

KEK Progress Report 2009-5  
February 2010  
R

# Activity Report of Radiation Science Center in Fiscal 2008

KEK

Radiation Science Center  
Applied Research Laboratory

 High Energy Accelerator Research Organization

KEK Progress Report 2009-5 February 2010 R

Activity Report of Radiation Science Center in Fiscal 2008

© High Energy Accelerator Research Organization (KEK), 2010

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  
2008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 from the beginning of FY2007, and renamed to the Environmental Safety Office. 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 FY2008, 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. That has been designed and constructed based on great store of knowledge and experience of the monitoring system in Tsukuba. Residual radioactivity was studied to terminate the operation of PS Booster Synchrotron and the EP2 beam line. Development of a radiation safety design was commenced for our future project, the compact-ERL, and KEKB upgradation. 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	13
4. Nuclear Chemistry and Radiochemistry	16
5. Environmental and Analytical Chemistry at Accelerator	17

## Chapter 2 研究支援活動

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	22
2. 放射線安全管理関係	23
2.1 区域管理関連	23
2.2 横断的業務関連	24
2.3 J-PARC に関わる支援業務と設計開発、研究活動	26
3. 化学安全・環境関係	30
3.1 依頼分析	30
3.2 環境管理	30

## Chapter 3 資料

1. 外部資金導入状況	33
1.1 科学研究費補助金	33
1.2 受託研究等	33
2. 共同研究等	33
2.1 共同開発研究	33
2.2 大学等との共同研究	33
2.3 民間との共同研究	35
2.4 大学等連携支援事業	35
2.3 共同利用研究(施設利用)	35
3. 大学院生等の人材育成	36

3.1 学位論文の指導(総合大学院大学在学中指導)	36
3.2 学位論文の指導 (他大学)	36
4. センター開催の研究会及びシンポジウム	36
4.1 研究会「放射線検出器とその応用」	36
4.2 EGS 研究会	37
4.3 「環境放射能」研究会	37
5. 教育活動	37
5.1 総合大学院大学	37
5.2 非常勤講師等	37
6. 機構外活動・社会貢献件活動	37
6.1 外部委員会等委員	37
6.2 学会等委員	38
6.3 その他	38
6.4 社会貢献等	39
7. 受賞記録	39
8. 放射線科学センター名簿	40

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

1. Periodical Journals (2008.1-2008.12)	41
2. Publication in Japanese (2008.1-2008.12)	42
3. Proceedings (2008.1-2008.12)	43
4. Reports (2008.1-2008.12)	43
5. Presentation at Conferences (2008.4-2009.3)	44
5.1 International Conference	44
5.2 Invited talk at Domestic Meetings	46
5.3 Domestic Conference	46
6. 編集	50
7. Internal Reports of Radiation Science Center (2008.4 – 2009.3)	50
7.1 放射線関係の部内レポート	50
7.2 化学安全関係の部内レポート	50
7.3 RAD-A	50
7.4 RAD-D	51
7.5 RAD-S	51
7.6 CHEM-A	52

## **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. Nuclear engineering, radiation physics, radiation measurements, radiochemistry, radiation chemistry, health physics, radiation shielding, 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 2008 are described.

# 1. Research in Radiation Physics and Detector Development

## 1.1 Average Energies Required per Scintillation Photon and Energy Resolutions in Inorganic and Organic Scintillation Crystals for Gamma-rays

S. Sasaki, H. Tawara, K. Saito, E. Shibamura<sup>1</sup>

*KEK, <sup>1</sup>Saitama Prefectural Univ.*

The determination of  $W_s$ -value, an average energy to produce one scintillation photon, has been performed for gamma-rays in inorganic scintillators and plastic scintillators by measuring the numbers of photoelectrons in several combinations of a scintillator and a photo-multiplier tube (PMT). In order to obtain the absolute number of photoelectrons the PMT was used as a vacuum photodiode. In succession from the previous work, where  $W_s$  for CsI(Tl) was determined to be 15.0 eV and that for NaI(Tl) 13.3 eV, the values of  $W_s$  have been measured for the crystals of LSO, BGO, YAP(Ce), PWO, CWO, GSO, CsI(Na), and LaBr(Ce). The measurements were also performed for organic crystals of p-terphenyl and anthracene, and for plastic scintillators (EJ-2000 and pure-CVT).

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

## 1.2 $W$ -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*

For determination of  $W$ , an average energy to produce an ion pair, in gases at atmospheric pressures for heavy ions, an apparatus consisting of a particle-energy degrader, an ionization chamber and a time-of-flight energy spectrometer was constructed, where two types of pulse operation modes in an ionization chamber were employed. Using heavy-ion beams from an accelerator, the values of  $W$  were measured for  $\text{He}^{2+}$ ,  $\text{C}^{6+}$ , and  $\text{N}^{7+}$  ions in air and tissue-equivalent gas of the pressures of 500 to 760 Torr as a function of the energy of ions. For  $\text{C}^{6+}$  and  $\text{N}^{7+}$  ions, the energy dependence of  $W$  was clearly observed in both gases, while  $W$  for  $\text{He}^{2+}$  ions was approximately constant over a wide range of the energy. The differential  $W$ -values were also measured in two gases. In air, the differential  $W$ -values for  $\text{C}^{6+}$  and  $\text{N}^{7+}$  ions are almost equal to the value of  $W$  for high energy electrons.

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

### **1.3 Development of Position Sensitive Tissue Equivalent Proportional Chamber (PS-TEPC) for Dosimetry in Space and around Accelerators**

S. Sasaki, H. Tawara, K. Terasawa<sup>1,3</sup>, T. Doke<sup>1,3</sup>, K. Miuchi<sup>2</sup>, T. Nagayoshi<sup>2</sup>, H. Matsumoto<sup>3</sup>

*KEK, <sup>1</sup>Waseda Univ., <sup>2</sup>Kyoto Univ., <sup>3</sup>JAXA*

Radiation effects on human body are evaluated using dose equivalent  $H$ , defined as the product of the absorbed dose and the quality factor given as a function of LET. In space, there exist many kinds of radiations, such as galactic cosmic rays and geomagnetic trapped particles, where charged particles and neutrons are the main components contributing to radiation dose in space. Since LET of these radiations widely distributes, it is essential to measure directly LET for evaluation of  $H$  in space. The Tissue Equivalent Proportional Counter (TEPC) has been used as a standard space dosimeter, which is a simple gas counter made of tissue equivalent materials. In TEPC, since no position information is given, a lineal energy is measured instead of LET. Obviously the lineal energy does not represent LET accurately. The dose obtained using TEPC is reported to be inconsistent with those measured with real LET spectrometers. We started to develop a new dosimeter named as Position Sensitive Tissue Equivalent Chamber (PS-TEPC), which is based on a time projection chamber using Micro Pixel Chamber ( $\mu$ -PIC) as twodimensional position-sensitive detector. In this study, we aim to demonstrate feasibility of PS-TEPC and to complete a prototype of PS-TEPC usable in space. The performance was tested by using the heavy ion beams to examine its abilities of 3D-tracking and energy measurement.

### **1.4 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”*

## 1.5 Dosimetry for Neutrons from 0.25 to 15 MeV by the Measurement of Linear Energy Transfer Distributions for Secondary Charged Particles in CR-39 Plastic

H. Tawara, K. Eda, T. Sanami, S. Sasaki, K. Takahashi, R. Sonkawade<sup>1</sup>, A. Nagamatsu<sup>2</sup>,

K. Kitajo<sup>3</sup>, H. Kumagai<sup>3</sup>, T. Doke<sup>4</sup>

*KEK, <sup>1</sup>Inter University Accelerator Centre, <sup>2</sup>JAXA, <sup>3</sup>AES, <sup>4</sup>Waseda Univ.*

In the radiation fields of high energy accelerator facilities, high-altitude aircraft and space flights, high-energy neutron dosimetry of ~20 MeV or more is a significant issue for radiological protection. We studied the feasibility of experimental measurements of linear energy transfer (LET) distributions for secondary charged particles induced by fast neutrons using CR-39 plastic nuclear track detectors. In order to investigate a method of analyzing the CR-39 detectors that is appropriate for fast neutron dosimetry, two-layer CR-39 stacks were exposed to monochromatic neutrons (0.25, 0.55, 5, and 15 MeV) at the Fast Neutron Laboratory of Tohoku University in Japan. We also conducted Monte Carlo calculations to estimate the detection efficiency of the CR-39 detector for recoil protons. The CR-39 detectors treated by single-step chemical etching were used to obtain LET distributions for LET > 10 keV/μm-water. The results indicated that measurements of short-range particles are very important for obtaining the correct LET distributions. Using the measured LET distributions, we calculated neutron sensitivities, absorbed doses and dose equivalents based on the ICRP 60 Q-L relation and averaged quality factors. The measured dose equivalents were compared with the neutron fluence-to-dose equivalent conversion factors given by ICRP 74 (Fig. 1). The measured averaged quality factors were compared with weighting factors given by ICRP 60 and ICRP 92 (Fig. 2).

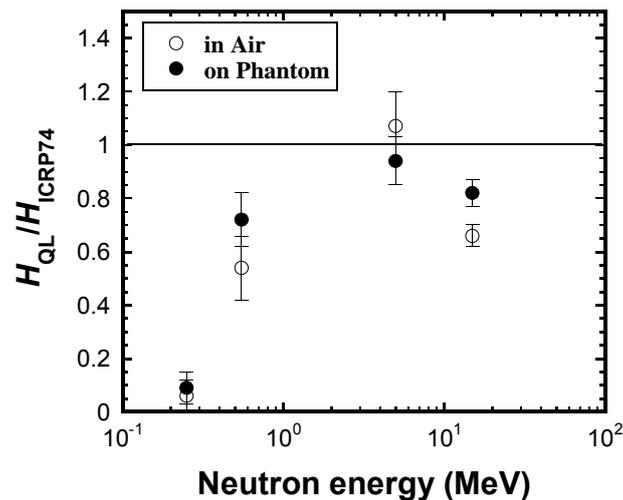


Fig. 1 Ratios of measured dose equivalents with CR-39 to equivalent doses given in ICRP 74 as a function of neutron energy. Error bars are statistical ones ( $1\sigma$ ).

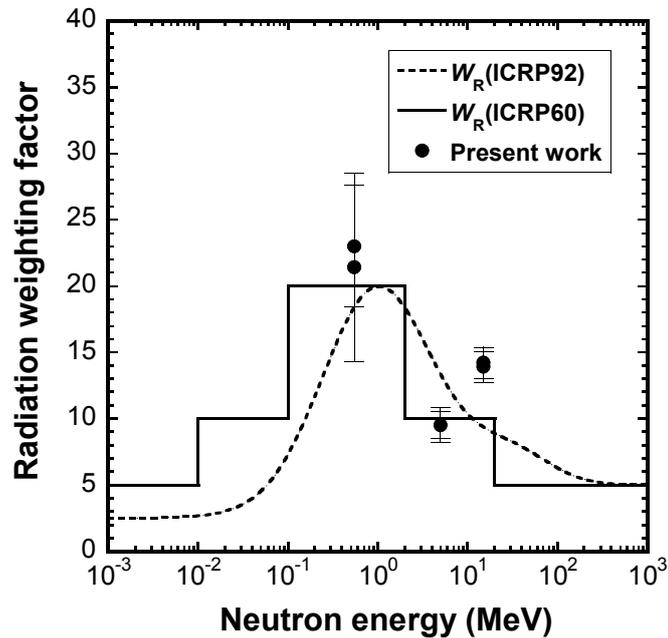


Fig. 2 Comparison of measured quality factors with weighting factors given in ICRP 60 and ICRP 92. Error bars are statistical ones ( $1\sigma$ ).

