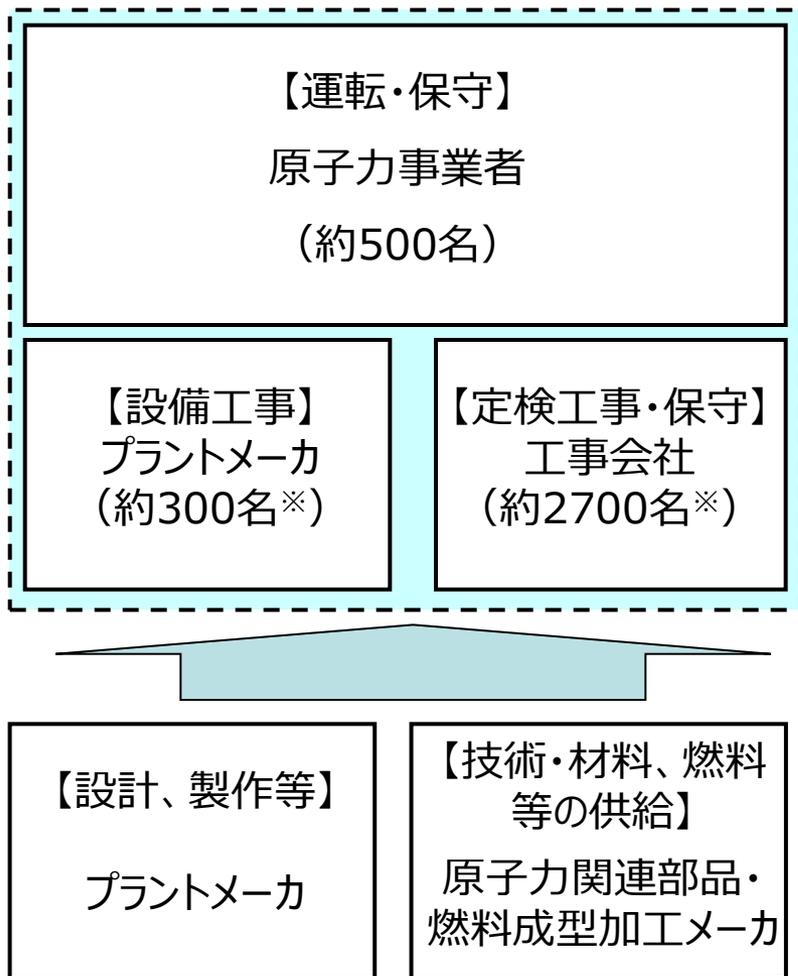


# 原子力技術・人材の維持について

平成26年 8月 7日  
電気事業連合会

原子力事業者、原子力プラントメーカー、工事会社から原子力関連部品・燃料成型加工メーカーまで裾野の広い産業によって、原子力発電の安全性が支えられている。

## 【関西電力大飯発電所の例】



(主な役割)

- 原子力事業者は、発電所運営にかかる全体方針を策定し、一義的責任をもって運営を行う（運転計画の策定、工程管理、安全管理等）\*。
- プラントの運転操作や放射線管理などを、直営で行う。
- プラントメーカー、工事会社と一体となって、保全活動を実施する（管理業務が中心）。
- プラントメーカー、工事会社は、定期検査時等に、原子力事業者と一体となって、保全活動を実施する（現場作業が中心）。
- 発電所へ、設計等の技術、製品、材料、部材や原子燃料等を供給する。

