



戦略的思考に基づく技術革新

平成25年10月30日

東京大学生産技術研究所

特任教授 金子 祥三

[注] 本資料は2013年10月30日での講演資料をベースに、
一部データについては12月3日時点のものに修正しております。



目 次

1. 今こそ火力に技術革新を
2. 再生エネルギー利用と課題
3. 今後の技術の鍵は何か？
4. 世界の動きと今後の展望



1. 今こそ火力に技術革新を

- 原子力の停止により火力発電の大幅増加
 - ➡ 輸入燃料費の大幅増加(2012年:3.8兆円)
 - ➡ 電力料金上昇→産業の輸出競争力低下
- 技術革新による高効率化で次のことを実現
 - 燃料原単位を下げ、燃料消費量を削減
 - CO2排出量を下げ地球温暖化防止に貢献
 - 世界でトップの技術力により強力な国際競争力を確立
 - 国内産業の維持と雇用確保
 - 3E+S: 経済性: 環境性: セキュリティの確保



1-1. 火力発電の高効率化

- 高効率発電技術の歴史と今後

- ◆ 発電技術は次の3世代に分類される。

- ①第1世代:従来型(ボイラータービン): USC

- ②第2世代:複合発電(IGCC)

- ③第3世代:トリプル複合発電(IGFC)

- ◆ 第1世代の蒸気タービンの時代は100年以上続いた。

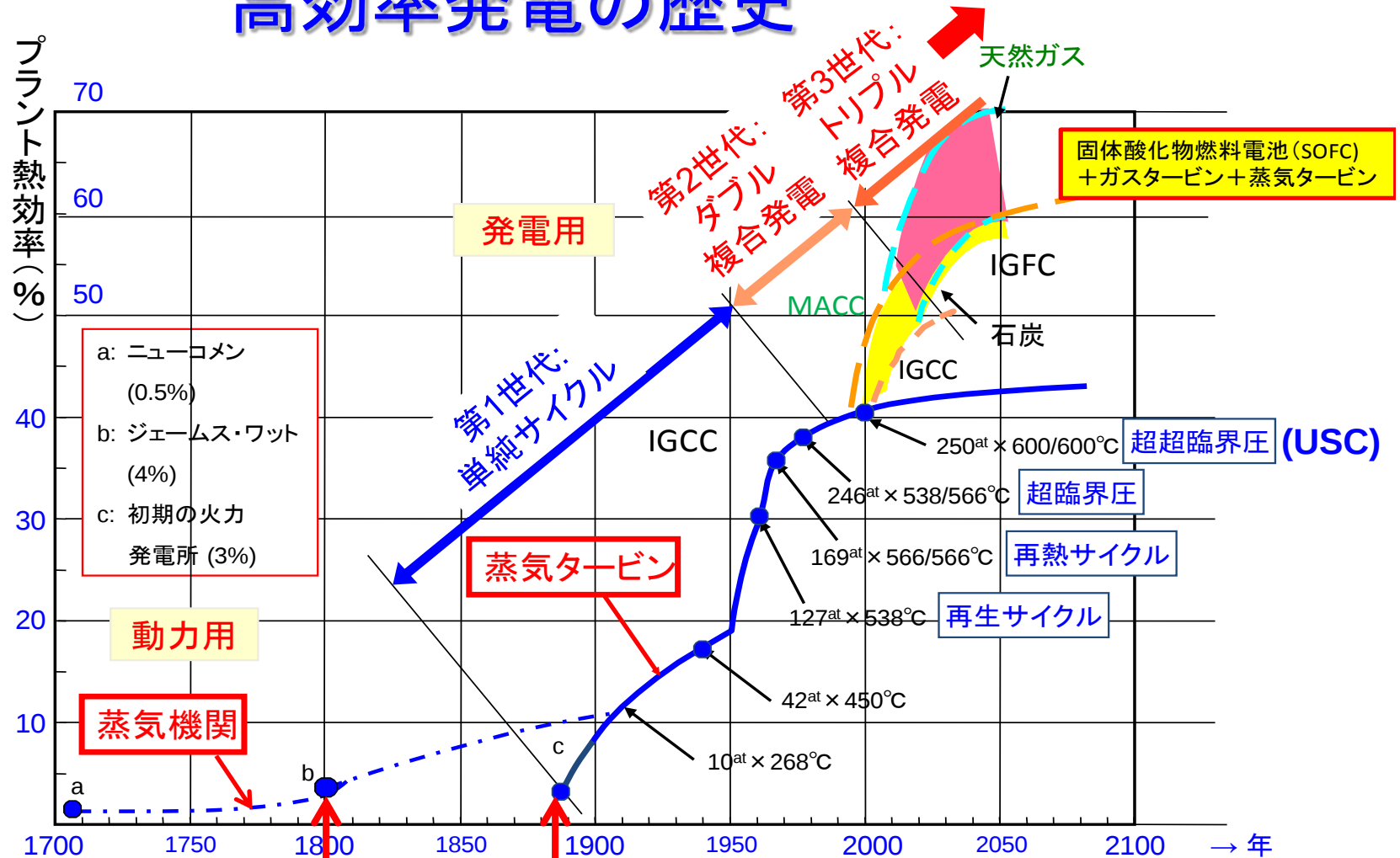
- ◆ しかし今、限界にきており、次の世代に移る過渡期にある。

- 現在は歴史的な変革の時である

- 福島第一の事故と偶然の符合か？

火力発電の高効率化の歴史

高効率発電の歴史

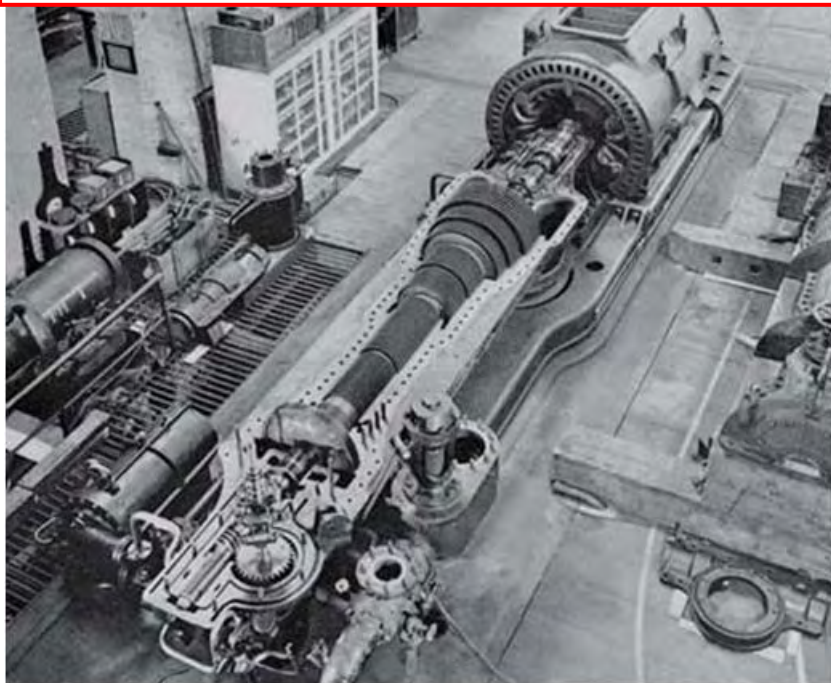


①James Wattの改良

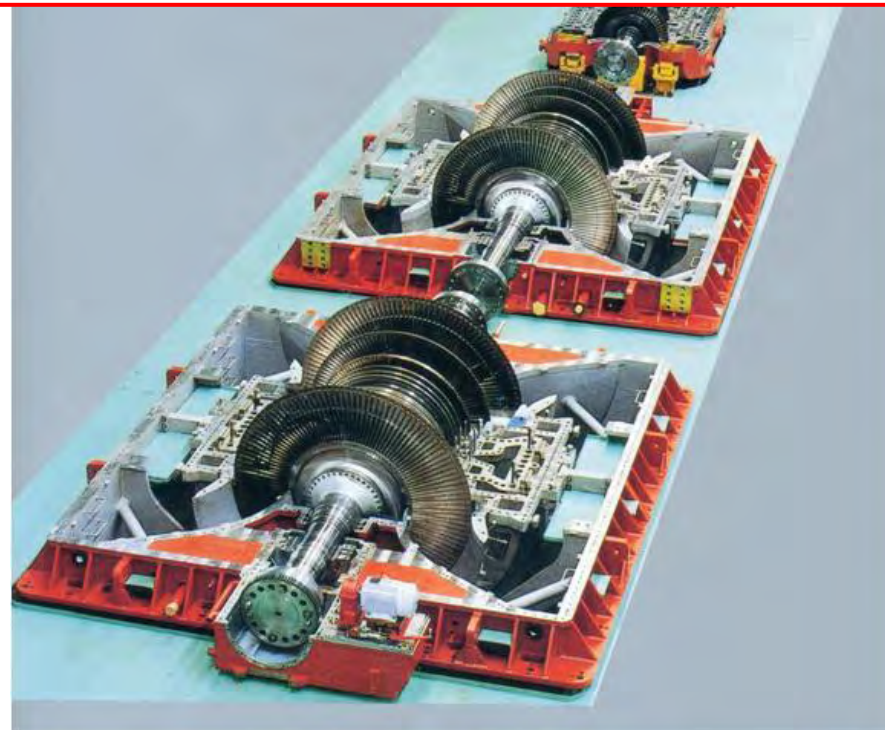
②Parsonsの蒸気タービン(軸流・多段) 1884年

第1世代：蒸気タービンの時代

- ボイラで蒸気を発生し、蒸気タービンを回す。終戦後、最新技術を米国から技術導入。これにより画期的に火力発電の効率が向上
- 約100年以上にわたり火力発電を支えたが、日本が開発した蒸気温度が 600°C を超えるUSCで現状は、ほぼ技術的限界。また既に中国はUSCの量産体制に入っており、国際競争は激化すると予想される
- 次のステップのA-USC開発は、膨大な開発費を要し、果たして10年以内に開発できるか？

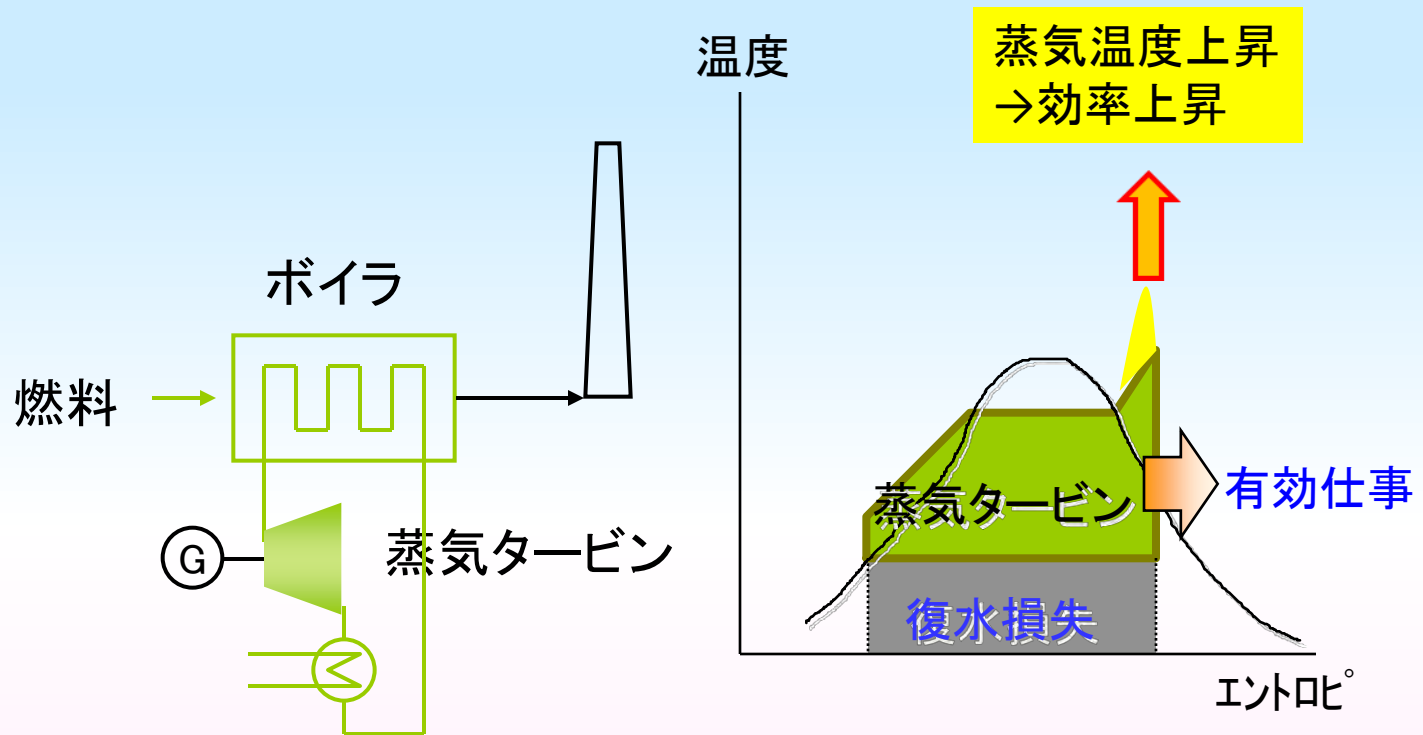


最初の発電用蒸気タービン: 500KW
(1905年)

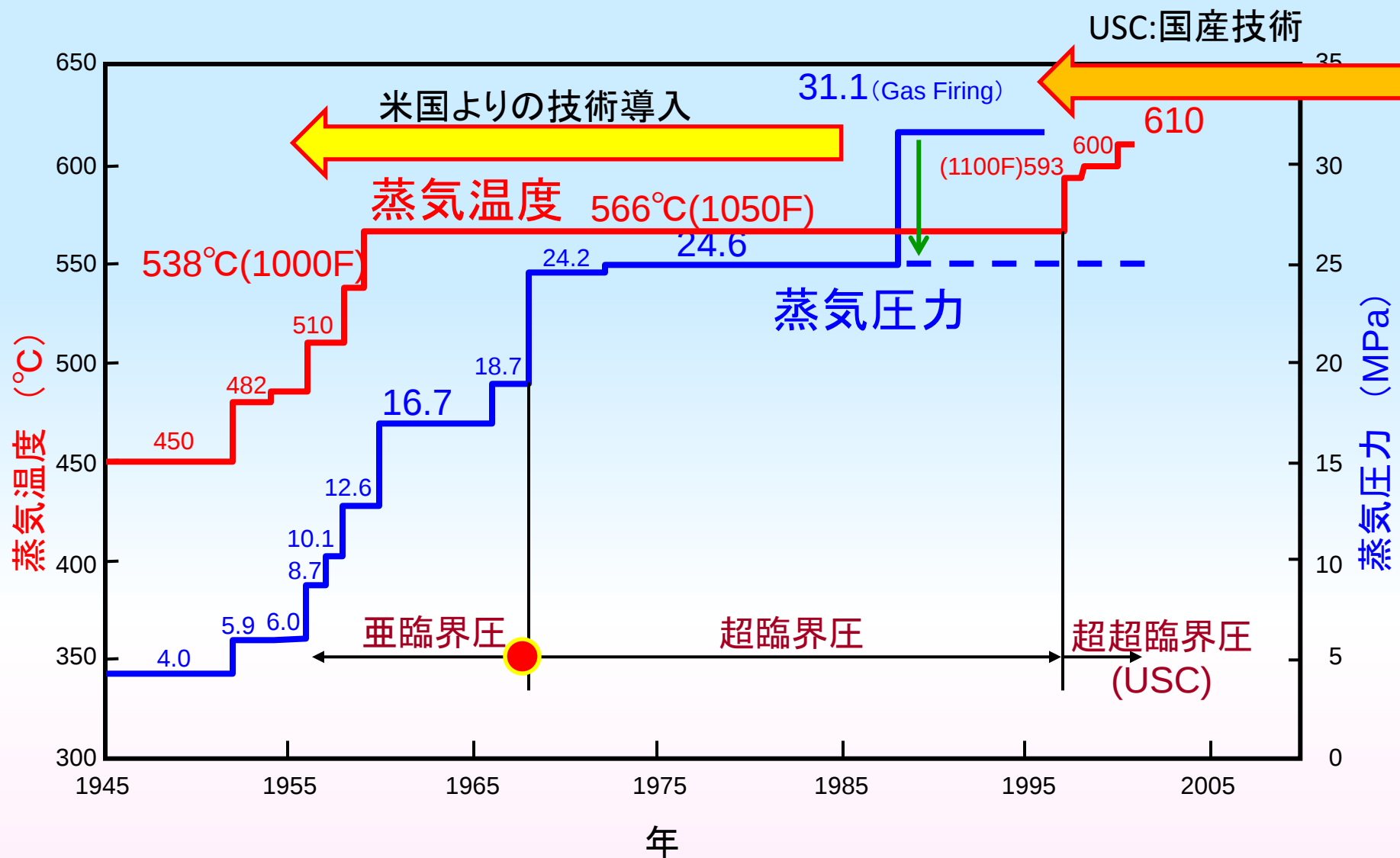


最近の発電用蒸気タービン: 700,000KW
(1995年)

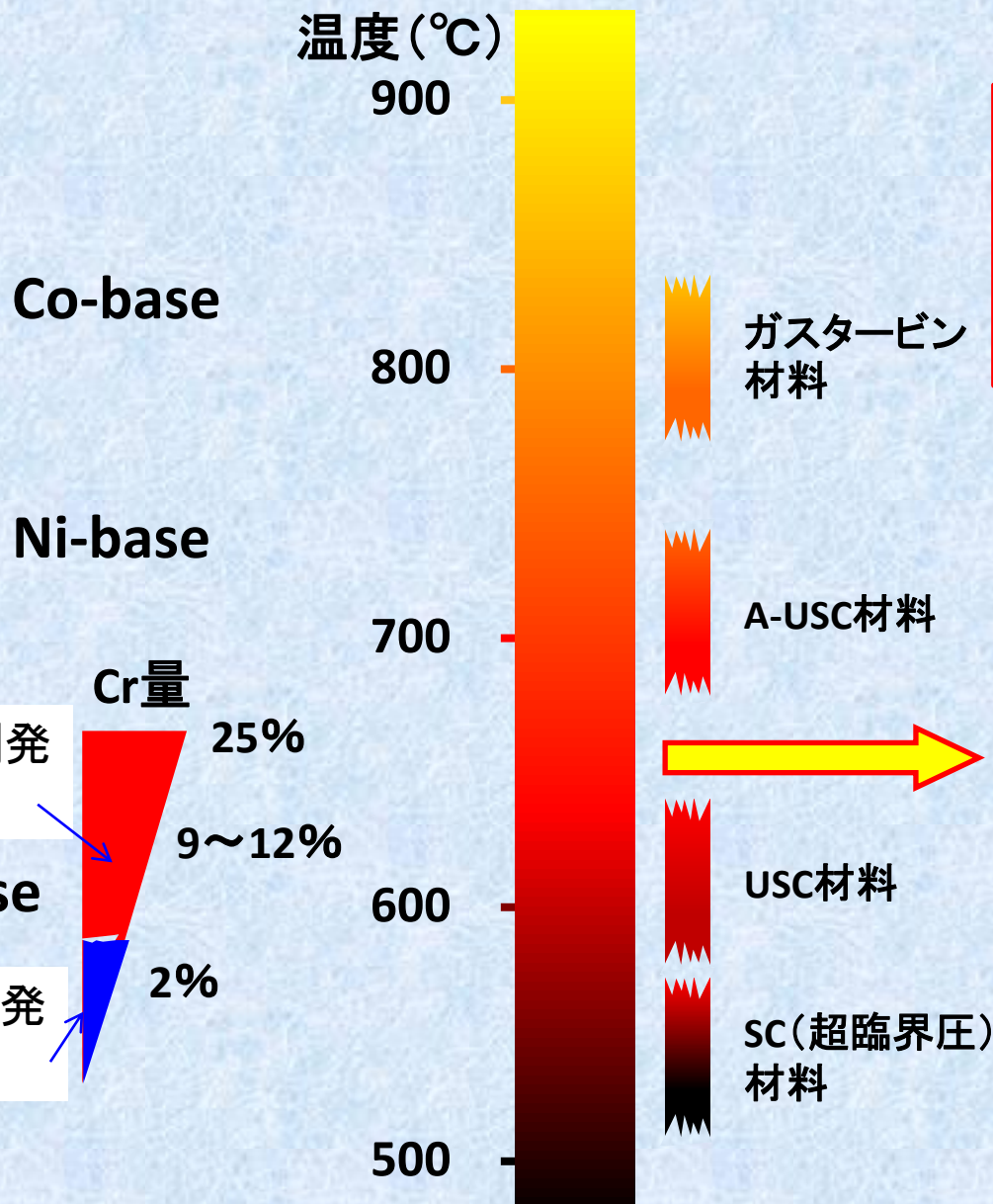
単純蒸気サイクル



火力プラントの蒸気条件



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
→新材料の開発には最低
11年かかる！



新材料の開発には膨大な
時間と費用がかかる！

高温クリープ試験機(物質・材料研究機構)



総計380台のクリープ試験装置

円筒の中で600°Cのクリープ試験を実施中

A-USC開発の課題

- 700°Cに耐える新材料の開発
- Ni基の新材料の開発

蒸気タービン側

- 700度に耐える新材料の開発
(ケーシング→鋳物; ロータ→鍛造材)
- 機械加工性の確認
- 溶接性の確認
- 熱処理法の確立

共通

- 高温クリープデータの取得(10万時間)
- 材料・強度の規格化
- 疲労のデータ

ボイラ側

- $(700 + \alpha + \beta) \div 700 + 30 + 30 = 760^{\circ}\text{C}$ に耐える新材料の開発
- 管の製作(引き抜き材, 板曲げ材)
- 機械加工性の確認(特に曲げ加工)
- 溶接棒開発
- 熱処理法の確立



第2世代：ダブル複合発電：ガスタービン+蒸気タービン

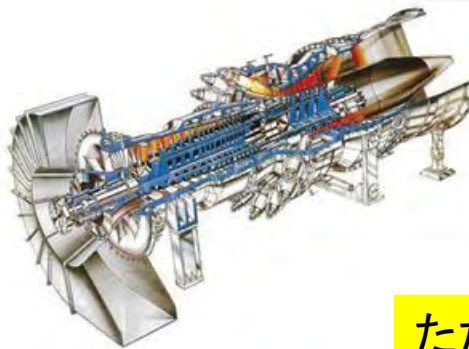
- 1984年ころ日本が世界に先駆けて100万KW級のダブル複合発電を実用化
- ただしGE(米国)、Siemens(ドイツ)の2大ガスタービンメーカーが世界を席巻



・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]

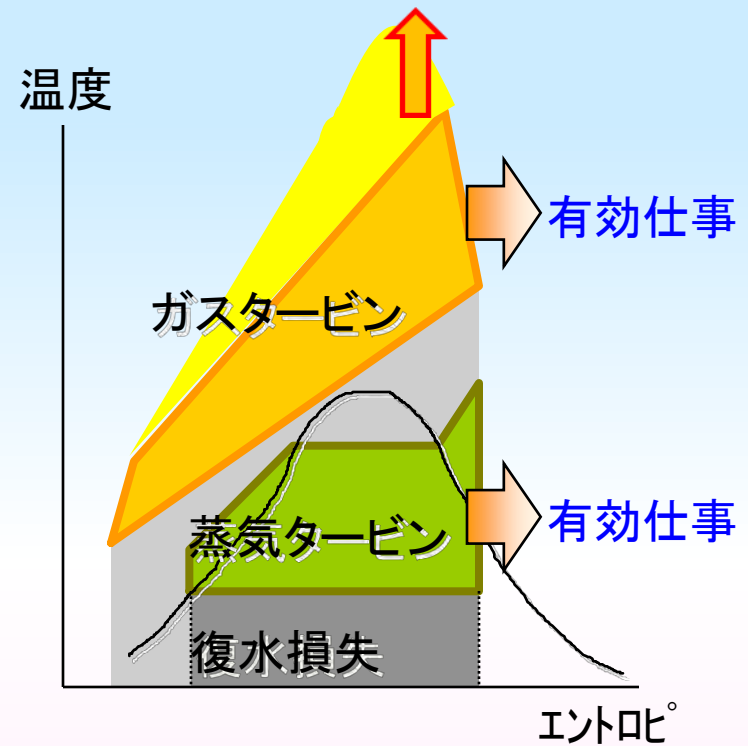
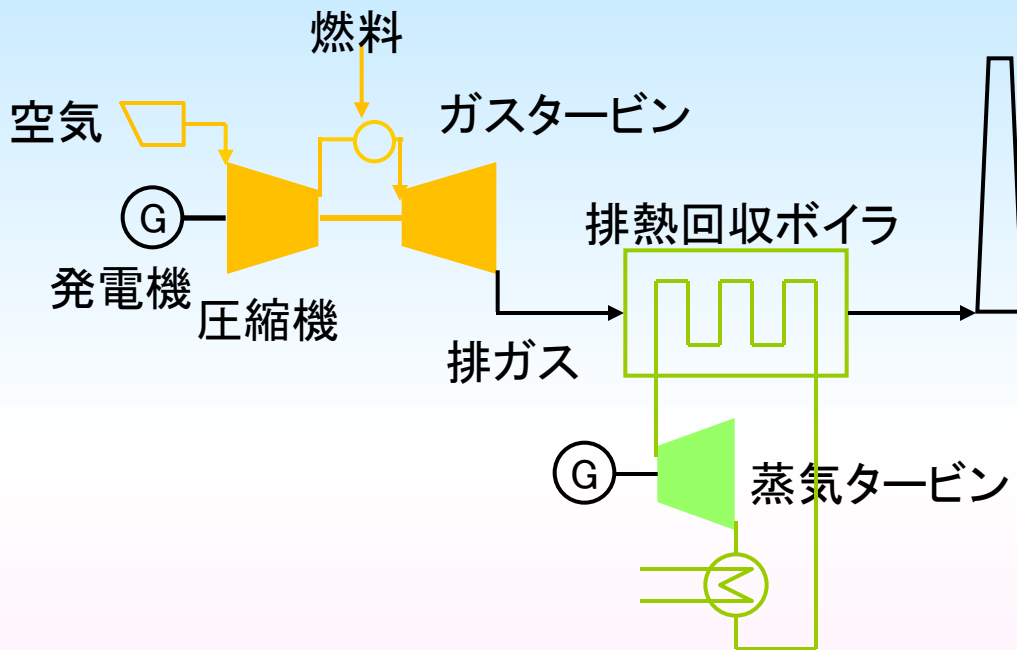


複合発電

ただし日本も世界で初めて
1600℃のガスタービンを実用化
し、世界をリードしつつある

複合発電サイクル

入口ガス温度上昇
→ 効率上昇



一粒で二度おいしい！

ガスタービンロータの例

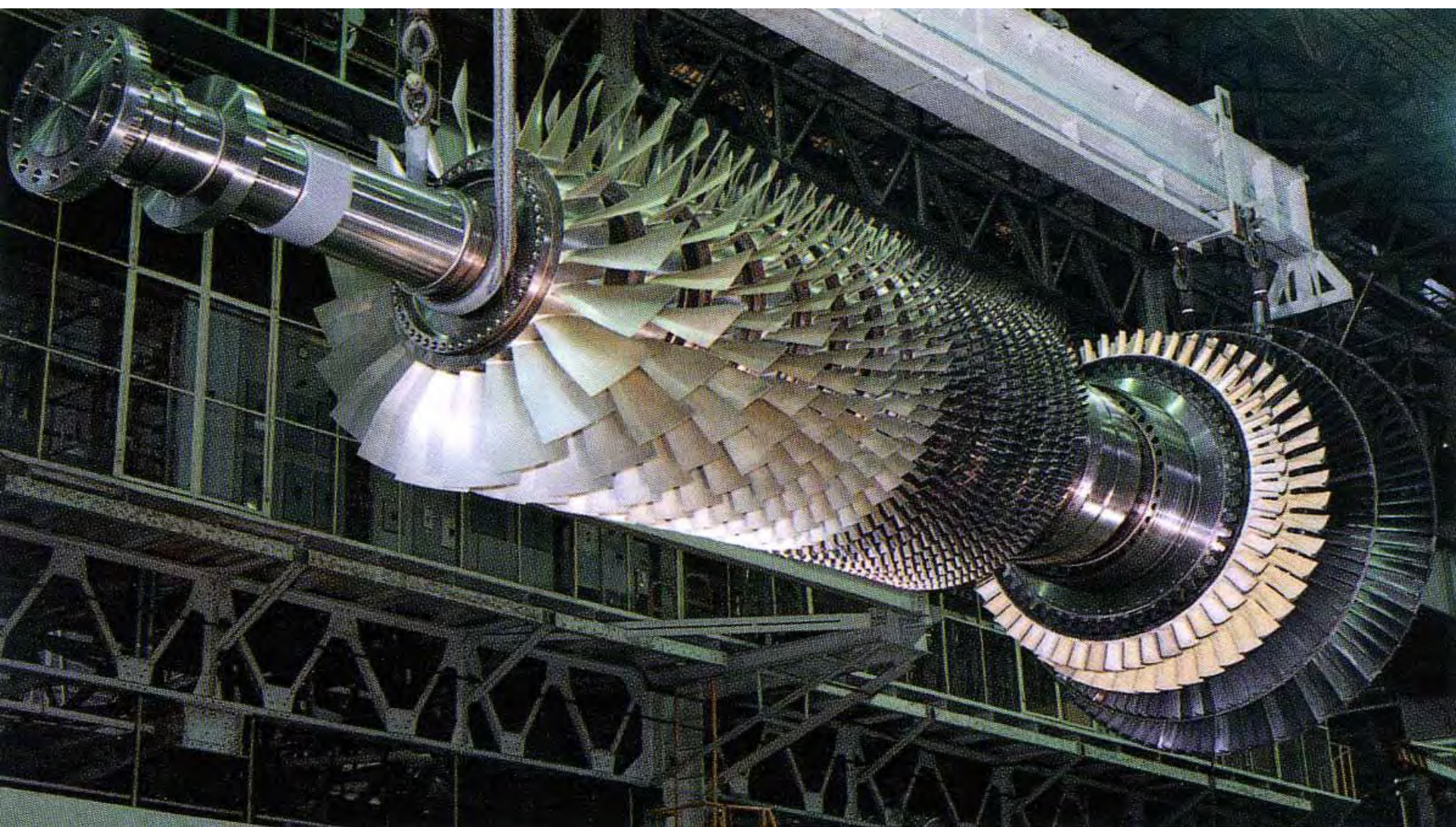


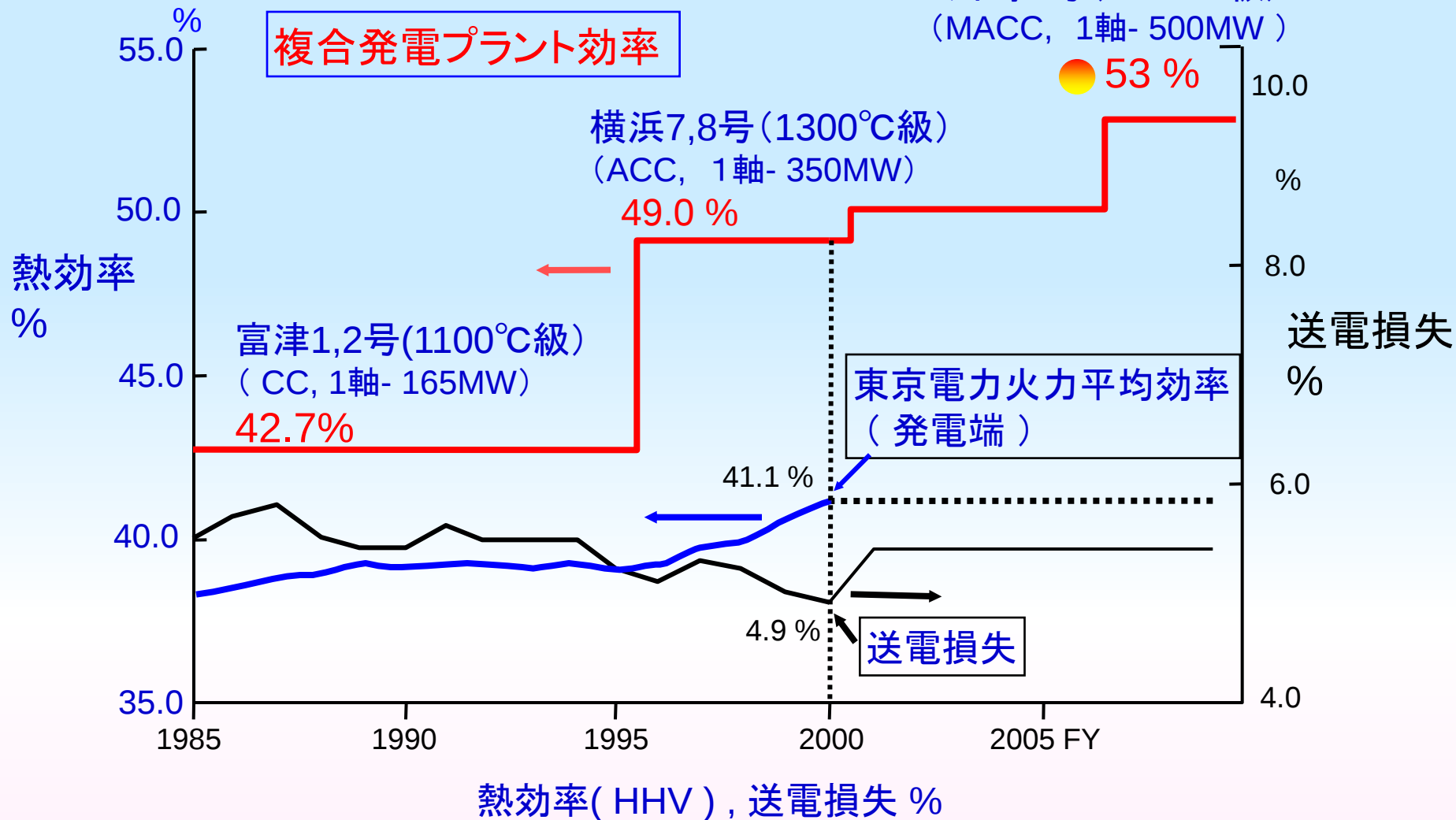
Photo : Courtesy of Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