*Published in Jpn. J. Appl. Phys. 47 (2008) 1726–1734.*

## 1.6 Measurement of a Linear Energy Transfer Distribution with Antioxidant Doped CR-39 Correcting for the Dip Angle Dependence of Track Formation Sensitivity

H. Tawara, M. Masukawa<sup>1</sup>, A Nagamatsu<sup>1</sup>, K. Kitajo<sup>2</sup>, H. Kumagai<sup>2</sup>, N. Yasuda<sup>3</sup>  
 KEK, <sup>1</sup>JAXA, <sup>2</sup>AES, <sup>3</sup>NIRS

Antioxidant doped CR-39 detectors were loaded onto the STS-95 space shuttle mission (altitude: 574 km; inclination: 28.45°; flight duration: 8.9 days) for measuring the linear energy transfer (LET) distribution above 10 keV/μm for space radiation dosimetry. It is known that the track formation sensitivity of antioxidant doped CR-39 detectors depends on the dip angle of the incident particle. We investigated this dip angle dependence for a wide range of LET values and dip angles. The track formation sensitivities at lower dip angles were obviously decreased in the LET region below 100 keV/μm. We introduced minimum-cutoff dip angles in order to correct for such dip-angle dependence. The LET distribution of the STS-95 mission was obtained from the measurements of etch pits having dip angles larger than the minimum-cutoff dip angles. This new correction method increased the absorbed dose and dose equivalent above 10 keV/μm by 54 % and 28%, respectively. The dose equivalent for LET ≥ 10 keV/μm was found to be 8.9 ± 1.0 mSv from the LET distribution

corrected by the present method

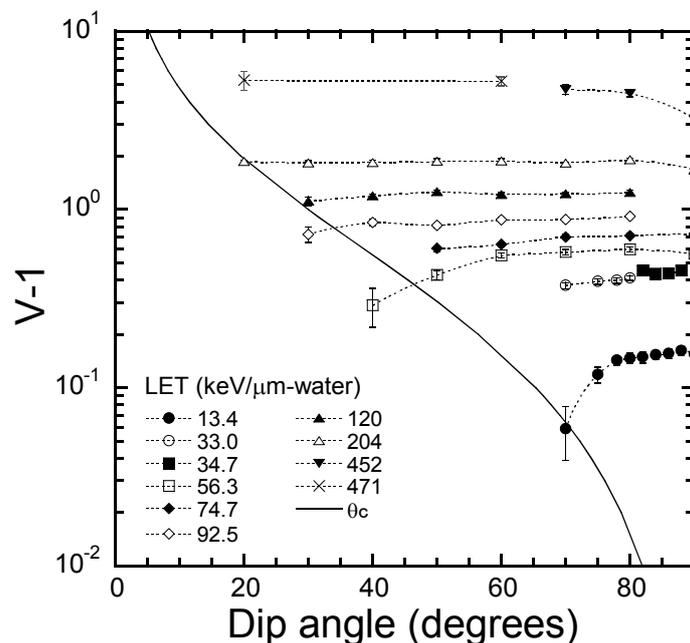


Fig. 1 Dip angle dependence of the track formation sensitivity of antioxidant doped CR-39 plates.

*Published in Jpn. J. Appl. Phys. 47, (2008) 7324–7327.*

### 1.7 Development of an Automated Multisample Scanning System for Nuclear Track Etched Detectors

H. Tawara, K. Eda, K. Takahashi, T. Doke<sup>1</sup>, N. Hasebe<sup>1</sup>, S. Kodaira<sup>1</sup>,  
S. Ota<sup>1</sup>, M. Kurano<sup>2</sup>, N. Yasuda<sup>2</sup>  
KEK, <sup>1</sup>Waseda Univ., <sup>2</sup>NIRS

We have developed an automated scanning system (Fig. 1) for handling a large number of nuclear track etched detectors (NTEDs). The system consists of a magazine station for sample storage, a robotic sample loader, a high-speed wide-area digital imaging microscope device (modified HSP-1000) and PitFit software for analyzing etch pits. We investigated the performance of the system using CR-39 plastic NTED samples exposed to high-energy heavy ions and fast neutrons. When applying the system for fast neutron dosimetry, a typical scanning speed was ~100 samples/day with a scan area of 4 cm<sup>2</sup>/sample. The neutron doses obtained from a fully automatic measurement agreed closely with those from a semi-automatic measurement. These results indicate the feasibility of fully automatic scanning of CR-39 personal neutron dosimeters. The system is also expected to be applicable to future large-scale experiments using CR-39 and BP-1 detectors for observing ultraheavy galactic cosmic rays with high mass resolution.

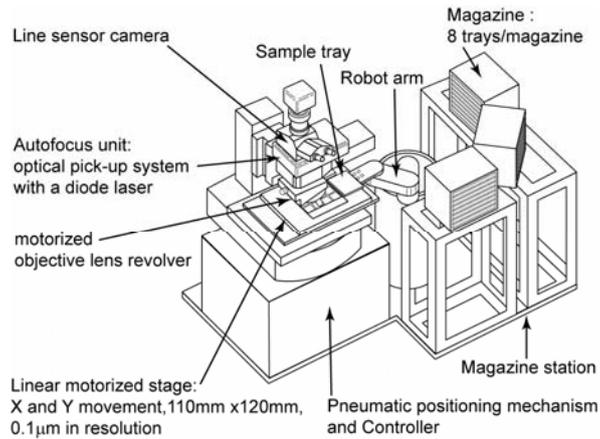


Fig. 1 Structure of the automated multisample scanning system for nuclear track etched detectors. The left part is the modified HSP-1000 system and the right part is the robotic sample loader.

*Published in Nucl. Instr. Meas. A593 (2008) 475–480.*

## 1.8 Space Radiation Dosimetry by Passive Dosimeters in Manned Space Flights

H. Tawara, A. Nagamatsu<sup>1</sup>

KEK, <sup>1</sup>Jaxa

On radiological protection in space, the measurements of dose equivalents were essentially important because (1) space radiation includes many high linear energy transfer (LET) particles and (2) the human body in a space flight is exposed to secondary heavy charged particles and local neutrons along with primary space radiation. Therefore space radiation dosimetry requires the measurements of LET distributions for the primary and secondary particles to estimate the dose equivalents. In this work we described the present status of the passive dosimeter PADLES (passive dosimeter for lifescience experiments in space) used by JAXA. We also summarized passive dosimeters for manned space flights used by other research groups and space agencies.

*Published in Space Radiation 5 (2008) 217–241 [in Japanese].*

## 1.9 Development and Field Test of Realtime Radiation Monitor for Intense Pulsed Neutron Fields

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

KEK

We have developed a circuit for current readout by charge integration that is able to be applied to a standard proportional counter tube filled with <sup>3</sup>He or <sup>10</sup>BF<sub>3</sub> gas for neutron counting, to measure accurate dose rate of the neutron burst for real-time radiation monitoring. The field tests of the

circuit are performed around high energy proton and electron accelerators in KEK. The electronics was tested at several burst neutron fields and measures dose rate without count loss in comparison with pulse readout electronics. The electronics can be applied to neutron monitors in not only experimental area of an accelerator facility but also environmental fields with improving their sensitivity.

*Presented at 22h Symposium on Radiation detector and their use, KEK, February 5-7 2008*

## **1.10 Recent Progress of Fragment Measurement Using Bragg Curve Counter**

### **1.10.1 Recent Progress of Fragment Measurement from Tens of MeV Proton Induced Reaction Using Bragg Curve Counter**

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

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

The system including Bragg Curve Counter (BCC) to measure double differential cross section (DDX) of fragment production from tens of MeV proton induced reactions was updated to reduce energy threshold of measurements by reducing thicknesses of a sample and an entrance window. The DDX data were obtained for 40 and 80 MeV proton on Carbon using the system.

*Published as Proceedings of Nuclear data symposium.*

### **1.10.2 A Bragg Curve Counter with an Active Cathode to Improve the Energy Threshold in Fragment Measurements**

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

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

A Bragg curve counter equipped with an internal sample was developed to measure double differential cross section of fragments from tens of MeV neutron induced reactions. The internal sample gives the Bragg curve counter significantly large solid angle that enables us to measure events having low production rate. The solid angle is defined as a function of their Z and energy using a segmented anode for each fragment. The energy spectra of the fragments from 65 MeV neutron induced reaction were measured at 0 degree for lithium, beryllium and boron. The spectra are in good agreement with the calculation results with reaction models reproducing the fragment energy spectra of proton induced reactions.

*Published as Nucl. Instrum. Meth. A Vol 589/2 pp 193-201 (2008).*

### 1.10.3 Extension of Energy Acceptance of Bragg Curve Counter at the High-energy End

M. Hagiwara, T. Sanami, 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*

We have developed an energy-extension method of a Bragg curve counter (BCC) at the high-energy end for the measurements of double-differential cross sections (DDXs) of fragment productions induced by tens of MeV protons. In this method, we estimate the incident energies of the fragments penetrating a BCC on the basis of the energy loss and atomic number (Z). We applied this method to the DDX measurements of the natC(p, Li) and natC(p, Be) reactions induced by 70 MeV protons. The validity of this method has been confirmed through comparing the DDXs of beryllium with theoretical predictions of the PHITS code and the two-body kinematics. This method improves the energy acceptance of the BCC for light fragments twice as wide as that of a conventional method without remodeling of the BCC and any loss of the original advantages.

*Published as Nucl. Instrum. Meth. A Vol 592 pp 73-79 (2008).*

### 1.11 Applicability of a Bonner Sphere Technique for Pulsed Neutron in 120GeV Proton Facility

T. Sanami<sup>1</sup>, M. Hagiwara<sup>1</sup>, H. Iwase<sup>1</sup>, Y. Iwamoto<sup>2</sup>, Y. Sakamoto<sup>2</sup>, H. Nakashima<sup>2</sup>, H. Arakawa<sup>3</sup>,  
N. Shigyo<sup>3</sup>, A.F. Leveling<sup>4</sup>, D.J. Boehnlein<sup>4</sup>, K. Vaziri<sup>4</sup>, N.V. Mokhov<sup>4</sup>, N. Nakao<sup>5</sup>

*<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>JAEA, <sup>3</sup>Kyusyu Univ., <sup>4</sup>FNAL, <sup>5</sup>Aurora*

The energy spectra of burst neutrons from 120 GeV proton induced reactions were measured using a set of Bonner spheres (BS) with readout system consisting of a timing filter amplifier and digital storage oscilloscope. The experimental results support order of magnitude of calculation results based on theoretical models except for some cases that should be investigated from both experiment and geometrical input error in the calculation. The current readout of BS shows capability to operate it under the intense burst field that is impossible to use pulse mode counting. The dynamic range of this mode overlaps to one of activation technique which is also a reliable way to determine neutron flux. The technique would also be adopted to a radiation monitor placed in an intense pulsed field. We would like to continue this study to determine absolute intensity of neutron field using the detector itself. The lack of sensitivity for over 10 MeV neutrons should also be improved in further experiment. Since the behavior of the neutrons is key feature for radiation safety design of this high energy accelerator, the results would be helpful to develop a counter system to measure neutrons for an intense burst field.

*Published in "Radiation Detectors and Their Uses", Proceedings of the 22nd Workshop on Radiation Detectors and Their Uses", KEK Proceedings 2008-14, 148 (2008).*

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

### 2.1 Spectrum Measurement of Neutrons and Gamma-rays from Thick H<sub>2</sub><sup>18</sup>O Target 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>  
*a) KEK, b) NSED, JAEA, c) J-PARC, JAEA, d) RIKEN, e) TAARI, JAEA*

In recent years, positron emission tomography (PET) has become a common technique of the functional imaging of a brain and organs. A number of cyclotrons are installed in medical facilities to produce radionuclides for PET. In PET, one of the most commonly used radiopharmaceuticals is fluorodeoxyglucose (FDG), which is tagged with the radioactive <sup>18</sup>F isotope. The isotope is obtained from the <sup>18</sup>O(p,n)<sup>18</sup>F reaction when <sup>18</sup>O-enriched water (H<sub>2</sub><sup>18</sup>O) is bombarded with a proton beam. The nuclear reaction produces neutrons and  $\gamma$ -rays simultaneously. The energy spectrum and angular distribution should be estimated for radiation safety and clearance of the facility.