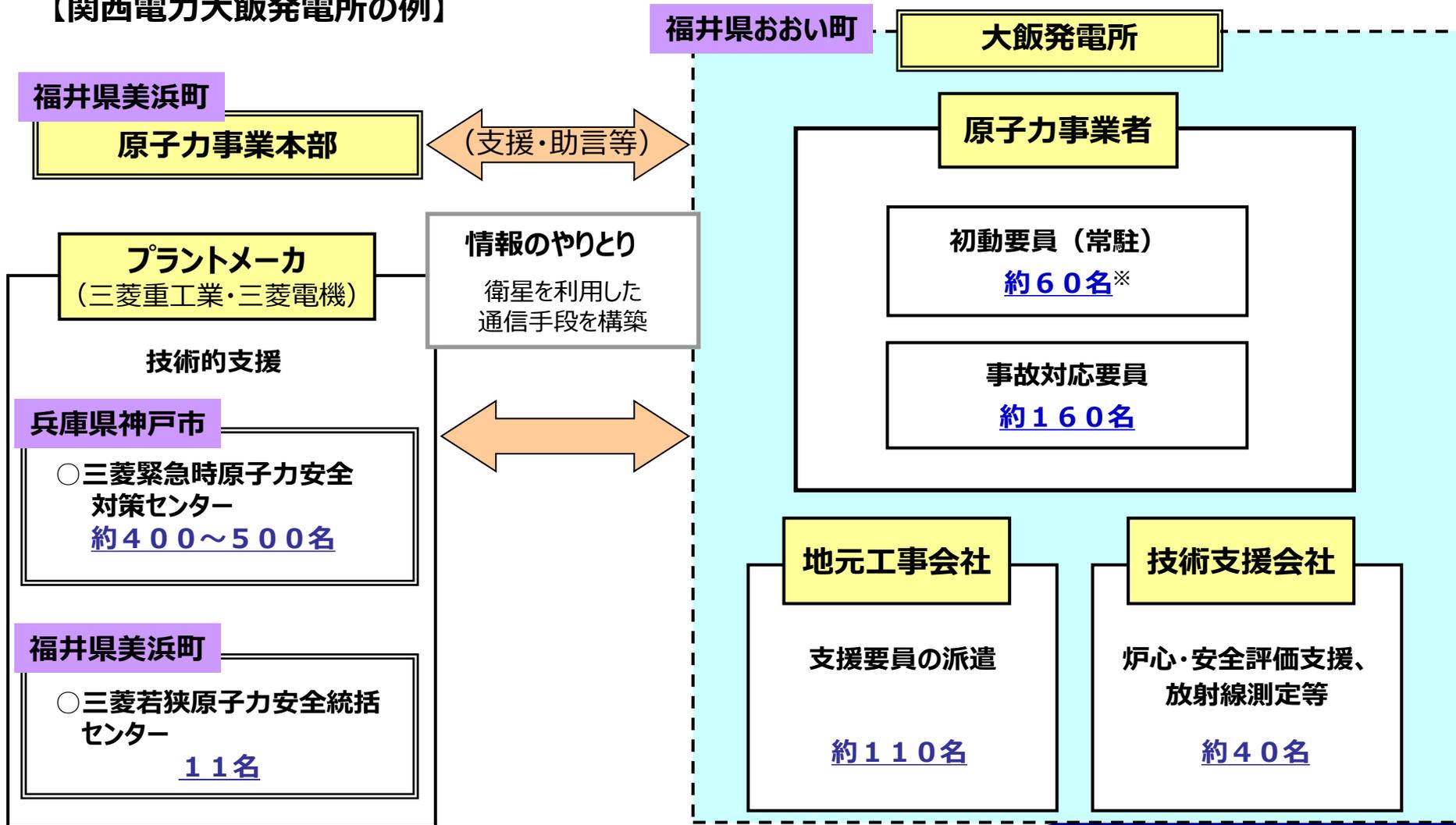
\* 建設のためには、建設工事全体をマネジメントする能力が別途必要となる。

※定期検査ピーク時の人数。

# 重大事故時の発電所の安全確保体制

関西電力では、福島第一事故のような重大事故が発生した場合にも安全性を確保するため、**原子力事業者と原子力プラントメーカー・地元工事会社とが一体となった緊急時対応体制**を構築。

