

日本原子力学会秋の大会 2019年9月12日 富山

人材育成と原子力利用

岡 芳明

内閣府原子力委員会

内容は、必ずしもすべてが、原子力委員会や政府の見解を示すものではありません

目次

1. 原子力分野における人材育成の重要性とこれまでの経緯
2. 現状認識
3. 高等教育段階における人材育成に係る活動
 - ① 優秀な学生の関心獲得
 - ② 大学教育：基礎を体得した人材の育成
 - ③ 大学教育の改善
 - ④ 学部及び大学院修士課程を通じた体系的な原子力教育の実施
 - ⑤ 異文化経験を持つ人材を育てる必要性
4. 高等教育段階以降における人材育成に係る活動
 - ① 仕事・研究開発を通じた人材育成
 - ② 研修・訓練などの継続教育
 - ③ 様々な経験を通じた人材育成
5. その他の人材育成に係る活動
 - ① 初等中等教育支援
 - ② 新興国向けの人材育成支援
6. 知識基盤の構築とこれに支えられたイノベーションの創出
7. 技術開発研究開発の考え方

人材育成の重要性

- 安全の確保を図りつつ原子力の研究、開発及び利用を進めていくためには、これらを支える優秀な人材を育成・確保していく必要
- 2010年11月に原子力人材育成ネットワークが活動開始
- 文部科学省では科学技術・学術審議会の原子力人材育成作業部会
- 原子力規制庁原子力安全人材育成センター「職員の人材育成にかかわる施策の進め方」を取りまとめ
- 経済産業省の人材育成活動、日本原子力学会自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ
- 外務省の人材育成支援活動
- IAEAのNuclear knowledge management活動、
- 欧州共同体のNUGENIAなど、研究開発に組み込まれた人材育成活動など

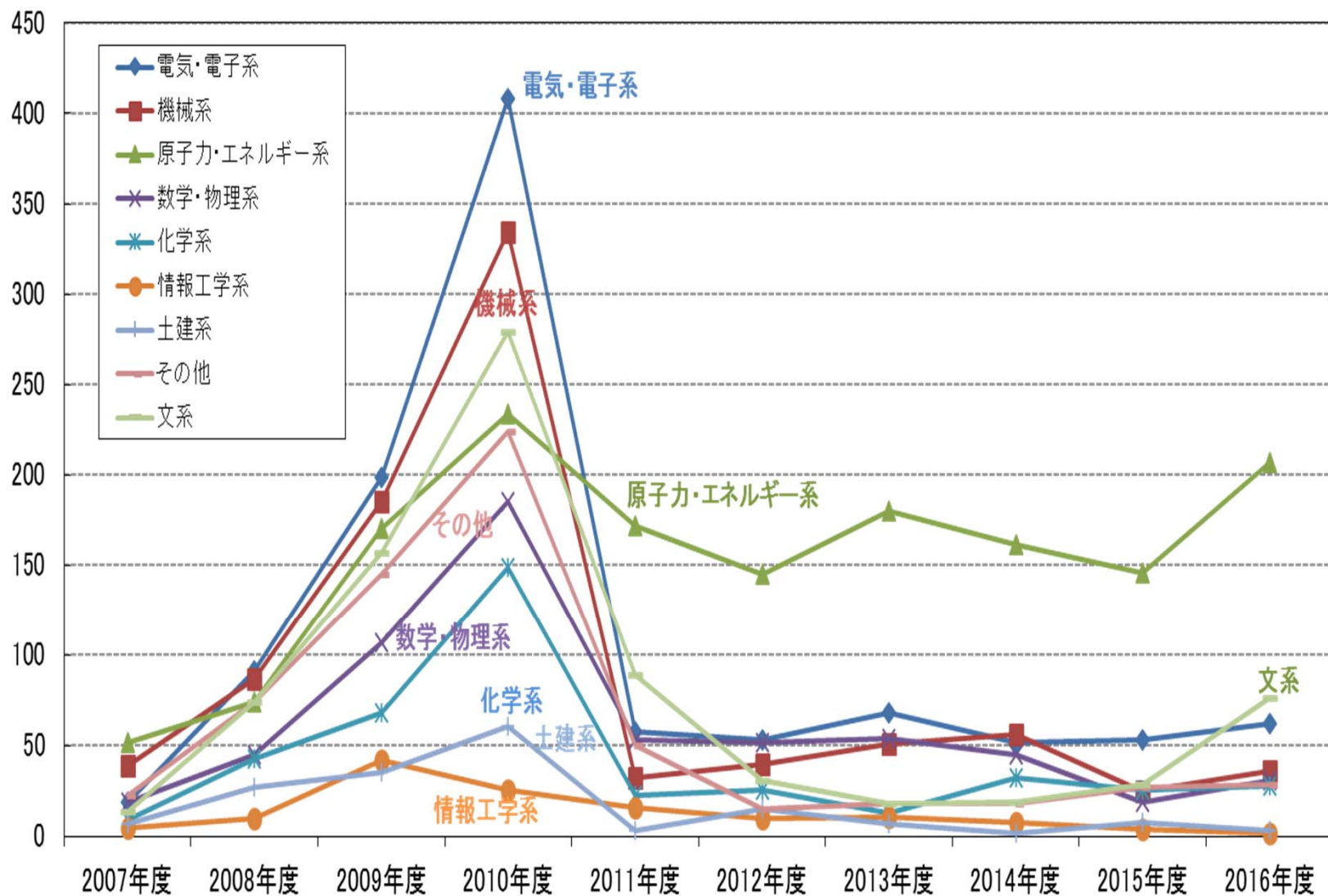
原子力人材育成ネットワークの設立記念 会合の近藤駿介原子力委員長の言葉

- 世界中で通用するようなユニバーサル人材の育成に資する活動とすること
- 国内で閉じた活動とするのではなく国内外に開かれた活動とすること
- 組織は全て学習と教育のための機関である。あらゆる層に訓練と啓発のメカニズムが組み込まれていること。
- 人材育成は組織の外の課題ではない、組織が生き残るために必須の課題である。

現状認識・重要点など

- 原子力人材育成活動は、関係機関によって精力的に行われている。
- 優秀な人材の獲得、大学教育の改善、分野横断的な研究活動と連携した人材育成、原子力発電技術の継承等が重要
- **大学教育が人材育成の基本で基盤**
- 大学改革の中で、教員の欠員を埋めることができない専攻が増加。**大学原子力教育の存続が必須。**
- **大学教育に、改善の仕組みが必要**
- 人材育成の競争的資金でのセミナーなどイベント開催が増加。イベント開催よりも、学生が考え・手を動かす活動が重要。
- 研究開発や仕事を通じた人材育成が必須（人事管理の課題、中間管理職の役割が重要）**特に研究開発機関**
- 原子力技術を維持していくためには、暗黙知を顕現化させるとともに、仕事を通じて技術伝承していくことが必要

原産セミナー来場者数（学生）の推移



(出典) 日本原子力産業協会「PAI原子力産業セミナー2018報告」(2017年)

