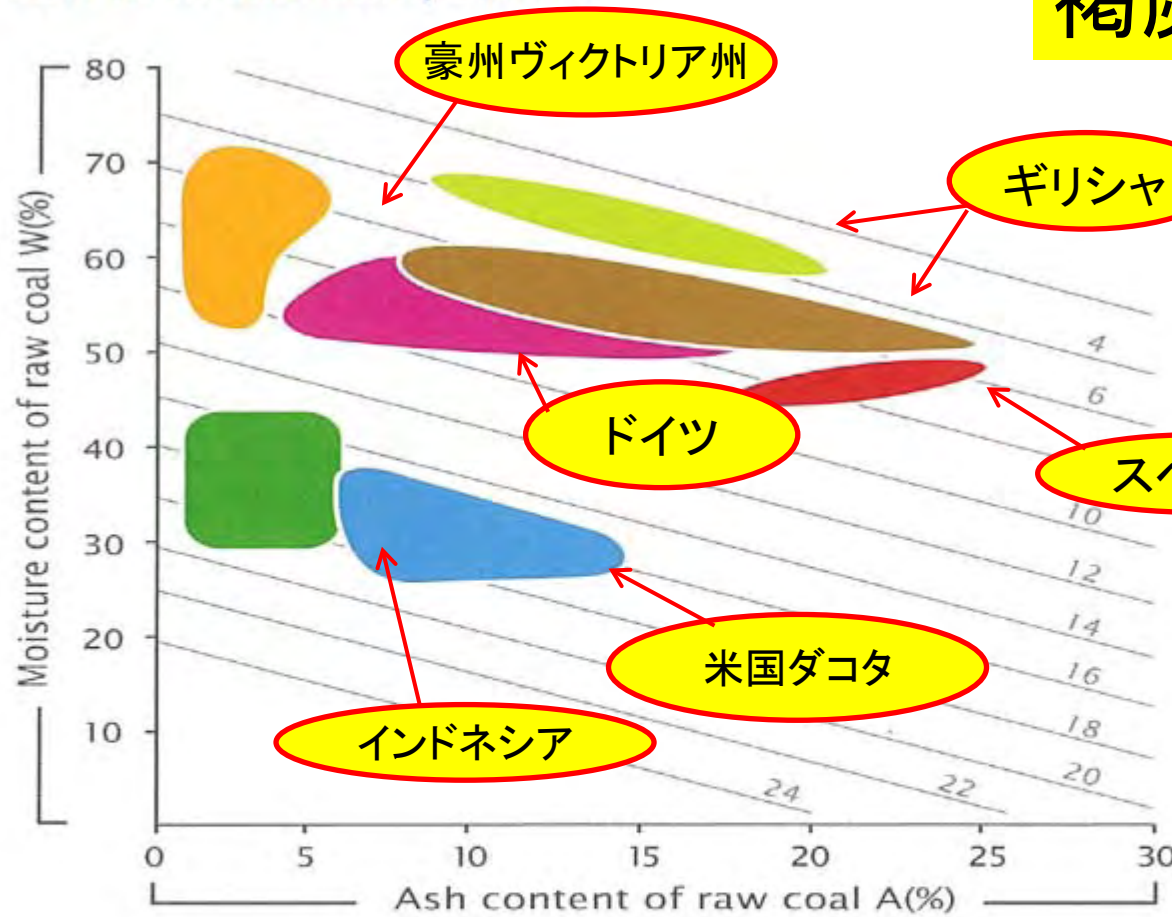
# IGCC向きの石炭と微粉炭火力向きの石炭

灰の融点が高いと溶融したスラグが流れ易い



# 褐炭性状の比較

Low rank coal comparative



## Key

- |                    |                            |
|--------------------|----------------------------|
| Latrobe Valley     | Puentes Spain              |
| Megalopolis Greece | Dakota Texas U.S.A         |
| Ptolemais Greece   | Indonesian Low Bank        |
| Neurath D, Germany | Net Specific Energy=2MJ/Kg |

