

JAERI-Review
98-018



国際原子力総合技術センターの活動
(平成9年度)

1998年11月

国際原子力総合技術センター

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の問い合わせは、日本原子力研究所研究情報部研究情報課（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越してください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費領布をおこなっております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Research Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1998

編集兼発行 日本原子力研究所

国際原子力総合技術センターの活動
(平成9年度)

日本原子力研究所
国際原子力総合技術センター

(1998年10月1日受理)

本報告書は、日本原子力研究所の国際原子力総合技術センターにおける平成9年度の業務概要をまとめたものである。東京研修センター及び東海研修センターにおいて実施した研修並びに技術交流推進室が実施した業務の内容を中心に、研修のための技術開発や事業運営管理などについて述べた。東京、東海の両研修センターでは、年度当初に計画した国内及び国外向けのすべての研修を予定どおりに実施でき、合計1,411名の修了生を送り出すことができた。また、2年目を迎えた技術交流推進室では、アジア・太平洋原子力研究推進に係る業務及び国際研修に係る計画立案等を順調に進めることができた。一方、研修コース開催のほかに、研修内容の改善に資するための技術開発や新しい知見を得るための研究等も進めており、着実な成果を上げている。

NuTEC Annual Report
(April 1, 1997 ~ March 31, 1998)

Nuclear Technology and Education Center

Japan Atomic Energy Research Institute
Honkomagome, Bunkyo-ku, Tokyo

(Received October 1, 1998)

This annual report summarizes the educational works carried out at the Nuclear Technology and Education Center (NuTEC) of Japan Atomic Energy Research Institute during the 1997 fiscal year. It covers all the educational courses provided at Tokyo and Tokai Education Centers and the activities of the International Technology Transfer Division, together with the R&D works for improving the educational programs, and related management works. During the 1997 fiscal year, Tokyo and Tokai Education Centers accomplished all the planned courses, both domestic and international. Total number of the trainees during the year was 1,411. The International Technology Transfer Division proceeded the preparation works of the international training courses, particularly the Asia-Pacific Nuclear Cooperation Program. In addition, various research and development efforts were made to establish new items in educational programs.

Keywords: JAERI, NuTEC, Annual Report, Education, Training, Technology Transfer, Nuclear Power, Radioisotope, Reactor, International Cooperation

目 次

はじめに	1
1. 概要	3
1.1 組織体制	3
1.2 研修活動の現状	3
1.3 アジア・太平洋原子力技術交流の推進	4
1.4 40年史及び平成8年度年報の発行等	4
2. 国内研修の実施	5
2.1 RI・放射線技術者の養成	5
2.1.1 第254～257回基礎課程	5
2.1.2 第233回RIの生物科学への利用コース	6
2.1.3 第234回放射線高分子プロセスコース	7
2.1.4 第235回ラジオアイソトープコース	7
2.1.5 第236回液体シンチレーション測定コース	8
2.1.6 第237回オートラジオグラフィコース	8
2.1.7 第238回放射線管理コース	9
2.1.8 第239回環境放射能測定コース	10
2.1.9 第23回第一種作業環境測定士講習	11
2.1.10 第85～91回第一種放射線取扱主任者講習	11
2.2 原子力エネルギー技術者の養成	12
2.2.1 第54回一般課程(B)	12
2.2.2 第6回原子炉工学課程	12
2.2.3 第37、38回原子炉理論短期講座	13
2.2.4 第24回原子力入門講座	13
2.2.5 第29回保健物理専門課程	14
2.2.6 第16回放射線防護専門課程	14
2.2.7 第28回核燃料工学短期講座	15
2.2.8 第19回放射性廃棄物管理講座	15
2.3 一般向けの原子力講習	16
2.3.1 第200～213回原子力防災入門講座	16
2.3.2 第33、34回原子力防災対策講座	17
2.3.3 原子力実験セミナー	19
2.3.4 その他	21
3. 国際協力及びアジア・太平洋原子力技術交流の推進	23
3.1 技術交流の推進	23
3.2 JICA及びIAEAとの共催研修	23

3.2.1	JICA コース	23
3.2.2	IAEA コース	25
3.3	国際原子力安全技術研修	26
3.3.1	第2回保障措置トレーニングコース	26
3.4	アジア・太平洋原子力技術交流の推進	28
3.4.1	講師海外派遣研修	28
3.4.2	指導教官研修	29
3.4.3	東南アジア各国の研修に係るニーズ調査	30
3.4.4	その他	31
4.	研修のための開発等	32
4.1	研修技術開発	32
4.1.1	アナログコンピュータによる原子炉の動特性解析計算のパソコンへの移行(2)	32
4.1.2	原子炉の炉心核設計に関する研修用解析手法の確立(各設計の研修法)	33
4.2	研究開発	34
4.2.1	電子線照射による薄膜リチウム電池用高分子電解質	34
4.2.2	TCAにおける炉物理教育研修	36
4.2.3	チェルノブイリ被曝データに対する線量分布モデル	41
4.2.4	電離放射線に関する線量-反応関係モデル	43
4.3	その他	47
4.3.1	食品介入基準についての一考察	47
4.3.2	フランス、ドイツ及びスイスにおける原子力研修の現状	50
4.3.3	原研における原子力教材の開発	51
5.	施設の維持管理	53
5.1	整備補修状況	53
5.2	放射線管理状況	53
6.	運営管理	56
6.1	研修の運営に関する事項	56
6.2	委員会等の開催状況	56
	編集後記	59
	付録	61

Contents

Preface	1
1. Outline of the NuTEC Activities	3
1.1 Organization	3
1.2 Current Status of Educational Activities	3
1.3 Promotion of Asia-Pacific Nuclear Technology Transfer	4
1.4 Publication of Annual Report and 40 Year-history Report	4
2. Status of Domestic Educational Courses	5
2.1 Training Courses for Radioisotopes and Radiation Engineers	5
2.1.1 Basic Course on Radioisotopes and Radiation	5
2.1.2 Application of Radioisotopes to Biological Science Course	6
2.1.3 Radiation Processing of Polymers Course	7
2.1.4 Radioisotopes Course	7
2.1.5 Liquid Scintillation Measurement Course	8
2.1.6 Autoradiography Course	8
2.1.7 Radiation Control Course	9
2.1.8 Environmental Radioactivity Measurement Course	10
2.1.9 Qualification Course for Class 1 Working Environment Measurement Expert	11
2.1.10 Qualification Course for Radiation Protection Supervisor	11
2.2 Training Courses for Nuclear Engineers	12
2.2.1 General Course on Nuclear Technology (B)	12
2.2.2 Reactor Engineering Course	12
2.2.3 Reactor Theory Course	13
2.2.4 Introductory Nuclear Energy Course	13
2.2.5 Health Physics Course	14
2.2.6 Radiation Protection Course	14
2.2.7 Nuclear Fuel Engineering Course	15
2.2.8 Radioactive Waste Management Course	15
2.3 Seminars for the Public	16
2.3.1 Emergency Preparedness Introductory Course	16
2.3.2 Emergency Preparedness Course	17
2.3.3 Open Courses on Nuclear Energy	19
2.3.4 Other Courses	21
3. International Cooperation and Promotion of Asia-Pacific Nuclear Technology Transfer	23
3.1 Promotion of Nuclear Technology Transfer	23
3.2 JICA and IAEA Training Course	23
3.2.1 JICA/JAERI Joint Nuclear Technology Course	23

3.2.2	IAEA/JAERI Joint Training Course	25
3.3	International Training on Nuclear Safety Technology	26
3.3.1	Safeguards Training Course	26
3.4	Promotion of Asia-Pacific Nuclear Technology Transfer	28
3.4.1	Joint Training Courses	28
3.4.2	Instructor Training Program	29
3.4.3	Needs Study on Nuclear Training in South-East Asian Countries	30
3.4.4	Others	31
4.	R&D for Improving Educational Programs	32
4.1	New Educational Experiments	32
4.1.1	Reactor Kinetics Analysis using Personal Computer (2)	32
4.1.2	Development of the Training System for Nuclear Design of Reactor Cores	33
	(Method of Training for Nuclear Design)	
4.2	Research	34
4.2.1	Solid Polymer Electrolytes for Thin Film Lithium Battery Prepared Electron Beam	34
4.2.2	Educational Reactor-physics Experiments with the Critical Assembly TCA	36
4.2.3	Models of Dose Distribution Applicable to Exposures to Chernobyl Accident	41
4.2.4	Models of Dose-Response Relationship to Ionizing Radiation	43
4.3	Other Works	47
4.3.1	Proposed Guides to the Ingestion Restriction of Contaminated Food and Water	47
4.3.2	Present Status of Education for Nuclear Technology in Franch, Germany and Switzerland	50
4.3.3	Development of Instruction Materials for Nuclear Energy at JAERI	51
5.	Operation and Maintenance of Facilities	53
5.1	Present Status of Operation and Maintenance of Facilities	53
5.2	Result of Radiation Control	53
6.	Management	56
6.1	Management of Education	56
6.2	Committees and Meetings	56
	Editorial Postscript	59
	Appendix	61

はじめに

本年報は、平成8年度版に引続き、平成9年度の国際原子力総合技術センターの活動状況を報告するために刊行するものである。

当センターにおける活動を詳細に記録して公開の年報として残すことは、担当者が行った努力や工夫、開発された技術を記録するだけでなく、当センターの研修の後継担当者にとっても将来の更なる研修技術の改良、研修資産の発展に役立てることができるとともに、広く外部の研修関係者にも参考になる。そのような考えに基づいて、センター内に年報編集のためのワーキンググループを9年度後半に組織し編集作業を開始して、10年度初頭に8年度版年報公刊した。幸い8年度版は好評であったので、引続き9年度版の編集に着手し、このたび発刊の運びとなったものである。

これまで、当センターについては、「原子力研修センター」としてしか知られてなく、なぜ「国際原子力総合技術センター」なのか、ほとんど理解されていなかったといっても過言でない。また、その研修活動に関しても、研修生に配布するテキストとしては残されてきたが、一部の学会報告などを除き、公開文書に系統的に記録、保存はなされてなく、研修活動は知られていなかった。平成10年1月に駒込の東京研修センターが40周年を迎え、来年には東海研修センターも40周年を迎えることもあり、本年報の発刊が当センターの研修事業や国際技術交流事業に対する皆様のご理解をいただく上でも有用と考えている。

日本原子力研究所（原研）は、国の政策や時代の要請に応じて、原子力全般にわたる研究開発や人材養成を実施するために昭和31年に発足した。当センターは、この原研の1部門として、「原子力に関する研究者及び技術者の養成訓練」に関わる研修事業を、東京研修センターでは昭和33年から、東海研修センターでは昭和34年から進め、一貫して国内における主要な原子力技術者養成機関としての役割を果たしてきた。原子力技術者の養成や一般向けのセミナーのような国内研修、アジア諸国や旧ソ連・東欧の国々を対象とした国際研修を開催するとともに、平成8年度からは、アジア・太平洋地域を主たる対象とした技術交流事業も進めている。

研修事業は、研修コースの企画、教官・講師の人選、講義内容の検討、関係する教官の研修技術開発、研修教材の制作、研修講義・実習・演習の実施、研修生に対する事務管理的支援などの多面的作業により成り立っている。特に、国際研修ではIAEAなどとの交渉、英語教材の制作も加わる。全体として一見淡々と運営されているように見えている研修事業も、従来からの研修資産の蓄積の活用とともに、教官はじめ、多くの関係者の個々の経験、努力、並びに工夫の積重ねにより、科学技術の進歩や世の中のニーズの変化、既研修者からの意見などに対応して改良することにより、受講者の満足が得られるようにするとともに、十分な基礎的な理解が得られるように常に気を配って運営されている。

国際技術交流事業では、現在、現地に機器を持込んで実施する講師海外派遣研修やあらかじめ現地側の担当教官を日本に招いて研究指導能力を向上させる指導教官研修を行っている。そのため、交流相手国のニーズの把握と当センター側の対応能力との調整、交流相手国との交渉、相手国の情報の収集、英語教材の制作など、国内研修にはない業務の遂行が更に加わる。また、平成

10年度から STA 研究者交流事業として実施する研究型研修事業など、将来のための新しい国際協力のあり方についても検討を進めている。

これまでの国内研修及び国際研修の受講者は、合わせて45,500人を超えており、今後とも当センターが研修事業において果たす役割は大きいものと考えている。また、国際技術交流に関しても、講師海外派遣研修や指導教官研修も着々と進められており、平成9年12月には、初の講師海外派遣研修もインドネシアで成功裏に開催された。平成10年度には、タイにおいても、講師海外派遣研修が開始される予定である。

なお、研修活動の拡大に伴って、一部の定型化された科学技術庁受託の研修コースが、平成8年度から徐々に、(財)放射線利用振興協会（前身の(財)放射線照射振興協会を含む）に発展的に移され、現在、同協会の国際原子力技術協力センターに運営が引継がれている。

今後とも、当センターに対する皆様のご理解、ご指導、ご支援を期待する次第である。

1. 概要

1.1 組織体制

新体制になって2年目、東京研修センター、東海研修センター及び技術交流推進室はそれぞれ順調に業務を実施した。

東京研修センターでは RI・放射線技術者の養成のため、東海研修センターでは原子力エネルギー技術者養成のための、国内研修（基礎課程、一般課程及び専門課程）、国際研修及び一般向けの原子力講習からなる幅広い研修コースの運営と講義・実験を、所内各部、大学、国公立研究機関等の協力で円滑に進めた。2～3の研修コースでは、原研教官の担当割合を増加させる努力が払われた。ただ、数年の間には、かなりの教官が定年退職時期を迎えるとともに、国際研修の業務量も増大しており、人材の増強が必要になっている。

一方、2年目を迎えた技術交流推進室では、アジア・太平洋原子力協力に関わる研修の立案及び研究協力の調整業務を実施した。国際原子力総合技術センターの組織、業務テーマ及び人員構成を付録A1に示した。

1.2 研修活動の現状

本年度、東京研修センターにおいては、国内の RI・放射線技術者の養成のため、基礎課程4回、専門課程7回（RI の生物化学への応用、放射線高分子プロセス、ラジオアイソトープ、液体シンチレーション測定、オートラジオグラフィ、放射線管理、環境放射能測定の各コース1回）、指定講習8回（第一種作業環境測定士講習1回及び第一種放射線取扱主任者講習7回）、また国際協力の一環として、国際コース6回（JICA、IAEA コース各1回、指導教官研修コース2回及び講師海外派遣研修2回）、さらに国内における正しい原子力知識の普及のため、一般向けの講習1回（原子力実験セミナー）を実施し、合計494名の修了生（専門技術者471名、一般人23名）を送り出した。

東海研修センターにおいては、原子力エネルギー技術者の養成のため、一般課程1回、専門課程・講座8回（原子炉工学、原子力入門、保健物理、放射線防護、核燃料工学、放射性廃棄物管理の各講座・課程1回及び原子炉理論短期講座2回）、また国際協力の一環として、国際コース2回（JICA コース及びアジア・太平洋原子力協力としての保障措置トレーニングコース）、さらに国内における正しい原子力知識の普及のため、一般向けの講習20回（原子力防災入門講座14回、原子力防災対策講座2回及び原子力実験セミナー4回）を実施し、合計917名（専門技術者227名、一般人690名）の修了生を送り出した。そのほか、科学技術庁等主催の「'97青少年のための科学の祭典」等のイベントに参加、支援するとともに、東京工業大学の学生研修生を受入れ、軽水臨界実験装置（TCA）において運転実習を行った。

両センターとも、大きな問題はなく年度当初の計画どおり業務を実施できた。コースの実施状況、受講生数及びカリキュラム等は巻末の付録A2～A4に示した。研修への応募者数は、景気の停滞、放射線利用の縮小等を反映して、2～3のコースを除いて減少したが、研修生に対するアンケート調査によると、カリキュラム編成等に若干の問題点が提起されたものの、おおむね好評を博しており、これらの研修事業は原子力分野の人材養成に幅広く貢献したといえる。なお、東海研

修センターにおける受講生数の大幅な減少は、国際原子力安全セミナー4コースを(財)放射線利用振興協会(放振協)へ、また原子力防災研修講座13回分を(財)原子力安全技術センターへ、それぞれ移管したためである。原子炉主任技術者試験受験者を対象とした原子炉理論短期講座は、多くの応募者があり、教官の努力もあって本年度も約2倍の人数を受け入れている。原子力実験セミナーは平成10年度から、放振協に移管される。現行研修コースの改良及び研修方法の改善を図るため、原子炉の炉心核設計に関する研修用解析手法の確立、チェルノブイリ被曝データに対する線量分析モデルの検討等を行うとともに、フランス、ドイツ及びスイスの研究機関、大学等を訪問して、関係者と意見を交し、貴重な情報を得た。

1.3 アジア・太平洋原子力技術交流の推進

原子力に関する技術協力、技術交流並びに人材育成を進め、アジア・太平洋諸国での原子力安全の確保とわが国の国際貢献を図るため、この地域との協力計画を推進した。インドネシアにおいては、インドネシア原子力庁(BATAN)との共催で、第1回及び第2回の講師海外派遣研修を実施し、成功裏に終了させた。タイにおいては、タイ原子力庁(OAEP)との人材養成に係る協力取り決めについて、既存の研究炉分野等の協力取り決めの付属書Ⅲとして4月に発効させるとともに、講師海外派遣研修の第1回と第2回を平成10年11月と平成11年2月に開催することで合意した。わが国に招聘して実施した指導教官研修との組み合わせにより、インドネシア及びタイでの人材養成の枠組み作りが完成したことになる。それとともに、技術交流等を効率的に行うため、OAEP及びBATANを訪問し、実態調査及び研修に対するニーズ調査を実施し、原子力関連研究等に関する情報を収集した。国際原子力安全セミナー事業は放振協に移管されたが、必要に応じて情報・意見を交換し、計画推進を全面的に支援することになっている。

一方、IAEA トレーニングコースに関しては、BATAN及びマレーシア原子力技術研究所(MINT)を訪問し、帰国研修生に対してフォローアップ調査を行った結果、研修を通じて習得した知識と技術が効果的に業務に応用されていること等から、今後ともコースを継続してほしい旨要望された。

また、技術交流推進室を中心に当センターの将来計画の検討、及び新たな研修拠点としての国際原子力交流施設の整備について基本設計を継続した。

1.4 40年史及び平成8年度年報の発行等

ワーキンググループを設置し、40年史については、国内及び国際の各研修コースの歩みをまとめるとともに、これまで研修に参加された方々の原稿を"21世紀センターへの期待"として編集し、「JAERI-Review 98-009 原子力人材養成40年の活動」として、平成10年3月に発刊した。年報については、平成8年度の各研修コースの実施状況、研修のための技術開発等を編集し、「JAERI-Review 98-003 国際原子力総合技術センターの活動(平成8年度)」として、平成10年2月に発刊した。

平成9年秋の火災予防運動に当たり、東京研修センターの野口教官が危険物取扱者業務適切功労に対して、水沼事務長が防災管理者業務適切功労に対して、11月20日に東京消防庁本郷消防署長から火災予防功労賞を授与された。

2. 国内研修の実施

2.1 RI・放射線技術者の養成

2.1.1 第254～257回基礎課程

本課程はラジオアイソトープ・放射線の利用及び安全管理に必要な基礎知識と基本技術を学習することを目的としている。カリキュラムは、RI・放射線の基礎知識として、物理、化学、生物、測定、管理、応用、法令についての教科で編成されている。

本年度は4回実施した。受講者は、定員32名に対して平均21.2人、受講率66.3%であった。昨年度の受講者（平均26.4人、74%）と比較してみると、さらに減少したことになる。この原因は、社会の景気が停滞していること、放射線利用がある程度縮小されてきたこと等にあると思われる。

本年度は昨年に引き続き教科の改定を行った。①放射線測定器と放射線測定法の2教科を統合して放射線測定法概論とした。これにより、両教科の内容の重複が解消され、内容のつながりがよくなり理解されやすくなった。②放射線管理上の負担を軽減するため、伝統的に行われていた ^{90}Sr - ^{90}Y を使用した共沈法と溶媒抽出法の実験を廃止して、 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ を使うミルクキング実験を導入した。③前年度はコンピューター支援教育ソフト（CAI：Computer Assisted Instruction）を使った演習が行われたが、本来、講義の補助として自学自習させることが目的であり、受講者から特にカリキュラムに入れる必要はないとの評価が出されていた。このような事情から、同ソフトの使用についてはガイダンスのみを行い、本課程の教科から除くことにした。

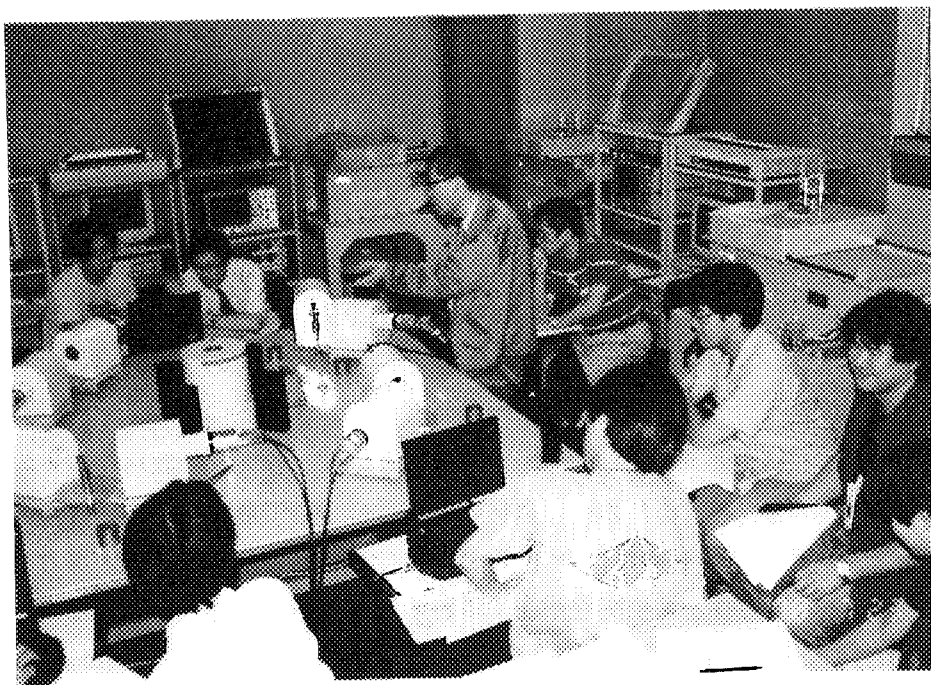


Photo. 2.1.1 A view of experimental radiation physics

(注) 第2章におけるコース、講座等の実施回数について：2.1.2～2.1.8は東京研修センターで実施している専門別の各コースで、その実施回数はそれらの各コースを実施するたびに順次加算した回数を示している。その他の項目では、それぞれのコース、講座等の単独で実施した延回数を示している。

参加者からの意見として、内容が多く詰め込み過ぎ、話の進行が速すぎる、解かりやすい教材を用意して予習できるようにするとよい、専門用語が多すぎる、講義はより短く、講義の内容に重複が多いので概論と各論は連続するような工夫がほしい、等があった。CAI には講義時間を割く必要がないとの意見が出されている。実習に関しては、講義より理解できる、実験のみのコースがあってもよい、貴重な体験をした、等があり好評である。

また、昨年作成した「RI・放射線用語集」を本年度から本課程において講義補助教材として使用した。これについては、さらに記述内容の正確さと簡便化に重点をおいて改訂作業を行う予定である。

(野口)

2.1.2 第233回RIの生物科学への利用コース

本コースは、分子生物学、細胞培養、医療診断技術の各々における RI の利用について、実習を主体に編成されたコースである。

すなわち、分子生物学の分野では、PCR とサザンプロット、DNA のシーケンシングの実習を行い、細胞培養では、コロニーオートラジオグラフィの実習を行う。医療診断技術の分野では、ヨウ素標識とラジオイムノアッセイの実習を行う。

本年度の実習のカリキュラムは前年度とほぼ同じであるが、講義では放射線生物学（生物への放射線照射効果）に関する講義に変え、最近のトピックスである B 型肝炎の分子生物学と O-157 に関する講義を行った。また、サザンプロットの実習では、ベーキングに変えて紫外線照射によるクロスリンクを試みた。

本年度は8月25日から9月5日まで10日間実施した。受講者は定員16名に対して、平成4年には28名の応募があったが、その後年々減り続け、本年度は4名となった。企業からの応募者は平成3年の15名が最高で、本年は2名である。応募者が減少したのは、次の原因によるものと思われる。

- ①各社とも外部で研修を受ける必要がないレベルになった。これについては、平成7年に解説書「バイオ実験イラストレイテッド」が発刊され、それを参照すれば一応実験が進められる。
- ②各技術とも必ずしも RI を使用せず、蛍光法と RI 法を使い分けるようになってきた。しかし、本コースでは RI 法のみを実施しており、したがって蛍光法との使い分け方についての知識が得られない。

なお、過去4年間合計47名の研修生のアンケート結果から、各実習の教科を同一のコースで実施するのが妥当か否かを検討するために、教科の有効性について散布図を用いて解析した。その結果、DNA シーケンシングの有効性は PCR とサザンプロットと強い相関性があり、コロニーオートラジオグラフィの有効性とも相関性が認められるが、ヨウ素標識とラジオイムノアッセイの2教科との相関性はほとんど認められない。そのため、分子生物学に関連する科目と医療診断に関する科目を同一コースで実施することに疑問を投げかける結果を得た。

来年度は分子生物学の比重を増やし、ヨウ素標識に変えてクローニングの実習を取り入れる予定である。

(伊藤)

2.1.3 第234回放射線高分子プロセスコース

本コースは、低エネルギー加速器の特長を生かした高分子合成、加工プロセスを中心とした研修として、平成8年に開始した。実習の内容は、低エネルギー加速器の線量率分布の特長、その特長を生かした表面硬化、形状記憶膜の合成、粘着加工、傾斜機能材料の合成等、高崎研究所で開発研究を進めてきた課題を当該研究者が中心となって研修を行った。

平成9年度は、2年目なので講義、実習科目はほぼ前年度に準じた。

高崎研究所では、コンベアが付属した低エネルギー加速器を用いて開発研究を進めてきた。しかし、その装置が撤去されたので小型の加速器を借用して実習を行ったため、高崎研究所で蓄積した技術の一部しか研修に取り入れることができなかった。

研修生のアンケートによるとカリキュラムはまとまりがあり、相当の評価が得られた。国内の低エネルギー加速器は年々増加し、すでに150台を超えている。ユーザーのかなりの数は中小企業であり、公立研究所の専門的指導が求められると考えられる。

しかし、原研にはこの分野の研究を継続する研究者がおらず、本研修の実施を通じて研究の場で研修を行うためには、研究テーマの展開と研究者の動向に適合するように研修科目を組み立てる必要が示唆された。

(伊藤)

2.1.4 第235回ラジオアイソトープコース

本コースは、放射線関係の監督指導等を担当する技術系国家公務員を対象とし、放射線関係業務の監督に必要な専門知識を、講義と実習をとおして習得することを目的としている。

本年度は10月27日から11月12日まで12日間実施した。受講者数は15名（定員16名）であった。うち、14名が労働省労働基準監督署の技術系職員、1名が建設省東北地方建設局の技術系職員であった。カリキュラムはほぼ前年度と同じ内容とした。ただし、最も重要である放射線物理の講義の講師に変更があった。

受講生は、質問も多く、受講態度は熱心であった。しかし、放射線の取扱いを初めて経験することであり、講義、実習ともかなり難しいとの指摘があった。また、研修生の中には文科系の出身者もいるので、もう少し易しくしてほしいというような派遣元からの要望もあった。一方では、物質の最小単位、例えば元素について、難しいといわれれば困るというような意見も寄せられた。この点については、さらに噛みくだいて説明し、より深い理解が得られるよう努力する。アンケートでは、実習の途中で施設の見学会などを希望した者もいた。さらに、本研修が業務に役立つかどうかを詳細に検討した上で参加すべきであったという反省の意見も見受けられた。また、空調の音が大きく、教官の声が聞き辛かったという苦情もあった。

なお、労働省は本コース受講者に対して、10月21日から10月25日までの4日間、労働研修所において予備研修を行っている。

(関)

2.1.5 第236回液体シンチレーション測定コース

11月17日から21日まで5日間実施した。受講者数は18名（定員16名）であった。本コースは、液体シンチレーションカウンタ（LSC）の利用者を対象とし、LSCによる放射能測定に必要な専門知識と応用技術を短時間に習得することを目的としている。本コースは、生物・医学系の研究者の要望に沿い、研修センターの発足ほどなく開講されたソフトベータ（軟 β 線）測定コースを発展的にカリキュラムを更新し、改名したものである。現在、この方面の研究者は他の研究分野に転じ、放射線管理・環境測定分野に参与する担当者が受講者の大多数を占めている。

