

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)

1998年2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
印 刷 (株)原子力資料サービス

国際原子力総合技術センターの活動
(平成8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1月19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8年度研修事業の概況をとり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 1,868 名の修了生を送り出すことができた。また、本年度新設され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探る研究等も進めており、着実な成果をあげている。

日本における原子力産業は、順調に成熟し、原子力関係者の専門分野は高度化したが、彼らは原子力全般に関する広い視野を失いつつある。また、一般市民との間には原子力に関する意識や知識の大きなギャップが存在し、原子力に関するささやかな事故でもこれをきっかけに原子力不信に結びつくおそれもある。

このような現状を前に、国際原子力総合技術センターは原子力専門家及び一般人を対象とした様々な研修コースを用意している。

NuTEC Annual Report
(April 1, 1996 ~ March 31, 1997)

Nuclear Technology and Education Center
Japan Atomic Energy Research Institute
Honkomagome, Bunkyo-ku, Tokyo

(Received January 19, 1998)

This report summarizes the educational works carried out at the NuTEC (Nuclear Technology and Education Center) of Japan Atomic Energy Research Institute during the 1996 fiscal year. It covers 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.

Today Japan has a mature nuclear industry and Japanese nuclear engineers have highly specialized knowledges. On the other hand, they are losing wide perspective over the whole spectrum of nuclear technology. In addition, a considerable gap exists between the specialists and the public in knowledge and interpretation or acceptance of nuclear power. This gap may enlarge the public concern of specific problems caused by small accidents into a mistrust of entire nuclear power industry. The work of NuTEC is aimed at improving these problems in both specialist and the public sides.

During the 1996 fiscal year, Tokyo and Tokai Education Centers accomplished all the planned courses, both domestic and international: total number of the trainees during the year reached 1868. The newly established 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, Annual Report, Education, Training, School, Nuclear Power,
Radioisotope, Reactor

目 次

はじめに	1
1. 概要	2
1.1 組織体制	2
1.2 研修活動の現状	2
1.3 アジア・太平洋原子力技術交流の推進	3
1.4 研修拠点の整備計画	3
2. 国内研修の実施	4
2.1 RI・放射線技術者の養成	4
2.1.1 基礎課程	4
2.1.2 RI の生物科学への利用コース	5
2.1.3 放射線高分子プロセスコース	5
2.1.4 オートラジオグラフィコース	5
2.1.5 ラジオアイソトープコース	6
2.1.6 液体シンチレーション (LSC) 測定コース	7
2.1.7 放射線管理コース	8
2.1.8 環境放射能測定コース	8
2.1.9 第一種作業環境測定士講習	9
2.1.10 第1種放射線取扱主任者講習	10
2.2 原子力エネルギー技術者の養成	11
2.2.1 一般課程 (B)	11
2.2.2 原子炉工学課程	12
2.2.3 原子炉理論短期講座	14
2.2.4 原子力入門講座	14
2.2.5 保健物理専門課程	14
2.2.6 放射線防護専門課程	15
2.2.7 核燃料工学短期講座	15
2.2.8 放射性廃棄物管理講座	16
2.3 一般向けの原子力講習	17
2.3.1 原子力防災入門講座	17
2.3.2 原子力防災対策講座	18
2.3.3 原子力防災研修	19
2.3.4 原子力実験セミナー	21
2.3.5 その他	23
3. 国際協力の実施	24
3.1 JICA 及び IAEA との共催研修	24

3.1.1 JICA コース	24
3.1.2 IAEA コース	24
3.2 国際原子力安全セミナー	26
3.2.1 アジア諸国向け安全セミナー	26
3.2.2 放射性廃棄物・使用済燃料管理国際セミナー	27
3.2.3 ウクライナ向け安全セミナー	28
3.2.4 旧ソ連・東欧諸国向け安全セミナー	28
3.2.5 参加者の主な意見等	29
3.3 国際原子力安全技術研修	30
3.3.1 保障措置に関する地域トレーニングコース	30
3.3.2 講師海外派遣研修	31
3.3.3 指導教官研修	32
3.3.4 東南アジア各国の研修に係るニーズ調査	33
3.4 STA 原子力研究交流制度に基づく協力	33
4. アジア・太平洋原子力技術交流の推進	34
4.1 技術交流推進室の新設	34
4.2 アジア・太平洋協力検討タスクフォースにおける協議	34
4.3 国際原子力交流施設建設計画検討ワーキンググループの設置	34
4.4 研修講義棟の改修	34
4.5 国際研修事業等の実施に関する覚書の交換	34
4.6 国際協力取決めの締結	35
5. 研修のための開発等	36
5.1 研修技術開発	36
5.1.1 ミルキング実験	36
5.1.2 個人被ばく線量計を用いた大線量の測定	37
5.1.3 イオン交換分離法による無担体 $^{32}\text{PO}_4^{3-}$ と $^{32}\text{SO}_4^{2-}$ の分離	38
5.1.4 放射化分析法による環境試料中 I-129 の定量法の開発	40
5.1.5 イメージングアナライザーを用いた食品、日常品の自然放射性物質の分布	42
5.1.6 インスタントフィルムを使用した自然放射性物質による放射線の写真作用の実験	43
5.1.7 クエンチング標準線源の寿命について	44
5.1.8 材料強度実験	45
5.1.9 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 (1)	47
5.1.10 除染実習	47
5.2 研究開発	49
5.2.1 含フッ素ゴムの耐熱性の原因 —放射線の照射による検討—	49
5.2.2 液体シンチレーション (LSC) による H-3 の半減期の測定	50
5.3 その他	51
5.3.1 基礎課程「放射線管理実習」の新設準備	51

5.3.2	講義「線量測定法」の準備	51
5.3.3	RI・放射線用語集の作成	51
5.3.4	新しい W-188/Re-188 ジェネレータ (レビュー)	52
5.3.5	ラジオグラフィー用低エネルギー γ 線源 (レビュー)	53
5.3.6	霧箱関係等の新規テキスト作成	55
6.	施設の維持管理	56
6.1	整備補修状況	56
6.2	放射線管理状況	56
7.	運営管理	58
7.1	東海研修センターにおける研修の運営に関する事項	58
7.2	委員会等の開催状況	59
	編集後記	60
	付録	61

Contents

Preface	1
1. Outline of the NuTEC Activities	2
1.1 Organization	2
1.2 Current Status of Educational Activities	2
1.3 Promotion of Asia-Pacific Nuclear Technology Transfer	3
1.4 Establishment of Educational Facility	3
2. Status of Domestic Educational Courses	4
2.1 Training Courses for Radioisotopes and Radiation Engineers	4
2.1.1 Basic Course on Radioisotopes and Radiation	4
2.1.2 Application of Radioisotopes to Biological Science Course	5
2.1.3 Radiation Processing of Polymers Course	5
2.1.4 Autoradiography Course	5
2.1.5 Radioisotopes Course	6
2.1.6 Liquid Scintillation Measurement Course	7
2.1.7 Radiation Control Course	8
2.1.8 Environmental Radioactivity Measurement Course	8
2.1.9 Qualification Course for Class 1 Working Environment Measurement Expert	9
2.1.10 Qualification Course for Radiation Protection Supervisor	10
2.2 Training Courses for Nuclear Engineers	11
2.2.1 General Course on Nuclear Technology (B)	11
2.2.2 Reactor Engineering Course	12
2.2.3 Reactor Theory Course	14
2.2.4 Introductory Nuclear Energy Course	14
2.2.5 Health Physics Course	14
2.2.6 Radiation Protection Course	15
2.2.7 Nuclear Fuel Engineering Course	15
2.2.8 Radioactive Waste Management Course	16
2.3 Seminars for the Public	17
2.3.1 Emergency Preparedness Introductory Course	17
2.3.2 Emergency Preparedness Course	18
2.3.3 Emergency Preparedness Specialized Courses	19
2.3.4 Open Courses on Nuclear Energy	21
2.3.5 Other Courses	23
3. International Cooperation	24
3.1 JICA and IAEA Training Courses	24

3.1.1	JICA/JAERI Joint Nuclear Technology Course	24
3.1.2	IAEA/JAERI Joint Training Course	24
3.2	International Seminars on Nuclear Safety	26
3.2.1	International Seminar on Nuclear Safety in Asia	26
3.2.2	International Seminar on Radioactive waste and Spent Fuel Management	27
3.2.3	Ukraine-Japan Seminar on Nuclear Safety	28
3.2.4	International Seminar on Nuclear Safety in Central and East-European Countries and the Commonwealth of Independent States	28
3.2.5	Participants Comments	29
3.3	International Training on Nuclear Safety Technology	30
3.3.1	Safeguards Training Course	30
3.3.2	Joint Training Courses	31
3.3.3	Instructor Training Program	32
3.3.4	Needs Study on Nuclear Training in South-East Asian Countries	33
3.4	STA Scientist Exchange Program	33
4.	Promotion of Asia-Pacific Nuclear Technology Transfer	34
4.1	Set-up of International Technology Transfer Division	34
4.2	Consultations by Asia-Pacific Cooperation Task Forces	34
4.3	Set-up of Working Group for Planning of International Nuclear Technology Transfer Facilities	34
4.4	Modification of Lecture Hall	34
4.5	Exchange of Memoranda on Practice of International Training	34
4.6	Conclusion of International Cooperation Arrangements	35
5.	R&D for Improving the Educational Programs	36
5.1	New Educational Experiments	36
5.1.1	Technetium-99m Generator	36
5.1.2	Study on Measurement of High Dose Using Personal Dosimeter	37
5.1.3	Separation of Carrier Free $^{32}\text{PO}_4^{3-}$ and $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ by Ion Exchange Chromatography	38
5.1.4	Determination of I-129 in Environmental Sample by Activation Analysis	40
5.1.5	Autoradiogram of Natural Substances Using Imaging Analyzer	42
5.1.6	Exposure of Polaroid Films to Ionizing Radiation from Natural Substances	43
5.1.7	Measurement of Life-Time of Quenched Standard Sources	44
5.1.8	Materials Tensile Testing	45
5.1.9	Reactor Kinetics Analysis using Personal Computer	47
5.1.10	Training on Decontamination	47
5.2	Research	49
5.2.1	Heat Resistibility of Elastomer Containing Fluorine	49
5.2.2	Measurement of Half-Life of H-3 by LSC	50

5.3 Other Works	51
5.3.1 Preparatory Experiments on "Radiation Monitoring Experiment" for "Basic Course" on Radioisotopes and Radiation	51
5.3.2 Preparation of a New Lecture Dosimetry	51
5.3.3 Publication of a Glossary of RI and Radiation Terms	51
5.3.4 New W-188/Re-188 Generator for Biomedical Applications	52
5.3.5 Development of ^{169}Yb Sources for Low-Energy Gamma Radiography	53
5.3.6 New Textbooks for Experiments of Cloud Chamber and Other	55
6. Operation and Maintenance of Facilities	56
6.1 Present Status of Operation and Maintenance of Facilities	56
6.2 Result of Radiation Control	56
7. Management	58
7.1 Measure of Management of Tokai Education Center	58
7.2 Committees and Meetings	59
Editorial Postscript	60
Appendix	61

はじめに

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機関として、昭和31に発足した。国際原子力総合技術センターは、「原子力に関する研究者及び技術者の養成・訓練」に係わる研修事業を昭和33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を進めている。

研修事業は、研修コースの企画、講師の人選、講義内容の検討、研修技術開発、教材の制作、講義・実習・演習の実施、その他種々の支援業務など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、並びに工夫の積み重ねにより、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常に気を配って運営されている。

技術交流事業では、対象国に機器を持ち込んで実施する講師海外派遣研修の準備やあらかじめ現地側の担当教官を日本に招いて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さらに加わる。

これまでの国内研修及び国際研修の受講者は、合わせて44,000人を超えており、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。

これまで、研修活動については、研修生に配布するテキストとしては残されてきたが、一部の学会報告をなどを除き、公開文書に系統的に記録、保存はなされてこなかった。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ものと考え、公開の年報を発刊することとした。

平成10年1月に東京研修センターが設立40周年を迎え、来年には東海研修センターも同40周年を迎えることもあり、本報の発刊が当センターの研修事業や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。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

平成8年5月、原子力総合研修センターから国際原子力総合技術センターへと名称変更された。これとともに、アジア・太平洋原子力協力に積極的に取り組むため、センター内に技術交流推進室が設置された。

ラジオアイソトープ研修部門は東京研修センター、原子炉研修部門は東海研修センターと改称されたが、業務内容はほぼ従来どおりである。すなわち、東京研修センターでは、RI・放射線技術者養成のための研修、国際研修及び一般向けの講習を業務とし、これを10名の教官、放射線管理系（保健物理系教官兼務）1名、工務系1名、事務系3名の職員、次長及び事務長の合計17名で担当している（付録A1参照）。また、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研修（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14名の教官、事務系6名の職員、次長及び事務長の合計22名で担当している（付録A1参照）。

一方、新たに発足し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、研究系2名、技術系1名の職員及び室長の合計4名で担当している。

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、わが国の 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 の生物科学への利用、放射線高分子プロセス、オートラジオグラフィ、ラジオアイソトープ、液体シンチレーション測定、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1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4回（JICA、IAEA コース各1回及び指導教官研修コース2回）、さらに、わが国における正しい原子力知識普及のため、一般向けの講習1回（原子力実験セミナー1回）を実施し、合計475名の修了生（専門技術者451名、一般人24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課程・講座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6回（JICA コース1回、国際原子力安全セミナーとしてのアジア諸国向け、旧ソ連・東欧諸国向け、ウクライナ向け、放射性廃棄物・使用済燃料管理の各コース1回及びアジア・太平洋原子力協力としての保障措置コース1回）、さらに、わが国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32回（原子力防災入門講座14回、原子力防災対策講座2回、原子力防災研修13回及び原子力実験セミナー3回）を実施し、合計1,393名の修了生（専門技術者312名、一般人1,081名）を送り出した。

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に業務が実施できた。コースのカリキュラム、修了生数等は巻末の付録A3及び付録A4に示す。

修了生数を前年度と比較すると、専門技術者については両センターともほぼ横ばいの状態であ

る。しかし、一般人については、本年度から東京研修センターにおいて実施してきた原子力教養セミナー（受託事業）が財団法人放射線利用振興協会（放振協）に移管されたため、同センターにおける修了生数が大幅に減少した。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約2倍の人数を受け入れている。

東京研修センターでは、スクラップアンドビルドとして、放射線化学コースを廃止し、放射線高分子プロセスコースを新設した。また、アジア・太平洋原子力協力の一環として、講師海外派遣研修（準備）、指導教官研修及び保障措置研修の三つの国際研修コースを開始させた。

各コースの運営管理と並行して現行コースの改良及び新規コースの検討のため、各種技術開発業務を実施した。

1.3 アジア・太平洋原子力技術交流の推進

新設された技術交流推進室を中心として、当センターの将来計画の検討が開始された。財団法人放射線照射振興協会（放照協）が改組され、12月に財団法人放射線利用振興協会（放振協）と名称変更するとともに、国際研修事業等の実施組織として、国際原子力技術協力センター（協力センター）が設立された。協力センターとの役割分担も明確化され、原研と放振協が一体となった事業体制が整備された。

来年度からの開始を目指して、インドネシア原子力庁（BATAN）との間で講師海外派遣研修（BATAN との共催研修）に係る協議を行い、その全体仕様を固めた。なお、平成10年度からは、タイ原子力庁（OAEP）との共催研修を開催する予定である。このため、BATAN 及び OAEP との間にそれぞれ協力取決めを締結した。

1.4 研修拠点の整備計画

今後の研修事業の新たな展開は、

- ①原子力関係者等に対する安全教育
- ②研修センターの一元化による効率的な事業運営
- ③アジア太平洋原子力協力構想に沿った人材養成

の観点から、新たな研修拠点の整備計画を検討している。

現在、検討している施設は、国際原子力交流棟、食堂棟及び宿泊棟からなる施設である。概念検討を基に基本設計図を関係者で検討中である。

2. 国内研修の実施

2.1 RI・放射線技術者の養成

2.1.1 基礎課程

本課程は、ラジオアイソトープ・放射線利用及び安全管理に必要な基礎知識と基本技術を総合的に学習することを目的としている。

本年度は第250回から253回まで4回実施した。定員32名に対して受講率は平均74%であった。特に、9月に開催した第253回では受講者が17名となり、例年のように年の後半に受講者が減少した。また、受講者は48%が RI・放射線取扱未経験者であり、74%が20才代であった。学歴は理工系の大学院卒から高卒まで幅広く、文科系大学卒も5%含まれていた。

本年度は、特に教科、講師及びテキストの評価を行った。基礎知識の講義を多くの講師が分担することから、内容の重複と欠落が生じている。また、放射線管理及び放射線取扱主任者試験対策で受講する人が多くなってきている。RI 取扱未経験者が多く参加するようになっているので、現場に必要な基本技術を習得する実験に重点をおく等の課題について対策を講じた。

具体的な方策として、次年度から放射線測定関係の教科の統合、RI・放射線用語集のテキストへの導入、テキスト内容の一部改定、実習実験の追加と改廃（GM 実験、共沈と抽出から放射線管理とミルキング）を行うことにした。

（野口）

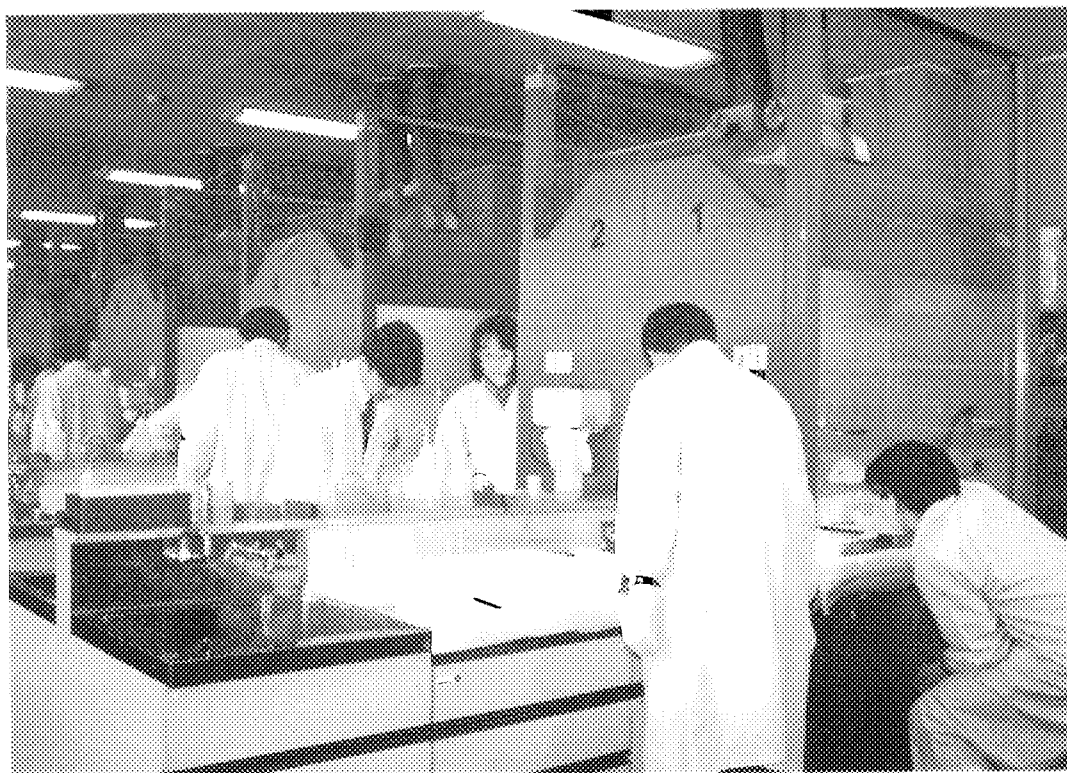


Photo.2.1.1 イオン交換分離実習

2.1.2 RIの生物科学への利用コース

8月26日から9月6日まで2週間実施した。受講者数は11名で、内訳は大学6名、農林水産省の研究所2名、企業3名であった。職種としては、生物科学分野で RI を使用する研究者がほとんどであったが、大学の場合には放射線管理をも含む職種に属している。

受講生のコースに対する評価は、研修期間及び内容についてはおおむね良い評価が得られている。しかし、個別的には、①装置類を充実させてほしい、②生化学会の開催日を避けてほしい、③1週間コースを設けてほしい、など多くの要望があった。また、今回の実習のほかの教科として希望があるのは、クローニング、CAT アッセイ、ゲルシフト、FISH 法、ノーザンブロット等多岐にわたっている。

(伊藤)

2.1.3 放射線高分子プロセスコース

平成7年度まで大阪支所で開催してきた専門課程「放射線化学コース」を、本年度から「放射線高分子プロセスコース」として、内容を一新し高崎研究所で実施することになった。これは、新組織への移行等の事情から、大阪支所ではこのコースが実施不能となったことと、民間企業において低エネルギー電子加速器を利用する高分子加工に強い関心があることを反映させたことによる。

コース内容を一新させるにあたって、次の点に留意した。

講義については、放射線化学並びにプロセスへの応用全般にわたる理解を深めると同時に、開発プロジェクトの展開例をも説明することによって、今後の応用への参考とする。

実習については、低エネルギー電子加速器を用いたプロセスの研修を中心とする。本コースの実験は周知の高分子加工プロセスの追試的なものにとどまらず、加速器の特性や放射線高分子反応の特徴に着目した展開を図る基礎実験とする。

本年度は、民間企業11名、公立研究所2名及び高崎研究所新入職員1名の計14名（定員16名）が参加して、10月1日から7日間実施した。実習は、高崎研究所に昭和60年以来設置されていた60cm幅の300kV 電子加速器が本年度初頭に撤去されたため、加速器メーカーの好意で実験室用小型電子加速器（250kV、幅15cm）を借用して実施した。このため、予備実験不足のきらいはあったが、当初計画の目標はほぼ達成された。また、高崎研究所には、セミナー室以外には専用の研修施設はないが、実験室ほか構内宿泊施設の提供など全面的協力が得られた。

(佐々木)

2.1.4 オートラジオグラフィコース

10月14日から10月24日まで9日間実施した。受講者数は10名で、内訳は企業における薬物動態研究者5名、残留農薬研究者1名、生化学分野における研究従事者1名、大学における放射線管理従事者1名、イメージングプレートの開発従事者1名及び原子炉材料の開発従事者1名であった。

今回は薬物動態学会の研究発表会と重なり、講師の都合でカリキュラムが例年と比較するとやや変則的であった。

受講生のコースに対する評価は、実習の理解しやすさについては、難しく感じる受講生もいる

が、大多数は適切なレベルと考えている。有効性については、薬物動態の研究者が有効と認めており、実習の目的は達せたと判断できる。理解しやすさと有効性との間には、特に相関はない。講義についても一部については比較的易しいと評価した受講生もいたが、おおむね好評であった。

個別的に希望については、講師の経験と技に圧倒されたのか、特段の注文はなかった。

なお、本コースは薬物動態学会誌に広告を出せば、応募が増えるとのコメントを講師の1人からいただいている。

(伊藤)

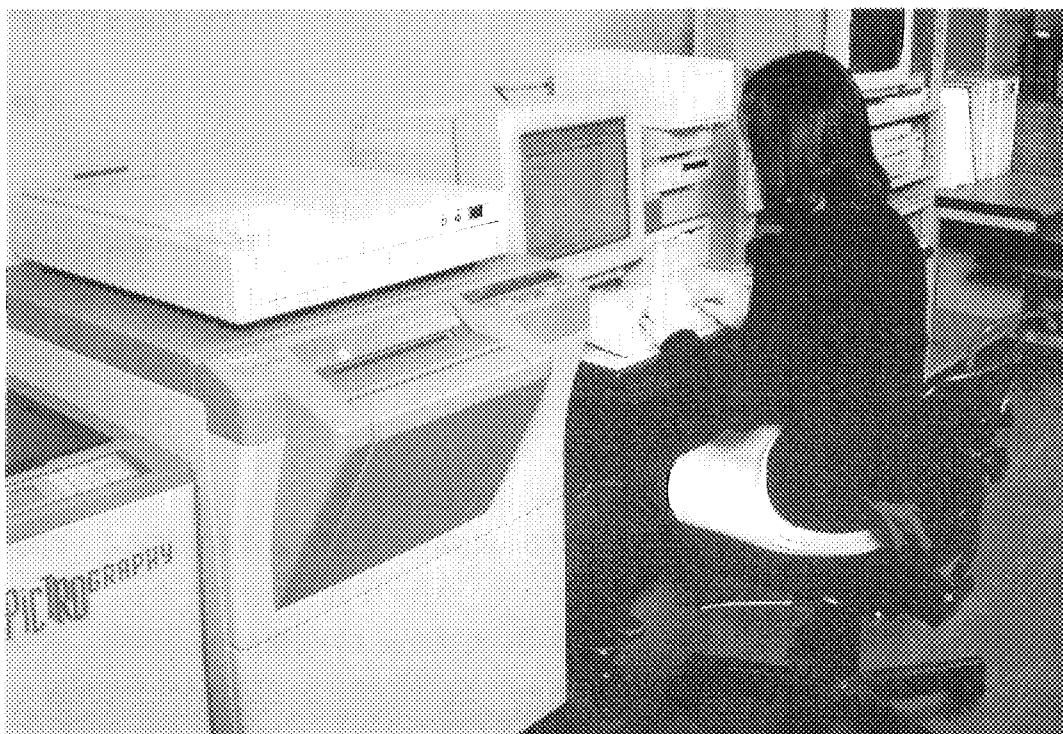


Photo.2.1.2 イメージングプレートによるオートラジオグラフィ実習

2.1.5 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、講義と実習を通して習得することを目的としている。

本年度は10月28日から11月13日まで13日間開催した。受講者数は16名で、全員が労働省労働基準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。最も重要である放射線施設の講義と放射線管理の実習の講師に変更があった。

受講生は、全員が労働省労働基準局からの派遣であったので、非常に仲間意識が強く、規律が良く守られ、熱心であった。このため、各講師とも緊張が強いられた。また、不明な点について質問が多かった。しかし、放射線というものに接することが初めての経験ということもあり、講義、実習とも特に放射線物理はかなり難しいとの指摘があった。また、派遣元から研修生の中には文科系の出身者もいるので、次年度からはもう少し易しく願うというような要望もあった。

なお、労働省は本コース受講生に対して、10月24日から10月27日までの4日間、労働研修所に

において予備研修を行っている。

(関)

