

Activity Report of  
Radiation Science Center  
in Fiscal 2022

KEK

Radiation Science Center  
Applied Research Laboratory

© High Energy Accelerator Research Organization (KEK), 2023

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  
2022年度 活動報告

**Activity Report of Radiation Science  
Center in Fiscal 2022**

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 conducts radiation and chemical safety management work for research using high energy accelerators in KEK. The center also conducts research and development in the field related to management work. This report is devoted to summarizing our activities related to the R&D activities. The first section describes the abstracts of each research activity performed in this fiscal year. The second part is for the summary related to the safety management work, including job assignment and overview. The third part indicates the data related to our activities, including grants, awards, a list of outside committees we are engaged in, workshops and symposia, publications, and a group member list.

In FY 2022, Covid-19 pandemic situation gradually became stable in the world. Our activities also became as usual before the pandemic. Several business trips to conferences and experiments are resumed in the second half of this fiscal year. Under this condition, we continue our safety management work as usual and conduct research activities as much as possible. For the shielding design of the new collimator, which will be installed in SuperKEKB oho straight section, plenty of calculations were done to improve the calculation code itself. The code was improved for shielding design and application of secondary radiation field around high power electron/positron beam dump in a future linear collider. In J-PARC, an application to increase accelerator beam power is approved, which requests power beyond the initial design.

We hope that the activity report promotes understanding of our activities and is helpful for all people working in the field of the safety of accelerator facilities.

Toshiya Sanami

*Head, Radiation Science Center,  
Applied Research Laboratory,  
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	4
	3. Radiation Protection Study in Accelerator Facilities	5
	4. Nuclear Chemistry and Radiochemistry	13
	5. Environmental and Analytical Chemistry at Accelerator	14
	6. Research related to Accident of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station	18
<b>Chapter 2</b>	<b>研究支援活動</b>	<b>21</b>
	1. 体制	22
	1.1 放射線管理体制	22
	1.2 放射線業務分担	25
	1.3 化学安全管理体制	27
	2. 放射線安全管理関係	28
	2.1 つくばキャンパス	28
	2.2 東海キャンパス(J-PARC)	31
	3. 化学安全・環境関係	32
	3.1 依頼分析	32
	3.2 環境管理	32
	3.3 実験廃液処理	33
<b>Chapter 3</b>	<b>資料</b>	<b>34</b>
	1. 外部資金導入状況	35
	1.1 科学研究費補助金	35
	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）	35
	1.3 受託研究等	35
	1.4 共同開発研究	35
	1.5 その他	35
	2. 共同研究等	36
	2.1 大学等との共同研究	36
	2.2 民間との共同研究	37

2.3 共同利用研究（施設利用）	37
3. 大学院生等の人材育成	38
3.1 学位論文の指導（総合研究大学院大学）	38
3.2 学位論文の指導（他大学）	38
3.3 学術指導	38
4. センター開催の研究会及びシンポジウム	38
4.1 第 29 回 EGS 研究会	38
4.2 第 37 回研究会「放射線検出器とその応用」	39
4.3 第 24 回「環境放射能」研究会	39
5. 教育活動	39
5.1 総合研究大学院大学	39
5.2 非常勤講師等	39
6. 機構外活動・社会貢献件活動	39
6.1 外部委員会等	39
6.2 学会等	40
6.3 講習会等（キャラバン、ウィンターサイエンス、サマーチャレンジ、 高校生受入、KEK セミナー、OHO セミナー）	40
6.4 社会貢献等	41
7. 受賞記録	41
8. 放射線科学センター名簿	43
<b>Chapter 4 Publication List</b>	<b>44</b>
1. Papers (2022.1.1-2022.12.31)	44
2. Publication in Japanese (2022.1.1-2022.12.31)	45
3. Proceedings (2022.1.1-2022.12.31)	46
4. Reports (2022.1.1-2022.12.31)	47
5. Presentation at Conferences (2022.4.1-2023.3.31)	47
5.1 International Conference	47
5.2 Invited talk	48
5.3 Domestic Conference	49
6. 編集(2022.4.1-2023.3.31)	55
7. 手引き等(2022.4.1-2023.3.31)	55
8. 単行本(2022.4.1-2023.3.31)	55



## **Chapter 1 Research Activity**

The feature of the research activities in the Radiation Science Center (RSC), KEK is a wide coverage of the research fields. Radiation physics, radiation measurements, radiochemistry, radiation chemistry, health physics, radiation shielding, nuclear engineering, analytical chemistry and environmental science are included in the research fields of the RSC's staff members. The status of these research activities carried out in fiscal year 2022 is described.

## 1. Research in Radiation Physics and Detector Development

### 1.1 Development of space dosimeters and limitations on length of stay in space

K. Terasawa<sup>1,2</sup>, S. Sasaki<sup>3</sup>, Y. Kishimoto<sup>3</sup>, K. Takahashi<sup>3</sup>, A. Nagamatsu<sup>2</sup>, K. Miuchi<sup>4</sup>, and S. Kodaira<sup>5</sup>  
<sup>1</sup>Keio Univ., <sup>2</sup>JAXA, <sup>3</sup>KEK, <sup>4</sup>Kobe Univ., <sup>5</sup>QST

PS-TEPC was returned to the ground from the ISS in 2019 and is being refurbished and improved through experiments on the ground. With the new  $\mu$ -PICs installed, PS-TEPC was irradiated with particle beams for the first time and the proton signal was successfully acquired. Examples of dose limits currently applied to astronauts working on the ISS for a lifetime stay on the Moon will be described.

*Published as Proc. of The 37th Space Utilization Symp. 37 (2023).*

### 1.2 Cross comparison of neutron spectra with liquid scintillator and Bonner sphere spectrometer

E. Lee<sup>1,2</sup>, T. Sanami<sup>1,2</sup>, T. Matsumoto<sup>3</sup>, A. Masuda<sup>3</sup>, N. Shigyo<sup>4</sup>, T. Kajimoto<sup>5</sup>, N. Noriaki<sup>6</sup>,  
R. Froeschl<sup>7</sup>, E. Iliopoulou<sup>7</sup>, A. Infantino<sup>7</sup>, and S. Roesler<sup>7</sup>  
<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>SOKENDAI, <sup>3</sup>AIST, <sup>4</sup>Kyushu Univ., <sup>5</sup>Hiroshima Univ., <sup>6</sup>Shimizu Corp., <sup>7</sup>CERN

Experimental measurements were performed for produced high-energy neutrons when the 24 GeV/c proton beam hit a copper target at the CHARM facility in the East Hall of the CERN proton Synchrotron. Neutron energy spectra after concrete and steel shields were measured with a liquid scintillator and a Bonner sphere spectrometer under an identical shielding configuration. The light output distribution of the liquid scintillator and a set of count rates of the Bonner sphere spectrometer based on the <sup>3</sup>He proportional counter was converted into the neutron energy spectrum using the unfolding method with a calculated response matrix for each instrument, respectively. An initial guess of the neutron energy spectrum for unfolding was obtained by the PHITS code. The neutron energy spectra were derived to inter-compare the difference between two measurement methods.

*Presentaed at 2022 Symposium of Nuclear Data.*

### 1.3 Impact of photo-neutron spectrum shape for Pb( $\gamma$ , xn) on shielding design

T. K. Tran<sup>1</sup>, T. Sanami<sup>1,2</sup>, H. Yamazaki<sup>1,2</sup>, T. Itoga<sup>3</sup>, A. Takeuchi<sup>1</sup>, S. Miyamoto<sup>4</sup>, H. Nakashima<sup>5</sup>, and  
Y. Asano<sup>4</sup>

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

The neutron spectrum of the ( $\gamma$ ,xn) reaction for the targets using a 16.6 MeV polarized photon was measured. The two components were obtained on the experimental neutron spectrum, however, the high energy component was not reproduced by the calculation codes. Thus, the effect of the photo-neutron spectrum on the shielding calculation was studied by considering leakage dose rate. Below the calculation are addressed in detail. A Pb target was chosen for the shielding calculation, which is common shielding material. The experimental neutron energy distribution was employed for the calculation of the leakage dose for a simple shielding structure, that is, concrete shielding with various thicknesses.

*Presented on ICRS14/RPSD 2020 at Seattle.*

### 1.4 Target mass dependence of photoneutron spectrum for 16.6 MeV photons on medium-heavy mass targets

T.Sanami<sup>1,2</sup>, T.K.Tran<sup>3</sup>, H. Yamazaki<sup>1,2</sup>, T. Itoga<sup>4</sup>, Y. Kirihara<sup>5</sup>, Y. Namito<sup>1,2</sup>, Y. Sakaki<sup>1,2</sup>, S. Miyamoto<sup>6</sup>,  
and Y. Asano<sup>1,6</sup>

<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>SOKENDAI, <sup>3</sup>CEA Saclay, <sup>4</sup>JASRI, <sup>5</sup>JAEA, <sup>6</sup>Osaka University

We measured neutron energy spectra for the photonuclear reactions of 16.6 MeV linearly polarized photons on Pb, Au, Sn, Cu, Fe and Ti. The spectra for each target show dependence on the target mass, as well as on the angle between the directions of neutron emission and polarization. The components show angular dependence were extracted from the spectra for each target and compare with the excited levels of residual nuclei. Based on the data, we discuss a plan for further experiments to clearly observe the features of the spectra.

*Presented at 15th International Conference on Nuclear data for Science and Technology (ND2022)*

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

### 2.1 Inter-comparison of particle production (4)

H. Hirayama<sup>1,2</sup> and T. Sanami<sup>1</sup>

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

We propose new inter-comparison problems of particle production from targets to find the reason for the relatively large differences between codes in neutron production as presented at SATIF-14.

In addition to neutrons, protons, charged positive pions, charged negative pions and photons above 20 MeV from 10 GeV protons are requested to calculate in the revised problem.

At SATIF-15, we will present a comparison between the major Monte Carlo codes sent from contributors for this inter-comparison.

*Presented at The 15th workshop on Shielding aspects of Accelerators, Targets, and Irradiation Facilities (SATIF), FRIB, East Lansing, Michigan, USA, on September 20-23, 2022.*

### 2.2 The potential of the ILC beam dump for high-intensity and large-area irradiation field with atmospheric-like neutrons and muons

Y. Sakaki, S. Michizono, N. Terunuma, and T. Sanami

KEK

We evaluate the neutron and muon fluxes produced in the ILC beam dumps by Monte Carlo simulations and discuss their potential use in irradiation fields. We show that the beam dumps can provide high-intensity neutron and muon fluxes with spectra quite similar to secondary cosmic rays, which are suitable for soft error studies. The beam dumps deliver neutrons about  $10^{11}$  times the secondary cosmic rays on spaces perpendicular to the beam axis and muons  $10^8$  times downstream of the beam dumps in the initial phase of the ILC. Large-area irradiation of  $1 \text{ m}^2$  or more is possible. Figure 2.2.1 shows the energy distribution of neutrons on the region perpendicular to the beam axis and muons downstream of the beam dumps. Differences in the energy distribution of muons in electron and positron beam dumps are also discussed for particle physics experiments.

*Published in Nucl.Instrum.Meth.A 1050 (2023) 168144.*

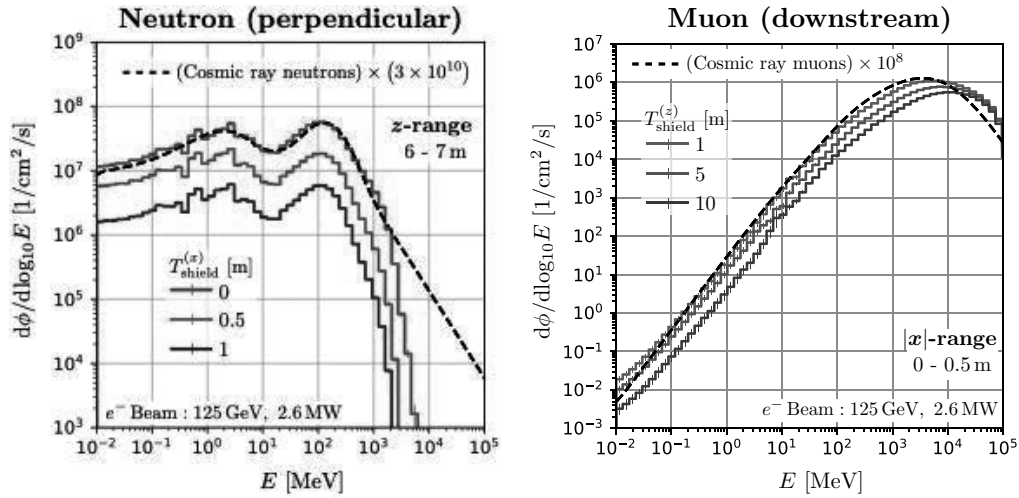


Fig. 2.2.1 The energy distribution of neutrons on the region perpendicular to the beam axis and muons downstream of the beam dumps. The dashed curves are the secondary cosmic ray spectra at sea level scaled by  $3 \times 10^{10}$  and  $10^8$  for neutron and muon.