LSCは環境中のトリチウム、 ^{14}C の放射能測定には最も優れた測定器であり、かつ β - α 放出核種の測定には特異的な能力を有している。高エネルギー β 線放出核種には有機シンチレータを用いず水中のチェレンコフ光測定ができ、低エネルギー β 線放出核種と判然と区別できる特徴がある。また、 β - γ 同時計数測定による放射能絶対測定法に次ぐ放射能測定法が確立できる測定器でもある。しかし、精度の高い正確な測定結果を得るには、高度の試料調製テクニックと繊細かつ慎重な測定技術を要するので、それに適したトレーニングを受けることが必要である。

本コースは5日間、限られた期間内でLSCの原理、正しい使用方法を、LSCを存分に用いて行う。加えて放射線管理技術まで習得できるようにカリキュラムが構築されているので、その魅力で受講者を派遣する企業も多い。

外部講師の献身的な尽力により、進歩する最新の測定手法を数コース経ては導入している。そこで受講者アンケートには、LSCを分析機器としてボタンを押し、結果を得るだけであったという受講者が、どのようにして測定が行われるのか理解できたことを喜びとし、経験浅い受講者は非密封ラジオアイソトープの取扱い、特に自分自身の呼気、尿中のトリチウムの放射能測定手段には目をみはる思いがしたとある。しかし、定員を上回って開講しなければならない現状では、実習における機器の不足を指摘される場合もあり残念である、初心者向けの短期間コースを設けることにより、このようなことは解決できるのではないかと思われるので、引き続き努力したい。

（油井）

2.1.6 第237回オートラジオグラフィコース

本コースは薬物動態に対するRIの利用を念頭において編成されている。すなわち、RIで標識された薬物が動物のどの臓器に局在するかを全身オートラジオグラフィで観察し、マイクロオートラジオグラフィでは臓器のどの部分に薬物が存在するかを写真乳剤に露光後、光学顕微鏡を用いて観察する。さらに、薬物が細胞のどの部分にあるかを電子顕微鏡で明らかにするための技術の習得を目指す。

オートラジオグラフィは薄く切った切片にX線フィルム、イメージングプレート（IP）のような感光板をあてるのが定法であるが、本年度は切片ではなく反対側のブロック側にIPをコンタクトする方法を研修に取り入れた。この方法を用いると、薬物がある日の午後に投与すると、翌日の朝には全身オートラジオグラフィを得ることができ、従来法の1/3程度で結果を得ることができる。

マイクロオートラジオグラフィでは、特殊なテープに試料を取り、それをスライドガラスに転写

する新しい装置を導入し、研修に使用した。この方法は従来の方法より短時間でスライドガラスに試料を固定する技術が習得でき、研修生の注目を集めた。

本年度は11月25日から12月5日まで9日間実施した。本コースはどの実習も斯界のベテランによって指導され、研修の内容は高度である。平成6年までは定員（16名）を上回る応募があったが、それ以後応募者は減少し、本年度は7名で実施した。アンケートから判断すると研修生の評価は高い。

講師の1人によると、この研修内容が薬物動態学会誌に掲載されれば応募者は増えるとのことであった。ダイレクトメールの送り先を再検討する必要がある。

（伊藤）

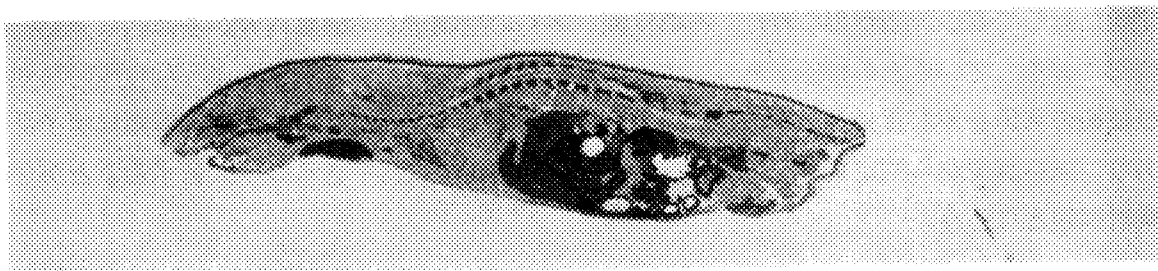


Photo. 2. 1. 2 Wholebody autoradiogram obtained by block contact

2.1.7 第238回放射線管理コース

12月8日から19日まで10日間実施した。受講者数は9名（定員16名）であった。受講者の大半は診療 X 線技師であり、事業所等の放射線取扱主任者に選任されている者が多かった。その他は施設管理や放射線管理担当者などであった。RI・放射線の取扱い経験者の割合は80%で経験年数が15年以上である反面、全く取扱い経験のない者の割合は20%であった。

受講の動機は基礎的教育の一環、放射線管理教育指導のための受講者が多く、放射線管理業務のための受講者の割合は20%であった。

本年度はカリキュラムの一部を変更した以外は、基本的に前年度と同様の内容でコースを実施した。カリキュラムの一部変更は、演習課目で2単位であった「非密封放射性同位元素の在庫管理」を講義1単位にした。この理由は、パソコンによるデータ処理演習であるため、その操作に慣れるのに時間を要し、時間をかけた割には演習の成果が得られないためである。また、パソコンも老朽化して、演習準備のための整備に多くの労力を必要とする背景もあった。

受講生のアンケート調査の結果、改善を要する事項として講義内容の重複を調整すること、テキストの一部に幾つかの旧単位系を使用しているものがあるとの指摘があった。これらは早急に改善する必要がある。また、実習は有益であったが、実習で得られた測定値の処理方法について実務に役立つような講義の希望があった。

研修内容とテキスト全般については、このコースが開始されてから10年が経過しており、内容がやや旧式化してきている。講義、実習等の内容と構成を現在の情勢に対応するよう改善していく必要がある。

（神永）

2.1.8 第239回環境放射能測定コース

環境放射能の測定業務に関わる研究者及び技術者を対象とし、原子炉、加速器など、放射性物質取扱施設の環境モニタリングに役立つ放射線測定技術を習得するためのコースである。主に、 γ 線スペクトロメータ、 α 線スペクトロメータ及び液体シンチレーションカウンタによる測定技術を短期間に効率よく習得できるように実習に重点をおいてカリキュラムを編成している。

本年度は1月26日から2月5日まで9日間実施した。受講者数は17名（定員16名）であった。受講者の業務内容は環境放射能分析が11名、放射線管理が3名、研究開発が2名及び放射性廃棄物処理が1名である。研修についてのアンケートの結果では、ほとんどの受講者が満足しているとの回答であった。特に、Ge 検出器による放射能分析法、液体シンチレーションカウンタによる放射能測定法に対して高い評価が得られた。その反面、多くの受講者から研修内容が基礎的な測定技術の習得に偏重しているとの指摘があり、実際の環境試料の分析に対応できるような専門的な知識及び技術の習得を望む意見が出された。環境試料の測定では、測定試料の調製が重要なポイントであり、試料調製から測定までを含めた一貫した分析技術を取得できるコースとすることが今後の検討課題となる。

（上沖）



Photo. 2. 1. 3 γ ray spectrometer with Ge detector

2.1.9 第23回第一種作業環境測定士講習

作業環境測定法（昭和50年法律第28号）に基づき、昭和52年度から実施している放射線作業に対する第一種作業環境測定士の資格取得のための指定講習である。毎年1回、2日間のコースを開講しており、定員は16名である。

本年度は1月12、13日の2日間実施した。受講者数は20名（定員16名）であった。講習の内容は放射性物質に関する分析の実習であり、 α 、 β 、 γ 線の全放射能測定方法、スペクトル分析方法等で構成されている。法律により指定講習の科目及び時間が定められていて、実際の講習は高密度の内容になっており、十分な理解を得るには時間不足のように思われる。特に、この講習の中心は空気中放射能濃度の測定であり、実務経験のない者にとっては初めての経験であることから、講習の内容をすべて理解するのは困難であると想像される。この講習を基礎にして実務経験を積むことで理解が進むことを期待したい。

講習内容については、実習の一部にまだ類似した内容があるので、引き続き改善に努力したい。
(神永)

2.1.10 第85～91回第一種放射線取扱主任者講習

本講習は法令に基づき実施するものであり、主任者試験の合格者はこの講習を終了した後に、正式な主任者免状が交付される。したがって、年間実施回数は未受講合格者数により決定される。

本年度は7回実施し、ほとんどの受講者が希望した日時の講習に参加することができた。次年度の開催数は5回になる予定である。

筆記試験には実務経験がなくても、合格することができるため、講習内容は放射線管理の実務経験の少ない合格者に、実務の一端に触れてもらうことにある。最近、サーベイメータ等に全く触れたことがない受講者が過半数を占めることが珍しくない。本年度のアンケート調査結果では、密封線源、非密封線源及び放射線発生装置等の取扱経験なしの回答が80%以上であった。このため、実習には経験不足により時間を要し、所定の時間を超過することもしばしばであった。一方では、もっと多くの異なった実習を経験したいという要望も出ている。

(岩田)

2.2 原子力エネルギー技術者の養成

2.2.1 第54回一般課程 (B)

4月14日から9月5日まで21週間実施した。研修生数は25名（定員30名）で、全国の電力会社からの参加者が約9割を占め、残りを動燃と原研が占めた。民間からの参加者はなかった。今回は、本課程開設以来初めての女性研修生が原研から参加した。今回も、ほぼ全員が原子炉主任技術者の資格取得を目指しての受講であった。

本年度も、研究炉 JRR-4が改造工事を実施しているため、研修のための運転及び特性測定は軽水臨界実験装置（TCA）で実施した。他のカリキュラムは、前年度とほぼ同じであったが、実験・実習の内容については年々少しずつ改良してきており、特に過去に大型計算機を使った計算実習はほとんどがパソコンに移行した。OS が Windows95になり、実習計算に十分応えられる速さになったことと、今の時代のほとんどの研修生はパソコンに慣れているため、実習をパソコンに切り換えたことはかなりの改良であった。今後は、当センターとしてもこのメディアの時代に合った授業の改革の必要に迫られるのではないかと考える。

研修期間が長いため、毎年のことではあるが、8月に入り授業参加人数が減少するという中だるみの傾向が今年もあった。原因は、お盆休みと第一種放射線取扱主任者試験を受験するための休みが入ったためであるが、研修生の希望を取り入れるとこのカリキュラムの組み方は止むを得ないものとする。しかし、派遣元も毎年同じパターンで研修生を送り込むのではなく、本課程の研修目的を良く理解し、上記の資格取得は目的外であることを理解していただきたい。

研修終了後のアンケート調査によると、原子炉物理関係の講義を21週に平均的に分散してほしいとの意見があった。また、研修に参加する目的が原子炉主任技術者試験の受験であるので、これに関係する講義、演習を増やしてほしいという意見もあった。しかし、本課程本来の意味を組み入れると現在のカリキュラムが最適と考える。

生活面では、これまで毎年出ていた宿泊施設に関する苦情は今年の施設改築によりほとんど出なかった。食事の面でメニュー等不満な点が指摘された。

(島)

2.2.2 第6回原子炉工学課程

9月29日から11月21日まで8週間実施した。研修生数は11名（定員24名）であり、そのうちの6名が電力会社からの派遣であるが、5名が四国電力、1名が九州電力というかなり偏った構成であった。

実験班は当初6班体制で計画していたが、定員より大幅に少なかったため、4班体制に縮小した。カリキュラム内容は講義、実習ともにほぼ前年どおりで、一般課程の内容を一層基礎課目中心にしたような内容になっている。修了後のアンケートでは、期間、内容ともにおおむね好評であったが、構造設計関係の講義と演習の内容のずれ、また一般に演習の実施方法などについて注文があった。

(内田)

2.2.3 第37、38回原子炉理論短期講座

基本的に原子炉主任技術者筆記試験の科目分類に従って、短期に原子炉工学を履修するコースである。出張講座であり、同じ内容のものを東京（第37回）と大阪（第38回）で繰り返している。それぞれ、例年どおり上期（6月～7月）と下期（12月）に分け、1週間ずつ実施した（すなわち延べ4週間）。

例年人気があって、受講生の数が会場の適正収容能力を上回る場合が多かったが、本年度からは1会場当たり40名を定員としてこれを厳守しようという方針を打ち出した。結果的に上期大阪の43名が若干これを上回った他は40名以下で講習を実施した。ただし、これは人数の調整を行った結果ではなく、たまたま受講生が減少したものである。

下期の東京は毎回会場としている NTT 麻布セミナーハウスが工事中で使えなかったため、東海の研修センター講義室で実施した。受講生は水戸市等のホテルに宿泊した。事後のアンケートでは、原研構内では交通が不便すぎるという意見と、大都会よりも落ちついて勉強できてよいという意見がほぼ同数であった。

カリキュラム内容は基本的に前年どおりであるが、今年度より下期の講義として構造設計基準の講義を新設し、熱利用システム研究室の羽田氏に講師を依頼した。

（内田）

2.2.4 第24回原子力入門講座

2月12日から3月6日まで約3週間実施した。受講生数は27名（定員24名）であった。内訳は官庁10名（科学技術庁3、通産省1、運輸省4、労働省2）、原研8名、電力会社関係5名（電力中央研究所1、北陸電力3、中国電力1）、その他4名（動燃1、日本原燃2、㈱敦賀原子力サービス1）であった。

本講座は、特に受講者の範囲を制限しないで、広い分野で原子力に関連するあらゆる機関の従事者を対象として、原子力に関する基礎的知識を講義、演習及び実験・実習等をとおして習得させることを目標に実施してきている。

本年度は、前年度に引続き原子力の中で特に基本的である放射線の性質や測定法、原子炉に関する基礎技術や原子力発電所についての現状の把握、原子燃料サイクルに関する開発の現状や原子力と社会との関わり方等を中心に、講義及び演習並びに実験・実習等を行うとともに、適度に所内外の原子力施設（東海研究所：原子炉安全性研究炉 NSRR、研究炉 JRR-3M 及び廃棄物処理場、那珂研究所：核融合施設、動燃東海事業所：再処理施設、日本原電㈱：東海発電所）の見学を配置した。

研修内容についての受講生の理解度はおおむね満足すべき結果であり、好評だったといえる。なお、短時間に広範囲な内容の研修であるため、今回は時間的にゆとりのあるカリキュラム構成としたこと及び施設見学を適切に配置したことも比較的好評の原因であったといえる。

なお、研修期間の延長やビデオ使用の充実等若干の希望はあったものの、あまり厳しい批評はなかった。ただし、施設見学に対する更なる充実の希望が比較的多く出された。

（新藤）

2.2.5 第29回保健物理専門課程

5月7日から6月20日まで7週間実施した。研修生数は21名（定員24名）であった。

本課程は、原子力施設の放射線管理において指導的立場に立ち得る専門技術者の養成を目標にしている。講義は、物理、化学及び放射線の生物影響に関する基礎的内容と、放射線管理に関する実務的内容とに大別できる。カリキュラムは前回とほとんど同一で実施した。これまで、実務的内容の部分のテキストは合本して、見易く、かつ保管しやすい形になっていたが、新しい内容を取り入れるために敢えてこれを分冊方式とした。研修生は、新卒者から放射線管理関係の業務に10年以上従事している者まで、かなり分散しているのが近年の特徴である。アンケート結果を見ると、基礎的内容の理解度は差が大きく、実務的内容の理解度に対してはそれほど差が現れなかった。また、実習及び見学で講義内容が補足され、理解の助けになったとの感想があった。研修生による評価はおおむね良好であった。わかりやすく教えるということが重要で、そのためには、適切な時間数の検討と講師の十分な確保が必要と考えられる。

（須賀）

2.2.6 第16回放射線防護専門課程

9月1日から10月2日までの5週間実施した。研修生数は15名（定員24名）であった。

本課程は、原子力施設等の放射線管理要員をできるだけ短期間に養成することを目的に昭和57年に発足した。発足当初と比べ、この講座の研修生は、おおむね放射線作業現場の経験を有しており、なかにはかなりの現場放射線管理経験を有する者もあるようになった。研修修了時のアンケートでは、時間不足で講義の後半が簡単化されることが多いが、終わりまでよく講義してほしい、放射線管理の方法、機器・設備等についての講義に原子力発電所など原研以外のやり方も取り上げてほしい、等考えさせられるものも多かった。また、物理、化学及び生物等の基礎科目に時間をもっとかけて、わかり易く教えてほしいという意見もあった。これらの意見から、例えば、本課程のカリキュラムを保健物理専門課程のカリキュラムに近づけるなどして、今後改良して行くべき課題があることが感じられた。なお、参考までに Table 2.2.1 に保健物理専門課程との単位数の比較を示す：

（須賀）

Table 2.2.1 Comparison of the units in the Radiation Protection Course with those in the Health Physics Course

Courses \ Contents	Lectures	Drills	Experiments
Radiation Protection Course	46	15	30
Health Physics Course	61	26	42

2.2.7 第28回核燃料工学短期講座

10月6日から10月24日まで約3週間実施した。受講者数は18名（定員24名）であった。資源から始まって再処理、廃棄物管理を含む核燃料サイクル全般、各種原子燃料の特性、材料、臨界管理、保障措置、関係法令、燃料輸送等について、講義を中心に幅広く総合的に、かつ、集中して短期に学習する講座である。核燃料施設や核燃料の取扱いに関係する者を対象とした総合コースであり、本コースでしっかりと十分な学習を積み重ねた場合には国家試験にも対応できるレベルとなっている。

今回は、コース開催の時期が沖縄で行われる原子力学会と一部分重なっていたことと学会への参加者が例年に比べて多かったためか、主に所内の講師のスケジュールの確保に困難をきわめた。

受講生においては、おおむね満足してもらえたと考えている。しかし、一方で、ごく一部の受講生においては受験に直接的でない関連教科について批判する場合があります、コース参加者全体の意向とのずれをどう調整していくかは長年の課題である。このため、ここ数年施設見学や CAI (Computer Assisted Instruction) 学習なども実施不可能な状態が続いており、これはコース担当だけで解決できる問題ではないので、募集要綱のあり方、開講時のオリエンテーションのあり方などを含め、長期的な視野から総合的に調整を図っていく必要があると考えられる。

(武田)

2.2.8 第19回放射性廃棄物管理講座

6月23日から7月4日まで約2週間実施した。受講者数は17名（定員24名）であった。放射性廃棄物について、施設ごとに発生する廃棄物の特徴、その管理方法、関係法令、基礎知識及び開発段階にある技術等(処理、処分の方法を含む。)を、見学や実習を行いながら、総合的に学習する講座である。

旧来年末近くに行ってきたが、前年度より6月後半から7月始めに行うように変更した。その結果、講師派遣元や見学受入れを行う各施設側の定期検査や官庁立入りなどの時期を回避できるようになり、スケジュールの確保が以前に比べて容易になったと考えられる。

今回は、動燃側の諸事情から従来行ってきた再処理工場内部の見学を行うことができなかった。代替りの施設見学の検討も行ったが、最近の受講生はコースに直接的でない施設見学は望まない傾向があること、廃棄物に関連する施設については他の見学や実習にすでに組込まれていることなどから、新規に適切な見学を設定することは困難であった。このような事情から、今回は代替りの施設見学を断念することになったが、次年度も引き続き検討する必要がある。

テキストの改訂については、廃棄物に絡む日進月歩の内外の諸情勢の変化に合わせ各講師の判断でテキストに反映させるように、例年どおりをお願いした。前年度に TRU 廃棄物(α 廃棄物)に関する教科を新設したこともあり、今年度は、特に教科の新設や廃止は行わなかった。

(武田)

2.3 一般向けの原子力講習

2.3.1 第200～213回原子力防災入門講座

地方公共団体の防災業務関係者を対象に、原子力防災に関する基礎的な知識と技術の習得を目的として、本年度も原子力発電所等立地道府県において、2日間コースを14回開催した。

受講者総数は549名で、前年度より約110名少なかった。これは主に、指定地方行政機関からの受講者が減少したことによるものである。

本年度は、教材整備の一環として、講義テキスト（青森県を除く13道府県用）の「原子力発電と安全対策」の章を全面的に改訂した。特に、主要な安全確保対策に関する技術的内容を図解などにより平易にまとめ、内容の充実を図った。

Fig. 2.3.1 にアンケートによる講座の総合的な感想及び理解度についての結果を示す。また、Fig. 2.3.2 に単元別のテキストの難易度及び理解度についての回答をまとめて示す。上記の改訂を行った単元の難易度及び理解度についてみると、「難しい」と回答した割合は前年度と同じであったが、「理解できなかった」とする割合は半減している。この結果は、受講者の予備知識の度合い等、種々の条件によっても影響を受けるので一概に断定はできないが、改訂の成果が理解度の向上に反映されていることを示していると考えられる。

2日目の講義、実習の終了の後に実施している質疑応答において、受講者から質問用紙によって提出された質問件数は、合計146件であった。

本講座では、短期間の研修効果を高めるため、講義に関連したビデオを5種類程度（全体で約2時間）使用しており、理解を深める上で効果的であると好評を得ている。しかしながら、中には制作年次が古いものもあり、最新の映像等を取り入れたビデオの上映を要望する声が強いのため、時宜にかなった視聴覚教材の制作、更新等を計画的に行い、充実を図っていく必要がある。

（高橋）

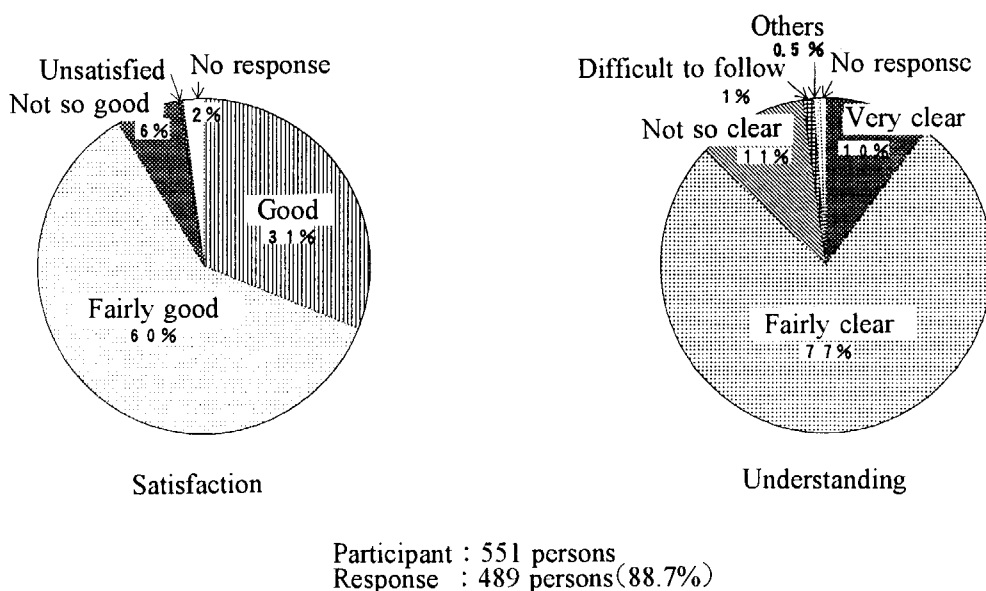
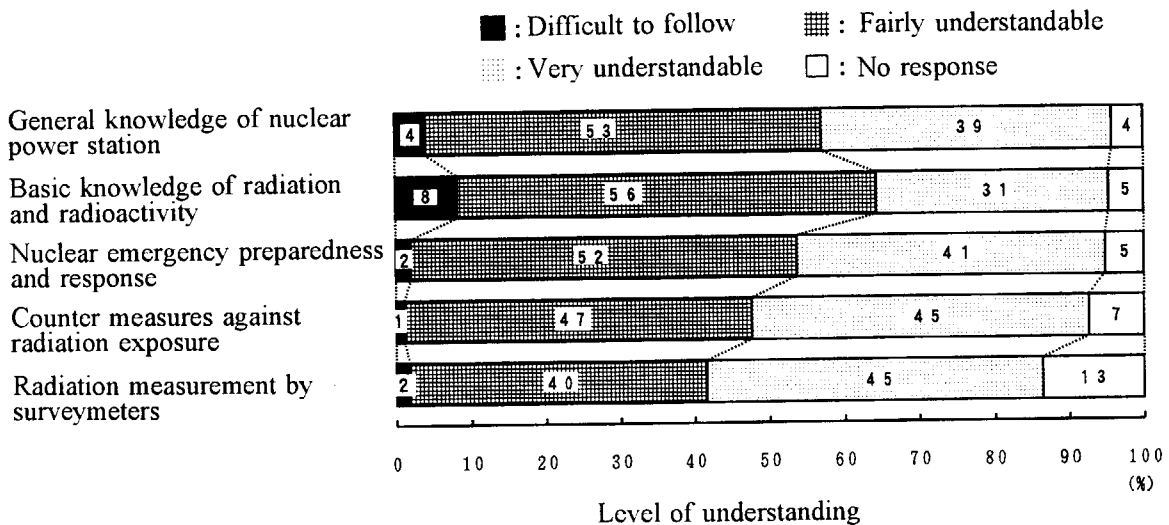
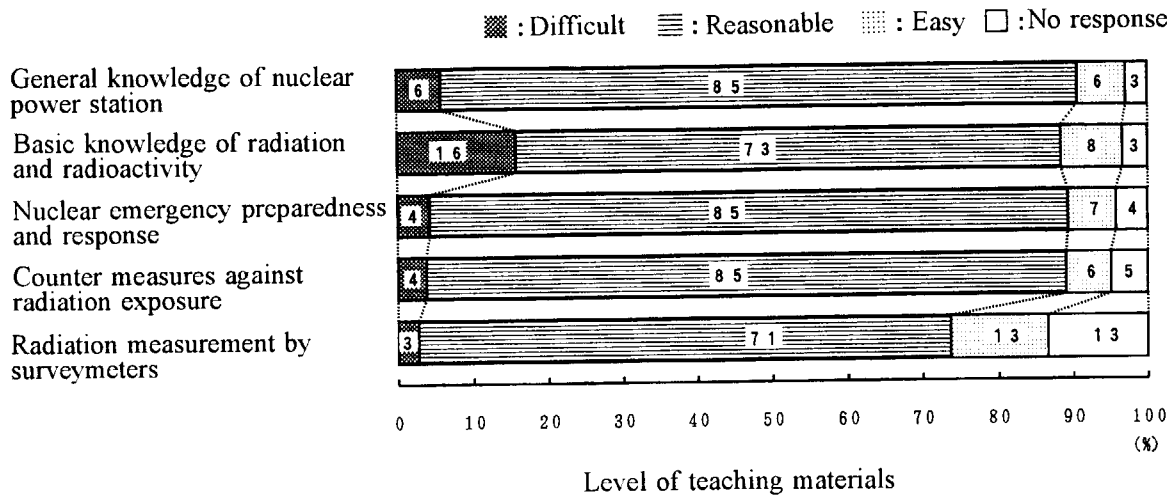


Fig. 2.3.1 Response of satisfaction and understanding on the introductory course of nuclear emergency preparedness by participants of local governments



Participant : 511 persons
 Response : 449 persons (87.9%)

Fig. 2. 3. 2 Level of teaching materials and understanding on the introductory course of nuclear emergency preparedness by participants of local governments

2. 3. 2 第33、34回原子力防災対策講座

道府県及び市町村の原子力防災担当職員を対象に、原子力防災に関する全般的な知識と技術の習得を目的として、5日間コースを2回、東海研究所で開催した。

受講者の派遣元は前年度と同じであったが、受講者数では消防関係者が減少したのに対して、

警察、保健所、官庁からの受講者が増加した。Fig. 2. 3. 3 にそれらの内訳を示す。

カリキュラムは前年度とほぼ同じ内容で実施したが、「原子力防災訓練の現状」の講義については、愛媛県及び福井県で実施した最新の訓練の状況を紹介してもらうこととした。この講義は、他の立地県における計画立案上の問題点や訓練を通じて得られた教訓等について有益な情報が得られることから、毎回、受講者の関心が高い。

講座内容の改善に関する受講者の意見の一つに、防災対策に関する事例研究と討論の時間を設けると、もっと理解度の向上が図れるのではとの提案があり、有効な方法と考えられるので、教材の作成等、具体化に向けて今後検討を行うこととしたい。

Fig. 2. 3. 4 に本講座の総合的な感想及び理解度についてのアンケート結果を示す。

(高橋)

