

KEK Progress Report 2010-5  
March 2011  
R

# Activity Report of Radiation Science Center in Fiscal 2009

# KEK

Radiation Science Center  
Applied Research Laboratory

 High Energy Accelerator Research Organization

KEK Progress Report 2010-5-March 2011 R

Activity Report of Radiation Science Center in Fiscal 2009

© High Energy Accelerator Research Organization (KEK), 2011

KEK Reports are available from:

High Energy Accelerator Research Organization (KEK)  
1-1 Oho, Tsukuba-shi  
Ibaraki-ken, 305-0801  
JAPAN

Phone: +81-29-864-5137  
Fax: +81-29-864-4604  
E-mail: [irdpub@mail.kek.jp](mailto:irdpub@mail.kek.jp)  
Internet: <http://www.kek.jp>

放射線科学センター  
2009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



## PPREFACE

The Radiation Science Center is concerned with the management of both radiation and chemical safety in KEK. The Chemical Safety Control Office was positioned under the Director General, and renamed to the Environmental Safety Office, and is in charge of the publication of the environmental report. This Office is responsible for the management of environment at KEK in addition to the chemical security of the laboratory.

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.

In FY2009, several members in our center moved to the Tokai site from Tsukuba site. The radiation safety system in the J-PARC was extensively developed especially for the Neutrino Facility. In Tsukuba, it is planned to start to upgrade the KEK B-Factory in 2010. So residual radioactivity in the rings was measured in 2009. Development of a radiation safety design was commenced also for our future project, the compact-ERL. We hope that the activity report is useful for all people who are working in the field of the safety of accelerator facilities.

Syuichi Ban  
*Head, Radiation Science Center*  
*High Energy Accelerator Research Organization*



# Contents

## Chapter 1 Research Activity

1. Research in Radiation Physics and Detector Development	2
2. Experimental Technology and Monte Carlo Simulation Related to Radiation Shielding	10
3. Radiation Protection Study in Accelerator Facilities	16
4. Nuclear Chemistry and Radiochemistry	17
5. Environmental and Analytical Chemistry at Accelerator	20

## Chapter 2 研究支援活動

1. 体制	23
1.1 放射線管理体制	23
1.2 放射線業務分担	25
1.3 化学安全管理体制	27
2. 放射線安全管理関係	28
2.1 区域管理関連	28
2.2 横断的業務関連	29
2.3 J-PARC に関わる支援業務と設計開発、研究活動	31
3. 化学安全・環境関係	34
3.1 依頼分析	34
3.2 環境管理	34
3.3 RI 廃水管理	34

## Chapter 3 資料

1. 外部資金導入状況	36
1.1 科学研究費補助金	36
1.2 受託研究等	36
2. 共同研究等	37
2.1 共同開発研究	37
2.2 大学等との共同研究	37
2.3 民間との共同研究	39
2.4 大学等連携支援事業	39
2.5 共同利用研究(施設利用)	39

3. 大学院生等の人材育成	40
3.1 学位論文の指導（総合大学院大学加速器科学専攻）	40
3.2 学位論文の指導（他大学）	40
4. センター開催の研究会及びシンポジウム	41
4.1 研究会「放射線検出器とその応用」	41
4.2 EGS 研究会	41
4.3 「環境放射能」研究会	41
5. 教育活動	41
5.1 総合大学院大学	41
5.2 非常勤講師等	42
6. 機構外活動・社会貢献件活動	42
6.1 外部委員会等委員	42
6.2 学会等委員	42
6.3 その他	43
6.4 社会貢献等	43
7. 放射線科学センター名簿	44

#### **Chapter 4 Publication List**

1. Papers	45
2. Publication in Japanese	47
3. Proceedings	47
4. Reports	48
5. Presentation at Conferences	48
5.1 International Conference	48
5.2 Invited talk at Domestic Meetings	51
5.3 Domestic Conference	51
6. 編集	54
7. Internal Reports of Radiation Science Center	54
7.1 放射線関係の部内レポート	54
7.2 化学安全関係の部内レポート	54
7.3 RAD-A	55
7.4 RAD-D	55
7.5 RAD-S	55
7.6 CHEM-A	55

## **Chapter 1    Research Activity**

The feature of the research activities in the Radiation Science Center (RSC), KEK is a wide coverage of the research fields. Radiation physics, radiation measurements, radiochemistry, radiation chemistry, health physics, radiation shielding, nuclear engineering, analytical chemistry and environmental science are included in the research fields of the RSC's staff members. The current status of these research activities carried out in fiscal year 2009 are described.

# 1. Research in Radiation Physics and Detector Development

## 1.1 Scintillation Mechanism in Helium Mixed with Xenon

K. Saito<sup>1</sup>, S. Sasaki<sup>1</sup>, H. Tawara<sup>1</sup>, T. Sanami<sup>1</sup> and E. Shibamura<sup>2</sup>

<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>Saitama Prefectural University

Scintillation photons in helium more than atmospheric pressure, where the most part of excited helium forms an excited helium dimer, lie in the VUV region (60-100 nm) and have long decay times (10  $\mu$ s). We have been testing the exchange of luminescence origin from helium to xenon by adding a small amount of xenon to helium. The reasons we selected xenon are that a decay time of an excited xenon dimer is fastest (about 99 ns) among rare gases and its peak wavelength in luminescence spectra of that is about 173 nm. Scintillation properties of helium mixed with xenon, such as luminescence spectra, time profile and scintillation yield are measured to acquire knowledge of scintillation mechanism in He/Xe. Since ionization yields are important to understand energy loss processes of radiation, those in He/Xe are measured simultaneously with scintillation yields.

*This study is supported by “the scientific research fund from the Ministry of Education, Science & Culture in Japan”.*

*Presented at 2009 IEEE Nuclear Science Symposium, Orlando, Florida, USA.*

## 1.2 Development of Current Readout Type Neutron Monitor for Burst Neutron Field

K. Iijima, T. Sanami, M. Hagiwara, K. Saito, and S. Sasaki

KEK

A current readout type neutron monitor was developed for the measurement of dose rate of burst neutrons generated due to beam loss of an accelerator within a short time. This neutron monitor consists of a commercially available neutron proportional counter, a 6.5 cm thick polyethylene moderator and a newly developed charge integrate circuit. The monitor was tested under mono-energetic neutron standard fields ( $E_n=8\text{keV}\sim 15\text{MeV}$ ) in comparison with a conventional pulse readout type monitor. These two different readout type monitors show identical energy response in this energy range. The current readout monitor was able to measure neutron dose up to 4.5 mSv/h without count loss when pulse readout type monitor failed due to count loss. The contribution from

gamma-ray to measured dose rate was 5-10 % of the actual dose rate of the gamma-ray.

*Presented at Fifth International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-5), Kitakyushu International Conference Center, Kitakyushu, Japan, July 15-17, 2009.*

### **1.3 $W_s$ -values in Several Inorganic Scintillation Crystals for Gamma-rays**

Shinichi Sasaki<sup>a\*</sup>, Hiroko Tawara<sup>a</sup>, Kiwamu Saito<sup>a</sup>, Eido Shibamura<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*High Energy Accelerator Research Organization (KEK), Oho 1-1, Tsukuba, Ibaraki 3050801, Japan*

<sup>b</sup>*Saita Prefectural University, koshigaya, Saitama 343-8250, Japan.*

To understand path ways of radiation energy to luminescence or to properly compare scintillation yields among various scintillators, it is appropriate to use a quantity related to efficiency of scintillation such as an average energy to produce one scintillation photon,  $W_s$ . However, it is normally difficult to measure an absolute number of photons emitted in a scintillator by radiation, because the collection efficiency of photons at any photo-detector is difficult to be obtained experimentally. In addition, the conversion efficiency of photon-to-electron at the detector is not determined rigorously without considering reflection of photons incident to detector's surfaces or windows. Especially, the collection efficiency depends strongly on behavior of photons penetrating in a crystal and windows, reflection properties of reflective walls and windows, and optical matching between a crystal and a detector such as a photomultiplier tube (PMT). Many measurements to determine  $W_s$  have been so far made, but there are few studies in which these efficiency affected to the determination of  $W_s$  are reasonably taken into consideration.

Recently, we made the determinations of  $W_s$  in NaI(Tl) and CsI(Tl) crystals for gamma rays by measuring absolute numbers of photoelectrons using PMT as a photo-diode, in which a simulation program was developed to evaluate photon transport in a PMT-crystal system. In the program, all considerable processes from the generation of a photon till its termination, including a process due to photons reflected at PMT surface and returned to a crystal, were traced. We also measured the reflectivity and the conversion efficiency of photon-to-electron at a PMT photocathode as a function of angles of photons incident to PMT photocathode, and obtained accurate collection efficiency and actual conversion efficiency by using these data. The values of  $W_s$  for NaI(Tl) and CsI(Tl) crystals were determined to be 15.0 eV and 13.3 eV, respectively, and are in good agreement with the theoretical values presented recently by Doke et.al. Using the simulation program mentioned above, we could explain successfully the factors affecting energy resolutions.

The determination of  $W_s$  in inorganic crystals other than NaI(Tl) and CsI(Tl), such as LSO, BGO,

GSO, CWO and so on, were diligently performed using the above method.

*This study was partly supported by “the scientific research fund from the Ministry of Education, Science & Culture in Japan”.*

*Presented at 10<sup>th</sup> International Conference of Inorganic Scintillators and Their Application (Scint2009) (Lotte hotel Jeju, Jeju, Korea, June 8-12, 2009).*

#### **1.4 The Average Energies to Produce an Ion-pair ( $W$ -values) for Heavy Charged Particles in Gases**

S. Sasaki, T. Sanami, H. Tawara, K. Iijima, K. Saito, T. Murakami<sup>1</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>NIRS*

The determination of  $W$ , an average energy to produce an ion pair, for heavy ions in gases at atmospheric pressures has been made using heavy-ion beams from an accelerator. The values of  $W$  were measured for He<sup>2+</sup>, and C<sup>6+</sup> ions (<6MeV/n) in propane-base tissue-equivalent gases of the pressures of 500 to 760 Torr as a function of the energy of ions. For C<sup>6+</sup> ions, the energy dependence of  $W$  was clearly observed, while  $W$  for He<sup>2+</sup> ions was approximately constant over a wide range of the energy. The differential values of  $W$  ( $w$ ) were also measured for C<sup>6+</sup> (<6MeV/n and 100MeV/n) and Ar<sup>18+</sup> ions (100MeV/n) and are almost equal to the value of  $W$  for He<sup>2+</sup>.

*This study was partly supported by “the scientific research fund from the Ministry of Education, Science & Culture in Japan”.*

*Presented at 2009 IEEE Nuclear Science Symposium, (Orlando, Florida, USA, October 25-31, 2009).*

#### **1.5 Development of Position-sensitive Tissue Equivalent Proportional Chamber (PS-TEPC) for Space Dosimetry**

S. Sasaki, K. Saito, H. Tawara, K. Takahashi, T. Doke<sup>1</sup>, K. Miuchi<sup>2</sup>, T. Komiyama<sup>3</sup>, H. Matsumoto<sup>3</sup>,  
N. Higashio<sup>3</sup>, Y. Uchihori<sup>4</sup> and K. Terasawa<sup>5</sup>,  
*KEK, <sup>1</sup>Waseda Univ., <sup>2</sup>Kyoto Univ., <sup>3</sup>JAXA, <sup>4</sup>NIRS, and <sup>5</sup>Keio Univ.*

In radiation dosimetry, radiation effects on human body are evaluated using the dose equivalent  $H$ ,

defined as a product of the absorbed dose  $D$  and the quality factor  $Q$  given as a function of a linear energy transfer (LET). In space, there exist many kinds of radiations such as galactic cosmic rays and their secondary particles. Charged particles (protons and heavy ions) and neutrons are considered as main components contributing to radiation doses in space. LET of these radiations distributes from 0.2 to 600 keV/ $\mu$ m. From these, it is essential to measure directly LET of radiation for evaluation of  $H$  in space. A Tissue Equivalent Proportional Counter (TEPC) has been used by the NASA group as a standard space dosimeter, which is a simple gas proportional counter made of tissue equivalent plastics and filled with tissue equivalent gas. Since no position information is given in TEPC, the assumption that LET is equal to a lineal energy (the deposited energy divided by the mean chord length of the detector) is normally used to achieve a real time measurement. Obviously the lineal energy does not represent LET accurately. The dose equivalent obtained using TEPC is reported to be more than twice that measured with the real LET spectrometer such as RRMD-III. RRMD-III, however, is not consisted of tissue equivalent materials, and has smaller detection view (<42%) and no sensitivity for neutron. The ideal real-time detector should have the following properties: (1) position sensitivity, (2) made of tissue equivalent materials, and (3) wide detection view ( $\sim 4\pi$ ).

We are developing a new dosimeter in space, Position Sensitive Tissue Equivalent Chamber (PS-TEPC), which is designed as a time projection chamber (TPC) using a micro-pixel chamber ( $\mu$ -PIC) so as to measure the energy deposition and the track length of radiation simultaneously. The  $\mu$ -PIC consists of a double-sided printed circuit board (PCB). The anode and the cathode strip electrodes are orthogonally arranged with a pitch of 400 $\mu$ m on the both side of 100 $\mu$ m thick polyimide insulator. Pixel-like anode pillars of 50 $\mu$ m diameter are formed at the center of each cathode opening through the insulator. Due to an electrical field between the anode and the cathode, a gas gain of  $\sim 10^4$  is obtained without any additional gas multiplication devices. In this study, we aim to demonstrate feasibility of PS-TEPC, to design and to complete the prototype of PS-TEPC usable in space. Our final goal is to establish the dosimetric system in space using PS-TEPC.

The feasibility of PS-TEPC was examined from the results obtained for a large TPC with 100x100 mm<sup>2</sup>  $\mu$ -PIC using heavy-ion beams from Heavy Ion Medical Accelerator in Chiba (HIMAC) in National Institute of Radiological Sciences (NIRS). The TPC was filled with Ar+10%C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> or tissue equivalent gases (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> + 39.6%CO<sub>2</sub> + 5.4%N<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> + 32.5%CO<sub>2</sub> + 3.2%N<sub>2</sub>), and irradiated with C<sup>6+</sup> (400MeV/n), Si<sup>14+</sup> (800MeV/n), and Fe<sup>26+</sup> (500MeV/n). As a result, The beam profiles obtained from tracking data demonstrated well with the actual shapes of the beams, and data of 3-dimensional tracks for each particle was obtained successfully. The deposited energy of the particle along the track was also successfully measured. The LET obtained from these data was in good agreement with the calculated value.

To develop a prototype of PS-TEPC used in space, we designed newly the  $\mu$ -PIC with a size of

26x26 mm<sup>2</sup>, and manufactured a small-type TPC (effective detection volume; 26x26x50 mm<sup>3</sup>) constructed with tissue equivalent materials such as A-150 plastic and acrylic acid resin. By connecting two electrodes neighboring each other in this  $\mu$ -PIC, the readouts of 32x32 channels are maintained. Despite the position resolution becomes worse (about 800 $\mu$ m), this makes it possible to simplify the readout circuits. The TPC was designed so as to be separate from its readout circuit systems. We have tested this prototype by measuring the LET distributions in propane-base tissue equivalent gas for He<sup>2+</sup> (230MeV/n), C<sup>6+</sup> (400MeV/n), Si<sup>14+</sup> (800MeV/n), and Fe<sup>26+</sup> (500MeV/n) in HIMAC. The measured LET distributions were in good agreement with the calculated values. In the final form, a preamplifier system is directly attached to  $\mu$ -PIC readouts in the detector unit to achieve good signal-to-noise ratios. The other circuits such as signal processing, data analysis and data transmission to the ground are installed together into the control unit. The outer size and the weight of the detector unit are expected to be within 80x80x100 mm<sup>3</sup> and 3kg, respectively. The present status of PS-TEPC were given in detail at the international/domestic conferences.