## 【関西電力大飯発電所の例】



※原子力事業者+地元工事会社等

# 我が国の原子力発電に関わる人材の現状

参考

我が国の原子力産業界は、80,000名以上が従事している。  
工事会社は、発電所のある地域ごとに存在（地元密着）。

## 【原子力産業界の全体構造】 （合計約80,000名以上）

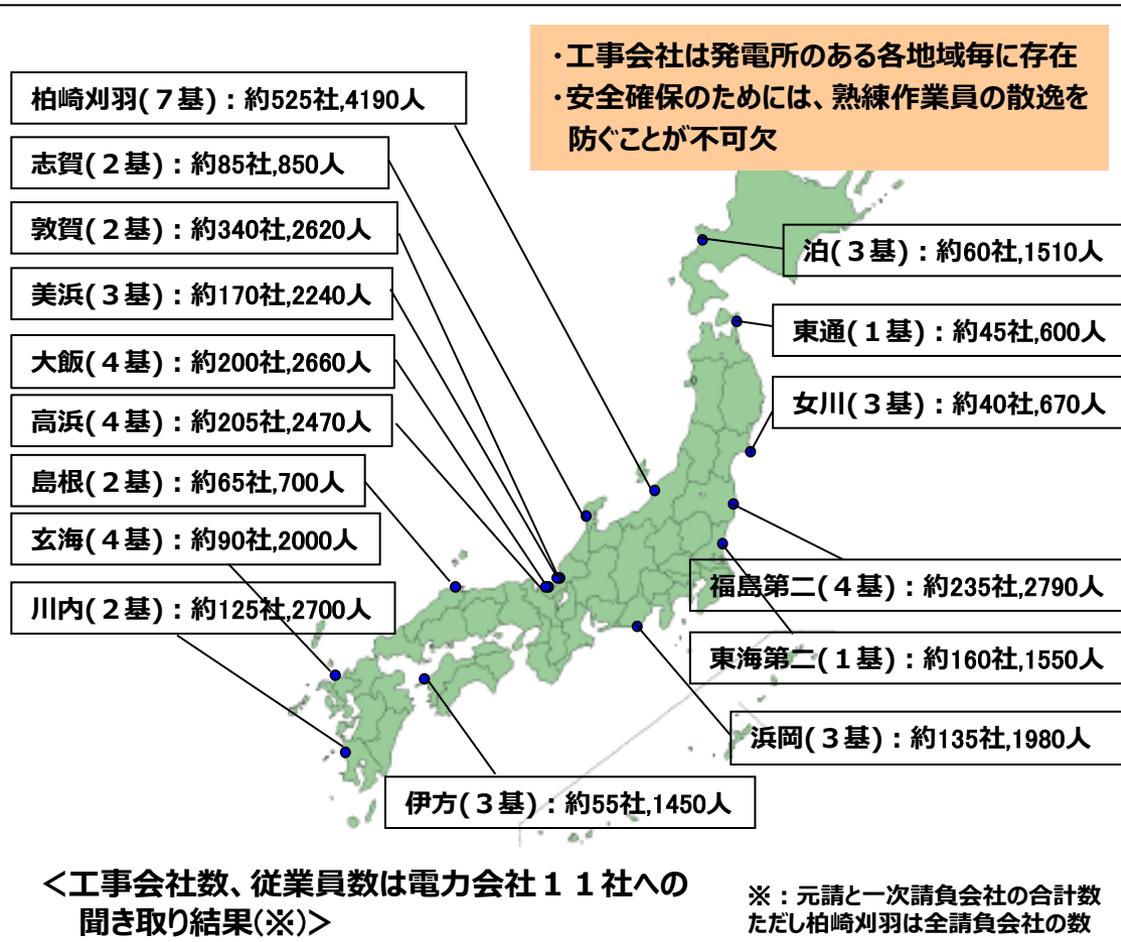
【運転・保守】  
電力会社 原子力部門  
（約12,000名※1）

【設計・設備工事】  
プラントメーカー  
（約9,600名※2）

【定検工事・保守】  
工事会社  
（約33,000名※3）

【技術・材料、燃料等の供給】  
原子力関連部品・燃料成型加工メーカー  
（約24,000名以上※4）

・工事会社は発電所のある各地域毎に存在  
・安全確保のためには、熟練作業員の散逸を防ぐことが不可欠



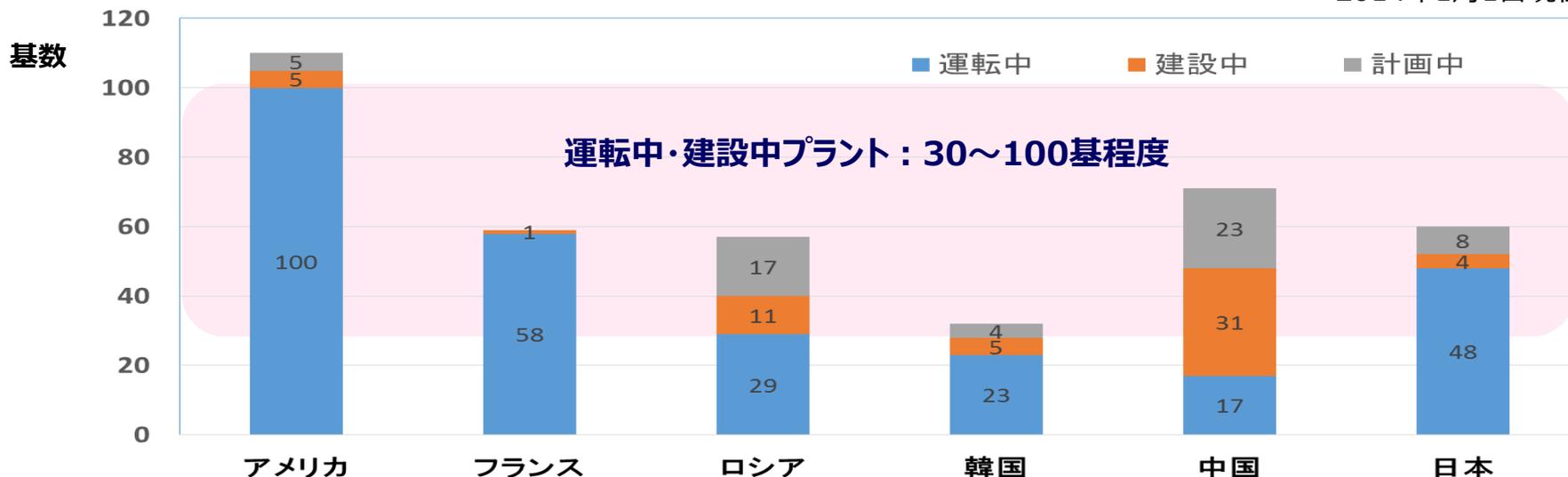
<工事会社数、従業員数は電力会社1社への  
聞き取り結果(※)>

※：元請と一次請負会社の合計数  
ただし柏崎刈羽は全請負会社の数

※1 「原子力発電に係る産業動向調査2010報告書」  
社団法人日本原子力産業協会による  
※2 一般社団法人日本原子力産業協会調べ  
※3 電気事業連合会調べ（原子力発電所における通常運転時と  
定期検査時の平均労働者数を全国の発電所で積算）  
（一部、プラントメーカーとの重複あり）  