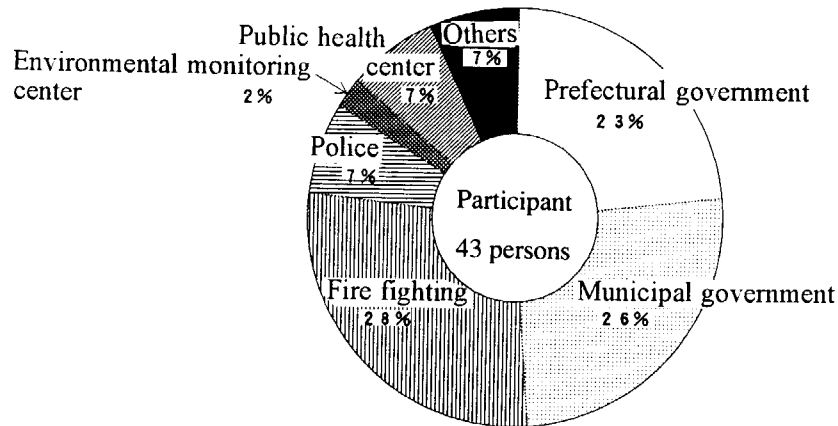
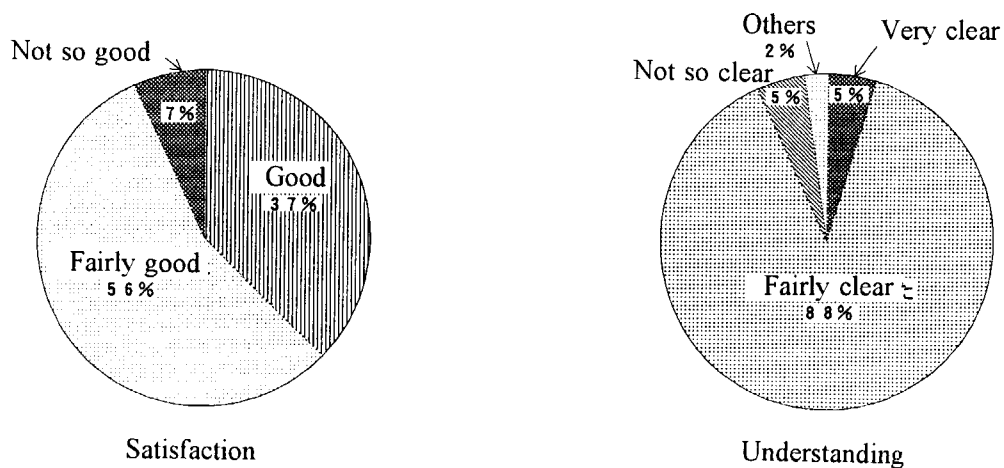


Fig. 2. 3. 3 Category of participants



Participant : 43 persons
Response : 43 persons (100%)

Fig. 2. 3. 4 Response of satisfaction and understanding on the nuclear emergency preparedness course by participants of local governments

2.3.3 原子力実験セミナー

中学校及び高等学校の教職員を対象とした原子力実験セミナーは、原子力利用についての講義、実験をとおして原子力に関する正しい知識の普及を図ることを目的に、平成2年度に科学技術庁からの委託を受けて開始して以来、本年度で8年目となった。

本セミナーには、原研の施設を使用して実施する原研コースと各県の教育センター等を使用して実施する地域コースがある。本年度は原研コースを5回実施した。地域コースについては、(財)放射線利用振興協会に移管され、実施された。

「高崎コース」は、高崎研究所において7月22日から4日間実施した。本コースは高崎研究所の特質を生かし放射線の利用をテーマとした。環境・資源への放射線利用や高機能材料の開発に関する講義、実験等では、日常の身の回り品としての脱臭剤の開発から、海水中からの有用資源の回収研究までの幅広い放射線利用について受講者に驚きと感動を与えた。(Photo. 2.3.1参照)

「東海・夏Ⅰコース」は、東海研修センターにおいて7月28日から5日間実施した。本コースは、東海研究所とその周辺の原子力施設を取入れたものとして、放射線の基礎的な実験を体験し、講義と見学でそれらを発展的に理解する構成とした。昨年度カリキュラムの一部見直しを行い、初歩的な実験と施設見学とを選択制にした。これは受講者のニーズの多様性に応えるものとなり好評であった。

「東海・夏Ⅱコース」は、東海研修センターにおいて8月6日から3日間実施した。本コースは社会科及び家庭科の教員も参加する原子力についての入門的なコースである。講義は原子力開発の歴史、放射線の利用、放射線の人体への影響等を平易に解説した。実験は家庭科教員向けの食品中の放射能測定を行った。また、「原子力の現状と課題」の講義のあと、受講者が意見を発表する「研究協議」は活発に行われた。原子力発電所と原子燃料製造工場の見学は原子力施設の現状を知るのに役立っている。(Photo. 2.3.2参照)

「東海・炉物理コース」は、東海研修センターにおいて2月2日から5日間実施した。本コースは東海研究所の大型研究施設を十分に活用したもので、特に軽水臨界実験装置(TCA)を用いての臨界近接実験及び研究炉 JRR-1シミュレータによる運転実習は、受講者が原子炉物理に対して体験的に理解できるものである。また、それを補足したり関連する分野の講義と見学を組み合わせ、より一層の理解と知識拡充になった。

「東京コース」は、東京研修センターにおいて3月23日から5日間実施した。本コースは東京研修センターの実験、実習施設を使用して、放射線の測定から放射化学の基礎、放射線の利用までを各種の実験をとおして体験的に理解する内容である。

本年度5回の受講者は122名で、平成2年度からの受講者総数は1,769名となった。受講後のアンケートでは、教育に役立つセミナーであったとの意見が多かった。

本セミナーでは、受講者が原子力についての理解を深めるため、学校現場での教育に利用することを目的に各種の教材を開発してきた。簡易型 GM 計数キットは、小型の GM 計数管を使用し、スケーラ・タイマーを備えたもので、 γ 線、 β 線を精度良く計測できるものである。簡易型霧箱キットは、透明のスチロール樹脂容器とドライアイスを使用してアルコールの霧を作り放射線の飛跡を観察するものである。原子力・放射線に関する CAI (Computer Assisted Instruction)

ソフトウェアは、パソコンで利用するもので、初期のものは MS-DOS 版であるが、最近のものは WINDOWS 版で動画・音声のマルチメディアである。これまでに、MS-DOS 版9本、WINDOWS 版7本を制作した。また、ビデオソフトウェアも原子力・放射線に関するものを9本制作した。これらの教材は本セミナーで使用するとともに、受講者に配布し、学校現場で使用されている。付録A5にこれまでに制作した CAI 及びビデオソフトウェアを示す。

以上、電源開発促進対策特別会計法に基づき、科学技術庁からの受託によって行った「原子力実験セミナー事業」における成果について述べた。なお、本事業は平成10年度から原研コースについても(財)放射線利用振興協会に移管された。

(小畑)

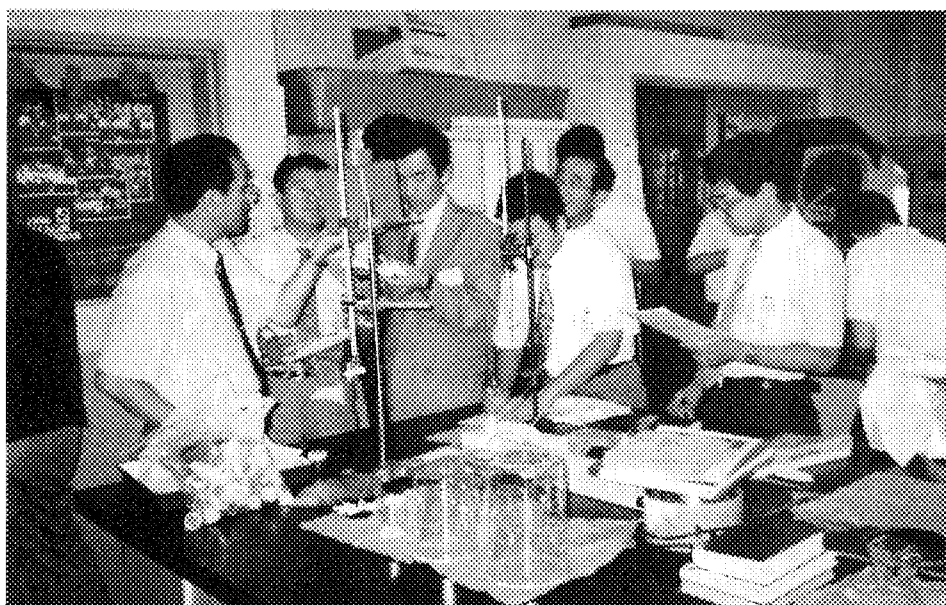


Photo. 2. 3. 1 High function materials development with radiation application

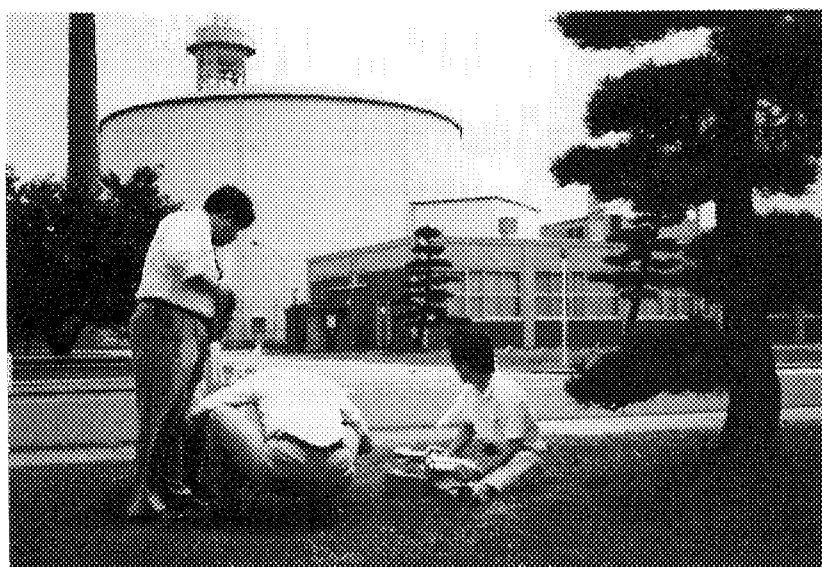


Photo. 2. 3. 2 Measurement of natural radiation

2.3.4 その他

当センターでは、毎年小・中学生や高校生ほか一般人を対象に CAI (Computer Assisted Instruction) や霧箱などを用いた体験学習会等を行っている。本年度は Table 2.3.1 に示すイベントに参加、支援した。Photo. 2.3.3 に「'97 青少年のための科学の祭典」における CAI 学習風景を示す。

Table 2.3.1 Training courses for the public

実施日 (場所)	学習会等名称 (団体名)	対象者 (受入数)	内容	備考
平成9年4月1日～2日 (東海研修センター)	「原子力施設見学研修会」 (宮城県高校教育実践研究会)	高校教諭 (10人)	・原子力とエネルギー環境問題に関する講義と研究協議	原子力施設見学研修会の一部として実施
平成9年7月26日～30日 (科学技術館)	「'97 青少年のための科学の祭典」 主催：科学技術庁ほか	青少年	・CAI 及びビデオ教材による体験学習	出展ブースで実施
平成9年8月21日 (東海研修センター)	「親子原子力見学会」 (静岡県浜岡町)	親子 (22人)	・CAI 及び霧箱による体験学習	親子原子力見学会の一部として実施
平成9年8月27日～29日 (東海研究所)	「サイエンスキャンプ'97」 主催：科学技術庁	高校生 (10人)	・CAI 及び霧箱による体験学習 ・JRR-1 原子炉シミュレータ運転体験	サイエンスキャンプ'97の一部として実施
平成10年1月9日 (東海研修センター)	「原子力施設見学・学習会」 (福島県高等学校教育研究会)	高校教諭 (5人)	・霧箱による体験学習	原子力施設見学・学習会の一部として実施

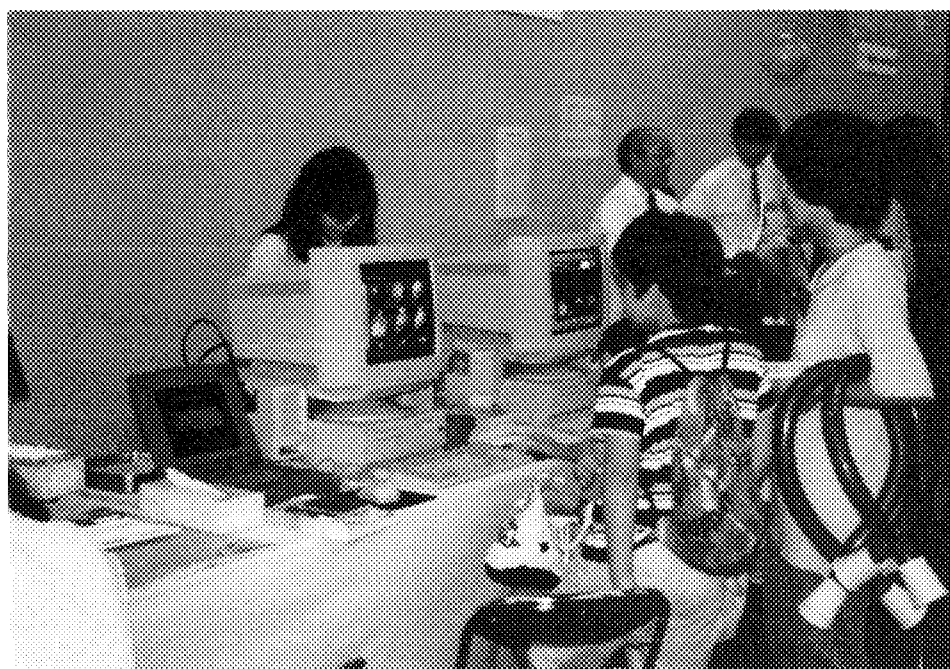


Photo. 2.3.3 Computer assisted instruction at the '97 youngsters' science festival

また、日本原子力発電(株)総合研修センターの「原子力基礎コース」の研修生及び東京工業大学理工学研究科原子核工学専攻の学生研修生を受け入れ、軽水臨界実験装置(TCA)において運転実習等を行っている(4.2.2参照)。本年度は8月1日と8月8日に合計26人の日本原子力発電(株)の研修生及び8月25日から5日間12人の学生研修生が運転実習や反応度測定、臨界近接に関する実験等に参加した。

そのほか、当センターでは、毎年教官が外部機関の要請により各種セミナーや講座等において講師として協力を行っている。本年度は以下の協力を行った。

(1) (財)放射線利用振興協会

原子力実験セミナー(地域コース)における「GM測定器及びNaI測定器の原理と実験」、「GMカウンター等による放射線の測定」、「霧箱による放射線軌跡の観察」及び「CAI学習」に関する講義、実習に3名の教官が講師として協力した。

(2) (財)原子力安全技術センター

原子力防災研修事業における以下の講座にそれぞれ1名の教官が講師として協力した。

①緊急時モニタリング講座

「緊急時モニタリング器材の取扱」に関する講義、実習

②SPEEDIネットワークシステム講座

「原子力防災対策と緊急時モニタリング」に関する講義

(3) (財)放射線計測協会

放射線管理・計測講座における「(演習)放射線の性質と測定法」に関する講義に1名の教官が講師として協力した。

3. 国際協力及びアジア・太平洋原子力技術交流の推進

3.1 技術交流の推進

原子力分野における国際貢献を果たすため、所外の機関と協力して引続き以下の研修を行い、国外の原子力技術者の養成を行った。すなわち、一つは国際協力事業団（JICA）との協力により開発途上国の研究者及び技術者を対象として、原子力及び放射線利用の基礎知識と技術の取得を目的とした「JICA コース」であり、もう一つは国際原子力機関（IAEA）の事業計画に協力して、アジア・太平洋地域諸国のニーズによる RI・放射線利用の様々な専門技術の取得を目的とした「IAEA コース」である。9年度の「IAEA コース」のテーマは、「核分析技術の工業環境研究への利用」であり、参加各国で近年問題となっている環境問題解決に寄与できる研修となった。

人材養成に係る国際貢献の中でも、国の重要施策によりとりわけアジア・太平洋地域における原子力技術交流の推進が重要である。このため、同地域を対象とした原子力分野における人材養成事業を積極的に展開した。同地域における各国の原子力開発の取組み方は、多種多様であり、刻々と変化する社会情勢に大きく左右される。本事業の推進に当たっては、効率的な国際貢献の遂行に資するため、各国のニーズ調査を幅広く実施し、多様化するニーズに沿った研修計画を作成した。

具体的には、インドネシア共和国及びタイ王国の2か国に対し、「指導教官研修」及びインドネシア共和国においては「講師海外派遣研修」を行い、両国の原子力技術者及び研究者を養成するとともに、関係者の技術的能力の向上を支援した。多数の人材の養成を図るには、現地に養成システムを確立し、運営させることが効果的である。このため、自国の教師を指導できる立場の人材をわが国へ招聘し、両国のニーズである放射線防護、放射線管理及び放射線計測の研修を行い、帰国後、指導教官としての活躍を期待した。さらに、インドネシア共和国においては、わが国から派遣された講師とともに協力して同科目の研修指導を行い、実習訓練を行った。

本事業を進めるため、国際原子力安全技術研修専門部会を開催し、国内有識者の意見を徴し計画立案に資するとともに、国際研修活動実施のため、国際協力取決め手続き業務、研修機材の調達及び国際輸送に係る通関手続き業務、所内外の関係部門との調整業務を行った。

3.2 JICA及びIAEAとの共催研修

3.2.1 JICAコース

国際協力事業団（JICA）の集団研修計画に協力して1985年から毎年1回実施しているコースであり、開発途上国の原子力関連分野の人材を養成することを目的としている。13回目に当たる本年度は、5月12日から6月13日まで5週間実施した。研修生は東南アジアから7名、メキシコ、トルコ、エジプト各1名の合計10名であった。エジプトからの参加は始めてである。研修生の職種は技術系6名、研究系2名、技術官僚2名という構成であり、平均年齢は31才であった。

平成6年度にコースの見直しを行い、従来8～9週間であった開催期間を4週間に短縮し、RI・放射線実験と原子炉物理・動特性実験の2グループ制を採用し、それぞれ東京と東海の両研修センターで同時平行して研修する方法に改め、7年度から実施した。これは、研修生のアンケートに

多く見られた、研修の範囲が広すぎる（分野別研修の要求）、基礎的な科目が多すぎる（応用科目増加の要求）との意見を考慮してとった措置である。しかし、半減された研修期間がもたらしたハードなスケジュールは不評であった。そのため、8年度からは1週間延長して5週間とし、東京研修センターで実施した RI・放射線実験グループの研修では、ディスカッション、データ整理などの時間を新設するとともに、東海、大洗及び那珂研究所見学を新たに実施した結果、適切な時間配分であるとの意見が多く出され評価は改善された。本年度は評判の良くない科目を廃止して、RI・放射線利用に関する講義科目の単位数を増加させて実施したところ、研修内容について高い評価を受けるとともに、研修期間も適切であるとするアンケート結果が得られている。また、東海研修センターで実施した原子炉物理・動特性実験グループの研修では、熱伝達実習、パブリック・アクセプタンス討論を新設するとともに、原子燃料工業や原研ホット試験室の見学を新たに加えた。

本年度、本コースは JICA が実施する帰国研修生フォローアップ調査の対象となったため、3月2日から13日までの12日間、本コースの担当者（田中）がインドネシア及びマレーシアに出張し、研修成果の活用状況と波及効果、原子力技術の現状と課題を調査した。インドネシアでは政情が不安定の折から、インドネシア原子力庁（BATAN）のスルポン研究所1箇所の訪問に限定されたが、マレーシアでは原子力技術研究所（MINT）を始め、3箇所の施設を訪問し、合計15名の研修生に面談した。その結果、研修を通じて習得した知識と技術が効果的に業務に応用されていること、後進を指導することによりそれらの普及に努めていることが確認された。研修を受けて数年後に昇進し指導的立場になっている研修生も少なくない。また、両国における原子力技術に関する専門研修は放射線防護、ラジオグラフィ等の限られた分野に関するものしか実施されておらず、その内容も講義主体であるため、実習に重点をおく JICA コースを今後とも継続して実施してほしいとの要望が関係機関面会者及び帰国研修生所属先上司から出されている。

（田中、関根）



Photo. 3.2.1 Technical tour for Naka Fusion Research Establishment

3.2.2 IAEAコース

国際原子力機関（IAEA）の要請に基づいて実施するトレーニングコースである。本年度は、「核分析技術の工業環境研究への利用」コースを3月9日から3月20日まで2週間実施した。研修には、東アジア・太平洋地域の12か国（バングラデシュ、インド、インドネシア、韓国、スリランカ、中国、パキスタン、フィリピン、マレーシア、ミャンマー、タイ、ベトナム）から16名が参加した。研修の目的は、産業廃棄物及び工業生産の工場から一般環境に排出される有害元素について、わが国の水俣病、イタイイタイ病など環境問題から得た経験と環境物質の分析及び試験技術を紹介し、アジア・太平洋地域の発展途上国における同分析技術の普及とレベル向上に寄与することであった。特に、河川水、沼堆積物などの環境試料に含まれる重金属元素に着目して、関連分析事業所の施設見学、多元素分析法で知られる放射化分析、蛍光X線分析、ICP原子吸光分析の実習及びデモンストレーションを行った。第1週は、東京研修センターにおいて核分析概論、有害元素の人体影響、環境試料の前処理等についての研修と、東京都の水質センター等の関連施設の見学を行った。後半の第2週は、東海研修センターへ移動して、東海研究所の施設において機器的放射化分析及び蛍光X線分析の実習、日立テクノリサーチセンターにおける見学とICP原子吸光分析の実習、及び環境庁国立環境研究所の見学等を行った。参加者は、「本コースは役に立つので研修期間を1週間程度延長してほしい、短すぎる」と全員が評価していた。本コースは、1995年に実施した3週間コースを2週間に短縮したものである。この期間を短縮した原因は、IAEA側に財政上の問題があり、今回は大幅に日本側が研修コストを負担することが開催の条件であったことにある。従来のIAEAコース開催では、IAEA側は受講生と外国人講師の旅費と滞在費を負担し、開催国側は研修コースの運営費、教材、人材及び施設を負担していた。本年度の開催では日本は受講生の滞在費を含めて負担することになった。

（野口）

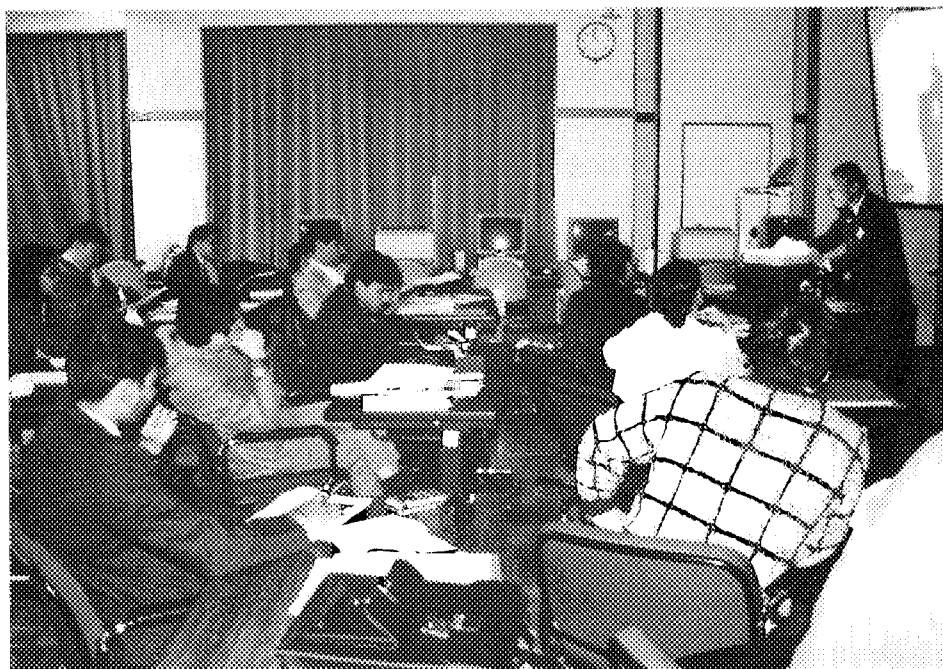


Photo. 3.2.2 Lecture in the IAEA course on nuclear analytical techniques

3.3 国際原子力安全技術研修

3.3.1 第2回保障措置トレーニングコース

国際的な核物質管理対策の一つとして、科学技術庁は特に旧ソ連及びアジアの国々への支援政策を出し、平成8年度以来、保障措置トレーニングコース（Safeguards Training Course）の実施を日本原子力研究所に委託した。

これを受けて、所内外の関係各機関・部門の協力を得て、関係各国の行政官、研究者、技術者等の保障措置関係者を対象に、第2回保障措置トレーニングコースを2月26日から3月17日まで約3週間にわたり実施した。

今回は13か国から16名（女性4名）を招聘した。その内訳はアルメニア1名、ベラルーシ1名、ブルガリア1名、中国2名、チェコ1名、ハンガリア1名、カザフスタン1名、韓国1名、リトアニア1名、ルーマニア1名、ロシア2名、スロバキア1名、ウクライナ2名であった。

本コースは、① IAEA の保障措置に係る枠組み、手続き及び活動、②核物質の非破壊分析及び封じ込め・監視、③日本における核物質の国内計量管理制度等について、講義、デモンストレーション及びワークショップを行い、保障措置に関する基本的な理解を図るものである。また、日本の原子力事情を肌で感じ、さらに本コースで学んだ内容の理解を深めるため、保障措置等の原子力関連施設を見学するテクニカルツアーも含まれる。今回は第1回参加者の意見を反映し、施設見学を一部止め、オーストラリア及び韓国における保障措置活動の講義を追加（4単位）し、また非破壊分析のデモンストレーションと実習の時間数を増加（2単位）する等、カリキュラムを変更した。また、IAEA 及び米国から招聘する専門家については相手側と調整を行った。

参加者は主に各国の政府機関に属する原子力関係者で、全体としてトレーニングコースはよく計画され有益であったと評価した。また、テクニカルツアーで体験した日本の原子力技術の実状に深い感銘を受けたと述べた。参加者から今後への期待として、講義では、①国レベルの保障措置活動の計画と評価の詳細情報、②詳細な計量管理方法、③バルク（一括）取扱い施設における在庫差（MUF）の評価、④核物質管理に係る各国の経験、⑤ IAEA の見解（新たな動きと技術）を示す講義の増加、等が出された。デモンストレーションについては、①非破壊分析に関する装置の原理と操作手順の詳細な知識、②遠隔モニタリング手法、③封じ込め・監視（C/S）技術と非破壊分析（NDA）技術の実習における米国専門家の継続招聘、④冷却時間、燃焼時間を変えた使用済燃料のチェレンコフ実験、が挙げられた。ワークショップでは、①未知試料の測定実験、②燃料加工に関する設計情報質問書、③ IAEA への報告と設計情報質問書における時間の増加、④核物質の国内計量管理制度（SSAC）では国レベルと施設レベルによる参加者の班分け、が示唆された。

なお、日・豪・IAEA の協力で1985年以来ほぼ2年に一度、日本とオーストラリアで交互に実施されている東南アジア向けの地域保障措置トレーニングコース（Regional Training Course on Safeguards, RTCS）がある。この開催が平成10年5月にオーストラリアで予定されていたので、第2回保障措置トレーニングコースは東南アジアからの参加者を除外した。しかし、結果として、オーストラリアは予算が確保できず開催できなかった。

今後とも、原子力利用を進める上で保障措置に係る人材の育成は国際的に重要であるため、本

トレーニングコースが継続して役割を果たすように計画を進めて行く。

(熊澤、清水^(注))



Photo. 3.3.1 Workshop (Group discussion on a given subject)



Photo. 3.3.2 Technical tour (Fugen Nuclear Power Station, PNC)

(注) 核物質管理技術研究室

3.4 アジア・太平洋原子力技術交流の推進

3.4.1 講師海外派遣研修

平成9年度からインドネシア、同10年度からタイにおいて実施するための準備を進めてきた。

インドネシアについては、6月に同国原子力庁（BATAN）職員を派遣して、カリキュラム及び研修用機材の持込みに関して最終的な協議・調整を行った。BATAN 教育訓練センターへの主要機器の運搬、据付け調整は順調に進行し、10月末に完了した。この結果、第1回共催研修として「放射線防護」コースを12月8日～19日に17名の研修者の参加の下に実施した（Photo. 3.4.1参照）。また、第1回目の共催研修の開始を記念し、研修の初日に「原子炉安全及び放射線技術の展望」と題するセミナーを開催し、130名が参加した（Photo. 3.4.2参照）。次いで第2回共催研修として「放射線計測」コースを2月16日～27日に実施した。研修参加者は14名であった。これらの研修は、派遣講師と現地の教官との共同作業であるが、現地教官では指導教官研修の終了者が主要な役割を果たした。

一方、タイについては、次年度からタイ原子力庁（OAEP）において同様の研修を行うため、9月に OAEP の次官ほか1名を招聘するとともに、6月及び平成10年1月に担当者が OAEP へ出張し、研修内容、必要機器等について協議を進めた。この結果、平成10年11月に「放射線防護」コースを、また平成11年2月に「原子力技術」コースを、ともに講師派遣期間2週間、参加者20名で実施することとなった。

