

「原子カルネッサンスに向けた原子力技術を
担う人材の育成への産業界の要望調査」

報告書

平成 2 2 年 1 0 月

財団法人 全日本地域研究交流協会

本調査研究は、財団法人新技術振興渡辺記念会の助成を受けて、財団法人 全日本地域研究交流協会が実施したものである。

＜要 旨＞

わが国の原子力発電は、米国からの技術導入に始まり、1966 年に日本原子力発電の東海発電所が営業を開始して以来、現在では、全国 54 基の原子力発電所が運転（合計出力 4,884.7 万 kW）され、原子力発電は、総発電量の約 3 割を占めるに至った。

この間、わが国の原子力研究開発は、民間による軽水炉の技術導入、軽水炉の安全性、及び高速増殖炉などの大型プロジェクト研究を進めてきており、原子力利用に関する発電所の事故回避をはじめとする安全性の確保は、最重要問題として取り組まれた。今日、この安全性確保のため、原子力発電所を抱える地域では、プラント・メンテナンス人材の育成と確保が重要かつ緊急な課題になっている。

一方、海外では、地球環境問題への対応策として原子力発電所建設の機運が急峻に立ち上がり、わが国の原子力プラントメーカー・電気事業者と海外の当該事業者がグローバルアライアンスを組んで新規発電所の建設プロジェクトを推進するという歴史的な転換点にあり、このグローバルプロジェクトに対応できる人材の育成が重要な課題になっている。

財団法人 全日本地域研究交流協会（以下、JAREC という）は、これまでの既往調査から、産業界・大学・研究機関が連携して原子力人材教育に取り組むことが比較的少ないことを認識した。

本調査は、転換期にある原子力への回帰に鑑み、原子力人材に関する産業界・大学・研究機関の課題認識の変遷を明確にし、今後の原子力人材成に関する産業界からの要望を抽出・分析し、わが国の原子力エネルギー人材育成施策等へそれらを反映させることを目的に実施した。主な調査結果は、以下のとおりである。

（１）調査要領

はじめに原子力産業界が抱える課題とその課題解決に向けた人材育成の取り組みの現状と課題について、既往文献や WEB 等を調査し、整理した。一方、大学等における原子力教育の変遷と課題について、JAREC 人材育成の考え方や今後の教育のあり方については、とくに専門雑誌『原子力 eye』に着眼し、「原子力業界の人材育成」関連記事をベースに整理した。

（２）電力業界（電気事業者）の人材育成における課題・要望

- ① 現在の“プラント運用・保全の時代”－こうした人材育成の取り組みにあって重要なのが、“技術の維持・継承”であるとしている。電力業界の“技術の維持や継承”は、個別の人材育成においてのみ達成されるものではなく、関連する機関との支援・協力が欠かせない。
- ② 具体的には実際の現場での作業の多くを担っている協力会社の技術者に対し、必要な訓練と独自の資格制度による技能の維持と向上を図るとしている。
- ③ 教育・人材育成への視点としては、燃料高燃焼度化、原子炉の廃止措置、廃棄物処理、

高速増殖炉（FBR）、燃料サイクルなど、現在進行中の重要な課題の推進に向けて、従来にない学際的知識の教育、社会とのコミュニケーション能力、社会規範・倫理についての認識と自覚が必要であるとし、関連教育に対する期待も大きい。

- ④ 大学等の教育に対しては、単なる知識の習得や学力の向上だけでなく、知識を行動に繋げる際の“アプローチ”や“判断力”についても実習等を通じて学んで欲しいとしている。さらに原子力産業は、電気・機械・化学などの総合技術であるとし、原子力専攻以外の学生にも原子力を指向してもらえらる動機付けを教育界に期待している。また、産学官は協力して、世界に向けてリーダーシップを発揮すべきときであるとしている。

（３）プラントメーカーの人材育成における課題・要望

- ① ビジネス環境について国内を見ると、1990年代末に“建設の時代”から“運用・保全の時代”に移行して、急速に停滞したが、2030年以降には、“リプレース時代”を迎え、再び建設基数が増加する見込みとなっている。こうしたなか、プラントメーカーは、技術力を維持するとともに、プラントの新規建設に備えての“技術の継承と技術開発”を進めることが課題であるとしている。
- ② 一方、海外に着目すると、ここに来て「原子力発電新規導入計画国」が拡大し、世界の原子力発電開発の動向に示すとおり、建設中・計画中の原子炉数は、欧米よりもむしろロシアやアジアにおいて原子力開発は活況を呈している。このグローバルな原子力市場の拡大にあって、プラントメーカーは、国内でのプラントの建設、保守・改良の技術と経験をベースに、原子力技術の世界標準化に向けた研究開発においてイニシアチブを取りながら、海外のプラントの建設、保全の事業に貢献するとしている。
- ③ “プラントメーカーは、プラントシステムを設計製作する立場から“ものづくり”に興味があり、グローバル化にあって専門技術分野の技術や業務を海外で展開するための語学力を有する人材が必要であるとしている。
- ④ プラントメーカーの業務分野は、原子力関連研究開発、原子炉設備の安全設計・基本計画、原子炉設備機器の設計・製造・購入、原子力発電所建設現場での建設・据付け、工場及び建設現場での設備検査、試運転、プロジェクトマネジメント、保全計画などエンジニアリングの守備範囲も広範である。

（４）上記の原子力に関連する人材育成の課題とその対応検討を踏まえて、今後の人材育成に対し、以下を提言する。

i) 安定した電力の供給・稼働率の向上のためのプラントメンテナンス人材育成

団塊の世代が退職し、若い世代へ団塊の世代が担当してきた技術（プラントメンテナンス技術）を引き継ぐことが必至である。技術者の年齢構成分布からみると団塊の世代が一番多く、その後の世代は、原子力産業の斜陽化に伴う事業の伸び悩み時期に対応し、実務経験を有した原子力技術者の人材が少なくなっている傾向にある。また、既設プラントのメンテナンスが主要な事業である我が国の環境下では、如何にプラントの経年劣

化等に対応し、合理的な対策判断のもと、緻密で高度なメンテナンスを着実に進めていくことが重要である。このため、経験者から若手技術者への設計思想やメンテナンス思想を着実に技術移転する為の手段として、団塊の世代と若手人材の協働の場を積極的に活用し、OJT による着実な人材育成が必須と判断される。

ii) 産学連携を通しての原子力関連研究者・技術者育成

新たな原子力発電プラントの建設への人材育成ニーズは、プラントメーカーが強い。これまで、諸外国における原子力発電所の建設プロジェクトは、国内で建設を手掛けてきた我が国のプラントメーカーと米国やフランスのプラントメーカーとのアライアンスや事業統合という形態で模索されてきた。とくに今後は海外プラントの設計・機器製造・現地建設・運転に向けたグローバルなアライアンスの構築と海外も含め最適な機器設備調達体制（品質とコスト面）を構築することが必須となっている。

この様な背景のもと、海外での原子力発電所建設に対応し、グローバル人材を育成するための仕組みとして、プラントメーカー、研究機関、大学、電気事業者、規制当局、原子力産業振興機関などがそれぞれ持つ海外機関とのチャンネルを活用し、「グローバル産学官」による将来を担う人材育成システムを構築することが肝要であると言える。

目 次

1. 調査の目的	1
2. 調査方法	2
3. 原子力人材育成に関する課題認識	5
3.1 原子力産業界の原子力人材育成に関する課題認識	6
3.1.1 電力業界が抱える原子力における課題と人材育成の考え方	6
3.1.2 プラントメーカーが抱える原子力における課題と人材育成の考え方	8
3.1.3 『原子力 eye』に見る原子力産業界の人材育成に向けた取組み	13
3.2 大学における原子力人材育成に関する課題認識	25
3.2.1 国立大学における原子力教育の変遷	25
3.2.2 産業界からの原子力教育への要望と原子力教育の今後の展開	27
3.2.3 『原子力 eye』に見る国立大学における原子力教育の新たな展開	29
3.2.4 『原子力 eye』に見る私立大学における原子力教育の新たな取組み	60
3.2.5 『原子力 eye』に見る高専における新たな原子力教育への取組み	64
3.2.6 『原子力 eye』に見る米国における新たな原子力教育への取組み	68
3.2.7 『原子力 eye』に見る『日本原子力学会』による原子力教育支援	71
3.3 国の原子力人材教育に関する課題認識	75
3.4 地域の原子力産業の特性と人材育成	91
4. 原子力産業界の人材育成に関する要望	93
5. 産学官の取組むべき課題	94
6. 原子力イノベーションに向けた人材育成への提言	96
7. まとめ	99
8. 参考文献	101

1.調査研究の目的

わが国の原子力発電は、米国からの技術導入に始まり、1966年に日本原子力発電の東海発電所が営業を開始して以来、現在¹では、全国 54 基の原子力発電所が運転（合計出力 4,884.7 万 kW）され、原子力発電は、総発電量の約 3 割を占めるに至った。

この間、わが国の原子力研究開発は、民間による軽水炉の技術導入、軽水炉の安全性、及び高速増殖炉などの大型プロジェクト研究を進めてきており、原子力利用に関する発電所の事故回避をはじめとする安全性の確保は、最重要問題として取り組まれた。今日、この安全性確保のため、原子力発電所を抱える地域では、プラント・メンテナンス人材の育成と確保が重要かつ緊急な課題になっている。

一方、海外では、地球環境問題への対応策として原子力発電所建設の機運が急峻に立ち上がり、わが国の原子力プラントメーカー・電気事業者と海外の当該事業者がグローバルアライアンスを組んで新規発電所建設プロジェクトを推進するという歴史的な転換点にあり、このグローバルプロジェクトに対応できる人材の育成が重要な課題になっている。

このような環境変化に呼応して、これまで原子力技術を担う人材を育成してきた総合大学並びに発電所を抱える地域の地方大学では、地域の研究機関や産業界と連携して、特色ある人材教育への取組みが始まった。また、文部科学省や経済産業省は、府省連携による原子力技術人材育成カリキュラム構築に向けた新たな支援を始めている。さらに、独立行政法人日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構という）では、中期計画の中で「原子力人材育成の支援」を積極的に進めるため、大学間ネットワーク構築を通ず教育の充実化や機構保有設備の人材教育への活用など、大学との相互補完的な原子力教育の支援を模索している。

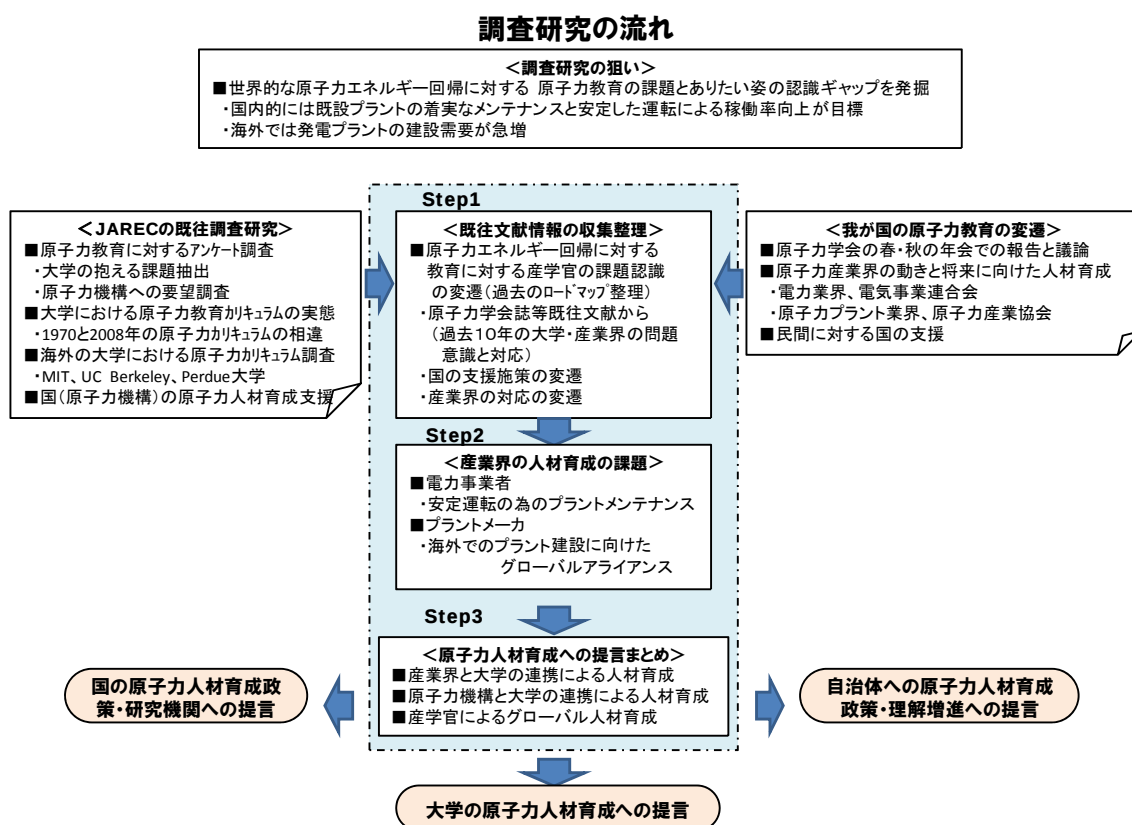
財団法人全日本地域研究交流協会（以下、JAREC という）は、数年前から独立行政法人日本原子力開発機構（以下、JAEA という）及び社団法人日本原子力学会（以下、原子力学会という）に協力して「将来の原子力技術を担う人材の教育のあり方」に関する調査事業に参加してきた。これらの調査から産業界・大学・研究機関が連携して原子力人材教育に取り組むことが少ないことを認識した。

本調査は、上記の貴重な経験と財産の活用であり、歴史的な転換点にある原子力への回帰に鑑み、原子力人材に関する産業界・大学・研究機関の課題認識の変遷を明確にし、今後の原子力人材成に関する産業界からの要望を抽出・分析し、わが国の原子力エネルギー施策等へそれを反映させることを目的とする。

¹ 2010 年 3 月末現在の電気事業連合会発表資料にもとづく。

2. 調査方法

本調査研究は、図 2-1 に示すとおり Step1-「既往文献情報の収集整理」と- Step2-「産業界への原子力人材育成の課題」を整理することにより、この 10 年間の原子力教育の変遷を整理・分析し、Step3-「原子力人材育成への提言まとめ」において、原子力産業の将来のシナリオに適合する人材育成について提言する。



2-1 調査研究の流れ

[Step-1] 原子力人材育成に関する既往文献情報の収集分析

原子力学会や原子力人材育成関係者協議会等で検討されてきた原子力人材育成のテーマと課題、及び原子力関連雑誌で言及されてきた原子力人材育成に関するテーマと内容を過去 5 年間に遡って関連資料を用い調査を実施する。これから電気事業者・原子力プラントメーカー等原子力産業界の人材育成の課題、及び大学における原子力人材育成に関する課題を抽出整理する。

また、文部科学省・経済産業省の大学等に対する原子力人材育成支援策の変遷、及び電気事業者連合会・原子力産業協会等民間セクターにおける原子力人材育成の課題と対応策の

変遷について、既往公表資料をベースに整理する。

とくに、その整理データから ①原子力産業界が抱える課題と対応 ②研究機関や大学における原子力人材育成の課題と対応 ③産業界・研究機関・大学が連携して取り組むべき課題とその対応状況の実態を明らかにする。また、地域の原子力産業集積・特徴を明確化して、その地域が要望する原子力関連人材の特性を明らかにする。

<原子力人材育成に関する既往文献情報の収集整理の要領>

- ・ 各セクター別（電気事業者・プラントメーカ・大学・研究機関）の課題認識
- ・ 各セクター別の必要な人材の育成と大学での原子力人材育成の要望と期待
- ・ 国や地域自治体の原子力人材育成への対応策の変遷と課題
- ・ 地域における原子力産業の集積・特徴の明確化と人材の要望とその対応

[Step-2] 産業界からの人材育成への要望の整理

[Step-1]の調査結果を踏まえ、地域・原子力産業イノベーションを効果的に進めるための提言を発信する準備活動として特長的な取組みを行っている以下の各民間セクターを対象に人材育成に関する現在の課題と取組み、大学や研究機関に対する要望について整理する。

<地域・原子力産業イノベーションの進化に向けた提言の準備>

○電気事業者の課題認識：

- ・ 安定した電力の供給・稼働率の向上のためのプラントメンテナンス人材の確保や地域における発電所の運転
- ・ 保守に係わる人材育成への要望
- ・ 大学・研究機関に対する人材育成に対する要望
- ・ 国内プラントのメンテナンス人材の確保や人材育成への要望
- ・ 海外の電気事業者へのコンサルティングへの対応としての人材育成の課題

○プラントメーカの課題認識：

- ・ グローバルアライアンスによる海外でのプラント建設に向けた人材育成の要望
- ・ 国内プラントのメンテナンス人材の確保や人材育成への要望
- ・ 大学・研究機関に対する人材育成に対する要望
- ・ インターンシップに対する要望と企画実践

[Step-3] 地域原子力産業イノベーションに向けた効果的な人材育成の進化への提言

[Step-1]・[Step-2]の調査分析結果を踏まえ、以下の項目を重要な柱とする原子力産業イ

ノベーションに向けた人材育成の進化に関する提言をまとめる。

- 産業界と大学の連携による人材育成
- 原子力機構と大学の連携による人材育成
- 産学官によるグローバルな人材育成
- 地域の原子力産業イノベーションに向けた人材育成の進化

3. 原子力人材育成に関する課題認識

原子力産業界・大学及び研究機関は、これまで独自のニーズから原子力人材育成を推進してきたが、昨今の原子力回帰に呼応して、利害関係者がそれぞれの意向を理解し、新たな連携による効果的なイノベーションに向けた進化を模索し始めている。人材育成に関するセクター間の「同床異夢」から「異床同夢」への転換をはかる視点や接点、コンセンサスを形成することが重要でとなってきた。

とくに基礎的な教育研究を実施している大学、プロジェクト研究を推進している独立行政法人日本原子力開発機構（以下、JAEA という）、グローバルアライアンスの中で事業展開を模索しているプラントメーカー、原子力による電力の安定供給のため着実なメンテナンスの実施による稼働率の向上を目指す電気事業者などが、文部科学省や経済産業省などの国および地域の自治体と連携しつつ、それぞれの原子力人材育成に関するポテンシャルを活かし、相互に補完する連携モデルとしての原子力人材育成モデルを構築することが必要かつ緊急な課題となっている。

本章では、原子力分野の人材育成に関する中長期的課題について検討する場として平成19年9月に発足した『原子力人材育成関係者協議会』の報告書、原子力関連総合情報誌である月刊誌『原子力 eye』、日本原子力学会（以下、AESJ という）の年会・大会予稿集、及びこれまで JAREC が実施してきた関連調査報告書などの既往文献から原子力産業界・大学及び研究機関・国の原子力人材育成に関する課題認識を明らかにする。

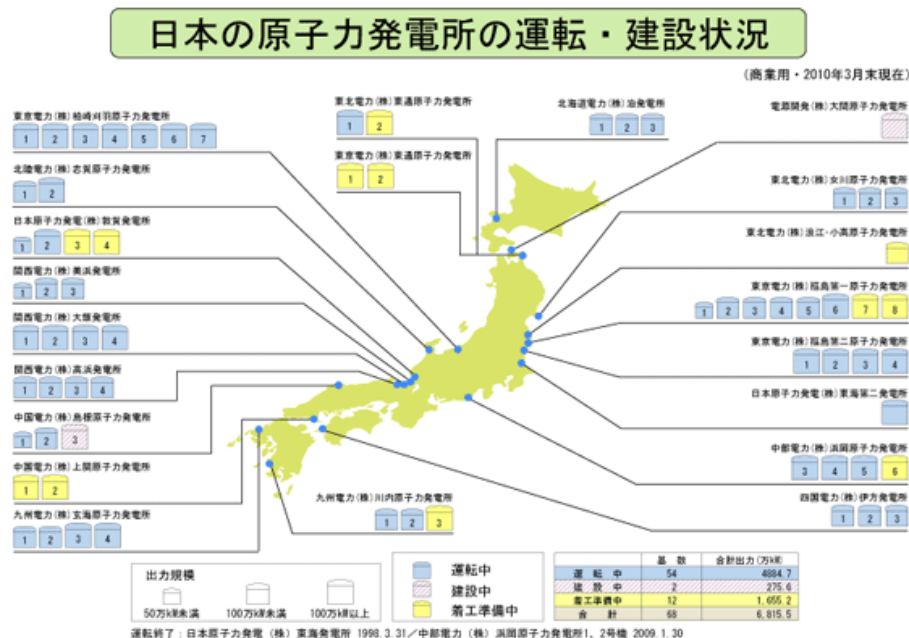
3.1 原子力産業界の原子力人材育成に関する課題認識

本項では、電力業界やプラントメーカーなどの原子力産業界が抱える課題とその課題解決に向けた人材育成の取組みの現状と課題について、既往文献やWEB等からの調査結果をまとめた。人材育成の考え方や今後の教育のあり方については、3.1.3『『原子力 eye』に見る原子力業界の人材育成』に整理し、とくに原子力産業界が産学官連携して人材育成を推進強化したい点について抽出し、考察した。

3.1.1 電力業界が抱える原子力における課題と人材育成の考え方

[電力業界の原子力における背景と課題]

2010年3月現在、国内の原子力発電所では、54基の原子炉が稼働（稼働率63%）しており（図表3.1-1²⁾、国内総電力量の3分の1を供給している。電力業界は、これまで原子力発電の安全性を確保しながら稼働率の向上を目指してきた。一方、原子炉の寿命は40年³⁾とされ、1990年代後半には、高経年化対策が重要な課題となり、2030年以降には、原子力プラントのリプレースの時期を迎える。現場にあつては、燃料高燃焼度化、原子炉の廃止措置、廃棄物処理、高速増殖炉（FBR）、燃料サイクルと推進すべき重要な課題を有している。このような課題を抱えるなか、電力業界では、これまでどのように人材を育成し、今後どのような方向を目指しているのか、他機関との連携に対する要望等に着目し、調査・整理した。



図表 3.1-1 日本の原子力発電所の運転・建設状況 2010年3月（平成22年3月）現在

²⁾ 出典「原子力・エネルギー」図面集 2011 4-4

³⁾ 東京電力の福島原子力発電所など一部の原子炉においては、10年間の操業を延長している。

[電気事業者のミッション]

電気事業者のミッションは、平成 21 年 4 月の『原子力人材育成関係者協議会報告書 原子力人材育成に向けた取組』（以下、平成 21 年 4 月協議会報告書という）において、“電気事業者は、自らの責務として、原子力発電所の計画的な増設、適切な保全及び高経年化対策の実施、原子燃料サイクル及びプルサーマルの推進、放射線廃棄物処分の推進、原子力に対する理解と信頼の獲得などさまざまな課題を遂行、推進していかなければならない。”としている。現在、稼動中の 54 基の原子炉の絶対的安全の確保と将来に亘るエネルギー確保に向けた使命と責務は重い。

[電力業界の人材育成の取り組み]

こうしたミッションを果たすための人材育成の基本は、“実務”を通じた知識・技術・能力の獲得にあるとしている。

具体的には、原子力部門の導入研修、運転部門における運転実習および研修センターでの教育を通じて、原子力発電の基礎を身に付け、運転管理・保守管理・燃料管理・放射線管理等の技術部門において専門的技術力を養成している。また、社内外での実習・研修の受講により必要な能力を習得する以外にも、大学院・研究機関等への派遣、社外機関・国際機関等への出向や派遣、電気事業連合会、電力中央研究所、学会、各種委員会活動への参加なども実践的な育成の機会として捉まえている。

ここでの習得すべき技術分野は、以下に示すとおり、原子炉の原理・設備・運用における基礎的・基盤的技術分野をベースに、プラントの高経年化対策など“運用・保全の時代”において必要な技術分野と多岐に亘る。

- ・原子炉物理学、放射線安全学、原子炉安全工学（過渡解析・事故解析）など原子力特有の基盤技術分野
- ・原子力プラントの材料、構造、運転特性などから重要で維持すべき分野
- ・構造・材料力学、水化学、腐食・防食、溶接など基礎的・基盤的技術分野
- ・現在の“運用・保全の時代”にとくに注目される技術分野、プラントの高経年化対策に係る技術、信頼性工学、保全工学

[電力業界の人材育成における課題]

現在の“プラント運用・保全の時代”ーこうした人材育成の取組みにあって重要なのが、“技術の維持・継承”であるとしている。この“技術の維持や継承”は、上述のような個別の人材育成においてのみ達成されるものではなく、関連する機関との支援・協力が欠かせない。

実際の現場での作業の多くを担っている協力会社の技術者に対し、必要な訓練と独自の資格制度による技能の維持と向上を図るとしている。

[教育・人材育成への期待]

また、燃料高燃焼度化、原子炉の廃止措置、廃棄物処理、高速増殖炉（FBR）、燃料サイクルなど、現在進行中の重要な課題の推進に向けては、従来にない学際的知識の教育、社会とのコミュニケーション能力、社会規範・倫理についての認識と自覚が必要であるとし、教育に対する期待が大きい。将来のリプレースに向けては、質の高い教員の確保を挙げている。

大学等の教育に対しては、単なる知識の習得や学力の向上だけでなく、知識を行動に繋げる際の“アプローチ”や“判断力”についても実習等を通じて学んで欲しいとしている。具体的な要望は、次のとおりである。

- ・基礎原理、論理思考、専門知識、自主的な研究の進め方、論文のまとめ方を学ぶ
- ・基礎科目、原子力特有の基盤分野の基礎的な学力を学生に身に付けさせること
- ・実験・実習を通じた実体験で工学センスを身に付ける。その後、実務に則り、技術を磨くことで、専門知識を持つ人材に育てる
- ・実習を通じて、臨機応変な対応能力、工学的な判断力を身に付けさせること

さらに原子力産業は、電気・機械・化学などの総合技術であるとし、原子力専攻以外の学生にも原子力を指向してもらえる動機付けを教育界に期待している。また、産学官は協力して、世界に向けてリーダーシップを発揮すべきときであるとしている。

3.1.2 プラントメーカーが抱える原子力における課題と人材育成の考え方

[プラントメーカーの原子力における背景と課題]

図 3.1-2 に示すとおり、「建設の時代」から現在の「保全の時代」にあって、世界中のプラントメーカーが合従連衡してきた。プラントメーカーでは、“将来のビジネス環境の変化を考慮しながら人材を確保・育成することが基本である”としている。

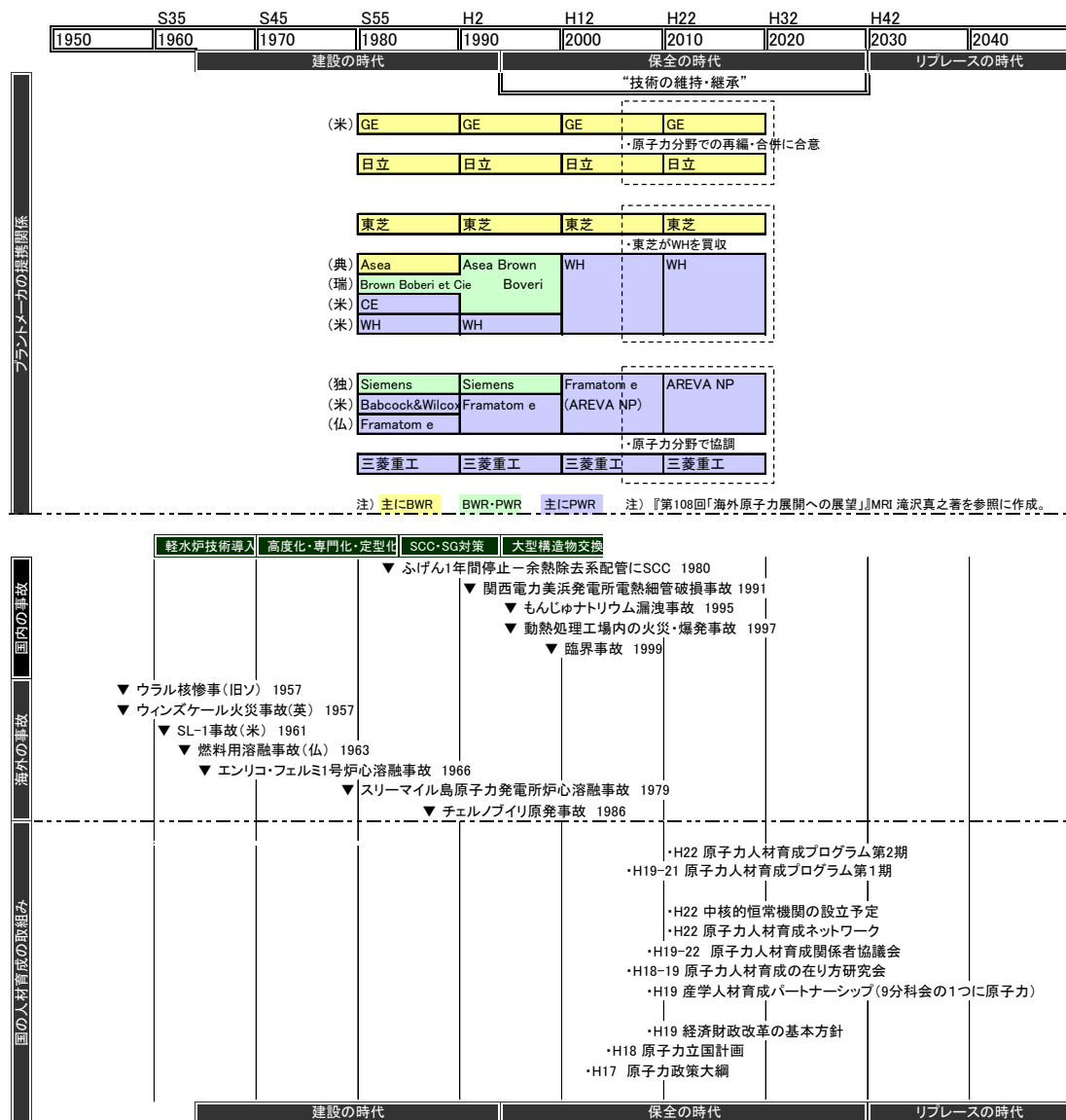


図 3.1-2 プラントメーカーの提携の変遷と国の人材育成の取り組み

そこで、ビジネス環境について国内を見ると、3.1.1 でも触れたように、原子力発電は、1990 年代末に“建設の時代”から“運用・保全の時代”に移行して、急速に停滞したが、2030 年以降には、“リプレース時代”を迎え、再び建設基数が増加する見込みとなっている。こうしたなか、プラントメーカーは、技術力を維持するとともに、プラントの新規建設に備えての“技術の継承と技術開発”を進めることが課題であるとしている。

一方、海外に着目すると、2000 年以降、“原子力カルネサンス”の動きが現れた。これは、米国における競争力のある原子力発電事業の登場、地球温暖化防止に向けた世界的な CO2 削減の取組み、石油依存からの脱却などを背景に、米国・フィンランド・フランス・イギリスなどにおいて原子力発電の再評価がなされたことによる。また、ここきて「原子力

発電新規導入計画国」が拡大し、図 3.1-3「世界の原子力発電開発の動向」に示すとおり、2008 年（平成 20 年）1 月における建設中・計画中の原子炉数は、中国 16 基、インド 14 基、日本 14 基、ロシア 13 基、韓国 8 基と欧米よりもむしろロシアやアジアにおいて原子力開発は活況を呈している。

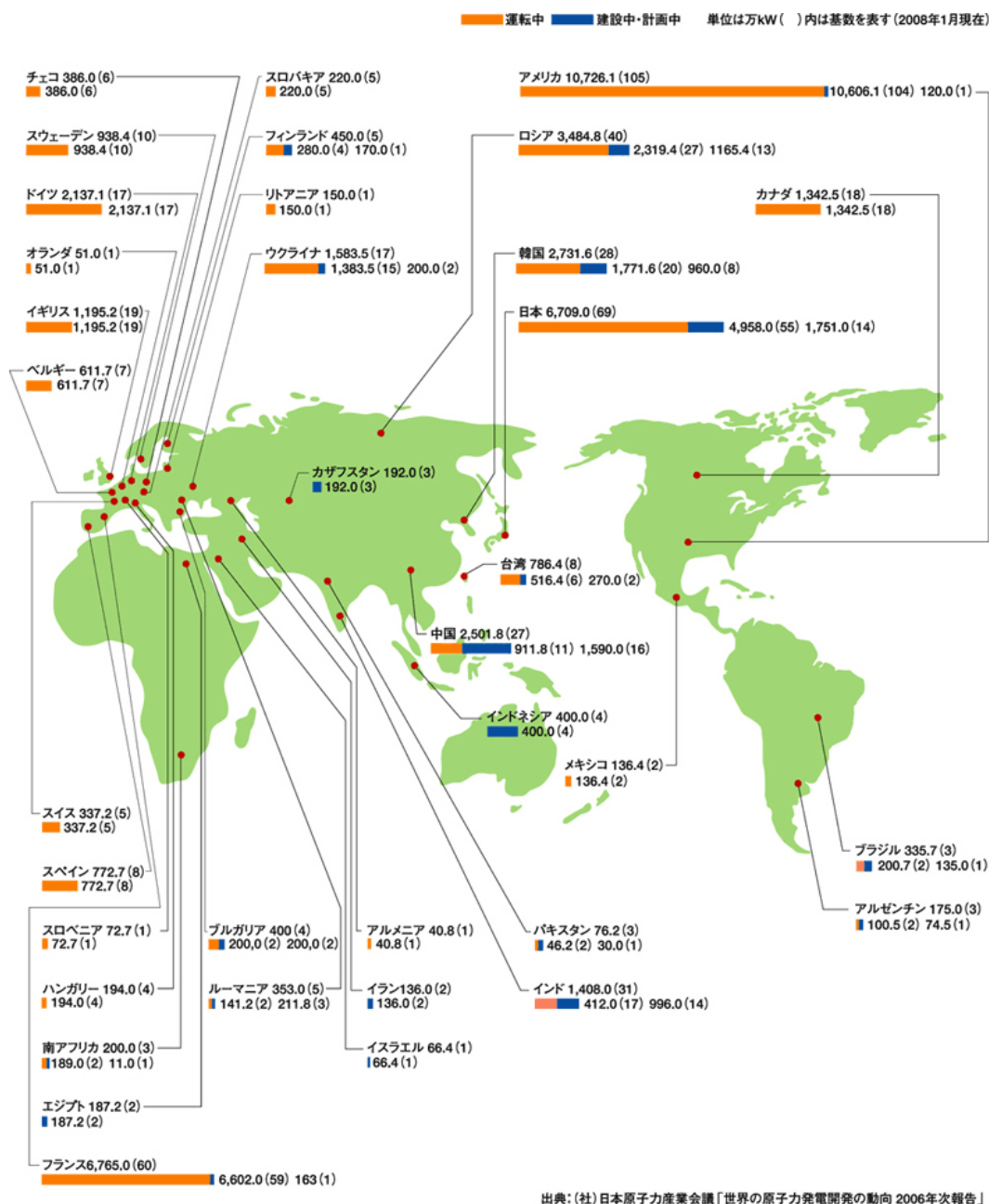


図 3.1-3 世界の原子力発電開発の動向 2008 年 1 月現在⁴

このグローバルな原子力市場の拡大にあって、プラントメーカーは、国内でのプラントの建設、保守・改良の技術と経験をベースに、原子力技術の世界標準化に向けた研究開発に

⁴ http://www.enecho.meti.go.jp/genshi-az/atom/world_generate/method_newwin01.html

においてイニシアチブを取りながら、海外のプラントの建設、保全の事業に貢献するとして
いる。

[プラントメーカーのミッション]

次に、上述の課題に対するプラントメーカーのミッションについて見ると、3.1.1と同様に「平成21年4月協議会報告書」では、“プラントメーカーは、国内では既設軽水炉プラントの有効利用、核燃料サイクルの確立、高レベル放射性廃棄物処分の確立に向け、国及び事業者の要請に応える”としており、高レベル放射性廃棄物の最終処分など原子力および原子燃料サイクルを進めていくうえで残された課題の推進を掲げている。また、グローバルな競争下にあつて、研究・技術開発のイニシアチブを取って行くこととしている。

[プラントメーカーの人材育成の取り組み]

こうしたミッションを果たすためには、メーカーの立場から“ものづくり”に興味があり、グローバル化にあつて専門技術分野の技術や業務を海外で展開するための語学力を有する人材が必要であるとしている。

プラントメーカーの業務分野は、原子力関連研究開発、原子炉設備の安全設計・基本計画、原子炉設備機器の設計・製造・購入、原子力発電所建設現場での建設・据付け、工場及び建設現場での設備検査、試運転、プロジェクトマネジメント、保全計画である。

これらの業務に必要な人材としては、以下に示すとおり、原子力分野はもとより、基礎・基盤分野も含めた知識・技能を持つ人材を求めており、2007年の日立製作所の報告⁵によれば、メーカーの原子力部門採用者数の70%は、機械・電気・材料系の基礎・基盤分野の卒業生である。

