

Activity Report of  
Radiation Science Center  
in Fiscal 2019

KEK

Radiation Science Center  
Applied Research Laboratory

© High Energy Accelerator Research Organization (KEK), 2020

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: <https://www.kek.jp/en/>

放射線科学センター  
2019年度 活動報告

高エネルギー加速器研究機構

共通基盤研究施設 放射線科学センター



## PREFACE

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

In FY 2019 effort for earthquake disaster reconstruction was continued in the field of measurement and estimation of radioactivity which was released in Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident. This includes radioactivity measurement for samples from Fukushima prefecture, setting up of radiation monitor, estimation of radioactivity in air just after the accident, and talks on basic knowledge regarding radiation in schools.

Yoshihito Namito

*Head, Radiation Science Center*

*High Energy Accelerator Research Organization*



# Contents

<b>Chapter 1</b>	<b>Research Activity</b>	<b>1</b>
1.	Research in Radiation Physics and Detector Development	2
2.	Experimental Technology and Monte Carlo Simulation Related to Radiation Shielding	12
3.	Radiation Protection Study in Accelerator Facilities	15
4.	Nuclear Chemistry and Radiochemistry	23
5.	Research related to Accident of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station	25
<b>Chapter 2</b>	<b>研究支援活動</b>	<b>26</b>
1.	体制	27
1.1	放射線管理体制	27
1.2	放射線業務分担	30
1.3	化学安全管理体制	33
2.	放射線安全管理関係	34
2.1	つくばキャンパス	34
2.2	東海キャンパス(J-PARC)	38
3.	化学安全・環境関係	40
3.1	依頼分析	40
3.2	環境管理	40
3.3	実験廃液処理	40
<b>Chapter 3</b>	<b>資料</b>	<b>41</b>
1.	外部資金導入状況	42
1.1	科学研究費補助金	42
1.2	厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）	42
1.3	受託研究等	42
1.4	共同開発研究	42
1.5	その他	42

2. 共同研究等	43
2.1 大学等との共同研究	43
2.2 民間との共同研究	44
2.3 共同利用研究(施設利用)	44
3. 大学院生等の人材育成	45
3.1 学位論文の指導(総合大学院大学)	45
3.2 学位論文の指導 (他大学)	45
3.3 学術指導	46
4. センター開催の研究会及びシンポジウム	46
4.1 第 26 回 EGS4 研究会	46
4.2 医用放射線シミュレーション研究会	46
4.3 PHITS tutorial in Malaysian Nuclear Agency and PHITS colloquium at USM	46
4.4 PHITS 研究会・講習会	46
4.5 第 22 回「環境放射能」研究会	46
4.6 第 34 回研究会「放射線検出器とその応用」	47
5. 教育活動	47
5.1 総合研究大学院大学	47
5.2 非常勤講師等	47
6. 機構外活動・社会貢献活動等	47
6.1 外部委員会等	47
6.2 学会等	48
6.3 講習会等	48
6.4 社会貢献等	49
7. 受賞記録	49
8. 放射線科学センター名簿	50
<b>Chapter 4 Publication List</b>	<b>51</b>
1. Papers (2019.1.1-2019.12.31)	51
2. Publication in Japanese (2019.1.1-2019.12.31)	52
3. Proceedings (2019.1.1-2019.12.31)	53
4. Reports (2019.1.1-2019.12.31)	54
5. Presentation at Conferences (2019.4.1-2020.3.31)	54
5.1 International Conference	54



5.2 Invited talk	58
5.3 Domestic Conference	58
6. 編集 (2019.4.1-2020.3.31)	62
7. 手引き等(2019.4.1-2020.3.31)	63
8. 単行本(2019.4.1-2020.3.31)	63



## **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 status of these research activities carried out in fiscal year 2019 is described.

## **1. Research in Radiation Physics and Detector Development**

### **1.1 Detector performance of the position-sensitive tissue-equivalent proportional chamber for space dosimetry onboard the international space station**

Y. Kishimoto<sup>1</sup>, S. Sasaki<sup>1</sup>, K. Takahashi<sup>1</sup>, K. Saito<sup>1</sup>, K. Terasawa<sup>2</sup>, K. Miuchi<sup>3</sup>,  
M. Katsuta<sup>4</sup>, A. Nagamatsu<sup>4</sup>, T. Fuse<sup>4</sup>, K. Mori<sup>4</sup>, H. Kitamura<sup>5</sup>  
<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>Keio Univ., <sup>3</sup>Kobe Univ., <sup>4</sup>JAXA, <sup>5</sup>QST

We investigated the performance of a flight model of the position-sensitive tissue-equivalent proportional chamber (PS-TEPC) by irradiating with heavy-ion beams prior to launch to the International Space Station. The flight model operated stably with an effective gas gain of 1000 under a sealed gas. This gain was almost consistent with the effective gas gain under a gas flow. Energies of H, C, Si and Fe beams measured using the PS-TEPC flight model agreed well with calculations using the SRIM2008 code. Energy resolutions of 9.7% and 3.8% were obtained for the C and Fe beams, respectively. The uncertainties in dose equivalents were estimated to be better than 30% assuming both the theoretical model and best-fit function of linear energy transfer and referring to previously reported integrated dose fractions for an actual spacecraft. These features of the flight model satisfy the National Council on Radiation Protection and Measurements criteria for space dosimeters.

*Published as Japanese Journal of Applied Physics, 59 1 (2020)*

### **1.2 Influence of light output calibration on neutron energy spectrum unfolding up to 300 MeV using liquid organic scintillator**

E. Lee<sup>1</sup>, N. Shigyo<sup>1</sup>, T. Kajimoto<sup>2</sup>, T. Sanami<sup>3</sup>, N. Matsufuji<sup>4</sup>, S. Izumitani<sup>1</sup>, N. Tokunaga<sup>1</sup>, M. Kiyota<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Kyushu Univ., <sup>2</sup>Hiroshima Univ., <sup>3</sup>KEK/SOKENDAI, <sup>4</sup>NIRS

The influence from uncertainty on light output calibration was studied experimentally for neutron energy spectra up to 300 MeV obtained by an unfolding method using a liquid organic scintillator. The neutrons were generated from the interactions of 100 and 290 MeV/u <sup>28</sup>Si ion beams on thick silicon targets at a 75° direction with respect to the beam axis. The light output calibration determined by using Compton edges of  $\gamma$ -rays from <sup>60</sup>Co and <sup>241</sup>Am-Be sources was used for the unfolding method. The uncertainty of the calibration points at the Compton edges was estimated to be within 3%. Two calibration lines which connected the 3% larger light output point of the

Compton edge of the  $\gamma$ -ray from  $^{60}\text{Co}$  and that the 3% lower light output point of that from  $^{241}\text{Am-Be}$  and vice versa were examined for influence on variation of calibration line. The unfolded spectra using the two calibration lines were compared with one using the calibration line connecting light output points of Compton edges from both  $\gamma$ -ray sources. The comparison indicates the uncertainty of calibration line influences the neutron light output spectrum within order of several %. The all unfolded spectra generally reproduced one by the time-of-flight (TOF) method in the same experiment. The difference between TOF and unfolded spectra were 17 and 8% for 100 and 290 MeV/u data, at maximum.

*Published as Nucl. Instrum. Meth. B 445 26 - 33 (2019)*

### **1.3 Low-energy-threshold detector for measuring proton spectra at several tens of MeV using Bragg curve spectroscopy**

Y. Yamaguchi<sup>1</sup>, T. Sanami<sup>2</sup>, Y. Koba<sup>3</sup>, Y. Uozumi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kyushu Univ., <sup>2</sup>KEK/SOKENDAI, <sup>3</sup>NIRS

We have developed a low-energy-threshold detector comprising a Bragg curve counter (BCC), two silicon-surface barrier detectors, and a bismuth germanate scintillator to obtain experimental double-differential cross section (DDX) data on (p, p' x) reactions for incident energies of several tens of MeV. The BCC can identify particles by itself and can do so for protons down to 1 MeV. The developed detector is used to measure the DDXs of (p, p' x) reactions for incident proton energies of 40 and 70 MeV at 15–150°. The minimum energy in the DDX data is 1.3 MeV, which gives spectra of emitted particles in the whole energy range. The resultant DDXs are compared with results calculated using intranuclear cascade plus evaporation models. Below 10 MeV, the calculation results agree reasonably with measured data for the  $^{nat}\text{C}(p, p' x)$ ,  $^{27}\text{Al}(p, p' x)$ , and  $^{nat}\text{Cu}(p, p' x)$  reactions, but they disagree regarding energy and angular dependence for the  $^{197}\text{Au}(p, p' x)$  reaction

*Published as Nucl. Instrum. Meth. A 953 163158 (2020)*

### **1.4 Neutron emission spectrum from gold excited with 16.6 MeV linearly polarized monoenergetic photons**

Y. Kirihara<sup>1</sup>, H. Nakashima<sup>1</sup>, T. Sanami<sup>2</sup>, Y. Namito<sup>2</sup>, T. Itoga<sup>3</sup>,

S. Miyamoto<sup>4</sup>, A. Takemoto<sup>4</sup>, M. Yamaguchi<sup>4</sup>, Y. Asano<sup>5</sup>

<sup>1</sup>JAEA, <sup>2</sup>KEK/SOKENDAI, <sup>3</sup>JASRI, <sup>4</sup>Hyogo Univ., <sup>5</sup>RIKEN

The neutron-emission spectrum from a <sup>197</sup>Au target excited with a  $16.6 \pm 0.2$  MeV, monoenergetic, linearly polarized photon beam was measured using the time-of-flight method at the NewSUBARU-BL01. Two components were clearly detected in the neutron spectrum produced by photonuclear reactions. One component [component (A)] shows an evaporation-like spectrum with energies up to 4 MeV. The spectrum of the other component [component (B)] is shaped like a bump and energies  $\geq 4$  MeV. The intensity of the component (A) does not show any definite angular dependence, whereas, that of the component (B) follows the relation  $[a + b \cos(2\theta)]$  as a function of the angle  $\theta$  between the polarization and detector directions.

*Published as J.Nucl.Sci.Tech. 57, 444-456 (2020)*

### **1.5 Depth profile of radioactivity in the concrete wall of the J-PARC accelerator tunnel**

K. Nishikawa<sup>1,2</sup>, K. Bessho<sup>1,2</sup>, S. Sekimoto<sup>3</sup>, H. Yashima<sup>3</sup>, M. Hagiwara<sup>1,2</sup>, M. Shirakata<sup>1</sup>,  
T. Miura<sup>2</sup>, K. Saito<sup>1,2</sup>, H. Yamazaki<sup>1,2</sup>, H. Nakamura<sup>1,2</sup>, A. Kanai<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>J-PARC Center, <sup>2</sup>KEK, <sup>3</sup>KURNS, <sup>4</sup>Tokyo Nuclear Services Co., Ltd,

This study addressed the production of radioactivity in concrete walls at the J-PARC facilities. It was found that the production of various radionuclides in concrete was largely dependent on elemental composition of the concrete and locations of concrete in the accelerator where dominant particles were different. The depth profiles of the radioactivity in the concrete walls were also investigated. A depth profile of nuclides induced by thermal neutrons demonstrated that fast neutrons were moderated and changed to thermal neutrons inside the concrete. These thermal neutrons also contributed to the production of radionuclides by thermal neutron capture reactions. Activation induced by high-energy muons were observed in concrete behind the hadron absorber in the Neutrino Beam-line. The different mechanisms of radionuclides production in concrete were also discussed.

*Presented at 3rd J-PARC Symposium on Science at J-PARC (J-PARC2019)*

### **1.6 Excitation functions for neon-induced reactions on copper up to 180 MeV**

H. Yashima<sup>1</sup>, M. Hagiwara<sup>2</sup>, T. Sanami<sup>2</sup>, S. Yonai<sup>3</sup>

<sup>1</sup>KURNS, <sup>2</sup>KEK, <sup>3</sup>QST

The decommissioning of old accelerator facilities requires activation cross section data to estimate the residual activities induced in the accelerator components. But experimental data of induced activities are very scarce for low energy (lower than several tens MeV) heavy ions which were required for decommissioning of accelerator facilities such as tandem accelerator and cyclotron. We therefore irradiated 126, 189 MeV neon ions onto a Cu target to obtain experimental data of residual radioactivities for low energy heavy ions. Irradiation experiments were performed at cyclotron facility (NIRS-930), National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology. The Cu targets were composed of a stack of natural Cu foils. The Cu targets were irradiated with beam intensity from 100 to 180 nA, for irradiation time from 1 to 4 hours. The beam current on the Cu targets were recorded with a current integrator, connected to a multichannel scaler to monitor the fluctuations of the neon beam. After irradiation, radioactivities of produced nuclides on the Cu foils are determined by a HPGe gamma-ray spectrometry. The excitation functions of neon-induced reaction on the Cu foils by taking into account the projectile energy degradation in the target are estimated.

*Presented in 2nd International Conference on Radioanalytical and Nuclear Chemistry: RANC-2019, Budapest, Hungary, May 5-10, 2019*

### **1.7 Radioactivity of sodium-22 and sodium-24 produced in low-activation concrete used for the accelerator tunnel in J-PARC**

K. Nishikawa<sup>1,2</sup>, K. Bessho<sup>1,2</sup>, S. Sekimoto<sup>3</sup>, H. Yashima<sup>3</sup>, M. Hagiwara<sup>1,2</sup>, M. Shirakata<sup>1,2</sup>,  
T. Miura<sup>2</sup>, K. Saito<sup>1,2</sup>, H. Yamazaki<sup>1,2</sup>, H. Nakamura<sup>1,2</sup>, A. Kanai<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>J-PARC Center, <sup>2</sup>KEK, <sup>3</sup>KURNS, <sup>4</sup>Tokyo Nuclear Services Co., Ltd,

In high-energy proton accelerator facilities, secondary neutrons are produced by nuclear reactions at beam loss points. These neutrons produce radionuclides in accelerator components, room air, and concrete materials constituting the tunnel walls, floors, and ceilings. In general, sodium is one of the major elements in concrete materials. It becomes a parent nuclide producing <sup>24</sup>Na (T<sub>1/2</sub>: 15 h) and <sup>22</sup>Na (T<sub>1/2</sub>: 2.6 y); <sup>24</sup>Na is produced by the thermal neutron capture (n,  $\gamma$ ) reaction, whereas <sup>22</sup>Na is produced by the fast neutron (n, 2n) reaction. Sodium-24 is the most dominant radionuclide involved in  $\gamma$ -ray exposures on radiation workers immediately beyond the beam stop, and <sup>22</sup>Na must be addressed from the perspective of decommissioning of accelerator facilities. To solve such problems, “low-activation concrete”, which has low Na content, was developed for reducing <sup>24</sup>Na and <sup>22</sup>Na

production. The Japan Proton Accelerator Research Complex (J-PARC) is a large research facility using world-class high-intensity proton beams (design value; 3 GeV: 1 MW, 30 GeV: 750 kW); hence, extremely intense neutrons are produced at beam loss points. At the areas around beam-loss points, low-activation concrete was adopted in the facility-design stage of J-PARC, to reduce  $^{24}\text{Na}$  and  $^{22}\text{Na}$  production. To study the production process of radioactivity in concrete, test concrete samples for radioactivity measurements were installed at twelve locations in concrete walls in the J-PARC facility. This work focused on the differences in the radioactivity produced in ordinary and low-activation concrete, and the differences were studied using radioactivity measurement and calculation methods. The radioactive concentrations of  $^{22}\text{Na}$  were measured using a high-purity Ge detector and were compared at two locations (depth: 30-95 mm) where ordinary concrete (Na: 1.3%) and low-activation concrete (Na: 0.035%) were used, respectively. For these locations, the dominant beam loss corresponded to the same proton energy of 400 MeV, and the fast-neutron fluences were estimated to be similar. The radioactive concentrations of  $^{22}\text{Na}$  were determined, using radioactivity measurements, to be  $2.9 \times 10^{-2}$  Bq/g in ordinary concrete and  $6.2 \times 10^{-3}$  Bq/g in low-activation concrete. The effect of reducing  $^{22}\text{Na}$  by adopting low-activation concrete was certified for the first time in this work, using practical radioactivity measurements of concrete at high-energy accelerator facilities.