（佐々木）

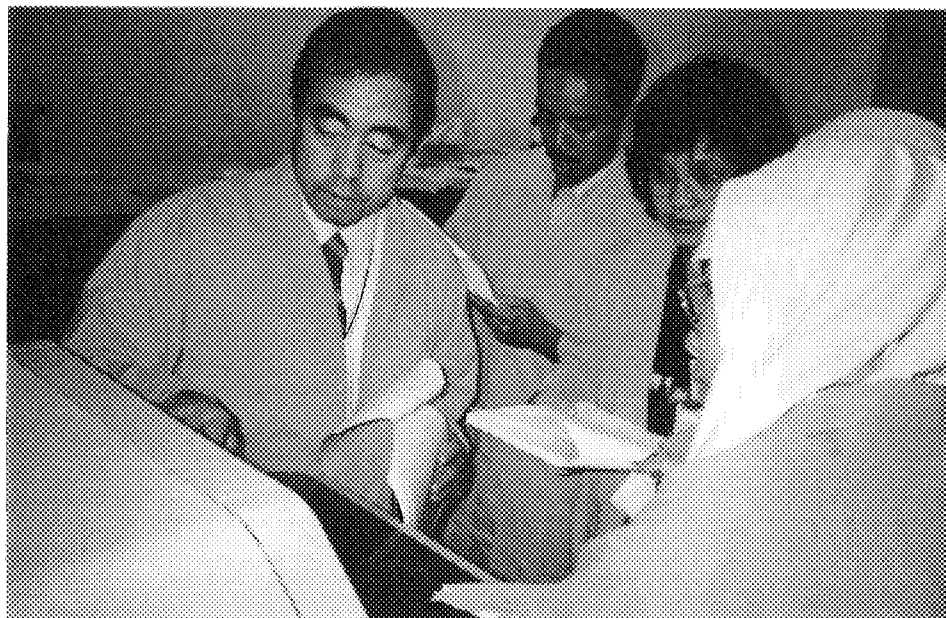


Photo. 3.4.1 Liquid scintillation counter measurement in Joint Training Course at BATAN



Photo. 3. 4. 2 Opening ceremony of the seminar

3. 4. 2 指導教官研修

上記の講師海外派遣研修に先立ち、現地側の教官を育成するための研修を平成8年度から実施している。

第3回研修には BATAN 教育訓練センター教官2名を5月19日から7月18日まで、また第4回研修には OAEP 研究員2名を7月22日から9月19日までそれぞれ約2か月間受け入れた。研修の内容は前年度同様、共催研修において使用する機器の取扱い技術の習得、研修指導技術の習得、原子力施設の放射線管理状況等の実態調査などである。技術習得の研修はマンツーマン方式による指導を主として東京研修センターにおいて行ったが、BATAN からの研修生1名は東海において高速液体クロマトグラフィーの研修を受けた。

(佐々木)



Photo. 3. 4. 3 Presentation of certificate to BATAN staff

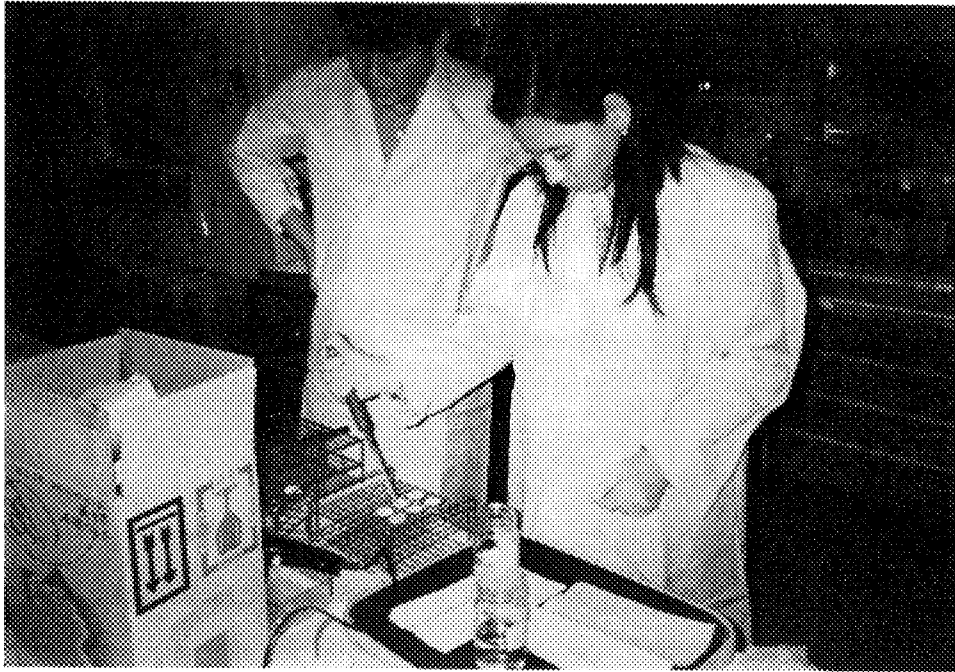


Photo. 3. 4. 4 Preparation of liquid scintillation counter samples (OAEP staff)

3. 4. 3 東南アジア各国の研修に係るニーズ調査

アジア・太平洋原子力協力計画の推進のため、インドネシア及びタイを訪問し、両国のニーズ調査を行った。

6月に講師海外派遣研修及び指導教官研修に関する協議・計画細目策定のため、OAEP 及びBATAN を訪問した。

OAEP では、原子炉、アイソトープ製造施設、廃棄物処理施設、放射線測定室、物理・化学実験室の放射線管理の実態調査を行い、主な取扱放射性核種、放射線作業従事者数（88名）、放射線管理要員数（6名）、サーベイメータを含む放射線測定機器の種類、数量等についての情報を得た。

講師海外派遣研修における研修コース名は「放射線防護」及び「原子力技術」とし、研修生数は1コース当たり20名、期間各2週間、年度当たり2回、派遣講師の年度総枠8名とすることで合意した。「放射線防護」コースの内容は、研修終了後に放射線管理スーパーバイザーを目指したレベル3とすることにした。詳細な研修科目及びプログラムについては、OAEP の主体性を尊重して先方の提案を待ち継続協議するとした。OAEP から研修に必要な機器として、液体シンチレーションカウンタ1台、密閉型電離箱2台、ガンマ線スペクトロメータ2台、高速液体クロマトグラフ1台、ダストサンプラー2台、サーベイメータについて強い要望があり、検討することとなった。これら機器の設置及び保管場所は、研究棟内に確保されており、十分なスペース及び適切な環境であった。また、機器管理・保守要員の確保を要請し、基本的に合意を得た。

指導教官研修では、その人選については本事業を効果的に実施するのに必要な専門分野に対応した技量を有する講師を必要人数分 OAEP が確保することを再確認した。

BATAN では、スルボン地区の多目的研究炉センター（放射線作業従事者202名、放射線管理要員19名）、ラジオアイソトープ製造センター（従事者120名、放射線管理要員19名）、核燃料要素センター（従事者37名、放射線管理要員3名）及び廃棄物処理技術センター（従事者100名、放射線管理要員9名）で、主な取扱放射性核種、サーベイメータを含む放射線測定器の種類、数量等についての情報を得た。また、スプキ長官及びバクリ次官と協議を行った。スプキ長官との協議では、セミナー及び講師海外派遣研修開催に関する全面的協力を要請した。特に機器持込みの際の通関・免税手続きに関する支援・協力の要請に対し、BATAN 側では、本業務の担当官を指名し対応に当たることとした。教育・訓練センターでは、第3回以降の講師海外派遣研修の内容について協議を行った。この後、日本原子力産業会議ジャカルタ事務所及び在インドネシア日本大使館を訪問し、本事業計画を説明するとともに、協力を要請した。

12月に得られた知見を今後の技術交流計画の策定に資するため、スルボン及びジョクジャカルタにおける BATAN の研究施設を訪問し、実態を調査した。スルボンでは、研究炉等の主要施設や現場の指導者と接した。予算は厳しく、施設の改善が思うようにできないのが問題とのことであった。採算がとれている燃料製造施設は、BATAN テクノロジーに移管されており、見学等の調査はできなかった。ジョクジャカルタの施設は、研修施設と小規模な研究施設が中心であった。新しいプロジェクトの誘致がない限り人材の補給がなく、このままだと職員が高齢化して閉鎖に追い込まれかねない状況であった。加速器分野への移行を模索しているようであったが、具体的に技術的な詰めはなされていないようであった。小規模研究では、原子炉のパソコン制御や腎臓障害の診断機器の開発など自主技術開発が行われていた。その技術力は十分あるように思われ、良いテーマが与えられれば、十分な成果が上がるように見えた。

10年1月に OAEP を訪問し、第1回海外講師派遣研修及び第3回指導教官研修についての事前協議を行うとともに、実状調査を行った。OAEP の研修事業では、国内の経済危機の影響による予算の大幅削減のため、一般研修コースが削減される状況であった。タイ照射センターの事業では、食品・動物飼料照射、医療器具滅菌、天然ゴムラテックス架橋など多岐にわたる照射サービスが24時間実施され、収益の一部は予算の補充に当てられていた。

3.4.4 その他

(財)放射線利用振興協会国際原子力技術協力センターが実施している平成9年度国際原子力安全セミナー事業における以下のセミナーにそれぞれ1名の教官が講師として協力した。

①アジア諸国向けセミナー

「研究炉の安全確保の概要」に関する講義

②放射性廃棄物・使用済燃料管理国際セミナー

「原研における放射性廃棄物管理に関する研究開発：放射性核種の移行挙動－2天然バリアに関する研究」に関する講義

4. 研修のための開発等

4.1 研修技術開発

4.1.1 アナログコンピュータによる原子炉の動特性解析計算のパソコンへの移行(2)

一般課程及び原子炉工学課程において、原子炉の動特性に関する実験をパソコンを用いて行えるよう、解析用ソフトウェアを開発中である。本ソフトウェアは、パソコンの画面上でユニット化された加算器、積分器、乗除算器等の各機器をドラッグして結びつけ、演算回路（プログラム）を組み、回路が正常に組込まれたときに次のステップに進み、次にパラメータを入力し、計算解析する方式になっている。計算結果は、画面上のグラフキーを用いてリアルタイムまたはスケールリングタイムで表示できるようになっている。

本ソフトウェアの開発は前年度から開始し、まず1次関数、2次関数、振動関数等についてプログラムを完成させ、使用の見通しを得た。このため、本年度は上記研修課程のテキストに基づき、以下についてプログラム化を行い、扱える項目の拡充を図った。

- ①アナログコンピュータの概要と特徴
- ②非線型2階常微分方程式
- ③振動減衰2階常微分方程式
- ④放射性核種の壊変の解析
 - ・問題1 ^{101}Mo 、 ^{101}Te 、 ^{101}Ru の壊変
 - ・問題2 ^{84}Sc 、 ^{84}Br 、 ^{84}Kr の壊変
 - ・問題3 ^{90}Sr 、 ^{90}Y 、 ^{90}Zr の壊変
- ⑤中性子照射による核種の変換及び放射能生成
 - ・問題1 ^{235}U の経時変化
 - ・問題2 天然イリジウムの経時変化
 - ・問題3 ^{197}Au の照射の経時変化

Fig. 4. 1. 1に上記②の演算プログラムと演算結果を示す。

次年度はさらに、反応度印加に対する原子炉の応答に関するプログラムを付加することにより、上記テキストに基づく動特性解析が可能ないようにバージョンアップを図る予定である。

(島)

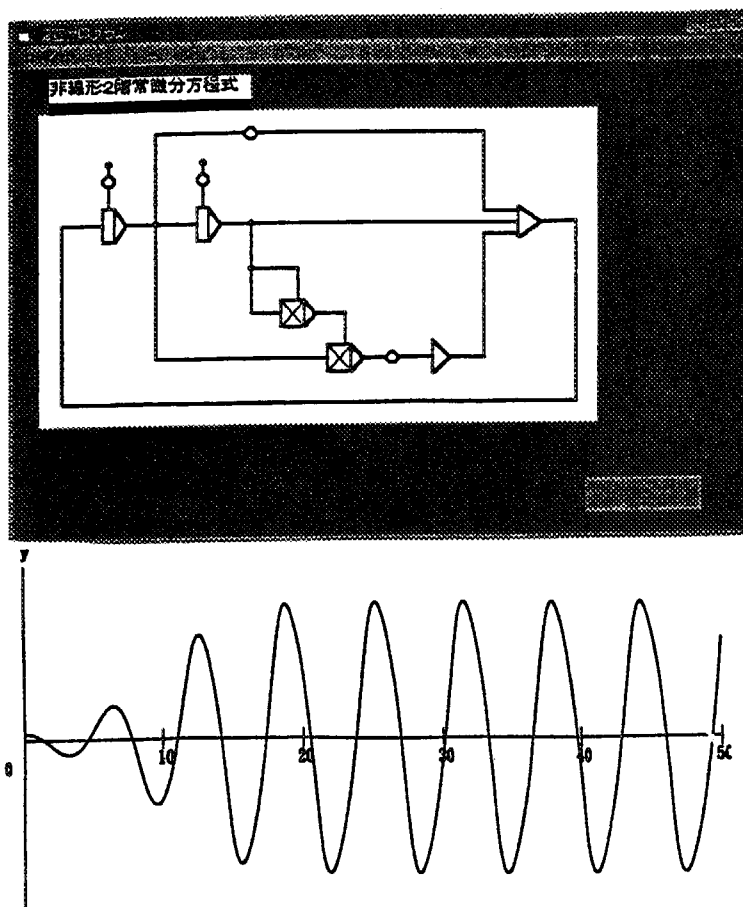


Fig. 4. 1. 1 Sample calculation circuit and data on analog computer software

4.1.2 原子炉の炉心核設計に関する研修用解析手法の確立（核設計の研修法）

原子炉の炉心核設計を対象に、その考え方や解析の方法、手順等を実炉の系に基づいて研修させる解析体系の確立に着手した。本年度は、軽水減速体系及び黒鉛減速体系についての核設計計算が可能な既存の計算プログラムを整備し、研修への対応を可能にした。具体的には、設計の考え方や解析の方法、手順等を講義で教えるとともに、燃焼計算実習(1)において実習作業に試用した。まず、教官から解析すべきケースを提示し、研修生各自にそれぞれ解析を実行させ、かつその結果を各自に整理、発表させ、最後に全体の結果の統合整理を教官が行い、その成果をまとめて全研修生に提示する形態をとった。

今回の試行は、内容がかなり設計的であり研修生には馴染みが薄かったことと、考え方もまた解析手法も比較的高度で難しいこともあって、興味を持った若干の研修生はあったものの、大多数の研修生には十分な理解が得られなかったのではないかとと思われる。しかし、本研修手段は、原子炉を深く理解させるには必要なものであると考える。

今後は、設計に関わる具体的テーマを設定し、研修生に本手段を用いて解析計画の立案及びその実行を行わせ、さらにその結果の体系的な整理と発表を行わせることにより、原子炉を総合的に理解させることができると考えている。

(新藤)

4.2 研究開発

4.2.1 電子線照射による薄膜リチウム電池用高分子電解質

放射線高分子プロセスコース(2.1.3参照)では、低エネルギー電子線を応用するための基本技術の習熟を目的として、高崎研究所において実施された研究開発の成果に基づく高分子加工の実習を行っている。さらに、以下に述べる最近の研究成果¹⁾もユニークな電子線加工例として、今後実習に取入れる方針で検討を進めている。

(1) 研究の背景と目的

携帯用電子機器の発達などにより電源として使用する電池の小型化、薄膜化が望まれている。このような要求に応えるため、リチウムイオン伝導性高分子固体電解質を電池に応用するための研究開発が盛んに行われている。一方、ポリエチレンオキド(PEO)などを使用した高分子固体電解質のイオン伝導度は電池として応用するには低いために、有機溶剤を含むゲル状電解質としてイオン伝導度を向上させる研究が進められるようになった。ここでは、電子線照射により、イオン伝導度の高いゲル電解質の調整及び電池への可能性を探索した。

(2) 実験方法

ポリエーテル以外のイオンと相溶性のある高分子として、ポリビニルブチラール、ポリ4-ビニルピリジン、ポリビニリデンフルオライド、ポリメチルビニルエーテル(PMVE)を使用した。これらのポリマーをリチウム塩とともに脱水処理したプロピレンカーボネート(PC)に溶解し、水分の混入を防ぐためラミネートフィルムに密封したシート状で照射に供した。照射は、照射幅60cmの自己遮蔽型電子加速器を用い、加速電圧300kV、電流30または60mA、窒素雰囲気下でコンベアの往復によって行った。

(3) 結果

まず、上記の4種類のリチウム塩(LiCF₃SO₄) /ポリマー/PCを電子線照射したときの架橋(ゲル化)の可能性を調べた。200kGyまでの照射でゲル化したのは、PMVE系のみであった。このときのPMVEの硬化線量は160kGyであったが、少量の1,6-ヘキサジオールジアクリレートを追加することにより、硬化線量は60kGyに低下した。PMVE系についてPC量を変化して照射した結果、PCが80%まで硬化膜が得られることが分かった。また、PMVE系電解質の25℃におけるイオン伝導度はPC量の増大とともに増大した(Fig. 4.2.1)。特に、LiClO₄を用いた系では、イオン伝導度が10⁻³S/cmに達した。この程度の高イオン伝導度を示す高分子電解質は電池として応用可能である。この硬化膜の荷重に対する強度(Fig. 4.2.2)はPEOのそれより大きく、電池構成材として適切であると判断された。さらに、高分子電解質にMnO₂及びカーボンを混入した複合電極も電子線照射で容易、かつ短時間で調製できることを確認した。複合電極/PMVE系電解質/Li箔で1×1cmの電池を構成し、0.1及び0.01A/cm²で放電テストを行ったときのMnO₂の利用効率はそれぞれ83%、97%の高い値を示した。

(佐々木)

[参考文献]

- 1) Nodo, T., Inoue, S., Sasaki, T. and Ishigaki, I.: "Solid Polymer Electrolytes for Thin Film Lithium Battery Prepared by Electron Beam Irradiation", Proc. RadTech Asia '97, Nov. 4-7, 1997, Yokohama(1997).

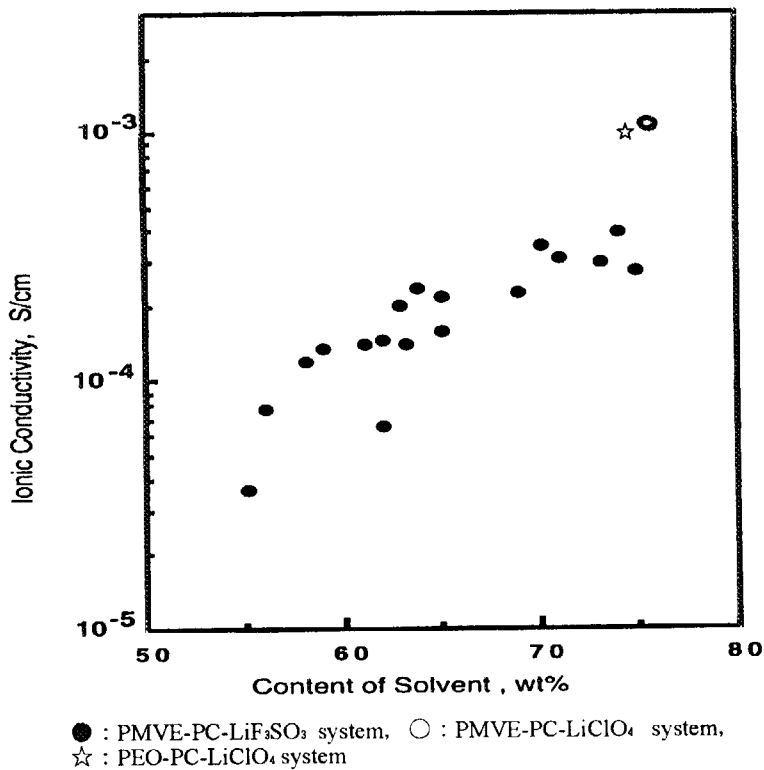


Fig. 4. 2. 1 Ionic conductivity of gel slectrolytes

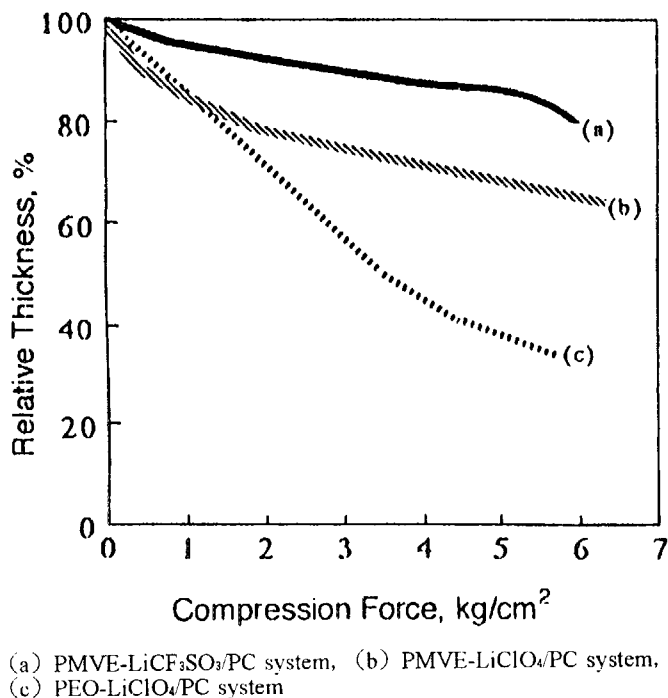


Fig. 4. 2. 2 Changes in compression resistance

4.2.2 TCAにおける炉物理教育研修

(1) TCAの概要と研修施設としての特徴

TCA¹⁾は、軽水炉の炉物理研究を目的として、昭和37年（1962年）に設置された棒状燃料軽水減速型臨界実験装置である（Photo. 4.2.1参照）。この装置は、直径1.8m ×高さ2mの炉心タンク内に軽水炉型の燃料棒を上・下の格子板によって鉛直に保持し、減速材及び反射材の軽水をタンク下部から供給して炉心を構成している（Fig. 4.2.3参照）。

原子炉の制御は、炉水位の調整によって行うため、柔軟性に富んだ炉物理研修に適した次のような実験が可能である。

- ①炉心の形状は、燃料の配置と水レベルの調整で容易に変えられるので、未臨界炉心から臨界炉心までの実験を幅広く行える。
- ②制御棒を用いない炉心であるので炉心構成が均一であり、形状バックリング等の炉物理特性を臨界炉心から正確に求めることができる。また、中性子束分布、出力分布等も基本的な分布が得られ、炉物理特性との対比が可能である。
- ③軽水型発電炉と同じ炉心特性があるので、実炉に関連する種々の実験が可能である。

(2) 研修実験の主な項目

TCAを用いる炉物理研修実験は平成7年度から開始した。平成7年度～9年度の研修実績をTable 4.2.1に示す。研修はコースによって実験項目と実験単位が異なる。実験項目は、コースの時間的な余裕、コースの目的と内容によって決めるが、基本的には次の3項目が主体となる。

i) 臨界近接実験

最も簡単な実験は、臨界が可能な燃料配置で水レベルを上げていく形式で、半日コースである。中性子増倍係数が1に近づくことによる効果が中心で初級コース向けである。

時間に余裕があり、コース内容も高度な場合は、未臨界炉心での指数実験を併用する。この場合は、炉心形状とバックリングの関係等に重点を置き、理論を中心とする上級コース向けである。

ii) 中性子束分布、出力分布測定

基本モードでの中性子束分布、出力分布測定から、燃料を水に置き換えた場合の分布等、他の実験の検討を目的とすることも可能である。

iii) 反応度測定

水位を変化させて増倍時間から反応度を測定することと安全板を落下させドロップ法で負の反応度を測るのが基本コースである。

上級コース向けとして、燃料を水に置き換えた場合の反応度特性、炉心とボイド反応度の関係、吸収体反応度値の垂直分布、一過性のボイドが炉心を通過する間の原子炉動特性等の測定実験が可能である。

(3) 研修生と研修実験の内容

東海研修センターは、原子力に関する種々の研修コースを運営している。原子炉に関する研修は、研修期間と研修内容で、上級・中級・入門コースに分け、TCAはどのコースにも利用して

いる。研修目的は、コースによって様々であり、TCA の研修実験もコースに合わせて実験の時間、内容及び方法を変えて次のように実施している。

i) 入門コース（一般・PA の研修生を対象）

原子炉の見学のような外側からでなく、理論に立ち入って理解したいと考えて参加を希望してくる人が多い。臨界近接実験を主体にして、核分裂連鎖反応のサイクルが成立していくメカニズムとその制御が理解できるよう、テキストと実験が組まれる。

ii) 中級コース（初級の原子力技術者クラスを対象）

原子炉の実務についているが、原子炉の理論についても理解したいと考えて参加してくる人が多い。中性子の増倍・臨界形状の測定等から拡散理論を、反応度の測定から動特性理論を、中性子束分布測定から炉心特性を理解できるよう、テキストと実験が組まれる。

iii) 上級コース（中級の原子力技術者クラスを対象）

原子炉についてはほとんど理解しているが、さらに理論を総合的に身につけたいと考えて参加してくる人が多い（原子炉主任技術者をほとんど全員が目指している）。このコースでは、基本としての3項目に1週間をかけ、実験項目の選択に自主性を与えて、研修生が積極的に実験に取り組めるよう配慮している。

コースの目的、人員構成、内容、期間等に適合するように実験を設定し、テキストもこれに合わせて内容を吟味している。

高等学校の物理系教師を主対象とする原子力実験セミナー（2.3.3 参照）にも炉物理コースがあり、TCA が活用されている。このコースでは、核分裂連鎖反応を成立させていく過程を自らの実験として体験できるので、参加者に与える感動は大きい。

TCA を用いた研修技術を開発するために、日本原子力発電(株)総合研修センターの研修生を対象として、高卒技術者のための A コースと大卒技術者のための B コースに、臨界近接実験を中心とする半日コースを実験的に実施している。限られた時間ではあるが、日頃原子炉の近くに勤務しているだけに生きた原子炉に触れる機会として強いインパクトを与えているようである。

東京工業大学の大学院生が夏期に TCA を利用する炉物理実験コースがあり、この内容は上級コースに相当している。研修センターのコースと異なるのは、コースの設定、内容、テキスト、実験講義等が大学主導であり、TCA 及び東海研修センターは、現場での実験、運転に主導性を持つというように実験指導を各々分担していることである。

(4) TCA 研修実験の将来

TCA を教育目的に利用するための炉設置変更は、平成7年3月に許可されたが、その一方で、行政改革の波による TCA の整理案も出されていた。平成10年3月に今後も研究炉 JRR-4 における実習と平行して炉物理研修に使用することが決定し、ようやく今後の見通しが得られるようになった。

TCA のような臨界集合体の研修は、研究炉の研修と性格が異なり、研究炉が実習を中心に展開するのに対し、TCA は理論分野を中心に展開しているといえる（Fig. 4.2.4参照）。この分野

での研修は、まだ日が浅く、潜在的能力を開発できる要素は大きい。

なお、原子力学会「1998春の年会」において、本報告の一部を発表した。²⁾

(堀木)

[参考文献]

1) 日本原子力研究所編：“TCA 軽水臨界実験装置 Tank-type critical assembly”，(1962)。

2) 堀木，須崎，野村：“TCA における炉物理教育研修”，原子力学会「1998春の年会」，要旨集第1分冊D17，155（1998）。

Table 4. 2. 1 Summary of TCA training course

Course name (Organization)	Participant	1995		1996		1997		Content
		Number of participant (Groups)	Date (Training interval)	Number of participant (Groups)	Date (Training interval)	Number of participant (Groups)	Date (Training interval)	
Seminar on critical safety (Nuclear Safety Research Association)	Nuclear engineer	28(2)	May (1)	—	—	—	—	Critical approach
Training course in nuclear technology (JICA)	Nuclear engineer of under developing countries	3	May ~ June (4)	3	May (4)	3	May (5)	Critical approach Shut down margin Neutron flux measurement
Nuclear basic course (JAPCO)	Nuclear engineer	13(2)	August (1)	32(2)	July (1) August (1)	10(2) 16(2)	August (1) August (1)	Critical approach
Educational reactor physics experiment (Tokyo Institute of Technology)	Student on master course	14	August (4)	13	August (4)	12	August (5)	Critical approach Shut down margin Neutron flux measurement Reactivity measurement
General course on nuclear technology (NuTEC)	Nuclear engineer	17(3)	July (15)	22(3)	July (15)	25(6)	July (15)	Critical approach Shut down margin Neutron flux measurement Reactivity measurement
Reactor engineering course (NuTEC)	Nuclear engineer and local government staff	—	—	19(3)	November (6)	11(4)	November (4)	Critical approach Shut down margin Neutron flux measurement Reactivity measurement
Open course on nuclear energy for high school teacher (NuTEC)	High school teacher	10(2)	March (2)	15(2)	February (2)	20(2)	February (2)	Critical approach Shut down margin
Total	—	Persons 85	Days 27	Persons 104	Days 33	Persons 97	Days 33	—

