

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

類似性

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/OUImages_104706_preview.jpg

北京大学 1898年



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

ハーバード大学 1636年



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

ソウル大学校 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

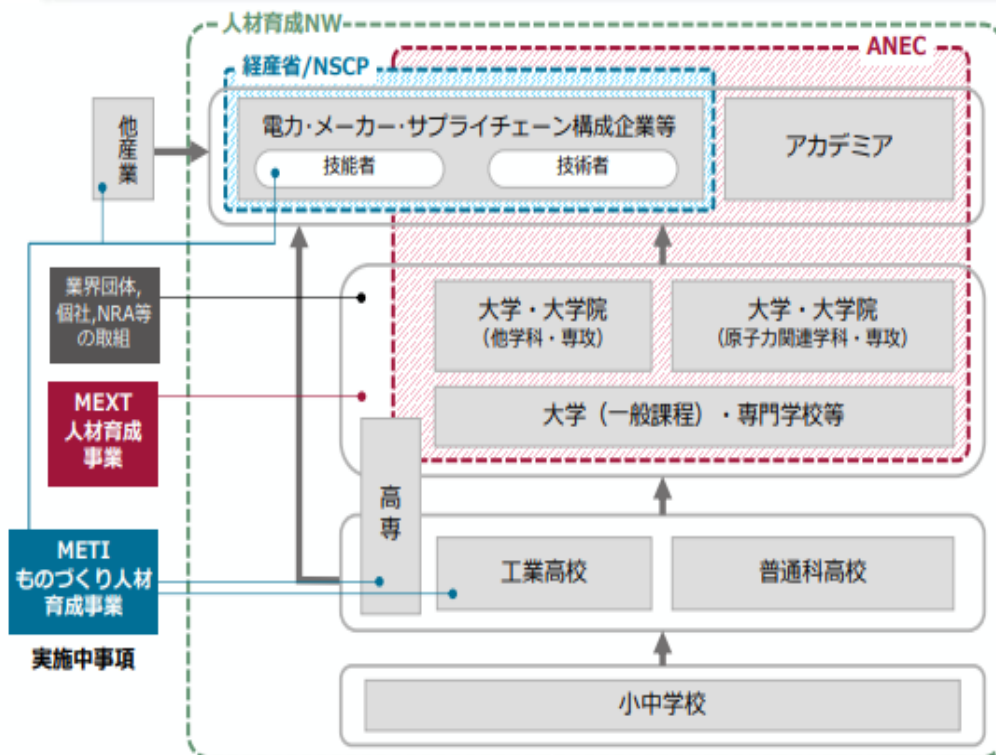


資格(原子炉主任技術者、
核燃料取扱主任者、**技術士**
(すでに国際標準、土木分野
では国際認知、業務に必須))

- 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、韓国の一般大学院は**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

- リスキリング、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 dimension	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 (knowledge) (remembers previously learned material, grasps the meaning of material) see Ref. [3] (i.e., in Bloom's taxonomy, knowledge and comprehension) see Ref. [5]	<ul style="list-style-type: none"> 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)
	<ul style="list-style-type: none"> 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)
	<ul style="list-style-type: none"> 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)

**欧州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・ワーヘナール【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、欧州高等教育の国際通用性を高めることを目的として、欧州各国によって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州単位互換・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、大学教育の参照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、欧州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)
- ・初歩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)

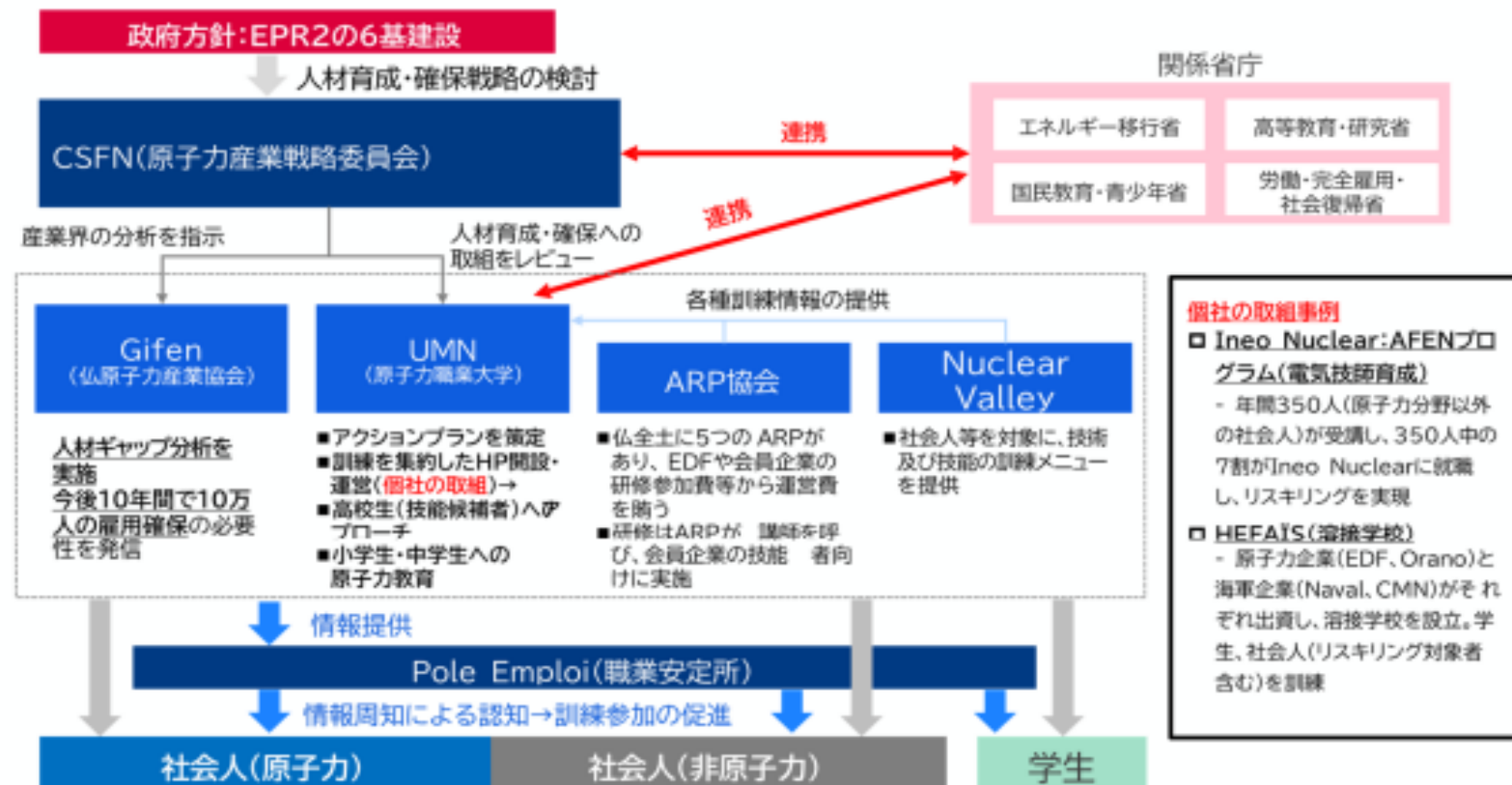
- ・批判・反省する能力 (Critical and self-critical abilities)
- ・チームワーク (Teamwork)
- ・対人的技能 (Interpersonal skills)
- ・学術的なチームのなかで仕事をする能力
(Ability to work in an interdisciplinary team)
- ・他分野の専門家とコミュニケーションをとる能力
(Ability to communicate with experts in other fields)
- ・多様性と多文化性を尊重する姿勢
(Appreciation of diversity and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