*This study was partly supported by “Joint Development Research at High Energy Accelerator Research Organization(KEK)”.*

*Presented at 2009 IEEE Nuclear Science Symposium, Orlando, Florida, USA, and 12th Vienna Conference on Instrumentation - VCI 2010, Vienna Austria.*

## **1.6 Microdosimetry for heavy ion beams using a wall-less tissue equivalent proportional counter**

S.Tsuda<sup>1</sup>, T.Sato<sup>1</sup>, D.Satoh<sup>1</sup>, F.Takahashi<sup>1</sup>, A.Endo<sup>1</sup>, S.Sasaki<sup>2</sup>, Y.Namito<sup>2</sup>, H.Iwase<sup>2</sup>,  
S.Ban<sup>2</sup>, and M.Takada<sup>3</sup>,  
1) JAEA 2) KEK 3) NIRS

Detailed energy deposition and track structure is basic information for understanding of biological effects of energetic heavy ion beams. To estimate relative biological effectiveness, RBE, as a function of deposit energy, lineal energy,  $y$ , can be an appropriate physical index because it can treat each energy deposition by a single event and secondary high-energetic electrons that deposit energy apart from heavy ion tracks.

In the present work, using a wall-less tissue equivalent proportional counter, TEPC,  $y$  distributions for energetic heavy ions such as 290 MeV/u carbon beam have been measured in order to verify a biological dose calculation model incorporated in the PHTIS code. The wall-less TEPC has a cylindrical detection whose height and diameter are both 1 mm, made of a tungsten anode wire and a

stainless cathode wire. The inside of the wall-less TEPC was filled with a propane-based tissue-equivalent gas at a pressure of  $4.0 \times 10^4$  Pa. The gas pressure condition corresponds to a 0.72 m diameter site. A lineal energy distribution was obtained in the wall-less TEPC irradiated by 500 MeV/u argon ions and the dose-mean lineal energy was evaluated. It is found that the value obtained by the wall-less TEPC is about 50 ~ 60 % of the LET of the argon ion in water and much smaller than that measured by a TEPC whose detection part is surrounded by a tissue equivalent plastic.

*Presented at 15th International Symposium on Microdosimetry, (25-30 Oct 2009, Verona Italy).*

### **1.7 Development of thick-foil and fine-pitch GEMs with a laser etching technique**

T. Tamagawa<sup>a, b</sup>, A. Hayato<sup>a, b</sup>, F. Asami<sup>a, b</sup>, K. Abe<sup>a, b</sup>, S. Iwamoto<sup>a, c</sup>, S. Nakamura<sup>a, b</sup>,  
A. Harayama<sup>d</sup>, T. Iwahashi<sup>a, b</sup>, S. Konami<sup>a, b</sup>, H. Hamagaki<sup>e</sup>, Y.L. Yamaguchi<sup>e</sup>,  
H. Tawara<sup>f</sup> and K. Makishima<sup>g, a</sup>

<sup>a</sup>RIKEN, <sup>b</sup>Department of Physics, Tokyo University of Science, <sup>c</sup>Department of Physics, Tokai University, <sup>d</sup>Department of Physics, Saitama University, <sup>e</sup>Center for Nuclear Study (CNS), University of Tokyo, <sup>f</sup>KEK, <sup>g</sup>Department of Physics, University of Tokyo.

We have produced thick-foil and fine-pitch gas electron multipliers (GEMs) using a laser etching technique. To improve production yield we have employed a new material, liquid crystal polymer, instead of polyimide as an insulator layer. The effective gain of the thick-foil GEM with a hole pitch of 140  $\mu\text{m}$  a hole diameter of 70  $\mu\text{m}$ , and a thickness of 100  $\mu\text{m}$  reached a value of  $10^4$  at an applied voltage of 720 V. The measured effective gain of the thick-foil and fine-pitch GEM (80  $\mu\text{m}$  pitch, 40  $\mu\text{m}$  diameter, and 100  $\mu\text{m}$  thick) was similar to that of the thick-foil GEM. The gain stability over 3 h of operation was about 0.5%. We scanned hole pitches and hole diameters with a high-speed wide-area scanning device in KEK. The distribution of hole diameters across the GEM was homogeneous with a standard deviation of about 3%. Gain mapping across the GEM showed a good uniformity with a standard deviation of about 4%.

*Published in Nucl. Instr. Meth. B608, 390-396 (2009).*

## **1.8 Temperature and Pressure Conditions for the Appropriate Performance of Charge and Mass Resolutions in Balloon-borne CR-39 Track Detector for the Heavy Cosmic Rays**

S. Kodaira<sup>a</sup>, N. Yasuda<sup>a</sup>, H. Tawara<sup>b</sup>, K. Ogura<sup>c</sup>, T. Doke<sup>d</sup>, N. Hasebe<sup>d</sup> and T. Yamauchi<sup>e</sup>

<sup>a</sup>*Fundamental Technology Center, National Institute of Radiological Sciences*, <sup>b</sup>*Radiation Science Center, High Energy Accelerator Organization*, <sup>c</sup>*College of Industrial Technology, Nihon University*,

<sup>d</sup>*Research Institute for Science and Engineering, Waseda University*,

<sup>e</sup>*Graduate School of Maritime Sciences.*

We experimentally determined the suitable conditions of temperature and air pressure for measuring charge and mass compositions of heavy cosmic rays using CR-39 track detectors during long-duration, high-altitude balloon flights. The experiments were carried out utilizing Fe ion beams from Heavy Ion Medical Accelerator (HIMAC). As the experimental results, sensitivity depended on temperature and air pressure. During balloon flight, care must be taken to keep the temperature and air pressure of CR-39 detectors within acceptable limits.

*Published in Nucl. Instr. Meth. B267, 1817-1822 (2009).*

## **1.9 Measurement of fragment production DDX of 72 and 144 MeV <sup>12</sup>C beam induced reaction on carbon using Bragg Curve Counter**

T. Sanami et.al

*KEK*

Double differential cross section (DDX) data of fragment production for 72 (6 MeV/nucleon) and 144 MeV (12 MeV/nucleon) <sup>12</sup>C beam induced reaction on carbon were measured using a Bragg Curve Counter (BCC). The DDX data were obtained for fragments of He, Li, Be, B, C, N and O at 30 degree emission angle. Theoretical calculation using PHITS code with QMD+GEM model represents the DDX well except for components from reactions of direct process and  $\alpha$  particle clustering process.

*Published as Proceedings of Nuclear data symposium (2009).*

## **1.10 Shielding Experiments at High Energy Accelerators of Fermilab(I), - Dose Rate Around High Intensity Muon Beam –**

T. Sanami et.al

*KEK*

JASMIN - Japanese and American Study of Muon Interaction and Neutron detection - a program for studies of shielding and irradiation effect around high energy accelerators has been started since 2007 using high energy proton accelerators located in Fermi National Accelerator Laboratory (FNAL) as a collaboration of JAPAN and FNAL. The series of the presentations entitled “Shielding experiments at high energy accelerators of Fermilab” describes the part of the results of this collaboration regarding transport of secondary particles, neutron and muon, from 120 GeV proton induced reactions through experimental data and simulation. In this paper, behavior and associated radiation dose of high energy muons in tens of meter thick rock are measured using OSLs, CR39s, TLDs and an ionization chamber. The doses for the same geometrical condition of the experiment are calculated using multi-particle Monte Carlo simulation code, MARS, to check its predictive power for muon transport and the dose. From this comparison, consistency between the experiment and calculation is confirmed in 60 m thick rock. The calculation enables to separate contributions of each particle to the dose. The result shows considerable amount of the contribution to the dose from electrons, photons and neutrons from electro-magnetic cascade due to interaction of high energy muon.

*Published in Proceedings of ISORD5.*

## **1.11 A Bragg curve counter with an internal production target for the measurement of the double-differential cross-section of fragment production induced by neutrons at energies of tens of MeV**

T. Sanami T. Sanami, M. Hagiwara, T. Oishi, M. Hosokawa, S. Kamada, Su. Tanaka, Y. Iwamoto,  
H. Nakashima, M. Baba:

*KEK*

A Bragg curve counter equipped with an internal production target was developed for the measurements of double-differential cross-sections of fragment production induced by neutrons at energies of tens of MeV. The internal target permitted a large detection solid angle and thus the

registration of processes at low production rates. In this specific geometry, the detection solid angle depends on the emission angle and the range of the particle. Therefore the energy, atomic number, and angle of trajectory of the particle have to be taken into account for the determination of the solid angle. For the selection of events with tracks confined within a defined cylindrical volume around the detector axis, a segmented anode was applied. The double-differential cross-sections for neutron-induced production of lithium, beryllium, and boron fragments from a carbon target were measured at 0° for 65 MeV neutrons. The results are in good agreement with theoretical calculation using PHITS code with GEM and ISOBAR model.

*Published in Nucl. Instru. and Meth. A610 11 (2009) 660-668.*

## **2. Experimental Technology and Monte Carlo Simulation Related to Radiation Shielding**

### **2.1 Neutron Spectrum Measurements in Intense Pulsed Neutron Fields of The 120-GeV Proton Facility Using A Current Bonner Sphere Technique**

Masayuki HAGIWARA<sup>1\*</sup>, Toshiya SANAMI<sup>1</sup>, Yosuke IWAMOTO<sup>2</sup>, Hiroyuki ARAKAWA<sup>3</sup>, Nobuhiro SHIGYO<sup>3</sup>, Nikolai MOKHOV<sup>4</sup>, Anthony LEVELING<sup>4</sup>, David BOEHNLEIN<sup>4</sup>, Vaziri KAMRAN<sup>4</sup>, Takashi NAKAMURA<sup>5,6</sup>, Koji OISHI<sup>6</sup>, Hideo HIRAYAMA<sup>1</sup>, Hiroshi NAKASHIMA<sup>2</sup>, Yukio SAKAMOTO<sup>2</sup> and members of JASMIN corroboration

<sup>1</sup>High Energy Accelerator Research Organization, <sup>2</sup>Japan Atomic Energy Agency, <sup>3</sup>Kyushu University, <sup>4</sup>Fermilab, <sup>5</sup>Tohoku University, <sup>6</sup>Shimizu Corporation,

Neutron energy spectra behind iron and concrete shields have been measured at the anti-proton production target station in Fermi National Accelerator Laboratory to provide shielding benchmark data of neutrons produced from 120-GeV proton induced reaction. To measure neutron spectra in the radiation bursts accompanied by the injection of intense pulsed proton beam into the target, we have developed a current readout technique of a multi-moderator spectrometer. We employed a pair of BF<sub>3</sub> proportional counters filled with different <sup>10</sup>B isotope enrichment gases, <sup>nat</sup>BF<sub>3</sub> (18% enrichment) and <sup>10</sup>BF<sub>3</sub> (96% enrichment) and used them as current readout ionization chambers to avoid signal pile-up problem. The spectrometer is aimed to discriminate neutrons from other particles such as  $\gamma$ -rays and muons incoming in short bursts by subtracting results of the <sup>nat</sup>BF<sub>3</sub> counter from that of the <sup>10</sup>BF<sub>3</sub> counter. The neutron spectrum obtained with the present technique is generally consistent with results of neutron-induced activation measurements.

*Presented at Fifth International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-5), Kitakyushu International Conference Center, Kitakyushu, Japan, July 15-17, 2009.*

## 2.2 Experimental Studies on Deuteron-induced Activation Reactions in IFMIF Accelerator Structural Elements

Masayuki Hagiwara<sup>1,2,\*</sup>, Toshiro Itoga<sup>1</sup>, Mamoru Baba<sup>1</sup>, Md. Shuza Uddin<sup>1</sup>, Masayoshi Sugimoto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Cyclotron and Radioisotope Center, Tohoku University,*

<sup>2</sup>*Radiation Science Center, High Energy Accelerator Research Organization (KEK)*

<sup>3</sup>*Japan Atomic Energy Agency*

In order to improve the quality of deuteron-induced activation data required for the safety design of the IFMIF (International Fusion Materials Irradiation Facility), we have measured (1) the activation cross-section of  ${}^{\text{nat}}\text{Li}(\text{d},\text{x}){}^7\text{Be}$  in the deuteron-energy range from 7 to 39 MeV and (2) the production rates of radioactive nuclides in thick targets for  ${}^{\text{nat}}\text{Li}(\text{d},\text{x}){}^7\text{Be}$ ,  ${}^{\text{nat}}\text{C}(\text{d},\text{x}){}^7\text{Be}$ , and  ${}^{27}\text{Al}(\text{d},\text{x}){}^7\text{Be}$ ,  ${}^{22}\text{Na}$ ,  ${}^{24}\text{Na}$  reactions at 40 MeV using the AVF cyclotron of Tohoku University. We have also estimated the production rates of these nuclides in the thick targets below 40 MeV using the cross-sections obtained in this study.

The present data compared favorably with other experimental data, IAEA-recommended data, and the data obtained using the recent nuclear reaction code TALYS and the activation code IRACM, which is based on the ALICE-F code. Some calculation results showed marked disagreement with the experimental data.

*Presented at 14th International Conference on Fusion Reactor Materials (ICFRM-14), Sapporo Convention Center, Sapporo, Japan, September 7-12, 2009.*

## 2.3 Experimental Studies of Neutron Emission Spectra in Li(d,xn) Reactions for IFMIF

Masayuki Hagiwara<sup>1,2</sup>, Toshiro Itoga<sup>1</sup>, Takuji Oishi<sup>1</sup>, Mamoru Baba<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Cyclotron and Radioisotope Center, Tohoku University*

<sup>2</sup>*Radiation Science Center, High Energy Accelerator Research Organization (KEK),*

To improve the accuracy of the neutron emission data in the  ${}^{\text{nat}}\text{Li}(\text{d},\text{xn})$  reaction, which will be used as the neutron source in the International Fusion Materials Irradiation Facility (IFMIF), we measured the double-differential neutron emission cross-sections (DDXs) of the d-Li reaction at 25 MeV at the cyclotron facility of Tohoku University. The DDXs were measured at ten laboratory angles between  $0^\circ$  and  $110^\circ$  by the time-of-flight method, using a beam-swinger system and a well-collimated

neutron flight channel. We used a two-gain method to obtain over most of the energy range of secondary neutrons and reveal the shape of the overall emission spectra including the breakup peak of incident deuterons near half the incidence energy, and several peaks in the high-energy tail due to stripping reactions. The experimental results compared favorably with those obtained using the extended Serber model.

*Presented at 14th International Conference on Fusion Reactor Materials (ICFRM-14), Sapporo Convention Center, Sapporo, Japan, September 7-12, 2009.*

## **2.4 Measurement of Neutron Yields from Thick Targets Bombarded with 18 MeV Protons**

M. Hagiwara <sup>a)</sup>, T. Sanami <sup>a)</sup>, Y. Iwamoto <sup>b)</sup>, N. Matsuda <sup>b)</sup>, Y. Sakamoto <sup>b)</sup>, Y. Nakane <sup>c)</sup>,  
H. Nakashima <sup>c)</sup>, K. Masumoto <sup>a)</sup>, Y. Uwamino <sup>d)</sup> and H. Kaneko <sup>e)</sup>

<sup>a)</sup> Radiation Science Center, KEK, <sup>b)</sup> Division of Environment and Radiation Sciences, NSED, JAEA,  
<sup>c)</sup> Safety Division, J-PARC, JAEA, <sup>d)</sup> RIKEN, <sup>e)</sup> TAARI, JAEA

Nuclear data on neutron production is important to estimate the shield design and clearance of low-energy proton accelerator for medical use such as and a neutron source of an accelerator based Boron Neutron Capture Therapy (BNCT). The data is however very scarce in the energy range from 10 MeV to 20 MeV protons of which most cyclotrons use for production of radiopharmaceuticals in PET. Thus, we have measured double-differential thick target neutron yields (TTY) on proton- and deuteron-induced reaction of the accelerator structural elements in the energy range from 10 MeV to 20 MeV. In the present experiments, TTY for the <sup>9</sup>Be, <sup>nat</sup>C, <sup>nat</sup>N, <sup>27</sup>Al, <sup>nat</sup>Cu and <sup>181</sup>Ta(p, xn) reactions induced by 18 MeV proton were measured. The <sup>9</sup>Be(p,n) reaction is one of possible neutron sources used in an accelerator-based BNCT. Carbon, aluminum, copper and tantalum are very popular elements for beam-dumps, beam-lines and beam-collimators used in accelerators.