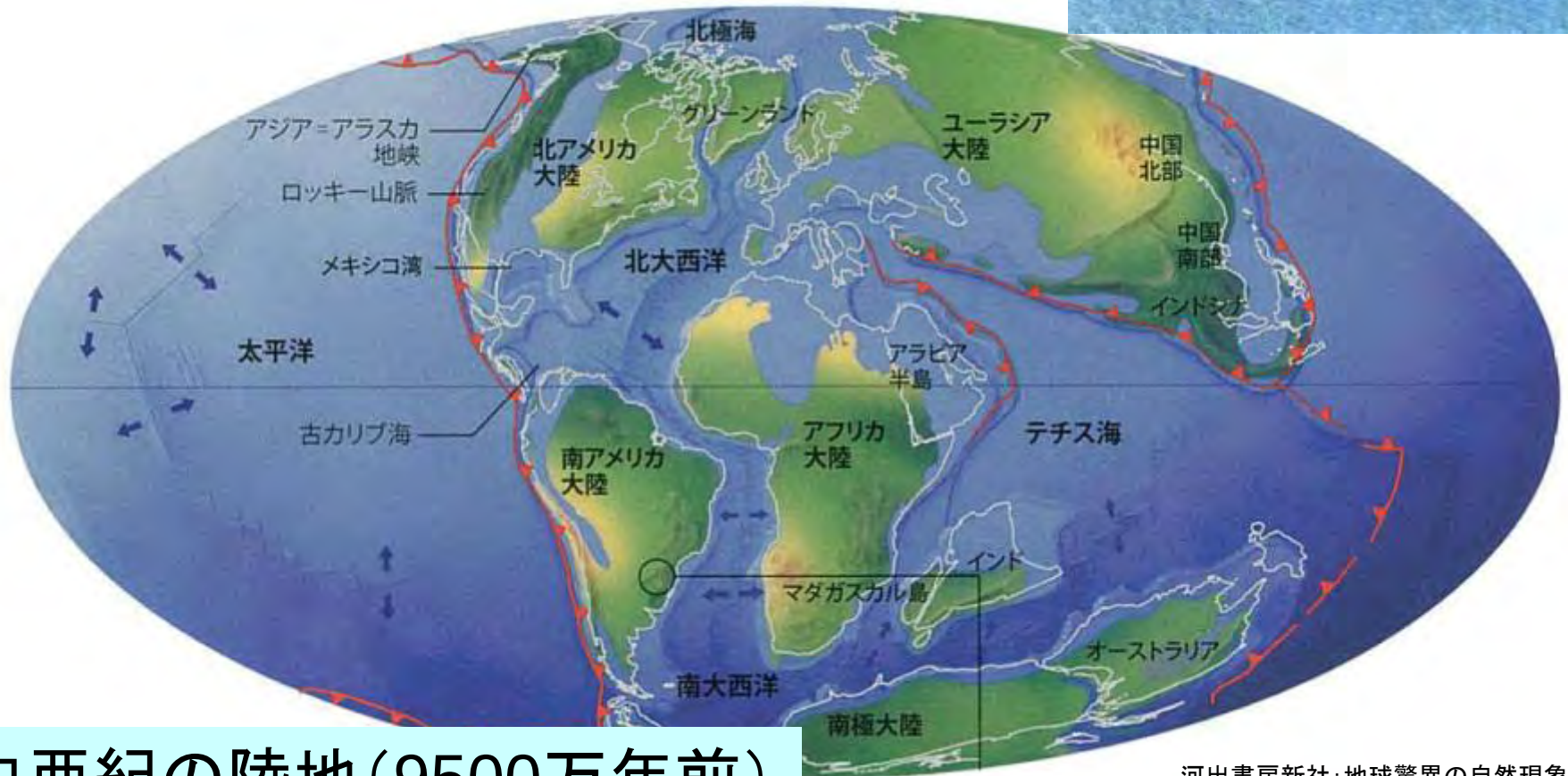
Source: Allardice Consulting Ltd

褐炭も水分さえ除けば  
優れものの石炭多し！

水分

灰分

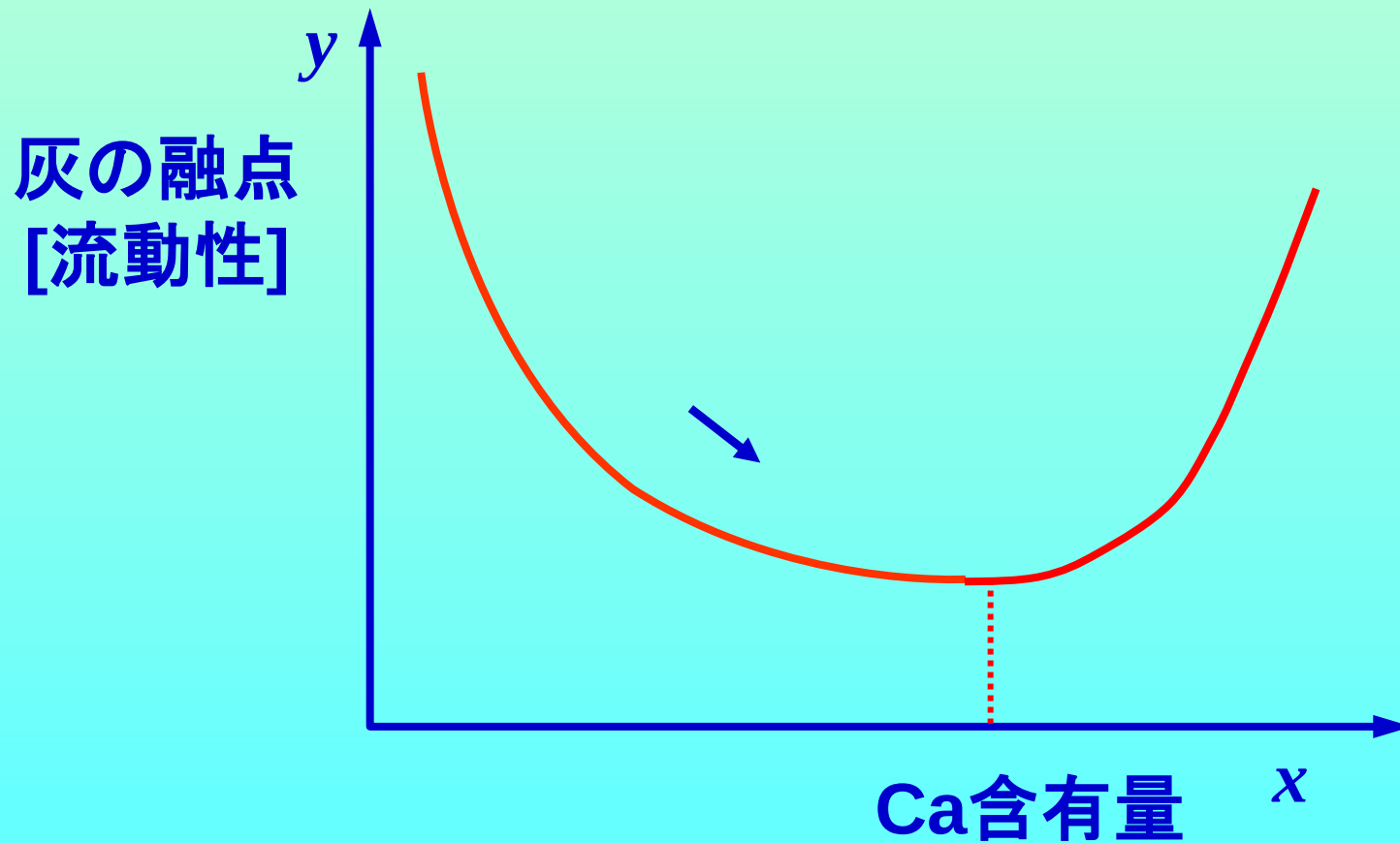
# なぜ瀝青炭の灰の融点は高く 褐炭・亜瀝青炭の融点は低いのか？



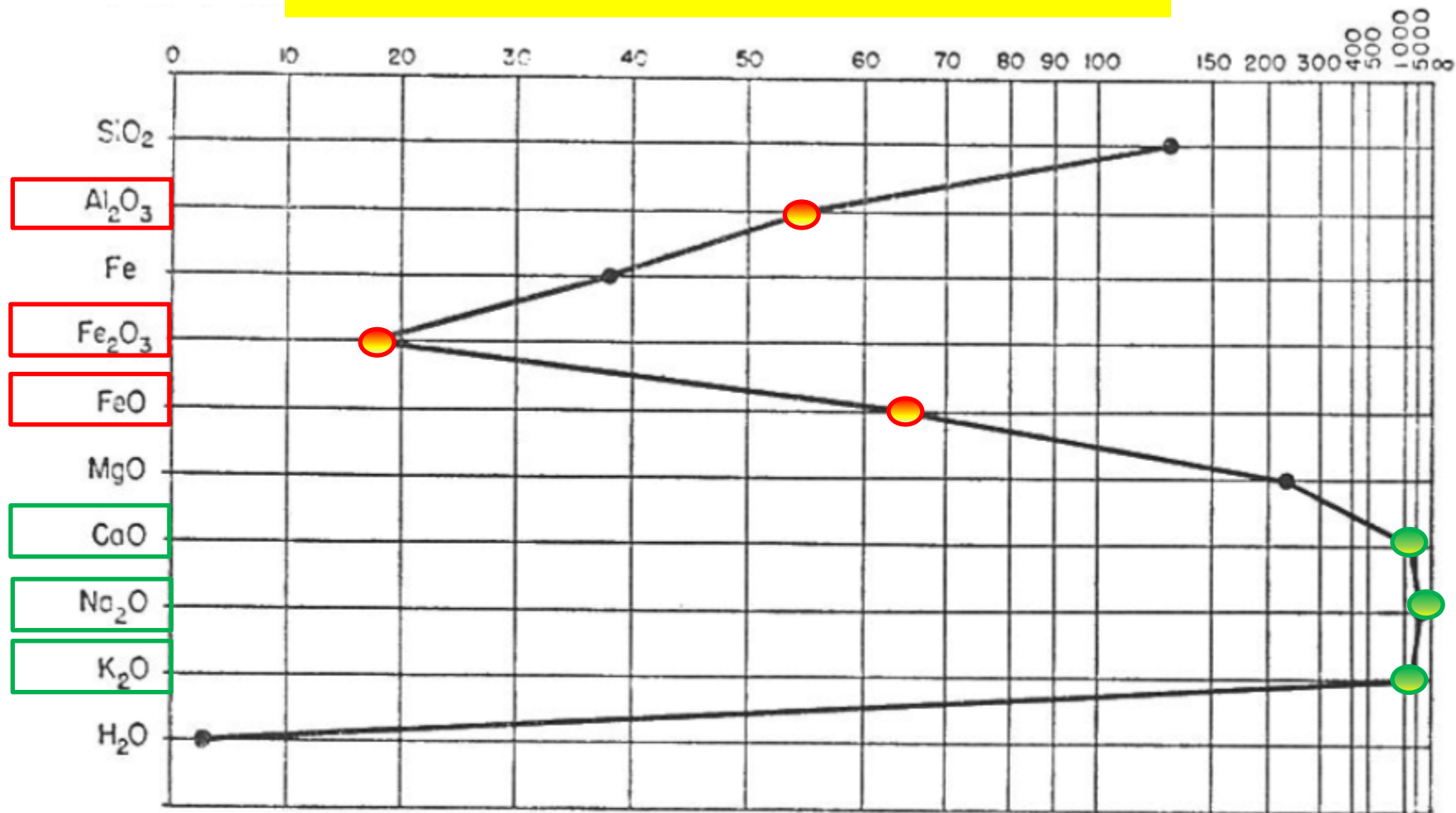
白亜紀の陸地(9500万年前)

河出書房新社:地球驚異の自然現象より

# Ca含有量と灰の融点



# 岩石中の各成分の風化速度



第 4 図 Morton 花崗片麻岩の風化に際しての各酸化物の減少度合  
(F. J. Pettijohn)

