

原子力機構における 原子力人材育成

原子力人材育成センター
センター長 沢井 友次



構成

JAEAにおける原子力人材育成

産学官の種々のニーズに対応した実務教育、大学教育支援

国内研修

大学教育の支援

連携大学院制度、原子力教育大学連携ネットワーク、その他の協定に基づく教員派遣、東大専門職課程への協力

学生受け入れ

大学カリキュラムの一部としての実習実施

国際研修

核セキュリティ等の分野の人材育成

(核不拡散・核セキュリティ総合支援センター)

研究開発現場での研究者・技術者の育成

原子力人材育成に重要なJAEA大型施設の現状



JAEAにおける原子力人材育成

第3期中長期目標 (H27～H33) :

IV. 4. 原子力の基礎基盤研究と人材育成

(5) 原子力人材の育成と供用施設の利用促進

「・・・(前略)・・・原子力分野における課題解決能力の高い研究者・技術者の研究開発現場での育成、

研究開発現場での研究者・技術者の育成

・・・(中略)・・・ニーズに対応した人材の研修による育成、国内外で活躍できる人材の育成、及び関係行政機関からの要請等に基づいた原子力人材の育成を行う。」

産学官の種々のニーズに対応した実務教育、大学教育支援

産学官の種々のニーズに対応した
実務教育、大学教育支援

産官学連携による人材育成推進

国内研修

- 技術的教育訓練講習
 - 原子力エネルギー技術者
 - RI・放射線技術者
 - 国家試験受験／資格取得
- 随時講習

- 産官学の原子力関係機関の連携による総括的な人材育成活動
- 原子力人材育成ネットワーク
ー 共同事務局(中核機関)

大学教育の支援

- 大学連携ネットワーク活動(7大学)
- 連携大学院方式の協力
- 東京大学大学院原子力専攻協力
- 大学等実験実習への協力
- 学生受入制度運営

原子力 人材育成 センター

国際協力

- IAEA-ANENT(Asian Network for Education in Nuclear Technology)、IAEA-ANSN(Asian Nuclear Safety Network)活動へ参画
- アジア原子力協力フォーラム(FNCA)人材養成プロジェクトへの協力
- ENENとの協力
- EUJEP-2に基づく欧州・日本学生交換

国際研修

- 講師育成研修(Instructor Training Course)
 - フォローアップ研修等
 - 原子力行政コース
 - 原子力プラント安全コース
 - 原子力施設立地コース
 - 放射線基礎教育コース
- } 福井県で実施

昭和33年の設立以来、RI・放射線技術者、原子力エネルギー技術者の育成に貢献

| コース名 | 期 間 | 主な対象者 |
|----------------------------|---------|---------------------|
| 原子力エネルギー技術者の養成 | | |
| 原子力・放射線入門講座 | 15日間 | 原子力関係業務従事者 |
| 原子炉研修一般課程 | 前後期各3ヶ月 | 原子炉主任技術者等を目指す原子力技術者 |
| ラジオアイソトープ・放射線技術者の養成 | | |
| 放射線基礎課程 | 15日間 | ラジオアイソトープ・放射線の取扱技術者 |
| 放射線安全管理コース | 10日間 | 放射線関係の監督指導担当の国家公務員等 |
| 放射線防護基礎コース | 18日間 | 放射線防護関係業務従事者 |
| 第1種放射線取扱主任者講習 | 5日間 | 第1種放射線取扱主任者試験合格者 |
| 第3種放射線取扱主任者講習 | 2日間 | 第3種放射線取扱主任者資格希望者 |
| 国家試験受験対策 | | |
| 原子炉工学特別講座 | 10日間 | 原子炉主任技術者筆記試験受験予定者 |
| 放射線取扱主任者受験講座 | 6日間 | 第1種放射線取扱主任者試験受験予定者 |
| 核燃料取扱主任者受験講座 | 8日間 | 核燃料取扱主任者試験受験予定者 |
| その他のコース | | |
| リスク・コミュニケーション基礎講座 | 2日間 | 地方自治体、電力等関係者 |
| 中性子・ミュオンスクール | 未定 | 研究炉・J-PARC利用研究者等 |

大学教育の支援(全体)

●原子力分野における大学連携ネットワーク協定

- ・金沢大学 ・東京工業大学
- ・福井大学 ・茨城大学
- ・岡山大学 ・大阪大学
- ・名古屋大学



講義、単位共通化等の大学間の強い連携

大学等

●教育研究(連携大学院方式等)に係る大学院との協定

- ・東京大学 ・東北大学 ・筑波大学
- ・東京工業大学 ・茨城大学 ・宇都宮大学
- ・兵庫県立大学 ・群馬大学 ・岡山大学
- ・京都産業大学 ・金沢大学 ・福井大学
- ・千葉大学 ・関西学院大学 ・北海道大学
- ・同志社大学 ・早稲田大学 ・東京都市大学
- ・長岡技術大学 ・九州大学 ・大阪大学

●大学学部・高専との協定

- ・福井工業大学 ・津山高専 ・福島高専

●各種原子力人材育成活動への協力

文科省・経産省での公募などで採択された大学及び高専等への協力



原子力機構(JAEA)

- 連携・協力推進協議会の運営(事務局等)
- 連携教育カリキュラム実施に係る運営

- 連携大学院方式
教授・准教授、非常勤講師 派遣 (69名)
- 東京大原子力専攻に係る協力
教授・准教授、非常勤講師、
実験・実習講師 (119名)