2.1.6 液体シンチレーション (LSC) 測定コース

11月25日から29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、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後ほどなく開講されたソフトベータ(軟 β)測定コースを発展的にカリキュラムを更新、改名したものである。時代の趨勢で、この方面の研究者は他の分野に関心を持っている。環境測定及び射線管理の有用な測定器群の一つとしてのLSCの原理や正しい使用方法を会得したい受講生のほかに、LSCを存分に用い、わずか1週間で放射線安全講習を行える魅力で受講生を派遣する企業がある。また、このコースを経て選択者を基礎課程に出す場合がある。したがって、初心者に近い受講生が多い。

5日間の限られたカリキュラムの中で時間割の変更は大変である。このような状況ではあるが、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かけて導入している。

受講生のアンケートでは、分析機器としてボタンを押し、結果を得るだけであった受講生は、どのようにして測定が行われるか理解できたことを喜びとし、初心者は非密封RIの取扱、特に自分自身の呼気、尿中のトリチウム放射能測定法に目をみはる。しかし、定員16名に対して20数名で行わざるを得ず、実習における機器の不足を指摘される場合があり残念である。

初心者向けの短期間コースを設けることにより、このような問題は解決できるのではないと思われる。

(油井)

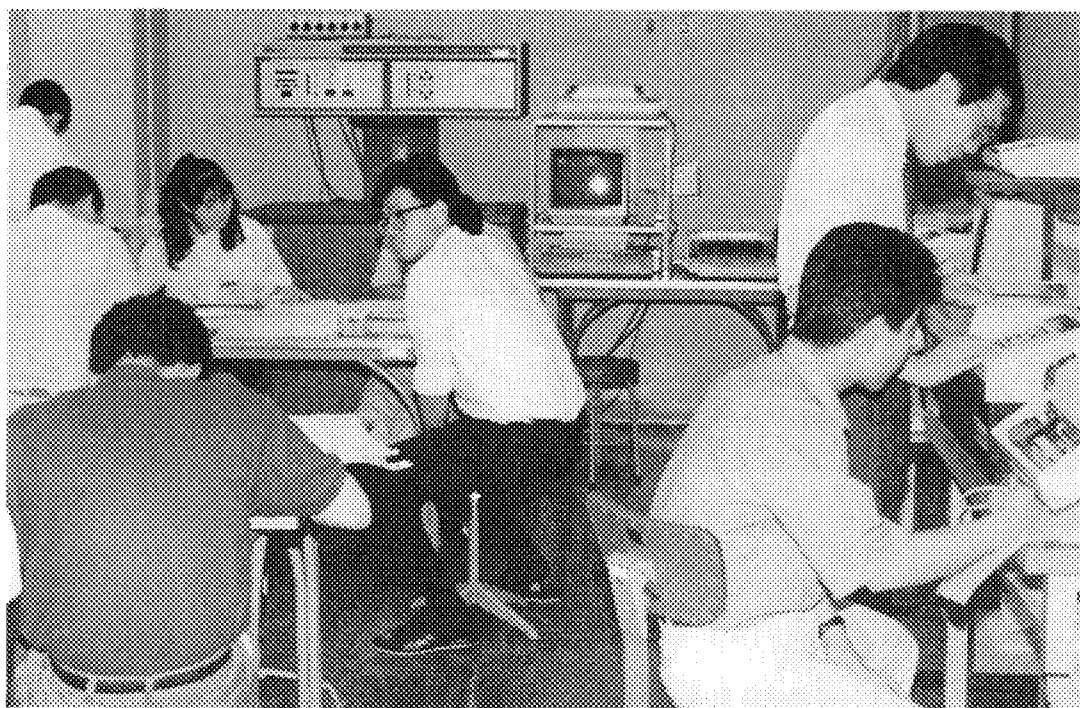


Photo.2.1.3 液体シンチレーション (LSC) 測定実習

2.1.7 放射線管理コース

昭和50年度から実施してきた旧「放射線管理コース」は、基礎的科目から放射線管理の実務までの内容を含み、定員が32名で13日間のコースであった。受講生の構成は放射線管理に従事している者、これから従事しようとする者以外に、監督指導的立場の技術系国家公務員などが混在していて、研修内容やレベルについての焦点が絞りにくい状況にあった。これを改善するため、昭和63年度に旧「放射線管理コース」を廃止して、現行の「放射線管理コース」と「ラジオアイソトープコース」とに2分割した。そして、それぞれの目的に適したカリキュラムを編成し、定員を各16名とした。

新「放射線管理コース」のカリキュラムでは、基礎的科目を大幅に削減し、RI 使用施設の放射線管理に必要な一般知識と各種測定技術に関する科目に重点をおき、期間を短縮して10日間とした。以来、カリキュラムの小幅な修正を行って現在に至っている。

本年度の受講生は、施設管理及び放射線管理従事者が大半であり、ほとんどが RI・放射線の取扱い経験者であった。このため、研修全般にわたって良く理解され、十分な成果が得られた。カリキュラムについては、基礎的あるいは理論的な講義は好まれない傾向にあり、具体的実例や実務に直接役立つ研修が望まれた。また、許可申請等に関する排気、排水能力の計算等の演習の充実を希望する受講生もいた。「RI の使用許可申請」と「非密封 RI の在庫管理」に関する演習では、パソコンの操作に多くの時間を要するため、演習内容の充実改善等の再検討が必要であろう。

(大谷)



Photo.2.1.4 γ 線スペクトロメトリ実習

2.1.8 環境放射能測定コース

本コースは、環境放射能の測定業務に係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ことを目的とし

ている。主に γ 線スペクトロメトリ、 α 線スペクトロメトリ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良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、定員16名に対し、13名の受講者があった。受講生を業務内容別にみると、環境放射能分析6名、放射線管理4名、研究開発2名及び放射性廃棄物処理1名であった。研修についてのアンケートの結果では、ほとんどの受講生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及び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。反面、一部の講義に対しては有効性が低いという評価もあった。また、多くの受講生から研修内容が基礎的な測定技術の習得に偏っ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習得できるコースとすることが今後の検討課題となろう。そのほか、①実習及び講義時間が足りない、② OHP、スライドが見えにくい、③講師の声が小さい、などの意見が出された。これらの指摘事項については、今後改善していく予定である。

(上沖)

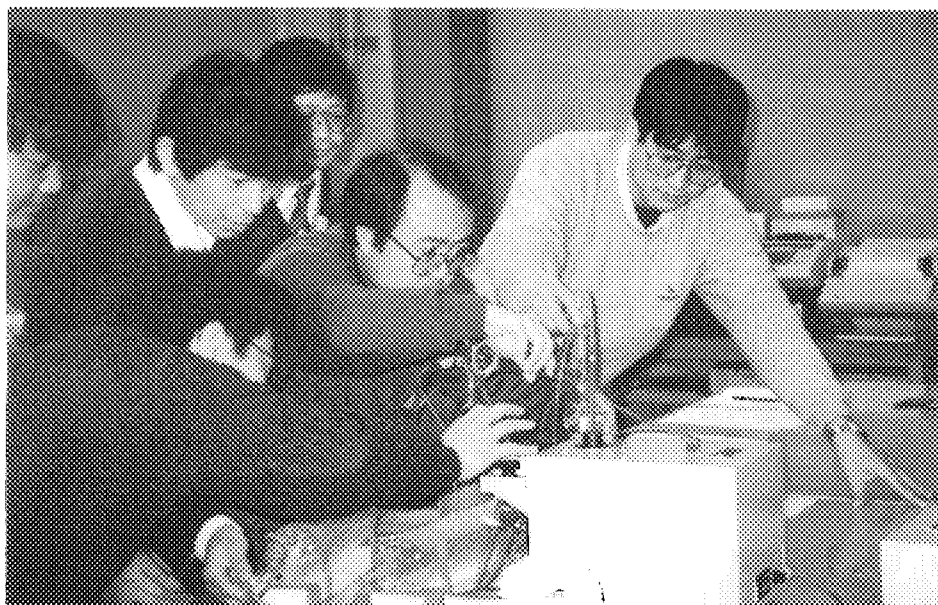


Photo.2.1.5 環境試料中ラドンの測定実習

2.1.9 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、52年度から東京研修センターにおいて実施してい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。放射線作業に対する第一種作業環境測定士登録の資格を取得しようとする人を対象として、定員16名で、毎年1回、2日間のコースを開催している。

本年度は、平成9年1月9日から10日まで実施した。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る。このため、実際の講習は高密度の内容になっており、十分な理解を得にくいように思われる。講習に対する最近の応募状況は定員をやや下回る程度で推移している。

(神永)

2.1.10 第1種放射線取扱主任者講習

本年度は7回（第78回～84回）実施した。本講習は法令に基づき実施するもので、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、この講習では常に受講の順番を待つ状況が続いている。

なお、数年前に主任者試験の合格者数が例年より大幅に増加し、受講者が殺到した。その後の対策として、講習の開催回数を年4回から年7回まで暫時増やしてきたが、それでも十分に希望に応えられていない。講習日程が決まるまでに「講習の申込みから1年半以上待たされた。」とアンケートに苦情が寄せられたほどである。

講習内容の重点は、放射線管理の実務経験の少ない人に、実務の一端に触れてもらうことにある。筆記試験は実務経験がなくても合格が可能である。実際にサーベイメータ等に全く触れたことのない受講生が過半数を超える。密封線源、非密封線源及び放射線発生装置等の取扱経験の有無に関するアンケート調査で、受講生の8割以上が「RIの取扱経験なし。」と回答してきた開催回もあった。このような状況を踏まえ、非密封放射性物質取扱実習で使用していた半減期が長く、初心者にとっては危険な Sr-90 を使用する Y-90 の分離実習を止め、 $^{32}\text{PO}_4^{3-}$ と $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ を使用する分離実習へと改善を図った。

受講生の反応をみると、実習の時間が足りなくて厳しいという。これは実務経験のない人が初めての实習で感じる当然の結果ともいえる。一方で、もっと多くの種類の実習を経験したいという要望もある。また、年配の経験豊かな受講生にはもの足りない講習でもあるようだ。最新の計測装置やソフト等の導入が今後の検討項目である。

(岩田)

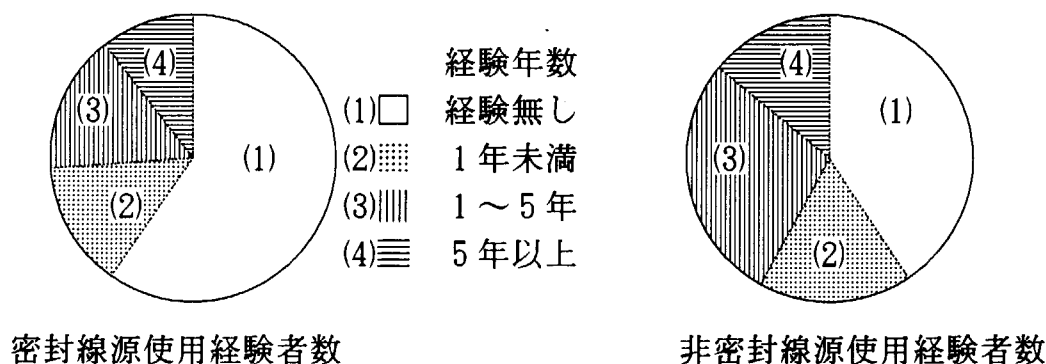


Fig.2.1.1 受講生の放射線業務経験年数について

2.2 原子力エネルギー技術者の養成

2.2.1 一般課程 (B)

4月8日から9月5日まで23週間実施した。研修生数は22名で、全国の電力会社からの参加者が8割、民間、動燃、原研が残りの2割を占める構成であった。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。

本年度から JRR-4が改造工事に入ったため、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・実習の内容が少しずつ改良されてきている。例えば、燃焼計算、拡散方程式による中性子束分布の計算等は大型計算機からパソコンに徐々に移行しつつ計算実習を行った。研修生も20才代が多いため、パソコンの取扱いにはさほど抵抗もなく積極的に演習に取り組み評判も良かった。

研修期間が長いため、毎年のことであるが、8月に入り授業参加人数の減少という中だるみの傾向が今年もあった。原因としては、お盆休みと、第1種放射線取扱主任者試験受験の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やむを得ないものとするが、対策を講じる必要がある。

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23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受験に関係する講義、演習を増やしてほしいという意見もあった。これらの要望に応えるために、研修期間の最後に実施した原子炉主任技術者模擬試験は好評であった。

生活面では、毎年のことであるが今年も宿泊施設改善の要望があった。

(島)



Photo. 2.2.1 アナログコンピュータによる動特性解析計算実習

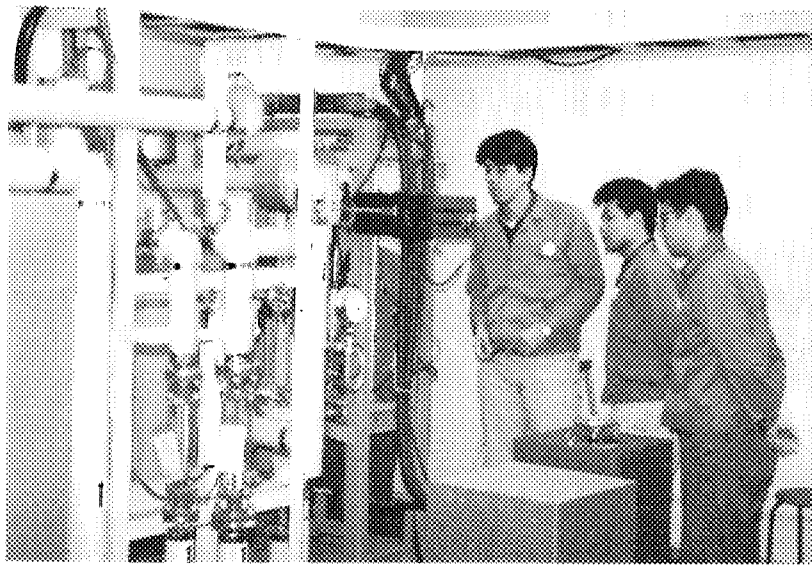


Photo.2.2.2 沸騰熱伝達実習

2.2.2 原子炉工学課程

9月30日から11月22日まで8週間実施した。研修生数は19名で、原研、電力会社、その他（動燃、科学技術庁等）が約1/3ずつを占める構成であった。

従来、この課程は一般課程の短期版と位置づけられてはいたが、性格がややあいまいで基礎的な科目と広報的な内容の科目が混在していた。前年度にこれを大幅に改訂し、基礎科目重視のカリキュラムにした。今年度はその2年目になるため、ほぼ前年度と同じ内容とした。重要な科目である炉物理の担当を、OB 教官から現役の教官に変更するなど、講師を若干変更した。

基礎科目重視の方針は、前年度と同様に今年度も好評であった。しかし、研修を終えての大方の感想は、「充実していたけれど疲れた。」というものであった。教科内容が一般課程に準じるため、8週間で消化するのはかなり厳しいものがある。しかし、大部分の研修生はこれ以上長い研修を望んでいない。現行の期間でゆとりのある研修を行うためには、講義科目を整理するなどの対策が必要であると思われる。

研修生は一般にきわめて熱心であり、二、三の研修生は終了後毎日のように図書室を利用して勉強していた。また、見学先に発電所が入っていなかったため、自主的に原電の見学を計画し、有志で週末に見学を行っていた。

（内田）

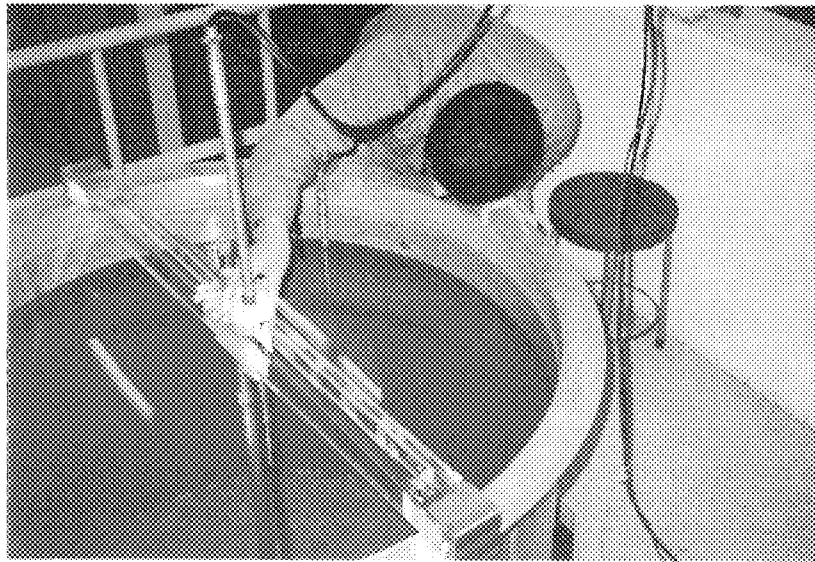


Photo.2.2.3 中性子拡散実習

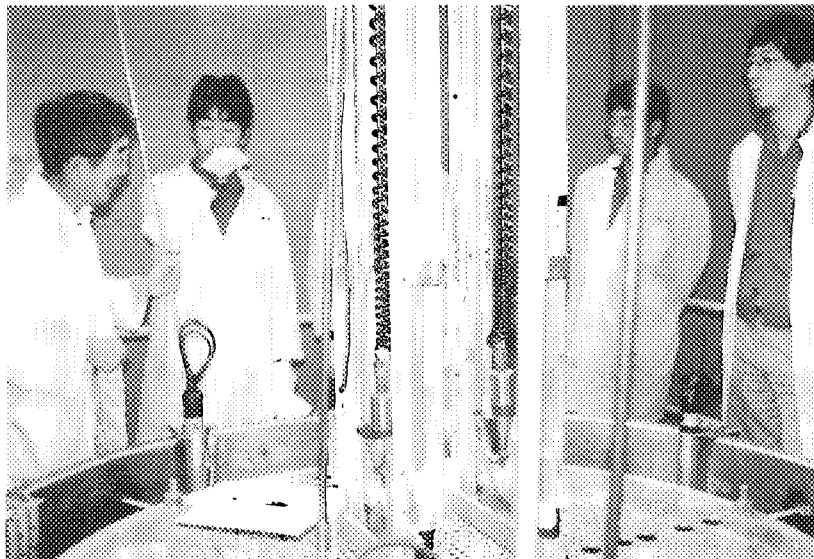


Photo.2.2.4 TCA 炉心説明

2.2.3 原子炉理論短期講座

例年通り、前期（6～7月）と後期（12月）に分け、それぞれ東京と大阪で開講した。本講座は原子炉主任技術者筆記試験を目指す人が受講するものであるが、毎回定員を大幅に超える受講者がある。東京の会場（NTT 麻布セミナーハウス）は比較的部屋が大きいので楽であった。一方、大阪で前期に開講した大阪科学技術館は部屋が小さく、細長く、しかも地下室であるという厳しい条件であった。後期も50名を超える受講希望者があったため、会場を YMCA 国際センターに変更した。この会場も条件はあまり良くないが、若干広く、地上である分だけ改善された。しかし、都会の会議室を使用する限り、現状では40名程度が限度であろう。

カリキュラムは例年、主任技術者試験の区分に従って、技術的内容の5科目をほぼ同じ時間配分で実施してきた。本年度は要望に従って、燃料・材料、放射線防護等の時間を若干削減し、その分だけ炉物理、動特性、熱水力等に重点配分した。また、要望が強かったので、後期に「法令」の時間を設けた。

短期の講座であるので、テキストを事前に配布してほしいという強い要望がある。しかし、これは今年度は実現しなかった。事前配布を実現するためには、準備を1か月程度早めること、また開催時期を変更するなどの対策が必要である。

（内田）

2.2.4 原子力入門講座

本講座は、受講者の範囲を制限せずに、広い分野の原子力関連機関の従事者を対象として原子力入門を目指した基礎的知識を講義、演習及び実験・実習などを通して習得させることを目標に実施してきた。

本年度には、特に原子力の中で基本的な放射線の性質や測定法、原子炉の基礎技術や原子力発電所の現状把握、原子燃料サイクルの開発の現状並びに原子力と社会との係わり方等を中心に、カリキュラム上での大幅な改訂を行った。

本年度は平成9年2月13日から3月5日まで3週間にわたり、受講生28名を対象に実施した。受講生の所属機関ごとの内訳は、電力会社6名、官庁12名（科技庁、運輸省、労働省、海保庁）、原研7名、その他3名（日本原燃、安技センター、動燃）であった。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。ただし、短時間に広範囲な内容の研修であることによる時間的なゆとりのなさ、講義内容の一部重複の指摘、またテキストの一部改訂の希望や異なる分野の人からみた原子力開発の捉え方の講義の希望、など一部に今後の改善に生かすべき指摘もあった。

（新藤）

2.2.5 保健物理専門課程

5月8日から6月21日まで7週間実施した。研修生数は14名であった。

本課程は、保健物理関係の業務に必要な知識を総合的に習得することを目的としている。前々回までは全課程を、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ほぼ1/2ずつに配分して実施してきたが、以後もその方針に沿うように努めた。

最近、一般に現場に即した経験は派遣元でも修得できるようになってきたため、前回から選択テーマによる現場実習をやめて期間を短縮した。また、前回実務的内容の部分のテキストを合本して、見やすく保管しやすい形にしたので、これを継続使用した。基礎的知識の部分に、現在実用されている放射線モニタリング装置の構造や規格についての講義と演習（計4単位）を導入した。実験では、中性子に対する放射線防護の基礎知識を高めるために中性子実験（水による減速、銀の放射化）を取り入れるとともに、放射線防護に役立つ実務的技術のために除染実習（皮膚、衣服及び床材の模擬汚染の除去）を導入した。

研修生の子備知識と経験が新入社員からかなりの経験者まで分散していたためか、アンケート結果からみた講義の理解度は課目によって分散していた。一方、実習と演習は好評であった。また、レクリエーションなどにより関係者の親密さを増すことができた。

（須賀）

2.2.6 放射線防護専門課程

本課程は、原子力施設等で放射線管理を実施するために必要な知識と技術を体系的に習得することを目的としている。

本年度は、9月2日から10月3日まで5週間実施した。研修生数は11名であった。基礎的内容及び実務的内容のカリキュラム上の割り当てはほぼ半々であった。従来から、放射線管理または放射線業務の経験者が多かったので、実務的内容を先に講義して研修に親しみがもてたところで、後に基礎の講義を行う進め方をとっており、本年度もこれに従った。

実務関係のテキストは、全体の見通しが良くできるように保健物理専門課程と共通の合本版を用いた。講義で数式等を示すだけでなく、問題の解き方と計算法など適用の面でも充実してほしいという要望が前回強かったので、「放射化学の基礎」演習（2単位）を導入した。また、多少忙しくなっても原子力施設の見学を増やしてほしいという要望があったため、JRR-3MとNSRRの所内見学（2回）を組み込んだ。なお、実験は好評であり、講義は解りやすい講義が望まれ、見学は新しい設備や先端技術が好まれるようであった。アンケートによると、全体としての満足度は、約8割が「満足」または「やや満足」で、残りが「どちらともいえない」または「やや不満」であった。

（須賀）

2.2.7 核燃料工学短期講座

10月28日から11月15日まで約3週間実施した。資源から再処理、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、関連法令、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。核燃料取扱主任者試験（国家試験）のためだけのコースではなく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るが、本コースで十分な学習を積み重ねた場合には試験にも結果として対応できる内容となっている。

本コースは長年の実績があるため各教科の内容はほぼ定着しており、例年大幅な変更はほとんどない。また、歴代の受講生の要望に基づき、見学や実験を極力排し座学を中心とした構成にな

っている。しかし、一方で、いくつかの教科については化学あるいは化学工学の基礎知識が背景として不可欠であり、さりとて、これらの基礎知識をすでに有している受講者がいる中でこの方面の教科の新設にはいたらず、毎回、電気系などの一部の受講者は苦戦しているようである。

また、既存の核燃料施設において主任者が定年を迎え始めたことや大きな事業所においては複数の取扱主任者を配置するようにとの関係官庁の指導もあって、本コースの需要は年々高まってきている傾向がある。このようなニーズを考慮し、また、本コースが座学中心であることから、受け入れ枠については可能な範囲で柔軟に対処している。

上記のような理由から、最近の傾向として、運輸省などの中央官庁からの受講者が定着し始めている。また、原研内部からの受講者も増加しつつある。

(武田)

2.2.8 放射性廃棄物管理講座

6月24日から7月5日まで約2週間実施した。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、基礎知識および開発段階にある技術等を、見学や実習を行いながら、総合的に学習するコースである。

従来11月後半から12月始めに実施してきたが、今年度からは受講者、講師、見学等の受け入れ側施設の各要望に基づき6月後半から7月始めの時期に実施することとした。

周知のように、廃棄物関係の技術は日進月歩であり教科内容も最新の内容にたえず更新していく必要がある。そこで、本コースでは、教科名称の変更こそ今年度はないが、各講師にお願いして各教科の内容については適切にバージョンアップを行うように毎回個別にお願いしているのが現状である。なお、前年度においては教科の追加を行い、TRU 廃棄物(α 廃棄物関係)に関する教科を新設したところである。

最近の受講者の傾向としては、廃棄物関係の設備機器を製作するメーカーや廃棄物関係の設備を運転する役務関係の受講者が見受けられる。本コースについても、廃棄物の処理方法など、いくつかの教科については化学あるいは化学工学の基礎知識が背景として不可欠である。さりとて、これらの基礎知識をすでに有している受講者が少なからずいることと、この方面の教科はある程度以上のまとまった単位数が必要なことなどから新設にはいたらず、毎回、機械、電気系などの一部の受講者は苦戦しているようである。

(武田)

2.3 一般向けの原子力講習

2.3.1 原子力防災入門講座

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、原子力発電所等立地道府県において2日間コースを14回実施した。

本講座は、原子力防災に係る初任者研修の一つとして定着しており、今年度も Fig.2.3.1 に示すように広範な関係機関の職員が受講した。

アンケートによると、受講者の55%が原子力防災に関する予備知識はほとんどなかったとしているものの、受講後の総合的な理解度に関しては、約90%がほぼ理解できたと回答している。また、講座全般に対する感想もおおむね満足できる内容であったとする回答が約93%を占めていることは、本講座が所期の目的を十分達成しているものといえる。しかし、各単元別の難易度及び理解度についてみると、約20%の受講者が「放射線の基礎」が難解であったと回答していることから、今後、さらに理解度を向上させるためには、テキスト、視聴覚教材等の改善が必要である。

(高橋)

