



# 3.11後のエネルギー対策 --- 禍を転じて福となせ ---

2011年11月4日  
東京大学生産技術研究所  
特任教授 金子祥三

# 目次

1. 3.11大震災の影響と今後のエネルギーの動向
2. 化石エネルギーの高効率利用
3. 自然エネルギーを如何に利用するか
4. 原子力は今後どうなるのか
5. これからの世界

# 1. 3.11大震災の影響と今後のエネルギーの動向

2011.3.11 14:46  
仙台で地震に遭遇

JR仙台駅前

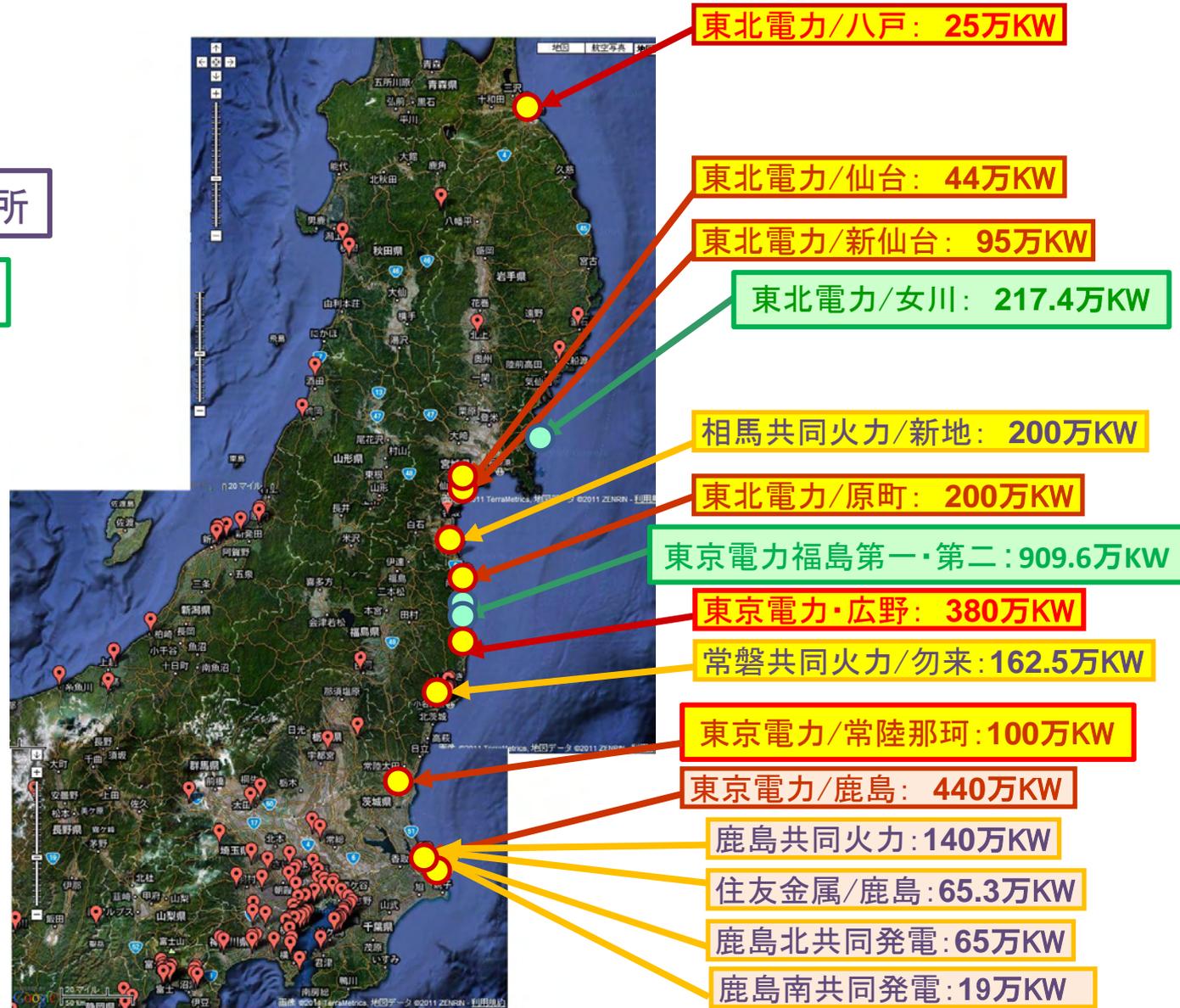


*Photo by Shozo Kaneko*



# 東北・関東主要発電設備と被災状況

- 火力発電所
- 共同火力発電所
- 原子力発電所



# 2011年3月末停止中の発電所(東京電力)

## [原子力発電所]

- ・福島第一: 470万KW
- ・福島第二: 440万KW

合計 910万KW

1830万KW

## [火力発電所]

- ・広野 (重油・石炭): 380万KW
- ・常陸那珂 (石炭): 100万KW
- ・鹿島 (重油): 440万kW

合計 920万kW

4月20日復旧: 380万KW

停止中原子力・火力 = 1830万KW / 総発電能力6000万KW = 30%を喪失

- [共同火力分]
- 相馬共同火力新地(石炭):  $200\text{万kW} \times 1/2 = 100\text{万kW}$
  - 常磐共同火力勿来(石炭):  $162\text{万kW} \times 1/2 = 81\text{万kW}$
  - CCP: IGCC(石炭) : 25万KW

合計 206万KW

7月復旧!

合計2036万KW / 6000万KW = 33%

# 火力発電所被災例：

株式会社クリーンコールパワー研究所

石炭ガス化複合発電(IGCC)実証機：25万KW



常磐共同火力の  
6,7号ユニット

石炭ガス化炉

排熱回収ボイラ  
と煙突

3m

発電所の地面：海拔3m!  
(防波堤：2m)

Photo by Shozo Kaneko

福島県いわき市

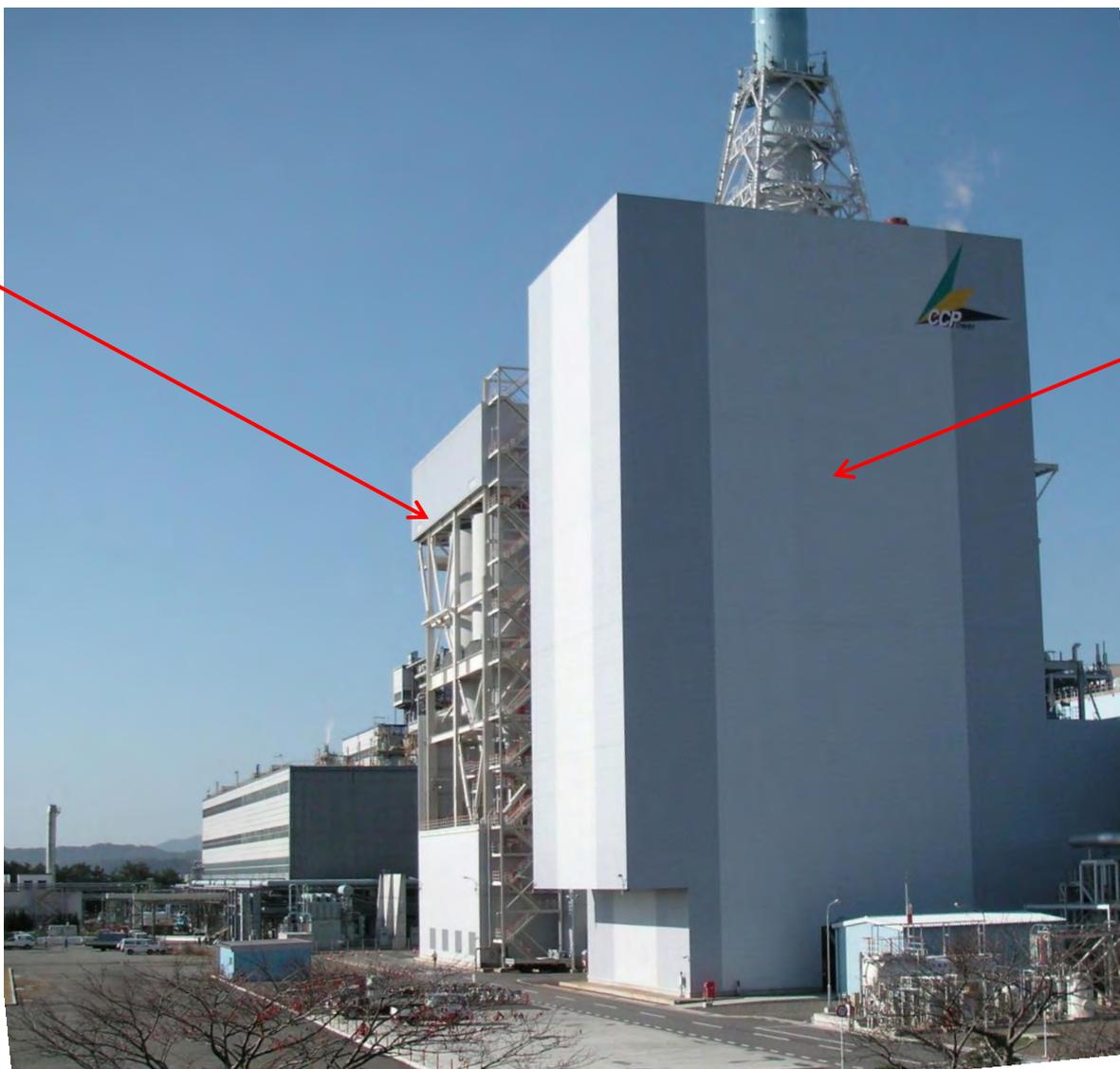
小名浜港

常磐共同火力  
勿来発電所

IGCC

鮫川





石炭ガス化炉

排熱回収ボイラ

25万KW IGCC実証機

Courtesy of Clean Coal Power R&D Co.

# 津波来襲！

- 構内は1.5~2m高さで浸水

*Photo : Courtesy of Clean Coal Power R&D Co.*





## 被災直後の状況

- 構内は汚泥・ゴミ・瓦礫が散乱

*Courtesy of Clean Coal Power R&D Co.*

# 被災直後の状況

- 地上近くの機器は泥水・海水・ゴミに覆われる
- 電動機・バルブ・計器類などひとつひとつ分解・乾燥・点検



Courtesy of Clean Coal Power R&D Co.

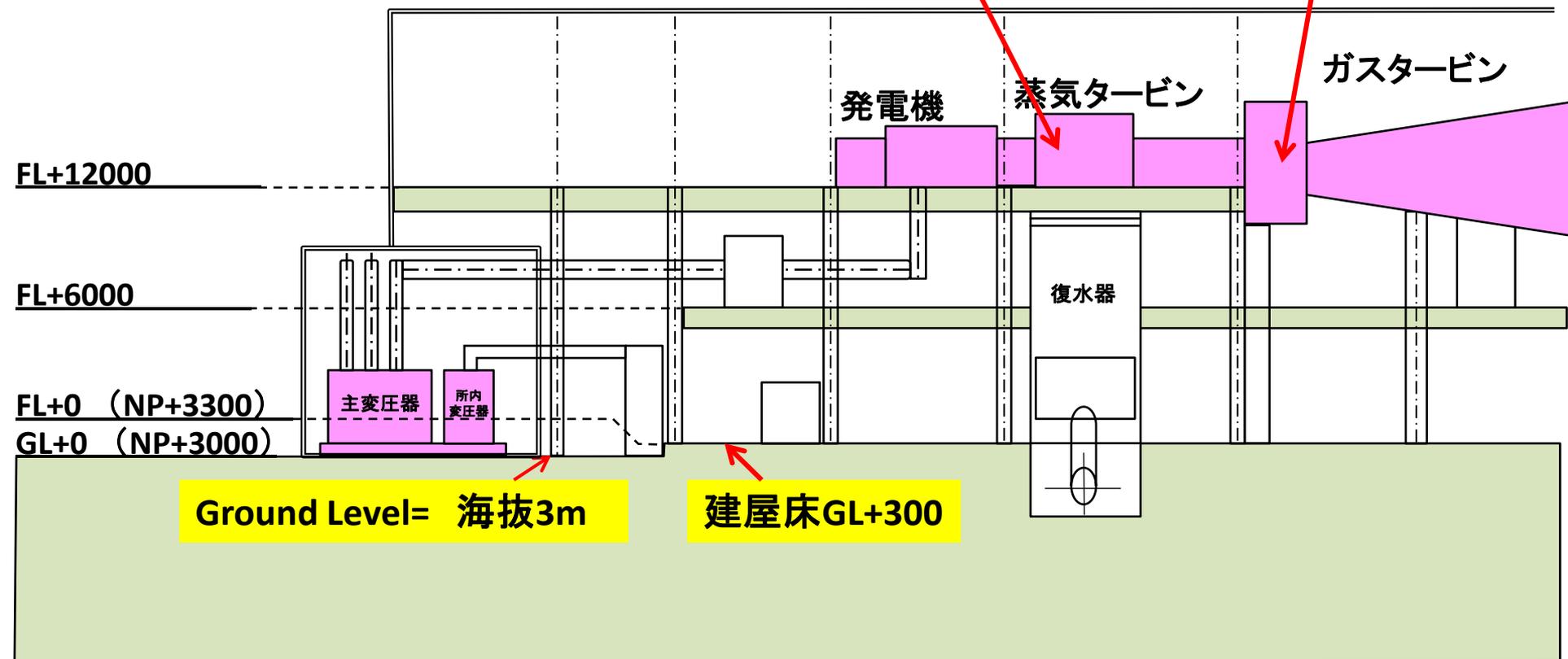
# 現在の状況---7月には運転再開！

夏場の関東地区への電力供給に貢献！

- 8月11日以来連続運転中  
既に2000時間以上

*Courtesy of Clean Coal Power R&D Co.*

# ガスタービン、蒸気タービン 発電機などの主要機器は+12m



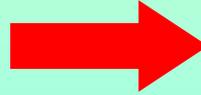
発電所の地面は海拔3mしか無い！



# 地震・津波対策の参考例：リモートP/IOによる合理化

- 数千本の電線を本当に中央制御室まで引く必要があるのか？

従来型



合理化  
(リモートP/IO)

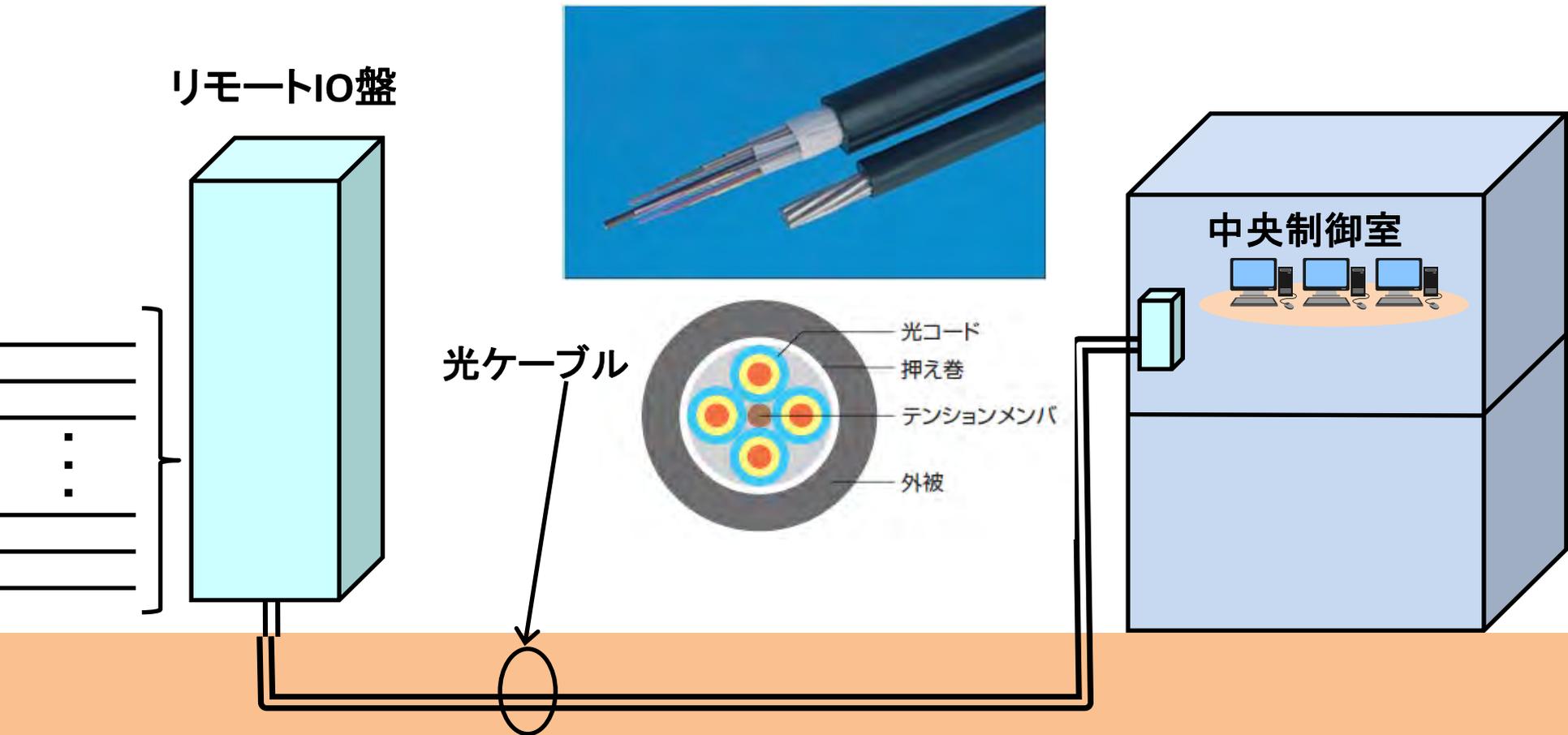


ガス化炉7000本のケーブルがたった2本の光ファイバーに！

# 地震・津波対策の参考例: リモートP/IOによる合理化

## リモートP/IO: Remote Process Input and Output

- 津波の後も地中光ファイバーは無事！ → 復旧作業短縮に大きく貢献



# 原子力発電所の被災例



東京電力福島第一発電所：469.6万KW BWR (Mark-1)  
(1号機：46万KW：2,3,4,5号機：4×78.4万KW：6号機：110万kW)

想定津波高さ：5.7m  
敷地高さ：10m  
実際津波高さ：14m



# 被災後の福島第一発電所

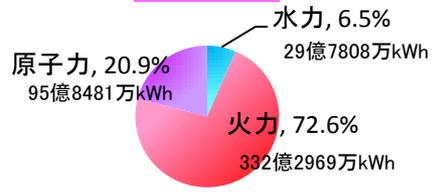


関係者の必死の努力が続いている

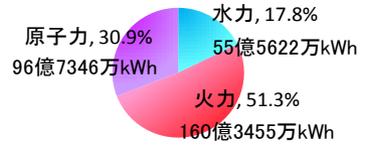
# 電力会社別電源構成

西地域の方が原子力比率が高い

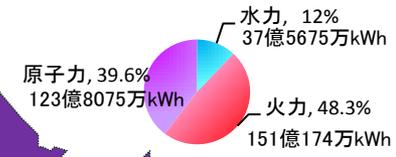
中国電力



北陸電力



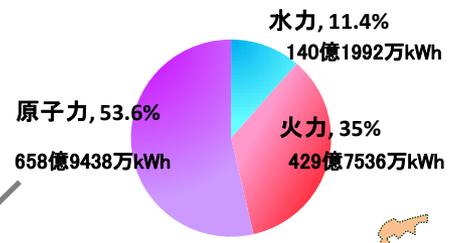
北海道電力



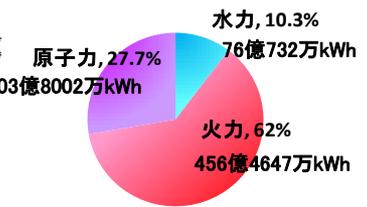
沖縄電力



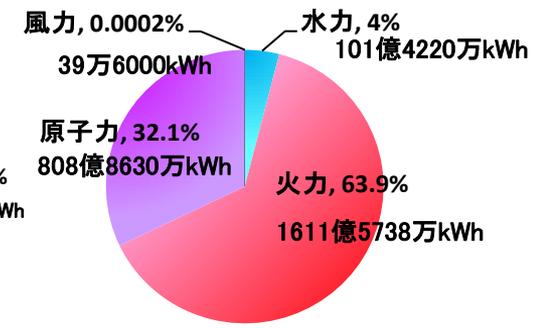
関西電力



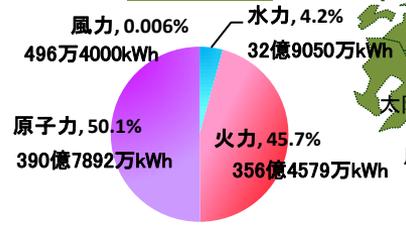
東北電力



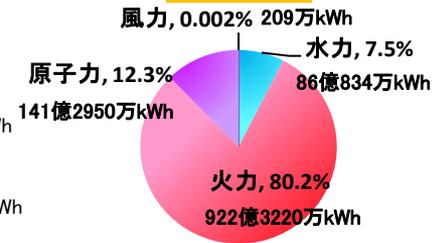
東京電力



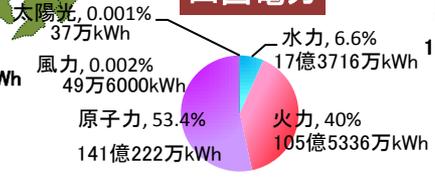
九州電力



中部電力



四国電力

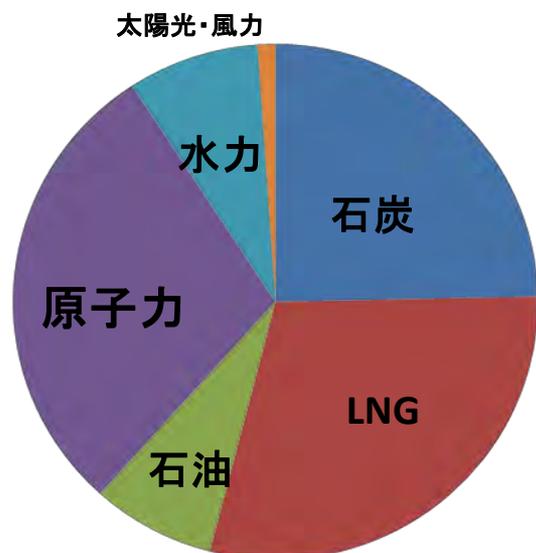


# 火力発電の効率向上の必要性

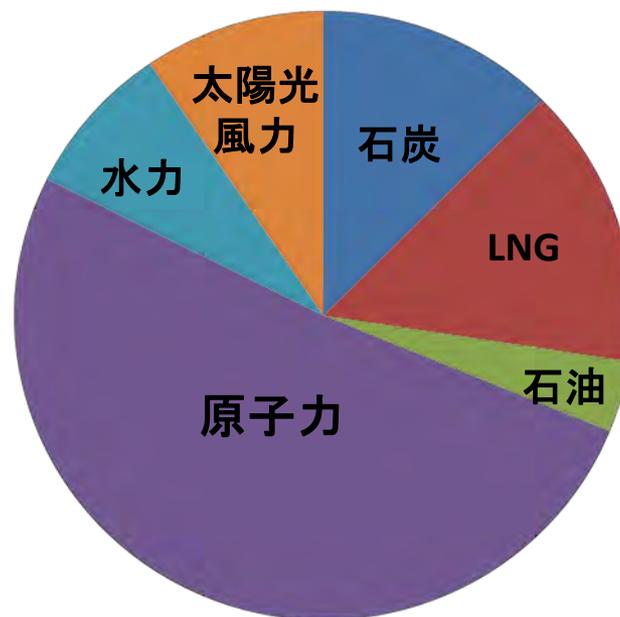
## 現状

2010年6月閣議決定したエネルギー基本計画より算定

### 発電電力量の構成(2009)



### 発電電力量の構成(2030)



出典:平成22年度 数表で見る東京電力

➤2010年の計画では、2030年には原子力の比率を50%とし、火力の発生電力量を6,170億KWhから3,100億KWhに半減し、CO<sub>2</sub>発生量を半分にする計画であった。今回、原子力の比率を下げることになると、この減少分を火力と再生エネルギーでカバーしなければならない。