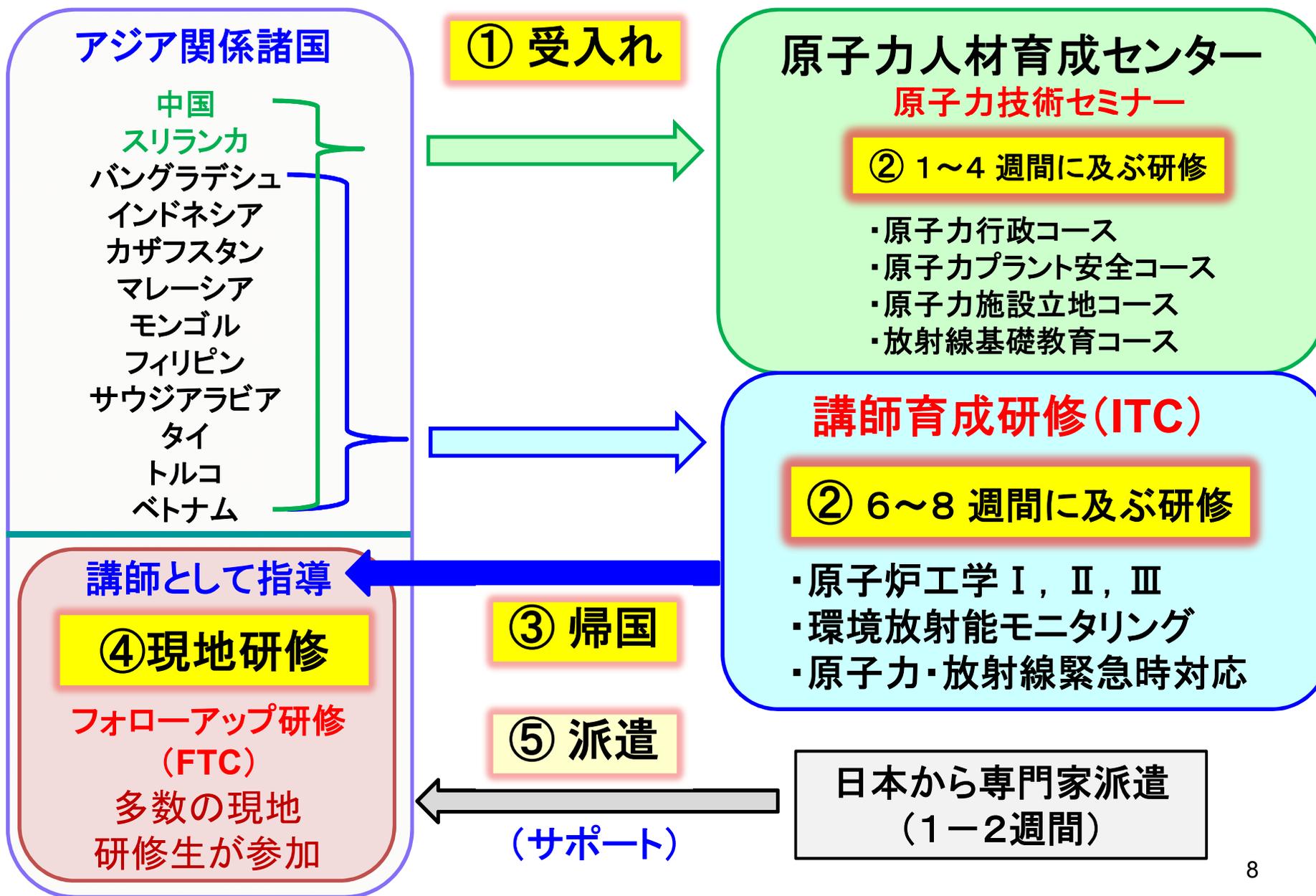
**実験・実習の約8割、
講義・演習の約5割をJAEAが担当**

学生受入

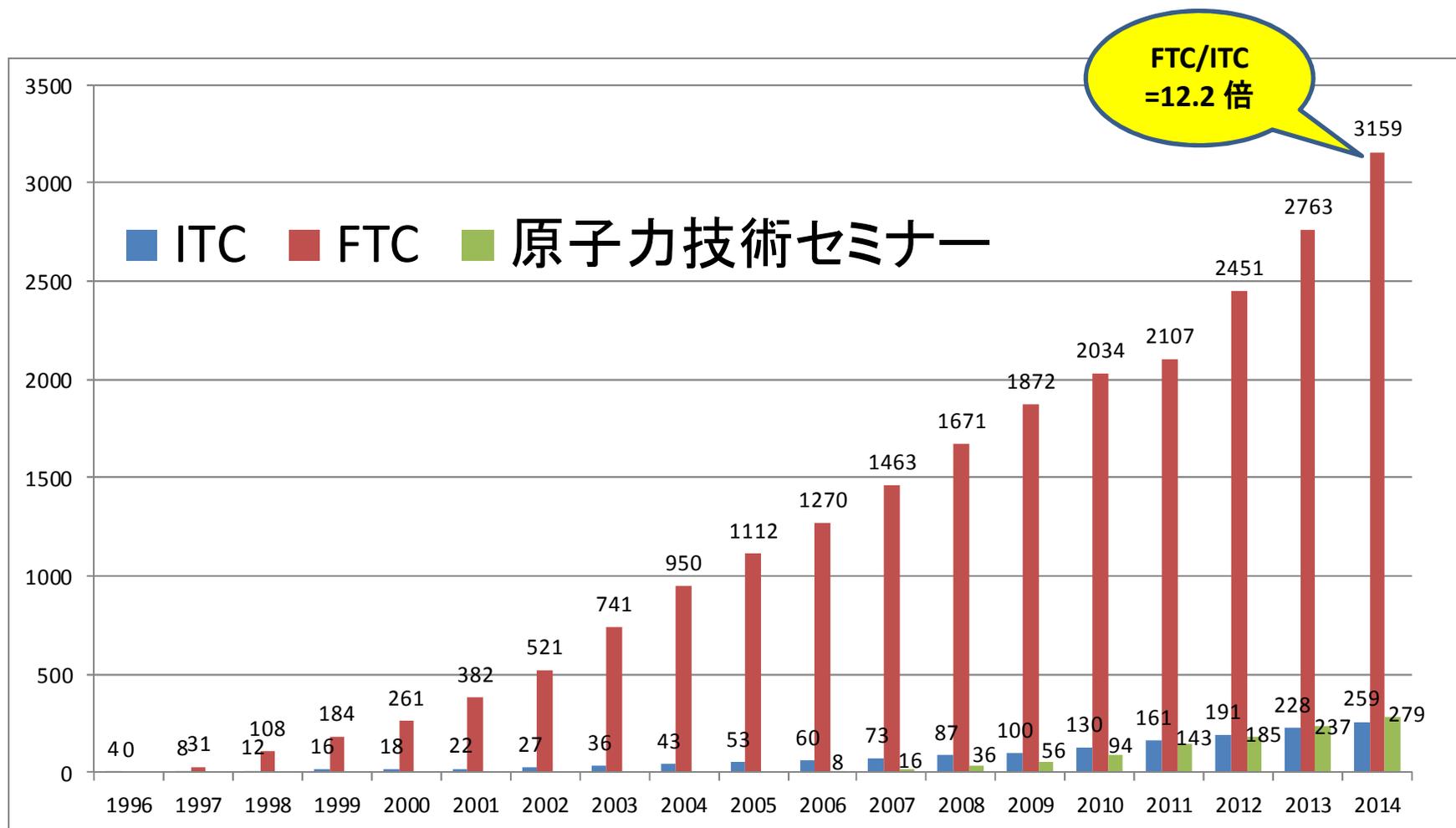
- 特別研究生 30名 (H26)
- 学生研究生 22名 (H26)
- 学生実習生 193名 (H26)
- 夏期休暇実習生 202名 (H26)

講師派遣
実習、施設見学等への協力

国際研修 (文科省受託事業)



国際研修の累積育成人数



ITC/FTC、原子力技術セミナーの組合せで、技術者等を効率的に育成。
 長年の取り組みで、現地の信頼を獲得し、人脈も形成されている。



核不拡散・核セキュリティ分野の人材育成(1/2)

(文科省補助金事業)

2010年米国ワシントンDCでの核セキュリティ・サミットにおけるナショナル・ステートメント「アジア諸国を始めとする各国の核セキュリティ強化に貢献するためのセンター(中略)を日本原子力研究開発機構(JAEA)に設置する。」

