

令和8年1月19日

日本学術会議総合工学委員会原子力安全に関する分科会

原子力総合シンポジウム2025

@日本学術会議講堂

世界の中の日本の原子力人材育成

Japanese Nuclear Human Resource Development in Global Perspective

内閣府原子力委員会委員長
上坂 充

本資料には講演者の個人的視点に基づく内容が
含まれています。

内 容

1. 欧米・日本の大学・大学院での
Schooling
2. Nuclear Professionalの育成
3. 大学院の研究力
4. まとめ

日本と欧州の原子力の教育と研究

	日本	欧米
小中高	講義 受験(勉学のPeak)	広い教養教育
学部	講義	厳しい講義 類似性
修士	(一般) 講義・研究(Peak) (専門職) 厳しい講義	厳しい講義 (勉学のPeak)
大学院	博士 講義・研究(最近学生減) IAEA原子力エネルギーマネージメントスクール (原子力人材育成ネットワーク運営) マネージメント・国際性・ネットワーク作り	研究(Peak) 主要大学毎のトップマネージメントスクール マネージメント・国際性・ネットワーク作り

出典:2019年3月14日 東大原子力専攻における社会人実務原子力教育と国際化 上坂充

世界の主要大学の設立年

ボローニャ大学 1088年



<https://www.unibo.it/en/university/organisation-and-campuses/bologna-campus/@@images/fe90e977-5ee0-4d25-b925-0298281e7207.jpeg>

東京大学 1877年



<https://www.u-tokyo.ac.jp/ja/schools-orgs/index.html>

オックスフォード大学 1096年



* オックスフォードで講義が行われた記録あり。[\(History | University of Oxford\)](#)

https://www.images.ox.ac.uk/pr/593951633/OULimages_104706_preview.jpg

ハーバード大学 1636年



<https://college.harvard.edu/about/campus/campus-spotlights>

北京大学 1898年



https://www.pku.edu.cn/close-up_pku2025.html

ソウル대학교 1946年



https://en.snu.ac.kr/about/multi_media/gallery?galidx=28&md=download

世界の原子力界の、 教育と人材育成、学位と資格

教育(Education)
@大学・院



学位(学士、修士、博士)

人材育成
(Human Resource
Development) by ネットワーク

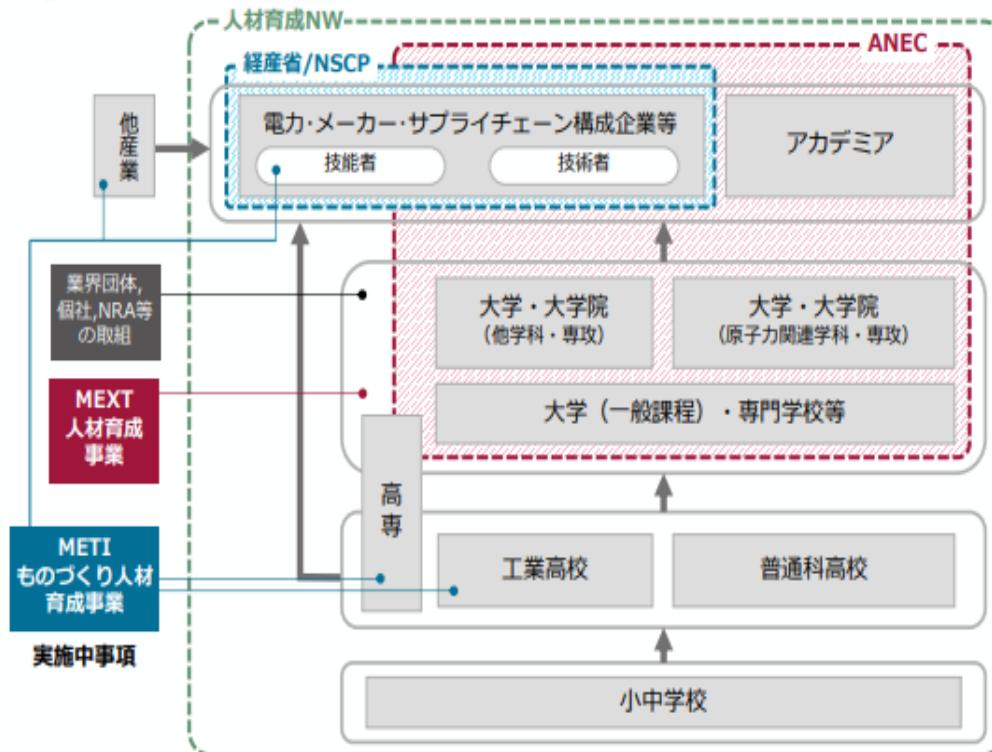


資格(原子炉主任技術者、
核燃料取扱主任者、技術士
(すでに国際標準、土木分野
では国際認知、業務に必須))

- 教育は教養要素含め大学・院でなされ、称号は学位(学士、修士、博士)
- 原子力エネルギー・発電の事業に特化した人材育成は、日本の大学の教育と1対1対応でない。
- 特にアメリカ、日本、中国、韓国的一般大学院は研究的であり、修士論文、博士論文にエフォートのそれぞれ50%,80%を費やす。日本では工学部で半年程度卒業論文に費やす。

原子力人材育成に関する追加的な取組

- 原子力人材の育成については、様々なプレイヤーがそれぞれ取組を行っているが、取組の整理や、追加的拡大・重点化の横断的検討は行われていない。
- 産学官**が一体となり、年代・階層・対象レベル・分野毎に、全体観のある効果的なアプローチに向けて、原子力人材育成の司令塔機能を創出し、関係者間の役割分担・連携方法の具体化・リソース配分を統合的に検討すべく、関係者間で今後議論を深めていくことが必要ではないか。



追加的取組オプションのイメージ

- リスクリング、スキル標準化
- より横断的な原子力人材育成体制構築

- 原子力職種に関する理解醸成 (スキル、キャリアパス、給与・就労環境情報提供等)
- 奨学金制度の創設

- 原子力に関する理解醸成活動 (出前授業等)のための人材プール構築
- 教材プラットフォームの構築

Bloom's Taxonomy

(アメリカの教育手法の基本)

Knowledge :
知識を座学で教える

Demonstration :
演習・実験等によって知識
を応用し、理解を深める

Implementation :
知識を実践できるようにす
る。

Level(Depth) 1

2

3

TABLE 2. GUIDELINES FOR THE LEVELS OF LEARNING OUTCOME COMPETENCY FOR EACH DIMENSION

Learning outcome knowledge (K)	Levels of competency (cumulative)			
	Knowledge Level K-0 (none)	Knowledge Level K-1 (introductory)	Knowledge Level K-2 (intermediate)	Knowledge Level K-3 (advanced)
Knowledge of a subject (<i>knowledge</i>) (<i>remembers previously learned material, grasps the meaning of material</i>) see Ref. [3] (i.e., in Bloom's taxonomy, knowledge and comprehension) see Ref. [5]	- no specific understanding, familiarity or awareness are expected	<ul style="list-style-type: none"> - a basic factual knowledge is expected - includes knowing key terms, being aware of the relevance, scope and importance of main issues 	<ul style="list-style-type: none"> - a broad factual knowledge is expected - includes knowing most of the terms used, being aware of the relevance, scope and importance of key issues - understand key interrelationships in context and their relative importance - able to interpret factual knowledge in context 	<ul style="list-style-type: none"> - both a broad and deep factual knowledge is expected - includes knowing all relevant terms, being aware of the relevance, scope and importance of all issues. - understand most interrelationships in context and their relative importance. - have demonstrated a understanding of the scope and depth of the topic or subject matter - specialized knowledge of some topics
Learning outcome demonstration (D)	Demonstration Level D-0 (none)	Demonstration Level D-1 (introductory)	Demonstration Level D-2 (intermediate)	Demonstration Level D-3 (advanced)
Demonstration of application of knowledge (<i>demonstration</i>) (<i>uses learning in new and concrete situations, understands both the content and structure of material</i> , see Ref. [3]) (i.e., in Bloom's taxonomy, application and analysis; see Ref. [3])	- no specific understanding, familiarity or awareness is demonstrated	<ul style="list-style-type: none"> - a basic understanding, familiarity or awareness of key concepts can be demonstrated by the use of knowledge - includes being aware of the relevance, scope and importance of main principles, theory, etc. - has the ability to apply conceptual knowledge into well-defined problems - can communicate using knowledge with peers and other stakeholders 	<ul style="list-style-type: none"> - has the ability to integrate conceptual knowledge to formulate judgements - communicate concepts clearly - able to apply conceptual knowledge to real world problems and integrate with factual and methodological knowledge - awareness of current methods and practices 	<ul style="list-style-type: none"> - able to interpret complex problems and situations - able to communicate complex concepts unambiguously - able to apply conceptual knowledge to original research - capable of critical analysis, evaluation and synthesis of new and complex ideas - able to adapt theory and principles and develop new conceptual models and methods
Learning Outcome Implementation (I)	Implementation Level I-0 (none)	Implementation Level I-1 (introductory)	Implementation Level I-2 (intermediate)	Implementation Level I-3 (advanced)
How and when to implement the knowledge (<i>implementation</i>) (<i>formulates new structures from existing knowledge and skills, judges the value of material for a given purpose</i> , see Ref. [3]) (i.e., in Bloom's taxonomy, synthesis and evaluation; see Ref. [3])	- no specific understanding, familiarity or awareness is implemented	<ul style="list-style-type: none"> - can apply knowledge and understanding appropriately in a manner that indicates a grasp of the basics of the subject matter or topic - should have awareness of main methods or techniques commonly applied that are related to the subject matter or topic - awareness of domains of application of knowledge, methods, techniques - be capable of exercising initiative, possess personal responsibility and accountability, and the ethical behaviour consistent with academic integrity and the use of appropriate guidelines and procedures for responsible conduct of research 	<ul style="list-style-type: none"> - can apply knowledge and understanding appropriately in a manner that indicates a solid grasp of the subject matter or topic - should have competencies typically demonstrated through devising and sustaining arguments and solving realistic problems - aware of limitations of own and other's knowledge and its application in various domains 	<ul style="list-style-type: none"> - can apply the knowledge and understanding appropriately, and implement problem solving abilities in new or unfamiliar environments within broader (multidisciplinary) contexts - has implemented the conception, design and adaptation of procedural knowledge to real world complex problems - ability to integrate, synthesize and reformulate to create new knowledge

Note: Types of knowledge:

Bloom, B.S. (Ed.), Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H., Krathwohl, D.R., Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The Cognitive Domain, New York, David McKay (1956)

出典:2019年3月14日 東大原子力専攻における社会人実務原子力教育と国際化 上坂充

**欧洲教育制度のチューニング
ボローニャ・プロセスへの大学の貢献**

Tuning Educational Structures in Europe

Universities' contribution to the Bologna process: An introduction

Julia González and Robert Wagenaar

フリア・ゴンサレス/ローベルト・ワーヘナー【編著】

深堀聰子/竹中亨【訳】(明石書店)

ボローニャ・プロセスとは、欧洲高等教育の国際通用性を高めることを目的として、欧洲各国によって1999年より手掛けられてきた高等教育改革である。

ボローニャ・プロセスでは、学生の学習時間にもとづいて単位数を算定する欧洲単位互換・累積制度および3段階の学位サイクル・システムの導入をとおして、大学間の制度的調和をはかることがめざされている。

チューニングは、この枠組のなかで、コンピテンスと学習成果にもとづいて教育プログラムを設計することで、大学の多様性と自律性を損なうことなく、改革を実質化させることが可能であるという立場をとり、その具体的な方法を提示している。

ヨーロッパの大学院教育の社会連携による標準化

コンピテンス(Competence)とチューニング(Tuning)

チューニングにおけるコンピテンスとは、知識、理解、技能、能力が有機的に結合したものであり、教育プログラムを履修した総合的な成果として、学生が獲得するものである。したがってコンピテンスは、学術性を基盤としながら、雇用可能性や市民性も保証するものでなければならない。それゆえ、チューニングにおいて、大学教育の参考基準として掲げるコンピテンスは、卒業生・**雇用主**・大学教員との協議を経て決定されている。伝統的な大学では、大学が何を教えるかは、教員がもっぱら学術の観点から決定してきたが、チューニングでは、学生が何を学ぶかを、大学と社会が学術だけでなく雇用可能性や市民性の観点も加味しながら共同で決定するモデルが提示されている。

コンピテンスに着目することによって、理解しやすく、互換性のある学位の開発を促進し、欧洲の教育の透明性を高めることができる。

チューニング・プロジェクトでは、学習成果と学術的・**職業的**(Professional)プロフィールに等価性があるならば、学位の等価性と互換性も認められるという立場をとっている。

道具的、対人的、統合的コンピテンス

1) **道具的コンピテンス(Instrumental competences)**: 道具的機能をもつものであり、以下が含まれる。

- ・認知能力: 思想や考え方について理解して操作する能力。
- ・方法論的能力: 環境を操作する能力。時間と学習戦略を整理したり、判断したり、問題解決したりする能力。
- ・技術的能力: 技術機器の使用に関する技能。コンピュータや情報処理能力。
- ・言語能力: たとえば、口頭・筆記によるコミュニケーション、第二言語に関する知識。