The experiment was carried out at the Takasaki Ion Accelerators for Advanced Radiation Application (TIARA) facility, Japan atomic energy agency (JAEA) with the K=110 AVF cyclotron. TTY were measured by a time-of-flight (TOF) technique with four NE213 scintillators set at a position of 2.0 m from the target for eight laboratory angles between 15- and 150-deg. The detector efficiency was calculated by a Monte Carlo code SCINFUL-R, and the detector bias was set about 1.5 MeV. Neutron events were separated from gamma-ray events by the pulse-shape-discrimination (PSD) technique. The measured TTYs were compared with MCNP calculations with the LA150 data library. The calculated TTYs with LA150 generally show good agreements with the measured data.

*Presented at Japan atomic energy conference, September 16-18, 2009.*

## 2.5 Shielding Benchmark Experiment For Hundreds Of MeV Quasi-monoenergetic Neutrons

M. Hagiwara<sup>1</sup>, H. Iwase<sup>1</sup>, Y. Kirihara<sup>2</sup>, H. Yashima<sup>3</sup>, Y. Iwamoto<sup>4</sup>, D. Satoh<sup>4</sup>, Y. Nakane<sup>4</sup>, H. Nakashima<sup>4</sup>, T. Nakamura<sup>5</sup>, H. Nakashima<sup>4</sup>, Y. Sakamoto<sup>4</sup>, A. Tamii<sup>6</sup> and K. Hatanaka<sup>6</sup>

<sup>1</sup>*High Energy Accelerator Research Organization (KEK),*

<sup>2</sup>*The Graduate University for Advanced Studies,*

<sup>3</sup>*Kyoto University,*

<sup>4</sup>*Japan Atomic Energy Agency,*

<sup>5</sup>*Shimizu Corporation, Tohoku University,*

<sup>6</sup>*Research Center of Nuclear Physics, Osaka University*

A shielding benchmark experiment has been performed to obtain the spectra of neutrons penetrating 10- to 100-cm-thick iron and 25- to 300-cm-thick concrete shields and investigate the accuracy of various calculation codes using a 137, 244, 387 MeV quasi-monoenergetic neutron source. The source neutrons are produced from a 1.0-cm-thick lithium target bombarded with 140, 246, 389 MeV protons, respectively, and the energy spectra are measured with the time-of-flight method using a NE213 organic liquid scintillator. The neutrons emitted in the forward direction were collimated with a 150-cm-thick iron collimator with  $10 \times 12$  cm aperture. Time-of-flight and unfolding methods are applied to obtain the energy spectra behind the shield for the peak energy region and continuous energy region, respectively. Monte Carlo calculations with PHITS and MCNPX are compared with the measured data. The comparison shows that the calculated spectra are in good agreement with the measured spectra.

*Presented at Japan atomic energy conference, March 26-28, 2010.*

## 2.6 Depth Profile of Radioactivity Induced in The Thick Concrete Shield in EP-1 Beam-line at The 12-GeV Proton Synchrotron Facility, KEK

N. Kinoshita, H. Matsumura, K. Bessho, A. Toyoda, K. Masumoto, Y. Matsushi<sup>1</sup>, K. Sasa<sup>1</sup>,  
T. Takahashi<sup>1</sup>, S. Mihara<sup>1</sup>, T. Oki<sup>1</sup>, M. Matsumura<sup>1</sup>, Y. Tosaki<sup>1</sup>, K. Sueki<sup>1</sup>,  
M. Tamari<sup>1</sup>, Y. Nagashima<sup>1</sup>

*KEK, <sup>1</sup>Univ. Tsukuba*

Evaluation of radioactivity induced in concrete shield is very important for the decommissioning

process of high-energy and high intensity accelerator facility. We obtained 15 core samples from concrete shield along 12 GeV proton beam-line (EP1 beam-line, KEK) and sliced in appropriate thickness. Specific activity of  $\alpha$ -ray emitters of nuclear spallation products and thermal neutron capture products and  $\beta$ -ray emitters such as  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$  and  $^{36}\text{Cl}$  in concrete shield were determined. Depth profile of activity of each nuclide in 6-m-thick concrete obtained along the beam lines were compared with each other, to discuss the direction and energy of secondary particle by the data of induced nuclear reactions.

*Published in Nuclear Technology 168(2009)694-699.*

## 2.7 RCNP Neutron Shielding Experiment

H. Iwase<sup>1</sup>, M. Hagiwara<sup>2</sup>, Y. Iwamoto<sup>2</sup>, D. Satoh<sup>2</sup>, H. Yashima<sup>3</sup>, T. Matsumoto<sup>4</sup>,  
J. Nishiyama<sup>4</sup>, A. Masuda<sup>4</sup>, H. Harano<sup>4</sup>, T. Sato<sup>2</sup>, Y. Nakane<sup>2</sup>, T. Itoga<sup>5</sup>, C. Theis<sup>6</sup>,  
E. Feldbaumer<sup>6</sup>, L. Jaegerhofer<sup>6</sup>, C. Pioch<sup>7</sup>, V. Mares<sup>7</sup>, Y. Sakamoto<sup>2</sup>,  
H. Nakashima<sup>2</sup>, A. Tamii<sup>8</sup>, and T. Nakamura<sup>9</sup>  
<sup>1</sup> KEK, <sup>2</sup> JAEA, <sup>3</sup> Kyoto Univ., <sup>4</sup> AIST, <sup>5</sup> Riken, <sup>6</sup> CERN, <sup>7</sup> GSF Helmholtz München,  
<sup>8</sup> RCNP Osaka Univ., <sup>9</sup> Tohoku Univ.

Neutron energy spectra and dosis behind different thick shielding materials were measured using different neutron detectors at RCNP using quasi-mono energy incident neutrons of 250 and 400 MeV for the purpose to obtain data of neutron scattering and to study neutron shielding in this energy region.

*Presented at the SATIF-10 meeting (2-4 Jun. 2010).*

## 2.8 Upgrading The General Purpose Monte Carlo Code PHITS

H. Iwase<sup>1</sup>, K. Niita<sup>2</sup>, Y. Namito<sup>1</sup>, Y. Iwamoto<sup>3</sup>, N. Matsuda<sup>3</sup>, T. Sato<sup>3</sup>, Y. Sakamoto<sup>3</sup>, H.  
Nakashima<sup>3</sup>, and H. Hiarayama<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> KEK, <sup>2</sup> RIST, <sup>3</sup> JAEA

KEK radiation science center is responsible for updating the electron-photon shower, high-energy reactions, and some of heavy ion reactions in the PHITS (Particle and Heavy Ion Transport code

System) collaboration. EGS5 the standard electron-photon interaction code, which is developed at KEK radiation science center, and PHITS will be combined.

## 2.9 Study of Heavy Ion Total Reaction Cross Section Model

H. Iwase, A. Kohama, K. Iida, K. Oyamatsu, K. Niita  
*KEK, RIKEN, Kochi Univ. Aichi Shoutoku Univ., RIST*

Total reaction cross section is one of the key parameter in Monte Carlo codes since it is in principle the mean-free-path of the radiation and decides the collision position in matter. Several nucleus-nucleus total cross reaction section models exist but they show some discrepancies. The Kurotama model by Kohama et al. is a promising model on nucleus-nucleus total reaction cross section. We study on nucleus radii, the total cross sections, and the sensitivity to MC results.

## 2.10 Improvement of EGS5 code

### 2.10.1 Monte Carlo Simulation of Tabata's Electron Backscattering Experiments

Y.Kirihara<sup>1</sup>, Y.Namito<sup>2</sup>, H.Iwase<sup>2</sup>, and H.Hirayama<sup>2</sup>  
*1)The Graduate University for Advanced Studies 2)KEK*

Electron backscattering coefficients,  $\eta$ , obtained from several targets in the MeV range were calculated by using electron-photon Monte Carlo transport calculation codes, i.e., EGS5 and ITS 3.0. These calculated values were compared with those obtained from the electron backscattering experiment performed by Tabata using an ionization chamber (Phys. Rev. 162 (1967) 336). We found that Tabata's estimation of the multiplication factor of the ionization chamber,  $f$ , had a non-negligible error. Then, we calculated the ionization chamber output,  $I$ , which is a product of  $\eta$  and  $f$ . The ratios of  $I$  between the experimental and the calculated values were within 1.5 and 1.3 for the EGS5 code and the ITS 3.0 code, respectively. The ratios of  $\eta$  between the experimental and the calculated values were within 2.4 and 1.5 for the EGS5 code and the ITS 3.0 code, respectively. The differences between the experimental and the calculated values of  $I$  and  $\eta$  are large for low- $Z$  targets (Be and C). Here, the ratios obtained by using the ITS 3.0 code are closer to unity than those obtained by using the EGS5 code. The reason of this is the fact that the calculated value obtained by using the ITS 3.0 code is underestimated for low- $Z$  targets; this underestimation can, in turn, be

attributed to the use of the default value of the number of steps in the electron transport algorithm in the ITS 3.0 code.

*Published in Nucl. Instrum. and Meth. Accepted. (KEK Preprint 2009-39).*

## **2.10.2 Incorporation of Landau-Pomeranchuk-Migdal effect and dielectric suppression in EGS5 code**

*Y.Kirihara<sup>1</sup>, Y.Namito<sup>2</sup> and H.Hirayama<sup>2</sup>*

*1)The Graduate University for Advanced Studies 2)(KEK)*

We incorporated the Landau-Pomeranchuk-Migdal (LPM) effect and the dielectric suppression effect for bremsstrahlung and the LPM effect for pair production in the EGS5 code. To verify the validity of the EGS5 code with the LPM plus dielectric cross section for bremsstrahlung, we compared the bremsstrahlung spectrum calculated using this code with that obtained considering the LPM effect. The values calculated using the EGS5 code reproduced the experimental value of the LPM effect well.

*Published in Nucl. Instrum and Meth. Accepted. (KEK Preprint 2010-2).*

## **3. Radiation Protection Study in Accelerator Facilities**

### **3.1. Activation of Air and Water in the electron linear accelerator facility for medical use.**

*K. Masumoto, H. Nakamura, A. Toyoda, K. Takahashi, K. Iijima, K. Kosako<sup>1</sup>, K. Oishi<sup>1</sup>  
KEK, <sup>1</sup>Shimizu Co.*

About 900 of electron linear accelerators have been used for the X-ray treatment in hospitals in Japan. Although the radiation shielding of neutron has been carefully considered so far, activation of air and water caused by X-rays and neutrons has not been evaluated. In order to construct a new regulation of activation issue in the law of radiation safety, it is very important to collect the data of various types of activation and classify the activation level based on the results of measurement and calculation. In this work, we selected the 10 and 15 MeV linear electron accelerator facility. After

water phantom was irradiated by X-rays and measured the residual radioactivity. During irradiation, aerosols were collected by HEPA filters using air samplers in the irradiation room and maze. After irradiation, air samples were also collected by in the irradiation chamber, irradiation room and maze. Each radioactivity of collected samples were measured by Ionization Chamber, GM survey meter, NaI survey meter, Gamma-ray spectrometer and so on. The neutron flux and distribution were measured by activation detector, TLD and CR-39. The results were compared with Monte Carlo method using MCNP code. By the detailed input of shielding condition surrounding a target, calculated results of X-ray and neutron dose are almost good agreement with the measured data. Although the measured data of radioactivity in air was higher than the calculated value, obtained results were much lower than the activity limit of air and water controlled by the law.

### **3.2. Activation of air and water in the particle accelerator facility for medical use.**

K. Masumoto, H. Nakamura, A. Toyoda, M. Hagiwara, N. Suzuki, F. Nobuhara, K. Takahashi  
*KEK, Tokyo Nuclear Service Co., Dokkyo Medical Univ.*

Recently, the particle accelerator has been used as the powerful tool of cancer therapy. Protons and heavy ions are accelerated by synchrotron or cyclotron. Almost similar measurement as medical electron accelerator facility was performed in Univ. of Tsukuba, NIRS and Shizuoka Cancer Center. Neutron dose obtained by CR-39 is higher than that by TLD and inconsistent with the calculated value. Therefore, the effect of secondary particle such as proton might be considered in dose rate evaluation of CR-39. The measured data of radioactivity in air was higher than the calculated value as in the case of electron linear accelerator. Obtained results were much lower than the activity limit in air and water regulated by the law.

## **4. Nuclear Chemistry and Radiochemistry**

### **4.1 Measurement of high-energy neutrons penetrating a thick iron shield from the antiproton production target by Au activation method**

H. Matsumura<sup>1</sup>, N. Kinoshita<sup>1</sup>, Y. Kasugai<sup>2</sup>, N. Matsuda<sup>2</sup>, H. Yashima<sup>3</sup>, S. Sekimoto<sup>3</sup>, H. Iwase<sup>1</sup>,  
A. Toyoda<sup>1</sup>, N. Mokhov<sup>4</sup>, A. Leveling<sup>4</sup>, D. Boehnlein<sup>4</sup>, K. Vazili<sup>4</sup>, L. Gary<sup>4</sup>, S. Wayne<sup>4</sup>,  
K. Oishi<sup>5</sup>, Y. Sakamoto<sup>2</sup>, and H. Nakashima<sup>2</sup>

<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>Japan Atomic Energy Agency, <sup>3</sup>Kyoto University Research Reactor Institute,

In an antiproton production (Pbar) target station of the Fermi National Accelerator Laboratory (FNAL), the secondary particles produced by bombarding a target with 120-GeV protons are shielded by a thick iron shield. In order to obtain experimental data on high-energy neutron transport at >100-GeV-proton accelerator facilities, we indirectly measured >100-MeV neutrons at the outside of the iron shield in the Pbar target station. The measurement was performed by using the Au activation method coupled with a low-background  $\gamma$ -ray counting system. As an indicator for the neutron flux, we determined the production rates of 8 spallation nuclides (<sup>196</sup>Au, <sup>188</sup>Pt, <sup>189</sup>Ir, <sup>185</sup>Os, <sup>175</sup>Hf, <sup>173</sup>Lu, <sup>171</sup>Lu, and <sup>169</sup>Yb) in the Au activation detector. The measured production rates were compared with the theoretical production rates calculated using PHITS as shown in Fig.1. We proved that the Au activation method can serve as a powerful tool for indirect measurements of >100-MeV neutrons that play a vital role in neutron transport. These results will be important for clarifying the problems in theoretical calculations of high-energy neutron transport.

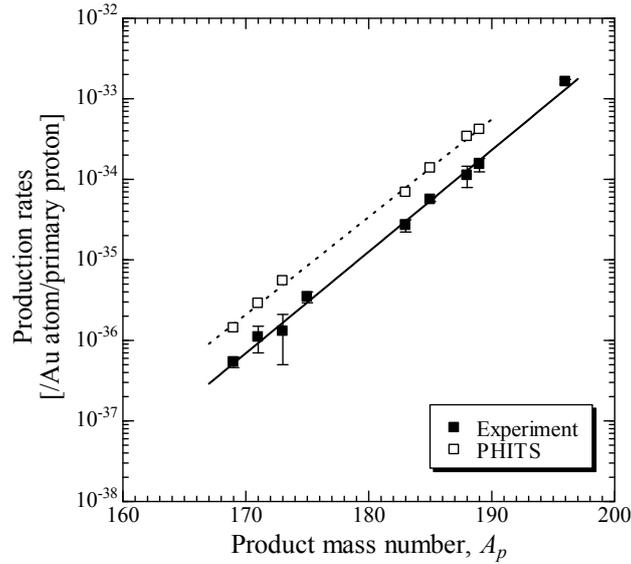


Fig. 1. Measured production rates (closed squares) and production rates calculated using PHITS (open squares) in the Au activation detector as a function of product mass number. The solid line and the dotted line indicate straight lines obtained by the least square fits to the measured and calculated production rates, respectively.

