

原子力エネルギー利用の安全と安心

平成21年3月8日

日本原子力学会シニアネットワーク

運営委員

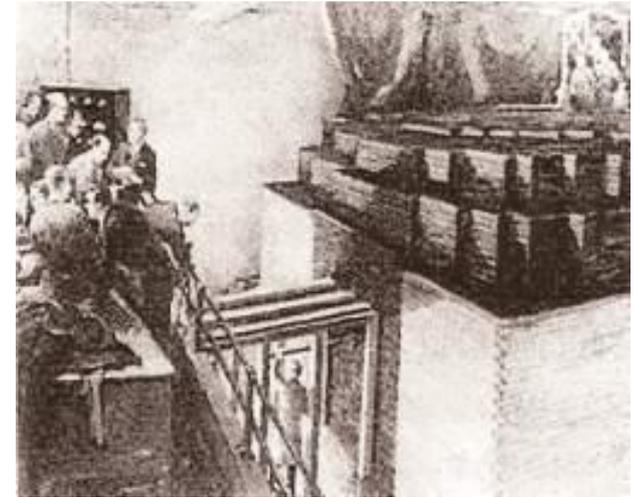
林 勉

原子力エネルギー利用の歴史

- 1895年レントゲン、X線を発見
- 1898年**キュリー夫人**、ラジウム発見
- 1942年フェルミら、**シカゴパイルー1**
で核分裂連鎖反応に成功
- 1945年アメリカ原爆実験成功、
広島・長崎に原爆投下
- 1953年**アイゼンハワー**、原子力の平和利用宣言
- 1955年PWR搭載**原子力潜水艦ノーチラス号**就航
- 1957年米国、WH社、初の商業用原子炉、
 Shippingポートー1号(10万KW、PWR)運転開始
- 1960年米国、GE社、初のBWR、
ドレスデンー1号(20万KW)運転開始
以後日・米・欧で原子力発電が大々的に開発された。
- 1979年アメリカ、**スリーマイル2号炉**原子炉損傷事故
- 1986年ソ連、**チェルノブイリ**原子炉損傷、放射能放出事故
以後世界的に原子力低迷時期に突入
- 2000年代、エネルギー・環境問題から**世界的に原子力への熱い期待**が寄せられている。



キュリー夫人



シカゴパイルー1



国連に於ける

アイゼンハワー大統領の演説

世界の現状:原子力発電所: 438基、電力の約16%を供給
わが国の現状:原子力発電所: 55基、電力の約30%を供給

原子力の光と影

光

- 世界が望む平和利用
- CO₂の排出が非常に少ない
- 少量の資源で大量のエネルギー発生(備蓄が容易)
- 資源量が豊富
- 国産エネルギーとしての位置づけ
- 原子力利用の将来展開

