

**「原子力利用に関する基本的考え方」に盛り込むべき事項(4)
～補足説明資料～**

原子力政策担当室

補足説明資料
～原子力利用の基盤強化～

米国における研究開発を加速するための技術支援体制の構築

- 米国では、研究開発を加速するための支援体制を構築。
- この取組では、**国立研究所が中心的な役割**を担い、**原子力事業者等に対して、施設・設備や技術サポート等を提供**。

米国の取組事例 ～ Gateway for Accelerated Innovation in Nuclear ～

- 米国エネルギー省(DOE)では、**先進的な原子力エネルギー技術を迅速かつ効率的に商業化**につなげるために、GAIN (Gateway for Accelerated Innovation in Nuclear)を2015年から開始。



問題意識

- 原子力エネルギー技術の商業化には**非常に時間がかかる**
- 研究開発施設の**開発・維持に係る費用が非常に高い**。さらに、**DOEや国立研究所が持つ有用な研究開発資源**(研究開発施設や専門家、データ等)が**外部から利用しづらい**。
- 新しい原子力エネルギー技術の**規制手続きへの支援**を求める声が多い

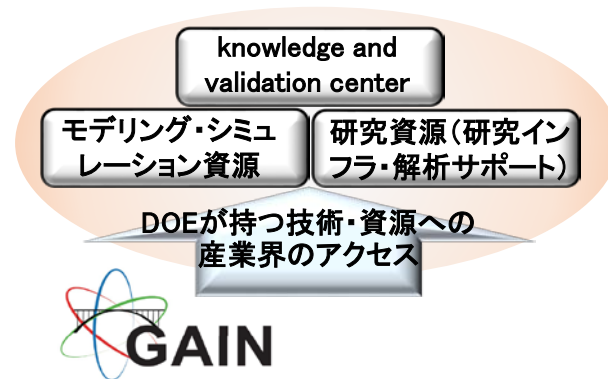
等

- 既存の原子力発電所の安全性・信頼性・経済的運用の継続の確保や、先進的な原子力エネルギー技術の商業化に向けて必要となる支援を原子力事業者をはじめとした**原子力エネルギー・コミュニティに包括的に提供する仕組み**を構築

- ①**技術・資源面**: 人的資源や施設・設備の提供
- ②**規則面**: 規制手続きへの指導協力
- ③**財政面**: 官民折半の支援等

技術・資源面の支援例

- 国立研究所が保有する**試験研究炉や制御システム試験装置**などの施設・設備の利用提供
- **モデリングやシミュレーション・ツールを備えたコンピューター施設**の利用提供
- 米国内外の132機関が保有する465施設の963の設備に関する情報を網羅的に**検索できるカタログ**(NEID)を提供
- **knowledge and validation center**を通じた**情報やデータ**の提供



- 上記の支援を通して、軽水炉持続プログラムなど**DOEの関連プログラムを実施する上での基盤として機能**

国立研究所が担う役割

- GAINは、DOEが所管する**アイダホ国立研究所(INL)に本部を設置**。特に、**技術・資源面での支援について中心となってマネジメント**。例えば、INLやその他の国立研究所が運営しているテストベッド(技術検証を行うプラットフォーム)やデモプラット等の**一括窓口をINLが担当**。さらに、試験研究炉等を利用する際には**技術的支援も提供**。

欧米における産業界と大学・研究機関の連携例①

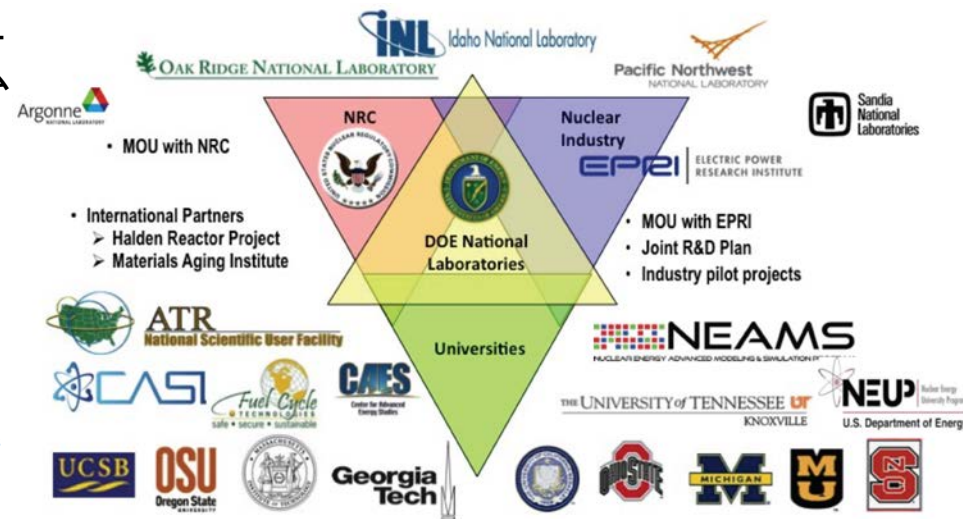
- 新しい技術を市場に導入するのは主として原子力事業者である一方、技術創出に必要な新たな知識や価値を生み出すのは研究機関・大学であり、両者の連携は、技術開発において有効である。
- **米国や欧州では、原子力事業者と研究機関・大学が知識基盤を共有しつつ、強みを活かして連携・共同が図られている。**