- ・原子力工学－炉物理、炉設計、熱流動、材料、構造、安全、プラント工学、放射線安全・遮蔽、プラント運転、制御・計測
- ・基礎－構造、材料強度、腐食、物性、溶接、熱・流体・振動、水質・化学、電気・電子

メーカーにおける人材育成の特長は、“人材の早期戦略化”にある。新入社員研修は、1～2年を目処に、導入教育ののち現場に配属され、工場や現場での実習を経験するなどOJTを通じて行われる。さらに3～5年で一定レベルの仕事を単独で実施できるよう、個々に育成目標を設定し、専門性を深化させている。こうして一定レベルに達した技術者については、自己啓発・教育・訓練の機会として、学会での発表、学協会の委員会での活動、社会人大学院への派遣、技術士、博士等の資格の取得を奨励している。

また、団塊の世代の退職などの状況にあつて、これまでの“技術・技能の継承”のため、技能伝承ツールやエキスパートによる指導・教育で伝承する取組みも進められている。

[プラントメーカーの人材育成における課題]

⁵ 原子力 eye2007 vo. 53 No. 8「原子力関連メーカーの原子力人材確保の現状と課題、施策への期待と自助努力」より。

また、人材育成において早急な取組みや検討が必要な事項として、「国際的技術者の育成」・「コンプライアンス教育」・「技術・技能の継承」を挙げている。

「国際的技術者の育成」では、グローバル化への対応に向けて、国内において設計・調達・製造・研究開発等を行う技術者も、海外プラントの仕様・要求等を理解して業務を進める必要があり、語学力、海外の法令、規格・基準、許認可手続き、仕事の仕組み、商習慣などについて学び、国際的に活用できる技術者を育成するとしている。

「コンプライアンス教育」については、“メーカーにとって、コンプライアンスや技術者倫理に従った業務を徹底させることは極めて重要である”としており、従い易い仕事の仕組み、組織の風土を根付かせる取組み、教育の継続性を求めている。

[教育・人材育成への期待]

メーカーは、優秀な技術者を継続的に採用するために、大学との協力を進めていく必要があるとしている。具体的には、講師や教員の派遣、原子力工学分野の教科書作成の協力、原子力工学分野カリキュラム作成の協力、大学・大学院等からのインターンシップの受入れ、教育設備やシステムの拡充への技術協力などを行っている。

大学・大学院への期待としては、原子力工学専門分野の教育の充実と基礎・基盤分野教育の強化、および総合的な能力の向上を求めている、優秀な学生が原子力を選択することが将来の原子力にとって最も重要な因子の1つであるとしている。

また、国に対しては、産学官が一体となって原子力技術者を継続的に育成する仕組みづくりや、技術者育成のための資金的手当が必須であるとしており、“専門職大学院の新設”や“学部での原子力工学科の復活”を求めている。

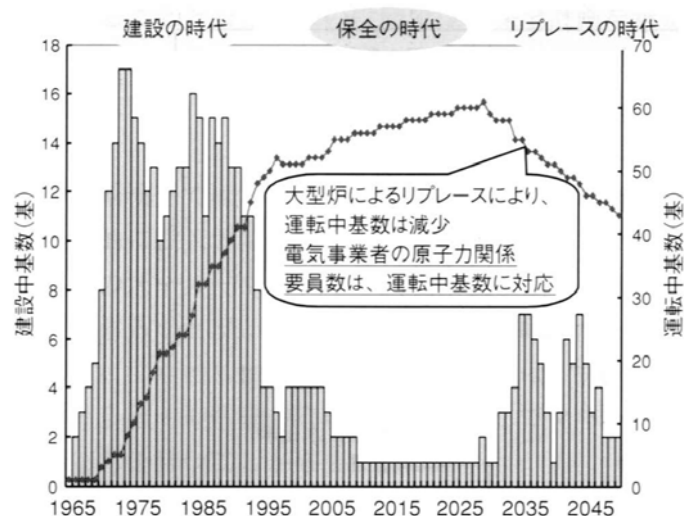
3.1.3 『原子力 eye』に見る原子力産業界の人材育成に向けた取組み

- (1) 『関西電力』の取組み(2007 年)
- (2) 『日本原子力産業協会』としての取組み (2007 年)
- (3) 『日立製作所』の取組み (2007 年)
- (4) 『三菱ニュークリア・エナジー・システムズ』の取組み (2010 年)
- (5) 『世界原子力大学 (WNU) 夏季研修 2009 年』で感じたこと
- (6) 『電気事業者の国際対応における現状』(2010 年)
- (7) 『電源開発における国際人材育成の取組み』(2010 年)
- (8) 『米国原子力プラント建設における PE 資格習得の必要性』(2010 年)

(1)『関西電力』の取組み(2007 年)

①	タイトル名
	待ったなしの原子力人材育成
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2007 vol.53 No.8
③	調査の視点・概要など(目次など)
	電力業界の原子力人材確保の現状と課題、施策への期待と自助努力
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■原子力発電の変遷と人材育成: ①1960年代後半(建設、人材育成の開始)、米国等に技術者を派遣し、技術を国内に伝達する事から電気事業者の人材育成は始まった。②1970年代から1990年代前半(原子力発電の成長期であり建設の時代)、原発の建設は、人材の育成にまたとない機会。プラントの建設により一連の技術を経験できた。③1990年代後半(建設の時代から運用・保全の時代へ)、高経年化対策が重要な課題。④将来、2030年頃以降、既存の原子力発電所は更新時期を迎え、リプレースが必要となる。 ■電力事業者に必要な技術分野: 原子力は、原子力工学ばかりでなく、電気、機械、化学などの総合技術、幅広い分野の人材が必要。 ①原子力特有の基盤技術分野(かつて大学の原子力工学科で体系的に教育されていた分野)、原子炉物理学、放射線安全学、原子炉安全工学(過渡解析、事故解析)など。②原子力プラントの材料、構造、運転特性などから重要で維持すべき分野、構造・材料力学、水化学、席代・防食、溶接といった基礎的、基盤的な技術分野。③現在の運用・保全の時代に特に注目される技術分野、プラントの高経年化対策に係わる技術に加え信頼性工学、保全工学なども重要。 ●今後の課題: 燃料高燃焼度化や原子炉の廃止措置、廃棄物処理、FBRや燃料サイクル、従来にない学際的知識の教育。社会とのコミュニケーション能力や社会規範や倫理について認識と自覚。 ■現場技能者の技術力の維持: 現在は、運用・保全の時代であり、実際の作業は、協力会社により多くが担われている。電気事業者は協力会社の人材の技量を高める取り組みも必要。関西電力では、必要な訓練を行い、独自の資格制度により作業員の技能の維持・向上に努力。また、国の支援プログラムが2006年度から開始、青森、福島、新潟、福井で、国の補助を受け、教育、訓練を実施。 ■教育機関の役割: 人材は、教育機関において、基礎原理、論理思考、専門知識、自主的な研究の進め方、論文のまとめ方等を学び、実験、実習を通じた実体験で工学的センスを身につける。その後、実務に則って、知識、技術を磨き、専門知識を持った人材が育つ。 ●教育機関に対する期待 基礎科目、原子力特有の基盤分野の基礎的な学力を学生に身につけさせる事。臨機応変な対応能力、工学的な判断力を身につける事(実習が必要)。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	技術の維持・継承は、今後の重要な課題であり、そのための教員確保がその前提。質の高い教員を維持していく事が、将来のリプレース時代に向けての鍵の一つ。原子力産業は、電気、機械、化学などの総合技術であり、専攻以外の学生も原子力を志向してもらえる動機付けを教育界に期待。実習のための訓練設備の維持や施設を教育のために開放することも必要。優秀な人材を多く集めるため、原子力の技術的魅力だけでなく、社会に対して開かれ透明性を維持する事で社会に理解・受容される事が重要。これは当事者である電気事業者の責任。
⑥	機関名、著者
	関西電力常務執行役員 辻蔵米蔵(つじくら よねぞう)

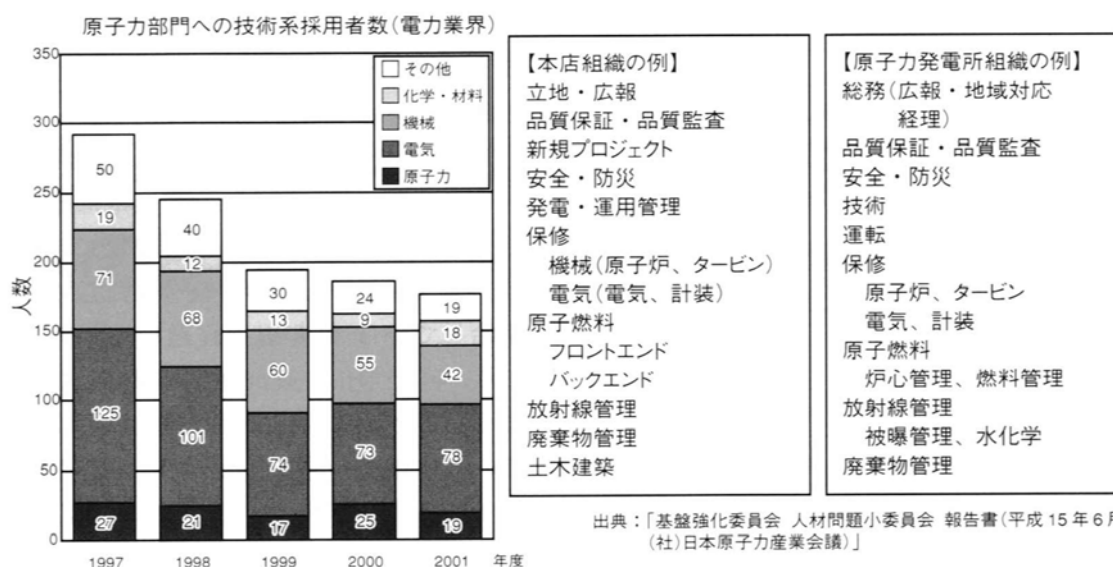
『関西電力』2007 年



出典：「原子力立国計画」：資源エネルギー庁 平成 18 年 10 月 23 ページ「建設中の国内原子力発電所の推移①」より作成

- 注) ①原子炉の寿命は 60 年、建設期間は 2010 年以降 4 年
② 2030 年までの新增設は単機容量 130 万 kWe、2030 年以降のリプレースは単機容量 150 万 kWe クラスの原子炉を導入すると仮定
③ 2010 年から 2030 年までは、2030 年に 58 GWe となるよう、4 年毎に 1 基ずつ導入すると仮定した

図 1 原子力発電所の建設・運転基数(イメージ)



出典：「基盤強化委員会 人材問題小委員会 報告書(平成 15 年 6 月、(社)日本原子力産業会議)」

図 2 電気事業者の原子力関係技術者の採用実績

(2)『日本原子力産業協会』としての取組み (2007 年)

①	タイトル名
	待ったなしの原子力人材育成
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2007 vol.53 No.8
③	調査の視点・概要など(目次など)
	「原子力人材育成関係者協議会」の設置の目的と今後の活動
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	(社)日本原子力産業協会では、平成19年度より原子力分野の人材育成について、関係者が継続的に議論する場として、「原子力人材育成関係者協議会(以下、協議会)」を設置することとしている。これについては、「原子力人材育成の在り方研究会(以下、研究会)」で議論し合意したものである。 ■研究会の活動 研究会は、平成19年度から文科省と経産省が実施する原子力人材育成プログラム(以下、プログラム)の実効性の高めるため、経産省の委託で、日本原子力産業協会に設置された。研究会では、原子力メーカー、電気事業者、国および教育・研究機関をメンバーとして、大学、大学院および高専における、①原子力分野の教育現場や研究活動の実態把握、②人材育成の現状と課題についての認識の共有、③対策のあり方についての調査・検討を行い、平成19年3月に調査報告書をまとめた。 ■協議会の設置 研究会では、プログラムの枠を越えた、中長期的課題についても幅広い議論が行われ、詳細な実態の把握、他の施策やさまざまな制度との関係の調査が必要であるとの指摘もあった。また、原子力学会、学識経験者、原子力関連メーカーの委員より、原子力分野の人材育成に関する中長期的課題について産官学で検討する場を常設すべきとの意見が複数出された。これらを受けて、原子力分野の人材育成について、関係者が継続的に議論する場として、「協議会」を日本原子力産業協会に設置する旨を文科省及び経産省が提案し、研究会として合意した。 ■協議会における検討課題 協議会では、人材育成の中長期的課題について議論し、関係者が認識を共有して、各取り組みの整合を図ることを目的としている。 ■協議会のメンバー構成 協議会のメンバーは、“産官学”からの意見を漏れなく公平に汲み上げるため、原子力メーカーと電気事業者、国そして教育・研究機関より、バランス良く構成する(基本的には研究会の構成を踏襲)。産業界は(社)日本電機工業会と電気事業連合会を介して意見を収集し、国は文科省と経産省、教育・研究機関は(社)日本原子力学会の教育委員会を介して集める。 ■協議会の運営 協議会においては、課題ごとに作業会を構成し、適切なタイミングで、作業会が協議会の場に報告し、適宜議論する方法により効率的に運営する。また、作業会は、その課題の当事者や関係者が中心になり調査・検討を行う。これらの問題については、作業会で検討し、協議会ではその検討体制や検討の方向性について、大局的見地から意見をもらう。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	■研究会の報告、提起された課題、既に顕在化している問題など: ●基礎教育や実習の重視、大学の特色を生かしたカリキュラム、教材、講義。●国内外のインターンシップ、外部講師による授業、施設見学。●構造強度、材料強度、腐食・物性、溶接、熱・流体・振動ほかの研究者の育成。●産官学における人材育成の中長期ロードマップ、ビジョン、●産・学の人材の需要と供給の定量的データと分析、●実験炉等施設維持と廃棄物、●基盤分野の研究者の評価、●大学等研究者の事務負担、●小中高生へのアプローチ、●奨学金、●原子力人材マップ、●人材に関する情報発信、ニーズ/リソースの交流促進、●規格等の制定と、それらに貢献する分野の研究者の評価
⑥	機関名、著者
	日本原子力産業協会 副会長 服部拓也(はっとり たくや)

(3) 『日立製作所』の取組み(2007年)

①	タイトル名
	待ったなしの原子力人材育成
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2007 vol.53 No.8
③	調査の視点・概要など(目次など)
	原子力関連メーカーの原子力人材確保の現状と課題、施策への期待と自助努力
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■<u>原子力事業のビジネス環境</u>： メーカーは、将来のビジネス環境の変化を考慮しながら人材を確保・育成することが基本。世界的な原子力発電の需要の高まりに応えるため、日本のメーカーを含む原子力産業界は体制を整えてきており、人材育成はこのような観点から考えていくことが必要。 ■<u>メーカーで必要な技術者</u>： ●<u>技術者への質的ニーズ</u> メーカーという立場から、「ものづくり」に興味を持つ人材が望まれる。グローバル化により、専門技術分野の技術や業務を海外で展開するためには語学力も必須。 ●<u>技術者の量的ニーズ</u> ビジネス環境を考慮すれば、原子力分野はもとより、基礎・基盤分野技術者も含めた技術者の増員が必須である。 ■<u>メーカー3社原子力部門 採用技術者の現状</u>： 原子力工学分野卒業生、約400名/年(2000～05年の平均)のうち約10数%がメーカー3社に入社、最終的に約10%弱がメーカー3社の原子力部門に配属されている(図1)。採用者の70%は、機械、電気、材料系の基礎・基盤分野の卒業生。 ■<u>大学・大学院等への期待</u>： 原子力分野の教育は希薄になっている(図1、2)。大学・大学院等では、以下の項目の充実が肝要。①原子力工学専門分野教育の充実、②基礎・基盤分野教育の強化、③総合的な能力の向上 ■<u>国への期待</u>： 原子力工学分野のカリキュラム・教科書作成支援、教育・研究費の支援、原子力基礎実験実施のためのインフラ整備支援などを国に期待したい。 また、基礎・基盤分野における研究及び教育が評価されにくい、あるいは研究論文の提出に適さないなどの問題が指摘されている。 ■<u>企業からの支援</u>： ①OBを含めた講師、教員の派遣、②原子力工学分野の教科書作成への協力、③原子力工学分野のカリキュラム作成への協力、④大学・大学院等からのインターンシップの受け入れ、⑤教育設備やシステムの拡充への技術協力 さらには、企業は新規採用した学生に、以下のような企業内教育を実施し、企業活動に則したより高度な技術を身に付けた人材を育成することが通例である。 ①新人社員技術専門教育、②担当、係長、課長職などの各層・各レベルでの技術教育、経営教育、③OJTでの設計ノウハウ・技術伝承教育、④ビジネス戦略・環境に対応した最適人材配置育成教育
⑤	今後の教育の在り方への提言
	学・官・産が一体になって原子力技術者を継続的に育成する仕組みを作ることや、技術者育成の為に資金的手当てが国家ベースで必須である。また、優秀な学生が原子力を選択することが将来の原子力にとって最も重要な因子の1つである。この点を考えるとき、エネルギー教育に関わる小・中・高等学校時代の教育の充実が不可欠であり、さらに学生の学科選択に多大な影響力を及ぼす学生の両親、特に母親の原子力への理解を得ること、即ち原子力技術が社会的に再認知されることが急務である。これらへの施策が喫緊の課題と考える。
⑥	機関名、著者
	日立製作所 電力グループ 技師長 河原 暉(かわはら あきら)

『日立製作所』2007 年

表 1 原子力関連メーカーでの業務分野と技術分野

業務分野	・原子力関連研究開発 ・原子炉設備の安全設計・基本計画 ・原子炉設備機器の設計、製造、購入 ・原子力発電所建設現場での建設、据え付け ・工場及び建設現場での設備検査、試運転 ・プロジェクトマネジメント ・保全計画
技術分野	原子力工学 基礎 炉物理、炉設計、熱流動、材料、構造、安全、プラント工学、放射線安全・遮蔽、プラント運転、制御・計測 構造、材料強度、腐食、物性、溶接、熱・流体・振動、水質・化学、電気・電子

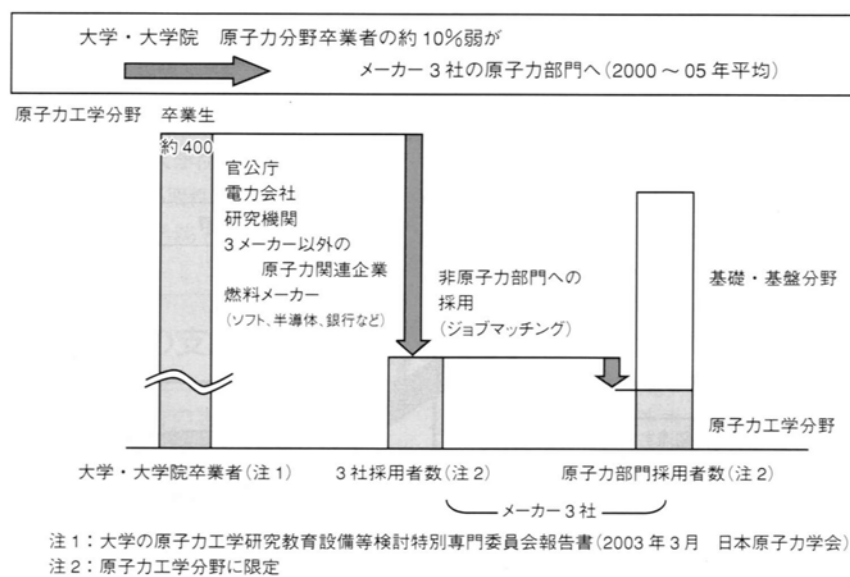


図 1 メーカー原子力部門採用技術者の現状

大学・大学院の原子力教育のイメージの例

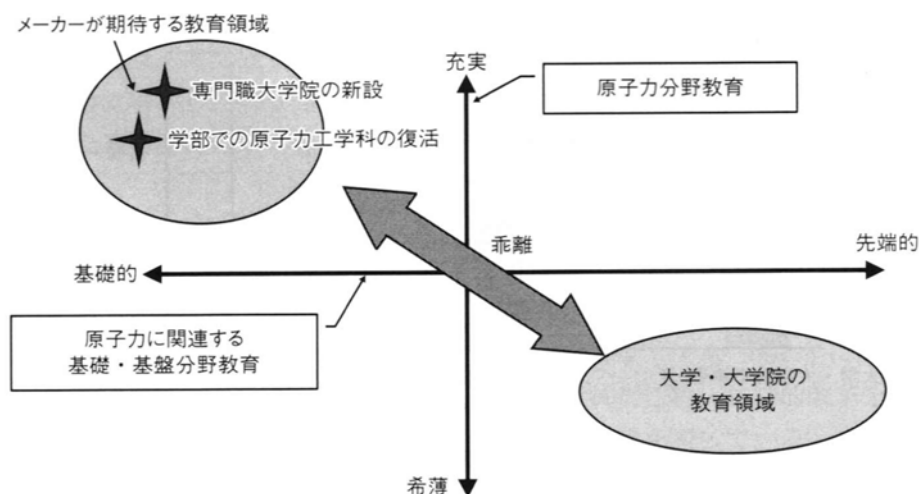


図 2 大学・大学院へ期待

(4)『三菱ニュークリア・エナジー・システムズ』の取組み (2010 年)

①	タイトル名
	グローバル時代に突入で急がれる日本の原子力国際人材の育成強化
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2010 vol.56 No.2
③	調査の視点・概要など(目次など)
	幅広い人材の活用を —ワシントンからの提案
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	◎MNES(三菱重工100%出資の米国法人)において、筆者が経験したこと、意見など。直接的な人材育成論ではない。 ■コミュニケーションの主役は電話会議: ●米国では、定例の電話会議をはじめ、社内外へ連絡手段として電話会議を多用している。●時間と経費も節約でき、便利だが、慣れない者には、心身の消耗を伴いフラストレーションを与えるシステム。●同じ言葉にも解釈に差がある、ということをもまず理解しあい、相互に納得するために少しづつ歩み寄る、そんな地道なコミュニケーションが大切である。 ■業務の細分化とワークスタイル: ●一般に、米国の方が業務内容が細分化されている。●各自の職務範囲及びインタフェースも細かく規定・文書化し、それ以外の業務を実施すること、実施を期待することはルール違反とされる。●各人の責任範囲で、個々がベストの仕事をする中で、組織全体の成果が最大となるシステム、それがチームワーク。●チーム戦略を練ること、環境や基盤を整えることが、マネジメントの主要任務の一つ。●ワークライフバランスという点では、米国の基本は家庭。●細分化され、多様な業務があるので、家庭環境・個人の志向にあわせて働き方が可能。●日米の違いは、良い・悪いではなく、これが米国式なのだ、とまずは受け入れることから。●米国でビジネスをする以上、現地の文化・生活スタイルを理解することが基本であり、いきなり日本のスタイルを押し付けてもうまくいかない。 ■米国原子力産業で活躍する女性たち: ●米国では、差別撤廃の考え方が徹底しており、採用、評価における差別は禁止されている。●米国では、現在女性の原子力発電所長が1人、過去にも女性発電所長が3人誕生し、その後電力会社のトップクラスに昇進している。●U.S. WINは原子力や放射線関連業務で働く女性連のネットワークで、会員数約4200人の組織(3名の女性所長達もメンバー)。●U.S. WINは、会員が積極的に地域での教育活動や原子力関係の公聴会への参加を行っており、原子力産業における女性従事者集団として意見を発信している。●日本では女性従事者の数が少なく、将来の目標とすべきロールモデルが見出しにくく、そのキャリアを諦めてはいないか。●特に米国では様々な分野で先駆者がいて、成功例・失敗例など色々と参考になる情報がある。 ■米国ではアメリカンフットボールの要領で: ●優秀な監督の下、戦略をたてるコーチがいて、各ポジションの有能な選手が、役割分担を明確に規定され、指揮官の繰り出す作戦に従うアメリカンフットボール方式が多用されている。
⑤	
	●米国で成功している良いスタイルであれば、日本でも導入することで、人材の幅広げに繋がる。●日本でも、「女性はこういう職種しかむいていない」などの先入観があれば改めるべき。●米国で働いて、自分なりのワークスタイルを見つけること、日本の組織に合致したスタイルを模索すること、日米交流を通じて両国の人材育成にプラスとなるのではないか。●米国式はあくまで米国式であって、グローバルスタンダードではない(SI単位系を導入していない、他国をあまり理解していない…)。●これからの原子力産業を支える各国の若手・中堅が構築していくものが、グローバルスタンダードとなっていく。●諸外国の状況を理解し、グローバルな視点で、これまでの日本での経験や成果を発信できる人材が求められている。
⑥	機関名、著者
	三菱ニュークリア・エナジー・システムズ 千歳 敬子(ちとせ けいこ)

(5)『世界原子力大学（WNU）夏季研修 2009 年』で感じたこと

①	タイトル名	グローバル時代に突入で急がれる日本の原子力国際人材の育成強化
②	資料名、年、巻、号 など	原子力eye 2010 vol.56 No.2
③	調査の視点・概要など(目次など)	世界原子力大学2009年夏季研修で感じたこと
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ	◎世界原子力大学(WNU)夏季研修参加者の声 ■日本の存在感の薄さに危機感(松澤氏): 研修の中で、国際社会で日本が有数の原子力先進国として高く評価されると共に、貢献を期待されていることを強く感じつつも、その割には、日本の存在感は薄かった。①研修自体が欧米主体であり、視点も欧米、日本人講師はわずか2名であり、②日本人参加者の大人しさ、会場全体を取りまとめるリーダーシップ、研修生全員を魅了する演説という点では、欧米人、アフリカ人が目立った。日本人研修生が、世界のライバルと競ってリーダーとなれなかったのは、国際舞台でのディベート経験の不足による意見集約力の欠如、英語力の不足が原因。また、日本人講師の少なさは、「言語の壁が原因」とのWNU側の説明があった。高い技術力があっても、外部への発信能力がなければ、世界の中心に立つことも、リーダーとして仲間を率いることもできない。発信能力を鍛える教育の必要性を強く感じた。 ■国際社会を経験する場としての世界原子力大学の価値(貝森氏): 多様性の体験・認識ー国際化の第一歩は、異言語、異文化あるいは異職種の人たちを知り、体験すること。WNUは、自分以外の何か、多様性を体験させてくれた。参加者の多様性とは反対に、講師陣は欧米偏重であり、多くの参加者からアジア・日本からの講師を求める声を聞いた。各国からの資料の中で、たびたび日本の事例が紹介され、日本への関心は大きいものであった。直接日本の現場に携わっている者が情報発信できたなら、日本のプレゼンスも高まったのではないかと感じた。直接的な情報発信が重要と実感した。 ■国際人材育成の観点から(中里氏): ●原子力フレームワークー原子力の枠組みは未だ完成されていない。この分野で、日本が世界のリーダーとなるには、与えられた枠組みでのビジネスモデル構築のみではなく、その枠組構築にまで踏み込むことが必要であると感じた。 ●リーダーシップー今回の経験から、一つでも自他共に自身が一番詳しいと認められる分野があり、そこで勇気を持ってリーダーシップを取ることで、周囲の見る目も変わり、自らの自信と周りからの大きな信頼感につながることを学んだ。 ●キャリアアップー参加者のキャリア意識の高さは、一つの組織で得られる知識の限界を認識しているためであろう。このことは、幅広い視野を持たなければ、現在同レベルであっても今後格段の差が生じ得るのではないかと大きな焦りにつながった。世界のリーダーとなるためには、自身の専門分野をさらに伸ばし、あらゆる組織の立場を意識した広い視野の獲得が重要と感じた。
⑤	今後の教育の在り方への提言	●日本の高い技術力を国際舞台で活かすため、発信能力を鍛える教育が必要(松澤氏)、●直接的な情報発信が重要、●WNUの様な機会は、多様な考え、立場の者同士が、議論を通して国際人材に必要な信頼と自信を得られる(貝森氏)、●WNUでの招待講演者の様な、世界のオピニオン・リーダーたる人材を育てるにはさまざまな機関で経験を積むことが近道になるのではないかと感じた。日本企業のシステムは組織の成長に適した制度であるが、世界のリーダーとなる個人を育成するには物足りなさを感じる。今後は、人を出す側も受け入れる側も、個人の成長を後押しできるような評価システムを望む(中里氏)。
⑥	機関名、著者	中部電力株式会社 浜岡原子力発電所技術部技術課 松澤幹浩(まつざわ みきひろ) 日立GEニュークリア・エナジー(株) 原子力予防保全技術部 貝森公大(かいもり きみひろ) 三菱重工業(株) 原子力事業本部 原子力技術センター 炉心技術部 炉心技術課 中里道(なかさと わたる)

(6)『電気事業者の国際対応における現状』(2010年)

①	タイトル名
	グローバル時代に突入で急がれる日本の原子力国際人材の育成強化
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2010 vol.56 No.2
③	調査の視点・概要など(目次など)
	電気事業者の国際対応における現状
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■電気事業者の国際対応: ●電気事業者の新規導入国への支援は、経験を伝えることで世界的な原子力安全に貢献できる。また、海外への日本の原子力導入は、わが国の原子力産業への貢献、国内電気事業の技術基盤強化ともなる。 ●人材育成については、約40年にわたる原子力発電の運用経験と実績のあるわが国が最も貢献できる分野の一つであり、相手国の導入状況やニーズに合わせたきめの細かい貢献が可能。 ●わが国からの指導員等の確保も必要であり、OBの活用も考えるべきである。 ■わが国の新規導入国支援のモデルケース(ベトナムの例): 電気事業者のベトナムへの原子力導入協力については、(社)原産協会(当時(社)原産会議)と協力して10年以下実施してきている。 ●2001年には、当時のベトナム工業省(現在の商工省)からプレ・フィンビリティ・スタディー(プレFS)への協力要請があり、原産会議、メーカー、電力が協力して報告書を作成した。プレFSはその後ベトナム国内でレビューされ、投資報告書として、2009年11月にベトナム国会で承認された、今後FSが開始される予定である。 ●電気事業者は、ベトナムへのFS対応主体を日本原電とし、FS準備の協力を行っている。IAEAガイドラインに準拠し、ベトナム側の考えと他国のFS実績を加味してFS範囲を設定するため、「炉型候補の選定」、「立地地点の選定」、「経済性、財務評価」、「組織体制」、「法整備計画」、「人材育成計画」等について具体的な意見交換を実施中。 ■今後の新規導入国への協力・支援: ●協力・支援については相手国のニーズを踏まえつつも、高い安全レベルで原子力発電所が運営されることが最終到達点である。そのためにも、わが国の経験の蓄積が活用できること、すなわちわが国で実績のある炉が導入されることが望ましい。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	●国内メーカーが各社の戦略に基づき海外市場を開拓している状況下で、「オールジャパン」というキーワードの下で一致団結して協力・支援を行っていくため、電気事業者としても、わが国の戦略的な対応の一翼を担っていきたい。 ●電気事業者から見ると、火力発電のように建設・運転・保守技術やノウハウを海外にビジネス展開していくことが考えられる。また、海外展開を通じた国際人材の育成や原子力技術の継承という視点でも意識が大きい。原子力のもつ特殊性や人材のリソース配分という点にも考慮しなければならない。
⑥	機関名、著者
	電気事業連合会 原子力部長 高橋祐治(たかはし ゆうじ)

表 1 電気事業者の国際対応

原子力平和利用の推進(原子力発電利用拡大への貢献)
必要性：経済成長、地球温暖化対策の両立
前 提：核不拡散、安全運転の経験の共有
背 景：技術力、人材の維持、拡大(将来の国内炉代替への備え)

国際貢献 国内における安全・安定運転の継続が前提

- ・ 平和利用に向けた国際的な枠組みの整備・遵守
 - 国際的な枠組み、平和利用に係わる協力のための二国間・多国間協定等
- ・ 日本の原子力技術の特長(53 基を継続的に運転・保守)
 - 電力の運転保守に関わる安全・安定運転の経験
 - 原子炉メーカーの豊富な経験・ノウハウ、納期・コスト管理の正確さ、品質の高さ
 - 世界トップレベルの総合的技術力での新規導入国への協力が可能
- ・ 人材育成
 - 運転・保守などの運用管理面
 - 事故・トラブル時の対応や未然防止のための安全管理面
- ・ 原子力発電への投資促進のための環境整備
 - ファイナンス面での投資環境整備、原子力の CDM への組み入れ
- ・ その他
 - パブリック・アクセプタンス、地域共生、周辺インフラ整備に関する協力
 - 新規導入国支援、原子力技術開発における欧米等、原子力先進国との連携のあり方(競争と協調)
 - 増大し続ける海外ニーズに対するわが国としての効率的かつ戦略的な対応

(7)『電源開発における国際人材育成の取組み』(2010年)

①	タイトル名
	グローバル時代に突入で急がれる日本の原子力国際人材の育成強化
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2010 vol.56 No.2
③	調査の視点・概要など(目次など)
	Jパワーにおける国際人材育成の取組み
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	<u>◎海外事業の重要性が、今後益々大きくなるJパワーにおける例</u> ■Jパワー(電源開発)の国際事業、組織、人員: Jパワーは、海外における発電電開発のコンサルティング事業としてこれまで、63カ国300件超のプロジェクトを実施。今後、事業の方向性が買収や途中参加からタイ、米国等のように自ら中核主体として開発するグリーンフィールドに移るにつれ、特に「人」の要素が占めるウェイトが格段に高まってきており、いわゆる「国際人材」の確保と育成は重要な鍵を握っている。 ■国際人材の確保育成のポイント: ●主要市場国の事業総括リーダーの確保 社内人材の通用する市場には、社内管理職を、現地の戦力が必要な市場では、現地スタッフをトップに起用するなど、市場国に合わせて柔軟に対応。 ●個別事業の営業・管理を前線で担当する実務リーダー育成 国内業務経験を通して適正、能力を見極めると共に、各市場毎の知見習得が必要である。 現在は、以下の観点から評価・選抜を行っている。 ・海外関連業務での能力、リーダーシップを評価 ・本店業務等での経営マインドと問題解決力を評価 ・中途採用者から、電力事業、当該市場の知見を評価 ・発電所建設・運転技術の現場経験を有し、プロジェクトマネージャとなりうる者を評価 ●将来の事業拡大を展望した若手有望人材の質、量の充実 若手有望人材の質的向上、量的拡大こそが、長期持続可能な事業発展のポイントである。 事務・火力・土木を核としつつ、職種を越えた有力人材の登用配置、OFF-JT、OJTの有機的相关付けにより、人材層の厚さを追求。 ●外部専門家の活用と、それを活用しうる内部人材の育成 専門業務すべての内製化は、非効率、ハイコストであるから、法律事務所、会計事務所、技術コンサル、投資銀行等、幅広い機関との人的交流も含めたネットワークを形成。加えて前記若手人材より、専門的知見の活用に適性を有する者を、外部専門家の窓口として育成。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	英語でのコミュニケーション能力は必要であるが、それだけでは十分条件を充たさない。特にアジア諸国との商談での英語の活用においては、高度の英語を話すことより、相手の言わんとしていることをきちんと聞きとり、日本語での正しい知識や技術知見に基づいてブローケンでも自分の意見を適切に伝える能力の方がはるかに重要である。諸国でBE (Broken English)でのビジネス会話が可能となっており、第二外国語が必要とすれば中国語である。
⑥	機関名、著者
	電源開発株式会社 取締役 水沼 正剛(みずぬま せいごう)

『電源開発』2010 年

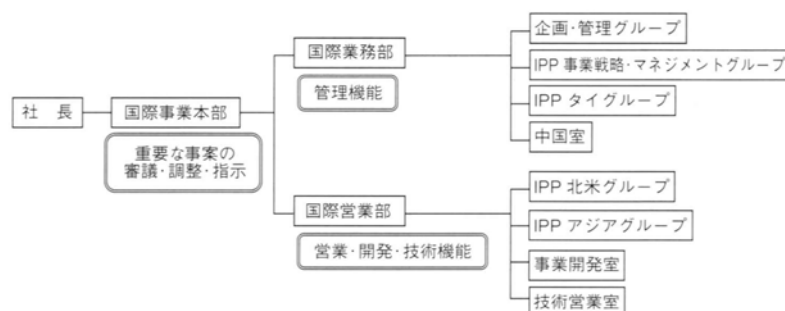


図1 海外事業実施体制：本店組織

組織長 副部長以上	将来のビジネス 企画	組織に足跡を残す 貢献	代表者としての リーダーシップ	ステークホルダー 間の要望の調整力	コーポレートヴィ ジョンの企画力
副部長	各部門の要望の 調整力	本人および 他人の成長促進	変革の リーダーシップ	ビジネスモデル 更新の企画力	ビジョン編成に 貢献
課長	事業分野での 広い専門性	HRMの スキル向上	他人の育成 組織の成長に貢献	ビジネスユニットの マネジメント力	自己のビジネスと 経営方針の整合
主事	営業・開発・管理 の経験を蓄積	他人を マネージする力	ビジネススキルと 企業家精神滋養	事業の業績評価	自己の使命と業務 への貢献の認識
担当者	職能分野での 能力向上	自己管理と 経験の蓄積	チームワークと ネットワーク	ビジネス感覚の 習熟	自己の役割の 認識
	専門性	個人	人	ビジネス	ビジョン