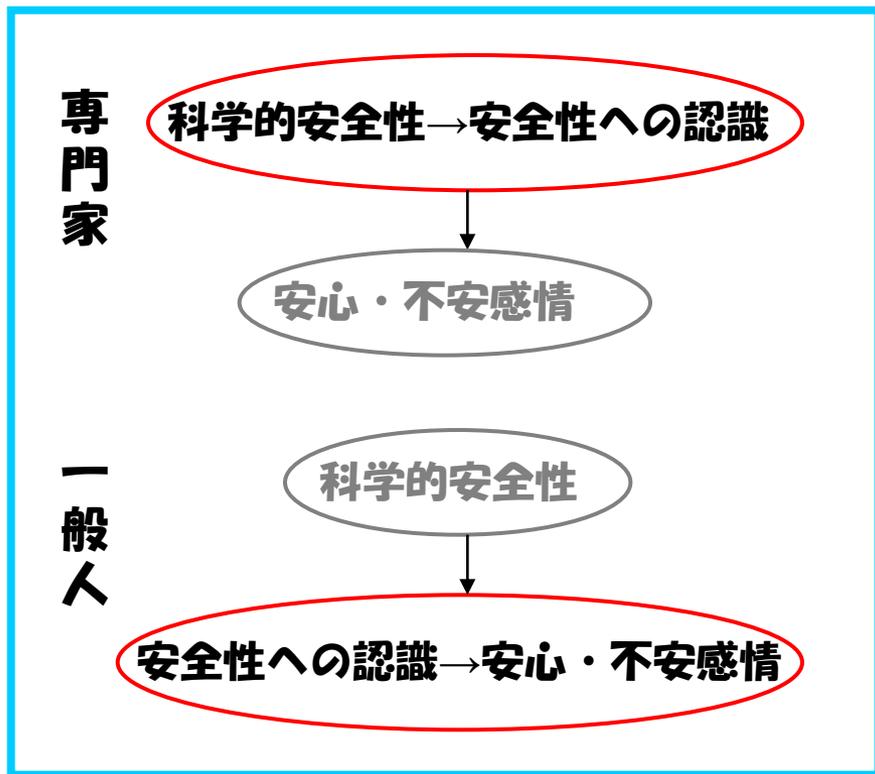
影

- 世界の懸念、軍事利用
- 核不拡散問題の対応
- 放射線の恐怖への対応
- 原子力の安全・安心への対応
- 原子力廃棄物処理問題の対応

原子力の平和利用を拡大するためには、光と影の両面をしっかりと理解して、光を拡大し、影を最小限にして、社会的受容性を高める努力を継続しなければならない

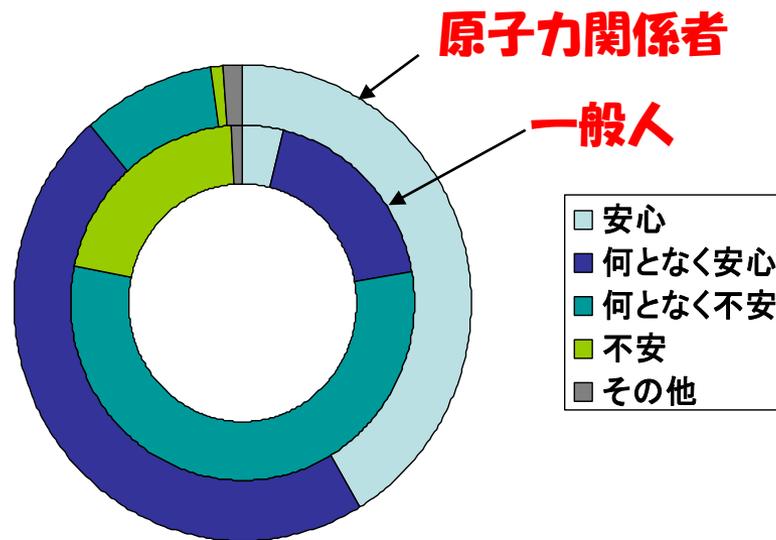
原子力発電に対する安心・不安

専門家と一般人の意識の差



原子力発電に対する安心・不安

アンケート調査



原子力発電の安全への対応

原子力発電の安全をどう確保するか

- **安全確保の基本：**

 - 一般公衆に対する有意な放射線災害の防護

- **安全確保に対する国の関与：**

 - 国の安全審査による、立地評価・認可、安全評価・認可、
設備健全性確保のための工事認可、溶接認可、設備製作中検査、使用前検査、
運転開始後の定期検査

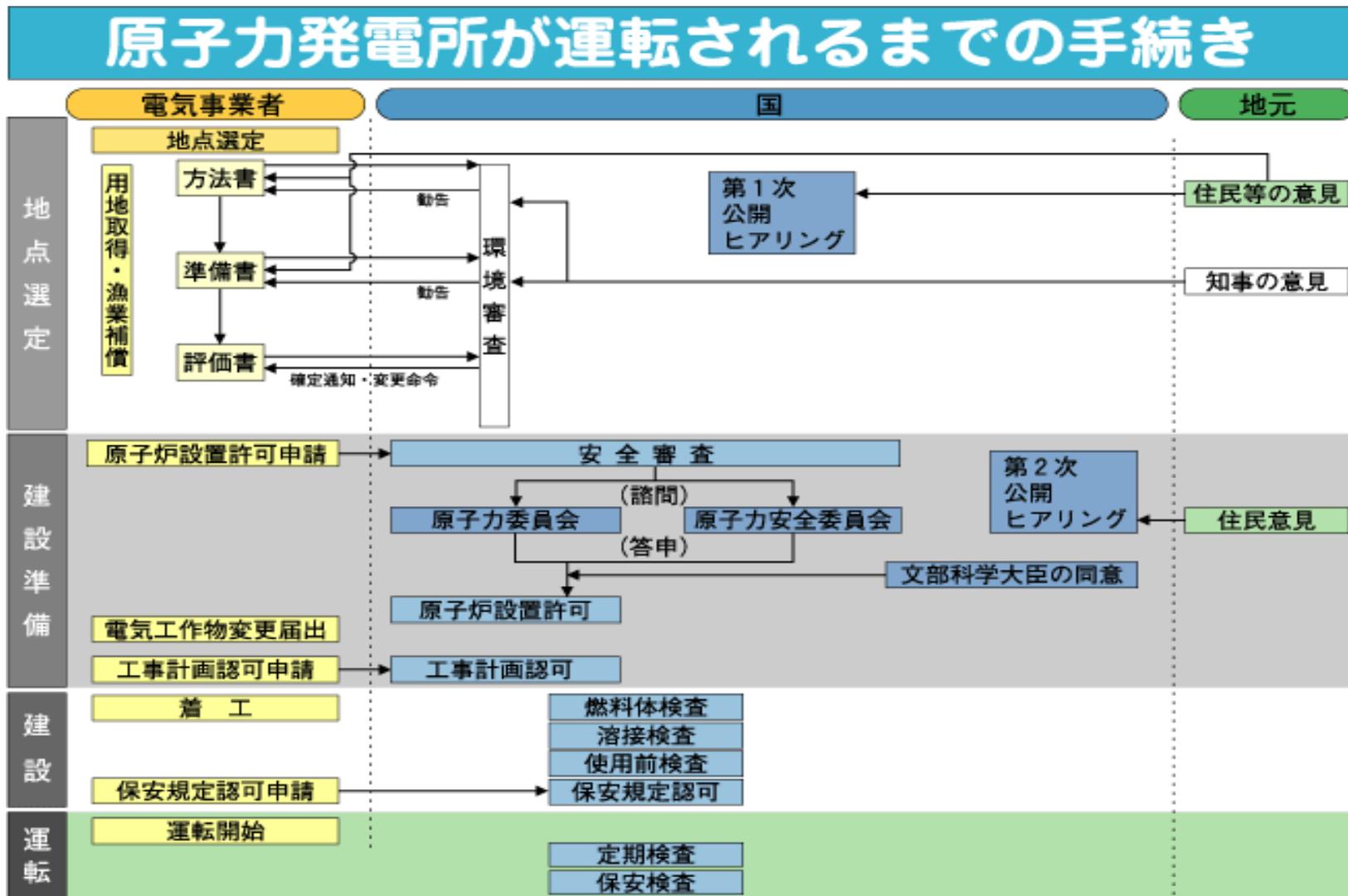
- **安全確保策の設計対応：**

 - 原子炉の固有の安全性、放射能を閉じ込める5重の壁、非常時安全設備、
原子炉スクラム機能、非常用電源設備、強固な耐震設計

- **電力事業者の対応：**

 - 安全文化の醸成、事業者運転管理基準の整備、従事者の教育、情報の透明化

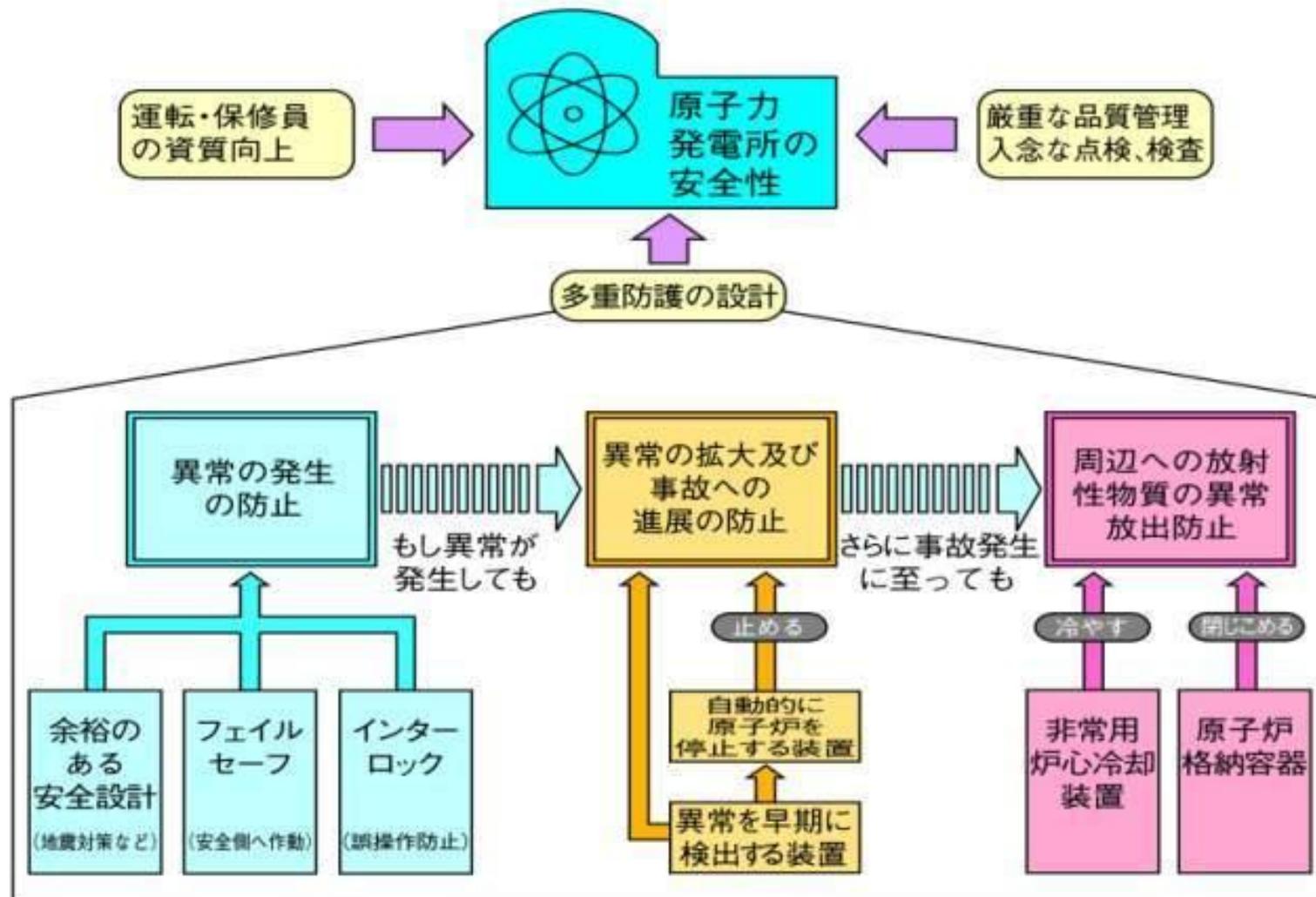
発電所運転までの手続き



解説—スライド6、原子力発電所の許認可

- 地点選定、建設準備、建設、運転および廃止措置の各段階で国の厳重な審査や検査を受け、許可認可を受けなければならない。
- 地点選定の段階では、用地取得交渉、漁業補償等の検討とともに、知事の意見も反映した環境審査が行われ、この結果は第1次公開ヒアリングで住民等の意見を反映する。
- 建設準備段階では原子力委員会、原子力安全委員会による安全審査が行われ、この結果は第2次公開ヒアリングで住民等の意見を反映し、文科省大臣の同意を得て、原子炉設置許可がおりる。この段階で工事計画認可申請がなされ、認可を得て着工の段階になる。
- 建設段階では工事計画、およびメーカーよりの溶接認可申請に従った許認可のもとで工事が進められる。使用前検査、保安規定認可を得て、原子力安全委員会の認定により、運転許可がおりる。
- 運転段階では、定期検査、保安検査により継続的安全性、信頼性確保がなされていることを確認する。
- 廃止措置段階では、廃止措置計画申請、保安規定変更認可申請、に対する原子力安全保安院の審査を経て廃止措置が行われる。

安全確保のしくみ

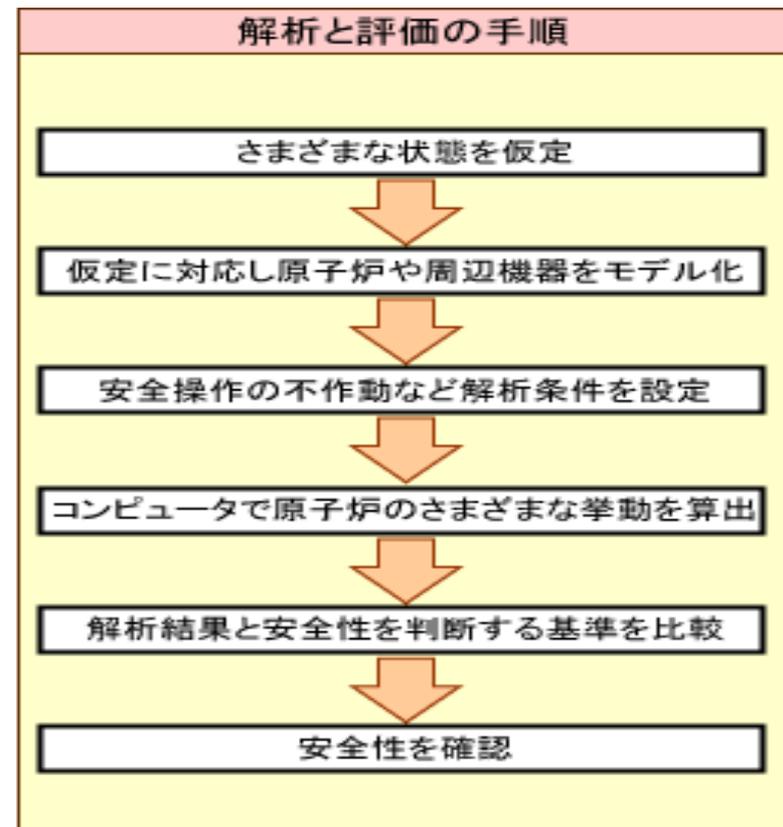
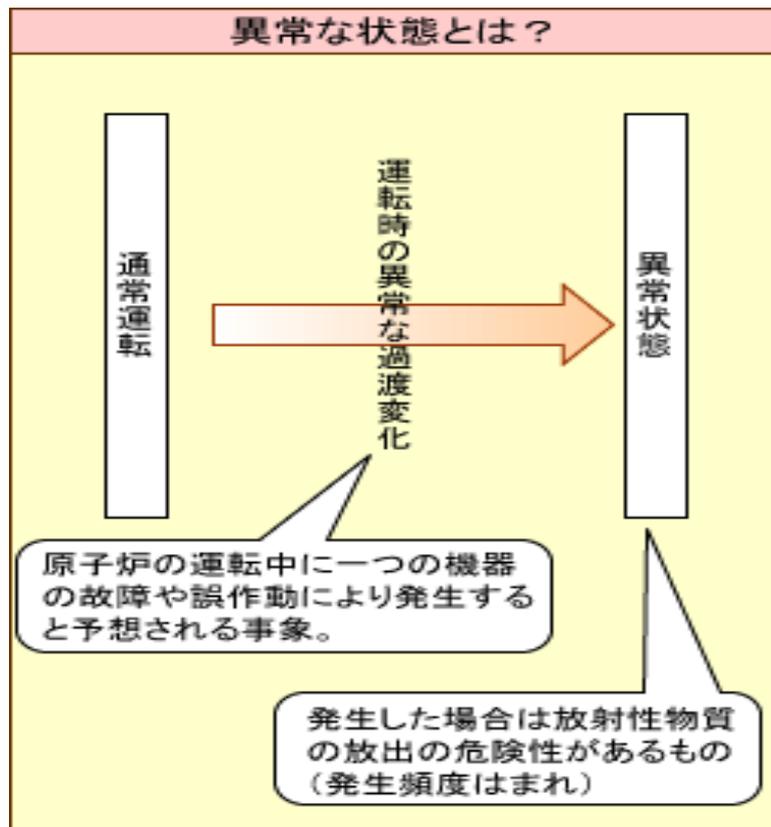


解説スライド 8、原子力発電所の安全確保の仕組み

- 安全を確保した**多重防護の設計**がなされた原子力発電所を**能力・経験の豊富な運転員**が運転し、**厳重な品質管理、入念な点検・検査**を行うことで、安全の確保を図っている。
- 多重防護設計の第一はまず異常の発生の防止を図ることである。このために余裕のある設計、**フェイルセーフ設計、インターロックによる誤操作防止設計**等が行われている。
- 多重防護設計の第2は万一異常が発生してもその拡大および事故への発展を防止することである。このために異常を早期に検出する装置をそなえ、また必要により**原子炉を停止する装置（止める）**を備えている。
- 多重防護の第3点は、さらに万一事故が発生しても周辺環境への放射性物質の放出防止を図ることである。このために**非常用炉心冷却装置（冷やす）と原子炉格納容器（閉じ込める）**を備えている。