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

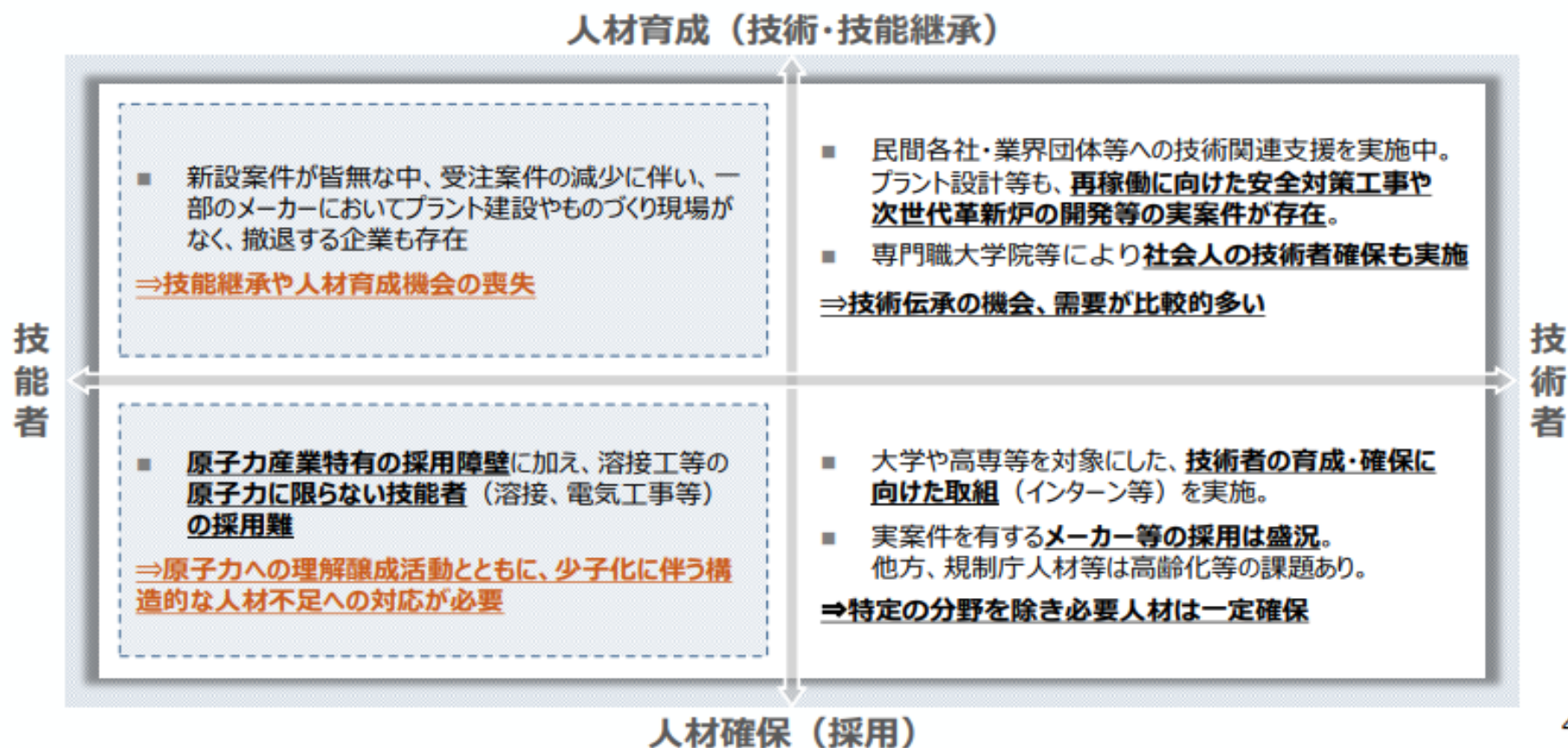
1	オックスフォード大学	98.2	12	清華大学	93.0	24	カーネギーメロン大学	85.0	36	復旦大学	79.3	48	パリ文学科学院 - PSL/パリ研究大学	76.5	=58	ソウル国立大学	74.1
	◎ イギリス			◎ 中国			◎ アメリカ合衆国			◎ 中国			◎ フランス			◎ 韓国	
2	マサチューセッツ工科大学	97.7	13	北京大学	92.3	25	ワシントン大学	83.7	37	メルボルン大学	79.0	49	ハイデルベルク大学	76.3	=58	香港科技大学	74.1
	◎ アメリカ合衆国			◎ 中国			◎ アメリカ合衆国			◎ オーストラリア			◎ ドイツ			◎ 香港	
=3	プリンストン大学	97.2	14	ペンシルベニア大学	90.8	26	東京大学	83.5	38	キングス・カレッジ・ロンドン	78.7	50	テキサス大学オースティン校	75.8	61	京都大学	74.0
	◎ アメリカ合衆国			◎ アメリカ合衆国			◎ 日本			◎ イギリス			◎ アメリカ合衆国			◎ 日本	
=3	ケンブリッジ大学	97.2	15	シカゴ大学	90.6	27	ミュンヘン工科大学	83.4	39	浙江大学	78.3	51	中国科学技術大学	75.7	=62	南京大学	73.7
	◎ イギリス			◎ アメリカ合衆国			◎ ドイツ			◎ 中国			◎ 中国			◎ 中国	
=5	ハーバード大学	97.1	16	ジョンズ・ホプキンス大学	90.1	28	デューク大学	82.9	40	上海交通大学	77.6	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	75.4	=62	アムステルダム大学	73.7
	◎ アメリカ合衆国			◎ アメリカ合衆国			◎ アメリカ合衆国			◎ 中国			◎ イギリス			◎ オランダ	
=5	スタンフォード大学	97.1	17	シンガポール国立大学	89.7	29	エディンバラ大学	82.5	=41	ジョージア工科大学	77.1	53	カロリンスカ研究所	75.0	64	カリフォルニア大学デービス校	72.8
	◎ アメリカ合衆国			◎ シンガポール			◎ イギリス			◎ アメリカ合衆国			◎ スウェーデン			◎ 米国	
7	カリフォルニア工科大学	96.3	=18	コーネル大学	89.5	30	ノースウェスタン大学	81.9	=41	マギル大学	77.1	=53	シドニー大学	75.0	65	ブラウン大学	72.6
	◎ アメリカ合衆国			◎ アメリカ合衆国			◎ アメリカ合衆国			◎ カナダ			◎ オーストラリア			◎ 米国	
8	インペリアル・カレッジ・ロンドン	94.7	=18	カリフォルニア大学ロサンゼルス校	89.5	=31	南洋理工大学 (シンガポール)	81.6	=41	香港中文大学	77.1	53	ウィスコンシン大学マディソン校	75.0	66	ワーヘンゲン大学と研究	72.2
	◎ イギリス			◎ アメリカ合衆国			◎ シンガポール			◎ 香港			◎ アメリカ合衆国			◎ オランダ	
9	カリフォルニア大学パークレー校	94.4	20	コロンビア大学		=31	ニューヨーク大学	81.6	=41	イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校	77.1	56	マンチェスター大学	74.9	67	セントルイスのワシントン大学	72.0
	◎ アメリカ合衆国			◎ アメリカ合衆国			◎ アメリカ合衆国			◎ アメリカ合衆国			◎ イギリス			◎ 米国	
10	イェール大学	94.1	21	トロント大学	88.5	33	香港大学	80.5	45	プリティッシュコロンビア大学	77.0	57	デルフト工科大学	74.3	=68	パリ工科大学	71.6
	◎ アメリカ合衆国			◎ カナダ			◎ 香港			◎ カナダ			◎ オランダ			◎ フランス	
11	チューリッヒ工科大学	93.1	22	ロンドン大学ロンドン校	87.5	34	LMUミュンヘン	79.7	46	ルーヴェン・カトリック大学	76.8	=58	モナッシュ大学	74.1	=68	パリ・サクラ大学	71.6
	◎ スイス			◎ イギリス			◎ ドイツ			◎ ベルギー			◎ オーストラリア			◎ フランス	
			23	ミシガン大学アナーバー校	86.9	35	エコールポリテクニク連邦ローザンヌ校	79.6	47	カリフォルニア大学サンディエゴ校	76.6						
				◎ アメリカ合衆国			◎ スイス			◎ アメリカ合衆国							

