

Activity Report of
Radiation Science Center
in Fiscal 2023

KEK

Radiation Science Center
Applied Research Laboratory



High Energy Accelerator Research Organization

© High Energy Accelerator Research Organization (KEK), 2024

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

放射線科学センター
2023年度 活動報告

**Activity Report of Radiation Science
Center in Fiscal 2023**

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 2023, we continued our safety management work as usual and conducted research activities. At the Tsukuba campus, each accelerator operated as normal. We conducted the regular inspections that are carried out once every five years. The formal application was submitted and approved to change the accelerator and radiation source facilities, such as expanding the radiation-controlled area due to the installation of the collimator for SuperKEKB. At J-PARC, there was a fire in the power supply building in June, but otherwise, operations proceeded.

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

Chapter 1	Research Activity	1
	1. Research in Radiation Physics and Detector Development	2
	2. Experimental Technology and Monte Carlo Simulation	
	Related to Radiation Shielding	7
	3. Radiation Protection Study in Accelerator Facilities	10
	4. Nuclear Chemistry and Radiochemistry	20
	5. Environmental and Analytical Chemistry at Accelerator	21
	6. Research related to Accident of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station	24
Chapter 2	研究支援活動	25
	1. 体制	26
	1.1 放射線管理体制	26
	1.2 放射線業務分担	28
	1.3 化学安全管理体制	31
	2. 放射線安全管理関係	32
	2.1 つくばキャンパス	32
	2.2 東海キャンパス(J-PARC)	36
	3. 化学安全・環境関係	37
	3.1 化学安全	37
	3.2 化学薬品等管理体制	37
	3.3 実験廃液処理	38
	3.4 依頼分析、分析機器・実験室利用	38
	3.5 環境管理	39
Chapter 3	資料	40
	1. 外部資金導入状況	40
	1.1 科学研究費補助金	40
	1.2 受託研究等	40
	1.3 共同開発研究	40
	1.4 その他	40
	2. 共同研究等	41
	2.1 大学等との共同研究	41
	2.2 民間との共同研究	42

2.3 共同利用研究(施設利用)	43
3. 大学院生等の人材育成	43
3.1 学位論文の指導(総合研究大学院大学)	43
3.2 学位論文の指導(他大学)	43
3.3 学術指導	43
4. センター開催の研究会及びシンポジウム	43
4.1 第30回 EGS 研究会	43
4.2 第38回研究会「放射線検出器とその応用」	43
4.3 第25回「環境放射能」研究会	44
5. 教育活動	44
5.1 総合研究大学院大学	44
5.2 非常勤講師等	44
5.3 その他	44
6. 機構外活動・社会貢献件活動	44
6.1 外部委員会等	44
6.2 学会等	45
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)	45
6.4 社会貢献等	46
7. 受賞記録	46
8. 特許等の出願, 取得, 保有の状況	47
9. 放射線科学センター名簿	47
Chapter 4 Publication List	48
1. Papers (2023.1.1-2023.12.31)	48
2. Publication in Japanese (2023.1.1-2023.12.31)	50
3. Proceedings (2023.1.1-2023.12.31)	50
4. Reports (2023.1.1-2023.12.31)	51
5. Presentation at Conferences (2023.4.1-2024.3.31)	51
5.1 International Conference	51
5.2 Invited talk	52
5.3 Domestic Conference	53
6. 編集(2022.4.1-2023.3.31)	57
7. 手引き等(2022.4.1-2023.3.31)	57
8. 単行本(2022.4.1-2023.3.31)	57

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 2023 is described.

1. Research in Radiation Physics and Detector Development

1.1 Development of Position Sensitive Tissue Equivalent Proportional Chamber "PS-TEPC" for Gateway Lunar Space Station

Y. Kishimoto^{1,2}, M. Kubota², K. Takahashi¹, K. Saito^{1,2}, S. Sasaki^{1,2}, K. Terasawa³, K. Miuchi⁴, and A. Nagamatsu⁵

¹KEK, ²SOKENDAI, ³Keio Univ., ⁴Kobe Univ., ⁵JAXA

Radiation effects on human body are commonly evaluated using a dose equivalent H, defined as a product of an absorbed dose D and a quality factor Q given as a function of the Linear Energy Transfer (LET). In space, there exist many kinds of cosmic radiations, where primary charged particles and neutrons generated secondarily are the main components contributing to the radiation dose. Since the LET values of these radiations spread over a wide range, it is essential to measure it directly in order to evaluate H. We have been developing a space dosimeter named as "PS-TEPC (Position Sensitive Tissue Equivalent Proportional Chamber)". PS-TEPC consists of a micro-pattern gas detector called as "μ-PIC" with tissue-equivalent gas. PS-TEPC works as a 3D time projection chamber with the detection volume of 2.6×2.6×5.0 cm³. It allows to measure the energy deposit and record the trajectories of the incident charged particles. Thus, an event-by-event LET can be directly measured. On December 9, 2016, a flight model of PS-TEPC was launched by an H-II transfer vehicle from Tanegashima Space Center in Japan. It was installed on a wall in the Japanese experiment module aboard the International Space Station and an experimental operation had been done for about 1.5 years. From analyses of the experiment data, we confirmed that the PS-TEPC had been operated with typical gas gain without fatal discharge and LET values of the incident particles from 0.2 to 600 keV/μm could be measured. We are improving the PS-TEPC to make it more compact, lighter, and more power-saving by utilizing ASIC for the use onboard Gateway lunar space station.

