

平成24年11月22日 SNW対話イン九州工業大学基調講演

世界の原子力事情とわが国のあり方 ～技術者の役割～

金氏 顯

(かねうじ あきら)

北九州産業技術保存継承センター館長

九州工業大学客員教授

元三菱重工業常務

第1章 わが国と世界のエネルギー・原子力事情

- ・わが国のエネルギー・原子力事情
- ・世界の原子力事情～福島事故後の動向
- ・ドイツの脱原子力政策の実態

3Eと安全の同時実現が世界共通の重要目標

エネルギー安定供給

Energy Security

環境保全

Environment Protection

安全

Safety

持続的経済発展

Economic Sustainable Growth

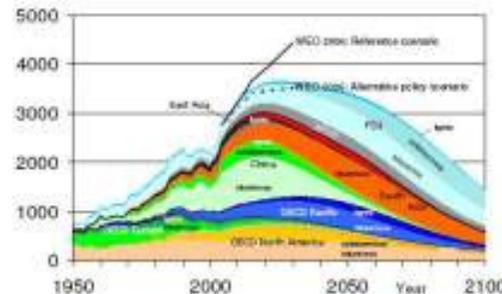
化石燃料資源とウラン資源の確認埋蔵量

これまでは新たな大規模油田、ガス田、炭鉱が発見されたが、近年は小規模ばかり。過去の確認埋蔵を消費。いよいよ枯渇に向かっている！

高速増殖炉リサイクル実用化によるプルトニウム利用によりウランの利用年数は約2500年に。



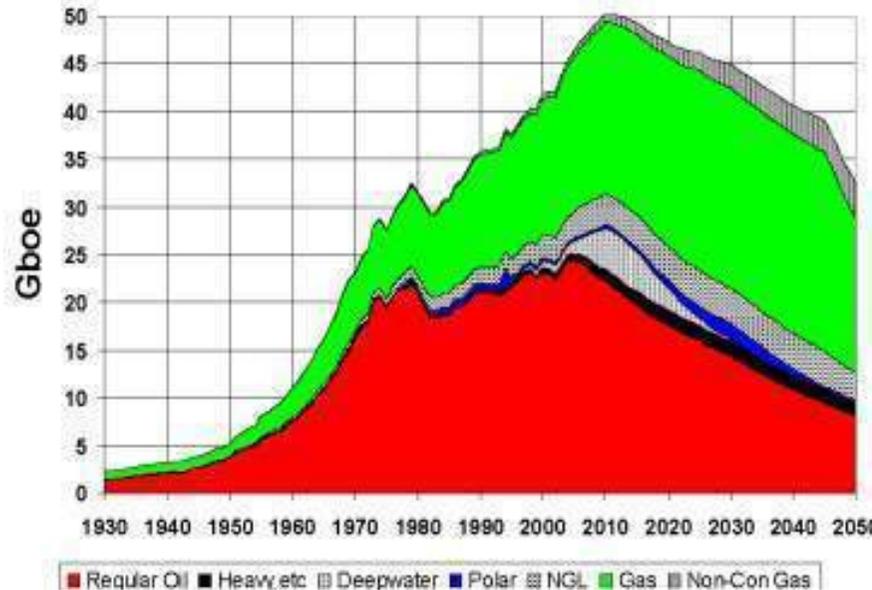
海水中ウラン (3mg/t) の回収が実用化するとほぼ無尽蔵



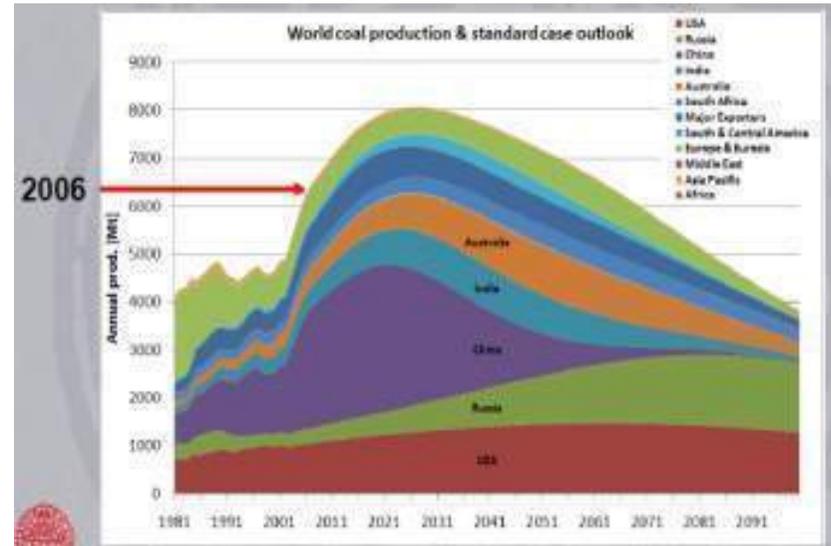
石炭もいずれ生産ピーク

化石燃料の生産ピークは近い

石油・ガス生産ピーク (ASPO予測)



石炭の生産ピーク



出典:ウプサラ大学Alekklett教授

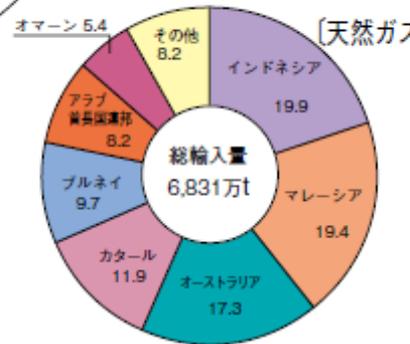
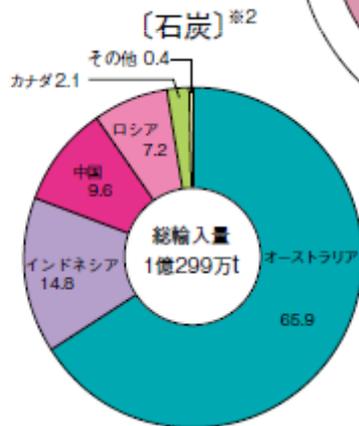
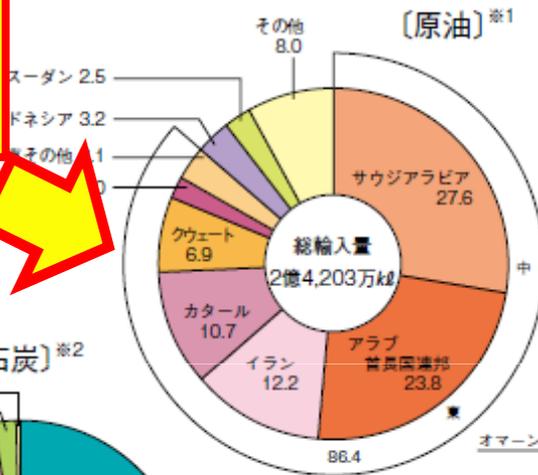
- 石油・天然ガス合計のピークは2010年頃
- 石炭のピークは2030年頃
- これからは資源・地球環境の両面から電力としての化石資源の利用は最低限にすべき。これら資源はエネルギー資源としてではなく他の利用のために温存すべき。

我が国のエネルギー安全保障の脆弱性

1. エネルギー自給率は約5%、原子力を含めても20%弱である。
2. 一次エネルギーの約50%を依存している原油の90%は、中東諸国から輸入。国内備蓄は180日分。
3. 島国であり、欧州のように天然ガスパイプラインや電力網で他国と繋がっていない。
4. 国土の約70%が山地で、平地には人口密度が高い。太陽光発電は個人住宅頼り、風力発電は北海道、東北、南九州等。さらにどちらも発電が不安定。
5. 水力は既に関発し尽くし、地熱は国立公園内で景観の問題、温泉業者との利害対立、公害などで開発は難しい。
6. 火力発電や原子力発電は地震、台風、津波などの自然災害の脅威に曝される。
7. 原子力は強固な岩盤の上に設置、広い敷地が必要等から消費地(砂州)から遠い過疎地に立地せざるを得ない。

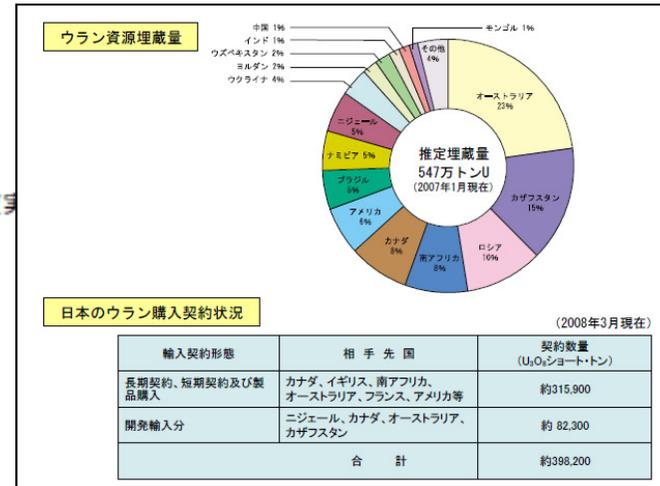
化石燃料の輸入相手国とウラン資源埋蔵量

原油の85%は政情不安国(中東)から、危険な海峡を経て輸入



(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある。

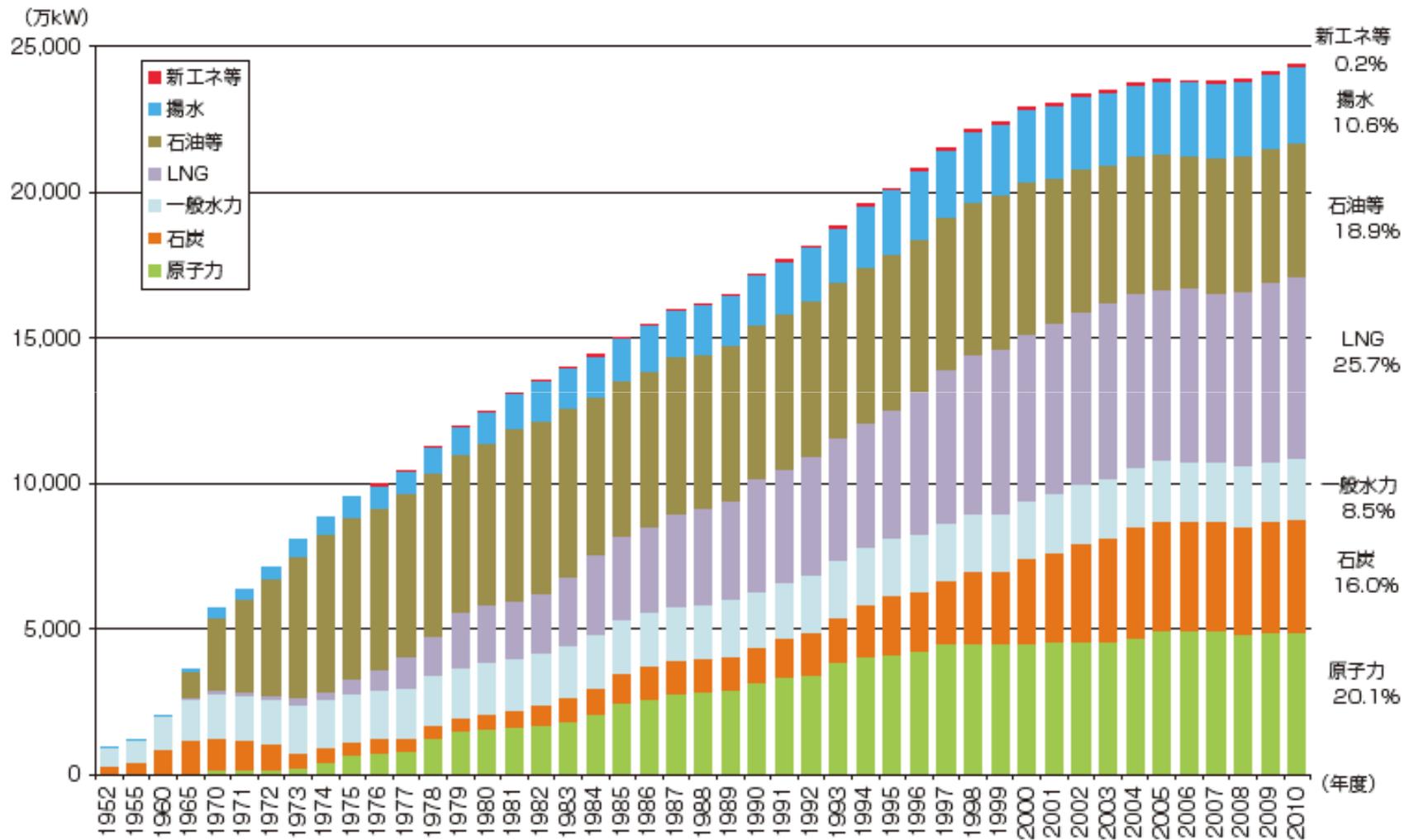
出典：※1 石油連盟統計資料
※2 財務省貿易統計



ウラン資源の確認埋蔵量は約100年分だが、今後の開発などで数百年、更に・・・

①高速増殖炉リサイクル実用化による**プルトニウム利用**によりウランの利用年数は約2500年に。
②**海水**中**ウラン** (3mg/t) の回収が実用化すると**ほぼ無尽蔵**

