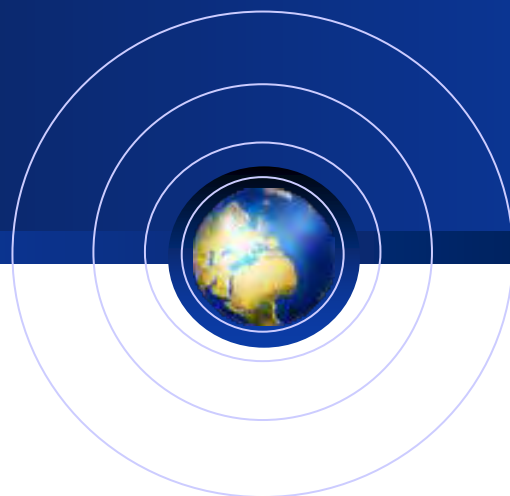


大規模火力発電の高効率化



2012年1月27日

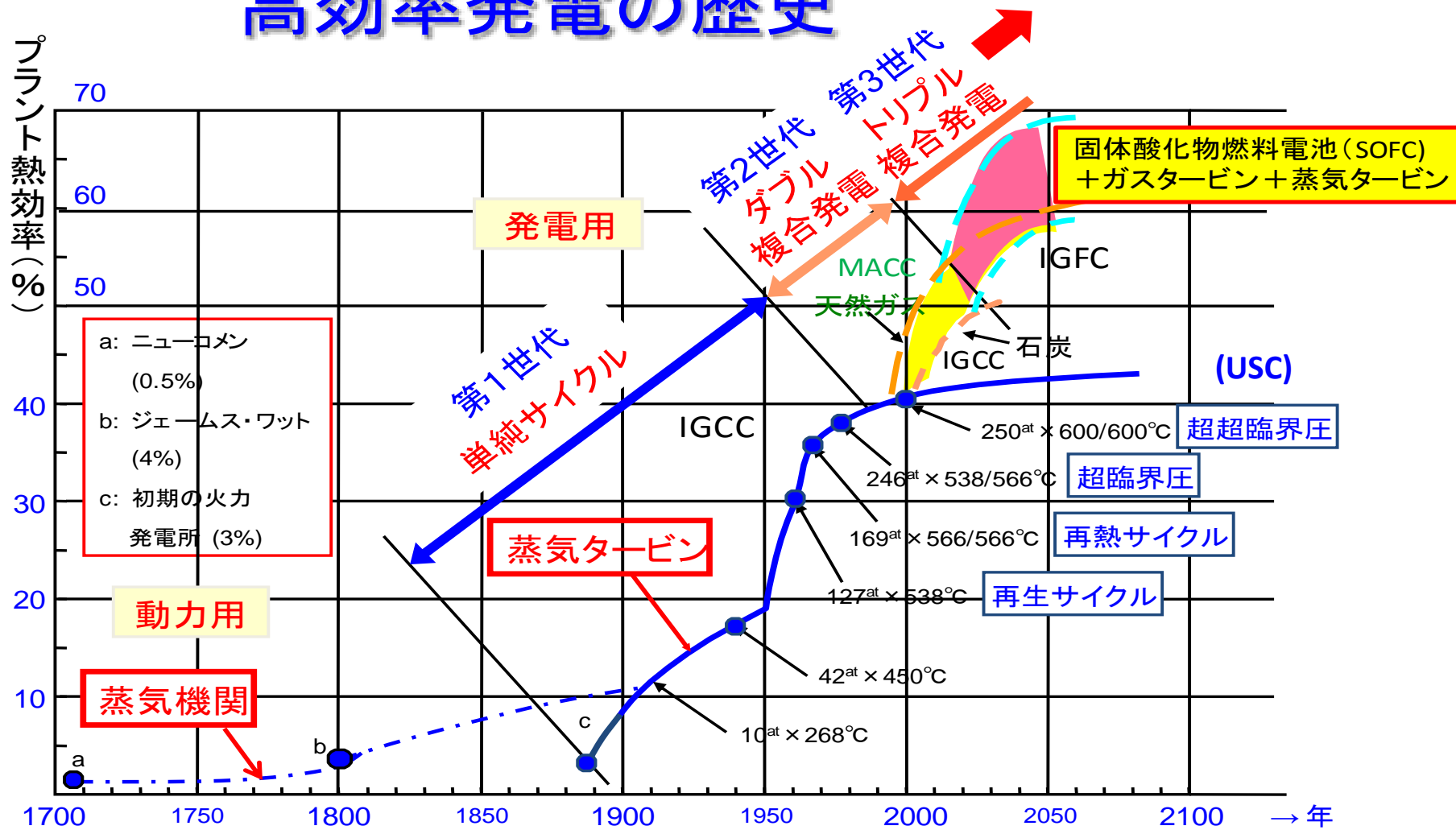
東京大学生産技術研究所

特任教授 金子 祥三

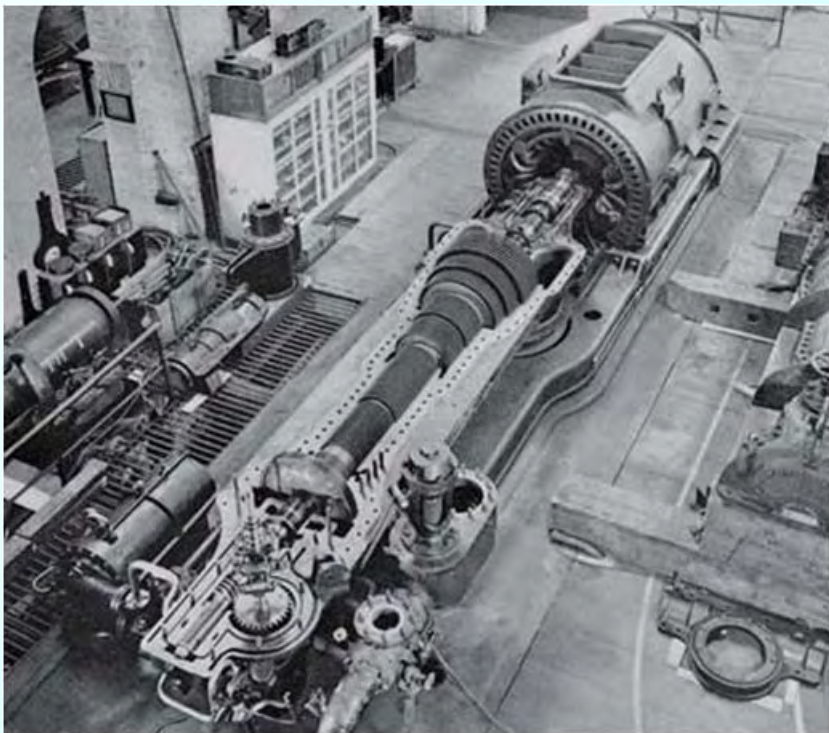


火力発電の高效率化の動向