*Presented in 2nd International Conference on Radioanalytical and Nuclear Chemistry: RANC-2019, Budapest, Hungary, May 5-10, 2019.*

### **1.8 Excitation functions for alpha-induced reactions on zirconium in the 10–40 MeV energy range**

M. Hagiwara<sup>1</sup>, H. Yashima<sup>2</sup>, T. Sanami<sup>1</sup>, S. Yonai<sup>3</sup>

<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>KURNS, <sup>3</sup>QST

$^{99\text{m}}\text{Tc}/^{99}\text{Mo}$  is one of the most important radioisotopes used in nuclear medicine for common diagnostic imaging technologies such as single photon emission computed tomography (SPECT). After the worldwide shortage of  $^{99\text{m}}\text{Tc}/^{99}\text{Mo}$  due to the long shutdowns of major nuclear research reactors in 2009–2010, some alternate sources of  $^{99\text{m}}\text{Tc}/^{99}\text{Mo}$  using accelerators have been investigated for stable supply of  $^{99\text{m}}\text{Tc}/^{99}\text{Mo}$ . In this study, we focused on the production route of  $^{99}\text{Mo}$  via the  $^{96}\text{Zr}(\alpha, n)^{99}\text{Mo}$  reaction using a low energy accelerator. In order to estimate the production yield of  $^{99}\text{Mo}$  and the byproduct radioisotopes, we irradiated 24.6 and 46.4 MeV alpha particles onto stacked  $^{\text{nat}}\text{Zr}$  targets at a cyclotron facility (NIRS-930), National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology, Japan. The stack targets were composed of



natural zirconium foils (0.005 mm) and natural titanium foils (0.005 mm) which acted as a beam monitor. The total target thickness was thicker than the range of projectile alpha particles to measure the beam current on the targets. After irradiation, gamma-rays from each foil were measured with a HPGe detector. The production rates of radionuclides as well as  $^{99}\text{Mo}$  in  $^{\text{nat}}\text{Zr}$  samples are determined by a gamma-ray spectroscopy. The excitation function was deduced from the production rates of radionuclides by taking into account the projectile energies on each  $^{\text{nat}}\text{Zr}$  foil degraded in the stacked target.

*Presented in 2nd International Conference on Radioanalytical and Nuclear Chemistry: RANC-2019, Budapest, Hungary, May 5-10, 2019.*

### **1.9 Thermal neutron profile inside J-PARC main ring tunnel**

T. Oyama, M. Hagiwara, H. Nakamura, M. J. Shirakata, S. Nagaguro, H. Yamazaki, K. Nishikawa,  
T. Sanami,  
KEK

To estimate the beam losses and activation in the J-PARC main ring (MR) tunnel, thermal neutron distribution was measured using gold foil activation detectors with the Cd difference method. Hundred pairs of bare and Cd-covered gold foils were prepared to cover the entire area of the MR tunnel. The relative and absolute activities of the gold foils were measured using an imaging plate and an HP-Ge detector for some reference foils, respectively. A total of 97% of the thermal neutrons were detected in the injection section, where a beam collimation system was installed to localize the beam loss in the MR tunnel. The thermal neutron fluxes were compared with the calculation results from a Monte Carlo simulation code, PHITS. The calculation results were generally in good agreement with the experimental thermal neutron flux distribution. Furthermore, we investigated a simple empirical formula,  $\phi_{\text{th}} = CQS$ , to estimate the thermal neutron flux in the accelerator room, where  $Q$  is the neutron source intensity and  $S$  is the total surface area of the room. A coefficient  $C$  of  $1.61 \pm 0.15$  was deduced in the MR tunnel, which is within the error range of the previous value measured in the CERN CHARM facility using a 24 GeV/c proton beam despite the different projectile energies and room shapes. The  $\gamma$  dose rates at the same positions as the gold foils were measured as well. A strong correlation was observed between the thermal neutron fluxes and  $\gamma$  dose rates with respect to the surrounding concrete types. This result suggests that the dose rate on the concrete wall can be used to estimate the distribution of the thermal neutron fluxes and the amount of beam loss in the MR.

### **1.10 Evaluation of gamma-ray disturbing effect on readout of charged particle tracks using fluorescent nuclear track detectors (FNTDs)**

T. Hashizume<sup>1,2</sup>, T. Okazaki<sup>1</sup>, T. Sanami<sup>2,3</sup>, M. Hagiwara<sup>2,3</sup>, H. Monjushiro<sup>2,3</sup>, H. Hayashi<sup>1</sup>, I. Kobayashi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Nagase Landauer, Ltd., <sup>2</sup>SOKENDAI, <sup>3</sup>KEK

In this study, we aimed to identify the reasons for track misrecognition caused by gamma-rays in the FNTD (fluorescent nuclear track detector) system. FNTDs were irradiated with fluence-controlled <sup>241</sup>Am alpha-particles at 0°. The irradiated FNTDs were scanned by a commercial reader to obtain fluorescence images of uniform shape tracks and a reader-counted track density per unit area [mm<sup>-2</sup>]. The track density was good agreement with manually eye-counted track density. Then, the FNTDs irradiated with alpha-particles were additionally irradiated with <sup>137</sup>Cs gamma-rays and scanned by the reader in order to monitor transition of the reader-counted track density with gamma dose. Track counting efficiency, which is defined as the reader-counted density divided by the eye-counted density, was reliable with until 33 mSv of gamma dose with ± 30% accuracy. However, with the higher dose of gamma-rays at 95 and 242 mSv, the efficiency fluctuated over the accuracy because of track misrecognition. To clarify the reasons for the track misrecognition, fluorescence track images were compared before and after gamma irradiations. On the fluorescence images with gamma-rays, the non-uniform signal caused by secondary electrons were observed (Sykora et al., 2010a). Especially with 242 mSv of gamma dose, the non-uniform signal formed “track-like” spots. To analyze the characteristics of the non-uniform signal, fluorescence intensity (FI) per pixel was analyzed for track and background (BG) areas separately. The FIs at both track and BG areas showed linearity to gamma dose. In the analysis of FI distributions, the fluctuation of FIs at BG area increased with gamma doses while the fluctuation of FIs at track areas did not change significantly. As a result, the difference of FI values between track and BG areas was smaller with the higher dose of gamma-rays. This phenomenon caused the difficulty of detecting tracks under gamma-ray exposure.

## 1.11 Characterization of diamond detector for neutron dosimetry in harsh radiation environments

M. Hagiwara<sup>1,2</sup>, X. Xu<sup>2</sup>, M. Jauhar Kholili<sup>2</sup> and M. Tanaka<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>SOKENDAI

Mixed radiation fields (neutrons,  $\gamma$ -rays and so on) are present in many environments including nuclear power plants, nuclear reprocessing facilities, particle accelerators and in medical nuclear facilities. Especially, neutrons and  $\gamma$ -rays composing these fields are required to be monitored in order to characterize the radiological environments and to avoid the workers from excessive radiation exposure. However, in some harsh environments associated with Fukushima Daiichi nuclear power plant (NPP) after the accident in 2011 and state-of-art high-intensity accelerators such as SuperKEKB, J-PARC and LHC, the real-time monitoring of neutrons and  $\gamma$ -rays in their caves, that gives diagnostic information in the systems, can be challenging, because extremely-high levels of background events. In 2018, we launched a Japan-collaborative project (RIDERS: Remote Inspection of Debris under Extreme Radiation by Diamond Sensor Integrated with SONAR Systems) to develop a prototype of submerged remotely operated vehicle (ROV) integrated with a neutron detector and sonars in collaboration with Japanese experts from the High Energy Accelerator Research Organization (KEK), the National Institute Material Science (NIMS) and the National Maritime Research Institute (NMRI), targeting the localization and characterization of the fuel debris at NPP on site. For the neutron detector, a thin diamond detector coated by a neutron convertor is selected, because it could measure neutron events associated with the debris apart from huge  $\gamma$ -ray events by  $^{137}\text{Cs}$  widely-dispersed throughout the primary containment vessel (PCV).

We started the feasibility study with the commercially-available CVD diamond detectors (B6-C by CIVIDEC) with thickness of 0.025 and 0.14 mm. B6-C was developed for the measurement of thermal neutrons putting a 95% enriched  $^6\text{LiF}$  neutron convertor with 1.9  $\mu\text{m}$  thickness on the one side of the detector. To investigate essential characteristics of the diamond device, the CCE and transient signal is measured using a mixed  $\alpha$ -source ( $^{148}\text{Gd}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{244}\text{Cm}$ ) inside a metal vacuum chamber at room temperature. The CCE measurement is conducted by connecting the SMA connector to a CAEN A1422 Charge Sensitive Amplifier (CSA). The long-tail signal from CSA is shorten with a CAEN N968 shaping amplifier with an output of Gaussian signals. The analog output signals from the shaper are converted to digital signals by MCA 8000D. The MCA software distributes the digital data to histogram in certain bin related to the energy of the incoming particle. The distribution of histogram reflects the energy resolution of the detector. Next, we irradiated the diamond detectors with  $\gamma$ -rays of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{60}\text{Co}$  and measured the energy deposition distributions to estimate the sensitivities for  $\gamma$ -rays. Besides, we simulated the response of diamond detectors for

$\gamma$ -rays by using the PHITS code for comparison.

*Presented in JSPS-CNRS diamond detector workshop, Akita, Japan, October 29-November 1, 2019.*

### **1.12 Measurement of scintillation and ionization in helium mixed with xenon**

A. Takeuchi<sup>1</sup>, K. Saito<sup>1,2</sup>, Y. Kishimoto<sup>1,2</sup>, T. Oyama<sup>1,2</sup>, and T. Sanami<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup>Sokendai, <sup>2</sup>KEK

We precisely measured the scintillation time profiles, scintillation yield, and ionization yields of He/Xe mixture to investigate the basic properties of the gas mixture for the anticipation for developing neutron detector with <sup>3</sup>He/Xe mixture. The observed rise and decay times of scintillation depend on partial pressure of He and Xe. Various mixture of He/Xe are tested, and the scintillation yields saturated when the concentration of Xe exceeds 10%. The measurements of ionization yields show to correspond with the theoretical values.

*Published as Proceedings of the Second International Symposium on Radiation Detectors and Their Uses (ISR2018), JPS conference proceedings 24 (2019) 011006.*

### **1.13 Impurity effect on ionization yield in helium by alpha-particles**

A. Takeuchi<sup>1</sup>, K. Saito<sup>1,2</sup>, Y. Kishimoto<sup>1,2</sup>, T. Oyama<sup>1,2</sup>, and T. Sanami<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup>Sokendai, <sup>2</sup>KEK

The ionization efficiency is characterized by W-value, which is defined as the average energy required to produce an ion pair by a charged particle in gases. W-value has been measured in many gases and these results have reproducibility. However, the various experimental results of W-value in Helium (42.2-46.0 eV) are shown by many researchers. It is assumed that one of causes of the different results is due to the Penning effect. The excited helium atom ionizes the impurities atom or molecule in Helium by the collision, which results in the increase of ionization yield because of the production of additional ion pairs. To measure ionization yield without the influence of impurities, it is important to keep purity of the gas high during measurement because impurities are released from a measurement chamber continuously. We applied two types of purifiers: Ni compound and Zr-Ba-Fe getters. Water vapor pressure in a helium as impurities was measured using a dew point meter. The ionization yield has been measured with a gridded ionization chamber. Americium-241 was used as  $\alpha$ -particles source. We measured a variation of ionization yield and water vapor pressure

in helium simultaneously. In the case of using purifier, the ionization yield and the water vapor pressure increased with time, finally it became a constant value. The increasing of ionization yield with purification was less than without one. That is due to inhibiting from increasing impurities by purification. We obtained W-value in Helium by making clear an association of the ionization yields with the impurity concentration.

*Presented in 2019 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, Manchester, UK, October 26 – November 2, 2019.*

#### **1.14 Some Properties of Plastic Scintillators to Construct a LET Spectrometer**

Ngan N. T. Tran<sup>1</sup>, S. Sasaki<sup>1,2</sup>, T. Sanami<sup>1,2</sup>, Y. Kishimoto<sup>1,2</sup>, and E. Shibamura<sup>3</sup>

<sup>1</sup>SOKENDAI, <sup>2</sup>KEK, <sup>3</sup>Waseda Univ.

The properties of plastic scintillators as candidate materials for constructing a dosimeter based on LET spectrometry are studied. In order to obtain LET, it is necessary to determine the deposited energy and the trajectory of the incident radiation. For determining the deposited energy, energy resolution is an important factor which must be evaluated. In this study, the energy resolution of plastic scintillators EJ-200, EJ-212, and EJ-252 are determined based on the results of electron response and the absolute light yield. Additionally, in the progress of determining the trajectory of radiations, we examine the relationship between the incidence positions of radiation in the plastic scintillator and signals from the photomultiplier tube.

*Published as Proceedings of the Second International Symposium on Radiation Detectors and Their Uses (ISR2018), JPS conference proceedings 24 (2019) 011008.*

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

### **2.1 Comparison of simulations by EGS5 and PENELOPE 2014**

Y. Morishita<sup>1</sup>, Y. Kirihara<sup>2</sup>, M. Shimizu<sup>1</sup>, Y. Namito<sup>3</sup> and H. Hirayama<sup>3</sup>

<sup>1</sup>AIST, <sup>2</sup>JAEA, <sup>3</sup>KEK

Monte-Carlo (MC) simulation is a key item which constitutes radiation standards such as absorbed dose, kerma or exposure, and its validity is crucial because the main part of uncertainties of these standards is governed by the MC results. The validity can be tested through a comparison between quantities measured actually and simulated by the MC code and/or between quantities simulated by several different MC codes. In this study, we compared the simulations by EGS5 and PENELOPE.

*Presented at 2nd International Conference on Monte Carlo Techniques for Medical Applications (MCMA 2019).*

### **2.2 Parallel Monte Carlo implementation of EGS5 with MPI (EGS5-MPI) for large-scale radiation transport simulation**

M. Shimizu<sup>1</sup>, Y. Morishita<sup>1</sup>, Y. Namito<sup>2</sup> and H. Hirayama<sup>2</sup>

<sup>1</sup>AIST, <sup>2</sup>KEK

Monte Carlo (MC) simulation is in great importance for radiation protection and dosimetry. To calculate large-scale radiation transport simulation, many MC codes support parallel calculation techniques; Multi-Processing (MP), Message Passive Interface (MPI) and GPU acceleration, etc. In our previous study, we developed a parallelization package, “EGS5-MPI”, for Electron Gamma Shower ver. 5 (EGS5), to generate phase space data of a high-energy photon beam from a clinical linac. The EGS5-MPI provided subroutines for random seed management and environment variables. However, the EGS5-MPI often causes a file IO error, when each MPI process called the HATCH subroutine with the USEGSD option. Because the HATCH subroutine generates a large-size file to calculate electron multiple scattering with Goudsmit-Saunderson Distribution (GSD) model. In the present study, the EGS5-MPI was revised so that only root process calls the HATCH subroutine, to avoid the file IO error. Furthermore, we demonstrated the MC simulation of a high-energy electron beam from a clinical linac with the USEGSD option. The MC simulation successfully carried out the cluster machine without any errors. Total histories and elapsed time were about  $1.2 \times 10^{10}$  histories and 11.5 hours, respectively. The calculation and experimental results of the PDD distribution agreed with each other. The EGS5-MPI was revised to avoid the file IO error. The EGS5-MPI is a very

powerful tool for the EGS5 parallelization on desktop PCs and large-scale cluster machines more than 1,000 processes. The EGS5-MPI is distributed by the EGS5-MPI homepage.

*Presented at 2nd International Conference on Monte Carlo Techniques for Medical Applications (MCMA 2019).*

### **2.3 Radiation Dose Evaluation on Shielding Vest Wearing Exposure Experiments**

H. Kawano<sup>1</sup>, K. Hozumi<sup>2</sup>, A. Tsurumaki<sup>1</sup>, H. Hirayama<sup>2</sup>, Y. Namito<sup>2</sup>, H. Ohashi<sup>1</sup>, Y. Sakamoto<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>ATOX, <sup>2</sup>KEK

In the high dose environments such as Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, shielding vests composed of heavy metals of lead and/or tungsten are used for the dose reduction. Although gamma-ray exposure tests were made by manufactures using the materials of shielding vest, dose reduction effect have not been surveyed systematically by the experiments when workers wear the shielding vest. So exposure tests by two type photon sources, <sup>137</sup>Cs and X-ray generator, were done using water phantom covered with shielding vest. The experiments were simulated by Monte Carlo code, and photon energy dependence of dose reduction effect was surveyed.

*Presented at 19th International Conference on Solid State Dosimetry (SSD 19)*

### **2.4 $\gamma$ -ray and $\beta$ -ray Spectrum Data for egs5 based on ICRP-107**

H. Hirayama<sup>1</sup>, T. Hashizume<sup>1,2,3</sup> and Y. Namito<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>SOKENDAI, <sup>3</sup>Nagase-Landauer Co.