米国の取組事例 ～軽水炉持続プログラム～

概要

- 米国エネルギー省(DOE)は、原子力エネルギーの研究開発ロードマップを2010年に策定し、これに基づき軽水炉持続プログラム(LWRS)を実施。
- DOEは既存炉の寿命延長等に関する技術的基礎の確立を目指し、以下の具体的な研究開発領域を設定し、研究開発を実施。

研究 開発 領域	①材料の経年劣化	②原子炉安全
	③リスク情報を活用した安全裕度の評価	
	④改良型計器・情報・制御システム技術	
- 本プログラムでは、**アイダホ国立研究所を中心とした国立研究所の研究インフラ・資源を活用するとともに、米国電力研究所(EPR I)を中心とした産業界等と連携・共同して展開。**また、米国原子力規制委員会(NRC)とも連携。



出典: https://lwrs.inel.gov/Technical%20Integration%20Office%20Presentations/McCarthy_WIN_RegionII_Feb_2014.pdf

連携内容

- DOEでは、民間で取り組み難い**科学的な基礎や広く応用できる技術基盤を中心に研究開発を実施。**また、**EPRI等との共同研究を通してコストシェア**も図られている。
- 産業界では、EPRIが中心となって長期間運転プログラム(LTO)を実施。具体的には、科学的基礎に基づいた、安全や長期運転に資する技術の開発を実施。
- DOEとEPRIで覚書を締結し、プロジェクト毎に**連携(Coordinated activity)や共同(Collaborative activity)**が図られている。

共同 (Collaborative activity)	連携 (Coordinated activity)
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 実施計画の策定及び研究開発の実施を共同で行う ➤ 共同出資を行うものもある ➤ 共同のマネジメントは、効果的かつ効率的に実施できる方(LWRS、LTO、LWRS/LTO)がリードする(プロジェクト毎に判断) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 実施計画の策定で連携するとともに、研究開発の重複やギャップを避けるためにコミュニケーションを実施 ➤ 連携のマネジメントはDOEかEPRIのいずれか、あるいは共同で実施(プロジェクト毎に判断)

欧米における産業界と大学・研究機関の連携例②

欧州の取組事例 ～NUGENIA～

概要

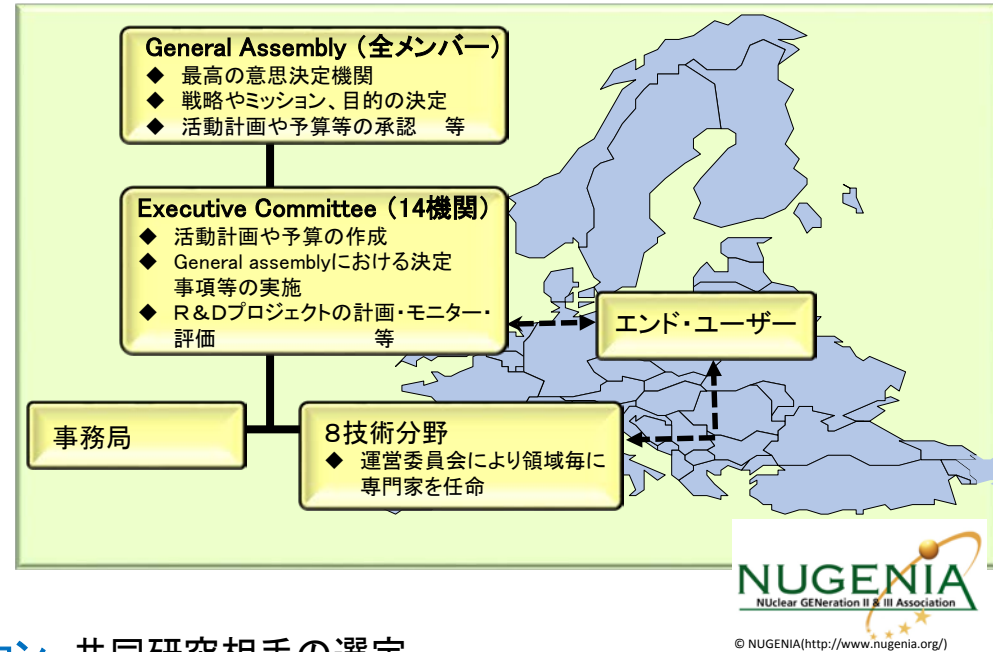
- NUGENIAは、安全で信頼性、競争力のある第二、第三世代の核分裂技術を実現するために、2012年に設立された枠組。
- 欧州を中とした政府、企業、研究開発機関、大学の103のメンバーが参画。
- 産業界、研究開発機関、大学、規制機関、業界団体等の連携推進、知識基盤の構築、付加価値の高い研究開発結果を 実用化させることがミッション。
- 8分野(原子炉安全及びリスク評価、過酷事故、原子炉オペレーション改良、軽水炉技術の向上等))をターゲットとして、2012～2014年間で17プロジェクトを実施するとともに、2015年に新たに19のプロジェクトが立ち上げ。
- 各国で重なるプロジェクトの無駄の排除や、産業界と大学・研究機関のコラボレーションを促進。