2) **対人的コンピテンス(Interpersonal competences)** : 自己の気持ちを表現する個人の能力。批判したり反省したりする能力。対人的技能、チームワーク、社会的、倫理的責任の表明に関する社会的技能。これらの社会的交流の調和のプロセスを促進する傾向がある。

3) **統合的コンピテンス(Systemic competences)**: 「システムを全体として」とらえる技能と能力。全体を構成する各部分が互いにどう関係して結合するかを把握するために必要な理解・感性・知識の総体。システム全体を改善するために変革を計画する能力、および新しいシステムを設計する能力が含まれる。統合的コンピテンスを獲得する前提として、道具的コンピテンスと対人的コンピテンスを身につけておく必要がある。

30のコンピテンス

1) 道具的コンピテンス (Instrumental competences)

- ・分析・統合する能力(Capacity for analysis and synthesis)
- ・整理・計画する能力(Capacity for organisation and planning)
- ・基本的・一般的な知識(Basic general knowledge)
- ・専門の基本的な知識を習得するための基礎
(Grounding in basic knowledge of the profession)
- ・母国語による口頭・筆記コミュニケーション
(Oral and written communication in your native language)
- ・第二言語に関する知識(Knowledge of a second language)
- ・初步的なコンピュータ技能(Elementary computing skills)
- ・情報処理技能(多様な情報源から情報を収集して分析する能力)
(Information management skills(ability to retrieve and analyze information from different sources))
- ・問題解決(Problem solving)
- ・意思決定(Decision-making)

2) 対人的コンピテンス (Interpersonal competences)

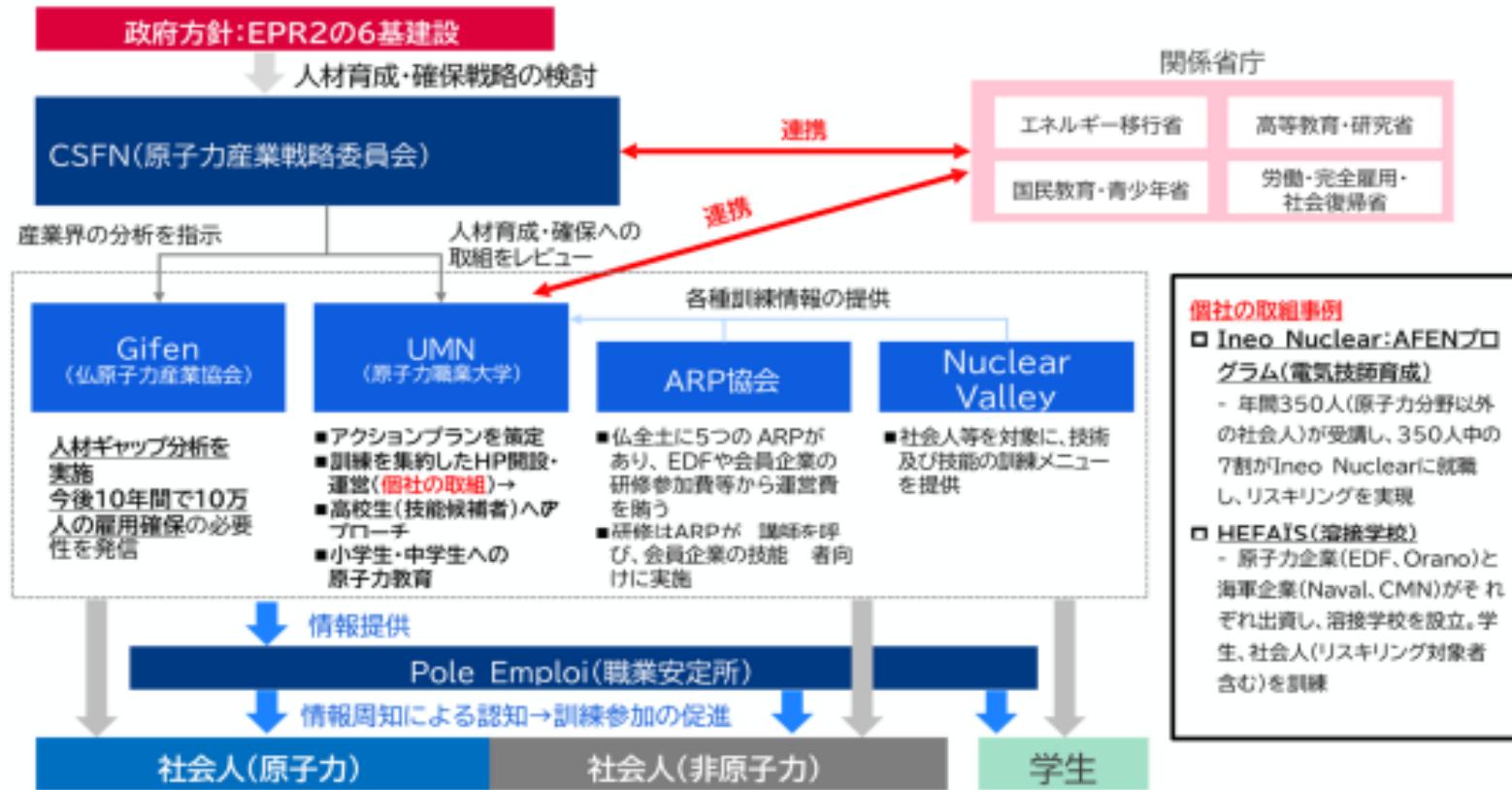
- ・批判・反省する能力(Critical and self-critical abilities)
- ・チームワーク(Teamwork)
- ・対人的技能(Interpersonal skills)
- ・学術的なチームのなかで仕事をする能力
(Ability to work in an interdisciplinary team)
- ・他分野の専門家とコミュニケーションをとる能力
(Ability to communicate with experts in other fields)
- ・多様性と多文化性を尊重する姿勢
(Appreciation of diversity and multiculturality)
- ・国際的な環境で仕事をする能力
(Ability to work in an international context)
- ・倫理的責任(Ethical commitment)

3) 統合的コンピテンス (Systemic competences)

- ・知識を実践に応用する能力
(Capacity for applying knowledge in practice)
- ・研究に関する能力(Research skills)
- ・学習する能力(Capacity to learn)
- ・新しい状況に適応する能力
(Capacity to adapt to new situations)
- ・新しい考えを生み出す能力(創造性)
(Capacity for generating new ideas(creativity))
- ・リーダーシップ(Leadership)
- ・他国の文化や習慣の理解
(Understanding of cultures and customs of other countries)
- ・自律的に仕事をする能力(Ability to work autonomously)
- ・事業の設計と管理(Project design and management)
- ・独創性と起業家精神(Initiative and entrepreneurial spirit)
- ・質への配慮(Concern for quality)
- ・成功する意志(will to succeed)

(ご参考) フランスにおける司令塔組織

- フランスでは、政府、産業界、労働組合の三者から成る原子力産業戦略委員会（CSFN）が原子力産業全体を俯瞰し、GIFENなどの業界団体やEDFなどの主要企業が全体戦略に基づき個別の施策を実行する構図



出典先：各社・業界団体資料・ヒアリング等

40

TIMES 2026年世界大学ランキング

<https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/latest/world-ranking>

EU加盟国

ランク	名前	全体	スコア	位置	国
1	オックスフォード大学 ⑨ イギリス	98.2			
12	清華大学 ⑨ 中国	93.0			
24	カーネギーメロン大学 ⑨ アメリカ合衆国	85.0			
36	復旦大学 ⑨ 中国	79.3			
48	パリ文学科学院 - PSL/パリ 研究大学 ⑨ フランス	76.5			
58	ソウル国立大学 ⑨ 韓国	74.1			
13	北京大学 ⑨ 中国	92.3			
25	ワシントン大学 ⑨ アメリカ合衆国	83.7			
37	メルボルン大学 ⑨ オーストラリア	79.0			
49	ハイデルベルク大学 ⑨ ドイツ	76.3			
58	香港科技大学 ⑨ 香港	74.1			
=3	プリンストン大学 ⑨ アメリカ合衆国	97.2			
14	ペンシルベニア大学 ⑨ アメリカ合衆国	90.8			
26	東京大学 ⑨ 日本	83.5			
38	キングス・カレッジ・ロンドン ⑨ イギリス	78.7			
61	京都大学 ⑨ 日本	74.0			
=3	ケンブリッジ大学 ⑨ イギリス	97.2			
15	シカゴ大学 ⑨ アメリカ合衆国	90.6			
27	ミュンヘン工科大学 ⑨ ドイツ	83.4			
39	浙江大学 ⑨ 中国	78.3			
50	テキサス大学オースティン校 ⑨ アメリカ合衆国	75.8			
62	南京大学 ⑨ 中国	73.7			
=5	ハーバード大学 ⑨ アメリカ合衆国	97.1			
16	ジョンズ・ホプキンス大学 ⑨ アメリカ合衆国	90.1			
28	デューク大学 ⑨ アメリカ合衆国	82.9			
40	上海交通大学 ⑨ 中国	77.6			
51	中国科学技術大学 ⑨ 中国	75.7			
=5	スタンフォード大学 ⑨ アメリカ合衆国	97.1			
17	シンガポール国立大学 ⑨ シンガポール	89.7			
29	エдинバラ大学 ⑨ イギリス	82.5			
52	ロンドン・スクール・オブ・エコノミクス・アンド・ポリティカル・サイエンス ⑨ イギリス	75.4			
64	カリフォルニア大学バークレー校 ⑨ 米国	72.8			
7	カリフォルニア工科大学 ⑨ アメリカ合衆国	96.3			
=18	コーネル大学 ⑨ アメリカ合衆国	89.5			
30	ノースウェスタン大学 ⑨ アメリカ合衆国	81.9			
=41	マギル大学 ⑨ カナダ	77.1			
65	ブラウン大学 ⑨ 米国	72.6			
=18	カリフォルニア大学ロサンゼルス校 ⑨ アメリカ合衆国	89.5			
=31	南洋理工大学（シンガポール） ⑨ シンガポール	81.6			
=41	マギル大学 ⑨ カナダ	77.1			
=41	香港中文大学 ⑨ 香港	77.1			
=53	カロリヌスカ研究所 ⑨ スウェーデン	75.0			
66	ワーヘニンゲン大学と研究 ⑨ オランダ	72.2			
20	コロンビア大学 ⑨ アメリカ合衆国	81.6			
=31	ニューヨーク大学 ⑨ アメリカ合衆国	81.6			
=41	イリノイ大学アーバナ・シカゴ校 ⑨ アメリカ合衆国	77.1			
53	ウェスコンシン大学マディソン校 ⑨ アメリカ合衆国	75.0			
21	トロント大学 ⑨ カナダ	88.5			
33	香港大学 ⑨ 香港	80.5			
45	ブリティッシュコロンビア大学 ⑨ カナダ	77.0			
56	マンチェスター大学 ⑨ イギリス	74.9			
10	イエール大学 ⑨ アメリカ合衆国	94.1			
22	ロンドン大学ロンドン校 ⑨ イギリス	87.5			
34	LMUミュンヘン ⑨ ドイツ	79.7			
46	ルーヴェン・カトリック大学 ⑨ ベルギー	76.8			
57	デルフト工科大学 ⑨ オランダ	74.3			
68	パリ工科大学 ⑨ フランス	71.6			
11	チューリッヒ工科大学 ⑨ スイス	93.1			
23	ミシガン大学アナーバー校 ⑨ アメリカ合衆国	86.9			
35	エコール・ポリテクニック 連邦ローザンヌ校 ⑨ スイス	79.6			
47	カリフォルニア大学サンディエゴ校 ⑨ アメリカ合衆国	76.6			
58	モナッシュ大学 ⑨ オーストラリア	74.1			
68	パリ・サクラ大学 ⑨ フランス	71.6			

