

エネルギー環境問題 と 原子力の役割

SNW東北 岸 昭正

2012-02-22 東北学院大学工学部

【はじめに】

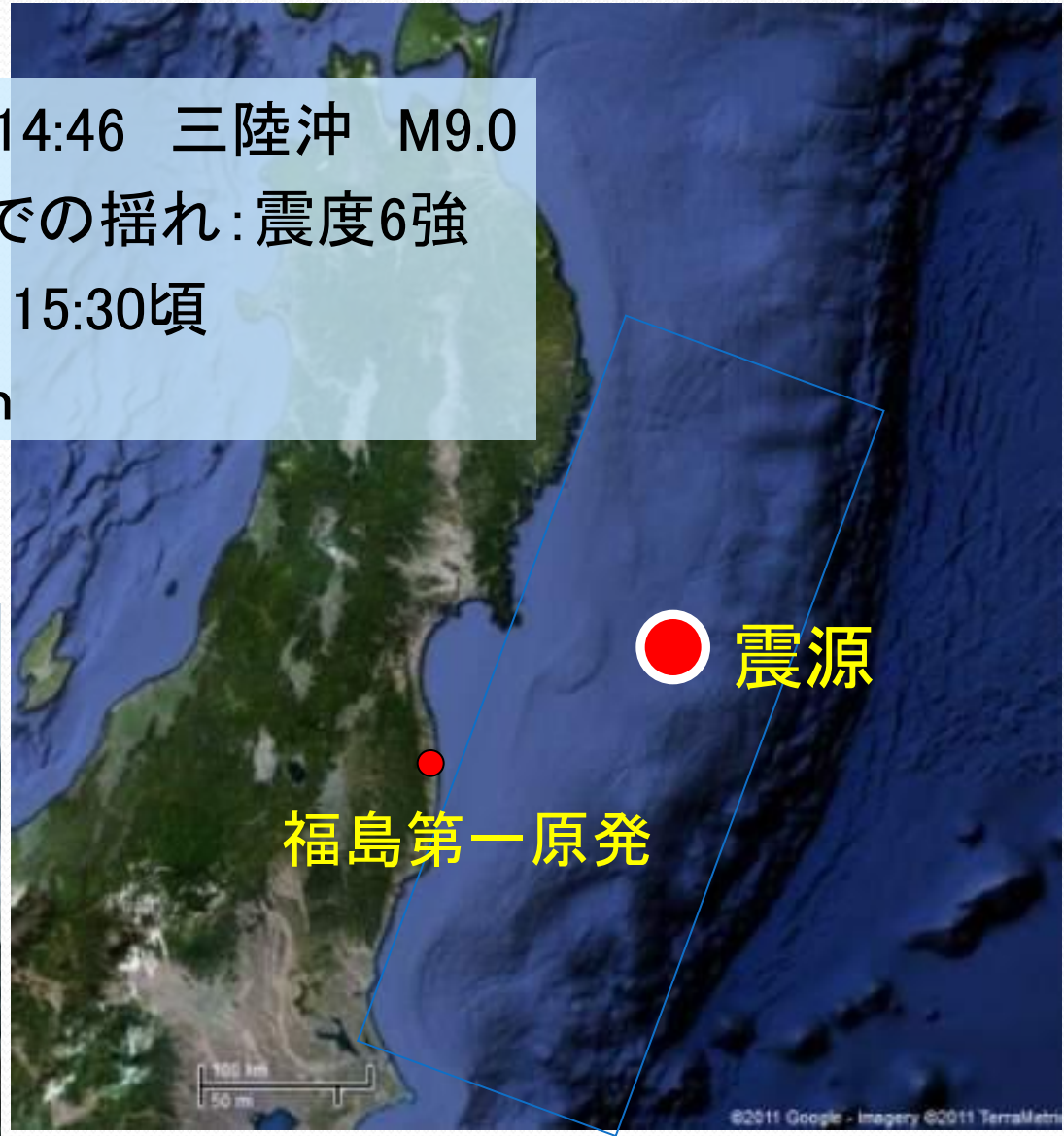
東電福島原子力事故は立地地域住民のみならず我が国全体に“脱原発”、“縮原発依存”、“再生可能エネルギーで代替”の風潮が強く、2030年を目指すエネルギー政策検討もその方向でなされようとしている。

一方、世界は一部の国を除き、福島事故後も安全性強化を前提として、ピークオイル問題、温暖化問題を背景に、やや速度を緩めながらも原子力推進の方向は変わらない。

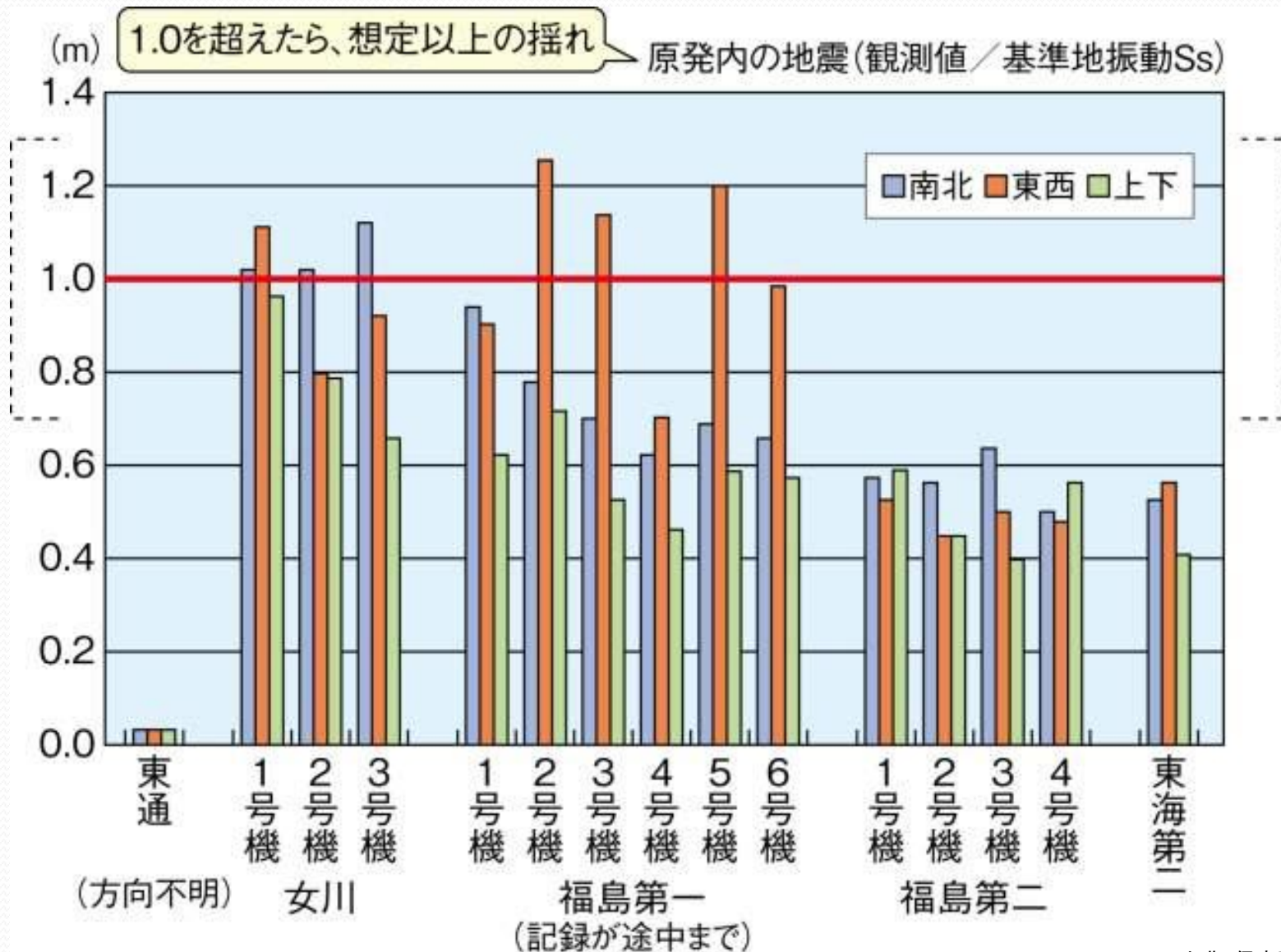
そこで、まず世界の動向とその背景、欧州の再生可能エネルギーの実態を俯瞰し、次に我が国のエネルギー事情と欧州との相違、再生可能エネルギーの可能性などについて考察する。

(1)地震、津波の来襲

- 地震の発生: 3/11 14:46 三陸沖 M9.0
- 福島第一原発周辺での揺れ: 震度6強
- 津波の来襲: 3/11 15:30頃
- 津波の高さ: 約15m