The experiments were carried out with 18 MeV proton beams delivered to the HB-1 beam line at the AVF cyclotron facility. The H<sub>2</sub><sup>18</sup>O target is prepared by filling a SUS container of 6 mm depth covered with a 10  $\mu$ m-thick Havar foil with <sup>18</sup>O-enriched water (98 atm% enriched in <sup>18</sup>O) and installed in a vacuum chamber. The NE213 organic liquid scintillators (5.08 cm in diameter, 5.08 cm in length) were placed in directions of 15, 30, 45, 60, 75, 90, 120 and 150° with distance of 2.0 m from the target to measure the light outputs of neutrons and  $\gamma$ -rays and the time-of-flight (TOF). The events of neutrons and  $\gamma$ -rays were separated by using a pulse shape discrimination technique and analyzed by the TOF method and the unfolding method with FERDOU code, respectively. The calculation by PHITS and MCNPX results generally well reproduce the measured energy spectra of neutrons except for forward angle in PHITS and backward angle in MCNPX. The JRIA result generally well reproduces the measured energy spectra of prompt  $\gamma$ -rays except for the some peaks shown in the measured results.

*Presented at Japan atomic energy conference, March 23-25, 2009*

### 2.2 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>, A. Tamii<sup>6</sup> and K. Hatanaka<sup>6</sup>  
*<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>Graduate Univ.for Advanced Studies, <sup>3</sup>Kyoto Univ.,  
<sup>4</sup>JAEA, <sup>5</sup>Tohoku Univ., <sup>6</sup>Osaka Univ.*

A shielding benchmark experiment has been performed to obtain the spectra of neutrons penetrating 10- to 100-cm-thick iron and 25- to 200-cm-thick concrete shields and investigate the accuracy of various calculation codes using a 137 MeV quasi-monoenergetic neutron source. The source neutrons are produced from a 1.0-cm-thick lithium target bombarded with 140 MeV protons, 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 11<sup>th</sup> International Conference on Radiation Shielding (ICRS-11), Callaway Gardens, Pine Mountain, Georgia, USA, April 13-18, 2008.*

## **2.3 Research Related to EGS Code**

### **2.3.1 Azimuthal-angle dependence of L x-ray intensity following photoionization of Pb, Au, and W atoms by a linearly polarized photon**

Y. Namito, S. Ban and H. Hirayama

*High Energy Accelerator Research Organization*

We measured the L x-ray intensities of Pb, Au, and W for several different azimuthal angles and partially polarized photon beams by using high-purity low-energy Ge detectors. We utilized a monochromatized synchrotron beam as the source. It had an energy of 10.88-40 keV, and its degree of linear polarization  $P$  ranged from 0.84 to 0.89. The scattering polar angle ( $\theta$ ) was  $90^\circ$ , and the azimuthal angle ( $\varphi_I$ ) was  $0^\circ$  or  $90^\circ$ , relative to the polarization direction. We obtained the x-ray intensity ratio

$$R (= I(\varphi_I=0^\circ)/I(\varphi_I=90^\circ)).$$

We observed that the LI intensities depended on the azimuthal scattering angle  $\varphi_I$ , i.e.,  $R = 0.92$ - $0.94$ ,  $0.91$ - $0.94$ , and  $0.90$ - $0.93$  for Pb, Au, and W, respectively. On the other hand, the dependence of  $L\alpha$  on the azimuthal scattering angle was not clear due to experimental uncertainty. The anisotropy of  $L\gamma$  was not observed. These results agreed with the theoretical calculations based on Scofield's theory.

*Published in Phys Rev. A, 78, 033419 (2008). (KEK Preprint 2008-29).*

### **2.3.2 Comparison of Several Monte Carlo Codes with Electron Backscattering Experiments**

Y. Kirihaara<sup>1</sup>, Y. Namito<sup>2</sup>, H. Hirayama<sup>2</sup>, H. Iwase<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The Graduate Univ. for Advanced Studies, <sup>2</sup>KEK

We have performed a comparison of an electron backscattering coefficient between experiments and calculations. Electron backscattering coefficients  $\eta$  were measured previously for a few keV to tens of MeV mono-energetic electrons on targets of Z=4 to 92 materials. We calculated the  $\eta$  using Monte Carlo codes as EGS5, EGSnrc, PENELOPE and ITS3.0, and compared with the experiments. Those codes use Goudsmit-Sounderson scattering model for a multiple scattering, and consider spin relativistic effect. For Al, Cu and U target, EGS5, EGSnrc and PENELOPE calculations were agreed within about 10%, and ITS3.0 calculation was lower than other calculations in whole. In addition, the  $\eta$  was calculated using EGS5 code with applying spin relativistic effect to GS model (Spin-GS) and Moliere model (Spin-Moliere) and ignored spin relativistic effect to Moliere model (NoSpin-Moliere). The  $\eta$  of those models and the experiments agreed within 25% for Cu target and 16% for U target, respectively. The  $\eta$  using the Spin-GS and the Spin-Moliere were nearer the experiments than that using the NoSpin-Moliere for several hundred keV to 20 MeV.

*Published in Proc. of the Fifteenth EGS User's Meeting in Japan, KEK Proc.14-21, (KEK, Tsukuba, 6 - 8 Aug. 2008).*

### **2.3.3 Measurement of Monochromatic Radiation Using a Si Detector and Comparison with EGS5 Simulations**

Y. Kiriwara<sup>1</sup>, Y. Namito<sup>2</sup>, M. Hagiwara<sup>2</sup> and H. Hirayama<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>The Graduate Univ. for Advanced Studies, <sup>2</sup>KEK

We have performed a mono-energetic X-ray (8 keV and 20 keV) scattering experiment at a BL-14C beam line in KEK Photon Factory. Photons scattered with Al, Si, Ti, Fe, Cu, C and Ag target were measured with a silicon PIN photo detector located at  $\theta = 90^\circ$ . The measured data were compared with calculations using EGS5 code. The calculations and the measured data for K-X and L-X peak agreed within 11%, and those for Compton peak agreed within 8%.

*Published in Proc. of the Fifteenth EGS User's Meeting in Japan, KEK Proc. 14-21, (KEK, Tsukuba, 6 - 8 Aug. 2008).*

### **2.4 The EGS Workshop, Class and User Support**

H. Hirayama, Y. Namito

KEK

The fifteenth EGS workshop in Japan was held and 110 persons participated in the workshop from outside KEK. As the parts of the 15th EGS workshop, EGS short course was held. As one of the center of EGS distribution, we continue supports concerning EGS including outside Japan, They are

distributed in wide range from primitive questions of beginners to complicated ones from EGS experts. Instructions were made using e-mail.

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

#### **3.1 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. of 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 g-ray emitters of nuclear spallation products and thermal neutron capture products and b-ray emitters such as <sup>3</sup>H, <sup>14</sup>C and <sup>36</sup>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.

*Presented at 11th Int. Conf. on Radiation Shielding (ICRS-11), April 2008, Georgia, USA.*

#### **3.2 Evaluation of Neutron Fluencies in Small Medical Accelerator Facilities**

##### **3.2.1 Evaluation of Neutrons Produced by Medical Electron Linear Accelerators**

K. Masumoto, H. Nakamura, A. Toyoda, M. Hagiwara, M. Sakama<sup>1</sup>  
T. Saze<sup>1</sup>, K. Kosako<sup>2</sup>, K. Oishi<sup>2</sup>

*KEK, <sup>1</sup>Tokushima Univ., <sup>2</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 in the treatment room caused by neutrons has not been evaluated. In order to apply the clearance system for radioactive waste, it is very important to classify the activation level and activated area induced by photo-neutrons based on the results of measurement and calculation. In this work, we selected the 18-MeV linear electron accelerator facility and measured the neutron flux and distribution under several irradiation conditions by using activation detector, TLD and CR-39. Monte Carlo method using MCNP code has been also applied to the neutron transport calculation from target to wall, floor and maze in a treatment room. By the precise input of shielding condition of target, calculated results are almost good agreement with the measured data.

*Presented at the 7th symposium on Japan Society of Radiation Safety Management, Kanazawa, 3-5*

*Dec, 2008.*

### **3.2.2 Evaluation of Neutron Fluence in Small Cyclotron Facilities for the Production of PET Nuclides.**

K. Masumoto, H. Nakamura, A. Toyoda, M. Hagiwara, N. Suzuki<sup>1</sup>, F. Nobuhara<sup>1</sup>, K. Takahashi<sup>2</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Tokyo Nuclear Service Co., <sup>2</sup>Dokkyo Medical Univ.*

By the spreading use of positron emission tomography in the field of nuclear medicine, small cyclotrons are constructed for the production of positron emitting nuclides in hospitals since 2002 in Japan. As neutrons are produced by the nuclear reaction in the target and activate the surrounding materials, evaluation of induced activity in such materials is important for the radiation safety control. In case of small cyclotron, 10, 12 and 18 MeV protons are mainly used as incident particles. As the criterion for activation of small cyclotron, the shield design surround a cyclotron is very important to reduce activation. In this work, we measured the neutron flux in several cyclotron facilities by using activation monitor, TLD and CR-39. In case of self-shield type cyclotron, the neutron flux outside the shield is decreased 4 to 5 orders comparing with the flux of target box. In case of usual type, the neutron flux was  $10^6 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$  at the target side and  $10^4$  at the opposite side in the accelerator room. MCNP calculation was also performed and good agreement with the experimental data.

*Presented at the 7th symposium on Japan Society of Radiation Safety Management, Kanazawa, 3-5 Dec, 2008.*

### **3.3 Detailed Spatial Measurements and Monte Carlo Analysis of the Transportation Phenomena of Thermal and Epithermal Neutrons from The 12-GeV Proton Transport Line to An Access Maze**

H. Matsumura, T. Miura, A. Toyoda, N. Matsuda<sup>2</sup>, M. Numajiri, H. Nakashima<sup>2</sup>,  
K. Masumoto, T. Suzuki, K. Saito  
*KEK, <sup>2</sup>JAEA*

In order to investigate the neutron transportation from a beam-line tunnel to an access maze at a 12-GeV proton accelerator, we measured the spatial distribution of thermal and epithermal neutrons by using the Au activation method in detail. Gold foils were placed at about 70 positions in the maze in the case of the insertion (or extraction) of a copper target of 1 mm thickness into (or from) the beam axis in front of the maze. After the end of accelerator operation, relative activities of the Au foils were simultaneously measured by using an imaging plate technique and the radioactivity of one reference foil was also measured with a HPGe detector to convert to the absolute activities of all foils.

It was found that the neutrons reach to the depth of the maze in the case of the insertion of the

copper target. This result reflects higher proportion of high energy particles from the copper target to that from other beam loss points and high energy particles become the successive source of low energy neutrons. Furthermore, it was found that several circumstances such as door walls and electric wire cables obviously affect the absorption effect of thermal neutrons. The reaction rates obtained in this study were also used for the benchmark of the Monte Carlo simulation code, MARS15 (version of February 2008). The results of the MARS15 calculations precisely reproduced experimental results and significant effects of the electric wire cables and door walls.