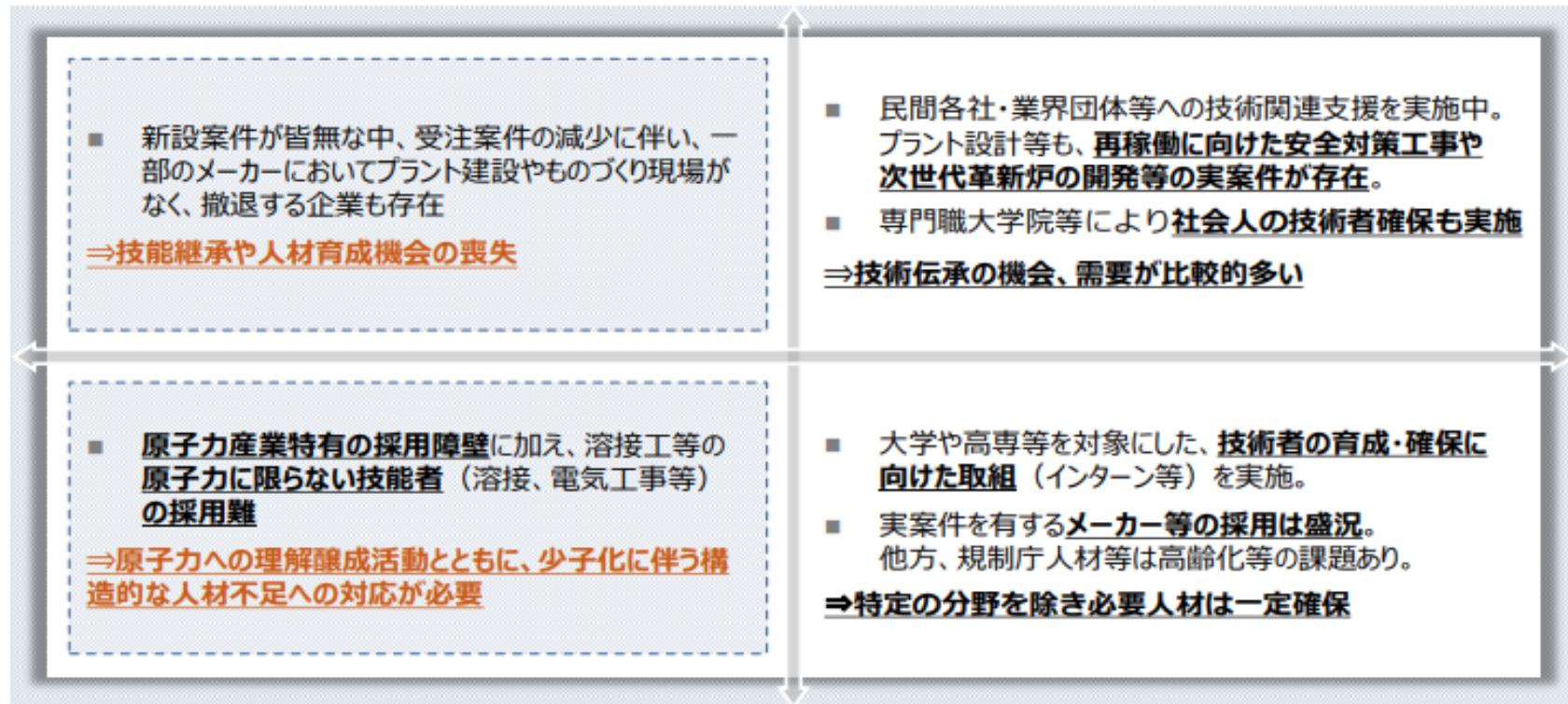
内 容

1. 欧米・日本の大学・大学院での
Schooling
2. Nuclear Professionalの育成
3. 大学院の研究力
4. まとめ

(参考) 現状の人材育成に対する経産省の課題認識

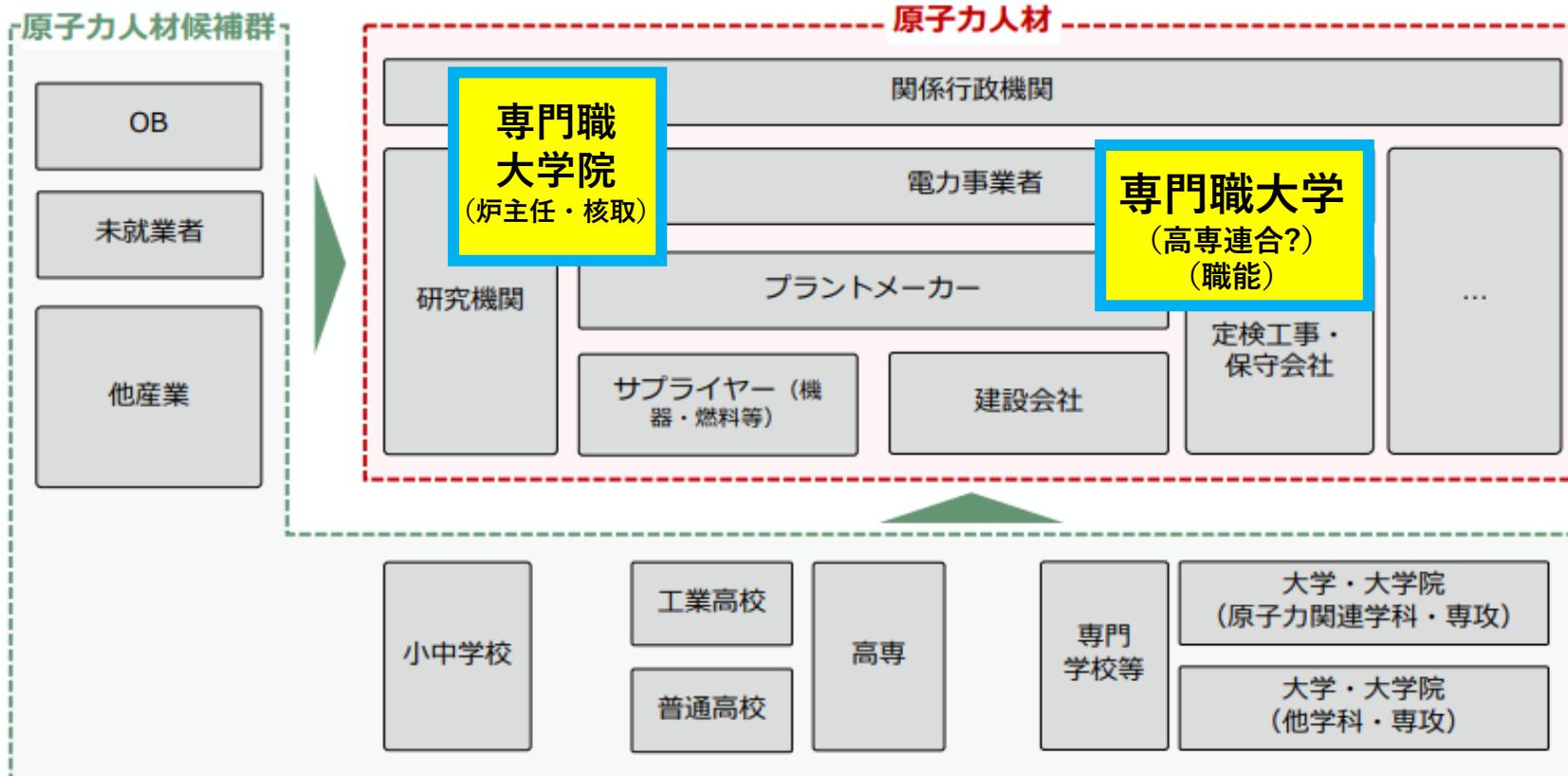
- 原子力人材の領域を、人材育成・人材確保、技術・技能の四象限で分けてみると、技術領域は、国や民間各社等による取組が相対的には進んでいる。
- 一方、建設（ものづくり）を始めとする技能領域は、震災以降の需要剥落により、職人技の継承・人材育成機会の喪失を懸念する声が挙がる等、課題感が大きい状況。

人材育成（技術・技能継承）



①認識の整合（「原子力人材」及び予備群の定義について）

- 本協議会で議論する原子力人材を「原子力の研究開発、原子力発電所等の設計・機器及び燃料製造・建設、安全性の確認、運営・保守、停止・廃炉等に携わる人材」と仮定義する。
- その上で、原子力人材となりうる学生、他産業の人材等を「原子力人材候補群」と仮定義する。



東京大学大学院原子力専攻（専門職大学院）

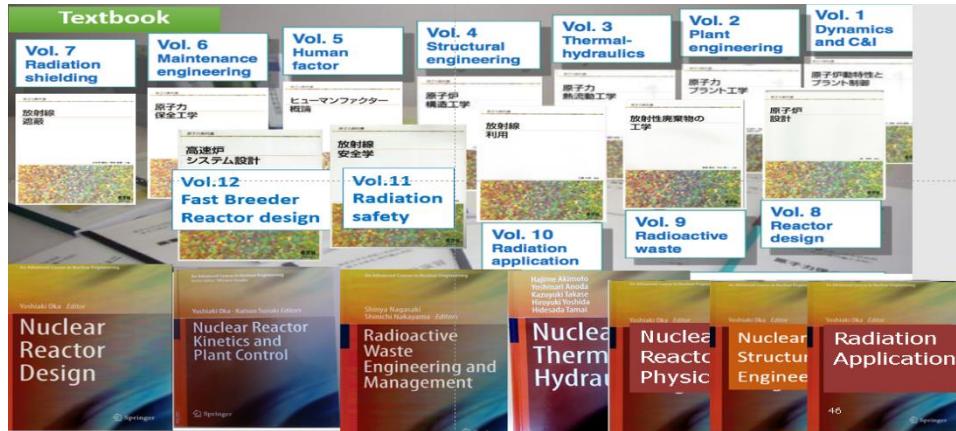


原子炉主任技術者・核燃料取扱主任者（国家資格）の学科
試験免除が修了要件の社会人対象

定員：15名（電力・メーカー・研究所等）

日本原子力研究開発機構等産官学連携

15科目の教科書（オーム社・Springer）とe-learningシステム（IAEA）



原子炉主任技術者合格実績

Fiscal 受験年	Total	UT-NPS	%
2006	21	7	33%
2007	18	4	22%
2008	19	10	53%
2009	22	9	41%
2010	23	6	26%
2011	19	12	63%
2012	20	5	25%
2013	26	8	31%
2014	19	6	32%
2015	12	5	42%
2016	11	4	36%
2017	12	6	50%
2018	26	7	27%
2019	17	3	18%
2020	25	18	72%
2021	22	11	50%
2022	24	14	58%
2023	18	8	44%
2024	18	5	28%
2025	22	14	64%

核燃料取扱主任者合格実績

Fiscal 受験年	Total	UT-NPS	%
2006	40	13	33%
2007	27	12	44%
2008	29	14	48%
2009	17	15	88%
2010	11	9	82%
2011	24	15	63%
2012	16	14	88%
2013	13	7	54%
2014	22	17	77%
2015	23	14	61%
2016	25	11	44%
2017	17	8	47%
2018	25	13	52%
2019	27	13	48%
2020	18	12	67%
2021	15	9	60%
2022	23	13	57%
2023	23	12	52%
2024	17	7	41%
2025	26	9	35%

出典：2025年7月25日 原子力政策と人材育成の現状と将来展望 上坂充



Department of Nuclear Energy

Nuclear Power

» Nuclear Power Engineering

» Nuclear Power Technology Development

Nuclear Power Infrastructure

International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles (INPRO)

Nuclear Fuel Cycle & Waste Technology

» Fuel Cycle & Materials

IAEA Virtual Nuclear Management University initiative aimed at enhancing nuclear safety and economics

29 November 2013 – Leading nuclear engineering universities from across the world have started work on developing an IAEA-endorsed curricula for a Master's programme on management for nuclear energy professionals. The goal is to have universities implement such programmes through the Virtual Nuclear Management University (VNNU), a mutual cooperation and collaboration platform facilitated by the IAEA.

Twenty representatives from Belgium, China, France, Germany, Ghana, Italy, Japan, the Russian Federation, South Africa, Spain, the United Arab Emirates, the United Kingdom, the United States of America, European Nuclear Education Network (ENEN) and the World Nuclear University met at the



Twenty experts from across the world joined hands to launch the IAEA's Virtual Nuclear Management University initiative.
(Photo: P.Hodorogea/IAEA)

IAEA連携原子力マネージメント大学院構想
東京大学、清華大学、ソウル大学、仏アレバ、独アーヘン大学、伊ピア大学、トリノポリテクニーク、西カタロニヤポリテク、英マンチェスター大学、露MEPhI、米テキサスA&M、米アイダホ大学、 UAEカリファ大学、ガーナ大学、南ア北西大・Witts大、アルゼンチンINVAP、ENET、World Nuclear University

International Nuclear Management Academy

- An IAEA-facilitated framework whereby universities collaborate to implement master's level programmes in nuclear technology management
- Students in the programme are managers or future managers working in the nuclear sector
- Initiative launched in Nov 2013. First programmes starting in 2015.