In ICRP-107, the data from most radionuclides that are in need of dose assessment have been published as “Nuclear Decay Data for Dosimetric Calculations”. These data include, the  $\beta$ -ray spectrum data, data on energy and emission number of  $\gamma$ -rays and internal conversion electrons data. The ICRP 107 is a database of 1252 nuclides of 97 elements. In the case of  $\gamma$ -rays, data on  $\gamma$ -rays with an emission rate per decay of 0.01% or more and characteristic X rays are included. The spectral data for  $\beta$ -rays contains the number of  $\beta$ -rays emitted along with the corresponding energy per decay. The energy bin is not equally spaced, but the low energy part with high emission is finely set. The internal conversion electrons data contains the kinetic energy of the electrons and the number of emissions per decay.

In this study,  $\gamma$ -ray data,  $\beta$ -ray spectrum data and internal conversion electron data created for egs5

using the ICRP Report are presented, with the method of using them in egs5.

*Published as KEK Report **2019-1** (2019).*



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

#### **3.1 Evaluation of different gamma-ray imaging techniques for visualisation of induced activity in accelerator magnets**

G. Yoshida, A. Toyoda, H. Matsumura, K. Masumoto, T. Miura, H. Nakamura, K. Bessho  
KEK

Activated accelerator magnets were measured with three different types of commercially available gamma-ray imaging devices (pinhole, Compton scattering, and masked type) and the results were compared to simplify a distinction between activated/non-activated areas in the magnet during the decommissioning of an accelerator facility. In general, an activated magnet includes  $^{60}\text{Co}$  and emits gamma rays over 1 MeV; however, current devices are not designed to detect such high-energy photons. Our results showed that two devices could identify the location of highly activated areas, although they could not detect the total absorption peaks of the 1173 and 1333 keV photons from  $^{60}\text{Co}$ .

*Published in Environmental Radiochemical Analysis VI, 191-203 (2019).*

#### **3.2 Investigation for activation of accelerators at various synchrotron radiation facilities in Japan**

G. Yoshida<sup>1</sup>, H. Matsumura<sup>1</sup>, K. Masumoto<sup>1</sup>, H. Nakamura<sup>1</sup>, A. Toyoda<sup>1</sup>, T. Miura<sup>1</sup>, K. Hayashi<sup>2</sup>, .  
Ishioka<sup>3</sup>, H. Hanaki<sup>4</sup>  
<sup>1</sup> KEK, <sup>2</sup> IMS, <sup>3</sup> RIKEN, <sup>4</sup> JASRI

We have investigated typical synchrotron radiation facilities in Japan. The investigated facilities and maximum acceleration energy are follows: Spring-8 (8 GeV), KEK PF (2.5 GeV), UVSOR (750 MeV), HiSOR (700 MeV), and SR-center (575 MeV). Ambient neutron flux during accelerator operation is evaluated by using various dosimeters. Contact dose-rate measurement with a NaI survey meter and gamma-ray spectrometry with a LaBr<sub>3</sub> scintillation detector was conducted for the beam line components, after the accelerator operation. In all facilities, activation level was quite low. Whole beam-line tunnels made of concrete were not activated and no radionuclides were detected except natural nuclides. Also, almost beam-line components were not and/or low activated. Especially, no places exceeded the background level with dose-rate measurement in SR-center. Whereas some components such as RF-cavity, beam-profile monitor, and flexible tube joint were strongly activated, and nuclides made by ( $\gamma$ , n) reaction such as  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ , and  $^{57}\text{Ni}$  were identified.  $^{57}\text{Co}$  which is a

daughter nuclide of  $^{57}\text{Ni}$  was also detected in the same place.

*Presented at 10th International Workshop on Radiation Safety at Synchrotron Radiation Sources (RadSynch19), Lund, Sweden, May 22-24, 2019.*

### **3.3 Nondestructive high-sensitivity measurement method for activation estimation in accelerator room concrete**

H. Matsumura<sup>1</sup>, G. Yoshida<sup>1</sup>, A. Toyoda<sup>1</sup>, K. Masumoto<sup>1</sup>, H. Nakamura<sup>1</sup>, T. Miura<sup>1</sup>, K. Nishikawa<sup>1</sup>,  
K. Bessho<sup>1</sup>, K. Sasa<sup>2</sup>, T. Moriguchi<sup>2</sup>, F. Nobuhara<sup>3</sup>, Y. Nagashima<sup>3</sup>

<sup>1</sup> KEK, <sup>2</sup> Univ. Tsukuba, <sup>3</sup> TNS

This study establishes a method for easily and quickly estimating the specific activity produced in the concrete walls and floors of accelerator rooms during long periods of accelerator operation, for advanced zoning of activated/non-activated areas in planning the decommissioning of an accelerator. We propose a new, highly sensitive method for nondestructively estimating the specific activity in concrete that can be applied to activation zoning. In this method, instead of direct determination of the specific activities of important long-half-life radionuclides for decommissioning, such as  $^{152}\text{Eu}$  and  $^{60}\text{Co}$ , we determine the specific activities of short-half-life radionuclides,  $^{24}\text{Na}$  and  $^{56}\text{Mn}$ , in situ. The specific activities of  $^{24}\text{Na}$  and  $^{56}\text{Mn}$  and accelerator operation history yield the specific activities of  $^{152}\text{Eu}$  and  $^{60}\text{Co}$  for the advance zoning of activated/non-activated concrete. This method is a powerful long-term prediction tool for concrete activation.

*Presented at 10th International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-10), Taiyuan, China, July 16-19, 2019.*

### **3.4 In-situ evaluation for activated concrete in the accelerator facility with scintillation type gamma-ray spectrometer**

G. Yoshida<sup>1</sup>, H. Matsumura<sup>1</sup>, K. Nishikawa<sup>1</sup>, A. Toyoda<sup>1</sup>, Y. Miyazaki<sup>2</sup>, K. Masumoto<sup>1</sup>, H.  
Nakamura<sup>1</sup>, T. Miura<sup>1</sup>

<sup>1</sup> KEK, <sup>2</sup> The Medical and Pharmacological Research Center Foundation

The assessment of activated concrete is particularly difficult during the decommissioning of an accelerator facility. Destructive analysis by core boring is the only method of investigating the activity of concrete material. To address this problem, an in-situ and nondestructive analysis method was

developed to determine  $\gamma$ -ray-emitting nuclides and their specific activities in the concrete walls and floor by using a portable germanium semiconductor detector. In this work, we examined a substitute for Ge detector to establish a simpler and more convenient method. As candidates, we focused on some scintillation type spectrometers, and the possibility of a substitute for a Ge detector was examined by both simulation and experiment. The detection limits were roughly estimated through Monte Carlo simulation for various scintillation crystals, and it was found that 1.5-inch LaBr<sub>3</sub>, CeBr<sub>3</sub>, and SrI<sub>2</sub> could distinguish the clearance level. It was confirmed that the 1.5-inch LaBr<sub>3</sub> could reproduce the calibration curve of the Ge detector in the experiment. The required thickness and length of the radiation shield for suppressing the background radiation during the measurement was also determined for the convenience of an actual decommissioning work.

*Presented at 10th International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-10), Taiyuan, China, July 16-19, 2019.*

### **3.5 Prediction of specific activity in concrete of accelerator facilities for long-term operation using the Na-24 measurement method**

H. Matsumura<sup>1</sup>, G. Yoshida<sup>1</sup>, A. Toyoda<sup>1</sup>, K. Masumoto<sup>1</sup>, H. Nakamura<sup>1</sup>, K. Nishikawa<sup>1</sup>, T. Miura<sup>1</sup>, K. Bessho<sup>1</sup>, H. Tsuchida<sup>2</sup>, M. Matsuda<sup>3</sup>, A. Taniike<sup>4</sup>, J. Ishioka<sup>5</sup>, H. Hanaki<sup>6</sup>, K. Hayashi<sup>7</sup>, M. Sawada<sup>8</sup>

<sup>1</sup> KEK, <sup>2</sup> Kyoto Univ., <sup>3</sup> JAEA, <sup>4</sup> Kobe Univ., <sup>5</sup> RIKEN, <sup>6</sup> JASRI, <sup>7</sup> IMS, <sup>8</sup> Hiroshima Univ.

The advanced zoning of activated/non-activated concrete in accelerator facilities is very important for planning the decommissioning of an accelerator. In a previous study, we found that long-half-life radionuclides, such as Eu-152 and Co-60, should be considered when decommissioning concrete. However, a method that directly measures Eu-152 and Co-60 has some difficulties. Therefore, in a previous work, we proposed a method to nondestructively predict the specific activity of Eu-152 + Co-60 in concrete for long-term operation. This method is based on the specific activity determination of a short-half-life radionuclide, Na-24, instead of Eu-152 and Co-60. In this study, this method was applied to predict the Eu-152 + Co-60 specific activity in the concrete floor at various facilities of electrostatic accelerators and synchrotron radiation sources. The concrete in the investigated facilities was found to be non-activated because the predicted specific activities of Eu-152 + Co-60 were much lower than the Japanese clearance limit.

*Presented at 5th International Workshop on Accelerator Radiation Induced Activation (ARIA19), Daejeon, Korea, September 23-25, 2019.*

### **3.6 Verification of applying the current gamma-ray imaging techniques for discrimination of accelerator magnet activation**

G. Yoshida, A. Toyoda, H. Matsumura, K. Masumoto, H. Nakamura, T. Miura, K. Nishikawa, K.  
Bessho  
KEK

Gamma-ray imaging technique that rapidly prevailed in Japan after Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident is expected to be powerful tool for detection of activated area and generated nuclides on an accelerator magnet. Although,  $^{60}\text{Co}$  which emits high energy (1173, and 1333 keV) photons is principal nuclides for activated magnet, most of current techniques aim detection of  $^{137}\text{Cs}$  which emits 662 keV photon. Moreover, strong radiations from beam lines disturb to identify the source location. In this study, we experimentally investigated the effectiveness of current imaging technique for the identification of activated areas and generated nuclides in the accelerator magnet, with representative commercially available devices. Fundamental studies by using the magnet moved from the beamline to the low-background environment were conducted, then measurements at the actual beamline were conducted to investigate the effects under high background environment.

*Presented at 5th International Workshop on Accelerator Radiation Induced Activation (ARIA19), Daejeon, Korea, September 23-25, 2019..*

### **3.7 Systematic investigation of trace elements in the concrete of accelerator room by neutron activation analysis**

G. Yoshida<sup>1</sup>, K. Nishikawa<sup>1</sup>, H. Nakamura<sup>1</sup>, H. Yashima<sup>2</sup>, S. Sekimoto<sup>2</sup>, T. Miura<sup>1</sup>, K. Masumoto<sup>1</sup>, A. Toyoda<sup>1</sup>, H. Matsumura<sup>1</sup>, Y. Miyazaki<sup>3</sup>

<sup>1</sup> KEK, <sup>2</sup> Kyoto Univ., <sup>3</sup> The Medical and Pharmacological Research Center Foundation

The assessment of activation of concrete material in an accelerator facility is particularly difficult during the decommissioning work, since the destructive analysis by core boring is the only method of investigating that. To address this problem, we had developed a breakthrough method to estimate the activity of  $^{60}\text{Co}$  and  $^{152}\text{Eu}$  in activated concrete in the accelerator facility from the contact dose rate measurement with a survey meter. This method strongly depends on the concentrations of cobalt and europium which is trace elements in a concrete. From the viewpoint of practical use, the variation of trace elements concentration in the concrete must be understood. We analyzed cobalt and europium

concentrations in concrete samples of some accelerator facilities in Japan with neutron activation analysis which suitable for trace element analysis of ppm order and compared the result.

*Presented at 15th International Conference on Modern Trends in Activation Analysis (MTAA-15), Mumbai, India, November 17-22, 2019.*

### **3.8 Determination of elements concentration for accurate assessment of induced activity produced in accelerator concrete tunnel**

G. Yoshida<sup>1</sup>, K. Nishikawa<sup>1</sup>, Y. Sakaki<sup>1</sup>, Y. Morikawa<sup>1</sup>, M. Inagaki<sup>2</sup>, S. Sekimoto<sup>2</sup>, T. Miura<sup>1</sup>, A. Toyoda<sup>1</sup>, H. Matsumura<sup>1</sup>, K. Masumoto<sup>1</sup>

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

We analysed trace element concentrations in concrete samples of some accelerator facilities in Japan with neutron activation analysis which suitable for trace element analysis of ppm order and compared the result. Total 89 of core concrete samples collected from 8 facilities were prepared as irradiation samples. Each core sample were grounded to 100 µm mesh particle size by a ball mill. Two igneous rocks (JA-1, JG-3) were employed as references and prepared in the same way. For analysis of short-lived nuclides generated by neutron irradiation, 40 samples were irradiated at Pn-3 with 1 MW during 10 s, and measured with a Ge detector immediately after irradiation. All samples including the above 40 samples were irradiated at Pn-2 with 5 MW during 3000 s, and measured with a Ge detector after short lived nuclides were attenuated. From the gamma-ray spectra of the samples, total 26 radionuclides generated by neutron capture reaction were identified.

*The experiment was performed at KUR:31056*

### **3.9 Evaluation of Activated Area in the Electrostatic Accelerator Facilities**

K. Masumoto<sup>1</sup>, H. Matsumura<sup>1</sup>, T. Miura<sup>1</sup>, G. Yoshida<sup>1</sup>, A. Toyoda<sup>1</sup>, H. Nakamura<sup>1</sup>, K. Bessho<sup>1</sup>, T. Nakabayashi<sup>2</sup>, F. Nobuhara<sup>3</sup>, K. Sasa<sup>4</sup>, T. Moriguchi<sup>4</sup>, H. Tsuchida<sup>5</sup>, S. Matsuyama<sup>6</sup>, M. Matsuda<sup>7</sup>, A. Taniike<sup>8</sup>

<sup>1</sup> KEK, <sup>2</sup> JER, <sup>3</sup> TNS, <sup>4</sup> Univ. Tsukuba, <sup>5</sup> Kyoto Univ., <sup>6</sup> Tohoku Univ., <sup>7</sup> JAEA, <sup>8</sup> Kobe Univ.

In Japan, more than 100 electrostatic accelerators have been used in various scientific fields, such as nuclear, material, environmental, and archaeological sciences by using charged particles. As the beam energies and beam currents of almost all these accelerators are low, it is expected that activated area is limited and induced activity is very low. In spite, it is necessary to clarify the activated area or

parts in case of decommissioning of facilities. Especially, the evaluation of neutron activation of surrounding materials is important. This duty is very troublesome for all facilities. Then, we studied the evaluation methodology of activated/non-activated area and try to clear the activated area for electrostatic accelerator facilities during operation in advance.

In case of these accelerators, the accelerated particles cannot penetrate outside of accelerator. Therefore, the activation of surrounding materials is caused by neutrons produced secondary. By the preliminary study using CR-39 for neutron monitor, four accelerators observed neutron emission were chosen for this work as shown in Table 1 along with the irradiation conditions. Three kinds of neutron detectors such as CR-39, activation detectors using Au foils, and TLD are set around accelerator components and inside accelerator room during operation. Before and after experiments, a NaI(Tl) scintillation survey meter and LaBr<sub>3</sub> gamma-ray spectrometer are mainly used to detect surface dose rate, activated area, and radioactive nuclides. Floor concrete under the target was also measured by a Ge-detector to detect the nuclides induced in concrete after the end of experiment. In order to estimate the behavior of neutrons, we used the Monte Carlo calculation code, PHITS (v. 2.88) for neutron transport calculation and DCHAIN-SP (v. 2004) for activation calculation in case of proton and deuteron irradiation for seven target materials such as Li, Be, Cu, Ta and so on. At the beam sorting section of JAEA tandem accelerator, thermal neutron flux was the order of 10<sup>3</sup> cm<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>. At the other three facilities, thermal neutron fluxes on the floor and wall of the accelerator room were the order of 10<sup>2</sup> cm<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup> during experiment. It was found that the activation of beam monitors, slits, target, and their surroundings were activated. But it was confirmed that the estimated activity of <sup>60</sup>Co in accelerator tanks and that of <sup>60</sup>Co and <sup>152</sup>Eu on building concrete of four facilities will be negligible in case of decommissioning of these facilities

Table 1. Selected electrostatic accelerators and irradiation condition

	Institute	Type	Particles, Energy, Current	Target
1	Kobe Univ,	1.7MV, tandem	d, 3MeV, 0.25 μA	Be
2	Tohoku Univ.	4.5MV, single end	p, 2.5, 3MeV, 5 μA	Li, Cu
3	Univ. Tsukuba	6MV, tandem	p, 5, 12 MeV, 1 μA	SUS, Ta
4	JAEA	20MV, tandem	p, 30 MeV, 0.25 μA	SUS

*Presented at 10th International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-10), Taiyuan, China, July 16-19, 2019.*

### 3.10 Evaluation of Activated Areas in the Particle Radiotherapy Facilities

K. Masumoto<sup>1</sup>, H. Matsumura<sup>1</sup>, G. Yoshida<sup>1</sup>, A. Toyoda<sup>1</sup>, H. Nakamura<sup>1</sup>, K. Nishikawa<sup>1</sup>, T. Miura<sup>1</sup>,  
K. Bessho<sup>1</sup>, T. Nakabayashi<sup>2</sup>, F. Nobuhara<sup>3</sup>, S. Yonai<sup>4</sup>, T. Sakai<sup>5</sup>, H. Souda<sup>6</sup>  
<sup>1</sup> KEK, <sup>2</sup> JER, <sup>3</sup> TNS, <sup>4</sup> NIRS, <sup>5</sup> Univ. Tsukuba, <sup>6</sup> Gumma Univ.