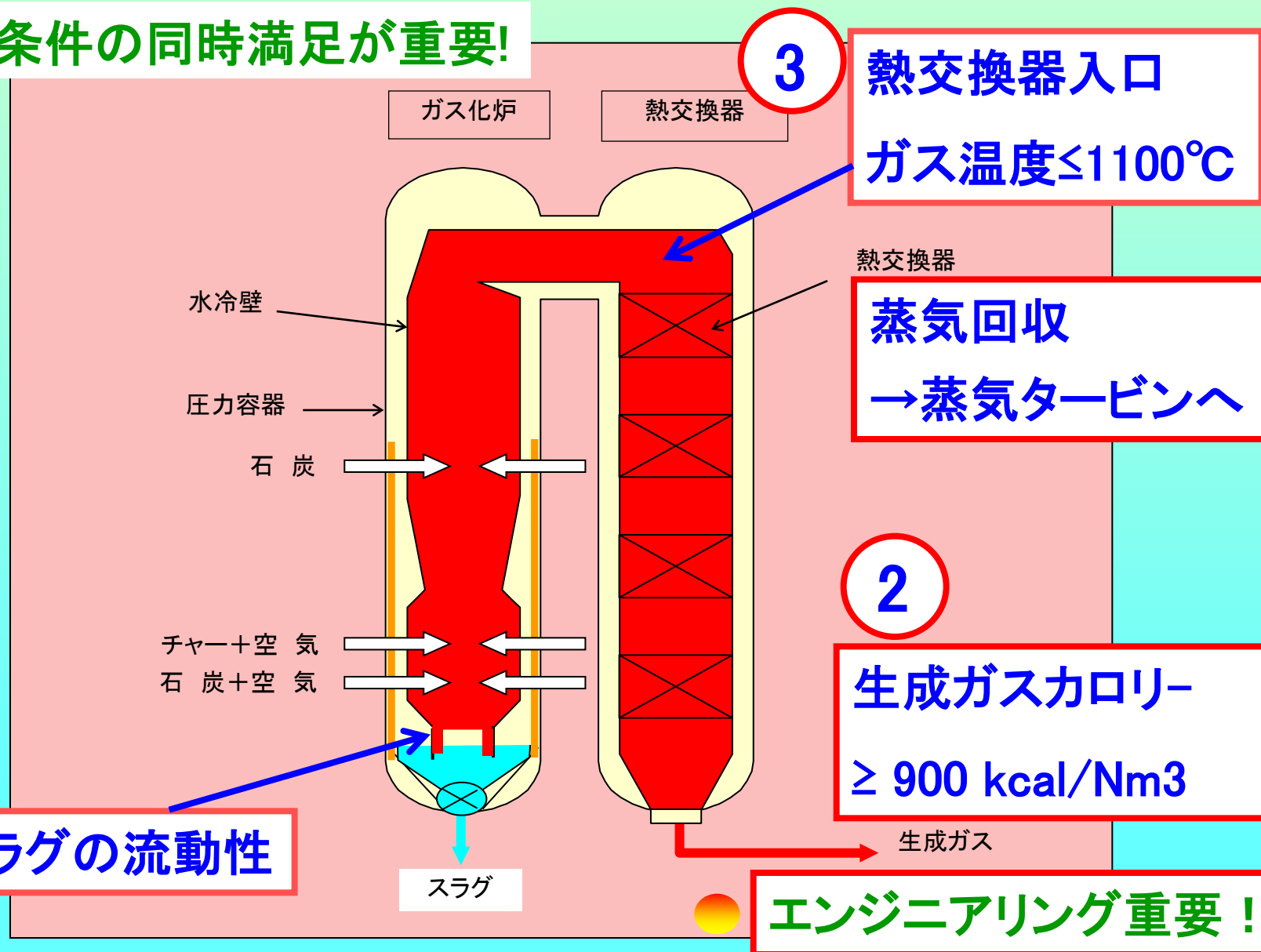
坂倉勝彦著,「石炭地質学」,技術書院,1964年

# 石炭ガス化ができててもIGCCが出来るとは限らない!

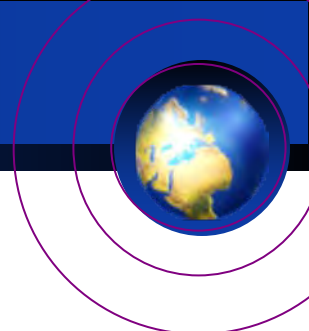
- 現在世界中で運転中の2000ton/日級のガス化炉……200基
  - 現在世界中で運転中の25～30万kW級のIGCC……5基
- 
- 石炭ガス化を得るのが目的か  
GT・STと組合せ発電するのが目的か？
  - IGCCではガス化炉本体のみならずSGC  
も複合発電もすべてシステムとして重要
  - 単純系か複雑系か(Closed LoopかOpen Loopか)？
  - 各部分が協調する摺合せ技術が必要で  
かつ全体の単一責任が必要(Single Point Responsibility)

# IGCC用(発電用)ガス化炉連続運転の必要条件

3つの条件の同時満足が重要!