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

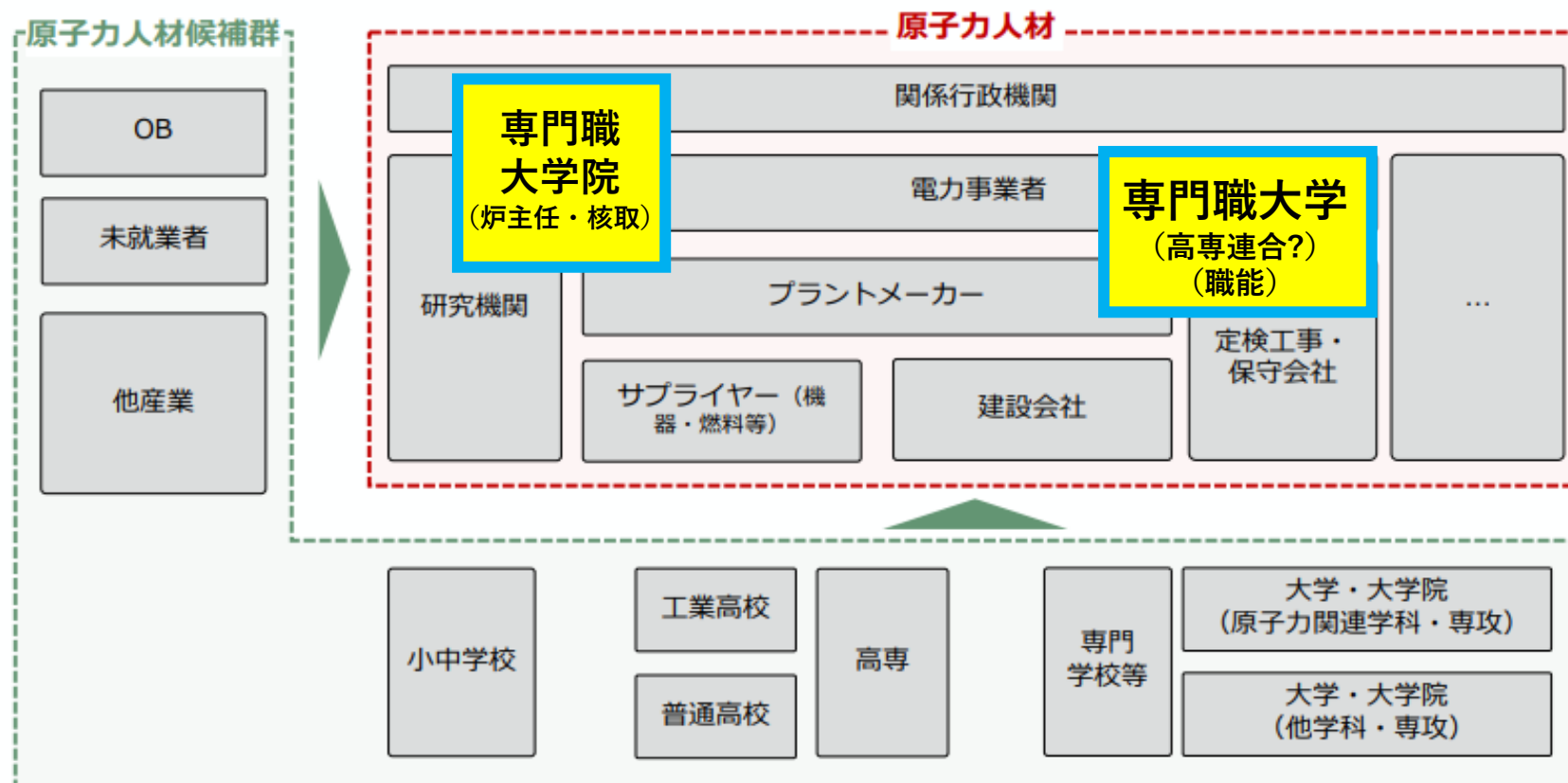
(参考) 現状の人材育成に対する経産省の課題認識

- 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。



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 (VNMU), 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、伊パ
ビア大学、トリノポリテクニク、西カタローニャポリテク、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
ー大学、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

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

INMA Course Description Form (Rev 1)



INMA
International Nuclear
Management
Academy

Completed by: Mitsuru Usaka Date: January 10, 2017

1. General Information

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

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 technology necessary for structural design and health assessment of major equipment and structures of nuclear power plants themselves and to apply them to practical work.

* Mandatory or elective within the programme

日本のシラバスは
ここまで

3. Brief Description of the Course and the Course T

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..

LIST OF COURSE LECTURE/LESSON TOPICS:

- 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
- Material mechanics / Structural mechanics
Energy principle, stress and strain, beam, combined stress, cylinder, strain energy
- Material strength / Structural strength
Material deformation, breakage mechanism, structure breakage mechanism
- Structural analysis by FEM
Theory of the finite element method, analysis method, analysis code, application example
- Structural design of light water reactor
Design criteria, importance classification and state classification, stress classification, shutdown and ratchet, design by fatigue, analysis
- High temperature structural design of light water reactor
Failure mode at high temperature, elastic tracking and stress classification, creep, thermal stress evaluation
- Seismic design
Seismic design guidelines, importance classification, load combination, design ground motion, response analysis, allowable stress limit
- Manufacturing
Steel material manufacturing technology, transition of materials, welding technology, concept of testing / inspection, non-destructive inspection
- Inspection
Steel material manufacturing technology, transition of materials, welding technology, concept of testing / inspection, non-destructive inspection
- Fracture mechanics
Stress expansion factor, linear fracture mechanics, crack growth evaluation, fracture toughness, ductile fracture mechanics, stochastic fracture mechanics
- Structural evaluation and assessment
Evaluation of structure soundness, evaluation of neutron irradiation embrittlement (monitoring test method), fracture toughness confirmation test, soundness evaluation example

教育内容

6. Learning and Teaching Methodology		Course topics and approximate number of learning hours										
Brief description		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	The introductory lecture at the plenary is design to give students and insight into the workbook and direction of intellectual travel.	2	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.											

7. Assessment		Course topics and approximate number of learning hours										
Brief description		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
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

7. 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			
Practical demonstration	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. 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.	Demonstration
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)											Total Learning Hours for CA	Learning Hours			Other Courses that Include the Competency
	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		Knowledge (K)	Demonstration (D)	Implementation (I)	
1.4 Nuclear standards	1						1				1	3	1	1	1	
1.5 Nuclear law	1						1				1	3	1	1	1	
1.8 Nuclear licensing, licensing basis and regulatory processes	1						1	1	1		1	5	1	2	2	
2.1. Nuclear power plant and other facility design principles	1						1				1	3	1	1	1	
2.2 Nuclear power plant/facility operational systems	1							1	1			3	1	1	1	
2.3 Nuclear power plant/facility life management								1	1			2		1	1	
2.4 Nuclear facility maintenance processes and programmes								1	1			2		1	1	
2.5 Systems engineering within nuclear facilities	1	3	2	2	3	3	1			3	1	19	9	5	5	
2.6. Nuclear safety principles and analysis	1	3	3	2	3	3	1			3	1	20	9	6	5	
3.1 Nuclear engineering project management	0.5										1	1.5		0.5	1	
3.16 Nuclear safety culture	1						1				1	3	1	1	1	
3.17 Nuclear events and lessons learned	1						1				1	3	1	1	1	
Total number of learning hours for this topic	9.5	6	5	4	6	6	8	4	4	6	9	67.5	25	21.5	21	
Total learning hours for the course	67.5															

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

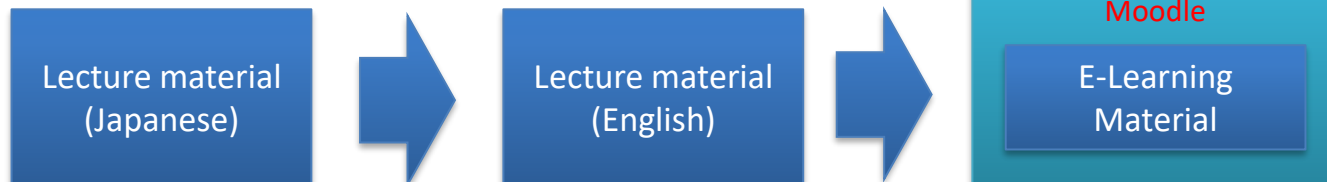
2. Nuclear Safety
3. Maintenance Engineering
4. Waste management engineering

