

KEK progress Report 99-1  
July 1999  
R

**Activity Report of  
Radiation Science Center  
in Fiscal 1998**

**KEK**

**Radiation Science Center  
Applied Research Laboratory  
High Energy Accelerator Research Organization**

# 放射線科学センター

## 1998年度活動報告

高エネルギー加速器研究機構  
共通研究施設 放射線科学センター

## PREFACE

The Radiation Science Center is concerned with the management of both radiation and chemical safety in KEK. In addition to the tight routine work, R&D work in this field is conducted. The first part is the R&D activities reported in English and the second part is the studies related to the routine work written in Japanese. The third part is the data related our activities including awards, name of outside committees we are engaged in, workshops and symposia, publications, and funds we got.

We hope that the activity report is useful for all people who are working in the field of the radiation and chemical safety of accelerator facilities.

Tokushi Shibata  
Head, Radiation Science Center  
High Energy Accelerator Research Organization

# Contents

<b>Chapter 1</b>	<b>Research Activities</b>	<b>1</b>
1	Development of a quasi-monoenergetic neutron field using the ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$ reaction in the 70-210 MeV energy range at RIKEN	2
2	Experimental data on Polyethylene Shield Transmission of Quasi-monoenergetic Neutrons Generated by 43- and 68-MeV Protons via the ${}^7\text{Li}(p,n)$ reaction	2
3	Shielding Experiment at 800 MeV Proton Accelerator Facility	3
4	Radiation Protection related to the Halo Collection for JHF 3-GeV Booster Synchrotron	3
5	High Energy Photoneutron Spectra from 2.0 GeV Electrons Incident on Thick Targets	4
6	Neutron Energy Response of a Modified Andersson-Braun Rem-counter and Measurements in High-energy Stray Neutron Radiation Fields	4
7	60 KeV Gamma-Rays Streaming in a Two-Bend Duct	5
8	Gamma-ray Buildup Factors	5
8.1	Application of the EGS4 Monte Carlo Code to a Study of Multilayer Gamma-Ray Exposure Buildup Factors of up to 40 mfp	5
8.2	Description of Multilayered Gamma-Ray Exposure Buildup Factors up to 40 mfp by the Approximating Model	6
9	Inter-comparison of the Medium-Energy Neutron Attenuation in Iron and Concrete (2)	6
10	Experiments Using Synchrotron Radiation	7
10.1	TLD Responses Backed by copper, Silver and Gold for 20-40 keV Monoenergetic Photons	7
10.2	Measurement of Scattered Photon Spectra using Synchrotron Radiation	7
10.3	Low Energy Photon Transport Benchmark Problems	8
11	Improvements of Low Energy Photon Transport in EGS4 Code	8
11.1	Implementation of Electron Impact Ionization into the EGS4 Code	8
11.2	General Treatment of Photoelectric Related Phenomena for Compounds and Mixtures in EGS4	8
11.3	Systematic Comparison of Measurement and EGS4 on keV Photon Scattering	9
12	The EGS4 Class and User Support	9
12.1	User Support Concerning EGS4	10
12.2	Nuclear medicine laboratory using EGS4 Monte Carlo code	10
13	Muon BG estimation for 1997-type JLC	10

14	Soil-shielding Benchmark Experiment and its Simulation with MARS using Secondary Particles Produced by 12-GeV-Protons . . . . .	11
15	Estimation of the Fast Neutron Fluence of the Hiroshima Atomic Bomb	11
15.1	Fast Neutron Fluence of the Hiroshima Atomic Bomb . . . . .	11
15.2	The Activation Cross Section of the $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$ . . . . .	12
15.3	Low-background Detection Technique . . . . .	12
16	Search for the Neutralino Darkmatter using the Low Background Liquid Scintillation Detector . . . . .	12
17	Study on Positron Annihilation and Positronium Chemistry . . . . .	13
17.1	Free Volumes in Polymers and Positron Annihilation . . . . .	13
17.2	Polymerization of Epoxy Resins Studied by Positron Annihilation	13
18	Development of Slow Positron Beam for Positron and Positronium Chemistry . . . . .	14
18.1	Development of Pulsed Slow Positron Beam Using Time Varying Pulsing Bias . . . . .	14
18.2	Development of Pulsed Slow Positron Beam Using a Radioisotope	14
19	Positron Annihilation in Fullerenes and Other Carbon Phases . . . . .	14
20	Depth Profiles of Radionuclides Induced in the Shield Concrete and the Soil Below the Floor Level of 12 GeV Proton Accelerator Facility at KEK . . . . .	15
21	Study for Behavior of Be-7 and Corrosion Mechanism in the Moderator Cooling System at the Pulsed Neutron Source, KENS . . . . .	15
22	Behavior of Pionic Hydrogen Atoms in Gas and Liquid Phases . . . . .	16
23	A Simple Retardation System for Low-Energy Implantation of Mass-Separated Radioactive Ions . . . . .	16
24	Calibration and Interpretation of Mössbauer Isomer Shift of the 81-keV Transition in Cs-133 . . . . .	17
25	Production Cross Sections of Light Nuclides by High Energy Protons, Deuterons, and Helium Ions Interactions . . . . .	17
26	Development of Resonance Ionization Spectroscopy (RIS) by Lasers .	17
26.1	Development of Absolute Time-of-flight Mass Spectrometry System . . . . .	18
26.2	Absolute Detection Efficiency of Micro-channel Plates . . . . .	18
27	Scintillation Efficiency in Scintillators and the Factors Affecting Resolutions . . . . .	18
28	Fundamental Studies of Tritium Separation Using Polyimide Membrane and Its Application for Detection of Tritium in Air from Accelerator Facilities . . . . .	18
29	Development of CR - 39 Plastic Dosimeter for High Gamma-dose Measurements . . . . .	19
30	Study on Activation Analysis . . . . .	19
30.1	Photon activation analysis of environmental and biological samples . . . . .	19
30.2	Development of the continuous extraction and detection system for the determination of trace carbon impurities by photon activation . . . . .	20
30.3	Depth profile measurement of oxygen in high-pure silicon by charged particle activation analysis . . . . .	20

31	Study on Labeled Compound Using Recoil Implantation After Nuclear Reaction	20
31.1	Insertion of Xe and Kr atoms in C <sub>60</sub> and C <sub>70</sub> fullerenes and formation of dimers	21
31.2	Preparation of C-11 labeled polycyclic aromatic hydrocarbons using electron accelerator and cyclotron	21
32	Particle Size Distribution of Radioactive Aerosols Formed in Accelerator Tunnel Air During Machine Operation	21
33	Chemical Form of <sup>11</sup> C Gas Formed in Accelerator Tunnel Air During Machine Operation	22
34	Development of Measurement Technique for Hydroxyl Radical	22
35	Characterization of Surfactant Assembly Formed at the Silica-Water Interface and Application for Separation and Concentration of Trace Chemical Species	22
<b>Chapter 2 研究支援活動</b>		<b>24</b>
1	体制	25
1.1	つくば地区放射線管理体制	25
1.2	田無地区放射線管理体制	25
1.3	化学安全管理体制	25
2	放射線安全管理関連	26
2.1	区域管理関連	26
2.1.1	第1区域	26
2.1.2	第2区域	26
2.1.3	第4区域	27
2.1.4	第5区域	27
2.1.4.1	PF-AR, BT, アセンブリーホール関係	27
2.1.4.2	KEKB 関連	28
2.1.5	機構長の認める放射線発生装置関係	29
2.2	横断的業務関連	30
2.2.1	電子陽電子加速器の導波管から発生するX線分布の測定	30
2.2.2	12GeV PS 盛土上での漏えい中性子の測定	30
2.2.3	陽子数モニター (SEC) 校正	30
2.2.4	コバルトガラスを用いた線量計の校正	31
2.2.5	200CA-LL 型液シン使用時の B.G. 評価方法	31
2.2.6	KEKB で使用するセミリジドケ - ブルの放射線損傷の研究	32
2.2.7	科技庁告示別表に濃度限度が記載されていない短半減期核種の排水中濃度限度の算出	32
2.2.8	環境放射能の測定	32
2.2.9	放射線モニタリングシステムの設計開発	32
3	田無分室	34
3.1	放射線取扱施設使用変更申請書類の作成	34
4	化学安全・環境関係	35
4.1	依頼分析	35
4.1.1	日光 QCS ヘリウム圧縮機で製造されるヘリウムガス中の微量油分の定量	35
4.1.2	KEKB マグネット・冷却水配管内閉塞物の成分分析	35
4.2	地下水動態調査 (PS リング床変動と降雨との相関について)	35

4.3	有機廃液及び有害固形物焼却炉におけるダイオキシン類の測定	36
5	放射線科学センター部内レポートについて	37
<b>Chapter 3 資料</b>		<b>38</b>
1	科学研究費補助金	38
2	センター主催の研究会	39
3	教育活動	39
4	機構外委員会等活動	40
<b>Chapter 4 Publication Lists</b>		<b>42</b>
1	Publications in Periodical Journals (1998.1-1998.12)	42
2	Publication in Japanese (1998.1-1998.12)	44
3	Presentation at Conference <i>etc.</i> (1998.4-1999.3)	45
3.1	International Conference	45
3.2	Other	46
4	Reports <i>etc.</i> (1998.4-1999.3)	49
4.1	KEK Proceedings	49
4.2	KEK Report	49
4.3	KEK Internal	50
4.4	Others	50
5	Internal Reports of Radiation Science Center (1998.4-1999.3)	51
5.1	RAD-D	51
5.2	RAD-S	52
5.3	RAD-A	55
5.4	CHEM-A	56
5.5	CHEM-W	57

# Chapter 1

## Research Activities

The feature of the research activity in the Radiation Science Center is a wide coverage of the research fields. The research fields of staff members are nuclear engineering, nuclear chemistry, health physics, chemistry, and accelerator shielding. Here we briefly described the present status of each research activity carried out in fiscal year 1998.



## 1 Development of a quasi-monoenergetic neutron field using the ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$ reaction in the 70-210 MeV energy range at RIKEN

N. Nakao, Y. Uwamino<sup>1</sup>, T. Nakamura<sup>2</sup>, T. Shibata,  
N. Nakanishi<sup>1</sup>, M. Takada<sup>2</sup>, Eunju Kim<sup>2</sup> and T. Kurosawa<sup>2</sup>

*KEK*

<sup>1</sup> *RIKEN*

<sup>2</sup> *Tohoku Univ., CYRIC*

A quasi-monoenergetic neutron field was developed using the  ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$  reaction in the energy range from 70 to 210 MeV in the ring cyclotron facility at RIKEN.

Neutrons were generated from a 10-mm-thick  ${}^7\text{Li}$  target injected by protons accelerated to 70, 80, 90, 100, 110, 120, 135, 150, 210 MeV. The neutron energy spectra were measured with an NE213 organic liquid scintillator using the TOF method.

The absolute peak neutron yields were obtained by measurements of 478 keV  $\gamma$ -rays from  ${}^7\text{Be}$  nuclei produced in a  ${}^7\text{Li}$  target through the  ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$  (g.s.+0.429 MeV) reaction. Two relative neutron fluence monitors, which were calibrated to the absolute peak neutron fluences by the  ${}^7\text{Be}$  measurement, were equipped along the neutron beam line during an irradiation experiment. This high-energy neutron field is very useful for neutron cross-section measurements, response measurements of neutron detectors, and shielding experiments.

Published in *Nucl. Instr. and Meth.*, **A420** (1999) p218.

## 2 Experimental data on Polyethylene Shield Transmission of Quasi-mono-energetic Neutrons Generated by 43- and 68-MeV Protons via the ${}^7\text{Li}(p,n)$ reaction

N. Nakao, H. Nakashima<sup>1</sup>, M. Nakao<sup>2</sup>, Y. Sakamoto<sup>1</sup>, Y. Nakane<sup>1</sup>,  
Su. Tanaka<sup>3</sup>, Sh. Tanaka<sup>1</sup>, and T. Nakamura<sup>2</sup>

*KEK*

<sup>1</sup> *JAERI-Tokai*

<sup>2</sup> *CYRIC, Tohoku Univ.*

<sup>3</sup> *JAERI-Takasaki*

The experimental data of neutron transmission through polyethylene shield of thickness up to 183 cm are compiled. The measurements have been conducted by using the quasi-monoenergetic neutron sources of 43- and 68-MeV p- ${}^7\text{Li}$  reactions at the TIARA facility of JAERI. The transmitted neutron energy spectra in the energy region between  $10^{-4}$  eV and the peak neutron energy and reaction rates are given for the five different type detectors; BC501A organic liquid scintillator, multi-moderator spectrometer with a  ${}^3\text{He}$  counter (Bonner sphere),  ${}^{238}\text{U}$  and  ${}^{232}\text{Th}$  fission counters,  ${}^7\text{LiF}$  and  ${}^{nat}\text{LiF}$  TLDs, and solid state nuclear track detectors. The neutron dose equivalent behind the shield is also given on the basis of experimental data using a neutron rem counter. All the data in this report are provided numerically for readers' convenience in benchmark calculations.

Published in *JAERI-Data/Code* **98-013** (1998).

### 3 Shielding Experiment at 800 MeV Proton Accelerator Facility

N. Nakao, T. Shibata, T. Ohkubo, S. Satoh, Y. Uwamino<sup>1</sup>, Y. Sakamoto<sup>2</sup>, David R. Perry<sup>3</sup>

*KEK*

<sup>1</sup>*RIKEN*

<sup>2</sup>*JAERI*

<sup>3</sup>*RAL*

A benchmark shielding experiment on a thick bulk shield was performed at an spallation neutron source facility (ISIS) of the Rutherford Appleton Laboratory (RAL). Neutrons are produced at a tantalum target bombarded by 800 MeV-180  $\mu$ A proton beam, and shielded with approximately 3-m iron and 1-m ordinary concrete. In the shielding experiment, the additional shielding of ordinary concrete of 10-80 cm thicknesses and iron 5-40 cm thicknesses were located upon the bulk shielding just above the target, and the neutrons penetrating through the bulk and the additional shielding were measured with activation detectors of bismuth disk and graphite block located upon the additional shielding. Spectra of gamma-ray from the irradiated detectors were measured with pure Ge-detectors.

Radionuclide production rates were obtained for the neutron reactions of  $^{209}\text{Bi}(n,6n)$ ,  $(n,7n)$ ,  $(n,8n)$ ,  $(n,9n)$ ,  $(n,10n)$  for the bismuth and  $^{12}\text{C}(n,2n)$  for the graphite, of which thresholds are distributed in an energy range of about 20 to 100 MeV, and high energy neutron attenuation lengths in the shields were estimated. These experimental data are useful for estimating the accuracies of the shielding calculation codes and shielding design formula.

Presented at 1998 ANS Radiation Protection and Shielding Division Topical Conference, April 19-23, 1998, Nashville, Tennessee.

### 4 Radiation Protection related to the Halo Collection for JHF 3-GeV Booster Synchrotron

N. Nakao, Y. Irie, M. Uota, N. Mokhov<sup>1</sup>, A. Drozhin<sup>1</sup>

*KEK*

<sup>1</sup> *Fermi Lab.*

Radiation environment induced by beam loss at the 60m path of 3-GeV ring injection part was estimated by continuous calculation using STRUCT and MARS codes, and shielding structure was proposed on the basis of requirements for radiation protection in KEK. This calculation was carried out with the assumption of installing the 3-GeV ring in the present KEK 12 GeV-PS vault, and of 8 % beam loss of 200MeV-210 $\mu$ A proton injection.

In the STRUCT calculation, halo beam of 200MeV primary protons were traced along the whole Synchrotron ring. Inner structure geometry of beam pipe and collimator along the orbit and magnetic fields in dipole and quadrupole magnet regions were defined in the calculation. If the particle go out of the boundary and lost more than 30 % of primary kinetic energy, the traces were terminated and the position, direction and kinetic energy of the lost particle were stored for MARS calculation. Hadronic-electromagnetic cascade in the material along the beam line and radiation transmission through shielding were calculated by MARS code. All lattices (magnet, collimator, scraper and beam-pipe) and 150cm thick concrete tunnel wall were considered as a geometry, and 3 dimensional magnetic fields were defined at magnet regions. Along the orbit, distributions of neutron flux and dose equivalent rate outside the lattices and also outside the 150cm-thick concrete tunnel wall were estimated.

The sum of saturated activities of underground soil of which half-life is longer than 1 day must be less than 3.7 Bq/g, and the neutron dose rate outside the concrete which produces the activity is estimated to be 23 mSv/h. In this calculation, the dose rates at the regions where collimators and scrapers were equipped and in the regions closed to them were found to be 10-20 times larger than this regulation. On the other hand, the calculations including 40cm-thick iron shields equipped around the beam pipe only in these regions satisfied the regulation in the whole regions. Using the dose rate outside the concrete, dose rate at the earth surface above the tunnel was estimated with the empirical formulae of Moyer model for neutron attenuation through about 4m thick soil. Dose rate at the nearest site boundary was estimated with Moyer Model Sky Shine calculation, and annual dose rate at the site-boundary was found to be far below the regulation.

Presented at JHF Advisory Committee Meeting, December 7-8, 1998, KEK, Tsukuba.

## **5 High Energy Photoneutron Spectra from 2.0 GeV Electrons Incident on Thick Targets**

S. Ban, H.Hirayama, Y.Namito, K. Shin<sup>1</sup>, T.Sato<sup>1</sup>, R.Yuasa<sup>1</sup>

H.S. Lee<sup>2</sup>, C.W. Chung<sup>2</sup> and H.D. Choi<sup>3</sup>

*KEK*

<sup>1</sup>*Kyoto University*

<sup>2</sup>*Pohang Accelerator Laboratory, POSTECH*

<sup>3</sup>*Seoul National University*

Photo-neutron spectra produced by 2.0GeV electron incident on thick Al, Cu, Sn, and Pb targets were measured by TOF method. The irradiations were performed at the injection linac in Pohang Accelerator Lab. The lower limit of measurable neutron energy was approximately 10 MeV. The higher limit was approximately 250 MeV. The detector efficiency was calculated by SCINFUL and Cecil's code. To check the calculated result, the efficiency for 45 and 70 MeV neutron were measured at TIARA.

Presented at 1999 Annual Meeting of the Atomic Energy Society of Japan, March 22-24, 1999, Hiroshima Univ., Hiroshima and 7th EGS4 Users' Meeting, July 30- August 1, 1998, KEK, Tsukuba, Japan.

## **6 Neutron Energy Response of a Modified Andersson-Braun Rem-counter and Measurements in High-energy Stray Neutron Radiation Fields**

Li Jianping, Tang Yueli, S. Ban<sup>1</sup>, M. Numajiri<sup>1</sup>, H. Tawara<sup>1</sup>, T. Suzuki<sup>1</sup>,

H. Nakamura<sup>1</sup>, K. Takahashi<sup>1</sup>, K. Hozumi<sup>1</sup> and Y. Sakamoto<sup>2</sup>

*IHEP*

<sup>1</sup>*KEK*

<sup>2</sup>*JAERI*

The neutron energy response of the modified and conventional A-B rem-counters in the semi-monoenergetic neutron field with energy of 40.2 MeV and 64.7MeV has been investigated.

The measurements of stray neutron radiation fields at different types of high-energy accelerators in KEK using these rem-counters were performed. The contribution of high-energy neutrons in the fields was estimated and the underestimate of the neutron dose equivalent measured by a conventional A-B rem-counter in the high-energy stray neutron radiation fields was verified.