# 原子力の喪失分をどうするか？

1. 火力と再生エネルギーで出力をカバーできるか？
2. 火力の場合、燃料は確保できるか？ CO<sub>2</sub>は大丈夫か？

1. 火力発電は燃料の如何を問わず徹底的に高効率化すること！
2. セキュリティ上天然ガス・石炭いずれにも対応できる技術であること

# 菅総理G8ドーヴィル・サミット発言

G8 Summit



## エネルギーの未来を拓く4つの挑戦

- 今回の震災および原発事故を受けてエネルギー基本計画を見直す。
- これまでの「原子力エネルギー」と「化石エネルギー」という2本の柱に、「自然エネルギー」と「省エネルギー」という2本の柱を打ち立て、エネルギーの未来を切り開くべく、4つの挑戦を行う。

1. 原子力エネルギー：安全性の向上
2. 化石エネルギー：環境負荷
3. 再生可能エネルギー：実用性の飛躍的拡大
4. 省エネルギー：可能性の限りなき追求

(外務省HP：[http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/summit/deauville11/g8\\_sk\\_hatsugen.html](http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/summit/deauville11/g8_sk_hatsugen.html)より)

## 2. 化石エネルギー：環境負荷

- 化石エネルギーが中長期的にも世界のエネルギーの6割以上が見込まれる中、化石エネルギーの徹底した効率的利用を進め、CO<sub>2</sub>排出を極限まで削減する。
- 分散型電源の普及を加速化し、火力発電の廃棄未利用熱の有効利用を図る。
- 石炭ガス化複合発電(IGCC)技術に燃料電池を組み合わせることにより、熱効率を5割増加させCO<sub>2</sub>排出を削減する。

(出典：外務省HPより)

[http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/summit/deauville11/g8\\_sk\\_hatsugen.html](http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/summit/deauville11/g8_sk_hatsugen.html))

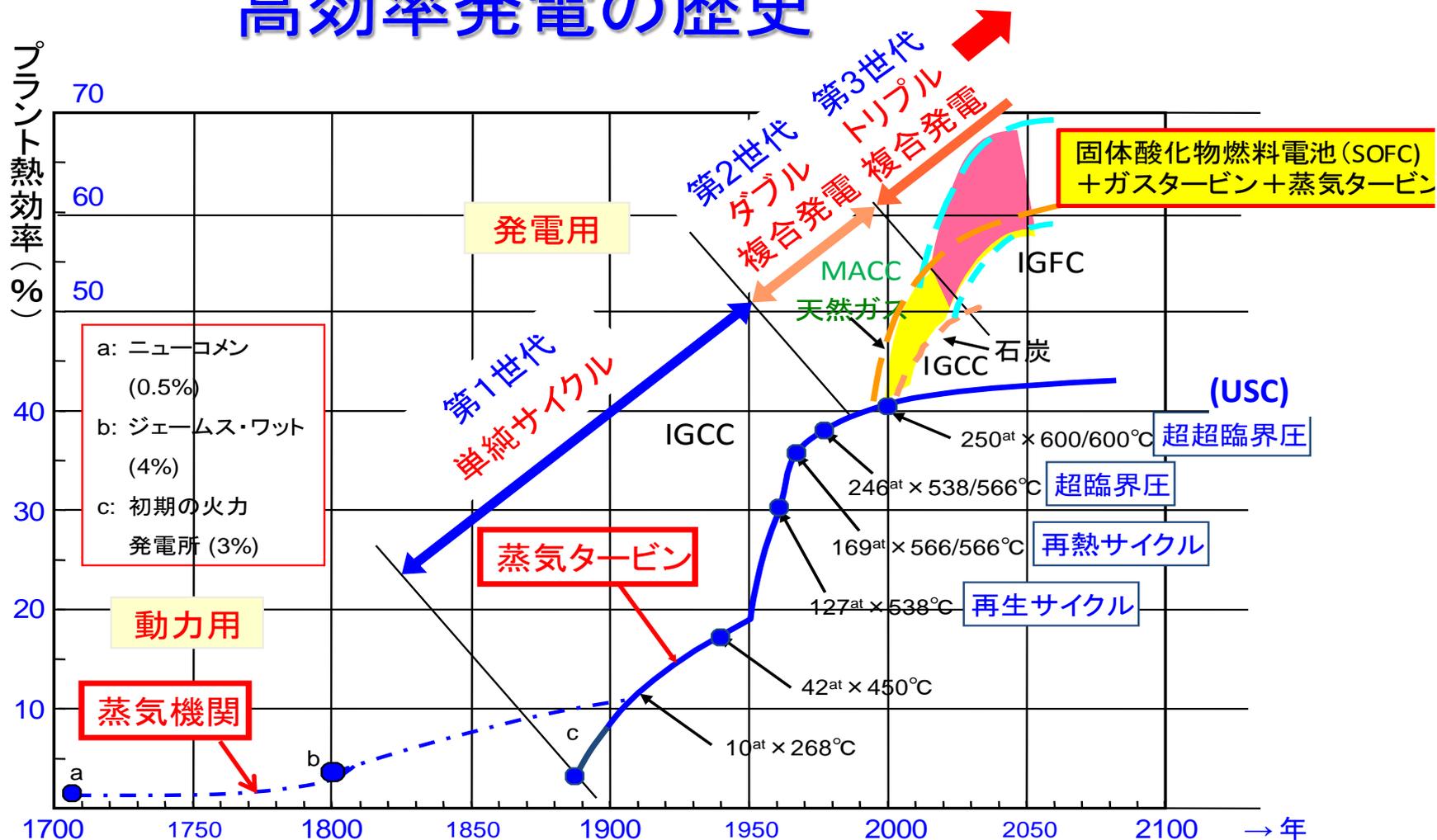


## 2. 化石エネルギーの高效率利用

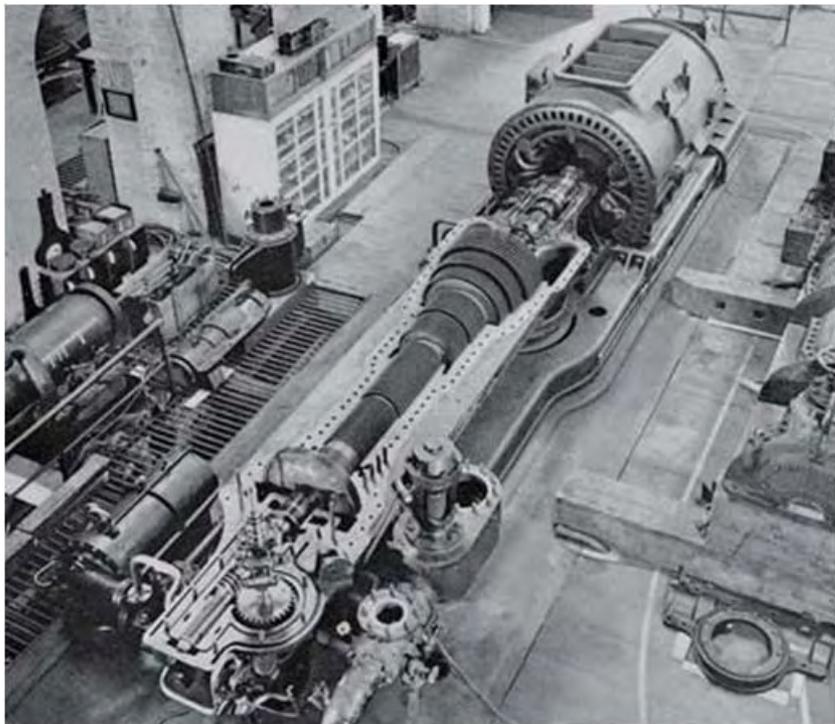


# 火力発電の高效率化の動向

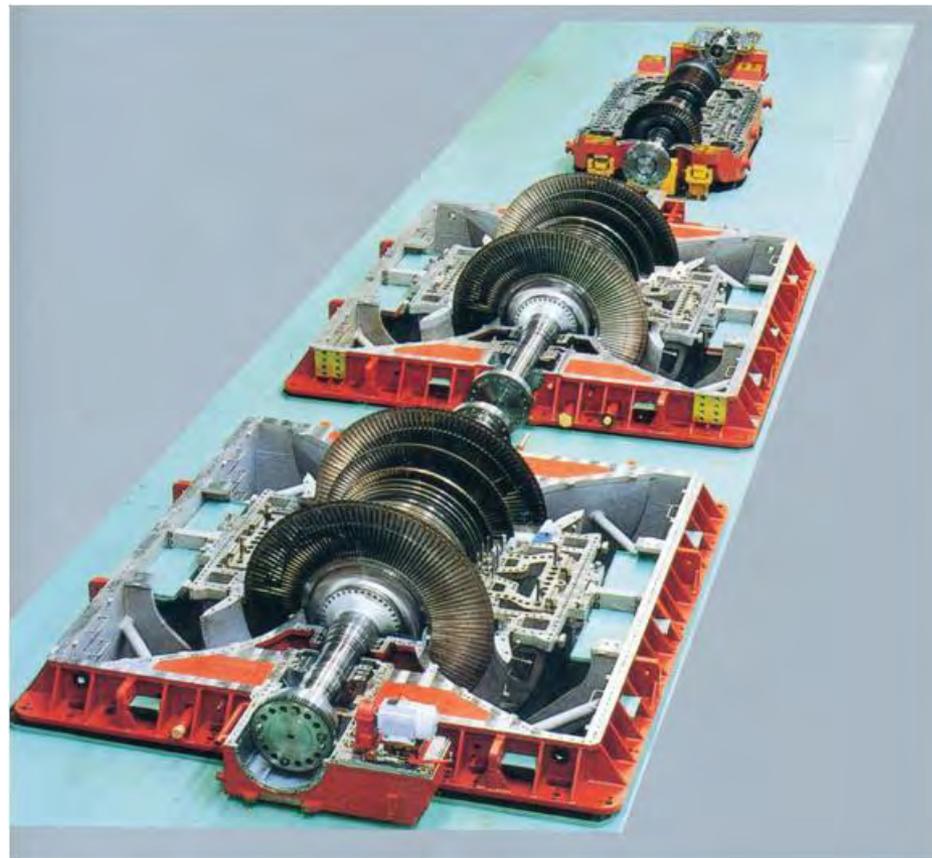
## 高效率発電の歴史



# 日本の蒸気タービン

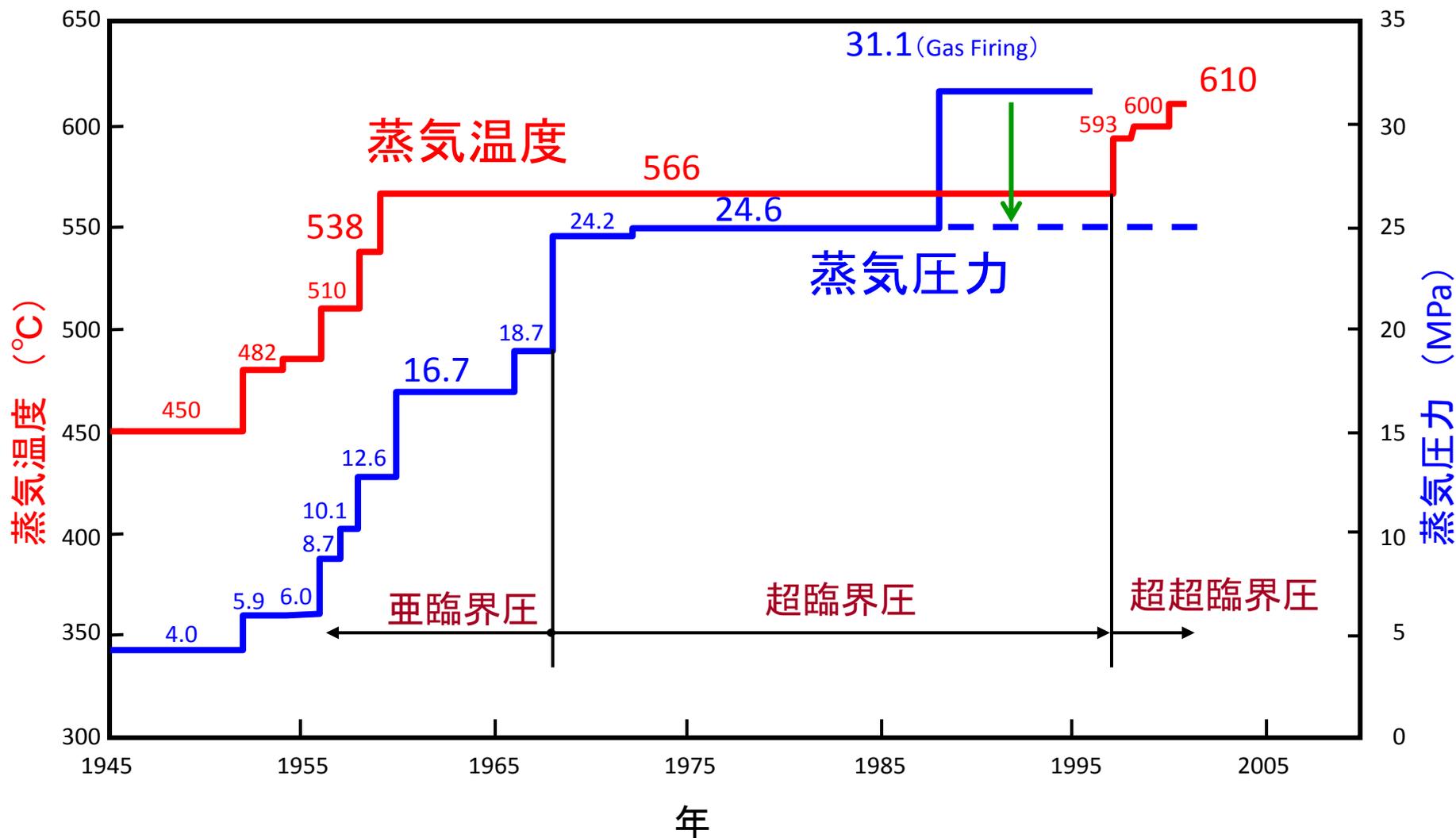


最初の発電用蒸気タービン: 500KW  
(1905年)



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



# A-USC開発の課題

- 700°C(760°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→段造材)
- 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

- $(700+\alpha+\beta) \div 700+30+30=760^{\circ}\text{C}$ に耐える新材料の開発( $\alpha$ :温度アンバランス、 $\beta$ :メタル温度上昇分)
- 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

650°Cで運転中の主蒸気管



# 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

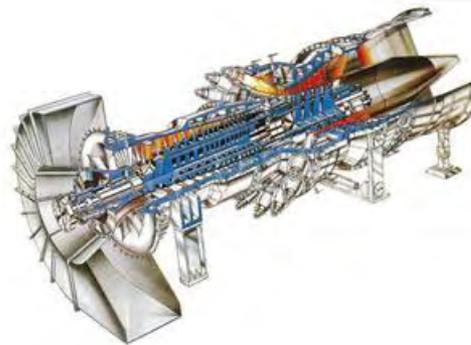
[ボイラ+蒸気タービン+発電機]



