

# 原子力人材・技術に係る現状と課題について

平成24年10月30日

資源エネルギー庁

# 原子力発電所の建設・運転・廃炉と、事故炉の廃炉に必要な技術・人材

## 設計・建設

### 【主な作業内容】

- 原子炉設計
- プラント全体設計
- 建屋設計(耐震設計)
- 機器製造・組立
- 建屋建設 等

### 【主に必要となる知識】

- **原子力工学(原子炉設計)**
- **機械、電気工学(機器製造)**
- 建築・土木工学(耐震) 等

## 運転

### 【主な作業内容】

- プラント運転
- 保守、点検
- 燃料交換 等

### 【主に必要となる知識】

- **電気、機械**  
(プラント運転、保守、点検)
- 材料工学(保守、点検)等

## 廃炉

### 【主な作業内容】

- 機器取り外し、解体
- 建屋解体
- 放射性廃棄物処分 等

### 【主に必要となる知識】

- **建築、土木工学**  
(機器、建屋解体)
- 放射線防護
- 放射性物質管理 等

## 事故炉の廃炉

### 【主な作業内容】

- 溶融燃料取り出し
- 格納容器、建屋等の健全性確保
- 放射性廃棄物処分 等

### 【主に必要となる知識】

- **原子力工学**  
(炉心状況把握)
- **電気、機械**  
(遠隔操作技術)
- 放射線防護
- 放射性物質管理 等

- ・原子炉の設計に関しては、**高度な原子力の知識が必要**となるため、主に、**原子力工学等**の知識を持つ技術者が実施
- ・機器製造に関しては、**機械、電気工学等**の知識を持つ技術者が中心となり実施
- ・プラント建設の際は、**機器製造や建設等**の技術を持つ技能者が従事

➡ **プラントメーカーが実施**

- ・プラント運転の際は、**保守、点検**がメインとなるため、**電気、機械工学等**の知識を持つ技術者が中心となり、作業を管理
- ・実際の保守、点検の際には、**溶接等**の技術を持つ技能者が従事

➡ **主に電気事業者が実施**

- ・廃炉の際は、**機器、建屋解体**がメインとなるため、**建築、土木工学等**の知識を持つ技術者が主要工程を計画、管理
- ・実際の解体作業は、**建屋解体等**の技術を持つ技能者が従事

➡ **主にゼネコンが実施**

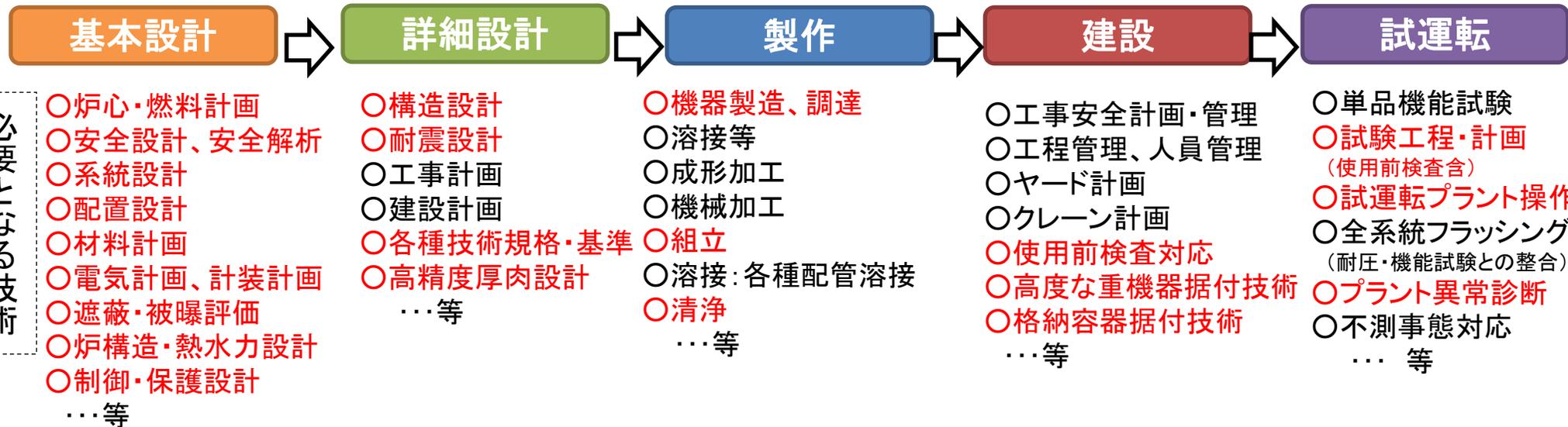
- ・事故炉の廃炉に関しては、溶融燃料の取り出しに向けて、高度な遠隔操作技術、放射線防護技術が必要となり、**原子力工学、電気、機械等**の技術者が中心
- ・同時に、廃棄物管理、処分にも、**原子力工学等**の知識が必要となる。