※4 ※1, 2より算出

## 原子カプラントメーカーを有する国の原子力発電プラント数

2014年1月1日現在



主なメーカー等	WH、GE	AREVA NP	ロスアトム	斗山	中国核工業集团公司他	三菱、日立、東芝
主な原子炉型式	AP1000 ABWR ESBWR	EPR ATMEA1	VVER-440 VVER-1000	OPR1000 APR1400	CPR1000 ACPR1000	APWR ATMEA1 ABWR ESBWR

出展：日本原子力産業協会「世界の原子力発電開発の動向」2014年6月

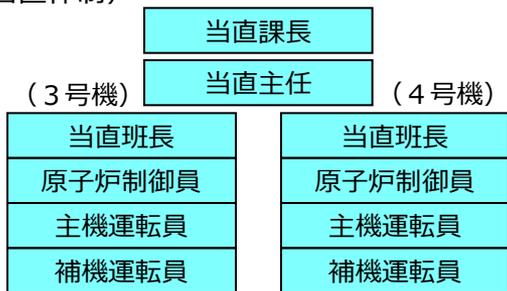
- 通常運転時・重大事故時の原子力発電の安全性を確保するため、国内にプラントメーカーを含む原子力産業の体制が必要。
- 原子カプラントメーカーを有する国は、一定規模の発電所を維持している。

## 【関西電力大飯発電所3・4号機の例】

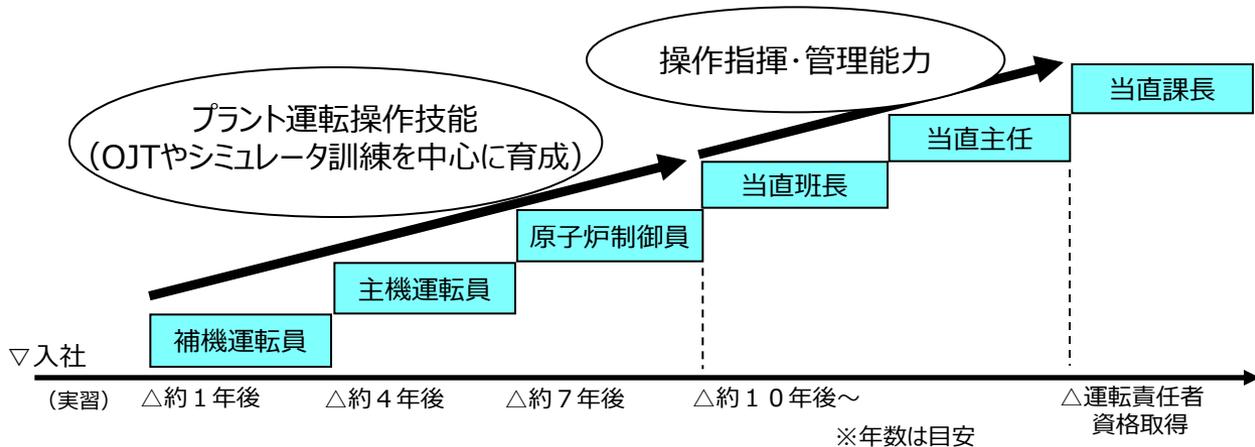
### ○運転員体制：約90名

- ・当直勤務 約14名/班×5班
- ・日勤勤務（所則、定検） 約20名

（当直体制）



### ○運転員養成パターン



○ **3交替体制で、24時間、365日、自らプラントの運転操作や巡回点検**等を行い、事故を未然防止するとともに、事故発生時には拡大防止と早期収束を行う。またこの技能を、有事に最前線で最大限発揮するための**高い「直営技術力」と「プライド・使命感」**を有する。