## 7 60 KeV Gamma-Rays Streaming in a Two-Bend Duct

S. Ban, H. Hirayama, and Y. Namito  
*KEK*

To consider photon scattering, linear polarization effect is important in the synchrotron radiation facility. Originally gamma-ray sources are not polarized. But this effect becomes also important when low-energy photons were scattered. When gamma-ray sources are placed in a 90-degrees 2-bend duct (that is, 3-legged duct), the scattering polar angle is close to 90 deg. Low-energy photons are linearly polarized after the 1st scattering. In the 2nd scattering, the scattering cross section of polarized photon depends on azimuth angle.

Measurements were done using 59.5 keV gamma-rays source, 11.1 GBq Am-241. The rectangular duct was made of 304 type stainless steel. The outer cross section of the duct was 19x19 mm and inner size was 16x16 mm. A 90-degrees 2-bend duct was composed. Both flat and cubic types were made. Each leg of the duct was 30-70 mm long. Gamma-ray fluxes were measured using 2-inch diameter 2-mm-thick NaI(Tl) scintillation detector. Measured fluxes between 40 and 60 keV were 3-4 times larger for the flat type duct, compared to the cubic case though the total length of the duct was kept the same for both cases.

To be presented at Ninth International Conference on Radiation Shielding, Oct. 17-22, 1999 Tsukuba, Japan.

## 8 Gamma-ray Buildup Factors

### 8.1 Application of the EGS4 Monte Carlo Code to a Study of Multilayer Gamma-Ray Exposure Buildup Factors of up to 40 mfp

H. Hirayama and K. Shin<sup>1</sup>  
*KEK*

<sup>1</sup> *Engineering Department, Kyoto Univ.*

Multilayer gamma-ray exposure buildup factors of up to 40 mfp were calculated using an electron-photon cascade Monte Carlo code, EGS4, as a point isotropic source. A kind of splitting technique was used in the EGS4 calculations in order to obtain reasonable results at very deep penetration problems, such as 40 mfp.

The double-layer gamma-ray exposure buildup factors were calculated for combinations of water, iron and lead for 0.1, 0.3, 0.6, 1.0, 3.0, 6.0 and 10 MeV gamma-rays. The thickness of the first medium was set to 1, 5, 10 or 20 mfp. As typical triple-layered shields, the calculations were performed for 4 different configurations of water, iron and lead.

The behavior of multilayer buildup factors for deep penetration problems was studied using the obtained results. Buildup factors after the boundary show the tendency to vary largely depending on the material combination and the source energy of gamma-rays.

Published in *J. Nucl. Sci. Technol* **35**(1998)816-829.

## 8.2 Description of Multilayered Gamma-Ray Exposure Buildup Factors up to 40 mfp by the Approximating Model

K. Shin and H. Hirayama<sup>1</sup>  
*Engineering Department, Kyoto Univ.*  
<sup>1</sup>*KEK*

An approximating formula recently proposed by the authors for gamma-ray buildup factors of multilayered shields was applied for very thick shields up to 40 mfp. For this purpose, modifications were made to the model and the fitting method to improve the data reproducibility. The previous model was expanded so that it included both the plane normal and point isotropic geometries.

The verification test of the modified model was made for three materials; water, iron and lead. The separately published data of double-layered shields for point isotropic buildup factors calculated by EGS4 from 0.1 MeV to 10 MeV were used as well as newly calculated data at 1 MeV for the plane-normal geometry, and data for the point isotropic geometry of triple-layered shields at 1 and 10 MeV.

The present formula generally shows a very good reproducibility of the multilayer buildup factors, even in case of very thick shielding problems. The observed error between the approximating description and the EGS4 data is 15% in the intermediate energy range, about 30% in the higher energy range, and 35% at 0.3 MeV. However, the error in the approximation reaches a factor of 4 in the worst case at 0.1 MeV.

Published in *J. Nucl. Sci. Technol* **35**(1998)865-873.

## 9 Inter-comparison of the Medium-Energy Neutron Attenuation in Iron and Concrete (2)

H. Hirayama  
*KEK*

Neutron attenuation of medium energy below 1GeV has not been well understood until now. It is desired to obtain common agreements concerning the behaviors of neutrons inside various materials. This is necessary in order to agree on definitions of the attenuation length, which is very important for shielding calculations involving high energy accelerators. As one attempt, it was proposed by Japanese attendants of SATIF2 to compare the attenuation of medium-energy neutrons inside iron and concrete shields between various computer codes and data, and was cited as a suitable action for SATIF. The first results from 3 groups were presented at SATIF3. It has become clear that neutrons above 20MeV are important for understanding the attenuation inside materials and that the geometry, planar or spherical, does not affect the results very much. Considering the CPU times required for Monte Carlo calculations and this result, revised problems to be calculated were prepared by the Japanese Working Group and sent to the participants of this action. The geometry is only plane, and calculations are required only for neutrons above 20MeV. The secondary neutrons from high energy protons, which were calculated by H. Nakashima[2], are also included in the problem. The results from 4 groups were sent to the organizer at the end of August. This paper presents a comparison between groups concerning the attenuation length together with the neutron spectrum and the future themes

which come from this inter-comparison.

Presented at Forth Specialists' Meeting on Shielding Aspects of Accelerators, Targets and Irradiation Facilities, Knoxville, Tennessee, USA, September 17-18, 1998.

## 10 Experiments Using Synchrotron Radiation

### 10.1 TLD Responses Backed by copper, Silver and Gold for 20-40 keV Monoenergetic Photons

N. Nariyama, Y. Namito<sup>1</sup>, S. Ban<sup>1</sup> and H. Hirayama<sup>1</sup>

*Ship Research Institute*

<sup>1</sup> *KEK*

When a dosimeter is irradiated by low energy photons next to a high-Z medium, a dose higher than that in a tissue-equivalent material is produced by the secondary electrons and the fluorescence photons from the medium. In this study, responses of TLDs backed by different media were measured using 20-40 keV monoenergetic photons and calculated with a photon-electron transport code EGS4. The experiments were carried out using synchrotron radiation from a 2.5 GeV storage ring in the High Energy Accelerator Research Organization. Lithium fluoride TLDs (TLD-100) of 0.38 mm thickness were backed by copper, silver and gold foils of several thickness, respectively, and irradiated by 20, 30 and 40 keV monoenergetic photons. For the thickness of 0.1 mm for copper, 0.5 mm for silver and 0.01 mm for gold, the ratios of the doses with the backings to those in free air were 1.36, 2.13 and 1.38 at 40 keV, respectively, which agreed with those of EGS4. The ratios became smaller with decreasing photon energy and foil thickness. Moreover, to eliminate the secondary electrons from the foils, Kapton films were inserted between the TLDs and the foils, which revealed that the influence of the fluorescence photons became larger with the foil thickness.

Presented at MAT49, 12th International conference on solid state dosimetry, Burgos, Spain (5-10 Jul. 1998).

### 10.2 Measurement of Scattered Photon Spectra using Synchrotron Radiation

Y. Namito, S. Ban, H. Hirayama, N.Nariyama<sup>1</sup>, S. Taniguchi<sup>2</sup>, and A. Yamadera<sup>2</sup>

*KEK*

<sup>1</sup>*Ship Research Institute*

<sup>2</sup>*Tohoku Univ.*

At BL14c of photon factory, we made a preliminary measurement of scattered photon energy spectra. The source are 10-40 keV monochronized photons, scattering angle is 90°, target is CsI, BGO and pure water, and the detector is Ge for low energy photons. The purpose is to obtain a benchmark data of low energy photon transport. In the measurement using CsI and BGO, fluorescent X-rays from compound material are the main interest, as they are to be compared with EGS4 code. The scattering experiment of pure water will provide useful information for medical physics field. In this fiscal year, we reached a reasonably good agreement of measurement and EGS4 calculation for all samples. We used imaging plate to measure angular distribution of scattered photon intensity. By this measurement, we understand the effect of interference for Rayleigh scattering clearly.

### 10.3 Low Energy Photon Transport Benchmark Problems

Y. Namito, S. Ban, H. Hirayama and N.Nariyama<sup>1</sup>

*KEK*

<sup>1</sup>*Ship Research Institute*

For a comparison with low energy photon transport calculation, measurements of 20-40 keV photon transport is described. In the spectra measurement, the scattered-energy spectra of monochromized synchrotron-radiation photons toward 90° by element samples (C, Cu, Pb) and compound samples (CsI and BGO) were measured using high-purity Ge detectors. In the absorbed dose measurement, the absorbed-dose distribution in a soft tissue equivalent phantom were measured using TLDs. Experiment data is described both in graphs and in tables of numerical data.

Presented at Forth Workshop on Simulating Accelerator Radiation Environments (SARE4), Knoxville, Tennessee, USA, September 14-16, 1998.

## 11 Improvements of Low Energy Photon Transport in EGS4 Code

### 11.1 Implementation of Electron Impact Ionization into the EGS4 Code

Y. Namito, H.Hirayama and F. Verhaegen<sup>1</sup>

*KEK*

<sup>1</sup>*Univ. of Gent, Belgium*

A modification to the general-purpose Monte-Carlo electron-photon transport code EGS4 was made in order to include K-shell electron-impact ionization (EII). Five cross sections of K-shell EII have been implemented. The ratio of the K-shell EII cross section to the Møller scattering cross section is prepared by the PEGS4 program, and is then used in the EGS4 code.

Simulations of the K-X ray emissions from Al, Ti, Cu, Sn, Ag and Au targets for an electron beam with an incident energy of 0.01 to 3 MeV were performed by using the improved EGS4 code; the calculated K-X ray yields agreed well with the measurements. Several presentations were made for this subject [1, 2, 3]. Simulation of kV-X ray tube using this extended EGS4 code was performed [4].

[1] Published in *Radiat. Phys. and Chem.* **53**(1998)283-294.

Presented at [2]7th EGS4 user's meeting in Japan, KEK Tsukuba, July 30- August 1, 1998 and [3]1998 Fall Meeting of the Atomic Energy Society of Japan, Fukui, September 28, 1998.

[4] Presented at AAPM meeting, WIP-T-34, San Antonio, USA, August 1998.

### 11.2 General Treatment of Photoelectric Related Phenomena for Compounds and Mixtures in EGS4

H. Hirayama, Y. Namito and S. Ban

*KEK*

These several years we have been improved the EGS4 in low-energy photon transport by including linearly polarized photon scattering, Doppler broadening of Compton-scattered photons and L-X-rays and L-photoelectrons. These modifications were verified by the comparison with the measurements using monochromatized synchrotron radiation for various elements.

Problems left behind is the general treatment of compounds or mixtures especially at photoelectric related phenomena. The default EGS4 treats compounds and mixtures like a kind of element. Del Guerra *et al.* have developed a K-edge sampling scheme for compounds by using the material data of each element constituting the compound. It is desired to develop the method which can treat photoelectric related phenomena for compounds and mixtures generally due to the increase of interests to low-energy photon transports.

In this paper, the improvement to the EGS4 code for this general treatment of photoelectric related phenomena of compounds and mixtures is described.

We also made measurements photons from compound materials, BGO and CsI(Tl), using monochromatized synchrotron radiation. These measurements were compared with the improved EGS4 calculations.

Presented at Forth Workshop on Simulating Accelerator Radiation Environments (SARE4), Knoxville, Tennessee, USA, September 14-16, 1998.

### 11.3 Systematic Comparison of Measurement and EGS4 on keV Photon Scattering

Y. Namito S. Ban and H. Hirayama  
*KEK*

As an activity to make EGS5 code, this systematic comparison is performed. The experiment data is mentioned in the previous section. EGS4 calculation is performed to certify the validity on following improvements on the treatment of low-energy ( $\leq 1$  MeV) photon transport; i) linearly polarized photon scattering, ii) Doppler broadening of Compton-scattered photons, iii) L-X ray and L-photoelectron production

During this comparison, several major improvement and bug-fix were done regarding L-X ray sampling. The agreement of measured and calculated L-X ray intensity was improved. The measured and calculated intensity of major L-X rays ( $L_\alpha$ ,  $L_\beta$  and  $L_\gamma$ ) agreed within 5%. But the measured and calculated intensity of minor L-X rays ( $L_l$ ,  $L_\eta$  and  $L_{\gamma_4}$ ) differed up to 50%. The measured and calculated intensity of K-X ray from Cu sample agreed within 5%. The measured and calculated intensity of Compton scattered photon agreed within 5%. The measured and calculated intensity of Rayleigh scattered photon agreed within 20%. The interference affected the measured intensity.

Preparing for International Workshop for Electron Photon Transport Theory in August 1999.

On line information of improvements of low energy photon transport in EGS4 code is also available (<http://ccwww.kek.jp/kek/rad/egs4/egs.html>).

## 12 The EGS4 Class and User Support

As the parts of Seventh EGS4 Users' Meeting in Japan, the EGS4 class was held. About 50 participants learned about EGS4 and how to install EGS4 etc.

KEK Internal reports prepared 1997 were used as the text of this class.



## 12.1 User Support Concerning EGS4

H. Hirayama and Y. Namito  
*KEK*

As one of the center of EGS4 distribution, we continue supports concerning EGS4 including outside Japan, They are distributed in wide range from primitive questions of beginners to complicated ones from EGS4 experts.

For examples, 58 persons from 12 countries contacted us concerning EGS4 in this fiscal year. Among these persons, questions from 18 persons are related to low energy photon transport expansion of EGS4 code performed at KEK. Instructions were made using e-mail. The main purpose of them were detector simulation and medical applications.

## 12.2 Nuclear medicine laboratory using EGS4 Monte Carlo code

Y. Namito, M. Fukushi<sup>1</sup>, H. Hirayama, H. Saito<sup>1</sup> and T. Fujisaki<sup>2</sup>  
*KEK*

<sup>1</sup>*Metropolitan University for Health Sciences*

<sup>2</sup>*Ibaraki Prefectural University of Health Sciences*

A 3-hour laboratory class using a Monte Carlo code EGS4 was held for the third year undergraduate students at the Tokyo Metropolitan University for Health Science. In the simulation, parallel beam photons (50 in total) incidents on a target. Photon energies are set to be 0.1, 1.0, 10.0, which is a typical energy for nuclear diagnostics, Co-60 irradiation and high energy irradiation using electron linac. Targets is a slabs of Al, Fe and Pb, whose thickness are 1, 2, 5 and 10 cm. Thus a student perform 36 simulations. Another simulation condition is low energies (70, 80, 90 and 100 keV) for Pb target to understand K-absorption edge.

Two programs were used: 1) ucmetro.exe 2) egs4pict.exe. The ucmetro.exe is a executable file of EGS4 code. This program asks about calculation conditions, and perform Monte Carlo simulation within a few seconds to output particle trajectory file (TF). Then egs4pict.exe read in TF and display the particle trajectory in 3-dimensions. Students count number of unscattered and scattered radiation. Students also note most dominant and next dominant processes (ex, photoelectric effect, Compton scattering, etc.).

Then students calculate gamma ray buildup factor from the ratio of S/U and mean free path from the U. Then students is asked to write up a report for following things; Material and energy dependence of gamma ray buildup factor, mean free path and first and second dominant processes.

Published in 放射線医学物理 18(1998)211-214(in Japanese).

## 13 Muon BG estimation for 1997-type JLC

Y. Namito and T. Tauchi  
*KEK*

Muon back ground is estimated for 1997-type JLC design. 8-particle collimators are assumed in collimation section. The particle collimators locate from 1509.9 m to 2855.7 m from the IP. A Monte Carlo code "Mucarolo" developed at SLAC was used for the calculation. The simulation shows,

- The long iron cylinder shield reduces muon back ground to 2 –4 order of magnitude.
- The magnetic field inside the shield is effective.
- If  $\mu^+$  is focused in the inside layer of the shield,  $e/\mu$  becomes largest.

The results were presented at 3rd SLAC-KEK International Linear Collider Study Group (ISG) Meeting.

## 14 Soil-shielding Benchmark Experiment and its Simulation with MARS using Secondary Particles Produced by 12-GeV-Protons

T. Suzuki, M. Numajiri, S. Ban, Y. Kanda, Y. Oki, Y. Namito, T. Miura, H. Hirayama, T. Shibata, K. Kondo, M. Takasaki, K.H. Tanaka, Y. Yamanoi, M. Minakawa, H. Noumi, M. Ieiri, Y. Kato, H. Ishi, Y. Suzuki, K. Nishikawa, N. MOKHOV<sup>1</sup>

KEK

<sup>1</sup> FNAL

A soil-shielding benchmark experiment was conducted using secondary particles produced by 12-GeV-protons, which were injected into an iron rod surrounded by soil. The induced activities of <sup>22</sup>Na in aluminum (Al) and soil samples were measured and the experiment was simulated by the MARS Monte-Carlo code. The induced activities in Al samples were calculated using spallation cross sections and fluence ( $\geq 20$ -MeV) deduced from the simulation. The relation between flux and induced activities in soil was investigated using simulated flux: the distribution of the ratio of induced activities in soil samples to the flux showed the radial and axial independence.

Both saturated activities and conversion factors calculated with MARS the distribution coincide with experimental data within the estimated errors.

Published in *Radiat. Prot. Dosi.* **78**(1998)305-312.

## 15 Estimation of the Fast Neutron Fluence of the Hiroshima Atomic Bomb

Y. Ito, T. Shibata, M. Imamura<sup>1</sup>, S. Shibata<sup>2</sup>, N. Nogawa<sup>3</sup>,  
Y. Uwamino<sup>4</sup>, and K. Shizuma<sup>5</sup>

KEK

<sup>1</sup>*National Museum of Japanese History*

<sup>2</sup>*Research Reactor Institute Kyoto University*

<sup>3</sup>*Radioisotope Center, University of Tokyo*

<sup>4</sup>*Institute of Physical and Chemical Research*

<sup>5</sup>*Applied Nuclear Physics, Faculty of Engineering*

### 15.1 Fast Neutron Fluence of the Hiroshima Atomic Bomb

The data of survivors for the Hiroshima and Nagasaki atomic bombs have provided the basis for the estimation of the radiation risk. However, it is pointed out by the recent studies concerning the residual <sup>60</sup>Co, <sup>152</sup>Eu and <sup>36</sup>Cl activity that the thermal neutron fluence have the systematic discrepancy from the estimation given by the transport calculation of the initial radiation.

We are now trying to estimate the fast neutron fluence for the Hiroshima atomic bomb, because the thermal neutrons are created by the slowing down of the fast neutrons while which

is transported in the air. Besides, the neutron kerma at a distance greater than about 1000 meter from the hypocenter is dominated by the fast neutron. On the other hand, there is only one measurement for the fast neutron fluence using an electroscopes detector measured within weeks after the Hiroshima atomic bomb.

We are trying to estimate the fast neutron fluence with the  $^{63}\text{Ni}$  activity.  $^{63}\text{Ni}$  is produced with the  $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$  activation reaction by the neutron with the energy above 1MeV. Since the half-life of  $^{63}\text{Ni}$  is about 100 years, we can estimate the fast neutron fluence of atomic bomb even at 50 years after the explosion. We have already established the method to separate the Ni from copper samples. We are measuring the radioactivity of the product by the low-background liquid scintillation counters.

## 15.2 The Activation Cross Section of the $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$

In order to estimate the fast neutron fluence from the  $^{63}\text{Ni}$  activity in copper samples, the cross section of the  $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$  is required. However except for a few points measured by the Tsabaris *et al.* there is no experiment reported for this reaction. Therefore we are measuring the  $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$  cross section precisely. For this experiment, the spherical copper targets were irradiated with the neutron produced by the D(d,n) reaction using a 4.5MeV Dynamitron accelerator at the Fast Neutron Laboratory of Tohoku University. The neutron energy of this reaction is distributed between 1.5MeV and 6.5MeV. After the extraction of the nickel from the copper target by the same process used for the atomic bomb sample, the  $^{63}\text{Ni}$  is measured by the liquid scintillation counter.