➡ **プラントメーカー、研究機関等が実施**

# 原子力発電所の設計・建設に必要な技術・人材

○原子力を活用する点で火力発電等以上の安全性が要求され、膨大な物量で、かつ高い品質要求を満足させながらの作業となるため、高度なプロジェクトマネジメント、エンジニアリング能力が必要とされる。

→ 火力発電等の他の電源の推進だけでは、原子力発電に必要なとされる広範かつ高度な技術・人材の維持は困難



原子力固有のもの  
又は他電源でも共通する  
が原子力と要求レベルが  
異なるもの: ●色

# プラント安全性向上、トラブル対応に必要な技術

①プラント建設の各工程及び運転・保守における知識・経験が更なる技術開発にフィードバックし、プラント安全性向上が図られてきた。

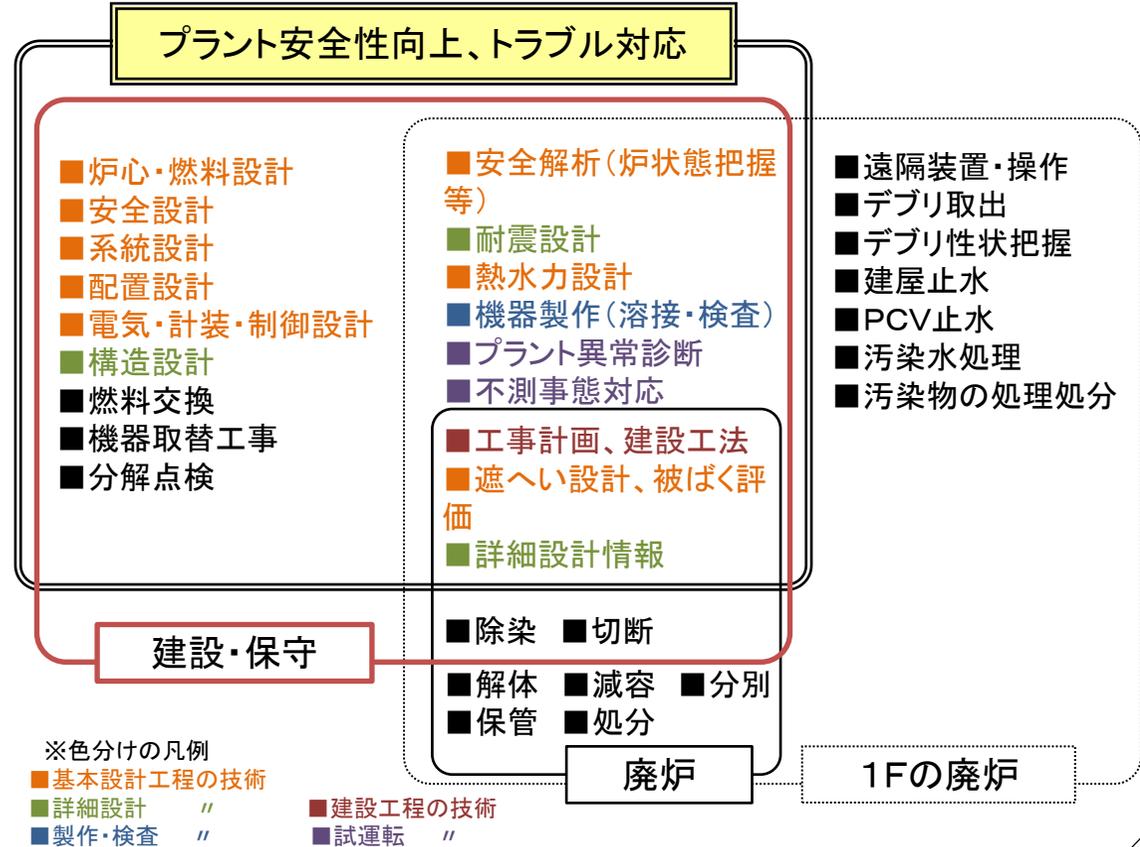
②また、トラブル発生時における原因分析、的確な対応の決定及び実行にも、各工程における知識・経験が重要となる。