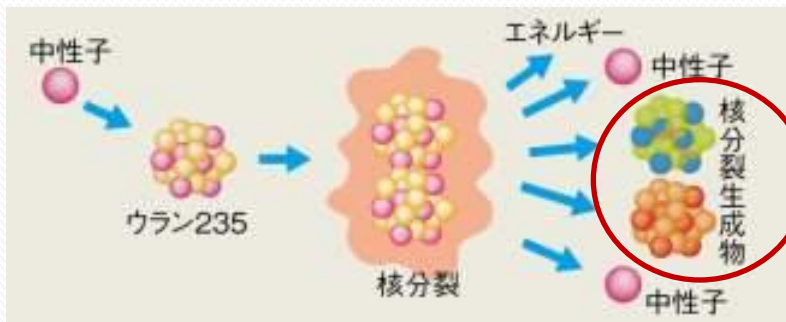
(2) 地震による原子力発電所の揺れ



出典: 保安院HPより抽出

福島原子力発電所事故について

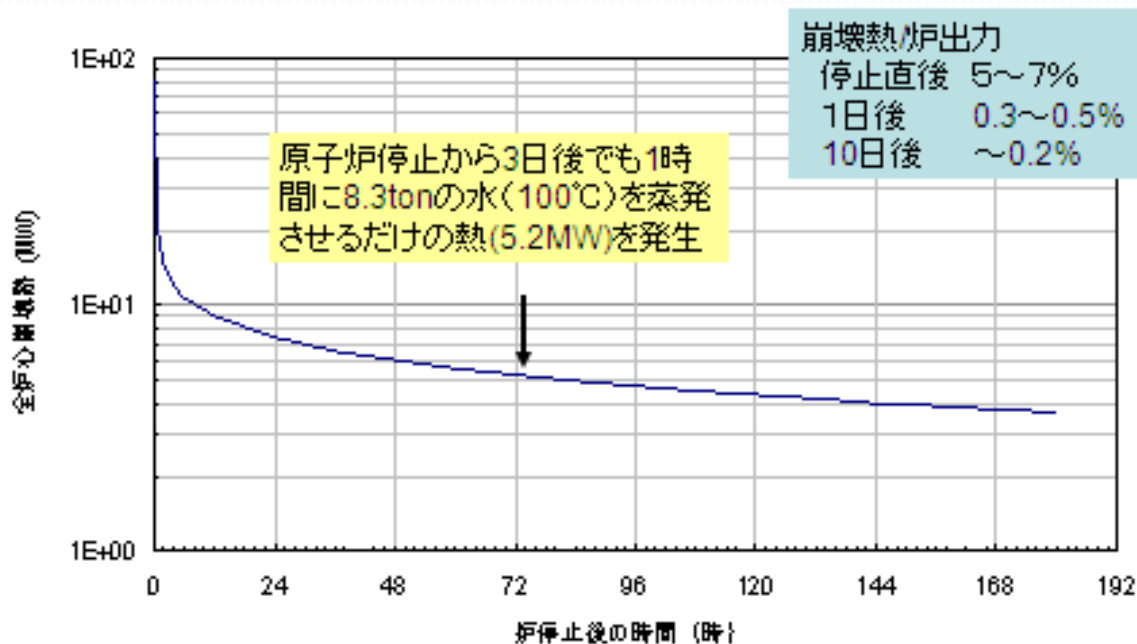
(9) 原子炉の「崩壊熱」(停止後の発熱)



「核分裂生成物」は、強い放射能を持ち、「放射線」を出し続ける

「放射線」は、止められると「熱エネルギー」になる

「放射能」を持つ間、熱が発生し、徐々に減っていく



原子炉停止からの全炉心崩壊熱の時間変化

(福島第一原子力発電所1号機:平均22000Mwd/tを仮定)

原子炉は、停止しても「崩壊熱」という「余熱」を出すため、停止後も冷やし続ける必要がある。

福島発電所では、原子炉は停止できたが、「崩壊熱」を冷やすことができずに、燃料温度が上昇し、溶融(メルトダウン)を起こした。

(10) 水素爆発はなぜ起こったのか

燃料棒

燃料棒の鞘管(被覆管)は、特殊な金属「ジルコニウム」が使われている。

「閉じ込める」×

水素ガスが漏れ出し、原子炉建屋内に充満
→限界濃度(約4%)を超えて、**爆発**

爆発

原子炉建屋

(写真:エア・フォート・サービスより)

原子炉建屋

水素

格納容器

圧力容器

制御棒

燃料

水

燃料棒が露出して高温になると、ジルコニウムと水の化学反応が起こりやすくなる
↓(水分子が分解)
水素ガス(H₂)が発生



化学反応



(図:四国新聞社より)

■安全確保のしくみ(ソフト面)



福島原発収束に向けた道筋

	ステップ1 (3か月程度)	ステップ2 (今から6～9か月程度)
目標	放射線量が着実に減少	放出が管理され、大幅に抑制
原子炉	安定的に冷却 (水で満たす)	冷温停止状態
燃料プール	安定的に冷却	水位の安定(遠隔操作)
汚染水	外部流出の防止	汚染水の処理・減少
汚染した大気・ 土壌	飛散の防止	建物全体を覆う

