

平成23年11月11日 SNW対話イン九州2011・基調講演

**東電福島第一原発事故の原因と  
今後の安全/環境修復/エネルギー/原子力産業**

**金氏 顯**  
(かねうじ あきら)  
三菱重工業・特別顧問  
SNW代表幹事

# 自己紹介

- 1962年小倉高校卒業（高14期）、九州大学工学部動力機械工学科入学
- 1968年九州大学大学院動力機械工学修士卒、三菱重工業入社
- 原子力発電所（PWR型）国産初号機関電美浜2号、改良標準化初号機九電玄海2号などPWR23基の設計、建設、保守、開発、原子力船むつ起動試験など。
- 1999年同社取締役神戸造船所長 造船所の仕事の7割は原子力
- 2001年常務取締役機械事業本部長 原子力以外を担当
- 2004年役員退任、特別顧問
- 2006年原子力学会シニアネットワーク設立、代表幹事
- 2007年より経産省資源エネルギー庁認定「原子力有識者」
- 2008年より日本女子大、福井工大など非常勤講師
- 2010年48年ぶりに北九州へUターン



昭和51年完成1号機と建設中2号機  
(九州電力ホームページより)



1970年8月8日大阪万博



原子力船むつ、8万2千km航行

地球2周分、荒波を航行

41年前に関西で初めて原子力発電

# もくじ

## 1. 事故の原因と安全対策

—PWRのSBO対応、更なる対策、深層防護、海外に学ぶ

## 2. 東電福島第1原発の今後

—当面の工程、除染、放射性物質処理処分、廃炉まで

## 3. 我が国の今後のエネルギー

—世界の動向、我が国の脆弱性、エネルギーの要件

## 4. 我が国の今後の原子力産業

## 地震と津波による直接的事故原因

1. 地震の大きさ(加速度)は原子力発電所の設計想定を越えたが、いずれの発電所も安全上重要な機器設備の重大な損傷は無かった。一方、外部電源系統は全て喪失。
2. 地震によりいずれの発電所も制御棒が炉心に緊急挿入され、原子炉の核反応は止まり、非常用発電機が起動した。
3. しかし、地震後約1時間後に襲来した大津波により、東電福島第 I 原子力発電所1～4号機では非常用発電機が運転停止、また海水冷却系も機能喪失し、以降長時間に亘り、全電源喪失、冷却源(ヒートシンク)喪失、冷却水源喪失の状態が続いた。

### <想定外だったこと>

1. 地震学者は、三陸沖には南北に複数の資源が存在していることは明らかだったが、それらは連動しないものと想定していたが、今回は連動した。更に、プレート境界はズルズル滑っており歪は蓄積しないと想定していたが、滑らずに歪が蓄積していた。
3. 津波学者は東電福島第 I 原子力発電所付近は1000年前の貞観地震でも大きな津波は来てないと想定していた。今回の津波高さ約14mは何故か分からないとしている。
4. 原子力関係者は、我が国では電源系が強固なので全電源喪失は長時間(8時間以上)は継続しない、と想定していた。しかし、福島第1では7系統の外部電源系統が全て地震で倒壊し、多重に設けた非常用発電機が全て津波で機能喪失した。

⇒自然は人知では計り知れない規模の災害をもたらすことがあり、最悪の事態を想定した技術的対策を施し、訓練しておかなければならない。安全性向上には終わりはない。

# PWRプラントで全電源喪失が起きた場合の対応

放射性物質を含まない蒸気放出により対応可能

## 3. 閉じ込める

万一の放射性物質漏洩、水素発生時でも**大容量の格納容器**で閉じ込め

## 1. 止める

制御棒を重力で挿入

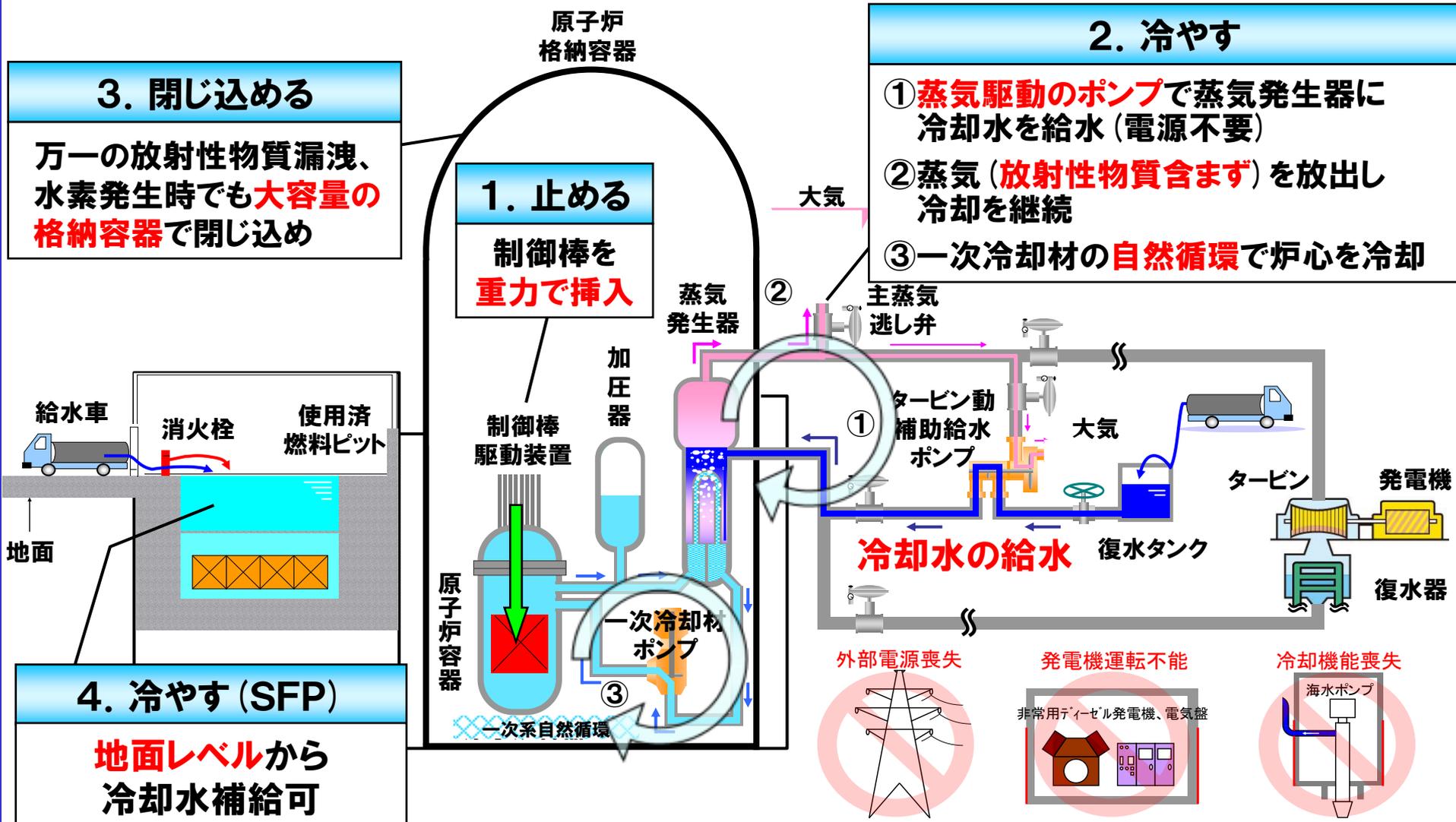
原子炉格納容器

## 2. 冷やす

- ① 蒸気駆動のポンプで蒸気発生器に冷却水を給水 (電源不要)
- ② 蒸気 (放射性物質含まず) を放出し冷却を継続
- ③ 一次冷却材の自然循環で炉心を冷却

## 4. 冷やす (SFP)

地面レベルから冷却水補給可



# 全交流電源喪失時 (SBO) の更なる対策

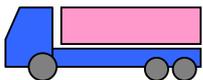
非常用電源増強

津波対策

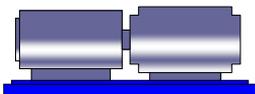
冷却機能強化

SA対策強化 (検討中)

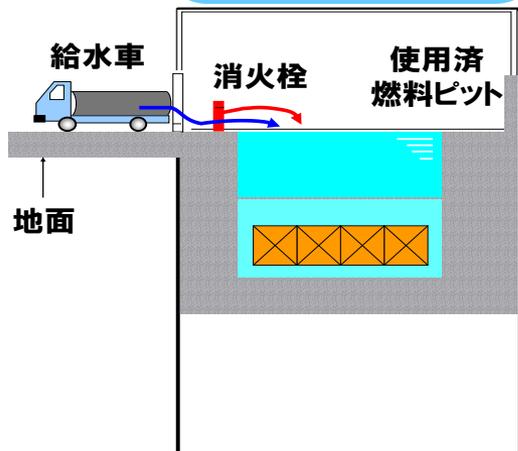
移動式代替電源の配備等



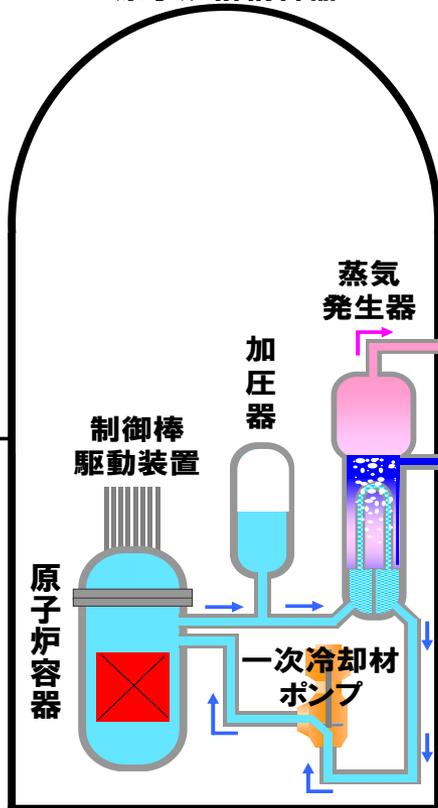
恒設非常用発電機の設置



SFP冷却機能強化  
補給水ライン設置等



原子炉格納容器

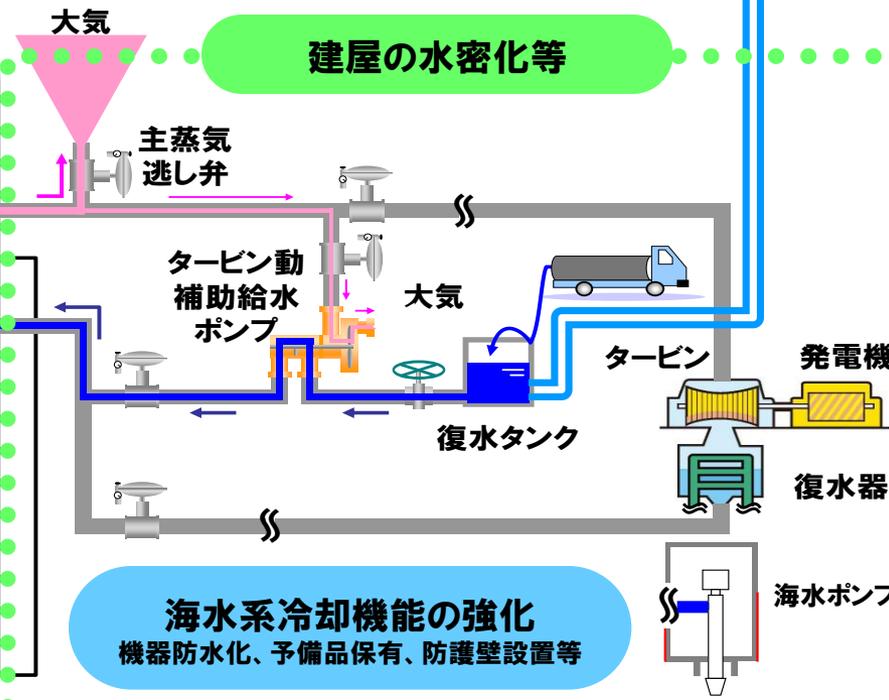


多目的水源タンクの設置

多目的水源タンク



建屋の水密化等



代替水源の確保

- ・タンク間の配管改造
- ・タンク廻りの防護壁設置

代替水源タンク

(既存2次系純水タンク等)



海水系冷却機能の強化  
機器防水化、予備品保有、防護壁設置等

SA (シビアアクシデント) : 燃料溶融を生じさせる重大な事故

# SBO対策強化で既設プラント再稼働OK ⇒唐突なストレステスト要求により混沌状態

済

## 緊急安全対策 (1ヶ月)

原子力安全・保安院の確認完了

### 移動式代替電源の配備

電源車

非常用  
電源増強

## 短期 (数ヶ月) ~ 中長期対策 (~3年)

更なる安全性向上対策

### 大容量電源車の配備

大容量電源車

### 恒設非常用発電機の設置

定置型ガスタービン

### 建屋の浸水対策 (建屋のシール等)

一部  
継続実施

水密扉

### 建屋の水密化 (水密扉の導入等)

### 防潮堤の設置、海水ポンプエリアの防水化等

防潮堤

防護壁  
設置

開口部の  
閉止等

海水ポンプエリアの防水化

多目的水源タンク  
の高台への設置

### 多目的水源タンクの設置

### 消防車、ポンプ車 等の追加手配

### 代替水源の確保 (タンク間の配管改造、タンク廻りの防護壁設置等)

### 海水系冷却機能の強化 (機器防水化、予備品保有、防護壁設置等)

### SFP冷却機能の強化 (補給水ライン設置等)

### シナリオ構築と対策検討

### SA対策実施

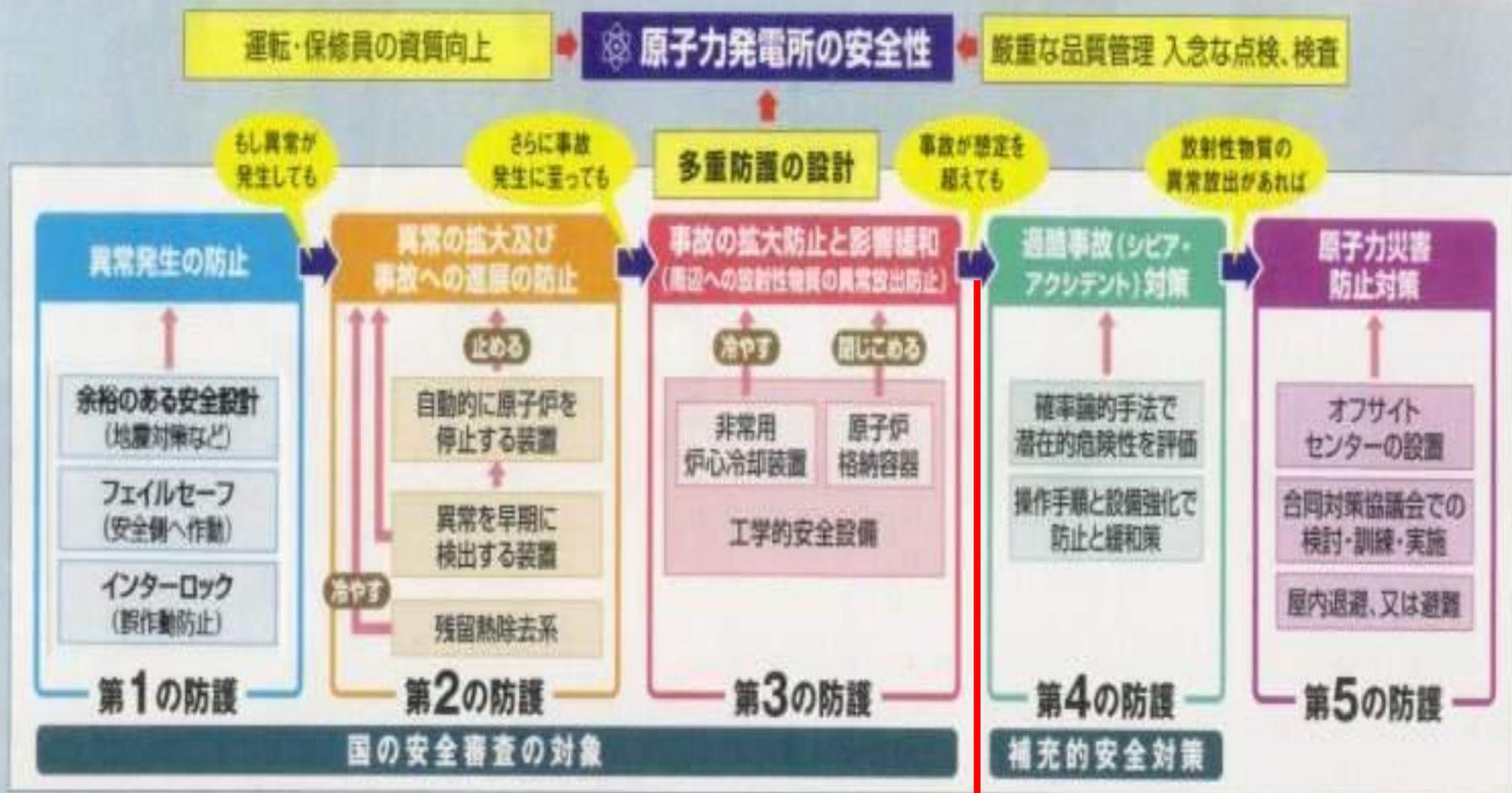
(従来のSA対策に加え、津波等によるSA発生防止対策を検討中)

冷却機能  
強化

SA対策  
強化

# 原子力発電所の深層防護の考え方

## ■安全確保のしくみ(ソフト面)



3.11以前はここまで止まっていた(シビアアクシデントの必要性検討はしていたが不十分)

