

KEK Progress Report 2004-5

December 2004

R

Activity Report of  
Radiation Science Center  
in Fiscal 2003

KEK

Radiation Science Center  
Applied Research Laboratory



High Energy Accelerator Research Organization

**放射線科学センター**  
**2003年度活動報告**

**高エネルギー加速器研究機構**  
**共通基盤研究施設 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. Activities related to radiation safety for J-PARC and Linear Collider are gradually increasing. The formal approval for the J-PARC operation will be applied in the next fiscal year. Thus the work related to the radiation safety of J-PARC at the KEK Tokai-site will start as well. 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 Research Activity</b> .....	1
1 Radiation protection technology .....	1
2 KENS Shielding Experiment .....	3
3 Nuclear data .....	5
4 Detector development and basic research .....	6
5 Experimental technology and Monte Carlo simulation .....	11
6 Radiochemistry and radiation chemistry .....	12
7 Environmental and analytical chemistry at accelerator facilities .....	15
<b>Chapter 2 研究支援活動</b> .....	18
1 体制 .....	19
1.1 放射線管理体制 .....	19
1.2 放射線業務分担 .....	20
1.3 化学安全管理体制 .....	21
2 放射線安全管理関連 .....	22
2.1 区域管理関連 .....	22
2.2 横断的業務関連 .....	24
3 化学安全・環境関係 .....	30
3.1 依頼分析 .....	30
3.2 廃油、廃溶媒用保管庫の設置 .....	30
<b>Chapter 3 資料</b> .....	31
1 科学研究費補助金 .....	31
2 共同開発研究 .....	31
3 センター開催の研究会・シンポジウム .....	32
4 教育活動 .....	32
5 機構外委員会等活動 .....	33
6 放射線科学センター名簿 .....	35
<b>Chapter 4 Publication list</b> .....	36
1 Publication in Periodical Journals (2003.1-2003.12) .....	36
2 Publication in Japanese (2003.1-2003.12) .....	38
3 Presentation at Conference etc. (2003.4 – 2004.3) .....	39
3.1 International Conference .....	39
3.2 Other .....	41
4 Report etc. (2003.4 – 2004.3) .....	45
4.1 KEK Proceedings .....	45
4.2 KEK Report .....	45
4.3 KEK Internal .....	45
5 Internal Reports of Radiation Science Center (2003.4 – 2004.3) .....	47
5.1 放射線関係の部内レポート .....	47
5.2 化学安全関係の部内レポート .....	47
5.3 RAD-D .....	47
5.4 RAD-S .....	48

5.5	RAD-A .....	52
5.6	CHEM-A .....	53
5.7	CHEM-W .....	53

## Chapter 1 Research Activity

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 2003.

### 1. Radiation protection technology

#### 1.1 Measurement of tritium production rate in He gas and air for high energy proton and neutron

K. Takahasi, T. Miura, Y. Kanda, H. Noumi, Y. Sato, H. Takahashi and S. Ishihama<sup>1</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>TNS*

Production rates of tritium in He gas and air for 12GeV protons and secondary neutrons were measured using 12GeV Proton Accelerator Facility. The tritium production rate in He gas was about 10 % for that in air.

Presented at 2004 Annual Meeting of the Atomic Energy Society of Japan, Okayama, March 29-31, 2004.

#### 1.2 Study of Radionuclides Induced in Low-activation Concrete Using the 12-GeV Proton Synchrotron Accelerator at KEK

K. Saito, T. Miura, K. Takahashi, S. Ishihama<sup>1</sup>, H. Fujii<sup>2</sup> and T. Tanosaki<sup>2</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Tokyo Nuclear Services Company, <sup>2</sup>Taiheiyo Cement Corporation*

Low-activation concrete made of limestone aggregates was irradiated by secondary particles in the beam-line tunnel of the 12-GeV proton synchrotron accelerator at KEK. Although various radionuclides, such as <sup>22</sup>Na, <sup>24</sup>Na, <sup>54</sup>Mn, <sup>56</sup>Mn, <sup>60</sup>Co and <sup>152</sup>Eu, were induced in the low-activation concrete, those concentrations were below those induced in ordinary concrete made of non-limestone aggregates. In order to estimate the <sup>24</sup>Na concentration induced in shielding concrete, chemical reagents such as NaHCO<sub>3</sub>, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> and CaCO<sub>3</sub> were also irradiated, and the ratio of <sup>24</sup>Na concentration induced in Na, Mg, Al, Si and Ca to that in Na is obtained to be 1, 0.01-0.04, 0.01-0.04, 0.003-0.007 and 0.0003-0.0004. The experimental results concluded that low-activation concrete made of limestone aggregates is useful for preventing the radiation exposure of workers as shielding concrete in a particle accelerator facility.

Presented at the Second iTRS International Symposium On Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-2) will take place in Miyagi, Sep. 24-25, 2003

### **1.3 The Residual Gamma-ray Dose from Thick Targets Irradiated by High-energy Electrons**

Syuichi Ban, Hajime Nakamura and Hideo Hirayama

*KEK*

A simple way is needed to estimate the amount of induced radioactivity in the samples irradiated by high-energy electron accelerators. The ambient dose equivalent,  $H^*(10\text{mm})$ , at the surface of irradiated materials were calculated using EGS4 Monte Carlo when the residual activity is uniformly distributed in several size of a rectangular parallelepiped made of Al, Fe and concrete. The self-shielding effects for gamma-rays from typical residual nuclei,  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{60}\text{Co}$  etc., were studied. When the ambient dose equivalent rate is  $1 \mu\text{Sv/h}$  at 10 cm distant from the surface of thick targets, the total amount and concentration of radioactivity were calculated. They were compared with the exemption limits.

Presented at the Second ITRS International Symposium On Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-2), July 24-25, 2003, Tohoku University, Sendai, JAPAN

### **1.4 Radiation Streaming Experiment Through a Labyrinth of the 12GeV Proton Accelerator Facility**

T. Miura, M. Numajiri, N. Nakao, H. Nakamura, H. Nakashima<sup>1</sup> and N. Matsuda<sup>1</sup>

*KEK, <sup>1</sup>JAERI*

In the construction of high-energy proton accelerator, it is important problem to estimate the neutron leakage through labyrinth from proton accelerator tunnel. In order to inspect some Monte Carlo codes (MARS, MCNPX) and empirical formulae, the attenuation of neutron dose in concrete labyrinths with neutrino beam line at KEK were studied.

In the experiments, neutron fluence rates, radiation doses of neutron and  $\gamma$ -ray and neutron energy spectra in the labyrinths were measured using activation method (In, Au, Al and Bi), TLD, liquid scintillation counter,  $^3\text{He}$ -Bonner and  $\text{In}_2\text{O}_3$ -Bonner. The experimental results were agreement with the calculation value by MCNPX.

Presented at 2003 Annual Meeting of the Japan Society of Nuclear and Radiochemical Society, Izumisano, Oct. 1-3, 2003.

### **1.5 Evaluation of residual radioactivity in accelerator facilities**

K. Bessho, H. Matsumura, T. Miura, Q. Wang, K. Masumoto, M. Numajiri, A. Toyoda  
T. Matsuhiro<sup>1</sup>, Y. Nagashima<sup>1</sup>, R. Seki<sup>1</sup>, T. Takahashi<sup>1</sup>, K. Sasa<sup>1</sup>, T. Usui<sup>1</sup> and K. Sueki<sup>1</sup>

*KEK, <sup>1</sup>University of Tsukuba*

In order to make a decommissioning plan of accelerator facilities, one of the most important works was the evaluation of radioactivity induced in accelerator components and buildings. To define the clearance levels to manage and handle the various materials as non-radioactive wastes, not only gamma-emitting isotopes but also beta or electron capture decay isotopes should be evaluated.

In this year, many concrete samples were obtained from several typical accelerator facilities in Japan. We focused our study to evaluate the radioisotopes, which were difficult to determine nondestructively. In this year, concrete cores samples were obtained from RCNP, Osaka Univ. and NMCC, JRIA.

Then, several works have been performed as follows.

The concentrations of  $^{36}\text{Cl}$  induced in shielding concrete of the various accelerators has been determined by AMS at the University of Tsukuba.

In order to evaluate the tritium activity in concrete samples obtained from several accelerator facilities, we developed a heating method with an IR-furnace for rapid tritium extraction.

## 2. KENS Shielding Experiment

### 2.1 Arrangement of High Energy Neutron Irradiation Field and Shielding Experiment using 4m Concrete at KENS

N. Nakao<sup>1</sup>, H. Yashima<sup>2</sup>, M. Kawai<sup>1</sup>, K. Oishi<sup>3</sup>, H. Nakashima<sup>4</sup>, K. Masumoto<sup>1</sup>, H. Matsumura<sup>1</sup>, S. Sasaki<sup>1</sup>, M. Numajiri<sup>1</sup>, T. Sanami<sup>1</sup>, Q. Wang<sup>1</sup>, A. Toyoda<sup>1</sup>, K. Takahashi<sup>1</sup>, K. Iijima<sup>1</sup>, K. Eda<sup>1</sup>, S. Ban<sup>1</sup>, H. Hirayama<sup>1</sup>, S. Muto<sup>1</sup>, T. Nunomiya<sup>2</sup>, S. Yonai<sup>2</sup>, D. R. H. Rasolonjatovo<sup>2</sup>, K. Terunuma<sup>2</sup>, K. Yamauchi<sup>2</sup>, P. K. Sarkar<sup>1</sup>, E. Kim<sup>5</sup>, T. Nakamura<sup>2</sup> and A. Maruhashi<sup>6\*</sup>

1. High Energy Accelerator Research Organization (KEK), Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan

2. Tohoku University, Aoba-ku, Sendai, Miyagi, 980-8579, Japan

3. Institute of Technology, Shimizu Corporation, Koto-ku, Tokyo, 135-8530, Japan

4. Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI), Tokai-mura, Ibaraki, 319-1195, Japan

5. National Institute of Radiological Sciences (NIRS), Chiba-shi, 263-8555, Japan

6. Proton Medical Research Center, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, 305-8575, Japan

\* Present address: Kyoto University Research Reactor Institute (KURRI)

An irradiation field of high-energy neutrons produced in the forward direction from a thick tungsten target bombarded by 500-MeV protons was arranged at the KENS spallation neutron source facility. In this facility, shielding experiment was performed with an ordinary concrete shield of 4-m thickness assembled in the irradiation room at 2.5-m downstream from the target center. Activation detectors of bismuth, aluminum, indium and gold were inserted into 8 slots inside the shield, and attenuations of neutron reaction rates were obtained by measurements of  $\gamma$ -rays from the activation detectors. A MARS14 Monte-Carlo simulation was also performed down to thermal energy, and comparisons between the calculations and measurements show good agreements within a factor of 3. This neutron field is useful for studies of shielding, activation and radiation damage of materials for high energy neutrons, and experimental data are useful to check the accuracies of the transmission and activation calculation codes.

Presented at 16th Meeting of the International Collaboration on Advanced Neutron Sources (ICANS-XVI), May 12-15, 2003, Dusseldorf-Neuss, Germany (KEK Preprint 2003-15 (2003)), and also presented at the 2ns iTRS International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-2), Tohoku University, Sendai, JAPAN, July 24-25, 2003.



## **2.2 Measurement and Analysis of Induced activities in Concrete using High Energy Neutrons at KENS Neutron Spallation Source Facility**

Oishi Koji, Yamakawa Hiroshi, Nakamura Takashi, Yashima Hiroshi, Nakao Noriaki, Kawai Masayoshi, Sanami Toshiya, Numajiri Masaharu, Ban Syuichi, Sasaki Shin-ichi, Masumoto Kazuyoshi, Takahashi Kazutoshi, Toyoda Akihiro, Iijima Kazuhiko, Muto Suguru, Hirayama Hideo, Shinbata Tokushi, Nakashima Hiroshi, Kosako Kazuaki

At the high energy spallation neutron facility KENS, the amount of radioactivity in 4-m-thick concrete was measured and compared with calculations. As a long half-life nuclide, Na-22, Co-60, and Eu-152 were measured.

Presented at the Midyear Meeting of Atomic Energy Society of Japan, September 24-26, Shizuoka University

## **2.3 Measurements of Hadron Induced Production Rates of Light Nuclei at Intermediate Energies**

H. Matsumura, T. Sanami, K. Masumoto, N. Nakao, A. Toyoda, M. Kawai, T. Aze<sup>1</sup>, H. Nagai<sup>1</sup>,  
M. Takada<sup>2</sup> and H. Matsuzaki<sup>3</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Nihon Univ., <sup>2</sup>NIRS, <sup>3</sup>The University of Tokyo*

In C, Al, and Ag targets, the energy spectra have been measured for elementally separated Li to C fragments produced in 400-MeV-alpha induced reaction at HIMAC, and the cross sections of <sup>7</sup>Be and <sup>10</sup>Be produced by 400-MeV alphas on Cu, Ag and Au targets have been determined by  $\gamma$ -spectrometry and accelerator mass spectrometry. In C, Al, Cu, Ag and Au, furthermore, the reaction rates of <sup>7</sup>Be and <sup>10</sup>Be produced by high energy neutrons at KENS high-energy-neutron irradiation course were measured. The effect due to the difference of the initial interactions of alphas, photons and neutrons was found in the production ratio (<sup>10</sup>Be/<sup>7</sup>Be).

## **2.4 Characteristics of high-energy neutrons estimated by the radioactive spallation products on Au at the 500-MeV neutron irradiation facility of KENS**

H. Matsumura, K. Masumoto, N. Nakao, Q. Wang, A. Toyoda, M. Kawai, T. Aze<sup>1</sup>, and M. Fujimura<sup>1</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Nihon Univ.*

We carried out a shielding experiment of high-energy neutrons, which were generated from a tungsten target bombarded with primary 500-MeV protons at KENS, and penetrated through the concrete shield in the zero-degree direction. We propose a new method to evaluate the spectra of high-energy neutrons ranging from 8 to 500 MeV. Au foils were set in a concrete shield, and the reaction rates for 13 radionuclides produced by the spallation reactions on the Au targets were measured by radiochemical techniques. The experimental results were compared with those obtained by the MARS14 Monte-Carlo code. A good agreement between them was found in the neutron spectra above 100 MeV. The profile of the neutron spectrum, ranging from 8 to 500 MeV, does not depend on the thickness of the concrete shield during the penetration, and the attenuation length is 81.5 g/cm<sup>2</sup>.

Presented at the 47<sup>th</sup> Symposium on Radiochemistry, Oct. 1-3, 2003, Izumisano, Japan.

### 3. Nuclear data

#### 3.1 Measurements of Photo-Neutrons from Thick Targets Irradiated by 2 GeV Electrons

Syuichi Ban, Toshiya Sanami, Kazutoshi Takahashi, <sup>1</sup>Hee-Seock Lee, <sup>2</sup>Tatsuhiko Sato,  
<sup>3</sup>Satoshi Maetaki and <sup>3</sup>Kazuo Shin  
*KEK, <sup>1</sup>Pohang Accelerator Laboratory, <sup>2</sup>JAERI, <sup>3</sup>Kyoto Univ.*

Photo-neutron energy spectra were measured when 2.04 GeV electrons incident on thick targets using the time-of-flight method. Neutron yields for 90 degrees targets were obtained. The irradiation was performed at the injection Linac in Pohang Light Source, POSTECH. The organic liquid scintillator, NE-213 was located at 10.4 m distant from the target. Their efficiencies were calculated using the SCINFUL code. The measured neutron energy range was approximately between 2 MeV and 400 MeV. Thick Pb blocks, 15-30 cm, were placed in the middle of the flight path to suppress X-rays. These Pb blocks also reduced neutrons toward the detector, and this effect was estimated using the LAHET 2.7 code. The measured photo-neutron spectra were compared with calculated ones using the photo-nuclear reaction calculation code PICA98 and the EGS4 code.