→原子力発電所の稼働がない状況下で、運転・保守の経験を踏まえた更なる安全性向上が困難。

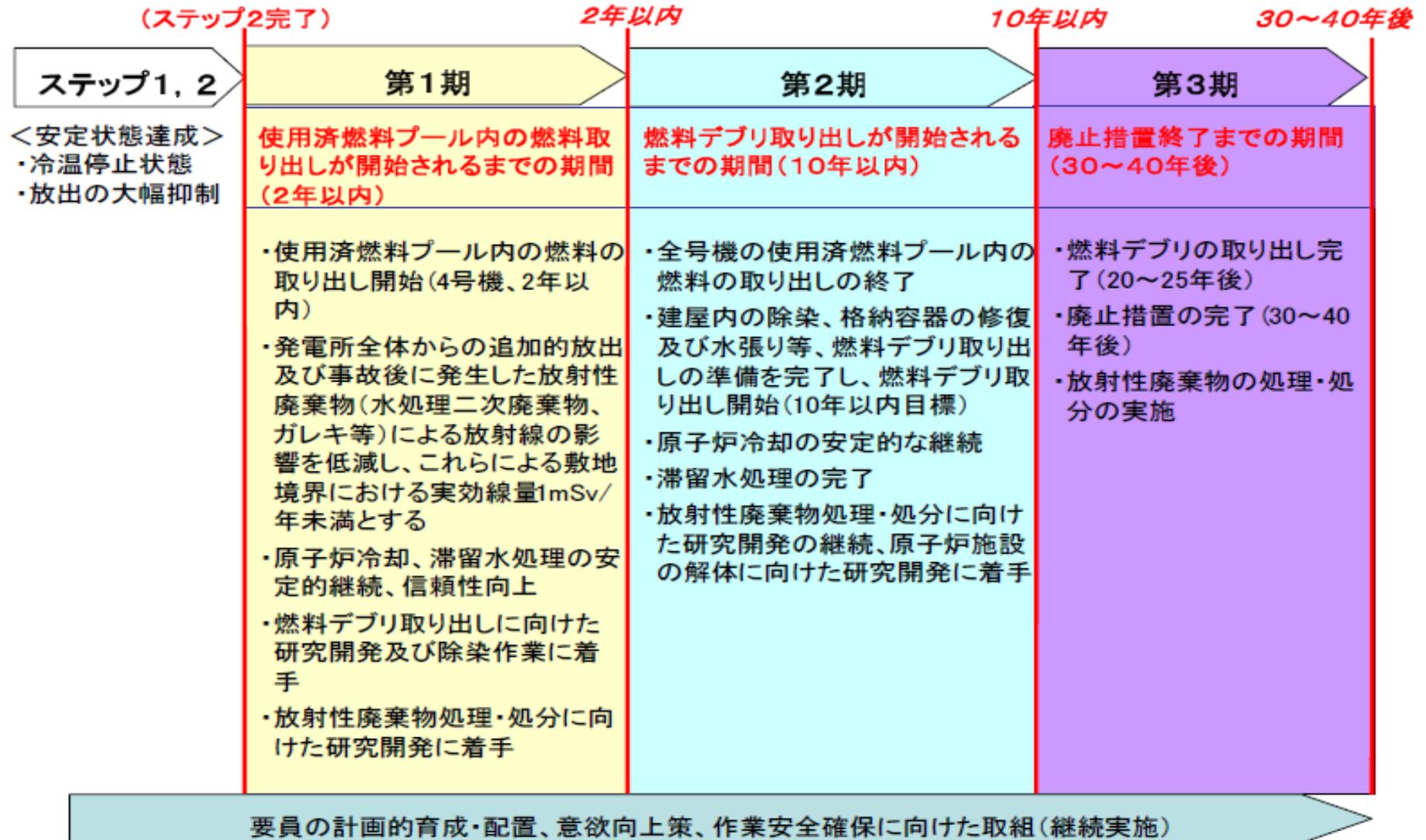
## 技術開発とのフィードバック



## プラント建設・保守に必要な知識・技術と プラント安全性向上・トラブル対応に必要な知識・技術の関係



# 東京電力(株)福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた 中長期ロードマップの概要



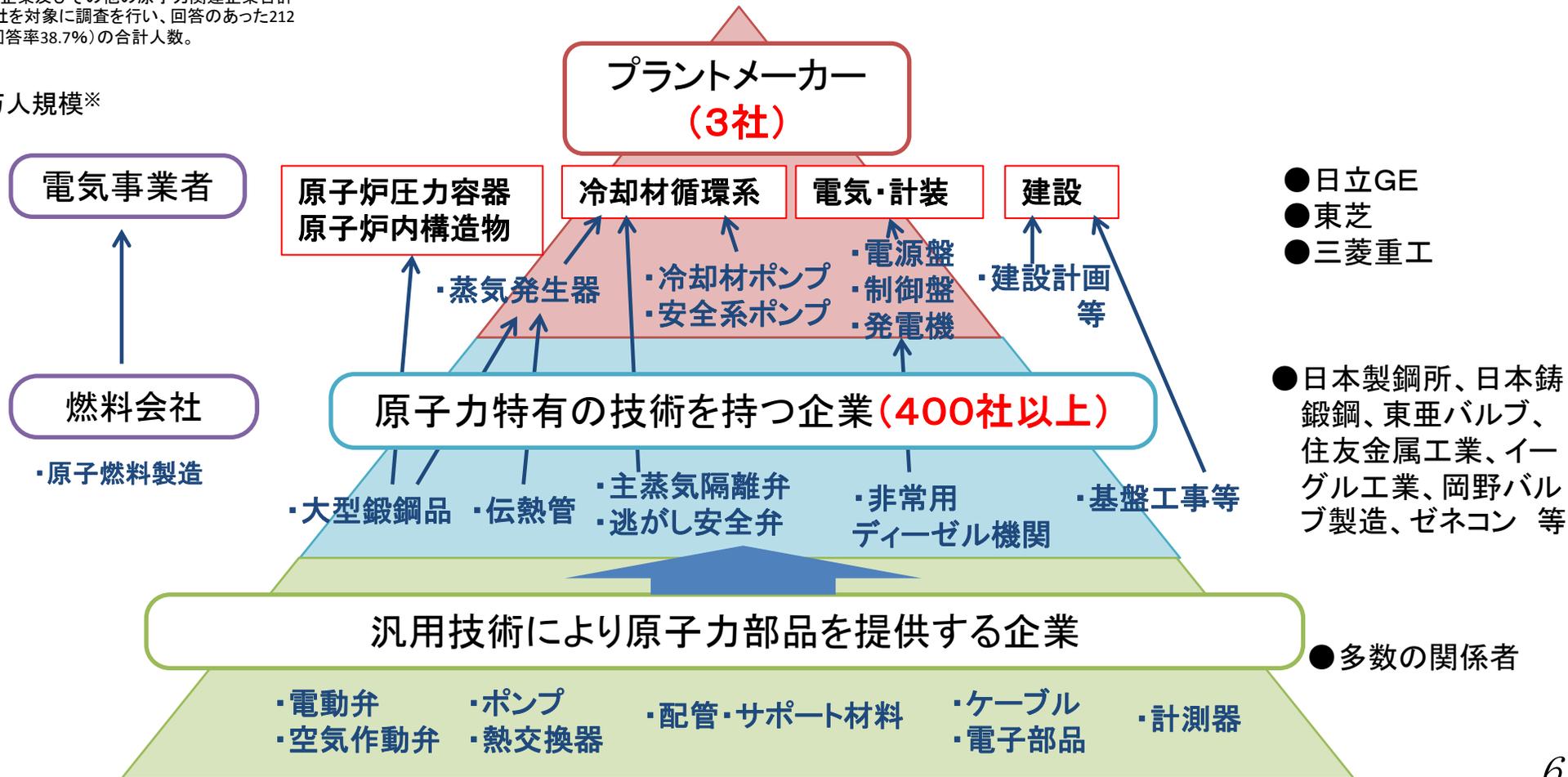
# 原子力発電所の安全を支える産業構造と基盤維持

- ①我が国では国内にプラントメーカー及びサプライチェーンが存在し、(1)信頼性の高いプラントの提供、(2)柔軟できめ細かいアフターサービス、(3)迅速なトラブル対応等の面で強みを持つ。
- ②原子力の安全を支える産業は、原子力プラントメーカーを中心に、材料メーカー、安全上重要な機器の製造メーカー等の他、ゼネコンや発電所周辺の地場産業等の裾野の広い産業によって支えられている。

