

第4回原子力小委員会

原子力技術・人材の維持について

平成26年8月7日
一般社団法人 日本電機工業会

資料目次

1. プラントメーカーが蓄積してきた原子力技術
2. 継続的な国内プラント建設・保守の必要性
 - (1) 海外新設では維持困難な技術
 - (2) 国内廃炉、東電福一廃炉に必要な技術
3. サプライチェーンへの影響
4. プラントメーカーの技術・人材の維持に必要な新設プラント数
5. 核燃料サイクルの技術・人材の維持
6. 継続的な原子力安全文化醸成
7. まとめ

1. プラントメーカーが蓄積してきた原子力技術

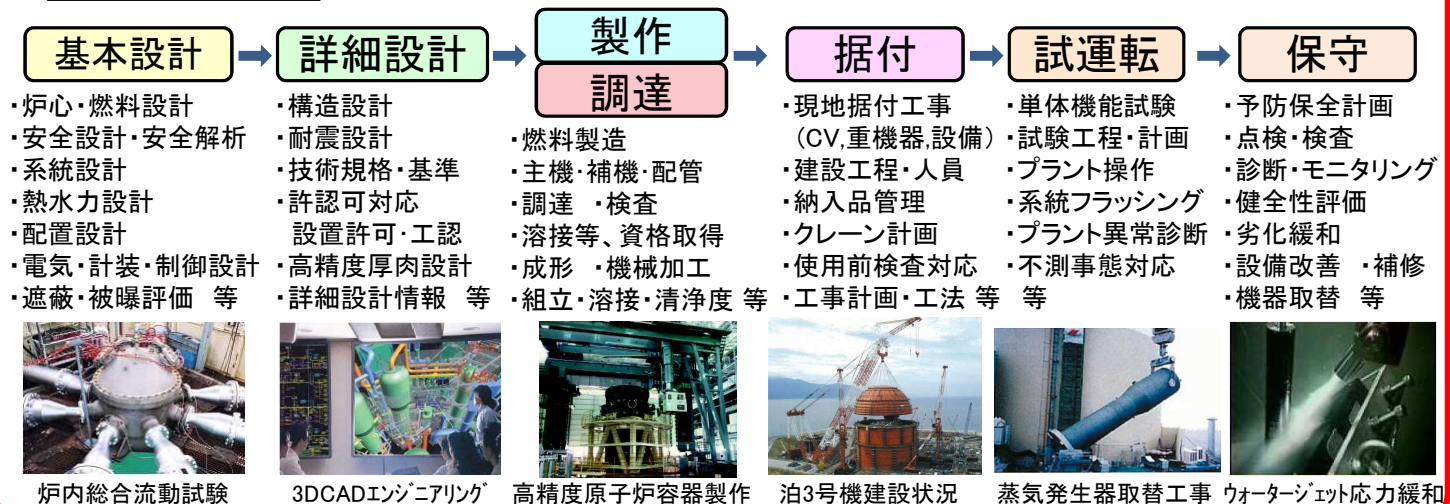
- 我が国の原子力は**米国技術の導入**から始まったが、**約50年(平均約1基/年)**に亘る**建設・保守経験を積む中で**、安全性・信頼性向上を図るために、主要設備・機器を国産化し、**不断の性能向上を図りながら、原子力特有の技術を蓄積し、安全文化を醸成してきた**
- 引き続き、「**重要なベースロード電源**」として、**さらなる安全性向上を目指していくためには**、原子力プラントの**建設・保守**を通じて、技術を確実に伝承していくことが重要である

原子力プラントの特徴 (例)

- 原子力安全と高品質**
 - ・設計・製作・据付・保守まで、途切れることのない品質維持・管理
- 放射性物質内包**
 - 放射線管理、遮蔽・被曝評価、廃棄物処理 等
- 巨大プラント**
 - ・機器・装置：数万台
 - ・配管長：約100km
 - ・建屋容積：約60万m³
- 長期プロジェクト**
 - 計画～建設：10年以上
- 高品質・高精度機器**

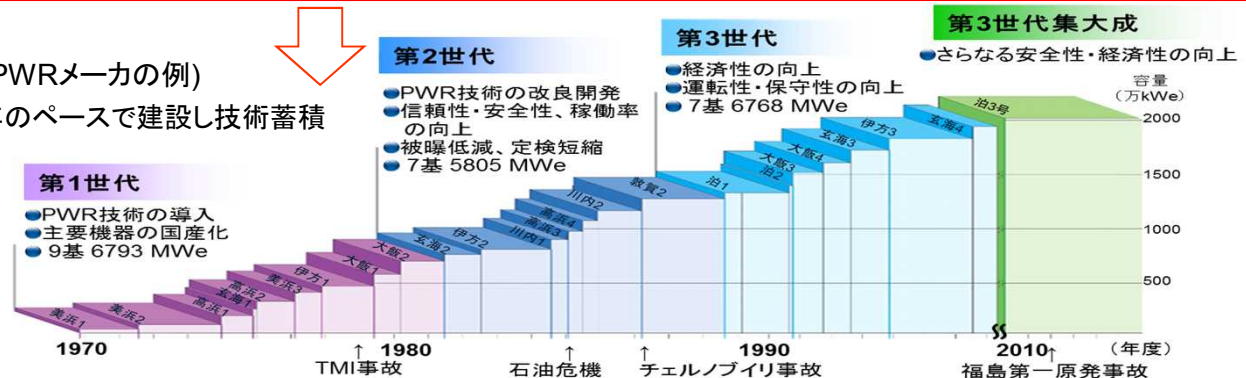
建設・保守

安全性向上に必要なメーカーの技術



(PWRメーカーの例)