### 3. Radiation Protection Study in Accelerator Facilities

#### 3.1 Concrete activation of large proton synchrotron facilities

– What we know from the results of the activation survey of the KEK-12GeV-PS main ring –

G. Yoshida<sup>1</sup>, H. Kawamura<sup>2</sup>, F. Nobuhara<sup>2</sup>, H. Matsumura<sup>1</sup>, A. Toyoda<sup>1</sup>, H. Nakamura<sup>1</sup>, K. Masumoto<sup>1</sup>,  
T. Miura<sup>1</sup>, K. Iijima<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>TNS

Generally, large hadron accelerators have significant beam losses and many neutrons produced. As a result, many components, including the beamline and tunnel concrete, will be activated. Activation status should be revealed until the decommissioning of the facility. However, finding and quantifying activated areas accurately is challenging due to the influence of radiation from the surrounding area. As a case study, the detailed survey for the floor concrete in the beamline tunnel was performed by using a portable  $\gamma$ -ray detector with radiation shielding at the 12GeV-PS at KEK, which closed in 2006. We measured surface dose rates at 215 points over a circumference of 340 m of the main ring (MR) by using a specially made CsI survey meter with a 6.5-cm-thick lead shield completely covering the sides and rear of the probe, to reduce the influence from the background radiations. The maximum dose rate was 2.5  $\mu$ Sv/h. On the other hand, the minimum value was almost at the BG level. We had expected that the surface dose rate

distribution was uniform, though it was found that the activation level is quite undulating and increases rapidly near the quadrupole magnets and the septum magnets, where beam loss is expected by design.

*Presented at the 4th Joint Meeting of JRSM and JHPS (2022).*

### **3.2 Investigation into 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>, F. Nobuhara<sup>2</sup>, S. Iwai<sup>2</sup>, K. Nishikawa<sup>1</sup>, K. Hayashi<sup>3</sup>, J. Ishioka<sup>4</sup>, H. Hanaki<sup>5</sup>, H. Miyauchi<sup>1</sup>, S. Nagahashi<sup>1</sup>, M. Sawada<sup>6</sup>, K. Goto<sup>6</sup>, Y. Yamamoto<sup>7</sup>, T. Miura<sup>1</sup>, K. Bessho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>TNS, <sup>3</sup>IMS-NINS, <sup>4</sup>Spring-8, <sup>5</sup>JASRI, <sup>6</sup>Hiroshima Univ., <sup>7</sup>Ritsumeikan Univ.

A large-scale activation survey was conducted at representative synchrotron radiation facilities in Japan to establish systematic guidelines for accelerator decommissioning. The neutron flux during accelerator operation was measured with various dosimeters. A Monte Carlo simulation was conducted for some facilities to verify the special neutron distribution and their spectra. Beam loss points, reflected as high-dose-rate areas, were identified by a whole-beamline survey with a survey meter, and the generated radionuclides and their activity were determined with a lanthanum bromide (LaBr<sub>3</sub>) scintillation spectrometer. In all facilities, the activation level was quite low. Whole-beamline tunnels made of concrete were not activated, and no radionuclides were detected except for natural nuclides. In addition, almost all beamline components were either not or minimally activated. Although the acceleration energy is very high for radiation synchrotron facilities, the generation of radioactive waste would be shallow.

*Published as Journal of Nuclear Science and Technology 59, 543-554, (2022).*

### **3.3 Gamma-ray measurements inside the acceleration tank of the 6MV tandem electrostatic accelerator at the University of Tsukuba**

H. Matsumura<sup>1</sup>, M. Matsumura<sup>2</sup>, G. Yoshida<sup>1</sup>, T. Moriguchi<sup>2</sup>, K. Sasa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>Univ. of Tsukuba

Determining which parts of the accelerator are activated will be helpful for the future decommissioning of the accelerator. In tandem electrostatic accelerators, because the volumes of the acceleration tank and accelerator room concrete are particularly large, decontamination will be very hard and expensive if these materials become radioactive waste. For the acceleration tank, the thermal neutron fluence rate on the surface of the acceleration tank during the operation was measured in a previous study. The measured

results suggested that the acceleration tank was not activated. In this study, to further support this suggestion,  $\gamma$  rays were measured inside the acceleration tank to confirm that there were no activation points. Inside the tank,  $\gamma$ -ray spectra were obtained using the LaBr<sub>3</sub> scintillation spectrometer for more precise evaluation at the three typical locations. All the  $\gamma$ -ray spectra agreed with the background. The peak counts for <sup>54</sup>Mn, <sup>56</sup>Co, <sup>58</sup>Co, and <sup>60</sup>Co, which are possible nuclides, were analyzed, and the results were within the errors. As expected from the results of the previous study, the absence of activation of the acceleration tank was confirmed in the present investigation. The results of this series of activation investigations performed at UTAAC will be helpful for the future decommissioning of this facility.

*To be published in UTTAC Annual Report 2022.*

### **3.4 Revision work on the manual of measurement and evaluation of activation for decommissioning of accelerator facilities**

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

KEK

It is difficult for most facilities to adopt the clearance in the decommissioning of accelerator facilities under the Radioisotope Regulation Law. Therefore, we studied for "Establishment of the measurement and evaluation methods of activated materials for decommissioning of accelerator facilities" in the project for Radiation Safety Research Promotion Fund under the contract of the Nuclear Regulation Authority for four years since FY2017. In this project, we studied the decommissioning method of accelerator facilities with considering the clearance level with the research committee and the Nuclear Regulation Authority of Japan. The results were summarized in a paper as "Manual for measurement and evaluation of activation for decommissioning of accelerator facilities; Electrostatic accelerator facilities, synchrotron radiation experimental facilities, proton therapy facilities, heavy particle therapy facilities, and cyclotron facilities for radioisotope production for positron emission tomography (PET)." Revision work on this manual, which began in FY2021, was completed and published as KEK Report in FY2022.

*Published as KEK Report 2022-5 (2022).*

### **3.5 English translation work on the manual of measurement and evaluation of activation for decommissioning of accelerator facilities**

H. Matsumura, G. Yoshida, A. Toyoda, H. Nakamura

KEK

"Manual for measurement and evaluation of activation for decommissioning of accelerator facilities; Electrostatic accelerator facilities, synchrotron radiation experimental facilities, proton therapy facilities, heavy particle therapy facilities, and cyclotron facilities for radioisotope production for positron emission tomography (PET)" was revised in November 2022. To distribute this revised version manual worldwide, work on the English translation of the manual has begun and is in progress. We aim to publish the English-translated version by the end of FY2023.

### **3.6 Investigation of concrete radioactivation in cyclotron type proton therapy facilities using in situ <sup>24</sup>Na 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>, T. Miura<sup>1</sup>, K. Nishikawa<sup>1</sup>, K. Bessho<sup>1</sup>, T. Akita<sup>2</sup>, S. Katsuta<sup>2</sup>, T. Akimoto<sup>2</sup>, Y. Sugama<sup>3</sup>, F. Nobuhara<sup>4</sup>, Y. Nagashima<sup>4</sup>

<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>NCCHE, <sup>3</sup>Aizawa Hospital, <sup>4</sup>TNS

It is essential to clarify the characteristics of the material activation in cyclotron-type proton therapy facilities for future decommissioning. In particular, concrete occupies the largest volume among object materials, but its activation characteristics of activity level and distribution are unknown. We investigated concrete radioactivation in cyclotron-type proton therapy facilities at the National Cancer Center Hospital East and Aizawa Hospital. The in situ <sup>24</sup>Na measurement method, which is easy and high sensitivity, was applied for the investigation. Using the in situ <sup>24</sup>Na measurement method, we obtained the thermal neutron fluence rates in concrete with high sensitivity. Based on these fluence rates, the sum of the <sup>152</sup>Eu and <sup>60</sup>Co specific activities in the concrete were predicted for an operation duration of 30 years. The study aims to predict general <sup>152</sup>Eu and <sup>60</sup>Co (which are major radionuclides) specific activities for cyclotron-type proton therapy facilities, and we found the following common characteristics in the investigation results. In the accelerator room, neutrons were mainly produced at the degrader and/or objects surrounding it and diffused over the room. As a result, the sum of the ratios of the concrete floor's specific activities of <sup>152</sup>Eu and <sup>60</sup>Co for their respective clearance level (0.1 Bq/g) was estimated to be close to 1. On the other hand, the production of neutrons both in the treatment and beam transport line rooms was low, and the sum of the ratios of the <sup>152</sup>Eu and <sup>60</sup>Co specific activities for their respective clearance level was estimated to be below 1.



### **3.7 Activation investigation at National Institute for Fusion Science**

H. Matsumura<sup>1</sup>, G. Yoshida<sup>1</sup>, H. Nakamura<sup>1</sup>, A. Toyoda<sup>1</sup>, K. Tsugane, K. Masumoto<sup>1</sup>, T. Saze<sup>2</sup>,  
T. Kobuchi<sup>2</sup>, K. Ogawa<sup>2</sup>, M. Isobe<sup>2</sup>, M. Kobayashi<sup>2</sup>, S. Kurita<sup>2</sup>, M. Osakabe<sup>2</sup>, Y. Tsuchibushi<sup>2</sup>,  
K. Nagahara<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>NIFS

Before the complete shutdown of the fusion reactor at National Institute for Fusion Science, it was necessary to determine the activation status for future decommissioning. Therefore, we measured the activation using gamma-ray detectors. In addition, the neutron fluence rates on the concrete floor and walls were measured to obtain the distribution of neutrons. The results show that fast neutrons were isotropically emitted from the fusion reactor and activated the surrounding materials. The activation level of the concrete floor and walls was estimated to be negligibly lower than the clearance level.

### **3.8 Activation investigation at Sendai Kousei Hospital**

H. Matsumura<sup>1</sup>, G. Yoshida<sup>1</sup>, H. Nakamura<sup>1</sup>, A. Toyoda<sup>1</sup>, K. Tsugane<sup>1</sup>, K. Masumoto<sup>1</sup>, T. Miura<sup>1</sup>, K.  
Saito<sup>2</sup>, I. Koumura<sup>2</sup>, M. Kozaki<sup>3</sup>, A. Yamamoto<sup>3</sup>, H. Miyade<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>SHI Ltd., <sup>3</sup>SHI-ATEX Co. Ltd.

A radioactivation investigation of the PET Cyclotron facility under decommissioning at Sendai Kousei Hospital was conducted. The accelerator is a self-shielding cyclotron (the HM-12 type manufactured by Sumitomo Heavy Industries, Ltd.) The self-shielding body is made of heavy concrete. The surface dose rate distribution and gamma-ray spectrum were measured on the heavy concrete shield using a CsI survey meter and CeBr<sub>3</sub> detector. Core borings of the self-shielding body were also performed to obtain the depth distribution of specific activity in the heavy concrete shield. The core boring samples are under gamma-ray measurements and analysis.

### **3.9 Neutron measurements in the treatment room and the accelerator room of the Proton Therapy accelerator at Aizawa Hospital (2)**

H. Nakamura<sup>1</sup>, H. Matsumura<sup>1</sup>, A. Toyoda<sup>1</sup>, G. Yoshida<sup>1</sup>, K. Masumoto<sup>1</sup>, T. Miura<sup>1</sup>, Y. Sugama<sup>2</sup>, M.  
Araya<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>Aizawa hospital

In the previous experiment, neutrons were measured in the accelerator room and treatment room under typical treatment conditions for the Scanning method, the multi-leaf collimator (MLC) Scanning method, and the Broad beam method, and it was shown that the neutron fluence rate in the accelerator room was not significantly different between the irradiation methods, while in the treatment room, the Broad beam method gave a higher neutron dose than the other methods. MLC Scanning is desirable for treatment because it enables accurate proton beam irradiation to the tumor, but there is also concern about exposure to neutrons generated by the MLC. This time, we increased the number of measurement points on the treatment table and investigated the difference between the Scanning method and MLC Scanning. In the previous experiment, the energy of the Broad beam method was 169.2 MeV, but this time, the difference in thermal neutron fluence in the accelerator room was examined when the maximum and minimum possible energies were set to 230 and 70 MeV, respectively.

A phantom was placed on the treatment table, and TLD monitor cases were placed at 30 cm, 60 cm, and 90 cm from the center of the phantom to measure the neutron dose. The TLD was also placed on the floor 2 m away from the degrader, which adjusts the energy of the beam in the accelerator room, to measure thermal neutron fluence.

The neutron dose when the phantom was irradiated with MLC Scanning was higher than with Scanning and was about 20% higher at 30 cm from the phantom. The thermal neutron fluence measurement in the accelerator room showed a correlation between the beam charge and thermal neutron fluence.

*Presented at the 4th Joint Meeting of JRSM and JHPS (2022).*

### **3.10 The imaging capability of the GeGI5 $\gamma$ -ray imaging system for various types of activation**

K. Tsugane<sup>1</sup>, G. Yoshida<sup>1</sup>, H. Matsumura<sup>1</sup>, A. Toyoda<sup>1</sup>, H. Nakamura<sup>1</sup>, T. Saze<sup>2</sup>, M. Osakabe<sup>2</sup>,  
M. Isobe<sup>2</sup>, K. Ogawa<sup>2</sup>, M. Kobayasi<sup>2</sup>, T. Kobuchi<sup>2</sup>, S. Kurita<sup>2</sup>, Y. Tsuchibushi<sup>2</sup>, K. Nagahara<sup>2</sup>,  
K. Iwane<sup>3</sup>, K. Masahiko<sup>3</sup>, A. Yamamoto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>NIFS, <sup>3</sup>SHI Co.,Ltd.

We have been working on evaluating accelerator activation employing the  $\gamma$ -ray imaging techniques, which can easily determine the source location and type of nuclides. Various gamma-ray imaging devices are currently available. After examining several commercial options, we found that "GeGI5," manufactured by PHDS Co., US-TN is the best candidate. This device offers two modes: one that reconstructs the image from Compton scattering and photo absorption events in the crystal (Compton mode) and another that reconstructs the image from total absorption events caused by photons passing through the pinhole collimator (Pinhole mode). Based on the pilot study for the performance evaluation, imaging studies for

actual accelerator facilities were performed on the PF and PF-AR at KEK, the Large Helical Device at NIFS, and the PET-cyclotron (SHI Co. Ltd., SYPRIS HM-12) at Sendai Kousei Hospital. GeGI5 could visualize the size and location of multiple activation sites in Compton and Pinhole modes. Particularly, the detailed shapes of the source materials could be reproduced in the Pinhole mode.