図2 国際人材育成 OFF-JT のイメージ(全般)

組織長 副部長以上	新規発電 プロジェクトの 構想・受注	プロジェクト 成約	JPGT 社長とし てのリーダー シップ	ステークホルダー 経営幹部の 要望の調整力	経営計画と タイ戦略の企画 構想力
副部長	出資会社取締役 会の要望の 調整力	JPGT 社員の 能力育成	収益改善の 提案とリーダー シップ	収支改善、業務 改善の企画力	タイ戦略策定に 貢献
課長	事業分野での 広い専門性	HRMの スキル向上	部下の能力開発 組織の成長に 貢献	担当プロジェクト のマネジメント力	担当プロジェクト とタイ戦略の 整合
主事	担当プロジェクト の営業・開発・管 理の経験を蓄積	他人 特にタイ人を マネージする力	ビジネススキル と企業家精神 滋養	担当プロジェクト の事業評価	自己の使命と 業務への 貢献の認識
担当者	タイ国事業の知 識能力向上	自己管理と 経験の蓄積	タイ国関係先と のチームワーク とネットワーク	ビジネス感覚の 習熟	自己の役割の 認識
	専門性	個人	人	ビジネス	ビジョン

図3 国際人材育成 OFF-JT のイメージ(タイ国事務系社員の場合)

(8)『米国原子力プラント建設における PE 資格習得の必要性』(2010 年)

①	タイトル名
	グローバル時代に突入で急がれる日本の原子力国際人材の育成強化
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2010 vol.56 No.2
③	調査の視点・概要など(目次など)
	米国原子力プラント建設における PE(プロフェッショナルエンジニア)資格取得の必要性について
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■PE(Professional Engineer)とは: 米国の技術士はPEと呼ばれ、医者、弁護士同様、米国各州に登録が要求されると共に、世界に通じる職業資格である。米国では公共性の高い設備には設計・製造段階で、米国技術士(Registered PE)による認証が要求されることが多く、原子力発電所もその一つである。ここでいう、「RPE」とは各州政府に正式登録されたPEであることに加えて、社内でその製品のレビューにふさわしい知識と経験があることを認定する必要がある。この他に米国の連邦レベルの規制としてANSIの規格に何力所かRPEの認証が規定されている(ここでは便宜上、単に州登録のPEをRPEとし、州登録+社内認定を「RPE」として区分けをした)。 ■原子力におけるPEの必要性: 日本のメーカーでは従来より原子炉圧力容器、蒸気発生器などの圧力容器部分にASME規格を適用、活用してきたが、米国への輸出の場合、ASME規格の適用が義務付けられるだけでなく設計評価に「RPE」の要求も課せられる。(例えば、ASME Section IIIに基づく原子力製品を製作するためには「RPE」の認証が必要) ■日本プロフェッショナルエンジニア協会(JSPE)について: JSPEとPEJSPEは日本居住のPEホルダ有志によるNPOであり、NSPEの提携機関として、定期交流がある。全米各州登録のPE会員141名、JSPE会員は州登録を待つPE合格者やFE(Fundamentals of Engineering)など総勢357名。NSPEとの情報交換、国内でのPE/FE試験の運営サポート、PE合格者の州登録サポート、技術者倫理を含む会員の継続教育の推進などを実施。 ■日本人のRPE資格の取得法およびPEの責任と保険: ●日本在住の日本人にとっては、容易ならざる条件をクリアしなければならない PE試験自体は、個人の努力で合格することができ、NCEESによる国内受験も可能であるが、合格後、州に登録しなければRPEにはなれない。業務に必要な州に個別登録するが、州のPE認定機関の評価項目は、①州在住、②米国社会保険番号(SSN)、③RPEの推薦状(Reference)、④大学の受講科目と単位数、⑤技術倫理試験の合格などがあるが、日本在住では、上記①②を欠くため、ほとんどの州には登録できない(例学的にオレゴン、ワシントン、テキサスは、登録可能)。③は、RPEが申請者の技術能力を知っていることが求められ、州によってはさらに技術実務を監督指導していたことを求める場合もある。④については、米国ではABETという民間規定が要求されるが、日本の大学基準と異なるため、日本の大学の成績証明書を提出しても不適格あるいは情報不足と判定される場合がある。 ■PEの責任と保険: 米国では企業内でも個人責任の所在を明確にする傾向があり、原子力で適用するASME規格でもRPEという専門性と倫理性を兼ね備えた個人を要求している。また万一の損害賠償に備え、米国では保険が多く用意されている。
⑤	今後の教育のあり方への提言
	地球温暖化対応として、原子力発電所建設が米国のみならず中国やヨーロッパなど世界各国で行われる計画があるが、原発事故が反対運動の起爆剤になってしまう危険性がある。経験と実績豊富な日本の原子力技術者が、RPEの資格を取得し原子力発電所分野で従事することは安心・安全面で望まれている。RPE取得と資格に基づく業務遂行には文化や社会基盤の違いによる多くの越えなければならないハードルがあるが、取得可能な資格である。技術と倫理性を兼ね備えた原子力RPEは、社会の重要な役割を担う技術者として活躍を期待されている。
⑥	機関名、著者
	日本プロフェッショナルエンジニア協会 理事 神野 秀基(かんの ひでき)、坂井 元彦(さかい もとひこ)

3.2 大学等における原子力人材育成に関する課題認識

本項では、大学における原子力人材育成に関する課題を、各種既有文献をベースに調査し、整理した。

3.2.1 国立大学における原子力教育の新たな展開

[原子力発電の初期からチェルノブイリ事故まで]

1970 年から 80 年代にかけて原子力工学の学部あるいは大学院の卒業生たちは、原子力産業界からの人材要求に応じて、原子力産業に就職した。この時期の学部の原子力教育カリキュラムは原子力発電に関係する技術者・研究者の育成を主として、「原子炉理論」、「放射線」、「原子力材料」など原子力分野特有の科目をコアとしたものであった。

[バブルの崩壊と技術継承の不連続]

原子力産業界では新規の建設がなくなり、求人数は激減した。原子力関連学科・専攻の総就職者数約 400 名に対し、採用者数はその 1 割強にとどまっている。卒業生の約 75%は原子力関係分野への就職を希望しているというデータがあり、原子力分野からの求人の少なさが浮き彫りとなっている。この間、原子力産業の発展を中心的に担ってきた豊富な知識や経験を有する人材の高齢化と共に、若い世代への技術継承が十分になされなかった。原子力分野における人材育成の本質的な課題となっている。

[大学における原子力教育の現状]

これまで、原子力関連学科を有してきた国立総合大学においては、原子力工学が不人気となり、「量子エネルギー工学」等名称を変更してきた経緯があるが、2005 年頃を境に、大学+大学院（修士）の 6 年一環教育を指向してきている。学部では、学部を大きくくり化（知能工学、量子システム等）して基礎工学の重視し、大学院では、原子力工学の専門教育を行うこととした。

こうした中、原子力発電に関する講義は減少し、「工学基礎」科目、「環境・エネルギー関連」科目、「量子ビーム」・「放射線利用」などに関する講義が増えている。大学院においても、「原子力工学」を、「量子・ビーム科学」、「システム工学」、「放射線利用」、「核融合」、「シミュレーション」などを包含する広い学問領域として捉える傾向が強くなっており、原子力発電に直接関連する教育・研究は、希薄化している状況と言える。

3.2.2 産業界からの原子力教育への要望と原子力教育の今後の展開

[産業界からの原子力学教育への要望]

大学の学部では、原子力発電に直接関連する教育・研究が以前に比べ行われなくなった。しかし、学部においては工学基礎科目を中心に学び、専門科目は主に大学院でという工学

教育全体の変革の流れがあり、これが学生の就職および企業の採用の自由度を増している面もある。

産業界は、原子力部門に就職する卒業生に対し、基礎学力の確実な習得・養成、原子力専門科目以外の幅広い教養、柔軟な発想、論理的思考力、チャレンジ精神、問題解決能力などを求めている。

大学教育のこのような質的变化によって、大学の卒業生に多くの原子力工学、とくに原子力発電に関する専門的知識を期待することは困難になりつつあり、社会人に対する原子力教育がより重要となってくる。

[原子力学教育の今後の展望]

これまでは、原子力関連の学科・大学院の運営は、学生から入学・進学を敬遠されがちで、原子力分野へ積極的に入学・進学する人材を確保できるかに腐心してきた。

ここに来て、原子力産業のルネッサンスが垣間見れる環境にあり、それぞれの大学も、原子力関連研究開発機関や原子力発電所の存在地域という特徴を活かしつつ、原子力関連の学部・大学院教育を模索している状況にある。

とくに、「量子ビーム」や「プラズマ」の関連教育研究や、原子力システム統合設計、地球環境への負荷を低減させる（二酸化炭素排出削減の観点）ため、核エネルギーの利用を促進させる視点からの環境エネルギー教育研究などが最近の動向と言える。

一方、この間、文科省や経産省から原子力教育に対し新たな教育プログラム構築支援が行われてきた結果、これまで原子力関連学科を有する大学や大学院での関連教育の充実化ばかりでなく、高専でも原子力基盤教育が着眼されるようになった。

さらに、インターンシップの充実など産業界と連携した教育も進化し始めたと言える現状である。

今後、

- ・大容量化に向けた学術的課題の解決
- ・長寿命化に向けた学術的課題の解決
- ・さらなる安全性向上に向けた学術的課題の解決
- ・燃料サイクル・高速炉システムに関わる学術的課題の解決等

産学官連携による、“課題解決型プロジェクト研究開発”が必至となり、そのプロジェクトを介して、学生・院生を育てる仕組みが必要であろう。

3.2.3 『原子力 eye』に見る国立大学における原子力教育の新たな展開

(1) 『北海道大学』

①北海道大学における原子力教育の新展開 (2005 年)

①	タイトル名
	大学における”原子力教育ルネサンス” -新原子力学全国マップ・展望-
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2005 vol.51 No.1
③	調査の視点・概要など(目次など)
	北大における原子力教育の新展開
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■学部(機械知能工学科)における原子力教育: 学部教育は、時代の変化に柔軟に対応できる人材を育成することを目的に工学基礎に重点を置いた教育を行う。原子力の持つ工学基礎の部分を新しい機械知能の教育に取り入れ、これまでと違った形の原子力教育の展開を図っていく。原子工学科の特徴であるミクロレベルの教育の上に従来の機械工学の教育と原子工学が持つ電子系・材料系の教育を積み上げ、原子力や機械の専門教育につなげていくという構成になっている。 ■大学院における原子力教育 ●量子理工学専攻(図1参照): ミクロ粒子(電子・中性子・光などの量子ビームやプラズマなど)の生成、計測、制御、利用、解析シミュレーションなどに関する研究を統一的に進め、エネルギー・医療・産業などの分野に積極的に応用していく。それを支える人材を育成することを目的としている。 ・応用量子ビーム工学講座: 中性子、電子、陽子などの量子ビームの生成とそれに必要な加速器科学および量子の高度計測を基本として、その応用であるナノ科学、物質・生命科学、量子ビーム医療、センシング素子工学、環境計測工学などの新分野の研究・教育を行う。 ・プラズマ理工学講座: 粒子ならびに粒子集団の挙動を数理的に解析する粒子応用数理科学、プラズマの高精度計測を目指した量子応用計測やセンシング科学、取得データのイメージングのための画像工学、プラズマによる半導体やバイオ、MEMSなどの先駆的産業応用および核融合プラズマ閉じ込め改善のための物理・工学等の教育・研究を行う。 ●エネルギー環境システム専攻(図2参照): 原子力関係のエネルギー生産・環境システム講座と機械関係の応用エネルギーシステム講座がある。ここでは、将来型水素エネルギー社会を共通のキーワードとし、その基盤となるエネルギー生産・貯蔵・利用システムにかかわる人材の育成を趣旨・理念としている。 ・エネルギー生産・環境システム講座: 次世代型原子力システムの開発、システム安全性評価および環境安全性評価に関する研究およびそれに関連した教育を体系的に行う。具体的には、第4世代原子力システムの基盤研究、安全解析ツールの開発、確率論的安全評価に基づく安全研究、高レベル放射性廃棄物の処分技術、長期環境影響評価技術、社会受容性にかかわる研究を行う。 あわせて、水素エネルギー社会の形成に向けて、原子力エネルギーからの直接水素製造、貯蔵およびその安全性に関する研究を行う。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	学部では、新しい形の原子力教育を機械知能工学科の中で行っていく。 大学院では、ビーム利用を積極的に押し進めるとともに、プラズマの高度計測法の開発やバイオ、MEMSへの応用などにおいて新しい展開を目指している。エネルギー環境システム学専攻においても、原子力技術の高度化に向けた研究を行うとともに、水素エネルギーとも関連づけて研究を進めていく方針である。新しい試みの教育・研究体制ではあるが、原子力が成熟期を迎えた時代の教育として、新たな展開につなげていきたいと思っている。
⑥	機関名、著者
	北海道大学 鬼柳 善明 大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻教授

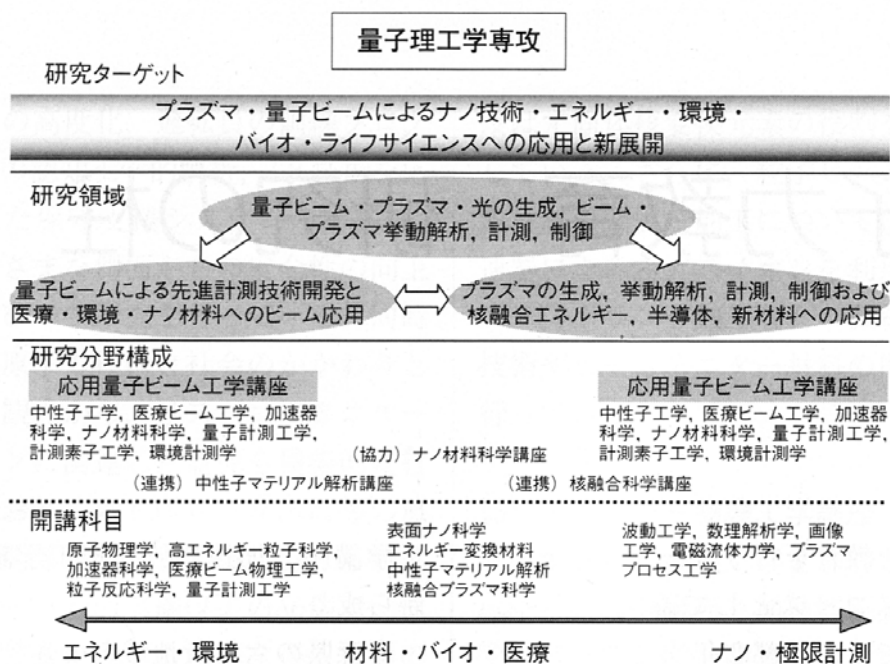


図 1

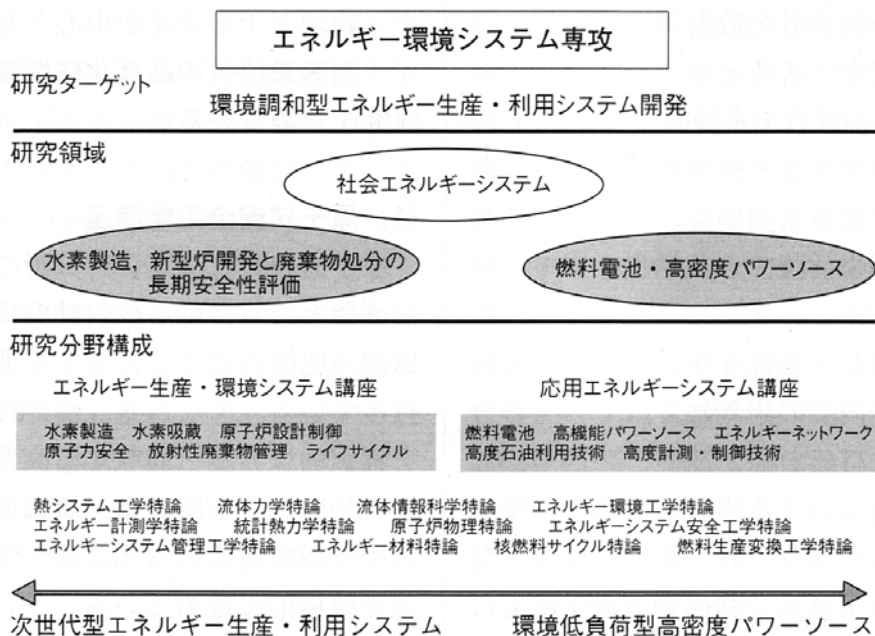


図 2

②『北海道大学』専攻を横断した教育体制の構築を目指して（2010年）

①	タイトル名
	原子力分野の教育研究強化に取り組む北海道大学
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2010 vol.56 No.3
③	調査の視点・概要など(目次など)
	専攻を横断した教育体制の構築を目指して
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■北海道大学での取り組み開始: 地元の北海道電力や原子力企業のニーズを調査した。その結果、原子炉物理や放射線教育の重要性は当然のことながら、原子力安全の基本を学び、加えて伝熱・流体・振動・材料・保全など、広範な工学分野の教育を受けた学生の企業ニーズが高いことが分かった。実践的な原子力教育カリキュラムの強化を以下の3項目を柱として実施する。 ①原子炉物理理解促進プログラムの開発②霧箱による放射線の可視化と放射線計測③保全工学基礎強化プログラムの開発 ■原子力教育カリキュラムの強化: ①原子炉物理理解促進プログラムの開発:大学院修士1年が受講する「原子炉物理特論」では、バーチャル原子炉内の様々な核反応現象を可視化する機能に加え、プラントシミュレータの出力信号で駆動される原子力プラントモデルを製作した。 ②放射線計測・可視化(霧箱・教材開発):放射線の可視化ができる霧箱実験装置や放射線測定器を教材として製作、講義のなかで実演を行った。また、釧路まで出張し、高専の学生にも講演した。 ③「原子炉工学」PBL形式の教育・設計演習: 工学部機械知能工学科3年生が受講する「原子炉工学」では、PBL(Project Based Learning)によるプロジェクト形式の設計演習に加え、保全工学基礎実験装置を用いて弁・ポンプ・熱交換器などのカットモデルや油圧防振器や配管減肉試験装置を製作し、構造強度、材料強度、減肉、溶接、振動・耐震等の基礎、原子力発電所の機器を理解させる実践的演習は学習意欲の向上・促進に大きく役立った。大学院修士課程の学生に対しては、文部科学省の原子力人材育成プログラム、「原子力コア人材育成事業」によりブルサーマルや長サイクル運転対応燃料・炉心管理に対する高い専門性を有する中核人材の育成教育が強化された。 ■他学科および全学教育への展開:「エネルギー工学概論」、「放射線や原子力発電所のリスク・耐震設計」、「地球環境問題と原子力・倫理」を開講、教員、企業の方が講義した。 ■工学研究科(工学部)教員の研究推進:経済産業省の革新的実用原子力技術開発に応募し、「耐震性向上技術に関する開発」を実施。メンバーは材料、振動、土木、建築、耐震、原子力の専門とする教員。専攻横断型の教育プログラム(図5)の検討が開始された。さらに、文部科学省の原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ「学校教育現場との対話に基づく原子力・放射線学習プログラム開発」を実施、北海道エネルギー環境教育研究委員会を組織し、総勢4,500名に上る登録教師数となった。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	北海道大学では原子力人材教育を更に発展させるため、原子炉物理・放射線・機械工学・材料工学・土木工学・建築工学などのさまざまな知識を持ち、グローバルな視点からの問題解決能力を有する国際舞台で活躍できる言わば「スーパーエンジニア」を育成するための専攻横断型原子力教育プログラムを平成22年度より開始することになった。高度な技術を継承し、先進的でより安全な原子力施設の将来像を描き、具現することができるグローバル原子力教育を目指す。このための海外の大学との連携強化も開始し、学生の交流やインターンシップも推進する。
⑥	機関名、著者
	北海道大学大学院工学研究科 教授（工学系連携推進部ディレクター）奈良林 直

『北海道大学』2010 年

専攻横断型原子力教育	
工 学 院	エネルギー環境システム
	原子炉物理 原子力安全工学
	原子力・エネルギー材料 流体力学 伝熱工学
	量子理工学
	原子物理 医療放射線ビーム
	応用物理学
	材料科学
	材料工学 腐食工学 エネルギー変換材料
	機械宇宙工学
	材料強度 保全工学 CFD
	人間機械システムデザイン
	振動工学 機械知能 保全ロボット
	環境フィールド工学
	地盤工学 地層処分
	北方圏環境政策工学
	構造工学 地震工学 土木工学
	建築都市空間デザイン
	耐震工学 防災工学
	空間性能システム
	空調工学
	環境創生工学
	コンクリート工学
	環境循環システム
	建築材料

図 5 専攻横断型の原子力教育プログラム

(2)『東北大学』

①東北大学における原子力教育・研究の柱 (2005 年)

①	タイトル名
	大学における“原子力教育ルネサンス” -新原子力学全国マップ・展望-
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2005 vol.51 No.1
③	調査の視点・概要など(目次など)
	東北大学の原子力教育・研究の柱
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■研究の柱: 原子炉(核分裂炉・核融合炉)基盤技術の高度化、放射線の高度利用の2つの柱を基本としている。前者では、核燃料廃棄物処理関連の研究・保全技術の高度化と安全性向上研究に重点を置き、後者では、医療応用・微量元素分析方法の開発に中心を置いている。 ■教育カリキュラム: 学部2年次までは、機械学を中心とした基礎学問をベースとし、3年次以降のカリキュラムで、原子炉主任技術者と放射線取扱主任者の資格取得に必要な原子力・放射線関連の教育を系統的に行っている。また、学部では東京大学弥生炉、大学院では京都大学原子炉実験所および東北大学金属材料研究所・量子エネルギー材料国際研究センターで原子炉基礎および材料関連の実習を実施している。 ■量子エネルギー工学専攻での研究分野: ●原子核安全工学講座: 放射性廃棄物の処理・処分の高度化、ヒューマン・マシン・インタフェースの高度化、運転員の訓練プログラムの認知工学的解析、IT技術に応用した保守支援システムの構築等の研究。原子力技術と社会のかかわりの観点から、リスクコミュニケーションに関連した研究を行っている。 ●高負荷エネルギー工学講座: 高エネルギー粒子と材料との相互作用の理解と応用を基礎に、原子力エネルギー機器材料の課題に取り組む。放射性廃棄物低減に向けて、金属やセラミックス機器材料の低放射化課題に取り組む。核融合炉材料の研究としては、低放射化ブランケット構造材料の候補であるバナジウム合金、また、炭化珪素系複合材料、高熱流束機器材料のタングステン合金について研究している。 ●エネルギー物理工学講座: 機械工学・電磁工学を基礎とした原子炉の保全研究、加速器駆動型原子炉および核融合関連の研究を進めている。核融合研究に関しては、国際核熱融合実験炉(ITER)に直接関係するプラズマ計測技術の開発や将来炉を目指した高性能先進ブランケットシステムの設計といった、核融合炉工学に関する研究を進めている。 ●粒子ビーム工学講座: 放射線の高度利用に関しては、粒子ビーム工学講座を中心として、粒子ビームと物質との相互作用、ならびに光子の発生、陽電子消滅などの量子現象の理解と制御に基づいた量子工学の研究を行っている。量子輻射、イオン-原子衝突等の量子工学の基礎研究および放射線科学教育の研究も行っている。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	原子力エネルギーや放射線応用に関連した仕事において、広い視野を持って将来活躍できる学生を育てる。ただし、学部4年次までの限られた時間内での講義数ではすべての分野をカバーすることができないため、大学院における講義も含めてカリキュラムを構成する。教育・研究を円滑に推進するため、工学研究科量子エネルギー工学専攻を中心として、大学内のサイクロトロンラジオアイソトープセンター・金属材料研究所・多元物質科学研究所、工学研究科内の技術社会システム専攻・エネルギー安全科学国際研究センターとの密接な連携体制をとっている。
⑥	機関名、著者
	東北大学 橋爪 秀利 大学院工学研究科教授

②『東北大学』六ヶ所村大学院出前講義（2009 年）

①	タイトル名
	六ヶ所村大学院出前講義
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2009 vol.55 No.9
③	調査の視点・概要など(目次など)
	奮闘記
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■原子力人材育成： 現在、原子力人材育成の必要がさまざまな立場から叫ばれている。特に、中国、インドなどの新規原子炉の建設、米国、日本などの原子炉のリニューアルなど、差し迫った状況への対応が重要課題となっている。東北大学では、大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻が、青森県六ヶ所村の文化交流プラザ、スワニーにおいて、日本原燃株式会社の社会人大学院生を対象とした出前講義による原子力人材育成を行っている。現在、8名の教員により、出前講義は順調に行われている。 ■出前講義開講までの道のり： 東北大学は、以前より、日本の原子力エネルギーの要である青森県に原子力教育を専門とした機関がないことおよびそれを実施できる原子力研究教育機関として東北大学が最も近いことより、原子燃料サイクルの拠点である六ヶ所村において原子力人材育成を行うことを計画していた。 平成18年8月25日に、六ヶ所村近辺の原子力若手関係者と本専攻の大学院院生の交流を主目的とした東北大学量子エネルギー工学専攻主催の「量子フォーラム」を開催した。この量子フォーラムを機会に、われわれは日本原燃に社会人修士・博士の可能性について打診し、その実現に向けて打合せを重ねた。平成20年度より日本原燃の若手社員を対象にした大学院教育を六ヶ所材で行うこととした。 ■六ヶ所村出前講義カリキュラム： 毎週、1コマ90分を単位とした表1のような時間割に従って講義を行っている。授業科目は、本専攻で開講している科目(専門基盤科目(14科目のうち5科目必修)、専門科目(33科目のうち6科目必修+量子エネルギー工学修士研修(8科目))の中から六ヶ所村の院生が選んだものが開講されている。平成20年度東北大学大学院工学研究科博士課程前期入学者で六ヶ所村出前講義対象の平成20年度・21年度の講義は、表2のようになった。網掛けで示した科目が専門基盤科目で、その他のものが専門科目である。一方、博士課程後期に入学した学生に対しては、本専攻で開講している博士課程後期科目(学際基盤科目(19科目)と専門科目(2科目)から5科目必修))から学生が選んだ科目を開講されている。表2の野線で示したものは学際基盤科目である。後期課程は前期課程より履修科目は少なくなる。しかも、修学期間が3年間なのでじっくりと時間をかけてとることができる。後期課程の院生は、前間課程の講義も受講している。 この出前講義は、現在、「文部科学省原子力人材育成プログラム」(原子力研究環境整備補助金)の支援を受けている。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	出前講義を行うことにより、教員の負担は増える。先ず、出前講義のために時間を割かなければならない。しかし、六ヶ所村での講義は、院生数が少ないので院生とのやりとりが多く、密度の濃い講義となっている。また、院生が社会人であることより、礼儀正しいので、教員も気持ちよく講義でき、充実感溢れた講義となっている。我々、東北大学大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻教員一同は、六ヶ所村および青森県に在住の社会人に向けての原子力教育を今後も積極的に推進していく所存です。
⑥	機関名、著者
	東北大学大学院工学研究科 量子エネルギー工学専攻 教授 石井慶造

『東北大学』2009 年

表 1

	9:00 10:30		10:40 12:10	12:10 13:10	13:10 14:40		14:50 16:20	16:20 17:00	18:30 20:00		20:10 21:40
木曜日									講義	休憩	講義
金曜日									講義	休憩	講義
土曜日	講義	休憩	講義	昼休み	講義	休憩	講義	補義			

表 2

	科目	平成 20 年度		平成 21 年度	
		前期	後期	前期	後期
修士	専門基盤	数値解析学(橋爪) 量子・統計力学(石井)	応用偏微分方程式(新堀) 分野セミナー	材料化学(渡辺) 固体物理(長谷川)	粒子ビーム科学(石井・寺川・松山)* 分野セミナー
	専門科目	エネルギーフロー環境工学(新堀・倉岡)	核エネルギーシステム安全工学(若林) 粒子ビームシステム工学(石井・寺川)	アクチノイド物性工学(倉岡) 放射線場評価学(石井・寺川)	核エネルギーシステム材料学(長谷川)
博士	学際基盤科目	原子核システム安全工学(若林・高橋) 8/4-6 仙台**	エネルギー化学工学特論(倉岡)	加速器放射線工学特論(山崎) 8/5-7 仙台にて集中講義	先進原子核工学特論(石井)*
	備考	** 研究開発マネジメント(8/1-3)			* 修士・博士同一開講

(3)『東京大学』

①原子力専攻発足 (2005 年)

①	タイトル名
	大学における“原子力教育ルネサンス” -新原子力学全国マップ・展望-
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2005 vol.51 No.1
③	調査の視点・概要など(目次など)
	原子力専攻が4月に発足
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■原子力専攻: 東京大学原子力専攻は2つの専攻、原子力専攻(専門職大学院)と原子力国際専攻からなり、一体運営される。原子力工学科の流れを汲むシステム量子工学専攻は、狭義の原子力から離れて新しいシステム創成学の確立を目指す。 ●専門職大学院: 研究者ではなく、高度の専門性が求められる原子力技術者を養成する。社会人を中心に15名の学生を受け入れ、1年間の学習で原子力修士(専門職)の学位を授ける。教育には東大の教員だけでなく、日本原子力研究所と核燃料サイクル開発機構(統合後は新法人)などからも客員教員や非常勤講師が多数参加する。科学技術の進展とともに大学で学ぶべき内容が増え、大学入学直後から原子力だけに特化して教えることは難しくなった。体系的に原子力を教えるには時間的制約がある。学部学生に原子力工学を体系的に教えることができないとなると、期待されるのは大学院である。それも専門職大学院である。今、原子力の指導的技術者に必要とされるのは単なる技術だけでなく、技術倫理やリスクコミュニケーションや、法工学など人文社会科学に広がっている。これはまさに大学院で教えるべき内容である。 ●原子力国際専攻: 原子力国際専攻は普通の大学院で、修士課程と博士課程からなる。国際原子力機関などで働く国際公務員の養成や国際感覚の豊かな原子力研究者の養成を目指す。国際問題の研究テーマの1つが核不拡散政策や保障措置技術である。社会人を積極的に受け入れ、国際機関で働くのに必要な博士号等の資格を与えていくことを視野に入れている。カリキュラムにも海外研修を用意し、IAEAや海外の大学・研究所でのインターンシップを経験することを奨励する予定である。原子力技術者教育ではWNU(World Nuclear University)構想など、国際協力の動きも盛んである。これに対しても主導的役割を果たしたい。 ■2つの専攻の連携: 双方向テレビ講義システムを導入し、一体教育を実施する。これにより専門職大学院の学生には最先端の知見を与えることが、国際専攻の学生には原子力工学の基礎を系統的に学ばせることが可能となる。従来の研究分野とやや異質なものとして、核不拡散政策や保障措置技術に加え、法工学、危機管理、リスクマネジメント、リスクコミュニケーション、技術倫理といった分野のネットワーク作りがある。原子力に特化して研究しながらネットワークを形成する。そこから生まれる成果は原子力のみならず先端巨大科学技術全般に应用可能なものとなると期待している。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	原子力は頭で理解するだけでなく、身体で覚えるべきである。 専門職大学院修了生がそれぞれ、産業界や規制行政庁その他において専門家として指導的役割を果たすことこそが、わが国の原子力の未来を拓く。原子力国際専攻で育った研究者がやがては原子力専門技術者教育に携わることで、持続的な教育システムとなる。
⑥	機関名、著者
	東京大学 斑目 春樹 原子力研究総合センター教授

②『東京大学』の原子力人材育成の取組み（2007年）

①	タイトル名
	待ったなしの原子力人材育成
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2007 vol.53 No.8
③	調査の視点・概要など(目次など)
	大学としての原子力人材育成での取組み-東京大学
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	東京大学では平成17年度に専門職大学院である「原子力専攻」(専門職学位課程)と普通の大学院である「原子力国際専攻」(修士課程・博士課程)を設置した。 ■原子力専攻(専門職大学院)の現状: 原子力専攻の標準修業年限は1年で、原子力分野等で働いた経験のある社会人を主な対象者としている。修了すると原子力修士(専門職)の学位が授与される(資格取得につき、成績による特典あり)。この大学院の目的は、指導的な役割を果たす高度な原子力専門家の養成である。決して炉主任試験等のための予備校ではない。したがって科目も原子力工学を基礎から体系的に理解するよう編成されている。また社会・人文系科目も用意されている(原子力専攻の各講義課目の教科書出版の計画も進行中)。 ■原子力国際専攻の現状: 原子力国際専攻は研究者養成型の普通の大学院である。専門分野は大きく分けると、先進原子力エネルギーすなわち狭義の原子力と、先進レーザー・ビーム科学と医学物理という放射線利用分野に、原子力社会工学という新しい分野が加わって3本柱となっている。原子力社会工学は社会受容性に関する研究、法制度の研究すなわち法工学、核不拡散関連研究などからなる。修士課程の学生数は社会工学が十数%でエネルギー利用と放射線利用がほぼ同数、博士課程の学生数は3つの分野がほぼ同数となっている。博士課程の学生が多く、過半数は社会人である。一般市民にも公開の特別講義を土曜日に実施するなどの工夫をしている。また、インターネットを介して東海村と東京を結び、双方の学生の便宜を図っている。 ■大学での人材育成の課題: ●経費について 国立大学が法人化されたため、専攻を新たに立ち上げても文部科学省からくる運営費はほとんど増額されないのが実情である。研究費は競争的資金を稼いでくという解決策があるが、これまでは教育費を稼ぐことができる競争的資金がなかった。その点、原子力人材育成プログラム事業は大変ありがたい。ただ、人材育成は長期的なものであり、事業が始まったといっても問題が完全に解決したわけではない。 ●産業界が望む人材像について 産業界等が望む人材像が今ひとつはっきりしないが、原子力産業は成熟し、技術も体系化されてきた結果、今は、担当分野だけを身につけた1字型の技術者が寄り集まって原子力を支えているが、この体制は変化に弱く、想定外の事象への対応でも問題を生じやすい。担当分野だけでなく原子力全体をバランスよく理解しているT字型の専門技術者をある程度配置することが組織を強くすると我々は考えている。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	産業界からは「昔のように原子力工学科で原子力の基礎をしっかりと身に付け、修士課程でさらに専門を掘り下げた人材が欲しい」との意見があるが、それは不可能である。産・学の相互理解や人材育成に関するロードマップ作りが大切。専門職大学院はT字の横棒をしっかりと身につけることが目的であり、原子力国際専攻は横棒もある程度身につけた上で、縦棒のしっかりした研究者養成を目指している。横棒をしっかりと身につけた技術者の必要性が叫ばれていながら、産業界から専門職大学院への学生派遣は多くない。新卒者は、原子力界で働ける保証がないと入学を希望しにくい。入学希望者を増やすことは課題である。
⑥	機関名、著者
	東京大学大学院工学系研究科 原子力専攻教授 班目春樹(まだらめ はるき)