ダブル複合発電 (LNG)

[東京電力の例]

川崎1号(1500°C級)
(MACC, 1軸- 500MW)

複合発電プラント効率



出典 : 東京電力環境行動計画報告 2001年, p.30

東京電力川崎火力1, 2号系列完成予想図



出典：東京電力

関西電力姫路第二発電所完成予想図



出典：関西電力

石炭火力も複合発電の時代に---



IGCC外観

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

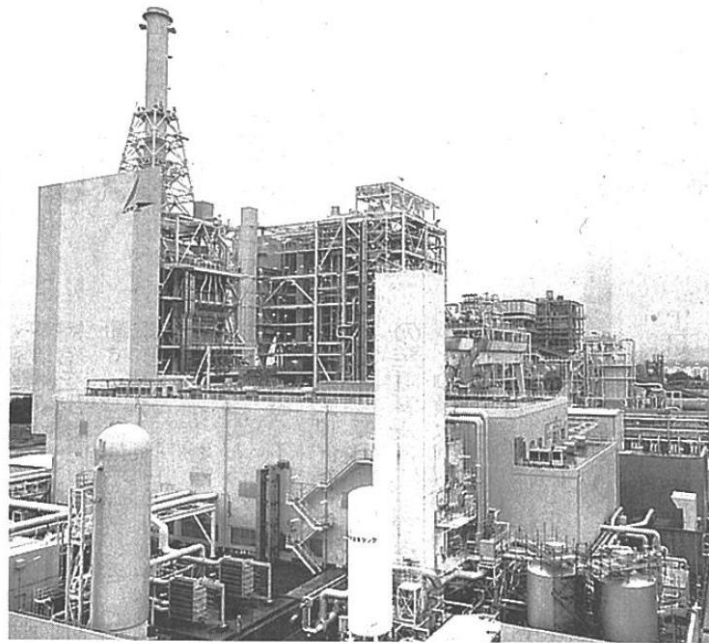
CCPは2001年に誕生した。沖繩を除く電力9社とJパワー（電源開発）が出資。出力25万キロワットの実証機が07年に完成し、試験が始まった。これまでの試験により十分な成果が得られたため、今年3月末で試験を終えた。IGCCは、発電効率が従来型石炭火力よりも2割ほど高い。ただ、常磐共火のIGCCは、実証機をそのまま商用化しているため、効率は超々臨界圧（USC）石炭火力並みの42%。商用設計IGCCの48%50%には及ばない。

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。

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

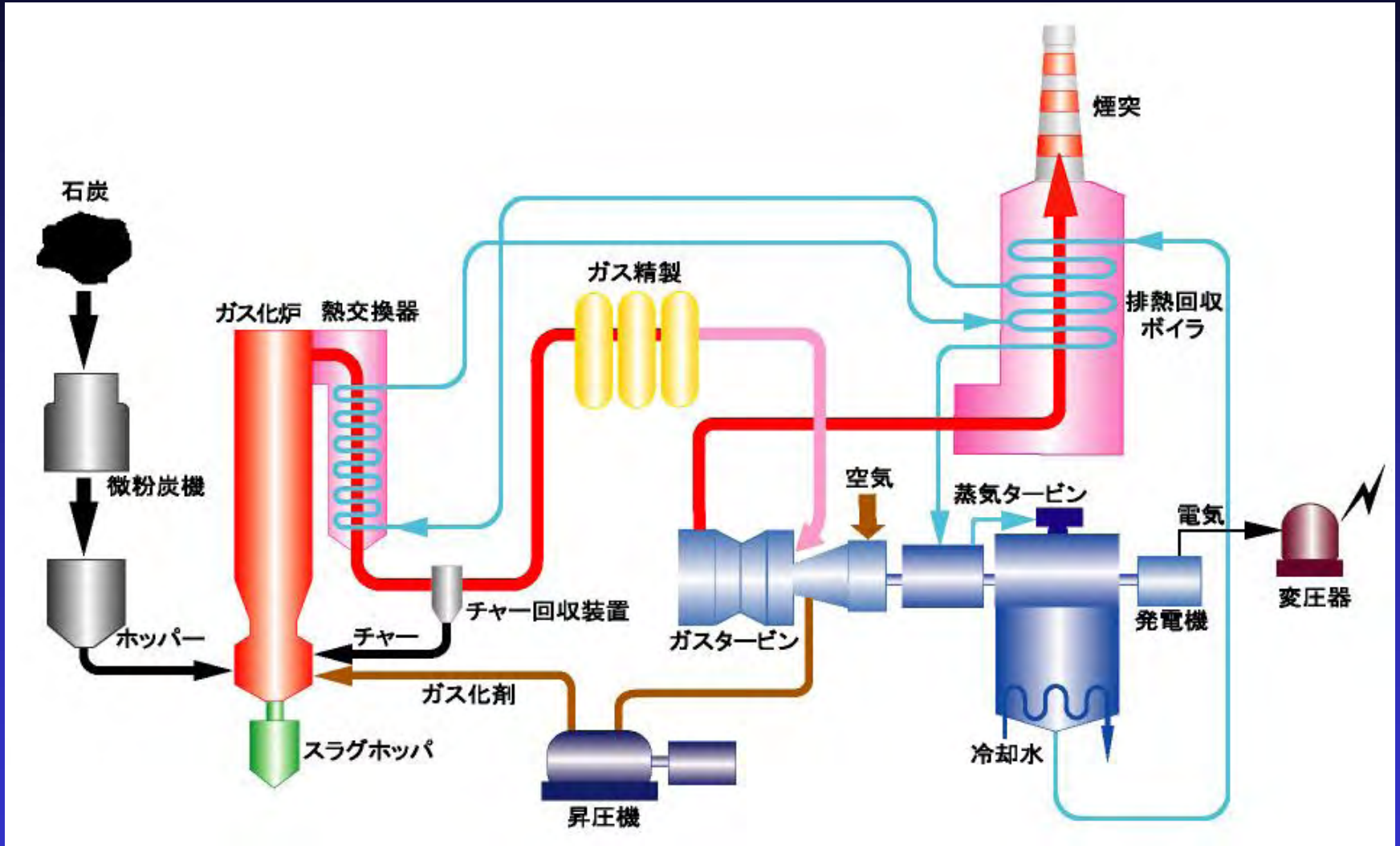
常磐共火 技術の成熟化目指す



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）

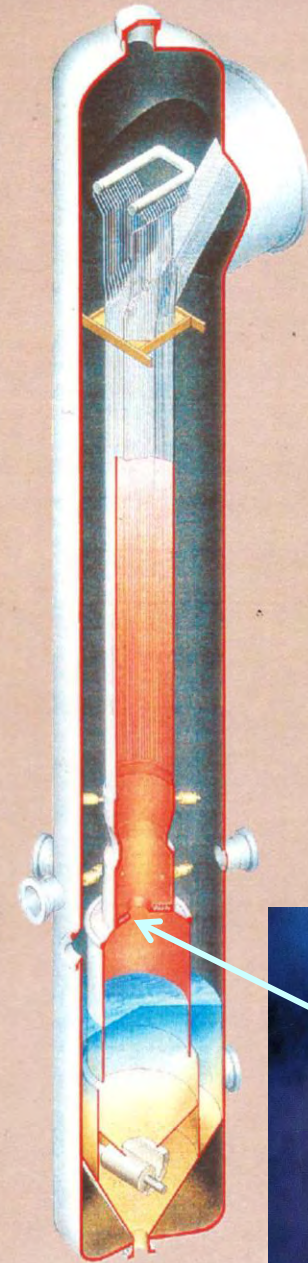
ダブル複合発電（石炭 — IGCC）



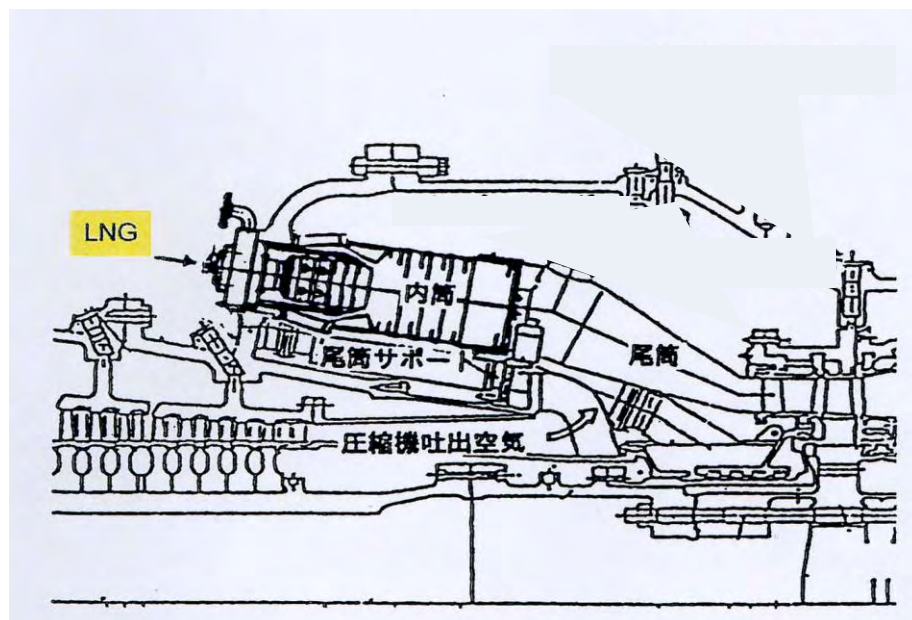
● プラント効率(送電端) : 46 – 48 % (HHV) !

石炭ガス化炉の特徴

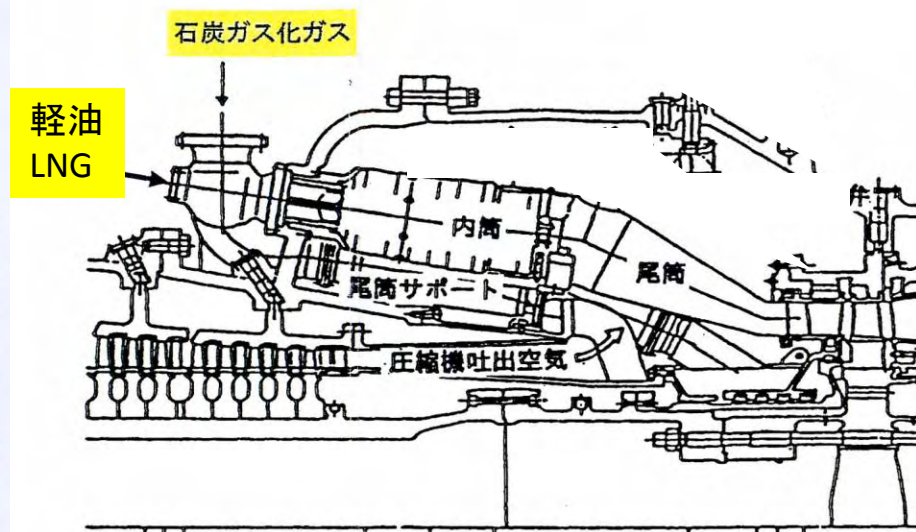
- 加圧容器に収納
- 噴流床方式
- 部分燃焼で石炭ガスを発生
- ガスタービンで燃焼可能となるので複合発電が可能(IGCC)
- 高効率に加え、微粉炭焚きに不向きな低灰融点炭が使える
- ガス化炉の連続運転で重要なのは溶融スラグの排出である
- 将来LNGの供給不安時、この石炭ガス化炉を追設することによりLNG複合発電をIGCCに転換できる



ガスタービン比較 (LNG用と石炭ガス化用)



LNG焚き用



石炭ガス化焚き用

IGCCではLNG専焼発電も可能

一つの燃料にすべてを依存する危険性

もともと軍艦は石炭焚きであった

教訓：
LNGのみに過度に
依存するのは危険

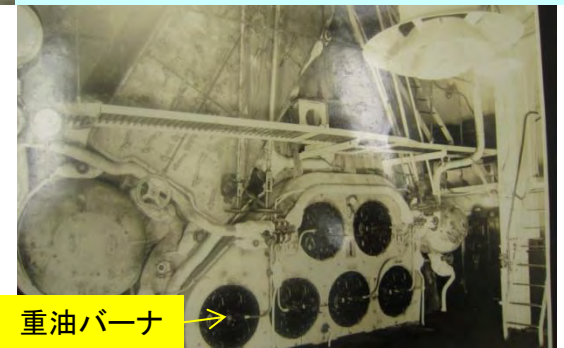


日本海軍の標準：艦本式口号ボイラ

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



重油バーナ

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!

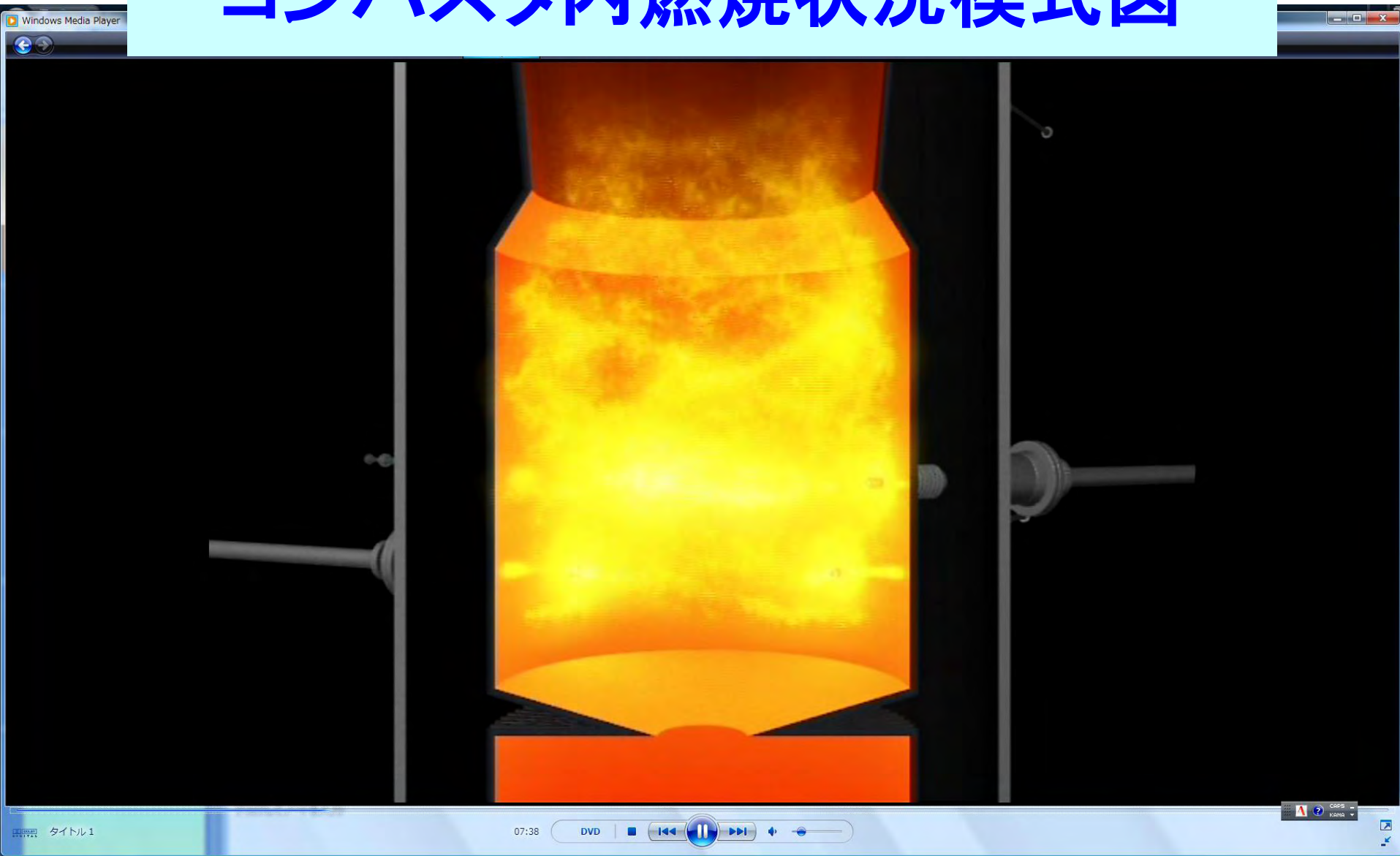


- リスクヘッジ
- 危険分散
- 交渉力オプション

● 手を拱いていては、まともな LNG の価格交渉もできない！

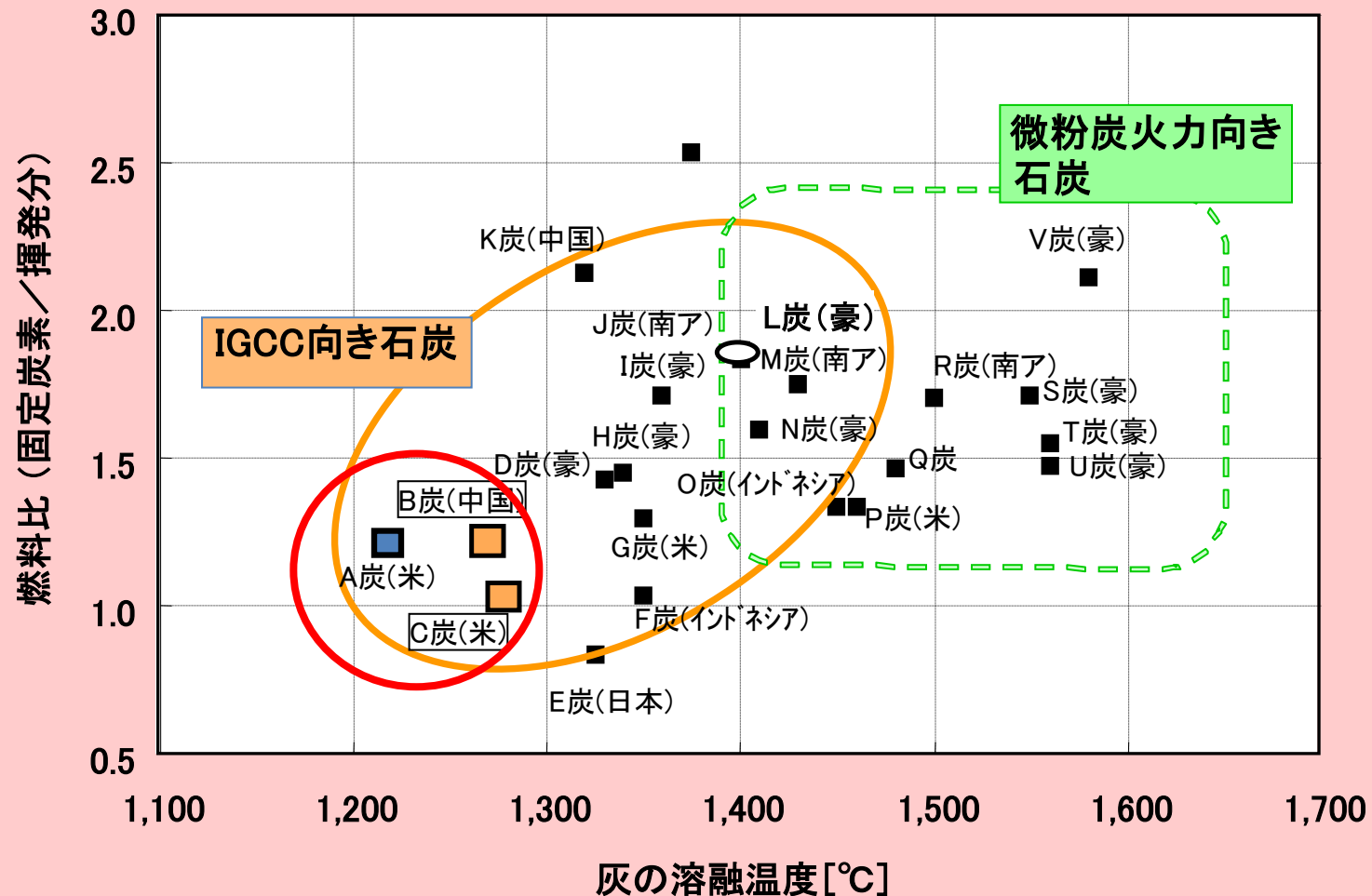
● 今、大事なことは世界最高効率の石炭火力を国内にしっかりと建設すること！

コンバスタ内燃焼状況模式図

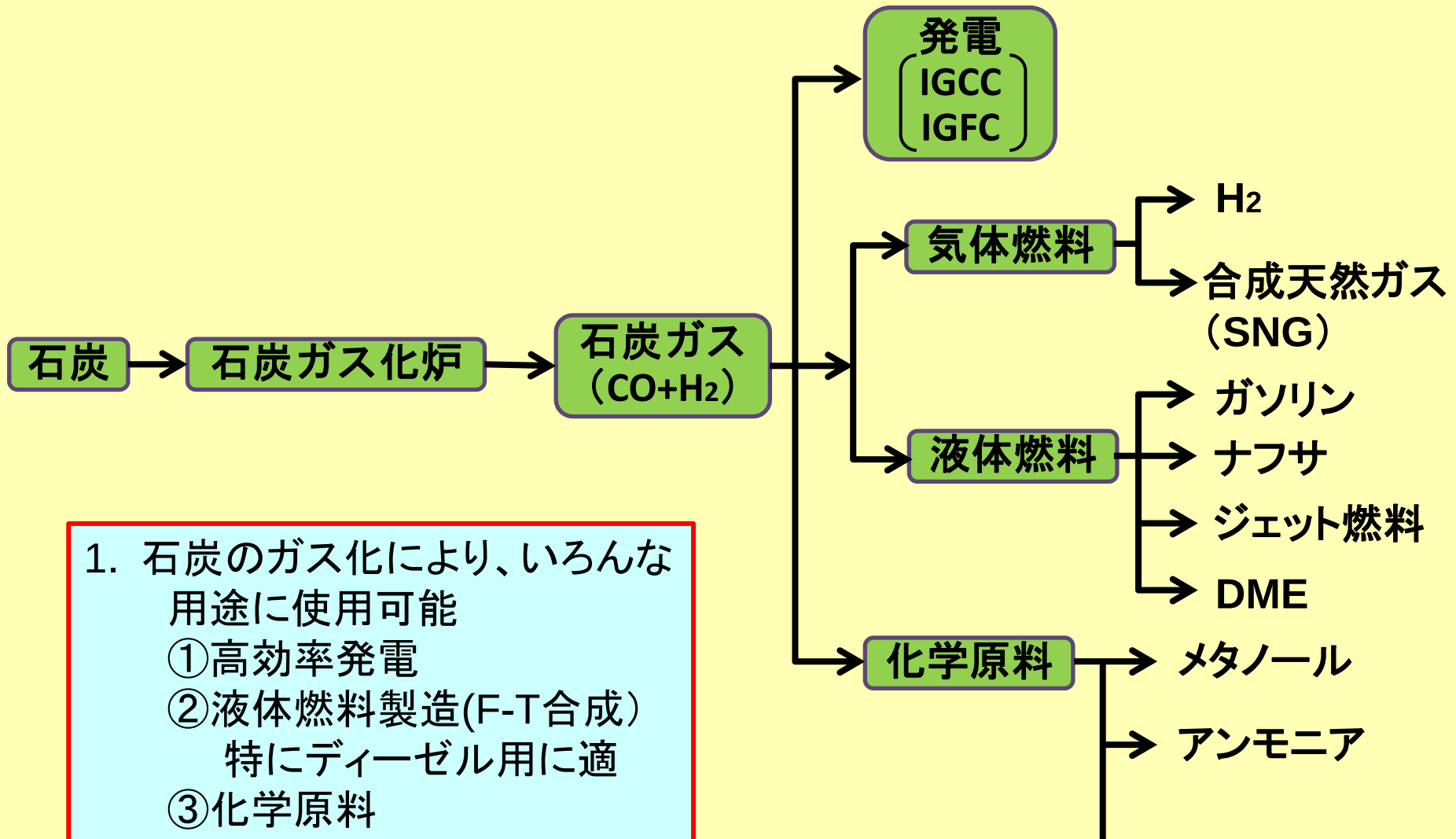


IGCC向きの石炭と微粉炭火力向きの石炭

灰の融点が高いと溶融したスラグが流れ易い



石炭ガス化の用途



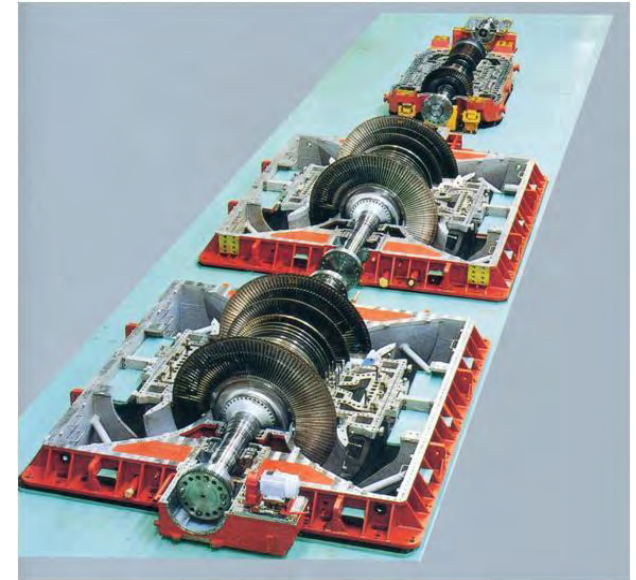
1. 石炭のガス化により、いろんな用途に使用可能
 - ①高効率発電
 - ②液体燃料製造(F-T合成)
特にディーゼル用に適
 - ③化学原料
2. 石炭と天然ガスとの互換性

機種と日本国内内製率

ボイラ



蒸気タービン

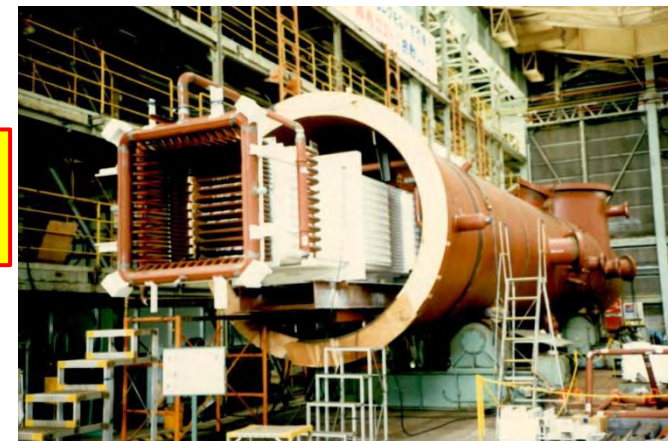


ボイラ: 大気圧
ガス化炉: 30気圧
→ 容積1/30

ガスタービン



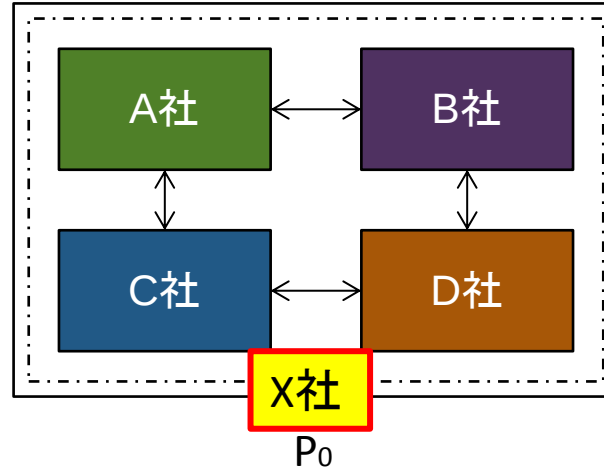
石炭ガス化炉



IGCCは最後まで
日本国内で生産

IGCC発電プラント国内生産の乗数効果

IGCC発電プラント

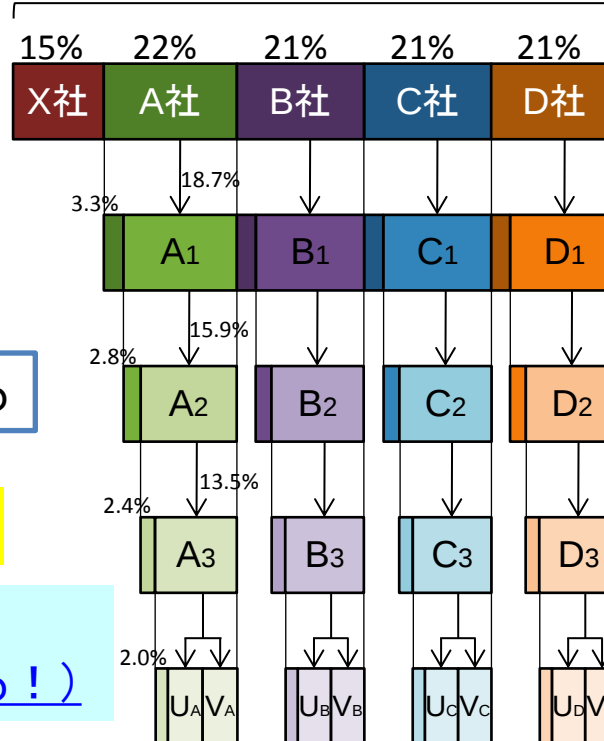


出力 : 50万kW
金額 : 1000億円 (P_0)
受注 : X社

1kW当りコスト=20万円とする

1000億円 $\times$ 4.0 = 4000億円

4000億円の経済効果
(しかも全額が国内で使われる！)



X社		$0.15P_0$
A社	$0.22P_0 (=P_1)$ $0.15P_1$	$0.22P_0$ $0.033P_0$
A1社	$0.85P_1 (=P_2)$ $0.15P_2=0.028P_0$	$0.187P_0$ $0.028P_0$
A2社	$0.85P_2 (=P_3)$ $0.15P_3=0.024P_0$	$0.159P_0$ $0.024P_0$
A3社	$0.85P_3 (=P_4)$ $0.15P_4$	$0.135P_0$ $0.020P_0$
UA社	$0.43P_4$	$0.058P_0$
VA社	$0.42P_4$	$0.057P_0$
B社	...	
C社	...	
D社	...	
合計		$4.0P_0$

$$\Sigma P = 4.0P_0$$

4倍の乗数効果

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！

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!