*Published in Nucl. Instr. Meth. B, 266, 3647-3655 (2008).*

### **3.4 Adsorption Behavior of Radionuclides on Ion-exchange Resin from Cooling Water for the L2L Target and Magnet Horns**

H. Matsumura, N. Kinoshita, A. Toyoda, K. Masumoto, K. Bessho, M. Hagiwara, and Y. Yamanoi

*KEK*

The beam power in a new project of a long-baseline neutrino oscillation experiment from Tokai to Kamioka (the T2K experiment) will be approximately 100 times higher than that in a substantial long-baseline neutrino oscillation experiment from KEK to Kamioka (the K2K experiment). In the T2K experiment, radionuclides at serious activity level will be produced in a target, magnetic horns, and cooling water for them and dissolved into the cooling water. Therefore, we measured the total activity and distribution of  $^7\text{Be}$ ,  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{88}\text{Y}$ ,  $^{101\text{g}}\text{Rh}$ ,  $^{102\text{m}}\text{Rh}$ , and  $^{110\text{m}}\text{Ag}$  collected on a demineralizer in the K2K water cooling system, in order to consider reduction of exposure to personnel from the demineralizer and reduction of radioactivity released by draining the cooling water in regular intervals in the T2K experiment. The total activity of the individual nuclides was estimated to range from 0.9 MBq to 0.7 GBq at the end of the two years K2K operation. When the results are projected to the T2K experiment, 70 GBq of  $^7\text{Be}$  and 6 GBq of  $^{22}\text{Na}$  are particularly high and shielding from the radiation must be provided for the entire water system. The half of the demineralizer was saturated with the Al, Cu, and Ag ions dissolved from the target and magnetic horns. When the entire column is saturated with the ions, all high activity of  $^{22}\text{Na}$  located at the bottom of the demineralizer will be released into the cooling water immediately. Although  $^{88}\text{Y}$ ,  $^{101\text{g}}\text{Rh}$ , and  $^{102\text{m}}\text{Rh}$  cannot be collected completely because of weak retention by hydrolysis and/or association with colloid, a reduction in the surface area of the Ag metal is possible for new magnetic horns, and it will result in the decrease of the activities in the cooling water.

## 4. Nuclear Chemistry and Radiochemistry

### 4.1 List-mode Coincidence Data Analysis for Highly Selective and Low Background Detection of Gamma-nuclides in Activated Samples

H. Matsumura, K. Masumoto, A. Toyoda, and N. Kinoshita

*KEK*

Highly selective and sensitive  $\gamma$ -ray detection was performed by coincidence and anticoincidence event analysis after list-mode data acquisition using an HPGe spectrometer equipped with NaI(Tl) and plastic scintillation detectors. In order to obtain the most suitable detection of specific nuclides, coincidence or anticoincidence spectra could be freely constructed by extracting events with particular time and energy correlations. Although the detector arrangement of this system was the same as that of a typical Compton suppression spectrometer, background counts were drastically reduced and  $\gamma$ -rays of particular nuclides could be selectively detected by using  $\gamma$ - $\gamma$ ,  $\gamma$ -X,  $\gamma$ -X-X, and  $\gamma$ - $\beta$ + coincidences.

*Published in J. Radioanal. Nucl. Chem., 278, 733-738 (2008).*

*Presented at 11th Int. Conf. on Radiation Shielding (ICRS-11), April 2008, Georgia, USA.*

### 4.2 Toward Investigation of Molecular Effects on Muon Transfer Process

K. Ninomiya<sup>1</sup>, R. Nakagaki<sup>1</sup>, K. Kubo<sup>2</sup>, Y. Kobayashi<sup>3</sup>, K. Ishida<sup>3</sup>, T. Matsuzaki<sup>3</sup>, H. Matsumura<sup>4</sup>,  
T. Miura<sup>4</sup> and A. Shinohara<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Osaka Univ.*, <sup>2</sup>*International Christian Univ.*, <sup>3</sup>*RIKEN*, <sup>4</sup>*KEK*

A muonic hydrogen atom has a neutron-like property because of a small muon atomic orbit. So it can penetrate electron clouds of other atoms and then the atomic muon transfers to the deeper atomic levels of the atom. This phenomenon is known as a “muon transfer process”. The muon transfer process for molecules has not been well studied. In this study, to study the molecular effects on muon transfer process from muonic X-ray measurement, we examined the experimental feasibility. We constructed a new system for muonic X-ray measurement at port-1 in RIKEN Rutherford Appleton Laboratory, UK. We optimized the experimental condition and then performed muonic X-ray measurement for mixed gas (hydrogen 99.7% and argon 0.3%). We successfully obtained muonic X-ray spectrum from muonic argon through muon transfer process. In the next step, we are planning to use molecular gases mixed in hydrogen gas for muon irradiation samples to examine the molecular effect on muon transfer process.

### 4.3 Development of Determination Method for Cosmogenic Radionuclides Produced in Magnetite from a Rock Sample on the Earth Surface

H. Matsumura<sup>1,3</sup>, M. W. Caffee<sup>2</sup>, W. Kees<sup>3</sup>, K. Nishiizumi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>Purdue Univ., <sup>3</sup>Univ. of California(Berkeley)

Long-lived in situ-cosmogenic radionuclides such as Be-10 and Al-26 which can be determined by accelerator mass spectrometry (AMS) are available for studies on geomorphic process in long timescale. Determination of Be-10 and Al-26 produced in quartz are generally used for determination of exposure ages and of erosion rates as an ideal method. However, not every terrestrial sample contains quartz. In order to extend geomorphic process research to new places that do not contain quartz, a new method for AMS determination of Be-10, Al-26, Cl-36, Ca-41, and Mn-53 in magnetite from a rock sample was developed.

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

### **5.1 Characterization of Radionuclides and Colloidal Species Induced in the Magnet Cooling-water and the Target Cooling-water at the Various Accelerator Facilities**

K. Bessho, H. Matsumura, K. Masumoto, N. Kinoshita, H. Monjushiro, Y. Kanda, M. Taira, A.

Yoshioka, M. Sato, M. Sawabe, and C. Degueldre<sup>1</sup>

*KEK, <sup>1</sup>Paul Scherrer Institut*

In the magnet cooling water of the proton accelerator facilities, <sup>7</sup>Be and <sup>11</sup>C were induced by spallation reaction of <sup>16</sup>O. Our previous works had clarified that these radionuclides partially exist in colloidal species in water. In this year, the dominant materials of colloid species occurring in the cooling water loop were analyzed by electron microscope analyses. It demonstrated that main components of colloidal materials in the cooling water were copper oxide (CuO). The association behavior of <sup>7</sup>Be and <sup>11</sup>C with CuO colloids could be explained by surface-complexation model, and quantitative evaluation of complexation is now in progress. The information obtained by the present work will be valuable for radiation safety at high-energy and high-intensity accelerator facilities.

## 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	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 管理区域業務担当 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  BT ライン  大強度放射光施設  アSEMBリーホール	中村 一 岩瀬 広 中村 一 佐波 俊哉 中村 一 中村 一 波戸 芳仁 飯島 和彦 波戸 芳仁 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 管理区域責任者 管理区域副責任者、兼業務担当 管理区域責任者 管理区域副責任者 管理区域業務担当 管理区域責任者 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 豊田 晃弘	管理区域責任者 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20年(2008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20年(2008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)	榎本 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)	榎本 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)  ( $2\pi$ 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) (アラームメータ、ポケット線量計)	佐々木 慎一 穂積 憲一 飯島 和彦 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)	榊本 和義 佐波 俊哉 佐藤 允充 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 朝子
建設プロジェクト	鈴木 健訓 佐々木 慎一 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 充
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 充 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)

以下の申請が承認された。

- (1)前段加速器 No.1 を廃止する。
- (2)前段加速器 No.2 の使用目的を変更する。
- (3)陽子加速器施設リニアックを廃止する。
- (4)陽子加速器施設ブースターリングを廃止する。
- (5)放射化物の性能試験等、または一時保管の使用施設として、入射器室、ブースター室、主リング室を追加する。

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。

#### 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
- (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

#### 2.1.3 第 4 区域

##### [電子陽電子入射器棟]

TA リニアックの廃止を行った。

2008/4/17 に加速器研究施設・テストリニアックの二次ビームラインである透過型陽電子顕微鏡ラインについて主任者検査を行い、運転を許可した。2008/11/25 に 加速管組立室にある既設 X バンド高電界試験装置の性能変更に係わる申請が許可された。

##### [放射光実験施設]

Top-up 入射のための空間線量率測定等がほぼ終了し、シングルバンチ運転では Top-up 入射、マルチバンチ運転も MBS を開状態にしたままでの入射が行われ、ユーザーにとってより効率的な研究を行ってもらうことが可能となった。実験フロアでは BL-16 ビームラインの変更に伴い周辺の放射線量が上昇した。ハッチ周辺の線量率測定及びビームライン放射化測定を行い、 $\gamma$  ストップの位置を適切にすることで線量率を抑制した。

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]**

クラブ空洞導入に伴う放射線安全対策として日光実験棟 1 階の機械室と回廊の一部および地下 1 階の回廊を管理区域に設置した。

夏期長期シャットダウン中に施行規則第 22 条の 3 の適用する区域に対して、適用前の放射線測定を行った。全区域において問題なく施行規則第 22 条の 3 を適用して管理区域を一時的に解除した。

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。

##### **[アセンブリーホール関連]**

変更承認申請の作成：

「ATFの使用方法変更に伴う放射線安全対策」小型電子加速器の発生装置室拡張のための申請を行った。

##### **[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 NE3A（10 月）と NE1（1 月）の使用が開始された。また北東棟 1 階に管理区域出入口を設置した。

#### **2.1.5 第 6 区域**

機構長の認める発生装置「STF 縦測定設備」の使用開始に対応した。

## **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）－平成 20 年度版」を発行した。

### 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1.9参照)

### 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。最近、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り、円滑な運転の障害となりつつあったため、18年度～本年度にかけて、照射装置の改修(18年度～19年度)、安装置並び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年度)、等を行った。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) NML・入射器J部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、sat PC 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。

初めに NML の GM について改造を行い、数ヶ月にわたり正常動作を確認した。その後入射器 J 部 GM についても改造を行い、改造前に頻発していた原因不明の計数オーバー等による GM の停止・再起動に係わる作業が解消され、現在まで順調に動作している。

## (2) PF-AR C ドアの追加

PF-AR 北東棟はエレベータ設置のために管理区域の変更申請が行われ、それに伴い管理区域への出入口が 1 ヶ所追加された。エレベーター設置作業に伴い PF-AR 北東実験室 A ドアのカードリーダーを一時的に取り外した。エレベーター工事終了後、A ドアのカードリーダーを復帰させると共に、実験室内での通線工事を行い、昨年度冷中性子実験室の管理区域解除に伴い取り外した中央電子製カードリーダーを新設のドアに取り付け、PF-AR 北東実験室 C ドアとして D15 に割り当て、出入管理を開始した。

## 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（原科研）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、千田の 5 名が所属している。また、従来からの建設プロジェクトには、鈴木、佐々木、三浦、沼尻、齋藤、萩原、穂積、飯島、千田が所属し、リニアック、3 GeV シンクロトロン、崩壊表面ミュオン 2 次ライン、ハドロン実験ホール、50 GeV シンクロトロン施設等の放射線管理、ハドロン実験施設、ニュートリノ実験施設の安全設計を担当してきた。また、地下水共同開発研究を行うために、産総研の丸井、宮越、伊藤の 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。（H20.6.12現在）

### 2.3.2 J-PARC センターの現状

今年度は、物質・生命科学実験施設（MLF）、50 GeV シンクロトロンおよびハドロン実験施設が運転を開始した。

MLF、50 GeV シンクロトロンは、5月7～9日に運転前検査が行われた。50 GeV シンクロトロンは、5月22日に 3 GeV 陽子ビームの入射及びリング周回に成功した。5月30日、MLF

の核破砕中性子源において、陽子ビームの核破砕反応による中性子発生に成功した。50 GeVシンクロトロン<sup>1</sup>の運転時検査が6月19日に行われた。