平均1基/2年のペースで建設し技術蓄積



2. 継続的な国内プラント建設・保守の必要性

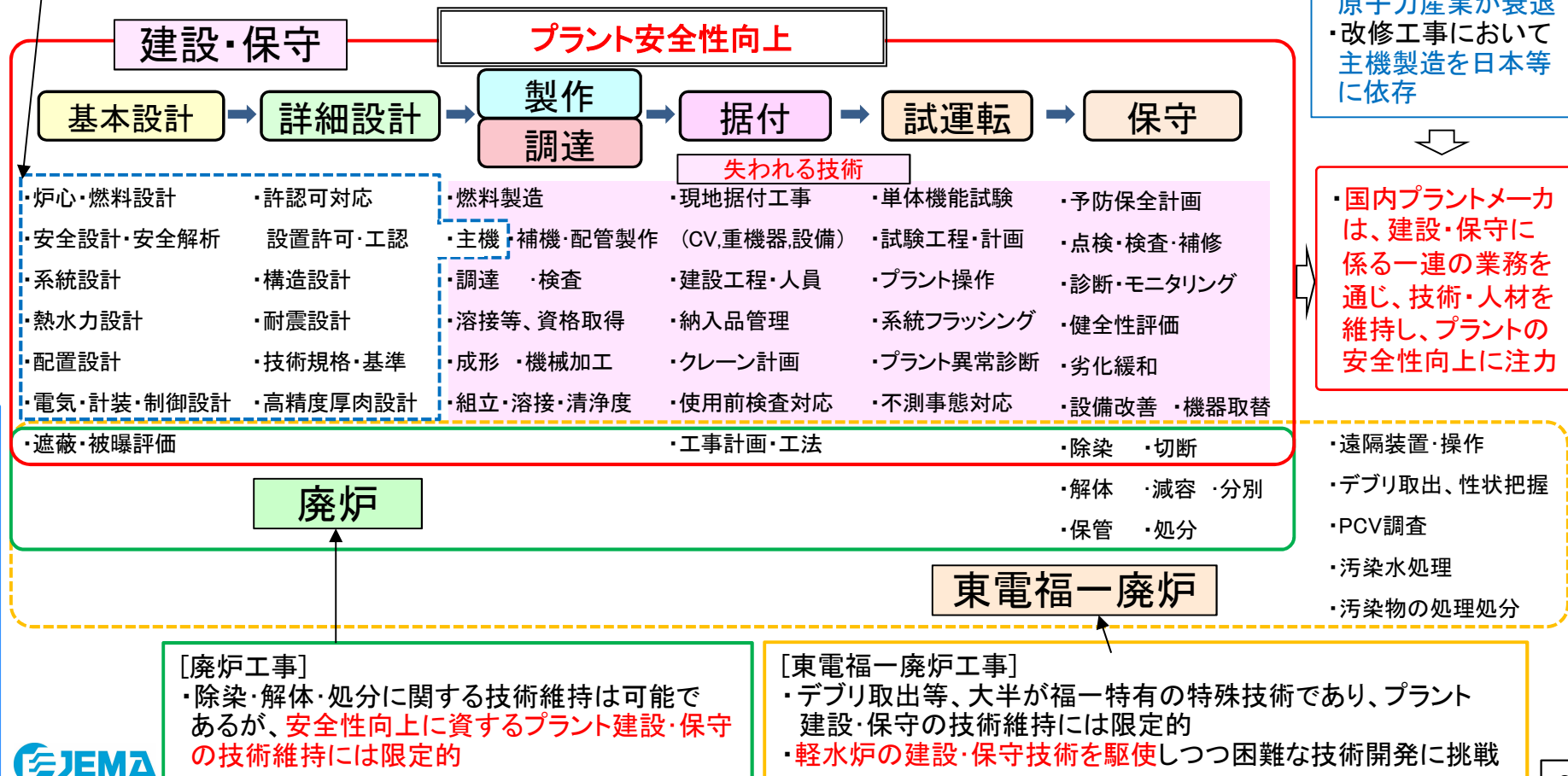
- 国内プラントの安全性維持・向上は、一貫した建設・保守技術の経験があって初めて可能となる
- 海外新設、廃炉のみでは、国内プラントの安全性の維持・向上に必要な製作・調達・据付・保守等の経験ができなくなり、**米国と同様に、産業としての根幹の技術が失われる可能性**がある