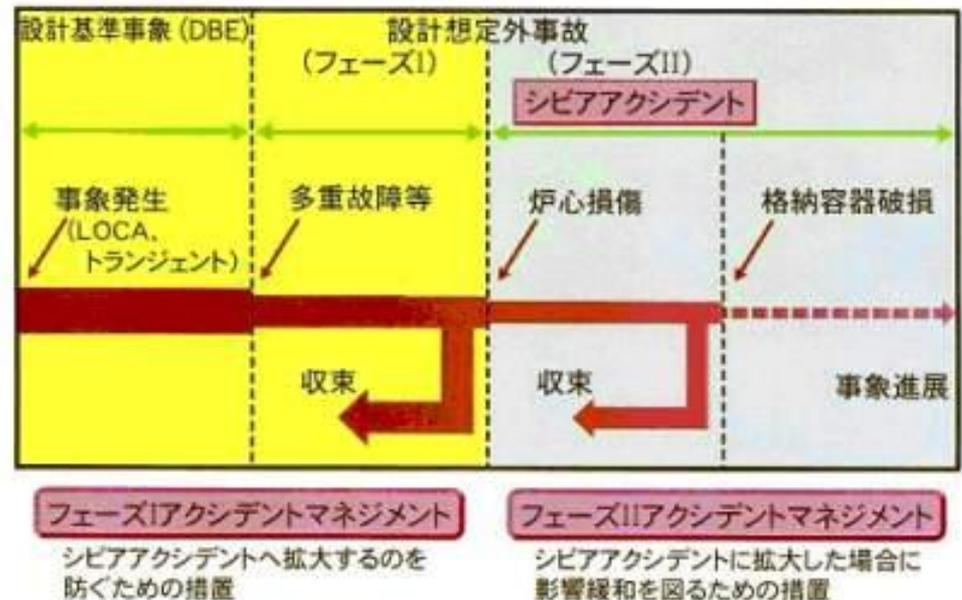
今後はここまで確実に考える必要がある

# シビアアクシデントの定義

安全評価において想定している設計基準事象(\*)を大幅に超える事象であって、安全設計の評価上想定された手段では適切な炉心の冷却または反応度の制御ができない状態であり、その結果、炉心が重大な損傷を受けるような事象。(\*)原子炉施設を異常な状態に導く可能性のある事象のうち、原子炉施設の安全設計とその評価に当たって考慮すべきものとして抽出された事象。

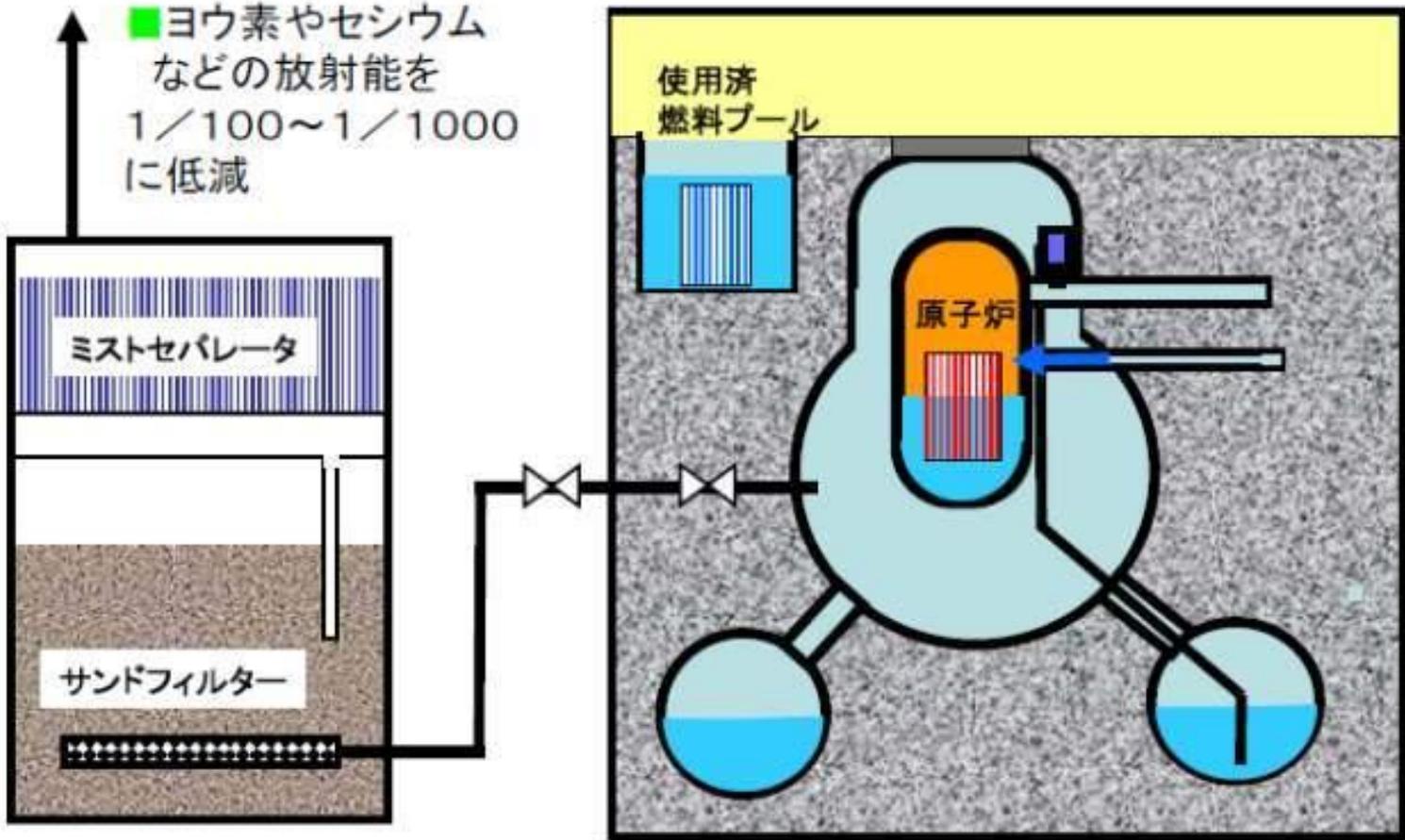
## アクシデントマネジメント (AM) とは

原子力プラントの異常事象が設計基準事象を超えてシビアアクシデントへ拡大するのを防いだり、シビアアクシデントに拡大した場合にも影響緩和を図るための処置



# 海外に学ぶその1 欧州

■チェルノブイリ事故の教訓:「例え事故が起こっても地元には迷惑をかけません」  
(フランス、ドイツ、スイス、フィンランド、ノルウェイの多くの原発に設置)



# 海外に学ぶーその2 米国 (1)

## ディアブロ・キャニオン原子力発電所の全景 (1)

### 米国NPPの津波と地震設計基準



|       | ディアブロ・キャニオン          |                      | 福島第一                 |      |
|-------|----------------------|----------------------|----------------------|------|
|       | 設計基準                 | 設計基準                 | 設計基準                 | 3・11 |
| 地震加速度 | 735cm/s <sup>2</sup> | 449cm/s <sup>2</sup> | 507cm/s <sup>2</sup> |      |
| 津波高さ  | 10.7m                | 5.7m                 | 14m                  |      |

# 海外に学ぶーその3 米国（2）

## ◆緊急事態は、当直長と発電所長で対応

- 当直長と発電所長は上級原子炉運転員資格を保有

対照的に日本（東電は特に）では；

- 発電所長の対外（地元やマスコミ等）折衝能力を重視
- 実地的な発電所運転知識は、当直運転員に偏在
- 当直運転員以外は、発電所運転に関する教育訓練なし

## ◆9/11米国同時多発テロ対応として、すべての想定設計条件を度外視し 全電源（交流と直流）喪失を想定した対策（2009年法制化）

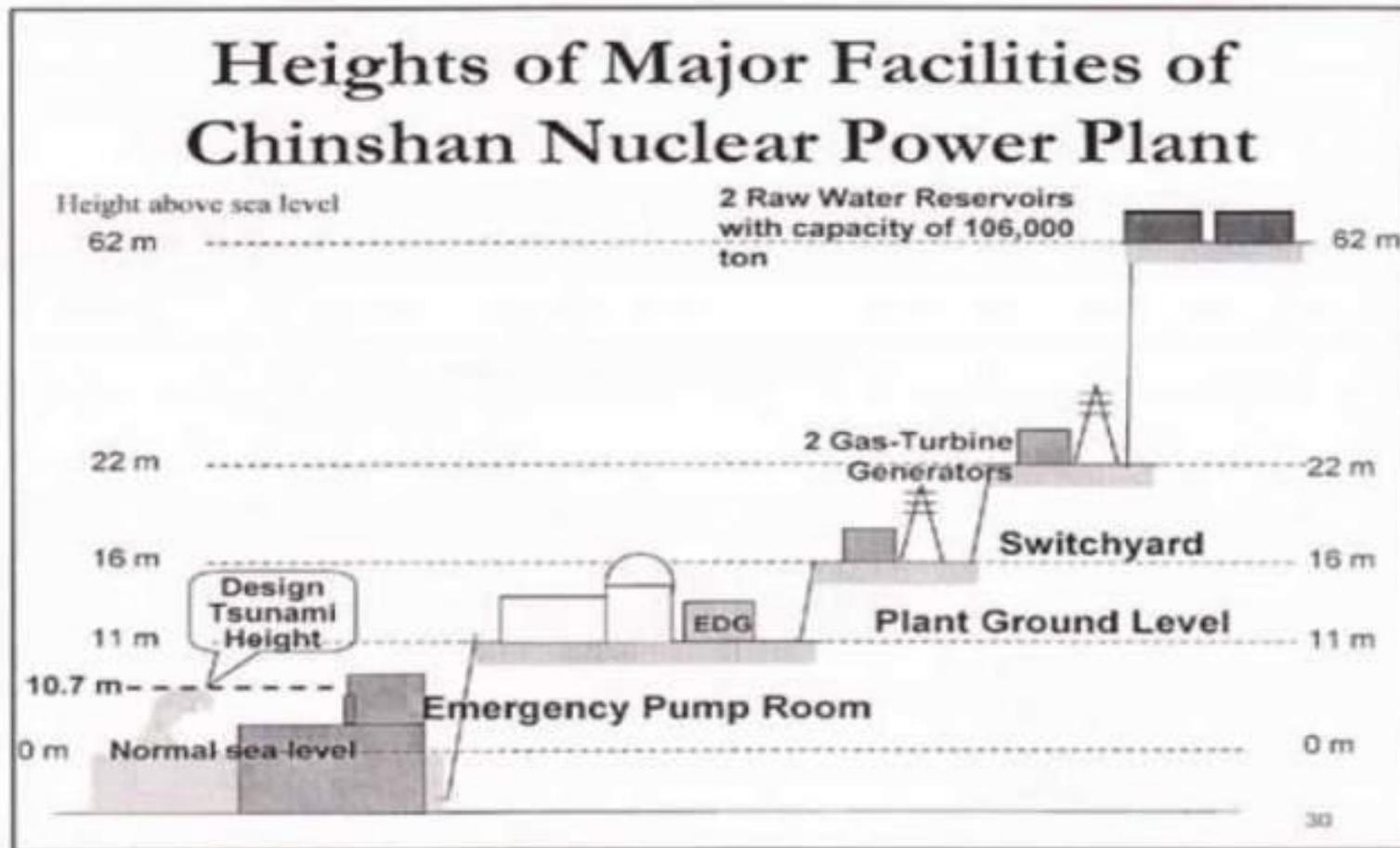
例

- 可搬型直流電源の備え
- 炉心冷却設備の手動運転要領の整備
- 原子炉圧力容器手動減圧要領の整備
- PCV手動ベント要領の整備

# 海外に学ぶーその4 台湾

## 淡水源とガスタービン発電機を高所に配置

金山原子力発電所 (BWR、63万6千KWe x 2基、1978&1979年完成)



# 次世代軽水炉のイメージ

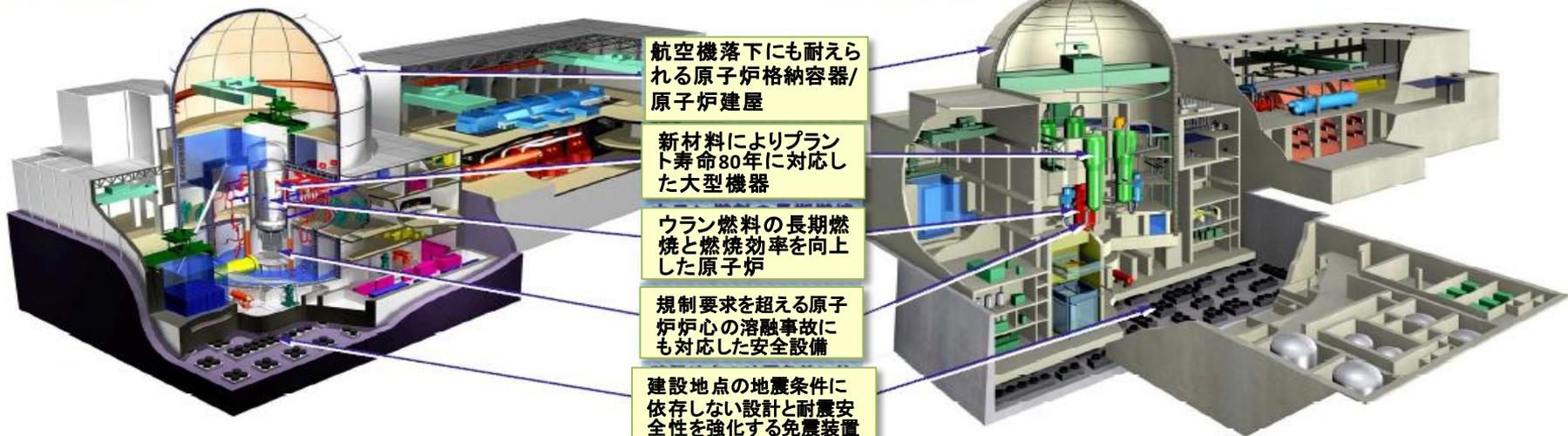
■ 2030年前後からの日本国内の代替炉建設需要を想定し、世界市場も視野に入れ、(財)エネルギー総合工学研究所、国、電力事業者及び原子炉プラントメーカー(三菱、日立、東芝)が開発を推進。

## 安全性向上の主要なポイント

- 原子炉建屋への免震装置の導入
- 崩壊熱除去システムの強化 ➔ 電源不要の自然循環冷却、空気冷却方式
- 過酷事故対策の導入
  - ➔ 炉心溶融物質の保持・冷却対策 = 格納容器の放射性物質の閉じ込め機能の維持
- 安全系分散配置と航空機落下対策ドームの採用

HP-ABWR  
High Performance ABWR

HP-APWR  
High Performance APWR



電気出力 180 万 kW 級 国際標準炉

# もくじ

## 1. 事故の原因/教訓と安全対策

－PWRのSBO対応、更なる対策、深層防護、海外に学ぶ

## 2. 東電福島第1原発の今後

－当面の工程、除染、放射性物質処理処分、廃炉まで

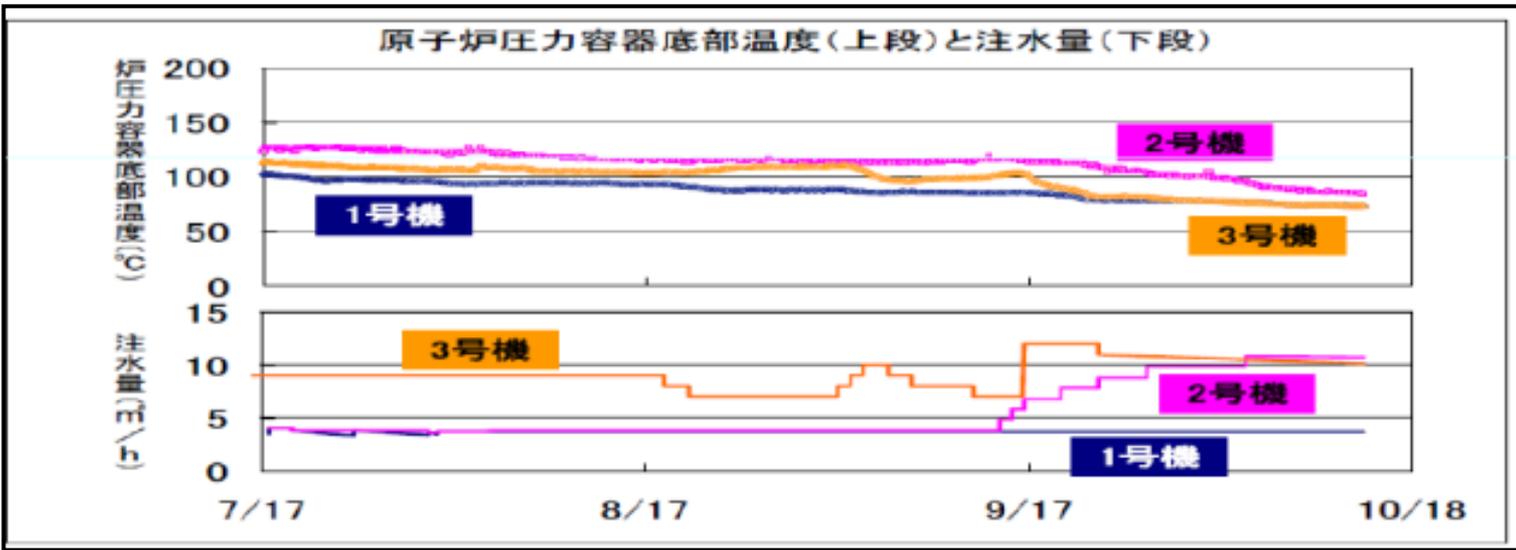
## 3. 我が国の今後のエネルギー

－世界の動向、我が国の脆弱性、エネルギーの要件

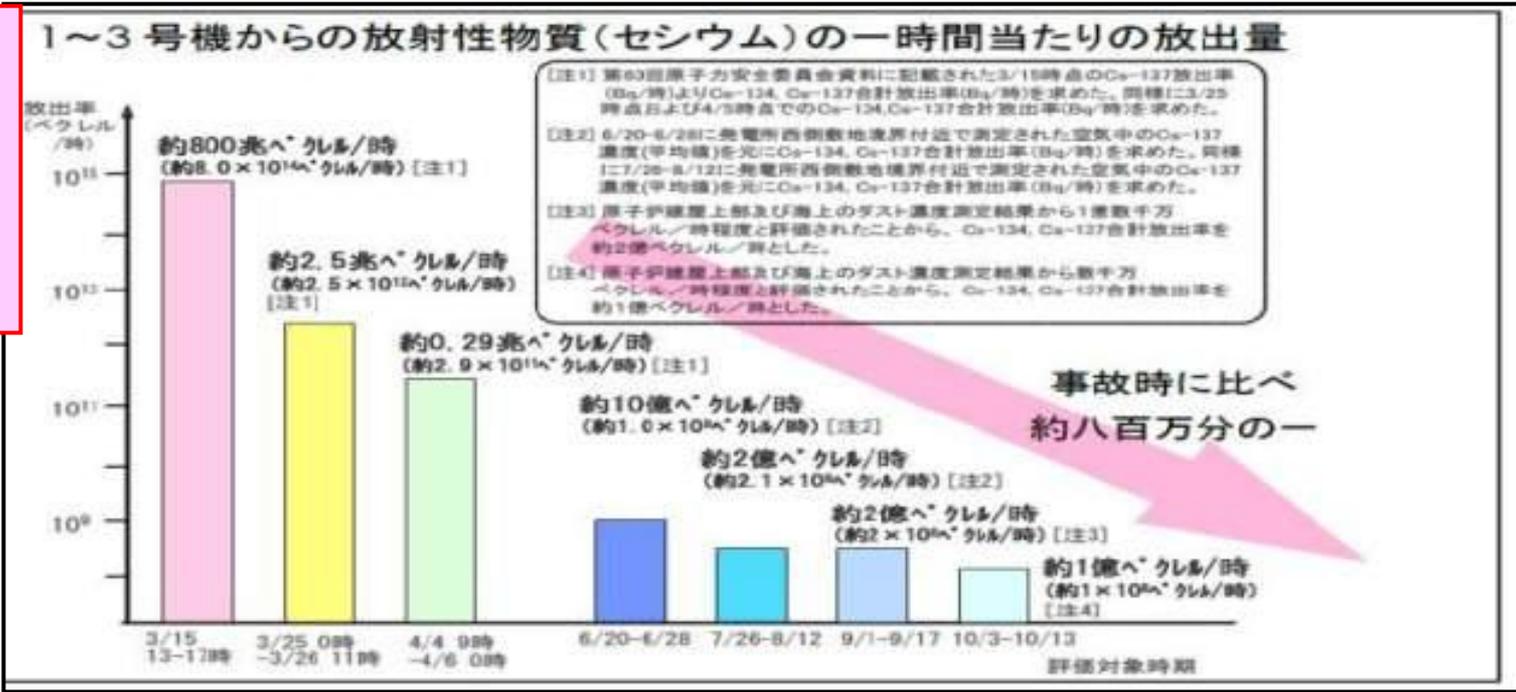
## 4. 我が国の今後の原子力産業

# 福1事故収束(現状)

低温停止は  
年内に達成  
見通し



放射性物質放  
出は事故直後の  
800万分の一、  
敷地境界の年  
間被ばく線量は  
0.2mSv



# 福1事故収束今後の課題(中期)

平成23年10月17日  
原子力災害対策本部  
政府・東京電力統合対策室

東京電力福島第一原子力発電所・事故の収束に向けた道筋 当面の取組のロードマップ(改訂版)