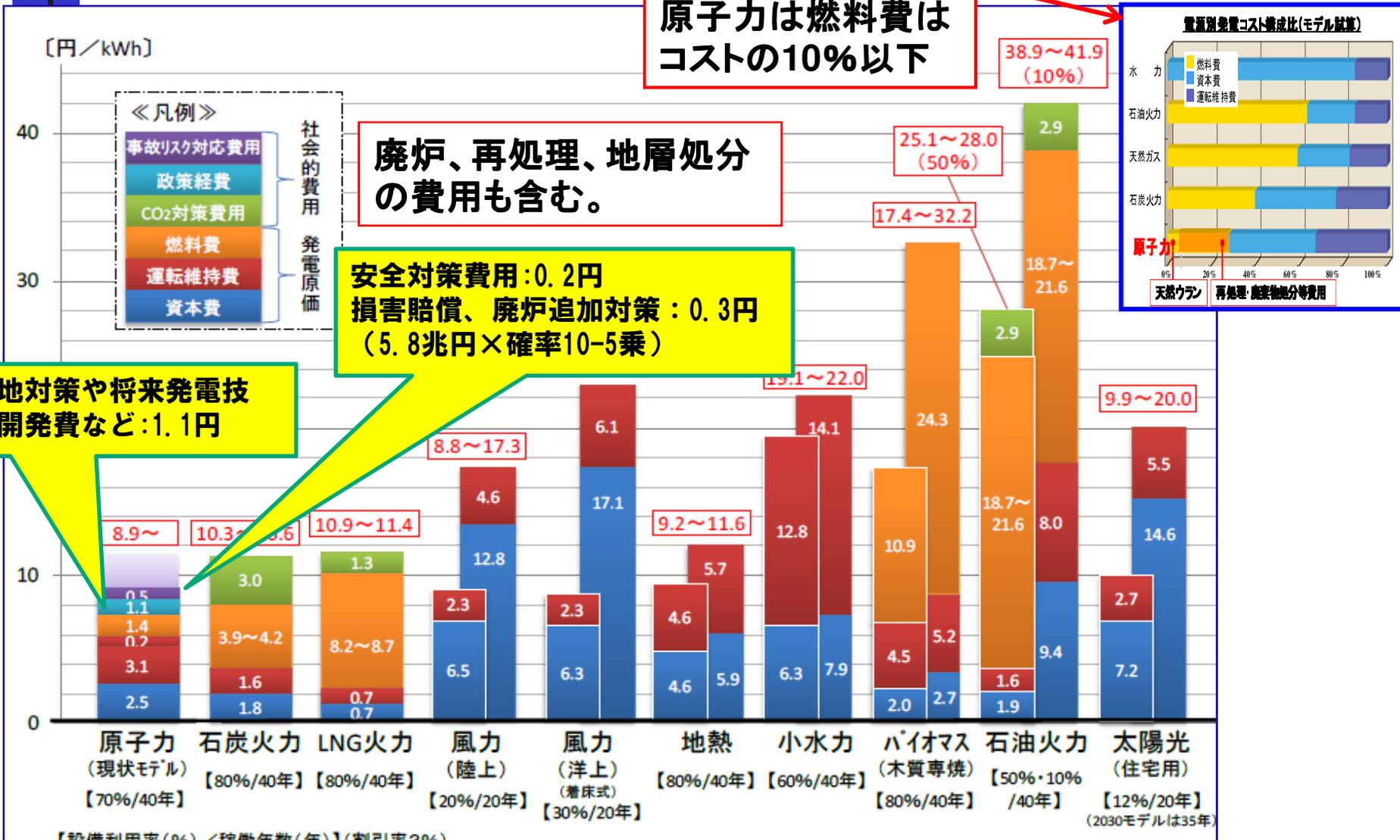
わが国の発電設備容量の推移



(注) 71年度までは9電力会社計。

(出所) 資源エネルギー庁「電源開発の概要」、「電力供給計画の概要」をもとに作成

主要電源の発電コストの構成（発電原価+社会的費用）



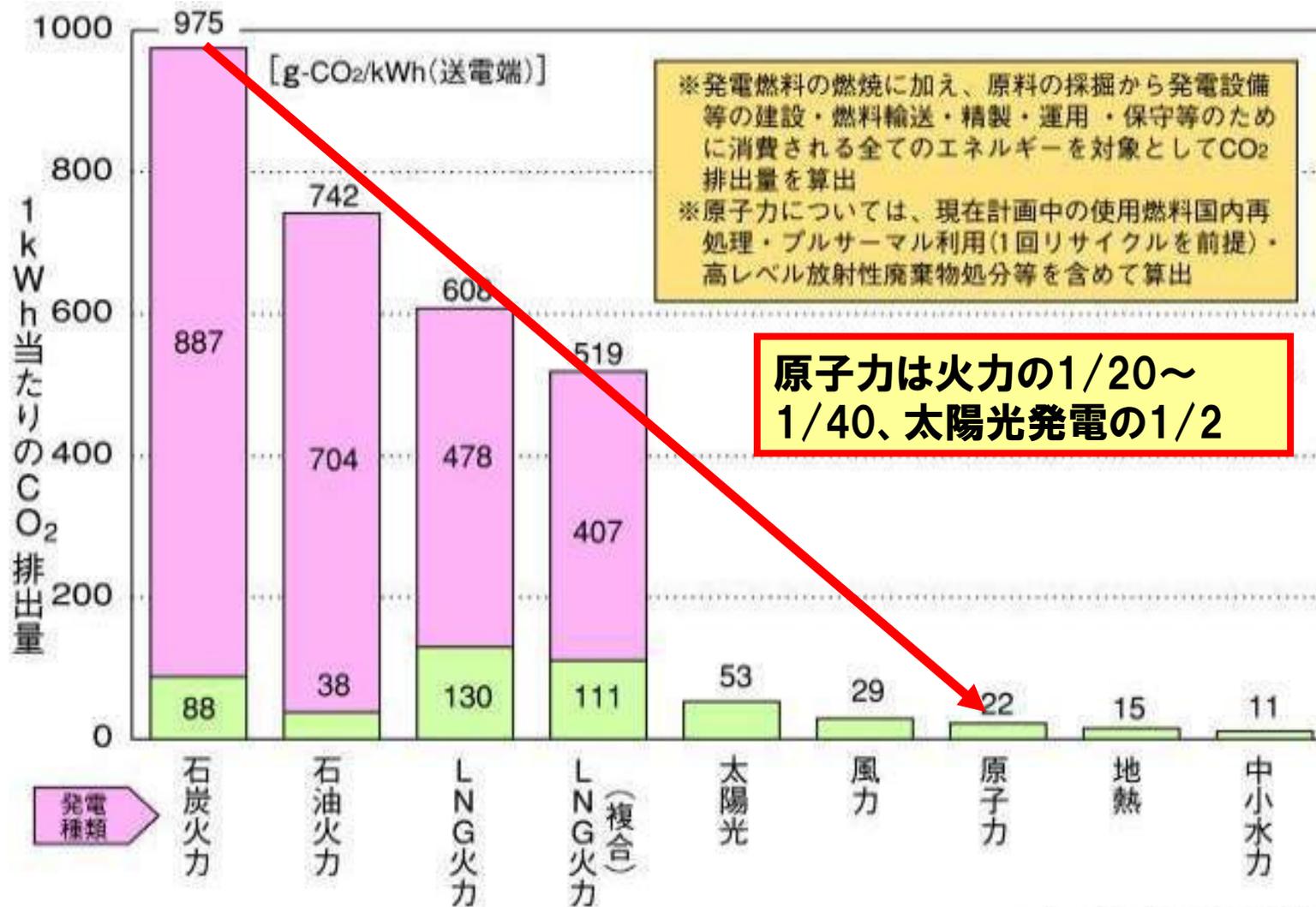
立地対策や将来発電技術開発費など:1.1円

安全対策費用:0.2円
損害賠償、廃炉追加対策:0.3円
(5.8兆円×確率10-5乗)

廃炉、再処理、地層処分の費用も含む。

社会的費用を考慮しても原子力の経済性は優位で、かつ他に比べ不確実性が少ない。

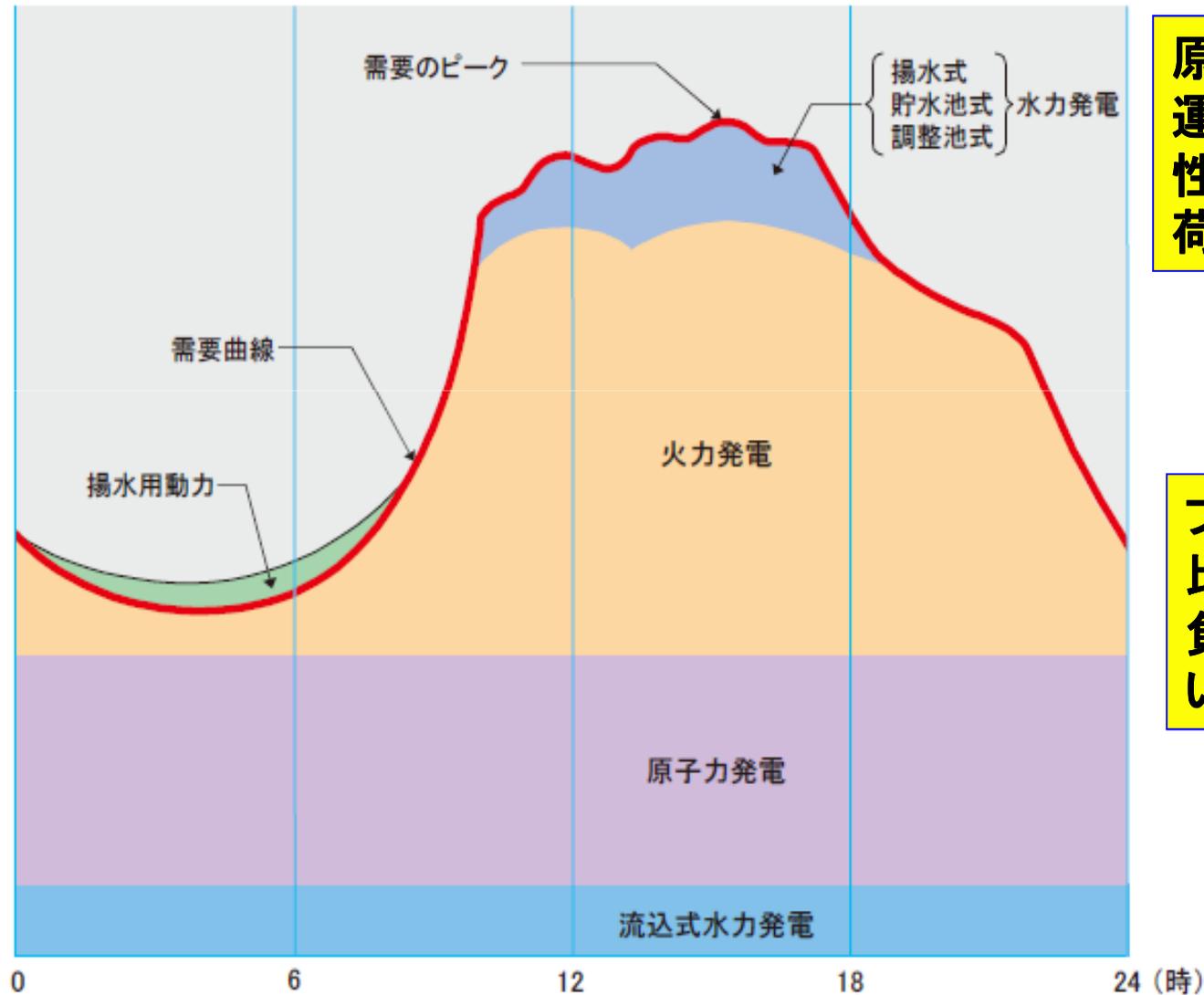
各種電源別のCO₂排出量の比較



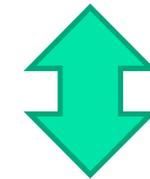
(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある。

【出典:電力中央研究所報告書 他】

わが国では原子力はベースロード運転



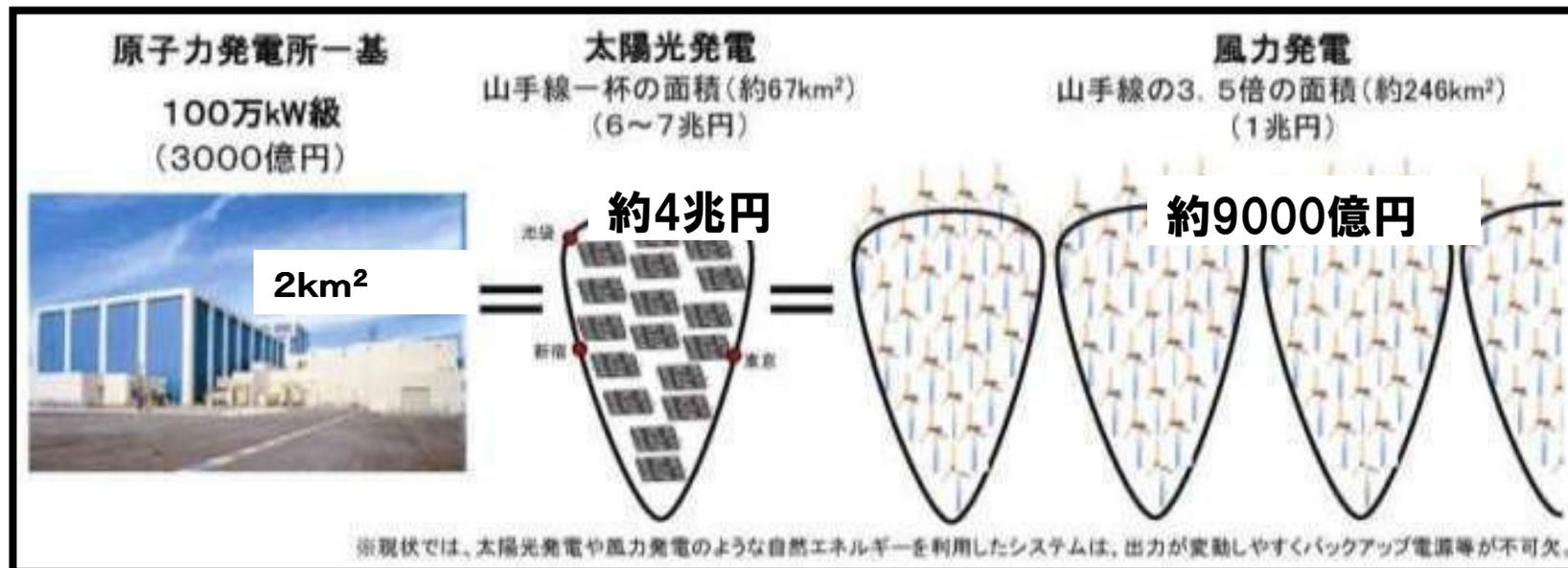
原子力は負荷調整
運転可能だが、経済
性の観点から基底負
荷運転としている。



フランスでは原子力
比率が大きいために
負荷追従運転をして
いる。

太陽光発電、風力発電の問題点

発電に要する土地面積、設備投資額が原子力に比べ膨大



稼働率が悪く、出力が不安定である

太陽光は天候と時間の影響大で平均10%程度しか発電できない
風力は風況に左右され平均20%程度しか発電しない

⇒電気を蓄えるか、代替りの発電設備が必要

原子力発電所の運転状況

50基中2基が運転中(平成24年10月31日現在)