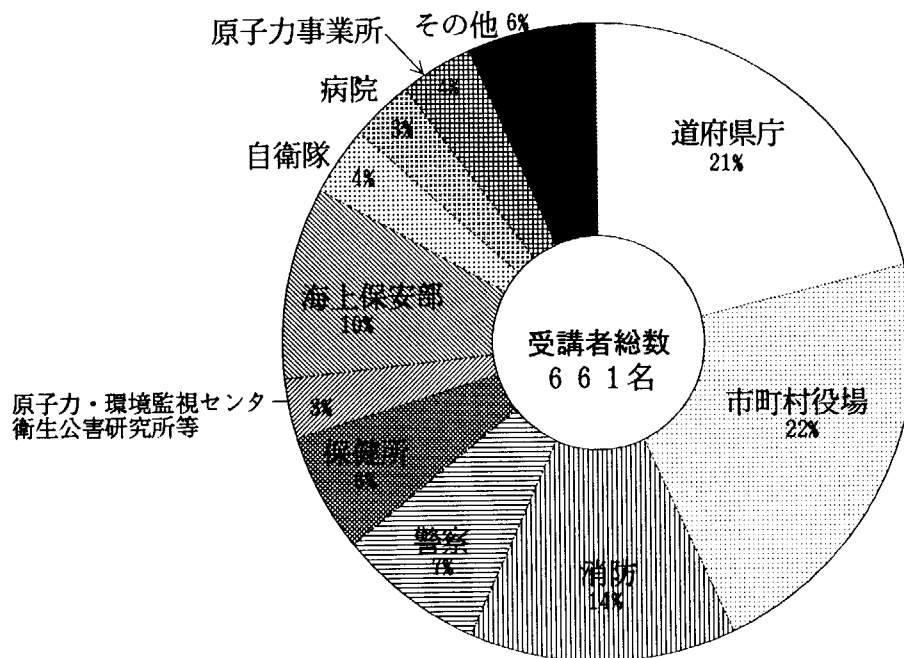


Fig.2.3.1 原子力防災入門講座受講者の派遣元

2.3.2 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、東海研修センターで実施した。

本講座では、研究所内外の原子力施設見学の時間を1日とっているが、実地の見聞をとおして安全対策等に関する知識と理解をより一層深めることができ、非常に有益であると好評であった。また、今年度の特徴として、緊急時における情報伝達の諸問題と防災活動に関する講義に対して受講者の関心がきわめて高く、質疑応答の時間も含め、もっと時間を増やしてほしいとの要望が多かったことがあげられる。

Fig.2.3.2 に受講者の派遣元内訳を示す。

(高橋)

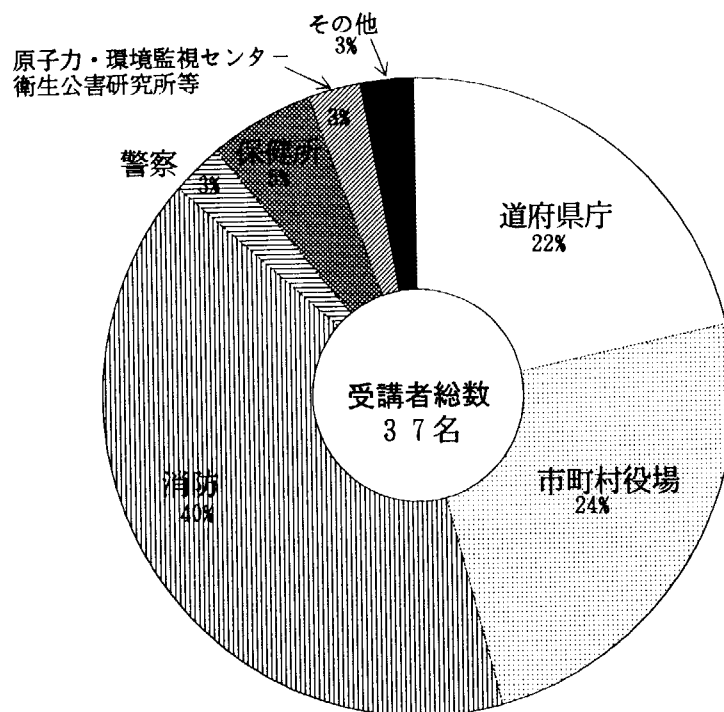


Fig.2.3.2 原子力防災対策講座受講者の派遣元

2.3.3 原子力防災研修

科学技術庁からの受託事業として、①緊急時モニタリング初級講座、2日間コースを4回、②緊急時モニタリング講座、5日間コースを2回、③原子力防災管理者講座、2日間コースを2回、④原子力防災職種別（消防関係）講座、2日間コースを4回、⑤原子力防災職種別（警察関係）講座、2日間コースを1回実施した（Photo.2.3.1、Photo.2.3.2参照）。

本事業では、地域防災計画に定める防災業務関係者の職務に対応した研修を充実・強化し、原子力防災に関する理解の促進を図ることを目的としている。このため、講義もそれぞれの職務と密接に関連する内容に焦点を絞り、また、より具体的、実践的な実習や演習を組み入れたカリキュラムとして実施した。

アンケートによると、講座の総合的な感想に関しては、「良かった。まあまあ良かった。」が5講座とも92%以上に達しており、総合的な理解度に関しては、「良く理解できた。ほぼ理解できた。」が職種別（消防関係）講座で82%とやや低かったものの、他の4講座では90%以上であった。

短期間の研修の実効性を高めるため、本年度は管理者講座用として「防護対策に係る意思決定のプロセス」について解説したビデオソフトを制作したほか、テキスト、副読本、既存ビデオソフトの改訂等を行い、教材の充実、整備を図った。

なお、本事業の推進に当たっては、防災研修運営委員会及び教材作成ワーキンググループを設置し、関係道府県及び所内外の委員の協力を得て円滑、かつ、効果的に実施することができた。

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「原子力防災研修事業」における成果について述べた。

（高橋）

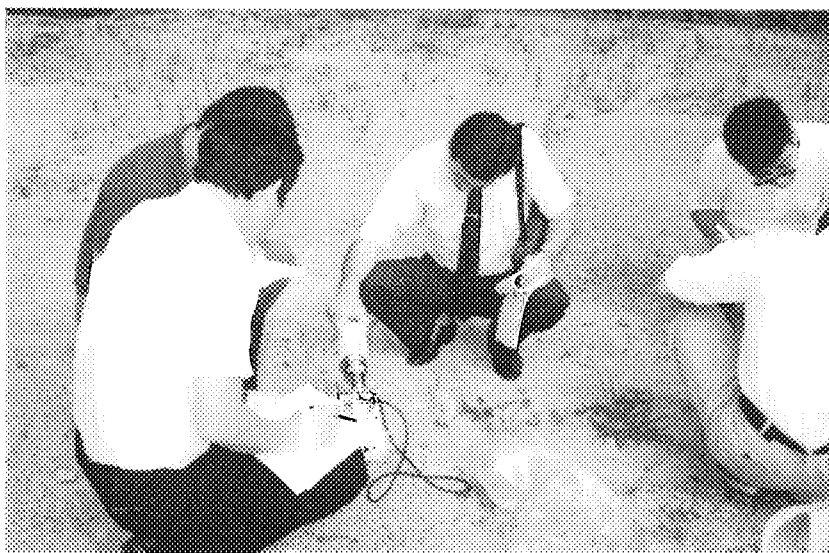


Photo.2.3.1 緊急時モニタリング初級講座における野外実習風景

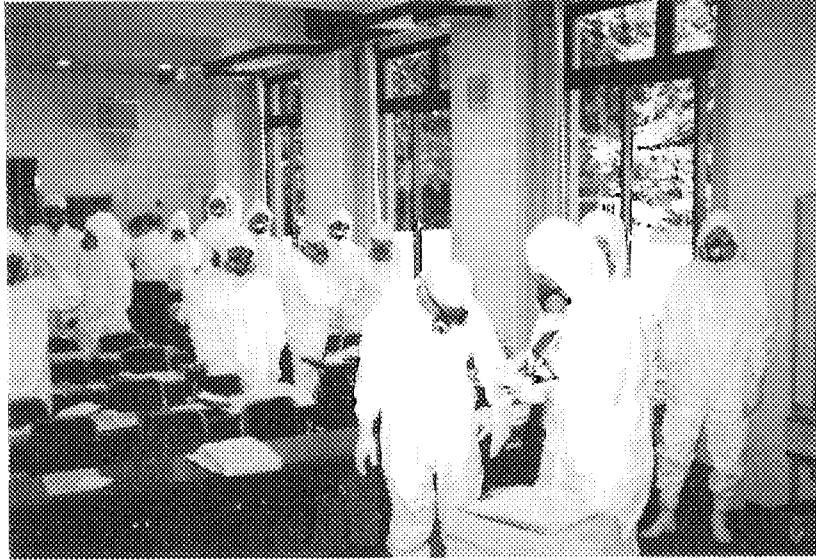


Photo.2.3.2 原子力防災職種別（消防関係）講座における防護具取扱実習風景

2.3.4 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、実験をとと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委託を受けて開始して以来、本年度で7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、行政改革による業務の見直し等により地域コースは実施せず、原研コースのみ4回実施した。

「高崎コース」は、高崎研究所において7月24日から3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の講義、実験等では、日常の身の回り品としての脱臭剤から、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.2.3.3参照)

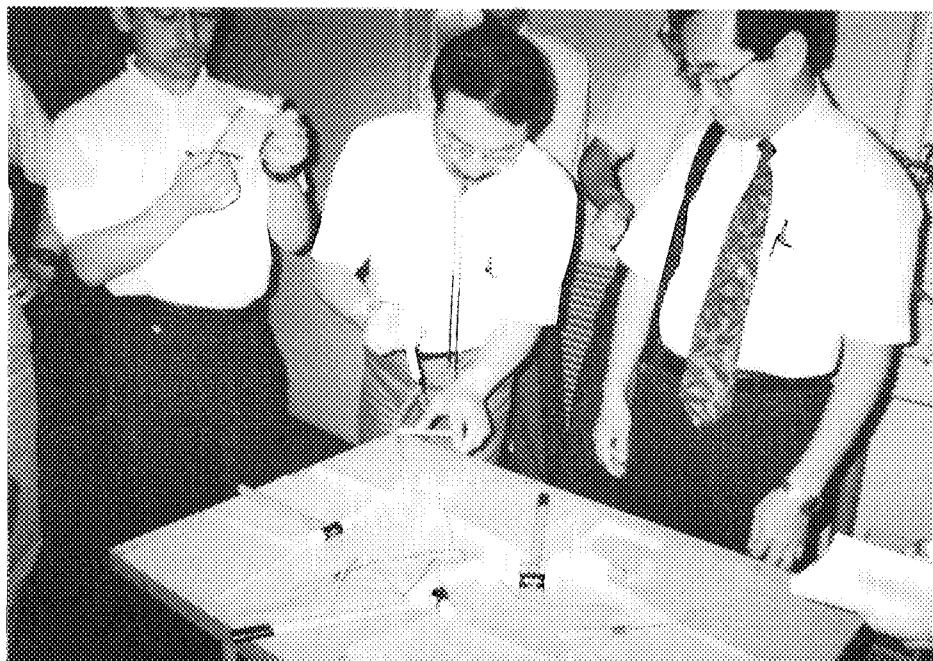


Photo.2.3.3 高崎コース（リヒテンベルク図形の製作）

「東海・夏コース」は、東海研修センターにおいて8月5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り入れたものとして、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。今年度のカリキュラムの大きな特徴は、初歩的な実験と施設見学とを選択制にしたことであり、受講者のニーズの多様性に応えるものとなった。(Photo.2.3.4参照)

「東海・炉物理コース」は、東海研修センターにおいて平成9年2月3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

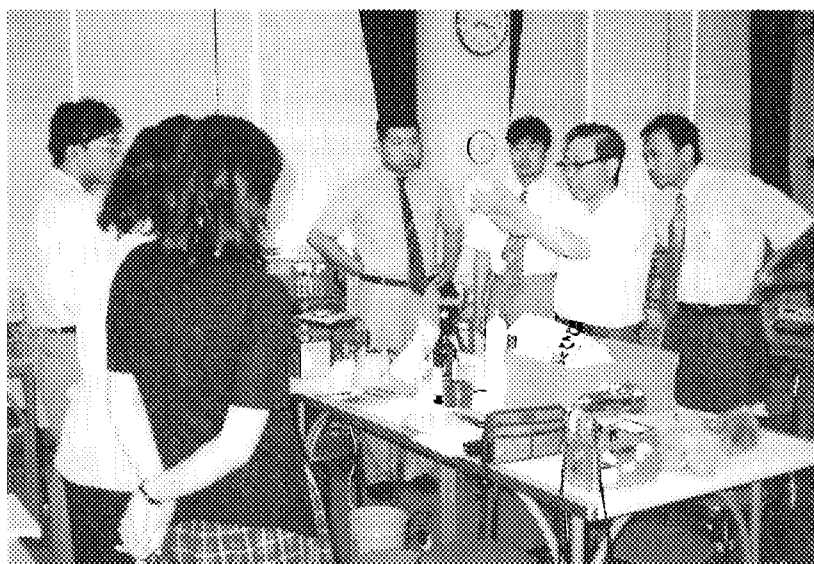


Photo.2.3.4 東海・夏コース（食品中の放射能測定実験）

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平成9年3月24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として体験的に理解する内容である。

本年度4回の受講者は87名で、平成2年度からの受講者は1,646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くあった。

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ことと、学校現場での利用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ラー・タイマーを供えたもので、 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となった。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。

(小畑)

2.3.5 その他

上記のほかに、東海研修センターでは、毎年小・中学生他一般の方を対象に CAI 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。

また、日本原子力発電機総合研修センターの「原子力基礎研修コース」の研修生及び東京工業大学原子核工学専攻の学生研修生を受け入れ、TCA において運転実習等を行っている。本年度は7月31日と8月7日に16名ずつの原電研修生と8月26日から5日間10名の学生研修生が TCA での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。

Table 2.3.1 平成8年度における学習会等

実施日（場所）	学習会等名称	対象者	内 容
平成8年6月11日、25日 （東海研修センター）	東海南中学校社会科学習会	中学3年生	CAI 及び霧箱による体験学習
平成8年7月27日～31日 （科学技術館）	'96青少年のための科学の 祭典全国大会 （（財）日本科学技術振興財 団主催）	青少年	CAI、ビデオ教材による体験学習
平成8年8月5日～7日 （高崎研究所）	サイエンスキャンプ'96 （科学技術庁主催）	高校生	霧箱による体験学習
平成8年8月22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	CAI 及び霧箱による体験学習 （親子原子力見学会の一部）
平成8年10月27日 （東海村中央公民館）	原子力40周年記念フェア 「科学実験教室」 （茨城県原子力協議会主催）	一 般	霧箱の製作、実験

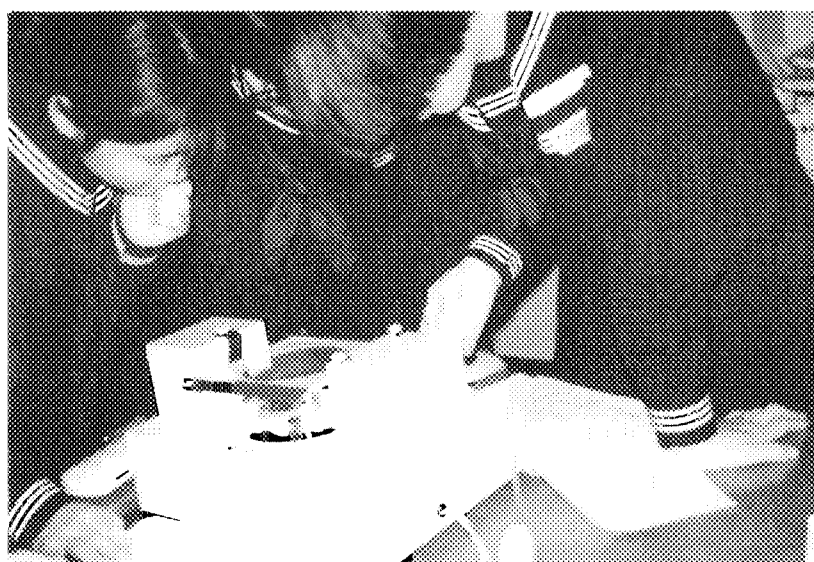


Photo.2.3.5 霧箱による実習

3. 国際協力の実施

3.1 JICA 及び IAEA との共催研修

3.1.1 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。12回目にあたる本年度は、5月12日から6月16日まで5週間実施した。研修生はアジアから6名、中南米から2名の合計8名（技術系6名、研究系2名）であった。

第10回目にあたる一昨年にコースの見直しを行い、従来8～9週間であった実施期間を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並行して研修する方法に改めた。これは、研修生のアンケートに多くみ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、本年度は1週間延長して5週間とし、討議、データ整理などの時間を新設するとともに、見学学習を増加させ、疲労が蓄積しないスケジュールで研修した結果、研修内容について高い評価を受けるとともに、期間も適切であるとのアンケート結果が出ている。

本年度の研修生の平均年齢は31才である。研修生相互の交流も深く、多くの研修センター職員がコンタクトしてくれるため、彼らが情緒不安定になることも少ない。東京の場合、余暇の楽しみは沢山あるが、東海の場合にはそれが少なく、人的な交流が非常に大切なことを痛感する。ODA 予算の削減により定員の増加が望めないのは残念である。

なお、JICA では、従来の研修内容の見直し、研修を研修生派遣元の実態に合ったものとするために調査を進めている。平成8年度はメキシコ原子力研究所における調査を実施した。東京研修センターから教官1名（伊藤）を平成9年3月17日から22日までメキシコに派遣し、研修内容に対するメキシコ原子力研究所の希望を聴取するとともに、メキシコにおける原子力開発の現状について調査を行った。

（田中）

3.1.2 IAEA コース

本コースは、国際原子力機関（IAEA）の要請に基づいて開催されるトレーニングコースである。本年度は、アジア・太平洋地域の発展途上国を対象に、核医学の発展に伴い最近重要視されている放射性医薬品の品質管理について、その技術の普及とレベルの向上を図ることを目的として実施した。特に、 $Tc-99m$ などのインビボ放射性医薬品に重点をおいて、その製造所及び検査機関の現場におけるわが国の品質管理技術及び品質基準を紹介し、実習実験とデモンストレーションの形式で同管理技術の伝達を行った。

平成9年3月3日から3月14日まで2週間実施した。参加者数は13名で、国別内訳はバングラデシュ1名、インド2名、インドネシア2名、マレーシア2名、モンゴル1名、ミャンマ1名、フィリピン

1名、タイ1名、ベトナム2名であった。外国人講師として、D.V.S.Narashimhan 氏（IAEA 工業利用化学課技術官）及び Mohammad I. Ghaznavi 氏（ANSTO オーストラリア RI 課）の2名が講義した。

本コースは、当初3週間コースとして計画されたが、IAEA 側の都合で教科を SPET インビボ放射性医薬品の品質管理に絞り、2週間として開催された。参加応募者は15名であったが、パキスタンの2名が事務手続きが遅れて参加を断念した。教科については、物理的検査（放射能、核種分析）、化学的検査（純度試験、ジェネレータ性能試験）と生物学的検査（パイロジェン試験、生体内分布試験）等を実習実験で行った。研修生の評価は、それぞれが異なるラボ環境及び経験をもつので科目により異なる。おおむねコンピュータで解析する IP イメージングアナライザーのような最新技術よりも、放射性医薬品基準ハンドブックに示された標準的技術の方に関心が寄せられていた。それら実習で得られた知識は十分に自国で役立つものであると評価された。また、ARG 法による医薬品の生体分布試験は、新薬の開発研究に役立つものであり、参加者から新しい有効な方法として評価された。講義による GMP、GLP などの品質管理の基準や、第一ラジオアイソトープ研究所千葉工場を見学して、現場における品質管理の実際を見たことにも良い評価が得られた。

IAEA は、発展途上国からの要望が多いことから、放射性医薬品に関係した種々の研修コースを定常的に各地で開催している。日本で開催したことのメリットは、わが国の核医学の水準の高さと研修設備が充実した原研で同研修が行えたことにある。注意深く計画された少人数単位の実験を高く評価している。しかし、生活費等の物価が高いことにより日本での開催は研修コストが高いとの評価が支配的である。これが今後の問題として残された。

（野口）

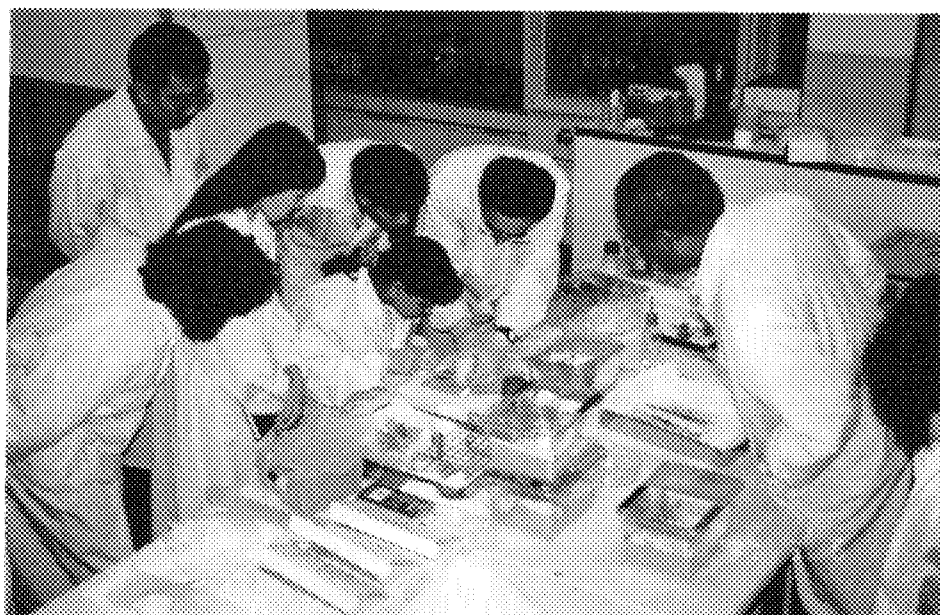


Photo.3.1.1 生体分布実験

3.2 国際原子力安全セミナー

当センターでは、科学技術庁からの委託を受けて、アジア諸国及び旧ソ連・東欧諸国の原子力研究・技術者を対象として安全セミナーを開催している。本年度は次の四つのセミナーを実施した。

3.2.1 アジア諸国向け安全セミナー

8月22日から9月10日まで約3週間実施した。参加者は20名で、中国5名、インドネシア4名、韓国4名、マレーシア1名、フィリピン2名、タイ3名及びベトナム1名であった。

カリキュラムは、講義及び所内施設見学（2週間）、研修旅行（テクニカルツアー、1週間）の3部構成である。

講義は、原子力発電所の安全性に係る技術面ばかりでなく、政策面から緊急時対応まで広範囲をカバーしており、また、概要説明に十分な時間を充てることにより、原子力発電所をもたない国の参加者にも理解可能なものとした。講義の合間に、各国の原子力事情に関するカントリーレポートの発表並びに所内施設の見学を実施した。研修旅行に出かける前に、原子力発電所の定期点検、燃料輸送等見学困難なものはビデオによる説明で補完した。

研修旅行では、九州電力㈱玄海原子力発電所、三菱重工業㈱神戸造船所及び高砂 R&D センター、中部電力㈱浜岡原子力発電所及び広島平和記念資料館を見学した。

最終日東京において、評価会及び終了式を行った。



Photo.3.2.1 講義風景

3.2.2 放射性廃棄物・使用済燃料管理国際セミナー

10月3日から10月25日まで約3週間実施した。参加者は14名で、ブルガリア1名、中国2名、チェコ1名、ハンガリー1名、インドネシア1名、韓国2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名及びウクライナ1名（招聘者は2名だが、都合により1名不参加）であった。

カリキュラムは、講義及び所内施設見学（2週間）、研修旅行（テクニカルツアー、1週間）の3部構成である。

講義は、まだ実用化されていない最先端の研究成果を含めることにより、廃棄物・燃料管理という絞り込んだテーマに相応しい構成とした。また、今年度から社団法人日本アイソトープ協会からも講師を招くことにより、原子力発電所の廃棄物に偏らないものとした。講義の合間に、各国の放射性廃棄物・使用済燃料管理に関するカントリーレポートの発表並びに所内施設の見学を実施した。

研修旅行では、日本原燃(株)六所本部施設、東北電力(株)女川原子力発電所及び日本ニュークリア・フュエル(株)久里浜工場を見学した。見学者が専門家であることから、見学先では一般見学の際には含まれないコースを案内してくれたり、説明ぶりにも特別の配慮が感じられた。

最終日東京において、評価会及び終了式を行った。



Photo.3.2.2 大洗研究所放射性廃棄物処理施設見学

3.2.3 ウクライナ向け安全セミナー

11月20日から12月11日まで約3週間実施した。参加者は10名であった。

カリキュラムは、講義及び所内施設見学（2週間）、研修旅行（テクニカルツアー、1週間）の3部構成である。

ウクライナは原子力発電所事故の経験国である点を考え、新たにシビアアクシデントの講義を3単位設けた。講義の合間に、ウクライナの原子力事情に関するレポートの発表並びに所内施設の見学を実施した。研修旅行に出かける前に、見学先での時間不足を補う試みとして、各施設の予備知識を与える時間を設けた。

研修旅行では、関西電力(株)美浜原子力発電所、中部電力(株)浜岡原子力発電所、動力炉・核燃料開発事業団新型転換炉「ふげん」及び(株)東芝鶴見工場を見学した。

最終日東京において、評価会及び終了式を行った。

3.2.4 旧ソ連・東欧諸国向け安全セミナー

平成9年1月16日から2月21日まで約5週間実施した。参加者は20名で、ブルガリア2名、チェコ2名、ハンガリー2名、リトアニア2名、ルーマニア2名、ロシア5名、スロバキア2名及びウクライナ3名であった。

カリキュラムは、講義及び所内施設見学（約3週間）、個別選択実習（0.5週間）、研修旅行（テクニカルツアー、1.5週間）の4部構成である。

原子力の安全性、原子力発電所の安全設計、運転経験、品質保証、予防保全等に関する講義を実施した。講義の合間に、各国の原子力事情に関するカントリーレポートの発表並びに所内施設の見学を実施した。