○ 運転操作全般のスキルを習得した**一人前の「原子炉制御員」の育成には約10年**を要する。また育成は、OJTやシミュレータ訓練等により行うが、現場の知識・経験を確固たる土台とすることが最重要。なお運転員は人員が欠けることが絶対に許されない職場であり、また円滑な技術伝承のためにも継続的に要員を確保することが必要。

○ **重大事故時にも、事故収束のため、最前線でプラントを守り抜く「最後の砦」。**

## 【関西電力大飯発電所（4基）の例】

### 原子力事業者

電気、計装、機械3職能  
約150名

### プラントメーカー・工事会社

#### 発電所に常駐の会社

- ・設備単位で担当する工事会社等が決まっている。
  - ・原子力のルールにも精通している。
- 約30社、約1300名

+

#### 非常駐の会社

（定期検査時等のみ）

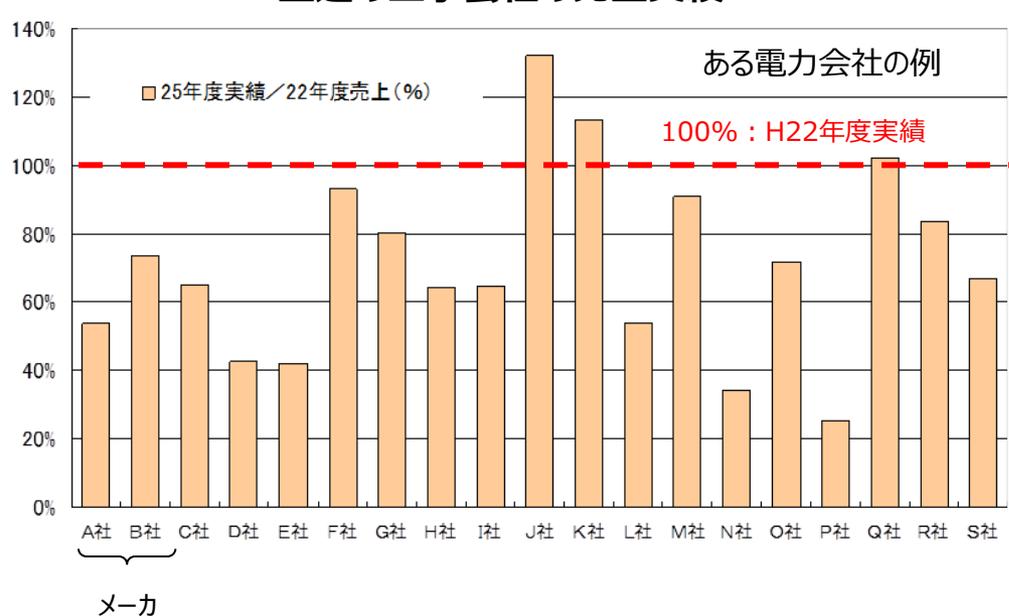
定期検査ピーク時 約3000名

定期的かつ一定数の工事量（定期検査等）により熟練作業員を維持、確保。

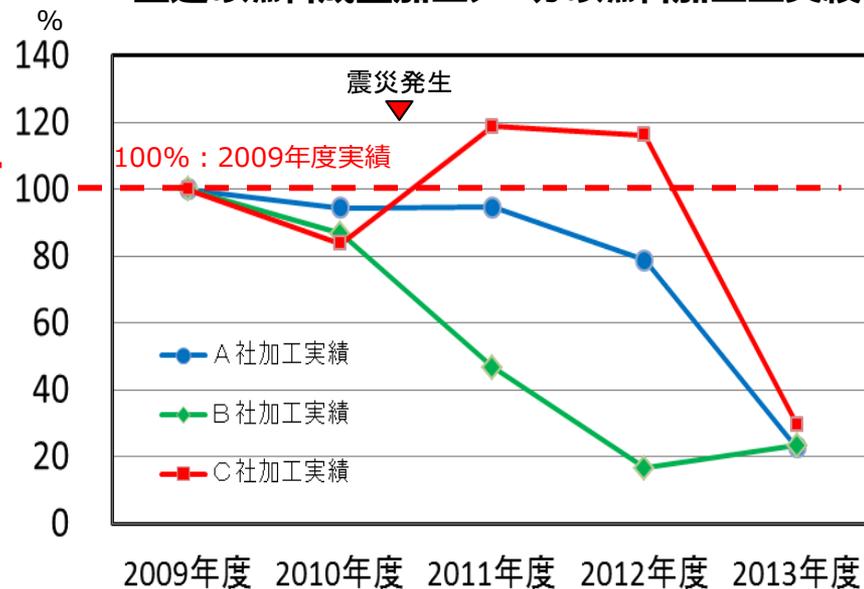
- 原子力事業者、プラントメーカー、工事会社一体で、地元に根付いたマイプラント意識を持ったきめ細かな保全活動を実施。
- 美浜3号機事故以降、継続して各階層との双方向のコミュニケーションを図り、より強いパートナーシップ、一体感の醸成に取り組む。
- 重大事故時には、常駐している地元工事会社が発電所に駆けつける。原子力事業者の保修員は、最前線で電源接続、水源確保等の事故収束活動を工事会社要員と一体となって対応にあたる。