赤字: 前回からの追加点、☆印: 報告徴収済、緑色は達成した目標

| 課題       |           | 初回(4/17)時点                     | ステップ1(3ヶ月程度)   | ステップ2(年内)<br>▼現時点(10/17)  | 中期的課題<br>(~3年程度)  |
|----------|-----------|--------------------------------|--|---|---|
| I<br>冷却  | (1) 原子炉   | 淡水注入                           | 最小限の注水による燃料冷却(注水冷却) → 循環注水☆<br>滞留水再利用の検討/準備 → 注水冷却(開始)<br>窒素充填☆<br>作業環境改善☆ | 循環注水冷却(継続) → 冷温停止状態<br>窒素充填(継続)   | 冷温停止状態の継続<br>構造材の腐食破損防止(一部削減)   |
|          | (2) 燃料プール | 淡水注入                           | 注入操作の信頼性向上/遠隔操作(開始)<br>循環冷却システム(熱交換器の設置)☆                                  | 注入操作の遠隔操作 → より安定<br>熱交換機能の検討/実施   | 燃料の取り出し作業の開始  |
| II<br>抑制 | (3) 滞留水   | 放射性レベルの高い水の移動<br>放射性レベルの低い水の保管 | 保管/処理施設の設置☆<br>保管施設の設置/除染処理  | 施設拡充☆/本格水処理施設検討<br>除染☆/塩分処理(再利用)等<br>廃スラッジ等の保管/管理☆<br>海洋汚染拡大防止  | 本格水処理施設の設置<br>滞留水の処理継続<br>廃スラッジ等の保管/管理<br>廃スラッジ等の処理の研究<br>海洋汚染拡大防止                |
|          | (4) 地下水   |                                | 地下水の汚染拡大防止<br>遮水壁の方式検討   | 保管/処理施設拡充計画にあわせてサブドレンポンプを復旧(開始)<br>遮水壁の設計・着手  | 地下水の汚染拡大防止<br>遮水壁の構築  |
|          | (5) 大気・土壌 |                                | 飛散防止剤の散布<br>瓦礫の撤去・管理   | 飛散防止剤の散布(継続)<br>瓦礫の撤去・管理(継続)<br>原子炉建屋カバーの設置(1号機)☆<br>瓦礫撤去(3,4号機原子炉建屋上部)<br>原子炉建屋コンテナの検討<br>格納容器ガス管理システム設置 | 飛散防止剤の散布<br>瓦礫の撤去・管理<br>瓦礫の撤去/カバーの設置(3,4号機)<br>原子炉建屋コンテナ設置作業の開始<br>格納容器ガス管理システム設置 |
|          | (6) 除染    |                                | 発電所内外の放射線量のモニタリング拡大・充実、公表<br>本格的除染の検討・開始                                   | 除染  | 環境モニタリングの継続<br>除染の継続  |
|          | (7) 津波対策  |                                | 余震・津波対策の拡充、多様な放射線遮へい対策の準備<br>(4号機燃料プール)支持構造物の設置☆                           | 各号機の補強工事の検討☆  | 多様な遮へい対策の継続<br>各号機の補強工事   |

# 廃炉までの長期スケジュール案

(10月28日原子力委員会部会)

平成23年末:原子炉の冷温停止状態実現

(TMI-2の場合)

平成24年:原子炉建屋上部がれき撤去

平成27年(3年後):プールからの燃料取り出し開始

平成34年(10年後):原子炉からの燃料取り出し開始

(6.5年後)

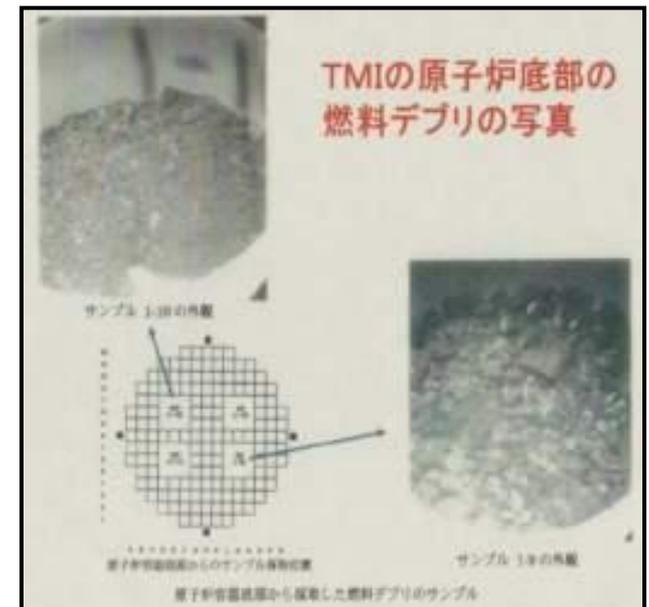
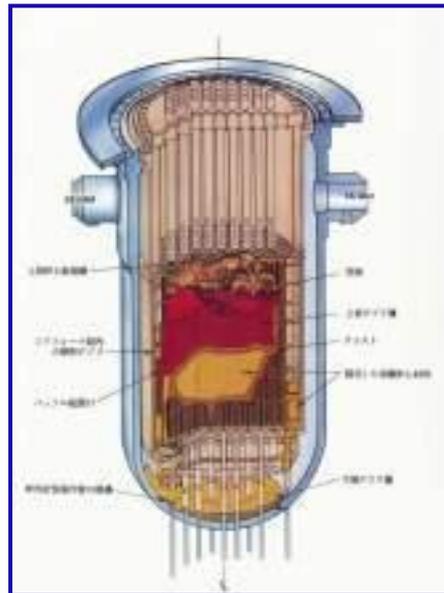
(燃料取り出し:10年後)

平成54年(30年後):廃炉の完了

(廃炉はTMI - 1と同時に)

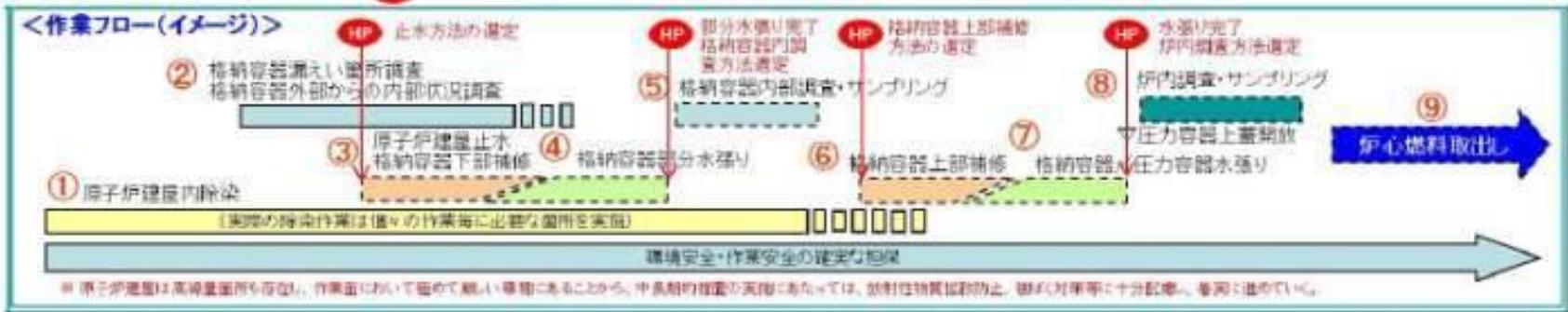
(TMI-2号機)

VIP 計画(1979年の事故後、米国の呼び掛けにより実現した国際プロジェクト):遠隔操作による溶融凝固炉心を含む高レベル汚染物質の除去技術を開発し、炉内の高レベル放射性物質の完全除去・試験サンプル採集作業を実施した。



# 炉心燃料取り出しまでの作業フロー（イメージ）

HP：技術的ホールドポイント、現場状況、技術開発成果により、次工程以降を見直し、いく

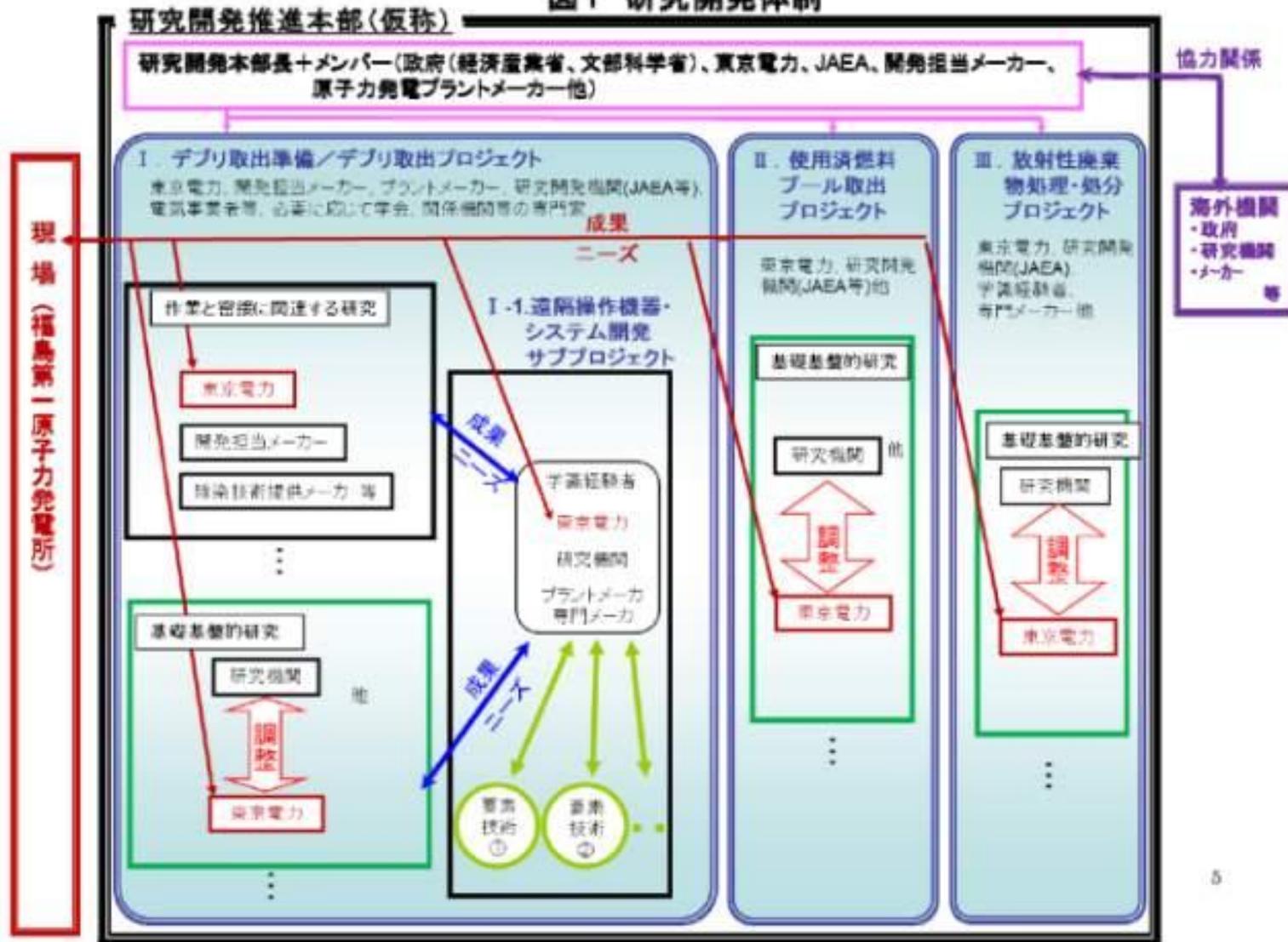


※ 技術開発計画検討のため、TMと同様に水中での燃料取出しを想定した場合の一連の作業を記載。今後現場の状況や技術開発成果によって内容を見直し、いく

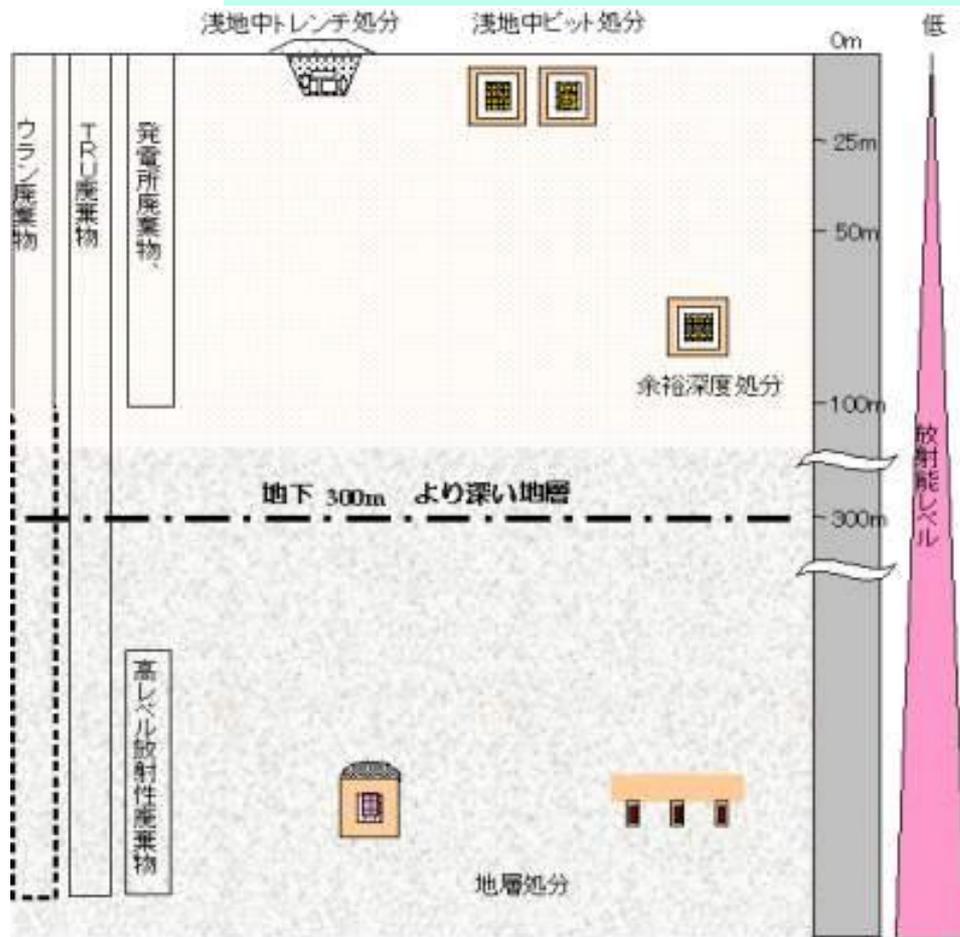
| フロー            | ⑦ 格納容器/圧力容器水張り<br>⇒ 圧力容器上蓋開放   | ⑧ 炉内調査・サンプリング  | ⑨ 炉心燃料取出し  |
|----------------|--|--|--|
| イメージ           |  |  |  |
| 内容             | 十分進へいが担保できる水位まで格納容器/圧力容器を水張り後、圧力容器上蓋を取り外し  | 炉内を調査し、デブリや炉内構造物の状態把握、サンプリング等を実施。  | 圧力容器/格納容器内のデブリの取り出しを実施。  |
| 技術開発における留意点と課題 | (⑦により格納容器/バウンダリ構築が大前提)   | ◆高純度によるアクセス性の向上、圧力容器内部環境(内部水の量、デブリの所在等)が不明<br>・上記を踏まえた遠隔調査方法及びサンプリング方法の開発  | ◆デブリの分布状況によっては技術開発範囲が拡大(特に格納容器内の燃料取出しはTMでも困難な点)<br>・TMに比べ、より高度な取り出し技術・工法の開発  |
| 安全確保に向けた主な留意点  | <ul style="list-style-type: none"> <li>炉心安定冷却の維持</li> <li>未境界確認</li> <li>格納容器内の放射性物質の拡散防止</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>炉心安定冷却の維持</li> <li>未境界確認</li> <li>デブリの収納(閉じ込め等)</li> <li>作業員の被ばく低減(遠隔化、進へい等)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>炉心安定冷却の維持</li> <li>未境界確認</li> <li>デブリの収納(閉じ込め等)</li> <li>作業員の被ばく低減(遠隔化、進へい等)</li> </ul> |

# 廃炉までの研究開発体制案

図1 研究開発体制



# 放射性廃棄物は4つの処分形態の利用



## <第2種廃棄物埋設（管理型処分）>

### 浅地中トレンチ処分

人工構築物を設けない浅地中埋設処分

### 浅地中ピット処分

コンクリートピットを設けた浅地中への処分

### 余裕深度処分

一般的な地下利用に対して十分余裕を持った深度（地下50～（100 m））への処分

## <第1種廃棄物埋設>

### 地層処分

地下300 mより深い地層中に処分

## 事故機に特有な課題

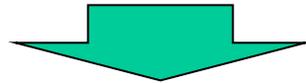
<http://www.enecho.meti.go.jp/rw/gaiyo/gaiyo03.html>