第3週の後半から研修旅行-1として、関西電力(株)美浜原子力発電所及び動力炉・核燃料開発事業団新型転換炉「ふげん」を見学した。第4週は、原研における原子力安全性研究に関する講義を実施した。第5週の個別選択実習では、参加者が専門分野ごとに分かれて関連各部を訪問し、情報交換等を実施した。訪問先は、保健物理部、バックエンド技術部、原子炉安全工学部、燃料サイクル安全工学部及び環境安全研究部である。いずれの訪問先でも、講義や見学では得られない体験ができた。多くの参加者から個別実習の時間を増やしてほしいとの希望が出たことから、参加者の満足度がいかに高いものであったかが理解できる。第5週の後半から研修旅行-2として、(株)日立製作所日立工場及び大みか工場、三菱重工業(株)神戸造船所及び高砂 R&D センター、中国電力(株)島根原子力発電所を見学した。

最終日東京において、評価会及び終了式を行った。

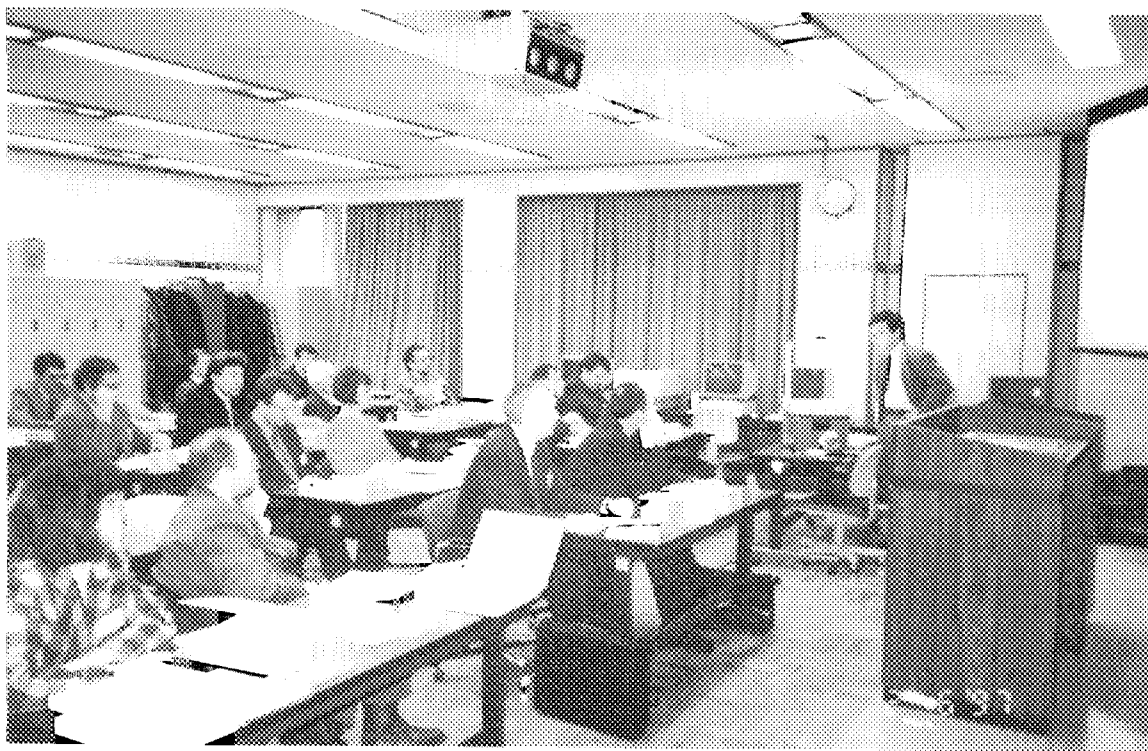


Photo.3.2.3 講義風景

3.2.5 参加者の主な意見等

以上、4コースの参加者に対するアンケートの結果、主に次の項目に関する意見が多かった。

- ①原子炉廃止措置及びバックエンド技術関連内容の追加
- ②理論よりも実務内容の充実
- ③人的因子と既設原子力発電所の安全運転に係る問題をもっと取り上げてほしい。
- ④原子力発電所の運転経験、経験した事故とその対策に関する情報の入手
- ⑤規制情報、品質管理情報の充実
- ⑥PA 活動の情報の要求

3.3 国際原子力安全技術研修

科学技術庁からの委託を受けて実施する事業である。前述の国際原子力安全セミナーが経験を積んだ研究・技術者対象のセミナーであるのに対して、技術研修コースである点が異なっている。

3.3.1 保障措置に関する地域トレーニングコース

科学技術庁は、核物質管理の長期的対策に関する国際的な観点から、特に旧ソ連及びアジアの国々への支援を決定し、平成8年度から日本原子力研究所に委託した。これを受け当センターは、燃料サイクル安全工学部の協力を得て、初級者向けのレベルで平成9年2月25日から3月19日までの約3週間実施した。

参加者は20名で、アルメニア1名、中国2名、インドネシア1名、カザフスタン1名、韓国2名、リトアニア1名、マレーシア1名、フィリピン1名、ロシア2名、タイ1名、ウクライナ2名、ベトナム1名、ベラルーシ1名^{注1)}、エストニア1名^{注1)}及びラトビア1名^{注1)}であった。

本コースの目的は、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、実習等により研修生の理解を図ることである。また、日本の特徴を出すこと及び上記講義、実習内容のよりよい理解を図るために、原子力施設、保障措置関連施設の見学もカリキュラムに取り込んだ。

わが国では、本コースとは別に、IAEA と共同で日本原子力研究所と動力炉・核燃料開発事業団が協力し、東南アジア諸国を対象として1985年からほぼ4年ごとに行っている「保障措置地域トレーニングコース」がある。このコースは、オーストラリアが IAEA と協力して実施している「保障措置地域トレーニングコース」（4年ごと）と交互に実施することで、日本、オーストラリア、IAEA の三者間で合意しているものである。わが国が毎年開催する本トレーニングコースの計画（カリキュラム、講師等）及び実施は、これら三者間の調整を含め「保障措置技術研究室」（現「核物質管理技術研究室」）の協力の下に進め、第1回目のコースは滞りなく終了することができた。

研修生の意見としては、非破壊分析、封じ込め監視のデモンストレーションは实际的で有効、コースの構成は適切であり内容も満足、実習を増やしてほしい（何をどのように査察するかに関する実習も）、日本の計量管理に関するより詳細な情報を望む、などが出された。このような意見は、今後のコースに可能な限り反映するよう検討していく。

（片桐（文責）、清水^{注2)}）

注1) IAEA の招聘

注2) 核物質管理技術研究室

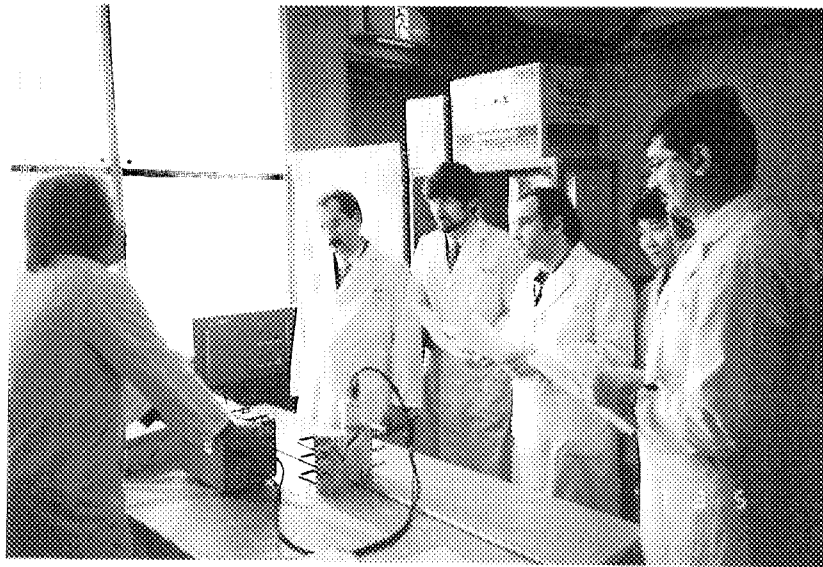


Photo.3.3.1 非破壊測定実験



Photo.3.3.2 IAEA 講師による講義風景

3.3.2 講師海外派遣研修

平成9年度からの開始に備え、次のとおり調査及び協議を進めた。

- ①平成8年 6月 インドネシア及びタイ訪問
- ②平成8年 9月 インドネシア及びタイ訪問
- ③平成8年11月 BATAN 教育訓練センター長他 1 名を招聘

④平成8年12月 タイ訪問

⑤平成9年 3月 インドネシア及びタイ訪問

上記の協議を通じて、インドネシアについては、第1回共催研修として「放射線防護」コースを平成9年12月8日から19日まで、第2回共催研修として「放射線計測」コースを平成10年2月16日から27日まで、参加者各20名で、BATAN 教育訓練センター（ジャカルタ・パサジュマ地区）において行うことになり、共催研修用持込機器を確定するとともに、それぞれのコースにおけるカリキュラムを策定した。なお、第1回の「放射線防護」コースの冒頭に“原子力安全”に関する公開セミナーを開催する。

一方、タイについては、平成10年度から共催研修を開始することとし、研修内容、必要機器等の選定について協議を進めるとともに、研修場所を特定するための調査を実施した。

（佐々木）

3.3.3 指導教官研修

第1回は、11月5日から12月13日まで39日間、BATAN 教育訓練センターの教官2名に対し実施した。第2回は、平成9年1月20日から2月28日まで40日間、OAEP の研究員2名に対し実施した。

共催研修において使用予定の α 線・ γ 線スペクトロメータ、液体シンチレーションカウンタ、各種サーベイメータ、高速液体クロマトグラフ、個人線量計計測装置等の機器の取扱技術をマンツーマン方式で習得させるとともに、研修指導技術の習得、東海研究所等の原子力施設の放射線管理状況等の実態調査を実施した。

これらの研修は当初計画では、それぞれ2か月（9週間）とする予定であったが、実施開始の遅延により、期間を短縮した。このため、参加者は研修内容については高く評価したものの、ややハードスケジュールであったと評した。

（佐々木）

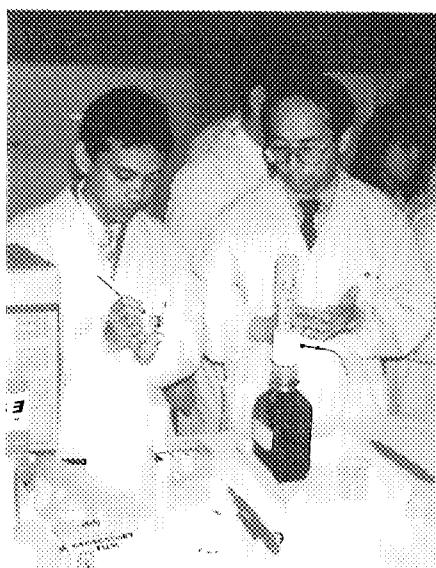


Photo.3.3.3 実習風景（BATAN 研修生）



Photo.3.3.4 修了証授与（OAEP 研修生）

3.3.4 東南アジア各国の研修に係るニーズ調査

インドネシア及びタイに続く講師海外派遣研修（共催研修）並びに指導教官研修等に係る第3国以降の候補国に関するニーズ調査を実施した。

調査対象国は、ベトナム、フィリピン及びマレーシアの3か国である。3か国とも原子力基盤の整備が遅れており、インドネシア及びタイと比べて若干差がある。原子力発電所建設計画に関する各国の状況にはかなり違いがあるが、原子力利用に関する人材養成に対する熱意は高く、共催研修等に対する期待も大きかった。各国とも具体的提案を用意しており、直ぐにでも協議に入りたい意向を示している。

第3国以降の共催研修等の実施については、本調査結果を踏まえて、国の財政事情等を勘案の上今後の展開を検討することとなっている。

以上、3.2及び3.3では、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「国際原子力安全セミナー事業」における成果について述べた。

3.4 STA 原子力研究交流制度に基づく協力

科学技術庁（STA）の交流制度に基づき、日本原子力研究所と発展途上国との間で研究員の受け入れ及び派遣による研究協力を実施している。平成8年度は、東京研修センターでは研究員の受け入れがなかったが、教官1名を平成9年1月7日から13日までベトナムに派遣し、環境試料の放射化分析、RIの工業及び医学利用などの分野で研究協力を行った。

（上沖）

4. アジア・太平洋原子力技術交流の推進

4.1 技術交流推進室の新設

5月11日、平成8年度予算の成立を待って技術交流推進室が新設され、次の業務を行うこととされた。

- ①国際研修に係る計画の作成に関すること。
- ②アジア・太平洋原子力研究推進に係る業務の調整に関すること。

4.2 アジア・太平洋協力検討タスクフォースにおける協議

科学技術庁、原研及び放照協の関係者からなる「アジア・太平洋協力検討タスクフォース」が4月に設置され、具体的な計画とその推進体制について検討された。当センターはその事務局として、会議の取りまとめ業務を行った。

検討の結果、得られた結論等は次のとおりである。

- ①国際研修等に係る協力支援のための法人として放照協を拡大・改組することとなった。放照協は12月25日に寄付行為を変更し、財団法人放射線利用振興協会（放振協）と名称変更するとともに、国際研修事業等の実施組織として、国際原子力技術協力センター（協力センター）を設立した。
- ②原研と放振協との役割分担について、新たに開始される研修等、原研が主体とならないと実施が困難なものは原研、定型化された研修の実施等は放振協が行うなどの原則が確立された。
- ③上記原則に則り、平成9年度の国際研修に係る原研と放振協との実施分担が決定された（付録A7参照）。

4.3 国際原子力交流施設建設計画検討ワーキンググループの設置

国際原子力交流施設の仕様等の概念検討を行うため、8月中旬センター内にワーキンググループ（WG）が設置された。WGにおいては、これまでの検討経過、客観状況等を踏まえて、同施設の規模、設備の構成等を12月上旬に取りまとめ、施設全体の設計計画書の作成及び建物模型の製作を発注した。

4.4 研修講義棟の改修

12月に新たに発足した放振協の協力センターと緊密な連携を保ちつつ、円滑な業務遂行を図るため、研修講義棟を改修し、協力センターの居室を確保した。

4.5 国際研修事業等の実施に関する覚書の交換

原研と放振協とは、国際研修事業等の業務の円滑な移転、運営等についての支援、便宜供与及び相互協力に関する覚書を3月12日に交換した。

4.6 国際協力取決めの締結

共催研修実施のため、BATAN との間で「研究炉の利用と安全性、ラジオアイソトープの生産と利用、放射線防護及び放射性廃棄物管理の分野におけるインドネシア原子力庁と日本原子力研究所との間の協力取決め」の附属書Ⅴ「原子力人材養成に関する協力」を平成9年3月18日に締結した。同様の目的のため、OAEF との間で「放射線加工処理及び研究炉の分野における研究協力に関するタイ原子力庁と日本原子力研究所との間の実施取決め」の附属書Ⅲ「原子力人材養成に関する協力」を締結することになった。

5. 研修のための開発等

5.1 研修技術開発

5.1.1 ミルキング実験

基礎課程の放射化学実験は、放射性物質取扱の基礎知識として、共沈、イオン交換性、溶解性、化学反応等のアイソトープの化学的性質のほかに、放射性核種の生成、半減期、放射能、放射平衡などにも着目しており、現在、それらを理解するためにミルキング、イオン交換法、放射化分析の三つの実習教科が行われている。本ミルキング実験は、親核種から放射平衡状態にある娘核種を化学分離して調製した試料について、分離後の放射能を調べて分離時の親核種の放射能を計算するものである。

(1) 従来のミルキング実験の問題点

基礎課程のミルキング実験は、鉄(Ⅲ)水酸化物による共沈法で親核種から放射平衡状態にある娘核種を分離している。この目的に使用された放射性核種は、過去において Ba-140であったが、これが安定供給されなくなると、その代替核種として Sr-90が使用されるようになった。しかし、Sr-90の使用には次の問題がある。

- ①放射線管理上から Sr-90の使用は嚴重な汚染検査等の特別な注意を必要とする。ゆえに、初心者の多い基礎課程の研修生に精神的負担をかける。
- ②分離後の親核種試料について娘核種 Y-90 (半減期40時間) が永続放射平衡になるまで観察させるのに3週間を要する。基礎課程 (24日間) のカリキュラム編成に不便である。
- ③純ベータ核種であるがゆえに、分離された試料の核種純度を判定しにくい。

(2) 吸着クロマト法による Tc-99m のミルキング実験

このような問題を解決するため、活性アルミナを用いた吸着クロマト法による Mo-99 (半減期66h) から娘核種の Tc-99m (6.0h) を分離するミルキングを検討した。Tc-99m を使うと次の多くの長所がある。すなわち、核医学の分野でインビボ診断用放射性医薬品として普及しているので現在同核種は容易に入荷できる、ミルキングに使う化学反応の仕組みは単純で理解されやすい、 γ 放出核種であるから試料の放射能純度の判定が容易である、短寿命核種であるので汚染問題は軽減する、等である。

実験：市販の Tc-99m ジェネレータを購入して、2 mol/l アンモニア水でカラムから Mo-99溶出させ、加熱してアンモニアを除去して0.1 mol/l 硝酸溶液に調製する。この液をアルミナカラム (3cm×8mmφ) 上に添加した後、0.9%食塩水10 ml で Tc-99m を溶出させる。次に2 mol/l アンモニア水10mlでカラムから Mo-99を溶離する。

結果：Mo-99及び Tc-99m の溶出に費やされる時間は1時間以内であり、99.9%以上の高純度 Tc-99m 試料が得られる、Tc-99m の回収率85%以上であるなど、次期の基礎課程実験として導入できることが確認できた。

(野口)

5.1.2 個人被ばく線量計を用いた大線量の測定

(1) はじめに

最近、当研修センターに個人被ばく管理用のガラス線量計を設置した。本線量計について化学的線量計で測定するレベルの比較的高線量の測定を試み、得られた結果をフリッケ線量、TLD線量計で測定した結果と比較した。

(2) 実験

①照射：AECL製Co-60 γ 線照射装置の中心部で照射した。

②線量計：フリッケ線量計は、基礎課程テキストに従って調整し、304nmの吸光度を測定し、線量率を算出した。

TLDは、ナショナルTLD UD-512P型放射線熱蛍光線量計測定装置を用い、素子はUD-170Lを用いた。本素子は環境放射能レベルを測定する素子ではなく、医療用（照射下で指にはめて作業を行う）などに用いられる素子である。使用した素子は既に数回の使用歴があり、使用に先立ちマニュアルに従って450℃で5分間熱アニールした。測定は照射後30分から1時間30分の間に行った。

ガラス線量計は、東芝FGD-503型測定器を用い、素子として東芝GD-403を使用した。使用に先立ち、マニュアルに従って400℃で1時間アニールした。また、マニュアルに準拠して照射から20時間経過後に測定した。

(3) 結果

Fig.5.1.1に照射時間と線量との関係を示す。線量計は各時間について5個ずつ使用し、線量の平均値と標準偏差値を算出し、図中に黒点で示した。素子ごとのばらつきが少なく、7Svまで直線関係が認められる。各方法で求められた線量率は、フリッケでは118Gy/h、TLDは87.4Sv/h、ガラス線量計は85.8Sv/hである。本実験は、平成9年度の基礎課程の実習に組み込みながらデータを取得する予定である。

(伊藤)

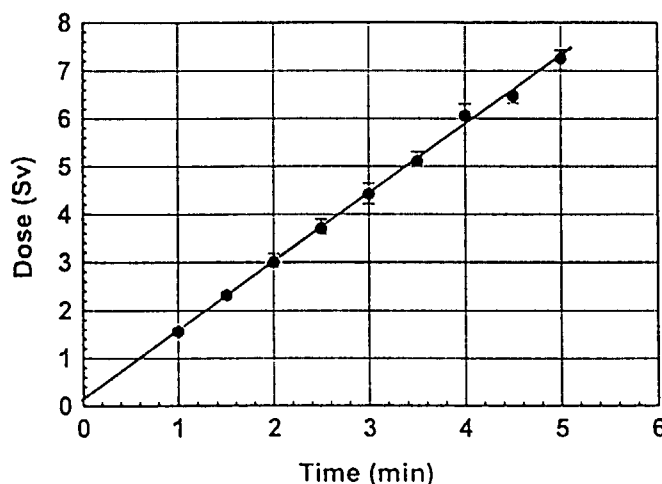


Fig.5.1.1 ガラス線量計（東芝、GD-403）について照射時間と線量の関係

5.1.3 イオン交換分離法による無担体 $^{32}\text{PO}_4^{3-}$ と $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ の分離

(1) はじめに

第1種放射線取扱主任者講習の非密封放射性物質の取扱(Ⅱ)の実習では、Sr-90を用いて沈澱分離法による Sr-90と Y-90の分離実験を行っている。この講習には、化学実験の経験や、非密封放射性物質を取り扱った経験がない受講者が多く参加しており、実習で Sr-90のように半減期が長く(30年)、かつ、危険性の高い核種を使用するのは好ましくない。そのため、比較的半減期が短く、本邦において広く使用されている P-32(半減期:14.3日)及び S-35(半減期:87.4日)を用いて実習を構築することにした。陰イオン交換分離法による無担体 $^{32}\text{PO}_4^{3-}$ と $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ の分離条件について検討を行い、両核種の最適な分離条件を定めた。

(2) 実験及び結果

内径が6mmφのカラム管に塩素型陰イオン交換樹脂(粒子直径:75μm~150μm)をつめ、高さが20mmの樹脂柱とした。実験にはあらかじめ2M 塩酸で再生したイオン交換樹脂を用いた。イオン交換樹脂に $^{32}\text{PO}_4^{3-}$ を吸着させたのち、0.1M 塩酸溶液を流して $^{32}\text{PO}_4^{3-}$ を樹脂から溶離した。溶離液を1ml流すごとにその1滴を試料皿に分取して乾燥し、P-32のβ線をGM測定器で測定してβ線強度と溶離液量の関係を調べた。その結果、溶離液量が2mlの位置で最大の計数率を示すシャープな溶離曲線が得られた。溶離液が5ml以上では、まったくP-32は検出されず、5ml以下の溶離液でほとんどの $^{32}\text{PO}_4^{3-}$ が流出すると思われる。

次に $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ を樹脂に吸着させて0.1M 塩酸溶液で溶離を行った。 $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ の場合0.1M 塩酸を約10ml流した位置から $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ の流出が始まり、徐々にS-35のβ線の計数率が高くなり約25mlの位置で最大値に達する。さらに、溶離を続けると計数率が徐々に低下し、ブロードな溶離曲線となった。0.1M 塩酸を30ml以上流しても $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ のテーリングによりS-35が検出され、0.1M 塩酸は $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ の溶離液として適当でなかった。そこで、溶離液を2M 塩酸に変えて溶離を行った。2M 塩酸溶液では、最初の2mlでほとんどの $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ が流出し、シャープな溶離曲線が得られた。溶離液が5ml以上になるとまったくS-35は検出されなかった。これらの結果から0.1M 塩酸溶液8mlで $^{32}\text{PO}_4^{3-}$ を、ついで2M 塩酸溶液6mlで $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ を溶離することにした。Fig.5.1.2に溶離曲線を示す。

0.1M 塩酸による $^{32}\text{PO}_4^{3-}$ の溶離において、 $^{32}\text{PO}_4^{3-}$ が定量的に溶離されずに樹脂中に残っていると、2M 塩酸で $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ を溶離する際に、残留している $^{32}\text{PO}_4^{3-}$ が $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ と一緒に流出する可能性がある。 $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ フラクションへのP-32の混入の有無を確認するために、 $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ フラクションの一部を分取して乾燥し、そのβ線を50mg・cm²厚さのアルミニウム吸収板を被せて測定した。S-35は最大エネルギーが0.168MeVの低エネルギーのβ線を放出するので、この厚さの吸収板で完全に遮蔽されβ線が計数されない。それに対して、P-32は最大エネルギーが1.71MeVの高エネルギーのβ線を放出するため、ほとんどのβ線が吸収板を透過し計数される。測定の結果、 $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ フラクションからはβ線がまったく計数されず、このフラクションにP-32が混入していないことが確認された。

(3) 結論

以上の検討の結果、本実験で得られた溶離条件で無担体 $^{32}\text{PO}_4^{3-}$ と $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ の分離が可能であるこ

とが明らかになった。本年度から主任者指定講習の非密封放射性物質の取扱（Ⅱ）の実習に本法を採用し研修を実施している。

（上沖）

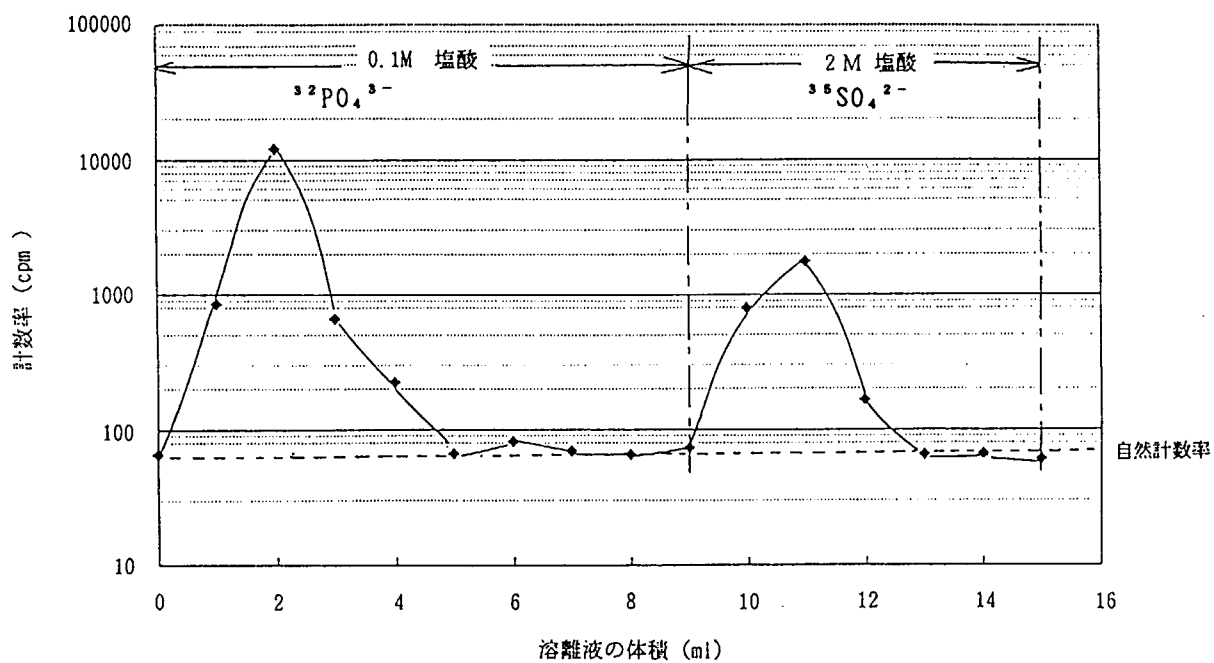


Fig. 5.1.2 $^{32}\text{PO}_4^{3-}$ と $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ の溶離曲線