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
10号機: IGCC 25万kW

成美堂出版: 地図で読む東日本大震災より

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。これを浜通りに建てる構想の狙いは。



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連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あいている。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/?R_FLG=0&bf=0&ng=DGXNASFK2200E... 2013/01/23

月刊ビジネスアイ・エネコ誌: 2013年9月号

Business i. ENECO 月刊 ビジネスアイ エネコ

地球環境とエネルギー

持続可能(サステナブル)な社会のあり方を提言するエネルギー・環境誌

- 特別寄稿「オバマ米大統領、今再びの温暖化対策」竹内 純子
●失敗しないメガソーラープロジェクトはこう進める!
●中国に吹く風〜エネルギー & 環境最新事情
●「原発再稼働が4日早まれば40億円」の愚痴
●松本真由美の環境・エネルギーDiary
●わが社の環境経営 東京ガス

2013
9
September

編集長が聞く!

瀬川 浩司 東京大学先端科学技術研究センター教授
“次世代”太陽電池が電気の未来を変える!
蓄電機能を内蔵した太陽電池の試作品も登場!?

特集

石炭火力発電の実力

特集 石炭火力発電所の実力

ここまで進化している日本の石炭火力 IGCCが安価な電力供給や内外の温暖化防止に貢献



東京大学生産技術研究所 エネルギー工学連携研究センター 特任教授 金子 祥三

日本が世界に誇る石炭火力技術に石炭ガス化複合発電(IGCC)がある。固体である石炭を粉砕し、高温のなかで燃料ガスを生成。この燃料ガスでガスタービン回し、そこで出た高温の排ガスで蒸気を発生させ蒸気タービンでも発電するというものだ。安価な石炭を使って経済性があり、発電効率も抜群。排ガスも天然ガス並みにクリーンとなっている。IGCCの開発動向を概観するとともに、福島県の浜通りに導入して復興の起爆剤にする“浜通りクリーンコールハイウェイ構想”を紹介したい。

はじめに…なぜ日本に石炭火力が必要か?

まず、はじめに日本にとって石炭がどうして大きな意味を持つのかについて説明する。およそ世界の先進国の中で、唯一日本のみ持つ稀有な条件…それはエネルギー自給率の異常なまでの低さで4%に満たない。このように国の存立の基盤が異常なまでに脆弱であり、化石燃料のほとんどを海外からの輸入に頼るという薄氷を踏む思いの毎日であることを認識しなければならない。その燃料の輸入は工業製品の輸出によって初めて可能となっているのであるが、その工業製品の輸出は高い性能・品質と適正な価格によって初めて可能となる。しかし、その価格維持のためには良質で安価な電力が不可欠であり、そのような電力は石炭火力の存在なしには実現できないのである。

石炭のメリット

石炭のメリットは次の3点に要約

できる。

- ①埋蔵量が豊富で、世界中にまんべんなく賦存している
- ②価格が安定しており安価である
- ③安い電力は、通常の国では石炭火力がベースになっている

この中で特に特筆したいのは、大産炭国が同時に大消費国であるケースが多く、これが価格を常に適正水準に保つスタビライザの役目を果たしていることである。発電を大きく石炭に依存している国としては、中国、インド、オーストラリア、米国、ドイツなど超大国がほとんどである。これに対し、石油の大生産国はサウジアラビアであるが、消費はわずかである。このような場合、“価格は高ければ高いほど良い”という産油国の論理が常に優先し、価格上昇の恒常的な圧力となる。“何かをきっかけに価格上昇”というリスクが常に存在するのである。

石炭のデメリット

石炭のデメリットは次の3点に要

約できる。

- ①二酸化炭素(CO₂)の発生量が多い
- ②ダーティイメージ…ばいじん、硫酸化合物(SOx)、窒素化合物(NOx)が発生する
- ③灰処理が必要

石炭は化石燃料の中でも、可燃成分中の炭素の割合が多い(炭素:水素≒95:5 ※重量比)。これは石油(炭素:水素≒85:15)や天然ガス(炭素:水素≒75:25)と比べるとかなり多いので、同一の発電効率であればCO₂発生量がどうしても多くなってしまう。このため、特に石炭火力に対しては“高効率発電技術”が重要となってくる。

ばいじん、SOx、NOxについては、幸い日本の公害防止技術は世界トップであり、きちんとした設備を設置さえすれば万全の対策が可能である。

また、通常石炭中には15%程度の灰分が含まれているが、これもセメント原料などに有効利用する技術が確立している。このようにCO₂間

米国 Duke Energy社 Edwardsport : IGCC商用機 761MW

(米国インディアナ州)

➤ 2013年6月7日 営業運転開始

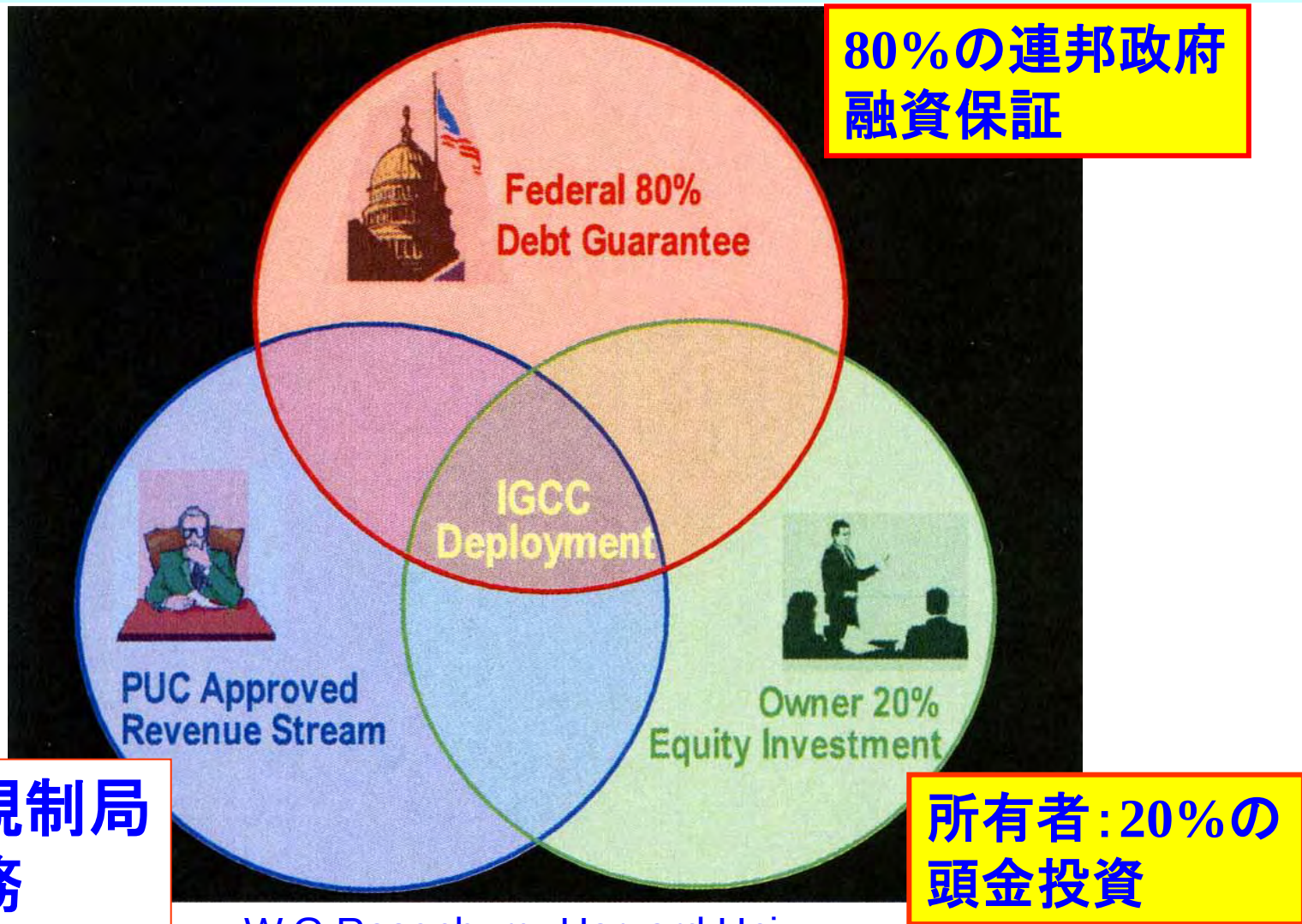


石炭ガス化炉は高さおよそ100m

但し、日本のIGCC技術は世界でダントツにトップ

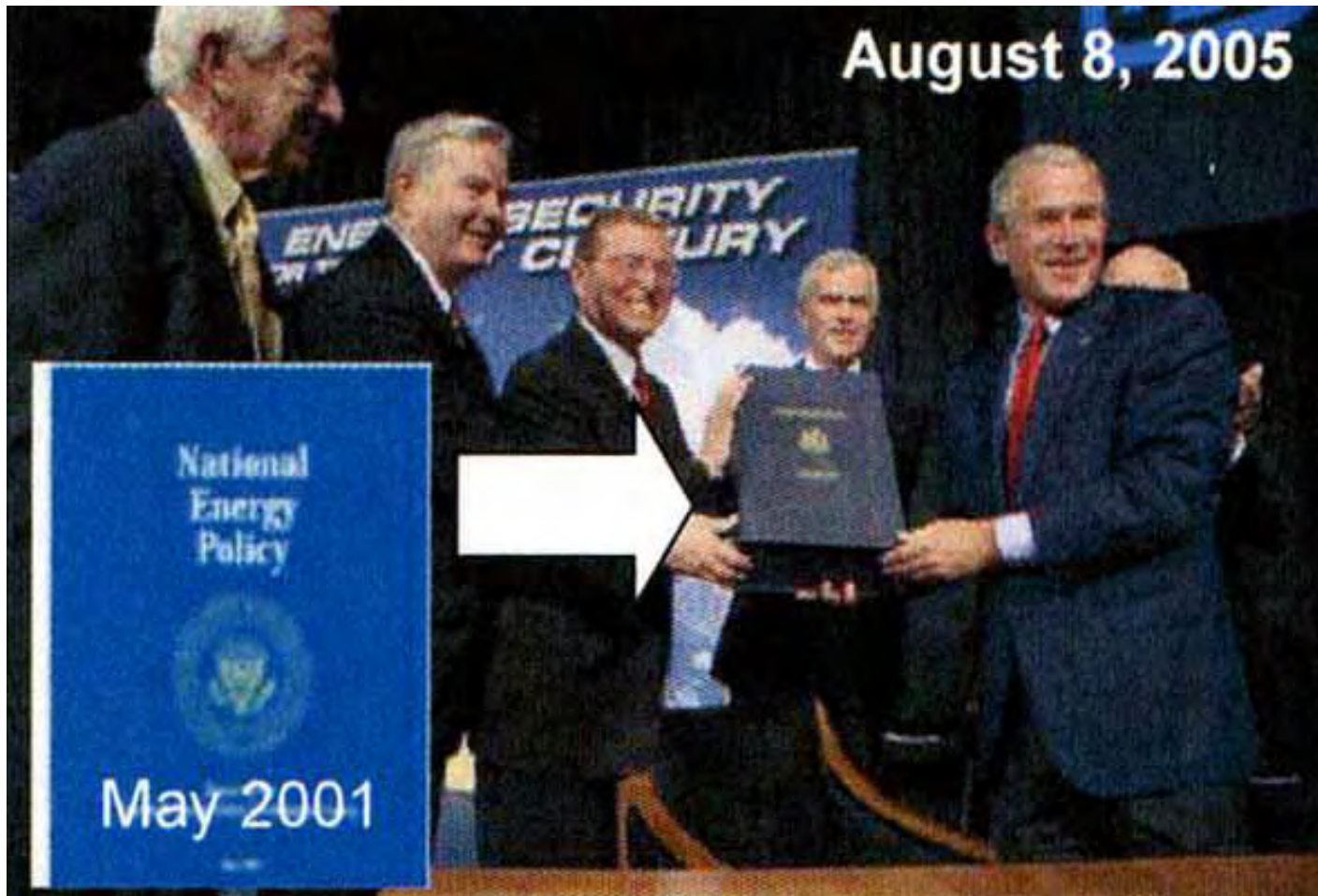
米国のIGCC支援策

3 Party Covenant → 2005EPACTの原点



W.G.Rosenburg, Harvard Univ.

エネルギー政策法(EPACT2005)の成立



オバマ政権にも引き継ぎ

米国のクリーンコール支援策

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) 実質的に費用の2~3割程度を補助
- 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)

➤ 2005年エネルギー政策法
(EPACT2005)

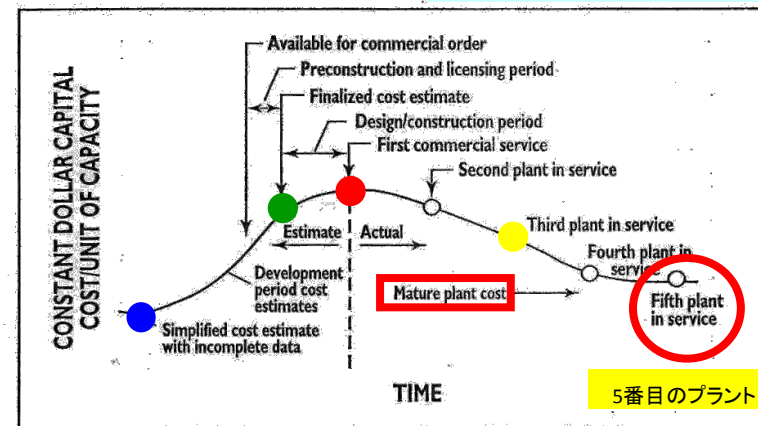
➤ 2009年米国再生・再投資法
(ARRA2009)



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)

出典: TAPPI JOURNAL, December 1997, p.54

● 勿来 10号機250MW IGCC

- 
- 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)
 - 2011.6.28に勿来10号機として商用運転を開始後、12月3日現在で3800時間の連続運転世界記録を達成し、なお継続中

➤ 4か月間ノンストップで
連続運転継続中

石炭ガス化ができて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・・・約200基
- 現在世界中で運転中の25～30万kW級のIGCC・・・・・・・6基

- 石炭ガスを得るのが目的か
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熱交換器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)

いよいよ石炭もIGCCの時代に！

電氣新聞

2013年(平成25年)
12/2(月)
第27459号
©日本電気協会2013

ENERGY & ELECTRICITY

The Denki Shimbun

復興電源 雇用創出へ

IGCC計画の概要
IGCC計画の概要は、東電の石炭火力発電所、福島県いわき市にある復興電源に、50万kWのIGCCを2基建設すること。福島県いわき市にある復興電源に、50万kWのIGCCを2基建設すること。福島県いわき市にある復興電源に、50万kWのIGCCを2基建設すること。

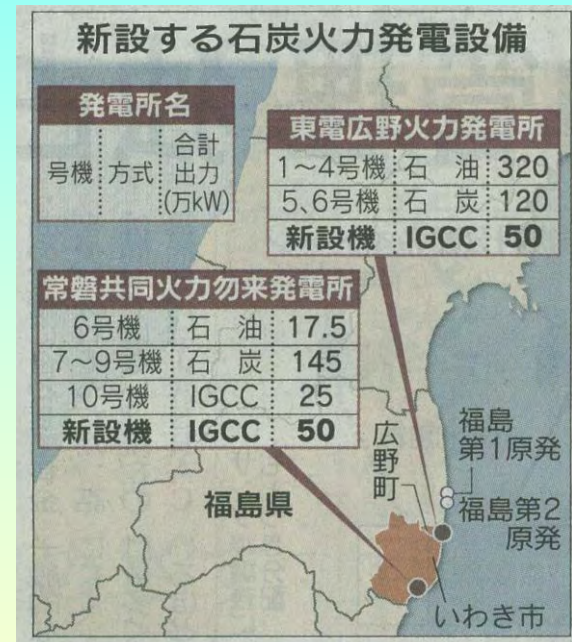
三菱系と 50万キロワット級2基

東電、福島にIGCC

東電は、福島県いわき市にある復興電源に、50万kWのIGCCを2基建設すること。福島県いわき市にある復興電源に、50万kWのIGCCを2基建設すること。福島県いわき市にある復興電源に、50万kWのIGCCを2基建設すること。

---日本経済新聞(2013年11月23日)---

- 福島県に50万kW のIGCC商用機を2基建設。
- 2020年までに完成。
- 1基は常磐共同火力発電株式会社勿来発電所に、もう1基は東京電力広野火力発電所に建設。

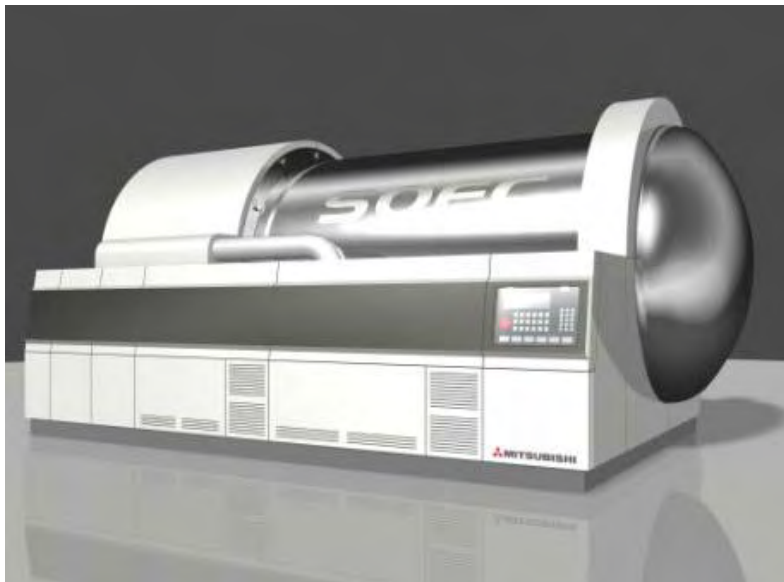


(電氣新聞:2013年12月2日)

第3世代:トリプル複合発電: 高温型燃料電池+ガスタービン+蒸気タービン

ダブル複合発電からトリプル発電への布石を！

今こそ歴史的転換の第一歩を！

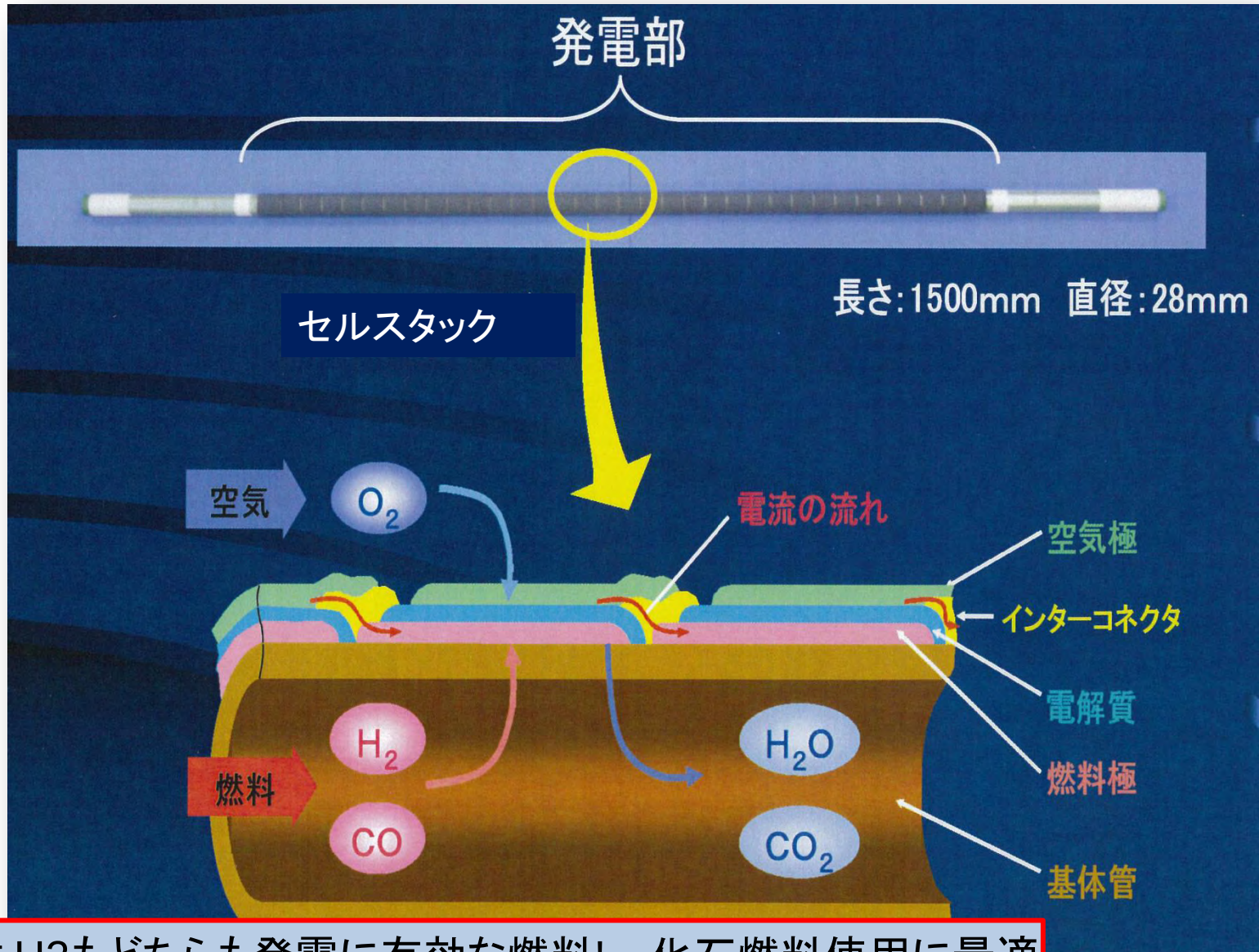


分散型電源



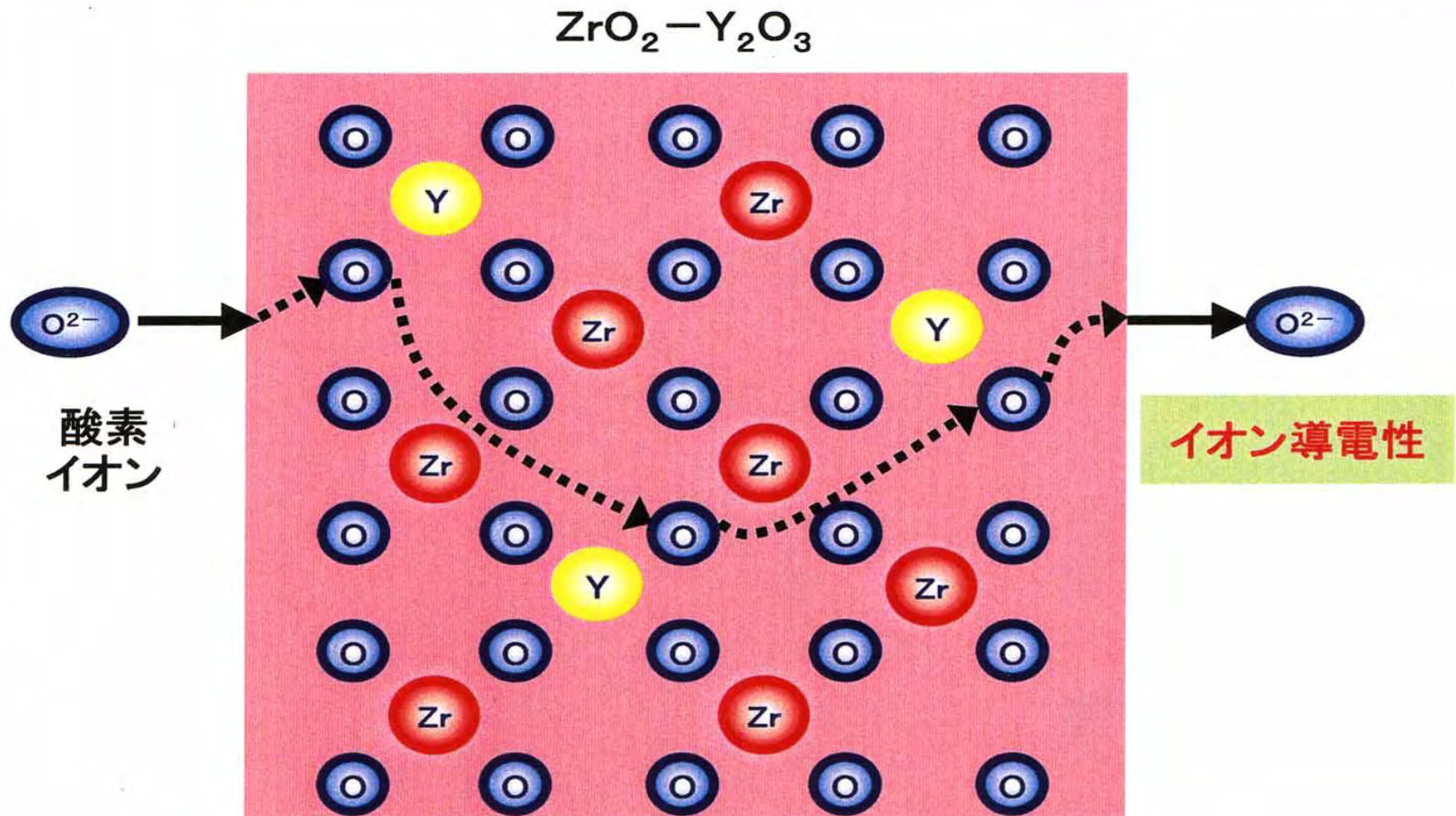
大容量火力発電所

高温型燃料電池：固体酸化物型(SOFC)の構造



COもH₂もどちらも発電に有効な燃料!→化石燃料使用に最適

SOFC電解質の特徴



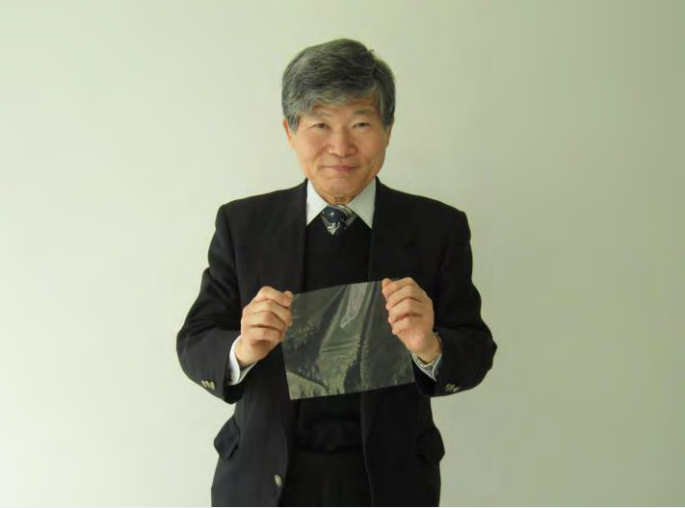
Zr(4価)とY(3価)の差で格子欠陥→分圧差で O^- が移動

SOFC:

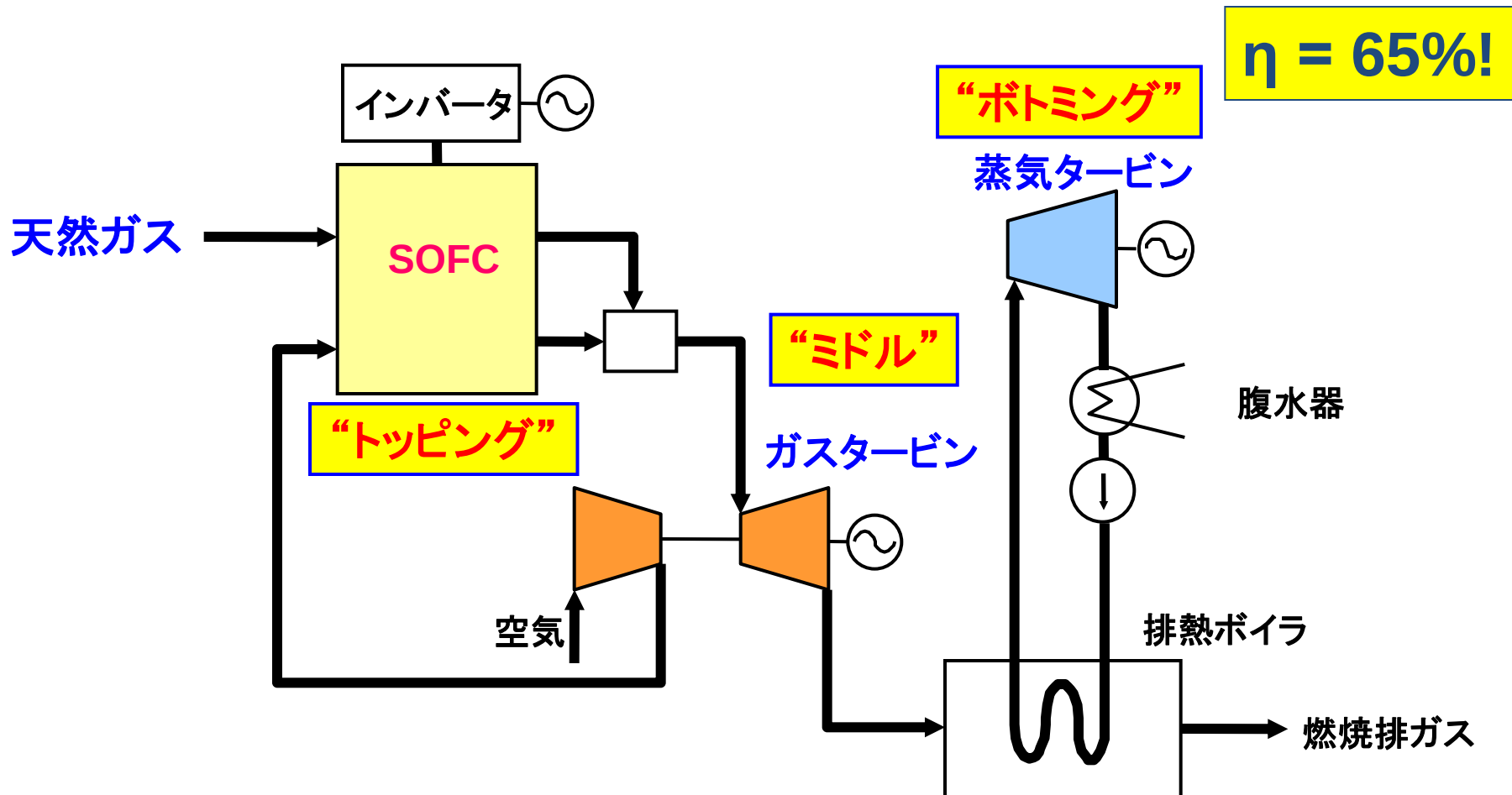
第3世代の火力発電
の切り札!