➡ 2010年12月27日、核不拡散・核セキュリティ総合支援センター(ISCN)を設置。
2014年4月1日、(旧)核物質管理科学技術推進部の大半と統合。

核セキュリティコース

- ◆ 核物質及び原子力施設の核物質防護(PP)
- ◆ 核セキュリティ文化等



講義



グループ演習



PPフィールド実習



バーチャル・リアリティ システム

保障措置・国内計量管理制度コース

- ◆ 国内計量管理制度に係る国際トレーニングコース
- ◆ IAEA 査察官トレーニング
- ◆ 追加議定書(AP)申告に係る二国間支援等



講義



グループ演習



再処理施設での
保障措置トレーニング

核不拡散に関わる国際的枠組みコース

- ◆ 国際的な核不拡散及び核セキュリティ体制強化の啓蒙
- ◆ 二国間協力の項目特定等

Digital Cherenkov
Viewing Device
トレーニング

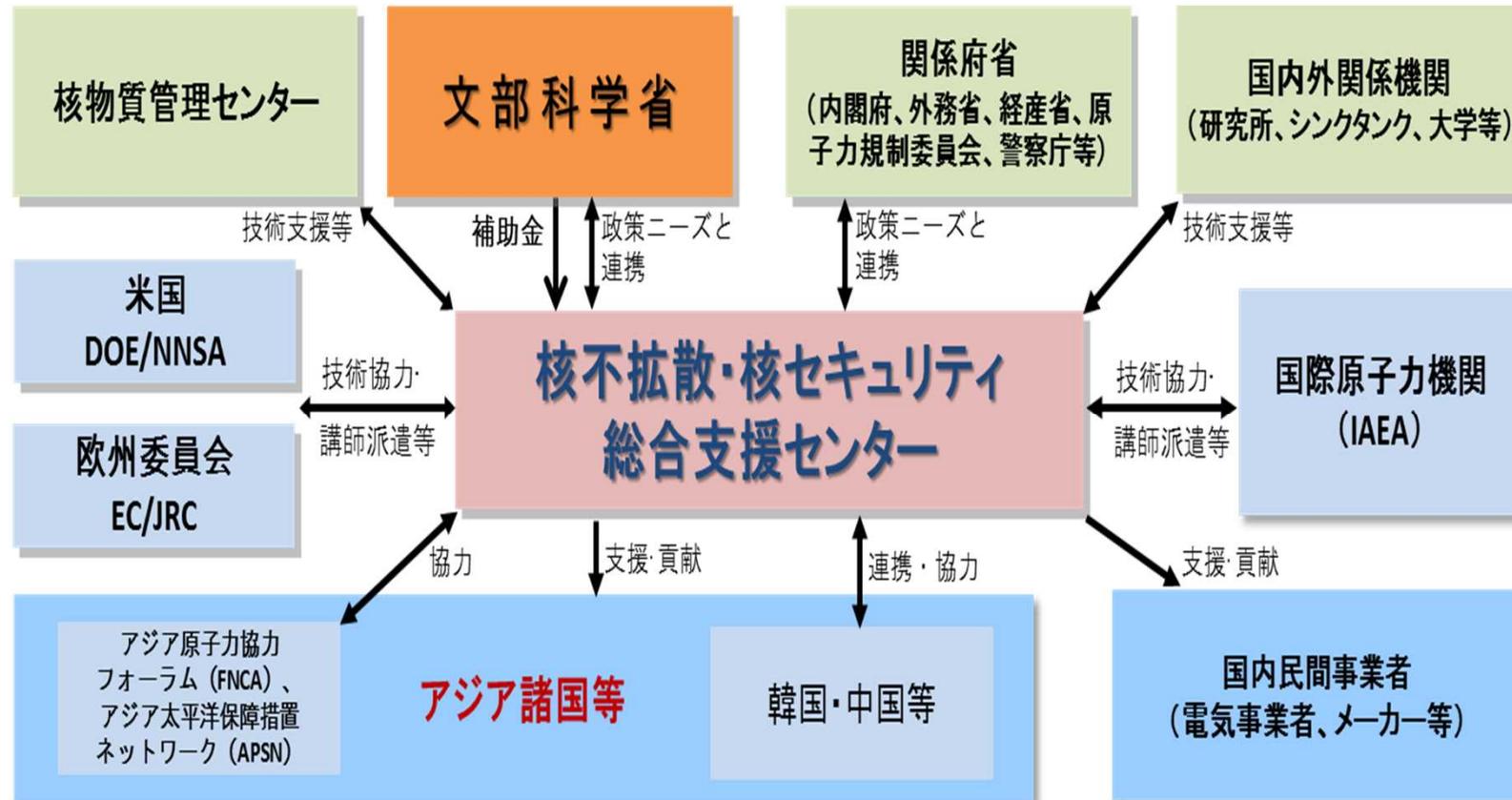




核不拡散・核セキュリティ分野の人材育成(2/2)

(文科省補助金事業)