	基数	合計出力(万kW)
運転中	50	4884.7
建設中	2	275.6
着工準備中	12	1,655.2
合計	68	6,815.5

東京電力(株)柏崎刈羽原子力発電所



東北電力(株)東通原子力発電所



北海道電力(株)泊原子力発電所



北陸電力(株)志賀原子力発電所



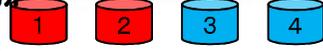
日本原子力発電(株)敦賀発電所



関西電力(株)美浜発電所



関西電力(株)大飯発電所



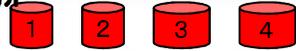
関西電力(株)高浜発電所



中国電力(株)島根原子力発電所



九州電力(株)玄海原子力発電所



九州電力(株)川内原子力発電所



東北電力(株)女川原子力発電所



東京電力(株)福島第一原子力発電所



東京電力(株)福島第二原子力発電所



日本原子力発電(株)東海第二原子力発電所



中部電力(株)浜岡原子力発電所



四国電力(株)伊方発電所



出力規模



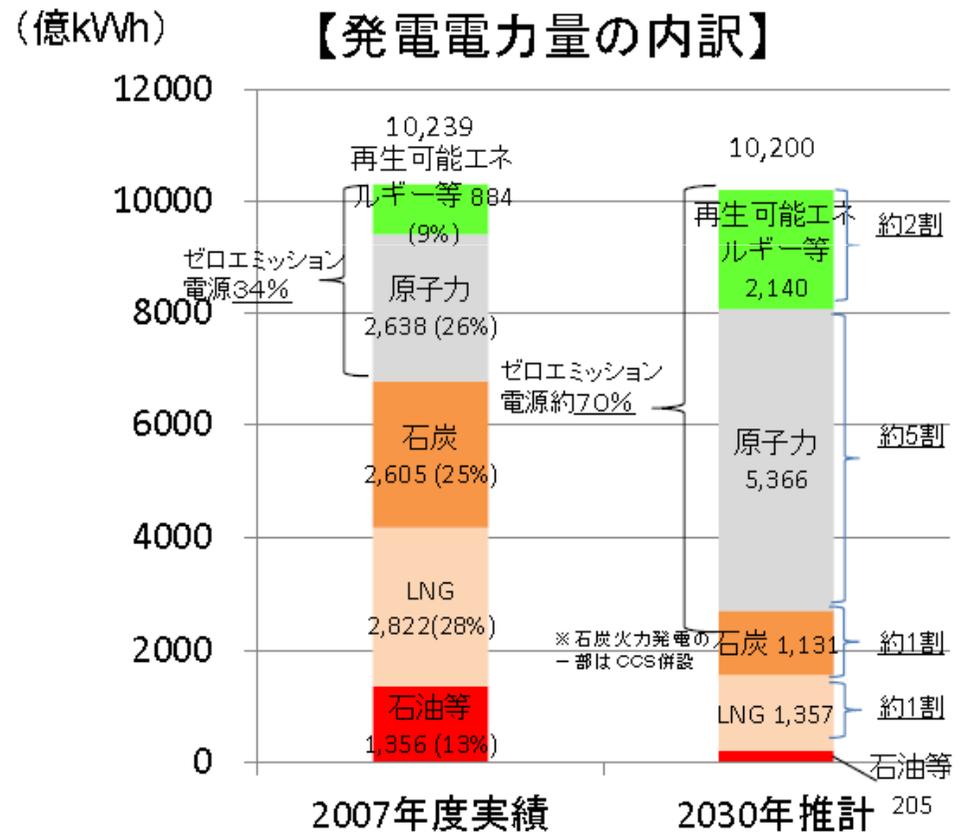
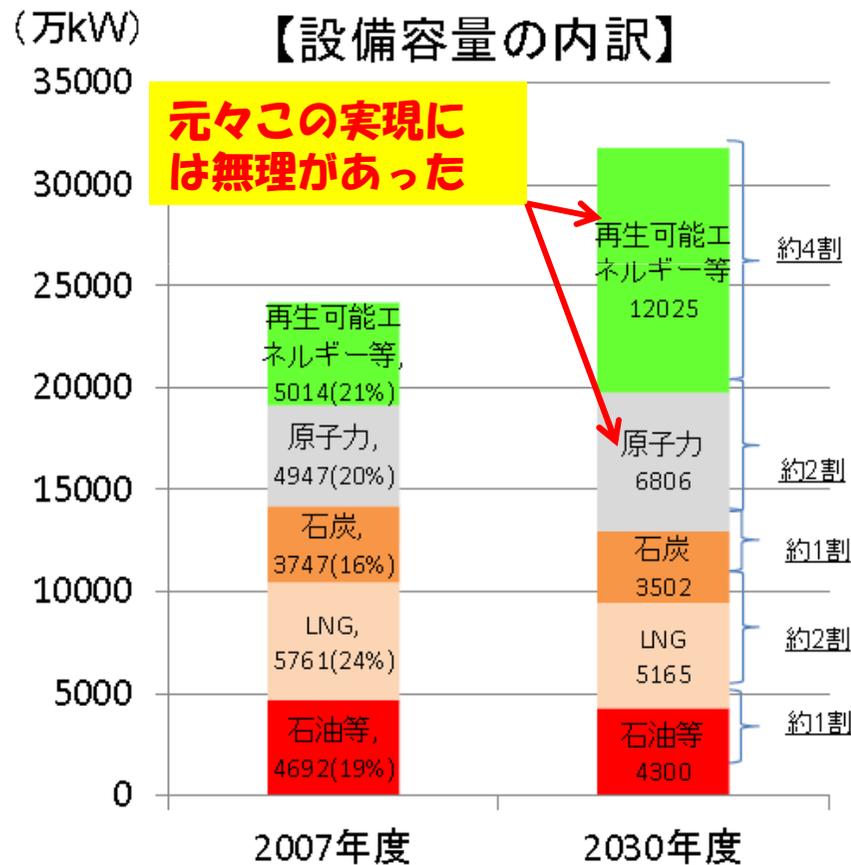
 運転中の原子力発電所

 停止中の原子力発電所

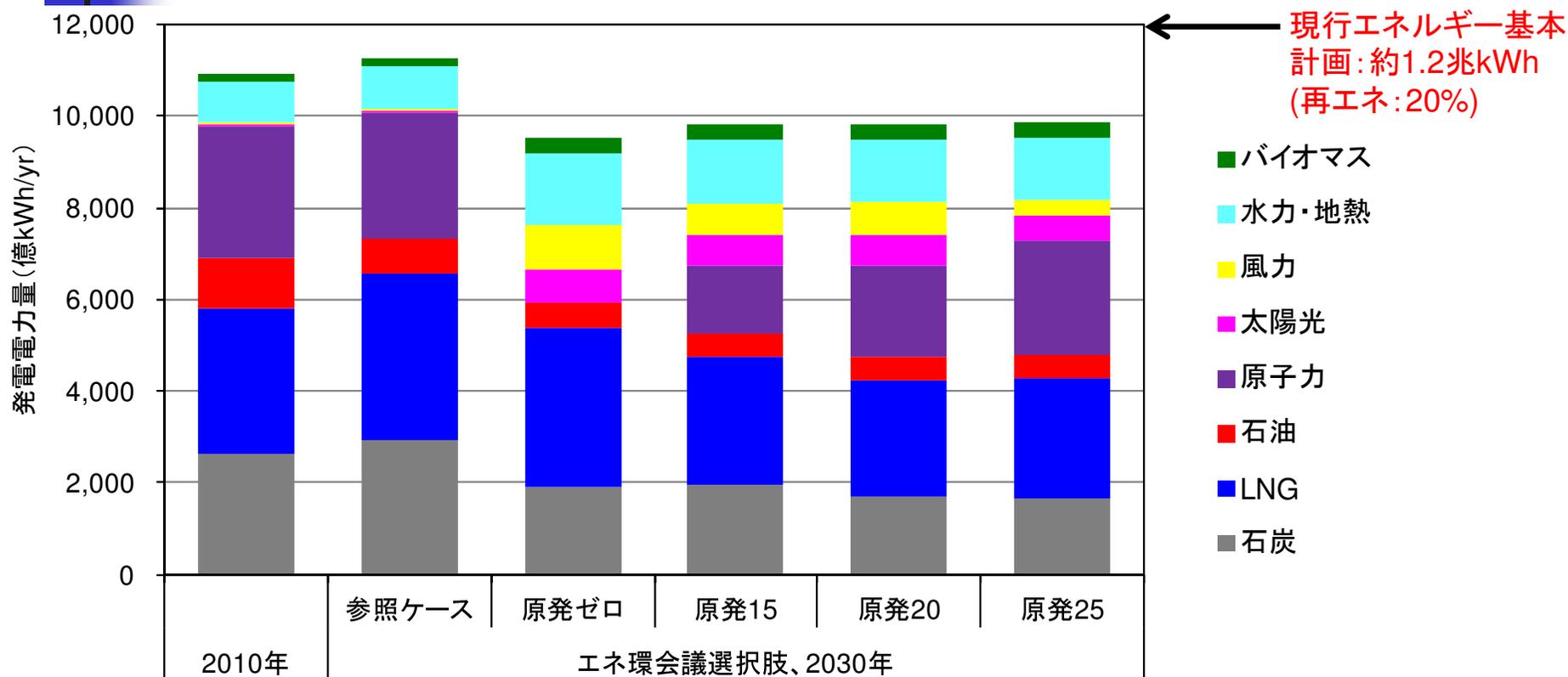
日本のエネルギー基本計画（2010年6月）

- 自主エネルギー比率(現38%)を70%に
- CO2排出量を1990年比30%削減
- ゼロエミッション電源比率(現34%)を70%程度に

- ✓ 原発9基新設、利用率90%
- ✓ 再生可能E20%



エネ環会議選択肢の電源構成の想定



- ・原発ゼロは、再生Eを35%と、現状の9%から大幅に増大。火力依存も増加。
- ・原発15%は、40年廃炉厳格適用で、新增設は無し。原子力技術力維持伝承は困難
- ・原発20%, 25%は、建設中のものは継続、原子力技術力維持伝承は可能。
- ・エネ環会議選択肢は20%以上の省エネを見込んでいるがその実現性は大いに疑問。

脱原発がもたらすもの

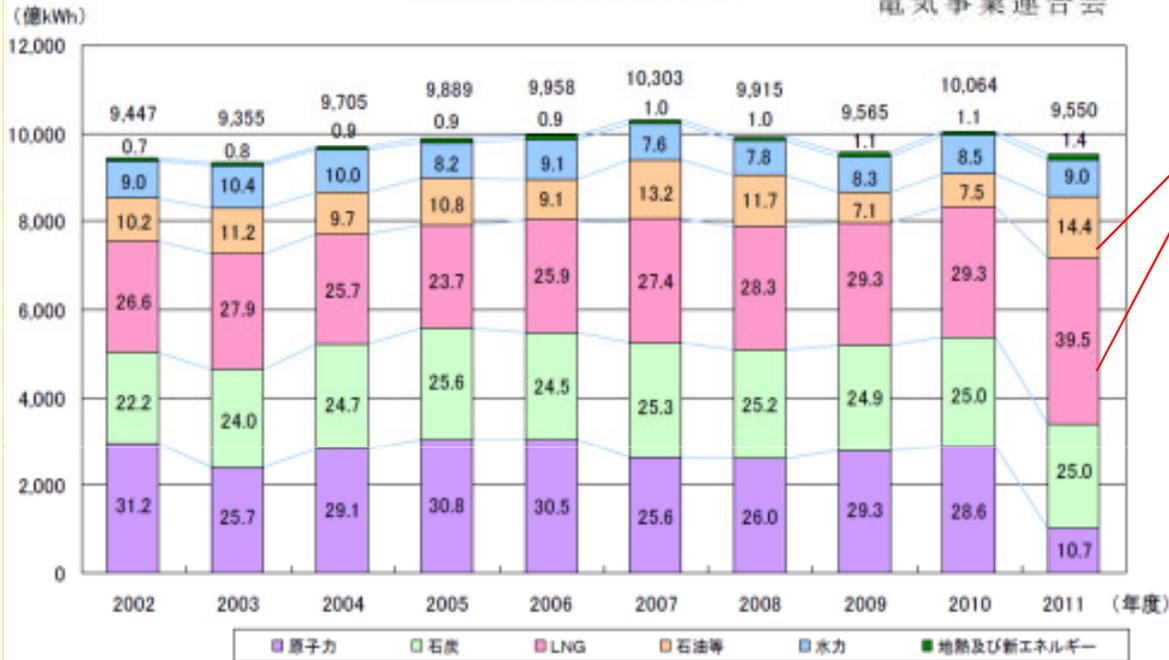
- ①原発発電分は化石燃料に頼らざるを得ず、輸入代金の増加は貿易収支悪化、財政悪化の双子の赤字となって日本経済は負のスパイラルに陥落。⇒次スライドに詳細図示。
- ②自然エネルギー大幅導入による電気料金高騰、系統電力安定性問題。
- ③産業界の海外移転加速、失業率増、技術空洞化。家計圧迫、停電の恐怖、社会不安の拡大。
- ④大学の原子力専攻激減、原子力関連の人材確保の危機、運転中発電所の運転管理要員確保困難、信頼性安全性確保に疑念。
- ⑤再処理路線、高速増殖炉開発路線からも撤退すれば、超長期エネルギー確保が困難に、また既存の使用済燃料の保管管理は再処理の場合より大量、より高レベル放射性となり、処分地確保はより困難に。
- ⑥原子力技術保有による国際外交的優位性を喪失。
- ⑦新興国、発展途上国の原子力市場から撤退。技術力維持、輸出機会喪失。
- ⑧中国、東南アジア諸国で建設される多くの原子力発電の万一の原子炉事故時には風下の日本へもろに影響。

50～100年以上先で、化石燃料は生産激減し争奪激化、再生可能エネルギー量未達が明らかになった時に、原子力を復活させようとしても人材が途切れては不可能。技術は人が繋ぐもの、一旦途切れると復活は困難。

原発ゼロの日本経済への悪影響(2012年度)

電源別発電電力量構成比

2012年6月13日
電気事業連合会



(注) 10電力計、他社受電分を含む。グラフ内の数値は構成比(%)。石油等にはLPG、その他ガスを含む。

約3億円/日/原発1基

化石燃料消費増加
(対2010年比3兆円強増加)

電気料金上昇
家庭約15%(約1兆円)
企業約20%(約2兆円)

企業収益約2兆円減少
生産工場の海外移転

雇用環境悪化(約42万人)
法人税収減(約1兆円)



2030年までに約50兆円の国富流出!

日本エネルギー経済研究所
豊田正和理事長H24年9月18日資料

“2030年代原発稼働ゼロ”政策のその後

- 9月14日 エネルギー・環境会議で「革新的エネルギー・環境戦略」として“2030年代原発稼働ゼロ”を決定。
- 9月15日 経産大臣、青森県訪問し、再処理継続、大間と島根3建設続行、むつ中間貯蔵施設建設続行を表明
- 9月15日 米国政府は“2030年代原発稼働ゼロ”政策に強い懸念
- 9月18日 経済3団体は“原発稼働ゼロは到底受け入れがたい”と表明
- 9月19日 「『革新的エネルギー・環境戦略』を踏まえて、関係自治体や国際社会等と責任ある議論を行い、国民の理解を得つつ、柔軟性を持って不断の検証と見直しを行いながら遂行する」と(曖昧な)閣議決定。
- 10月9日 北海道経済3団体は経産大臣に泊原発の今冬再稼働を要請。枝野大臣は再稼働の判断は原子力規制委員会だ、と回答。
- 10月10日 田中俊一規制委員長は、地方自治体や経済団体からの(再稼働等)要請文は受け取らないと言明。
- 11月13日 自民党安倍総裁は福岡市での講演で「安全性が確認された原発から再稼働する」と明言。
- 11月16日 エネルギー白書に“2030年代原発稼働ゼロ”の言及無し
- 11月16日 電事連八木会長は「次期政権は現実的エネルギー政策に見直して欲しい」と要望。

世界の原子力発電開発の歴史的変遷

1953年国連でのアイゼンハワー大統領のAtoms for Peace宣言により、原子力平和利用開始、1970年代にかけ先進国で原子力発電開発、建設ラッシュ。

1979年TMIや1986年チェルノブイリ事故のあと、安価で豊富な石油に頼り、欧米では原子力発電建設が途絶えた。

21世紀に入り、化石燃料高騰、エネルギー安全保障、原子力発電の信頼性・経済性向上、地球温暖化対策を背景に原子力復活 <原子カルネッサンス>

2011.3.11.東電福島事故後、脱原子力に政策変更した国は欧州30カ国のうちのドイツ、スイス等4カ国のみで、その他の国々は安全性確保に留意しながらも原子力推進政策継続。

<世界の原子力発電所(出典:日本原子力産業協会)2005年⇒2011年1月⇒現在
運転中: 439基 ⇒ 436基 ⇒ 427基(電力の約16%)、30カ国、
-13基閉鎖(日4、独8、英1)、+4基運転開始(印、中、韓、パキスタン各1)
建設中: 36基 ⇒ 75基 ⇒ 75基(中30、露12、印7)、16カ国(うち新規1カ国)
+4基着工(パキスタン2、中1、露1)
計画中: 39基 ⇒ 91基 ⇒ 94基(中26、露13、米9)、20カ国(うち新規11カ国)
+12基新規(中4、露3、フィンランド2、ベラルーシ2、米1)

世界の原子力プラントメーカー

1980年代

米国

- Westinghouse
- GE
- Combustion Engineering
- Babcock and Wilcox

フランス・Framatome

西ドイツ・Siemens (KWU)

スウェーデン・Asea Atom

スイス・Brown Boveri

日本・三菱重工業

- 日立製作所
- 東芝

カナダ：AECL

ソ連

韓国

現在

三菱重工業

日立-GE (合併)

東芝-Westinghouse (買収)

AREVA (フランス)

ROSATOM (ロシア)

斗山重工業 (韓国)

AECL (カナダ)