③『東京大学』とケンブリッジ大学との核不拡散と国際安全保障に関するワークショップ（2009年）

①	タイトル名
	現代核不拡散基礎講座＜第1回＞
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2009 vol.55 No.9
③	調査の視点・概要など（目次など）
	核不拡散と国際安全保障 ～ケンブリッジ大学・国際研究センターと東京大学・国際保障学研究室が合同ワークショップを開催～
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■核不拡散と国際安全保障： 東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻の国際保障学研究室は、ケンブリッジ大学国際研究センターと共同で、「核不拡散と国際安全保障」と題するワークショップを現地で開催した（表1）。この日英ワークショップは「東大フォーラム2009 in the U.K.」の一環として行われたもので、ケンブリッジ大を含めた英国の4つの大学と東大が協力し、さまざまなテーマを扱ったフォーラムが実施された。工学系研究科としては、ロンドンにあるインペリアル・カレッジでも、持続可能な発展と原子力の役割に関するフォーラムを同時開催している。 ■開催の趣旨： 原子力の平和利用をめぐり、世界は重大な岐路にさしかかっている。地球温暖化への懸念や新興国を中心とした電力需要の増大によって、原子力発電拡大への動きが世界的に見られ、核不拡散の強化は国際安全保障にとって喫緊の課題となっている。本ワークショップでは、国際政治と技術系の専門家が一堂に会し、核拡散ならびに関連する諸問題に関して多角的な検討を行う。 ■基調講演＆各セッション内容： 基調講演は英国を代表する核拡散問題の権威ジョン・シンブソン教授によって行われ、世界の核拡散の現状を分析し、核不拡散に向けた今後の課題や問題点を明らかにした。これまで核拡散は基本的に4カ国（イスラエル、インド、パキスタン、北朝鮮）に限定され、国際核不拡散体制はおおむね有効に機能してきた。しかし、イランの核関連活動阻止に向けた外交努力はいまだ成功せず、原子力カルネサンスによって機微な技術や物質が多くの国々に広まる可能性があり、さらにテロ集団が核を入手する懸念も依然として強い。イランのケースは、核拡散とはそもそも何を意味するのか、核拡散と平和的な原子力計画の区別をいかに行うのかという難しい問題を提起する。 第1セッションでは核拡散問題に関して、主に政治的観点から国別の検討がなされた。第2セッションでは、核燃料サイクルの国際化について、国際保障学研究会での検討成果を披露したものである。国際保障学研究会は、東京大学GCOEプログラム「世界を先導する原子力教育研究イニシアチブ」の一環として、国際保障学研究室の教員・学生が中心となり、電力業界や研究機関など学外からも広く参加者を募って、2008年10月に設立された。国際保障学研究会の活動目的は、核不拡散問題に関する研究や人材育成、さらに社会への情報発信で、日本原子力学会や核物質管理学会とも連携している。第3セッションでは、旧ソ連邦の負の遺産についての研究報告を
⑤	今後の教育の在り方への提言
	セッションの最後には質疑応答と全体討論のための時間が設けられ、参加者間で活発な議論が行われた。とりわけカーン・ネットワークへの評価、北朝鮮とイランの核問題解決に向けた政策、さらには核燃料サイクルの国際化といった争点をめぐっては、学生も積極的に参加し白熱した議論が繰り広げられた。こうして日英ワークショップが教育と研究の両面で高い成果をあげ、核不拡散問題に対する理解を一層深める重要な契機となったという点で参加者全員の意見は一致した。そして今後も対話を継続していくことの重要性が確認された。
⑥	機関名、著者
	東京大学大学院工学系研究科 原子力国際専攻 ジョーシャン・チョイ、ケンブリッジ大学国際研究センター フィリップ・トウル、東京大学大学院工学系研究科 原子力国際専攻 山崎元泰

『東京大学』2009 年

表 1 核不拡散ワークショップ・プログラム(2009 年 4 月 28 日 於ケンブリッジ大学)

	氏名(所属)	発表題目
開会挨拶	議長：フィリップ・トウル(ケンブリッジ大学) 田中明彦(東京大学)／田中知(東京大学)	
基調講演	ジョン・シンブソン(サウサンプトン大学)	核拡散・核不拡散の現状と展望
第 1 セッション 司会：チョイ	ジョージ・ジョッフエ(ケンブリッジ大学) バルヴァイズ・ナジール(ケンブリッジ大学) 山崎元泰(東京大学)	イランと核拡散 パキスタンの核政策 日本の非核政策
第 2 セッション 司会：山崎	マーク・フィッツバトリック(国際戦略研究所) 久野祐輔(東京大学・JAEA) ジョーシャン・チョイ(東京大学)	北朝鮮と核拡散 国際核燃料サイクルと核不拡散 核燃料サイクルのアジア太平洋地域ネットワーク
第 3 セッション 司会：久野	シェーン・ガイ(ケンブリッジ大学) ポール・コーニッシュ(王立国際問題研究所) ナイジェル・ベル(インペリアル・カレッジ) 小田卓司(東京大学)	協調的脅威削減(CTR)プログラム CBRN テロ チェルノブイリ事故の教訓 核拡散リスクのモデル評価
閉会挨拶	フィリップ・トウル(ケンブリッジ大学) 田中知(東京大学)	

④『東京大学』保障措置情報の次世代解析（2009年）

①	タイトル名
	現代核不拡散基礎講座＜第2回＞
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2009 vol.55 No.10
③	調査の視点・概要など（目次など）
	保障措置情報の次世代解析 ～捜査活動範囲の拡大による確信度向上の評価～
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■保障措置情報の次世代解析の発想： 保障措置情報の次世代解析として、“痕跡がないこと”あるいは“動機がないこと”をもって“犯行がないこと”を信じてもらおうという発想である。前者の、「痕跡なければ犯行なし」という見方をまず考察し、痕跡捜査活動の範囲を広げると、“犯行なし”の確信度がそれなりに増加するという“保障措置情報ファジー評価モデル”を示したい。このモデルは、国際原子力機関(IAEA)がこれを使用しているわけでは決していないが、保障措置情報解析の本質的な特徴を明らかにしている。 ■IAEAによる包括的保障措置の目的： IAEAによる包括的保障措置の目的は、ある評価対象国を想定した場合「当該国内に存在するすべての核物質について、その物質が核兵器その他の核爆発装置に使用されていないこと」に関し、国際社会がそれなりの確信を持てるようにすることである。ここでは、「IAEAに内緒(未申告)で、核爆発装置に直接使用できる核物質を取得する」という“犯行”が行われていないことについて、“確信度”を評価する方法を考える。 ■ファジー値表現を使用することの必然性： 完全な確認を行うためには、IAEAが十分な情報を直接入手するため評価対象国の“好きな場所に好きな時に立ち入り検認できる”ことが必要である。しかし、現実の国際社会は、IAEAの権利が一番強く認められている“追加議定書を伴う包括的保障措置”の場合においても、完全なアクセス権を認めてはいない。次善の策は、「核物質の未申告取得がないこと」について“どのくらい確信を持てるか？”という“確信の度合い”(確信度)を評価することである。 ■「核物質の未申告取得がないこと」の分析： IAEA側は、①申告済み核物質の転用、②核物質の未申告輸入、③核物質の未申告生産、の犯行の有無を捜査すればよい。●「転用」の対象となる“申告済み核物質”は図1の(a)～(c)に分類できる。それぞれの物質の収支バランスを確認する。●未申告輸入された核物質は、その核物質の移動に関する輸出国側の輸出申告が存在するか否かによって、図2の(d)と(e)に分類できる。これらについて異常な痕跡がないことを確認する。●“無記録運転”の対象となる核物質生産装置は、図3の(f)～(j)に分類できる。これらの装置、設計情報に記載のない装置で核物質生産された痕跡がないか確認する。 ■確信度の個別評価から総合評価の導出： 以上の個別評価をつなぐと、図4に示すとおり、確信度の総合評価モデルを構成できる。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	以上の仮定下で、ファジー数の重みつき加算と最大値の計算法を適用すると、あいまいさを保持し、図4の計算手順を実行できる。これが“保障措置情報ファジー評価モデル”であり、例えば「HU/PUに関する捜査活動7(低コストで実施可能な情報解析が主体)“を新たに実施すれば、”LU/SFIに関する捜査活動1(高コストの現場査察活動が主体)”を半減しても、従来以上の確信度で「HU/PUの未申告取得なし」を確信できる」など、効率化方策を定量的に導出できる。今後、このようなファジー論理に基づく“言葉による計算法”が、保障措置情報の次世代解析に貢献していくことを期待する。
⑥	機関名、著者
	東京大学大学院原子力国際専攻教授(委嘱) 日本原子力研究開発機構 核不拡散科学技術センター客員研究員 松岡浩

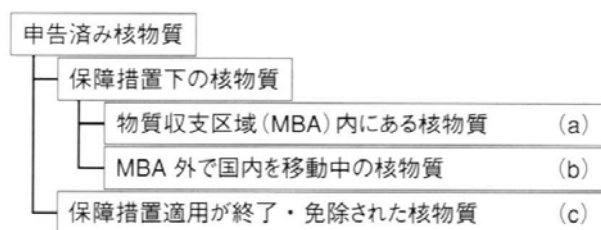
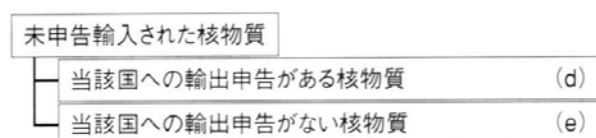


図 1 申告済み核物質の分類



(↑ (e) は不法国際移転核物質のこと)

図 2 未申告輸入された核物質の分類

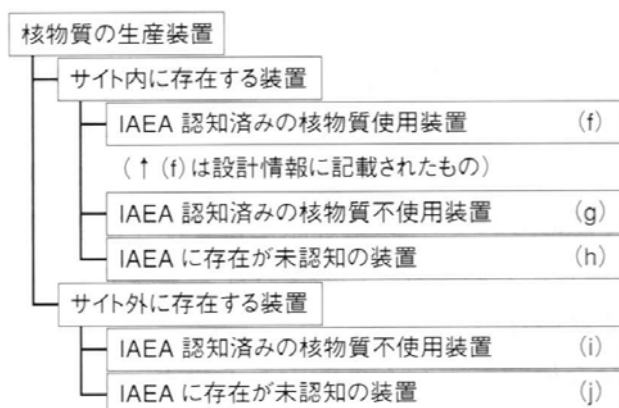


図 3 核物質の生産装置の分類

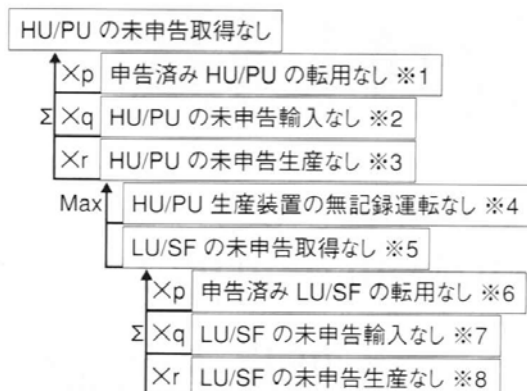


図 4 確信度を計算していく手順

⑤『東京大学』若手研究者の素顔（2009年）

①	タイトル名	
	次代のホープ	
②	資料名、年、巻、号 など	
	原子力eye 2009 vol.55 No.10	
③	調査の視点・概要など(目次など)	
	若手研究者の素顔 第2回	
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ	◎東大工学部システム創成学科(旧原子力工学科)から粒子法シミュレーション開発で知られる越塚誠一教授の率いる越塚研究室に進み、現在は日本学術振興会特別研究員として、博士課程3年の若手研究者(1982年生まれ)の紹介記事より。 ■これまでの研究成果: ●国内では「3次元MPS法弾性体解析へのシンプレティックスキームの適用」、「MPS法における粒子間ポテンシャル力を用いた表面張力モデル」、「MPS法における不自然な数値振動の制御」、「Hamiltonianに基づく粒子法弾性解析手法の精度と安定性」などを発表。 ●国際会議での発表では、米国コンピュータ学会のコンピュータ・グラフィックス分科会であるシーグラフ(Siggraph)が開催する国際会議・展示会のシーグラフでの発表(2007年、米サンディエゴ市)など。 ●越塚教授やプロメテック・ソフトウェアと共同開発したソフトの「コンピュータによる流体解析方法」は東京大学と社の共同特許出願がされた。 ■粒子法、シミュレーションなどについての考え: ●粒子法が高性能なハードウェアに合った手法になる可能性 「粒子法は、メッシュを用いる方法と比較して多くの計算点を必要とする。しかし、計算の前の準備が簡単であり、PCによる準備自体の効率化も容易。準備にかかる手間も含めて考えると粒子法がメッシュを用いる方法よりも有利になる可能性がある」 ●粒子法のマルチスケール解析に向けた可能性 「元々、構造とか流体は連続体として扱うが、粒子法ではそれを粒子という離散的なものに置き換えるので、分子運動の離散的な性質と共通する部分がある。分子スケールでは離散だが、連続体スケールになると連続体として扱われる。連続体をまた離散に置き換えて計算するのは、少し分子を大きくしたという発想もできるので、空間スケール間のつながりができ易い」 ●実験とシミュレーションは両輪 「今はシミュレーションしかやっていないが、両方を知っているべき。シミュレーションの正しさを実証するには実験が必要になり、逆に、実験で手に届かない部分をシミュレーションで埋めると、人間が物理現象を予測する上で役に立つ」
⑤	今後の教育の在り方への提言	■越塚誠一教授のコメント 「近藤君は難しい数式を根気よく組み立てて新しい計算法を創るのが得意で、既に複数のジャーナル論文に成果を発表しています。また、燃料電池内の混相流を解析するソフトの開発にも貢献。GCOEプログラムでは、各国の大学で研究交流する機会を得て、国際的にも大いに活躍しています。」
⑥	機関名、著者	東京大学大学院工学系研究科博士課程 システム量子工学専攻越塚研究室 近藤雅裕（日本学術振興会特別研究員）

⑥『東京大学』原子力教育研究イニシアチブ（2010年）

①	タイトル名
	グローバル時代に突入で急がれる日本の原子力国際人材の育成強化
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2010 vol.56 No.2
③	調査の視点・概要など(目次など)
	GCOE「世界を先導する原子力教育研究イニシアチブ」における国際人材育成
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■GCOEについて: GCOEプログラムは若手育成による日本の競争力強化プログラムである。東京大学では原子力国際専攻と原子力専攻の原子力2専攻を開設し体系的原子力教育を実施、2007年度に原子力国際専攻を中核としてGCOEプログラムを実施している。 ■国際人材育成には原子力2専攻の教育で対応: 日本の国際的な原子力教育をリードする役割は大きい。その一端を担うべく、英訳の原子力教科書シリーズの出版(世界初)が進行中である。また、優れた留学生の受け入れ、育成は、国際貢献であると同時に、日本人学生にとっても良い経験となる。 原子力国際専攻では15科目の英語の講義・演習を設け、英語力の向上、プレゼン技法の向上を図ると共に、インターンシップを実施。留学生のための特別コースも1989年に開始した。GCOE資金により、海外大学等への組織的な訪問が可能になり、最初の2年間で15大学・機関を延べ172名が訪問。カリフォルニア大学バークレー校(UCB)には、交流室が置かれ、若手が常駐、TV会議で双方の研究室のゼミを開催するなど、交流が盛んだ。大学院学生をTAとして雇用し、演習を担当させて、結果を残せない学生は卒業させないシステムは米国の国際競争力の源泉である。本学では、原子力専攻において、要件を満たした学生に、資格試験一部免除にかかれる認定書を発行し、米国並みの厳しいスクーリングを実現している。 ■海外武者修行・インターンシップなども実施: 原子力社会学の教育研究では原子力法工学、核不拡散、パブリックコミュニケーションをコアとして、「工学」を超えた視点で判断ができ、技術と社会の調和をとりもつ人材の育成が目標。「市民講座」などを「拠点横断型講義」に指定し受講させているのは、社会における原子力の困難さを理解させるため。学生、若手のためのメディアコミュニケーション訓練なども実施。 核不拡散の教育研究はJAEAの核不拡散科学技術センターと共同運営。国際原子力機関でのインターンシップも実施。博士院生の自助努力をうながすための業績評価、海外武者修行と名づけた自分でプランニングする海外訪問・交流、自己啓発プログラムと名付けた研修、海外インターンシップ、若手強化合宿など。 ■日米中韓で若手向け国際サマースクール開催: サマースクールは、「放射線計測」では欧米流の演習(宿題)が取り入れられている。「放射性廃棄物・社会論」は第一回をUCBで開催したが、人文社会科学の講師を含み、W・P(放射性廃棄物隔離パイロットプラント)の訪問も行うユニークなもの。「原子力発電プラント」は日米中韓で順に開催予定で、環太平洋初の原子力国際サマースクールとなっている。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	■原子力国際人材に期待する点: ●世界中どこでも平気で暮らせる強さと柔軟性、知力を持つ人材。 ●20年後の社会で通用する国際社会のマナーやルールを身につけた人材。 ●社会の多様な困難に対処し、現状を打破する基礎知識、合理的思考力、予測、判断力、言語力、コミュニケーション力、多様な体験などを持つ人材。 原子力においても大学での国際的な人材育成にあたって一般的にいえることと変わらない。
⑥	機関名、著者
	東京大学大学院 工学系研究科教授 岡 芳明(おか よしあき)

(4)『名古屋大学』

①原子力総合科学新時代に向けて (2005 年)

①	タイトル名	大学における“原子力教育ルネサンス” -新原子力学全国マップ・展望-
②	資料名、年、巻、号 など	原子力eye 2005 vol.51 No.1
③	調査の視点・概要など(目次など)	原子力総合科学新時代に向けて -狭義と広義の原子力-
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ	■量子エネルギー工学教室: 原子力・原子核工学を学ぶ学生は、物理工学科に入学し1年間の基礎教育を受ける。2年次から「量子エネルギー工学」コースに所属し、専門教育を受ける。その後、約85%が大学院へ進学する。この教育を担う教員集団が1つの学問分野を形成しており「量子エネルギー工学教室(表)」と呼んでいる。 各専攻は、現代社会の複雑・多様化する工学的課題に応えるため、伝統的学問分野の「領域専攻群」と学際的分野の「複合専攻群」とを、教員、大学院生が流動的にカップリングする「流動型大学院」システムとなっている。 ■教室の教育理念と教育目標: 量子エネルギー工学教室は、教育・研究の理念を「21世紀のエネルギー・環境・材料を総合的に科学する」ことに置いている。この背景には、(a)量子ビームや放射性同位体の工業、医療、農業への応用の拡大、(b)エネルギーの視点から環境問題に取り組む必要性、(c)環境調和型エネルギー源である原子力技術を基盤とする新しいエネルギーシステムへの期待が、社会的に存在するという認識がある。この社会的、学問的要請を3本の柱、(a)量子科学、(b)エネルギー科学、(c)原子力学にまとめ、エネルギー・環境・材料分野を横断的に包含する先駆的・先導的総合工学としてわれわれの教室で担う。 ■狭義と広義の原子力: 「狭義」の原子力は、核エネルギーに関する分野に軸足を置いた原子力を指す。一方「広義」の原子力は、放射線応用等、あらゆる応用分野への浸透を意識した立場である。名古屋大学の3本柱のうち核エネルギーを直接の対象とする「原子力学」の比率は20%程度であり、われわれの目指す方向は明らかに「狭義の原子力」ではない。 ■21世紀COE: 「広義の原子力」として計測・材料分野への展開であるCOEプログラム「同位体が拓く未来」がある。これは、われわれの教室が母体となり、工学研究科・応用化学分野、アイソトープ総合センター、年代測定総合研究センターの各1研究グループを加えた比較的小さな研究集団で「同位体科学」の基盤から応用までの展開を狙うものである。ここでは、大学院生独自の研究課題を公募し自立した大学院生の養成を目指している。
⑤	今後の教育の在り方への提言	21世紀のエネルギー・環境・材料を総合的に科学する原子力総合科学新時代を担うために、「狭義の原子力」を質的に支え、「広義の原子力」を高いポテンシャルで維持し、新しい学問分野の創生・展開と新しい教育・研究組織の構築が必要である。例えば、加速器科学、医療工学、専門職大学院制度、国際化、地域貢献などに展開する。原子力産業の成熟に伴い、原子力関連産業への人材供給は「量より質」の傾向にある。量的には少なくとも[技術力と人間性]で誇れる人材を確実に原子力産業界に送り出すことを、名古屋大学の特徴として守り、育てていきたいと考えている。
⑥	機関名、著者	名古屋大学 山根 義宏 大学院工学研究科マテリアル理工学専攻量子エネルギー工学分野教授・専攻長

『名古屋大学』2005 年

名古屋大学 量子エネルギー工学 教室

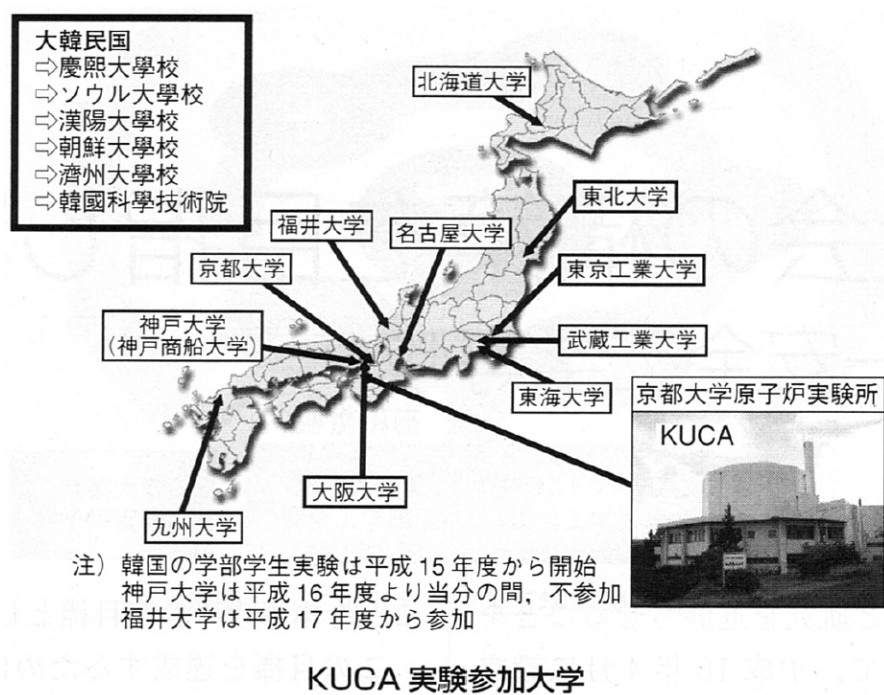
工学研究科			
講座	研究グループ	教授	所属専攻
エネルギー材料工学	エネルギー機能材料工学	松井恒雄	マテリアル理工学
	極限環境エネルギー材料科学	武藤俊介	マテリアル理工学
	エネルギー材料物理工学	田邊哲朗	エネルギー理工学
量子エネルギーシステム工学	エネルギー量子制御工学	山根義宏	マテリアル理工学
	エネルギーマテリアル循環工学	山本一良	マテリアル理工学
	量子エネルギー核物理工学	河出 清	マテリアル理工学
エネルギー量子物性工学	エネルギー量子計測工学	井口哲夫	量子工学
	エネルギー物性解析工学	曾田一雄	量子工学
エネルギー安全工学	エネルギー輸送工学	久木田豊	エネルギー理工学
	エネルギー環境安全工学	飯田孝夫	エネルギー理工学
エコトピア科学研究機構			
研究部門	研究グループ	教授	備考
環境システム・リサイクル科学	核燃料物質リサイクルシステム	榎田洋一	
エネルギー科学	先端的能量源材料	長崎正雅	

(5)『京都大学』

①全国大学共同研究所における原子力教育 (2005 年)

①	タイトル名
	大学における”原子力教育ルネサンス” -新原子力学全国マップ・展望-
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2005 vol.51 No.1
③	調査の視点・概要など(目次など)
	大学の全国共同利用研究所における原子力教育 -大学の共同実験教育-
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■大学の役割: わが国では大学における原子力の教育研究が危機的状況にある。これは現行の軽水炉による原子力発電を中心としたわが国の原子力産業の成熟化に伴う就職市場の縮小と密に関係している。他方、米国では原子力関係の求人率が長年の低迷期を脱して最近では飛躍的に高まっているとのことである。わが国でも人材供給源としての大学の役割が再認識され、幾つかの新しい芽が生まれつつある。 ■共同利用研究所における原子力教育: 京都大学臨界集合体実験装置(KUCA)は設置目的の1つに「原子力専攻学生の教育」を謳っていたこともあり、全国の大学院学生を対象とした炉物理実験教育が開始された。一方、京都大学研究用原子炉(KUR)等の施設は、主として理学、工学から農学、医学、考古学までの多分野にわたる共同利用研究の用に供されている。大学における研究は、教育と密に関連しており、教員と学生が共同して行うことが多い。現在、京大炉を訪れる共同利用者の数は毎年約6,000人・日に上っているが、その半数以上を学生が占めており、原子力教育に大きな役割を果たしている。 ■KUCAを用いた共同実験教育: KUCA実験に参加している大学を図に示す。KUCAにおける1週間の炉物理実験は、現在、全国大学院学生実験、京大学部学生実験、韓国学部学生実験があり、ほぼ同一の内容で行われている。実験の内容等については、毎年、参加大学の教員が集まって総括し、実験テキストを含めて適宜改訂を加えながら進める形となっており、各大学でテキストを基にした事前講義が行われている。本実験は教員同士の交流、意識改革や教育訓練等にも役立っている。 ■今後の原子力教育と共同利用研究所: 原子力分野の人材養成の需要があまり多くないことから、これまでのように大学で比較的小人数の原子力関係学科や専攻を維持し続けることは、大学運営の観点から困難になることが懸念される。今後の大学における原子力教育の維持・発展を図る上で、上述のKUCA共同実験教育が1つの手本になり得ると考える。各大学は、それぞれの特色を打ち出して独自の教育研究を推進しつつ、大学間で適切な役割分担を行うとともに、相互の連携を強め、一大学で実施できない実験教育については、共同利用研究所の施設や人材等を活用して、共同で取り組むことが必要と考える。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	21世紀において原子力が重要なエネルギー源となることは疑いがない。わが国で健全な原子力の維持・発展を図り、真に自主開発路線を定着させるためには、自発的で創造的な教育研究を行うことを旨とする大学の役割が今後はますます重要になるものと考えられる。
⑥	機関名、著者
	京都大学 代谷 誠治 原子炉実験所長、同所原子力基礎工学研究部門教授

『京都大学』2005 年



②『京都大学』大学としての原子力人材育成での取り組み（2007年）

①	タイトル名
	待ったなしの原子力人材育成
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2007 vol.53 No.8
③	調査の視点・概要など(目次など)
	大学としての原子力人材育成での取り組み-京都大学
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	京都大学の原子核工学専攻は昭和32年4月に設置され、平成19年4月、創設50年を迎えた。また、全国共同利用の研究用原子炉(KUR)を擁する原子炉実験所も既に44年(KURの提案からは52年)の歴史を重ねている。 ■原子核工学専攻: 大学院工学研究科原子核工学専攻の設置に引き続いて、昭和33年4月に工学部原子核工学科が設置され、原子核反応工学・同位体工学・原子炉工学・原子炉材料科学・原子核機器学・核燃料工学の6講座をもって構成された。初期の10年間は基礎固め、続く10年間は発展の時期であり、当時の主要な教科内容は、原子核物理学、原子炉物理学、原子炉工学、原子炉材料、原子核化学工学、原子核工学実験などの工学科目と、その基礎となる数学、量子力学、原子物理学、核反応、電磁気学などの科目から成っており、さらに選択によって他の学科の科目を学修することもできた。原子核工学は、原子核の持ついろいろな特性を人類の福祉のために利用することを目的としたものであって、幅広い科学・技術の上に成り立っているとの認識であり、基礎を重視するカリキュラムの理念は、大きな特色である。発展期においては、教育研究設備も充実し、宇治キャンパスの放射実験室において各種実験装置を用いた教育研究が推進された。原子力利用の発展に伴う職種の多様化も、原子力本来の多様な可能性によるものであり、基礎重視の理念はますます重要になってきている。 ■原子炉実験所(昭和38年4月設置): 研究炉KURを始めとする多くの原子力・放射線設備を擁し、人材育成について極めて重要な貢献をしている。一つは臨界集合体(KUCA)等を用いて行われる実験教育であり、もう一つは全国大学の共同利用研究等を通じて行われる原子力・放射線に関する研究指導である。前者の実験教育、特にKUCAを用いた実験教育は、それを通じて原子炉物理・放射線計測等の原子力工学分野における基礎知識および技術を実践的に体得させることを目的に1週間の合宿形式で、全国の大学院生を対象として昭和50年から行われている。また、実験所の各種設備は、全国大学の共同利用に供され、全国約50の大学から、年間延べ約1500人・日が研究のため来所している。これらの学生の所属は、理学、工学、農学、医学等々の広い分野にわたり、共同利用実験を通じて、直接・間接的に実験所の教員の指導を受けている。原子力が幅広い科学・技術の上に成り立つ総合科学であり、原子力の利用に関する社会の受容性を高める必要があることを考えれば、人材育成に関する貢献は極めて大きい。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	原子核工学は、原子核の持ついろいろな特性を人類の福祉のために利用することを目的としたものであって、幅広い科学・技術の上に成り立っているとの認識であり、基礎を重視するカリキュラムの理念は、ますます重要になっており、実験・実習を含めて基礎となる科目を充実させる必要がある。京都大学においては、他の複数の部局でも原子力や放射線に関する教育研究が行われている。例えば原子炉実験所の教員は、理学、工学、エネルギー科学、農学、医学の5研究科の協力講座を担当しており、大学院生を指導している。また、この中には原子核工学専攻の協力講座を担当する教員が含まれており、原子核工学専攻の教育研究を豊かなものにしている。大学内の部局や大学間の壁を超えた連携協力が必要とされる所以である。
⑥	機関名、著者
	京都大学大学院工学研究科 原子核工学専攻 森山裕丈(もりやま ひろたけ)

『京都大学』2007 年

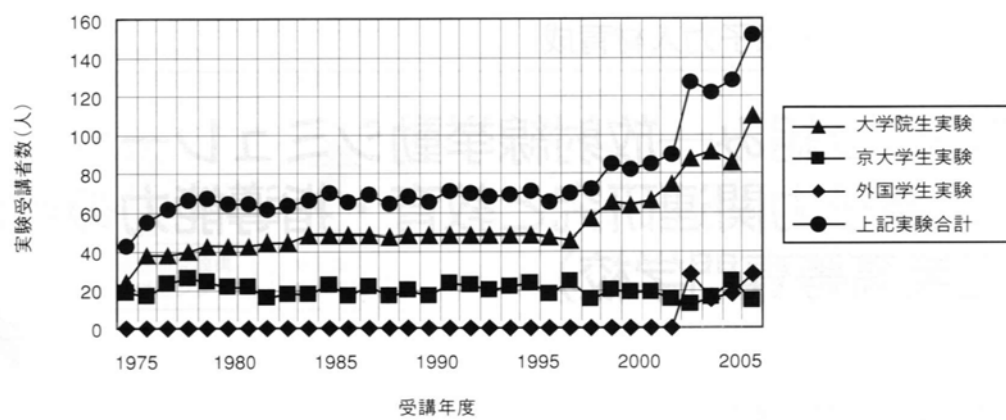
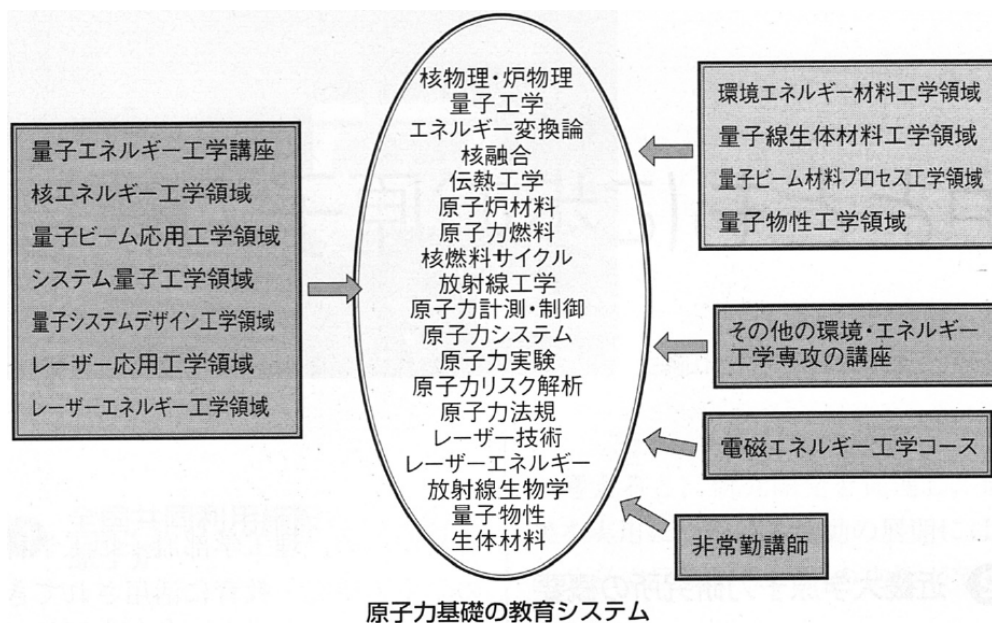


図1 KUCA 実験教育の受講者数

(6)『大阪大学』

①原子力の位置づけと特色ある教育 (2005 年)

①	タイトル名	大学における”原子力教育ルネサンス” -新原子力学全国マップ・展望-
②	資料名、年、巻、号 など	原子力eye 2005 vol.51 No.1
③	調査の視点・概要など(目次など)	原子力の位置づけと特色および教育
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ	■新しい専攻の理念: 大学院ではまず課題の発見と未来志向的な思考を促す教育を施し、専門分野を有することと同時に学際性とマネジメント能力を身につけることを支援する。 博士前期課程の教育においては、6つの分野(共生環境デザイン、保全・共生システム・環境マネジメント、循環型材料・資源システム、共生エネルギーシステム、量子エネルギー)および環境リスク管理の中から、1つの専門分野(修士研究を行う分野)と別に最低1つの副分野を選び、ダブル・メジャーを持つことが期待される教育を行う。博士後期課程の教育においては、それぞれの専門分野をさらに深化させ、国際的に活躍できる研究者の育成を目指す。常に最新のエネルギー・環境問題や課題を発見し対応できる力を養うとともに、学生を問題解決型や特定の地域環境を対象とした実践的研究に参加させることによる教育的効果も狙う。 ■原子力教育・研究: <u>・核エネルギー工学領域:</u>炉物理を基礎として安全性と経済性に優れた軽水炉、高速炉ならびに将来を目指した革新炉の研究を行う。 <u>・量子ビーム応用工学領域:</u>保健物理学、放射線生物学を基礎とし、量子ビームと生体との相互作用、物性診断、生体物質などの加工と分析に関する教育と研究を行う。 <u>・システム量子工学領域:</u>原子力および核融合等の核エネルギー源開発の基礎である、エネルギー変換工学の研究を進める。併せてエネルギー産業の将来を担う人材のための教育と訓練を行う。実験と解析の両方に長じた人材の教育を行う。 <u>・量子システムデザイン工学領域:</u>環境に調和した先進量子エネルギーの研究開発を進めるため、エネルギーシステムの統合デザイン、物理、計測、制御等に関する教育と研究を行う。 <u>・レーザー応用工学領域(協力講座):</u>高性能レーザー材料、新機能光学素子の研究を行い、高出力、超高強度レーザーの開発研究を進める。また、レーザー核融合やレーザープラズマ放射源など高出力レーザーの応用研究を展開する。 <u>・レーザーエネルギー工学領域(協力講座):</u>レーザー核融合の実現を目指し、核融合燃料工学、核融合炉工学、プラズマ診断技術などの研究を推進している。また、レーザー加工、光機能性材料の開発、極端紫外光源開発などレーザーエネルギー応用研究も行っている。 ●教育としては、核物理・量子力学等の基礎学問をはじめとし、原子炉物理・原子炉工学・原子力燃料・材料・核燃料サイクル・原子力計測・制御・原子力実験・核融合等の原子力一般教養も教え、さらには今後、放射線応用として放射線生物学等のカリキュラムも検討中である。
⑤	今後の教育の在り方への提言	将来にわたり人類が直面する最大の課題である環境およびエネルギー・資源の枯渇、劣化に体系的かつ総合的に対処し、地球規模の課題と解決と持続可能な環境の発展のための研究と教育を行う。エネルギー創生と環境共生のそれぞれの分野で開発されてきた技術システムを統合し、そのシナジー効果を発揮することを狙いとして、社会貢献のフロンティアを目指す。
⑥	機関名、著者	大阪大学 武田 敏一 大学院工学研究科 原子力工学専攻長



(7)『九州大学』

①『九州大学』における原子力学教育研究 (2005 年)

①	タイトル名
	大学における”原子力教育ルネサンス” -新原子力学全国マップ・展望-
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2005 vol.51 No.1
③	調査の視点・概要など(目次など)
	九州大学における原子力学教育研究
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■原子力学への取り組み: 原子力学は広い工学分野がかかわる総合工学であることに留意し、九州大学では表1のように、コース制を採用してきた。これにより、全学生に広く基礎工学を履修させるとともに、工学分野(電気、機械、材料)の中で、いずれかに重点を置く3通りのカリキュラムを用意してきた。そして、3つのうちの1つのコースを選択させ、そのうえで全員に原子力学特有の原子炉物理学、放射線計測学、核燃料工学等の科目を履修させる方式を採ってきた。大学院では、応用原子核工学専攻がエネルギー変換工学専攻の3講座とともに、原子力学教育を担当してきた。 ●平成10年以降: エネルギー科学科(学生定員100名)に改組した。表1では、エネルギー量子理工学コースとエネルギー工学コースが原子力学にかかわるが、原子力学としてはエネルギー量子理工学コースの学生が多い。原子力学教育については、改組前に比較して一層基礎教育を重視するカリキュラム編成となっている。大学院では、エネルギー量子工学専攻、先端エネルギー理工学専攻の2つの専攻が原子力学を担当している。学部においては基礎教育重視となったが、大学院修士修了の時点では、原子力に関する意欲・知識・学力が従来の専攻の修了者と同等であり、しかもより広く理工学基礎を有することを目標としている。 原子力学では、放射性同位元素を利用した実験教育や原子炉を利用した炉物理教育が重要であると考えており、その方針は今後も堅持する計画である。現状の学部教育、大学院教育は、表2のような施設または枠組みで行っている。 学科卒業生のうち9割以上が大学院に進学している。原子力学教育を受けた修士修了者は、約1/3が原子力にかかわる企業(または研究所)等に就職している。原子力産業の求人数はあまり変わっておらず、安定な就職先となっている。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	重点的に取り組む代表的な教育研究の課題を表4に示す。加速器ビームと未臨界炉(核分裂炉)を組み合わせたシステム(加速器駆動システム:ADS)をはじめ、加速器ビーム応用がひとつの方向となっている。原子力と環境・安全の係わりは重要であり、この点から次世代の核エネルギーシステムを追求していく。勿論、核融合にかかわる研究は、重要な柱のひとつである。今後の原子力学教育研究では、核分裂炉・核融合炉に関する原子力教育は堅持しつつ、加速器ビーム応用、新形態のエネルギーに関する教育研究も進め、魅力的な原子力学にする方針である。
⑥	機関名、著者
	九州大学 石橋 健二 大学院 工学府エネルギー量子工学専攻教授