IAEA Course Description

INMA Course Description Form (Rev 1)																											
 INMA International Nuclear Management Academy																											
Completed by: <u>Mitsuru Uesaka</u> Date: <u>January 10, 2017</u>																											
1. General Information <table border="1"> <tr><td>University</td><td>The University of Tokyo</td></tr> <tr><td>Programme Title</td><td>Nuclear Professional Master Course</td></tr> <tr><td>Course Title</td><td>Nuclear Structural Engineering</td></tr> <tr><td>Faculty/Department/School</td><td>Nuclear Professional School</td></tr> <tr><td>Unit Code</td><td></td></tr> <tr><td>Total Number of Learning Hours</td><td>67.5 (credit 1.5)</td></tr> <tr><td>Pre-requisites</td><td>None</td></tr> <tr><td>Co-requisites</td><td>All other courses in the same semester</td></tr> <tr><td>Language of Course Delivery</td><td>Japanese</td></tr> <tr><td>Course Duration</td><td>5 months (one semester)</td></tr> <tr><td>Mandatory or Elective Course*</td><td>Elective</td></tr> <tr><td>Number of Academic Lecturers</td><td>4</td></tr> <tr><td>Number of Industrial Lecturers</td><td></td></tr> </table>		University	The University of Tokyo	Programme Title	Nuclear Professional Master Course	Course Title	Nuclear Structural Engineering	Faculty/Department/School	Nuclear Professional School	Unit Code		Total Number of Learning Hours	67.5 (credit 1.5)	Pre-requisites	None	Co-requisites	All other courses in the same semester	Language of Course Delivery	Japanese	Course Duration	5 months (one semester)	Mandatory or Elective Course*	Elective	Number of Academic Lecturers	4	Number of Industrial Lecturers	
University	The University of Tokyo																										
Programme Title	Nuclear Professional Master Course																										
Course Title	Nuclear Structural Engineering																										
Faculty/Department/School	Nuclear Professional School																										
Unit Code																											
Total Number of Learning Hours	67.5 (credit 1.5)																										
Pre-requisites	None																										
Co-requisites	All other courses in the same semester																										
Language of Course Delivery	Japanese																										
Course Duration	5 months (one semester)																										
Mandatory or Elective Course*	Elective																										
Number of Academic Lecturers	4																										
Number of Industrial Lecturers																											
2. Aims of the Course <p>This course aims to enable students understand basic concept of structural design and soundness evaluation of nuclear equipment and elemental technologies supporting it, material mechanics / structural dynamics, material strength, structure design, high temperature structural design, earthquake resistant design, manufacturing, inspection, destruction dynamics, soundness evaluation, etc., and enable students acquire the basic knowledge necessary to learn the detailed techniques necessary for structural design and health assessment of major equipment and structures of nuclear power plants themselves and to apply them to practical work.</p>																											
<small>* Mandatory or elective within the programme</small>																											
<h2 style="color: red; text-align: center;">日本のシラバスは ここまで</h2>																											
3. Brief Description of the Course and the Course Topics <p>DESCRIPTION: It systematically delivers basic concept supporting it, material mechanics / structural dynamics, material strength, structure design, high temperature structural design, earthquake resistant design, manufacturing, inspection, destruction dynamics, soundness evaluation, etc..</p> <p>LIST OF COURSE LECTURE/LESSON TOPICS:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Overview of nuclear structural engineering Topics on the whole picture of the lecture, the basic concept of structural design and soundness evaluation, recent design criteria 2. Material mechanics / Structural mechanics Energy principle, stress and strain, beam, combined stress, cylinder, strain energy 3. Material strength / Structural strength Material deformation, breakage mechanism, structure breakage mechanism 4. Structural analysis by FEM Theory of the finite element method, analysis method, analysis code, application example 5. Structural design of light water reactor Design criteria, importance classification and state classification, stress classification, shakedown and ratchet, design by fatigue, analysis 6. High temperature structural design of light water reactor Failure mode at high temperature, elastic cracking and stress classification, creep, thermal stress evaluation 7. Seismic design Seismic design guidelines, importance classification, load combination, design ground motion, response analysis, allowable stress limit 8. Manufacturing Steel material manufacturing technology, transition of materials, welding technology, concept of testing / inspection, non-destructive inspection 9. Inspection Steel material manufacturing technology, transition of materials, welding technology, concept of testing / inspection, non-destructive inspection 10. Fracture mechanics Stress expansion factor, linear fracture mechanics, crack growth evaluation, fracture toughness, ductile fracture mechanics, stochastic fracture mechanics 11. Structural evaluation and assessment Evaluation of structure soundness, evaluation of neutron irradiation embrittlement (monitoring test method), fracture toughness confirmation test, soundness evaluation example 																											

出典:2019年3月14日 東大原子力専攻における社会人実務原子力教育と国際化 上坂充

原子力構造工学 Nuclear Structural Engineering

基本情報 (単位数、講義時間(文科省設置基準45時間 (含予習復習)/1単位))等

		Course topics and approximate number of learning hours										
		1. Overview of nuclear structural engineering	2. Material mechanics / Structural mechanics	3. Material strength / Structural strength	4. Structural analysis by FEM	5. Structural design of light water reactor	6. High temperature structural design of light water reactor	7. Seismic design	8. Manufacturing	9. Inspection	10. Fracture mechanics	11. Structural evaluation and assessment
Lectures	Brief description											
Lectures	The introductory lecture at the plenary is designed to give students and insight into the workbook and direction of intellectual travel.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Seminars	n/a											
Academic Tutorials	Tutorials at mid session events are run to enable students to ask questions about concepts and issues covered in their reading. Also, students will find tutorials a valuable time to clarify the requirements of their coursework brief. At the end of the semester feedback and revision sessions are run.											
Laboratory Work	n/a											
Computer Exercises	n/a											
Computer Tutorials	n/a											
Individual Project	The coursework is designed to allow students to apply theoretical concepts addressed by the unit in their work environment.											
Group Project	n/a											
Workshop, Field Study	n/a											
Personal Tutorials	Students are encouraged to use the Virtual Learning Environment (Blackboard), email and telephone to keep in touch with their tutor and use on-line resources.											
Self Study	Brief description											
Self Study	Students are studying at distance and through face to face contact at plenaries and midsession events. Students are encouraged to study a little and often, using the workbook as the spine of the course unit together with the coursework (individual project).	7.5	4	3	2	4	4	4	2	2	4	7

Course topics and approximate number of learning hours			
1. Overview of nuclear structural engineering	2. Material mechanics / Structural mechanics	3. Material strength / Structural strength	4. Structural analysis by FEM
5. Structural design of light water reactor	6. High temperature structural design of light water reactor	7. Seismic design	8. Manufacturing
9. Inspection	10. Fracture mechanics	11. Structural evaluation and assessment	

	Description of the assessment	Duration hours of assessment, if applicable	Weighting within unit (%)
Unseen examination			
In class test			
Online quiz			
Assessed seminar work			
Written report			
Oral presentation			
Poster			
Practical demonstration			
Attendance			
Examination			100

Course Description

原子力構造工学
Nuclear Structural
Engineering

Bloom's Taxonomy(教育手法)

4. General Learning Outcomes (see the Guidelines for INMA Competency Area Levels)

Knowledge of a subject (Knowledge). (Bloom's Taxonomy Knowledge and Comprehension - Example verbs: Remembers previously learned material, Grasps the meaning of material.

Define the basic concept of nuclear structural engineering.

Explain the historical approach and regulation of nuclear structural engineering.

List the contents of the introduction, material mechanics, structural mechanics, fracture mechanics, structural design for BWR, PWR, FBR, HTR, etc., seismic design, manufacturing and inspection nuclear structural engineering

Identify the difference between mechanics in physics and material/structural mechanics.

Understand the basic theory and idea of material mechanics and structural engineering.

Explain design by formula and design by analysis.

Knowledge

Demonstration of application of knowledge (Demonstration). (Bloom's Taxonomy Application and Analysis - Example verbs: apply, carry out, demonstrate, illustrate, prepare, solve, use, and understands both the content and structure of material.

Explain structural-design-related issues in nuclear standards, law, licencing, regulation, system engineering, maintenance, life management, events and lessons learned, etc.

Describe the practical design methods for BWR, PWR, FBR, HTR, etc.

Use numerical analysis by FEM (Finite Element Method) for large-scaled structural design.

Use appropriate software for numerical analysis.

Apply the structural engineering to seismic design.

Demonstration

Explain fracture mechanics and its relation to structural design, manufacturing and maintenance.

Grasp knowledge necessary to learn the detailed technology necessary for structural design and health assessment of major equipment and structures of nuclear power plants themselves.

Demonstrate an extensive knowledge of structural design and system maintenance.

Demonstrate understanding of the underpinning science.

Demonstrate understanding of the underpinning mathematics.

Analyse trends in structural-design-related issues in nuclear standards, law, licencing, regulation, system engineering, maintenance, life management, events and lessons learned, etc.

Analyse in details structural-design-related issues in nuclear events and lessons learned, etc.

How and when to implement the knowledge (Implementation). (Bloom's Taxonomy Synthesis and Evaluation - Example verbs: combine, construct, design, develop, generate, plan, propose, assess, conclude, evaluate, interpret, justify, select, support

Develop a synthesis of structural design to nuclear standards, law, licencing, regulation, system engineering, maintenance, life management, etc.

Be able to consider and propose structural-design-based validation and upgrade of nuclear standards, law, licencing, regulation, system engineering, maintenance, life management, events and lessons learned, etc.

Implementation

Course Description

原子力構造工学 Nuclear Structural Engineering

IAEA Competency Areaでの分野をいつの講義でどの深さ(K,D,I)で教えているか

5. Course Topics and Levels of INMA Competence Areas (CA's) to be Achieved at the Course Completion (see Guidelines for INMA Competency Area Levels)													
INMA Competence Areas (list applicable CA's from INMA publication)	Approximate Learning Hours by Course Topic (note: insert Topics from Table 3 above)												Learning Hours
	1. Overview of nuclear structural engineering	2. Material mechanics / Structural mechanics	3. Material strength / Structural strength	4. Structural analysis by FEM	5. Structural design of light water reactor	6. High temperature structural design of light water reactor	7. Seismic design	8. Manufacturing	9. inspection	10. Fracture mechanics	11. Structural evaluation and assessment	Total Learning Hours for CA	
1.4 Nuclear standards	1						1				1	3	1
1.5 Nuclear law	1						1				1	3	1
1.8 Nuclear licensing, licensing basis and regulatory processes	1						1	1	1		1	5	1
2.1. Nuclear power plant and other facility design principles	1						1				1	3	1
2.2 Nuclear power plant/facility operational systems	1							1	1			3	1
2.3 Nuclear power plant/facility life management								1	1			2	1
2.4 Nuclear facility maintenance processes and programmes								1	1			2	1
2.5 Systems engineering within nuclear facilities	1	3	2	2	3	3	1			3	1	19	9
2.6. Nuclear safety principles and analysis	1	3	3	2	3	3	1			3	1	20	9
3.1 Nuclear engineering project management	0.5										1	1.5	0.5
3.16 Nuclear safety culture	1						1				1	3	1
3.17 Nuclear events and lessons learned	1						1				1	3	1
Total number of learning hours for this topic	9.5	6	5	4	6	6	8	4	4	6	9	67.5	25
Total learning hours for the course	67.5												21.5

Publication of Textbooks (16 volumes) including fundamental / applied / societal subjects preparing to publish English version from Springer



Translated all lecture slides into English for E-learning

1. Nuclear Engineering Basic Knowledge

1. Radiation Safety
2. Nuclei and radiation measurement
3. Nuclear law
4. Nuclear physics
5. Nuclear thermal hydrodynamics
6. Nuclear Structure Engineering
7. Nuclear Reactor Fuel and Material
8. Nuclear Cycle Engineering