中国

福島事故の教訓により強化された日本の技術力、安全技術での貢献が期待されている。

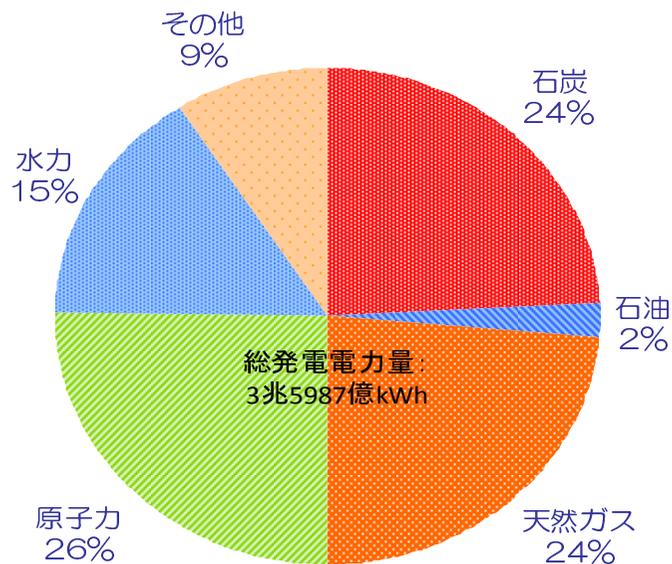
H23年12月、露、韓国、ヨルダン、ベトナムとの原子力協定が国会承認。インド、南アフリカ、トルコとも交渉中。更にモンゴル、ブラジル、メキシコ、マレーシア、タイとも交渉準備中。

ドイツの脱原発政策の実態

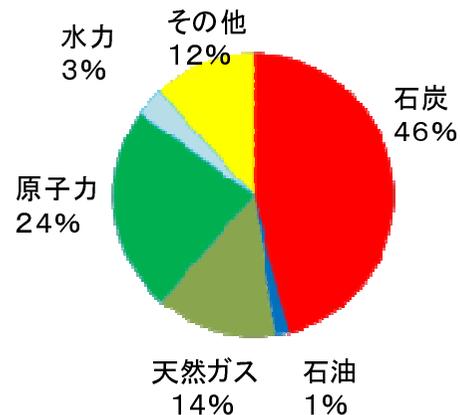
OECD欧州の発電電力量構成と日本との比較

- 欧州各国は電力網、天然ガスパイプラインで繋がっており、ドイツ、スイス、イタリアが脱原子力となっても全体構成はあまり変化しない。
- ドイツの脱原発政策は豊富な自国産石炭とロシアからの天然ガス、また隣国との電力融通で成り立っている

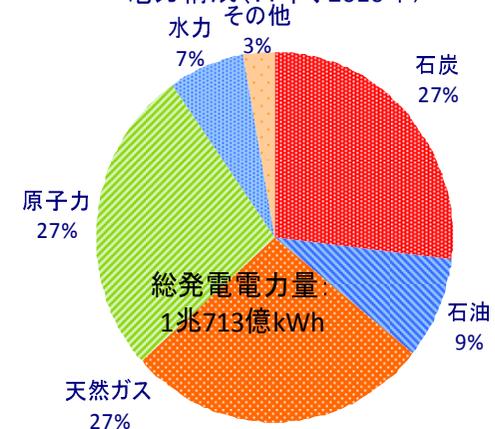
電力構成(欧州、2010年)



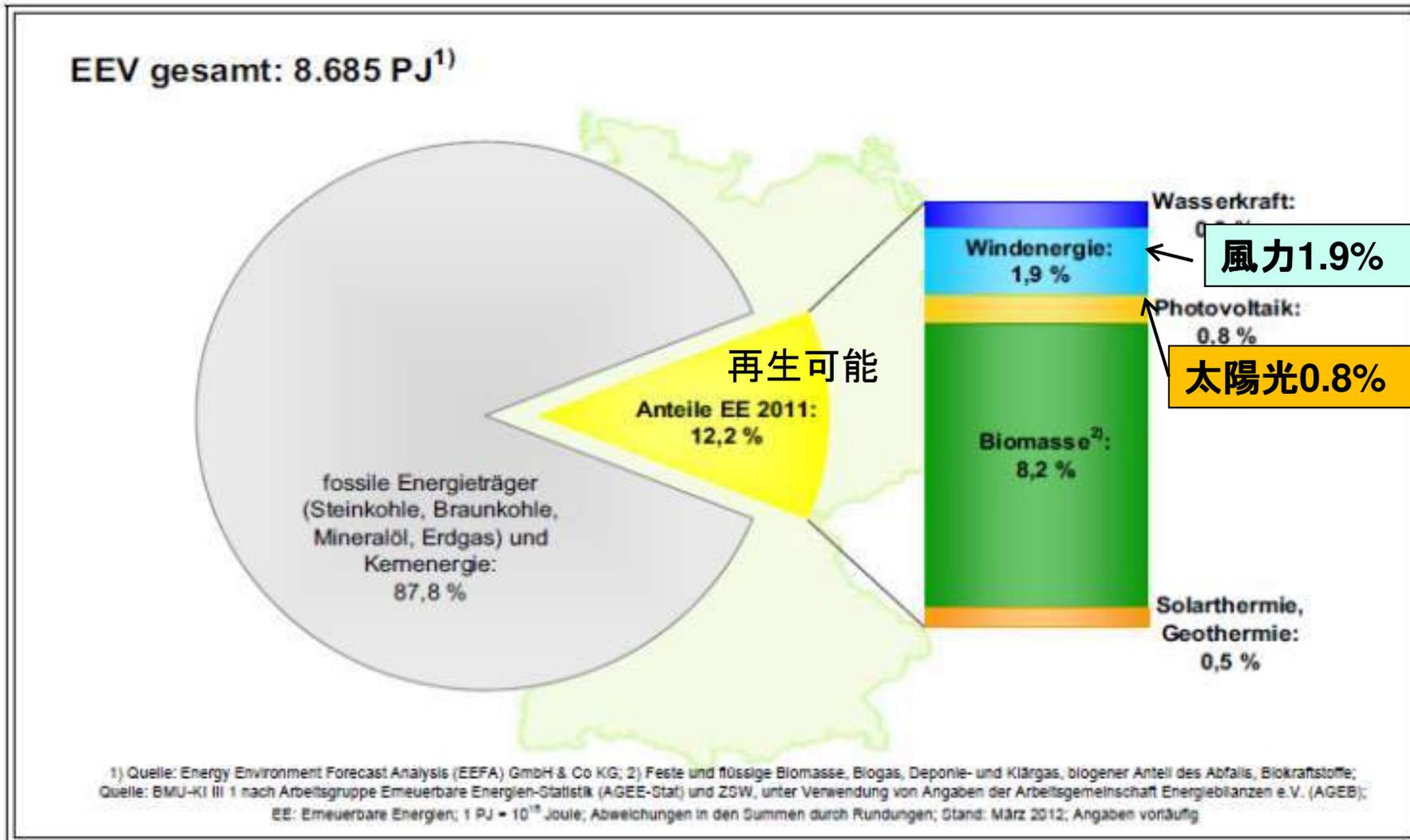
ドイツの電力構成(2008)



電力構成(日本、2010年)



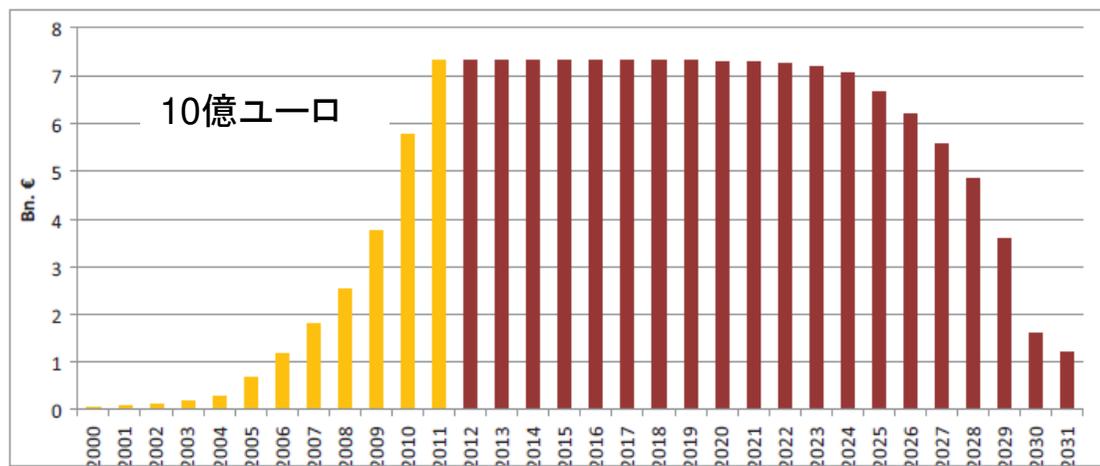
ドイツの再生可能エネルギー（2011年）



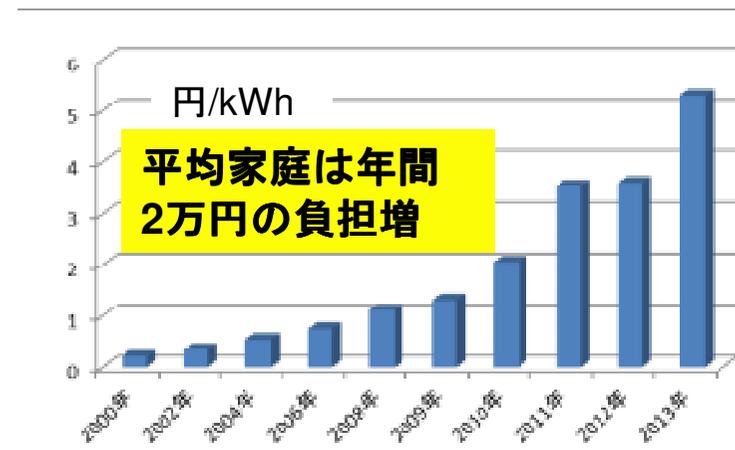
ドイツの再生可能エネルギー政策の実態

- ・ドイツは固定価格買取制度 (FIT) を2000年から導入し、太陽光の超過負担額は年間約70億ユーロ(約7000億円2011年)、今止めても将来20年間負担が続く。
 - ・ドイツ政府は今年4月に太陽光発電買取価格を20%(以降毎年12%づつ)引き下げ、10,000kW以上のメガソーラーを買取対象から外した。
 - ・過去世界一の生産量を誇っていたドイツの太陽電池メーカーQセルズ社が安い中国製に席巻され2012年4月に破産、他にも中堅5社が破産している。
 - ・陸上風力はほぼ飽和。洋上風力に期待、北部から南部消費地への3800km送電線建設計画は住民反対運動などで90km程度しか実現しておらず、風力拡大の最大のネック。
- ⇒ドイツを他山の石とすれば、わが国のFIT制度は早晚破綻の可能性が大きい。

ドイツ太陽光による超過負担額(年間)



再生可能エネルギー全体による超過料金(kWh当たり)

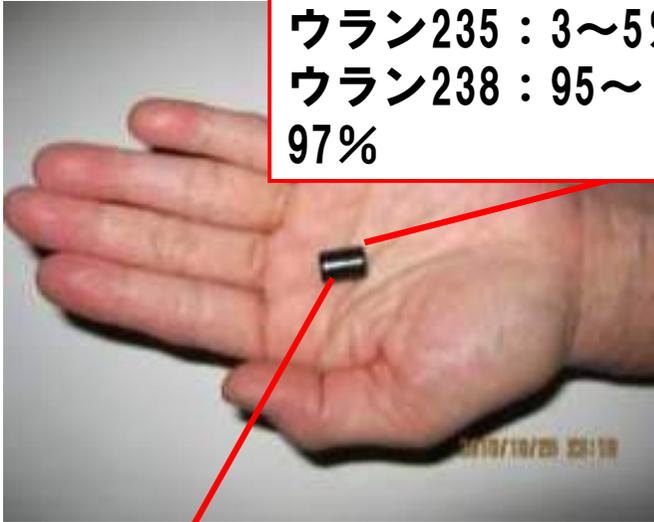


第2章 原子力の再出発に向けて

- ・原子力発電の原理、構造、信頼性向上対策と成果
- ・東電福島原発事故の要因と教訓
- ・福島第2、東北電力女川、日本原電東海2号に学ぶ
- ・大飯3・4号の緊急安全対策
- ・PWRとBWR
- ・深層防護、3層から5層へ
- ・耐用年数は40年か、60年か
- ・原子燃料サイクル、再処理、高速増殖炉開発
- ・高レベル放射性廃棄物の地層処分
- ・原子力発電の今後の開発

原子力発電の燃料

ウランペレット
ウラン235 : 3~5%
ウラン238 : 95~97%



ペレット1個で1家庭の
約半年分の電力を発生



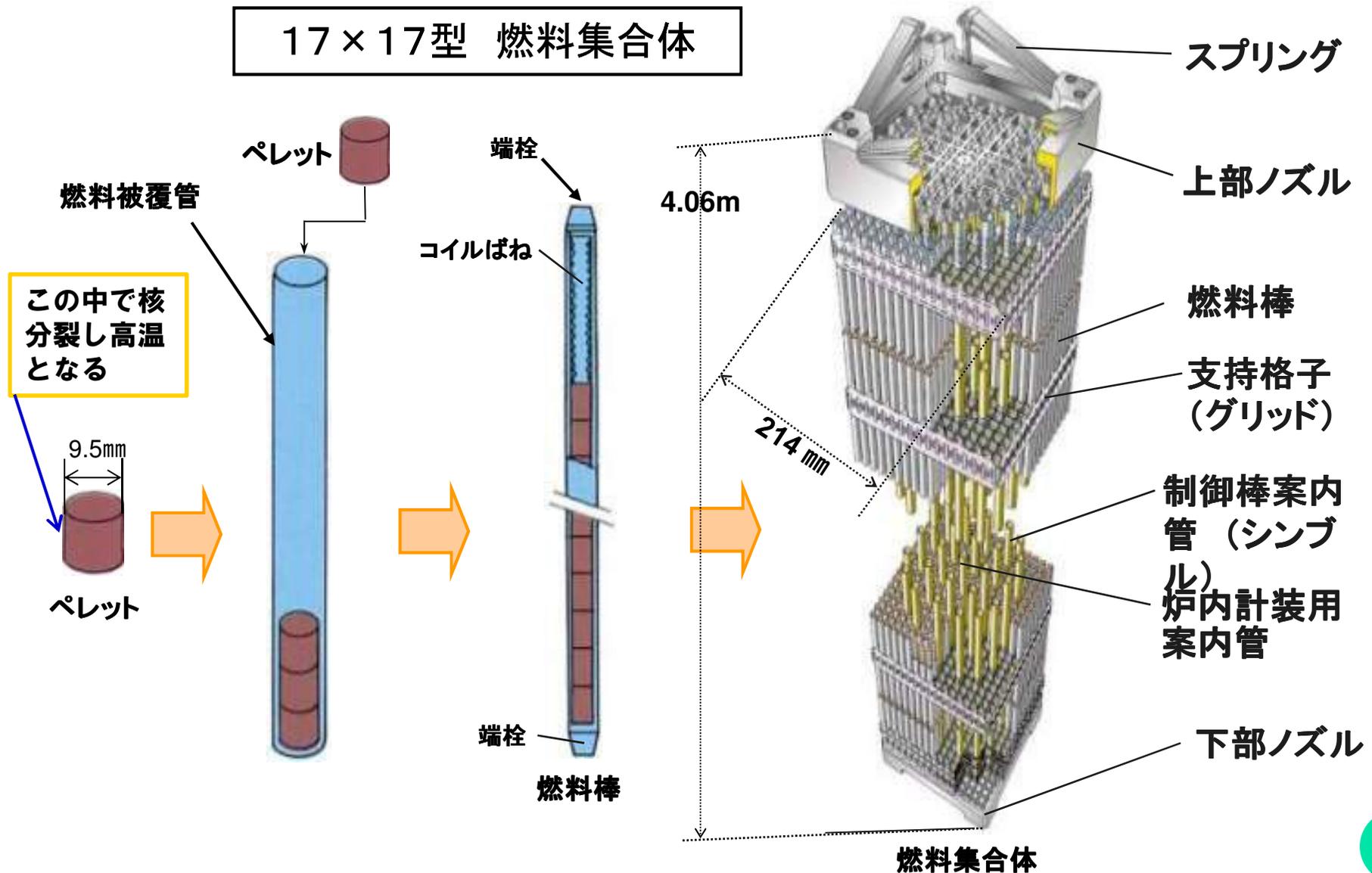
ウラン燃料（ウラン235）1gが完全に核分裂すると、石油2,000ℓに相当する熱エネルギーを出します。