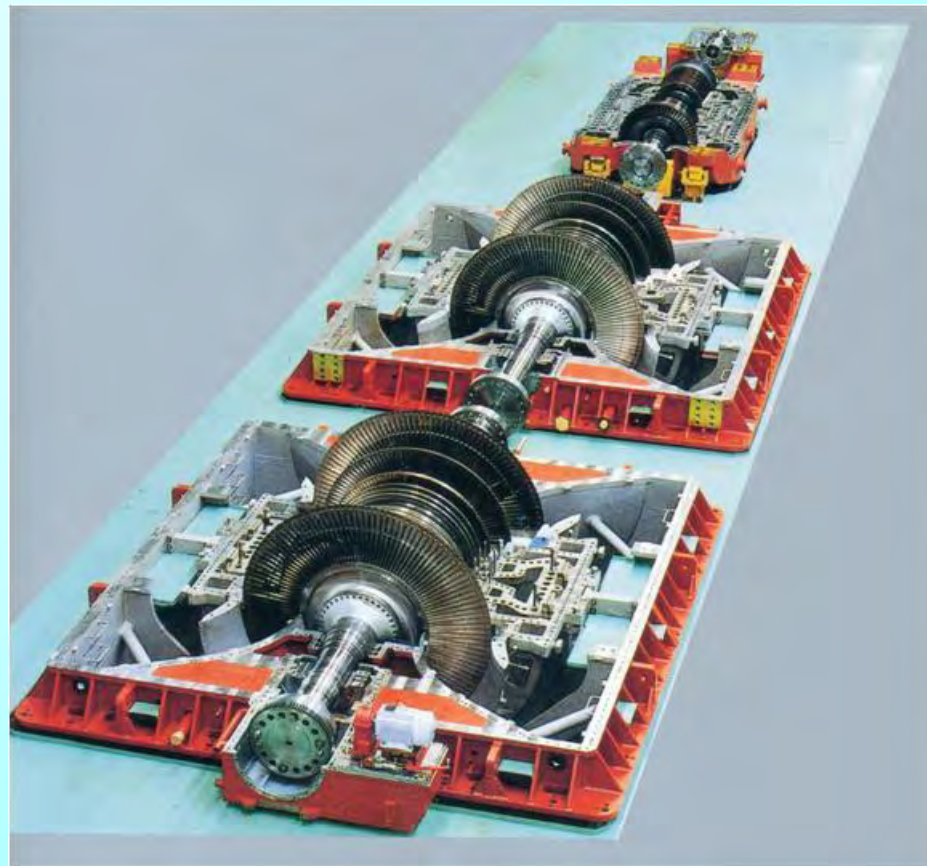
高效率発電の歴史



日本の蒸気タービン

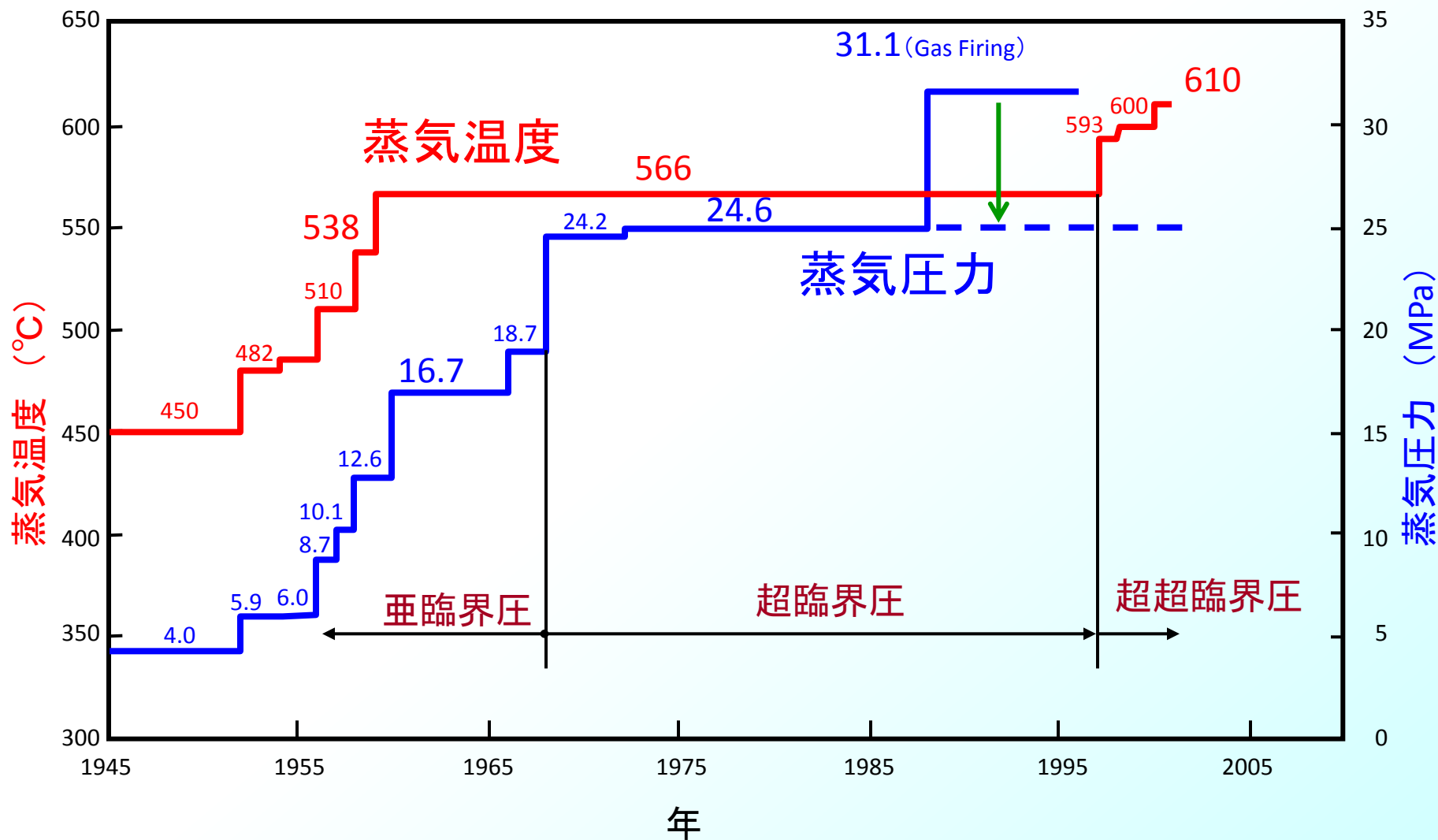


最初の発電用蒸気タービン: 500KW
(1905年)



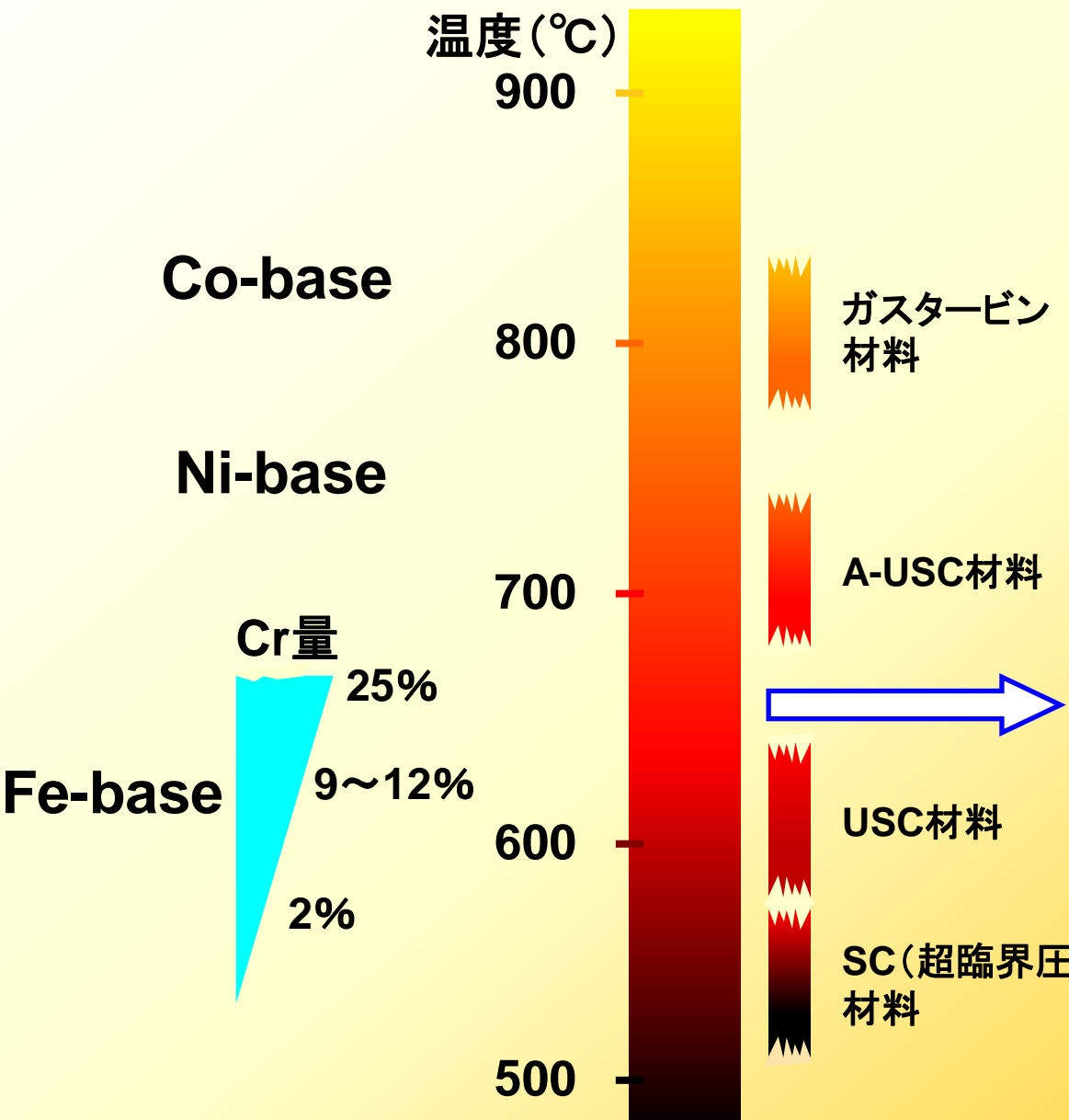
最近の発電用蒸気タービン: 700,000KW
(1995年)