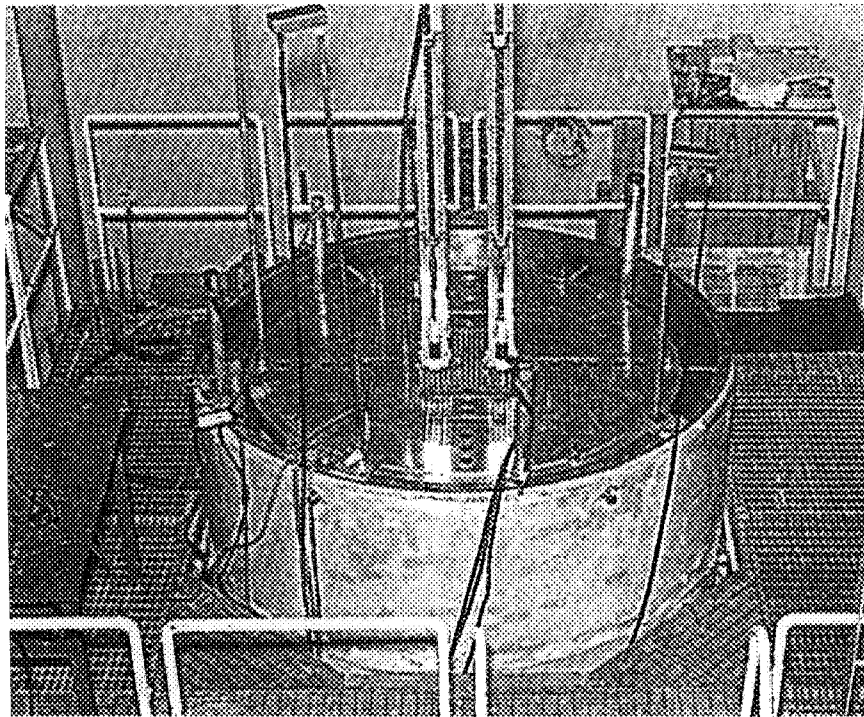


Photo. 4. 2. 1 General view of TCA

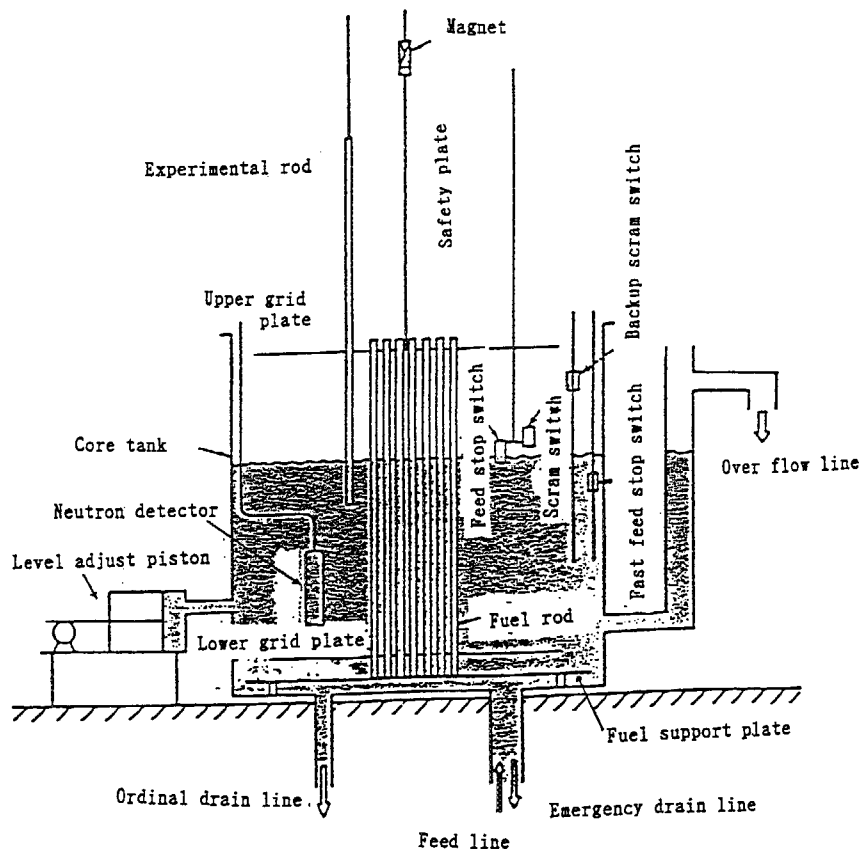


Fig. 4. 2. 3 TCA reactor system

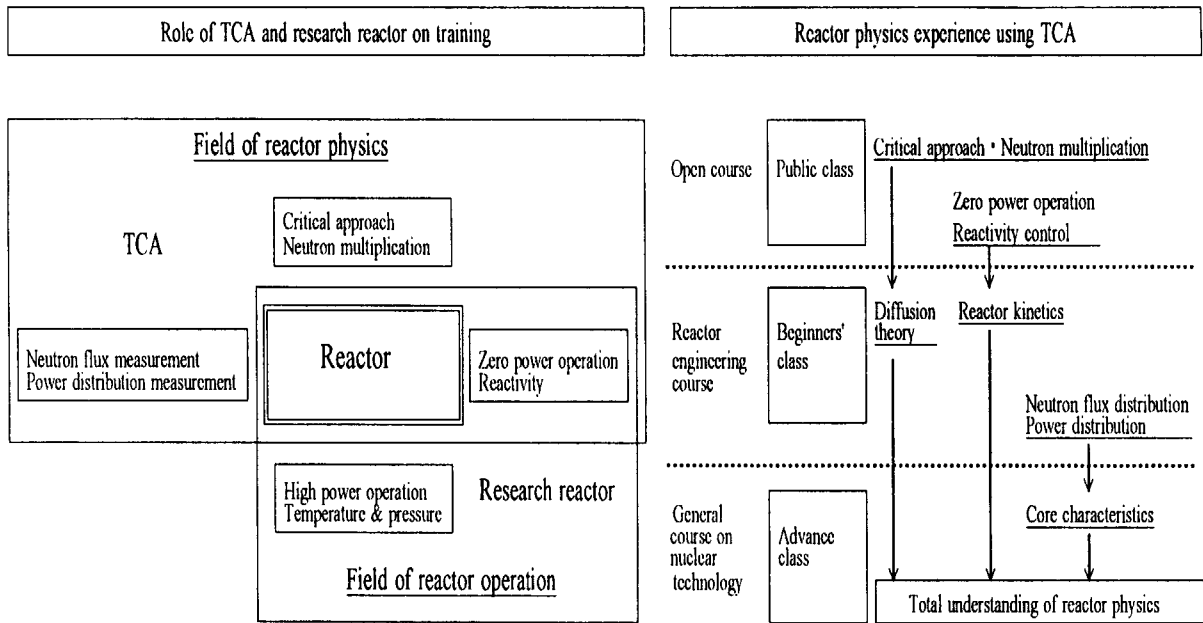


Fig. 4. 2. 4 Roll of TCA and training contents

4.2.3 チェルノブイリ被曝データに対する線量分布モデル

不慮の出来事で、十分な線量測定が行えない場合、利用可能なデータから線量を推定しなければならない。チェルノブイリ事故における作業員及び一般の人々が受けた線量はこの場合に相当する。被曝集団に対し集団線量あるいは個人への平均線量を推定するだけでなく、個々人が受ける線量の統計分布を推定することも重要である。そこで、チェルノブイリ事故に関する被曝統計データを基にして適用可能な線量分布モデルの検討を行った。

平常時に作業員が受ける線量の分布は、国連科学委員会報告（1977）及び ICRP Publ. 26（1977）が示すように対数正規分布（線量の対数が正規分布）、また、被曝規制が働くと国連科学委員会報告（1982、1993）が示すように混成対数正規分布（基準化線量とその対数の和が正規分布）になることが多い。後者は「線量限度の影響を考慮し対数正規分布から導いた確率分布で、低線量域で対数正規分布、高線量域で正規分布となるハイブリッド分布」である¹⁾。これらの確率分布が緊急時における作業員及び公衆の線量分布モデルとして適用可能か否かを下記に示す。

クリュチコフらは上記の国連科学委員会報告等を引用して、事故処理作業員グループごとの線量分布を調べ、対数正規分布及び混成対数正規分布が適用できるのは10グループ中半々であったと報告している²⁾。そこで、公表データを用いて事故処理作業員の線量分布（1986-1990年）を調べ Fig. 4.2.5-1に示す結果を得た³⁾。図で、縦軸は被曝がある線量以下となる累積百分率に相当する正規変数の目盛を表す。横軸は線量 x をとり、左側が対数目盛、中央が $\ln \rho x + \rho x$ の値（混成目盛）、右側が線形目盛である。プロット点が直線でフィットできるとき、線量分布は左図から順に対数正規分布、混成対数正規分布及び正規分布になることを示す。図から、直線性は中央の図が一番良い（左右の図の実線は中央の直線フィットに相当する曲線を示す）。これより、事故処理作業員の線量は混成対数正規分布の特性を示すことが確かめられた。

公衆の線量分布では、よく対数正規分布が適用されるが、混成対数正規分布も含めてチェルノブイリ事故に伴う公衆の甲状腺線量分布を調べると Fig. 4.2.5-2に示す結果が得られた⁴⁾。図は北半球全体及びベラルーシ高汚染地域における小児（7歳以下）の甲状腺線量分布を鳥瞰できるように対数正規プロットで示してある。北半球の国民平均甲状腺線量（成人:△、乳児:◇）及び放射線作業員の甲状腺線量（●）のデータは国連科学委員会報告（1988）からのものである。いずれも下に凸の曲線プロットとなり、それぞれ混成対数正規フィットの実線でよく適合できることが知られる。高汚染地域のデータで Mogilev と Gomel は Ilyin（1991）が仏原子力学会で発表したもの、Bragin は IAEA Project（1991）からのもので、Mogilev は対数正規フィット、残りは混成対数正規フィットがよく適合することが知られる。

以上から、緊急時における作業員の線量分布及び一般環境中の個人線量分布は、対数正規分布か混成対数正規分布で当てはめられると結論される。ただ、混成対数正規分布に当てはまる場合は、高い線量の頻度が低減する何らかのメカニズムがあるはずで、この点の解明は現在のところ不明である。これには詳細なデータを有する旧ソ連の専門家などとの共同調査が必要である。

（熊澤）

〔参考文献〕

- 1) Kumazawa, S. and Numakunai, T.: "A new theoretical analysis of occupational dose

- distributions indicating the effect of dose limits” , Health Phys. , 41, 465-475(1981).
- 2) Kruchkov, V. P., Nosofsky, A. V. (eds.): “Retrospective dosimetry of participants in the recent accident of Chernobyl” , SEDA-STIE, Kiev, 84-97(1996).
 - 3) 熊澤 蕃: “チェルノブイリ事故のリクイデータ被曝に関する線量分布モデルについて” , チェルノブイリ事故疫学調査、疫学関係専門家会議議事録、東京、(財)放影協、147-148(1997).
 - 4) 熊澤 蕃: “小児甲状腺線量とリクイデータ線量の統計に関する2, 3の例について” , チェルノブイリ事故疫学調査、疫学関係専門家会議議事録、東京、(財)放影協、27-28(1998).

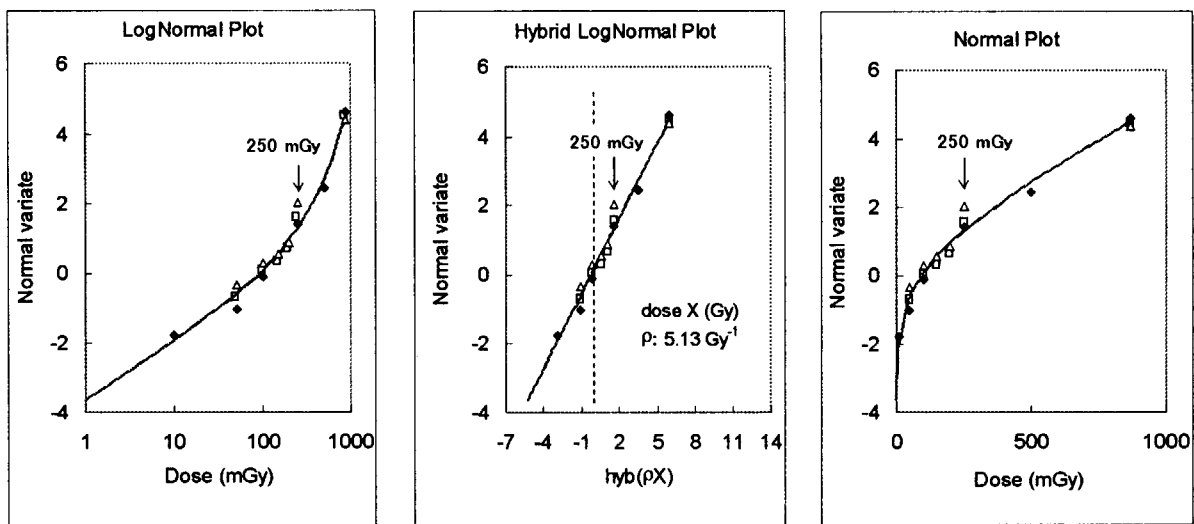


Fig. 4. 2. 5-1 Distribution of doses (1986-1990) to liquidators of Chernobyl accident. Left panel : log probability plot, middle panel : hybrid probability plot, right panel : probability plot. ◆ : (IAEA Project, 1991), □ : (Tsyb & Ivanov, 1991), △ : (Ivanov, 1991). Solid lines show fits by the hybrid lognormal model.

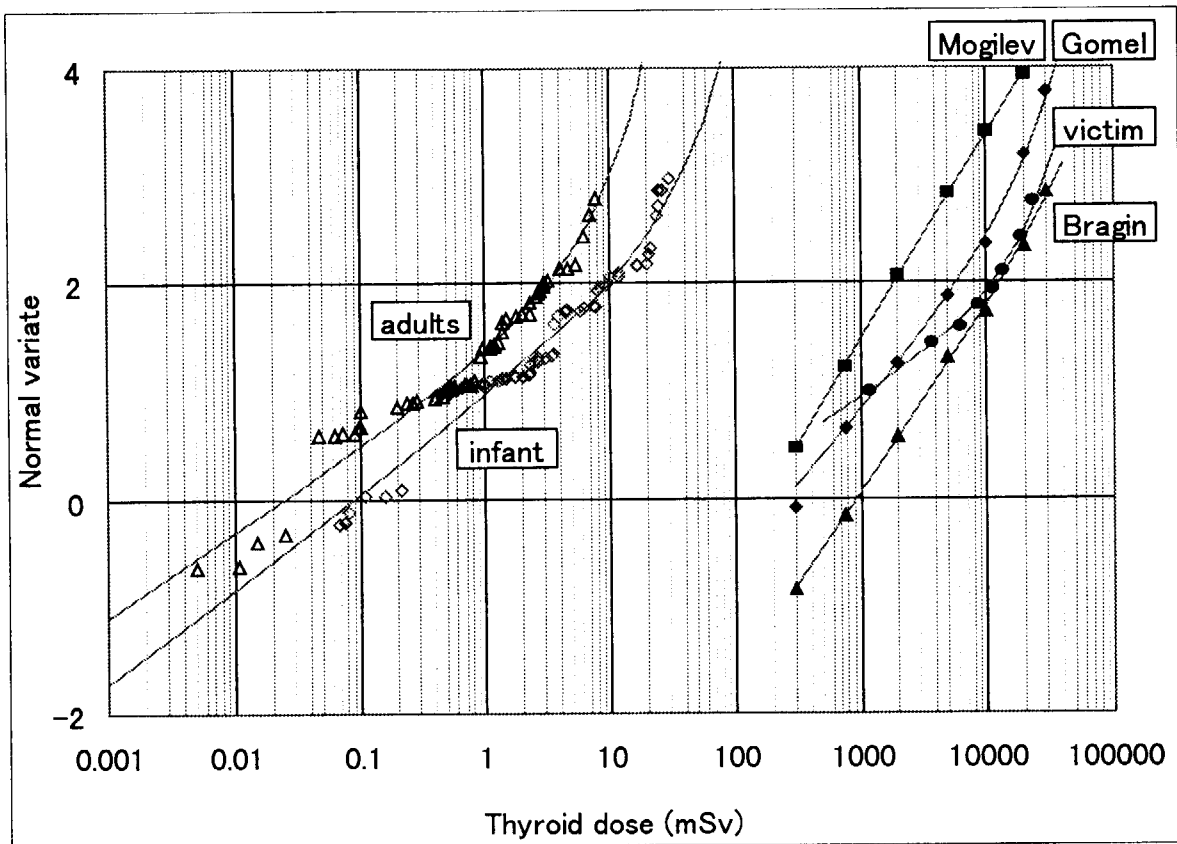


Fig. 4. 2. 5-2 Log probability plot of thyroid doses from the Chernobyl accident. National averages among nations in the northern hemisphere (Δ : adults, \diamond : infant), victim (\bullet), children less than 7 years old in Belarus (Mogilev: \blacksquare , Gomel: \blacklozenge , Bragin: \blacktriangle). Solid lines show hybrid lognormal fits (Mogilev: lognormal).

4. 2. 4 電離放射線に関する線量-反応関係モデル

放射線被曝に伴う影響評価を行う場合、線量と反応（影響）の関係を定める必要がある。特に、低線量域（100mGy 以下）における線量-反応関係は、実測データが取得困難なため、それが可能な高線量域から外挿する必要がある。従来、このため直線-2次式（L-Q）モデルが広く使われている。このモデルはデータに適合する場合が多いものの、そうでない場合も多い。

L-Q モデルは線量 D と反応 I の関係を $I = \alpha D + \beta D^2$ と表す。数学上、これは反応 $f(D)$ に関する2次項までのベキ級数展開である。また、放射線生物学上、L-Q モデルは線量の1次項と2次項がそれぞれ DNA の一重鎖切断と二重鎖切断の起こる程度を表すと解釈される。しかし、損傷を受けた細胞の修復、アポトーシスによる健全な細胞との入れ替え、さらに発癌を抑制する多段階過程などのあることが知られている。このような複雑な現象をリスク評価の立場から簡潔に記述するにはL-Q モデル以外に別のアプローチが必要になる。

本研究は、上記の複雑な現象をその相乗的効果（比例効果）と相加的効果の成分の和として定式化可能、と仮定する。このために必要な数学的基礎として、対数項と線形項からなるハイブリッド関数 $\text{hyb } \rho x = \ln \rho x + \rho x$, ($\rho > 0$) 及び逆関数 $\text{hyb}^{-1}(x)$ を導入する。この関数を用い

て、線量-反応関係を一元的にモデル化する（ハイブリッドスケールモデル、略称 HS モデルと呼ぶ）。

まず、癌等の線量-反応関係は線量が高くなると細胞死の影響を受ける。したがって、線量-反応関係を、細胞生存率 $S(D)$ 及び生残細胞当たりの線量-反応関係 $F(D)$ に分解し、再びそれらを合成し、反応 $I(D)=F(D)S(D)$ として求める。 $S(D)=1$ のとき、 $I(D)=F(D)$ である。さらに、自然発生率（電離放射線以外の成分） C を考慮する場合、反応 $I(D)=(C+F(D))S(D)$ と考える。このとき、ハイブリッドスケールモデルは次のように与えられる。

第1に、線量 D と細胞生存率 S の関係は $\text{hyb } \rho S = \delta - \lambda D$, ($\rho, \lambda > 0$, $\delta = \text{hyb } \rho$)…(1) とモデル化する^{1,2)}。この微分表現は $dS/dD = -\lambda S/(1+\rho S)$ で $S(D) = \text{hyb}^{-1}(\delta - \lambda D)/\rho$ である。このモデルは不活性化定数 λ が大きいほど細胞死は増加、また、不活性化抑制係数 ρ が大きいほど細胞死は抑制されると考える。他方、L-Q モデルは $\ln S = -\alpha' D - \beta' D^2$ と表現される。

第2に、線量 D と癌等の発生率（反応） I の関係は $\ln S = \alpha + \beta \text{hyb } \tau D$, ($\beta, \tau > 0$)…(2) とモデル化する²⁾。この微分表現形は $dI/d \ln I = (1/\beta)D/(1+\tau D)$ である。このモデルは β^{-1} が大きいほど単位比率反応を高めるのに必要な線量が増加する（したがって、低線量域では低発生率に保たれる）一方、線量の逆数の単位を持つ τ が大きいほど必要線量は頭打ちになると考える。これに対し、L-Q モデルでは $I = \alpha D + \beta D^2$ と表現される。

第3に、細胞死を考慮した線量-反応関係は、 $\ln I(D) = \ln F(D) + \ln S(D)$ から第1、第2を参考に $\ln I = \alpha + \beta \text{hyb } \tau D + \ln S$ …(3) とモデル化する²⁾。このモデルを用いると、線量-反応関係を決めるのに細胞死のあるデータも利用できる。

第4に、自然発生率 C を含む線量 D と反応 I の関係は $I = [C + \exp\{\alpha + \beta \text{hyb } \tau D\}]S(D)$ …(4) とモデル化する²⁾。このモデルは低線量域で自然発生率と有意差のないデータも利用できる利点がある。L-Q モデルでは、 $I = (C + \alpha D + \beta D^2)\exp\{-\alpha' D - \beta' D^2\}$ と表現される。

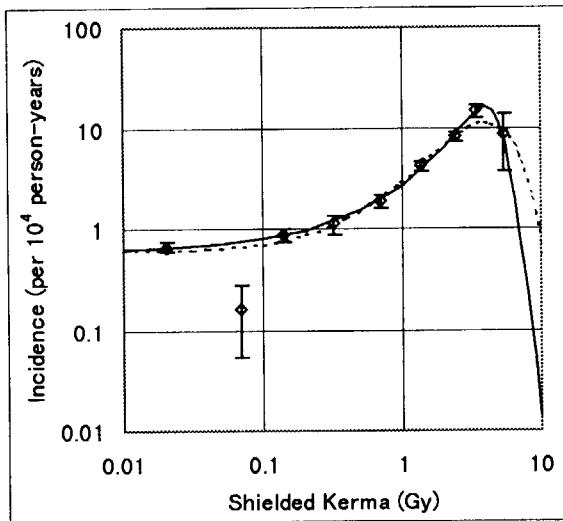
原爆被爆者の白血病死亡に関する発生率データ³⁾に対して、第4のモデルを適用した結果を Fig. 4.2.6-1の図(a)に示す。ただし、2番目に小さい線量プロット点は他のデータと傾向が異なるためモデル当てはめから除外した。図(a)から、全体的に L-Q モデル、HS モデルともデータへの当てはまり具合は悪くない。

上記の当てはめ結果から自然発生率 C の寄与を除去し、過剰発生率を求めると Fig. 4.2.6-1の図(b)になる。これから、HS モデルは、低線量域への外挿を行う場合、L-Q モデルと違いが大きくなる。そこで、両モデルの違いをさらに調べるため、線量-反応関係を $F(D)$ 及び $S(D)$ の成分に分解した。Fig. 4.2.6-2は L-Q モデルによる分解結果を示す。このモデルは、理論的に $\alpha, \beta, \alpha', \beta' \geq 0$ のところ、指数項パラメータ $\alpha' < 0$ となるため、これをゼロとおいて図(a)に $S(D)$ を示した。 $S(D)$ のデータ点は実線で示す L-Q モデルから外れることが多い。また、図(b)に示す $F(D)$ のデータ点は実線で示す L-Q モデルによく乗っているが、低線量域ではだんだんと外れていくことが分かる。Fig. 4.2.6-3は HS モデルによる分解結果を示す。図(a)に示す $S(D)$ は縦軸が ρ 倍生存率のハイブリッドスケール、また、図(b)に示す $F(D)$ は横軸が τ 倍線量のハイブリッドスケールであり、両図とも実線で示した直線がデータ点によく乗っていることが知られる。このように本モデルは、ハイブリッドスケールを用いることにより各分解成分が直線で表されるため、等分散性を保証した推定が可能である。

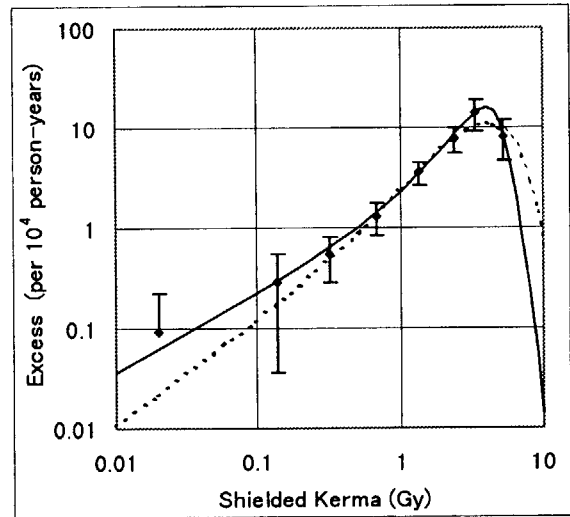
以上から、ハイブリッドスケールモデルはこのデータに対して有効であることが知られた。
 (熊澤)

[参考文献]

- 1) Kumazawa, S.: "A hybrid-scale theory to be applied in health risk assessment", Proc. Int. Workshop on Comparative Evaluation of Health Effects of Environmental Toxicants Derived from Advanced Technologies, January 28-30, 1998, Chiba, held by NIRS, C-3 (1998).
- 2) 熊澤 蕃: "低線量域への外挿のための線量-反応モデル", 原子力学会「1998春の年会」, 要旨集第I分冊 C38、128 (1998) .
- 3) Shimizu, S., et al. : Lifespan study report11, RERF TR 12-87(1987).

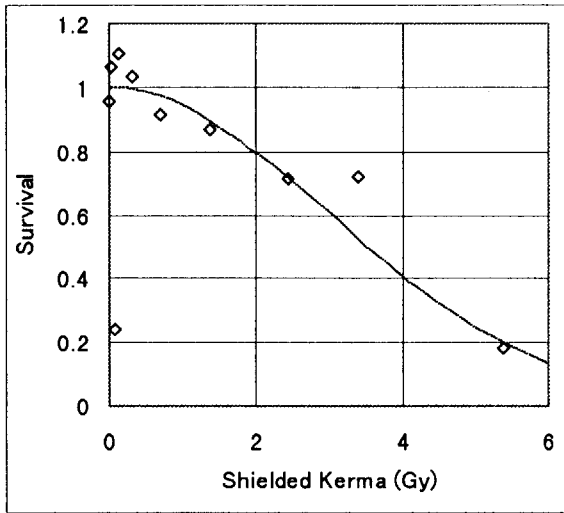


(a) Including spontaneous incidence

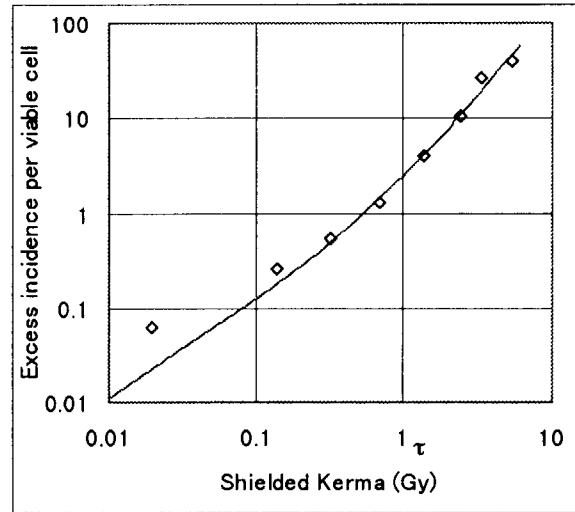


(b) Excess incidence based on left panel

Fig. 4. 2. 6-1 HS model (solid line) and L-Q model (dotted line) fitted to A-bomb leukemia mortality data⁴⁾, where the second smallest data was excluded from the fit.

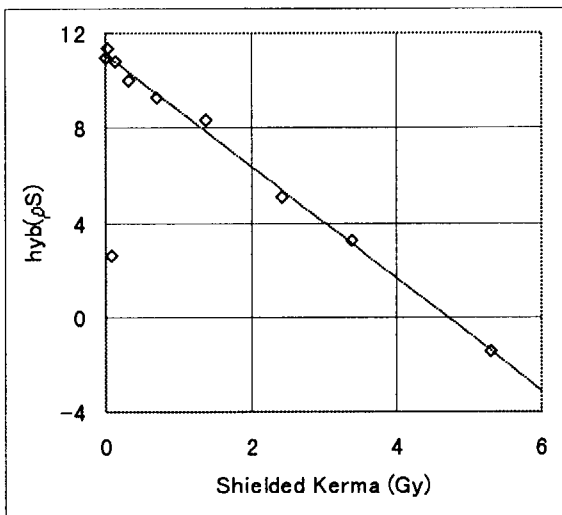


(a) S(D) decomposed by L-Q model

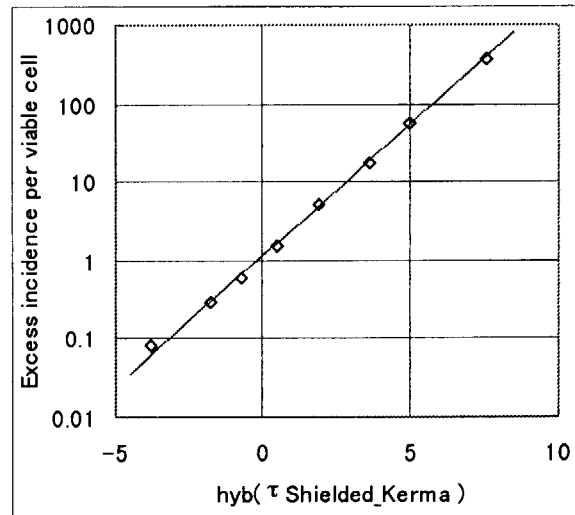


(b) F(D) decomposed by L-Q model

Fig. 4. 2. 6-2 F(D) and S(D) decomposed from A-bomb leukemia mortality data ⁴⁾ by L-Q model. Solid lines show the L-Q model fitted to the L-Q decomposed data (\diamond).