安全審査における安全評価

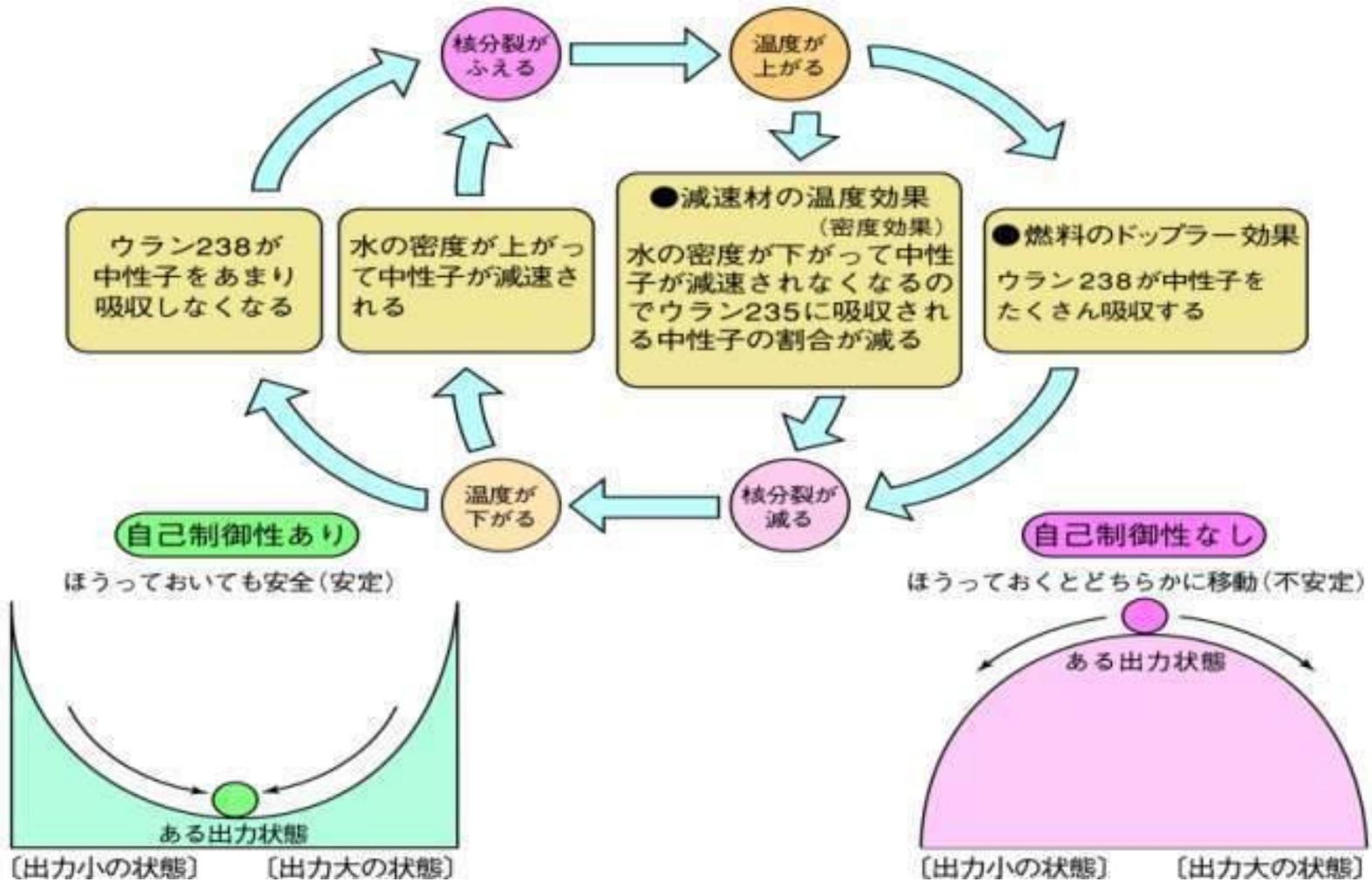
原子炉施設の構築物、機器などは通常運転の状態だけでなく、異常な状態においても安全確保の観点から所定の機能を果たすことが必要である。安全審査においては、異常な状態についても解析し、所定の機能が保たれるかを評価する。



安全系の設計の考え方

- ・ **原子炉** : 燃料の許容設計限界を超えることがないこと。炉心及び反応度制御系は原子炉出力を制御できること。
固有の安全性を備えていること。
- ・ **安全保護系** : 異常な状態を検知し、原子炉停止系及び工学的安全施設の作動を自動的に開始させられること。安全保護機能を失わないように、多重性・独立性を備えていること。
- ・ **原子炉停止系** : 原子炉を停止することができる二つの独立した系を有すること。そのうち少なくとも一つは異常時において、炉心を臨界未満に維持できること。試験可能なシステムであること。→ **止める**
- ・ **原子炉冷却系** : 原子炉冷却材圧力バウンダリーの健全性が確保されること。機器で発生した熱や残留熱を除去できること。最終的な熱の逃がし場へ熱を輸送できること。→ **冷やす**
- ・ **非常用炉心冷却系** : 原子炉を冷却する配管が破断し、冷却材が喪失しても、炉心に冷却水を供給して冷却できる設計であること。
→ **冷やす**
- ・ **原子炉格納容器** : 想定事象に対し、圧力・温度・動荷重や適切な地震荷重に耐え、かつ適切に作動する隔離機能とあいまって所定の漏えい率を超えることがないこと。→ **閉じ込める**

原子炉の固有の安全性(自己制御性)

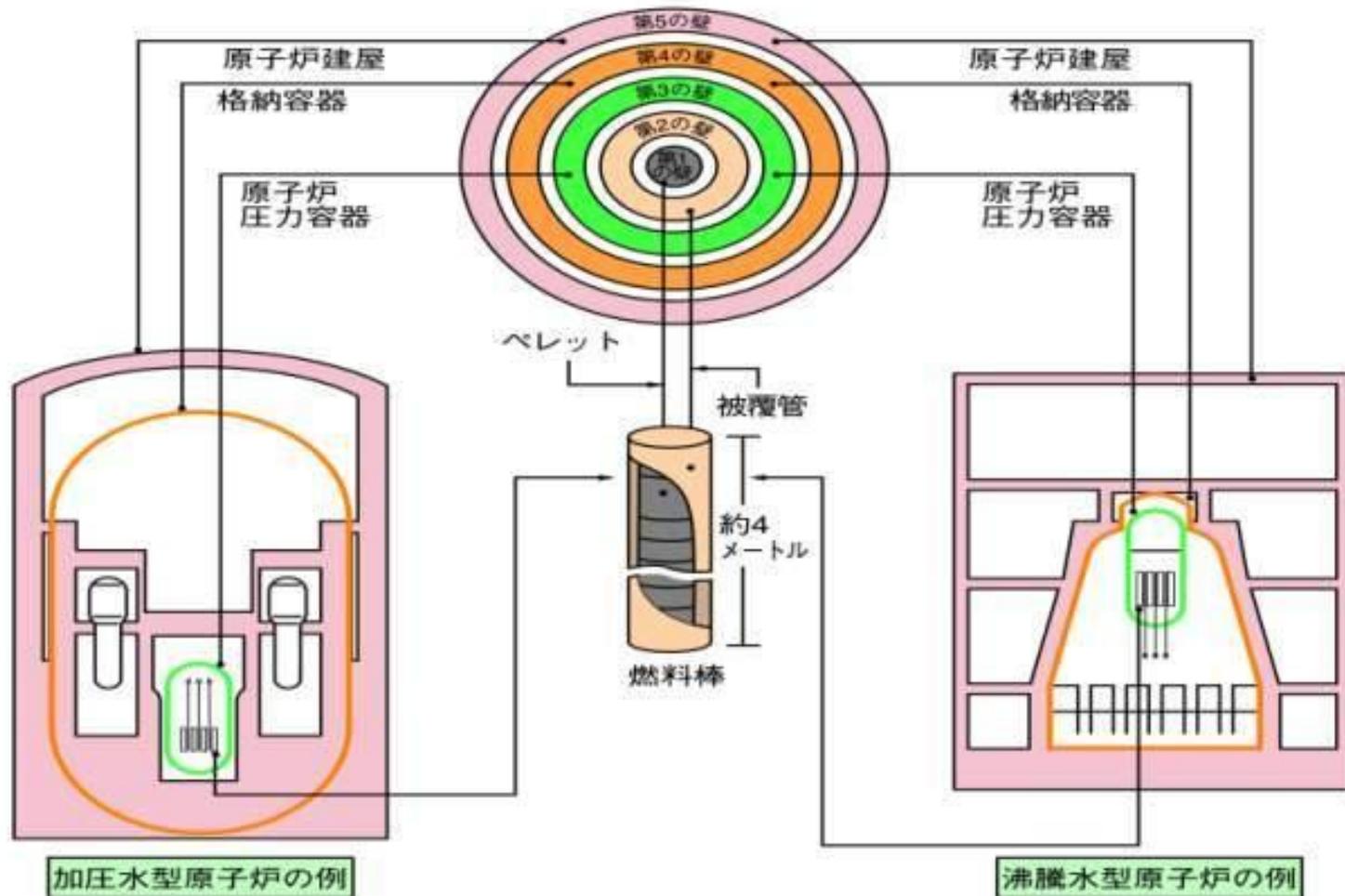


解説—スライド12、原子炉の固有の安全性（自己制御性）

- 核反応は安定して所定の出力が出るように制御されています。しかし運転中には色々な外乱が生じることがあります。このような時でも安定に運転できるように設計されています。このことを原子炉の固有の安全性または自己制御性があると言います。
- 自己制御性があるというのは、おわんの底にある球のように左右に振れても元に戻る性質を言います。逆に伏せたおわんの上にある球は少しでも振れると落ちてしまい、自己制御性がないと言います。
- 原子核反応では中性子の量と燃料の温度変化や減速材である水の密度の関係で自己制御性が成立するように設計されています。これが確実になされていることが、国の安全審査の最重要項目の一つとなっています。

閉じ込める

放射能を閉じ込める5重の壁



解説－スライド14、放射能を閉じ込める5重の壁

- 原子力発電の安全確保は、放射能・放射線被害からの防護をすることにより達成されます。そのために核分裂をさせる核燃料および核燃料からの熱エネルギーを蒸気エネルギーに変える機器・設備の設計に放射能漏れを起こさせないような多重の防護設計が織り込まれています。
- これを5重の壁と言っています。