これ1本で150Wを発電



種類	固体高分子型燃料電池 (PEFC)	固体酸化物型燃料電池 (SOFC)
燃料	H ₂ のみ	H ₂ , CO
作動温度	～80℃	～1,000℃
特徴	●低温のため複合発電不可 ●低温のため活性化にPtが必要 ●電解質は高分子膜(ポリマー)	●高温のため複合発電可能 ●燃料がメタンCH₄などの場合エクセルギー再生により効率2割UP CH₄+H₂O→CO+3H₂-205kJ/mol
		
用途	●燃料電池自動車 	●大型火力発電所 ●エネファームもSOFCに 

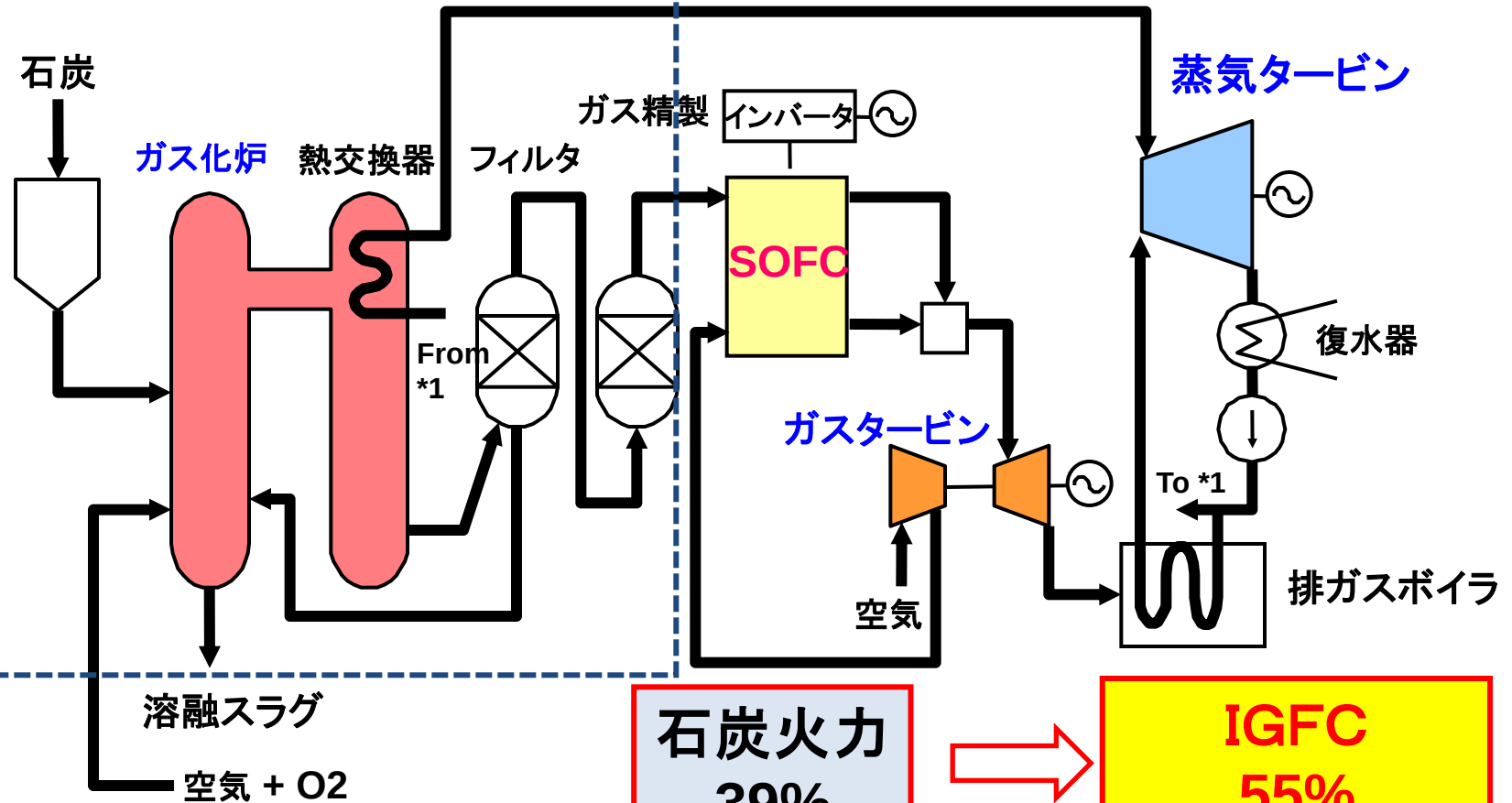
トリプル複合発電 (LNG)



トリプル複合発電：
高温燃料電池 (SOFC) とガスタービン・蒸気タービンの組み合わせ

石炭ガス化トリプル複合発電 (IGFC) (石炭ガス化とSOFCの組合せ)

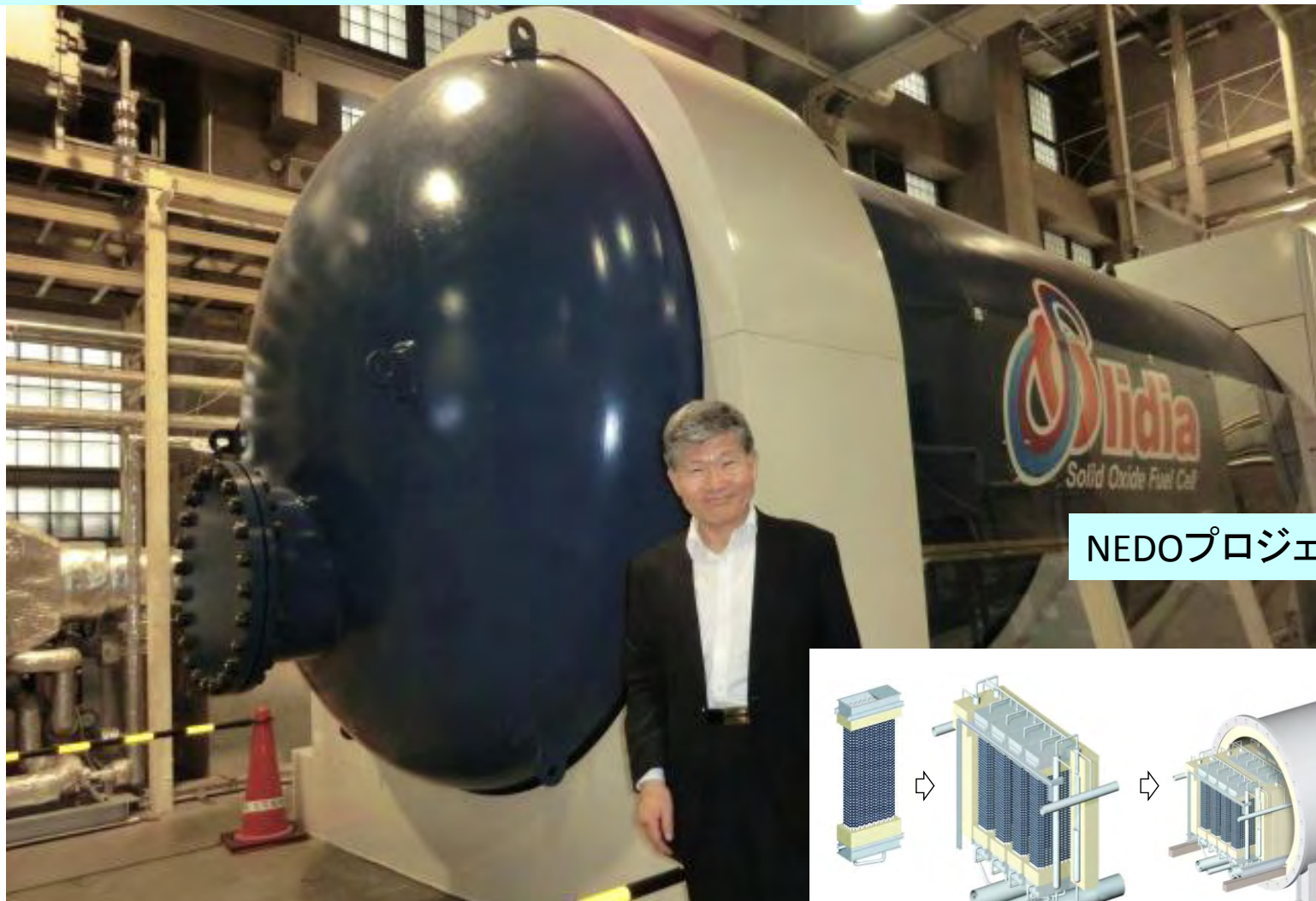
ガス化炉およびガス精製



250kW SOFC ハイブリッドシステム (東京ガス千住)

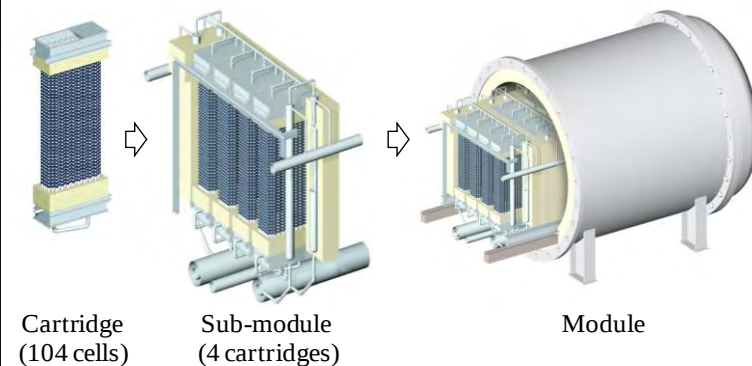
SOFCとマイクロガスタービンの組み合わせ

効率55% (低位発熱量基準)

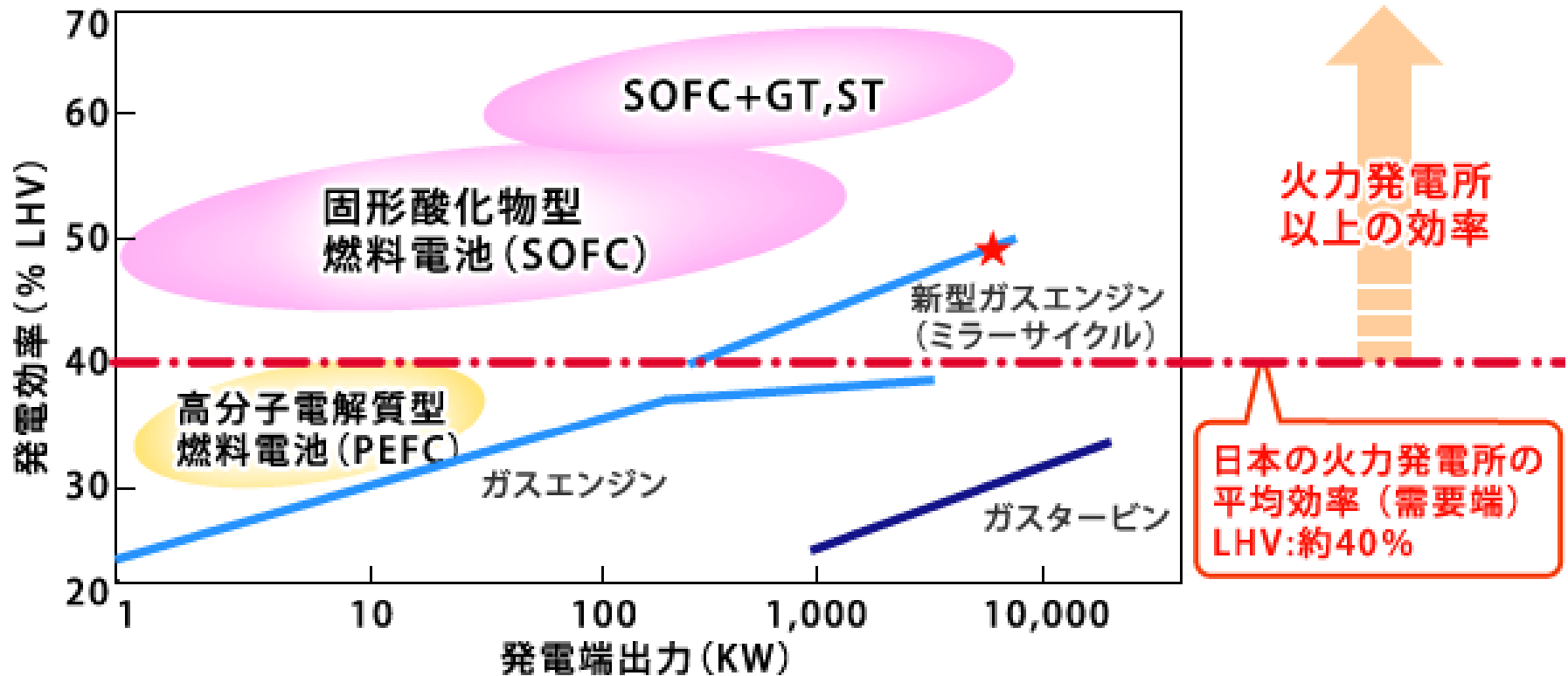


NEDOプロジェクト

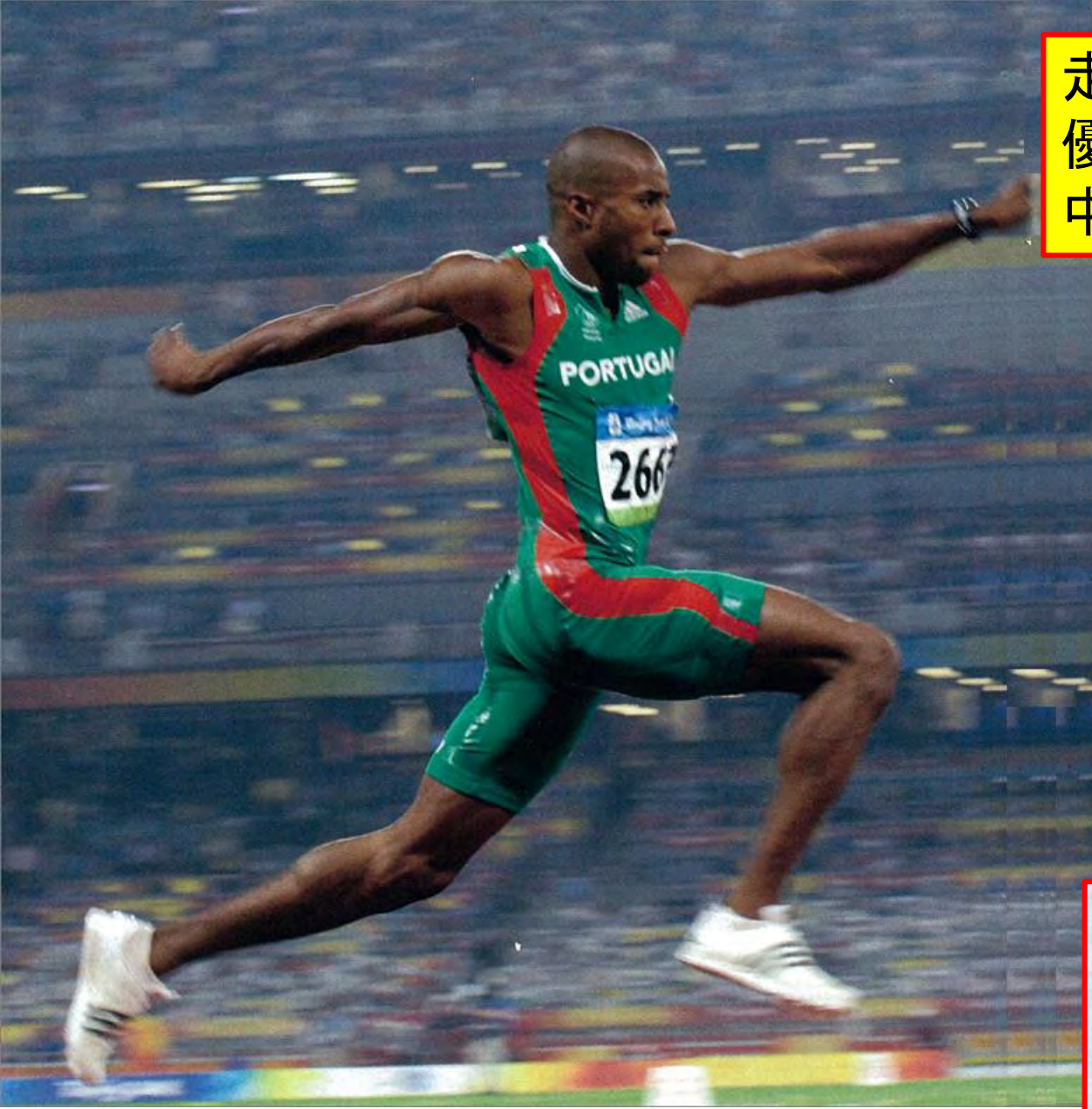
➤ 2013年9月には4000時間連続運転を達成!



SOFCおよびトリプル複合発電の高効率性



出典: 経済産業省ゼロ・エミッション・ビルの実現と展開に関する研究会
資料「ZEB実現に向けたエネルギーの面的利用について」
コージェネレーション・エネルギー高度利用センター
http://www.ace.or.jp/web/chp/chp_0040.html



走り幅跳びのオリンピック
優勝者でも、三段跳びの
中学生に勝てない！

トリプル発電の凄さ！



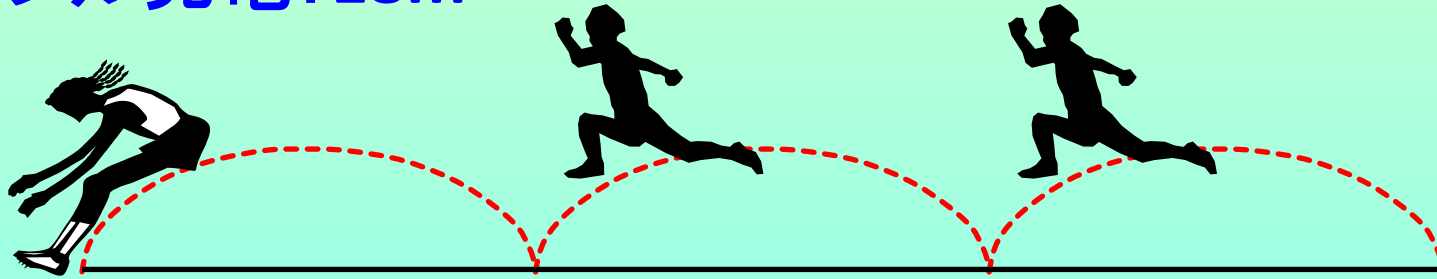
日本全国の火力発電を
すべてトリプル発電に置換
えれば、理論的には原子力
ゼロをカバーできる

トリプル発電は三段跳び



トリプル発電: 18m

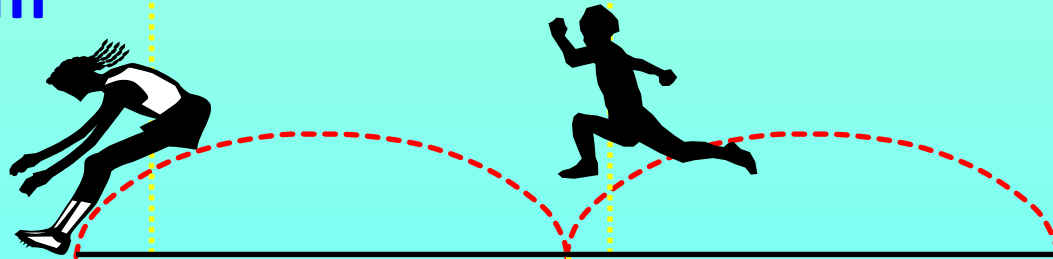
天然ガス 65%: 石炭 55%



三段跳び

ダブル発電: 13m

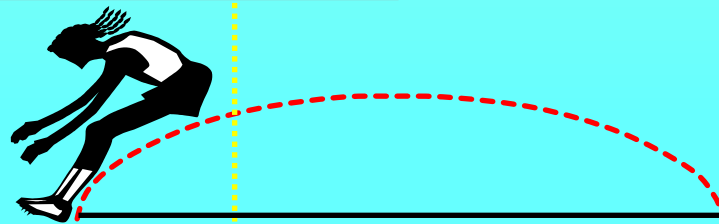
天然ガス 55%: 石炭 48%



二段跳び

シングル発電: 8m

天然ガス 41%: 石炭 42%

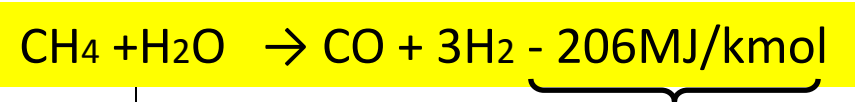


一段跳び
(走幅跳び)

[注] 発電効率はいずれも高位発熱量基準、送電端

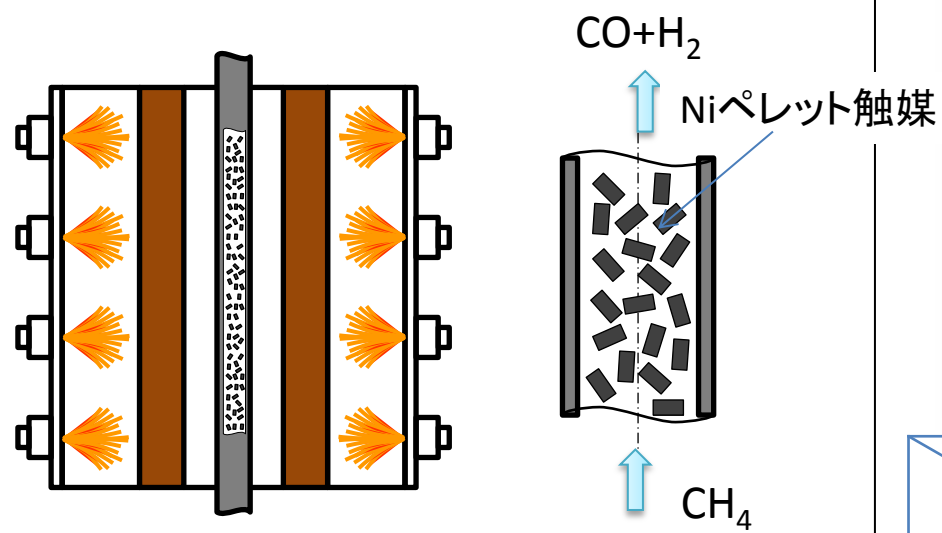
天然ガスのトリプル複合発電の効率は何故高いか？

水蒸気改質反応

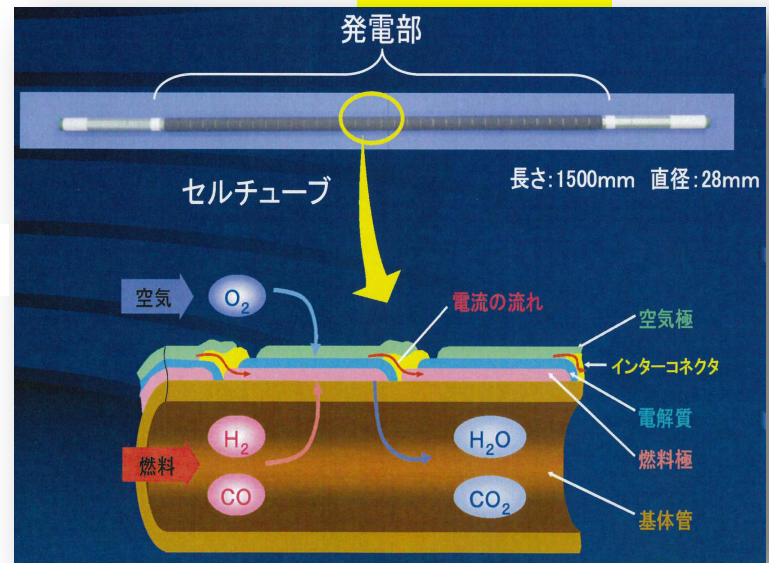


吸熱反応

燃料改質装置(リフォーマー)



触媒反応管の中にNiのペレット触媒が入っており、これにCH₄が接触してCOとH₂に分解される。これは吸熱反応なので燃料の約2割を消費する

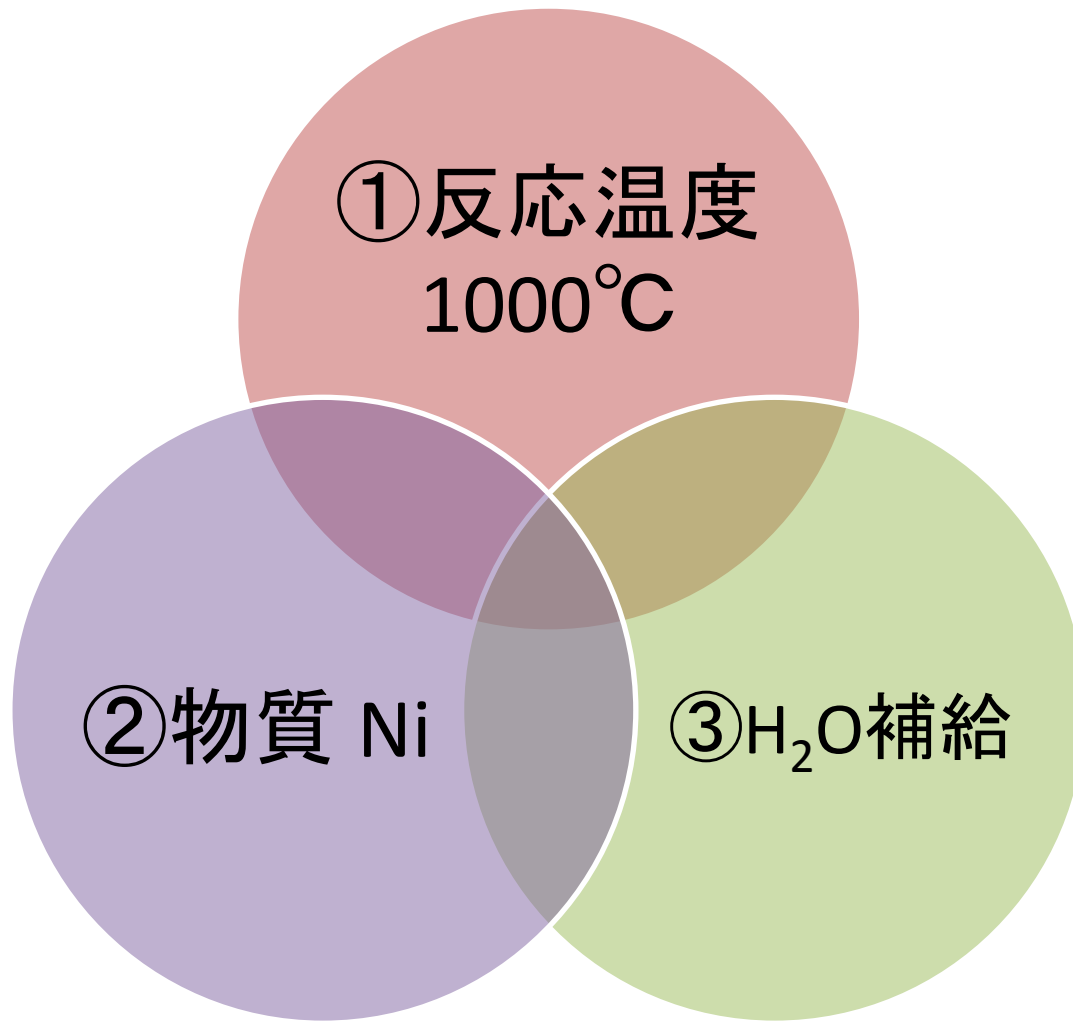


	リフォーマ (水蒸気改質反応)	SOFC
作動温度	1000℃	1000℃
使用金属	反応触媒: Ni	燃料極: Ni
☆偶然とはいえ、ものの見事にエクセルギー再生が成り立っている		

何故SOFCは65%の高効率が実現できるのか？(1/2)

	燃料改質装置	SOFC
①動作温度	～1000℃	～1000℃
②物質	改質触媒: Ni	電極(燃料極): Ni
③H ₂ O補給	予め燃料CH ₄ にH ₂ Oを加える	発電に伴い自動的にH ₂ O生成 CO+H ₂ +O ₂ →CO ₂ +H ₂ O
[反応]	$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2 - 205\text{kJ/mol}$ ● 吸熱反応を進めるための熱量は外部バーナからの燃焼熱で補給 →改質反応のため、効率は2割ほど落ちる	$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2 - 205\text{kJ/mol}$ ● 吸熱反応を進めるための熱量はSOFCの発電に伴う発生熱で自動的に補給 →エクセルギー再生により排熱が化学的エネルギーに変換

何故SOFCは65%の高効率を実現できるのか？(2/2)



この3つがたまたま成立

偶然？

エクセルギー再生の稀有な例
柳の下にドジョウは2匹としない

なぜ天然ガス焚きトリプル複合発電は驚異的な高効率が可能か？



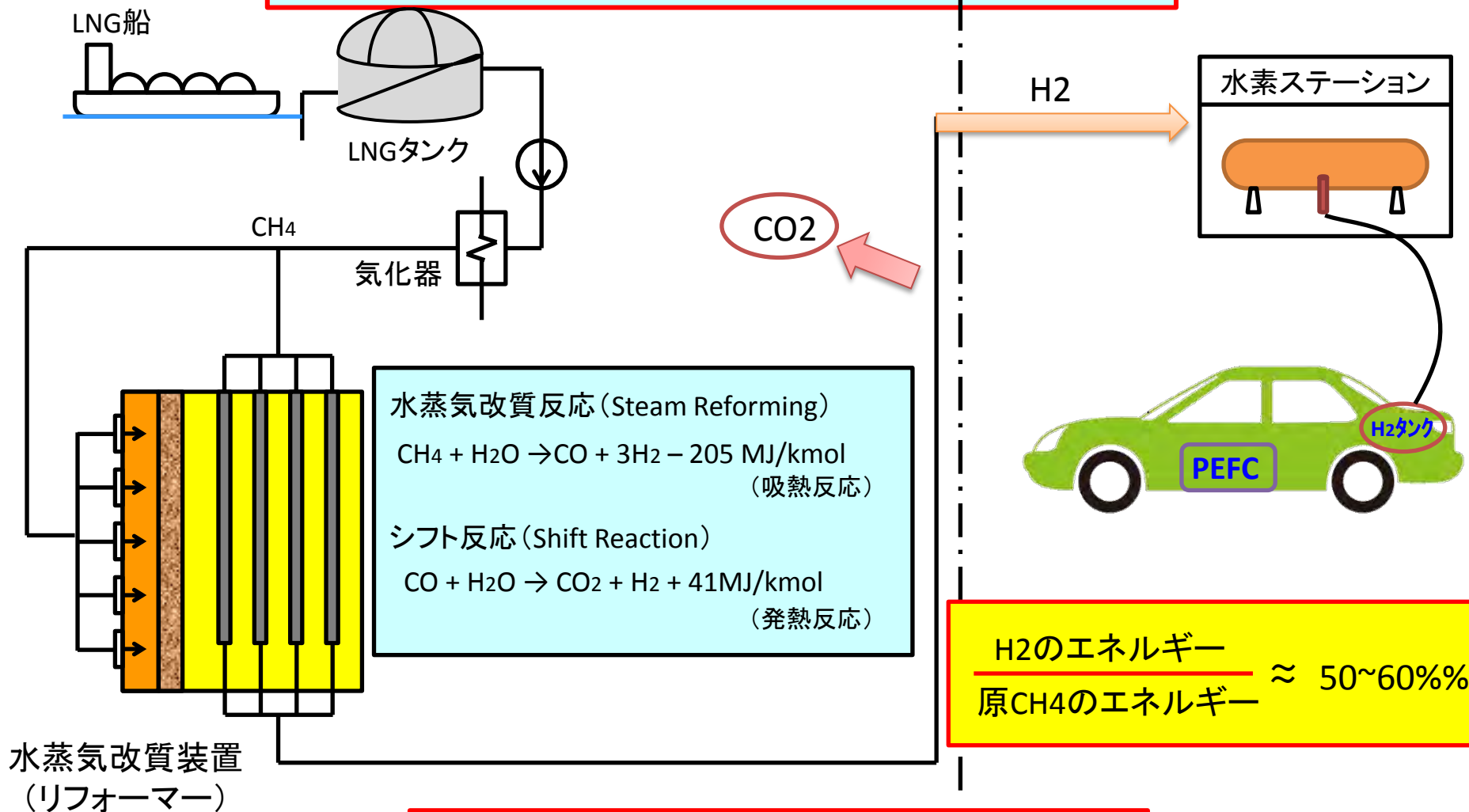
柳の下にどじょうは
二匹はいない！

現時点で唯一可能な
エクセルギー再生の例

このような偶然は二度と起こらない！

燃料電池自動車は何故実現しない？

水素の経済的な安定供給の見通しが全くない！



当面水素の時代は来ない？

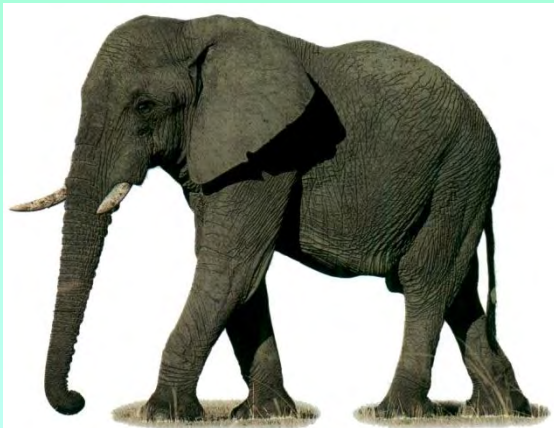


2. 再生エネルギー利用と課題

- 熱機関・動力機械を扱う時はスケールアップ則（相似則）が重要
 - ➡ 一般に大きいものほど効率が高く有利
 - ➡ ただ重力の支配下では、大きいものほど相対強度が弱くなる
- Critical Factorが強度であることが多いことに注意