運営方法

- NEGENIAの運営方法に特徴について2点あげられる。
 - ①プロジェクト運営費用：
民間企業・各国政府が60%、EC-Euratomが40%を負担。
 - ②運営委員会(Executive Committee)の構成：
半分は研究開発機関や政府、半分は産業界。
産官学すべての視点から重要なプロジェクト決定・評価等を実施。

具体的な取組

- 研究開発やイノベーションの推進
(ロードマップ策定や優先順位の検討、プロジェクト実施)
- ニーズに基づくプロジェクト立案とNUGENIAブランドの付与
- 貴重な技術情報やデータの共有
- 研究開発成果の実用化に向けた産業界とのファシリテーション、共同研究相手の選定
- 研究開発のための設備等へのアクセスの支援・容易化
- オンラインでのコラボレーション・ツールとしてオープンイノベーションプラットフォームを構築・運用
(研究計画立案を支援/テクニカル評価を促進/トレイサビリティ・トランスペアレンシーを確立)
- プロジェクト結果のモニタリングと評価



欧米における過酷事故に関する知的基盤の構築

- 欧米では、研究機関・大学・原子力事業者が連携・共同して過酷事故に関する知見を収集・体系化・共有し、必要な対策の検討を図っている。

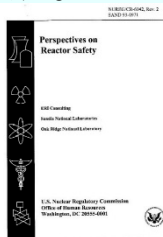
米国規制委員会NRCの取組事例

- NRCが主導して、25か国以上が参加する国際プログラム『過酷事故研究共同プログラム (*Cooperative Severe Accident Research Program*)』を1988年より実施。

具体的な取組例

- ✓ 過酷事故の現象解明研究やコードの開発・改良等を実施。また、開発したコードを用いて、事故時の放射性物質挙動などオフサイトへの影響評価を実施。
- ✓ メンバー間でのデータや知見を共有。

- CSARPをはじめとしたNRCが主導する研究プログラムや国立研究所が蓄積した、過酷事故に関するデータ・研究成果等を基に体系化。技術ガイダンスやマネジメントガイド、研修資料を作成。



目次

- 第1章：米国の原子力安全規制の変遷
- 第2章：過酷事故の考え方
- 第3章：原子炉容器内での事故進展
- 第4章：格納容器内での事故進展
- 第5章：オフサイトの事故影響

NRCで作成した研修資料

欧州の取組事例

過酷事故研究ネットワーク

(*Severe Accident Research Network*)



- 欧州委員会のフレームワーク6及び7において実施。現在は、**NUGENIA(※)**に引き継がれている。
- 過酷事故に対する理解を深めることを目的とした国際ネットワーク活動。
- 欧州や米国等の21か国から42の研究機関・大学・原子力事業者等が参加。

具体的な取組例

- ✓ 各機関に散在する研究成果や知見を収集して体系化。例えば、研究成果のデータベース化や標準コードの作成。
- ✓ 優先度の高い6つの課題について共同研究を実施。
 - －再冠水後の炉心の冷却及びデブリの冷却
 - －溶融した燃料とコンクリートが反応した時の炉外溶融プールの性状及びコリウムの冷却
- ✓ 知見を普及させるために、学生や若手研究者等を対象にした一流の研究者による研修・教育プログラム等を実施。また、教科書を出版。