火力プラントの蒸気条件



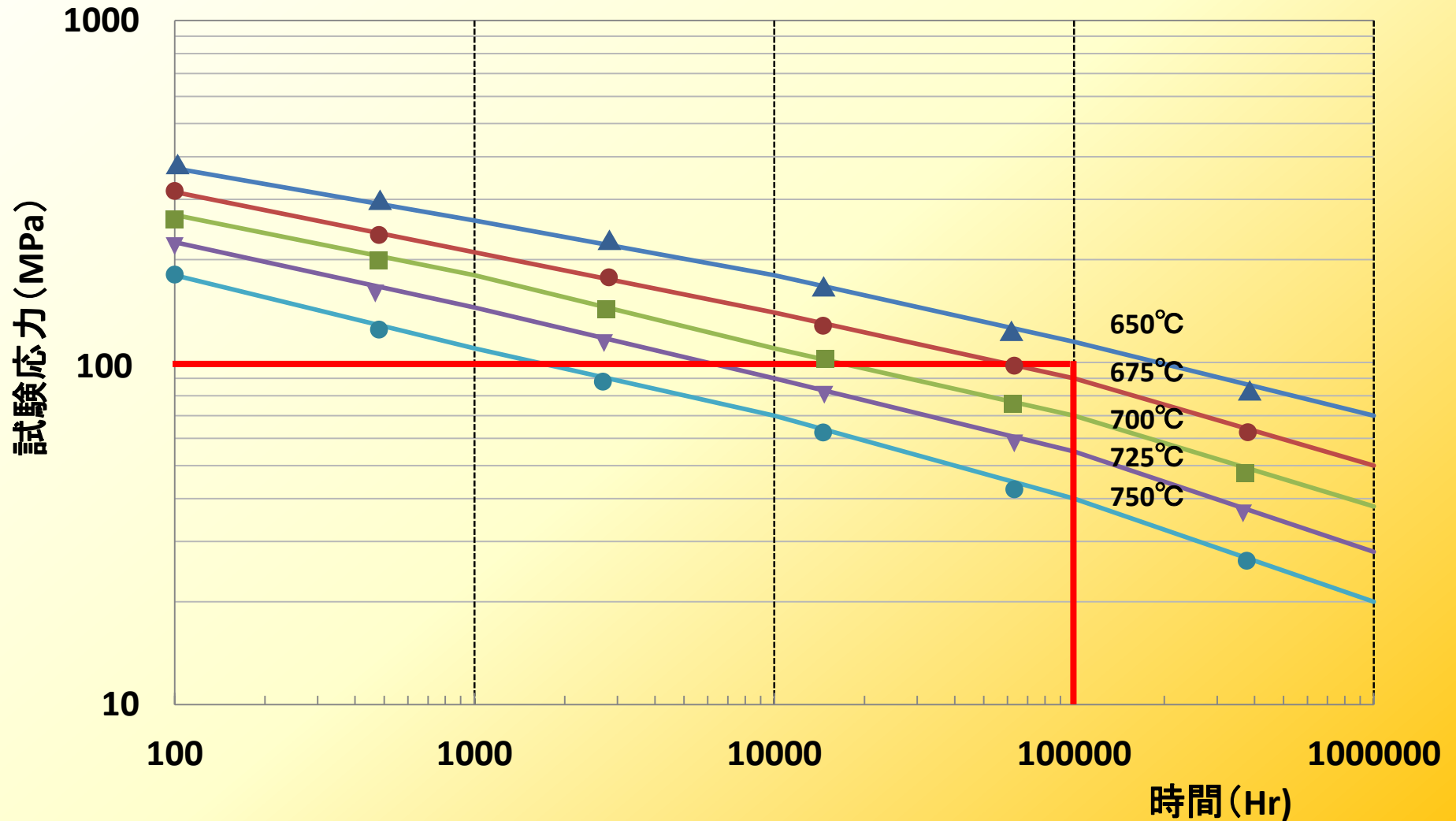
耐熱高温材料

許容応力のベースは
10万時間クリープ強度



耐高温材料強度の決め方

クリープ破断試験



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

ボイラ側

- $(700+\alpha) \approx 735^{\circ}\text{C}$ 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

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

ジェットエンジンの進歩とガスタービンの進歩

単純サイクル

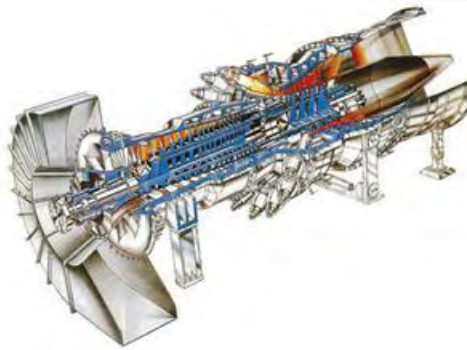
[ボイラ+蒸気タービン+発電機]