5.1.4 放射化分析法による環境試料中 I-129 の定量法の開発

(1) はじめに

本邦においては、原子力発電所、核燃料再処理工場など多くの原子力施設が建設され、稼働しているが、これらの施設からの放射性物質の漏洩を監視すること及び防止をすることが重要となっている。特に、I-129は 1.6×10^7 年という長い半減期を持つ核種であって、施設外に放出されると環境中に半永久的に蓄積される。また、I-129は体内に取り込まれ甲状腺に集積する性質があり、人体に対する被ばくの影響が大きい。したがって、その放出量を監視することが環境放射能の測定において重要な課題となる。環境試料中の I-129 の測定を行うために、放射化分析法による I-129 の定量技術の開発を開始した。本年度は水試料中 I-129 の分析法について検討を行った。

(2) 分析法の概要

試料溶液に酸化剤を加え、ヨウ素を I_2 として気化させ、活性炭に吸着させる。この活性炭を合成石英管に詰めて原子炉で中性子照射を行う。中性子照射後の活性炭から放射化されたヨウ素を蒸留法により回収し、溶媒抽出法により他の共存核種から分離精製を行う。最後に、ヨウ化銀として沈澱させ、ろ別して測定試料とする。I-129 を中性子照射すると、I-129 (n, γ) I-130 反応により半減期が12.8時間の I-130 が生成する。I-129 の定量には I-130 から放出される536.1keV の γ 線を用いる。

(3) 活性炭への I-129 の吸着収率

活性炭を200mg 用いた場合のヨウ素の吸着収率に与える過酸化水素量、担体量、硫酸量、流速及び蒸留時間の影響について I-131 をトレーサにして調べた。その結果、試料溶液10ml (液性を0.2%亜硫酸溶液に調製) に対して担体として KI を100 μ g、34%過酸化水素水を1.0ml、4.5 M 硫酸を40ml 加え、800ml/min の流速で常温において1時間蒸留することにより最も高い収率が得られた。この蒸留条件でのヨウ素の回収率は $98.0 \pm 0.9\%$ ($n=5$) である。

(4) 放射化したヨウ素の活性炭からの脱着及び精製操作を通しての収率

放射化したヨウ素の活性炭からの脱着及び精製操作を通しての収率を、I-131 をトレーサとして用いて調べた。ヨウ素の活性炭からの脱着は、硫酸と硝酸の混合溶液(1+2)を8ml、担体として KI を5mg 加え、加熱蒸留により行った。蒸留されたヨウ素は20ml の5M 水酸化ナトリウム溶液に捕集した。次に、ヨウ素を捕集した水酸化ナトリウム溶液を分液ロートに移し、(2+1)硝酸を9ml、34%過酸化水素水を9ml、四塩化炭素を30ml 加えて振り混ぜ、ヨウ素を四塩化炭素相に抽出した。さらに、有機相に0.2% 亜硫酸溶液を10ml 加えて振り混ぜ、ヨウ素を水相に逆抽出した。最後に、この溶液に0.1M 硝酸銀溶液を5 ml 加え、ヨウ化銀の沈澱を生成させ、沈澱をろ別した。これらの全操作を通してのヨウ素の回収率は $97.8 \pm 2.8\%$ ($n=5$) であった。

(5) 中性子照射後の I-130 からの共存核種の分離

活性炭を中性子照射すると、Na-24、Br-82、K-42、Cu-64などの核種が生成し、I-130の測定に妨害を与える。したがって、I-129の定量感度を高めるには、I-130から妨害核種を化学的に分離する必要がある。蒸留法と溶媒抽出法を併用することにより、I-130を効果的に精製することが

できた。Fig.5.1.3に化学分離後の I-130の γ 線スペクトルを示す。

(6) I-129の定量値の精度、誤差及び検出限界

種々の濃度の I-129が含まれる試料を調製し、これらの試料中の I-129の定量を行い、精度及び誤差を求めた。試料の照射は JRR-3M の水力ラビットで1時間行い、約20時間冷却した後定量した。I-129の放射能が $10^{-5} \mu\text{Ci} \sim 10^{-7} \mu\text{Ci}$ の範囲では定量精度が10%以内であり、10%以下の誤差で定量が可能であった。また、I-129の検出限界は $\sim 2 \times 10^{-9} \mu\text{Ci}$ であった。

(7) 結論

以上の検討の結果、本法が水試料中 I-129の定量に適用できることが分かった。今後、土壌、植物及び魚介類中の I-129の定量技術を開発するために検討を進める予定である。

(上沖)

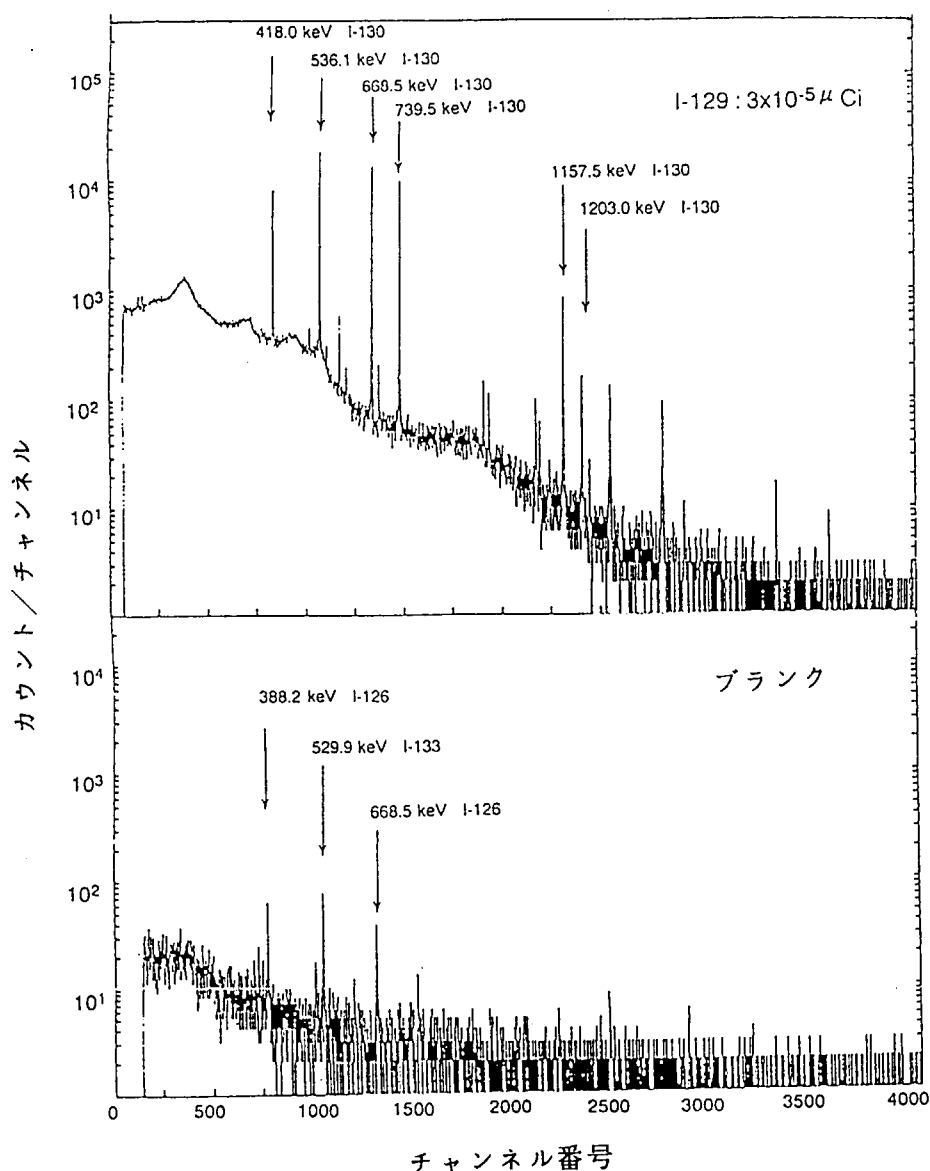


Fig. 5.1.3 化学分離後の I-130の γ 線スペクトル

5.1.5 イメージングアナライザーを用いた食品、日常品の自然放射性物質の分布

(1) 要旨

従来から高校理科教諭を対象とした研修コースで、動物、植物にあらかじめ投与したラジオアイソトープの放射線による写真画像、すなわちオートラジオグラフィ法の実習がある。この実習は常に教諭らに強い印象を与えてきたが、X線写真は露出時間が長いことと、ある程度の放射能を必要とした。そこで、生化学系の課程に導入されているきわめて感度の高いイメージングアナライザー(IP)をX線写真の代わりに用い、一般理科教材と活用していた鉱石標本の花崗石、植物切片、キャンプ用品マントル、レンズなどから放出されている自然放射能を捕らえた画像を求める試みを行った。

IPをいち早く取り入れた名古屋大学工学部の森、宮原また他グループは、自然放射能の分布像は、その物から新しい知見が得ると示唆している。美術工芸品、岩石または食品や日常品などに含まれる自然放射能の二次元分布とその含有量を探り得ることを実験で確認できた。現在、受講者の多くが物理や化学の理科系教諭であるが、これからは広く史学、美術や社会学、また生物系や保健衛生に携わる教諭にも参加の呼びかけができ、その教諭らの興味と探求心が生じるような放射能測定をじかに体験できることが可能となる。

(2) 実験の方法

放射性元素を含有するいくつかの材料をIPで露光し、どのような状態で放射性物質が点在しているのかを調べ、カリキュラムに適する材料を探した。なお、合わせてX線フィルムと若干の比較を行った。

(3) 結果及び考察

通常、X線フィルムでは長時間露出しても微細には解りにくい岩石試料が数日の露出で比較的鮮明に記録され、実体の撮影写真と対比して放射能の分布像が理解できる。キャンプ用品ランタンのマントルなどはX線フィルムは1昼夜以上の露出を要するが、IPでは数十分の露出でそのデテールが浮かびあがる。

今まで教諭らはサーベイメータなどで岩石の放射線測定を試みた場合、検出器の位置によって著しく強度が変化することが概念的に理解しにくかったのが、このような場合には放射線源が点在することが一見にして理解できるようになる。

一方、馬鈴薯などではK-40が生体に様に分布することが分かる。さらに、良く観察すると、発芽部分にはK-40の濃度分布が若干高い。植物中のK-40の分布と植物の成長との関係などを研究するのに役立つのではないかと示唆している。また、七宝など美術工芸品に用いられる顔料には自然放射性物質が含まれている場合が多い。それらの作品をIPに露光させた画像は、仏像のX線写真のように新たなデテールが浮び得る。

なお、この実験は「平成8年度理工学における同位元素研究発表会」において、一部口頭発表を行っている。今後も実験を重ねデータの蓄積、応用研究の一端としたい。

(油井)

5.1.6 インスタントフィルムを使用した自然放射性物質による放射線の写真作用の実験

(1) 要旨

1896年、ベクレル（フランス）は黒紙で包んだ写真乾板の上にウラン鉱石を置き、その鉱石から出る放射線の写真感光作用を発見したと科学史にある。この試みは、百周年を迎える記念の年に当たり、放射線の写真作用を理科教育などの1実験として諸先生方に提供したいと念願し、検討した実験の一つである。

世の中には、さまざまな自然放射性物質が存在しているが、このことを子供達は案外と知られていない。まず、放射能＝原子炉＝危険と言う方程式が頭に浮かぶらしい。例え知っていても五感には感じられず、特別な検出器や測定器などの道具がいるものと思いこんでいる。これは、学童を指導される大方の先生方も同じようである。そこで、①単純明解に、②安全に、③安価で、かつ、④身近で入手しやすい材料、を用いて放射能の存在を示す実験を目標とした。このために、放射性物質には、①科学教材の鉱石標本の閃ウラン鉱、②キャンプ用品ランタンのマントルを選択した。写真材料はポラロイドフィルム（フィルムと印画紙一体型、分離型）、現像処理の簡潔化がこの特徴である。

(2) 実験の方法

①遮光袋と暗室袋の作成

フィルム1枚を感光しないよう袋中、または外側にマントルが置けるような黒い画用紙で遮光袋を作る。明るい場所でフィルムをカセットから取り出し遮光袋に入れる。露出後に再びカセットにそのフィルムを挿入する操作が必要である。このため、暗室代わりに黒ビニールで暗室袋を作る。なお、カセットに挿着されたままの状態、つまりカメラに装着前の遮光・防湿用の包装箱そのものの外側に放射性物質を置く場合（閃ウラン鉱石）はこのような袋は不要となる。

②フィルムの出し入れ

暗室袋内でフィルムカセット（10枚1組）から1枚を抜き取り、遮光袋に入れ、カセットは遮光板をはめ、両方を暗室袋から取り出す。

③露出

遮光袋の上に放射性物質を置き、1日～1週間放射能に応じて露出する。

④現像

再び暗室袋を用いフィルムをカセットに戻してカメラに装着し、レンズを覆った状態でシャッターボタンを押して、現像する。なお、ネガ・ポジ2枚組フィルムの分離型の場合はカメラに装着して、単にフィルム（ガイド用紙片）を引き抜けばよい。

(3) 結果及び考察

マントル、鉱石ともに2日間の露光で発像する。しかし1週間以上の露出の方が、より良い結果が得られる。勿論、放射能の強弱が第一条件ではあるが。複数枚のフィルムを貫通する画像が得られるので、比較的高エネルギーβ線の効果があると推定される。X線用フィルムの感度の約1/10程度という感触を得ている。現在、実習項目として正式に取り入れる時間的な余裕がなく、休憩時間などを利用した話題提供を行う。結果は多くの教諭に興味をもたれ、是非学校の課題授業

に取り入れたいとの反響がある。

なお、この実験は「平成8年度理工学における同位元素研究発表会」において口頭発表を行っている。

(油井)

5.1.7 クエンチング標準線源の寿命について

(1) 要旨

微弱エネルギー β 線放出核種 H-3、C-14の定量分析は液体シンチレーションカウンタ (LSC) に依らざるを得ないのが現状である。LSC は放射線検出器内に試料を溶け込ます手法で、通常の検出手法と大きく異なり、幾何学的効率をほぼ100%にする特徴がある。ゆえに、100%放出率 β 線核種の検出効率は、試料自身が液体シンチレータに溶けこみ自己吸収が生じないように試料調製を行うと、測定値は崩壊値に一致する筈である。しかし、実際には β 線は連続スペクトルであるためエネルギー零付近の β 線はシンチレータ (トルエン+蛍光体) にエネルギーを与えられず計数されない。また、 β 線はそのエネルギーでトルエンを励起し、蛍光体に伝達し、その際に発する蛍光を光電子増倍管で β 線によるパルスとして捕らえる。この発光の過程において、種々の不純物が存在すると発光が阻害されパルスは生じない。この現象をクエンチングといい、この補正手法が LSC における計数効率の測定の基礎となる。これに用いるのがクエンチング標準線源である。

クエンチング標準線源の保証期間は通常5年である。当研修センターでは10年以上経た標準線源を使用しているが、特に不都合はみられない。しかし、経年変化は当然考慮すべき問題点であるので、保存の標準線源を注意深く測定を試み、経年変化に対する劣化の現象を研究対象とした。

(2) 実験方法とその結果

H-3、C-14それぞれ10本1組のクエンチング標準線源を LSC で統計変動が1%以下になるような時間で計測を行う。なお、この線源は10本とも現状の技術水準でもって可能なかぎり同一放射能であり、かつクエンチング現象を最も押さえた状態で試料調製している。最初の1本を除き、徐々にクエンチング試薬量を増してできたものである。

数10組の標準線源を測定し、最近入手した新標準線源と比較した。結果をクエンチング補正曲線として表すと、その多くは年数を経たものであっても、最初の1本目、すなわとクエンチング試薬の注入していない試料はほぼ新品と同位置にあり、クエンチング試薬量が増加した試料ほどクエンチング効果が年数とともに増し、曲線としては傾斜率が大きくなる。しかし、クエンチング補正がなだらかな曲線を描く限り、支障もなく継続使用できる。これら旧クエンチング標準線源でもって LSC 内に新たな補正曲線を内蔵させ、新クエンチング標準線源を測定した結果は統計誤差以内で新品同士の値と一致する。しかし、長年にわたり LSC による測定方法を開発する研究者と、筆者らの経験上でクエンチング標準線源の中には明らかに劣化が生じているものがある。これは補正曲線から測定点が次第に外れて浮き上がる状態になり判別が可能であり、これは使用不能であり排除を要する。全体的に劣化する例は筆者にはない。ただし、この標準線源の製造において溶液中の溶存酸素を除去する工程を行っていないもの、ガラスバイアル使用しても熔封し

たものでないものは、数年を待たずに著しい劣化が生じ、計数値が不安定など、適切な補正曲線が描けない。なお、この実験は「平成9年度の理工学における同位元素研究発表会」において口頭発表を行った。この際、LSC 製造者からの質問とともに、その業者で長年にわたって手慣れた古い線源を使用することに対する安堵感を得たとの感想を述べたことを付記する。

(油井)

5.1.8 材料強度実験

従来、一般課程、原子炉工学課程における実習は、炉物理、放射線関連のものに偏りがちであった。これを是正するため、材料・機械工学的な実習として材料の強度に関する実習を導入した。材料の機械的性質のなかでも、欠陥をもつ材料の粘り強さの尺度である破壊靱性は理解しにくい概念である。このため、同一の材料について、通常の強度と破壊靱性を比較する実験とした。

破壊靱性が意味をもつのは、脆性破壊との関連においてである。工業材料は一般に十分な延性を持ち、脆性破壊が問題になるのは、低温、腐食環境下、照射の影響などの条件下においてである。しかし、このような条件の模擬には複雑な装置や長い時間が必要で、研修実験で取り上げるのは困難である。また、同一の材料でも、試料サイズが大きくなるほど破壊は脆性的になるが、大きい試料を用いるのは研修実験でなくても経済的に困難である。

このため、研修実験は通常の引張強度と破壊靱性の概念の理解に重点をおくことにした。最大荷重が 2トンの卓上型の引張試験機を2台導入した。これに合わせて、破壊靱性試験には試料奥行き (W 値) が25mmの小型引張 (CT) 試験片を用いることにした。材料としては原子炉材料にこだわらず、A-2024 (ジュラルミン)、FCD450 (黒色球状鋳鉄)、S50C (炭素鋼)、SUS-304のうちから適宜3種を選んで比較することにした。まず、通常の引張試験を行ってから CT 試験に移る。また、一つの CT 試験について、K 破壊靱性を求める解析と J 破壊靱性を求める簡略化した解析の両方を行うことにした。

このような小さな試験片では、破壊靱性試験としての妥当性条件を満たすのは容易ではない。条件の厳しい K 破壊靱性としての妥当性を満たす (すなわち脆性的である) のは A-2024 くらいであり、条件の緩い J 靱性でも、FCD と S50C がぎりぎりの条件になる。それでもなんとかそれらしい靱性値は得られ、異なる材料についての破壊靱性の大小の順が、欠陥のない通常の引張強度の大小の順とは違ったものになることを示すことができた。SUS-304の場合には、破壊靱性試験としてはまったく意味をなさない条件となるが、逆にいえばオーステナイト・ステンレス鋼が (特殊な条件以外では) いかにねばり強く優れた材料であるかを実感するという意味がある。

研修生の感想は、「いまひとつ面白さに欠ける実験」という印象のようであるが、破壊靱性の理解の助けにはなったと思われる。今後の改良としては、例えば、SUS-304の溶接時の熱影響部の温度履歴を模擬した熱処理を行った上で試験を行う、などが考えられる。

(この研修実験は、原子炉安全工学部の中島伸也氏の御教示のもとに計画されたものである。)

(内田)

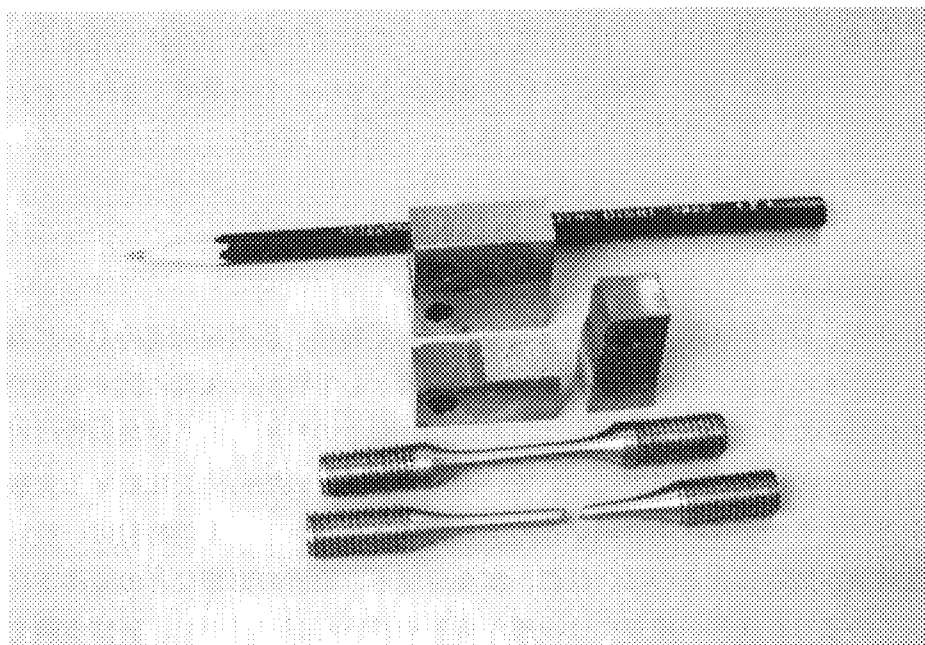


Photo.5.1.1 引張試験片と CT 試験片 (炭素鋼 S50C)

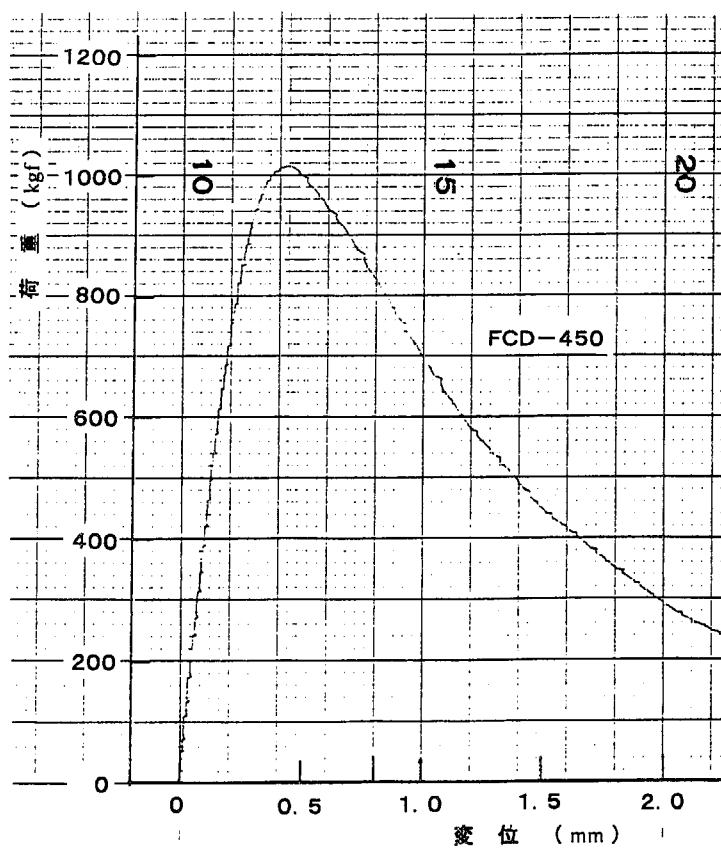


Fig.5.1.5 CT 試験片の荷重-変位曲線 (黒色鋳鉄 FCD-450)

5.1.9 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（1）

アナログコンピュータ（以下アナコンと言う）は、40年代には、種々の動的解析に利用されてきた。50年代に入り、今までの真空管式のアナコンが、トランジスタや IC に代わりだしたため、計算機自体も大幅に小型化された。しかし、これと対抗して、デジタル計算機の進歩も著しく、アナログ計算機も次第に姿を消していくことになった。東海研修センター（旧、原子炉研修所）では、原子炉の動特性解析に、このアナコンを使用してきた。理由は、①プログラム言語を覚える必要がない、②短時間で使用方法を理解でき複雑な計算ができる。③過渡現象を視覚で追いつながり理解できる。等の理由で教育用には欠かせないコンピュータとして使用してきた。現在も、全国の研究所、工業高校でもこのアナコンが使われている。

今回、原子炉の動特性の実験で、演習用に使用している問題の部分を、パソコンに移行することにして、ソフトを作成中である。現在は、小型のアナコンを使用し、演算プログラムを組むのにパッチコードを使用して結線し、数値はポテンショメータのダイヤルで入力している。これをパソコンに移行した場合は、加算器、積分器、乗除算器などを、パソコンの画面上でユニット化された各機器をドラッグして結び付け演算プログラムを組み、回路が正常に組み込まれたときに次の段階に進み、パラメータをキーボードで入力し計算をする方式になっている。グラフは画面上にグラフキーがあり、これでリアルタイム又はスケーリングタイムで描ける。ただし、今回作成したソフトは試験段階で、あらゆるアナコンの機能を有するものではなく、原子炉の動特性の解析の部分を一部パソコン化したものである。作成には、約1年を要したが、現在使用できるパラメータ数には、制限があるが、より多くの動的解析について対応できるようにバージョンアップをする予定である。

（島）

5.1.10 除染実習

放射性汚染除去に関する講義は以前から行われてきたが、実習はなかったため、平成7年度に実習の準備を始め、8年度から実施したので、報告する。無用の被ばくを避け、無用の放射性廃棄物を出さないのが近年の教育のための実習の動向であること、特定の RI を使用した汚染を取り上げれば一般性を欠くおそれがあること、を考慮して模擬汚染を用い、実習目的を放射性汚染除去の意義の理解と、除染の経験及び除染効果の評価法を学ぶ点においた。実習時間は3単位とした。

放射線管理区域は汚してもよい場所ではないこと、表面汚染密度は規制値以下に維持しなければならないこと、避けられない放射性汚染に対しては、まず拡大しないように、そして効果的な除染を行うことが大切であり、また放射性廃棄物の低減のための除染もあること、さらに原子力防災に関連した一面もあることなどを手短かに前置きとして解説する。