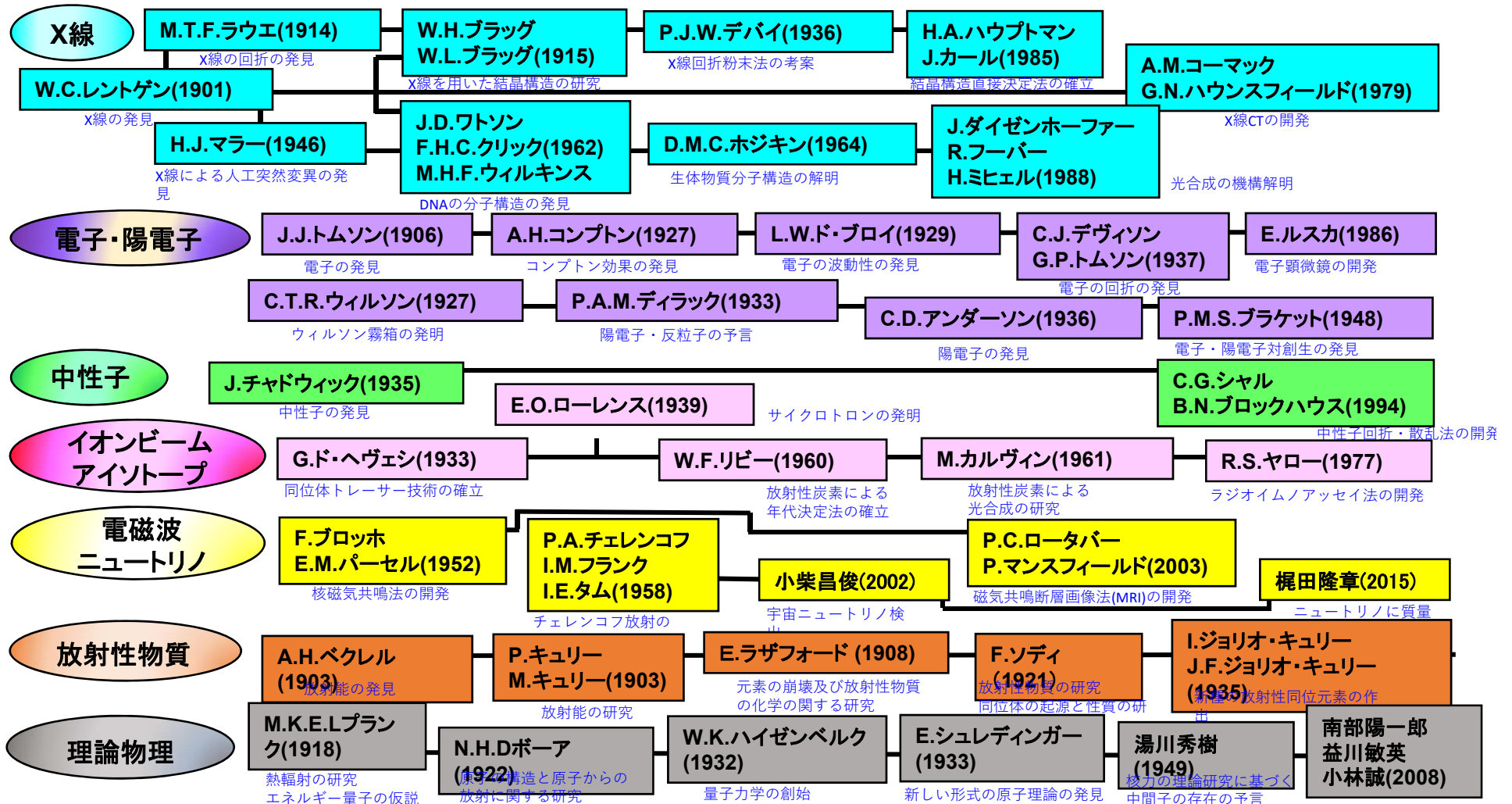
高等教育以降の人材育成活動

①優秀な学生の関心獲得

- 大学が国内外から優秀な人材を集める機能を最大限発揮するように
- (原子力に進学する可能性のある学生に対する勧誘資料は多く存在するが) 一般の高校生や大学生に「**原子力って何だろう**」、「**奥が深く、幅も広くて、面白そう**だ」と思ってもらえる活動が必要。
- 高校生や一般大学生に、原子力の幅の広さ、奥の深さを伝えるパネルや本【参考1】を作って共有・利用する (Texas A&M大学の成功例)
- 原子力は、多くのノーベル賞を生んできた原子核科学を応用する先端分野 (ノーベル物理学賞の約3割が原子核科学分野)
- 原子力は理工系の知識のみならず、人文社会系の知識も必要とする広大な分野。
- **エネルギー供給は古来から国家の繁栄のカギ** (例: 古代文明は、周囲の木を切りつくして衰退した。ロシアは、旧ソ連崩壊後の経済危機を天然ガスの輸出・高騰によって脱却した。)
- 原子力は資源小国の日本のエネルギー供給に貢献する (日本のエネルギー自給率は6%)
- 原子力は経済や雇用、健康で文化的な生活、地球環境問題に貢献する (**炭素制約が厳しい場合、原子力がないと発電コストは約2倍になる**: 2018年MIT報告書)

原子力分野における歴代のノーベル賞受賞者

➤ 原子力エネルギー・放射線分野の研究によるノーベル賞受賞者は、物理学賞においては25%以上、自然科学（物理、化学、生理・医学）の3賞においても15%程度を占めており、**科学技術の発展に与えた影響は非常に大きい。**



海外の優秀な大学院生の獲得

- 大学は国内外から優秀な人材を集める機能・役割がある。
- 研究は日本人だけで行う時代ではない。
- 国費留学生など新興国の優秀人材の獲得を目指すのが良い。
国費留学後、母国の大学教員になるものも多く、つながりが組織化できる。
- 過去に日本に留学したアジアの原子力関係研究員や大学教員は多いが、教員や研究者個人ベースのつながりにとどまっている。放置すれば、失われる。
- 研究開発機関も海外研修員を多数受け入れてきたが、研究室や機関ごとにバラバラ？失われるおそれ。
- データを組織化し、活動の連携を図るべき
- 国際活動と連携した優秀大学院生・ポストドク獲得を（F N C A ネットワーク利用の活動を原子力委員会では準備中。各国との相互インターンシップなどの交流もできる）
（のでは？）
- 海外の主要大学教員とつながりができると、大学のみならず、研究開発機関も優秀なポストドクや研究員の獲得の可能性が高まる。

②大学教育：基礎を体得した人材の育成

- 日本の産業界：基礎学力（科学的思考力）を有する人材が必要
- 大学教育は「あるべき」から、**卒業する学生の質に重点をおいた教育**を目指す（米国は変革済）
- **学生が自ら考え、手を動かすことが必要**
- 実習や実験、演習を重視し、知識の定着を図る。
- 大学の実験設備が劣化。予算手当ての制度化が必要。
- 研究開発機関の共用設備の利用、研究炉など全国大が研究が利用できる実習設備整備と、共用などの対策が必要。利用のソフトが重要。
- 大学院では教育と研究は一体であり、研究設備の充実は教育の充実
- **インターネット環境を利用した、事前学習も**
- 大学院重点化や大学改革が原子力教育に影響した。学部・大学院を通じた原子力基礎学力の組織的育成が必要。

教科書、演習書、解説・総説作成

- 教科書はある程度整備されている。さらに整備されることを期待。たとえば機械学会のテキストシリーズ（演習書も出版）、原子炉物理学の初等教科書や演習書があるとよい。
- 原子力発電技術講習書：海外の例を収集し、日本の経験も含めて体系化したものを作成し公開し共有するとどうか。
- 解説・総説などでニーズが大きいのは、安全【過酷事故】・防災・緊急時対応、廃止措置・放射性廃棄物、軽水炉長期利用など。
- 教科書レベルを超えて、実際に役立つ文書を分野横断的に作成し、研修する必要。研究開発機関では作成させることが、人材を育成する。
- 解説・総説は一般国民向けの情報と根拠の情報をつなぐ役割もある。根拠までたどれると、「腑に落ちる」国民は多いはず。理解を押しつけてはいけないので、根拠の情報を整備する必要がある。
- 国民の安全確保とは過酷事故の防止と影響低減のこと【米国NRCの研修資料はこの視点から書かれている】
- 基準や規制の数値の背後にある考え方を原子力関係者が理解する必要。規格・基準の数値ではなく、なぜかを理解する人材育成

過酷事故の解説書・訓練資料の例

- **Perspectives on Reactor Safety (NUREG/CR-6042、米国 N R C の研修資料)**
- **SARNET course**：欧州共同体の過酷事故研究プラットフォームSARNETが毎年開催、たとえば2011年のPisa大学セミナー
- **Nuclear Safety in Light Water Reactors: Severe Accident Phenomenology, Bal Raj Sehgal(editor) 2012**
- 揮発性 F P 等の環境放出に至る過程を、格納容器や原子炉建屋等の原子炉設備との相互作用やリークパスとの関連でまとめた解説・研修資料の作成が求められる。
- 例えば、農林水産業と環境影響・回復の経験をまとめた資料も必要（仏はDemeterres projectを実施中）。危機管理の訓練資料も必要ではないか。

③大学教育の改善

- **大学教育が原子力人材育成の基盤で基本**
- **日本の大学教育は欧米と比べて、タガが緩んでいる点がある。** 自習・演習・学生の学習ケアを充実する必要がある
- 日本では、大学に限らず、改善のメカニズムが働かないことが多い。 **集団主義のため異論を述べない。評価制度があっても、評価委員を被評価側が選ぶなどしている（ポイントを外している）。**
- **「原子力」や「量子」の名前を冠する専攻・学科・コースは、原子炉物理や放射線の素養がある学生を送り出す義務がある。**
- 機械工学が、熱力学を知らない学生を送り出した例がある。大学の多数決原理に任せるだけでは抜け落ちるおそれがある。
- 原子力関係の専攻・学科・コースの置かれた状況は大学によって異なるが、**日本の大学教育に改善メカニズムを内包するとよい。**
- 米国・カナダの大学では工学・技術教育認証委員会(ABET,CEAB)の評価が数年ごとに行われ、教育の改善が促される。
- JABEEが日本では活動している。ABETを参考に評価法も確立している。評価も行われている。東大原子力専攻（専門職大学院）の評価書は公開されている。
- 技術士資格の付与とは関係なく、原子力関係の学科・専攻・コースは、**JABEEの評価を受けて、教育の改善を図るとどうか。** 卒業生の質・評判が向上すると大学・専攻の評価が向上する。

欧米の大学教育経験の例

- Joonhong Ahn (安俊弘) 「米国大学の教育研究の現状：人事・教育・研究」
<http://www.f.waseda.jp/akifumi.yamaji/past.html>
- 長崎晋也 「マクマスター大学などの原子力教育事情」平成30年10月16日 原子力委員会資料第1号
- 長崎晋也 「カナダ・マクマスター大学における原子力工学教育」日本原子力学会誌 Vol.68, No.8, pp52-53(2019)
- ニノ方寿 「イタリア・ミラノ工科大学における原子力教育事情について」平成31年3月26日 原子力委員会資料第1号
- 三輪修一郎 「Purdue大学における原子力教育事情」平成30年9月12日 原子力委員会資料第1号
- 三輪修一郎 「日米大学院比較」日本原子力学会誌 Vol.61, No.7 pp50-53 (2019)
- 原子力政策担当室 「原子力分野における人材育成について（見解）のフォローアップについて」平成31年4月16日 原子力委員会資料第1号

欧米大学の工学教育経験教員の意見（その1）

- 全授業内容は学生による授業評価とカナダ工学認定機構による評価（7年に一度、1, 2週間程度、結果は公開）で見直される。
- 学生の授業評価（バイアス大ということは学術的に示されているが）は、学科長を通して示され、指導も受ける。昇進・昇給・サバティカル取得など様々な場面で利用される。
- 宿題や実験レポートは、コメントを付して必ず次の宿題やレポート作成時までに返却せねばならぬ。2度目の同じ間違いは教員の責任となる。
- 単に教えるだけでなく、メンター制度、チュートリアル時間も講義とは別に設定されている
- 留学生はカナダにとって戦略的パートナーの卵と考える。
- 日本の学生の原子力工学の基礎能力は弱い（以上長崎教授）