*Presented at 24<sup>th</sup> Workshop on Environmental Radioactivity.*

### **3.11 Fundamental study for imaging of radioactivated accelerator materials with GeGI5**

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

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

Gamma cameras, which can visualize  $\gamma$ -ray sources, are expected to play an important role in various applications for radiation control if they can be used to visualize accelerator activation. However, despite the simplicity of the measurements, very few gamma cameras have been applied to visualize accelerator activation. This is due to the fact that accelerator activation involves high energy  $\gamma$ -rays such as Co-60, which makes visualization difficult. In this study, we obtained fundamental data for one of the gamma cameras, the PHDS GeGI5, which we considered the most suitable for accelerator activation. The fundamental data was obtained by imaging of accelerators at J-PARC and Univ. of Tsukuba and by imaging of  $\gamma$ -ray sources at the calibration facility in KEK Tsukuba campus. With the GeGI5, visualization for activated material of 1  $\mu$ Sv/h at a 10 cm distance is feasible practically.

*Presented at the 21th Annual Meeting of JRSM(2022). Two oral presentations.*

### **3.12 Preparation of draft ISO document ISO/DIS8939**

H. Matsumura, G. Yoshida, A. Toyoda, H. Nakamura  
KEK

Draft ISO document, ISO/DIS8939 "Decommissioning of medical cyclotrons," is being prepared as experts for the Japanese representative. Several draft revisions and comments on the draft have been submitted to the editor. The revision is still under deliberation and has not been finalized yet.

### 3.13 Measurement of Radioactivity Produced in Concrete at the J-PARC Accelerator Tunnel

B.N. Thien<sup>1</sup>, K. Bessho<sup>2</sup>, G. Yoshida<sup>2</sup>, K. Nishikawa<sup>3</sup>, E. Lee<sup>2</sup>, H. Nakamura<sup>2</sup>, T. Miura<sup>2</sup>, H. Yamazaki<sup>2</sup>,  
K. Saito<sup>2</sup>, K. Tsugane<sup>2</sup>, M. Shirakata<sup>2</sup>, T. Oyama, M. Hagiwara<sup>3</sup>, H. Yashima<sup>4</sup>, A. Kanai<sup>5</sup>  
<sup>1</sup>SOKENDAI, <sup>2</sup>KEK, <sup>3</sup>QST, <sup>4</sup>Kyoto Univ., <sup>5</sup>TNS

The production of radioactivity in concrete at the J-PARC facilities has been continuously studied. It has been found that production of various radionuclides in concrete was largely dependent on locations of concrete in the accelerator where dominant particles were different. The depth profiles of the radioactivity in the concrete walls at various locations were discussed by considering transportation and moderation of various-energy neutrons inside concrete. Monte Carlo calculations with PHITS code are in progress. Elemental composition of the concrete materials is also an important factor affecting radionuclide concentrations. Neutron activation analyses of J-PARC concrete samples were carried out at the Kyoto University Research Reactor, and concentrations of some elements, such as Na, Al, K, Sc, Cr, Mn, Co, Cs, Eu, were determined. The elemental concentrations of Na, Al, and K in low-activation concrete samples are significantly lower than those in ordinary concrete samples. The element composition in concrete are important to study the radioactivity production in accelerator facilities.

### 3.14 Development of Disaster Prevention System for Accelerator Tunnel

K. Ishii<sup>1</sup>, N. Yamamoto<sup>1</sup>, K. Bessho<sup>1</sup>, S. Tagashira<sup>2</sup>, Y. Kawabata<sup>3</sup>, H. Matsuda<sup>3</sup>, Y. Tomii<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>Kansai University, <sup>3</sup>Tobishima Corp., <sup>4</sup>ALSOK.

Ensuring worker safety in emergency situations, such as radiation accident, large earthquake, and fire, is an important safety issue at the large accelerator facilities. It is effective approach to have a system in which managers can know the real-time position of the workers in the accelerator tunnel. Our team developed a disaster prevention system that uses Wi-Fi to transmit the positioning of workers and two-way communication. The system had been installed on the J-PARC Main Ring and started its operation. Application of robots and drones was also tested for detecting abnormal situations inside accelerator tunnel. Further developments are in progress.

*Published in KEK Annual Report 2021, 78 (2022).*

## 4. Nuclear Chemistry and Radiochemistry

### 4.1 Development of a non-destructive carbon contents identification method in metal iron using a muon beam

K. Ninomiya<sup>1</sup>, G. Yoshida<sup>2</sup>, M. Inagaki<sup>3</sup>, T. Kudo<sup>1</sup>, I-H. Chiu<sup>1</sup>, A. Shinohara<sup>1</sup>, S. Sentoku<sup>4</sup>, S. Takeshita<sup>2</sup>, M. Tampo<sup>2</sup>, K. Shimomura<sup>2</sup>, N. Kawamura<sup>2</sup>, P. Strasser<sup>2</sup>, Y. Miyake<sup>2</sup>, W. Higemoto<sup>5</sup>, T. Saito<sup>6</sup>, M. K. Kubo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Osaka Univ., <sup>2</sup>KEK, <sup>3</sup>Kyoto Univ., <sup>4</sup>ICU, <sup>5</sup>JAEA, <sup>6</sup>National museum of Japanese history

The contents of trace amounts of carbon in iron have essential meaning for determining the iron's physical and mechanical properties. The amount of carbon in iron is generally 1% to ppm, and it is difficult to determine such a low concentration of carbon inside iron non-destructively. In this study, we focused on a muon as a probe of analysis, one of the quantum beams produced in a large accelerator facility. Due to the negative charge of a muon, the muon can form an atomic orbit, like electrons around the nucleus. After that, the muon decay into an electron and two neutrinos. The muon's lifetime varies by element; short in heavy elements and long in light elements. Examining the lifetime of muons in a material can clarify the material's elemental composition. We conducted a feasibility study on a non-destructive carbon quantification experiment in iron by measuring muon lifetime in J-PARC MUSE, the world's highest-intensity pulse muon source. We demonstrated that the iron's carbon signal of less than 1% of contents was clarified. In the current experimental system, the detection limit of carbon was estimated to be 120 ppm.

*Presented at the 103rd CSJ Annual Meeting (2022).*

### 4.2 Particle size measurement for aerosol particles generated from molten gold using a high-frequency induction furnace system

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

Target melting accidents in high-energy accelerators, such as the J-PARC accident in 2013, are caused by mishandling of a high-intensity beam. Various radionuclides were evaporated from a molten radioactive gold target in the J-PARC accident. The radioactive aerosol particles are formed by incorporation of the radionuclides into the aerosol particles formed through condensation process of evaporated target metal material. Particle size of the radioactive particles gives us useful information on the formation mechanism. In this work, prior to particle size measurement of radionuclide-bearing gold particles, particle size of non-

radioactive gold particles was measured with a low-pressure cascade impactor connected to a high-frequency conduction heating furnace. Granular gold samples were heated in the furnace up to 1,800 °C in a flow of highly pure argon. The generated gold aerosol particles were classified according to particle size using the impactor. The weight of gold collected in each size range was determined with high accuracy using neutron activation analysis. Mass medium aerodynamic diameter (MMAD) of the particles was found to be 1 μm. The MMAD was almost the same as that of aluminum previously reported although their vapor pressure is quite different.

*Presented at the 24th Workshop on Environmental Radioactivity, Tsukuba, March, 2023.*

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

### **5.1 Chemical evaluation of foreign substance found in accelerator coolant systems**

M. Ishida, T. Nogami, M. Yamamoto, Y. Tanimoto, T. Honda, R. Ueki, H. Takechi  
KEK

The generation and deposition of foreign substances have been observed in the cooling water systems of accelerators. The prevention and reduction of the foreign substances' generation is an important issue to improve the efficiency of management. It is known that most of the foreign substances are corrosion products of copper materials (e.g., hollow conductors) in the cooling water system. The appearances of the foreign substances are not same, and they depend on the sampling points. In this study, the foreign substances were organized by sampling points and measured with analytical equipment. The appearances of the samples were observed in detail under microscopes. They were determined the component ratios with quantitative analysis methods and the relationships between the results and their appearances were discussed. It was suggested that the various appearances of the foreign substances were related to the difference in corrosion progression.

*Published in Proceedings of the 19<sup>th</sup> Annual Meeting of PASJ, WEP040 (2022).*

### **5.2 Evaluation of RF antenna lifetime after long-term operation of J-PARC ion source**

T. Shibata<sup>1</sup>, M. Ishida<sup>1</sup>, K. Nanmo<sup>1</sup>, K. Ikegami<sup>1</sup>, K. Ohkoshi<sup>2</sup>, K. Shinto<sup>2</sup>, H. Oguri<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>JAEA

Continuous operation duration of the J-PARC Radio Frequency (RF) ion source has been extended step by step these years for the goal to supply stable beam during the entire period of J-PARC user operation each year. A 3651 hours (5 months) continuous ion source operation has been achieved from Nov. 2020 to Apr. 2021. As the lifetime of the ion source is mainly limited by failure on the RF antenna coil, detailed evaluation of the antenna surface condition is required to ensure the feasibility of the further extension of the operation time. In the present study, dimension measurements and SEM/EDS analyses were applied to understand the surface discoloration of the RF antenna. The discoloration after the long-term continuous operation is due to deposition of injected cesium (for H surface production process) and of stainless used steel (Fe, Cr, Ni) from the ion source components sputtered by plasma. The results show that the enamel coating of the RF antenna has not worn out in the long-term continuous operation for several months and, hence, extension of the ion source continuous operation duration can be extended.

*Published in Proceedings of the 19<sup>th</sup> Annual Meeting of PASJ, THP054 (2022).*

### **5.3 Discoloration of RF Antenna coil surface after long-term operation of J-PARC ion source**

T. Shibata<sup>1</sup>, K. Shinto<sup>2</sup>, K. Nanmo<sup>1</sup>, K. Ohkoshi<sup>2</sup>, K. Ikegami<sup>1</sup>, H. Oguri<sup>2</sup>, M. Ishida<sup>1</sup>, and M. Wada<sup>3</sup>

<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>JAEA, <sup>3</sup>Doshisha University

In J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex) center, continuous operation duration of the Radio Frequency (RF) negative hydrogen ion (H<sup>-</sup>) source equipped with the internal RF antenna coil is extended step by step in these 6 – 7 years for the goal to supply stable beam during the entire period of J-PARC user operation each year. From Nov. 2020 to Apr. 2021, the continuous ion source operation for 3,651 hours (5 months) was achieved with 60 mA H- beam current at the ion source exit, 0.825 % duty factor (25 Hz repetition) and 25 kW RF power injection. As the lifetime of the RF ion source is mainly limited by failure on the enamel coating of the RF antenna, detailed evaluation of the antenna surface is required to ensure feasibility of the further extension of the operation time. In the present study, surface discoloration on the RF antenna coil observed after the 5 months operation is investigated by application of digital microscope and SEM/EDS analyses. The material mapping and the line spectrum obtained by the EDS analysis show that depositions of the sputtered source chamber wall materials and the injected cesium on to the enamel coating are the most possible candidate for the discoloration. The dimension measurements of the RF antenna thickness before and after the long-term operation support the idea that the discoloration is due to the deposited materials and hence insulation of the RF antenna coil by enamel coating is maintained. The emittance measurement after the operation also shows that the RF plasma and the beam formations are not affected by the deposition on the antenna.

*Presented at 8<sup>th</sup> International Symposium on Negative Ions, Beams and Sources (2022).*

#### **5.4 Development of chemical reagent management system using RFID tags**

H. Takechi, M. Taira, H. Monjushiro  
KEK

The management of chemical reagents is important for chemical and environmental safety. Chemical reagent management systems are widely used and the chemicals are generally identified by barcode labels. But the management of so many materials with barcodes is not suitable on inventory and search, the new non-contact multi-detection technology of the radio-frequency identification, RFID, is applied to the management of books and clothes in recent years. In this study, we applied the RFID technology to the chemical reagent management in Environmental Safety Office, KEK and developed the system.

*Presented at International Technical Safety Forum 2022.*

#### **5.5 Generation of circular dichroism from superposed magnetically oriented magnetic nanoparticles**

H. Watarai<sup>1</sup>, H. Takechi<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Osaka Univ., <sup>2</sup>KEK

Circular dichroism (CD) spectra were observed for the doubly superposed film–film and solution–solution samples, which all contained magnetically oriented achiral iron oxide magnetic nanoparticles (MNPs). The observed CD spectra critically depended on the angle difference,  $\Delta\theta$ , between the orientation axes of MNPs in the superposed samples, giving the maximum CD value at the angle of  $\Delta\theta = 45^\circ$ . In a single solution cell sample with doubly superposed magnetic fields also, similar CD spectra depending on the angle difference between the magnetic fields were observed. These observed CD spectra were successfully reconstructed from the observed linear dichroism (LD) and linear birefringence (LB) spectra of each sample by the use of a superposed Mueller matrix method. Furthermore, triply and quadruply superposed solution samples exhibited the maximum CD spectra at the angle differences of  $\Delta\theta = 30$  and  $22.5^\circ$ , respectively, as suggested by the superposed Mueller matrix calculation. Thus, the origin of all CD spectra observed for the superposed achiral MNP samples has been quantitatively assigned to the helical combinations of LD and LB spectra of the magnetic field-induced optically oriented MNPs.

