

KEK progress Report 2002-3  
October 2002  
R

# Activity Report of Radiation Science Center in Fiscal 2001

## KEK

Radiation Science Center  
Applied Research Laboratory



High Energy Accelerator Research Organization

放射線科学センター  
2001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 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	Absolute Measurements of the Response Function of an NE213 Organic Liquid Scintillator for the Neutron Energy Range up to 206 MeV . . . . .	2
2	A Development of Integrating Passive Dosimeters and Their Analysis Method for Space Radiation Measurements -A Database Construction for the Analysis-	2
3	Absolute Scintillation Yields of Inorganic Scintillation Crystals and The Factors Affecting Their Resolutions . . . . .	3
4	Average Energy to Produce An Ion Par in Gases for Heavy Ions . . . . .	4
5	Calculation of Beta-ray Bremsstrahlung Spectrum using Monte Carlo Method	4
6	Characterization of Radionuclides and Noxious Gases Produced in the High-Energy Accelerator Tunnel Air . . . . .	4
	6.1 Study on the formation mechanism of radioactive aerosols . . . . .	5
	6.2 Development of analytical methods for noxious gas measurements . . .	5
7	Complexation Properties of Crown Ether Chromoionophores with Alkali Metal Ions in Surfactant Micelles . . . . .	5
8	Correlation between Tritium and $^{152}\text{Eu}$ Induced in Various Types of Concrete by Thermal Neutron Irradiation . . . . .	6
9	Development of a Secondary Fragment Spectrometer from Tens MeV Particle Induced Reactions . . . . .	6
10	Development of EGS5 code . . . . .	7
11	Development of the Measuring System for Electronic X-rays Following Atomic Capture of Negative Pions . . . . .	7
12	Development of Slow Positron Beam for Positron and Positronium Chemistry	8
	12.1 Application of pulsed slow-positron beam to low-density polyethylene film	8
	12.2 Characterization of polymer sub-surface using slow positron beam . . .	8
13	Development of Silver-Activation Type neutron Detector . . . . .	8
14	Development of Thermal Neutron Calibration Field . . . . .	9
	14.1 Development of thermal neutron calibration field with graphite pile . . .	9
	14.2 Studies on thermal neutron perturbation factor needed for bulk sample activation analysis . . . . .	9
15	DUCT-III: A Simple Design Code for Duct-Streaming Radiations . . . . .	9
16	ECCO: Th/U/Pu/Cm Dating of Galactic Cosmic Ray Nuclei . . . . .	10
17	EGS4 Shower Display System (EGS4PICT) Windows 32 Bits Version . . . . .	10
18	Estimation of the Fast Neutron Fluence of the Hiroshima Atomic Bomb . . . .	11
	18.1 Reassessment of the fast neutron fluence of the Hiroshima atomic bomb	11

18.2	Measurement of the excitation function for $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$ . . . . .	11
19	<b>Evaluation of Residual Radioactivity in Accelerator Facilities for Decommissioning</b>	12
20	<b>Experiments Using Synchrotron Radiation</b> . . . . .	12
20.1	L-X ray from Pb and W targets . . . . .	12
20.2	Evaluation of linearity for the radiophotoluminescence glass dosimeter based on monochromatic X-rays . . . . .	12
20.3	Response characteristics of GafChromic film MD-55 to 10-40 keV monoenergetic photons . . . . .	13
20.4	Measurement of X-ray spectrum from undulator by measuring the scattered X-ray from He gas in Spring-8 . . . . .	13
20.5	Dose comparison using a Si photodiode and a cavity ionization chamber at BL20B2 synchrotron radiation beamline in Spring8 . . . . .	13
20.6	Development of beam intensity monitors for intense undulator X-rays in Spring-8 . . . . .	14
20.7	Dose measurements in inhomogeneous bone/tissue and lung/tissue phantoms for angiography using synchrotron radiation . . . . .	14
20.8	Comparison of in-phantom dose distribution for coronary angiography using an x-ray machine and synchrotron radiation . . . . .	15
21	<b>Fundamental Studies of Tritium Separation Using Polyimide Membrane and Its Application for Tritium Monitors in Accelerator Facilities</b> . . . . .	15
22	<b>High-energy Photoneutron Spectra from 2 GeV Electrons Incident on Targets</b>	16
22.1	Measurement of the neutron spectrum by the irradiation of a 2.04-GeV electron beam into thick targets . . . . .	16
22.2	Systematics of differential photoneutron yields produced from Al, Ti, Cu, Sn, W, and Pb targets by irradiation of 2.04 GeV electrons . . . . .	16
22.3	Photo-neutron source using 2 GeV electron linac for radiation shielding research . . . . .	16
22.4	Measurements of photo-neutrons from thick aluminum target by 2 GeV electrons . . . . .	17
22.5	Calibration of scintillators with Pb collimator by using a neutron source at TIARA, and measurements of photo-neutron spectra by the scintillators	17
23	<b>Improvement of Low Energy Photon Transport in EGS4 code</b> . . . . .	17
24	<b>Leakage X-Ray Spectra in 3GeV Synchrotron Radiation Facility</b> . . . . .	18
25	<b>Measurement of Deep Penetration of Neutrons Produced by 800-MeV Proton Beam Through Concrete and Iron at ISIS</b> . . . . .	18
26	<b>Measurements of Light Charged Particles from 2 GeV Electrons incident on Thin Target</b> . . . . .	19
26.1	Light charged particles emitted from Al, Cu, W with 2 GeV electrons .	19
26.2	Application of CTOF method for the measurement of secondary charged particle by 2 GeV electrons . . . . .	19
27	<b>Measurements of Scintillation Photons in High Pressure Rare Gases</b> . . . . .	19
28	<b>Migration of Radionuclides Induced in Soil Below the 12 GeV Proton Accelerator Facility at KEK</b> . . . . .	20

29	Production Cross-Sections of Carbon-14 in Al by Nuclear Spallation Reactions	20
30	Radioactivity in a Beam Line Tunnel at Proton Accelerator Facilities . . . . .	20
31	Radioactivity in Aluminum, Water and Carbon Beam Dumps by 2-2.5 GeV Electrons . . . . .	21
32	Resonance Ionization Spectroscopy (RIS) by Lasers . . . . .	21
33	Response of Gamma-ray Personnel Dosimeters in Neutron Fields . . . . .	21
	33.1 Response of OSL dosimeter in the leakage radiation fields at high-energy accelerators . . . . .	21
34	Scintillation Efficiency of Solid Scintillators for High Energy Particles . . . . .	22
35	Study on Activation Analysis of Light Elements using Accelerators . . . . .	22
	35.1 Charged particle activation analysis of nitrogen in silicon . . . . .	22
	35.2 Photon activation analysis of carbon in iron and glass samples . . . . .	22
36	Study on Positron Annihilation and Positronium Chemistry . . . . .	23
	36.1 Positron irradiation effects on positronium formation in polycarbonate during a positron-annihilation experiment . . . . .	23
	36.2 Polymerization of epoxy resins studied by positron annihilation . . . . .	23
37	Study of X Ray Protective Clothes Material . . . . .	23
38	The EGS4 Workshop, Class and User Support . . . . .	24
	38.1 The EGS4 workshop and class . . . . .	24
	38.2 User support concerning EGS4 . . . . .	24
	38.3 Lecture Note: Education for Radiations using EGS4PICT32 . . . . .	24
39	Transition properties of PET observed by CL and PALS . . . . .	25
<b>Chapter 2 研究支援活動</b>		<b>26</b>
1	体制 . . . . .	27
	1.1 化学安全管理体制 . . . . .	27
2	放射線安全管:区域管理関連 . . . . .	28
	2.1 第1区域 . . . . .	28
	2.2 第2区域 . . . . .	28
	2.3 第3区域 . . . . .	29
	2.4 第4区域 . . . . .	29
	2.5 第5区域 . . . . .	30
	2.5.1 KEKB 関連 . . . . .	30
	2.5.2 PF-AR, BT, アセンブリーホール関係 . . . . .	30
	2.6 第6区域 . . . . .	31
	2.7 機構長の指定する放射線発生装置関係 . . . . .	31
3	放射線安全:横断的業務関連 . . . . .	33
	3.1 Ge 型半導体検出器による放射能濃度測定における検出限界値について . . . . .	33
	3.2 KEK の加速器で漏洩放射線場の中性子が X/ $\gamma$ 線線量計に与える影響 . . . . .	33
	3.3 出入管理システムの更新 . . . . .	33
	3.4 照射棟 X 線発生装置の特性試験 . . . . .	34
	3.5 放射線安全教育 . . . . .	34
	3.6 放射線モニタリングシステムの設計開発 . . . . .	34
	3.6.1 放射線モニタリングシステム . . . . .	34

3.6.2	放射線モニター (SARM) に関する研究開発	35
3.7	環境放射能の測定	35
4	化学安全・環境関係	36
4.1	依頼分析	36
4.1.1	KEKB フロースイッチ内黒色付着物の分析	36
4.1.2	電動機内部付着物の分析	36
4.1.3	電子ビーム位置モニター用 SMA フィードスルー付着物の分析	36
4.1.4	12GeV PS 主リング電磁石ストレナ、定流量バルブ、流量スイッチ内堆積物の分析	36
4.2	有機廃液の管理体制の検討	37
5	放射線科学センター部内レポートについて	38
5.1	放射線関係の部内レポート	38
5.2	化学安全関係の部内レポート	38
<b>Chapter 3</b>	<b>資料</b>	<b>39</b>
1	科学研究費補助金	39
2	高エネルギー加速器研究機構共同開発研究	39
3	センター主催の研究会	40
4	講演、講習会講師	41
5	教育活動	42
5.1	総合研究大学院学生	42
5.2	他大学非常勤講師等	42
6	機構外委員会等活動	43
7	放射線科学センター名簿	46
<b>Chapter 4</b>	<b>Publication Lists</b>	<b>47</b>
1	Publications in Periodical Journals (2001.1-2001.12)	47
2	Publication in Japanese (2001.1-2001.12)	49
3	Book	49
4	Presentation at Conference <i>etc.</i> (2001.4-2002.3)	50
4.1	International Conference	50
4.2	Other	51
5	Reports <i>etc.</i> (2001.4-2002.3)	55
5.1	KEK Proceedings	55
5.2	KEK Report	55
5.3	KEK Internal	55
6	Internal Reports of Radiation Science Center (2001.4-2002.3)	56
6.1	RAD-D	56
6.2	RAD-S	57
6.3	RAD-A	64
6.4	CHEM-A	65
6.5	CHEM-W	66

# 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 2001.



## 1 Absolute Measurements of the Response Function of an NE213 Organic Liquid Scintillator for the Neutron Energy Range up to 206 MeV

N. Nakao, T. Kurosawa<sup>1</sup>, T. Nakamura<sup>1</sup>, Y. Uwamino<sup>2</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Tohoku Univ., <sup>2</sup>RIKEN*

The absolute values of the neutron response functions of a 12.7-cm diameter by 12.7-cm long NE213 organic liquid scintillator were measured using a quasi-monoenergetic neutron field in the energy range from 66 to 206 MeV via the  ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$  reaction in the ring cyclotron facility at RIKEN. The measured response functions were compared with calculations using a Monte Carlo code developed by Cecil et al. The measurements clarified that protons escaping through the scintillator wall induced by high-energy neutrons increase from 6% for 66 MeV neutrons to 35% for 206 MeV neutrons, and that this wall effect causes a difficult problem for n- $\gamma$  discrimination. Measured response functions without the wall-effect events were also obtained by eliminating the escaping-proton events in the analysis, and compared with calculations using a modified Monte Carlo code. Comparisons between the measurements and calculations both with and without any wall-effect events gave a good agreement, but some discrepancy in the light output distribution could be found, mainly because the deuteron generation process was not taken into account in the calculation. The calculated efficiencies for 10-MeVee threshold, however, also gave good agreement within about 10% with the measurements.

Published in *Nucl. Instr. and Meth. A* **463**(2001)275-287.

## 2 A Development of Integrating Passive Dosimeters and Their Analysis Method for Space Radiation Measurements -A Database Construction for the Analysis-

M. Masukawa<sup>1</sup>, T. Hayashi<sup>5</sup>, H. Kumagai<sup>3</sup>, M. Masaki<sup>3</sup>,  
A. Nagamatsu<sup>1</sup>, H. Tawara<sup>1,2</sup>, H. Yasuda<sup>4</sup>, and N. Yasuda<sup>4</sup>  
*<sup>1</sup>NASDA, <sup>2</sup>KEK, <sup>3</sup>AES, <sup>4</sup>NIRS, <sup>5</sup>Waseda Univ.*

We are planning to measure space radiation using passive dosimeters, TLD-MSO ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4: \text{Tb}$ ) and CR-39 plastic nuclear track detectors[1]. These are very compact and suitable for being installed on a spacecraft. Researchers, who are going to plan space biological experiments, have requested that NASDA deliver dosimetric data for every experiment. Our principal purpose is to evaluate physical quantities such as absorbed doses, dose equivalents, and LET distributions in the LET region over 10 keV/mm-water. We have been establishing methods and technologies for speedy, accurate dosimeter analysis. The sensitivities of TLD-MSO and CR-39 were investigated by exposing them to beams of protons, heavy ions, and gamma rays at temperatures from  $-80^\circ\text{C}$  to  $60^\circ\text{C}$ . Samples were stored for six months at maximum at the same temperature and measured in order to study fading properties. Since high-energy protons are the majority elements in space radiation fluxes in the low Earth orbit, we started some preliminary experiments and the development of a computational code to investigate how the protons affect on the radiation doses through target fragmentation. At the outset, we analyzed the energy and LET distributions of target-fragmented particles generated in the CR-39 material. The data from experiments and calculations mentioned above allow us to improve the accuracy in space radiation dosimetry. In this workshop, we report the following results obtained from the experiments:

(1) the response of TLD-MSO for protons and heavy ions is proportional to the absorbed dose up to 100 mGy, (2) in the high LET region (exceeding 10 keV/mm-water), the sensitivity of TLD-MSO to heavy ions decreases with increasing LET of an irradiated particle, and (3) the calibration curves of CR-39 are obtained at various incident angles of the heavy ions from 10° to 90° using an automated microscope. We will also announce the temperature dependencies of the CR-39 and TLD sensitivities and the present status of the development of CR-39 analyzing systems. \*Research Project with Heavy Ions at NIRS-HIMAC.

[1] H. Tawara et al., *Ionizing Radiation*, Vol.27, No.4 (2001) 29-41, in Japanese.

Presented at the 2nd International Workshop on Space Radiation Research (IWSSRR-2), Nara, Japan, March 11-15, 2002.

### 3 Absolute Scintillation Yields of Inorganic Scintillation Crystals and The Factors Affecting Their Resolutions

S. Sasaki, H. Tawara, K. Saito<sup>1</sup>, M. Miyajima<sup>2</sup> and E. Shibamura<sup>3</sup>

*KEK, <sup>1</sup>The Graduate University of Advanced Studies,*

*<sup>2</sup>Faculty of Engineering, Fukui University, <sup>3</sup>College of Health Science, Saitama Prefectural University*

The average energy per scintillation photon  $W_s$  in NaI(Tl) crystals is determined to be  $14.2 \pm 0.3$  eV from the absolute measurement of photoelectrons from photo-multiplier photocathode and the evaluation of photon transport in the crystals due to Monte-Carlo simulations. The factors affecting the energy resolution are also examined from a point of the number of photons. The calculated resolution agrees well with that obtained in the measurement.

$W_s$  is defined as  $N_p/E$ , where  $N_p$  is the number of scintillation photons produced in the crystal for the gamma ray with an energy of  $E$  to express the absolute scintillation efficiency of a scintillator in this study.  $N_p$  is given by the relation:  $N_{pe} = N_p \times F_c \times Q_e$ , where  $N_{pe}$  is the number of photoelectrons from the photocathode of a photomultiplier tube (PMT),  $F_c$  the fraction of photons collected at the photocathode, and  $Q_e$  the quantum efficiency of it.  $N_{pe}$  can be measured precisely by operating the PMT as a photodiode and using the preamplifier calibrated in terms of absolute charge numbers.  $Q_e$  can be measured independently as a function of wavelength.  $F_c$  is evaluated by calculating the number of photons from the energy deposition using the electron response function in the crystal with the EGS4 code and by simulating the following photon transport inside the crystal using another Monte-Carlo code (SPC3) incorporated into the EGS4 code (EGS4/SPC3).

In the system of the crystal coupled to the PMT, a part of photons reflected at the PMT window returns to the crystal and comes again to the window after reflection. Namely, for the accurate evaluation of the photon-photoelectron conversion at the photocathode, it is necessary to obtain intrinsic quantum efficiency that does not include the effects due to the reflection at the PMT window surface. The gross reflectance of the PMT window was measured as a function of angle and wavelength of the incident monochromatic light with an absolute reflectometer (Shimazu, MPC2200+UV2400). The reflectance of the window averaged for scintillation intensity from NaI(Tl) crystal was 0.23. Since the reflectance of the window surface alone  $R_w$  is calculated to be 0.04, the reflectance of the photocathode  $R_c$  is estimated to be 0.20. Then, the average intrinsic efficiency of the photocathode  $Q_i$  is obtained to be 35.4% from the following equation;

$$Q_i = Q_e / (1 - R_w)(1 - R_c). \quad (1.1)$$

$Q_i$  obtained above was used in the determination of  $W_s$ .

Published as the 2001 IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record and KEK Proceedings 2001-20.

Presented partly at the 62th Conference of the Japan Society of Applied Physics in Sapporo, 2001 IEEE Nuclear Science Symposium in San Diego, USA, and the 16th workshop on Radiation Detectors and Their Uses in KEK.

#### **4 Average Energy to Produce An Ion Par in Gases for Heavy Ions**

S. Sasaki, T. Sanami, H. Tawara, N. Yasuda<sup>1</sup> and A. Fukumura<sup>1</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>National Institute of Radiological Sciences*

In order to determine  $W$ , the average energy to produce an ion pair, for heavy particles from accelerators, a gridded ionization chamber system was designed and constructed. The performance was examined by measuring the number of electrons produced in Ar and in the mixture of Ar+CH<sub>4</sub>(10%) by He, C and Ne ions from HIMAC in the National Institute of Radiological Sciences.

In the charged particle radiation therapy, it is very important to know the energy deposition in target materials. The value of  $W$  plays an important role in determining the amounts of deposited energy using the cavity theory. The value of  $W$  for heavy particles, however, has not been measured systematically, though  $W$  is believed to show strong dependence of the species and the energies of projectile particles. The very few data of  $W$  for heavy charged particles are available at present. The aims of this study are to measure  $W$  for heavy particles in several gases and to present the precise data of  $W$ .

#### **5 Calculation of Beta-ray Bremsstrahlung Spectrum using Monte Carlo Method**

Y. Baba<sup>1</sup>, M. Fukushi<sup>1</sup>, H. Saitoh<sup>1</sup>, Y. Namito<sup>2</sup>,  
*<sup>1</sup> Tokyo Metropolitan Univ. of Health Sci. <sup>2</sup> KEK*

It has been long time since cancer became the biggest reason for death in our country. Now QOL of the patient becomes important. Especially, the relaxation of a pain in bone penetrated by cancer is a point. The utilization of beta ray emission element is investigated. Among several beta ray emitters, Sr-89 is the most promising one because it is a pure beta emitter, and the beta ray energy is relatively high (1.497 MeV) and its effective range is short (2.4 mm). The motion of Sr-89 is similar to Ca and Sr-89 is concentrated in bone where Ca metabolism is large. This means small effect to surrounding organs and effective expose to penetrated part. In this study we calculated bremsstrahlung x-ray spectra from Sr-89 and P-32 (1.711 MeV, effective range 3.0 mm) using EGS4 code.

#### **6 Characterization of Radionuclides and Noxious Gases Produced in the High-Energy Accelerator Tunnel Air**

During the operation of high-energy accelerators, radioactive gases and noxious gases, such as ozone and nitrogen compounds, are produced in the air of beam-line tunnels at high-energy accelerator facilities. The airborne radioisotopes give rise to a radiation hazard, and ozone constitutes a health hazard owing to its high radiolytic yield and toxicity. Nitrogen compounds have a potential for corrosion of the components near the beam chamber of accelerator.

It is of great concern to clarify the physicochemical properties of these radioactive gases and to estimate the generation of radiolytic gases concerning the aspects of personnel safety and machine maintenance at accelerator facilities.

## 6.1 Study on the formation mechanism of radioactive aerosols

Y. Kanda, Y. Oki, A. Endo<sup>1</sup>, K. Sato<sup>1</sup>, H. Noguchi<sup>1</sup> and T. Iida<sup>2</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>JAERI, <sup>2</sup>Nagoya University*

The air-borne radioisotopes are present not only as gases in various chemical forms but also as aerosols. To elucidate the formation mechanism of radioactive aerosols produced in accelerator tunnels, argon containing DOP(dioctylphtahlate) particles have been irradiated with quasi-monoenergetic neutrons at AVF cyclotron facility, TIARA. Studied was dependence of the size distributions of Cl-38, Cl-39, and Br-84 aerosols on the size of DOP particles, the energy of irradiation neutrons, and the kinds of radioactive nuclides.