Presented at European Space-Weather Week 2023.

1.2 Experimental study of photoneutron spectra from tantalum, tungsten, and bismuth targets for 16.6 MeV polarized photons

T. Nguyen¹, T. Sanami^{1,2}, H. Yamazaki^{1,2}, T. Itoga³, Y. Kirihara⁴, K. Sugihara^{1,2}, T. Tran^{1,2}, M. Faiz¹, S. Miyamoto⁶, S. Hashimoto⁵, and Y. Asano^{4,6}

¹SOKENDAI, ²KEK, ³JASRI, ⁴JAEA, ⁵Hyogo Univ., ⁶Hyogo Univ.

The double differential cross-sections (DDXs) of photoneutron production via the photonuclear reaction on tantalum, tungsten, and bismuth for 16.6 MeV linearly polarized photon beam were measured using the time-of-flight method at the NewSUBARU-BL01 facility. Polarized photons were obtained by the laser Compton backscattering (LCS) technique. Two distinct components were observed on the spectra: the low-energy component up to 4 MeV and the high-energy above 4 MeV. The angular distribution of the low-energy component was isotropic, whereas the high-energy was distributed anisotropically and affected by the polarized incident photons. These distributions were similar to the previous studies on the ^{197}Au target. The low-energy component's data were fitted with the Maxwellian function. According to the fitting results, the slopes of low-energy neutrons' distribution for $^{\text{nat}}\text{Ta}$ and $^{\text{nat}}\text{W}$ are similar and steeper than that of ^{209}Bi . The anisotropy of the high-energy component can be expressed as a function of $\cos 2\Theta$, where Θ is the angle between the direction of the photon polarization and neutron emission. The DDX energy integrations of the high-energy component were calculated and compared between the three targets. These integration values on $^{\text{nat}}\text{Ta}$ and $^{\text{nat}}\text{W}$ were comparable and around 1.5 times smaller than those on ^{209}Bi , regardless of the detection angles

Published on Journal of Nuclear Science and Technology 2024, Vol 61, No.2, 261-268

1.3 Mean-field dependence of fragment-production cross sections in heavy-ion induced reactions calculated by antisymmetrized molecular dynamics

Y. Mukobara¹, T. Sanami², A. Ono³, T. Inakura¹, T. Katabuchi¹, S. Chiba¹, C. Ishizuka¹

¹TITech, ²KEK/SOKENDAI, ³Tohoku Univ.

Dependence of the fragment production cross-sections in heavy-ion induced reactions on employed mean-field models was investigated based on antisymmetrized molecular dynamics. For this purpose, five different sets of Skyrme mean-field potentials were employed. We found that there are differences of up to 20 times in production of fragments to forward angles in the systems of $^{12}\text{C} + ^{16}\text{O}$ at 6 and 100 MeV/u and $^{12}\text{C} + ^{27}\text{Al}$ at 6 MeV/u, where reactions with ^{12}C projectile were selected due to its frequent use in cancer therapy. However, such a large difference tends to cease at backward angles. Therefore, a conclusion was drawn that the difference was due to the properties of the incident ^{12}C nucleus. In order to verify this theoretical result, additional calculations were conducted for the $^{12}\text{C}(p, n)$ and $^{27}\text{Al}(p, n)$ reactions at 256 MeV, wherein a difference in the neutron yields was observed only in the former reaction.

Published on Journal of Nuclear Science and Technology 2024, Vol 61, No.2, 206-217

1.4 Measurement of neutron spectra for various thicknesses of concrete and steel shielding at 24-GeV/c proton beam facility using Bonner sphere spectrometer

T. Matsumoto¹, A. Masuda¹, E. Lee^{2,3}, T. Sanami^{2,3}, T. Oyama², T. Kajimoto⁴, N. Nakao⁵, H. Yashima⁶, S. Nagaguro², Y. Uwamino⁵, S. Manabe¹, N. Shigyo⁷, H. Harano¹, R. Froeschl⁸, E. Iliopoulou⁸, A. Infantino⁸, S. Roesler⁸, M. Brugger⁸

¹AIST, ²KEK, ³SOKENDAI, ⁴Hiroshima Univ., ⁵Shimizu Corp., ⁶Kyoto Univ., ⁷Kyushu Univ., ⁸CERN