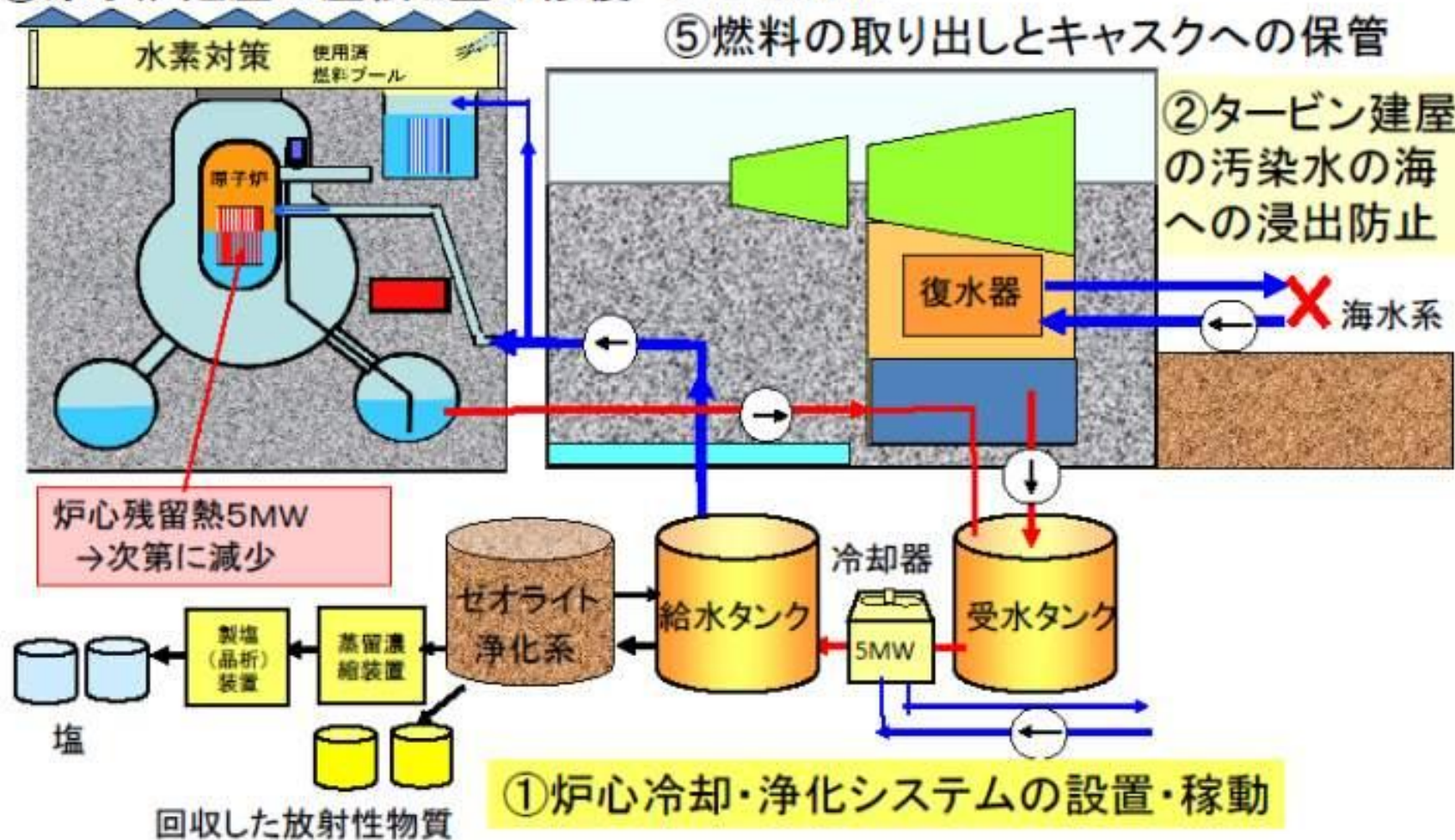
原子炉封印までの道のり

③原子炉建屋の屋根と壁の修復

④土壌浄化

⑤燃料の取り出しとキャスクへの保管

②タービン建屋の汚染水の海への浸出防止



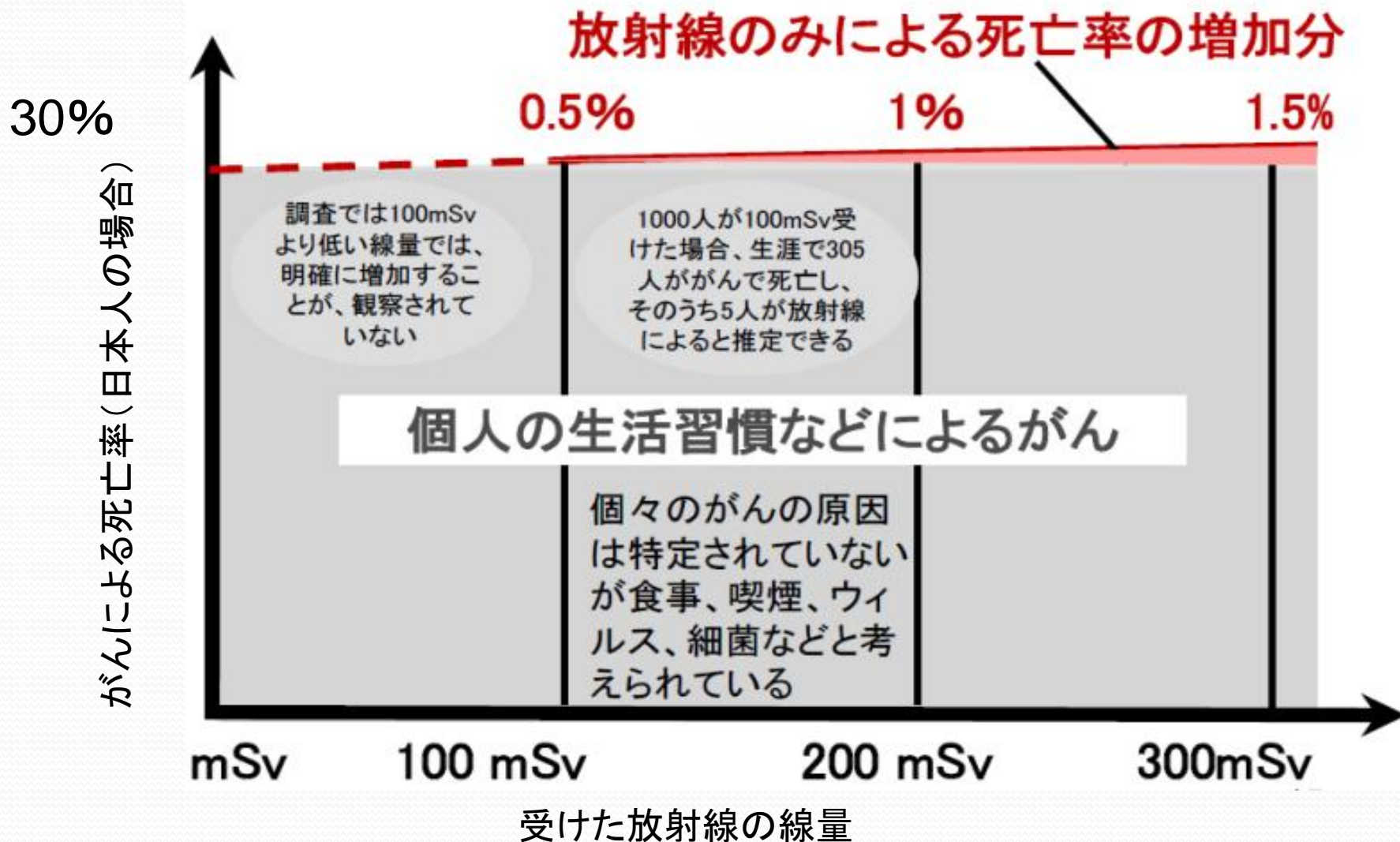
炉心残留熱5MW
→次第に減少

塩

回収した放射性物質

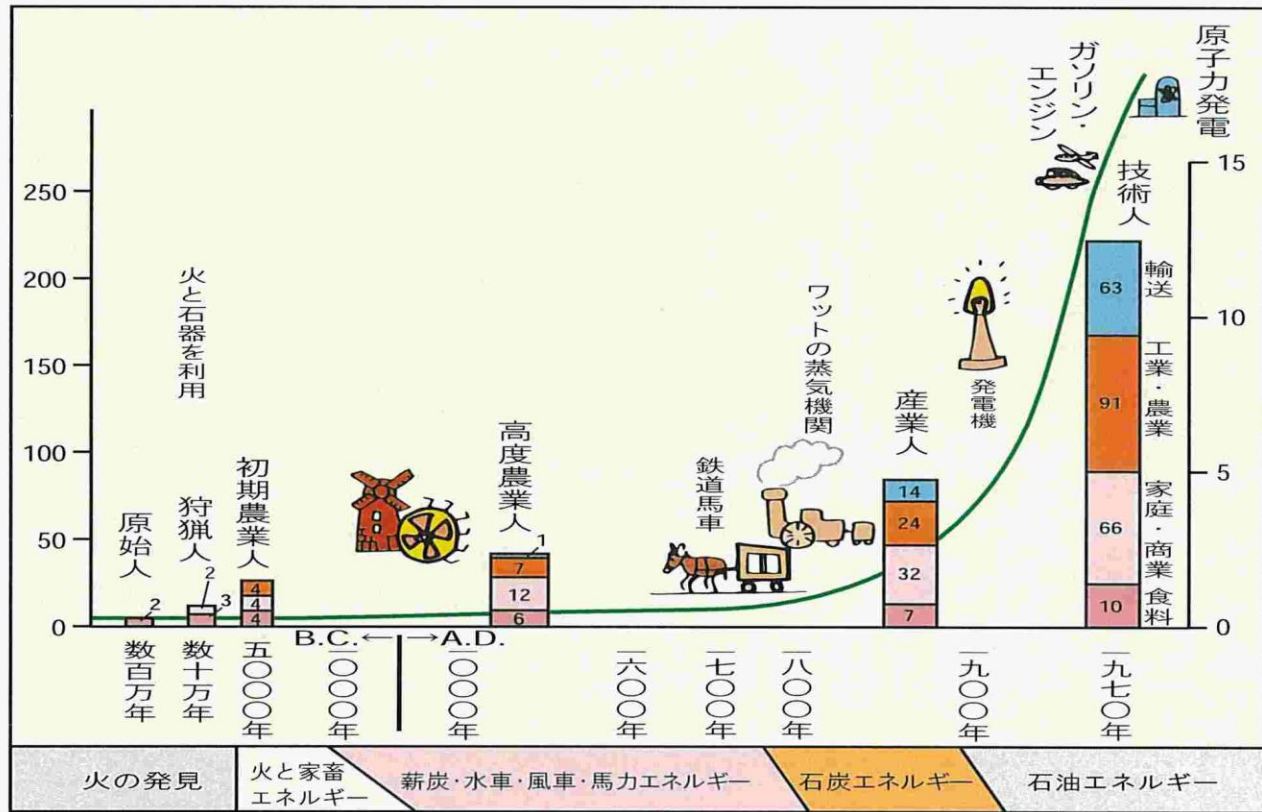
①炉心冷却・浄化システムの設置・稼動

放射線によるがん・白血病の増加



人類とエネルギーのかかわり

一人当たり消費量(1000キロカロリー/日)・棒グラフ



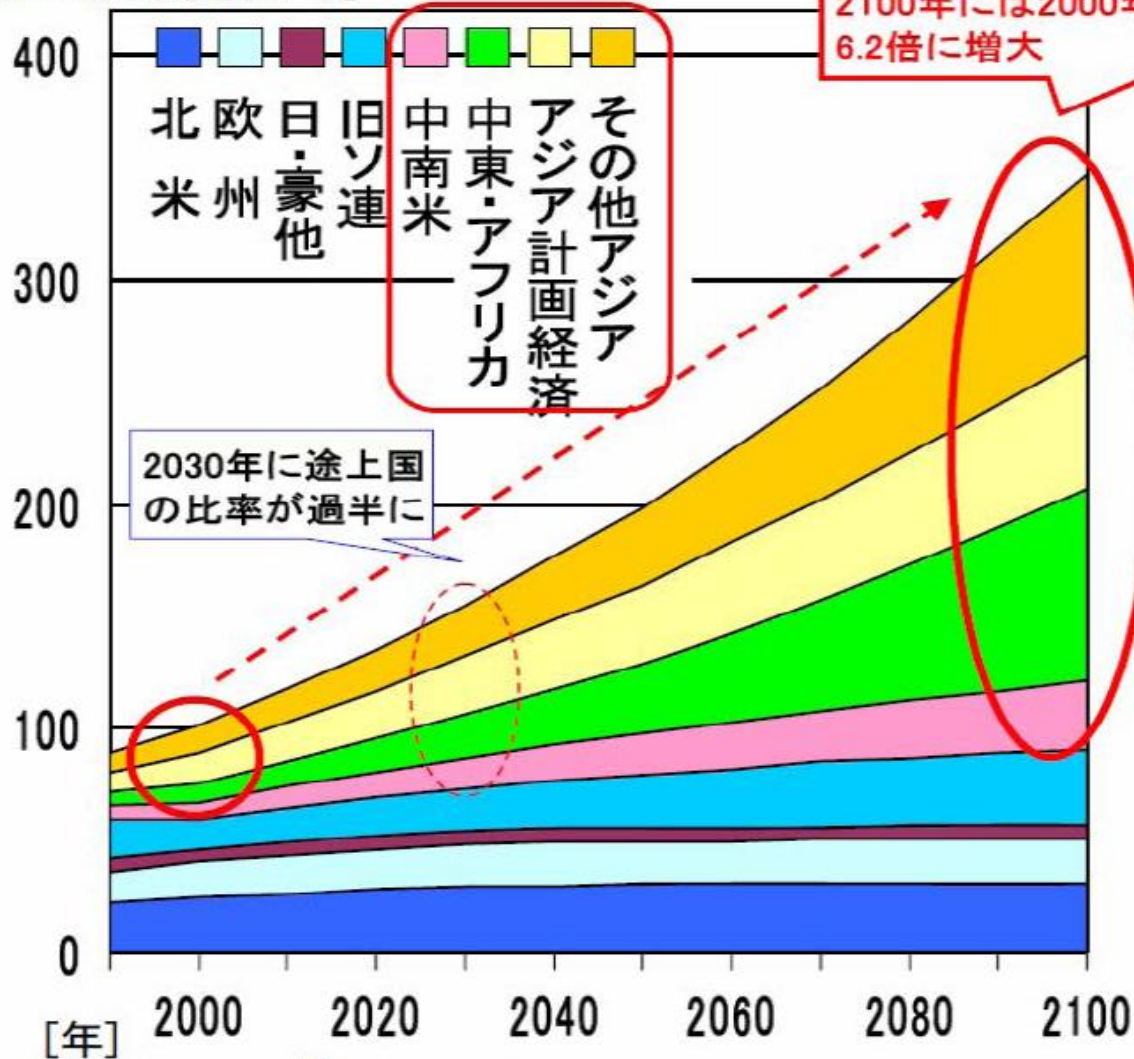
石油換算消費量(1000キロリットル/日)・曲線グラフ

原始人	百万年前の東アフリカ、食料のみ。	高度農業人	1400年の北西ヨーロッパ、暖房用石炭・水力・風力を使い、家畜を輸送に利用した。
狩猟人	十萬年前のヨーロッパ、暖房と料理に薪を燃やした。	産業人	1875年のイギリス、蒸気機関を使用していた。
初期農業人	B.C.5000年の肥沃三角州地帯、穀物を栽培し家畜のエネルギーを使った。	技術人	1970年のアメリカ、電力を使用、食料は家畜用を含む。