欧米大学の工学教育経験教員の意見（その2）

- ミラノ工大での教育負担は日本の約2倍。教員は教育で忙しくて研究する時間がない。講義の中身に所属部門のチェックが入る。学生との面談を常日頃から行う義務。何時から何時まで講義をやったかとか、必ず講義の度に、何を教えたかとかいうのを報告しなくちゃいけない。人事管理みたいなものがしっかり行われている。準備しないで講義室に行って、今日何を話しましようかというようなことはできない。1時間講義をしたら、学生は2時間の勉強をしなくちゃいけないとなっている。（二ノ方教授）
- 米国大学では単位を取得しなければ次に進めない。授業を落とすと留年する確率が一気に高まる。日本では例えば熱力学を落としても、伝熱工学、流体力学の単位が取れる。米国大学では追試はない。
- 米国は実験レポート課題もIntroを含めたりサーチレポート形式で提出。TAが細部にわたり採点する。（三輪准教授）

米国大学の教育研究の現状 人事・教育・研究

Joonhong Ahn (安俊弘)

Professor, Vice Chair

Department of Nuclear Engineering

University of California, Berkeley

2013年12月27日 早稲田大学 先進理工学研究科共同原子力専攻での講演より抜粋、
UCB・NEの許可を得て利用 <http://www.f.waseda.jp/akifumi.yamaji/past.html>

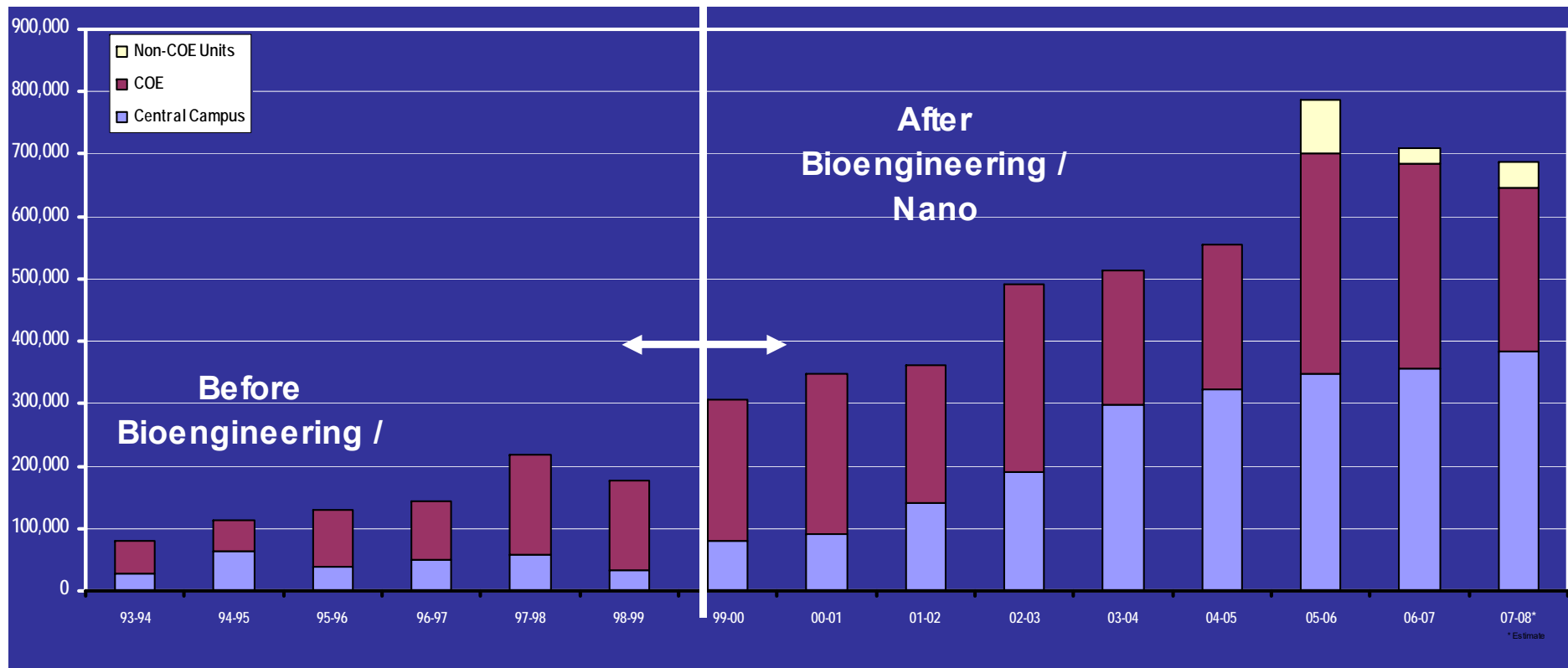
人事

教員の募集・採用

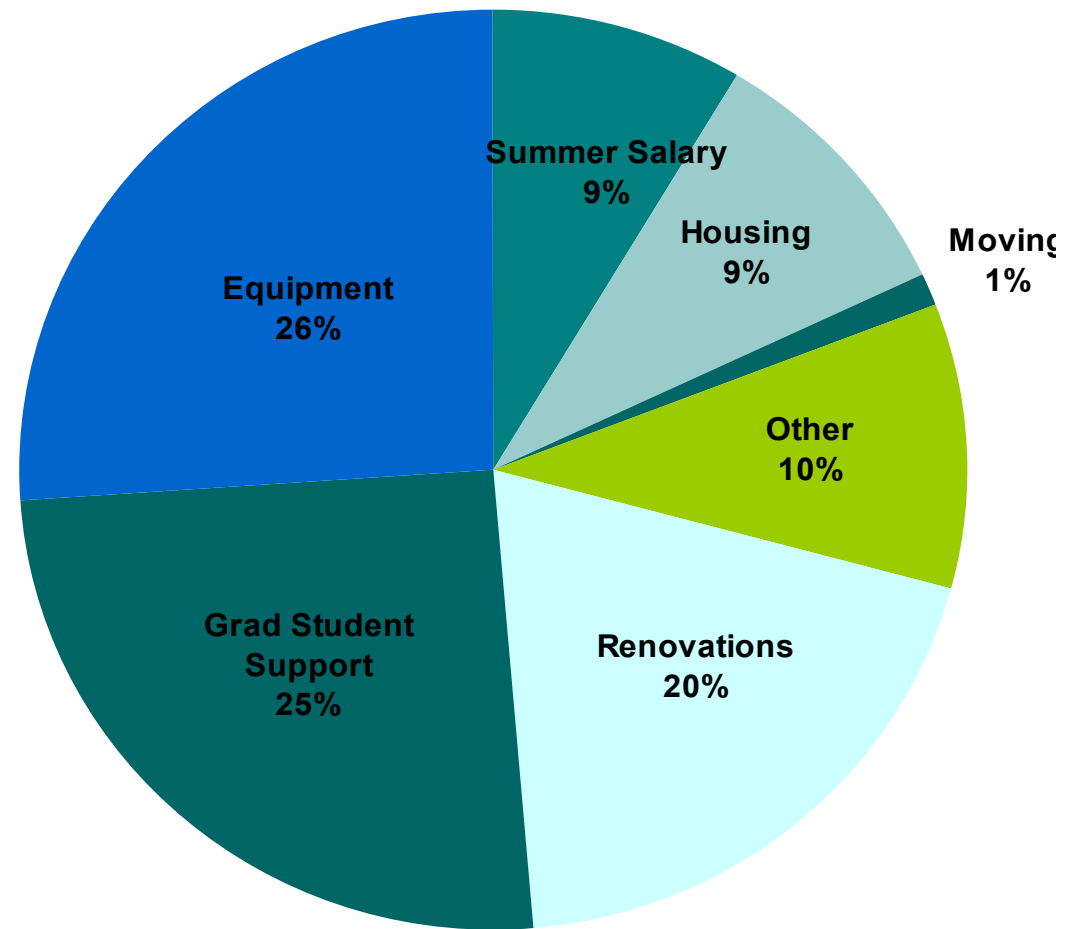
- リタイア・退職のポストは一旦学長が召し上げ。
- Academic Senate (全学教授会) の Budget committee がポストの配分を決定。
- 正規の教職員の給与は州政府予算。
- 学科にポスト(FTE)が配分されると、サーチが始まる。
 - 学科に選考委員会が設置される。
 - 書類選考のあと、候補者の面接、講演、講義、などが行われる。
 - 外部評価者(10名程度)に評価資料(論文リスト、教育実績調書、論文コピーなど)を送り、評価書を求める。
 - 選考委員会が候補者を絞り、学科の投票にかける。
 - 投票結果を受け、学科長が自らの意見をそえて学部長に送る。
 - 学部長も意見をそえて、Budget Committeeに提出する。
 - Budget CommitteeはケースごとにAd-Hoc委員会を設置し、審査する。独自に外部評価者を選定し評価を求めることもある。
 - 結果をProvost、さらに学長に知らせる。
- 住居、スタートアップ・パッケージ、給与、その他の条件を添えて、候補者との交渉を行う。

工学部新教員リクルートの経費

\$90K in FY1993-94 → \$700K in FY2007-08



工学部新教員リクルート経費の内訳



\$6.4M total

- 2005-2006:新教員7名
- 2006-2007:新教員9名
- 2007-2008:新教員11名

評価・昇進

Tenureを獲得するまで (Assistant Professor) :

- 2年に1度の審査 (Merit Review)。
- 結果がよいときは俸給表でのStepが上がる。
- 特にパフォーマンスがよいときは、Stepを飛ばして、加速することがある。
- 最長8年。それまでにTenureを獲得できないと契約は更改されない。
- Tenureの審査を受けるまでの間、中間にMid-Career Reviewを受け、進捗状況がチェックされる。
- 独立して研究、教育、社会貢献が出来ているかどうか。
 - 目安として、単名での論文2件/年、学生の授業評価、学会等における活動などの社会的な広がり。