[海外新設]

・設計業務の維持は概ね可能であるが、**製作・調達以降の技術維持は困難**
(グローバル競争に向け、海外新設に対応するためにも、国内プラント建設・保守実績の継続的蓄積が重要)

[米国の事例]

- ・TMI事故後、**新設停滞により、原子力産業が衰退**
- ・改修工事において**主機製造を日本等に依存**



2-(1) 海外新設では維持困難な技術

- 海外新設では、**海外地場産業育成要求**のため、**海外現地企業の活用が必須**
- 海外地場産業への技術支援だけでは、国内企業に十分な実務経験機会が確保されない
- 国内プラントの安全性維持・向上には、**高品質かつ迅速な対応**を図るために、**国内企業の通常時・事故時を通じての連携が必須**であり、国内建設・保守による実機経験の継続が必要

分類	内容	海外新設によるプラント安全性向上技術維持可能性	サプライチェーンの課題
基本計画 ・基本設計	炉心、安全、系統・配置設計 等	・海外プラント建設を通じ、ある程度、維持可能 (許認可対応は、国内/海外で規制の相違あり)	—
	主要機器(原子炉容器等)	・主機については、内作のため、維持可能	—
詳細設計	プラント装置、配管、弁、補機 等	・ 海外企業への一括調達 (現地の規格・条件に合わせた詳細設計、 現地サプライチェーンに合わせた調達が必要)	・ 国内の各種装置・機器 メーカーの技術維持困難
	主要機器(原子炉容器等)	・主機については、内作のため、技術力維持可能	—
製作	主機以外の内作品 (配管、補機等)	・ 海外企業への一括調達	・ 素材メーカーの経営・技術 維持に影響
調達	各種装置、機器、 部品 等	・海外企業への一括調達により、 国内企業、地場企業 (素材、弁、各種補機・部品メーカー)との調達関係激減	・ 国内企業、地場企業の 維持困難
据付	工事計画、建設工法、 現地据付工事等	・ 配管工事・現地据付工事の海外企業への一括調達	
試運転	プラント異常診断 不測事態対応 等	・ 海外の現地企業への発注が主体	
検査	品質保証計画 機器溶接事業者検査 調達検査 据付検査 等	・ 現地の規格・条件に合わせた調達管理 が必要であり、 物量の多い配管・補機等の品質管理については、 海外企業への一括調達	

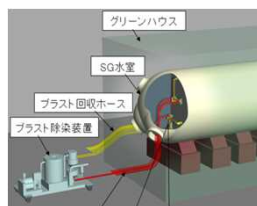
2-(2) 国内廃炉、東電福一廃炉に必要な技術

- プラント廃炉、東電福一廃炉を通じ、**除染、解体、遠隔操作等の周辺技術の蓄積は可能**
- **プラント安全性向上に必要な技術の蓄積にはつながらないため、国内建設・保守の継続が必要**

廃炉技術

除染

プラスト除染イメージ(SG細管)



解体

厚板遠隔レーザー切断



蒸気機発生器伝熱管群切断



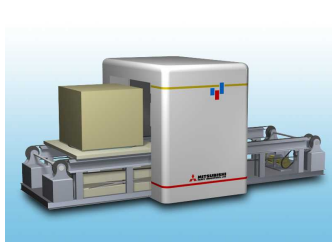
減容

高圧圧縮装置(2000t)



分別

クリアランス検認(ボックス型)



保管

使用済燃料輸送・貯蔵キャスク



処分

処分用オーバーパック



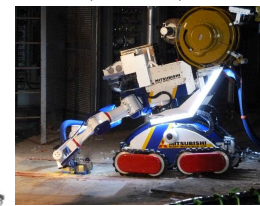
東電福一廃炉関連技術

遠隔装置・操作

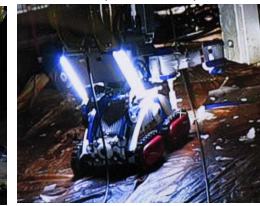
7軸マニピュレータ



プラスト除染作業
(MEISTeR)



コアサンプリング作業
(MEISTeR)

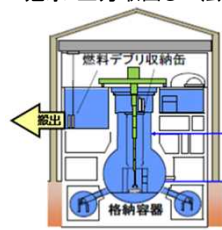


高所作業用ロボット
(Super Giraffe)