Neutron energy spectra down to thermal energy were measured using a Bonner sphere spectrometer (BSS) for various thicknesses of concrete and steel shielding at the CERN/CHARM facility, where high-energy neutrons were produced by 24-GeV/c protons incident on a thick copper target. The thicknesses of the concrete and steel shielding blocks ranged from 40 cm to 200 cm and from 20 cm to 80 cm, respectively. The BSS consisted of a spherical ³He proportional counter and five polyethylene moderators with diameters of 7.62 cm, 10.2 cm, 12.7 cm, 17.8 cm, and 24.1 cm, respectively. In addition, polyethylene moderators combined with a lead or copper inner shell were used to increase the sensitivity to high-energy neutrons. The neutron energy spectra were deduced using an unfolding method. The initial guesses were obtained using the PHITS code for each experimental geometry. The response function for the BSS was determined using the MCNP6.2 code with JENDL-4.0/HE. The neutron energy spectra over the entire energy region from 10⁻⁴ eV to 10 GeV were successfully obtained for the different shielding conditions. The validity of the response function and the contribution of each moderator are discussed referring to previous studies and tests at the standard neutron fields of AIST.

Published on Journal of Nuclear Science and Technology 2024, Vol 61, No. 1, 98-110

1.5 Benchmark Experiments for Bulk and Maze Shielding Using Activation Detectors with 24-GeV/c Protons at CERN/CHARM

N. Nakao¹, T. Sanami², T. Kajimoto³, R. Froeschl⁴, D. Bozzato⁴, E. Iliopoulou⁴, A. Infantino⁴, H. Yashima⁵, E. Lee^{2,6}, T. Oyama², M. Hagiwara², S. Nagaguro², T. Matsumoto⁷, A. Masuda⁷, Y. Uwamino¹, S. Roesler⁴, M. Brugger⁴

¹Shimizu Corp., ²KEK, ³Hiroshima Univ., ⁴CERN, ⁵Kyoto Univ., ⁶Kyushu Univ., ⁷AIST

Measurements of high-energy neutrons through shield penetration and maze streaming were performed at the Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN) High-energy Accelerator Mixed-Field (CHARM) facility. The protons of 24 GeV/c were injected onto a 50-cm-thick copper target and the released neutrons were transmitted through shields and a maze in the facility. The transmitted neutrons in

the shield and maze were measured using activation detectors placed behind various materials and thicknesses of the shields and at several locations in the maze. From the radionuclide production rates in the activation detectors, the attenuation profiles through the shield thickness and along the maze were obtained for the reactions of $^{209}\text{Bi}(n,xn)^{210-x}\text{Bi}$ ($x = 4-9$), $^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$, $^{115}\text{In}(n,n')^{115m}\text{In}$, and $^{12}\text{C}(n,2n)^{11}\text{C}$. Monte Carlo simulations were performed with three codes, PHITS, FLUKA, and GEANT, which had good agreement with the measurements within a factor of 2 for the production rates.

Published on Nuclear Science and Engineering, Vol198, 336-347

1.6 Photonuclear reaction cross-section evaluation considering experimental double differential cross-section data

T. Nguyen¹, N. Iwamoto², T. Sanami^{1,3}

¹SOKENDAI, ²JAEA, ³KEK

Photonuclear reaction cross-section data are essential for wide-range applications, such as electron accelerator shielding design and possibly nuclear transmutation. So far, photonuclear cross-sections of various target materials have been evaluated up to a photon energy of 200 MeV within the nuclear data libraries, such as JENDL, TENDL, and ENDF. Almost all evaluations have considered only the reaction cross-section data, i.e., photon absorption cross-sections, total photo-particle cross-section, and photo-particle yield cross-sections. However, the data libraries have not validated the energy spectrum of secondary particles because experimental data on the spectrum were rare when the libraries were under development.

Recently, the double differential cross-sections (DDXs) on the medium and heavy targets have been measured using monoenergetic, polarized 13 and 17 MeV photon beams. Therefore, it is desired that the DDX data be included in the evaluation process of the nuclear data library. We have been implementing this evaluation on ^{181}Ta , ^{197}Au , and ^{209}Bi . These nuclei are relatively heavy, similar in mass to those used as targets and beam stoppers, but different in nuclear structures and forms. The evaluation was conducted using the CCONE code system which is used for JENDL.

The evaluation was performed to increase the photoneutron emission from the preequilibrium process described by the two-component exciton model. For this purpose, modifications of the multiplying factor for the state density in the exciton model were made in comparison with the DDX data. Our evaluation for reaction cross-sections and DDXs was compared to the results from JENDL-5, as well as experimental data. The evaluation gives better reproduction of photoneutron emission than JENDL-5 for DDXs at 13 and 17 MeV photon energies while maintaining consistency on the total photoneutron cross-section data.