・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

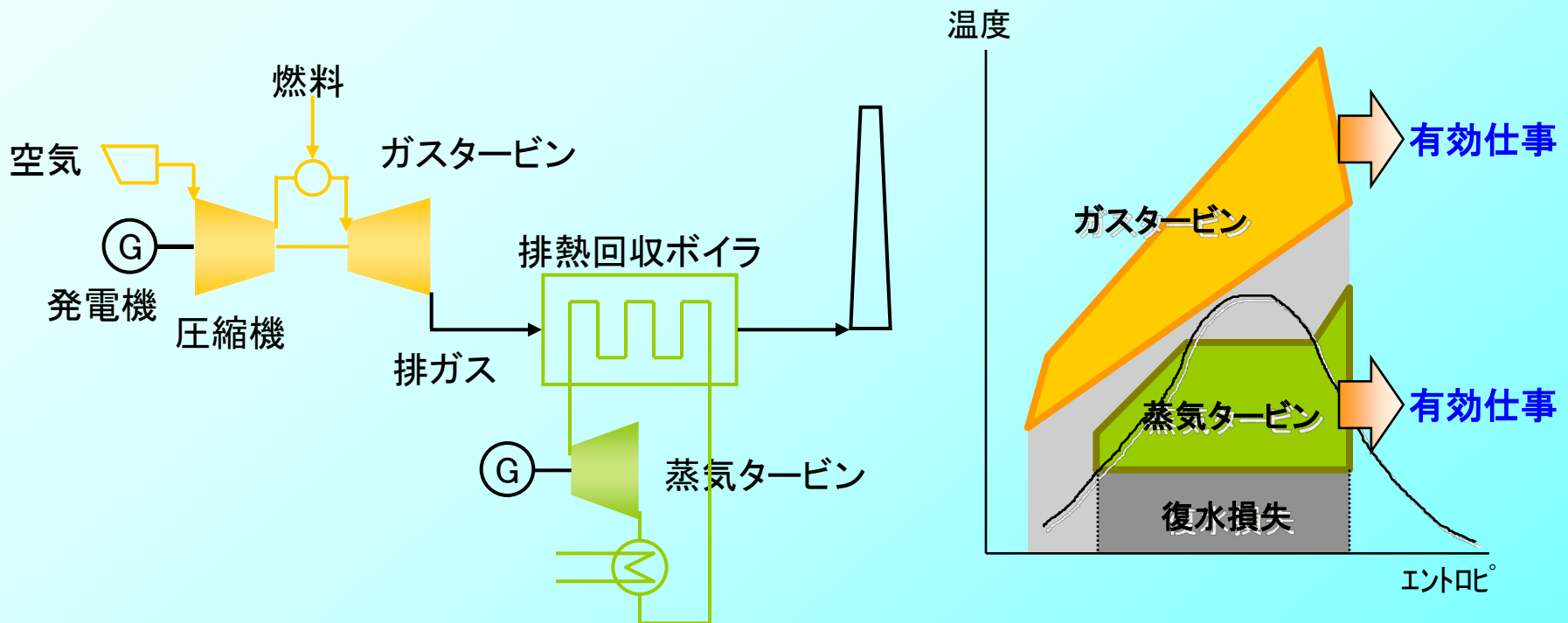
複合サイクル

[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

複合発電サイクル



一粒で二度おいしい！



天然ガス複合発電は日本が世界に先駆け 実質的に実用化した

- 試行は欧米が先行
- しかしもともと高価な天然ガスは夏季ピーク用で
通年連続運転の実績無し
- 従って機器も信頼性に欠けるもの多し

- 日本が成功したことで米国、欧州で逆に採用が進む
- 現在のダブル複合発電全盛時代へ

東京電力富津火力発電所



ダブル複合発電の黎明期

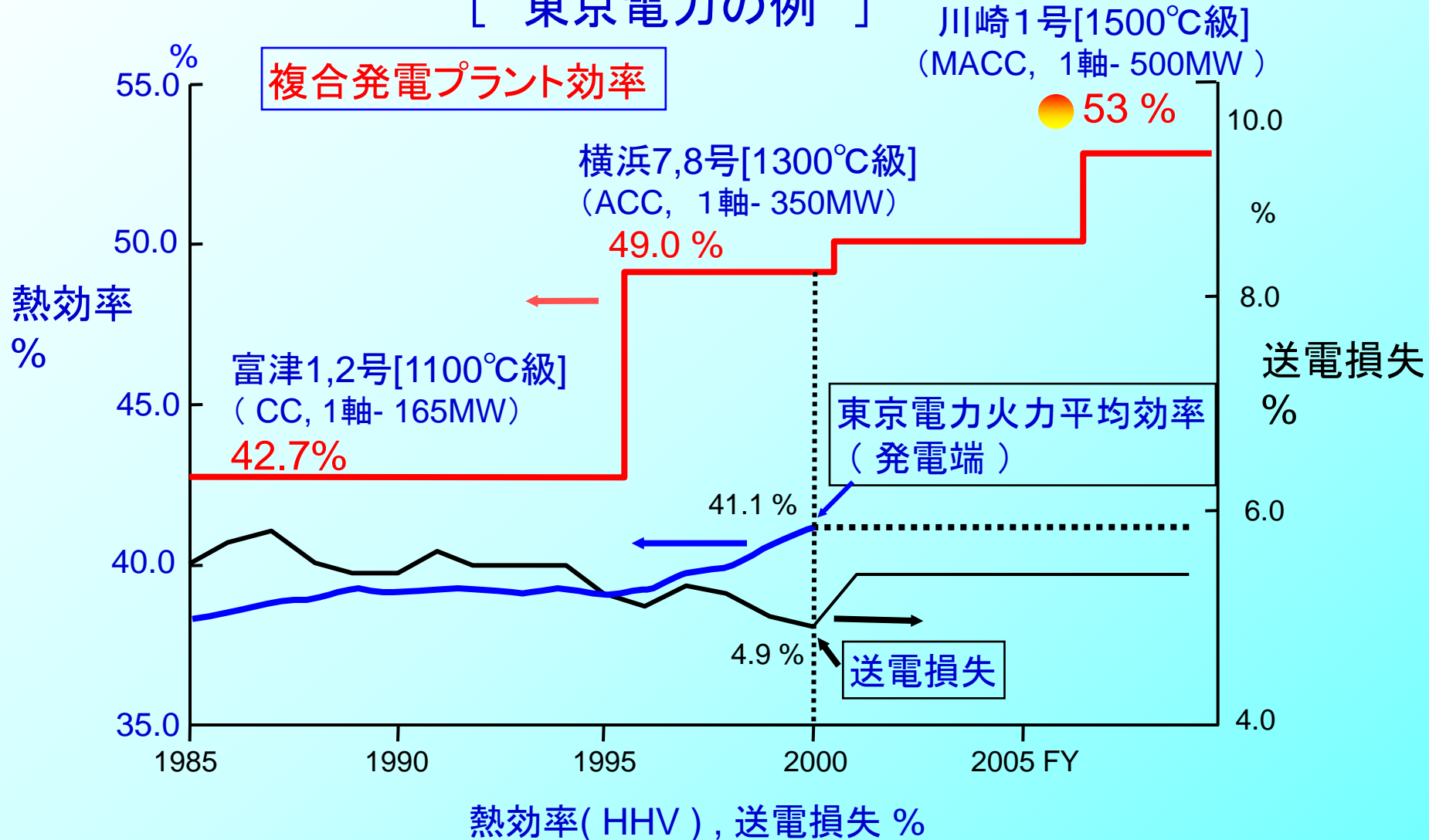
1984年より運開

東北電力東新潟発電所



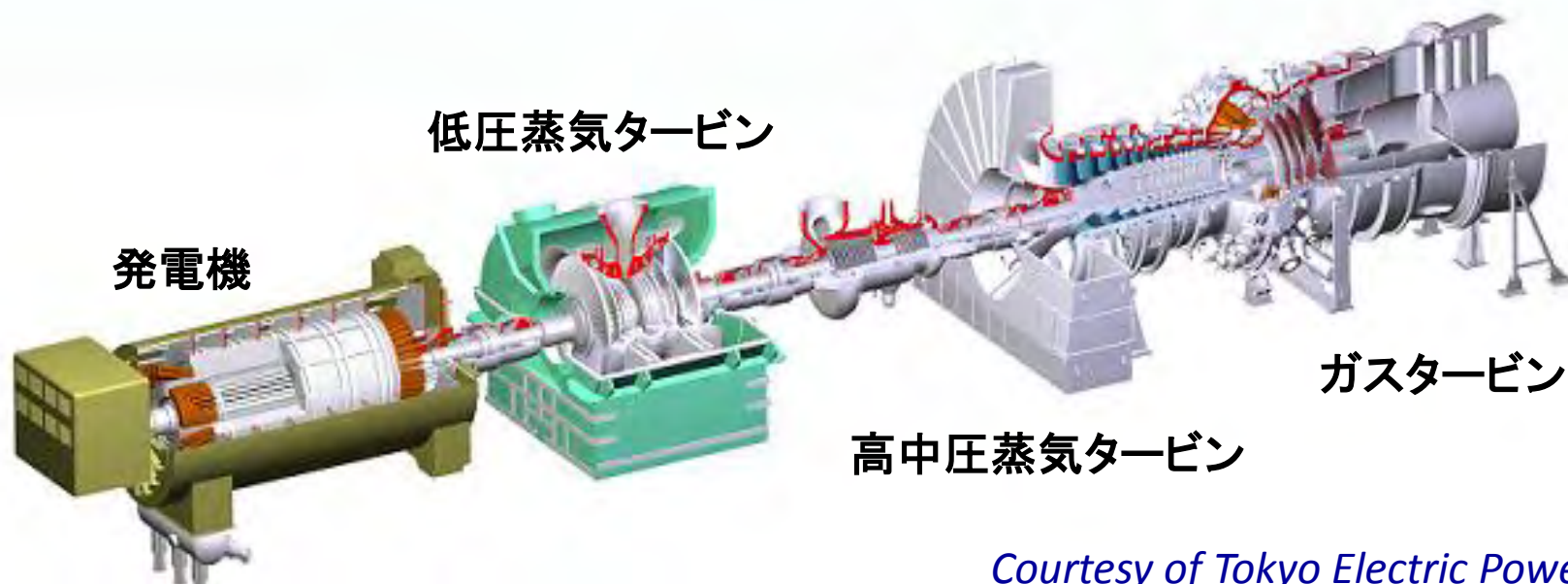
ダブル複合発電 (LNG)

[東京電力の例]



出典 : 東京電力環境行動計画報告 2001年, p.30

1,500°C級コンバインドサイクル発電設備主要機器



Courtesy of Tokyo Electric Power Co.

高効率石炭火力の必要性

- 石炭---セキュリティ上重要だがCO₂の発生量多し
→高効率化の必要性
- 世界中が石炭で発電
→国際協力に不可欠の技術



アリとキリギリス

➤天然ガスには
セキュリティ上
代替燃料が必要

キリギリス
-天然ガス?

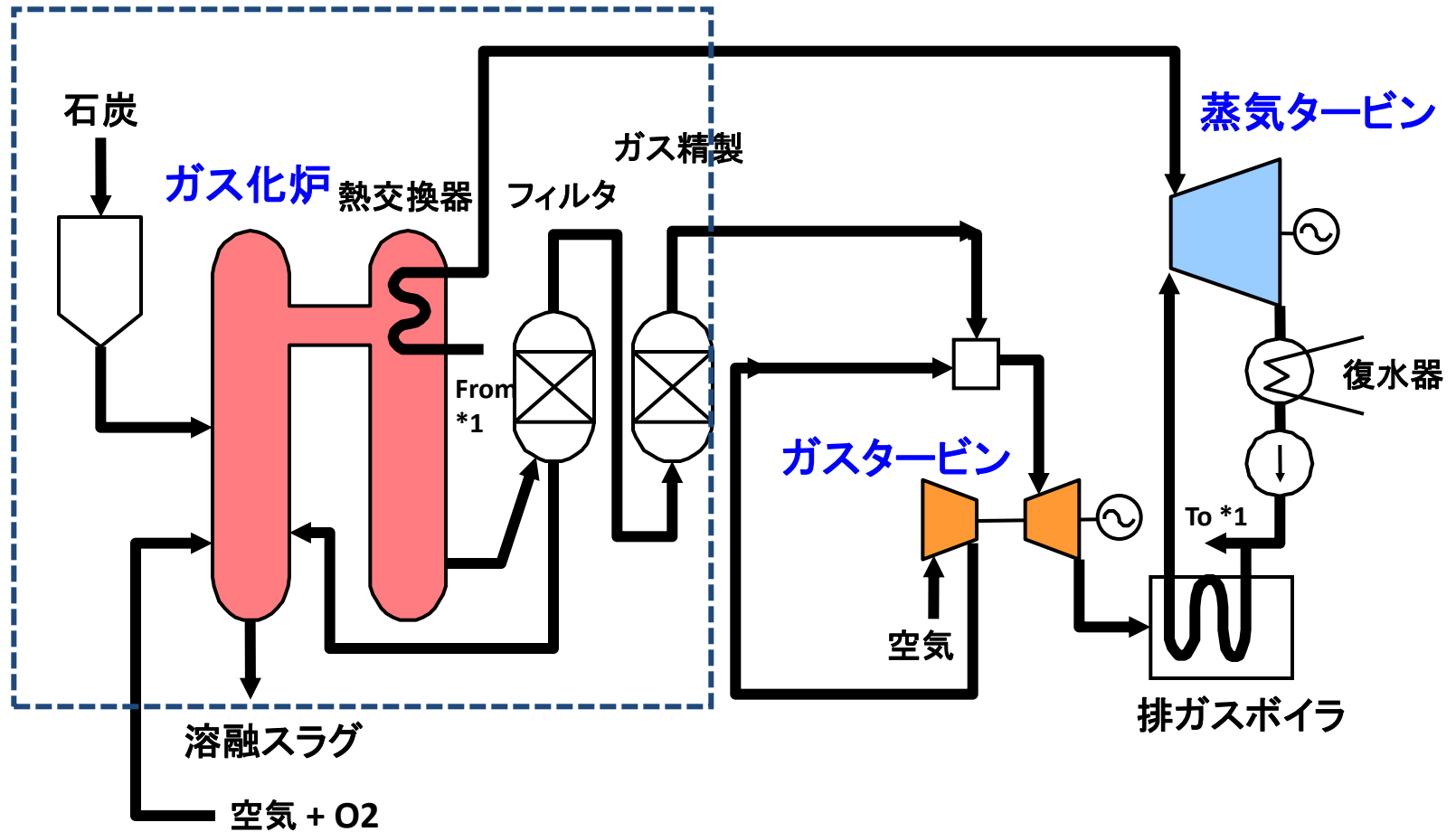


アリ
-石炭?
-原子力?