国内外組織との連携

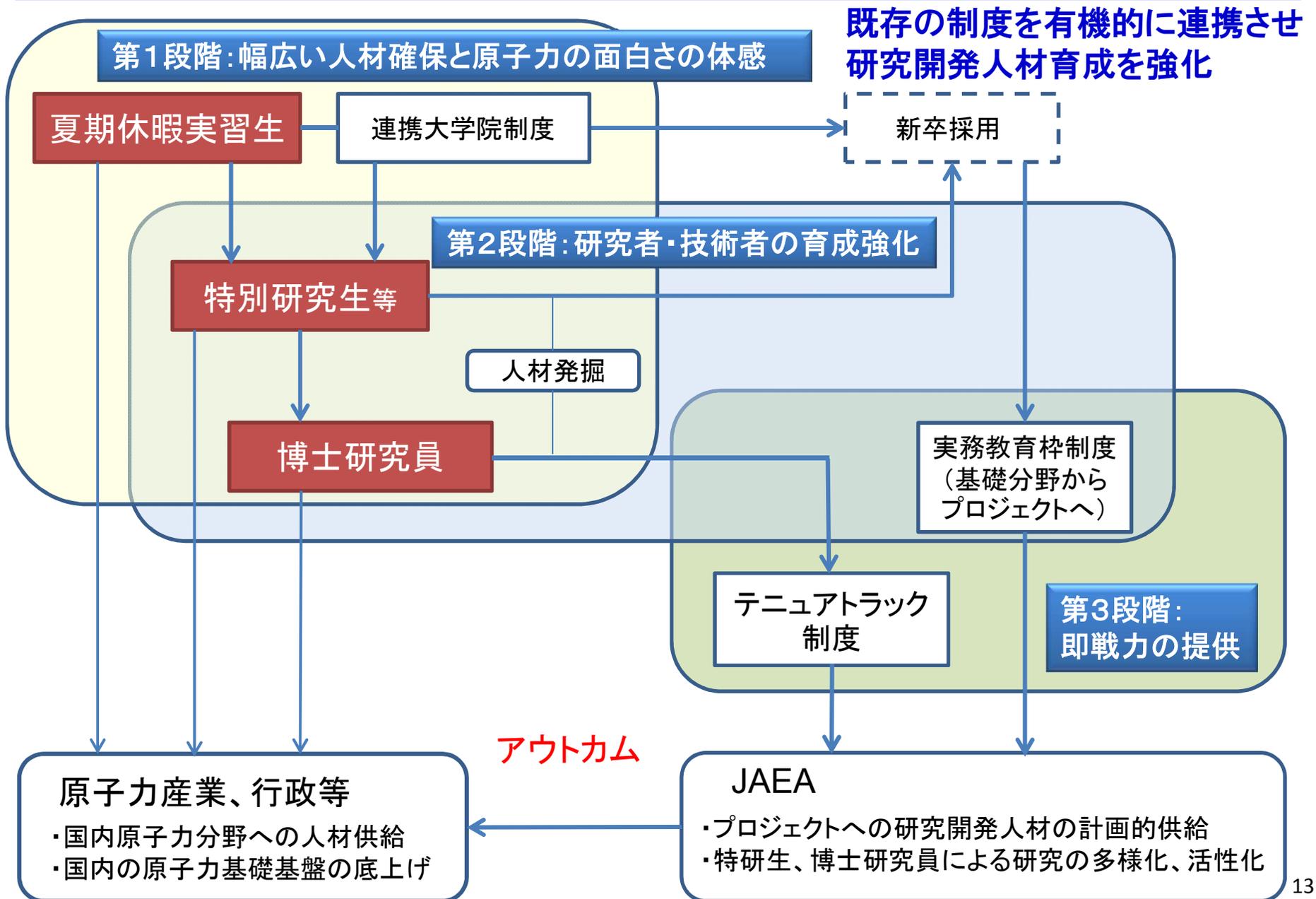


JAEAの有する豊富な計量管理経験、核物質防護経験を最大限に活かしたカリキュラムと共に、日本の持つ多岐にわたる核燃料サイクルの実施設の訪問などを組み合わせた効果的なトレーニングの展開 **日本、日本人を含む**

センター発足から約5年間で98のコースに、2720名が73カ国、3国際機関から参加(1月末現在)

研究開発現場での 研究者・技術者の育成

原子力研究開発人材の育成への機構の取組





原子力研究開発人材の育成への機構の取組

第1段階から第3段階の取組として、平成27年度から、機構の特徴ある施設や研究活動の場を活用した人材育成に着手

□ 研究開発人材を基礎基盤研究の場で育成

- 原子力科学研究部門にて、先端基礎研究センター、原子力基礎工学研究センター、量子ビーム応用研究センター、J-PARCセンターからなる人材育成のための特別チームを編成
- 育成テーマとして、プロジェクト研究である「放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発」(以下、分離変換研究)等に役立つ基礎基盤研究を設定(具体的テーマは次ページ参照)
- 大学と連携し、大学生や大学院生を受け入れて人材育成へ貢献

原子力研究開発人材の育成への機構の取組

●分野横断的に育成:

原子力科学研究部門に育成特別Grを設置。特別Grとして一体的に教育。

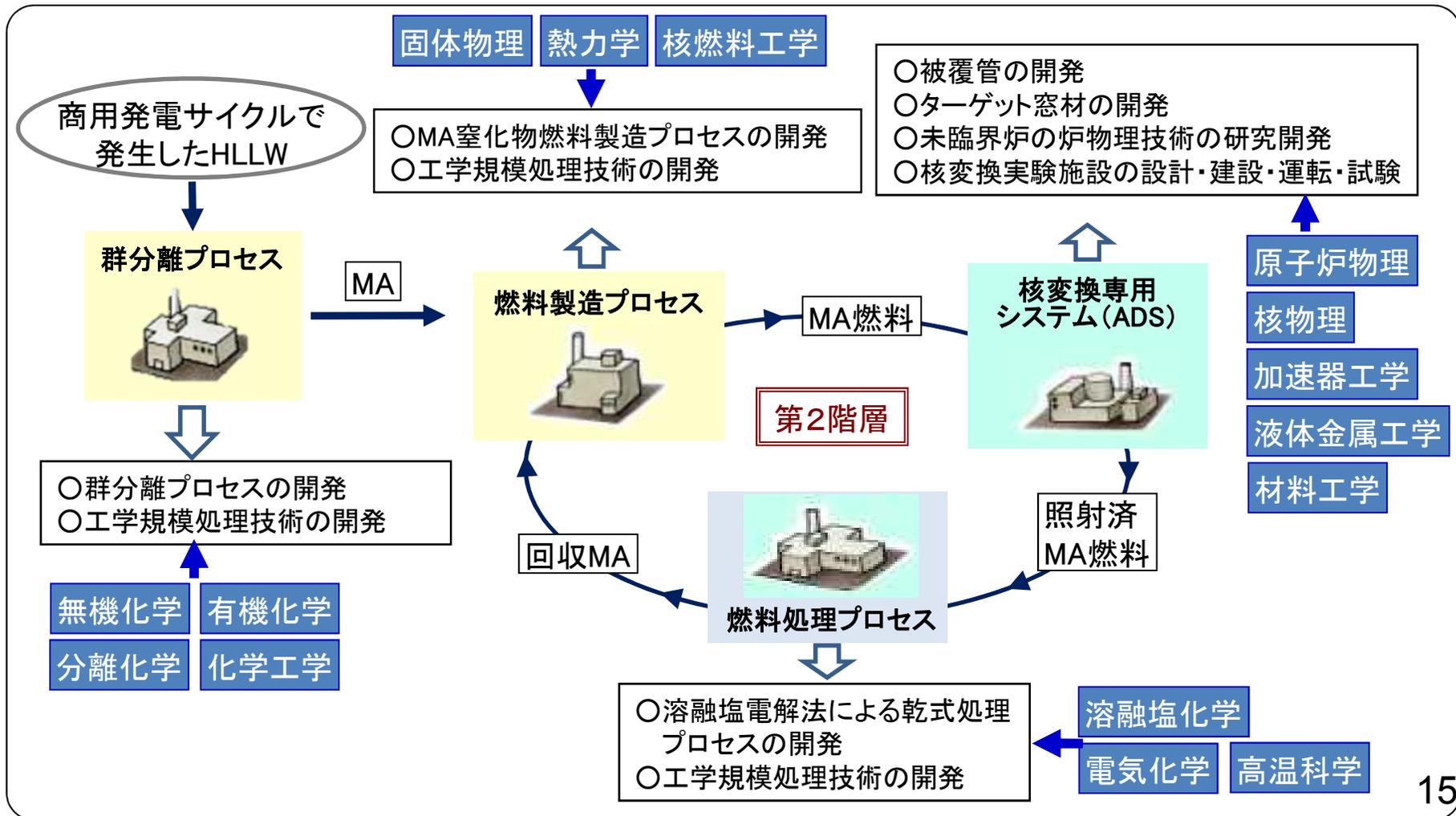
●出口を意識した育成:

機構の中核プロジェクトの将来を支える基礎基盤テーマを育成テーマに設定。

分離変換技術に係る研究開発を選定

- 基礎基盤からプロジェクトまで、バランスの取れた研究開発テーマ
- 多くの学問分野の貢献が必要

被育成者受入・育成規模の維持拡大が課題



原子力人材育成に重要なJAEA大型施設の現状

試験研究炉、臨界実験装置で行っている人材育成

- 試験研究炉、臨界実験装置を用いるカリキュラムに沿って進める教育、実習・研修による育成

主な施設：TCA、JRR-4、NSRR、JMTR(ホットラボ含む)

- 試験研究炉、臨界実験装置を用いる研究開発を通じた研究者・技術者の育成(大学の利用における学生・大学院生の参加)

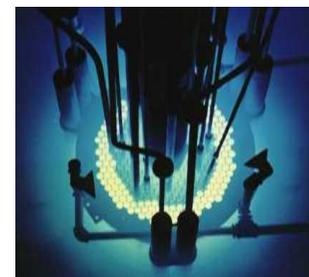
主な施設：JRR-3、JMTR(ホットラボ含む)



TCA



JRR-4



NSRR



JRR-3



JMTR

TCA

- 昭和37年度から数々の有用な炉物理データを取得
- 平成7年度(1995年度)から、炉物理教育研修を実施
- 実績(平成18年度まで*):約800名
 - 国際原子力総合技術センター(旧原研):約200名
 - 東工大夏期実習:約150名
 - 原電実習:約150名
 - 原子力入門セミナー:約300名
 - 東京大学原子力専門職大学院

*:平成19年度以降は利活用のための運転は終了
平成25年、原子力機構改革計画の一環で廃止決定

JRR-4

- ビーム実験や照射実験とともに、原子力技術者に対する原子炉運転実習、原子炉物理実習、インターンシップによる人材育成を実施
- 1969年度から原子炉研修を開始。研修生実績: 国内約1,800名(平成22年度* 45名)
国外 49名
- JRR-4での研修を利用した団体等
 - 東京大学原子力専門職大学院
 - 東京工業大学人材育成プログラム
 - 早稲田大学／東京都市大学合同専門職大学院
 - 原子炉研修一般過程(原子力機構)
 - 原子力基礎研修コース(原子力機構)
 - 国際協力(タイ原子力庁、インドネシア原子力庁等)

*:平成23年度以降東日本大震災の影響で運転停止
廃止措置計画 認可申請済み

JMTR

□原子力の基盤維持と発展及び原子力産業の世界展開への支援並びに発電用原子炉の導入を検討しているアジア諸国をはじめとした海外の原子力人材育成に貢献するため、国内外の若手研究者・技術者を対象に、JMTRの照射利用を題材とした研修を実施（JMTRは改修のためH19-H22停止、東日本大震災の影響でH23から停止中）

【特徴】

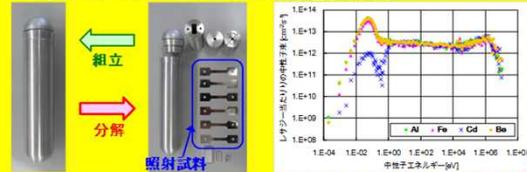
- JMTRを中核として機構の有する原子力施設や原子炉の運転シミュレータ等を活用して行う実践型実習が主体。
- 原子炉の運転管理、照射試験に係る一連の実務、原子力施設の安全管理等を体験しながら効果的に学習できる。

【効果】

- オンサイト研修を通して、“原子炉内で中性子が発生してから消滅するまでのふるまいをイメージできる”人材を育成し、原子力人材の裾野を広げる。

照射ラビットの設計

照射条件を満足させるための核計算及び熱計算を実施しながら、照射ラビットの設計を実習。
→原子炉内の中性子環境を実習。



照射試料の中性子照射量評価

照射ラビットに入れた試験試料とともに実装した放射化ワイヤの放射化量をGe半導体検出器で測定
→解析と照射結果を比較・検討し、照射環境・設定法の理解・確認を会得。



中性子照射量評価実習の様子

実践的な研修により原子力人材育成に寄与

照射試料の照射後試験

JMTRホットラボで模擬照射ラビットの解体、試験片の取出し、引張試験等を実施
→放射化した照射試料の安全な取扱いを実習するとともに、照射試料の中性子による劣化特性を把握・理解。



照射後試験実習の様子

照射試験炉の運転模擬体験

照射試験炉シミュレータを用いた原子炉や照射試験設備の運転模擬実習
→原子炉運転中に実際に発生する定常的及び事故事象を総合的に把握・理解。



シミュレータ実習の様子

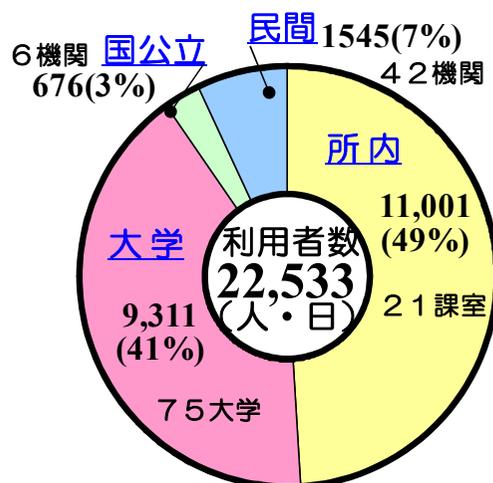
JRR-3

- 中性子を利用した基礎研究や産業応用研究の場を提供し、科学技術・産業・医学の発展に寄与。
- 運転時間の4割から5割を占める大学利用において、ビーム利用(中性子散乱実験、中性子ラジオグラフィ、即発γ線分析など)、や照射利用(放射化分析など)による研究開発や実験を通じた学生への教育を実施。
- 平成22年度*まで年間1,000名を超える学生が教官とともにJRR-3でのビーム実験を実施。照射試験についても年間150名程度に達した。

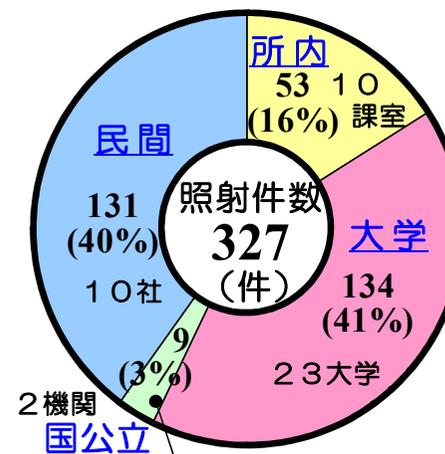
* : JRR-3は東日本大震災の影響で平成23年度以降停止中

JRR-3の実績(平成22年度)