*Presented at 71st Annual Meeting of the Japan Society for Analytical Chemistry (2022).*

*Presented at 16th Annual Meeting of the Magneto-Science Society of Japan (2022).*



## 5.6 Analysis of radionuclides produced in helium gas circulating through the target chamber at the J-PARC Hadron Experimental Facility

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

At the J-PARC Hadron Experimental Facility, various radionuclides are produced in the gold target and beam windows during beam operations. Some of the radionuclides, such as <sup>10</sup>C, <sup>16</sup>N, <sup>14</sup>O, <sup>19</sup>O, <sup>20</sup>O, <sup>20</sup>F, <sup>23</sup>Ne, <sup>24</sup>Ne, <sup>37</sup>S, <sup>41</sup>Ar, <sup>191m</sup>Hg, <sup>192</sup>Hg, <sup>193</sup>Hg, <sup>195</sup>Hg, and <sup>195m</sup>Hg, 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 can be studied by measuring radioactivity in the helium gas and by calculating radionuclide productions in the solid components. The mechanism of radionuclide transfer from solid components to gas phase are discussed by considering chemical states of radionuclides in solid and gas phase.

## 5.7 Measurement of radioactivity in the cooling water for the primary beam-line components at the J-PARC Hadron Experimental Facility

M. Suzuki<sup>1</sup>, Y. Kasugai<sup>2</sup>, K. Bessho<sup>1</sup>, H. Watanabe<sup>1</sup>, H. Takahashi<sup>1</sup>, K. Nishikawa<sup>1,3</sup>, K. Takahashi<sup>1</sup>,  
H. Yamazaki<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>JAEA, <sup>3</sup>QST

The cooling water for the primary beam-line components at the J-PARC Hadron Experimental Facility is exposed to intense high-energy protons, neutrons, and secondary particles. These high-energy particles produce radionuclides, such as <sup>3</sup>H and <sup>7</sup>Be in the cooling water. Furthermore, various nuclides are produced in the metal components and transferred into water. The concentration of <sup>3</sup>H and various  $\gamma$ -ray emitting nuclides were determined by a liquid scintillation counter and a HPGe detector. Detected nuclides are dominant radionuclides, <sup>3</sup>H and <sup>7</sup>Be, and trace radionuclides, such as <sup>24</sup>Na, <sup>42</sup>K, <sup>43</sup>K, <sup>44m</sup>Sc, <sup>44</sup>Sc, <sup>46</sup>Sc, <sup>47</sup>Sc, <sup>48</sup>Sc, <sup>48</sup>V, <sup>52</sup>Mn, <sup>54</sup>Mn, <sup>56</sup>Mn, <sup>56</sup>Co, <sup>58</sup>Co, <sup>57</sup>Ni, <sup>122</sup>Sb, and <sup>187</sup>W. Origin and mechanism of radionuclide transfers into water were discussed.

## 6. Research Related to Accident of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station

### 6.1 Activities to measure radiation dose and radioactivity in Iitate village

K. Iijima, Y. Kishimoto, T. Sanami, T. Ishikawa, S. Sasaki

KEK

Eleven years have passed since the accident of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant (FDNPP) in 2011. Owing to this accident, large amounts of radionuclides were released into the atmosphere and deposited widely on the ground emitting radiations. KEK has been performing the activities to measure the radiation levels and the radioactivities in Iitate Village in the Fukushima prefecture, located in the northern part of the Fukushima Prefecture and approximately 30 km apart from the FDNPP in the northwest, in conformity with the agreement between KEK and Iitate Village.

The activities of KEK in the village are categorized into four groups: (1) 24-h continuous measurement of dose rates with fixed radiation monitors; (2) measurement of radiation levels over entire village using a high-sensitivity detector equipped with a GPS receiver on the vehicle; (3) advice and educational support related to the nature and protection of radiation; and (4) voluntary trials and effort to rebuild the villager's life by the staff members of KEK.

### 6.2 Radiation environment around the contaminated water storage tank including highly concentrated $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station

H. Hirayama<sup>1,2</sup>, K. Kondo<sup>1,2</sup>, S. Suzuki<sup>1</sup>, S. Hamamoto<sup>1,3</sup>, and K. Iwanaga<sup>1</sup>

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

In general,  $\beta$ -rays are not considered in radiation shielding due to their weak penetration properties. When concentration of radionuclide of pure  $\beta$ -emitter like  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{90}\text{Y}$  is very high, however, bremsstrahlung X-rays produced by  $\beta$ -rays become a main source around. This situation appeared around the reverse osmosis water storage tank (hereafter referred to as "RO tank"), in which highly concentrated  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$  water was stored at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station. Measurement and calculation studies were performed to understand and characterize radiation environment around the RO tanks.

*Presented at 14th International Conference on Radiation Shielding and 21st Topical Meeting of the Radiation Protection and Shielding Division, Seattle, WA, USA, September 25-29, 2022.*

### **6.3 Estimated Cs-137 radioactivity deposited in the gap between the top and middle cover of shield plug in Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Unit 2**

K. Iwanaga<sup>1</sup>, H. Hirayama<sup>1,2</sup>, K. Hayashi<sup>1,3</sup>, K. Kondo<sup>1,2</sup>, S. Suzuki<sup>1</sup>, and Z. Yoshida<sup>1</sup>

<sup>1</sup>NRA, <sup>2</sup>KEK, <sup>3</sup>RAD

In the previous ICRS-13, we reported<sup>1)</sup> that a large amount of Cs-137 was deposited in the gap between the top and middle cover of the shield plug (shown in Fig.1) of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Unit 3.

It was observed the same situation at shield plug of Unit 2. According to a study<sup>2)</sup> of Cs-137 inventory, total of Cs-137 after 10 years decay is 203PBq. Significant proportion of Cs-137 was thought to be deposited in the gap, in common with Unit 3. Estimation of amount of Cs-137 deposited in the gap is important information to decide decommissioning approach and also accident procedure estimation.

In the case of Unit 3, we could use gamma-ray spectrometer from upward of shield plug using crane, because roof and walls of operation floor are not existed by hydrogen explosion. Therefore, we could use gamma ray energy spectrum information to estimate deposited Cs activity.

In the case of Unit 2, roof and walls still exist, therefore we could not use spectrometer from upward. Also, dose rate inside operation floor is high (20~100 mSv/h) by contamination of ceiling, floor and inner walls. This dose rate is too high for gamma-ray spectrometer. Therefore, we were forced to use only ambient dose measurement. To estimate Cs-137 deposited in the gap, we took different approach using ambient dose equivalent measurement with Monte-Carlo analysis.

*Presented at 14th International Conference on Radiation Shielding and 21st Topical Meeting of the Radiation Protection and Shielding Division, Seattle, WA, USA, September 25-29, 2022.*

### **6.4 Estimation of <sup>137</sup>Cs activity using pinhole gamma camera at Unit 2 operation floor in Fukushima Daiichi Nuclear Power Station**

K. Hayashi<sup>1,2</sup>, H. Hirayama<sup>1,3</sup>, K. Iwanaga<sup>1</sup>, K. Kondo<sup>1,3</sup>, and S. Suzuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup>NRA, <sup>2</sup>RAD, <sup>3</sup>KEK

In Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, various work is proceeding now toward decommissioning. Radioactivity distribution in work area is one of important information to make work plan including decontamination or shielding plan, and exposure reduction plan. For this purpose, smart measuring method was devised to deal with wide spread and/or locally concentrated contamination using pinhole gamma camera.

*Presented at 14th International Conference on Radiation Shielding and 21st Topical Meeting of the Radiation Protection and Shielding Division, Seattle, WA, USA, September 25-29, 2022*

### **6.5 Cs-137 contamination density measurement method for iron plates by surface $\beta$ -ray dose equivalent rate**

H. Hirayama<sup>1,2</sup>, K. Kondo<sup>1,2</sup>, K. Hayashi<sup>1,3</sup>, S. Suzuki<sup>1</sup> and K. Iwanaga<sup>1</sup>

<sup>1</sup>NRA, <sup>2</sup>KEK, <sup>3</sup>RAD,

The smear method is usually used to measure contamination by radioactive materials from the perspective of radiation control. Contamination can be fixed or free, and the control of contamination transmission focuses on the free contamination density, which is measured using the smear method. The smear method involves wiping a specific area (usually 100 cm<sup>2</sup>) of the surface with a smear filter paper and evaluating the free surface contamination density from the radioactivity wiped to the smear filter paper. Wiping efficiency has a significant influence on the quantitative evaluation of the smear method. Factors that affect the wiping efficiency include the material and condition of the substance surface, existence form of contamination, and wiping method.

At TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, disconnecting work of approximately 60 m above the Unit 1/2 exhaust stack (total length of 120 m) was conducted from August 2019 to improve the margin in terms of earthquake resistance. Disconnection of up to 23 blocks every 3 m in length was completed on April 29, 2020. The contamination density and  $\beta + \gamma$ -ray dose rate of the inner surface of each block were measured using the smear method at four locations in the north, south, east, and west at a height of approximately 30 cm from the bottom of the block. The contamination density and dose rate were higher in the lower block of the exhaust stack. There was also a large difference in the circumferential direction within each block. It is indispensable to understand the amount and distribution of contamination in the radiation control of exhaust stack cutting and disposal work.

In this study, we investigated a more accurate and convenient method for measuring the Cs-137 contamination density inside the exhaust stack from the surface dose equivalent rate of  $\beta$ -rays.

*Published as KEK Report 2022-6, January 2023.*

## 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、2022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	佐波 俊哉
放射線取扱主任者代理	岩瀬 広
放射線管理室長	松村 宏
放射線管理室長代理	飯島 和彦
業務	佐々木 慎一 三浦 太一
教育・将来計画	佐々木 慎一 岸本 祐二 (再教育担当) 坂木 泰仁 (ILC 担当)

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)	古宮 綾 三浦 太一 飯島 和彦 津金 聖和	管理区域責任者 管理区域副責任者 管理区域業務担当 管理区域業務担当
第2区域 PS 実験施設 ERL 開発棟 北カウンターホール	吉田 剛 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 古宮 綾	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 (4A)  電子陽電子入射器 (4B)	岸本 祐二 吉田 剛 津金 聖和  岩瀬 広 坂木 泰仁 豊田 晃弘	管理区域責任者 管理区域副責任者 管理区域業務担当  管理区域責任者 管理区域副責任者 管理区域業務担当

第 5 区域 SuperKEKB 施設 (5A)  DR (5B)  BT ライン (5C)  大強度放射光施設 (5D)  ATF (5E)	坂木 泰仁 飯島 和彦 大山 隆弘  大山 隆弘 岩瀬 広 豊田 晃弘  岩瀬 広 坂木 泰仁 大山 隆弘  吉田 剛 坂木 泰仁 津金 聖和  豊田 晃弘 岸本 祐二 高原 伸一 津金 聖和	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 管理区域業務担当
第 6 区域 超伝導リニアック試験施設 (STF) 棟	大山 隆弘 岸本 祐二 高原 伸一 津金 聖和	管理区域責任者 管理区域副責任者 管理区域業務担当 管理区域業務担当
第 7 区域 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	豊田 晃弘 古宮 綾 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
発生装置責任者 中性子発生装置 X線発生装置	飯島 和彦 飯島 和彦	放射線照射棟 放射線照射棟

### 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
安全ディビジ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

#### ・加速器施設管理チーム

リニアック施設	管理区域責任者	斎藤 究
3 GeVシンクロトロン施設	管理区域責任者代理	斎藤 究
50 GeVシンクロトロン施設	管理区域責任者	中村 一
	管理区域責任者代理	穂積 憲一
放射線測定棟	管理区域責任者	穂積 憲一
	管理区域責任者代理	中村 一

#### ・実験施設チーム（素粒子・原子核実験施設管理チーム）

ハドロン実験施設	管理区域責任者	山崎 寛仁
	管理区域責任者代理	高橋 一智
ニュートリノ実験施設	管理区域責任者	高橋 一智
	管理区域責任者代理	山崎 寛仁
担当チーム員	長畔 誠司、李 恩智	



## 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） （総括） （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）	松村 宏 豊島 規子 豊田 晃弘 室町 啓子
出入管理システム	岸本 祐二 高原 伸一 飯島 和彦
放射性物質等 （総括） （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）	松村 宏 三浦 太一 吉田 剛 豊田 晃弘 岸本 祐二 大山 隆弘 豊田 晃弘 坂木 泰仁 豊田 晃弘 飯島 和彦 吉田 剛
環境放射能	豊田 晃弘 高原 伸一 古宮 綾
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）	岸本 祐二 飯島 和彦 大山 隆弘 津金 聖和 佐々木 慎一
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
放射線較正施設 （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 大山 隆弘
線量計等 （線量計評価、OSL、APD、PD等）	岩瀬 広 松村 宏 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	岩瀬 広
安全教育 (オンライン教育開発 含む)	佐波 俊哉 佐々木 慎一 岸本 祐二
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 佐波 俊哉 高原 伸一
広報 (WEB 管理・更新) (サーバー管理、研究ページ) (管理業務ページ) (環境ページ) (トップページ更新情報)	岩瀬 広 松村 宏 佐藤 充 豊田 晃弘
作業環境測定 (内部被ばく評価を含む)	豊田 晃弘 大山 隆弘 松村 宏 三浦 太一

### 1.2.2 東海キャンパス

業 務	担当者氏名
従事者登録、線量管理、教育訓練、UO対応	高橋 一智 山崎 寛仁
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)	中村 一 穂積 憲一
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
英語化 WG (規程、教育資料等の英語化を担当)	中村 一 山崎 寛仁 李 恩智

\*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	武智 英明
環境安全管理室員	平 雅文 古宮 綾 石田 正紀 佐藤 充 文珠四郎 秀昭
化学薬品等取扱主任者	古宮 綾
危険物保安監督者（屋内貯蔵所）	石田 正紀
除害施設等管理責任者	武智 英明
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

化学安全管理業務（総括）	武智 英明
水質検査	佐藤 充 石田 正紀
化学薬品管理	平 雅文 佐藤 充 武智 英明
依頼分析	石田 正紀 平 雅文 文珠四郎 秀昭 古宮 綾 佐藤 充
実験廃液処理	平 雅文 武智 英明
加速器施設廃水処理	古宮 綾
作業環境管理	古宮 綾 石田 正紀
環境管理	平 雅文
広報	佐藤 充 古宮 綾