The Ants and the Grasshopper

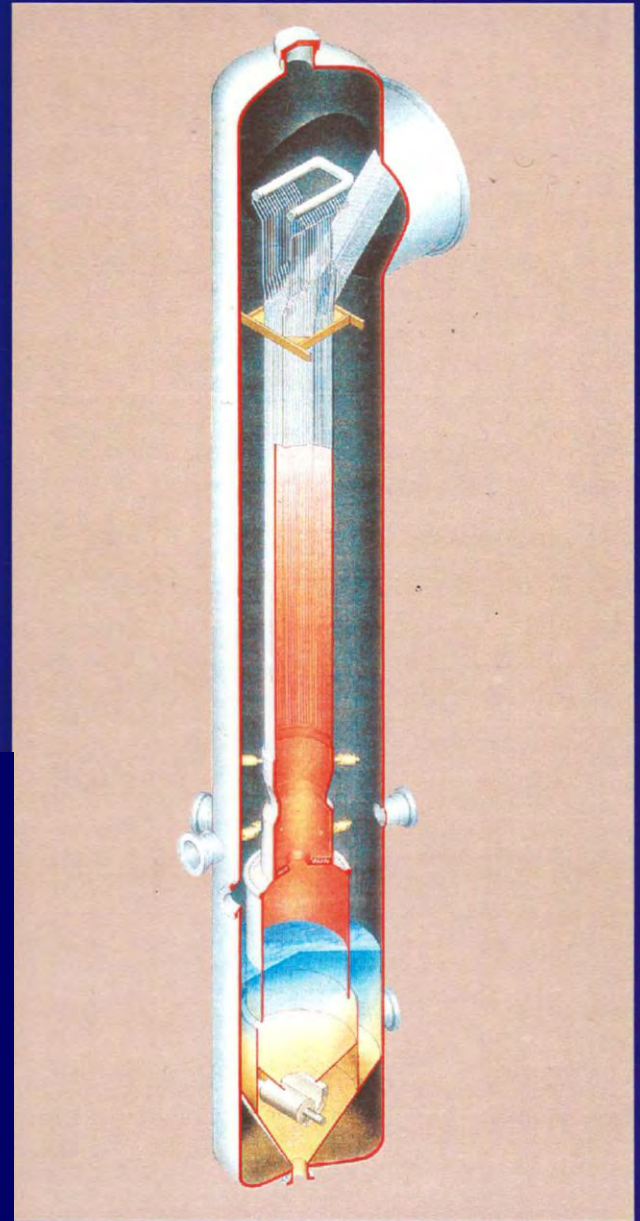
石炭ガス化複合発電 (IGCC)