Tenure（終身在職権）の審査

- **Assistant professor**のパフォーマンスを見て適当と判断したら、学科長は昇進の審査の開始を本人に告げる。
- 該当者は、論文リスト、教育業績報告書、外部貢献報告書、などをまとめ、自己評価書を添えて学科長に提出する。
- 学科長は約**10名**の外部評価者を選定し、提出された資料と全論文のコピーなどを送付する。また、学科内に審査委員会を設ける。
- 審査委員会でそれらの資料を審査し、**Tenure**をつけたAssociate Professorへの昇進の可否を判断し、報告書を学科長に提出する。
 - 該当者はそれを閲覧し、反論できる(以下の段階でも同様)。
- 学科長は**Faculty Meeting**を開催し、審査委員長から報告を求める。**Faculty**はそれをもとに投票する。
- 投票結果、審査委員会報告書をもとに、学科長が意見書を作成・添付して、学部長に送付する。
- 学部長はそれらを審査して、自らの意見書を添付し、**Budget Committee**に送付する。
- **Budget Committee**はAd-hocの委員会を設置して、詳細に審査する。
- 結果を学長に報告する。
- おおむね7月にプロセスが始まり、3月、4月ころに結果が出る。

Tenure獲得の準備

- 大学本部が、Assistant Profを対象としたワークショップを開催し、Tenure獲得のための審査基準などについて周知する。
- 近い分野の教員(Full)が、「Mentor」として、サポートする。しかし、上下関係ではない。
 - Assistant Profの業績が伸びるよう、委員会への参加、講義科目の開設、研究への勧誘などを行う。
- Assistant Professorも他の教員と同等の責任を分担する(年間の担当講義数など)。Associate, Fullとの間に上下関係はない。
- 学会などの場でのパフォーマンスが重要な判断材料になる。
- 各大学でのコロキウムなどを利用する。

Associate / Full Professor

- 評価・審査（Merit-Review）は3年に1度。
 - Budget Committee.
 - 俸給表におけるStepがあがる。
- 研究の広がりを求められる。
 - 必ずしも単名の論文である必要はなく、むしろいろいろな組み合わせの形態で研究を行うことを求められる。
- 大学・学部における行政面での責任分担に関してはAssociateとFull Professorはほぼ同じ。
 - 各種学内委員会の委員（長）など
- パフォーマンスが特によいときはStepを飛ばすことがある。
- Full Professorの場合、Off-scaleなどの可能性も。²⁵

教育

学部生

- 一般的傾向
 - 高校卒業までは日本的な受験競争がない。
 - Community college
 - 大学入学後の勉強は真剣。
- 多くの学生が夏休暇中にインターンなどで仕事を体験する。それを就職時の履歴書に書く。
- 大学内ではDouble major、Joint majorなど比較的柔軟に自己のプログラムを選ぶことが出来る。
- 大学の運営は学部中心。

ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology)

- 工学部のカリキュラムの認定。
- 2000年から新システム導入。7年毎のレビュー。
- カリキュラムそのものの整合性(「あるべき」)を重視した過去のシステムから、アウトプットとしての学生の質に重点を置いたシステムへの移行。
- カリキュラムの目的を設定し、それを実現するための整合性の取れた講義などの配置。
 - 各講義間でのシラバスの整合性。
 - カリキュラム目的と各講義の整合性。
- 各科目、学期の冒頭に学生の状態を測る。
- 倫理、生涯教育、環境など社会的要素を取り入れることを課する。

Objectives of Undergraduate Curriculum (原子力の例)

- to produce graduates who as practicing engineers and researchers:
 - 1) Apply solid knowledge of the fundamental mathematics and natural (both physical and biological) sciences that provide the foundation for engineering applications.
 - 2) Demonstrate an understanding of nuclear processes, and the application of general natural science and engineering principles to the analysis and design of nuclear and related systems of current and/or future importance to society.
 - 3) Have exhibited strong, independent learning, analytical and problem-solving skills, with special emphasis on design, communication, and an ability to work in teams.
 - 4) Demonstrate an understanding of the broad social, ethical, safety and environmental context within which nuclear engineering is practiced.
 - 5) Display an awareness of the importance of, and opportunities for, life-long learning.

Our graduating students achieve nine key outcomes. (原子力の例)

1. The ability to apply knowledge of mathematics, natural science and engineering to the analysis of nuclear and other systems.
2. The ability to identify, formulate and solve nuclear engineering problems.
3. The ability to design integrated systems involving nuclear and other physical processes.
4. The ability to design and perform laboratory experiments to gather data, test theories, and solve problems.
5. The ability to learn and work independently, and to practice leadership and teamwork in and across disciplines.
6. The ability for effective oral, graphic and written communication.
7. A broad education necessary to understand the social, safety and environmental consequences of engineering decisions, and to engage thoughtfully in public debate on technological issues.
8. An understanding of professional and ethical responsibility.
9. Knowledge of the importance of, and opportunities for, life-long learning.

Undergrad Curriculum

<i>Freshman Year [Common First Year]</i>	<i>Fall</i>	<i>Spring</i>
Math 1A, 1B, Calculus	4	4
Chemistry 1A (or 4A), General Chemistry	4	
Physics 7A, Physics for Scientists and Engineers		4
Engin 7, Introduction to Applied Computing		4
Nuc Eng 92, Issues in Nuclear Engineering	3	
Reading and Composition course from List A	4	
Reading and Composition course from List B		4
<i>Sophomore Year</i>	<i>Fall</i>	<i>Spring</i>
Math 53-54, Multivariable Calculus, Linear Algebra, Diff. Eqns.	4	4
Physics 7B, 7C, Physics for Scientists and Engineers	4	4
EE 40, Introduction to Microelectronic Circuits or EE 100, Electronic Techniques for Engineering		4
Engin 45, Properties of Materials	3	
First and Second additional Humanities / Social Studies courses	4	3
<i>Junior Year</i>	<i>Fall</i>	<i>Spring</i>
Engin 115, Engineering Thermodynamics	4	
Engin 117, Methods of Materials Analysis	3	
Nuc Eng 101, Nuclear Reactions and Radiation	4	
Nuc Eng 104, Radiation Detection Lab		3
Nuc Eng 150, Nuclear Reactor Theory		3
Third Additional Humanities / Social Studies course (ethics content)	4	
Technical Electives #		9
<i>Senior Year</i>	<i>Fall</i>	<i>Spring</i>
Nuc Eng 170, Nuclear Design		3
Fourth Additional Humanities / Social Studies course		3
Technical Electives #	14	9

Beam and Accelerator Applications: Physics 110A/B (or EE 117), 129 A/B, 139, 142; NE 155, 180;

Bionuclear Engineering: BioE C165; EE 120 (EE 20N is a prerequisite for this course), 145B; NE 107, 162;

Fission Power Engineering: ME 106, 109 (ChemE 150A may be substituted for ME 106 and 109); NE 120, 124, 155, 161, 167, 175;

Fusion Power Engineering: Physics 110A/B, 142; NE 120, 180, 155;

Homeland Security and Nonproliferation: Chem 143, Physics 110A/B, 111, NE 107, 130, 155, 175;

Materials in Nuclear Technology: MSE 102, 104, 112, 113; NE 120, 124, 155, 161;

Nuclear Fuel Cycles and Waste

Management: ChemE 150A/B; E 120; Energy Resources Group 151; MSE 112; NE 120, 124, 155, 161, 175;

Radiation and Health Physics: NE 120, 155, 162, 180; Risk, Safety and

Systems Analysis: CE 193; Chem E 150A; E 120; IEOR 166; NE 120, 124, 155, 161, 167, 175.

ABET Requirements and NE Courses

Course	NE Program Outcomes								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Math 1A, 1B, 53, 54	X								
Chemistry 1A	X			X					
Physics 7A, 7B, 7C	X			X					
EE 40 (or 100)	X								
Engin 45	X								
Engin 7	X	X							
Engin 117	X								
Engin 115	X		X						
Nuc Eng 101	X	X							
Nuc Eng 150	X	X	X						
Nuc Eng 104	X			X	X	X			
Nuc Eng 170	X	X	X		X	X	X	X	X
Technical Electives including courses required for selected area of specialization #	X	X	X						
Ethics course requirement							X	X	
Humanities and Social Science Electives						X	X		32

大学院生

- 分野によって状況は大きく異なる！
- 工学部の場合、すべての大学院生は、何らかの財政的サポートを指導教員、学科、学部、大学から得ていて、自分で学費を払うことはない。
- 必要な生活の経費もサポートされる。
 - \$2,700/月.
- 授業料や給与など含め、カリフォルニア州民の学生の場合、一人当たり年間6万ドル程度の予算が必要。
- 優秀な学生は、複数の有力大学に応募しており、有利なサポートの条件を示すことが、優秀な学生を獲得するために必要。