- (1) 廃棄物の回収技術、
- (2) 廃棄物内のインベントリー（どのような核種がどの程度の濃度で入っているか）の確認
- (3) 高濃度汚染水の浄化に伴う回収スラッジの再処理およびゼオライトの固化技術

21

# 除染の根拠

国際放射線防護委員会(ICRP)は、緊急避難区域から外側にありながらも、放射能に汚染された環境で生活する場合には、被ばく量が**1-20mSv／年の範囲に収まるようにする目安を提案し、長期的には1mSv／年以下を目指すべき**としている。



居住地においては**ALARAの概念**を適用  
(As Low As Reasonably Achievable)

国際放射線防護委員会が1977年勧告で示した放射線防護の基本的考え方を示す概念。「すべての被ばくは社会的、経済的要因を考慮に入れながら合理的に達成可能な限り低く抑えるべきである」という基本精神に則り、被ばく線量を制限することを意味している。

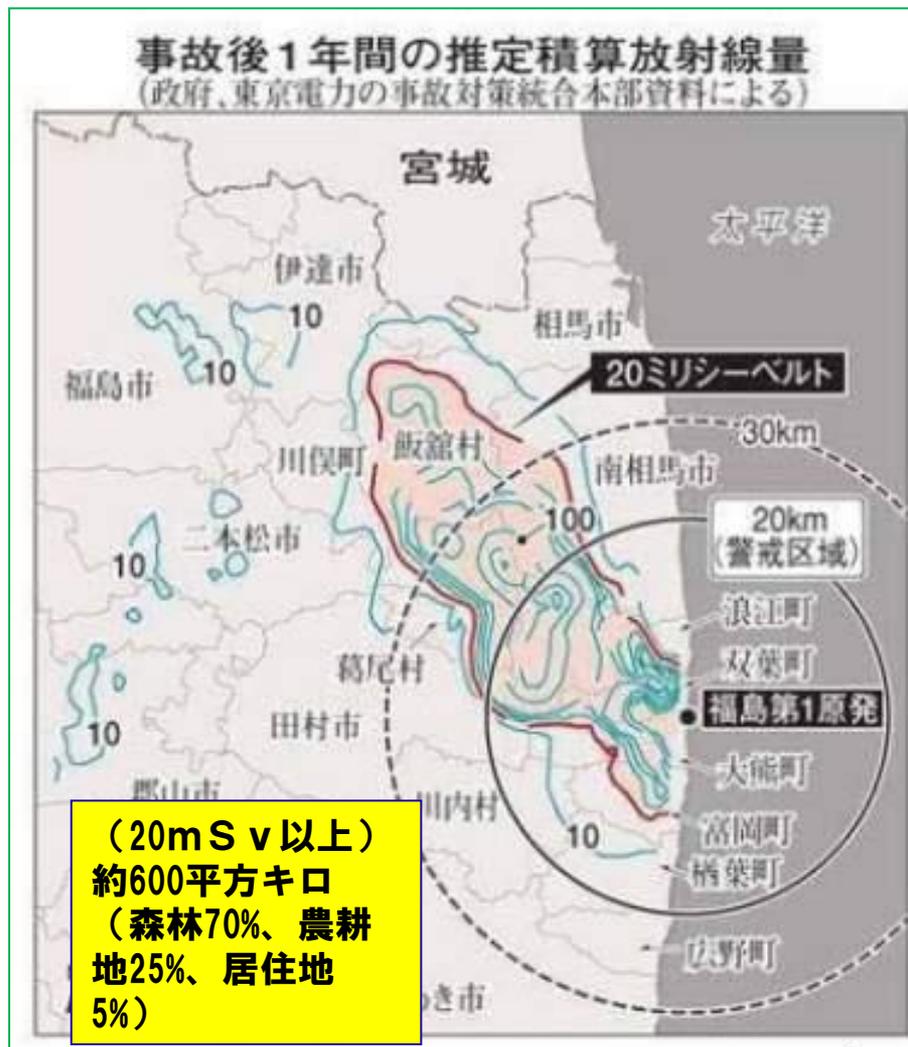
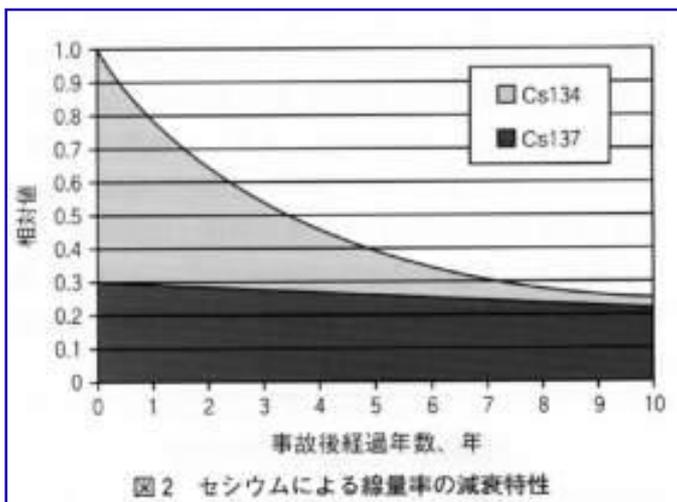
**ICRP (国際放射線防護委員会) : 放射線防護の線量基準の考え方**

- ・事故後の緊急時の基準=20～100mSv/年
- ・事故収束後の汚染による被ばくの基準=1～20mSv/年
- ・長期的な基準(平常時)=1mSv/年

## 避難住民の早期帰還の為、本格的除染の検討を開始

- 20mSv/年以上の地域⇒国が除染
- 1~20mSv/年⇒地方自治体が目標数値を決めて除染計画書を作成し実施。費用は国が負担。
- 市街地・居住地を最優先に除染。

現在放射性物質で残っているのはセシウム134と137のみで、半減期は2年、30年であり、2年後には60%に、10年後には30%に減衰。



# 汚染土壌の処分の工程案（10月29日環境省）

除染技術はローテク

- ・建物: 洗浄、サンドブラスト
- ・庭、農地: 表土除去、天地返し
- ・森林: 刈込、伐採
- ・街路: 掃き掃除、アスファルト



福島県内の除染に伴う汚染土:  
約1500~2800万立方m  
(高さ10mに積み上げて野球場  
200面以上の広さが必要)

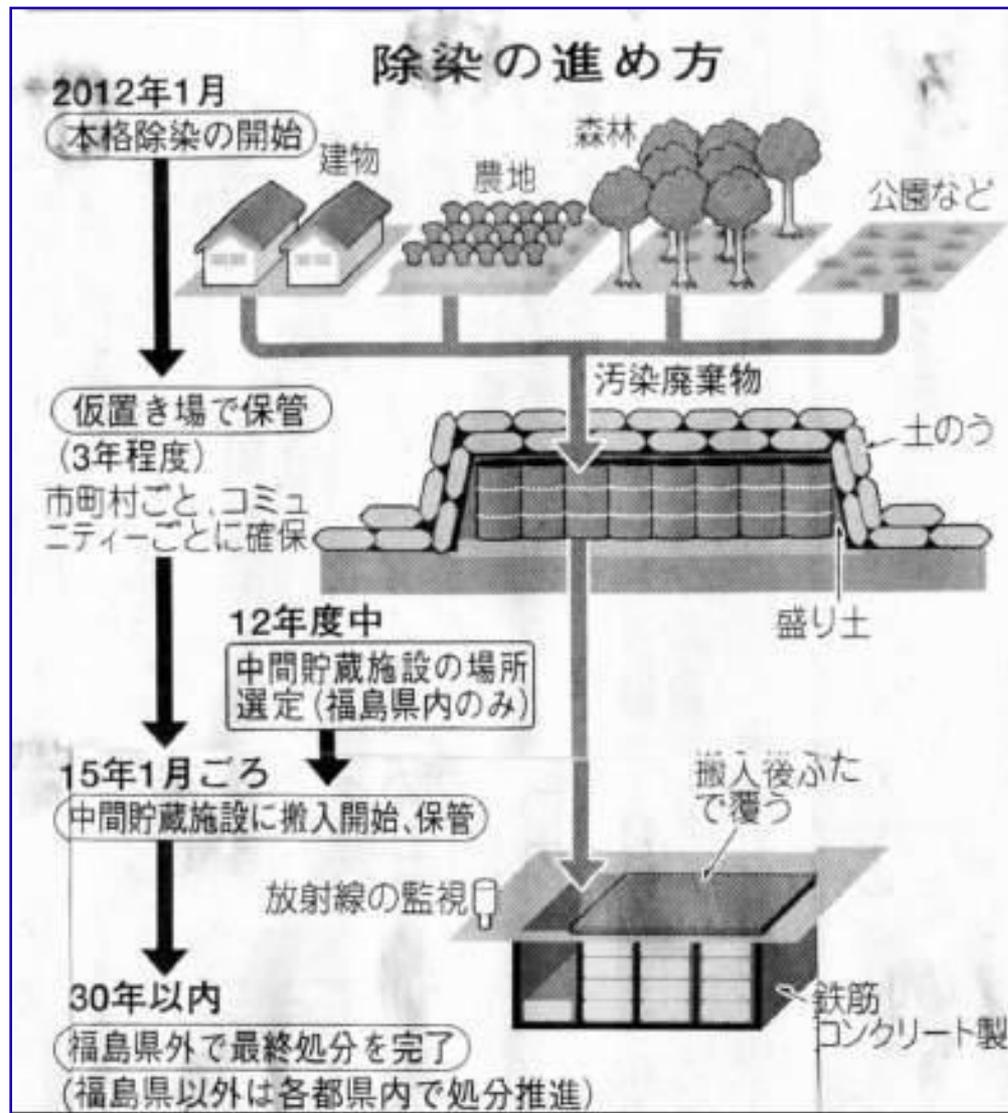


市町村ごとに仮置き: 3年程度

中間貯蔵施設



H30年以内に県外に最終処分



# もくじ

## 1. 事故の原因/教訓と安全対策

－PWRのSBO対応、更なる対策、深層防護、海外に学ぶ

## 2. 東電福島第1原発の今後

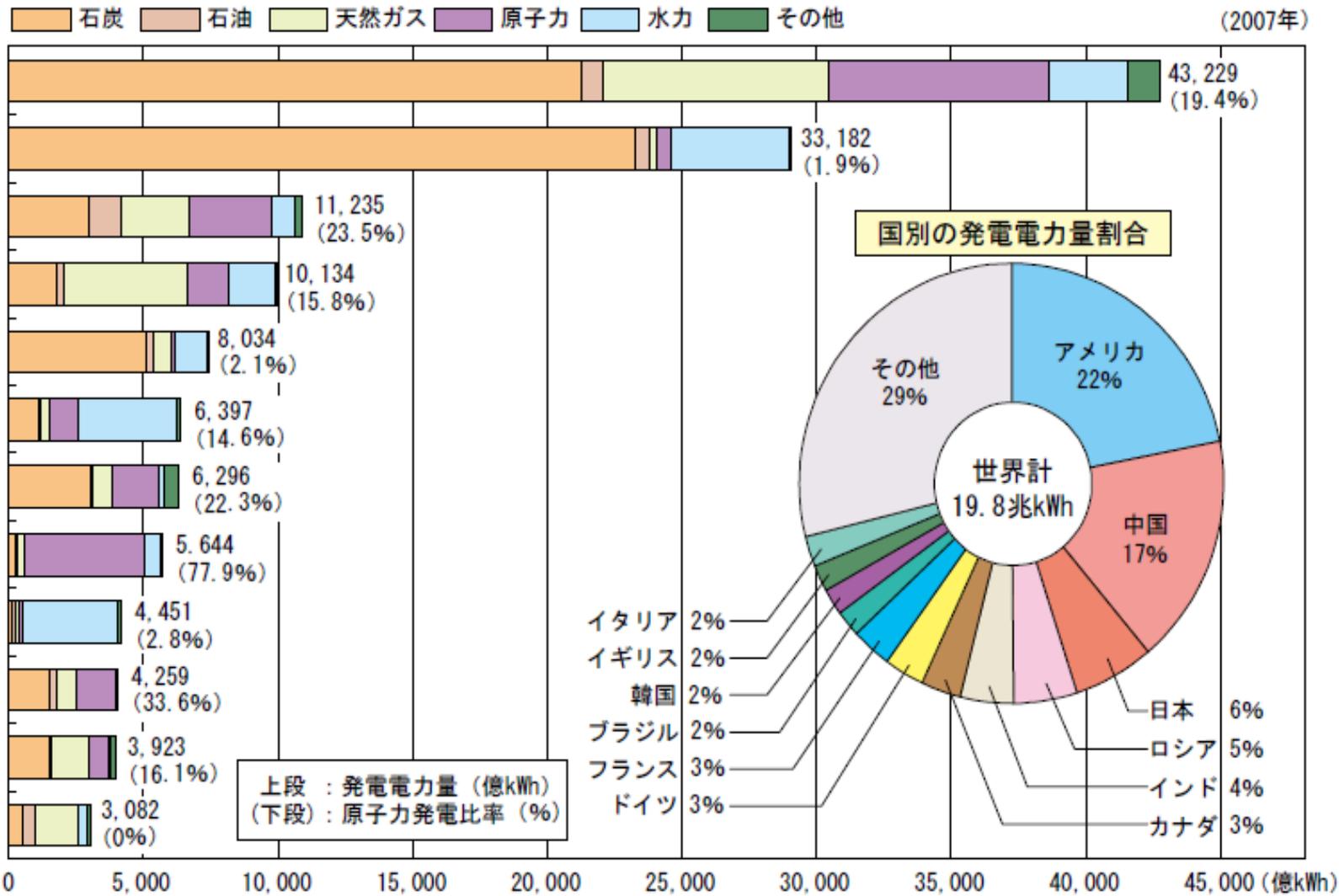
－当面の工程、除染、放射性物質処理処分、廃炉まで

## 3. 我が国の今後のエネルギー

－世界の動向、我が国の脆弱性、エネルギーの要件

## 4. 我が国の今後の原子力産業

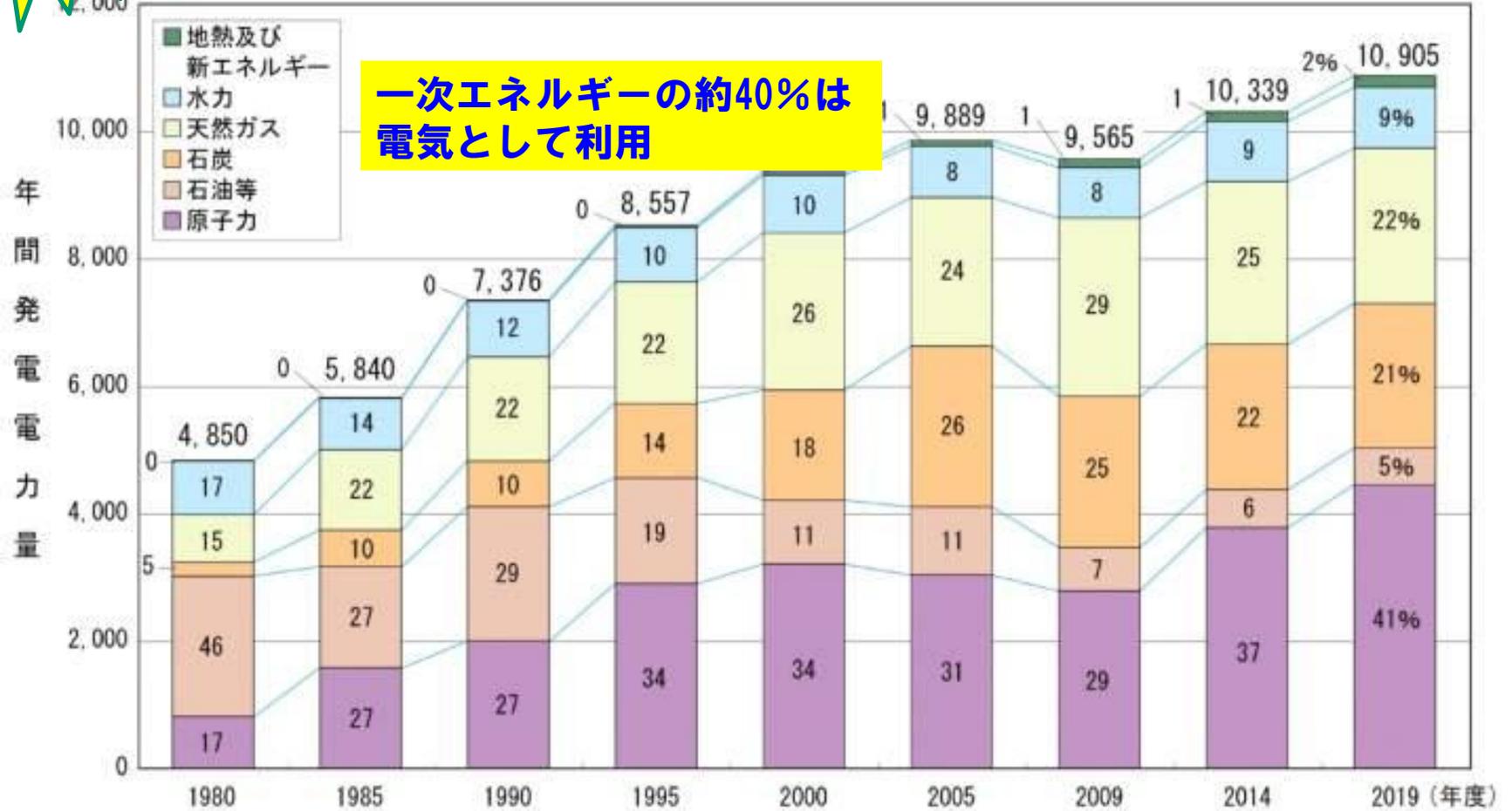
# 全世界で29カ国で439基の原子力発電所が運転中、 全電力量の約16%を発電



(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある



**我が国は54基の原子力発電所が運転中、  
全電力量の約30%を発電**



**一次エネルギーの約40%は  
電気として利用**

(注) 石油等にはLPG、その他ガスおよび瀝青質混合物を含む  
四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある  
発電電力量は10電力会社の合計値 (受電を含む)  
グラフ内の数値は構成比 (%)

# 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

Pro

- ・ **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

Anti

- ・ **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

「お金持ちの国だけが脱原子力を議論できる」 Byウクライナ首相、3月15日

## 福島事故後の世界各国の原子力路線の背景

1. 事故後も原子力積極推進路線を掲げ、新規建設が相次いでいる**中国、インド、ロシア**など、更に建設計画中の**東南アジア**や**中近東**は、経済成長、産業発展、そしてエネルギー事情などから電力需要増大に応える最も適した電源として原子力発電を必要としているからに他ならない。