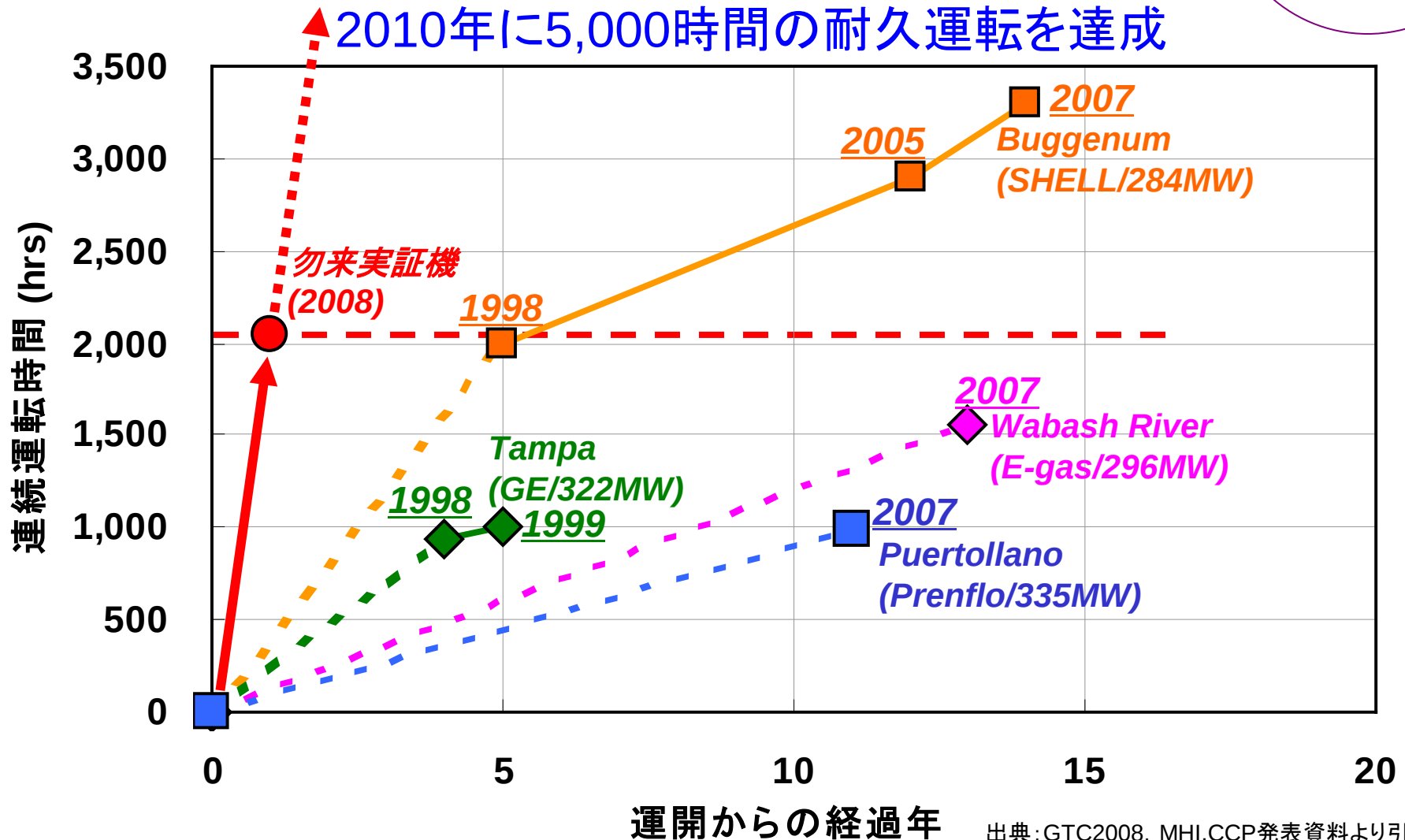


# 実証機の運転実績



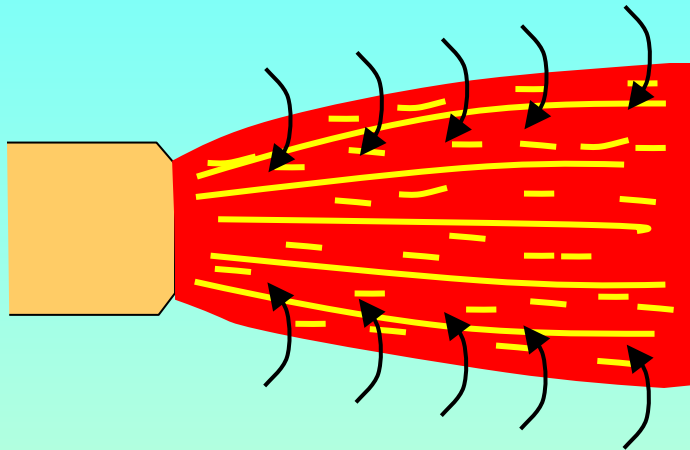
世界最速で2000時間連続運転達成！

2010年に5,000時間の耐久運転を達成

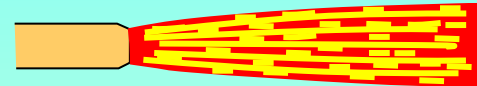


# 微粉炭焚きボイラと石炭ガス化炉の比較

大気圧



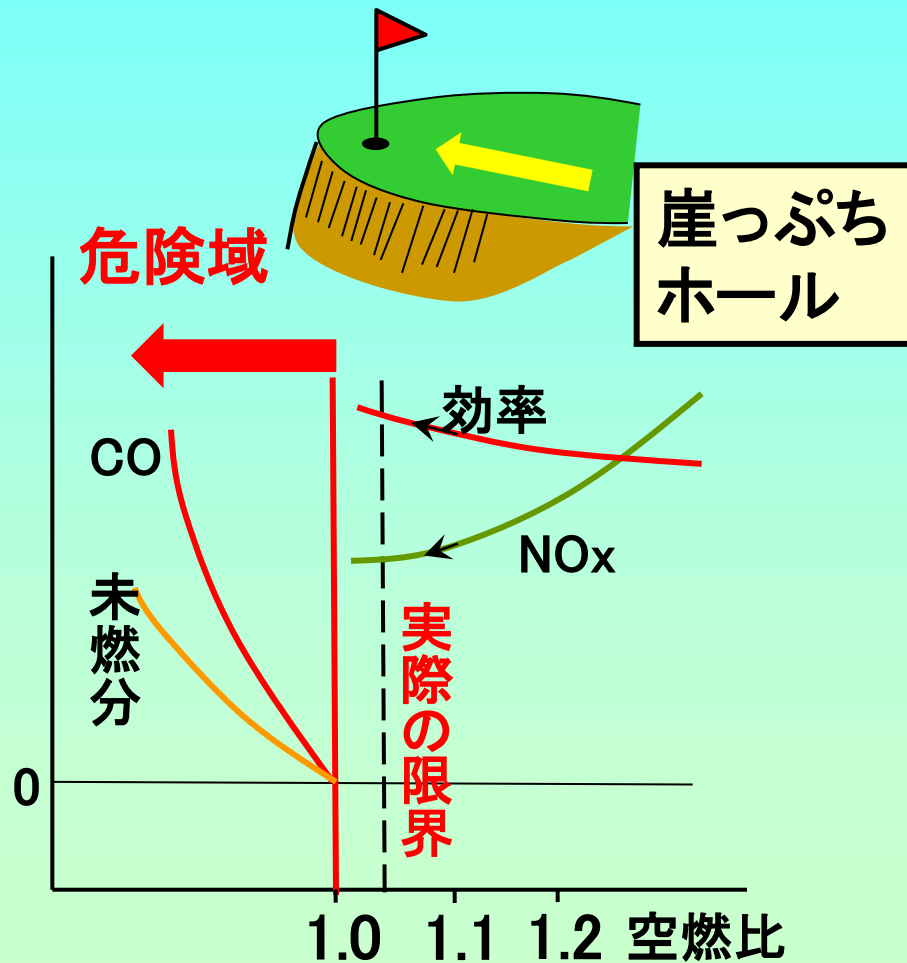
30気圧



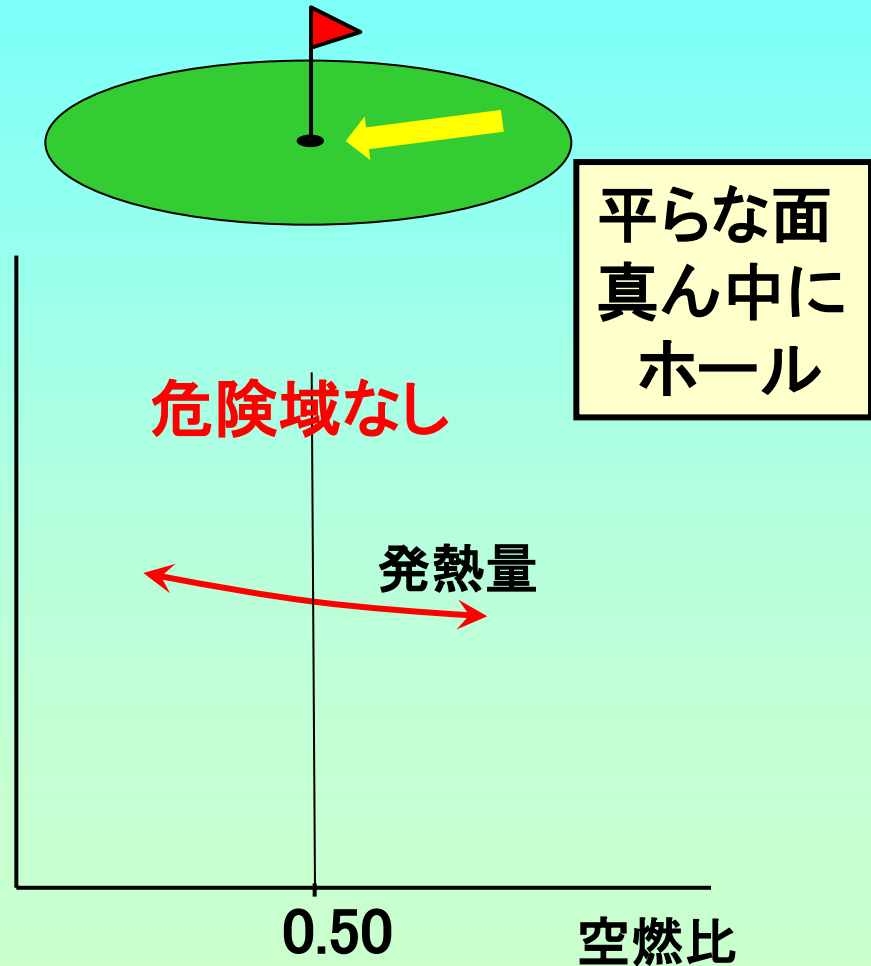
|       | 微粉炭焚き | 石炭ガス化炉 |
|-------|-------|--------|
| 体積比   | 30    | 1      |
| 燃焼温度  | 1400℃ | 1800℃  |
| 反応時間  | 1sec  | 0.1sec |
| 中間生成物 | あり    | なし     |

# 微粉炭焚きボイラと石炭ガス化炉

## 微粉炭焚き



## 石炭ガス化



本質的に難しい……



本質的に易しい……



# IGCCの特徴

| 特徴                                       | 根拠                                                                                                                            | 将来への展望                                                                                             |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 高効率                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>複合発電のメリット</li> </ul>                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>① GT入口温度の上昇</li> <li>② 所内動力の低減</li> <li>③ 乾式ガス精製</li> </ul> |
| 2. 負荷変化速度<br>[3%/min 実証済]                | <ul style="list-style-type: none"> <li>燃料系・蒸気系とも熱容量が小さく応答性に優れる</li> <li>① 高濃度搬送方式</li> <li>② 30気圧加圧によるコンパクトな伝熱面と構造</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>5%/minは十分可能</li> <li>理論的には10%/minもOK</li> </ul>             |
| 3. コストダウンの可能性大<br>[大容量になるほど理論的にコンパクトになる] | <ul style="list-style-type: none"> <li>① ガス化炉相似則は3乗則</li> <li>② 大型化するほど熱的設計が楽<br/>(空気比低減可能)</li> </ul>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>単機容量大ほどメリット大<br/>500MW(60Hz)以上<br/>650MW(50Hz)以上</li> </ul> |
| 4. 灰の処理容易                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>非溶出性溶融スラグ</li> </ul>                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>有価物としての価値向上</li> </ul>                                      |
| 5. 加圧によるコンパクトさと<br>現地工事の改善               | <ul style="list-style-type: none"> <li>加圧でコンパクトなため工場製作の比率が大きくモジュール一体化が容易</li> </ul>                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>完全一体モジュールで現地工事を最小化</li> </ul>                               |