## 4.2 Activity measurements of radionuclides associated with colloids in cooling-waters in FNAL

H. Matsumura<sup>1</sup>, Y. Kasugai<sup>2</sup>, N. Matsuda<sup>2</sup>, H. Yashima<sup>3</sup>, S. Sekimoto<sup>3</sup>, H. Iwase<sup>1</sup>, A. Toyoda<sup>1</sup>,  
N. Mokhov<sup>4</sup>, A. Leveling<sup>4</sup>, D. Boehnlein<sup>4</sup>, K. Vazili<sup>4</sup>, L. Gary<sup>4</sup>, S. Wayne<sup>4</sup>, K. Oishi<sup>5</sup>,  
Y. Sakamoto<sup>2</sup>, and H. Nakashima<sup>2</sup>

<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>Japan Atomic Energy Agency, <sup>3</sup>Kyoto University Research Reactor Institute,

<sup>4</sup>Fermi National Accelerator Laboratory, <sup>5</sup>Shimizu Corporation

Chemical properties of radionuclides are important for radiation safety at accelerator facilities that highly produce activity. Therefore, we investigated into observable radionuclides (What?), activities of radionuclides (How much?), and chemical species of the radionuclides (Colloid or non-colloid?) in cooling-waters at a real accelerator facility. In FNAL, cooling-waters were collected from cooling-water systems for collection lens, pulse magnet, and dump of Pbar and absorber of NuMI. Radioactivities of various radionuclides (Be-7, Co-56, Co-57, Co-58, Co-60, Mn-54, Mn-52, Zn-65, K-43, and Na-24) could be determined in the cooling waters by gamma-ray spectrometry. Furthermore, we determined activities of the radionuclides associated with colloids by using an ultrafiltration technique. Formation rates of colloids associated with Be-7 were different among the cooling-waters. In particular, large portion of Be-7 forms colloid in Absorber cooling-water. Behavior of Be-7 is different from others. It was found that small colloids carry most of radioisotopes or chemical species of most of radioisotopes are ions in cooling-waters of Pbar.

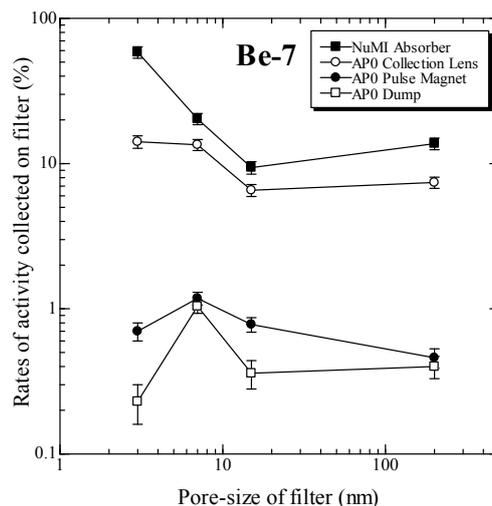


Fig.1 Rates of activity of Be-7 collected on filter.

### **4.3 Measurement of Radioactive Aerosol in High-energy Proton Target Station at Fermilab**

Shun Sekimoto<sup>1</sup>, Hiroshi Yashima<sup>1</sup>, Naoyuki Osada<sup>1</sup>, Yuichi Oki<sup>1</sup>, Seiichi Shibata<sup>1</sup>,  
Hiroshi Matsumura<sup>2</sup>, Akihiro Toyoda<sup>2</sup>, Koji Oishi<sup>3</sup>, Norihiro Matsuda<sup>4</sup>, Yoshimi Kasugai<sup>4</sup>,  
Yukio Sakamoto<sup>4</sup>, Hiroshi Nakashima<sup>4</sup>, Anthony Leveling<sup>5</sup>, Gary Lautenschlager<sup>5</sup>,  
David J. Boehnlein<sup>5</sup>, Kamran, Vaziri<sup>5</sup>, Nikolai Mokhov<sup>5</sup>  
<sup>1</sup>KUR, <sup>2</sup>KEK, <sup>3</sup>Shimizu Corporation, <sup>4</sup>JAEA, <sup>5</sup>FNAL

In Anti-proton target station (AP0) in Fermi National Accelerator Laboratory, the Inconel target is irradiated by ultra-high energy protons at 120 GeV. In the air around the target, radionuclides are produced by bombarding air-composed nuclei with particles secondarily produced in the target. Furthermore, various radionuclides produced in the target are emitted into the air. These radionuclides are associated with aerosols formed by radiation effect in the air. For control of radioactive air and internal exposure, it is important to understand the behavior of the radioactive aerosols in the target room. Therefore, in this work, we separated radioactive aerosols collected from the target room of AP0 into several samples according to particle size by using the impactor method, and determined radioactivity of various nuclides in the samples by gamma-ray spectrometry. Consequently, we could obtain size distribution of aerosols associated with each nuclide. It was found that the size distribution of radioactive aerosols depends on nuclide. Based on the results, the behavior and the formation mechanism of radioactive aerosols in the target room will be considered in detail.

## **5. Environmental and Analytical Chemistry at Accelerators**

### **5.1 Chemical Analyses of Colloidal Species Formed in Various Cooling-waters at Accelerator Facilities**

K. Bessho, H. Monjushiro, M. Taira, M. Sato, M. Sawabe, A. Komiya  
*KEK*

Colloidal species formed in cooling-waters at accelerators had been analyzed by various analytical techniques. In the cooling-waters for electromagnets at J-PARC MR facility, X-ray diffraction analyses clarified that dominant colloidal species were copper oxides (CuO or Cu<sub>2</sub>O), which were formed by corrosion of copper tubing material. Furthermore, the size fraction of copper oxides

colloids were determined by chemical analyses (AAS or ICP-AES) combined with ultrafiltration techniques.

## 5.2 Effect of Intense Radiation on Corrosion of Metals and Colloid Formation in Water

K. Bessho, H. Matsumura, Y. Oki<sup>1</sup>, S. Sekimoto<sup>1</sup>, K. Masumoto  
*KEK, Kyoto University<sup>1</sup>*

Corrosion of metals and colloid formation in water were investigated under intense radiation fields. Pure water samples sealed into the metal containers (Cu, Fe, Al) were irradiated by bremsstrahlung generated by a 30 MeV electron beam striking a Ta target assembly. High concentrations of metal elements were transferred to the water phase, and creation of particles was clearly observed. The particle-size profiles are dependent on the metal materials. The results suggest that the irradiation of high-energy photons promotes the corrosion of metal surfaces and the generation and growth of colloidal species in water. A similar behavior was observed for Cu metal particles dispersed in water irradiated by several doses of gamma-rays from a <sup>60</sup>Co radiation source.

## 5.3 Adsorption Behavior of Be(II) on Copper Oxide Colloid in Water

K. Bessho, S. Shimada<sup>1</sup>, S. Katsuta<sup>1</sup>, H. Monjushiro  
*KEK, Chiba University<sup>1</sup>*

Adsorption of Be(II) ions on CuO colloids was investigated by placing the model of <sup>7</sup>Be in the cooling-water for electromagnets. Aqueous Be(II) solution was mixed with CuO nanoparticles, and the adsorption behavior of Be(II) on CuO was quantitatively examined. The detailed analysis of adsorption data measured as a function of pH confirmed that Be(II) adsorbs on CuO particles by a complex formation with –OH groups terminated in at the CuO surface according to the following equation.



## Chapter 2 研究支援活動

放射線科学センターは、機構における放射線安全及び化学安全を含めた環境安全に責任を有する。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や未知の課題を複雑に含んでいることから、その業務内容は研究的側面を持っている。管理業務に直接関連した研究テーマが発展していく場合もあるが、それ以外にも純粋な学問的研究テーマとして至らないまでも関連分野として有益な課題が多い。

このほかに、放射線科学センターのスタッフは、放射線関連、化学関連の専門家として機構の内外から個々の課題について相談を受けること多々あり、これに取り組んできた事項もある。

本章では、研究支援活動に関連して放射線科学センターが取り組んだ活動について報告する。

# 1. 体制

## 1.1 放射線管理体制

### 1.1.1 つくば地区

放射線取扱主任者	伴 秀一
放射線取扱主任者代理	佐々木 慎一
放射線管理室長	榎本 和義
放射線管理室長代理	俵 裕子

管理区域	氏名	職名等
陽子加速器施設（第 1,2,3,6 区域） 電子加速器施設（第 4,5 区域）	榎本 和義 俵 裕子 波戸 芳仁	総括責任者 総括責任者 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)	穂積 憲一 飯島 和彦	管理区域責任者 管理区域業務担当
第 2 区域 PS 実験施設	穂積 憲一 佐々木 慎一 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 中性子ミュオン科学研究施設	飯島 和彦 佐々木 慎一 飯島 和彦	管理区域責任者 管理区域副責任者 管理区域業務担当
第 4 区域 放射光科学研究施設  電子陽電子入射器	高橋 一智 佐波 俊哉 高橋 一智 佐波 俊哉 高橋 一智 高橋 一智	管理区域責任者 管理区域副責任者 管理区域業務担当 管理区域責任者 管理区域副責任者 管理区域業務担当
第 5 区域 KEKB 施設	中村 一 岩瀬 広	管理区域責任者 管理区域副責任者、

BT ライン	中村 一	管理区域業務担当
	佐波 俊哉	管理区域責任者
大強度放射光施設	中村 一	管理区域副責任者、兼業務担当
	中村 一	管理区域責任者
	波戸 芳仁	管理区域副責任者
アSEMBリーホール	飯島 和彦	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、兼業務担当
第6区域		
超伝導リニアック試験施設棟	波戸 芳仁	管理区域責任者
	豊田 晃弘	管理区域副責任者、兼業務担当
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、 12GeVPS 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	豊田 晃弘 高原 伸一	管理区域責任者 管理区域業務担当

平成 21 年(2009 年)9 月現在

### 1.1.2 東海地区

放射線取扱主任者	三浦 太一
管理区域責任者 (MR 施設)	沼尻 正晴
管理区域責任者 (ハドロン施設)	齋藤 究
管理区域責任者 (ニュートリノ施設)	萩原 雅之

平成 21 年(2009 年)9 月現在

## 1.2 放射線業務分担

### 1.2.1 つくば地区

業務	担当氏名
管理事務  (管理事務・従事者登録)	榊本 和義 俵 裕子 豊田 晃弘 豊島 規子
出入管理システム	穂積 憲一 佐波 俊哉 岩瀬 広 豊田 晃弘 高橋 一智
放射性物質等  (非密封 RI)  (密封 RI) (核燃) (廃棄物) (チェックソース) (放射化物)	榊本 和義 豊田 晃弘 高橋 一智 波戸 芳仁 豊田 晃弘 豊田 晃弘 萩原 雅之 中村 一
業務 (つづき)	担当氏名
環境放射能	豊田 晃弘 高原 伸一
集中放射線監視システム  (放射線モニター、監視システム)	佐々木 慎一 佐波 俊哉 穂積 憲一 飯島 和彦
放射能測定器等 (Ge 検出器)  (2πガスフロー型及び GM 型測定器) (液体シンチレーションカウンタ) (イメージングプレート)	豊田 晃弘 高原 伸一 飯島 和彦 高橋 一智 豊田 晃弘
サーベイメータ等  (ゲートモニタ、物品モニタ) (サーベイメータ)	佐々木 慎一 穂積 憲一 飯島 和彦

	(アラームメータ、ポケット線量計)	高橋 一智
放射線較正施設	(放射線照射棟)  (熱中性子標準棟)	佐々木 慎一 穂積 憲一 飯島 和彦 佐波 俊哉
線量計等	(個人線量計) (TLD) (内部被ばく評価)	俵 裕子 中村 一 高橋 一智
機構長の指定する発生装置等	(電子系) (ハドロン系)	俵 裕子 佐々木 慎一 佐波 俊哉 岩瀬 広
安全教育		伴 秀一 近藤 健次郎
出版物等	(安全の手引き、パンフレット等) (安全ビデオ)	穂積 憲一 俵 裕子 波戸 芳仁
情報管理	(WEB 製作等)	榎本 和義 佐波 俊哉 佐藤 允 豊田 晃弘 岩瀬 宏

### 1.2.2 東海地区

業務	担当氏名
管理事務	千田(高橋) 朝子
JPARC センター員	穂積 憲一 飯島 和彦

### 1.3 化学安全管理体制

化学安全管理業務（総括）	文珠四郎 秀昭
水質検査	吉岡 綾
化学薬品管理	佐藤 允
依頼分析	平 雅文
実験廃液処理	別所 光太郎
RI 排水処理	吉岡 綾
作業環境管理	別所 光太郎 吉岡 綾
環境管理	平 雅文
広報	佐藤 允 吉岡 綾

## 2. 放射線安全管理関係

### 2.1 区域管理関連

#### 2.1.1 P S 関連施設 (第 1 及び第 2 管理区域)

以下の業務を行った。

(1) 陽子加速器施設における放射線安全対策及び放射線安全管理の実施。

以下の申請が行われ、承認された。

- a) シンクロトロン「デジタル加速器」を新設する。遮蔽を追加する。
- b) リニアック室、ブースターリング室、主リング室に標識を付け、この扉をデジタル加速器のインターロックに組み込む。
- c) 管理区域の一部を縮小する。

#### 2.1.2 第 3 区域

以下の業務を行った。

(1) 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安全管理の実施

通常の放射線安全管理業務の他に以下の作業における放射線安全管理を実施した。

- ・ 中性子実験室 物品搬出測定作業

実験室内の整理を行うために、大量の実験室内物品搬出測定作業が行われた。この作業における放射線安全対策の策定及び放射線安全管理を実施した。

- ・ 中性子ターゲット及び線源集合体搬出、廃棄物保管棟搬入作業

中性子散乱実験に使用していた中性子生成ターゲット及び線源集合体をビームライン室より引き出して、廃棄物保管棟に搬入する作業が行われた。この作業における放射線安全対策の策定及び放射線安全管理を実施した。

(2) ミュオン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安全管理の実施

(3) 陽子ビーム利用実験棟における放射線安全対策の実施及び放射線安全管理の実施

(4) NML、P4 ビームラインにおける放射線安全対策の実施及び放射線安全管理の実施

#### 2.1.3 第 4 区域

##### [電子陽電子入射器棟]

電子陽電子加速器の電子銃の移設他に係わる放射線取扱施設変更申請を行った。

##### [放射光実験施設]

光源棟は 6 ヶ月に 1 回の定期測定及び長期運転停止後の運転開始時に実験フロア及び地下トレンチの空間線量率測定を行った。放射光アイソトープ施設では、法定の定期点検を月に一度行った。また、密封 RI や核燃を受け入れた実験が行われ、それに伴う放射線管理

業務を行った。

#### 2.1.4 第5区域

##### [KEKB 施設]

定期的な測定としてルクセルバッジを利用した管理区域境界での積算空間線量測定、シャットダウン時の加速器の表面空間線量測定を行った。また、運転停止3ヶ月後の8月下旬から9月上旬にかけて、KEKBリングの放射化調査のための測定を行った。