ハドロン実験施設については、アドバイザー会合の現地視察が7月29日に行われた。

MLFの7台中性子実験装置のインターロック、遮蔽体性能について、9月4日に運転前施設検査が、9月24日に運転時検査があった。MLFにおいて、9月26日にミュオンビーム発生に成功した。

12月1日にMLFと50 GeVシンクロトロン<sup>1</sup>の運転前検査を行った。12月23日に物質・生命科学実験施設で研究施設利用が開始した。また、同じ12月23日に50 GeVシンクロトロン<sup>1</sup>でのビーム加速(30 GeV)、アポルトビームダンプへの取り出しに成功した。2009年1月13日にはハドロン実験施設及びMLFの運転前検査が行われ、1月27日には、30 GeVまで加速し、ハドロン実験施設へのビーム取り出しに成功した。

2月19日にはMLFのミュオン実験装置運転前検査を行い、同じ2月19日にはMLF、50 GeVシンクロトロン<sup>1</sup>、ハドロン実験施設の運転時検査が行われた。3月27日にはニュートリノ実験施設、50 GeVシンクロトロン<sup>1</sup>の運転前検査が行われた。

### 2.3.3 放射線申請関係

物質・生命科学実験施設、50 GeVシンクロトロン<sup>1</sup>運転に関する申請書を、2008年3月28日に提出し、4月30日に許可証を受領した。

5月にはハドロン実験施設等について文部科学省放射線規制室(文科省)のヒアリングを開始し、6月にはこれらの新增設等計画書に関する県や村のヒアリングを開始した。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、県の承諾を得る必要がある。文科省に申請する前に、これらの施設の新増設等計画書を提出し、7月25日に茨城県と東海村の承諾を得た。申請内容は、3 GeVシンクロトロン<sup>1</sup>の最大加速粒子数増強、50 GeVシンクロトロン<sup>1</sup>の最大加速エネルギー増強とハドロン実験施設へのビーム供給、MLFは、最大加速粒子数増強と中性子実験装置増設とミュオン実験装置新設、ハドロン実験施設の新設である。7月25日に、これらの施設の許可使用に係る申請を文科省に行った。この申請については、11月4日に許可証を受領した。

9月には、ニュートリノ実験施設について文部科学省放射線規制室(文科省)のヒアリングを開始し、新增設等計画書に関する県や村のヒアリングを開始した。文科省に申請する前に、これらの施設の新増設等計画書を提出し、12月26日に茨城県と東海村の承諾を得た。申請内容は、リニアックと3 GeVシンクロトロン<sup>1</sup>の最大加速粒子数の増強、50 GeVシンクロトロン<sup>1</sup>のニュートリノ実験施設へのビーム供給、MLFの最大加速粒子数増強である。1月7日に、これらの施設の許可使用に係る申請を文科省に行った。3月25日に、これらの施設の許可を取得した。

当センターは、申請書や新增設等計画書に記載される安全設計を担当した。

#### 2.3.4 各施設の安全設計

本機構が建設を担当する、50GeV シンクロトロン施設、原子核素粒子実験施設、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。

各施設の建設を担当するグループとは、

- ・各施設で毎週開催されるワーキンググループへの出席
- ・施設部と素核研・加速器と合同で開催される施設打ち合わせ
- ・安全グループと素核研・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することにより、協力して安全設計を実施している。

また、J-PARC センター放射線安全セクション及び建設プロジェクト安全グループ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、7月29日、8月11,12日、10月15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、放射線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。

ハドロン実験施設では、6月23日（電磁石）、7月25日（電磁石）、8月27日（遮蔽体）、10月15日（電磁石）、12月2-17日（遮蔽体）、2月20,24,25日（遮蔽体）、2月26日（電磁石）に搬入された。50GeVシンクロトロンでは、6月25日-7月1日（ニュートリノ1次ビームライン電磁石）、8月19日（スイッチヤードの機器部品）、9月4日（リング電磁石）、1月16日（ターゲットステーショントランス）に搬入された。

#### 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ため、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係動作するように、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。

### 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 30 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) KEKB HER セプタム 粗排気用ポンプから出てきたオイル状物質の分析

試料はベンコットで拭き取った状態であったため、ヘキサンで抽出を行い KBr 錠剤法により赤外吸収分析を行った。その結果、得られた赤外吸収スペクトルはフタル酸ジオクチル、フタル酸ジブチルのスペクトルと良い一致が見られた。これらの物質は一般に熱可塑性樹脂の可塑剤として使用されている。(CHEM-A-08/5)

##### (2) J-PARC 50GeV MR 電磁石ストレーナ付着物の分析

ストレーナには部分的に黒色と赤色の物質が分かれて付着していたため、それぞれを掻き取り、蛍光X線分析及びX線回折分析を行った。その結果、CuO、Cu<sub>2</sub>O、Cu、Cの存在が確認された。さらにX線回折強度比より、赤色部分の方がCu<sub>2</sub>O及びCuの含有割合が高いことが分かった。(CHEM-A-08/14)

##### (3) クライストロン冷却水中の析出物の分析

青色の析出物について、Cu と Mo の重量比を求めた。試料を硝酸で溶かし、ICP 発光分析を行った。その結果、Cu が 31 wt%、Mo が 0.7 wt% 含まれることが分かった。また、化学形を同定するため、粉末 X 線回折法により回折パターンを測定し、類似する回折パターンをデータベースから検索したが、化合物の同定には至らなかった。

(CHEM-A-08/15)

#### 3.2 環境管理

2005 年 4 月に環境配慮促進法（環境情報の提供の促進等による特定事業者等の環境に配慮した事業活動の促進に関する法律）が施行され、本機構においても、2005 年度以降の環境配慮等の状況について毎年、環境報告書を作成し公表することが義務付けられた。これに対応するため、2007 年 4 月から環境安全管理室は機構長の下に置かれる室として位置付けられ、環境報告書作成のための実務組織となった。環境報告書の作成にあたっては、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 2008」として機構 HP 上に公開した。

#### 3.3 RI 廃水管理

PS 加速器施設では 1998 年から RI 廃水の急激な増加が観測されている。当時、発生源の

調査を行ったところ、PS リニアック高周波実験棟リニアック室周辺からの廃水であり、水質検査の結果、塩化物イオン濃度が高く水道水に近い水質であることが判明した。そこで、周辺の配管を調査したが、漏水等は確認されなかった。99 年以降も設備課の協力のもと漏水調査を行い、以下のような事実が確認された。

<PS 系統漏水調査結果>

- 1999 年 ・北カウンターホール実験棟及び北実験棟の配管で漏水
- 2000 年 ・リニアック室床下ケーブル配線用貫通孔から大量の水がピットへ排出  
・東カウンターホールセミナー室屋上の補給水槽で配管接続の誤りにより、一般排水が RI 廃水として排出
- 2006 年 ・実験装置用冷却水膨張タンクで配管接続の誤りにより、一般排水が RI 廃水として排出

PS 加速器の周辺施設は建設時期が機構内で最も古く、老朽化による給水管からの漏水は他にもあると推測される。不備が確認された箇所については順次、補修工事を行ったが、RI 廃水の減少には繋がらなかった。本年度 5 月 23 日に PS リニアック高周波実験棟への水道水の供給を試験的に停止したところ、リニアック室の RI 廃水槽への流入が止まった。その後、漏水箇所の特定には至らなかったが、PS 加速器の実験終了により PS リニアック高周波実験棟における水の使用量が少なくなったため、今後も通水を停止したままにすることとした。その結果、月平均 150 ～ 250 m<sup>3</sup>の流入があった RI 廃水は 6 月以降には月平均 68 m<sup>3</sup>となった。

## 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 18350042

「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

### 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19年度一般会計原子力利用安全対策等委託事業 「小規模医療用放射線発生装置使用施設におけるクリアランス制度導入に向けた適切な放射化物の取扱いに関する調査」

研究代表者： 榎本和義

研究分担者：伴秀一、三浦太一、沼尻正晴、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

- ・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

## 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)

- ・ 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、神田、三浦)  
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、鈴木)  
共同研究先：東北大
- ・ 新技術振興渡辺記念会 科学技術調査研究助成  
「超小型粒子線がん治療装置のための新技術動向調査」  
共同調査研究者：高度情報科学技術研究機構 (仁井田、武田)、放射線医学総合研究所 (村上)、国立がんセンター東病院 (西尾)、原子力研究開発機構 (佐藤)
- ・ 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
- ・ 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

- ・数 10MeV 陽子による核破砕片放出反応二重微分断面積の測定(佐波、萩原)  
共同研究先：放射線医学総合研究所

### 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
- ・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）

- ・原子力研究開発機構施設共用研究 FRS 施設
  - 1) 広範なエネルギー帯域・測定ダイナミックレンジを有する中性子線量モニターの開発  
研究代表者：萩原雅之  
研究分担者：佐波俊哉、飯島和彦、道川太一、佐々木慎一、谷村嘉彦（JAEA）、堤正博（JAEA）
- ・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（17P189）  
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）、身内賢太郎（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）

- ・永松愛子

「受動積算型検出器による宇宙放射線計測の研究」

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)

2008年9月 学位(工学博士)取得

- ・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(在学中指導)

- ・津田秀一

「Wall-less 型組織等価比例計数管を用いた重粒子線のエネルギー付与分布」

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)

#### 3.2 学位論文の指導（他大学）

- ・牧野高紘、

「論理 LSI における放射線誘起シングルイベント過渡パルスとソフトエラー率に関する研究、」

総合研究大学院大学 宇宙科学専攻 博士後期課程

- ・卜部由佳

「レーザー光熱変換泳動法と磁気泳動法による気泡の挙動制御」

大阪大学大学院理学研究科化学専攻 博士前期課程 2 年

- ・高橋茉莉

「光吸収性微粒子の光泳動挙動の解析」

大阪大学大学院理学研究科化学専攻 博士前期課程 2 年

### 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：2009年1月27日～1月29日

場所：高エネルギー加速器研究機構

参加者数：128

プロシーディングス：KEK Proceedings 2009-12

## 4.2 第15回 EGS 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：2008年8月6日～8月8日

参加者数：110名（うち講習参加者：76名）

プロシーディングス:KEK Proceedings 2008-7

## 4.3 第10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：2009年3月3日～3月5日

場所：高エネルギー加速器研究機構

参加者：120名

プロシーディングス :KEK Proceedings 2009-8

## 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

首都大学東京非常勤講師

## 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

- ・大学等環境安全協議会理事
- ・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
- ・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
- ・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、平成 21 年度主任者部会年次大会実行準備会委員
- ・日本アイソトープ協会ライフサイエンス部会獣医核医学専門委員会ワーキンググループ委員
- ・放射化分析研究会 幹事
- ・放射線と放射性同位元素の工業的な計測応用に関する国際会議(IRRMA-7)プログラム委員 (IRRMA-7: 7th International Topical Meeting on Industrial Radiation and Radioisotope Measurement Application).