## 6.2 Development of analytical methods for noxious gas measurements

Y. Kanda and M. Taira  
*KEK*

We have previously developed a wet effluent diffusion denuder for the continuous sampling of gases, and monitoring methods of nitrous and nitric acids of the radiolytic gases, based on their reduction to NO and a subsequent detection with a chemiluminescence NO<sub>x</sub> monitor. The technique was applied to the determination of nitrite and nitrate in aqueous samples by coupling with a flow injection analysis technique. And we determined the amounts of nitrate, produced by radiolysis of the air and deposited on the floor and wall in the accelerator tunnels, by washing out from the smear samples.

Presented at the 50th annual meeting of the Japan Society for Analytical Chemistry, Kumamoto Univ., Nov. 23-25, 2001.

## 7 Complexation Properties of Crown Ether Chromoionophores with Alkali Metal Ions in Surfactant Micelles

K. Bessho, Y. Kanda, H. Yamamoto<sup>1</sup>, T. Hayashita<sup>2</sup>, and N. Teramae<sup>2</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>TOKUYAMA Co. Ltd., <sup>2</sup>Tohoku Univ.*

Chromogenic crown ether compounds (chromoionophores), which show UV-Vis spectral changes accompanied by complexation with alkali metal ions, have potential ability for monitoring the concentration of alkali metal ions in aqueous samples. However hydration of metal ions weakens ion-dipole interaction between metal ions and crown ethers, so spectral changes accompanied by complexation can be observed only in pure organic solvents or high content organic solvent - water mixed solutions. If chromoionophores show spectral responses to alkali metal ions in aqueous solutions, direct monitoring of alkali metal ions in aqueous samples would be feasible.

Surfactant molecules form molecular assemblies called micelles in aqueous solutions, and it can be expected that complexation ability of crown ethers increase in aqueous micellar solutions because of

nonpolar environment inside surfactant micelles. We examined the complexation properties of  $\text{Na}^+$  selective chromoionophores in three kinds of surfactant micelles and found that dibenzo-16-crown-5 type chromoionophores and calix[4]crown type chromoionophores show large spectral responses to  $\text{Na}^+$  ions in aqueous surfactant solutions. Although the concentrations of surfactants were below 0.5%(w/v), the complexation equilibrium constants between chromoionophores and  $\text{Na}^+$  ions were equivalent to the complexation constants in 50%(v/v) 1,4-dioxane - water mixed solutions. Effect of surfactant micelles on enhancing complexation ability of chromoionophores was found to be highly dependent on the structure of their binding sites. These characteristics are explained on the basis of the location of the chromoionophores inside surfactant micelles.

## 8 Correlation between Tritium and $^{152}\text{Eu}$ Induced in Various Types of Concrete by Thermal Neutron Irradiation

M. Konno, K. Kimura, T. Ishikawa<sup>1</sup>, T. Miura<sup>2</sup>, S. Ishihama<sup>3</sup>, N. Hayasaka<sup>3</sup> and T. Nakamura<sup>4</sup>  
*Fujita Co., <sup>1</sup>Institute for Environmental Sciences,*  
*<sup>2</sup>KEK, <sup>3</sup>TNS, <sup>4</sup>Tohoku University.*

Tritium induced in BWR reactor shielding wall and PWR biological shielding wall irradiated by thermal neutrons is considered to be the critical radionuclide for trench disposal management in Japan. For the purpose of tritium quantification, preparing a specimen of activated concrete without letting tritiated water scatter away is, however, practically impossible. This calls for an alternative means of tritium quantification through indirect estimation from measurement of a substitute radionuclide, such as  $^{152}\text{Eu}$ , that is easy to quantify. Many types of concrete and their raw materials were sampled and irradiated by thermal neutrons of the JRR-4 reactor to find out the correlation existing in irradiated concrete between the specific activities of tritium and of  $^{152}\text{Eu}$ . The induced activity of  $^{152}\text{Eu}$  was measured by Ge detector, and that of tritium by liquid scintillation counter. From the results measured on the various types of concrete, the formula obtained empirically between  $^3\text{H}$  and  $^{152}\text{Eu}$  was  $^3\text{H}(\text{Bq/g}) = ^{152}\text{Eu}(\text{Bq/g}) \times (5 \sim 27)$ . Another noteworthy finding is that the ratio of the quantity of tritium induced by thermal neutrons is 1:46 between low-activation concrete and ordinary concrete.

Published in *J. Nucl. Sci. Technol.* **39**(2002)215-225.

## 9 Development of a Secondary Fragment Spectrometer from Tens MeV Particle Induced Reactions

T. Sanami, M. Hosokawa<sup>1</sup>, M. Hagiwara<sup>1</sup>, M. Baba<sup>1</sup>, S. Tanaka<sup>2</sup>, H. Nakashima<sup>2</sup>, M. Takada<sup>3</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Tohoku Univ., <sup>2</sup>JAERI, <sup>3</sup>NIRS*

A secondary fragment spectrometer from tens MeV particle induced reaction is developed. The spectrometer is cylindrical parallel plate ionization chamber with grid to distinguish fragments by the bragg curve spectroscopy method (Bragg Curve Spectrometer (BCS)). The BCS is tested with fragments from polyethylene sample bombarded 100 MeV alpha particle at NIRS AVF cyclotron facility. Fragments from He to C can be separated clearly. We also adopt the BCS to tens MeV neutron field to measure fragments from neutron induced reactions.

Neutrons are produced by the  ${}^7\text{Li}(p,n)$  reaction at TIARA AVF cyclotron in JAERI. The energy spectrum of Li, Be, B and C from thick Carbon sample (100 and 200  $\mu\text{m}$  thickness) are obtained.

Presented partially at the symposium of Radiation detectors and their uses (KEK 2002).

## 10 Development of EGS5 code

H. Hirayama, Y. Namito, A. F. Bielajew<sup>1</sup> and W. R. Nelson<sup>2</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Univ. of Michigan, <sup>2</sup>SLAC*

Efforts were continued to develop the unified version of improvements of EGS4 code. Tabulated expression of Compton profile is used in KEK improvement of EGS4 code and this will be included in EGS5 code. In Penelope program analytical expression of Compton profile is included. These two expressions of Compton profile is compared and tabulated one were found to be better in agreement with experiment.

## 11 Development of the Measuring System for Electronic X-rays Following Atomic Capture of Negative Pions

A. Shinohara, K. Goto, Y. Kasamatsu, Y. Shoji, T. Miura<sup>1</sup>,  
K. Takamiya<sup>2</sup>, A. Yokoyama<sup>3</sup> and Y. Hamajima<sup>3</sup>  
*Osaka University, <sup>1</sup>KEK,*  
*<sup>2</sup>Research Reactor Institute Kyoto University, <sup>3</sup>Kanazawa University*

Recently we observed the influence of the valence electrons on the pion capture and pion transfer processes, and proposed a new pion capture model. It is necessary for a further understanding of the mechanism that the initial step in the capture process is directly observed and the whole of the capture process is microscopically investigated.

The experiments were performed at the  $\pi\mu$  channel of EP2 beam-line at KEK. The electronic and pionic X rays which were emitted from the target during pion irradiation were measured. When a pion was captured on an atom with the atomic number  $Z$ , the electronic X rays for  $Z$  and  $Z-1$  atoms were observed in the photon spectrum. The experimental results indicated that the intensity patterns for those X rays changed with the chemical state of target such as Tl and  $\text{Tl}_2\text{O}_3$ . The correlation measurement of the electronic and pionic X rays is required to investigated the re-arrangement of atomic inner-shell electrons following negative pion captures. The test experiments were carried out to measured the electronic and pionic X rays correlated with a pionic X ray. The electronic X rays of  $Z-1$  for the  $Z$  atom were observed in the coincidence of pionic X rays, though the statistics were very low.

To measured the electronic and pionic X rays correlated with the pionic X rays in detail, we are designing a new chamber to measure simultaneously the low energy electronic X rays and pionic X rays with high detection efficiency.

Presented at 2001 Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry (APSORC 2001), Fukuoka, 30 Oct.-1 Nov. 2001.

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

### 12.1 Application of pulsed slow-positron beam to low-density polyethylene film

E. Hamada, T. Suzuki<sup>1</sup>, H. Kobayashi<sup>1</sup>, K. Kondo<sup>1</sup>,  
N. Oshima<sup>2</sup>, I. Kanazawa<sup>3</sup>, and Y. Ito<sup>4</sup>  
*Ibaraki Prefectural University, <sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>Riken,  
<sup>3</sup>Tokyo Gakugei University, <sup>4</sup>Tokyo University*

A pulsing system for a slow-positron beam was applied to study near the surface of a low-density polyethylene (LDPE) film using a positron-annihilation lifetime measurement. The lifetime and intensity of ortho-positronium (o-Ps) near the surface were measured as a function of incident positron energy (1.6 ~ 9.1 keV). The size of intermolecular spaces in the surface region (~ 1500 nm) was larger than that in the bulk region. This tendency was especially strong in the region around 200 nm below the surface. On the other hand, the intensity of o-Ps decreased with decreasing in the incident positron energy, which was considered to be attributed to the decrease in the density of the spur electrons and / or the increase in the number of reemitted positrons from the surface.

Published in *Acta Physica Polonica* **99**(2001)373-378.

### 12.2 Characterization of polymer sub-surface using slow positron beam

C. Q. He, T. Suzuki, V. P. Shantarovich, K. Kondo,  
H. Kobayahi, E. Hamada<sup>1</sup>, and Y. Ito<sup>2</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Inst. of Environmental Sciences, <sup>2</sup>Tokyo University*

Slow positron beam has been used to study the properties of the near-surface region of polymers. The timing resolution obtained by this system was about 500ps. The significant changes of o-Ps parameters were found at a short distance from the surface. The lifetime of o-Ps was observed to decrease near the surface as a function of the positron implantation depth. The thermal expansion efficiency of the sub-surface was found smaller than that of bulk.

Presented at 2001 Asia-Pacific symposium on Radiochemistry and 45th Symposium on Radiochemistry Hakata, Fukuoka, Japan, October 30-November 1, 2001.

## 13 Development of Silver-Activation Type neutron Detector

K. Sato, S. Sasaki<sup>1</sup>, and T. Miyamoto  
*Nihon University, <sup>1</sup>KEK*

Developments of a silver-activation type neutron detector have been continuously performed in order to measure burst neutrons emitted from the plasma focus. Silver foils of 0.2 mm thickness are irradiated by neutrons, and radioactive <sup>108</sup>Ag and <sup>110</sup>Ag nuclei are produced in the foils. These radioactive nuclei, <sup>108</sup>Ag and <sup>110</sup>Ag, decay to cadmium nuclei, emitting beta rays with a half life of 144.6 sec and 24.57 sec, respectively. In our case only <sup>110</sup>Ag was used for neutron detection by discriminating the pulses from beta rays of <sup>108</sup>Ag. The beta rays are detected by a plastic scintillation counter, output pulses of which are amplified with a linear amplifier and recorded in a scaler. A sandwich of 19 silver foils and 20 plastic

scintillators is attached to a photomultiplier. The neutron fluence at the detector can be determined from the total counts of beta rays. The calibrations of the detector system were made in KEK using several kinds of neutron sources.

## 14 Development of Thermal Neutron Calibration Field

### 14.1 Development of thermal neutron calibration field with graphite pile

T. Sanami, T. Michikawa, S. Sasaki, T. Shibata, A. Uritani<sup>1</sup>, A. Hino<sup>1</sup>, K. Kudo<sup>1</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>AIST*

Intensity of the thermal neutron field with KEK graphite pile and an <sup>241</sup>Am-Be neutron source is calibrated by means of an Au activation method. The absolute activity of a thin Au foils (50  $\mu$ m thickness) irradiated in KEK graphite pile were measured by AIST  $4\pi\beta\gamma$  counter. The counter is also used to determine activity of foils activated in AIST graphite pile, which generate thermal neutron field of Japanese standard. The thermal neutron field in KEK pile is determined on the basis of the field in AIST one within 3% errors.

### 14.2 Studies on thermal neutron perturbation factor needed for bulk sample activation analysis

J. Csikai, B. Kiraly, T. Sanami<sup>1</sup>, T. Michikawa<sup>1</sup>  
*Institute of Experimental Physics, University of Debrecen, <sup>1</sup>KEK*

The spatial distribution of thermal neutrons produced by an Am-Be source in a graphite pile was measured via the activation foil method. The results obtained agree well with calculated data using the MCNP/4B code. A previous method used for the determination of the average neutron flux within thin absorbing samples has been improved and extended for a graphite moderator. A procedure developed for the determination of the flux perturbation factor renders the thermal neutron activation analysis of bulky samples of unknown composition possible both in hydrogenous and graphite moderators.

Submit to *Nucl. Instr. Method A*.

Presented partially at the 5th Int. Meeting on Industrial Radiation and Radioisotope Measurement Application will take place in Bologna between 9-14 June 2002.

## 15 DUCT-III: A Simple Design Code for Duct-Streaming Radiations

R. Tayama, H. Nakano, H. Handa, K. Hayashi, H. Hirayama<sup>1</sup>, K. Shin<sup>2</sup>,  
F. Masukawa<sup>3</sup>, H. Nakashima<sup>3</sup>, and N. Sasamoto<sup>3</sup>  
*Hitach Engineering Co., Ltd, <sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>Kyoto University, <sup>3</sup>JAERI*

The DUCT-III code is a simple design code to calculate duct-streaming radiations in nuclear facilities by using a semi-empirical formula based on an albedo analytical method. This code is applicable to design of penetrations in nuclear power plants, fission reactor facilities, accelerator facilities, and so on, because albedo data for  $\gamma$ -rays up to 10 MeV and neutrons up to 3 GeV are implemented in it. There



are two versions of this code, the UNIX version runs on workstations and the Visual Basic version runs on Microsoft Excel 97. The code package contains the Fortran source (or PC executable), data libraries, sample input and output data.

In this report, an outline, additional functions of the DUCT-III code, and how to install and use it are described.

Published as *KEK Internal 2001-8*.

## 16 ECCO: Th/U/Pu/Cm Dating of Galactic Cosmic Ray Nuclei

A. J. Westphal<sup>1</sup>, B. A. Weaver<sup>1</sup>, N. Craig<sup>1</sup>, J. H. Adams<sup>2</sup>, L. M. Barbier<sup>3</sup>, E. R. Christian<sup>3</sup>,  
J. W. Mitchell<sup>3</sup>, G. Sneiderman<sup>3</sup>, W. R. Binns<sup>4</sup>, M. H. Israel<sup>4</sup>, J. R. Cummings<sup>4</sup>,  
A. C. Cummings<sup>5</sup>, R. A. Leske<sup>5</sup>, R. A. Mewaldt<sup>5</sup>, S. M. Schindler<sup>5</sup>, E. C. Stone<sup>5</sup>,  
M. E. Wiedenbeck<sup>5</sup>, T. Doke<sup>6</sup>, N. Hasebe<sup>6</sup>, T. Hayashi<sup>6</sup>, K. Ogura<sup>7</sup>, G. Tarl<sup>8</sup>,  
A. Tomasch<sup>8</sup>, M. Schubnell<sup>8</sup>, H. Tawara<sup>9</sup>, C. J. Waddington<sup>10</sup>, and N. Yasuda<sup>11</sup>

<sup>1</sup>*Univ. of California*, <sup>2</sup>*Marshall Space Flight Center*,

<sup>3</sup>*Goddard Space Flight Center*, <sup>4</sup>*Washington Univ.*, <sup>5</sup>*California Institute of Technology*,

<sup>6</sup>*Waseda Univ.*, <sup>7</sup>*Nihon Univ.*, <sup>8</sup>*Univ. of Michigan*, <sup>9</sup>*KEK*, <sup>10</sup>*Univ. of Minnesota*, <sup>11</sup>*Univ. of Tokyo*.

The ECCO instrument is one of two instruments which comprise the HNX mission. The principal goal of ECCO (the Extremely-heavy Cosmic-ray Composition Observer) is to measure the age of galactic cosmic ray nuclei using the actinides (Th, U, Pu, Cm) as clocks[1,2]. As a bonus, ECCO will search with unprecedented sensitivity for long lived elements in the super-heavy island of stability. ECCO is an enormous array (23 m<sup>2</sup>) of BP-1 glass track-etch detectors and is based on the successful flight heritage of the Trek detector which was deployed externally on Mir. The recent calibrations demonstrate that the actinides can be resolved from each other with good charge resolution.

1. W. R. Binns et al., "HNX (The Heavy Nuclei explorer); Measurement of the abundances of the heaviest elements in the galactic cosmic rays", Concept Study Report for a Small Explorer (SMEX)- In response to AO-00-OSS-05-, December 18, 2001.
2. N. Yasuda, S. Nakamura, T. Kitamura, H. Tawara and M. Sekiguchi, *Ionizing Radiation*, **Vol.27, No.4** (2001) 19-27, in Japanese.

Presented at the 27th International Cosmic Ray Conference, Hamburg, Germany, 7-15 August, 2001.

## 17 EGS4 Shower Display System (EGS4PICT) Windows 32 Bits Version

H. Hirayama, Y. Namito, N. Numajiri<sup>1</sup> and R. Ikeda<sup>1</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Computer Automation Coop.*

The EGS4 Shower Display System (EGS4PICT) is widely used within the EGS4 users' community as an easy tool for the three-dimensional particle trajectories of electrons, positrons and photons on a personal computer (PC).

In the current version, a position coordinate is limited to a number with 5 digits. It is desired to increase the effective digit so as to see more details of trajectories by an expansion function. In this Windows 32 bits version, it become possible to treat 8 as an effective digit together with 5.

It has become possible to change the display window size in an arbitrary manners using a mouse and to put a dot even in the case when a produced particle is discarded.

Published as *KEK Internal 2001-4*.

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

### 18.1 Reassessment of the fast neutron fluence of the Hiroshima atomic bomb

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

*KEK, <sup>1</sup>Research Reactor Institute Kyoto University*

*<sup>2</sup>University of Tokyo, <sup>3</sup>National Museum of Japanese History*

*<sup>4</sup>Institute of Physical and Chemical Research, <sup>5</sup>Hiroshima University*

The estimation of the radiation fluence of Hiroshima and Nagasaki atomic bomb is the basis to estimate a risk of radiation for human. It is widely recognized that the DS86 system accurately calculates gamma ray fluence. On the other hand, the neutron fluence estimated by the analysis of the thermal neutron capture products is known to be slightly different from the DS86 system. Since the neutron kerma is dominated by the fast neutrons, it is important to know the fast neutron fluence. Hence, we proposed the direct verification for the fast neutron fluence through the  $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$  reaction together with measurements of the excitation function of the  $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$  reaction.

Since the  $^{63}\text{Ni}$  decays via pure beta-ray emission (i.e., without any gamma-ray emission), the measurement of  $^{63}\text{Ni}$  was performed using a liquid scintillation counter after the extraction of nickel from the copper samples exposed to the Hiroshima atomic bomb. The half life of  $^{63}\text{Ni}$  is 100 year, 70% of  $^{63}\text{Ni}$  produced by the atomic bomb presently exists in a copper sample at 50 years after the explosion. We have been studying a method to extract nickel from copper sample and a method of measurement for the low level counting of  $^{63}\text{Ni}$ . We have observed the  $^{63}\text{Ni}$  spectrum for two sample of the copper wire of the lightning rod obtained from the bank of Japan and San-in Godo Bank at 690m and 850m from the hypocenter, respectively.

### 18.2 Measurement of the excitation function for $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$

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

*KEK, <sup>1</sup>Research Reactor Institute Kyoto University*

*<sup>2</sup>University of Tokyo, <sup>3</sup>National Museum of Japanese History*

*<sup>4</sup>Institute of Physical and Chemical Research, <sup>5</sup>Hiroshima University*

In order to estimate the fast-neutron fluence from the residual  $^{63}\text{Ni}$  activity, the cross section of the  $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$  reaction have been studied. The excitation function for the  $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$  reaction was measured by activation method using neutrons produced by the D(d,n) reaction at  $E_n < 6.5$  MeV. A spherical copper shell target was irradiated by neutrons with energies from 1.7 to 6.5MeV produced by the D(d,n) reaction at the 4.5 MV dynamitron accelerator of the Fast Neutron Laboratory of Tohoku University. After irradiation, the nickel was chemically separated from the copper target through the same procedure for the sample of the Hiroshima atomic bomb and the  $^{63}\text{Ni}$  extracted was measured by

liquid scintillation counting. The obtained cross section were compared with the calculated values of JENDL and ENDF/B and will be applied to estimate the neutron energy spectrum of the Hiroshima atomic bomb.

## 19 Evaluation of Residual Radioactivity in Accelerator Facilities for Decommissioning

K. Masumoto  
*KEK*

Since 1999, dismantling of accelerators has been performed in Tanashi branch, KEK. In order to make a decommissioning plan, one of the most important work was an evaluation of activation in accelerator and housing. In this work, many kinds of accelerator components and concrete samples were measured and residual activities were analyzed using a gamma-ray spectrometer. For practical use, the relationship between the surface dose measured with a NaI scintillation survey meter and residual activity was also obtained. Surface dose rate of concrete wall was proportional to residual activities, such as  $^{60}\text{Co}$  and  $^{152}\text{Eu}$ , which were observed in concrete. It was found that the activation of concrete was mainly caused by thermal neutron. Therefore, the measurement of neutron produced by a primary beam is important. We developed the mapping technique of neutron flux inside the accelerator room using the activation detector method coupled with the imaging plate for activity measurement. The activation detectors, such as gold foils were set on the floor and wall of the accelerator room during operation. After irradiation, each detector was collected and puts on the each irradiation position of the floor map of accelerator room. A imaging plate was contacted with the floor map and the radioactivity image on the imaging plate was obtained with the image analyzer.