出典：総合研究開発機構「エネルギーを考える」

エネルギー総消費量

[億トン(石油換算)/年]



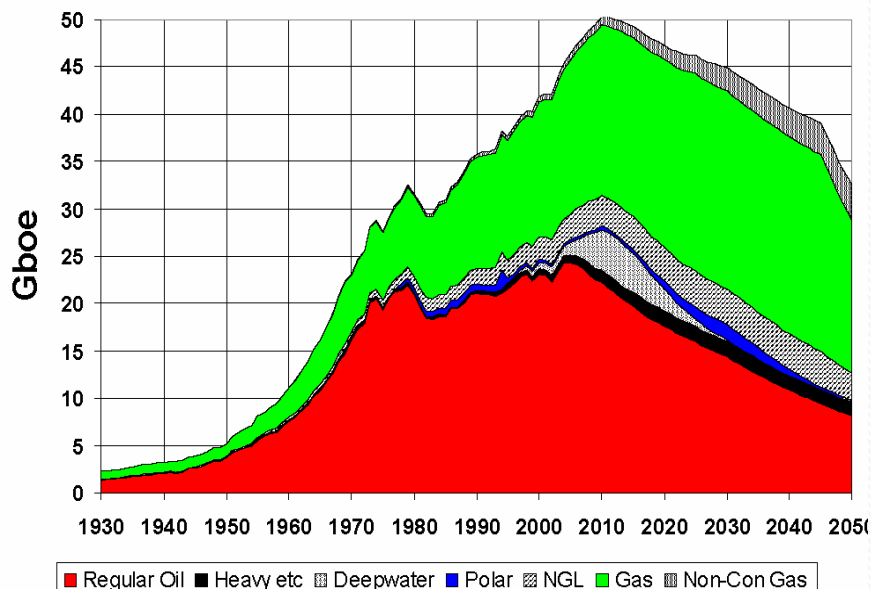
世界のエネルギー資源確認埋蔵量



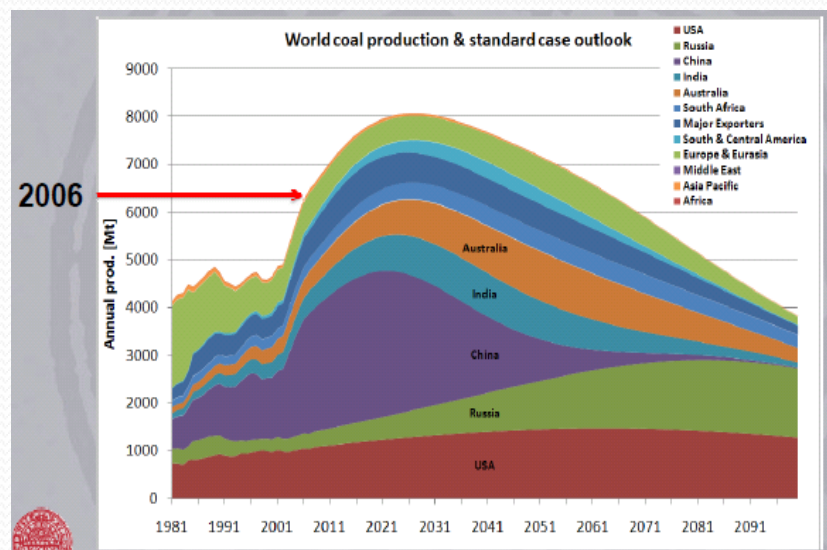
- 石油、天然ガス、石炭可採年数＝確認可採埋蔵量／年間生産量……出所(1)
- ウラン可採年数＝確認可採埋蔵量／2006年消費量(原子力発電実績(2,675TWh)に基づく)……出所(2)

化石エネルギー資源は近い将来供給限界が来る

石油・ガス生産ピーク (ASPO予測)