中性子ビーム実験利用



照射実験利用



原子力機構の主な研究施設の状況



- 10基の原子炉施設があり全て停止中。うち東海地区の3基は今後廃止の方向・1基を更新予定。
- ホットラボ運転中(東海地区:RFEF, BECKY, WASTE F 大洗地区:FMF,AGF,MMF)
- 加速器・RI施設運転中(東海地区:J-PARC,タンデム加速器 高崎地区:TIARA,Co60照射施設,電子線加速器)
- ☆研究炉等:新規制基準対応、高経年化対策、使用済燃料管理、廃止措置等の課題への対応が必須

| 場所 | 原子炉 | 運転開始 | 熱出力 | 利用の目的 | | | | | | 新規制基準対応 (平成27年11月現在) | 備考 |
|----|-------|------|------------------------|---------|------|-------|-----------|---------|-----------|-------------------------|---------------------------------|
| | | | | エネルギー利用 | 学術利用 | 産業利用* | 医学・治療利用** | 人材育成*** | 波及効果・国際貢献 | | |
| 東海 | JRR-3 | 1990 | 20MW | | ○ | ○ | ○ | | ○ | 平成26年9月26日設置変更許可申請 | 中性子散乱、燃・材料照射RI製造、放射化分析等 |
| | JRR-4 | 1965 | 3.5MW | | | ○ | ○ | ○ | | 未申請 | BNCT、放射化分析、教育・訓練等(廃止措置計画認可申請済み) |
| | NSRR | 1975 | 0.3MW 23000MW(パルス) | ○ | | | | ○(H21~) | ○ | 平成27年3月31日設置変更許可申請 | 反応度事故時燃料安全研究 |
| | STACY | 1995 | 0.0002MW | ○ | | | | | | 平成27年3月31日補正申請 | 溶液燃料臨界実験(固体燃料体系へ更新する予定) |
| | TRACY | 1995 | 0.002MW 5000MW(パルス) | ○ | | | | | | 未申請 | 臨界超過過渡実験(廃止措置計画認可申請済み) |
| | TCA | 1962 | 0.0002MW | ○ | | | | | ○ | 未申請 | 炉物理教育、反応度測定法開発(廃止の方向※) |
| | FCA | 1967 | 0.002MW | ○ | | | | | | 未申請 | 高速炉、新型炉の炉物理研究 |
| 大洗 | JMTR | 1968 | 50MW | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 平成27年3月27日設置変更許可申請 | 燃・材料照射、RI製造等 |
| | HTTR | 1998 | 30MW | ○ | | | | | ○ | 平成26年11月26日設置変更許可申請 | 高温ガス炉開発 |
| | 常陽 | 1977 | 140MW | ○ | | | | | ○ | 未申請 | 高速炉開発、燃・材料照射 |

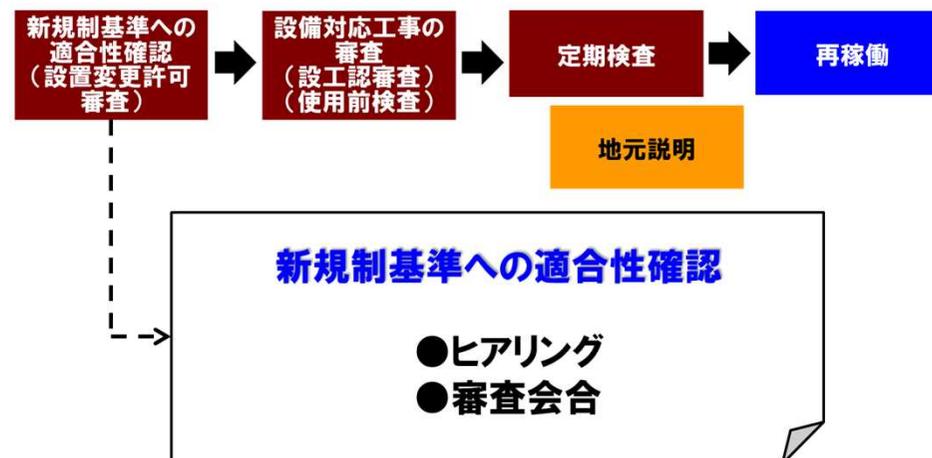
*: 工業用RI、Si半導体の製造を含む
 **: BNCT及び医療用RI製造を含む
 ***: 設置目的に教育訓練を含む

日本学術会議(2013)「研究用原子炉のあり方について」を基に原子力機構で加筆

※: 日本原子力研究開発機構改革報告書(平成26年9月30日)

- 試験研究炉や臨界実験装置は様々な目的を有し、型式・出力、燃料が異なるので一様な審査にはならない。このため、試験研究炉や臨界実験装置を対象とする新規制基準の審査は、施設の特徴に応じて進められている。
- 新規制基準では、以下の点が今回新たに追加：
 - 地震、津波、竜巻等の自然現象：基準地震動の前提となる震源や地盤データの設定に対する厳密な論証 等
 - 従来を上回る事故の想定：高出力の研究炉（熱出力500kW以上の研究炉）については、多量の放射性物質を放出する、設計基準を超える事象を想定し、事故の拡大防止対策を評価
- それぞれの目標時期に向けて審査対応に取り組んでいるが、平成27年11月現在、再稼働時期を決定した試験研究炉・臨界実験装置はない。

再稼働への道すじ



原子力機構における人材育成の課題

予算的、人的リソースの不足

- 法人キャップによる予算制限と、機構の義務的経費等の増大。
- 他部門の余力で支援していただいている講師陣マンパワーについては、機構の定員削減がより大きく影響する。
- 定年後再雇用嘱託も、本来組織での継続活用が定着。