※NUGENIA：欧州を中とした政府、企業、研究開発機関、大学の103のメンバーが参加する枠組

研究開発機関と原子力事業者の連携・共同のイメージ

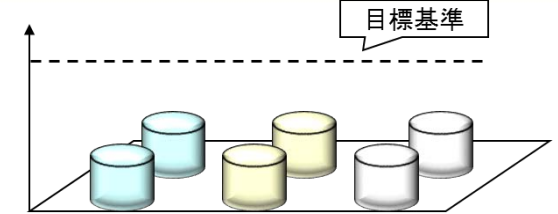
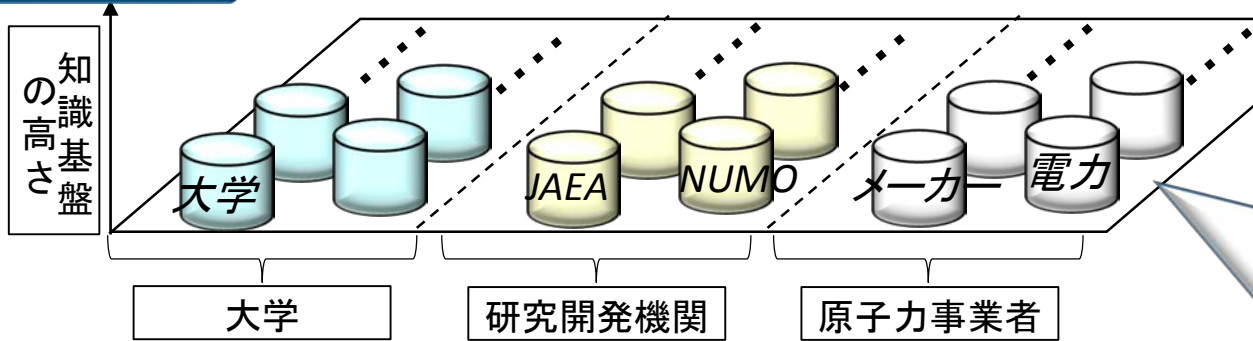
➤ 技術創出において原子力事業と研究開発機関・大学の連携は不可欠であり、以下の2つの取組が連携の効果と言える。

① 組織を超えた知識基盤の共有、② 新しい技術を迅速に市場に導入するための連携・共同

➤ 欧米では、原子力事業者と研究機関・大学が知識基盤を共有しつつ、強みを活かして連携・共同が図られているが、一方、我が国では、こうした取組が不十分である。

例) 欧州のNUGENIA、過酷事故研究ネットワーク(SARnet)や米国のGAIN、軽水炉持続プログラム

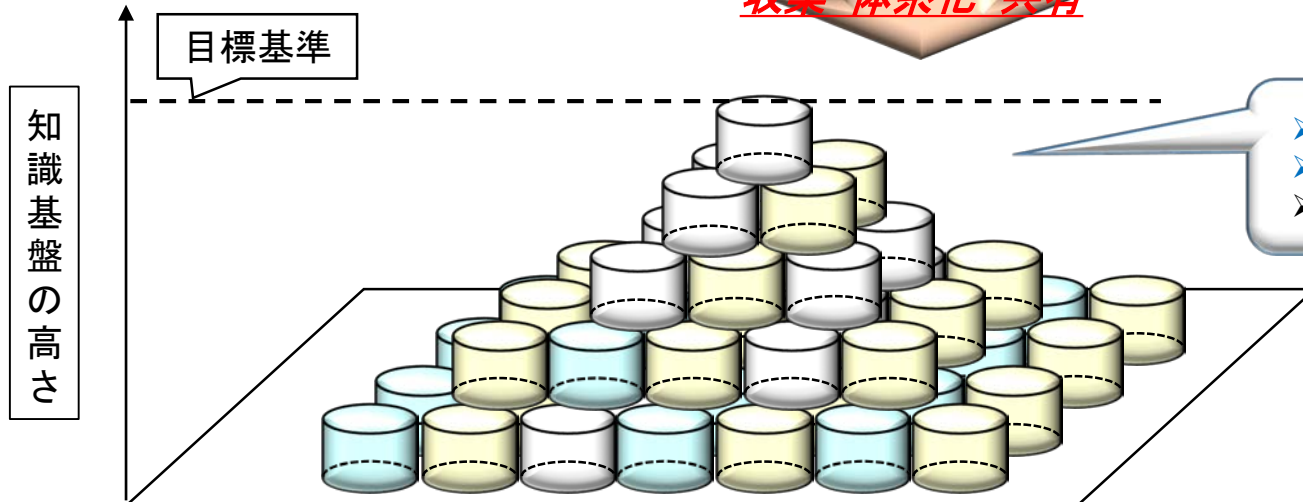
現状のイメージ



- 知識基盤が組織毎にバラバラに存在
- 高度な知識を必要とする目標に手が届かない
- 共有不足により、知識の重複、抜け漏れが存在
- 研究開発において重複が生じやすく非効率