Presented at the Third Int. Symp. on Nuclear Analytical Chemistry (NAC-III) and Asia Pacific Symp. of Radiochemistry (APSORC 2001).

## 20 Experiments Using Synchrotron Radiation

### 20.1 L-X ray from Pb and W targets

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

At BL14C of Photon factory, scattered photon spectra from C, Ti, Fe, Cu, Gd, W and Pb targets were measured using high purity Ge detector. The new points in this year was followings.

- L-X ray from Pb and W target was measured with small statistical error.
- Then possible angular distribution of L-X rays was studied.

### 20.2 Evaluation of linearity for the radiophotoluminescence glass dosimeter based on monochromatic X-rays

T. Shimozato<sup>1</sup>, T. Tamiya<sup>1</sup>, K. Tabushi<sup>1</sup>, S. Koyama<sup>1</sup>, S. Yoshioka<sup>1</sup>, Y. Obata<sup>1</sup>,  
M. Tsuzaka<sup>1</sup>, N. Narita<sup>1</sup>, T. Uruga<sup>2</sup>, S. Ban<sup>3</sup>, Y. Namito<sup>3</sup>, T. Ikegami<sup>4</sup>  
<sup>1</sup> Nagoya Univ, <sup>2</sup> JASRI, <sup>3</sup> KEK <sup>4</sup> Asahi Technologies Co.

Although low energy X-rays have been utilized for mammography, their safety in medical use is a matter of concern. Characteristics of the radiophotoluminescence glass dosimeter, GD-403, consisting of a glass element and filters, were investigated with respect to monochromatic X-rays obtained from a synchrotron radiation for personal monitoring of low energy photons. We focused on low energy X-rays ranging from 8 to 20 keV to study the linearity of the GD-403 response between photon fluence and dose equivalent. The GD-403 was placed on a tough water phantom and irradiated using an 11-15 mm  $\times$  0.1-7 mm beam for modulation of the photon fluence. The tough water phantom could be moved through a distance of 110-150 mm with a stepping motor. For the dose equivalent at 1 cm depth (H1), 3 mm (H3), and 70  $\mu$ m (H70), the GD-403 showed sufficient linearities in the energy regions of 8 to 20 keV, 13 to 20 keV and 13 to 20 keV, respectively. However, H3 and H70 did not provide sufficient linearities in the energy region of 8 to 12 keV. Moreover, we compared the result in this experiment with the value calculated from the absorbed dose of air using the mass absorption coefficient for the X-ray ranging from 10 to 20 keV.

Published at *Jpn. J. Med. Phys.* **20** 151-158 (2000).

### **20.3 Response characteristics of GafChromic film MD-55 to 10-40 keV monoenergetic photons**

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

Energy response and dose characteristics of GafChromic film dosimeter were measured using 10-40 keV monoenergetic photons from synchrotron radiation facility.

Presented at Midyear Meeting of Atomic Energy Society of Japan, September 19-21, Hokkaido University.

### **20.4 Measurement of X-ray spectrum from undulator by measuring the scattered X-ray from He gas in Spring-8**

T. Itoh, N. Kishi, K. Uehara, K. Shin, S. Taniguchi<sup>1</sup>,  
N. Nariyama<sup>1</sup>, S. Ban<sup>2</sup> and Y. Namito<sup>2</sup>  
*Kyoto Univ., <sup>1</sup>JASRI, <sup>2</sup>KEK*

Photon energy spectra and intensity were measured at BL40XU undulator beam line in Spring-8 using the He gas scattering spectrometer.

Presented at Annual Meeting of Atomic Energy Society of Japan, March 27-29, Kobe University of Mercantile Marine.

### **20.5 Dose comparison using a Si photodiode and a cavity ionization chamber at BL20B2 synchrotron radiation beamline in Spring8**

N. Kishi, T. Itoh, K. Shin, K. Uehara, N. Nariyama<sup>1</sup>, S. Taniguchi<sup>2</sup>, and S. Ban<sup>2</sup>  
*Kyoto Univ., <sup>1</sup>JASRI, <sup>2</sup>KEK*

Ionization chambers are widely used to measure the intensity of synchrotron radiation photons. At the BL20B2 beamline in Spring-8, the photon flux is high and it is difficult to use them due to ion recombination. Si PIN diodes and cavity ionization chambers were used at the beam line and these measured results were compared.

Presented at Annual Meeting of Atomic Energy Society of Japan, March 27-29, Kobe University of Mercantile Marine.

## 20.6 Development of beam intensity monitors for intense undulator X-rays in Spring-8

T. Itoh, N. Kishi, K. Shin, S. Taniguchi<sup>1</sup>,  
N. Nariyama<sup>1</sup>, S. Ban<sup>2</sup> and Y. Namito<sup>2</sup>  
*Kyoto Univ., <sup>1</sup>JASRI, <sup>2</sup>KEK*

Saturation characteristics of Si photodiode (Hamamatsu S5377), free air ionization chamber (FAIC) and BGO scintillator for intense synchrotron radiation beam were measured with varying the thickness of Al absorber at the undulator beamline BL46XU in Spring-8. The FAIC showed serious saturation owing to the recombination when the beam intensity exceeded about  $1 \times 10^{11}$  photons/s for 15 keV X-rays and 1.0 mm  $\times$  0.5 mm beam size, while no tendency of the saturation was observed in case of the Si photodiode.

Presented at The Ninth EGS4 Users' Meeting in Japan, Aug. 1-2, 2001, KEK Tsukuba.

## 20.7 Dose measurements in inhomogeneous bone/tissue and lung/tissue phantoms for angiography using synchrotron radiation

N. Nariyama<sup>1</sup>, Y. Namito<sup>2</sup>, S. Ban<sup>2</sup> and H. Hirayama<sup>2</sup>  
*<sup>1</sup> JASRI, <sup>2</sup> KEK*

For angiography using synchrotron radiation we measured the absorbed dose distribution in inhomogeneous phantoms with thin LiF:Mg,Cu,P, LiF:Mg,Ti thermoluminescent dosimeters (TLDs) in tissue and lung substitutes, and with Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Tb TLDs in bone substitute for 33.32 keV monoenergetic photons from synchrotron radiation. The energy responses of the TLDs were measured in air for 10-40 keV monoenergetic photons. The values at 30 keV became smaller by 30% for LiF:Mg,Cu,P and larger by 22% for Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Tb than the ratio of the mass energy absorption coefficients of the TLDs to that of air.

The values were used to modify the calculated response of the TLDs in each phantom material. The absorbed dose distribution obtained was compared with that calculated using the Monte Carlo transport code EGS4 expanded to a low-energy region, and their agreement was confirmed taking linear polarization into account. In the bone substitute the dose increased by a factor of 3.9, while behind the bone the dose decreased drastically because of photon attenuation. In the lung substitute a slight dose difference from that in soft tissue was observed because of its different density. The LiF:Mg,Cu,P TLDs exhibited a better energy response, higher sensitivity and wider regions than did the other tissue-equivalent TLDs in the low-energy region.

Published at *Phys. Med. Biol.* **46** 717-728 (2001).

## 20.8 Comparison of in-phantom dose distribution for coronary angiography using an x-ray machine and synchrotron radiation

N. Nariyama<sup>1</sup>, S. Tanaka<sup>2</sup>, Y. Nakane<sup>2</sup>, H. Nakashima<sup>2</sup>,  
H. Hirayama<sup>3</sup>, S. Ban<sup>3</sup>, Y. Namito<sup>3</sup>, K. Hyodo<sup>3</sup> and T. Takeda<sup>4</sup>  
<sup>1</sup> JASRI, <sup>2</sup> JAERI, <sup>3</sup> KEK <sup>4</sup> Univ of Tsukuba

Coronary cineangiography using synchrotron radiation is anticipated, owing to the high intensity and availability of monoenergy. To investigate allowable dose levels in clinical application, absorbed dose distribution in a tissue substitute phantom for a conventional x-ray machine was measured with thermoluminescent dosimeters at the University of Tsukuba under the practical conditions used for digital angiography. The dose rate at a 0.5-cm depth was 0.145 Gy/s, and the dose per frame was 0.725 mGy for the irradiation period of 5 ms per frame. For synchrotron radiation, the dose distribution was made at a 5-GeV AR (Accumulation Ring) of the High Energy Accelerator Research Organization, in which a polymethylmethacrylate (PMMA) phantom was irradiated with the strongest beam available at the facility, which was 33.32 keV,  $5.2 \times 6.2$  cm<sup>2</sup> beam. Using this beam, a 1-mm-diameter coronary artery has been visualized at 1% iodine concentration at the AR. Nonhomogeneous strength distribution in the beam was observed in the vertical direction. The maximum dose rate was 0.556 Gy/s, and it attenuated to 1/3000 at a 30-cm depth in the beam center. At the deep positions, the doses were influenced by the high harmonics, which was confirmed with an EGS4 Monte Carlo calculation. Outside the beam, beam contamination on both sides of the main beam affected the doses. For comparison to the x-ray machine, the measured dose was analytically converted to that needed for a  $5.2 \times 16$  cm<sup>2</sup> beam that is used for clinical application. The dose rate at 0.5-cm depth was found to be 0.215 Gy/s, which is 1.48 times larger than that for x-rays. Moreover, the attenuation rate in the phantom was significantly greater than that of the x-ray machine, because of the difference of the energy spectra between the x-rays and synchrotron radiation used.

Published at *Med. Phys.* **28** (2001)16-21.

## 21 Fundamental Studies of Tritium Separation Using Polyimide Membrane and Its Application for Tritium Monitors in Accelerator Facilities

S. Sasaki, M. Akahori<sup>1</sup>, E. Tega<sup>1</sup>, K. Okuno<sup>1</sup>, T. Suzuki and K. Kondo  
KEK, <sup>1</sup>Faculty of Science, Shizuoka University

The separation efficiency of hollow-filament polyimide membranes for <sup>3</sup>H and <sup>41</sup>Ar is preliminarily examined for a potential application to continuous gas monitoring systems for analysis of stack emission from accelerator facilities. The basic gas separation characteristics of the membranes are experimentally investigated, and a preliminary gas monitor design is proposed. The results of these experiments indicate that the membranes are capable of selectively enriching hydrogen by more than 25 times, with negligible variations with respect to the species of isotope.

Published in *J. Nuclear Radiochemical Sciences*, and the Japanese report of Grant-in-Aid for Scientific Research (C)(2) of 2000-2001 (12680513).

To be published in *Fusion Science and Technology* (KEK Preprint 2001-178) and in *J. Radioanalytical*

*and Nuclear Chemistry* (KEK Preprint 2001-179).

Presented partly at 2001 Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry and the Annual Meeting of the Japan Society of Nuclear and Radiochemical Sciences (ARSORC 2001) in Fukuoka, and the 6th International Conference on Tritium Science and Technology (TRITIUM 2001) in Tsukuba.

Supported by Grant-in-Aid for Scientific Research (C)(2) of 2000-2001 from the Ministry of Education, Science, Sport and Culture in Japan.

## **22 High-energy Photoneutron Spectra from 2 GeV Electrons Incident on Targets**

### **22.1 Measurement of the neutron spectrum by the irradiation of a 2.04-GeV electron beam into thick targets**

T. Sato, K. Shin, R. Yuasa, S. Ban<sup>1</sup>, and H. S. Lee<sup>2</sup>  
*Kyoto Univ., <sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>PAL*

Inclusive neutron spectra produced by the irradiation of a 2.04-GeV electron beam into thick Al, Cu, Sn and Pb targets were measured by the TOF method. For such a high-energy region, it was the first experiment to measure the inclusive neutron spectra. A lead shield was placed at the middle point of the flight path to suppress any strong photon or electron background. The effects of the shield on the neutron spectra were calculated by the LAHET2.7 code with a small modification. The measured neutron energy in the experiments was from 10 MeV to 200 MeV. The measured spectra were used for a benchmark test of our modified PICA95. It was found that the neutron spectra predicted by a combination of EGS4, our modified PICA95 and LAHET2.7 codes, tend to underestimate the measured ones.

Published at *Nucl. Instrum. Meth. A* **463**(2001) 299-308.

### **22.2 Systematics of differential photoneutron yields produced from Al, Ti, Cu, Sn, W, and Pb targets by irradiation of 2.04 GeV electrons**

H. S. Lee, S. Ban<sup>1</sup>, K. Shin<sup>2</sup>, T. Sato<sup>3</sup>, S. Maetaki<sup>2</sup>, C. Chung and D. Choi<sup>4</sup>  
*PAL, <sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>Kyoto Univ., <sup>3</sup>JAERI, <sup>4</sup>Seoul National Univ.*

Differential photoneutron yields produced from Al, Ti, Cu, Sn, W, and Pb targets by an irradiation of 2.04 GeV electrons were measured at the angle of 90 degrees relative to the incident beam. The neutron energy range measured in this experiments was between 10 and 400 MeV. The systematics of the yields was studied for two target conditions : a target element and a target thickness. The neutron productions by a photonuclear reaction and by a hadron cascade due to secondary particles were considered to develop semi-empirical formula for the application of shielding calculation.

Presented at International Conference on Nuclear Data for Science and Technology (ND2001), Oct. 7-12, 2001, Tsukuba International Congress Center, Tsukuba, Ibaraki, Japan.

### **22.3 Photo-neutron source using 2 GeV electron linac for radiation shielding research**

H. S. Lee, S. Ban<sup>1</sup>, K. Shin<sup>2</sup> and T. Sato<sup>3</sup>  
*PAL, <sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>Kyoto Univ., <sup>3</sup>JAERI*

The 2 GeV electron linac, the injector of the Pohang Light Source, was used as a photo-neutron source for radiation shielding research. The operational beam parameters are the nominal electron intensity of  $0.5 \sim 5$  nC/sec, the repetition rate of 10 Hz, and the beam pulse length of 1.0 nsec. One electron beam line was modified in order to install the target systems for producing pulsed photo-neutrons. The neutron spectrum and intensity were investigated by the time-of-flight technique. The reliable maximum energy of the measured neutrons was about 500 MeV. The number of neutrons above 20 MeV produced by one 1 GeV electron in a thick Pb target was about  $6.45E-4$  /sr. at 90 degrees to the beam axis. The status of the photo-neutron source and the application research are presented.

Presented at The First iTRS International Symposium On Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-1), July 18-19, 2001, Hanyang University in Seoul. J.Korean Asso. Radiat.Prot., 26 (2001) 343-345.

#### **22.4 Measurements of photo-neutrons from thick aluminum target by 2 GeV electrons**

S. Ban, H. S. Lee<sup>1</sup>, T. Sato<sup>2</sup>, S. Maetake<sup>3</sup> and K. Shin<sup>3</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>PAK, <sup>2</sup>JAERI, <sup>3</sup>Kyoto Univ.*

Photoneutron spectra were measured using the TOF method when thick aluminum targets were bombarded by 2.04 GeV electrons at the injection Linac of the Pohang Accelerator Laboratory. Neutrons toward 90 degrees from the target were measured. The length of the flight path becomes longer than that in the previous work and neutrons up to 400 MeV were measured. Calculations of neutron energy spectra were also done using PICA3 and EGS4.

Presented at The Ninth EGS4 Users' Meeting in Japan, Aug. 1-2, 2001, KEK Tsukuba (KEK Proceedings (2001)).

#### **22.5 Calibration of scintillators with Pb collimator by using a neutron source at TIARA, and measurements of photo-neutron spectra by the scintillators**

T. Sato, K. Shin, S. Maetaki, S. Ban<sup>1</sup> and N.Nakao<sup>1</sup>  
*Kyoto University, <sup>1</sup>KEK*

Photo-neutron spectra from thick targets are very important for high-energy electron accelerator shielding. To measure these neutron spectra, neutron detector must be placed in the Pb collimator to shield strong background of photons and electrons. Neutron detection efficiency was affected by the collimator surrounding the detector. The efficiency was measured at TIARA (JEARI, Takasaki) using p-Li neutron source.

Presented at Annual Meeting of Japan Health Physics Society, May 24-25, Sendai, Japan.

### **23 Improvement of Low Energy Photon Transport in EGS4 code**

Y. Namito and H. Hirayama  
*KEK*



Evaluated values of K-shell fluorescent yields( $\Omega_K$ ) were compared each other and compared with experiment values. We noticed that;

1. The biggest difference between evaluated  $\Omega_K$  was 6%.
2. The evaluated  $\Omega_K$  by Krause and that in EADL agreed well with our measurements at KEK-PF.
3. The evaluated  $\Omega_K$  in Table of Isotope 8yh Ed. and our measurement differs by about 6%.

## 24 Leakage X-Ray Spectra in 3GeV Synchrotron Radiation Facility

K. Takahashi and S. Ban

*KEK*

Usually, 2.5 GeV electrons are stored in the Photon Factory and used for synchrotron radiation research.. Sometimes 3 GeV electrons are stored in the ring and small leakage radiation was seen near the synchrotron radiation beam line, though they were not seen in case of 2.5 GeV operation. In this study, leakage photon spectra were measured.

Presented at the 38th Annual Meeting on Radioisotopes in the Physical Science and Industries, Nihon-Seinenkan, Tokyo, July 11-13, 2001.

## 25 Measurement of Deep Penetration of Neutrons Produced by 800-MeV Proton Beam Through Concrete and Iron at ISIS

T. Nunomiya<sup>1</sup>, N. Nakao, P. Wright<sup>2</sup>, T. Nakamura<sup>1</sup>, E. Kim<sup>1</sup>, T. Kurosawa<sup>1</sup>, S. Taniguchi<sup>1</sup>,  
M. Sasaki<sup>1</sup>, H. Iwase<sup>1</sup>, Y. Uwamino<sup>3</sup>, T. Shibata, S. Ito<sup>3</sup>, and D. R. Perry<sup>2</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Tohoku Univ., <sup>2</sup>Rutherford Appleton Lab., <sup>3</sup>RIKEN*

A deep penetration experiment through a thick bulk shield was performed at an intense spallation neutron source facility, ISIS, of the Rutherford Appleton Laboratory (RAL), UK. ISIS is an 800 MeV-200 $\mu$ A proton accelerator facility. Neutrons are produced from a tantalum target, which is shielded with approximately 3-m thick iron and 1-m thick ordinary concrete in the upward direction. On the top of the shield, we measured the neutron flux attenuation through concrete and iron shields which were additionally placed up to 1.2-m and 0.6-m thickness, respectively, using the activation detectors of graphite, bismuth, aluminum and the multi-moderator spectrometer inserted indium. The attenuation lengths of concrete and iron for high-energy neutrons above 20 MeV produced at 90 degree to the proton beam were obtained from the  $^{12}\text{C}(n,2n)^{11}\text{C}$  reaction rates of graphite. The neutron spectra through concrete and iron were obtained by the unfolding analysis of the reaction rates of  $^{12}\text{C}(n,2n)^{11}\text{C}$ ,  $^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$ ,  $^{209}\text{Bi}(n,xn)^{210-x}\text{Bi}(x = 4 \sim 10)$  and  $^{115}\text{In}(n,\gamma)^{116m}\text{In}$  in the energy range of thermal to 400 MeV.

Published in *Nucl. Instr. and Meth. B* **179**(2001)89-102.

## 26 Measurements of Light Charged Particles from 2 GeV Electrons incident on Thin Target

### 26.1 Light charged particles emitted from Al, Cu, W with 2 GeV electrons

T. Sanami, S. Ban, K. Takahashi, H. S. Lee<sup>1</sup> and T. Sato<sup>2</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>PAL, <sup>2</sup>JAERI*

Energy spectra of light charged particles were measured at the Electron Linac in Pohang Accelerator Laboratory (PAL) using Time-of-Flight method.

Presented at Annual Meeting of Atomic Energy Society of Japan, March 27-29, Kobe University of Mercantile Marine.

### 26.2 Application of CTOF method for the measurement of secondary charged particle by 2 GeV electrons

K. Takahashi, T. Sanami, S. Ban, H. S. Lee<sup>1</sup> and T. Sato<sup>2</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>PAL, <sup>2</sup>JAERI*

High-energy electron linac is needed for the Linear Collider and the Free Electron Laser. For the radiation protection of these accelerators, secondary particle spectra are needed. We measured secondary neutrons from thick target by 2 GeV electrons. In this study, secondary charged particles were also measured. Many particles were detected in the same electron bunch. We were using Multi-hit TDC. This time, the anode current of the photo-multipliers was directly recorded by the digital oscilloscope. The current time of flight method, CTOF, was applied to analyze multi-hit events.

Presented at 16th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses, Feb. 6-8, KEK, Japan.