Recently, number of particle radiotherapy hospitals is increasing in Japan. Accelerators for several hundred MeV proton and/or carbon beam irradiation are used. In case of decommissioning these facilities, it is important to estimate the radioactivity induced in the accelerator room. Three types of accelerator facilities, such as proton acceleration by cyclotron, proton acceleration by synchrotron and carbon acceleration by synchrotron acceleration, were selected for the survey of activation under their routine operation conditions. Then, the induced activity caused by charged particles and secondary neutrons was measured on the accelerator and its surrounding areas in order to evaluate the activated/non-activated area.

First of all, we set the three types of neutron monitors, such as track detector CR-39, TLD and Au foils, inside the accelerator room and on the beam line during operation. Then, surface dose rate and induced activity were measured in order to confirm the activated area on accelerator, beam line, surrounding materials, and floor and wall of accelerator room. Moreover, we compared the monitored neutron flux with the calculated value derived using the Monte Carlo simulation using PHITS code.

In case of carbon acceleration, neutron fluxes obtained by the measurement of <sup>24</sup>Na activity in floor concrete of accelerator room were the order of  $10 \text{ cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , and induced activity of beam lines were very low. In case of proton acceleration by synchrotron, several parts of accelerators were activated. Neutron fluxes inside the accelerator room during operation were almost  $1 \times 10 \text{ cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  and maximum flux of  $1.1 \times 10^2 \text{ cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  was observed under the electrostatic degrader. In case of proton acceleration by cyclotron, beam loss was mainly occurred at the deflector for beam extraction and the energy degrader outside of cyclotron. Then the maximum neutron flux of  $1.1 \times 10^5 \text{ cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  was obtained around the degrader. Then, residual activity in the cyclotron and the degrader was high. In this irradiation condition, we have to consider the activation of floor concrete under the degrader. Recently, beam current for treatment was reduced, because the spot scanning method was developed for irradiation. In order to reduce activation of accelerator room, a neutron shield surrounding of the degrader and an improvement of beam transport technique are also important.

*Presented at 5th International Workshop on Accelerator Radiation Induced Activation (ARIA19), Daejeon, Korea, September 23-25, 201..*

### 3.11 Analysis of the radionuclides produced in the circulating helium gas for inspecting the gold target installed in the J-PARC Hadron Experimental Facility

K. Bessho<sup>1,2</sup>, M. Hagiwara<sup>1,2</sup>, H. Watanabe<sup>1,2</sup>, K. Nishikawa<sup>1,2</sup>,  
R. Kurasaki<sup>1,2</sup>, R. Muto<sup>1,2</sup>, K. Saito<sup>1,2</sup>, Y. Kasugai<sup>1,3</sup>, H. Yamazaki<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup>J-PARC Center, <sup>2</sup>KEK, <sup>3</sup>JAEA

At the J-PARC Hadron Experimental Facility, a gold target bombarded with proton beam is placed in a hermetic chamber, which is filled with circulating helium gas. Various radionuclides are produced in the gold target and beam windows during beam operations. Some of the radionuclides, such as C-10, N-16, O-14, O-19, O-20, F-20, Ne-23, Ne-24, S-37, Ar-41, Hg-191m, Hg-192, Hg-193m, Hg-195 and Hg-195m, are transferred to the helium gas circulating through the target chamber and detected by an HPGe detector installed in the gas circulation loop. The behavior of the radionuclides has been studied by measuring radioactivity in the helium gas and by calculating radionuclide productions in the solid components.

Detected activity in gas phase and calculated activity produced in the solid components were obtained for various nuclides, and the rates released to gaseous phase was compared for detected nuclides. The results indicate that C, N, O, F, Ne, Ar and Hg nuclides are selectively released to gas phase, whereas dominant nuclides produced in the target and beam windows, such as Au, Sc, and Al nuclides, are not detected in gas phase. The rates released to gaseous phase were analogous for C, N, O, Ne and Ar nuclides. On the other hand, corresponding rates for those of F and Hg nuclides were smaller compared to those of C, N, O, Ne, Ar nuclides, which suggest that F and Hg nuclides tend to remain partially on the solid components. It is possible that these characteristics are related with fluoride formation on the metal surface and low volatility for Hg nuclides depending on the target temperature. These results demonstrate that transformation of radionuclides in the gas phase and their behaviors are highly dependent on the types of elements forming them.

*Presented at the 3rd J-PARC Symposium (J-PARC2019)*

*Published as JPS Conf. Proc. (2020), accepted*



## 4. Nuclear Chemistry and Radiochemistry

### 4.1 Initial quantum levels of captured muons in CO, CO<sub>2</sub>, and COS

G. Yoshida<sup>1</sup>, K. Ninomiya<sup>2</sup>, M. Inagaki<sup>2</sup>, W. Higemoto<sup>3</sup>, P. Strasser<sup>1</sup>, N. Kawamura<sup>1</sup>, K. Shimomura<sup>1</sup>,  
Y. Miyake<sup>1</sup>, T. Miura<sup>1</sup>, M.K. Kubo<sup>4</sup>, and A. Shinohara<sup>2</sup>

<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>Osaka Univ., <sup>3</sup>JAEA, <sup>4</sup>ICU

The role of valence electrons for the muon capture process by molecules is experimentally investigated with the aid of cascade calculations. Low-momentum muons are introduced to gas targets of CO, CO<sub>2</sub>, and COS below atmospheric pressure. The initial states of captured muons are determined from the measured muonic X-ray structure of the Lyman and Balmer series. We propose that the lone pair electrons in the carbon atom of CO significantly contribute to the capture of a muon with large angular momenta.

*Published in J. Radioanal. Nucl. Chem. 320, 283–289 (2019).*

### 4.2 An Aerosol Emission Experiment from Molten Radioactive Metals Using a High-Frequency Induction Furnace System

Y. Oki<sup>1</sup>, T. Miura<sup>2</sup>, K. Nishikawa<sup>2</sup>, H. Nakamura<sup>2</sup>, A. Toyoda<sup>2</sup>, H. Matsumura<sup>2</sup>,  
G. Yoshida<sup>2</sup>, K. Bessho<sup>2</sup> and K. Masumoto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University (KURNS); <sup>2</sup> KEK

In this work, an aerosol emission experiment was performed for radioactive metal samples using a new furnace system. The size distribution was analyzed for the aerosol particles released from the molten metals. The furnace system consists of a vertical-type quartz tube furnace using high-frequency induction heating and a low-pressure impactor for size analysis. Highly-pure carbon crucibles were used for melting of the metal samples. They were carefully baked under vacuum and pure argon gas in advance in order to suppress interference due to particle generation from the blank crucibles. Continuing from the previous year, the pre-baking conditions were optimized to minimize the particle generation. Nearly aerosol-free condition in the furnace was achieved up to 1,800 °C. A series of metal melting and aerosol generation tests were carried out for a few kinds of metal samples including radioactive metals in 2019.

Radioactive aerosols were released to the environment in both accidents of the J-PARC in 2013 and Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP). The release occurred due to melting of a metallic target or a highly radioactive nuclear fuel. We conducted this work to clarify the

behavior and formation mechanism of the radioactive particles formed from the metals at high temperature.

Presented at the 21<sup>st</sup> Workshop on Environmental Radioactivity, Tsukuba, March, 2020.

## **5. Research related to Accident of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station**

### **5.1 Differences of radiocesium concentrations in masu salmon inhabiting lakes and rivers within the same river systems in Fukushima Prefecture**

K. Takasaki<sup>1</sup>, W. Teramoto<sup>1</sup>, T. Wada<sup>2</sup>, H. Nakakubo<sup>1</sup>, T. Sohtome<sup>1</sup>, T. Fujita<sup>1</sup>, K. Masumoto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fukushima Prefectural Inland Water Fisheries Experimental Station

<sup>2</sup> Fukushima Univ., <sup>3</sup>KEK

To promote precise prediction of radiocesium contamination in freshwater fish in Fukushima Prefecture, temporal changes in radiocesium (<sup>134</sup>Cs and <sup>137</sup>Cs) concentrations of masu salmon inhabiting lakes and rivers connected within the same river systems were analyzed in two river systems with different contamination levels. We chose two river systems: Aga River system (including Lake Akimoto, upper-streams “Okura and Kokura Rivers”, and a down-stream “Nagase River”) and Ukedo River system (including Ogaki Dam, upper-streams “Shiobide and Koideya River, and a down-stream ”Kayatsuka Bridge”). Radiocesium concentrations of masu salmon in each river system were compiled and analyzed. Radiocesium data of Aga River system were obtained from monitoring inspections by Fukushima Prefecture during fiscal years 2011-2018, while those of Ukedo River system were obtained by our own surveys conducted during fiscal years 2013-2018. Results revealed that radiocesium concentrations in masu salmon inhabiting rivers did not necessarily show higher values as compared with those in lakes. Radiocesium concentrations of masu salmon in rivers were higher than in a lake in Aga River systems. In Ukedo River system, radiocesium concentrations in masu salmon were higher in two rivers as compared with those in a lake, but were lower in one river.

## 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、並びに化学安全を含む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、2019年度の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 つくばキャンパス

放射線取扱主任者	波戸 芳仁
放射線取扱主任者代理	松村 宏
放射線管理室長	佐波 俊哉
放射線管理室長代理	萩原 雅之
統括: PS 施設 (1,2,3,7 区域) ・電子加速器施設光源関係(4A,5D 区域) ・試験加速器施設 (5E, 6 区域)	松村 宏
統括: 電子加速器施設 (4B, 5A,5B,5C 区域)	佐波 俊哉
業務	三浦 太一
	榊本 和義
教育・将来計画	伴 秀一

管理区域	氏 名	職 名 等
第 1 区域 PS 施設 (前段加速器+デジタル加速器)	飯島 和彦 三浦 太一 高原 伸一	管理区域責任者 管理区域副責任者 管理区域業務担当
第 2 区域 PS 実験施設 東カウンターホール (ERL 開発棟) 北カウンターホール	松村 宏 萩原 雅之 三浦 太一 大山 隆弘	管理区域責任者 管理区域副責任者 管理区域副責任者 管理区域業務担当
第 3 区域 PS 施設 (旧中性子ミュオン科学研究施設)	飯島 和彦 三浦 太一 大山 隆弘	管理区域責任者 管理区域副責任者 管理区域業務担当
第 4 区域 放射光科学研究施設 (4 A)  電子陽電子入射器 (4 B)	岸本 祐二 吉田 剛 豊田 晃弘 岩瀬 広 吉田 剛 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 管理区域業務担当

<p>第5区域</p> <p>SuperKEKB 施設 (5A)</p> <p>DR (5B)</p> <p>BT ライン (5C)</p> <p>大強度放射光施設 (5D)</p> <p>ATF (5E)</p>	<p>萩原 雅之 飯島 和彦 大山 隆弘 大山 隆弘 岩瀬 広 豊田 晃弘 萩原 雅之 岩瀬 広 大山 隆弘 吉田 剛 飯島 和彦 大山 隆弘 豊田 晃弘 岸本 祐二 高原 伸一</p>	<p>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 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 管理区域責任者 管理区域副責任者 管理区域業務担当</p>
<p>第6区域</p> <p>超伝導リニアック試験施設 (STF) 棟</p>	<p>大山 隆弘 岸本 祐二 高原 伸一</p>	<p>管理区域責任者 管理区域副責任者 管理区域業務担当</p>
<p>第7区域</p> <p>RI 実験準備棟、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、 熱中性子標準棟、PS エネソ排水設備</p>	<p>豊田 晃弘 吉田 剛 高原 伸一</p>	<p>管理区域責任者 管理区域副責任者 管理区域業務担当</p>

1.1.2 東海キャンパス

放射線取扱主任者	沼尻 正晴
放射線取扱主任者代理	山崎 寛仁
放射線安全セクション副ディビジョン長	別所 光太郎
放射線安全セクションサブリーダー	沼尻 正晴

管理区域	氏名	職名等
リニアック施設	斎藤 究	管理区域責任者
3 GeVシンクロトロン施設	斎藤 究	管理区域責任者代理
50 GeVシンクロトロン施設	中村 一	管理区域責任者
	穂積 憲一	管理区域責任者代理
放射線測定棟	穂積 憲一	管理区域責任者
	長畔 誠司	管理区域責任者代理
ハドロン実験施設	山崎 寛仁	管理区域責任者
	高橋 一智	管理区域責任者代理
ニュートリノ実験施設	高橋 一智	管理区域責任者
	山崎 寛仁	管理区域責任者代理

## 1.2 放射線業務分担

### 1.2.1 つくばキャンパス

業 務	担当者氏名
管理事務（書類管理を含む） （女子放射線業務従事者対応）  （管理システム） （管理事務・従事者登録）	佐波 俊哉 豊島 規子 室町 啓子 豊田 晃弘 室町 啓子 豊島 規子
出入管理システム	佐波 俊哉 高原 伸一 岸本 祐二 飯島 和彦
放射性物質等  （密封・非密封R I）  （核燃） （廃棄物） （表示付認証機器）  （チェックングソース）  （放射化物）	佐波 俊哉 三浦 太一 榊本 和義 吉田 剛 豊田 晃弘 岸本 祐二 松村 宏 豊田 晃弘 吉田 剛 大山 隆弘 吉田 剛 大山 隆弘 豊田 晃弘 飯島 和彦 吉田 剛
環境放射能	豊田 晃弘 高原 伸一 吉田 剛
安全管理設備（集中放射線監視システム モニターサーベイメーター等）	萩原 雅之 飯島 和彦 岸本 祐二 大山 隆弘 佐波 俊哉



放射能測定器等 (Ge 検出器、サンプルチェンジャー、 液体シンチレーションカウンター、 イメージングプレート)	松村 宏 飯島 和彦 高原 伸一 豊田 晃弘 吉田 剛
放射線校正施設 (放射線照射棟)  (熱中性子準備棟)	飯島 和彦 岸本 祐二 大山 隆弘 萩原 雅之
線量計等 (線量計評価、OSL、APD、PD 等)	岩瀬 広 三浦 太一 飯島 和彦 豊田 晃弘 大山 隆弘
機構長の指定する発生装置等 (PS 系) (電子系)	松村 宏 岩瀬 広
安全教育 (オンライン教育開発 含む)	波戸 芳仁 伴 秀一
出版物等 (安全ビデオ) (安全の手引き、パンフレット等)	豊田 晃弘 波戸 芳仁 松村 宏
広報 (WEB 管理・更新)  (管理業務ページ) (サーバー管理、環境ページ) (トップページ更新情報) (サーバー管理、研究ページ)	萩原 雅之 松村 宏 佐藤 充 豊田 晃弘 岩瀬 広
作業環境測定 (内部被ばく評価を含む)	豊田 晃弘 萩原 雅之 佐波 俊哉 三浦 太一

発生装置責任者

中性子発生装置 飯島 和彦  
X線発生装置 飯島 和彦

### 1.2.2 東海キャンパス

業務	担当氏名
従事者登録、線量管理、教育訓練、UO対応	高橋 一智 西川 功一
環境放射線管理、廃棄物管理、放射性物質等管理（表示付認証機器、チェックソース）	長畔 誠司 西川 功一
放射線安全管理設備（出入管理システム、放射線モニター、監視システム）	斎藤 究 山崎 寛仁 長畔 誠司 穂積 憲一 飯島 和彦* 岸本 祐二*
変更申請、委員会等の所内手続事務	山崎 寛仁 斎藤 究

\*つくばキャンパス所属

### 1.3 化学安全管理体制

#### 1.3.1 化学安全関係責任者等

環境安全管理室長	文珠四郎 秀昭
環境安全管理室員	平 雅文
環境安全管理室員	古宮 綾
環境安全管理室員	佐藤 充
化学薬品等取扱主任者	平 雅文
危険物屋内貯蔵所保安監督者	平 雅文
除害施設等管理責任者	文珠四郎 秀昭
PCB 特別管理産業廃棄物管理責任者	文珠四郎 秀昭
特別管理産業廃棄物管理責任者 (PCB 以外)	平 雅文