・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

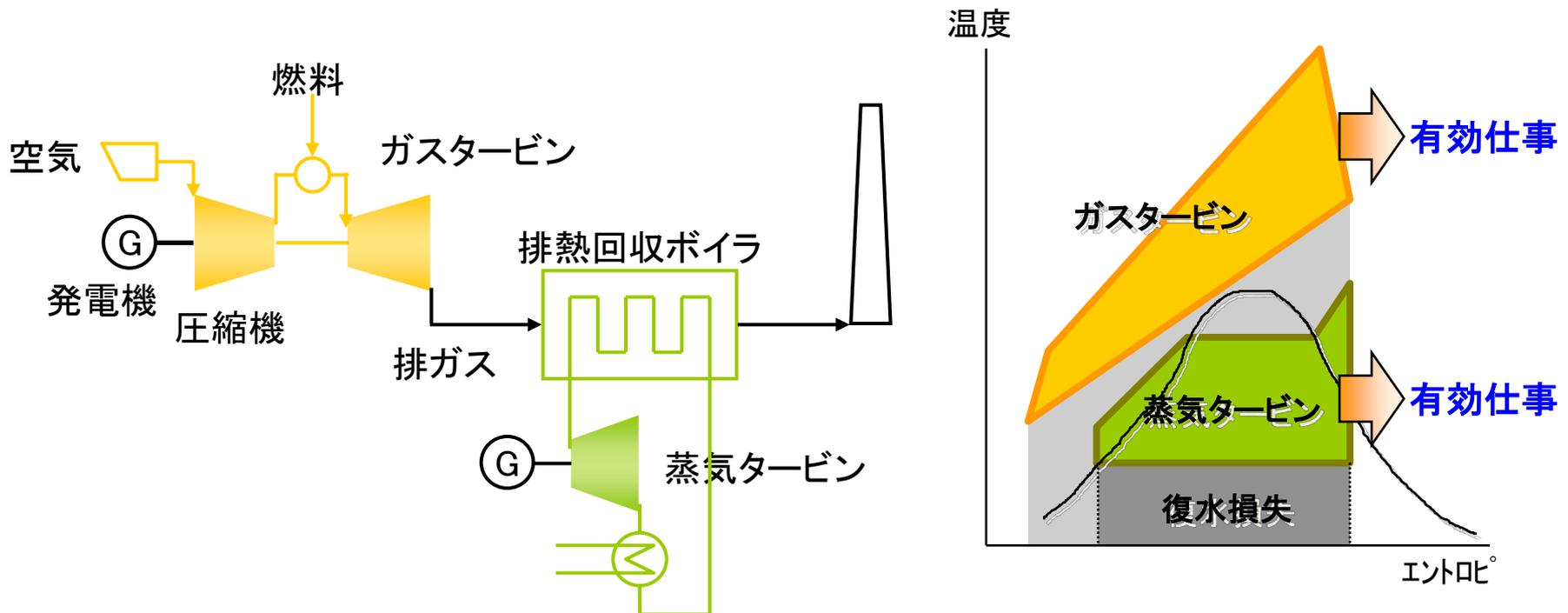
## 複合サイクル

[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  
→ 従って大々的商用化に至らず
  
- ▶ 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

●日本の電カーメーカーの技術開発（ハード・ソフト両面）が  
先進国を含め世界の高効率発電を支えている！

## 東京電力富津火力発電所



米国GE社からの輸入機

1系列に7台の  
ガスタービン

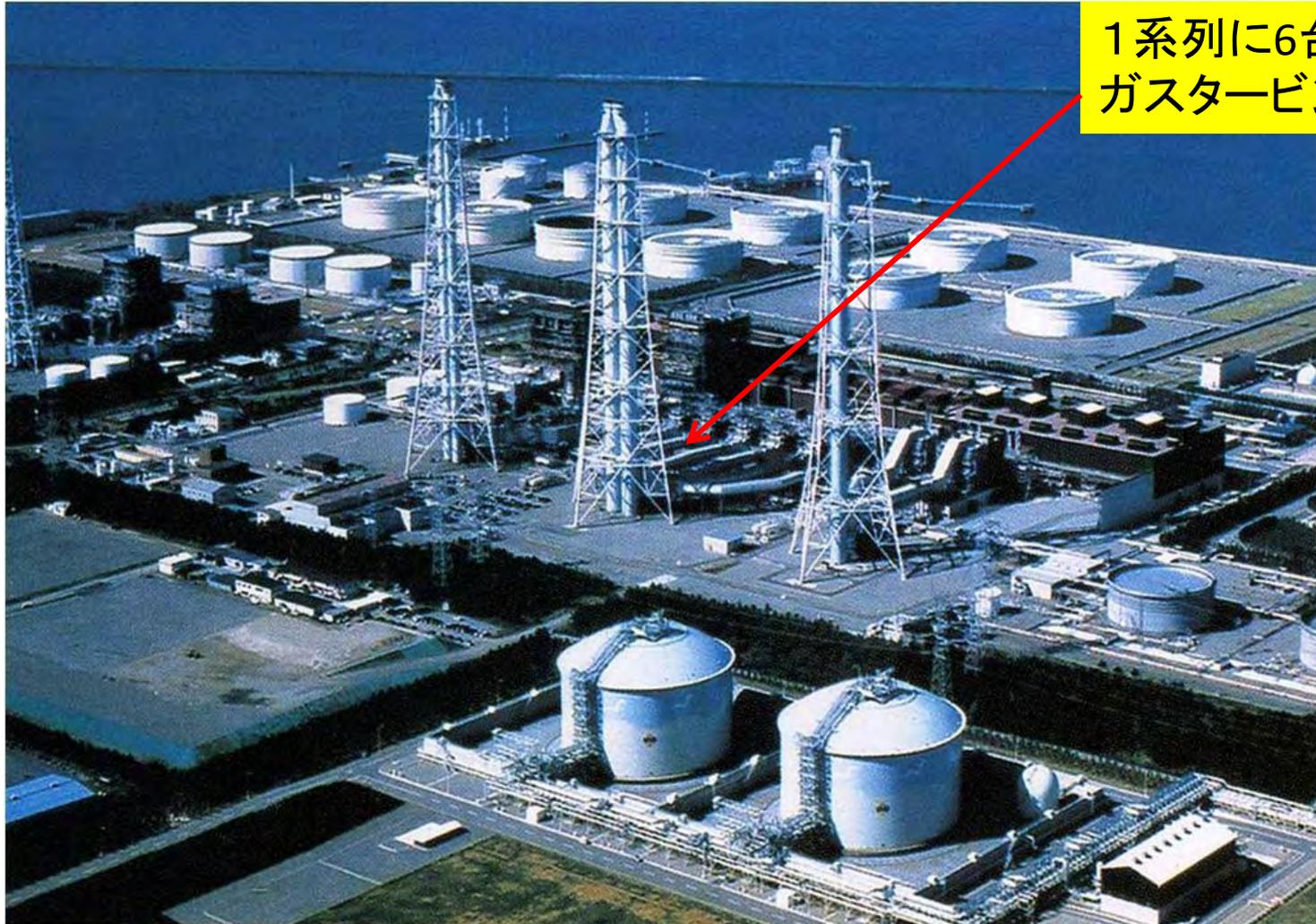
ダブル複合発電の黎明期

1984年より運開

# 東北電力東新潟発電所

三菱重工による国産機

1系列に6台の  
ガスタービン



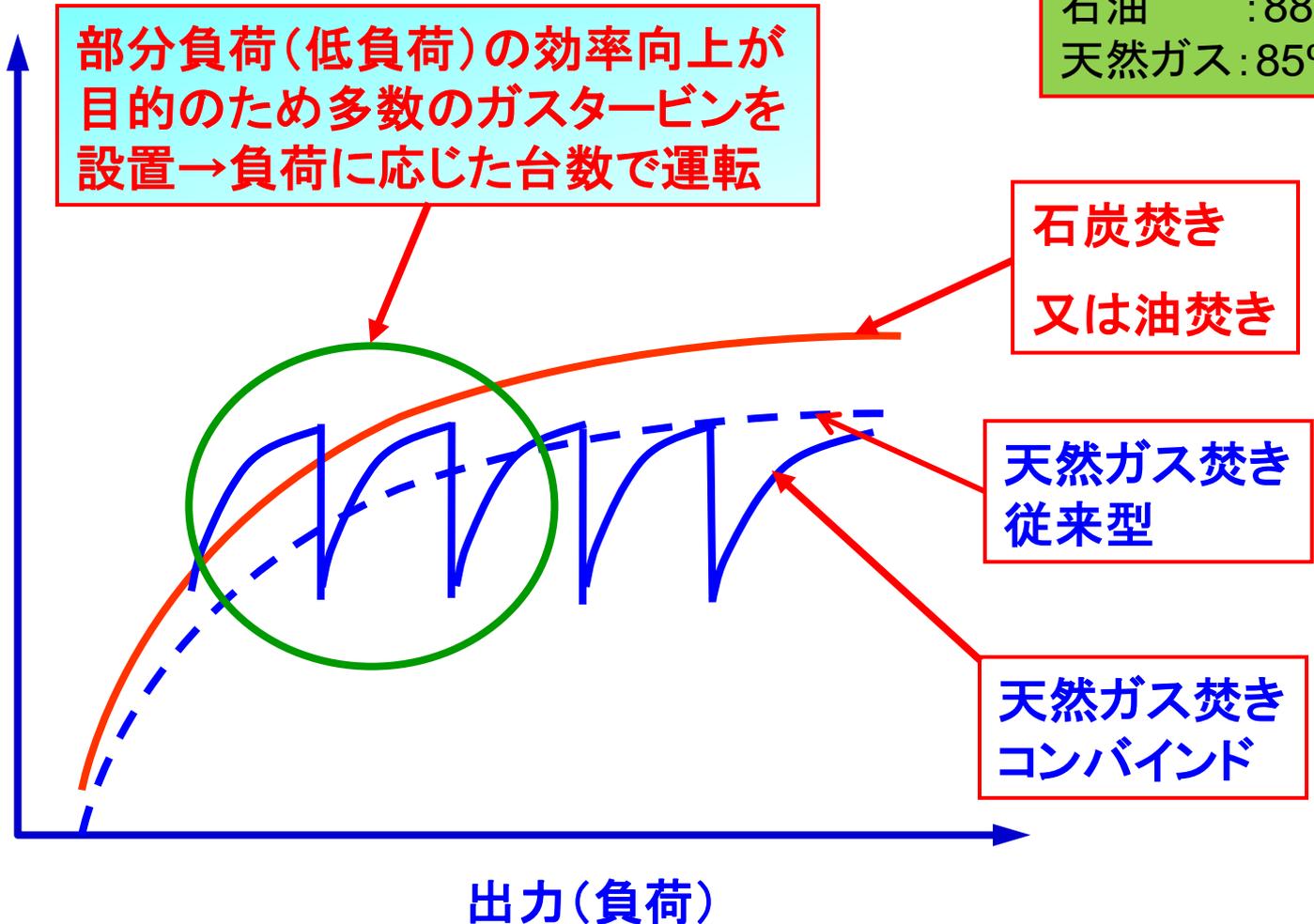
# 天然ガス焼きプラントの効率(その1)

・初期の天然ガス焼き複合発電・・・富津、東新潟  
→部分負荷の効率向上が主目的→原子力の増加対策

[参考]ボイラ効率	
石炭	:90%
石油	:88%
天然ガス	:85%

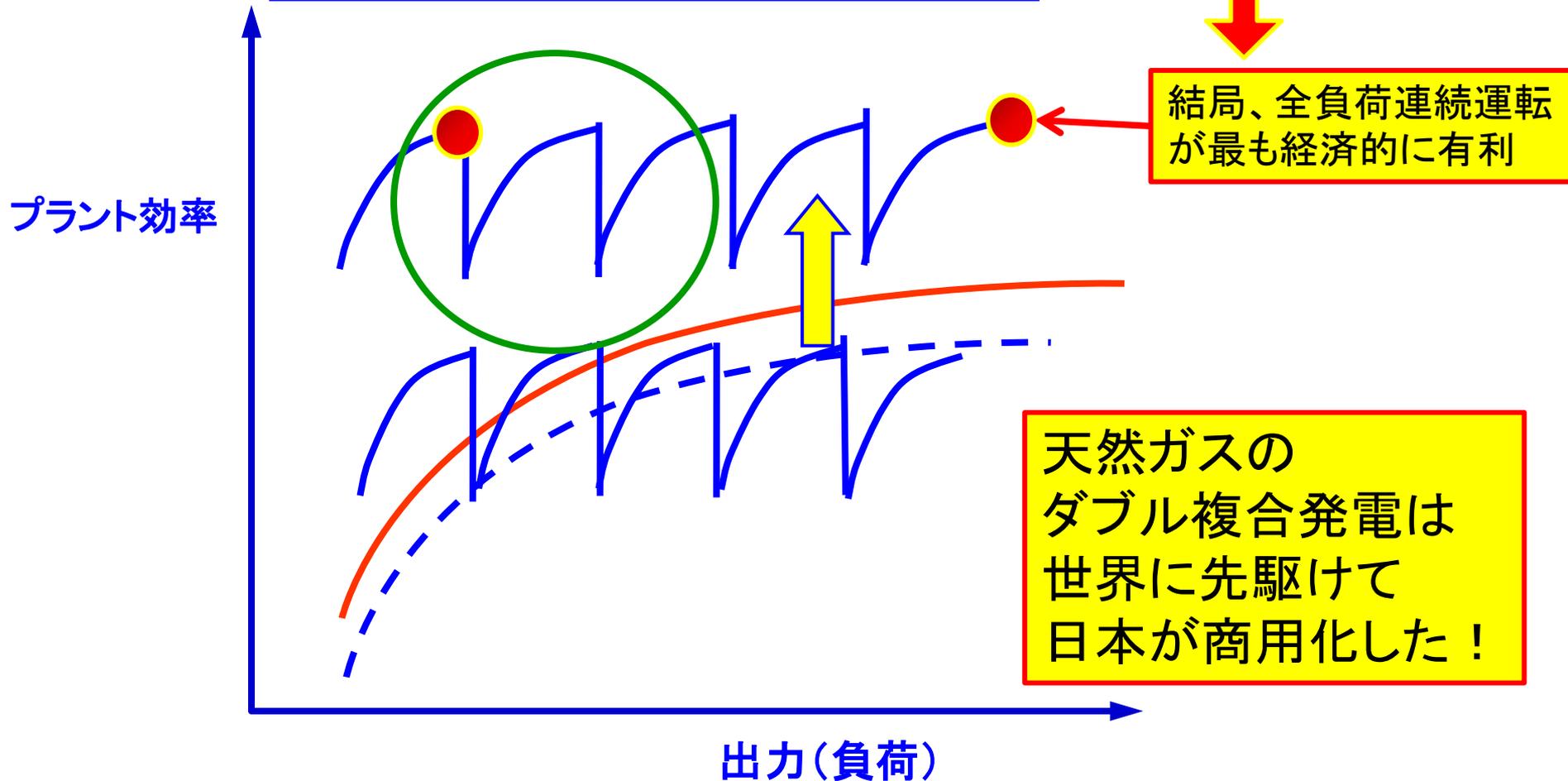
部分負荷(低負荷)の効率向上が  
目的のため多数のガスタービンを  
設置→負荷に応じた台数で運転

プラント効率



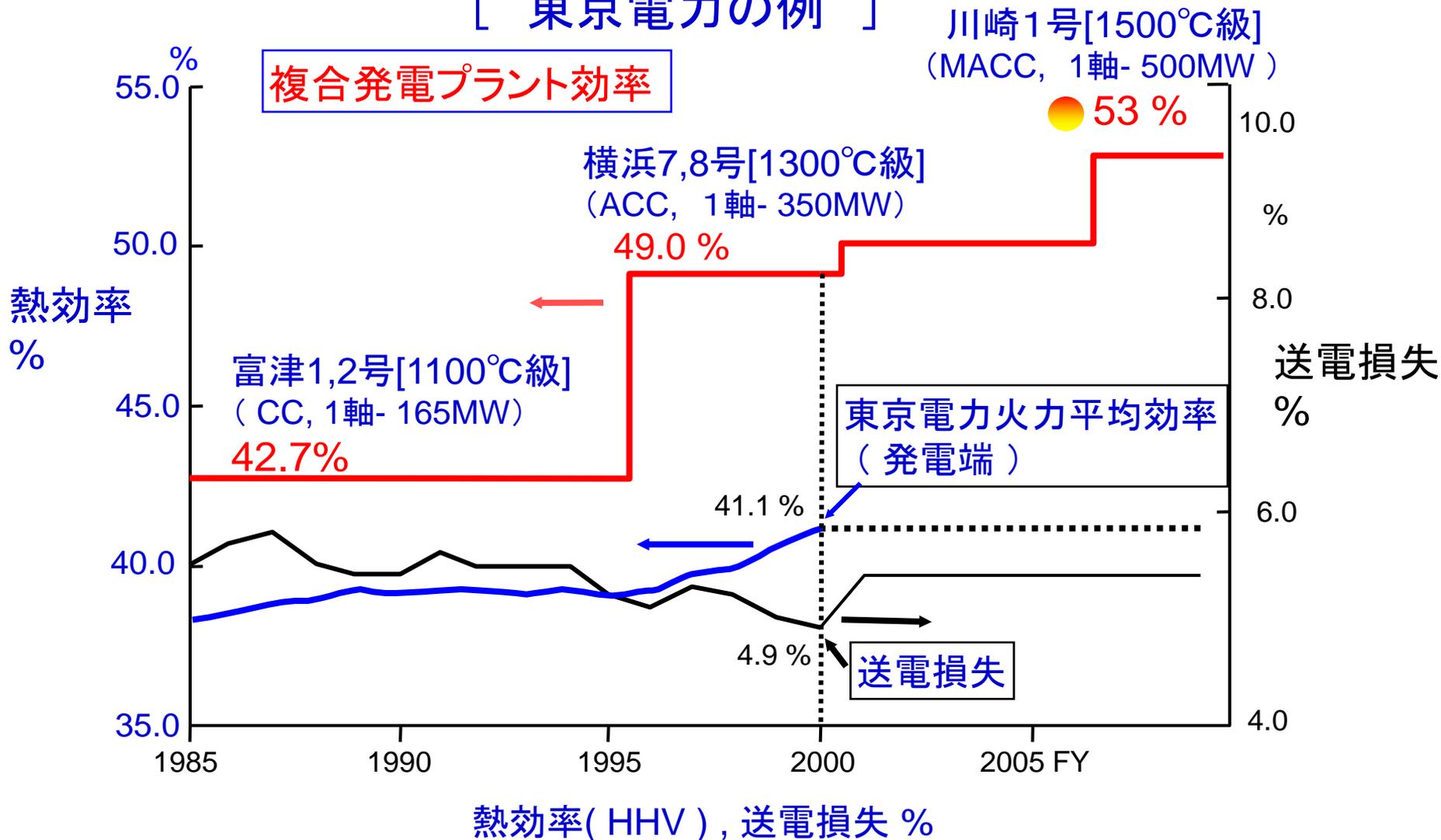
# 天然ガス焼きプラントの効率(その2)

ガスタービンの効率向上  
による画期的な高効率の実現



# ダブル複合発電 (LNG)

[ 東京電力の例 ]

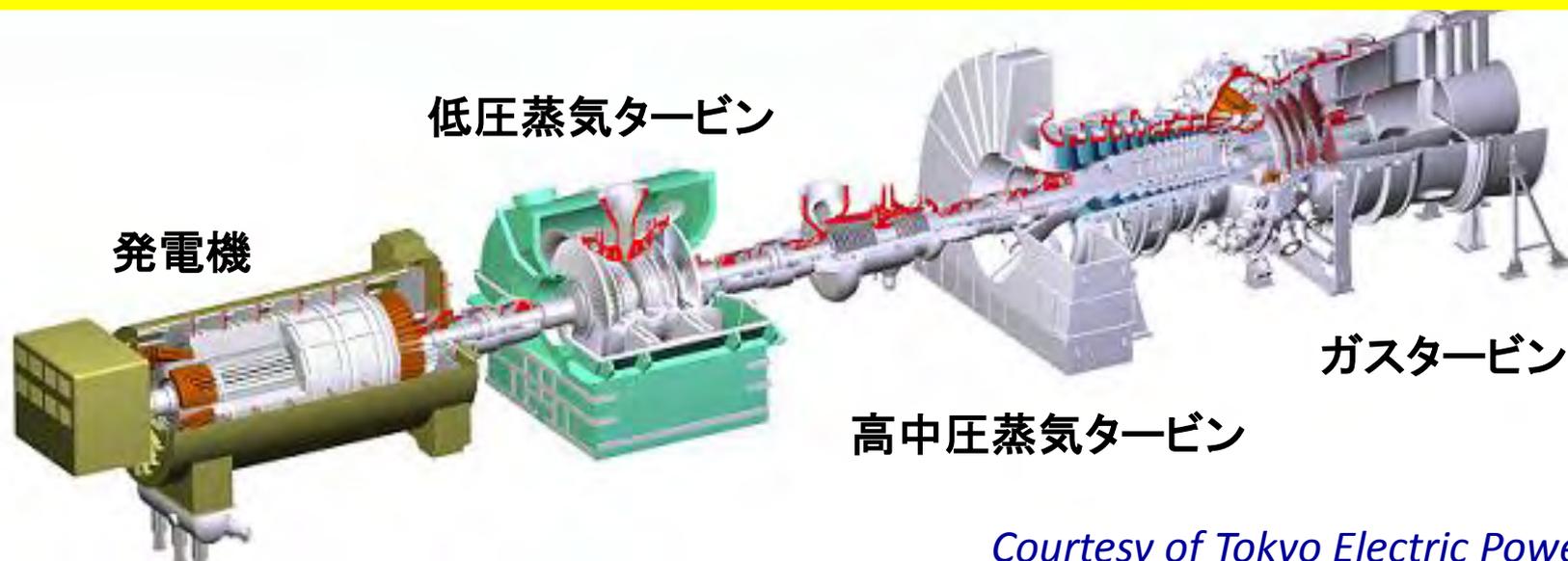


出典 : 東京電力環境行動計画報告 2001年, p.30

# 1,500°C級コンバインドサイクル発電設備主要機器



部分負荷運転が少ない現在では一軸（ガスタービン、蒸気タービン各1台が主流）



*Courtesy of Tokyo Electric Power Co.*

# 東京湾内のLNG焼き発電所



# LNG火力への過度の依存はセキュリティ上問題



LNG火力はサラブレッド → クリーンで高効率で建設費安く短納期  
→しかしLNGが来なくなったら、たちまち使用不能に！



# アリとキリギリス

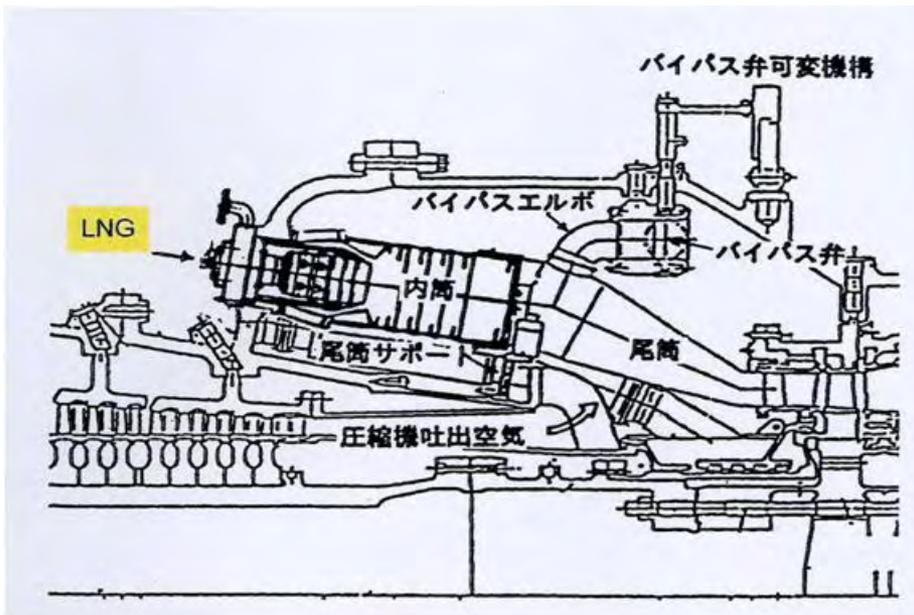
キリギリス  
- 天然ガス?



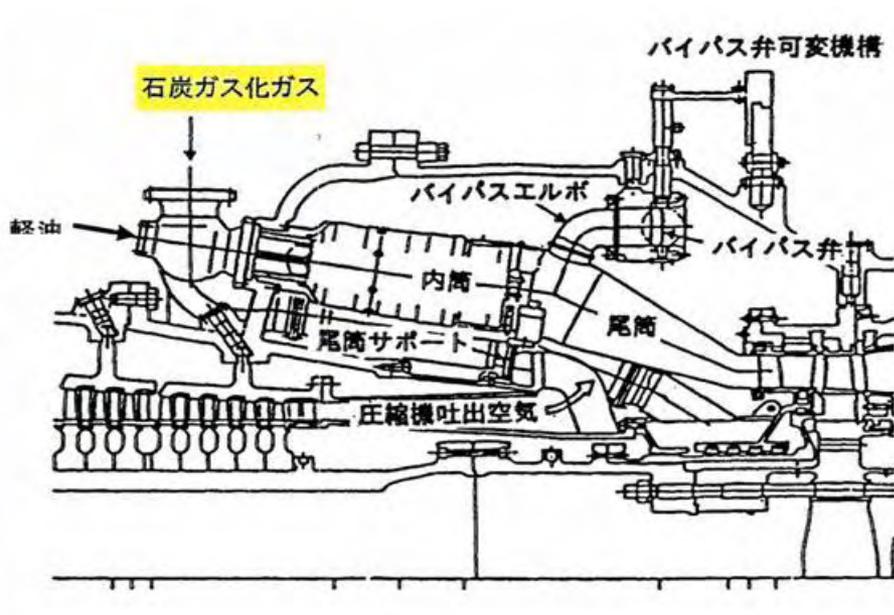
アリ  
- 石炭?