Proceedings of the 6th International Meeting on Nuclear Applications of Accelerator Technology (AccApp '03), p.955-958(2003), June 1 - 5, 2003 , San Diego

#### 3.2 Status of Angular Distribution Measurements of Photo-Neutron Yields from Cu, Sn, and Pb Targets Irradiated by 2 GeV Electrons

Hee-Seock Lee<sup>1</sup>., Syuichi Ban<sup>2</sup>, Toshiya Sanami<sup>2</sup>, Kazutoshi Takahashi<sup>2</sup>,  
Tatsuhiko Sato<sup>3</sup>, Kazuo Shin<sup>4</sup> and Chinwha Chung<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Pohang Accelerator Laboratory, POSTECH, Nam-gu, Pohang, Gyongbuk 790-784, Korea*

<sup>2</sup>*High Energy Accelerator Research Organization, Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan*

<sup>3</sup>*Japan Atomic Energy Research Insitute, Tokai, Ibaraki, 319-1195, Japan*

<sup>4</sup>*Department of Nuclear Engineering, Kyoto University, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501, Japan*

The study of differential photo-neutron yields by the irradiation of 2 GeV electrons have been carried out. In a series of previous measurements, which were done at the angle of 90. relative to the incident electrons, the differential photo-neutron yields were measured at two other angles of 48. and 140. to study the characteristics of their angular distribution. The experimental setup was improved through considering the huge photon backgrounds in the the linac tunnel. The photo-neutron spectra and their yields were measured by the time-of-flight method and the fast plastic scintillator, BC418. The reliably measuring neutron energy were between 8 MeV and 250 MeV. The status of this measurement study and the differential photo-neutron yields from thick Cu, Sn, and Pb targets were presented. The results showed the the angular characteristics obviously.

Presented at the Second iTRS International Symposium On Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-2), July 24-25, 2003, Tohoku University, Sendai, JAPAN

### **3.3 Measurement of double differential cross section of secondary fragment from proton induced reaction in tens of MeV region**

T.Sanami, M.Hagiwara<sup>1</sup>, T.Oishi<sup>1</sup>, M.Baba<sup>1</sup>, M.Takada<sup>2</sup>

*KEK, <sup>1</sup>Tohoku univ, <sup>2</sup>NIRS*

Measurement of double differential cross section of secondary fragment (heavier than He) from proton are carried out at cyclotron facility in NIRS and CYRIC in Tohoku university. To measure the fragments, two different detectors are developed and tested using 70 MeV protons. One detector is Bragg curve spectrometer (BCS) which is parallel plate ionization chamber with grid. The other one is energy time-of-flight (ETOF) system which consists of thin start detector and thick stop detector.

### **3.4 Measurement of secondary charged particles from 2.5 GeV electron induced reactions.**

T.Sanami, S.Ban, K.Takahashi, H.S.Lee<sup>1</sup>, T.Sato<sup>2</sup>

*KEK, <sup>1</sup>PAL, <sup>2</sup>JAERI*

Secondary charged particles from 2 GeV electron induced reactions are measured at 2.5 GeV electron linac in Pohang accelerator laboratory, Korea. The samples are 10mm graphite, 4mm Aluminum and 1mm Copper inclined 45 degree with respect to incident electron beam. Secondary charged particles are measured at 90 degree, 10.4m from the sample by coincidence- $\square$ E-E detector alloy with time-of-flight technique. To measure successive events in single burst of electron beam, detector signals are corrected as waveform by digital storage oscilloscope with segment transfer technique. The energy spectrum of proton and deuteron are obtained about these samples.

## **4. Detector development and basic research**

### **4.1 Saturation characteristics of free-air ionization chamber and Si PIN photodiode for intense synchrotron radiation**

S.Taniguchi, <sup>1</sup>N.kishi, <sup>1</sup>T.Moriya, N.Nariyama, <sup>2</sup>Y.Namito and <sup>2</sup>S.Ban

*JASRI, <sup>1</sup>Kyoto Univ., <sup>2</sup>KEK*

The saturation characteristics of the free-air ionization chamber (FAIC) and Si PIN photodiode were measured for intense synchrotron radiation (SR) beam at KEK-PF and Spring-8. The saturation phenomenon of FAIC increased rapidly with the SR intensity above  $1 \times 10^{11}$  photon/sec.

Presented at the Second iTRS International Symposium On Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-2), July 24-25, 2003, Tohoku University, Sendai, JAPAN

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

S.Sasaki, H.Tawara, K.Saito, M.Miyajima<sup>1</sup> and E.Shibamura<sup>2</sup>  
*KEK, Waseda University<sup>1</sup>, College of Health Science, Saitama Prefectural University<sup>2</sup>*

$W_s$  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.  $N_p$  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 PMT,  $F_c$  the fraction of photons collected at the photocathode, and  $Q_e$  the quantum efficiency of the photocathode.  $N_{pe}$  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.

In the system of a scintillation crystal coupled to a PMT, scintillation photons are incident on the window with various angles. A part of photons are reflected at the window, return to the crystal, and come again to the window after reflection in the crystal. For the accurate evaluation of photon-photoelectron conversion at the photocathode, it is necessary to know the intrinsic quantum efficiency of the photocathode as a function of incident angle of photons, which does not include the effects due to the reflection at the window surface. Also, to evaluate the number of photons returning back to the crystal, the absolute reflectance of the photocathode and that of the window are needed to be measured separately. For this purpose, we firstly measured the gross reflectivity of the PMT window (reflectivity at surfaces of both the PMT window and the photocathode) using an integration sphere as functions of angle and wavelength of the incident monochromatic light. We also measured relatively the intrinsic quantum efficiency (the photon-electron conversion efficiency at the photocathode) as a function of incident angle using a light guide with a cross section of hemi-regular-polygon of acrylic and collimated lights from a RGB LED which emits three-color photons (red, green and blue). Appreciably large reflectivity and the quantum efficiency were obtained for the incident angle around 45°.

Presented partly at the 18<sup>th</sup> workshop on Radiation Detectors and Their Uses in KEK. Published in *KEK Proceedings 2003-8* (2003)166-172.

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

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

We have a program to survey scintillation efficiency in solid scintillators (inorganic scintillation crystals and plastic scintillators) for energetic charged particles 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.

#### **4.4 Simultaneous Measurements of Absolute Numbers of Electrons and Scintillation Photons Produced by 5.49 MeV Alpha Particles in Rare Gases**

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

In order to understand the energy balance of ionizing radiations absorbed in rare gases, the absolute numbers of scintillation photons produced by 5.49 MeV alpha particles and the absolute numbers of electrons in argon, krypton and xenon in the gas pressure range from  $1.01 \times 10^5$  Pa to  $1.01 \times 10^6$  Pa were measured simultaneously. The ratio of the number of excited atoms to the number of ionized atoms,  $N_{ex}/N_i$ , is an important quantity for understanding the energy pathway of the absorbed radiation energy and was found to be 0.52, 0.55 and 0.61 in argon, krypton and xenon, respectively. This was determined by measuring the scintillation photons originating from the excited atoms and the ionization yields. The absolute scintillation yield was estimated from the value of  $W_s$ , which is defined as the average energy necessary to produce one photon. The minimum value of  $W_s$  in the case that the total ion pairs recombined was 17.5 eV, 15.5 eV and 13.0 eV in argon, krypton and xenon, respectively. From the relation between the numbers of electrons prevented from the recombination to ions and the numbers of scintillation photons, it was proved experimentally that one scintillation photon was emitted from one recombination process of the ion pair. This means that an excited molecule caused by three-body collisions is not de-excited without emitting a scintillation photon in the vacuum ultraviolet region.

Published in *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, Vol.50 No.6 (2003)2452-2459.

#### **4.5 Scintillation yields and time-profile in rare gas mixture**

K. Saito, S. Sasaki, H. Tawara, T. Sanami and E. Shibamura<sup>1</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Saitama Prefectural University*

The yield and the time-profile in scintillation of rare gas mixtures are important to understand the energy pathways of radiation to scintillation in the gases as well as to design a radiation detectors. In order to investigate separately scintillation yields originating excited atoms and that originating recombination and to measure the amounts of ionization yields at the same time, a gridded ionization chamber attached with a vacuum-ultra-violet (VUV) sensitive photomultiplier tube was introduced. The yields and the time-profile of scintillation produced by 5.49 MeV alpha particles in helium mixed xenon at  $1.01 \times 10^6$  Pa were measured in this study.

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

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

The average energy to create an ion pair,  $W$ , for heavy ions is expected to show a strong particle ( $Z$ ) and energy dependence. There are still few data and  $W$  is one of indefinite parameters in the dose

evaluation or in the presumption of absorbed energy for heavy ions. Systematic measurements are proposed. In these backgrounds, we aim to determine  $W$  for heavy ions as a function of energy and to provide data for explicating mechanisms of its  $Z$  and energy dependence. We constructed an ionization chamber equipped with an energy degrader to obtain incident particles with desired energy and a time-of-flight energy spectrometer (TOF) to measure the energy of incident ions. We use several kinds of heavy-ion beams from HIMAC. To measure number of charges per ion, we use two types of pulse operation modes of ionization chamber by changing electrode arrangement. One is a parallel-plate chamber mode using a fast current amplifier for measurements of air, and the other is electron collection mode with a gridded chamber for rare gases. The collector is segmented into 10 pads. The pulse height distributions measured with the both modes show peaks corresponding to the number of incident ions. As a result, the energy dependence of  $W$  was clearly observed. The signal from single pad also gave a differential  $W$ -value. We have so far made the measurements for several ions (He, C, N, Ne, and Ar) in gaseous argon and in air, and determined the values of  $W$ . Presented partly at the 64<sup>th</sup> Conference of the Japan Society of Applied Physics in Fukuoka, the 51<sup>th</sup> Spring Meeting of the Japan Society of Applied Physics in Hachioji, and the 2003 Annual User's Meeting of HIMAC in Chiba.

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

S.Sasaki, K.Saito, and H.Tawara  
*KEK*

Continuous developments in techniques and basic researches for 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 to 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 for 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.

#### **4.8 Application of a radiation detector using radiation induced surface activity phenomenon to a beam loss monitor**

K. Saito, S. Sasaki, T. Sanami, H. Tomozawa<sup>1</sup> and T. Takamasa<sup>2</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Kyosemi Corporation, <sup>2</sup>Tokyo University of Marine Science and Technology*

A radiation detector using a radiation induced surface activity phenomenon (RISA) has features that are superior resistance to radiation damage and a wide dynamic range. A purpose of this study is applying the RSA detector to beam loss monitors at a high-energy accelerator facility. In this year, the RISA detectors were set in the beam line tunnel of KENS at KEK, and primary field trials were performed.

#### **4.9 Fast beam-loss monitor at KEK-PS using materials of scintillator or quartz, and its deterioration by radiation**

T.Kawakubo, T.Sanami and T.Ishida

*KEK*

Several kinds of fast neutron beam-loss monitor are developed using a few meter long optical fiber of scintillator or quartz coupled with a photomultiplier tube (PMT). These monitors are very easy to fabricate with low cost. The fast response of these monitor enables to observe bunch by bunch beam loss in a proton synchrotron. Thus, these monitor are utilized for beam tuning of accelerators, such as timing adjust of extraction kicker magnets.

The radiation damage of materials which are components of the monitor, such as plastic scintillator, quartz and glass, are also studied by the irradiation of g-ray and the radiation by the beam loss in KEK-PS.

Presented at The KEK-RCNP International school and Mini-workshop for scintillation crystals and their applications in particle and nuclea physics, November 17-18,2003 KEK,Tsukuba,Japan

#### **4.10 Development of thermal neutron calibration field in KEK**

T.Sanami and T.Michikawa

*KEK*

Intensity and distribution of the thermal neutron field in KEK graphite pile with an  $^{241}\text{Am}$ -Be neutron source is measured by an Au activation method. The neutron flux is determined from activity of a thin Au foils (25  $\mu\text{m}$  thickness). The activity of these foils are measured using  $\beta$  counting method Ge detector which calibrated its efficiency by using standard activity Au foil irradiated at 30 cm position of this pile. The experimental results are compared with calculation by MCNP4C2 code. The agreement between two data within error is obtained.

## **5. Experimental technology and Monte Carlo simulation**

### **5.1 Development on a pulsed slow-positron beam: Moderator and bunching signal waveform**

C.Q. He, T. Suzuki, N. Djourelou, K. Kondo, E. Hamada<sup>2</sup>, H. Kobayashi, and Y. Ito<sup>3</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Nara Women's University, <sup>2</sup>Institute for Environmental Science, <sup>3</sup>University of Tokyo*

A pulsed slow-positron beam has been constructed for applications to polymer films. A new setup of the moderator system and a new design for the bunching signal waveform are introduced. The results show that such a kind of moderator appears to be good one, and that a new waveform for the bunching is very practical. The current pulsed slow-positron beam can be used to characterize polymer films or porous thin films.

Published in *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B* **211**(2003)571

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

S.Sasaki, K.Okuno<sup>1</sup>, and K.Kondo  
*KEK, Faculty of Science, Shizuoka University<sup>1</sup>*

The separation efficiency of hollow-filament polyimide membranes for <sup>3</sup>H and <sup>41</sup>Ar has been 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. The actual measurements of gas separation using air in the accelerator tunnels are proposed and in progress.

Published in *J. Radioanalytical and Nuclear Chemistry*,**255**(2003)91-95.

### **5.3 EGS4 Particle Trajectory and Geometry Display Program, cgview**

Y.Namito, H.Hirayama, A.Takamura\* and T.Sugita\*  
*KEK and \*Science System Laboratory*

In a calculation using the EGS4 code, it is important and convenient to check the geometry for the calculation and particle trajectory visually for validating the of calculation conditions. Also, a graphical interface is useful for understanding the interactions. This report describes the program cgview, which displays 3D geometry (ex, CG) and particle trajectory information, and the EGS4 user code to produce the necessary data.

Published as *KEK Internal* **2003-9**



## 5.4 Ge detector response calculation using EGS4-KEK improvement code

Y.Namito, and H.Hirayama

We calculated pulse height distribution (PHD) and efficiency of Ge detector using EGS4-KEK improvement code. The structure and resolution of Ge detector is assumed to be identical with those specified in problem 7 of "Intercomparison on the usage of computational codes in radiation dosimetry". The effect of Doppler broadening (DB) of Compton scattered photon energy to PHD is shown. Peak and total efficiencies for standard cases and uncertain cases are calculated.

Presented at QUADOS Workshop (Quality Assurance of Computational Tools for Dosimetry), (Bologna-Italy July 14-16, 2003).

## 5.5 The EGS short course

H.Hirayama, Y.Namito

Two EGS4 short courses were held at KEK, as the parts of the 11-th EGS4 Users' Meeting in Japan.

## 5.6 User support concerning EGS4

H.Hirayama, Y.Namito

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. Instructions were made using e-mail.

## 6. Radiochemistry and radiation chemistry

### 6.1 The influence of radiation and light on Ps formation in PMMA and PE studied by coincidence Doppler-broadening spectroscopy

T. Suzuki, T., C.Q. He, , K. Kondo, M. Matso<sup>1</sup>, M. Ma<sup>1</sup>, V. Shantarovich<sup>2</sup>, E. Hamada<sup>3</sup>  
and Y. Ito<sup>4</sup>

KEK, <sup>1</sup>Nara Women's University, <sup>2</sup>Semenov-Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, , <sup>3</sup>Institute for Environmental Science, <sup>4</sup>University of Tokyo

Using two Ge detectors, the high-resolution Doppler-broadening energy spectra of positron annihilation gamma rays has been obtained by measuring the coincidences of the two photons. Light bleaching and oxygen effects on positron annihilation were investigated in this way. A large enhancement of the high-momentum part of the coincidence Doppler spectra was observed in

poly(methylmethacrylate) (PMMA), which contains oxygen atoms in the polymer structure. Bleaching experiments in PMMA and in copolymer ethylene-methylmethacrylate PMMA(LDPE+MMA3 mol%) have demonstrated that the enhancement effect may be due to the trapping of positrons by the polar  $-C^+=O^-$  groups, followed by positron annihilation with the electrons belonging to oxygen.

Published in *Radiation Physics and Chemistry* **66**(2003)161

## **6.2 The influence of radiation on Ps formation in PE studied by coincidence Doppler-broadening spectroscopy**

T. Suzuki, C.Q. He, V. Shantarovich<sup>1</sup>, K. Kondo, and Y. Ito<sup>2</sup>

KEK, <sup>1</sup>*Semenov-Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences*, <sup>2</sup>*University of Tokyo*

The high-resolution Doppler-broadening spectroscopy of positron-annihilation gamma rays emitted during an experiment on positron annihilation lifetime spectroscopy (PALS) has been applied to study the radiation and oxygen effects on positronium (Ps) formation in polyethylene (PE). Using two Ge detectors, the DB spectra were obtained by measuring the coincidences of two photons. While the Ps formation rate decreased with elapsed time during the PALS experiment, the increase of annihilation on oxygen-containing groups was monitored by coincidence Doppler broadening spectroscopy (CDBS). This suggested that the decrease in Ps formation was associated with the carbonyl groups ( $-C^+=O^-$ ) formed by radiation emitted from the positron sources.