## 27 Measurements of Scintillation Photons in High Pressure Rare Gases

K. Saito, T. Sanami<sup>1</sup>, H. Tawara<sup>1</sup>, E. Shibamura<sup>2</sup> and S. Sasaki<sup>1</sup>  
*The Graduate University of Advanced Studies, <sup>1</sup>KEK,*  
*<sup>2</sup>College of Health Science, Saitama Prefectural University*

In order to determine absolute scintillation yields due to alpha particles in high-pressure rare gases, the number of scintillation photons  $N_p$  was measured using a vacuum-ultra-violet (VUV)-sensitive photodiode with spectral quantum efficiency  $q_e(\lambda)$  measured as a function of wavelength  $\lambda$ . The number of photoelectrons from the photocathode  $N_{pe}$  was measured absolutely using a charge-sensitive preamplifier calibrated with respect to charge number. The collection efficiency for scintillation photons  $F_{ce}$  at the photocathode was determined from the solid angle subtended by the photocathode at a scintillation point under the condition that there are no photons reflected off the surrounding walls.  $N_p$  was determined from  $N_p = N_{pe}/(Q_e F_{ce})$ , where  $Q_e$  is the average quantum efficiency calculated from  $q_e(\lambda)$  and a relative intensity  $I(\lambda)$  of scintillation in rare gases. We measured the luminescence spectra using a VUV monochromator of known efficiency in order to obtain  $I(\lambda)$ . Measurements were performed in gaseous

argon, krypton and xenon in the pressure range from  $1.01 \times 10^5$  Pa to  $1.01 \times 10^6$  Pa.  $N_p$  in xenon at  $1.01 \times 10^5$  Pa is  $1.53 \times 10^5$  for 5.49 MeV alpha particles.

Published partly as KEK Proceedings 2001-20. To be published in *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, (KEK-Preprint 2001-180).

Presented partly at the 49th Conference of the Japan Society of Applied Physics in Tokyo, the 15th workshop on Radiation Detectors and Their Uses in KEK, and IEEE 2001 in San Diego, USA.

## **28 Migration of Radionuclides Induced in Soil Below the 12 GeV Proton Accelerator Facility at KEK**

T. Miura, K. Bessho, S. Ishihama<sup>1</sup> and N. Ohtsuka<sup>1</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>TNS*

The radioactive concentrations of radionuclides were measured for the soil and groundwater below the 12 GeV proton beam-line (EP2) tunnel at KEK. The measurements samples were cored out the soil (depth: 3m) below EP2 beam line during summer shutdown. Various long lived radionuclides, (<sup>7</sup>Be, <sup>22</sup>Na, <sup>46</sup>Sc, <sup>54</sup>Mn, <sup>60</sup>Co, <sup>134</sup>Cs, <sup>152</sup>Eu and <sup>154</sup>Eu) were observed in soil samples by  $\gamma$ -ray spectra measurements, and <sup>3</sup>H was also detected by liquid scintillation counting. From the results of radioactive measurements, the depth profiles of various radionuclides in soil were obtained. On the other hand, <sup>3</sup>H, <sup>22</sup>Na and <sup>54</sup>Mn, which were leached from the soil were measured in the groundwater below the EP2 beam line. <sup>3</sup>H and <sup>22</sup>Na were also slightly found in groundwater collected at a well dug beside the East Counter Hall. From a comparison with the radioactive concentration in soil and groundwater, the leaching percentages were  ${}^3\text{H} > {}^{22}\text{Na} > {}^{54}\text{Mn}$ . This tendency was in agreement with an experimental result in RI laboratory.

Presented at 2001 Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry (APSORC 2001), Fukuoka, Japan, 30 Oct.-1 Nov. 2001. and submitted to *J. Inorg. Nucle. Chem.*

## **29 Production Cross-Sections of Carbon-14 in Al by Nuclear Spallation Reactions**

M. Numajiri, K. Masumoto, T. Miura, Y. Oki, T. Suzuki and K. Kondo  
*KEK*

At high-intense and high-energy accelerator facilities, accelerator components are exposed to primary and/or secondary high-energy particles during machine operation. Estimation of the C-14 radioactivity is limited because there is little information of production cross-sections. Carbon-14 production cross-sections were measured for the nuclear spallation reaction of Al by 12 GeV protons and the chemical separation method of C-14 was also studied.

## **30 Radioactivity in a Beam Line Tunnel at Proton Accelerator Facilities**

M. Numajiri, T. Miura, Y. Oki, T. Suzuki and K. Kondo  
*KEK*

The measurement results of induced radioactivities around the KEK proton synchrotron are presented. The dose rate near the beam duct of the different sections was extensively measured at various points.

The beam loss showed a good correlation with the dose rate due to residual activities, and the variation of dose rates was also shown with cooling time.

### **31 Radioactivity in Aluminum, Water and Carbon Beam Dumps by 2-2.5 GeV Electrons**

S. Ban,, Y. Oki, T. Sato<sup>1</sup>, K. Tanaka<sup>2</sup>, K. Shin<sup>3</sup>, H. S. Lee<sup>4</sup> and J. S. Bak<sup>4</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>JAERI, <sup>2</sup>Research Reactor Institute, Kyoto University*  
*<sup>3</sup>Kyoto University, <sup>4</sup>PAL*

Thick beam stops were bombarded by 2-2.5 GeV electrons. The Al foils and liquid containers were placed at the several depth in 10-radiation-length thick beam stop made of Cu or Pb plates. The containers were filled with the water or xylene (C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>). The residual radioactivity was measured using activation gamma-ray spectroscopy. Tritium production yields in Al, O and C were measured using liquid scintillation counters. Depth distribution of the residual activity in the beam dumps were calculated using EGS4 and PICA3 Monte Carlo code.

Presented at International Conference on Nuclear Data for Science and Technology (ND2001), Oct. 7-12, 2001, Tsukuba International Congress Center, Tsukuba, Ibaraki, Japan

### **32 Resonance Ionization Spectroscopy (RIS) by Lasers**

S. Sasaki, K. Saito<sup>1</sup>, and H. Tawara  
*KEK, <sup>1</sup>The Graduate University of Advanced Studies*

Continuous developments of the method of Resonance Ionization Spectroscopy (RIS) by lasers have been performed in order to realize quantitative measurements of ultra-trace amounts of isotopes contaminated in gaseous, liquid and solid samples. Two major works related this study are currently made. One is the development of an absolute time-of-flight mass spectrometer equipped with the lasers for RIS (RIS-TOFMS) and the other is the development of calibration methods of trace amount of isotopes using a pulsed ion-gun system. We plan to extensively apply this method to the fields in radiation physics, nuclear physics, radiation chemistry, radiation detection and so on.

### **33 Response of Gamma-ray Personnel Dosimeters in Neutron Fields**

#### **33.1 Response of OSL dosimeter in the leakage radiation fields at high-energy accelerators**

K. Hozumi, S. Ban, T. Sanami, I. Kobayashi<sup>1</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Nagase Landauer Co.*

Usually sensitivity of gamma-ray dosimeters to neutrons is low. In the leakage radiation fields around the high-energy accelerators in KEK, high-energy neutrons are dominant, and neutron energy is higher than that in usual radiation fields. The Optically Stimulated Luminescence (OSL) dosimeters were irradiated in KEK and these sensitivity to neutrons were tested.

Presented at the 38th Annual Meeting on Radioisotopes in the Physical Sciences and Industries, Hihon-Seinenkan, Tokyo, July 11-13, 2001.

## 34 Scintillation Efficiency of Solid Scintillators for High Energy Particles

S. Sasaki, T. Sanami, H. Tawara and M. Takada<sup>1</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>National Institute of Radiological Sciences*

From 2001, we started series of measurements for scintillation efficiency of solid scintillator for energetic charged particles by using beams from the Cyclotron in the National Institute of Radiological Sciences in order to investigate its dependence of particle energies and species. The scintillation efficiency has been believed to be strongly dependent of particle energies and species, but there exist few reports related to this problem.

## 35 Study on Activation Analysis of Light Elements using Accelerators

### 35.1 Charged particle activation analysis of nitrogen in silicon

K. Masumoto, T. Nozaki<sup>1</sup>, Y. Minai<sup>2</sup>, and H. Yagi<sup>3</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Purex Co. Ltd., <sup>2</sup>Musashi Univ.*  
*<sup>3</sup>Sumiju Shiken Kensa Co. Ltd.*

Evaluation of trace amount of nitrogen in silicon has been important for the quality control of silicon semiconductors. According to the request of the working group on “Standardization of nitrogen analysis of silicon semiconductor” of JEITA, we have just started to this standardization study. We tried to apply a baby cyclotron of the Nishina Memorial Cyclotron Center, JRIA, to activation analysis. A new irradiation chamber for activation analysis was set on the beam exit window of the cyclotron. Incident energy of proton was set on 10 MeV and beam current was 1  $\mu$ A. Nitrogen in silicon samples can be determined by using the  $^{14}\text{N}(\text{p},\alpha)^{11}\text{C}$  reaction. After 20 min. irradiation, sample was desolved with NaOH and oxidized with  $\text{KMnO}_4$ . Radioactive carbon was separated as  $\text{CO}_2$  gas adding drops of  $\text{H}_2\text{SO}_4$  and collected in LiOH solution. Precipitation of  $\text{LiCO}_3$  was filtrated and  $^{11}\text{C}$  activity was measured with a coincidence counting system using a couple of BGO scintillation detector. As the setup has been ready to use, we will start on the analysis of silicon in 2002.

Presented partly at the 49th Conf. JSPS.

### 35.2 Photon activation analysis of carbon in iron and glass samples

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

Trace impurities of carbon in iron and glass samples were analyzed by using the  $^{12}\text{C}(\gamma,\text{n})^{11}\text{C}$ . Activation has been performed at the 300-MeV electron linear accelerator of Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University. A rapid separation and detection system of radioactive carbon, which is consist of a infra-red furnace for sample oxidization, a extraction coil of  $\text{CO}_2$ -gas and a flow cell sandwiched with a couple of BGO-scintillation detector, has been developed. In the first step, irradiated samples mixed with an accelerator reagent are oxidized in an infra-red furnace. Then, generated  $\text{CO}_2$  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 C-11 activity in solution is monitored with the multichannel scaler. Microgram amount of carbon could be detected by this method.

Presented at Int. Conf. on Analytical Sciences (ICAS 2001).

## **36 Study on Positron Annihilation and Positronium Chemistry**

### **36.1 Positron irradiation effects on positronium formation in polycarbonate during a positron-annihilation experiment**

T. Suzuki, K. Kondo, E. Hamada, Y. Ito<sup>1</sup>, Z. Q. Chen<sup>2</sup>, and A. Uedono<sup>2</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>University of Tokyo, <sup>2</sup>University of Tsukuba*

The positron-irradiation effect on polycarbonate during a positron-annihilation lifetime spectroscopy (PALS) experiment was investigated using different intensities of <sup>22</sup>Na positron sources and gamma-irradiated samples. temperature dependence, radical effects and trapped electrons have been investigated.

Published in *Acta Physica Polonica* **99**(2001)515-522, *Material Science Forum* **363-365**(2001)297-299, *Jpn. J. Appl. Phys.* **40**(2001)5036-5040

### **36.2 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, <sup>2</sup>University of Tokyo*

Positron annihilation lifetime spectrometry (PALS) has been applied to study polymerization of epoxy resins of cresole novolac with hardner of phenole novolac resins. PALS uses positrons to prove microstructure with the size of nano-meter (nm). Using PALS polymerization can be followed through three states: powder (monomer), liquid and solid. PALS is unique method to detect intermolecular spaces and hence polymerization was followed from the point of view of free spaces (inter-molecular spaces) among polymer structure. Published in *Mat. Res. Innovat.* **4**(2001)273-277.

## **37 Study of X Ray Protective Clothes Material**

A. Izumikawa<sup>1</sup>, M. Fukushi<sup>1</sup>, Y. Namito<sup>2</sup>  
*<sup>1</sup> Tokyo Metropolitan Univ. of Health Sci. <sup>2</sup> KEK*

In medical facilities using radiation ray, X ray protective clothes is used to shield X ray. Now lead powder or lead-oxide are mainly used for this purpose, because of its large atomic number and large cross section. But the better the shielding ability is, the heavier its weight is. This result in fatigue and less possibility of wearing this protective clothes in long-time operation like IVR (Interventional Radiology). In this case radiation exposure is not reduced by this clothes. We started to study X ray protective clothes of optimum material to fulfill its lightness and its flexibly for operation.

As the first step for the study, we performed systematic EGS4 calculation. In this calculation, photons from X ray tube of 60, 70, 80, 90, 100 kV incident normally on shielding material of  $31 < Z < 92$  ( $Z$

is atomic number). The shielding thickness is adjusted to the same weight as 0.25 mm or 0.35 mm Pb. By selecting optimum material, the dose behind the shield was reduced to about 50% of dose behind Pb shield.

Published at *Jpn. J. of Med. Phys.* **21** Sup.3 236-239 (2001).

## **38 The EGS4 Workshop, Class and User Support**

H. Hirayama and Y. Namito  
*KEK*

### **38.1 The EGS4 workshop and class**

Two EGS4 short courses were held.

1. At KEK, as the parts of the 9-th EGS4 Users' Meeting in Japan.
2. At Batan laboratory in Indonesia.

### **38.2 User support concerning EGS4**

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, about 50 persons from 10 countries contacted us concerning EGS4 in this fiscal year. Instructions were made using e-mail.

### **38.3 Lecture Note: Education for Radiations using EGS4PICT32**

H. Hirayama and Y. Namito  
*KEK*

The features that we cannot see or feel radiations causes the difficulty for understanding radiations. The use of radiation trajectories shown on a personal computer(PC) will be useful to overcome this difficulty.

The use of PC will be interesting for students and the study of radiation trajectories will be very effective way for understanding radiation behaviors inside materials.

The system called "EGS4PIC" to show trajectories, such as photons, electrons or positrons, calculated with the electro-magnetic cascade Monte Carlo code, EGS4 has been developed at KEK. This system runs on the most of PC under Microsoft Windows even the geometries treated in this system are restricted to cylinders and planes. If the EGS4 user code is written for the specified program to be used for this display system, it is possible to control various conditions like a type of particle, an energy of particle etc. by communication with program.

We explain the newest version of our display system (EGS4PICT32) and the two EGS4 user codes (shield and detecc) written for the education purpose on radiations together with examples of a practice.

It is desired to explain about the EGS4 code system and the uses of the Monte Carlo code used at the related fields briefly. It is more effective to use this system connected with the practice of a radiation measurement using calibration source.

Published as *KEK Internal 2001-11*.

### **39 Transition properties of PET observed by CL and PALS**

Y. Ito

*KEK*

The combination of PALS and CL exhibits the character of the transition properties of PET. PALS has been recognized to be a useful technique to provide the free volume information of polymers, which plays an important role in characterizing the molecular motion in a glassy material. On the other hand, CL is emitted from the excited states of molecules produced by interactions with incoming fast positrons into the solid.

The glass transition of PET was clearly observed by PALS, however, no singularity was observed in the CL emission at the glass transition temperature. These differences would illustrate the nature of the glass transition considered to be produced by a cooperative interaction between the molecules. On the other hand, a decrease of the yield of CL was found above 390 K by the temperature dependence of the intensities of the luminescence. This result suggests a degeneration of the band structure occurred for the molecules to move to optically inactive states.



## 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

放射線取扱主任者	柴田徳思
放射線取扱主任者代理者	伴 秀一
放射線管理室長	平山英夫
放射線管理室長代理者	榎本和義
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	榎本和義
第1区域(陽子シンクロトン施設)	沼尻正晴、穂積憲一*,**
第2区域(PS 実験施設)	三浦太一、高原伸一**
第3区域(中性子中間子研究施設)	佐々木慎一、飯島和彦**
電子加速器施設総括責任者	伴 秀一
第4区域(放射光アイソトープ実験施設) (電子陽電子入射器棟) (上記を除く放射光研究施設)	沖雄一、飯島和彦** 佐波俊哉、中尾徳晶*、高橋一智** 沖雄一、中尾徳晶*、高橋一智**
第5区域 KEKB 施設 BT ライン 大強度放射光施設 アセンブリホール	俵裕子、佐波俊哉*、中村一** 佐波俊哉 伊藤 寛、中村一** 波戸芳仁、豊田 晃弘**
第6区域(大強度陽子加速器施設)	中尾徳晶、伴 秀一*、豊田 晃弘**
第7区域(放射性試料測定棟他)	榎本和義、沼尻正晴*、豊田晃弘**
機構長の指定する発生装置	俵裕子、中尾徳晶、佐波俊哉
業 務 分 担	
個人管理関連	平山英夫、伴秀一、沖雄一、豊島規子
出入管理システム	伴秀一、波戸芳仁、佐波俊哉、中尾徳晶、穂積憲一
放射線モニター	佐々木慎一、佐波俊哉、穂積憲一、飯島和彦
放射能測定機器	三浦太一、豊田晃弘
放射性物質等	平山英夫、榎本和義、沖雄一、三浦太一、 中尾徳晶、高原伸一
サーバイメータ等	佐々木慎一、俵 裕子、飯島和彦、高橋一智
線量計等	伴秀一、俵裕子、中村一
廃棄物	鈴木健訓、榎本和義、沖雄一、沼尻正晴

\* 管理区域副責任者、\*\* 放射線業務担当者

## 1.1 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:区域管理関連

### 2.1 第1区域

1. 主リング盛土上の北カウンターホール側取り出し付近上のコンテナ周辺の運転中の中性子及びガンマ線の空間線量率を測定した
2. 陽子加速器の冷媒の一つとしてフロリナートが考えられている。フロリナートの放射線による影響を調べるため運転後の放射能を測定した。また、比較のため冷却水中の放射能を測定した。試料中の放射能測定は、トリチウムは液体シンチレーション検出器により、ガンマ線放出核種は Ge 検出器を用いて行なった。
3. 加速器トンネル内の機器の放射線損傷評価のために線量評価法の確立が望まれている。加速器トンネル内の線量率は場所により大きく異なり、測定する線量の範囲が広いため、線量の大きさに適した線量計が必要となる。今回は、プースターリング室及び主リング室内の様々な場所に放射化検出器 ( Al など ) やコバルトガラスなどの積分型の線量計を置き測定を行なった。

### 2.2 第2区域

#### 1. 放射線取扱施設使用変更承認資料作成

- EP1-A, B 及びニュートリノビームライン室における最大陽子ビーム強度の増強  
ニュートリノ振動実験をより効果的に行う必要から輸送する陽子ビーム強度を増強するため、速い取り出しビーム使用時における EP1-A, B 及びニュートリノビームライン室の性能の最大出力を 1.2 倍に増強した。但しニュートリノ用標的上で使用する陽子の積算総数に変更はない。また遅い取り出しビーム使用時及び EP1-B-ビームライン使用時の性能、遮蔽体構造、インターロック等には変更がない。同時に北カウンターホールで使用の許可を得ていた密封された放射性同位元素の使用を全て廃止した。

KEK Internal 2002-1 三浦太一、平山英夫、鈴木健訓、豊田晃弘、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、里嘉典、鈴木善尋、加藤洋二、山野井豊、皆川道文、草野恵理奈、上利恵三、“EP1-A, B 及び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”

#### 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、年 2 回以上崩壊領域周辺に設置した井戸等において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文部科学省に報告することが求められている。今年度は、昨年度夏から秋にかけて採取し測定を行った結果 ( 運転開始後 3 回目の採取・測定 ) について 4 月末に文部科学省等へ報告した。測定結果は、地下水からは加速器起源の放射能は検出されなかった。土壌からは、初めて有意なトリチウムが検出されたが、他の放射性同位元素濃度を含め、概ね申請時に評価した放射能濃度と一致していた。その後昨年度 1 月から今年度の 7 月にかけて約半年間ニュートリノビームラインが運転されたため、7 月から土壌及び地下水試料の採取測定を行った。測定結果は、地下水については、前回同様加速器起源の放射能は検出されなかった。土壌試料についても前回までと同様、一部核種については若干予想濃度を上回っているものもあるが、地下水への溶出が予想される  $^1\text{H}$  や  $^{22}\text{Na}$  の生成量及び全放射能は、予想値を下回っており、運転前の評価は十分安全

なものだといえる。

RAD-D-2001/01 三浦、“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の放射能濃度測定結果報告書（平成13年4月）”

RAD-D-2001/05 三浦、“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の放射能濃度測定結果報告書（平成14年3月）”

### 3. EP2 ビームライントンネル内空気中の放射性同位元素濃度測定

昨年度 EP1 ビームラインでトンネル内空気中放射性同位元素濃度を測定したが、EP1 ビームライン室は運転中排気を行わない。一方 EP2 ビームライン室は運転中常時排気を行っている。両者の違いを確認するため、今年度3月に EP2 ビームライントンネル内空気中放射能濃度を測定した。測定対象とした核種は、 $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$  及び  $^{41}\text{Ar}$  の短半減期核種、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  及びエアロゾル成分である。測定結果の詳細については現在解析・検討中であるが、 $^3\text{H}$  の化学形別濃度において、HTO/HT が両者で大きく違うことがわかった。EP1 では、運転中排気しないため核破砕反応で生成した  $^3\text{H}$  の滞在時間が長く、その結果 EP2 に比べ HTO として壁に付着する  $^3\text{H}$  の割合が高いと考えられる。

RAD-S-01/202 高橋、三浦、中嶋、石浜、大塚、“EP2 トンネル内ガス中放射能濃度測定”