## 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 ぶんせき編集委員
- ・米国原子力学会「計算医学物理 Working Group」委員

## 6.3 その他

- ・大学等連携支援事業  
筑波大学タンデム加速器施設における加速器利用分析研究の高度化支援と人材育成
- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構テーマ公募型事業評価者(ピアレビューア)

・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

・筑波放射線安全交流会会長

・EGS 講習会講師 2008年8月

・「サイエンスカフェ@待兼山 ―土曜の午後はミュージアム―」のコーディネーターとしてサイエンスカフェを企画実行

### 7. 受賞記録

・萩原雅之

ICRS-11 / RPSD 2008 ベストペーパー賞

## 8. 放射線科学センター名簿 (平成 20 年度)

* 伴 秀一	松村 宏 <sup>(b)</sup>	高橋 一智
鈴木 健訓	齋藤 究 <sup>(#)</sup>	豊田 晃弘
神田 征夫 <sup>(a)</sup>	岩瀬 宏	吉岡 綾
榊本 和義	萩原 雅之 <sup>(#)</sup>	千田 朝子 <sup>(#)</sup>
佐々木 慎一	文珠四郎 秀昭 <sup>(c)</sup>	佐藤 充
三浦 太一 <sup>(#)</sup>	沢辺 元明	豊島 規子
俵 裕子	穂積 憲一	近藤 健次郎 <sup>(d)</sup>
波戸 芳仁	平 雅文	道川 太一 <sup>(e)</sup>
沼尻 正晴 <sup>(#)</sup>	中村 一	木下 哲一 <sup>(f)</sup>
別所 光太郎	高原 伸一	
佐波 俊哉	飯島 和彦	

平成 21 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) ~平成 20 年 12 月

(b) 長期出張(平成 19 年 8 月~20 年 7 月)

(c) 平成 20 年 8 月~

(d) 研究支援推進員

(e) 協力研究員

(f) 博士研究員

## Chapter 4      Publication List

### 1. Periodical Journals (2008.1.1~2008.12.31)

- (1) T. Sanami, M. Hagiwara, T. Oishi, M. Baba, M. Takada, "A Bragg curve counter with an active cathode to improve the energy threshold in fragment measurements", *Nucl. Instr. and Meth. A*, Vol.592, 193-201 (2008).
- (2) M. Hagiwara, T. Sanami, T. Oishi, M. Baba, M. Takada, "Extension of energy acceptance of Bragg curve counter at the high-energy end", *Nucl. Instr. and Meth. A*, Vol.592, 73-79 (2008).
- (3) T. Michikawa, T. Sanami, M. Hagiwara, S. Sasaki, H. Kadotani, "Absolute Calibration of Radioactive Neutron Source Strength by Geometrical Integration of Thermal Neutrons in Graphite Pile", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol.47, No.3, 3635-3637 (2008).
- (4) H. Tawara, K. Eda, T. Sanami, S. Sasaki, K. Takahashi, R. Sonkawad1, A. Nagamatsu, K. Kitajo, H. Kumagai and T. Doke, "Dosimetry for Neutrons from 0.25 to 15 MeV by the Measurement of Linear Energy Transfer Distributions for Secondary Charged Particles in CR-39 Plastic", *Jpn. J Appl. Phys. Vol. 47, No. 3*, 1726-1734 (2008).
- (5) H. Tawara , K. Eda, K. Takahashi, T. Doke, N. Hasebe, S. Kodaira, S. Ota, M. Kurano, N. Yasuda, "Development of an Automated Multisample Scanning System for Nuclear Track Etched Detectors", *Nucl. Instr. Meth. A Vol.593*, 475 (2008).
- (6) H. Tawara, M. Masukawa, A. Nagamatsu, K. Kitajo, H. Kumagai, N. Yasuda: "Measurement of a Linear Energy Transfer Distribution with Antioxidant Doped CR-39 Correcting for the Dip Angle Dependence of Track Formation Sensitivity", *Jpn. J. Appl. Phys. Vol.47*, 7324 (2008).
- (7) Y. Iwamoto, S. Taniguchi, N. Nakao, T. Itoga, H. Yashima, T. Nakamura, D. Satoh, Y. Nakane, H. Nakashima, Y. Kirihara, M. Hagiwara, H. Iwase, K. Oishi, A. Tamii, K. Hatanaka, "Measurement of thick target neutron yields at 0° bombarded with 140, 250 and 350 MeV protons", *Nucl. Instr. Meth. A*, Vol.593, 298 (2008).
- (8) T. Makino, M. Hagiwara, T. Itoga, M. Baba, "Online monitor of heavy ion flux in an ion irradiation apparatus for semiconductor irradiation test", *Nucl. Instr. Meth. A*, Vol.589, 345 (2008).
- (9) N. Nakao, S. Taniguchi, S. Roesler, M. Brugger, M. Hagiwara, H. Vincke, H. Khater, A.A. Prinz, S.H. Rokni, K. Kosako, "Measurement and calculation of high-energy neutron spectra behind shielding at the CERF 120 GeV/c hadron beam facility", *Nucl. Instr. Meth. B*, Vol.266, 93 (2008).
- (10) Y. Namito, S. Ban and H. Hirayama, "Azimuthal-angle dependence of L X-ray intensity following photoionization of Pb, Au, and W atoms by a linearly polarized photon", *Phys. Rev. A*,

- 78, 033419 (2008) (KEK Preprint 2008-29).
- (11) H. Takechi, K. Adachi, H. Monjushiro, H. Watarai, "Linear Dichroism of Zn(II)-Tetrapyridylporphine Aggregates Formed at the Toluene/Water Interface", *Langmuir*, Vol.24, 4722 (2008).
- (12) A. Matsugaki, H. Takechi, H. Monjushiro, H. Watarai, "Microscopic Measurement of Circular Dichroism Spectra", *Analytical Sciences*, Vol. 24, 297 (2008).
- (13) K. Masumoto, H. Matsumura, K. Bessho, A. Toyoda, "Role of activation analysis for radiation control in accelerator facilities", *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 278, 449-453 (2008).
- (14) H. Matsumura, K. Masumoto, A. Toyoda, N. Kinoshita, "List-mode coincidence data analysis for highly selective and low background detection of gamma-nuclides in activated samples", *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 278, 733-738 (2008).
- (15) H. Matsumura, T. Miura, A. Toyoda, N. Matsuda, M. Numajiri, H. Nakashima, K. Masumoto, T. Suzuki, and K. Saito, "Detailed spatial measurements and Monte Carlo analysis of the transportation phenomena of thermal and epithermal neutrons from the 12-GeV proton transport line to an access maze", *Nucl. Instr. Meth. B*, Vol.266, 3647-3655 (2008).
- (16) H. Takechi, H. Monjushiro, and H. Watarai: "Linear Dichroism of Zn(II)-tetrapyridylporphine Aggregates Formed at Toluene/Water Interface", *Langmuir*, 24 (2008) 4722-4728.
- (17) A. Matsugaki, H. Monjushiro, H. Takechi, and H. Watarai: "Microscopic Measurement of Circular Dichroism Spectra", *Analytical Sciences*, 24 (2008) 297-300.

## **2. Publication in Japanese (2008.1.1~2008.12.31)**

- (1) 俵 裕子、永松 愛子: "有人宇宙飛行における受動型線量計による被ばく線量測定"、*宇宙放射線* 5 巻、217-241 (2008)
- (2) 波戸芳仁、萩原雅之、平山英夫: "EGS コードと飛跡表示プログラムを用いた放射線教育教材 (1) -高校生向け教材-", *Isotope News* 9 月号 31 (2008).
- (3) 波戸芳仁、萩原雅之、平山英夫: "EGS コードと飛跡表示プログラムを用いた放射線教育教材 (2) -大学生向け教材-", *Isotope News* 10 月号 31 (2008).
- (4) 飯島和彦、佐波俊哉、萩原雅之、齋藤究、中村一、佐々木慎一: "パルス中性子場における線量モニタの開発とその応用", *UNTL-R-0463*, 3 (2008).
- (5) 佐々木慎一: "日本語と論文", *Ionizing Radiation*, Vol.34 No.1, 1 (2008).
- (6) 榎本和義、池谷元弘: 実務セミナー「放射性廃棄物の取扱い」、*Isotope News* No.3, 24-29(2008).
- (7) 佐々木慎一: "測定器の種類と特徴", 初級放射線教育講座, (千代田テクノル, 2008).

### **3. Proceedings (2008.1.1~2008.12.31)**

- (1) T. Sanami, M. Hagiwara, H. Iwase, Y. Iwamoto, Y. Sakamoto, H. Nakashima, H. Arakawa, N. Shigyo, A.F. Leveling, D.J. Boehnlein, K. Vaziri, N.V. Mokhov, N. Nakao, "Applicability of a Bonner Sphere Technique for Pulsed Neutron in 120 GeV Proton Facility", Radiation Detectors and Their Uses, KEK Proceedings 2008-14, 148-159 (2008).
- (2) A. Nagamatsu, C. Mukai, S. Araki, K. Murakami, H. Tawara, T. Komiyama, K. Terasawa, M. Ito, S. Yabe, N. Hashimoto: "Strategy of Space Radiation Measurements for Manned Lunar Activities after SELENE Missions", 第 52 回宇宙科学技術連合講演会 (2008 年 11 月 5-7 日、兵庫県).
- (3) K. Iijima, T. Sanami, M. Hagiwara, K. Saito, H. Nakamura and S. Sasaki, "Development and Field Test of Realtime Radiation Monitor for Intense Pulsed Neutron Fields", Radiation Detectors and Their Uses, KEK Proceedings 2008-14, 160-166 (2008).
- (4) Y. Kirihara, Y. Namito, H. Hirayama and H. Iwase, "Comparison of Several Monte Carlo Codes with Electron Backscattering Experiments", Proc of the Fifteenth EGS User's Meeting in Japan, KEK Proc. 2008-7, 14-21, (KEK, Tsukuba, 6-8 Aug. 2008).
- (5) Y. Kirihara, Y. Namito, M. Hagiwara and H. Hirayama, "Measurement of Monochromatic Radiation Using a Si Detector and Comparison with EGS5 Simulations", Proc of the Fifteenth EGS User's Meeting in Japan, KEK Proc. 2008-7, 117-126, (KEK, Tsukuba, 6-8 Aug. 2008).
- (6) 木下哲一, 松村宏, 豊田晃弘, 別所光太郎, 榎本和義, 萩原雅之, 山野井豊, "ニュートリノ標的冷却水用デミネライザー中の微量元素と主要元素の深度分布", 第 9 回環境放射能研究会報告集 (KEK Proceedings 2008-9), 32-36 (2008).

### **4. Reports (2008.1.1.1~2008.12.31)**

- (1) 俵裕子、永松愛子、益川充代、寺沢和洋、道家忠義、林義孝、熊谷秀則、北城圭一、正木道子：“PADLES 線量計開発の現状”、月面における人類の活動に向けた線量計測第 1 回会合報告書 (2008 年)
- (2) 松村宏、榎本和義、三浦太一：核燃料物質使用に関わる放射線安全対策、KEK Internal 2008-3, (2008).
- (3) 佐々木慎一、佐波俊也、俵裕子、飯島和彦、斉藤究、村上健：“重荷電粒子に対する気体の W 値に関する研究”平成 19 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報告書 (2008).
- (4) 寺沢和洋、道家忠義、佐々木慎一、谷森達、松本晴久、俵裕子、内堀幸夫、窪秀利、込山立人、身内健太郎、永吉勉、関谷洋之、高田淳史、西村広展、服部香里、藤田康信、石田幸司、“位置有感比例計数管の重イオンに対する応答”

- 平成 19 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報告書 (2008).
- (5) 寺沢和洋、道家忠義、永吉勉、藤田康信、石田幸司、菊池順、身内健太郎、高田淳史、西村広展、窪秀利、谷森達、佐々木慎一、俵裕子、斎藤究、松本晴久、込山立人、内堀幸夫、北村尚、“生体組織等価位置有感比例計数管による宇宙放射線線量当量計測器の開発”平成 20 年度宇宙利用シンポジウム (2008).
  - (6) 吉岡綾、平雅文、別所光太郎、神田征夫、“化学安全管理報告 -2007 年度-”, *KEK Internal 2008-2* (2008).
  - (7) 放射線管理報告 2006 *KEK Internal 2007-7* (2008)
  - (8) 榎本和義、池谷元弘、実務セミナー「放射性廃棄物の取扱い」、*IsotopeNews No.3*, 24-29(2008).
  - (9) 津田修一、佐藤達彦、遠藤章、佐藤大樹、高橋史明、佐々木慎一、波戸芳仁、岩瀬広、伴秀一、高田真志、“Wall-less 型組織等価比例計数管を用いた重粒子線に対する沈着エネルギー分布測定に関する研究”、平成 19 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報告書 (2008).