## 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（2022年4月1日～2023年3月31日）

機構所属の従事者数は708名（女性80名）であった。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（0.4 mSvが1名，0.2 mSvが1名，0.1 mSv 4名）であった。被ばくを受けた作業場所は，所内ではなかった。すべて他事業所の被ばくで，J-PARC，東北大，核融合研であった。

##### (2) 共同利用者、業者の受入（2022年4月1日～2023年3月31日）

登録された本機構所属以外の放射線業務従事者数は3,836名で，内訳は，業者：1,138名（新規240名，更新898名），共同利用者：2,698名（新規1,487名，更新1,211名）であった。被ばく状況は，業者及び共同利用者の被ばくはなかった。

##### (3) 女性の被ばく

女性の放射線業務従事者の被ばくはなかった。

##### (4) 放射性同位元素、核燃料物質等の受入払出

密封されていない放射性同位元素の受入が3件，払出が0件であった。密封された放射性同位元素の受入払出，密封されていない放射性同位元素の製造はなかった。核燃料及び核原料物質の受入と払出は18件あった。核燃料及び核原料物質の使用は42件あり，31件が光源棟において放射光実験で，11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

第26回放射線安全審議委員会で審議された以下の内容で、2022年2月28日付で変更申請をおこない、2022年5月30日付けで承認された。

##### 1) 陽子加速器施設の赤外レーザー加速器新設、放射化物保管設備変更他直線加速装置入射路の使用に係る放射線安全対策

1-1) 赤外自由電子レーザー加速器(FEL加速器)の新設

1-2) 北カウンターホールの出入口の運用変更

1-3) EPI 下流部の放射化物保管設備の拡張

##### 2) STF の出力増強に係る放射線安全対策

2-1) STF の最大出力を変更する

(2) 核燃法関係

なし

2.1.4 検査関係

(1) RI法関係

2022年9月12日に教育加速器の施設検査を受け、合格した

(2) 核燃法関係

2022年10月18日に茨城県による核燃立ち入り検査を受け、指摘事項は無かった

2.1.5 放射線安全審議委員会

第27回放射線安全審議委員会は2023年2月6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方法変更に係る放射線安全対策
  - 1-1) コッククロフト・ワルトン型加速器（前段加速器 No.2）の廃止
  - 1-2) その他の出入口の追加(1箇所)
- 2) cERLの使用方法変更に係る放射線安全対策
  - 2-1) 開発共用棟の放射化物保管設備の縮小
- 3) SuperKEKBの使用方法変更に係る放射線安全対策
  - 3-1) コリメータの新設に伴う管理区域の拡張（大穂実験棟、電源棟 D-5）
  - 3-2) 人が通常出入する出入口の変更(10箇所追加)、その他の出入口の変更 (11箇所追加)
- 4) PF-ARの使用方法変更に係る放射線安全対策
  - 4-1) AR南棟管理区域の縮小
  - 4-2) 人が通常出入する出入口の変更(1箇所追加)、その他の出入口の変更 (2箇所減少)
- 5) ATFの使用方法変更に係る放射線安全対策
  - 5-1) 最大出力の変更(直線加速装置を 616MeV・ $\mu$ A から 77 MeV・ $\mu$ A、ダンピングリングを 323.4 GeV・mA から 107.8GeV・mA)
  - 5-2) その他の出入口の追加(1箇所)
- 6) STFの使用方法変更に係る放射線安全対策
  - 6-1) 最大エネルギー・出力の変更(500 MeV, 9.675 kW から 5 MeV, 0.005 kW へ減少)
- 7) 放射化物加工棟の使用方法変更に係る放射線安全対策
  - 7-1) 密封線源の使用(Am-Be 370MBq 1個、Am-Be 3.7GBq 1個、137Cs 370MBq 1個)を追加（放射化物加工棟加工室）
  - 7-2) 密封線源の貯蔵(Am-Be 370MBq 1個、Am-Be 3.7GBq 1個、137Cs 370MBq 1個)を追加（放射化物加工棟貯蔵箱）
  - 7-3) 管理区域の縮小

8) 放射性試料測定棟の使用方法変更に係る放射線安全対策

8-1) 密封線源の使用(Am-Be 370MBq 1 個、Am-Be 3.7GBq 1 個)を減少

8-2) 密封線源の貯蔵(Am-Be 370MBq 1 個、Am-Be 3.7GBq 1 個、<sup>137</sup>Cs 370MBq 1 個)の減少

8-3) 使用場所の減少 (モニター準備室)

2.1.6 その他

ア) 機構内検査等

- ・北カウンターホール(北 CH) 地上部と EP1 下流部の放射化物保管設備の範囲、及び北 CH 西側の出口専用扉を出入口とする変更についての放射線安全設備、区域設定について、2022 年 7 月 1 日に検査を行い、令和 4 年 7 月 1 日より運用を認めた
- ・放射線発生装置に付随する二次ビームライン BL-12C について 2022 年 10 月 3 日に行い、同日から使用開始を認めた
- ・STF の変更使用に係る承認に伴い、主任者検査を 2022 年 10 月 27 日に実施し同日付で使用を許可した
- ・FEL 加速器の変更使用に係る承認に伴い、主任者検査を 2022 年 11 月 29 日、12 月 27 日、2023 年 1 月 10 日に実施し 2023 年 1 月 11 日付で試運転開始を許可した
- ・機構長の指定する発生装置 30kW-IOT について 2023 年 1 月 10 日に主任者検査を実施し、2023 年 1 月 12 日より運転再開を許可した

イ) 教育訓練等

- ・つくばキャンパスにおける令和 4 年度放射線安全再教育訓練を e-learning において行い受講者数は 640 名(全員受講)であった。
- ・KEK 安全週間の一環で「安全作業における講習会」が令和 4 年 11 月 8 日に開催され、岸本准教授が放射線安全に関する講習を行った

ウ) 放射線障害予防規程改正関連

- ・令和 4 年 4 月 26 日に火災時初動対応通報訓練を実施した。
- ・令和 4 年 9 月 13 日に放射線障害の発生につながるおそれのある異常想定事象発生時の措置、手順に関する訓練を実施した
- ・令和 5 年 2 月 21 日に火災時初動対応通報訓練を実施した。

## 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。安全ディビジョンは、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）で構成されている。当放射線科学センターからはJ-PARCセンターの安全ディビジョンと放射線管理セクションに別所、沼尻、山崎、齋藤、李、穂積、中村、高橋、長畔の9名が専任として所属し、岸本、飯島、大山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 放射線管理セクションの関連業務

関連業務としては、放射性同位元素等の規制に関する法律に関わる申請、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。2022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

J-PARCの各施設は原子力科学研究所の敷地内に設置されているため、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提出し、建設後には事前了解を得たのち工事完了報告書を茨城県と東海村に提出する必要がある。

原子力規制委員会に2022年2月16日付で行った変更許可申請については、2022年7月27日に補正申請を行い、2022年8月24日付けで許可となった。変更内容は、ニュートリノ実験施設のビーム出力増強、ハドロン実験施設のCOMETビームライン新設、物質・生命科学実験施設のミュオンビームライン改造であった。2022年10月19日に茨城県原子力安全対策委員会が開催され、「大強度陽子加速器施設 (J-PARC) の変更に伴う安全対策について」が審議された。2022年11月4日付けで茨城県と東海村から事前了解書が交付された。2023年1月16日は茨城県と東海村にニュートリノ実験施設に関する工事完了報告書を提出した。COMETビームライン新設に関しては、2023年1月27日に茨城県と東海村に工事完了報告書を提出し、2023年3月14日に施設検査を受検し、2023年3月15日付けで合格となった。

### 2.2.4 内部規程の改訂、委員会活動

放射線安全に関する内部規程の見直しを行い、放射性物質等事業所内運搬規則の改正を行った。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射線安全委員会が設置されており、2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4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

2022年度の新規の入域前教育訓練は、KEK・JAEA職員等87名、外来業者797名、ユーザー723名が受講した。

2022年度の職員等の再教育訓練は、新型コロナウイルス感染症防止の観点から、12月にeラーニングにより実施した。eラーニング受講期間に受講出来なかった対象者については、eラーニングコンテンツをビデオに再構成して、別途、再教育を実施した。なお、外国人職員等を対象とした英語による再教育については12月にオンライン会議システムを併用して実施した。年度内に対象者全員の649名が受講した。また、年度更新者に対する教育訓練は再教育として行い、外来業者568名、ユーザー403名が受講した。

### 3. 化学安全・環境関係

#### 3.1 依頼分析、分析機器・実験室利用

環境安全管理室では、機構職員、共同利用者から化学分析の依頼、分析機器・実験室の利用を受け付けている。

本年度の分析依頼は71件であった。所属の内訳は、素核研6件、物構研3件、加速器53件、共通基盤6件、その他4件であり、分析内容は61件が定性分析、10件が定量分析であった。無機化合物の分析に使用する卓上型電子顕微鏡（元素分析機能付き）及びX線回折装置の使用頻度が最も高く、特に卓上型電子顕微鏡は6割以上の依頼で使用している。次いで有機化合物の分析に使用するフーリエ変換赤外分光光度計及びラマン分光光度計の使用頻度が高かった。分析内容、結果については部内レポートCHEM-Aにまとめている。

本年度の分析機器利用件数は59件であった。所属の内訳は、素核研4件、物構研23件、加速器26件、共通基盤1件、その他5件であった。卓上型電子顕微鏡（元素分析機能付き）及びX線回折装置の利用頻度が最も高かった。特に卓上型電子顕微鏡が機器利用の5割以上を占めている。

本年度の実験室利用は20件であり、長期利用5件、短期利用15件であった。所属の内訳は、素核研8件、物構研3件、加速器6件、共通基盤3件であった。長期利用者は、実験設備を持ち込むことが多いため、実験室1～5の内、1、3、4は長期利用者専用として運用している。

#### 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2022」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小学校・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。



### 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移送し、凝集沈殿処理及び各種樹脂塔への通水により無害化処理を行った。処理水について水質検査を行い、汚水排除基準を満たしていることを確認した後、放流を行った。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設備のメンテナンス及び試運転に伴う廃水も実験廃液処理施設で同様の処理を行った。洗浄廃水の年間受入量は192.5 m<sup>3</sup>であった。

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受け入れ、石灰化処理の後、その他の洗浄廃水と同様の処理を行った。フッ素系洗浄廃水の年間受入量は47.7 m<sup>3</sup>であった。

廃液処理装置の保守としては、市水元栓バルブ及び配管、市水供給ラインのバルブ交換を行った。また、凝集沈殿反応槽架台が腐食していたため、修繕を行った。他にも架台、ポンプ等老朽化のため修繕を要する箇所が多く、計画的に装置のメンテナンスや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、2022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、同年度における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：光核反応からの二次粒子の偏光依存を用いた系統測定による電子加速器の遮蔽設計高度化

研究代表者 佐波俊哉

(2) 基盤研究(C)

研究課題名：新原理の中性子検出器で拓く大強度ビーム加速器施設の放射線安全

研究代表者 山崎寛仁

### 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4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

該当なし

### 1.4 共同開発研究

(1) 研究課題名：位置有感生体組織等価比例計数電離箱(PS-TEPC)の改良とそれを用いた混合放射線場における線量測定システムの確立

研究代表者：岸本祐二

研究分担者：佐々木慎一、齋藤究、高橋一智、飯島和彦

(2) 研究課題名：国際リニアコライダー(ILC)への設計応用を目指した PHITS の高度化

研究代表者：岩瀬広(KEK)、佐藤達彦(JAEA)

研究担当者：佐波俊哉、山崎寛仁、坂木泰仁、波戸芳仁

(3) 研究課題名：加速器生成中性子の実験および理論

研究代表者：岩瀬広(KEK)、渡部浩司(東北大)、松本哲郎(産総研)

研究担当者：坂木泰仁、山崎寛仁、大山隆弘

### 1.5 その他

(1) 2021年度月面での科学研究・技術実証ミッションにかかるフィジビリティスタディテーマ募集

研究課題名：月面利用の拡大に向けた超小型・高機能な宇宙放射線環境の計測技術とリアルタイム被ばく線量評価システムの構築

研究代表者：三好由純（名古屋大学）

研究分担者：岸本祐二

- (2) 2022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：加速器生成中性子の実験および理論的評価  
共同研究者：岩瀬広、山崎寛仁、坂木泰仁、大山隆弘

## 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：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：Lee Eunji、大山隆弘、長畔誠司、山崎寛仁
- (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：兵庫県立大学  
研究代表者：佐波俊哉  
研究分担者：Nugyen Thuong、山崎寛仁、李恩智、杉原健太、波戸芳仁
- (3) 研究課題名：希ガスシンチレータの研究  
共同研究先：横浜国立大学  
研究代表者：齋藤究  
研究分担者：佐々木慎一
- (4) 研究課題名：位置有感生体等価比例計数箱（PS-TEPC）による線量計測技術の確立  
共同研究先：JAXA  
研究代表者：岸本祐二、永松愛子(JAXA)  
研究分担者：佐々木慎一、齋藤究、高橋一智
- (5) 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
- (6) 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

### 2.1.2 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：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：佐波俊哉、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：高エネルギー粒子加速器における放射線・放射能の測定とシミュレーション  
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、Lee Eunji、杉原健太、照沼信浩、森川祐
- (2) 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：吉田剛  
研究分担者：豊田晃弘、中村一、三浦太一
- (3) 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、中村一
- (4) 研究課題名：サイクロトロンを使用した陽子線治療施設における中性子発生に関する研究  
共同研究先：相澤病院  
研究代表者：松村宏  
研究分担者：吉田剛、中村一、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：位置有感比例計数管の重イオンに対する応答  
共同研究先：放射線医学総合研究所  
研究代表者：寺沢和洋 (慶応大学)