## 2.3 第3区域

- 中性子中間子研究施設・中間子科学研究施設における大立体角軸収束型ミュオンチャンネル設置作業に関する放射線安全対策の策定、及び放射線管理の実施
- 中性子中間子研究施設・中性子科学研究施設における中性子2次ビームラインの新設・変更に関わる放射線安全対策の策定、及び放射線管理の実施
- 中性子中間子研究施設・中性子科学研究施設における中性子遮蔽実験に関わる放射線安全対策の策定、及び放射線管理の実施
- 中性子中間子研究施設・陽子ビーム利用実験棟における放射線安全対策の見直し、その方策の設定、及び放射線管理の実施
- 変更承認申請の作成  
中性子中間子研究施設・中間子科学研究施設における大立体角ミュオンチャンネル設置に関する放射線安全対策 (KEK-Internal 2001-12)

## 2.4 第4区域

- 以下の変更申請を行なった。
  1. 加速器研究施設・テストリニアックの使用の場所を、電子陽電子入射器棟テストリニアック室に変更する。このため電子陽電子入射器棟テストホール内の北側部分を区画し新たに発生装置使用室とし、遮へいを増強する。
  2. 電子入射器、電子陽電子加速器、加速器研究施設・テストリニアックは、同じインターロック・システムを用いていた。今後加速器研究施設・テストリニアックは、別のインターロック・システムを用いる。
- 電子陽電子加速器の陽電子生成ターゲット下流の陽電子収束用パルスコイルの交換に伴い高線量作業の被曝管理を行った。

- 加速器研究施設・テストリニアックの運転時サーベイを行った。
- 電子陽電子入射器棟テストホールの電子入射器運転時サーベイを行った。
- 3GeV 運転時の光源棟放射光実験室での漏えい X 線スペクトル測定
  - 光源棟放射光実験室は、通常 2.5GeV の蓄積エネルギーを 3GeV して運転する場合がある。2.5GeV では遮へいが十分行われている場所でも、X 線の微量な漏えいがある箇所がある。どのようなスペクトルの X 線が漏えいしてくるのか、NaI シンチレーション検出器、Ge 半導体検出器を用いて測定した。0.1MeV 以下の X 線が主で、鉛で遮へいされた部分では鉛の K-X 線が多く、75keV 周辺の X 線ピークになる。

## 2.5 第 5 区域

### 2.5.1 KEKB 関連

- KEKB ファクトリーの性能の変更に伴い、放射性同位元素等の承認使用に係る変更承認申請を行った。変更点は、(1)2 台のシンクロトロン (LER、HER) の加速粒子を電子及び陽電子とする、(2) 最大蓄積電流を引き上げ LER と HER の最大出力をそれぞれ 10.15GeV·A、9.6GeV·A とする、(3) 密封放射性同位元素 Sr-90 (37MBq×1、370MBq×1) を富士実験棟放射線体力テスト室に貯蔵する、(4) ビームラインの鉛遮蔽体を運転の条件からはずす代わりに運転中トンネル室から排気しない、(5) 管理区域の縮小、である。平成 14 年 3 月 8 日 (13 機文科科第 89 号) 付けで承認された。

KEK Internal 2002-4 俵 裕子、佐波 俊哉、波戸 芳仁、平山 英夫、柴田 徳思、  
竹内 康則、船越 義裕、吉岡 正和、工藤 喜久雄、竹田 繁、  
“KEKB ファクトリーの性能の変更の概要と放射線安全対策”

- KEKB 可動マスクの損傷に関する発熱量の計算を EGS4 を用いてシミュレートした。この計算から損傷の素材及びビームサイズに対する影響が明らかになった。また、マスクに高エネルギー電子が打ち込まれた際の電磁カスケードにより発生した光子が、曲線部の真空ダクトを照射した際の発熱も検討し、問題のないことを示した。

高エネルギーニュース 未次裕介、影山達也、竹内保直、金澤健一、佐藤康太郎、  
Volume 20, Number 3 佐波俊哉、平山英夫、“KEKB 可動マスク  
Sep/Oct 2001, pp.107-126 これまでの問題と対処、および現状と今後”

### 2.5.2 PF-AR, BT, アセンブリーホール関係

- ATF 関係
 

2002 年度中に行う ATF の変更使用申請に用いるため、ATF の空間線量率を新法令に対応した計算方法で再評価した。
- PF-AR 関連
 

PF-AR 北西実験棟新設および PF-AR 南実験棟コンクリート遮蔽設置のための遮蔽計算を行った。
- BT 関連

KEKB リングのより効率的な運転のために、BT の電子及び陽電子入射路それぞれを高エネルギーリング入射路、低エネルギーリング入射路としてそれぞれの入射路に電子及び陽電子が通過できるよう変更申請を行った。

## 2.6 第6区域

- 平成 13 年 3 月より運転開始した RFQ の運転に伴い、周辺サーベイを行った。

RAD-S-01/10 中尾、秋山、”第6区域大強度リニアック棟 RFQ 運転時の空間線量率測定”

RAD-S-01/66 豊田、中尾、”大強度陽子リニアック棟 RFQ 運転時の施設内サーベイ”

## 2.7 機構長の指定する放射線発生装置関係

- 「大電力 UHF(324MHz) クライストロン」(大強度陽子リニアック棟)

大強度陽子リニアック棟クライストロンギャラリーでの使用場所の移動に伴うサーベイを 2001 年 6 月 29 日に行なった。また、運転開始および定格出力運転に伴う空間線量測定を 2001 年 8 月 6 日に行なった。

RAD-S-01/31 豊田、中尾、”大電力 UHF324MHz クライストロンの設置場所の移動に伴うサーベイ”

RAD-S-01/41 豊田、中尾、”大電力 UHF324MHz クライストロンの RFON 時のサーベイ”

- 「大電力試験用 DTL モデル空洞」の廃止(大強度陽子リニアック棟)

アセンブリホールシールド壁内で運転を行ってきた上記空洞を 2001 年 7 月 25 日付で使用廃止手続きを行った。

- 「中間エネルギービーム輸送系用バンチャー空洞及びチョッパー空洞」新規設置(大強度陽子リニアック棟)

2001 年 4 月 6 日 新規申請。2001 年 4 月 19 日使用許可。

2001 年 6 月 27 ~ 29 日 使用前サーベイ。

2001 年 9 月 19 日 チョッパー最大出力サーベイ。

2001 年 9 月 19 日 主任者による検査に合格し、運転開始許可。

RAD-S-01/30 豊田、中尾、”中間エネルギービーム輸送系用バンチャー空洞  
新規使用前サーベイ”

RAD-S-01/52 豊田、中尾、”中間エネルギービーム輸送系用チョッパー空洞の  
運転開始に伴うサーベイ”

- 「JHF-DTL1 大電力クライストロン」の新規設置(大強度陽子リニアック棟)

2001年7月17日 新規申請。2001年7月24日使用許可。  
2001年7月18日 ビームテスト管運転時サーベイ。  
2001年11月1日 クライストロン定格運転サーベイ。  
2001年11月1日 主任者による検査に合格し、運転開始許可。

RAD-S-01/51 中村、中尾、"JHF-DTL1 大電力クライストロン  
電源試験用ビームテスト管運転時サーベイ"

RAD-S-01/58 中尾、豊田、"JHF-DTL1 大電力クライストロン運転開始前のサーベイ"

● 「SDTL 第1及び第2タンク」の新規設置（大強度陽子リニアック棟）

2001年8月7日 新規申請。2001年8月14日使用許可。  
2001年11月28日 運転開始時サーベイ。  
2001年11月28日 主任者による検査に合格し、運転開始許可。

RAD-S-01/62 豊田、中尾、"SDTL 第1及び第2タンク運転開始前のサーベイ"

### 3 放射線安全:横断的業務関連

#### 3.1 Ge 型半導体検出器による放射能濃度測定における検出限界値について

Ge 半導体検出器による排液中の放射能濃度測定に必要な時間を見積もるため、過去の測定データのうち、天然放射性同位元素以外検出されていないものを用いて、測定時間の関数として検出限界値を求めた。注目した核種は、Be-7, Na-22, K-40, Sc-46, V-48, Mn-52, Mn-54, Co-56, Co-57, Co-58, Co-60, Zn-65, Y-88, Ag-110m, Cs-137 である。測定時間 1000 秒で、K-40 以外のすべての核種について検出限界値が機構内限度を下回り、K-40 については検出限界値が法令に定める排水中濃度限度を下回った。また、測定時間 10000 秒で K-40 についても検出限界値が機構内限度を下回った。

RAD-D-2001/2 波戸、三浦、平山、秋山、“Ge 型半導体検出器による放射能濃度測定に”  
おける検出限界値について”

#### 3.2 KEK の加速器で漏洩放射線場の中性子が X/γ 線線量計に与える影響

KEK では放射線業務従事者の個人用の X/γ 線の線量計として、フィルム線量計が用いられてきた。2001 年度からフィルムに代わって、Optically Stimulated Luminescence(OSL) 線量計を X/γ 線の主な線量計とすることになった。KEK の加速器漏洩放射線場は高エネルギー中性子の線量が占める割合がガンマ線よりも高い。OSL 線量計は材料は酸化アルミからなり、銀塩フィルムに比べて低原子番号であり、相対的に中性子による影響が大きくなることが予想された。このため、KEK の東カウンターホール、中間子実験室、中性子実験室、放射光光源棟実験室で、フィルム線量計と OSL 線量計との比較測定を行った。また東北大学高速中性子実験室(FNL)で、1, 2, 15 MeV の単色中性子を照射した。2 MeV 以下の通常の中性子エネルギー範囲では実用上は問題ない。2MeV 以上の高エネルギー中性子線によって、OSL 線量計は僅かながら影響される。しかし 15 MeV 中性子、加速器漏えい中性子のような特殊な高エネルギー中性子場でも、その寄与は高々7% である。中性子の線量の方が大きく記録されるような場では、ガンマ線の線量が7% 増加しても、実用上は問題が少ない。

#### 3.3 出入管理システムの更新

- 出入管理システムソフトウェアの設計・開発

出入管理システムを構成する機器の老朽化に対応するために、システムを構成するハードウェア及びソフトウェアの見直しを行い、新たに設計・開発を行った。新システムでは旧来の出入判定を一台のホストコンピュータと光ファイバーや光モデムによる遠距離通信で行っていたのを改め、ホストコンピュータと複数のサテライトコンピュータ(出入扉カードリーダー付近に配置したコンピュータ)及び LAN 回線を用いて行うこととした。この変更によりこれまで通信断の場合に適切な出入判定が困難であった状況が改善されることが期待される。また、使用する機器や通信に用いる回線も独自のものから汎用のものとするにより保守性を高めた。構成機器の速度向上により従来よりも良好なレスポンスが得られている。接続試験、負荷試験を行い、来年度中に導入を予定している。

- 磁気カード書込みシステムの設計・開発

磁気カード(IDカード)書込みシステムの老朽化に伴い、新たにハードウェア及びソフトウェアを一新した。

これに先立ち、今回出入管理システムも更新するのに伴い、IDカードシステムとのデータを一元化する事を念頭に入れて開発を行った。



これまで ID カードシステムと出入管理システムは別々に運営されていたため、ID カードの新規登録・発行及び変更情報は一旦 ID カードシステムで磁気情報を書き込み、その後出入管理システムに手動で入力を行っていた。新システムでは ID カードへの登録・更新情報は機構内 LAN を経由して上記出入管理システムに自動又は手動で送付され、出入管理における入域判断に迅速に反映される様になっている。

来年度当初の導入を目指して現在様々な試験を行っている。

### 3.4 照射棟 X 線発生装置の特性試験

放射線科学センター附属施設である放射線照射棟は、放射線モニター・サーベイメータや被ばく管理用ドシメータなどの較正、並びに各種照射実験などに供するために設置された施設である。照射装置として 3 種類の  $\gamma$  線源、2 種類の中性子線源があり、発生装置として中性子発生装置と X 線発生装置を備えている。本年度は X 線発生装置の管電圧 60kV、120kV、200kV について、CdTe 検出器と Ge 検出器を用いてエネルギースペクトルを測定し仕様との比較を行った。

RAD-D-00/06 俵、穂積、佐々木、“照射棟 X 線発生装置の性能と特性 - 管電圧 60、120、200kV のエネルギースペクトル測定 - ”

### 3.5 放射線安全教育

「放射線安全の手引き別冊 - 平成 13 年度版」と、外国人向けの教育パンフレットととして「Study Guide for Radiation Safety-1st edition」を発行した。

年度始めに、年間を通じて放射線作業を行う外来業者及びこれらの外来業者の作業責任者となる職員を対象に、電子系加速器(ライナック・KEKB・PF-AR)関係の放射線安全教育を、放射線担当者が講師となり各現場にて実施した。

### 3.6 放射線モニタリングシステムの設計開発

#### 3.6.1 放射線モニタリングシステム

現モニタリングシステムは 2000 年 10 月に全システムの入替えを完了し、3 世代目にあたる NORM3 が正式に稼働を開始した。システムが運転を開始して以来、定期保守によるシャットダウンを除けば、その停止率は極めて小さく(年間稼働時間に対して 0.1% 以下)、大きな不具合もなく安定に動作している。今年度は、データの表示方式に若干の修正を行ったことに加えて、情報公開用のサーバーを設定し、機構内 LAN 上の計算機でも NORM で測定されたデータが閲覧できるソフトウェアを開発した。

KEK-Internal 2001-14 佐々木慎一他、“連続放射線集中監視装置における制御プログラムの概要”

### 3.6.2 放射線モニター (SARM) に関する研究開発

#### 1. 新型放射線モニターの設計

設計開発を行ってきた新型モニター (A2000) の長期動作試験を行っている。現在のところ、大きな不具合もなく、安定性にも全く問題がない。この新型モニターは、これからのモニタリングシステムにおいてその中心的役割を果たすように、設計段階から増幅回路や電源回路において徹底した合理化や共通化を押し進め全体の小型化を図る一方で、内蔵回路のモジュール化により規格統一や保守性を高めることに重点が置かれた。モジュールを接続するデータバスラインには PCI バスを採用し、各データラインには設計段階から機能を割り当てた。このため、特に CPU や ADC (アナログ-デジタル変換器) の回路機器を、今後必要になったときに大きな変更をせずに導入することが可能となった。また、通信機能に関しても、従来からの 100mA 電流信号をサポートする一方で、各モニターのカスケード接続や相互接続、また LAN 接続を可能とするための機能を追加してある。

#### 2. 積分型中性子検出器の開発

昨年度に引き続き、モニタリングシステムでの使用を目的として、市販の中性子比例計数管に接続して信号を電荷積分し計数化を電離箱モードで動作させることが可能な前置増幅器の設計開発を行っている。この増幅器の出力信号を、SARM で直読できるように現在 NORM システムで使用されている電離箱検出器と同様な形式とした。すなわち、積分電荷を鋸波状に出力し SARM の回路でこの傾きを計測する方法である。この方式によれば、300V 程度の印可電圧に対してほぼ 100% の電荷収集の飽和特性が得られ、計数管モードで動作させる場合に比較して約 1/4 の電圧ですみ、線源を用いて調べた線量率特性においては、約 10mSv/h 程度 (本機構で線源を用いて達成しうる最大線量率) まで極めて良好な線形性が得られている。現在までに、KEKB 加速器のビームダンプ点、照射棟・DT 中性子発生装置近傍、KEK 電子ライナック J 部、並びに東北大高速中性子実験室等の加速器起源のバースト状中性子場で試験を行ってきた。その応答性は極めて良く、また中性子強度が大きい場合でも直線性の高い線量率特性が得られている。

一方で、いくつかの問題点も理解されてきた。最も大きな問題点の一つは、測定のダイナミックレンジをどの範囲に設定するかという点である。具体的には、検出体積を大きくできないため、微小電流測定の問題から低い線量域での測定には限界があり、市販の直径 2 インチの比例計数管を使用した場合でも、最低測定可能線量が 0.5mSv/h 程度にとどまること、逆に、ビームライン近傍等の極めて高い線量域では検出体積が大きいと積分器の増幅率に飽和が認められるようになることである。

これの対応策として、測定対象により或いは場によって前置増幅器の増幅率を切り替えることが可能な様に改良を施し、現在試験を行っている。(本研究は機構 R&D 経費の補助を受けて遂行された。)

#### 3. 次世代モニタリングシステムの設計開発

東海地区に建設が予定されている大強度陽子加速器施設における放射線安全機器設備に設計が始められた。安全機器の中核を為すものは連続放射線集中監視装置並びに出入監視管理装置であり、平成 18 年の運転開始を目指してこれらの装置の基本設計が開始された。これらの作業は原子力研究所との共同作業となる。

### 3.7 環境放射能の測定

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、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トリチウムが検出されたが、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トリチウム濃度は、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。

## 4 化学安全・環境関係

### 4.1 依頼分析

本年度は 14 件の依頼分析を受け付けた。その中でも冷却水、腐食に関する分析依頼が多かった。金属材料が腐食により冷却水中へ溶解し、析出し、フロースイッチ等の内面に付着したり、ストレーナーを詰まらせるといった問題が発生した。以下に、分析内容の一部を示す。

#### 4.1.1 KEKB フロースイッチ内黒色付着物の分析

KEKB リングでは、電磁石保護装置として冷却水の流量低下で作動するフロースイッチが用いられている。これは、真鍮製のダイヤフラムを用いた差圧式フロースイッチであるが、分解したところ真鍮ロッドのテーパ部分が腐食し、フロースイッチ内面に黒色物質が一面に付着していた。分析の結果、主な成分としては、Cu、Zn、Pb、Sn が、微量成分として Si、S が検出された。腐食のメカニズムについては不明であるが、真鍮製のロッドから Cu、Zn が溶け出し、冷却水中の不純物と共に水酸化物を作り、フロースイッチ内面に付着していることが推察された。その後、真鍮製のロッドはステンレスに変更された。

CHEM-A-2001/5 加速器 KEKB フロースイッチ ( OD1P.16、SD7ORP.1 )  
内黒色付着物の分析

#### 4.1.2 電動機内部付着物の分析

電動機内部のベアリング部とローター部の黒色付着物について分析を行った。その結果、双方から、主な成分として、C、O、Fe、Ca、Si が検出された。粉末 X 線回折法により、化学種の同定を行った結果、得られた回折パターンは  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、及び  $\text{CaCO}_3$  のパターンと良い一致を示した。この結果より、試料は V ベルトと鉄製のプーリーの削れたものであることが示唆された。

CHEM-A-2001/10 加速器 電動機内部付着物の分析

#### 4.1.3 電子ビーム位置モニター用 SMA フィードスルー付着物の分析

KEKB 入射器において一部の電子ビーム位置モニターに出力信号異常が発見された。SMA 端子の中心導体を目視すると粉末状の物質が付着していることが確認された。よって、この粉末試料を掻きとったものと、その後コネクタ部を純水で洗浄した洗浄水について分析を行った。その結果、F が大量に検出され、フッ素樹脂の腐食によるフッ素ガスの発生が疑われた。さらに、ケーブル側の SMA コネクタの絶縁体を分析した結果テフロンであることが確認された。以上の結果から、SMA コネクタケーブルに使われているテフロンが放射線により腐食され、フッ素ガスを発生し、SMA 端子本体を腐食していることが示唆された。

CHEM-A-2001/11 加速器 電子ビーム位置モニター用 SMA フィードスルー付着物の  
分析

#### 4.1.4 12GeV PS 主リング電磁石ストレーナ、定流量バルブ、流量スイッチ内堆積物の分析

12GeV PS 主リング電磁石ストレーナ、定流量バルブ、流量スイッチ内に堆積する試料 15 検体について分析を行った。目視により、これらの試料は多数の物質の混合物であることが確認されたため、できる限り

分別して分析を行った。その結果、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、グラファイトの破片、ステンレスの破片、パッキン又は接着剤の破片と思われる有機物 3 種類が確認された。3 種類の有機物については、実際に使用されていて、冷却水内に混入する可能性のあるパッキン等と比較分析を行う予定である。

CHEM-A-2001/14 加速器 12GeV PS 主リング電磁石ストレナ、定流量バルブ、  
流量スイッチ内堆積物の分析

#### 4.2 有機廃液の管理体制の検討

有機廃液については、これまで、実験廃液処理施設内の有機系廃液処理装置により噴霧燃焼処理を行ってきたが、今後外部の処理業者へ委託することになった。それに伴い、有機廃液の受入、保管、処理依頼に関する管理体制について見直す必要が生じた。適切な処理業者を選定し、処理業者と相談の上、廃液の分別、保管について検討した。今後、更に無機廃液、有害固形廃棄物を含めた廃棄物全体について関係法令にのっとった適切な管理体制の構築と、処理場内の整理を行う予定である。

## 5 放射線科学センター部内レポートについて

放射線科学センターでは、以下のような放射線関係及び化学安全関係「放射線科学センター部内レポート」を出している。

### 5.1 放射線関係の部内レポート

放射線関係の部内レポートは、内容によって3つに分類し、それぞれ年度毎に通し番号をつけている。

- RAD-A-  
管理区域の設定、管理区域責任者の交代、手続き等放射線安全管理に関連して、主任者や管理区域責任者あるいは放射線管理室から出された通達
- RAD-D-  
新しい施設の放射線安全に関連して検討した結果、センター外からの依頼によって行った計算等の評価、その他放射線に関連して行った検討に関連する事項
- RAD-S-  
日常的な場の測定を含めた各施設において行った放射線測定に関連する事項

### 5.2 化学安全関係の部内レポート

化学安全関係の部内レポートは、内容によって2つに分類し、それぞれ年度毎に通し番号をつけている。

- 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) 中空糸分離膜を用いたトリチウムの分離濃縮と測定に関する開発研究  
研究代表者：佐々木慎一  
研究分担者：近藤健次郎、奥野健二、鈴木健訓、沼尻正晴、沖雄一
- 基盤研究 C(2) 高エネルギー陽子核破碎反応断面積の核工学的研究  
研究代表者：沼尻正晴  
研究分担者：近藤健次郎、鈴木健訓、三浦太一、沖雄一
- 奨励研究 (A) ヘキサフルオロベンゼンをベースとした液体シンチレータによる  
宇宙暗黒物質の探索  
伊藤 寛

### 2 高エネルギー加速器研究機構共同開発研究

- 研究課題名 陽電子消滅法の高度化利用開発研究  
(陽電子ナノプローブ高度化開発研究)
- 研究代表者 鈴木健訓
- 研究分担者の所属機関 東京大学、東北大学、東京学芸大学、大阪大学、奈良女子大学、  
ソウル大学、茨城県立医療大学
- 研究課題名 高速・大量処理のための固体飛跡検出器エッチピット検出・  
精密形状解析処理法の開発
- 研究代表者 俵 裕子
- 研究分担者の所属機関 横浜国立大学、放射線医学総合研究所、宇宙開発事業団
- 研究課題名 高エネルギー放射線場におけるホスウィチ型中性子  
スペクトロメータの開発
- 研究代表者 佐波俊哉
- 研究分担者の所属機関 放医研

### 3 センター主催の研究会

1. 第9回 EGS4 研究会  
日時：2001年7月31日～8月2日  
参加者：100名  
プロシーディング：KEK Proceedings 2001-22, 2001.
  