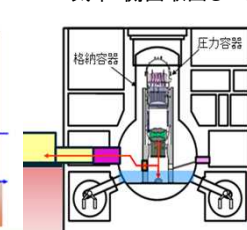


デブリ取出

冠水・上方取出し工法



気中・側面取出し工法



PCV調査



汚染水処理

スラッジ貯蔵タンク

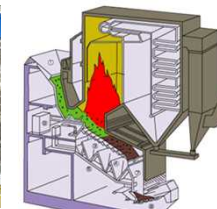


汚染物の処理処分

汚染水貯蔵タンク



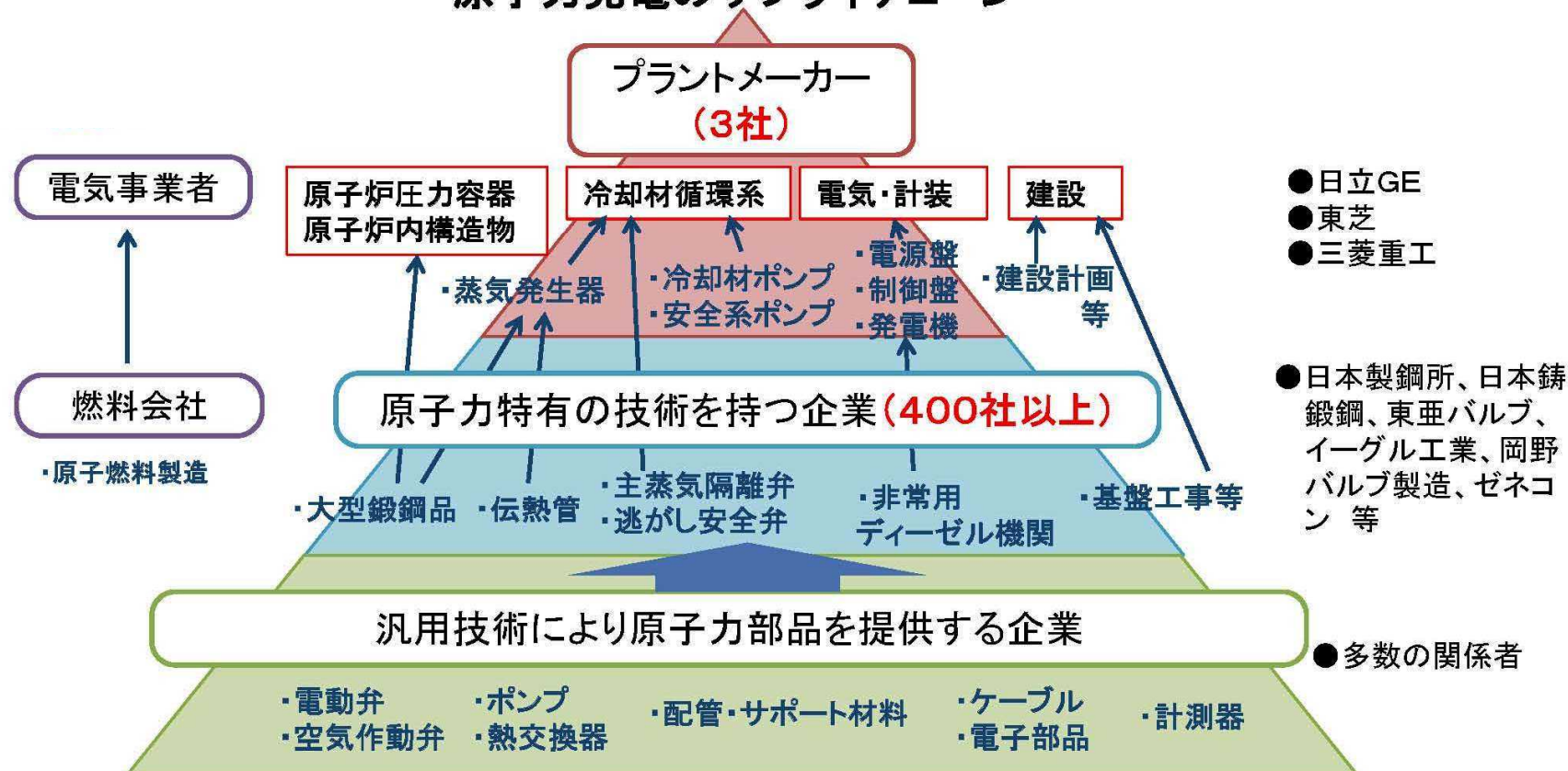
焼却炉



3. サプライチェーンへの影響(1/3)

- 国内の原子力建設・保守は、原子力特有の技術を保有する**400社以上**のビジネスパートナー(素材、機器、部品、検査、工事)によって支えられている
- プラント安全性向上には、**長期に亘り培ってきたビジネスパートナーの技術と品質が維持・向上されるように、継続的な新規建設・保守工事を通じた技術伝承・向上が必須**

原子力発電のサプライチェーン



3. サプライチェーンへの影響(2/3)

- ビジネスパートナーは、東電福一事故以降、**再稼働の停滞**により**厳しい経営状態**が続き、**受注辞退、事業撤退が拡大**
- 原子力プラント安全、品質の維持・向上には、**国内のビジネスパートナーの事業継続による支えが必須**であり、プラントメーカーとして**繋ぎ止めに向けた活動を積極的に展開中**
- しかしながら、停滞が継続する中、**ビジネスパートナーの努力も限界**に達してきており、事業継続のためには、**早期再稼働と一定規模の建設・保守の見通しを明確に示すことが必要不可欠**