##### [大強度放射光リング関係]

定期的な測定として、夏期・冬期の長期シャットダウン時の加速器の表面空間線量測定、ルクセルバッジによる実験フロア（北西棟、北棟、北東棟）の積算空間線量測定を行った。北東棟では新規ビームラインとしてNE7が10月から使用が開始された。

## 2.2 横断的業務関連

### 2.2.1 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。

### 2.2.2 放射線安全教育用手引きの改訂

「放射線安全の手引き(別冊)」の改訂は行っていない。

### 2.2.3 放射線モニタリングシステムの設計開発

#### (1) 連続放射線集中監視装置(NORM)関係

現行システムは第3世代(NORM3)にあたり、導入以来約10年が経過したが特に大きな不具合もなく順調に稼働している。しかしながら、保守等に問題が発生し始めていることから、サーバーを中心として段階的に機器更新を行っていくことを決定している。この時期は本年度から22年度までを予定している。

運転を停止した12GeVPS関連施設は、放射線施設として存続しているために、これらの施設に於ける放射線モニタの撤去はほとんどなかった。従って、モニタ総数については昨年度と比べて大きな変動はない。

#### (2) モニタ等 NORM 構成機器の開発

電荷積分型中性子検出器、広エネルギー域レム対応中性子線モニタ等のモニタの開発、インターロック統括モジュールからのデータ処理装置等モジュールの開発を継続している。特に電荷積分型中性子検出器及び広エネルギー域レム対応中性子線モニタについては、標準放射線場での校正照射ばかりでなく、加速器周辺の中性子放射線場の測定などのフィールドテストが行われている。(第1章参照)

### (3) 放射線連続集中監視システム保守、管理及び開発

今年度、機構内に10台設置しているローカル監視装置の内、東カウンターホールに設置してあるSTATION02を建屋の全面的な改修に伴い、接続しているSARMを含め撤去を行った。

## 2.2.4 放射線照射棟・照射装置の保守作業

放射線照射棟は、放射線モニタをはじめとする放射線測定機器の校正や特性把握、標準照射、遮蔽実験等を行う目的で、1985年に建設された。放射線照射棟では、5種類の放射線線源、X線発生装置、及び中性子発生装置が配置され、照射装置により遠隔自動操作により照射実験が行える。これらの装置は一体化された安全装置により制御される。経年変化によりいくつかの装置で故障等の不具合が起こるようになったため、18年度～本年度にかけて、以下の改修を行った。

放射線照射装置の改修(18年度～19年度)、

安全装置並びに照射装置用シーケンサーの取り替え(19年度)、

出入管理用鍵システム交換(20年度)、

施設内監視用ITV装置の更新(20～21年度)、

これらにより、ほぼ放射線照射棟関係設備全体にわたる改修を終了した。

## 2.2.5 出入監視装置関連

### (1) 入射器、BL27ゲートモニタの改造

ゲートモニター(GM)は導入後2-30年程度経過しており、一部保守部品が入手困難になる、異常動作時の原因究明が難しいなどの問題が生じていた。特にGMの動作を制御しているCPUボードは工業用組み込みのものを利用しており、今後メンテナンスを継続するに当たって、CPUボードが入手困難になる可能性や、専用ROMを使うことによる動作異常時のメンテナンス性の悪さなどのデメリットがあり、今後の継続的運用に対する懸念が生じていた。そこで、今年度から、機械的なメンテナンスの負担を増加させることなく、CPUボード使用によるこれらの問題を解決する方法として、satPCに制御CPUボードの機能を持たせる改造を行う事とした。この改造ではGMの検出部及びセンサー、駆動部、カードリーダーをカウンターボード、スケーラ、USBインターフェイスを有するsatPCに接続し、ディスプレイを表示部として使用することとした。従前のCPUボードに実装されていた機能はすべてSatPC上のソフトウェアで記述し、動作シーケンスの可視性、メンテナンス性を

確保するとともに、今後のハードウェア変更に対する柔軟な対応を可とした。CPU の機能を汎用 PC 上で再現することにより、動作の変更や追加が容易となり、機器の一時的なエラーに対応可能な自動再起動機能や、非常時開放スイッチの追加などを行っている。

昨年度の NML、入射器 J 部 GM の改造に引き続き上記の設計思想に基づき入射器、BL27 の GM について改造を行った。

## 2.3 J-PARC に関わる支援業務と設計開発、研究活動

### 2.3.1 J-PARC の進行状況と当放射線科学センターの役割

J-PARC は、日本原子力研究開発機構と高エネルギー加速器研究機構との共同プロジェクトであり、主として J-PARC センターが運営を、建設プロジェクトが施設の建設を担っている。当放射線科学センターからは J-PARC センターの安全ディビジョン放射線安全セクションに三浦、沼尻、齋藤、萩原、高橋（千田）の 5 名が所属している。

### 2.3.2 J-PARC センターの現状 （センター会議資料から）

今年度は、4/20 にニュートリノ実験施設の管理区域設定を設定し、ニュートリノ実験施設が運転を開始した。これにて第 1 期計画の施設建設が完了した。

ニュートリノ実験施設、50 GeV シンクロトロンは、3月27日に運転前検査が行われた。ニュートリノ実験施設のニュートリノビーム生成が4月23日に成功した。ニュートリノ実験施設及び 50 GeV シンクロトロン、MLF の運転時検査が5月28日に行われた。

ハドロン実験施設の K1.8 実験装置の運転時検査が、12月16日に行われた。

### 2.3.3 放射線申請関係

2009年度は2回、変更許可申請を行った。1回目の申請内容は、ハドロン実験施設における K1.8 中間子実験装置と KL 中間子実験装置の新設、物質・生命科学実験施設における、中性子実験装置 BL10 の遮へい体の変更、中性子実験装置 BL16 へのコリメータの追加である。2回目の申請内容は、ハドロン実験施設における、K1.1BR 中間子実験装置の新設、KL 実験エリアの拡張、物質・生命科学実験施設における中性子実験装置 BL10 の遮へい体の変更である。

J-PARC の各施設は、原科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及び文科省への申請時に新增設等計画書を県に提出しなければならず、申請前には文部科学省放射線規制室（文科省）とのヒアリング、県や村の担当者とのアリングを行った。

### 2.3.4 各施設の安全設計

本機構が建設を担当した、50 GeV シンクロトロン施設、ハドロン実験施設、ニュートリ

ノ実験施設を中心に、施設の遮蔽設計、インターロックシステム、放射線計測システムなどの構築等の安全設計を行った。

J-PARCセンター放射線安全セクション定例会は隔週毎に放射線安全セクションの会議室で開催されている。

### 2.3.5 Energy Solutions 社（旧Duratek 社）製リサイクル鉄の利用

米国 Energy Solutions 社が供給するリサイクル鉄については、4月30日、5月1日にハドロン実験ホールへ搬入された。

### 2.3.6 J-PARC への放射化物の搬入

J-PARC では、本機構で使用していた放射化している電磁石、遮蔽体等をビームライン構築のために再利用する。茨城県との原子力安全協定では、放射性同位元素の輸送に関し、茨城県及び地方自治体へ届けることが義務づけられている。加速器放射化物に関しても茨城県より放射性同位元素に準じて届け出るよう指導があり、今年度数回の電磁石、電磁石付属部品及び遮蔽体の輸送に関し、放射能等の資料を作成し、茨城県及び東海村に届け出た。

### 2.3.7 地下水動態共同開発研究

J-PARC が建設される日本原子力開発研究機構・原子力科学研究所の南地区は海岸部で、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、J-PARC のような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る、産業総合技術研究所、原科研、KEK の3者で共同開発研究を行ってきた。

これまで、当センターが中心となって、協定のとりまとめをしてきたが、地下水の調査は、周辺地域への影響を考えると恒久的に継続することが望ましく、調査の内容からJ-PARCセンターが中心となって協定を継続することになった。

### 2.3.8 放射線安全管理機器整備の設計開発

J-PARC 施設における放射線安全機器設備は、

- (1) 連続放射線集中監視装置
- (2) 出入監視管理装置
- (3) 統括システム
- (4) 人員安全保護システム (Personal Protection System: PPS)

からなる。これらのうち、連続放射線集中監視装置は施設の放射線レベルを連続監視するために設置され、出入監視管理装置は作業者の管理区域や加速器室等のインターロック区

域への作業者の出入を監視管理するとともに汚染測定を行う。また、統括システムは安全管理設備全体を管理・監視し、原科研側の安全監視設備と接続し、一体的な運用を図るための計算機ネットワークシステムとして導入されている。PPSは、インターロックドアやパーソナルキー等、作業者の放射線被曝を防止し作業者自身の安全を担保する目的で設置されるもので、独立した安全設備として位置づけられ、放射線安全セクションとは別の組織（加速器施設、実験施設）によって管理・運営されている。

連続放射線集中監視装置、出入監視管理装置、及び統括システムについては、基本設計・試運転を完了し、50GeVシンクロトロン施設の運転開始と共に運用を開始した。連続放射線集中監視装置は、つくばで稼働中のNORM3 をベースにしたシステムとして設計開発した。NORM3 からの主たる変更点は、より安定した動作を補償するため、直接ネットワークに接続されるCAMAC・クレートコントローラの導入、ステーション停止時に自動的に代替運転を開始する補完ステーションシステムの導入等が挙げられる。管理区域放射線レベル監視用のYEL系モニタ11台（中性子及び光子線測定用として22系統）、BLUの呼称で呼ばれる排気モニタ8台（ガンマ線補償型で1台2系統独立したモニタとなっており、1系統が排気中放射能濃度を測定し、他方はバックアップとしてガンマ線バックグラウンドを測定する。ポンプ等の故障が発生した場合はバックアップが濃度測定するように自動的に切り替わるシステムが搭載されている）で稼働を開始した。またJ-PARCの加速器室は放射線・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（ガラス線量計）に加えてAPD（アラーム警報器付き線量計）の携行が不可欠である。これら線量計とゲートモニタ、ID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携動作するように、出入管理装置を設計した。ID素子は、RFID素子を用いた非接触型で、個人線量計とともにガラスバッジに内包されて一体化し、トンネル入出のための扉やパーソナルキーの取得は、ID素子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）を本システムで制御管理し、細かな出入管理の実現を目指した。統括システムについては、そのソフトウェアの製作を完了し、原科研側システムとの接続を開始した。

## 2009年度

- 1) ニュートリノ実験施設稼働により、すべての安全管理設備が完成、
- 2) ハドロン実験施設、中間子実験装置周辺にモニタ(ORG)設置

### 3. 化学安全・環境関係

#### 3.1 依頼分析

環境安全管理室では、機構職員、共同利用者から種々の化学分析の依頼、相談などを受け付けており、本年度は 44 件の分析依頼を受け付けた。このうちの半数以上は加速器の冷却水に関連した依頼であった。代表的な分析内容を以下に示す。

##### (1) J-PARC 第3設備棟送風機モーター焼損部の分析

焼けたモーター端子板ネジ部分に付着している物質について KBr 錠剤法により赤外吸収スペクトルを測定した結果、フタル酸系の物質が確認された。また、端子板本体のプラスチック部分と配線の被覆材について、それぞれ、ATR 法により赤外吸収スペクトルを測定した。その結果、端子板に付着していた物質は、ホコリ等外部から入り込んだものではなく、プラスチック部分の材質である PET の熱分解によって生じたフタル酸化合物であることが示唆された。(CHEM-A-09/15)

##### (2) J-PARC ニュートリノ TS B2 機械室ポンプ入口ストレーナー内残留物の分析

水を含む固形試料のため、試料全体をビーカーに移し、静置し、上澄みを取り除き、さらに、純水を加え何度か洗浄後ガラス板上に移し、自然乾燥させた。その後、蛍光 X 線分析及び X 線回折分析を行った。その結果、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  の存在が確認された。(CHEM-A-09/24)

##### (3) KEKB トンネル空気中の鉛粒子の分析

電子ビームダンプに鉛を使用した実験で、実験後に鉛の融解が確認された。鉛が一部気化し、トンネル内に鉛の粉塵として浮遊している恐れがあるため、空気中の鉛濃度の測定を行った。ローボリュームエアサンプラーを用いて空気中の微粒子をフィルター上に捕集し、フィルターを酸で溶解後、ICP 発光分光分析装置により鉛濃度を測定した。その結果、空気中の鉛濃度は管理濃度の 10 分の 1 以下であり、問題ないことが確認された。(CHEM-A-09/26)

#### 3.2 環境管理

環境安全管理室員の他、総務部、財務部、施設部、広報室、各研究所等からの委員による環境報告書作成ワーキンググループを設置し、「環境報告 2009」を作成して機構 HP 上に公開した。

#### 3.3 RI 廃水管理

PS 系統の RI 廃水については 2005 年度に PS 加速器の運転が終了し、2008 年度には施設内の冷却水等を全て抜き終えたため、高レベルの RI 廃水の排出はなくなった。よって、本年度より PS 系統の RI 廃水の凝集沈殿処理は廃止することにした。

## Chapter 3 資料

ここでは、放射線科学センターにおける外部資金獲得状況、共同研究の展開、大学院生等の人材育成、センター開催の研究会及びシンポジウム、教育活動、機構外委員会等活動、社会貢献活動等の現状を具体的な資料として示す。また、本章の最後に 2008 年度における放射線科学センタースタッフの名簿を示した。

## 1. 外部資金導入状況

### 1.1 科学研究費補助金

- ・ 基盤研究 (C) 課題番号 19560055  
「重荷電粒子に対する気体の W 値の総合的研究」  
研究代表者：佐々木慎一
- ・ 基盤研究 (B) 課題番号 21350046  
「液中微粒子のレーザー光泳動における非線形現象の解明と分析化学的応用」  
研究代表者：文珠四郎秀昭  
研究分担者：別所光太郎
- ・ 科学研究費補助金(若手(B)) 課題番号 217607160002  
「希ガス蛍光を利用したパルス中性子 2 次元位置検出器の開発」  
研究代表者：齋藤 究

### 1.2 受託研究等

- ・ 受託業務 文部科学省科学技術学術政策局原子力安全課放射線規制室  
平成 21 年度科学技術試験研究等委託事業 「放射線発生装置の使用に伴い生じる放射化物の安全規制に係わる技術基準等に関する調査」  
研究代表者： 榎本和義  
研究分担者：伴秀一、三浦太一、別所光太郎、松村宏、岩瀬広、萩原雅之、中村一、穂積憲一、飯島和彦、豊田晃弘、高橋一智、高橋朝子
- ・ 宇宙開発機構 (JAXA) 宇宙環境利用科学委員研究ワーキンググループ  
「位置有感比例電離箱による宇宙放射線線量当量計測器の開発とそれによる宇宙ステーション内での線量計測技術の確立に関する研究グループ」  
研究代表者：佐々木慎一  
研究分担者：俵裕子、齋藤究
- ・ 「原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ」戦略的原子力共同研究プログラム テーマ 3 : 環境放射線・被ばく線量の評価に係る安全研究、  
「白色中性子源を用いた中性子線量計の革新的校正法に関する研究」  
研究代表者：原野英樹 (産総研)、  
研究分担者：萩原雅之 (連携機関代表者)、佐波俊哉
- ・ 「原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ」若手原子力研究プログラム

「中高エネルギー陽子による核破断の系統測定に関する研究」

研究代表者：佐波俊哉、

研究分担者：岩瀬広、萩原雅之

## 2. 共同研究等

### 2.1 共同開発研究

- ・位置有感型生体組織等価比例計数電離箱の開発と加速器混合放射線場測定への応用

研究代表者：佐々木慎一

### 2.2 大学等との共同研究

#### 2.2.1 共同研究（覚え書き等によるもの）

- ・中空糸分離膜を用いたトリチウム分離に関する基礎研究と応用

研究代表者：佐々木慎一

研究分担者：近藤健次郎、齋藤究、飯島和彦

共同研究先：静岡大学理学部

#### 2.2.2 大学、研究所等との共同研究（2.2.1 によらないもの）

- ・ Measurement of elastic neutron-scattering cross sections on heavy nuclei in intermediate energy region,

