

原子力発電事業の展開と人材

2009年11月11日
電気事業連合会
辻倉 米蔵

目次

1. 原子力発電事業の現状
2. 原子力発電によるCO₂抑制効果
3. 原子力発電の今後の方向性
4. 原子燃料サイクル事業の推進
5. 電気事業者が取り組むべき主な課題
6. 原子力人材を考える上での課題
7. 原子力発電所の人材育成の取り組み
8. 原子燃料サイクル事業の人材育成の取り組み
9. 電気事業者が目指す人材像
10. 我が国の原子力人材育成に係る取り組み
11. 海外の原子力人材育成事例(欧州)

1. 原子力発電事業の現状

電気事業連合会

- ◆ 2009年3月末現在、53基、4,793.5万kWの商業用原子力発電所が稼働中。
- ◆ 原子力発電による2008年度の発電電力量は、2,581億kWhであり、我が国の総発電電力量の約3割を担っている。

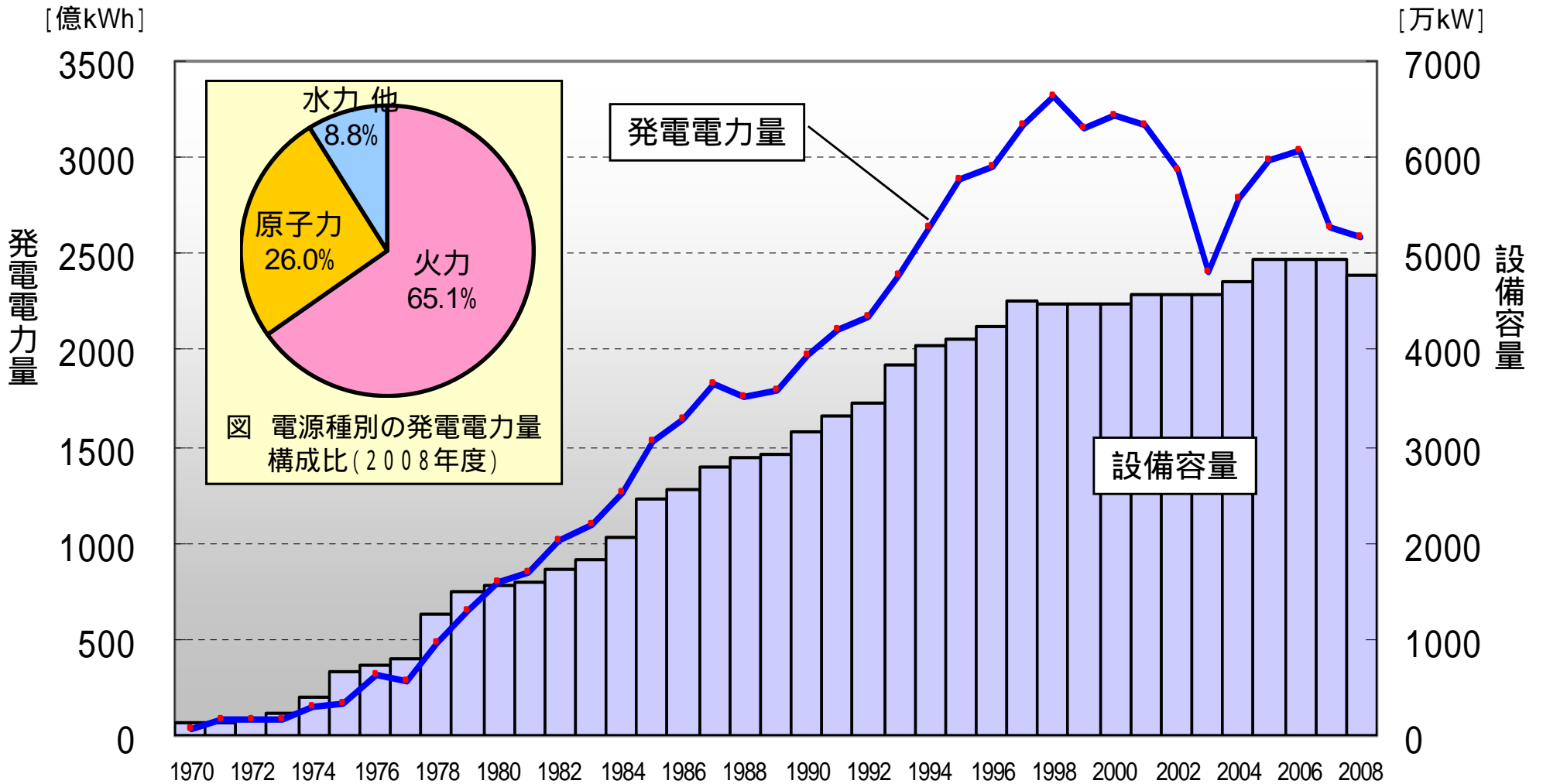


図 原子力発電所設備容量及び発電電力量の推移

(JNES原子力施設運転管理年報 他より)

2. 原子力発電によるCO₂抑制効果

電気事業連合会

- ◆ 原子力発電によるCO₂排出量は、太陽光発電や風力発電と同等の低い水準にあり、地球温暖化抑制の観点から優れた電源。
- ◆ 原子力を中心に火力、水力等をバランス良く組み合わせた「電源のベストミックス」を進めている。
- ◆ 電気事業における2008年度のCO₂排出抑制効果は、3.55億t-CO₂と試算され、そのうち原子力による抑制効果は、1.71億t-CO₂である。