目指すべき方向性

散在する研究開発成果や知見の
収集・体系化・共有



- 組織・分野の壁を越えた高い知識基盤を構築
- 効率的な研究開発、産学の連携・共同を実現
- 収集・体系化を通じた人材育成も期待

技術の継承・人材確保①

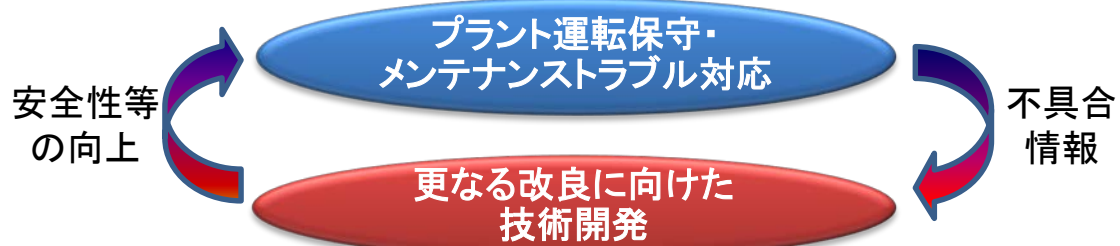
- 原子力を活用するには**汎用技術**に加え、原子力発電所の運転技術や設計技術など**原子力固有の技術**が必要。
- **原子力発電所の安全な運用**及び**更なる安全性の向上**に加えて、東京電力福島第一原子力発電所をはじめとした**廃止措置等の課題への対応**も必要であり、**幅広い技術と人材の厚みの維持**が不可欠。

【原子力産業界の全体構造】
(合計約80,000名以上)

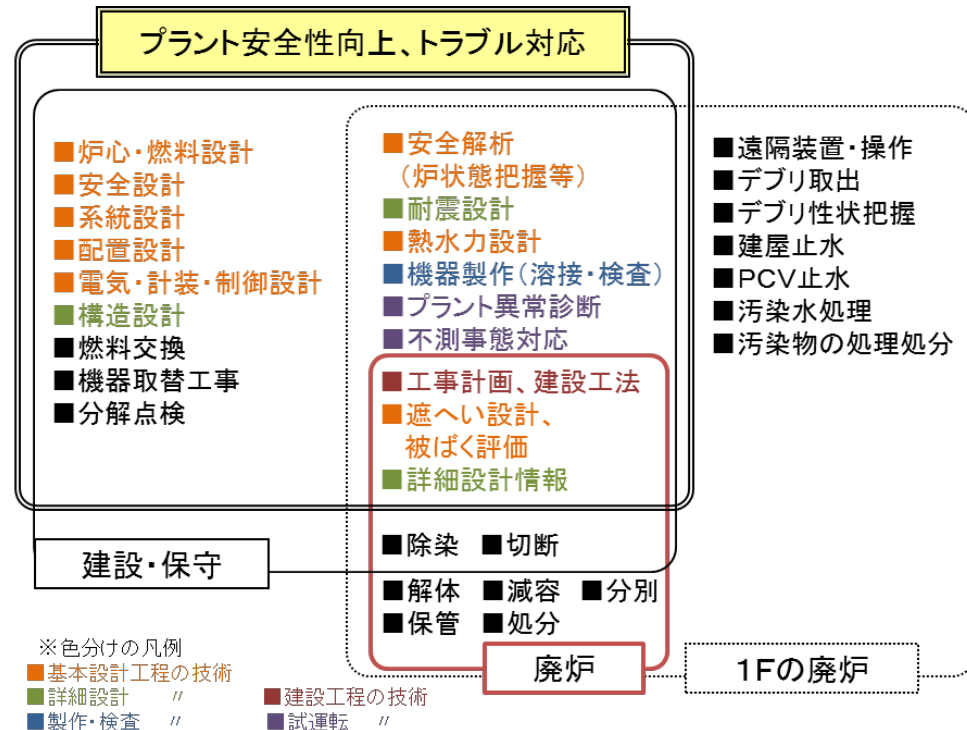
【運転・保守】 電力会社 原子力部門 (約12,000名※1)	
【設計・設備工事】 プラントメーカー (約9,600名※2)	【定検工事・保守】 工事会社 (約33,000名※3)
【技術・材料、燃料等の供給】 原子力関連部品・燃料成型加工メーカー (約24,000名以上※4)	

- ※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
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
- ※5 廃止措置関係は除く

【技術開発とのフィードバック】



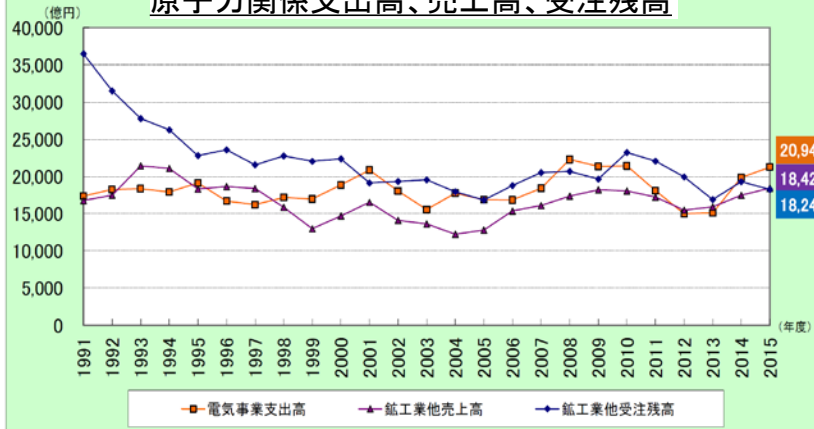
【プラント建設・保守とプラント安全性向上、トラブル対応、廃炉に必要な技術の関係】