※ 社団法人原子力産業協会「原子力発電に係る産業動向調査2010報告書」より  
 会員企業及びその他の原子力関連企業合計  
 547社を対象に調査を行い、回答のあった212  
 社(回答率38.7%)の合計人数。

## 原子力発電のサプライチェーン

約5万人規模※



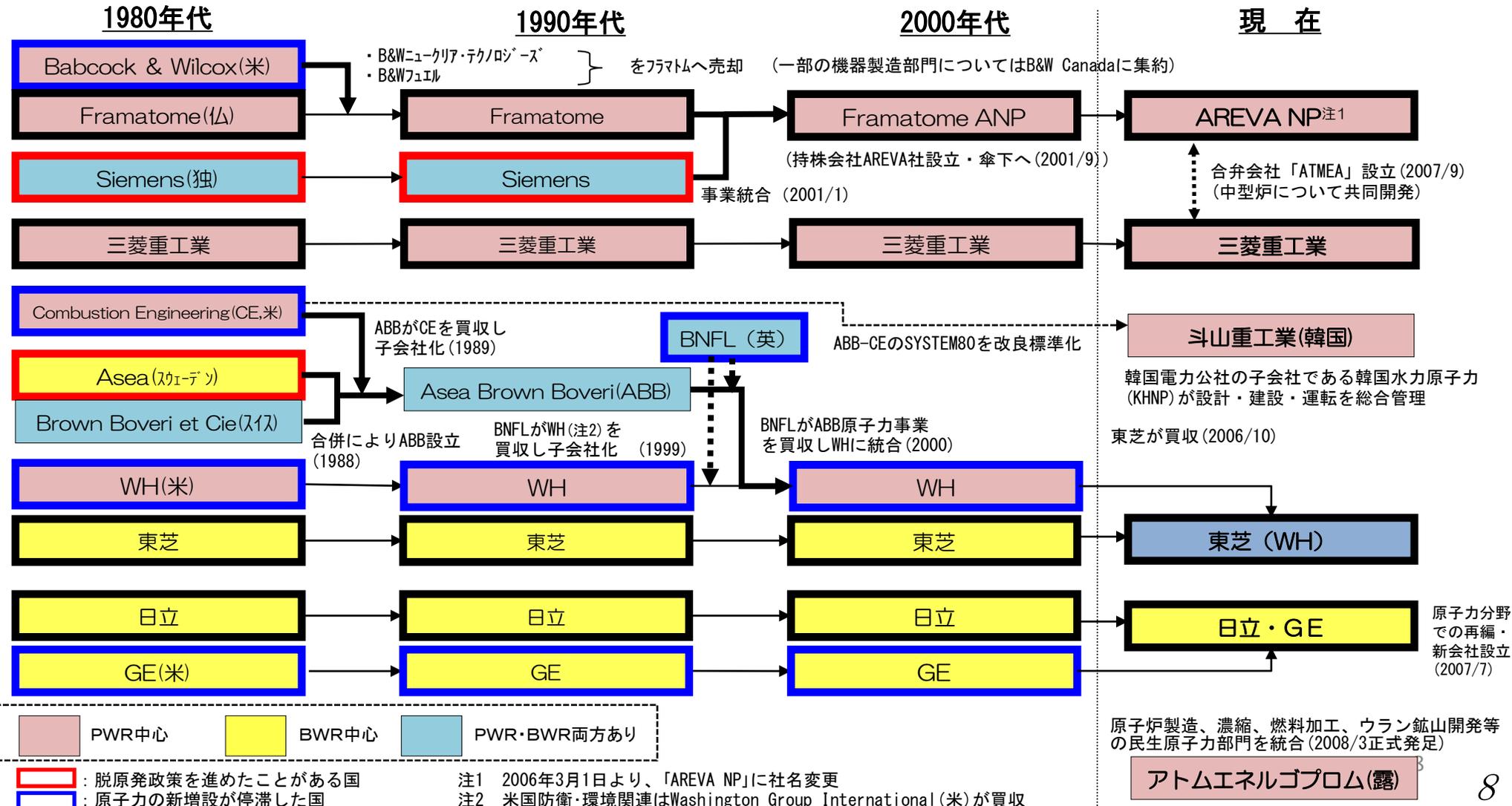
## 米国の事例① スリーマイル島事故以降の米国の原子力産業の動向

- ①米国では、原子力プラントの新增設の停滞により、原子力産業が衰退。稼働中の原子力発電所のメンテナンスにおいて、主要資機材の製造は海外に依存
- ②労働力の高齢化も課題