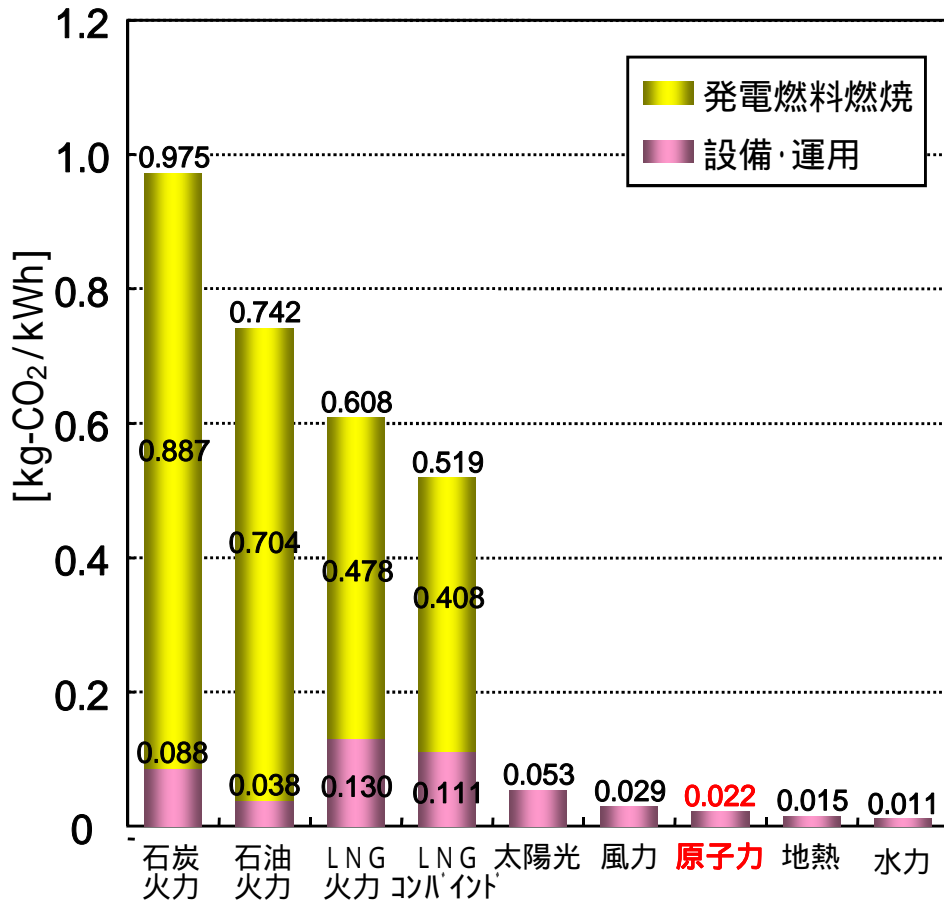


図 電源種別LCA CO₂の比較 (電中研報告書より)