*The Ants and the Grasshopper*

# ガスタービン比較 (LNG用と石炭ガス化用)



LNG 焚き用

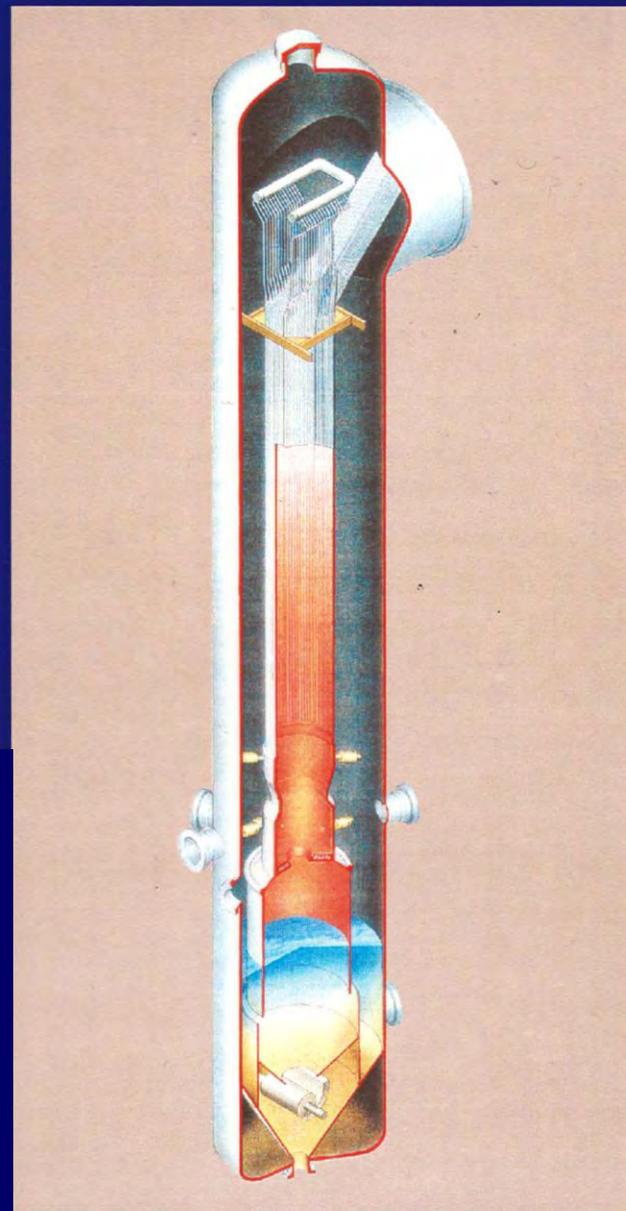


石炭ガス化 焚き用

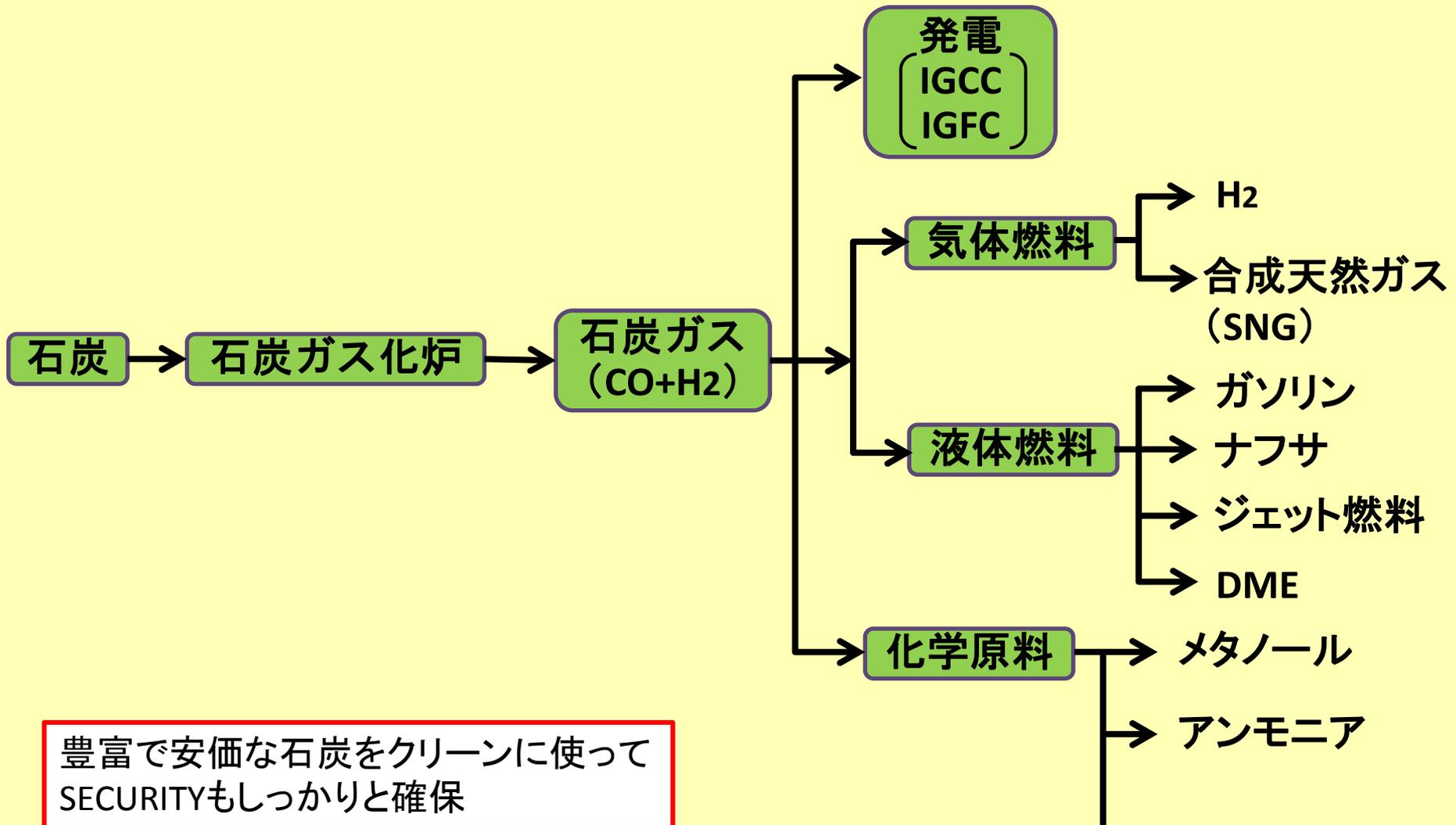
燃料配管と燃焼器の変更で対応可能！

# 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



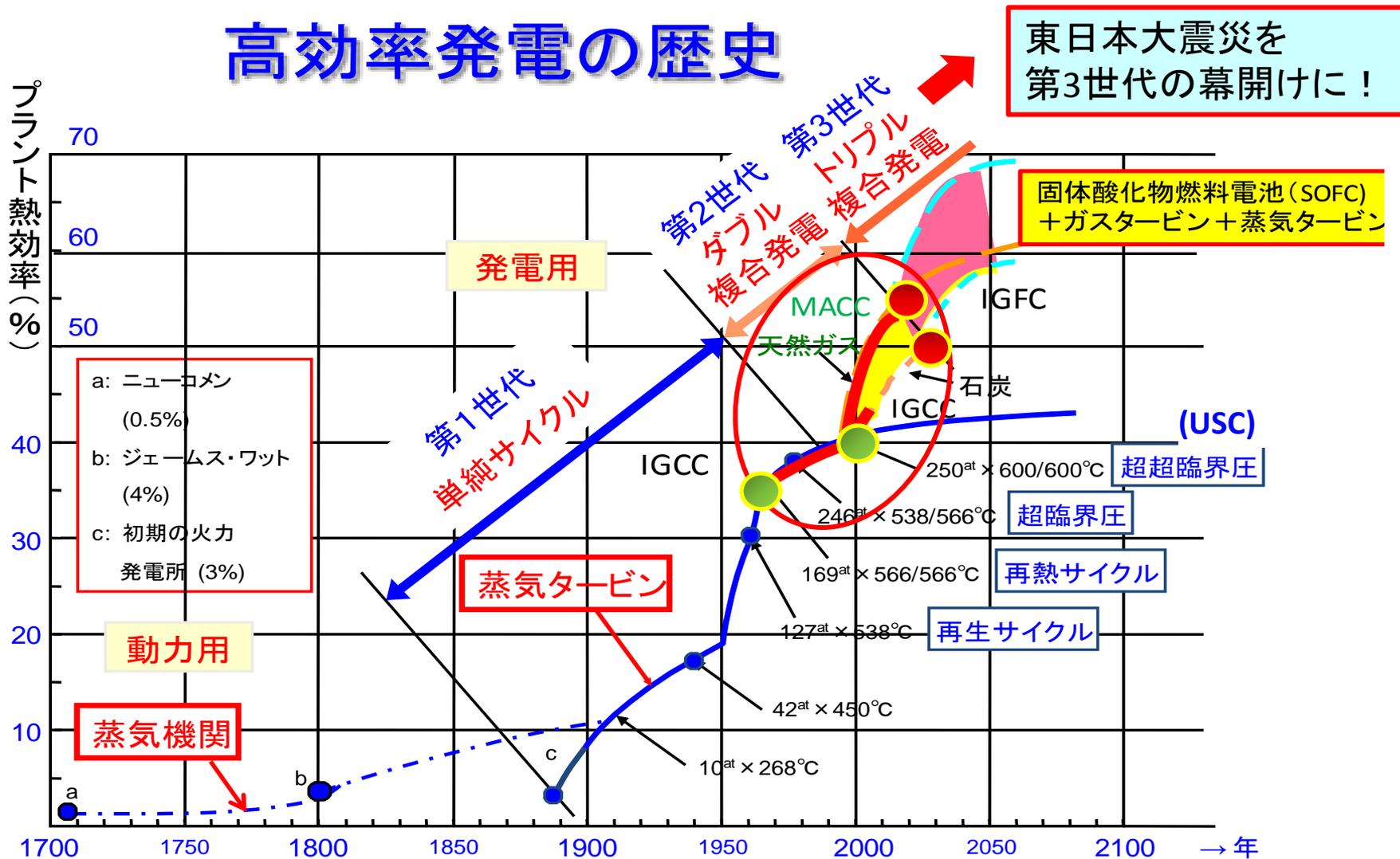
# 石炭ガス化の用途



豊富で安価な石炭をクリーンに使うって  
SECURITYもしっかりと確保

# 歴史に残る火力発電の高効率化を！

## 高効率発電の歴史



●東日本大震災という未曾有の災害を画期的な高効率発電の契機に！

## 4. 火力発電の今後

ダブル複合発電からトリプル発電へ！

今こそ歴史的転換の第一歩を！

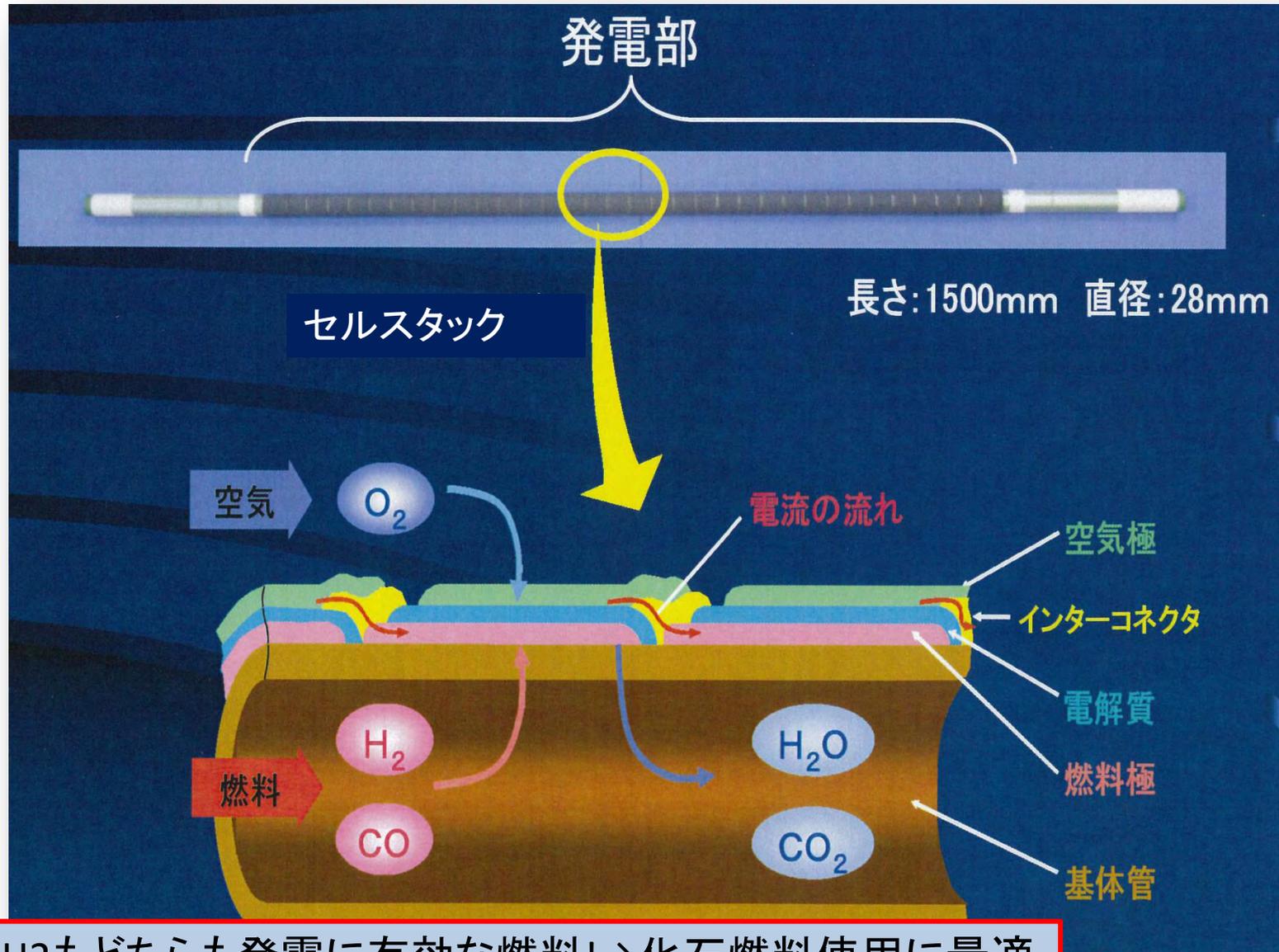


分散型電源



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H<sub>2</sub>もどちらも発電に有効な燃料! →化石燃料使用に最適

**SOFC:**

第3世代の火力発電  
の切り札!

これ1本で150Wを発電

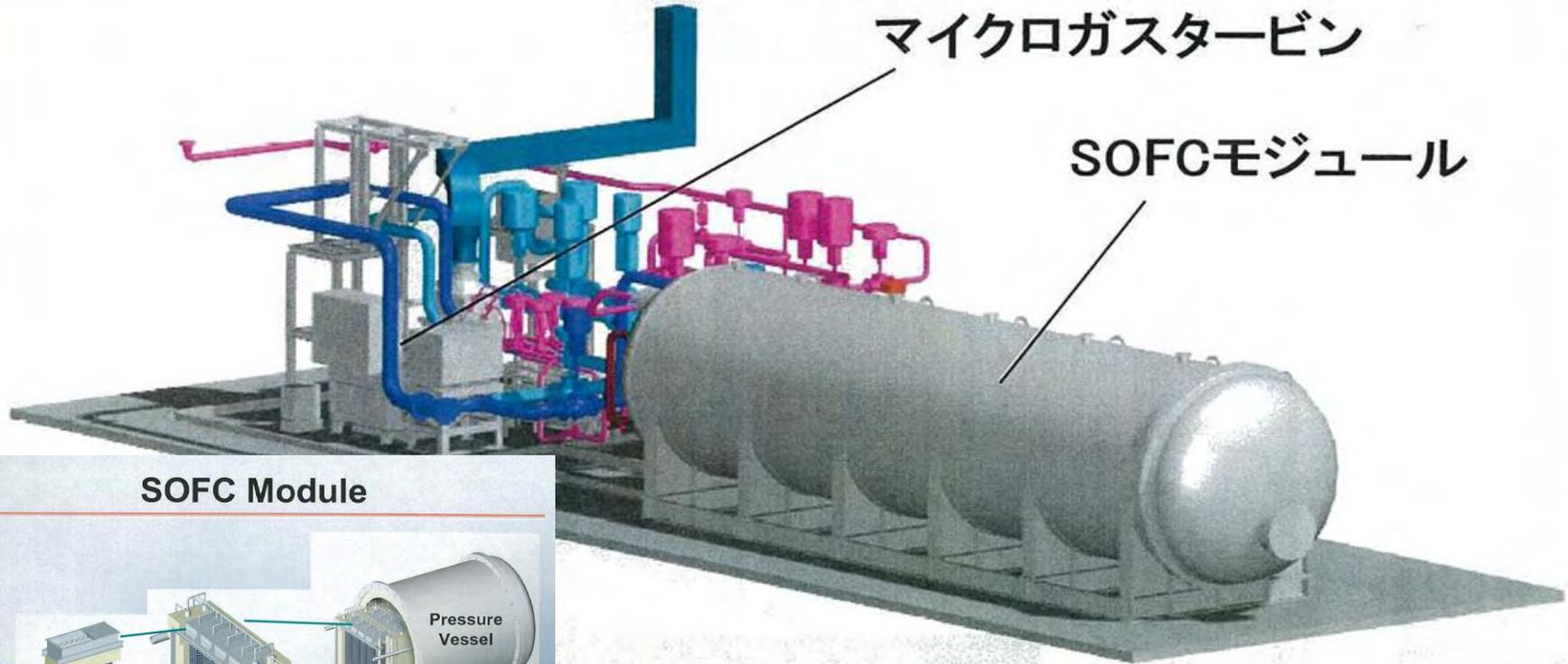


# 200kW級SOFC-MGTコンバインドサイクルシステム

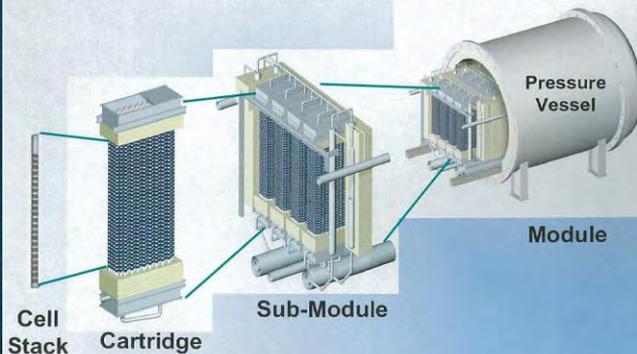
3000時間の運転、プラント効率50%以上を既に達成

マイクロガスタービン

SOFCモジュール



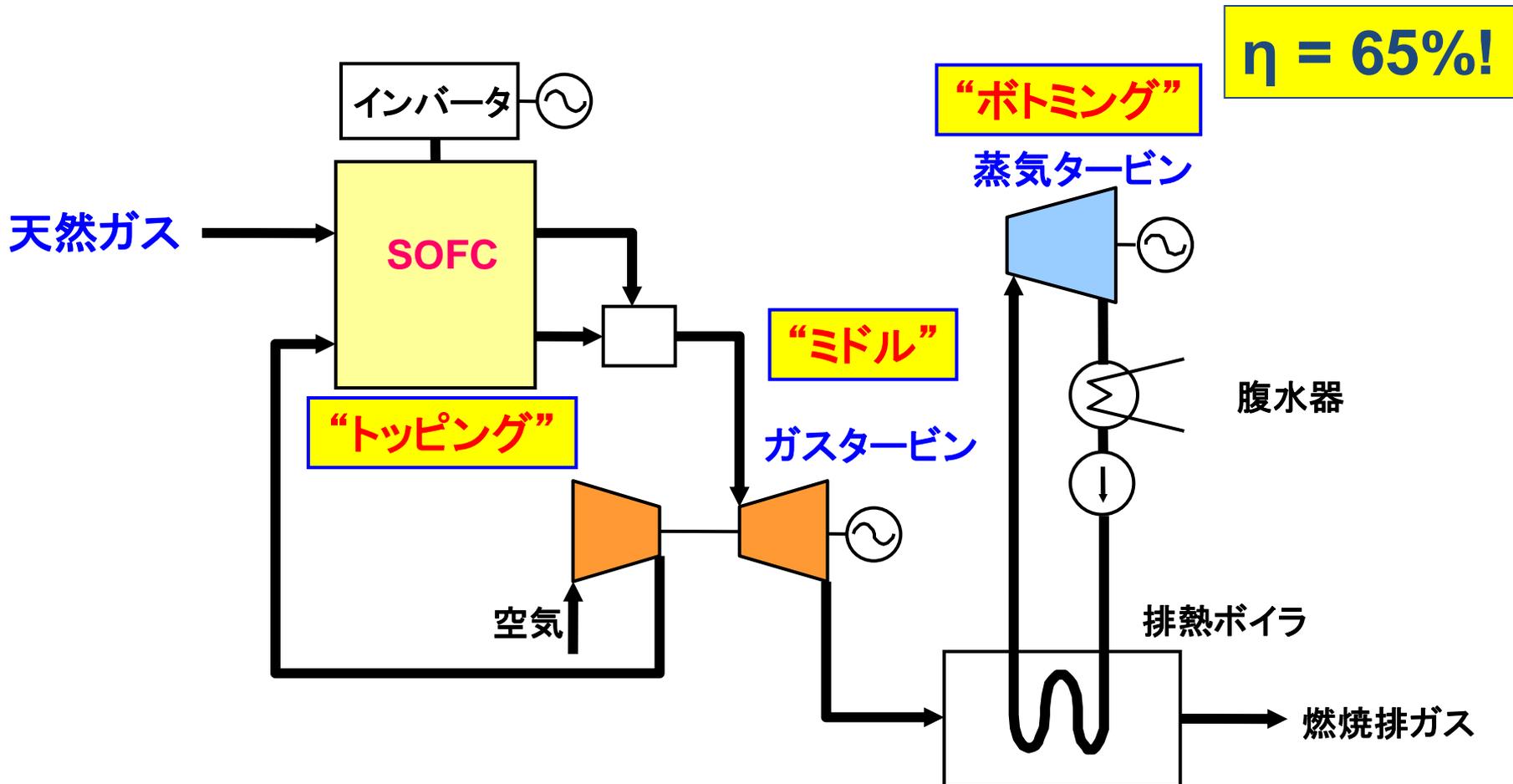
SOFC Module



Courtesy of Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.

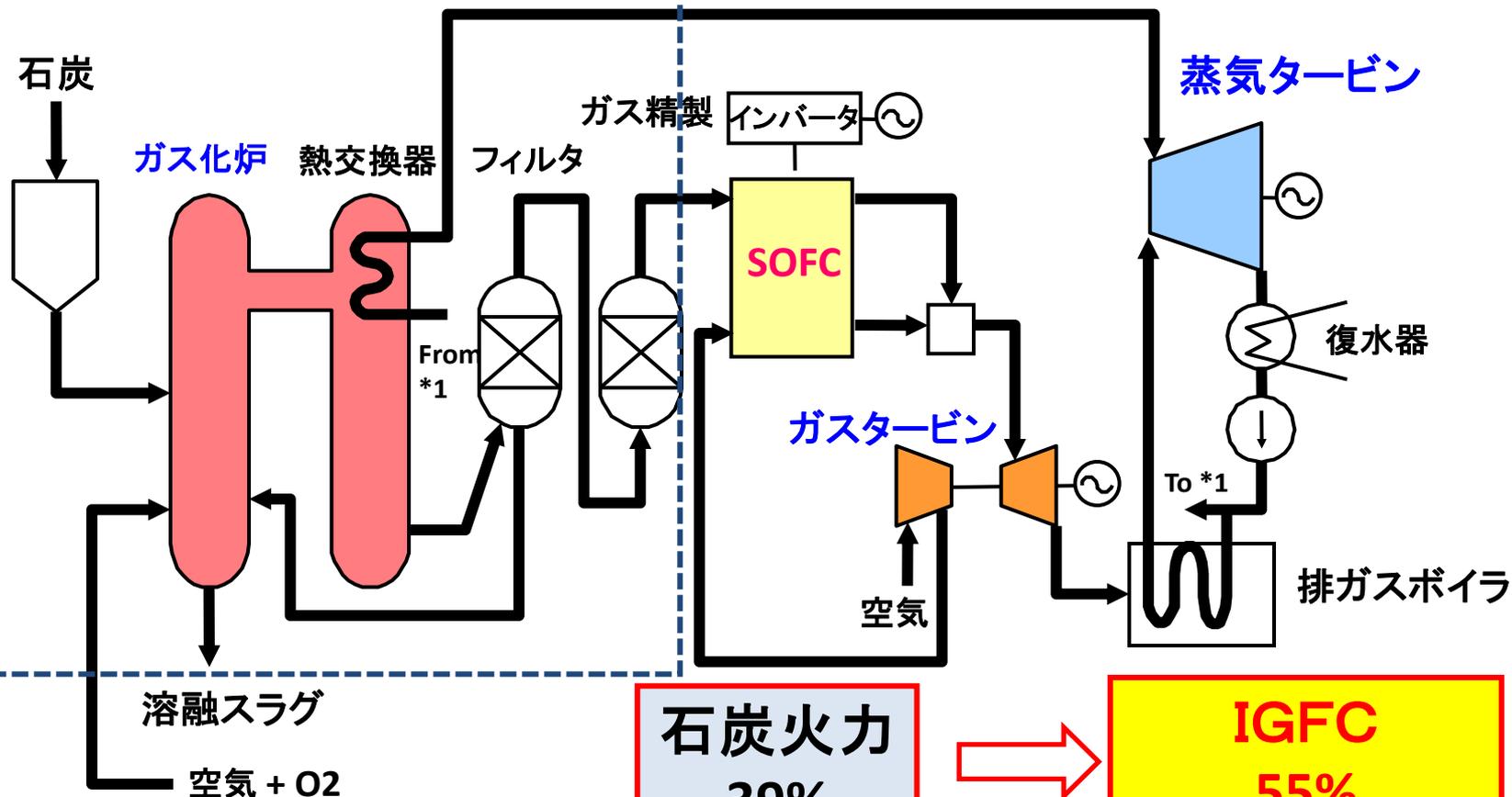
# トリプル複合発電 (LNG)



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

# 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



石炭火力  
39%

IGFC  
55%

CO2 30%減  
30%バイオマス混焼によりCO2 50%減

### 3. 自然エネルギーをいかに利用するか

- エネルギーと動力
- 濃縮エネルギーと希薄エネルギー
- 集中と分散
- 大型化のメリット
- 太陽光発電
- 風力発電
- 変動電力の吸収
- ヨーロッパの現実の姿