Measurements of high-energy neutrons through shield penetration and maze streaming were performed at the Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN) High-energy Accelerator Mixed-Field

Submitted to The 7th international workshop on Compound-Nuclear Reactions and Related Topics (CNR24)

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

2.1 Recent improvements of the particle and heavy ion transport code system – PHITS version 3.33

T. Sato¹, Y. Iwamoto¹, S. Hashimoto¹, T. Ogawa¹, T. Furuta¹, S. Abe¹, T. Kai¹, Y. Matsuya^{1,2}, N. Matsuda¹, Y. Hirata¹, T. Sekikawa¹, L. Yao¹, P. Tsai¹, H.N. Ratliff¹, H. Iwase³, Y. Sakaki³, K. Sugihara³, N. Shigyo⁴, L. Sihver⁵, K. Niita⁶

¹JAEA, ²Hokkaido Univ., ³KEK, ⁴Kyushu Univ., ⁵Technische Universität Wien, ⁶RIST

The Particle and Heavy Ion Transport code System (PHITS) is a general-purpose Monte Carlo radiation transport code that can simulate the behavior of most particle species with energies up to 1 TeV (per nucleon for ions). Its new version, PHITS3.33, was recently developed and released to the public. In the new version, the compatibility with nuclear data libraries and the algorithm of the track-structure modes have been improved, and they are recommended to be used for certain simulation conditions. Some utility functions and software have been developed and integrated into the new PHITS package, such as PHITS Interactive Geometry viewer in 3D (PHIG-3D) and RadioTherapy packaged based on PHITS (RT-PHITS). With these upgraded features, PHITS can be applied in a wide diversity of fields – beyond traditional nuclear engineering domains – including cosmic-ray, environmental, medical, life, and material sciences. In this paper, we summarize the upgraded features of PHITS3.33 with respect to the physics models, utility functions, and application software introduced since the release of PHITS3.02 in 2017.

Published in: J.Nucl.Sci.Tech. 61 (2024) 1, 127-135

2.2 Sub-GeV dark matter search at ILC beam dumps

K. Asai¹, S. Iwamoto², M. Perelstein³, Y. Sakaki⁴, D. Ueda⁵

¹Tokyo U., ²ICRR and Yokohama Natl. U., ³Eotvos U., Cornell U., LEPP, ⁴KEK Tsukuba and Sokendai, Kanagawa, KEK, ⁵Tsukuba and Maryland U. and Peking U., CHEP

Light dark matter particles may be produced in electron and positron beam dumps of the International Linear Collider (ILC). We propose an experimental setup to search for such events, the Beam-Dump eXperiment at the ILC (ILC-BDX). The setup consists of a muon shield placed behind the beam dump, followed by a multi-layer tracker and an electromagnetic calorimeter. The calorimeter can detect electron recoils due to elastic scattering of dark matter particles produced in the dump, while the tracker is sensitive to decays of excited dark-sector states into the dark matter particle. We study the production, decay and

scattering of sub-GeV dark matter particles in this setup in several models with a dark photon mediator. Taking into account beam-related backgrounds due to neutrinos produced in the beam dump as well as the cosmic-ray background, we evaluate the sensitivity reach of the ILC-BDX experiment. We find that the ILC-BDX will be able to probe interesting regions of the model parameter space and, in many cases, reach well below the relic target.

Published in: JHEP 02 (2024) 129

2.3 Neutron-production double-differential cross sections of natPb and 209Bi in proton-induced reactions near 100 MeV

H. Iwamoto^{1,2}, S. Meigo^b, D. Satoh¹, Y. Iwamoto¹, Y. Ishi³, T. Uesugi³, H. Yashima³, K. Nishio⁴, K. Sugihara^{5,6}, Y. Çelik⁷, A. Stankovskiy⁷

¹JAEA, ²J-PARC, ³Kyoto Univ., ⁴Advanced Science Research Center, JAEA, ⁵KEK, ⁶SOKENDAI, ⁷SCK CEN

The lack of double-differential cross-section (DDX) data for neutron production below the incident proton energy of 200 MeV hinders the validation of spallation models in technical applications, such as research and development of accelerator-driven systems (ADSs). The present study aims to obtain experimental DDX data for ADS spallation target materials in this energy region and identify issues related to the spallation models by comparing them with the analytical predictions. The DDXs for the (p, xn) reactions of ^{nat}Pb and ²⁰⁹Bi in the 100-MeV region were measured over an angular range of 30° to 150° using the time-of-flight method. The measurements were conducted at Kyoto University utilizing the FFAG accelerator. The DDXs obtained were compared with calculation results from Monte Carlo-based spallation models (INCL4.6/GEM, Bertini/GEM, JQMD/GEM, ISOBAR/GEM, CEM03.03, INCL4/ABLA, Bertini/ABLA, ISABEL/ABLA, INCL++/ABLA07, INCL++/GEMINI++, and INCL++/SMM) and the evaluated nuclear data library, JENDL-5. Comparison between the measured DDX and analytical values based on the spallation models and evaluated nuclear data library indicated that, in general, the CEM03.03 model demonstrated the closest match to the experimental values. Additionally, the comparison highlighted several issues that need to be addressed in order to improve the reproducibility of the proton-induced neutron-production DDX in the 100 MeV region by these spallation models and evaluated nuclear data library. To enhance the reproducibility of underperforming spallation models and evaluated nuclear data library, it is recommended to address each of the issues identified in this study.