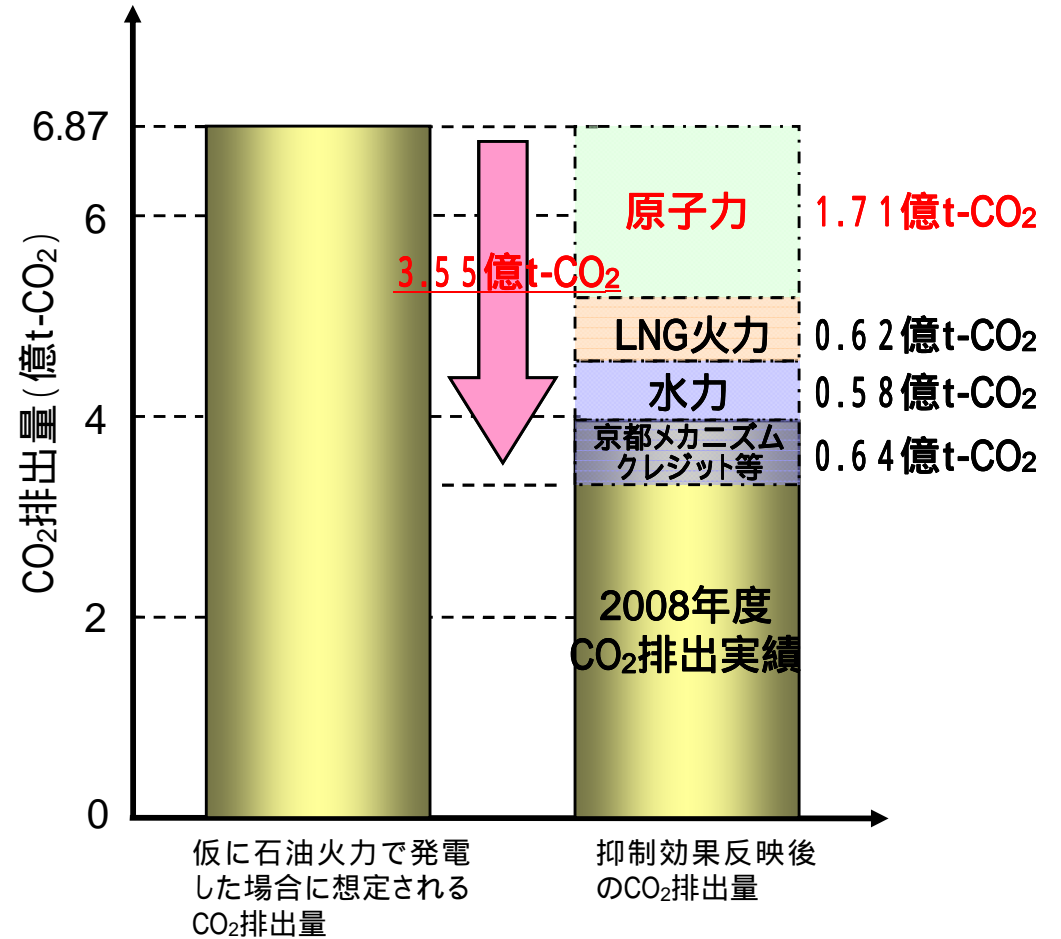


図 CO₂排出抑制効果

3. 原子力発電の今後の方向性

電気事業者連合会

- ◆ 電気事業者は、低炭素社会を実現するために必要な原子力発電を推進している。
- ◆ 今後も既設炉の活用、新增設・リプレースの円滑な推進に向けた取組みを着実に進める。

表 原子力発電開発計画

(平成21年度電力供給計画より)

電力	発電所名	炉型	出力 (万kW)	着工年月	運転開始年月
北海道	泊3号	PWR	91.2	2003年11月	2009年12月
東北	浪江・小高	BWR	82.5	2015年度	2020年度
	東通2号	ABWR	138.5	2015年度以降	2020年度以降
東京	福島第一7号	ABWR	138.0	2011年4月	2015年10月
	福島第一8号	ABWR	138.0	2011年4月	2016年10月
	東通1号	ABWR	138.5	2010年12月	2017年3月
	東通2号	ABWR	138.5	2013年度以降	2019年度以降
中部	浜岡6号	ABWR	140級	2015年度	2019年度以降
中国	島根3号	ABWR	137.3	2005年12月	2011年12月
	上関1号	ABWR	137.3	2010年度	2015年度
	上関2号	ABWR	137.3	2015年度	2020年度
九州	川内3号	APWR	159.0	2013年度	2019年度
電源開発	大間原子力	ABWR	138.3	2008年5月	2014年11月
日本原電	敦賀3号	APWR	153.8	2010年10月	2016年3月
	敦賀4号	APWR	153.8	2010年10月	2017年3月
合計 15基 2,022.0万kW (石油火力による排出量 約10,000万t-CO ₂ に相当)					