#### 1.3.2 化学安全業務分担

業 務	担当氏名
化学安全管理業務 (総括)	文珠四郎 秀昭
水質検査	佐藤 充
化学薬品管理	平 雅文 佐藤 充
依頼分析	平 雅文 文珠四郎 秀昭 古宮 綾 佐藤 充
実験廃液処理	平 雅文
RI 廃水処理	古宮 綾
作業環境管理	古宮 綾
環境管理	平 雅文
広報	古宮 綾 佐藤 充

## 2. 放射線安全管理関係

### 2.1 つくばキャンパス

#### 2.1.1 概要

今年度、放射線発生装置や放射性同位元素の取扱いや被ばく線量等に関して、放射線安全のための法及び機構の諸基準を逸脱するような事例は無かった。

#### 2.1.2 放射線管理業務

##### (1) 機構所属の放射線業務従事者

機構所属の従事者数は 737 名（女性 80 名）である。職員で管理区域内作業にかかわる被ばくがあったものは 6 名（0.5 mSv が 1 名、0.4mSv が 1 名、0.2 mSv 1 名、0.1 mSv 3 名）であった。被ばくを受けた作業場所は、所内では電子陽電子入射器棟、光源棟、他事業所では、東北大、京都大である。

##### (2) 共同利用者、業者の受入

今年度登録された本機構所属以外の放射線業務従事者数は4,418 名で、内訳は 業者 :1,249 名（新規282名、更新967名）、共同利用者 : 3,169名（新規1,486名、更新1,683名）であった。今年度の被ばく状況は、業者では、0.3 mSvが 1 名、0.2 mSvが2名、0.1 mSvが1名であり、電子陽電子入射器棟低速陽電子、EP1 下流部での作業によるものである。共同利用者の被ばくはない。

##### (3) 女性の被ばく

今年度の女性の放射線業務従事者被ばくは記録されていない。

##### (4) 放射性同位元素、核燃料物質等の受入払出

密封放射性同位元素の受入れ、払出しはない。核燃料及び核原料物質の受入れと払出しは 12 件あり、21 件が放射光実験で、5 件が先端計測実験棟で使用された。

#### 2.1.3 申請関係

##### (1) RI 法関係

ア) 第 22 回放射線安全審議委員会で審議された以下の内容で、令和元年 8 月 6 日付で変更申請を行い、11 月 13 日付で承認を得た。

##### a) 陽子加速器施設の使用法変更に伴う放射線安全対策

i) インターロックからエリアモニタを削除する

ii) 前段加速器棟管理区域を施行規則第 22-3 適用区域とする

##### b) 開発共用棟の管理区域縮小に係る放射線安全対策

c) SuperKEKB 筑波実験棟における放射線発生装置室入域方法の変更に係る放射線安全対策

- d) 筑波実験室放射線発生装置室への入域方法変更のためインターロックを変更する
  - e) 放射線照射棟における密封線源の貯蔵に係る放射線安全対策
  - f) 密封された放射性同位元素の使用場所の部屋名称を記載する
- イ) 第 23 回放射線安全審議委員会で審議された以下の内容で、令和 2 年 3 月 9 日付で変更申請を行った。
- a) ERL 開発棟におけるコンパクト ERL の使用の変更に係わる放射線安全対策
    - i) 電子ビームにより製造する放射性同位元素として Cu-64, Cu-67, Zn-65、Zn-69m を追加する
    - ii) 入射部の最大エネルギーを 6MeV から 7MeV に増加させる
    - iii) 放射性同位元素製造のために使用する電子ビームの最大エネルギーを 21MeV から 26MeV に増加させる
    - iv) 理化学的研究のための照射に使用する電子ビームの最大エネルギーを 10MeV から 11MeV に増加させる
  - b) SuperKEKB における放射化物保管設備の新設に係る放射線安全対策
    - i) 筑波実験室 B4 に放射化物保管設備を新設する
  - c) STF の出力増強に係る放射線安全対策
    - i) 最大ビーム強度を 300nA から 3  $\mu$  A に最大出力を 135W から 1.35kW に増加させる
    - ii) 放射化物保管設備を新設する
  - d) 放射性試料測定棟における密封されていない放射性同位元素の使用の変更に係わる放射線安全対策
    - i) 密封されていない放射性同位元素の核種 Cu-67 と Zn-69m の使用を追加する
    - ii) 密封されていない放射性同位元素の核種 Na-24, Zn-65, Cu-64 の使用数量の増加及び Zn-65 の物理状態に気体を追加する。

## (2) 核燃法関係

なし

### 2.1.4. 検査関係

#### (1) RI 法関係

原子力安全技術センターによる定期検査、定期確認が平成 30 年 11 月 28 日から行われ、定期確認については、平成 31 年 1 月 15 日付で定期確認証を受領したものの、定期検査については、運転停止中のため平成 30 年度中に終了しなかった。このため、平成 31 年 4 月 12 日(cERL:施設検査も兼ねる)、および令和元年 5 月 29 日(SuperKEKB)に追加測定が行われ、令和元年 6 月 10 日付で定期検査合格証を受領した。

原子力規制庁による立ち入り検査が 3 月 13 日に行われ、指摘事項、指導事項は無かった。

予防規程の整備とそれに基づく管理業務の実施状況の確認、および事前対策の対象の加速器(入射器、テストリニアック、STF)の現場確認が行われた。応急の措置の対応組織、事前対策、資機材および訓練の確認に重点が置かれた。業務改善についてマネジメント層のインタビューがあった。

- (2) 核燃法関係  
なし

#### 2.1.5. 放射線安全審議委員会

- (1) 第 22 回放射線安全審議委員会

令和元年 7 月 26 日に開催され、主な議題は以下の通りであった。

- 1) 陽子加速器施設の使用法変更に伴う放射線安全対策
- 2) 開発共用棟の管理区域縮小について
- 3) SuperKEKB 筑波実験棟における放射線発生装置室入域方法の変更に係る放射線安全対策
- 4) 放射線照射棟における密封線源の貯蔵に係る放射線安全対策

このほかに、放射線障害予防規程等改正、放射性物質取扱要領改正などについての報告が行われた。

- (2) 第 23 回放射線安全審議委員会

令和 2 年 1 月 29 日に開催され、主な議題は以下の通りであった。

- 1) ERL 開発棟におけるコンパクト ERL の使用の変更に係る放射線安全対策
- 2) SuperKEKB における放射化物保管設備の新設に係る放射線安全対策
- 3) STF の出力増強に係る放射線安全対策
- 4) 放射性試料測定棟における密封されていない放射性同位元素の使用の変更に係る放射線安全対策

#### 2.1.6 その他

- (1) 機構内検査等

- 1) X 線発生装置として申請のあった下記装置について放射線取扱主任者による機構内検査を実施し、安全を確認し使用開始を許可した。検査日を[ ]内に記す。  
卓上型 X 線回折装置 MiniFlex600 (最大印加電圧 40kV,最大電流 1mA)[7 月 17 日]
- 2) SuperKEKB 変更使用に係る承認に伴い、主任者検査を令和元年 11 月 28 日に行い、同日付で使用を許可した。
- 3) 開発共用棟の管理区域縮小の承認に伴い、令和元年 12 月 17 日に管理区域の縮小を行った。本縮小に関する施設の廃止措置報告を 12 月 27 日に規制委員会に提出した。

- (2) 教育訓練等

つくばキャンパスにおける令和元年度放射線安全教育訓練第 1 回を令和元年 11 月 7 日に、第 2 回目を令和 2 年 1 月 14 日に行った。本教育訓練は既認定者の再教育および新規認定

者の追加教育を目的としている。第1回と第2回の受講者数はそれぞれ、451名と136名であった。

(3) 放射線障害予防規程改正関連

- 1) 病院、消防署、警察への事前の情報提供のため、筑波大学附属病院、つくば市北消防署、つくば市北警察署をそれぞれ、令和元年5月21日、6月24日、6月26日に訪問し、事業概要、放射線発生装置、発生しうる事象などについての説明を行った。
- 2) 令和元年7月1日に放射線担当者会議を開催し、予防規程改正内容についての周知を行った。
- 3) 令和元年7月24日付で放射線障害予防規程、同実施細則、放射性物質取扱要領の改正を行い、8月6日付で予防規程と同実施細則を規制委員会に提出した。
- 3) 令和元年11月27日に閉じ込め事故の訓練を行った。異常想定事象発生時の措置、手順に関する訓練として実施したものである。
- 4) 令和2年1月30日付で放射線障害予防規程および同実施細則の改正を行い、2月13日付で規制委員会に提出した。
- 5) 令和2年3月26日付で放射線障害予防規程実施細則改正を行った。

(4) 火災への対応

平成31年4月3日に入射器棟管理区域内で火災が発生し、原子力規制委員会に通報を行った。法定報告事象は発生しなかった。令和元年11月26日に火災報告会を実施し、つくば北消防署との情報交換を行った。

## 2.2 東海キャンパス (J-PARC)

### 2.2.1 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 センターが運営を担っている。法改正に対応するため、安全ディビジョンのセクションを放射線管理セクションと安全推進セクション(緊急時支援チームを含む)に組織改編を行った。

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と放射線管理セクションに別所、沼尻、山崎、齋藤、穂積、中村、高橋、長畔、西川の 9 名が専任として所属し、萩原、岸本、飯島が兼任として所属している。また、山崎と齋藤は、安全推進セクションの兼務となっている。

### 2.2.2 放射線安全セクションの関連業務

関連業務としては、放射線障害防止法に関わる申請、届出、施設検査対応、規程等の改訂、放射線安全に関する委員会活動、放射線安全教育がある。2019 年度も点検、訓練、講習会、規程改訂等の対応が行われた。

### 2.2.3 放射線申請関係

2019 年度は、2 回の変更申請が行われた。1 回目は原子力規制委員会に 5 月 30 日付で申請し、6 月 12 日付で許可を得た。変更内容は、MR 材料照射、I/L 変更等であった。

2 回目は原子力規制委員会に 12 月 6 日付で申請し、2020 年 4 月 28 日付で許可を得た。主な変更内容は、ハドロン実験施設のビーム強度増強とビームライン新設 (B ライン)、ニュートリノ実験施設の屋外管理区域拡張であった。

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規制庁への申請前に新增設等計画書を、建設後に工事完了報告書を県に提出し了解を得る必要がある。今年度は、ハドロン実験施設のビームライン新設 (B ライン) が施設検査に該当するため、新增設等計画書の提出を行った。

2020 年 3 月 5、6 日に、原子力規制庁による立入検査が行われた。検査内容は、危険時の事前対策、訓練の実績、資機材の状況確認、訓練記録に基づく現場確認、改善活動であった。指摘事項、指導事項は無かった。

### 2.2.4 内部規程の改訂、委員会活動

法改正に伴い、放射線障害予防規程、同予防規程細則等の改正を行い 4 月 1 日に施行した。放射線安全に関する内部規程の見直しを行い、J-PARC センター事故対策活動要領の改正を行った。また、諸手続等をまとめた「放射線安全ガイドブック」、放射線管理実務をまとめた「放射線管理要領」の改訂を行った。

JAEA、KEK の 2 者で申請を行うため、両機関で一元的に検討するための諮問会議として放



放射線安全委員会が設置されており、1回開催した。また、J-PARC センター内で放射線安全に関する事項を検討する放射線安全評価委員会が設置されており、3回開催された。放射線安全評価委員会には特定の技術的項目を審議するための作業部会が設けられている。作業部会である運転手引専門部会を5回、インターロック専門部会を1回開催した。

#### 2.2.5 放射線安全教育

2019年度の入域前教育訓練は、KEK・JAEA 職員等 72名、外来業者 924名、ユーザー1,234名が受講した。職員等の再教育訓練は2019年度に2回実施し、年度内に対象者全員の665名が受講した。

### 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 43 件の分析依頼を受け付けた。試料の量が少ない物が多く、ほとんどの分析で卓上型電子顕微鏡及びエネルギー分散型 X 線分析装置を使用した。次いで粉末 X 線回折装置、蛍光 X 線分析装置の使用頻度が高かった。個々の分析内容、結果については部内レポート CHEM-A にまとめてある。

#### 3.2 環境管理

環境安全管理室員の他、環境・地球温暖化・省エネ対策連絡会委員を中心に、「環境報告 2019」を作成し、機構 HP 上に公開した。さらに印刷した冊子体を関係機関及び近隣の中学校・高等学校（中等教育学校）に送付するとともに、機構内の関係部署に配布した。

第 23 回環境コミュニケーション大賞（環境省及び一般財団法人地球・人間環境フォーラム主催）の環境報告部門優良賞（環境コミュニケーション大賞審査委員長賞）を受賞した。

#### 3.3 実験廃液処理

所内各所の化学実験室等から排出される洗浄廃水は、実験廃液処理施設において凝集沈殿及び各種樹脂塔への通水により全量を処理している。処理水は汚水排除基準（排水基準）を満たしていることを確認し、放流を行っている。実験室等からの洗浄廃水の他に、KEKB 地区の各機械室の冷却システムのメンテナンス及び試運転に伴う廃水、計 9.5 m<sup>3</sup>を受け入れ、処理を行った。

また、超伝導空洞電解研磨設備より排出されるフッ素系洗浄廃水についても実験廃液処理施設で無害化処理を行った。受け入れたフッ素系洗浄廃水は、計 78.7 m<sup>3</sup>であった。

廃液処理装置の保守としては、中和槽 pH 計電極の交換、フィルタープレス脱水機のろ布交換等を行った。更に安全対策として、無機ヤード内の階段や垂直梯子に滑り止めを設置する等、作業の安全性向上を図った。装置や配管、架台等老朽化している箇所が多く、今後、設備の更新を検討していく必要がある。

## Chapter 3 資料

ここでは、2019 年度における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年度毎に示す。また、2019 年度の放射線科学センター名簿を示した。

## 1. 外部資金導入状況

### 1.1 科学研究費補助金

- (1) 基盤研究(C)  
研究課題名：He ビームを用いた医療用 Mo-99/Tc-99m の製造技術にかかる基礎研究  
研究代表者 萩原雅之
- (2) 基盤研究(C)  
研究課題名：低エネルギー荷電粒子の核反応による誘導放射能の系統的測定とデータベース化  
研究代表者 八島浩(京大炉)  
研究分担者 萩原雅之
- (3) 基盤研究(C)  
研究課題名：大強度加速器施設の気体中に生成される放射性核種の存在状態と挙動の解明  
研究代表者：別所光太郎

### 1.2 厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）

- (1) 厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）：平成 31～令和 3 年度  
研究課題名：「加速器トンネルにおける位置情報を活用した防災アプリの開発」  
研究代表者：石井恒次（KEK 加速器研究施設）  
研究分担者：別所光太郎

### 1.3 受託研究等

- (1) 平成 31 年度放射線安全規制研究推進事業  
研究課題名：加速器施設の廃止措置に係わる測定、評価手法の確立  
研究代表者：松村 宏
- (2) 平成 30 年度英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業（課題解決型廃炉研究プログラム）  
研究課題名：先端計測技術の融合で実現する高耐放射線燃料デブリセンサーの研究開発  
研究代表者：萩原雅之  
研究分担者：佐波俊哉、岩瀬広、岸本祐二

### 1.4 共同開発研究

- (1) 研究課題名：LET 測定に基づく新型宇宙線量計開発とそれを用いた線量測定システムの確立、並びに加速器混合放射線場測定への適用  
研究代表者：佐々木慎一  
研究分担者：岸本祐二、齋藤究、高橋一智

### 1.5 その他

- (1) 日米科学技術協力事業（高エネルギー物理学）  
研究課題名：大強度陽子ビーム生成標的・窓材料に関する先端的研究  
研究代表者：石田卓  
研究分担者：萩原雅之

- (2) 2018 年度 TIA 連携プログラム探索推進事業「かけはし」  
研究課題名：高エネルギー二次粒子照射場の特性評価に係わる研究  
研究代表者：佐波俊哉

## 2. 共同研究等

### 2.1 大学等との共同研究

#### 2.1.1 共同研究（覚え書き等によるもの）

- (1) 研究課題名：はじき出し原子エネルギースペクトルに関する実験研究  
共同研究先：日本原子力研究開発機構(JAEA)、東北大学(CYRIC)  
研究代表者：萩原雅之(KEK)、岩元洋介(JAEA)、渡部浩司(CYRIC)
- (2) 研究課題名：ワイドバンドギャップ半導体を用いた高効率放射線検出器の高性能化に関する研究  
共同研究先：日本原子力研究開発機構(JAEA)  
研究代表者：田中真伸、大島武(JAEA)  
研究分担者：萩原雅之
- (3) 研究課題名：位置有感生体等価比例係数箱（PS-TEPC）による宇宙ステーション内での線量等量計測技術の確立  
共同研究先：JAXA  
研究代表者：佐々木慎一、坂下哲也  
研究分担者：岸本祐二、齋藤究、高橋一智
- (4) 研究課題名：マイクロパターンガス検出器を用いた特性評価に関する研究  
共同研究先：産業技術総合研究所(AIST)  
研究代表者：藤原健(AIST)、岸本祐二  
研究分担者：佐波俊哉