By the measurement until now, we have found the interesting deviation for this cross section from the calculated one given by JENDL3 and/or ENDF IV. The measurement is being continued in order to decipher the deviation.

## 15.3 Low-background Detection Technique

Because the residual radioactivities produced by the atomic bomb are very weak, the detection sensitivity depends on the background in measurement. If we use the low-background liquid-scintillation counter such as the PACKARD 2770TR-SL we get the  $0.3 \times 10^{-1}$  cps as the background. According to the DS86 neutron spectrum and fluence, this background rate allowed us to estimate the  $^{63}\text{Ni}$  activity up to a distance of about 1000 meter from the hypocenter. In order to estimate a more distant sample, we need a less low background detection technique. Thus, in addition to the liquid-scintillation counter, we are developing a detector using the  $\text{CaF}_2(\text{Eu})$  scintillator. If the development is completed, in addition to its use in our present experiment, it is useful for other low-background experiments.

## 16 Search for the Neutralino Darkmatter using the Low Background Liquid Scintillation Detector

Y. Ito  
KEK

Neutralino( $\chi$ ) predicted by the supersymmetric theory is the attractive candidate for the cosmic darkmatter. The direct detection of neutralino-nucleus scattering is the proof of the existence of the neutralino dark matter. The neutralino-nucleus cross section is expected to have the spin-independent and spin-dependent components, their relative strength being dependent on the parameters of the supersymmetric theories. As already pointed out,  $^1\text{H}$  and  $^{19}\text{F}$  are

considered to be the best nuclei to search for the spin-dependent interaction components, since which have the large spin-dependent cross section and have little uncertainty due to the nuclear models. On the other hand, the liquid scintillators contains  $^1\text{H}$  and  $^{19}\text{F}$  in the organic solvents, it is interested in as the dark matter detector. The performance of the liquid scintillators, such as the pulse shape discrimination to remove the  $\gamma$ -ray background are currently under studied.

## 17 Study on Positron Annihilation and Positronium Chemistry

### 17.1 Free Volumes in Polymers and Positron Annihilation

T.Suzuki  
*KEK*

Positron annihilation lifetime spectroscopy (PALS) has been known to be a new analytical method of polymers from the view point of free volume. Positrons injected into polymers form positronium (Ps) after losing energy through interactions with atoms and molecules. Then migrating in polymers, Ps is trapped in intermolecular spaces and annihilates through pick-off interaction in the spaces. Since the lifetime depends on the size of the holes, the size can be estimated from the lifetime using the experimental equation. Also from the variation of lifetime, glass transition temperature and phase transition at low temperature can be detected. In this paper, characteristics of free volumes measured by PALS are discussed using results of epoxy resins and teflon.

Published in *Journal of Network Polymer* **19**(1998)156-166 (in Japanes).

### 17.2 Polymerization of Epoxy Resins Studied by Positron Annihilation

T. Suzuki, T. Hayashi<sup>1</sup>, and Y. Ito<sup>2</sup>  
*KEK*

<sup>1</sup> *Sumitomo Chemical Ltd.*

<sup>2</sup> *Tokyo University*

The polymerization process of epoxy resins (bisphenol-A dicyanate) has been studied using positron-annihilation lifetime spectroscopy (PALS). The polymerization from monomer to polymer through polymerization reaction was followed by PALS. Resins kept at curing temperatures (120 and 200°C) change the form from powder to solid through liquid. The size of intermolecular spaces of the solid samples increased with the progress of the polymerization. Large intermolecular spaces (lifetime: 6~8 ns) were observed in samples quenched in liquid nitrogen due to the stress in molecular structures.

Presented at 30th Seminar on Positron Annihilation, Jarnoltowek, Wroclaw, September 17-21, 1998, Poland.

## 18 Development of Slow Positron Beam for Positron and Positronium Chemistry

### 18.1 Development of Pulsed Slow Positron Beam Using Time Varying Pulsing Bias

E. Hamada, N. Oshima, T. Suzuki, H. Kobayashi, K. Kondo, I. Kanazawa<sup>1</sup>, and Y. Ito<sup>2</sup>

*KEK*

<sup>1</sup> *Tokyo Gakugei University*

<sup>2</sup> *Tokyo University*

In order to study the near-surface characterization of polymers using positron annihilation lifetime-spectroscopy (PALS), a pulsed-slow positron beam system is under development. Positrons emitted from <sup>22</sup>Na were injected periodically into a target by adjusting the time of flight positrons between the moderator and the target using a time-varying electric field. By increasing the slope of the pulsing bias, the time resolution of this system, a full width at half maximum of 0.82ns has been achieved.

Presented at 8th International Workshop on Slow Positron Beam Techniques for Solid and Surfaces, Capetown, 6-12 September, 1988.

### 18.2 Development of Pulsed Slow Positron Beam Using a Radioisotope

E. Hamada, N. Oshima, T. Suzuki, H. Kobayashi, K. Kondo, I. Kanazawa<sup>1</sup>, and Y. Ito<sup>2</sup>

*KEK*

<sup>1</sup> *Tokyo Gakugei University*

<sup>2</sup> *Tokyo University*

A pulsed slow-positron beam system has been developed to study the depth-dependent characteristics near to the surface of polymers using positron-annihilation lifetime spectroscopy. Pulsed positrons were produced by adjusting the time of flight of positrons between the moderator and the target using a time-varying electric field. The time resolution of this system has been improved to be 0.82ns.

Presented at the International Workshop on Advanced Techniques of Positron Beam Generation and Control. Riken, Wako, Japan 16-18 December, 1988.

## 19 Positron Annihilation in Fullerenes and Other Carbon Phases

Y. Ito, T. Suzuki

*KEK*

One of the important characteristic of positron annihilation in solid is Doppler broadening of annihilation  $\gamma$ -ray. Doppler broadened annihilation  $\gamma$ -ray distribution shows the density in the momentum space of the electrons sampled by the positron. We apply this method to the study for the C60 and C70 fullerenes and other carbon phases. We measured both the positron lifetime and the annihilation  $\gamma$ -ray spectra. The interesting difference for the annihilation  $\gamma$ -ray spectra between the fullerenes and the graphite phases are clearly observed.

## 20 Depth Profiles of Radionuclides Induced in the Shield Concrete and the Soil Below the Floor Level of 12 GeV Proton Accelerator Facility at KEK

T. Miura, S. Takahara, S. Ishihama<sup>1</sup>, N. Ohotsuka<sup>1</sup>, T. Kunifuda<sup>1</sup>

KEK

<sup>1</sup> TNS

The depth profiles of various radionuclides induced in the shield concrete and the soil below the floor level of EP2 beam were observed.

The measurement samples were cored out the concrete shield and the soil of EP2 beam line and were grained into powder. The concentration of Radioactivities induced in the samples were measured by the P.Ge Detector system for  $\gamma$ -ray emitters and liquid scintillation counter for H-3. From the results of radioactive measurements, the depth profiles of various radionuclides in shield concrete and the soil were obtained.

H-3, Be-7, Na-22, Sc-46, Cr-51, Mn-54, Co-56, Fe-59, Co-60, Zn-65, Cs-134, Eu-152 and Eu-154 were observed in the samples. In these nuclides, H-3 concentration in ordinary concrete and the soil and Mn-54 in heavy concrete (pyrites and magnetite) was highest, respectively. The shield wall (heavy concrete) side the Pt target was of course strongly activated and total concentration of radionuclides was about 700 Bq/g.

The depth profiles depend slightly on the type of nuclear reactions. The maximum concentrations of Co-60, Zn-65 and Eu-152 which were produced by the thermal neutron capture reactions were at about 20 cm depth from the inside surface of shield concrete. On the other hand, the concentrations of radionuclides produced by the spallation reactions with high energy neutrons, such as H-3, 22-Na and Mn-54, decreased according to increase of the depth from the inside surface of shield concrete. The high energy neutron attenuation lengths estimated from the depth profile of Na-22 in the ordinary concrete and Mn-54 in the heavy concrete were about 100 g/cm<sup>2</sup> and 150 g/cm<sup>2</sup>, respectively. These values were shorter than 143 g/cm<sup>2</sup> for ordinary concrete and 163 g/cm<sup>2</sup> for heavy one which were measured by Ban et al.[1] using activation detectors at KEK.

Presented at 1998 Fall Meeting of the Atomic Energy Society of Japan, Sep. 28-30, Fukui and the Scientific Meeting on "Behavior and Distributions of Radionuclides related to Health Physics" and "Chemical Speciations and Kinetic Model for Hydrogen Isotope in the Environment", November 24-25 KUR Kumatori.

[1] S. Ban et al., *Nucl. Instr. Meth.* **174** (1980) 271.

## 21 Study for Behavior of Be-7 and Corrosion Mechanism in the Moderator Cooling System at the Pulsed Neutron Source, KENS

T. Miura, S. Ito, K. Iijima, K. Bessho, S. Sasaki, M. Furusaka,  
S. Ishihama<sup>1</sup>, T. Kunifuda<sup>1</sup>, S. Yasui<sup>2</sup>, Y. Ogawa<sup>2</sup> and Y. Kiyonagi<sup>2</sup>

KEK

<sup>1</sup> TNS

<sup>2</sup> Hokkaido Univ.

At the pulsed neutron sources, KENS, Be-7 produced by the spallation reaction of oxygen nuclei in water with high energy hadrons tend to coat the inside of the piping of moderator

cooling system. This mechanism is that Be-7 are adsorbed by the corrosion as a sulfide, of the inside surface of stainless steel piping.

Presented at the 14th Meeting of the International Collaboration on Advanced Neutron Sources, June 14-19, Illinois, U.S.A and the 42nd Symposium on Radiochemistry, Sep. 16-18, Sendai, JAPAN.

## 22 Behavior of Pionic Hydrogen Atoms in Gas and Liquid Phases

T. Muroyama, A. Shinohara, T. Saito<sup>1</sup>, A. Yokoyama<sup>1</sup>, T. Miura<sup>2</sup> and M. Furukawa

*Nagoya Univ.*

<sup>1</sup> *Osaka Univ.*

<sup>2</sup> *KEK*

Exotic atoms are interesting objects as a new probe in material science and a new chemical species in future chemistry.

Pionic X-ray intensity patterns of the Balmer series have been studied, in the carbons and oxygens of alcohols, carboxylic acids, alkanes, etc. The X-ray intensity ratios (4-2)/(3-2) in the carbons of both alcohols and carboxylic acids decrease with the number of carbon atoms and approach that of polyethylene. On the other hand, the ratios in oxygen remain constant. The variations in the intensity ratios are discussed based on a pionic cascade calculation. The results of the calculation show that the differences in the intensity patterns are attributed to both the differences in the chemical bond lengths and the contribution of pion transfer from the pionic hydrogen.

Published in *Radiochim. Acta* **80** (1998) 31-36.

## 23 A Simple Retardation System for Low-Energy Implantation of Mass-Separated Radioactive Ions

H. Muramatsu, H. Ishii, E. Tanaka, A. Osa<sup>1</sup>, M. Koizumi<sup>1</sup>,  
T. Sekine<sup>1</sup>, T. Miura<sup>2</sup> and M. Fujioka<sup>3</sup>

*Shinshu Univ.*

<sup>1</sup> *JAERI*

<sup>2</sup> *KEK*

<sup>3</sup> *Tohoku Univ.*

A simple retardation system has been constructed in order to realize low-energy ion-implantations using an electro-magnetic isotope separator (EMIS). Mass-separated ions are decelerated through a smoothly increasing potential which is produced in a box which is coated inside with a highly resistive film. To test the performance of the system, Xe-133 ions retarded from 20 keV by a maximum of 15 keV were implanted into a nickel foil covered by a thin copper layer, and their mean range in copper was determined with a radiochemical technique. The observed ranges are in good agreement with theoretical prediction, which manifests that the system works well as expected.

Published in *Nucl. Instr. Meth.* **B134** (1998) 126-135.

## 24 Calibration and Interpretation of Mössbauer Isomer Shift of the 81-keV Transition in Cs-133

H. Muramatsu, E. Tanaka, H. Ishii, H. Ito, M. Misawa, T. Miura<sup>1</sup>,  
Y. Fujita<sup>1</sup>, K. Omata<sup>1</sup>, S. Muto<sup>1</sup>, M. Koizumi<sup>2</sup>, A. Osa<sup>2</sup>,  
T. Sekine<sup>2</sup>, M. Yanaga<sup>3</sup>, K. Endo<sup>4</sup>, H. Nakahara<sup>5</sup> and M. Fujioka<sup>6</sup>

*Shinshu Univ.*

<sup>1</sup> *KEK*

<sup>2</sup> *JAERI*

<sup>3</sup> *Shizuoka Univ.*

<sup>4</sup> *Showa College*

<sup>5</sup> *Tokyo Metro. Univ.*

<sup>6</sup> *Tohoku Univ.*

Radioactive Xe-133 was implanted into five host materials ( Al, V, Cr, Rh, Mo ) by means of an isotope separator. Internal conversion electron spectra of the 81-keV transition in Cs-133 were measured with an iron-free magnetic spectrometer and Mössbauer spectra were recorded independently. From the correlation between the weighted-mean Mössbauer isomer shifts and the intensity ratios of (O+P)-shell to N<sub>1</sub>-shell conversion electrons, the change of the nuclear charge radius of the 81-keV transition in Cs-133 was deduced to be  $\Delta R/R = +(1.5 \pm 0.5) \times 10^{-4}$  for a uniform charge distribution of  $R=1.2 \times A^{(1/3)}$  fm or, equivalently,  $\Delta \langle r^2 \rangle = +(6.6 \pm 2.4) \times 10^{-3} fm^2$ . This calibration makes it possible to reasonably interpret the extremely high isomer shifts observed in some refractory metals implanted with Xe-133, where we take into consideration an increase in s-electron density originated from a decrease in the shielding effect on the s electrons by a removal of the 5p electron from the Cs impurity atom, which is attributed to the broadening of the valence band with compression and the resulting increase in overlap between the host and the impurity valence bands.

Published in *Phys. Rev. B* **58** (1998) 11313-11321.

## 25 Production Cross Sections of Light Nuclides by High Energy Protons, Deuterons, and Helium Ions Interactions

M. Numajiri, T. Suzuki and K. Kondo

*KEK*

Irradiation experiments were performed in order to investigate the production of residual nuclei by p,d,  $\alpha$  induced reactions at KEK Proton Synchrotron facility. Production cross sections in medium mass targets were measured by gamma-ray spectroscopy. We report on the production of light nuclides, such as <sup>7</sup>Be, <sup>22</sup>Na, and <sup>24</sup>Na. The present data as well as the results of previous measurements are compared with the predictions of the semiempirical systematics (Silberberg-Tsao equation).

## 26 Development of Resonance Ionization Spectroscopy (RIS) by Lasers

Developments of resonance ionization spectroscopy (RIS) by lasers have been made for the quantitative measurements of ultra-trace amounts of isotopes in order to apply this method to the radiation physics, the nuclear physics, the radiation chemistry, and the radiation detection.



## 26.1 Development of Absolute Time-of-flight Mass Spectrometry System

S. Sasaki and H. Tawara  
*KEK*

A series of measurements to determine the detection efficiency of a Time-of-flight Mass spectrometer coupled with the method of RIS (RIS-TOFMS) has been almost completed by using gaseous xenon. As the next step, we introduced a small YAG laser and an assembly of mirrors and lenses for precise ablation experiments on solid samples. In parallel, we have been developing a pulsed ion-gun system, the ion beams from which are used to ablate sample surface instead of lasers.

## 26.2 Absolute Detection Efficiency of Micro-channel Plates

H. Tawara, S. Sasaki, M. Miyajima<sup>1</sup> and E. Shibamura<sup>2</sup>  
*KEK*  
<sup>1</sup>*Fukui Univ.*  
<sup>2</sup>*Saitama Prefectural Univ.*

We could establish the methods to determine detection efficiency of micro-channel plates (MCP) for rare-gas ions ionized by alpha-particles which have been developed to realize an absolute time-of-flight mass spectrometer. This method are tried to apply for measurements of cross-sections of impact ionization by alpha-particles.

## 27 Scintillation Efficiency in Scintillators and the Factors Affecting Resolutions

S. Sasaki, H. Tawara, M. Miyajima<sup>1</sup> and E. Shibamura<sup>2</sup>  
*KEK*  
<sup>1</sup>*Fukui Univ.*  
<sup>2</sup>*Saitama Prefectural Univ.*

We measured absolute scintillation efficiency of NaI(Tl) crystals with different sizes for several gamma-rays and determined the Ws-value, defined as an average energy to produce one scintillation photon, on the basis of new transport model in the crystal, where the total reflection is taken into consideration. At the same time, we have almost clarified primary parameters affecting the energy resolution by using the model mentioned above.

Presented partly at the 46th Conference of the Japan Society of Applied Physics and at the 13th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses.

## 28 Fundamental Studies of Tritium Separation Using Polyimide Membrane and Its Application for Detection of Tritium in Air from Accelerator Facilities

S. Sasaki, A. Shimada<sup>1</sup>, Y. Morimoto<sup>1</sup>, K.Okuno<sup>1</sup>, T. Suzuki and K. Kondo  
*KEK*  
<sup>1</sup>*Shizuoka Univ.*

In order to construct high-sensitive detectors for tritium in air from accelerator facilities using polyimide membranes, the performance and characteristics of the membranes in tritium separation have been examined in detail. The preliminary experiments were made for the samples of

Air ( $O_2+N_2$ ),  $H_2+Air$ ,  $D_2+Air$ ,  $He+Air$ ,  $H_2+D_2+Air$ ,  $CO_2+Ar$ ,  $H_2+Ar$ , and  $D_2+Ar$ . It was found that the enrichment factor for  $H_2$  and  $D_2$  more than 30 could be easily attained against the other gas components by selecting the experimental condition and no clear difference between  $H_2$  and  $D_2$  existed in the enrichment factor.

Presented at the 42nd Symposium on Radiochemistry in Sendai.

## **29 Development of CR - 39 Plastic Dosimeter for High Gamma-dose Measurements**

H. Tawara  
*KEK*

The radiation damage of accelerator components is a serious problem at high-intensity, high-energy accelerator facilities. This work aimed at the development of an integral-type solid-state dosimeter suitable for controlling radiation damage during accelerator operation. A CR39 plastic is one of the candidates for the dosimeter material, having a dose response in a higher gamma-dose region. Transmittance measurements on the ultraviolet and visible regions showed that the pure CR-39 plastic has a clear response against the exposure ranging from  $10^4$  R at least up to  $10^8$  R. An annealing test was also conducted in order to study the aging and fading of the CR39 plastic. In the next work, different kinds of the doped CR39 plastics will be examined.

Presented at the 12th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses, KEK, Tsukuba, Japan, January 21-23, 1998 (KEK Proceedings 98-4, 1998).

## **30 Study on Activation Analysis**

Recent interest in activation analysis is the improvement of accuracy, precision and rapidness. Activation analysis of environmental materials and industrial concerns is mainly performed at the 300-MeV electron linear accelerator of Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University, the electron linear accelerator of Research Reactor Laboratory, Kyoto University and SF cyclotron at Tanashi Branch, KEK.

### **30.1 Photon activation analysis of environmental and biological samples**

K. Masumoto, T. Ohtsuki<sup>1</sup>, Y. Hirose<sup>2</sup>, H. Haba<sup>2</sup>, K. Sakamoto<sup>2</sup>, R. Amano<sup>2</sup>

*KEK*

<sup>1</sup>*Tohoku Univ.*

<sup>2</sup>*Kanazawa Univ.*

KURRI-Linac has been applied to PAA of environmental and biological samples. In this work, 20 to 30 MeV irradiation have been performed to compare the sensitivity of each element. Each part of organs of rat was successfully analysed separately, in order to study metabolism of elements.