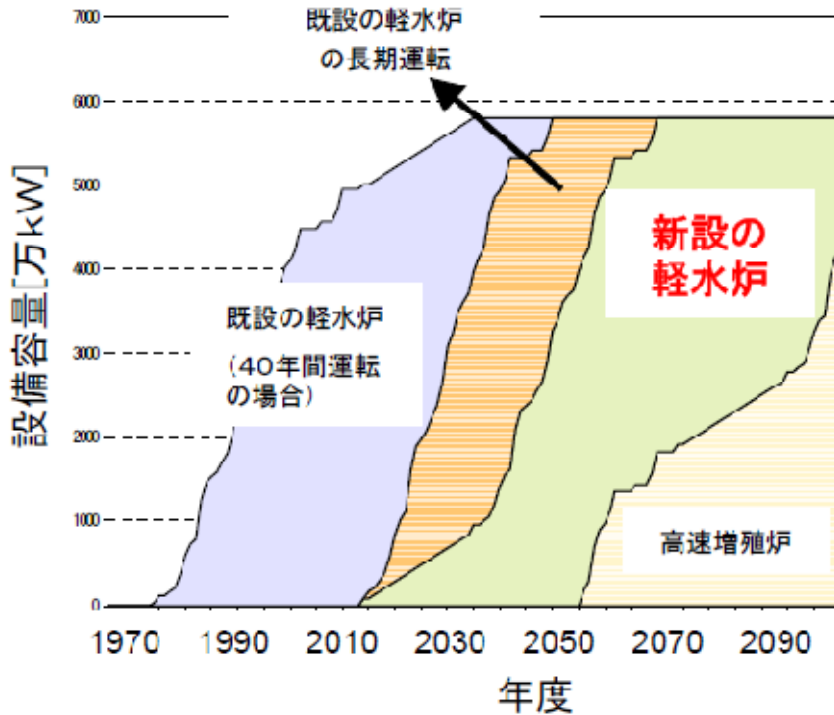


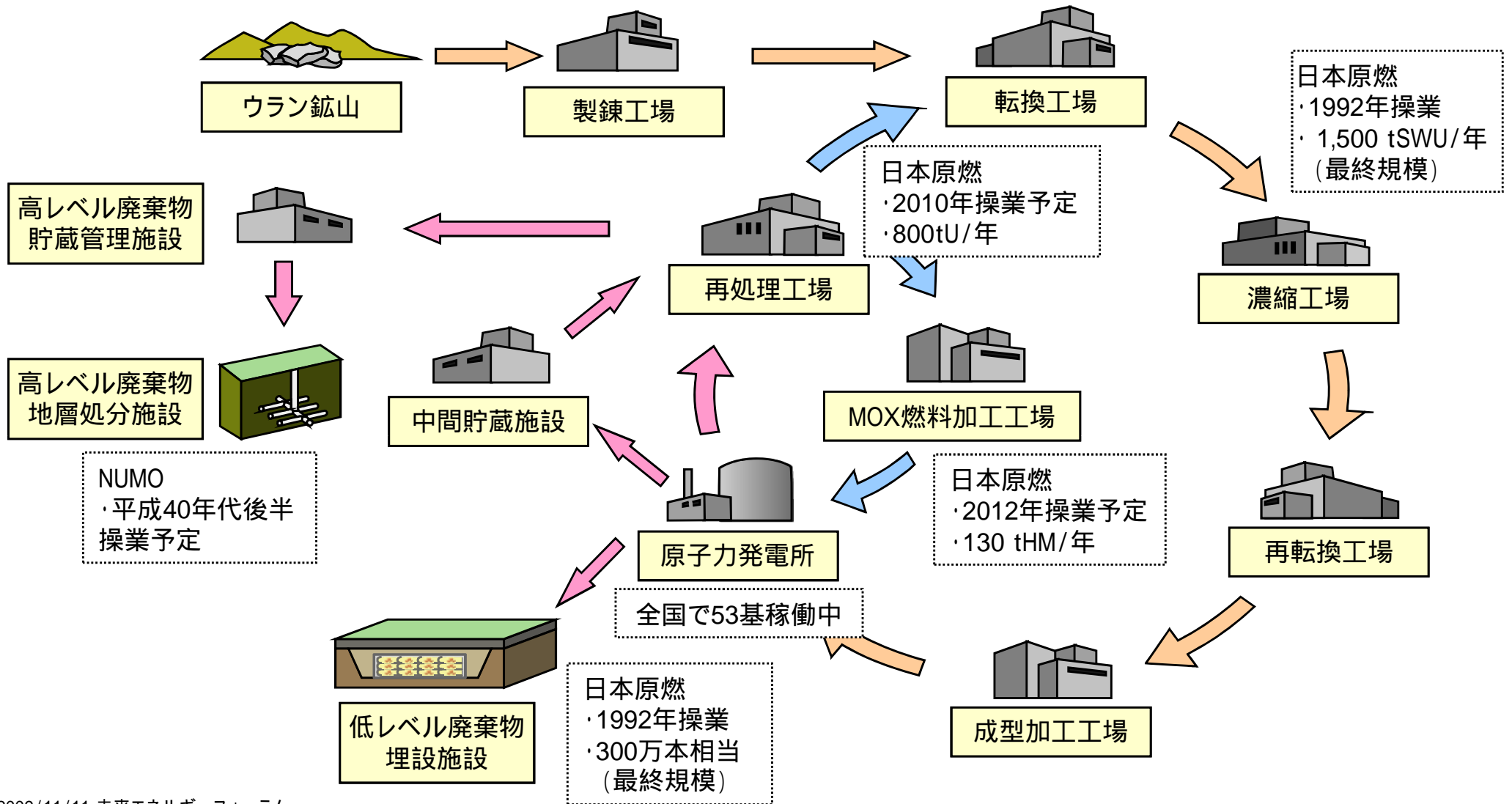
図 中長期的な方向性(商業炉)
(原子力立国計画より)

建設中(3基) : 今後10年間で運転開始予定(9基)

4. 原子燃料サイクル事業の推進

電気事業連合会

- ◆ エネルギー自給率の乏しい我が国にとって、原子力発電の特性を一層向上させ、長期に亘って安定した電力供給を可能とする原子燃料サイクルの確立は極めて重要な課題。
- ◆ 電気事業者はサイクルの確立に向け、今後とも全力を挙げて取り組んでいく。



5. 電気事業者が取り組むべき主な課題

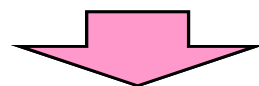
電気事業連合会

◆原子力発電の安全・安定運転

- 既設炉の安全性の確保及び信頼性の一層の向上
- 高経年化対策の一層の充実
- 原子炉施設の廃止・解体技術の実証・開発
- 世界のデファクトとなる新型軽水炉開発 等