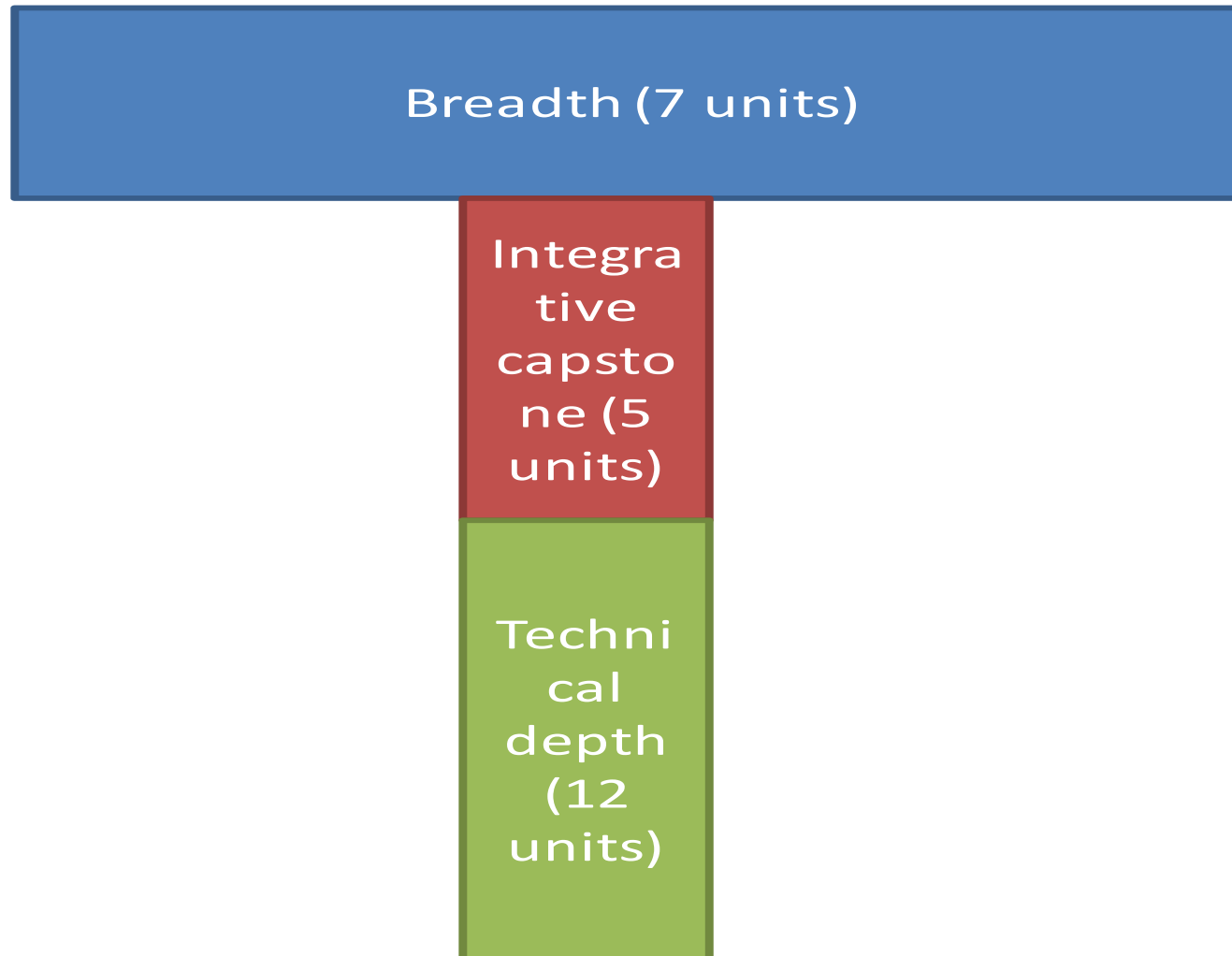
カリキュラム・プログラム

- 大学院入学時に、博士課程・修士課程の明確な区別はない。
- 1学期に3-4個の講義科目をとる。それが2年間続く。
- PhDを目指す場合、
 - Major fieldと2つのMinor fieldsを宣言する必要がある。それぞれに必要な数の単位と成績(GPA>3.5)を取る必要がある。
 - 最初の年に、Screening Exam(筆記試験)を受ける。
 - チャンスは2回
 - 不合格の場合、修士号で終わる。
 - Qualifying Exam: これらがすべて修了したとき、口頭試問を受ける。
 - Qualifying Exam合格後は、給与が増える。
 - チャンスは2回。
 - 2年以内に、論文をまとめて査読の教員から署名をもらう。

Professional Master of Engineering Degree (NEW in 2011)

- The objective is to develop professional engineering leaders who understand the technical, environmental, economic, and social issues involved in the design and operation of nuclear engineering devices, systems, and organizations.
- Prospective students are engineers, typically with industrial experience, who aspire to substantially advance in their careers and ultimately to lead large, complex organizations, including governments.

M.Eng. Curriculum



Postdoc

- 多くの博士号取得者が、2-3年間、Postdocとして研究をする。
- なるべく多くの単名の論文を書く。
 - 指導教員は、単名で書かせる。
- 外部資金への応募を促す。
- 最近行われた教員公募での審査状況を見ると、10件程度の主著者論文が最低限。

授業評価

- 各講義科目、学期最終日に行う。
- 教員は講義室を出て、いれかわりに担当の事務職員が用紙を持って入る。
- 職員は学生から回答済みの用紙を回収し、教員が当該科目の採点を教務部に提出したことを確認して、開封・集計する。
- 集計結果は大学本部、学科長、本人に知らされる。学生も大学のHPを通じて知ることが出来る。
- 教員の昇進・評価に用いられる。
 - 『この講義は自分にとって役に立ったか？』
 - 『この講義は大学にとって必要と思うか？』

研究

Research Grants

- 多くの教員は年間9ヶ月分の給与を州政府から受ける。(講義など直接『教育』にかかわる部分)
- 残りの3ヶ月は、手持ちの資金で自分に給与を出す。
 - 月給1万ドルの場合、およそ2万ドル/月の資金が必要。
 - 学生1名 = 約5~6万ドル/年
 - 大学が課すOverheadは58%
- エネルギー省(DOE)、核規制委員会(NRC)、科学財団(NSF)、外国の研究機関、民間企業、など
- Assist. P.やAssoc. P.がPrincipal Investigator (PI)となって、Full Pを雇うこともある。

Support for Universities

- Department of Energy
 - Nuclear Energy University Program (NEUP)
- Nuclear Regulatory Commission
 - Curricula development
 - Scholarship and fellowship
 - Faculty development

Grant応募をサポートする学内のシステム

- 教員は通常、Statement of Work (SOW)を書くことに専念する。
 - その中に、雇用する大学院生、PostDocの数や必要な設備などを書く。
- サポートする部署(各学部レベル、UCBの工学部の場合ERSO)では、それをもとに、ドラフトの予算書など応募に必要な書類を整える。
- キャンパスレベルの部署(UCBの場合SPO)では、
 - 公募の場合、大学として必要な書類を整え、応募の手続きをとる。首尾よく採択された場合は、Sponsorとの交渉を行い、契約締結の交渉を行う。
 - 随意の場合、大学の標準の契約書を元に、Sponsorとの交渉を行い、契約締結まで。
- DOEなど米国連邦政府機関の公募はすべて電子化されている。

社会的貢献

- 学会
- 各種政府機関の諮問委員会
- 議会での証言
- 科学アカデミー
- 初等・中等教育への貢献

④学部及び大学院修士課程を通じた体系的な原子力教育の実施

- 大学院重点化、大学改革など制度改革が大学原子力教育に影響している。
- 原子力の役割を大学本部に訴えず、大学運営の多数決原理に身を任せると、原子力教育が弱体化する。
- 東京工業大学では学長が提案した学部・大学一貫教育に対して、原子力教育の必要性を大学本部に積極的に伝えて対応し、学部と大学院修士課程を通じた体系的な原子力教育の構築に成功している。
- 各大学の原子力関係学科・専攻・コースの置かれた状況は様々だが、各教員が協力・経営・営業等を行って、プレゼンスを向上し、良いプロダクト（学生と成果）を生み出すことを期待する。

参考1：原子力委員会メールマガジン2018年4月27日号

参考2：小原徹「東京工業大学の教育体制と原子核工学教育カリキュラム」
第36回原子力委員会定例会議、配付資料3-1 平成29年10月20日

日本の原子力関係専攻の現状と対策等

現状

- 国立大学法人改革の中で、予算とポストが減少し、退職教授の後任の採用ができず、教員数が減少している。
- 学生は短期セミナーへの参加でより多忙に。
- 就職協定がなくなりインターンシップが増加し、学生の研究時間が減少する。
- 教員は（教授会、会議、事務、委員会などで）多忙

対策の例

- 原子力関連でまとまっていること
- 大学本部・経営陣へのプレゼンス向上、学長へのアクセス向上、専攻・学科イベント等への参画依頼
- 学科・専攻としてのまとまった組織的対外営業活動
- 地元電力など原子力関係企業や研究開発機関との組織的協力と連携
- 改善の仕組み、外部の厳しい声・異論を聴く機会を持つこと（評価委員を被評価側が選んではダメ）

日本の原子力の特徴

- 大企業（電力・メーカー等）、大きい研究機関（JAEA, 電中研など）がある
- 大きい原子力担当省庁（経産省、文科省等）、原子力経験者が多い。
- 原子力人材育成予算、原子力関係の競争的資金等がある。
- 原子力委員会、原子力規制委員会がある（他の分野にはない）

根拠に基づいて帰納的に思考する必要がある

エビデンスに基づく政策が大学教育改革に必要

刈谷剛彦オックスフォード大学教授

- 大学改革の迷走は、演繹型思考法が問題の背景にある。
- 日本は現実から得た事実から帰納的に思考し、制度設計をしてきていない。先進する外来の制度と理念を抽象的に理解し、適用してきた。
- 事実：学生一人当たりの高等教育費の家計負担は1975年比で約4倍、政府負担は微減。
- 演繹型の未来志向の政策提言は抽象的にならざるを得ない。抽象的であるために受け入れられずいが、具体的な欠いた目標を現場が解釈していく方法でしか、政策の意図は理解できない。その結果「過剰期待と過少支援の矛盾」が繰り返され、放置されてきた。
- これは、我々が「演繹型の政策思考」に慣れすぎているからである。

刈谷剛彦：「政府主導の大学改革迷走：根深い演繹型思考背景」日経朝刊 2019年4月1日

佐藤郁也編著「50年目の大学解体、20年後の大学再生」刈谷剛彦 第1章
終わりに、批判的思考力と帰納型の思考

帰納型の思考法が必要

- 日本では「こうあるべき」との演繹型の思考がなされることが多いが、根拠や事実や歴史をもとにする、帰納型の考察が必要である。
- 演繹型の政策思考では、現実より理念が先行し、目標が具体性を欠く。
- 未来志向の政策提言は、抽象的であるがために受け入れられやすいが、目標が達成できたか測定できない。
- 帰納型政策立案には、エビデンスが不可欠で、目標も具体的である。
- 日本の大学改革が迷走するのは、根深い演繹型思考が背景にある。