Published in Nucl. Instrum. Meth. B 544 (2023) 165107.

2.4 Measurement of nuclide production cross sections for proton-induced reactions on ^{nat}Ti and ^{93}Nb at 0.8 and 3.0 GeV

K. Sugihara ^{1,2}, S. Meigo ³, H. Iwamoto ⁴, F. Maekawa ³

¹ KEK, ² SOKENDAI, ³ J-PARC, ⁴ Nuclear Science and Engineering Center, JAEA

The nuclide production cross sections for proton-induced reactions on ^{nat}Ti and ^{93}Nb at 0.8 and 3.0 GeV were measured using an activation technique at Japan Proton Accelerator Research Complex. A total of 27 and 94 nuclide production cross sections for the $^{nat}\text{Ti}(p,X)$ and $^{93}\text{Nb}(p,X)$ reactions were obtained, respectively. Cross sections of the $^{nat}\text{Ti}(p,X)^{44}\text{Sc}$, $^{93}\text{Nb}(p,X)^{52}\text{Mn}$, $^{93}\text{Nb}(p,X)^{69m}\text{Zn}$, $^{93}\text{Nb}(p,X)^{82m}\text{Rb}$, $^{93}\text{Nb}(p,X)^{85m}\text{Y}$, $^{93}\text{Nb}(p,X)^{87m}\text{Y}$, $^{93}\text{Nb}(p,X)^{90m}\text{Y}$, $^{93}\text{Nb}(p,X)^{91m}\text{Nb}$, $^{93}\text{Nb}(p,X)^{92m}\text{Nb}$, and $^{93}\text{Nb}(p,X)^{93m}\text{Mo}$ reactions were successfully measured for the first time. In addition, the cross sections of the $^{nat}\text{Ti}(p,X)^{46}\text{Sc}$, $^{93}\text{Nb}(p,X)^{73}\text{As}$, $^{93}\text{Nb}(p,X)^{85}\text{Y}$, and $^{93}\text{Nb}(p,X)^{87}\text{Y}$ reactions above about 1 GeV were firstly measured. The present data were compared with the results from nuclear reaction models in PHITS and data retrieved from Japanese Evaluated Nuclear Data Library High Energy file 2007 (JENDL/HE-2007). As the nuclear reaction models, Liège IntraNuclear Cascade (INCL), two versions of JAERI Quantum Molecular Dynamics, and Jet AA Microscopic Transport Model coupled with an evaporation process were applied. The prediction accuracy of JENDL/HE-2007 was the best for the ^7Be production cross section of both targets. As an overall trend, underestimation of INCL and all of the models were confirmed for the $^{nat}\text{Ti}(p,X)$ and $^{93}\text{Nb}(p,X)$ reactions, respectively.

Published in Nucl. Instrum. Meth. B 545 (2023) 165153.

2.5 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 1011 times the secondary cosmic rays on spaces perpendicular to the beam axis and muons 108 times downstream of the beam dumps in the initial phase of the ILC. Large-area irradiation of 1 m² 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.

3. Radiation Protection Study in Accelerator Facilities

3.1 Application of activation imaging technique to PET-Cyclotron

K. Tsugane¹, G. Yoshida¹, H. Matsumura¹, A. Toyoda¹, H. Nakamura¹, K. Masumoto¹, T. Miura¹,
K. Iwane², K. Masahiko³, A. Yamamoto³, M. Saito², H. Miyade³
¹KEK, ²SHI Co.,Ltd., ³SHI-ATEX Co.,Ltd.

Activation imaging is a technique that visualizes the activated condition of materials by using a portable γ -ray imaging device. Applying this to actual accelerator decommissioning would make the activation levels assessment in the facility more efficient. We compared and evaluated various commercially available portable γ -ray imaging devices. As a result, we found that the "GeGI5" manufactured by PHDS Co., is suitable for activation imaging of accelerators. We have conducted fundamental research on the GeGI5 and found that it is capable of visualizing both localized and widespread radiation activation. We are currently in the stage of examining quantitative evaluation for induced activities in the accelerator components through activation imaging. Using GeGI5, we conducted activation imaging of a decommissioned PET-cyclotron (SHI Co. Ltd., SYPRIS HM-12) that ended the operation. By removing the target and Havar® foil step by step at the beam port, the types and activities of the radionuclides at each activation site could be quantified. The GeGI5 was found to be applicable not only for finding strong activation sites, but also for using it to quickly and nondestructively identify the present nuclide and activity of each component.

Presented at the 22nd Annual Meeting of JRSM (2023).

Published as Proceeding of the 24th Workshop on Environmental Radioactivity.

Presented at the 2024 Annual Meeting of AESJ (2024).