技術の継承・人材確保②

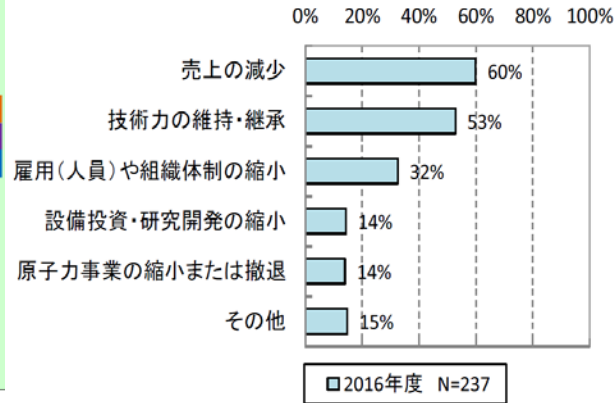
- 新規制基準への対応による建設業等の売上増加等があり、原子力関連売上高としては、震災後も全体的としては横ばい。一方で、原子力発電所の長期停止に伴い、**燃料加工や検査・保守等のコア技術に関する仕事・売上の減少等**が見られる。
- 原子力関連学科の大学教員総数の減少、若手教員の育成も課題となっている。

原子力関係支出高、売上高、受注残高

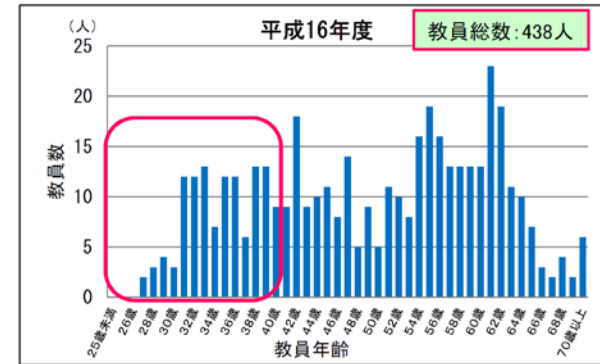


出典：日本原子力産業協会「原子力発電に係る産業動向調査2016」

発電所の運転停止に伴う影響(複数回答)

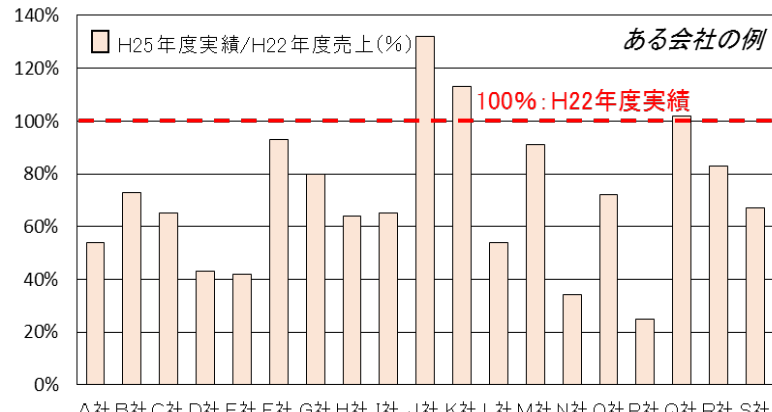


原子力関連の年齢別大学教員数推移

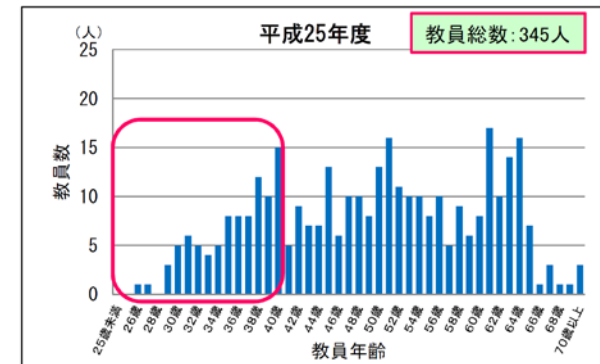
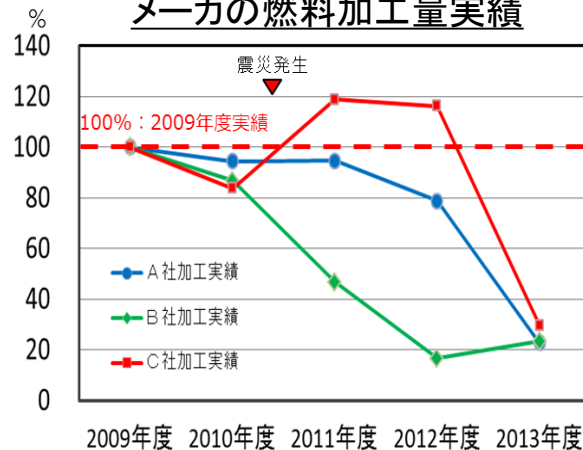