設備、実験機器の関係で、実験班2班ずつ実施した。設備として、ランドリー流し、電気温水器、窓の暗幕等を設置した。使用機器類は、紫外線ランプ、輝度計などである。

実習は2部に分かれている。第1部では皮膚除染実習、第2部では表面汚染除去効果の評価法実習を行う。

皮膚除染実習では、まず皮膚の構造とそこに付着した放射性汚染の除去機構、残存放射能によ

る被ばくの評価法、続いて実習手順を説明する。実習では、研修生が蛍光剤（フルオレスセインナトリウム：商品名ウラニン約1%水溶液）により手の平に作った模擬汚染を、それぞれ異なる除染剤－中性洗剤とオレンジオイル－を用いて除染し、その状況を外光を遮って暗くした場所の紫外線ランプ下で観察する。記録係が蛍光剤が残った部位をスケッチし、二つの洗剤による除染結果を比較する。8年度の保健物理専門課程、放射線防護専門課程における実施経験では、汚染の残りやすい部位は、すべて爪の先と指先の皮膚であり、爪ブラシの使い方に慣れないようであったが、研修生は、おおむね実習を楽しんでいた。

表面汚染除去効果の評価法の実習では、除染係数、残存汚染率など除染効果の四つの表現法について解説した後、木綿の布と床材（長尺塩ビシート：商品名ロンリウム）を材料に実験した。それぞれ10cm×8cm程度の試料片各3枚を用意し、各2枚に模擬汚染をつくる。模擬汚染剤として墨汁など数種を実験的に検討し、朱墨を採用した。布は水で濡らし固く絞ってから筆で塗り、ロンリウムではヘヤドライヤーで乾燥しながら数回重ね塗りする。次いで中性洗剤を使って各1枚を洗浄する。ブランク試料（朱墨を塗らないもの）、汚染試料（朱墨を塗ったもの）及び除染試料（朱墨を塗ってから除染したもの）の3試料片を並べ、続けて輝度を測定する。輝度は、色の濃さを示す。輝度計の使い方は本来の使用法とは異なるが、調査の結果輝度計を本実験に使用できることが分かり、採用した。得られたデータから除染係数、除染指数、除染率、残存汚染率を算出し、各班の結果を互いに比較する。レポートから、研修生の理解が十分得られたと考えられる。

（吾勝、須賀）

5.2 研究開発

5.2.1 含フッ素ゴムの耐熱性の原因 —放射線の照射による検討—

(1) はじめに

含フッ素高分子に耐熱性がある理由として、C-F 結合は C-H 結合より結合エネルギーが高いためと一般に理解されている。ポリエチレンとポリテトラフルオロエチレンとの耐熱性の違いはこの考え方がそのまま当てはまる。しかし、例えばテトラフルオロエチレンとプロピレンの共重合体はメチル基があるにもかかわらず200℃で長期使用できる。果たして、含フッ素高分子に耐熱性がある原因は C-H は C-F より熱によって切断され易い、すなわち分解の開始反応に帰因できるのであろうか。本報ではこの点を検討するために、あらかじめ放射線によって C-F 結合や C-C 結合を切断した含フッ素ゴムの耐熱性を検討した。

(2) 実験

分子量92,000のテトラフルオロエチレンとプロピレンの交互共重合体を無酸素下で160kGy 照射し、放射線架橋した純ゴムを試料とした。熱劣化に先き立ち、部分的に切断を加えるために Co-60 γ 線を室温空气中で線量を変えて照射した。耐熱性を評価するために、各試料について100℃から200℃の一定温度でおのおの化学応力緩和を測定し、切断速度を求めた。

(3) 結果

線量を異にする試料について、熱による分子鎖の切断速度を Fig.5.2.1に示す。160℃以上の温度では100kGy 照射した試料は未照射試料より一桁程度切断速度が増加しているが、線量に対して飽和する傾向が認められる。切断速度のアレニウスプロットを Fig.5.2.2に示す。照射した試料の活性化エネルギーは、100℃から150℃の範囲では40kJ/mol、150℃から200℃の範囲では10kJ/mol で、線量による差異は認められない。得られた結果は、あらかじめ高分子鎖に酸化による切断が加えられていると、含フッ素ゴムでも熱による劣化が著しく激しくなることを示唆している。

(伊藤)

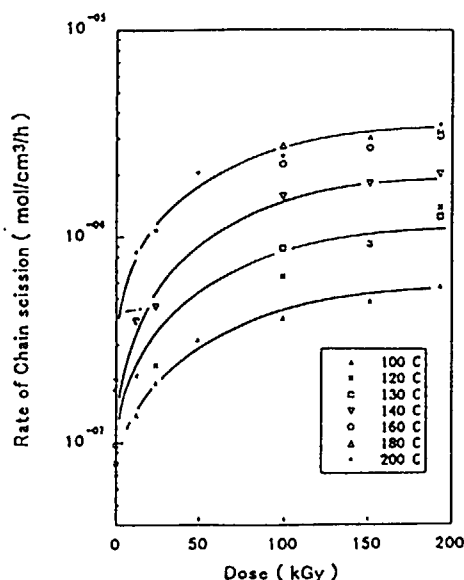


Fig.5.2.1 各温度における線量と分子鎖切断速度との関係

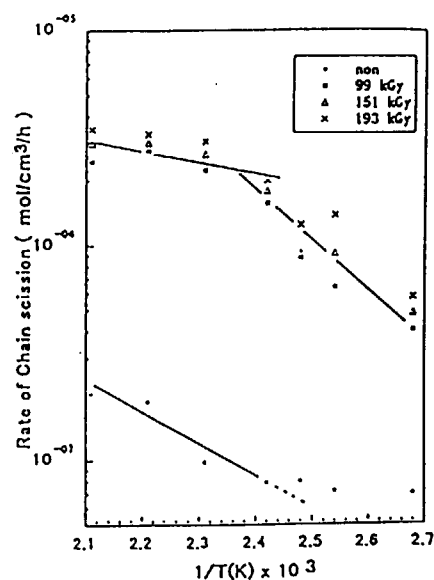


Fig.5.2.2 線量を異にする試料について分子鎖切断速度のアレニウスプロット

5.2.2 液体シンチレーション (LSC) による H-3の半減期の測定

現在、Table of Isotopes 8版に記載されている H-3半減期の値は12.33年である。米国 NBS では12.43年を推奨している (Table 5.2.1参照)。

LSC の性能を示すものに H-3の計数効率があり、現在最も優れた状態で68%である。この測定に用いる標準線源、比較的新しいものでは問題は生じないが、検定日から数年以上を経たものは、半減期の違いが校正等に影響を及ぼしてくる。ちなみに H-3の半減期に関する遍歴は Table 5.2.1に示すように、まだそれほど確定した値ではない。

Table 5.2.1 トリチウムの半減期の変遷

Table of Isotopes 8 版	日本アイソトープ協会 (一宮氏の調査)
12.33±0.06 y (7イト-7 手帳に採用)	1. 12.302 ± 0.040 y (1955, Jones)
1. 10.7 ± 0.20 y Decay rate	2. 12.262 ± 0.004 y (1955, Jones)
2. 12.46 ± 0.10 y ³ He Diffusion	3. 12.346 ± 0.002 y (1967, Jordan)
3. 12.41 ± 0.20 y Absolute counting	4. 12.3232 ± 0.043 y (1977, Jordan)
4. 12.262 ± 0.004y ³ He Growth	5. 12.33 ± 0.06 y (Lederer & Shirley, 1978)
5. 12.58 ± 0.18 y Calorimetry	6. 12.35 ± 0.01 y (Martin 1976)
6. 12.346 ± 0.002y Calorimetry	7. 12.43 ± 0.05 y (1980, NBS)
7. 12.25 ± 0.08 y ³ He Growth	(Tritiated-water standards over an 18-year period beginning in 1961)
8. 12.3232 ± 0.0022y Calorimetry	8. 12.38 ± 0.03 y (1987, OLIVER, HARYR & BRETSCHER) ³ He/ ⁴ He

このように H-3核種の半減期は12.25年から 12.57の範囲にある。

NBS 検定の H-3標準試料を基に調製した LSC 用標準線源が古くは28年前からのものがあり、当時の検定値が正しければ、その値に応じて減衰している放射能値を示す。そこで、現在のクエンチング標準線源でもって校正した LSC で放射能測定を行い、半減期の値を計算した。これは保証期限を遥かに過ぎたクエンチング標準線源であっても、クエンチング補正がなだらかな曲線を描く限り、何ら問題もなく継続使用できるという実験結果に基づくものである。

Table 5.2.2 実験結果と考察

LSC 用標準線源の測定例	NBS 検定値	検定日	経過年数(年)	半減期(年)
この6試料の平均の	(1) 1,528,000	1968/10/17	28.342	12.56
半減期	(2) 1,000,000	1971/08/09	25.503	12.46
12.57年	(3) 1,000,000	1975/01/20	22.051	12.87
その偏差値は	(4) 234,000	1981/11/10	15.25	12.59
0.16年	(5) 282,000	1984/02/08	13.006	12.49
	(6) 260,100	1986/06/12	10.656	12.42

LSC 用標準線源による半減期は Table of Isotopes 8版値より若干長く、実状に適合する。さらに、詳しいデータの検討と測定方法を考案し精度の向上を図り論文としてまとめたい。

(油井)

5.3 その他

5.3.1 基礎課程「放射線管理実習」の新設準備

基礎課程の実習であった「GM 計数管による β 線測定」を平成9年度に廃止し、新たに放射線管理に関する基本的な測定技術の習得を目的とした「放射線管理実習」の準備を行った。この実習では基本的な測定器である GM 計数装置を使用し、以下に示す実習を行うこととした。

① GM 計数装置の特性測定

プラトー特性測定、印加高電圧決定、 ^{238}Pu - β 線線源（2種類の直径の線源）に対する計数効率決定

②粒子状物質の空气中放射能濃度の測定

サンプリング、半減期測定、短半減期 β 線核種の放射能濃度測定、長半減期 β 線核種の放射能濃度測定

③表面密度の測定及び β 線核種の推定

スミア法による管理区域内の表面密度測定、模擬スミヤ試料（2個/2核種）の表面密度測定、模擬スミヤ試料の β 線質量減弱係数測定による核種推定方法

このうち、新たに技術開発を行ったのは β 線核種の推定実習に関するものである。T 1-204で汚染させた模擬スミア試料及び A 1 吸収板セットを製作し、実習方法の確認のため質量減弱係数 μ_m に関する予備実験を行い、新しい実習として採用できることを確認した。さらに、新たに実習テキストを作成し、平成9年度からの基礎課程での放射線管理実習に備えた。

（神永）

5.3.2 講義「線量測定法」の準備

基礎課程コース改善作業の一つとして、講義「放射線測定法」のテキストの見直し作業を行った。「放射線測定法」のテキストは「放射線測定器」の講義内容と一部重複していた。また、本講義をわざわざ「放射線測定器」の講義と分離して行うことの意味も少ないことから内容の一部を「放射線測定器」に移し、「放射線測定法」という講義の名称を廃止し、「線量測定法」という名称にして内容を改めた。

「線量測定法」の講義は、実習の「線量測定」と対になるように考え、新しい内容を追加して構成した。実際の授業は平成9年度から実施する。変更の意思決定からテキスト作成までの期間が短かったので、まだ十分練られた内容になっていないと考える。また、外部講師とのテキスト内容の打合せ不足から新たに記述の重複が生じた。平成9年度も引き続きテキストの改善を行う予定である。

（岩田）

5.3.3 RI・放射線用語集の作成

基礎課程には、RI・放射線の知識に関し、さまざまなレベルの研修生が参加する。これらの研修生がいつでも自由に使える RI・放射線の基礎的な用語集があると便利であろう。このために役立つことを目的として、本用語集を作成した。

基礎課程は講義23教科、演習（CAIを含む）6教科、実習12教科より成っている。これらの教科で使われる教科書を、東京研修センターの12名の教官が、専門に応じて分担し、その中から用語集の用語として適当と考えられるものを抽出した。抽出された用語（770語）をグループリーダー会議において検討し、用語集に採用すべき用語として、328語（同意語を含む）を選定した。選定用語の解説原稿を、抽出を担当した各教官が執筆した。執筆原稿をグループリーダーが詳細に査読し、表現の不適切な点などにつき修正を加えた。各グループから集められた原稿を、高田がもう一度チェックし、一部修正を加え、最終稿とした。用語は、50音順に配列し（A4版63ページ）、各ページの端には五十音の各行を示すマークを入れ使用に便利ようにした。また、各用語には英名も付し、英文索引からも引けるようにした。巻末に、よく使われる英文省略語（例：FP）を集め、その全表示と日本語訳を与えた。

平成9年度の基礎課程用テキスト巻末に添付する予定である。

（高田）

5.3.4 新しい W-188 / Re-188 ジェネレータ（レビュー）

科学技術庁では、放射線利用技術移転事業として「放射線利用データベース」の構築を行っている。このデータベースに収録するために W-188 / Re-188 ジェネレータの開発状況について調査を行った。

W-188 / Re-188 ジェネレータの吸着剤として広く使われているアルミナへのタングステン (WO_4^{2-}) の吸着機構が詳細に調べられた¹⁾。タングステンのアルミナへの吸着は、アルミナ表面へのタングステンの単分子膜形成から始まり、多層膜の形成をへて、最終的にアルミナ表面が完全に飽和されるまで幾つかの段階をへて進行する。また4面体に配位したアルミナ原子と4面体の WO_4^{2-} が熱力学的に安定な化合物をつくり、両者は酸素原子を介して（W-O 結合）強く結合することが分かった。これらの結果から、アルミナがタングステンの吸着剤として優れた性質を持っていると言える。

低比放射能の W-188 を使用したジェネレータについて検討が行われ、アルミナカラムと陰イオン交換樹脂カラムを連結したタンデムジェネレータが提案された^{2, 3)}。このジェネレータでは、最初アルミナカラムに吸着した W-188 から発生する Re-188 を 0.05M 硝酸アンモニウムで溶離し、次に溶離した Re-188 を陰イオン交換樹脂に吸着させ、最後に 7.2M 硝酸溶液で陰イオン交換樹脂から Re-188 を溶離する。低比放射能の W-188 によってジェネレータを調製する場合、必要な放射能を得るには大型のカラムを用いることになり、それにともない溶離液量が増加する。さらに、酸化アルミニウムの増加とともに溶離液に含まれるアルミニウムの量が増え人体に対する毒性が問題となる。しかし、この方法では小型の陰イオン交換樹脂カラムに Re-188 を吸着させるため Re-188 を少量の溶離液（7.2M 硝酸 3ml）で溶離できるとともに、イオン交換樹脂で Re-188 からアルミニウムとともに他の不純物元素が分離され高純度の Re-188 溶液（W-188、Os-191、Ir-192 とも $10^{-5}\%$ 以下）が得られる。ミルキング収率と経過日数の関係が3ヶ月間にわたり調べられた。実験開始時における収率が80%であるが経過日数とともに低下し3ヶ月後にはほぼ64%になる。しかし、3ヶ月経過した時点でも収率が60%以上であり、ジェネレータを長期間使用することが可能である。また、Re-188 のミルキング収率はタングステンが $1\mu\text{g}$ から 40mg の範囲において

担体量による影響をほとんど受けない。W-188のブレイクスルーはアルミナ1g に対してタングステンが120mg (WO_3) までは極めて小さく、アルミナがタングステンに対して大きな吸着容量を持つことが明らかにされた。放射線効果によって娘核種の化学形が変化し収率の低下をもたらすことが、 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ジェネレータでは早くから知られているが、W-188をアルミナカラムに吸着させたジェネレータでも同様の結果が得られている。そのため、本ジェネレータでは Re-188を溶離したのちアルミナカラムに空気を導入し、溶離液をカラムから除去して保管する方法により放射線効果に起因する収率の低下を防いでいる。

一方、タングステン酸ジルコニウムゲルを用いたジェネレータについて検討が行われた⁴⁾。このジェネレータから Re-188を0.15M 塩化ナトリウム溶液で溶離した場合の Re-188のミルキング収率は約80%であり、3ヶ月間にわたって一定である。しかし、W-188のブレイクスルーが $10^{-4} \sim 10^{-2}\%$ であり、これを改善するために、このジェネレータにアルミナカラムを連結したタンデムジェネレータについて検討が行われた。その結果、ブレイクスルーが $10^{-6}\%$ と著しく改善されたが、反面ミルキング収率が8%~12%低下した。しかし、このジェネレータは長期間にわたって70%前後のミルキング収率が得られるとともに、高純度の Re-188が得られ、かつカラム寸法を小さくできることから実用規模のジェネレータとして有望である。ただし、ジェネレータの調製には高放射能 W-188を遠隔操作により取り扱う必要があり、これが技術的に解決すべき問題として残っている。

(上沖)

[参考文献]

- 1) Ekaterina Dadachova, Saed Mirzadeh, and Richard M. Lambrecht : "J. Phys. Chem.", 99 [27], 10976-10981(1995)
- 2) Hiroshi Kamioki, Saed Mirzadeh, Richard M. Lambrecht, Russ Knapp, Jr., and Kate Dadachova : "Radiochimica Acta", 65, 39-46(1994)
- 3) H. Kamioki, S. Mirzadeh, R. M. Lambrecht and E. Dadachova : "Synthesis and Applications of isotopically Labelled Compounds", (Edited by J. Allen) John Wiley, New York(1994)
- 4) Kate Dadachova, R. M. Lambrecht, E. Hetherington : "J. RADIOANAL. NUCL. CHEM.", LETTERS, 188 [4], 267-278(1994)

5.3.5 ラジオグラフィー用低エネルギー γ 線源 (レビュー)

科学技術庁が構築を進めている「放射線利用データベース」に収録するために、ラジオグラフィー用 Yb-169線源の製造及び利用技術の開発状況について調査を行った。

Yb-169は Yb-168の (n, γ) 反応で生成するが、天然組成のイッテルビウムには Yb-168が0.14%しか含まれず、そのままでは高放射能の線源は得られない。そのため Yb-168を20.6%まで濃縮した酸化イッテルビウム ($^{168}\text{Yb}_2\text{O}_3$) がターゲット原料として用いられた。酸化イッテルビウム粉末を成形し、寸法が $0.65\text{mm} \phi \times 0.65\text{mm}$ 及び $1\text{mm} \phi \times 1\text{mm}$ の微小ペレットが調製された。このペレットを高純度アルミニウムカプセルに収納し、電子ビーム溶接装置で溶封したのち原子炉で照射する。照射後のカプセルは線源のインナーカプセルとしてそのまま用いられ、機械的強度が高

く、 γ 線の吸収が小さいチタニウム製のアウターカプセルに収納される。このアウターカプセルをプラズマ溶接装置により遠隔操作で溶封し密封線源に加工する¹⁾。

Yb-168の(n, γ)反応で生成したYb-169は、さらに中性子を吸収し安定なYb-170となる。Yb-168の熱中性子反応断面積が2200b、高速中性子の共鳴積分が24000bである。これに対して、Yb-169の熱中性子反応断面積は3600b、その共鳴積分は3500bであり、2重中性子捕獲反応によるYb-169の放射能の低下が無視できない²⁾。そのため、高放射能の線源を得るにはYb-169のバンナップを最小にする照射条件で効率よく照射する必要がある。ターゲットをJMTR及びJRR-3Mで照射した結果では、ペレット寸法が1.0mm ϕ ×1.0mmの場合、いずれの照射孔で照射を行っても200GBq以上の放射能が生成する。JMTRのE-7照射孔では、中性子吸収材を用いない場合Yb-169のバンナップによりYb-169の生成量が低くなるが、ステンレス鋼を中性子吸収材として用いることにより3割程度高い放射能が得られる。このように中性子束密度を調整することにより、1.0mm ϕ ×1.0mmの寸法で260GBq以上の放射能をもつ線源の製造が可能となった^{1, 3)}。

Yb-169は100% EC(電子捕獲)崩壊し、薄肉細管の欠陥検査に適当な63.1keV～307.7keVのエネルギーの γ 線を放出する。前方0.05mm、後方0.15mmの鉛箔を用いて撮像すれば、鉛箔を用いない場合に比べ露出時間を1/6に短縮できる⁵⁾。この効果はYb-169からの低エネルギー γ 線成分が鉛のX線を励起させることによると考えられる。

Yb-169線源とIr-192線源により、3mm及び5mm厚さの階段状ステンレス鋼製試験片を撮像したフィルムの黒化度をデンスitometaで測定した結果、厚さが2mmによって作られるフィルムコントラストが、Yb-169線源では0.42、Ir-192線源では0.17であって、この厚さ領域ではラジオグラフィ線源としてYb-169の方がIr-192より優れていることが示された³⁾。また、0.6mm ϕ の球状線源、1mm ϕ ×1mm及び1.4mm ϕ ×1.4mmのペレット状線源によって欠陥識別度が調べられた。その結果、線源寸法が小さいほど良い欠陥識別度が得られた⁴⁾。

370GBqのYb-169線源からの1mの距離における1cm線量当量率は13mSv/hである。同じ距離で370GBqのIr-192の1cm線量当量率は54mSv/hであって、Yb-169はIr-192の約1/4となる。一方、Yb-169の遮蔽効果は高く、約5mmの厚さで透過線量率を1/100に減弱できる。現在使用されている照射装置にYb-169線源を装着し、照射時における線源から1mの距離での線量率を調べた結果、外部線源照射装置に370GBqの線源を装着した場合が86 μ Sv/h、内部線源撮影装置に111GBqの線源を装着した場合が34 μ Sv/h以下であり、管理区域境界を2m以下としても十分撮影が可能であることが明らかになった¹⁾。

(上沖)

〔参考文献〕

- 1) 山林尚道：高圧ガス，31〔8〕，621-628(1994)
- 2) A.V.Klinov, A.V.Mamelin and Yu.G.Toporov："Sov At Energy", 54〔3〕,233-235(1983)
- 3) 山林尚道："Radioisotopes", 43,〔5〕,296-308(1994)
- 4) Yukio Tsujii, Ryoichi Taniguchi, Masatoshi Fujishiro, Eiichi Hiraoka, Tadashi Tsujimoto, Kenji Yoneda and Kenichi Okamoto："Bull Univ Osaka Prefect SerA, 39〔2〕,269-276(1990)
- 5) Hugh W. Evans："Transactions of American Nuclear Society", 56,〔Supplement3〕, 27-29(1988)

5.3.6 霧箱関係等の新規テキスト作成

『霧箱による放射線飛跡の観察』等の3種類のテキストについて、新規に作成を行った。

研修センターで使用しているテキストについて、各コースの多くの受講生から感想を聞くと、表現はいろいろであるが、おおむね、次のように要約できるのではないかと考えられる。

①現在の教科書などの国語表記に対して、旧表記、硬い表現および漢字への過剰変換が少なくない場合がある、②内容的には高い内容であるにもかかわらず図表等が数世代前の図書のレベル(たとえば、とう写版時代のデザイン)であり、見栄えで損をしている場合がある、③1行の文字数が多すぎて、読みづらいなどである。

そこで、これらの感想を反映させて、新規にテキストの作成を行った。具体的な内容は、以下のとおりである。

現在の高校や大学教養レベルの教科書の表記レベルを参考にするとともに、図はベジェ曲線を用いたドロー系のソフトウェアで著者自ら書き下ろし、写真を含めてすべてを電子出稿(フロッピーなどに格納した電子情報で印刷原稿を作成・提出し、印刷屋はこれを出力し印刷するだけ)した。当センターでは、初めてのことでさうである。また、1行の文字数を文庫本程度とするために、2段書きに変更した。作成したテキストは、①『拡散霧箱による放射線飛跡の観察』、②『手作り簡易型霧箱キット』および③『パソコンを用いたサイコロモデルによる原子核崩壊シミュレーション』の合計3冊である。

テキスト②および③については、どちらかといえば実験セミナー等を対象としたテキストであるが、それ以外の用途も年間を通して恒常的であり、また、特別会計として書き下ろした場合転用などの数多くの制約や手続きがきわめて煩雑なため、初版(①も含む。)はプロパーの予算で印刷を行った。また、③については、前年度からパソコン用に開発してきたプログラムに関するテキストであり、必要なプログラムの全文も掲載されている。さらに、②については、組立マニュアルも兼ねていることから、視覚的、直感的に分かりやすくするために、組立て手順については3D化した図面を豊富に採用した。

結果として、印刷経費が大幅に軽減され納期も短縮された。また、原稿以上の誤字脱字の発生もなく校正の手間を大幅に省くことができた。加えて、テキスト本文や図表が読みやすくなり、読みやすいということは内容の理解の方に集中できるということにつながり、多くの受講生にきわめて好評であった。受講生の中には、奥方を含む家族に読ませたところ原子力にもこんなに読みやすくおもしろいテキストがあったのだとか、ぜひとも出版してほしいなどの感想も寄せられた。同じ素材を扱っているにもかかわらず、テキストの作り方ひとつでこれほど評価が激変するとは予想以上であった。さらに、原図がテキスト用にあらかじめ編集済みであるため、OHPへの修正・転用、カラー化などの作業も従来に比べて比較的短時間にできたとともに、質の向上にも大いにつながったと考えられる。②について、従来、少なくとも組立て・観察には少なくとも2単位(1単位は80分)程度必要であったが、質を落とすことなく約1単位で同じ内容をこなすことも可能になった。

(武田)

6. 施設の維持管理

6.1 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今年度は、外壁塗装・屋上防水工事と窓枠建具の改修及び高圧受電設備と自動火災報知器の改修工事を行った。また、イーサネット対応のため、建屋内 LAN の整備を行った。

研修機器の整備では、本年度から新たに開設した高分子プロセスコース用として、力学的周波数分散測定装置を整備した。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指導教官研修コース（特会）用機器として、液体シンチレーションカウンター、 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ガラス線量計システム等の整備を図った。

(2) 東海研修センター

老朽化対策として、モックアップ建屋実験室の改修及び真砂寮第4棟居室（研修生宿泊施設）の整備を行った。

研究第3棟実験室の配置見直しに伴い、化学実験室を同棟から原子炉特研に移設した。また、平成9年度からの国際原子力安全セミナー（特会）の移管に備え、研修講義棟の一部改造を行った。

なお、研修機器の整備では、材料工学に関する研修実験を行うため走査型電子顕微鏡を整備するとともに、国際原子力安全セミナー（特会）研修用としてチェレンコフ光視認装置、同位体組成測定装置及びウラン濃縮度測定装置等の整備を図った。