Published in *Radiation Physics and Chemistry* **68**(2003)489

## **6.3 Relaxation Behavior of Polymers Probed by Positron Annihilation Lifetime Spectroscopy**

T. Suzuki, C.Q. He, V. Shantarovich<sup>1</sup>, K. Kondo, Y. Ito<sup>2</sup>, L. Ma<sup>3</sup>, and M. Matsuo<sup>3</sup>

KEK, <sup>1</sup>*Semenov-Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences*, <sup>2</sup>*University of Tokyo*, <sup>3</sup>*Nara Women's University*

Relaxation behaviors of polyethylene, polypropylene, and polycarbonate have been studied by positron annihilation lifetime spectroscopy (PALS). In PALS positron sources made of radioisotopes are used to inject positrons into polymer as a micro probe. The injected positron probes can induce radiation effect, which plays an important role in detecting the polymer relaxation behavior through electrons trapped in shallow potentials at low temperature. Monitoring the intensity ( $I_3$ ) of ortho-positronium (o-Ps), transitions of  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , and  $\delta$  relaxation can be measured by PALS as a secondary effect. In this experiment, the change of  $I_3$  below  $T_g$  is connected with the number of the trapped electrons, which can be excited from the shallow potential by the thermal motion of polymer structures and visible light irradiation. In the PALS measurements of non-irradiated PP samples, relaxation of methyl groups was observed as low as 50 K, which can be assigned as the  $\delta$  relaxation. Relaxations of  $\beta$  and  $\gamma$  were also observed for the non-irradiated PP samples between 100 and 370 K. However for the 3 MGy  $\gamma$ -ray irradiated PP samples, only  $\beta$  relaxation was observed because the large radiation dose caused a large number of scissions of  $-CH_3$  groups from main chains and the characteristics changed. For the irradiated samples, radiation hardening was observed.

Published in *Material Research Innovations* **7**(2003) 31

## 6.4 Measurements of Electric X-rays Following Atomic Capture of Negative Pions

K. Ninomiya<sup>1</sup>, H. Sugiura<sup>1</sup>, Y. Kasamatsu<sup>1</sup>, H. Kikunaga<sup>2</sup>, N. Kinoshita<sup>2</sup>, Y. Tani<sup>1</sup>, H. Hasegawa<sup>1</sup>, M. Yatsukawa<sup>1</sup>, K. Takamiya<sup>3</sup>, W. Sato<sup>1</sup>, H. Matsumura, A. Yokoyama<sup>2</sup>, K. Sueki<sup>4</sup>, Y. Hamajima<sup>2</sup>, T. Miura and A. Shinohara<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Osaka Univ., <sup>2</sup>Kanazawa Univ., <sup>3</sup>KURRI, <sup>4</sup>the Univ. of Tsukuba, KEK

Negative pions captured in matter result in the formation of pionic atoms. The purpose of this study is a further understanding of the pion capture process during the pionic cascade microscopically and dynamically. In this study, we measured electronic and pionic X rays emitted from the pionic atoms during pion irradiation. The experiments were performed at  $\pi\mu$ -channel of EP2 beam-line at KEK. Metals and/or oxides of Mo, Sn, Ba, Nd, Gd, Dy, Ho, Yb, Ta, Hg and Pb were used as the targets.

The electronic  $K_\alpha$  and  $K_\beta$  X rays like  $Z_t-1$  atoms,  $Z_t$  being target atomic-number, were observed because of the shielding effect of nuclear charge by a captured pion. The difference of the X-ray energies between the pionic and  $Z-1$  atoms was also observed, and decreases gradually with an increase in  $Z_t$  over the periodic table. Furthermore, we investigated the correlation of electronic X rays emitted with a pionic X ray. It was found that the yield ratios of the electronic  $K_\beta$  to  $K_\alpha$  X rays in the oxide targets are quite larger than those in the metallic ones especially around small  $Z_t$  region. On the basis of these results, we try to construct a new model of negative-pion capture process.

Presented at the 47<sup>th</sup> Symposium on Radiochemistry, Oct. 1-3, 2003, Izumisano, Japan.

## 6.5 Charged Particle Activation Analysis of Nitrogen in Silicon

K. Masumoto, T. Nozaki<sup>1</sup>, Y. Minai<sup>2</sup>, H. Yagi<sup>3</sup>  
KEK, <sup>1</sup>Purex Co. Ltd., <sup>2</sup>Musashi Univ., <sup>3</sup>SHIEI

Recently, evaluation of trace amount of nitrogen in silicon has become more important for the quality control of silicon semiconductors. We are a member of the working group on "Standardization of nitrogen analysis of silicon semiconductor" of JEITA. We compare to use two cyclotron facilities, SHIEI and NMCC for CPAA of nitrogen. Nitrogen in silicon samples can be determined by using the  $^{14}\text{N}(p,\alpha)^{11}\text{C}$  reaction. Incident energy of proton was set on 15 MeV and beam current was 5  $\mu\text{A}$ . Irradiation was performed for 20 min. In order to compare with the results, adry fusion method and a wet chemical separation method to collect  $^{11}\text{C}$  as  $^{11}\text{CO}_2$  have been tried at SHIEI and NMCC, respectively. Several nitrogen contents of CZ and FZ silicon samples were determined. The detection limit was  $10^{-14}$  atoms/cm<sup>3</sup>.

Results were reported from the Silicon Technologies Committee of JEITA on April, 2004.

## 6.6 Development of sequential separation method of radioactive carbon and nitrogen

K. Masumoto, T. 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  $^{12}\text{C}(\gamma, n)^{11}\text{C}$ . Samples were irradiated by 30-MeV bremsstrahlung of 120 $\mu\text{A}$  for 20 min. at the 300-MeV electron linear accelerator of Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University. Decomposition and oxydizing was performed in an infra-red furnace under oxygen gas flow. Radioactive nitrogen and carbon gases were trapped with two colums containing grass-wool coated with  $\text{Co}_2\text{O}_3$  and ascarite, respectively. The radioactivity of each colum was mmeasured with a couple of BGO-detector. Suitable separation and detection conditions have been studied.

## 7. Environmental and analytical chemistry at accelerator facilities

### 7.1 Measurement of $^{36}\text{Cl}$ induced in shielding concrete of various accelerator facilities

K. Bessho, H. Matsumura, T. Miura, Q. Wang, K. Masumoto, T. Matsuhiro<sup>1</sup>, Y. Nagashima<sup>1</sup>,  
R. Seki<sup>1</sup>, T. Takahashi<sup>1</sup>, K. Sasa<sup>1</sup>, and K. Sueki<sup>1</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>University of Tsukuba*

The concentrations of  $^{36}\text{Cl}$  induced in shielding concrete of the various accelerators have been measured by accelerator mass spectrometer system at the University of Tsukuba. In this year, concrete samples were obtained at 1.3 GeV electron synchrotron ( Tanashi Branch, High Energy Accelerator Research Organization ), and AVF cyclotron and ring cyclotron ( Research Center for Nuclear Physics, Osaka University ), and the depth profiles of  $^{36}\text{Cl} / ^{35}\text{Cl}$  ratios in concrete samples near the beam lines were analyzed. The depth profiles of  $^{36}\text{Cl} / ^{35}\text{Cl}$  are consistent with those of the radioactivity of  $^{152}\text{Eu}$  and  $^{60}\text{Co}$ , which are formed by thermal neutron capture reactions. These results imply that  $^{36}\text{Cl}$  induced in shielding concrete of these accelerators is mainly produced by thermal neutron capture of  $^{35}\text{Cl}$ . The  $^{36}\text{Cl} / ^{35}\text{Cl}$  directly shows the specific activity and  $^{36}\text{Cl}$  is a very long half-life nuclides. Therefore the  $^{36}\text{Cl} / ^{35}\text{Cl}$  measurement is useful for evaluating the cumulative thermal neutron fluences of accelerator components during machine operations.

Presented at the 47th Symposium on Radiochemistry, Oct. 1-3, 2003, Izumisano, Japan.

### 7.2 Development of $^{36}\text{Cl}$ -AMS using Gas-Filled Magnet

T. Aze<sup>1</sup>, M. Fujimura<sup>1</sup>, M. Noguchi<sup>1</sup>, H. Matsumura, H. Nagai<sup>1</sup>, and H. Matsuzaki<sup>2</sup>  
*<sup>1</sup>Nihon Univ., KEK, <sup>2</sup>The University of Tokyo*

We have developed of accelerator mass spectrometry (AMS) system of  $^{36}\text{Cl}$  ( $T_{1/2} = 3.01 \times 10^5 \text{y}$ ) at MALT (Micro Analysis Laboratory, Tandem Accelerator) of the University of Tokyo. Since the maximum terminal voltage of the tandem accelerator of MALT is 5MV, possible kinetic energy of the  $^{36}\text{Cl}$  ion obtained after the acceleration is too low to separate an interfering isobar,  $^{36}\text{S}$ , by using only the difference between their energy losses. In previous work, therefore, a gas filled magnet (GFM) was equipped in front of an energy spectrometer (SSD) to separate the  $^{36}\text{Cl}$  and  $^{36}\text{S}$  ions spatially. Although the  $^{36}\text{S}$  could be suppressed by three orders with the GFM, the transmission

of the Cl ions at the GFM was very poor. In this work, to improve the detection efficiency and energy resolution, we exchanged a SSD for a gas counter, which determined the energy losses and residual energies of the incident ions, and performed the Monte Carlo simulation of the behavior of both ions in the GFM detector system which includes the energy spectrometer. Expansion of the entrance window of the energy spectrometer on the basis of the calculation result increased the efficiency to over three times as high as before. The measurements with the gas counter also decreased the interference of  $^{36}\text{S}$  further. The reproducibility of standard samples in the repeated measurements was about 4% and the sensitivity for  $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$  ratio reached about  $10^{-13}$ .

Presented at the 47<sup>th</sup> Symposium on Radiochemistry, Oct. 1-3, 2003, Izumisano, Japan.

Presented at the 6<sup>th</sup> Symposium on AMS, The University of Tokyo, Dec. 13, 2003, Tokyo, Japan

### 7.3 Development of $^{32}\text{Si}$ -AMS

M. Fujimura<sup>1</sup>, T. Aze<sup>1</sup>, H. Matsumura, T. Saito<sup>1</sup>, H. Nagai<sup>1</sup>, and H. Matsuzaki<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Nihon Univ., KEK,* <sup>2</sup>*The University of Tokyo*

We have newly developed of accelerator mass spectrometry (AMS) system of  $^{32}\text{Si}$  ( $T_{1/2} = 150 - 200\text{y}$ ) at MALT (Micro Analysis Laboratory, Tandem Accelerator) of the University of Tokyo. We adopted  $\text{Mg}_2\text{Si}$  for the chemical form of the samples, because 10-20 $\mu\text{A}$  of the  $^{28}\text{Si}^-$  current generated from  $\text{Mg}_2\text{Si}$  was much higher than 1-5 $\mu\text{A}$  from  $\text{SiO}_2$ . The accelerator was operated at 4.5MV of the terminal voltage, and the analyzing ion of  $^{32}\text{Si}^{5+}$  was selected. To separate the interfering isobar,  $^{32}\text{S}^{5+}$ , energetically at a final gas-counter, the kinetic energies of the  $^{32}\text{Si}^{5+}$  and  $^{32}\text{S}^{5+}$  ions were lost during passing through an absorber (Havar foil +  $\text{N}_2$ ) which attached to the counter forward. As a result of the difference of the energy losses between them, we could separately detect a  $^{32}\text{Si}$  peak in the energy spectrum obtained with the counter.

Presented at the 12<sup>th</sup> Symposium of Research Center for Nuclear Science and Technology, The University of Tokyo, Dec. 11, 2003, Tokyo, Japan

### 7.4 Development of Cl-36 AMS at MALT and application for the neutron shielding experiment at KENS

M. Fujimura<sup>1</sup>, T. Aze<sup>1</sup>, M. Noguchi<sup>1</sup>, H. Matsumura<sup>2</sup>, H. Nagai<sup>1</sup>, H. Matsuzaki<sup>3</sup>, K. Masumoto<sup>2</sup>, N. Nakao<sup>2</sup>, Q. Wang<sup>2</sup>, M. Kawai<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Nihon Univ.,* <sup>2</sup>*KEK,* <sup>3</sup>*The University of Tokyo*

At Micro-Analysis Laboratory Tandem accelerator (MALT), the University of Tokyo, we have developed the accelerator mass spectrometry (AMS) of  $^{36}\text{Cl}$  which equipped with a gas-filled magnet (GFM). We calculated the orbits of the  $^{36}\text{Cl}$  and  $^{36}\text{S}$  ions in GFM with the Monte-Carlo simulation code, which calculates the energy loss and straggling of the ion, to optimize GFM. As a result, the counting efficiency tripled compared with before, and the measurement of the sample

whose  $^{36}\text{Cl}/^{\text{nat}}\text{Cl}$  ratio is  $10^{-13}$  became possible. In addition, this system was applied to the neutron shielding experiment at KENS.  $\text{CaCO}_3$  and  $\text{NaCl}$  were set in concrete shield, and irradiated with neutrons produced by 500-MeV protons at the zero-degree direction. After the irradiation, the reaction rates for  $^{36}\text{Cl}$  productions on the Ca and Cl targets were measured by AMS, and the attenuation of fast neutrons and thermal neutrons in the concrete shield were investigated.

Presented at the 5<sup>th</sup> Workshop on Environmental Radioactivity, Mar. 2-4, 2003, Tsukuba, Japan.

## Chapter 2 研究支援活動

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

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

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

## 1. 体制

### 1.1 放射線管理体制

放射線取扱主任者	柴田 徳思
放射線管理室長	伴 秀一

管理区域	氏名	職名等
陽子加速器施設 (第1,2,3,6区域)	梶本 和義	総括責任者
電子加速器施設 (第4,5区域)	伴 秀一	総括責任者
第1区域 陽子シンクロトロン施設 (PSエネセンを含む)	沼尻 正晴 穂積 憲一 斉藤 究	管理区域責任者 管理区域副責任者 管理区域業務担当
第2区域 PS実験施設	松村 宏 三浦 太一、中尾 徳晶 穂積 憲一	管理区域責任者 管理区域副責任者 管理区域業務担当
第3区域 中性子中間子研究施設	佐々木 慎一 飯島 和彦	管理区域責任者 管理区域業務担当
第4区域 放射光研究施設 (BL27を除く) 電子陽電子入射器  放射光アイソトープ実験施設 (BL-27)	伴 秀一	管理区域責任者
	高橋 一智	管理区域業務担当
	佐波 俊哉	管理区域責任者
	高橋 一智	管理区域副責任者
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	伴 秀一	管理区域責任者
	飯島 和彦	管理区域業務担当
	俵 裕子	管理区域責任者
	中村 一、江田 和由	管理区域副責任者
	中村 一、江田 和由	管理区域業務担当
	佐波 俊哉	管理区域責任者
	中村 一	管理区域副責任者
	江田 和由	管理区域業務担当
伊藤 寛	管理区域責任者	
中村 一、江田 和由	管理区域副責任者	
中村 一、江田 和由	管理区域業務担当	
波戸 芳仁	管理区域責任者	
豊田 晃弘	管理区域副責任者	
豊田 晃弘	管理区域業務担当	
第6区域 大強度陽子リニアック	中尾 徳晶 豊田 晃弘 豊田 晃弘	管理区域責任者 管理区域副責任者 管理区域業務担当
第7区域 RI実験施設・放射化物加工棟 放射性廃棄物第2・3・4保管棟 電子陽電子放射性排水処理施設 12GeV-PS放射性廃液処理施設 放射線管理棟・放射性試料測定棟 放射線照射棟・放射化物使用棟 熱中性子棟	梶本 和義 豊田 晃弘 豊田 晃弘	管理区域責任者 管理区域副責任者 管理区域業務担当



## 1.2 放射線業務分担

業務	氏名
管理事務 （事務管理） （区域立入記録） （内部被曝）  （従事者登録）	榎本 和義 伴 秀一 沼尻 正晴 伊藤 寛 榎本 和義 豊島 規子
出入管理システム	伴 秀一 穂積 憲一 佐波 俊哉 斉藤 究 高橋 一智
放射性物質等（密封R I）  （非密封R I）  （核燃） （チェックングソース） （廃棄物）	伴 秀一 江田 和由 榎本 和義 松村 宏 飯島 和彦 江田 和由 伊藤 寛 榎本 和義 松村 宏 江田 和由
環境放射能	三浦 太一 豊田 晃弘 高原 伸一
放射線モニター	佐々木 慎一 飯島 和彦 佐波 俊哉 斉藤 究 穂積 憲一
放射線測定器等 （Ge検出器）  （液体シンチレーションカウンター） （イメージングプレート）	三浦 太一 豊田 晃弘 高原 伸一 高橋 一智 豊田 晃弘
サーベイメータ等 （ゲートモニター等） （物品モニター等） （サーベイメータ）  （アラームメータ）	佐々木 慎一 穂積 憲一 俵 裕子 飯島 和彦 斉藤 究 江田 和由 高橋 一智
校正施設	佐々木 慎一