【原子力特有の技術を持つ企業の撤退(例)】

企業名	現状	取扱製品
A社	事業撤退	ステンレス鋼板
B社	事業撤退	ベローズ弁
C社	事業撤退	精密鋳造品
D社	事業撤退	マーマンクランプ

ビジネスパートナー

・厳しい経営状況
・経営方針の変更

・事業撤退
・受注辞退

〔プラントメーカーとしての対応〕

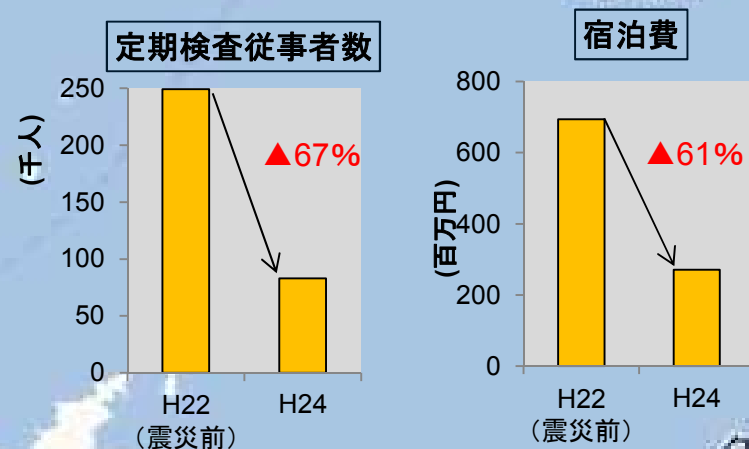
トップの訪問や連絡会を通じて、原子力の動向等を説明し、
ビジネスパートナーの繋ぎ止めに向けた活動を積極展開中

・国の基本政策動向 ・再稼働への取組み状況
・プラントメーカーの事業計画 ・安全文化醸成の重要性 等

ビジネスパートナーの努力も限界に達しており、事業継続のためには、**早期再稼働と一定規模の建設・保守の見通しを明確に示すことが必要**

3. サプライチェーンへの影響(3/3)

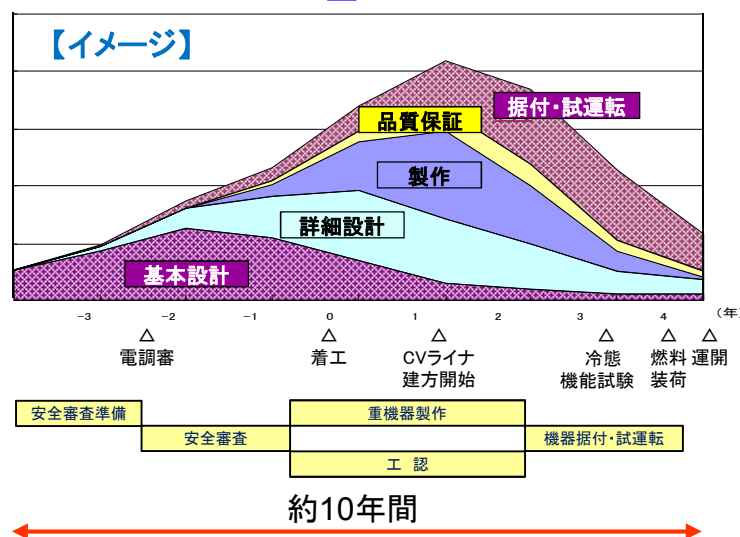
○再稼動遅延による定期検査従事者及び発電所周辺の地元への影響は甚大であり、早期再稼動が必須



4. プラントメーカーの技術・人材の維持に必要な新設プラント数(1/2)

- 国内プラントの安全性維持・向上には、一貫した建設・保守技術の経験・蓄積が必須
- 今後、10～15年で複数プラントの建設・保守を経験した技術者がほぼ退職
- 蓄積してきた建設・保守技術を伝承していくためには、経験者と若手が協働で、一連の業務に取り組む必要があり、早急に(遅くとも5年以内に)設計着手が必要