- **工事会社およびその協力会社は、原子力発電所の長期停止により定期検査がない中、現状の安全対策工事によって経営を何とか維持しているが、売上は震災前の1 / 2以下となる会社も発生しており、将来の原子力のビジョンが見えなければ経営計画が立てられず撤退する虞あり。**
- **燃料成型加工メーカーでは、原子力発電所の長期停止により加工量が1 / 4程度にまで減少し、工場を休止する事態に陥っている。また工場閉鎖を検討するメーカーもある。これらメーカーでは燃料が単一の製品であるため、この状況が続けば撤退する虞あり。**

至近の工事会社の売上実績



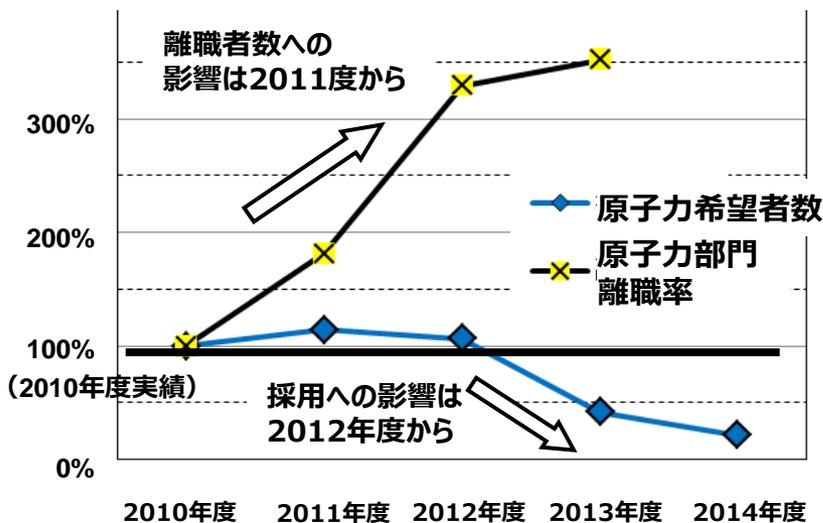
至近の燃料成型加工メーカーの燃料加工量実績



国内燃料成型加工メーカー3社に聞き取り：電気事業連合会まとめ

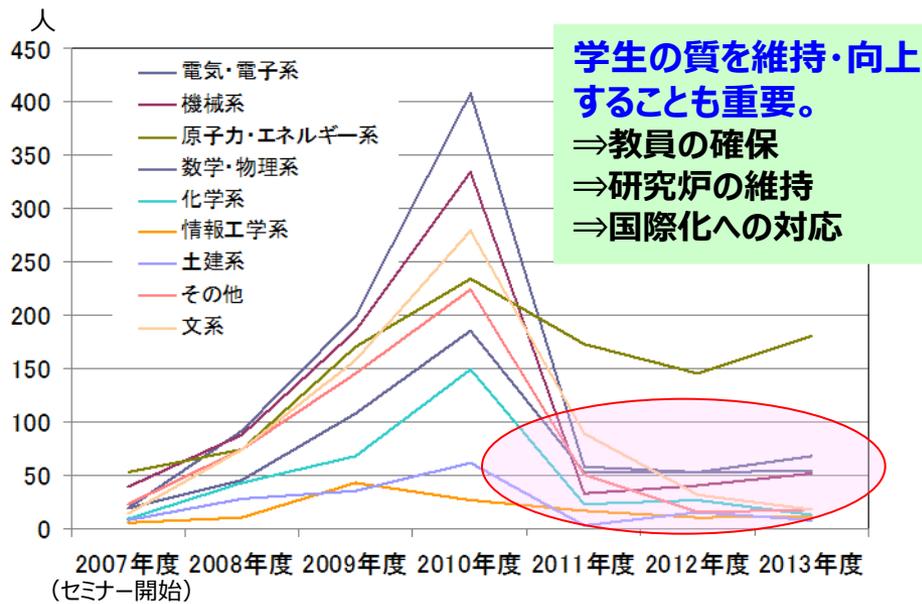
- 電力会社において原子力部門への希望者が減少し、また原子力部門での離職者数は増加。
  - 学生を対象とした原子力関係の会社説明会（原産セミナー）への来場数は、震災以降減少。
- ⇒ 震災以降、原子力分野からの人材離れが継続しており、将来の原子力のビジョンが見えなければ原子力産業が衰退する虞。