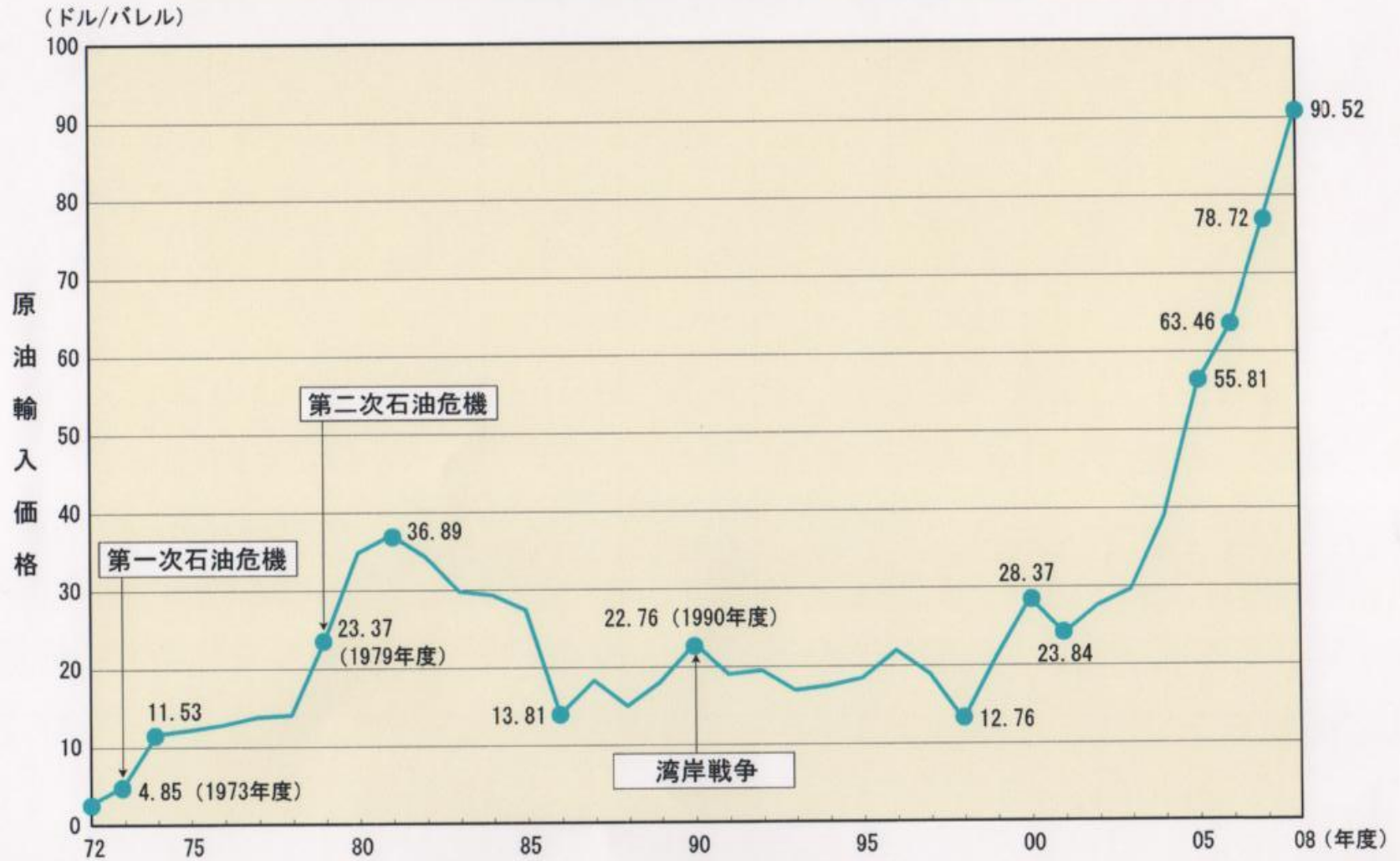


石炭の生産ピーク

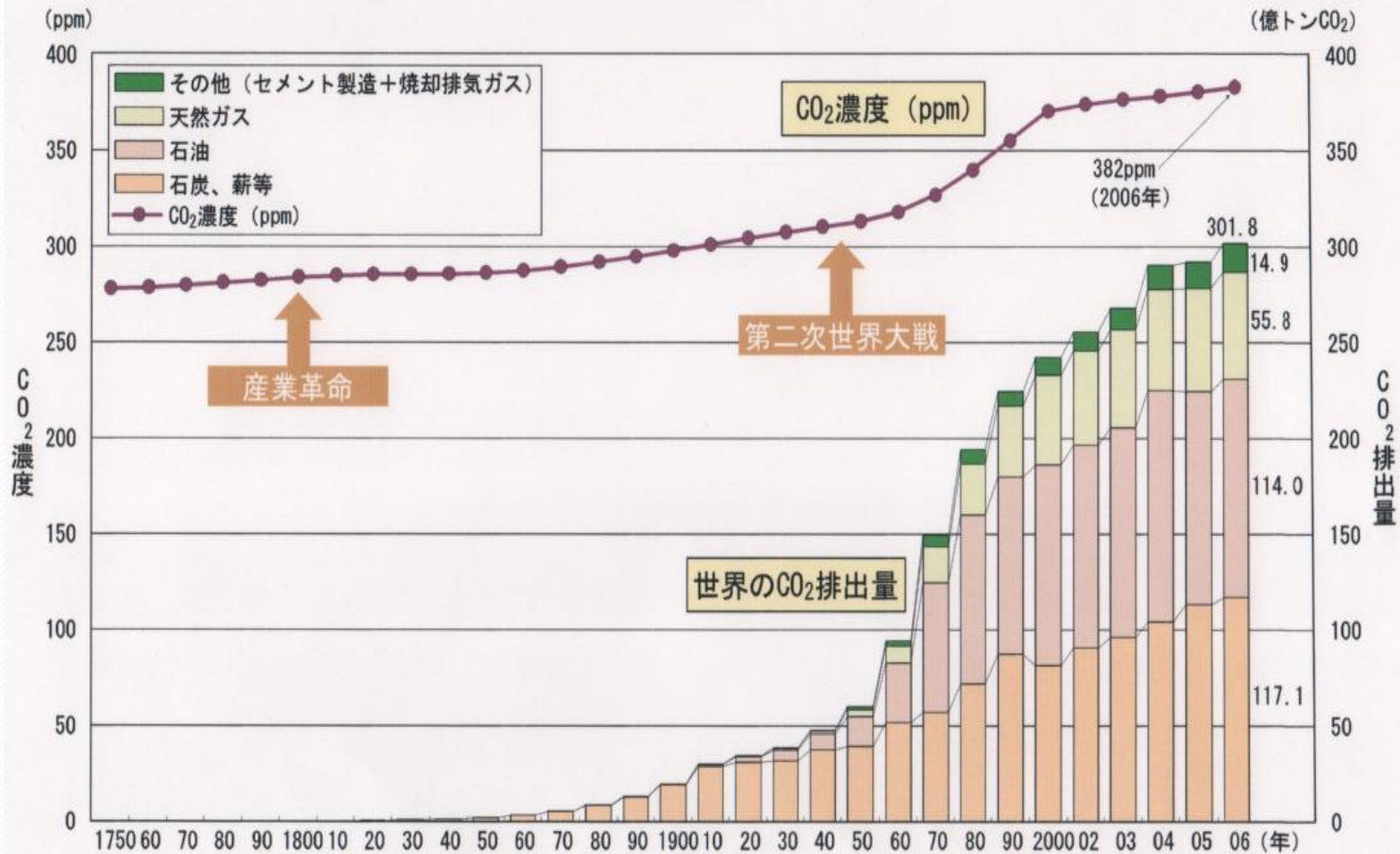


- 石油・天然ガス合計のピークは2010年頃
- 石炭のピークは2030年頃
- これからは資源・地球環境の両面から電力としての化石資源の利用は最低限にすべき。これら資源はエネルギー資源としてではなく他の利用のために温存すべき。
- これからの主役は原子力発電と再生可能エネルギー

原油輸入価格の推移

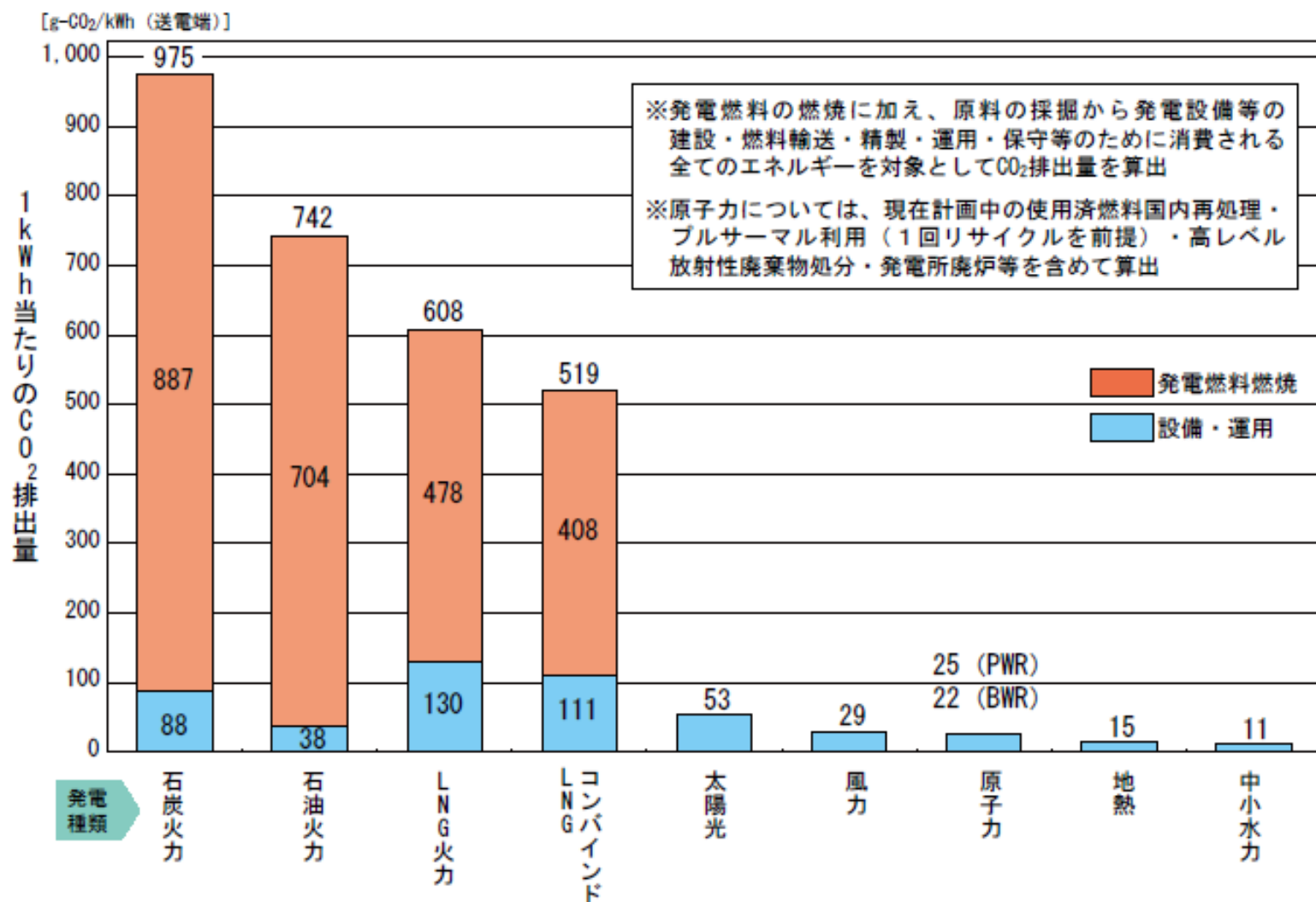


化石燃料等からのCO₂排出量と大気中のCO₂濃度の変化



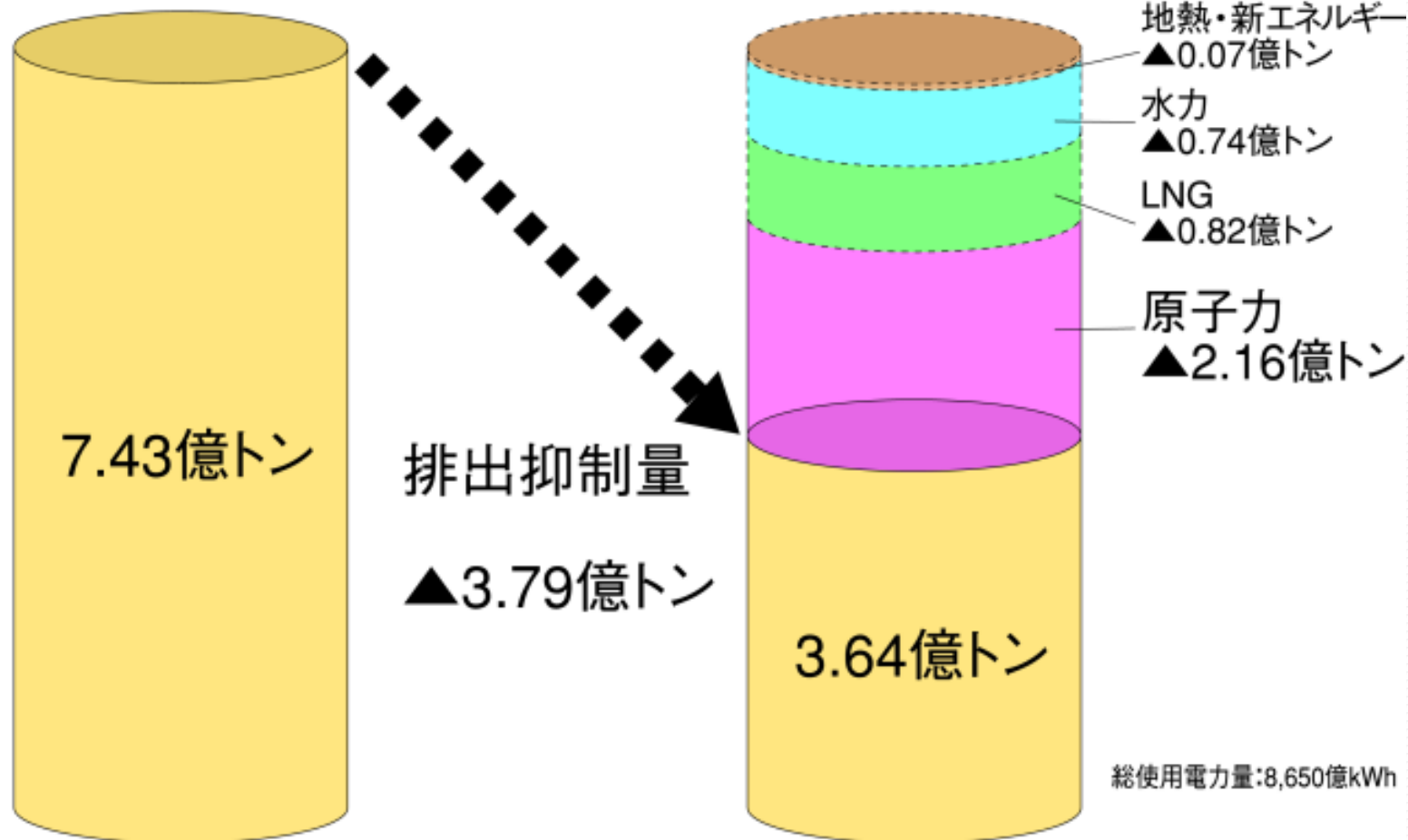
(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある

各種電源別のCO₂排出量



原子力発電によるCO₂排出量の抑制

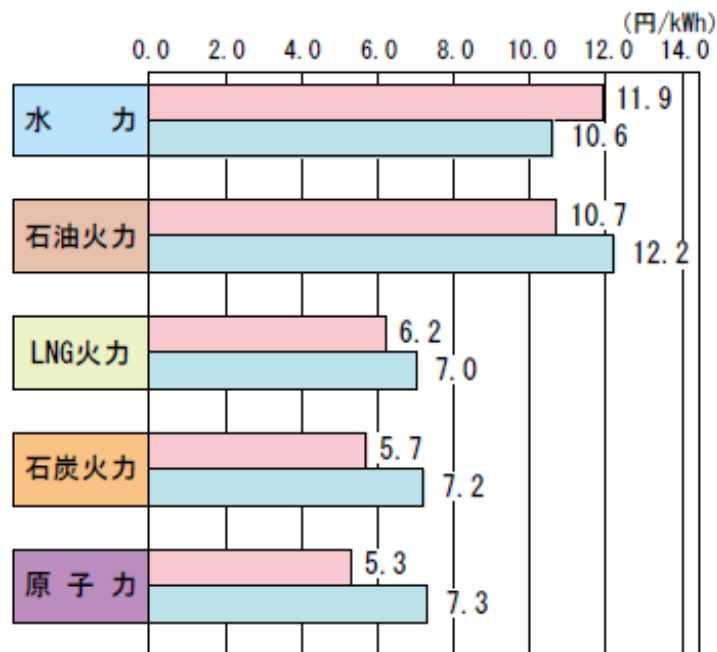
(2004年度)



すべてLNG以外の火力発電(石炭、石油)で発電したと仮定した場合のCO₂排出量

実際のCO₂排出量

1キロワットアワーあたり電源別発電コスト（送電端）



上段 運転年数を各電源とも40年とした場合
・割引率は各電源とも3%とした

下段 運転年数を各電源の法定耐用年数（水力40年、石油15年、LNG15年、石炭15年、原子力16年）に置き換えた場合
・割引率は各電源とも2%とした

<試算の前提>

電源別諸元	運転年数	設備利用率	1基当たりの出力
水力	40年	45%	1.5万kW
石油火力	40年	80%	40万kW
LNG火力	40年	80%	150万kW
石炭火力	40年	80%	90万kW
原子力	40年	80%	130万kW

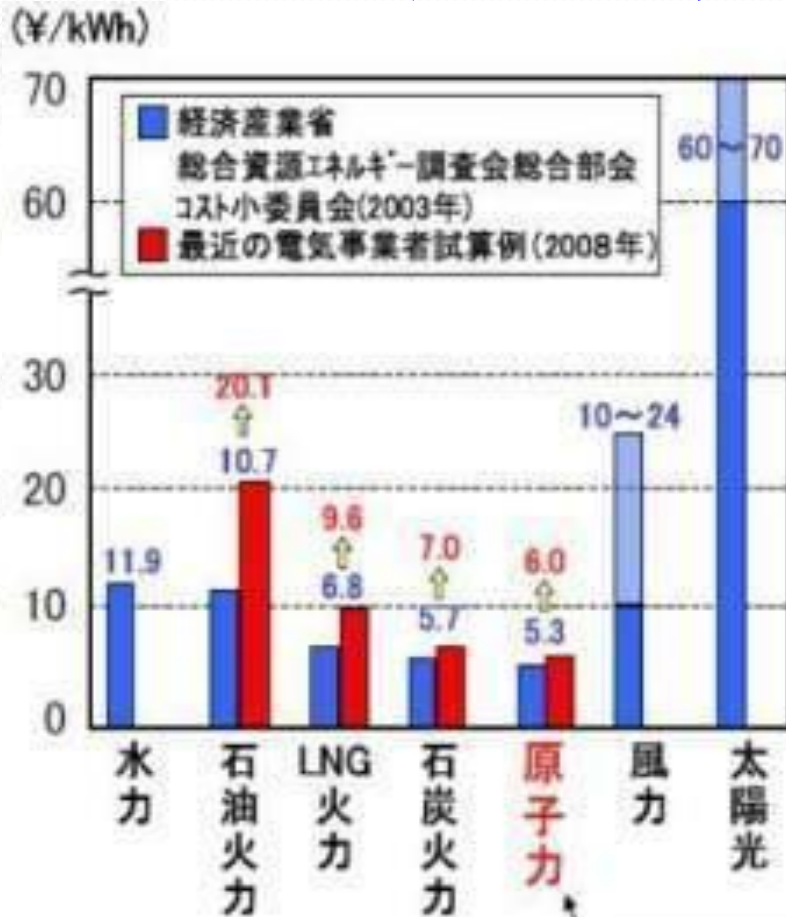
- ・平成14年度運転開始ベース
- ・為替レート（平成14年度平均値）
121.98円/\$
- ・燃料価格（平成14年度平均値）
石油 27.41\$/bbl
石炭 35.5\$/t
LNG 28,090円/t
- ・石油、石炭、LNGの燃料上昇率
IEA「World Energy Outlook」

<原子燃料サイクルコストの内訳>※

原子燃料サイクルコスト計	1.47円/kWh
フロントエンド計	0.66円/kWh
バックエンド計	0.81円/kWh
再処理（輸送込み）	0.50円/kWh
中間貯蔵（輸送込み）	0.04円/kWh
HLW貯蔵・輸送・処分	0.15円/kWh
TRU処理・貯蔵・処分	0.09円/kWh
再処理デコミ	0.03円/kWh

※運転年数を40年とした場合（割引率3%）

各エネルギー源の経済性 (1kWh当たり発電単価比較)



条件

耐用年数 : 40年

設備利用率 : 80% (水力45%)

燃料価格 :

石油 = 27.4 → 90.7 \$/バレル

石炭 = 35.5 → 76.5 \$/トン

LNG = 2.8 → 5.3 万円/トン

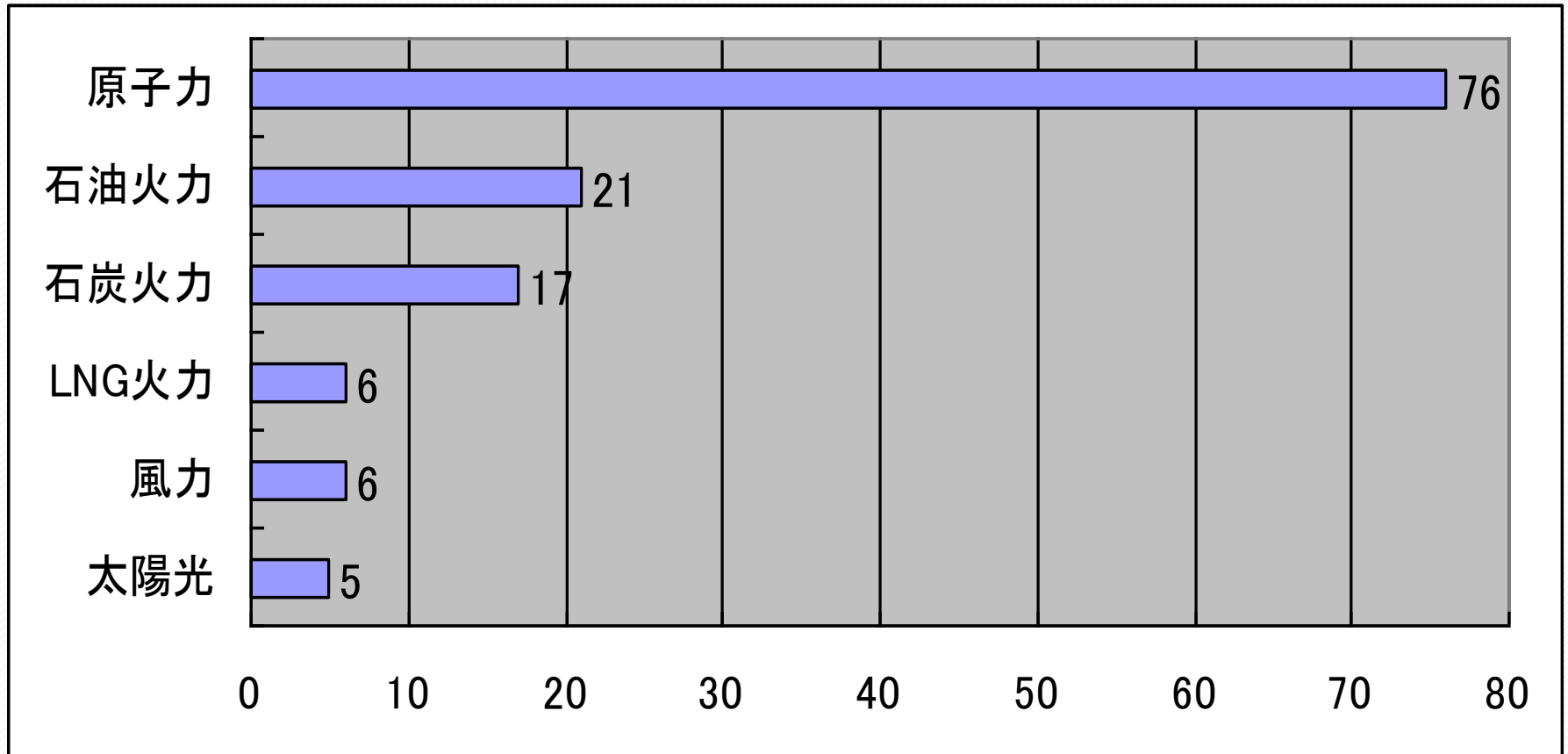
ウラン = 10.1 → 95.0 \$/lbU308
(鉱石)

2002年度平均
(コスト小委のベース)

2008年2月
(試算例のベース)