	佐波 俊哉 穂積 憲一 飯島 和彦
線量計等 (個人線量計)  ( T L D )	伴 秀一 俵 裕子 中村 一 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
教育	柴田 徳思 海老原 寛 鈴木 健訓 伴 秀一 波戸 芳仁 技官全員
安全の手引き	俵 裕子 鈴木 健訓 波戸 芳仁
情報管理  ( W e b 製作等 )	榎本 和義 佐波 俊哉 松村 宏 豊田 晃弘

### 1.3 化学安全管理体制

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

## 2 放射線安全管理関連

### 2.1 区域管理関連

#### 2.1.1 第1区域

加速器機器及び周辺機器における放射線損傷評価のため、加速器トンネル内での線量測定の方法が重要となってきている。そのため、陽子加速器トンネル内での放射線場の線量評価方法について様々な試みを行っている。たとえば、加速器室内は中性子、線など放射線の混合場であるので、複数の検出器を用いて線量の比較検討を行った。

#### 2.1.2 第2区域

##### 1. 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。しかしながら岐阜県神岡町のニュートリノ観測装置の故障に伴い、ニュートリノビームラインの運転は、2001年秋から2002年末まで行われていない。従ってこの間土壌中の放射能濃度は、各核種の半減期に従い減衰しているため、地下水中の放射能のみ測定し、文部科学省等へ報告することとなっていたが、昨年度待つにニュートリノビームラインの運転を再開したため、再び土壌及び地下水中の放射能濃度を測定することとなった。今年度は、まず昨年度7月に採水した地下水中の放射濃度について、加速器起源の放射能は検出されなかったことを4月に文部科学省等に報告した。さらに昨年度12月の運転再開直前に採取した土壌および昨年度3月に採水（運転開始後7回目の採取）した地下水試料の測定を行った。土壌中の放射能濃度は、各核種の半減期に従い減衰しており申請時に評価した濃度を超える物はなかった。地下水からは、加速器起源の放射能は検出されず、この結果は、本年12月に文部科学省等に報告した。また今年度は、7月及び2月に土壌及び地下水を採取し、現在測定中である。

RAD-D-03/05 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”

#### 2.1.3 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設定、及び放射線管理の実施

#### 2.1.4 第4区域

テストリニアックの遮へい増強に伴う放射線安全技術センターによる施設検査を行った。  
放射光アイソトープ実験施設の排気設備の更新と排気能力の変更に伴う放射線安全技術センターによる施設検査を行った。

放射光アイソトープ実験施設の密封されていない放射性同位元素の、貯蔵能力を減らす変更申請を行った。

#### 2.1.5 第5区域

KEKB 関連

本年度 KEKB ファクトリーでは、HER と LER の最大ビーム強度の増強が行われた。これに先立ち変更申請を行った。主な変更点は以下の通りである（申請資料：「KEKB ファクトリー電流増強に伴う放射線安全対策」KEK Internal 2003-7）：

高エネルギーリング(HER)の最大ビーム強度を 2.0A に、最大出力を 16.0GeV・A に増強する。低エネルギーリング(LER)の最大ビーム強度を 3.7A に、最大出力を 12.95GeV・A に増強する、

筑波実験棟地下4階の放射線発生装置使用室と放射線管理区域の境界に区画のためのフェンスを追加する、

筑波実験棟門型コンクリートシールドの上部にコンクリート遮蔽を追加する、

ビーム・インターロック・システムに組み込まれた放射線エリアモニター YEL503 と YEL504 を筑波実験棟地下3階（周辺監視区域境界付近）から筑波実験棟地下4階（管理区域境界付近）に移設する、

搬入口 3C、6C、9C 及び 12C の搬入路の扉に扉スイッチ（計4カ所）を設置しビーム・インターロック・システムに組み込む。

最大エネルギー等性能に係るその他の変更や KEKB ファクトリーで貯蔵・使用中の密封された放射性同位元素に係る変更はない。

アセンブリホール関連の変更承認申請の作成：

ATF および小型電子加速器の使用方法変更に関する放射線安全対策陽子線形加速器実験装置の使用方法変更に関する放射線安全対策

#### 2.1.6 第6区域

大強度陽子リニアック棟の D T L の 20 MeV への変更に伴い、パーソナルキーロックドアの内側に履き替え箇所の設置を行う。

RAD-S-03/32 豊田 大強度リニアック SDTL3-32号機運転前サーベイ

#### 2.1.7 第7区域

下記の変更及び見直し計算を行った。

(1) 放射性試料測定棟における、非密封放射性同位元素、密封放射性同位元素の変更

(2) RI実験棟における、放射性廃液処理設備の廃止

(3) 放射線管理棟における、管理区域の縮小と密封放射性同位元素の変更

(4) 放射線照射棟、熱中性子標準棟のと密封放射性同位元素の変更

(5) 放射化物加工棟、放射性廃棄物保管棟、放射化物使用棟、放射化物使用施設の見直し計算

## 2.2 横断的業務関連

### 2.2.1 J-PARCに関する設計・研究活動

#### (1) J-PARCの進行状況と当センターの役割

J-PARCの建設は当初一期と二期工事とに分類され、ニュートリノ実験施設は、一期施設完成後に建設に着手することになっていたが、小柴昌俊東大名誉教授の2002年ノーベル物理学賞受賞により、ニュートリノ実験施設は、2004年度から建設に着手することになった。これまで、リニアック(400MeV)、3 GeV シンクロトン、50GeV シンクロトロン建設が行われ、物質生命実験施設、原子核素粒子実験施設、ニュートリノ実験施設の建設が順次着手される予定である。また、予算の出していない施設は、素粒子実験施設(拡張部)、核変換実験施設となった。

当放射線科学センターは J-PARC プロジェクトの中の安全グループに属しており、原研安全グループと当放射線科学センターから構成される。当センターのプロジェクト員は、柴田リーダ、平山、鈴木サブリーダ、佐々木、三浦、沼尻、中尾、斉藤である。また、地下水共同開発研究を行うため、産総研の丸井、高倉、加野の3名が、当センターからプロジェクトチーム員に参加している。当センターは、主に、3GeV シンクロトン入射部の遮蔽設計、50GeV シンクロトン施設、原子核素粒子実験施設、ニュートリノ実験施設の安全設計を担当している。

J-PARC においては、原研敷地内に建設するため、茨城県との原子力安全協定により放射線施設の建設前に新增設計画書を県に提出し、県の施設建設の承諾を受けなければならぬ。2001年度から2002年度にかけて、これら一期計画に予定されている施設建設のために、東海村や茨城県に、原子力協定により要求されている新增設計画書を提出した。提出に先立ち、県の原子力安全審議会や原子力安全対策委員会の承認を得る必要があり、茨城県・生活環境部・原子力安全対策課と度重なる打合せを持った。本機構が予算的に受け持っている50GeVシンクロトンについては2002年9月に提出し、建設開始の内諾を得て、2002年10月から建設を開始している。原子核素粒子実験施設(原子核素粒子実験ホール及びスイッチヤード)は、2003年度から建設が予定されているため、2002年度末に、新增設計画書を作成し、県から建設開始の内諾を得た。なおこれらの県の承諾は、文部科学省からの変更承認を待って下される。

当センターはこれら新增設計画書に記載される安全設計を担当し、新增設計画書を作成した。

50GeV シンクロトン施設、原子核素粒子実験施設、ニュートリノ実験施設を担当する加速器施設や原子核素粒子グループとの協力関係は、

- 各施設で毎週開催されるワーキンググループへの出席、
- 施設部と物理・加速器と合同で開催される施設打ち合わせ、
- 放射線科学センターと物理・加速器との建設担当者との打ち合わせ

などに定期的に出席して実施されている。

また、原研・安全グループとの J-PARC 安全グループ定例会が原研と当センターで開催されている。必要に応じて、KEK 内の J-PARC 安全グループが開催され、KEK 独自の関連する事項について検討している。

#### (2) 3GeV シンクロトン入射部・コリメータ部遮蔽設計

3 GeV シンクロトンの設計では、ビームロスが複雑に発生する入射部とコリメータ部の遮蔽設計を担当しており、入射部 1kW(400MeV)、コリメータ部 4kW(3GeV)の損失に耐える設計を行なった。トンネルの壁の厚さを減らすために、コンクリートによる内部シールド

を採用し、コリメータから発生する放射線を押さえている。また、これら周辺のトンネル内部の放射化を下げ、将来の保守点検時の被曝を避けるために、入射部とコリメータ部には、約 1 m の厚さで、低放射化コンクリートを採用した。

尚、詳細な結果は KEK Internal 2003-1 に報告された。

### (3) 50GeV シンクロトロンの安全設計

50 GeV シンクロトロンは、3GeV から分岐する 3-50BT ラインから始まる。50GeV シンクロトロンビームラインは地下 10m に建設され、3GeV からの入射部、曲線部、直線部、原子核素粒子施設への遅い取り出し部、ニュートリノ施設への早い取り出し部からなる。ビームラインにつながる建家としては、2 棟の搬入棟、3 棟の電源棟、3 棟の機械棟、3 棟の脱出棟があり、地下のサブトンネルは、2 重扉により、ビームラインの空気は運転中外部に漏洩しないように対策を立てている。

これらの建家の放射線線量率を下げるため、サブトンネルには迷路構造を採用しており、定常運転時の損失による放射線の低減に重要な役割を果たしている。機械棟以外の建家は、地上部で一般区域になっており、迷路構造による放射線減衰は、3次元モンテカルロコード MARS を使用して、解析中である。一般区域の線量率は裕度を考慮して、 $0.25 \mu\text{Sv/h}$  である。警戒区域 (KEK の周辺監視区域) を設計では設定することが出来ないため、管理区域境界が上記一般区域境界の線量率になっている。

### (4) 原子核素粒子実験施設の安全設計・研究

ビームライン及び実験室の遮蔽設計、冷却水、ビームライン内空気及び排気、排水中の放射性同位元素濃度の評価、機械室、汚染検査室等の設計、安全設備 (インターロックシステム) の設計等を原子核素粒子建設グループと協力して行った。

#### (a) ビームラインにおける $\text{NO}_x$ (硝酸) 生成量の評価

加速器運転中ビームライン空気中には、放射線分解により  $\text{NO}_x$  ガスが生成する。生成した  $\text{NO}_x$  ガスは、化学反応を経て最終的に硝酸を形成するため、加速器構成機器腐食の原因となることが懸念される。しかしながら硝酸の生成量を定量的に見積もることは、これまでなされていない。そこで高エネ研のニュートリノビームラインにおいて、12 GeV 陽子及び二次粒子による硝酸生成実験を行った。実験値は、MARS によるエネルギー損失の評価と、生成量が硝酸生成量に比例するオゾンの G 値を用いて計算した生成量と、ファクター 4 で一致しており、今後はこの評価法を用いて硝酸生成量を推定できることを確認した。

#### (b) ヘリウム及び空気からのトリチウム生成量の評価

J・P・A・R・C では、硝酸及びトリチウムの生成量を抑えるため、固体標的等周辺の空気をヘリウムガスに置換することが考えられている。しかしながらヘリウムからトリチウム生成のデータが少ないため、ニュートリノビームラインで空気及びヘリウムガスからのトリチウム生成量の比較実験を行った。実験はまだ継続中であるが、予備実験の結果から二次粒子による生成量は、ヘリウムガスの方が数分の一以下であることが確かめられた。

### (5) 低放射化コンクリート施工指針の作成

J・P・A・R・C では、加速器メンテナンス時における被ばく低減のため、ビーム損失が大きい箇所のトンネルに低放射化コンクリート (石灰石コンクリート) を使用する。しかしながら低放射化を目的とし、放射線施設で石灰石コンクリートを使用した例は我が国ではまだなく、その評価方法もない。評価方法を確立し、施工指針を作成するため、低放射化コンクリート及び各種試薬を EP1 及び EP2 ビームラインで照射し、石灰石コンクリートの有用性を定量的に確認するとともに、評価方法を確立した。

#### (6) 加速器施設における PPS システムの構築

J-PARC の加速器は、リニアック、3 GeV リング、50 GeV リング 3 つの加速器からなるが、これらの加速器では、共通で統一した安全（インターロック）システムを構築する必要がある。安全システムの内、PPS システムについてその構築を行った。

#### (7) 地下水動態共同開発研究

J-PARC が建設される日本原子力研究所・東海研究所・南地区は海岸部で、内陸とは異なり、大型建造物の建設工事や建物そのものによる影響で、海水の影響がどのように現れるかを調査し、一級保安林が海水の浸入により枯れることがないようにしなければならない。また、大型施設の建設に伴う地下水動態の変動が、周辺住宅地の井戸の水位にどのような影響を与えるかを把握する必要があり、産業総合技術研究所、原研、KEK の 3 者で共同開発研究を行うことにした。共同開発研究協定が結ばれ、平成 19 年 3 月まで、継続されることになっている。この共同開発研究の一環として、大工事が始まる前から、各種の地下水に係る事前調査を行い、現在進行中の工事期間中の影響を連続的に調査している。本センターは環境計測部による地下水の化学分析を行い、また、地下水中の放射能（トリチウム）を測定している。

### 2.2.2 電子陽電子リニアコライダー

#### (1) ビームダンプの放射線安全

電子陽電子リニア・コライダーの 10 MW 級ビームダンプとしては、熱エネルギーの除去のため水ダンプが予想される。1 次冷却水の純化装置のイオン交換樹脂を 1 年に 1 回程度に交換するとしても生成した Be-7 約 60TBq が全て集まると 1 m 離れて 0.4 Sv/h であり、遮へいが必要である。これに対して腐食生成物の Mn-54, Co-58 等の放射化核種は、Be-7 に対して冷却水中での生成量は  $10^{-3}$  以上小さいと予想され、純化装置の遮へいでは、Be-7 が最も重要である。(RAD-D-2004/01,02,05)

1 日以上半減期の核種（非常に長いものも除く）の KEK 周辺の土中の飽和放射能が、PS での測定・計算から求められている。これと同様の土の組成、生成放射能を仮定すると、Na-22 が H-3 の 1/3 程度生成する。新しい国際的な放射能濃度の免除レベルは、H-3 は 1MBq/g であるのに対し、Na-22 は 10 Bq/g である。土の放射化を考える際には、GLC ダンプは J-PARC、ニュートリノビームラインよりも深く、地下水の動態を含む総合的な評価が必要であるが、ダンプの周囲に土の放射化を防ぐ目的の遮へいが必要である。(RAD-D-2004/04)

ダンプ中の水に生成する短寿命核の量は、光核反応コード PICA3 で計算された。(RAD-D-2004/01) 更にダンプ容器に生成する放射能、容器に付着する Be-7 を考えると、運転停止後のダンプにアクセスするためにも、遮へいが必要である。(RAD-D-2004/06)

上記のためにダンプ本体が 2m 程度のコンクリートで遮へいされていたとしても、ダンプを納める部屋の空気中放射能濃度は、高くなる。ダンプから漏れ出す中性子を MARS14 コードで計算し Ar-41 の生成を評価した。(RAD-D-2004/03)

#### (2) 放射線安全システム、放射線モニタ

Road Map の GLC の放射線安全システム、放射線モニタについて検討した。ビームロス・シナリオに基づいて中性子遮蔽・空気放射化・土の放射化・ $\mu$  の地上での線量について評価した。(KEK Report 2003-7, GLC project, Toge, N.(ed.))