ガス化炉およびガス精製

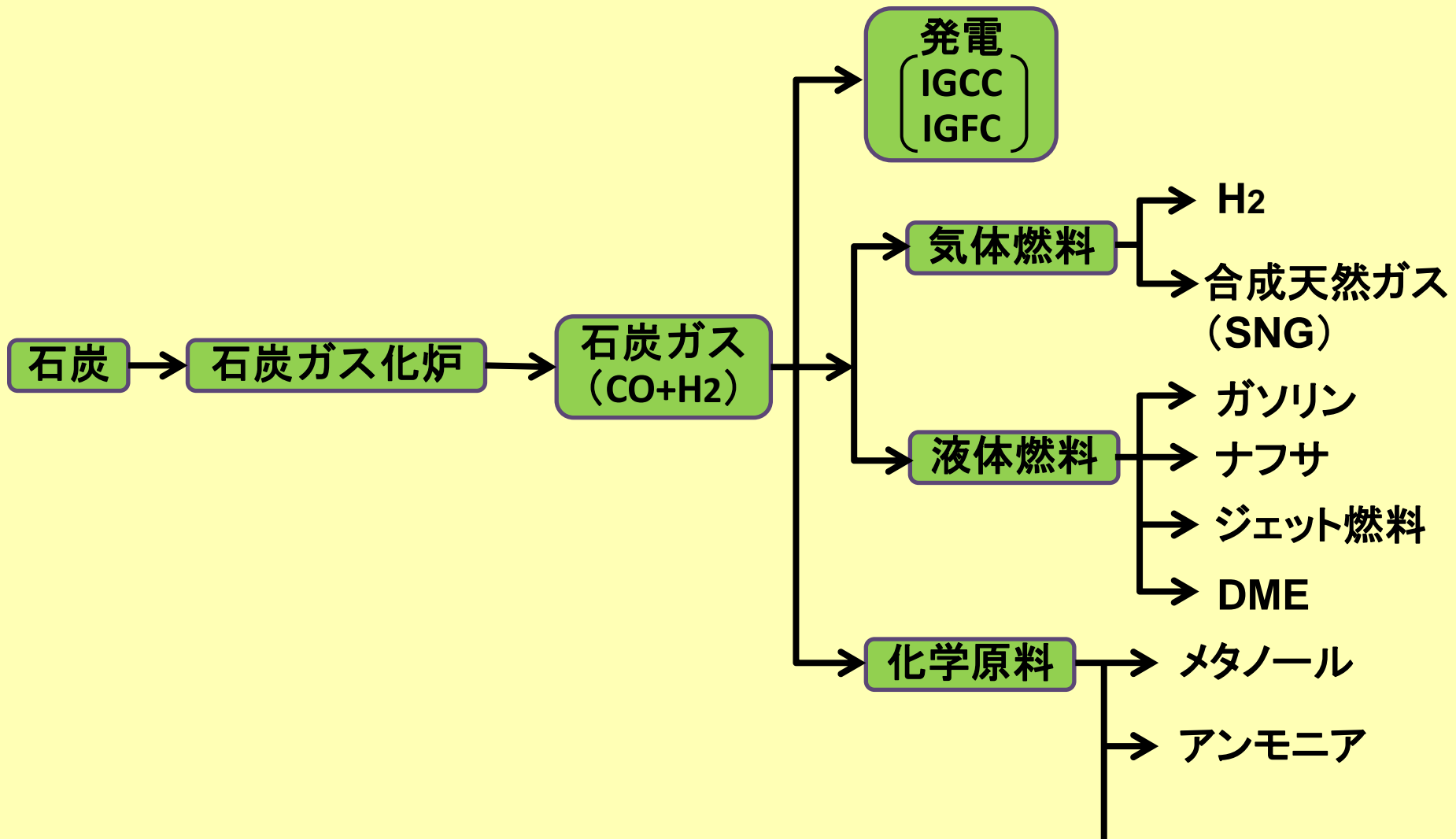


石炭ガス化の効用 →天然ガスとの互換性

液体燃料の製造も可能

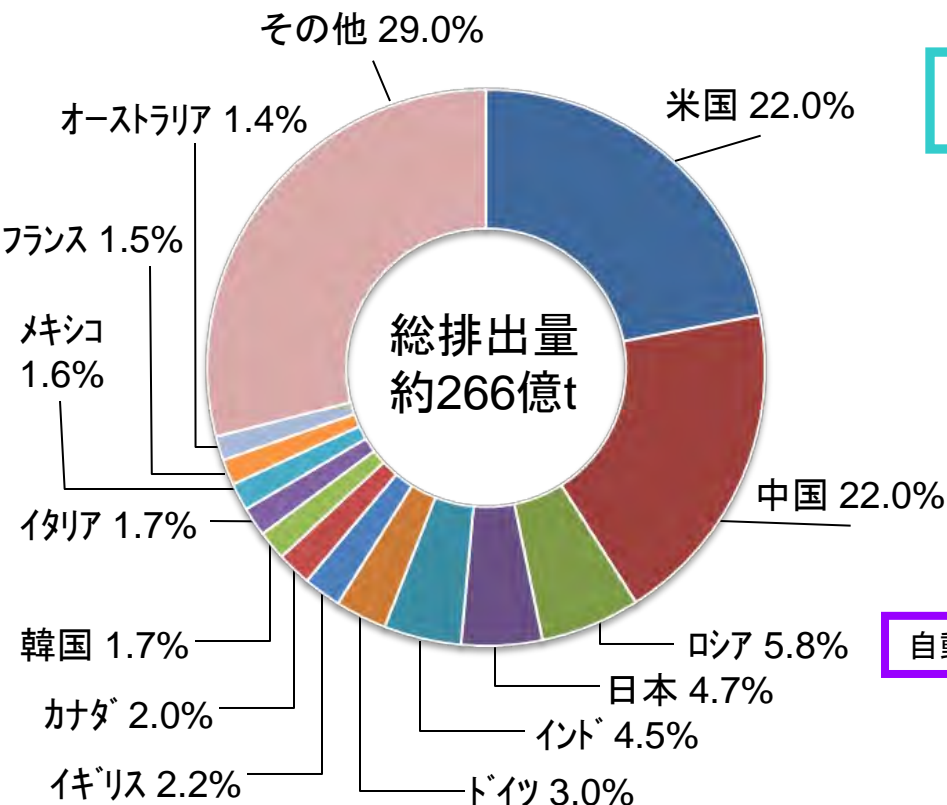


石炭ガス化の用途

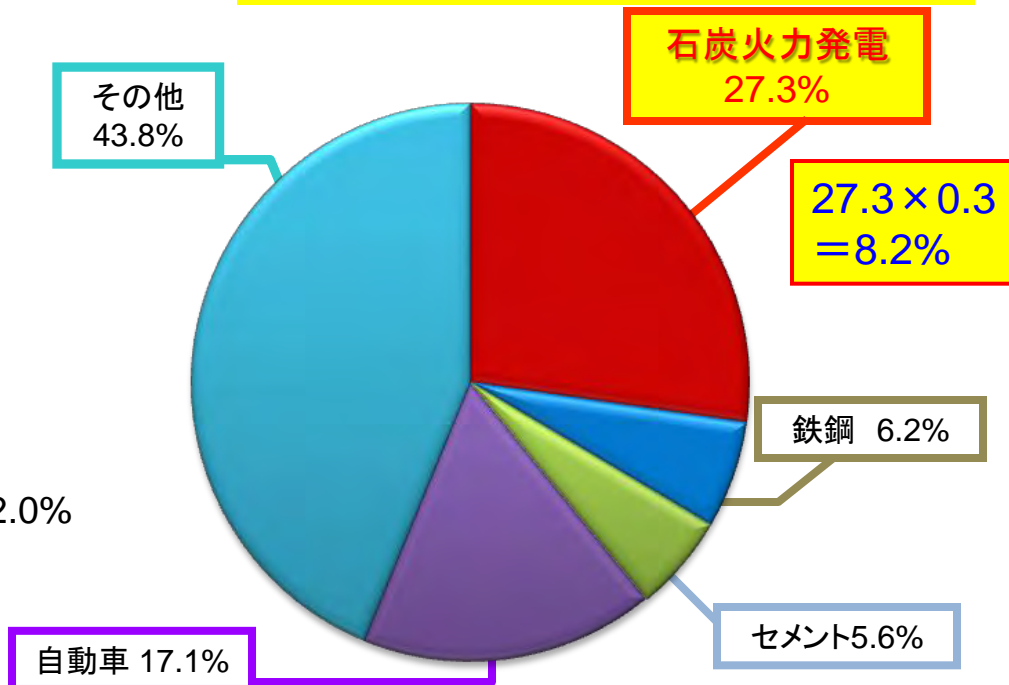


世界のCO2排出量

国別排出量内訳



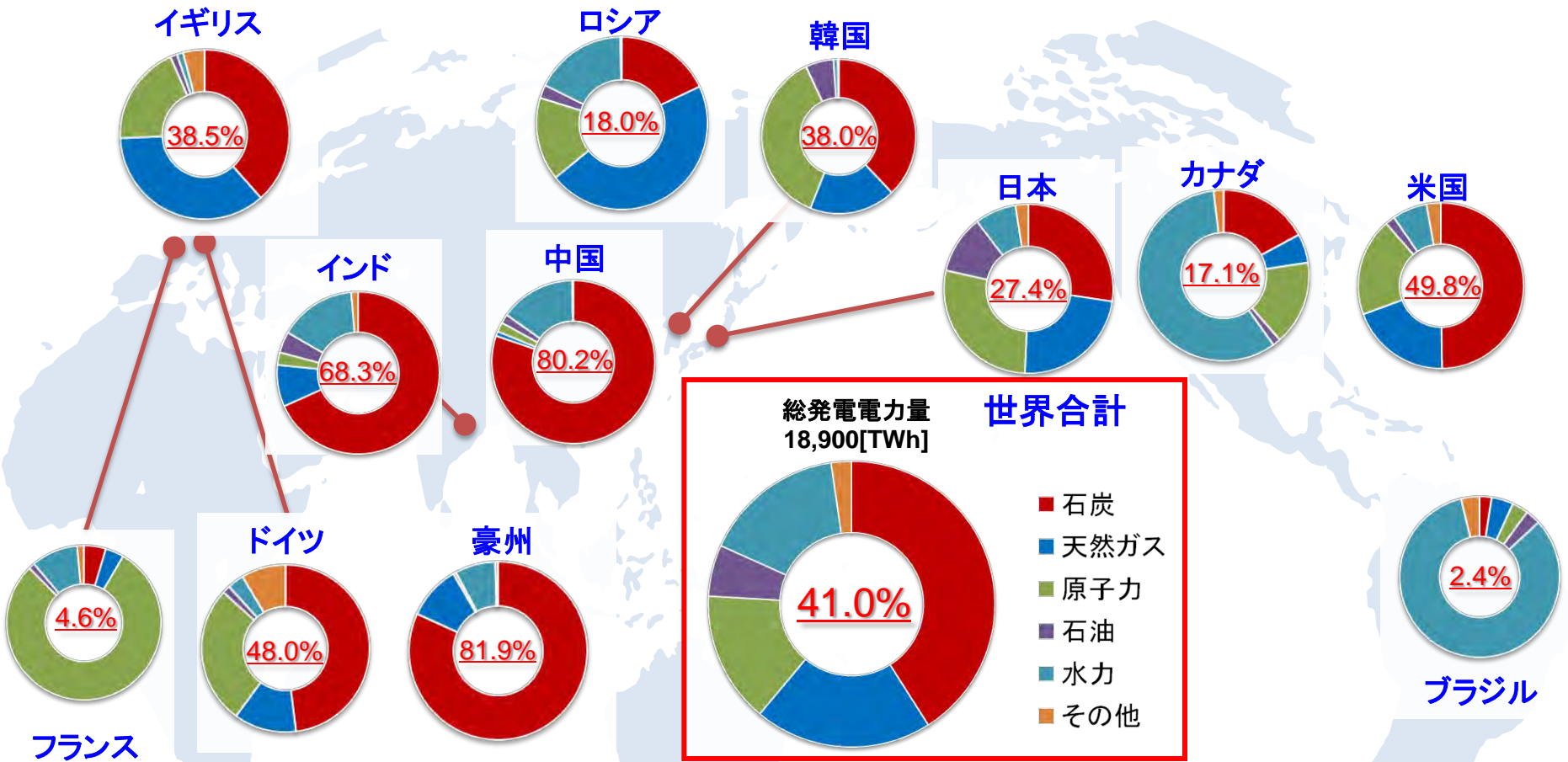
エネルギー起源CO2排出内訳



※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

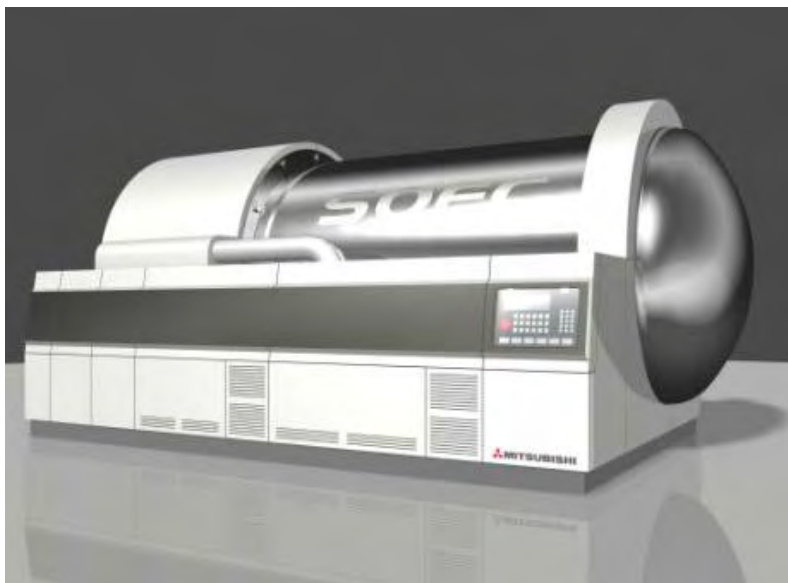


ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES 2008 Edition
 ENERGY BALANCES OF NON-OECD COUNTRIES 2008 Edition
 IEA World Energy Outlook 2006
 より作成