## 4. 日本の将来を支える石炭技術

4-1 米国PRB炭の利用

4-2 福島IGCC特区構想

4-3 IGCCを日本の輸出産業に

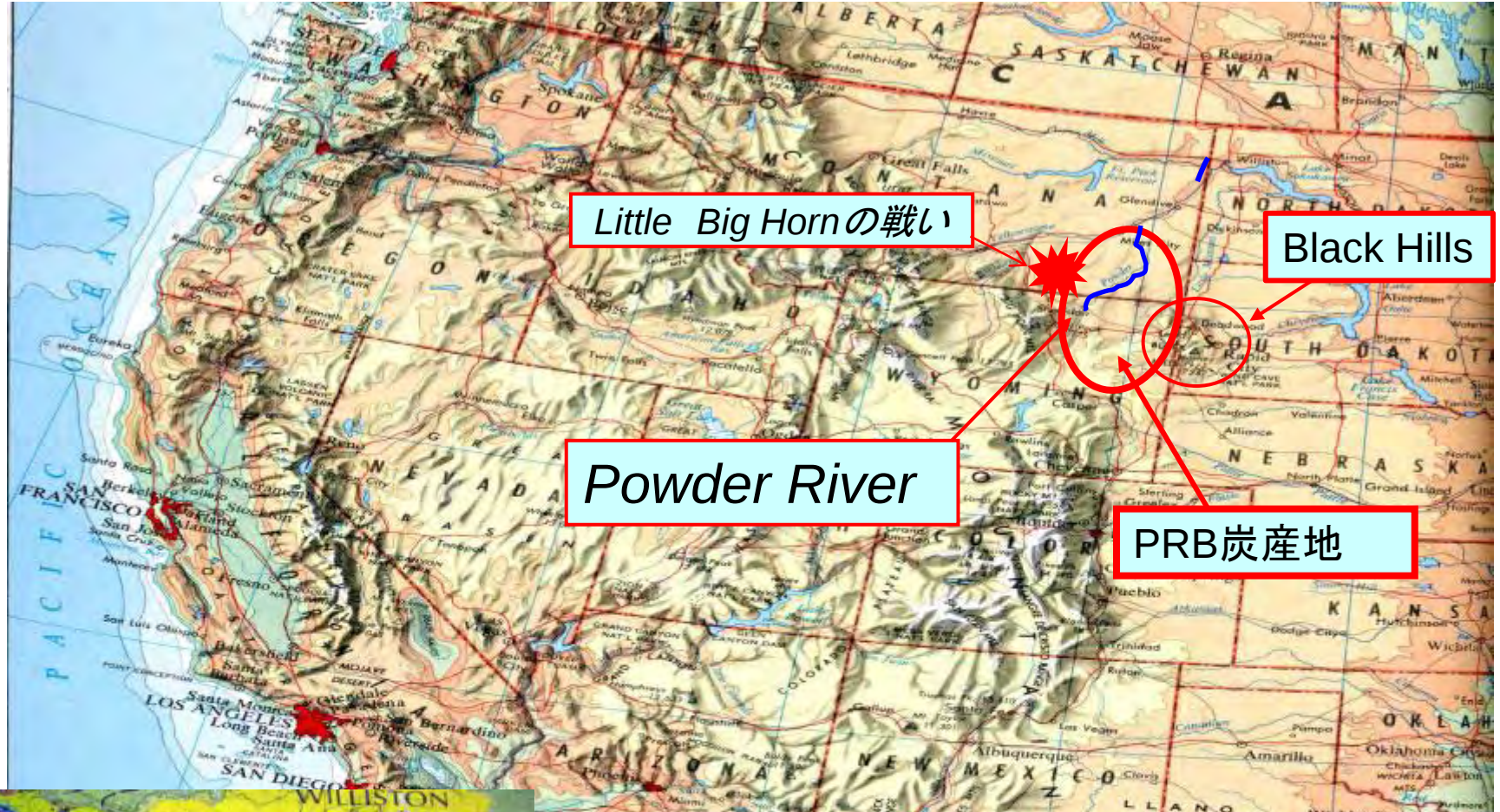
## 4-1 米国PRB炭の利用

- 米国PRB炭---米国の宝
- 中国神華炭---中国の宝
- 豪州ヴィクトリア褐炭---豪州の宝

→ これらに共通した弱点

➤ 灰の融点が低い

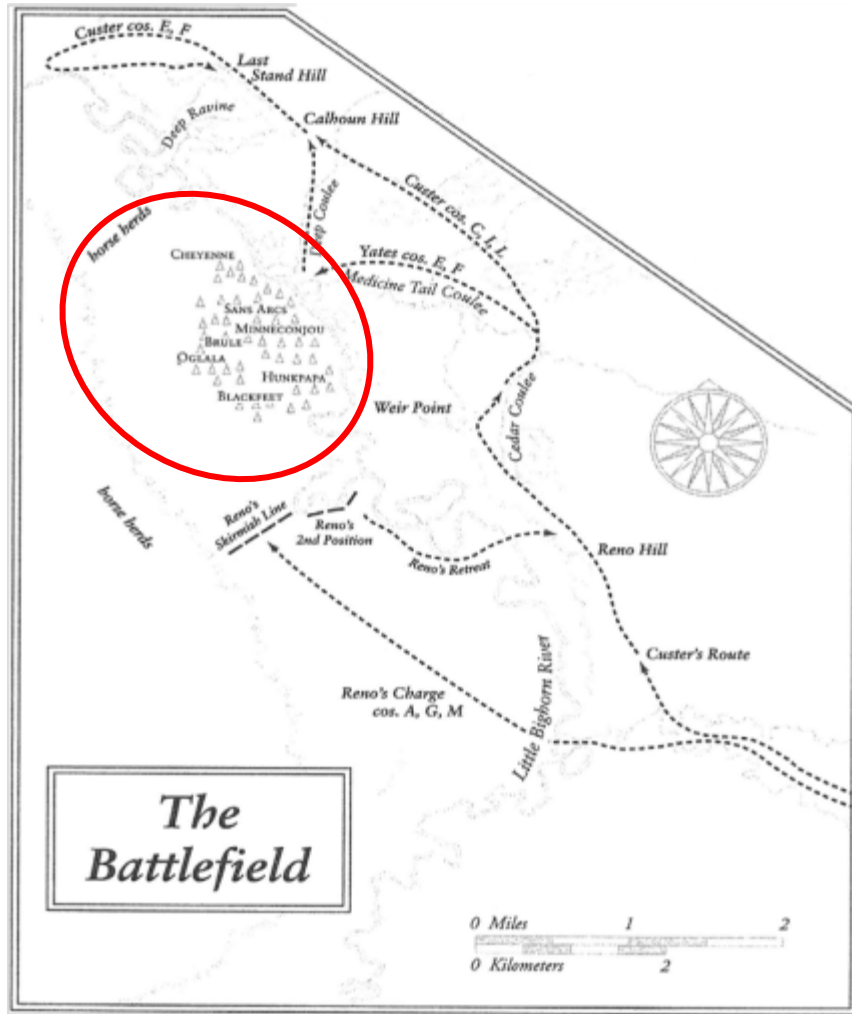
→ 通常の発電用ボイラに使用すると  
重大なトラブルの可能性



POWDER RIVER BASIN地質図

本来この地方は1868年のFort Laramie条約で  
 “Unceded Indian Territory”とされインディアン専用  
 の遊牧地であった。  
 “the hunting grounds along the Powder and  
 Bighorn Rivers are the unceded territory”

# LITTLE BIG HORNの戦い(1)



- 金鉱掘りと鉄道建設の要求により、連邦軍は7,000人のインディアン・キャンプ(婦女子を含む)を排斥にかかる
- シャーマン将軍配下の3軍(Terry-Custer軍が東から、Gibbon 将軍が西から、Crook 将軍が南から)挟み撃ちの作戦
- Custer将軍の第7騎兵隊が先行
- Custer将軍の2個中隊が1,800人のSioux、Cheyenne 連合軍と遭遇し襲撃

# LITTLE BIG HORNの戦い(2)



George A. Custer

1876年6月25日



Sitting Bull



- Sitting Bull、Crazy Horse率いるSioux-Cheyenne連合軍1,800人に包囲されCuster率いる第7騎兵隊E、F2中隊250人が全滅
- 悲報は1876年7月4日の独立記念100年祭で沸き立つワシントンに伝えられ大問題となる
- その後、連邦軍2,500人の増員(当時の連邦正規軍の総人員25,000人)が認められ、一大掃討作戦が始まる
- 1890年12月29日のWounded Knee Massacreで遊牧Indianはすべて排除され、Indian 戦争は事実上終結
- この結果PRB炭鉱の大半は連邦政府所有地となる



爆薬挿入孔

## 露天掘りの状況

炭坑の大半は連邦政府の所有地→許可容易

カスター将軍のおかげでインディアンから取り上げた



超大型シャベル



250トン積みダンプトラック

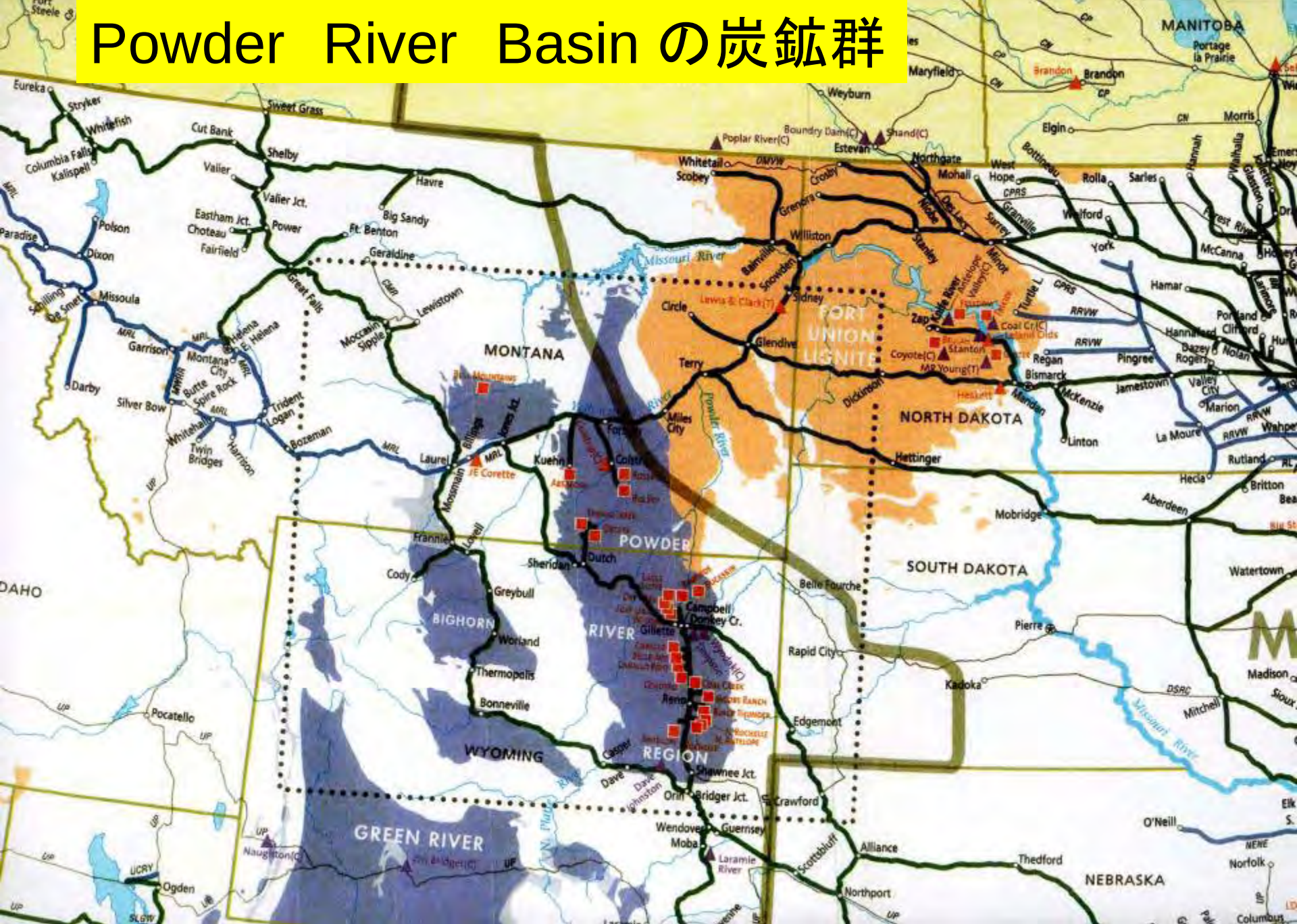


石炭輸送列車(BNSF)