### (3) ビームダンプから生成する光中性子・放射能のデータ収集

韓国 Pohang 加速器研究所の 2 GeV 電子リニアック中に厚さ 1 放射長の水ダンプを設置した。通常組成のコンクリート、および低放射化コンクリートを粉砕した成分試料を容器に入れて水ダンプの側面に置き、生成放射能を測定した。水ダンプ中の放射能核種を測定した。厚い金属のダンプから生成する二次中性子を測定した。

## 2.2.3 放射線モニタリングシステム (NORM) の設計開発

### (1) 放射線モニタリングシステム関係

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た3世代目で、問題なく順調に稼働している。昨年度から今年度にかけて、陽子リニアック施設のために STATION を増設し、STATION 数は全部で 10 台となった。今年度行った、ソフトウェアの性能向上等のための主な改良点を以下に示す。

#### ・情報表示機能の強化

情報表示専用の端末に、システム上の障害やインターロックの発生等をはじめとする全ての情報の一覧を時系列で表示させる機能を昨年度作成したが、これを修正した。特に、STATION ダウン (動作停止)、CAMAC ダウン (動作停止)、ネットワーク障害等の重要な要害に関わる情報については、ポップアップ表示や警報等により、即時に、かつ確実に情報が伝達されるようにした。

#### ・中央監視装置におけるサーバー機能の改良。

情報・データ公開用サーバー (これを使用して機構内 LAN 上の計算機でも NORM で測定されたデータを閲覧可能) に対するデータの更新を全更新から追記更新へ方法の変更を行った。これにともない、KEKB コントロール等でも STATION を使用しないで直接データの閲覧を可能となった。併せて、測定結果データをメモリ保持からファイル操作 (ファイルへの読み書き) に変更した。以上の処置により、サーバー上の CPU、並びにメモリリソースの消費を軽減させ、サーバーの応答性を向上させた。

### (2) 放射線モニター (SARM) に関する研究開発

#### (a) 積分型中性子検出器の開発

モニタリングシステムでの使用を目的として、中性子比例計数管に接続して信号を電荷積分で計数することが可能な前置増幅器の設計開発を行っている。この増幅器は、積分電荷を鋸波状に出力するように設計してあるので、従来からの SARM で使用している電離箱回路に接続して使用することが可能である。特に、電荷積分方式を採用することによりバースト状の放射線場や高線量率場における数え落とし等による非線形応答が心配される状況下において、正しい計測が行えると期待される。

これまで、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 電子リニアック 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。これらに加えて中性子実験室遮蔽体上、あるいは中間子第 1 実験室遮蔽体上等の陽子加速器施設の高線量場にも適用範囲を広げて試験を行ってきたが、いずれの場合も、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。

従来からの問題である低線量測定に限界が有る点については、基本的には使用する比例計数管に於ける低エネルギーのノイズ成分が直接の原因となっているため、低ノイズ He-3 計数管の選定や、元来この影響の小さい BF-3 管の適用を検討している。もう一つの問題点である測定のダイナミックレンジが 4 桁程度しかない点については、手動による増幅率の



切り替えで6桁から7桁のダイナミックレンジを確保することができたため、自動的にレンジを切り替える方法について検討を加えている。

これらの内容の一部は、日本放射線安全管理学会第2回学術大会において発表された。

#### (b) 電離箱検出器の改良

電離箱検出器は、光子線のエネルギーに対する応答が平滑で、高線量率場で使用しても数え落とし等の非線形性の問題等がないために、光子線場の測定には極めて有用な検出器である。しかしながら、信号の電流増幅を行わず、極めて微少な信号電流を対象とするため、湿度や温度等の環境因子に左右されやすい。NORMで使用する電離箱についても、約10%程度の範囲で温度依存性が現れるものがあり、改良が望まれていた。

これまでに電流測定回路部と、同じ回路を設定し温度ドリフトに関する補償を行う機能を付加させ、現在まで種々の環境で試験を行ってきた。この補償回路を用いて出力の補正を行うと、環境因子によるドリフト等による影響を、従来のものに比べて大幅に小さくできることが分かっている。

#### (3) J-PARC 関連安全管理機器の設計開発

東海地区に建設が進められている J-PARC 施設における放射線安全機器設備の中枢を為すものは、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、基本設計が鋭意行われている。連続放射線監視システムに関して、KEK で稼働中の NORM3 ではデータ収集系に CAMAC を採用しているが、J-PARC ではこれらに加えて VME による収集系も検討されている。CAMAC についても、従来からの計算機に接続して制御するのではなく、イーサネットを経由して制御する方式に改める事を検討している。一方、J-PARC の加速器室は非常に放射線・放射能レベルが高くなると予想されるために、標準の個人線量計に加えて APD (アラーム警報器付き線量計) の携行を不可欠のものとするため、これら線量計とゲートモニター、カードリーダー等の出入管理機器、並びにパーソナルキー装置とが総合的に連係動作するように、出入管理装置の検討が進められている。具体的には、個人線量計は ID カード (現在 RFID 素子を用いた非接触型を検討中) と一体化され、トンネル入出のための扉やパーソナルキーの取得は、ID カードで制御されるのはもちろんのこととして、APD の携行状態 (借り出し、返却を含む) も本システムで制御管理されるように設計が為され、きめ細かな出入管理の実現を目指す。

#### 2.2.4 放射線安全教育

「放射線安全の手引き別冊・平成15年度版」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。

#### 2.2.5 電子ビームダンプの調査研究

##### (1) リニア・コライダー用の高エネルギーダンプ

リニア・コライダーの MW 級の大強度・高エネルギー電子ダンプには、水ダンプが適当と考えられる。SLAC のビームダンプの現地調査を行なった。

リニア・コライダーのビームダンプホールを地下の大深度に設ける場合に、ダンプ、冷却系、サージタンク、貯蔵タンクなどの機器の設置について検討した。放射線分解で生成する、水素・酸素の再結合器の仕様について検討した。

## (2) エネルギー回収型リニアック用の低エネルギーダンプ

放射光将来計画で検討されている、エネルギー回収型リニアック光源のためのビームダンプの検討を行った。エネルギー 10 MeV (または 5 MeV)、電流 100mA で 1MW (または 500 kW) に耐えるビームダンプが必要である。ダンプ表面への入射熱量を、約 200W/cm<sup>2</sup> 程度におさえるためには、拡大マグネットや走査マグネットを用いてビームスポット面積を約 4000 cm<sup>2</sup> に拡大する必要があり、巨大なダンプになる。拡大マグネット系が一時的に故障したときを考えて、短時間は数倍程度の熱に耐えられるダンプの設計も必要である。

銅中で 500 kW の電子を停める場合、5 MeV では放射能は生成しない。10 MeV の場合でも、銅から中性子が生成するしきいエネルギーは 9.91 MeV であり、中性子の生成量は少ない。ダンプから後方に散乱する X 線による拡大マグネット系の損傷や、オゾン、NO<sub>x</sub> による損傷がより重要になる。

## 2.2.6 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、ニュートリノ崩壊領域周辺を含め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。

### 3 化学安全・環境関係

#### 3.1 依頼分析

本年度は10件の依頼分析を受け付けた。以下に、分析内容の一部を示す。

##### 3.1.1 KEKB 電磁石ストレーナ付着物の分析

電磁石ストレーナの有機物による汚染の原因を調査するため、汚染の原因と思われるパッキン2種類について分析を行った。蛍光X線分析を行った結果、パッキンからはCのみが検出され、ストレーナ付着物とは違うものであることが確認された。この他にも、現場で使用されているグリース、潤滑油について赤外吸収分析によって比較を行ったが、汚染源の特定までには至らなかった。(CHEM-A-03/1)

##### 3.1.2 KEK-B 真空冷却水フローセンサ(IR用) 黒色付着物の分析

フローセンサ内壁の黒色付着物について分析を行った。黒色付着物はアルミニウム製の本体表面に層状に付着していた。また、微量ではあるが青色の付着物も確認できた。蛍光X線分析法により含まれる元素を分析した。その結果、主成分としてCu、Oが検出された。次に、粉末X線回折法により、化学種の同定を行った。その結果、回折ピークはCuOの回折パターンと良い一致を示した。微量に付着している青色物質については、量が少ないため粉末X線回折法による同定はできなかったが、蛍光X線分析法により、Cu以外の金属元素はほとんど検出されていないため、塩基性炭酸銅等の銅化合物ではないかと思われる。(CHEM-A-03/7)

#### 3.2 廃油、廃溶媒用保管庫の設置

廃液の中には消防法危険物に該当するもの、特別管理産業廃棄物に該当するものもあり、処理が終了するまで、法に基づいた適切な保管管理を行わなければならない。本年度始めに、消防法危険物に該当する廃油、廃有機溶媒用の保管庫を設置した。当初、新たな建物を設置する予定であったが、施設の有効利用のため、既存の危険物第6類用の薬品保管庫を改造することになった。消防法に定める基準に従い、吸気、排気口の確保、防爆型の照明等の設置を行い、危険物第4類用の少量危険物屋内貯蔵所として届出を行った。

## Chapter 3 資料

### 1. 科学研究費補助金

#### (1) 科学研究費補助金

##### (1.1) 基盤研究 C(2)

陽電子ビームによる金属基板上的のエポキシ樹脂薄膜自由体積の研究

研究代表者：鈴木健訓

研究分担者：沼尻正晴、三浦太一、近藤健次郎

##### 基盤研究 B(2)

加速器施設で発生する放射化物の放射性核種濃度評価法の研究

研究代表者：柴田徳思

研究分担者：平山英夫、鈴木健訓、榎本和義、伴秀一、  
佐々木慎一、三浦太一、沼尻正晴、沖雄一

##### 基盤研究 C(2)

高エネルギー中性子場を用いた深層透過と放射化の研究

研究代表者：中尾徳晶

研究分担者：佐波俊哉、沼尻正晴、三浦太一、伴 秀一、佐々木慎一、榎本和義、  
平山英夫、川合將義、古坂道弘、武藤 豪、伊藤晋一、猪野 隆

##### 特別研究員奨励費

加速器施設で生じる放射性同位元素濃度評価法の確立

研究代表者：柴田徳思

##### (1.2) 特別研究員奨励費

陽電子消滅法の高分子材料への応用

研究代表者：鈴木健訓

研究分担者：DJOURELOV Nikolai

### 2. 共同開発研究

#### (2.1) 陽電子消滅法の高度化利用開発研究(IV)

・陽電子ナノプローブ高度化開発研究一

研究代表者：鈴木健訓

研究分担者：沼尻正晴、三浦太一、近藤健次郎、小林仁、他、8大学

#### (2.2) 大強度陽子加速器施設(J・PARC)建設場所における地下水動態の研究

研究代表者：永宮正治

研究分担者：柴田徳思、神田征夫、三浦太一、沼尻正晴、鈴木健訓、  
他(KEK:10名、原研:10名、産総研:8名)

#### (2.3) 高速・大量処理のための固体飛跡検出器エッチビット検出・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：伴 秀一、佐々木 慎一、佐波 俊哉、他(横  
浜国大:4名、放医研:1名、宇宙開発事業団:2名)

- (2.4) 原子力安全委員会、原子力安全研究専門部会 放射性廃棄物安全研究  
放射線発生装置使用施設の放射化物中に含まれる放射性核種の濃度定量法に関する調査研究  
研究代表者：柴田徳思

### 3. センター開催の研究会・シンポジウム

1. 研究会「放射線検出器とその応用」(第18回)  
主催；高エネルギー加速器研究機構放射線科学センター、  
応用物理学会放射線分科会  
共催：東京大学工学部原子力工学研究施設  
日本放射線安全管理学会  
日時：平成16年2月2日～4日  
場所：高エネルギー加速器研究機構  
参加者数：108名  
プロシーディングス：印刷中
2. 第11回 EGS4 研究会  
日時：2003年8月5日～8月7日  
参加者：100名  
プロシーディングス：KEK Proceedings 2003-15, 2004.
3. 第5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・環境放射能分科会  
共催：日本原子力学会保健物理・環境科学部会  
日本放射線影響学会  
日時：2004年3月2日～3月4日  
場所：高エネルギー加速器研究機構  
参加者：160名  
プロシ・ディング：準備中

### 4. 教育活動

#### 4.1 総合研究大学院大学

【佐々木慎一】

1. 加速器科学専攻 コアカリキュラム講師
2. 総合研究大学院大学 夏期実習講師

#### 4.2 非常勤講師等

【柴田 徳思】

東京都立大学大学院理学研究科  
立教大学大学院理学研究科

【佐々木 慎一】  
立教大学大学院 理学研究科物理学専攻

【波戸 芳仁】  
東京都立保健科学大学非常勤講師

【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

【伊藤 寛】  
茨城県立医療大学非常勤講師

## 5 . 機構外委員会等活動

【柴田 徳思】  
日本学術会議第 19 期会員  
日本学術会議 第 19 期核科学総合研究連絡委員会委員  
日本学術会議 第 19 期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  
日本保健物理学会理事  
文部科学省科学技術・学術審議会専門委員  
独立行政法人日本学術振興会評議員  
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  
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  
日本放射線安全管理学会監事  
大学等放射線施設協議会常議員

【平山 英夫】  
大学共同利用機関法人化準備委員室 室長  
原子力安全委員会原子炉安全専門審査会委員  
日本原子力学会 理事  
日本原子力学会 標準化委員会 研究炉専門部会員  
日本原子力学会 標準化委員会 放射線遮蔽分科会 主査  
日本原子力学会 放射線遮蔽評価研究専門委員会 主査  
日本原子力研究所 シグマ委員会委員  
大強度陽子加速器施設放射線等安全検討委員会委員  
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  
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 放射線専門部会委員  
東京大学原子力総合研究センター 連携重点研究専門委員会委員

国連科学委員会国内対応委員会 コレスポデンス・メンバー  
(財)原子力安全研究会 線個人線量測定専門委員会委員

【佐々木 慎一】

応用物理学会・会誌編集委員  
応用物理学会・プログラム編集委員  
応用物理学会放射線分科会 常任監事

【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  
中性子線量率水準調査検討委員会委員  
国際免除レベル取入れ等に関する調査委員会委員

【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  
電子情報技術産業協会<JEITA>  
「窒素濃度測定標準化ワーキンググループ」幹事  
日本学術振興会 「結晶加工と評価技術第 145 委員会」委員  
放射化分析研究会 幹事  
日本放射線安全管理学会 編集委員  
日本放射線安全管理学会  
「放射線施設廃止のための確認手順と検認測定法検討専門委員会」委員長  
日本放射化学会 編集委員  
日本放射化学会 理事

【波戸 芳仁】

東京都立保健科学大学オープンセミナー講師  
日本原子力学会遮蔽設計法高度化研究専門委員会委員  
日本原子力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)

【佐波 俊哉】

応用物理学会放射線分科会幹事

【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  
応用物理学会、代議員

【三浦 太一】

日本原子力学会 保健物理・環境科学部会 運営委員  
日本原子力学会 放射線工学部会 運営委員  
日本放射化学会 インターネット管理運営委員

【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・タベ・ス検討委員

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

日本放射化学会・総務担当理事

日本放射線化学会・理事

6 . 放射線科学センター名簿

* 柴田徳思	平 雅文	俵 裕子
平山英夫	高原伸一	中尾徳晶
神田征夫	飯島和彦	松村 宏
榎本和義	江田和由	中村 一
佐々木慎一	豊田晃弘	高橋一智
三浦太一	<sup>a</sup> 海老原 寛	豊島規子
波戸芳仁	斎藤 究	<sup>b</sup> WANG Qing Bin
別所光太郎	<sup>a</sup> 道川太一	<sup>b</sup> DJOURELOV, Nikolay
佐波俊哉	鈴木健訓	<sup>c</sup> YU Runsheng
伊藤 寛	伴 秀一	
穂積憲一	沼尻正晴	

\* 放射線科学センター長

(a) 研究支援推進員

(b) 外国人特別研究員

(c) 研究機関研究員



## Chapter 4 Publication list

### 1. Publication in Periodical Journals (2003.1-2003.12)

- (1) Matsuo, M., Bin, Y., Xu, C., Ma, L., Nakaoki, T., and Suzuki, T., "Relaxation mechanism in several kinds of polyethylene estimated by dynamic mechanical measurements, positron annihilation, X-ray and <sup>13</sup>C solid-state NMR", *Polymer* **44**(2003)4325-4340
- (2) Ma, L., He, C.Q., Suzuki, T., Azuma, M., Bin, Y., Kurosu, H., Matsuo, M., "Molecular Mobility of Amorphous Chain Segments of Ethylene-Methyl Methacrylate Copolymer Films as a Function of Temperature Estimated by Positron Annihilation, X-ray Diffraction, and C-13 NMR", *Macromolecules* **36**(2003)8056-8065
- (3) Kansy, J., Suzuki, T., "Positronium fraction in polymer spectra determined by ETLA model", *Radiation Physics and Chemistry* **68** (2003) 497-500
- (4) Debowska, M., Rudzinska-Girulka, J., Piglowski, J., Suzuki, T., Slusarczyk, C., "Free volume studies in polyamide, acrylic rubber and their blends", *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe* **11** (2003)120-125
- (5) Debowska, M., Piglowski, J., Rudzinska-Girulka, J., Suzuki, T., Chen, Z.Q., "Polyamide, acrylic rubber and their blends studied by positron annihilation and other methods", *Radiation Physics and Chemistry* **68** (2003) 471-473
- (6) Suzuki, T., He, C.Q., Shantarovich, V., Kondo, K., Hamada, E., Matso, M., Ma, M. and Ito, Y., "The influence of radiation and light on Ps formation in PMMA and PE studied by coincidence Doppler-broadening spectroscopy", *Radiation Physics and Chemistry* **66**(2003)161-166
- (7) Suzuki, T., He, C.Q., Shantarovich, V., Kondo, K., and Ito, Y., "The influence of radiation on Ps formation in PE studied by coincidence Doppler-broadening spectroscopy", *Radiation Physics and Chemistry* **68**(2003)489-492,
- (8) Suzuki, T., He, C.Q., Shantarovich, V., Kondo, K., Ito, Y., Ma, L., and Matsuo, M., "Relaxation Behavior of Polymers Probed by Positron Annihilation Lifetime Spectroscopy", *Material Research Innovations* **7**(2003) 31-36
- (9) V. P. Shantarovich, V.P., Suzuki, T., He, C.Q., Davankov, V. A., Pastukhov, A. V., Kondo, K., Ito, Y., and Tsurupa, M.P., "Positron annihilation study of hyper-crosslinked sorbents", *Radiation Physics and Chemistry* **68**(2003)639-641
- (10) Shantarovich, V.P., Suzuki, T., and HE, C.Q., "A possibility to study substance properties using positronium as the simplest "Labeled" atom", *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* **255**(2003)165-170
- (11) Shantarovich, V.P., Suzuki, T., and HE, C.Q., Gustov, V.W., "Inhibition of positronium formation by polar groups in polymers - relation with TSL experiments", *Radiation Physics and Chemistry* **67**(2003)15-23
- (12) Djourelou, N., He, C.Q., Suzuki, T., Shantarovich, V.P., Ito, Y., Kondo, Y., Ito, Y., "Positron Annihilation in Polypropylene studied by Lifetime and Coincidence Doppler-Broadening Spectroscopy", *Radiation Physics and Chemistry* **68**(2003)689-695(2003)
- (13) Ito, Y. and Suzuki, T., "Effects of electric field on positronium formation in polystyrene at various temperature", *Radiation Physics and Chemistry* **66**(2003)343-347
- (14) He, C.Q., Suzuki, T., Djourelou, N., Kondo, K., Hamada, E., Kobayashi, H., and Ito, Y., "Development on a pulsed slow-positron beam: Moderator and bunching signal waveform", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B* **211**(2003)571-576
- (15) He, C.Q., Suzuki, T., Shantarovich, V., Kondo, K., Ito, Y., Ma, L., and Matsuo, M.,