#### 2.1.2 大学、研究所等との共同研究（2.1.1 によらないもの）

- (1) 研究課題名：核反応により生成する微量放射性核種の放射能分析法に関する研究  
共同研究先：筑波大学  
研究代表者：松村 宏
- (2) 研究課題名：CERN/CHARM施設での24GeV陽子からの二次中性子の遮蔽透過実験  
共同研究先：CERN  
研究代表者：Robert Froeschl(CERN)、佐波俊哉(KEK)  
研究分担者：大山隆弘、長畔誠司、萩原雅之、山崎寛仁
- (3) 研究課題名：レーザー逆コンプトン散乱からの単色光子線を用いた( $\gamma$ ,n)断面積測定  
共同研究先：兵庫県立大学  
研究代表者：佐波俊哉  
研究分担者：Tran Kim Tuyet、山崎寛仁、竹内章博、波戸芳仁
- (4) 研究課題名：重粒子線治療に用いる炭素イオンビーム入射における水ファントム周囲の中性子収量および線量分布に関する研究  
共同研究先：九州大学、原子力研究開発機構、放射線医学総合研究所、清水建設  
研究代表者：魚住裕介  
研究分担者：佐波俊哉
- (5) 研究課題名：遠隔地における空間放射線量計測の実証実験  
共同研究先：東北大学  
研究代表者：石川正  
研究分担者：佐々木慎一、飯島和彦、岸本祐二

## 2.2 民間との共同研究

- (1) 研究課題名：高エネルギー加速器を用いた生成粒子と遮蔽透過の測定  
共同研究先：清水建設株式会社  
研究代表者：佐波俊哉  
研究分担者：坂木泰仁、萩原雅之、大山隆弘
- (2) 研究課題名：船内実験室第2期利用テーマ「位置有感生体等価比例計数箱（PS-TEPC）による宇宙ステーション内での線量当量計測技術の確立」  
共同研究先：日本宇宙フォーラム  
研究代表者：佐々木慎一  
研究分担者：岸本祐二、齋藤究、高橋一智
- (3) 研究課題名：放射線発生装置使用施設に係る放射化機構の研究及びクリアランス等の検認技術の開発  
共同研究先：東京ニュークリア・サービス株式会社  
研究代表者：三浦太一  
研究分担者：松村 宏，吉田 剛
- (4) 研究課題名：放射線環境下にあるサイクロトロン本体及び周辺機器の放射化評価に関する研究  
共同研究先：住友重機械工業株式会社  
研究代表者：松村宏  
研究分担者：吉田 剛，豊田晃弘
- (5) 研究課題名：超伝導加速空洞表面処理技術の開発  
共同研究先：マルイ鍍金工業 千葉・柏工場、姫路工場、開発研究施設  
研究代表者：早野仁  
研究分担者：文珠四郎秀昭

## 2.3 共同利用研究（施設利用）

- (1) 研究課題名：軽核破砕片生成二重微分断面積の測定  
共同研究先：放射線医学総合研究所，九州大学  
研究代表者：佐波俊哉
- (2) 研究課題名：レーザー逆コンプトン散乱からの単色光子線を用いた( $\gamma$ ,n)断面積測定  
共同研究先：兵庫大学  
研究代表者：佐波俊哉  
研究分担者：Tran Kim Tuyet、山崎寛仁、竹内章博、波戸芳仁
- (3) 研究課題名：重粒子によるしきいエネルギー付近の核反応に関する研究  
共同研究先：放射線医学総合研究所  
研究代表者：萩原雅之  
研究分担者：佐波俊哉
- (4) 研究課題名：CLYCシンチレータとダイヤモンド検出器の中性子に対する応答関数の整備  
共同研究先：日本原子力研究開発機構  
研究代表者：海上技術安全研究所 鎌田創  
研究分担者：萩原雅之、Xu Xiuqin
- (5) 研究課題名：He<sup>+</sup>ビームを用いた医療用RIの製造技術にかかる基礎研究  
共同研究先：放射線医学総合研究所  
研究代表者：萩原雅之

- 研究分担者：佐波俊哉
- (6) 研究課題名：高耐放射線燃料デブリセンサー開発のための要素技術研究  
共同研究先：量子科学技術研究開発機構 高崎量子応用研究所  
研究代表者：萩原雅之  
研究分担者：素核研 田中真伸、岸下徹一、濱田英太郎、庄子正剛、坂口将尊、宮原正也
- (7) 研究課題名：次世代センサーエレクトロニクスデバイス基盤技術の中性子線応答に関する研究  
共同研究先：京都大学 複合原子力科学研究所  
研究代表者：萩原雅之  
研究分担者：岩瀬広、大山隆弘、Xu Xiuqing、素核研 田中真伸、岸下徹一、濱田英太郎、庄子正剛、坂口将尊、宮原正也、上野一樹、西口創、海技研 鎌田創
- (8) 研究課題名：加速器トンネル内コンクリート中に生成される放射能の正確な評価のための含有元素の定量  
共同研究先：京都大学  
研究代表者：吉田 剛  
研究協力者：西川功一、関本 俊

### 3. 大学院生等の人材育成

#### 3.1 学位論文の指導（総合研究大学院大学）

- (1) 総研大博士後期課程  
博士：竹内章博  
指導教員：齋藤究、岸本祐二、佐波俊哉
- (2) 総研大博士後期課程  
博士：Tran Kim Tuyet  
指導教員：佐波俊哉、山崎寛仁
- (3) 総研大博士後期課程  
博士：Xu Xiuqing  
指導教員：萩原雅之、岩瀬広

#### 3.2 学位論文等の指導（他大学）

- (1) 九州大学  
研究課題：数10MeV陽子入射反応の系統的二重微分断面積の測定と核反応モデルの改良  
博士学位取得：山口雄二  
指導教員：魚住祐介、佐波俊哉
- (2) 九州大学  
研究課題：Study on neutron attenuation in concrete and steel for shielding design of high energy hadron accelerator  
博士学位取得：Eunji Lee  
指導教員：Keisuke Maehata, Nobuhiro Shigyo, Toshiya Sanami

### 3.3 学術指導

- (1) 東京電力ホールディングス株式会社  
学術指導題目：福島第一原子力発電所における放射線管理に関わる学術指導  
学術指導代表者：波戸 芳仁  
学術指導分担者：平山 英夫

## 4. センター開催の研究会及びシンポジウム

### 4.1 第26回 EGS4 研究会

主催：KEK 放射線科学センター  
開催場所：高エネルギー加速器研究機構（茨城県つくば市）  
開催期間：2019年8月4日～8月6日  
参加者数：60名

### 4.2 医用放射線シミュレーション研究会

主催：KEK 計算科学センター、KEK 放射線科学センター  
共催：筑波大学大学院人間総合科学研究科フロンティア医科学専攻医科学コース医学物理学プログラム  
協力：JAEA  
開催場所：つくば国際会議場（エポカルつくば）中ホール 200  
開催期間：2019年8月7日

### 4.3 PHITS tutorial in Malaysian Nuclear Agency and PHITS colloquium at USM

主催：マレーシア原子力研究所、マレーシアサインズ大学、KEK 放射線科学センター、JAEA  
開催場所：マレーシア原子力研究所、マレーシアサインズ大学  
開催期間：2019年9月3日～9月6日、2019年9月8日～2019年9月9日

### 4.4 PHITS 研究会・講習会

主催：KEK, JAEA  
開催場所：高エネルギー加速器研究機構（茨城県つくば市）  
開催期間：2019年8月5日～8月6日  
参加者：120名

### 4.5 第22回「環境放射能」研究会

主催：KEK 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  
開催場所：KEK つくばキャンパス（中止）  
開催期間：2020年3月12日～3月13日（中止）  
参加登録者：125名（2/26受付終了）  
発表は、講演予稿に記載の範囲内で「発表成立」とする。



プロシーディング編集：(Edited) K. Bessho, K. Tagami, K. Takamiya, T. Miura : “Proceedings of the 21th Workshop on Environmental Radioactivity”, KEK Proceedings in press.

#### 4.6 第34回研究会「放射線検出器とその応用」

主催：KEK 放射線科学センター

開催場所：高エネルギー加速器研究機構（KEK） 研究本館 小林ホール

開催期間：2020年1月15日（水）～ 17日（金）

参加者：70名

### 5. 教育活動

#### 5.1 総合研究大学院大学

- (1) 総研大共通専門科目加速器概論Ⅰ（放射線の相互作用と検出）
- (2) 総研大共通専門科目加速器概論Ⅱ／同演習Ⅱ（"Radiation Interaction and Detection"）
- (3) 総研大共通専門科目放射線物理学（"Radiation Physics"）
- (4) 加速器科学専攻「加速器工学特別演習」（学位論文指導）

#### 5.2 非常勤講師等

- (1) 首都大学東京・大学院人間健康科学研究科非常勤講師
- (2) 首都大学東京健康福祉学部非常勤講師
- (3) 成蹊大学大学院理工学研究科非常勤講師
- (4) 中央大学兼任講師「高エネルギー加速器科学第2」
- (5) 日本大学兼任講師「加速器科学セミナーシリーズ」

### 6. 機構外活動・社会貢献活動等

#### 6.1 外部委員会等

- (1) J-PARC MLF 過酷事象 TF 委員
- (2) J-PARC 放射線安全評価委員会委員
- (3) J-PARC 放射線安全委員会委員
- (4) J-PARC FIFC (Facilities Impact and Finance Committee) 委員
- (5) ニュートリノビームライン大強度化国際レビュー委員
- (6) 日本原子力研究開発機構博士研究員研究業績評価委員
- (7) 東京大学大学院工学系研究科原子力専攻原子力機構施設利用共同研究委員会委員
- (8) 理研小型中性子源システム安全諮問委員会委員
- (9) 東京都市大学原子力安全委員会委員
- (10) つくば市放射線懇話会委員
- (11) つくば市環境都市推進委員会委員
- (12) 筑波放射線安全交流会会長
- (13) 放射線安全フォーラム理事
- (14) 放射線医学総合研究所共用施設運営委員会委員
- (15) 放射線医学総合研究所共用施設運営委員会部会委員
- (16) JENDL委員会核データ測定戦略検討WG委員
- (17) つくば市地球温暖化対策実行計画策定懇話会委員

- (18) 「環境放射能」研究会 代表世話人
- (19) 原子力規制庁技術参与

## 6.2 学会等

- (1) 大学等放射線施設協議会常議員
- (2) 大学等環境安全協議会監事
- (3) 日本原子力学会代議員
- (4) 日本原子力学会核データ部会副部長
- (5) 日本原子力学会核データ部会賞選考委員
- (6) 日本原子力学会北関東支部幹事
- (7) 日本原子力学会北関東支部若手研究者発表会実行委員
- (8) 日本原子力学会「遮蔽計算の応用技術」研究専門委員会委員
- (9) 日本原子力学会標準委員会遮蔽分科会委員
- (10) 日本原子力学会 英文論文誌 “Journal of Nuclear Science and Technology” 編集委員
- (11) 日本原子力学会放射線工学部会運営委員
- (12) 応用物理学会放射線分科会幹事会部会員
- (13) 核データ研究会実行委員
- (14) 日本保健物理学会放射線安全文化の醸成に関する専門研究会委員
- (15) 日本放射線安全管理学会顧問
- (16) 日本放射線安全管理学会「放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアル」改訂専門委員会委員長
- (17) 日本分光学会代議員
- (18) 日本放射化学会理事
- (19) 日本学術会議総合工学委員会原子力事故対応分科会“原発事故による環境汚染調査に関する検討小委員会”委員
- (20) ISORD-10 (International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology)組織委員会委員
- (21) ARIA19 (5th International Workshop on Accelerator Radiation Induced Activation)の組織委員会委員
- (22) ICRS14/PRSD2020 Technical Program Committee Member
- (23) SATIF-13 Scientific Committee Member
- (24) SNA+MA2020 (Supercomputing in Nuclear Applications + Monte Carlo 2020), Organization Committee Member

## 6.3 講習会等

- (1) 松村宏, 「加速器と放射化」, 大阪大学豊中キャンパス放射線業務従事者再教育, 大阪大学, 2019年4月10日及び4月19日
- (2) 松村宏, 「加速器と放射化」, 放射線業務従事者向け再教育訓練, 理化学研究所播磨地区(Spring-8 キャンパス内), 2019年9月4日
- (3) 榎本和義, KEK キャラバン「放射線を見てみよう」, 10月23日(水), 京都府立塔南高等学校, 2, 3学年 50名
- (4) 波戸芳仁, 大学共同利用機関シンポジウム説明員、10月20日、日本科学未来館
- (5) 吉田 剛, KEK 生涯学習事業・高校生等実習受入
  - (i) 2019/12/3  
種目：講演

聴講者：栃木県立宇都宮高等学校の生徒 20 名および引率教員 1 名  
講演タイトル：「研究者への道」  
講演時間：60 分（質疑応答含む）

(ii) 2019/12/3

種目：実習対象者：栃木県立宇都宮高等学校の生徒 20 名および引率教員 1 名  
実習タイトル：「霧箱製作」  
実習時間：60 分（質疑応答含む）

(iii) 2019/10/28

種目：実習  
対象者：群馬県立太田高等学校の生徒 34 名および引率教員 2 名実習タイトル：「霧箱製作」  
実習時間：50 分（質疑応答含む）

(iv) 2019/8/1

種目：実習  
対象者：福岡県立筑紫丘高等学校の生徒45 名および引率教員 2 名実習タイトル：「霧箱製作」  
実習時間：45 分（質疑応答含む）

## 6.4 社会貢献等

- (1) 福島支援：福島県飯舘村の復興に向けた放射線測定支援
- (2) 福島支援：福島県内水面水産試験場：水産物の試験研究にかかわる放射能測定協力
- (3) 福島支援：福島県林業研究センター：樹木、果樹、土壌等の放射能測定協力
- (4) 福島支援：環境再生プラザ登録専門家派遣

## 7. 受賞記録

- (1) 大学等環境安全協議会令和元年度功労賞  
受賞者：平 雅文
- (2) 日本アイソトープ協会放射線安全取扱部会令和元年度功労賞  
受賞者：榎本 和義
- (3) 日本技術士会会長表彰  
受賞者：高橋 一智

## 8. 放射線科学センター名簿

波戸 芳仁*	飯島 和彦	梶本 和義 <sup>(g)</sup>
佐波 俊哉	高原 伸一	佐藤 充 <sup>(c)</sup>
沼尻 正晴 <sup>(#)</sup>	豊田 晃弘	近藤 健次郎 <sup>(e)</sup>
松村 宏	高橋 一智 <sup>(#)</sup>	平山 英夫 <sup>(e)</sup>
別所 光太郎 <sup>(#)</sup>	長畔 誠司 <sup>(#)</sup>	竹内 章博 <sup>(i)</sup>
山崎 寛仁 <sup>(#)</sup>	古宮 綾	Tran Kim Tuyet <sup>(i)</sup>
齋藤 究 <sup>(#)</sup>	大山 隆弘	Xu Xiuqing <sup>(i)</sup>
萩原 雅之	三浦 太一 <sup>(a)</sup>	Ngan Tran <sup>(h)</sup>
岩瀬 広	藤原 一哉 <sup>(b)(#)</sup>	山口 雄司 <sup>(i)</sup>
岸本 祐二	西川 功一 <sup>(b)(#)</sup>	豊島 規子
吉田 剛	穂積 憲一 <sup>(d)(#)</sup>	室町 啓子
平 雅文	坂木 泰仁 <sup>(f)</sup>	
中村 一 <sup>(#)</sup>	伴 秀一 <sup>(g)</sup>	

(\*) 放射線科学センター長

(#) J-PARC センター所属

(a) 特別教授

(b) 特別技術専門職

(c) 研究支援員

(d) シニアフェロー

(e) ダイヤモンドフェロー

(f) 博士研究員

(g) 研究員

(h) 協力研究員

(i) 総合研究大学院大学

(j) 特別共同利用研究員

## Chapter 4 Publication List

### 1. Papers (2019.1.1~2019.12.31)

- (1) H. Matsumura, G. Yoshida, A. Toyoda, K. Masumoto, K. Nishikawa, T. Nakabayashi, Y. Miyazaki, T. Miura, H. Nakamura and K. Bessho, "Simplified method for determining residual specific activity in activated concrete of a PET-cyclotron room using a survey meter," *Environmental Radiochemical Analysis VI*, Royal Society of Chemistry, 135-147 (2019),  
<https://doi.org/10.1039/9781788017732-00135>
  
- (2) H. Nakamura, H. Matsumura, G. Yoshida, A. Toyoda, K. Masumoto, T. Miura, K. Sasa and T. Moriguchi, " Investigation of Neutron-fluence Measurement Methods for Estimating Neutron-induced Activity from an Electrostatic Accelerator Source," *Environmental Radiochemical Analysis VI*, Royal Society of Chemistry, 152-160 (2019), <https://doi.org/10.1039/9781788017732-00152>
  
- (3) A. Toyoda, H. Matsumura, K. Masumoto, G. Yoshida, T. Miura, H. Nakamura, K. Bessho, T. Nakabayashi and G. Horitsugi, "Quantitative Evaluation of Radioactivity in Concrete at PET Cyclotron Facility with Simple and Non-destructive Measurement," *Environmental Radiochemical Analysis VI*, Royal Society of Chemistry, 178-183 (2019),  
<https://doi.org/10.1039/9781788017732-0017>
  
- (4) G. Yoshida, A. Toyoda, H. Matsumura, K. Masumoto, T. Miura, H. Nakamura and K. Bessho, "Evaluation of Different Gamma-ray Imaging Techniques for Visualisation of Induced Activity in Accelerator Magnets," *Environmental Radiochemical Analysis VI*, Royal Society of Chemistry, 191-203 (2019), <https://doi.org/10.1039/9781788017732-00191>
  
- (5) G. Yoshida, K. Ninomiya, M. Inagaki, W. Higemoto, P. Strasser, N. Kawamura, K. Shimomura, Y. Miyake, T. Miura, K.M. Kubo and A. Shinohara, " Initial quantum levels of captured muons in CO, CO<sub>2</sub>, and COS," *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **320** 283-289 (2019),  
<https://doi.org/10.1007/s10967-019-06470-4>
  
- (6) T. Oyama, H. Iwase, A. Toyoda, N. Yoshihara, T. Sanami, "Thermal neutron distribution in the beam line tunnel of the KEK electron/positron injector linac", *Progress in Nuclear Science and Technology*, **6** (2019) 181-184.