原子力希望者数、離職者数（2010年度比）  
（電力会社へのアンケート調査結果）



（アンケート対象 11社：北海道、東北、東京、北陸、中部、関西、中国、四国、九州、日本原電、電源開発）原子力希望者数、原子力部門離職率ともに、11社のうち、回答のあった社のデータを使用：電気事業連合会まとめ

原産セミナー来場者数（学生）の推移



学生の質を維持・向上することも重要。  
⇒ 教員の確保  
⇒ 研究炉の維持  
⇒ 国際化への対応

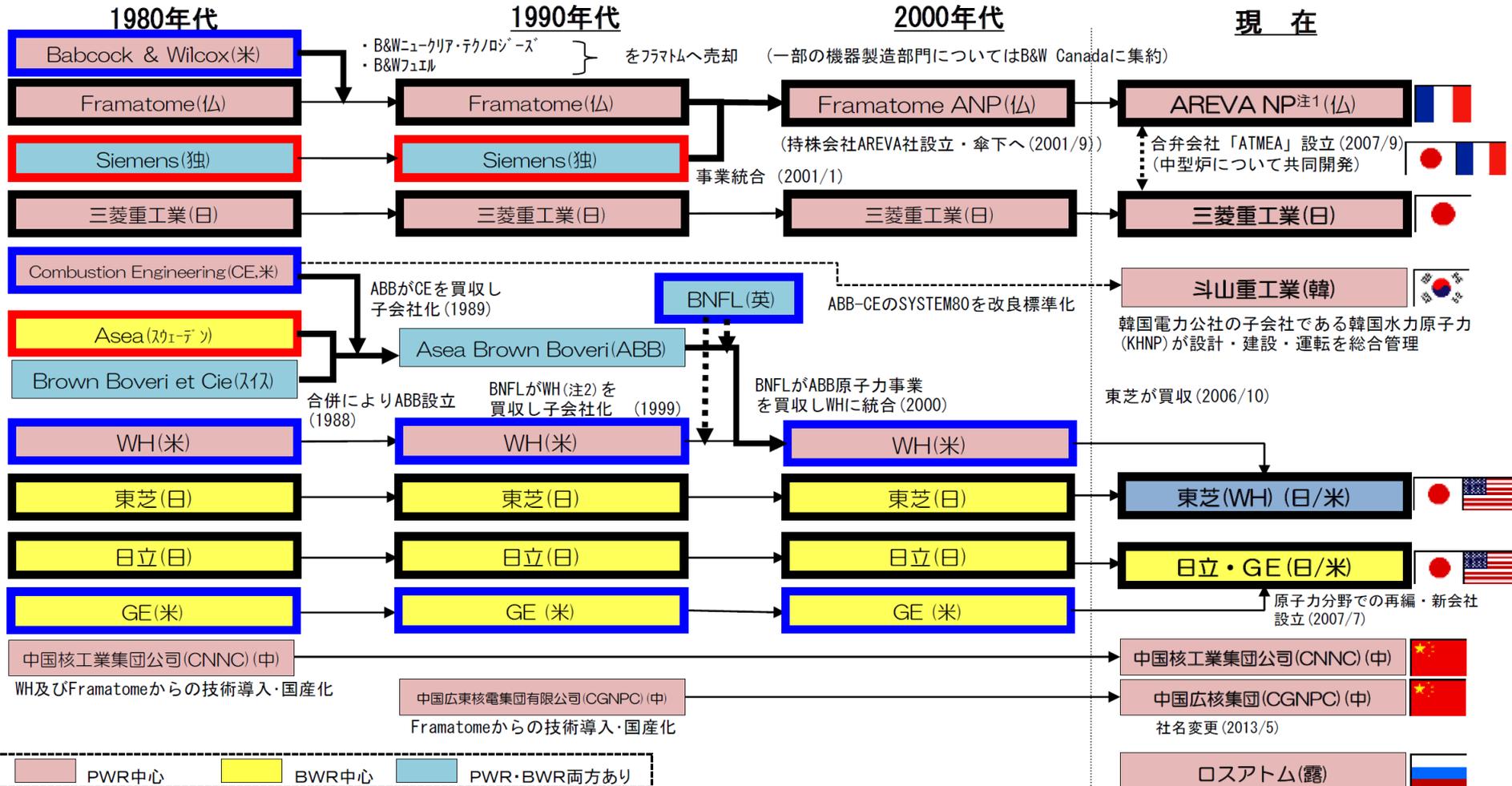
出展：日本原子力産業協会しらべ

- 通常運転時および重大事故時に原子力発電の安全性を確保するためには、原子力事業者と原子力プラントメーカー、工事会社等が一体となって対応する体制が必要。
- 原子力プラントメーカーを国内に有する国においては、原子力発電を一定規模維持している。
- 原子力発電の技術・人材の課題として、短期的には、原子力発電所の長期停止により工事量や燃料加工量が減少しているため、工事会社や燃料成型加工メーカーでは将来の原子力のビジョンが見えなければ経営計画が立てられず撤退する虞あり。
- 中長期的には、将来の原子力ビジョンが見えなければ、原子力を志望する学生が減るなど、人材離れが継続して原子力産業が衰退する虞あり。