共同研究先：大阪大学・RCNP

参加者：Daiki Sato, Yosuke Iwamoto, Tatsuhiko Sato, Akira Endo, Yukio Sakamoto (JAEA), Masayuki Hagiwara, Hiroshi Iwase (KEK), Hiroshi Yashima (RRI Kyoto university), Takashi Nakamura (Tohoku university), Atsushi Tamii (RCNP, Osaka university)

- ・ The inclusive neutron yields for proton incident reactions on graphite and iron at the angle from 30 to 180 degrees,

共同研究先：大阪大学・RCNP

参加者：Yosuke Iwamoto, Daiki Sato, Tatsuhiko Sato, Akira Endo, Yukio Sakamoto (JAEA), Masayuki Hagiwara, Hiroshi Iwase (KEK), Hiroshi Yashima (RRI Kyoto university), Takashi Nakamura (Tohoku university), Atsushi Tamii (RCNP, Osaka university)

- Experimental study on neutron transport in shielding materials,  
 共同研究先：大阪大学・RCNP  
 参加者：Hiroshi Iwase, Masayuki Hagiwara, Syuichi Ban, Hideo Hirayama (KEK), Hiroshi Yashima (RRI Kyoto university), Takashi Nakamura (Tohoku university), Daiki Sato, Yosuke Iwamoto, Norihiro Matsuda, Yoshihiro Matsuda, Yukio Sakamoto (JAEA), Shingo Taniguchi, Toshiro Itoga (Spring-8), Koji Oishi (Shimizu Corporation), Yoshitomo Uwamino (RIKEN), Atsushi Tamii, Kichiji Hatanaka (RCNP, Osaka university)
- 高エネルギー中性子に関する施設間比較実験(萩原、佐波)  
 共同研究先：産業技術総合研究所、JAEA、東北大
- 宇宙環境中における中性子検出器の開発（萩原、佐波）  
 共同研究先：放射線医学総合研究所
- Measurement of elastic neutron-scattering cross sections on heavy nuclei in intermediate energy region, RCNP, Osaka university（萩原、岩瀬）  
 共同研究先：JAEA、京都大学、東北大学、大阪大学
- The inclusive neutron yields for proton incident reactions on graphite and iron at the angle from 30 to 180 degrees（萩原、岩瀬）  
 共同研究先：JAEA、京都大学、東北大学、大阪大学
- Experimental study on neutron transport in shielding materials（岩瀬、萩原、平山）  
 共同研究先：JAEA、京都大学、東北大学、Spring-8、清水建設、理化学研究所、大阪大学
- Shielding and Radiation Effect Experiments using Pbar target station and NuMI at Fermilab, FNAL(萩原、佐波、松村、岩瀬、木下、平山)  
 共同研究先：JAEA、FNAL、清水建設、九州大学、京都大学、JASRI、RIST、CERN
- 医療用小型加速器施設の放射線安全に関わる研究（榎本、松村、中村）  
 共同研究先：徳島大学アイソトープ総合センター
- 加速器施設の放射線安全に関わる放射化学的研究（松村、榎本）  
 共同研究先：日本大学、東京大学、金沢大学、理化学研究所
- 加速器施設の放射線安全および化学安全に関わる研究（榎本、別所）  
 共同研究先：京都大学原子炉実験所
- 陽電子消滅法によるアルコール分子などの有機分子固体の物性研究（榎本）  
 共同研究先：東北大
- 粒子・重イオン輸送計算コード PHITS の高度化に関する研究（伴、波戸、岩瀬）  
 共同研究先：（財）高度情報科学技術研究機構、日本原子力研究開発機構

- ・ シンチレータの絶対蛍光効率に関する研究 (佐々木、俵、齋藤)  
共同研究先：埼玉県立大
- ・ 位置有感比例電離箱による宇宙放射線線量当量計測器の開発とそれによる宇宙ステーション内での線量計測技術の確立 (JAXA研究グループ)  
共同研究先：早稲田大学理工学総合研究所、京都大学、JAXA
- ・ 加速器構造物中の Cl-36 濃度測定 (三浦、榎本、別所、松村、木下)  
共同研究先：筑波大学 AMS グループ
- ・ 液中微粒子の新規分離分析法の研究(文珠四郎)  
共同研究先：大阪大学大学院理学研究科

## 2.3 民間との共同研究

- ・ 中性子検出器の小型化・軽量化のための基礎研究  
富士電機システムズ (株) 東京工場 放射線装置部  
伴秀一、佐々木慎一、萩原雅之
- ・ 固体飛跡検出器による環境中性子線量測定法の研究  
株式会社千代田テクノル 大洗研究所  
伴秀一、佐々木慎一、萩原雅之、穂積憲一
- ・ 放射線発生装置使用施設に係るクリアランス検認技術の開発  
東京ニュークリア・サービス株式会社 つくば開発センター  
伴秀一、榎本和義、松村宏

## 2.4 大学等連携支援事業

- ・ マルチタンデム静電加速器による重イオンビーム学際利用への新展開  
筑波大学研究基盤総合センター応用加速器部門  
伴秀一

## 2.5 共同利用研究 (施設利用)

- ・ 日本原子力研究開発機構 高崎量子応用研究所 TIARA 施設、
- 1) 低エネルギー加速器施設における加速器構造材等からの中性子生成スペクトルの測定 (課題番号：91064)  
研究代表者：坂本幸夫、  
研究分担者：岩元洋介、松田規宏、中島宏、落合謙太郎、柴田徳思、中根佳弘 (JAEA)、  
佐波俊哉、萩原雅之 (KEK)

・放射線医学総合研究所 HIMAC 共同利用研究

1) 気体の W-値の総合的研究(19P111)

研究代表者：佐々木慎一

研究分担者：佐波俊哉、飯島和彦、俵裕子、齋藤究

2) 位置有感比例計数管の重イオンに対する応答 (20P189)

研究代表者：寺沢和洋 (早大)

研究分担者：道家忠義 (早大)、永吉勉 (早大)、藤田康信 (早大)、身内賢太朗 (京大)、佐々木慎一、俵裕子、齋藤究、松本晴久 (JAXA)、込山立人 (JAXA)

### 3. 大学院生等の人材育成

#### 3.1 学位論文の指導 (総合大学院大学加速器科学専攻)

・桐原陽一

「電子・光子輸送計算コード EGS5 の高エネルギーと低エネルギーへの拡張に関する研究」

総合研究大学院大学 加速器科学専攻 博士後期課程(学位論文指導)

指導教官：波戸芳仁

2009年3月 学位(工学博士)取得

・津田秀一

「Wall-less 型組織等価型比例計数管の開発」

総合研究大学院大学 加速器科学専攻 博士後期課程(在学中指導)

指導教官：佐々木慎一

#### 3.2 学位論文等の指導 (他大学)

・藤井景子、

「液体キセノンの発光スペクトルの測定」

横浜国立大学大学院工学府物理情報工学専攻 (修士論文指導)

2009年3月 学位(修士)取得

・あべ松高志、「FPGA の放射線測定回路への応用」、

横浜国立大学工学部知能物理工学科 (卒業論文)

・遠藤 雄也、「サリチル酸ナトリウムの蛍光寿命の測定」

横浜国立大学工学部知能物理工学科 (卒業論文)

・八木沢 一穂、「TDC の液体キセノン実験への応用」、

横浜国立大学工学部知能物理工学科 (卒業論文)

## 4. センター開催の研究会及びシンポジウム

### 4.1 研究会「放射線検出器とその応用」(第23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

日時：2010年1月26日～1月28日

場所：高エネルギー加速器研究機構

参加者数：116

プロシーディングス：KEK Proceedings 2010-10

### 4.2 第16回 EGS4 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

日時：2009年8月6日～8月8日

参加者数：102名（うち講習参加者：75名）

プロシーディングス:KEK Proceedings 2009-6

### 4.3 第11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  $\alpha$  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、

日本放射線安全管理学会

日時：2010年3月1日～3月3日

場所：高エネルギー加速器研究機構

参加者：100名

## 5. 教育活動

### 5.1 総合大学院大学

加速器科学専攻「加速器概論」

加速器科学専攻「加速器工学特別演習」(学位論文指導)

総合大学院大学 夏期実習講師

## 5.2 非常勤講師等

(氏名略)

宇宙航空研究開発機構宇宙基幹システム本部宇宙環境利用センター主幹研究員

首都大学東京大学院非常勤講師

茨城県立医療大学非常勤講師

大阪大学大学院理学研究科

## 6. 機構外活動・社会貢献活動等

### 6.1 外部委員会等委員

(氏名略)

- ・大強度陽子加速器施設放射線等安全検討委員会委員
- ・J-PARC 放射線安全委員会委員
- ・大学等放射線施設協議会常議員
- ・大学等放射線施設協議会加速器放射線安全検討委員会委員
- ・日本アイソトープ協会クリアランス検討委員会委員
- ・日本アイソトープ協会主任者部会 本部運営委員、関東支部長、第1種主任者試験問題解答例作成委員会委員長
- ・放射化分析研究会 幹事
- ・筑波放射線安全交流会会長

### 6.2 学会等委員

(氏名略)

- ・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
- ・日本原子力学会 編集委員
- ・日本放射化学会 理事
- ・日本保健物理学会 放射線防護標準化委員会委員
- ・日本放射線安全管理学会会長
- ・日本原子力学会「放射線遮蔽」研究専門員会委員
- ・日本原子力学会「放射線遮蔽データ」研究専門委員会委員
- ・電気学会 先進放射線利用技術調査専門委員会委員
- ・応用物理学会プログラム編集委員
- ・応用物理学会企画編集委員
- ・日本分析化学会 幹事

- ・日本分析化学会 X線分析研究懇談会 幹事
- ・日本分光学会 代議員

### 6.3 その他

- ・ ISORD-5 プログラム委員
- ・スーパーコンピューティング&モンテカルロ 2010 国際会議(SNA+MC2010) プログラム委員
- ・放射線安全講習会講師
- (1) 独立行政法人 産業技術総合研究所主催 講習会：4月23日「放射性同位元素等  
または放射線発生装置の安全取扱」
- (2) 日本アイソトープ協会主催講習会：5月14日 安全取扱いの基礎、10月6日(月)  
法令

### 6.4 社会貢献等

- ・ EGS 講習会講師 2009年8月
- ・ ウィンターサイエンスキャンプ (2009年12月24日(木) - 26日(土)) の実習講師
- ・ 日本アイソトープ協会主催講習会：5月26日 法令、安全取扱いの基礎、  
10月13日 法令
- ・ 独立行政法人 産業技術総合研究所主催 講習会：4月23日、10月19日「放射性同位  
元素等または放射線発生装置の安全取扱」

## 7. 放射線科学センター名簿 (平成 21 年度)

* 伴 秀一	松村 宏	高橋 一智
榊本 和義	齋藤 究 <sup>(#)</sup>	豊田 晃弘
佐々木 慎一	岩瀬 宏	吉岡 綾
三浦 太一 <sup>(#)</sup>	萩原 雅之 <sup>(#)</sup>	高橋 朝子 <sup>(#)</sup>
文珠四郎 秀昭	穂積 憲一	佐藤 允
俵 裕子	平 雅文	豊島 規子
波戸 芳仁	中村 一	近藤 健次郎 <sup>(a)</sup>
沼尻 正晴 <sup>(#)</sup>	沢辺 元明	道川 太一 <sup>(b)</sup>
別所 光太郎	高原 伸一	
佐波 俊哉	飯島 和彦	

平成 22 年 3 月 31 日現在

\* 放射線科学センター長

(#) J-PARC センター所属

(a) 研究支援推進員

(b) 協力研究員

## Chapter 4      Publication List

### 1. Papers (2009.1.1~2009.12.31)

- (1) Y. Enomoto, H. Monjushiro, H. Watarai, “Simple and Precise Size-Separation of Microparticles by a Nano-Gap Method”, *Analytical Sciences*, **25(5)**, 605-610(2009).
- (2) F. Kaneko, H. Monjushiro, M. Nishiyama, T. Kasai, “Photoacoustic Experimental System To Confirm Infrared Absorption Due to Greenhouse Gases”, *J. Chem. Edu.*, 87(2), 202-204(2010).
- (3) T. Sanami, M. Hagiwara, T. Oishi, M. Hosokawa, S. Kamada, Su. Tanaka, Y. Iwamoto, H. Nakashima, M. Baba, “A Bragg curve counter with an internal production target for the measurement of the double-differential cross-section of fragment production induced by neutrons at energies of tens of MeV”, *Nucl. Instr. Meth.A* **610**, issue 3, 660 (2009).
- (4) F. Tárkányi, A. Hermanne, B. Király, S. Takács, F. Ditrói, J. Csikai, A. Fenyvesi, M.S. Uddin, M. Hagiwara, M. Baba, T. Ido, Yu.N. Shubin, A.V. Ignatyuk “New cross-sections for production of  $^{103}\text{Pd}$ ; review of charged particle production routes”, *Appl. Rad. Iso.* Vol.67, issue 9, 1574(2009).
- (5) M.S. Uddin, S. Kamada, M. Hagiwara, T. Itoga, M. Baba: “Measurements of neutron induced activation of concrete at 64.5 MeV”, *Anal. Nucl. Ene.* Vol.36, issue 8, 1133(2009).
- (6) H. Yashima, H. Iwase, M. Hagiwara, Y. Kirihara, S. Taniguchi, H. Yamakawa, K. Oishi, Y. Iwamoto, D. Satoh, Y. Nakane, H. Nakashima, T. Itoga, N. Nakao, T. Nakamura, A. Tamii, K. Hatanaka “Benchmark Experiment of Neutron Penetration Through Iron and Concrete Shields for Hundreds-Of-Mev Quasi-Monoenergetic Neutrons—I: Measurements of Neutron Spectrum by A Multimoderator Spectrometer”, *Nucl. Technol.* Vol.168, 298(2009).
- (7) M. Hagiwara, H. Iwase, Y. Kirihara, H. Yashima, Y. Iwamoto, D. Satoh, Y. Nakane, H. Nakashima, T. Nakamura, A. Tamii, K. Hatanaka, “Benchmark Experiment of Neutron Penetration through Iron and Concrete Shields for Hundreds-of-Mev Quasi-Monoenergetic Neutrons—ii: Measurements of Neutron Spectrum by An Organic Liquid Scintillator”, *Nucl. Technol.* Vol.168, 304(2009).
- (8) Y. Iwamoto, D. Satoh, M. Hagiwara, H. Iwase, Y. Kirihara, H. Yashima, Y. Nakane, H. Nakashima, T. Nakamura, A. Tamii, K. Hatanaka: “Measurement of Angulardependent Neutron Production with 140-Mev Protons”, *Nucl. Technol.* Vol.168, 340(2009).
- (9) H. Nakashima, Y. Sakamoto, Y. Iwamoto, N. Matsuda, Y. Kasugai, Y. Nakane, F. Masukawa, N. V. Mokhov, A. F. Leveling, D. J. Boehnlein, K. Vaziri, T. Sanami, H. Matsumura, M. Hagiwara, H. Iwase, N. Kinoshita, H. Hirayama, K. Oishi, T. Nakamura, H. Arakawa, N. Shigyo, K. Ishibashi, H.