- (1)米国では、1978年のスリーマイル島事故以降、新增設が停滞したことにより、原子力を牽引してきた多くの企業は、原子力事業からの完全撤退、他の原子力企業との合併など合理化を余儀なくされた。一方、廃炉や廃棄物管理事業への移行により一定規模の人材を確保してきた。
- (2)同事故以降、米国機械学会が認証する原子力規格(N-stamp)取得企業が600社(1980年)から200社以下(2007年)まで減少。
- (3)米国エネルギー省は、2005年、米国の原子力産業に関し以下の評価を行っている。
  - ・米国企業には、第三世代原子炉の主要資機材(原子炉圧力容器、蒸気発生器等)を製造する能力はない。例えば、原子炉圧力容器に用いる品質の高い大型鍛造品は唯一日本製鋼(JSW)のみが製造する。
  - ・こうした製造能力の欠如が、(国内の原発建設において)重大な建設遅延リスクやファイナンスリスクをもたらす。
- (4)稼働中の米国原子力発電所の原子力圧力容器の9割は米国内で製造されたものであるが、保守・メンテナンスに関して、2002年以降、原子炉圧力容器上蓋(取り替え用)は全て海外に依存。
- (5)労働力の高齢化が大きな課題。例えば、フロリダ電力は、発電所勤務者の40%は今後5年間で退職する可能性がある。規制当局も同様の問題に直面。
- (6)ブルーリボン委員会は、アメリカの原子力ビジネスが拡大されようが、現行レベルを維持しようが、将来廃止されようが、アメリカの原子力事業の効果的な運営のためには、科学者や技術者を含めた適切に訓練された労働力と、立地評価・建設・運転・廃炉・廃棄物管理のための熟練労働者が必要と指摘。