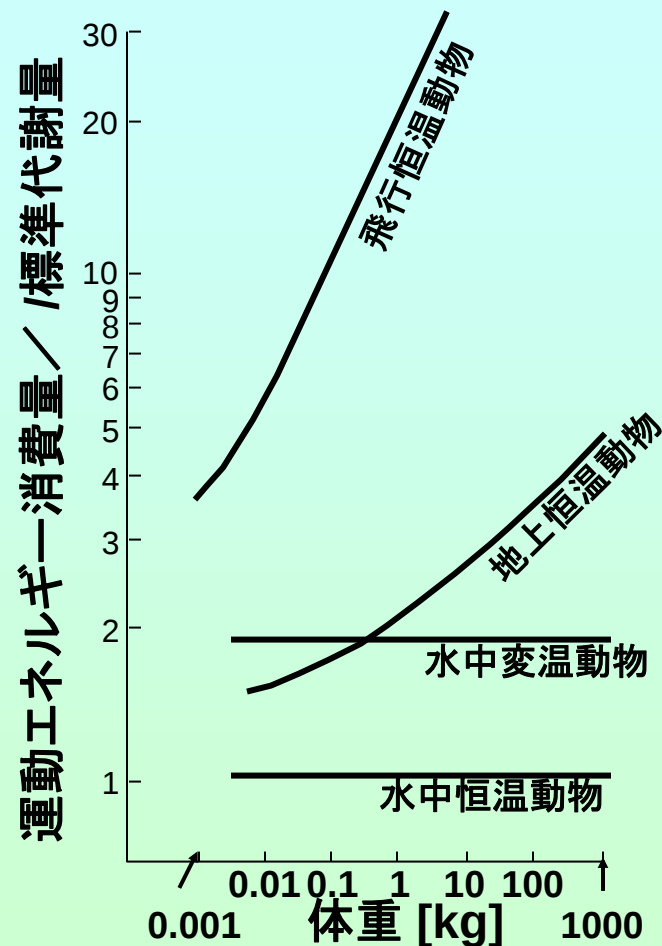
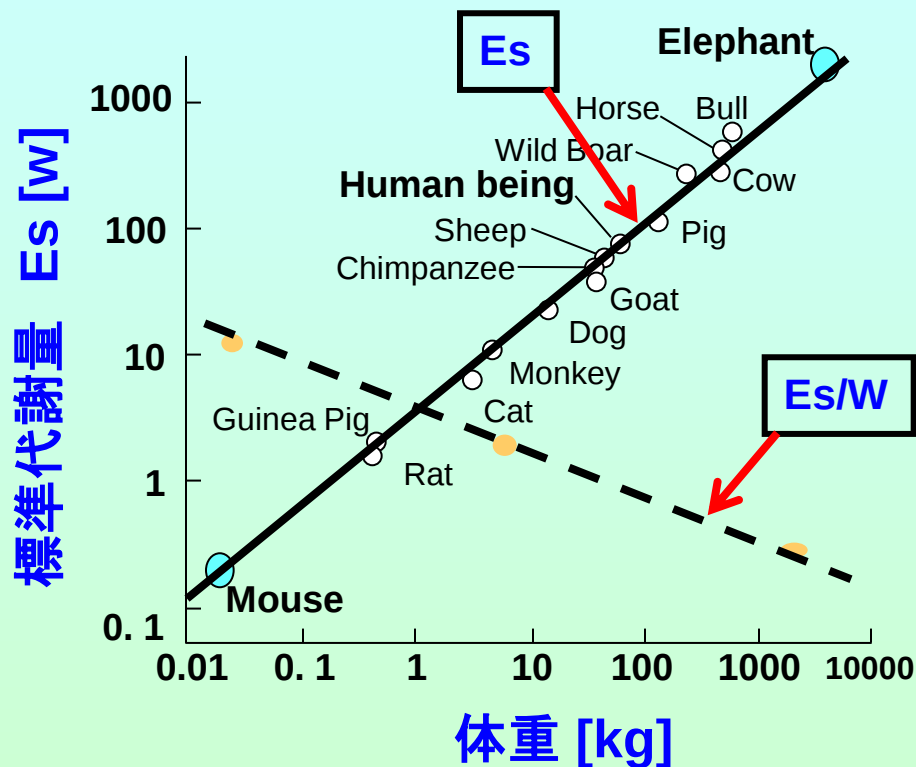


最大と最小の哺乳類

最小	最大	
	陸生	海生
Kitti's Hog-nosed Bat	アフリカ象	白ナガス鯨
		
The smallest mammal discovered in Thailand in 1973. Hard to maintain their body temperatures, and restricted in activity. Fly only at night.	Leg size limits to sustain the weight.	No need to support its weight. Cooling by water provides good heat transfer.
体長 : 3 cm 体重 : 2 g	体長 : 4 m (高さ) 体重 : 6 ton	体長 : 24 m 体重 : 100 ton

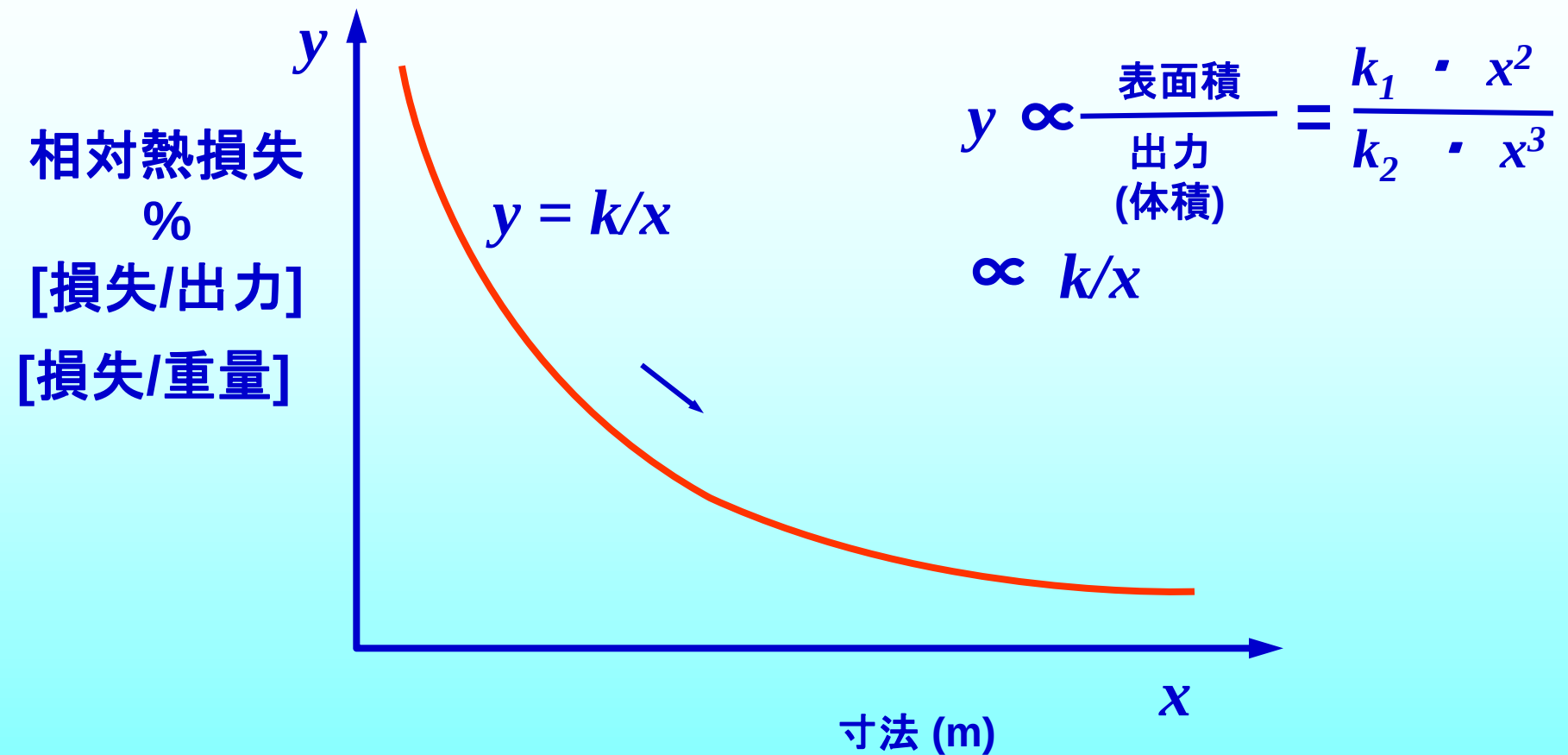
体重と標準代謝量の関係

$$Es = 4.1 W^{0.751}$$



$$\text{エネルギー消費量} \propto [\text{体重}]^{0.75}$$

$$\text{エネルギー消費量} / \text{体重} \propto 1 / W^{0.25}$$



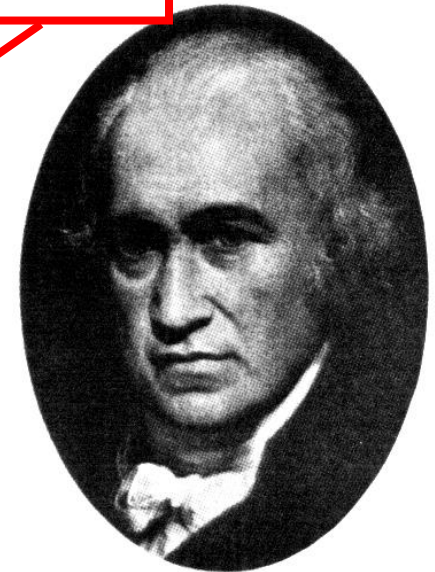
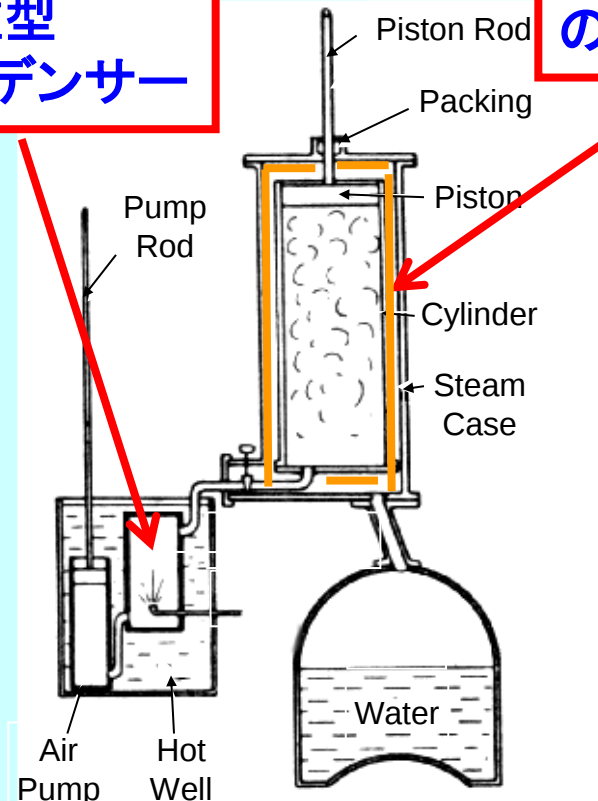
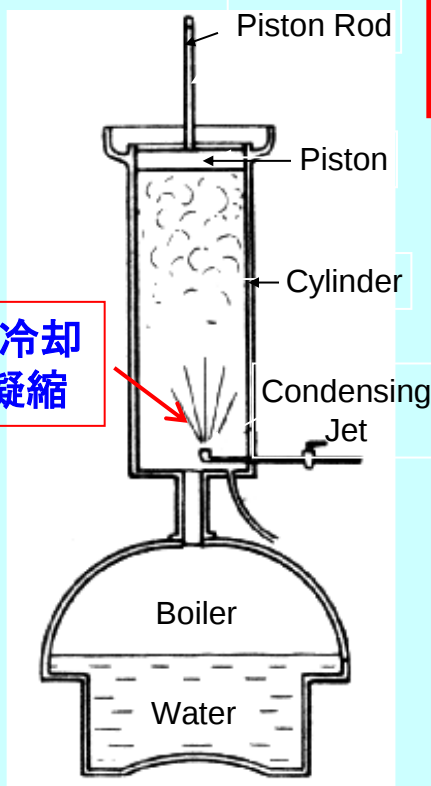
スケール効果 – 相对熱損失 vs. 寸法

蒸気機関の改良

分離型
コンデンサー

シリンダー
の保温

直接冷却
— 凝縮



James Watt
(1736 – 1819)

ニューコメンの蒸気機関

1712年 熱効率 : 0.5%
1750年 頃 : 1.0%

ワットの蒸気機関

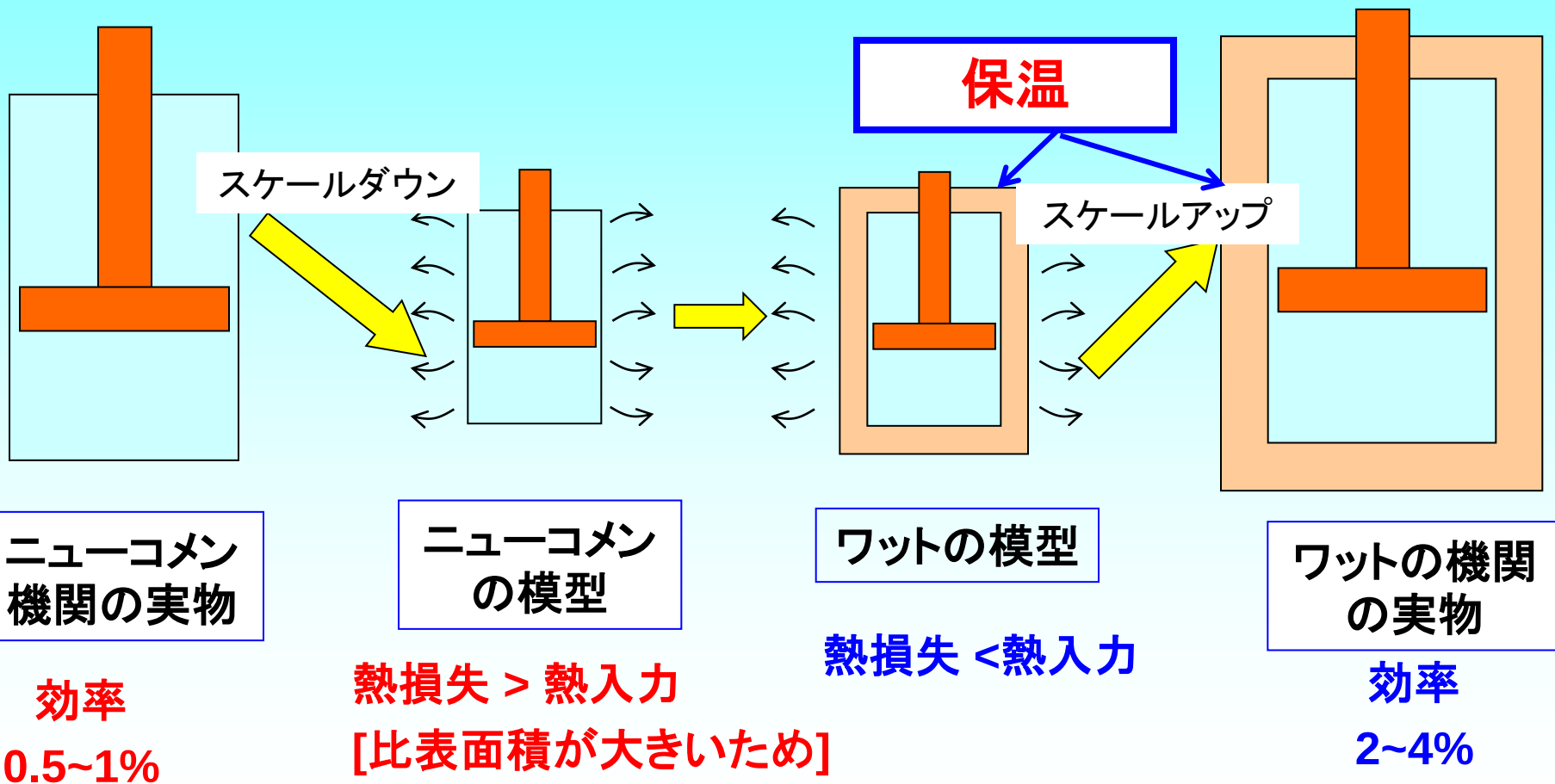
1769年 熱効率 : 2%
1800年 : 4%

特許成立 : 1769
特許延長 : 1775
特許失効 : 1800

“ 熱効率を4倍に向上! ”

ワットの改良

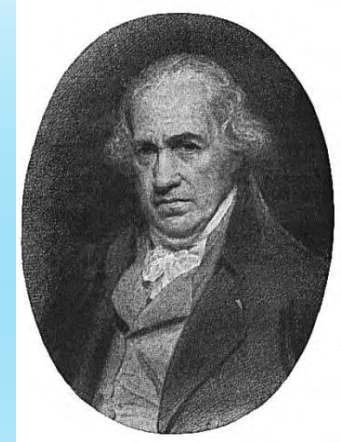
- ・ニューコメン機関 → 蒸気のエネルギーの大半をシリンダーの予熱に消費
- ・ワットの発見 → 模型は縮小されているので相対的に熱損失が大きい
- ・最終的には分離型コンデンサーとシリンダーの保温で解決



ワットとカルノー

ジェームス・ワットの発見 (1765)

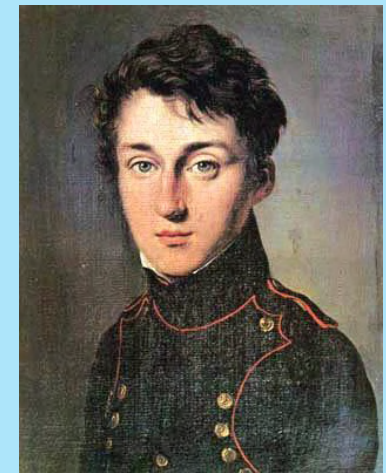
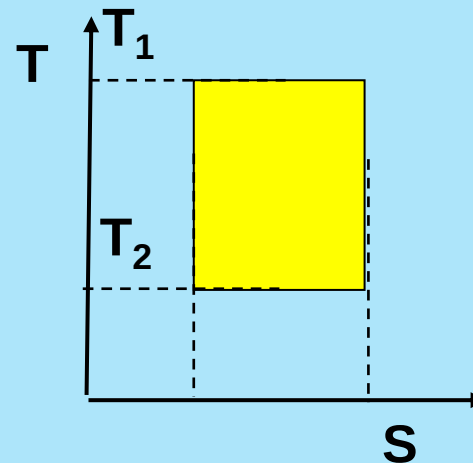
- 大型機関ほど熱効率が高い
- 小さい熱機関は不利である
→ 寸法効果の発見



ジェームス・ワット

カルノーの論文 (1824)

- 高温側の熱源温度が高く、低温側が低いほど熱効率は高い



サディ・カルノー

小型機関と大型機関との優位性比較

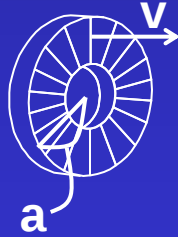
[記号] ○: 優位 ×: 劣位 △: 条件による

		支配則	小	大
機関 または 機器	相対強度	$\propto \frac{1}{W/S} \propto \frac{1}{a}$	○	×
	相対熱損失	$\propto s/w \propto 1/a$	×	○
	相対摩擦損失	$\propto \ell/w$ $\propto 1/a^2$	×	○
	コストの優位性		△ (大量生産)	△ (スケールメリット)
人件費	運転・保守費		×	○
環境性能	騒音、排ガス、排熱		×	○
信頼性			?	○



スケールメリット

最近の設計基準→[長さa]の2乗に比例

	寸法決定根拠				設計ベース
ボイラ (燃焼→ 蒸気発生器)	燃焼負荷	面積当り (kcal/m ² h)	- 冷却面メタル温度 (→強度) - 火災温度 (→NOx他)		$\frac{Q}{a^2}$ =一定
		体積当り (kcal/m ³ h)	滞留時間 (→燃え切り時間)		
蒸気タービン (動力発生 機構)	流速	翼環面積 当り	1段当り仕事量 - 排気損失		$\frac{Q}{a^2}$ =一定

◆大型洋上風車の課題

風車の出力は直径の2乗に比例



Photo : Courtesy of Mitsubishi Power Systems Europe, Ltd.

7000kW 洋上風車

Sea Angel

◆これからの風車は経済性向上のため大型化が必至
→強度との戦いとなる！

日本の洋上風車プロジェクト

環境省

長崎県五島市杵島沖

100kW機

風車本体	富士重工100kW
浮体	スパー式



2MW機

風車本体	富士重工2MW
浮体	



環境省資料より

経産省

千葉銚子沖

NEDO(2/3)・東電(1/3)

2.4MW機

2012/2013年

風車本体	MHI 2.4MW
支持体 (着床式)	



2012.10.14
据付



福島県沖

沖合30km

2MW機

2013年

風車本体	日立 2MW
浮体	三井造船

7MW機

2014年

風車本体	MHI 7MW
浮体	MHI

2015年

風車本体	MHI 7MW
浮体	IHI-MU



小さいもののほど相対強度が強い (重力下の世界)



模型 (1/1250)

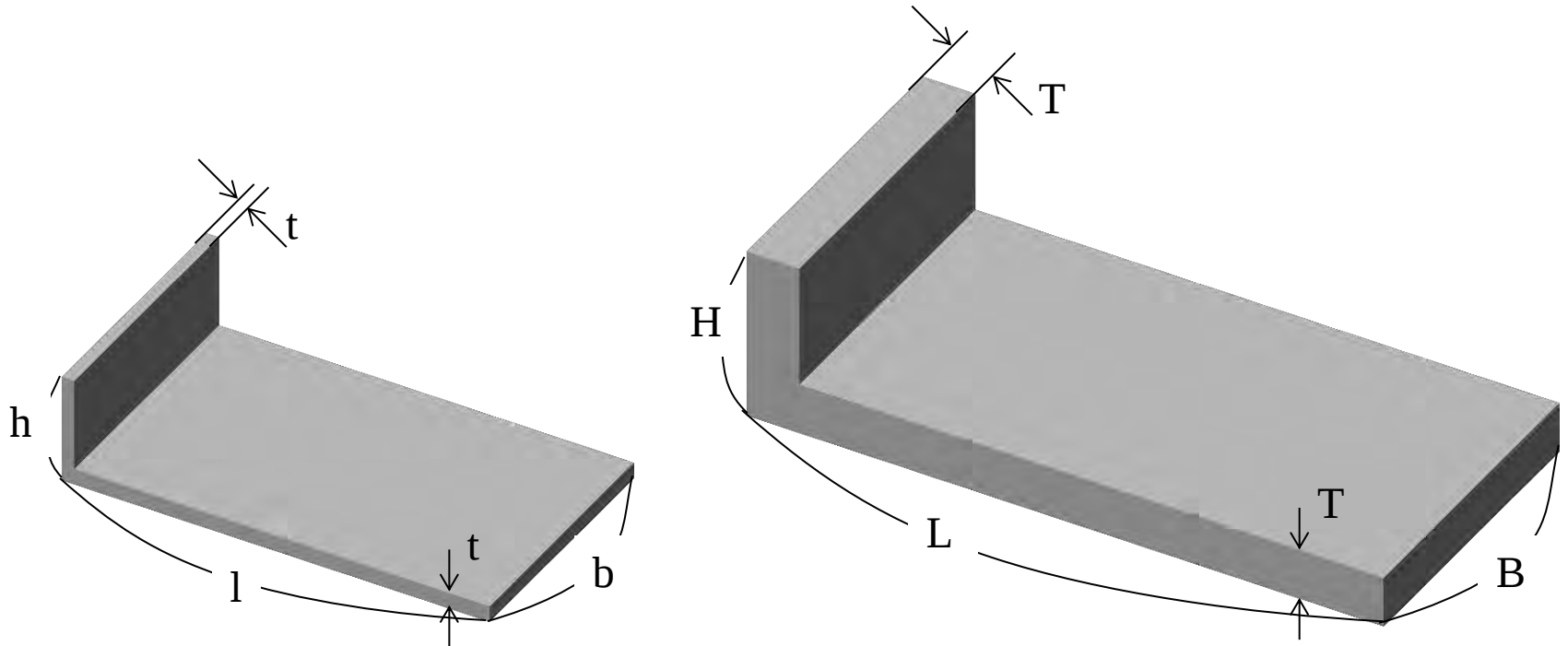


実物

(鵜戸口英善教授の講義より)

船の大きさと強度の問題

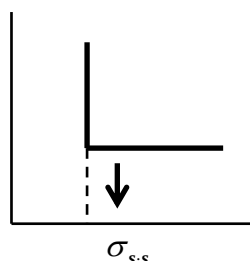
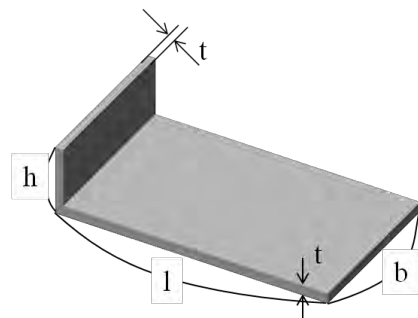
[問題] 実際の船とその1/1000縮尺模型の強度を比較せよ



- 剪断応力はどうか？
- 曲げ応力はどうか？

[答]

[剪断応力]



底板の体積

底板の重量 $w = \gamma \cdot l \cdot b \cdot t$

剪断応力

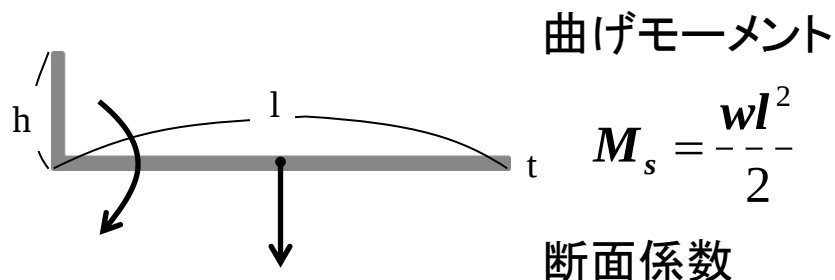
$$(\text{小型}) \sigma_{s.s} = \frac{\text{力}}{\text{面積}} = \frac{w}{a} = \frac{\gamma \cdot l \cdot b \cdot t}{b \cdot t} = \gamma \cdot l$$

$$(\text{大型}) \sigma_{s.l} = \frac{W}{A} = \frac{\gamma \cdot L \cdot B \cdot T}{B \cdot T} = \gamma \cdot L$$

大型/小型 剪断応力比

$$\frac{\sigma_{s.l}}{\sigma_{s.s}} = \frac{\gamma \cdot L}{\gamma \cdot l} = \frac{L}{l} = 1000$$

[曲げ応力]



$$M_s = -\frac{wl^2}{2}$$

$$Z_s = \frac{1}{6} t^2 b$$

曲げ応力

$$(\text{小型}) \sigma_{M.s} = \frac{M_s}{Z_s} = \frac{wl^2}{2 \times \frac{t^2 b}{6}} = 3w \cdot \frac{l^2}{t^2 b}$$

$$= 3\gamma \cdot l \cdot b \cdot t \times \frac{l^2}{t^2 b} = 3\gamma \cdot \frac{l^3}{t}$$

$$(\text{大型}) \sigma_{M.s} = 3W \cdot \frac{L^2}{T^2 B} = 3\gamma \cdot \frac{L^3}{T}$$

大型/小型 曲げ応力比

$$\frac{\sigma_{M.l}}{\sigma_{M.s}} = \left(\frac{l}{L} \right)^3 \left(\frac{T}{t} \right) = (1000)^3 \times \frac{1}{1000} = (1000)^2$$

7MW大型風車の概要

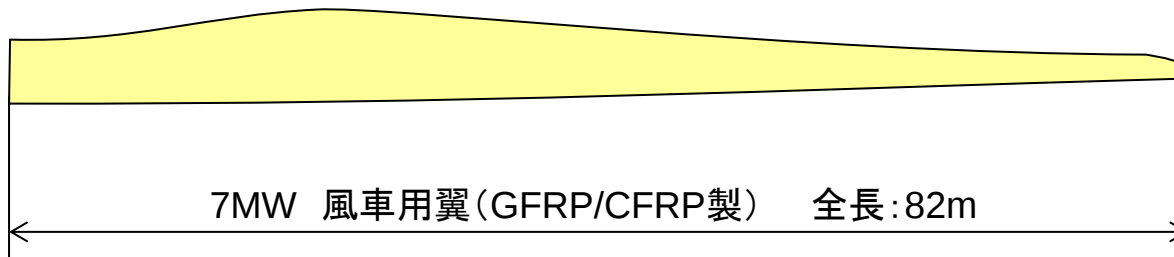
7MW機仕様

定格出力	7000kW
ロータ径	167m
翼長	82m
ハブ高さ	約110m
発電機回転数	1000rpm



A380機 全幅: 79.8m

7MW 風車用 翼



7MW 風車用翼(GFRP/CFRP製) 全長: 82m

7MW機用 油圧式増速機



資料提供: 三菱重工



Airbus A380機

炭素繊維強化翼



□ これが81.5m翼！

(大きすぎて翼の全長が撮影できない！)