石炭輸送貨車(100ton積×125両)

# Powder River Basin の炭鉱群



# 今、PRB炭鉱は日本への輸出を真剣に考えている

## -----シェールガスブームで東部の発電所での使用激減



米国の発電電力量  
石炭比率の急減  
49%→32% (2012. 4)

→アジアへの輸出  
意欲大

米国西海岸から  
最短距離で福島県  
に運べる！

# 米国西海岸は近い！豪州と変わらない！



## 4-2 福島IGCC特区構想

### 福島の再生と復興の道筋

1. 福島第一原発の事故対応と並行して積極的な産業復興の打ち手が必要
2. 大型火力発電所の建設は復興の大きな核となりうる
3. しかもそれは世界最高効率で世界で最も環境にやさしい最新鋭の石炭火力---IGCCである
4. 完成の暁には世界中から訪問客が訪れ、福島復興のシンボルとなる

# 福島県に世界最新鋭の石炭火力IGCCの建設を！

1. 世界最新鋭で最も環境にやさしい石炭火力500万kWを福島県に建設する
2. 1000MW(500MW × 2基)IGCC---日本初の商用機
3. 効率45%(送電端;高位発熱量基準): NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、煤塵は1桁と世界最高水準(CO<sub>2</sub>排出量従来石炭火力より20%減)
4. IGCCに非常に適し、かつ価格の安い米国PRB炭などとセットで国際的展望に基づく真に競争力のある火力を建設
5. 既設福島第一用500万kW容量の送電線の有効活用
6. 数々の優遇措置(米国のエネルギー政策法支援と基本的に同じ)
  - ①設備費加速償却
  - ②低金利長期融資
  - ③必要に応じて民間から資本参加
  - ④準FITの適用(2円/kWh × 2年) [財源は環境税]  
(これは現行太陽光FIT: 42円/kWh × 20年の僅か1/200)
7. 安かろう悪かろうの風潮の中で、真に日本が世界に誇れる火力の建設を

# 福島県の産業復興への提案

500万kWのIGCCを建設!

世界最高効率で世界で最も環境にやさしい石炭火力発電所を!



相馬共同火力:現設備能力 200万kW

★200万kW IGCCを建設!



東北電力原町火力:現設備能力 200万kW

★100万kW IGCCを建設!



★福島第一原発

東京電力広野火力:現設備能力 380万kW

★100万kW IGCCを建設!



★100万kW IGCCを建設!

常磐共同火力 :現設備能力 162.5万kW  
CCP :IGCC実証機 25万kW



成美堂出版:地図で読む東日本大震災より

# 浜通りクリーンコールハイウエー構想

福島県での立地を最大のメリットに！



- 世界最新鋭の環境にやさしい石炭火力を福島から発信！

しかもこれが現行太陽光支援FITの1/200の金額で可能！

**災いを転じて福となせ！**

日本経済新聞

石炭ガス化発電、福島復興に活用 東大特任教授の金子氏に聞く  
編集委員 滝 順一

2013/1/23 7:00 | 日本経済新聞 電子版

石炭をガス化してきれいに燃やす最新鋭の発電技術、石炭ガス化複合発電(IGCC)。東京大学生産技術研究所の金子祥三特任教授は福島県などの沿岸部(浜通り)に4カ所、総出力500万キロワットのIGCCを建設する「浜通りクリーンコールハイウエー構想」を提唱する。「脱原発」を宣言した福島県に新たな雇用の場を創出するとともに日本全体のエネルギー安全保障にもつながると主張する。

——IGCCは石炭を高温でガス化。そのガスを燃やして発電すると同時に排熱も回収し発電する複合発電システムですね。これを浜通りに連てる構想の狙いは。



金子祥三・東京大学生産技術研究所特任教授

「3点ある。まず日本はいま天然ガス輸入の拡大を急いでいるが、目の色を変えてお願いする限り、所詮は輸出国と対等の交渉にはならない。米国からシェールガスを買うとか原油運動の値決めを見直すとか、いろいろと努力は必要だが、最後は売り手と買い手の関係で決まる。天然ガスしかない足元を見られたら不利なことは明らか。石炭というオプションを持つことが必要だ」

「石炭火力は二酸化炭素(CO2)排出が多いのが課題だが、IGCCは既存の石炭火力より15~20%排出を少なくでき石油火力並みに抑えられる。地球環境を考えればIGCCが望ましい。ただ新しい技術なので導入に踏み切るのは決断だ。不幸にして福島原発事故を経験した日本にとって、今は『これまで通りでいいじゃないか』という発想を断ち切って、挑戦するよい機会だ。災い転じて福となす発想で臨みたい」

「3番目は浜通りにインフラがあることだ。原発の電気を運んでいた500万キロワットの送電線が空いている。また浜通りにはすでに常磐共同火力勿来発電所(福島県いわき市)、東京電力広野火力(福島県広野町)、東北電力原町火力(福島県原町)、相馬共同火力新地発電所(福島県新地町)の4つの石炭火力があり、石炭の荷揚げ施設や貯炭場を備えている。出力50万キロワットのIGCCを2基組み合わせれば100万キロワットの発電所を勿来、広野、原町にひとつずつ、相馬には2つ建設できる。ほかにつくるより適している」

——50万キロワット級のIGCCは世界でもまだ例がありませんね。

「現在、25万キロワットのIGCCの実証機が常磐共同火力勿来発電所の敷地内にあり、4年間の実証試験を終えて、4月から商業運転に入る。米国では30万キロワット級が稼働し

[http://www.nikkei.com/news/print-article/7R\\_FLG=0&bf=0&ng=DGXNASFK2200E...](http://www.nikkei.com/news/print-article/7R_FLG=0&bf=0&ng=DGXNASFK2200E...) 2013/01/23

# 米国のクリーンコール支援策

どうすればIGCCが実現できるのか

- 1) 米国並みの優遇措置を(3点セット)
- 2) 具体的にはIGCCの設備費の3割を補助
- 3) ただし有限: 最初の5プラントまで

## 米国のクリーンコール支援策(3点セット)

- ① プロジェクト費用の8割を連邦政府が債務保証  
(エネルギー省長官保証: 金利2%×30年)
- ② 免税措置: プロジェクト費用の2割まで税の減免
- ③ 補助金:  
(総額枠あり、早い者勝ち、もちろん技術革新度  
評価などあり)

## 米国のクリーンコール支援策

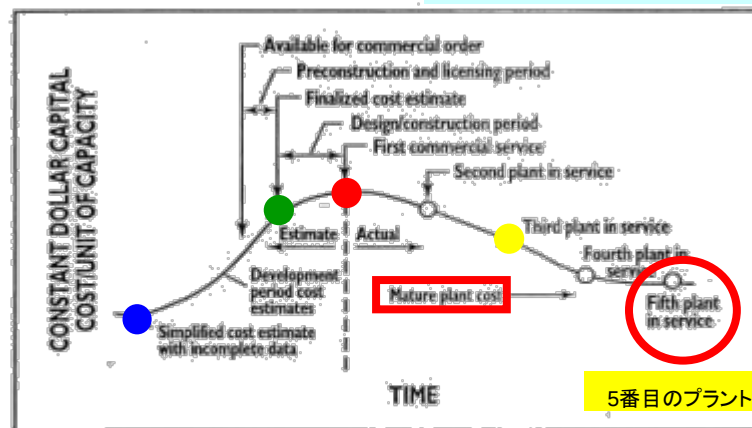
- 2005年エネルギー政策法  
(EPACT2005)
- 2009年米国再生・再投資法  
(ARRA2009)