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



External Environment

Technology

Management

Leadership

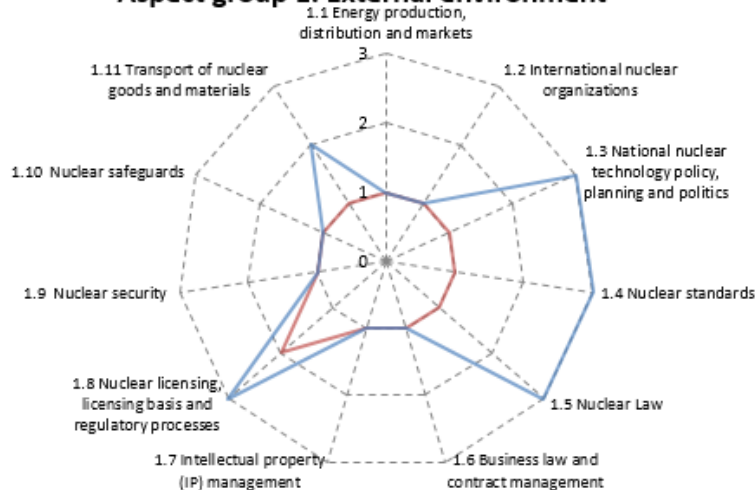
24

Graphs for INMA requirements of UT-NPS

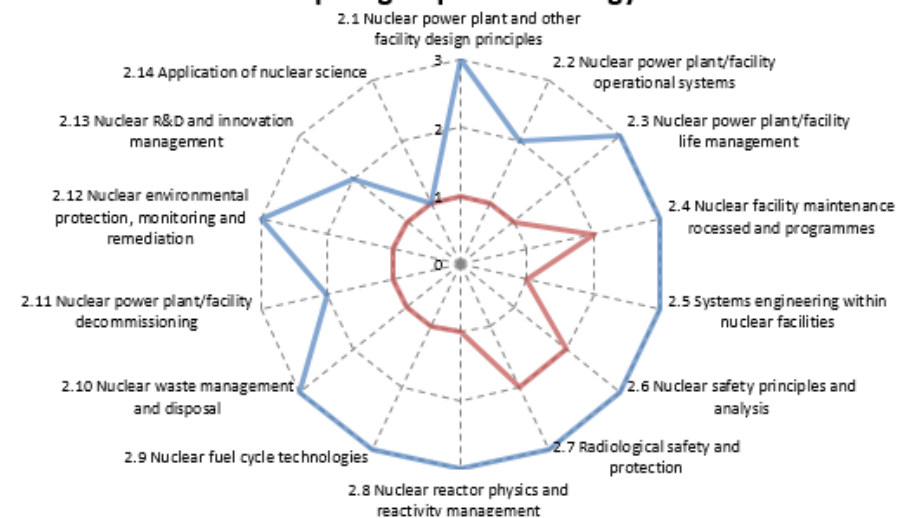
Plot CA level at graduation in Univ. of Tokyo's programme against the CA level at graduation required by INMA

— Minimum CA level at graduation (INMA requirements)
— Minimum CA level at graduation (Your programme)

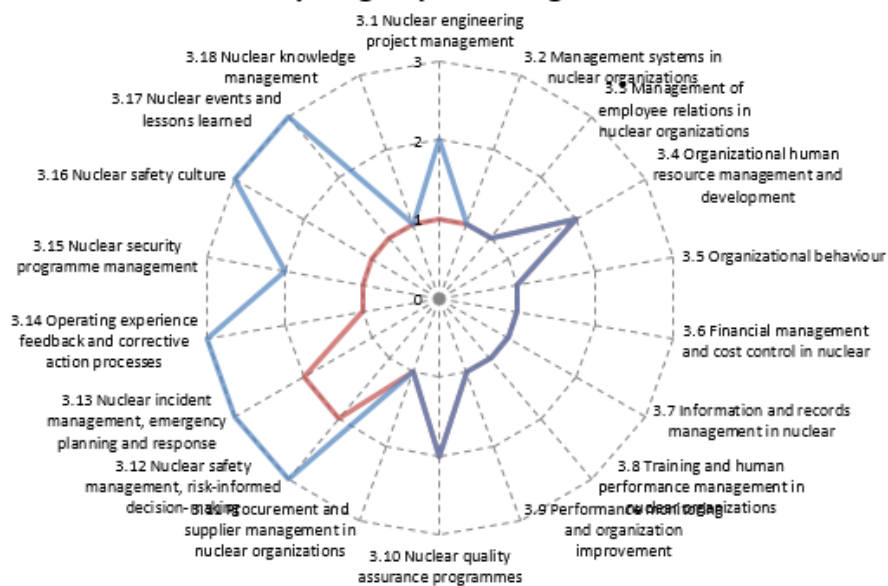
Aspect group 1. External environment



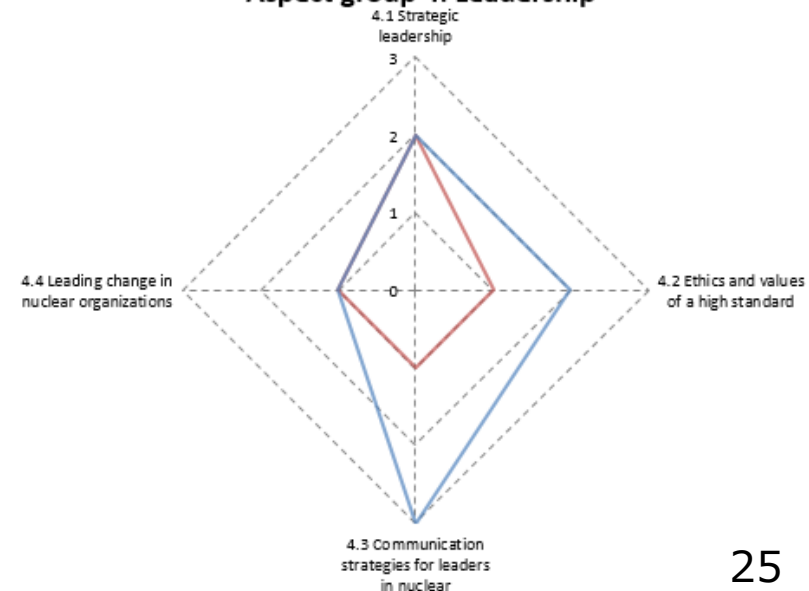
Aspect group 2. Technology



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

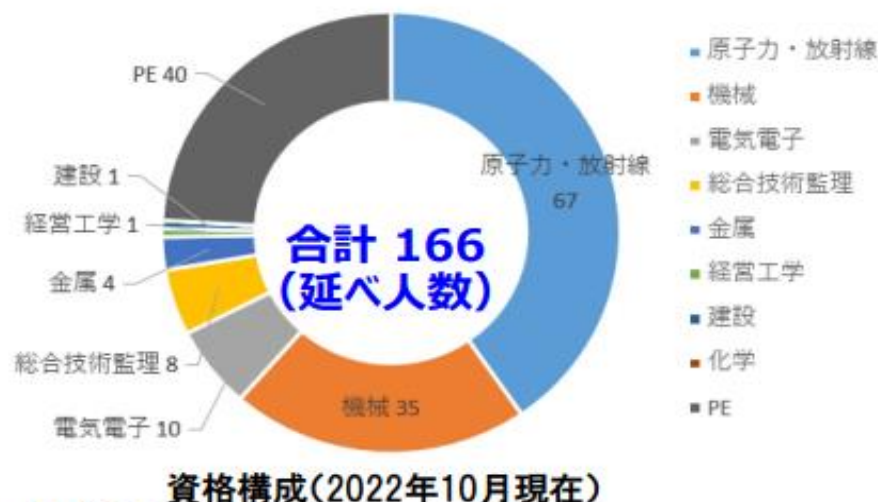
- ・ 神峰山は日立事業所に近く、事業所歌の歌詞にも登場し、日立地区で勤務する従業員からも親しまれている山であることから、その名を冠した