研究分担者：岸本祐二、高橋一智

### 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) 博士課程（5年一貫制）  
博士：Nguyen Thuong  
指導教員：佐波俊哉、坂木泰仁
- (2) 博士課程（5年一貫制）  
博士：Mohd Faiz bin Mohd Zin (2022年10月まで)  
指導教員：山崎寛仁、岩瀬広
- (3) 博士課程（5年一貫制）  
博士：窪田雅弓  
指導教員：岸本祐二、齋藤究
- (4) 博士課程（5年一貫制）  
博士：Bui Ngoc Thien  
指導教員：別所光太郎、吉田剛

#### 3.2 学位論文等の指導（他大学）

該当なし

#### 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：佐波俊哉  
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29回 EGS 研究会

主催：KEK 放射線科学センター  
開催場所：オンライン  
開催期間：2022年8月8日～8月9日  
参加者数：20名

#### 4.2 第 37 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、応用物理学会・放射線分科会

開催場所：KEK つくばキャンパス小林ホール+オンライン

開催期間：2023 年 1 月 25 日～1 月 27 日

参加者：100 名

#### 4.3 第 24 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・環境放射能部会

開催場所：高エネルギー加速器研究機構小林ホール+オンライン

開催期間：2023 年 3 月 6 日～3 月 8 日

参加登録者：161 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放射線物理学 ("Radiation Physics")
- (2) 総研大加速器科学専攻専門科目 放射線計測概論
- (3) 総研大加速器概論
- (4) 総研大 Special Subject of the Department of Accelerator Science, Introduction to Radiation Detection and Measurement

#### 5.2 非常勤講師等

- (1) 中央大学兼任講師「高エネルギー加速器科学第 2」
- (2) 東京都立大学・大学院人間健康科学研究科非常勤講師
- (3) 成蹊大学・理工学研究科非常勤講師
- (4) 千葉大学・理学部化学科非常勤講師

### 6. 機構外活動・社会貢献活動等

#### 6.1 外部委員会等

- (1) 量子科学技術研究開発機構 量子医学・医療部門共用施設運営委員会委員
- (2) 量子科学技術研究開発機構 量子医学・医療部門 共用施設運営委員会部会委員
- (3) 量子科学技術研究開発機構 重粒子線がん治療装置等共同利用運営委員会、課題採択評価部会委員

- (4) JENDL委員会核データ測定戦略検討WG委員
- (5) J-PARC 放射線安全委員会委員
- (6) 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
- (7) 東京都市大学原子炉安全委員会委員
- (8) 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
- (9) 日本放射線安全管理学会医療用サイクロトロン廃止に関するアドホック委員会委員
- (10) 日本原子力学会ISO/TC85/SC5/WG5J (廃棄物測定・管理) 国内ワーキンググループ委員
- (11) ISO/TC85/SC5/WG13 "Decommissioning; decontamination, dismantling and remediation" member.
- (12) J-PARC放射線安全評価委員会委員

## 6.2 学会等

- (1) 大学等放射線施設協議会常議員
- (2) 大学等放射線施設協議会理事
- (3) 日本原子力学会核データ部会運営委員
- (4) 日本原子力学会放射線工学部会運営委員
- (5) 応用物理学会放射線分科会幹事
- (6) 核データ研究会実行委員
- (7) ICRS14/PRSD2020 Technical Program Committee Member
- (8) JENDL 委員会専門委員
- (9) 電気学会放射線を利用した微量分析およびイメージング技術」調査専門委員会委員
- (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 「遮蔽解析手法 V&V 検討」研究専門委員会委員
- (12) 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
- (13) 日本放射化学会理事
- (14) NPO 法人放射線安全フォーラム理事
- (15) 日本放射化学会教育部会幹事

## 6.3 講習会等 (キャラバン、ウインターサイエンス、サマーチャレンジ、高校生受入、KEK セミナー、OHO セミナー)

- (1) ウィンターサイエンスキャンプ講師  
開催場所：KEK  
開催期間：2022年12月25日-28日  
講師：坂木泰仁、岩瀬広 (補助)



(2) サマーチャレンジ講師

担当実習：9班 自然放射線を理解しよう

開催場所：KEK

開催期間：2022年8月16日 - 8月26日

講師：岩瀬広、岸本祐二（補助）

(3) マレーシア原子力研究所、KEK、JAEA 主催 PHITS COURSE (PHITS 講習会)

開催場所：マレーシア原子力研究所

開催期間：2022年3月13日 - 3月17日

講師：岩瀬広、佐藤達彦(JAEA)

(4) 理系女子キャンプ

開催場所：KEK

開催期間：2022年4月3日 - 4月4日

演習班取りまとめ：岩瀬広

#### 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

## 7. 受賞記録

- (1) 杉原健太、日本原子力学会 核データ部会奨励賞、”Measurement of Neutron Energy Spectra of 345 MeV/u  $^{238}\text{U}$  Incidence on a Copper Target”
- (2) 2022 Symposium on Nuclear Data POSTER PRESENTATION AWARD, Eunji Lee (KEK), Toshiya Sanami (KEK), Tetsuro Matsumoto (AIST), Akihiko Masuda (AIST), Nobuhiro Shigyo (Kyushu-U), Tsuyoshi Kajimoto (Horoshima-U), Noriaki Nakao (Shimiz Corp.), Robert Froeschl (CERN), et al., “Cross comparison of neutron spectra with liquid scintillator and bonner sphere spectrometer”, 2022年11月
- (3) 吉田剛、松村宏、榎本和義、第55回(2022年度)日本原子力学会論文賞、日本原子力学会、”Investigation into activation of accelerators at various synchrotron radiation facilities in Japan” (2023年3月14日)
- (4) 吉田剛、日本放射線安全管理学会令和3年度論文賞技術賞、日本放射線安全管理学会、”Survey Methodology for the Activation of Beamline Components in an Electrostatic Proton Accelerator” (2022年11月25日)

- (5) 吉田剛、日本原子力学会放射線工学部会学術賞、日本原子力学会放射線工学部会、”Investigation into activation of accelerators at various synchrotron radiation facilities in Japan” (2022年9月8日)
- (6) 石田正紀, 野上隆史, 山本将博, 谷本育律, 本田融, 植木竜一, 武智英明、第19回日本加速器学会年会 年会賞 (ポスター発表)、日本加速器学会、” 加速器冷却水系で発見された異物の化学的評価” (2022年10月18日-21日)

## 8. 放射線科学センター名簿（2022年度）

佐波 俊哉 <sup>(*)(p)</sup>	中村 一 <sup>(#)(t)</sup>	佐々木 慎一 <sup>(g)(e)</sup>
沼尻 正晴 <sup>(#)(p)</sup>	飯島 和彦 <sup>(t)</sup>	文珠四郎 秀昭 <sup>(g)</sup>
松村 宏 <sup>(p)</sup>	高原 伸一 <sup>(t)</sup>	佐藤 充 <sup>(c)</sup>
別所 光太郎 <sup>(#)(p)</sup>	豊田 晃弘 <sup>(t)</sup>	豊島 規子 <sup>(c)</sup>
山崎 寛仁 <sup>(#)(p)</sup>	高橋 一智 <sup>(#)(t)</sup>	室町 啓子 <sup>(c)</sup>
齋藤 究 <sup>(#)(p)</sup>	長畔 誠司 <sup>(#)(t)</sup>	石川 幸夫 <sup>(c)</sup> (11/16～)
岩瀬 広 <sup>(p)</sup>	古宮 綾 <sup>(t)</sup>	平山 英夫 <sup>(c)</sup>
岸本 祐二 <sup>(p)</sup>	大山 隆弘 <sup>(t)</sup>	伴 秀一 <sup>(c)</sup>
吉田 剛 <sup>(p)</sup>	石田 正紀 <sup>(t)</sup>	Nguyen Thoung <sup>(i)</sup>
武智 英明 <sup>(p)</sup>	津金 聖和 <sup>(t)</sup>	窪田 雅弓 <sup>(i)</sup>
坂木 泰仁 <sup>(p)</sup>	穂積 憲一 <sup>(d)(#)</sup>	Bui Ngoc Thien <sup>(i)</sup> (10/1～)
Lee Eunji <sup>(#)(p)</sup> (5/1～)	平 雅文 <sup>(d)</sup>	Mohd F. M. Zin <sup>(i)</sup> (～9/30)
杉原 健太 <sup>(p)</sup> (7/1～)	榎本 和義 <sup>(g)</sup>	
Tran Kim Tuyet <sup>(p)</sup> (3/1～)	三浦 太一 <sup>(g)</sup>	

(\*) 放射線科学センター長

(#) J-PARC センター所属

(p) 教員

(t) 技術職員

(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 (2022.1.1~2022.12.31)

- (1) H. Ito, A. Kobayashi, S. Bianchin, T. Cao, C. Djalali, D.H. Dongwi, T. Gautam, D. Gill, M.D. Hasinoff, K. Horie, Y. Igarashi, J. Imazato, N. Kalantarians, H. Kawai, S. Kimura, S. Kodama, M. Kohl, H. Lu, O. Mineev, P. Monaghan, S. Shimizu, S. Strauchi, M. Tabata, R. Tanuma, A. Toyoda, H. Yamazaki, N. Yershov, (J-PARC E36 Collaboration), “Measurement of structure dependent radiative  $K^+ \rightarrow e^+\nu\gamma$  decays using stopped positive kaons”, *Phys. Lett.* **B 826** (2022) 136913 (9 pages). (DOI:10.1016/j.physletb.2022.136913)
- (2) T. Ishikawa, A. Fix, H. Fujimura, H. Fukasawa, R. Hashimoto, Q. He, Y. Honda, T. Iwata, S. Kaida, J. Kasagi, A. Kawano, S. Kuwasaki, K. Maeda, S. Masumoto, M. Miyabe, F. Miyahara, K. Mochizuki, N. Muramatsu, A. Nakamura, K. Nawa, Y. Obara, 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, and H. Y. Yoshida, “Coherent photoproduction of the neutral-pion and  $\eta$ -meson on the deuteron at incident energies below 1.15 GeV”, *Phys. Rev. C* **105** (2022) 144501 (12 pages).
- (3) H. Matsumura, G. Yoshida, A. Toyoda, K. Masumoto, H. Nakamura, T. Miura, K. Nishikawa, K. Bessho, T. Akita, S. Katsuta, T. Akimoto, Y. Sugama, F. Nobuhara, Y. Nagashima, "Investigation of Concrete Radioactivation in Cyclotron Type Proton Therapy Facilities using in situ  $^{24}\text{Na}$  Measurement Method, Radiation Safety Management," 21, 13-25 (2022).  
<https://doi.org/10.12950/rsm.200909>
- (4) Go Yoshida, Hiroshi Matsumura, Kazuyoshi Masumoto, Hajime Nakamura, Akihiro Toyoda, Fumiyoshi Nobuhara, Shohei Iwai, Koichi Nishikawa, Kenji Hayashi, Jun Ishioka, Hirofumi Hanaki, Hiroshi Miyauchi, Shinya Nagahashi, Masahiro Sawada, Kiminori Goto, Yasukazu Yamamoto, Taichi Miura, Kotaro Bessho, “Investigation into activation of accelerators at various synchrotron radiation facilities in Japan,” *Journal of Nuclear Science and Technology* 59, 543–554 (2022).  
<https://doi.org/10.1080/00223131.2021.1985646>

- (5) K. Sugihara, Y. Ikeda, T. Kobayashi, K. Fujita, S. Ikeda, N. Shigyo, Y. Otake, “Radiation field characterization with emphasis on the collimator configuration at the Compact Neutron Source RANS-II facility”, *Journal of Nuclear Science and Technology*, 60(2), 2023, pp. 110-123.
- (6) Hiroki Iwamoto, Keita Nakano, Shin-ichiro Meigo, Daiki Satoh, Yosuke Iwamoto, Kenta Sugihara, Katsuhisa Nishio, Yoshihiro Ishi, Tomonori Uesugi, Yasutoshi Kuriyama, Hiroshi Yashima, Kota Okabe, Hiroyuki Makii, Kentaro Hirose, Riccardo Orlandi, Fumi Suzuki, Akito Oizumi, Kazuaki Tsukada, Fujio Maekawa, Yoshiharu Mori, “Measurement of 107-MeV proton-induced double-differential thick target neutron yields for Fe, Pb, and Bi using a fixed-field alternating gradient accelerator at Kyoto University”, *Journal of Nuclear Science and Technology*, 60(4), 2023, pp. 435-449.
- (7) A. Ishikawa, Y. Sakaki, Y. Takubo, “Search for axion-like particles with electron and positron beams at the KEK linac”, *PTEP 2022* (2022) 11, 113B05.
- (8) M. M. Nojiri, Y. Sakaki, K. Tobioka, D. Ueda, “First evaluation of meson and  $\tau$  lepton spectra and search for heavy neutral leptons at ILC beam dump”, *JHEP* 12 (2022) 145.