- Yashima, N. Nakao, K. Niita, “Experimental Studies of Shielding and Irradiation Effects at High-Energy Accelerator Facilities”, *Nucl. Technol.* Vol.168, 482 (2009).
- (10) Y. Kirihara, M. Hagiwara, H. Iwase, S. Ban, T. Itoga, T. Nakamura: “Comparison of Several Monte Carlo Codes with Neutron Deep Penetration Experiments”, *Nucl. Technol.* Vol.168, 773 (2009).
- (11) Hiroshi Matsumura, Norikazu Kinoshita, Akihiro Toyoda, Kazuyoshi Masumoto, Kotaro Bessho, Masayuki Hagiwara, Yutaka Yamanoi, “Adsorption Behavior of Radionuclides on Ion-Exchange Resin from Cooling Water for the K2K Target and Magnetic Horns”, *Nucl. Technol.* Vol.168, 979(2009).
- (12) Y. Kirihara, Y. Namito, H. Iwase, and H. Hirayama, “Monte Carlo Simulation of Tabata's Electron Backscattering Experiments”, Accepted in *Nucl.Instrum. and Meth.*(KEK Preprint 2009-39).
- (13) Y. Kirihara, Y. Namito and H. Hirayama: "Incorporation of Landau-Pomeranchuk-Migdal effect and dielectric suppression in EGS5 code", Accepted in *Nucl. Instrum and Meth.*(KEK Preprint 2010-2).
- (14) T. Tamagawa, A. Hayato, b, F. Asami, K. Abe, S. Iwamoto, S. Nakamura, A. Harayama, T. Iwahashi, S. Konami, H. Hamagaki, Y.L. Yamaguchi, H. Tawara, K. Makishim:” Development of thick-foil and fine-pitch GEMs with a laser etching technique”, *Nucl. Instr. Meth.* B608, 390-396 (2009).
- (15) S. Kodaira, N. Yasuda, H. Tawara, K. Ogura, T. Doke, N. Hasebe, T. Yamauchi:” Temperature and pressure conditions for the appropriate performance of charge and mass resolutions in balloon-borne CR-39 track detector for the heavy cosmic rays”, *Nucl. Instr. Meth.* B267, 1817-1822 (2009).
- (16) H. Iwase, R. Tayama, T. Hashimoto, Y. Namito, S. Ban, “Radiation shielding program BULK-II for proton and carbon accelerator facilities”, *Journal of Nuclear Science and Technology*, in press.
- (17) H. Matsumura, N. Kinoshita, A. Toyoda, K. Masumoto, K. Bessho, M. Hagiwara, Y. Yamanoi, “Adsorption Behavior on the Ionexchange Resin for Radionuclides from Cooling Water for The K2K Target and Magnetic Horns”, *Nuclear Technology* **168** 979-983(2009).
- (18) N. Kinoshita, H. Matsumura, K. Bessho, A. Toyoda, K. Masumoto, Y. Matsushi, K. Sasa, T. Takahashi, S. Mihara, T. Oki, M. Matsumura, Y. Tosaki, K. Sueki, M. Tamari, Y. Nagashima, “Depth profile of radioactivity induced in the thick concrete shield in EP-1 beam-line at the 12-GeV proton synchrotron facility, KEK”, *Nuclear Technology* **168** 694-699(2009).
- (19) T. Sanami, M. Hagiwara, I, T. Oishi, M. Hosokawa, S. Kamada, Su. Tanaka, Y. Iwamoto, H. Nakashima and M. Baba, “A Bragg curve counter with an internal production target for the measurement of the double-differential cross-section of fragment production induced by neutrons at energies of tens of MeV” *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A:*

*Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* Volume 610, Issue 3, 11 November 2009, Pages 660-668.

- (20) K. Bessho, C. Degueldre, “Generation and sedimentation of colloidal bentonite particles in water”, *Appl. Clay Sci.* **43** 253–259 (2009).
- (21) C. Degueldre, P. Aeberhard, P. Kunze, K. Bessho, “Colloid generation/elimination dynamic processes: Toward a pseudo-equilibrium?”, *Coll. Surf. A*, **337** 117–126 (2009).

## **2. Publication in Japanese (2009.1.1~2009.12.31)**

- (1) 佐波俊哉、萩原雅之、高田真志、馬場護: “粒子線治療技術の高度化を支える核反応実験データ -低エネルギー核破砕片検出器の開発とデータの取得 -”, 放医研NEWS No.158 , 7 (2010).
- (2) 平山英夫、波戸芳仁: “EGS5コードと放射線計測分野での役割”, 日本放射線技術学会計測分科会誌, 17巻, 1 (2009).
- (3) 榎本和義: “加速器施設の廃止-高エネルギー加速器研究機構田無分室における廃止事例”, デコミッションング技法 **39** 30-43(2009).
- (4) 佐々木慎一: 「第7章測定器の種類と特徴」初級放射線教育講座(共著)、千代田テクノル (2009) .

## **3. Proceedings (2009.1.1~2009.12.31)**

- (1) T. Sanami, “Measurement of fragment production DDX of 72 and 144 MeV  $^{12}\text{C}$  beam induced reaction on carbon using Bragg Curve Counter”, Proceedings of 2009 Nuclear data symposium
- (2) T. Sanami, “Shielding Experiments at High Energy Accelerators of Fermilab(I) - Dose Rate Around High Intensity Muon Beam -”, Proceeding of ISORD5
- (3) S. Sasaki, T. Sanami, K. Saito, K. Iijima, H. Tawara and T. Murakami, “W-values for Heavy Ions in Gases”, IEEE Trans. Nucl. Symp.Conf. Record N3-146 (2009).
- (4) S. Tsuda, T. Sato, H. Iwase, Y. Namito and S. Sasaki, “Evaluation of delta-rays production in a wall-less tissue equivalent proportional counter irradiated by energetic heavy ion beams”, Proc. the 16th EGS Users' Meeting in Japan, 90-95 (2009).
- (5) 木下哲一, 松村宏, 別所光太郎, 豊田晃弘, 榎本和義, 玉理美智子, 末木啓介, 天野孝洋, 笹公和, 高橋努, 戸崎裕貴, 三原正三, 大木俊征, 長島泰夫, 松四雄騎, KEKのEP-1ビームラインのコンクリート遮蔽体に生成する放射能, 第10回環境放射能研究会報告集 (KEK

Proceedings 2009-8), 183-189 (2009).

#### **4. Reports (2009.1.1.1~2009.12.31)**

- (1) M. Hagiwara, T. Sanami, Y. Iwamoto, N. Matsuda, Y. Sakamoto, Y. Nakane, H. Nakashima, K. Masumoto, Y. Uwamino and H. Kaneko, "Spectrum Measurement of Neutrons and Gamma-rays from Thick  $H_2^{18}O$  Target Bombarded with 18 MeV Protons", *JAEA-Review 2009-041*, 151
- (2) "放射線管理報告 2008" KEK Internal 2008-7 (2009).
- (3) 榎本和義: "平成 20 年度委託業務成果報告書: 放射線治療用直線加速装置使用施設及び PET 診断薬剤製造用サイクロトロン使用施設等における放射線発生装置使用施設における放射化評価手法並びに放射化物の発生状況及び取扱いに関する調査" (2009, 3 月)
- (4) 吉岡 綾、平 雅文、佐藤 充、別所 光太郎、神田 征夫、文珠四郎 秀昭: "化学安全管理報告-2008 年度-" , KEK Internal 2009-1.

#### **5. Presentation at Conferences (2009.4~2010.3)**

##### **5.1 International Conference**

• Particle Accelerator Conference (PAC09) (Vancouver, Canada, May 4-8, 2009).

- (1) S. Sakanaka, M. Akemoto, T. Aoto, D. Arakawa, A. Enomoto, S. Fukuda, K. Furukawa, T. Furuya, K. Haga, K. Hara, K. Harada, T. Honda, Y. Honda, H. Honma, T. Honma, K. Hosoyama, M. Izawa, E. Kako, T. Kasuga, H. Kawata, M. Kikuchi, Y. Kobayashi, Y. Kojima, T. Matsumoto, H. Matsushita, S. Michizono, T. Mitsunashi, T. Miura, T. Miyajima, T. Muto, S. Nagahashi, T. Naito, H. Nakai, H. Nakajima, E. Nakamura, K. Nakanishi, T. Nogami, S. Noguchi, T. Obina, S. Ohsawa, T. Ozaki, S. Sasaki, K. Satoh, M. Satoh, T. Shidara, M. Shimada, T. Shioya, T. Shishido, T. Suwada, T. Takahashi, R. Takai, Y. Tanimoto, M. Tawada, M. Tobiyama, K. Tsuchiya, T. Uchiyama, K. Umemori, K. Watanabe, M. Yamamoto, S. Yamamoto, Y. Yamamoto, R. Hajima, H. Iijima, N. Kikuzawa, E. J. Minehara, R. Nagai, N. Nishimori, M. Sawamura, N. Nakamura, A. Ishii, I. Ito, T. Kawasaki, H. Kudoh, H. Sakai, T. Shibuya, K. Shinoe, T. Shiraga, H. Takaki, M. Katoh, M. Kuriki and S. Matsuba, D. Yoshitomi and K. Torizuka, H. Hanaki, "STATUS OF THE ENERGY RECOVERY LINAC PROJECT IN JAPAN".

• 5th International Workshop on Radiation Safety at Synchrotron Radiation Sources (RADSYNCH), (Trieste, Italy, May 21-23, 2009)

- (1) H. Nakamura, Y. Namito, K. Iijima, K. Takahashi, and S. Ban, "Radiation Safety issues for the PF-AR in KEK".

• 10<sup>th</sup> International Conference of Inorganic Scintillators and Their Application (Scint2009) (Lotte hotel Jeju, Jeju, Korea, June 8-12, 2009)

- (1) Shinichi Sasaki, Hiroko Tawara, Kiwamu Saito, Eido Shibamura, "W<sub>s</sub>-values in Several Inorganic Scintillation Crystals for Gamma-rays".
- (2) Eido Shibamura, Kiwamu Saito, Shinichi Sasaki, Hiroko Tawara, "Measurement of quantum efficiency and gain of PMT as a function of temperature from 150 K to 300 K to determine the temperature dependence of absolute photon yield of inorganic scintillators"

• The Fifth International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-5), (Kitakyushu International Conference Center, Kitakyushu, Japan, July 15-17, 2009)

- (1) M. Hagiwara, Toshiya Sanami, Yosuke Iwamoto, Hiroyuki Arakawa, Nobuhiro Shigyo, Nikolai Mokhov, Anthony Leveling, David Boehnlein, Vaziri Kamran, Takashi Nakamura, Koji Oishi, Hideo Hirayama, Hiroshi Nakashima, Yukio Sakamoto and members of JASMIN corroboration, "Neutron Spectrum Measurements in Intense Pulsed Neutron Fields of The 120-GeV Proton Facility Using A Current Bonner Sphere Technique"
- (2) Y. Kiriwara, Y. Namito, H. Iwase and H. Hirayama, "Comparizon of Several Electromagnetic Cascade Monte Carlo Codes with Electron Backscattering Experiments".
- (3) S. Ban, R. Tayama, T. Hashimoto, H. Iwase and Y. Namito, "Radiation shielding program BULK-II for proton and carbon accelerator facilities".
- (4) K. Iijima, M. Hagiwara, T. Sanami, K. Saito, H. Nakamura, S. Sasaki, "Development of Current Readout Type Neutron Monitor for bust neutron field".
- (5) H. Iwase, R. Tayama, T. Hashimoto, Y. Namito, S. Ban "Radiation shielding program BULK-II for proton and carbon accelerator facilities"
- (6) T. Sanami et.al, "Shielding Experiments at High Energy Accelerators of Fermilab(I) - Dose Rate Around High Intensity Muon Beam.
- (7) H. Nakamura, K. Masumoto, and A. Toyoda, "Measurements of neutrons in the rooms of medical electron linacs".

• 14th International Conference on Fusion Reactor Materials (ICFRM-14), (Sapporo Convention Center, Sapporo, Japan, September 7-12, 2009)

- (1) M. Hagiwara, T. Itoga, M. Baba, Md. S. Uddin, M. Sugimoto, "Experimental Studies on

Deuteron-induced Activation Reactions in IFMIF Accelerator Structural Elements”

• International Workshop on Radiation Safety at Synchrotron Radiation Sources,(20-21 May 2009, Erice, Italy).

- (1) H.Nakamura, Y.Namito, K.Iijima, K.Takahashi and S.Ban, “Radiation Safety Issues for the PF-AR in KEK”.

• 15th International Symposium on Microdosimetry MICROS 2009, (25-30 Oct 2009, Verona Italy).

- (1) S. Tsuda, T. Sato, D. Satoh, F. Takahashi, A. Endo, S. Sasaki, Y. Namito, H. Iwase, S. Ban, M. Takada, “Microdosimetry for heavy ion beams using a wall-less tissue equivalent proportional counter”.

• 2009 IEEE Nuclear Science Symposium, (Orlando, Florida, USA, October 25-31, 2009)

- (1) Kiwamu Saito, Shinichi Sasaki, Toshiya Sanami, Hiroko Tawara and Eido Shibamura, “Scintillation Mechanism in Helium Mixed with Xenon”.
- (2) S. Sasaki, K. Saito, H. Tawara, T. Doke, K. Miuchi, T. Komiyama, H. Matsumoto, Y. Uchihori and K. Terasawa, “PRESENT STATUS OF POSITION-SENSITIVE TISSUE EQUIVALENT PROPORTIONAL CHAMBER (PS-TEPC) FOR SPACE DOSIMETRY”.
- (3) S. Sasaki, T. Sanami, K. Saito, K. Iijima H. Tawara, T. Murakami, “W-VALUES FOR HEAVY IONS IN GASES”.

• International Workshop of Heavy Ion Stopping 2009 (ITEP, Moscow, Russia, June 3, 2009)

- (1) Hiroshi Iwase “Heavy ion stopping calculation by the PHITS code”

• 2009 Nuclear data symposium (2009)

- (1) T. Sanami et.al, “Measurement of fragment production DDX of 72 and 144 MeV  $^{12}\text{C}$  beam induced reaction on carbon using Bragg Curve Counter”

• 12th Vienna Conference on Instrumentation - VCI 2010 (Vienna Austria, February 15-19, 2010).

- 1) S. Sasaki, K. Saito, H. Tawara, K. Takahashi, T. Doke, K. Miuchi, T. Komiyama, H. Matsumoto, N. Higashio, Y. Uchihori, “STATUS OF POSITION-SENSITIVE TISSUE EQUIVALENT PROPORTIONAL CHAMBER (PS-TEPC) FOR SPACE DOSIMETRY”.