これらの国々は原子力の安全性に関する懸念は我が国や欧米と同様であるが、原子力を否定することは即ち経済発展を諦めることになるから、安全性にこれまで以上に留意しつつ、推進していかなければならないという背景がある。

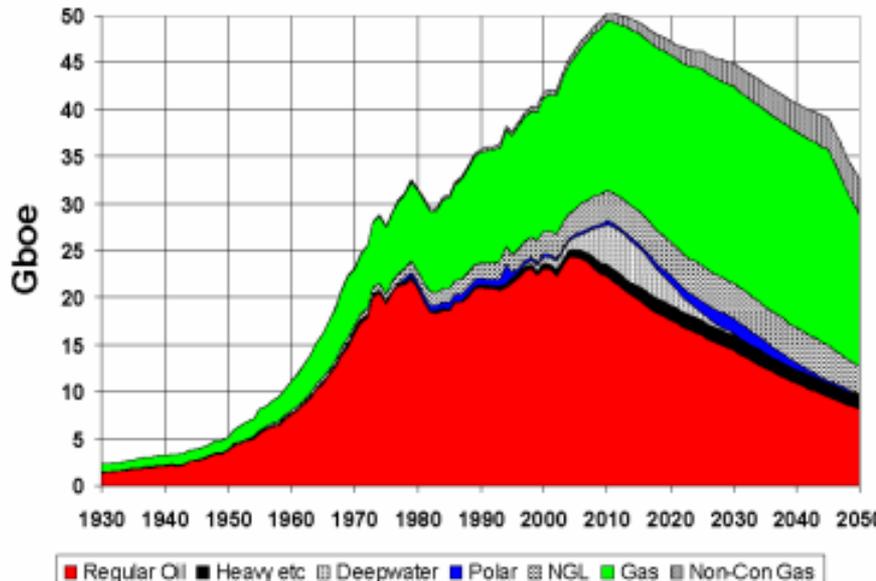
2. **欧米(特にフランス、米国)**や**韓国**も事故後の原子力推進政策は変更してない。すでに多くの原子力発電所があり、それらに代わる電源開発は困難であり、また原子力技術先進国でもあり安全対策は日本より進んでいる、さらに途上国など市場への輸出という背景もある。

3. 福島事故後の早い時期に脱原子力政策を打ち出した**ドイツ、イタリア、スイス**は、もともと国内の反原発勢力の強い国であり、また自国のエネルギー源(ドイツの石炭、スイスの水力)が豊富、電気不足時には隣国から電気(主にフランスから)や天然ガス(ロシアなど)から容易に(電線、パイプライン完備)輸入出来るという事情もある。

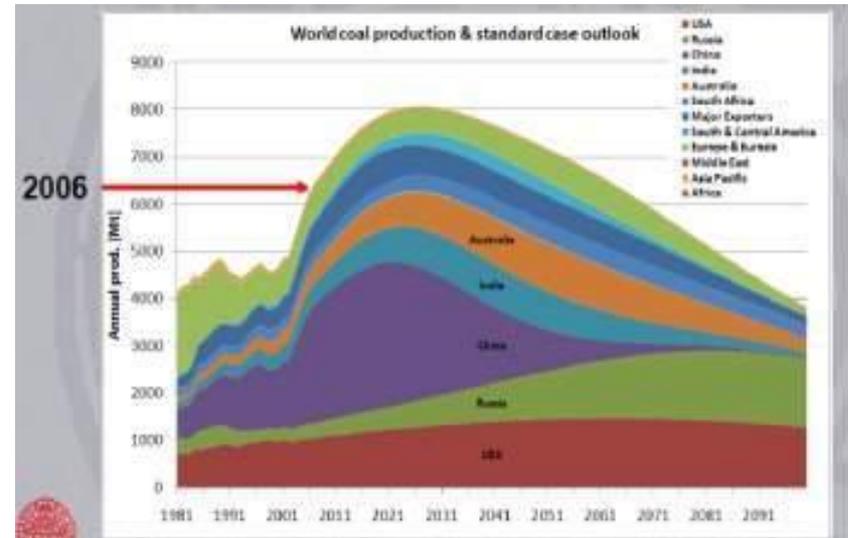
4. 欧米やBRICS、東南アジア、中近東などでの原子力発電所新規建設の技術力がある企業は限られており、**日本の3企業**は各国から期待されている。

# 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

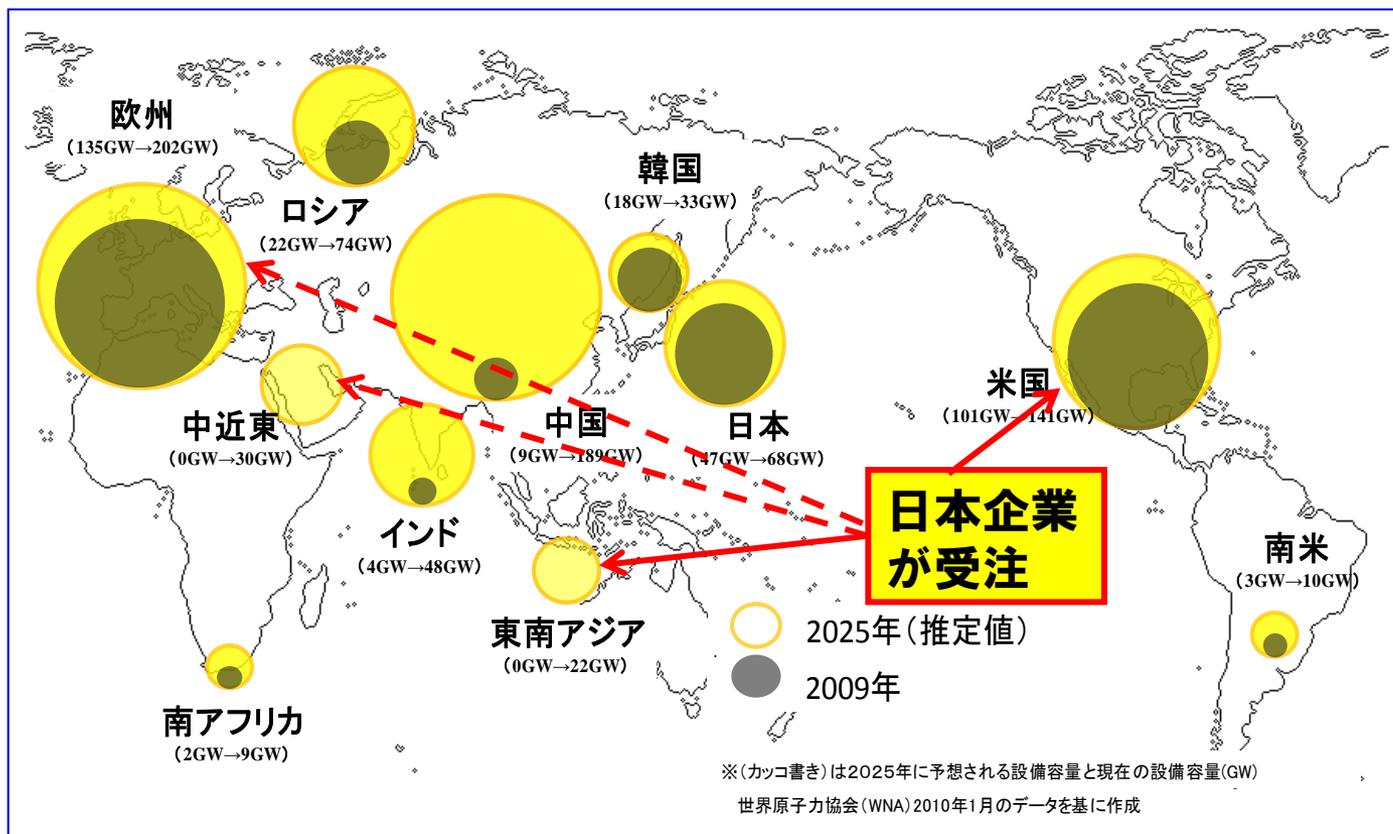


出典: ウプサラ大学Alekklett教授

- 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。
- **これからの主役は原子力発電と再生可能エネルギー**

# 世界各国は原子力建設へ (3.11以降も大勢は変わらない)

TMIや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。⇒エネルギー需要対策、原子力発電の経済性、地球温暖化対策を背景に復活“原子力カルネッサンス”（3.11以降は安全性に留意するも大勢は変わらず）



2010年12月現在  
建設中:63基  
計画中:143基  
構想中:331基  
(出典:WNA)



日本企業の原子力技術力で世界に貢献し、企業の技術力維持向上と外貨獲得の機会

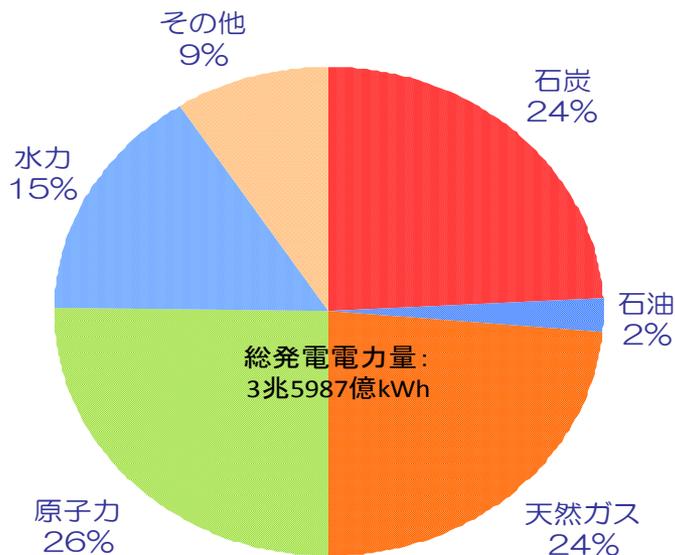
# 欧州は全体で一国のような電源構成

## OECD欧州の発電電力量構成と日本との比較

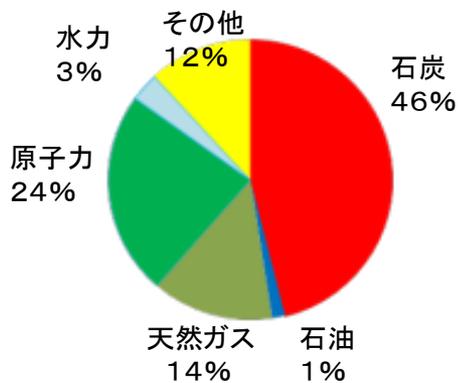
一極めて類似しており、ドイツ、スイス、イタリアが脱原子力となってもこの構成はあまり変化しない。

一台湾・日本は島国、国内でバランスのとれた電源構成にすることが肝要

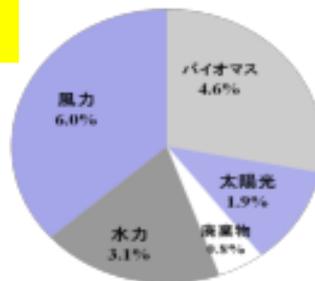
電力構成(欧州、2010年)



ドイツの電力構成(2008)

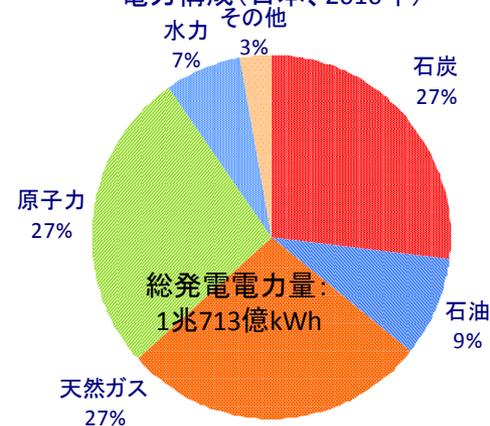


その他(12%)の内訳



再生可能エネルギーの内訳

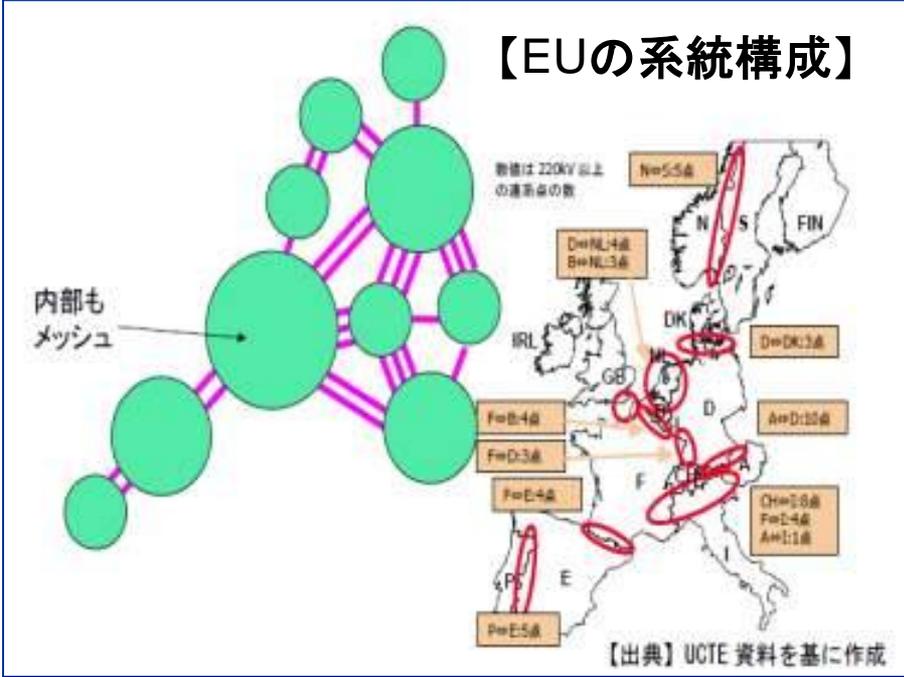
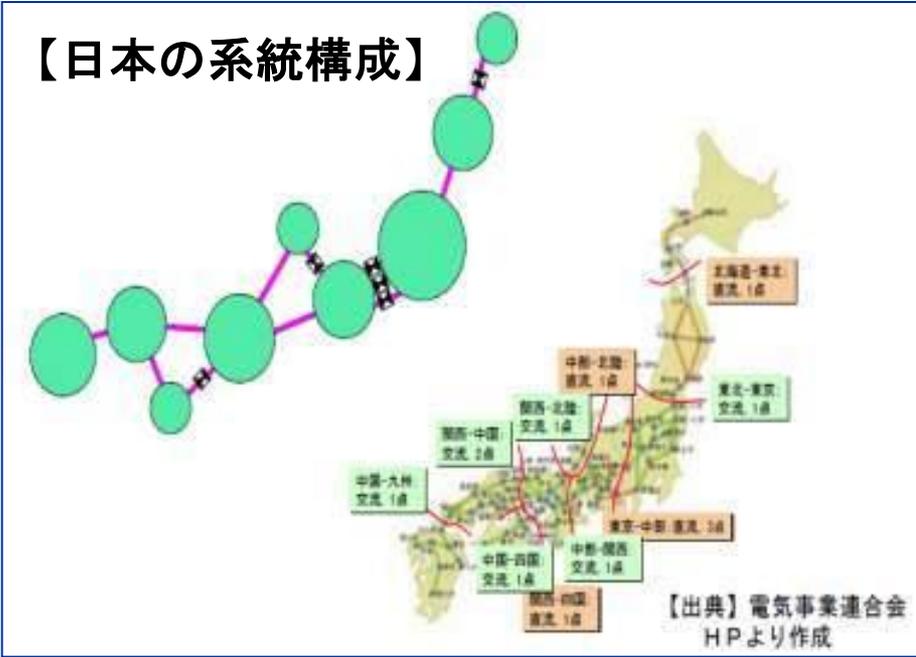
電力構成(日本、2010年)



# 日本とEUの電力系統構成の相違

- 日本は東西に串型の系統構成で、地域間連系線は交・直流1点連系を基本としている。
- 9電力会社間の融通電力は非常に少ないため、電力会社間の電力応援は非常に難しい。  
(例) 東日本/西日本間は50Hz/60Hz変換は100万kW、北海道電力/東北電力: 60万kW
- 自然エネルギーの大量導入は容易ではない。