◆原子燃料サイクルの確立

- 再処理、国内MOX燃料加工の事業化
- ウラン濃縮技術の高度化
- 放射性廃棄物の処理・処分の事業化 等



原子力関連施設の開発/設計/建設/運転/保守には、
原子力工学のみならず、機械/電気/材料/化学等、
幅広い分野の人材が不可欠

6. 原子力人材を考える上での課題

電気事業連合会

◆ 原子力発電所の人材の高齢化が進んでおり、新規プラントの設計・建設の経験や初期の原子力発電所のさまざまな対応を経験した技術者が世代交代する時期に入っている。

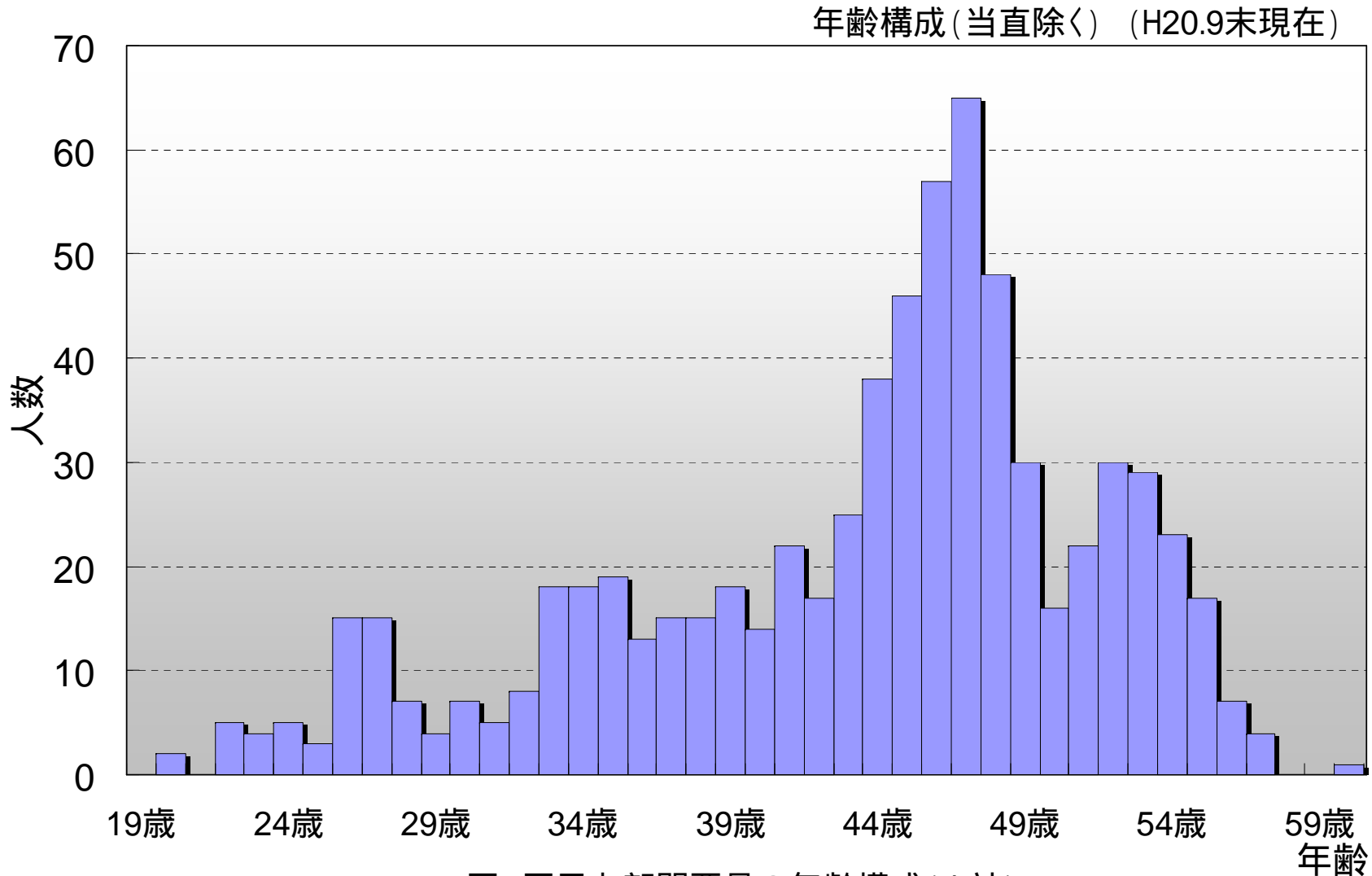


図 原子力部門要員の年齢構成(A社)

7. 原子力発電所の人材育成の取り組み

(企業内での基礎技術の教育と技術の継承)

電気事業連合会

- ◆ 新入社員から5年、10年、15年先を見据えた人材育成のための教育プログラムを構築。各人の経験、適正等を踏まえて専門的な知識を付与する。

【保修員】

- 保修員教育プログラム
- 保修訓練センターの活用
- 保全技量認定制度 等



関西電力 原子力研修センター

訓練設備			
機械関係	原子炉容器	・原子炉容器上ぶた	1 基
	蒸気発生器	・1次側水室	1 基
		・伝熱管検査装置	一 式
		・蒸気発生器マニピュレータ装置	1 台
		・マンホール取扱装置	2 台
	1次冷却材ポンプ	・ポンプ軸シール部	一 式
	燃料取替クレーン 他	・燃料取替クレーン	1 基
		・模擬燃料、内挿物	一 式
		・燃料および内挿物取扱工具	一 式
		・燃料装荷シミュレータ装置	1 台
系統室内小型補機類	・ポンプ：堅型ポンプ	1 台	
	・横型ポンプ	2 台	
	・キャンドモータポンプ	2 台	
	・各種弁（10種類）	31 台	
	・支持構造物（2種類）	2 台	
	・メタルクラッド	3 面	
開閉器	・パワーセンタ	2 面	
	・コントロールセンタ	1 面	
共通	電動弁自動診断装置	・診断装置（1台）	一 式
		・不良模擬電動弁	2 台
	非破壊検査装置	・金属顕微鏡	2 台
		・試料研磨機	2 台
		・硬度計	3 台
		・非破壊検査工具	一 式
		シールプラントモデル体感装置	・米田 パワー・セイフティ社製
	・ポンプ・弁 他	一 式	