第1の壁は酸化ウラン燃料それ自身で、セラミック(せともの)に固められ、液体やガスのように散逸しにくくしています。

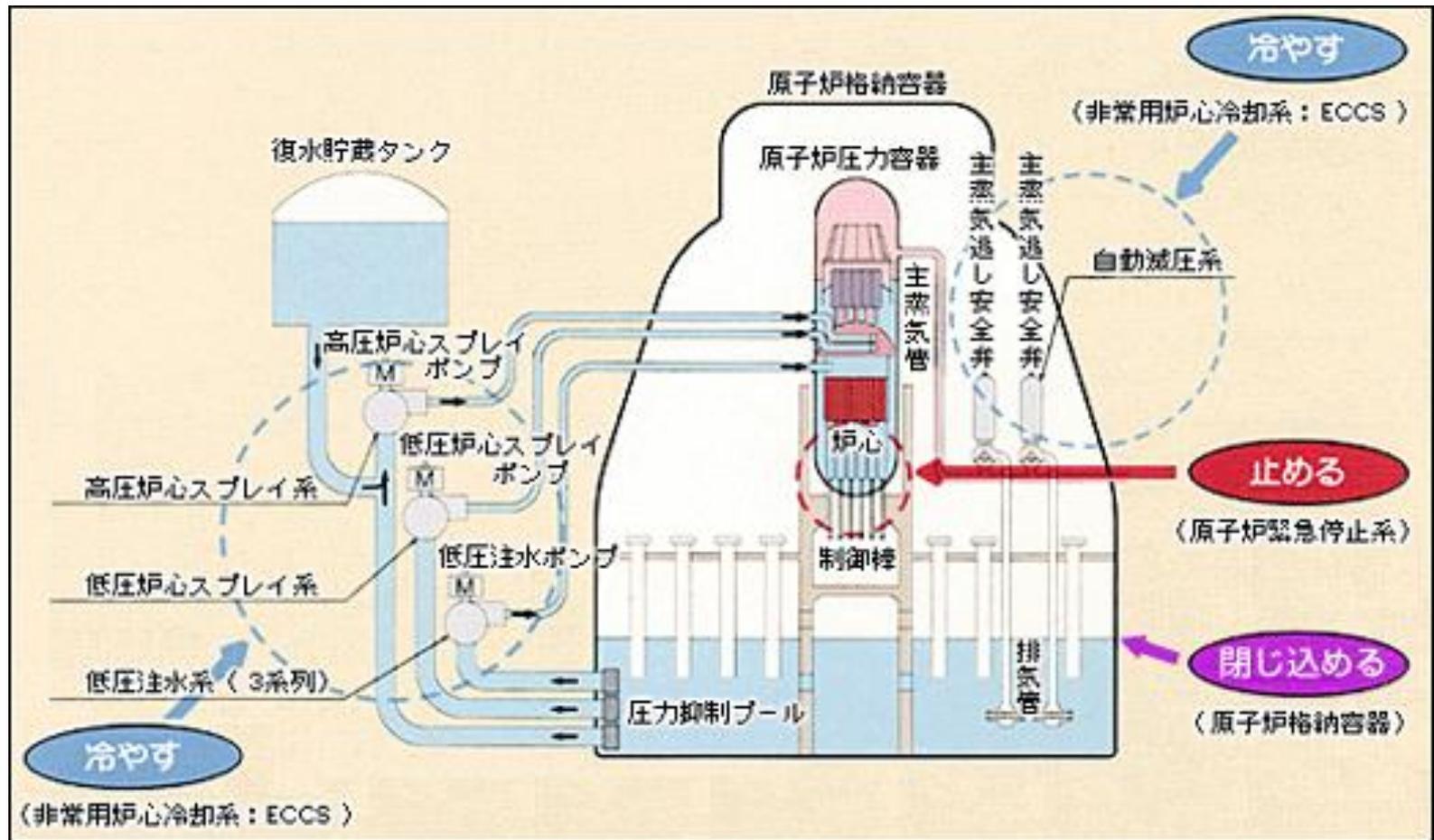
第2の壁はペレットを入れている燃料被覆管で漏れを防止します。

第3の壁は強固な鋼製圧力容器でこの中に閉じ込めます。

第4の壁は格納容器で最大仮想事故時でもこの中に閉じ込めます。

第5の壁は原子炉建屋で通常外気より負圧に保たれ、外部への漏れを防ぎます。

BWRの非常時安全設備



解説—スライド16、BWRの非常用炉心冷却装置等

- BWRでは非常用炉心冷却装置等が設けられており、格納容器内で大中小径の配管が破断を想定した事故時でも炉心の冷却が確実に行われるように設計されている。
- 炉内の核反応は制御棒およびはホウ酸水を注入し、確実に停止する設計になっている。
- 格納容器内の圧力が高まると高圧蒸気は圧力抑制室に導かれ、凝縮し減圧される。
- 圧力容器内の蒸気圧は自動減圧系により速やかに減圧される。
- 炉心冷却は高圧炉心スプレイ系、低圧注水系、低圧炉心スプレイ系により冷却される。
- 格納容器内を冷却するために格納容器スプレイ系も設けられている。
- 冷却を行うための水源は復水貯蔵タンクより必要により補給される。

原子炉スクラム信号の種類について

以下の原子炉スクラム信号が発生すると原子炉はスクラムする。

	スクラム信号	目的
①	原子炉圧力高	原子炉圧力上昇による正の反応度増加の制限
②	原子炉水位低	原子炉冷却能力の低下の防止
③	トライウェル圧力高	原子炉冷却材圧力バウンダリの破断の検知
④	中性子束高	燃料被覆管の温度上昇の防止
⑤	原子炉周期短	燃料被覆管の温度上昇の防止
⑥	炉心流量急減	燃料被覆管の温度上昇の防止
⑦	制御棒充てん水圧力低	スクラムに必要な水圧の不足状態の回避
⑧	主蒸気隔離弁閉	弁閉時の原子炉圧力上昇の防止
⑨	タービン蒸気止め弁閉	弁閉時の原子炉圧力上昇の防止
⑩	タービン蒸気加減弁閉	弁閉時の原子炉圧力上昇の防止
⑪	主蒸気管放射能高	燃料損傷時の放射性物質の放出の防止
⑫	地震加速度大	地震による影響からの原子炉の保護
⑬	中性子計装動作不能	中性子計装の動作不能のため
⑭	手動	運転員が必要と判断した時にスクラム実行のため
⑮	モードスイッチ「停止」位置	プラント停止時の確実な全制御棒全挿入のため

所内電源設備 非常用ディーゼル発電機

- ・ディーゼル機関により駆動される発電機で、その初期励磁電源や、制御電源は、直流電源を用いており、外部電源（交流電源）が喪失したときに非常用炉心冷却系などの安全系負荷に電源を供給する。
- ・独立性、多重性が要求されているので、複数台（ABWRでは3台）を設けられている。
- ・設計基準事故である、外部電源喪失&冷却材喪失事故時に、安全解析で定められた時間内（ABWRでは35秒）に非常用炉心冷却系を作動させなければならない。（高速機では約13秒）



5295kW（7200ps）ディーゼルエンジン

プラント運転中の定例試験項目（例）

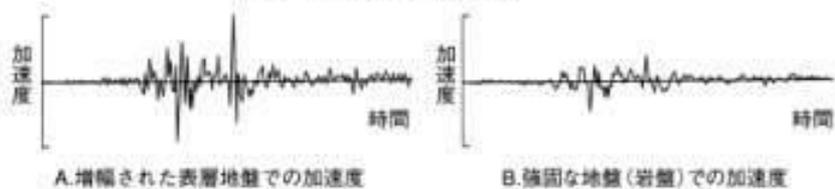
系 統 名	試 験 項 目	試 験 目 的	試験頻度
残留熱除去系	ポンプ手動起動試験	ポンプの健全性確認	1ヶ月毎
	電動弁手動開閉試験	電動弁の健全性確認	1ヶ月毎
高圧炉心注水系	ポンプ手動起動試験	ポンプの健全性確認	1ヶ月毎
	電動弁手動開閉試験	電動弁の健全性確認	1ヶ月毎
原子炉隔離時冷却系	ポンプ手動起動試験	ポンプ・タービンの健全性確認	1ヶ月毎
	電動弁手動開閉試験	電動弁の健全性確認	1ヶ月毎
ほう酸水注入系	ポンプ手動起動試験	ポンプの健全性確認	1ヶ月毎
	電動弁手動開閉試験	電動弁の健全性確認	1ヶ月毎
	ほう酸水濃度測定	ほう酸水の量及び濃度の確認	1ヶ月毎
非常用ガス処理系	手動起動試験	乾燥装置・排風機の健全性確認	1ヶ月毎
可燃性ガス濃度制御系	ブロワ作動試験	ブロワの健全性確認	1ヶ月毎
	電動弁手動開閉試験	電動弁の健全性確認	1ヶ月毎
非常用ディーゼル発電設備	ディーゼル発電機手動起動試験	ディーゼル発電機の健全性確認	1ヶ月毎
蓄電池	蓄電池点検（電圧, 比重, 液面の測定）	蓄電池健全性の確認	1ヶ月毎
	充電器電圧・電流点検	充電器健全性の確認	1週間毎
原子炉緊急停止系	トリップ論理回路試験	トリップ論理回路健全性の確認	1ヶ月毎

原子力発電所、耐震設計

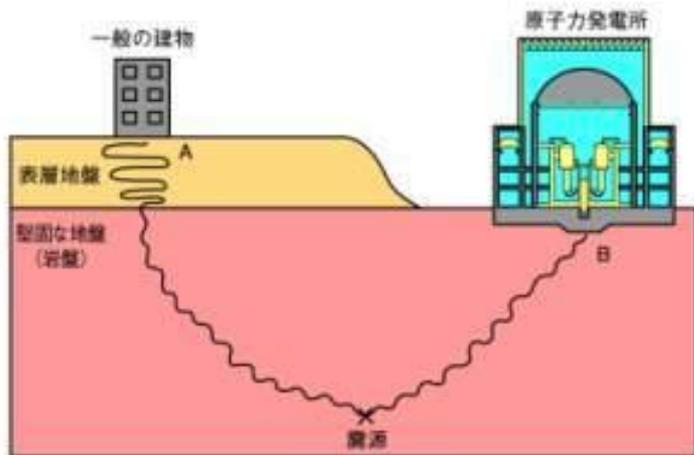
- ①活断層の上には建設しない
- ②十分な支持性能を持った地盤に設置する
- ③「残余のリスク」も考慮した、想定される最大の地震を考慮して設計する
- ④信頼性の高い解析プログラムを使用して設計評価する
- ⑤大型振動台により実証試験する
- ⑥大きな地震には自動的に運転を停止する
- ⑦津波に対しても対策する

原子力発電所と一般建築物の揺れの差

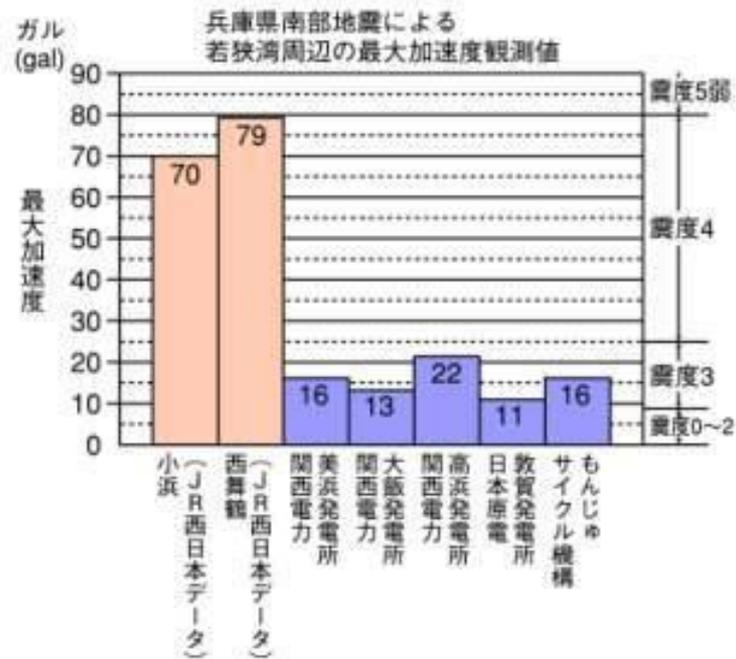
堅固な地盤（岩盤）上に設置した原子力発電所と一般の建物の揺れの伝わり方



注) 地震波形は模式図



堅固な地盤（岩盤）での揺れは表層地盤に比べ $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{3}$ 程度



出典：原子力安全・保安院パンフレット「原子力発電所の耐震安全性」他

耐震設計審査指針(耐震指針)の改訂概要

【改訂のポイント】

(2006年9月19日改訂)

項目	旧耐震指針	新耐震指針
想定する地震動	最強地震と限界地震の2種類の地震動を策定	2種類の地震動の策定方針を一本化
一律に考慮する地震	マグニチュード6.5の直下地震	過去の地震観測記録に基づき原子力発電所ごとに設定
考慮する活断層	5万年前以降の活動が否定できないもの	後期更新世(最長13万年前)以降の活動が否定できないもの
施設の重要度分類	As(最重要)、A(重要)、B、Cの4クラスに分類	最重要クラス(AsからSに呼称変更)の範囲をAクラスまで拡大(S、B、Cの3クラスに分類) →耐震クラス I~III