## 5. Presentation at Conferences (2008.4~2009.3)

### 5.1 International Conference

• The 13th Workshops on Radiation Monitoring for the International Space Station, 8-10 September 2008, Krakow, Poland.

- (1) A. Nagamatsu, K. Murakami, S. Araki, H. Kumagai, K. Kitajo, H. Tawara, “Space Radiation Dosimetry by PADLES on an Exposed Area of the MATROSHKA Project (Phase 2A)”.

• JAXA Crew Passive Dosimeter, The 26th ISTS, 1-8 June 2008, Hamamatsu, Japan.

- (1) Y. Shizu, A. Nagamatsu, Y. Koike, S. Ishida, I. Tayama, K. Murakami, S. Araki, H. Tawara, S. Tachibana, T. Tanaka, K. Yanagawa, “Utilization and verification flight experiments of Crew ADLES”.
- (2) S. Kodaira, T. Doke, N. Hasebe, M. Hareyama, T. Miyachi, M. Miyajima, K. Sakurai, S. Ota, M. Sato, Y. Shimizu, M. Takano, S. Torii, N. Yasuda, S. Nakamura, T. Kamei, H. Tawara, K. Ogura, S. Mikado, H. Shibuya, K. Nakazawa: “Observation Program of Ultra Heavy Nuclei in Galactic Cosmic Rays”.

• 11<sup>th</sup> International Conference on Radiation Shielding (ICRS-11), Callaway Gardens, Pine Mountain, Georgia, USA, April 13-18, 2008.

- (1) H. Iwase, Y.Namito, H.Hagura, S.Ban, H.Hirayama, K.Niita, H.Nakashima, L.Sihver, "Photon and Electron Interaction in Phits",
- (2) H. Matsumura, N. Kinoshita, A. Toyoda, K. Masumoto, K. Bessho, M. Hagiwara, and Y. Yamanoi, "Adsorption Behavior on The Ionexchange Resin for Radionuclides from Cooling Water for The K2K Target and Magnetic Horns".
- (3) 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".
- (4) M. Hagiwara, H. Iwase, Y. Kirihara, H. Yashima, Y. Iwamoto, D. Satoh, Y. Nakane, H. Nakashima, T. Nakamura, A. Tamii and K. Hatanaka, "Shielding Benchmark Experiment for Hundreds of MeV Quasi-monoenergetic Neutrons".

• 21st International Conference X-ray and Inner-shell Processes, Paris, France (22-27 June, 2008).

- (1) Y. Namito, S. Ban and H. Hirayama, "Azimuth angle dependence of L x-ray intensity following photoionization of linearly polarized photon".

• 60th Pittsburgh Conference on Analytical Chemistry and Applied Spectroscopy, March 8-13, 2009, Chicago, IL, USA.

- (1) Y. Urabe, H. Monjushiro, H. Watarai, "Laser-Photothermal Migration of a Micro-Bubble in Organic Solvent".

• 12th International Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA12), Oct.19-24, 2008, Buenos Aires, Argentina.

- (1) Y.Ogata, N. Ishigure, S. Mochizuki, K. Ito, K. Hatano, J. Abe, H. Miyahara, K. Masumoto, H. Nakamura, H. Matsumura, " Estimation of the Thermal Neutron Flux in a PET Cyclotron Room via Radioactive Analysis of the Bolts of a Wall Socket in the Room".

• 11<sup>th</sup> European Particle Accelerator Conference (EPAC08), (Magazzini del cotone, Genoa, Italy June 23-27, 2008).

- (1) S. Sakanaka, T. Agoh, A. Enomoto, S. Fukuda, K. Furukawa, T. Furuya, M. Izawa, K. Haga, K. Harada, S. Hiramatsu, T. Honda, K. Hosoyama, T. Kasuga, H. Kawata, Y. Kobayashi, T. Mitsuhashi, T. Nogami, E. Kako, M. Kikuchi, H. Kobayakawa, S. Michizono, T. Miyajima, S. Nagahashi, T. Naito, S. Noguchi, T. Obina, T. Ohsawa, M. Ono, T. Ozaki, H. Sasaki, S. Sasaki, K. Satoh, M. Satoh, T. Shioya, T. Shishido, T. Suwada, M. Tadano, T. Takahashi, Y. Tanimoto, M. Tawada, M. Tobiyama, K. Tsuchiya, T. Uchiyama, K. Umemori, S. 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. Shirakami, H. Takaki, M. Katoh, M. Shimada, M. Kuriki Y. Kobayashi, K. Torizuka, D. Yoshitomi, H. Hanaki, "PROGRESS IN R&D EFFORTS ON THE ENERGY RECOVERY LINAC IN JAPAN".

## 5.2 Invited Talk at Domestic Meetings

- (1) 2008 ANS Winter Meeting, Grand Sierra Resort and Casino, Reno, Nevada, November 9-13, 2008.
- (2) 波戸芳仁, "電磁カスケード計算コード EGS5 の概要および現状", EGS4 ワークショップ in 関西 大阪大学 2008 年 8 月 30 日.
- (3) 榊本和義, 加速器放射化物の取扱についての検討状況, 平成20年度主任者部会年次大会 名古屋, 平成21年11月13~14日.

## 5.3 Domestic Conference

・日本原子力学会 2008 年春の年会 高知工科大学 2008 年 9 月 4 日~6 日

- (1) 桐原陽一、波戸芳仁、平山英夫、岩瀬広、"電子後方散乱のモンテカルロ計算と実験の比較".
- (2) 岩瀬広、波戸芳仁、羽倉洋行、平山英夫、伴秀一、仁井田浩二、佐藤達彦、岩本洋介、松田規宏、坂本幸夫、中島宏、L.Sihver, "粒子・重イオン輸送計算コード PHITS と電磁カスケードコード EGS5 の統合".
- (3) 佐波俊哉、萩原雅之、岩元洋介、執行信寛、"FERMI 研究所の高エネルギー加速器施設における遮蔽実験:(II) 能動型検出器の応答試験"

・日本原子力学会 2009 年春の年会 東京工業大学 2009 年 3 月 23 日~25 日

- (1) 桐原陽一、波戸芳仁、平山英夫、岩瀬広、"電子後方散乱における Class I(ITS3.0) と Class II(EGS5)の違い".
- (2) 佐波俊哉、萩原雅之、馬場護、高田真志、"数 10MeV 陽子による炭素からのフラグメント DDX の入射エネルギー依存性"

・研究会「放射線検出器とその応用」(第 23 回)、KEK 2009 年 1 月 27 日~29 年.

- (1) 津田修一、佐藤達彦、高橋史明、佐藤大樹、遠藤章、佐々木慎一、波戸芳仁、岩瀬広、伴秀一、高田真志, "壁なし組織等価比例計数管の線エネルギー分布測定".
- (2) 桐原陽一、波戸芳仁、萩原雅之、平山英夫、"放射光実験施設での散乱 X 線測定と EGS5 シミュレーションとの比較".

・核データ研究会 テクノ交流館リコッティー 2008年11月20日～21日

- (1) 佐波俊哉、萩原雅之、馬場護、高田真志、“ブラックカーブカウンターを用いた数10MeV陽子からの核破砕片測定の最近の進展”。

・第69回応用物理学会学術講演会 中部大学 2008年9月2日～5日

- (1) 宮本健司、平賀純子、中村正吾、尾崎雄一、菊地正人、内堀幸夫、北村尚、高島健、俵裕子、阿部幸二、内田佳宏、鎌田真太郎、亀井拓也、倉田真吾：“硬X線用CCDの内部で形成される電荷雲形状の測定”。
- (2) 津田修一、佐藤達彦、遠藤章、佐藤大樹、高橋史明、佐々木慎一、波戸芳仁、岩瀬広、伴秀一、高田真志、“壁なし組織等価比例計数管の製作及び基礎特性評価”。

・日本天文学会 2008年秋季年会、岡山理科大学 2008年9月11日～13日

- (1) 平賀純子、宮本健司、中村正吾、俵裕子、“BP-1 ガラス製マルチコリメータを用いたX線CCDの電荷雲形状の実測II”。

・日本天文学会 2009年春季年会、大阪府立大学 2009年3月24日～25日

- (1) 平賀純子、宮本健司、中村正吾、佐藤友厚、藤井景子、河野秀紀、鳥越唯、宗田天志、片倉勇人、片田夕貴、岸本俊二、俵裕子、“10keVを超える硬X線光子によりCCD内部で生成される電荷雲形状の実測”。

・第8回宇宙科学シンポジウム、宇宙航空研究開発機構、2009年1月8日～9日

- (1) 宮本健司、片倉勇人、鳥越唯、中村正吾、平賀純子、内堀幸夫、北村尚、高島健、俵裕子、“硬X線用CCD内部で形成される電荷雲形状の測定実験2”。

・日本物理学会第64回年次大会、立教大学、2009年3月27日～30日

- (1) 宮本健司、平賀純子、中村正吾、佐藤友厚、藤井景子、片倉勇人、片田夕貴、河野秀紀、宗田天志、鳥越唯、高島健、俵裕子、北村尚、内堀幸夫、“硬X線用CCDの内部で形成される電荷雲形状の測定”。

・第24回固体飛跡検出器研究会、早稲田大学、2009年3月27日～28日

- (1) 俵裕子、永松愛子、熊谷秀則、北城圭一、“PADLESによる速中性子線量計測(I)-CERF-ICCHIBAN実験中間報告(概要)-”。
- (2) 北城圭一、俵裕子、永松愛子、熊谷秀則、“PADLESによる速中性子線量計測(II)-CERF-ICCHIBAN実験中間報告(バルクエッチ量依存性)-”。
- (3) 熊谷秀則、俵裕子、永松愛子、北城圭一、“PADLESによる速中性子線量計測(III)-TLABS準単色中性場照射実験中間報告-”。

- (4) 片倉勇人, 宮本健司, 中村正吾, 俵裕子, “広領域画像高速取得顕微鏡で撮像された画像の精度の評価” .

・ 日本放射線安全管理学会第7回学術大会、金沢歌劇座、2008年12月3日～5日

- (1) 豊田晃弘、榎本和義、中村一、畔柳誠、延原文祥、高橋克彦、“PET用サイクロトロン運転時の加速器室内の中性子束評価 I” .
- (2) 延原文祥、畔柳誠、豊田晃弘、榎本和義、中村一、高橋克彦、“PET用サイクロトロン運転時の加速器室内の中性子束評価 II” .
- (3) 阪間稔、谷井喬、前澤博、佐瀬卓也、前田幸志、佐藤一雄、菅田栄一、西谷弘、榎本和義、“自己遮蔽型 PET サイクロトロン及び放射線治療用電子リニアック装置における中性子束の箔放射化法による測定” .
- (4) 中村一、豊田晃弘、榎本和義、阪間稔、佐瀬卓也、“医療用リニアック室内の放射線測定”
- (5) 榎本和義、“放射線管理関連の各学会はそれぞれ何を目標しているか”
- (6) 飯島和彦、佐波俊哉、萩原雅之、齋藤究、佐々木慎一、“電流読み出し型中性子線量モニターのダイナミックレンジ” .