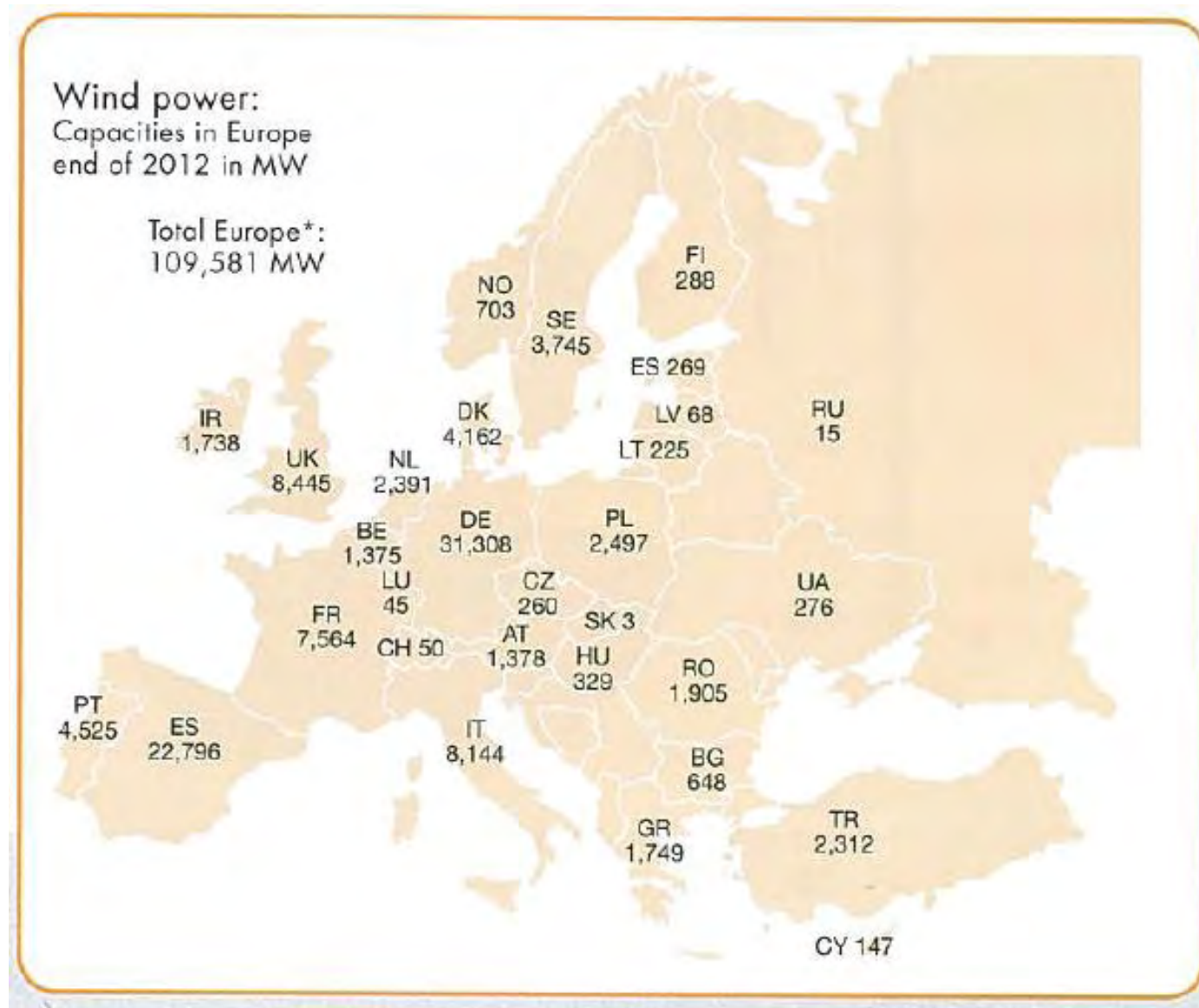


□ 側に立つとこんなに巨大！

◆ 再生エネルギーの増加と欧州の現状

- 再生可能エネルギーFITにより火力に大幅なしわ寄せ
➡ Merit Orderにより原子力と褐炭火力しか連続運転ができない
 - ・最大の被害者は最新鋭天然ガス焚きコンバインド火力
 - ・年間運転時間が500時間で満水保管に入るものあり
- 電力会社の収益減により技術開発力が低下
 - ・もはや電力やメーカー単独で技術開発はできないので両者が協力して開発

欧州の風力発電容量(2012年末)



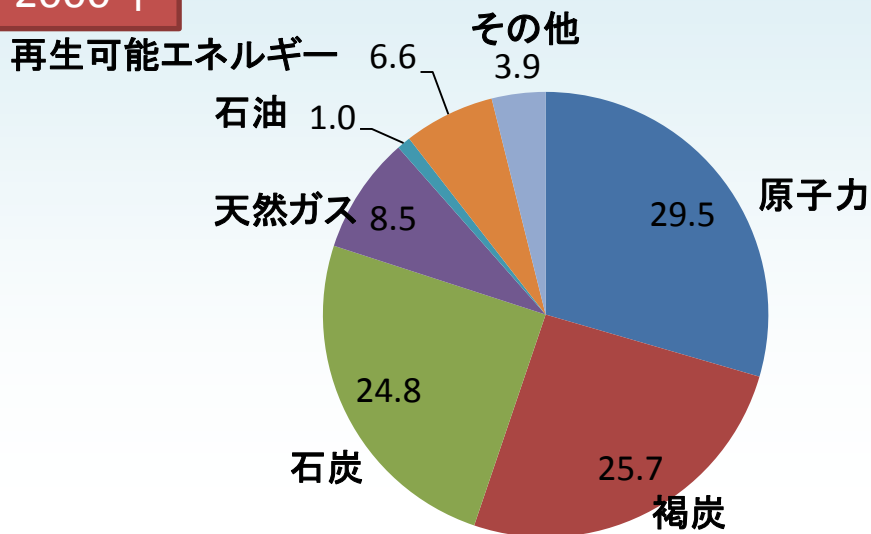
ヨーロッパの風力発電容量

国名	容量(MW)		増加出力 (MW)	増加率 (%)
	2012年	2011年		
ドイツ	31,306	29,060	2,246	+7.7
スペイン	22,796	21,674	1,122	+5.1
英国	8,445	6,540	1,905	+29
イタリア	8,144	6,747	1,397	+21
フランス	7,564	6,800	764	+11
ポルトガル	4,525	4,083	442	+11
デンマーク	4,162	3,871	291	+7.5
スウェーデン	3,745	2,907	1,288	+44
オランダ	2,391	2,328	33	+1.4
アイルランド	1,738	1,631	107	+6.1
全欧州	109,581	96,607	12,974	+13

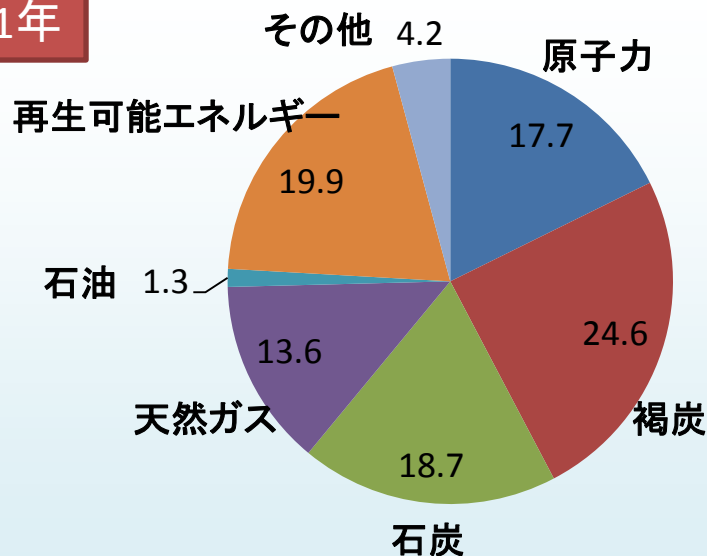
出典: VGB資料より

ドイツの発電電力量の割合

2000年



2011年



ドイツの発電電力量

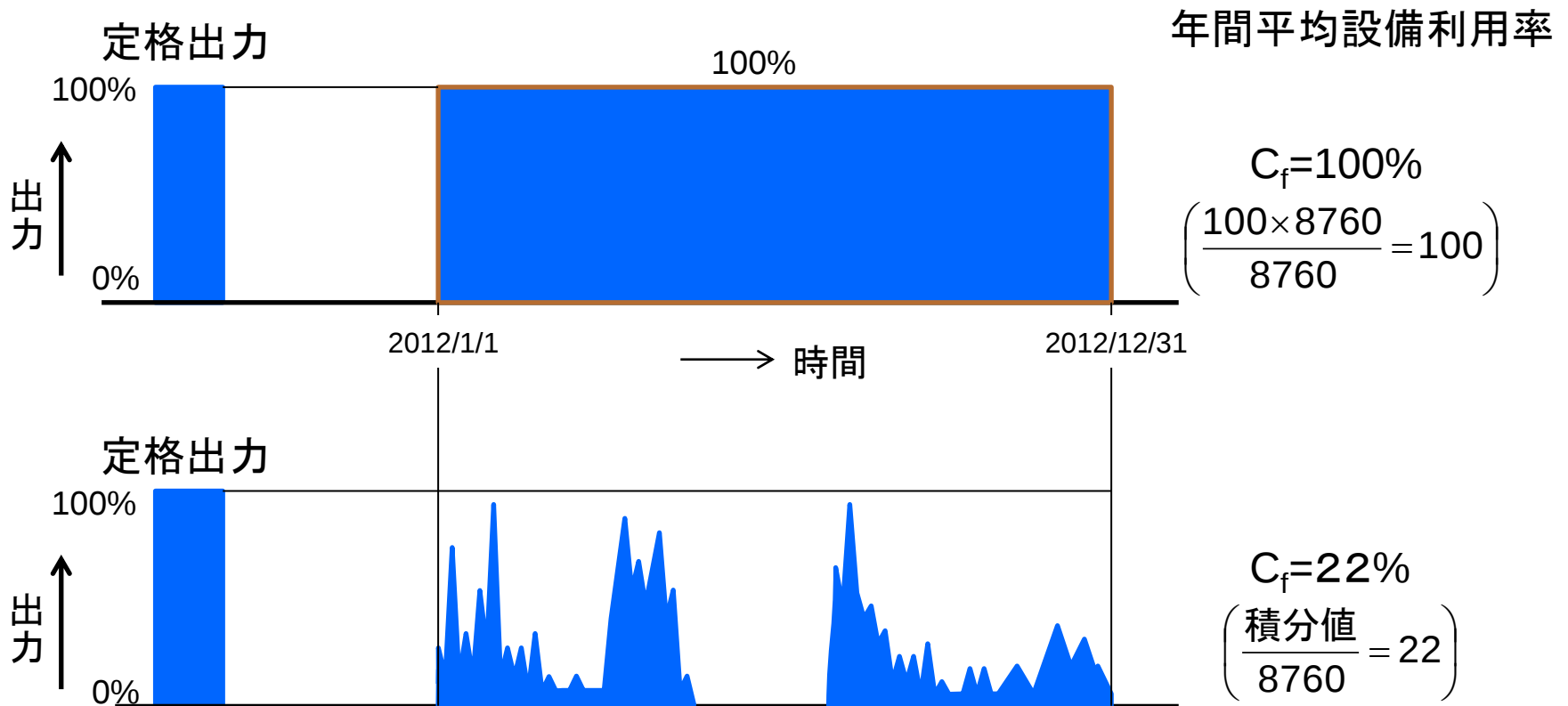
	2000年	2011年
原子力	29.5%	17.7%
褐炭	25.7%	24.6%
石炭	24.8%	18.7%
天然ガス	8.5%	13.6%
石油	1.0%	1.3%
再生可能エネルギー	6.6%	19.9%
内訳	風力	1.8%
	太陽光	0.0%
	バイオマス	0.6%
	水力	4.0%
	その他	0.2%
その他	3.9%	4.2%
合計	100.0%	100.0%

オランダの風力発電



➤ オランダの風力発電は現在わずか4%-----どうして？

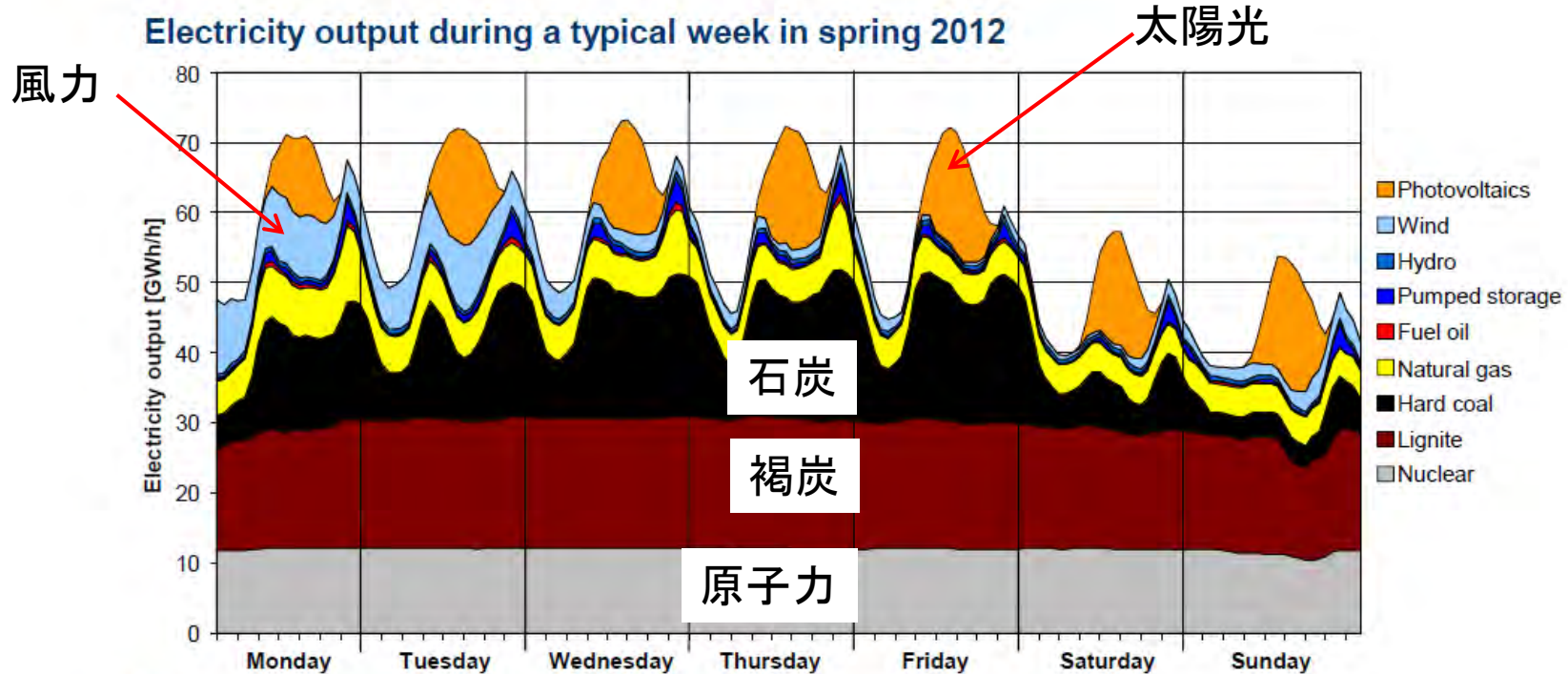
◆ 年間平均設備利用率



- 問題点**
- ①低利用率: 定格の100%が出るのは1年間のうち僅かな時間
 - ②不規則性: 気まぐれに変動 → 必ずバックアップ電源が必要

Priority of renewables at the expense of hard coal fired power plants

steag



Consequences for short-notice dispatch of power plants:

- Several start-ups and shutdowns every day
- High load change rates
- Few hours of supply to the grid

再生エネルギーによる
負荷変動は石炭火力
が担っている

Data source: Information provided on the EEX transparency platform
26.09.2013

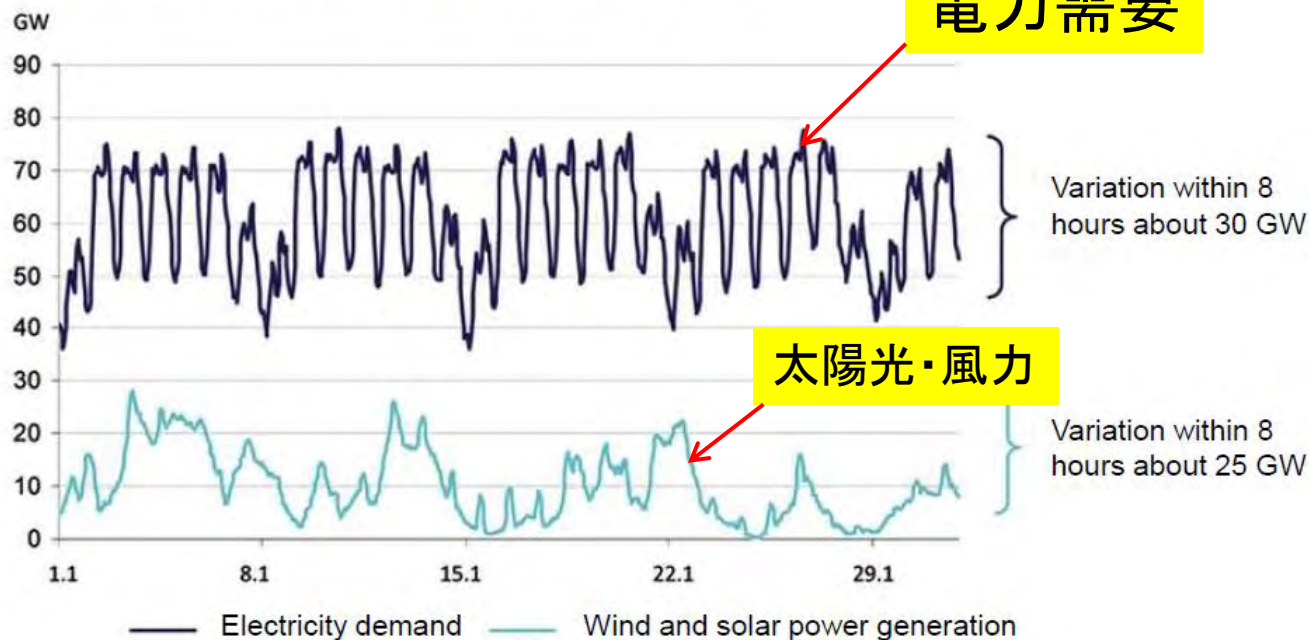
Ways for a Generator to deal with the German "Energiewende"

2013.9.26 VGB CongressにおけるSTEAG社発表資料より

変動電力の系統への影響

4. GRID STABILITY

Strong fluctuations of wind and solar power generation in addition to demand fluctuations (data: January 2012)

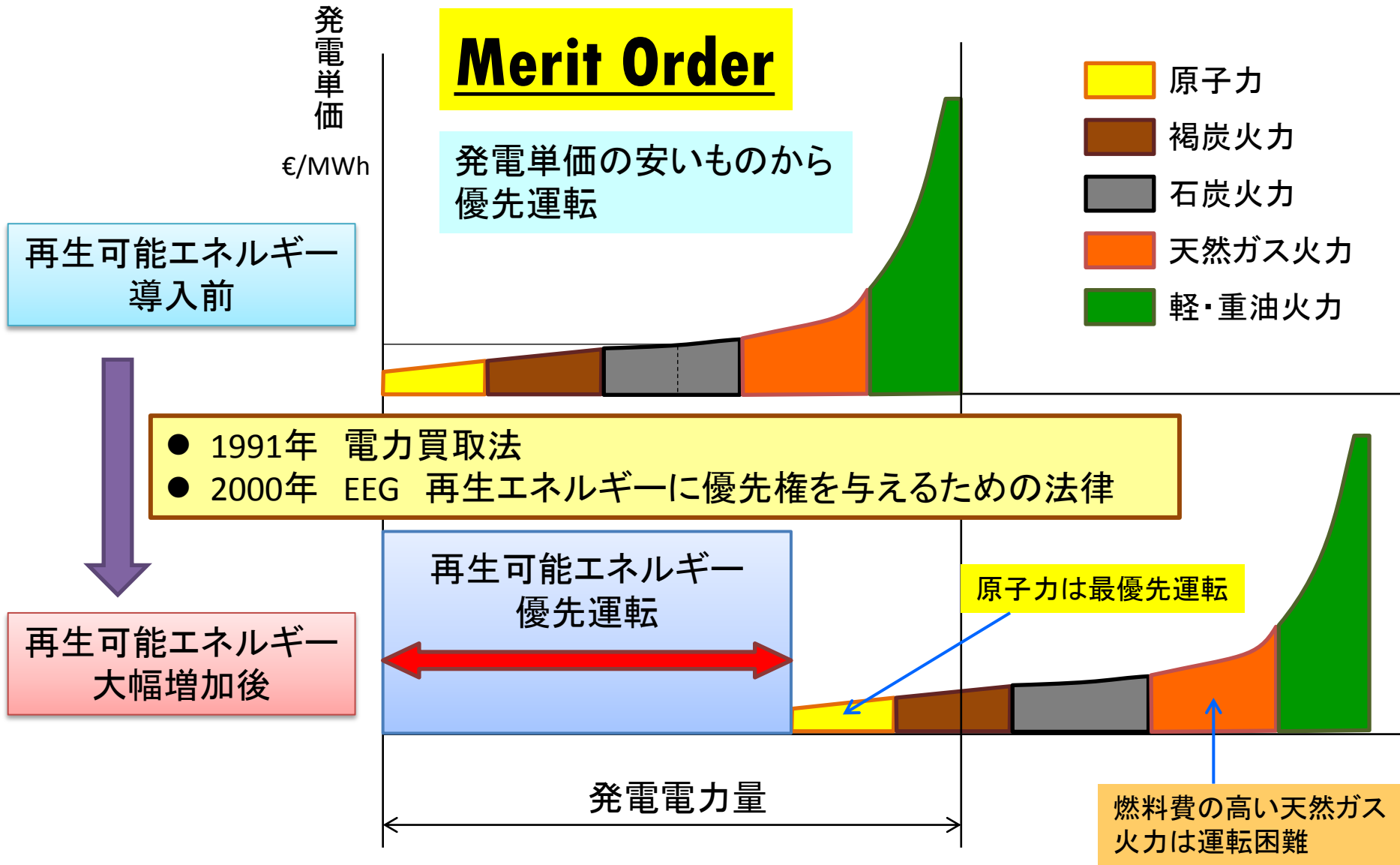


Source: Lambertz et al., Energiewirtschaftliche Tagesfragen,
Data: ENTSO-E, EEX

8時間での変動幅: 電力需要: 4500~7500万kW(幅: 3000万kW)
太陽光・風力出力変動: 2500万kW

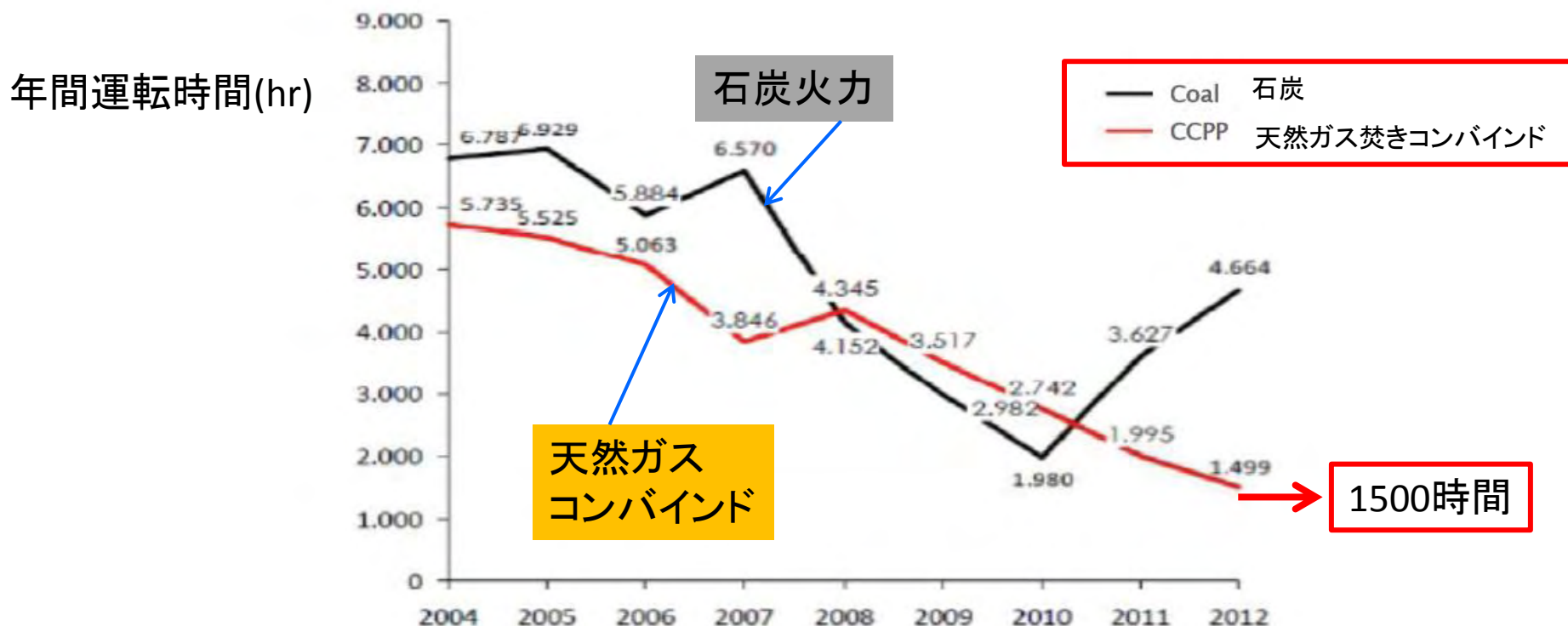
2013.9.26 VGB Congress発表資料より

再生可能エネルギーと火力・原子力の関係



石炭火力・天然ガス火力の運転時間が大幅に低下!

A consequence is that the most efficient power plants are not running!



2013.9.26 VGB Congress発表資料より

最新鋭の天然ガス焚きコンバインド・プラント

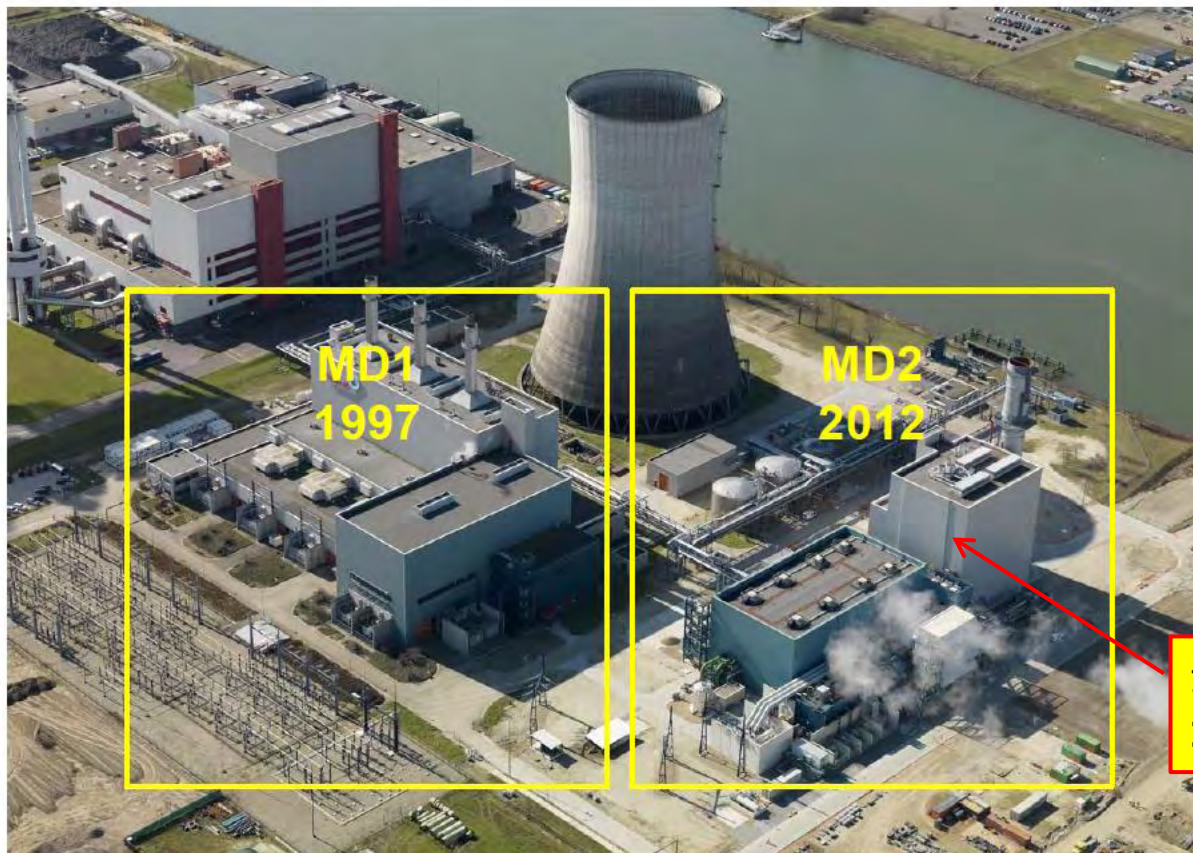


- ◆ 年間500時間の運転でついに運転停止
- ◆ Mothballing!(保管停止)

最新鋭の高効率プラントが運転できない!