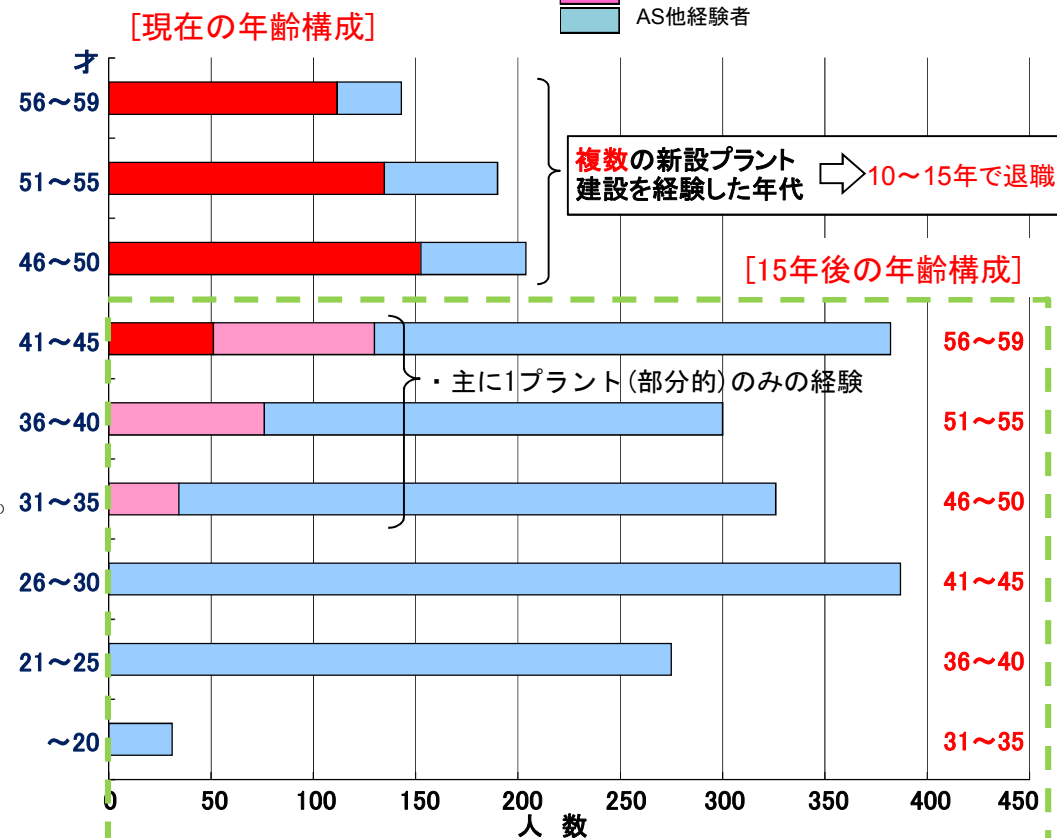
技術者の育成には、複数のプラント建設を通じて、設計から建設完了(約10年間)に亘る、経験者と若手の協働作業(OJT)が必要



国内プラントメーカー例

人員構成(設計、品証・製造、現地部門合計)

■ 複数プラントの建設を経験した世代
■ 1プラントのみの建設を経験した世代
■ AS他経験者



4. プラントメーカーの技術・人材の維持に必要な新設プラント数(2/2)

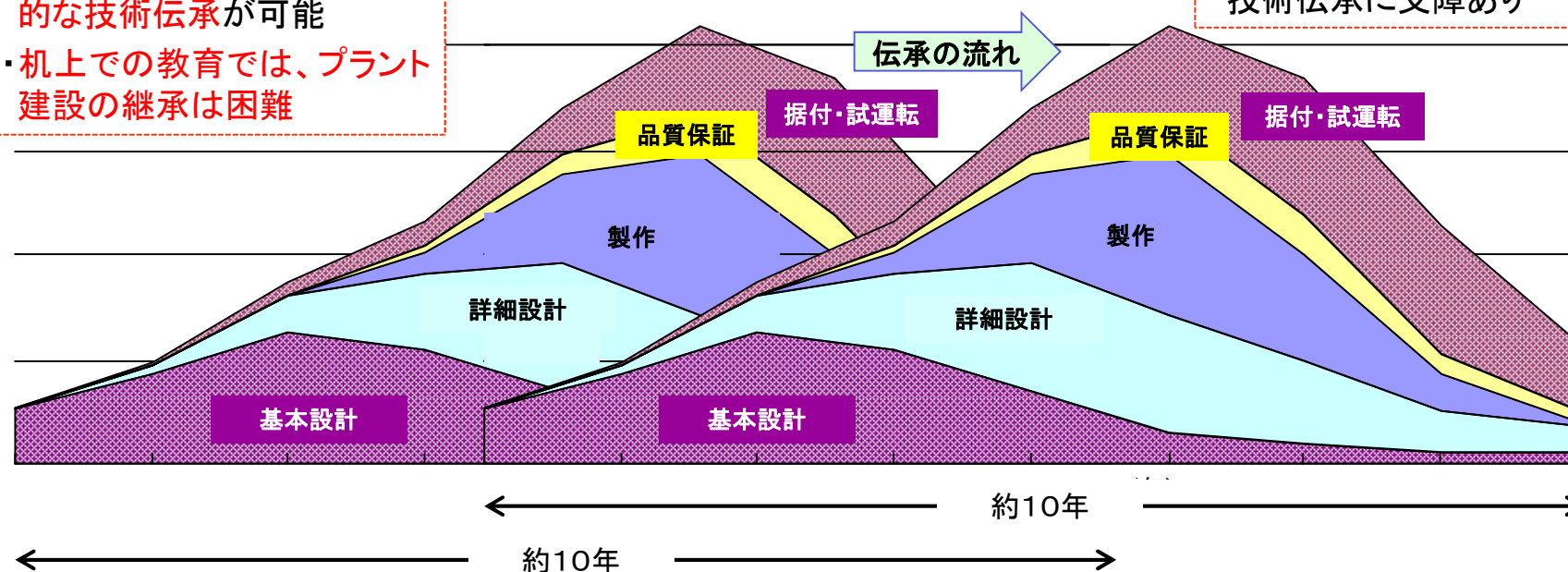
- 国内プラントの安全性維持・向上は、約50年に亘り継続的に積み重ねてきた建設・保守経験とその技術伝承によって実現
- 引き続き、これらの安全性向上に必要な高度な技術力・人材を維持していくためには、既設プラントの保守業務の継続に加え、2プラント以上/10年・メーカーの新設プラントの建設が必要
- 尚、運転プラント数減少により保守業務が減少する場合においては、継続的に質の高い技術・人材を維持するために、更なる新設プラントの建設が必要