### 30.2 Development of the continuous extraction and detection system for the determination of trace carbon impurities by photon activation

K. Masumoto, Ohtsuki<sup>1</sup>

*KEK*

<sup>1</sup>*Tohoku Univ.*

A rapid detection system of carbon impurities, which consists of an infra-red furnace, a continuous extraction system of CO<sub>2</sub> and a coincidence counting system for 511 keV annihilation gamma-ray, has been developed. In the first step, irradiated samples mixed with an accelerator reagent are burned in an infra-red furnace. Then, generated CO<sub>2</sub> gas is continuously extracted in an extraction coil, in which monoaminoethanol solution is running by pumping at the flow rate of 0.15 ml/min. After extraction, monoaminoethanol solution is led between a couple of BGO-detector and <sup>11</sup>C activity in solution is monitored by the multichannel scaling system. Trace impurities of carbon in iron and steel samples were analysed by using the <sup>12</sup>O( $\gamma$ ,n)<sup>11</sup>C reaction at the 300-MeV Lineac of Tohoku Univ. The microgram per gram of carbon was easily determined with good reproducibility and enough sensitivity.

### 30.3 Depth profile measurement of oxygen in high-pure silicon by charged particle activation analysis

K. Masumoto, Y. Itoh, T. Ohtsuki<sup>1</sup>, H. Sakurai<sup>2</sup>

*KEK*

<sup>1</sup>*Tohoku Univ.*

<sup>2</sup>*Mitsubishi Materials Co.*

Trace impurities of oxygen in silicon crystal has been analysed by using the <sup>16</sup>O(<sup>3</sup>He,p)<sup>18</sup>F reaction at the SF cyclotron of Tanashi branch, KEK. After irradiation of <sup>3</sup>He (20 MeV, 1  $\mu$ A), <sup>18</sup>F was chemically separated as the LaF<sub>3</sub> precipitation and measured with a pair of BGO-scintillation detector coupled with a coincidence circuit. The microgram per gram of oxygen was easily determined with good reproducibility and enough sensitivity. It was confirmed that hydrogen reduction was effective to reduce oxygen of surface layer.

### 31 Study on Labeled Compound Using Recoil Implantation After Nuclear Reaction

The recoil implantation technique is useful to prepare some organic compounds, which is difficult to produce by the chemical reaction. In the field of fullerene science, higher fullerene, heterofullerene and metallo-fullerene are the topics. Recoil method can offer the above three types of fullerene compounds and other labelled organic compounds easily. This work was performed at the 300-MeV electron linear accelerator of Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University and SF cyclotron at Tanashi Branch, KEK.

### 31.1 Insertion of Xe and Kr atoms in C<sub>60</sub> and C<sub>70</sub> fullerenes and formation of dimers

T. Ohtsuki, K. Ohno, K. Shiga, Y. Kawazoe, Y. Maruyama, K. Masumoto<sup>1</sup>  
*Tohoku Univ.*  
<sup>1</sup>*KEK*

The radioactive endhedral fullerenes <sup>127</sup>Xe@C<sub>60</sub>, <sup>127</sup>Xe@C<sub>70</sub>, <sup>79</sup>Kr@C<sub>60</sub> and <sup>79</sup>Kr@C<sub>70</sub>, and their dimers, are detected using radiochemical and radiochromatographic techniques in the final solution of samples in which Xe and Kr has penetrated into C<sub>60</sub> or C<sub>70</sub> by a nuclear reaction recoil process. Carrying out ab initio molecular dynamics simulations based on an all-electron mixed basis approach, we confirmed that the insertion of Xe and Kr atoms into C<sub>60</sub> through six-membered rings is possible in a certain range of the kinetic energy: 130-200 eV for Xe and 80-150 eV for Kr.

Published in *Phys. Rev. Lett.*, **81**(1998)967-970.

### 31.2 Preparation of C-11 labeled polycyclic aromatic hydrocarbons using electron accelerator and cyclotron

K. Masumoto, T.Ohtsuki<sup>1</sup>, Y. Ito, K. Shikano<sup>2</sup>  
*KEK*  
<sup>1</sup>*Tohoku Univ.*  
<sup>2</sup>*NTT*

The phenomenon that <sup>11</sup>C produced with an electron accelerator and a cyclotron substitutes for a carbon atom of organic compounds has been investigated to produce labeled organic compounds. In this work, bicyclic, tricyclic aromatic hydrocarbons and pyrene were irradiated with bremsstrahlung and proton and irradiation products were separated rapidly with sublimation and HPLC. Chromatographic columns were ODS type and eluates were water/methanol for bicyclic compounds and water/acetonitrile for tri-cyclic compounds and pyrene, respectively. After HPLC separation, chemical species and labeled compounds were monitored with UV and BGO-detector. The radiochromatograms obtained by bremsstrahlung and proton irradiation showed almost similar pattern each other. Recoil method is useful for labeling of complex organic compounds.

Presented at the 42nd Symposium on Radiochemistry (Sendai).

### 32 Particle Size Distribution of Radioactive Aerosols Formed in Accelerator Tunnel Air During Machine Operation

Y. Oki, A. Endo<sup>1</sup>, Y. Kanda, T. Oishi<sup>1</sup>, K. Kondo  
*KEK*  
<sup>1</sup>*JAERI*

Particle-size distribution was studied for radioactive and non-radioactive aerosols formed during operation of a high-energy proton accelerator. The size distribution of <sup>11</sup>C and <sup>13</sup>N was determined for the first time. The experiment was carried out under well controlled condition using a chamber installed on a beam line. Conditioned air was introduced to the chamber, and

the activated air returning from the chamber was analyzed using a diffusion battery system. The relationship between particle size and resident time of the introduced air in the chamber was discussed for  $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$  and non-radioactive aerosols.

Presented at The 42nd Symposium on Radiochemistry, Sendai, 1998.

### **33 Chemical Form of $^{11}\text{C}$ Gas Formed in Accelerator Tunnel Air During Machine Operation**

Y. Oki, A. Endo<sup>1</sup>, Y. Kanda, T. Oishi<sup>1</sup>, K. Kondo  
*KEK*  
<sup>1</sup>*JAERI*

Chemical form of  $^{11}\text{C}$  gas produced in air of accelerator tunnel during machine operation was studied for a high-energy proton accelerator. The air was activated in a chamber installed on a beam line. The activated air was sampled and chemically separated. The composition of  $^{11}\text{C}$  gas was found to be CO (80 %) and CO<sub>2</sub> (20 %).

Presented at The 42nd Symposium on Radiochemistry, Sendai, 1998.

### **34 Development of Measurement Technique for Hydroxyl Radical**

Y. Kanda and K. Bessho  
*KEK*

During the operation of high energy accelerator, the noxious gases such as O<sub>3</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, HNO<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub> are produced in the air of beam line tunnel. The hydroxyl radicals, OH, produced by the radiolysis of H<sub>2</sub>O, are considered to play an important role in the production of HNO<sub>2</sub> and HNO<sub>3</sub>.

Developing and testing of measurement technique of OH radical inevitably require a development of a well-characterized, stable, and reproducible low concentration source of OH radical. A series of experiments has been conducted to characterize three different OH radical sources: the thermal decomposition of gaseous HNO<sub>2</sub>, the black lamp photolysis of mixtures of O<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>O, and the radiolysis of H<sub>2</sub>O by  $^{241}\text{Am}$ .

### **35 Characterization of Surfactant Assembly Formed at the Silica-Water Interface and Application for Separation and Concentration of Trace Chemical Species**

K. Bessho, Y. Kanda, T. Uchida<sup>1</sup>, K. Saitoh<sup>1</sup> and N. Teramae<sup>1</sup>  
*KEK*  
<sup>1</sup>*Tohoku Univ.*

Nonionic surfactant molecules form self-assemblies at the silica-water interface. Microstructure and properties of these assemblies were studied by variety of thermodynamic and spectroscopic techniques. It was found that these assemblies have high affinity for hydrophobic and amphiphilic compounds dissolved in aqueous solutions. Furthermore, it can be expected that long oxyethylene chains of the nonionic surfactants incorporate alkali metal ions, such as Na<sup>+</sup>,

$K^+$ . The surfactant assemblies were applied for separation and concentration of trace chemical species.

Published in *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **315**(1998)23-28.

## Chapter 2

### 研究支援活動

放射線科学センターは、つくば地区及び田無地区の放射線安全及び化学安全を含めた環境問題に責任を持つ組織である。対象となる施設の規模が大きいこと、個々の課題が未解決の課題を含んでいることから、その責任を果たすために行っている業務内容は研究的側面を持っている。管理業務に関連した課題が研究テーマに発展していく事もあるが、それ以外の事も純粋研究テーマに至らないまでも関連分野においては有益な課題が多い。

また、センター外の機構の研究者から、放射線関連や化学関連の専門家として個々の課題について相談を受け取り組んできた事もある。

以下では、上記のような「研究支援活動」に関連して放射線科学センターにおいて今年度行った活動を紹介する。

# 1 体制

## 1.1 つくば地区放射線管理体制

放射線取扱主任者	柴田徳思
放射線管理室長	平山英夫
区 域 管 理 体 制	
管理区域	管理区域責任者等
陽子加速器施設総括責任者	鈴木健訓
第1区域(陽子シンクロトロン施設)	沼尻正晴、穂積憲一 <sup>*,**</sup>
第2区域(PS実験施設)	三浦太一、高原伸一 <sup>**</sup>
第3区域(中性子中間子研究施設)	佐々木慎一、飯島和彦 <sup>**</sup>
電子加速器施設総括責任者	平山英夫
第4区域(放射光アイソトープ実験施設) (上記を除く放射光研究施設)	沖雄一、飯島和彦 <sup>**</sup> 伴秀一、中村一 <sup>**</sup> 、高橋一智 <sup>**</sup>
第5区域(KEKB、AR、アセンブリーホール)	俵裕子、波戸芳仁、中村一 <sup>**</sup> 、高橋一智 <sup>**</sup>
第6区域(機械棟、機械室関係施設)	沖雄一、穂積憲一 <sup>*,**</sup>
第7区域(放射性試料測定棟他)	沖雄一、高原伸一 <sup>**</sup> 、飯島和彦 <sup>**</sup>
業 務 分 担	
個人管理関連	伴秀一、沼尻正晴、沖雄一、俵裕子、中村一、高橋一智、豊島規子
放射線モニター	佐々木慎一、穂積憲一、飯島和彦
放射性物質等	平山英夫、沖雄一、三浦太一、波戸芳仁 高原伸一
サーベイメータ等	飯島和彦、穂積憲一、中村一

\* 管理区域副責任者、\*\* 放射線業務担当者

## 1.2 田無地区放射線管理体制

放射線取扱総括主任者	榎本和義
放射線取扱総括副主任者	中尾徳晶
非密封RI担当	榎本和義、伊藤 寛、江田和由
発生装置担当	中尾徳晶、豊田晃弘
国際規制物資担当	江田和由

## 1.3 化学安全管理体制

化学安全管理業務の総括	神田征夫
水質検査	別所光太郎
化学薬品(危険物・毒劇物の管理)	平 雅文
実験廃液処理	平 雅文
RI廃水処理	神田征夫



## 2 放射線安全管理関連

### 2.1 区域管理関連

#### 2.1.1 第1区域

##### 1. 陽子加速器施設周辺土壌の放射能評価

加速器周辺の土壌放射化の評価について放射能と空間線量率の関係の部分の改訂を行った。また、主リングトンネルの一部を変更する際に、リング内側の土壌を取り去る作業を行う場合の土壌中放射能の評価を行った。

RAD-D-98/6 沼尻、鈴木、沖、神田、三浦、平山、伴、近藤、“高エネルギー加速器施設地下埋設部周辺土壌放射化の評価（改訂版）”

RAD-D-98/10 沼尻、“陽子加速器施設周辺土壌について  
(1) 主リング盛土の厚さ及び土壌密度”

RAD-D-98/11 沼尻、“陽子加速器施設周辺土壌について  
(2) 主リング内側盛土の放射化評価”

##### 2. 加速器施設内物品の放射能測定の測定

加速器トンネル内にあった放射化物の加工や保管の際に、放射化物中の放射能を測定した。今後、放射化物の取り扱いやクリアランス等を考慮し、放射化した様々な種類の物品を測定し、測定方法及び評価方法を確立する必要がある。

RAD-S-98/72 沼尻、中島、“リニアック搬入口鉄扉の放射能測定”

RAD-S-98/85 沼尻、“鉄板の放射能測定”

RAD-D-98/24 沼尻、“スクリーンモニター中の放射性核種測定”

RAD-D-98/25 沼尻、“陽子加速器リニアック付近にあったスチール棒の線測定”

#### 2.1.2 第2区域

##### 1. 放射線取扱施設使用変更承認申請資料の作成。

ニュートリノビームライン施設は、崩壊領域周辺の土壌が極低レベルではあるが放射化し、その一部が地下水へ溶解することが予想されたため、申請に際しては、科学技術庁の顧問会で審査されることになったため、申請書及び顧問会への説明資料を作成した。特に崩壊領域周辺土壌及び地下水の放射化に関しては、崩壊領域周辺土壌中の中性子線量率を計算コードMARSで求め、陽子加速器実験で求めた中性子線量率と生成放射能の関係式を用い土壌の放射化を評価した。さらに崩壊領域周辺土壌を用い実験的に求めた土壌中の放射性同位元素の地下水への溶出率、土壌への吸着率及び地下水位から求めた地下水の流速を用い管理区域境界での地下水中の放射能濃度を評価した。

なお申請は、東カウンターホールで使用していた放射化したコンクリーシールド等を再使用するための工事の関係上、まず管理区域拡張の軽微な変更を行い、その後発生装置使用室としての申請を行った。

KEK Internal 98-11 三浦太一、平山英夫、鈴木健訓、高原伸一、中村健蔵、佐藤任弘、高崎稔、田中万博、家入正治、野海博之、鈴木善尋、石井晴美、加藤洋二、山野井豊、皆川道文、“ニュートリノビームライン施設の概要とその放射線安全対策”

顧問会での審査後、原子力安全技術センターによる二度の検査（施設検査及び試運転時検査）

が実施されたため、検査に係る資料を作成した。施設検査では、インターロックシステム、使用施設の構造、排気及び排水施設等が検査対象であったため、原子力安全技術センターによる検査前にインターロックの総合自主検査を行うと共に関係資料を整備した。試運転時検査では、管理区域境界等の空間線量率、排気中放射性同位元素濃度及び排水中放射性同位元素濃度等が検査対象であったため、原子力安全技術センターによる検査前に線量等の綿密な測定を行い、関係資料を用意した。

RAD-S-98/132 三浦太一、“ニュートリノビームライン周辺サーベイ”

## 2. ニュートリノビームライン崩壊領域周辺土壌及び地下水中放射能濃度の監視

ニュートリノビームラインは、崩壊領域周辺の土壌が放射化し、一部が地下水中へ溶出する可能性があるため、崩壊領域周辺に土壌及び地下水の放射化を監視するための井戸を設置しており、年2回以上土壌及び地下水中放射能濃度を測定し、許可条件を満足していることを確認し科学技術庁に報告することが求められている。本年度は、運転開始前に試料を採取し、土壌及び地下水中の放射濃度を測定し、それらの値が環境レベルであることを確認した。

### 2.1.3 第4区域

#### 1. 変更申請

9月に電子入射器の南端アーク部での電子ビームエネルギーを、最大1.5GeVから1.8GeVに変更する。

#### 2. 変更された施設の放射線測定

電子リニアックの8GeV加速試験・低速陽電子用の運転試験、電子陽電子入射器のKEKB用電子・陽電子加速試験の際の、放射線測定を行った。また、放射光リングの、低エミッタンス改造後の放射線測定を行った。

### 2.1.4 第5区域

#### 2.1.4.1 PF-AR, BT, アセンブリーホール関係

##### 1. 放射線取扱施設使用承認申請資料の作成

- 「大強度放射光リング北実験室におけるコンクリート遮蔽の変更と放射線安全対策」(KEK Internal 98-10)

主な変更点は、PF-AR北実験棟の直線部の基本的な遮蔽構造の変更である。変更前には、コンクリート壁(30 cm厚)で発生装置室と実験室を区切っているのみで発生装置室上方には遮蔽体が無かった。また放射光の漏洩を低減するためビームラインに鉛を巻いていた。

放射光実験ハッチを設置するためにコンクリート壁が撤去され、新たにビームラインを囲む形状の門型コンクリート遮蔽体(70 cm厚)が設置された。本変更により、PF-AR北実験棟周辺のエリアモニタでは漏洩放射光による放射線が測定限界以下になった。(RAD-S-99-14)

また、本変更に関連して放射光実験ハッチ遮蔽計算を行った。計算にはSPRING-8で開発されたSTAC-8コードを用いた。

KEK Internal 98-10 波戸芳仁他、“大強度放射光リング北実験室におけるコンクリート遮蔽の変更と放射線安全対策”

## 2. BTでのビームロスの測定・ロスモニタの設定

電子陽電子線形加速器から KEKB リングへの入射路(以下、「BT」という)では、従来より低いビームロスが仮定されているので安全のためビームロスモニタがインタロックに組み込まれている。このロスモニタのレベル設定のため計算と実測を行った。

- Jenkins の式と Dinter-Tesch の方法を組み合わせて地上部での一般区域のレベルを基準以下にするためのトンネル内線量を評価した (RAD-D-98/2)。
- 次に運転時のロスモニタ出力、ロスモニタ表面線量 (TLD を張り付けて測定) および地上部でのエリアモニタ出力を比較・検討した (RAD-D-98/7)。
- エリアモニタの近くにある脱出口から放射線が漏洩して、エリアモニタのレベルを上げている可能性が加速器側から指摘された。そこでこの脱出口のレベルを TLD, 電離箱、および電子式線量計で測定し、エリアモニタのレベルには有意な寄与をしないことを示した (RAD-D-98/21)。

RAD-D-98/2 波戸芳仁、“Dinter-Tesch の方法による BT トンネル内線量評価”

RAD-D-98/7 波戸芳仁、“ロスモニタと地上線量関係づけ・BT ロス率”

RAD-D-98/21 波戸芳仁、“BT 脱出口からの YEL513G への寄与：無視できる”

## 3. ATF の前方プレムがエリアモニタを直撃した事のまとめ

1998 年 12 月 7 日 23:30 頃 ATF の取り出しラインからのビームにより、PF-AR 北東部一般区域の放射線エリアモニタ YEL510 が  $5.5 \mu\text{Sv/h}$  に達し、KEKB のビーム入射が停止した。このレベルはおよそ 5 分間継続した。ATF 取り出しラインの偏向電磁石 BH2X.1 がオフであったこと、その前方の鉛ブロックが取り外されていた事が主な原因である。YEL510 は BH2X.1 の上流のビームラインの延長上から  $0.9^\circ$  しかずれていなかったため指向性の高い前方制動輻射ガンマ線の直撃を受けた。

積算線量を実測値から評価すると 1 日の被ばく限度の 1.3 倍 ( $780 \mu\text{Sv}$ )、計算値から評価すると法に定める年被ばく限度の 0.03 倍から 3 倍 (1.3 から  $170 \text{mSv}$ ) となった。「予期していない場所から指向性の高い前方制動輻射ガンマ線が飛び出した」事は電子加速器共通の危険性を示しているので、今後の安全運転のためジオメトリ、運転条件、原因(列挙、分析)、対策、考察をまとめた。

RAD-D-98/20 波戸芳仁、“ATF の前方プレムが AR 用 YEL510 を直撃した事に関するまとめ”

### 2.1.4.2 KEKB 関連

#### 1. 放射線取扱施設使用承認申請資料の作成

今年度は、4-6 月に科学技術庁放射線安全技術顧問会が 3 回開かれ、前年度に引き続き申請資料等の作成を行った。原子力安全技術センターによる試験運転前施設検査の結果、11 月 30 日付で試験運転許可が下り、KEKB ファクトリーは 12 月 1 日にビーム運転を開始した。

KEK Internal 98-5 Tawara, H. et al. , “Radiation Protection of the KEKB B-Factory (in Japanese)”.