## 2. Publication in Japanese (2022.1.1~2022.12.31)

- (1) 寺沢和洋, 佐々木慎一, 岸本祐二, 高橋一智, 永松愛子, 身内賢太郎, 小平聡 「国産能動型宇宙放射線線量計の開発状況と将来展望」, *Space Utilization Research*, Vol. 36 2021: Proceedings of The Thirty-sixth Space Utilization Symposium (2022).
- (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, 松本晴久, 上野遥, 相田真理, 行松和輝, 中西大樹, 藤田康信, 谷森達, 窪秀利, 明石小百合, 福山誠二郎, 会田圭祐, 渡邊勇基, 河本泰成, 岩本慎也, 寺門康男, 北村尚, 小平聡, 「位置有感比例計数管の重イオンに対する応答」, 2021 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 (2022).
- (3) 坂木泰仁, ILCX2021 会議報告, 加速器, 2022, 19 巻, 1 号, p. 41-43.
- (4) 松村宏, 榎本和義, 吉田剛, 豊田晃弘, 中村一, 三浦太一, 「加速器施設廃止のための放射化測定評価マニュアル 2022 年 11 月改訂版」, *KEK Report 2022-5*, 2022 年 11 月

### 3. Proceedings (2022.1.1~2022.12.31)

- (1) K. Sugihara, N. Shigyo, E. Lee, T. Sanami, K. Tanaka, “Study on JQMD and INCL models for  $\alpha$  particle incident neutron production”, JAEA-Conf 2022-001, pp. 169-174.
- (2) 吉田剛, 豊田晃弘, 松村宏, 榎本和義, 三浦太一, 中村一, 「加速器放射化評価への応用を前提とした可搬型  $\gamma$  線イメージング装置の比較検討」, KEK Proceedings 2022-2, 165-170 (2022).
- (3) M. Ishida, T. Nogami, M. Yamamoto, Y. Tanimoto, T. Honda, R. Ueki, H. Takechi, “Chemical evaluation of foreign substance found in accelerator coolant systems”, Proceedings of the 19th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, October 18 - 21, 2022, Online (Kyushu University), WEP040.
- (4) T. Goto, H. Takechi, M. Ishida, H. Monjushiro, “Development of HF-free electropolishing of Nb materials using ethanol-sulfuric acid solution”, Proceedings of the 19th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, October 18 - 21, 2022, Online (Kyushu University), FRP032.
- (5) T. Goto, H. Hayano, K. Umemori, H. Monjushiro, “Installation progress of the vertical electropolishing facility in KEK-COI building”, Proceedings of the 19th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, October 18 - 21, 2022, Online (Kyushu University), THP037.
- (6) T. Shibata, M. Ishida, K. Nanmo, K. Ikegami, K. Ohkoshi, K. Shinto, H. Oguri, “Evaluation of rf antenna lifetime after long-term operation of J-PARC ion source”, Proceedings of the 19th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, October 18 - 21, 2022, Online (Kyushu University), THP054.
- (7) Y. Kawabata, H. Matsuda, K. Matsumoto, S. Tagashira, Y. Tomii, K. Ishii, N. Yamamoto, K. Bessho, M. Yoshioka, “Verification of robot utilization in accelerator tunnel”, Proceedings of the 19th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, October 18 - 21, 2022, Online (Kyushu University), WEOB03.

#### 4. Reports (2022.1.1～2022.12.31)

該当なし

#### 5. Presentation at Conferences (2022.4.1～2023.3.31)

##### 5.1 International Conference

(1) 15<sup>th</sup> International Conference on Nuclear Data for Science and Technology (ND2022)

- 1) Tran Kim Tuyet, Toshiya Sanami, Hirohito Yamazaki, “Comparison of double-differential cross section between nuclear data library and experimental data for photoneutron production”.
- 2) T.Sanami, T.K.Tran, H.Yamazaki, T.Itoga, Y.Kirihara, Y.Namito, Y.Sakaki, S.Miyamoto, Y. Asano, “Target mass dependence of photoneutron spectrum for 16.6MeV photons on medium-heavy mass targets”.
- 3) Hiroki Iwamoto, Keita Nakano, Shin-ichiro Meigo, Daiki Satoh, Yosuke Iwamoto, Kenta Sugihara, Katsuhisa Nishio, Yoshihiro Ishi, Tomonori Uesugi, Yasutoshi Kuriyama, Hiroshi Yashima, Kota Okabe, Hiroyuki Makii, Kentaro Hirose, Riccardo Orlandi, Fumi Suzaki, Akito Oizumi, Kazuaki Tsukada, Fujio Maekawa, Yoshiharu Mori, “Measurement of double-differential neutron yields for iron, lead, and bismuth induced by 107-MeV protons for research and development of accelerator-driven systems”.

(2) 14<sup>th</sup> International Conference on Radiation Shielding and 21<sup>st</sup> Topical Meeting of the Radiation Protection and Shielding Division

- 1) T.K.Tuyet, T.Sanami, H.Yamazaki, “Impact of photo-neutron spectrum shape for Pb( $\gamma$ ,xn) on shielding design”.
- 2) H. Hirayama, K. Kondo, S. Szuzuki, S. Hamamoto, K. Iwanaga, “Radiation Environment around the Contaminated Water Storage Tank including Highly Concentrated 90Sr/90Y at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station”.
- 3) K. Iwanaga, H. Hirayama, K. Hayashi, K. Kondo, S. Suzuki, Z. Yoshida, “Estimated Cs-137 radioactivity deposited in the gap between the top and middle cover of shield plug in Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Unit 2”.
- 4) K. Hayashi, H. Hirayama, K. Iwanaga, K. Kondo, and S. Suzuki, “Estimation of 137Cs Activity using Pinhole Gamma Camera at Unit 2 Operation Floor in Fukushima Daiichi Nuclear Power Station”

- (3) The 15<sup>th</sup> Workshop on Shielding aspects of Accelerators, Targets, and Irradiation Facilities (SATIF) , FRIB Michigan / Online, Sep. 2022
- 1) K. Sugihara, N. Shigyo, A. Akashio, K. Tanaka, “Measurement of neutron production yields of 345 MeV/u 238U + Cu with a time-of-flight method”.
  - 2) Y. Sakaki, “Atmospheric-like neutrons and muons at the ILC beam dumps”.
  - 3) H. Iwase, K. Kimura, F. Mohd Zin, Y. Sakaki, Y. Namito, H Hirayama, “Sensitivity study of water and iron contents for neutron deep penetration in concrete”,
- (4) 15<sup>th</sup> International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation and Resonance (muSR2022), Parma, Italy, 28th August – 2nd September 2022
- 1) I-Huan Chiu, Kenya Kubo, Kazuhiko Ninomiya, Shunsuke Asari, Makoto Inagaki, Go Yoshida, Soshi Takeshita, Izumi Umegaki, Koichiro Shimomura, Naritoshi Kawamura, Patrick Strasser, Yasuhiro Miyake, Takashi Ito, Wataru Higemoto, Tsutomu Saito, "Development of non-destructive and depth-selective quantification method of sub-percent carbon contents in steel by negative muon lifetime measurement".
- (5) 8<sup>th</sup> International symposium on Negative Ions, Beams and Sources-NIBS22, Oct 2–7, 2022. Padova, Italy
- 1) T. Shibata, K. Shinto, K. Nanmo, K. Ohkoshi, K. Ikegami, H. Oguri, M. Ishida, and M. Wada, “Discoloration of RF Antenna Coil Surface after Long-term Operation of J-PARC Ion Source”.
- (6) International Technical Safety Forum 2022 (ITSF 2022), Oct. 24-28, 2022, CERN, Geneva, Switzerland
- 1) H. Takechi, M. Taira, H. Monjushiro, “Development of Chemical Reagent Management System Using RFID Tags”.
  - 2) K. Bessho, “Recent troubles and near-miss incidents at J-PARC”.

## 5.2 Invited Talk

- (1) 耐放射線エレキ研究会 2022, KEK つくばキャンパス, 2022年8月10日
- 1) 岸本祐二, 「国際宇宙ステーション船内における線量計測」.
- (2) ECFA HF WG1: 1st Workshop of the WG1-SRCH group, Online, May 2022
- 1) Y. Sakaki, “Possible experimental opportunities at the ILC beam dumps”.
- (3) Seminar @University of Tokyo High Energy Physics Theory Group, Tokyo, Oct. 2022



- 1) Y. Sakaki, “First Evaluation of Meson and Tau Lepton Spectra and Search for Heavy Neutral Leptons at ILC Beam Dump”.
- (4) AAA 第 73 回技術部会, Online, Feb. 2023
- 1) 坂木泰仁, “ILC ビームダンプの多角的活用”.
- (5) 将来計画委員会ミュオン班勉強会, Online, Mar. 2023
- 1) 坂木泰仁, “ニュートリノ被ばく”.
- (6) National Workshop on Radiation Safety in Accelerator Facilities, Seoul, Korea, 14 - 18 Nov. 14-18, 2022 (Supported by IAEA)
- 1) K. Masumoto, Japanese regulation of activated materials of particle accelerators and their facilities.  
 2) K. Masumoto, Evaluation of activated area in various types of accelerator facilities.  
 3) K. Masumoto, Measurement of residual activity in activated materials by using of survey meter.
- (7) 分子科学研究所・放射線講習会 令和 4 年 4 月 21 日 (木) Web 開催
- 1) 別所光太郎, “J-PARC における安全への取り組み”
- (8) 第 123 回日本医学物理学会学術大会, パシフィコ横浜, 2022 年 4 月 14-17 日
- 1) 松村宏, 「放射線発生装置廃止のための放射化測定評価マニュアルの作成を通して」
- (9) 第 34 回タンデム加速器及びその周辺技術の研究会, オンライン開催, 2022 年 7 月 21-22 日
- 1) 吉田剛, 松村宏, 松村万寿美, 豊田晃弘, 中村一, 榎本和義, 三浦太一, 笹公和, 森口哲朗, 「 $\gamma$  線イメージング装置 GeGI5 による筑波大タンデムの加速器放射化イメージング – 加速器の放射化イメージングへの挑戦 –」,
- (10) 第 4 回日本保健物理学会・日本放射線安全管理学会合同大会, 九州大学, 2022 年 11 月 24-26 日
- 1) 吉田剛, 松村宏, 中村一, 豊田晃弘, 榎本和義, 三浦太一, 笹公和, 森口哲朗, 「加速器ビームラインの放射化サーベイより何がわかるのか？」

### 5.3 Domestic Conference

- (1) 日本原子力学会2022年秋の年会, オンライン, (2022.9.7-9) 茨城大学日立キャンパス
- 1) 中尾徳晶、佐波俊哉、梶本剛、八島浩、Froeschl Robert、Bozzato Davide、Iliopoulou Elpida、Infantino Angelo、李恩智、大山隆弘、「CERN/CHARMにおける24GeV陽子を

- 用いた遮蔽実験 (12) 放射化検出器を用いた鋼鉄・コンクリート遮蔽内中性子減衰分布測定とシミュレーション」.
- 2) 向原悠太、佐波俊哉、小野章、稲倉恒法、石塚知香子、千葉敏、「反対称化分子動力学を用いた重イオン入射反応における平均場模型依存性の二重微分断面積による評価」.
  - 3) グエン トウオン、佐波俊哉、山崎寛仁、糸賀俊朗、桐原陽一、杉原健太、モハンマドジン モハンマドファイズ、宮本修治、浅野芳裕、「Measurement of photoneutron spectra for 17 MeV linearly polarized photon on Ta, W, and Bi targets」.
  - 4) 古田稔将、魚住裕介、山口雄司、岩元洋介、佐波俊哉、古場裕介、「230 MeV/u  $\alpha$ 粒子入射荷電粒子生成二重微分断面積の測定」.
  - 5) 杉原健太、明午伸一郎、岩元大樹、中野敬太、前川藤夫、「GeV領域の陽子入射によるSiの核種生成断面積測定」.
  - 6) 岩元大樹、明午伸一郎、佐藤大樹、岩元洋介、中野敬太、杉原健太、西尾勝久、石禎浩、上杉智教、栗山靖敏、八島浩、岡部晃大、牧井宏之、廣瀬健太郎、Orlandi Riccardo、洲寄ふみ、大泉昭人、塚田和明、前川藤夫、森義治、「鉄、鉛及びビスマスに対する107 MeV 陽子入射中性子収量の測定と解析」.
- (2) 2022 年度核データ研究会, 近畿大学東大阪キャンパス, (2022.11.17-18)
- 1) T. Nguyen, T. Sanami, H. Yamazaki, Y. Sakaki, T. Itoga, Y. Kirihara, K. Sugihara, M. Faiz, S. Miyamoto, S. Hashimoto, Y. Asano “The comparison of nuclear data and experimental results for photoneutron spectra on Ta, W, and Bi targets for 17 MeV photons”.
  - 2) K. Sugihara, N. Shigyo, A. Akashio, K. Tanaka, “Measurement of neutron energy spectra of 345 MeV/u  $^{238}\text{U}$  incidence on a copper target”.
  - 3) K. Sugihara, S. Meigo, H. Iwamoto, F. Maekawa, “Measurement of heavy nuclide production cross section via the reaction between GeV proton and  $^{nat}\text{Pb}$ ”.
- (3) 測定器開発センターキックオフミーティング, KEK+オンライン, (2022.7.20)
- 1) 岸本祐二, 「開発例3 ~ガスTPCを用いたISS船内におけるLET分布の導出~」.
- (4) 第37回宇宙環境利用シンポジウム, オンライン, (2023.1.18)
- 1) 寺沢和洋, 佐々木慎一, 岸本祐二, 高橋一智, 永松愛子, 身内賢太郎, 小平聡, 「宇宙放射線線量計の開発と宇宙滞在期間制限」.
- (5) 第37回研究会「放射線検出器とその応用」, KEK+オンライン, (2023.1.25-27)
- 1) 窪田雅弓, 岸本祐二, 齋藤究, 高橋一智, 佐々木慎一, 寺沢和洋, 身内賢太郎, 永松愛子, 勝田真登, 榎田大輔, 松本晴久, 谷森達, 窪秀利, 内堀幸夫, 小平聡, 「位置有感生体組織等価比例計数箱 PS-TEPC の月周回・月面ミッションモデルの開発」.

2)中村正吾, 谷山天晴, 小林和哉, 吉本圭佑, 出石汐里, 笠見勝祐, 齋藤究, 佐々木慎一, 春山富義, 三原智, 森山茂栄, 「冷却 CCD を用いた分光測光系によるシンチレータの微弱な発光の測定」.