耐震クラス I 原子炉圧力容器、制御棒及び駆動機構、原子炉格納容器、非常用炉心冷却系、非常用ガス処理系等

耐震クラス II タービン設備、廃棄物処理系等

耐震クラス III 発電機、重油タンク等

中越沖地震による柏崎刈羽原子力発電所の実態

- ・**想定外の地震動：（想定：M 6.5、 実際：M 6.8）**
約3倍の地震エネルギー、これに地盤特性が加重。
活断層の評価が不十分であった。
- ・**被害：**
当面の問題： 変圧器の火災、微量の放射能の海水流出、
一部非重要施設の機器の損傷
その後の調査結果： AS, Aクラスの設備機器は健全。
設計余裕を持つ耐震設計手法の妥当性が証明された。
Cクラス機器に軽度の損傷。
- ・**健全性：** 停める、冷やす、漏らさない機能が確保された。
- ・**今後の対応：**
最新技術による地盤調査に基づく、想定地震動の見直し。
必要により設備機器の補強対策

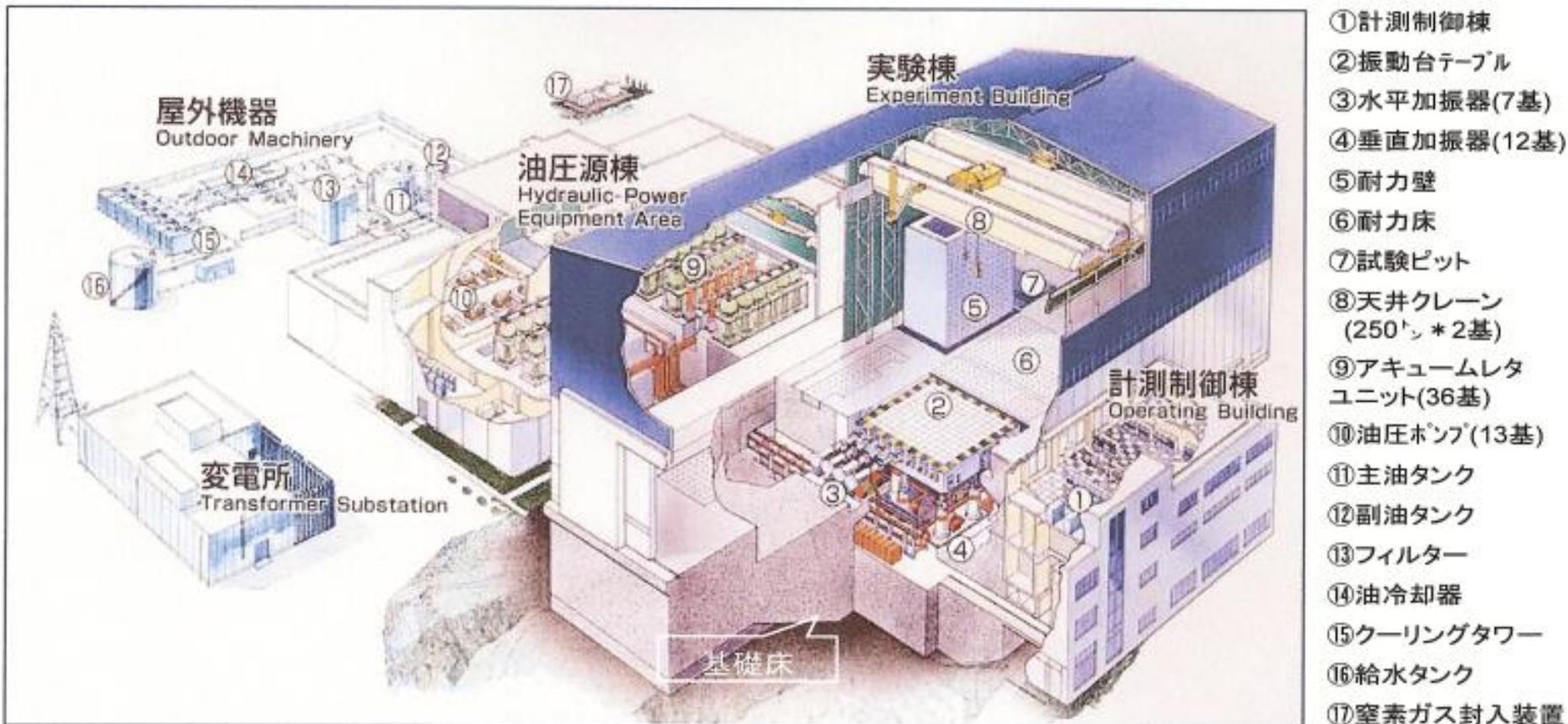
NUPECによる大型耐震実証試験

NUPECの多度津耐震実証試験は、原子力発電所が大地震に耐えられることを実証することを目的としている。発電所の重要な機器やシステムについて、実物大かそれに近い大きさの試験体を作り、試験体には、原子力発電所の耐震設計で想定する地震及びそれを超える地震を模擬した振動を加えた。

この試験では、耐震設計手法の妥当性や安全性の余裕も確認することとしている。地震時に制御棒が挿入できるか、非常用ディーゼル発電機は起動するか、原子炉停止時冷却系は作動するかなど、安全上重要な機器が正常に動作することも確認した。これらの試験は、平成17年3月をもって全て終了し、初期の目的を達成できた。

実証試験の規模

機器単体の実証	システムの実証	新技術・機能限界の実証	規制基準整備に関連する実証
原子炉格納容器(1/3.2~3.7) 原子炉圧力容器(1/1.2~1.5) 炉内構造物(1/1) BWR再循環配管(1/1) PWR一次冷却設備(1/2.5)	非常用ディーゼル設備(1/1) 電算機システム(1/3.2) 原子炉停止時冷却系等(1/1)	主蒸気系(1/2.5) コンクリート製格納容器(1/8~10) 制振サポート支持機器(1/2.5) 配管終局試験(1/1)	電気品(1/1) 横型ポンプ(1/1) 縦型ポンプ(1/1) 制御棒挿入性(1/1)



大型高性能振動台設備全景

実験棟を含む多度津振動台設備の全景です。高さ約38メートルの実験棟を中心に、事務本館も入っている計測制御棟、振動台駆動用の36基のアキュムレタユニットが収納されている油圧源棟がそれぞれ隣接しています。また周辺機器として、変電所や給水タンク、油タンクなどの屋外機器が配置されています。振動台テーブルは総重量15万トﾝ、最大深さ20メートルの鉄筋コンクリートの基礎床で支持されています。

電力事業者の対応(安全文化の醸成)－事故から学ぶ、改善の徹底

・チェルノブイリ事故

設計上の欠陥、運転の規則違反

→安全確保を最優先する安全文化の醸成、安全分野の国際協力、WAN0の設立

・スリーマイル2号機事故

事故時警報多発、制御室の混乱

→制御盤の改善(視覚表示、重要警報の優先)。独立の「緊急時中央司令所」の設置

・美浜3号機事故

関連会社依存体質、ヒューマンエラー

→肉厚測定計画、測定結果の評価は自社で、品質保証、保守管理のシステム改善強化

・志賀1号機臨界問題

トラブルの隠蔽、作業手順の不遵守

→隠蔽を許さない社内体制の確立、トラブルの電力間共有化の促進、作業者の教育、訓練の再徹底

・中越沖地震、柏崎刈羽原子力発電所

地震動評価技術の新知見の反映遅れ

→最新の知見に基づく厳密な調査と評価地震動の見直し。必要により耐震補強の実施。

電力事業者の対応（情報の透明化）

ニューシアによるトラブル情報発信

(<http://www.nucia.jp/>)

- 「ニューシア」は原子力発電所や原子燃料サイクル施設の運転に関する情報を広く共有するためのサイトであり、日本原子力技術協会が運営管理している。九電力、日本原電、日本原燃等の情報をカバーしている
- だれでも自由にアクセスできる。透明性確保、事業者の自主保安を目指している。
- トラブル情報の詳細、対策、水平展開等が閲覧できる。

原子力発電の安心をどう図るか

原子力発電の安心と不安

安全と安心の違い

- ・安全は技術的に確保できるレベルが明確
- ・安心は心の受けとめかたの問題で、状況により大きく変化する

不安の要因

- ・唯一の被爆国であり、基本的に放射線アレルギー
- ・メディアの不安を強調する報道姿勢による影響
- ・正しい情報が伝わりにくい社会情勢

安心を阻害する要因

- ・度重なるトラブル情報
- ・不正、隠蔽、虚偽報告等による不信の増大

国民の安心をどう確保するか

正しく分かりやすい情報の発信

- 原子力の安全確保と、原子力政策の根拠、国の責任
- 国と地方自治体との役割、政治問題を離れた協調関係
- 環境・エネルギー問題の現状と今後の説明
- 原子力の国際的動向と日本の役割等の説明
- 関係部署、機関等の役割分担の再構築

透明性の確保

- トラブル情報等の公開の浸透（**ニューシア**）
- 事業者の信頼回復、信頼してもらえる
技術者スポークスマン
- 反対派、慎重派等に対しても積極的に対応する

この辺で皆で直そう報道と国民理解

- **国 ・ 事業者。 タイムリーな発表 分かり易い解説**
 - ・ 迅速かつ入念な調査
 - ・ 耐震指針と健全性の再評価
 - ・ 危機管理の態勢見直しなど
- **協会 ・ 学会**
 - ・ 分かり易い解説をタイムリーに
- **マスメディア ・ 報道の在り方 - 煽情報道の戒め**
 - ・ 風評災害の種を撒いていないか？
 - ・ 社会の木鐸？

国に望む改善点

- **原子力立国計画の推進軸をはっきり言う。**
総理、大臣は直に国民に語るべき。原子力を批判だけでは「立国計画」と矛盾。総合的安全確立は国の責任。
- **オフサイトセンターは、放射能放出事故のみならず重大な原子力一般災害時にも活用すべき。**
- **公的な国内・海外への情報発信・見解発表の機関が必要。**
わが国は、欧米各国などと比べて、国益を意識した発表が必要。
- **震災時の政府の緊急対策本部に原子力屋、報道官（スポークスマン）が必要。**
TV（NHK）には解説テロップやデータ放送の活用を要請。**内外向け広報にNHKの国際放送の活用も。**

自治体に望む改善

- **国・自治体・事業者の責任分担の明確化**
防災・保安は自治体と事業者の任務
安全の審査・評価は国の仕事
- **インターネット公開中の放射線モニターの徹底活用 受身の情報は風評被害を招く。**
⇒地域モニターの測定データを積極広報する。
- **風評被害は大衆の根暗時代のマスゲーム。**
泣き寝入りせずに、積極、果敢に退治しよう。
明るいローカル報道でやり返そう。

事業者に望む改善

- 自己責任に基づく自主保安の徹底、それに基づく安心につながる信頼の醸成
- 事故災害時の広報スポークスマンの設置
経常的メディア対応訓練、国民の視点に立った情報発信
- 常時のメディアとの信頼関係構築。
原子力・放射線事故の相場観を作る。（マスコミの緊急時報道要員は決して専門家でない。）
- トラブル予知の前向き積極広報の好事例
日本原燃とJAEAのトラブル事例集

報道に望む改善

- ・ **一般国民の学習機会がいまやTVだ。
賛否両論の公正・公平な扱いをするようお願いしたい。**
- ・ **温暖化と資源問題解決のエースは原子力だ。
この点についての正しい国民的理解を促進する報道が望まれる。**
- ・ **事故時・緊急時の報道に際しては、いたずらに不安を煽る
記事、見出しは慎む。そのためには、外部の有識者や科学
記者とすり合わせる。**
- ・ **緊急時報道の後には、フォローアップ報道として、冷静な
かつ正確な記事の掲載を望む。**