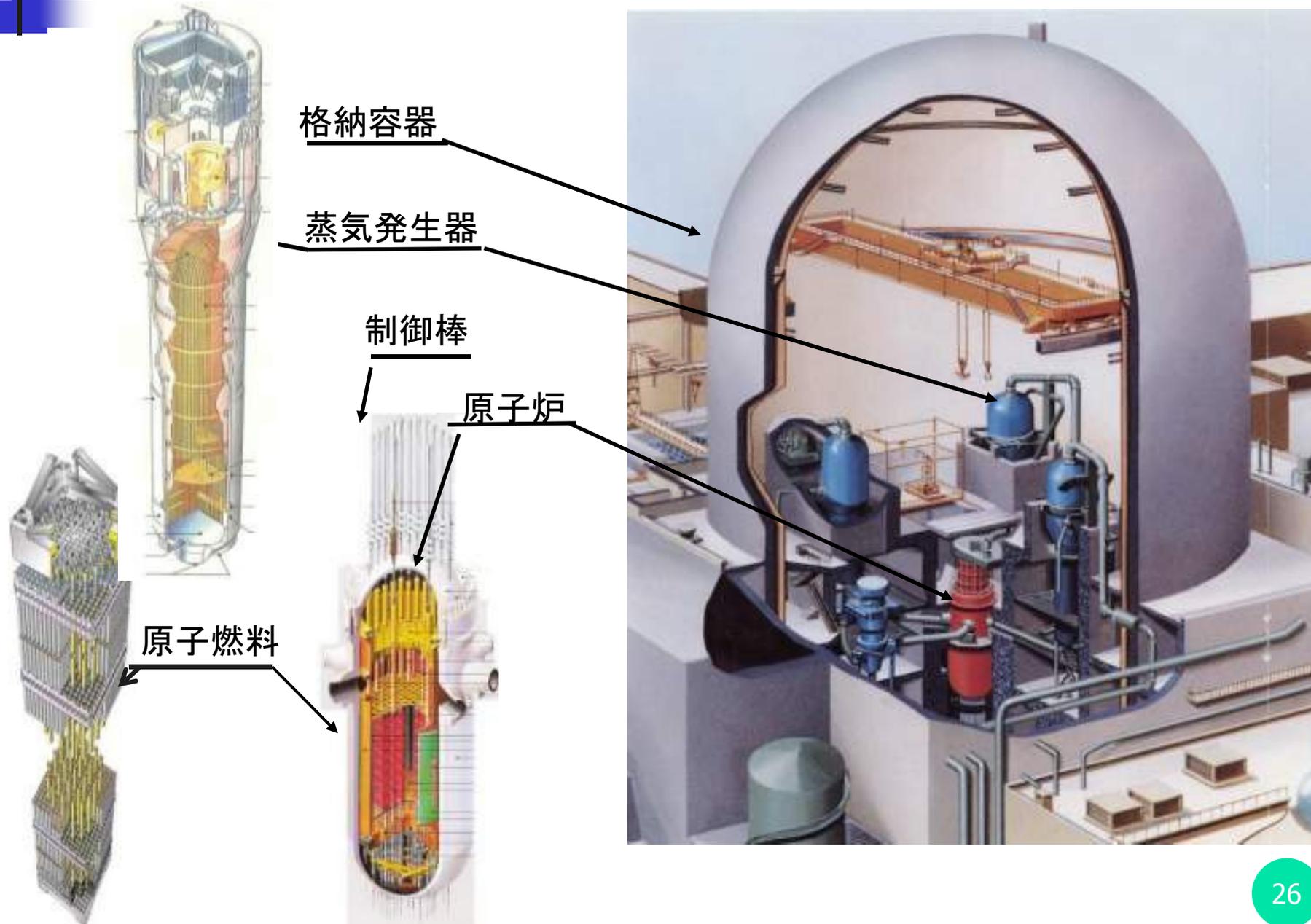
2013/1/23

原子燃料の構造

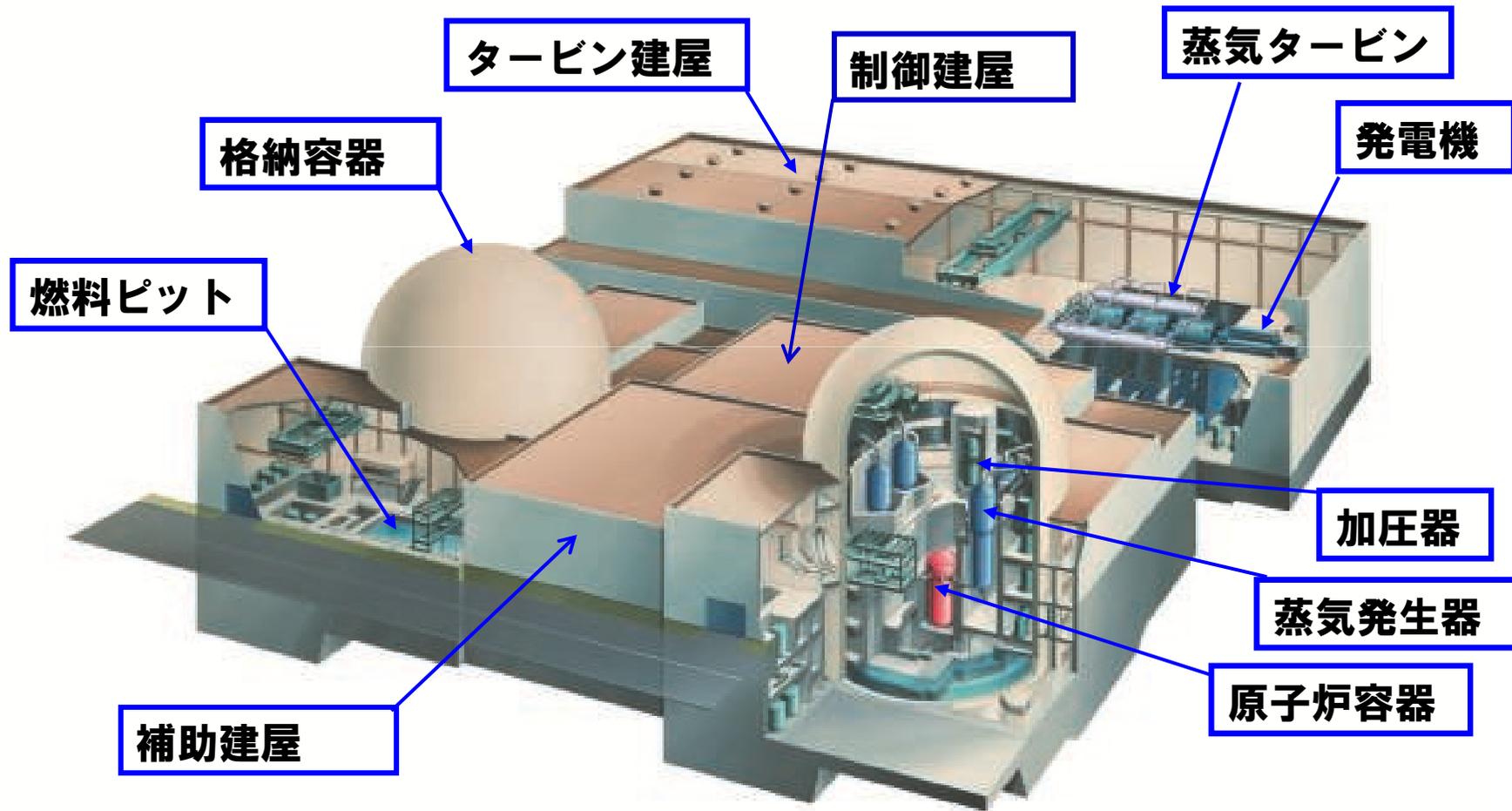
17×17型 燃料集合体



原子力発電所の内部(PWR)



原子力発電所の構成（PWR）



PWRとBWR

	加圧水型軽水炉 PWR	沸騰水型軽水炉 BWR
概要	<p>世界の運転中NPPの炉型別割合 (2007.3)</p> <p>BWR (22.7%)</p> <p>PWR (65.5%)</p>	
特徴	<p>間接サイクル。蒸気発生器、一次冷却材ポンプが必要。タービンに放射能は行かない。</p>	<p>直接サイクル。タービンに放射能が行く。</p>
原子炉圧力	およそ150気圧(15MPa)	およそ70気圧(7.0MPa)
運転基数	世界:267基、うち日本:24基	世界:89基、うち日本:26基
日本のメーカー(電力)	三菱重工(関電、 九電 、四電、北海道電、日本原電)	東芝、日立GE(東電 、中部電、東北電、中国電、北陸電、電源開発、日本原電)
世界のメーカー	Westinghouse(米)、AREVA(仏)、ロスアトム(露)、斗山重工(韓)、上海電気他(中国)、	GE日立(米)
導入国	アメリカ、フランス、ロシア、中国、韓国、台湾、ドイツ、ベルギー他多数	アメリカ、ドイツ、台湾など

わが国の原子力発電所建設の歩み

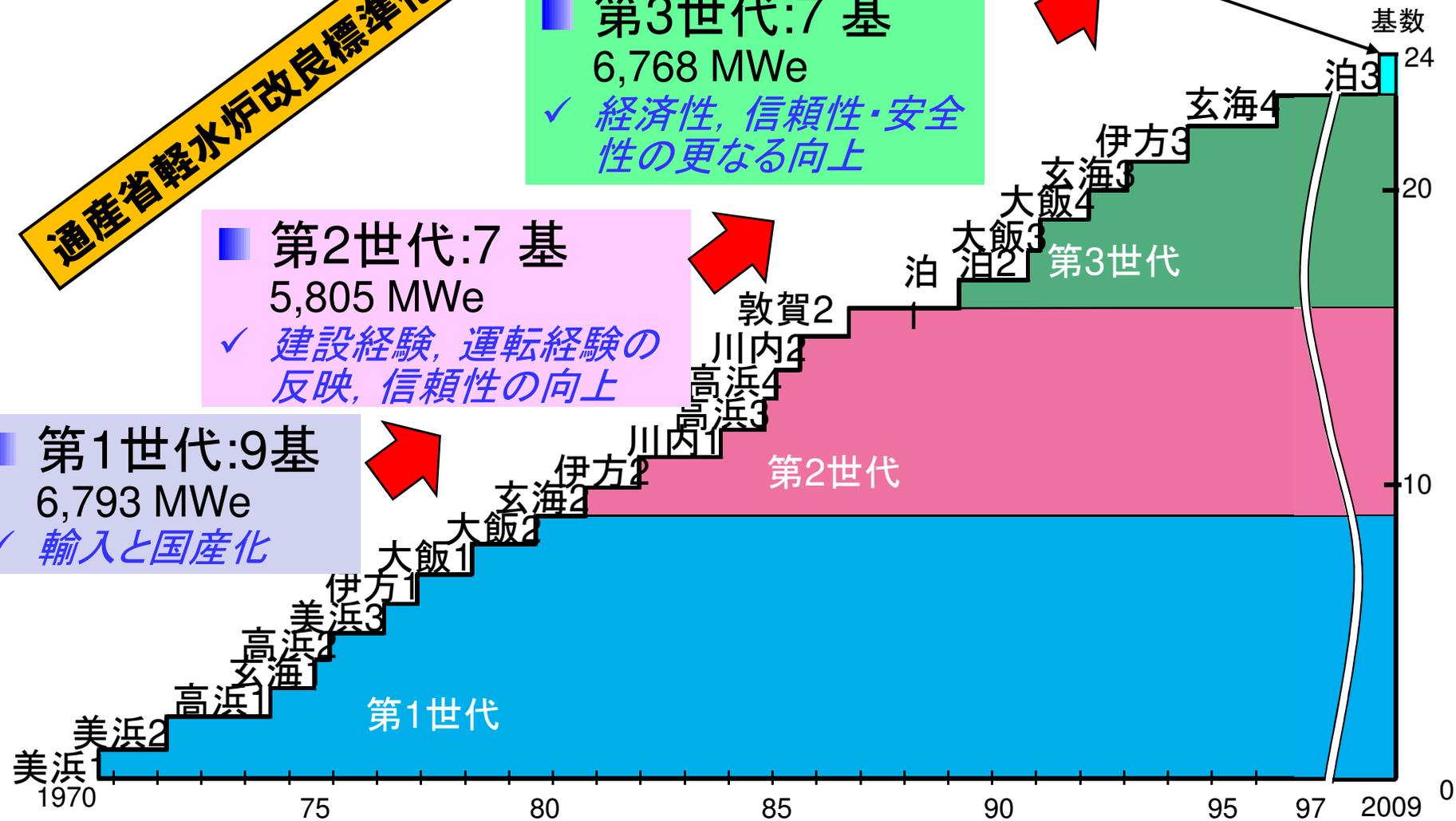
通産省軽水炉改良標準化

最新PWR
 泊3号機: 912 MWe
 ✓ (H21.12 運転開始)

第3世代: 7基
 6,768 MWe
 ✓ 経済性, 信頼性・安全性の更なる向上

第2世代: 7基
 5,805 MWe
 ✓ 建設経験, 運転経験の反映, 信頼性の向上

第1世代: 9基
 6,793 MWe
 ✓ 輸入と国産化



設備信頼性向上の歩み

【第1世代】

- 米国Westinghouse社より初号機輸入、2号機以降技術導入、SW,HW国産化
- 初期トラブル多発:蒸気発生器(SG)、炉内構造物(CI)、燃料等に材料腐食、減肉、磨耗、流動振動等。原因究明、研究開発、再発防止対策
- 機器の国産化:原子炉容器、SG、制御棒駆動装置、一次冷却材ポンプ、CI、燃料集合体⇒約10年かけて玄海2号機で100%国産化

【第2世代】

- SG、CI、燃料等主要機器の設計・材料・構造など改良し信頼性向上⇒第1世代にもバックフィット
- 保守性、運転操作性、耐震性、機器品質向上、建設性、被ばく低減