燃料取替(訓練)



原子炉容器上ぶたの
スタッドボルト締付(訓練)

7. 原子力発電所の人材育成の取り組み

(企業内での基礎技術の教育と技術の継承)

電気事業連合会

- ◆ 熟練技術者の技術ノウハウをOJTやシミュレーション教育等を通じて伝承している。
- ◆ また、これらの技術ノウハウを出来る限り「形式知」としてマニュアル等に記載している。

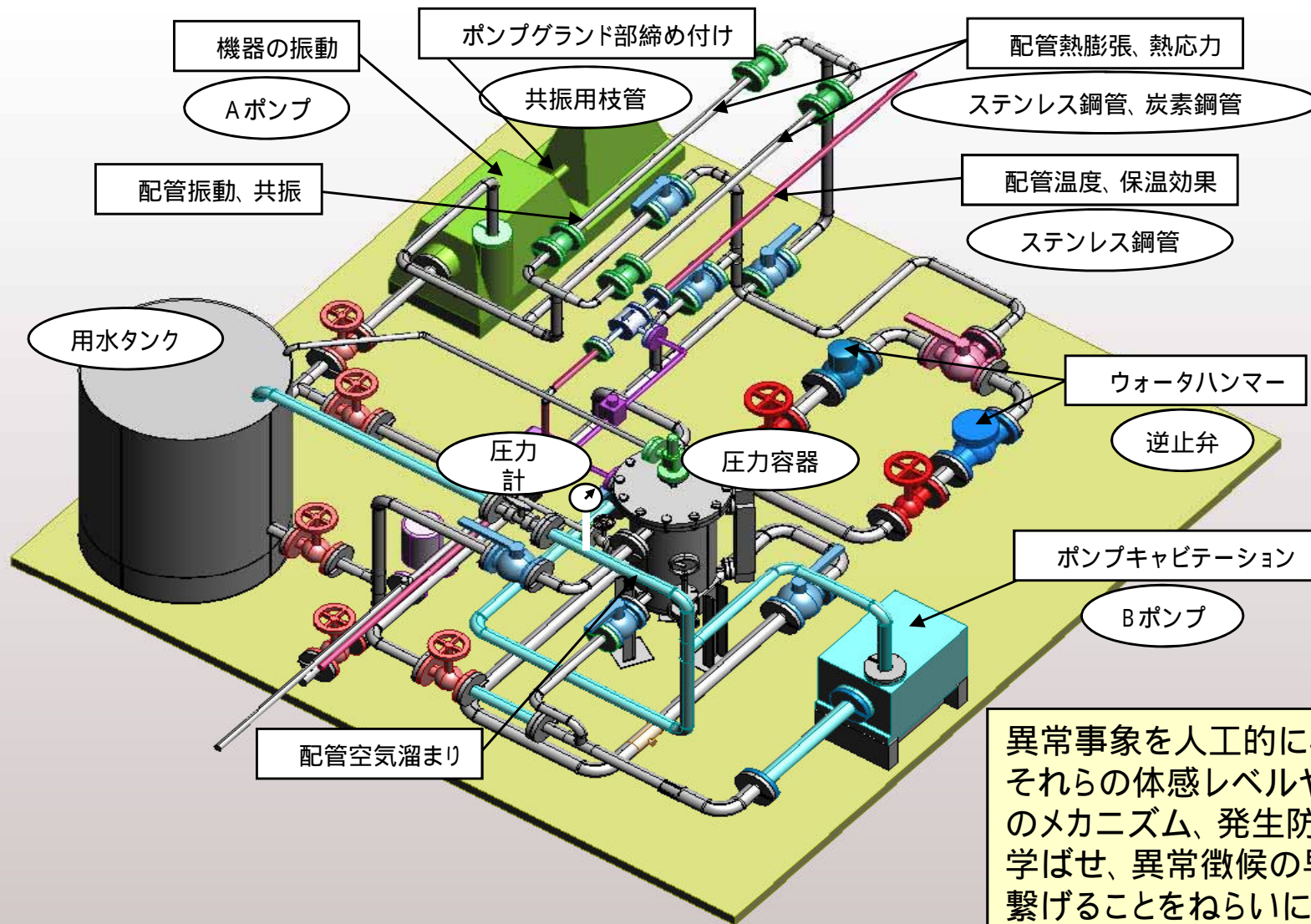


図 ポンプ、弁、配管等の各種異常事象体感訓練装置 (A社)

7. 原子力発電所の人材育成の取り組み

(企業内での基礎技術の教育と技術の継承)

電気事業連合会

【運転員】

- 運転員教育プログラム
- 運転訓練シミュレーターの活用 等



サイトシミュレーター(東京電力)



原子力運転サポートセンター(関西電力)



BWR運転訓練センター(新潟)



原子力発電訓練センター(福井)

7. 原子力発電所の人材育成の取り組み

(企業内での基礎技術の教育と技術の継承)