⑤異文化経験を持つ人材を育てる必要性

- 文化や宗教は、それぞれの国の規範や習慣、考え方に組み込まれているが、日本は外国人が少なく、異文化、異なる価値観や考え方と接する機会が少ない。
- 海外から資金を得て、ビジネスや研究開発を展開している原子力関係の日本企業や研究開発機関は少ない（原因は複合的だが、志向も弱い）。
- 大学に外国人学生が少なく、ともに学ぶ機会が少ない。
- 仏のエコールポリテクニクは修士課程の半数が外国人、仏人学生も1年間海外で学ぶことが求められている（フランス人重役が国際企業で活躍する素地になっているとの意見がある）。

仏 Ecole Polytechnique : Facts & figures

半数の修士課程学生が外国人

◆ Education

2,660 students

- > « Ingénieur Polytechnicien »: 2,000 students 20 % international
- > Master of Science: 200 students 50 % international
- > PhD: 460 students 40 % international

660 faculty members

- > 14 members of the French Academy of Sciences
- > 12 % international
- > 10 departments (education and research)

◆ Research

- > 1,600 people in the research center
- > 640 researchers
- > 460 PhD
- > 21 laboratories

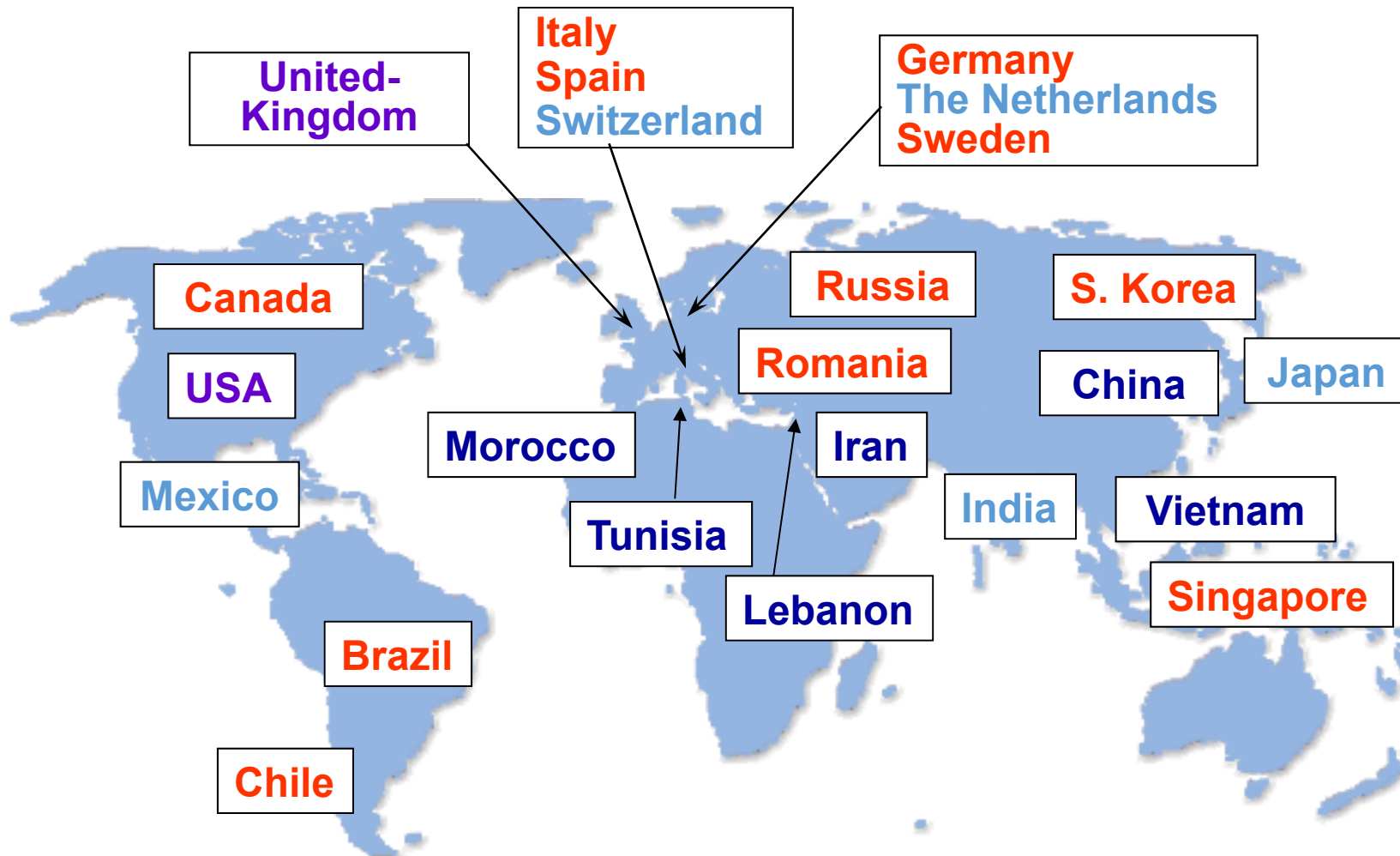
◆ International

- > 158 agreements with foreign universities

出典: 訪問時入手資料 2008年

Ecole Polytechnique: International development

**Double Degree Program, General partnership,
Free Mobility to EP, EP students abroad**



日本の大学原子力教育において国際性を改善する方法の例

- **学生の海外インターンシップ**を行う。（見違えるように成長した例あり）
- **教員のサバティカルを経済的・人的・制度的に支援する**。（国立大学法人化により、国家公務員としての海外留学制度から外れたため、支援が弱体化してきているのではないか？不在期間の代替対策も制度化が必要）
- **外国籍の教員を雇用する**（英語の事務処理が必要）
- 海外大学（例えばアジアの主要大学）との学生、大学院生の相互交流をする。
- 海外大学からの博士課程留学生（特に出身国の国費留学生）を獲得する
- プロジェクト研究費を獲得して、海外の優秀なポスドクを研究に参加させる。

4 .高等教育段階以降における人材育成

①仕事・研究開発を通じた人材育成

- **就職後の人材育成の基本は仕事を通じた人材育成。**
- 組織の目的に応じ、人材育成を行う必要。組織の目的が異なると育成される人材も異なる。転職者に組織の目的に合わせた研修を行うことも必須。
- 仕事を通じた人材育成では特に**管理職の部下に対する人材育成能力が重要**、部下の成長を見ながら常に見直しが必要
- 管理職の育成では他部局とのローテーションを含む育成が不可欠
- 専門職の育成では専門分野を深めつつ関連分野を含む俯瞰的能力を育成する必要
- **キャリアパスに生かすための評価制度、キャリアパス設計のツールとしての目標管理制度が重要**

基本はOJT(on the Job training)

- OJTで最も大切なこと：どんな仕事をアサインするか
- 個々人のキャリアパスの設計が前提、本人の成長を見ながら常に見直しが必要
- OJTとしての現場経験は望ましい
- OJTには、ローテーションを含む。とくに幹部候補生には不可欠
- ローテ先：同一部署の異なる仕事、他部署、他事業所、関係会社、社外機関等々
- リターン型、適材適所を考慮した一方通行型、この組み合わせ

出典：木口高志、人材育成私論、2018年1月17日原子力委員会定例会資料

O F F ・ J T の例

- 新人導入教育（日本語教育も）
- 階層別研修（課長研修、部長研修、事業所長研修）
- 研修所も活用（1～2週間缶詰、本人が不在でもその職場は廻っていることが必要）
- 事業所長研修ではビジネスゲームも
- ポイントごとの報告会（研修期間終了時、課長任用前、成果報告会等）
- 技術研修（研修機関、社外講習会等も活用）
- 特許研修
- 語学研修（語学研修所での缶詰研修も）
- 組織人としての研修（セクハラ、パワハラ、コンプライアンス、メンタルヘルス等）
- 論文発表・委員会活動などの学会活動
- 営業活動の側面もあり、リクルートや組織価値のアピール
- 政府の委員会の委員等
- 資格取得（学位、技術士、その他）、社会人ドクターコース
- 留学（目的の明確化が大切：専門性の深化か新分野の開拓か）
- 社会貢献活動（大学非常勤講師、ロータリークラブ等）

新人教育について

- 指標：彼ら彼女らが、20年後にどこの職場に居ようとも（たとえ転職していたとしても）、初めての社会人として〇〇の職場で鍛えられてよかった、△△さんに鍛えられてよかったと言ってもらえること
- 目標：ある分野で他人に負けない力量を持つこと
- 課題解決能力とともに課題発見能力を身につけること
- 社会人として魅力あること
- 自己を客観視する指標を持つことは有効（指標はいずれ飽和、次の指標を設定）
- できれば早く成功体験を持たせること
- **新人に与えるテーマはその職場としての新たな課題がベスト、職場と新人がともに成長**
- 当面の課題解決のための**便利屋として使うことは厳禁**
- 過剰指導、過保護、あるいは放任は厳禁（意図的な放任はありうる）

研究開発機関の人材育成

- **部下の育成は中間管理職の課題。** 組織として人事管理に取り組む必要。
- 木口様発表資料を参考に。
- 目標は、たとえば、組織や個人として当該分野で世界で一目置かれる成果を挙げること。これが集まると世界でダントツが可能になる。
- 先輩を含む組織の知的資源や研究開発設備の良ない環境が重要。一人では育たない。育てないとしたら上司・管理職の責任も大きい。
- 国際経験、特に日本と異なる文化をもつ上司や仲間と仕事をした経験と人脈を育成する必要
- 俯瞰的能力の育成には国際経験のほか、報告書や解説を作成しレビューすることも効果的。
- 専門人材は視野を拡げつつ長期間継続して自分で仕事をすることダントツ人材が育つと考えられる。管理人材とパスを分ける必要。