(a) S(D) decomposed by HS model



(b) F(D) decomposed by HS model

Fig. 4. 2. 6-3 F(D) and S(D) decomposed from A-bomb leukemia mortality data ⁴⁾ by HS model. Solid lines show the HS model fitted to the HS decomposed data (\diamond).

4.3 その他

4.3.1 食品介入基準についての一考察

飲料水、牛乳及び野菜などの飲食物が万一の原子力発電所等の事故によって汚染された場合に、災害対策本部等がどの放射性物質濃度で飲食物の摂取制限の措置をとるか検討を開始する目安は、飲食物の摂取制限に関する指標と呼ばれている。飲食物摂取制限指標の検討に参加する機会を得たので、その要点を紹介する。

この指標を導く基礎となる線量介入レベルは、次の二つの考え方に基づいている。

- ①防護措置を実施することによって免れる線量（ICRP 勧告で回避線量と呼ばれている）が、リスクも含めた放射線影響の観点から措置を検討すべき大きさに達している。
- ②放射線被曝の健康影響及び措置の費用と社会・経済的影響を総合的に見て、被曝を合理的に実行可能な限り低いレベルに抑えることができるようにする（最適化）。

上記事項を勘案して、線量介入レベルは、実効線量で1年間5mSv、放射性ヨウ素による甲状腺の被曝等価線量は50mSv に選ばれた。

線量介入レベルから飲食物の放射性核種濃度を誘導する際に用いる飲食物の種類と摂取量は日本の食生活の実態を考慮して決められた。

今回は、①従来から指針に定められていた放射性ヨウ素に加え、②旧ソ連チェルノブイリ原子力発電所事故の経験から放射性セシウム、及び③再処理施設を考慮しての α 線放出核種（ α 核種）、について検討された。

(1) 放射性ヨウ素

これまでは、ICRP（Publication 9, 1966年）の考え方を参考に、乳児の甲状腺線量当量15mSv（年間線量）を基礎として飲食物摂取制限に関する指標が定められていたが、その後のICRP 勧告を踏まえ、甲状腺（等価）線量50mSv（年間線量）を基礎として、飲料水、牛乳・乳製品及び野菜類（根菜、芋類を除く）の三つの食品カテゴリーについて指標を策定した。なお、三つの食品カテゴリー以外の穀類、肉等を除いたのは、放射性ヨウ素は半減期が短く、これらの食品においては、食品中への蓄積や人体への移行の程度が小さいからである。

三つの食品カテゴリーに関する摂取制限指標を算定するに当たっては、まず、これら3食品カテゴリー以外の食品の摂取を考慮して、50mSv/年の2/3に基づき、これを三つの食品カテゴリーに均等に割り当てた。そこで、原子力事故の際放出されると予想される放射性ヨウ素の典型的な核種組成を用い、混合核種の代表核種を ^{131}I とし、混合核種中の代表核種の食品中濃度（Bq/kg）で摂取制限指標を表した。

(2) 放射性セシウム

放射性セシウム及び放射性ストロンチウムについても飲食物摂取制限の指標導入の必要性が認識されたので、全食品を飲料水、牛乳・乳製品、野菜類、穀類及び肉・卵・魚・その他の五つのカテゴリーに分けて指標を算定した。

指標を算定するに当たっては、セシウム（ ^{134}Cs 及び ^{137}Cs ）の環境への放出には、通例スト

ロンチウム (^{89}Sr 及び ^{90}Sr) が伴うことから、これまで経験されたフォールアウトの核種組成から ^{137}Cs に対する ^{90}Sr の放射能比を0.1と仮定し、これらの放射性セシウム及び放射性ストロンチウムによる寄与の合計線量を1年間に5mSv の実効線量になるとして指標を算定した。その指標は、放射能分析の迅速性を考慮して、単位食品重量当たりの ^{134}Cs 及び ^{137}Cs 放射能の合計値 (Bq/kg) で表した。具体的には、1年間についての実効線量5mSv を各食品カテゴリーに1/5ずつ均等に割り当て、さらに日本におけるこれら食品の摂取量及び放射性ストロンチウムの寄与を含めて、各食品カテゴリーごと ^{134}Cs 及び ^{137}Cs についての摂取制限指標を算出した。

(3) プルトニウム及び超ウラン元素の α 核種について

再処理施設の防災対策をより実効性あるものとするため、IAEA の BSS (電離放射線に対する防護及び放射線源の安全に関する国際基本安全基準、1996年) に記載されている α 核種 (アメリカシウム、プルトニウム) 等について日本の食生活等を考慮して指標を定めるという方針が打ち出されていた。

指標を算出するに当たっては、1年間に受ける実効線量5mSv を基に、全食品を飲料水、牛乳・乳製品、野菜類、穀類及び肉・卵・魚・その他の五つのカテゴリーに分けた。

また、多種類の α 核種が共存して放出される可能性があるため、核種ごとに指標を作成することはせず、原子力施設に関連した放射線防護の観点から重要な α 核種の放射能の合計値で指標を表すものとした。そして、これら α 核種が全食品に含まれて、1年間の実効線量5mSv に相当すると仮定し、さらに日本における食品の摂取量を考慮して、各食品カテゴリー毎に飲食物摂取制限に関する指標 (Bq/kg) を算出した。

今回の検討から提案された飲食物摂取制限指標及び現行の指標を Table 4.3.1 に示す。

(須賀)

Table 4.3.1 Proposed and current guidance levels of control on ingestion of food and water

I. Proposed guidance levels

(1) Radio-iodines (typical nuclide of composite radionuclides : ^{131}I)

Reference level : Thyroid equivalent dose of 50mSv in a year		<ul style="list-style-type: none"> • Two thirds of 50mSv are assigned three food categories and the rest is reserved. • $50\text{mSv} \times 2/3 \times 1/3$ is assigned to each of three food categories.
(Bq/kg)	Drinking water	300
	Milk and milk product	
	Vegetables (excluding root vegetables and tubers)	2000

(2) Caesium radionuclides

Reference level : Effective dose of 5 mSv in a year		<ul style="list-style-type: none"> • To 5mSv, a contribution by strontium radionuclides in mixture is included, assuming that an activity ratio of $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ equals to 0.1. • One fifth of 5mSv is assigned to each of five food categories.
(Bq/kg)	Drinking water	200
	Milk and milk product	
	Vegetables	500
	Cereals	
	Meat, eggs, fish etc.	

(3) Alpha emitters of plutonium and transuranium elements (Note 2)

Reference level : Effective dose of 5 mSv in a year		<ul style="list-style-type: none"> • To be applied to the sum of radioactivity concentration of alpha emitters of such elements as plutonium and americium. (Note 1)
(Bq/kg)	Drinking water	1
	Milk and milk product	
	Vegetables	10
	Cereals	
	Meat, eggs, fish etc.	

Note 1 : To be applied to the sum of radioactivity concentrations of ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{242}Pu , ^{241}Am , ^{242}Cm , ^{243}Cm and ^{244}Cm .

Note 2 : A guidance level of 1Bq/kg is applied to foodstuffs commercially intended for feeding of infants, provided that this level is applied to the reconstituted form as ready for consumption.

II. Standard level of control on ingestion of food and water in the current guideline

(1) Radio-iodine (^{131}I)

Items	<ul style="list-style-type: none"> • One third of 15mSv is assigned to each of three items
Drinking water	$1 \times 10^2 \text{Bq/l} \sim$
Vegetables	$6 \times 10^3 \text{Bq/kg} \sim$
Milk	$2 \times 10^2 \text{Bq/l} \sim$

4.3.2 フランス、ドイツ及びスイスにおける原子力研修の現状

(1) 調査の目的並びに結論

当センターにおける今後の原子力技術の研修方法の改善に資するため、海外の類似の機関であるフランスの国立原子力科学研究所 (INSTN)、ドイツのアーヘン技術大学及びスイスのポール・シェラー研究所 (PSI) を訪問し、研修方法に関わる技術について情報及び意見交換を行った。

いずれの機関も、情報交換には当方が予想していたよりもはるかに前向き、かつ積極的で各機関ともに最新の研修方法に対する具体的な情報を快く提供してくれた。

しかし、3か国ともにチェルノブイリ原子炉事故以来一般国民の原子力開発に対する拒否反応が極めて強く、原子力開発そのものが従って研修方法そのものについても曲がり角にあることが明らかになった。また、これに対していかなる手立てをとるのが良いかについての具体策は立てられない状況にあるのも共通であった。

むしろ、各国の共通の課題として情報や意見の交換等の協力を進めつつ具体策を探る展開を図るのが妥当であると考えられる。

(2) 調査の主な内容と成果

i) 当センターからの提供情報

原研及び当センターの最近の活動成果を提供した。

ii) フランスの国立原子力科学研究所 (INSTN) との情報交換

パリ郊外のサクレーにある INSTN を訪問し、国際協力部副部長の Alain Gladeux 氏と情報及び意見交換を行った。

① INSTN はフランス CEA と一体で活動している。

② フランスの大学では、原子力関連の技術を全く教えない。したがって、原子力に関わる技術を身につけるためには INSTN に入るしかないとのことである。

③ サクレーにある INSTN の本部は研修の中心であり、研修全体のカリキュラムの管理運営を行っているが、研修として実際に行うのは基礎的なものの講義を中心とした内容であり、一部シュミレータを用いた実習（これについては実際に見学させてくれた。）が行われているだけである。詳細な研修はサクレー研究所の施設、カダラシュ研究所の施設、グルノーブル研究所の施設において実施している。

なお、INSTN のサクレー本部にいる専任の講師は10人以下である。

④ 研修のコースは多数あり、大学を終了した人に対する短期間のコースから high school を出た人のための長期間のものまで選べるようになっている。

⑤ 原子力の開発に関しては、スーパーフェニックス炉は中止になったものの、フェニックス炉についてはまだ明確になっていないとのことであった。

⑥ 原研からの”今後の研修方法に対する考え方”について提起した問題は世界的な共通問題であり、インターネットを通して世界に提起してはどうかとの提案があった。

iii) ドイツのアーヘン技術大学との情報交換

ユーリッヒのアーヘン技術大学内の研修施設である”Kursstatte”を訪問し、最高責任者

である W. Bieger 教授と情報及び意見交換を行った。

- ①研修におけるコースとしては、原子炉に関するものは KFA が行っており、Kursstatte では放射線防護に関わる研修のみを行っているだけである。年間30コースを行っている（但し、期間も短く、研修者も少ない。原研の保健物理／放射線防護課程の期間の長さや範囲の広さに驚いていた）。
- ②原子力開発に対しては、ドイツではチェルノブイリ原子炉事故以来、一般人も政党もすべて拒否反応が強い。そして、今後のエネルギーとしてはソーラーエネルギーの利用に向かっているとのことであった。
- ③原研からの”今後の研修方法に対する考え方”について提起した問題は極めて困難な問題であるとの認識であるとのこと。

iv) スイスのポール・シェラー研究所 (PSI) との情報交換

PSI の原子炉研修学校 (Reaktorschule PSI) を訪問し、最高責任者である P. Demarmels 教授と情報及び意見交換を行った。

- ① PSI の学校の運営は、委員会の下で運営されるシステムになっている。
- ②研修のコースとしては、主なものとして次の三つに分類されている。
 - ・ Technician Course : 原子炉の運転者のための59週のコース
 - ・ Reactor Engineer Course : 原子炉技術者のための27週のコース
 - ・ Engineering Course : 技術者養成のための13週のコース
 これらのコースは目的に応じて選択するようになっている。
- ③この学校の職員数はフルタイムは4人、パートタイムは10人だけである。
- ④原子力に対する一般人の対応は、ドイツと同様で極めて拒否反応が強いようだ。現在、原子炉は5基持っているが、今後の増設の見込みはないようである。

(新藤)

4.3.3 原研における原子力教材の開発

3月26日から28日の間、東大阪市の近畿大学で行われた日本原子力学会「1998年春の年会」において「原研における原子力教材の開発」について口頭発表を行った。¹⁾

当研修センターでは、平成2年度より科学技術庁の特別会計事業として、中学・高等学校等の教師を対象として「原子力実験セミナー」を実施してきた。受講生は47都道府県に及び、累積で約1,700名に及んでいる。そして、原子力や放射線を学習するのに学校ですぐに利用できる教材の開発について、受講者側の先生たちから要請もあり、現場の先生方にも参加を仰ぎ委員会を設けて教材の開発を行ってきた。

現在までに開発してきた教材は、実験用教材として、簡易型 GM 管式計数キット、手作り霧箱キットがある。また、ビデオ教材としては、「X 線で絵を探偵」、「原子の崩壊で年代を測る」など9種類、CAI(コンピューター支援教育ソフト)としては、マルチメディアを意識した「やさしい原子力」、「Physiquet(何でいま物理)・・・」など、CD-ROM 版やフロッピー・ディスク版で合計12種類に及んでいる。

学会では、これらの概要の紹介と開発に絡む問題点(研究開発と教材のちがいはか)などについて発表を行った。特にマルチメディア関係については、ハードウェアの進歩や OS の進歩 (Windows95の登場ほか)に対する対応方法、多くの音声や映像の取入れ方、昨今問題となっている理科離れへの配慮、パソコン操作の容易性(ファンクション・キーからマウスへの切替え)など、幅広く問題点を摘出し議論を展開した。

連続した原子力施設トラブル等の関係から原子力への信頼に対する社会の批判の高まりや不評に苦慮している時期でもあり、学会としても、原子力の信頼回復と原子力学会外の認識をどう変えていくかが検討され始めたこともあって、多くの関係者の関心をよんだのではないかと考えられる。また、学会として近年一層力を入れ始めてきたオープン・スクールや電力をはじめとする PA 活動などの素材としても、興味を持たれた始めたように感じる。

(武田)

〔参考文献〕

- 1) 小畑, 島, 武田: “原研における原子力教材の開発”, 原子力学会「1998春の年会」, 要旨集第 I 分冊 D16, 154 (1998) .

5. 施設の維持管理

5.1 整備補修状況

(1) 東京研修センター

施設の老朽化対策として本年度は、冷凍機用凝縮器、クーリングタワー充填材の交換及び重油タンクの更新工事を行った。

研修機器の整備では、専門課程実習用として、薄層切片作成装置、電気特性測定器等の機器類を整備した。科学技術庁のアジア・太平洋原子力協力計画に基づき、本年度から開設した講師海外派遣研修（特会）用機器として、液体シンチレーションカウンタ、 γ 線スペクトロメータ、 α 線スペクトロメータ、シンチレーション計測システム及び各種サーベイメータを日本からインドネシア原子力庁（BATAN）に持込み、整備した。

(2) 東海研修センター

施設の老朽化対策として本年度は、原子炉特研建家の屋上防水工事、研修講義棟風除室及び渡り廊下の塗装更新工事を行った。

研修機器の整備では、高温拡散型霧箱の一部更新、TCA 研修のための ITV カメラ等の更新を行った。

5.2 放射線管理状況

(1) 東京研修センター

平成8年7月に核燃料物質の使用許可の廃止をしたが、法律に基づき平成8年度下期の放射線管理報告書を科学技術庁へ提出した。放射性同位元素の使用についても法令に基づき平成8年度の放射線管理状況報告書を科学技術庁へ提出した。

東京研修センターの放射性同位元素使用施設について、定期自主検査及び放射性同位元素の保有量調査を半年ごとに2回実施した。その結果、一部のフードに規定の面速が得られていないものがあつたほかは、特に問題となる異常はなかった。施設管理の一環として、管理区域内への雨漏れ防止、非常口扉交換、排気口点検扉交換、一部の窓・窓枠交換等の工事を行った。

本年度は校正用微量線源（密封3.7MBq 以下）の数量確認（約280個）を半年ごとに2回実施し、紛失等がないことを確認した。

個人被曝線量の管理に関しては、本年度は職員等及び研修生について放射線作業従事者として指定及び解除を約390名について行い、いずれも個人被曝線量は有意の被曝（0.2mSv 以上）はなかった。本年度から外国人研修生の個人被曝線量データ入手のための書式を東海研修センターと協議して共通の書式に統一した。

放射性廃棄物の管理に関して、従来は排気フィルタを交換した場合、放射性廃棄物貯蔵室に一時保管した後、他の放射性廃棄物とともに東海研究所の廃棄物処理場へ運搬していた。排気フィルタの保管作業、保管場所の確保、運搬車両への積込みなど多大な労力を要していた。本年度から交換した排気フィルタを交換作業委託業者に依頼して直接、東海研究所の廃棄物処理場へ運搬

する方法に改善した。

放射線管理については、実験台上等に少量の汚染が発見され、それらの除去と汚染発生防止対策を図った以外は、特に問題となる事項はなかった。これらの汚染は、いずれも教官の研修準備に関係するものであり、研修生の汚染等はなかった。

電離放射線健康診断については、本年度も年1回の血液検査を実施した。これに伴い労働基準監督署へ電離放射線健康診断結果を報告した。その他の法定の電離放射線健康診断については産業医の判断により省略した。

放射線管理モニタは老朽化が著しく、特に排気ガスモニタ（通気電離箱式ガスモニタ）にミスアラームや故障が多発し、一時は欠測するような状態になった。このため、平成10年2月に排気ガスモニタのみ優先的に更新した。更新した排気ガスモニタは、これまで設置されていたものと同じ型式、同一性能のもので、現有3台のうち、測定方式の合理化により1台を廃止し、2台のみ更新した。併せてサンプリング配管系統を改修し、捕集法による排気中トリチウム測定装置3台を設置した。これは管理区域の測定室エリアでは放射性ガスを取扱っていないためであり、このエリアからの排気系統のガスモニタを廃止し、捕集法によるトリチウム測定装置で代用し合理化を図った。

10月から RI 使用数量管理要領を定めて、記録点検表方式で運用を開始した。平成10年3月に RI 使用数量管理システムを整備し、導入試験を開始した。

その他、緊急時の連絡の迅速化のため連絡系統の簡略化、責任の明確化を図った。緊急機材の整備として火災時の消火活動用に空気呼吸器5台を整備した。また、災害対策備蓄品の充実整備を行った。

（神永）

（2）東海研修センター

i）原子炉特研建家

管理区域となっている実験室は、122、130、132、134号室である。このうち、122号室は核燃料物質貯蔵施設及び使用施設で、核物質防護のための PP 施設となっている。その他は放射性同位元素使用施設（密封）及び核燃料物質使用施設となっている。放射性同位元素の貯蔵室は034号室である。

核燃料物質の使用は、ロシア、東欧を主な対象にした保障措置トレーニングコースにおいてγ線スペクトル測定によるウラン濃縮度測定実習の標準試料としての UO₂ペレットのみであった。

放射性同位元素は、²⁴¹Am-Be 中性子源、⁶⁰Co、¹³⁷Cs、²²⁶Ra 等の密封線源8個を所有している。核燃料及び放射性同位元素の定期的自主検査を行い、異常のないことを確認した。

ii）モックアップ試験室建家

研修生実験室が管理区域となっており、天然ウラン金属燃料棒と軽水による未臨界実験装置、黒鉛指数実験装置、水タンク実験装置があり、いずれも中性子源（²⁴¹Am-Be）を使用して実験を行っている。

未臨界実験装置は原子力実験セミナー（炉物理コース）において遅発中性子実験に使用されたが、一般課程及び原子炉工学課程での炉物理実験には軽水臨界実験装置（TCA）が使用されるよ

うになり、当初の役目を終えたので本装置は近く廃止される予定であり、準備作業を進めている。

放射性同位元素としては、中性子源 ($^{241}\text{Am-Be}$) 37GBq と18.5GBq が各1個あり、実験装置内に挿入されて中性子の拡散距離・移動面積測定、銀の放射化等の研修実験に使用されている。

核燃料物質及び放射性同位元素の定期的自主検査では、燃料棒本数、実験装置内の格子配置、燃料棒被覆管及び外観目視検査等を行い、異常のないことを確認した。

(竹田)

iii) 第3研究棟

第3研究棟で供用されている作業室は、314及び316号室であり、放射性同位元素の貯蔵室は020号室である。

314及び316号室での核燃料物質は、平成6年まで行っていた一般課程の研修生実験(燃焼率測定実験)を終了したことによって使用計画がなくなったため、平成8年に使用のとり止めの申請をし、同9年2月に変更許可がなされた。したがって、以後、314及び316号室での核燃料物質の使用はなかった。

放射性同位元素(非密封)では、保健物理専門課程及び放射線防護専門課程の「放射能表面密度、水中放射能濃度測定」実習のため ^{32}P を1kBqずつ使用した。なお、314及び316号室における ^{32}P の1日最大使用量は1kBqである。

年2回の定期的自主検査では、フードの面速(0.5m/s)など使用基準を満たしていることを確認した。また、020号室内の貯蔵箱及びRI保管箱に保管されているRa-Be中性子源等9個の密封線源について、線量率測定・漏洩検査等を行い、異常のないことを確認した。

第3研究棟における非密封同位元素の使用は近い将来とり止めになるため、次回の実習からは、第4研究棟1階の共用特殊実験室(2)で行うことになった。

(須賀)

6. 運営管理

6.1 研修の運営に関する事項

当センターでは、研修事業の実施に当たり、教官による会議を開催している。会議では、研修実施に係る諸問題を検討するほか、将来に向けての研修技術の高度化やテキストの電子化、各研修コースのカリキュラムの検討等を順次行った。その結果、例えば、成果の積極的公表という面では年報等を発刊したり、将来を考えてホームページ開設のための準備に着手した。また、教材の開発という意味合いでコンピュータの整備を図るなどして研修運営に努めた。

6.2 委員会等の開催状況

本年度は、原子力研修検討委員会を1回、科技庁からの受託事業の一環として実験セミナー運営委員会を2回開催した。また、国際原子力安全技術研修専門部会を2回開催した。さらに40年史編集ワーキンググループ及び年報・ホームページ作成ワーキンググループを設置し、活動を展開した。各委員会等での検討概要は以下のとおりである。付録A6に委員会における議事の概要を示す。

(1) 原子力研修検討委員会

3月24日に開催された委員会では、平成9年度事業報告、平成10年度事業計画将来計画、専門部会の設置等について検討が行われた。

平成9年度事業報告及び平成10年度事業計画では、研修実績、研修ノウハウの有効活用、情報化社会への対応、近隣諸国を中心とした技術交流の推進等についての討議が行われた。

将来計画では、基本方針、運営上の特徴と問題点、市民教育、国際技術交流、国際原子力交流施設等に関する提言並びに討議が行われた。

専門部会の設置では、既設の国際原子力安全技術研修専門部会に加えて研修技術開発専門部会（仮称）及び市民研修専門部会（仮称）の設置を提案し、了承された。なお、名称等については事務局で再検討することとなった。

(2) 国際原子力安全技術研修専門部会

10月23日に第1回を、3月11日に第2回を開催した。

第1回の専門部会では、前年度からの経緯及び今後の役割分担について説明がなされた。概略は以下のとおり。①タスクフォースにおける議論、②原研と(財)放射線利用振興協会（放振協）の業務分担の原則について、③平成9年度国際研修の実施分担について、④原研と放振協との実施に係る協力体制についてである。次に、指導教官研修、講師海外派遣研修（① JAERI/BATAN 共催セミナー、②第1回コース「放射線防護」③第2回コース「放射線計測」）及び保障措置トレーニングコースの9年度事業計画及び実施状況について説明がなされた。これらの説明に対する主な質疑応答は以下のとおりである。

Q:共催セミナーのテーマで原子炉の安全性だけが強調されているが、原子力分野全体の安全の

観点が重要ではないか。

A:原子炉安全については、BATAN の希望であり、ある程度配慮したものである。現地の実状から考えると、放射線取扱いに係る安全性の確保の重要性及びこれから始めようとする研修の中身に関連させた内容にするつもりである。

Q:指導教官研修は、ほとんどマンツーマンに近い形式で効果があると思うが、コスト面で贅沢ではないか。費用対効果をよく検討すべきである。

A:教官になる人には、自分で考えさせることが重要であり、集団研修では十分といえない。

Q:来年度の事業規模はどの程度か。

A:基本的には今年度の事業を継続するが、さらにタイにおいても現地における共催研修を新たに開始する予定である。ただし、科技庁の予算枠も厳しくなってきているので調整が必要である。

次いで、原研における国際技術交流の現状及び今後の展開について説明がなされた。

第2回の専門部会では、講師海外派遣研修（① JAERI/BATAN 共催セミナー、②第1回コース「放射線防護」③第2回コース「放射線計測」）及び保障措置トレーニングコースの9年度事業実施状況について説明がなされた。この中で、BATAN 側の講師のレベル等について質問があり、幹事から指導教官研修で教育を受けた BATAN 側講師陣の活躍が紹介された。次に、10年度事業計画についての説明の後、国際原子力総合技術センターにおける国際交流事業の今後の展開について説明がなされた。これらの説明に対する主な質疑応答は以下の通りである。

Q:対象国における原子力の基盤整備と技術基準の確立は、相手国には資金もなく技術レベルも低いので困難ではないか。

A:包括的に実施することは困難であるが、例えば、特定の施設毎に認定している資格を、一般的な、包括的な制度とするなど技術レベルの向上は可能である。

Q:技術コンサルティングを行おうとすると、対アジア協力を考えている国内各機関（国、原産、原研内等）との調整作業が必要である。また、これらの調整は、国のレベルの問題である。

A:まず、相手の要望をよく聞き、国と相談しながら進めるのが良いのではないか。

最後に、原子力委員会におけるアジア地域協力の検討について奥山オブザーバー（科学技術庁原子力安全局国際交流・保障措置課）から説明がなされた。国際協力専門部会にアジア地域協力を検討するためにワーキンググループが設置されたこと及びワーキンググループ報告書の概要についてである。報告書の概要は、①背景、②目的と意義、③配慮すべき基本事項（基盤整備への重点、安全確保への重点、核不拡散への配慮、信頼感醸成への配慮、透明性の向上等）、④協力の進め方、⑤重点分野及び具体的施策である。これらの説明に対し次の質疑応答があった。

Q:研究炉利用に、臨界実験装置も含まれるのか。

A:含まれないが、11年度にこの活動を再構築することになっており、そのときの議論となる。

(3) 原子力実験セミナー運営委員会

本年度は2回開催した。第1回は5月23日に開催し、9年度に実施する五つのコースについて計画を紹介し、検討が行われた。その結果、計画どおりに実施することとなった。

第2回は3月13日に開催し、五つのコースの実施結果について審議を行い了承されるとともに、

教材検討ワーキンググループの活動報告を受けた。

なお、平成10年度からは、原研で実施してきたコースも放振協で実施することとなったので、同協会から原研コース及び地域コースを含む平成10年度実施計画（案）が示された。

(4) 40年史編集ワーキンググループ

原子力研修開始40周年の節目として記念誌を発行することとなり、40年史編集ワーキンググループを設置した。9月16日に第1回目の編集会議を開催し、以後全部で6回の編集会議を経て、平成10年3月に「JAERI-Review 98-009 原子力人材養成40年の活動」として発刊した。

(5) 年報・ホームページ作成ワーキンググループ

国際原子力総合技術センターの年報を発行することとなった。研修開始40周年を迎えるが、年報の発行は初めてである。また、原研ホームページには国際原子力総合技術センターの関連ページが作られているがあまり関心と呼んでいない。そこで、もう少し魅力的に改善するための検討を進めることとなり合同ワーキンググループを発足させた。

ワーキンググループのメンバーは東京研修センター2名、東海研修センター3名及び技術交流推進室1名の計6名で構成した。8月中旬に第1回の会合を開き、年報は12月中に発刊し、ホームページは年度末までに改善の提案を行うという目標を定めた。以後全部で9回の会合を開催し、議論を重ねたが、年報については創刊号であることから原稿の取りまとめに手間取り、予定を遅れて平成10年2月に「JAERI-Review98-003 国際原子力総合技術センターの活動（平成8年度）」として発刊することができた。ホームページについては予定どおり年度末に改善提案書を取りまとめた。

編集後記

第2号を担当した平成9年度年報編集ワーキンググループ員の大半は、奇しくも平成9年度以降に当センターに加わった面々である。議論を重ねたものの、コース担当者等から提出された原稿の編集が関の山で、新しいアイデア、改善点を打ち出すまでには至らなかった。残念であるが、また先送りの課題となってしまった。アジア・太平洋諸国との技術交流計画が前進している折、この年報は平成9年度のセンター活動、培った研修技術等を記録するのみでなく、未来を描く下絵でもある。向上への努力は続けられるべきと思っている。

(星)

編集委員

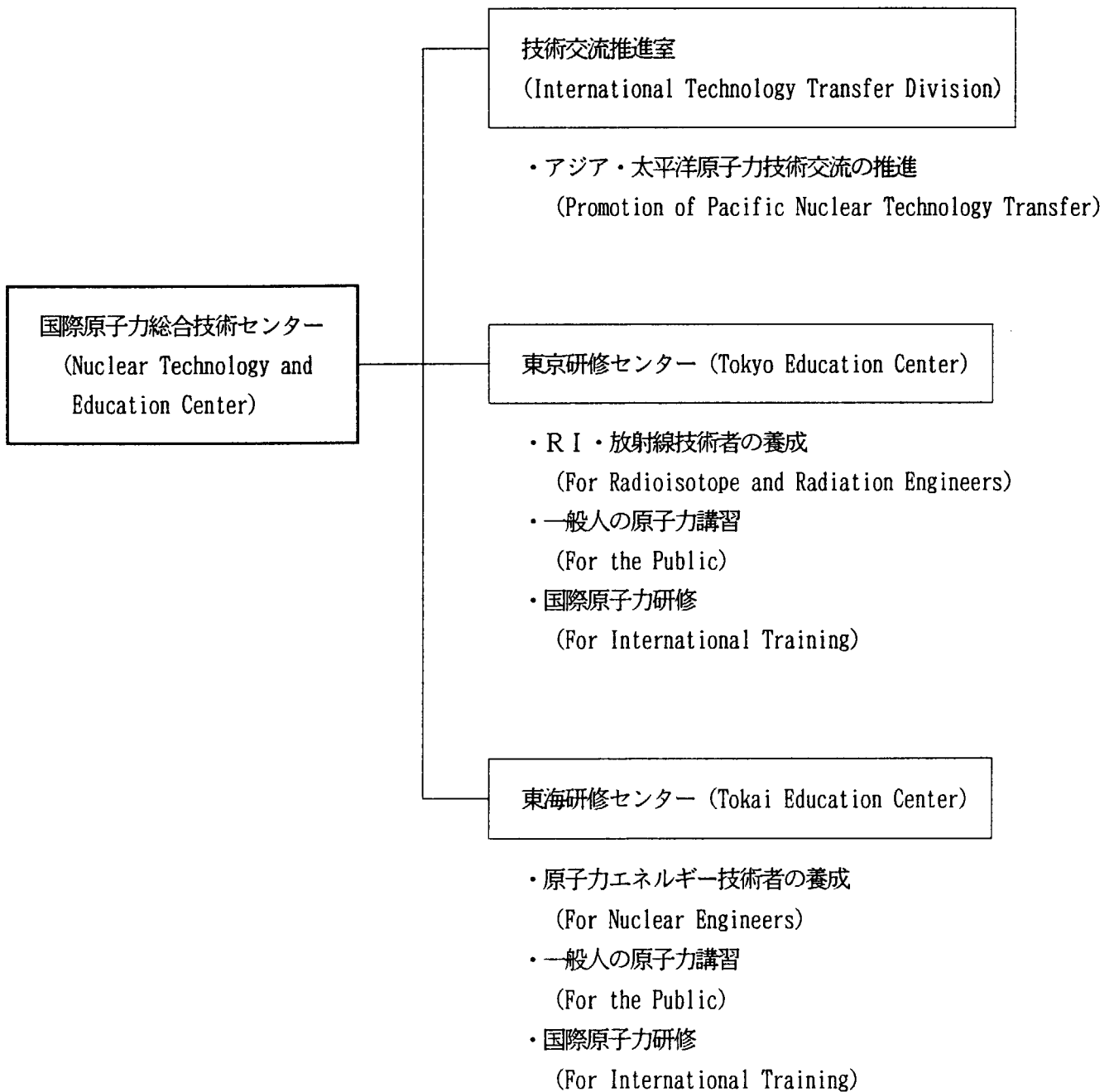
委員長	星 三千男 (国際原子力総合技術センター)
委員	佐伯 正克 (国際原子力総合技術センター)
”	関根 敬一 (東京研修センター)
”	熊澤 蕃 (東海研修センター)
事務局	梶山 武義 (技術交流推進室)
”	杉田 妙子 (東海研修センター)

This is a blank page.