KEK Internal 98-8 Tawara, H. et al. , “Radiation Protection of the KEKB Beam Line in Fuji Experimental Hall (in Japanese)”.

## 2. KEKB ファクトリー放射線安全対策のために行った活動

本年度に行った主な項目は以下の通りである。これらの結果はKEKB関連の申請書等に反映された。

- (a) KEKBトンネル室空気中で光中性子によって生成する<sup>41</sup>Arの濃度の評価を行った。  
RAD-D-98/4 俵、“KEKBファクトリーの排気について”
- (b) KEKBファクトリー運転中の空気中放射能濃度及び屋外冷却塔・イオン交換樹脂塔周辺の空間線量率を評価し、ライナックでの実測値との比較を行った。  
RAD-S-98/54 俵 他、“PF機械室(2)の冷却水配管周辺の空間線量率測定”  
RAD-S-98/62 中村、俵、“入射器機械室の冷却水配管周辺の空間線量率測定と空気中の放射能濃度測定”  
RAD-S-98/118 中村、“筑波機械室冷却ポンプ周辺空間線量率測定”
- (c) EGS4コードを用いた計算：空気中誘導放射能の発生を押さえるためのダンプ、マスク、入射点、筑波両側曲線部入口の遮蔽設計。放射光によるトンネル室内の空間線量率の評価。  
RAD-D-98/3 俵、“KEKBダンプ周辺の線量”  
RAD-D-98/5 俵、“KEKBリング局所ビーム損失に対する銅ダクトの遮蔽について”  
RAD-D-98/14 波戸、平山、俵、“KEKB-HERからの放射光線量の鉛による減衰”  
RAD-D-98/23 俵、“KEKBリング搬入口鉛扉上部から漏洩する放射光線量について”
- (d) 試験運転開始に伴って管理区域境界等の放射線量の測定を行い、ビームラインへの鉛シールドの追加、実験フロアへの開口部のコンクリートシールドの追加等を行った。  
RAD-S-98/97 俵、“KEKBリング残留放射能サーベイ”  
RAD-S-98/100 俵、“HERビームライン残留放射能”  
RAD-S-98/125 俵、“KEKBリング残留放射能サーベイ”  
RAD-S-98/127 俵、中村、“電子入射時の筑波、富士実験室の放射線測定”  
RAD-S-98/135 中村、“筑波実験室の門型シールド / ミニシールド 外側の中性子測定”  
RAD-S-98/137 俵、“筑波実験棟直線部コンクリートシールド周辺の放射線量の分布”

### 2.1.5 機構長の認める放射線発生装置関係

機構長の指定する放射線発生装置について空間管理や被曝管理、放射線サーベイなどの業務を行った。

- RAD-S-98/28 俵、“クライストロン D7-E線量測定”
- RAD-S-98/44 中村、俵、“超伝導加速空洞の線量測定”
- RAD-S-98/88 俵、“D8加速空洞放射線測定”
- RAD-S-98/89 俵、“D5加速空洞放射線測定”
- RAD-S-98/93 中村、“D11加速空洞放射線測定”
- RAD-S-98/109 中村、“D2電源室クライストロンの放射線測定”
- RAD-S-98/122 中村、“D7電源室クライストロンの空間線量率測定”

## 2.2 横断的業務関連

### 2.2.1 電子陽電子加速器の導波管から発生するX線分布の測定

SLED 型の高周波パルス圧縮器が電子陽電子加速器に導入された。SLED からは強いX線が出る事が知られている。しかし SLED を出た後の導波管でもX線が発生することが、入射器グループによって見つけられた。このため発生するX線の空間分布を測定する目的で、導波管にイメージング・プレート (IP) を張り付けて使用した。

特に上部からマイクロ波が降りてきて、Hybrid 部に入る部分が強いことが解った。古い導波管の中には Hybrid 部の溶接箇所からX線を出すものがあることが解った。但し導波管よりも SLED から発生するX線の方が強く、SLED の円筒側面 (下側) より円筒底面が強い。

- RAD-S-98/52 伴、中村、“電子陽電子加速器の 1-5 導波管から発生するX線分布の IP での測定”
- RAD-S-98/56 伴、中村、“電子陽電子加速器の 1-5 導波管・SLED から発生するX線分布の IP での測定”

### 2.2.2 12GeV PS 盛土上での漏えい中性子の測定

12GeV PS の盛土上で、漏えい中性子の線量を測定した。中性子線量計の信号と主リング入射用のトリガータイミング信号の時間差を調べた。これにより漏えい中性子を、PS への 0.5GeV での入射時のビーム損失によるもの、トランジション通過時の 5.6 GeV でのロスによるもの、取出時の 12GeV でのロスによるものを、分離して測定した。取出時の寄与が最も大きい。トランジション通過点上でも、5.6GeV でのロスによる線量は約 60% で、残りは取出点からの skyshine 成分である。入射点上では 0.5GeV でもロスによる線量は全体の約 20% である。

EP1 ビームライン取り出し付近については時間分布測定から、取り出し時 (1.2-2.4 秒) の線量は全時間の線量の 90% であった。場所分布測定から盛り土 (セプタム電磁石上部) よりもやや下流の場所に最も高い線量率を示した。ビームロスの場所をトンネル内部に置いた Al 箔の放射化法から推定する試みを行い、ビーム損失はセプタム電磁石よりも下流の取り出しライン上の四極電磁石にもあり、線量率の高い場所の寄与が大きいと予想される。

- RAD-S-98/46 伴、沼尻、鈴木、高橋、“12GeV PS 盛土上での漏えい中性子の測定 (1)、2-5 B 上でのトランジション通過時のロス”
- RAD-S-98/66 伴、沼尻、鈴木、高橋、佐藤 (皓)、“12GeV PS 盛土上での漏えい中性子の測定 (2)、入射点上での入射時のロス”
- RAD-S-98/67 沼尻、伴、鈴木、高橋、佐藤 (皓)、“12GeV PS 盛土上での漏えい中性子の測定 (3) EP1 ライン上でのビーム取り出し時の損失”

### 2.2.3 陽子数モニター (SEC) 校正

現在、陽子加速器主リングの遅い取り出しビーム強度用モニターとして二次電子放出検出器 (Secondary Emission Chamber, SEC) が用いられている。主リング取り出し後のビーム強度の値は、放射線管理上重要である。このビームモニター (SEC) は、時定数の長い比較的強度の大きいビームを測定するのに適している。しかしながら、SEC は製作時の個性があり使用前の校正が必要であること、また長期間の使用によりビーム照射の影響などから出力応答に経年変化が生じるため、使用前の校正とともに使用中も定期的に校正する必要がある。

校正方法として、モニターに入射する粒子数の絶対値を 10% 以下の精度 (断面積の精度に依存) で比較的容易に測定できる放射化法を用いた。1998 年度は、EP2 ビームライン (東カウンター実験室)、EP1 ビームライン (北カウンター実験室) でそれぞれ 1 回行った。

東カウンターホール側では、取り出し直後のSEC(EP2-SX), Aラインのターゲットの上流側にあるSEC(A)の2台について、4月13日に校正を行った。北カウンターホール側では、取り出し直後のSEC(EP1-SX), AラインのK5ターゲットの上流側にあるSEC(K5), K6ターゲットの上流側にあるSEC(K6)の3台について、6月8日に校正を行った。

試料(Al箔)は、ビームの通過した部分を中心にいくつかに切り取り、部分ごとの入射陽子数を測定した。40mmφの範囲で全体の99%の入射陽子数を示す。入射陽子数は、試料中の半減期53日のBe-7、半減期15時間のNa-24の放射能をGe検出器で測定することにより求められる。薄い標的についての入射陽子数( $N_p$ )は、以下の式から求めた。

$$N_p(\text{入射陽子数}) = \frac{N(\text{生成核数})}{\sigma(\text{断面積}) \times N_t(\text{単位面積あたりの標的核数})}$$

ここで、標的核数( $N_t$ )は、 $1.62 \times 10^{20}$  個/cm<sup>2</sup>である。

たとえばAl(p,x)<sup>7</sup>Be反応から粒子数を求める場合には、断面積  $\sigma$ は、 $7.89 \times 10^{-27}$  cm<sup>2</sup> ( $7.89 \pm 0.16$ mb, 28GeV陽子)である。Be-7の生成数を求める際の誤差は、Ge検出器の検出効率によるもので5%、ピークカウント数による統計誤差1.7%である。断面積の誤差は、2%であるので、全体で、5.6%の誤差となる。他のNa-24の核種についても同様に求められる。

東、北カウンターホールの校正結果について述べる。EP2(東カウンターホール)の結果では、SEC-Aは入射陽子数に対し48%減を示す。EP1(北カウンターホール)-SECの校正結果では、K5のSECが小さめの値(41%減)を示す。これまでの結果から劣化したSECの計数値は、個々のSECの履歴によっても異なるが入射陽子数よりも大きい値を示す傾向があるが、今回は小さい値を示した。EP1ビームラインでは、下流側になるほどNa-24から求めた陽子数とBe-7から求めた値の比が大きくなる。これは二次中性子によるAl(n, $\alpha$ )<sup>24</sup>Na反応の影響と考えられる。校正後のモニターの運用については、校正によって得られた因子から

$$\text{実陽子数} = \text{SECの計数} \times 3 \times 10^9 / \text{因子}$$

として利用している。

(沼尻)

#### 2.2.4 コバルトガラスを用いた線量計の校正

加速器トンネル内で使用する機器の放射線損傷を評価する際、照射線量を知る方法としてコバルトガラスを用いている。放射線に曝されたコバルトガラスは、分光光度計を用いた透過率変化から線量を見積もることができる。今回、コバルトガラスの線量校正をCo-60線を用いて行った。

RAD-D-98/26 沼尻、“コバルトガラスのCo-60線による透過率変化”

#### 2.2.5 200CA-LL型液シン使用時のB.G.評価方法

電子加速器の排水中のトリチウム濃度は、現状では基準を大きく下回り通常問題になることはない。このためB.G.の評価は正確に行われておらず測定値が有意か否かが不明確であった。このことは、KEKBやJLCなどの大強度電子加速器の排水中のトリチウム濃度を推定する際に問題になる。そこでインスタゲルに水を入れた事による見掛けのB.G.の変化およびB.G.の統計変動を検討し、トリチウム濃度測定値の有意性を考えた。その結果、例えばATF排水中のトリチウム濃度は測定限界以下であることがわかった。

RAD-D-98/8 波戸芳仁“200CA/LL型液シン使用時のB.G.評価方法”

## 2.2.6 KEKBで使用するセミリジドケ - ブルの放射線損傷の研究

KEKBではビ - ム位置検出器 (Beam Position Monitor) をリング全周に配置している。これに使用するセミリジドケ - ブルはKEKBの10年以上の運転に耐えることが要求されており、ケーブルの耐放射線性の研究が行われてきた。結果を第7回東京大学研究総合センター - シンポジウム (98/11/16-17) で発表し、以下の報告書が出版された。

UTNST-SMP-7 沖雄一、手島昌己、鈴木健訓、近藤健次郎、“絶縁材料の高線量照射効果”  
pp.282-285.

## 2.2.7 科技庁告示別表に濃度限度が記載されていない短半減期核種の排水中濃度限度の算出

KEKBの冷却水中に放射化により生成する短半減期の放射性核種<sup>11</sup>C、<sup>13</sup>N、<sup>15</sup>Oは生成量が無視できず、科技庁告示別表第1に排水中の濃度限度の値が記載されていない核種である。非現実的な過大評価を避けるため、新たにICRP Pub.66の考え方に基づいてこれらの核種の排水中濃度限度の値を算出した。

結果は<sup>11</sup>C:  $1 \times 10^1$  Bq/cm<sup>3</sup>、<sup>13</sup>N:  $2 \times 10^1$  Bq/cm<sup>3</sup>、<sup>15</sup>O:  $8 \times 10^1$  Bq/cm<sup>3</sup>となった。これらの値は科技庁告示別表第2に示されている濃度限度の値 ( $5 \times 10^{-4}$  Bq/cm<sup>3</sup>、線を放出しない核種についての値) より、約5桁大きい値となった。

この評価は、KEKBの放射線安全対策に利用された。

KEK Report 98-3 沖 雄一、俵 裕子、岩井 敏、“高エネルギー加速器の放射線  
安全対策における短半減期核種の排水中濃度限度の評価について”

## 2.2.8 環境放射能の測定

陽子加速器運転に伴い、ビームライン内空気中や冷却水中に生成した放射性核種は、法及び本機構の管理基準以下の濃度であることを確認し放出され、安全に管理されている。放射線科学センターでは、周辺地域を含めた環境保全の観点から、加速器施設から放出された放射性核種、特にトリチウムが周辺環境に影響をおよぼしていないことを確認するため、1983年以降定期的に本機構敷地内地下水及び周辺河川水中の放射性核種濃度を測定している。また昨年度からは、機構内の地下水位を観測するために設置した約40本の水位観測用井戸も測定点に加え、さらに本年度は、主リング土盛り、カウンターホール等管理区域内にも井戸を設置し、環境放射能の測定を行った。管理区域内の地下水からは、環境レベルよりやや高い濃度のH-3が検出されたが、本機構敷地内の一般区域の地下水及び機構周辺河川水中のH-3は、環境水のレベルであり、周辺環境に影響をおよぼしていないことを確認した。

## 2.2.9 放射線モニタリングシステムの設計開発

### 1. 多重データ送信装置の設計と開発

- KEKB施設におけるSARM測定データの送信方法の変更 -

従来、KEKB施設(旧トリスタン加速器施設)における実験室関連の放射線モニター(SARM、Stand-Alone Radiation Monitor)のデータ収集は、疑似CAMAC回路、レジスター回路、光データリンク回路等の主要部分からなる拡張CAMAC装置を使用して行われてきた[KEK Internal 97-14]。これは各実験室の疑似CAMAC回路を、光データリンク回路を介してAR制御室に設置したローカル監視装置(STATION5)のCAMAC装置により制御することで、実験室内等の遠隔地にあるSARMからのデータであっても、STATIONのCAMAC装置に直接接続されたSARMからのものであるように取り扱うことを可能としたもので、トリスタン加速器施設の計画時に設計開発が行われ、その運転に伴って導入されたものである。しかしながら、設計導入時には、4実験室内のSARMにインターロックを設定することは想定

されておらず、また現在のKEKB施設におけるSARM数の急激な増大を予想することは当然でなかった。このためにKEKBの運転に伴い、

- (a) 各実験室におけるSARM設置可能数を現行の8から20以上へと増大させ、
- (b) インターロック統括回路 [KEK Internal 97-4 及び KEK Progress Report 98-5] へ接続しインターロックを設定、とする対応が必要とされた。

今回、新たに設計開発を行った多重データ送信装置 (Multi-channel Data Transmitter) は、送信回路部と受信回路部からなり、前者を各実験室に、後者を STATION5 の近傍に設置して、両者を従来の光データリンク回路の既設光ケーブルをそのまま利用して接続した状態で使用する。回路構成については別に詳しく述べるが、動作を概略すると、送信回路部においてSARMからの信号 (50 オーム終端で5Vの負論理信号) を各入力チャンネル毎に直接受信し、一定の時間 (200 ミリ秒) 計数を行い、かつPFD回路 (Power Fail Detector、停電・断線等SARMの動作状況に障害が発生したことを検出する回路) によりSARMの状態を調べ、これらの計数値並びに情報を送信する。受信回路部においては、送信された計数値をプリセット設定値とし、パルス発生器からSARMの信号形式に変換した信号を設定数にあわせて各チャンネルに振り分け出力する。このため、STATIONからみると同装置から送られてきた信号は直接接続されたSARMからの信号と全く同等であり、CAMAC内の計数回路やインターロック回路等にそのまま入力することが可能である。入力チャンネル数は20で、各チャンネルあたりの計数率は100kHz以上のレートで送信可能である。送信レートが大きいため、最も1計数値あたりの線量変換係数の小さい20L空気電離箱型SARMにおいても1mSv/h以上の場に相当する線量率データを扱うことが可能である。また、送・受信回路部には独立したデータ出力回路 (RS232C) が設定されており、本装置単独でもSARMの計数処理をコンピュータに接続して行うことができる。

## 2. 核種分析型空気中放射能濃度測定装置の設計と試作

排気 (空気) 中放射能濃度測定の高感度化を目的に、核種分析型空気中放射能濃度測定装置の設計開発を行った。3.5cm厚の鉛遮蔽兼測定容器 (約40リットル) の中心に3" x 3" のNaI(Tl)シンチレーション検出器を設定し、容器内に試料空気を導き内部を還流させながら、その含有放射能を測定する。このとき、同型の測定系を用意し試料空気の採取還流は行わずに、外部放射線の寄与のみを測定するバックグラウンド (BG) 補償を行う。測定エネルギースペクトラム (波高分布) は、制御演算回路でBG計数に関する差し引きを行った後、核種分析される。加速器トンネル室内空気、及びトンネル室内からの排気中放射能として最も問題になるのは、線放出核としてAr-41 (半減期1.8時間、 $E=1.294\text{keV}$ ) 及びC-11 (半減期20.4分)、N-13 (同10分)、O-15 (同2.04分) 並びにF-18 (同110分) の $\beta^+$  放出核種 (エネルギー511keV) である。本装置では、これらのエネルギースペクトラム中で該当するピークを自動的に同定しその計数値を求めるとともに、 $\beta^+$  放出核種に対しては時間的な減衰を測定することで、半減期から対応する核種を決定しその量を算出する。処理の結果は、上述の5つの核種に加えて全 $\beta^+$  放出核種の量に対応する計数値として、独立したチャンネルからSARMの出力信号形式に変換して出力される。数回にわたりNMLビームラインの排気施設において試験測定を行った結果、波高分布測定並びに核種同定、減衰測定等全て問題なく動作した。上述の核種に対する濃度算出結果は、これまでに行われたEP2等における測定と比較して、短半減期のO-15を除いて矛盾がなかった。検出効率はEGS4モンテカルロコードを用いて約4%程度と計算される。これによりBG補償がほぼ満足できる状態で行えれば、 $\beta^+$  放出核種に対して $1 \times 10^{-5}\text{Bq/cc}$ の低濃度まで測定が可能であると評価される。この装置を今回2系統試作し、KEKB機械室 (9SM5 及び筑波実験室) に設置し、トンネル内空気を直接採取して測定を行っている。現在のところ、これらの測定結果において放射性核種の存在を示す有意なピークは見出されていない。



### 3. KEKB 排気モニターの検出効率の検討

KEKB ファクトリーに設置された補償型排気モニターの検出効率を、短半減期陽電子放出核種 ( $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{15}\text{O}$ ) 及び  $^{41}\text{Ar}$  について EGS4 コードを用いて計算した。

RAD-D-98/16 係、“排気モニターの検出効率”

## 3 田無分室

### 3.1 放射線取扱施設使用変更申請書類の作成

1. 蓄積リング TARN II の加速エネルギーの変更、加速粒子の追加
2. 直線加速装置の加速粒子の追加
3. 加速器開発室、TARN II 本体室間の境界の変更に伴うインターロックの変更