■ 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



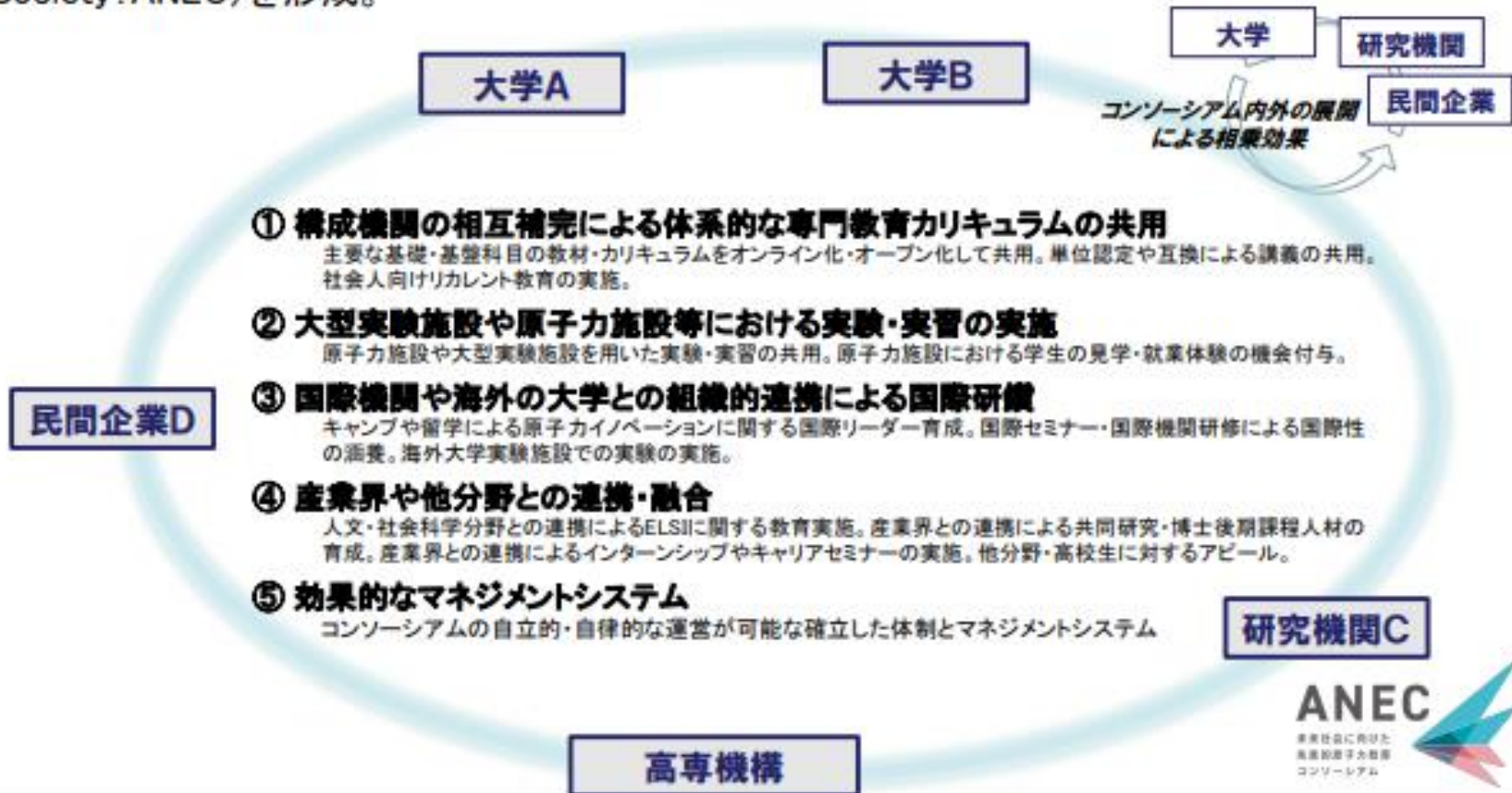
内 容

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。



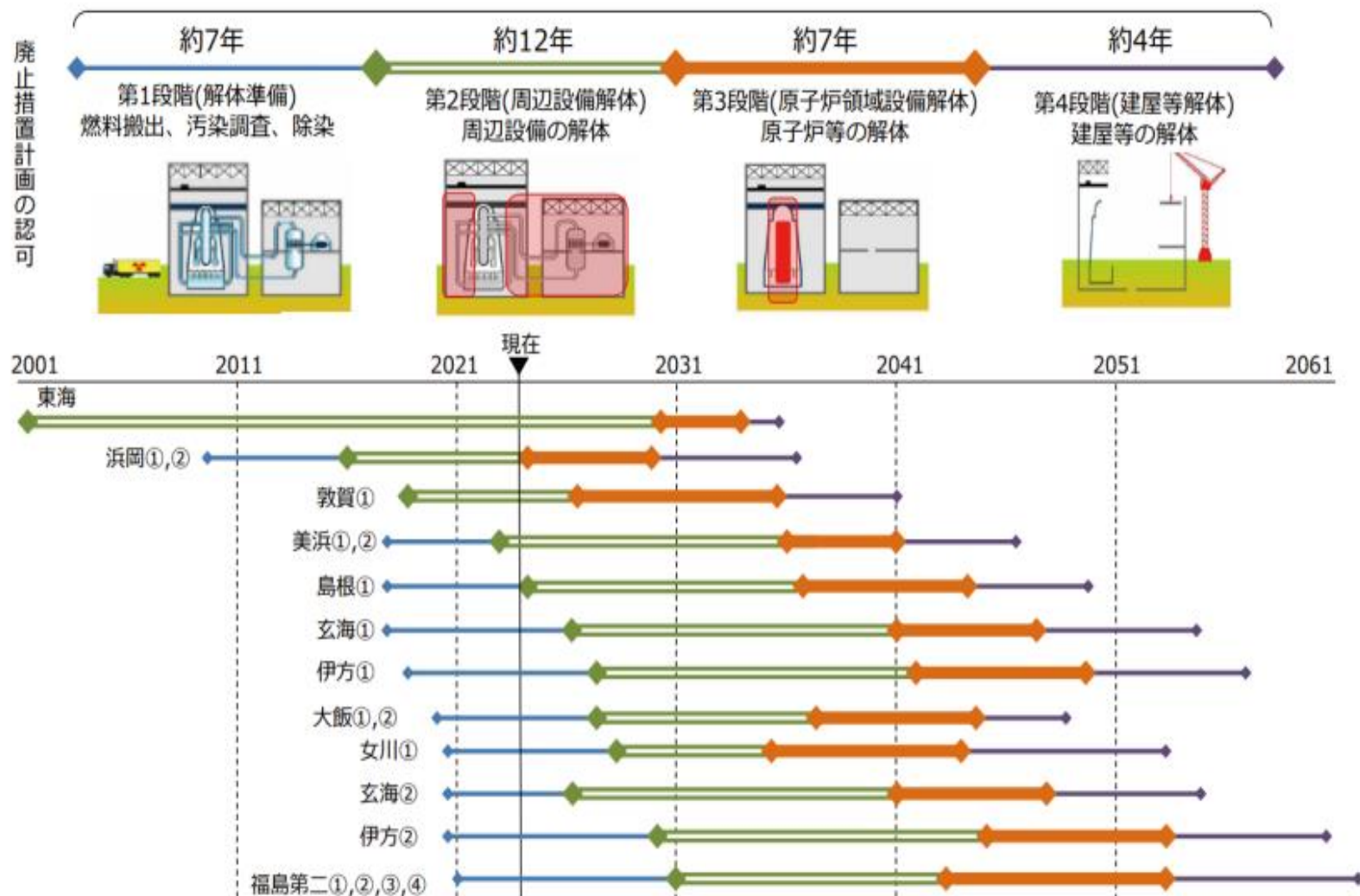


図 6-5 原子力発電所の廃止措置の状況 (2024 年 10 月)

(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)



地層処分基盤研究施設(エントリー)

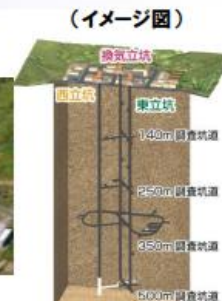


地層処分放射化学研究施設(クオリティ)

- 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



幌延深地層研究所
(北海道幌延町)



掘削済み
(令和7年4月17日現在)

幌延深地層研究センター

●深地層の研究施設計画 (堆積岩)

- ・実際の地質環境における人工バリアの適用性確認
- ・処分概念オプションの実証
- ・地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

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ラル・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			