2. Nuclear Basics

1. Nuclear Plant Engineering

2. Nuclear Safety

3. Maintenance Engineering
4. Waste management engineering

3. Additional subject

1. Human factor
2. Risk and communication
3. Organization Management

4. Advanced

1. Reactor designing
2. Radiation shielding
3. Radiation application
4. Nuclear hazard management

More than 10,000 slides



INMA Assessment Sheet for Nuclear Professional School, the University of Tokyo

External Environment

Technology

Management Leadership

Reactor and Fuel Courses

Management Courses

NEMS

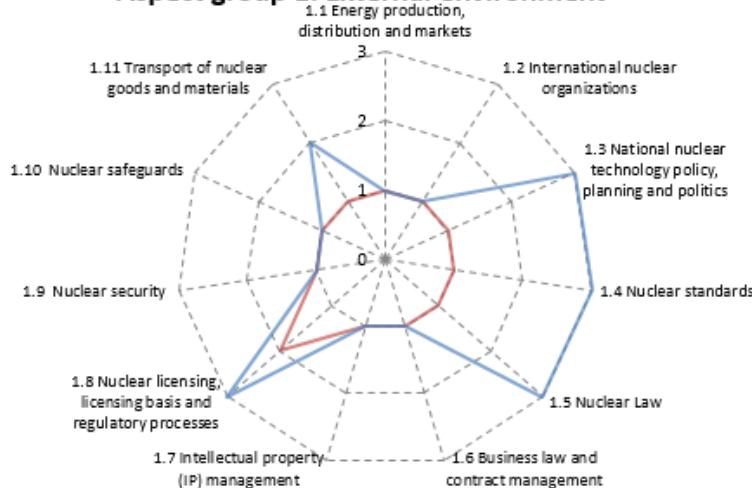
Assessment on learning outcomes by areas		Assessment on courses		Elective courses offered by third parties	
Minimum OA level claimed or achieved	Total learning hours for each competence area	Reactor Physics	Fuel Cycle	Management	Other
Minimum OA level claimed or achieved 6.1.1-2. or 6	Total learning hours for each competence area	Nuclear Reactor Physics	Nuclear Reactor Physics	Nuclear Reactor Physics	Nuclear Reactor Physics
6.1.1-2. or 6	1515	21 0 120 45 22 18 36 225 15 90 0 20 3	21 0 120 45 22 18 36 225 15 90 0 20 3	21 185 9 67.5 67.5 20 20 12 22 15 22 12 4	WRI Seminar Institute (4 weekly)
6.1.1-2. or 6	1515	21 0 120 45 22 18 36 225 15 90 0 20 3	21 0 120 45 22 18 36 225 15 90 0 20 3	21 185 9 67.5 67.5 20 20 12 22 15 22 12 4	IEA Nuclear Institute
6.1.1-2. or 6	1515	21 0 120 45 22 18 36 225 15 90 0 20 3	21 0 120 45 22 18 36 225 15 90 0 20 3	21 185 9 67.5 67.5 20 20 12 22 15 22 12 4	OCED/NEA-MEP/University Institute of Nuclear Science and Technology
6.1.1-2. or 6	1515	21 0 120 45 22 18 36 225 15 90 0 20 3	21 0 120 45 22 18 36 225 15 90 0 20 3	21 185 9 67.5 67.5 20 20 12 22 15 22 12 4	Intercambios Nucleares
6.1.1-2. or 6	1515	21 0 120 45 22 18 36 225 15 90 0 20 3	21 0 120 45 22 18 36 225 15 90 0 20 3	21 185 9 67.5 67.5 20 20 12 22 15 22 12 4	Other (e.g. MIT INLED)
Learning hours breakdown: 6 Separated learning : 6 Self-study : 6 Practical exercises	Supervised learning delivery mode: In person (I), Online (O), or Both (B)	Teaching approach: Theoretical-conceptual (TC), Experimental-applied (EA), or Both (B)	Expected number of hours of lectures from industry experts and leaders:	Total learning hours for each course	IS15
1.1 Energy production, distribution and markets	1	4	15.5	1.1 External environment	15.5
1.2 International nuclear regulations	1	4	15.5	1.2 International nuclear regulations	15.5
1.3 National nuclear technology policy, planning and policies	1	4	15.5	1.3 National nuclear technology policy, planning and policies	15.5
1.4 Nuclear standards	1	4	15.5	1.4 Nuclear standards	15.5
1.5 Nuclear law	1	4	15.5	1.5 Nuclear law	15.5
1.6 Basis of law and contract management	1	4	15.5	1.6 Basis of law and contract management	15.5
1.7 Intellectual property (IP) management	1	4	15.5	1.7 Intellectual property (IP) management	15.5
1.8 Nuclear finance, financing and regulatory processes	1	4	15.5	1.8 Nuclear finance, financing and regulatory processes	15.5
1.9 Nuclear safety	1	4	15.5	1.9 Nuclear safety	15.5
1.10 Nuclear security	1	4	15.5	1.10 Nuclear security	15.5
1.11 Transport of nuclear products and materials	2	16.5	1.11 Transport of nuclear products and materials	16.5	
Aspect group 2: Technology	group 1	181.5			
2.1 Nuclear power plant and other facility design principles	1	11.5	2.1 Nuclear power plant and other facility design principles	11.5	
2.2 Nuclear power plant/facility operational systems	2	21	2.2 Nuclear power plant/facility operational systems	21	
2.3 Nuclear power plant/facility management	1	4.5	2.3 Nuclear power plant/facility management	4.5	
2.4 Nuclear facility maintenance/renewal and programmes	1	4.5	2.4 Nuclear facility maintenance/renewal and programmes	4.5	
2.5 Systems engineering within nuclear facilities	1	9.2	2.5 Systems engineering within nuclear facilities	9.2	
2.6 Nuclear safety principles and analysis	1	14.5	2.6 Nuclear safety principles and analysis	14.5	
2.7 Reliability/safety and protection	1	5.5	2.7 Reliability/safety and protection	5.5	
2.8 Nuclear reactor physics and activity management	1	15.5	2.8 Nuclear reactor physics and activity management	15.5	
2.9 Nuclear fuel cycle technologies	1	4.5	2.9 Nuclear fuel cycle technologies	4.5	
2.10 Nuclear waste management and disposal	1	42.5	2.10 Nuclear waste management and disposal	42.5	
2.11 Nuclear power plant/facility decommissioning	1	17	2.11 Nuclear power plant/facility decommissioning	17	
2.12 Nuclear environmental protection, monitoring and remediation	1	44	2.12 Nuclear environmental protection, monitoring and remediation	44	
2.13 Nuclear R&D and innovation management	1	27	2.13 Nuclear R&D and innovation management	27	
2.14 Application of nuclear science	1	5	2.14 Application of nuclear science	5	
Aspect group 3: Management	group 2	222			
3.1 Nuclear engineering project management	2	17.5	3.1 Nuclear engineering project management	17.5	
3.2 Management systems in nuclear organisations	1	5	3.2 Management systems in nuclear organisations	5	
3.3 Management of employee relations in nuclear organisations	1	5	3.3 Management of employee relations in nuclear organisations	5	
3.4 Organisational human resource management and development	2	15	3.4 Organisational human resource management and development	15	
3.5 Organisational behaviour	1	5	3.5 Organisational behaviour	5	
3.6 Financial management and cost control in nuclear	1	5	3.6 Financial management and cost control in nuclear	5	
3.7 Information and records management in nuclear	1	6	3.7 Information and records management in nuclear	6	
3.8 Training and human performance management in nuclear	1	4	3.8 Training and human performance management in nuclear	4	
3.9 Performance monitoring and organisation improvement	1	5	3.9 Performance monitoring and organisation improvement	5	
3.10 Nuclear quality assurance programmes	2	10	3.10 Nuclear quality assurance programmes	10	
3.11 Procurement and supplier management in nuclear	1	5	3.11 Procurement and supplier management in nuclear	5	
3.12 Nuclear safety management, risk-informed decision-making	1	6.5	3.12 Nuclear safety management, risk-informed decision-making	6.5	
3.13 Nuclear incident management, emergency planning and preparedness	2	61.5	3.13 Nuclear incident management, emergency planning and preparedness	61.5	
3.14 Updating experience feedback and corrective action	1	42	3.14 Updating experience feedback and corrective action	42	
3.15 Nuclear security programme management	2	21	3.15 Nuclear security programme management	21	
3.16 Nuclear safety culture	1	4.5	3.16 Nuclear safety culture	4.5	
3.17 Nuclear events and lessons learned	1	59.5	3.17 Nuclear events and lessons learned	59.5	
3.18 Nuclear knowledge management	1	7	3.18 Nuclear knowledge management	7	
Aspect group 4: Leadership	group 4	266.5			
4.1 Strategic leadership	1	20.5	4.1 Strategic leadership	20.5	
4.2 Ethics and values of a high standard	1	19	4.2 Ethics and values of a high standard	19	
4.3 Communication strategies for leaders in nuclear	1	25.5	4.3 Communication strategies for leaders in nuclear	25.5	
4.4 Leading change in nuclear organisations	1	7	4.4 Leading change in nuclear organisations	7	
Total Learning Hours for Programmes Themes	Group 4	75			
Total	in Total	1515			
Details	Details				
Search	Search				
Total	Total				

aspect4names

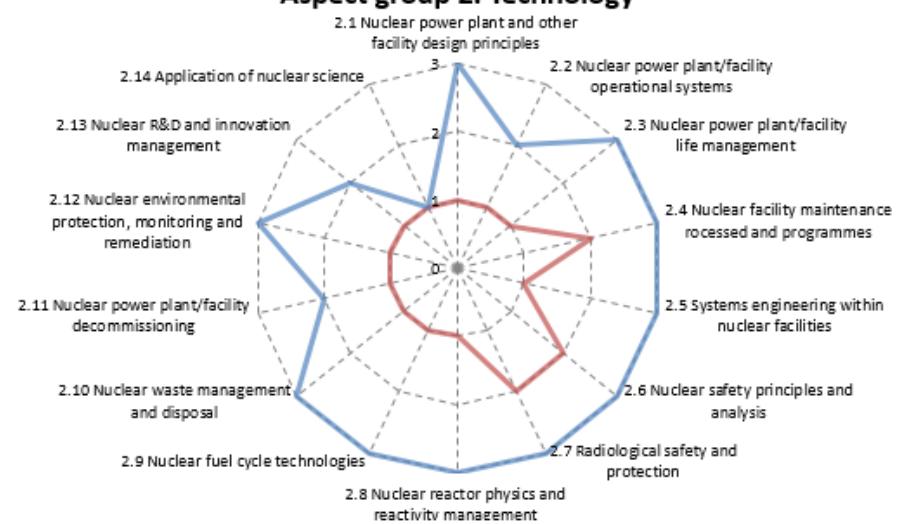
Graphs for INMA requirements of UT-NPS

Plot CA level at graduation in Univ. of Tokyo's programme against the CA level at graduation required by INMA

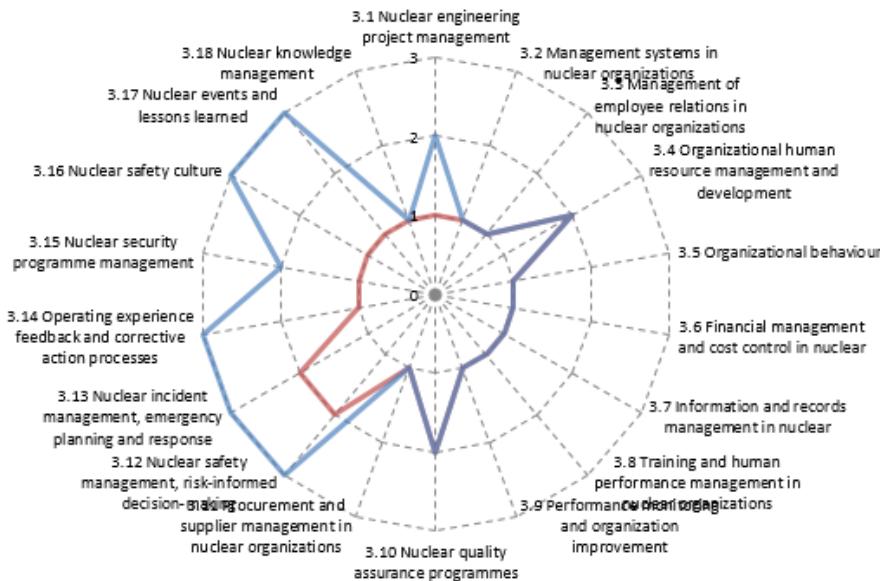
Aspect group 1. External environment



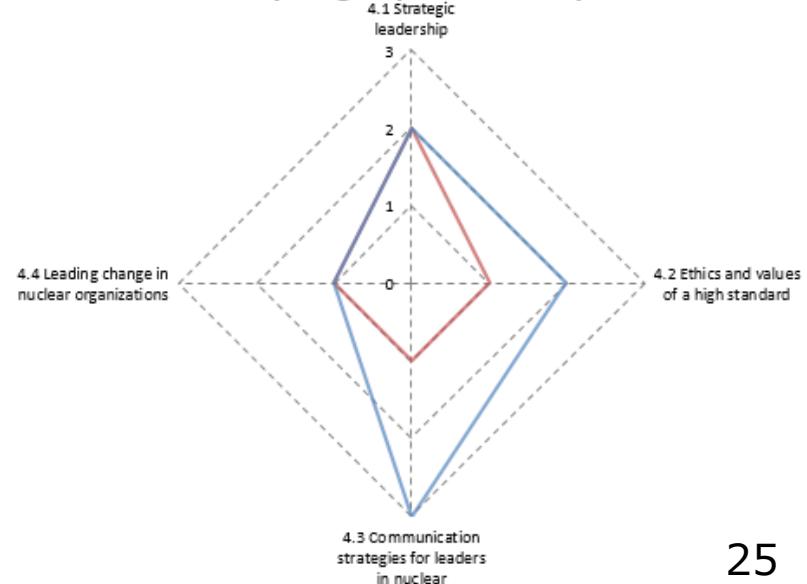
Aspect group 2. Technology



Aspect group 3: Management



Aspect group 4: Leadership





Since March, 2020

THIS CERTIFICATE is presented to

NAME SURNAME

**TO CONFIRM THE IAEA - INTERNATIONAL NUCLEAR MANAGEMENT ACADEMY'S
ENDORSEMENT OF THE**

NUCLEAR TECHNOLOGY MANAGEMENT PROGRAMME

**of the Department of Nuclear Engineering and Management, School of Engineering, the University of Tokyo
HONGO, TOKYO, JAPAN**

Name Surname

year, Vienna, Austria

Head of Nuclear Knowledge Management
Department of Nuclear Energy
International Atomic Energy Agency

原子力知識継承と人材育成に関する国際会議(#NKM&HRD) (2024年7月1日~5日、オーストリア、ウィーン)

- ・原子力知識継承(NKM)と人材育成(HRD)に関する世界的な動向をレビューする国際会議をIAEAが主催。
- ・約1,000名が参加。
- ・各国、企業等の代表者が発表し、原子力知識継承や人材育成に関するそれぞれの課題や戦略について議論。



上坂からの提言:

- ・原子力・放射線技術者育成強化のため、「国際的に通用する原子力・放射線技術者(国家資格Professional Engineer、日本では技術士に通ずる)」に特化した国際標準仕様を確立し、各国の関連資格と連携させる。
- ・原子力・放射線利用技術者に携わる企業や組織の評価指標の一つとして、「国際的に通用する原子力・放射線技術者」の人数、CPD単位数を活用することを奨励

期待される成果:

- ・原子力・放射線分野を支える技術人材基盤の更なる強化
- ・原子力・放射線分野の専門技術者の能力と地位の向上。

■ 設立趣旨

- ・ 2013年に技術士と米国PEの資格取得を促進し、基盤技術力の向上を図るために設立（母体となった「日立原子力技術士会」は、その10年前から活動していた）
- ・ 技術士が互いに研鑽し連携する場を提供するとともに、技術士会のネットワークで協創や総合技術力の強化を目指す