- “Positronium formation in low-density polyethylene (LDPE)”, *Physics Letters A* **313**(2003)223-230
- (16) He, C.Q., Suzuki, T., Shantarovich, V., Kondo, K., and Ito, Y., “Temperature dependence of ortho-positronium annihilation in hypercrosslinked polystyrene”, *Radiation Physics and Chemistry* **68**(2003)511-514,
- (17) 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" *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* **255**(2003)431-435
- (18) He, C.Q., Suzuki, T., Kondo, K., Shantarovich, V., and Ito, Y., "Positron annihilation in hypercrosslinked polystyrenes", *Chemical Physics* **286**(2003)249-256
- (19) He, C.Q., Suzuki, T., Hamada, E., Kobayashi, H., Kondo, K., Shantarovich, V., and Ito, Y., "Characterization of polymer films using a slow positron beam", *Material Research Innovations* **7**(2003)37-41
- (20) Marui, A., Ueda, Y., Takakura, S., Hikaru, S., Katsumi, M., Suzuki, T., Kanda, Y., “Hydrological Research about the stability of the accelerator tunnel during rainfall”, *Journal of Japanese Association of Hydrological Sciences* **33**(2003)3-11
- (21) S.Sasaki, E.Tega, A.Shimada, S.Akahori, T.Suzuki, K.Okuno and K.Kondo, " Basic Characteristics of Hollow-filament Polyimide Membrane in Gas Separation and Application to Tritium Monitors " , *J. Radioanalytical and Nuclear Chemistry*,**255**(2003)91-95.
- (22) K.Saito, S.Sasaki, H.Tawara, T.Sanami and E.Shibamura, " Simultaneous Measurements of Absolute Numbers of Electrons and Scintillation Photons Produced by 5.49 MeV Alpha Particles in Rare Gases " , *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, **50** No.6 (2003)2452-2459.
- (23) A.H.D. Rasolonjatovo, T. Nakamura, N. Nakao, T. Nunomiya, "Response function to photons and to muons of a 12.7 cm diam. by 12.7 cm long NaI(Tl) detector", *Nucl. Instr. Meth. A* **498** (2003) pp328-333.
- (24) Kanda, Y. and Taira, M., “Flow-injection Analysis Method for the Determination of Nitrite and Nitrate in Natural Water Samples Using a Chemiluminescence NOx monitor” *Anal. Sci.*, **19**(2003)695-699.
- (24) Endo, A., Sato, K., Noguchi, H., Tanaka, Su., Iida, T., Furuichi, S., Kanda, Y. and Oki, Y., “Study of Particle Size Distribution and Formation Mechanism of Radioactive Aerosols Generated in High-Energy Neutron Fields” *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, **256**(2003)231-237.
- (25) Shimizu, A. and Hirayama, H., “Calculation of Gamma-Ray Buildup Factors up to Depths of 100 mfp by the Method of Invariant Embedding, (II) Improved Treatment of Bremsstrahlung”, *J. Nucl. Sci. Technol.* **40**(2003)192-200.
- (26) Yosiko, H., Hirayama, H., Sakamoto, Y., Sasamoto., N., Musukawa, F., Nakashima, H., Hayashi, K., Handa., H., Tayama, R., Kurosawa, N., Nemoto, M. and Abe., T., “Validity of the Four-Parameter Empirical Formula in Approximating the Response Functions for Gamma-ray, Neutron, and Secondary Gamma-ray skyshine Analyses”, *J. Nucl. Sci. Technol.* **40** (2003)569-578.
- (27) B.Kiraly, T.Sanami, J.Csikai; Advantages and limitations of thermal and epithermal neutron activation analysis of bulk samples; *Applied Radiation and Isotopes*; **58** (2003) 691-695
- (28) K.Masumoto, A.Toyoda, K.Eda, Y.Izumi and T.Shibata , Evaluation of radioactivity induced in the accelerator building and its application to decontamination work, *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **255**(2003)465-469
- (29) Miura, T., Bessho, K., Ishihama, S. and Ohtsuka, N. Migration of radionuclides induced in the soil below the 12 GeV proton accelerator facility at KEK, *J. Radioana. Nucl. Chem.* **255** (2003) 543-546

(30) 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, *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **255**(2003)465-469.

## 2. Publication in Japanese (2003.1-2003.12)

- (1) 尾鍋研太郎、佐々木慎一、西田昭彦、藤原賢三、若原昭浩、「先端計測技術と応用物理」  
*応用物理* **72** No.8 (2003)998.
- (2) 山田啓文、佐々木慎一、中西洋一郎、浜口智志、「分子ナノテクノロジーの新たな展開」  
*応用物理* **72** No.12 (2003) 1492
- (3) 手鹿恵理子、奥野健二、佐々木慎一、近藤健次郎、「ポリイミド中空系分離膜のトリチウムモニタリングへの応用に関する基礎研究」,「施設・環境放射能動態」研究専門委員会報告書(2003)
- (4) 佐々木慎一,「研究会『放射線検出器とその応用』に関する報告」*Isotope News* Vol.5 (2003)32-33
- (5) 佐々木慎一,「加速器放射線場と測定器校正について」, JAERI-Conf 2003-002 (2003)
- (6) 柴村英道、佐々木慎一、俵裕子、齋藤究、宮島光弘,「NaI(Tl)、CsI(Tl)シンチレータの蛍光効率の決定とそのためPMT量子効率の再評価」, UTNL-R-0423 (2003).
- (7) 田野崎隆雄、三浦太一、齋藤究、藤井宏東; 低放射化コンクリート; *コンクリート工学年次論文集* **25**(2003)1847-1857
- (8) 伊藤寛, 実験授業に適した小型蛍光 X 線分析装置, *日本物理学会誌* **58**, 918-919 (2003)
- (9) 波戸芳仁、平山英夫,「電磁カスケードモンテカルロコード EGS4 の改良と普及」, *高エネルギーニュース* **21**, 223-227 (2003).
- (10) 柴田徳思、原子力応用分野である小型加速器開発の現状と今後の展望、*電機* 2003 年 4 月号 23-26
- (11) 柴田徳思、科学政策と科学者のかかわり、*学術の動向* 2004 年 1 号 43-46
- (12) 増川史洋、中野秀生、中島宏、笹本宣雄、田山隆一、半田博之、林克己、平山英夫、秦和夫、"高エネルギー中性子ストリーミング計算コード DUCT-III の検証", *JAERI-Tech.* **2003-018** (2003).
- (13) 柴田徳思、新たに設けられた原子力・放射線分野の技術士に関する話題、*Isotope News* **595**(2003)76-78
- (14) 小平聡、長谷部信行、道家忠義、浅枝真行、安田仲宏、北川敦志、内堀幸夫、北村尚、俵裕子、小倉紘一、CR-39 飛跡検出器を用いた鉄核同位元素の質量分解能の評価、*宇宙放射線* **4** (2003) 53-65
- (15) 榎本和義、分担執筆、赤外線加熱工学ハンドブック、アルバック理工 編、アグネ技術センター、2003、11
- (16) 榎本和義、分担執筆、放射化分析ハンドブック、確度の高い多元素同時微量分析への実践・放射化分析研究会,日本アイソトープ協会,2004、3

### **3. Presentation at Conference etc. (2003.4 – 2004.3)**

#### **3.1 International Conference**

##### **1 The Second iTRS International Symposium On Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-2), Sendai, Japan, July 24-25 (2003)**

- (1) N. Nakao, H. Yashima, M. Kawai, K. Oishi, H. Nakashima, S. Sasaki, K. Masumoto, M. Numajiri, T. Sanami, H. Matsumura, Q. Wang, A. Toyoda, K. Iijima, K. Takahashi, S. Ban, H. Hirayama, S. Muto, T. Nunomiya, S. Yonai, D.R.H.Rasolonjatovo, K. Terunuma, T. Nakamura, E. Kim, P. K. Sarkar and A. Maruhashi, "KENS Shielding Experiment (1) - Measurement of Neutron Attenuation through 4m Concrete Shield Using a High Energy Neutron Irradiation Room"
- (2) Q. Wang, K. Masumoto, A. Toyoda, N. Nakao, M. Kawai and T. Shibata, "KENS Shielding Experiment (2) - Measurement of the Neutron Spatial Distribution inside and outside of a Concrete Shield using an Activation Foil and an Imaging Plate Technique"
- (3) Saito, K., Miura, T., Fujii, H., and Tanosaki, T. "Study of Radionuclides Induced in low activation Concrete Using 12 GeV Proton Synchrotron Accelerator at KEK"
- (4) Sato, K., Yokoyama, S., Noguchi, H., Tanaka, Su., Iida, T., Furuichi, S., Kanda, T., Oki, Y. "Attachment of  $^{38}\text{Cl}$  and  $^{39}\text{Cl}$  Induced by High-Energy Neutron to Coexisted aerosols"
- (5) Syuichi Ban, Hajime Nakamura and Hideo Hirayama, "The Residual Gamma-ray Dose from Thick Targets Irradiated by High-energy Electrons"
- (6) Hee-Seock Lee, Syuichi Ban, Toshiya Sanami, Kazutoshi Takahashi, Tatsuhiko Sato, Kazuo Shin, Chinwha Chung, "Status of Angular Distribution Measurements of Photo-Neutron Yields from Cu, Sn, and Pb Targets Irradiated by 2 GeV Electrons"
- (7) S.Taniguchi, N.kishi, T.Moriya, N.Nariyama, Y.Namito and S.Ban, "Saturation characteristics of free-air ionization chamber and Si PIN photodiode for intense synchrotron radiation"
- (8) T.Sanami, T.Hiroishi, M.Baba, M.Hagiwara, T.Miura, T.Aoki, T.Kawata, S.Tanaka, H.Nakashima, S.Meigo, M.Takada, "Mesurement of differential cross sections for evaluation of radiation dose of ten's of MeV neutrons"

##### **2 The 13th International Conference on Positron Annihilation (ICPA-13), Kyoto, Japan, September 7-13,2003**

- (1) Shantarovich, V.P., Suzuki, T., He, C.Q., Djourellov, N., Kevdina, I., Davankov, V. A., Pastukhov, A. V., Ito, Y., " Positron Annihilation in Polymers with Highly Developed Specific Surface"
- (2) HE, C.Q., Suzuki, T., Djourellov, N., Kondo, K., Kobayahi, H., Hamada E., and Ito, Y., "Development on a Pulsed Slow-Positron Beam and Its Applications to Polymer Films"
- (3) Debowska, M., Rudzinska-Girulska, J., Piglowski, J., Suzuki, T., Slusarczyk, C., Binias, W., "Positive Mixing Volume Detected in Polyamide/Acrylic Rubber Blends by Positron Annihilation Lifetime Spectroscopy and Other Methods"
- (4) Djourellov, N., HE, C.Q., Suzuki, T., Kondo, K., Velitchkova, K., Hamada E., and Ito, Y., "Carbon-Implanted Polyethylene Characterized by a Pulsed Slow-Positron Beam"
- (5) He, C.Q., Shantarovich, V.P., Suzuki, T., Djourellov, N., and Ito, Y., "Hypercrosslinked Polystyrenes Studied Using Positron Annihilation Lifetime and Coincidence Doppler Broadening Spectroscopes"

(6) Ito, Y., Djourelou, N., Suzuki, T., Shantarovich, V.P., Kondo, Y., Ito, Y., and Omoe, J., "Application of Coincidence Doppler Broadening Spectroscopy to Different Carbon Phases"

(7) Suzuki, T., Ito, Y., Djourelou, N., Shantarovich, V.P., Kondo, Y., Ito, Y., and Omoe, J., "Application of Coincidence Doppler Broadening Spectroscopy to Hydrocarbons"

### **3 16th Meeting of the International Collaboration on Advanced Neutron Sources (ICANS-XVI), May 12-15, 2003, Dusseldorf-Neuss, Germany**

N. Nakao, H. Yashima, M. Kawai, K. Oishi, H. Nakashima, S. Sasaki, K. Masumoto, M. Numajiri, T. Sanami, K. Takahashi, A. Toyoda, K. Iijima, Q. Wang, S. Ban, H. Hirayama, S. Muto, T. Nunomiya, S. Yonai, D.R.H.Rasolonjatovo, K. Terunuma, T. Nakamura and A. Maruhashi, "Shielding Experiment at the High Energy Neutron Beam Course of KENS", KEK Preprint 2003-15 (2003).

### **4 The 6th International Meeting on Nuclear Applications of Accelerator Technology (AccApp '03), June 1 - 5, 2003, San Diego, USA**

Syuichi Ban, Toshiya Sanami, Kazutoshi Takahashi, Hee-Seock Lee, Tatsuhiko Sato, Satoshi Maetaki and Kazuo Shin, "Measurements of Photo-Neutrons from Thick Targets Irradiated by 2 GeV Electrons"

### **5 The 8th IUMRS International Conference on Advanced Materials, Yokohama, October 8-23, 2003**

Tanosaki, T., Fujii, H., Saito, K. and Miura, T. "Low Radioactivation Concrete".

### **6 The 29th ICFA Advanced Beam Dynamics Workshop on Beam Halo Dynamics, Diagnostics, and Collimation HALO'03, 19-23 May 2003, Montauk, New York, USA**

N. Nakao, N. Mokhov, K. Yamamoto, Y. Irie and A. Drozhdin, "MARS14 Collimation and Shielding Studies for the 3 GeV Ring of J-PARC Project", AIP Conference Proceedings, **693**, 158-161.

### **7 Intercomparison on the usage of computational codes in radiation dosimetry, QUADOS Workshop (Quality Assurance of Computational Tools for Dosimetry), Bologna, Italy July 14-16, 2003**

Y.Namito, and H.Hirayama, "Ge detector response calculation using EGS4-KEK improvement code"

### **8 The 8th Workshop on Radiation Monitoring for the International Space Station, LBNL, Berkeley, USA, September 3-5, 2003.**

D A. Nagamatsu, M. Masukawa, H. Tawara, H.Kumagai, N. Yasuda, "Dosimetry and tracking for space radiation in a ISS Russian segment using PADLES"

### **9 The KEK-RCNP International school and Mini-workshop for scintillation crystals and their applications in particle and nuclear physics, November**

## 17-18,2003 KEK,Tsukuba, Japan

T.Kawakubo, T.Sanami and T.Ishida, "Fast beam-loss monitor at KEK-PS using materials of scintillator or quartz, and its deterioration by radiation"

### 3.2 Other

1. 日本放射線技術学会・教育講演 8 (2003.4.12 パシフィコ横浜).