New Build CCGT's

Moerdijk 2



最新鋭の
コンバインドプラント

2013.9.26 VGB CongressにおけるRWE社発表資料より

最新鋭の高効率プラントが運転できない！

New Build CCGT's – Design and build

	Claus C		Moerdijk II	
Key project data				
Final Investment Decision	June 2008		May 2008	
COD	02 January 2012		18 February 2012	
LTIF	0,45 (LTI = 2)		0,41 (LTI = 1)	
Man hours	4,4 mln		2,4 mln	
Key unit data				
Capacity	1304 MW		430 MW	
Efficiency	58,9%		58,5%	
Configuration	3 * GT26 + 1 ST (RP)		1 GE 9FB GT on 1 ST	
Design operating regime	250 starts & 5000 hrs		250 starts & 5000 hrs	
Operational data	2012	2013 ytd	2012	2013 ytd
Operating hours (ST)	2393	1995	471	513
Starts (ST)	124	106	24	25
GWh	1600	1300	122	157
Technical Availability	92,3%	80,6%	45,3%	79,7%

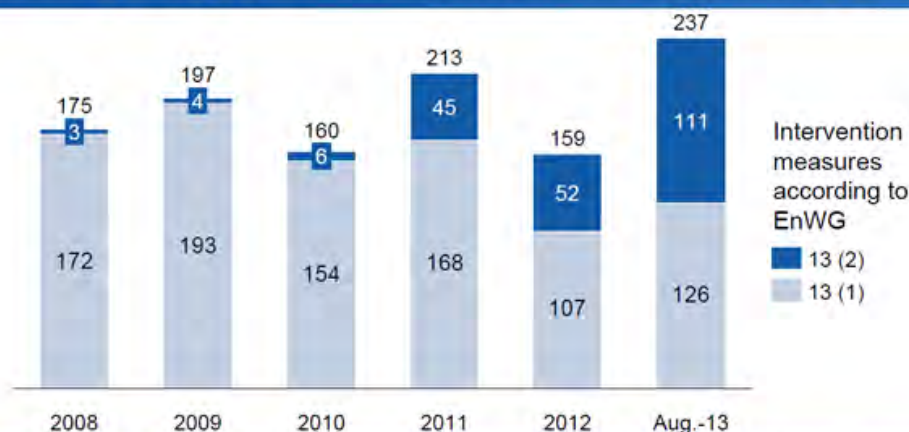
2012年に運転開始した最新鋭の天然ガスプラントも年間500時間以下しか運転できず
ついに満水保管に！

2013.9.26 VGB CongressにおけるRWE社発表資料より

結局、誰も天然ガス火力・石炭火力を建設できない！

- 再生可能エネルギー（風力・太陽光）の増加に伴い、バックアップ電源の建設が必要
- 年間1000時間や2000時間の運転では投資回収できないので誰も建設しない（建設できない）
- 変動電力に対し迅速な対応ができないので電気の質が急激に悪化

Security of supply in the transmission network of 50hertz (East grid)



Extreme situation will rise with increasing renewables capacity

- ドイツ東部グリッドでは電気の品質維持のための介入が4年間で3回から111回に増加
- 今後ますます深刻化

SOURCE: 2013.11.26 VGB-TENPES発表資料より

● 日本の海洋エネルギー・海洋資源を生かすために必要なこと

➤ 資源の探査と採鉱・採掘は異なる

● 採鉱・採掘には動力が必要

● このためには信頼性の高い経済的な動力源が必要

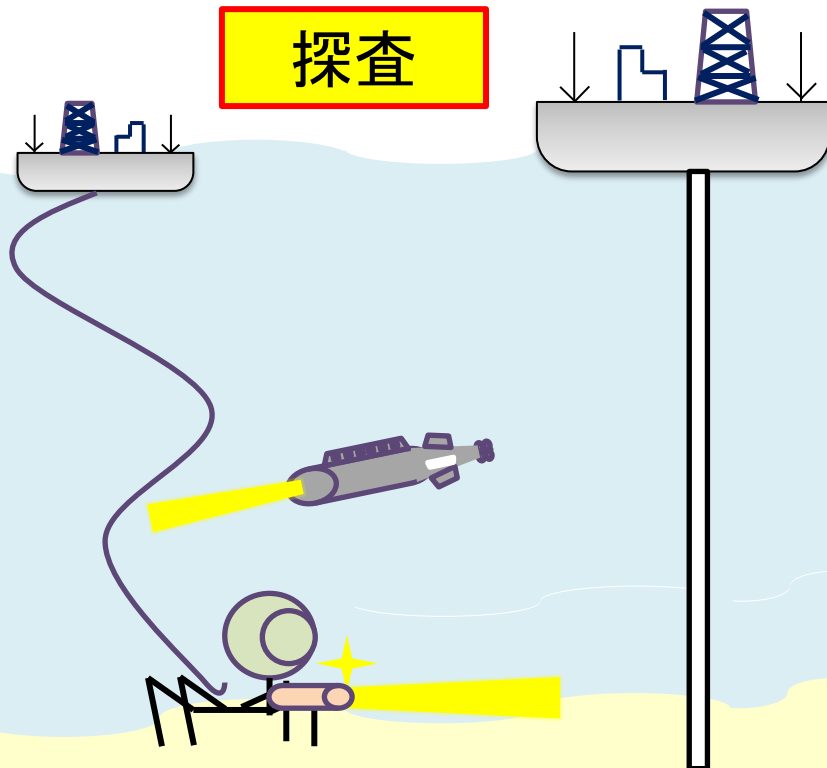
➤ 海洋エネルギー・海洋資源の技術開発

● 海底では数百気圧の水圧がかかる

● 機械を海中に置くのは技術的に決して易しくない
(宇宙開発以上の高度な技術がいる)

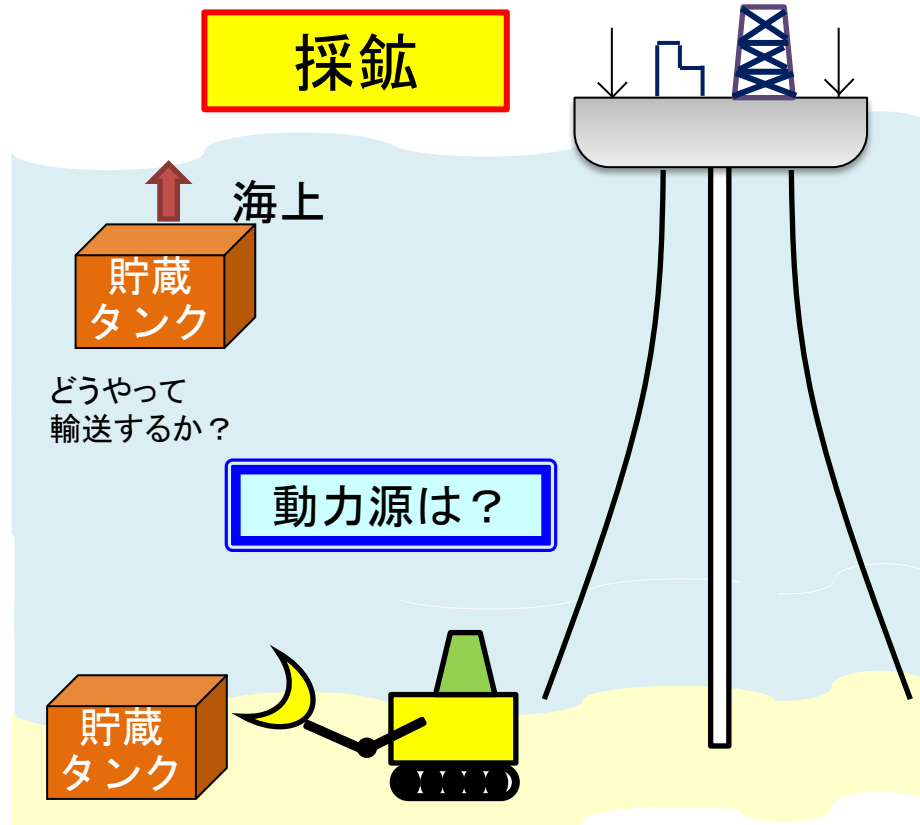
● 海洋資源開発：探査と採鉱の相違点

探査



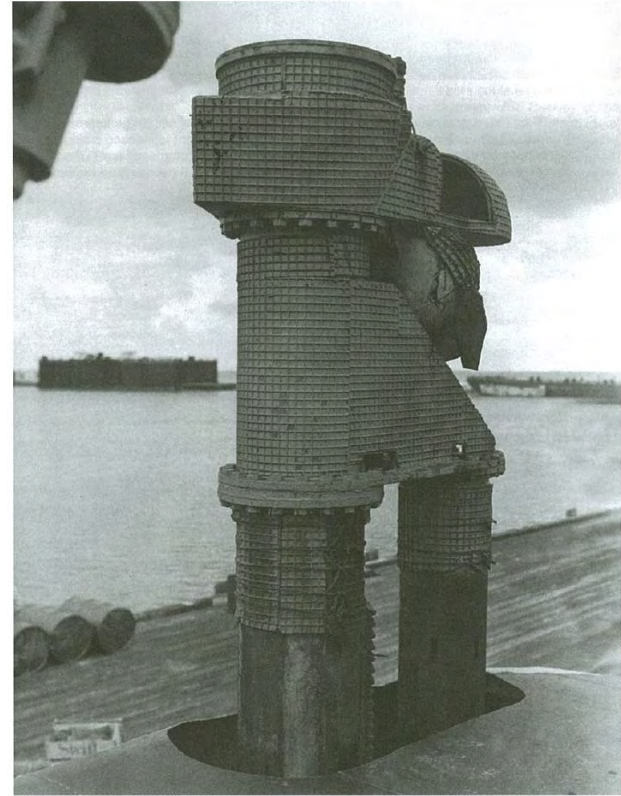
- Output : 情報
- 一過性・断続的
- どうやって資源を探査するか？
センサ・情報処理

採鉱



- Output : 資源 --- 膨大な質量
- 連続性・耐久性
- 経済性
- 安定した動力源が絶対に必要

水中で化石燃料を使うには空気が要る!



旧ドイツ海軍のシュノーケル

海洋資源開発に必要な動力源

- 動力が無ければ海洋金属資源もメタンハイドレートも宝の持ち腐れ
- 化石燃料使用の場合2つの問題点あり:
 - 燃料をどうやって海底に運ぶか？
 - 燃料の使用には空気が必要
 - どうやって海底まで空気を運ぶか？
- 最も有力な動力機関は原子力
- その意味でも小型PWRの技術は不可欠

4つの種類の原子力

軽水炉(PWR)

- 冷却温度: 280~330℃ **発電効率: 33%**
- 排熱利用温度: 200℃級

- 世界中に多数建設・運転実績
- もともと軍用炉(原子力潜水艦用)として開発された。
- 米海軍の最新鋭原子炉は30年間燃料交換不要

軽水炉(BWR)

- 冷却温度: 280℃(飽和) **発電効率: 33%**
- 排熱利用温度: 200℃級

- 世界中に多数建設・運転実績
- 陸上発電用に限定
- 非常にシンプルな系統なので二次系(蒸気タービン系統)に放射性物質が入る

高速増殖炉(FBR)

- 冷却温度: 400~550℃ **発電効率: 40%**
- 排熱利用温度: 350℃級

- 高速中性子が発生するので燃料増殖と核種変換が可能
- 増殖比>1として増殖に力点を置くか、1以下にして危険廃棄物の処理に力点を置くか2つの方向がある
- 溶融金属冷却でNa冷却またはPb冷却がある
- ☆日本は“もんじゅ”の実績あり

高温ガス炉(HTGR)

- 冷却温度: 400~850℃ **発電効率: 45%**
- 排熱利用温度: 800℃級

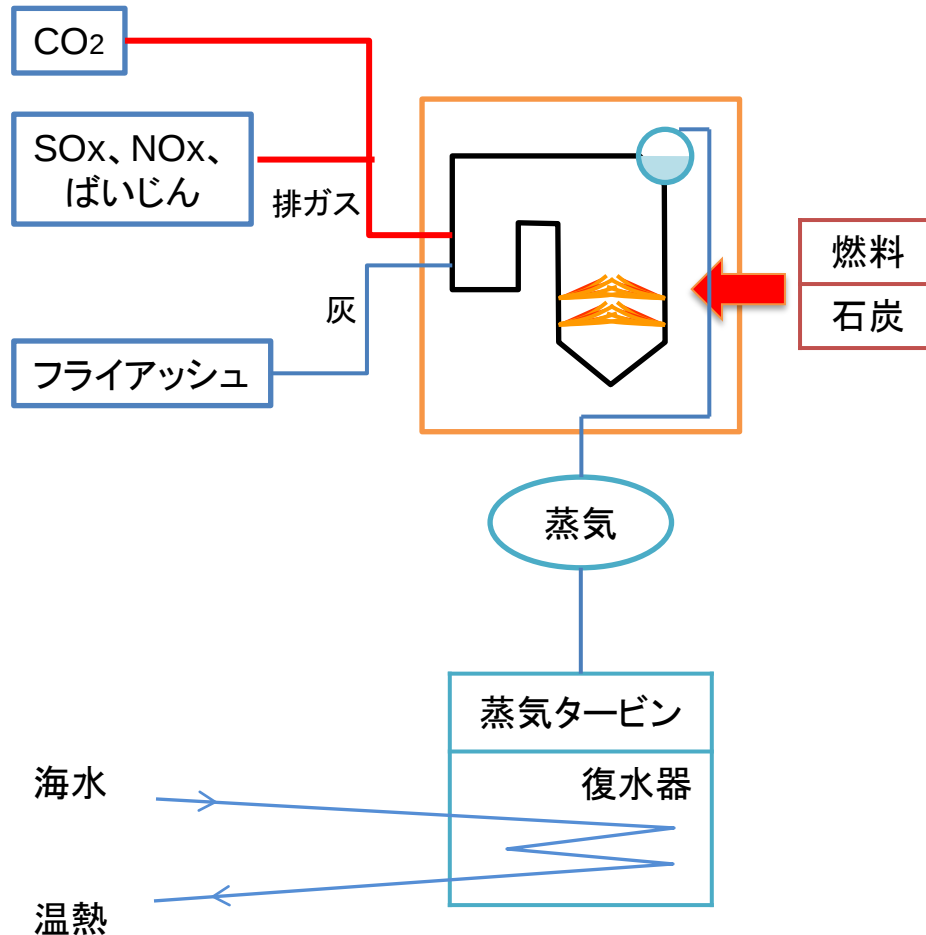
- 絶対に炉心溶融しない炉が可能
(No Core Meltdown)
- 放射性廃棄物が軽水炉の1/3
- 850℃の熱利用が可能→H₂Oの高温電気分解が可能→H₂、O₂の製造可能

- ☆中国が今、最も力を入れて開発中
- ★日本も高温ガス炉(HTTR)30MWの実績あり

火力発電と原子力発電の差異

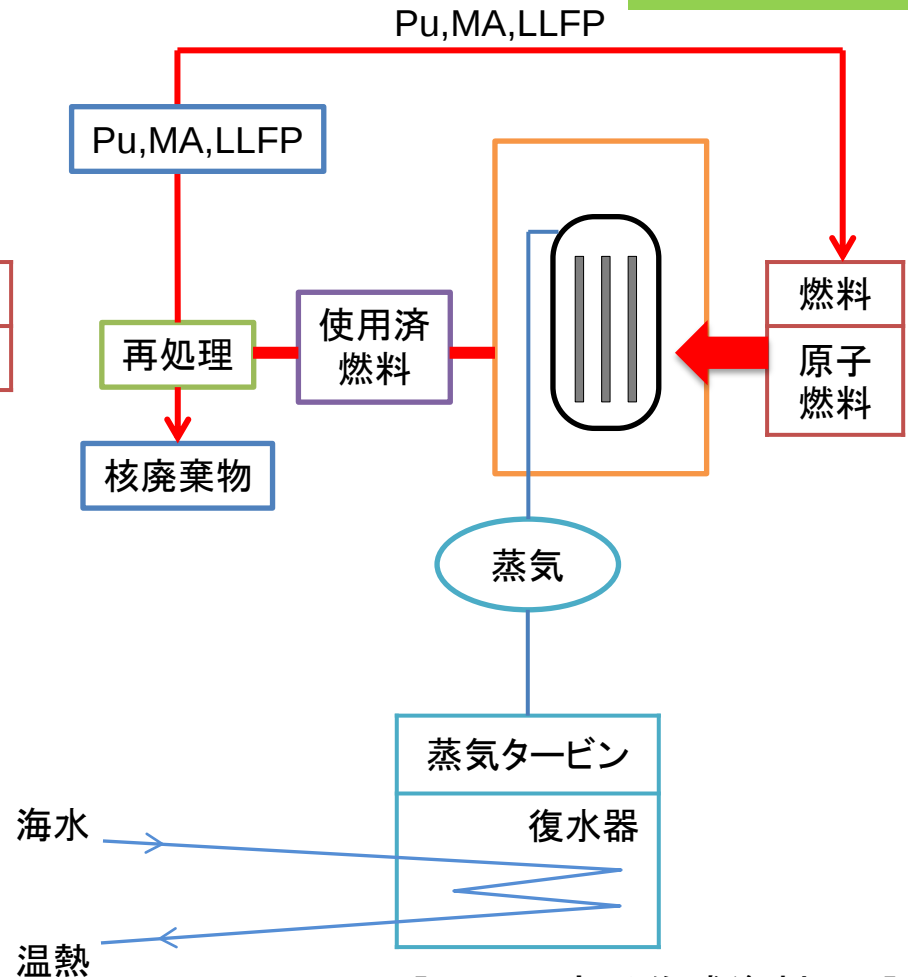
火力発電

燃料使用は一過性



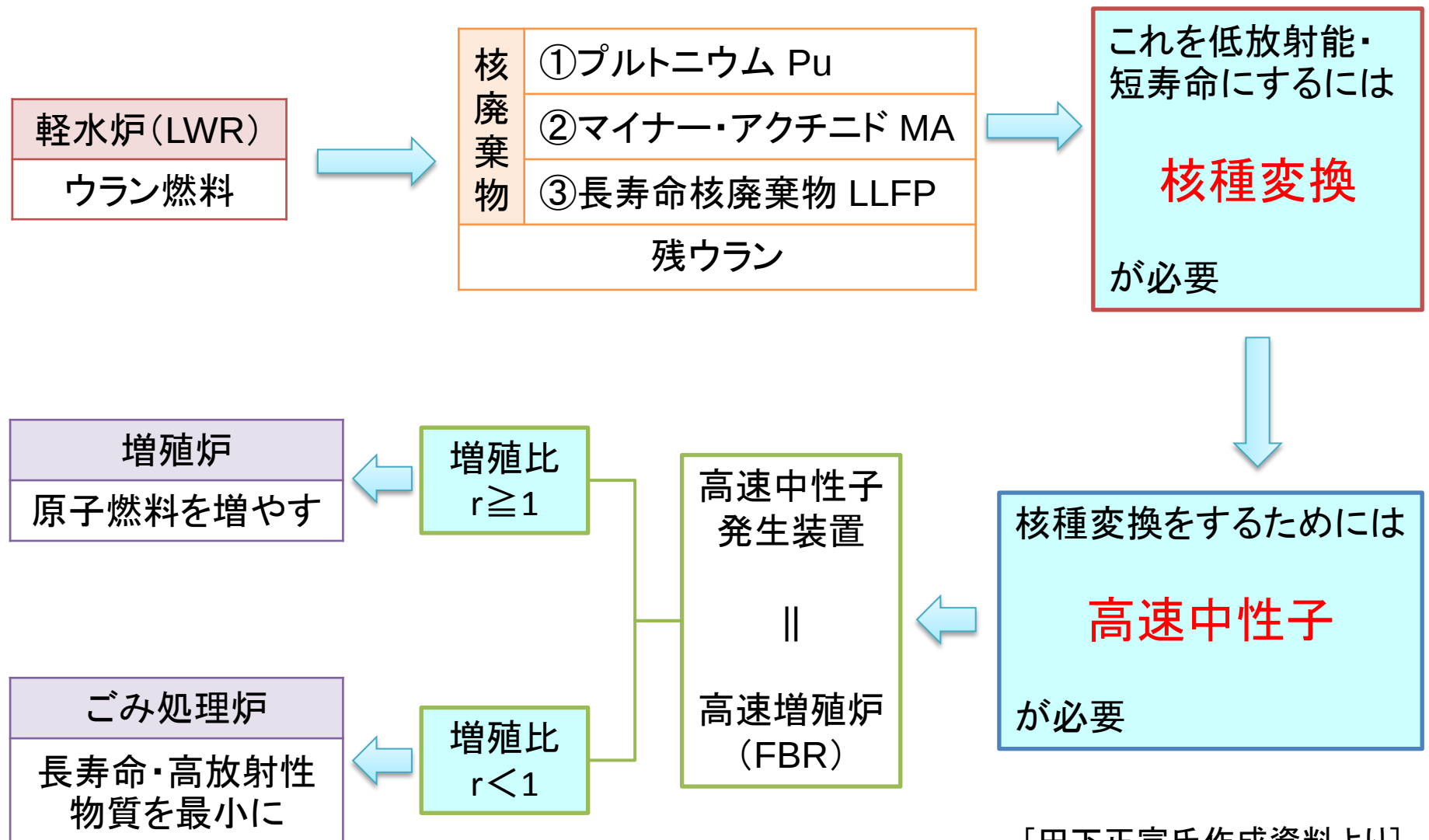
原子力発電

燃料が循環



[田下正宣氏作成資料より]

放射性廃棄物処理の概念



[田下正宣氏作成資料より]

放射性廃棄物の物量(100万kW発電所1年分)

			年間発生量 (100万kW軽水炉を1年間運転)
原 燃 料	ウラン	U235	
		U238	
		合計	24 ton
核 廃 棄 物	①プルトニウム Pu		160 kg
	②マイナー・アクチノイド MA		Np-237, Am-241, Cm-244 24 kg
	③長寿命核廃棄物 LLFP		I-129, Pd-107, Cs-135, Zr-93, Tc-99, Sn-126, Se-79 5 kg
	合計(①+②+③+残)		1 ton
(参 考)	石炭火力		100万kW石炭火力1年間運転
		石炭灰(フライアッシュ)	300,000 ton
		CO ₂	5,000,000 ton

[田下正宣氏作成資料より]

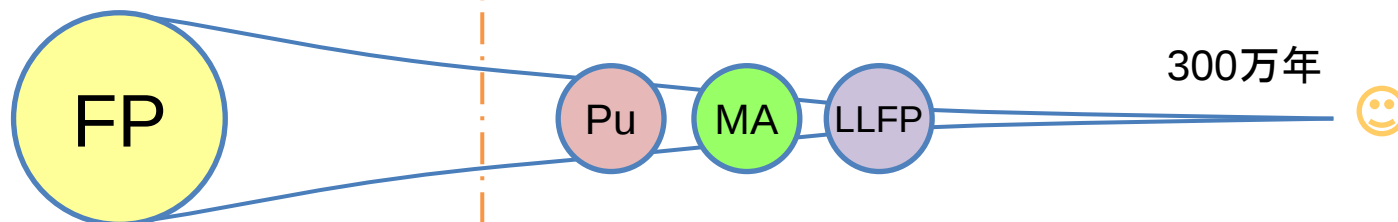
放射性廃棄物処理の考え方

[発電所・処理設備]

保管

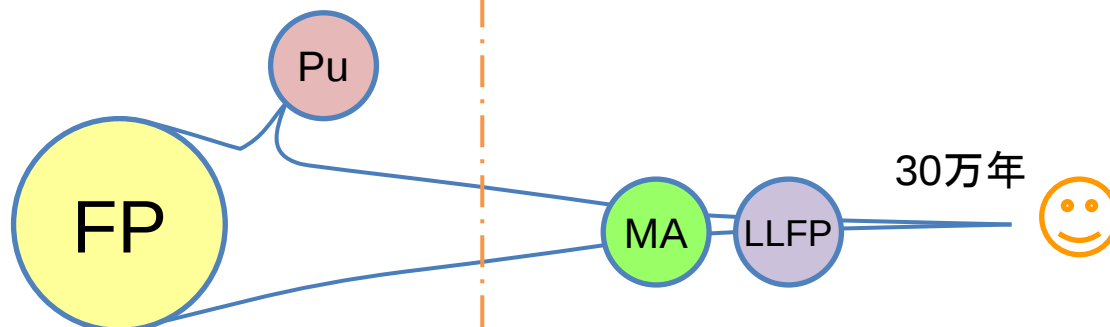
第1案

[再処理なし]



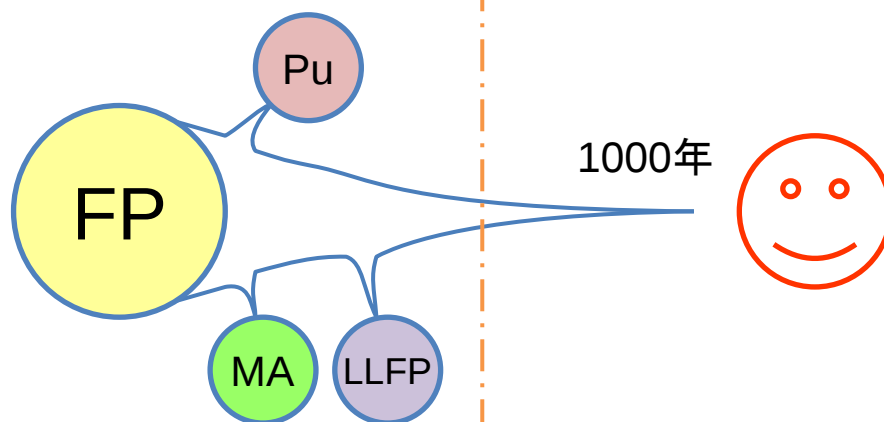
第2案

[再処理A]



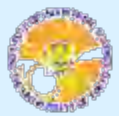
第3案

[再処理B]



FP : 核廃棄物
Pu : プルトニウム
MA : マイナー・アクチニド
LLFP : 長寿命核廃棄物

[田下正宣氏作成資料より]



3. 今後の技術の鍵は何か

➤ 火力発電の高効率化

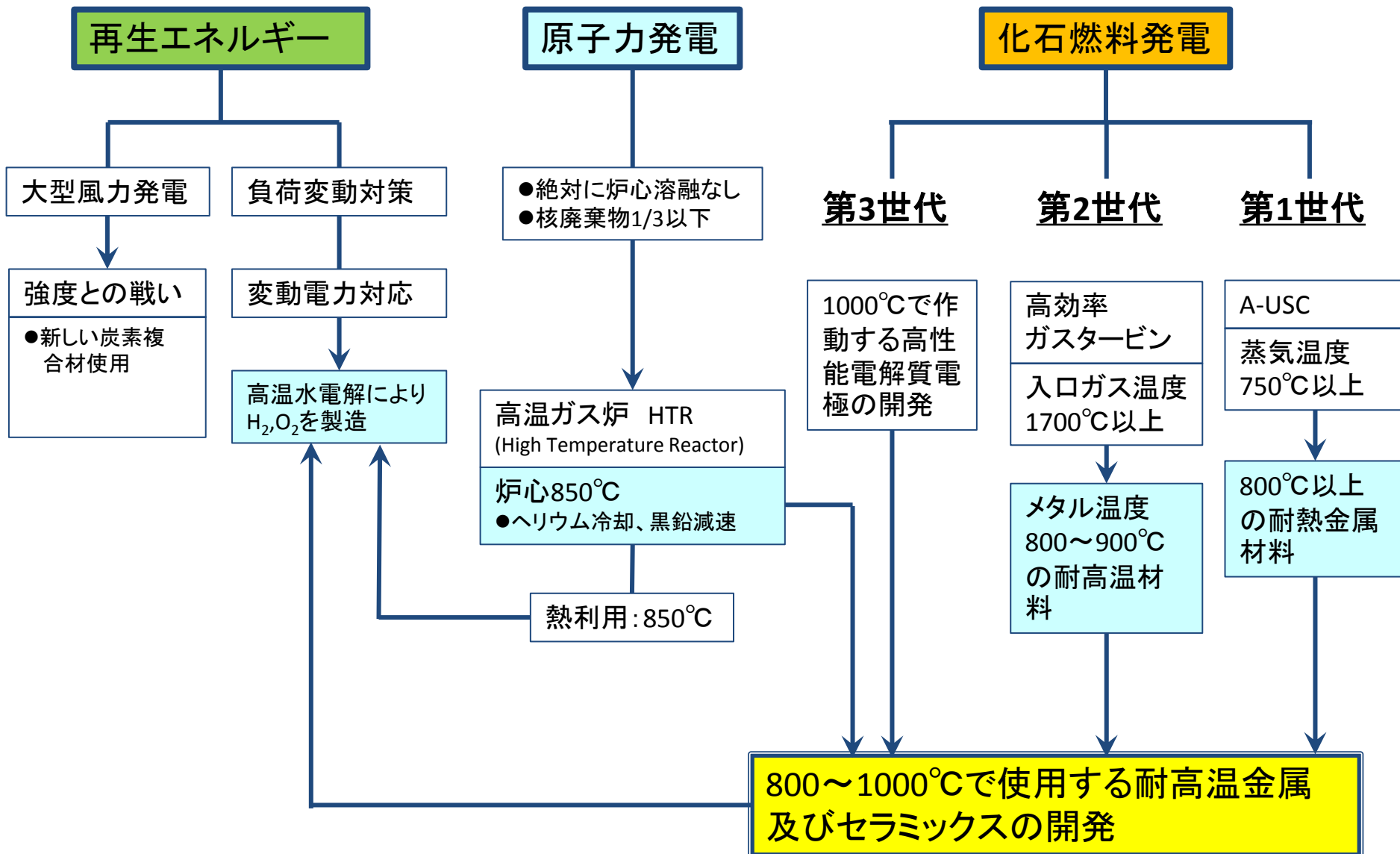
- 第1世代(蒸気タービン)、第2世代(ガスタービン)とも高温材料の開発が技術の壁---これを打破できるか
- 第3世代(SOFC)は高温高機能セラミックスの開発が鍵
➡ いずれも800~1000°Cの領域での開発

➤ 再生可能エネルギー利用

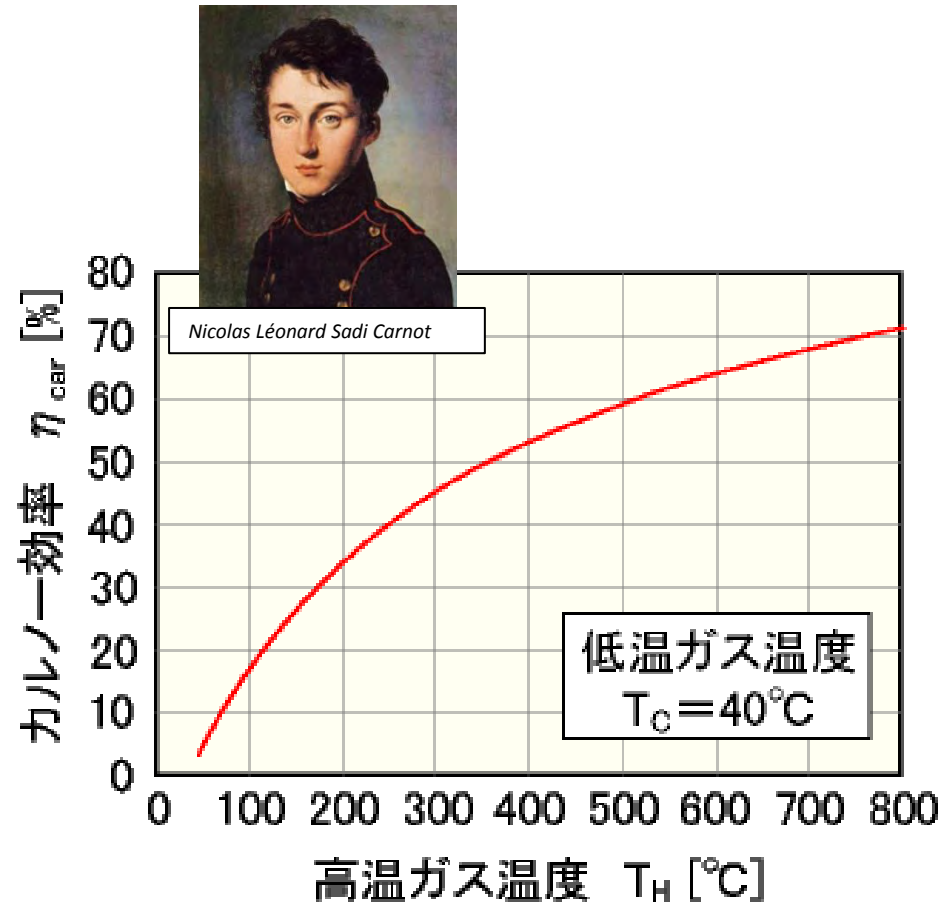
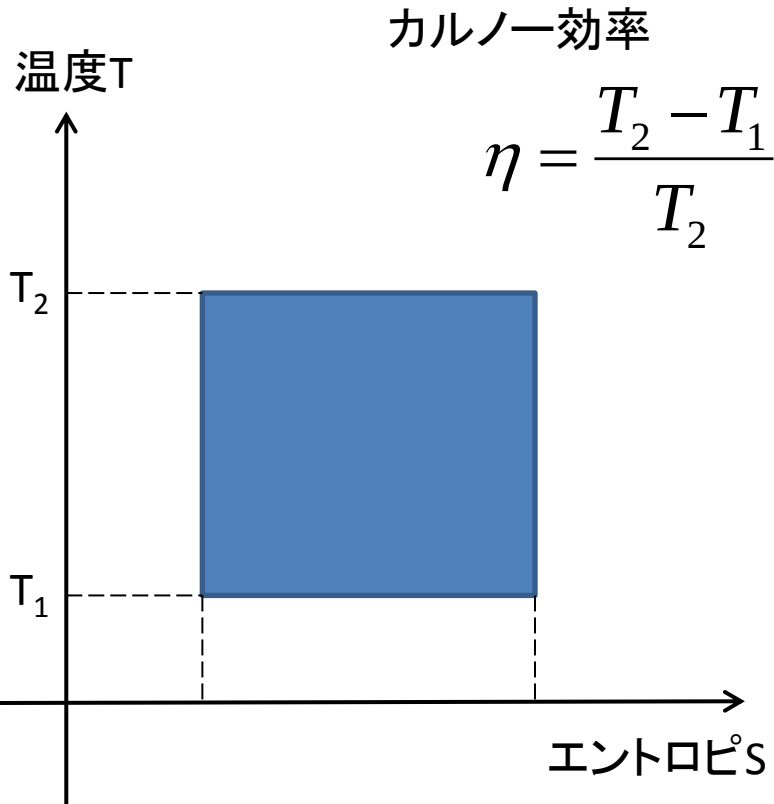
- 風力発電は超大型風車の開発
- 海洋資源開発には経済的・安定的な動力供給源の確保
- 原子力は徹底した安全性の追求と廃棄物処理技術



これからの高効率発電の技術革新の鍵は何か？



高効率熱機関の王道 ⇒ 高いカルノー効率



高効率化のキーテクノロジーは“高強度・高温材料”