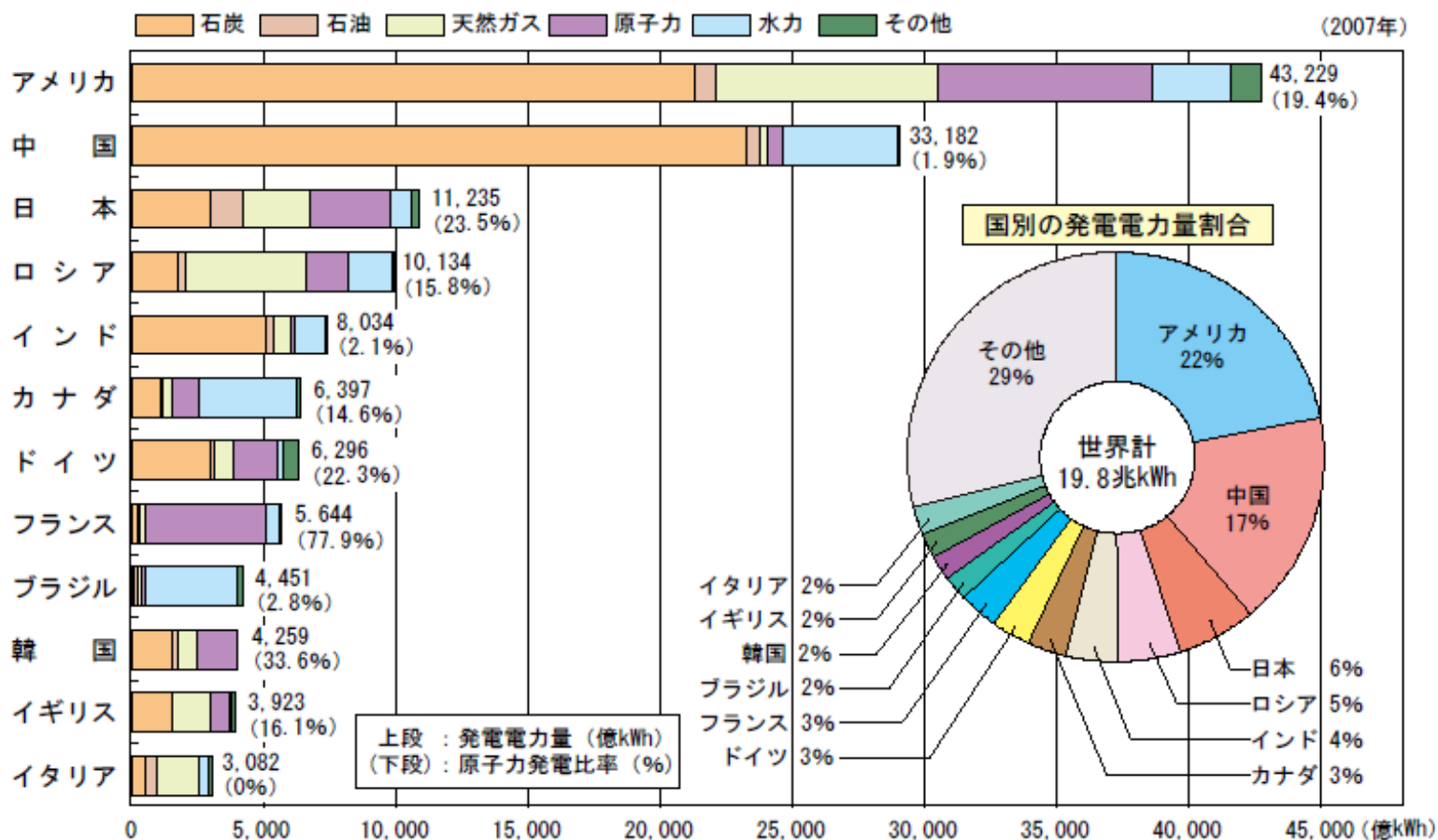
原子力: 再処理費用、再処理設備廃止費用、
高レベル廃棄物処理・処分費、廃炉等含む

エネルギー収支比 (設備寿命30年)



出典: 電中研「発電システムのライフサイクル分析」1995年

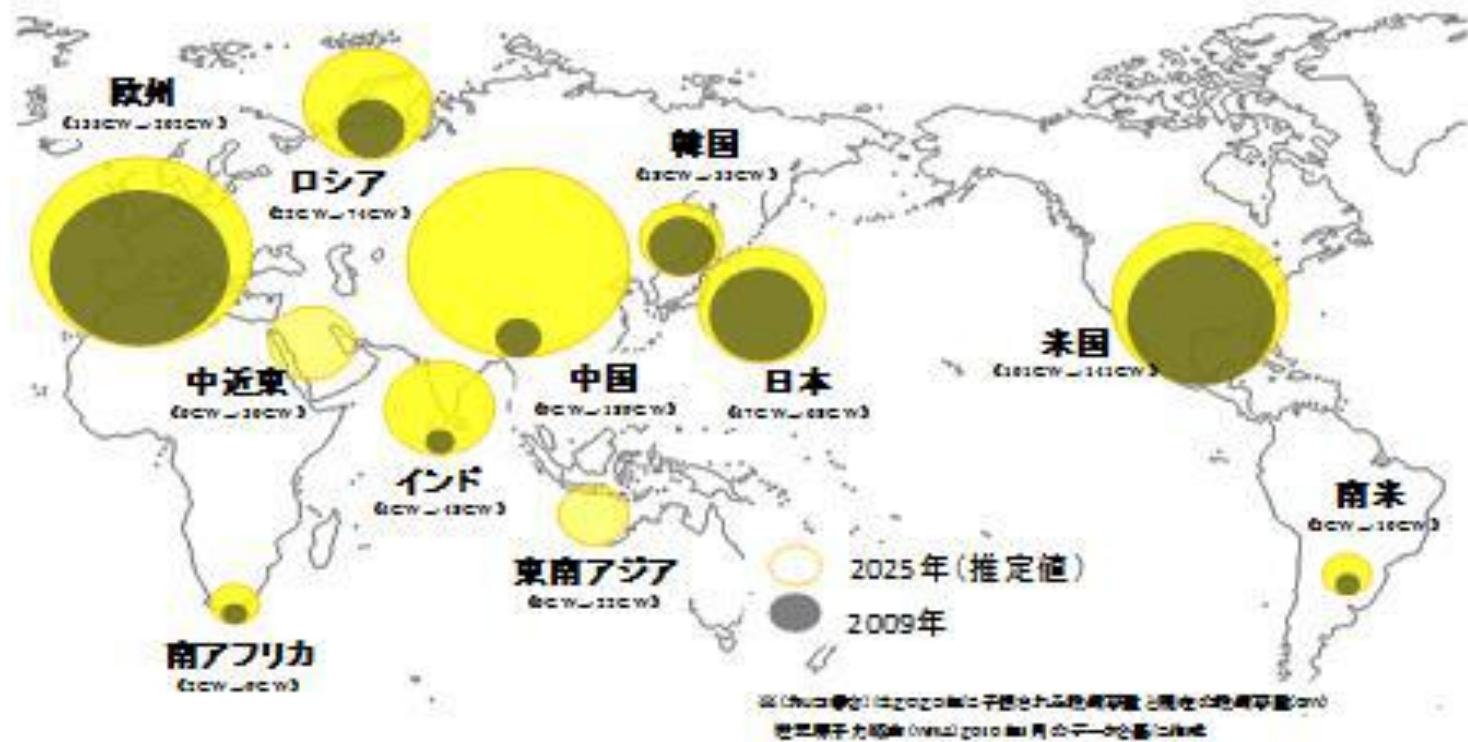
主要国の発電電力量と原子力発電の割合



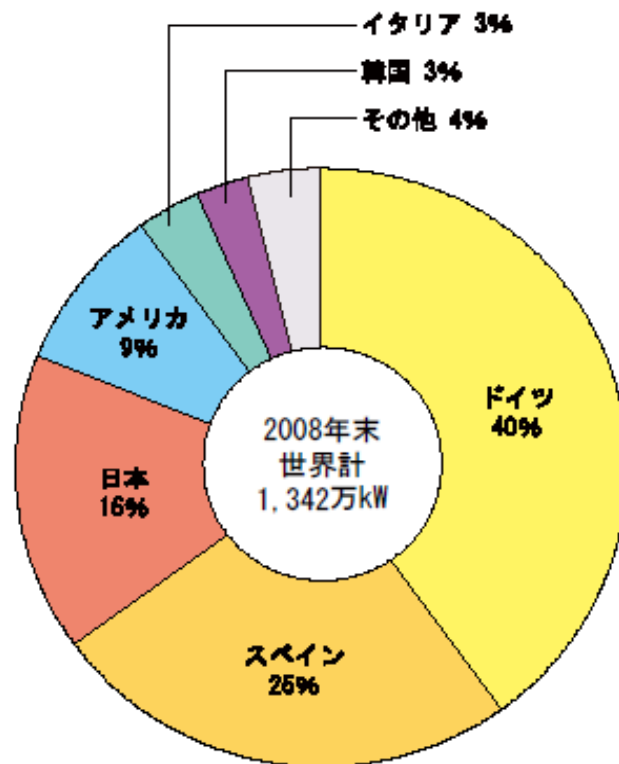
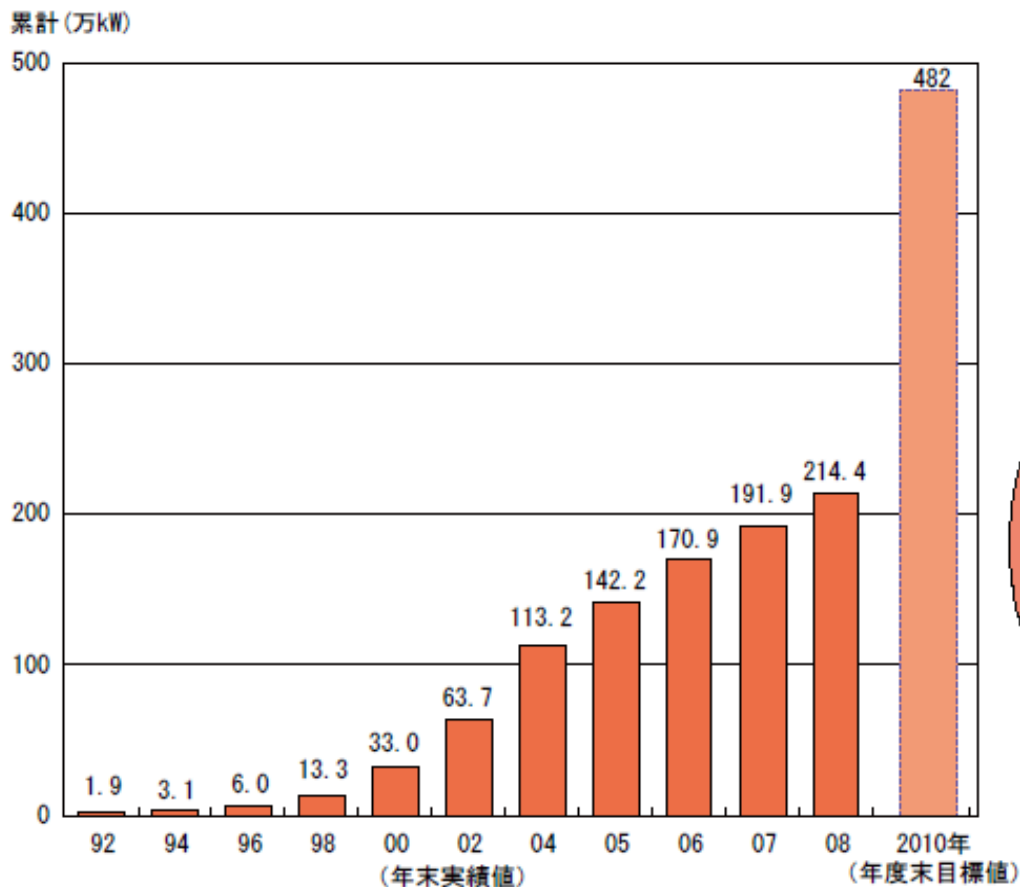
(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある

世界の原子力

世界の原子力発電、2009→2025年

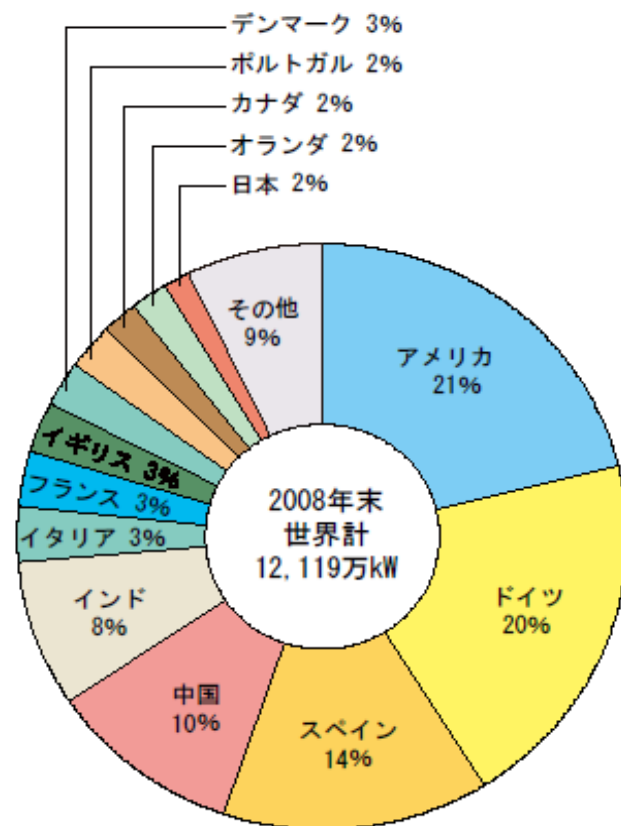
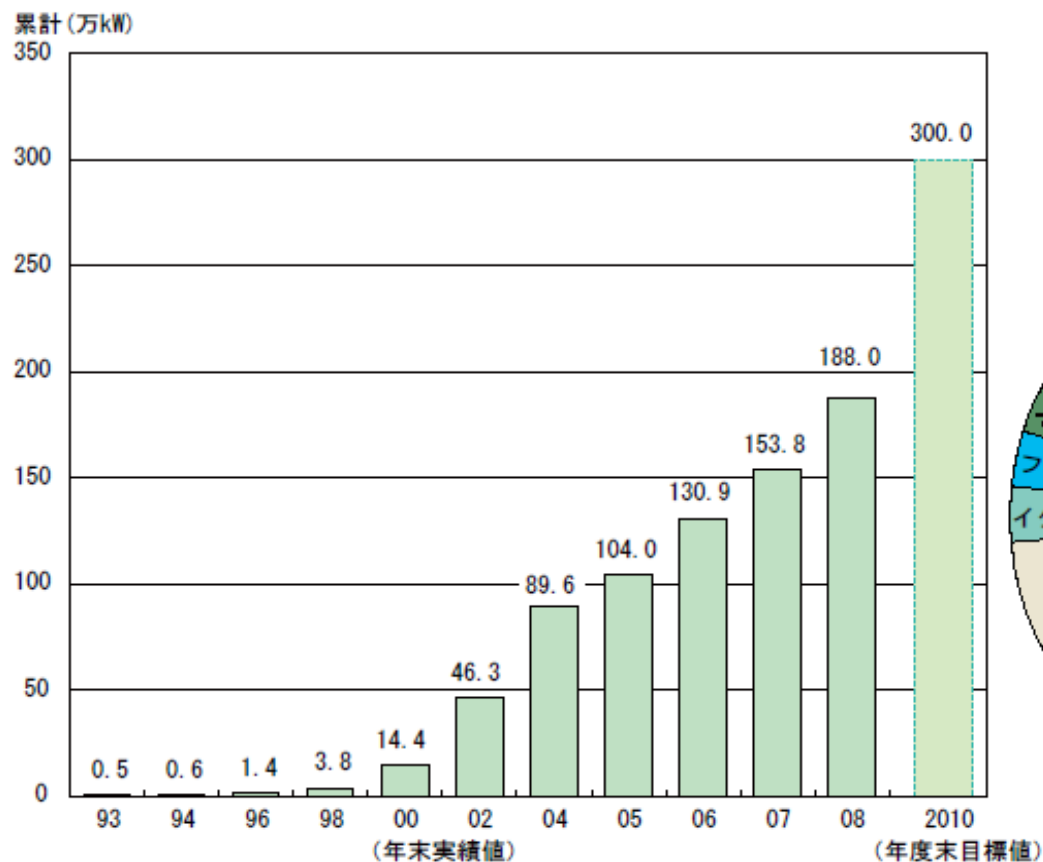


日本の太陽光発電導入量（出力）の推移



(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある

日本の風力発電導入量（出力）の推移



(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある

新エネルギーの現状（太陽光・風力）

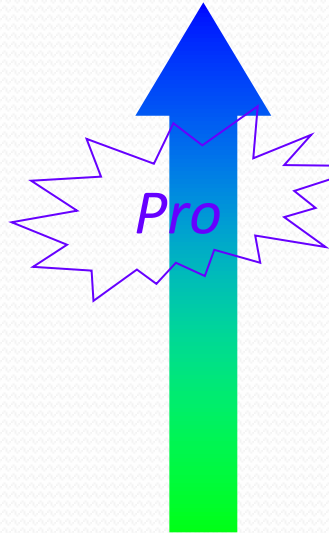
	太陽光	風力
発電コスト	49円/kWh	[大規模] 10~14円/kWh [中小規模] 18~24円/kWh
必要な敷地面積	100万kW級原子力発電所1基分を代替する場合	
	約58km ² 山手線の面積とほぼ同じ	約214km ² 山手線の面積の約3.4倍
設備利用率	12%	20%

各種電源性能比較表

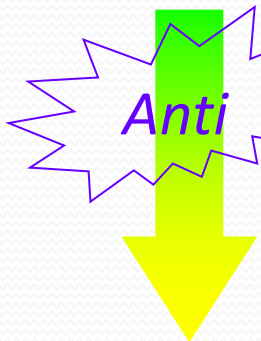
• 電源	出力比	埋藏量 (年)	価格 (円/kWh)	CO2放出 (g/kWh)
• 原子力	17.9	100	5.3	24
• 水力	15.3	-----	10.6	11
• 石油火力	7.9	42	5.8	38 + 704
• 石炭火力	6.8	122	5.7	88 + 887
• LNG火力	2.1	60	6.2	130 + 476
• 太陽光	5.24	-----	49	53
• 風力	3.90	-----	12	29
• 地熱	6.80	-----		15

福島事故後の世界の原子力政策動向

～その国のエネルギー事情により様々、脱原子力はドイツ、スイス、イタリアだけ



- **中国**—安全性確保を前提に積極的な開発方針を堅持。2015年には4,000万kW、2020年には7,000万kWを目指す
 - 8月、嶺澳原子力発電所2号機が営業運転開始
- **インド**—4月26日、シン首相、新設計画引き続き推進を表明
 - 7月18日、ラジャスタン7/8号機着工
- **フランス**—「エネルギー自給の為、原子力放棄はあり得ない」
- **米国**—3月15日、現エネルギー政策の維持を表明
- **ロシア**—事故後も国内外での積極的な開発姿勢を継続。
 - 6月30日、ヨルダンに新規建設提案書を提出



- **イタリア**—6月13日、国民投票で原子力新設禁止多数
- **スイス**—5月25日、既設炉の安全性を維持しつつ2034年までに順次廃炉の方針を発表
- **ドイツ**—6月6日、2022年までの国内原子力発電所全廃止法案を閣議決定

1. **勝者は、つねに問題解決に寄与する**
敗者は、つねに問題を引き起こす
2. **勝者は、つねに計画を持っている**
敗者は、つねに言い訳を考える
3. **勝者は、つねに「引き受けた」という**
敗者は、つねに「私と関係ない」という
4. **勝者は、つねに解決法を考えている**
敗者は、つねに問題点を指摘する
5. **勝者は、つねに「難しいが可能だ」という**
敗者は、つねに「可能かもしれないが難しすぎる」という