- (7) T. Ishikawa, H. Fujimura, H. Fukasawa, R. Hashimoto, Q. He, Y. Honda, T. Iwata, S. Kaida, H. Kanda, J. Kasagi, A. Kawano, S. Kuwasaki, K. Maeda, S. Masumoto, M. Miyabe, F. Miyahara, K. Mochizuki, N. Muramatsu, A. Nakamura, K. Nawa, S. Ogushi, Y. Okada, K. Okamura, Y. Onodera, K. Ozawa, Y. Sakamoto, M. Sato, H. Shimizu, H. Sugai, K. Suzuki, Y. Tajima, S. Takahashi, Y. Taniguchi, Y. Tsuchikawa, H. Yamazaki, R. Yamazaki, H.Y. Yoshida, “Non-strange dibaryons studied in the  $\gamma d \rightarrow \pi^0 \pi^0 d$  reaction”, *Phys. Lett. B*, **789** (2019) 413-418.
- (8) E. Lee, N. Shigyo, T. Kajimoto, T. Sanami, N. Matsufuji, S. Izumitani, N. Tokunaga, M. Kiyota, “Influence of light output calibration on neutron energy spectrum unfolding up to 300 MeV using liquid organic scintillator”, *Nucl. Instrm. Meth. B*, **445** (2019) 26-33.
- (9) T. Oyama, M. Hagiwara, H. Nakamura, M.J. Shirakata, S. Nagaguro, H. Yamazaki, K. Nishikawa, T. Sanami, “Thermal neutron profile inside J-PARC main ring tunnel”, *Nucl. Instrum. Meth. A*, **937** (2019) 98-106, <https://doi.org/10.1016/j.nima.2019.05.030>
- (10) Y. Kirihara, H. Nakashima, T. Sanami, Y. Namito, T. Itoga, S. Miyamoto, A. Takemoto, M. Yamaguchi, and Y. Asano, “Neutron emission spectrum from gold excited with 16.6 MeV linearly polarized monoenergetic photons”, *J. Nucl. Sci. Tech.* **57** (2020) 444-456., <https://doi.org/10.1080/00223131.2019.1691073>

## 2. Publication in Japanese (2019.1.1~2019.12.31)

- (1) 吉田剛, 西川功一, 中村一, 八島浩, 関本俊, 三浦太一, 榎本和義, 豊田晃弘, 松村宏, 宮崎吉春, 「加速器施設廃止時における非破壊でのコンクリート放射化判定手法の開発」, 放射化分析, No.33 (2019)21-24.
- (2) 萩原雅之, 「放射線挙動・遮へい分野への期待」, 日本原子力学会誌 ATOMOΣ 61 (2019) 278-279. [https://doi.org/10.3327/jaesjb.61.4\\_278](https://doi.org/10.3327/jaesjb.61.4_278)
- (3) 山口雄二、佐波俊哉、古場祐介、魚住祐介、「核破砕片生成二重微分断面積の測定」、令和元年度放医研サイクロトロン利用報告書。
- (4) 萩原雅之、八島浩、佐波俊哉、米内俊祐、「He ビームを用いた医療用 RI の製造技術にかかわる基礎研究」、平成 30 年度放医研サイクロトロン利用報告書 QST-M-24, 23-26.

- (5) 八島浩、萩原雅之、佐波俊哉、米内俊祐、「重粒子によるしきいエネルギー付近の核反応に関する研究」、平成 30 年度放医研サイクロトロン利用報告書 QST-M-24, 27-30.
- (6) 寺沢和洋、岸本祐二、佐々木慎一、高橋一智、俵裕子、齋藤究、身内賢太朗、永松愛子、勝田真登、梶田大輔、中村裕広、松本晴久、込山立人、池田直美、布施哲人、藤田康信、谷森達、窪秀利、明石小百合、福山誠二郎、北村尚、小平聡、吉光徹雄、山田哲哉、大槻真嗣、中手直哉、関谷優太、池田俊民、「位置有感比例計数管の重イオンに対する応答(H30)」、平成 30 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.

### 3. Proceedings (2019.1.1~2019.12.31)

- (1) N. Tran, S. Sasaki, T. Sanami, Y. Kishimoto, E. Shibamura, “Some properties of plastic scintillators to construct a LET spectrometer”, Proceedings of the second international symposium on radiation detectors and their uses (ISR2018), JPS conference proceedings 24 (2019).
- (2) A. Takeuchi, K. Saito, Y. Kishimoto, T. Oyama, T. Sanami, “Measurement of scintillation and ionization in helium mixed with xenon”, Proceedings of the second international symposium on radiation detectors and their uses (ISR2018), JPS conference proceedings 24 (2019).
- (3) Y. Yamaguchi, T. Sanami, Y. Koba, Y. Uozumi, “Spectrum measurement down to 1 MeV/u particles with hydrogen-identification using Bragg curve counter”, Proceedings of the second international symposium on radiation detectors and their uses (ISR2018), JPS conference proceedings 24 (2019).
- (4) E. Lee, N. Shigyo, T. Sanami, T. Kajimoto, N. Matsufuji, “Cross comparison on neutron spectra obtained by Time-of-flight and unfolding methods with liquid organic scintillator”, Proceedings of the second international symposium on radiation detectors and their uses (ISR2018), JPS conference proceedings 24 (2019).
- (5) Y. Yamaguchi, T. Sanami, Y. Koba, Y. Uozumi, “Measurement of low threshold energy spectra of secondary protons for 70-MeV proton induced reactions”, Space Utilization Research, Vol. 33 2018: Proceedings of The Thirty-third Space Utilization Symposium, Institute of Space and Astronautical Science (2019).

- (6) K. Terasawa, T. Fuse, N. Ieda, M. Katsuta, Y. Kishimoto, H. Kitamura, S. Kodaira, T. Komiyama, H. Kubo, D. Masuda, H. Matsumoto, K. Miuchi, A. Nagamatsu., K. Saito, S. Sasaki, K. Takahashi, T. Tanimori, H. Tawara, “Present status of development for the domestic space dosimeters”, Space Utilization Research, Vol. 33 2018: Proceedings of The Thirty-third Space Utilization Symposium, Institute of Space and Astronautical Science (2019).
- (7) Y. Yamaguchi, T. Sanami, Y. Koba, Y. Uozumi, “Measurement of low threshold energy spectra of secondary protons for 70-MeV proton induced reactions”, Proceedings of the 2018 Symposium on nuclear data, JAEA-Conf 2019-10 (2019) 91-96.

#### **4. Reports (2019.1.1~2019.12.31)**

- (1) H. Hirayama, T. Hashizume, and Y. Namito, “ $\gamma$ -ray and  $\beta$ -ray Spectrum Data for egs5 based on ICRP-107”, KEK Report **2019-1** (Sep 2019).

#### **5. Presentation at Conferences (2019.4.1~2020.3.31)**

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

- (1) 2nd International Conference on Radioanalytical and Nuclear Chemistry: RANC-2019, Budapest, Hungary, May 5-10, 2019.
- 1) K. Nishikawa, K. Bessho, S. Sekimoto, H. Yashima, M. Hagiwara, M. Shirakata, T. Miura, K. Saito, H. Yamazaki, H. Nakamura, A. Kanai, “Radioactivity of sodium-22 and sodium-24 produced in low-activation concrete used for the accelerator tunnel in J-PARC”
  - 2) M. Hagiwara, H. Yashima, T. Sanami, S. Yonai, “Excitation functions for alpha-induced reactions on zirconium in the 10-40 MeV energy range”
  - 3) H. Yashima, M. Hagiwara, T. Sanami, S. Yonai, “Excitation functions for neon-induced reactions on copper up to 180 MeV”
- (2) CNRS-JSPS workshop, Grenoble, France, July 8-12, 2019.
- 1) M. Hagiwara, "Feasibility Study on Neutron Dosimetry under Extreme Radiation Environments Using a Diamond Detector"
- (3) The 19th International Conference on Solid State Dosimetry (SSD19), Hiroshima, Japan, September 15-20, 2019.
- 1) X. Xu, M. Hagiwara, M. Jauhar Kholili, M. Tanaka, “Performance test on Chemical Vapor



- Deposition Diamond Detector”
- 2) H. Kawano, K. Hozumi, A. Tsurumaki, H. Hirayama, Y. Namito, H. Ohashi, Y. Sakamoto, "Radiation Dose Evaluation on Shielding Vest Wearing Exposure Experiments"
- (4) 3rd J-PARC Symposium on Science at J-PARC (J-PARC2019), Tsukuba, Japan, September 23-26, 2019.
- 1) K. Nishikawa, T. Miura, M. Hagiwara, K. Bessho, S. Sekimoto, H. Nakamura, H. Yashima, H Yamazaki K. Saito, A. Kanai, “Depth profile of radioactivity in the concrete wall of the J-PARC accelerator tunnel”
  - 2) T. Oyama, S. Nagaguro, M. Hagiwara, H. Nakamura, M. Shirakata, K. Saito H. Yamazaki, “Measurements and Characterization of Air Activation in J-PARC Main Ring”
  - 3) T. Sanami, E. J. Lee, N. Shigyo, R. Froeschl, E. Iliopoulou, S. Roesler, A. Infantino, M. Brugger, T. Kajimoto, H. Yashima, T.Oyama, M. Hagiwara, H. Yamazaki, “Experimental study on neutron attenuation for 24 GeV/c proton beam on a thick Cu target”
  - 4) K. Bessho, M. Hagiwara, H. Watanabe, K. Nishikawa, R. Kurasaki, R. Muto, Y. Kasugai, K. Saito, H. Yamazaki, "Behavior of gaseous radionuclides produced in the gold target at the J-PARC Hadron Experimental Facility"
  - 5) K. Kiriya, K. Bessho, H. Isozaki, M. Tada, M. Ieiri, T. Takayanagi, E. Yanaoka, Y. Hashimoto, K. Aizawa, K. Funakoshi, K. Inoue, C. Kubota, M. Shibayama, M. Sugawara, T. Tanaka, Y. Nakane, Y. Miyamoto, T. Ishii, "Machining environment and their safety management in J-PARC"
- (5) JSPS-CNRS diamond detector workshop, Akita, Japan, October 29-November 1, 2019.
- 1) M. Hagiwara, X. Xu, M. Jauhar Kholili, M. Tanaka, "Characterization of diamond detector for neutron dosimetry in harsh radiation environments"
- (6) 2019 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, Manchester, UK, October 26 – November 2, 2019.
- ① A. Takeuchi, K. Saito, Y. Kishimoto, T. Oyama, T. Sanami, “Impurity Effect on Ionization Yield in Helium by Alpha-Particles”
- (7) ESH/Radiation Protection Department Seminar, SLAC national accelerator laboratory, Monday, November 11, 2019

- 1) T.Sanami, "Measurement of neutron energy spectrum for benchmarking nuclear reaction and particle transport models"
- (8) 15th International Conference on Modern Trends in Activation Analysis (MTAA-15), Bhabha Atomic Research Centre, Trombay, Mumbai, India, November 17-22, 2019.
- 1) G. Yoshida, K. Nishikawa, H. Nakamura, H. Yashima, S. Sekimoto, T. Miura, K. Masumoto, A. Toyoda, H. Matsumura, Y. Miyazaki, "Systematic investigation of trace elements in the concrete of accelerator room by neutron activation analysis,"
- (9) 10th International Workshop on Radiation Safety at Synchrotron Radiation Sources (RadSynch19), Lund, Sweden, May 22-24, 2019
- 1) G. Yoshida, H. Matsumura, K. Masumoto, H. Nakamura, A. Toyoda, K. Nishikawa, T. Miura, K. Hayashi, J. Ishioka, and H., Hanaki, "Investigation for activation of accelerators at various synchrotron radiation facilities in Japan"
- (10) 5th International Workshop on Accelerator Radiation Induced Activation (ARIA19), Daejeon, Korea, September 23-25, 2019.
- 1) K. Masumoto, H. Matsumura, G. Yoshida, A. Toyoda, H. Nakamura, K. Nishikawa, T. Miura, K. Bessho, T. Nakabayashi, F. Nobuhara, S. Yonai, T. Sakai, H. Souda, "Evaluation of Activated Areas in the Particle Radiotherapy Facilities,"
  - 2) K. Masumoto, H. Matsumura, T. Miura, G. Yoshida, A. Toyoda, H. Nakamura, K. Bessho, T. Nakabayashi, F. Nobuhara, K. Sasa, T. Moriguchi, H. Tsuchida, S. Matsuyama, M. Matsuda, A. Taniike, "Evaluation of Activated Area in the Electrostatic Accelerator Facilities".
  - 3) H. Matsumura, G. Yoshida, A. Toyoda, K. Masumoto, H. Nakamura, K. Nishikawa, T. Miura, K. Bessho, H. Tsuchida, M. Matsuda, A. Taniike, J. Ishioka, H. Hanaki, K. Hayashi, M. Sawada, "Prediction of specific activity in concrete of accelerator facilities for long-term operation using the Na-24 measurement method,"
  - 4) G. Yoshida, A. Toyoda, H. Matsumura, K. Masumoto, T. Miura, H. Nakamura, K. Nishikawa, and K. Bessho, "Verification of applying the current gamma-ray imaging techniques for discrimination of accelerator magnet activation,"
  - 5) G. Yoshida, H. Matsumura, K. Masumoto, H. Nakamura, A. Toyoda, K. Nishikawa, T. Miura, K. Hayashi, J. Ishioka, and H., Hanaki, "Investigation for activation of accelerators at various synchrotron radiation facilities in Japan,"

(11) 10th International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-10) , Taiyuan, China, July 16-19, 2019.

- 1) H. Matsumura, G. Yoshida, A. Toyoda, K. Masumoto, H. Nakamura, T. Miura, K. Nishikawa, K. Bessho, K. Sasa, T. Moriguchi, F. Nobuhara, Yoko Nagashima, "Nondestructive High-Sensitivity Measurement Method for Activation Estimation in Accelerator Room Concrete,"
- 2) G. Yoshida, H. Matsumura, K. Nishikawa, A. Toyoda, Y. Miyazaki, K. Masumoto, H. Nakamura, and T. Miura, "In-situ evaluation for activated concrete in the accelerator facility with scintillation type gamma-ray spectrometer,"
- 3) K. Masumoto, H. Matsumura, T. Miura, G. Yoshida, A. Toyoda, H. Nakamura, K. Bessho, T. Nakabayashi, F. Nobuhara, K. Sasa, T. Moriguchi, H. Tsuchida, S. Matsuyama, M. Matsuda, A. Taniike, "Evaluation of Activated Area in the Electrostatic Accelerator Facilities,"

(12) The 10th International Particle Accelerator Conference (IPAC'2019), Melbourne, Australia from May 19 -24, 2019.