# 自然エネルギーの有効な使い方

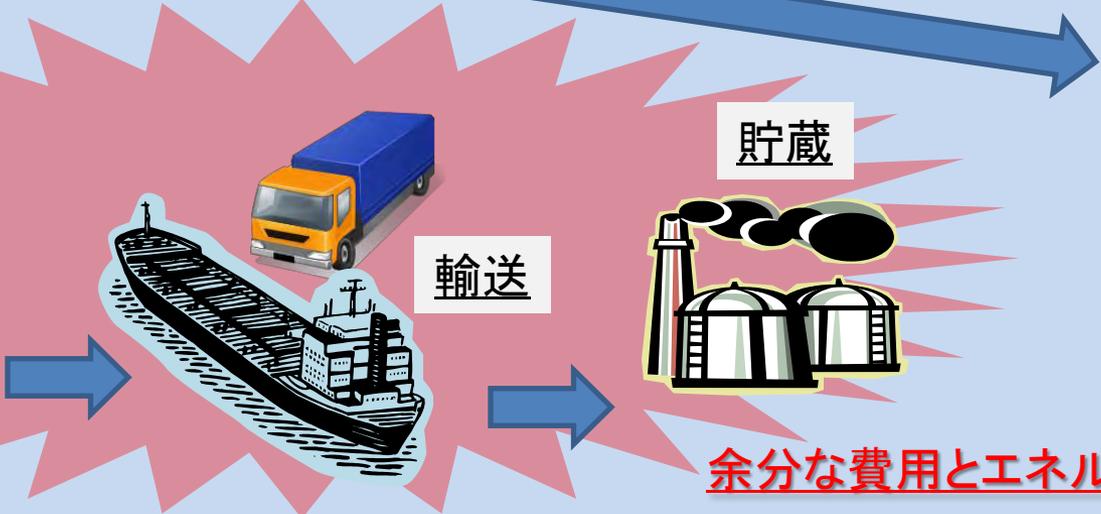


濃縮



- 集中
- 大容量

これが有利！！

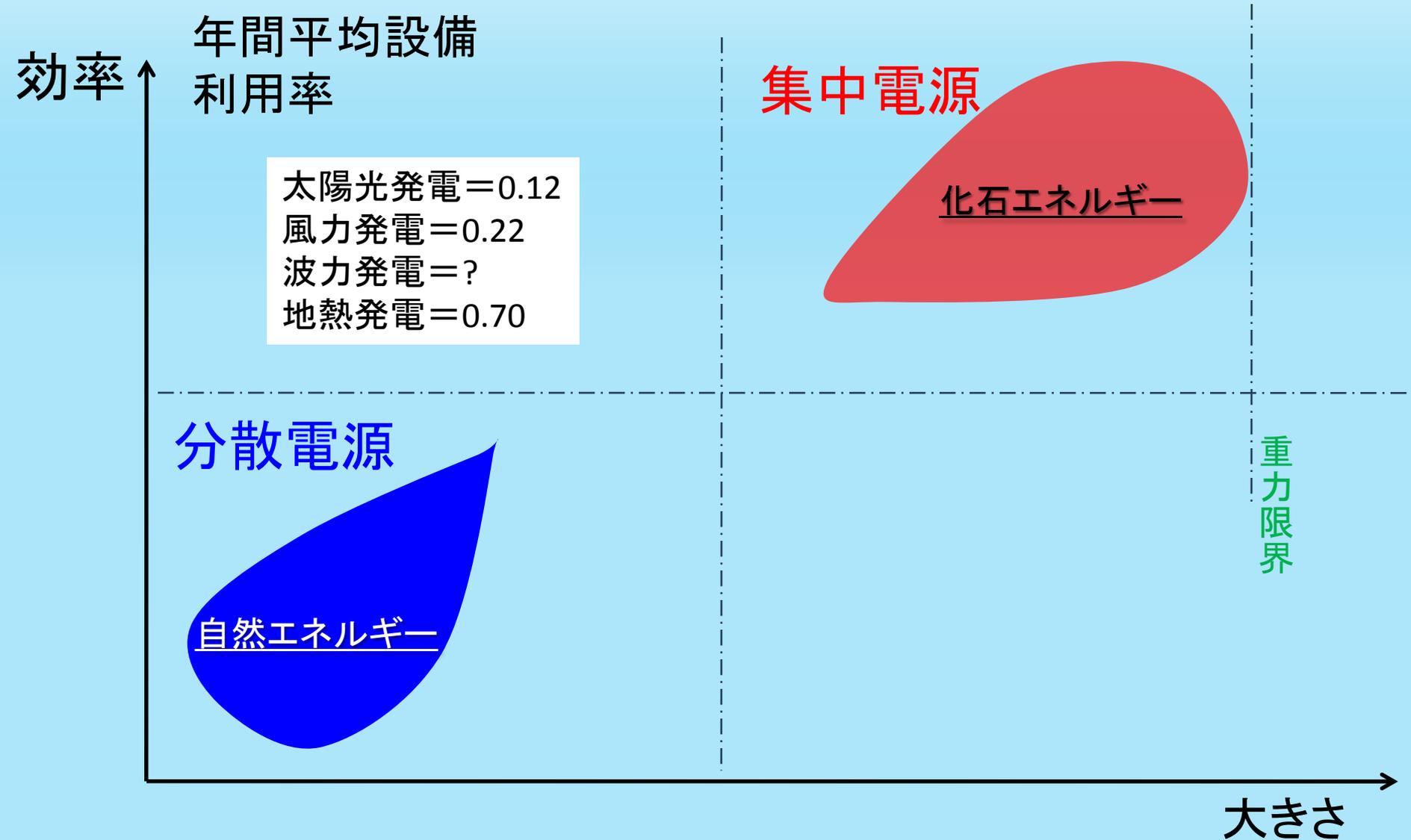


- 分散
- 小容量

これが有利！！

余分な費用とエネルギー

# 集中電源と分散電源のあるべき姿



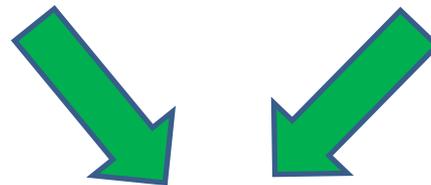
# 経済性の壁 → 年間平均設備利用率



風力発電=0.22



太陽光発電=0.12



発電原価 → 円/kWh  
年間平均設備利用率をどこまで上げられるか？

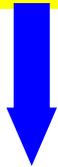
# 思い切った太陽光・風力の増設でも全電力の10%未満！

等価設備容量

● 5000万kWの太陽光発電  
(2005年の20倍)



$5000 \times 0.12 = 600$ 万kW  
【6%】



全一戸建の5割に搭載

● 1000万kWの風力発電  
(2005年の5倍)



$1000 \times 0.22 = 220$ 万kW  
【2.2%】

合計 8.2%

原子力の穴を埋めるには火力の高効率化が必要！

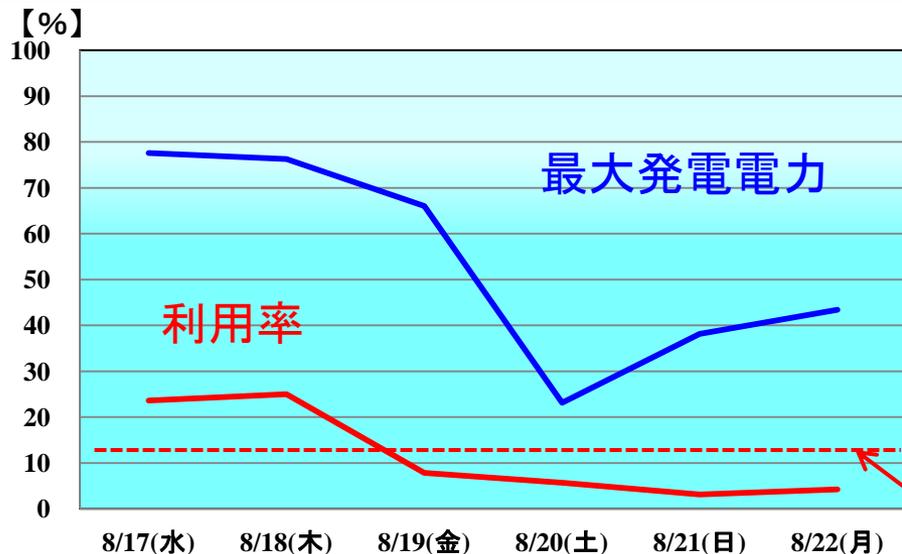
# 太陽光発電所（メガソーラーの例）

## 東京電力浮島太陽光発電所



川崎市の廃棄物埋め立て処分場に設置

# 浮島太陽光発電所発電実績例 (東京電力HPより)



最大発電電力(%)=  
その日の最大発電電力 / 7,000kW (定格最大) × 100

例 2011/8/18(木)

5,338kW / 7,000kW × 100 = 76.3%

利用率(%)=  
その日の発電電力量 / (7,000kW × 24) × 100

例 8/18(木)

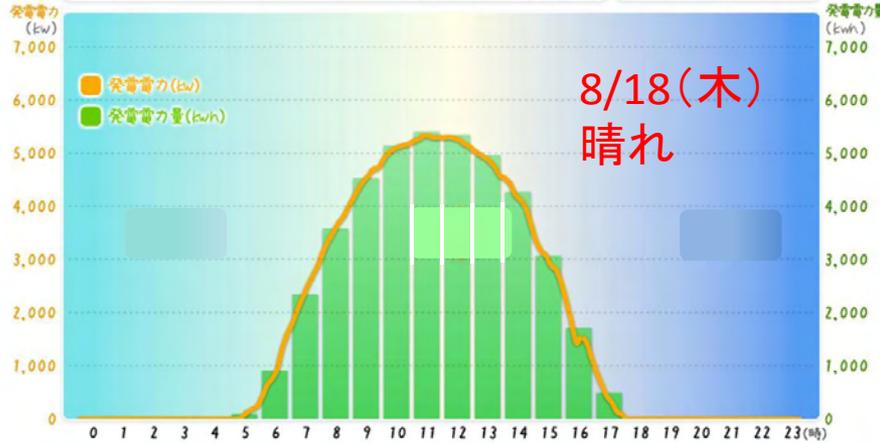
41,955KWh / (7,000kW × 24hr) × 100 = 25.0%

41,955KWh / (7,000kW × 24hr) × 100 = 25.0%

**年間平均想定利用率 12%**

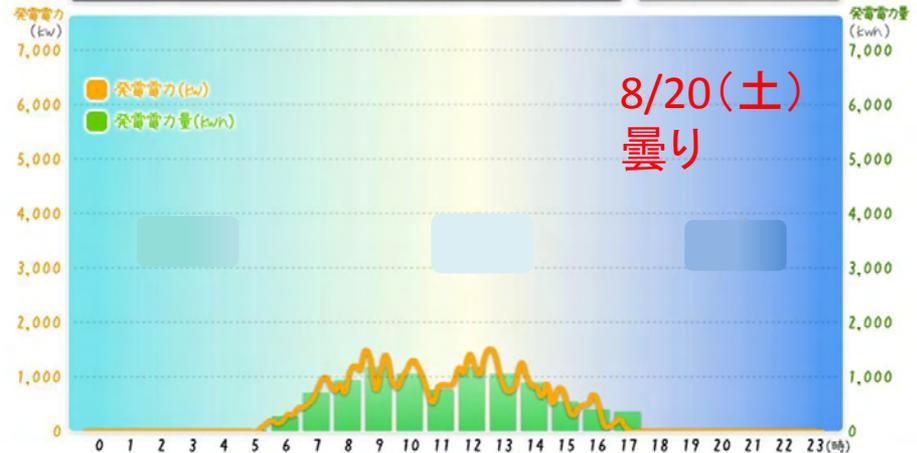
浮島太陽光発電所 23:55時点の発電状況 5分間隔で更新されます

発電電力	本日の発電電力量	CO <sub>2</sub> 削減効果	自一般家庭(1日分)	気温	日射強度
5,338 kW	41,955 kWh	16,110 kg-CO <sub>2</sub>	4,452 軒分	33.6 °C	0.92 kW/m <sup>2</sup>



浮島太陽光発電所 23:55時点の発電状況 5分間隔で更新されます

発電電力	本日の発電電力量	CO <sub>2</sub> 削減効果	自一般家庭(1日分)	気温	日射強度
1,619 kW	9,510 kWh	3,651 kg-CO <sub>2</sub>	1,009 軒分	25.8 °C	0.23 kW/m <sup>2</sup>



08/18(木) 08/19(金) 08/20(土) 08/21(日) 08/22(月) 08/23(火) 08/24(水)

08/18(木) 08/19(金) 08/20(土) 08/21(日) 08/22(月) 08/23(火) 08/24(水)

# 必要敷地面積比較 : 太陽光発電所と天然ガス発電所

太陽光 : 7000KW:11ha

天然ガス焚き : 150万KW:15ha

浮島太陽光発電所 : 7MW



$$\frac{110,000}{7,000} = 15.7 \text{m}^2/\text{kW}$$

$$\frac{150,000}{1,500,000} = 0.1 \text{m}^2/\text{kW}$$



157倍!



川崎火力発電所 : 3 × 500MW Combined Cycle

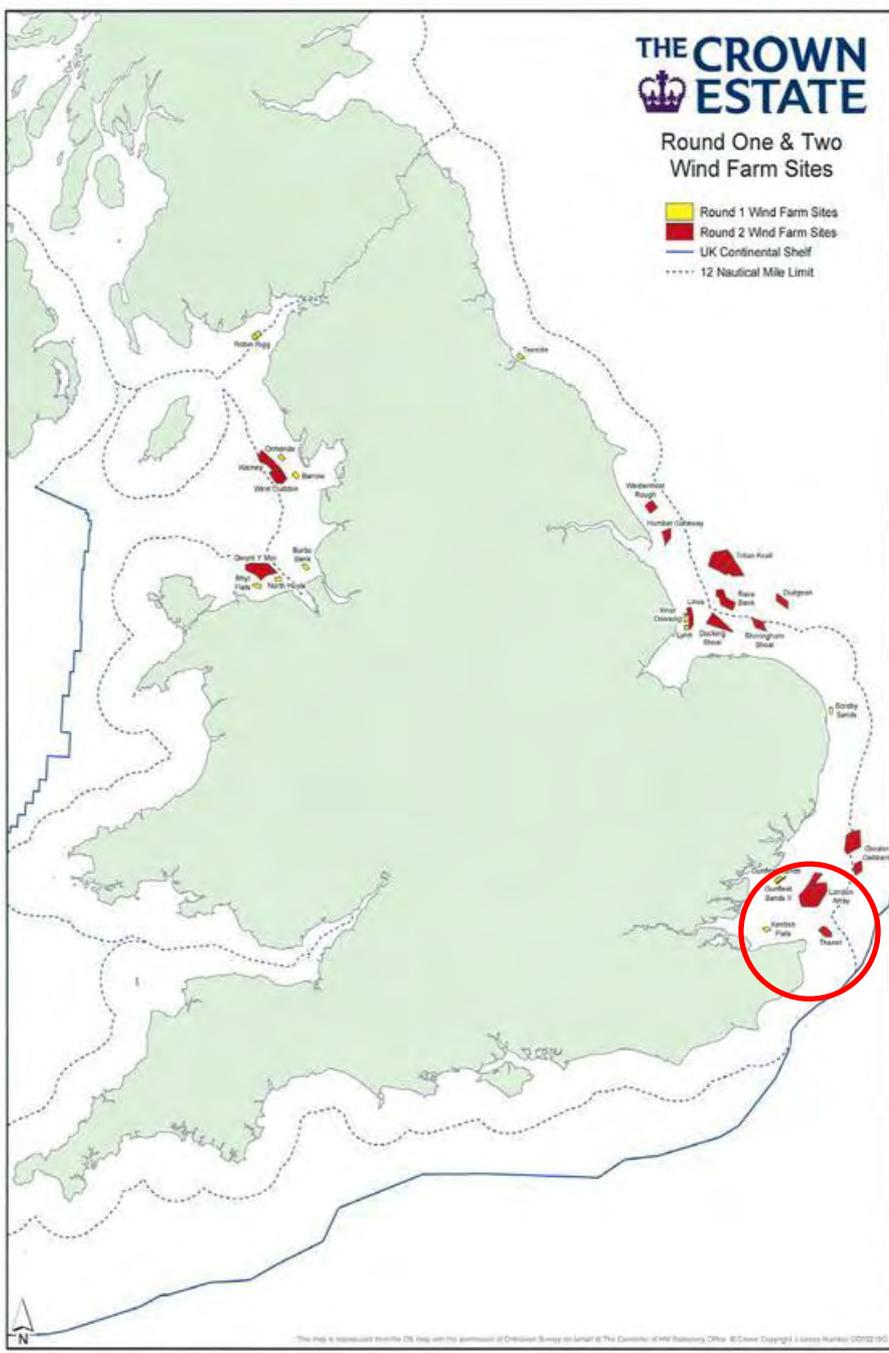
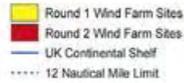
# 風力発電



2010.07.11

Middelgrunden 洋上風車(デンマーク)





# 英国の洋上風車への取り組み

第1期(Round 1): 100万KW

第2期(Round 2): 700万KW

- 地主は英国王室
- 事業者は借地料を支払う

$$3 \times 100 = 300\text{MW}$$





Kent州沖洋上風力発電

平均水深: 20m

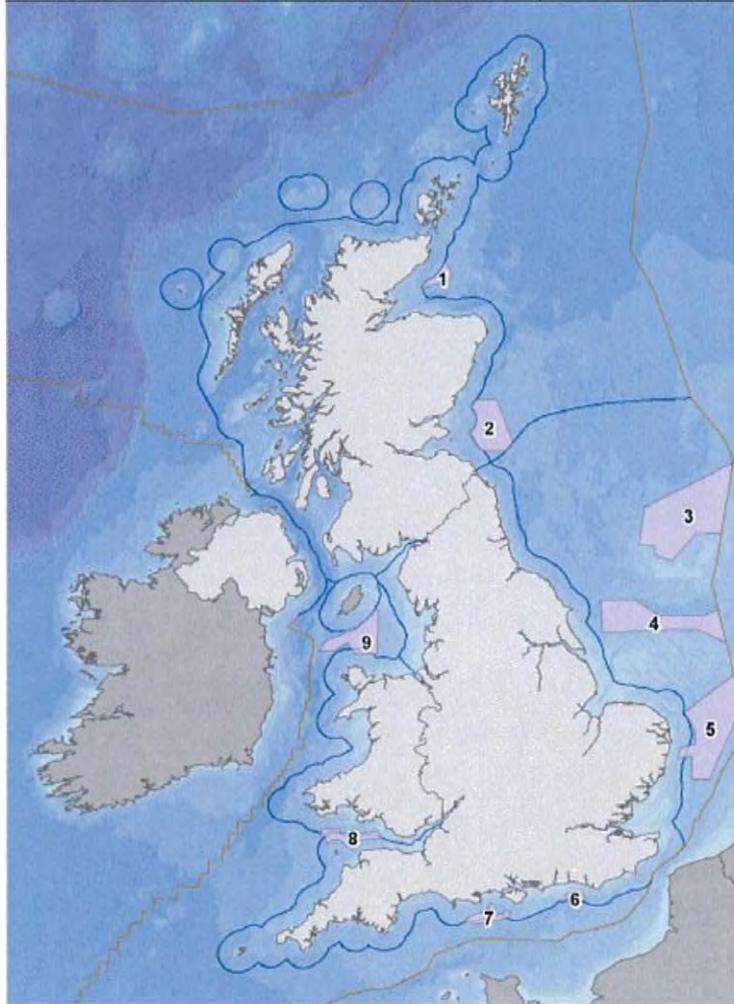
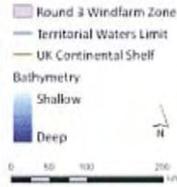






### Round 3

Zone	Name	Developer
1	Moray Firth	Moray Offshore Renewables Limited
2	Firth of Forth	Seagreen Wind Energy Limited
3	Dogger Bank	Forewind Limited
4	Hornsea	SMart Wind Limited
5	East Anglia	East Anglia Offshore Wind Limited
6	Southern Array	E.ON Climate & Renewables UK Southern Array Limited
7	West Isle of Wight	Eneco Round 3 Development Limited
8	Atlantic Array	Bristol Channel Zone Limited
9	Irish Sea	Contrica Energy Renewable Investments Limited



## 第3期(Round 3): 1500万KW設置

将来的には2050年までに風力を  
6000万KWに!(陸上:2000万KW  
洋上:4000万KW)

MacKay教授との対話(2011.10.7)

[ケンブリッジ大学教授

英国エネルギー・気候変動省最高科学顧問]

---再生エネルギーへの過信は非常に危険



Sustainable Energy — without the hot air

David J.C. MacKay

To Prof Kaneko

With my best wishes  
from  
David MacKay

October 2011

IIT  
CAMBRIDGE, ENGLAND

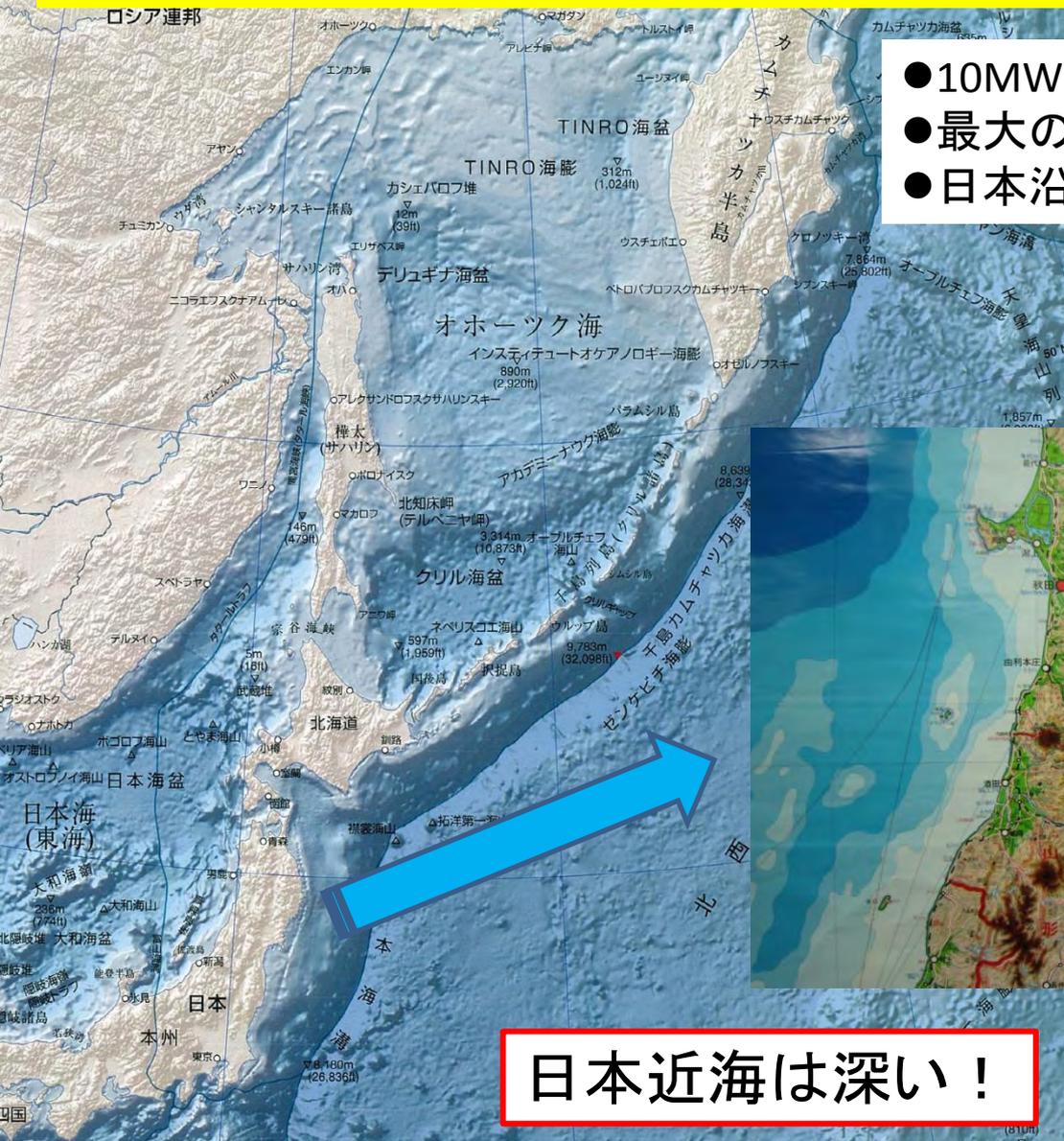
最大の問題点:

現在の英国の電力消費量4200万KW  
の倍の変動電力を受け入れられるか?