電気事業連合会

- ◆ さらなる技術技能レベル及びモチベーション向上策として、日常業務で培った技術技能を競い合う「全社技術技能競技大会」を開催している。

◆東京電力 全社技術技能競技大会

- 水力・火力・送電・変電等、社内全部門にて実施

【原子力部門における実績(例)】

◆運転部門の実施(2009.4)

プラントにおける設備故障と地震発生に伴う設備故障を組み合わせ、異常が発生した場合を想定し、故障個所の特定から通報連絡までの初動対応



競技大会の様子(運転部門)

◆放射線管理部門の実施(2008.4)

放射線管理区域内・外で放射能を含む水の漏えいが発生したことを想定し、初期対応、放射線測定、放射能汚染の拡大防止措置等についての対応



競技大会の様子(放射線管理部門)

7. 原子力発電所の人材育成の取り組み

(企業内での基礎技術の教育と技術の継承)

電気事業連合会

- ◆ 過去のトラブル事例や失敗経験を擬似的に経験することで技術力向上につなげる活動を各電力がそれぞれ独自に実施している。
- ◆ 日本原子力技術協会のニューシア情報や事業者間の情報連絡会等を通じて、国内外の情報の共有化を図っている。

◆中部電力 浜岡原子力発電所 「失敗に学ぶ回廊」

過去に経験した事故・トラブルから学んだ教訓、これまで蓄積してきたノウハウを風化させることなく技術伝承していくために、「失敗に学ぶ回廊」を開設し研修に活用。



事故・トラブル概要を示すパネルや実物又は模型の展示、トラブル対応したOBのメッセージファイル、当時の新聞記事の掲示



発電設備に係る点検結果の掲示



ノウハウを取りまとめ発電所技術史として編纂

7. 原子力発電所の人材育成の取り組み

(企業内での基礎技術の教育と技術の継承)

電気事業連合会

- ◆ 新規プラント建設が予定されている電力では新規プラント建設を通じて設計・建設技術力を維持。また、当面の新規プラント建設がない電力では設計・建設技術力を維持するために、以下の取り組みを継続している。

【設計・建設に関する技術力】

◆ 自社内

- 直営設計グループによる各種工事の詳細設計を自社で実施
- 自社研修センターにおける座学での教育
- 耐震設計、安全解析、2次系設計、計装設計コースなどの実施
- 自社火力発電所建設への原子力部門の技術者の派遣

◆ 自社外

- 他社原子力発電所の新規建設への基本設計段階からの参画
- 六ヶ所再処理工場建設への参画
- 次世代型軽水炉開発への参画
- FBR開発への参画

8. 原子燃料サイクル事業の人材育成の取り組み

電気事業連合会

- ◆ 原子燃料サイクル施設では、原子力発電所とは異なる事業内容、事業展開等の特長を踏まえた人材育成及び技術の定着・発展のための取り組みを行なっている。

【日本原燃の取り組み(例)】

(1) 安全かつ安定運転に向けて

- ◆ 試運転を通して知識の取得及び技能習熟度の向上

〔 AREVA NC 訓練支援、NDA(SL) 技術支援、
JAEA技術者支援 〕

- ◆ 教育訓練施設、研修プログラムの整備

- ・再処理施設保安訓練シミュレーター
- ・青森原燃テクノロジーセンター
- ・技術・技能認定制度

- ◆ 専門能力を持った子会社の設立

- ・ジェイテック(保守・保修)
- ・日本原燃分析(化学分析)



日本原燃 再処理工場 中央制御室

(2) 更なる技術開発・着実な事業展開
(サイト内での技術開発・機器製造)

- ・再処理技術開発研究所
- ・濃縮技術開発センター
- ・濃縮機器製造工場

(3) 高度な原子力専門知識の習得
(大学への若手社員の派遣留学)

- ・東北大学大学院(六ヶ所村での出前講義)
- ・東京大学専門職大学院

9. 電気事業者が目指す人材像

電気事業連合会

- ◆ 電気事業者は、幅広い基盤かつ特定専門分野の深い知識を有することで、あらゆる分野に対応可能な人材を採用し、以下の人材に養成している。
- ◆ 原子力を幅広く理解し、原子力発電等の開発・管理・運用について全体を俯瞰し、企画・調整するジェネラリスト。(いわゆる、T型)
- ◆ 専門知識を活かし、原子力発電等における個別の課題解決に対応できるスペシャリスト。(いわゆる、I型)
- ◆ 原子力技術について地域との橋渡しや国際的に活躍できる技術者。(コミュニケーター、リエゾンエンジニア)。

10. 我が国の原子力人材育成に係る取り組み

電気事業連合会

- ◆ 昨今の原子力を巡る状況(原子力への期待、責任等)及び大学の状況(原子力関係学科志望者数の減少、原子力教育の希薄化等)を踏まえ、産官学連携した取り組みが推進されている。

原子力の取組

原子力人材育成の在り方研究会 (平成18年度)