CCPI (Clean Coal Power Initiative)は政権が  
変わってもそのまま引き継がれている

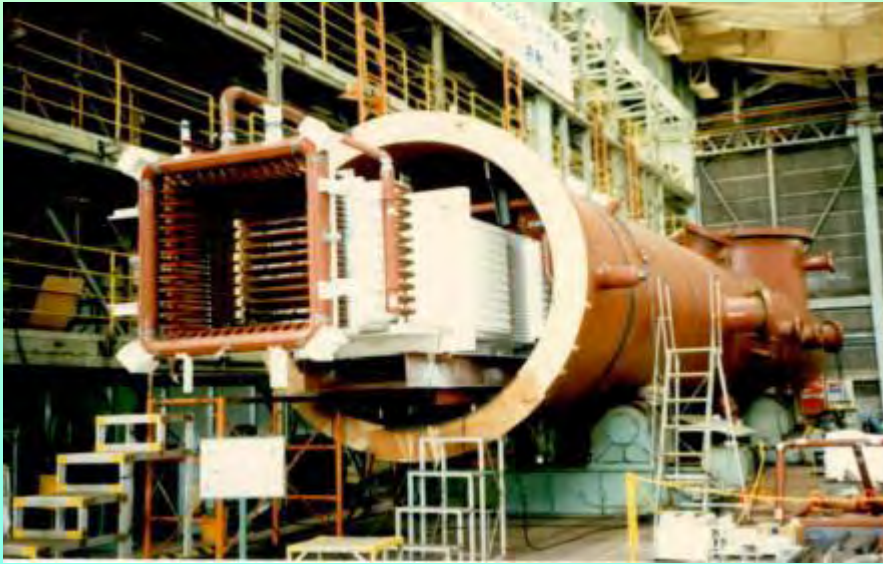
## コスト習熟曲線

新技術を採用した場合  
5プラント目でコストは落ち着く



6. The "mountain of death" generic capital cost trend for early commercial units of a new power plant technology, based on the Technical Assessment Guide of the Electric Power Research Institute (VI)

## 4-3 IGCCを日本の輸出産業に



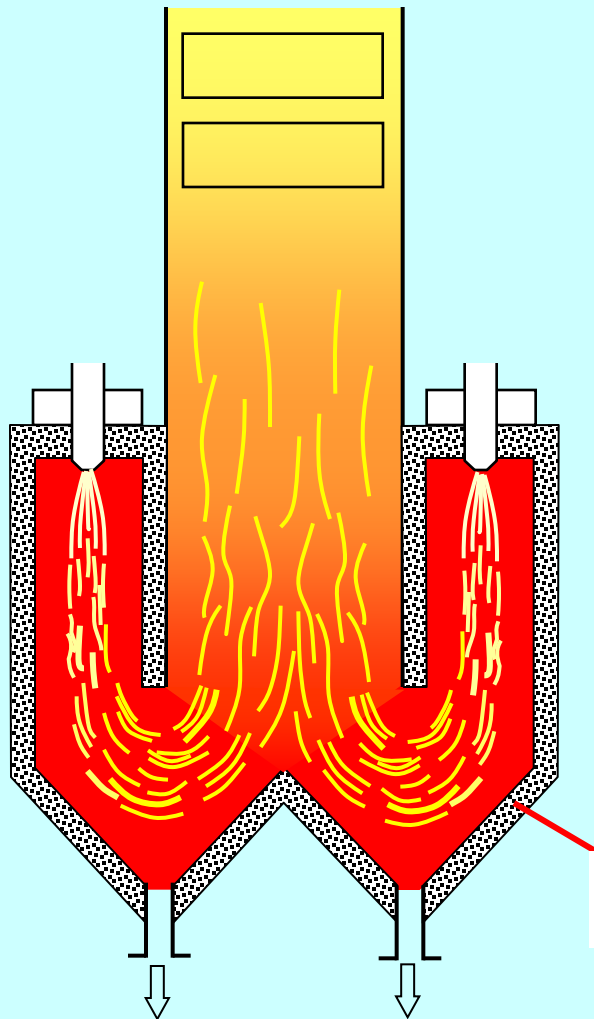
### IGCC用石炭ガス化炉

- 30気圧なので非常にコンパクト  
→ガスタービンに類似
- 内製比率大  
→すべて工場内で製作・組立し、そのまま出荷も可
- 国内製造業の維持に貢献し  
中身のブラックボックス化も可能

なぜIGCCが日本の誇る輸出製品になりうるのか？

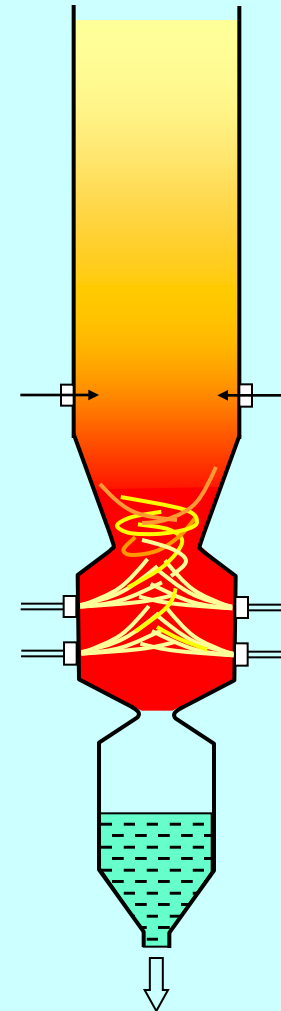
本当はIGCCは無煙炭にも適している……

無煙炭焚きボイラ  
(W-Firing)



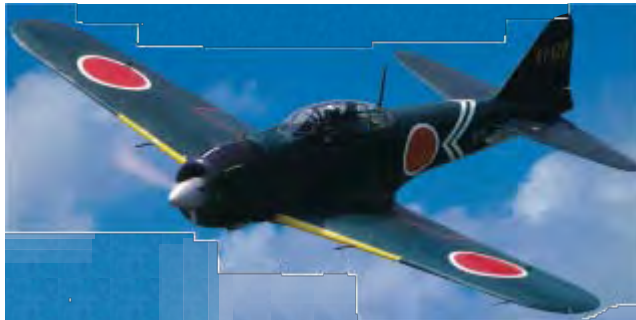
耐火材

無煙炭焚きIGCC



# 技術は常に陳腐化する →新しいものへの挑戦が不可欠

- どんな優れた戦闘機でも平時で4年、戦時で2年で旧式となる(ゼロ戦設計者:堀越二郎)
- 東日本大震災の経験は太平洋戦争と同じくらいの危機感を持って捉えるべし



Mitsubishi A6M *Zero*



Republic P47 *Thunderbolt*



North American P51 *Mustang*

ダブル複合発電の黎明期

1984年より運開

## 東北電力東新潟発電所

純国産



天然ガスの  
ダブル複合発電は  
世界に先駆けて  
日本が商用化した！

前例というものは、誰かがやらねば出来ないものだ。  
今度は、日本人の手で初めての事をやりたい。

東新潟火力発電所

東新潟火力3号系列コンバインドサイクル開発計画時  
若林社長が英断された時のお言葉

新しいものに踏み出す勇気---日本が初めて  
大容量複合発電に踏み切った東北電力東新潟火力

# 未来は明るい！ 日本人は強い！

## 提言

1. 原子力の比率低下と火力発電の増加が予想される中で、化石燃料の安定確保は最優先の課題である----エネルギーセキュリティ無くして日本は成り立たない。
2. 火力発電の最優先課題は徹底した高効率化とクリーン化にある
3. 燃料については天然ガスに偏重することなく石炭の利用も重要。  
“一つのバスケットにすべての卵を入れてはならない”
4. 日本の高効率技術で世界に貢献すること。またその技術は国内産業の維持と輸出競争力を強化するものであること。技術による国際貢献は軍事力も資源も語学力もない日本が世界から尊敬され、真の国際貢献を行う唯一の解決策である。
6. 電力料金をいかに低く保つかは日本産業維持のためにも極めて重要である。しかし“安値がすべて”と刹那的な安売り競争に埋没することなく、積極的な新技術の推進無くしては、貴重な電気の質と安定供給を喪失する危険性があり産業基盤を危うくする。