2. 研究会「放射線検出器とその応用」(第16回)  
共催：東京大学工学部原子力工学研究施設  
        応用物理学会放射線分科会  
日時：2002年2月6日～2月8日  
参加者数：109名  
プロシーディングス：KEK Proceedings 2002-12, 2002.
  
3. 合同シンポジウム「医学応用物理と生体情報イメージング計測」  
主催：応用物理学会・放射線分科会、日本医学物理学会  
共催：高エネルギー加速器研究機構放射線科学センター、放射線医学総合研究所、  
        東京大学工学部原子力工学研究施設、電気学会原子力技術委員会
  
4. 「陽子加速器施設の放射線安全に関する研究会(3)」  
日時：2002年2月8日  
参加者：30名
  
5. 第3回「環境放射能」研究会  
主催：高エネルギー加速器研究機構放射線科学センター  
        日本放射化学会 放射体・環境放射能研究懇談会  
共催：日本原子力学会 北関東支部  
        同 保健物理・環境科学部会  
日時：2002年3月5日～7日  
参加者：115名  
プロシーディング：KEK Proceedings 2002-7, 2002.

#### 4 講演、講習会講師

- 波戸芳仁, 平山英夫, “EGS4における低エネルギー光子の取り扱いと原子分子データの評価”, シグマ委員会「医用原子分子核データWG」招待講演、昭和大学, 2001年7月9日.
- 俵裕子, “放射線とそのエネルギーや環境との関わり”, 茨城県文系教員のためのセミナー、つくば国際会議場、2001年8月21日-22日.
- 波戸芳仁, “やさしい放射線安全教室, コンピュータシミュレーション”, 東京都立保健科学大学公開講座第4回オープンセミナー、東京都立保健科学大学、2001年10月17日.
- 波戸芳仁, 平山英夫, “原子データの現在の課題”, 日本原子力学会「放射線遮蔽評価」研究専門委員会、三菱総研、2001年11月26日.
- 榎本 和義, “加速器における放射線管理”, 日本放射線安全管理学会、愛知芸術文化センター、2001年11月7日.
- 平山英夫, “EGS4モンテカルロ計算コードとその医学物理学への応用”, (社)日本放射線技術学会九州部会、熊本大学医学部階樹会館、2001年11月23日.



## 5 教育活動

### 5.1 総合研究大学院学生

- 熊木 尚
- 斉藤 究 (D3)

### 5.2 他大学非常勤講師等

#### 【柴田徳思】

- 東京都立大学大学院理学部研究科
- 立教大学大学院理学研究科
- 九州大学大学院工学府

#### 【佐々木 慎一】

- 立教大学大学院理学研究科

#### 【俵 裕子】

- 宇宙開発事業団、宇宙環境利用研究センター、招聘研究員

#### 【沖 雄一】

- 茨城県立医療大学放射線技術科学科

#### 【波戸芳仁】

- 東京都立保健科学大学放射線学科

## 6 機構外委員会等活動

### 【柴田徳思】

- 日本学術会議第 18 期会員
  - － 第 18 期核科学総合研究連絡委員会委員
  - － 同核科学総合研究連絡委員会
    - \* 原子力基礎研究専門委員会委員
    - \* 放射線科学専門委員会委員
    - \* 核融合専門委員会委員
- 原子力安全委員会専門委員
- 東京大学大学院工学系研究科原子力工学研究施設運営委員会委員
- 東京大学原子力研究総合センター原研施設利用共同研究委員会委員
- 東京都立大学外部評価委員
- 日本原子力研究所研究評価委員会専門委員
- 放射線医学総合研究所共同利用運営委員会委員
- 日本アイソトープ協会理工学部常任委員
- 日本アイソトープ協会 RI クリアランス検討委員会委員
- 原子力安全技術センターしゃへい計算マニュアル編集委員会委員
- 日本放射線安全管理学会監事
- 理化学研究所 RI/ビームファクトリー安全性検討委員会委員

### 【平山英夫】

- 原子力安全委員会原子炉安全専門審査会審査委員
- 日本原子力学会 「放射線遮蔽評価」研究専門委員会 主査
- 日本原子力学会 標準化委員会 研究炉専門部会 放射線遮蔽分科会 主査
- 日本原子力研究所保健物理研究委員会 委員
- 日本原子力研究所 科学と技術のための核データ国際会議 プログラム部会 委員
- 日本原子力研究所 研究評価委員会放射線利用研究専門部会委員
- 日本保健物理学会 企画委員
- 日本アイソトープ協会 放射線取扱主任者部会本部委員会委員
- 高輝度光科学研究センター 大型放射光施設安全性検討委員会委員

- 東京大学原子力総合研究センター 放射線高度利用研究専門委員会委員

【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ータベース検討委員会
- 同委員会 放射線技術専門部会委員
- 日本放射化学会・総務担当理事
- 日本保健物理学会 「線量測定マニュアル」出版委員会委員
- 日本放射線化学会 理事

【伴 秀一】

- 日本原子力学会 「放射線遮蔽評価」研究専門委員会 委員

【榎本和義】

- 放射線利用振興協会  
放射線利用試験研究データベース検討委員会・放射線技術専門部会委員
- 日本電子工業振興協会  
窒素濃度測定標準化ワーキンググループ
- 2001 分析科学国際会議 会場部会委員
- 放射化分析研究会 幹事
- 放射線管理学会 編集委員

【佐々木慎一】

- 応用物理学会放射線分科会 常任監事

【三浦太一】

- 原子力安全委員会放射性廃棄物安全基準専門部会  
クリアランスレベル検討ワーキンググループ委員 (部外協力者)
- 日本放射化学会
  - 編集委員 (Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences 誌、放射化学ニュース誌)、
  - インターネット管理運営委員会委員
  - 事務局員

【俵 裕子】

- 電気学会、放射線分布計測技術調査専門委員会委員

【沖 雄一】

- 日本放射化学会

- 編集委員 (Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences 誌、放射化学ニュース誌)
- インターネット管理運営委員会委員
- 事務局員

【波戸芳仁】

- 日本原子力学会プログラム委員
- 日本原子力学会大会枠組編成委員
- 日本医学物理学会大会プログラム委員
- 日本原子力学会 「放射線遮蔽評価」研究専門委員会 委員
- 日本原子力学会モンテカルロ法による粒子シミュレーション研究専門委員会委員
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) テーマ公募型事業評価者 (ピアレビューア)

【中尾徳晶】

- 日本原子力学会 「放射線遮蔽評価」研究専門委員会 委員

【別所光太郎】

- 日本放射化学会
  - インターネット管理運営委員会委員
  - 事務局員

## 7 放射線科学センター名簿

柴田 徳思 *	平山 英夫
鈴木 健訓	神田 征夫
伴 秀一	佐々木 慎一
榊本 和義	沼尻 正晴
三浦 太一	俵 裕子
沖 雄一	波戸 芳仁
別所 光太郎	中尾 徳晶
伊藤 寛	佐波 俊哉
穂積 憲一	平 雅文
高原 伸一	飯島 和彦
中村 一	豊田 晃弘
高橋 一智	江田 和由
海老原 寛	道川 太一
豊島 規子	何春 清

\*放射線科学センター長

# Chapter 4

# Publication Lists

## 1 Publications in Periodical Journals (2001.1-2001.12)

1. Chen, Z. Q., Suzuki, T., Kondo, K., Uedono, A. and Ito, Y., "Free Volume in Polycarbonate Studied by Positron Annihilation: Effects of Free Radicals and Trapped Electrons on Positronium Formation", *Jpn. J. Appl. Phys.* **40** (2001)5036-5040.
2. Chen, Z. Q., Suzuki, T., Uedono, A., Tanigawa, S., and Ito, Y., "Temperature and Irradiation Effects on Positronium Formation in Polycarbonate", *Material Science Forum* **363-365**(2001)297-299.
3. Debowska, M., Rudziska-Girulska, J., Suzuki, T., Piglowski, J., and Chen, Z.Q., "Polyamide/Acrylic Rubber Blend Studied by Positron Annihilation", *Material Science Forum* **363-365**(2001) 300-302.
4. Endo, A., Oki, Y., Kanda, Y., Oishi, T., and Kondo, K., "Evaluation of internal and external doses from C-11 produced in the air in high energy proton accelerator tunnels", *Radiat. Prot. Dosim.* **93**(2001)223-230.
5. Goworek, T., Jasinska, B., and Suzuki, T., "Ortho-Ps in Bi-Dispersional Porous Glass", *Material Science Forum* **363-365**(2001)316-318.
6. Hamada, E., Sato, K., Takahashi, Y., Uchiyama, H., Kanazawa, I., Oshima, N., Suzuki, T., Nakata, M., Yoshida, T., and Takeuchi, S., "Positron-Annihilation Studies of Frank-Kasper-Type Quasicrystals of the Mg-Zn-Ga-Al and the Mg-Zn-Rare-Earth System", *Jpn. J. Appl. Phys.* **40**(2001)259-262.
7. Hamada, E., Ohshima, N., Suzuki, T., Kobayashi, H., Kondo, K., Kanazawa, I., and Ito, Y., "Application of pulsed slow-positron beam to low-density polyethylene film", *Acta Physica Polonica* **99**(2001)373-378.
8. Ito, Y., Iwasa, Y., Tuan, N. M., Moriyama, S., "Positron annihilation inside C60", *Journal of Chemical Physics* **115** (2001) 4787-4790.
9. Kanda, Y., Oki, Y., Endo, A., Numajiri, M., and Kondo, K., "Airborne gaseous N-13 species and noxious gases produced at the 12 GeV proton synchrotron", *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **247**(2001)25-31.
10. Nakao, N., Kurosawa, T., Nakamura, T., Uwamino, Y., "Absolute measurements of the response function of an NE213 organic liquid scintillator for the neutron energy range up to 206 MeV", *Nucl. Instr. and Meth. A* **463**(2001)275-287.
11. Namito, Y. and Hirayama, H., "Comparison of EGS4 and Measurements Regarding K-X ray and Bremsstrahlung Photons", *Advanced Monte Carlo for Radiation Physics, Particle Transport Simulation and Applications*, (2001)63-68.
12. Nariyama, N., Namito, Y., Ban, S. and Hirayama, H., "Dose measurements in inhomogeneous bone/tissue and lung/tissue phantoms for angiography using synchrotron radiation", *Phys. Med. Biol.* **46**(2001)717-728.
13. Nariyama, N., Tanaka, S., Nakane, Nakashima, H., Hirayama, H., Ban, S., Namito, Y., Hyodo, K., and Takeda, T., "Comparison of in-phantom dose distributions for coronary angiography using an x-ray machine and synchrotron radiation", *Med. Phys.* **28**(1)(2001)16-21.

14. Nunomiya, T., Nakao, N., Wright, P., Nakamura, T., Kim, E., Kurosawa, T., Taniguchi, S., Sasaki, M., Iwase, H., Uwamino, Y., Shibata, T., Ito, S., and Perry, D. R., "Measurement of deep penetration of neutrons produced by 800-MeV proton beam through concrete and iron at ISIS", *Nucl. Instr. and Meth.* **B 179**(2001)89-102.
15. Sato, T., Shin, K., Yuasa, R., Ban, S. and Lee, H.S., "Measurement of the Neutron Spectrum by the Irradiation of a 2.04-GeV Electron Beam into Thick Targets", *Nucl. Instrum. Meth. A*, **A463**(2001)299-308.
16. Shinohara, A., Miura, T., Yokoyama, A., Takamiya, K., Kaneko, T., Muroyama, T., Saito, T., Hamajima, Y., Muramatsu, H., Kojima, S., Baba, H. and Furukawa, M., "Pion transfer processes of pionic atoms in the gas mixtures containing hydrogen at various pressures", *Radiochim. Acta* **89** (2001) 849-852.
17. Sasaki, M., Nakao, N., Nunomiya, T., Nakamura, T., Shibata, T., Fukumura, A., "Response Function Measurements of the Self-TOF Neutron Detector for Neutrons up to 800 MeV", *J. Nucl. Sci. Technol.* **38-1** (2001)8-14.
18. Suzuki, T., Kondo, K., Hamada, E., and Ito, Y., "Radiation effects on positronium formation", *Acta Physica Polonica* **99**(2001)515-522.
19. Suzuki, T., Kondo, K., Hamada, E., Chen, Z.Q., and Ito, Y., "Temperature and radiation effect on positronium formation", *Radiation Physics and Chemistry* **60**(2001)535-540.
20. Suzuki, T., Hayashi, T. and Ito, Y., "Polymerization of epoxy resins studied by positron annihilation", *Materials Research Innovations* **4**(2001)273-277.
21. Takada, M., Taniguchi, S., Nakamura, T., Nakao, N., Uwamino, Y., Shibata, T., Fujitaka, K., "Neutron spectrometry in a mixed field of neutrons and protons with a phoswich neutron detector, Part I: response functions for photons and neutrons of the phoswich neutron detector", *Nucl. Instr. and Meth.* **A 465**(2001)498-511.
22. Tanaka, Su., Nakashima, H., Sakamoto, Y., Nakane, Y., Meigo, S., Tanaka, Sh., Nakamura, T., Takeda, M., Kurosawa, T., Hirayama, H., Nakao, N., Uwamino, Y., Imamura, M, and Shin, K., "An Experimental Study on Radiation Streaming Through a Labyrinth in a Ptoton Accelerator Facility of Intermediate Energy", *Health Physics* **81**(2001)406-418.
23. Tawara, H., Doke, T., Hayashi, T., Kikuchi, J., Kyan, A., Nagaoka, S., Nakano, T., Takahashi, S., Terasawa, K., Yoshihira, E. , "LET distributions from CR-39 plates on Space Shuttle missions STS-84 and STS-91 and a comparison of the results of the CR-39 plates with those of RRMD-II and RRMD-III telescopes", *Radiation Measurements* **35**(2002)119-126.
24. Uchiyama, H., Hamada, E., Takahashi, T., Sato, K., Takahashi, Y., Kanazawa, I., Oshima, N., Suzuki, T., Yoshida, T., and Takeuchi, S., "The Structure of Stable Icosahedral Phase in Mg-Zn-Y Studied by Positron Annihilation", *Material Science Forum* **363-365**(2001)182-184.

## 2 Publication in Japanese (2001.1-2001.12)

1. 馬場由香里, 福土政広, 齋藤秀敏, 波戸芳仁, “モンテカルロ法を用いたベータ線の制動放射線スペクトルの算出”, *Japanese J. of Med. Phys.* **21**(2001)210-213.
2. 平山 英夫, “電磁カスケードモンテカルロ計算コード EGS4 とその応用”, *RIST News No.31*(2001) 20-31.
3. 平山 英夫, “光子の線量概念と実効線量への換算係数との関係－ICRP90 年勧告の実施にあたって”, *J. At. Energy Soc. Japan* **43**(2001)427-432.
4. 平山 英夫, 波戸 芳仁, “インドネシアでの EGS4 講習会”, *J. At. Energy Soc. Japan* **43**(2001)448-449.
5. 泉川亜衣, 福土政広, 波戸芳仁, “X 線防護衣素材の研究”, *Japanese J. of Med. Phys.* **21**(2001)236-239.
6. 高田弘, 波戸芳仁, 澤村英範, “放射線物理、粒子輸送シミュレーションおよびその応用に用いる先端的モンテカルロ法に関する国際会議, 日本原子力学会誌, **43**(2001)132-134.
7. 俵 裕子, 上垣内 茂樹, 益川 充代, 永松 愛子, 中野 完, 熊谷 秀則, 正木 道子, 倉持 恵美子, 保田 浩志, 安田 仲宏, “受動・積算型線量計による宇宙放射線計測技術の開発”, *放射線* **27-4**(2001)29-41.
8. 安田 仲宏, 中村 正吾, 北村 貴志, 俵 裕子, 関口 舞, 道家 忠義, “超重核探索実験 HNX-ECCO における固体飛跡検出器のための測定法の開発”, *放射線* **27-4**(2001)19-27.

## 3 Book

1. Miuchi, K., Minowa, M., Takeda, A., Sekiya, H., Shimizu, Y., Inoue, Y., Ootani, W., Ito, Y., Watanabe, T., Moriyama, S., Ootuka, Y., “Dark Matter Search with LiF Bolometer at Kamioka”, *The Identification of Dark Matter*. Neil J.C. Spooner ed. World Scientific Publishing Co. Pte.Ltd.,(2001) 391-396.



## 4 Presentation at Conference *etc.*(2001.4-2002.3)

### 4.1 International Conference

1. The 5th SEGJ International Symposium -Imaging Technology, Nihon-Daigaku, Tokyo, Japan, January 24-26, 2001.
  - Takakura, S., Marui, A., Uchida, Y., Suzuki, T., Kanda, Y., and Sato, H., “Resisivity monitoring of moisture migration in an embankment”
2. The Third International Symposium on Nuclear Analytical Chemistry (NAC-III), Halifax, Canada, June 11-14, 2001.
  - Masumoto K., Eda K., Toyoda A., and Shibata T., “How Can Activation Analysis Solve Radiation Protection Problem at Accelerator Facility?”
3. The First iTRS International Symposium On Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-1), Hanyang University in Seoul, July 18-19.
  - Lee, H. S., Bak, J., Chung, C., Ban, S., Shin, K. and Sato, T., “Photo-Neutron Source using 2 GeV Electron Linac for Radiation Shielding Research”
4. IUPAC International Congress on Analytical Sciences 2001(ICAS 2001), Tokyo, Japan, August 6-10, 2001.
  - Masumoto K., Shikano K., Ohtsuki T. and Itoh Y., “Development of Flow Extraction and Detection Method of Radiocarbon for Activation Analysis of High Pure Materials”
5. International Conference on Nuclear Data for Science and Technology, Tsukuba International Congress Center, Tsukuba, Oct. 7-12.
  - Lee, H. S., Ban, S., Shin, K., Sato, T., Maetaki, S., Chung, C. and Choi, H. D., “Systematics of Differential Photoneutron Yields Produced from Al, Ti, Cu, Sn, W, and Pb Targets by Irradiation of 2.04 GeV Electrons”
  - Ban, S., Oki, Y., Sato, T., Tanaka, K., Shin, K., Lee, H. S. and Bak, J. S., “Radioactivity in Aluminum, Water and Carbon Beam Dumps by 2-2.5 GeV Electrons”
  - Sanami, T., Hiroishi, T., Baba, M., Hagiwara, M., Miura, T., Aoki, T., Kawata, T., Tanaka, S., Nakashima, H., and Meigo, S., “Double differential hydrogen and helium production-cross section of oxygen and nitrogen for 75 MeV neutrons”
6. 2001 Asia-Pacific symposium on Radiochemistry and 45th Symposium on Radiochemistry, Hakata, Fukuoka, Japan, October 30-November 1, 2001.
  - HE, C.Q., Suzuki, T., Shantarovich, V.P., Kondo, K., Kobayahi, H., Hamada E., and Ito, Y., “Characterization of polymer sub-surface using slow positron beam”
  - Suzuki, T., HE, C.Q., Shantarovich, V.P., Kondo, K., Hamada, E., and Ito, Y., “An application of coincidence Doppler spectroscopy to polymer”
  - Chen, Z.Q., Suzuki, T., Uedono, A., and HE, J.S., “Positron annihilation study of free volume holes in polymers and polymer blend”
  - Shantarovich, V. P., Suzuki, T., and HE, C. Q., “A possibility to study substance properties using positronium as the simplest”
  - Ito, Y., “Positron annihilation in C<sub>60</sub> and K<sub>6</sub>C<sub>60</sub>”