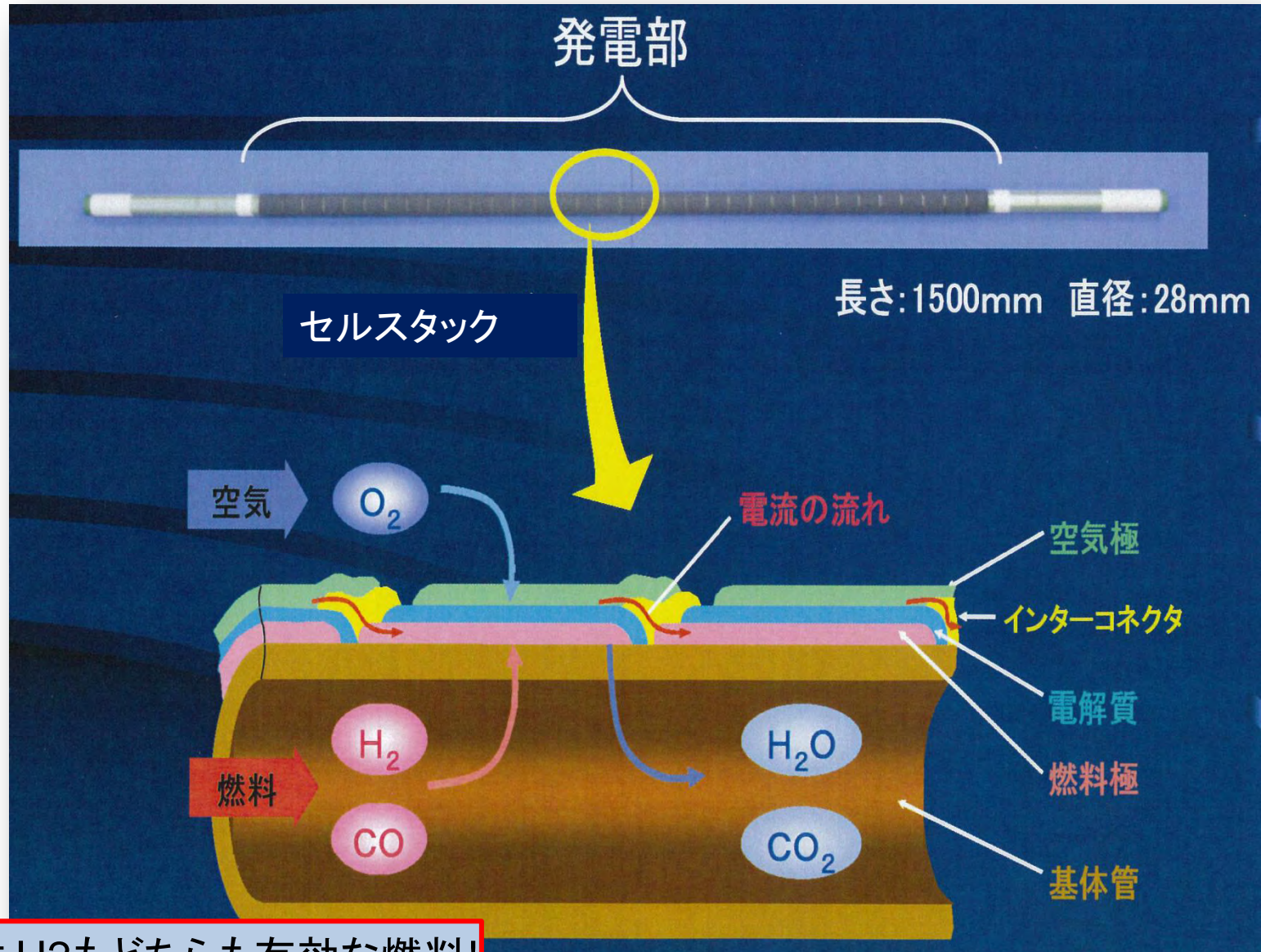
- 世界の電源構成に占める石炭火力の割合は40%
- 日本でも27%が石炭による発電
- 特に米国、豪州、中国、インドでは大半が石炭による発電

火力発電の今後

ダブル複合発電からトリプル発電へ！




高温型燃料電池：固体酸化物型 (SOFC) の構造



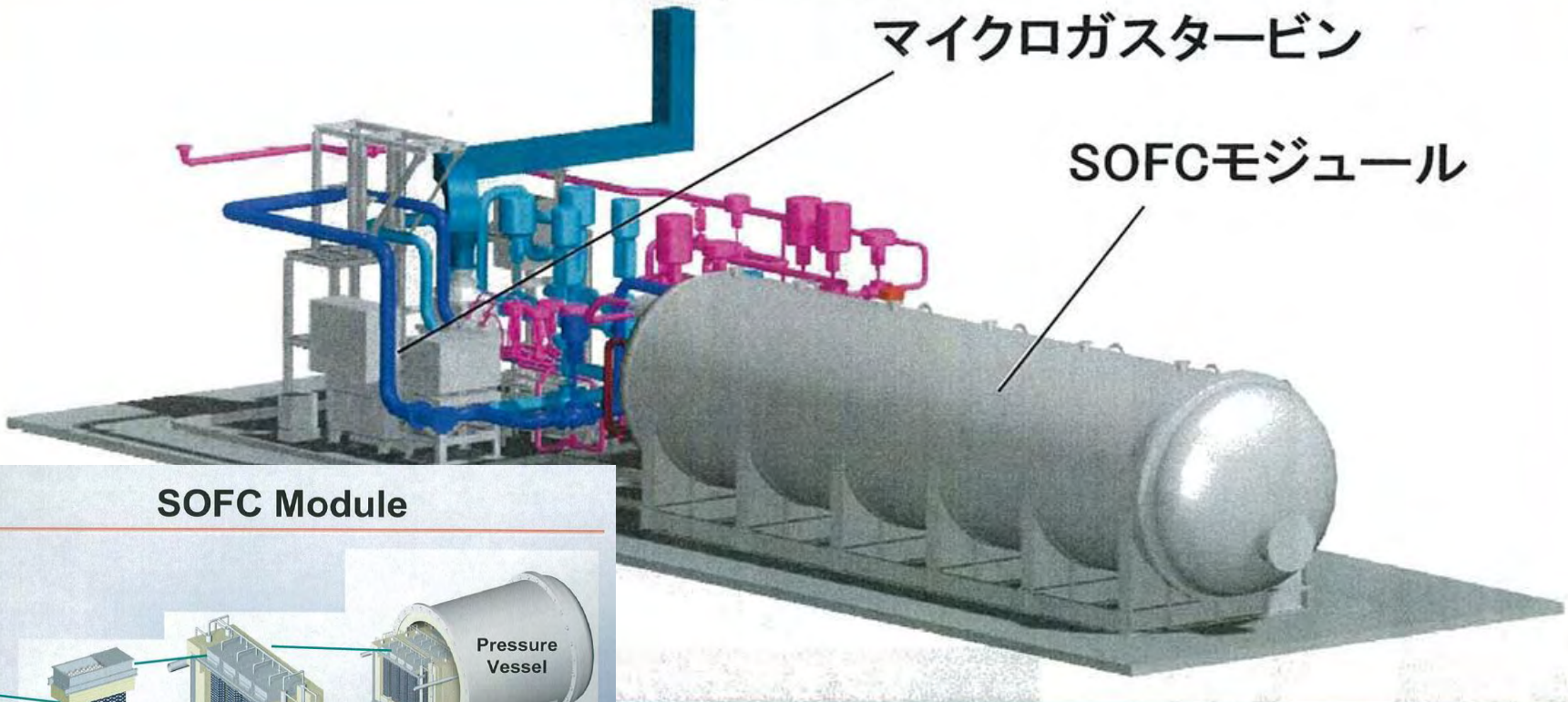
COもH2もどちらも有効な燃料!

SOFC:
第3世代の火力発電
の切り札!

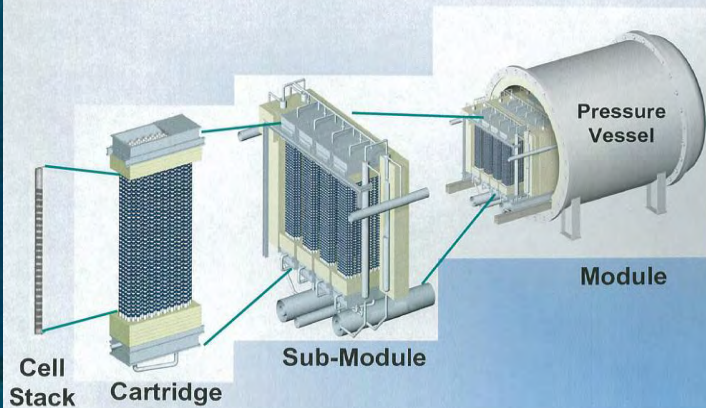


種類	固体高分子型燃料電池 (PEFC)	固体酸化物型燃料電池 (SOFC)
燃料	H ₂ のみ	H ₂ , CO
作動温度	~80°C	~1,000°C
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ●低温のため複合発電不可 ●低温のため活性化にPtが必要 ●電解質は高分子膜 	<ul style="list-style-type: none"> ●高温のため複合発電可能 ●燃料がメタンCH₄などの場合エクセルギー再生により効率2割UP CH₄+H₂O→CO+3H₂-205kJ/mol
		
用途	<ul style="list-style-type: none"> ●燃料電池自動車 	<ul style="list-style-type: none"> ●大型火力発電所 ●エネファームもSOFCに 