- 1) T. Obina, D. Arakawa, M. Egi, T. Furuya, K. Haga, K. Harada, T. Honda, Y. Honda, T. Honma, E. Kako, R. Kato, H. Kawata, Y. Kobayashi, Y. Kojima, T. Konomi, H. Matsumura, T. Miura, T. Miyajima, S. Nagahashi, H. Nakai, N. Nakamura, K. Nakanishi, K. Nigorikawa, T. Nogami, F. Qiu, H. Sagehashi, H. Sakai, S. Sakanaka, M. Shimada, M. Tadano, T. Takahashi, R. Takai, Olga Tanaka, Y. Tanimoto, T. Uchiyama, K. Umemori, M. Yamamoto, "1mA Stable Energy Recovery Beam Operation With Small Beam Emittance,"
- 2) Y. Morikawa, K. Haga, M. Hagiwara, K. Harada, N. Higashi, T. Honda, Y. Honda, M. Hosumi, Y. Kamiya, R. Kato, H. Kawata, Y. Kobayashi, H. Matsumura, C. Mitsuda, T. Miura, T. Miyajima, S. Nagahashi, N. Nakamura, K. Nigorikawa, T. Nogami, T. Obina, H. Sagehashi, H. Sakai, M. Shimada, M. Tadano, R. Takai, H. Takaki, O. Tanaka, Y. Tanimoto, A. Toyoda, T. Uchiyama, A. Ueda, K. Umemori, M. Yamamoto, "New Industrial Application Beamline for the cERL in KEK,"

(13) International Technical Safety Forum 2019 (ITSF 2019), May 13-17, 2019, Lund, Sweden

- 1) K. Bessho, K. Kiriya, Y. Nakane, Y. Miyamoto, T. Ishii, "Injury during machining work and preventive measures against the recurrence of the accident"
- 2) Y. Nakane, K. Bessho, Y. Miyamoto, T. Ishii, " Activities of safety promotion and safety

management system in J-PARC"

## 5.2 Invited Talk

- (1) 松村 宏, 榎本 和義, 吉田 剛, 豊田 晃弘, 中村 一, 西川 功一, 三浦 太一, 別所 光太郎, 「加速器廃止措置に関する研究(1) -放射線安全規制研究-」, 第56回アイソトープ・放射線研究発表会, 東京大学, 2019年7月3日~5日.
- (2) 榎本和義, “Decommissioning of Cyclotron for Medical Use and the Associated Radiation Protection in Japan”, AEC2019seminar, The headquarter of the Atomic Energy Council, Taiwan, China, Nov.18th (Mon.)

## 5.3 Domestic Conference

- (1) 第2回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会, 東北大学, 2019年12月4日~7日
  - 1) 豊田 晃弘, 松村 宏, 吉田 剛, 榎本 和義, 中村 一, 西川 功一, 三浦 太一, 別所 光太郎, 「粒子線治療用加速器の運転時の中性子発生量と放射化調査」
  - 2) 中村 一, 松村 宏, 吉田 剛, 豊田 晃弘, 榎本 和義, 西川 功一, 三浦 太一, 別所 光太郎, 「放射光施設の廃止措置に係わる放射化調査」
  - 3) 松村 宏, 吉田 剛, 豊田 晃弘, 榎本 和義, 中村 一, 西川 功一, 三浦 太一, 別所 光太郎, 土田 秀次, 松田 誠, 谷池 晃, 石岡 純, 花木 博文, 林 憲志, 沢田 正博, 「加速器施設のコンクリート床に対する高感度測定法による放射化調査」
  - 4) 吉田 剛, 松村 宏, 榎本 和義, 豊田 晃弘, 三浦 太一, 中村 一, 西川 功一, 別所 光太郎, 「放射線イメージングによる加速器廃止措置時の電磁石放射化判定についての基礎的検討」
  - 5) 飯島和彦, 三浦太一, 「KEK 陽子加速器トンネルにおけるコンクリート壁・床の放射化 (その2)」
- (2) 第16回日本加速器学会年会, 京都大学吉田キャンパス, 2019年7月31日~8月3日
  - 1) 東 直, 島田 美帆, 帯名 崇, 宮島 司, 本田 洋介, 山本 将博, 中村 典雄, 下ヶ橋 秀典, 森川 祐, 松村 宏, 豊田 晃弘, 吉田 剛, 保住 弥紹, 原田 健太郎, 「cERL 照射ビームラインのコミッションング」
  - 2) 森川 祐, 原田 健太郎, 山本 将博, 芳賀 開一, 萩原 雅之, 東 直, 本田 洋介,

本田 融, 保住 弥紹, 神谷 幸秀, 河田 洋, 小林 幸則, 松村 宏, 満田 史織, 三浦 太一, 宮島 司, 長橋 進也, 中村 典雄, 濁川 和幸, 野上 隆史, 帯名 崇, 加藤 龍好, 下ヶ橋 秀典, 阪井 寛志, 島田 美帆, 多田野 幹人, 高井 良太, 高木 宏之, 田中 織雅, 谷本 育律, 豊田 晃弘, 内山 隆司, 上田 明, 梅森 健成, 舟橋 義聖, 「cERLにおけるRI製造、電子線照射ラインの建設と照射試験報告」

- 3) 森川 祐, 山本 将博, 保住 弥紹, 原田 健太郎, 井上 均, 松村 宏, 濁川 和幸, 野上 隆史, 多田野 幹人, 豊田 晃弘, 内山 隆司, 「cERL 電子線照射部における標的冷却システムの開発」
- 4) 杉村高志, 池上清, 帯名崇, 久保田親, 栗原俊一, 小林仁, 佐藤将春, 柴田崇統, 高木昭, 高崎栄一, 内藤富士雄, 南茂今朝雄, 方志高, 福井祐治, 福田将史, ニッ川健太, 本田洋介, 三浦太一, 宮島司, 熊田博明, 田中進, 名倉信明, 松本孔貴, 大場俊幸, 小林武, 堀利彦, 矢部伸浩, 山口晃典, 櫻山久志, 豊島寿一, 吉沢寿夫, 長谷川和男, 「iBNCT 加速器の現状報告 2019」

(3) 第 56 回アイソトープ・放射線研究発表会, 東京大学, 2019 年 7 月 3 日～5 日

- 1) 西川 功一, 松村 宏, 榎本 和義, 吉田 剛, 中村 一, 豊田 晃弘, 三浦 太一, 別所 光太郎, 「加速器廃止措置に関する研究(2)-加速器ビームラインの放射化調査-」
- 2) 豊田 晃弘, 松村 宏, 吉田 剛, 榎本 和義, 中村 一, 西川 功一, 三浦 太一, 別所 光太郎, 「加速器廃止措置に関する研究(3)-加速器コンクリートの放射化調査-」
- 3) 吉田 剛, 松村 宏, 西川 功一, 榎本 和義, 豊田 晃弘, 中村 一, 三浦 太一, 別所 光太郎, 「加速器廃止措置に関する研究(4)- 放射化測定評価方法の検討-」

(4) 第 16 回日本放射線安全管理学会 6 月シンポジウム, 東京大学, 2019 年 6 月 27 日～28 日

- 1) 松村 宏, 榎本和義, 吉田 剛, 豊田晃弘, 中村 一, 西川功一, 三浦太一, 別所光太郎, 「発生装置の放射化調査の概要 -規制庁安全研究-」
- 2) 松村 宏, 榎本和義, 吉田 剛, 豊田晃弘, 中村 一, 西川功一, 三浦太一, 別所光太郎, 「2019 年度の活動計画 -規制庁安全研究-」

(5) 日本放射化学会第 6 3 回討論会, いわき産業創造館, いわき市, 2019 年 9 月 24 日～26 日

- 1) 小田寛貴, 三浦太一, 「J-PARC (大強度陽子加速器施設) 内村松白根遺跡出土遺物の  $^{14}\text{C}$  年代と東海村村松虚空蔵堂所蔵文書と千々乱風伝説の関係」,

- (6) 第21回「環境放射能」研究会, 高エネルギー加速器研究機構, つくば市, 2020年3月12日～13日
- 1) 沖雄一, 三浦太一, 松村宏, 吉田 剛, 豊田晃弘, 榎本和義, 「高周波炉システムを用いた放射化金属試料からのエアロゾル発生と粒径別捕集」
  - 2) 舟木優斗, 寺本航, 早乙女忠弘, 鷹崎和義, 榎本和義, 「福島県内のダム湖におけるヤマメ・フナ類の $^{137}\text{Cs}$ 濃度と周辺環境の $^{137}\text{Cs}$ 汚染指標との関係」
- (7) 平成30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成果発表会、ホテルポートプラザちば、千葉市、2019年4月22日～23日
- 1) 萩原雅之、八島浩、佐波俊哉、米内俊祐、「He ビームを用いた医療用 RI の製造技術にかかる基礎研究」
  - 2) 寺沢和洋、岸本祐二、佐々木慎一、高橋一智、俵裕子、齋藤究、身内賢太郎、永松愛子、勝田真登、榎田大輔、中村裕広、松本晴久、込山立人、池田直美、布施哲人、藤田康信、谷森達、窪秀利、明石小百合、福山誠二郎、北村尚、小平聡、吉光徹雄、山田哲哉、大槻真嗣、中手直哉、関谷優太、池田俊民、「位置有感比例計数管の重イオンに対する応答(H30)」
- (8) 日本原子力学会2019年秋の年会、富山大学五福キャンパス、富山市、2019年9月11日～13日
- 1) 吉田和人、藤井基晴、山口雄司、佐波俊哉、松藤成弘、古場裕介、岩元洋介、魚住裕介、「100MeV/u  $^{12}\text{C}$ ビーム入射荷電粒子生成反応の研究」
  - 2) T. K. Tuyet, T. Sanami, H. Yamazaki, T. Itoga, A. Takeuchi, Y. Asano, S. Miyamoto, “Target mass dependence of photo-neutron production with 17 MeV linearly polarized photons”
  - 3) 中尾徳晶、佐波俊哉 梶本剛 R. Froeschl, M. Brugger, S. Roesler, E. Iliopoulou, A. Infantino, 「CERN/CHARMにおける24GeV陽子を用いた遮蔽実験(9)放射化法によるコンクリート中の中性子減弱距離測定とシミュレーション」
  - 4) 梶本剛、佐波俊哉、中尾徳晶、李恩智、八島浩、松本哲郎、増田明彦、大山隆弘、長畔誠司、上蓑義朋、「CERN/CHARMにおける24GeV陽子を用いた遮蔽実験(10)有機液体シンチレータを用いた迷路中の中性子エネルギースペクトルの測定」
  - 5) 萩原雅之、八島浩 佐波俊哉 米内俊祐、「Heビームを用いた医療用Mo-99/Tc-99mの製造技術の基礎研究 (3) Zr標的に対する中性子生成と励起関数の測定」

- (9) 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会、北海道大学札幌キャンパス、札幌市、2019 年 9 月 18 日～21 日
- 1) 竹内章博、齋藤究、岸本祐二、大山隆弘、佐波俊哉、「ヘリウムの電離収量と不純物の関係」
- (10) KEK スチューデント・デイ 2019、KEK 小林ホール、つくば市、2019 年 11 月 12 日
- 1) X. Xu, "Performance test on Chemical Vapor Deposition Diamond Detector"
  - 2) T. K. Tuyet, "Target mass dependence of photo-neutron production with 17 MeV Linearly polarized photons"
  - 3) T. K. Tuyet, "Introduction to my country"
- (11) 2019 年度技術交流会、KEK4 号館セミナーホール、つくば市、2019 年 11 月 14 日
- 1) 飯島和彦、「KEK 旧陽子加速器トンネルにおけるコンクリート壁・床の放射化」
- (12) 2020 年度核データ研究会、九州大学筑紫キャンパス総合研究棟(C-Cube)、福岡県春日市、2019 年 11 月 28～30 日
- 1) 吉田和人、山口雄司、今村亮太、掛林達樹、山田瑞貴、福田雄基、片山杜萌、佐波俊哉、岩元洋介、松藤成弘、古場裕介、Z. Tsamalaidze、P. Evtoukhovitch、魚住裕介、「100MeV/u  $^{12}\text{C}$  ビーム入射荷電粒子生成反応の研究」
  - 2) T. K. Tuyet, T. Sanami, H. Yamazaki, T. Itoga, A. Takeuchi, S. Miyamoto, Y. Asano, "Comparison between experimental and calculation neutron spectra of the  $^{197}\text{Au}(\gamma, n)$  reaction for 17 MeV polarized photon"
  - 3) Y. Yamaguchi, T. Sanami, Y. Koba, Y. Uozumi, "Proton Spectra with Low-Energy-Threshold from 40- and 70-MeV Proton-Induced Reactions"
- (14) マイクロパターンガス検出器(MPGD)&アクティブ媒質TPC合同研究会、理化学研究所、埼玉県和光市、2019年12月6～7日
- 1) 岸本祐二、「位置有感型比例計数箱PS-TEPC : ISS船内におけるLET分布の導出」
- (15) 第 34 回研究会「放射線検出器とその応用」、KEK 小林ホール、つくば市、2020 年 1 月 15 日～17 日
- (ア) T. K. Tuyet, T. Sanami, H. Yamazaki, "An experimental approach to determine detection efficiency for NE213 liquid scintillators with different volumes"

(イ) X. Xu, M. Hagiwara, H. Iwase, M. Nakhostin, K. Iijima, M. Tanaka, “STUDY ON GAMMA BACKGROUND REJECTION USING CVD DIAMOND NEUTRON DETECTOR”

(16) 第7回加速器施設安全シンポジウム、いばらき量子ビーム研究センター、茨城県那珂郡東海村、2020年1月23～24日

- 1) 西川功一、三浦太一、齋藤究、萩原雅之、白形政司、別所光太郎、中村一、山崎寛仁、大山隆弘、「J-PARC加速器トンネルで採用された低放射化コンクリートの効果」
- 2) 別所光太郎、中根佳弘、宮本幸博、石井哲朗、田中鐘信、「International Technical Safety Forum (ITSF) 2020 開催案内」

(17) 日本原子力学会 2020 年春の年会、福島大学、福島県福島市、2020 年 3 月 16 日～18 日

- 1) T. K. Tuyet, T. Sanami, H. Yamazaki, T. Itoga, Y. Asano, S. Miyamoto, A. Takeuchi, “Double differential cross-section measurement of the  $^{197}\text{Au}(g,n)$  reaction for 13 MeV and 17 MeV linearly polarized photon”
- 2) 中尾徳晶、梶本剛、佐波俊哉、大山隆弘、長畔誠司、八島浩、李恩智、松本哲郎、増田明彦、上蓑義朋、「CERN/CHARMにおける24GeV陽子を用いた遮蔽実験 (11) 放射化検出器を用いた迷路中の中性子減衰測定」

(18) 第 75 回日本物理学会年次大会、名古屋大、愛知県名古屋市、2020 年 3 月 25 日 (WEB 開催)

- 1) 坂口将尊、田中真伸、萩原雅之、岸下徹一、宮原正也、庄子正剛、濱田英太郎、村上武、大島武、武山昭憲、牧野高紘、「KEK エレクトロニクスシステムグループにおける ASIC の放射線耐性評価への取り組みと現状 II」

## 6. 編集 (2019.4.1～2020.3.31)

(1) K. Bessho, H. Matsumura, T. Miura, G. Yoshida, K. Tagami, and K. Takamiya: “Proceedings of the 20th Workshop on Environmental Radioactivity”, KEK Proceedings 2019-2 (2019)

(1) S. Sasaki, Y. Kishimoto, M. Hasegawa, T. Sanami, H. Yamazaki, K. Saito and K. Iijima: “Proceedings of the 33th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses”, KEK Proceedings 2019-4 (2019)



## 7. 手引き等 (2019.4.1～2020.3.31)

- (1) 松村 宏, 萩原雅之, 三浦太一, 濁川和幸, 芳賀開一, 長橋進也, 帯名崇, 中村典雄, 加藤龍好, 「ERL 開発棟のコンパクト ERL 加速器室における照射部ビームラインの新設に係る放射線安全対策」 KEK Internal 2019-1, Japanese, 102 p.
- (2) 松村 宏, 豊田晃弘, 「放射性試料測定棟における密封されていない放射性同位元素の核種  $^{99}\text{Mo}$  と  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  の使用の追加に係わる放射線安全対策」 KEK Internal 2019-2, Japanese, 74 p.
- (3) 放射線安全の手引き別冊, 2019 年 5 月

## 8. 単行本 (2019.4.1～2020.3.31)

- (1) 松村 宏, 榊本和義 (分担執筆), 「放射線遮蔽ハンドブッカー応用編一」、日本原子力学会, 2019 年 3 月