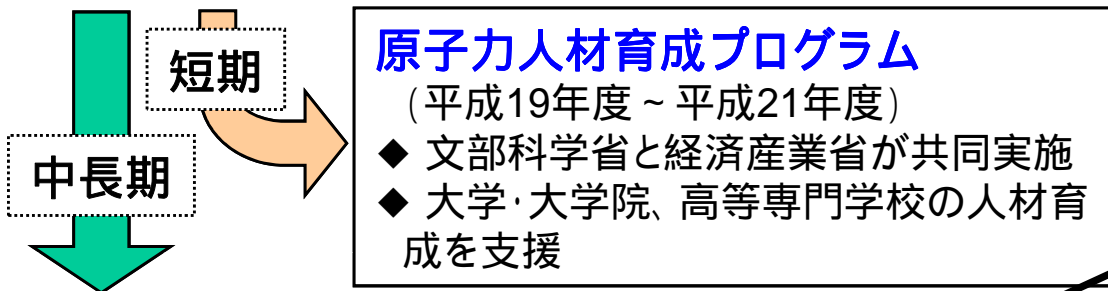
- ◆ 平成18年9月に日本原子力産業協会に設置
- ◆ 教育・研究機関、原子力関連メーカー、電気事業者及び国等、産官学の関係者が人材問題について議論
 - ・短期的課題、具体的取組
 - ・中長期的課題・取組

工学的全体の取組

産学人材育成パートナーシップ

- (平成19年度～)
- ◆ 文部科学省、経済産業省が平成19年10月から開催
- ◆ 工業系業界全体の問題として日本の人材育成の横断的課題や業種分野的課題に対して幅広く検討
- ◆ 9分科会(化学、機械、材料、資源、情報処理、電気・電子、**原子力**、経営・管理人材、バイオ)

原子力人材育成関係者協議会は、産学人材育成パートナーシップの原子力分科会に位置付けられる。



原子力人材育成関係者協議会 (平成19年度～)

- ◆ 平成19年9月に日本原子力産業協会に設置
- ◆ 大学への人材育成支援活動と並行して中長期的かつ広範囲にわたる人材育成の課題抽出とその対策について検討
 - ・人材需給データ調査・長期需給予測
 - ・ロードマップの策定 等



第7回協議会(平成21年3月11日)

10. 我が国の原子力人材育成に係る取り組み

電気事業連合会

◆ 文部科学省・経済産業省が連携し、平成19年度より「原子力人材育成プログラム」事業を行っている。

【原子力人材育成プログラム】

- ◆ 文部科学省と経済産業省が共同実施
- ◆ 大学・大学院、高等専門学校の人材育成を支援
- ◆ 内容
 1. 教育活動支援
 - …原子力基礎教育研究の充実、インターンシップの充実、etc
 2. 研究活動支援
 - …基盤技術分野の研究活動支援、etc

◆ プログラム名

原子力教育支援プログラム	(経産省)
チャレンジ原子力体感プログラム	(経産省)
原子力の基盤技術分野強化プログラム	(経産省)
原子力研究促進プログラム	(文科省)
原子力研究基盤整備プログラム	(文科省)
原子力教授人材充実プログラム	(文科省)
原子力コアカリキュラム開発プログラム	(文科省)



東芝臨界実験装置 (NCA) における実習風景 (平成19年度 武蔵工業大学)



臨界近接実験
原子炉炉心に燃料棒を教員指導のもとに挿入 (平成19年度 近畿大学)

10. 我が国の原子力人材育成に係る取り組み

電気事業連合会

- ◆ 「原子力人材育成関係者協議会」が平成19年9月に(社)日本原子力産業協会に設置された。
- ◆ 大学への人材育成支援活動と並行して中長期的かつ広範囲にわたる人材育成の課題抽出とその対策について検討している。

【産官学の原子力関係者が目指すべき基本的な目標】

初等中等教育段階におけるエネルギー・環境に対する理解促進

原子力界の魅力の伝達

産業界のニーズを取り入れた大学教育の実践

基盤技術分野での若手研究者育成

国際的に活躍できる優秀な人材の育成

就職後の人材育成の継続

(「原子力人材育成関係者協議会報告書(平成21年4月)」より)

11. 海外の原子力人材育成事例(欧州)

電気事業連合会

◆INSTN(フランス国立原子力科学技術学院)

- フランスでは学部での原子力専門教育は行われていないが、INSTN(マスターレベル)で一元的に専門教育を実施。
- 欧州の大学からも学生を受け入れており、原子力教育は英語で実施。
- 国内外の原子力工学科へ教授陣を派遣。
- CEA, AREVA, EDF等の専門家が講師として教えることも多数。

◆ENEN(欧州原子力教育ネットワーク)

- 各大学・各機関の特長を活かした欧州全体の原子力教育ネットワークとして2003年に設立。
- 主な目的は、「高等教育と訓練プログラムの提供による原子力分野の専門技術の維持と更なる展開」。
- メンバーは、50大学、7研究所等。日本では東京工業大学やJAEAとも覚書。
- 原子力分野の修士(European Master of Science)の設置・充実化、訓練コースの運営、ナレッジマネジメント等の活動を実施。
- 学生は連携した大学間などの講義でも所属大学に係わらず自由に受講可能。
- 今後、メンバーを産業界にも広げ、欧州を越えた活動を展開予定。



欧州では、大学連携が発展的に展開されている。

まとめ

- ◆原子力発電所の現場における技術力継承のために電気事業者として人材の確保、育成にさまざまに取り組んでいる。
- ◆共同大学院から、専門的な技術力と多くの基盤技術分野にわたる総合的な知識を身につけた、国際的に活躍できる人材の輩出を期待。