表3 新キャンパスにおける原子力学関連施設

コッククロフト加速器実験室、量子線照射分析実験室	理学研究院の原子核実験室（タンデム実験室）と統合し、一体運営。FFAG シンクロトロン加速器を中心とする体制へ
放射性同位元素実験室、トリチウム実験室	九州大学アイソトープ総合センターと一体運営
超高圧電子顕微鏡室	高性能化し、物質系専攻と協力して運営

表4 今後の原子力学教育研究
(エネルギー量子工学専攻、先端エネルギー理工学専攻)

量子ビーム応用	加速器・量子線ビームの学際利用研究 高性能量子線検出器の開発 核反応データベースの整備
核分裂炉・加速器駆動システム・核融合炉	高効率・低環境負荷型原子力システムに関する研究 原子力における環境負荷低減化に関する研究 原子炉核燃料サイクルにおける安全性の研究 次世代核エネルギーシステムの研究 核分裂炉・核融合炉材料システムの研究 ナノテク超顕微科学としての材料研究の推進 核分裂炉・核融合炉システムにおける熱流動特性の研究 先進燃料を用いる核融合炉の研究 核融合炉燃料システムの研究
プラズマ	核融合炉プラズマ制御の研究 プラズマにかかわる物理現象の解明 プラズマ利用化学反応現象の研究
新エネルギー	原子力を利用した水素エネルギーシステム構築の研究

表3 新キャンパスにおける原子力学関連施設

コッククロフト加速器実験室、量子線照射分析実験室	理学研究院の原子核実験室（タンデム実験室）と統合し、一体運営。FFAG シンクロトロン加速器を中心とする体制へ
放射性同位元素実験室、トリチウム実験室	九州大学アイソトープ総合センターと一体運営
超高圧電子顕微鏡室	高性能化し、物質系専攻と協力して運営

表4 今後の原子力学教育研究
(エネルギー量子工学専攻、先端エネルギー理工学専攻)

量子ビーム応用	加速器・量子線ビームの学際利用研究 高性能量子線検出器の開発 核反応データベースの整備
核分裂炉・加速器駆動システム・核融合炉	高効率・低環境負荷型原子力システムに関する研究 原子力における環境負荷低減化に関する研究 原子炉核燃料サイクルにおける安全性の研究 次世代核エネルギーシステムの研究 核分裂炉・核融合炉材料システムの研究 ナノテク超顕微科学としての材料研究の推進 核分裂炉・核融合炉システムにおける熱流動特性の研究 先進燃料を用いる核融合炉の研究 核融合炉燃料システムの研究
プラズマ	核融合炉プラズマ制御の研究 プラズマにかかわる物理現象の解明 プラズマ利用化学反応現象の研究
新エネルギー	原子力を利用した水素エネルギーシステム構築の研究

(8)『東京工業大学』

①『東京工業大学』の原子力教育 過去・現在・未来 (2005 年)

①	タイトル名
	大学における”原子力教育ルネサンス” -新原子力学全国マップ・展望-
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2005 vol.51 No.1
③	調査の視点・概要など(目次など)
	東工大における原子力教育、過去・現在・未来
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■これまでの経緯: 東京工業大学の大学院原子核工学専攻は国立大学としては初めての体系的原子力教育プログラムである。学部ではなく大学院から原子力教育が始まったことは、即戦力を必要とした当時の状況によるものであった。学部学科に原子力を持たず、大学院のみであったため、社会的影響を受けることは比較的少なく、原子核工学専攻の名前で今日まで継続的な原子力教育を行ってきた。原子炉工学研究所というバックボーンがあったことで、工学部全体の意向や工学部内の序列に関係なく、原子炉工学研究所という制度上学部には匹敵する独立の部局の判断で原子力教育を継続することができた。 ■大学院の状況: 東工大原子核工学専攻は1957年に第1期生10名が修士課程を修了して以来、そのほとんどが原子力関係機関に職を得ることが出できた。近年、修士修了者の中で原子力関係に就職する人数の割合は約1/3、原子力関係企業、機関の新卒採用数の減少が大きく影響している。原子核工学専攻国際大学院コースは卒業に必要な単位数を英語の授業で取得できるカリキュラムを作っており、日本語の障壁がなく卒業できるため、多くの留学希望者がある。国際コースの存在は日本人学生にも影響を及ぼし、学生の本専攻志望理由に国際的であると述べる学生も多い。 ■他機関との連携: 東工大は従来から、京大炉の臨界集合体を使った学生実験に参加している。そのほか、日本原子力研究所(原研)と核燃料サイクル開発機構(サイクル機構)には修士課程の学生実験をお願いしている。原子炉工学研究所では研究教育活動を強化するため、研究機関との協力協定を結び協力関係を深めていくこととした。この中で、「サイクル機構連携バックエンド工学講座」が始まっている。 ■COEプログラムと今後: 大学院の教育研究を対象とする文部科学省の「21世紀COEプログラム」に、東工大から提案した「世界の持続的発展を支える革新的原子力」が採択された。このプログラムは個別的技術開発よりも大学院博士課程の教育を充実させること、特に国際的リーダーシップを取れる人材の育成が主眼である。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	原子力を学び、原子力に違和感を持たない知識人が広く各界に広がることもまた、21世紀に原子力が国民合意を得て基幹エネルギーとしての役割を果たすために重要であると認識している。地域に根ざす原子力教育が今後の方向として重要である。また、今後の大学院教育は量より質が重要である。基礎学力の低下した学生を鍛えて世に送る「出口管理」と、「品質保証」が必要である。開発に従事する技術者を養成することを目標とする。また博士課程の教育については従来の研究能力のみでなく、幅広い指導者を作るための教育を目指す方向を模索している。
⑥	機関名、著者
	東京工業大学 藤井 靖彦 原子炉工学研究所教授

②『東京工業大学』個性輝く原子力国際人材育成を目指して（2010年）

①	タイトル名
	グローバル時代に入中で急がれる日本の原子力国際人材の育成強化
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2010 vol.56 No.2
③	調査の視点・概要など(目次など)
	個性輝く原子力国際人材育成を目指して
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	東京工業大学では、原子力核工学専攻において原子力教育を実施(卒業生は1000名以上)。また、原子核工学国際コースが設立され、16カ国の留学生約100名が博士課程及び修士課程を修了。21世紀COEプログラム「世界の持続的発展を支える革新的原子力」国際拠点形成活動を実施し、2008年度からは、大学院教育改革支援プログラム「個性を磨く原子力大学院教育システム」を開始している。 ■東京工業大学における原子力国際人材育成: ●原子力国際人材育成の現状、①IAEA:IAEAのインターンシップ制度を活用して、IAEA本部に学生を派遣(博士課程9名、修士課程4名)。今年度は修士課程学生2名を予定。②WNU:WNUの夏季セミナーに、これまで3名を派遣。③ANENT:ANENTは、IAEAの原子力知識管理活動の一環として、アジアの原子力教育の強化を目的に設立され、現在、12カ国と日本(東工大)が加盟している。④ENEN:ENENは、欧州における高度な原子力教育と知識伝承が目的。欧州18カ国・48大学等が参加している。原子炉物理実験コースや原子力専門分野の教育コースが毎年実施され、本学の原子核工学専攻はAssociated Memberとして加盟。今後、ENEN計画の教育プログラムに原子核工学専攻の大学院学生を、インターンシップとして派遣し、またENEN加盟大学からの留学生受け入れで国際交流を進めることを計画。 ■個性を磨く原子力大学院教育プログラム: 大学院教育改革支援プログラム「個性を磨く原子力大学院教育システム-基本コースワークと研究リテラシーの組織的両輪教育-」を開始した。また、修士課程入学後半年間は、研究室に所属せず「組織的な教育」を行う、「ラボレス」教育を導入(図3)。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	原子力国際人材に求められるのは、①積極的に国際展開できる、②国際機関連携の下、原子力の安全、防災、核廃棄物、核拡散、核テロ等の課題に対し、原子力平和利用が発展するための国際基盤構築に貢献できる、③原子力技術の創出、技術革新の推進に、世界的な先導役となる、という能力である。そのためには、長期的な展望で、産官学の連携の下、「戦略的国際連携」へと発展させての人材育成が重要であり、IAEA、WNU、ENEN、ANENT、海外拠点大学等と「戦略的に連携」し、GNEN(図1)を構築し、科学技術のみならず、哲学や各国の歴史文化を理解し、コミュニケーション力等高い国際力を持った次世代の国際リーダー育成が重要である。
⑥	機関名、著者
	東京工業大学大学院理工学研究科 原子核工学専攻教授 斉藤正樹(さいとう まさき)

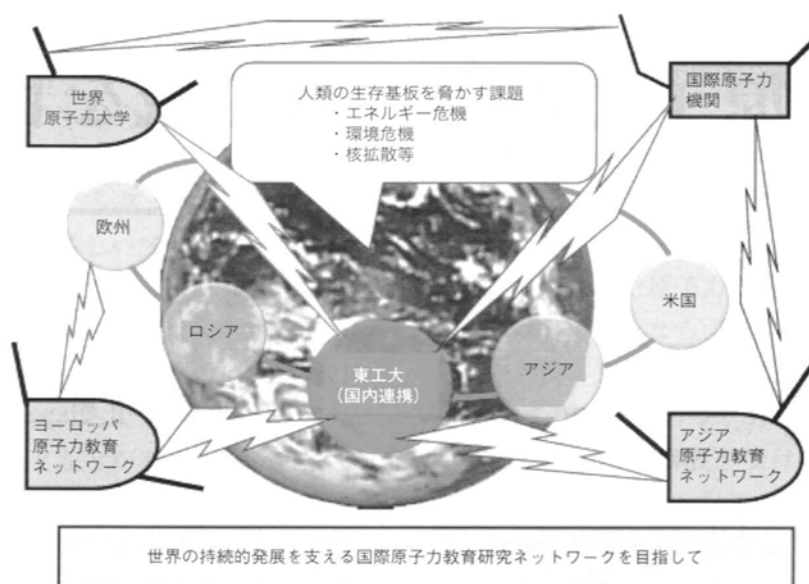


図1 グローバル原子力教育ネットワーク
(GNEN: Global Nuclear Education Network)



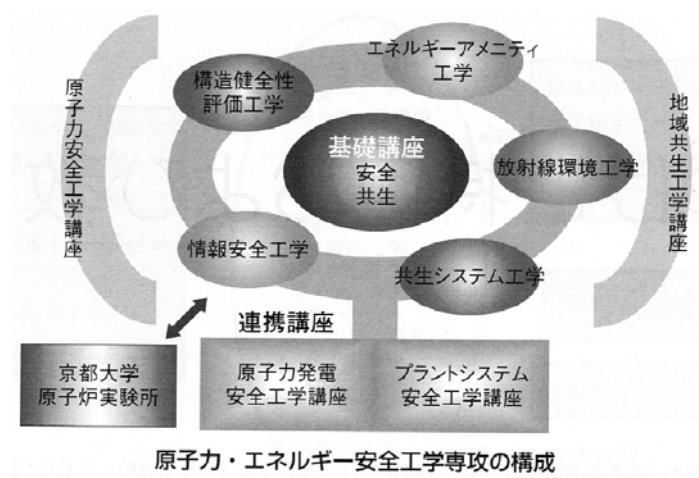
図3 個性を磨く原子力大学院教育プログラム

(9) 福井大学

①原子力・エネルギー安全工学専攻

①	タイトル名
	大学における”原子力教育ルネサンス” -新原子力学全国マップ・展望-
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2005 vol.51 No.1
③	調査の視点・概要など(目次など)
	豊かな原子力社会の構築を目指して -原子力・エネルギー安全工学専攻-
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■専攻の特色: 原子力発電所およびその立地地域における, 安全性の確保, 共生社会システムの模索, 電力ネットワークの安定, 技術移転による地域産業の活性化などの諸課題に関する実践的かつ多面的な研究・教育を行う。これにより, 高い倫理観を持つ高度専門技術者を育成する。本専攻は2つの基幹講座と立地地域に存在する研究所の協力による2つの連携講座により構成されている(図)。 ・幅広い分野を背景とする基幹講座: 基幹講座の教員陣容は, 機械工学, 電気工学, 情報工学, 物理工学, 社会基盤工学を背景とする研究者で構成され, 原子力をめぐるさまざまな問題の教育研究を安全と共生の立場から遂行する。 ・実践的技術を背景とする連携講座: 核燃料サイクル開発機構敦賀本部国際技術センターおよび原子力安全システム研究所の研究者が本専攻客員教員として参加し, 原子力とエネルギーに関する安全工学の実践的かつ総合的な教育研究を推進する。 ・社会人のためのより専門的・総合的な教育センターとしての役割: 企業や地方自治体等に在籍する社会人を積極的に受け入れ, 技術レベルとキャリアパスの向上を支援する。 ・留学生の積極的な受け入れ: 「原子力・エネルギー安全工学」という新しい分野が世界的に進展することに貢献することを目指している。 ■専攻の構成および博士前期課程の教育科目: ・原子力安全工学講座: 原子炉の安全稼働のための技術, 原子力システムの人-機械系としての信頼性と安全性を扱う「構造健全性評価工学分野」と「情報安全工学分野」の2分野で構成される。 ・地域共生工学講座: 電源立地地域の安全で快適な環境の構築を支援するため, 放射線利用技術, 新機能材料の開発, 地域の防災や共生型地域社会の設計を扱う「共生システム工学分野」, 「放射線環境工学分野」, 「エネルギーアメニティ工学分野」の3分野から構成される。 ・原子力発電安全工学講座: 原子力発電における潜在的異常の要因とその予知, 原子力発電の運転継続による機器部材の経年変化と材料劣化機構, および原子力発電所の運転・保守管理の信頼性を確保するための技術支援方策について教育研究を行う。 ・プラントシステム安全工学講座: 高速増殖炉(FBR)の実用化過程で実施されてきた, 研究開発, 機器設備製作, 現地据付施工建設工事および原子力プラントシステムの安全性を確実にするシステム設計, システム計測制御, システム運用法について教育研究を行う。 ・専攻共通科目: 原子力危機管理工学, 原子力・エネルギー法規, 原子核工学, 原子炉工学, 原子力安全工学
⑤	今後の教育の在り方への提言
	地球上の化石資源の枯渇が進行する状況の中で, 資源の再利用と地球環境の保全とを前提とした高度な循環型社会を形成するとき, 原子力技術の日常化はさらに進展する。この際, 施設とその周辺地域の安全性の確保と技術の成果を安心して享受できる環境の構築が重要である。「原子力・エネルギー安全工学専攻」は, 安全と共生という観点から原子力とエネルギーにおける諸課題の教育と研究を進展させる。また, 安全性に関する科学技術的検証, 地域社会との共生方策, 原子力関連技術の民間移転による地域産業の活性化などを進める。
⑥	機関名、著者
	福井大学 福井 卓雄 大学院工学研究科 原子力・エネルギー安全工学専攻教授、専攻長

『福井大学』2005 年



②『福井大学』国際原子力工学研究所を開設（2009 年）

①	タイトル名	
	トピックス	
②	資料名、年、巻、号 など	
	原子力eye 2009 vol.55 No.6	
③	調査の視点・概要など(目次など)	
	福井大学、附属国際原子力工学研究所を開設	
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ	
	■福井大学、附属国際原子力工学研究所を開設： 福井大学は4月1日、附属国際原子力工学研究所を開設した。 所長には竹田敏・大阪大学名誉教授が就任し、顧問に元文部大臣で日本科学技術振興財団理事長の有馬朗人氏と京都大学名誉教授・原子力安全システム研究所顧問の木村逸郎氏が就いた。 福井大学は2011年4月に、工学研究科原子力・エネルギー安全工学専攻に、同研究所の教授陣が担当する「原子力工学特別コース(仮称)」を設ける。また、広域の共同利用・共同研究拠点化を目指す。 同研究所は敦賀市の受け入れ体制が整い次第、現在の福井市文京キャンパスから敦賀市に移転する。	
⑤	今後の教育の在り方への提言	
⑥	機関名、著者	
	福井大学 附属国際原子力工学研究所	

3. 2. 4 『原子力 eye』に見る私立大学における新たな原子力教育への取り組み

(1) 『早稲田大学・東京都市大学』

①共同大学院の設置 (2010 年)

①	タイトル名
	早稲田大学と東京都市大学「共同原子力専攻」をスタート
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2010 vol.56 No.4
③	調査の視点・概要など(目次など)
	共同大学院設置
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■共同大学院設置の趣旨: 原子力発電と新たなエネルギー利用に関わる技術面の研究・開発及び放射線利用としての加速器・放射線応用に従事する人材の育成は、極めて重要性が高く、特に、原子力安全の確保と原子力の実用の進展を切り開く人材の育成は急務である。 ■共同大学院制度の主なポイント: ・組織:全ての構成大学に共同教育課程を実施する専攻等の組織をそれぞれ設置。 ・教育課程:構成大学は、1つの大学が開設する授業科目を、その他の大学の教育課程の一部とみなして、同一内容の共同教育課程を編成。 ・修了要件:学生は各構成大学が開設した授業科目の単位を、それぞれ10単位以上取得。 ・学位:共同大学院の課程を修了した者に構成大学による連名の学位を授与。 ・教員:教員は、いずれかの構成大学に所属。・学生:学生は、入試で合格した大学に属する。 ■共同大学院における教育・研究の特徴: 東京都市大学では、平成20年度に、実験・実習による実務教育を重視した、学部から大学院における一貫教育を目指す。原子力安全工学科には、原子力工学、放射線工学及び原子力政策・耐震の3つのコースに「原子力システム」、「原子力安全」、「放射線応用」、「放射線診断」及び「原子力政策・耐震」のプログラムが用意されている(図1)。 共同大学院では、より専門的な研究教育のために、「核エネルギー」「原子力システム」「原子力安全学」「原子力社会学」「放射線計測」「放射線応用」の6領域の分野(図3)を配して次世代の原子力利用・技術の展開を支える人材育成を目指している。 早稲田大学では、物理・応用物理学、電気・情報生命学科で高品質電子ビーム発生に関する研究と、高品質ビームの高度計測、超高速反応研究への応用、高輝度レーザーとの衝突による高輝度軟X線発生、放射線による高分子材料の機能化研究、高性能燃料電池用電解質膜の開発、高分子の安定化の架橋技術、原子炉計装用電線の寿命評価、高分子絶縁体中誘起電荷の分布計測技術開発、また、総合機械工学科、機械科学・航空学科での熱流動、構造工学、電気・情報生命工学科においては、電力システムやエネルギー伝送で実用展開を支える人材を育成してきた(図2)。 加速器を用いた「加速器理工学」、「原子炉物理」、「原子炉熱流動」、「電気材料」「環境エネルギー」の分野に、東京都市教育システムを融合する事により、原子力エネルギー領域、放射線応用領域を有する共同教育過程(図3)を生み出すことができる。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	実験実習を通じた実務的教育を行うために、日本原子力研究開発機構(JAEA)や外部機関からの協力を得て、原子力運転実習や原子炉特別実験を行う予定である。JAEAとは、原子力に関する基礎的及び応用の研究分野、人材育成及び学術研究活動の実施、人材の交流、研究施設・設備の相互利用に関する包括的な連携協定を結んで、産学官が一体になった教育課程を提供し、即戦力となる人材育成を目指している(図4)
⑥	機関名、著者
	東京都市大学工学部 原子力安全工学科 教授 松本哲夫、 早稲田大学理工学術院 総合研究所 理工学研究所 鷲尾方一



図1 東京都市大学原子力安全工学科の教育

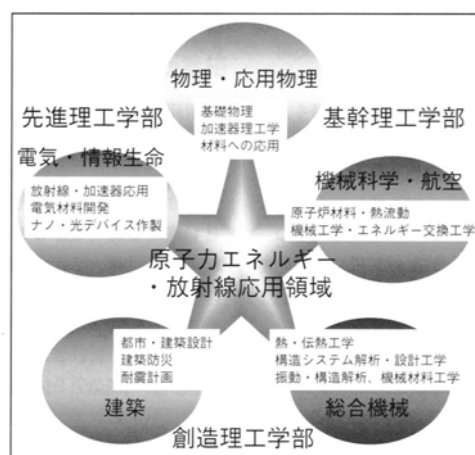


図2 早稲田大学における学部教育

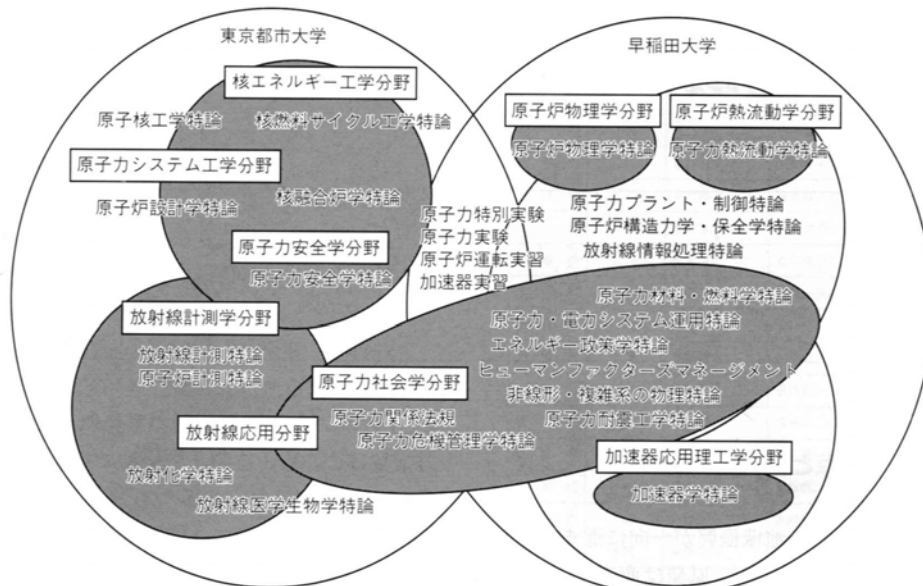


図3 共同原子力専攻の教育研究分野とカリキュラム構成

(2)『芝浦工業大学』

①低炭素革命は追い風か逆風か？ (2009 年)

①	タイトル名	
	知所先後	
②	資料名、年、巻、号 など	
	原子力eye 2009 vol.55 No.10	
③	調査の視点・概要など(目次など)	
	第31回 再生可能エネルギーについて考える ～低炭素革命の追い風か逆風か～	
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ	■世界の地球環境・エネルギー 需給シナリオは？： 2004年以降の原油価格の高騰は一次エネルギーの4割を賄う石油が主役の座からずり落ちるピークオイルと呼ばれる資源枯渇の心配を私たちの文明社会に突きつけています。そこで地球温暖化の元凶と目されている化石燃料に替って二酸化炭素(CO2)をほとんど出さない原子力発電や再生可能エネルギーを使う低炭素社会の実現が世界的な課題となっています。 確かに、地産地消、地域活性化の産業社会作りのために太陽光発電のような再生可能エネルギーの利活用と産業技術イノベーションは時代を先取りする響きは感じさせますが、3Eトリレンマ(Energy security, Economic growth, Environment protection)のトラウマから逃れるためのわが国のエネルギー安全保障が真に担保された戦略なのか、といささか疑わざるを得ません。 ■わが国のエネルギー需給とCO2排出量の実績： 京都議定書の基準年1990年度を見ると、一次エネルギー総供給量は約4.86億toeと1980年に比べ22%も増加。CO₂排出量は約10.56億トン。日米で提案する新しい基準年2005年では、一次エネルギー総供給量は約5.63億toeで、CO₂排出量は約12.12億トンと基準年から14.8 %も増えてしまいました。この状況では京都議定書の約束を守れそうにありません。 わが国の産業が今まで発展してきた原動力の一次エネルギー消費実績を眺めた結論は、京都議定書を守るためには一次エネルギーの消費を15%近く削減させるか、または供給構成を石油・石炭から「天然ガス」や「原子力」に大きく代替えしなければ2005年比15%減の実現が極めて困難であることが推察されるのです。 ■再生可能エネルギーは低炭素社会の救世主？： 再生可能エネルギーの主力の水力および新エネルギー他と区分されるエネルギー源が一次エネルギー総供給に占める割合は、2007年には水力2.9%、新エネ他1.3%で、わが国のエネルギー供給の微々たるシェアを占めるに過ぎません。新エネルギーの利用にはバイオマス熱利用、太陽光熱利用、廃棄物熱利用、雪水熱利用、黒液・廃材熱利用などがあり、2006年の実績では換算868万klと報告され、電気として利用する量の2倍も供給しました。「地熱」(私は地球熱と呼びたい)のさらなる利活用です。2006年度でも地熱の供給量は原油換算98.5万klこのうち76.0万kl(=32.2億kWh)は電力として供給されました。地熱電力供給量は風力や太陽光発電量のいずれをも
⑤	今後の教育の在り方への提言	摂氏100度以下の地中熱水をカスケード方式で熱エネルギーとして上手に利活用する新技術や地下と地表との温度差を利用する地中熱ヒートポンプ熱利用技術は現在農業、林業、畜産業で消費されている化石燃料の代替エネルギーとして、わが国でも喫緊に実用化に取り組むべきでしょう。これこそ地産地消型の低炭素社会を築く優しい分散型エネルギーの使い方ではないでしょうか。私たちは昨年10月から秋田県をモデル地域として秋田産業サポートダーククラブの中に「地球熱の利用ワーキンググループ」を創設し問いかけを始めています。
⑥	機関名、著者	
	芝浦工業大学大学院工学 マネジメント研究科 教授 藤田和男	

(3)『近畿大学』

①近畿大学原子炉と共に歩む原子力教育 (2005 年)

①	タイトル名
	大学における”原子力教育ルネサンス” -新原子力学全国マップ・展望-
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2005 vol.51 No.1
③	調査の視点・概要など(目次など)
	近畿大学原子炉と共に歩む原子力教育
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■近畿大学原子力研究所: 近畿大学の原子力研究所は、原子力に関する研究と教育を目的とする全学共同利用研究所として、1960年4月に設置された。濃縮ウランを燃料とした軽水減速黒鉛反射非均質型熱中性子炉で、構造が理解しやすく、取り扱いも容易なため、理工学部原子炉工学科の学生の研究・教育に活用されてきた。 原子力産業界の低迷と理科離れも一因して、国公立大学の原子力工学科の受験者の減少などから学科編成が進み、本学も理工学部電気電子工学科・エネルギー工学コースとして再出発することとなったが、基礎研究を促進すると同時に、幅広く多様性に富む広義な科学技術を目指す優秀な人材の確保と育成のためには、原子炉を用いた研究・教育はまだまだ不可欠である。極低出力原子炉は、基礎的研究および原子炉教育が実践でき。原子炉訓練運転、燃料要素の炉心への装荷を経た臨界近接実験等、他の高出力炉ではできない特筆すべき実験が遂行できる。 ■全国共同利用施設としての原子炉: 1981年からは大阪大学を窓口として、全国・国公立大学共同利用施設として提供され、全国の原子力研究者2,000名近くが広く活用し、成果を上げている。そしてさらに、原子力教育の裾野を広げるため、1987年より、中・高校教員のための原子炉実験・研修会(3日間コース)を開催しており、現在、修了生は2,500名に至っている。 全国大学共同利用も、中・高校教員のための原子炉実験研修会も対外的貢献度は大で、近畿大学の社会的評価を高める効果は大きく、大学における原子力関係の学科および研究所はより社会との接点が高い。 原子力エネルギーによる安全供給を図るという立場が必要不可欠であることを考えると、研究開発を促進し、成果を実用につなげる活動の展開には、国公立区別のない国の支援が望まれる。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	大学、エネルギー関係企業、小・中・高校、理科教育研究団体、各種団体などの連携組織を作り、エネルギー教育の研究・実践を推進する。体験型エネルギー環境教育とエネルギー教育ネットワークの構築として、エネルギー・環境を広い視野からとらえ、それをものづくり、実験・実習などの実際的な体験を通じて学習できるような方式を創案するとともに、推進する人材の育成を図る。産業界は高度な技術、実践力がある最先端の科学技術理論を求めており、本学の研究活動をベースとする産学の連携・交流により両者が手を結んだ時の「実学」としての実りを期待する。
⑥	機関名、著者
	近畿大学 森嶋 彌重 原子力研究所長

3.2.5 『原子力 eye』に見る高専における新たな原子力教育への取り組み

(1) 『八戸高専』

①放射線挙動シミュレーションを利用した原子力関連研究と教育（2007 年）

①	タイトル名
	待ったなしの原子力人材育成
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2007 vol.53 No.8
③	調査の視点・概要など(目次など)
	高専での取り組み-放射線挙動シミュレーションを利用した 原子力関連研究と教育・指導能力の質的向上(八戸工業高等専門学校)
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■八戸工業高等専門学校について: 5年間の一貫教育により実践的な技術者を育成。現在、本科として、機械工学科、電気情報工学科、物質工学科、建設環境工学科の4つの学科が設置され、平成14年度からは、審査により学士(工学)の学位が授与される専攻科(機械・電気システム工学専攻、物質工学専攻、建設環境工学専攻)も新設され、本科卒業後、2年間を加えた7年一貫の高度技術者教育も行われている。なお、本科4、5年の課程と専攻科を合わせた4年間の課程は、「産業システム工学」プログラムとして、JABEEから認定を受けている。当地、青森県では、新エネルギー分野における先進的プロジェクトが進められ、原子力関係でも、核燃料サイクル施設や原子力発電所の建設・運転、次世代核融合炉の研究開発も予定されるなど、地域的な期待も大きい。本校にも、これらへの貢献が求められており、一昨年には原子力関連の教員を採用、原子力に関する授業科目開講も検討している。今回の原子力教授人材充実プログラムでは、放射線挙動シミュレーションに関する知識と技術を修得することで、放射線遮へいや材料開発などの原子力関連研究、および教育・指導能力の質的向上を目指す(図1)。 ■本プログラムの具体的活動: 本プログラムで利用される、電磁カスケードモンテカルロコードEGS4は、物質中での放射線の挙動を知る計算コードであり、医療分野をはじめ、広く利用されている。 ●研究活動の質の向上 EGS4利用により、材料と放射線の相互作用に関する知見が得られる。教員がEGS4を利用することで、本校の材料研究の原子力分野への展開が期待できる。本プログラムでは、放射線に関する基礎知識を有する教員が、EGS4の改良や普及に取り組む高エネルギー加速器研究機構放射線科学センターから直接指導を受け、シミュレーションに関する知識と技術を修得する。 ●教育・指導能力の向上 教育現場での測定器の整備は十分ではなく、学生個人が主体的に利用・活動することは困難である。一方、PC上で動作するEGS4は、放射線の諸現象を視覚化できる。また、シミュレーションと測定結果の比較、実験困難な現象の理解など、EGS4を利用した放射線教育は非常に有効と思われる。さらに、学生所有のPCへのEGS4インストールにより、自学自習も可能である。また、本プログラムでは、放射線測定器を整備し、EGS4による結果と測定結果を比較できる教材を開発する。また、講義の実施方法も検討し、本校における放射線教育の質的向上をはかる。さらに、外部講師による学習講演会を予定。放射線の
⑤	今後の教育の在り方への提言
	■次年度以降の展開:今回採択された原子力教授人材充実プログラムは、単年度のプログラムではあるが、今年度得られる成果をもとに、次年度以降にも発展させていきたい。放射線挙動シミュレーションを修得した教員は、材料研究に携わる他の教員に対し、EGS4を利用した研究協力や、EGS4の指導に努め、本校における原子力関連研究の推進をはかりたい。また、原子力関連施設立地県にある高専としての地の利を生かしたカリキュラムを検討し、地域の原子力産業で活躍できる人材を育成したいと考えている。
⑥	機関名、著者
	八戸工業高等専門学校 総合科学科講師 濱田栄作(はまだ えいさく)

『八戸工業高等専門学校』2007 年

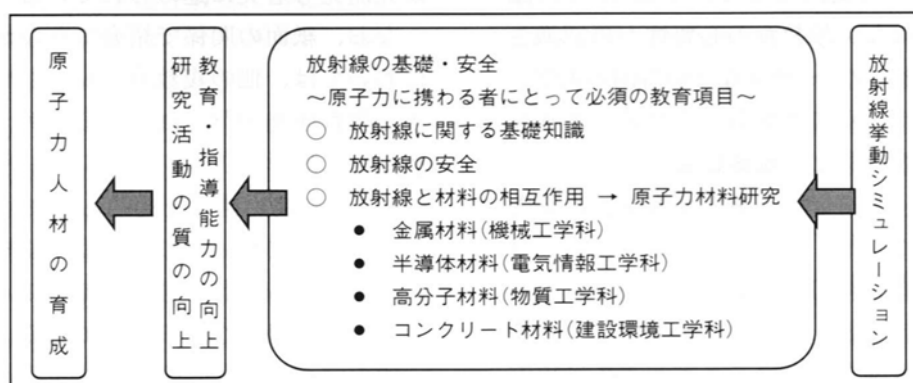


図1 本プログラムの概要

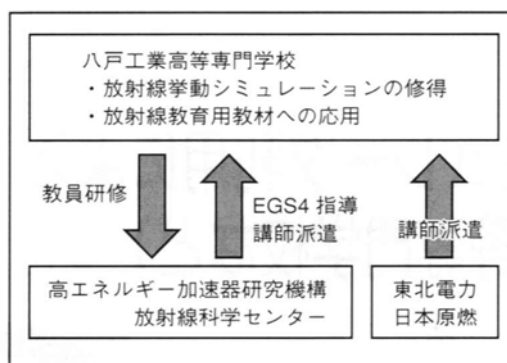


図2 実施体制

(2)『阿南高専』『新居浜高専』『宅間電波高専』

②地域連携でシミュレータ利用による原子力関連講義 (2007 年)

①	タイトル名
	待ったなしの原子力人材育成
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2007 vol.53 No.8
③	調査の視点・概要など(目次など)
	高専での取り組み-地域連携でシミュレータ利用による 原子力関連講義の実施(阿南工業高等専門学校など)
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■高専3校の原子力関連 講義実績: 現在、阿南高専では、電気電子工学科5年生に「原子力工学」の講義を行うとともに、本科の卒業研究や専攻科の特別研究として、PCによる「原子力プラント異常事象教育システム」を開発している。本システムは、学生や新人技術者が原子力プラントの異常事象を容易に自学自習できることを目指している。その研究成果は外部発表され、実用化を目指した改善が続けられている。また、新居浜高専では、電気情報工学科4年生の「電力工学A」の中で、原子力発電の講義を行っている。さらに、詫間電波高専では、本科の卒業研究や専攻科の特別研究として放射線計測の研究を行っている。 ■原子力の実態に即した教育へ: 平成19年度文科省が公募した「原子力研究促進プログラム」に阿南高専、新居浜高専、詫間電波高専が連携して応募し、採択された。 本プログラムの目標は、学生が原子力に関心を抱き、社会でこれらの仕事を担当した場合は円滑にそれを遂行できる能力、また、卒業研究や特別研究において学生が興味を持って上記研究を主体的に遂行できる能力の養成である。そのための教育プロセスを下記に示す。 1)教科書や技術資料による基礎事項の学修。 2)各学生の達成目標に応じて連携した高専が保有するツールを活用して下記学修をする。①阿南高専が保有する原子力プラントシミュレータを用いて運転操作や異常発生時における原子力プラントの挙動を模擬し、原子力プラントの基本構造と機能を学修する。②詫間電波高専が保有する中性子輸送計算コードPHITSを用いて物質内での中性子の反応を学修する。 3)原子力施設を訪問し、見学や研修を行う。 学習効果と立地(近距離)を考慮し、訪問先候補として次のものを選定した。①「原子力発電訓練センター」(福井県敦賀市):PWR発電所の運転員の教育・訓練。②「日本原子力研究開発機構国際原子力情報・研修センター」(福井県敦賀市):FBRの運転員や保守員の教育・訓練。③「放射線医学総合研究所」(千葉県千葉市):原子力の医学への利用(「伊方発電所」と「原子力保安研修所」は学生が既に訪問しており、ここでは省いている)。 4)施設訪問後、直ちに学生にアンケートを実施。 5)施設訪問後、適当な期間を空けて学生は報告書を作成・提出し、教員の評価を受ける。 6)全ての訪問が終了後、適当な期間を空けて報告会を開催、学生は成果を発表し、教員の評価を受ける。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	■高専3校、従来の問題点: 上記活動は原子力人材育成に一定の貢献をしたが、下記の点で不十分であった。 1)座学による講義であるため、学生は教科書等に記載されている基礎的事項を理解することは可能であるが、原子力技術の実態を十分に把握できなかった。 2)四国内に原子力プラントシミュレータや中性子輸送計算コード等原子力技術を深く理解するために有効なツールがあるにもかかわらず、それらを互いに有効活用できなかった。 ●これら問題点に対する具体的な対策として上記プログラムが検討、作成された。
⑥	機関名、著者
	阿南工業高等専門学校 電気電子工学科教授 三木哲志(みき てつし)