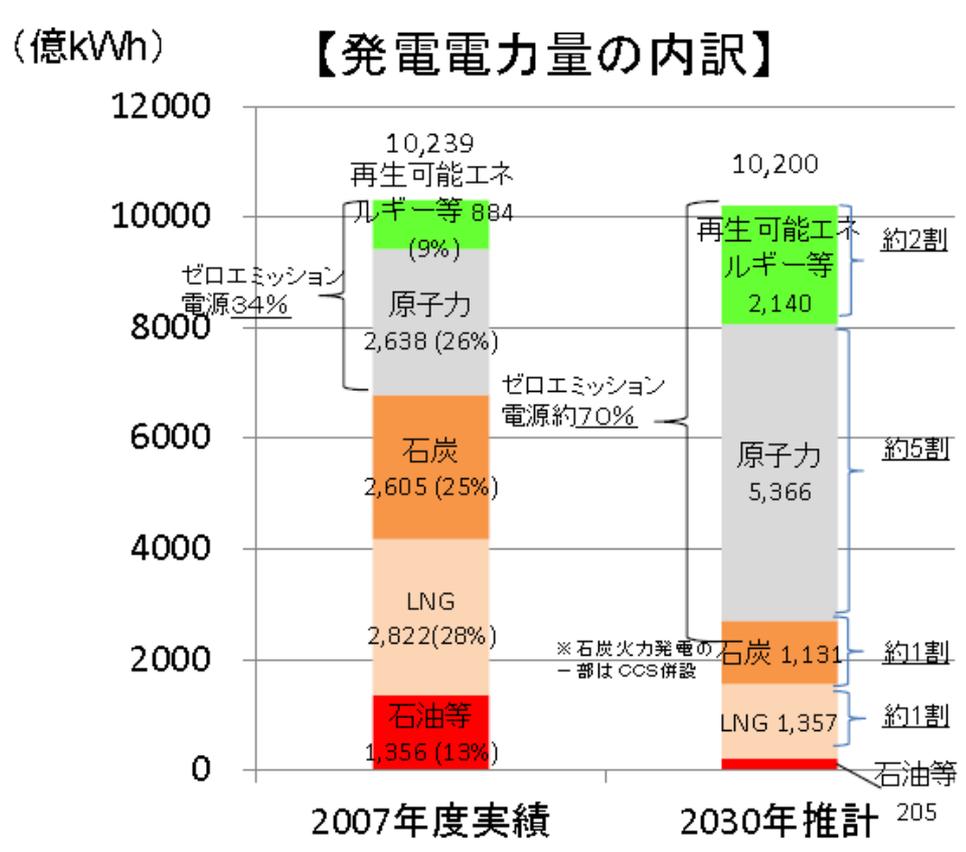
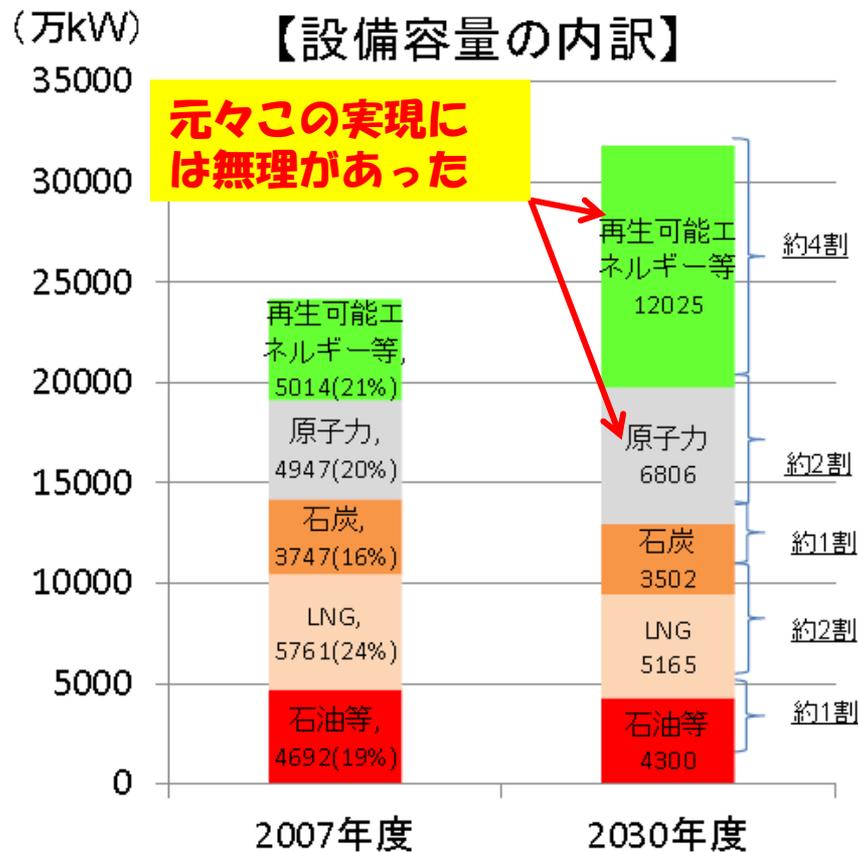
欧州はメッシュ型の系統構成で、各国間は複数の連系点がある(イタリアの場合、スイスと8点、フランスと4点で連系)。



# 我が国のエネルギー政策の見直し

## 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
  - 原子力発電の新設推進・設備利用率を90%に



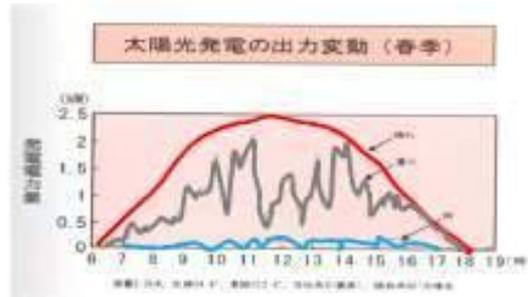
今後は“脱原子力依存”の政府方針の下で大幅に見直し

# 再生可能エネルギーの主役は風力発電と太陽光発電

基本的欠点:出力変動が大きい。

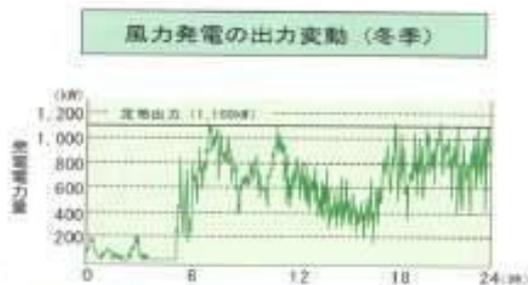
## 太陽光発電

- ・晴れの日(春)でも発電は6時~18時  
50%以上発電は8時~16時
- ・曇りの日は20~80%で変動が激しい
- ・雨の日は10%以下

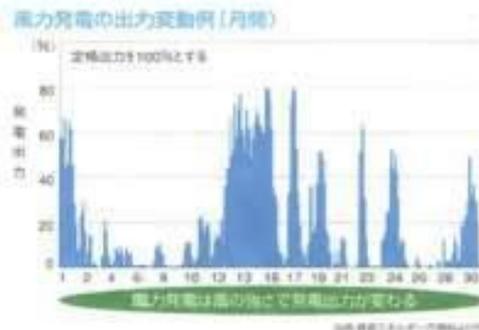


## 風力発電

- ・一日の中でも出力がほとんどゼロの時がある
- ・月間変化の中では数日間出力ゼロの時がある



太陽光・風力合計でも出力ゼロの時間帯を考慮すると同規模の火力補間発電が必要。火力が使用できない段階では莫大な蓄電設備が必要



# 原子力代替のインパクト

- 設備容量100万kWで各電源を比較

|        | 設備<br>利用率<br>(%) | 発電量<br>(億kWh) | CO <sub>2</sub> 削減量<br>(百万トン) | 初期コス<br>ト<br>(億円) | 原子力100万kWの<br>代替に必要な |      |                       |  |
|--------|------------------|---------------|-------------------------------|-------------------|----------------------|------|-----------------------|--|
|        |                  |               |                               |                   | 設備容量<br>(万kW)        | 用地面積 |                       |  |
| 太陽光    | 100万kW           | 12            | 10.5                          | 0.6               | 5,200                | 667  | 山手線内                  |  |
| 風力(陸上) | "                | 20            | 17.5                          | 1.1               | 1,900                | 400  | 山手線の3.5倍              |  |
| 風力(洋上) | "                | 30            | 26.3                          | 1.6               | 2,890                | 267  |                       |  |
| 小水力    | "                | 80            | 70.1                          | 4.2               | 16,000               | 100  |                       |  |
| 地熱     | "                | 70            | 61.3                          | 3.7               | 6,600                | 114  |                       |  |
| 原子力    | "                | 80            | 70.1                          | 4.2               | 2,790                | 100  |                       |  |
|        |                  |               |                               |                   |                      |      | 山手線内67km <sup>2</sup> |  |
| LNG    | "                |               |                               |                   | 1,640                | 100  |                       |  |
| 石炭     | "                |               |                               |                   | 2,720                | 100  |                       |  |

**原子力50基分の電力を再生可能エネルギーで代替するのは  
コスト、場所、更に供給安定性の面から不可能！**

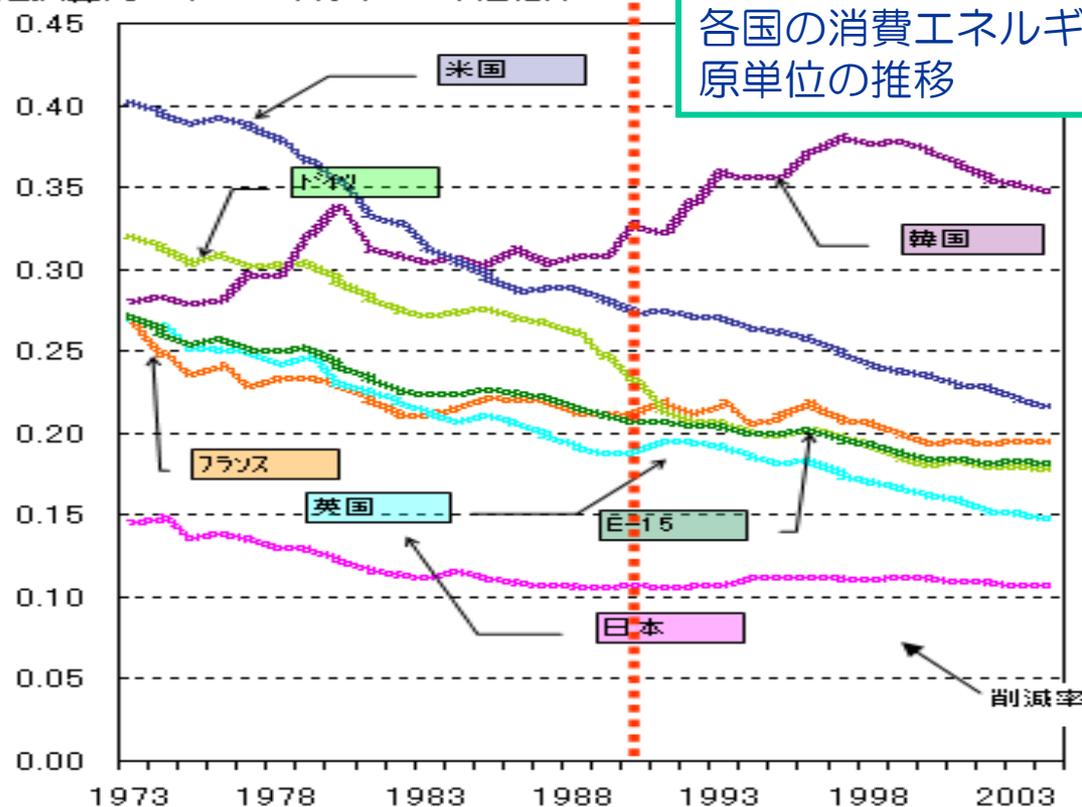
# 省エネルギーの見通しと課題

- 日本は世界最大の省エネルギー国
- 家庭部門・業務部門での省エネはまだ大きな余地があり、家電等の高性能化・新素材の利用・新製品開発等で日本の産業競争力強化にもつながる
- 特に世界最高水準の産業部門の省エネ技術を更に進展させ、新興国に普及することが重要

## 国内での更なる進展には

- 産業構造転換
- 生活スタイル
- 業務形態転換が必須

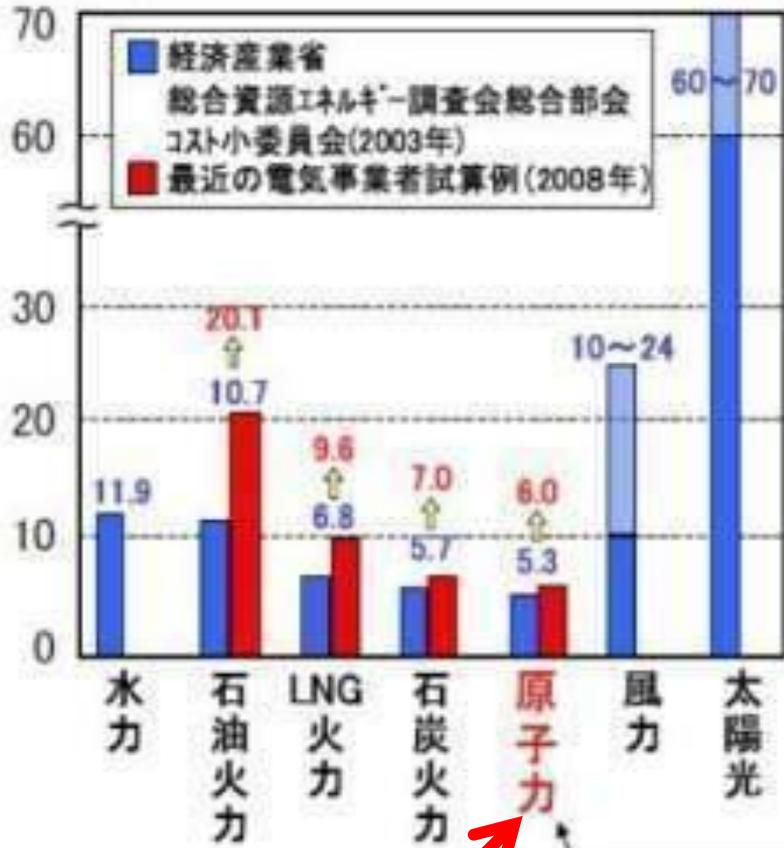
(石油換算トン/1,000USドル(2000年価格))



# 各エネルギー源の経済性

## ＜モデルプラントによるコスト評価＞

(¥/kWh) (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)

福島事故を踏まえて  
見直し必要

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

# 福島事故後、原子力発電の経済性再評価の動き

## 1. 2つのコスト評価方法

①モデルプラントによる方法：電源ごとにモデルプラントを想定し、建設単価、燃料費、運転管理費、割引率等を想定し、kWh当たりの発電コストを算出

(長所) 同一条件下での比較が可能。将来の電源選択に有用。

(短所) 実績値と一致しないことがある。

②有価証券報告書による方法：電気事業者発行の有価証券報告書に記載された各電源別の営業費用、固定資産等の情報に基づく実績の発電コスト評価

(長所) 実績値の為、過去の政策評価や経営分析には有用。

(短所) 長期のコストを単年度でしか見ないので、水力や火力など償却が進んだ電源と原子力のように償却途上の電源比較には妥当ではなく、将来の電源選択には不向き。

## 2. 有価証券報告書による評価結果 (単位：円/kWh)

(立命館大 大島教授、1970～2007年平均)

- ・原子力=8.64、火力=9.8、一般水力=3.88
- ・原子力は更に開発単価1.64、立地単価0.41を加え10.68⇒火力より高い。
- ・更に揚水水力も加えると12.23、原子力は最も高い電源としている。

(日本エネルギー経済研究所、2006～2010年平均)

- ・原子力=7.2、火力=10.2、地熱等=8.9
- ・開発費は殆どが発電向けではない、立地対策費も全てを総原価に含めるのは疑問。
- ・揚水水力は石炭火力、流れ込み水力等全ベース電源に配分、また代替火力を控除等が必要。
- ・火力の70%は燃料費、今後の石油等高騰を考えると、原子力の経済優位性は変わらない。

## 3. 今後の検討課題

- ・再処理、高レベル廃棄物処分、廃炉に掛かる実際の費用は将来異なる可能性あり。
- ・福島事故を踏まえて、安全強化対策コスト、過酷事故被害コストの加算。

# 将来の尺度はエネルギー収支比

エネルギー収支比 (EPR) = 回収エネルギー / 投入エネルギー

(EPR: Energy Profit Ratio)

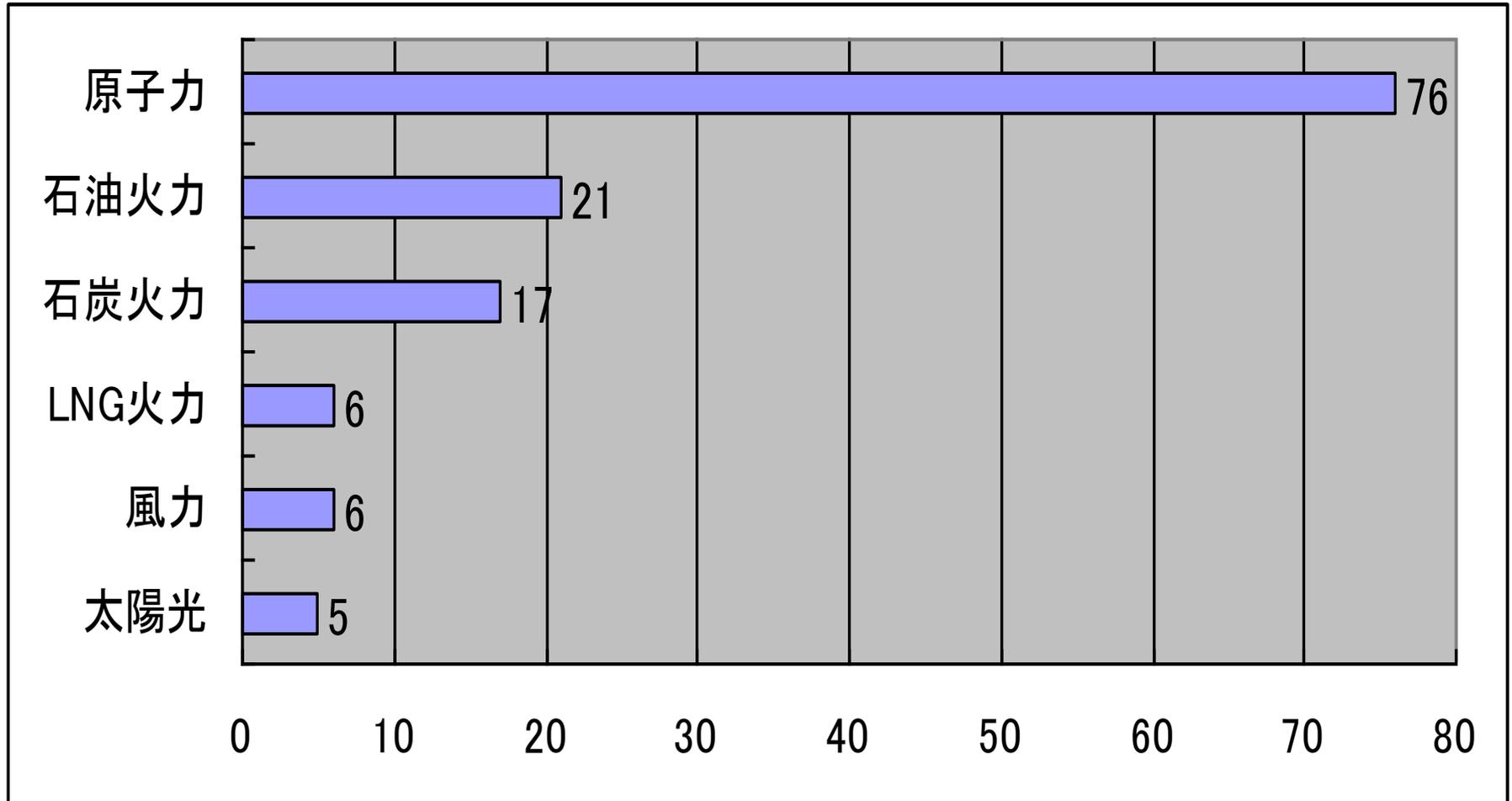
(電中研：発電システムのライフサイクル検討)

- 石炭火力：採掘/選炭→輸送→発電→灰捨て
- 石油火力：採掘→輸送→精製→発電
- LNG火力：採掘/液化→輸送→発電
- 原子力発電：採掘→製錬/フッ化→濃縮→転換/加工 →発電  
(⇒廃炉) →再処理⇒ MOX加工→廃棄物処分

主な前提条件  
(寿命30年)

| システム  | 発電出力 (MW) | 設備利用率 (%) | 所内率 (%) |
|-------|-----------|-----------|---------|
| 原子力   | 1,000     | 75        | 3.4     |
| 石油火力  | 1,000     | 75        | 6.1     |
| LNG火力 | 1,000     | 75        | 3.5     |
| 石炭火力  | 1,000     | 75        | 7.4     |
| 風力    | 0.1       | 20        | 10      |
| 太陽光   | 1.0       | 15        | 5       |