3.2 Radioactivation Investigation for Concrete in Synchrotron-Type Proton Therapy Facilities

H. Matsumura¹, G. Yoshida¹, A. Toyoda¹, K. Masumoto¹, H. Nakamura¹, T. Miura¹, T. Sakae², N. Kondo³

¹KEK, ²Univ. of Tsukuba, ³Medipolis Proton Therapy and Research Center

This study investigates the activation characteristics of concrete in synchrotron-type proton therapy facilities, focusing on their potential impact on future decommissioning. Compared to cyclotron proton therapy facilities examined in a previous study, larger synchrotron-type facilities are expected to have a greater impact on decontamination. The specific activity levels in the concrete after 30 years of operation were predicted by measuring the thermal neutron fluence rates on the concrete during operation. These levels were then compared to the clearance level. The study was conducted at the Medipolis Proton Therapy Research Center in Kagoshima, Japan, and the Proton Medical Research Center at the University of Tsukuba Hospital in Ibaraki, Japan. Thermal neutron fluence rates were measured using three different methods: ^{24}Na radioactivity produced in the concrete, thermoluminescence dosimeters, and Au foils. The results indicated that the specific activity levels in the concrete throughout the synchrotron proton therapy facilities were negligible compared to the clearance level. Specifically, the activity level in the concrete within the accelerator rooms of these facilities was much lower than that in cyclotron-type facilities, where a degrader controls the proton energy. Consequently, it was concluded that the concrete in synchrotron-type proton therapy facilities does not need to be treated as radioactive waste upon decommissioning.

Presented at the 11th International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (2023)

Published in Journal of Radiation Protection and Research, jrpr.2023.00346 (2024)

3.3 Activation level of the concrete building and pressure vessel in JAEA-Tokai tandem accelerator

G. Yoshida¹, H. Matsumura¹, H. Nakamura¹, T. Miura¹, A. Toyoda¹, K. Masumoto¹, T. Nakabayashi², M. Matsuda³

¹KEK, ²JRIA, ³JAEA

The JAEA-Tokai tandem accelerator facility's activation level was investigated experimentally before the future decommissioning. JAEA-Tokai tandem accelerator facility has a higher terminal voltage of 18 MV and a larger total floor area than other electrostatic accelerators with a terminal voltage of 1 MV to 6 MV. Therefore, determination for 'where,' 'what,' and 'how many' nuclides are produced in the facility is crucial. Thermal neutrons generated by beam losses associated with accelerator operations contribute significantly to the activation of equipment and facilities. The accumulated activities of ^{60}Co and ^{152}Eu ; the most considerable radionuclides at the decommissioning, can be deduced by the thermal neutron fluence rate during the accelerator operation. In this study, thermal neutron fluence measurement on the surface of the pressure vessel and concrete building was conducted with conventional methods using dosimeters and metal foil detectors as well as a new method using a portable γ -ray detector. The thermal neutron fluence in the facility during the accelerator operation ranges from 10^1 to 10^4 n/cm²/s. The sum of ^{60}Co and ^{152}Eu

deduced activities in 50 years is much lower than the clearance level of 0.1 Bq/g in all areas except in the irradiation room.

Presented at the 11th International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (2023)

Published as Journal of Nuclear Science and Technology, Online, (2024)

3.4 Activation status of metallic components in the PET-cyclotron revealed by destructive and non-destructive analysis

G. Yoshida¹, H. Matsumura¹, A. Toyoda¹, H. Nakamura¹, K. Masumoto¹, T. Miura¹, K. Saito², I.

Koumura², H. Uno², M. Kozaki³, A. Yamamoto³, K. Wagatsuma⁴

¹KEK, ²SHI, ³SHI-ATEX, ⁴Tokyo Metropolitan Geriatric Medical Center

The activation status of the iron yoke, one of the cyclotron's heaviest components, was evaluated in both destructive and non-destructive ways. The target facility of Tokyo Metropolitan Geriatric Hospital has a PET-cyclotron, and its operation ended in 2013. First, we investigated surface distribution of induced activities using a CsI survey meter and a CeBr₃ spectrometer combined with the radiation shield, as the non-destructive analysis. We found ⁶⁰Co on the almost area of the yoke and ⁵⁴Mn near the target as residual nuclides. We also investigated the center-pole where protons are accelerated and revealed dose distribution in detail. As a destructive analysis, we determined the depth distribution of activity by core samples taken from four representative points on the side and top of the yoke. It was found that the ⁶⁰Co activity decreased exponentially from the inside to the outside of the accelerator and turned to increase again in the region about to the outside surface. The results of CeBr₃ reproduced that of the core sample in the equivalent region, and the linearity with the surface dose-rate was also confirmed. Possibility for the non-destructive estimation method for the ⁶⁰Co activity inside the yoke was suggested.