# 原子力発電技術・人材の維持（日本のメーカー体制）

参考

- 世界の主要な原子力プラントメーカーのうち、3社が日本のメーカー。
- 日本の原子力プラントメーカーは、世界の原子力安全をリードしている。



原子炉製造、濃縮、燃料加工、ウラン鉱山開発等の民生原子力部門を統合(2008/3正式発足)  
 出典：第3回原子力小委員会 参考資料 1

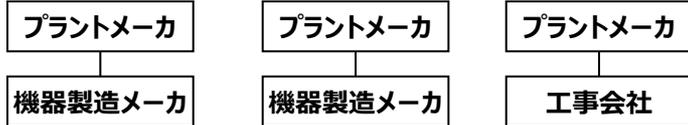
# 原子力発電に必要な技術・人材

- 約50年に亘る原子力発電の経験を通じて築いてきた技術・人材は貴重な資源であり財産。
- 安全性を確保するためには、確実な技術力の維持・伝承が極めて重要。
- また、新規建設や国際展開には、これらの技術は建設技術とともに不可欠。

## プラント安全性向上、トラブル対応

### 設計・製作・据付技術

- |                 |                  |         |
|-----------------|------------------|---------|
| ○設計技術           | ○製作技術            | ○据付技術   |
| ■炉心・燃料設計        | ■機器製作<br>(溶接・検査) | ■据付工事   |
| ■安全設計           |                  | ■機器取替工事 |
| ■系統設計           |                  |         |
| ■電気・計装・<br>制御設計 |                  |         |
| ■構造設計           |                  |         |
| ■耐震設計           |                  |         |
| ■土木・建築          |                  |         |



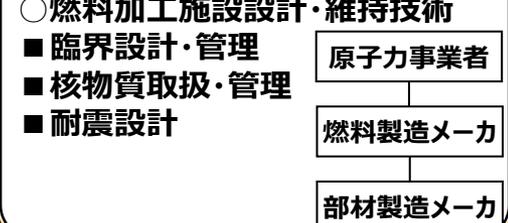
### 発電技術

- |                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| ○運転技術           | ○保守技術               |
| ■運転操作           | ■保全計画               |
| ■事故・緊急時<br>対応操作 | ■点検・補修              |
|                 | ○管理技術               |
| ■放射線管理          | ■炉心管理               |
| ■工程管理(※)        | ■安全・防災対策<br>(PRA含む) |



### 燃料製造技術

- |                |
|----------------|
| ○燃料設計技術        |
| ■核設計・炉心管理      |
| ■解析・評価         |
| ○燃料関連技術        |
| ■成型加工          |
| ■計量管理          |
| ■輸送容器設計・輸送     |
| ○燃料加工施設設計・維持技術 |
| ■臨界設計・管理       |
| ■核物質取扱・管理      |
| ■耐震設計          |



これら技術の背景には約50年に亘って蓄積した経験が存在

各技術での  
主なプレーヤー

■建設にも関係する技術

原子力発電の安全性の確保に必要な技術・人材を将来に亘り確実に確保するためには、**計画的な養成が必要**であるが、**養成には時間を要し、またプラント停止により「生きた仕事」の場での経験が困難**になりつつあり、**停止が長期化すれば技術力の維持・伝承に影響が出る**虞あり。

### 工事会社における人材育成パターン

【職階昇格標準】

ある工事会社の例

工事担当	主任	副長	課長	次長
平均経過年数 6～10年	5年	6年	7年	7年
(建設工事の場合)	技術主任		工事責任者	
(定検工事の場合)	技術主任		技術主任・工事責任者および所長	

- ✓ **定検工事の技術主任**は工事計画や施工管理能力が求められるため、**臨機応変に対応できる能力を養うために、工事担当の間に主要機器取替え等の大型工事や建設工事の経験を積むと共に、計画・管理能力を身につける事が必要。**
- ✓ **また現在、全国の原子力発電所の新規建設工事がストップしている状態では、建設経験者が減少し、継続的な技術伝承ができていない。\***

※原子力事業者やプラントメーカーにおいても同様の懸念あり。