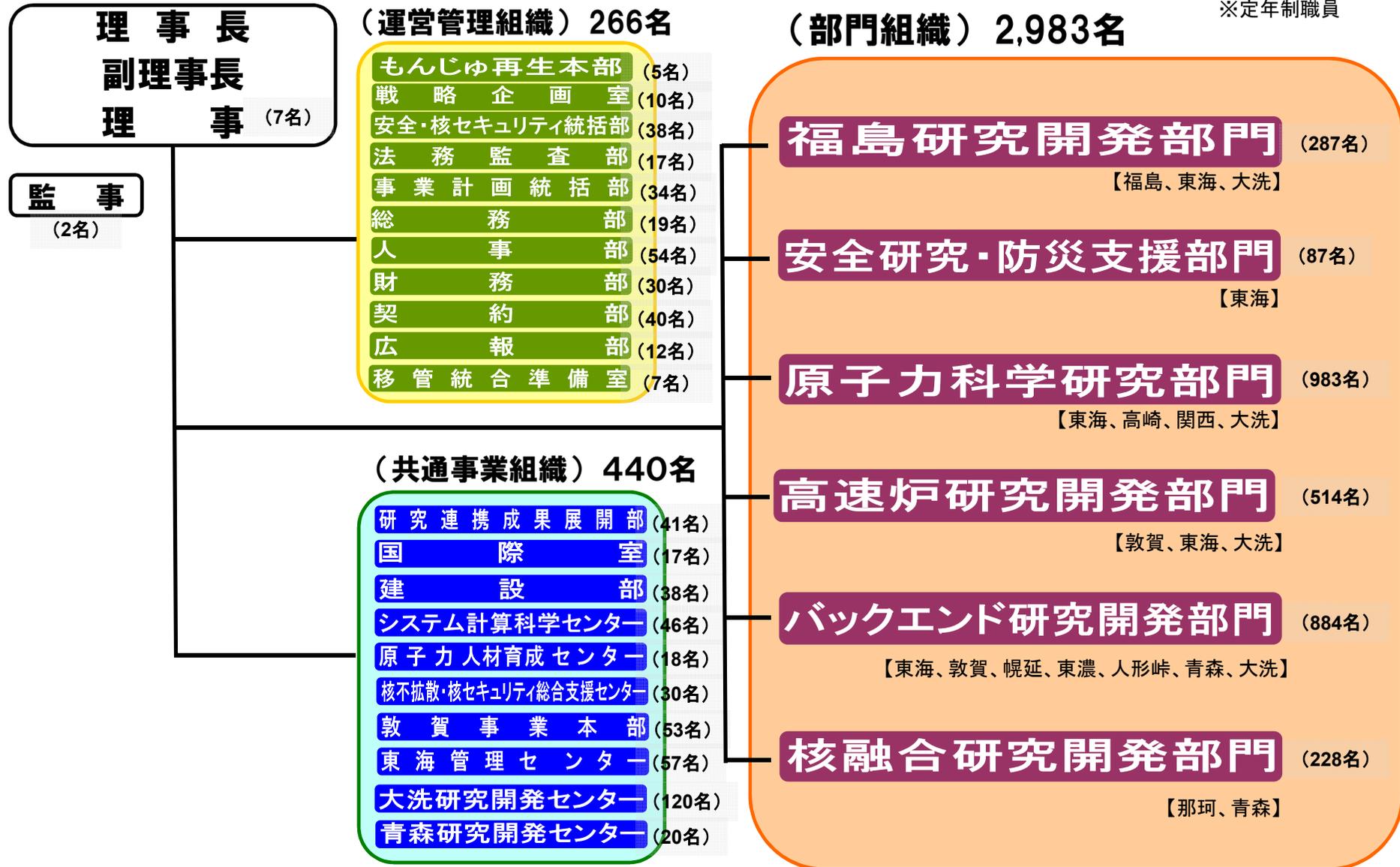
特徴ある大型施設の老朽化、休止（新規制基準対応）

- 研究炉等の休止により、人材育成事業が予定通り実施できない状態（研修講座、共同研究等）が長く続いている。
（加速器、非密封RIの実習機会は、比較的維持できている。）

(参考1)

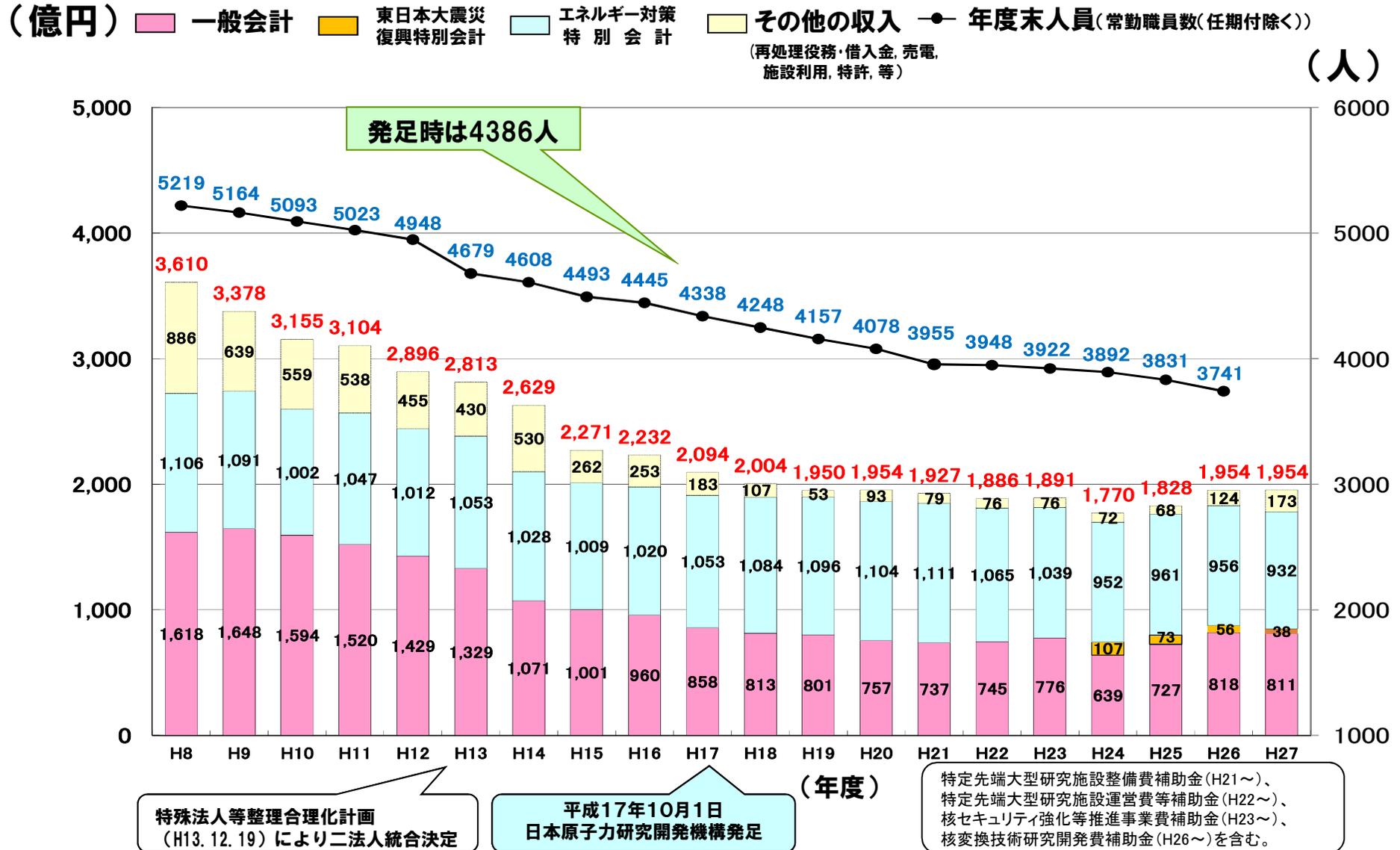
原子力機構の組織概略図

平成27年4月現在
合計：3,689名
※定年制職員



(参考2) 旧二法人と原子力機構の人員・予算推移

平成27年4月1日現在



(参考3) 大学教育の支援(詳細)

大学連携ネットワーク(JNEN)

連携協力推進協議会
- 活動内容の協議・決定機関 -
議長 原子力機構 理事
副議長 東京工業大学
委員
・7大学 ・原子力機構
事務局
原子力機構 原子力人材育成センター