*Thank you!*

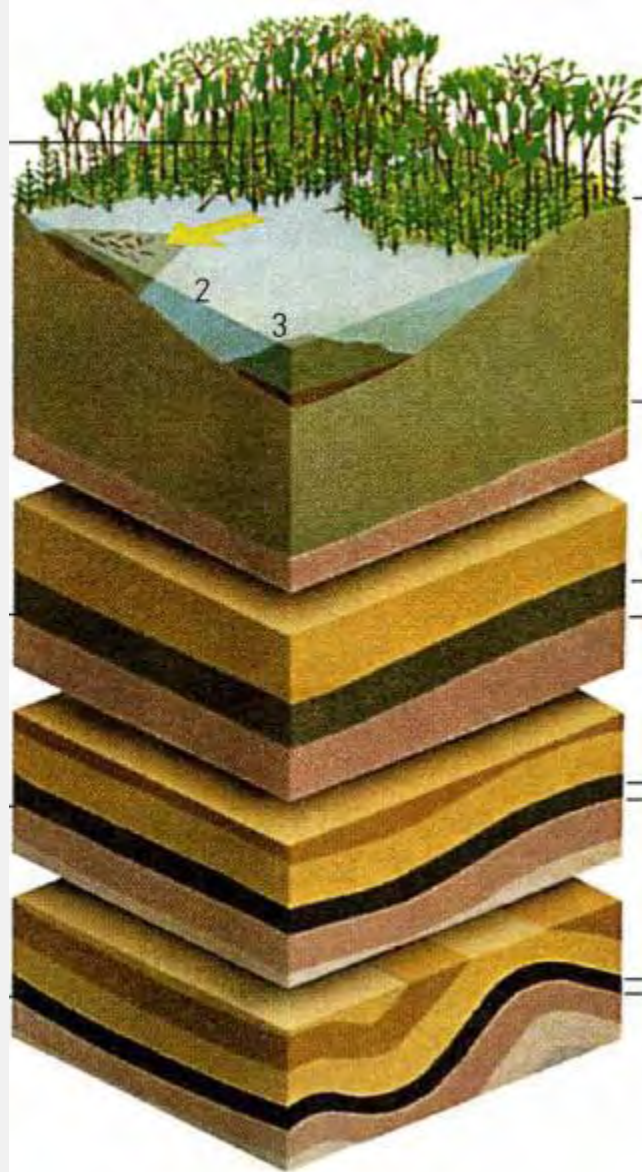
*The End*

# [参考資料]

## 日本の石炭資源

# 石炭の生成(1)

圧力・熱



PEAT

褐炭

地表に近くフラット  
⇒掘り易い

瀝青炭

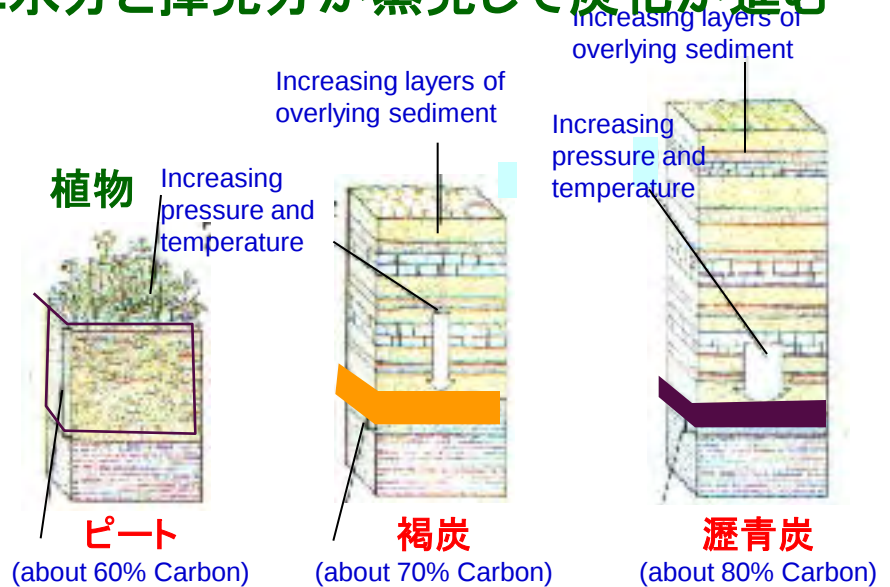
無煙炭

# 石炭の生成(2)

“地中に埋没した植物が時間と共に水分と揮発分が蒸発して炭化が進む”



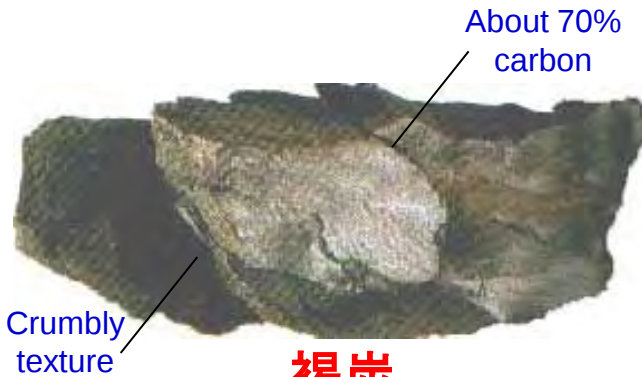
植物



Decayed plant matter

About 60% carbon

ピート



About 70% carbon

Crumbly texture

褐炭



瀝青炭

Shiny surface

About 80% carbon



無煙炭

Source: VISUAL ENCYCLOPEDIA, p.280

# 日本の炭坑

注：ペリー来航：1853, 1854年

## 西：高島炭坑

**1868年**（明治元年）鍋島藩と英人トーマス・グラバーがイギリス式近代機械化炭坑を開始

**1869年**（明治2年）44mの竖坑建設  
蒸気機関、動力巻揚げ機、ポンプ設置

## 東：常磐炭坑

1855年（安政2年）

片寄平蔵が石炭を発見

**1857年**（安政4年）石炭生産開始

1859年（安政6年）石炭販売

1884年（明治17年）磐城炭鉱社設立

**1889年**（明治22年）蒸気動力使用開始

日本の石炭生産量記録：1940年 5630万トン

常磐炭坑は日本のエネルギーを支えた！

戦前最高：382万トン（1943）、戦後最高：412万トン（1961）

〔日本の生産量の7～9%〕

# 日本の石炭埋蔵量

合計: 200億トン  
(昭和30年通産省推定)

その後90億トンに下方  
修正され、経済性を  
加味した可採埋蔵量  
は10億トンといわれる。

北海道: 100億トン

宇部: 8億トン

常磐: 12億トン

九州: 80億トン



# 日本の石炭生産量の推移

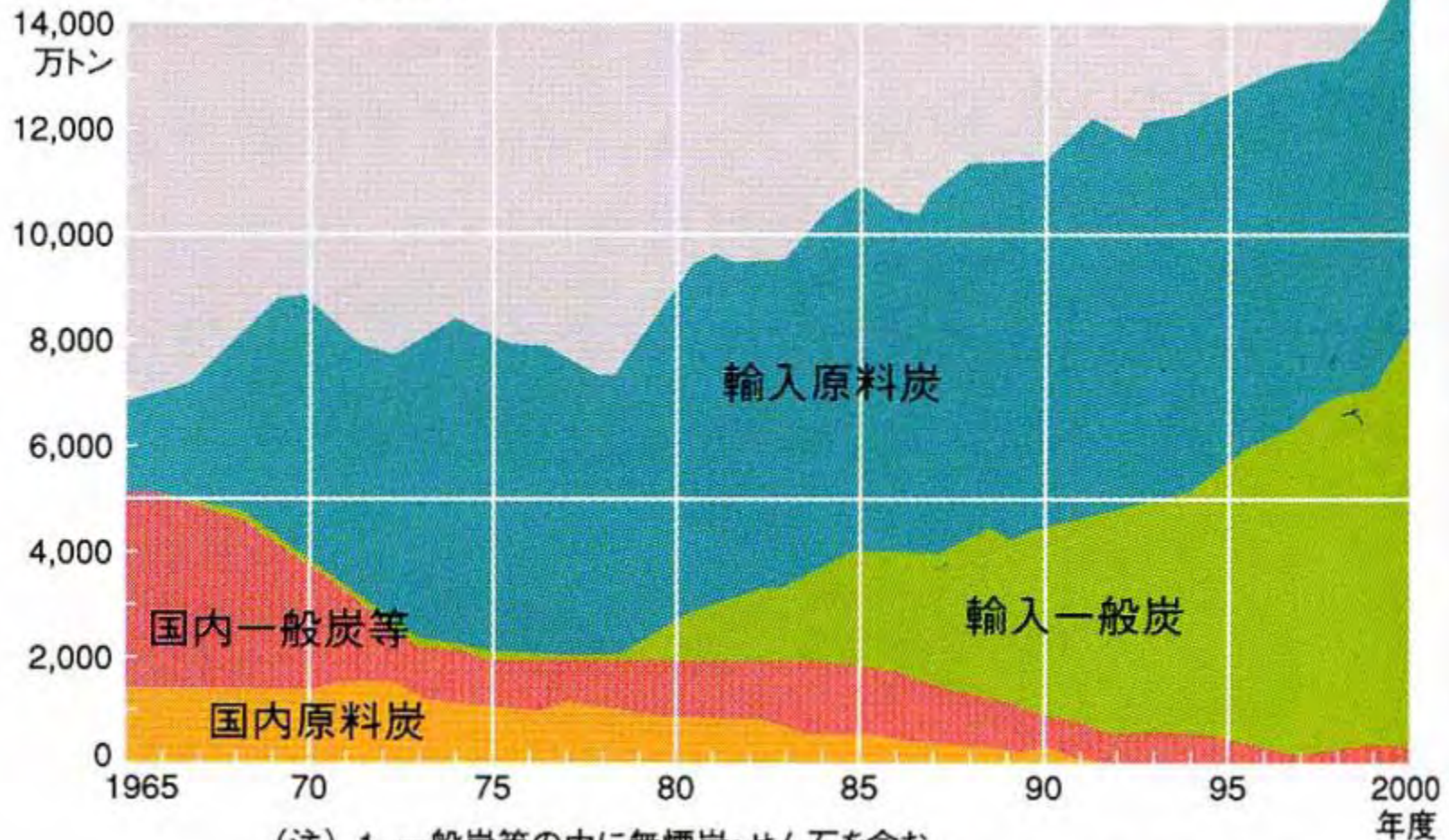


JCOAL資料より作成

# 日本の石炭供給量の推移

## 我が国の石炭供給量の推移

出所：エネルギー生産・需給統計



(注) 1. 一般炭等の中に無煙炭・せん石を含む。

2. 国内炭は生産量のみで在庫からの供給等を含まず、輸入炭は入着ベース。