【第3世代】

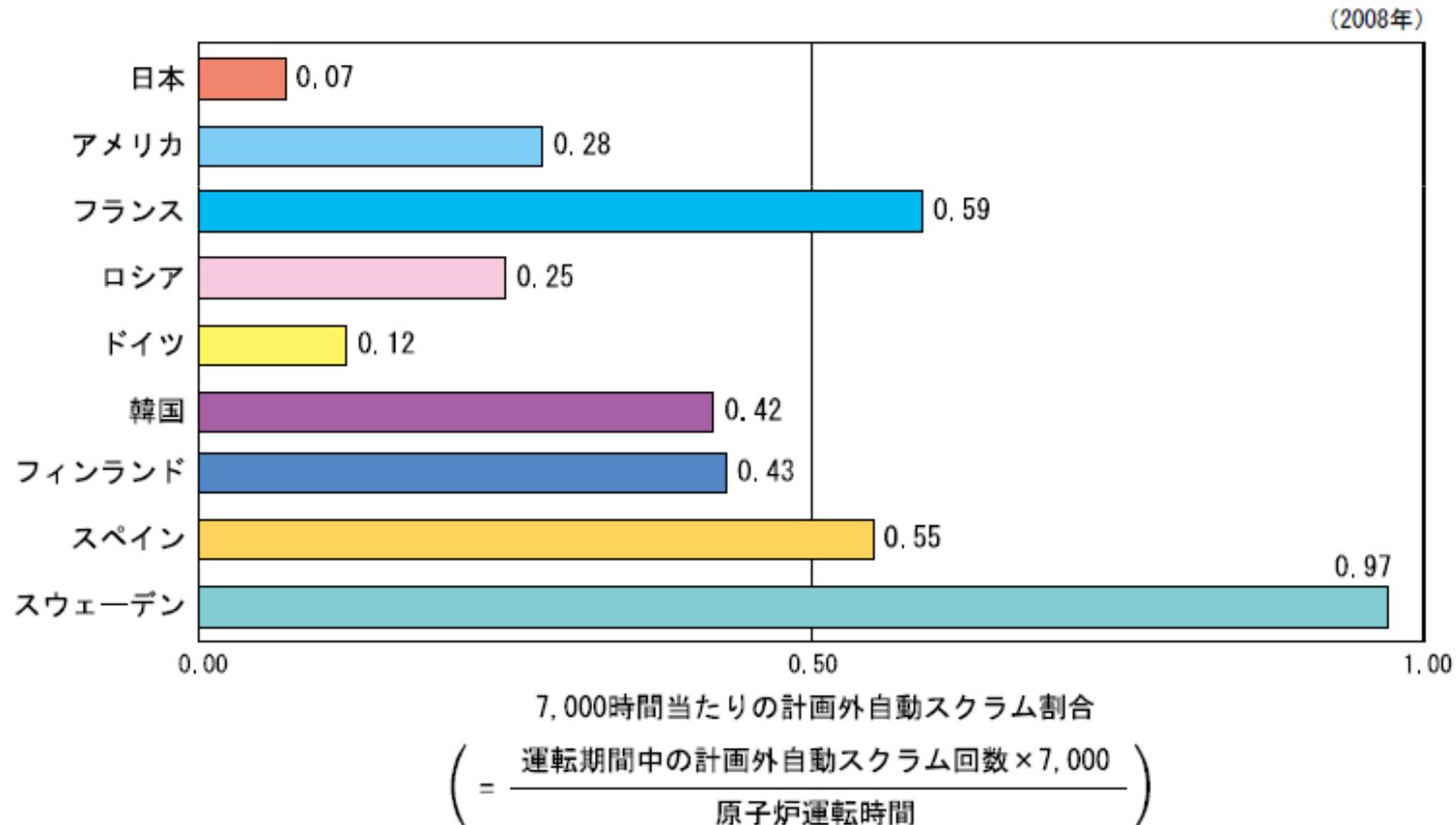
- SG、インコネル合金溶接部などに経年劣化トラブル発生、原因究明、研究開発、再発防止対策⇒第1、2世代にもバックフィット
- 安全性、経済性、設計合理化、耐震性、運転操作性

【APWR】

- 出力増大、安全性、信頼性、経済性など日本型PWR集大成⇒泊3号機に反映(H21年12月運転開始、最新鋭原子力)

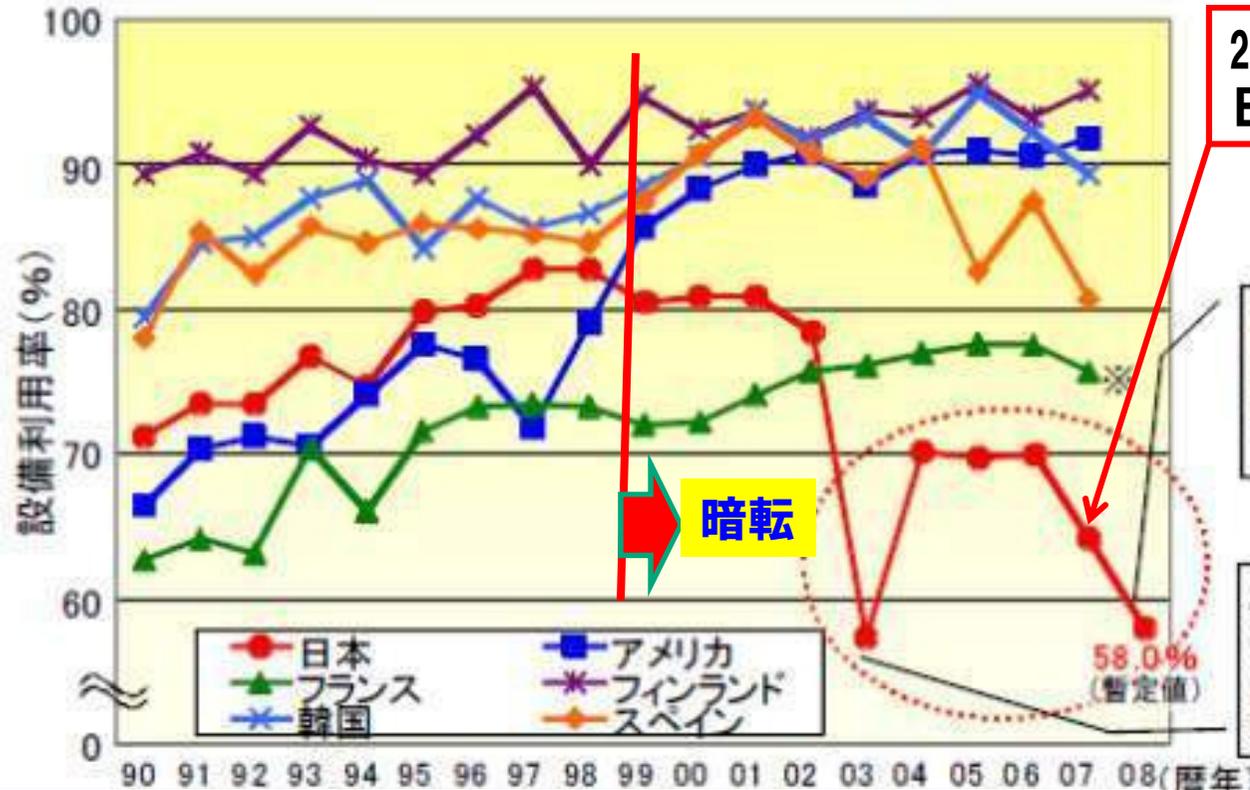
わが国の原子力発電所の計画外停止は世界一少ない

わが国の原子力発電の技術力は世界的にも非常に高いと評価されますが、それは1960年代からの国産化導入の過程での設備信頼性向上の努力により、故障が少なく計画外停止が世界一少ないことによります。それが内部事象による事故発生を未然に防止することとなり、安全性向上に繋がります、



わが国の設備利用率変遷の明から暗へ

世界の設備利用率との比較



2007年度はPWRは75.7%、BWRは51.5%、平均61%

2007年7月の中越沖地震による柏崎刈羽原発の運転停止等により、58.0%まで低下。

2002年8月の電気事業者の不正に起因する点検等のため、定検前倒し及び定検期間延長。

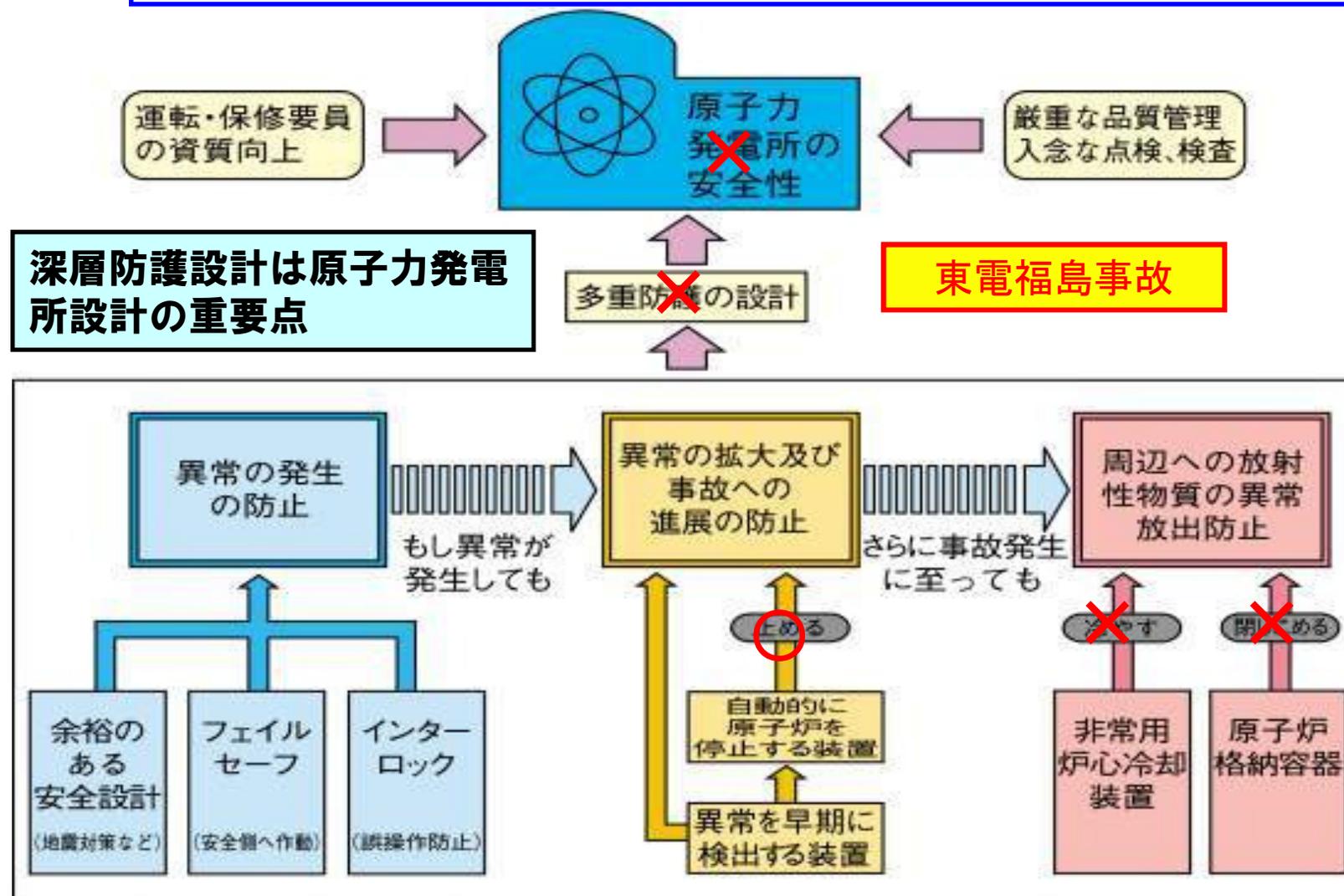
暗転

58.0% (暫定値)

- 我が国の原子力発電所の設備利用率は、**設備信頼性向上の努力**により改善。1990年代後半には80%台を達成。米国より調査団も来日。
- 2002年東電問題、2004年美浜3号機人身事故、2007年中越沖地震等により、**不祥事や国の規制強化の負のスパイラル**により設備利用率は急降下。
- 米国、韓国などは規制当局と事業者の良好な信頼関係で90%超。

深層防護設計と教育訓練と点検

機械は故障する、人はミスをする、ことを前提に設計し検査訓練



東電福島事故の原因と教訓

1. 津波により全電源喪失し、原子炉冷却、放射能閉じ込めに失敗

- ・電源の高信頼性を過信し、長時間の全電源(外部電源、非常用[電源)と冷却源の喪失を想定しなかった。
- ・使用済燃料プールの除熱喪失を想定しなかった(BWRのみ)。

2. 過酷事故対策は規制対象外、事業者自主判断、危機管理対策不備で被害拡大

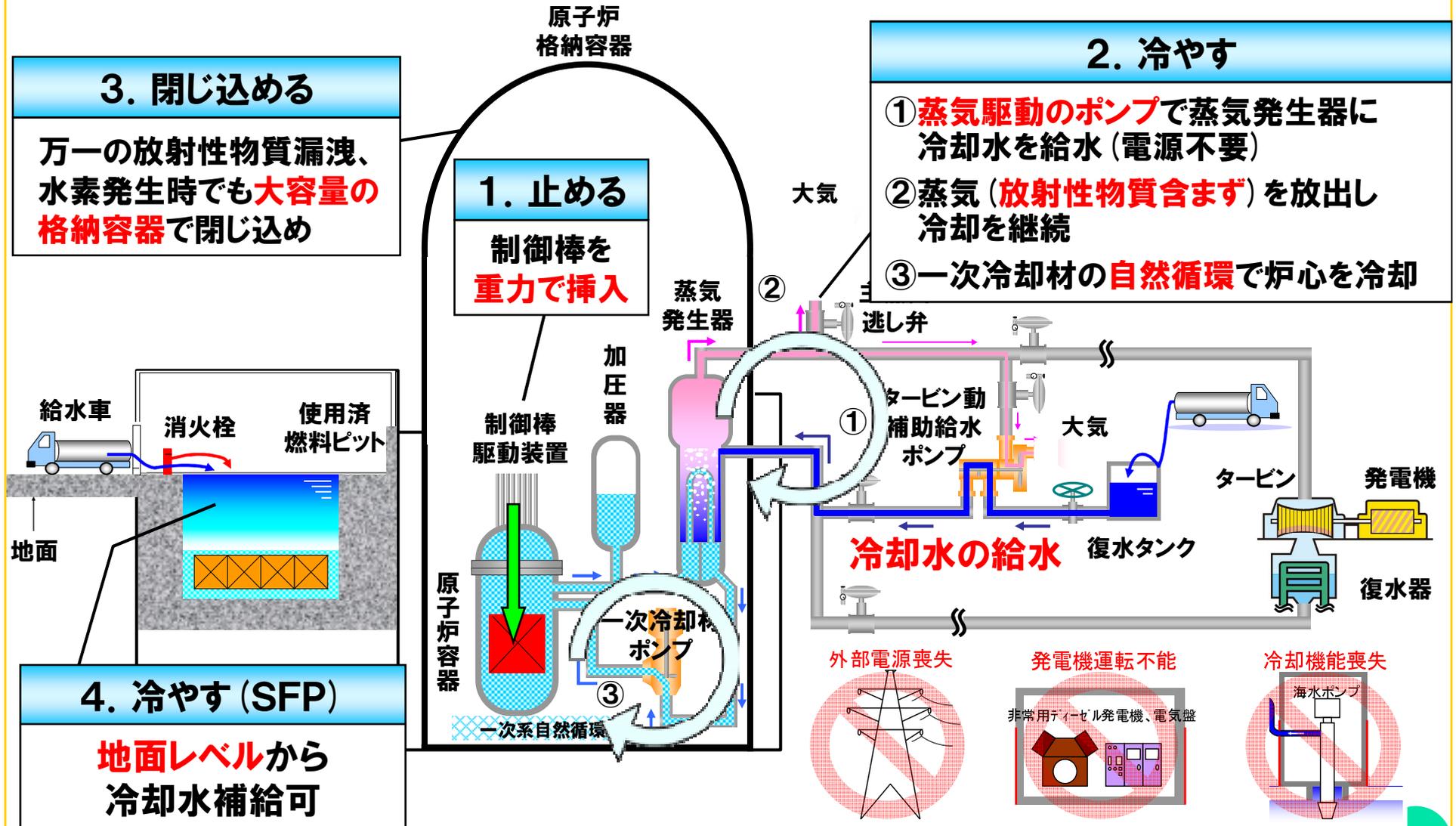
- ・炉心溶融、放射能放出という過酷事故後の影響緩和対策
- ・計装の機能確保と事故時の計算機支援
- ・現地作業安全、作業性等確保(緊急時対応ロボット含む)
- ・責任/指揮体制/機能・位置、関係機関の間の役割分担、指揮命令系統
- ・情報管理(SPEEDI等の運用含め)

3. 規制行政の積年の問題が顕在化し危機管理欠如

- ・推進/規制が同居、原子力安全・保安院/原子力安全委員会の2重体制
- ・原子炉安全、放射能安全、食品安全等縦割り行政
- ・専門性と独立性の欠如
- ・設計指針の柔軟な改正の怠慢