・経験者と若手との連携の下、**実プラントを通じた経験(OJT)**があって初めて、具体的な技術伝承が可能

・机上での教育では、プラント建設の継承は困難

《プラント建設と技術の継続性》

・製作、据付・試運転、品質保証等については、海外新設、廃炉業務だけでは技術伝承に支障あり



5. 核燃料サイクルの技術・人材の維持

- 「エネルギー基本計画」では、原子力を重要なベースロード電源と位置付けるとともに、**核燃料サイクルの推進を基本の方針**としている
- 核燃料サイクル(高速炉・再処理)についても、**高度な軽水炉技術を基盤**としている
- 加えて、**核燃料サイクルに特有の技術維持・伝承**が必要

高速炉特有技術

高速中性子

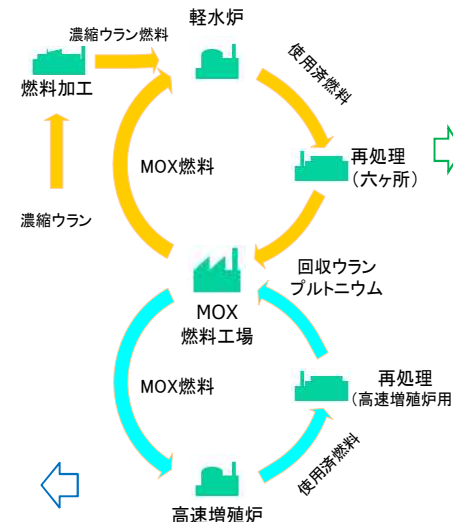
- ・高速炉燃料・炉心設計・評価 等

ナトリウム冷却材

- ・Na熱流動・熱過渡設計・評価
- ・Na漏洩対策技術
- ・Na特有機器設計・製作技術 等

高温・低圧

- ・高温構造設計・評価
- ・薄肉機器設計・製作 等



再処理特有技術

未臨界維持

- ・濃度管理・形状管理設計・評価 等

化学処理(溶媒抽出)