- Masumoto K., Toyoda A., Eda K., Izumi Y. and Shibata T., “Evaluation of Radioactivity Induced in the Accelerator Building and Its Application to Decontamination Work”
  - Miura, T., Bessho, K., Ishihama, S. and Ohtsuka, N., “Migration of Radionuclides Induced in Soil Below the 12 GeV Proton Accelerator”
  - Goto, K., Takamiya, K., Kasamatsu, Y., Shoji, Y., Yokoyama, A., Miura, T., Hamajima, Y. and Shinohara, A., “Development of the Measuring System for Electronic X Rays Following Atomic Capture of Negative Pions”
  - Sasaki S., Tega E., Shimada A., Akahori A., Suzuki T., Okuno K. and Kondo K., “Basic Characteristics of Hollow-filament Polyimide Membrane in Gas Separation and Application to Tritium Monitors”
7. IEEE 2001, San Diego, USA, November 4-8, 2001.
- Sasaki S., Tawara H., Saito K., Miyajima M. and Shibamura E., “Average Energy Required Per Scintillation Photon and Energy Resolution in Inorganic Scintillation Crystals for Gamma-Rays”
  - Saito K., Tawara H., Sanami T., Shibamura E. and Sasaki S., “Absolute Number of Scintillation Photons Emitted by Alpha-particles in Rare Gases”
8. The 6th International Conference on Tritium Science and Technology (TRITIUM 2001), Tsukuba, Japan, November 12 - 14, 2001.
- Tega E., Akahori S., Okuno K., Sasaki S., Suzuki T., and Kondo K., “Study on Selective Separation of Tritium Using a Hollow-filament Type Polyimide Membrane Module - Its Application to Tritium Monitoring un High-energy Accelerator Facilities”
9. The 2nd International Workshop on Space Radiation Research (IWSSRR-2), March 11-15, 2002, Nara, Japan.
- Masukawa, M., Hayashi, T., Kumagai, H., Masaki, M., Nagamatsu, A., Tawara, H., Yasuda, H., Yasuda, N., “A Development of Integrating Passive Dosimeters and Their Analysis Method for Space Radiation Measurements in NASDA & #8211; A Database Construction for the Analysis-”

## 4.2 Other

1. 保健物理学会 2001 年研究発表会, 仙台市、仙台国際センター、2001 年 5 月 24-25 日
  - 佐藤達彦(原研), 秦和夫, 前瀧聡(京大), 伴秀一, 中尾徳晶(KEK), “TIARA を使った鉛コリメータ付きシンチレータの校正及びそれを用いた光中性子測定”
2. 第 50 回(2001 年)高分子学会年次大会, 大阪国際会議場、2001 年 5 月 23 日-25 日
  - 馬森、鈴木健訓、黒子弘道、松生勝, “X 線、NMR および陽電子消滅法による共重合体 E-MMA と EDAM 構造および物性の解析”
3. 理工学における同位元素・放射線研究発表会, 日本青年館、2001 年 7 月 11-13 日
  - 高橋一智、伴 秀一, “3GeV 放射光施設における漏えい X 線スペクトル”
  - 穂積 憲一、伴 秀一、佐波 俊(KEK)、小林 育夫(長瀬ランダウア), “高エネルギー加速器の漏洩放射線場での O S L 線量計への応答”

- 中村一、加藤茂樹、“加速器 (KEKB) トンネル内の線量測定”
  - 飯島和彦、穂積憲一、佐々木慎一、“高エネ研における連続放射線集中監視装置 - 使用される放射線検出器について - ”
  - 豊田晃弘、江田和由、波戸芳仁、“NaI シンチレータによる汚染土壌測定 of EGS4 による評価”
4. The Ninth EGS4 Users' Meeting in Japan, KEK Tsukuba, July 31 - August 2
- Ban, S., Lee, H. S., Sato, T., Maetaki, S. and Shin, K., “Measurements of Photo-Neutrons from Thick Aluminum Target by 2 GeV Electrons”
  - Itoh, T., Kishi, N., Shin, K., Taniguchi, S., Nariyama, N., Ban, S. and Namito, Y., “Development of beam Intensity monitors for Intense Undulator X-rays in Spring-8”
  - Toyoda, A., Eda, K. and Namito, Y., “EGS4 Calculation of NaI Scintillation Surveyrometer for the Evaluation of  $^{137}\text{Cs}$  contamination in Soil”
5. 第 62 回応用物理学学会学術講演会、愛知工業大学、愛知県、2001 年 9 月 11-14 日
- 俵 裕子、上垣内 茂樹、熊谷 秀則、蔵野 美恵子、正木 道子、益川 充代、永松 愛子、安田 仲宏、“受動積算型線量計を用いた宇宙放射線量計測法の開発 ( ) - CR-39 飛跡生成感度の入射角依存性 - ”
  - 益川 充代、上垣内 茂樹、永松 愛子、俵 裕子、正木 道子、熊谷 秀則、“CR-39 および TLD-MSO データの組合せによる STS-95 の宇宙放射線評価 ( ) ”
  - 永松 愛子、上垣内 茂樹、益川 充代、俵 裕子、正木 道子、熊谷 秀則、“受動積算型線量計を用いた宇宙放射線計測法の開発 ( ) - 重イオンに対する TLD 素子  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4:\text{Tb}$  のフェーディング特性評価 - ”
  - 永松 愛子、上垣内 茂樹、益川 充代、俵 裕子、正木 道子、熊谷 秀則、“受動積算型線量計を用いた宇宙放射線計測法の開発 ( ) - 重イオンに対する TLD 素子  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4:\text{Tb}$  のフェーディング特性評価 - ”
  - 斉藤 究、佐波 俊哉、俵 裕子、佐々木 慎一、柴村 英道、“高圧 Xenon におけるシンチレーション光子数測定 (2)”
  - 佐々木 慎一、俵 裕子、齋藤 究、柴村 英道、宮島 光弘、“無機シンチレータの蛍光効率と分解能 (2)”
6. 第 17 回固体飛跡検出器研究会、神戸商船大学、兵庫県、2001 年 9 月 11 日
- 俵 裕子、上垣内 茂樹、熊谷 秀則、蔵野 美恵子、正木 道子、益川 充代、永松 愛子、安田 仲宏、“NASDA における受動・積算型線量計測技術開発”
7. 日本原子力学会、2001 年秋の大会、2001 年 9 月 19 日-21 日、北海道大学
- 三浦孝子、馬場護、川田直輝、佐波俊哉、“位置検出器型光電増倍管を用いた高性能中性子スペクトロメータの開発 (2)-高エネルギー中性子への拡張の検討-”
  - 佐々木道也、布宮智也、中村尚司、中尾徳晶、柴田徳思、福村明史、“NE213 液体シンチレータの高エネルギー光子に対する応答特性の評価”
  - 伊藤拓、岸紀行、秦和夫、谷口真吾、成山展照、伴秀一、波戸芳仁、“JASRI における放射光標準場の確立”
  - 成山展照、波戸芳仁、伴秀一、平山英夫、“ガスクロミックフィルム MD-55 の 10-40keV 単一エネルギー光子に対する応答特性”
8. 第 51 回ネットワークポリマー講演討論会、東京工業大学、2001 年 10/25 日-26 日

- 熊木尚、陶晴昭、鈴木健訓, “低速陽電子短パルス化装置を用いた硬化物表面層の観察”
9. 日本分析化学会第 50 年会, 熊本大学, 2001 年 11 月 23-25 日
    - 神田征夫、平雅文, “化学発光式 NO<sub>x</sub> 計を用いた FIA 法による環境試料中の亜硝酸塩、硝酸塩の高感度分析”
  10. 京都大学原子炉実験所専門研究会「トリチウム安全工学」, 京大原子炉, 2001 年 12 月 12-13 日
    - 三浦太一, “高エネルギー陽子加速器施設におけるトリチウムの生成とその動態”
  11. 研究会「放射線検出器とその応用」, KEK, つくば, 2002 年 2 月 6-8 日
    - 高橋一智、佐波俊哉、伴秀一 (KEK)、Hee-Seock Lee (POSTECH), 佐藤達彦 (原研), “CTOF 法の 2GeV 電子に対する 2 次荷電粒子測定への応用”
    - 柴村英道、佐々木慎一、俵裕子、齋藤究、宮島光弘, “ヨウ化セシウムシンチレータの発光特性”
  12. 第 3 回「環境放射能」研究会, 高エネルギー加速器研究機構, 2002 年 3 月 5 日 - 7 日
    - 三浦太一、鈴木健訓、沼尻正晴、石浜茂夫, “高エネ研ニュートリノビームライン崩壊領域周辺土壌の放射化”
    - 中村一、佐波俊哉, “加速器周辺の環境放射線測定に TLD を用いる場合の注意点 - 失敗例に学ぶ”
  13. 平成 13 年度核融合科学研究所技術研究会, セラトピア土岐, 2002 年 3 月 14-15 日
    - 平 雅文, “バーコードによる薬品管理システム”
  14. 日本物理学会第 57 回年次大会、立命館大学、滋賀県、2002 年 3 月 24-27 日
    - 中村 正吾、北村 貴志、関口 舞、並木 佳世子、俵 裕子、安田 仲宏、道家 忠義, “BP-1 ガラス飛跡検出器の真空紫外光を用いたピンホールスキャン”
  15. 第 18 回機能性ホスト・ゲスト化学研究会, つくば国際会議場、2002 年 3 月 25 日
    - 別所光太郎、山本博将、谷口真一郎、早下隆士、寺前紀夫, “ナトリウム選択性クロモイオノフォアおよびフルオロイオノフォアの界面活性剤ミセル中における錯生成挙動”
  16. 日本原子力学会 2002 年春の年会, 神戸商船大学、2002 年 3 月 27-29 日
    - 佐波俊哉、伴秀一、高橋一智、Hee-Seock Lee、佐藤達彦, “2GeV 電子入射による Al, Cu, W からの軽荷電粒子の測定”
    - 伊藤拓、岸紀行、上原香一、秦和夫、谷口真吾、成山展照、伴秀一、波戸芳仁, “He ガス散乱法による大強度放射光スペクトル測定”
    - 岸紀行、伊藤拓、秦和夫、上原香一、成山展照、谷口真吾、伴秀一, “Spring-8 BL20B2 放射光ビームラインにおける Si フォトダイオードと空洞電離箱の線量比較”
    - 清水彰直、平山英夫, “ガンマ線輸送計算における制動輻射二次ガンマ線の効果の検討”
  17. 第 49 回応用物理学関係連合講演会、東海大学、神奈川県、2002 年 3 月 27-30 日
    - 熊谷 秀則、上垣内 茂樹、益川 充代、永松 愛子、俵 裕子、安田 仲宏, “受動積算型線量計を用いた宇宙放射線量計測法の開発 ( )”
    - 俵 裕子、道家 忠義、北村 貴志、中村 正吾、並木 佳世子、関口 舞、安田 仲宏, “ECCO 計画における GCR 超重核粒子トラッキングを目的とした BP-1 ガラス飛跡検出器ピンホール検出法の開発”
    - 齋藤 究、柴村 英道、佐波 俊哉、俵 裕子、佐々木 慎一, “高圧希ガスにおける電離電子・シンチレーション光子絶対同時測定”

- 齋藤究、俵裕子、佐々木慎一、柴村英道, “高圧気体 Xenon におけるシンチレーション光子数測定”
  - 井上直久、新宮一恵、榎本和義, “窒素ドーピング CZ-Si 結晶の濃度測定の標準化 - 赤外・SIMS・放射化の検討”
18. 第 49 回応用物理学関係連合講演会放射線分科会企画「宇宙と放射線計測」シンポジウム、東海大学、神奈川県、2002 年 3 月 29 日
- 俵 裕子、益川 充代、永松 愛子, “積分型線量計素子 CR-39/TLD による宇宙放射線線量計測”

## 5 Reports etc. (2001.4-2002.3)

### 5.1 KEK Proceedings

1. Sasaki, S., Shibata, T., Takahashi, H. and Nakazawa, M. edited, "Radiation Detectors and Their Uses", Proceedings of the 16th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses", February 6-8, 2002, KEK, Tsukuba, Japan, *KEK Proceedings 2001-20*(2001).
2. Miura, T edited, "Proceedings of the Second Workshop on Environmental Radioactivity", March 15-16, 2001, KEK, Tsukuba, Japan, *KEK Proceedings 2001-14*(2001).
3. Hirayama, H., Namito, Y. and Ban, S. edited, "Proceedings of the Ninth EGS4 Users' Meeting in Japan", July 31 - August 2, 2001, KEK, Tsukuba, Japan, *KEK Proceedings 2001-22*(2001).

### 5.2 KEK Report

1. Nunomiya, T., Nakao, N., Wright, P., Nakamura, T., Kim, E., Kurosawa, T., Taniguchi, S., Sasaki, M., Iwase, H., Shibata, T., Uwamino, Y., Ito, S., and Perry, D. R., "Experimental Data of Deep Penetration Neutrons through a Concrete and Iron Shield at ISIS Spallation Neutron Source Facility using an 800-MeV Proton Beam", *KEK Report 2001-24*(2002).

### 5.3 KEK Internal

1. 平 雅文、別所光太郎、神田征夫、"化学安全管理報告 - 2000年度 - ", *KEK Internal 2001-3*(2001).
2. Hirayama, H., Namito, Y., Numajiri, N. and Ikeda, R., "EGS4 Shower Display System (EGS4PICT) Windows 32 Bits Version", *KEK Internal 2001-4* (2001).
3. 平山英夫、義澤宣明、坂本幸夫、"高エネルギー加速器施設の遮蔽簡易式と実効線量換算係数", *KEK Internal 2001-7* (2001).
4. Tayama, R., Nakano, H., Handa, H., Hayashi, K., Hirayama, H., Shin, K., Masukawa, F., Nakashima, H., and Sasamoto, N., "DUCT-III: A Simple Design Code for Duct-Streaming Radiations", *KEK Internal 2001-8* (2001).
5. Ban, S., Ebihara, H., Eda, K., Hirayama, H., Hozumi, K., Iijima, K., Ishihara, T., Itoh, Y., Masumoto, K., Miura, T., Nagai, R., Nakao, N., Nakamura, H., Namito, Y., Numajiri, M., Oki, Y., Sanami, T., Sasaki, S., Suzuki, T., Takahara, S., Takahashi, K., Tawara, H., Toyoda, A., Toyoshima, N. and Shibata, T., "放射線管理報告-2000年度- (in Japanese)", *KEK Internal 2001-10*(2001).
6. Hirayama, H. and Namito, "Lecture Note: Education for Radiations using EGS4PICT32", *KEK Internal 2001-11* (2001).
7. 佐々木慎一、飯島和彦、下村浩一郎、永嶺謙忠、"中性子中間子研究施設・中間子第2実験棟2次ビームライン変更に関わる放射線安全対策 - 大立体角軸収束型表面ミュオンチャンネルの設置 - ", *KEK-Internal 2001-12*(2002).
8. 佐々木慎一、飯島和彦、穂積憲一、"連続放射線集中監視装置における制御プログラムの概要", *KEK-Internal 2001-14*(2002).

## 6 Internal Reports of Radiation Science Center (2001.4-2002.3)

### 6.1 RAD-D

- RAD-D-2001/1 三浦太一、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の放射能濃度測定結果報告書
- RAD-D 2001/2 波戸芳仁, 三浦太一, 平山英夫, 秋山茂則、Ge 型半導体検出器による放射能濃度測定における検出限界値について
- RAD-D 2001/4 中村 一, 佐波 俊哉、黒鉛パイル熱中性子標準場での TLD の照射について
- RAD-D-2001/5 三浦太一、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の放射能濃度測定結果報告書

## 6.2 RAD-S

- RAD-S 2001/1 三浦、北島、“ターゲットステーション空間線量率測定”
- RAD-S-2001/2 佐波、中村、“KEKB-BT 脱出口サーベイ”
- RAD-S 2001/3 高原、中嶋、武田、“ニュートリノ第1機械棟周辺サーベイ”
- RAD-S 2001/4 高原、中嶋、武田、“北カウンターホール機械室空間線量率測定”
- RAD-S 2001/5 俵、“トリスタン加速器放射化物の今後の措置について”
- RAD-S 2001/6 高原、秋山、北島、“ニュートリノビームライン空間線量率測定結果”
- RAD-S 2001/7 高原、大塚、北島、“EP2 ビームライン表面線量率測定結果”
- RAD-S 2001/8 高原、大塚、“スミア法による表面密度測定結果  
(EP2 ビームライン定期スミア)”
- RAD-S 2001/9 江田、三浦、石浜、北島、“廃液の減容を目的とした液シンカクテル  
剤の特性評価”
- RAD-S 2001/10 中尾、秋山、“第6区域大強度リニアック棟 RFQ 運転時の空間線量率”
- RAD-S-2001/11 佐波、波戸、中村、“BT ケーブル引き出し口兼脱出口  
(PFAR 南実験室横) サーベイ”
- RAD-S-2001/12 中村、佐波、“KEKB-BT 上流部の放射化について”
- RAD-S 2001/13 佐波、波戸、吉岡、竹内、“PF-AR 南実験室周辺サーベイ”
- RAD-S 2001/14 飯島、国府田、大塚、“Dose Rate at Duct Surface in NML Line”
- RAD-S-2001/15 中村、“ATF 西壁での TLD バッジによる積算空間線量の測定”
- RAD-S 2001/16 沼尻、中尾、武田、石浜、大塚、“EP1 ラインサーベイ”
- RAD-S 2001/17 三浦、高原、秋山、北島、渡部、“ニュートリノビームライン  
表面線量率測定結果”
- RAD-S 2001/18 三浦、高原、渡部、秋山、北島、“スミア法による表面密度測定結果  
(ニュートリノビームライン定期スミア)”
- RAD-S-2001/19 中村、佐波、“KEKB-BT 上流部の運転停止直後の表面線量率測定”
- RAD-S-2001/20 中村、“KEKB-BT 地上部の TLD による積算空間線量(4月分)”
- RAD-S 2001/21 三浦、高橋、石浜、“ターゲットステーション空間線量率測定”
- RAD-S-2001/22 中村、“ATF 西壁での TLD バッジによる積算空間線量の測定”
- RAD-S-2001/23 中村、“KEKB-BT 地上部の TLD による積算空間線量(5月分)”
- RAD-S-2001/24 中嶋、佐波、中嶋、“BT 上流部の表面線量率測定”
- RAD-S-2001/25 中村、“KEKB-BT 地上部の TLD による積算空間線量(6月分)”
- RAD-S-2001/26 佐波、中村、“KEKB-BT 脱出口サーベイ”
- RAD-S 2001/27 高橋、“加速管テストベンチ運転時サーベイ”
- RAD-S 2001/28 佐波、高橋、北島、“電子陽電子入射器ビームライン残留放射能  
サーベイ”
- RAD-S 2001/29 伴、“原研タンデム照射施設からの放射化物譲受”
- RAD-S 2001/30 豊田、中尾、“中間エネルギービーム輸送系用バンチャー空洞の  
新規使用前サーベイ”
- RAD-S 2001/31 豊田、中尾、“大電力 UHF324MHz クライストロンの設置場所の  
移動に伴うサーベイ”
- RAD-S-2001/32 中村、“KEKB-BT の運転終了直後の表面空間線量率測定”



- RAD-S 2001/33 飯島、秋山、“Dose Rate at Duct Surface in NML Line”
- RAD-S-2001/34 中村、“KEKB-BT 地上部の TLD による積算空間線量(7月分)”
- RAD-S 2001/35 高橋、“光源棟実験フロア環境用 TLD 測定結果”
- RAD-S 2001/36 高橋、“クライストロンギャラリー環境用 TLD 測定結果”
- RAD-S-2001/37 中村、“KEKB 運転終了直後の表面空間線量率測定”
- RAD-S 2001/38 三浦、高橋、国府田、中嶋、石浜、“ニュートリノビームライン  
ターゲットステーションにおける空气中放射性同位元素濃度”
- RAD-S 2001/39 高橋、“EP1 トンネル内  $^{14}\text{C}$  濃度測定結果”
- RAD-S-2001/40 中村、“KEKB 地上部管理区域境界での線量測定(2月~7月)”
- RAD-S 2001/41 豊田、中尾、“大電力 UHF324MHz クライストロンの RFON 時のサーベイ”
- RAD-S 2001/42 佐波、高橋、“入射器の加速管エージングに伴う放射線量の測定”
- RAD-S 2001/43 飯島、“Dose Rate at Duct Surface in NML Line(2001/8/17)”
- RAD-S 2001/44 豊田、中嶋、“ATF 運転終了後の表面線量測定”
- RAD-S-2001/45 伴、“放射光アイソトープ実験施設の液体シンチレーション  
カウンターの  $\text{Cs-137}$  による汚染”
- RAD-S-2001/46 中村、“ATF 西壁での TLD バッジによる積算空間線量の測定”
- RAD-S-2001/47 中村、“KEKB トンネル内の放射光起因の放射線量測定”
- RAD-S-2001/48 中村、“ATF 西壁での TLD バッジによる積算空間線量の測定”
- RAD-S 2001/49 佐波、“KEKB 加速器見学ルートの放射線線量測定結果”
- RAD-S-2001/50 中村、“ATF 西壁での TLD バッジによる積算空間線量の測定”
- RAD-S 2001/51 中尾、“JHF-DTL1 大電力クライストロンの電源試験用ビームテスト管  
の運転時サーベイ”
- RAD-S 2001/52 豊田、中尾、“中間エネルギービーム輸送系用チョッパー空洞の  
運転開始に伴うサーベイ”
- RAD-S-2001/53 中村、“TLD リーダー点検校正前後の TLD 読み取り値の変化について”
- RAD-S-2001/54 豊田、“ATF 西壁での TLD バッジによる積算空間線量の測定”
- RAD-S 2001/55 高原、高橋、中嶋、“光源棟実験フロア蓄積時サーベイ結果”
- RAD-S 2001/56 高原、高橋、渡部、国府田、北島、青木、“光源棟実験フロア  
入射時サーベイ結果”
- RAD-S 2001/57 高橋、中嶋、青木、“光源棟 2F 渡り廊下入射時サーベイ”
- RAD-S 2001/58 中尾、豊田、“JHF-DTL1 大電力クライストロンの運転開始時サーベイ”
- RAD-S-2001/59 中村、“KEKB-BT 地上部の TLD による積算空間線量(10月分)”
- RAD-S-2001/60 中村、“KEKB-BT 脱出口ドア表面の TLD の値について”
- RAD-S 2001/61 豊田、“ATF 西壁での TLD バッジにより積算空間線量の測定”
- RAD-S 2001/62 豊田、中尾、“SDTL 第1タンク及び第2タンク運転開始に伴うサーベイ”
- RAD-S 2001/63 豊田、“SDTL 第1タンク及び第2タンク最大ピーク幅時のサーベイ”
- RAD-S 2001/64 高橋、伴、佐波、“電子陽電子加速器陽電子ターゲット  
パルスコイル交換”
- RAD-S 2001/65 高橋、三浦、“EP1 トンネル内及び北カウンターホール空气中  
放射能濃度測定結果”