■ 技術士会名称の由来

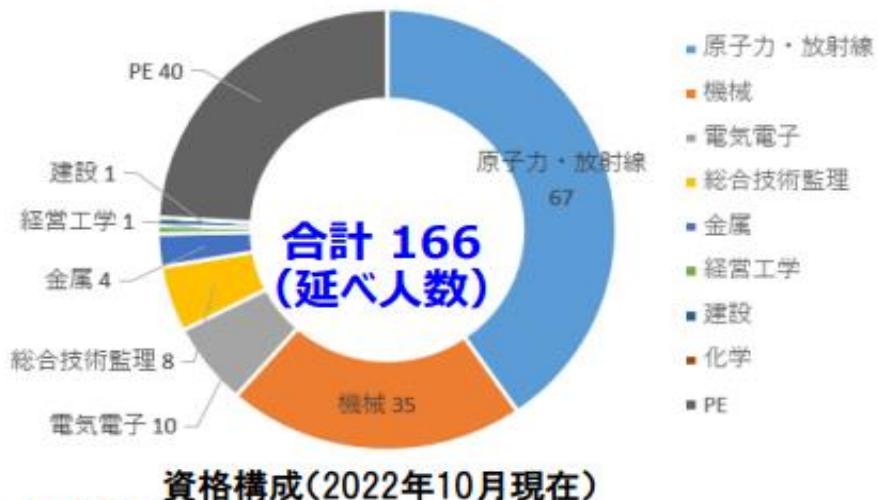
- ・ 神峰山は日立事業所に近く、事業所歌の歌詞にも登場し、日立地区で勤務する従業員からも親しまれている山であることから、その名を冠した

■ 会員数

- ・ 143名（2022年10月現在）

■ 主な活動

- ・ 技術士資格の啓発
- ・ 技術士資格取得支援
- ・ 他技術士会との交流
- ・ 技術セミナー
- ・ 日本技術士会原子力・放射線部会への参加



内 容

1. 欧米・日本の大学・大学院での
Schooling
2. Nuclear Professionalの育成
3. 大学院の研究力
4. まとめ

ANECの事業概要

【事業の目的】

本事業では、原子力分野の人材育成のため、関係機関の教育基盤、施設・装置、技術等の資源を結集し、共通基盤的な教育機能を補い合うことで、拠点として一体的に人材を育成する体制を構築。**複数の機関が中長期的な視点で我が国の原子力分野の人材育成機能の維持・強化を図る。**複数の機関が連携したコンソーシアム(Advanced Nuclear Education Consortium for the Future Society: ANEC)を形成。



① 構成機関の相互補完による体系的な専門教育カリキュラムの共用

主要な基礎・基礎科目の教材・カリキュラムをオンライン化・オープン化して共用。単位認定や互換による講義の共用、社会人向けリカレント教育の実施。

② 大型実験施設や原子力施設等における実験・実習の実施

原子力施設や大型実験施設を用いた実験・実習の共用。原子力施設における学生の見学・就業体験の機会付与。

③ 国際機関や海外の大学との組織的連携による国際研鑽

キャンプや留学による原子力イノベーションに関する国際リーダー育成。国際セミナー・国際機関研修による国際性の涵養。海外大学実験施設での実験の実施。

④ 産業界や他分野との連携・融合

人文・社会科学分野との連携によるELSIに関する教育実施。産業界との連携による共同研究・博士後期課程人材の育成。産業界との連携によるインターンシップやキャリアセミナーの実施。他分野・高校生に対するアピール。

⑤ 効果的なマネジメントシステム

コンソーシアムの自立的・自律的な運営が可能な確立した体制とマネジメントシステム

民間企業D

研究機関C

高専機構

ANEC

未来社会に向けた
高度な原子力教育
コンソーシアム

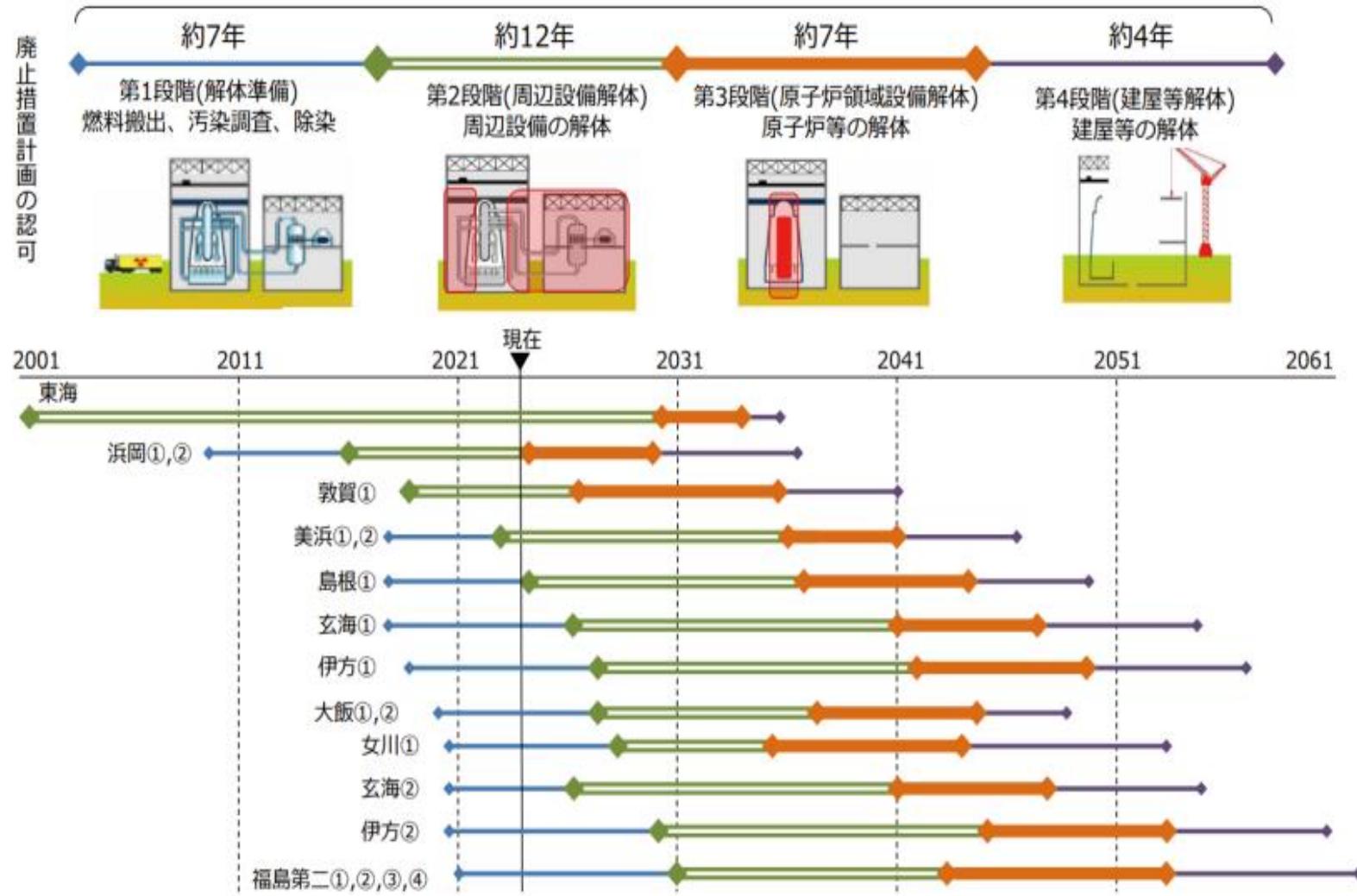


図 6-5 原子力発電所の廃止措置の状況（2024年10月）

(出典) 資源エネルギー庁, 放射性廃棄物対策に係る最近の取組状況, 第41回総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会[資料2] (2024年)

JAEAの研究開発拠点と研究内容



(イメージ図)

瑞浪超深地層研究所
(岐阜県瑞浪市)

土岐地球年代学研究所
(岐阜県土岐市)

(瑞浪超深地層研究所は令和4年1月に坑道埋め戻し及び地上施設撤去を完了)

東濃地科学センター

- 地質環境の長期安定性に関する研究
- 深地層の研究施設計画（結晶質岩）*

- ・地下坑道における工学的対策技術の開発
- ・物質移動モデル化技術の開発
- ・坑道埋め戻し技術の開発

*令和元年度で研究開発を完了



核燃料サイクル工学研究所(東海)



- 高レベル放射性廃棄物等の地層処分システムに関する研究開発
- 使用済燃料の直接処分研究開発

NUMO 原子力の社会的側面に関する研究支援

- NUMOでは、地層処分に関する「技術的・地球科学的な側面」に加え、「社会的な側面」に対する社会の関心にお応えするため、「地層処分に係る社会的側面に関する研究支援事業」を実施し、人文社会系の多岐に亘る分野の研究に対して経済的支援を行い、研究の活性化を促し、その成果を蓄積するとともに広く社会に発信している。

研究A 探索的性質の強い、あるいは芽生え期の独創的・先駆的な研究

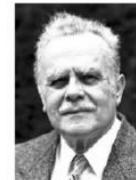
研究B 独創的・先駆的な研究

研究代表者 (敬称略)	研究代表者の 所属機関	研究件名	研究代表者 (敬称略)	研究代表者の 所属機関	研究件名
田中 豊	大阪学院大学 情報学部	高レベル放射性廃棄物地層処分場立地の受容を決定する心理モデルに基づく情報提供とその効果	小松崎 俊作	広島大学 IDEC国際連携機構	日本のHLW 地層処分事業は NIMBY 問題か？～「受益者」・ 「受苦者」の態度形成分析に基づく 問題再定義
中谷 常二	近畿大学 経営学部	倫理的政策分析を用いた高校生・公務員を対象とした新しい討議手法の開発	高嶋 隆太	東京理科大学 創域理工学部	メディア情報による態度変容と社会的受容性の社会科学的分析
村上 健太	東京大学大学院 工学系研究科	日本の地層処分の文脈に沿ったリスク認知モデルの開発	野波 寛	関西学院大学 社会学部	当事者・非当事者の相互作用がサイト選定の意思決定プロセスに影響を及ぼすスパイ럴・アプローチの提起
山形 浩史	長岡技術科学大学 大学院 工学研究科	地層処分事業に対する中立的立場の現状及び要因に関する研究			

出典:社会的側面に関する研究支援 | NUMO - ニューモ - 原子力発電環境整備機構

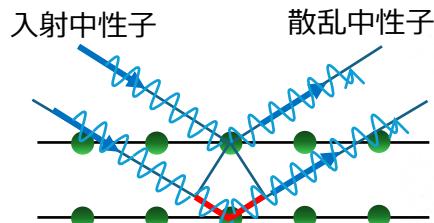
原子力関係分野におけるノーベル物理学賞 受賞実績

1994年 ノーベル物理学賞 (Bertram N. Brockhouse氏、Clifford G. Shull氏)



原子炉から出てくる中性子を用いて、さまざまな物質における原子の配列や磁気構造、原子や分子の運動の様子を知る“中性子散乱”的実験手法を開発した功績が認められ、受賞。

→中性子はX線とは異なる性質を持つことから、その特性を生かして多様な分野の研究開発に貢献。



ある波長をもつ中性子を物質に入射したときの散乱の仕方をもとに結晶構造や磁気構造を明らかにする

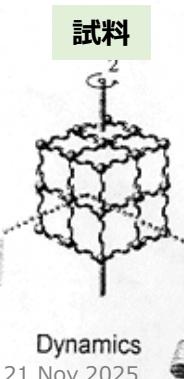
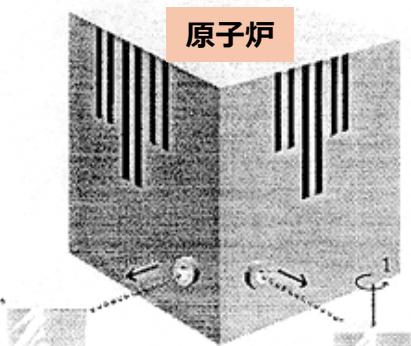
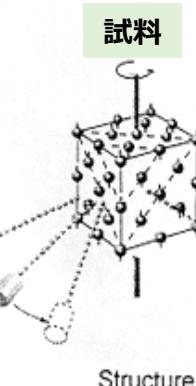
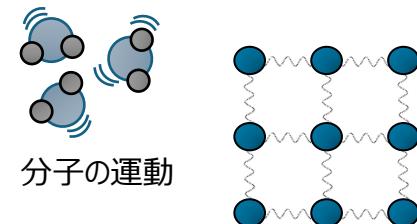
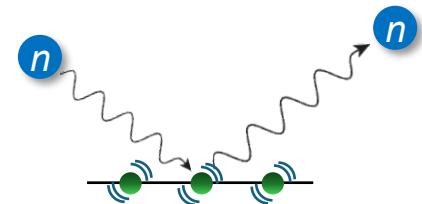


Illustration: Carl Noddin and Kjell Lunde

散乱の前後で中性子のエネルギーがどう変化したかを調べ、原子や分子の運動、振動の様子を明らかにする



分子の運動
結晶中の原子の振動

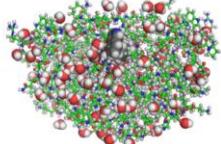
Press release, NobelPrize.org, Nobel Prize Outreach 2025, Fri. 21 Nov 2025.