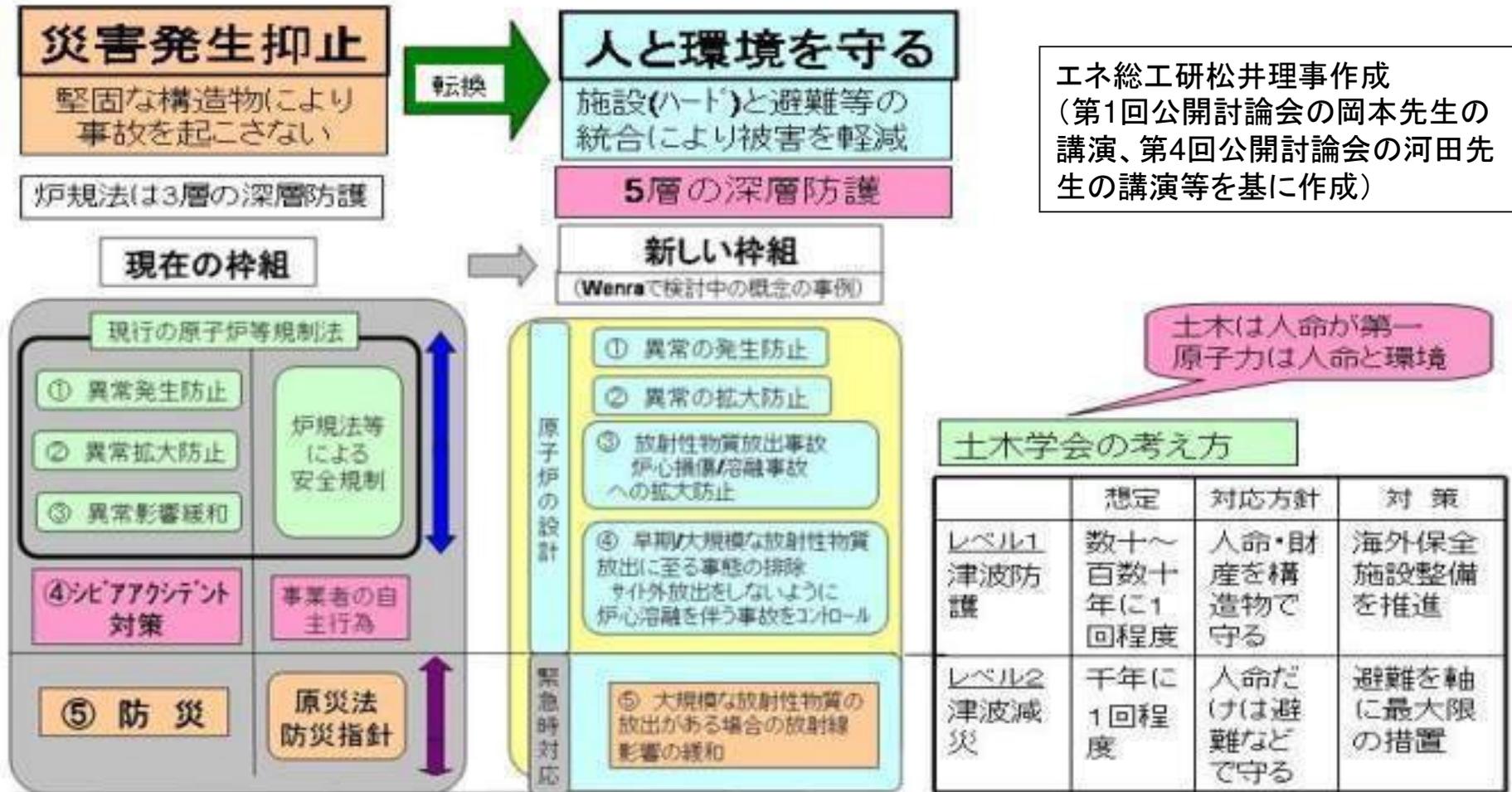
PWRの全電源喪失時対応はBWRより優位

放射性物質を含まない蒸気放出により対応可能



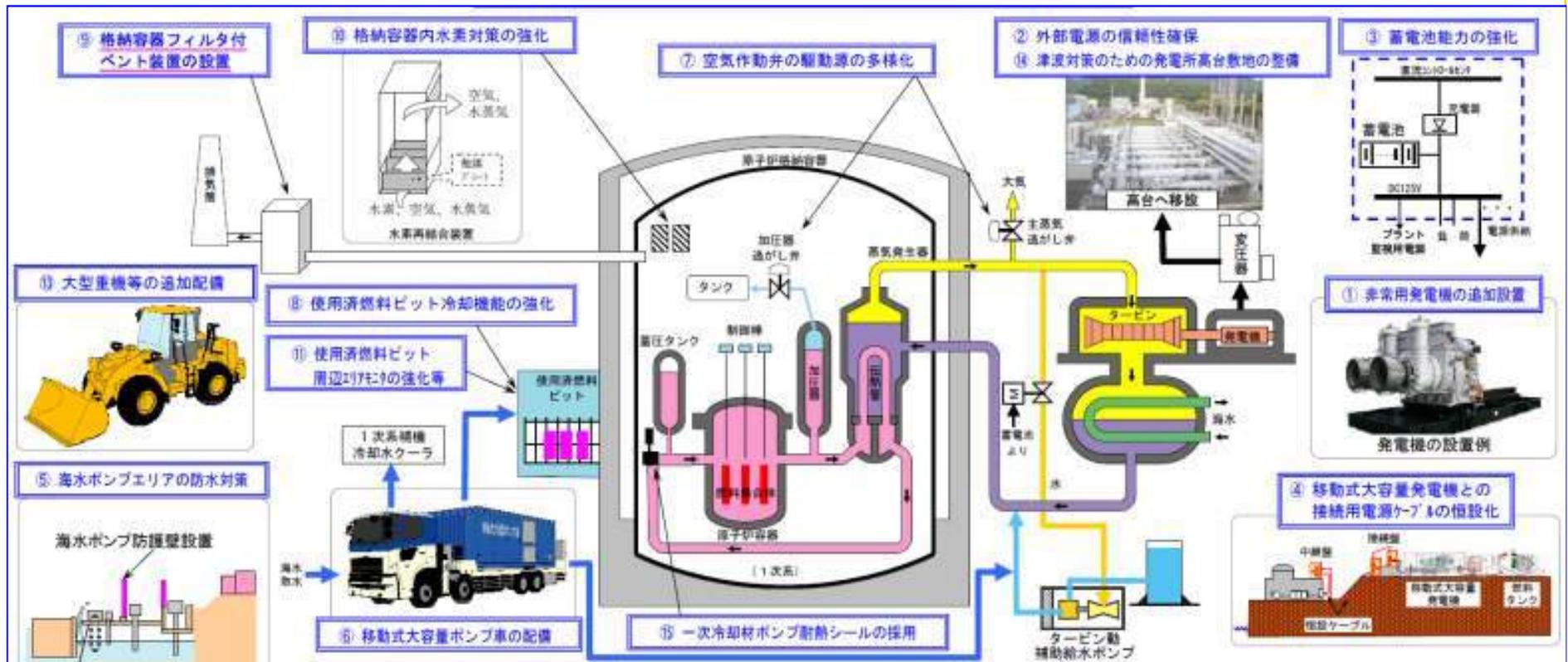
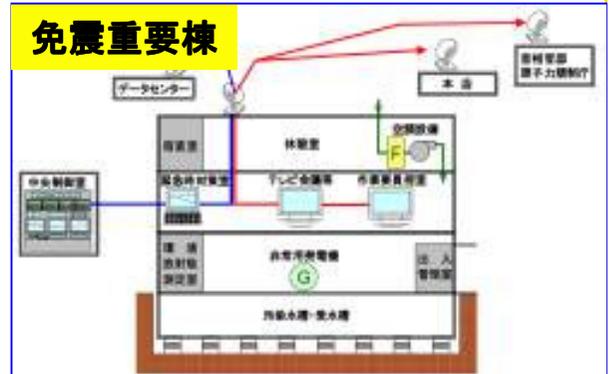
深層防護 3層から5層へ

従来3段階「異常の発生防止＋異常の拡大防止＋異常の影響緩和」
 今後5段階「＋過酷事故対策＋防災」←（従来は事業者任せ）
 ⇒新安全基準の構築



更なる安全性向上対策(九電玄海・川内)

1. 電源確保対策(外部電源強化、空冷式非常用DG,蓄電池容量増等)
2. 冷却・注水対策(海水ポンプ防護、移動式ポンプ車など)
3. 格納容器機能強化(フィルター付ベント、水素再結合器)
4. 免震重要棟、テロ対策強化など



放射線、放射能について

■放射線は自然界に満ちており、人間の体内にもある

✓ 地球も宇宙も太古の昔から放射線に満ちており、宇宙から、大地の岩石等から、空気中のラドンの吸入や食物中の放射能から人類は放射線を浴びており、**年間世界平均は2.4ミリシーベルト**、ブラジルやイランなどでは岩石や地質などの影響で10ミリシーベルト以上浴びている。

✓ 土壌中のカリウムや炭素などの極微量の放射性同位元素が野菜、穀物、魚、肉などに含まれ、体内に取り込まれて**一人平均約7,000ベクレルの放射能**を持っている。**セシウム** はカリウムと体内ではほぼ同等の作用。

(注)シーベルト(Sv)という単位は人間が放射線を受けた時の影響を表すもの
ベクレル(Bq)は放射性物質から発生する放射能の強さを表すもの。

■放射線は医療を始め、工業、農業等に広く利用され、社会に役に立っている

■放射線被ばくの人体影響は100mSv以下では他と区別がつかない。

✓ 広島、長崎の原爆被爆者やチェルノブイリ事故被ばく者の追跡結果から、
“**年間100mSv以下の放射線被ばくでは健康被害の報告は無い**”、
“**100mSvの被ばくで癌に罹る確率は野菜摂取不足や塩分の取り過ぎと同等**”
“(被ばく線量に関係なく)**遺伝的影響は無い**”。

■三朝温泉、有馬温泉、増富温泉などラドン温泉：“**放射線ホルミシス効果**”

■**自然放射線も人工放射線も**人体への影響は同じである。

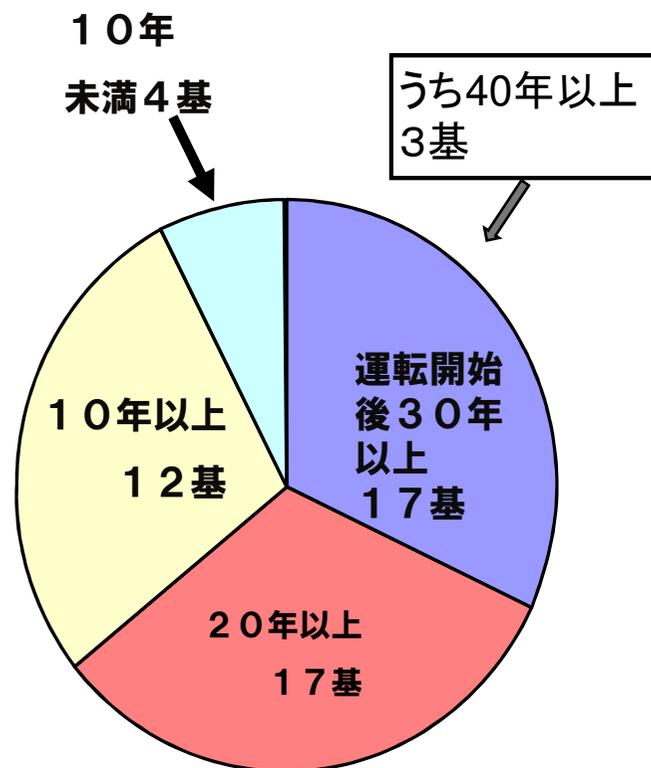
わが国の原子力発電所の運転年数

＜我が国原子力発電所の年令＞

2012年8月現在、わが国では50基の
原子力発電所が運転中、運転開始後
40年以上:3機(6%)
30年以上:17機(34%)
20年以上:34機(68%)
⇒高経年化状況の進行

原子力発電の経済性、化石燃料価格高騰、
地球温暖化対策等の為に、原子力発電所の
運転年数を出来るだけ延長したい。

- * 40年間は設計時の構造強度解析条件。60年で解析しても許容範囲。
- * 原子炉容器材料の中性子照射による脆性破壊強度劣化は100年でもOK
- * 実態としては、経済原則で寿命を決める。
- * 運転年数が増えても事故の発生確率は増えていない。
- * 米国では104基中、71基が60年まで認可され、19基が延長予定、13基が審査中、更に80年運転も調査研究が始まっている。