(1) 波戸芳仁、"EGS4 の診断領域における計算原理と線量算出",

2. 2002 年度放射線医学総合研究所重粒子線がん治療装置等共同利用研究発表会、(2003 年 4 月、放医研)

(1) 佐々木慎一、佐波俊哉、俵裕子、齋藤究、飯島和彦、福村明史、"重荷電粒子に対する物質の電離収率並びに蛍光効率の測定"

3. 第 16 回タンデム加速器及びその周辺技術の研究会, 神戸商船大学, 2003 年 6 月 30 日-7 月 1 日

(1) 阿瀬貴博, 藤村匡胤, 野口真弓, 松村宏, 永井尚生, 松崎浩之, ;東京大学 MALT における CI-36 AMS の現状

4. 日本分析化学会第 52 年会 2003 年 9 月 23~25 日、宮城教育大学

(1) 黒澤きよ子、蓼沼克嘉、武藤 学、江角浩安、神田征夫 ネブライザ・デニューダ方式による高効率・高濃縮ガスサンプラーの開発

(2) 黒澤きよ子、野口恒行、武藤 学、神田征夫 デニューダ-FIA によるホルムアルデヒドリアルタイムモニタの開発

5. 第 86 回日本医学物理学会学術大会 20 (2003 年 9 月 25 日-27 日、金沢).

(1) 本間光彦、田伏勝義、小山修司、小幡康範、伴秀一、波戸芳仁、"IP を用いた単色 X 線画像の基礎的検討",

6. 日本物理学会秋季大会、岡山大学、2003 年 9 月

(1) 小田 晋太郎、小林 尚史、俵 裕子、中村 正吾、橋本 安章、春山 富義、福田泰二、XMASS Collaboration、"液体キセノンの屈折率の測定-3"

7. 第64回応用物理学学会学術講演会、(2003年9月、福岡大学)

- (1) 熊谷秀則、上垣内茂樹、石岡憲昭、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計測法の開発( )”
- (2) 永松愛子、上垣内茂樹、石岡憲昭、阿久津亮夫、加藤充康、益川充代、俵裕子、安田仲宏、熊谷秀則、横田明俊、藤井隆弘、山崎順一、山内正仁、“受動積算型線量計を用いたISSロシア サービスモジュール内の宇宙放射線測定 ”
- (3) 並木 佳世子、安田 仲宏、小平 聡、丸茂 好春、本間 義浩、梅島 洋介、俵 裕子、“超重核探査実験(ECCO)のための高速顕微鏡の開発 ”
- (4) 落合佳子、安田仲宏、蔵野美恵子、益川充代、永松愛子、熊谷秀則、俵裕子、“CR-39における飛跡生成感度の入射角度依存性の評価 ”

8. 第47回放射化学討論会、大阪府泉佐野市泉の森ホール、2003年10月1-3日

- (1) 阿瀬貴博、藤村匡胤、野口真弓、松村宏、永井尚生、松崎浩之； 気体充填型電磁石を用いたCl-36 AMSの開発と応用
- (2) 別所光太郎、松村宏、松広岳司、三浦太一、Wang Qingbin、榎本和義、長島泰夫、関李紀、高橋努、笹公和、末木啓介； 加速器施設のコンクリート遮蔽体中に生成される<sup>36</sup>Clの加速器質量分析
- (3) 二宮和彦、笠松良崇、菊永英寿、重川充、木下哲一、谷勇気、長谷川浩子、八津川誠、高宮幸一、佐藤涉、松村宏、横山明彦、末木啓介、浜島靖典、三浦太一、篠原厚； パイ中間子原子形成時に放出される電子X線のエネルギーシフト
- (4) 二宮和彦、笠松良崇、後藤邦夫、菊永英寿、重川充、木下哲一、谷勇気、長谷川浩子、八津川誠、高宮幸一、佐藤涉、松村宏、横山明彦、末木啓介、浜島靖典、三浦太一、篠原厚； パイオニックX線と電子X線の相関測定
- (5) 松村宏、榎本和義、中尾徳晶、王慶斌、豊田晃弘、川合将義、阿瀬貴博、藤村匡胤； KENSにおける遮蔽透過高エネルギー中性子スペクトルに関する検討
- (6) 中村 一、三浦太一、沼尻正晴、中尾徳晶、中島 宏、松田規宏、渡部伸一； 高エネルギー加速器施設での迷路における放射線ストリーミング実験

9. The 47th Symposium on Radiochemistry, Kyoto, Japan, October 1-3, 2003

- (1) Numajiri, M., Miura, T., Suzuki, T., Kondo, K.; Measurement of production cross section for 12 GeV proton reaction with Hg target used as a spallation neutron source
- (2) Djourelou, N., Suzuki, T., Hamada, E., Kondo, K., He, C.Q., and Ito, Y.; Carbon-implanted polyethylene studied by a pulsed slow positron beam
- (3) Suzuki, T., Djourelou, N., Ito, Y., Kondo, K., Ito, Y. ; Application of coincidence Doppler broadening spectroscopy to simple hydrocarbons

10. 第7回機能構造と分析化学シンポジウム(2003年11月1日、東北大学理学部)

- (1) 別所光太郎、界面活性剤ミセル中におけるイオン認識と錯生成挙動

11. 日本放射線安全管理学会第2回学術大会(2003年12月3日-5日、研究交流センター、つくば市)

- (1) 飯島和彦、佐波俊哉、中村一、佐々木慎一、“中性子比例計数管用電荷積分器の開発と

- その特性 ”
- (2) 高橋一智、佐波俊哉、俵裕子、飯島和彦、佐々木慎一、” PC を利用した放射線連続監視装置の実用例 ”
- (3) 豊田 晃弘、榎本 和義、;実効線量や表面汚染密度の測定結果を空間分布として自動作図するためのソフトウェア開発
- (4) 三浦太一、王 慶斌、松村 宏、別所光太郎、榎本和義、柴田徳思、; 加速器施設解体時に発生する廃棄物の放射能濃度評価法の研究
12. Specialist Meeting on Positron Beam Techniques for Science and Engineering, Research Reactor Institute, Kyoto University, December 19-20, 2003
- (1) Djourelou, N., Suzuki, T., Ito, Y., Shantarovich, V., Ito, Y., Kondo, K. and Onoe, J. ; Application of coincidence Doppler broadening spectroscopy to simple hydrocarbons,
13. 第 12 回東京大学原子力研究総合センターシンポジウム, 東京大学, 2003 年 12 月 11 日
- (1) 藤村匡胤, 阿瀬貴博, 松村宏, 齊藤敬, 永井尚生, 松崎浩之、; $^{32}\text{Si}$  の加速器質量分析法の開発
14. 第 6 回 AMS シンポジウム, 東京大学, 2003 年 12 月 13 日
- (1) 阿瀬貴博, 藤村匡胤, 野口真弓, 松村宏, 永井尚生, 松崎浩之、;東京大学 MALT における  $^{36}\text{Cl}$ -AMS の開発状況
15. STE 研究集会・太陽圏シンポジウム、(2004年1月、名古屋大学)
- (1) 小平聡、長谷部信行、道家忠義、浅枝真行、安田仲宏、北川敦志、佐藤眞二、内堀幸夫、北村尚、俵裕子、小倉紘一、 “ 固体飛跡検出器による宇宙線超重核の質量分解能の評価 ”
16. 第 5 回「環境放射能」研究会, 高エネルギー加速器研究機構, 2004 年 3 月 2 日~4 日
- (1) 藤村匡胤, 阿瀬貴博, 野口真弓, 松村宏, 永井尚生, 松崎浩之, 榎本和義, 中尾徳晶, 王慶斌, 川合将義、;MALT における  $^{36}\text{Cl}$  の加速器質量分析法の開発とその KENS における中性子のコンクリート遮蔽体透過実験への応用
17. 第 51 回応用物理学会関係連合講演会、(2004 年 3 月、東京工科大学)”
- (1) 佐々木慎一、佐波俊哉、俵裕子、齋藤究、 飯島和彦、安田仲宏、福村明史、“ 重荷電粒子に対する気体の電離収率測定 ”
- (2) 齋藤究、佐々木慎一、俵裕子、佐波俊哉、柴村英道、“ 混合希ガスシンチレーション ”
- (3) 橋本安章、小田晋太郎、日下部泰良、小林尚史、齋藤究、佐々木慎一、俵裕子、中村正吾、春山富義、福田泰二、“ 液体キセノンの屈折率の測定-2 ”



18. 第59回日本物理学会年次大会、九州大学、2004年3月27日-30日

(1) 小平聡、安田仲宏、長谷部信行、小倉紘一、道家忠義、浅枝真行、俵裕子、北川敦志、佐藤眞二、内堀幸夫、北村尚、“CR-39 飛跡検出器を用いた鉄核同位元素弁別能の評価”

19. 第51回応用物理学会関係連合講演会、(2004年3月、東京工科大学)

(1) 小平 聡、安田 仲宏、小倉 紘一、長谷部 信行、俵 裕子、道家 忠義、浅枝 真行、北川 敦志、佐藤 眞二、内堀 幸夫、北村 尚、“CR-39 飛跡検出器を用いたFe 核同位体分離に関する研究( )”

(2) 鎌田真太郎、内田佳宏、北野恭史朗、北村貴志、関口舞、俵裕子、道家忠義、中村正吾、並木佳世子、安田仲宏、渡邊裕也、“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-3”

(3) 熊谷 秀則、加藤 充康、益川 充代、永松 愛子、俵 裕子、安田 仲宏、横田 明俊、藤井 隆弘、山崎 順一、山内 正仁、“受動積算型線量計を用いたISSロシア サービスモジュール内の宇宙放射線測定 ”

(4) 橋本安章、小田晋太郎、日下部泰良、小林尚史、斉藤究、佐々木慎一、俵裕子、中村正吾、春山富義、福田泰二、XMASS Collaboration、“液体キセノンの屈折率の測定・2”

(5) 永松愛子、俵裕子、熊谷秀則、内堀 幸夫、安田仲宏、Eric Benton、“単色陽子線及びSPE疑似放射線場におけるJAXA積算線量計(PADLESS)の測定結果”

(6) 俵裕子、江田和由、佐波俊哉、高橋一智、永松愛子、熊谷秀則、安田仲宏、“CR-39による速中性子が発生する二次重荷電粒子のLET分布測定”

20. 第19回固体飛跡検出器研究会、(2004年3月、近畿大学)

(1) 俵裕子、江田和由、佐波俊哉、高橋一智、永松愛子、熊谷秀則、“速中性子が発生する二次重荷電粒子のLET分布測定”

21. 日本原子力学会2004年春の年会 岡山大学、3月29日~31日

(1) 高橋一智、三浦太一、神田征夫、野海博之、里 嘉典、高橋 仁  
12 GeV陽子加速器施設におけるトリチウム生成量の測定

22. The 2003 Symposium on Nuclear Data, November 27-28, 2003, JAERI, Tokai, Japan

(1) M. Hagiwara, M. Baba, T. Oishi, T. Sanami, H. Nakashima, S. Tanaka, M. Takada  
"Measurement of Double Differential Cross Sections for Fragment-production Induced by Tens of MeV Particles"

## 4. Report etc. (2003.4 – 2004.3)

### 4.1 KEK Proceedings

- (1) E.Shibamura, S.Sasaki, H.Tawara, K.Saito and M.Miyajima,; " Effective Quantum Efficiency of Photomultipliers " ,Proceedings of 17th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses, *KEK Proceedings 2003-8* (2003)166-172.
- (2) 波戸芳仁、 “放射線遮蔽”  
伴秀一、 “ビームダンプ”  
佐々木慎一、 “放射線モニター”、  
放射光将来計画検討報告・ ERL 光源と利用研究・、 (諏訪田剛、飯田厚夫編集)、  
高エネルギー加速器研究機構
- (3) Y.Namito, H.Hirayama and S.Ban, edited: ``Proceedings of the Tenth EGS4 Users' Meeting in Japan", *KEK Proc. 2002-18* (Jan 2003).
- (4) Miura, T. edited,; Proceedings of the Forth Workshop on Environmental Radioactivity; *KEK proceedings 2003-11*;

### 4.2 KEK Report

- (1) Toge, N.(ed.), GLC project - linear collider for TeV physics, *KEK Report 2003-7*

### 4.3 KEK Internal

- (1) 中尾徳晶、伴秀一、平山英夫、柴田徳思、野口修一、門倉英一、久保田親、「大強度陽子リニアック棟における 20MeV DTL 追加に伴う放射線安全対策」, *KEK-Internal 2003-1*, June2003
- (2) 平雅文、別所光太郎、神田征夫、化学安全管理報告 2002年度、*KEK Internal 2003-5* (Aug. 2003).
- (3) 波戸芳仁、豊田晃弘、平山英夫、照沼信浩、浦川順治、 ``ATF および陽子線形加速器実験装置の使用方法変更に関する放射線安全対策", *KEK Internal 2003-6* (Sep. 2003).
- (4) Tawara, H.; Sanami, T.; Namito, Y.; Hirayama, H.; Shibata, T.; Ono, M.; Takeuchi, Y.; Funakoshi, Y.; Yoshioka, M.; Kudo, K., KEKB ファクトリー電流増強に伴う放射線安全対策、 *KEK Internal 2003-7*
- (5) T. Nunomiya, N. Nakao, M. Sasaki and T. Nakamura, "Calculation for response functions of multi-moderator neutron spectrometer using the MCNPX Monte Carlo Code",*KEK Internal 2003-8* (December 2003).
- (6) Y.Namito, H.Hirayama, A.Takamura and T.Sugita, ; ``EGS4 Particle Trajectory and Geometry Display Program cgview", *KEK Internal 2003-9* (December 2003).
- (7) Yashima, H.(Tohoku U.) Nakao, N.,「 KENS 遮蔽実験における放射化検出器の中性子反応率データ解析 -2003 年 1 月の実験-」, *KEK-Internal 2003-10*, February 2004
- (8) 豊田晃弘、榎本和義 ”放射線管理棟(密封同位元素使用施設)に関わる放射線安全対策” *KEK Internal 2003-11*(February 2004)
- (9) 榎本和義、豊田晃弘 ”放射線照射棟の放射線安全対策” *KEK Internal 2003-12*(February 2004)
- (10) 榎本和義、豊田晃弘 ”放射化物加工棟、放射化物使用棟、放射線廃棄物保管棟および

- 放射化物使用施設の法令改正に関する見直し計算書” *KEK Internal 2003-13*(February 2004)
- (11) 松村宏、榎本和義、豊田晃弘 ” 放射性試料測定棟の放射線安全対策 ” *KEK Internal 2003-14*(February 2004)
- (12) Ban, S.; Ebihara, H.; Eda, K.; Hirayama, H.; Hozumi, K.; Iijima, K.; Itoh, Y.; Masumoto, K.; Matsumura, H.; Miura, T; Nakao, N.; Nakamura, H.; Namito, Y.; Numajiri, M; Sanami, T.; Sasaki, S.; Suzuki, T.; Tskahashi, K.; Takahara, S.; Tawara, H.; Toyoda, A.; Toyoshima, N.; Shibata, T、放射線管理報告・2002年度・*KEK Internal 2003-15*
- (13) 佐波俊哉、佐々木慎一、; 熱中性子棟の放射線安全対策, *KEK Internal 2003-17* (2004 March)

## 5 Internal Reports of Radiation Science Center (2003.4 – 2004.3)

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。

#### (1) RAD-S-

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

#### (2) 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

#### (3) 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。

#### (1) 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

#### (2) 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

### 5.3 RAD-D

RAD-D-03/01 佐波・羽倉 ” Destruction of Nuclear Bombs Using Ultra-High Energy Neutrino Beam ”

RAD-D-03/02 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 ”

RAD-D-03/03 波戸 ” E R L プロトタイプの遮蔽 ”

RAD-D-03/04 波戸 ” E R L 実機の遮蔽 ”

RAD-D-03/05 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 ”

RAD-D-04/01 松村 GLC ビームダンプ中の 生成放射能の見積り

RAD-D-04/02	松村	GLC ビームダンプ中の Be の化学状態について
RAD-D-04/03	俵、佐波	GLC ビームダンプ室空气中誘導放射能濃度の評価
RAD-D-04/04	伴	GLC ダンプホールの立入制限案と土の放射化
RAD-D-04/05	伴	GLC ビームダンプ冷却水のイオン交換樹脂の遮へい
RAD-D-04/06	波戸	GLC ダンプ残留放射能による放射線量
RAD-D-04/07	伴	表面から 10 cm での線量率 2.5 $\mu$ Sv/h の放射化物の放射能濃度と免除レベル
RAD-D-04/08	伴・石浜	内部被ばくの推定線量と外部被ばく線量の関係