[参考:現在の大陸連携線:300万KW]

# 大型洋上風車への挑戦

- 10MW級大型風車の技術的課題は多い
- 最大の問題点は強度の維持と信頼性の確保
- 日本沿海は北海みたいに浅くはない



日本近海は深い！

100m

200m

1000m

# 太陽光

## 発電コスト (1kWhあたり)

(平成13・16年)

49円

太陽光

10~14円

風力  
(大規模)

8~13円

水力

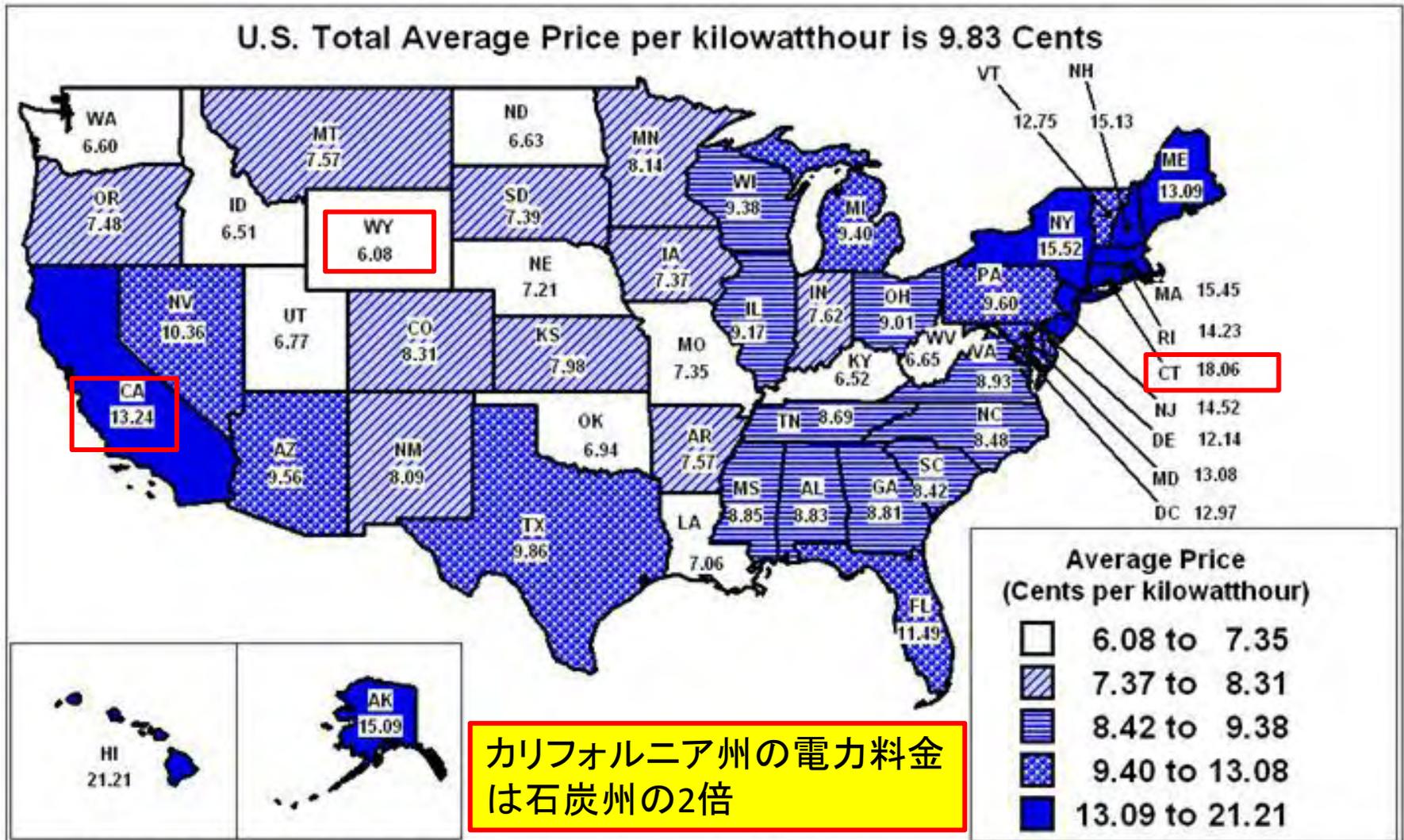
7~8円

火力  
(天然ガス)

5~6円  
原子力

Source: NHK News

# アメリカの電力単価 2009年



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

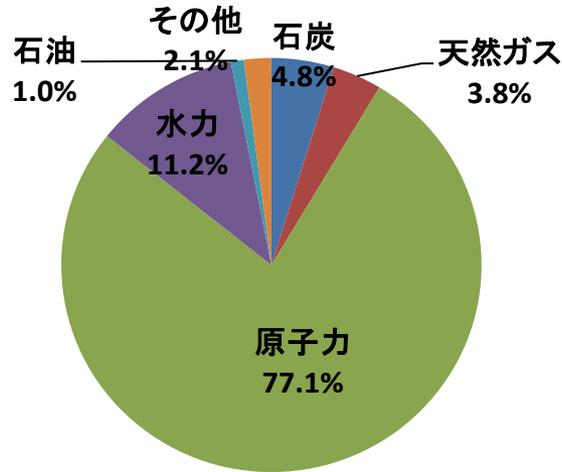
Source: U.S. Energy Information Administration, Form EIA-861, "Annual Electric Power Industry Report."

出典: U.S. Energy Information Administration web site

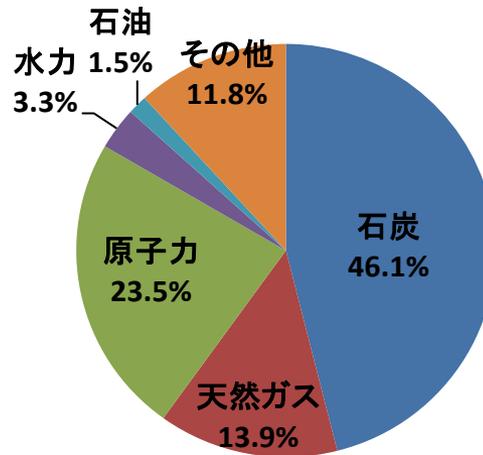
# EU主要国の電源構成

(2008年)

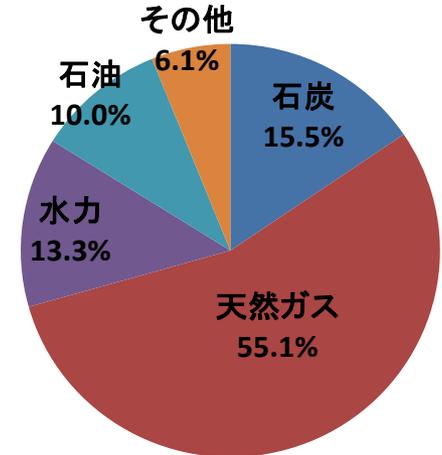
## フランス



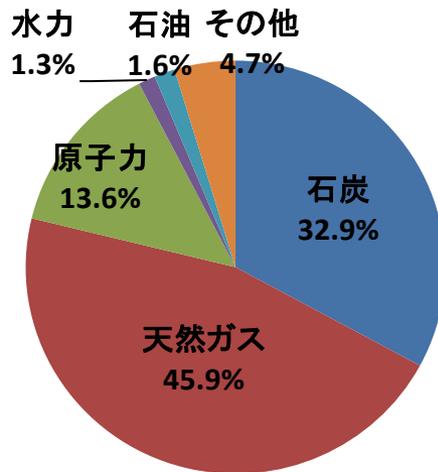
## ドイツ



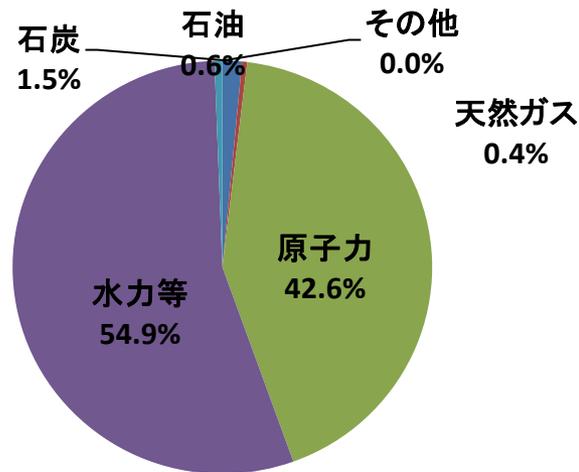
## イタリア



## 英国

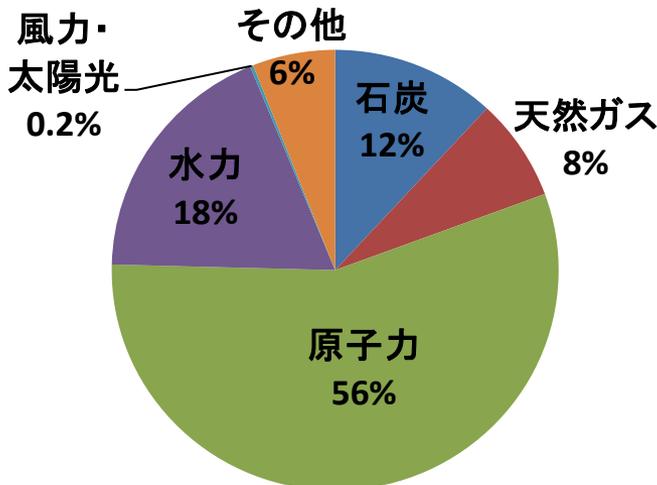


## スウェーデン

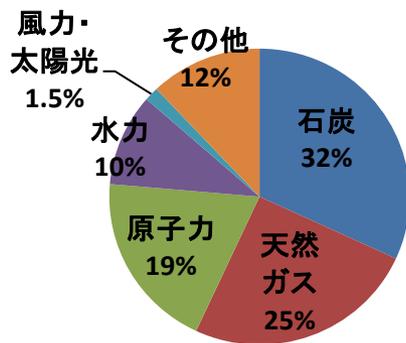


# ヨーロッパの電源構成(設備容量) (2010.6)

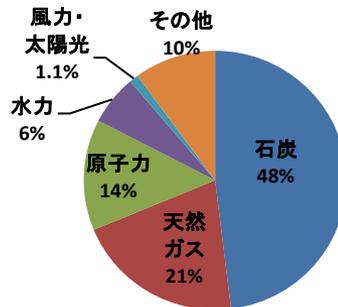
**EDF**  
127,490MW



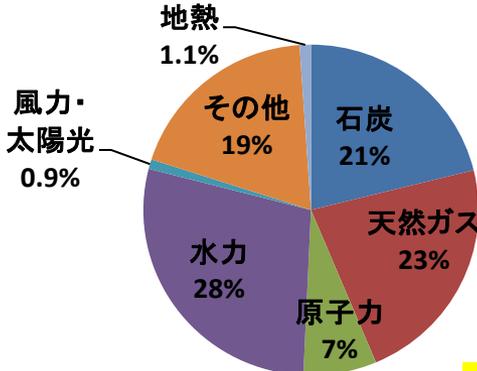
**E-ON**  
56,181MW



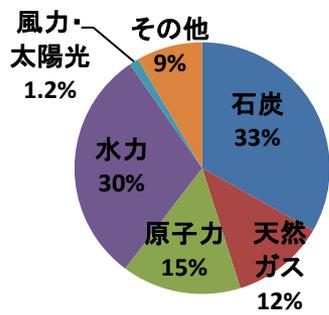
**RWE**  
39,648MW



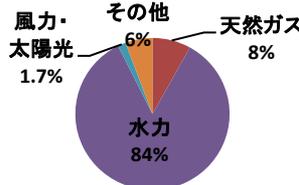
**ENEL(含ENDESA)**  
64,692MW



**Vattenfall(含Nuon)**  
37,507MW



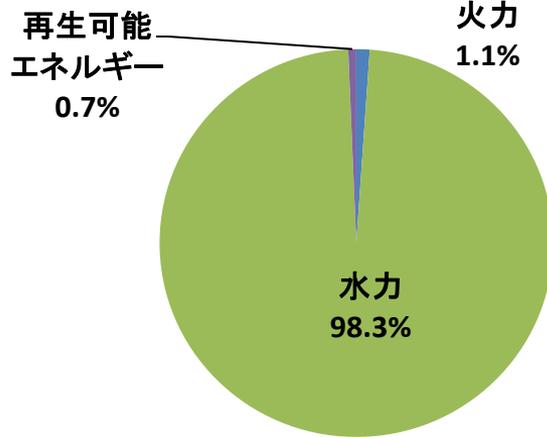
**Statkraft**  
15,537MW



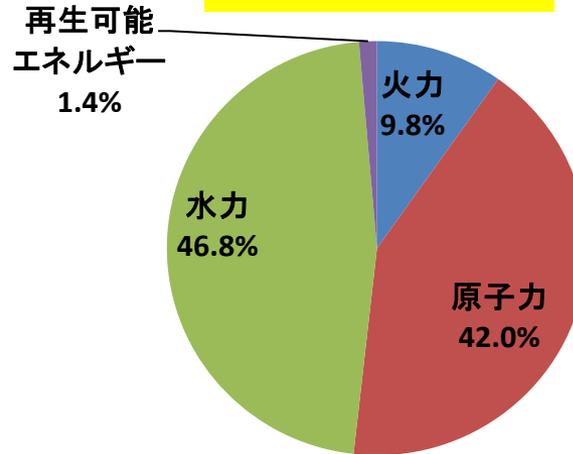
EUの電力会社は各国に発電所を持っている

# 北欧4カ国の電源構成

ノルウェー  
137TWh

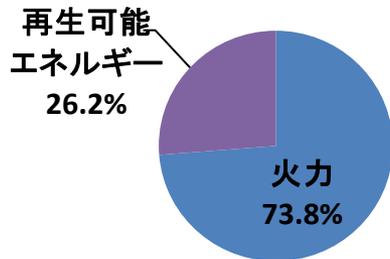


スウェーデン  
146TWh

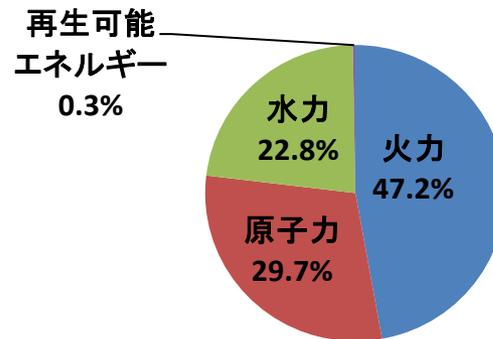


電力の輸出入により、デンマークの不安定な風力発電の調整電源をノルウェーやスウェーデンの水力発電がまかっている。

デンマーク  
36.4TWh

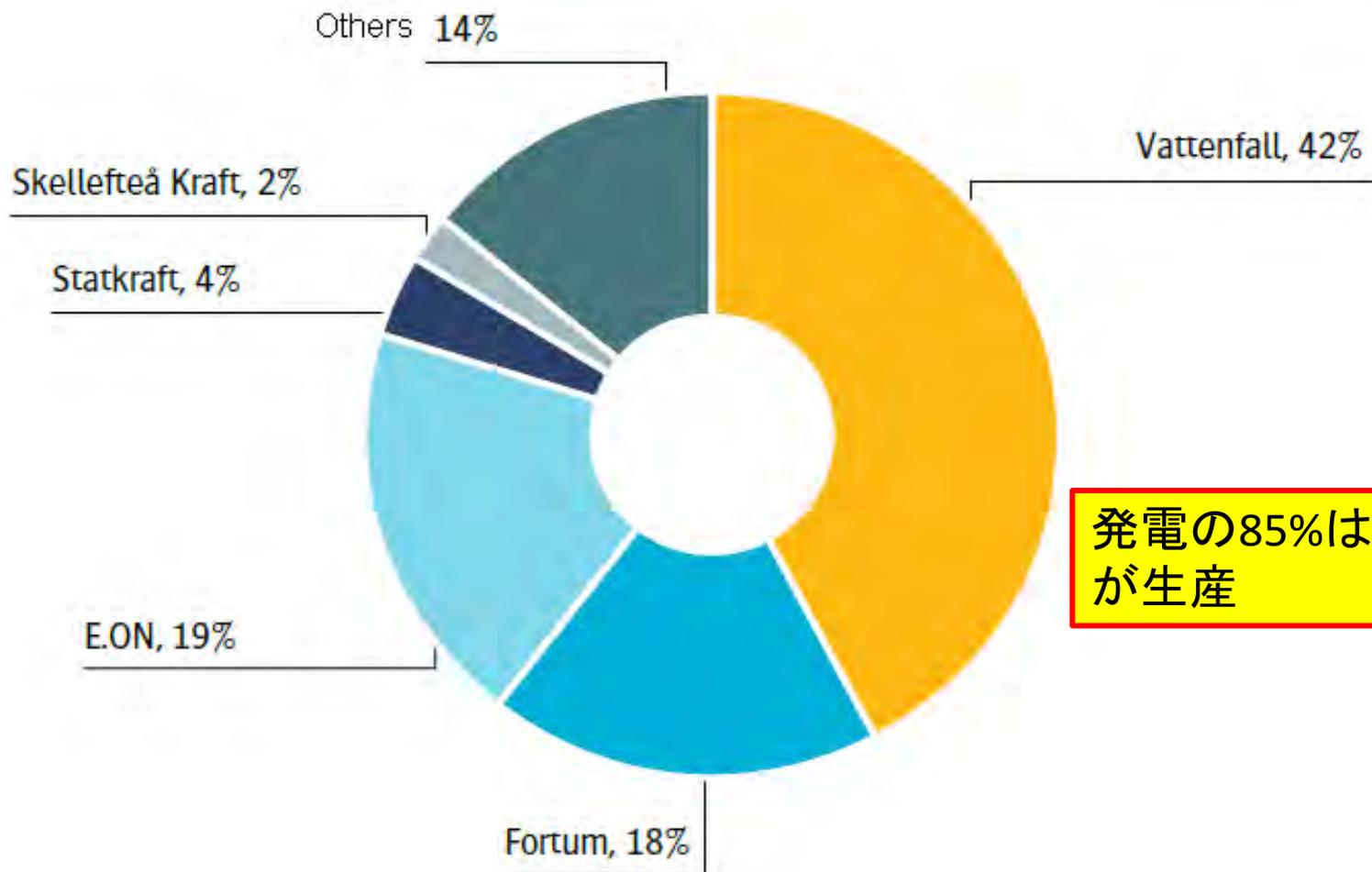


フィンランド  
74TWh



(2011.1富士通総研研究レポートより)

# スウェーデン 発電電力量 電力会社毎割合 (2010年)



発電の85%は4大電力  
が生産

# ドイツメルケル首相の発言要旨 (2011年6月9日)



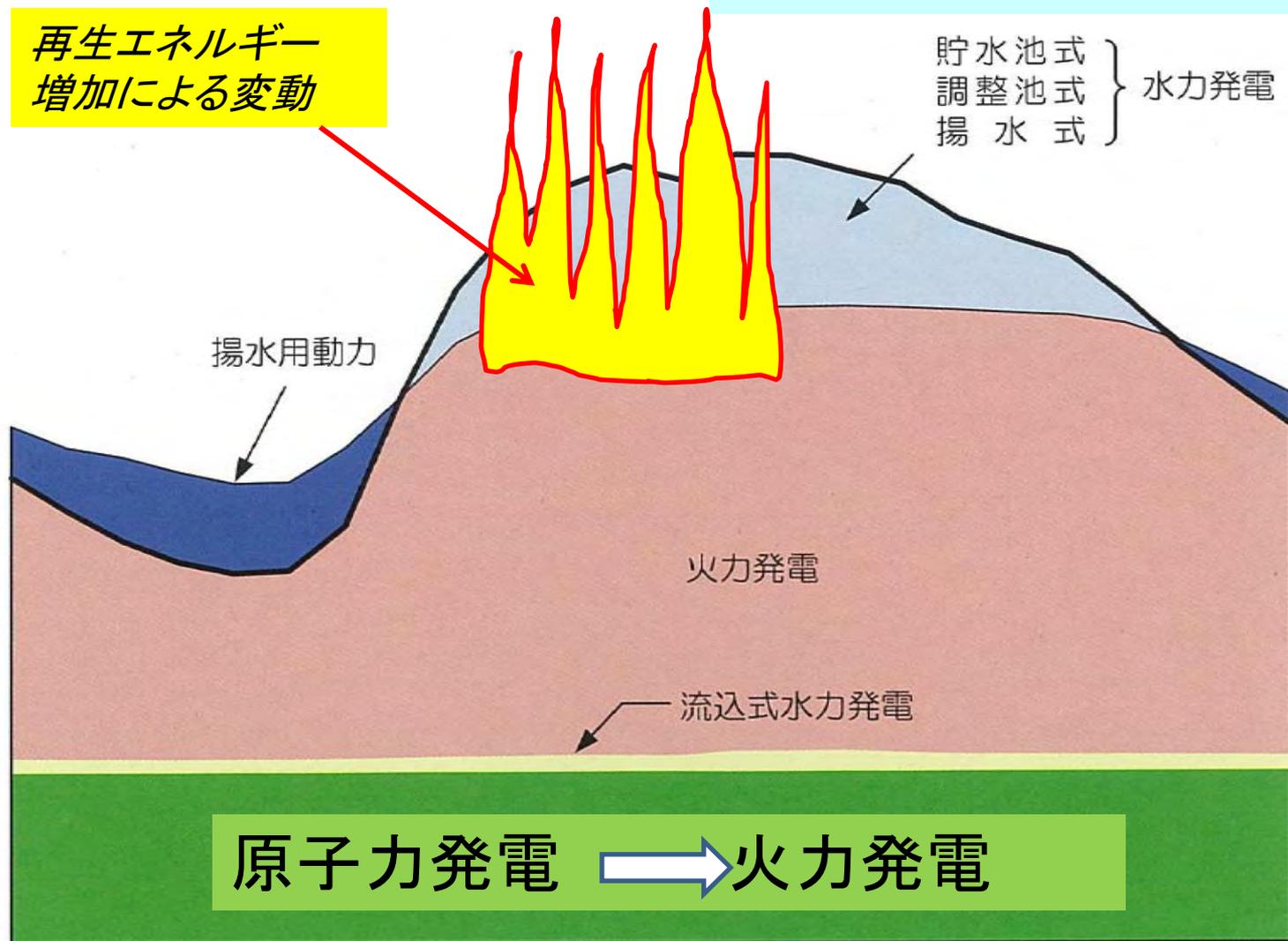
- ドイツは2022年までにすべての原子力を停止。ただし供給不安を無くすために2020年までに少なくとも1000万KWの火力発電所を建設(出来れば2000万KWが望ましい)。あれもいや、これもいやという甘えは許されない。
- 再生可能エネルギーを2020年までに35%に増加
- しかしその負担増加額は3.5cent/KWh以下であること(ドイツにおけるエネルギー多消費産業に従事する100万人の雇用を守るため)
- また変動電力の増加に伴う不安定化防止のために800kmの送電網建設(現状100km未満)
- 2020年までに電力消費を10%削減

[山本正晴氏訳より]