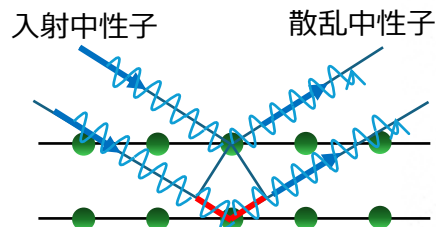
原子力関係分野におけるノーベル物理学賞 受賞実績

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

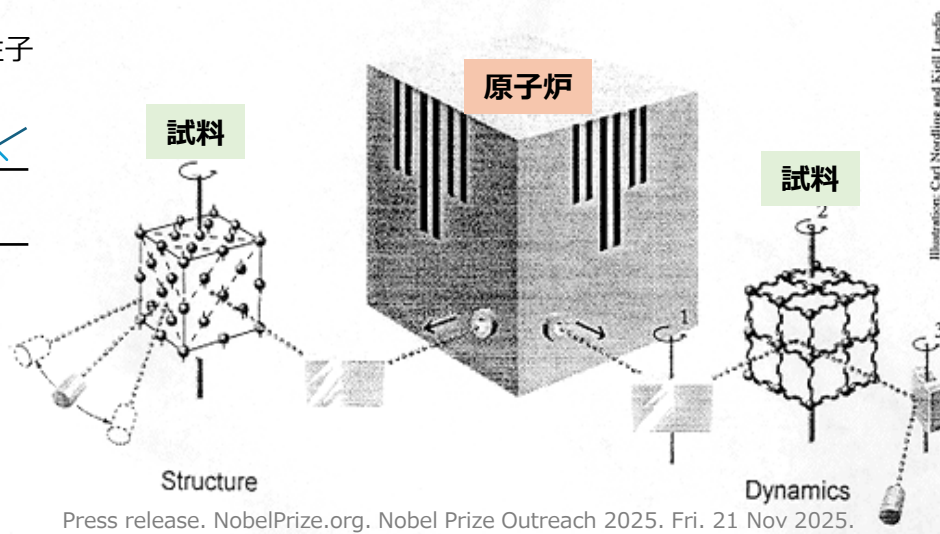


原子炉から出てくる中性子を用いて、さまざまな物質における原子の配列や磁気構造、原子や分子の運動の様子を知る“中性子散乱”の実験手法を開発した功績が認められ、受賞。

➡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。

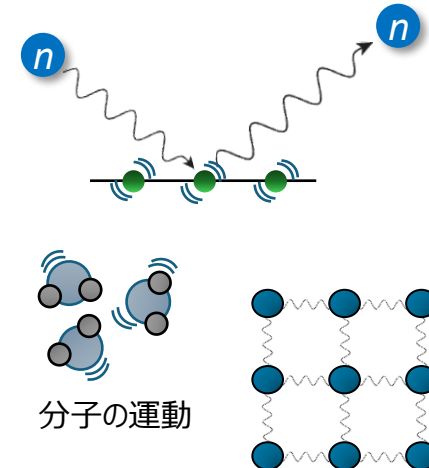


ある波長をもつ中性子を物質に入射したときの散乱の仕方をもとに結晶構造や磁気構造を明らかにする



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

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

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

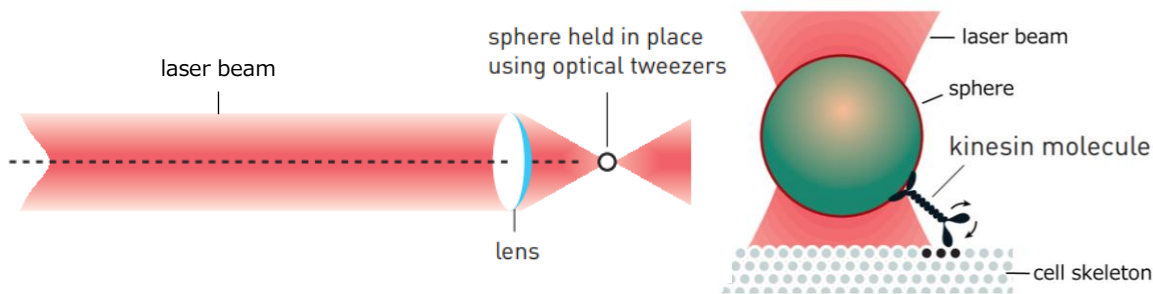
2018年 ノーベル物理学賞 (Arthur Ashkin氏、Gérard Mourou氏、Donna Strickland氏)



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)