Presented at the 11th International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (2023)

3.5 Fundamental study for quantification of ³⁶Cl activity in power cable jackets used in large proton accelerator facility at KEK

G. Yoshida¹, A. Toyoda¹, M. Ishida¹, S. Yamazaki², M. Mitsuhashi², M. Yamada², K. Nishikawa³, K.

Tsugane¹, T. Bui⁴, H. Yashima⁵, H. Matsumura¹, E. Watanabe¹, H. Nakamura¹, R. Shiobara², K. Oishi²,

K. Masumoto¹, T. Miura¹, K. Bessho¹

¹KEK, ²JER, ³QST, ⁴SOKENDAI, ⁵Kyoto-Univ.

The fundamental studies to determine ^{36}Cl activity in power cable jackets were performed. In large-scale accelerator facilities, many power cables supply high-voltage and/or large-current electricity to the magnets. The cables are usually coated with jackets made of chlorine-containing plastic to ensure insulation and strength. Neutrons generated by accelerator operation cause nuclear reactions with chlorine, producing the radioactive isotope ^{36}Cl . Due to its long half-life (300,000 years), this isotope has a long-lasting environmental effect. Additionally, as ^{36}Cl does not emit γ -rays, measurement for them is extremely difficult. Therefore, the actual amount and distribution of ^{36}Cl have never been clarified. From this background, we study the analytical methods for ^{36}Cl on the accelerator power cables in the 12 GeV Proton Synchrotron facility at KEK (KEK-PS). Accelerator mass spectrometry (AMS), which has recently shown remarkable results in trace element analysis will be employed to determine the activities. It is necessary to extract chlorine as ions into an aqueous solution from organochlorine compounds as a pretreatment for AMS analysis. We have developed a method to obtain chloride ions by trapping the gas produced by burning a cable jacket sample in an oxygen stream with a water babbling system.

Presented at the 67th Annual Meeting of JNRS (2023)

3,6 Measurements for residual activities in the heavy concrete self-shield of PET-cyclotron, and feasibility of non-destructive activation assessment

G. Yoshida¹, H. Matsumura¹, A. Toyoda¹, K. Tsugane¹, A. Yamamoto², I. Komura², M. Kozaki², H. Nakamura¹, K. Masumoto¹, T. Miura¹, K. Saito³, H. Miyade²

¹KEK, ²SHI-ATEX, ³SHI

The activation status of the self-shielded cyclotron HM-12S manufactured by Sumitomo Heavy Industries was investigated experimentally. Residual nuclides and their radioactivity on the self-shield surface were revealed non-destructively with the CeBr₃ detector. Direct sampling from the self-shield was conducted to determine the depth profile of the radionuclides. Only two nuclides; ^{54}Mn and ^{60}Co , were identified on the self-shield surface. Although ^{54}Mn was distributed locally near the target, ^{60}Co was found throughout the surface. From the surface to the inside of the self-shield, activities of ^{54}Mn and ^{60}Co are decreased with the same attenuation rate. From the experimental results of the other facility, we have found the ^{60}Co activity is almost the same level between the surface to 20 cm depth in the ordinary concrete at the PET-cyclotron vault due to the build-up phenomenon, though the depth distribution in the heavy concrete of the self-shield was different from this.

Presented at the 22nd Annual Meeting of JRSJ (2023)

Presented at the 2024 Annual Meeting of AESJ (2024)

3.7 Investigation of activation at a large proton synchrotron facility

H. Kawamura¹, G. Yoshida², F. Nobuhara¹, H. Matsumura², A. Toyoda², H. Nakamura², K. Masumoto²,
T. Miura², K. Iijima²

¹TNS, ²KEK

In accelerator facilities, the irradiation of beam generates neutrons, leading to the activation of equipment and facilities. Therefore, in the context of facility decommissioning, it is crucial to evaluate the extent of activation and quantify the activation products. In this study, we utilized a portable gamma-ray detection system that we developed to evaluate activation at the KEK 12 GeV Proton Synchrotron facility. We employed a detector system with lead shielding in order to shield the radiation from surrounding activated materials, and conducted measurements at 215 points along the entire circumference of the ring, approximately 340 meters of concrete floor. The measurements of the concrete floor provided insights into the overall activation status of the entire ring. The measurements revealed a highly variable and structured dose rate distribution. These results suggest a correlation between beam loss and activation levels.

Presented at the 22nd Annual Meeting of JRSM (2023)

3.8 Measurement of Thermal Neutron Fluence Rates of a Proton Therapy Facility Using a Superconducting Synchrocyclotron - in the Case of IBA ProteusOne at Sapporo Kojinkai Memorial Hospital, Japan

H. Nakamura¹, H. Matsumura¹, Go. Yoshida¹, A. Toyoda¹, E. Watanabe¹, K. Masumoto¹, T. Miura¹, H. Nakamura²

¹KEK, ²Sapporo Kojinkai hospital

Under contract with the Nuclear Regulation Authority of Japan, we have investigated the activation of various accelerator facilities. These investigations aim to determine the activation status of the accelerator body, peripheral equipment, and concrete floor and walls as preparation for the future decommissioning of the accelerator facilities. A series of investigations were also conducted for proton therapy facilities using a cyclotron (cyclotron type) and synchrotron (synchrotron type) as accelerators. In addition to these accelerator types, we have investigated a proton therapy facility using a synchrocyclotron (synchrocyclotron type). This presentation will show the measured results of the fluence rate distribution of thermal neutrons inducing activation in the synchrocyclotron-type proton therapy facility and the estimated activation level for the accelerator room concrete.