# 再生エネルギーの大幅増加

## 柔軟な出力コントロールが必要！

再生エネルギー  
増加による変動



信頼性の高い  
火力が必要

# 日本の水力発電(9電力)

水力総容量 (万kW)	一般水力総容量 (万kW)	揚水総容量 (万kW)	可変速・可変ピッチ化 の際の対応可能容量 (万kW)
3,192	1,202	1,990	597

## 再生エネルギー予想

$$3290 \text{万kW} \times 0.181 = 597$$

	設備容量 (万kW)			想定平均出力 (万kW)		
	太陽光	風力	計	太陽光	風力	計
2020年度	2800	490	3290	336	108	444
2030年度	5300	660	5960	636	145	781

# 可変速・可変ピッチ水車による揚水発電

- 揚水時のAFC運用を可能とする。  
→火力の焚き増し抑制による運用経済性の向上
- 可変速水車 : 落差200m以上(回転子、励磁機変更)  
可変ピッチ水車: 落差200m以下(プロペラ変更)

## 1. 既設火力の対応能力強化

➤ 最低負荷: 25~30%

⇒ 5~10%へ

➤ 負荷変化率: 1~3%/min

⇒ 5~10%/minへ

## 2. 可変速・可変ピッチ揚水による対応能力強化

# 質の良い電気---日本の貴重な財産

- 日本全国至る所で0.2Hzの超高品質の電気が自由に好きなだけ使える→日本の産業競争力の源泉
- 部品産業・中小企業・個人も等しくこの恩恵を受けられる→日本は至福の国である！
- 発展途上国における向上運営の苦労→必要な良質の電気が得られない！ →工場建設は自家発電設備の建設から
- 停電や不安定電源の苦労をした人でないとこの有難味はわからない

# 日本のものづくりを支える基幹技術



高品質のネジは高品質の電気がないと作れない

# もの造りと日本の技

某国



日本



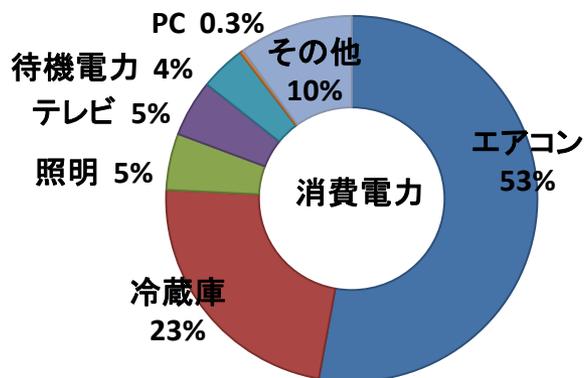
この繊細でこまやかなものづくりの技を見よ！

# 省エネルギー

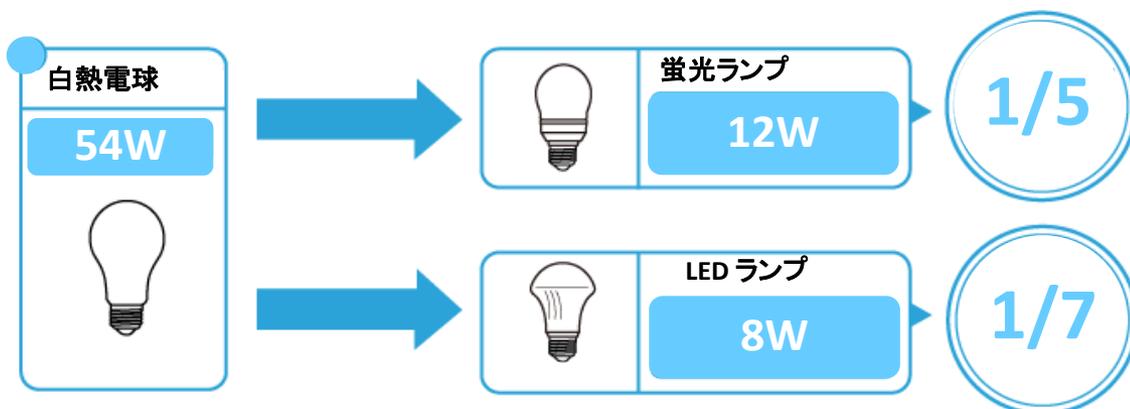
電力使用制限令: 7月1日から9月9日までの平日の昼間に「昨年(2010年)の同じ期間・時間帯の使用最大電力から15%減らした値」を上限に制限

結果: 東京電力 : -19.4% (7月)  
 東北電力 : -17.6% (7月)

2010年			2011年			差
日付	気温(°C)	最大消費電力(MW)	日付	気温(°C)	最大消費電力(MW)	電力差(MW)
2010年 7月18日	34.5	4,870	2011年 7月18日	34.8	4,375	495



Power consumption in the summer daytime



# 4. 原子力は今後どうなるのか

# 反原子力運動



# 原子力に対する4つの質問

1. 安全な原子力発電所は実現できるか？
2. 放射線被曝の問題－安全な閾値はあるのか？
3. 使用済核燃料・放射性廃棄物をどうするのか？
4. 核燃料リサイクル・サステナブル原子力は可能か？

これらの質問にきちんと答えられないといけない

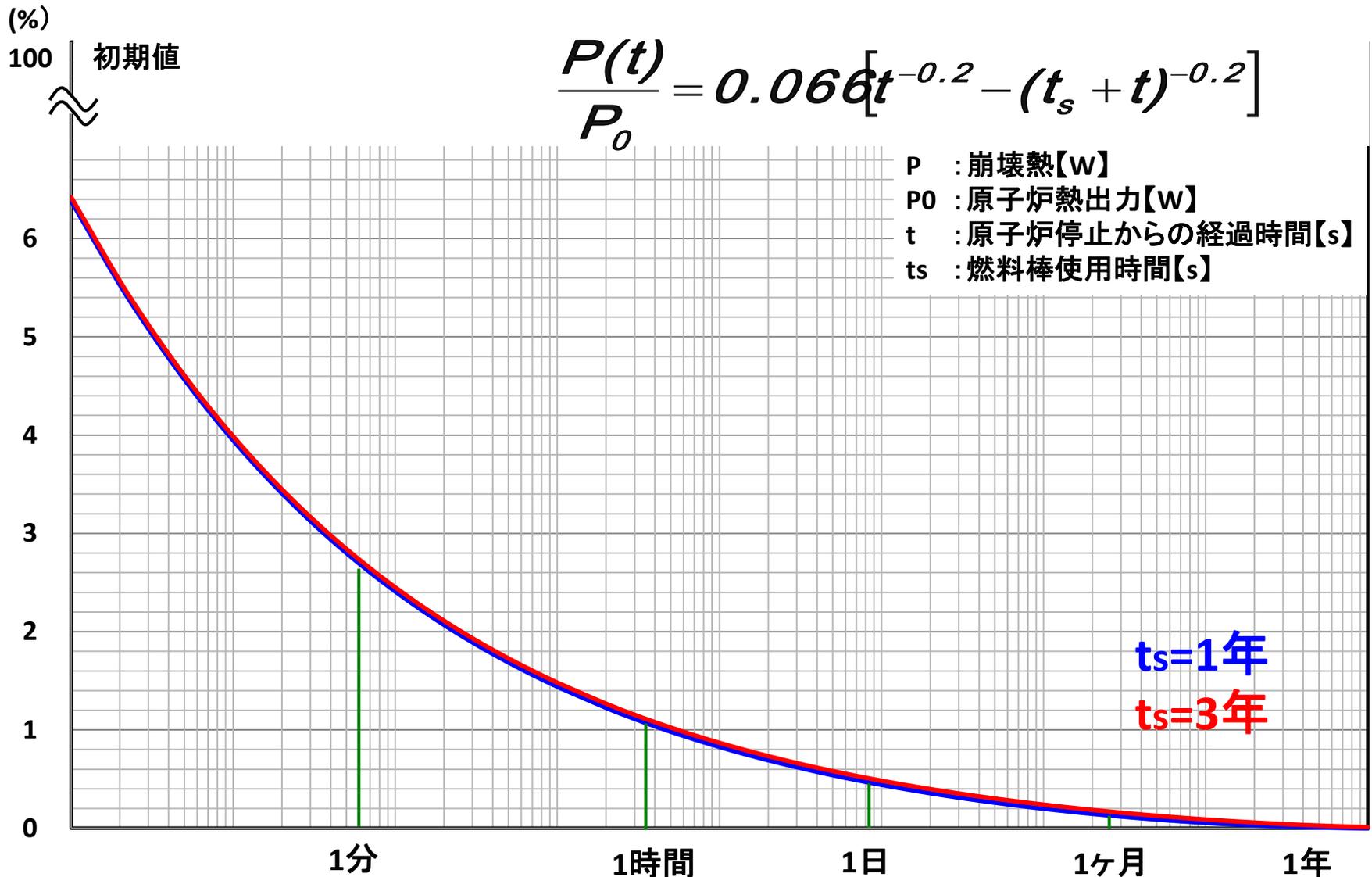
# 火力発電と原子力との最大の相違点



火力: ユニット停止  
MFT(Main Fuel Trip)  
ボタン押す

原子力:  
ユニット停止後も  
残留熱あり

# 残留熱曲線



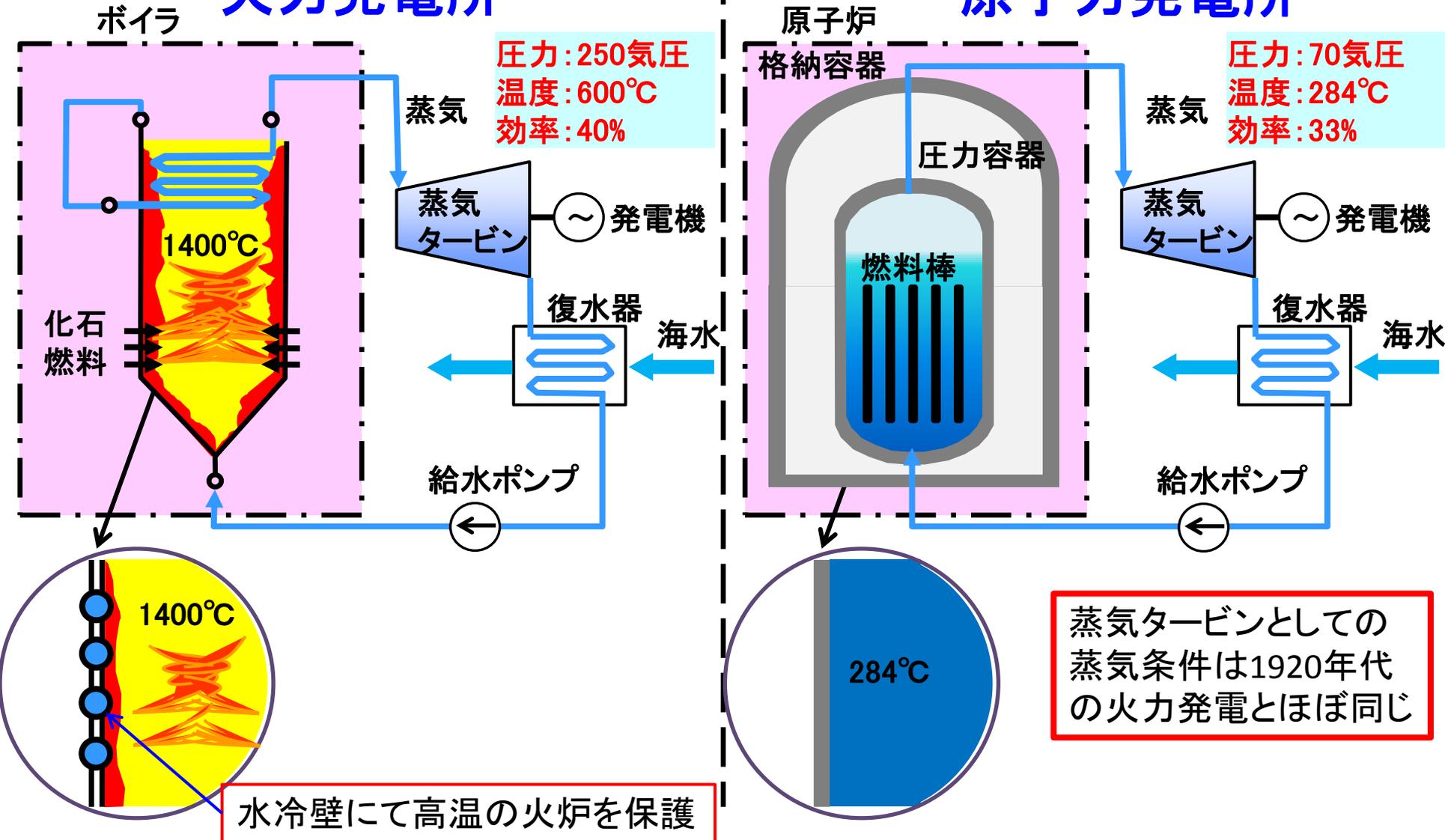
# 原子力の安全対策

- 原子炉の安全対策は当然であるが、原子力発電所のプラント全体としての対策が必要である
- “システム” としての対策を行うこと
- 原子炉の残留熱は冷却水または冷却ガスにより冷却するが、最終的には海または大気に放出する

# 火力発電所と原子力発電所

## 火力発電所

## 原子力発電所





機械学会がASMEとも連携して進めている

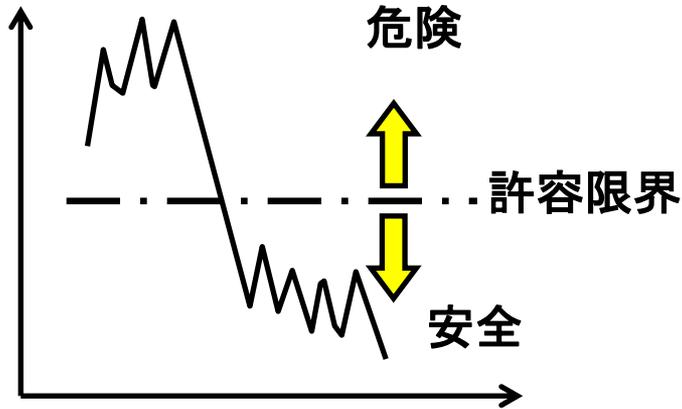
# 福島第一原子力発電所事故を受けた “過酷事故対応設計ガイドライン” の開発について

2011年7月28日

日本機械学会 標準・規格センター  
発電用設備規格委員会

「苛酷事故に備える原子力発電所を実現するための規格基準高度化を考える」

# 生物にはなぜ放射線を検知する感覚器官が無いのか？



視覚  
可視光線  
0.3~0.7 $\mu\text{m}$

聴覚  
20~20,000Hz

触覚

嗅覚

味覚

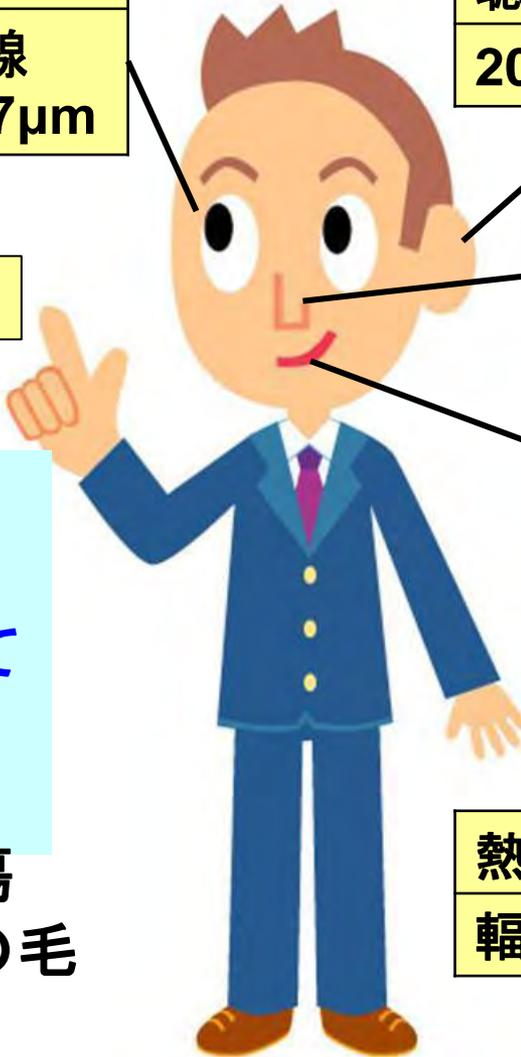
熱の感覚  
輻射熱の感覚

- 限界の判定をする時に感覚器官そのものがやられる？
- 4億年前生物が水中から陸上に出てきた時には既に許容値以下で検知の必要がなかった？

細胞複製能力の低下

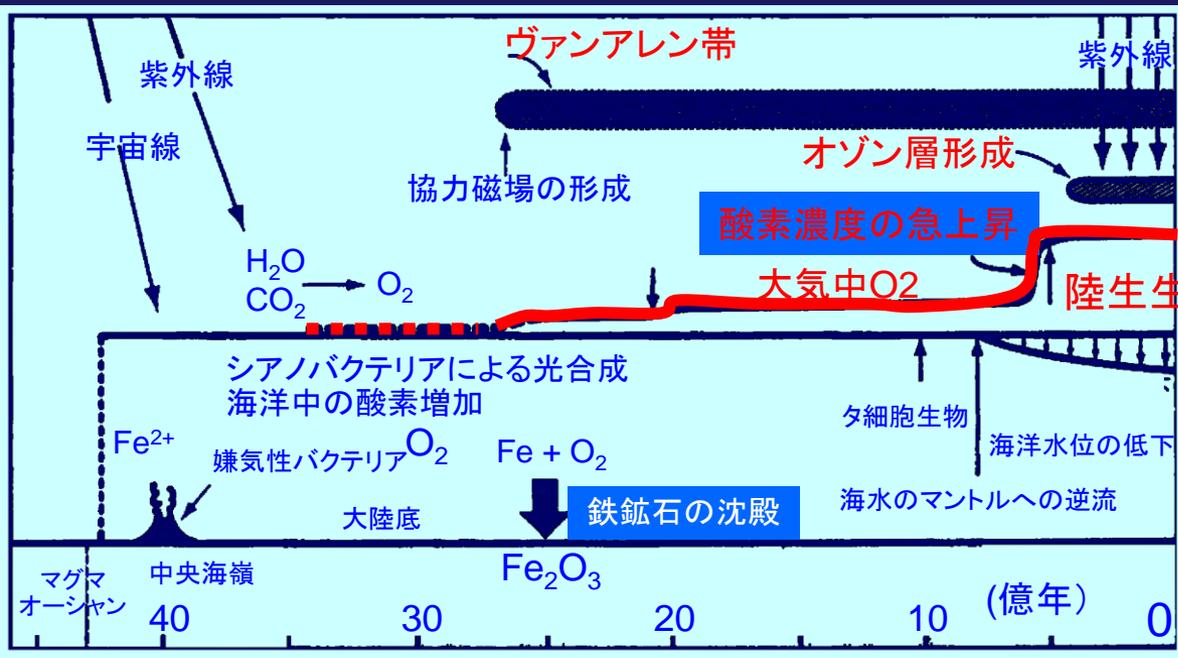


- 火傷
- 髪の毛
- ...



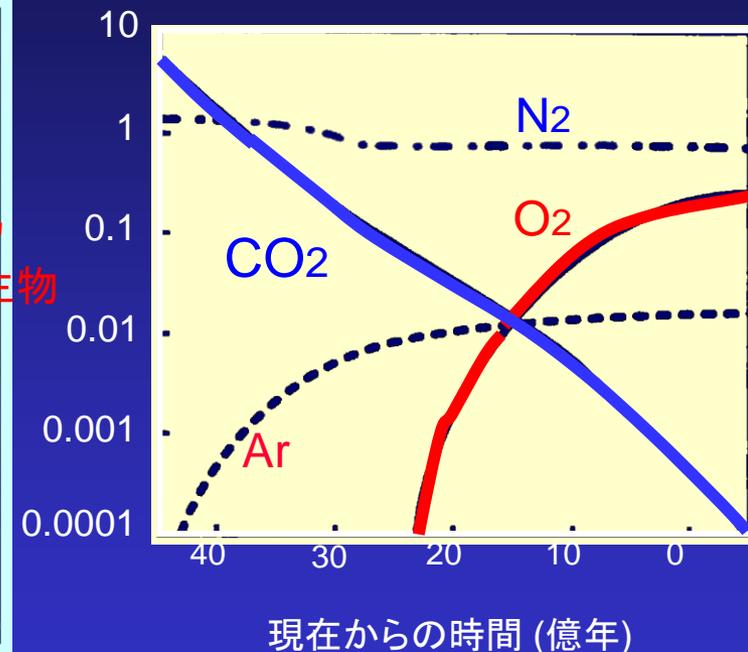
# 大気中の CO<sub>2</sub> と O<sub>2</sub> 濃度の歴史的変化

- 生物が地上に出たのは約4億年前(オゾン層が出来てから)  
(植物も動物もほぼ同時)



大気と海洋中の酸素濃度の変化

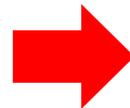
成分ガスの分圧 (atm)



大気中のガス濃度の変化

Source : S. Maruyama, Y. Isozaki, History of the Earth and the Life, 1998

# 放射線計測器



ちょうど時計と同じように常時携帯可能に

# 5. これからの世界

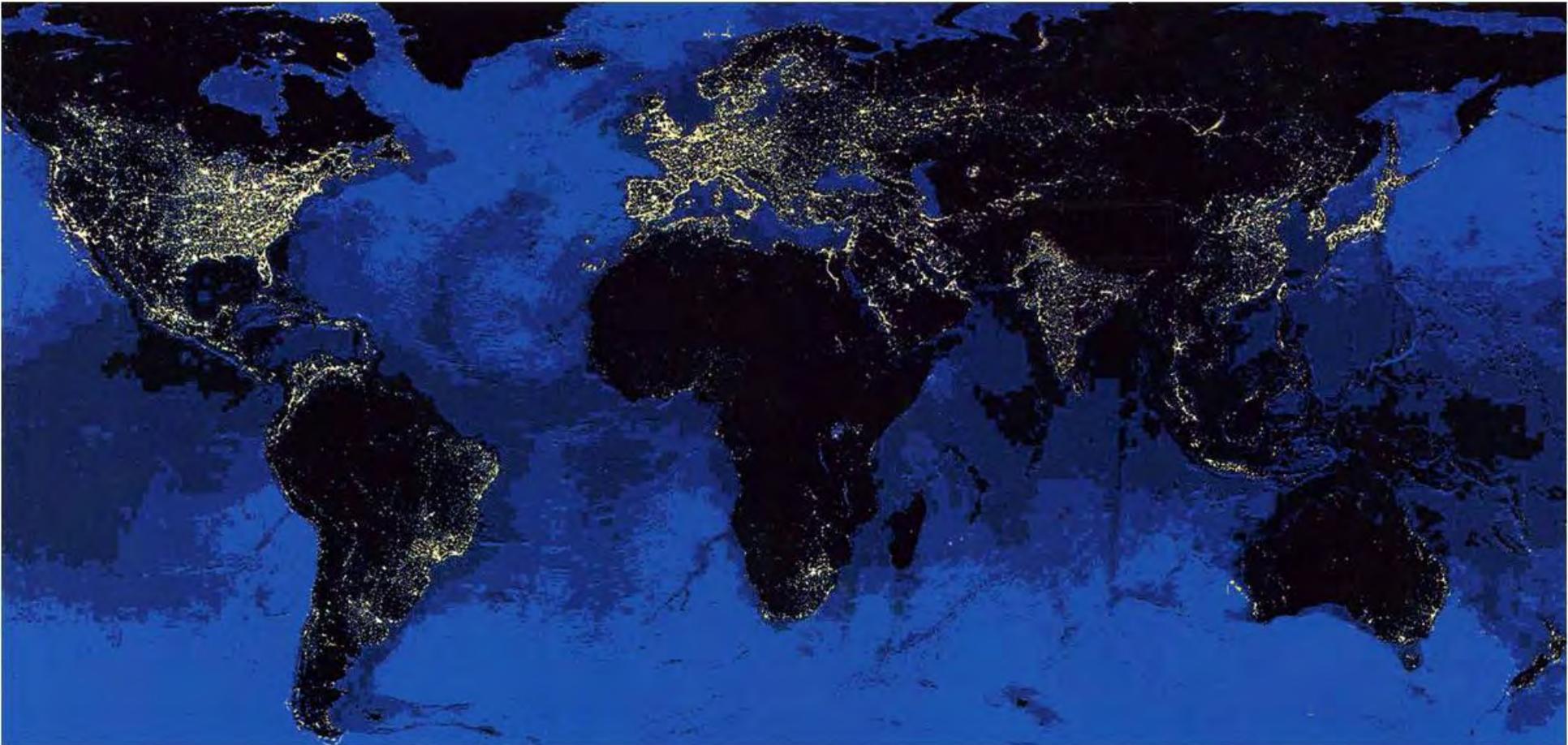
- 集中エネルギー源(濃縮エネルギー源)無しで人類はやっていけるか？
- 文明の進歩のためには集中力が必要→濃縮エネルギー源が不可欠
- 200年後の化石エネルギー源枯渇後はどうするのか？
- 増殖炉で3000年持つエネルギー源を確保する事が必要ではないか？  
(そうでないと核融合もできない)
- ただし増殖炉を本気でやるなら、今までのやり方を抜本的に変える体制と意識の改革が必要→自覚と責任感の乏しい人たちがただだとやることは絶対に許されない！