200kW級SOFC-MGTコンバインドサイクルシステム

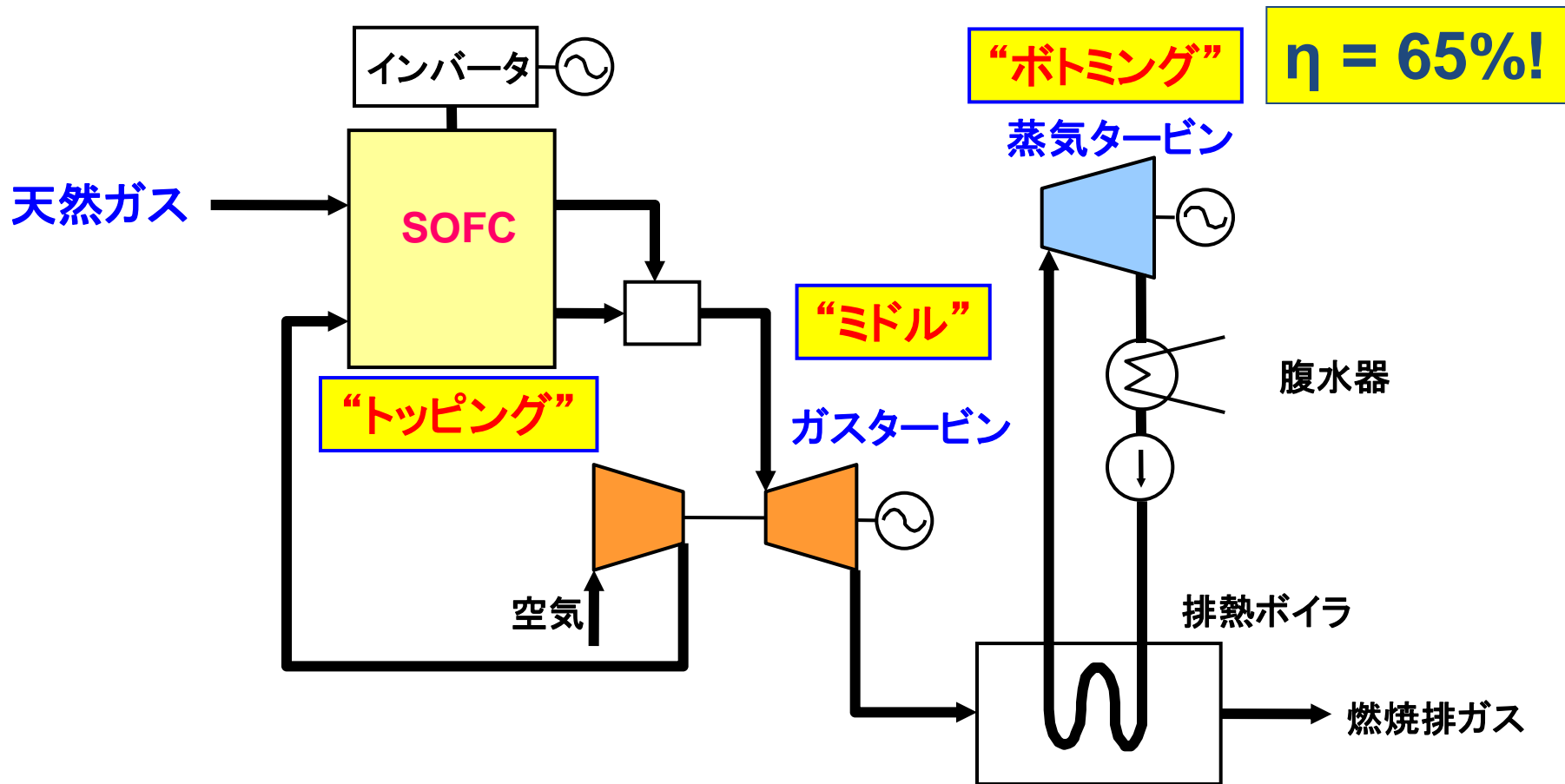


SOFC Module



MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.

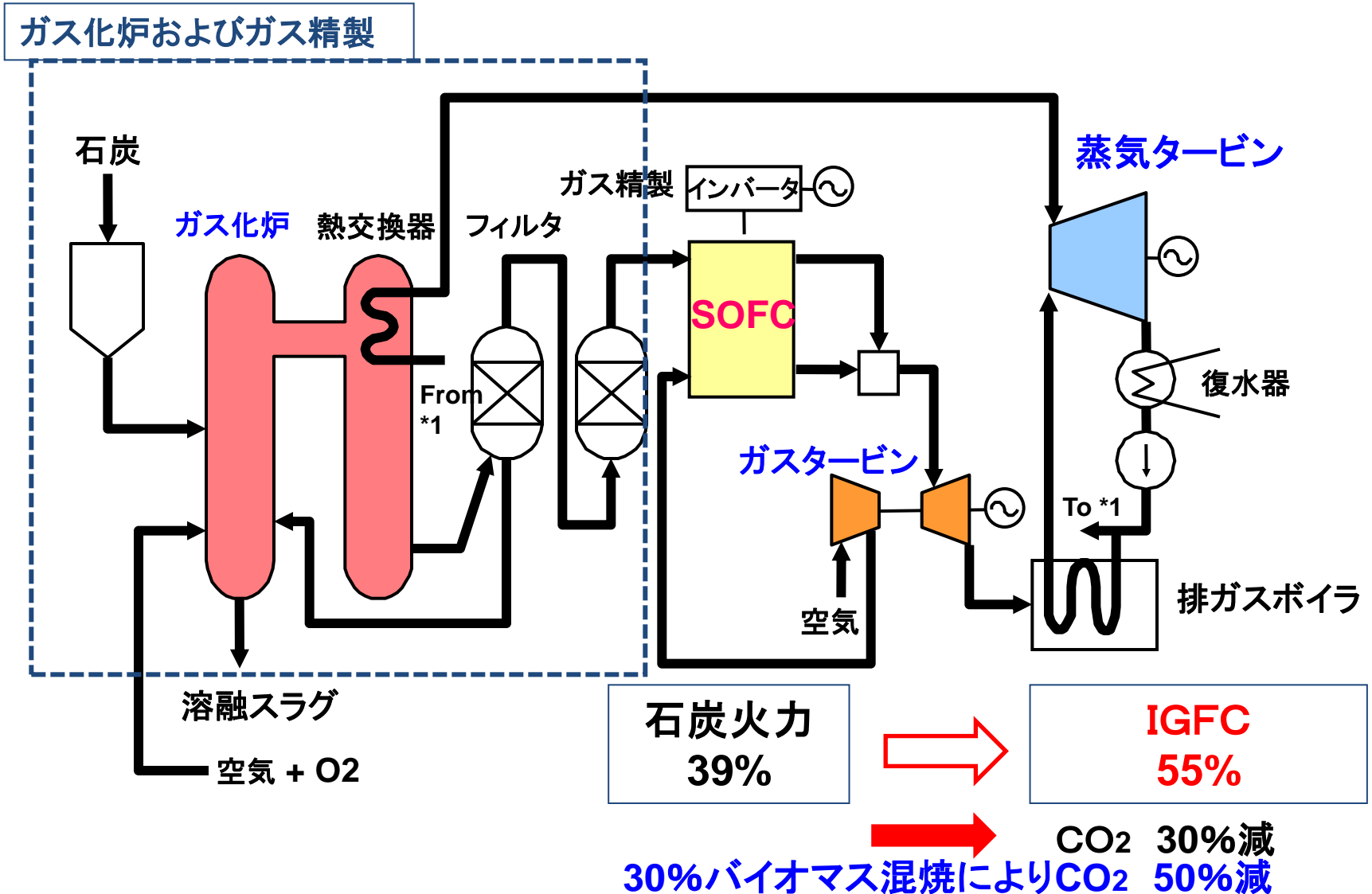
トリプル複合発電 (LNG)



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

Source : Thermal & Nuclear Power (vol.52, No.10), 2001, p.129

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)



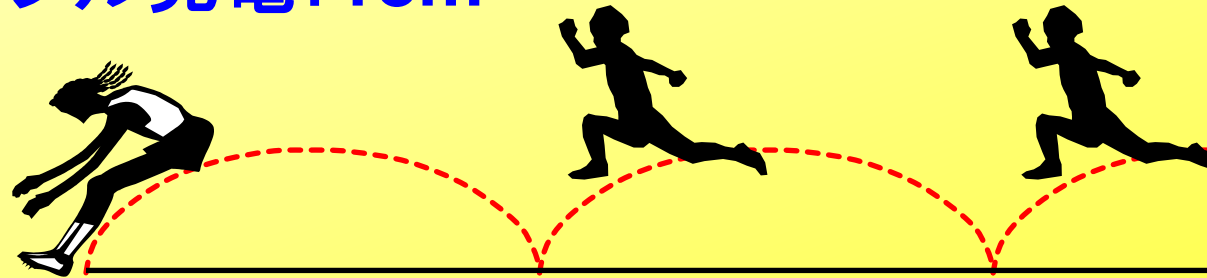


走り幅跳びのオリンピック
優勝者でも、三段跳びの
中学生に勝てない！

トリプル発電は三段跳び

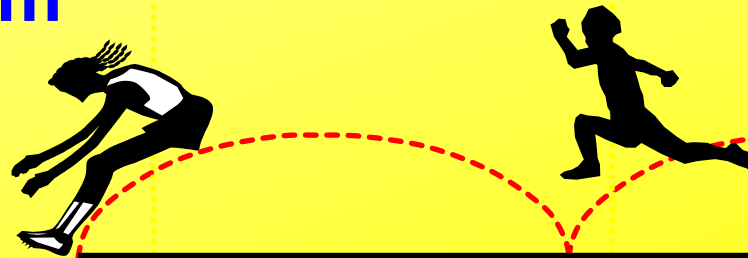


トリプル発電: 18m



3段跳び

ダブル発電: 13m



2段跳び

シングル発電: 8m



1段跳び
(走幅跳び)

➤ 今こそイノベーションの時



➤ 単なる従来からの延長ではなく飛躍を！

提言

1. 原子力の停滞が予想される中、火力発電の比重はますます大きくなる
2. 大規模火力発電の意義は徹底した高効率化とクリーン化にある
3. 第1世代の蒸気タービン単独の時代から、今や第2世代のダブル複合発電の時代に完全に突入した
4. 現時点で第3世代のトリプル複合発電の開発実用化を急ぐべきである
5. トリプル複合発電こそ地球温暖化防止と貴重な化石燃料の有効利用をはかる唯一の解決策である
6. 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
7. 今こそ行動の時である。旧態依然とした姑息な電源増設はすべきでない

Thank you!

The End