構造の情報を得る
(弾性散乱または回折)

運動の情報を得る
(非弾性散乱)

現在の応用

現在の応用



タンパク質やDNAなど生体物質の構造解析⇒創薬
鉄鋼などの工学材料の開発⇒インフラへの応用

高分子中の分子の運動解明⇒タイヤ等の材料開発
磁性体の研究⇒量子コンピューター等への貢献

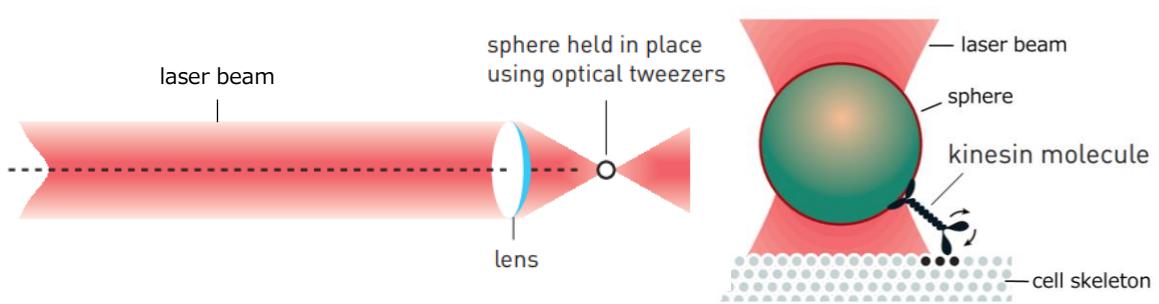
極短パルスレーザー分野におけるノーベル物理学賞 受賞実績

2018年 ノーベル物理学賞 (Arthur Ashkin氏、Gérard Mourou氏、Donna Strickland氏)



レーザー物理学分野における、以下の画期的な発明に対して授与された。

- ①光が物質に及ぼす力(光圧)を用いて、細胞などの微小な物質を補足・操作する「光ピンセット」の技術を開発。(Arthur Ashkin氏)
- ②高強度のパルスを作り出すCPA(Chirped Pulse Amplification)を開発。(Gérard Mourou氏、Donna Strickland氏)

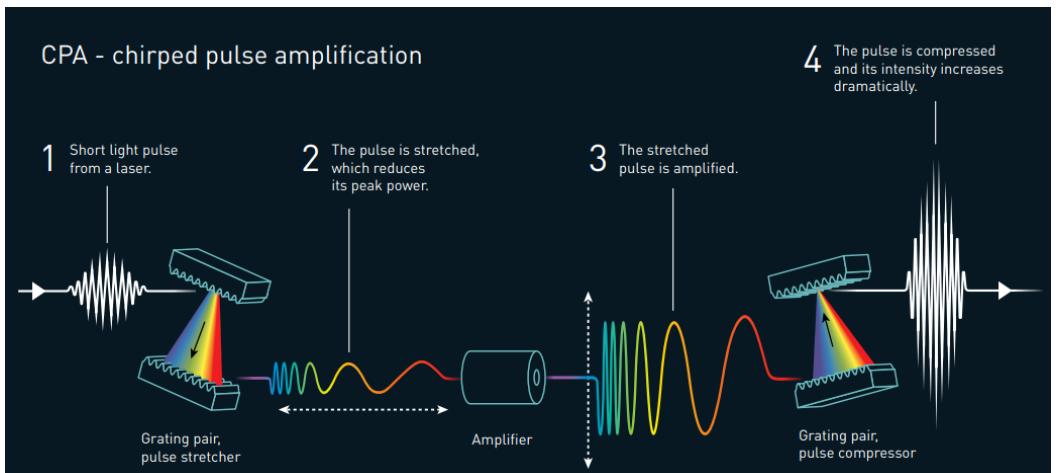


①光ピンセットにより、対象に触れることなく、観察、回転、切断などが可能に。
→個々のタンパク質、分子モーター、DNAなどを研究するための標準装置に。

②パルスあたりの強度を高める技術を劇的に変えた(右図参照)ことにより、レーザーパルスのピークパワーを急激に伸ばすことができるようになった。

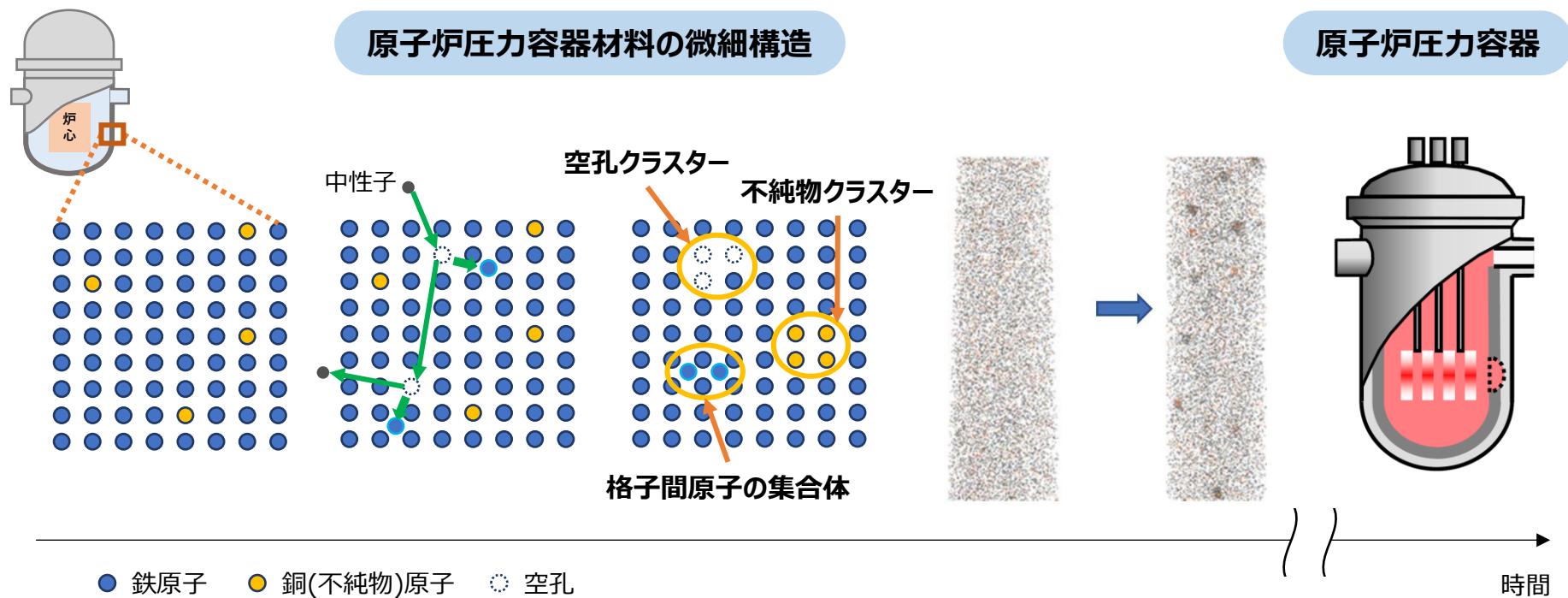
→ピークパワーはTWからPWへと飛躍的に増大し、多様な研究開発に貢献。

→短パルスレーザーによって、レーシック手術が可能になるなど、医療分野にも貢献。



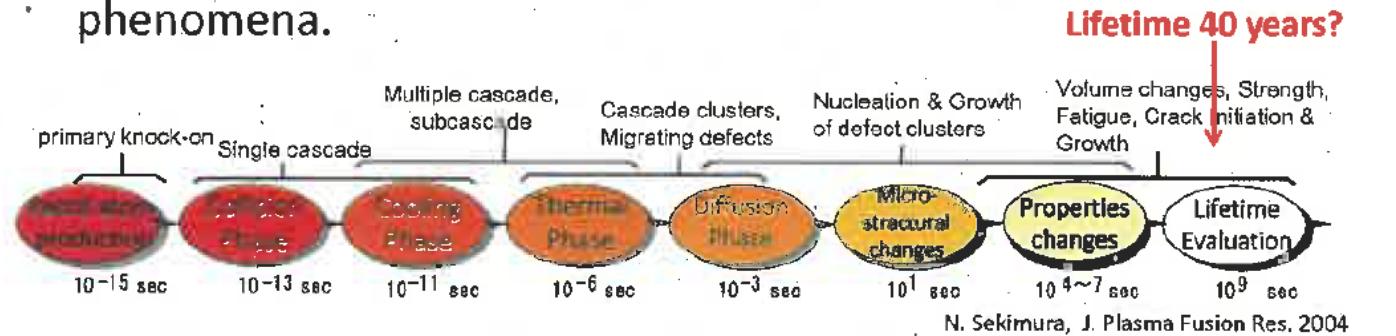
原子炉圧力容器の損傷過程

- 原子炉圧力容器は、中性子照射によって脆弱化することが知られている。
 - 中性子が原子を弾き出し(図中緑→)、原子炉圧力容器材料中に結晶の乱れを生じさせる。
 - 空孔や不純物のクラスター等が金属の変形の障害となるため、これが長期運転によって蓄積すると、原子炉圧力容器が硬く、脆くなる。
- 中性子が圧力容器材料に接触した瞬間の微細構造のダイナミクスを動画像化できれば、耐久性向上・運転期間延長に貢献できる。

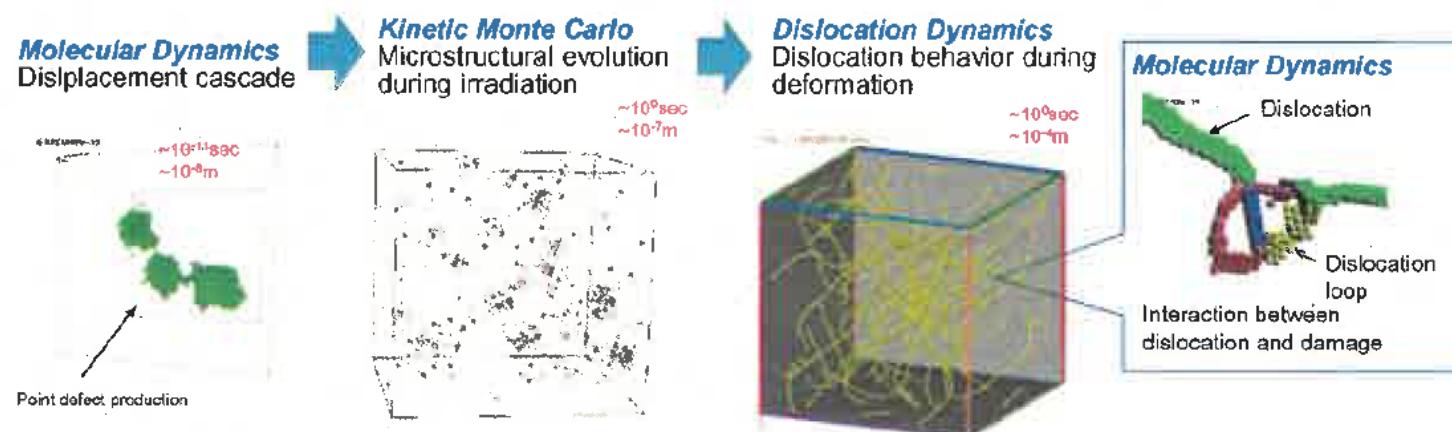


Degradation of Reactor Components under Neutron Irradiation

- Material behaviors under neutron irradiation are multi-scale phenomena.



- Both computer simulation and experimental studies are performed.



8

Femtosecond Beam Science, Mitsuru Uesaka, Imperial College Press, 2005

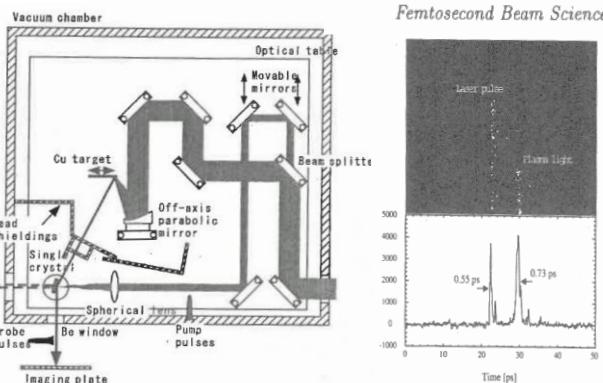
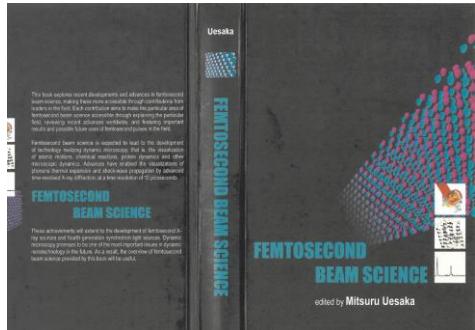


Fig. 4.23 Experimental setup for time-resolved X-ray diffraction with laser plasma X-rays.

Fig. 4.24 Timing adjustment with a femtosecond streak camera.