- RAD-S 2001/66 豊田、中尾、“大強度陽子リニアック棟 RFQ 運転時施設内サーベイ”  
 RAD-S 2001/67 俵、“KEKB 用空洞カプラ試験装置運転中の放射線サーベイ”  
 RAD-S 2001/68 高橋、国府田、北島、“光源棟実験フロア蓄積時サーベイ結果 (3GeV 運転時)”  
 RAD-S 2001/69 高橋、大塚、“光源棟蓄積リング内サーベイ”  
 RAD-S 2001/70 高橋、“光源棟実験フロア環境用 TLD 測定結果”  
 RAD-S-2001/71 中村、“KEKB 地上部管理区域境界での線量測定 (10 月～11 月)”  
 RAD-S 2001/72 高橋、石浜、“電子陽電子加速器入射器ビームラインサーベイ”  
 RAD-S 2001/73 飯島、石浜、青木、“Dose Rate at Duct Surface in NML and P4 Line(2001/12/25)”  
 RAD-S-2001/74 中村、“KEKB-BT 地上部の TLD による積算空間線量 (11 月分)”  
 RAD-S-2001/75 中村、“KEKB-BT 地上部の TLD による積算空間線量 (12 月分)”  
 RAD-S 2001/76 高橋、佐波、“電子陽電子加速器陽電子入射時テストホール内サーベイ”  
 RAD-S 2001/77 高橋、武田、石浜、“光源棟実験フロア蓄積時サーベイ結果”  
 RAD-S-2001/78 中村、“KEKB 運転終了直後の表面空間線量率測定”  
 RAD-S-2001/79 中村、“KEKB-BT の運転終了直後の表面空間線量率測定”  
 RAD-S 2001/80 佐波、高橋、“入射器屋上サーベイ”  
 RAD-S 2001/81 豊田、中尾、“大電力 UHF324MHz クライストロンの遮蔽体追加に伴うサーベイ”  
 RAD-S-2001/82 中村、“AR 南実験棟屋上の空間線量率測定”  
 RAD-S-2001/83 俵、中村、“筑波実験棟の放射線サーベイ”  
 RAD-S-2001/84 中村、“KEKB-BT 脱出口ドア表面の TLD の値について (その 2)”  
 RAD-S-2001/85 中村、“KEKB-BT 地上部の TLD による積算空間線量 (1 月分)”  
 RAD-S 2001/86 豊田、中尾、“大電力 UHF324MHz クライストロンの遮蔽体補強に伴うサーベイ”  
 RAD-S 2001/87 飯島、北島、大塚、“中間子第 1 実験室測定結果 (2001/4/6)”  
 RAD-S 2001/88 飯島、国府田、大塚、“中間子第 1 実験室放射線線量率測定結果 (2001/5/18)”  
 RAD-S 2001/89 飯島、国府田、石浜、“中間子第 1 実験室放射線線量率測定結果 (2001/6/12)”  
 RAD-S 2001/90 飯島、国府田、大塚、“中間子第 1 実験室放射線線量率測定結果 (2001/7/6)”  
 RAD-S 2001/91 飯島、中嶋、北島、大塚、“中間子第 1 実験室測定結果 (2001/10/25)”  
 RAD-S 2001/92 飯島、中嶋、渡辺、“中間子第 1 実験室測定結果 (2001/11/14)”  
 RAD-S 2001/93 飯島、北島、石浜、“中間子第 1 実験室測定結果 (2001/12/7)”  
 RAD-S 2001/94 飯島、北島、石浜、“中間子第 1 実験室測定結果 (2002/1/28)”  
 RAD-S 2001/95 飯島、中嶋、石浜、“中間子第 1 実験室測定結果 (2002/2/13)”  
 RAD-S 2001/96 飯島、国府田、青木、“中間子第 1 実験室測定結果 (2002/3/4)”  
 RAD-S 2001/97 飯島、北島、青木、“中間子第 1 実験室測定結果 (2002/3/22)”

RAD-S 2001/98	中村、“KEK-BT 地上部の TLD による積算空間線量 (2 月分)”
RAD-S 2001/99	三浦、渡部、中嶋、大塚、国府田、“ニュートリノターゲット真上盛土上空間線量率測定”
RAD-S 2001/100	高原、秋山、国府田、石浜、“ニュートリノビームライン空間線量率測定結果”
RAD-S 2001/101	三浦、北島、“スミア法による表面密度測定結果 (液体シンチレーションカウンター測定)”
RAD-S 2001/102	三浦、秋山、“ターゲットステーション空間線量率測定”
RAD-S 2001/103	三浦、渡部、“スミア法による表面密度測定結果”
RAD-S 2001/104	高原、秋山、“ニュートリノビームライン表面線量率測定結果”
RAD-S 2001/105	高原、秋山、“スミア法による表面密度測定結果 (ニュートリノビームライン定期スミア)”
RAD-S 2001/106	高原、国府田、秋山、“ニュートリノビームライン表面線量率測定結果”
RAD-S 2001/107	高原、秋山、国府田、“スミア法による表面密度測定結果 (EP1 ビームライン定期スミア)”
RAD-S 2001/108	高原、秋山、国府田、“スミア法による表面密度測定結果 (ニュートリノビームライン定期スミア)”
RAD-S 2001/109	高原、国府田、中嶋、“ターゲットステーション空間線量率測定”
RAD-S 2001/110	高原、大塚、“EP2 ビームライン表面線量率測定結果”
RAD-S 2001/111	高原、大塚、“スミア法による表面密度測定結果 (EP2 ビームライン定期スミア)”
RAD-S 2001/112	三浦、高橋、国府田、中嶋、“スミア法による表面密度測定結果 (ニュートリノビームラインスミア)”
RAD-S 2001/113	三浦、高橋、国府田、中嶋、“スミア法による表面密度測定結果 (ニュートリノビームライン定期スミア)”
RAD-S 2001/114	三浦、大塚、“ニュートリノビームライン表面線量率測定結果”
RAD-S 2001/115	高原、秋山、国府田、“ニュートリノビームライン表面線量率測定結果”
RAD-S 2001/116	高原、北島、“EP2 ビームライン表面線量率測定結果”
RAD-S 2001/117	榎本、高原、秋山、国府田、“ニュートリノビームライン表面線量率測定結果”
RAD-S 2001/118	高橋、石浜、“ターゲットステーション空間線量率測定”
RAD-S 2001/119	高原、秋山、北島、青木、“ニュートリノビームライン空間線量率測定結果”
RAD-S 2001/120	高橋、秋山、北島、青木、“東カウンターホール空間線量率測定結果”
RAD-S 2001/121	高橋、中嶋、石浜、青木、“北カウンターホール空間線量率測定結果”
RAD-S 2001/122	高原、北島、渡辺、青木、“EP2 ビームライン表面線量率測定結果”
RAD-S 2001/123	高原、北島、青木、渡辺、“スミア法による表面密度測定結果 (EP2 ビームライン定期スミア)”

RAD-S 2001/124	高原、北島、青木、渡辺、“東カウンターホール ( $\pi$ 2 実験エリア) 空間線量率測定”
RAD-S 2001/125	高原、国府田、渡辺、“東カウンターホール空間線量率測定”
RAD-S 2001/126	高原、北島、青木、“北カウンターホール空間線量率測定結果”
RAD-S 2001/127	高原、北島、青木、渡辺、“東カウンターホール (T1 実験エリア) 空間線量率測定”
RAD-S 2001/128	高原、中嶋、青木、“東カウンターホール空間線量率測定”
RAD-S 2001/129	高原、北島、石浜、“北カウンターホール空間線量率測定結果”
RAD-S 2001/130	三浦、高橋、国府田、渡辺、“EP1, ニュートリノビームライン 表面線量率測定結果”
RAD-S 2001/131	高原、渡辺、“EP1-B ビームライン表面線量率測定結果”
RAD-S 2001/132	三浦、国府田、“ターゲットステーション空間線量率測定”
RAD-S 2001/133	三浦、高原、国府田、渡辺、“スミア法による表面密度測定結果 (ニュートリノビームライン定期スミア)”
RAD-S 2001/134	高原、渡辺、“スミア法による表面密度測定結果 (EP1 ビームライン定期スミア)”
RAD-S 2001/135	高原、国府田、中嶋、“EP2 ビームライン表面線量率測定結果”
RAD-S 2001/136	高原、国府田、中嶋、“スミア法による表面密度測定結果 (EP2 ビームライン定期スミア)”
RAD-S 2001/137	高原、渡辺、武田、“EP2 ビームライン表面線量率測定結果”
RAD-S 2001/138	高原、中嶋、EP1, “ニュートリノビームライン表面線量率測定結果”
RAD-S 2001/139	三浦、石浜、“搬出に伴う K0 コンクリート中放射能濃度”
RAD-S 2001/140	高原、武田、大塚、“東カウンターホール空間線量率測定”
RAD-S 2001/141	高原、武田、大塚、“東カウンターホール空間線量率測定”
RAD-S 2001/142	佐藤、加藤、高原、北島、石浜、“東カウンターホール (IT コンテナ周辺) 空間線量率測定”
RAD-S 2001/143	高原、中嶋、渡辺、“北カウンターホール空間線量率測定結果”
RAD-S 2001/144	三浦、国府田、渡辺、“東カウンターホール ( $\pi$ 2 コンテナ、T1 エリア) 空間線量率測定”
RAD-S 2001/145	三浦、石浜、“搬出に伴う土壌中放射能濃度測定”
RAD-S 2001/146	高原、青木、“スミア法による表面密度測定結果 (EP1 ビームライン定期スミア)”
RAD-S 2001/147	高原、北島、渡辺、青木、“スミア法による表面密度測定結果 (ニュートリノビームライン定期スミア)”
RAD-S 2001/148	高原、北島、渡辺、青木、“EP1, ニュートリノビームライン 表面線量率測定結果”
RAD-S 2001/149	高原、中嶋、渡辺、“EP2 ビームライン表面線量率測定結果”
RAD-S 2001/150	高原、中嶋、渡辺、“スミア法による表面密度測定結果 (EP2 ビームライン定期スミア)”
RAD-S 2001/151	飯島、大塚、“Dose Rate at Duct Surface in NML and P4 Line (2002/3/26)”

- RAD-S 2001/152 高橋、三浦、中嶋、“東カウンターホール K0 実験エリア  
床改修工事に伴う放射能濃度測定結果について (報告)”
- RAD-S 2001/153 高原、国府田、“北カウンターホール機械室空間線量率測定”
- RAD-S 2001/154 飯島、秋山、石浜、“中性子・冷中性子実験室放射線測定結果  
(2001/4/23)”
- RAD-S 2001/155 飯島、秋山、中嶋、“中性子・冷中性子実験室放射線測定結果  
(2001/5/29)”
- RAD-S 2001/156 飯島、北島、大塚、“中性子・冷中性子実験室放射線測定結果  
(2001/6/22)”
- RAD-S 2001/157 飯島、国府田、北島、“中性子・冷中性子実験室放射線測定結果  
(2001/10/12)”
- RAD-S 2001/158 飯島、中嶋、青木、“中性子・冷中性子実験室放射線測定結果  
(2001/11/6)”
- RAD-S 2001/159 飯島、中嶋、渡辺、“中性子・冷中性子実験室放射線測定結果  
(2001/11/27)”
- RAD-S 2001/160 飯島、大塚、青木、“中性子・冷中性子実験室放射線測定結果  
(2001/12/14)”
- RAD-S 2001/161 飯島、中嶋、武田、“中性子・冷中性子実験室放射線測定結果  
(2002/1/17)”
- RAD-S 2001/162 飯島、武田、渡辺、“中性子・冷中性子実験室放射線測定結果  
(2002/2/5)”
- RAD-S 2001/163 飯島、中嶋、渡辺、国府田、“中性子・冷中性子実験室放射線  
測定結果 (2002/3/12 ~ 3/13)”
- RAD-S 2001/164 高橋、国府田、武田、中嶋、北島、石浜、大塚、  
“光源棟実験フロアー入射時サーベイ”
- RAD-S 2001/165 高橋、“光源棟実験フロアー環境測定用 TLD 測定結果”
- RAD-S 2001/166 高橋、“電子陽電子加速器クライストロンギャラリー  
環境測定用 TLD 測定結果”
- RAD-S 2001/167 佐々木、飯島、“NML-迷路入口除湿水中の 線核種測定”
- RAD-S 2001/168 佐々木、中尾、飯島、石浜、大塚、川合、武藤、“中性子運転時  
中性子中間子研究施設陽子ビ - ム利用実験棟照射室  
ビ - ムシャッタ - 開閉時周辺-”
- RAD-S 2001/169 飯島、国府田、“NML-迷路入口除湿水中のトリチウム測定”
- RAD-S 2001/170 飯島、“中性子実験室タ - ゲット冷却系収納室フェンス周辺  
サ - ベイ結果”
- RAD-S 2001/171 飯島、渡部、秋山、“陽子ビ - ム利用実験棟汚染区域定期  
サ - ベイ、スミア結果 (2001/4)”
- RAD-S 2001/172 飯島、秋山、北島、“NML 冷中性子実験室雨漏りに伴う床面  
拭取水の測定結果”
- RAD-S 2001/173 飯島、秋山、“NML 冷中性子実験室雨漏りに伴う床面拭取水の  
測定結果 No.2”

- RAD-S 2001/174 飯島、秋山、中嶋、“コリメ - タ交換後の2次ビ - ムライン (H-7) 周辺測定結果”
- RAD-S 2001/175 飯島、石浜、国府田、“陽子ビ - ム利用実験棟汚染区域 定期サ - ベイ、スミア結果 (2001/5)”
- RAD-S 2001/176 飯島、中嶋、“NML ビ - ムライン冷却水銅配管に付着したゴミの 線核種分析について”
- RAD-S 2001/177 佐々木、飯島、石浜、“中性子実験室遮蔽体搬出に伴う 線核種分析測定”
- RAD-S 2001/178 飯島、石浜、“陽子ビ - ム利用実験棟汚染区域定期サ - ベイ、 スミア結果 (2001/6)”
- RAD-S 2001/179 飯島、中嶋、大塚、“陽子ビ - ム利用実験棟汚染区域 定期サ - ベイ、スミア結果 (2001/7)”
- RAD-S 2001/180 飯島、中嶋、大塚、“旧医学利用搬入口周辺仮汚染区域解除に伴う スミア結果”
- RAD-S 2001/181 飯島、秋山、“陽子ビ - ム利用実験棟汚染区域定期サ - ベイ、 スミア結果 (2001/8)”
- RAD-S 2001/182 飯島、北島、“陽子ビ - ム利用実験 旧医学利用ビ - ムライン 室内サ - ベイ結果”
- RAD-S 2001/183 飯島、北島、“NML 陽子ビ - ムライン遮蔽用砂試料の 線 核種分析測定”
- RAD-S 2001/184 飯島、渡部、秋山、“NML 中間子第2実験室 P4 改造工事に伴う 仮設汚染管理区域解除のためのスミア測定”
- RAD-S 2001/185 佐々木、飯島、渡部、石浜、“NML 中間子第2実験室 P4 改造工事に伴う仮設汚染管理区域内ゴミ等の 線核種測定”
- RAD-S 2001/186 飯島、秋山、“陽子ビ - ム利用実験棟汚染区域定期サ - ベイ、 スミア結果 (2001/9)”
- RAD-S 2001/187 飯島、北島、大塚、青木、“中性子・中間子科学研究施設機械室 (2階) サ - ベイ結果”
- RAD-S 2001/188 飯島、国府田、中嶋、青木、“中性子実験室2次ビ - ムライン (H-1:FOX) ハッチ内放射線測定結果”
- RAD-S 2001/189 飯島、青木、渡辺、“中性子実験室ビ - ム供給時における タ - ゲット冷却系収納室上の放射線測定”
- RAD-S 2001/190 飯島、青木、渡辺、“陽子ビ - ム利用実験棟汚染区域定期サ - ベイ、 スミア結果 (2001/11) ”
- RAD-S 2001/191 飯島、“中性子実験 H-1 ライン周辺測定結果”
- RAD-S 2001/192 飯島、北島、“コンクリ - ト屑の一般区域への搬出、廃棄に伴う 線核種測定”
- RAD-S 2001/193 飯島、石浜、“陽子ビ - ム利用実験棟汚染区域定期サ - ベイ、 スミア結果 (2001/12)”
- RAD-S 2001/194 飯島、武田、“陽子ビ - ム利用実験棟汚染区域定期サ - ベイ、 スミア結果 (2002/1)”

- RAD-S 2001/195 飯島、豊田、中嶋、渡辺、“NML 電磁石 (VB3) 解体に伴う表面線量率測定”
- RAD-S 2001/196 飯島、青木、“陽子ビーム利用実験棟汚染区域定期サーベイ、スミア結果 (2002/2)”
- RAD-S 2001/197 飯島、国府田、青木、“中性子・中間子科学研究施設機械室 (2 階) サーベイ結果”
- RAD-S 2001/198 飯島、中嶋、武田、“中間子第 2 実験室内放射線測定結果”
- RAD-S 2001/199 飯島、大塚、青木、“中間子第 2 実験室内放射線測定結果”
- RAD-S 2001/200 伴、高橋、石浜、“低速陽電子加速器運転時サーベイ”
- RAD-S 2001/201 中村、“KEK-BT 地上部の TLD による積算空間線量 (3 月分)”
- RAD-S 2001/201 高橋、三浦、中嶋、石浜、大塚、“EP2 トンネル内ガス中放射能濃度測定”

### 6.3 RAD-A

- RAD-A 2001/1 三浦、“運転停止時のカウンターホール入出管理方法”
- RAD-A 2001/2 俵、波戸、佐波、“KEKB, AR, BT, Linac 放射線管理区域内への運搬業者 (運転手等) の立ち入り手順”
- RAD-A 2001/3 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”

## 6.4 CHEM-A

依頼者所属		
CHEM-A-2001/1	加速器	PS 冷却水の pH、重金属の分析
CHEM-A-2001/2	物構研	フレームレス原子吸光法によるタンパク質水溶液中の Se の定量法の検討
CHEM-A-2001/3	加速器	ニオブ電解研磨液中の S、Nb の定量
CHEM-A-2001/4	加速器	日光大型ヘリウム圧縮機用潤滑油の物性評価
CHEM-A-2001/5	加速器	KEKB フロースイッチ ( OD1P.16、SD7ORP.1 ) 内黒色付着物の分析
CHEM-A-2001/6	加速器	湧水中の温泉成分の分析
CHEM-A-2001/7	加速器	チェンバー内堆積物の分析
CHEM-A-2001/8	共同利用	超臨界炭酸ガス水中の Ga、As の分析
CHEM-A-2001/9	加速器	トランス絶縁油中の不純物
CHEM-A-2001/10	加速器	電動機内部付着物の分析
CHEM-A-2001/11	加速器	電子ビーム位置モニター用 SMA フィードスルー付着物の分析
CHEM-A-2001/12	加速器	X 線源冷却系のコネクタ部析出物の分析
CHEM-A-2001/13	総研大	ディスク ( 線形加速器部品 ) 高圧洗浄水の分析
CHEM-A-2001/14	加速器	12GeV PS 主リング電磁石ストレナ、定流量バルブ、流量スイッチ内堆積物の分析



## 6.5 CHEM-W

- CHEM-W-2001/1 隔膜電極法による BOD 測定法の検討
- CHEM-W-2001/2 有機リン化合物のガスクロマトグラフ分析のための前処理カラム分離法の検討
- CHEM-W-2001/3 シマジン及びチオベンカルブのガスクロマトグラフ分析のためのクリーンアップ操作の検討
- CHEM-W-2001/4 有機リン化合物およびチオベンカルブのガスクロマトグラフ分析条件の検討