活動の展開

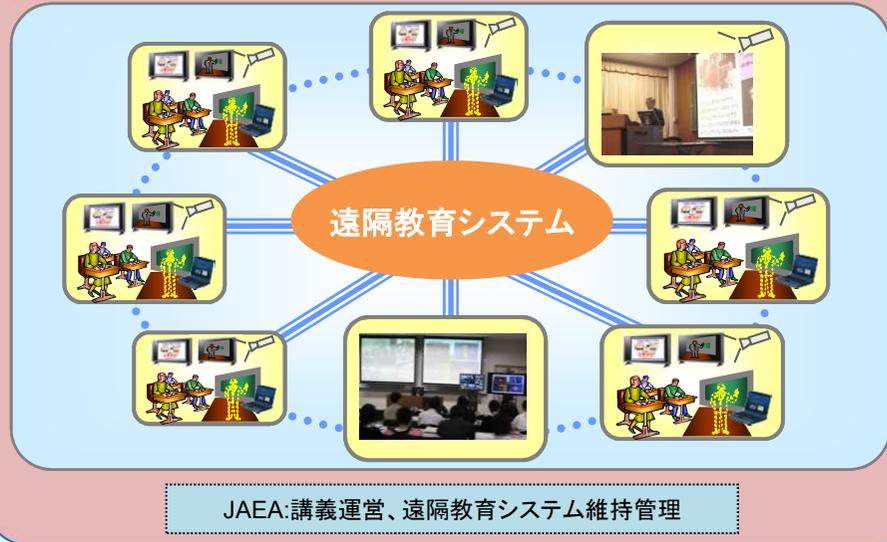
企画調整分科会 - 協議会の下部組織
委員
・7大学 ・原子力機構
事務局
原子力機構 原子力人材育成センター

遠隔教育システムは、東京工業大学主幹の国際原子力人材育成事業における原子力道場TVセミナー実施にも活用

連携教育カリキュラムの実施

● 共通講座 (単位共通化)

前期: 原子力工学基礎(Ⅰ)「放射線・原子核に係る科目」約170名
後期: 原子力工学基礎(Ⅱ)「核燃料サイクルに係る科目」約60名
前後期: 東工大特別講義の配信/受講



● 集中(集合型)講座(夏期)

科目名「環境と人間活動」約25名 at 岡山大学
科目名「原子力の安全性と地域共生」約25名 at 福井大学



● 学生実習(夏期・冬期)

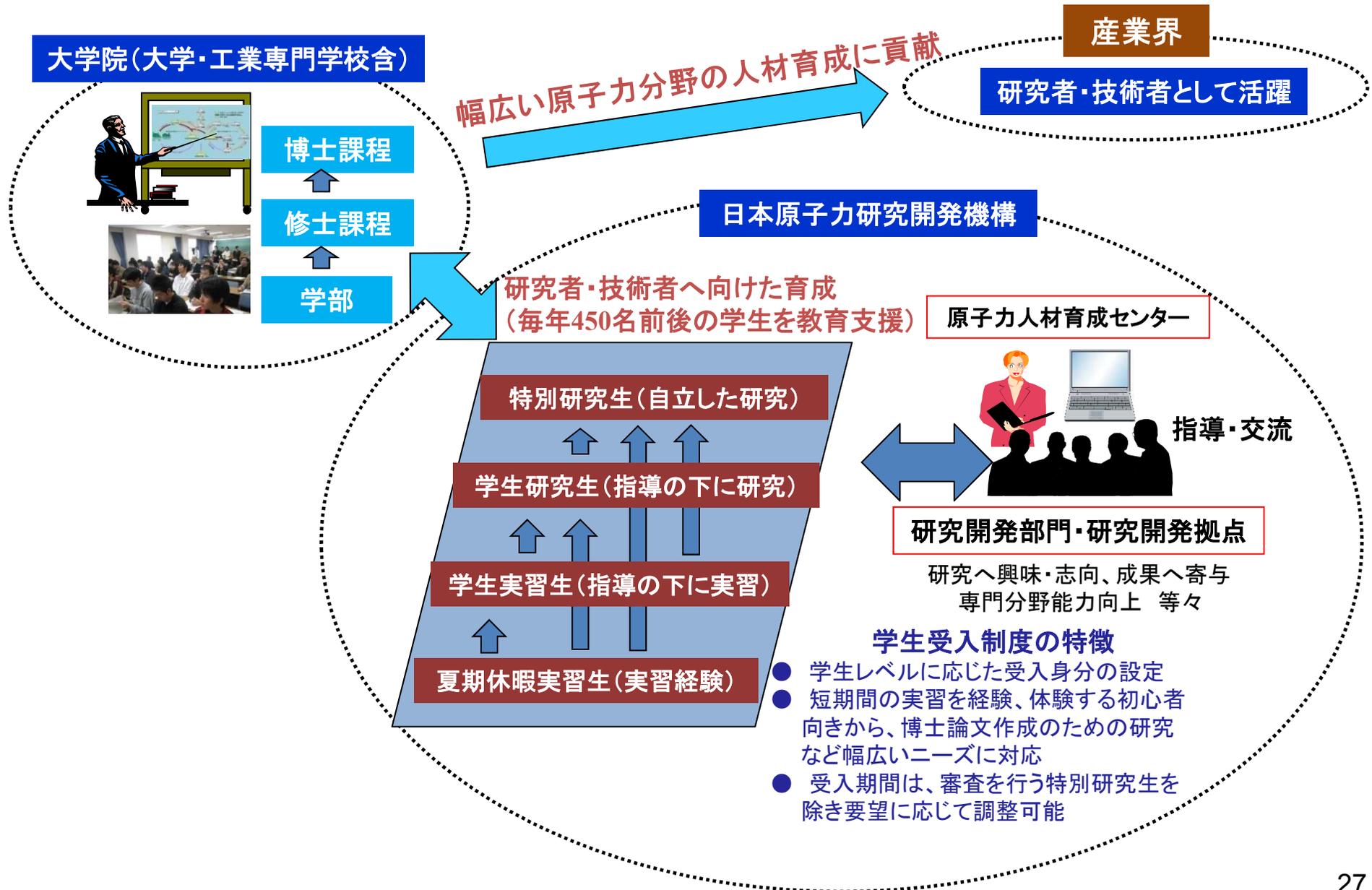
放射線計測や核燃料サイクル技術等のカリキュラム約30名



(参考4)

大学教育の支援(詳細)

学生受入制度概要



(参考5)

大学教育の支援(詳細)

大学等実験実習への協力

大学や高専などから依頼を受け、大学教育カリキュラムへの支援として、主に夏期において、実験実習を毎年実施



茨城大学大学院理工学研究科 $\alpha\beta\gamma$ 線透過実習



東京都市大学早稲田大学大学院共同原子力専攻 原子炉実習
(非密封RIの安全取扱い)



東京都市大学早稲田大学大学院共同原子力専攻
原子炉実習(防護具の取扱い)



東京大学大学院原子力専攻(防護具の取扱い)



茨城大学大学院理工学研究科応用粒子線科学専攻
「粒子線科学実習」(ガンマ線スペクトロメリー)



茨城大学理学部との協力に係る「原子科学基礎実験」(霧箱) 28