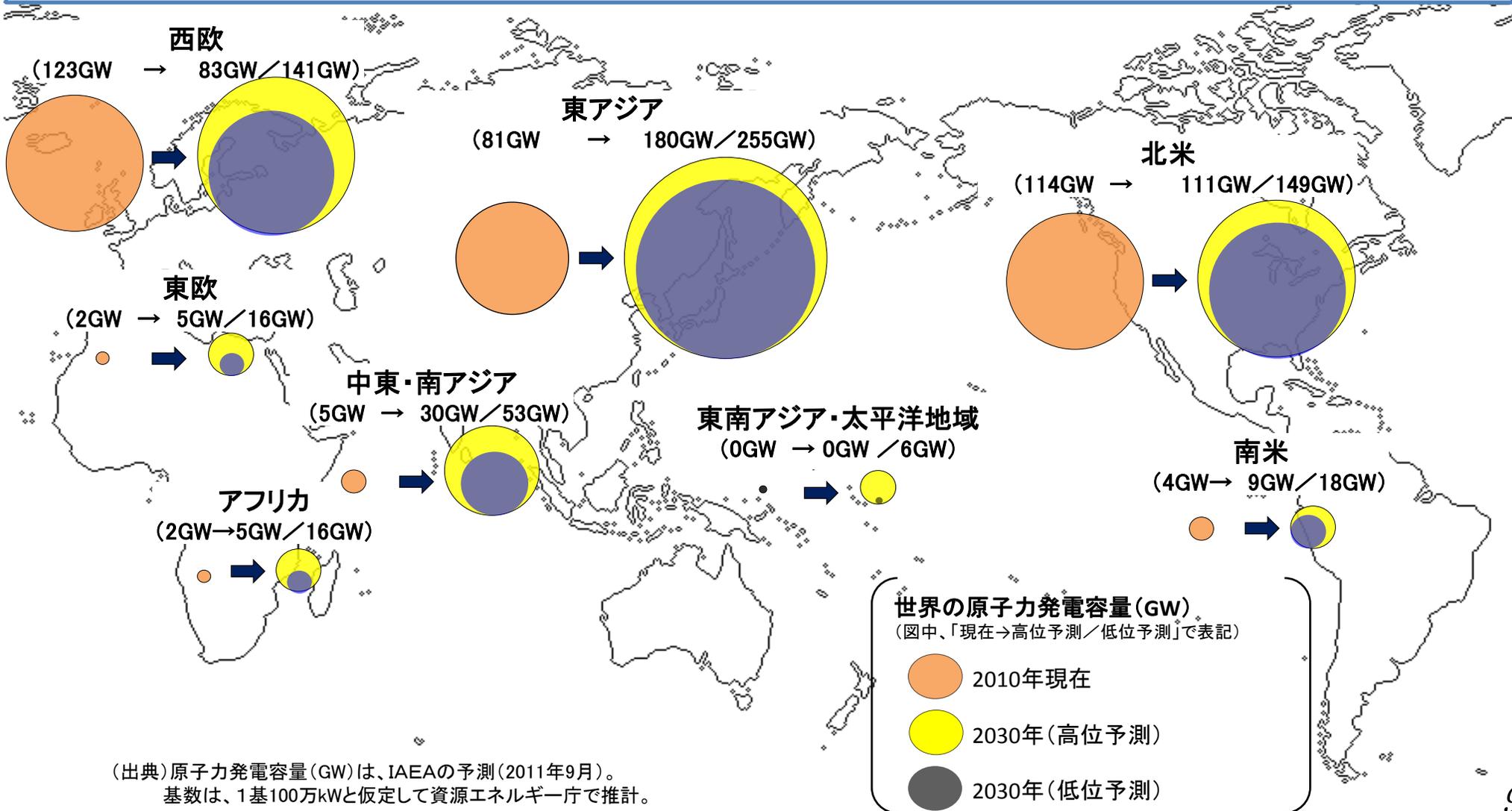
# 米国の事例② 主要原子カプラントメーカーの変遷

- ①スリーマイル島事故(79年)、チェルノブイリ事故(86年)等の影響により、1980年代から1990年代にかけて、脱原子力政策に転換する国(ドイツ、スウェーデン等)、原子力の新增設が停滞した国(米国)が増加
- ②欧米諸国の原子力メーカーは海外の企業との連携を進めたり事業からの撤退などを進めるなど、国際的な再編・集約化が進展
- ③脱原子力政策に転換した国から原子カプラントメーカーは無くなり、原子力の新增設が停滞した国では統合、吸収により減少