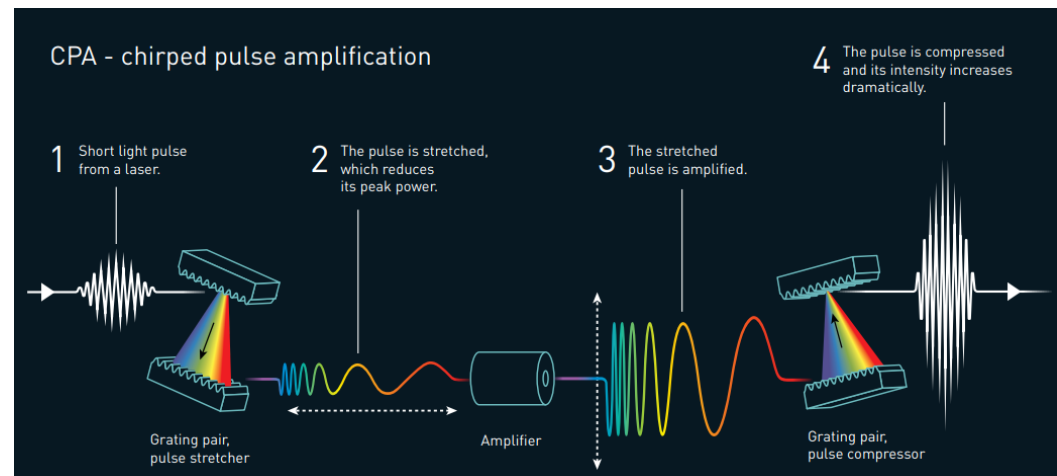
①光ピンセットにより、対象に触れることなく、観察、回転、切断などが可能に。

➡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。

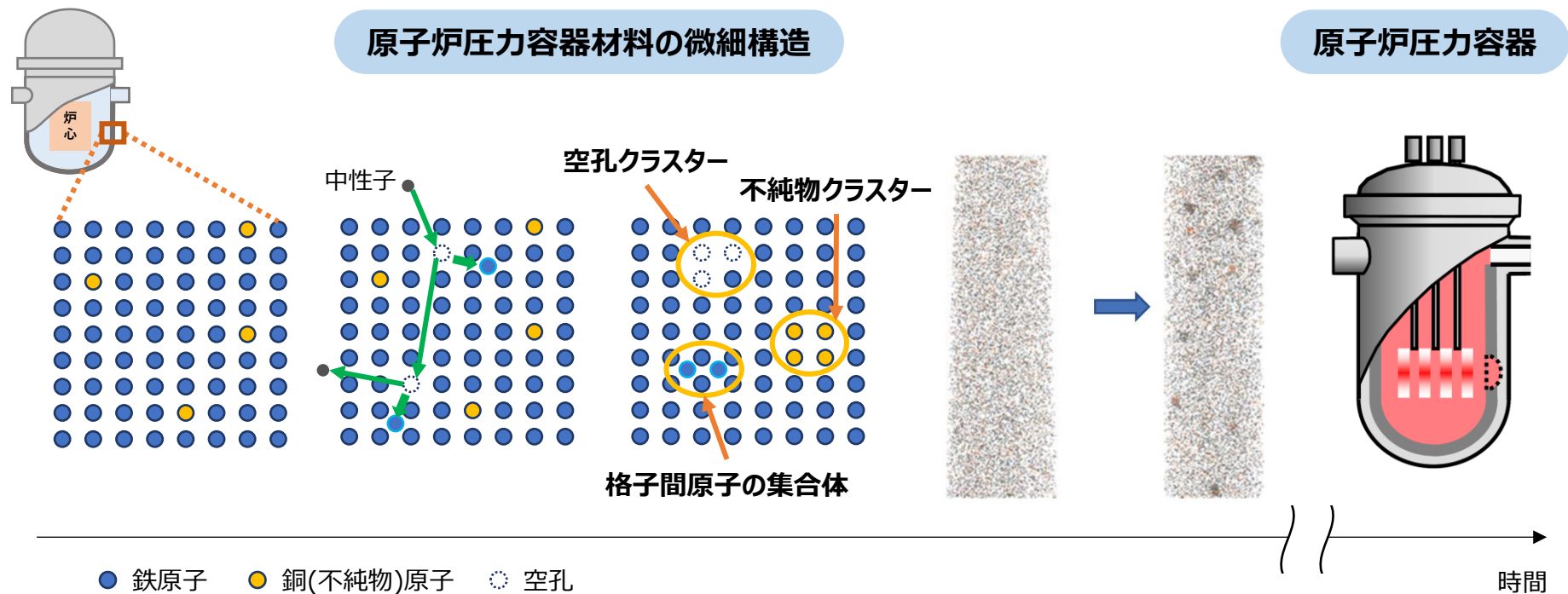
➡ピークパワーはTWからPWへと飛躍的に増大し、多様な研究開発に貢献。

➡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。



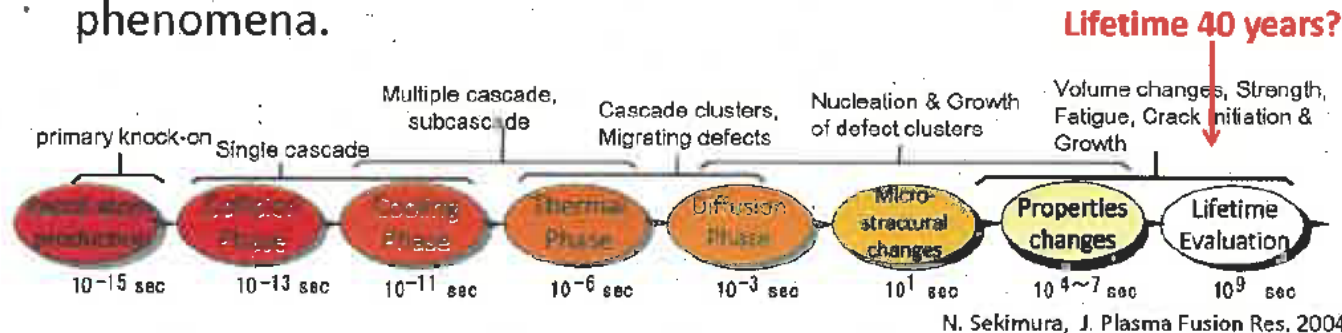
原子炉压力容器の損傷過程

- 原子炉压力容器は、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→)、原子炉压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、原子炉压力容器が硬く、脆くなる。
- ➡中性子が压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。

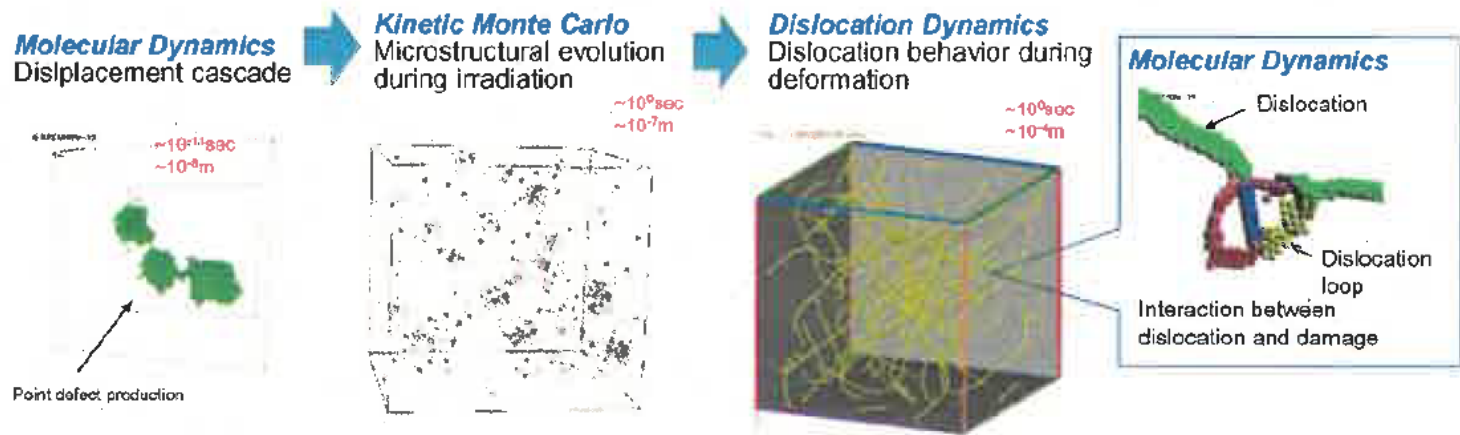


Degradation of Reactor Components under Neutron Irradiation

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



- Both computer simulation and experimental studies are performed.



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

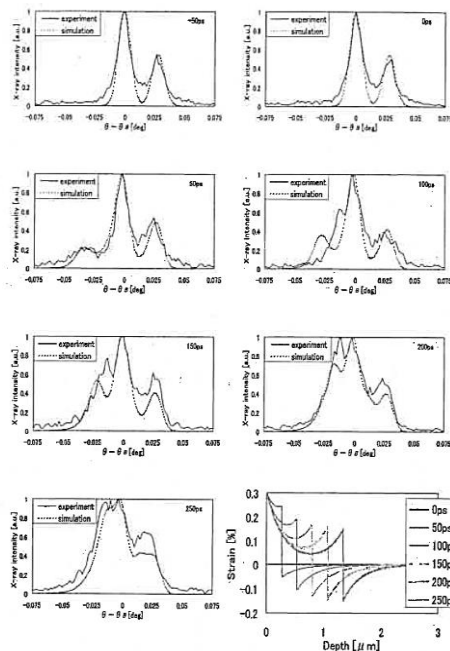
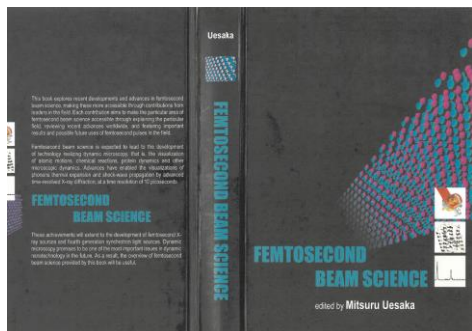


Fig. 4.22 Picosecond changes in diffracted X-ray profiles from a GaAs(111) single crystal.

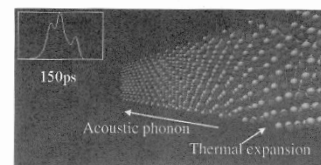
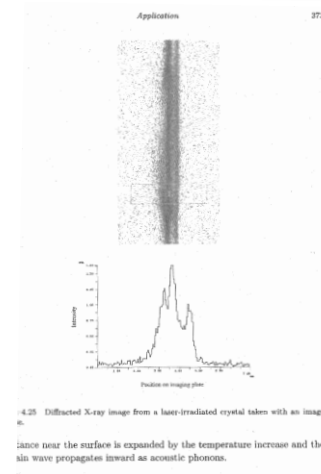


Fig. 4.26 Snapshot of the atom distribution in a crystal irradiated with an ultrashort laser pulse.



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

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

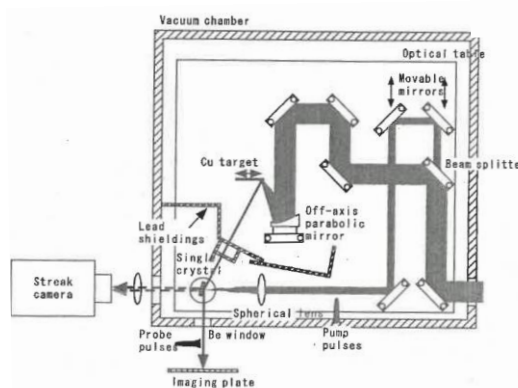


Fig. 4.23 Experimental setup for time-resolved X-ray diffraction with laser plasma X-rays.

Femtosecond Beam Science

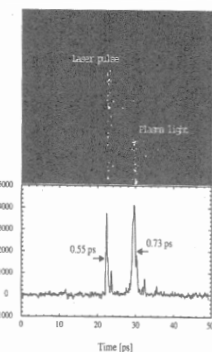
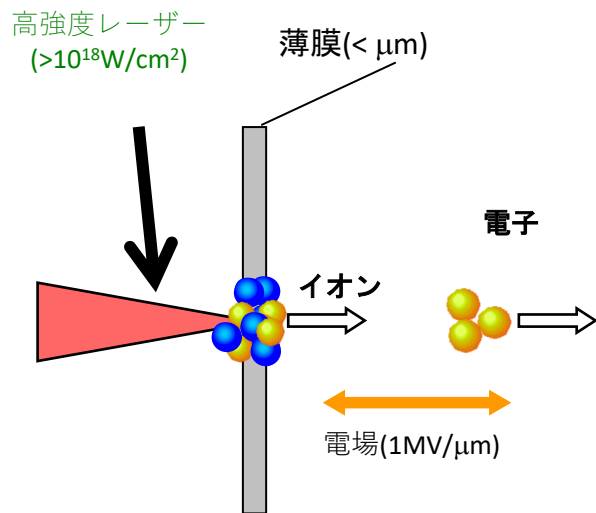


Fig. 4.24 Timing adjustment with a femtosecond streak camera.