# エネルギー収支比 (設備寿命30年)

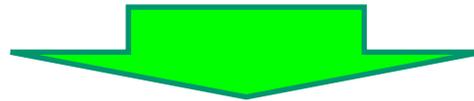


出典: 電中研「発電システムのライフサイクル分析」1995年

# エネルギーの必要条件

## エネルギーに必要な3条件

1. 量（必要な量を必要なときに確保）、
2. 経済性（ライフサイクルコスト、EPR）
3. 質（安全性、地球環境への適合性、電気の品質など）
  - 3-1. 安全性（事故リスク、国民の健康を脅かさない）
  - 3-2. 対環境性（大気・水質汚染防止、地球温暖化対策など）
  - 3-3. 電気の品質（出力変動が少ない）

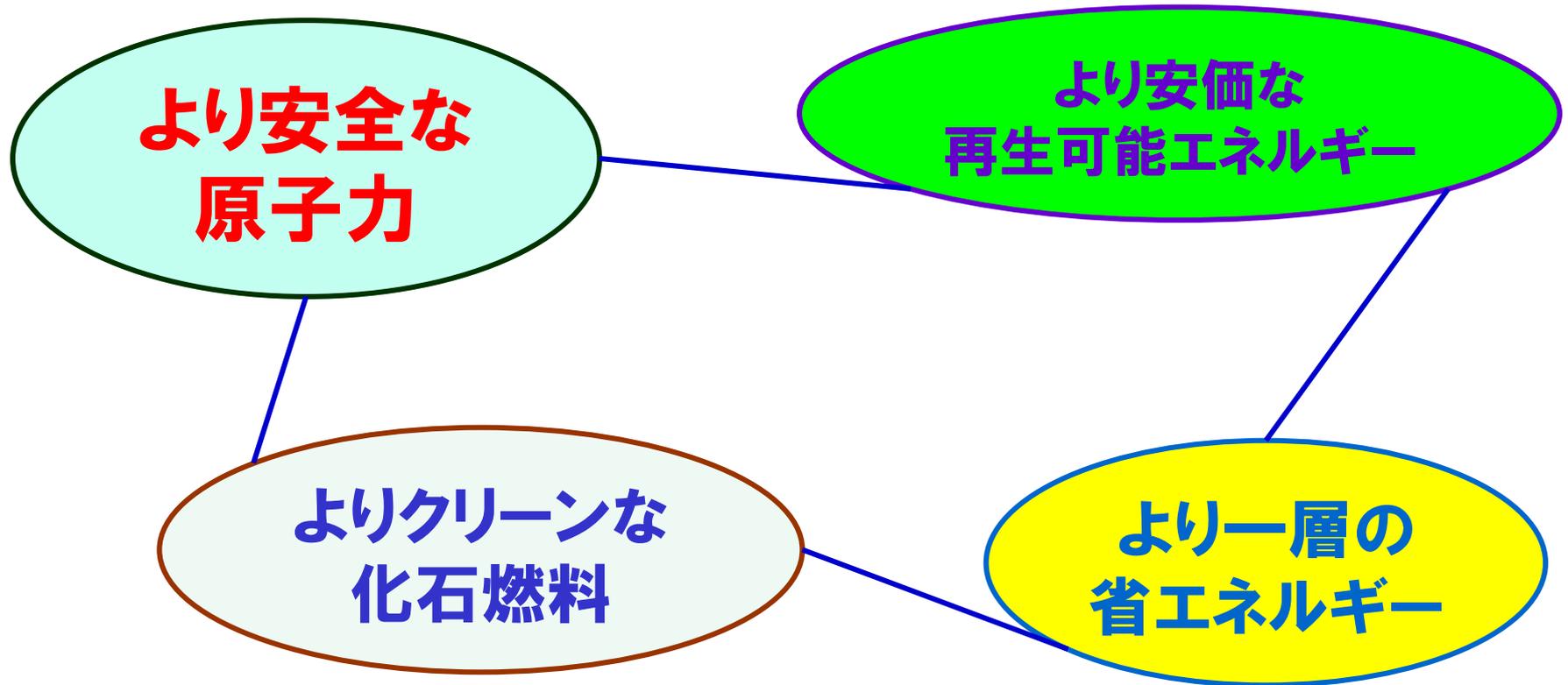


- エネルギー安全保障：経済成長と国民の生活水準の基盤
- 世界のモデルとなる低炭素型経済成長の実現
- 合理的なコスト負担で世界のCO2削減に貢献



全てにおいて満点のエネルギーは無い→ベストミックスが必要

**原子力を今後も基幹電源とし、  
ベストミックスを追及することが重要**



# もくじ

## 1. 事故の教訓と安全対策

－PWRのSBO対応、更なる対策、深層防護、海外に学ぶ

## 2. 東電福島第1原発の今後

－当面の工程、除染、放射性物質処理処分、廃炉まで

## 3. 我が国の今後のエネルギー

－世界の動向、我が国の脆弱性、エネルギーの要件

## 4. 今後の原子力産業

## 日本の原子力産業体制は層が大変厚く広い

|                          |  |
|--------------------------|--|
| 電気事業者                    | (BWR)東京電力、中部電力、東北電力、中国電力、北陸電力、電源開発、日本原子力発電<br>(PWR)関西電力、九州電力、四国電力、北海道電力、日本原子力発電  |
| 原発プラントメーカー               | <ul style="list-style-type: none"> <li>●三菱重工業(エネルギー、航空、宇宙、機械、鉄鋼、船舶、海洋等)</li> <li>●東芝(社会インフラ、デジタルプロダクツ、電子デバイス等)</li> <li>●日立(電力・産業システム、情報通信、デジタルメディア、高機能材料等)</li> </ul> |
| サプライチェーン企業群              | 鉄鋼メーカー(日本製鋼所等)、機械電気部品、素材等、機器メーカー等、化学メーカー等、ゼネコン等  |
| 燃料サイクル企業<br>(放射性廃棄物処分含む) | <p>ウラン探鉱・採掘等:(商社、電力、プラントメーカー等)</p> <p>濃縮、再処理、MOX燃料成型加工:JNFL</p> <p>再転換:三菱原子燃料</p> <p>成型加工:三菱原子燃料、GNF-J、NFI</p> <p>低レベル廃棄物処分:JNFL</p> <p>高レベル廃棄物処分:NUMO</p>             |

# 世界の原子力プラントメーカーの昔と今

## 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

ROSATOM (ロシア)

斗山重工業 (韓国)

AECL (カナダ)

中国 ( ? )

# 福島事故前の日本

**(1) 運転中原発** 54基 4,885万kW (2011年1月1日現在)  
原子力発電電力量 2803億kWh (2010年実績、シェア29.2%)

## **(2) エネルギー基本計画 (2010年6月、閣議決定)**

- ・ 温暖化ガス排出量 2020年迄に1990年比25%減
- ・ エネルギー自給率 (現状18%) 2030年迄に倍増
- ・ ゼロエミッション電源比率 (現状34%)  
2020年 約50%以上、2030年 約70%に拡大
- ・ 原子力発電量シェア拡大：  
2020年 約40% (稼働率85%)、2030年 約50% (稼働率90%)
- ・ 新規原発運転開始： 2020年迄に計9基、2030年迄に計14基以上

## **(3) 原子力の有効活用 (稼働率向上)**

- ・ 長期サイクル運転、プルサーマル、出力向上

## **(4) 原子力国際展開**

- ・ 新成長戦略 (2010年6月、閣議決定)：原子力輸出に官民一体取組み  
(2010.10.31 菅・ズン首相会談でベトナムへの原発2基受注合意)
- ・ 新規導入国支援、原子力人材育成

⇒日本は、原子力カルネサンスの「旗手」



# 民主党政権の不透明な対応

## (1) 原発の安全対策：経産省NISAが指示

- ・緊急安全対策(3月30日)→5月6日確認
- ・シビアアクシデント対応(6月7日)→6月18日確認

## (2) 菅前首相による安全問題への唐突・場当たりの対応

- ・浜岡原発停止要請(5月6日)→運転中3,4号機停止
- ・原発再稼動についてストレステストを指示(7月6日)

## (3) 立地自治体から安全性に対する説明要求、政府説明せず、不信増幅

## (4) 原発再稼働容認せず、来春には全機停止、経済への影響甚大

- ・定期検査終了した原発の再稼働は容認せず。来春には全機停止となる可能性。
- ・一方、北海道電力泊3号機、九電玄海4号機の再稼働は容認。全く合理的ではない。

## (5) エネルギー・原子力政策の見直し、政治的迷走の様相も

- ・5月10日、菅前首相、エネルギー基本計画の白紙化明言
- ・7月13日、菅前首相、脱原発社会目指す方針表明  
(翌日、個人的考えと釈明←無責任、非現実的と批判集中)
- ・10月3日総合資源エネルギー調査会・基本問題委員会などで審議開始

## (6) 輸出戦略と国内対応の矛盾

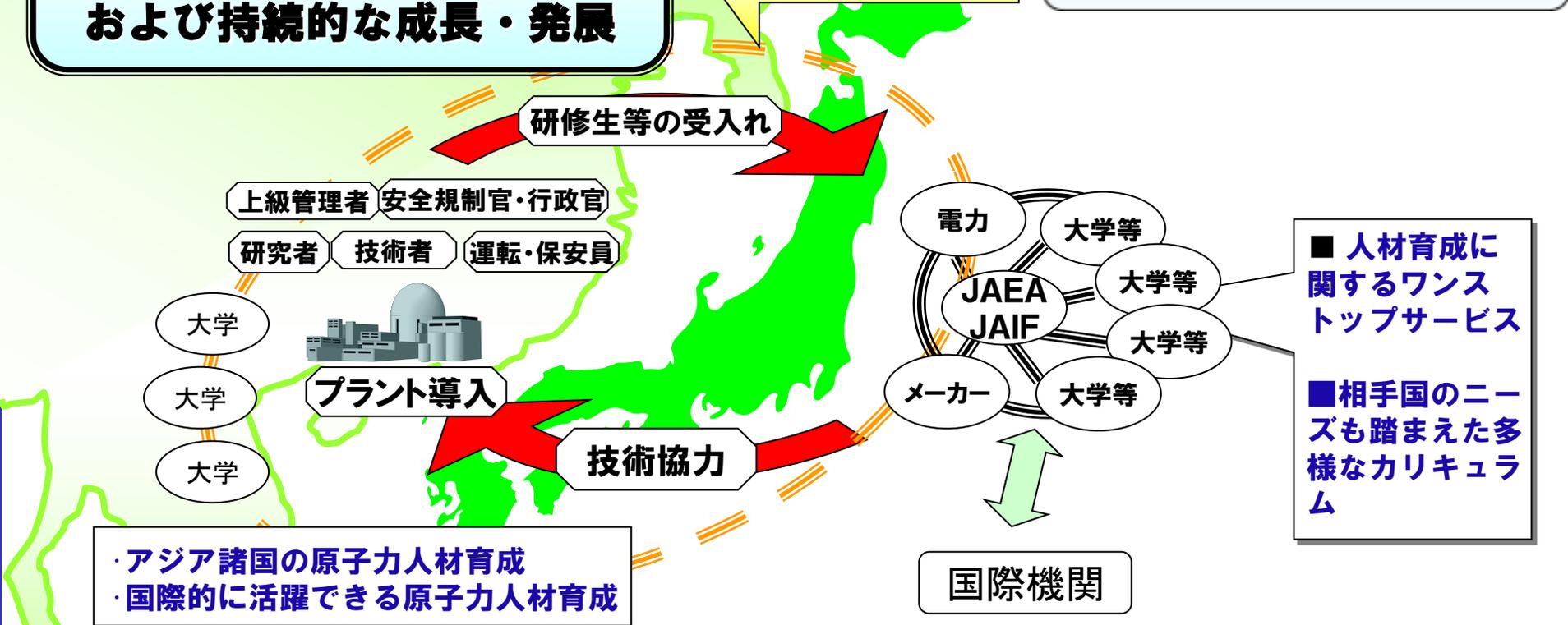
- ・ベトナム始め輸出は推進、一方国内は再稼働容認せず、新設は当面認めない、この差は大きな矛盾。安全性高めた新規建設こそ推進すべき。

# 国際原子力人材育成イニシアティブ

**我が国の原子力技術の  
国際展開を通じた  
アジアにおける原子力安全・  
核不拡散の確保  
および持続的な成長・発展**

ものづくり技術  
安全運転実績  
他

産学官が一体となった  
オールジャパン体制の人材育成  
(原子力人材育成ネットワーク)





# 日本の原子力プラント輸出の実績は無いが、 機器輸出実績は豊富

| 国・地域   | 品名(輸出年)   |
|--------|---|
| 米国     | RPV(1973年)、制御棒駆動装置(2004年)、取替用SG(2006年、2010年)<br>取替用上部原子炉容器(2003年、2004年、2005年、2006年、2009年)、<br>取替用加圧器(2006年)   |
| メキシコ   | 蒸気タービン(1976年)   |
| ブラジル   | 取替用上部原子炉容器(2010年)   |
| フランス   | 取替用SG(2011年、2014年)  |
| フィンランド | RPV(2008年)  |
| ベルギー   | 取替用SG(1995年、2001年、2004年、2009年)  |
| スウェーデン | 取替用上部原子炉容器(1996年、2005年)   |
| スペイン   | タービンローター(1999年)   |
| 中国     | RPV(1986年、1999年、2011年)、炉内構造物(1985年)、<br>主給水ポンプ(1987年、2012年)、主冷却材ポンプ(1999年、2009年)<br>デジタル計測制御システム(2011年、2012年) |
| 台湾     | 原子炉格納容器(1994年)、RPV(2004年)、放射性廃棄物処理施設(2005年)、<br>蒸気タービン発電機(2006年)  |

中国向け制御システム、台湾向けCV,RPV,廃棄物処理施設以外は全て三菱重工業が輸出

# 日本の原子力国際展開

|              |   |
|--------------|---|
| <p>米国</p>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>●コマンチェピーク原発3, 4号機（ルミナント社）計画、COL申請済み<br/>三菱重工業（US-APWR）交渉中（2009年1月～）</li> <li>●ノースアナ原発3号機（ドミニオン・エナジー社）計画、COL申請済み<br/>三菱重工業（US-APWR）交渉中</li> <li>●サウステキサスプロジェクト（STP）原発3, 4号機（NRGエナジー社）、COL申請済み<br/>東芝（ABWR）、2009年2月、EPC契約締結<br/><b>2011年4月、NRGエナジー投資打切り、東電不参加 → 同計画は打切り</b></li> </ul> |
| <p>ベトナム</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>●ニントウアン第2原発計画<br/>2010年10月、日越首脳共同声明で建設パートナーに日本選定<br/>日本側交渉窓口：国際原子力開発会社（JINED）、FS実施主体：日本原子力発電会社</li> </ul>  |
| <p>トルコ</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>●シノップ原発計画（黒海沿岸）<br/>2010年12月、ユルドゥズ・エネルギー天然資源相と大島経産相が協力文書締結<br/>原発建設で日本側と優先交渉（東芝）</li> </ul>  |
| <p>ヨルダン</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>●マジュダル原発計画（アンマン近郊）<br/>仏アレバ・三菱重工業、ロシアASE、カナダSNCラバリン社が競合中<br/>ヨルダン政府、2011年11月に供給者選定予定</li> </ul>  |
| <p>リトアニア</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>●ピサギナス原発計画<br/>2011年7月、優先交渉者として日立GEニュークリアエナジー選択</li> </ul>   |
| <p>その他</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>●ブルガリア：東芝傘下のWHが国営電力と原発事業で提携</li> <li>●カナダ・サスカチワン州：日立GE等、小型原子炉の共同開発で合意、2023～5年の実用化目指す</li> <li>●フィンランド、フェンノボイマ社の原発計画に仏アレバと東芝が競合中</li> <li>●ポーランド、年内に国際入札予定、他</li> </ul>   |

# 日本の2国間原子力協力枠組み

## 2国間原子力協定

\*核物質や原子力機材などを輸出入する際、平和利用に限定して軍事転用を防ぐため政府間で結ぶ協定。政府が署名し、国会が承認して発効する。

|                 |   |
|-----------------|---|
| 発効<br>(発効年)     | 日加協定(1960年)、日英協定(1968年)、日米協定(1968年)、<br>日仏協定(1972年)、日豪協定(1972年)、日中協定(1986年)<br>日ユーラトム協定(2006年)、日カザフスタン協定(2011年5月) |
| 署名済み<br>(署名年月)  | 日口協定(2009年5月)、日ヨルダン協定(2010年9月)<br>日韓協定(2010年12月)、日越協定(2011年1月) <b>国会未承認</b>                                       |
| 交渉中<br>(交渉開始年月) | 日印協定(2010年6月)、日南ア協定(2010年9月)、日トルコ協定(2011年予定)<br>《交渉準備中》 日モンゴル協定、日ブラジル協定、日メキシコ協定、<br>日マレーシア協定、日タイ協定                |

## 2国間原子力協力文書

\*経済産業省が相手国の該当機関との間で署名。  
原子力発電導入に向けての準備、基盤整備、人材育成等の協力を行う。

|                |  |
|----------------|--|
| 締結済み<br>(締結年月) | カザフスタン(2007年4月)、インドネシア(2007年11月)、ベトナム(2008年5月)、<br>UAE(2009年1月)、ヨルダン(2009年4月)、イタリア(2009年5月)、<br>モンゴル(2009年7月)、ポーランド(2010年3月)、マレーシア(2010年9月)、<br>クウェート(2010年9月)、トルコ(2010年12月) |
| 交渉中            | タイ(協議中)、サウジアラビア(早期締結で合意)   |

# 今後の我が国の原子力産業見通し(私見)

第4章「今後のエネルギー」の結論で述べたように、原子力の基幹エネルギーとしての位置付けは変えてはならない。量的には一定の役割、例えば20~30%、を維持していくべきであろう。原子力産業としてのやるべきことを私見を交えて列挙したい。