6.2 放射線管理状況

(1) 東京研修センター

許認可については、核燃料物質の使用予定期間の変更（延長）の届出及び事業所名称の変更（5月）に伴う届出を行った。7月に核燃料物質の使用許可の廃止に伴う立入り検査を受け、廃止の届出及び廃止措置を報告した。放射性同位元素の使用についても事業所名称の変更に伴う届出及び放射線障害予防規定の変更の届出を行った。その他、法令に基づく定期的な報告を行った。

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。施設の管理状況として、管理区域内への雨漏れ改修工事や一部の窓・窓枠の更新を行った。平成9年3月には校正用微量線源（密封3.7MBq以下）の数量確認（約280個）を行い、紛失等がないことを確認した。また、校正用微量線源の管理台帳の様式を改訂し、数量確認等の確認が容易にできるようにした。

個人被ばく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410名について行い、いずれも個人被ばく線量は有意の被ばく（0.2mSv以

上)はなかった。平成9年度から研修生の指定登録前に ID 登録を実施する必要が生じ、研修の決定の際に関係書類とともに、指定登録関係の説明書類を改訂して準備した。

放射性廃棄物の管理に関しては、本年度から H-3、C-14汚染物、金属、セラミック等の分別廃棄のために専用の容器を整備して実施に移した。また、放射性廃棄物の低減化のため、管理区域から退出する者が汚染検査室で使用する手拭き紙を廃止し、ジェットタオル2台を設置した。これにより可燃性廃棄物量を大幅に低減できた。

放射線管理については、フード内、防護衣、工具等に少量の汚染の発見及び管理区域からの一般廃棄物の汚染検査で軽微な汚染が発見され、それらの除染、回収と汚染防止対策、一般廃棄物への汚染混入防止等の改善を図った以外は、特に問題となる事項はなかった。これらの汚染は、いずれも職員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、健康診断を省略としていたが本年度から毎年1回の血液検査を実施することとした。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。

放射線管理モニタは老朽化が著しく、排気ガスモニタや γ 線エリアモニタにミスアラームや故障が多く発生した。排水モニタのサンプリング配管は屋外に露出して設置されていて、地震等で破損した場合、廃液が漏洩するおそれがあったため撤去し、排水モニタの使用を停止した。

その他、緊急時の連絡機材の整備として携帯電話及び携帯ファクシミリ等の整備、災害対策備蓄品の充実整備、東京研修センターの放射線管理手引の作成を行った。

(神永)

(2) 東海研修センター

東海研修センターの放射線管理業務は保健物理部において実施している。その結果、汚染はなかった。なお、研修生のフィルムバッチの保管場所について改善の指摘があり、改善を行った。

7. 運営管理

7.1 東海研修センターにおける研修運営に関する事項

東海研修センターでは、研修事業の実施にあたり、教官による会議を開催している。本会議では、研修カリキュラムの基本方針及び内容の検討を行うほか、研修実施に係る諸問題を検討している。従来、OB 教官を含めた教官会議を開催していたが、本年度から現役教官を中心として会議を行い、必要に応じて OB 教官の意見を求めることとした。平成8年度に出された主要な検討課題とその対応は以下のとおりである。

(1) 修了証書の発行基準について

当センターの課程・講座は、全期間出席を原則とし実施してきたが、欠席があった場合、どこまで認めて修了証を発行するかについては明確な規定がなかった。

原子炉工学課程の募集中にあった問い合わせをきっかけにこの問題を検討した結果、東海研修センターにおいては次の方針で臨むことに決定した。

原則として全期間の75%以上出席をもって修了の条件とする。

(2) 研修コースの担当について

将来をみた研修教官の配置（分野、年齢等）を行うことが必要である。教官の補充が困難であれば、コースに特定の者を固定するのではなく、別のコースも経験できるようにすべきである、との意見がある。

(3) 研修コースの見直しについて

長年実施してきた一般課程は、期間が長く企業側からの研修生派遣が困難な状況になっている。一般課程を開始した当時と周囲状況が変化しており、市場のニーズ等を考慮した見直しが必要である。平成9年度は、大幅な改訂ではなくコースの短縮を含めた改訂を行うこととなった。なお、その他の研修課程についても、見直しの必要性が指摘された。

(4) テキストの扱いについて

従来あいまいであった講義用テキストとプリントの区分等について、規定を作ることが提案され、今後は付録A7に示す方針で運営することが決定された。

7.2 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原子力防災研修事業運営委員会を2回、国際原子力安全セミナー運営委員会を1回及び実験セミナー運営委員会を2回開催した。各委員会等での検討概要は、以下のとおりである。巻末付録A6に委員会等における議事の概要を示す。

(1) 原子力研修検討委員会

平成9年2月26日に開催された本委員会では、平成8年度の研修事業の実施状況の報告と今後の研修事業について検討が行われた。

研修事業の実施状況に関連して、中・高校生に対する原子力教育では、教科書の充実や専門教員の必要性、研修関係機関の間での情報交換の必要性、研修生のフォローアップ調査とその結果の研修への反映の必要性等の指摘があった。

今後の研修事業に関連して、研究者・技術者による体験を踏まえた講義や実験の充実、幅広い考え方を有する研究者の育成の観点から一定期間研究者を教官とすること、外部の情勢の変化に対応した臨時講座の開設が可能な体制の整備等の提言、また東京と東海の研修センターを合体することによる利点と欠点に関する指摘等があった。

これらの指摘については、今後関係者間で検討していくこととしたい。

(2) 原子力防災研修事業運営委員会

第1回運営委員会（平成8年5月28日開催）では、事業の細部計画に関する審議を行い、研修の日程を一部変更することにしたほかは、計画どおり実施することで承認された。

第2回運営委員会（平成9年3月24日開催）では、その計画に基づく実施結果について審議を行い、所期の目標が達成されているとして了承された。なお、本事業による研修は、平成9年度以降、財団法人原子力安全技術センターに移管して実施することが周知された。

(3) 原子力実験セミナー運営委員会

第1回運営委員会（平成8年5月23日開催）では、本年度実施する四つのコースについての計画を紹介し、計画に沿って実施することとなった。

第2回運営委員会（平成9年3月17日開催）では、その計画に基づく実施結果について審議を行い了承するとともに、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9年度から放振協で実施する計画の地域セミナーと原研が実施しているセミナーとは、相互に関係が深いので関係者間で調整を図りつつ計画を進めることとなった。

(4) 国際原子力安全セミナー運営委員会

平成9年3月11日に開催した本委員会では、各研修コースの実施状況並びに東南アジア各国の原子力人材養成に係る情勢について報告し、了承された。また、研修事業の今後の展開に関し、次年度以降取り組むべき課題等について当センターとしての考え方を紹介し、意見を聴取した。

編集後記

研修事業は間もなく設立40周年を迎える。東京研修センターでは RI 関係技術者の養成を行い、東海研修センターでは原子炉関係の技術者養成を担当しているが、職員の交流を含めて共同作業を行う機会は少なかった。本報はワーキンググループを設置し、東京と東海から委員を選出してまとめた共同作業の記念号でもある。しかし、発刊に当たって十分な準備期間を持つことができなかった。本書を手にしたとき、記載内容についてご意見や改善の要望などあろうかとは思いますが、第2号以降ではそれらの忠告やご意見等を組み込んだ更に良いものを作りたいと思っている。

(岩田記)

編集委員

委員長	岩田 幸生 (東京研修センター)
委員	上沖 寛 (")
"	内田 正明 (東海研修センター)
"	武田 常夫 (")
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)

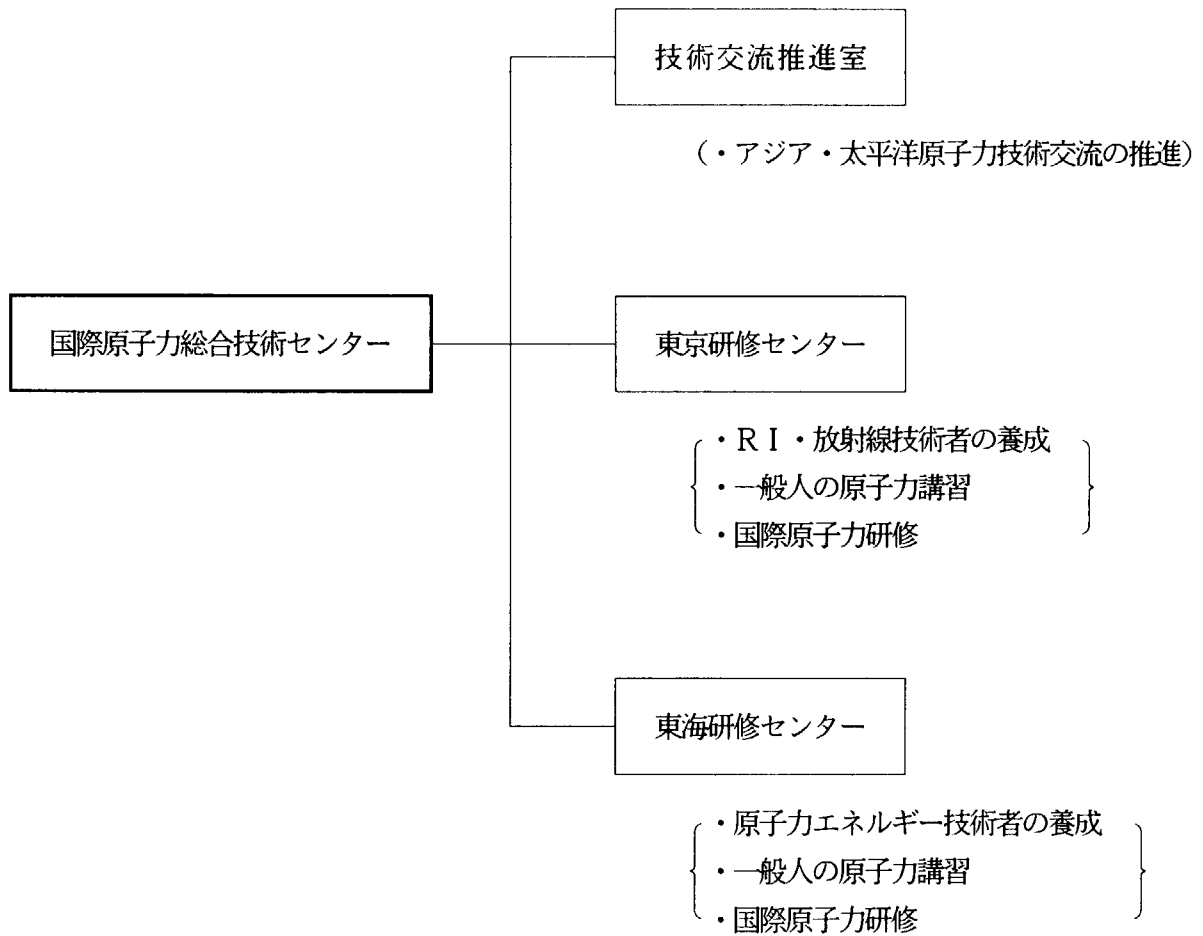
付 録

目 次

A1	国際原子力総合技術センターの組織及び人員構成	63
A2	平成8年度研修実績	66
A3	平成8年度受講者数	68
A4	平成8年度研修カリキュラム	70
1.	第250～253回基礎課程	70
2.	第226回専門課程（RIの生物科学への利用コース）	71
3.	第227回専門課程（放射線高分子プロセスコース）	71
4.	第228回専門課程（オートラジオグラフィコース）	72
5.	第229回専門課程（ラジオアイソトープコース）	72
6.	第230回専門課程（液体シンチレーション測定コース）	73
7.	第231回専門課程（放射線管理コース）	73
8.	第232回専門課程（環境放射能測定コース）	74
9.	第22回第一種作業環境測定士講習（放射線物質）	75
10.	第78～84回第1種放射線取扱主任者講習	75
11.	第53回一般課程（B）	76
12.	第5回原子炉工学課程	77
13.	第35、36回原子炉理論短期講座	77
14.	第23回原子力入門講座	78
15.	第28回保健物理専門課程	78
16.	第15回放射線防護専門課程	79
17.	第27回核燃料工学短期講座	80
18.	第18回放射性廃棄物管理講座	81
19.	第186～199回原子力防災入門講座	81
20.	第31、32回原子力防災対策講座	82
21.	第26～29回緊急時モニタリング初級講座	82
22.	第12、13回緊急時モニタリング講座	83
23.	第12、13回原子力防災管理者講座	83
24.	原子力防災職種別講座	84
25.	原子力実験セミナー	85
26.	JICA コース	87
27.	IAEA コース	88
28.	国際原子力安全セミナー	89
29.	国際原子力技術研修	90
A5	原子力実験セミナー用CAI及びビデオソフトウェア	92
A6	平成8年度委員会等開催状況	94
A7	参考資料	95

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



教 官

(50音順)

RI・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*² (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*² (放射線計測)
尾崎 隆吉 (放射線計測)
上沖 寛 (放射化学)
神永 博史 (放射線管理)
柴部 禎巳*^{1, 2} (放射線計測)
関 晋 (原子核物理)
高田 和夫 (保健物理)
田中 高彬 (放射線計測)
野口 暁 (放射化学)

(兼) 佐々木 隆 (高分子化学)

北村 敏治*⁴ (助手)
松本 憲一*⁴ (助手)
森山 健太郎*⁴ (助手)
吉田 有希*⁴ (助手)

内田 正明 (原子炉工学)
大部 誠*² (原子炉物理)
小畑 雅博 (原子炉実験)
佐藤 孝雄 (放射線計測)
島 敬二郎 (原子炉動特性)
須賀 新一 (保健物理)
新藤 隆一 (原子炉物理)
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)
東條 隆夫 (放射線計測)
生田目 健 (安全工学)
堀木 欧一郎*² (原子炉実験)
守屋 孝*^{1, 2} (RIの利用)

(兼) 井川 勝市 (核燃料)
(兼) 須崎 武則 (原子炉実験)

吾勝 永子*³ (放射化学)
末武 雅晴*³ (原子炉工学)
杉 暉夫*³ (原子炉物理)
橋本 政男*³ (原子炉実験)

*¹ 8.5.31付退職*² 業務協力員*³ 非常勤講師*⁴ 臨時用員 (学生)

スタッフ

センター長 柴 是 行

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)

東海研修センター

次 長 野村 正之
事務長 作田 孝
和田 義久
金谷 一江
後藤 千春*¹
黒澤 伸悟*¹
関 勝憲*¹
平根 廣之*¹
大野 由佳*^{2, 4}
鴨志田 智江*²
川又 宏子*²
鈴木 千恵*²
沼田 摩利*^{2, 3}

(兼) 梶山 武義

技術交流推進室

(8.5.11付新設)

室 長 荻野 伸明
佐々木 隆
井川 勝市*¹
梶山 武義

*¹ 出向職員

*² 臨時用員

*³ 8.5.31付退職

*⁴ 8.6.1付採用

A 2 平成 8 年度 研修 実績

(東京研修センター)

コース名	平成8年 4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平成9年 1月	2月	3月	期 間	受 講 者 数 (定員)	修 業 料 (円) (消費税込)
基 礎 課 程		第250回 20日～12日	第251回 17日～10日	第252回 15日～7日		第253回 9日～4日							18日間	95 (128)	108,150
専 門 課 程	R I の生物科学への利用				第226回 26日～6日								10日間	11 (16)	87,850
	放射線高分子プロセス					第227回 25日～3日							7日間	14 (16)	85,490
	オートラジオグラフィ					第228回 14日～4日							9日間	10 (16)	83,730
	ラジオアイソトープ					第229回 28日～13日							12日間	16 (16)	87,850
	液体シンチレーション測定					第230回 25日～20日							5日間	18 (16)	82,400
	放射線管理					第231回 2日～13日							10日間	10 (16)	97,850
	環境放射能測定						第232回 3日～14日						9日間	13 (16)	93,730
	第一種作業環境測定士 (放射性物質)						第22回 9日～10日						2日間	16 (16)	80,000
指 定 講 習	第1種放射線取扱主任者	第78回 8日～12日 第79回 15日～19日 第80回 22日～26日						第81回 18日～22日		第82回 20日～24日 第83回 27日～31日	第84回 17日～21日		5日間	223 (224)	150,600
	原子力実験セミナー											東京コース 24～28日	5日間	24 (24)	—
国 際 研 修	J I C A コー (原子力基礎技術: R I・放射線実験)	第12回 12日 16日											5週間	8 (14)	—
	I A E A コー (放射性医薬品の品質管理)											第8回 3～14日	10日間	13 (16)	—
	指導教官研修						4/14:7原子力庁(BATAN)教官 5日	13日		7/原子力庁(USAP)教官 20日	28日		40日間	4 (4)	—

(東海研修センター)

コ ー ス 名				平成8年 4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平成9年 1月	2月	3月	期 間	受 講 者 数 (定員)	授業料(円) (消費税込)
炉 工 学	一 般 課 程 (B)			8日	第 53 回	一 般 B	13日									6か月	22 (30)	716,880
	原 子 炉 工 学 課 程								30日	第 5 回	22日					8週間	19 (24)	257,500
	原 子 炉 理 論 短 期 講 座			第35回上期東京	12~16日	1~5日	第36回上期大阪			第35回下期東京	2~6日	16~20日	第36回下期大阪			10日間	92 (96)	86,520
専 門 別	原 子 力 入 門 講 座													13日	第23回	5日	28 (24)	124,630
	保 健 物 理 専 門 課 程			7日	第28回	21日										7週間	14 (24)	358,440
	放 射 線 防 護 専 門 課 程								2日	第15回	3日					5週間	11 (24)	208,060
	核 燃 料 工 学 短 期 講 座									28日	第27回	14日				3週間	25 (24)	76,730
	放 射 性 廃 棄 物 管 理 講 座					24日	第18回	5日								2週間	15 (24)	80,340
一 般 向 け	原 子 力 防 災 入 門 講 座			第186 ~ 199回	石川 4 ~ 5日 北海道 6 ~ 7日 福島 11 ~ 12日 宮城 13 ~ 14日 宮城 20 ~ 21日 宮城 23 ~ 24日 秋田 25 ~ 26日 鹿角 30 ~ 31日	新潟 4 ~ 5日 茨城 9 ~ 10日 所部 11 ~ 12日 青森 16 ~ 17日 福井 18 ~ 19日 佐賀 23 ~ 24日 静岡 25 ~ 26日 鹿角 30 ~ 31日	島根 1 ~ 2日									2日間	661 (700)	9,780
	原 子 力 防 災 対 策 講 座								第31回	18日				第32回	3日	7日	37 (64)	27,280
	原 子 力 実 験 セ ミ ナ ー						高崎コース 24~26日	東海・夏コース 5~9日							高崎・神野コース 3~7日		3日間 5日間	67 (68)
原 子 力 防 災 研 修	緊 急 時 モ ニ タ リ ン グ 初 級 講 座								宮城 大阪 愛媛 4~5日 25~26日 8~9日	青森 7~8日						2日間	98 (120)	—
	緊 急 時 モ ニ タ リ ン グ 講 座								第12回	28日	1日	2日	第13回	6日		5日間	19 (60)	—
	原 子 力 防 災 管 理 者 講 座							第12回 7日	8日			第13回 26日	27日			2日間	43 (60)	—
	原 子 力 防 災 職 種 別 講 座 (消防・警察関係)								佐賀 宮城 新潟 青森 10~11日 19~20日 2~3日 21~22日				東京 21~22日		2日間	156 (150)	—	
国 際 研 修	J I C A コ ー ス (原子力基礎技術・ 原子炉物理・動特性実験)			第12回 12日	16日											5週間	3 (3)	—
	国 際 原 子 力 安 全 セ ミ ナ ー							アジア諸国向け 22日	10日	資料集配布・実用施設見学 3日	25日	ウクライナ向け 20日	11日	ロシア・東欧諸国向け 16日	21日	27日	18日	83 (82)

A 3 平成8年度受講者数

(東京研修センター)

(単位:人)

コ ー ス 名		平成8年度	S33~H7 年度合計	累 計	備 考
基 礎 課 程		95	7,709(209*)	7,804(209*)	
専 門 課 程	R I の生物科学への利用	11	456 (9*)	467 (9*)	
	放射線高分子プロセス	14	—	14	
	オートラジオグラフィ	10	532 (1*)	542 (1*)	
	ラジオアイソトープ	16	126	142	
	液体シンチレーション測定	18	412	430	
	放 射 線 管 理	10	553	563	
	環 境 放 射 能 測 定	13	54	67	
	第一種作業環境測定士 (放射性物質)	16	395	411	
	第1種放射線取扱主任者	223	2,436	2,659	
	一般 原子力実験セミナー(聴コース)	24	98	122	
国際 研修	J I C A コ ー ス	8*	98*	106*	
	I A E A コ ー ス	13*	111*	124*	
	指 導 教 官 研 修	4*	—	4*	
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		475(25*)	18,718(486*)	19,193(511*)	

*印は外国人

(東海研修センター)

(単位：人)

コ ー ス 名		平成8年度	S33~H7 年度合計	累 計	備 考
炉 工 学	一般課程(A, B)	22	1,588	1,610	
	原子炉工学課程	19	57	76	
	原子炉理論短期講座	92	1,187	1,279	
	原子力入門講座	28	895	923	
専 門 別	保健物理専門課程	14	652	666	
	放射線防護専門課程	11	477	488	
	核燃料工学短期講座	25	997	1,022	
	放射性廃棄物管理講座	15	533	548	
一 般 同 じ	原子力防災入門講座	661	10,356	11,017	
	原子力防災対策講座	37	1,145	1,182	
	原子力実験セミナー(聴・講コース)	67	918	985	
原 子 力 防 災 研 修	緊急時モニタリング初級講座	98	639	737	
	緊急時モニタリング講座	19	144	163	
	原子力防災管理者講座	43	263	306	
	原子力防災職種別講座(聴・講)	156	778	934	
国 際 研 修	J I C A コ ー ス	3*	92*	95*	
	国際原子力安全セミナー	83*	170*	253*	
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
原子炉オペレータ訓練基礎課程		—	749	749	昭和50年度まで
J R R - 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(IAEA)		—	16*	16*	昭和62年度のみ
合 計		1,393(86*)	23,890(278*)	25,283(364*)	

*印は外国人

A 4 平成8年度研修カリキュラム

1. 第250～253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. 放射線と物質との相互作用	2	14. 画像による放射線測定法	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	1	16. 放射線モニタリング	2
5. 放射化分析概論	1	17. RI・放射線の安全取扱い	1
6. RI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. RI・放射線の理工学への利用	1
9. 放射線の遺伝的影響	1	21. RI・放射線の医学への利用	1
10. 放射線測定器	2	22. RI・放射線の農学・生物学への利用	1
11. 放射線測定法	2	23. 放射線障害防止法	2
12. γ 線スペクトロメトリ	1		
合 計 30 単位			

実習

実習名	単位数	実習名	単位数
1. 線量測定	5	7. 共沈法と溶媒抽出法	5
2. GM計数管による β 線測定	4	8. イオン交換分離法	5
3. NaI(Tl)検出器による γ 線測定	4	9. 放射化分析法	5
4. γ 線スペクトロメトリ	5	10. オートラジオグラフィ	3
5. 液体シンチレーション測定	5	11. 放射線生化学実験	3
6. 化学的線量測定	3		
合 計 47 単位			

演習

演習名	単位数	演習名	単位数
1. 物理演習	2	4. 法令演習	2
2. 化学演習	2	5. 原子核物理CAI	1
3. 生物演習	2	6. 放射線測定CAI	1
合 計 10 単位			

ガイダンス

項目	単位数	項目	単位数
1. 非密封RIの実習ガイダンス	1		
合 計 1 単位			

2. 第226回 専門課程 (R I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. 放射線の生物的作用機構	1	5. キャピラリ電気泳動とその応用	2
2. 画像による放射線測定法	2	6. 遺伝子工学特論	1
3. 遺伝子工学とR I	1	7. モノクローナル抗体	1
4. ラジオイムノアッセイ	1		
合 計		9 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. サザンブロッティング	9	5. ラジオイムノアッセイ	3
3. DNAシーケンシング	10		
合 計		35 単 位	

ガイダンス

項 目	単位数	項 目	単位数
1. ラボラトリ・ルール	1		
合 計		1 単 位	

3. 第227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. 電子線による紙加工	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. 形状記憶膜材料	4	6. ラミネート加工	4
合 計		23 単 位	

4. 第228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. 遺伝子工学とオートラジオグラフィ	1
2. 電子顕微鏡オートラジオグラフィ	3	5. 定量的オートラジオグラフィ	1
3. 薬物動態学概論	2		
合 計		9 単 位	

実習

実習名	単位数	実習名	単位数
1. マクロレベルとレセプタアッセイ	10	3. 電子顕微鏡オートラジオグラフィ	13
2. ミクロレベル：凍結及びパラフィン切片法	10		
合 計		33 単 位	

ガイダンス

項 目	単位数	項 目	単位数
1. ラボラトリ・ルール	1		
合 計		1 単 位	

5. 第229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. 原子力の現状	1
7. 放射線施設	2		
合 計		24 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. ラジオグラフィ	1
3. β 線測定2（液体シンチレーションカウンタ）	4	7. RIの化学実習	4
4. γ 線測定1（ γ 線スペクトロメトリ）	5	8. 放射線管理実習	4
合 計		29 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	項 目	単位数
1. 実習ガイダンス	1		
合 計		1 単 位	

6. 第230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法（基礎）	5	3. 放射線管理	7
2. 液体シンチレーション測定法（応用）	5		
合 計		12 単 位	

7. 第231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	8. 放射線施設	1
2. 被ばく線量の限度	1	9. 施設放射線管理	1
3. 放射線障害	1	10. 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	11. 放射性廃棄物の管理	1
5. 線量測定法	1	12. 汚染除去	1
6. 外部被ばく管理	1	13. 事故例と対策	1
7. 内部被ばく管理	1	14. 放射線障害防止法	1
合 計		15 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	3
4. 液体シンチレーション測定	5		
合 計		2 9 単 位	

演 習

演 習 名	単位数	演 習 名	単位数
1. 放射性同位元素の使用許可申請	2	2. 非密封放射性同位元素の在庫管理	2
合 計		4 単 位	

8. 第 2 3 2 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	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22回 第一種作業環境測定士講習 (放射性物質)

講義

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 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78～84回 第1種放射線取扱主任者講習

講義

講義名	単位数	講義名	単位数
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	単位数	実習名	単位数
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	単位数	項目	単位数
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 3 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	1 8	10. 軽水型発電炉	1 4
2. 原子炉物理	2 4	11. 原子炉各論	1 0
3. 放射線防護	7	12. 原子炉の安全性基準	9
4. 原子炉動特性及び計装制御	1 5	13. 原子炉の運転管理	4
5. 原子炉燃料	1 6	14. 廃棄物管理	9
6. 原子炉材料	1 7	15. 原子力関係法規等	8
7. 原子炉熱工学	1 3	16. 原子力関連情報	6
8. 原子炉構造設計	1 1	17. 特別講義	4
9. 原子炉遮蔽	4	18. 実験ガイダンス	1 1
合 計 2 0 0 単 位			