## 5.4 RAD-S

RAD-S-03/1	中村	A R 南実験室 クライストロン運転時サーベイ
RAD-S-03/2	飯島	中性子・冷中性子実験室放射線測定結果
RAD-S-03/3	飯島	中間子第 1 実験室測定結果
RAD-S-03/4	高橋	低速陽電子加速器室周辺 空間線量率測定
RAD-S-03/5	中村	K E K B - B T 地上部の T L D による積算空間線量の測定 ( 3 月分 )
RAD-S-03/6	佐波・高橋	C バンド高周波立体回路高電界試験装置 空間線量率測定
RAD-S-03/7	飯島	Dose Rate at Duct Surface in NML Line
RAD-S-03/8	豊田・中尾・伴	J H F - D T L 3 大電カクライストロンサーベイ
RAD-S-03/9	中村・江田	K E K B - B T 地上部の T L D による積算空間線量の測定 ( 4 月分 )
RAD-S-03/10	高橋	電子陽電子加速器テストホール内空間線量率測定
RAD-S-03/11	高橋・江田	光源棟実験フロア入射時サーベイ
RAD-S-03/12	高橋	光源棟実験フロア蓄積時サーベイ
RAD-S-03/13	中村・俵	筑波実験室の積算線量測定 ( その 2 )
RAD-S-03/14	中村・俵	筑波実験室の積算線量測定 ( その 3 )
RAD-S-03/15	中村	K E K B 地上部管理区域境界での線量測定 2 0 0
3 年 3 月・4 月		
RAD-S-03/16	中村	K E K B - B T 地上部の T L D による積算空間線量の測定 ( 5 月分 )
RAD-S-03/17	中尾・豊田	エージング中における S D T L タンク周囲の X 線量測定
RAD-S-03/18	高橋	加速管組立室 空間線量率測定
RAD-S-03/19	高橋	光源棟蓄積リング放射化測定
RAD-S-03/20	佐波・高橋	電子陽電子入射器ビームライン空間線量率測定
RAD-S-03/21	豊田	A T F 運転終了後の表面線量測定
RAD-S-03/22	飯島	Dose Rate at Duct Surface in NML Line
RAD-S-03/24	俵・江田・中村	K E K - B 運転終了後における表面線量率測定結果
RAD-S-03/25	佐波・中村・江田	K E K - B 運転終了後における表面線量率測定結果
RAD-S-03/26	中村・江田	A R 運転終了直後の表面線量率測定結果
RAD-S-03/27	俵・江田	筑波、富士実験棟ダクトシャフト室及び電源棟の加速器運転中空間線量率測定
RAD-S-03/28	豊田	搬出に伴う 核種測定
RAD-S-03/29	豊田	陽子線形加速器実験装置廃止記録
RAD-S-03/30	高橋	電子陽電子加速器 制御室周辺空間線量率測定
RAD-S-03/31	佐波・高橋	電子陽電子加速器 第 3 スイッチヤード周辺 空間線

量率測定

RAD-S-03/32	伴・高橋	光源棟実験フロア入射時サーベイ
RAD-S-03/33	高橋	光源棟実験フロア入射時サーベイ
RAD-S-03/34	高橋	電子陽電子加速器 制御室周辺空間線量率測定
RAD-S-03/35	高橋	光源棟実験フロア蓄積時サーベイ
RAD-S-03/36	飯島	Dose Rate at Duct Surface in NML Line
RAD-S-03/37	飯島	中性子照射室実験中における実験室内周辺線量率測定結果
RAD-S-03/38	飯島	P 4 ビームラインサーベイ結果
RAD-S-03/39	飯島	Dose Rate at Duct Surface in NML Line
RAD-S-03/40	中尾・豊田	大強度陽子リニアック D T L ビームストッパー修理作業前サーベイ
RAD-S-03/41	中尾	大強度陽子リニアック S D T L 3-32 号機運転前サーベイ
RAD-S-03/42	豊田	大強度陽子リニアック S D T L 3-32 号機運転前サーベイ
RAD-S-03/43 ~ 44	豊田	アセンブリホール S バンドクライストロンの T L D パッチによる測定
RAD-S-03/45 ~ 46	豊田	アセンブリホール X バンドクライストロンの T L D パッチによる測定
RAD-S-03/47	江田	B T の K E K B 入射時における線量率測定結果
RAD-S-03/48	飯島	P 4 ビームライン表面線量率結果
RAD-S-03/49		A R 運転終了直後の表面線量率測定結果
RAD-S-03/50	俵・江田	K E K - B 運転終了後における表面線量率測定結果
RAD-S-03/51	佐波・江田	K E K B - B T の運転停止後の表面線量率測定結果
RAD-S-03/52	飯島	中性子・冷中性子実験室放射線測定結果
RAD-S-03/53	中尾	「 J H F 50 G e V リング遅い取り出し用静電セプタムモデル」変更後の運転前サーベイ
RAD-S-03/54	飯島	スミア法による表面密度測定結果 ( N M L ビームライン 定期スミア )
RAD-S-03/55 ~ 58	飯島	中間子第 1 実験室および中性子・冷中性子実験室放射線測定結果
RAD-S-03/59	佐々木・飯島	中性子実験室 2 次ビームライン H-5 ( A R I S A ) ビームシャッター閉時ハッチ内測定結果
RAD-S-03/60 ~ 65	飯島	中間子実験室および中性子実験室放射線測定結果
RAD-S-03/66	佐々木・飯島	中性子実験室 2 次ビームライン H-5 ( A R I S A ) ビームシャッター閉時ハッチ内放射線測定結果
RAD-S-03/67	飯島	中間子第 1 実験室測定結果
RAD-S-03/68	飯島	中性子・冷中性子実験室放射線測定結果
RAD-S-03/69	飯島	スミア法による表面密度測定結果 ( N M L 中性子実験室 火災の為の臨時スミア )
RAD-S-03/70 ~ 73	飯島	中間子第 1 実験室および中性子・冷中性子実験室放射線測定結果
RAD-S-03/74	飯島	スミア法による表面密度測定結果 ( N M L ビームライン 定期スミア )
RAD-S-03/75 ~ 77	飯島	中間子第 1 実験室および中性子・冷中性子実験室放射線測定結果
RAD-S-03/78	飯島	N M L 利用施設機械室 ( 2 階 ) サーベイ結果
RAD-S-03/79 ~ 81	飯島	中間子第 1 実験室および中性子・冷中性子実験室放射線測定結果

線測定結果

RAD-S-03/82 ~ 92	飯島	スミア法による表面密度測定結果
RAD-S-03/93 ~ 103	飯島	定期放射線測定結果
RAD-S-03/104 ~ 111	飯島	排水測定結果
RAD-S-03/112	飯島	定期放射線測定結果
RAD-S-03/113 ~ 116	豊田	アセンブリホールSバンドクライストロンのTLDバッチによる測定
RAD-S-03/117 ~ 120	豊田	アセンブリホールXバンドクライストロンのTLDバッチによる測定
RAD-S-03/121	三浦	ターゲットステーション空間線量率測定(ターゲット冷却水ポンプ交換作業に伴うサーベイ)
RAD-S-03/122	三浦	Q54マグネット漏水修理に伴うサーベイ
RAD-S-03/123	松村	Q54マグネット漏水修理に伴うサーベイ(2回目)
RAD-S-03/124	三浦・穂積・松村	EP-1、ニュートリノビームライン表面線量率測定結果
RAD-S-03/125	松村・穂積	EP-2 ビームライン表面線量率 測定結果
RAD-S-03/126	松村	北カウンターホール空間線量率測定結果
RAD-S-03/127	三浦・松村・穂積	FFAGサイクロトロン運転時サーベイ
RAD-S-03/128	穂積・高原	ニュートリノライン空間線量率測定結果
RAD-S-03/129	穂積・松村	ニュートリノ第1機械棟周辺サーベイ
RAD-S-03/130	穂積・松村	東カウンターホール空間線量率測定(停止時)
RAD-S-03/131	松村・穂積・高原	東カウンターホール空間線量率測定(ITモード)1階レベル
RAD-S-03/132	松村・穂積・高原	北カウンターホール空間線量率測定結果
RAD-S-03/133	三浦・松村	FFAGサイクロトロン運転時サーベイ
RAD-S-03/134 ~ 136	穂積・高原	北カウンターホール空間線量率測定結果
RAD-S-03/137 ~ 139	穂積・高原	ニュートリノライン空間線量率測定結果
RAD-S-03/140 ~ 141	三浦・穂積	北カウンターホール空間線量率測定
RAD-S-03/142	松村・穂積	東カウンターホール空間線量率測定
RAD-S-03/143	松村・穂積・斉藤	東カウンターホール空間線量率測定
RAD-S-03/144	松村・穂積	東カウンターホール空間線量率測定
RAD-S-03/145	穂積	FFAGサイクロトロン運転時サーベイ(改訂版)
RAD-S-03/146	松村	東カウンターホール空間線量率測定(EP2シールド開口部)
RAD-S-03/147	松村	東カウンターホール空間線量率測定(EP2シールド開口部修復時)
RAD-S-03/148	松村	EP2 KOエリアサーベイ
RAD-S-03/149	松村	東カウンターホールK4コンテナ 密封線源使用時空間線量率測定
RAD-S-03/150	松村・穂積・高原	東カウンターホール空間線量率測定(停止時)
RAD-S-03/151	松村・穂積・高原	東カウンターホール(K2エリア)空間線量率測定 停止時
RAD-S-03/152	松村・穂積・高原	東カウンターホール(T1ライン・2エリア)空間線量率測定 停止時
RAD-S-03/153	松村・穂積・高原	東カウンターホール( $\mu$ エリア)空間線量率測定 停止時
RAD-S-03/154	三浦・松村	東カウンターホール $\mu$ エリア(東側)サーベイ

RAD-S-03/155	松村	E P 2	K O エリアサーベイ	煙感知器設置作業(壁面アンカー打設作業)事前サーベイ
RAD-S-03/156	松村	E P 2	運転時追加サーベイ	
RAD-S-03/157	伴・松村・穂積		東カウンターホール空間線量率測定	
RAD-S-03/158	伴・松村・穂積	E P 2	K O エリア	T L D バッジ測定結果
RAD-S-03/159	伴・松村・穂積	E P 2	K O エリア	ルクセルバッジ測定結果
RAD-S-03/160	三浦・穂積・松村	E P - 1、	ニュートリノビームライン	表面線量率測定結果
RAD-S-03/161 ~ 162	松村・穂積・中尾	E P - 1、	ニュートリノビームライン	表面線量率測定結果
RAD-S-03/163 ~ 164	松村・三浦・穂積	E P - 1、	ニュートリノビームライン	表面線量率測定結果
RAD-S-03/165	三浦・穂積		ターゲットステーション	空間線量率測定
RAD-S-03/166 ~ 167	三浦		ターゲットステーション	空間線量率測定
RAD-S-03/168	松村・三浦		ターゲットステーション	空間線量率測定
RAD-S-03/169	三浦・穂積		ターゲットステーション	空間線量率測定
RAD-S-03/170	三浦		ターゲットステーション	空間線量率測定(訂正版)
RAD-S-03/171	松村	E P 1・	ビームライン	表面線量率測定結果
RAD-S-03/172 ~ 173	松村		スミア法による表面密度測定結果	(E P 1 ビームライン 定期スミア)
RAD-S-03/174	松村・中尾・穂積		スミア法による表面密度測定結果	(E P 1 ビームライン 定期スミア)
RAD-S-03/175	松村・穂積		スミア法による表面密度測定結果	(E P 1 ビームライン 定期スミア)
RAD-S-03/176	三浦・穂積		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-03/177	松村		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-03/178	松村・中尾・穂積		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-03/179	三浦		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)
180	松村・三浦・穂積		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-03/181	松村		ニュートリノビームライン	表面線量率測定マップ
RAD-S-03/182	松村	E P 1・	ビームライン	サーベイ
RAD-S-03/183	穂積	E P・1、	ニュートリノビームライン	表面線量率測定結果
RAD-S-03/184	松村		ニュートリノビームライン	表面線量率測定マップ
RAD-S-03/185	三浦		参考データ(見学前サーベイ)	E P・1、ニュートリノビームライン表面線量率測定結果
RAD-S-03/186	穂積	E P 2	ビームライン	表面線量率測定結果
RAD-S-03/187	三浦・斉藤	E P 2	ビームライン	表面線量率測定結果
RAD-S-03/188	松村・穂積・三浦		F F A G サイクロトロン	停止時サーベイ(運転停止後約 5 時間経過)
RAD-S-03/189	松村		F F A G サイクロトロン	停止時サーベイ(運転停止後約 12 時間経過)



RAD-S-03/190	松村・豊田	F F A Gサイクロトロン停止時サーベイ(運転停止後約 36 時間経過)
RAD-S-03/191	松村・三浦	F F A Gサイクロトロン停止時サーベイ(運転停止後約 11 時間経過)
RAD-S-03/192 ~ 193	松村・三浦	一般公開前 F F A Gサイクロトロン停止時サーベイ(運転停止後約 2.5 時間経過)
RAD-S-03/194	松村	F F A Gサイクロトロン停止時サーベイ(運転停止後約 13 時間経過)
RAD-S-03/195	松村	F F A Gサイクロトロン停止時サーベイ(運転停止後約 62 時間経過)見学対応
RAD-S-03/196	松村	F F A Gサイクロトロン停止時サーベイ(運転停止後約 19 時間経過)
RAD-S-03/197	松村	F F A Gサイクロトロン停止時サーベイ(運転停止後約 12.5 時間経過)
RAD-S-03/198	穂積・松村	北カウンターホール機械室 空間線量率測定
RAD-S-03/199	高原	北カウンターホール機械室 空間線量率測定
RAD-S-03/200	穂積・松村	北カウンターホール冷却水配管サーベイ
RAD-S-03/201	高原	北カウンターホール冷却水配管サーベイ
RAD-S-03/202	穂積・松村	機械室(フィルター室)サーベイ記録
RAD-S-03/203	穂積	機械室(フィルター室)サーベイ記録
RAD-S-03/204	穂積・松村	P Sエネルギーセンター 第2ポンプ室サーベイ記録
RAD-S-03/205	穂積	P Sエネルギーセンター 第2ポンプ室サーベイ記録
RAD-S-03/206	穂積・松村	ニュートリノ 第1機械棟周辺サーベイ
RAD-S-03/207	高原	ニュートリノ 第1機械棟周辺サーベイ
RAD-S-03/208	穂積・松村	ニュートリノ 第2機械棟周辺サーベイ
RAD-S-03/209	高原	ニュートリノ 第2機械棟周辺サーベイ

## 5.5 RAD-A

RAD-A-03/1	俵	ライナック・KEKB/PF-AR 加速器 放射線安全教育のお知らせ
RAD-A-03/2	松村	夏季シャットダウン中の東カウンターホールにおける一般人の立ち入り禁止区域の設定について
RAD-A-03/3	松村	夏季シャットダウン中の東カウンターホールにおける一般人の立ち入り禁止区域の設定箇所追加について
RAD-A-03/4	柴田	KEKB ファクトリーの電源増強等に係る変更申請について
RAD-A-03/5	伴	年末年始管理区域出入り管理業務の一部変更について

## 5.6 CHEM-A

	依頼者所属	
CHEM-A-03/1	加速器	KEKB 電磁石ストレナ付着物の分析
CHEM-A-03/2	加速器	磁性体コアの変色部の分析
CHEM-A-03/3	加速器	レーザーstripping用窓付着物の分析
CHEM-A-03/4	素核研	水チェレンコフカウンター水中の沈殿物の分析
CHEM-A-03/5	加速器	ポンプ内付着油、及びバルブ内閉塞物の分析
CHEM-A-03/6	総務部	トランス中の絶縁油の分析
CHEM-A-03/7	加速器	KEK-B 真空冷却水フローセンサ (IR 用) 黒色付着物の分析
CHEM-A-03/8	加速器	ストレナ内付着物の分析
CHEM-A-03/9	加速器	銅ガスケット付着金属の分析
CHEM-A-03/10	加速器	銅ガスケット付着金属の分析

## 5.7 CHEM-W

CHEM-W-2003/1	チウラムの高速液体クロマトグラフ分析における検出波長の効果
CHEM-W-2003/2	イオンクロマトグラフ法による硝酸及び亜硝酸イオンの定量下限値の検討
CHEM-W-2003/3	井戸の深さと pH、導電率、アルカリ度の関係について
CHEM-W-2003/4	チウラムの高速液体クロマトグラフ分析における溶離液組成の効果
CHEM-W-2003/5	高純度ヘリウムボンベ中に含まれる水分量の測定
CHEM-W-2003/6	凝集沈澱処理における鉄添加濃度の影響の検討
CHEM-W-2003/7	井戸 10A 周囲の地下水から検出される有機塩素化合物の測定