・ 2008 日本放射化学会年会、広島、平成 19 年 9 月 25 日～27 日

- (1) N. Kinoshita, H. Matsumura, H. Iwase, A. Toyoda, K. Masumoto, K. Bessho, T. Sanami, M. Hagiwara, Y. Kasugai, N. Matsuda, Y. Iwamoto, H. Nakashima, Y. Sakamoto, H. Yashima, N. Sigyo, H. Arakawa, S. Nakamura, K. Oishi, A. Leveling, N. Mokhov, D. Boehnlein, K. Vaziri, G. Lautenschlager, W. Schmitt, V. Cupps, B. Kershnik and S. Benisch, “Gas Experiment at Fermilab Anti-proton Target Station” .
- (2) 玉理美智子、末木敬介、笹公和、高橋勉、戸崎裕貴、松四雄騎、大木俊征、三原抄造、長島泰夫、木下哲一、松村宏、別所光太郎、“土壌試料中の $^{36}\text{Cl}$ の定量” .
- (3) 隅貴弘、木下哲一、横山明彦、中西孝、“東部太平洋における海水柱中の $^{239,240}\text{Pu}$ の分布” .
- (4) 永岡美佳、和泉拓郎、隅貴弘、横山明彦、中西孝、木下哲一、山田正俊、“ $^{241}\text{Am}$ の海水中濃度分布：1997年東部インド洋、2003年東部太平洋” .
- (5) 二宮和彦、尾本隆志、中垣麗子、高橋成人、関本俊、八島浩、柴田誠一、木下哲一、松村宏、嶋達志、M.W.Caffee、K.C.Welten、篠原厚、西泉邦彦、“大阪大学核物理研究センターにおける単色中性子を用いた核反応断面積の測定” .
- (6) 中垣麗子、二宮和彦、杉浦啓規、中塚敏光、佐藤渉、吉村崇、松村宏、三浦太一、篠原厚、“パイオニック X線測定によるパイ中間子捕獲初期過程の解明” .
- (7) 榎本和義、豊田晃弘、中村一、鈴木健訓、萩原雅之、“医療用加速器施設における放射化量評価” .
- (8) 緒方良至、石樽信人、望月真吾、伊藤健吾、籬野健太郎、阿部潤一郎、榎本和義、中村

- 一、松村宏、伊東由麿、“ビスの $\gamma$ 線分析を用いたサイクロトロン室内中性子束推定”。
- (9) 阪間稔、佐瀬卓也、谷井喬、前澤博、前田幸志、佐藤一雄、菅田栄一、西谷弘、榎本和義、“自己遮蔽型 PET サイクロトロン及び放射線治療用電子リニアック装置における中性子束の箔放射化法による測定”。

・ 第 51 回放射線化学討論会、産業技術総合研究所（つくば）、2008 年 10 月 15 日～17 日

- (1) 別所光太郎、松村宏、木下哲一、千田朝子、榎本和義、C. Degueldre、R. Bruetsch、“高エネルギー陽子加速器のマグネット冷却水中に生成される Be-7 の化学挙動”。

・ 第 69 回分析化学討論会、名古屋国際会議場（名古屋）、2008 年 5 月 15 日～16 日

- (1) 卜部由佳、文珠四郎秀昭、渡會仁、“気泡および w/o 液滴のレーザー光熱変換熱泳動機構”。

・ 日本分析化学会第 57 年会、福岡大学、2008 年 9 月 10 日～12 日

- (1) 高橋茉莉、文珠四郎秀昭、渡會仁、“Xe ランプを光源とする光吸収性微粒子の光泳動”。

・ 第 10 回環境放射能研究会、KEK、平成 21 年 3 月 27～28 日

- (1) 太田朋子、木下哲一、阿部琢也、“これから始まる若手の輪 ～若手の今後を考える～”。
- (2) 木下哲一、松村宏、岩瀬広、榎本和義、春日井好己、松田規宏、中島宏、坂本幸夫、八島浩、A. Leveling、N. Mokhov、D. Boehnlein、K. Vaziri、G. Lautenschlager、W. Schmitt、V. Cupps、B. Kershisnik、S. Benisch、“Fermilab 反陽子ターゲットステーションにて生成する空気の放射能”。
- (3) 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”。

・ 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報告会、ラポポート千葉(千葉市)、2008 年 4 月 13 日～14 日

- (1) 佐々木慎一、佐波俊也、俵裕子、飯島和彦、斉藤究、村上健、“重荷電粒子に対する気体の W 値に関する研究”。
- (2) 寺沢和洋、道家忠義、佐々木慎一、谷森達、松本晴久、俵裕子、内堀幸夫、窪秀利、込山立人、身内健太郎、永吉勉、関谷洋之、高田淳史、西村広展、服部香里、藤田康信、石田幸司、“位置有感比例計数管の重イオンに対する応答”。
- (3) 津田修一、佐藤達彦、遠藤章、佐藤大樹、高橋史明、佐々木慎一、波戸芳仁、岩瀬広、伴秀一、高田真志、“Wall-less 型組織等価比例計数管を用いた重粒子線に対する沈着エネルギー分布測定に関する研究”。

## 6. 編集

- (1) Y. Namito, H. Hirayama and S. Ban, edited: ``Proceedings of the Fifteenth EGS Users' Meeting in Japan'', KEK Proc. 2008-7 (2008).
- (2) S.Sasaki, M. Hagiwara, T. Sanami, K.Saito, K. Iijima, H. Tawara and H. Takahashi: “Radiation Detectors and Their Uses”, Proc. 22nd Workshop on Radiation Detectors and Their Uses, KEK Proceedings 2008-14 (2008).

## 7. Internal Reports of Radiation Science Center (2008.4 – 2009.3)

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-2008/1 つくばの管理区域内の火災・地震発生時の点検と連絡について (伴)
- RAD-A-2008/2 アセンブリホールにおける放射線障害防止法施行規則第 22 条の 3 の適用について (榎本)
- RAD-A-2008/3 アセンブリホールにおける放射線障害防止法施行規則第 22 条の 3 の適用

について (伴)

RAD-A-2008/4 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

AD-D-2008/1 治療陽電子加速器による水中線量 (波戸)

RAD-D-2008/2 医療陽電子加速器による放射化評価 (萩原)

RAD-D-2008/3 治療用電子加速器での空气中放射能濃度の試算 (伴、萩原、波戸)

#### 7.5 RAD-S

RAD-S-2008/1 PF-AR の北東実験ホールにおける空間線量率の測定 (中村)

RAD-S-2008/2 テストリニアクック運転終了時線量率測定 (佐波、高橋)

RAD-S-2008/3 KEK-BT の運転終了後の表面線量率測定結果 (中村、佐波)

RAD-S-2008/4 KEKB 加速器運転停止後の表面線量率測定 (中村、岩瀬)

RAD-S-2008/5 PF-AR 運転停止後の AR リング表面線量率測定 (飯島)

RAD-S-2008/6 PF-AR 運転停止後の AR リング表面線量率測定 (飯島)

RAD-S-2008/7 KEK-BT の運転終了後の表面線量率測定結果 (中村)

RAD-S-2008/8 PF-AR 運転停止後の AR リング表面線量率測定 (飯島)

RAD-S-2008/9 定期放射線線量率等測定結果 (中性子・ミュオン研究施設) 前期 (飯島)

RAD-S-2008/10 定期放射線線量率等測定結果 (中性子・ミュオン研究施設) 後期 (飯島)

RAD-S-2008/11 定期放射線測定結果 (陽子ビーム利用実験棟) 4 月分 (飯島)

RAD-S-2008/12 定期放射線測定結果 (陽子ビーム利用実験棟) 5 月分 (飯島)

RAD-S-2008/13 定期放射線測定結果 (陽子ビーム利用実験棟) 6 月分 (飯島)

RAD-S-2008/14 定期放射線測定結果 (陽子ビーム利用実験棟) 7 月分 (飯島)

RAD-S-2008/15 定期放射線測定結果 (陽子ビーム利用実験棟) 8 月分 (飯島)

RAD-S-2008/16 定期放射線測定結果 (陽子ビーム利用実験棟) 9 月分 (飯島)

RAD-S-2008/17 定期放射線測定結果 (陽子ビーム利用実験棟) 10 月分 (飯島)

RAD-S-2008/18 定期放射線測定結果 (陽子ビーム利用実験棟) 11 月分 (飯島)

RAD-S-2008/19 定期放射線測定結果 (陽子ビーム利用実験棟) 12 月分 (飯島)

RAD-S-2008/20 定期放射線測定結果 (陽子ビーム利用実験棟) 1 月分 (飯島)

RAD-S-2008/21 定期放射線測定結果 (陽子ビーム利用実験棟) 2 月分 (飯島)

RAD-S-2008/22 定期放射線測定結果 (陽子ビーム利用実験棟) 3 月分 (飯島)

RAD-S-2008/23 中性子実験室 ビームチョッパー表面汚染密度測定 (飯島)

RAD-S-2008/24 PS 主リング ケーブル、空調ダクト表面汚染密度測定 (飯島)

RAD-S-2008/25 陽子ビーム利用実験棟、陽子ビーム準備室 シールドブロック表面

汚染密度測定（飯島）

RAD-S-2008/26	陽子ビーム準備室 シールドブロック表面汚染密度測定（飯島）
RAD-S-2008/27	定期放射線線量率等測定結果（P S 関連施設） 前期（飯島）
RAD-S-2008/28	定期放射線線量率等測定結果（P S 関連施設） 後期（飯島）

## 7.6 CHEM-A

依頼者所属

CHEM-A-08/1	共通	ビスの元素組成定性分析
CHEM-A-08/2	加速器	富士地区電磁石ストレナ内黒色混入物の分析
CHEM-A-08/3	J-PARC	M2,E2 への漏水の水質分析
CHEM-A-08/4	加速器	流量計やポンプ近辺で使用されているパッキンの定性分析
CHEM-A-08/5	加速器	KEKB リング HER セプタムで使用している粗排気用ポンプから出てきたオイル状物質の分析
CHEM-A-08/6	加速器	KEKB クライストロン用絶縁油の表面張力測定(絶縁油の劣化度の評価)
CHEM-A-08/7	加速器	アルミナ表面部着物、着色したネジの表面分析
CHEM-A-08/8	素核研	J-PARC ニュートリノ低温設備で用いられている冷凍機をブローした際に出た黒色粉末の分析
CHEM-A-08/9	加速器	マグネットのアルミナに付着した黒色粉末の分析
CHEM-A-08/10	共通	入射器棟の漏水の水質分析
CHEM-A-08/11	加速器	J-PARC 50GeV MR RF 空洞等の異物の分析
CHEM-A-08/12	加速器	KEKB の 508MHz サーキュレータ冷却水路内部洗浄液の分析
CHEM-A-08/13	加速器	J-PARC 50GeV MR 電磁石ストレナの付着物の分析 (使用中の潤滑油との照合)
CHEM-A-08/14	加速器	J-PARC 50GeV MR 電磁石ストレナの付着物の分析 (目に詰まっている黒色、赤色物質)
CHEM-A-08/15	加速器	クライストロン冷却水中の析出物の分析
CHEM-A-08/16	管理局	外国人宿舎建材中のアスベスト分析
CHEM-A-08/17	加速器	KEKB の 508MHz サーキュレータ流量計前のストレナ残留物の分析
CHEM-A-08/18	加速器	SUS304 に Cu メッキをしたフランジ表面に斑点状の汚れの分析
CHEM-A-08/19	加速器	J-PARC 50GeV MR 電磁石ストレナの混入物および付着物の分析
CHEM-A-08/20	加速器	J-PARC 50GeV MR 電磁石ストレナの付着物の分析
CHEM-A-08/21	共通	電子陽電子入射器棟テストホール床面からの湧き水の分析
CHEM-A-08/22	加速器	Cu テストピースの表面分析
CHEM-A-08/23	加速器	J-PARC MR 空洞#1 冷却水出口側ストレナに混入していた金属片の分析
CHEM-A-08/24	加速器	クライストロン窓冷却水析出物の分析
CHEM-A-08/25	共通	ビスの元素組成定性分析

CHEM-A-08/26	共通	Al 片、Cu 片の純度測定
CHEM-A-08/27	共通	J-PARC 水道水の水質測定
CHEM-A-08/28	管理局	純水冷却水の水質測定
CHEM-A-08/29	加速器	Cu テストピースの表面分析
CHEM-A-08/30	加速器	冷却系内部に付着乾燥していた析出物をサーキュレータ洗浄液に浸した 試料水の分析