(6) 日本原子力学会2023年春の年会, (2022.3.13-15) 東大駒場キャンパス

1) 後神進史, 川口 真穂, 松本哲郎, 増田明彦, 真鍋征也, 原野秀樹, 佐藤理, 奥野功一, 佐波俊哉, 「遮蔽解析コードV&Vにおける妥当性確認実験」.

2) 松本哲郎, 増田明彦, 李恩智, 佐波俊哉, 大山隆弘, 梶本剛, 中尾徳晶, Robert Froeschl, Elpida Iliopoulou, Angelo Infantino 「CERN/CHARM における 24GeV 陽子を用いた遮蔽実験 (13) ボナー球スペクトロメータを用いた鋼鉄・コンクリート遮蔽後の中性子スペクトル測定」.

3) 李恩智, 松本哲郎, 増田昭彦, 佐波俊哉, 執行信寛, 梶本剛, 中尾徳晶, Robert Froeschl, Elpida Iliopoulou, Angelo Infantino, 「CERN/CHARM における 24GeV 陽子を用いた遮蔽実験 (14) 液体シンチレータとボナー球スペクトロメータによる遮蔽透過後中性子スペクトル」.

4) 古田稔将, 魚住裕介, 山口雄司, 岩元洋介, 佐波俊哉, 古場裕介, 「230MeV/u  $\alpha$  粒子入射荷電粒子生成二重微分断面積の測定(2)」.

5) 向原悠太, 佐波俊哉, 小野章, 稲倉恒法, 石塚知香子, 千葉敏, 「反対称化分子動力学における 100-200MeV 領域の  $p+^{12}\text{C}$ ,  $^{27}\text{Al}$  反応断面積の平均場模型依存性」.

6) Thuong Thi Hong Nguyen, Toshiya Sanami, Hirohito Yamazaki, Yasuhito Sakaki, Toshiro Itoga, Yoichi Kirihara, Kenta Sugihara, Shuji Miyamoto, Yoshihiro Asano, Comparison of nuclear data, theoretical calculations, and experimental results for photoneutron spectra on Ta, W, and Bi targets for 17 MeV photons.

7) 岩元大樹, 明午伸一郎, 佐藤大樹, 岩元洋介, 中野敬太, 杉原健太, 西尾勝久, 石禎浩, 上杉智教, 栗山靖敏, 八島浩, 岡部晃大, 牧井宏之, 廣瀬健太郎, Orlandi Riccardo, 洲崎ふみ, 大泉昭人, 塚田和明, 前川藤夫, 森義治, 「京都大学 FFAg 加速器を用いた核データ測定実験における中性子生成二重微分断面積の解析及び  $^{237}\text{Np}$  核分裂計数管を用いた核破碎中性子場の測定」.

8) 杉原健太, 明午伸一郎, 岩元大樹, 前川藤夫, 「180 度方向に放出される核破碎中性子による Bi 箔を用いた放射化反応率測定」.

(7) 日本物理学会 2022年秋季大会, オンライン, (2022.9.6-8)

1) 谷山天晴, 中村正吾, 小林和哉, 吉本圭佑, 出石汐里, 笠見勝祐, 齋藤究, 佐々木慎一, 春山富義, 三原智, 森山茂栄, 「液体キセノンの赤外発光の測定-9」.

(8) 日本物理学会 2023年春季大会, オンライン, (2023.3.22-25)

- 1) 谷山天晴, 中村正吾, 小林和哉, 吉本圭佑, 出石汐里, 笠見勝祐, 齋藤究, 佐々木慎一, 春山富義, 三原智, 森山茂栄, 「液体キセノンの赤外発光の測定-10」.

(9) 第19回日本加速器学会年会, オンライン, (2022.10.18-21)

- 1) 佐波俊哉, Tran Tuyet, Nguyen Thuong, 山崎寛仁, 糸賀俊朗, 桐原陽一, 波戸芳仁, 中島宏, 宮本修治, 橋本智, 浅野芳裕, 「レーザー逆コンプトン光子の光中性子生成二重微分断面積測定への応用」.
- 2) 森川祐, 山本将博, 東直, 原田健太郎, 阪井寛志, 三浦孝子, 中村典雄, 神谷幸秀, 松村宏, 吉田剛, 豊田晃弘, 遠藤貴士, 榊原圭太, 熊谷明夫, 平戸利明, 曲慧, 「電子線加速器の産業応用に向けた cERL における照射実験」.
- 3) 石田正紀, 野上隆史, 山本将博, 谷本育律, 本田融, 植木竜一, 武智英明, 「加速器冷却水系で発見された異物の化学的評価」.
- 4) 後藤剛喜, 武智英明, 石田正紀, 文珠四郎秀昭, 「エタノール-硫酸を用いたNb材のフッ酸無し電解研磨法の開発」.
- 5) 井藤隼人, 早野仁司, 文珠四郎秀昭, 柏木茂, 本多 史憲, 「Nb<sub>3</sub>Sn超伝導加速空洞のための新規成膜手法の開発」.
- 6) 後藤剛喜, 早野仁司, 梅森健成, 文珠四郎秀昭「KEK-COI棟の縦型電解研磨設備設置の進捗状況」.
- 7) 柴田崇統, 石田正紀, 南茂今朝雄, 池上清, 大越清紀, 神藤勝啓, 小栗英知「J-PARCイオン源長時間運転後のRFアンテナ寿命評価」.
- 8) 川端康夫, 松田浩朗, 松元和伸, 田頭茂明, 富井洋平, 石井恒次, 山本 昇, 別所 光太郎, 吉岡正和「加速器トンネルでのロボット活用の検証」.

(10) 第 83 回応用物理学会秋季学術講演会, 東北大学+オンライン, (2022.9.20-23)

- 1) 寺沢和洋, 佐々木慎一, 岸本祐二, 高橋一智, 永松愛子, 身内賢太郎, 小平聡「宇宙放射線線量実測器開発の現状と今後 ～コロナ禍と疑似宇宙生活～」.

(11) 第 70 回応用物理学会春季学術講演会, 上智大学+オンライン, (2023.3.15-1)

- 1) 窪田雅弓, 岸本祐二, 齋藤究, 高橋一智, 佐々木慎一, 寺沢和洋, 身内賢太郎, 永松愛子, 勝田真登, 榊田大輔, 松本晴久, 谷森達, 窪秀利, 内堀幸夫, 小平聡, 「位置有感生体組織等価比例計数箱 PS-TEPC の小型軽量モデルの開発」.

(12) 日本化学会第 103 春季年会, 東京理科大学, (2023 年 3 月 22 日～25 日)

- 1) 久保謙哉, 二宮和彦, 邱奕寰, 吉田剛, 竹下聡史, 反保元伸, Patrick Strasser, 下村浩一郎, 河村成肇, 三宅康博, 稲垣誠, 伊藤孝, 髭本亘, 齋藤努, 「負ミュオン寿命法による鉄中微量炭素の深さ方向選択的非破壊非接触定量分析法」.
- (13) 2022年度量子ビームサイエンスフェスタ, つくば国際会議場, (2023年3月13日~15日)
- 1) 二宮和彦, 久保謙哉, 稲垣誠, 吉田剛, 邱奕寰, 浅利駿介, 竹下聡史, 下村浩一郎, 河村成肇, ストラッサー・パトリック, 三宅康博, 伊藤孝, 髭本亘, 齋藤努, 「ミュオン寿命法を利用した鉄鋼中サブパーセント炭素の非破壊定量分析」.
- (14) 第24回「環境放射能」研究会, オンライン, (2023年3月6日~3月8日)
- 1) 沖雄一, 三浦太一, 豊田晃弘, 中村一, 松村宏, 吉田剛, 榎本和義, 「溶融した加速器放射化物から発生するエアロゾルの捕集」.
  - 2) 津金聖和, 吉田剛, 松村宏, 豊田晃弘, 中村一, 長壁正樹, 磯部光孝, 小川国大, 小林真, 小淵隆, 栗田紗緒里, 土伏悌之, 長原一樹, 佐瀬卓也, 「ガンマカメラ「GeGI5」による大型ヘリカル装置の放射化イメージング」.
- (15) 第4回日本保健物理学会・日本放射線安全管理学会合同大会, 九州大学, (2022年11月24日~11月26日)
- 1) 松村宏, 吉田剛, 豊田晃弘, 中村一, 榎本和義, 三浦太一, 別所光太郎, 松村万寿美, 森口哲朗, 笹公和, 「ガンマカメラ GeGI5 による加速器放射化の可視化の可能性の検討」.
  - 2) 吉田剛, 松村宏, 豊田晃弘, 中村一, 榎本和義, 別所光太郎, 三浦太一, 松村万寿美, 森口哲朗, 笹公和, 「ガンマカメラ GeGI5 による加速器放射化の可視化実験」.
  - 3) 吉田剛, 川村広和, 延原文祥, 松村宏, 豊田晃弘, 中村一, 榎本和義, 三浦太一, 飯島和彦, 「大規模陽子シンクロトロン施設のコンクリートの放射化 - 旧 12GeV-PS 主リングの全周サーベイ結果からわかったこと -」.
  - 4) 中村一, 松村宏, 豊田晃弘, 吉田剛, 榎本和義, 三浦太一, 須釜裕也, 荒屋正幸, 「相澤病院の陽子線治療加速器施設における加速器室と治療室で発生する中性子測定(2)」.
  - 5) 渡部浩司, 酒井昭宏, 安藤智和, 中林貴之, 松村宏, 吉田剛, 川野晶彦, 石田篤識, 田中正博, 甲村巖根, 小寄正彦, 川村広和, 「医療用サイクロトロン廃止に関するアドホック委員会活動報告」.
  - 6) 西藤文博, 春日井好己, 関一成, 中根佳弘, 谷教夫, 佐藤浩一, 山崎寛仁, 別所光太郎, 沼尻正晴, 宮本幸博, 「J-PARCにおける非常事態を想定した訓練について」.
- (16) 日本放射化学会第66回討論会, 東京大学, (2022年9月15日~9月17日)

- 1) 稲垣誠, 久保謙哉, 二宮和彦, 浅利駿介, 吉田剛, 竹下聡史, 梅垣いづみ, 下村浩一郎, 河村成肇, ストラッサー・パトリック, 三宅康博, 伊藤孝, 髭本亘, 齋藤努, 「負ミュオン寿命法による鉄鋼中微量炭素の非破壊深度分布測定」.
- (17) 第59回アイソトープ・放射線研究発表会, オンライン, (2022年07月6日~7月8日)
- 1) 久保謙哉, 二宮和彦, 浅利駿介, 稲垣誠, 吉田剛, 竹下聡史, 梅垣いづみ, 下村浩一郎, ストラッサー・パトリック, 三宅康博, 伊藤孝, 髭本亘, 齋藤努, 「負ミュオン寿命法による鉄鋼中微量炭素の非破壊深度分布測定」.
- (18) 令和4年度第1回大学等環境安全協議会実務者連絡会研修会, オンライン, (2022.6.30)
- 1) 武智英明, 平雅文, 「高エネルギー加速器研究機構におけるRFIDを活用した薬品管理システムの試みとリスクアセスメント」.
- (19) 第40回大学等環境安全協議会総会・研修発表会, 東京大学, (2022.7.14)
- 1) 片山謙吾, 武智英明, 平雅文, 齋藤謙一, 藤井邦彦, 水口裕尊, 「新たな化学物質規制と各大学等の化学物質管理の現状」.
- (20) 2022年度機器・分析技術研究会, 大阪大学, (2022.9.1-2)
- 1) 石田正紀, 「各種卓上型分析装置を用いた加速器冷却水系異物の化学的評価」.
- (21) 日本分析化学会第71年会, 岡山大学, (2022.9.14-16)
- 1) 渡會仁, 武智英明, 「磁気配向した磁性ナノ粒子の多重試料が示す円二色性スペクトルの解釈」.
- 2) 武智英明, 島田竜太郎, 藤原孝成, 文珠四郎秀昭, 「位相子と検光子の二重回転法によるパルスレーザーの偏光測定を試み」.
- 3) 後藤剛喜, 武智英明, 石田正紀, 文珠四郎秀昭, 「超伝導加速空洞の表面処理を想定したフッ酸フリーのNbの電解研磨法の開発」.
- 4) 後藤剛喜, 早野仁司, 梅森健成, 文珠四郎秀昭, 「Nb超伝導加速空洞の表面処理を目的とした縦型電解研磨設備の導入」.
- (22) 第16回日本磁気科学会年会, 日本大学, (2022.11.7-9)
- 1) 渡會仁, 武智英明, 「磁気配向した磁性ナノ粒子の多重試料が示す円二色性スペクトル」.
- (23) 第5回技術職員技術交流会, 筑波大学, (2023.3.8)
- 1) 古宮綾, 「KEKつくばキャンパス環境安全管理室における分析業務」.

## **6. 編集 (2022.4.1～2023.3.31)**

- (1) T. Sanami, Y. Kishimoto, H. Yamazaki, K. Saito, M. Hagiwara, K. Iijima and S. Sasaki:  
“Proceedings of the 36<sup>th</sup> Workshop on Radiation Detectors and Their Uses”, KEK Proceedings  
2022-3 (2023).
- (2) K. Bessho, H. Matsumura and G. Yoshida: “Proceedings of the 23rd Workshop on Environmental  
Radioactivity”, KEK Proceedings 2022-2 (2022) .

## **7. 手引き等 (2022.4.1～2023.3.31)**

- (1) 放射線科学センター、放射線安全の手引き（別冊），2022年11月
- (2) Radiation Science Center, Study Guide for Radiation Safety, 2022年10月

## **8. 単行本 (2022.4.1～2023.3.31)**

該当なし