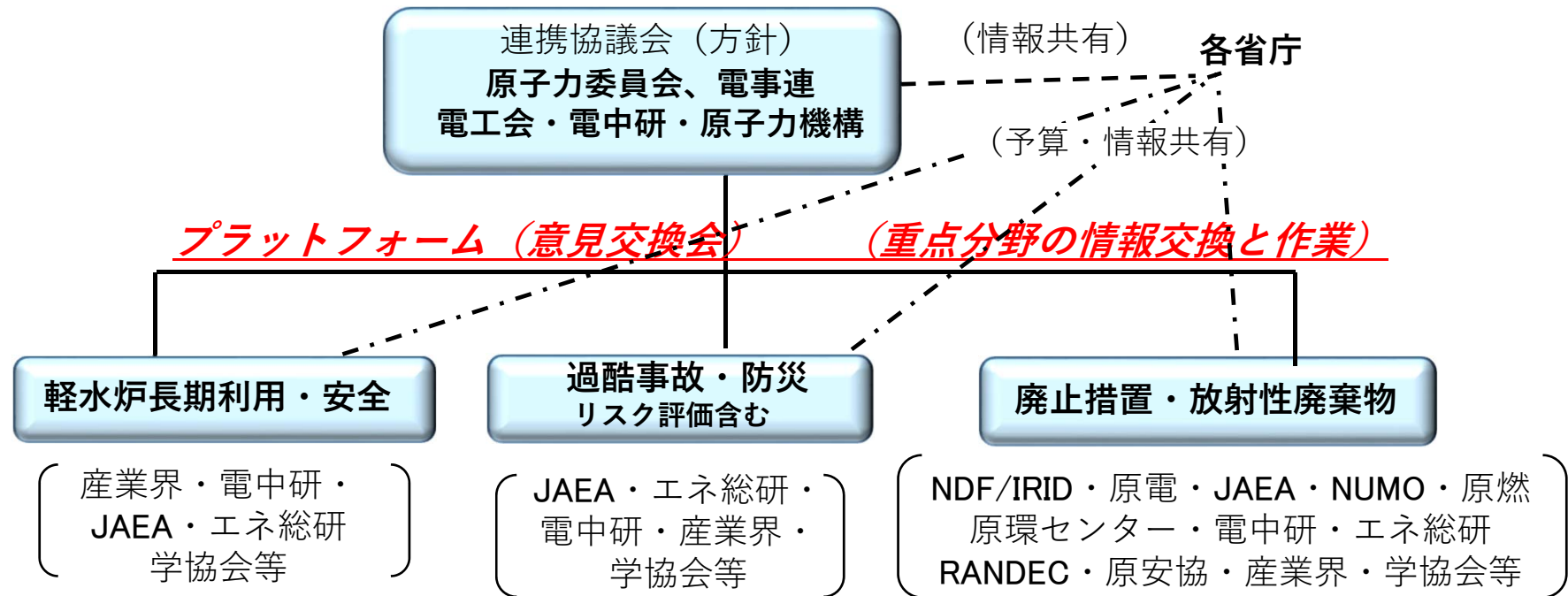
研究情報交換活動と一体化した人材育成例

- 欧州委員会のNUGENIA（第2、第3世代軽水炉研究プログラム）の活動に人材育成が組み込まれている。
- 例えば過酷事故ではプロジェクトの研究発表会が若手の育成の機会としても利用されている。世話は研究開発機関研究員中心。若手専門家育成のためのセミナーも一流の研究者を講師として毎年欧州の大学で交代で開催されている。
- ニーズが高く、多数の専門分野の係る分野、たとえば過酷事故・防災、廃止措置・放射性廃棄物、軽水炉長期利用・安全などのテーマで研究開発機関研究員と大学教員のブレインストーミングを行うよい。
- ただし従来の炉物理とか原子力熱流動とかの範囲内のテーマでの検討ではなく、過酷事故とか安全とか分野横断的なテーマを設定して、設備や技術との関連も含めての意見交換やブレインストーミングが必須。
- 原子力学会は部会数が多い。複数部会の連携を。横に発展する必要がある。例えば炉物理なら、静特性から動特性、制御、プラント動特性、プラント安全性、過酷事故に発展する。他の分野もそのはず。

研究・実務と一体化した活動例

- ①廃止措置と放射性廃棄物：国内外の廃止措置と放射性廃棄物処理処分にかかわる情報を収集し俯瞰できる研修資料を作成し、公開し、研修する（東電福島第一廃止措置も含めて）。成果の知識化を図り改定していく
- ②過酷事故：米国・欧州の研修資料を収集し、日本の経験をふくめて、安全を俯瞰的に理解できる研修資料を作成し、公開し、研修する。研究成果の知識化を図り改定する。防災との一体化を図る。
- ③軽水炉利用長期化に必要な国内外の知見を収集し体系的にまとめ研修する。

原子力関係組織の連携プログラム



目標・ビジョンの例

①知識力・技術力向上、②専門家と国民の理解増進、③運営力増進、④研究開発のかじ取り

プロジェクトではなく、プログラム。似た目的の連携活動として欧州委員会のNUGENIAがある。

プラットフォームは意見交換会として開始し、自立を求める。原子力委員会は情報収集・共有しつつ、経過を監視

作業内容： 関係者間の意見交換（ギャップについて議論するなど）、国内外の情報の収集と共有・公開。
報告書・解説・研修資料等作成。人材育成、役割分担して研究開発。

作業費用： 各組織の費用、外部資金（各省庁の予算、競争的資金など）

期待する成果： 実務・ニーズに対応する研究開発、国民理解増進、厚い知識基盤の構築、
根拠情報の明示・俯瞰、研究や利用の進展、制度の調和

欧州委員会のNUGENIA（第2、第3世代軽水炉の研究開発）

概要

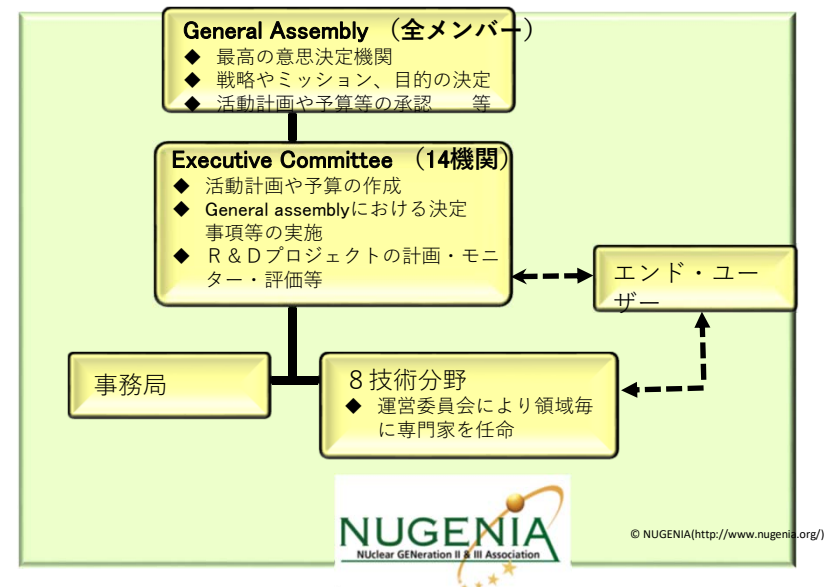
- NUGENIAは、安全で信頼性、競争力のある第二、第三世代の核分裂技術を実現するために、2012年に設立された枠組。
- 欧州を中とした政府、企業、研究開発機関、大学の103のメンバーが参画。
- 産業界、研究開発機関、大学、規制機関、業界団体等の連携推進、知識基盤の構築、付加価値の高い研究開発結果を実用化させることがミッション。
- 8分野（原子炉安全及びリスク評価、過酷事故、原子炉オペレーション改良、軽水炉技術の向上等）をターゲットとして、2012～2014年間で17プロジェクトを実施するとともに、2015年に新たに19のプロジェクトが立ち上げ。