高温水蒸気電解

水の電気分解による水素製造は高温の方が有利！

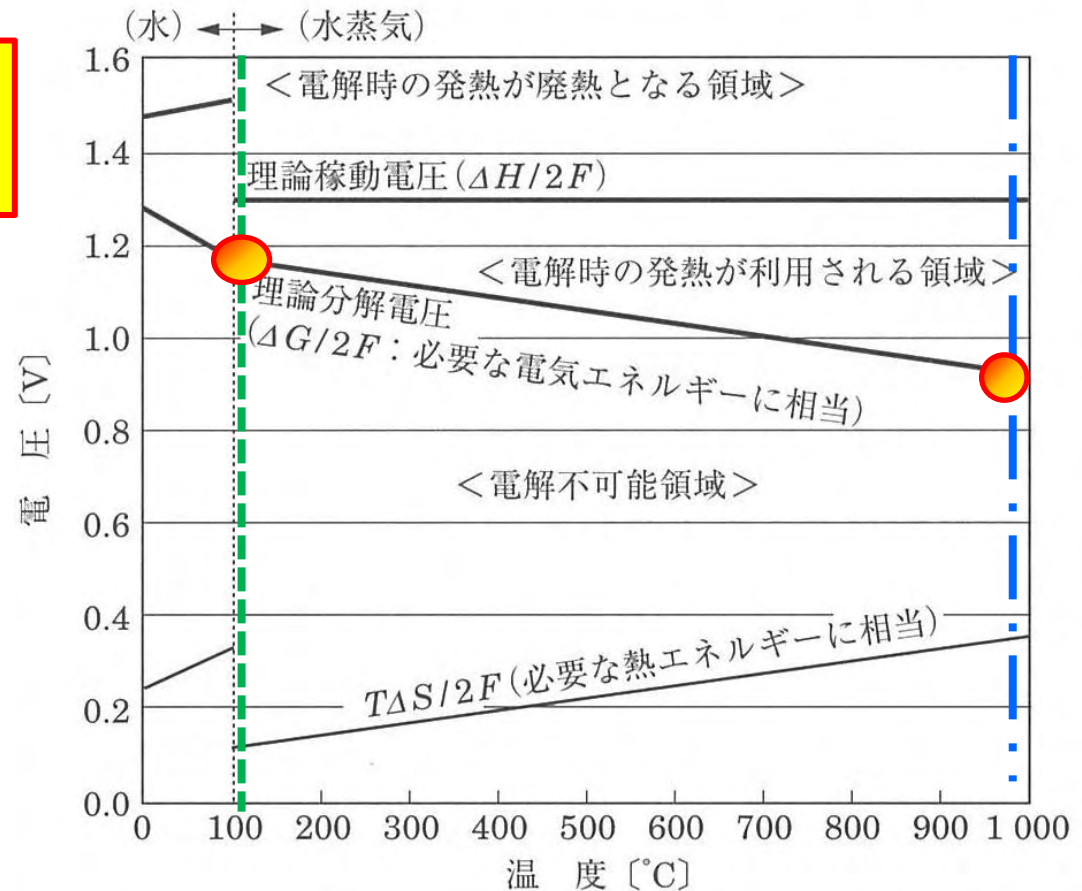


図 2・5 水電解における理論的電圧の温度依存性

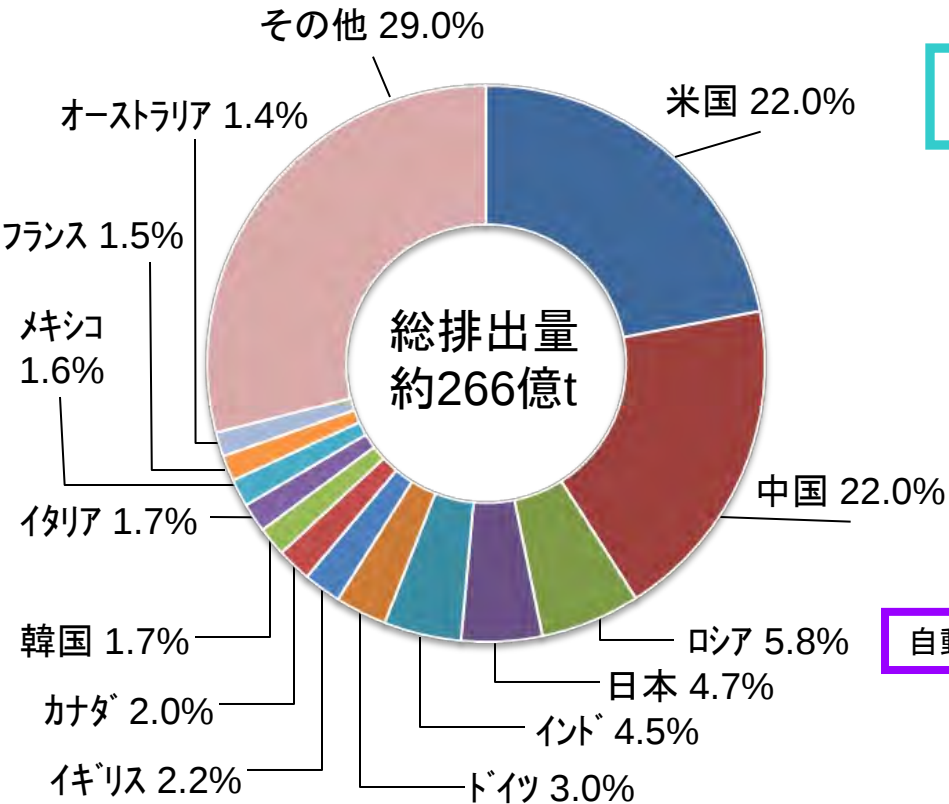
出典: 水素エネルギー読本
(オーム社、2007)

4. 世界の動きと今後の展望

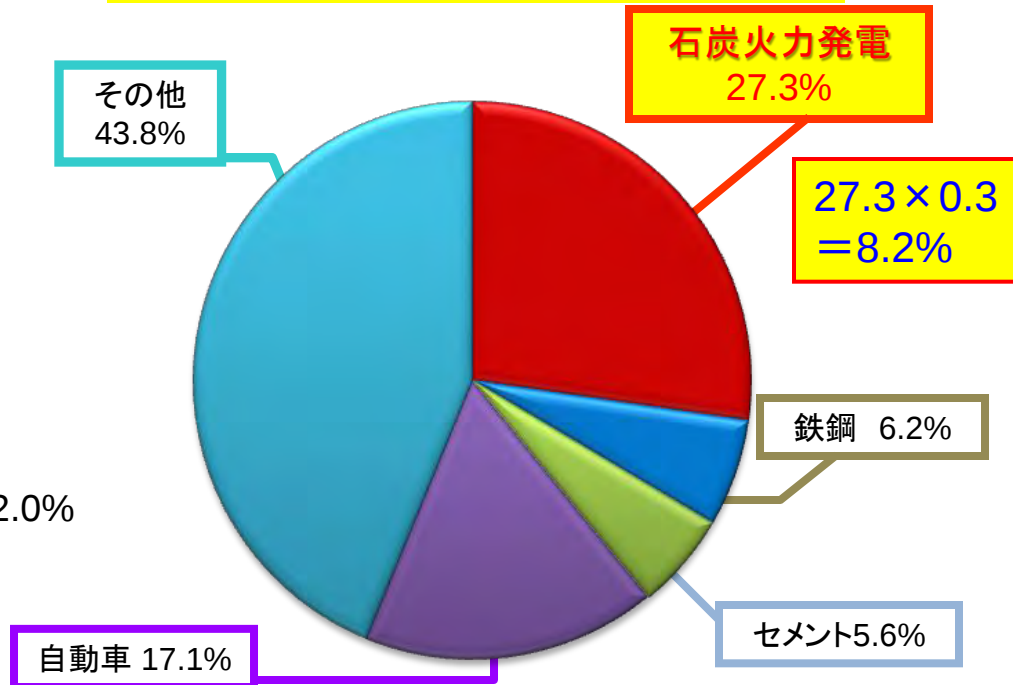
1. 世界はこれからも石炭をどんどん使う
2. 安い電力は先進国も発展途上国も共に欲しい
→特に発展途上国は石炭への依存は不可欠
3. いかにクリーンに安く石炭火力発電を行うかが鍵。
そのためにはIGCCをはじめ高効率発電技術の開発と実用化を加速するとともに、安い石炭の確保にも工夫が必要
4. 米国はシェールガス推進のため、これから石炭に厳しく出る可能性あり。これとどう協調していくか？
5. 日本としてはJCM(二国間オフセット・クレジット)を最大限に活用すべし

世界のCO₂排出量

国別排出量内訳



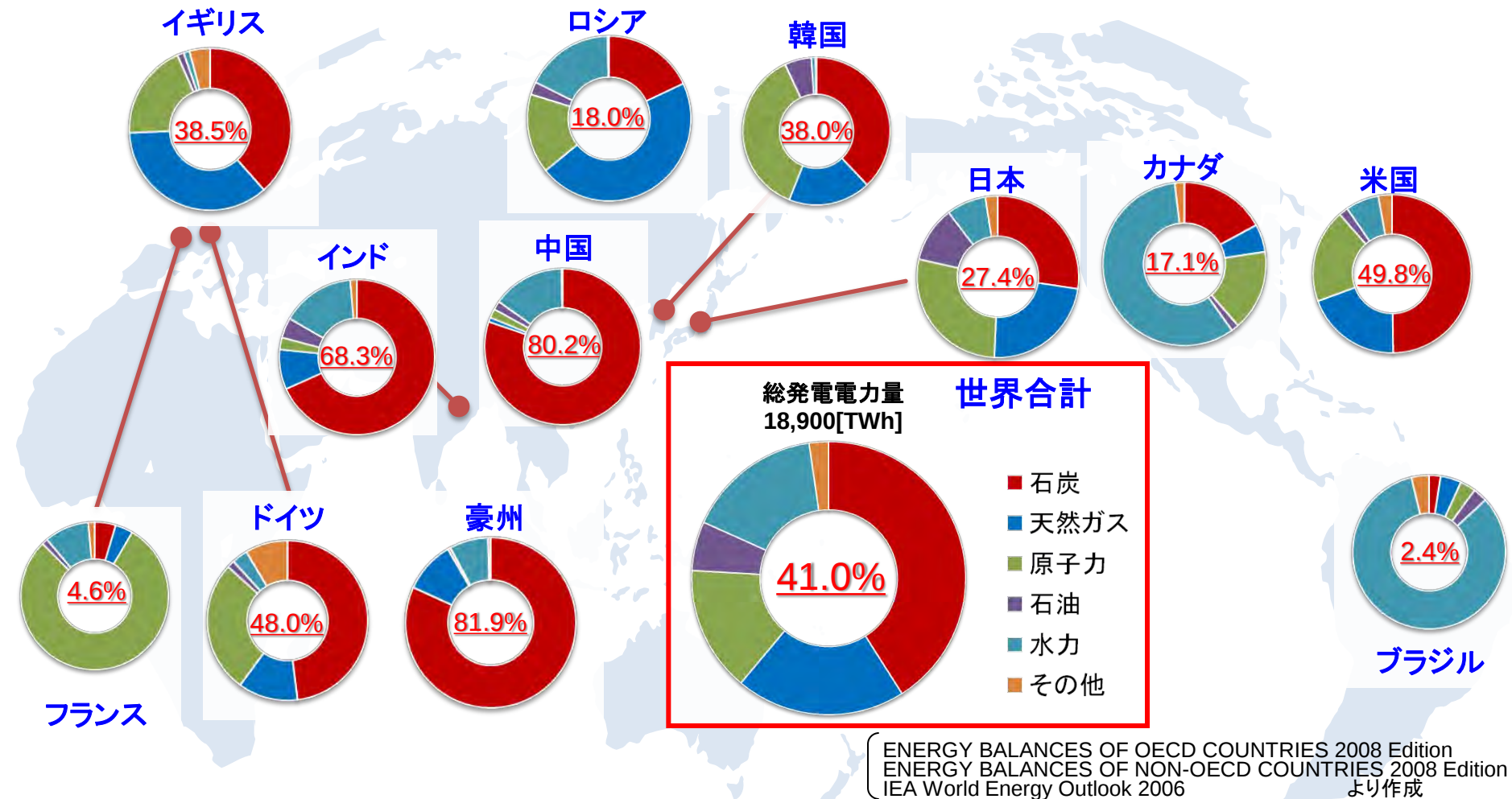
エネルギー起源CO₂排出内訳



※出典：IEA CO₂ Emission from fuel combustion

- 石炭火力発電の割合が多い米国、中国等はCO₂排出量も多い
- 世界のCO₂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

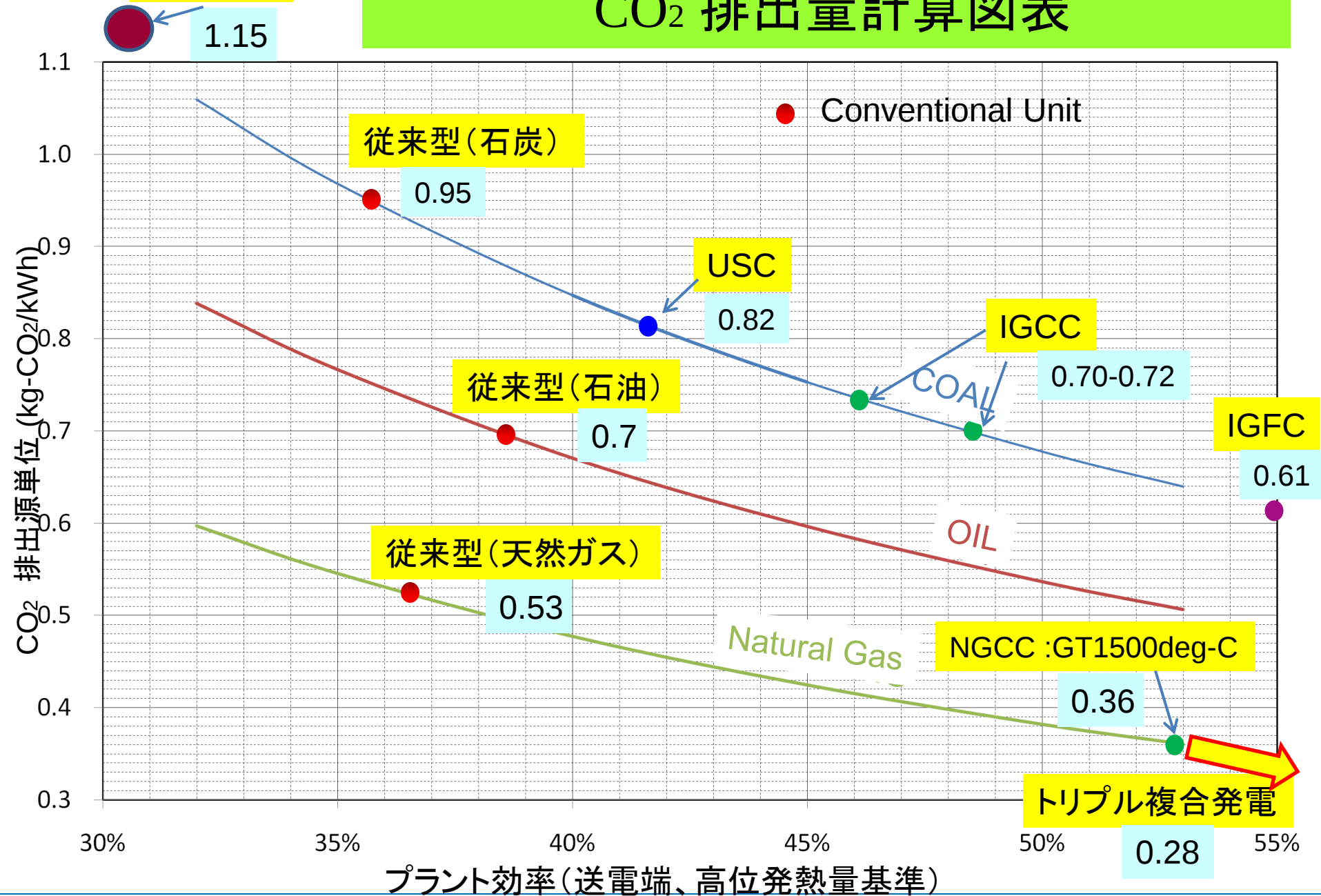
世界の主要国電源構成



- 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

褐炭焚き

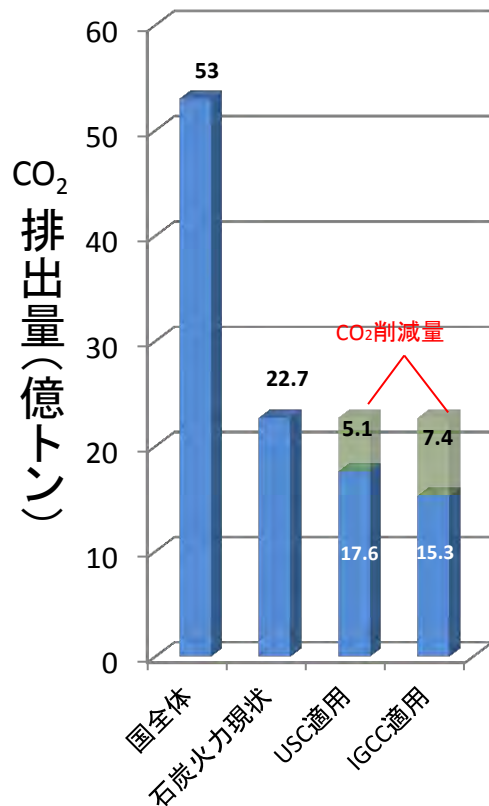
CO₂ 排出量計算図表



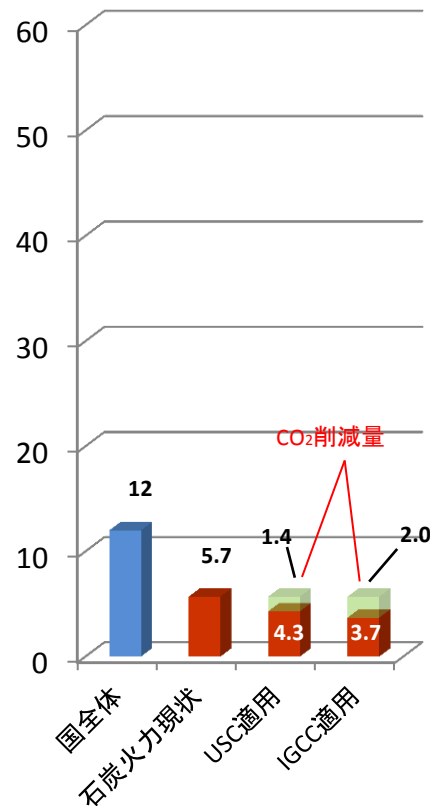
日本の石炭技術によるCO₂削減の可能性

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

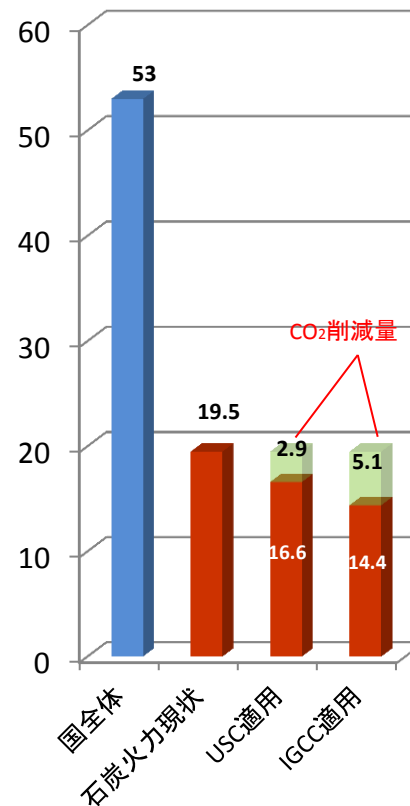
中国



インド



米国



可能削減量



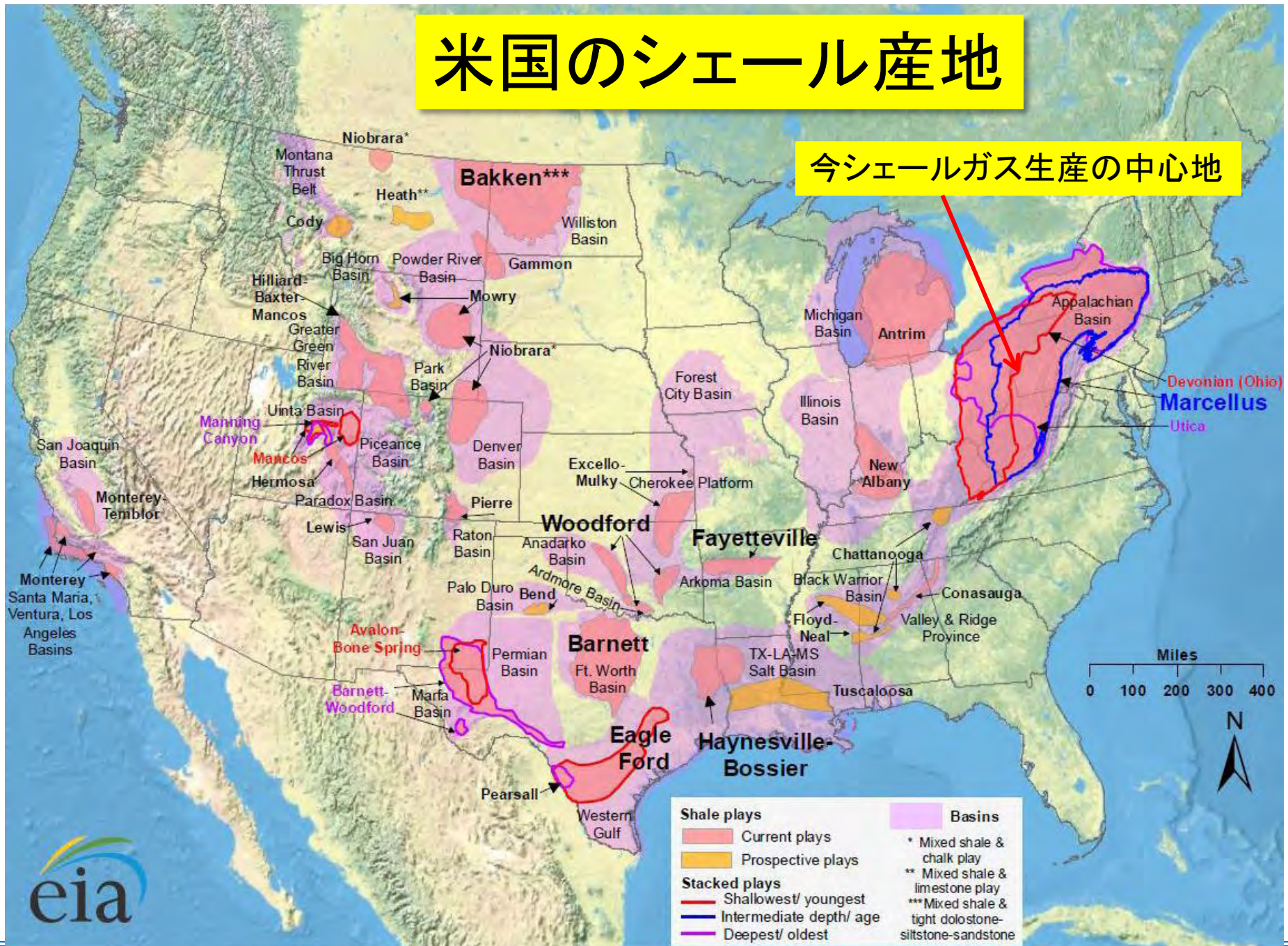
IGCCは高効率・低灰融点炭の多い中国・米国・豪州・インドネシアなどとの協力に有効！

米国のシェールガス開発の真の狙い

1. 米国産の天然ガスで自給率100%を達成し、さらに輸出も可能となる
2. シェールオイルで石油生産量もサウジアラビアを抜き世界最大の産油国に
3. 世界最大の産出国として世界の価格支配力を強める
→ロシアと真っ向から対立
4. 安い石油・天然ガス価格で国内のエネルギーコストを低減
5. 安いエネルギーコスト・電力コストを武器に米国製造業の復権を果たす
(いままであまりにマネーゲームという虚業に没頭していた誤りに気がついた)
6. 製造業復権時には日本がライバルになりうる
→いかにGive& Takeをはかるかが大事
7. しかしシェールガス・オイル資源は世界中至るところにある
→いずれこれらの国が台頭
8. その時には米国はダントツの製造業で世界を支配、さらにシェールガス・オイル
枯渇時には石炭が復権。その時には米国の世界最大の石炭資源がモノをいう
9. 従って当面石炭に対する依存度は下がるのはやむを得ない
(別に石炭資源が減るわけではないので将来に温存)
10. 天然ガス主体のエネルギー源になると世界のCO2問題でも米国が攻勢に出れる(CCSで石炭でもCO2問題をリードできると読んだが失敗)

米国のシェール産地

今シェールガス生産の中心地

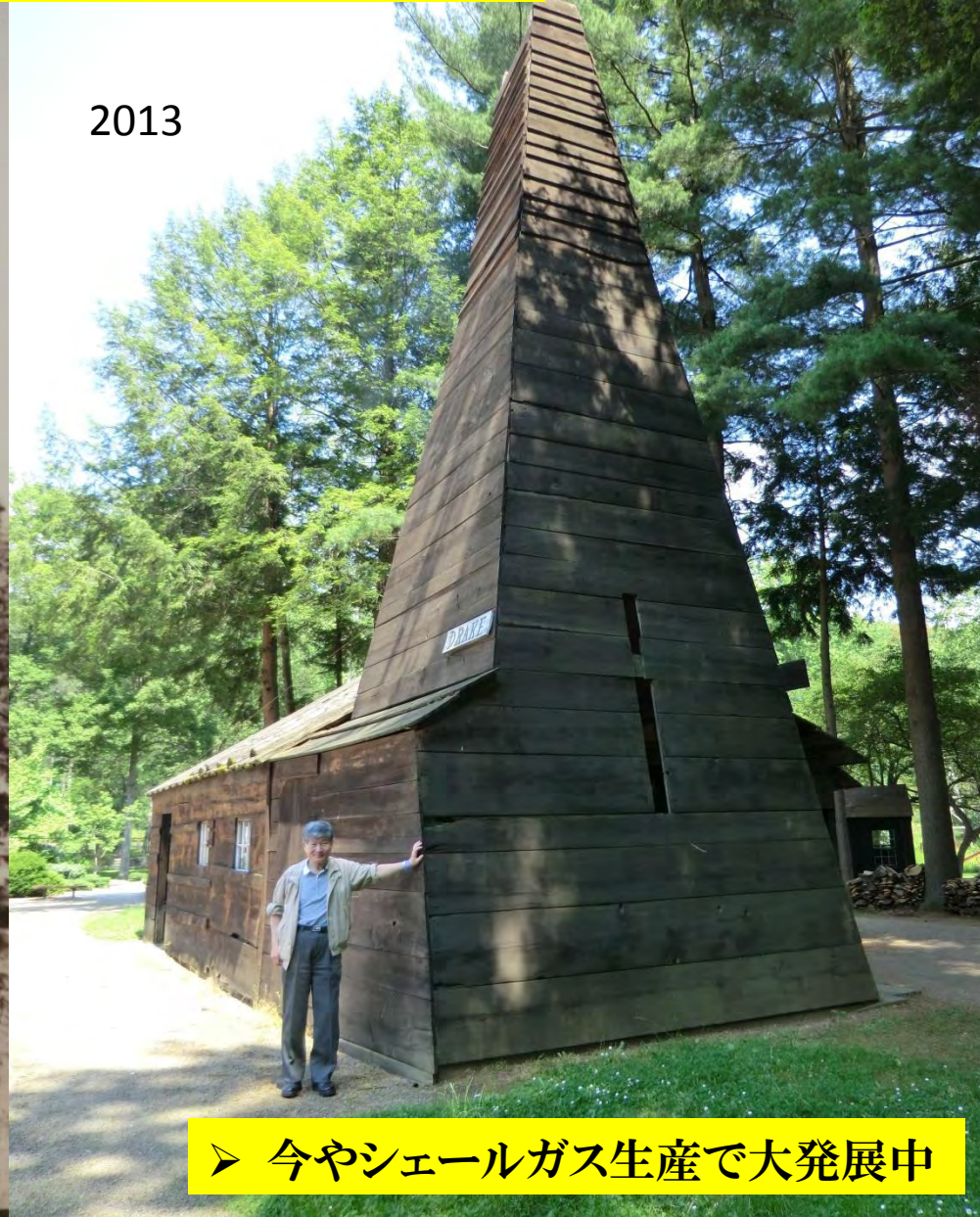


➤ Pennsylvaniaはもともと石炭も石油も一大産地であった……

1859



2013



➤ 今やシェールガス生産で大発展中

世界最初の原油生産 (Edwin L. Drake: 1859年8月27日 : Titusville, Pennsylvania)

◆ 石炭利用の新しい展開

→新しい炭種の拡大

→IGCCは高効率化と新しい炭種利用拡大を同時に実現できる！

◆ 米国は当面シェールガス拡大のため 石炭利用を国際的に締め付ける可能性あり

- 日本はどうやって国際世論を味方につけるのか？
- JCM(二国間オフセット・クレジット制度：現在8か国)でインドネシア、ベトナム、モンゴル...などと組む
- 中欧EU-11か国(ポーランド、チェコなど)は石炭が頼り
----中欧との共同戦線を構築すべし---ぜひJCM対象に！
- 米国とも手を組む可能性あり----米国PRB炭の有効利用でWIN-WINの関係構築が可能

3.8%削減案(2005年比)の意味

温暖化対策 途上国に1.6兆円拠出

政府は途上国への地球温暖化対策の資金支援として、2015年までの3年間に官民で160億^{ドル}（約1兆6000億円）を拠出する方針を固めた。安倍晋三首相が掲げた「攻めの地球温暖化外交戦略」の柱で、アジアやアフリカ、島しょ国に高効率の火力発電所など日本の優れた環境技術の導入を促すことで貢献したい考えだ。

11日からポーランドのワルシャワで始まる第19回国連気候変動枠組み条約締約国会議（COP19）で石原伸晃環境相が表明する。政府は12年までの3年間で135億^{ドル}（約1兆3000億円）と先進国の4割に相当する資金支援を実施している。

3.8% - 2.8% = 1.0% 削減



森林吸收

- 二国間オフセット(JCM)で日本の友好国をいかに増やすかが勝負!

出典：電気新聞、日本経済新聞
2013年11月

温暖化対策官民で11兆円

今後5年 アジアに観測衛星

政府は温暖化防止削減を国内外で進める総合的な対策をまとめた。削減につながる環境技術の開発に今後5年間で官民合せて1100億^{ドル}（約1兆円）を投資すると目標、排出増が見込まれる途上国には今後3年間で官民で1600億^{ドル}（約1兆6000億円）を拠出して支援する。アジアなど排出量を観測する衛星を2017年に打ち上げる計画も盛り込んだ。

政府戦略 COP19で表明へ

「日本の地球温暖化外交戦略」のポイント	理念
	・震災、原発事故を乗り越えつて技術革新の先頭に立つ ・温暖化ガスと2050年までに世界で進む目標の両面に向け具体的に行動
	革新的な技術開発 ・国民で今後5年間に1100億ドル(約1兆1000億円)を投資し、二酸化炭素の回収・貯留技術の高度化などを推進 ・エネルギー・環境技術活発化会議を創設
	低炭素技術の展開 ・今後3年間で2国間クレジット制度の参加国を増増 ・国や都市ごとの排出量を測定できる世界最先端の温暖化ガス観測衛星を17年に打ち上げる
	途上国支援 ・今後3年間で国民で160億ドル(約1兆6000億円)を拠出

[illegible][illegible]

環境技術版ダボス会議」を創設し、毎年開催する「方針も打ち出す。毎年1月に各国の政界・経済界の指導者がスイス東部のダボスに集う世界経済フォーラムの年次総会（ダボス会議）に倣い、環境分野で一段の技術革新を加速させる狙いだ。

温室効果ガス

政府は「日本に
2050年までの温室効果
ガス排出削減目標につい
て、15年比で8%減
とする方針だ」と、15日
にも明く地球温暖化対策
国際交渉でもたなしし環
球協定会議（COP19）
に石原前環境相が出席
し、右の主張をする環
境省幹部と主張する環
境省が押し切った格好。
11日からボラントのワ
シントンで開閉する第19
気候変動枠組条約の国
際交渉でもたなしし環
球協定会議（COP19）
に石原前環境相が出席
し、右の主張をする環
境省幹部と主張する環
境省が押し切った格好。

COP19で環境相表明へ

目標は05年比3.8%削減

しても「ないより、あつた方がまし」（環境省幹部）というレベルの目標公約からは、大きく後退した。数値にとまつかため、双方積み分けの決着がついていない。また、目標数値の設定に二つの異なる

「経産省側はエネルギー政策が定まらずに、電力比率も見通せず、数を決めるのは困難と主張を展開。今回の決定で電力比率とするところ、経産省に配慮したと思われる。環境省ごとの主張を聞いて、政府内での再協議の状況は明らかになった段階で、目標数を引き上げる針。そこで、途上国支援を中心とした外交戦略を出すこと、国際社会からの理解を得て考えたが」

新たな目標は年内に閣内に提出され、各閣員連に提出されて、各閣員による了承を受けることになる。田中俊二氏に詳しい専門家は、「目標が低レベルの場合、途上国の攻撃材料となる。そのためあな

ら（目標数値を）出さない方がましだ」と指摘している。



Thank you!

The End