国民に望むこと

- **これからは、国民参加の政策決定の時代。
国民も自己啓発が必要。**
- **資源・食料も世界人口暴発で取り合いになった。お金があれば、いつでも買える時期は過ぎた。**
- **地球環境問題の救済エースは原子力と自然エネルギー。**
- **価格高騰・エネルギー不足に利く特効薬は原子力と省エネ。**
- **未来を見つめて、原子力の安全を理解し、安心につなげよう。**

すべてが自分と子孫に降りかかる。

原子力廃棄物処理問題の対応

原子力発電の放射性廃棄物にどう対応するか

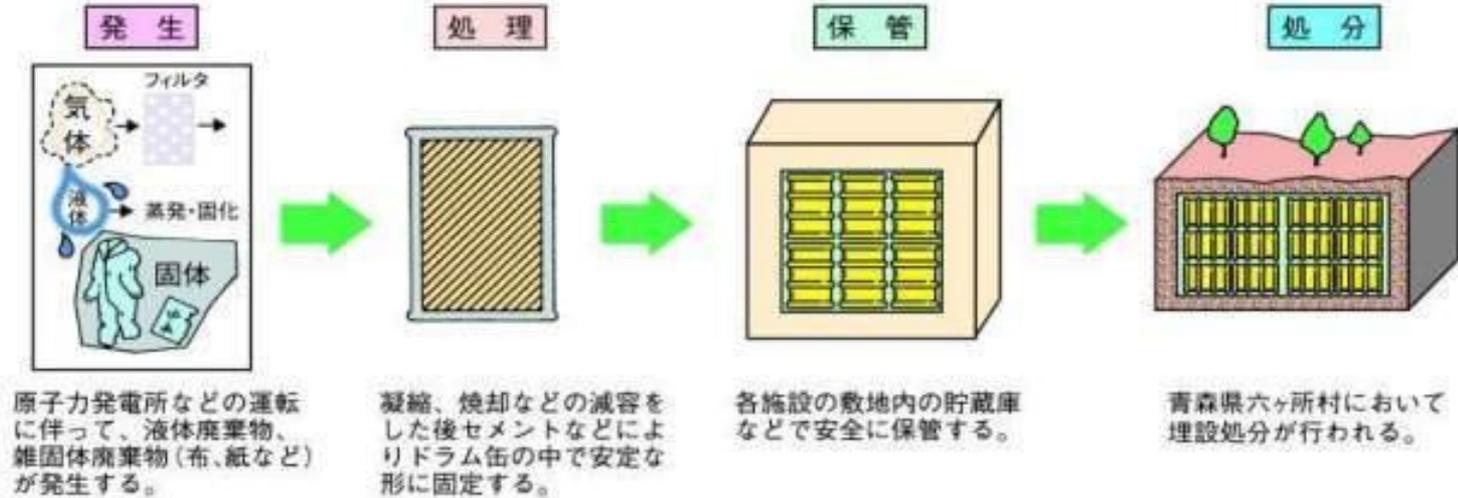
日本で発生する廃棄物の量

	発生廃棄物量 (t/日)		備考
一般 廃棄物	主に家庭から排出される生ゴミ、粗大ゴミ及びオフィスから排出される紙くずなど	227,000	平成13年度実績
産業 廃棄物	事業活動に伴って生じた廃棄物のうち、廃油、廃プラスチック、廃酸、廃アルカリなどの19種類	1,100,000	平成13年度実績
放射性 廃棄物	原子力施設の運転、保守などに伴って発生する放射性の廃棄物	高レベル 1.5	平成15年度推定
		低レベル 59	平成15年度実績

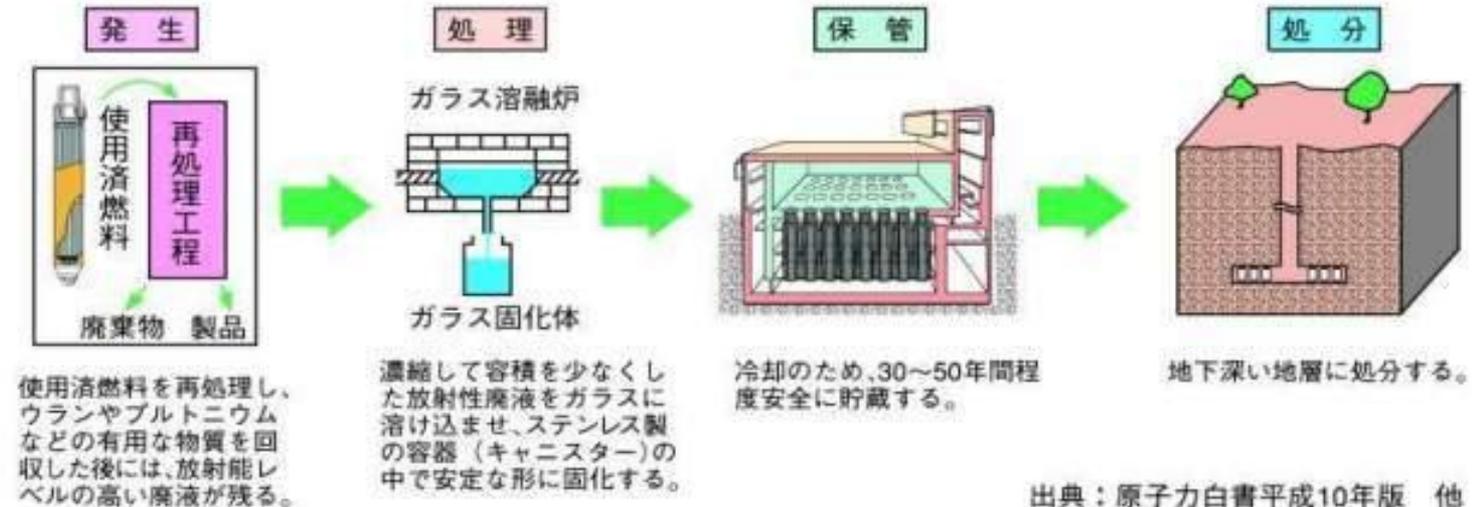
出典：平成13年版環境白書、平成10年版原子力安全白書
 環境省「日本の廃棄物処理」平成13年度版
 環境省「産業廃棄物・処理状況調査報告書」平成13年度版実績
 資源エネルギー庁「原子力関係資料」(平成15年8月)
 原子力安全・保安院「平成15年度原子力施設における放射性廃棄物管理状況」
 文部科学省「原子力施設における放射性業務従事者の被ばく管理状況および放射性廃棄物管理状況について(平成15年度)」

放射性廃棄物の処理・処分の基本的考え方

低レベル放射性廃棄物

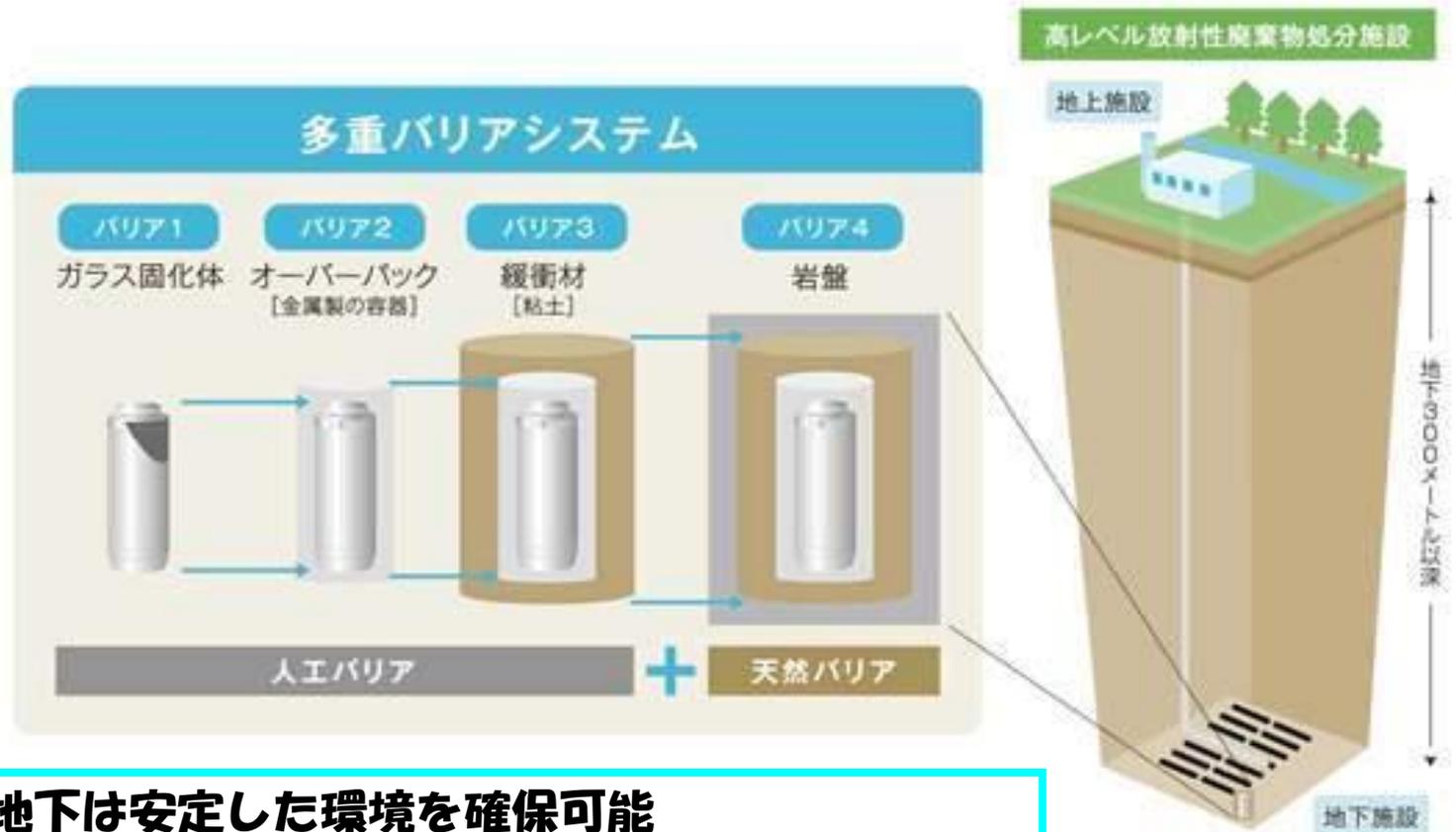


高レベル放射性廃棄物



出典：原子力白書平成10年版 他

高レベル廃棄物、深層地下処理処分法



- ・ 深層地下は安定した環境を確保可能
- ・ 地震断層、火山等の地殻変動の可能性の少ない場所は広範囲にある。
- ・ 深層地下の地下水は移動速度は非常に遅く、酸素含有量も少なく腐食性が低い。