実 験

実 習 名	単位数	実 習 名	単位数
1. 放射線測定基礎	1 7	5. 原子炉燃料	1 1
2. 原子炉物理	3 4	6. 原子炉熱工学	5
3. 原子炉物理計算	1 8	7. 発電炉シミュレータ	8
4. 動特性解析計算	4 2	8. TCA実験	2 5
合 計 1 6 0 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	9	7. 放射線防護	4
3. 原子炉熱工学	8	8. 放射線総合	9
4. 原子炉工学	8	9. 原子力総合	7
5. 原子炉燃料	3		
合 計 5 4 単 位			

見 学

2 5 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 5 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 2	5. 原子力発電	1 0
2. 原子炉物理	1 4	6. 法令	4
3. 原子炉工学	2 3	7. その他	8
4. 保健物理	4		
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	3
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	5	9. 沸騰熱伝達	5
4. 中性子の減速、拡散	6	10. 金属材料の破壊靱性	3
5. 中性子束絶対測定	5	11. T C A 炉物理実験	1 0
6. 原子炉動特性解析	9		
合 計 5 6 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. 放射線物理	2	6. 原子炉熱工学	3
3. 原子炉物理	6	7. 保健物理	2
4. 原子炉の動特性	2		
合 計 2 0 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 5、3 6 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 2	4. 燃料及び材料	9
2. 原子炉設計	1 4	5. 放射線防護	5
3. 運転制御	9	6. 法令	1
合 計 5 0 単 位			

14. 第 2 3 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 36 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 18 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

8単位

その他 (開講式、リエンゲージン、修了式)

3単位

15. 第 2 8 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	20	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 62 単位			

実 習

実 習 名	単位数	実 習 名	単位数
1. GM管による β 線計数実験	3	8. 表面密度と水中放射能濃度測定	3
2. 遮蔽実験	3	9. フィルムバッジによる線量測定	3
3. γ 線スペクトルによる核種分析	6	10. 体内放射能測定	3
4. 霧箱による放射線飛跡の観察	2	11. 空气中放射能濃度測定	3
5. β 、 γ 中性子線量測定	3	12. 放射線防護具の取扱い	2
6. 中性子実験	3	13. 除染実習	3
7. 電離箱による線量測定	3	14. 環境中の放射能	3
合 計 4 3 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. 環境評価	2
2. 放射線物理	2	9. 物 理	2
3. 放射線の単位系	2	10. 放射線計測	2
4. 放射化学の基礎	2	11. 放射線管理計測	2
5. 放射線の生物作用	2	12. 遮蔽計算	2
6. 放射線作業管理	2	13. 管理技術	2
7. 内部被ばく線量評価	2		
合 計 2 6 単 位			

見 学

9 単位

その他 (開講式、リエンション、修了式)

3 単位

16. 第 1 5 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. 廃棄物管理	2
4. 放射線測定法	4	9. 原子力関連法規	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. β 線測定	3	6. 空气中放射能濃度測定	3
2. β 、 γ 線量測定	3	7. 放射能表面密度・水中放射能濃度測定	3
3. γ 線スペクトルによる核種分析	6	8. 放射線防護具の取扱い	3
4. 遮蔽実験	3	9. 体内汚染計測見学	1.5
5. 霧箱の観察	3	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、リエンション、修了式)

4 単位

17. 第 2 7 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	19. 臨界安全管理	1
2. 原子炉燃料の化学	1	20. ウラン燃料の安全取扱い	2
3. 原子炉燃料の物性	2	21. プルトニウムの安全取扱い	1
4. 原子炉燃料照射挙動の基礎	2	22. 原子炉材料概論	2
5. エネルギー資源	2	23. 被覆管の耐久性	2
6. 核燃料サイクル	2	24. 被覆管の照射挙動	2
7. 燃料の精錬	1	25. 高速炉・新型転換炉の燃料と材料	2
8. ウラン濃縮	2	26. 原子力関連法規(原子炉規制法)	1
9. 炉物理入門	3	27. 原子力関連法規(障害防止法)	1
10. 軽水炉燃料の設計	4	28. 核物質防護	1
11. 軽水炉燃料の製造	2	29. 保障措置	1
12. 燃料の検査	2	30. 計量管理	1
13. 核燃料再処理	2	31. 核燃料輸送物の安全性	2
14. 燃焼率測定	1	32. 核燃料輸送技術	2
15. 実用燃料照射後試験	2	33. 廃棄物処理	2
16. 研究試験炉燃料	1	34. C A I (核燃料手続き初歩入門)	1
17. 高速炉燃料	1	35. 原子炉燃料特論	1
18. 高温ガス炉燃料	1		
合 計		5 7 単 位	

見 学

2 単位

その他 (開講式、リエンション、修了式)

3 単位

18. 第 18 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	2	7. 放射性廃棄物関係法規	1
4. 低レベル廃棄物処理の実際	6	8. 特 論	5
合 計		2 6 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	

見 学

5 単位

その他 (開講式、リエンション、修了式)

5 単位

19. 第 186 ~ 199 回 原子力防災入門講座

(1) 1 3 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	2.5
2. 放射線の基礎	2	5. 外国における事故例	0.5
3. 原子力防災対策と活動	1	6. 地域防災計画の概要	0.5
合 計		8 . 5 単 位	

実 習

実 習 名	単位数	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	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 1、3 2 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		12.5 単 位	

実 習

実 習 名	単位数	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、リエンション、修了式)

1.5単位

21. 第 2 6～2 9 回 緊急時モニタリング初級講座

講 義

1 単位 60分

講 義 名	単位数	講 義 名	単位数
1. 原子力防災対策の基礎	1.5	3. 緊急時環境放射線モニタリングの基礎	2
2. 放射線の基礎	1.5		
合 計		5 単 位	

実 習

実 習 名	単位数	実 習 名	単位数
1. 放射線モニタリング器材の取扱い	2.5	3. 緊急時モニタリング	2
2. 防護具の取扱い	0.5		
合 計		5 単 位	

質疑応答

1 単位

そ の 他 (開講式、修了式)

1 単位

22. 第 12、13 回 緊急時モニタリング講座

講 義

1 単位 80分

講 義 名	単位数	講 義 名	単位数
1. 原子力防災対策	2	4. 放射線測定法	2
2. 放射線被ばくと線量限度	1	5. 緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム	1
3. 緊急時環境放射線モニタリング	2		
合 計		8 単 位	

実 習

実 習 名	単位数	実 習 名	単位数
1. 緊急時モニタリング器材の取扱い	2		
合 計		2 単 位	

演 習

演 習 名	単位数	演 習 名	単位数
1. 線量評価図の作成と評価	3	3. 防護具の取扱い	1
2. 緊急時環境放射線モニタリング	4		
合 計		8 単 位	

見 学

2.5単位

そ の 他 (開講式、修了式)

1.5単位

23. 原 子 力 防 災 管 理 者 講 座

(1) 第 1 2 回

講 義

1 単位 60分

講 義 名	単位数	講 義 名	単位数
1. 原子力発電の安全対策	1.5	4. 宮城県における防災訓練の実状	1
2. 原子力防災対策	2	5. 災害時の心理	1.5
3. 最近の原子力防災対策話題	1		
合 計		7 単 位	

質疑応答

1 単位

そ の 他 (開講式、修了式)

1 単位

(2) 第 1 3 回

講 義

1 単位 60分

講 義 名	単位数	講 義 名	単位数
1. 原子力発電の安全対策	1.5	4. 佐賀県における防災訓練の実状	1
2. 原子力防災対策	2	5. 緊急技術助言対応システムの概要	1.5
3. 最近の原子力防災対策話題	1		
合 計		7 単 位	

質疑応答

1 単位

そ の 他 (開講式、修了式)

1 単位

24. 原子力防災職種別講座

(1) 第 24 ～ 27 回 (消防関係)

講 義

1 単位 60分

講 義 名	単位数	講 義 名	単位数
1. 原子力防災対策の基礎	1.5	3. 原子力災害時避難誘導等の対策	2
2. 放射線の基礎	1.5	4. 消防関係者の留意すべき事項	2
合 計		7 単 位	

実 習

実 習 名	単位数	実 習 名	単位数
1. 放射線測定器の取扱い	2	2. 防護具の取扱い	1
合 計		3 単 位	

質疑応答

1 単位

そ の 他 (開講式、修了式)

0.5単位

(2) 第 6 回 (警察関係)

講 義

1 単位 60分

講 義 名	単位数	講 義 名	単位数
1. 原子力防災対策の基礎	1.5	3. 警察関係者の留意すべき事項	2
2. 放射線の基礎	1.5	4. 原子力防災と警察官の活動	2
合 計		7 単 位	

実 習

実 習 名	単位数	実 習 名	単位数
1. 放射線測定器の取扱い	2	2. 防護具の取扱い	1
合 計		3 単 位	

質疑応答

1 単位

その他 (開講式、修了式)

0.5単位

25. 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. 放射線化学概論	1	3. 環境・資源への放射線利用	1.5
2. 放射線化学利用の現状	1	4. 放射線利用による高機能材料の開発	1.5
合 計		5 単 位	

実習

実習名	単位数	実習名	単位数
1. 高温拡散霧箱による放射線飛跡の観察	1	5. 放射線による高分子合成 (化学系)	4
2. GM管の組立て	1	6. 放射線による殺菌 (生物系)	4
3. 電子線架橋	1	7. 電子線加速器によるキュアリング	2
4. γ 線の熱への変換 (物理系)	4		
合 計		17 単 位	

見学

1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)

4単位

(2) 東海・夏コース

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. 原子燃料サイクル	1.5
2. エネルギー政策と原子力	1.5	4. 原子力教材について	1.5
合 計		6 単 位	

実習

実習名	単位数	実習名	単位数
1. GM測定器、NaI 測定器の原理と実験	2.5	4. 自然放射線の線量測定	6
2. α 線の吸収と散乱	1.2	5. GMカウンターキットの組立と $\alpha\beta\gamma$ 線の測定	3
3. 中性子実験	6	6. 霧箱の製作と放射線の観察	2
合 計		31.5 単 位	

見学

10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・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	5. 原子炉の制御と運転	2
2. 各種の原子炉について	1.5	6. 臨界集合体・TCAの概要と保安	2
3. 環境放射線と人体影響	1	7. 核不拡散とプルトニウムの利用	1.5
4. 原子力教材について	1.5		
合 計		12.5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	8
2. TCAの臨界近接	8		
合 計		22単位	

見学

8単位

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

1単位
1.5単位

(4) 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. 原子力の科学史	1.5	4. 放射化学概論	1.5
2. 放射線の健康影響	1.5	5. 「放射線」授業の実践	1.5
3. 原子力教材について	1.5	6. 放射線キュアリング	1
合 計		8.5単位	

実習

実習名	単位数	実習名	単位数
1. 高温拡散霧箱による放射線飛跡の観察と簡易霧箱の組立	1.5	6. 放射化学実験②	1.5
2. オートラジオグラフィ実習①	1.5	7. リヒテンベルク図形製作	1
3. 自然放射線の測定①～④	4.5	8. 電子線加速器によるEBアートの製作	1
4. 放射化学実験①	3	9. オートラジオグラフィ実習②	3
5. Ge検出器による環境放射能の測定	1.5		
合 計		18.5単位	

見学

1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

26. 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 2 7 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 C A I	2	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. パーソルコンピュータによるデータ処理	2
7. ラジオイムノアッセイ	5	14. 化学的放射化分析法	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、カンファレンス等）

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 26 単 位			

見 学 : 日本原子力研究所内外 16単位
テクニカルツアー 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

27. IAEAコース（放射性医薬品の品質管理）

講 義

1単位 70分

講 義 名	単位数	講 義 名	単位数
1. In vivo 放射性医薬品の利用	1	5. 生体内分布試験	1
2. 放射能測定法	1	6. 原材料の工程管理	1
3. Tc-99m ジェネレータと放射性医薬品	1	7. ARG法生体分布試験	1
4. 放射性医薬品の品質管理概論	1	8. 放射性医薬品調製におけるGMPとGLP	1
合 計 8 単 位			

実 習

実 習 名	単位数	実 習 名	単位数
1. 放射能測定器の校正	2	5. C-14生体内分布試験(LSC)	3
2. 放射能測定(LSC)	3	6. Ga-67生体内分布試験	3
3. 放射性核種の純度測定	4	7. 化学的純度試験 薄層クロマト、電気泳動	7
4. Tc-99m ジェネレータの品質管理	4	8. ARG法生体分布試験	2
合 計 28 単 位			

施設見学とガイダンス

項 目	単位数	項 目	単位数
1. 第一ラジオアイソトープ研究所 千葉工場見学	5	2. 非密封RI実習ガイダンス	1
合 計 6 単 位			

28. 国際原子力安全セミナー

(1) アジア諸国向け

講義

1単位 70分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 原子力行政及び安全規制	3	4. 日本原子力研究所の安全性研究活動	8
2. 原子力発電システムと安全設計	3	5. 原子力発電所と地方自治体の協力活動	2
3. 原子力発電所の運転経験	2		
合 計		1 8 単 位	

見 学 : 日本原子力研究所内 4単位
 テクニカルツアー 7日間

その他 : カントリーレポート 3単位
 パブリックアクセプタンス討論会 1単位
 開講式、オリエンテーション、修了式 8単位

(2) 放射性廃棄物・使用済燃料管理国際セミナー

講義

1単位 70分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 原子力安全規制	4	4. 研究開発	7
2. 燃料サイクル	2	5. 使用済燃料の貯蔵と輸送	6
3. 廃棄物管理の現状と技術	5	6. 放射線管理及び貯蔵技術	4
合 計		2 8 単 位	

見 学 : 日本原子力研究所内外 6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 3単位
 パブリックアクセプタンス討論会 2単位
 開講式、オリエンテーション、修了式 7単位

(3) ウクライナ向け

講義

1単位 70分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 原子力行政及び安全規制	2	4. 品質保証及び予防保全	2
2. 原子力発電プラントの安全設計	7	5. 安全性評価	6
3. 原子力発電所の安全運転	1	6. 熱工学及び原子炉の挙動	5
合 計		2 3 単 位	

見 学 : 日本原子力研究所内外 12単位
 テクニカルツアー 6日間

その他 : カントリーレポート 2単位
 パブリックアクセプタンス討論会 2単位
 開講式、オリエンテーション、修了式 8単位

(4) 旧ソ連・東欧諸国向け

講義

1単位 70分

講義名	単位数	講義名	単位数
1. 原子力行政及び安全規制	4	5. 燃料サイクル及び燃料挙動	3
2. 原子力発電プラントの安全設計	8	6. 熱工学及び原子炉の挙動	6
3. 原子力発電所の設計及び安全運転	4	7. 安全性研究及び安全性評価	11
4. 品質保証及び予防保全	4		
合 計 40単位			

個別実習

個別実習受入れ部	単位数
保健物理部、バックエンド技術部、原子炉安全工学部、燃料サイクル安全工学部、環境安全研究部	8
合 計	8単位

見学： 日本原子力研究所内外 12単位
テクニカルツアー 10日間

その他： カントリーレポート 6単位
パブリックアクセプタンス討論会 2単位
開講式、オリエンテーション、修了式 10単位

29. 国際原子力技術研修

(1) 保障措置に関する地域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	5	5. 保障措置の実例	3
2. 日本における国内保障措置制度	2	6. 設計情報質問書(DIQ)	2
3. 封じ込め・監視・非破壊分析技術	2	7. IAEAへの報告	2
4. 核物質計量の基本概念	1		
合 計 17単位			

実習

実習名	単位数	実習名	単位数
1. 選択 スペクトル測定(NaI) スペクトル測定(Ge)	4	2. 選択 ウラン濃縮度測定(NaI, Ge) プラシール及びチェレンコフ検出器	4
3. 国及び施設レベルのSSAC構築実習	2		
合 計 10単位			

演 習

演 習 名	単位数	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	2		
合 計		2 単 位	

見 学 : 日本原子力研究所内外 4 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 3 単位
 開講式、オリエンテーション、修了式 6 単位

(2) 指 導 教 官 研 修

研 修 名	B A T A N		O A E P	
	物理系 (A)	物理系 (B)	化 学 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. γ 線スペクトロメータ	1 日	7 日	—	3 日
3. 液体シンチレーション計測	8 日	—	10 日	4 日
4. 同位体分離・放射化学分析	—	—	5 日	—
5. 線量計の取扱い技術	5 日	5 日	—	3 日
6. 非密封線源取扱い	1 日	1 日	3 日	1 日
7. シンチレーション計測システム測定	—	2 日	—	3 日
8. α 線スペクトロメータ	1 日	1 日	—	—
9. 被ばく線量測定	—	—	1 日	5 日
10. レポート作成・研修指導技術	6 日	6 日	4 日	4 日
11. 施設見学	5 日	5 日	4 日	4 日
合 計	29 日	29 日	29 日	29 日

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	Physquest (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	Physquest (何でいま物理) PART-2 (平成7年度 CD-ROM 版制作)	「Physquest 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、ゲーム的感觉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	放射線を目で見てみよう (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8年度委員会等開催状況

委員会等名	開催月日	議 事
第3回原子力研修検討委員会	平成9年2月26日	・今後の原子力研修について
㊦第1回原子力防災研修運営委員会 第2回原子力防災研修運営委員会	平成8年5月28日 平成9年3月24日	・平成8年度原子力防災研修事業計画について ・平成8年度原子力防災研修事業報告について ・平成9年度以降の原子力防災研修事業計画について
第1回教材作成ワーキンググループ	平成8年9月25日	・ビオワット「防護対策に係る意思決定のプロセス」の資料構成内容の検討
第2回教材作成ワーキンググループ	平成8年11月14日	・基本シナリオの検討
第3回教材作成ワーキンググループ	平成8年12月18日	・シナリオ第1稿の検討
第4回教材作成ワーキンググループ	平成9年1月21日	・シナリオ第2稿の検討
第5回教材作成ワーキンググループ	平成9年2月24日	・シナリオ第3稿の検討 ・イラストの検討 ・ビデオタイトルの検討
第6回教材作成ワーキンググループ	平成9年3月13日	・粗編集ビデオの試写及び検討
㊦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8年5月23日 平成9年3月17日	・平成8年度原子力実験セミナー実施計画 ・平成8年度原子力実験セミナー実施結果 ・平成8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8年9月3日	・平成8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8年10月29日	・各種実験教材調査結果の報告と検討
第3回教材検討ワーキンググループ	平成9年1月27日	・提案教材等の検討
第4回教材検討ワーキンググループ	平成9年3月4日	・報告書(案)の検討
㊦国際原子力安全セミナー事業運営委員会	平成9年3月11日	・平成8年度国際原子力安全セミナー事業の実施状況等について

A7 参考資料

1. 東海研修センターにおけるテキストの扱いについて

平成9年1月31日、第1回研修運営担当者会議において、東海研修センターにおけるテキストの取り扱いについて次の提案がなされ、原案どおり承認された。

(提案事項)

研修所テキストに関するルール

1. 確認事項

1.1 テキストは「著作物」である。

著作権法によれば、ラブレターのようなものも「著作物」とみなされる。書店で販売していなくても、テキストは立派な著作物である。

1.2 テキストの表紙に書かれる名前は、講義の担当者名ではなく、著者名である。

したがって、著者の退職や講義担当者の交代をもって名前を変えることは許されない。

1.3 著者には財産権としての著作権はないが、著作人格権はある。

(著作権と著作人格権はしばしば混同される。)

研修所テキストは、原研職員として賃金をもらいながら執筆したか、外部講師の場合には謝礼をもらって執筆したものである。したがって財産権としての著作権は原研に属し、著者には属さない。

このことから、著者が「自分のテキストを使うな」ということは許されない。

一方、著作人格権は基本的人権であり、退職によっても失われない。他人が著者名を自分に変えたり、原著者の了解なく内容を変更することは許されない。

2. 提案事項

2.1 「テキスト」と「プリント」の区分けの明確化

テキストとは、「著者がみずからの責任で書いた本文を主体とする教材」とする。このようなもののみを「テキスト」として受け付け、謝礼を払い、表紙をつけて印刷する。他の刊行物からコピーした図・表の集合、あるいはそれにわずかの前書きをつけた程度のものは、「プリント」とする。

2.2 日付に関するルール

従来、追加を含めて単に印刷所に発注した年を表紙に印刷していたようである。これを次のように改める。

(続く)

「1994年に執筆され、1996年に改訂され、さらに同じ年に増刷（若干の誤字訂正を含む）された場合」、次のように表紙に印刷する。

1994

1996（改訂）

1996（増刷）

改訂を何度も重ねた場合には、最終改訂のみ記載する。

2. 国際研修事業等の実施に係る原研と放振協の業務分担について

原研と放振協の業務分担の原則とそれに基づく平成9年度の国際研修の実施分担が次のように決められた。

国際研修事業等の実施について

1. 経緯

科学技術庁は、原子力開発利用長期計画に基づいて開発途上国協力を進めているが、平成8年度はその一層の促進のために、「アジア・太平洋原子力協力の推進」を重要施策とし、アジア諸国に対する数多くの新規協力を始めることとした。協力を拡大するに当たっては、原研のみで実施する従来の体制では対応が困難との認識から、協力の実施体制について検討するため、昨年4月、科学技術庁に調査国際協力課、原子力開発機関監理官室（当時）、技術振興課（当時）及び原研並びに（財）放射線照射振興協会（当時）（以下「放照協」という。）の関係者からなるタスクフォースが設けられた。タスクフォースの開始時点において、科学技術庁から次の基本方針が示された。

- (1) 原子力安全等の分野における集団研修業務や各種支援業務のような定型的な業務については、特殊法人の事業の合理化の観点から、原研のみで実施することにこだわることなく、実施可能な公益法人にもこれを担わせることが望ましい。
- (2) 上記に係る協力支援のための法人として、放照協を拡大・改組することとする。
- (3) 原研及び放照協との間で、具体的業務、予算・人員計画の調整を図り、総合的な推進体制を確立する。

タスクフォースでの検討の結果を踏まえて、放照協は、昨年12月25日に寄付行為を変更し、（財）放射線利用振興協会と名称変更するとともに、国際研修事業等の実施組織として、国際原子力技術協力センターを設立した。

2. 原研と放振協の業務分担の原則

新たに開始する研修等、原研が主体とならないと実施が困難なものは原研、定型化された研修の実施等は放振協が行うことを原則とする。

(1) 原研

- ・ 教官の養成
- ・ 新規研修の計画立案及び実施
- ・ 研修内容の改訂、高度化

- ・関係国との交渉やニーズ調査等、国際研修実施のための準備業務
- ・当面原研が実施することが適当な研修

(2)放振協

- ・原研が構築し、定型化された研修の実施
- ・研修生受け入れ、生活支援業務
- ・アジア・太平洋原子力協力に係る国際協力支援業務全般

3. 平成9年度の国際研修の実施分担

科学技術庁は、上記原則に基づき、平成9年度の国際研修を次のとおり委託する予定である。

(1)原研

- ・講師海外派遣研修（平成8年度準備、平成9年度インドネシアで開始）
- ・指導教官研修（平成8年度開始）
- ・国際保障措置に関する地域トレーニングコース（平成8年度開始）

ただし、これらの研修に係る支援業務は、原研から放振協に請負契約により委託する。

(2)放振協

- ・国際原子力安全セミナー
 - アジア諸国向け安全セミナー
 - 旧ソ連・東欧諸国向け安全セミナー
 - ウクライナ向け安全セミナー
 - 放射性廃棄物・使用済燃料管理国際セミナー

これらは、平成4年度以降順次開設され、既に定型化されたと判断されるセミナーである。

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	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	
光度	ルーメン	lm	cd·sr
照度	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

$$1 \text{ eV} = 1.60218 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ u} = 1.66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

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	bar
ガ	Gal
キュリー	Ci
レントゲン	R
ラ	rad
レ	rem

$$1 \text{ Å} = 0.1 \text{ nm} = 10^{-10} \text{ m}$$

$$1 \text{ b} = 100 \text{ fm}^2 = 10^{-28} \text{ m}^2$$

$$1 \text{ bar} = 0.1 \text{ MPa} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ Gal} = 1 \text{ cm/s}^2 = 10^{-2} \text{ m/s}^2$$

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

$$1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$$

$$1 \text{ rad} = 1 \text{ cGy} = 10^{-2} \text{ Gy}$$

$$1 \text{ rem} = 1 \text{ cSv} = 10^{-2} \text{ Sv}$$

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

(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

$$\text{粘 度 } 1 \text{ Pa} \cdot \text{s} (\text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^2) = 10 \text{ P (ポアズ)} (\text{g} / (\text{cm} \cdot \text{s}))$$

$$\text{動粘度 } 1 \text{ m}^2 / \text{s} = 10^4 \text{ St (ストークス)} (\text{cm}^2 / \text{s})$$

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	0.101972	2.77778 × 10 ⁻⁷	0.238889	9.47813 × 10 ⁻⁴	0.737562	6.24150 × 10 ¹⁸
	9.80665	1	2.72407 × 10 ⁻⁶	2.34270	9.29487 × 10 ⁻³	7.23301	6.12082 × 10 ¹⁹
	3.6 × 10 ⁶	3.67098 × 10 ⁵	1	8.59999 × 10 ⁵	3412.13	2.65522 × 10 ⁶	2.24694 × 10 ²⁵
	4.18605	0.426858	1.16279 × 10 ⁻⁶	1	3.96759 × 10 ⁻³	3.08747	2.61272 × 10 ¹⁹
	1055.06	107.586	2.93072 × 10 ⁻⁴	252.042	1	778.172	6.58515 × 10 ²¹
	1.35582	0.138255	3.76616 × 10 ⁻⁷	0.323890	1.28506 × 10 ⁻³	1	8.46233 × 10 ¹⁸
	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

$$1 \text{ cal} = 4.18605 \text{ J (計量法)}$$

$$= 4.184 \text{ J (熱化学)}$$

$$= 4.1855 \text{ J (15 °C)}$$

$$= 4.1868 \text{ J (国際蒸気表)}$$

$$\text{仕事率 } 1 \text{ PS (仏馬力)}$$

$$= 75 \text{ kgf} \cdot \text{m/s}$$

$$= 735.499 \text{ W}$$

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

(86年12月26日現在)