運営方法 重複するプロジェクトの無駄の排除や、産業界と大学・研究機関のコラボレーションを促進。

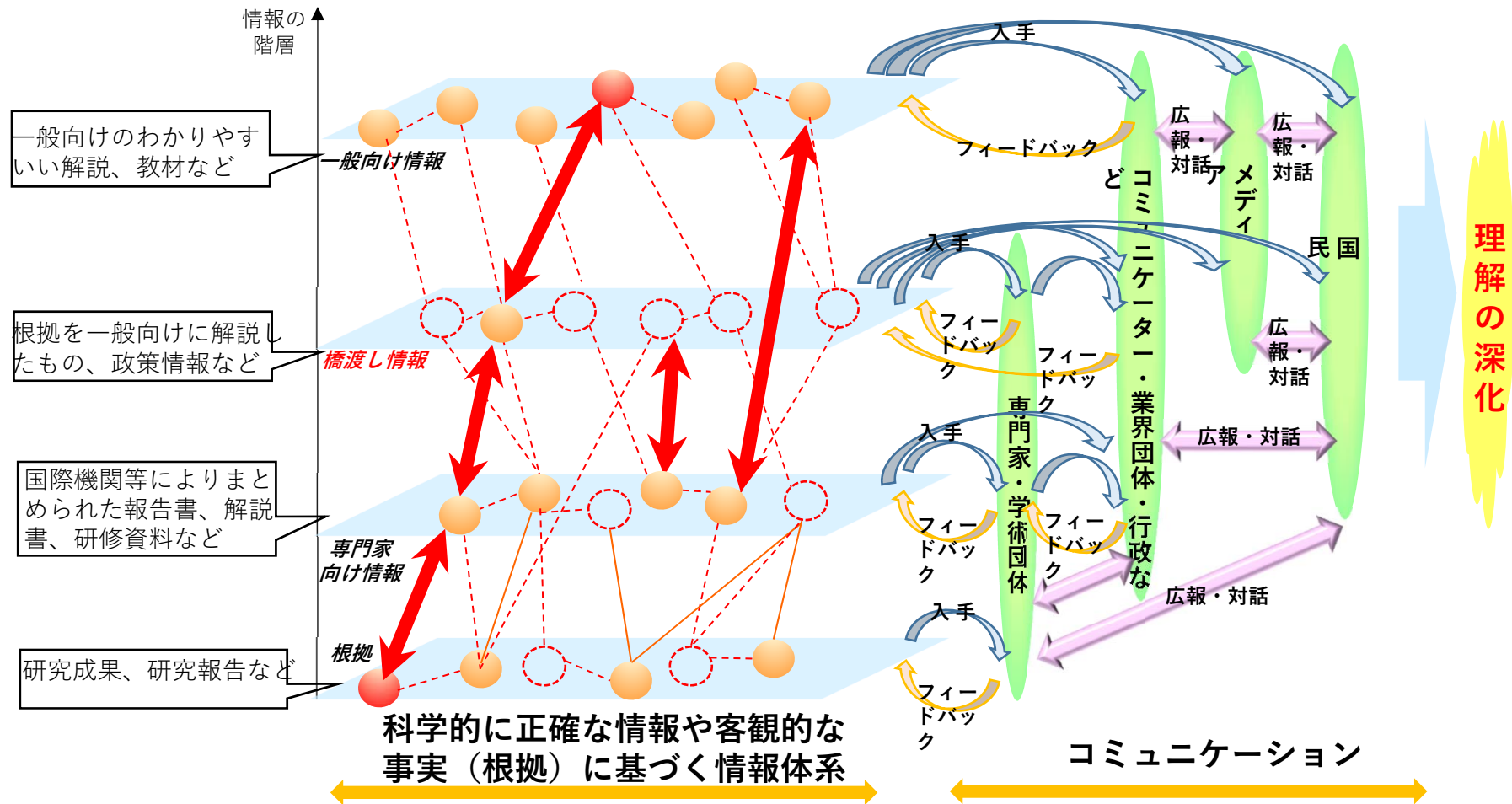
- NEGENIAの運営方法に特徴について2点あげられる。
 - ①プロジェクト運営費用：民間企業・各国政府が60%、EC-Euratomが40%を負担。
 - ②運営委員会（Executive Committee）の構成：半分は研究開発機関や政府、半分は産業界。
産官学すべての視点から重要なプロジェクト決定・評価等を実施。

具体的な取組

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



根拠に基づく情報体系の整備：コミュニケーションのインフラ作り



- ◆ 国民が疑問に思ったときに、自ら調べ、疑問を解決し、理解を深められるような情報体系（左側）
- ◆ 双方向の対話等のコミュニケーション活動（右側）
- ◆ 国民が自らの関心に応じて自ら見つけた情報を自ら取捨選択し納得すると、「腑に落ちる」状態になると考えられる

根拠に基づく情報体系の構築について

関係機関の役割分担の例

	見解作成・ 進捗状況確 認・評価	【3E】 経済性 環境 自給率	【S】安 全・防災	放射性廃棄 物	放射線被ば くりスク	
一般向け情報 〔 ● 一般向けのわかりやすい解説、 教材など 〕	原子力委員会	電事連 原文財団 電力会社 J E M A	電事連 原文財団	電事連 原文財団 NUMO	QST（放医研） 電事連 原文財団	
境界情報（仮） 〔 ● 根拠を一般向けに解説したもの、 政策情報など 〕	原子力委員会	原文財団 電事連・原産協 会 J E M A ATOMICA	電事連 JAEA A T O M I C A	電事連 NUMO JAEA A T O M I C A	QST（放医研） 電事連	
専門家向け情報 〔 ● 国際機関等によりまとめられた 報告書、解説書、研修資料など 〕	原子力委員会	電中研 A T O M I C A	JAEA A T O M I C A	JAEA NUMO A T O M I C A	QST（放医研）	
根拠 〔 ● 研究成果、研究報告 〕						

今後の展開のキーワード

- 成果物【プロダクト】、積み上げ、共有、公開
- 研修、講習、訓練、実験、実習
- ニーズ対応、**俯瞰的、分野横断**
- 仕事を通じた人材育成、継続教育

原子力委員会の活動との関係

- 原子力関係組織の連携プログラムと人材育成と重要分野の研究を相互に関連させて進めたい
- 連絡協議会を作ってすすめている「根拠情報の作成提供」と人材育成活動の解説・総説・研修資料作成等は関係している。
- 軽水炉利用に関する見解や技術開発・研究開発に関する見解も参照を

②研修・訓練などの継続教育

- 研修・訓練などの継続教育は仕事を通じた人材育成を補うもの。
- 研究開発機関などにおいて、組織的な研修・訓練などの継続教育の取組みの充実が必要
- 研究開発機関や大学においては、民間で行われている継続教育や仕事を通じた人材育成の方法（Off-JTの例等）を参照するとどうか。

③様々な経験を通じた人材育成

- **日本は終身雇用のため、経験の幅が狭い。**
- **外国人上司のもとで仕事を経験した者が極端に少ない**
- 出向による経験蓄積
- 外国人上司のもとで働く経験を積む
- 外部の声を組織運営に取り入れる仕組みを持つ
- 連係活動などを通じて異文化に触れる。それぞれの役割を踏まえた共同作業も
- 国際交流の利用等
- 人事管理の課題なので、管理職の問題認識と実施能力、人事評価への反映が原点として必要。

5. その他の人材育成に係る活動

① 初等中等教育支援

- 初等中等教育向けの教育支援活動、例えば放射線教育について副読本が作成され、英訳もされるなど成果が上がっている。さらに努力が必要

② 新興国向けの人材育成支援

- 研究開発機関による海外人材向けのセミナー、企業による原子力導入国向けの人材育成活動、原子力を教える教員の育成活動など
- 外国の国費留学生の獲得、ポストクの雇用を通じた人材育成、海外の大学との連携活動の充実が重要
- **新興国に対する原発輸出契約前の人材育成活動と、契約後の活動は異なる。混同しない必要がある。**
- 現在は契約前なので、新興国の主要大学の優秀人材獲得、原子力関係機関研究員の研修などが重点活動ではないか。

アジア各国との大学交流の組織化

- 過去に日本に留学し、現在、母国の大学教員である方々は多いが、大学教員や研究機関研究員個人のレベルでのつながりにとどまっており、組織化されていない。失われる恐れが有る。
- 海外の優秀な博士課程学生（特に国費留学生）の獲得を組織的に行う必要性が高い。
- 博士課程修了後の学生は、研究開発機関にとっては、優秀なポスドクや研究員の候補者である。
- 原子力委員会は、FNCAのネットワークを利用し、各国の原子力庁・研究開発機関の協力を得て、大学交流の組織化を企画。まずインドネシア。
- 原子力のみならず、加速器・放射線診断治療などの分野での交流を企画。ただし、旅費は参加大学が支弁の必要がある。

6. 知識基盤の構築とこれに支えられたイノベーションの創出

- イノベーションは外部から与えられるものではない。イノベーションを整える必要が、それを必要とする。イノベーションを整える必要が、それを必要とする。
- 優れた人材と、体系化された知識の集まりを、継承・発展させることが、イノベーションを生み出すための必要条件である。
- 知識基盤とは人材と知識とそれらを生み出す設備や組織の集合体である。
- 知識基盤を構築し、異なる価値観と異なる考え方を生み出すことが、イノベーションを生み出すための必要条件である。
- 人材の育成と、知識の蓄積は、イノベーションの創出に不可欠な要素である。イノベーションの創出には、人材の育成と知識の蓄積が不可欠な要素である。

技術開発・研究開発の考え方

原子力委員会決定

- 原子力関係企業と研究開発機関と大学が、それぞれの役割を踏まえ、生き残りをかけて、創意工夫や競争・協力をし、それぞれの経営に努力する必要がある。
- 今後の原子力発電の技術開発・研究開発は、個別発電企業やメーカーが主導し、それらの**企業の負担も求めつつ、政府が支援する仕組みを導入**していくべきである。
- 原子力に関する技術開発・研究開発を実施するに際し、実用化される市場や投資環境を考慮する必要がある。今後は、世界の市場をより強く志向する必要がある。
- 高速炉の開発や炉型の選択においても、様々な環境変化に柔軟に対応すべき
- **国立研究開発機関が行う研究開発とは、本来、知識基盤を作る取組**である。

出典：原子力委員会 「技術開発・研究開発に対する考え方」

資源エネルギー庁高速炉開発会議 第9回戦略WG 資料1 2018年4月25日：

http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/fr/senryaku_wg/pdf/009_01_00.pdf

参考資料

1. 原子力利用に関する基本的考え方、5.2.8(4)人材の確保及び育成 平成29年7月20日 原子力委員会
2. 原子力分野における人材育成について（見解）平成30年2月27日 原子力委員会
3. 原子力政策担当室「原子力分野における人材育成について（見解）のフォローアップについて」平成31年4月16日 原子力委員会資料第1号
4. Joonhong Ahn：「米国大学の教育研究の現状 人事・教育・研究」
5. 長崎晋也「マクマスター大学などの原子力教育事情」平成30年10月16日 原子力委員会資料第1号
6. ニノ方寿 「イタリア・ミラノ工科大学における原子力教育事情について」平成31年3月26日 原子力委員会資料第1号
7. 三輪修一郎 「日米大学・大学院比較（北海道大学 vs Purdue大学）」日本原子力学会誌、Vol.61, No.7 (2019)
8. 木口高志「人材育成について(私論)」2017年1月17日 原子力委員会資料第1号
9. 原子力委員会定例会 議事録 2019年5月14日 岡 芳明 原産人材 ネット定例会発表コメント
10. 「技術開発・研究開発に対する考え方」原子力委員会 2018年6月12日

まとめ

人材育成を通じて厚い知識基盤の構築を

Self Relianceで

ありがとうございました