高経年化対策の例（美浜3号機）

＜美浜発電所3号機の運転・保守状況＞

累積発電電力	約1,509億kWh
計画外停止回	0.35回/年
累積設備利用	73.6%

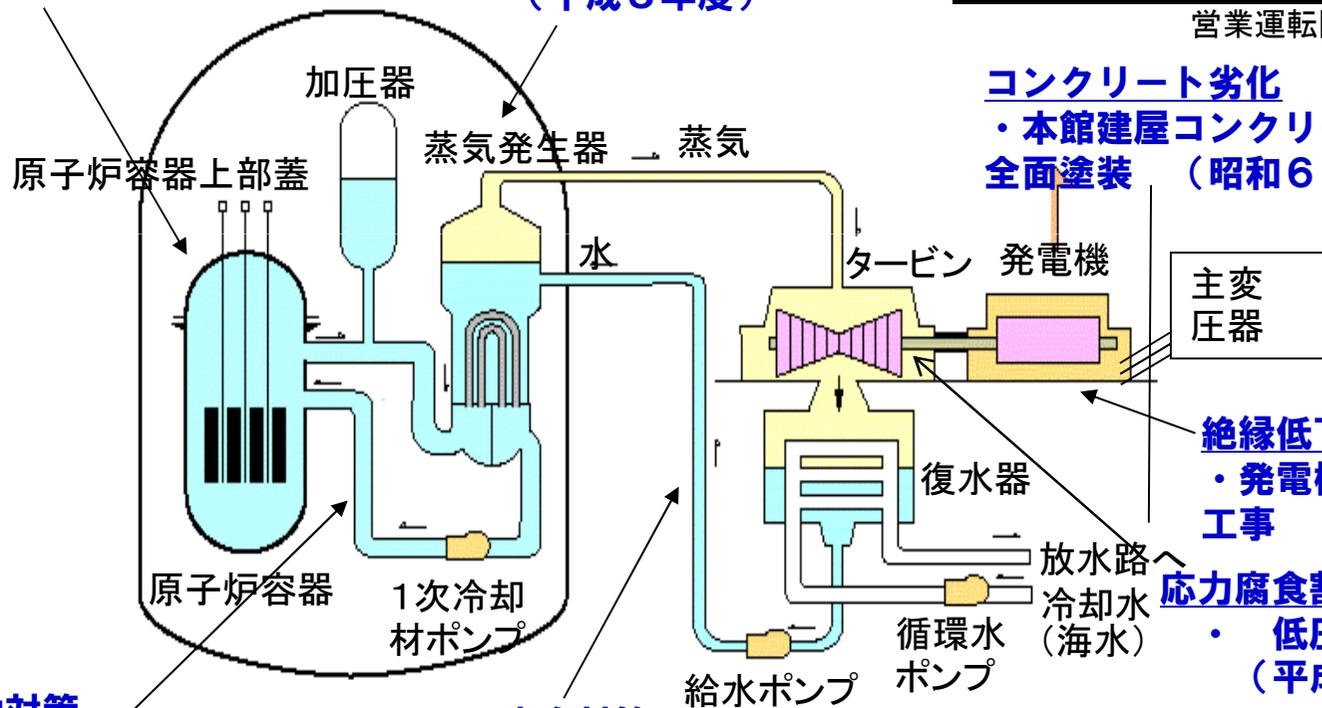
営業運転開始～平成16年度

応力腐食割れ

- ・原子炉容器上部蓋取替工事
（平成8年度）

応力腐食割れ、疲労対策

- ・ 蒸気発生器取替工事
（平成8年度）



コンクリート劣化

- ・本館建屋コンクリート外壁
全面塗装
（昭和62年度）

絶縁低下対策

- ・発電機固定子コイル巻替
工事
（平成12年度）

応力腐食割れ、エロージョン

- ・ 低圧タービン取替工事
（平成8年度）

疲労対策

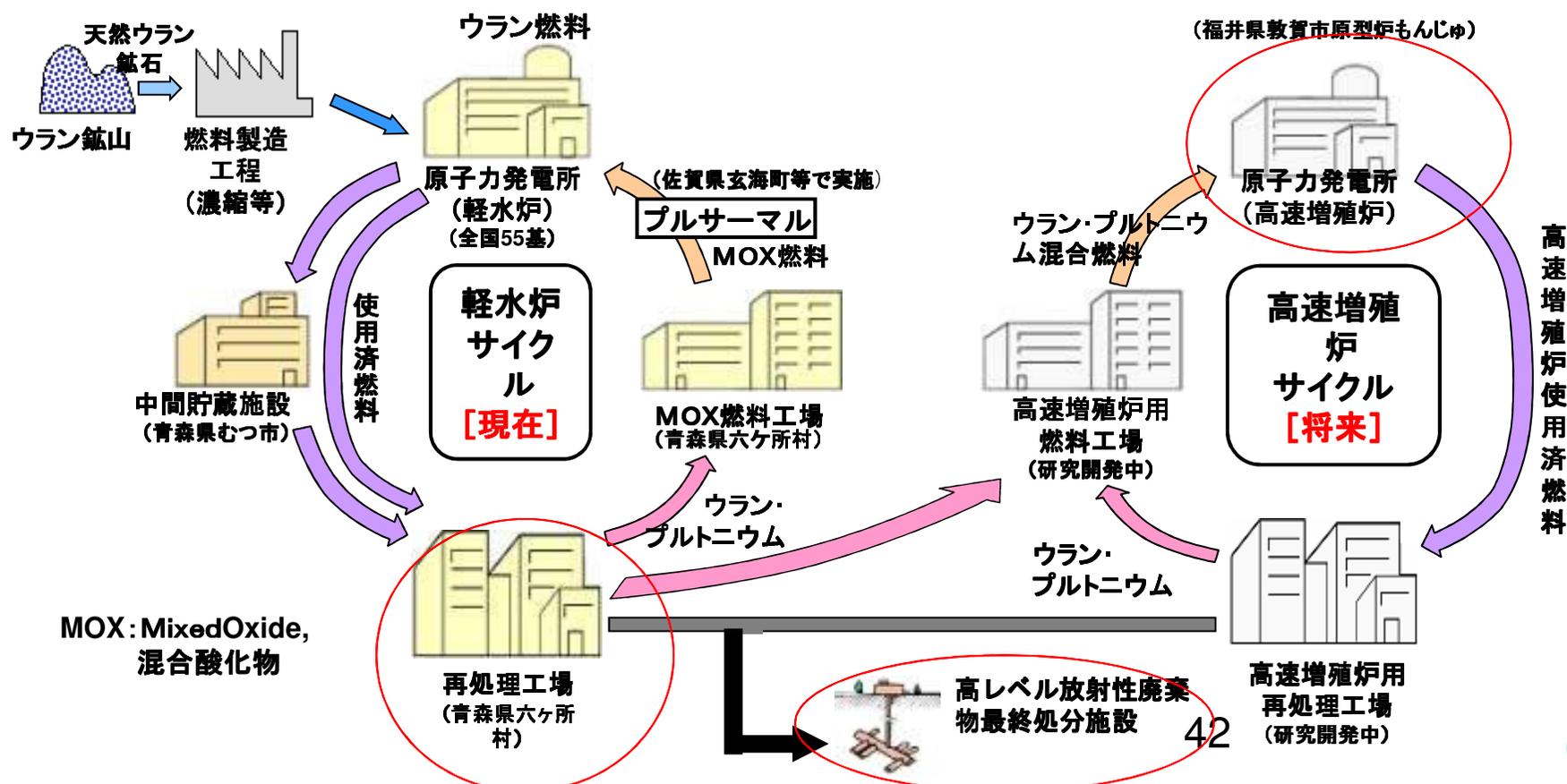
- ・ 1次冷却材分岐管取替え
（平成12年度）

腐食対策

- ・ 2次系熱交換器取替え
（平成16年度）
- ・ 2次系配管取替え
（平成16年度）

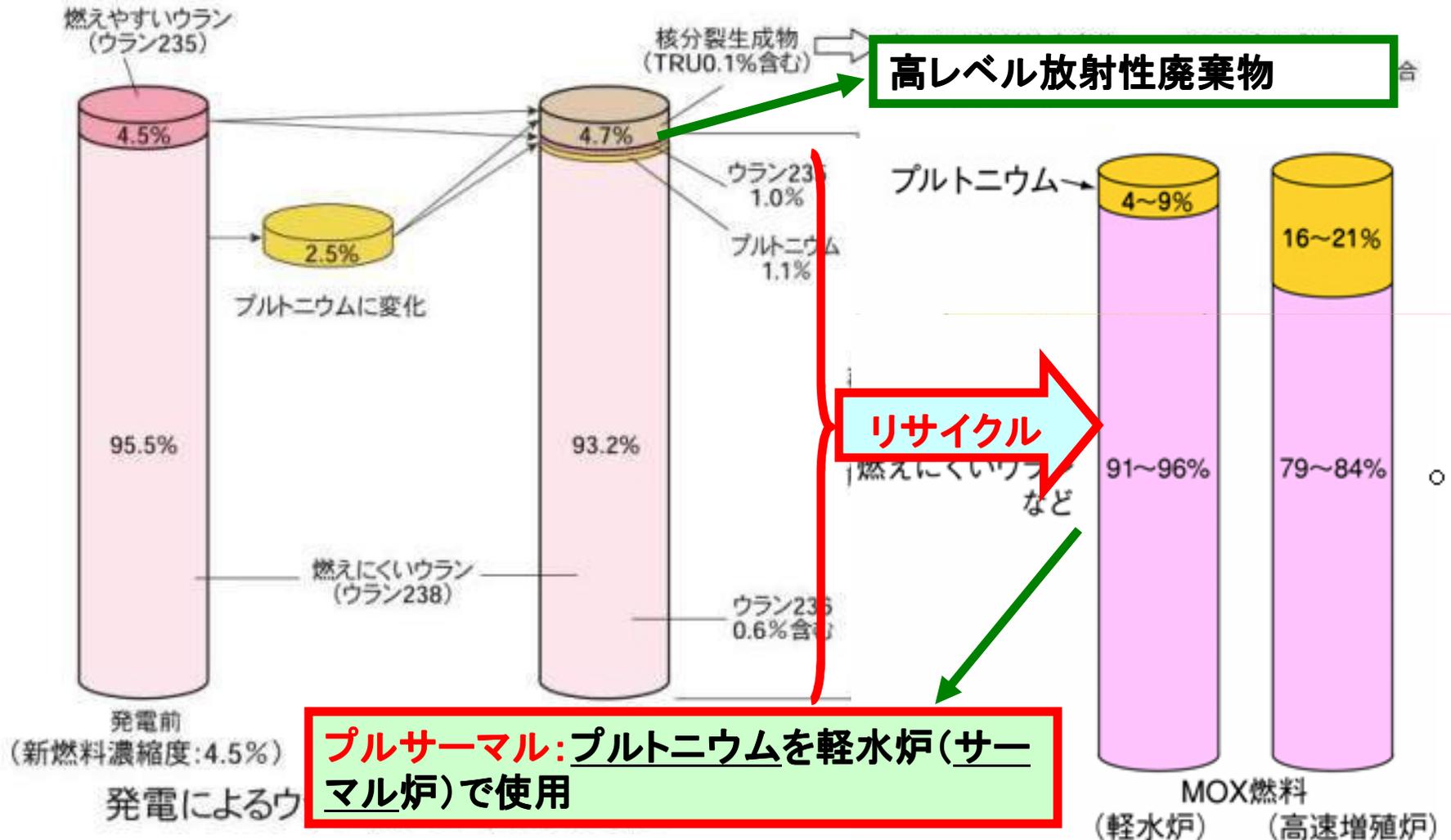
核燃料サイクル

- 「核燃料サイクル」とは、原子力発電所の使用済燃料を再処理することにより取り出したウランとプルトニウムを再利用すること。
- ウラン資源の有効活用、国産エネルギー確保に貢献。
- 放射性廃棄物の量と毒性を減少。



使用済みウラン燃料のリサイクル

〈エネルギー生産量: 燃焼度 (平均) 45,000MWD/tUの場合〉



高速増殖炉の実用化への道のり

1970 1980 1990 2000 2010 2020 2030 2040 2050

常陽

1977年臨界

もんじゅ

1994年臨界

実証炉

~2025年運開

実用炉

2050年迄に運開

実用炉(2)

(電気出力150万kW)

実験炉「常陽」

(炉出力14万kWt)



FBR成立性の実証
燃料・材料の照射データの蓄積

原型炉「もんじゅ」

(電気出力28万kWe)

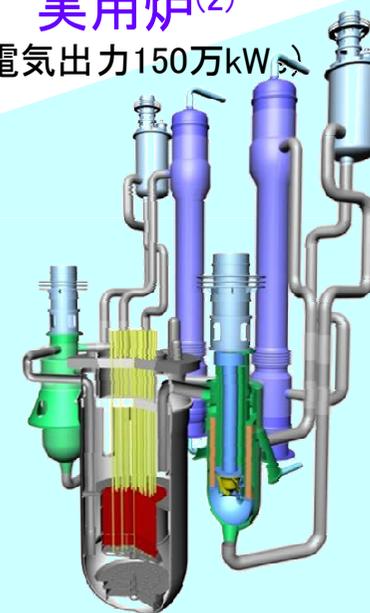


発電の実証
ナトリウム技術の確立

実証炉(1)



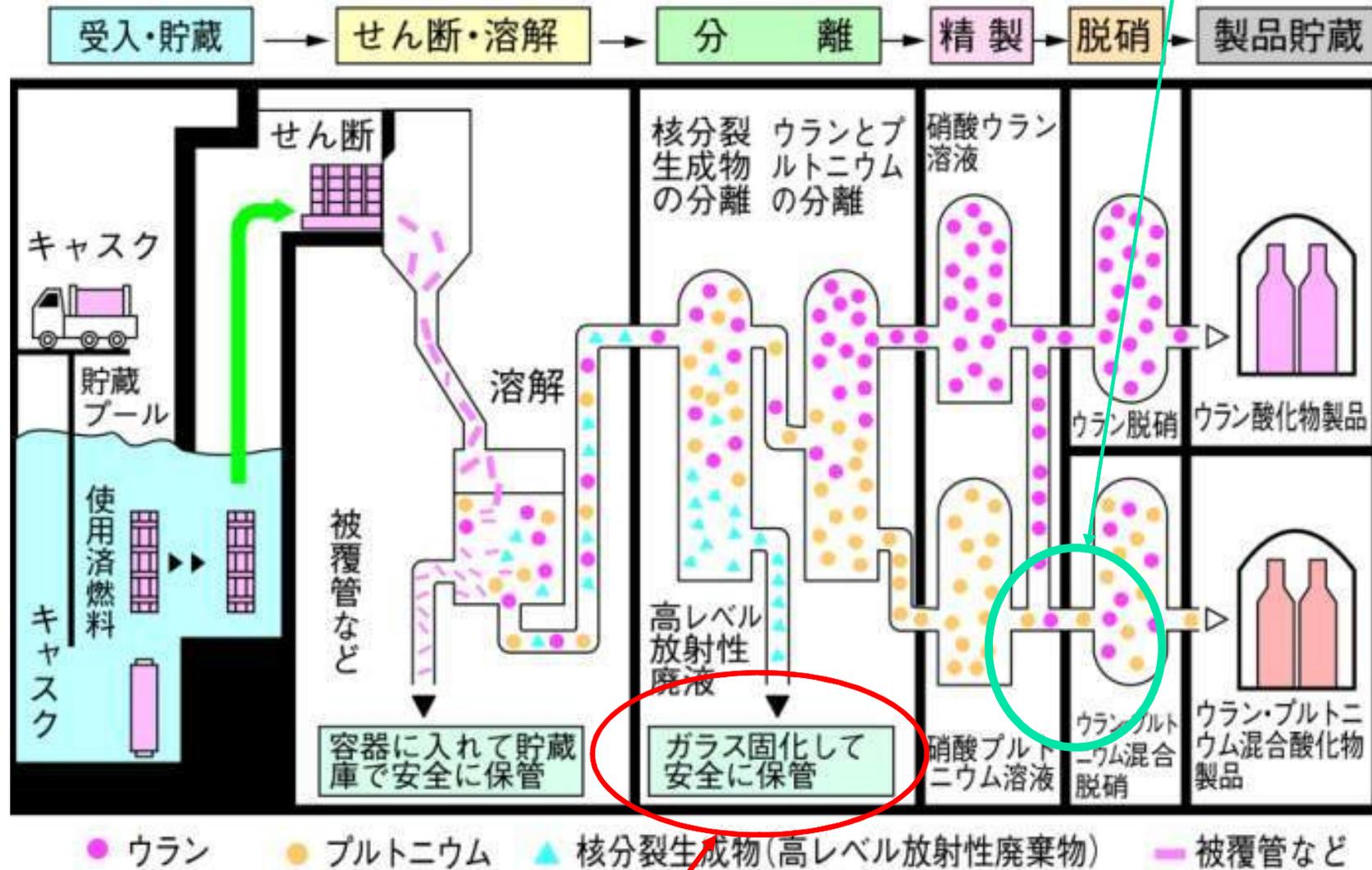
革新技術の実証



- JAEA、MHI、MFBRの3者が一体で推進。
 - 2009年4月にFBR推進室を設置。
- 実証炉建設に向けて、プロジェクトを推進。

使用済燃料再処理の工程

プルトニウムをウランと混合⇒核不拡散性



ガラス溶融炉がトラブル、来年10月までには解決し営業運転の見込み

【出典:(財)日本原子力文化振興財団「原子量・エネルギー図面集2005-2006」】

高レベル廃棄物の処分方法

少なくとも数万年以上という長い期間を考慮した対策が必要

人間による監視



長期管理貯蔵

超長期には困難

処分の負荷軽減
の可能性

分離変換技術

全量消滅は困難

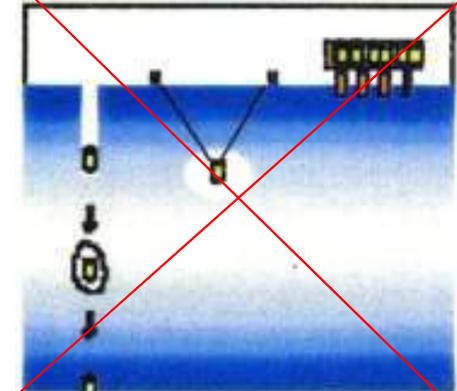
処分（永久隔離）

宇宙空間



技術的安全性・経済性が課題

極地の氷床



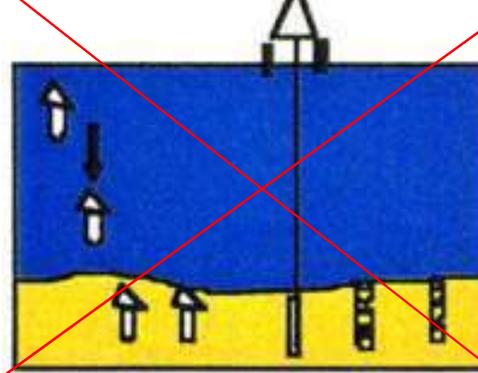
ロンドン条約により禁止
氷床特性の解明が不十分

地層中



他の方法に比べて最も問題点
が少なく実現可能性が高い

海洋底下



ロンドン条約により禁止