解説、スライド41、高レベル放射性廃棄物、深層地下埋設処分法

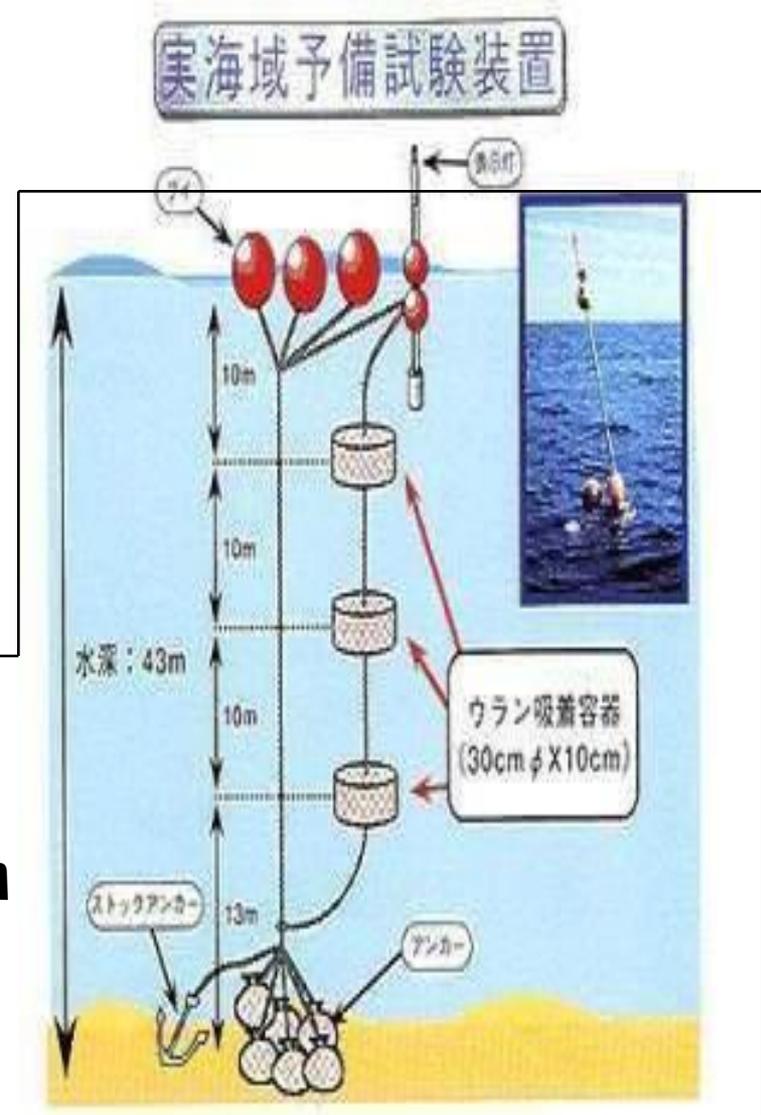
- 高レベル放射性廃棄物は数万年という長期間にわたり、人類の生活環境から隔離する必要があり、わが国では地下300m以上の深層地下に埋設する方法が取られています。
- 高レベル放射性廃棄物は強固なガラス固化体に固められ、それをオーバーパックという金属容器に入れ、さらに浸水性の非常に少ない粘土による緩衝材でおおうという人工の3重のバリアが設けられています。
- これを天然バリアである300m以上の深層地下に埋める方式です。わが国では火山や活断層による地層の変動の恐れのない地域が多く存在することが知られています。また300m以上の深層の岩盤内の地下水は移動も殆どないこと及び酸素含有量も非常に少なく、腐食性が少ないことが測定されており、たとえ地下水が浸透してきても、人間環境にまで出てくる可能性は非常に低いことがわかってきています。
- わが国には火山活動、断層による地殻活動の可能性がないと考えられる場所が多く存在しており、そのような所を処分場を選定します。
- これらの知見をもとに、現在地下処分場の選定作業が行われ

原子力の将来展望

各種エネルギー源の資源量

資源量は原子力が圧倒的に豊富

- ・石油： 41年
 - ・天然ガス： 67年
 - ・石炭： 192年
 - ・ウラン： 85年
- プルサーマルで約1.2倍に
FBRで約60倍に
海水中のウラン回収で無尽蔵

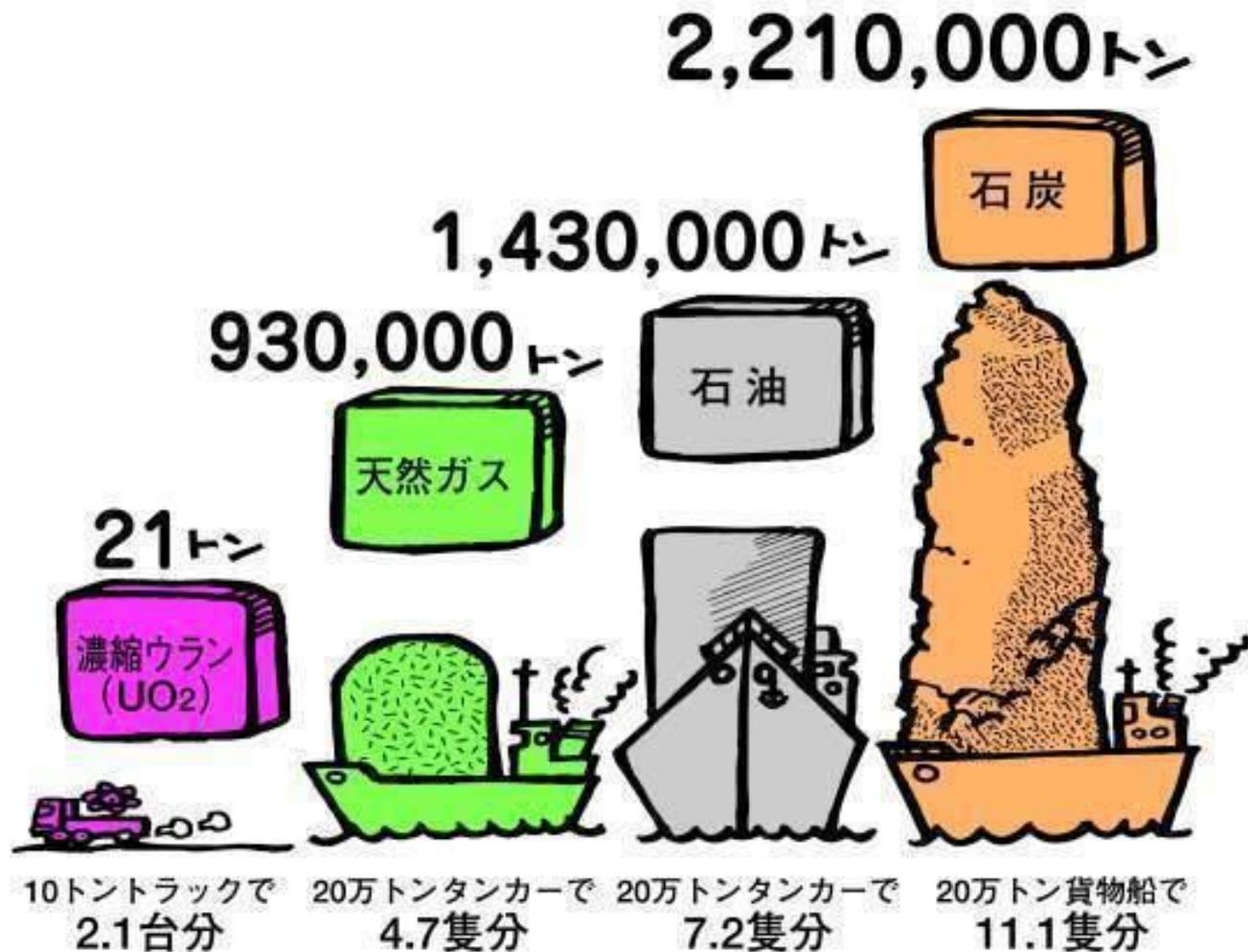


- ・海水中ウラン含有量：3mg/トン
- 実験規模で1Kgの回収に成功
- ・捕集材：アミドキシム樹脂(ポリプロピレン)の布状素材を放射線加工)
- ・実験場：青森県むつ市関根浜沖

海水中ウラン回収試験

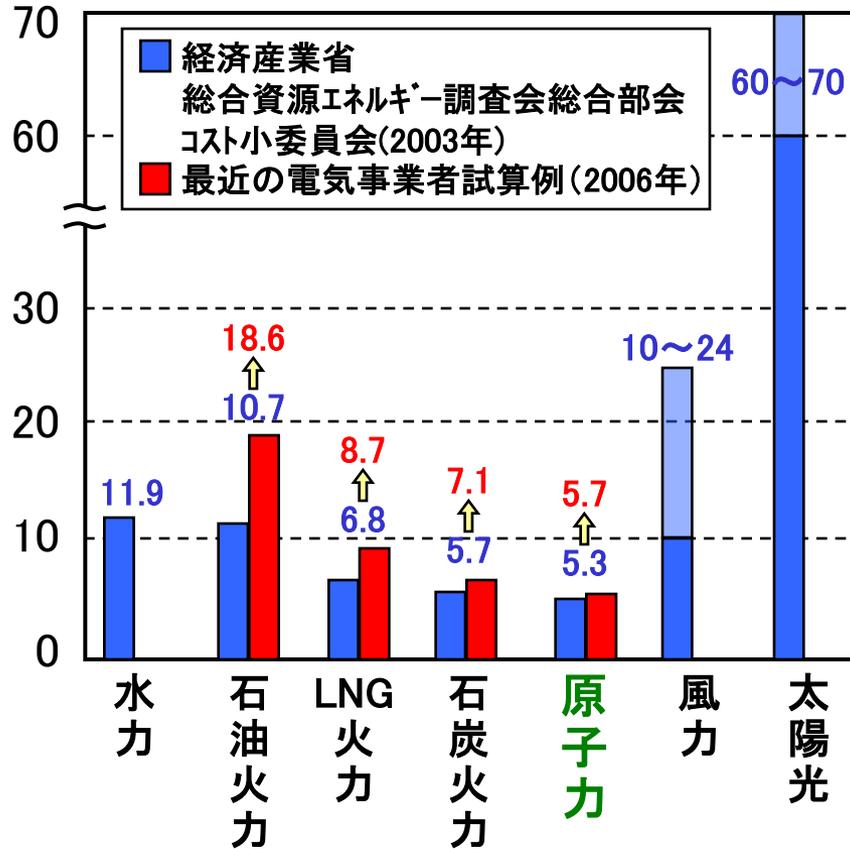
原子力研究開発機構
高崎研究所

100万kWの発電所を 1年間運転するために必要な燃料



発電原価比較

(¥/kWh)



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 → 71.8 \$/バレル

石炭 = 35.5 → 62.5 \$/トン

LNG = 2.8 → 4.4 万円/トン

(鉱石)

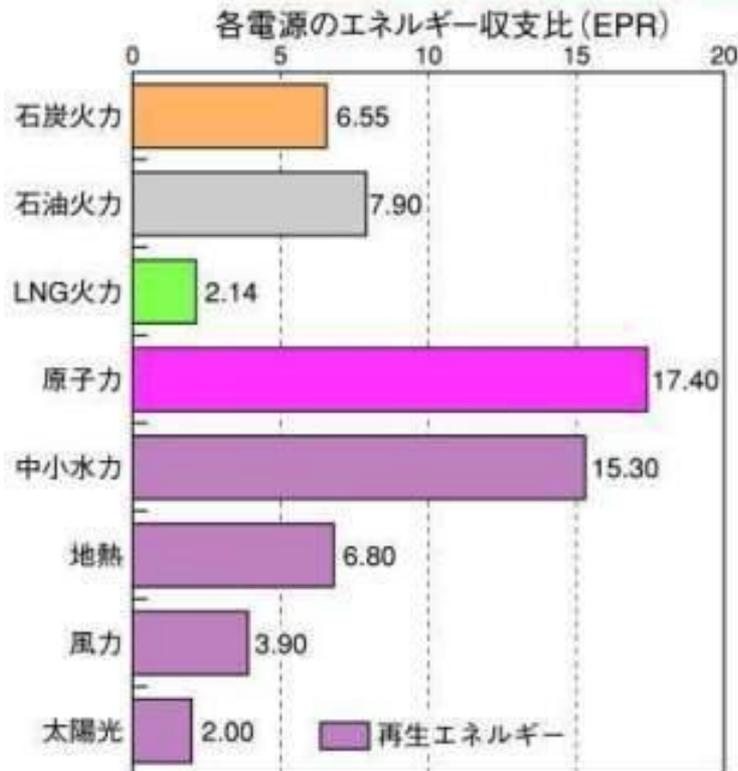
ウラン = 427 → 710 万円/トン

2002年度平均
(コスト小委のベース)