『阿南工業高等専門学校』2007 年

表 1 工程表

項目 \ 年 月	H19					H20						
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
1) 訪問スケジュールの確定				↔								
2) 基礎事項の学修					↔							
3) 原子力関連施設の訪問					↔							
4) 報告会の開催									↔			
5) 報告書の作成											↔	

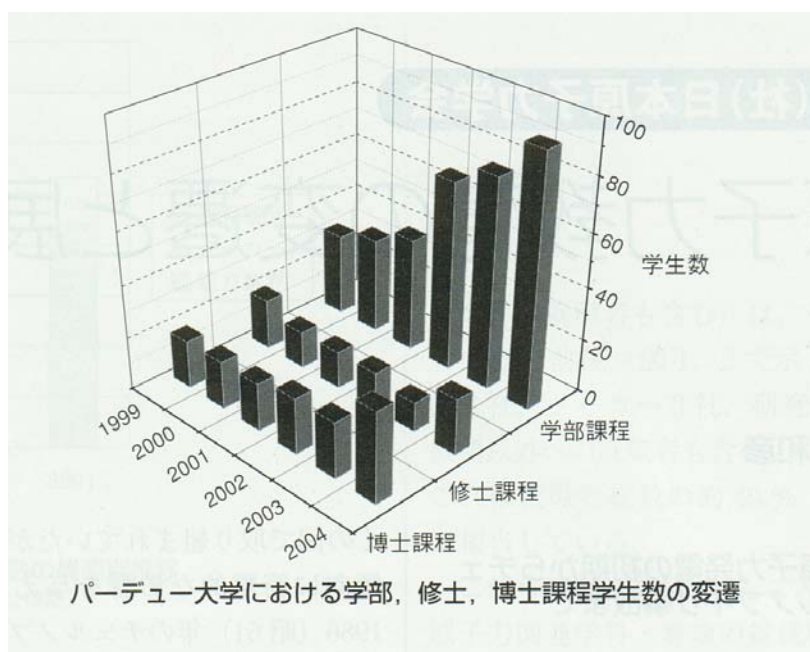
3.2.6 『原子力 eye』に見る米国における新たな原子力教育への取り組み

(1) 『米国エネルギー省』

①米国における原子力教育・研究（2005 年）

①	タイトル名
	大学における”原子力教育ルネサンス” -新原子力学全国マップ・展望-
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2005 vol.51 No.1
③	調査の視点・概要など(目次など)
	アメリカにおける原子力教育・研究 -求人倍率7倍にも-
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■エネルギー問題・人口問題の発生: 石油産出量がピークに達し、政治的・経済的不安の懸念がある。また、人口増加については、今後20年間で20億人の増加が見込まれる。さらに、中国、インド等の開発途上国における工業化に伴う膨大なエネルギー需要が発生する。 ■原子力はこのエネルギー問題を解決できる唯一の既存技術: すなわち、化石燃料時代の終焉、大規模な燃料枯渇問題を解決する唯一の実証された技術。 ●原子カルネサンス: これらを背景に原子力産業、研究、教育は新しい展望をもって、堅調に復活を遂げてきた。第一に、高い安全性と効率の良い発電1.83¢/kw。第二に、温暖化ガスが発生しない。今後、原子力産業界、研究・教育界のすべてにおいて現在の供給能力を超えたマンパワーが必要となる。 ●政府の施策: エネルギー省(DOE)は、大学の原子力工学科を支援するため具体的計画を開始。産業界からの養成と政府の強力な支援の結果、原子力工学科を志望する学生は飛躍的な伸びを示している。パーデュー大学では、過去5年間に学部生が3倍、院生が2倍となった。 ・DOE: 第IV世代原子炉の設計開始⇒高効率原子炉、安全炉の研究の機会を得た。 ・アメリカ原子力規制局NRC: 改良型軽水炉、受動型安全炉の設計許認可開始⇒NRCがパーデュー大学に熱水力安全研究所を設置⇒技術課題に関与している。 ・NASA: 宇宙用原子炉、宇宙原子力ロケット開発⇒微小重力下における混相流研究に関与。 ●新しい研究炉の提案: DOE支援の研究用原子炉の建設検討開始: マルチスケールな物理学、工学に貢献する中性子科学技術センターの建設: 種々の中性子ビームの利用 ・ガン治療設備: マイクロビームの利用、 ・中性子散乱、放射化分析設備: 物質構造の研究、 ・ラジオグラフィー設備: 非破壊検査の実施、 ・超冷中性子設備: 基礎科学、医学分野に貢献。 これらの研究により、ナノテクノロジーをはじめとした多くの科学分野に貢献できる。 ■原子力は、来るべき世界規模のエネルギー問題の解決に重要な役割を果たす。 パーデュー大学原子力工学科は米国における原子力の教育・研究の重要拠点として先導的役割を果たしている。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	政府機関の支援による、原子力産業界、研究・教育界のすべてにおけるマンパワーの増大が必要。 原子力技術の発展に対するDOE, NRC, NASAなどの先導的役割が大切。 これまでの実績を生かした中性子ビームを利用する新しい研究炉の建設により、マルチスケールな物理学、工学、ナノテクノロジーなど、広範囲にわたる科学分野に貢献する。
⑥	機関名、著者
	パーデュー大学、石井 護、原子力工学科教授

『Purdue University』 2005 年



(2) 『カリフォルニア州立大学バークレー校』

①国際的に活躍できる人材育成の条件 (2010 年)

①	タイトル名
	グローバル時代に突入で急がれる日本の原子力国際人材の育成強化
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2010 vol.56 No.2
③	調査の視点・概要など(目次など)
	国際的に活躍できる人材育成の条件
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■海外生活への決断の重み 海外生活を始めるにあたっては、決断を自覚する瞬間があるはずだ。その決心の際には、多くのことが頭をよぎる。若い人ほど決心は容易に見える。しかし滞在が数年を超え、自分も含めて家族がその地に定着し始めると、これらの問いかけはより重いものとなって反撃し始める。会社の命令、自らの意思にかかわらず、ここ数十年の航空機とインターネットの発達により、海外生活に対する精神的バリアが低くなってきたことは、最近シリコンバレーあたりで国境や文化の壁などないかのように活躍している日本人が増えていることを見てもわかる。彼ら・彼女らはここに仕事があり、快適だから暮らす、というスタイルである。 ■10-20年先を見据えて求められる人材の条件 競争はますます激化する。協力より競争、これが、今後10ないし20年の世界の様相である。また、世界的には、核燃料物質などを国際管理しようという傾向にあり、国家間の競争自体がすでに前世紀の遺物となろうとしている。 そのような見通しの中で必要とされる人材とは、 ●「技術的に卓越した知識を持つ」こと。これは異国で仕事をするときの最大の拠り所となる。 ●「社会の需要を把握し、技術的解を提示する」ことも重要だ。技術の中には工学だけでなく、社会的な技術(規制、金融、合意形成など)も含まれる。このように、将来の人材に求められる素養・能力は、ユニバーサルなもので、どこの国の人でも同じであり、大学教育の方向性はまさにこれに一致する。 ■日本における「国際化」の現状 「日本の原子力国際人材」というように特定するのだろうか？ ユニバーサルな人材と日本の求める「国際人材」は違うのか？この文脈における「国際」は文字通りインターナショナルを意味しており、日本を基点としていずれは日本に回帰する、利害関係を国家対国家でとらえる、という意味を含んでいるようだ。そして、日本においては、ユニバーシティであるはずの大学でも国籍は時に個人の能力よりも重要視される。企業についても同様で、一見多国籍化しているが実態は日本企業という運営を続けている。自らがユニバーサルでないのに、若者に向かって、ユニバーサルになれ、というのは深刻な自己矛盾である。 ●シリコンバレーで活躍する日本人は各分野においてこのようなユニバーサルな人材だ。既に原子力以外の業界ではそのようなユニバーサルな人材が各地で活躍している。ユニバーサル化により、国益を守れなくなるかと心配されるかも知れないが、ユニバーシティとアイデンティティは相反するようにみえて、むしろ深い部分でお互い補強しあうものである。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	●日本の原子力業界もインターナショナルな国際性を指向する20世紀的メンタリティを捨てて、ユニバーサルな人材を求めなくてはいけない。また、大学はそのような教育プログラムを用意しなくてはならない。ユニバーサルな人材が必要であれば日本人に限る必要はなく、日本人の「国際化」を待たずして、今すぐにも人材は調達できる。ユニバーサルという意味での「国際化」を最も緊急に施さねばならないのは、大学であり、企業である。大学や職場がユニバーサル化をしていけば、若者は自国にいながらにして国際的環境のもとで訓練され、実際異国での仕事に今ほどのハードルを感じないだろう。他分野には、アイデンティティを持った若いユニバーサルな人材がすでに大勢活躍している。原子力業界にも期待したい。
⑥	機関名、著者
	カリフォルニア大バークレー校 教授 安 俊弘(アン ジュンホン)

3.2.7 『原子力eye』に見る「日本原子力学会」による原子力教育支援

(1) 原子力教育の変遷と展望 (2005 年)

①	タイトル名
	大学における“原子力教育ルネサンス” -新原子力学全国マップ・展望-
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2005 vol.51 No.1
③	調査の視点・概要など(目次など)
	原子力教育の変遷と展望
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■原子力発電の初期からチェルノブイリ事故まで: 1970年から80年代にかけて原子力工学の学部あるいは大学院の卒業生たちは、原子力産業界からの人材要求にこたえて、原子力産業界に就職。この時期の学部の原子力教育のカリキュラムは原子力発電に関係する技術者、研究者の育成を主として、原子炉理論、放射線、原子力材料など原子力分野特有の科目を核としたものであった。 ■バブルの崩壊と技術継承の不連続: 原子力産業界では新規の建設がなくなり、求人数は激減した。この間、原子力産業の発展を中心的に担ってきた豊富な知識や経験を有する人材の高齢化と共に、若い世代への技術継承が十分になされてこなかったことが、原子力分野における人材育成の本質的な課題である。 ■原子力技術者の需要と供給: 図1, 2, 表1に示すように、原子力関連学科・専攻の総就職者数約400名に対し、採用者数はその1割強にとどまっている。卒業生の約75%は原子力関係分野への就職を希望しているというデータがあり、原子力分野からの求人の少なさが浮き彫りとなっている。 ■大学における原子力教育の現状: 大学の学部レベルにおいては、「原子力」という名称を冠した学科がなくなりつつあった。この状況を表2に示す。原子力発電に関する講義は減少し、工学基礎科目、環境・エネルギー関連科目、量子ビーム・放射線利用などに関する講義が増えている。大学院においても、原子力工学を、量子・ビーム科学、システム工学、放射線利用、核融合、シミュレーションなどを包含する広い学問領域として捉える傾向が強くなっており、原子力発電に直接関連する教育・研究は希薄化している。 ■原子力学教育の展望: 大学の学部では原子力発電に直接関連する教育・研究が以前に比べ行われなくなった。しかし、学部においては工学基礎科目を中心に学び、専門科目は主に大学院でという工学教育全体の変革の流れがあり、これが学生の就職および企業の採用の自由度を増している面もある。産業界は原子力部門に就職する卒業生に対し、基礎学力の確実な修得・養成、原子力専門科目以外の幅広い教養、また柔軟な発想、論理的思考力、チャレンジ精神、問題解決能力などを求めている。大学教育のこのような質的变化によって、大学の卒業生に多くの原子力工学、特に原子力発電に関する専門的知識を期待することは困難になりつつあり、社会人に対する原子力教育がより重要となってくる。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	大学教育においては、これまで、主に原子力発電関係の技術者、研究者養成が求められていたが、現在は幅広い知識と応用力を備えた若い人材の育成と、社会人の原子力学教育とが大学に求められている。このような状況を踏まえて、2004年度(平成16年度)には福井大学に「原子力・エネルギー安全工学専攻」、茨城大学には「応用粒子線科学専攻」が設置されたほか、2005年度(平成17年度)には東京大学に原子力専攻(専門職大学院)と原子力国際専攻が設置される。
⑥	機関名、著者
	(社)日本原子力学会、工藤 和彦、原子力教育・研究特別専門委員会主査、九州大学大学院教授

『日本原子力学会』原子力部門への人材採用（2005 年）

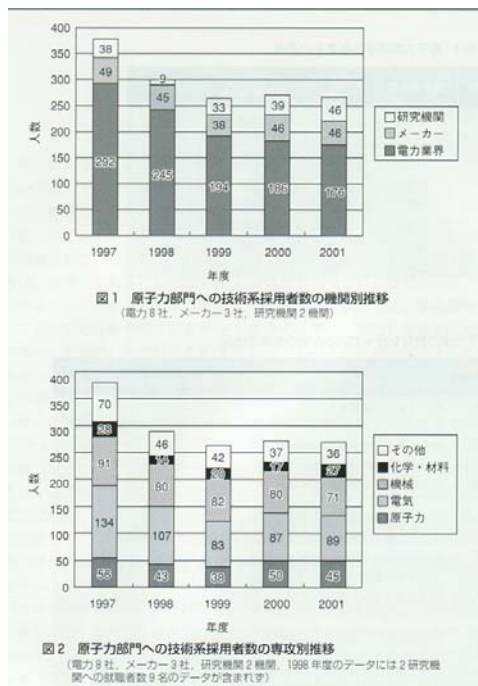


表1 原子力関係学科卒業生の進路

年 度	卒業生総数	進学者総数	就職者総数 (a)	原子力分野就職者数 (b)	b/a (%)
1987	719	278	441	169	38
1990	726	254	472	160	34
1997	689	321	368	175	48
1998	780	362	418	163	39
1999	756	340	416	153	37
2000	812	379	433	159	37
2001	815	385	430	129	30
2002	578	286	292	129	44

表2 原子力学の教育を行っている大学の学部状況

大学	学部	設置時の学科の名称 (設置時期)	現学科の名称 (変更時期)	1学年 学生定員
北海道大学	工学部	原子工学科 (昭42)	原子工学科 (変更なし)	40
東北大学	工学部	原子核工学科 (昭37)	量子エネルギー工学科 (平8)	35
筑波大学	工学システム 学類	変換工学専攻 (昭52)*1	エネルギー工学専攻 (平10)	約35
東京大学	工学部	原子力工学科 (昭35)	システム創成学科 [環境・エネルギーシステム、シミュレーションおよび生体・情報システムの3コース]*2 (平12)	40
東京商船大学	商船学部	機関学科 (昭37)*2	商船システム工学課程 [原子力機関工学科目、原子力システム工学科目]*2 (平2)	35
武蔵工業大学	工学部	エネルギー基礎工学科 (平9)	環境エネルギー工学科 (平15)	50
東海大学	工学部	応用理学科原子力 工学専攻 (昭31)	応用理学科 [エネルギー工学専攻]*2 (平13)	60
名古屋大学	工学部	原子核工学科 (昭41)	物理工学科 [量子エネルギー工学コース]*2 (平5)	約45
京都大学	工学部	原子核工学科 (昭33)	物理工学科 [エネルギー理工学コース原子核工学サブコース]*2 (平6)	20
大阪大学	工学部	原子力工学科 (昭37)	電子情報エネルギー工学科 [原子力工学科目]*2 (平8) [エネルギー量子工学科目] (平15)	40
近畿大学	理工学部	原子炉工学科 (昭36)	電気電子工学科 (平14) [エネルギー工学コース]	200
神戸商船大学	商船学部	原子動力学科 (昭47)	神戸大学海事科学部マリンエンジニアリング課程 (平16)	60
九州大学	工学部	応用原子核工学科 (昭42)	エネルギー科学科 (平10)	100

(2)『日本原子力学会』による原子力人材育成への取組み (2007 年)

①	タイトル名
	待ったなしの原子力人材育成
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2007 vol.53 No.8
③	調査の視点・概要など(目次など)
	原子力人材育成への原子力学会の取組み
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	平成18年11月に原産協会に、産・官・学が初めて一堂に会する「原子力人材育成の在り方研究会」が設置され、教育委員会は大学の代表として提言を行ってきた。 ■原子力分野の教育・研究環境の現状と課題: ●教育 昨今では、原子力分野への進学希望者の減少と学力の低下がみられ、各大学では学科・専攻の大括り化による原子力学科、専攻の消滅もみられる。本来一体であるはずの教育と研究にも乖離がみられ(原子力系教員が他分野の研究を行う例等)、原子力の体系的な専門教育が困難になってきている。 ●研究 国の原子力分野への予算減少から、老朽化した研究設備の維持、更新の予算がつかず原子力を支える基盤的研究が困難となっており、講座がなくなったものもある。 ■教育委員会の活動: ①原子力人材育成活動調査(国内)、②原子力人材育成活動調査(国外)、③新人技術者支援(リーフレット作成)、④原子力人材育成への提言。①項の国内調査の過程で、これまでの原子力人材育成に関する検討、提言が適切なものであると確認する一方、産・官・学一体の取組みの必要性が感じられた。これを受けて平成19年度から「原子力人材育成関係者協議会(仮称)」が設置された。 ●原子力学会の提言内容(多くが平成19年度の原子力人材育成プログラムに反映された) ①人への支援(優秀な学生が集まる仕組み作りが最重要)、まずは学生、引率教員を含めた人への支援(旅費、奨学金、学費)について、検討する必要がある。②カリキュラムへの支援、体系的な原子力専門教育を可能とするため、コアカリキュラムの選定や教科書、教材の作成への支援を検討する(すでに提案されている「横断型原子力工学コース」の構築等も有効)。そのほか、一般市民や小・中・高校生に向けた、社会科学的な教育も必要であるから、原発立地地域に根ざした教育プログラムの推進支援も必要。③研究への支援(研究の活性化、研究が継続できる枠組み作り)、一つの研究課題について、複数の研究グループが異なるアプローチにより成果を競いながら取り組む。そして、原子力の基礎的、基盤的研究が継続できる枠組みが必要。研究の継続性を考えるならば小講座で運営することが一つの選択肢。短期間で成果の出難い、基礎研究の分野では、資金の継続性や成果の出ない中での教員評価の在り方等を検討する必要がある。④設備運営への支援、設備維持の支援(維持費、技術スタッフの充実、廃棄物の処理)、利用しやすい全国的な共同利用研究設備の機能強化が重要になる。⑤「原子力人材育成プログラム」以外の提案、原子力人材育成の総合推進機能を学会に常設し、人事育成に関する諸
⑤	今後の教育の在り方への提言
	■「アイコンの模索」が産・官・学の連携の下に検討されること 原子力が今後とも総合工学を標榜するのであれば、工学—エネルギー—原子力という階層を超え、まずは工学として優秀な若者を惹きつける活動の中核を担う必要がある。このためには精神的な象徴(アイコン)が必要(危険であってもボランティア活動のため、海外に赴任する若者がいる。これは「ボランティア」という確固とした精神的なアイコンがあつてこそである)。
⑥	機関名、著者
	日本原子力学会教育委員会委員長 (福井大学大学院工学研究科原子力・エネルギー安全工学専攻教授) 飯井俊行(めしい としゆき)

『日本原子力学会』2007年

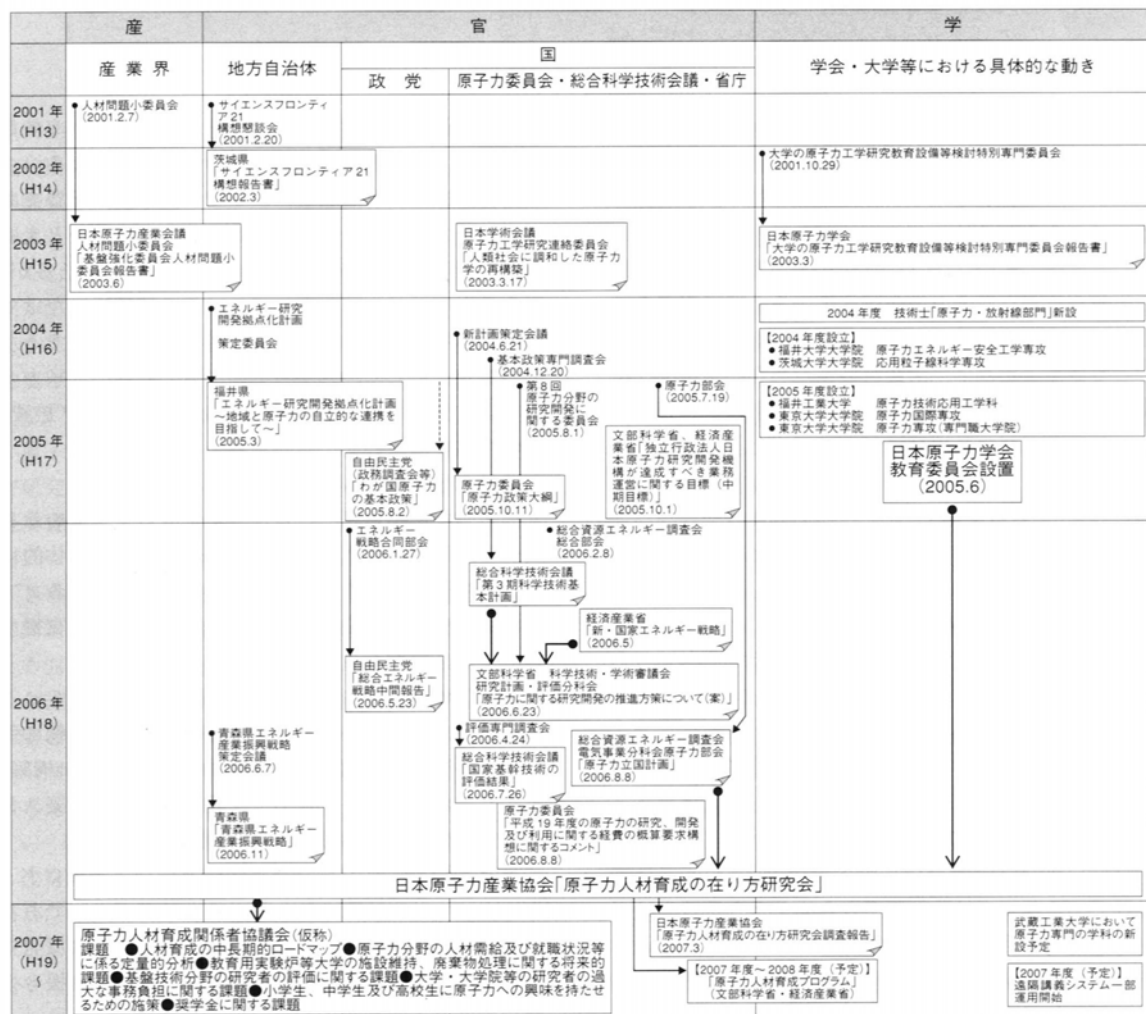


図1 原子力人材育成への取り組み状況¹⁾

3.3 国の原子力人材教育に関する課題認識

本項では、国の原子力人材教育に関する課題認識を把握するため、原子力専門誌『原子力 eye』に投稿された論文や記事の内容について整理した。以下に抽出した要点を示す。

[最近のアジア経済の急進展による日本の原子力協力・国際貢献]

人材養成では、20 年前に文科省が「原子力研究交流制度」を開始している。この制度は、毎年 70 人くらいの原子力研究技術者を日本に招聘し、各国から高く評価されている。こうした人的ネットワークを強め、日本との相互理解と協力を深める必要性から、原子力委員会はアジア原子力協力フォーラム(FNCA)を推進している。

とくに生活に役立つ放射線利用は、アジアの途上国にとって非常に重要な分野であり、国は、文科省を中心に、積極的なアジア地域協力に取り組んでいる。

[原子力機器輸出を含む国際展開]

- ・ 原子力プラントを安全に運転するためには、技術協力やさまざまな事例の国際的な情報共有などの幅広い協力が必要ある。そのためには、日本のこれまでの蓄積を、さまざまな国に移転・協力をしていくことが重要となる。
- ・ また、原子力関係産業の基盤を維持し、国際競争力を保っていくためには、国際的にビジネスを展開していくことが非常に重要である。

[アジア国際原子力大学構想]

文科省の役割としては、現地の人々の人材養成のために、できる限り協力するということが非常に大事であると考えている。そのためには、

- ・ 原子力技術をしっかりマスターしてもらうためにアジアの国々の人材養成に協力する。
- ・ 結果として、原子力の基盤を整え、日本の産業が現地に出ていく、すなわち原子力輸出ができるための必要条件の 1 つになる。

「原子力研究交流制度」により、アジアからの研究者・技術者を、これまでに 1,500 人以上受け入れているが、今後は、とくに東大の「大学院原子力専門職コース」と日本原子力研究開発機構がタイアップして総合力を発揮して人材養成しようと計画している。

[大学・高等専門学校における原子力教育の経緯と現状の課題認識]

わが国初の原子力専門学科が、1956(昭和 59)年に東海大学工学部に設置されて以来、昭和 30~40 年代にかけて各大学に続々と学科が設置された。しかし、それもやがて研究対象・就職先としての魅力の低下や大学院重点化等の政策を受けて、平成には激減(表 2)、「原子力学科」の卒業生も往時の半数となった。但し、福井工業大学等、原子力立地を中心とした学科新設は、近年の新しい動きとして注視すべきものである。現在は、原子力を専門的・体系的にではなく、環境やエネルギー等の分野の一部として教える大学が増えており、そ

の意味で何らかの原子力教育を受けたといえる学生自体は減少していないが、原子力教育の希薄化が見られる。更に、プラントの開発・建設・運営に不可欠な原子力工学以外の基盤分野は、極めて地味なことから、他の先端分野への研究者の移行により、研究者の厚みの低下や大学での知見蓄積の希薄化が懸念されている。また、現場の高い期待に反して、原子力の授業を行っている高等専門学校は極めて少ないのが現状である。

[国の支援による原子力人材育成プログラムの創設]

単に専門学科を増やすより、原子力専門教育の再充実による学生の質的向上が重要と考える。原子力産業が必要とする原子力工学以外の基盤技術の研究を奨励すると共に、それら分野の学生の将来の選択肢として、原子力を考えてもらうきっかけを充実させる。また、原子力人材育成には、技術者として専門教育がなされている高等専門学校にも注目すべきである。

このような認識に立ち、文科省・経産省は連携して、平成 19 年度より「原子力人材育成プログラム」を開始した。プログラムの各公募事業として、文科省では、①原子力研究促進プログラム、②原子力研究基盤整備プログラム、③原子力教授人材充実プログラム、経産省では、④原子力教育支援プログラム、⑤チャレンジ原子力体感プログラム、⑥原子力の基盤技術分野強化プログラム、がある。

また、文科省では、別途、原子力工学科において共通に使用すべきコアカリキュラム・教材の調査開発を、日本原子力学会に委託した。

(1) 『自民党・経産省・外務省・文科省・原子力委員会』(2005 年)

①	タイトル名	
	原子力の中長期展望を語る -日本政府は今-	
②	資料名、年、巻、号 など	
	原子力eye 2005 vol.51 No.6	
③	調査の視点・概要など(目次など)	
	アジア経済の急発展と日本の原子力 我が国原子力の海外発展、人材育成・教育で積極協力を	
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ	
	■最近のアジア経済の急進展による今後の国際エネルギー情勢の構造変革, その中における日本の原子力協力・国際貢献: 原子力委員会はアジア原子力協力フォーラム(FNCA)を推進しており, 日本の果たすリーダーシップが必要だと思います。生活に役立つ放射線利用は、アジアの途上国にとって非常に重要な分野です。日本は文科省を中心に積極的に、このような分野でアジア地域協力に取り組んでいるところです。「アジアの持続的発展における原子力エネルギーの役割」というテーマもスタートし、原子力発電も大事なテーマとして加わってきています。もう1つ、大事なものは人材養成への協力です。原子力の人材養成を地域協力としてやっていく方法として「アジア原子力大学」の設置が提案されました。人材養成では、20年前に、文科省が「原子力研究交流制度」を開始しました。この制度で毎年70人ぐらいの原子力研究技術者を日本に招聘、各国から非常に高く評価されております。このような人的なネットワークを強め、日本との相互理解と協力を深める必要があります。 ■原子力機器輸出を含む国際展開: 第1に、安全に運転するための技術協力やいろいろな事例の国際的な情報共有などの幅広い協力が必要です。そのために、日本の今までの蓄積を、さまざまな国に移転・協力をしていくことが重要になります。 第2に、原子力関係産業の基盤を維持し、かつ、国際競争力を保っていくためには、国際的にビジネスを展開していくことが非常に重要だと思っています。 ■アジア国際原子力大学構想, アジアでの今後の教育・研究開発協力, 国際連携: 安全運転を的確にやれるような能力をつけるために、文部科学省の役割としては、現地の人々の、人材養成のためにできる限り協力するということが非常に大事だと考えます。 第1に、原子力技術をしっかりマスターしてもらうためにアジアの国々の人材養成に協力する。 第2に、結果として原子力の基盤を整える。それが日本の産業が現地に出ていく、原子力輸出ができるための必要条件の1つになる。 人材の養成については、原子力研究交流制度により、アジアからの研究者、技術者をこれまでに1,500人以上受け入れている。また、昨年から茨城大学、福井大学で大学院の原子力コースができました。東京大学が原子力の専門職大学院を開設しました。特に、東大の大学院原子力専門職コースと日本原子力研究開発機構がタイアップして、総合力を発揮して人材養成しようと計画しています。	
⑤	今後の教育の在り方への提言	
	原子力の技術、放射線治療の方法、これらの技術を使うのは、原子力研究所の人ではなくて、病院であったり、あるいは農家であったりするわけです。そうすると、各国の原子力研究所がFNCAの下で共同して研究開発してきた技術をいかに実際のユーザーにトランスファーしていくかということが重要ですが、各国とも技術のユーザーと原子力研究所の間にはギャップもあるわけです。今後の課題は各国で、国際協力の成果をユーザーが役立たせるために連携して努力することです。	
⑥	機関名、著者	
	与謝野馨: 自民党政談会長、衆議院議員、 小平信因: 経済産業省資源エネルギー庁長官 町 末男: 原子力委員、 天野之弥: 外務省大使、軍縮不拡散・科学部長 坂田東一氏: 文部科学省研究開発局長	

(2)『文科省・経産省』2007 年

①	タイトル名
	待ったなしの原子力人材育成
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2007 vol.53 No.8
③	調査の視点・概要など(目次など)
	大学等における原子力分野の人材育成について
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■大学・高等専門学校における原子力教育の経緯と現状: わが国初の原子力専門学科が1956(昭和30)年に東海大学工学部に設置されて以来、昭和30～40年代にかけて各大学に続々と学科が設置されたが(表1)、それもやがて研究対象・就職先としての魅力低下や、大学院重点化等の政策を受けて、平成期には激減(表2)、「原子力学科」の卒業生も往時の半数となった(グラフ1)。但し、福井工業大学等、原子力立地を中心とした学科新設は、近年の新しい動きとして注視すべき。現在は、原子力を専門的・体系的ではなく、環境やエネルギー等の分野の一部として教える大学が増えており、その意味で何らかの原子力教育を受けたといえる学生自体は減少していないが、原子力教育の希薄化が見られる。更に、プラントの開発・建設・運営に不可欠な原子力工学以外の基盤分野は、極めて地味なことから、他の先端分野への研究者の移行により、研究者の厚みの低下や大学での知見蓄積の希薄化が懸念されている。また、現場の高い期待に反して、原子力の授業を行っている高等専門学校は極めて少ないのが現状である。 ■原子力人材育成プログラムの創設: 単に専門学科を増やすより、原子力専門教育の再充実による学生の質的向上が重要と考える。原子力産業が必要とする原子力工学以外の基盤技術の研究を奨励すると共に、それら分野の学生の将来の選択肢として、原子力を考えてもらうきっかけを充実させる。また、原子力人材育成には、技術者として専門教育がなされている高等専門学校にも注目すべきである。このような認識に立ち、文科省・経産省は連携して、平成19年度より「原子力人材育成プログラム」を開始した。プログラムの各公募事業として、文科省では、①原子力研究促進プログラム、②原子力研究基盤整備プログラム、③原子力教授人材充実プログラム、経産省では、④原子力教育支援プログラム、⑤チャレンジ原子力体感プログラム、⑥原子力の基盤技術分野強化プログラム、がある。また、文科省では、別途、原子力工学科において共通に使用すべきコアカリキュラム・教材の調査開発を、日本原子力学会に委託した。 ■平成19年度人材育成プログラムの採択結果: 今回の「原子力人材育成プログラム」募集にあたっては、予想を超えた幅広い応募があり、原子力の研究・教育強化に向けた起爆剤として期待を高めつつあるところであり、少なくとも学内においては関心の低い存在であった原子力関係学科に波風を与えたという意味で有意義であった。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	原子力関係への進学・就職に関する興味関心を育むため、小・中・高等学校段階からの教育が重要である。原子力の推進を支える基盤となるのはやはり人材である。原子力を国策として進めていく以上、市場原理ではうまくいかない部分を政策として底上げしていかなければならない。今回のプログラムはあくまでも一時的な呼び水であり、最終的には、原子力関係学科が各機関の中で自立し、一本立ちできるかが問われていくことになる。
⑥	機関名、著者
	文部科学省研究開発局 原子力計画課 経済産業省エネルギー庁 電力・ガス事業部原子力政策課

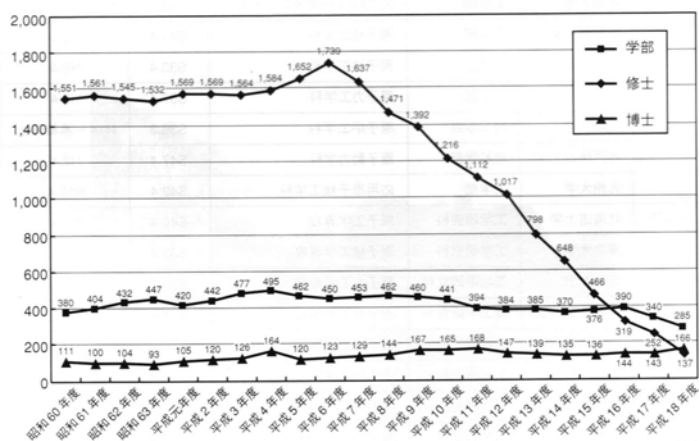
『文科省・経産省』2007 年

表1 昭和59年度の原子力関係学科・学部

	学校名			設置	廃止・改組・改称
学部	北海道大学	工学部	原子工学科	S42.4	H8.4
	東北大学	工学部	原子核工学科	S37.4	H8.4
	東京大学	工学部	原子力工学科	S35.4	H5.4
	東海大学	工学部	応用理学科原子力工学専攻	S31.4	H13～募集停止
	名古屋大学	工学部	原子核工学科	S41.4	H9.4
	京都大学	工学部	原子核工学科	S33.4	H6.4
	大阪大学	工学部	原子力工学科	S37.4	H8.4
	近畿大学	理工学部	原子炉工学科	S36.3	H14～募集停止
	神戸商船大学	商船学部	原子動力学科	S47.4	H2.4
	九州大学	工学部	応用原子核工学科	S42.4	H10.4
大学院	北海道大学	工学研究科	原子工学専攻	S46.4	H8.4
	東北大学	工学研究科	原子核工学専攻	S33.4	H8.4
	東京大学	工学系研究科	原子力工学専攻	S39.4	H5.4
	東京工業大学	理工学研究科	原子核工学専攻	S32.4	
	武蔵工業大学	工学研究科	原子力工学専攻	S56.4	H14.4
	名古屋大学	工学研究科	原子核工学専攻	S45.4	H16.4
	京都大学	工学研究科	原子核工学専攻	S32.4	
	大阪大学	工学研究科	原子力工学専攻	S32.4	H17.4
	九州大学	工学研究科	応用原子核工学専攻	S46.4	H10.4