上記変更を行った。

1) については「複合粒子の加速」という項目 (概念) の追加により、これまで許可されている粒子の任意の組み合わせを同時に加速することを可能にした。また、陽子加速エネルギーを 500MeV に減少した。2) では重陽子および各種安定イオンの加速を追加した。3) では、直線加速装置の実験エリアの拡張のため、両施設境界位置を変更した。この変更に伴い、インターロックの変更、エリアモニタの追加を行った。

## 4 化学安全・環境関係

### 4.1 依頼分析

機構職員、共同利用者などから寄せられる様々な試料の化学分析、化学処理法の検討を行っている。本年度は約30件の分析依頼を受けた。(CHEM-A参照)以下に、分析法等について新たに検討を行った内容の一部を示す。

#### 4.1.1 日光QCSヘリウム圧縮機で製造されるヘリウムガス中の微量油分の定量

昨年度より、日光QCSヘリウム圧縮機で製造されるヘリウム気体中に混入する微量のコンプレッサーオイル(UCON LB170X)の量を評価するための検討を行っている。粒径が約 $100\mu\text{m}$ のガラスビーズを充填した銅配管、またはビーズを充填しないコイル状の銅配管(1m程度)を液体窒素温度に冷却したコールドトラップに試料ヘリウム気体を通過させることによりオイル成分を採取し、有機溶媒に溶解させた後にフーリエ変換赤外吸収法(FT-IR法)によりオイルの定量を行っている。本年度は、ガラスビーズや配管の事前洗浄の方法、コールドトラップによるオイルの捕集効率、有機溶媒による配管やビーズからの溶離の効率等について新たな検討を行い、より信頼性の高い分析結果を得ることが可能となった。

CHEM-A-98/5, 98/19, 98/24

#### 4.1.2 KEKBマグネット・冷却水配管内閉塞物の成分分析

1998年12月に、KEKB加速用マグネットが異常加熱する事故が発生した。マグネット冷却水の配管を点検したところ、配管内のストレナー部に多量の白色固体が存在するのが確認され、この物質が冷却水配管の閉塞を引き起こした可能性が考えられたため、その化学組成と由来を明らかにする目的で検討を行った。

蛍光X線分析により、Al以上の重元素は試料中にほとんど含まれていないことが明らかになった。赤外吸収スペクトルについて詳細な検討を行った結果、多くの有機化合物に共通するC-H結合の吸収以外にも、カルボキシル基(C=O)、エーテル結合(-C-O-C-)、1,4-置換ベンゼン環などに帰属される吸収帯が観測され、これらの特徴から白色固体の主成分は有機高分子化合物であると推定された。KEKBマグネットにおいては部品固定用にエポキシ樹脂が利用され、マグネットの製造過程においてこの樹脂が冷却水配管内に浸入した可能性が指摘された。硬化型のエポキシ樹脂の赤外吸収スペクトルは、上記白色固体のスペクトルとほぼ完全に一致し、この物質が冷却水配管を閉塞したためにマグネットが加熱したことが明らかになった。

CHEM-A-98/23

### 4.2 地下水動態調査(PSリング床変動と降雨との相関について)

加速器研究施設と工業技術院地質調査所との共同研究

観測期間が不十分なこともあり、PSリングの床変動と降雨との間に明らかな相関を示す結果は得られていない。しかし、PS土盛りに設置した地下水位センサー、電気探査装置、圧力計、水分計の観測データの解析から、雨水の土盛り中の浸透の様子がある程度明らかになった。乾燥した土盛りに急な降雨があった場合、トンネル直上では雨水は直ちには下に浸み込まず、逃げ場を失った空気層の上部に帯水層を形成し、時間をかけて徐々に土盛り内の礫層を通して排水される。

### 4.3 有機廃液及び有害固形物焼却炉におけるダイオキシン類の測定

焼却炉から排出されるダイオキシン類による環境汚染が全国的に大きな問題となっている。本機構に設置されている有機廃液、有害固形物焼却炉はその能力において大気汚染防止法施行令の規制の対象外となっているが、ダイオキシンの発生源となり得る有機塩素化合物の燃焼処理も行っていることから、その実態を把握するためダイオキシン類の測定を実施した。

測定は廃液焼却炉煙道から採取した排ガス試料及び固形物焼却炉の焼却灰について専門の分析業者に依頼した。なお、本機構においては、近年有機塩素化合物廃液の排出量が減少しており、年に数回しか処理を実施していないが、排ガスの採取は、有機塩素化合物焼却時の廃液混合条件(廃油80L、トリクロロエチレン6L、含水有機廃液60L)で燃焼処理時に行った。

分析結果は下表の通りであった。排ガス中のダイオキシン類の毒性等量は、大気汚染防止法による緊急対策の基準である80ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>は充分満足しているが、処理能力4t/h以上の新設炉に適用される最も厳しい基準である0.1 ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>を満足するには至らなかった。また、焼却灰中のダイオキシン類濃度は、旧ガイドラインに沿って建設された15の焼却施設について厚生省が行った測定結果の平均値0.053 ng-TEQ/gを下回るものであった。

	ダイオキシン総量	ジベンゾフラン総量	毒性等量
排ガス	22ng/Nm <sup>3</sup>	91 ng/Nm <sup>3</sup>	2.1 ng-TEQ/Nm <sup>3</sup>
焼却灰	0.27ng/g	1.4 ng/g	0.038 ng-TEQ/g

## 5 放射線科学センター部内レポートについて

従来出されていた放射線安全関係の部内レポート (RAD-A, RAD-D, RAD-S)に加えて、今年度から化学安全関係の部内レポートとしてCHEM-AとCHEM-Wを新たに出すことにした。

- CHEM-A  
機構職員、共同利用者などから寄せられる依頼分析の記録
- CHEM-W  
水質検査業務、実験廃液処理業務、RI 廃水処理業務に関連して行った検討事項の記録

## Chapter 3

### 資料

#### 1 科学研究費補助金

- 基盤研究 B(2) 高分子表層の自由体積評価装置の開発  
(短パルス化低速陽電子ビーム装置の開発)  
研究代表者：鈴木健訓  
研究分担者：沼尻正晴、沖雄一、三浦太一、近藤健次郎
- 基盤研究 C(2) 自己 TOF 型中性子検出器の開発と中性子弾性散乱断面積の評価  
研究代表者：中尾徳晶  
研究分担者：柴田徳思 (KEK)、中村尚司 (東北大学 CYRIC)
- 基盤研究 C(2) 陽電子消滅法による高分子自由体積と緩和現象との相関に関する研究  
研究代表者：鈴木健訓  
研究分担者：沼尻正晴、沖雄一、三浦太一、近藤健次郎
- 基盤研究 C(2) 軽元素の超高感度分析のための光量子・荷電粒子放射化  
- オンライン分離・検出法の開発  
研究代表者：榎本和義
- 奨励研究 (A) 低バックグラウンド液体シンチレーション検出器を用いた宇宙暗黒物質の探索  
伊藤 寛

## 2 センター主催の研究会

### 1. 第7回 EGS4 研究会

日時：1998年7月30日～8月1日

参加者：90名

プロシーディング：KEK Proceedings 98-7, November 1998.

### 2. 「放射線検出器とその応用」(第13回)

共催：東京大学工学部原子力工学研究施設 弥生研究会

応用物理学会放射線分科会

日時：1999年2月8日～10日

参加者：109名

プロシーディング：準備中

## 3 教育活動

柴田徳思

- 非常勤講師

1. 東京都立大学理学部

2. 立教大学理学部

3. 広島大学工学部

沖 雄一

- 非常勤講師

1. 茨城県立医療大学放射線技術科学科

波戸芳仁

- 非常勤講師

1. 東京都立保健科学大学放射線学科

## 4 機構外委員会等活動

柴田徳思

- 日本学術会議第17期会員
  - － 第17期核科学総合研究連絡委員会委員
  - － 同原子力基礎研究専門委員会委員
- 原子力安全委員会専門委員
- 科学技術庁 原子力安全技術顧問
- 京都大学原子炉実験所運営委員会委員
- 東京大学工学部附属原子力工学研究施設運営委員会委員
- 日本原子力研究所基礎研究推進委員会専門委員
- 日本原子力研究所原研・大学プロジェクト共同研究検討委員会委員

平山英夫

- 科学技術庁放射線審議会基本部会  
内部被ばく及び外部被ばくの評価に係る技術指針検討WG構成員
- 日本原子力学会「原子力施設等での遮蔽安全性評価手法及びデータの調査」  
特別研究専門員会 座長
- 日本原子力学会 「遮蔽設計法高度化」研究専門委員会 委員
- 日本原子力研究所炉物理委員会高エネルギー粒子工学専門部会 委員
- 日本原子力研究所第9回放射線遮蔽国際会議組織委員会 委員
- 同企画委員会、プログラム委員会 委員
- 日本保健物理学会 管理区域設定技術指針検討委員会 座長

鈴木健訓

- 財団法人・放射線利用振興協会 放射線利用試験研究デ - タベ - ス検討委員会
- 同委員会 放射線技術専門部会委員

伴 秀一

- 日本原子力学会 「遮蔽設計法高度化」研究専門委員会 委員

榎本和義

- 放射線利用振興協会  
放射化分析支援システム検討会委員
- 日本分析化学会 関東支部 幹事

佐々木慎一

- 電気学会 量子計測高度利用技術調査専門委員会委員
- 応用物理学会 企画運営委員
- 応用物理学会 講演奨励賞選考委員

沼尻正晴

- シグマ研究委員会(日本原子力研究所東海研究所)
- 同 高エネルギー核データ評価 WG 委員
- 同 JENDL 高エネルギー核データファイル積分テストに関するタスクフォース委員

波戸芳仁

- 日本原子力学会 「遮蔽設計法高度化」研究専門委員会 委員

中尾徳晶

- 日本原子力学会 「遮蔽設計法高度化」研究専門委員会 委員
- 日本原子力研究所炉物理委員会高エネルギー粒子工学専門部会 委員



## Chapter 4

### Publication Lists

#### 1 Publications in Periodical Journals (1998.1-1998.12)

1. Ajimura, S., Ishikawa, M., Ikeda, K., Kishimoto, T., Okusu, A., Shinkai, N., Tanaka, Y., Ejiri, H., Nakano, T., Nagae, T., Noumi, H., Manabe, K., Sekimoto, M., Shibata, T., Hashimoto, O., Maeda, K., Takahashi, T., Hasegawa, T., Bhang, H., Park, H., Kim, Y., Youn, M., Motoba, T., and Itonaga, K., "Polarization of  $^5\text{He}$  Produced by the  $(\pi^+, K^+)$  Reaction", *Phys. Rev. Letters* **80**(1998)3471-3474.
2. Bhang, H.C., Ajimura, S., Aoki, K., Hasegawa, T., Hashimoto, O., Hotchi, H., D.Kim, Y.D., Kishimoto, T., Maeda, K., Noumi, H., Ohta, Y., Omata, K., Outa, H., Park, H., Sato, Y., Sekimoto, M., Shibata, T., Takahashi, T., and Youn, M., "Lifetime and Weak-Decay modes of  $\Lambda$  Hypernuclei", *Nucl. Phys.* **A629**(1998)412-415. c
3. Bessho, K., Kanda, Y., Harada, Y., Uchida, T., Teramae, N., "Intramolecular excimer formation dynamics of 1,3-bis(1-pyrenyl)propane incorporated into the surfactant assembly formed at the silica-water interface", *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **315** (1998) 23-28
4. Hirayama, H. and Shin, K., "Application of the EGS4 Monte Carlo Code to a Study of Multilayer Gamma-Ray Exposure Buildup Factors of up to 40 mfp", *J. Nucl. Sci. Technol* **35**(1998)816-829.
5. Iga, K., Ishibashi, K., Shigyo, N., Matsufuji, N., Nakamoto, T., Maehata, K., Numajiri, M., Meigo, S., Takada, H., Chiba, S., Nakamura, T. and Watanabe, Y., "Measurement of Gamma-Ray Production Double-Differential Cross Sections for the Spallation Reaction Induced by 0.8, 1.5 and 3.0 GeV Protons", *J. Nucl. Sci. Tech.* **35** (1998)329-334.
6. Isagawa, S., Kanda, Y., and Suzuki, T., "Present Status of Cold Fusion Experiment at KEK", *Int. J. The Soc. of Mat. Eng. for Resources*, **6**(1998)60-67.
7. Muramatsu, H., Ishii, H., Tanaka, E., Osa, A., Koizumi, M., Sekine, T., Miura, T. and Fujioka, M., "A simple retardation system for low-energy implantation of mass-separated radioactive ions", *Nucl. Instr. Meth.* **B134** (1998) 126-135.
8. Muramatsu, H., Tanaka, E., Ishii, H., Ito, H., Misawa, M., Miura, T., Fujita, Y., Omata, K., Muto, S., Koizumi, M., Osa, A., Sekine, T., Yanaga, M., Endo, K., Nakahara, H. and Fujioka, M., "Calibration and interpretation of Mössbauer isomer shift of the 81-keV transition in Cs-133", *Phys. Rev.* **B 58** (1998) 11313-11321.

9. Muroyama, T., Shinohara, A., Saito, T., Yokoyama, A., Miura, T. and Furukawa, M., "Intensity Patterns of Pionic X Rays Emitted from Some Organic Compounds", *Radiochim. Acta* **80** (1998) 31-36.
10. Namito, Y., Hirayama, H. and Ban, B., "Improvements of low-energy photon transport in EGS4", *Radiat. Phys. and Chem.* **53**(1998)283-294.
11. Ogawa, T., Suzuki, T. and Murakami, M., "Characterization of Poly(silylenemethylene)s by positron annihilation lifetime spectroscopy" *J. Polym.Sci., Part B. Polym. Phys.* **36**(1998)755-761.
12. Ohtsuki, T., Ohno, K., Shiga, K., Kawazoe, Y., Maruyama, Y., and Masumoto, K., "Insertion of Xe and Kr atoms in C<sub>60</sub> and C<sub>70</sub> fullerenes and formation of dimers", *Phys. Rev. Lett.*, **81**(1998)967-970.
13. Ohtsuki, T., Masumoto, K., Sueki, K., Shikano, K., and Shigematsu, T., "Formation of Radioactive HeteroFullerenes", *Res. Rep. Lab. Nucl. Sci.* **31**(1998)40-49.
14. Ootani, W., Minowa, M., Watanabe, T., Ito, Y., Kishimoto, Y., Miuchi, K., Inoue, Y., and Ootuka, Y., "Performance of a Lithium Fluoride Bolometer for Tokyo Dark Matter Search Experiment", *Astroparticle Physics* (**9**)**4**(1998) pp. 325-329.
15. Shin, K. and Hirayama, H., "Description of Multilayer Gamma-Ray Exposure Buildup Factors of up to 40 mfp by the Approximating Model", *J. Nucl. Sci. Technol* **35**(1998)865-873.
16. Sugaya, Y., Ashery, D., Chiba, J., Ito, H., Kimura, K., Kiselev, Yu. T., Kouda, S., Miyano, K., Murakami, T., Murata, J., Nagae, T., Nakai, Y., Nomachi, M., Numajiri, M., Ochiishi, H., Sawada, S., Sekimoto, M., Shibata, T., Suzuki, T., Tanaka, K. H., Vlasov, K. K., Yamanoi, Y., Yasuda, K., and Yoshimura, Y., "Subthreshold Antiproton Production in pA, dA and  $\alpha$  A Reactions", *Nuclear Physics* **A634**(1998)115-140.
17. Suzuki, T., Numajiri, M., Ban, S., Kanda, Y., Oki, Y., Namito, Y., Miura, T., Hirayama, H., Shibata, T., Kondo, K., Takasaki, M., Tanaka, K. H., Yamanoi, Y., Minakawa, M., Noumi, H., Ieiri, M., Kato, Y., Ishii, H., Suzuki, Y., Nishikawa, K., and Mokov, N., "Soil Shielding Benchmark Experiment and Its Simulation with MARS Using Secondary Particles produced by 12 GeV Protons", *Radiat. Prot. Dosi.* **78**(1998)305-312.
18. Takahashi, N., Yokoyama, A., Baba, H., Yamaguchi, T., Yano, D., Saito, T., Nitani, N., Hamajima, Y., Ohtsuki, T., and Masumoto, K., "Sudden Changes in the Characteristics of GDR Fission of <sup>238</sup>U around the Critical Energy for Nuclear Phase Transition", *Radiochimica Acta* **80**(1998)171-179.
19. Zheng, W., Kobayash, Y., Hirata, K. and Suzuki, T., "Mobility of positrons in gamma-irradiated polypropylene and polyethylene" *Radiation Physics and Chemistry* **51**(1998)269-272.

## 2 Publication in Japanese (1998.1-1998.12)

1. 伴 秀一、中村 一、“KEK-PFの放射線安全管理について”, 日本放射光学会誌, 第12巻第1号(1999)6-9.
2. 伴 秀一、J.Li, Y.Tang, S.Liu, 坂本幸夫、“広帯域中性子レムカウンタ(「特集：放射線管理用線量測定器の新しい動向」の中の一部)、保健物理、33(1998)138-139.
3. 深堀智生、向山武彦、前川洋、大山幸夫、千葉敏、高田弘、柴田徳思、中村尚司、馬場護、石橋健二、渡辺幸信、“高エネルギー核データの現状と整備 次世代放射線利用施設構築に向けて ”, 日本原子力学会誌 40(1998)3-28.
4. 波戸芳仁、福土政広、平山英夫、齋藤秀敏、藤崎達也、“EGS4モンテカルロコードによる核医学実習”, 放射線医学物理 18(1998) 211-214.
5. 佐々木慎一、“放射線・プラズマエレクトロニクス”、応用物理 Vol67, No.1(1998)45-46.
6. 佐々木慎一、“放射線・プラズマエレクトロニクス”、応用物理 Vol67, No.6(1998) 707.
7. 佐々木慎一(共著)、“量子ビーム計測・信号処理技術の現状と展望”、電気学会(1998).
8. 柴田徳思、伊藤寛、柴田誠一、野川憲夫、上菟義朋、今村峯雄、静間清、“低エネルギー $\beta$ 線検出器の開発と広島原爆速中性子の評価”、原子核研究 43(1998)69-79.
9. 鈴木健訓、“高分子の自由体積と陽電子消滅 ”、ネットワ - クポリマ - 19(1998)156-166.