## 5.2 Invited Talk at Domestic Meetings

- (1) 波戸芳仁, “EGS5コードで扱う電子・光子と物質との相互作用”, 第3回関西EGS5 ワークショップ in 関西 大阪大学 2009年10月3日.
- (2) 波戸芳仁, “EGS code and reaction between electrons and photons”, Japan-Korea Joint Summer School on Radiation Science and Engineering, 小倉コンベンションセンター 2009年7月15日-17日.
- (3) 波戸芳仁, “Demonstration of EGS code”, Japan-Korea Joint Summer School on Radiation Science and Engineering, 小倉コンベンションセンター 2009年7月15日-17日.
- (4) 榎本和義, “放射線発生装置から発生する放射化物の物量評価”, 平成21年度大学等における放射線安全管理研修会、東京、平成21年8月28日
- (5) 榎本和義, “放射線発生装置使用施設におけるクリアランス制度の導入について”, 第11回放射線防護研究会「放射性廃棄物のクリアランス制度のあり方」、東京、平成21年12月26日

## 5.3 Domestic Conference

・日本原子力学会 2009 秋の大会, 東北大学, 2009 年 9 月 16 日 (木) ~18 日 (金)

- (1) 萩原雅之 (後で発表タイトル名)
- (2) 桐原陽一、波戸芳仁、平山英夫, “EGS5 へのミグダル効果の組み込み”
- (3) 佐波俊哉, “FERMI 研究所の高エネルギー加速器施設における遮蔽実験 (X) 高エネルギーミューオンビームからの二次中性子の測定”

・第4回高崎量子応用研究シンポジウム、高崎シティギャラリー、2009年10月8日(木)–9日(金)

- (1) 萩原雅之 (後で発表タイトル名)

・日本原子力学会 2010 春の年会, 茨城大学 (理学部), 2010 年 3 月 26 日 (金) ~28 日 (日)

- (1) 萩原雅之 (後で発表タイトル名)
- (2) 桐原陽一、波戸芳仁、平山英夫, “EGS5 への LPM および誘電による抑制効果の組み込み”
- (3) 佐波俊哉他, “中高エネルギー中性子場における個人線量計の応答”

・第16回 EGS 研究会

- (1) Y.Kirihara, Y.Namito and H.Hirayama, “The LPM effect include in the EGS5 code”
- (2) S.Tsuda, T.Sato, H.Iwase, Y.Namito and S.Sasaki, “重粒子線照射による壁なし組織透過電離箱の  $\delta$  線生成量評価”

・日本放射化学会年会，東京，2009年9月28～30日

- (1) 玉理美智子、末木敬介、天野孝洋、笹公和、高橋勉、松四雄騎、戸崎裕貴、大木俊征、長島泰夫、木下哲一、松村宏、別所光太郎：“AMSを用いた土壌中の $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 同位体比”
- (2) 浜中芳文、大浦泰嗣、海老原充、笹公和、長島泰夫、高橋勉、戸崎裕貴、松四雄騎、玉理美智子、天野孝洋、末木敬介、木下哲一、別所光太郎：“石質隕石中の $^{36}\text{Cl}$ 生成率(II)”
- (3) 阪間稔、佐瀬卓也、大野吉美、中村一、豊田晃弘、飯島和彦、小迫和明、大石晃嗣、榎本和義：“広島大学病院18MV医療用電子リニアック室内における中性子束の箔放射化法及びコンセントビスの放射化量による測定”
- (4) 尾本隆志、二宮和彦、中垣麗子、高橋成人、関本俊、宇都宮敬、八島浩、柴田誠一、嶋達志、木下哲一、松村宏、萩原雅之、岩本洋介、佐藤大樹、N.W.Caffee、今村峯雄、西泉邦彦、篠原厚：“中間エネルギー領域のCu、Nb中性子核反応断面積測定(II)”

・日本放射線安全管理学会第8回学術大会、長崎大学医学部記念講堂・良順会館、2009年12月2～4日

- (1) 飯島和彦、佐波俊哉、萩原雅之、齋藤究、佐々木慎一、中村一、豊田晃弘、榎本和義、石渡喜一、大野吉美、中島健雄、相田雅道、井澤伸尚、越智悠介、河合信太郎：“医療用加速器の加速器室内における電流読み出し型モニターを用いた中性子線量測定”
- (2) 阪間稔、佐瀬卓也、大野吉美、中島健雄、相田雅道、井澤伸尚、越智悠介、河合信太郎、中村一、豊田晃弘、飯島和彦、榎本和義、小迫和明、大石晃嗣：“18MV医療用電子リニアック室内における中性子束の箔放射化法及びコンセントビスの放射化量による測定”
- (3) 中村一、榎本和義、豊田晃弘、飯島和彦、阪間稔、佐瀬卓也、大野吉美、中島健雄、相田雅道、井澤伸尚、越智悠介、河合信太郎：“18MV医療用電子リニアック室内の中性子測定”
- (4) 小迫和明、大石晃嗣、榎本和義、中村一、豊田晃弘、飯島和彦、阪間稔、佐瀬卓也、大野吉美、中島健雄、相田雅道、井澤伸尚、越智悠介、河合信太郎：“18MV医療用電子リニアック室内線量率分布の解析”

・日本物理学会2009年秋季大会、甲南大学、2009年9月10日～9月13日

- (1) 阿佐美ふみ、玉川徹、早藤麻美、岩橋孝典、小波さおり、俵裕子、浜垣秀樹、山口頼人、牧島一夫：“GEMの電子増幅度のマッピング調査”

・日本物理学会第65回年次大会、岡山大学、2010年3月20日～23日

- (1) 藤井景子、片田夕貴、鳥越唯、遠藤雄也、八木沢一穂、中村正吾、齋藤究、佐々木慎一、俵裕子、春山富義：“液体キセノンの発光スペクトルの測定-3”

・第 11 回環境放射能研究会, KEK, 2010 年 3 月 1 日～3 日

- (1) 別所光太郎, 松村宏, 木下哲一, 榎本和義, 文珠四郎秀昭, 平雅文, 佐藤充, 沢辺元明, 古宮綾, 沖雄一, 島田紗希, 勝田正一「高エネルギー加速器施設の各種冷却水中に生成される放射性核種およびコロイド化学種の解析」

・研究会「電離及びシンチレーション検出器の基礎物理と暗黒物質探索への応用」、早稲田大学理工学術院総合研究所・理工学研究所, 2009 年 9 月

- (1) 藤井景子, 佐藤友厚, 宗田天志, 中村正吾, 齋藤究, 佐々木慎一, 俵裕子, 春山富義, “液体キセノンの発光スペクトルの測定計画”

・宇宙航空研究開発機構 第 10 回宇宙科学シンポジウム、宇宙航空研究開発機構, 2010 年 1 月

- (1) 河野秀紀, 中村正吾, 平賀純子, 片倉勇人, 藤井景子, 片田夕貴, 鳥越唯, 精松高志, 高木雄太, 遠藤雄也, 八木沢一穂, 岸本俊二, 俵裕子, 内堀幸夫, 北村尚, 高島健, “硬 X 線用 CCD 内部で形成される電荷雲形状の測定実験 3”

・研究会「放射線検出器とその応用」(第 24 回)、高エネルギー加速器研究機構 つくば市、2010 年 1 月 26 日-28 日

- (1) 藤井景子, 片田夕貴, 鳥越唯, 遠藤雄也, 八木沢一穂, 中村正吾, 笠見勝祐, 齋藤究, 佐々木慎一, 俵裕子, 春山富義, “液体キセノンの発光スペクトルの測定”
- (2) 片倉勇人, 中村正吾, 平賀純子, 河野秀紀, 精松高志, 高木雄太, 藤井景子, 片田夕貴, 鳥越唯, 遠藤雄也, 八木沢一穂, 岸本俊二, 俵裕子, 内堀幸夫, 北村尚, 高島健, “硬 X 線用 CCD 内部で形成される電荷雲形状の測定実験”
- (3) 東尾奈々, 佐々木慎一, 道家忠義, 込山立人, 寺沢和洋, 俵裕子, 齋藤究, 高橋一智, 身内賢太郎, 松本晴久, 西村広展, 窪秀利, 谷森達, 永吉勉, 藤田康信, 竹内浩二, 菊池順, 内堀幸夫, 北村尚, “位置有感型組織等価線量計 PSTEPC の現状”
- (4) 齋藤究, 佐々木慎一, 俵裕子, 佐波俊哉, 柴村英道, “ヘリウム/キセノン混合ガスにおけるシンチレーションメカニズム”
- (5) 吉岡正勝, 上山正彦, 古葉裕介, 中村泰博, 森口大輔, 魚住裕介, 執行信寛, 佐藤大樹, 佐波俊哉, 高田真志, “HIMAC 中性子測定に於けるデジタル波形処理”

・ワークショップ「one goal, different approaches - how to predict total reaction cross sections」(2009 年 5 月 15 日 理研)

- (1) H. Iwase “How  $\sigma_R$  is used in Monte Carlo code”、

・ Radiation Physics Seminar at SLAC-RP (June 2009、SLAC National Accelerator Laboratory)

- (1) T. Sanami, “Double differential cross section of fragment production from tens MeV proton induced reactions using Bragg Curve Counter”

・放射線計測研究会」第31回研究会、(平成21年4月11日、三菱総合研究所ビル)

- (1) 佐波俊哉、“ブラックカーブカウンターによる数10MeV核子によるフラグメント生成二重微分断面積の測定”

## 6. 編集 (2009.4 – 2010.3)

- (1) Y. Namito, H. Hirayama, S. Ban, edited: “Proceedings of the Sixteenth EGS Users' Meeting in Japan”, KEK Proc. 2009-6, (2009).
- (2) S. Sasaki, M. Hagiwara, T. Sanami, K. Saito, K. Iijima, H. Tawara and H. Takahashi: “Radiation Detectors and Their Uses”, Proc. 23rd Workshop on Radiation Detectors and Their Uses, KEK Proceedings 2009-12 (2010).
- (3) K. Bessho, T. Miura : “Proceedings of the Tenth Workshop on Environmental Radioactivity”, KEK Proceedings 2009-8 (2009).

## 7. Internal Reports of Radiation Science Center (2009.4 – 2010.3)

放射線科学センターでは以下のような放射線関連、並びに科学安全関連の「放射線科学センター部内レポート」を発行している。

### 7.1 放射線関係の部内レポート

内容により3種のカテゴリーに分類し、それぞれ年度ごとに通し番号を付けている。

- (1) RAD-A-  
管理区域の設定、管理区域責任者の交代、手続き等、放射線安全に関連して、主任者や管理区域責任者、或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、そのほか放射線に関連する事項に対して検討した結果
- (3) RAD-S-  
日常的な作業環境の測定を含めた各施設において実施した放射線測定に関する事項

### 7.2 化学安全関係の部内レポート

内容により2種のカテゴリーに分類し、それぞれ年度ごとに通し番号を付けている。

- (1) CHEM-A  
機構職員、共同利用研究者等から寄せられた依頼分析の記録

(2) CHEM-W-

水質検査業務、実験廃液処理業務、RI 排水処理業務に関連して行った検討事項の記録

**7.3 RAD-A**

RAD-A-2009/1 年末年始管理区域出入り管理業務の一部変更について (榎本)

**7.4 RAD-D**

RAD-D-2009/1 STF縦測定設備上部の中性子透過計算 (波戸・萩原)

**7.5 RAD-S**

RAD-S-2009/1 小型電子加速器運転時の遮蔽体表面線量測定 (豊田)

RAD-S-2002/2 入射器高電界試験装置 B サーベイ (佐波)

RAD-S-2009/3 ATF 運転終了後の表面線量測定 (豊田)

RAD-S-2009/4 PF-AR 運転停止後の AR リング表面線量率測定 (飯島)

RAD-S-2009/5 テストリニアック運転終了時線量率測定 (佐波)

RAD-S-2009/6 PF-AR の NE7 壁側の放射線測定 (中村)

RAD-S-2009/7 PF-AR の NE7 光導入時の放射線測定 (中村)

RAD-S-2009/8 PF-AR の NE7 光導入時の放射線測定(2) (中村)

RAD-S-2009/9 PF-AR 運転停止後の AR リング表面線量率測定 (飯島)

RAD-S-2009/10 KEKB 加速器運転停止後の表面線量率測定 (中村)

RAD-S-2009/11 定期放射線線量率等測定結果 (PS 関連施設) (飯島)

RAD-S-2009/12 定期放射線測定結果 (NMLRI6 ヶ月毎測定) (飯島)

RAD-S-2009/13 定期放射線線量率等測定結果 (中性子・ミュオン科学研究施設関連)  
(飯島)

RAD-S-2009/14 定期放射線線量率等測定結果 (PS 関連施設) (飯島)

RAD-S-2009/15 定期放射線測定結果 (NMLRI6 ヶ月毎測定) (飯島)

RAD-S-2009/16 定期放射線線量率等測定結果 (中性子・ミュオン科学研究施設関連)  
(飯島)

RAD-S-2009/17 KEK-BT の運転停止後の表面線量率測定結果 (中村)

RAD-S-2009/18 KEK-BT の運転停止後の表面線量率測定結果 (中村)

RAD-S-2009/19 PF-AR 運転停止後の AR リング表面線量率測定 (飯島)

**7.6 CHEM-A**

依頼者所属

CHEM-A-09/1 東海 RFQ 加速器 (試験号機) で使われているゴムパッキンの分析

CHEM-A-09/2	加速器	ストレーナー内異物、測温体付着物の分析
CHEM-A-09/3	放射線	J-PARC ニュートリノ T S、ビームダンプ冷却水の分析
CHEM-A-09/4	安衛室 (東海)	J-PARC 水道水の分析
CHEM-A-09/5	東海	J-PARC MR 電磁石用流量計内付着物の分析
CHEM-A-09/6	建築課	東カウンターホール建材中のアスベストの分析
CHEM-A-09/7	加速器	真空過熱器中のセラミックス表面付着物の分析
CHEM-A-09/8	加速器	クライストロン入力部絶縁体 (ベリリア使用) の分析
CHEM-A-09/9	加速器	クライストロン入力部絶縁体の分析
CHEM-A-09/10	加速器	ニオブ表面処理後、ニオブ表面、EP 液、洗浄水の分析
CHEM-A-09/11	加速器	ECR イオン源引き出し電極着色部の分析
CHEM-A-09/12	放射線	J-PARC 冷却水の分析
CHEM-A-09/13	建築課	建材中のアスベストの分析
CHEM-A-09/14	安衛室 (つくば)	MR D11 綿状物質の分析
CHEM-A-09/15	設備課	J-PARC 第 3 設備棟送風機モーター焼損部の分析
CHEM-A-09/16	加速器	ストレーナー内異物の分析
CHEM-A-09/17	放射線	放射線モニターラインの詰まり成分の分析
CHEM-A-09/18	放射線	J-PARC 冷却水の分析
CHEM-A-09/19	安衛室 (東海)	J-PARC 水道水の分析
CHEM-A-09/20	加速器	RCS シンクロトロン RF 空洞のファインメットコア内周部付着物、冷却タンク内部沈殿物の分析
CHEM-A-09/21	加速器	HLS センサー純水中の茶色浮遊物の分析
CHEM-A-09/22	加速器	KEKB クライストロン用絶縁油の油-水界面張力測定 (劣化度の評価)
CHEM-A-09/23	加速器	クライストロン出力窓冷却水の分析
CHEM-A-09/24	放射線	J-PARC ニュートリノ実験施設 TS B2 機械室ポンプ入口ストレーナー内残留物の分析
CHEM-A-09/25	加速器	クライストロン出力窓冷却水の分析
CHEM-A-09/26	加速器	KEKB トンネル空気中の鉛粒子の分析
CHEM-A-09/27	加速器	KEKB LER 用タンゲステン電極 W 溶射面の分析
CHEM-A-09/28	加速器	KEKB 直接入射路偏向電磁石用絶縁ホース内付着物、冷却水の分析
CHEM-A-09/29	加速器	KEKB 直接入射路偏向電磁石冷却水の分析
CHEM-A-09/30	加速器	KEKB 直接入射路偏向電磁石冷却水デミナーのイオン交換樹脂の分析
CHEM-A-09/31	加速器	J-PARC MR Cavity 冷却水の分析
CHEM-A-09/32	加速器	J-PARC RF Cavity コア表面付着物の分析

CHEM-A-09/33	放射線	陽子棟地下湧水の分析
CHEM-A-09/34	加速器	KE06-43 切断面採取サンプルの分析（前回分析の続き）
CHEM-A-09/35	加速器	J-PARC H-イオン源内堆積物の分析
CHEM-A-09/36	放射線	J-PARC 廃液貯留槽廃水の分析
CHEM-A-09/37	加速器	KEKB クライストロン用絶縁油の油—水界面張力測定（劣化度の評価）
CHEM-A-09/38	加速器	J-PARC 廃液貯留槽廃水の分析
CHEM-A-09/39	加速器	J-PARC 50GeV MR M2 ストレーナー付着物の分析
CHEM-A-09/40	加速器	KEKB BHIP_2 電磁石コイル腐食物
CHEM-A-09/41	加速器	クライストロン出力窓チラー冷却水の分析
CHEM-A-09/42	安衛室 (つくば)	先端計測開発棟大型機械実験準備室白色綿状物質のアスベスト分析
CHEM-A-09/43	加速器	クライストロン出力窓チラー冷却水の分析 2
CHEM-A-09/44	加速器	流量計内ゴム状物質の分析