1. まず**東電福島第1の1~4号機の廃炉**までの約30年間にも及ぶ、歴大な諸作業のロードマップ策定、諸課題の抽出、調査・研究・開発、国際協力など。これまで未経験の課題が多く、国内外の経験、知識、試験研究などが要求される。
  2. **国内50基の既設原発の地震・津波対策、AM等安全強化対策。**
  3. **原子燃料サイクル**はエネルギー安全保障の為に経済性だけで判断すべきではなく、継続すべきである。まず六ヶ所再処理施設のガラス固化施設の問題解決と再処理操業の開始。MOX燃料工場の建設再開と完成、操業開始。FBR原型炉もんじゅの試験再開、100%出力達成。FBR実証炉の開発設計続行し革新的要素技術の選択、2025年完成に向けた工程確立と実行。
  4. **原子力発電プラントを海外へ**、欧米など先進国、東南アジア、中国、中近東など発展途上国に協力し、受注、建設、また人材育成などインフラ整備にも注力。
  5. **国内新規原発のより安全性を高めた**設計開発、許認可申請、建設開始。次世代軽水炉の開発促進。
  6. **国民の原子力への信頼回復、安心感醸成**の為に、これまで国や事業者が広報や教育等に尽力してきたが、今後は産業界も前面に出て活動すべきである。
- 以上のように、我が国と世界各国のエネルギー安全保障の為に、我が国の原子力産業界がやるべきことは沢山あり、3.11後、ますます増えたと言っても過言ではない。

## まとめ(私見)

1. 今回の事故は地震学者さえも予想しなかった巨大地震と津波が直接的な原因の天災である。しかしその後の指揮命令や運転操作のミスにより事故の影響が拡大、人災的要因も大きい。これらの背景には、津波という自然災害を甘く見た驕り、長時間の全電源喪失を想定しなかった安全性追求の思考停止があり、この根底には我が国の原子力安全規制体制、国と事業者、中央と地方等の社会的問題がある。
2. まず原子力関係者が取り組むべきは、福島事故の収束、周辺の除染、廃炉に向けた課題解決である。
3. 既設原子力発電所(特にPWR)は技術的には安全対策は可能であり、電力不足による産業や生活への影響回避の為に早急に再稼働すべきである。
4. 今後の原子力の安全性強化は世界各国と協調して、様々な教訓に地道に且つ総力挙げて取り組むことが肝要。また原子力規制体制の改革、さらに原子力関係者の猛反省の下、国民の原子力に対する信頼性回復に取り組む事が重要。
5. 福島事故後も、世界各国の今後のエネルギー政策の大勢は安全性確保を大前提に、原子力推進政策を維持する国が先進国も発展途上国にも多く、我が国の技術力・経験は期待されている。
6. 我が国では今回の事故により、これまでの原子力依存路線は修正を余儀なくされるが、代替は天然ガス火力(AGCC)や石炭火力が中心で、再生可能エネルギー(水力、太陽光、風力、バイオ、地熱等)は補完的と思われる。
7. 我が国の原子力は、福島事故機の長期的処理、エネルギー安全保障、温暖化対策、海外の原子力建設への貢献、将来の建替え需要対応などから、産業界、研究機関、大学教育機関等は一定の規模、人材、施設を今後も維持していく必要がある。

# 完

**ご清聴、有難うございました。**



**(付録参考) 東電福島第一事故の様々な教訓や諸問題(私見)  
原子力プラントメーカーの役割、必要な技術力、  
技術者の資質、魅力の若者像**

# 事故の原子力安全上の教訓

1. 低頻度高影響の巨大地震・津波などの事象を想定することが必要
2. 長時間の全電源喪失とヒートシンク喪失を考慮した対策が必要(電源、水源、ヒートシンクの信頼性向上、多様化など)
3. 我が国のこれまでの深層防護は①異常の発生防止、②事故への拡大防止、③放射性物質の異常放出防止であったが、更に④シビアアクシデント発生防止、影響緩和(アクシデントマネジメント)、⑤放射線影響の緩和(防災対策)まで考える必要がある。⇒次ページ参照
4. 使用済燃料プールの代替除熱システム、設置位置、燃料のマネジメント(早期にキャスク保管)
5. 事故時計装の機能確保と事故時の計算機支援
6. 事故時の現地作業安全、作業性等確保(緊急時対応ロボット含む)
7. 緊急時責任/指揮体制/情報提供(オフサイトセンターの機能・位置、関係機関の間の役割分担、SPEEDI等)
8. 規制行政改革(推進/規制分離、保安院/安全委員会一元化、原子炉安全と放射能安全等縦割りの一元化、専門性と独立性、設計指針の柔軟な改正)
9. 国際支援・協力への柔軟かつ開かれた対応

# 東電福島第一原子力事故の要因（私見）

1. 事故の直接原因は、地震学者の想定をはるかに超える巨大地震と巨大津波の発生である。
2. 事故が炉心溶融や水素爆発という過酷な事故に拡大した要因は、過酷事故を想定した対策が欧米では為されていたにも拘らずわが国では不十分であったこと、また事故後に関係者が指揮・判断・対応を誤ったことなどの人為的要素がある。
3. 事故による放射性物質拡散による地元住民の避難、農作物や畜産物などの出荷停止による生産者の被害、広域の放射能拡散に対する不安や恐怖、更に原子力再稼動規制による電力不足による全国的な産業や生活への影響などの大きな負担を国民に強いることになった。原子力事故の大きな影響により国民の多くが“脱原発依存”に傾いている。同時に、政府や東電の事故後の対応や政府の放射線被ばく健康被害についての曖昧な言動により、政府、電力、専門家への不信が広がっている。
4. 放射性物質の拡散、食品の放射能レベルは、事故直後は高かったが既に健康にはほとんど害が無いレベルになったにも拘らず、多くの国民が不安に思っており、それが風評被害を助長している。
5. これらの教訓の遠因には、学校教育、マスコミ、情報公開、危機管理などの、我が国の様々な社会的な要因がある。

# 我が国の原子力安全規制の諸問題（私見）

1. 我が国では電気事業法の基本は、モノが健全であれば発電所は安全であるという構造強度重視で、システムや機能、解析評価、確率評価を重視する欧米式の安全規制にまで深化してない。
2. 解析評価書類、計算書類、検査書類など、書類審査中心の安全規制
3. 高経年化対策はモノ中心で、“設計”の高経年化対策が疎か。
4. 多くの規制事項が多くの省庁にまたがっている。
  - ・規制事項：原子炉安全、放射線安全、核拡散防止（輸出入管理、保障措置）、核セキュリティ
  - ・縦割り：原子力安全・保安院、原子力安全委員会、文部科学省、外務省、国交省、厚労省
5. 最新の知見を安全規制へタイムリーに反映してない。
6. 国際原子力機関（IAEA）の勧告や提言を反映してない。2008年の原子力安全・保安院の責任、事業者との責任分担、IAEA安全文書遵守、より柔軟な規制、など勧告したが・・・
7. 欧州の“ストレステスト”は余裕度の評価中心で、余裕が少なくても運転を継続しながら改良、不合格の場合は改良してすぐに立ち上げる、エネルギーセキュリティ（電力の確保）を重視。一方、我が国は法的定検合格しても“ストレステスト”合格（合否基準曖昧）しないと運転開始出来ない、一罰百戒的規制でエネルギーセキュリティ（電力の確保）を軽視。

# プラントメーカーは開発からアフターサービスまで

三菱重工の例

開発

設計

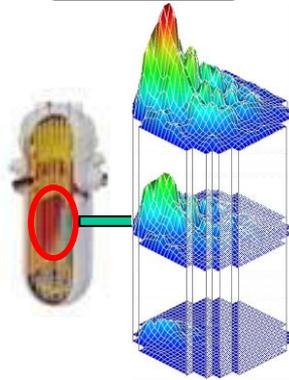
製造

建設

アフター  
サービス



ホットセル施設



安全解析技術(制御棒飛び出し時)



超大型  
複合工作機



超大容量クレーンによるCV工期短縮



水中UTロボット(原子炉容器欠陥探傷)



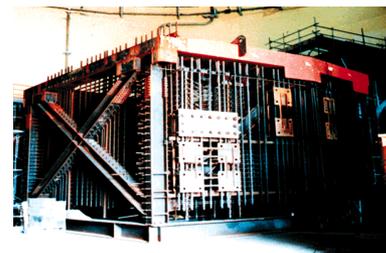
APWR炉内流動  
試験設備



3D-CADによる  
配置・配管設計



電子ビーム  
溶接装置

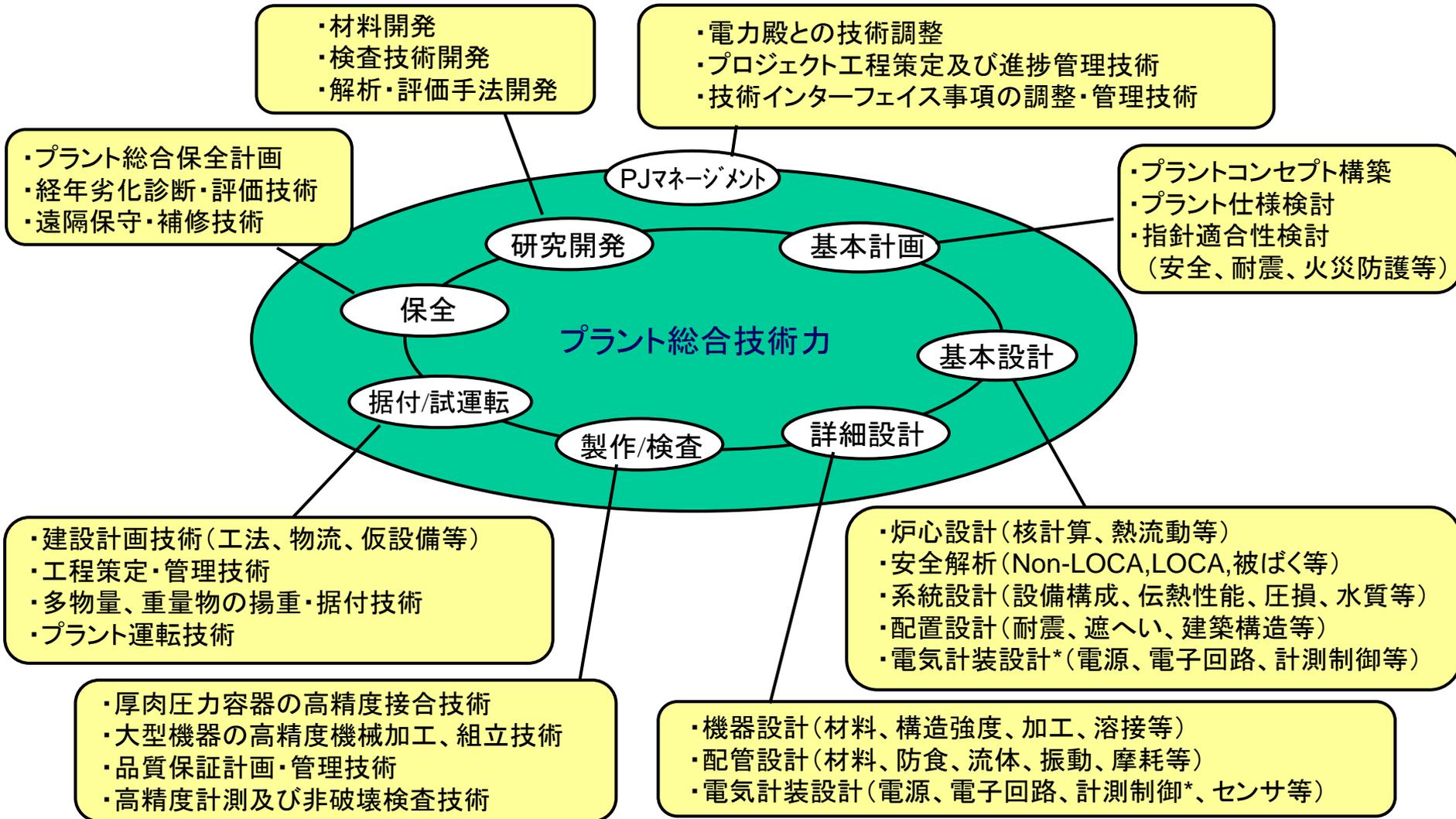


プレハブ大型ブロック  
工法

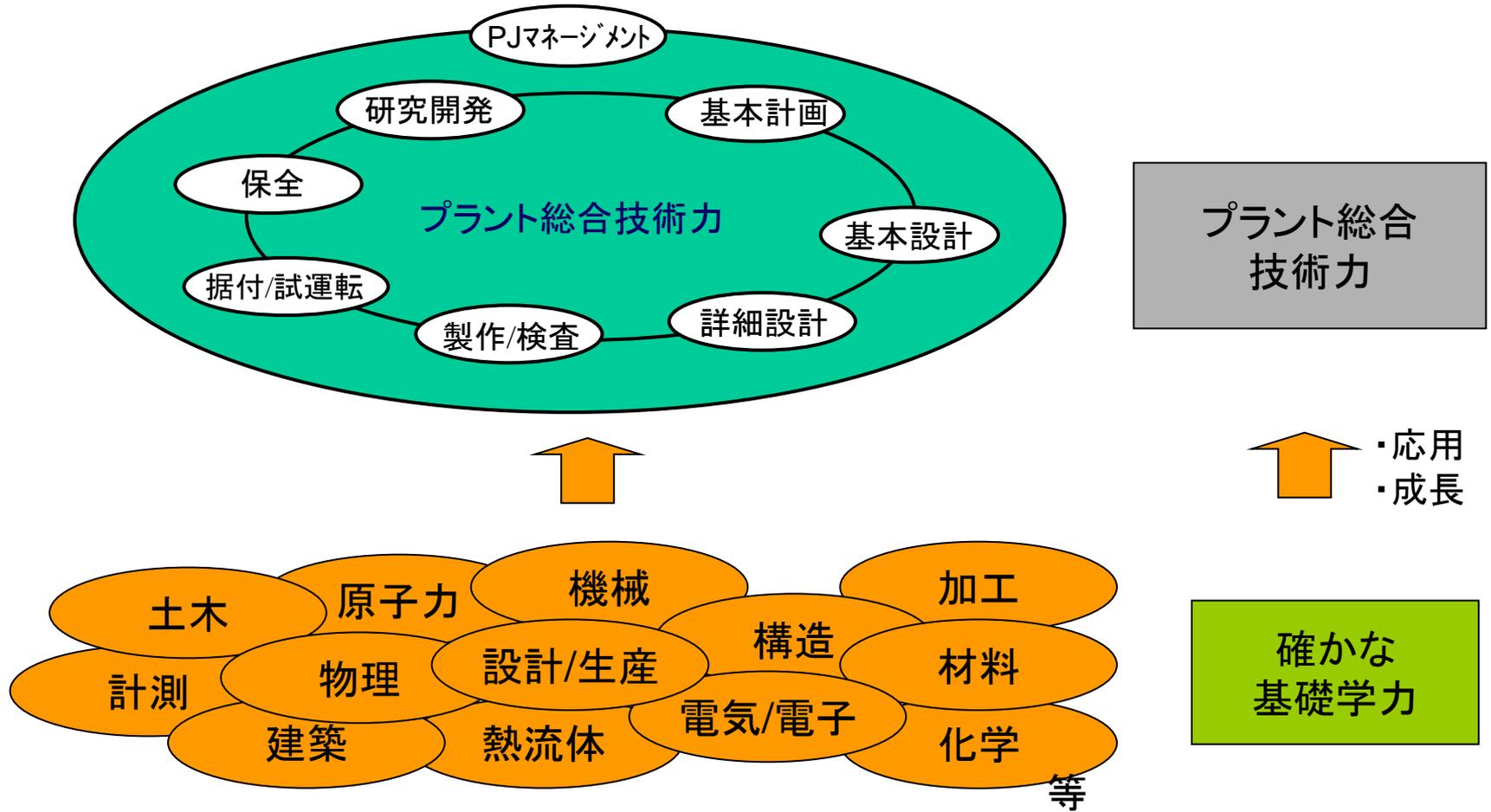


原子炉容器バルブ  
補修溶接装置

# 原子力プラントメーカーに必要な技術能力は 非常に広範囲である



# プラント総合技術力を支える技術は広範囲



# 原子力プラントエンジニアに求められる資質

●原子力発電プラントは□□□□□が求められる

□重厚長大から軽薄短小まで**総合ハイテク技術**のシステム工学

□計画、設計、製造、建設、運転、保守**全ての段階での安全性**

□技術の安全性に加え、**社会の安全性**、そして**経済性**

□設計する人、造る人、運転する人**のお互いの思いやり**

<企業は若者に何を求めるか？>

1. **気力、体力、技術力**
2. **T型またはII型技術者**（横棒は広い知識・教養、縦は深い専門知識）
3. **チームワーク、協調性**
4. **独創性**、新たな発想、工夫で現状より良いもの、無いものを作るという気概
5. 企業内倫理より**社会倫理、技術者倫理**を重視する正義感
6. **顧客の立場、協力会社の立場**に立つという発想
7. **社会の発展に貢献**するという大局観

# 企業にとって魅力の若者像

- **新しいことへチャレンジする**
- **自己主張や他人とのコミュニケーションの能力  
共同作業を苦にしない。地元行事、スポーツ**
- **健康で明るく前向きに物事を考える**
- **基礎的学力を身に付けている**
  - 日本語、英語、仏語、郷土史なども
- **原子力(仕事)に情熱と熱意を持つ**
  - 仕事に対する確かな理念を持つ
- **常に社会の動きに目を向けている**
  - 世の中の動向に関心を持っている事

「竹内哲夫氏語録」より

# エピローグに代えて、 インドネシアでの福島事故関連原子力セミナー にJICC派遣4人の講師の一人として出席 (2011.9.29~10.6)



・9月30日 : ASEAN Committee of Science and Technology TWG on NPP、タイ、マレーシア、インドネシア、ASEAN事務局、原子力関係者計12名、@NOVOTELホテル(ジョグジャカルタ)



・10月1日 : BATAN・ジョグジャカルタ大学共催 原子力安全性セミナー、BATAN、BAPETAN原子力関係者、学長、教授、研究者、学生など約200名、@ジョグジャカルタ大学(ジョグジャカルタ)



・10月3日:ガジャマダ大学/JICC共催、福島事故とインドネシアの展望、ガジャマダ大学工学部長、教授、研究者、学生など約100名、@ガジャマダ大学工学部会議室(ジョグジャカルタ)

・10月4日、PLN(国営電力会社)/BATAN/JICC共催福島事故と教訓、電力、原子力関係者約50名、@インターコンチネンタルホテル(ジャカルタ)  
・10月5日、BATAN/JICC共催福島事故と教訓、BATAN原子力研究者約40名、@BATAN研究所(スルボンジャカルタ近郊)、“放射性廃棄物セミナー”を同時並行で開催。

・5日間、延べ約400人の参加者、大変熱心、沢山の質問、セミナー後に日本語で話。  
・アンケートをほぼ半数から回収。  
大多数の回答は、①福島事故後でもインドネシアに原子力発電は必要、②日本はその経験と技術力から原子力の安全性をより高めることに期待。③日本はインドネシアの原子力発電のパートナーとして相応しい。  
・日本の原子力技術力と経験に大変期待している発展途上国の為にも、我が国は”脱原子力“はもとより、”縮原子力依存“すらも政策として取るべきでない。