### 3 Presentation at Conference *etc.*(1998.4-1999.3)

#### 3.1 International Conference

1. Imamura, M., Shibata, T., Shibata, S., Ohkubo, T., Satoh, S. and Nogawa, N., “ $^{252}\text{Cf}$  Spectrum-Averaged Cross Section for the  $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$  Reaction”, 13th Radiochemical Conference, Marianske, Lazne, Czech Republic, April,1998.
2. Nakao, N., Shibata, T., Ohkubo, T., Sato, S., Uwamino, Y., Sakamoto, Y. and Perry, D. R. “Shielding Experiment at 800 MeV Proton Accelerator Facility,” Proc. 1998 ANS Radiation Protection and Shielding Division Topical Conference, Vol.2, pp192-199, April 19-23, 1998, Nashville, Tennessee.
3. Namito, Y., Hirayama, H. and Ban, S., “Improvements of low energy photon transport in EGS4”, ANS Radiation Protection and Shielding Division Topical Conference, Nashville, USA, I-172 (19-23 Apr,1998).
4. Itoh, S., Miura, T., Furusaka, M., Yasui, S., Ogawa, Y., Kiyonagi, Y., Sasaki, S. and Iijima, K., “Behavior of Be-7 in the Moderator Cooling System at the Pulsed Neutron Source, KENS”, The 14th Meeting of the International Collaboration on Advanced Neutron Sources (ICANS-XIV), June, 1998, Illinois, U.S.A..
5. Nariyama, N., Namito, N., Ban, B. and Hirayama, H., “TLD responses backed by copper, silver and gold for 20-40 keV monoenergetic photons”, MAT49, 12th International conference on solid state dosimetry, Burgos, Spain (5-10 Jul. 1998).
6. Verhaegen, F., Nahum, A., Van de Putte, S., and Namito, Y., “Monte Carlo simulation of kV X-ray units: a comparison of BEAM/EGS4 and MCNP4b2”, AAPM meeting, WIP-T-34 (San Antonio, USA, August 1998). *Med. Phys.* **25**, 1578 (1998)(abstract).
7. Hirayama, H., “General Treatment of Photoelectric-Related Phenomena for Compounds and Mixtures in EGS4”, SARE4, Knoxville, Tennessee, USA, September 13-15, 1998.
8. Hirayama, H., “Inter-comparison of the Medium-Energy Neutron Attenuation in Iron and Concrete (2)”, SATIF4, Knoxville, Tennessee, USA, September 17-18, 1998.
9. Suzuki, T., Hayashi, T. and Ito, Y., “Polymerization of epoxy resins studied by positron annihilation” Presented at 30th Seminar on Positron Annihilation, September 17-21, 1998, Jarnoltowek, Wroclaw, Poland.
10. Itoh, S., Miura, T., Furusaka, M., Yasui, S., Ogawa, Y., Kiyonagi, Y., Sasaki, S. and Iijima, K., “Activation of water in the Cooling system at the Pulsed Spallation Neutron Source, KENS”, 7th ISSP International Symposium, November 24-27,1998, Roppongi, Japan.
11. Hamada, E., Oshima, N., Suzuki, T., Kobayashi, H., Kondo, K., Kanazawa, I., and Ito, Y., “Development of pulsed slow positron beam using a Radioisotope” Proceedings of the International Workshop on Advanced Techniques of Positron Beam Generation and Control, pp.27-30, 16-18 December, 1988, Riken, Wako, Japan.

## 3.2 Other

1. 第35回理工学における同位元素研究発表会(1998年6月29日-7月1日)
  - 濱田栄作、大島永康、鈴木健訓、小林仁、近藤健次郎、金沢育三、伊藤泰男、“低速陽電子の短パルス化”
  - 伊藤 寛, 今村 峯雄, 神庭 信幸、“携帯型蛍光 X 線検出器の製作及び文化財調査への応用”(The development of the portable fluorescent X-ray detector and its application to study on the cultural properties).
  - 三浦太一、高原伸一、石浜茂夫、早坂直人、大塚憲一、“陽子加速器施設における放射化コンクリート中のトリチウム分析方法検討”(Study of analytical method of tritium in activated concrete for proton accelerator facilities).
2. 日本原子力学会 1998 年秋の大会、1998 年 9 月 28 日-30 日, 福井工業大学、福井市 (1998 Fall Meeting of the Atomic Energy Society of Japan).
  - 波戸芳仁、平山英夫、“電子入射時の K-X 線強度シミュレーション”(Simulation of K-X ray intensity from electron incident).
  - 平山英夫、波戸芳仁、伴秀一、“EGS 4 における化合物あるいは混合物での光電吸収関連現象の取扱の改良”(Improvement of Photoelectric Related Phenomena for Compound or Mixture in EGS4).
  - 柴田徳思、“大型ハドロン加速器開発の成果と応用”(Results of Accelerator Development for JHF and its Application).
  - 三浦太一、石浜茂夫、“高エネルギー陽子加速器床下土壤中の放射能濃度”(Concentration of radio-nuclide in soil below high energy proton accelerator).
3. 第42回放射化学討論会、仙台(1998年9月16日-18日)
  - 伊藤泰男、澤幡浩之、鈴木健訓、“陽電子消滅ドップラ - 幅二次元相関測定法の化学への適用の試み”
  - 鈴木健訓、近藤健次郎、濱田栄作、林利明、伊藤泰男、“陽電子消滅法による高分子間空隙の測定”
  - 佐々木慎一、鈴木健訓、近藤健次郎、奥野健二、森本泰臣、“加速器トンネル内空気中に生成するトリチウムの測定 - 中空糸高分子膜を用いたトリチウムの測定”
  - 篠原厚、三浦太一、横山明彦、高宮幸一、真田潤、荒木宏一、金子哲也、斎藤直、高橋琢、村上幸弘、室山俊治、浜島靖典、村松久和、“水素含有気体系における負パイ中間子転移過程の圧力依存性”
  - 吉川広輔、石井寛子、田中栄司、村松久和、三浦太一、小泉光生、長明彦、関根俊明、“金属マトリックス中におけるメスバウア異性体シフトの挙動”
  - 沼尻正晴、鈴木健訓、近藤健次郎、“高エネルギー陽子、重陽子、ヘリウム入射による軽核種の生成断面積”
  - 榎本和義、大槻 勤、伊藤 寛、鹿野弘二、“加速器による C-11 標識多環芳香族化合物の調製”
  - 沖 雄一、神田征夫、近藤健次郎、遠藤 章、大石哲也、“高エネルギー陽子加速器のトンネル内で生成する放射性エアロゾル (チェンバー実験における結果)”
  - 沖 雄一、遠藤 章、神田征夫、大石哲也、近藤健次郎、“高エネルギー陽子加速器のトンネル内で生成する  $^{11}\text{C}$  ガスの化学形”

- 三浦太一、飯島和彦、別所光太郎、古坂道弘、伊藤晋一、石浜茂夫、国府田保、“高エネルギー中性子実験施設の減速材用純粋循環装置ステンレス配管の腐食と Be-7 の付着”
4. 第 47 回高分子討論会、名古屋国際会議場(1998 年 9 月 30 日-10 月 2 日)
    - 小川琢哉、村上正志、鈴木健訓、“陽電子消滅法による極低温におけるポリメチルフェニルシリレンメチレンの緩和挙動の解析”
  5. 日本分析化学会第 47 年会、1998 年 10 月 6-8 日、岐阜大学
    - 別所光太郎、内田達也、神田征夫、寺前紀夫、“石英/水界面に形成される界面活性分子集合体における分子ダイナミクス：時間分解蛍光偏光解消法による解析”。
  6. 第 48 回ネットワークポリマー講演討論会、関西学院大学(1998 年 10 月 22 日-23 日)
    - 大下毅、陶晴昭、鈴木健訓、“陽電子消滅法によるエポキシ樹脂硬化物の自由体積 ”
  7. 技術交流会、1998 年 10 月 22 日、KEK
    - 中村 一、“放射光実験施設の放射線安全管理のための放射線測定”, KEK Proceedings 98-11(1999)41-47.
  8. 高分子学会関東支部茨城若手の会、第 1 3 回交流会セミナー(1998 年 11 月 5 日-6 日)
    - 鈴木健訓、“陽電子消滅法による高分子材料の解析”
  9. 京都大学原子炉実験所専門研究会、「陽電子ビームの形成と物質科学への応用」(1998 年 11 月 12 日-13 日)
    - 鈴木健訓、小林仁、近藤健次郎、濱田栄作、大島永康、金沢育三、伊藤泰男、平出哲也、“高分子解析用陽電子短パルス化技術の開発と高分子中の陽電子消滅”
  10. 第 7 回東京大学研究総合センター - シンポジウム、東京大学山上会館(1998 年 11 月 16 日-17 日)
    - 沖雄一、手島昌己、鈴木健訓、近藤健次郎、“絶縁材料の高線量照射効果” UTNST-SMP-7 pp.282-285
  11. 京都大学原子炉研究所専門研究会「保健物理と放射能動態」及び「環境における水素同位体の化学形転換と動態モデル」、1998 年 11 月、熊取
    - 三浦太一、別所光太郎、石浜茂夫、大塚憲一、“高エネルギー加速器床下土壤中に生成する放射能とその動態”(Behavior of Radioactivities Induced in the Soil Below High Energy Proton Accelerator Beam Line).
  12. 宇宙空間原子分子過程研究会「エキゾチック粒子を含む原子分子過程」宇宙科学研究所(1998 年 12 月 14 日)
    - 伊藤泰男、岡本健一、田中一宏、鈴木健訓、“有機物個体中のポジトロニウムの形成・移動・消滅”
  13. JHF Advisory Committee Meeting, December 7-8, 1998, KEK, Tsukuba.
    - Nakao, N., Irie, Y., Uota, M., Mokhov, N. and Drozhin, A., “Radiation Protection related to the Halo Collection for JHF 3-GeV Booster Synchrotron”.

14. 研究会「放射線検出器とその応用」(13回)、1999年2月5日-7日、KEK
- 柴村英道、佐々木慎一、俵裕子、宮島光弘、“ヨウ化ナトリウムシンチレータの特性”
15. 日本原子力学会1999年春の年会、1999年3月22日-24日、広島大学、東広島市(1999) 1999 Annual Meeting of the Atomic Energy Society of Japan).
- 佐々木道也、布宮智也、中尾誠、中村尚司、中尾徳晶、柴田徳思、“自己TOF検出器による高エネルギー中性子遮蔽実験”(High Energy Neutron Shielding Experiment Using Self-TOF Detector).
  - 伴秀一、平山英夫、波戸芳仁、中村一、秦和夫、佐藤達彦、小田野直光、Sayed Rokni、“高エネルギー電子照射による厚いターゲットからの光中性子測定(1)”(Photoneutron Measurements from Thick Target Bombarded by High Energy Electrons(1)).
  - 佐藤達彦、秦和夫、伴秀一、Heeseock Lee、“高エネルギー電子照射による厚いターゲットからの光中性子測定(2)”(Photoneutron Measurements from Thick Target Bombarded by High Energy Electrons(2)).
  - 佐藤達彦、秦和夫、伴秀一、Heeseock Lee、“重核に対する高エネルギー光核反応による残留核集率測定”(Measurements of Radioactive Residual Nuclides Produced by High Energy Photo-nuclear Reaction for Heavy Materials).
  - 黒沢忠弘、中村尚司、中尾徳晶、柴田徳思、上養義朋、伊藤祥子、福村明史、村上健、“Ar, Si, Fe イオンによる生成二次中性子の測定”(measurements of secondary neutrons produced from thick targets bombarded by Ar, Si and Fe ions).
  - 成山展照、波戸芳仁、伴秀一、平山英夫、“放射光アンジオグラフィのための費均質ファントム内吸収線量分布測定及び解析”(Measurements and calculation of absorbed dose in inhomogeneous phantoms for angiography using synchrotron radiation).
  - 播磨良子、坂本幸夫、黒澤直弘、平山英夫、“点線源二重層 線ビルドアップ係数の近似式”(An Approximation Formula for Point Source Gamma-ray Buildup Factors in Double Layer Shields).
  - 根本 誠、坂本幸夫、平山英夫、播磨良子、“線スカイシャイン線量のラインビームレスポンス関数データ計算における検出器の影響”(Influence of Detector Geometry to the Line Beam Response Function in the Gamma-ray Skyshine Dose Analyses).
  - 中尾徳晶、布宮智也、Kim Eunjoon、黒澤忠弘、谷口真吾、佐々木道也、岩瀬広、中村尚司、柴田徳思、上養義朋、伊藤祥子、坂本幸夫、P. Wright, D. R. Perry、“核破砕中性子源施設ISISにおける遮蔽実験”(Shielding Experiment at Spallation Neutron Source Facility, ISIS).
  - 早坂直人、石浜茂夫、大塚憲一、三浦太一、金野正晴、“放射化コンクリート中のトリチウムの分析方法の検討”(Study of analytical method of tritium induced in concrete).
  - 金野正晴、三浦太一、石浜茂夫、早坂直人、“熱中性子照射により骨材、セメント、コンクリート、低放射化コンクリート中に生成するトリチウムの測定”(Study of analytical method of tritium induced in concrete)
16. 第46回応用物理学会関係連合講演会、1999年3月28日-31日、東京理科大学
- 佐々木慎一、俵裕子、柴村英道、宮島光弘、“NaI(Tl)シンチレータ内での光子輸送に関する実験的考察”

## 4 Reports etc. (1998.4-1999.3)

### 4.1 KEK Proceedings

1. Sasaki, S., Shibata, T., Takahashi, H. and Nakazawa, M. edited, "Radiation Detectors and Their Uses", Proceedings of the 12th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses", 21-23 January, 1998, KEK, Tsukuba, Japan, *KEK Proceedings 98-4*(1998).
  - Hamada E., Oshima N., Suzuki T., Kobayashi H., Kondo K., Kanazawa I., and Ito Y. "放射性同位元素を用いた短パルス化低速陽電子ビームの開発" pp.172-181.
  - Twara, H., "Development CR-39 Plastic Dosimeter for High Gamma-Dose Measurements", pp.264-270.
2. Kurihara, T. and Hyodo, T. edited, "Proceedings of the PF Slow Positron Facility Workshop", KEK, Tsukuba, Japan 24-25 December, 1997, *KEK Proceedings 98-6* (1998).
  - 大島永康、濱田栄作、鈴木健訓、近藤健次郎、金沢育三、伊藤泰男 "放射性同位元素を用いた短パルス化低速陽電子ビーム装置の開発", pp.32-34
  - 濱田栄作、大島永康、鈴木健訓、近藤健次郎、金沢育三、伊藤泰男 "放射性同位元素を用いた短パルス化低速陽電子ビームの高分子材料への応用", pp.133-135
  - 鈴木健訓 "陽電子消滅法による高分子材料の自由体積と緩和に関する研究への展望", pp.130-132
3. Hirayama, H., Namito, Y. and Ban, S. edited, "Proceedings of the Seventh EGS4 Users' Meeting in Japan", July 30- August 1, 1998, KEK, Tsukuba, Japan, *KEK Proceedings 98-7*(1998).
  - Takeda, N., Kudo, K., Hashimoto, H., Kawada, Y., Sugita, T., H. Hirayama, Namito, Y., and Ban, S., "Evaluation of  $\gamma$ -ray response of  $^3\text{He}$  proportional counter by using EGS4", pp.48-54.
  - Shin, K., Sato, T., Ban, S., Nakamura, H., Namito, Y., Hirayama, H., and Rokni, S., "Measurement of photo-neutron yield from thick lead target bombard by 1.2 GeV electrons", pp.71-75.
4. Kawai, M. edited, "JHF Symposium on Neutronics and Radiation Shielding for Spallation Neutron Source, Mar.-1998, KEK, Tsukuba, *KEK-Proceedings 98-16*(1999).
  - Hirayama, H., "Hadron Cascade Monte Carlo Codes", pp.13-21.
  - Ban, S., "Needs of Shielding (Parameter Uncertainty, Activation Problem)", pp.45-47.
  - Shibata, T., "Shielding Design for JHF", pp.99-115.
  - Nakao, N., Shibata, T., Uwamino, Y., Ohkubo, T., Sato, S., Sakamoto, Y. and Perry, D.R., "Deep Penetration Experiment at 800 MeV Proton Accelerator Facility, ISIS", pp.251-258.

### 4.2 KEK Report

1. 沖 雄一、俵 裕子、岩井 敏、"高エネルギー加速器の放射線安全対策における短半減期核種の排水濃度限度の評価について"(Estimation of Concentration Limits of Short-Lived Radionuclides in Drain Water in High Energy Accelerator Facilities), *KEK Report 98-3*(1998).



### 4.3 KEK Internal

1. 平雅文、別所光太郎、神田征夫、“化学安全管理報告-1997年度-”, *KEK Internal 98-1*(1998).
2. 俵裕子、波戸芳仁、平山英夫、竹内康紀、船越義裕、吉岡正和、工藤喜久雄、竹田繁、“KEKB ファクトリー新設と入射路使用方法変更に伴う放射線安全”, *KEK Internal 98-5* (1998).
3. 俵裕子、波戸芳仁、平山英夫、竹内康紀、船越義裕、吉岡正和、工藤喜久雄、竹田繁、“KEKB ファクトリー富士実験室遮蔽体変更に伴う放射線安全”, *KEK Internal 98-8* (1998).
4. 波戸芳仁、俵裕子、平山英夫、竹内康紀、吉岡正和、竹田繁、工藤喜久雄、河田洋、岡本渉、兵藤一行“大強度放射光リング北実験室におけるコンクリート遮蔽の変更と放射線安全対策”, *KEK Internal 98-10* (1998).
5. 三浦太一、平山英夫、鈴木健訓、高原伸一、中村健蔵、佐藤任弘、高崎稔、田中万博、家入正治、野海博之、鈴木善尋、石井晴美、加藤洋二、山野井豊、皆川道文、“ニュートリノビームライン施設の概要とその放射線安全対策”, *KEK Internal 98-11* (1998).
6. Ban, S., Hirayama, H., Hozumi, K., Iijima, K., Itoh, Y., Kuramochi, N., Masumoto, K., Miura, T., Nakao, N., Nakamura, H., Namito, Y., Numajiri, M., Ohhori, Y., Ohkubo, T., Oki, Y., Sakai, S., Sasaki, S., Sato, S., Suzuki, T., Takahara, S., Tawara, H., Toyoda, A., N. Toyoshima, N. and Shibata, T., ”放射線管理報告-1997年度- (in Japanese)”, *KEK Internal 98-14*(1999).

### 4.4 Others

1. Nakao, N., Nakashima, H., Nakao, M., Sakamoto, Y., Nakane, Y., Tanaka, Su., Tanaka, Sh. and Nakamura, T., “Experimental data on Polyethylene Shield Transmission of Quasi-monoenergetic Neutrons Generated by 43- and 68-MeV Protons via the  ${}^7\text{Li}(p,n)$  reaction”, *JAERI-Data/Code 98-013* (1998).
2. 波戸芳仁、“EGS4による電磁カスケード計算”, 日本原子力研究所 モンテカルロシミュレーション研究会, (To be published in Jaeri-Conf.) (1998.9.10-11, 東京).
3. 大山幸夫、馬場 護、渡辺幸信、河野俊彦、沼尻正晴、植木紘太郎、小野田直光、山野直樹、小迫和明、林 克己、義澤宣明、中島 宏、田中 進、前川藤夫、今野 力、深堀智生、千葉 敏、長谷川明、“評価済高エネルギー核データのための実験データの現状及び信頼性評価手法に関する検討—シグマ研究委員会「JENDL 高エネルギー核データファイル積分テストに関するタスクフォース」報告— (1998年11月), *JAERI-Review 98-020* (1998).
4. Iga, K., Ishibashi, K., Shigyo, N., Matsufuji, N., Nakamoto, T., Maehata, K., Numajiri, M., Meigo, S., Takada, H., Chiba, S., Nakamura, T. and Watanabe, Y., “Neutron and Gamma-ray Emission Double Differential Cross Sections for the Nuclear Reaction by 1.5 GeV  $\pi^+$  Incidence”, Proceedings of the 1997 Symposium on Nuclear Data, *JAERI-Conf 98-003*, pp.288-293 (1998).