2006年8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・処分費等含む

各電源のエネルギー収支比



(注1) エネルギー収支比 (EPR) = 出力エネルギー / 入力エネルギー (EPR: Energy Profit Ratio)

入力エネルギー = 設備エネルギー + 運用エネルギー

設備エネルギーは、発電所の建設や燃料採掘等にかかわるもの

運用エネルギーは、発電所の運転、補修、燃料輸送、廃棄物処分等にかかわるもの

出力エネルギー = 設備容量 × 設備利用率 × (1 - 所内利用率)

設備利用率は、石炭、石油、LNG、原子力とも75%、水力45%、風力35%、太陽光15%を想定

(注2) ここでは、日本で発電を行った場合の評価結果を示している。

出典：天野治 (電力中央研究所) 著「石油の代替エネルギーからEPRを考える」
(日本原子力学会誌2006年10月号)

解説、スライド47、各電源のエネルギー収支比

- 電源の評価をする場合、エネルギー収支比(EPR)を考慮することが重要です。
- EPRとは、発電した電力エネルギーが発電に必要なエネルギーの何倍になっているかを示した物で、この値が高い物ほど有効と評価されます。
- 発電に必要なエネルギーとは、設備エネルギーと運用エネルギーです。設備エネルギーには発電所の設備、建設、燃料採掘等に関わるものが含まれます。運用エネルギーには発電所の運転、補修、燃料輸送、廃棄物処理等に関わるものが含まれます。
- EPRは原子力が約17倍でトップ、次いで水力、石油火力、地熱、石炭火力等で、風力や太陽光は非常に小さい値です。原子力は今後さらにEPRを技術的に大きくする可能性を秘めており、最大40倍程度にできると試算されています。

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

世界的な新規導入予定・検討国の世界的拡がり

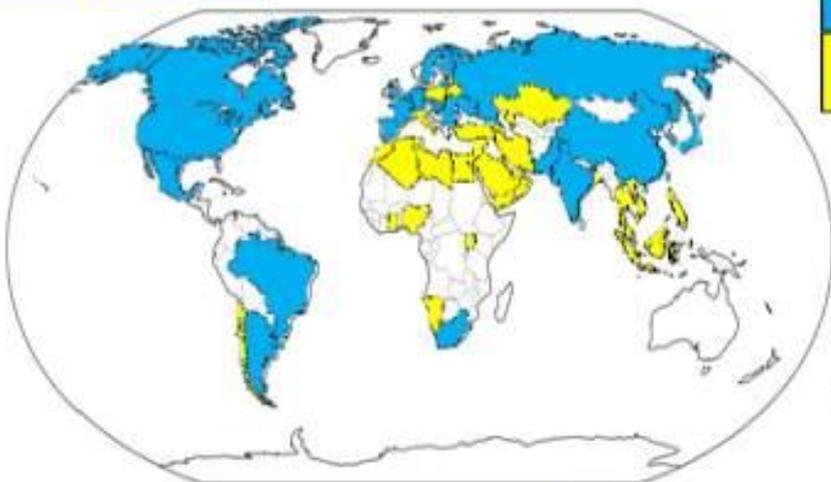
○既に原子力発電を導入している国及び地域は31。438基が運転中。(09年1月末現在)

○今後、新規に建設を検討及び予定している国は20カ国以上。

欧州	アジア	中南米	北米	アフリカ	中東
フランス	日本	ブラジル	アメリカ	南アフリカ	アラブ首長国連邦
ドイツ	韓国	メキシコ	カナダ	アルジェリア	イラン
フィンランド	インド	アルゼンチン		エジプト	イスラエル
イギリス	中国	チリ		モロッコ	イエメン
ロシア	パキスタン			リビア	トルコ
ウクライナ	台湾			ガーナ	ヨルダン
スウェーデン	インドネシア			ナミビア	GCC(湾岸協力会議) 加盟国
スペイン	タイ			ナイジェリア	
ベルギー	ベトナム			ウガンダ	
ブルガリア	マレーシア				
スイス	バングラデシュ				
リトアニア	フィリピン				
スロバキア					
ハンガリー					
チェコ					
スロベニア					
ルーマニア					
オランダ					
アルメニア					
カザフスタン					
グルジア					
ベラルーシ					
ポーランド					
イタリア					

2008→2030新設計画
 126GW(100万Kw、126基)
 ・中国:40 ・ロシア:20 ・北米:19
 ・印度:16 ・韓国:13 ・日本:10

原子力発電所の既導入国及び地域
 原子力発電所の新規導入検討・予定国
 及び地域

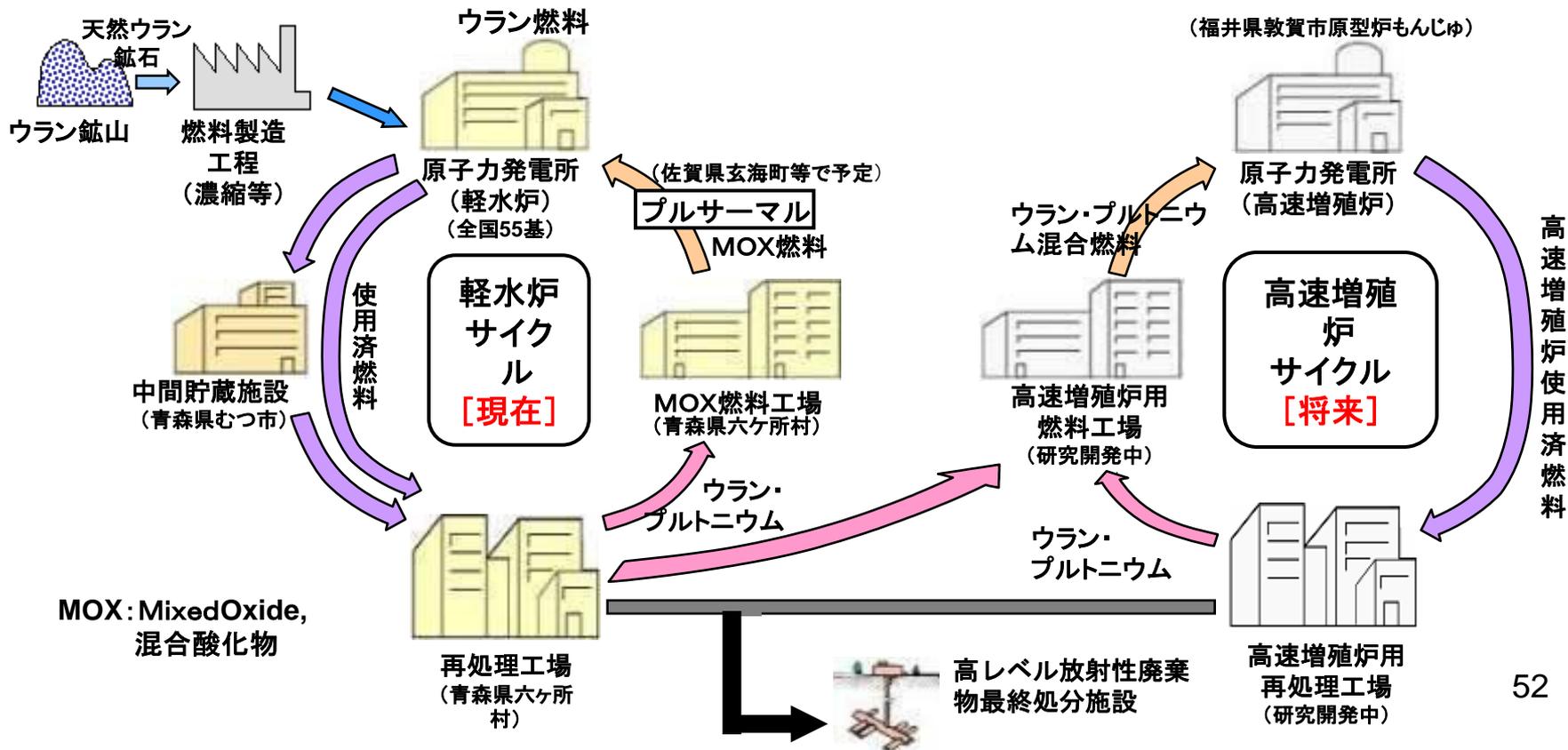


注1: 欧州にはNIS諸国を含む
 注2: 各国の地域分類は外務省HPIに基づく
 注3: GCC加盟国は、アラブ首長国連邦、
 バーレーン、クウェート、オマーン、カタール、
 サウジアラビア

出典: 世界原子力協会(WNA)、OECD/NEA等に基づき作成 16

今後の課題—原子燃料サイクル

- 「原子燃料サイクル」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。
- 限りあるウラン資源を有効利用し、エネルギーの安定確保に貢献。
- 放射性廃棄物の量を減らすことができる。



高温ガス炉による水素の生産

原子力による水素社会の実現に貢献する研究開発

- 高温工学試験研究炉(HTR)を活用して水素製造と発電の実現が可能な高温ガス炉技術基盤の確立。
- 高温ガス炉及び高速増殖炉からの高温の核熱利用を目指した地球温暖化ガスの発生を伴わない熱化学法による水素製造技術の開発。

原子炉出口温度950°C達成
(H16, 4, 19)



HTTR(高温工学試験研究炉)

高温ガス炉利用:

- ・熱化学法ISプロセスのパイロット試験の実施
- ・高温ガス炉と水素製造システムとの接続に必要な技術開発等の実施



高速増殖炉利用:

- ・ハイブリッド法水素製造技術の基礎研究の実施

まとめ：永井博士の言葉から

「昭和20年8月—10月 原子爆弾救護報告書」

長崎医科大学物理的療法科 永井隆助教授



永井博士の“こころ”を活かそう

「スベテハ終ツタ。祖国ハ敗レタ。吾大学ハ潰滅シ吾教室ハ
烏有ニ帰シタ。余等亦人々傷ツキ倒レタ。住ムベキ家ハ焼ケ、
着ル物モ失ハレ、家族ハ死傷シタ。今更何ヲ云ハンヤデアル。
唯願フ処ハカカル悲劇ヲ再ビ人類ガ演ジタクナイ。原子爆弾ノ
原理ヲ利用シ、コレヲ動力源トシテ文化ニ貢献出来ル如ク更ニ
一層ノ研究ヲ進メタイ。転禍為福。世界ノ文明形態ハ原子エネ
ルギーノ利用ニヨリ一変スルニキマツテキル。サウシテ新シイ
幸福ナ世界ガ作ラレルナラバ、多数犠牲者ノ霊モ亦慰メラレル
デアラウ。」