- ・化学溶解・抽出技術
- ・耐腐食材料
- ・溶解・抽出特有機器設計・製作 等

負圧・閉じ込め

- ・負圧制御設計・評価 等

軽水炉の安全性向上に必要なメーカの技術

基本設計

- ・炉心・燃料設計
- ・安全設計・安全解析
- ・系統設計
- ・熱水力設計
- ・配置設計
- ・電気・計装・制御設計
- ・遮蔽・被曝評価 等

詳細設計

- ・構造設計
- ・耐震設計
- ・技術規格・基準
- ・許認可対応
- ・設置許可・工認
- ・高精度厚肉設計
- ・詳細設計情報 等

製作 調達

- ・燃料製造
- ・主機・補機・配管
- ・調達・検査
- ・溶接等・資格取得
- ・成形・機械加工
- ・組立・溶接・清浄度 等

据付

- ・現地据付工事 (CV,重機器,設備)
- ・建設工程・人員
- ・納入品管理
- ・クレーン計画
- ・使用前検査対応
- ・工事計画・工法 等

試運転

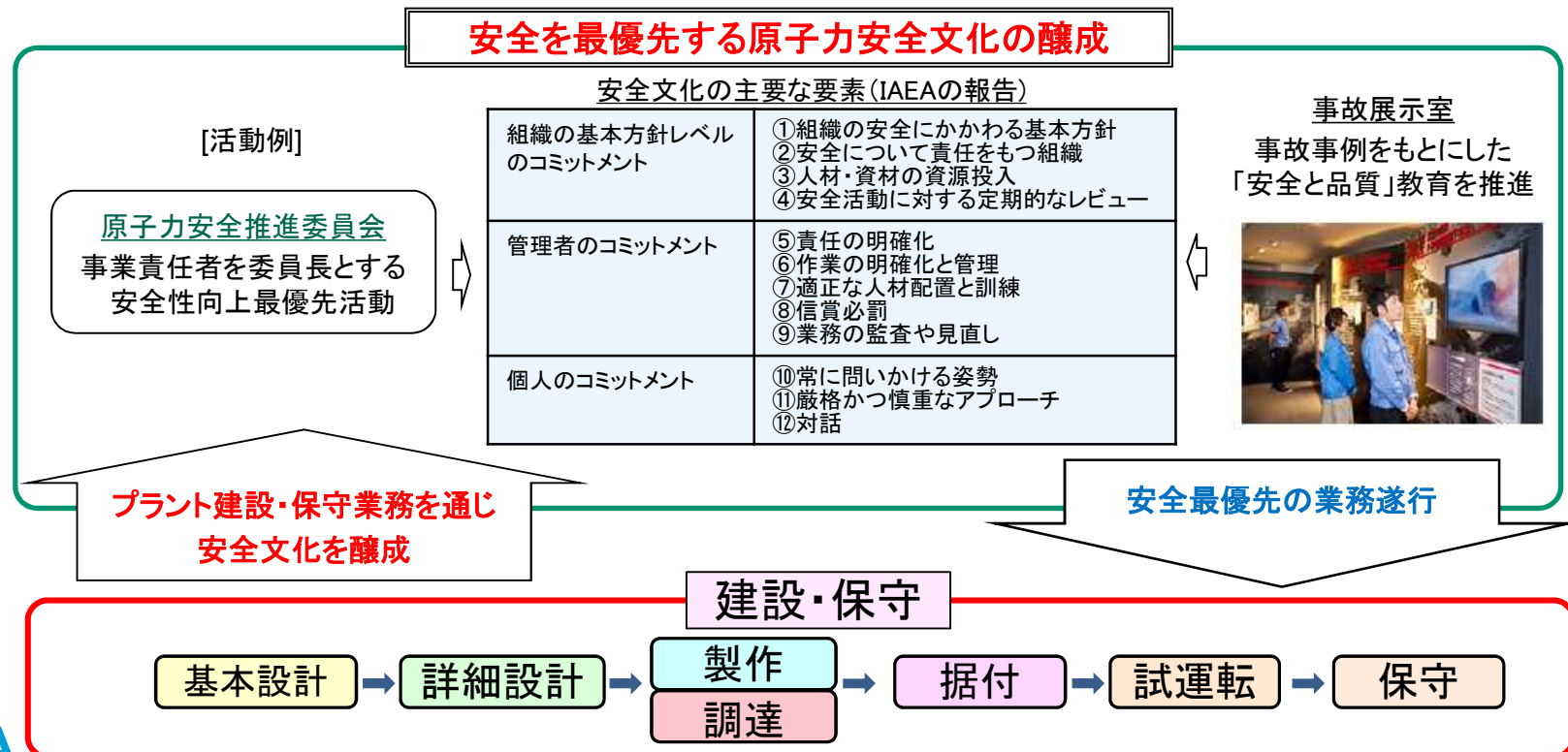
- ・単体機能試験
- ・試験工程・計画
- ・プラント操作
- ・系統フラッシング
- ・プラント異常診断
- ・不測事態対応 等

保守

- ・予防保全計画
- ・点検・検査
- ・診断・モニタリング
- ・健全性評価
- ・劣化緩和
- ・設備改善・補修
- ・機器取替 等

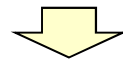
6. 継続的な原子力安全文化醸成

- 原子力利用においては、**事故の経験と教訓に基づき、安全性を高めた原子力技術と安全文化を共有**していくことで、世界の原子力安全の向上に貢献することの重要性が示されている（エネルギー基本計画）
- 安全文化は、「安全を最優先する組織や個人の特性と姿勢の総体」であるが、**使命感・責任感、倫理観等、組織・個人の高いモチベーションにより向上**されていく
- モチベーションは、**従事する建設・保守業務を通じて、培ってきた技術力が、原子力安全の向上に活かされ、エネルギー安定供給に貢献できることの達成感と誇り**によって高められていく
- 原子力安全文化と安全性向上に資する技術力を不断に向上していくためにも、**早期再稼働と新設プラント建設による実務経験の継続**が重要



7. まとめ

- 原子力プラントの安全性確保・向上のためには、約50年に亘り蓄積された、プラントメーカー及び多数のビジネスパートナーの高度な原子力技術が、継続的なプラント建設・保守を通じて、引き続き伝承されていくことが必須
- 海外新設や廃炉対応で維持できる技術・人材は限定的であり、国内のプラント安全性向上に資する建設・保守技術を維持・伝承するためには、国内での早期再稼働、新設プラントの建設(2プラント以上/10年・メーカー)・保守を通じた実務経験の継続が急務



- 我が国のエネルギーの安定供給には、「重要なベースロード電源」として、軽水炉の再稼働とともに、軽水炉の新設、更には核燃料サイクルの確立が重要である。
- プラントメーカーとしても、継続的に原子力安全文化の醸成を図りながら、原子力の技術・人材を維持・向上させて、日本の原子力エネルギー、ひいては世界の原子力エネルギーの発展のために、貢献していきたい。