表2 平成18年度の原子力関係学科・学部

	学校名			設置
学 部	福井工業大学	工学部	原子力技術応用工学科	H17.4
大学院	東京大学	工学研究科	原子力国際専攻	H17.4
			原子力専攻(専門職大学院)	H17.4
	福井大学	工学研究科	原子力・エネルギー安全工学専攻	H16.4
	京都大学	工学研究科	原子核工学科	S32.4
	東京工業大学	理工学研究科	原子核工学専攻	S32.4
	茨城大学	理工学研究科	応用粒子線科学専攻	H16.4
	総合研究大学院大学	物理科学研究科	核融合科学専攻	H4.4
		高エネルギー加速器科学研究科	素粒子原子核専攻	H11.4



※文部科学省「学校基本調査」の「原子力工学課程」「原子力理学課程」在学生の合計
 グラフ1 原子力関係学科・専攻の在学生数の推移

(3)『経産省－原子力安全・保安院』2007 年

①	タイトル名
	待ったなしの原子力人材育成
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2007 vol.53 No.8
③	調査の視点・概要など(目次など)
	原子力安全規制分野における人材確保の現状と課題
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■保安院及び安全基盤機構の人材について: ●現状 保安院の職員については、基本的には、原子力安全規制行政について一定の経験を有し規制制度・手法等に明るいプロパー職員と産業界からの中途採用者を中心とした原子力技術について高い専門性を有する職員により構成されている。保安院では今後数年間に産業界からの中途採用者等を中心に全体の2割程度にあたる人数が定年退職を迎えると見込まれる。原子力安全規制等を担う原子力技術専門家、現場技術者等級職能力の維持確保が喫緊の課題である。 ●今後の対応 当面、引き続き産泉がからの中途採用による人材確保等とともに、中長期的にはこれに加え新規採用と研修制度の拡充による職員の育成強化が対応の基本的な方向である。新規採用の基本的な考え方は、基礎基盤分野についての一定の専門性と工学的素養を有していること、また、採用者全体として専門分野の偏りがないように配慮している。保安院での人材育成に関し、研修マネジメントシステムの構築、研修プログラムの策定、研修拠点の整備について、具体的な取り組みを検討している。 ■外部専門家等の人材について: ●現状 原子力安全・保安部会等においては原子力安全規制制度、事故故障等個別案件について技術的・専門的な観点から意見を頂くため、原子力の基礎基盤技術分野や特定技術分野の専門家、人文社会科学の専門家、メディア・消費者代我等に委員を委嘱している。現在、236名の委員に御指導をいただいている。外部専門家等人材の現状と課題を整理すると、①全体として60歳以上がほぼ半数弱にあたる。分野別では、機械工学、土木・建築工学、原子力システム・原子力安全工学、放射線応用・放射線安全工学、耐震の分野では年齢層が高くなっている。②今後の原子力安全規制行政ニーズを踏まえると、炉心・燃料、原子力保全工学、人文社会科学等分野、或いはサイクル分野の専門家の増加が期待される。 ●今後の対応 大学、大学院等での教育、研究活動を通じた専門家人材の育成が期待される。特定技術分野の専門家は研究開発を通じ育成されることから、大学・大学院、研究機関等の役割を踏まえつつ安全研究を通じた人材育成支援を強化することを検討していくことが必要である。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	審議すべき3点は、①保安管理部門の人材育成確保に関し、現場技術技能継承を目的に政府による支援策が講じられている一方、今後、原子力施設が増え、運転高度化が図られ、保守管理の重要性が増す中で、協力会社も含めた人材の育成確保、作業の品質向上に取り組んでいく必要がある。②「外部専門家等人材について」で述べた点。これらについては、規制支援のみならず、学協会における規格基準策定活動、ロードマップ策定活動等安全確保全般にわたって御指導頂いているところである。③人材育成確保にあたってのモチベーションの確保。
⑥	機関名、著者
	経済産業省原子力安全・保安院 原子力安全技術基盤課長 中村幸一郎(なかむら こういちろう)

『経産省一原子力安全・保安院』2007 年

(参考 1) 保安院及び安全基盤機構の職員数

	職員数
保安院	本院 約 440 名 うち原子力安全分野担当 約 330 名
安全基盤機構	全体 約 450 名

(平成 19 年 3 月 1 日現在) (原子力安全・保安院作成)

(参考 2) 原子力安全・保安部会および関係委員会等の委員(大学・大学院、研究機関所属)の専門分野別年齢構成

	原子力基礎・基礎技術分野						
	原子核・放射線	電気工学	化学工学	機械工学	材料工学	熱流体工学	土木工学・建築工学
50～59 歳	3	2	3	6	11	4	9
60 歳以上	4	2	3	19	8	3	12
合計	10	4	6	26	25	8	22

	。原子力特定技術分野										人文社会 科学	メディア・ 消費者等	合計
	原子力システム工学・ 原子力安全工学	炉心・ 燃料	原子力 保安工学	放射線応用・ 放射線安全工学	核燃料サイ クル工学	廃棄物 埋設	管理 工学	耐震	原子力 規制	その他			
50～59 歳 以下	9	2	1	6	6	5	8	11	1	3	2	5	97
60 歳以上	7	2	1	6	3	2	9	7	2	6	0	4	100
合計	16	5	5	14	11	10	24	21	3	10	5	11	236

(注) 総合資源エネルギー調査会原子力安全保安部会及び当該部会の下部組織に所属している委員(民間シンクタンク以外の民間委員を除く)を対象とした。
合計は 39 歳以下、40～49 歳も含み、重複も含む。(平成 18 年度 11 月 30 日現在) 出典：第 4 回原子力安全基盤小委員会

(4)『原子力人材育成プログラム審査委員会』2007 年

①	タイトル名	
	待ったなしの原子力人材育成	
②	資料名、年、巻、号 など	
	原子力eye 2007 vol.53 No.8	
③	調査の視点・概要など(目次など)	
	プログラム応募案件の審査について	
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ	採択予定件数に対し、2～6倍の応募で総計110件であった。「原子力研究促進」と「原子力教授人材充実」は、学生の創造性を活かした研究・研修活動及び教授人材の質向上や体制強化を支援。前者については、以前の原子力専攻では常識的であった課題にも支援をしなければならない現実を認識させられたが、意欲的な提案もあった。原子力教育を行っている高専は極めて少ないが、積極的に施設の見学、インターン実施、卒業研究への取り組み等の提案があった。さらに、施設非立地地域の学校がインターン経験を基にタウンミーティングを開催するとの提案は、専門家よりも効果的との期待も込め予定数を上回る採択とした。教授人材充実プログラムでは、准教授、助教が体系的に原子力教育を受けていない、現場経験や原子力産業の業務内容の理解がないことを踏まえた提案が多数。「チャレンジ原子力体験プログラム」では、多くの大学から炉物理実験参加への旅費中心の要求があり、可能な限り認めた。民間訓練施設での実務的補修・保全や再処理施設での実習も時宜に適った提案。「原子力教育支援」では、多くの大学からカリキュラム構築、教材開発のアイデアが提出された。そこでは、20年来、新しい教科書や実験用教材が出版されていないことが判明。東大では、平成17年度に大学院に原子力国際専攻と原子力専門職大学院が発足、原子力20科目にわたる最新の教科書を作成する計画に注目。 「原子力研究基盤整備」は、長期的視点で、原子力特有の基礎分野における研究教育基盤の整備を図る。東北大の核燃料サイクル関連の研究教育の充実、東大の上述の教育・実習の充実・拡充、京大の学際的な研究教育拠点整備構想が拮抗、3件を採択。「原子力の基盤技術分野強化」は、原子力を支える6分野を明確にしたため、多くの関連分野の教官から6倍もの応募があった(高評価の6件採択)。構造強度、材料強度、腐食の3分野からの提案の半数以上は、SCC、IASCC関連の課題に集中し分野分類の一層の明確化が必要であった。全体としては、①今回の人材育成プログラムは、予想を上回る多数の応募があり、これを機に大学では他学科と統合された中でカリキュラムを再構築して存在感を高め、学生の原子力への関心を高揚し、また、多くの高専が関心を示し応募した意義は極めて大きい。②核燃料サイクルは本より保全工学や核不拡散等にも配慮した提案がされたことは時代の要求と評価。一方、多くの大学が資格取得をメルクマールにあげているが、教育の幅広さと深さへの認識は大切。③「原子力の基盤技術分野強化」では、原子力専攻以外から数多くの提案があり、関心の深さが示されたことは大切。今後は、基盤技術分野毎に課題の解決に向けた研究のあり方と教育・人材育成を全日本的に検討・提案されることが効果的。原子力プラントで実際に起こった現象を正確に専門家に提示し、共同しての課題解決への取り組みが望まれる。④原子力立地地域及び新たに原子力関連の専攻を設置予定の大学からも応募があり、大いに歓迎すべきものと受け止めたが、幾つかは内容の具体性、実現性等に欠け、今後に期待したい。
⑤	今後の教育の在り方への提言	本プログラムには、産業界等における現場の見学、インターンシップやシニアの協力等が数多く含まれており、関係者の積極的な協力をお願いしたい。さらに、多くの大学が原子力機構の研究炉等の利用や研究者の支援を求めている、また、原子力機構も人材育成協力を中期計画の一つの事業としているが、国としても財政的、政策的な面で原子力機構を支えないとこのプログラムの実施に大きな支障をきたすことが危惧されることを申し添えておきたい。
⑥	機関名、著者	原子力人材育成プログラム審査委員会 座長 (前原子力委員長代理) 斎藤伸三(さいとう しんぞう)

(5) 『理化学研究所』 2007 年

①	タイトル名
	知所先後
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2007 vol.53 No.8
③	調査の視点・概要など(目次など)
	産学官連携による人材育成
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■「産」のメッセージ 人材育成の問題では、多くの場合「学」に矛先が向くが、人材育成での産学の立場は、需要と供給。需要側の「産」に大きな影響力がある。教育に問題があるとすれば、「産」を含む需要側の発するメッセージに原因があるのではないか。「産」のメッセージは、採用者に対する評価(処遇)に表れており、つまりは、「出身校は評価するが、学業成績は評価しない」ということである。そのため、世の親も学生も「学」も、良い大学に入れるよう努力するが、目標達成(入学)と同時に勉学意欲は低下してしまう。しかし、学生が大学4年間で勉学に集中しないということは、国家の大損失であり、企業がもっと大学での学業成績を重視し、初任給に反映させるなど、評価を目に見える形で示すことが必要である。 ■日本における博士の価値 ●加速する技術革新には、高度な専門性が求められるが、日本の大学院教育において博士課程の層が薄いことは問題。「学」からは、「産」が博士課程修了者の採用に消極的で、処遇も不十分であるとの声が挙がり、「産」からは、博士課程修了者の視野が狭いなどの指摘があり、教育内容の見直しが求められている。 ●しかし、日米の博士課程の学生が置かれる経済的状況の違いは大きい。①米国の工学系では、進む優秀な学生は、授業料は奨学金で賄い、TA (teaching assistant) やRA(research assistant)で給料を受け取り、さらには学業に関連したアルバイトの機会もある。②日本では、授業料は自己負担、TAやRAの収入も期待できず、アルバイトもほとんど学業とは無関係。 これでは、経済的に恵まれた子や、学問・研究の道を志す者以外には、博士課程への進学は選択し難い。その結果、企業で活躍したいと思う人材が博士課程に進まないとすれば、博士課程の教育内容を見直しても、効果は期待できない。 ●奨学金、TAやRA制度の充実が必要。さらに、奨学金の条件としては、親の所得ではなく、学業成績だけにすれば、奨学金を受給したことが誇れる学歴になる。 ■子(学生)は親(産学)の背中(行動)を見て育つ 子は親が何を諭すかより、親自身の生き様から多くを学ぶ。同様に、入試制度やカリキュラムの議論の前に、産学とも、自らの行動をもって、若者を導くことが大切ではないだろうか。 日本は、今大きな岐路に立っている。企業のとるべき行動も大きく変革しなければならないし、教育者の心構えも幕末維新のような理想と志が求められる。若者は、そのような産学の背中を見れば、立派に育つ。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	●教育問題について、需要側である「産」は、大きな責任があると心得よ。●企業はもっと学生の学業成績を評価し、目に見える形で示せ。●日本の学生(博士課程)の経済的負担は極めて大きい。米国を見習い、奨学金、TA、RA制度の充実を図れ。●奨学金受給に親の所得は関係ない。学力で得た奨学金なら、むしろ誇れる。●経済的な判断から、有為な人材が博士課程に進まないのなら、博士課程の内容を見直しても、効果は期待できない。●シリコンバレーの起業家の3割は博士、日本ではわずかに1%。もっと専門性の価値を認め、育てる努力を。●「産学」は、これからの日本を担う大きな理想と志をもって行動し、その後ろ姿によって若者を導け。
⑥	機関名、著者
	理化学研究所 理事 武田健二

(6)『日本原子力開発機構』2009 年

①	タイトル名
	研究開発成果を産業振興に生かす
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2009 vol.55 No.6
③	調査の視点・概要など(目次など)
	研究開発成果の社会への還元を目指して ―原子力機構の成果展開事業―
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■原子力機構の成果展覧事業について: 原子力研究開発で得られた成果や技術が地域の地場産業や他分野に技術移転され、開発された新商品が多く見受けられるようになってきた。このような活動が地域産業の活性化につながるのではないかと期待も高まっている。成果展開事業が誕生したきっかけは、平成9年から開催された「動燃改革検討委員会」での答申を受け、旧核燃料サイクル開発機構が保有している特許を企業に提供し、また、研究開発費の一部を支出して企業の製品開発を支援することとなった。 ■成果展覧事業への応募実績: 近年は年に7件くらいの採択で横ばいになっている(図1)。採択累積69件のテーマ分野を見てみると表1のようになる。生活用品とは新規めがねレンズや軽量包丁の開発など商品開発、素材とは再生樹脂の開発や新規不燃材の開発、最近のトレンドは機械装置分野が減少し、素材開発が増加していること。ここ3年間の採択・実施テーマ例を表2に示す。 ■商品化成功例: 具体的な商品開発例として6例を紹介する。第1に水質改善装置の開発。第2に植物活力剤の開発。第3に清酒のルーツ、奈良県のお酒の成分分析支援。第4に越前伝統工芸である刃物に新材料開発。第5に生分解性のポリ乳酸によるデモンズの開発。 ■成果展開事業の募集開始から開発終了まで: 募集開始から開発終了までの流れを図2に示す。大きくは4ステップで進められる。①テーマ募集、②テーマの選択、③テーマの実施、④結果報告となる。 開発に成功し、新商品の市場投入は時期は企業が自由に設定できるが、原子力機構でも関わった原材料の供給会社の紹介などの相談にも応じている。また、JAEAライセンス企業であることを明示したロゴマークを使用することを認めている。さらに展示会、シンポジウム、セミナーなどの機会には、これらの開発成果をポスターで紹介、新商品サンプルを配布するなどのフォローもしている。 ■テーマ応募に関する細目: 成果展開事業の応募資格、原子力機構の保有する特許等を利用すること、国内企業で原則として中小分業。開発費用について、原子力機構分担金であるが補助金であることから原子力機構の1件あたりの支出額は500万円以下で、かつ、総開発費の50%以下としている。選定にあたっては、外部の有識者で構成している第三者評価委員会が審議・検討を行う。審査項目は表3にあるとおりで、採択予定件数は毎年6件程度である。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	商品化に成功している事例を調べると、事前に原子力機構に技術相談を行っている例が多い、原子力機構には約30名のビジネスコーディネーターが各拠点にいますので、技術的な課題を気軽に相談して頂きたい、相談内容については秘密として扱うのでご安心頂きたい。原子力機構は自らの知財活用により地域産業の活性化に少しでも役立っていけるよう希望している。開発意欲のある企業には挑戦していただきたいし、成果展開事業に応募いただけるように制度の改善にも努めてまいります。
⑥	機関名、著者
	日本原子力開発機構 産学連携推進部 岩永 繁

『日本原子力研究開発機構』2009 年

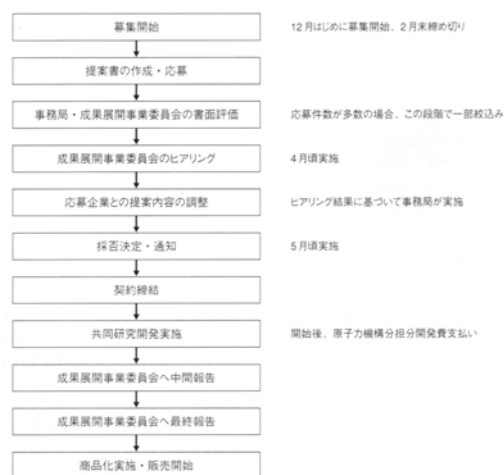
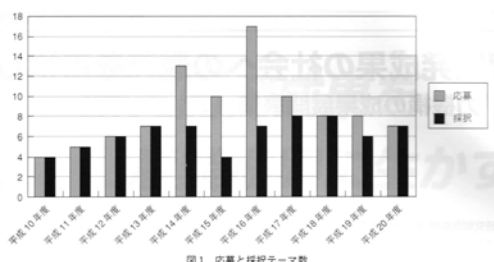


図2 募集開始から開発終了までの流れ

表1 採択テーマの分野

	機械装置	電気計測	生活用品	農業食品	素材	ソフトウェア	合計
累積(件)	21	16	13	3	13	3	69
累積(%)	30.4	23.2	18.8	4.3	18.8	4.3	100.0
最近3ヵ年(件)	5	5	4	1	5	1	21
最近3ヵ年(%)	23.8	23.8	19.0	4.8	23.8	4.8	100.0

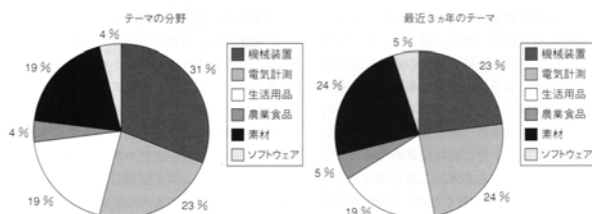


表2 採択・実施テーマの例

採択年度	テーマ名	企業名	企業所在地
平成20年度 (7件)	温度、湿度の高精度調整が可能な、半導体基盤用の環境試験装置の開発	コレット工業(株)	東京都
	海洋生物不付着魚網の製造	(株)TIS	東京都
	はこりの抗菌	(株)バイオシールド	茨城県
	お酒の新しい熟成方法の確立	東弘電機(株)	青森県
	チタン系材料による新刃物の開発	武生特殊鋼材(株)	福井県
	生分解性樹脂の新規デモレンスの開発	若吉光学工業(株)	福井県
	照射キトサンを主原料とする植物用資材の商品化	(株)アズビオ	千葉県
平成19年度 (6件)	生分解性樹脂の改質による汎用フロー容器とキャップの研究開発	(株)日本興産	埼玉県
	擬似路面凍結予測装置の開発	山田技研(株)	福井県
	密閉系及び開放系冷却設備等循環水型設備における水質改善装置の実用化	(株)第一テクノ	群馬県
	プラスチック樹脂、廃プラ樹脂改質と商品化	(株)ミヤゲン	福井県
	遠隔操作走行ブリッジの作動及び遠隔解体シミュレーターソフトウェアの開発	(株)スリーディー	神奈川県
	放射線照射技術に応用した新規不燃材の開発	(株)アサノ環境総合研究所	福井県
平成18年度 (8件)	高性能燃分濃度測定装置の開発	山田技研(株)	福井県
	超臨界二酸化炭素を用いためっき液のリサイクルシステム	清川メッキ工業(株)	福井県
	炭素繊維の粉塵捕集・回収装置の開発	(株)富永機械製作所	福井県
	水分安定性・抗菌性を有する新規和紙の開発	石川製紙(株)	福井県
	廃食用油等の無害化に関する処理装置の開発	(株)設楽製作所	東京都
	真空天秤の開発	日本金属化学(株)	埼玉県
	低価格・ハンディ型簡易放射線メータの開発	(有)テクノエービー	茨城県
	キトサンを原料とする抗菌機能シート・コーティング材の開発	(有)サンバック	鳥取県

表3 実用化共同研究の応募案件の採否審査項目

No.	審査項目	審査基準
1	技術的実現性	・開発提案が既存技術に対して新規性、独創性または改善性があり、かつ技術的実現性の見通しがあるか。
2	特許や開発成果利用の有無	・原子力機構保有の特許や開発成果を研究開発の主たる技術として利用し、実用化(商品化)しようとしているか。
3	開発費の妥当性	・開発費の総額、内訳は適切か。過大または過少となっていないか。
4	開発期間の妥当性	・契約の開発期間終了時点で実用化(商品化)が可能か、又はその見通しが確実に得られるか。
5	販売計画の妥当性	・販売までのスケジュール、体制が明確でかつ妥当なものとなっているか。
6	開発体制・能力の妥当性	・実用化(商品化)を達成するための社内開発体制が構築でき、必要な技術者、設備、技術蓄積を持っているか。または、大学等の外部研究支援体制を得ることができるか。
7	実用化意欲の有無	・経営者・開発責任者は早期に実用化(商品化)する強い意欲を持っているか。 ・原子力機構の支援額よりも多くの予算を投入しても開発する意欲があるか。
8	社会への貢献性	・実用化(商品化)するものが社会の役に立ち、原子力機構の技術が社会に還元できることとなるか。
9	適用特許の特許出願の状況及び存続期間	・特許の出願状況(公開レベル又は登録レベル)を確認する。 ・非公開レベルのものは、本審査の対象外とする。 ・適用する特許の存続期間はあるか。
10	経営的基礎力の状況	・必要な財務能力、経営能力、生産能力、販売開拓能力、製造物責任への対応能力等があるか。 ・過去3期分の決算報告書、企業情報等をもとに企業の安定性を評価する。

(6)『日本原子力開発機構』2010年

①	タイトル名
	グローバル時代に突入で急がれる日本の原子力国際人材の育成強化
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2010 vol.56 No.2
③	調査の視点・概要など(目次など)
	アジアとの原子力交流新時代に向けて －わが国のアジア諸国を対象にした原子力人材育成協力－
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■原子力人材育成に関する国際対応作業会における取り組み: 原子力カルネッサンスを迎え、内外における原子力人材育成の重要性が高まりを見せる中、特に、アジア諸国からわが国への原子力人材育成への協力の要望が増大している。アジア向け原子力人材育成協力のあり方については、原子力人材育成関係者協議会の下での原子力人材育成に関する国際対応作業会(主査:杉本純)において検討中である。 ■アジア諸国を対象とした原子力人材育成協力の現状: わが国は、原子力分野における人材育成ニーズに対し、文科省の原子力研究交流制度、経産省の「千人研修」など、文科省、経産省、外務省、産業界、大学、研究機関等が広範囲に支援を実施し、これまで約4千人の研修生を受け入れている。このうち、研究交流制度だけでも、約100名に上る招聘者が、アジア諸国の原子力関連機関、大学などの要職に就いている。 ■アジア諸国を対象とした原子力人材育成を巡る最近の国際動向: ●フランスは、2008年5月にCEA内にフランス国際原子力支援機構を設立し、中近東、アフリカ、アジア等の原子力導入国を対象に、支援開始。 ●韓国も韓国原子力研究所を中心に2007年にWNUの夏季セミナーを招致、2008年には原子力研究院がIAEAと共同で世界原子力学校講座を開催し、2009年には韓国電力会社が国際原子力大学院構想を発表するなど、アジア向け人材育成支援を強く打ち出している。 ●原子力機構が実施している指導教官研修では、インドネシア、タイ、ベトナムを対象に招待ベースで実施しているが、原子力発電導入ニーズに対応して開始した原子炉工学コースでは、20年度はマレーシアから2名、21年度にはマレーシアからの1名とサウジアラビアからの研修生3名(自費参加)。マレーシアはこの他、原子力機構材料試験炉への実地訓練などで計3名(自費派遣)。 ●経産省原子力安全・保安院関係の研修や東京大学と原子力機構が21年度より開催した国際サマースクールにも中国が自費で研修生を派遣するなど、国によっては自費派遣が拡大している。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	①目的、戦略の明確化、わが国原子力産業界がアジアをベースにし、アジア諸国の原子力利用に寄与すること。潜在的な日本応援団を活用すると共に、基盤研究のように産業とは直結しない分野、困窮し支援が必要な国等への配慮。人材確保先として、アジア諸国との連携を強化していく。②産官学の役割の明確化と連携強化、アジア諸国の人材育成を進める実施主体の創設、研修生Networkと統一的Data base構築、中高年専門家や施設の積極的な相互活用。③効果的、効率的な実施方法の確立、国内でも人材育成ニーズは増大。研究や開発現場への実地訓練の要請もあるが、受入体制の確保も困難に。また、研修に必要な実習施設の確保も厳しく、国際競争に互してゆくべく、研修の効果的、効率的な実施方法を確立していく必要がある。
⑥	機関名、著者
	日本原子力研究開発機構 原子力研修センター長 杉本 純(すぎもと じゅん)

『日本原子力研究開発機構』2010 年

表1 アジア諸国他の原子力人材育成に対する主な日本の支援¹⁾

実施主体	実施内容	対象国	期間	実施機関	備考
文部科学省	国際原子力安全交流対策(技術者交流) 通称：原子力研究交流制度 アジア諸国の技術者・研究者を日本の研究機関・大学に受入れ、日本の技術者・研究者をアジア諸国の研究機関・大学に派遣	オーストラリア、中国、インドネシア、韓国、マレーシア、タイ、フィリピン、バングラデシュ、スリランカ、ベトナム	1985 年～ 受入：1 ～ 12 カ月 派遣：最長 2 カ月	JAEA (～2005 年度) 原安協 (2003 年度～)	(受入機関) JAEA、放医研、産総研、 物材機構他、大学 受入：1475 名、派遣： 594 名(2007 年度まで)
	国際原子力安全交流対策(講師育成) 通称：指導教官研修 ・保障措置トレーニングコースを含む	アジア	1996 年～	JAEA	招へい：約 230 名 講師派遣：約 263 名 (2007 年度までに)
	通称：国際原子力安全セミナー 日本に招へいし原子力安全に関する講義等を実施(01 年度 までは旧ソ連、中・東欧も対象)	アジア	1992 年度～	JAEA、放振協、原 安協 (2007 年度～)	18 ヶ国 782 名 (2007 年度まで)
	国際原子力安全交流派遣事業 アジア、旧ソ連、中・東欧諸国 に関する専門家を派遣	アジア、旧ソ連、中・東欧諸国	1993 ～ 2007 年度 短期：1 週間 長期：1.5-4 カ月	原安協	終了 17 ヶ国、477 名 (2007 年度までに)
経済産業省	アジア原子力発電導入支援事業 原子力発電導入のために必要な核不拡散体制、安全規制 体制、損害賠償制度等の導入状況について調査。有識者 の派遣、専門家の招へい。	インドネシア ベトナム	2006 年度～	JETRO	招へい：79 名 講師派遣：48 名 (2007 年度までに)
		カザフスタン	2007 年度～	日本原子力発電	
経済産業省 経済産業政策 局 文部科学省 高等教育局	「アジア人財資金構想」 産学官が連携し、アジア等の留学生を対象に、専門教育、 ビジネス日本語教育等を活用した就職活動支援などをパ ッケージで提供。 ※ 20 年度高度専門留学生育成事業に東海大学(原子力関 連)を 1 件を採択。	アジア等	2007 年度～	大学群、企業群等 からなるコンソー シアム。	20 年度約 300 人 19 年度約 90 人 20 年度約 1000 人 19 年度約 400 人
経済産業省 (原子力安全・ 保安院)	原子力発電所運転管理等国際研修事業(通称「千 人研修」) 原子力発電所の運転管理に関する研修	旧ソ連、東欧諸国、中 国の原子力発電関係者	1992 ～ 2001 年度 (10 年間)	海電調 電力会社等から講 師派遣	終了 研修生受入れ実績 1,042 人／10 年
	原子力発電所安全管理等国際研修事業 アジア、ロシア、東欧対象に受入れ研修。また、現地に 専門家を派遣してセミナーを開催。	中国、ベトナム、ロシ ア・東欧	2002 ～ 2006 年度 (5 年間)	海電調 電力会社等から講 師派遣	終了 研修生受入れ実績 235 人／5 年
	原子力発電所安全管理等人材育成事業 中国、ベトナムの原子力発電運転管理に携わっている者 などを対象。現地に専門家を派遣。	中国、ベトナム	2006 年度～	海電調 電力会社等から講 師派遣	研修生受入れ人数 約 70 名 (19 年度実績)
	原子力発電所安全管理等国際研修事業 アジア諸国の原子力発電所の規制当局に対し、原子力安 全に関する研修、セミナーを実施。	中国、ベトナム	2005 年度～	JNES	研修生受入れ人数 約 10 名 (19 年度実績)

(7) 『日刊工業新聞』 2010 年

①	タイトル名
	民主党政権における原子力政策の行方を探る
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2010 vol.56 No.1
③	調査の視点・概要など(目次など)
	新政権でどうなる原子力政策 ―「環境」で原子力発電の重み増す
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■目下、原子力政策の大きな変更の兆し見られず： 政権交代で原子力政策、そして核燃料サイクルの行方はどうなるのか。三村中音青森県知事が直嶋経産相に強く訴えたのが「核燃料サイクル路線の堅持」だ。直嶋経産相は「安全確保を大前提に引き続き着実に取り組んでいく」と政策の継続性を強調。「環境」というキーワードがある限り、新政権も原子力発電を無視できないというのが実情だ。 ■CO2 25%削減という追い風： 野心的な目標設定ながら達成に向けては「極めて厳しい数値。25%減を達成するためには、 ・太陽光発電を現行の55倍にする ・新車販売の9割とすでに保有する車の4割を次世代環境車(エコカー)にする ・すべての住宅を耐熱化 という非現実的な数字が並ぶ。こうした高いハードルがいくつも待ち構える温室効果ガス削減には「原子力発電の重要性はますます高まってくる」(経済産業省幹部)。環境省が原子力発電所の最大活用を主張し始めた、原子力にとって強い追い風となることは確実だ。 ■2010年度予算面での影響： 新政権における原子力のウエイトが非常に高まっている半面、財政見直しの影響も一部受けている。経産省の2010年度の概算要求における原子力関連予算は1,806億円、6.6%削減されたことになる。 ■東アジアへのインフラ協力で台頭する原子力カー有力な外交カードにも： 東アジア諸国は人口増加を背景に高い経済成長が期待されている。「31億人・11兆ドル」といわれる巨大市場とどう向き合うか。これが将来の日本経済の行方を大きく左右する。インフラの提供：世界的な水不足にあって、わが国が高い技術を誇る上下水道や水質浄化技術に加え、新幹線を筆頭にした鉄道網の整備、そしてもっとも期待されているのが原子力発電所の建設だ。世界は今原子力カルネッサンスを迎え、米国や中国、ロシア、インドなどで原発の建設ラッシュが本格化する。一説には2030年までに350基が稼働するといわれており、100兆円市場の誕生が見込まれている(図1参照)。プラントメーカーだけでなく部品メーカーの育成にも着手、経産省は部品メーカーの海外展開を支援するための制度を創設した。これは研究開発費の一部を補助するもので、支援先5社を選定(表1)。「戦略的原子力技術利用高度化推進事業」も、こうした世界戦略を意識した推進施策である。 ■日本版NRC構想は後退か： 原子力安全保安院の「分離・独立」問題に関し民主党内には組織改革に踏込むムードはない。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	自民党政権が全面否定され、抜本的な政策転換が進んでいるが、原子力政策に関しては大きな変化は見られないばかりか、より重要な政策に位置づけられている。資源小国・日本において「準国産エネルギー」という視点からスタートした原子力政策だが、幾星霜を経て今では温室効果ガス削減の切り札、重要な外交カード、そして次なる経済成長に向けた有力なツールといういくつかの「顔」と「役割」を託されている。平成維新でも原子力の重要性に何ら揺るぎはない。
⑥	機関名、著者
	日刊工業新聞 編集委員 井上 渉

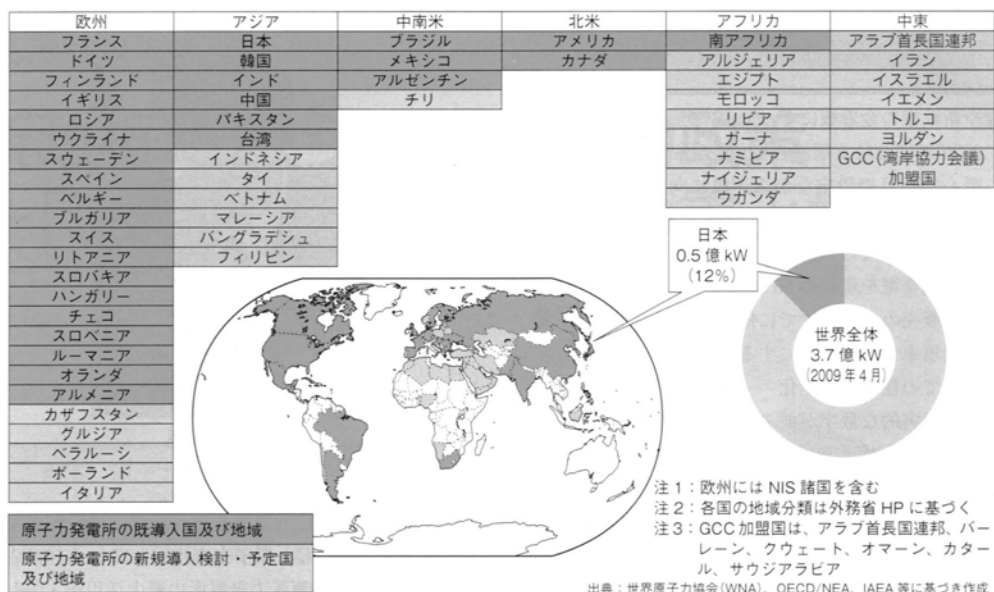


図 1 原子力発電の新規導入予定ないし検討国は 20 カ国以上に及ぶ
(出所) 総合資源エネルギー調査会電気事業分科会国際戦略検討小委員会報告より

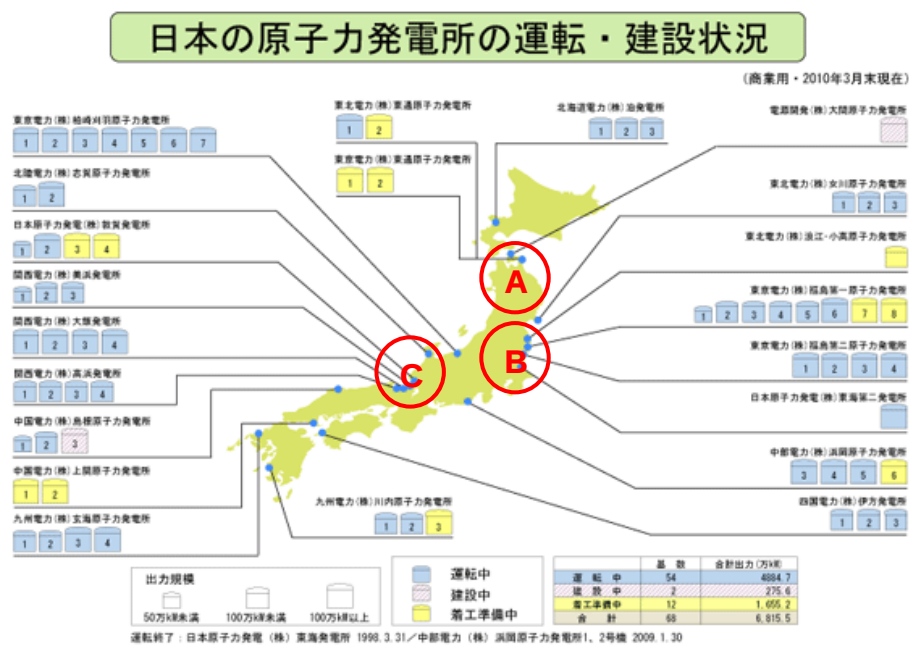
(8) 『IAEA』 2010 年

①	タイトル名
	グローバル時代に突入で急がれる日本の原子力国際人材の育成強化
②	資料名、年、巻、号 など
	原子力eye 2010 vol.56 No.2
③	調査の視点・概要など(目次など)
	IAEAで活躍する原子力専門家を増やす
④	原子力教育に関する調査結果のまとめ
	■求められる資質: 国際舞台で活躍できる原子力の専門家に必要とされる資質は、①十分な経験を含めた専門分野での能力と②語学力という当然のことに加えて、③異文化への敬意と興味、そして④国境を越えて原子力技術利用拡大のために尽くそうという意志、⑤異なった文化的背景を持った専門家達と信頼関係を結びチームをつくる能力の5つ。 ■IAEAの邦人職員数: 上記条件を満たす専門家は日本人にも多数いるにもかかわらず、IAEA職員2300人中、高々50人程度である。しかもコストフリーが多い。原因の一つは、組織を超えた流動性の少ないことにあろう。日本では組織への帰属意識も強い。さらに国内市場だけを相手にしている組織では、国際機関で働いたことによるメリットが生かし難い。 原子力産業は海外から導入した技術であり、今更グローバル化が重要などという分野では本来ない。しかし、例えば電力事業者などでも、国産技術で事足りてしまう中で、国外とは直接は没交渉でも業務に支障はないという状態では、IAEAは視野の外となるであろう。 ■外部専門家の重要性: しかし、より重要な問題は、IAEAの様々な舞台で活躍する外部専門家の少なさである。日本にいないがこうした活動に参画する機会には実に多い。IAEAの活動は外部専門家による貢献の上に成り立っているが、その機会が十分に知られていないし、活用されていない。IAEA職員数が少ない問題は、この外部専門家としての貢献や活用が少ないことと相似た。職員数を心配する以上に、外部専門家としての貢献や活用の程度を心配すべき、と思う。 かつて一部先進国ではIAEAの仕事は評価されていなかった。しかし、今は米国がIAEA重視を打ち出しているように、様相は大きく異なってきた。多数の開発途上国が原子力発電導入を真剣に考えてきている今日、平和裏に安全に原子力技術による便益を多くの国が享受できるようにする上で、IAEAの果たすべき役割に国際社会の期待は大きくなってきている。またセーフガードという特有の業務以外にも、IAEAの技術業務では、各国の能力を高め、情報共有により、標準を策定し、教訓とグッドプラクティスが行き渡るように努めることに役割がある。日本は国際標準の慣行から乖離することなく、世界のグッドプラクティスから学ぶ姿勢を強める必要がある。
⑤	今後の教育の在り方への提言
	①IAEAの活動と将来展望(例えば、IAEAスタッフによる20/20vision、有識者パネル報告等)を参考に、今後の日本の貢献とIAEA活用の戦略を議論し、アクションプランを策定する、②日本人がIAEA外部専門家として貢献するため、専門家招聘の情報の流布や、専門家リストを策定しIAEAに活用してもらう、③国際機関への貢献を評価し、これを活用し、キャリアパス形成上有利に働くよう諸関係機関が努める、④JPO、intern制度を活用して優秀な若い人材にIAEAの理解を深める機会を提供しIAEAを親密なものにする、⑤IAEAの情報には、優れた標準、教訓、グッドプラクティスが多々みつかるという実際の経験を踏むようにIAEAの成果に触れる機会を増やす、⑥IAEAの活動に専門家が参加しやすいよう、所属機関が寛容な姿勢をとる。
⑥	
	前IAEA原子力発電部長 尾本 彰(おもと あきら)