## 5 Internal Reports of Radiation Science Center (1998.4-1999.3)

### 5.1 RAD-D

- RAD-D 98/1 波戸、“SARM用GMのパルス線源に対する使用限界”
- RAD-D 98/2 波戸、“Dinter-Teschの方法によるBTトンネル内線量評価”
- RAD-D 98/3 俵、“KEKBダンプ周辺の線量”
- RAD-D 98/4 俵、“KEKBファクトリーの排気について”
- RAD-D 98/5 俵、“KEKBリング局所ビーム損失に対する銅ダクトの遮蔽について”
- RAD-D 98/6 沼尻、鈴木、沖、神田、三浦、平山、伴、近藤、  
“高エネルギー加速器施設地下埋設部周辺土壌放射化の評価”
- RAD-D 98/7 波戸、“ロスモニタと地上線量関係づけ・BTロス率”
- RAD-D 98/8 波戸、“200CA/LL型液シン使用時のB.G.評価方法”
- RAD-D 98/9 波戸、“STAC8によるAR北実験棟ハッチ遮蔽計算”
- RAD-D 98/10 沼尻、“陽子加速器施設周辺土壌について(1)主リング盛土の厚さ及土壌密度”
- RAD-D 98/11 沼尻、“陽子加速器施設周辺土壌について(2)主リング内側盛土の放射化評価”
- RAD-D 98/12 波戸、“クルックス管の使用方法”
- RAD-D 98/13 平山、“Fermilab Boosterにおける放射線レベルの測定と  
Moyer Model(KEK)の比較”
- RAD-D 98/14 波戸、平山、俵、“KEKB-HERからの放射光線量の鉛による減衰”
- RAD-D 98/15 波戸、“直線偏光を考慮した点等方向線源のサンプリング”
- RAD-D 98/16 俵、“排気モニターの検出効率”
- RAD-D 98/17 S. Rokni, C. Field, A. Fasso, K. R. Kase, W. R. Nelson, J. Liu, V. Vylet,  
S. Ban, K. Shin, N. Odano, “TOF measurements of photo-neutron from  
thick Pb target by 20 GeV electrons”(暫定版)
- RAD-D 98/18 平山、“KEKで使用している減速材付中性子線量計のパルス場での補正”
- RAD-D 98/19 柴田、“JHF放射線対策4(tentative)”
- RAD-D 98/20 波戸、“ATFの前方プレムがAR用YEL510を直撃した事に関するまとめ”
- RAD-D 98/21 波戸、“BT脱出口からのYEL513Gへの寄与：無視できる”
- RAD-D 98/22 Y. Namito, “Muon BG estimation for 1997-type JLC (2)”
- RAD-D 98/23 俵、“KEKBリング搬入口鉛扉上部から漏洩する放射光線量について”
- RAD-D 98/24 沼尻、“スクリーンモニター中の放射性核種測定”
- RAD-D 98/25 沼尻、“陽子加速器リニアック付近にあったスチール棒の線測定”
- RAD-D 98/26 沼尻、“コバルトガラスの $^{60}\text{Co}$ 線による透過率の変化”

## 5.2 RAD-S

- RAD-S 98/30 伴、中村、“入射時(非高輝度化)の渡り廊下周辺の線量率測定”
- RAD-S 98/31 伴、中村、“入射時(非高輝度化)の渡り廊下周辺の線量測定”
- RAD-S 98/32 伴、中村、“入射時(高輝度化)の実験フロアと渡り廊下の線量率測定”
- RAD-S 98/33 伴、中村、“入射時(高輝度化)の実験フロアと渡り廊下の線量率測定”
- RAD-S 98/34 波戸、中村、国府田、“AR6.5GeV電流蓄積時のBTでの線量率測定”
- RAD-S 98/35 中村、“Xバンド加速管用試験装置シールド内の積算空間線量”
- RAD-S 98/36 飯島、国府田、林、“Dose Rate at Duct Surface in NML Line”
- RAD-S 98/37 中村、石浜、中嶋、“AR南北実験室内の空間線量測定”
- RAD-S 98/38 中村、中嶋、“光源棟実験フロアの積算空間線量”
- RAD-S 98/39 中村、“クライストロンギャラリーの積算空間線量”
- RAD-S 98/40 中村、高橋、国府田、中嶋、中嶋、“高輝度入射時の放射光実験フロアと渡り廊下の空間線量率測定”
- RAD-S 98/41 中村、伴、“低速陽電子運転時の放射線モニターの値について”
- RAD-S 98/42 浦野、小林(仁)、竹内、伴、波戸、“電子陽電子入射器棟の主制御ビームスイッチパネルの交換の確認”
- RAD-S 98/43 飯島、石浜、“Dose Rate at Duct Surface in NML Line”
- RAD-S 98/44 中村、俵、“超伝導加速空洞の線量測定”
- RAD-S 98/45 高原、“東カウンターホールBライン下流部シールド搬出サーベイ”
- RAD-S 98/46 伴、沼尻、鈴木、高橋、“12GeV PS 盛土上での漏えい中性子の測定(1) II-5B上でのトランジッション通過時のロス”
- RAD-S 98/47 波戸、“e<sup>+</sup> BTダンプ時 空間線量率測定”
- RAD-S 98/48 三浦、高原、鈴木、石浜、国府田、“高エネルギー加速器研究機構東カウンターホール汲み上げ井戸における地下水中の放射性同位元素濃度”
- RAD-S 98/49 波戸、“3SY, BT スクリーンモニタ使用時ロスモニタ出力”
- RAD-S 98/50 中村、中嶋、“光源棟実験フロアの積算空間線量”
- RAD-S 98/51 中村、早坂、“電子陽電子入射器棟 A1 電子銃室内の空間線量率測定”
- RAD-S 98/52 伴、中村、“電子陽電子加速器の 1-5 導波管から発生する X 線分布の IP での測定”
- RAD-S 98/53 伴、中村、“電子陽電子加速器の KEKB 用陽電子ターゲット照射中の空間線量率”
- RAD-S 98/54 中村、高橋、石浜、“AR 運転終了直後の表面空間線量率”
- RAD-S 98/55 伴、“電子陽電子入射器棟での 8GeV 電子加速時の空間線量率”
- RAD-S 98/56 伴、中村、“電子陽電子加速器の 1-5 導波管から発生する X 線分布の IP での測定”
- RAD-S 98/57 波戸、中村、林、中嶋、“陽電子ダンプシールドの残留放射能測定”
- RAD-S 98/58 伴、中村、“電子陽電子加速器の B セクターの導波管・SLED から発生する X 線分布の測定”
- RAD-S 98/59 中村、中嶋、“光源棟実験フロアの積算空間線量”
- RAD-S 98/60 中村、林、“運転終了直後のリニアックの表面空間線量”
- RAD-S 98/61 飯島、石浜、“Dose Rate at Duct Surface in NML Line”
- RAD-S 98/62 中村、俵、“入射器機械室の冷却水配管周辺の空間線量率測定と空気中の放射能濃度測定”
- RAD-S 98/63 中村、高橋、石浜、“KEKB ビームトランスポートの運転終了直後の表面空間線量率”
- RAD-S 98/64 俵、国府田、“クライストロン D7-E 線量測定”

RAD-S 98/65	飯島、国府田、中嶋、“Dose Rate at Duct Surface in NML Line”
RAD-S 98/66	伴、沼尻、鈴木、高橋、佐藤(皓)、“12GeV PS 盛土上での漏えい 中性子の測定(2) 入射点上での入射時のロス”
RAD-S 98/67	沼尻、伴、鈴木、高橋、佐藤(皓)、“12GeV PS 盛土上での漏えい 中性子の測定(3) EP1ライン上でのビーム取り出し時の損失”
RAD-S 98/68	飯島、早坂、中嶋、“Dose Rate at Duct Surface in NML Line”
RAD-S 98/69	飯島、早坂、中嶋、“Dose Rate at Duct Surface in NML Line”
RAD-S 98/70	浦野、小林(仁)、阿部、伴、中村、“電子陽電子入射器の インターロック表示系の変更の確認”
RAD-S 98/71	三浦、加藤、渡部、“北カウンターホール EP1 P13 冷却水配管工事の為、 K6 ターゲット周辺サーベイ”
RAD-S 98/72	沼尻、中嶋、“PS リニアック搬入口鉄扉の放射能測定(メモ)
RAD-S 98/73	伴、中村、国府田、石浜、大塚、中嶋、“放射光入射時のライナック 終端部土手周辺の放射線測定”
RAD-S 98/74	伴、中村、国府田、石浜、大塚、中嶋、“BTラインの残留放射能測定”
RAD-S 98/75	飯島、国府田、“Dose Rate at Duct Surface in NML Line”
RAD-S 98/76	中村、中嶋、“光源棟入射時の渡り廊下での線量率測定”
RAD-S 98/77	三浦、石浜、渡部、“EP1 K5 ターゲット駆動装置交換作業の為のサーベイ”
RAD-S 98/78	伴、中村、高橋、大塚、中嶋、“光源棟実験フロアのビーム蓄積時の 空間線量率測定”
RAD-S 98/79	伴、中村、中嶋、石浜、“光源棟入射時サーベイ”
RAD-S 98/80	伴、中村、中嶋、大塚、“放射光リング入射時の入射器土手周辺の 空間線量率”
RAD-S 98/81	伴、中村、“放射光BTラインの残留放射能”
RAD-S 98/82	伴、中村、高橋、“電子リニアックでの8GeV電子ダンプ中のKEKBの BT側線量”
RAD-S 98/83	伴、中村、中嶋、“放射光Bリングシングルバンチ純化操作時の放射線測定”
RAD-S 98/84	中村、“Xバンド加速管用試験装置シールド内の積算空間線量”
RAD-S 98/85	沼尻、“鉄板の放射能測定”
RAD-S 98/86	伴、“電子リニアックでのビーム調整中のアーク部のスリットの影響”
RAD-S 98/87	伴、中村、国府田、中嶋、“放射光リング入射時の渡り廊下とリニアック 土手周辺の放射線測定”
RAD-S 98/88	俵、中村、“D8 加速空洞放射線測定”
RAD-S 98/89	俵、中村、“D5 加速空洞放射線測定”
RAD-S 98/90	中村、高橋、中嶋、“クライストロンギャラリーの積算空間線量”
RAD-S 98/91	中村、高橋、中嶋、“光源棟実験フロアの積算空間線量”
RAD-S 98/92	中村、“放射光リング入射時のリニアック土手周辺の放射線測定”
RAD-S 98/93	中村、中嶋、“D11 加速空洞の放射線測定”
RAD-S 98/94	伴、中村、高橋、“放射光リングのBTの光子線量測定”
RAD-S 98/95	伴、“KEKBコミッシング開始時の電子リニアックでの空間線量”
RAD-S 98/96	高橋、“放射光リング入射時のリニアック土手周辺の放射線測定”
RAD-S 98/97	竹内、俵、波戸、渡部、高橋、“KEKBリング放射化サーベイ”
RAD-S 98/98	波戸、“KEKB-BT 残留放射能サーベイ”
RAD-S 98/99	中村、“ATF 運転終了直後の残留放射能測定”
RAD-S 98/100	竹内、俵、“HERビームライン残留放射能”

- RAD-S 98/101 中村、“KEKB BT TLD 12月測定結果”
- RAD-S 98/102 小林(仁)、竹内、伴、“電子陽電子入射器棟のインターロック鍵の追加とKEKBとの関係の確認”
- RAD-S 98/103 高原、中嶋、中島、“東カウンターホール空間線量率測定”
- RAD-S 98/104 高原、大塚、“EP1ビームライン表面線量率測定結果”
- RAD-S 98/105 中村、“ARトンネル、KEKBトンネル内のラドン測定”
- RAD-S 98/106 伴、“電子陽電子入射器の盛り度の芝生が焼けた時の放射線モニターの値”
- RAD-S 98/107 中村、“KEKB BT TLD 1月測定結果”
- RAD-S 98/108 中村、“フィルムバッジによるKEKB実験室の線量測定”
- RAD-S 98/109 中村、“D2電源室クライストロンの放射線測定”
- RAD-S 98/110 高橋、“放射光リング入射時のリニアック土手周辺の放射線測定”
- RAD-S 98/111 中村、高橋、武田、“放射光リニアック運転直後のビームラインサーベイ”
- RAD-S 98/112 中村、高橋、中嶋、中島、“光源棟及びクライストロンギャラリーの空間線量測定用TLバッジ測定結果”
- RAD-S 98/113 伴、中村、高橋、国府田、中嶋、“PF入射時の土手と周回道路の境界及びコントロール室周辺での放射線量”
- RAD-S 98/114 中村、高橋、中嶋、中島、“PFリング蓄積時のビームラインサーベイ”
- RAD-S 98/115 中村、高橋、国府田、石浜、中嶋、“電子入射時の光源棟フロアの空間線量率”
- RAD-S 98/116 伴、“電子陽電子加速器のKEKBへの陽電子入射試験中の空間線量率”
- RAD-S 98/117 中村、“Xバンド加速管用試験装置シールド内の積算空間線量”
- RAD-S 98/118 中村、“筑波機械室冷却水ポンプ周辺空間線量率測定”
- RAD-S 98/119 伴、中村、高橋、中島、“PFリングビームトランスポートラインのTLD素子による線量測定”
- RAD-S 98/120 中村、“KEKB 1月のフィルムバッジの測定結果”
- RAD-S 98/121 飯島、大塚、“Dose Rate at Duct Surface in NML Line”
- RAD-S 98/122 中村、“D7電源室クライストロンの空間線量率測定”
- RAD-S 98/123 中村、“KEKB BT TLD 2月測定結果”
- RAD-S 98/124 飯島、武田、“Dose Rate at Duct Surface in NML Line”
- RAD-S 98/125 俵、“KEKBリング残留放射能サーベイ”
- RAD-S 98/126 中村、“KEKB 2月のフィルムバッジの測定結果”
- RAD-S 98/127 俵、中村、竹内、“電子入射時の筑波、富士実験室の放射線測定”
- RAD-S 98/128 伴、“電子陽電子加速器のKEKBへ大強度入射試験中の敷地境界での空間線量率”
- RAD-S 98/129 伴、“電子陽電子加速器の南部Jアーク部の空間線量率(電子入射時と陽電子入射時の比較)”
- RAD-S 98/130 波戸、“KEKB大強度スタディ時の敷地境界中性子線量”
- RAD-S 98/131 三浦、渡部、国府田、大塚、“ニュートリノ第2機械棟周辺サーベイ”
- RAD-S 98/132 三浦、渡部、中嶋、武田、石浜、中島、大塚、“ニュートリノビームライン周辺サーベイ”
- RAD-S 98/133 三浦、国府田、中嶋、“ニュートリノビームラインサーベイ”
- RAD-S 98/134 飯島、中嶋、国府田、“Dose Rate at Duct Surface in NML Line”
- RAD-S 98/135 中村、“筑波実験室の門型シールド・ミニシールド外側の中性子測定”
- RAD-S 98/136 中村、“KEKB BT TLD 3月測定結果”
- RAD-S 98/137 俵、“筑波実験室直線部コンクリートシールド周辺の放射線量分布”
- RAD-S 98/138 三浦、国府田、石浜、“北カウンターホール EP1 Aラインダンプ表面線量率測定”
- RAD-S 98/139 中村、“KEKB 3月のフィルムバッジの測定結果”

### 5.3 RAD-A

- RAD-A 98/1 俵、 “KEKB ファクトリーの管理区域の設定について”
- RAD-A 98/2 俵、 “KEKB ファクトリーの管理区域の設定について”
- RAD-A 98/3 俵、 “KEKB ファクトリー 4 実験棟周辺監視区域の設定について”
- RAD-A 98/4 柴田、 “ニュートリノビームライン室に係る管理方法の変更”
- RAD-A 98/5 平山、 “年未年始 管理区域出入り管理業務の一部変更について”
- RAD-A 98/6 柴田、 “テストリニアックの新設に係わる機構内検査(1)”
- RAD-A 98/6 三浦、 “ニュートリノビームラインに係る周辺監視区域の設定”

## 5.4 CHEM-A

	依頼者所属	
CHEM-A-98/1	共同利用	炭素基板，シリコン基板上の銅，ニッケルの蒸着量の決定
CHEM-A-98/2	共同利用	ガラス粉碎試料中の元素組成分析
CHEM-A-98/3	加速器	KEKB 大電力連続波クライストロン T20A(D4-E)・1.2 MW 水負荷用熱交換機配管析出物の元素組成，化学種分析
CHEM-A-98/4	放射線	中性子実験施設減速材用純水中の不溶成分の元素組成分析
CHEM-A-98/5	加速器	日光QCSヘリウム圧縮機で製造されるヘリウムガス中の 微量油分の定量： コールドトラップ用ガラスビーズ，配管の洗浄法の検討
CHEM-A-98/6	加速器	KEKB 大電力連続波クライストロン T30(AR-W1) ・ボイラー循環水（純水）の水質分析
CHEM-A-98/7	加速器	KEKB 大電力連続波クライストロン T30(AR-W1) ・ボイラー内析出物の元素組成，化学種分析
CHEM-A-98/8	加速器	KEKB 大電力連続波クライストロン T31(AR-W1)， T38(AR-W2)，T51(D1-AT)，T53(D7-E)，T34C(D8-E) ・ボイラー循環水（純水）の水質分析
CHEM-A-98/9	加速器	D8 内 30 m <sup>3</sup> タンク純水の水質分析
CHEM-A-98/10	共同利用	炭素基板上の銅の蒸着量の決定
CHEM-A-98/11	放射線	中性子実験施設減速材用純水中の陰イオン濃度の測定
CHEM-A-98/12	放射線	中性子実験施設減速材用純水中の陽イオン濃度の測定
CHEM-A-98/13	施設部	アルミニウムサッシ表面着色部の元素組成，化学種分析
CHEM-A-98/14	加速器	PS 加速管内面の汚れ物質，ステンレスフランジ外側の 付着物の元素組成分析
CHEM-A-98/15	素核研	アトラス検出器のハンダ水溶性フラックス，および洗浄液中 の重金属の定量
CHEM-A-98/16	加速器	PS 冷却水タンク，防錆剤中の元素組成 (特にナトリウム含有量)分析
CHEM-A-98/17	共同利用	炭素基板上のニッケル，銅の蒸着量の決定
CHEM-A-98/18	共同利用	炭素基板，シリコン基板上の金，鉄，ニッケル，銅の 蒸着量の決定
CHEM-A-98/19	加速器	日光QCSヘリウム圧縮機で製造されるヘリウムガス中の微量 油分の定量:FT-IR法による油分の定量における定量下限の検討
CHEM-A-98/20	共同利用	グラファイト基板上の銅の蒸着量の決定
CHEM-A-98/21	共同利用	炭素基板上のニッケル，金の蒸着量の決定
CHEM-A-98/22	加速器	KEKB マグネット・金属部品付着物の元素組成分析
CHEM-A-98/23	加速器	KEKB マグネット・冷却水配管内閉塞物の成分分析
CHEM-A-98/24	加速器	日光QCSヘリウム圧縮機で製造されるヘリウムガス中の微量 油分の定量:コールドトラップ用ガラスビーズの捕集効率の検討
CHEM-A-98/25	共同利用	高純度の臭化カリウム，臭化ルビジウム結晶中に含まれる塩素 イオンの量の決定
CHEM-A-98/26	共同利用	グラファイト基板上の銅の蒸着量の決定
CHEM-A-98/27	共同利用	ニッケル基板上の塩化ナトリウム，塩化カリウムの蒸着量の決定
CHEM-A-98/28	共同利用	高純度の臭化ナトリウム結晶中に含まれる塩素イオンの量の決定
CHEM-A-98/29	共同利用	グラファイト基板上の銅の蒸着量の決定
CHEM-A-98/30	共同利用	グラファイト基板上のニッケルの蒸着量の決定
CHEM-A-98/31	加速器	KEKB 筑波実験室マグネットの冷却水に含まれる無機成分， 有機成分の分析

## 5.5 CHEM-W

- CHEM-W-98/1 食堂，レストランからの排水中に含まれる動植物油脂類の動態調査
- CHEM-W-98/2 界面張力測定法による排水中の界面活性剤濃度の測定法の検討
- CHEM-W-98/3 4-アミノアンチピリン吸光光度法によるフェノール類の定量における分析条件の検討
- CHEM-W-98/4 ランタンアリザニンコンプレキソン吸光光度法とイオン選択性電極法によるフッ化物イオン濃度の測定値の比較