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 ($< \mu\text{m}$)

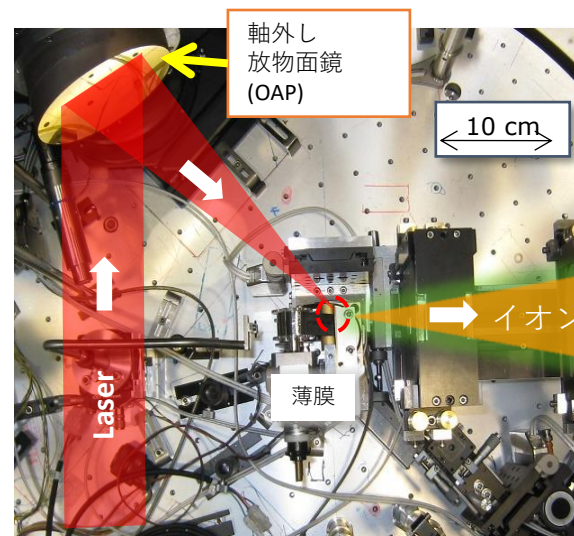


レーザー駆動イオン加速

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

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

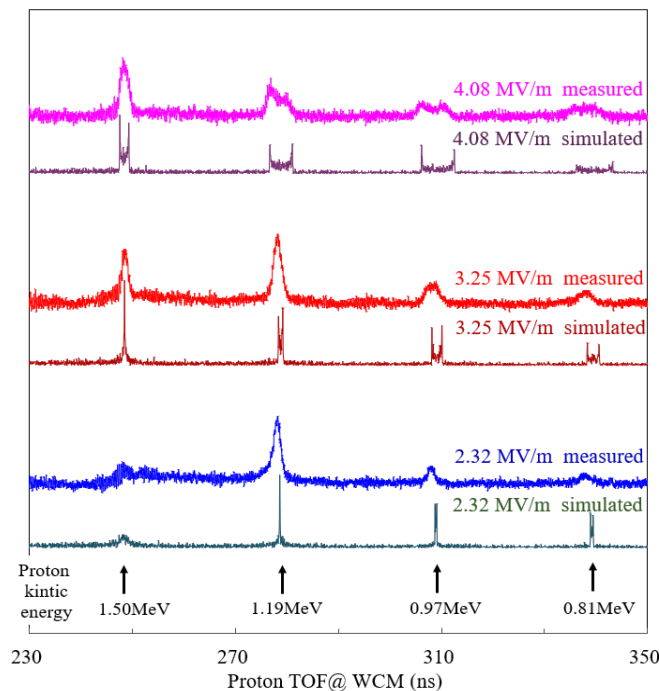
c.f. $< 10 \text{ MV/m}$ 一般的な高周波加速器



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

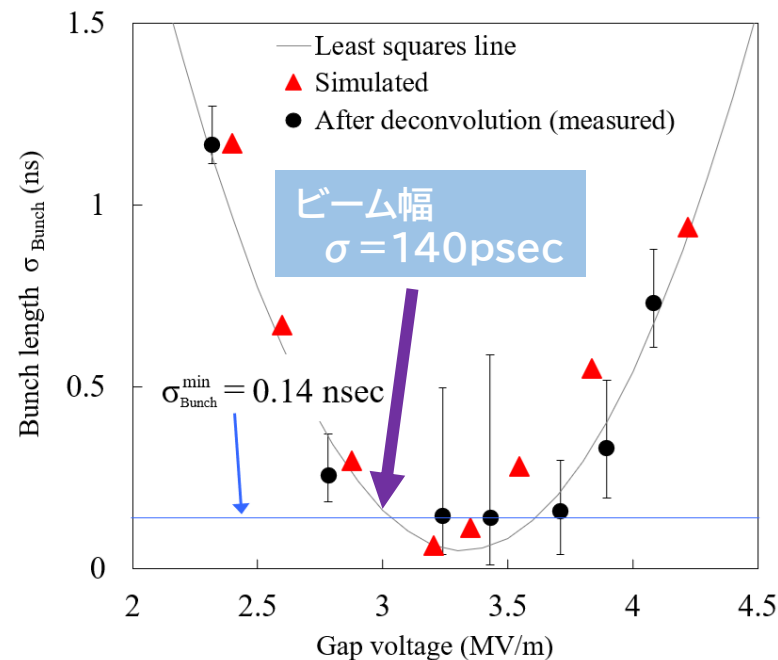
縦方向の非破壊でのバンチ幅計測結果（実測と1Dモデル計算結果比較）



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



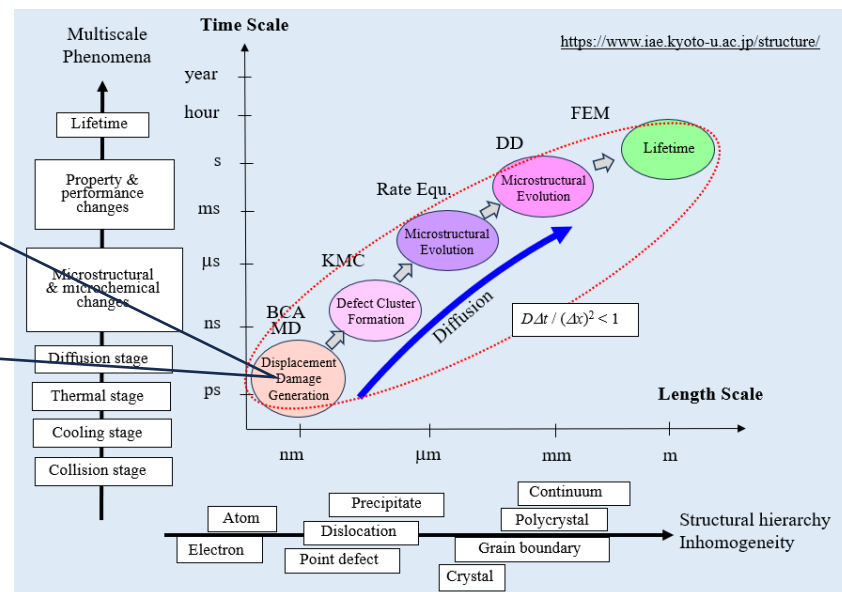
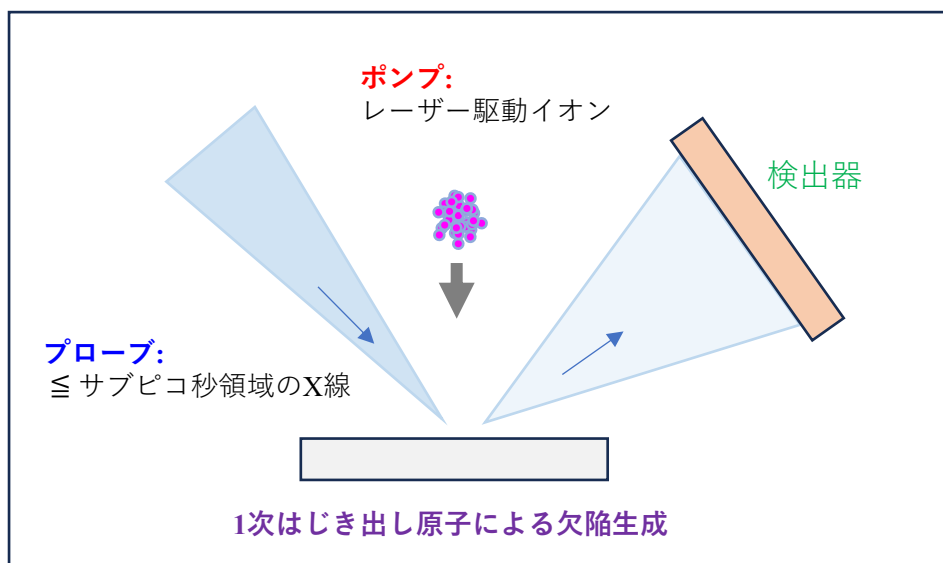
陽子1.5MeVバンチ
 $dE = \pm 0.76 \sim 2.3\%$
イオン個数 $> 4 \times 10^7$ 個/バンチ/1%bw

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—

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。