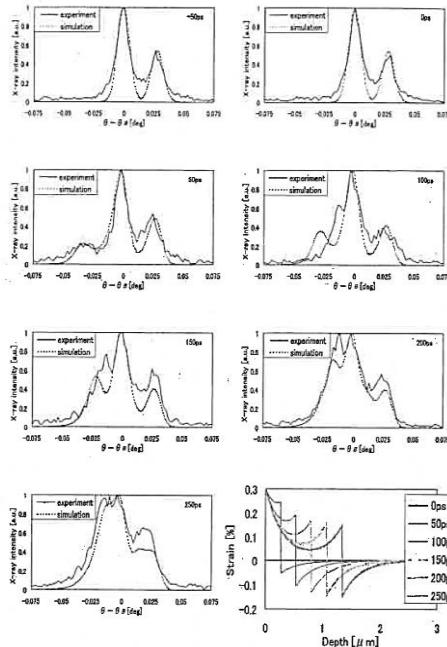


Fig. 4.22 Picosecond changes in diffracted X-ray profiles from a GaAs(111) single crystal.

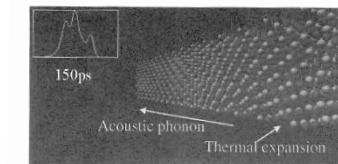
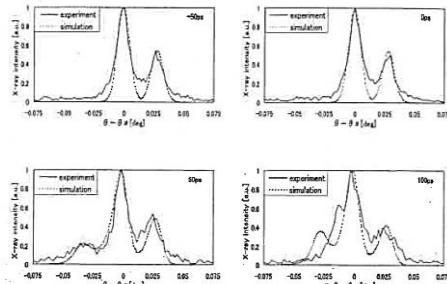


Fig. 4.26 Snapshot of the atom distribution in a crystal irradiated with an ultrashort laser pulse.

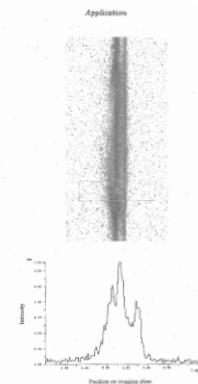


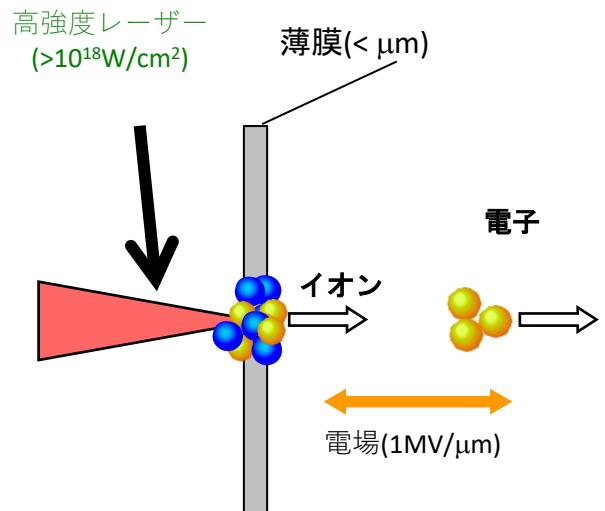
Fig. 4.25 Diffracted X-ray image from a laser-irradiated crystal taken with an image intensifier.

Distance near the surface is expanded by the temperature increase and the sile wave propagates inward as acoustic phonons.

高強度レーザーによるレーザー駆動イオン加速

レシピ:

- 高強度レーザー ($> 10^{18} \text{W/cm}^2$, 数十fs)
- 金属もしくは有機物の薄膜 ($< \mu\text{m}$)

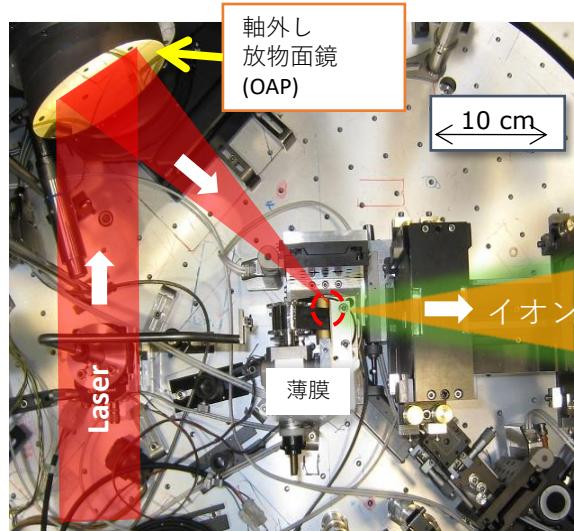


レーザ駆動イオン加速

加速電場 ($> 10^{18} \text{W/cm}^2$) laser pulses

$$\sim 1 \text{ MV}/\mu\text{m} = 1 \text{ TV/m}$$

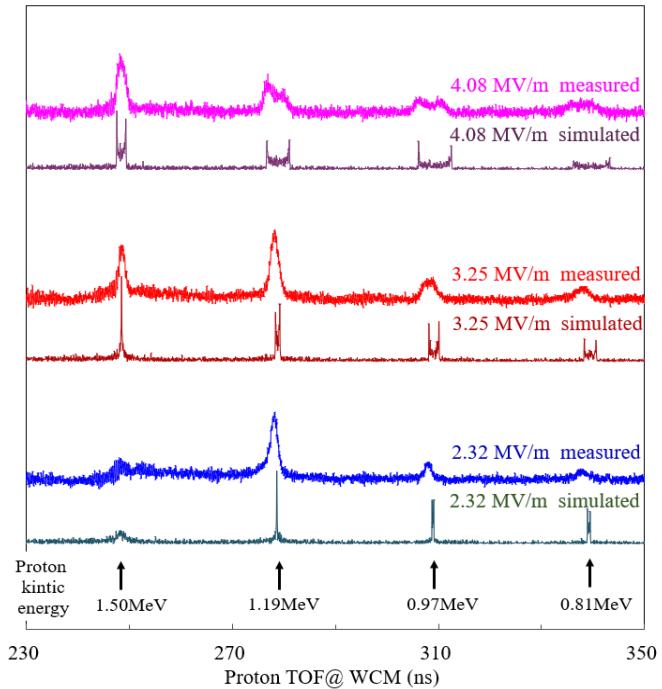
c.f. $< 10 \text{ MV/m}$ 一般的な高周波加速器



西暦 2000 年頃から急速に技術が進んできた

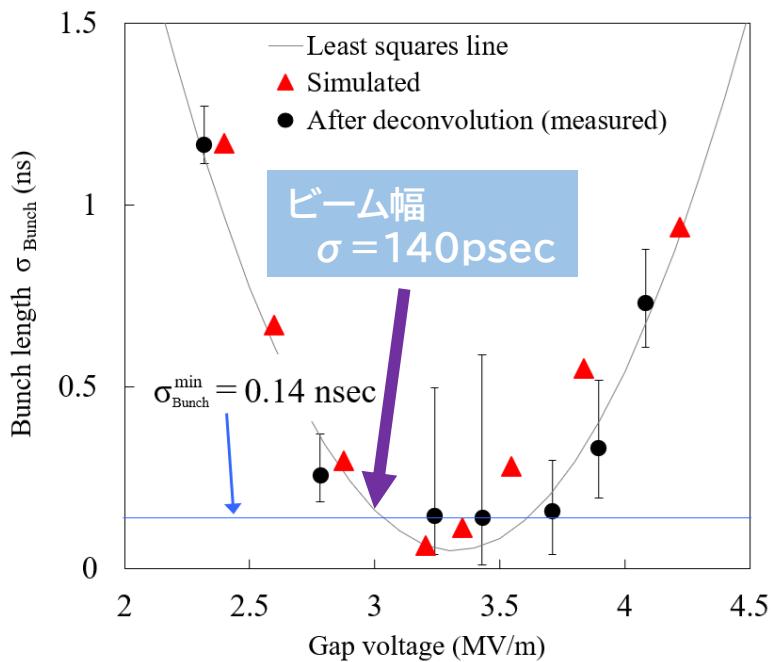
出典: 2025年11月11日日本MRS学会国際シンポにて国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 (QST) 資料より引用

縦方向の非破壊でのバンチ幅計測結果（実測と1Dモデル計算結果比較）



シミュレーションと
実験結果が一致
⇒ モデルを使えば
加速器が設計可

エネルギー5%幅にある
イオンを集めて個数を
10倍程度向上できることを非破壊計測で実証



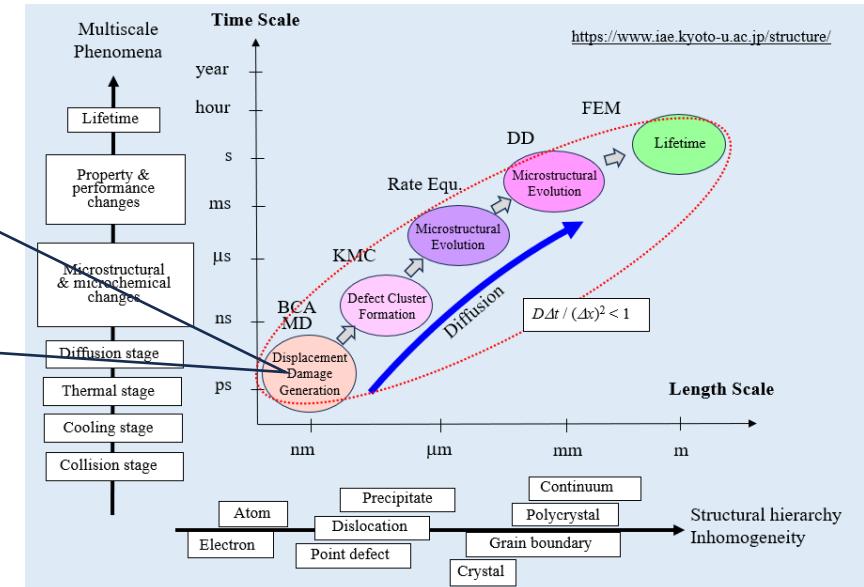
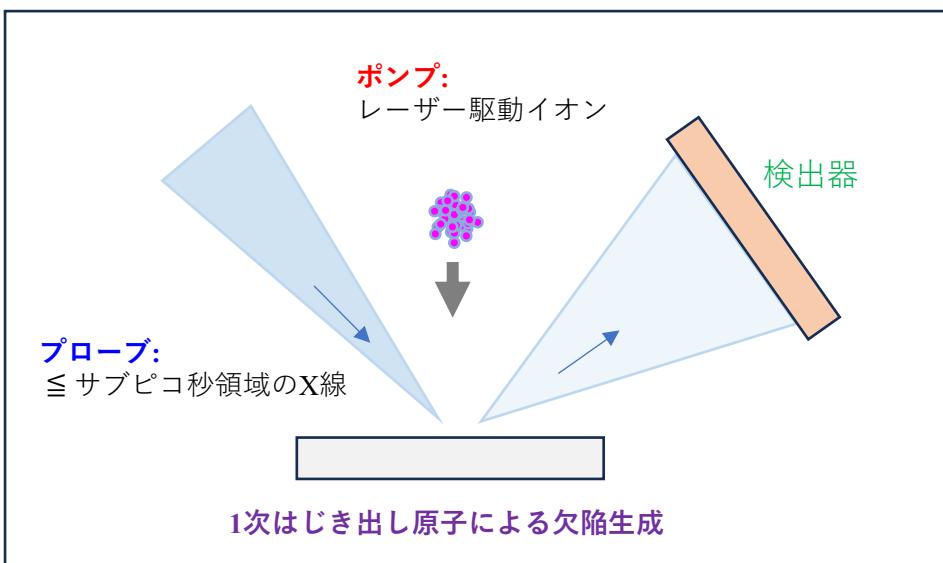
陽子1.5MeVバンチ
 $dE = \pm 0.76\text{~}2.3\%$
イオン個数 $> 4 \times 10^7$ 個/バンチ/1%bw

H.Sakaki et al., Rev. Sci. Instrum. 96, 093307 (2025)

出典: 2025年11月11日日本MRS学会国際シンポにて国立研究開発法人 量子科学技術研究
開発機構 (QST)資料より引用

放射線損傷の時間発展過程の診断

サブピコ秒領域の診断を、
 レーザー駆動のイオンとX線でポンプ・プローブ！



2つのノーベル賞技術を用いて、次のノーベル賞へ！
 –1ショットポンプ＆プローブ分析–

出典: 2025年11月11日日本MRS学会国際シンポにて国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 (QST) 資料より引用

まとめ

- 欧米の大学院には（専門分野が決まった後）、修士課程1年に、厳しい講義・演習が課され、その分野で活躍するための基盤が築かれる。
- 日本では専門職大学院がそれに対応する。修了後には国際的認知のある国家資格を取得し、規制対応し原子力発電所を運営する。原子炉主任技術者、核燃料取扱主任者に加え、技術士(Professional Engineer)も取得を期待。IAEAとの協働を議論中。
- 研究主体の一般大学院では、原子力分野の研究の高まりを期待。夢のある研究。これらで学生を惹きつける。
- 2025年は再稼働、建替準備、海外でのSMR計画が進展した。2026年は核燃料サイクルの進展が期待されるので、Front end、Back end、第4世代革新炉の研究を盛り上げられないか。