➤ 平成16年度に比べ、平成25年度に教員総数が約100名減少。若手教員の育成も課題。

至近の工事会社の売上実績



至近の燃焼成型加工メーカーの燃料加工量実績



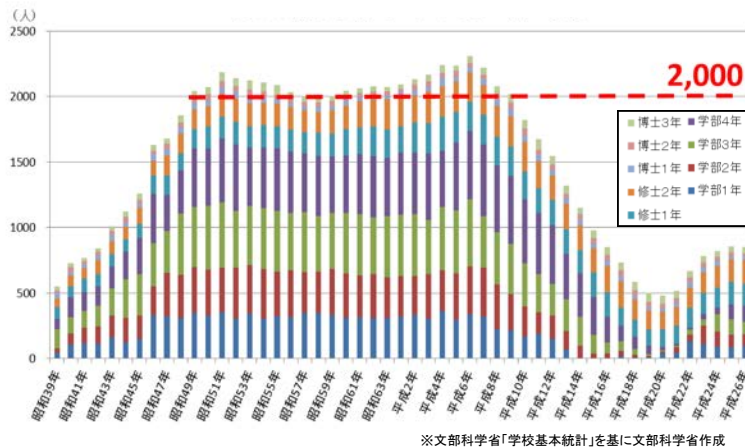
※学校教員統計の専門(専攻)分野一覧表における中分類「原子力理学関係」及び「原子力工学関係」の合計。
 原子力理学関係: 原子核理学、原子核宇宙線学及び原子物理学
 原子力工学関係: 原子核工学、原子力工学、原子工学、応用原子核工学、量子エネルギー工学、エネルギー量子工学、原子力・エネルギー安全工学、共同原子力、原子力システム安全工学、量子放射線系

出典：科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会
 原子力科学技術委員会原子力人材育成作業部会(第1回)資料5

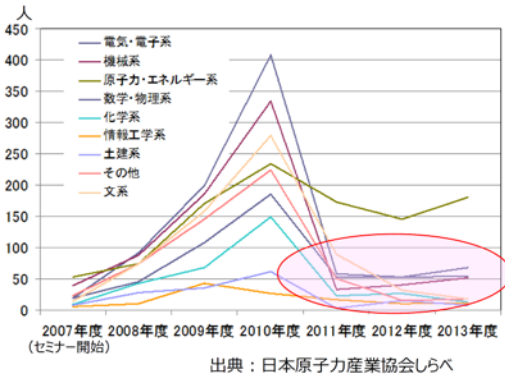
人材確保

- 原子力工学関連の学科等における学生数は、平成6年度をピークに減少し、近年はほぼ横ばいにて推移。
- 学生を対象とした原子力関係の会社説明会への来場数や電気事業者における原子力部門の採用数について、原子力学科出身者数の回復は見られるが、東日本大震災以降、全体としては減少し、近年は横ばい。
- 特に、電力事業者においては、プラント全体の安全運転や設計を担う機械・電気・化学系や高専卒の採用は減少したまま。加えて、電力事業者の原子力部門での離職者数が増加傾向。

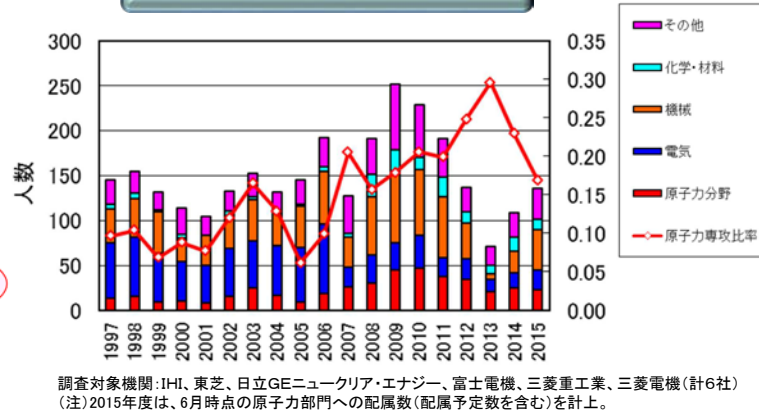
原子力関連学科等における学生数の推移



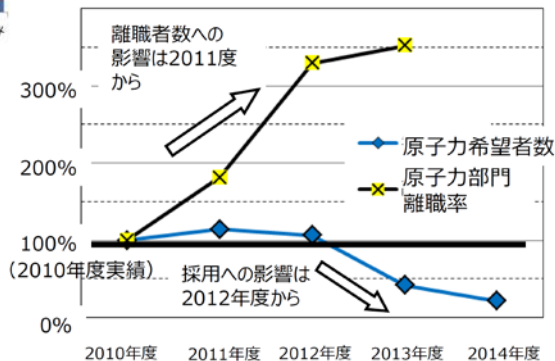
原産セミナー来場者数(学生の推移)