3.4 地域の原子力産業の特性と人材育成

本項では、地域における原子力産業の集積・特徴を整理し、地域における人材の要望とその対応について整理した。

3.1 に示したとおり、我が国の原子力発電所の運転・建設状況に着目すると、立地地域にかなり偏りがある。(図表 4.1 参照) これは、各電力会社の地域分割に従った原子力発電所の電源立地の進め方に依存している。



図表 3.4-1 日本の原子力発電所の運転・建設状況 2010年3月(平成22年3月)現在

近年、この電源立地地点や関連研究機関の立地に関連した原子力教育の充実化が見られる。その概要を既往文献に基づき整理した。とくに我が国の原子力産業は、原子力発電所を主として米国からの技術導入し、原子力発電所の開発に関しては産業界がリードしてきた。一方、大学は、当初、原子力教育において原子力技術者育成向けの講座があったが、現在では、核融合や量子ビームなどを注視している。ここでは、原子力発電所の建設やメンテナンス現場のニーズとは関係の薄い、テーマでの学術的な教育研究が主体となっている。着目すべきは、図表 3.4-2 に示すように、大学が電源立地地点や関連研究機関の立地地域と連携を強化した教育にも注力していくことである。産業界としては、地域の発電所や研究機関でのニーズが大学に強く伝達でき、大学としても、プラントの建設や運転現場での問題点が抽出できることで、より緊密な議論が行える場が構築され、互いに Win-Win のモデルが形成されつつある状況にあると言える。

図表 3.4-2 電源立地地点や関連研究機関の立地に関連した原子力教育施設の充実化

No	名 称	教育の概要	場所
1	六ヶ所地域への東北大学大学院分室の 設置による出前教育 (六ヶ所村の支援)	六ヶ所地域の燃料サイクル施設や 核融合施設職員に対する高度専門 教育の提供	A 地域
2	東京大学専門職大学院原子力専攻 (原子力機構の支援)	東海村にある原子力教育施設や原 子力研究機関を活用し、高度専門教 育の提供	B 地域
3	福井大学国際原子力研究所 (敦賀市の支援)	原子力発電所、高速炉もんじゅの活 用による高度専門教育研究の提供	C 地域

4. 原子力産業界の人材育成に関する要望

本章では、これまでの調査結果の検討を踏まえて、人材育成に係る課題とその対応策を電力業界・プラントメカ・研究機関・規制機関に区分し、図表 4-1 に整理した。

グローバルに活動できる人材に関しては、グローバルなプロジェクトを推進していくための基礎学問や専門性に優れていることが要望されていると同時に、国際プロジェクトを率いるためには、関係者から尊敬される人材など異文化コミュニケーションに長けているなど人的な要素が大きいと判断される。

図表 4-1 原子力産業界の人材育成に関する課題

区分	人材育成ニーズ（課題）	短期的な課題と対応	中長期的な課題と対応
電力業界 (電気事業者)	・プラントの安定運転 ・団塊の世代の退職に伴う着実なメンテナンス ・海外プラントの運転支援人材	・経験豊かなメンテナンス人材の確保 ・次世代へのプラント運転技術の継承	・若手人材の育成（立地計画・建設・運転・メンテナンス・再処理まで）
原子力プラントメカ	・新規プラントの開発と建設 ・団塊の世代の退職に伴う着実な技術継承(開発設計・建設・メンテナンス) ・海外での受注活動に向けたプラントの新規建設	・経験豊かなメンテナンス人材の確保 ・次世代へのプラント建設 ・メンテナンス技術の継承 ・海外プラントの設計・建設・運転技術に対応したグローバルな人材調達	・若手人材の育成（開発設計、建設、運転、メンテナンス、再処理まで） ・グローバルな人材調達 ・米国等での優れた原子力高等教育を受けた人材 ・国際的に活動できる人材（異文化コミュニケーション可能）
原子力研究機関 (PJ 型研究)	・高速炉・燃料サイクル技術に関する研究開発 ・PJ 型開発のトラブルシューティング	・研究者・技術者倫理の高い原子力研究者の確保 ・PJ 型研究開発人材	・若手人材の確保（研究開発、PJ 推進） ・グローバルな人材調達（事業成果の発信等）
原子力規制機関	・軽水炉の安全面での規制 ・説明責任の機能を十分満足できる人材	・関係機関にて実務に従事した専門職要員採用	・規制機関内での専門職員の養成

注)PJ: Project

5. 産学官の取組むべき課題

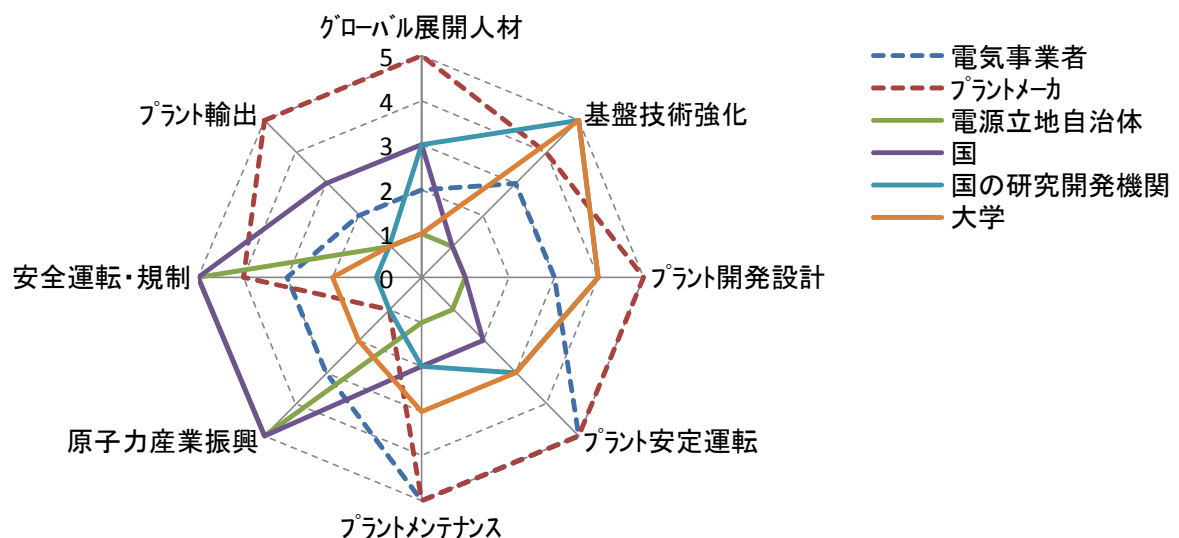
電力業界・プラントメーカー・大学・研究機関の人材育成の課題認識について、前章までに整理した。ここまでの整理をもとに、“安定な電力供給を目指す電力業界”・“グローバルな展開を目論むプラントメーカー”・“地域住民を守る立場の電源立地地域の自治体”・“産業振興と規制の立場から原子力を推進してきた国および研究開発機関”、“産業に役立つ人材の輩出に注力してきた大学”が、それぞれどのような人材を求めているのかについて、5段階で判定し、図表 5-1 にまとめた。

図表 5-1 産学官の原子力人材育成の視点とそのニーズ

求める人材の視点	電力業界	プラントメーカ	電源立地自治体	国	国の研究開発機関	大学
グローバルな活躍	2	5	1	3	3	1
基盤技術の強化	3	4	1	1	5	5
プラント開発設計	3	5	1	1	4	4
プラント安定運転	5	5	1	2	3	3
プラントメンテナンス	5	5	1	2	2	3
原子力産業振興	3	1	5	5	1	2
安全運転・規制	3	4	5	5	1	2
プラント輸出	2	5	1	3	1	1

<スコア点数>

点数：5:極めてニーズ大 4:ニーズ大 3:ニーズ有 2:ニーズ小 1:ニーズ無



電力業界は、プラントの安定した運転やそのためのメンテナンス活動人材を欲している。とくに国内の電力事業を中心に進めてきた現在では、原子力発電所の建設というより、経年劣化によるメンテナンスに重点をおき、安定したプラントの運転を着実に行うことが使命となっている。

プラントメーカーにおいては、米国・アジア・東欧・ロシアなどの原子力発電所の建設計画が見え始めた現在、世界的な原子力回帰に向けたプラント建設を優位に進めるため、欧米のプラントメーカーとの合従連衡での新規建設に向けたコンソーシアム構築に走っている状況にある。米国GE社と日立製作所の原子力事業統合、東芝の米国WH買収による連携事業、仏国アレバと三菱重工とのアライアンスなど、世界的にダイナミックな事業再編の動きが見られている。ここでは、プラントの開発設計エンジニアリング、輸出や建設地域（諸外国）でのエンジニアリングに向けたグローバル展開人材の育成が喫緊の課題となっている。また、プラントメーカーの国内の事業としては、新規建設はほとんど期待できず、運転プラントのメンテナンスに注力してきている。ここでの課題は、原子力の開発に精力を注いで来た技術者が団塊の世代の退職期を迎え、プラントのメンテナンスに経験者が少なくなり、如何にプラントメーカーが協力して、合理的なメンテナンスを推進していくかという課題を抱えている。

一方、国は、原子力産業の振興と同時に、原子力発電所の安全運転・規制の機能を強化する必要があると認識している。原子力発電所を抱える自治体においても、原子力の安全運転や地域産業の振興に関わる人材の強化策を模索していると言える。

この様な状況の中、JAEA など国の原子力研究機関では、動力炉や燃料サイクル、安全性の評価技術といった目的的な研究開発に特化し、大学では、次世代の基盤技術の強化を指向し、量子ビーム工学、材料と量子ビームの相互作用、プラズマ核融合などの基礎的な研究に特化している傾向にあると言える。

このような状況を鑑みると、大学の研究者が原子力発電所の安全性を高める研究や、プラントメーカー・電力業界が抱える技術課題のうち、基盤技術となる研究課題を解決する場として、“産と学の補完連携”の拡充が必要であると判断される。

6. 原子力イノベーションに向けた人材育成への提言

最後に、原子力に関連する人材育成の課題とその対応検討を踏まえて、抽出された人材育成に関連した課題に対応して、その課題解決に向けた現実的な提言をまとめた。

6.1 安定した電力の供給・稼働率向上のためのプラントメンテナンス人材育成

安定した電力の供給・稼働率向上のためのプラントメンテナンス人材への要望は、とくに電力業界やプラントメーカーに課せられた課題である。現実的には、団塊の世代が退職し、若い世代へのその団塊の世代の技術（プラントメンテナンス技術等）を引き継ぐことが必至である。技術者の年齢構成分布からみると団塊の世代が一番多く、その後の世代は、原子力産業の斜陽化に伴い、或いは事業の伸び悩み時期に対応し、原子力技術者人材の絶対数が少なくなっている傾向にある。また、既設プラントのメンテナンスが主要な事業である我が国の状況では、如何に経年劣化等余寿命評価に対し技術的に対応し、かつ、合理的なメンテナンスの判断基準の策定も含め、プラントの安全運転に向けた総合的なメンテナンスを進めていくかが重要である。このため、これまでの経験者から若手技術者へ設計思想やメンテナンス思想を移転する視点にたち、団塊の世代と若手人材の協働の場を活用し、OJTによる着実な技術移転、若手人材育成が必至と判断される。

図表 6-1 電力の供給・稼働率の向上の為のプラントメンテナンスの人材育成

ステージ	国（規制当局）	電気事業者（電力）	プラントメーカー
メンテナンス計画 (Plan)	・安全面からの供与期間中検査 (ISI) 指針 ・これまでの検査結果を水平展開した指針	・保有原子炉の型式別の検査計画（水平展開）	・建設プラント毎の検査計画（水平展開）
メンテナンス実施 (Do)	・保安検査員の充実	・現場経験者を優先した技術者の活用（人材ネットワークの構築） ・経験者と若手の協働 OJT による学習	・現場経験者を優先した技術者・作業員の活用（人材ネットワークの構築） ・経験者と若手の協働 OJT による学習
安全・運転性の評価 (Check/Action)	・経年劣化等保安検査結果の水平展開（技術の見える化）	・検査結果の水平展開 ・経年劣化の他プラントへの水平展開	・検査結果の水平展開 ・経年劣化の評価と他プラントへの水平展開

6.2 産学連携を通しての原子力関連研究者・技術者育成

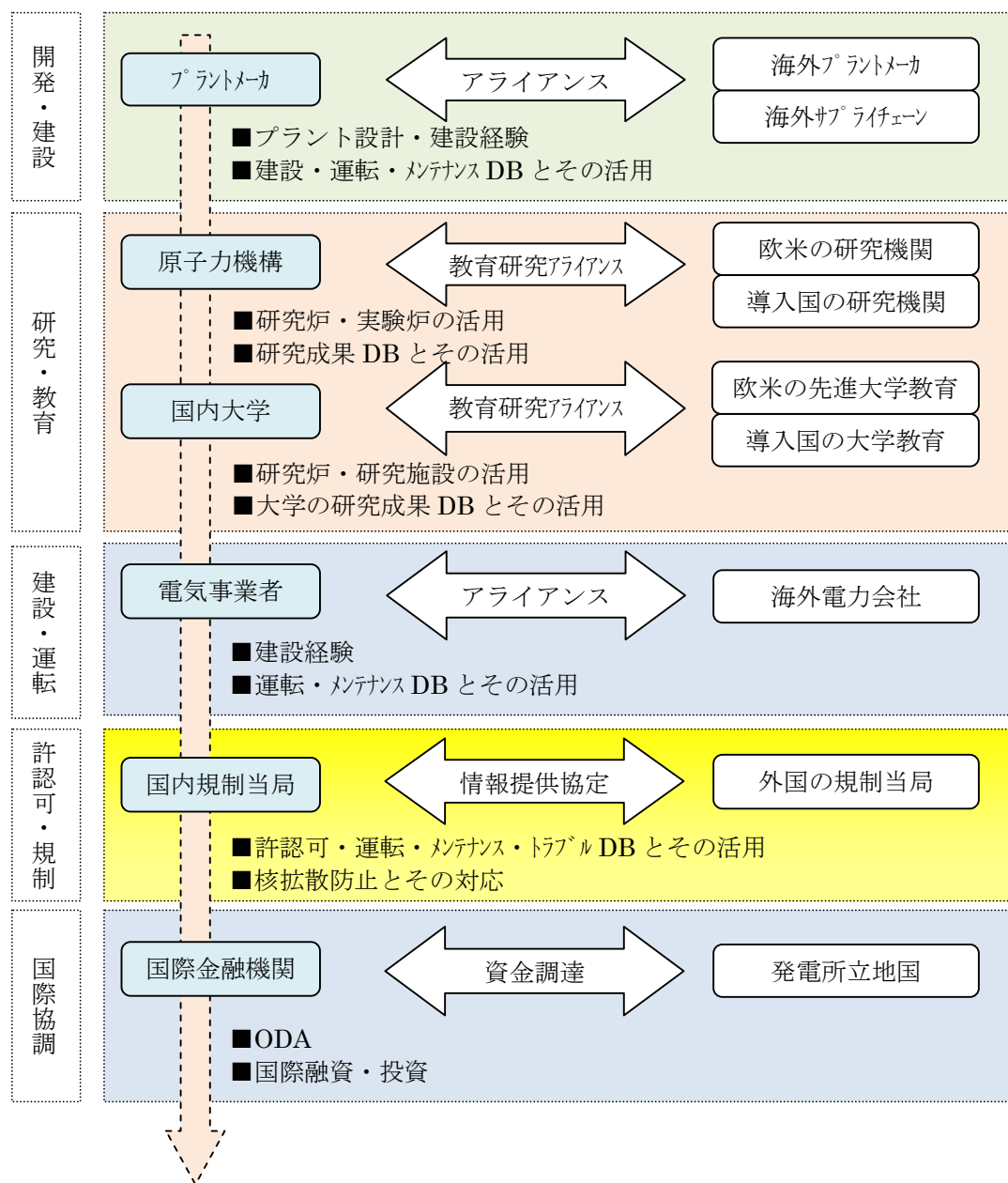
図表 6-2 に原子力関連研究者・技術者の育成ニーズを示す。原子力回帰環境化での今日、

国内における具体的なプラント建設へのニーズは、プラントメーカーが最も強く、国内で建設を手掛けてきた我が国のプラントメーカーと米国や仏国のプラントメーカーのアライアンスや事業統合という形態で、諸外国における原子力発電所の建設プロジェクトが模索されてきた。数兆円を超える受注を目指し、安定した製造・調達体制をグローバルに如何に構築していくかに注力が払われている。プラントメーカーは、これまで国内では、開発・建設プラントを手掛ける技術者を採用し、その人材を育成し、製造や各種関連機器を調達する体制やそのプラントのメンテナンス体制が構築されてきた。今後は、海外プラントの設計・機器製造・現地建設・運転に向けた国際アライアンスと海外での最適な調達体制（品質とコスト面）を構築することが必須となっており、どのような人材を採用・育成していくのか人材育成の大きな転換期にあると言える。

図表 6-2 海外での原子力発電所建設に向けた関連技術者の育成ニーズ

ステージ	国（政策・研究機関等）	電気事業者（電力）	プラントメーカー
次世代プラントの開発 （Plan）	・プラントの安全・信頼性に関わる研究開発の促進	・プラントの安定した運転、信頼性強化	・グローバルな合従連合による次世代プラント開発 ・海外でのプラント建設、コンポーネント輸出
主として海外プラントの建設 （Do）	・輸出の推進支援（国の政策） ・国としての資金調達支援	・海外へのプラント運転経験データの提供	・アライアンスによる海外プラントの建設 ・経験者と若手の協働OJTによるPJ推進
プラント運転・メンテナンスの評価 （Check/Action）	・経年劣化等保安検査基準の見直しと反映	・検査結果の水平展開 ・経年劣化の他プラントへの水平展開	・メンテナンスデータの一元管理とトラブルの水平展開

上記の海外での原子力発電所建設に向け、グローバル人材を育成するための仕組みとして、図表 6-3 に示す様なそれぞれの機関における海外アライアンスを活用し、「グローバル産学官」による将来を担う人材育成システムを構築することが肝要であると言える。



<人材育成に向けた設計・建設・運転・メンテナンス・許可・トラブル DB の共有>

- 設計仕様書、許可関連 DB とその活用
- 建設・運転・メンテナンス、トラブル DB とその活用
- 大学の研究炉・研究施設の活用（共同研究等）
- 研究機関の研究炉・実験炉の運転データの活用
- 大学の研究成果 DB とその活用

図表 6-3 関係機関のグローバル産学官による人材育成のための DB の構築

7. まとめ

本調査は、転換期にある原子力への回帰に鑑み、原子力人材に関する産業界・大学・研究機関の課題認識の変遷を明確にし、今後の原子力人材成に関する産業界からの要望を抽出・分析し、わが国の原子力エネルギー人材育成施策等へそれらを反映させることを目的に実施した。本章は、これまでの「まとめ」として、考察も含め以下に記す。

(1) 調査要領

はじめに原子力産業界が抱える課題とその課題解決に向けた人材育成の取り組みの現状と課題について、既往文献や WEB 等を調査し、整理した。一方、大学等における原子力教育の変遷と課題について、JAREC 人材育成の考え方や今後の教育のあり方については、とくに専門雑誌『原子力 eye』に着眼し、「原子力業界の人材育成」関連記事をベースに整理した。

(2) 電力業界（電気事業者）の人材育成における課題・要望

- ① 現在の“プラント運用・保全の時代”－こうした人材育成の取り組みにあって重要なのが、“技術の維持・継承”であるとしている。電力業界の“技術の維持や継承”は、個別の人材育成においてのみ達成されるものではなく、関連する機関との支援・協力が欠かせない。
- ② 具体的には実際の現場での作業の多くを担っている協力会社の技術者に対し、必要な訓練と独自の資格制度による技能の維持と向上を図るとしている。
- ③ 教育・人材育成への視点としては、燃料高燃焼度化、原子炉の廃止措置、廃棄物処理、高速増殖炉（FBR）、燃料サイクルなど、現在進行中の重要な課題の推進に向けて、従来にない学際的知識の教育、社会とのコミュニケーション能力、社会規範・倫理についての認識と自覚が必要であるとし、関連教育に対する期待も大きい。
- ④ 大学等の教育に対しては、単なる知識の習得や学力の向上だけでなく、知識を行動に繋げる際の“アプローチ”や“判断力”についても実習等を通じて学んで欲しいとしている。さらに原子力産業は、電気・機械・化学などの総合技術であるとし、原子力専攻以外の学生にも原子力を指向してもらえらる動機付けを教育界に期待している。また、産学官は協力して、世界に向けてリーダーシップを発揮すべきときであるとしている。

(3) プラントメーカーの人材育成における課題・要望

- ① ビジネス環境について国内を見ると、1990 年代末に“建設の時代”から“運用・保全の時代”に移行して、急速に停滞したが、2030 年以降には、“リプレース時代”を迎え、再び建設基数が増加する見込みとなっている。こうしたなか、プラントメーカーは、技術力を維持するとともに、プラントの新規建設に備えての“技術の継承と技術開発”を進めることが課題であるとしている。
- ② 一方、海外に着目すると、ここにきて「原子力発電新規導入計画国」が拡大し、世界の

原子力発電開発の動向に示すとおり、建設中・計画中の原子炉数は、欧米よりもむしろロシアやアジアにおいて原子力開発は活況を呈している。このグローバルな原子力市場の拡大にあつて、プラントメーカーは、国内でのプラントの建設、保守・改良の技術と経験をベースに、原子力技術の世界標準化に向けた研究開発においてイニシアチブを取りながら、海外のプラントの建設、保全の事業に貢献するとしている。

- ③ “プラントメーカーは、プラントシステムを設計製作する立場から“ものづくり”に興味があり、グローバル化にあつて専門技術分野の技術や業務を海外で展開するための語学力を有する人材が必要であるとしている。
- ④ プラントメーカーの業務分野は、原子力関連研究開発、原子炉設備の安全設計・基本計画、原子炉設備機器の設計・製造・購入、原子力発電所建設現場での建設・据付け、工場及び建設現場での設備検査、試運転、プロジェクトマネジメント、保全計画などエンジニアリングの守備範囲も広範である。

(4) 上記の原子力に関連する人材育成の課題とその対応検討を踏まえて、今後の人材育成に対し、以下を提言する。

i) 安定した電力の供給・稼働率の向上のためのプラントメンテナンス人材育成

団塊の世代が退職し、若い世代へ団塊の世代が担当してきた技術（プラントメンテナンス技術）を引き継ぐことが必至である。技術者の年齢構成分布からみると団塊の世代が一番多く、その後の世代は、原子力産業の斜陽化に伴う事業の伸び悩み時期に対応し、実務経験を有した原子力技術者の人材が少なくなっている傾向にある。また、既設プラントのメンテナンスが主要な事業である我が国の環境下では、如何にプラントの経年劣化等に対応し、合理的な対策判断のもと、緻密で高度なメンテナンスを着実に進めていくかが重要である。このため、経験者から若手技術者への設計思想やメンテナンス思想を着実に技術移転する為の手段として、団塊の世代と若手人材の協働の場を積極的に活用し、OJTによる着実な人材育成が必須と判断される。

ii) 産学連携を通しての原子力関連研究者・技術者育成

新たな原子力発電プラントの建設への人材育成ニーズは、プラントメーカーが強い。これまで、諸外国における原子力発電所の建設プロジェクトは、国内で建設を手掛けてきた我が国のプラントメーカーと米国やフランスのプラントメーカーとのアライアンスや事業統合という形態で模索されてきた。とくに今後は海外プラントの設計・機器製造・現地建設・運転に向けたグローバルなアライアンスの構築と海外も含め最適な機器設備調達体制（品質とコスト面）を構築することが必須となっている。

このような背景のもと、海外での原子力発電所建設に対応し、グローバル人材を育成するための仕組みとして、プラントメーカー、研究機関、大学、電気事業者、規制当局、原子力産業振興機関などがそれぞれ持つ海外機関とのチャンネルを活用し、「グローバル産学官」による将来を担う人材育成システムを構築することが肝要であると言える。

8.参考文献

- (1) 原子力eye 2005 vol.51 No.1 大学における”原子力教育ルネサンス”
新原子力学全国マップ・展望
原子力教育の変遷と展望
(社)日本原子力学会、工 和 、原子力教育・研究特別専門委員会主査、
九州大学大学院教授
- (2) 原子力eye 2005 vol.51 No.1 大学における”原子力教育ルネサンス”
新原子力学全国マップ・展望
北大における原子力教育の新展開
北海道大学 明 大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻教授
- (3) 原子力eye 2005 vol.51 No.1 大学における”原子力教育ルネサンス”
新原子力学全国マップ・展望
東北大学の原子力教育・研究の柱
東北大学 秀利 大学院工学研究科教授
- (3) 原子力eye 2005 vol.51 No.1 大学における”原子力教育ルネサンス”
-新原子力学全国マップ・展望
東京大学 目 原子力研究総合センター教授
- (4) 原子力eye 2005 vol.51 No.1 大学における”原子力教育ルネサンス”
新原子力学全国マップ・展望
原子力総合科学新時代に向けて - 義と広義の原子力
名古屋大学 根 義 大学院工学研究科マテリアル理工学専攻量子エネルギー
工学分野教授・専攻長
- (5) 原子力eye 2005 vol.51 No.1 大学における”原子力教育ルネサンス”
新原子力学全国マップ・展望
大学の全国共同利用研究所における原子力教育 -大学の共同実験教育
京都大学 代 治 原子炉実験所長、同所原子力基礎工学研究部門教授
- (6) 原子力eye 2005 vol.51 No.1 大学における”原子力教育ルネサンス”
新原子力学全国マップ・展望
原子力の位置づけと特色および教育
大阪大学 田 一 大学院工学研究科 原子力工学専攻長
- (7) 原子力eye 2005 vol.51 No.1 大学における”原子力教育ルネサンス”
新原子力学全国マップ・展望
九州大学における原子力学教育研究
九州大学 石 二 大学院 工学府エネルギー量子工学専攻教授
- (8) 原子力eye 2005 vol.51 No.1 大学における”原子力教育ルネサンス”
新原子力学全国マップ・展望

- 東工大における原子力教育、過去・現在・未来
東京工業大学 井 原子炉工学研究所教授
- (9) 原子力eye 2005 vol.51 No.1 大学における”原子力教育ルネサンス”
新原子力学全国マップ・展望
豊かな原子力社会の構築を目指して -原子力・エネルギー安全工学専攻-
福井大学 福井 大学院工学研究科 原子力・エネルギー安全工学専攻教授、
専攻長
- (10) 原子力eye 2005 vol.51 No.1 大学における”原子力教育ルネサンス”
新原子力学全国マップ・展望
近畿大学原子炉と共に歩む原子力教育
近畿大学 重 原子力研究所長
- (11) 原子力eye 2005 vol.51 No.1 大学における”原子力教育ルネサンス”
新原子力学全国マップ・展望
アメリカにおける原子力教育・研究 -求人 率7 にも-
パーデュー大学、 石井 、 原子力工学科教授
- (12) 原子力eye 2005 vol.51 No.6 原子力の中長期展望を語る -日本政府は今-
アジア経済の急発展と日本の原子力 我が国原子力の海外発展、
人材育成・教育で積極協力を
与 野 :自民党政 会長、 議院議員、 平信因:経済産業省資源エネルギー 長官
末 :原子力委員、 野 :外務省大使、 不拡散・科学部長
田東一 :文部科学省研究開発局長
- (13) 原子力eye 2007 vol.53 No.8 待ったなしの原子力人材育成
大学等における原子力分野の人材育成について
文部科学省研究開発局 原子力計画課
経済産業省エネルギー 電力・ ス事業部原子力政策課
- (14) 原子力eye 2007 vol.53 No.8 待ったなしの原子力人材育成
プログラム応募 件の審査について
原子力人材育成プログラム審査委員会 座長 (前原子力委員長代理) 伸三
- (15) 原子力eye 2007 vol.53 No.8 待ったなしの原子力人材育成
原子力安全規制分野における人材確保の現状と課題
経済産業省原子力安全・保安院 原子力安全技術基盤課長 中村 一
- (16) 原子力eye 2007 vol.53 No.8 待ったなしの原子力人材育成
産学官連携による人材育成 理化学研究所 理事 田 二
- (17) 原子力eye 2007 vol.53 No.8 待ったなしの原子力人材育成
「原子力人材育成関係者協議会」の設置の目的と今後の活動
日本原子力産業協会 会長 部
- (18) 原子力eye 2007 vol.53 No.8 待ったなしの原子力人材育成

電力業界の原子力人材確保の現状と課題、施策への期待と自助努力

関西電力常務 行役員 米

- (19) 原子力eye 2007 vol.53 No.8 待ったなしの原子力人材育成
原子力関連メーカーの原子力人材確保の現状と課題、施策への期待と自助努力
日立製作所 電カグループ 技師長 原
- (20) 原子力eye 2007 vol.53 No.8 待ったなしの原子力人材育成
大学としての原子力人材育成での取り組み-東京大学
東京大学大学院工学系研究科 原子力専攻教授 目
- (21) 原子力eye 2007 vol.53 No.8 待ったなしの原子力人材育成
大学としての原子力人材育成での取り組み-京都大学
京都大学大学院工学研究科 原子核工学専攻
- (22) 原子力eye 2007 vol.53 No.8 待ったなしの原子力人材育成
高専での取り組み-放射線挙動シミュレーションを利用した原子力関連研究と教育・
指導能力の質的向上（八戸工業高等専門学校）
八戸工業高等専門学校 総合科学科講師 田 作
- (23) 原子力eye 2007 vol.53 No.8 待ったなしの原子力人材育成
高専での取り組み-地域連携でシミュレータ利用による原子力関連講義の実施
（阿南工業高等専門学校など）
阿南工業高等専門学校 電気電子工学科教授 三
- (24) 原子力eye 2009 vol.55 No.6 研究開発成果を産業振興に生かす
研究開発成果の社会への 元を目指して ー原子力機構の成果展開事業ー
日本原子力開発機構 産学連携推進部
- (25) 原子力eye 2009 vol.55 No.6 ト ックス
福井大学、 属国際原子力工学研究所を開設
福井大学 属国際原子力工学研究所
- (27) 原子力eye 2009 vol.55 No.9 六ヶ所村大学院出前講義 記
東北大学大学院工学研究科 量子エネルギー工学専攻 教授 石井 造
- (28) 原子力eye 2009 vol.55 No.9 現代核不拡散基礎講座＜ 1 回＞
核不拡散と国際安全保障 ～ケンブリッジ大学・国際研究センターと東京大学・
国際保障学研究室が合同ワークショップを開 ～
東京大学大学院工学系研究科 原子力国際専攻 ジョーシャン・チョイ、
ケンブリッジ大学国際研究センター フィリップ・トル、
東京大学大学院工学系研究科 原子力国際専攻 元
- (29) 原子力eye 2009 vol.55 No.10 現代核不拡散基礎講座＜ 2 回＞
保障措置情報の次世代解析 ～ 査活動範囲の拡大による確信度向上の評価～
東京大学大学院原子力国際専攻教授(委) 日本原子力研究開発機構
核不拡散科学技術センター 員研究員

- (30) 原子力eye 2009 vol.55 No.10 知所先後
31 回 再生可能エネルギーについて考える～低炭素革命の追い風か逆風か～
芝浦工業大学大学院工学 マネジメント研究科 教授 田和
- (31) 原子力eye 2010 vol.56 No.1 民主党政 における原子力政策の行方を る
新政 でどうなる原子力政策 ―「環境」で原子力発電の重み増す
日刊工業新聞 編集委員 井上
- (32) 原子力eye 2010 vol.56 No.2 グローバル時代に 入で急がれる日本の原子力国
際人材の育成強化、電気事業者の国際対応における現状
電気事業連合会 原子力部長 高 治
- (33) 原子力eye 2010 vol.56 No.2 グローバル時代に 入で急がれる日本の原子力国
際人材の育成強化、
GCOE「世界を先導する原子力教育研究イニシアチブ」における国際人材育成
東京大学大学院
工学系研究科教授 明
- (34) 原子力eye 2010 vol.56 No.2 グローバル時代に 入で急がれる日本の原子力
国際人材の育成強化、IAEA で活躍する原子力専門 を増やす
前 IAEA 原子力発電部長 本
- (35) 原子力eye 2010 vol.56 No.2 グローバル時代に 入で急がれる日本の原子力
国際人材の育成強化、米国原子力プラント建設における E (プロフェッショナル
エンジニア)資格取得の必要性について
日本プロフェッショナルエンジニア協会 理事 神野秀基、 井元
- (36) 原子力eye 2010 vol.56 No.2 グローバル時代に 入で急がれる日本の原子力
国際人材の育成強化、アジアとの原子力交流新時代に向けてーわが国のアジア諸国を
対象にした原子力人材育成協力ー日本原子力研究開発機構 原子力研修センター長
本
- (37) 原子力eye 2010 vol.56 No.2 グローバル時代に 入で急がれる日本の原子力
国際人材の育成強化、個性輝く原子力国際人材育成を目指して
東京工業大学大学院理工学研究科 原子核工学専攻教授
- (38) 原子力eye 2010 vol.56 No.2 グローバル時代に 入で急がれる日本の原子力
国際人材の育成強化、J パワーにおける国際人材育成の取り組み
電源開発 式会社、取 役 水
- (39) 原子力eye 2010 vol.56 No.2 グローバル時代に 入で急がれる日本の原子力
国際人材の育成強化、世界原子力大学 2009 年夏季研修で感じたこと
中部電力 式会社 浜 原子力発電所技術部技術課)
日立 GE ニュークリア・エナジー() 原子力予防保全技術部 公大)
三菱重工業() 原子力事業本部 原子力技術センター 炉心技術部 中 道
- (40) 原子力eye 2010 vol.56 No.2 グローバル時代に 入で急がれる日本の原子力

- 国際人材の育成強化、幅広い人材の活用を ワシントンからの提
 三菱ニュークリア・エネルギー・システムズ、 敬子
- (41) 原子力eye 2010 vol.56 No.2 グローバル時代に 入で急がれる日本の原子力
 国際人材の育成強化、国際的に活躍できる人材育成の条件
 カリフォルニア大バークレー校、教授 安
- (42) 原子力eye 2010 vol.56 No.3、原子力分野の教育研究強化に取り組む北海道大学
 専攻を横断した教育体制の構築を目指して
 北海道大学大学院工学研究科 教授 良 直
- (43) 原子力eye 2010 vol.56 No.4 早稲田大学と東京都市大学「共同原子力専攻」を
 スタート、共同大学院設置
 東京都市大学工学部 原子力安全工学科 教授 本 、
 早稲田大学理工学術院 総合研究所 理工学研究所 方一
- (44) 平成 19 年 9 月に発足した『原子力人材育成関係者協議会』の報告書