# 日本の夜景

こんなに電気を  
使っている

# 地球の夜景



今暗い所も今後どんどん明るくなる  
→エネルギーの取り合いにならないか？



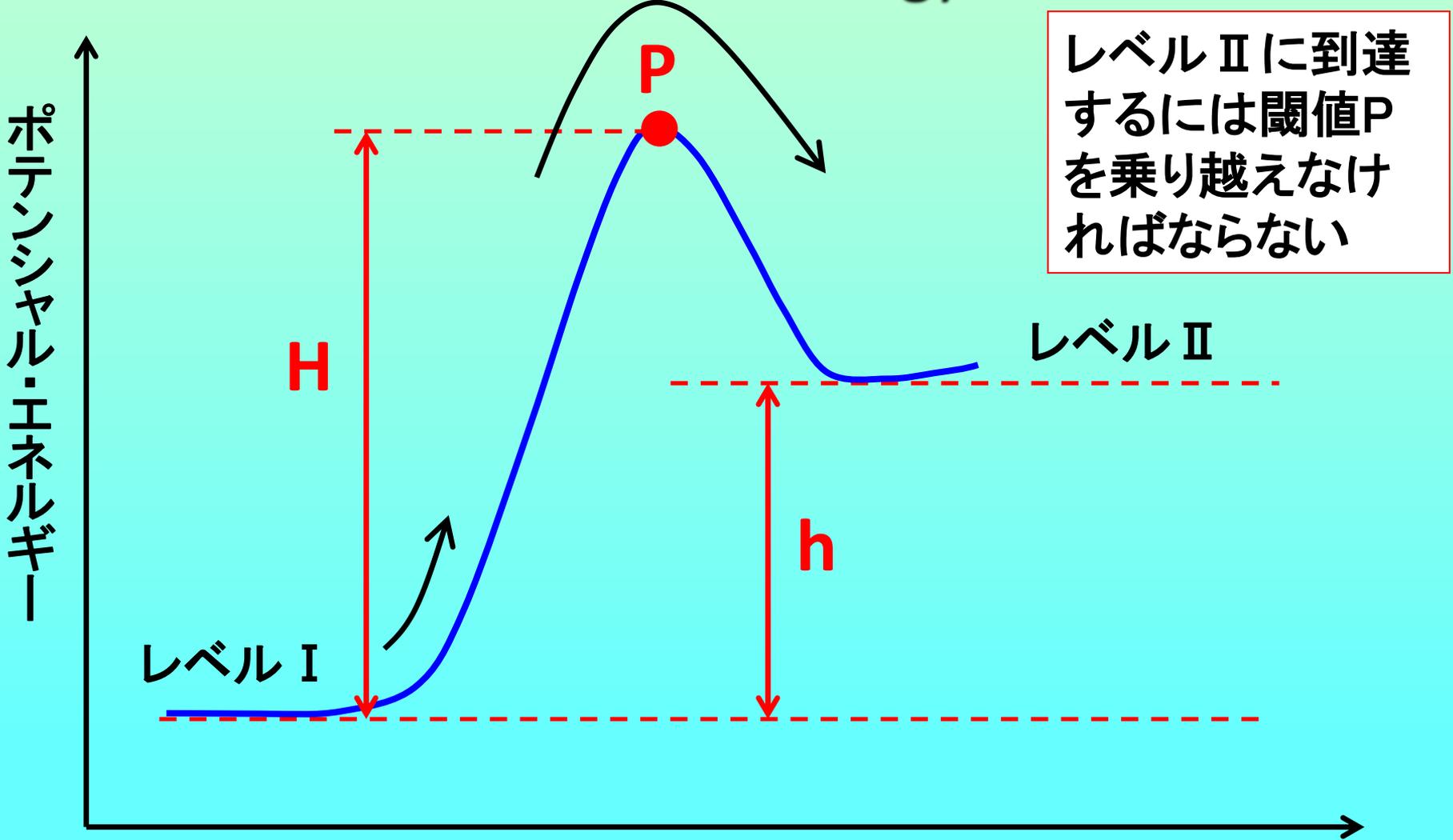
化石燃料が無くなれば仕方がない！



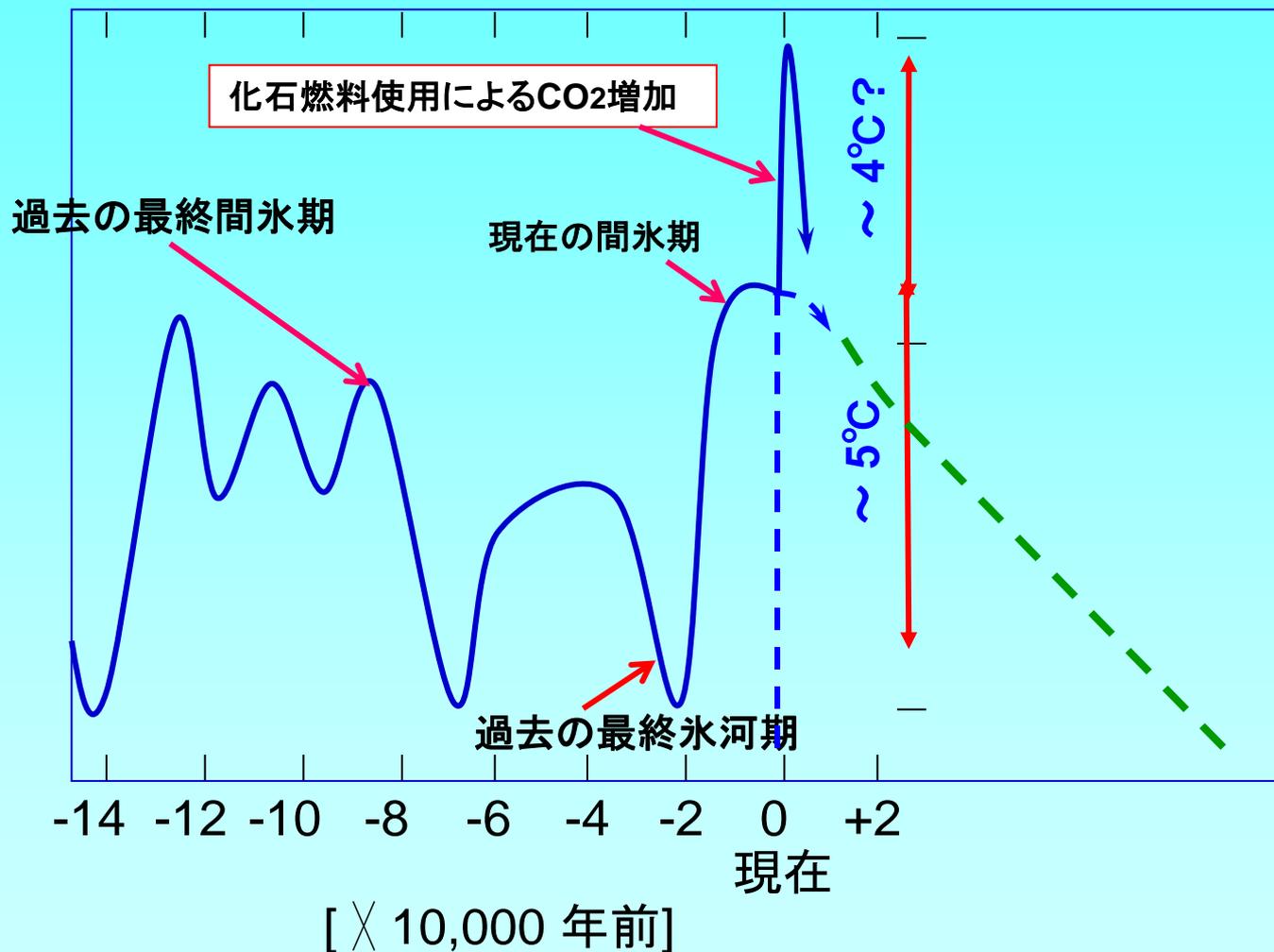
アーミシュの人々(米国ペンシルヴァニア州ランカスター郡)  
--- 70億人全員がこの人たちと同じように生活できるか？

# 文明の進歩には集中エネルギーが必要

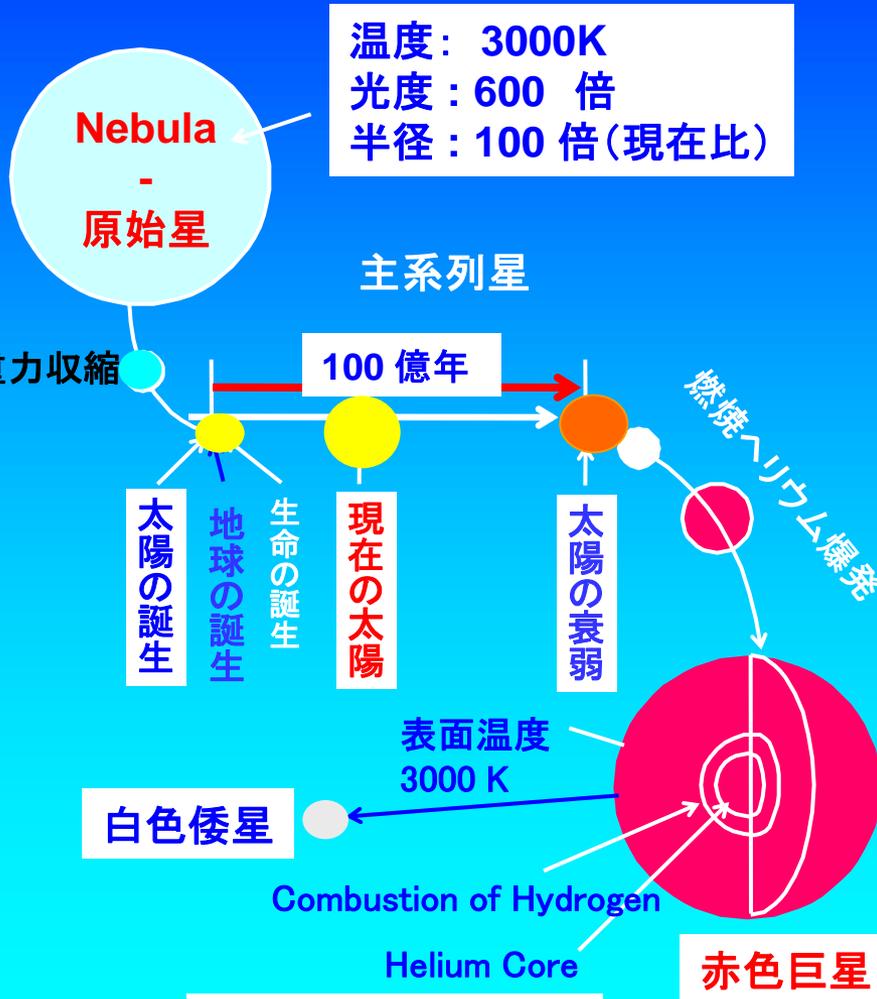
## 閾値 (Threshold Energy) の壁



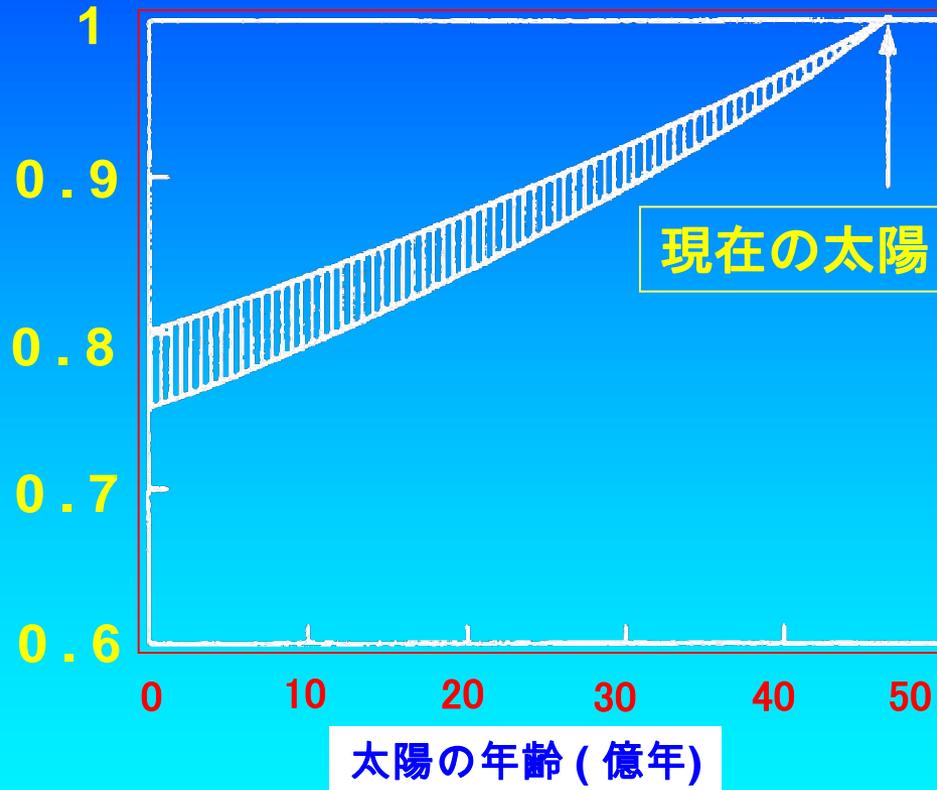
# 過去10万年の気温変化と将来の予想



# 太陽エネルギーの歴史



## 相対光度

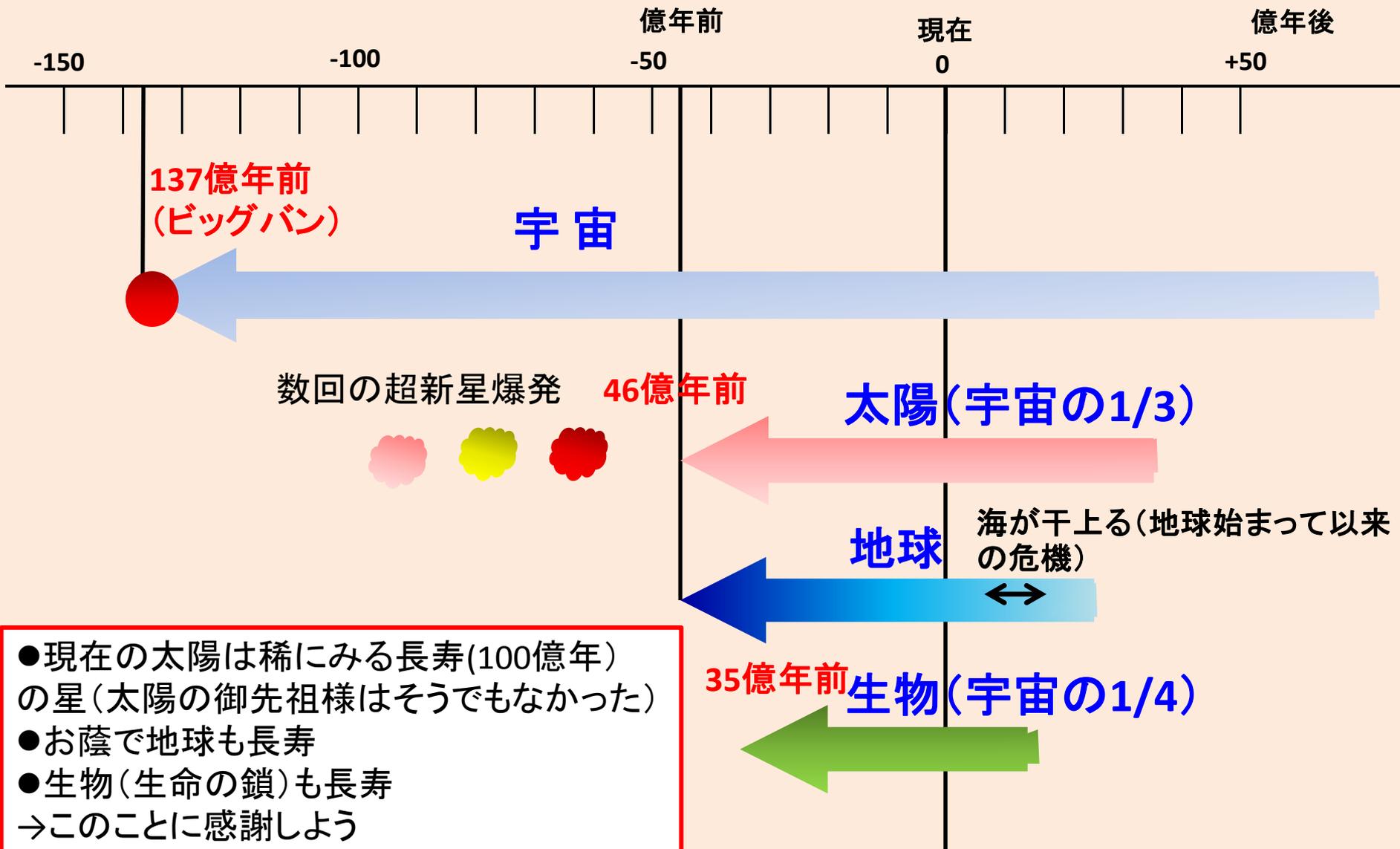


## 太陽エネルギーの変化

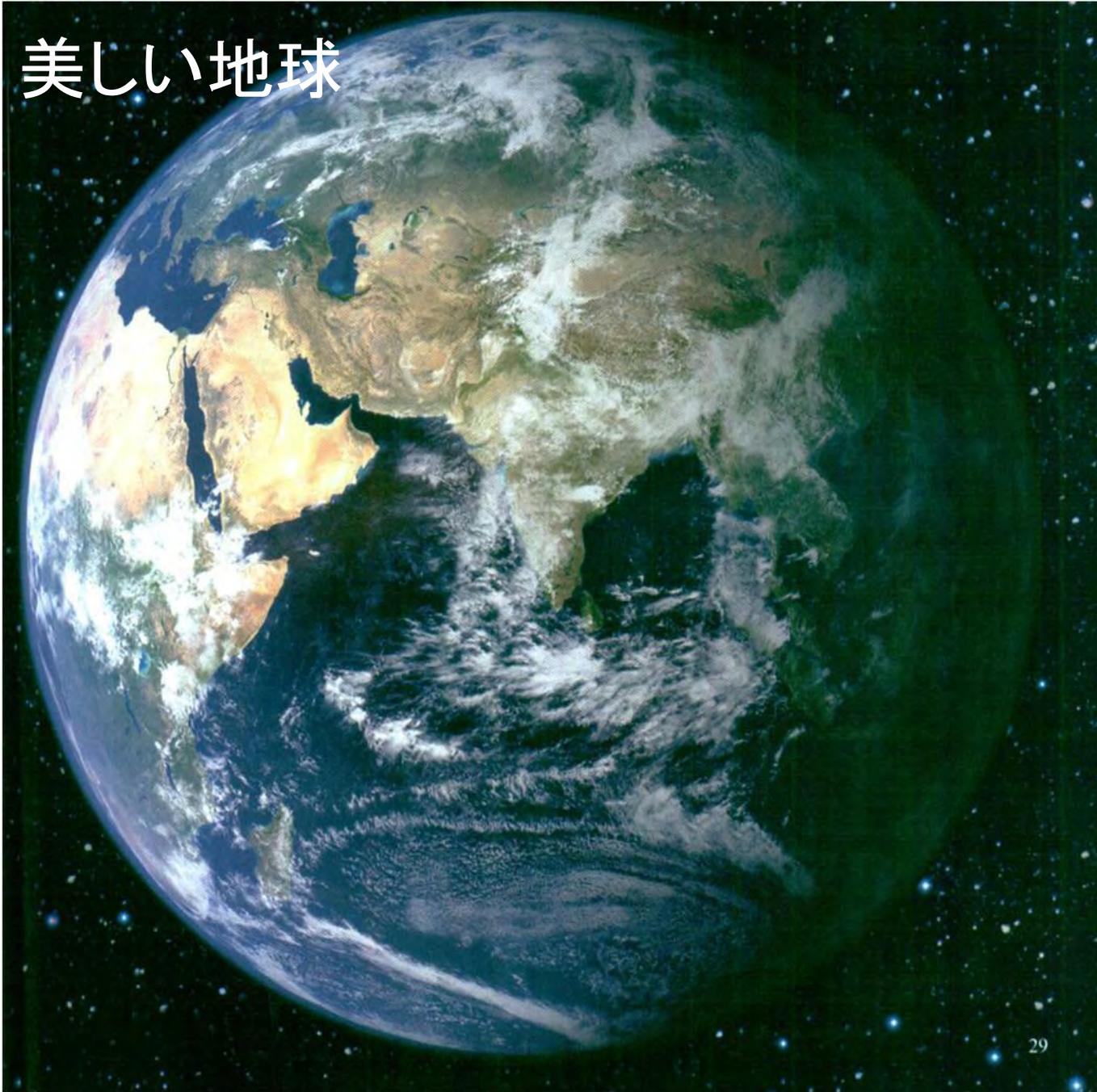
## 太陽の寿命

Source : H. Sakai, Origin of the Earth and the Life, 1999

# 生命の歴史は宇宙の1/4



# 美しい地球



29



# 震災からの復興

女子サッカーのガンバリを見倣おう！



鮫島選手(No.15)、丸山選手(No.18)は福島第一勤務だった

## 女子FIFAワールドカップサッカー 2011

禍を転じて福となせ！

*Thank You!*

*The End*