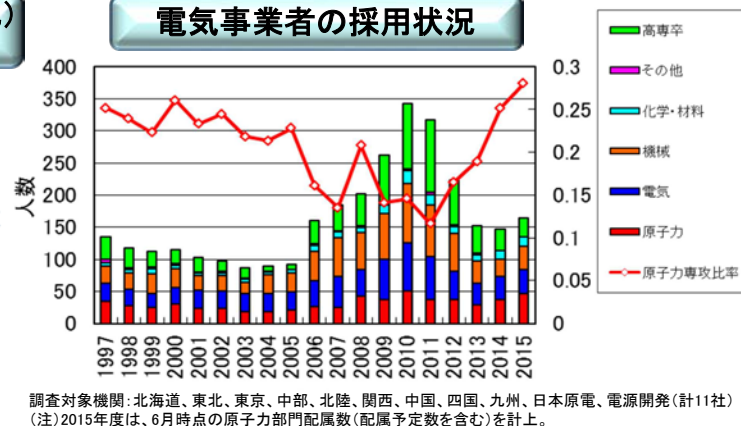
メーカー(6社)の採用状況



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)



電気事業者の採用状況



- ・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
- ・電気事業者連合会まとめ

出典：文部科学省 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会 原子力科学技術委員会 原子力人材育成作業部会(第1回)資料6-2

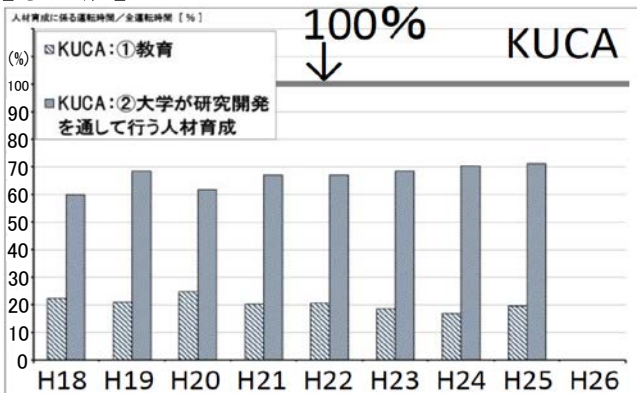
実践的な能力の育成

- 実践的な能力の育成において研究炉等は、以下の2点の役割を担っている。
 - ①カリキュラムに沿って進める教育、実習、研修による育成、②研究開発を通じた研究者・技術者の育成
 全運転時間のうち、この2点が占める割合は、**大学(*)の研究炉等では90%程度、JAEA(*)においても30~40%。**
- 東日本大震災以前は、**毎年1,400~1,700名(実人数*)を育成**(研究炉等の稼働の有無を問わない)。しかし、震災以降、研究炉等は停止し、現在、原子炉運転シミュレータ等を用いた実習等となり、**動いている実機に触れて行うものではなく、実践的な能力育成に影響も。**
 - ※日本原子力学会の調査に基づくデータで、その調査対象施設は、研究炉6基(JRR-3、NSRR、JMTR及び常陽(JAEA)、KUR(京都大学)、UTR-KINKI(近畿大学))、臨界実験装置4基(STACY及びFCA(JAEA)、KUCA(京都大学)、NCA(東芝))。

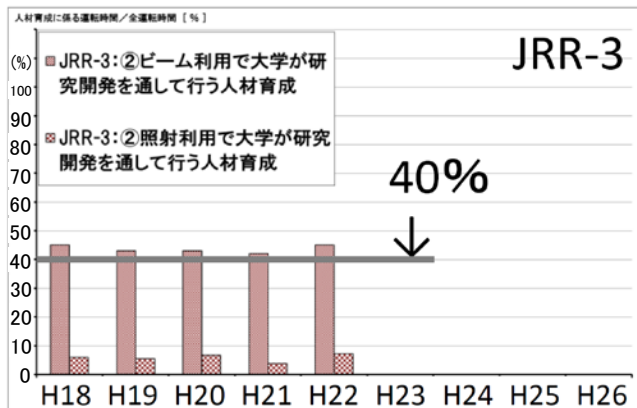
研究炉の運転時間に占める教育の割合

※人材育成に係る運転時間(①教育・実習等及び②研究開発を通して行う人材育成)/全運転時間(%)

【京大炉】: 人材育成に係る運転が約90%



【JAEA JRR-3】: 人材育成に係る運転が40%以上



研究炉等を使って育成した人材数の推移

※教育・実習等及び研究開発を通して育成した人員数(人) (調査対象施設)

- ・研究炉6基: JRR-3、NSRR、JMTR及び常陽(JAEA)、KUR(京都大学)、UTR-KINKI(近畿大学)
- ・臨界実験装置4基: STACY及びFCA(JAEA)、KUCA(京都大学)、NCA(東芝)