付 録

A 1 国際原子力総合技術センターの組織及び人員構成

組織及び業務テーマ



スタッフ

センター長 村尾 良夫

東京研修センター

次長 高田 和夫
事務長 水沼 要
田沼 忠
坪 政明
小瀬川裕美子
奥 菜穂子*2
高沢 優子*2
松村 重信*1 (工務担当)
(兼) 蔀 肇*5

東海研修センター

次長 野村 正之
事務長 和田 義久
杉田 妙子
中川 和子*7
後藤 千春*1
鴨志田 智江*2
鈴木 千恵*2, 3
増淵 友紀*2, 4
(兼) 梶山 武義

技術交流推進室

室長 荻野 伸明
佐々木 隆
蔀 肇
梶山 武義
(兼) 野口 暁*6
岩田 幸生*6
田中 高彬*6

- *1 出向職員
- *2 臨時用員
- *3 9. 6. 30 付退職
- *4 9. 7. 1 付採用
- *5 9. 7. 1 付兼務
- *6 9. 7. 1 付兼免
- *7 9. 12. 31 付退職

教 官

(50音順)

R I ・放射線技術者の養成・
一般向け研修・国際研修コース
(東京研修センター)

原子力エネルギー技術者の養成
一般向け研修・国際研修コース
(東海研修センター)

油井 多丸*¹ (放射線計測)
伊藤 政幸 (高分子化学)
岩田 幸生 (放射線計測)
大谷 暁*¹ (放射線計測)
尾崎 隆吉*⁴ (放射線計測)
上沖 寛 (放射化学)
神永 博史 (放射線管理)
関 晋 (原子核物理)
関根 敬一*⁵ (環境分析化学)
高田 和夫 (保健物理)
田中 高彬 (放射線計測)
野口 暁 (放射化学)

内田 正明 (原子炉工学)
小畑 雅博 (原子炉実験)
片桐 浩 (保健物理)
熊沢 蕃*⁸ (保健物理)
佐藤 孝雄*^{1, 7} (放射線計測)
島 敬二郎 (原子炉動特性)
須賀 新一*¹ (保健物理)
新藤 隆一 (原子炉物理)
関根 敬一*⁵ (環境分析化学)
高橋 昭雄 (保健物理)
竹田 忠義 (放射線計測)
武田 常夫 (廃棄物管理)
堀木 欧一郎*¹ (原子炉実験)

(兼) 佐々木 隆 (高分子化学)

(兼) 須崎 武則 (原子炉実験)

北村 敏治*^{3, 10} (助手)
高田 隆平*^{3, 9} (助手)
松本 憲一*³ (助手)
森山 健太郎*^{3, 10} (助手)
吉田 有希*^{3, 6} (助手)

吾勝 永子*² (放射化学)
大部 誠*² (原子炉物理)
末武 雅晴*² (原子炉工学)
杉 暉夫*² (原子炉物理)
橋本 政男*² (原子炉実験)

*¹ 業務協力員

*² 非常勤講師

*³ 臨時用員 (学生)

*⁴ 9. 5. 31 付退職

*⁵ 9. 7. 1 付センター内異動

*⁶ 9. 9. 30 付退職

*⁷ 9. 10. 1 付退職

*⁸ 9. 10. 1 付異動

*⁹ 9. 11. 1 付採用

*¹⁰ 10. 2. 28 付退職

A 2 平成 9 年度 研修 実績

(東京研修センター)

コース名	平成9年 4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平成10年 1月	2月	3月	期間	受講者数 (定員)	授業料(円) (消費税別)
基礎課程		第254回 19日~11日	第255回 16日~9日	第256回 14日~7日		第257回 8日~3日							18日間	85 (128)	113,400
専門課程					第239回 25日~5日								10日間	4 (16)	102,900
放射線高分子プロセス					第234回 21日~20日								7日間	12 (16)	88,250
ラジオアイソトープ						第235回 27日~12日							12日間	15 (16)	102,900
液体シンチレーション測定						第236回 17日~21日							5日間	18 (16)	84,000
オートラジオグラフィ						第237回 25日~5日							8日間	7 (16)	88,700
放射線管理							第238回 8日~19日						10日間	9 (16)	102,900
環境放射線測定								第239回 26日~5日					9日間	17 (16)	88,700
指 定 講 習		第85回 7~11日 第86回 14~18日 第87回 21~25日								第239回 12~13日			2日間	20 (16)	80,000
第一種作業環境測定士 (放射線物質)													5日間	223 (224)	155,700
第一種放射線取扱主任者										第89回 19~23日	第90回 16~20日		5日間		
一般向け												東京コース 23~27日	5日間	23 (24)	-
国際研修			第13回 12日 13日										5週間	10 (8)	-
J I C A (原子力基礎技術コース)													2週間	16 (16)	-
I A E A (放射線工学基礎技術への研修)													60日間	4 (4)	-
指導教官研修			4回/原子力庁(BATM)教官 19日										10日間	31 (40)	-
講師海外派遣研修 (インドネシア)													10日間		-

(東海研修センター)

コース名	平成9年 4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平成10年 1月	2月	3月	期間	受講者数 (定員)	授業料(円) (消費税込)
一般課程 (B)	14日	第54回 5日	一般 B										6か月	25 (30)	749,700
原子炉工学課程						第6回 29日	第21回 21日						8週間	11 (24)	270,900
原子炉理論短期講座		第37回上期東京 16~20日	第38回上期大阪 30~4日				第37回下期東京 1~5日	第38回下期大阪 15~19日					10日間	73 (80)	81,350
原子炉入門講座											第24回 12日		3週間	27 (24)	131,250
保健物理専門課程		第29回 7日	第20回 20日										7週間	21 (24)	365,400
放射線防護専門課程						第16回 1日	第2回 2日						5週間	15 (24)	218,400
核燃料工学短期講座							第28回 6日	第24日					3週間	18 (24)	80,850
放射性廃棄物管理講座													2週間	17 (24)	85,050
原子炉防災入門講座	第200~213回	石川 3~4日 宮城 10~11日 福島 12~13日 福井 15~16日 静岡 24~25日 青森 26~27日	第19回 23日	4日 宮城 1~2日 京都 3~4日 茨城 10~11日 佐賀 15~16日 徳島 17~18日 北海道 23~24日 新潟 29~30日 鳥取 31~1日									2日間	549 (700)	10,500
原子炉防災対策講座						第33回 8日	第12日				第34回 2~6日		5日間	43 (64)	28,400
原子炉実験セミナー					高崎7-1 夏17-1 夏17-1 22~25日 28~1日 6~8日						東海 四日市7-1 2~6日		3日間 5日間	98 (92)	-
JICA (原子力基礎技術コース)		第12回 12日	第16日										5週間	4 (4)	-
保障措置トレーニングコース											第2回 26日	第2回 17日	3週間	16 (16)	-

A 3 平成9年度受講者数

(東京研修センター)

(単位:人)

コ ー ス 名		平成9年度	S33~H8 年度合計	累 計	備 考
基 礎 課 程		85	7,804(209*)	7,889(209*)	
専 門 課 程	R I の生物科学への利用	4	467 (9*)	471 (9*)	
	放射線高分子プロセス	12	14	26	
	オートラジオグラフィ	7	542 (1*)	549 (1*)	
	ラジオアイソトープ	15	142	157	
	液体シンチレーション測定	18	430	448	
	放 射 線 管 理	9	563	572	
	環 境 放 射 能 測 定	17	67	84	
縮 習	第一種作業環境測定士(放射性物質)	20	411	431	
	第一種放射線取扱主任者	223	2,659	2,882	
一 般	原子力実験セミナー(東京コース)	23	122	145	
国 際 研 修	J I C A コ ー ス	10*	106*	116*	
	I A E A コ ー ス	16*	124*	140*	
	指 導 教 官 研 修	4*	4*	8*	
	講 師 海 外 派 遣 研 修	31*	—	31*	
特 殊 課 程		—	37 (34*)	37 (34*)	平成7年度まで
専 門 課 程	密 封 線 源	—	394	394	昭和49年度まで
	軟ベータアイソトープ	—	135 (2*)	135 (2*)	昭和47年度まで
	放 射 化 分 析	—	87	87	昭和47年度まで
	R I の工業への利用	—	36	36	昭和46年度まで
	R I の化学への利用	—	36	36	昭和47年度まで
	保 健 物 理	—	119	119	昭和50年度まで
	R I の応用計測	—	66	66	昭和49年度まで
	R I の化学応用	—	24	24	昭和49年度まで
	原子力実験セミナー	—	580	580	平成3年度まで
	放 射 線 化 学	—	426 (3*)	426 (3*)	平成7年度まで
原子力教養セミナー		—	2,345	2,345	平成7年度まで
原子力実験セミナー初級講座		—	151	151	平成7年度まで
原 子 力 初 歩 講 座		—	56	56	平成2年度まで
高 級 課 程		—	230 (4*)	230 (4*)	昭和49年度まで
新 入 所 員 コ ー ス		—	996	996	昭和49年度まで
E P T A		—	20 (15*)	20 (15*)	昭和39年度のみ
合 計		494(61*)	19,193(511*)	19,687(572*)	

*印は外国人

(東海研修センター)

(単位:人)

コ ー ス 名		平成9年度	S33~H8 年度合計	累 計	備 考
炉 工 学	一般課程(A, B)	25	1,610	1,635	
	原子炉工学課程	11	76	87	
	原子炉理論短期講座	73	1,279	1,352	
	原子力入門講座	27	923	950	
専 門 別	保健物理専門課程	21	666	687	
	放射線防護専門課程	15	488	503	
	核燃料工学短期講座	18	1,022	1,040	
	放射性廃棄物管理講座	17	548	565	
防 災	原子力防災入門講座	549	11,017	11,566	
	原子力防災対策講座	43	1,182	1,225	
一 般	原子力実験セミナー(聴・講コース)	98	985	1,083	
国 際 研 修	J I C A コ ー ス	4*	95*	99*	
	国際原子力安全セミナー	16*	253*	269*	
高 級 課 程		—	66	66	昭和57年度まで
原子炉工学専門課程		—	359	359	平成3年度まで
原子力実験セミナー(地域コース)		—	638	638	平成7年度まで
原 子 力 防 災 研 修	緊急時モニタリング初級講座	—	737	737	平成8年度まで
	緊急時モニタリング講座	—	163	163	平成8年度まで
	原子力防災管理者講座	—	306	306	平成8年度まで
	原子力防災職種別講座(聴・講)	—	934	934	平成8年度まで
原子炉 オペラ訓練基礎課程		—	749	749	昭和50年度まで
JRR-1短期運転講習会		—	258	258	昭和38年度まで
原子炉物理特別講座		—	29	29	昭和50年度まで
原子力計測講座		—	286	286	昭和57年度まで
原子力教養講座		—	493	493	昭和59年度まで
原子炉安全工学講座		—	105	105	昭和53年度まで
分析技術トレーニングコース(IABA)		—	16*	16*	昭和62年度のみ
合 計		917(20*)	25,283(364*)	26,200(384*)	

*印は外国人

A 4 平成9年度研修カリキュラム

1. 第254～257回基礎課程

講義

1単位 80分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 原子核物理概論	2	13. 液体シンチレーション測定法	1
2. 放射線と物質の相互作用	2	14. 画像による放射線測定	1
3. 放射化学概論	2	15. 被ばく線量の限度	1
4. 放射線化学	2	16. 放射線モニタリング	2
5. 放射化分析概論	1	17. R I・放射線の安全取扱い	1
6. R Iの製造	1	18. 除染と廃棄物処理	1
7. 放射線生物学	1	19. 放射線施設	1
8. 放射線の身体的影響	1	20. R I・放射線の農学・生物学利用	1
9. 放射線の遺伝的影響	1	21. R I・放射線の医学への利用	1
10. 放射線測定法概論	3	22. R I・放射線の理工学への利用	1
11. 線量測定法	1	23. 放射線障害防止法	2
12. γ 線スペクトロメトリ	1		
合 計 3 1 単 位			

実習

実習名	単位数	実習名	単位数
1. 線量測定	4	7. イオン交換分離	5
2. γ 線スペクトル測定	5	8. 放射化分析法	5
3. NaI(Tl) 検出器による γ 線測定	5	9. 放射線管理実習	4
4. 液体シンチレーション測定	5	10. オートラジオグラフィ	3
5. 化学的線量測定	3	11. 放射線生化学実験	3
6. ミルキング	5		
合 計 4 7 単 位			

演習

演習名	単位数	演習名	単位数
1. 物理演習	1	3. 生物演習	1
2. 化学演習	1	4. 法令演習	1
合 計 4 単 位			

ガイダンス

項目	単位数	項目	単位数
1. 非密封R I実習ガイダンス	1	2. CAIガイダンス	1
合 計 2 単 位			

2. 第233回 専門課程 (RIの生物科学への利用コース)

講義

1単位 80分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 遺伝子工学とRI	1	5. ウイルスDNAの解析	2
2. 遺伝子工学特論	1	6. キャピラリ電気泳動とその応用	2
3. モノクロナール抗体	1	7. 画像による放射線測定	2
4. ラジオイムノアッセイ	1		
合計		10単位	

実習

実習名	単位数	実習名	単位数
1. コロニーオートラジオグラフィ	8	4. ヨウ素標識	5
2. PCRとサザンブロットング	11	5. ラジオイムノアッセイ	3
3. DNAシーケンシング	10		
合計		37単位	

ガイダンス

項目	単位数
1. ラボラトリ・ルール	1
合計	1単位

3. 第234回 専門課程 (放射線高分子プロセスコース)

講義

1単位 80分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 放射線化学概論	1	6. 電子線によるフィルム表面加工	1
2. 放射線高分子プロセスの現状	1	7. 放射線橋かけ	1
3. 照射施設の安全管理	1	8. 耐放射線性	1
4. 工業用線量測定	1	9. 放射線重合IIグラフト重合	1
5. 放射線重合Iキュアリング	1	10. 放射線による環境保全技術	1
合計		10単位	

実習

実習名	単位数	実習名	単位数
1. 線量測定	3	4. 粘着加工	4
2. 表面硬化	4	5. 傾斜機能材料	4
3. 形状記憶膜	4	6. ラミネート加工	3
合計		22単位	

4. 第235回 専門課程 (ラジオアイソトープコース)

講義

1単位 80分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. RIの化学	2	8. 放射線発生装置	2
2. 放射線の物理	3	9. 原子炉概論	2
3. 放射線測定法	2	10. 除染と廃棄物処理	2
4. 放射線障害	2	11. 放射線事故例と対策	2
5. 放射線障害防止法	2	12. RI及び放射線の利用	1
6. 放射線モニタリング	1	13. γ 線ラジオグラフィ	1
7. 放射線施設	2	14. 原子力の現状	1
合 計		25 単位	

実習

実習名	単位数	実習名	単位数
1. 線量測定	4	5. γ 線測定2 (γ 線減衰の実験)	3
2. β 線測定1 (GMカウンタ)	4	6. RIの化学実習	4
3. β 線測定2 (液体シンチレーションカウンタ)	4	7. 放射線管理実習	4
4. γ 線測定1 (γ 線スペクトロメトリ)	5		
合 計		28 単位	

演習

演習名	単位数	演習名	単位数
1. 放射線CAI	2	2. 放射線管理演習	2
合 計		4 単位	

ガイダンス

項 目	単位数
1. 実習ガイダンス	1
合 計 1 単位	

5. 第236回 専門課程 (液体シンチレーション測定コース)

講義

1単位 80分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 液体シンチレーション測定法	2	4. 環境放射能測定	1
2. 試料調製法	1	5. 放射線管理	1
3. 測定法特論	1		
合 計		6 単位	

実習

実習名	単位数	実習名	単位数
1. 液体シンチレーション測定 (基礎)	5	3. 放射線管理	7
2. 液体シンチレーション測定 (応用)	5		
合 計		17 単位	

6. 第237回 専門課程 (オートラジオグラフィコース)

講義

1単位 80分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. オートラジオグラフィ	2	4. オートラジオグラフィの遺伝子工学への応用	1
2. 電子顕微鏡オートラジオグラフィ	2	5. 定量的オートラジオグラフィ	1
3. 薬物動態要論	2		
合 計		8 単位	

実習

実習名	単位数	実習名	単位数
1. マクロレベル	6	3. ミクロレベル: 凍結及びパラフィン切片法	10
2. レセプターオートラジオグラフィ	4	4. 電子顕微鏡レベル	14
合 計		34 単位	

ガイダンス

項目	単位数
1. ラボラトリ・ルール	1
合 計	1 単位

7. 第238回 専門課程 (放射線管理コース)

講義

1単位 80分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 放射線管理概論	1	9. 施設放射線管理	1
2. 被ばく線量の限度	1	10. 非密封放射性同位元素の在庫管理	1
3. 放射線障害	1	11. 放射線モニタと点検校正	1
4. 放射線エネルギー測定法	2	12. 放射性廃棄物の管理	1
5. 線量測定法	1	13. 汚染除去	1
6. 外部被ばく管理	1	14. 事故例と対策	1
7. 内部被ばく管理	1	15. 放射線障害防止法	1
8. 放射線施設	1		
合 計		16 単位	

実 習

実 習 名	単位数	実 習 名	単位数
1. 線量測定	5	5. 表面汚染密度測定	4
2. 水中放射能濃度測定	4	6. 空气中放射能濃度測定 I	4
3. γ 線スペクトロメトリ	4	7. 空气中放射能濃度測定 II	4
4. 液体シンチレーション測定	5		
合 計		3 0 単 位	

演 習

演 習 名	単位数
1. 放射性同位元素の使用許可申請	2
合 計 2 単 位	

8. 第 2 3 9 回 専 門 課 程 (環 境 放 射 能 測 定 コ ー ス)

講 義

1 単 位 80 分

講 義 名	単位数	講 義 名	単位数
1. 環境放射能測定の意義と展望	2	6. α 線スペクトロメトリ	1
2. 環境試料採取と前処理の方法	2	7. γ 線スペクトロメトリ	1
3. 環境試料の標準線源	1	8. 液体シンチレーション (LSC) 測定法	1
4. 低レベル放射能の測定法	1	9. 環境中ラドンの測定法	1
5. 環境の放射線源による線量寄与	1		
合 計		1 1 単 位	

実 習

実 習 名	単位数	実 習 名	単位数
1. 環境放射線の線量測定法	4	5. LSCによる放射能測定法 1	4
2. Si 検出器による α 線分析法	3	6. LSCによる放射能測定法 2	5
3. Ge 検出器による放射能分析法	5	7. 環境中のセシウム分析法	4
4. NaI 検出器による放射能測定法	3	8. 環境中ラドンガス・娘核種の測定法	4
合 計		3 2 単 位	

ガイダンス

項 目	単位数
1. 非密封線源の安全取扱い	1
合 計 1 単 位	

9. 指定講習 第23回 第一種作業環境測定士講習 (放射性物質)

講義

講義名	講義名
1. 機器取扱上の留意事項	I. 放射能計測器とその使用法 II. 放射化学分析 III. 蛍光光度分析

実習

実習名	実習名
1. ろ紙試料の全 α 放射能計測	4. 液体シンチレーション測定 (全 β)
2. 活性炭含浸カートリッジの全 γ 線放射能計測	5. 気密電離箱 (全 β)
3. γ 線スペクトル分析	

修了試験

項目	合計
1. 実習レポートの提出及び筆記試験	13時間

10. 指定講習 第85~91回 第一種放射線取扱主任者講習

講義

講義名	時間数	講義名	時間数
1. 放射線安全管理の基本	2.5	6. 汚染除去法と放射性廃棄物処理	1.5
2. 放射性同位元素の運搬及び保管	1	7. 異常時の対策と措置	1
3. 装備機器及び発生装置の構造と安全取扱法	3	8. 放射線施設の計画及び設計	1.5
4. 密封小線源の安全取扱い	1.5	9. 放射線施設の保守管理	1.5
5. 非密封放射性物質の安全取扱い (I)	1.5		
合計		15時間	

実習

実習名	時間数	実習名	時間数
1. 非密封放射性物質の安全取扱い (II)	3	4. 空气中放射性物質濃度の測定	3
2. モニタ類の校正と空間線量率の測定	3	5. 表面汚染密度の測定	3
3. 水中放射性物質濃度の測定	3		
合計		15時間	

修了試験

項目	時間数
1. 実習レポートの提出及び筆記試験	1
合計	1時間

11. 第 5 4 回 一般課程 (B)

講義

1単位 80分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 原子核と放射線	15	10. 軽水型発電炉	16
2. 原子炉物理	24	11. 原子炉各論	10
3. 放射線防護	10	12. 原子炉の安全性基準	8
4. 原子炉動特性及び計装制御	15	13. 原子炉の運転管理	5
5. 原子炉燃料	16	14. 廃棄物管理	9
6. 原子炉材料	17	15. 原子力関係法規等	9
7. 原子炉熱工学	14	16. 原子力関連情報	7
8. 原子炉構造設計	11	17. 実験ガイダンス	13
9. 原子炉遮蔽	4		
合 計 203 単位			

実習

実習名	単位数	実習名	単位数
1. 放射線測定基礎	16	6. 原子炉燃料	10
2. 原子炉物理	19	7. 原子炉熱工学	25
3. 原子炉物理計算	18	8. 発電炉シミュレータ	5
4. 動特性解析計算	19	9. TCA実験	25
5. 原子炉燃焼計算	20	10. レポート作成及び討論	34
合 計 191 単位			

演習

演習名	単位数	演習名	単位数
1. 原子と原子核	3	6. 原子炉動特性	3
2. 原子炉物理	7	7. 放射線防護	4
3. 原子炉熱工学	5	8. 放射線総合	6
4. 原子炉工学	8	9. 原子力総合	8
5. 原子炉燃料	3		
合 計 47 単位			

見学

25単位

その他 (開講式、オリエンテーション、修了式)

3単位

12. 第 6 回 原子炉工学課程

講義

1 単位 80分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 原子核と放射線	1 1	5. 原子力発電	9
2. 原子炉理論	1 6	6. 法令	4
3. 原子炉工学	2 5	7. その他	7
4. 保健物理	3		
合 計 7 5 単 位			

実習

実習名	単位数	実習名	単位数
1. 放射線飛跡の観察	2	7. 燃焼計算	5
2. γ 線の遮蔽	3	8. 原子炉シミュレータ運転	5
3. γ 線スペクトロメトリ	6	9. 沸騰熱伝達	5
4. 中性子の減速, 拡散	6	10. 金属材料の強度	3
5. 格子系の解析	3	11. T C A 炉物理実験	1 0
6. 原子炉動特性解析	5	12. アナログ計算機	2
合 計 5 5 単 位			

演習

演習名	単位数	演習名	単位数
1. 原子と原子核	3	5. 原子炉の構造設計	2
2. 放射線	3	6. 原子炉熱工学	3
3. 原子炉物理	4	7. 保健物理	2
4. 原子炉の動特性	2		
合 計 1 9 単 位			

見学

9 単位

その他 (開講式、オリエンテーション、修了式)

3 単位

13. 第 3 7、3 8 回 原子炉理論短期講座

講義

1 単位 80分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 原子炉理論	1 3	4. 燃料及び材料	6
2. 原子炉設計	1 5	5. 放射線防護	3
3. 運転制御	1 1	6. 法令	2
合 計 5 0 単 位			

14. 第 2 4 回 原子力入門講座

講義

1 単位 80分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 原子力の基礎	11	4. 放射線防護	5
2. 原子力発電	8	5. 原子力と社会	6
3. 原子燃料サイクル	6		
合 計 3 6 単 位			

実習

実習名	単位数	実習名	単位数
1. 霧箱による放射線の観察	3	4. JRR-1 原子炉シミュレータの運転	3
2. 簡易放射線測定器の取扱い	3	5. γ 線エネルギーの測定(1)	3
3. α 、 β 、 γ 線の透過実験	3	6. γ 線エネルギーの測定(2)	3
合 計 1 8 単 位			

演習

演習名	単位数	演習名	単位数
1. 原子と原子核	3	2. 放射線の測定	3
合 計 6 単 位			

ビデオ学習 (燃料保障措置、放射線の利用) 2 単位

見学 10 単位

その他 (開講式、おエンターション、修了式) 2 単位

15. 第 2 9 回 保健物理専門課程

講義

1 単位 80分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 放射線の基礎	19	6. 個人モニタリング	5
2. 放射線の生物作用	4	7. 環境モニタリング	5
3. 保健物理	4	8. 放射性廃棄物管理	3
4. 放射線管理測定法	9	9. 原子力防災	4
5. 区域放射線モニタリング	5	10. 法規	3
合 計 6 1 単 位			

実 習

実 習 名	単位数	実 習 名	単位数
1. 放射線防護具の取扱い	3	8. 環境試料の放射能測定	3
2. 霧箱による放射線飛跡の観察	3	9. 除染実習	3
3. 遮蔽実験	3	10. 中性子実験	3
4. β 、 γ 中性子線量測定	3	11. 空气中放射能濃度測定	3
5. γ 線スペクトルによる核種分析	6	12. フィルムバッジによる線量測定	3
6. 放射能表面密度、水中放射能濃度測定	3	13. 電離箱による線量測定	3
7. 体内放射能測定	3		
合 計 4 2 単 位			

演 習

演 習 名	単位数	演 習 名	単位数
1. 原子と原子核	2	8. 放射線作業管理	2
2. 放射線の生物作用	2	9. 放射線の単位系	2
3. 放射化学の基礎	2	10. 内部被ばく線量評価	2
4. 放射線管理計測	2	11. 管理技術	2
5. 物理	2	12. 環境評価	2
6. 放射線物理	2	13. 遮蔽計算	2
7. 放射線計測	2		
合 計 2 6 単 位			