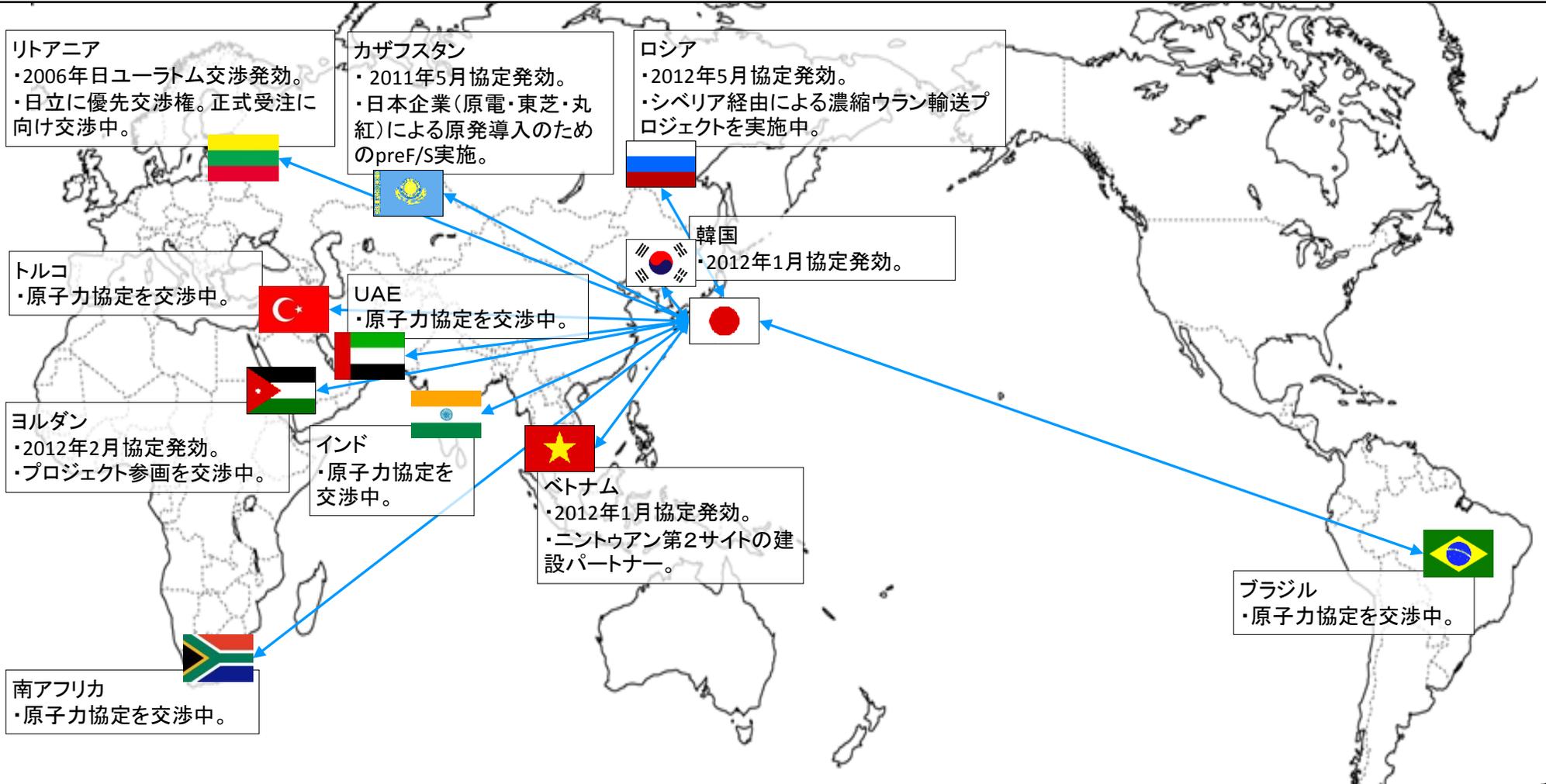
# 世界の原子力発電の見通し

- ①IAEAは、2030年までに、世界の原子力発電所の設備容量は30～100%増加すると予測。（原子力発電所(100万kW級)の基数換算で、130～370基程度増加(年間7～20基建設)(2011年9月)
- ②東アジア、東欧、中東・南アジア等で大きな伸びが予想される。



# 第三国における原子力協力の現状

- ① 第三国との二国間協定は、2011年にカザフスタン、2012年に韓国、ベトナム、ヨルダン、ロシアとの間で発効済。現在、ブラジル、インド、トルコ、南ア、UAEと交渉中。
- ② 加えて、リトアニア、ベトナム、トルコ等において原子力発電所プロジェクトへの参画に向けて交渉中。



# 原子力発電の各段階ごとの必要人員の規模感と主要な課題

主体 段階	主体				
	研究機関 ・大学	プラント メーカー	関連部品 メーカー	工事会社	電力会社
研究・開発	●	●			●
設計・建設		●	●	●	●
運転・保守		●	●	●	●
廃炉・廃棄物 処理／処分		●		●	●
事故炉の 廃止措置	●	●	●	●	●

## ＜各段階ごとの主要な課題＞

魅力的かつ挑戦的な課題に立ち向かう研究開発プロジェクトがないと優秀な若手人材の確保は困難ではないか。

設計・建設という国内外における「生きた仕事」がなければ、建設・保守の観点を反映した設計ノウハウの取得等、人材・技術の維持は困難ではないか。

海外建設があったとしても、国内の熟練技能者の維持、運転・保守に係る情報蓄積等、運転・保守に係る人材・技術の維持は困難ではないか。

廃炉において求められる知見は、主に建築、土木工学等であり、原子力安全に関しては放射線防護・管理等の一部の知見。廃炉だけでは原子力安全全般に係る必要な人材の確保は困難ではないか。

※ 円の大きさは各主体における必要人員の規模の大きさを表している

1. 原発に依存しない社会の一日も早い実現

(2) 原発に依存しない社会の実現に向けた5つの政策

2) 人材や技術の維持・強化

原子力の安全確保は至上命題であり、高度な技術と高い安全意識を持った人材が、それを現実に支えていく使命を担う。特に、廃炉や使用済核燃料の処理技術の向上は、原発に依存しない社会の実現に向けた必須の課題である。また、東電福島原発事故により避難を強いられている福島の方々の一刻も早い自宅への帰還は、除染等に関する技術の推進・人材育成によって促される。加えて、原子力の平和的利用、放射線影響に関する実証実験、新興国における原発の安全管理や廃炉に向けた技術支援などのためにも、原子力に関する人材育成や技術開発は欠かすことができない。

人材や技術の維持・強化策を、国の責務として本年末までに策定する。その際、日本原燃や日本原子力研究開発機構(JAEA)など原発関連事業における人材を散逸させることなく、最大限活用するとともに、産業界や大学等における技術開発、基礎研究等を支援することを通じて、新たな原子力人材の育成につなげる。