見 学

9単位

その他 (開講式、オリエンテーション、修了式)

3単位

16. 第 1 6 回 放射線防護専門課程

講 義

1単位 80分

講 義 名	単位数	講 義 名	単位数
1. 放射線防護の基礎	1 8	6. 個人モニタリング	4
2. 放射線の生物作用	4	7. 環境モニタリング	3
3. 放射線防護	3	8. 放射性廃棄物管理	2
4. 放射線測定法	4	9. 法規	3
5. 区域放射線モニタリング	5		
合 計 4 6 単 位			

実 習

実 習 名	単位数	実 習 名	単位数
1. 放射線防護具の取扱い	3	6. GM管による β 線の計数実験	3
2. 霧箱による放射線飛跡の観察	3	7. 空气中放射能濃度測定	3
3. 遮蔽実験	3	8. 放射能表面密度・水中放射能濃度測定	3
4. β 、 γ 線量測定	3	9. 体内汚染計測見学	1.5
5. γ 線スペクトルによる核種分析	6	10. 皮膚除染実習	1.5
合 計		3 0 単 位	

演 習

演 習 名	単位数	演 習 名	単位数
1. 放射線防護の基礎	7	2. 放射線防護	8
合 計		1 5 単 位	

見 学

3 単位

その他 (開講式、オリエンテーション、修了式)

4 単位

17. 第 2 8 回 核燃料工学短期講座

講 義

1 単位 80分

講 義 名	単位数	講 義 名	単位数
1. 原子炉燃料概論	1	18. 高温ガス炉燃料	1
2. 原子炉燃料の化学	1	19. 臨界安全管理	1
3. 原子炉燃料の物性	2	20. ウラン燃料の安全取扱い	2
4. 原子炉燃料照射挙動の基礎	2	21. プルトニウムの安全取扱い	1
5. エネルギー資源	2	22. 原子炉材料概論	2
6. 核燃料サイクル	2	23. 被覆管の耐久性	2
7. 燃料の精錬	1	24. 被覆管の照射挙動	2
8. ウラン濃縮	2	25. 高速炉・新型転換炉の燃料と材料	2
9. 炉物理入門	3	26. 法規 (原子炉等規制法)	1
10. 軽水炉燃料の設計	4	27. 法規 (障害防止法)	1
11. 軽水炉燃料の製造	2	28. 核物質防護	1
12. 燃料の検査	2	29. 保障措置	1
13. 核燃料再処理	2	30. 計量管理	1
14. 燃焼率測定	1	31. 核燃料輸送物の安全性	2
15. 実用燃料照射後試験	2	32. 核燃料輸送技術	2
16. 研究試験炉燃料	1	33. 放射性廃棄物処理	2
17. 高速炉燃料	1	34. 原子炉燃料特論	1
合 計		5 6 単 位	

ビデオ学習 (防災、輸送、廃棄物) 1単位
 その他 (開講式、リエンション、修了式) 3単位

18. 第19回 放射性廃棄物管理講座

講義 1単位 80分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 放射性廃棄物管理概論	2	5. 低レベル廃棄物の処分	2
2. 低レベル廃棄物処理の技術	5	6. 高レベル廃棄物の処分	3
3. 保健物理	3	7. 放射性廃棄物関係法規	1
4. 低レベル廃棄物の実際	6	8. 特論	5
合 計 27 単位			

実習

実習名	単位数	実習名	単位数
1. 放射性廃棄物処理施設(東海研)	3	2. 放射性廃棄物処理施設(大洗研)	3
合 計 6 単位			

ビデオ学習 (燃料サイクル、輸送、廃棄物) 2単位
 見学 3単位
 その他 (開講式、リエンション、修了式) 3単位

19. 第200～213回 原子力防災入門講座

(1) 13道府県

講義 1単位 60分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 原子力発電と安全対策	2	4. 放射線被ばくの防護対策	3
2. 放射線の基礎	2	5. 地域防災計画の概要	0.5
3. 原子力防災対策と活動	1		
合 計 8.5 単位			

実習

実習名	単位数
1. 放射線測定器の取扱い	2
合 計 2 単位	

質疑応答 1 単位
 その他（開講式、修了式） 0.5単位

(2) 青 森 県

講 義 1 単位 60分

講 義 名	単位数	講 義 名	単位数
1. 原子燃料サイクルと施設の安全対策	2.5	4. 放射線被ばくの防護対策	2
2. 放射線の基礎	2	5. 外国における事故例	1
3. 原子燃料サイクル施設の事故防止対策と活動	1.5		
合 計 9 単 位			

実 習

実 習 名	単位数
1. 放射線測定器の取扱い	2
合 計	2 単 位

質疑応答 1 単位
 その他（開講式、修了式） 0.5単位

20. 第 3 3、3 4 回 原子力防災対策講座

講 義 1 単位 80分

講 義 名	単位数	講 義 名	単位数
1. 原子力発電と安全対策	2	6. 原子力防災訓練の現状	1.5
2. 原子力発電所の運転管理	1	7. 緊急時環境モニタリング	1
3. 原子力防災対策の基礎	2	8. 緊急時放射能影響予測システム	1
4. 放射線の人体への影響	1	9. 災害と情報伝達の諸問題	2
5. 放射線の種類と測定	1		
合 計 1 2 . 5 単 位			

実 習

実 習 名	単位数
1. 放射線測定器及び防護具の取扱い	3
合 計	3 単 位

見 学 5 単位
 その他（開講式、レクレーション、修了式） 1.5単位

21. 原子力実験セミナー

(1) 高崎コース

講義

1単位 60分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 放射線化学利用の現状	1.5	3. 放射線バイオ技術の研究	1.5
2. 原子力教材について	1	4. 環境・資源への放射線利用	1.5
合 計 5.5 単 位			

実習

実習名	単位数	実習名	単位数
1. α 、 β 、 γ 線の測定	1.5	5. 放射線による高分子合成(化学系)	4.5
2. 簡易型霧箱の製作	1.5	6. 放射線による殺菌(生物系)	4.5
3. 電子線架橋	1	7. 放射線利用による高機能材料の開発	2.8
4. γ 線の照射効果	4.5	8. 電子線加速器によるキュアリング	2
合 計 22.3 単 位			

見学

3 単位

その他 (開講式、まとめ・討論、総合質疑、アンケート記入、修了式)

2.5単位

(2) 東海・夏1コース

講義

1単位 60分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 原子炉の原理(科学史を含む)	1.5	3. 「放射線」授業の実践	1.5
2. 原子力教材について	0.5	4. 原子力の現状と課題	1.5
合 計 5 単 位			

実習

実習名	単位数	実習名	単位数
1. α 、 β 、 γ 線の測定	1.5	5. 中性子実験	6
2. 霧箱の製作	1.5	6. GM測定器、NaI測定器の原理と実験	3
3. α 線の吸収と散乱	1.2	7. γ 線エネルギー測定	1.5
4. 自然放射線の線量測定	6		
合 計 31.5 単 位			

見学

8 単位

その他 (開講式、まとめ・討論、総合質疑、アンケート記入、修了式)

2 単位

(3) 東海・夏 II コース

講義

1単位 60分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 放射線とは	1.5	4. 原子力の現状と課題	1.5
2. 原子力教材について	1	5. 放射線利用による高機能材料の開発	2
3. 原子力とは	1		
合 計		7 単 位	

実習

実習名	単位数	実習名	単位数
1. 放射線の性質	1.5	2. 選択課目 自然界の放射線測定 食品中の放射能測定	2
合 計		3 . 5 単 位	

見学

4.5単位

その他 (開講式、まとめ・討論、総合質疑、アンケート記入、修了式)

2.5単位

(4) 東海・炉物理実験コース

講義

1単位 60分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 核分裂連鎖反応	3	4. 各種の原子炉	1.5
2. 原子力教材について	0.5	5. 原子炉の制御と運転	3
3. 環境放射線と人体影響	1.5	6. 臨界集合体・TCAの概要と保安	1.5
合 計		1 1 単 位	

実習

実習名	単位数	実習名	単位数
1. 中性子基礎実験	6	3. JRR-1原子炉シミュレータ運転実習	9
2. TCAの臨界近接	9		
合 計		2 4 単 位	

見学

9.5単位

その他 : 開講式、オリエンテーション、修了式
質疑・研修のまとめ、アンケート記入1 単位
0.5単位

(5) 東京コース

講義

1単位 60分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 環境放射線概論	1.5	4. 放射線の健康影響	1.5
2. 原子力の科学史	1.5	5. 放射化学概論	1.5
3. 原子力教材について	1	6. 「放射線」授業の実践	1.5
合 計		8.5単位	

実習

実習名	単位数	実習名	単位数
1. はかるくんによる測定実習	2	6. 空気中の自然放射性物質の測定	1.5
2. 高温拡散霧箱による放射線飛体の観察と簡易霧箱の組立	1.5	7. Ge検出器による環境放射能の測定	1.5
3. オートラジオグラフィ実習①	1.5	8. 放射化学実験②	1.5
4. 温泉水の放射能測定	3	9. オートラジオグラフィ実習②	3
5. 放射化学実験①	3		
合 計		18.5単位	

見学

4.5単位

その他

質疑応答、アンケート記入
開講式、オリエンテーション、修了式

1 単位
1.5単位

22 J I C A コース

(1) 原子力基礎技術：RI・放射線実験（東京研修センター）

講義

1単位 70分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 放射線と物質との相互作用	2	12. イオンビームの新しい応用	1
2. 放射線測定法	2	13. ラジオアイソトープ・放射線の農業への利用	1
3. 放射線防護の原則	1	14. ラジオアイソトープの製造とその品質管理	1
4. 放射線と放射性物質の安全取扱い	1	15. 放射線生物学	1
5. 放射線モニタリングの基礎	1	16. 放射線による人の障害 — 身体的影響	1
6. 放射線化学	2	17. 放射線による人の障害 — 遺伝的影響	1
7. 食品照射	1	18. 加速器の医学利用 (1)診断	1
8. 高分子放射線加工	1	19. 加速器の医学利用 (2)治療	1
9. 生物活性物質への放射線照射効果	1	20. 核分光技術の元素分析への応用	2
10. 高分子の耐放射線性	1	21. ラジオアイソトープ・放射線の工業への利用	2
11. 大線量測定法	1	22. 原爆被爆者の晩発的影響	1
合 計		27単位	

実 習

実 習 名	単位数	実 習 名	単位数
1. 実験室ルール	1	8. イオン交換分離法	5
2. 放射線モニタリング	4	9. 高分子放射線架橋	2
3. γ 線スペクトル測定	5	10. 放射線失活法による酵素の分子測定	4
4. 放射線CAI	4	11. 大線量測定法	3
5. オートラジオグラフィ	5	12. 高分子の耐放射線性	2
6. 液体シンチレーション測定	5	13. 化学的放射化分析法	5
7. ラジオイムノアッセイ	5		
合 計		5 0 単 位	

見 学 3 4 単 位

その他 (開講式、オリエンテーション、カンントリーレポート等) 1 4 単 位

(2) 原子力基礎技術： 原子炉物理・動特性実験 (東海研修センター)

講 義

1 単 位 80 分

講 義 名	単位数	講 義 名	単位数
1. 原子炉物理	8	5. 原子炉熱工学	4
2. 原子炉安全性	2	6. 燃料サイクル	2
3. 原子炉計測・制御	4	7. 原子炉運転	2
4. 原子炉動特性	4	8. 原爆被爆者の晩発的影響 (特別講義)	2
合 計		2 8 単 位	

実 習

実 習 名	単位数	実 習 名	単位数
1. TCA実験ガイダンス	2	5. TCA反応度測定	4
2. TCA制御	2	6. JRR-1シミュレーター	4
3. TCA臨界近接	4	7. NSRR	2
4. TCA中性子束分布測定	4	8. 熱伝導	4
合 計		2 6 単 位	

見 学 : 日本原子力研究所内外
テクニカルツアー 1 4 単 位
6 日 間

その他 : カントリーレポート 1 単 位
パブリックアクセプタンス討論会 4 単 位
オリエンテーション等 3 単 位

23. IAEAコース（核分析技術の工業環境研究への利用）

講義

1単位 70分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 核分析技術の元素分析への利用	2	4. RIの環境研究への利用	1.5
2. 有害元素と化学種の人体影響	2	5. 即発 γ 線スペクトル分析	2
3. 試料の採取と前処理	2	6. γ 線スペクトル分析	1
合 計 10.5 単位			

実習

実習名	単位数	実習名	単位数
1. 分析の誤差	2	3. 機器的放射化分析	4
2. 試料の前処理（選択課目） 放射化分析法 けい光X線分析法 原子吸光・ICP分析法	7	4. 環境試料の分析（選択課目） 放射化分析法 けい光X線分析法 ICP分析法	5
合 計 18 単位			

ガイダンス

項目	単位数
1. ラボラトリ・ルール	1
合 計	1 単位

見学	： 東京都水質センター他 東海研・JRR-3M	10単位 1単位
その他	： カントリーレポート 評価会	2単位 1単位

24. 第2回保障措置トレーニングコース

講義

1単位 70分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 国際保障措置の基本的考え方	4	5. 欧州及び韓国における保障措置の実例	4
2. 日本における国内保障措置	3	6. 日本における保障措置の実例	2
3. 封じ込め・監視・非破壊分析技術	2	7. 設計情報質問書(DIQ)	2
4. 核物質計量の基本概念	1	8. IAEAへの報告	3
合 計 21 単位			

実 習

実 習 名	単位数	実 習 名	単位数
1. C/Sデモンストレーション及び実習 コブラシール チェレンコフ検出器	2	2. NDAデモンストレーション及び実習 スペクトル測定 (NaI) " (Ge) ウラン濃縮度測定 (NaI) " (Ge) ウランのHM-4測定 (NaI)	8
3. 国及び施設レベルのSSAC構築実習	2		
合 計 1 2 単 位			

演 習

演 習 名	単位数
1. 記録、報告システムのデモンストレーション	3
合 計	3 単 位

- 見 学 : 日本原子力研究所内外 2単位
 テクニカルツアー 5日間
- そ の 他 : カントリーレポート 2単位
 開講式、オリエンテーション、修了式 4単位

25. 指 導 教 官 研 修

研 修 名	B A T A N		O A E P	
	物 理 系	化 学 系	物 理 系	保 物 系
1. 開講式、修了式、オリエンテーション	2日	2日	2日	2日
2. 非密封線源取扱い・安全教育	3日	3日	2日	2日
3. 液体シンチレーション計測	3日	4日	5日	5日
4. サーベメータ校正・取扱い	1日	-	5日	5日
5. 同位体検定・放射化学分析	2日	23日	-	-
6. ガンマ線スペクトロメータ	3日	-	5日	5日
7. アルファ線スペクトロメータ	3日	-	2日	2日
8. シンチレーション計測システム測定	3日	1日	3日	3日
9. 被ばく線量測定	2日	-	2日	2日
10. 放射線管理	2日	-	2日	2日
11. レポート作成・研修指導技術	9日	4日	8日	8日
12. 施設見学・メーカー研修	10日	6日	5日	5日
合 計	43日	43日	41日	41日

26. 講師海外派遣研修

第 1 回 研 修 (放射線防護コース)	第 2 回 研 修 (放射線計測コース)
講 義 3.5 単位 1. 放射線と物質との相互作用 2. 人体への放射線影響 3. 放射線管理の考え方、規則、基準、単位 4. 放射線測定法、測定機器 5. 放射性物質の安全な取扱い 6. 放射化学の基礎 7. 放射線サーベイ	講 義 3.7 単位 1. 放射線計測の原理 2. 計測用電子機器の機能、作動 3. 統計処理 4. 放射線測定法、測定機器 5. 放射能の標準化 6. 放射化学 7. 保安規定 8. 放射線防護の基礎
実 習 3.2 単位 1. 個人被曝管理用熱ルミネッセンス計及び核種サーベイメータの運用 2. 放射線遮蔽及び漏洩試験 3. 塵埃中の放射性物質の測定 4. 放射性核種の分離、同定、定量	実 習 3.4 単位 1. アルファ線スペクトル測定 2. ベータ線計測 3. ガンマ線スペクトルの測定 4. 塵埃中の放射性物質の測定 5. 放射性核種の分離、同定、定量及び核種サーベイメータの運用
その他 1.4 単位 1. 討論、質疑応答 2. テスト、能力評価	その他 1.5 単位 1. 討論、質疑応答 2. テスト、能力評価
合 計 8.1 単位	合 計 8.6 単位

A5 原子力実験セミナー用 CAI 及びビデオソフトウェア

(1) CAI ソフトウェア

No.	名 称 (型式)	内 容
1	放射線とは? (平成3年度 FD 版制作) (平成7年度 CD-ROM 化)	放射線についての初歩的な内容をまとめたものである画面に多くの動きを入れ生徒が見ても分かりやすく理解できるように配慮してある。
2	原子力とは? (平成3年度 FD 版制作) (平成7年度 CD-ROM 化)	原子力とは何かをエネルギーから原子力発電までを分かりやすく説明し、まとめたものである。 画面に多くの動きを入れ、生徒が見ても分かりやすく理解できるように配慮してある。
3	原子炉 (平成3年度 FD 版制作)	原子炉の基本理論から原子炉の機能、構造までをまとめたものである。
4	放射線を目で見てみよう (平成4年度 FD 版制作)	放射線を実際に目で見る霧箱の実験、自然放射線を電離箱で測定する実験、 α 、 β 、 γ 線を実際に測定してその遮蔽能力を観察する実験などを主体としたソフトである。
5	原子核物理概論 (入門) (平成4年度 FD 版制作)	高等学校の先生方が原子力に関して多少専門的に学習して戴くためにまとめたものである。
6	原子力開発の流れと科学者 (平成4年度 FD 版制作)	レントゲン、ベクレル、キュリー夫人等原子力の研究に貢献した人々の経歴、実験内容をまとめた人物史とこれらの人々がどのように原子力の研究を進めて行ったかを見る原子力の科学史を紹介する。
7	地球環境 (平成5年度 FD 版制作) (平成6年度 CD-ROM 化)	自然とエネルギー問題を主体に、地球誕生から酸性雨、砂漠化などの生活に密着した内容を、その仕組みや原因、私達に何ができるのかをわかりやすく図表やアニメーション等を使用して説明している。
8	原子力 Q & A (平成5年度 FD 版制作) (平成8年度 CD-ROM 化)	新聞、雑誌等にでてくる原子力に関する用語集である調べたい用語があれば任意に検索できるように「コースウェア選択」をもうけ、必要な内容だけを選択し実行できる。
9	生活と放射線 (平成6年度 FD 版制作)	生活に関する放射線の利用は、医学、農林水産、工業等にとの様に使われているかをまとめた。
10	Physiquist (何でいま物理) PART-1 (平成6年度 CD-ROM 版制作)	最新の WINDOWS 対応とした CD-ROM 版でビデオ及び音声を含んだソフトウェアである。 音、電気、原子・放射線、熱、力、光についてのおもしろい実験を自分で体験するために各種の条件の設定を行うことができるようになっている。 マルチメディアの入門編と言える CAI である。
11	Physiquist (何でいま物理) PART-2 (平成7年度 CD-ROM 版制作)	「Physiquist 何でいま物理!」の続編で音、電気、原子、熱、光、力の6項目を収納したマルチメディアの CD-ROM 版である。
12	やさしい原子力 (平成7年度 CD-ROM 版制作)	原子力とは、中性子とは、ゲーム的感覚で原子炉を理解できる原子炉シミュレータ、原子力発電所の構造、環境とエネルギー、放射性廃棄物等、原子力に関する項目について実写映像を取り入れて音声による解説を付加した、マルチメディア CD-ROM 版である。

(2) ビデオソフトウェア

No.	名 称	内 容
1	原子エネルギーの発見 (平成3年度制作)	ベクレル、レントゲン、キュリー夫人等放射線の発見に携わった科学者の歴史と実験からフェルミ、マイトナーの原子炉に関する事項、原子爆弾、核エネルギーの開発、平和利用までまとめたものである。
2	放射線を目で見よう (平成4年度制作)	自然放射線の測定、霧箱の実験、ミリカンの実験、光電効果、コンプトン効果、放射線の透過実験、放射線測定器の種類と原理、放射線の医学・農業・工業分野での利用をまとめたものである。
3	原子力の安全性と危険性 (平成4年度制作)	原子力の安全性と危険性について、教師を対象にその評価の方法や根拠とする考え方などについてわかり易く解説してある。主要テーマとしては ①放射線の人体への影響 ②原子炉の安全評価はどのような考えに基づいているのか。
4	あなたもディベートしてみませんか (平成4年度制作)	高校生を、原子力に反対と賛成の任意の2グループに分け、討論するまでの準備・学習過程を描き、原子力におけるディベート学習の意義とひとつのモデルを提示したものである。
5	見て聞いて触れて考える (平成4年度制作)	原子力実験セミナーの内容を紹介したものである。
6	放射線をつかまえる (平成5年度制作)	身のまわりものを使って簡単にできる放射線の実験(簡易霧箱の実験、 α 線の放電実験)などを紹介している。
7	YY式簡易GM管の製作と放射線の観察 (平成6年度制作)	GM管の原理と、プラスチックコップ、アルミ箔、フィルムケース等身の廻りにある材料で簡単なGM管を作る方法とこれを使った放射線測定を紹介する。
8	原子の崩壊で年代を測る (平成6年度制作)	植物等に取り込まれた放射性同位元素 ^{14}C の崩壊を利用して遺跡の年代を測定する方法を紹介する。
9	X線で絵を探偵 (平成7年度制作)	X線を使って、油絵の技法の違いや、同じキャンパスに下絵として描かれたものを知ることができることを紹介する。

A 6 平成9年度委員会開催状況

委員会等名	開催月日	議 事
第4回原子力研修検討委員会	平成10年3月24日	<ul style="list-style-type: none"> 平成9年度事業報告について 平成10年度事業計画(案)について 将来計画(案)について 専門部会の設置(案)について
第1回国際原子力安全技術研修専門部会	平成9年10月23日	<ul style="list-style-type: none"> 昨年度からの経緯及び今後の役割分担 平成9年度事業計画及び実施状況 原研における国際技術交流の現状と今後の展開について 大学における原子力関連留学生の受入れの現状について
第2回国際原子力安全技術研修専門部会	平成10年3月11日	<ul style="list-style-type: none"> 平成9年度事業実施状況について 平成10年度事業計画(案)について 国際原子力総合技術センターにおける国際交流事業の今後の展開について 原子力委員会国際協力専門部会の動向 ベトナムにおける原子力事情 講義風景及び実習装置の見学
第1回原子力実験セミナー運営委員会 第2回原子力実験セミナー運営委員会	平成9年5月23日 平成10年3月13日	<ul style="list-style-type: none"> 平成9年度原子力実験セミナー実施計画 平成9年度原子力実験セミナー実施結果 平成9年度教材検討ワーキンググループの検討結果について
第1回教材検討ワーキンググループ	平成9年8月28日	<ul style="list-style-type: none"> 平成9年度教材検討ワーキンググループの設置について
第2回教材検討ワーキンググループ	平成9年10月27日	<ul style="list-style-type: none"> 各種実験教材の検討
第3回教材検討ワーキンググループ 試作会	平成9年12月8日 平成10年1月6日	<ul style="list-style-type: none"> 提案教材等の検討 検討した教材の試作
第4回教材検討ワーキンググループ	平成10年3月6日	<ul style="list-style-type: none"> 試作の評価、報告書(案)の検討

This is a blank page.

国際単位系 (SI) と換算表

表1 SI基本単位および補助単位

量	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd
平面角	ラジアン	rad
立体角	ステラジアン	sr

表2 SIと併用される単位

名称	記号
分, 時, 日	min, h, d
度, 分, 秒	°, ', "
リットル	l, L
トン	t
電子ボルト	eV
原子質量単位	u

1 eV = 1.60218 × 10⁻¹⁹ J
 1 u = 1.66054 × 10⁻²⁷ kg

表5 SI接頭語

倍数	接頭語	記号
10 ¹⁸	エクサ	E
10 ¹⁵	ペタ	P
10 ¹²	テラ	T
10 ⁹	ギガ	G
10 ⁶	メガ	M
10 ³	キロ	k
10 ²	ヘクト	h
10 ¹	デカ	da
10 ⁻¹	デシ	d
10 ⁻²	センチ	c
10 ⁻³	ミリ	m
10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ⁻¹⁸	アト	a

表3 固有の名称をもつSI組立単位

量	名称	記号	他のSI単位による表現
周波数	ヘルツ	Hz	s ⁻¹
力	ニュートン	N	m·kg/s ²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N·m
工率, 放射束	ワット	W	J/s
電気量, 電荷	クーロン	C	A·s
電位, 電圧, 起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	ファラド	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V
磁束	ウェーバ	Wb	V·s
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度	°C	
光束度	ルーメン	lm	cd·sr
照射度	ルクス	lx	lm/m ²
放射能	ベクレル	Bq	s ⁻¹
吸収線量	グレイ	Gy	J/kg
線量当量	シーベルト	Sv	J/kg

表4 SIと共に暫定的に維持される単位

名称	記号
オングストローム	Å
バ	b
バル	bar
ガリ	Gal
キュリー	Ci
レントゲン	R
ラド	rad
レム	rem

1 Å = 0.1 nm = 10⁻¹⁰ m
 1 b = 100 fm = 10⁻²⁸ m²
 1 bar = 0.1 MPa = 10⁵ Pa
 1 Gal = 1 cm/s² = 10⁻² m/s²
 1 Ci = 3.7 × 10¹⁰ Bq
 1 R = 2.58 × 10⁻⁴ C/kg
 1 rad = 1 cGy = 10⁻² Gy
 1 rem = 1 cSv = 10⁻² Sv

(注)

- 表1-5は「国際単位系」第5版, 国際度量衡局 1985年刊行による。ただし, 1 eV および 1 uの値は CODATAの1986年推奨値によった。
- 表4には海里, ノット, アール, ヘクタールも含まれているが日常の単位なのでここでは省略した。
- barは, JISでは流体の圧力を表わす場合に限り表2のカテゴリーに分類されている。
- EC閣僚理事会指令では bar, barnおよび「血圧の単位」mmHgを表2のカテゴリーに入れている。

換 算 表

力	N (=10 ⁵ dyn)	kgf	lbf
	1	0.101972	0.224809
	9.80665	1	2.20462
	4.44822	0.453592	1

粘 度 1 Pa·s (=N·s/m²) = 10 P (ポアズ) (g/(cm·s))
 動粘度 1 m²/s = 10⁴ St (ストークス) (cm²/s)

圧	MPa (=10 bar)	kgf/cm ²	atm	mmHg (Torr)	lbf/in ² (psi)
	1	10.1972	9.86923	7.50062 × 10 ³	145.038
力	0.0980665	1	0.967841	735.559	14.2233
	0.101325	1.03323	1	760	14.6959
	1.33322 × 10 ⁻⁴	1.35951 × 10 ⁻³	1.31579 × 10 ⁻³	1	1.93368 × 10 ⁻²
	6.89476 × 10 ⁻³	7.03070 × 10 ⁻²	6.80460 × 10 ⁻²	51.7149	1

エネルギー・仕事・熱量	J (=10 ⁷ erg)	kgf·m	kW·h	cal (計量法)	Btu	ft·lbf	eV	1 cal = 4.18605 J (計量法)
	1	0.101972	2.77778 × 10 ⁻⁷	0.238889	9.47813 × 10 ⁻⁴	0.737562	6.24150 × 10 ¹⁸	= 4.184 J (熱化学)
	9.80665	1	2.72407 × 10 ⁻⁶	2.34270	9.29487 × 10 ⁻³	7.23301	6.12082 × 10 ¹⁹	= 4.1855 J (15 °C)
	3.6 × 10 ⁶	3.67098 × 10 ⁵	1	8.59999 × 10 ⁵	3412.13	2.65522 × 10 ⁶	2.24694 × 10 ²⁵	= 4.1868 J (国際蒸気表)
	4.18605	0.426858	1.16279 × 10 ⁻⁶	1	3.96759 × 10 ⁻³	3.08747	2.61272 × 10 ¹⁹	仕事率 1 PS (仏馬力)
	1055.06	107.586	2.93072 × 10 ⁻⁴	252.042	1	778.172	6.58515 × 10 ²¹	= 75 kgf·m/s
	1.35582	0.138255	3.76616 × 10 ⁻⁷	0.323890	1.28506 × 10 ⁻³	1	8.46233 × 10 ¹⁸	= 735.499 W
	1.60218 × 10 ⁻¹⁹	1.63377 × 10 ⁻²⁰	4.45050 × 10 ⁻²⁶	3.82743 × 10 ⁻²⁰	1.51857 × 10 ⁻²²	1.18171 × 10 ⁻¹⁹	1	

放射能	Bq	Ci
	1	2.70270 × 10 ⁻¹¹
	3.7 × 10 ¹⁰	1

吸収線量	Gy	rad
	1	100
	0.01	1

照射線量	C/kg	R
	1	3876
	2.58 × 10 ⁻⁴	1

線量当量	Sv	rem
	1	100
	0.01	1