We measured the spatial distribution of thermal neutron fluence rates generated during treatment at the synchrocyclotron-type proton therapy facility at Sapporo Kojinkai Memorial Hospital (former Hokkaido Ohno Memorial Hospital). The proton therapy system at Sapporo Kojinkai Memorial Hospital is ProteusOne, manufactured by IBA, which uses a proton synchrocyclotron with superconducting magnets. The accelerator body is much smaller than the cyclotrons with ordinary electromagnets, such as the proton therapy facilities at the National Cancer Center Hospital East (NCCHE) and Aizawa Hospital. ProteusOne has a single gantry and a treatment room, making the facility compact. The energy of the accelerated protons is constant, and the proton energy delivered to the patient is adjusted using a degrader. The principle of this energy adjustment is the same as that of cyclotron-type proton therapy facilities. Although there are two main methods of proton therapy, the scanning method and the wobbling method, the proton therapy at Sapporo Kojinkai Memorial Hospital adopts the scanning method.

Thermal neutron fluences were obtained by installing gold activation detectors, thermoluminescence dosimeters, and thermal neutron track detectors (CR-39) during the operation and analyzing them after the operation. As previously obtained results, high thermal neutron fluence rates near the degrader were observed in the cyclotron-type proton therapy facilities at the NCCHE and Aizawa Hospital. On the other hand, at Sapporo Kojinkai Memorial Hospital, the thermal neutron fluence rates in the room were almost constant. This difference may be related to the size of the accelerator room at Sapporo Kojinkai Memorial Hospital, which is much smaller than those at the NCCHE and Aizawa Hospital. The thermal neutron fluence rates in the gantry and treatment room were meager, and the activation of the room concrete was estimated to be negligibly low compared to the clearance level. The obtained results help plan the decommissioning of similar facilities.

Presented at THE 11th International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (2023)

3.9 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).

3.10 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, E. Watanabe
KEK

Following the work carried out in the previous year, the English translation of the "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)" has continued. Although the translation is not yet complete, we are aiming to finalize it by early FY2024. Simultaneously, the revision of the Japanese version of the manual is also progressing.

3.11 Activation investigation at National Institute for Fusion Science

H. Matsumura¹, G. Yoshida¹, H. Nakamura¹, A. Toyoda¹, K. Tsugane, K. Masumoto¹, T. Saze²,
T. Kobuchi², K. Ogawa², M. Isobe², M. Kobayashi², S. Kurita², M. Osakabe², Y. Tsuchibushi²,
K. Nagahara²,
¹KEK, ²NIFS

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. Continuing the work from the previous year, core sampling was performed on the concrete floor to obtain samples for gamma-ray measurement. The preparation and measurement of these concrete samples are scheduled for the next fiscal year. Additionally, on-site gamma-ray spectrometry was conducted to investigate the activation of reinforcing bars in the concrete.

3.12 Activation investigation at Sendai Kousei Hospital

H. Matsumura¹, G. Yoshida¹, H. Nakamura¹, A. Toyoda¹, K. Tsugane¹, K. Masumoto¹, T. Miura¹, K. Saito², I. Koumura², M. Kozaki³, A. Yamamoto³, H. Miyade³
¹KEK, ²SHI Ltd., ³SHI-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 CeBr₃ 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.

3.13 Preparation of draft ISO document ISO/DIS8939

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

In FY2023, participation in the 40th Plenary Meeting of ISO/TC85/SC5, held in Tsukuba, Japan, from 29 May to 1 June 2023, provided an opportunity to engage in discussions with experts on the draft ISO document, ISO/DIS8939 "Decommissioning of medical cyclotrons." The revision work on the draft has continued this year, although the final version has not yet been completed. Further deliberations are planned for the 41st Plenary Meeting of ISO/TC85/SC5 in the next fiscal year.

3.14 Study on the production mechanism of radiomercury at J-PARC

E. Watanabe, K. Takahashi, K. Saito, Y. Oyama, H. Matsumura, G. Yoshida, K. Tsugane, S. Nagaguro, K. Bessho, H. Yamazaki
KEK

At J-PARC, radiomercury is observed not only at the Material and Life Science Experimental Facility (MLF), where mercury is used as a spallation neutron source, but also at other accelerators and experimental facilities during beam operation. Since there is limited radiological safety knowledge on handling and controlling radiomercury, it is important to collect fundamental data. In FY2023, we explored the possibility of radiation measurements at the neutrino experimental facility, J-PARC. The facility is

equipped with room gas monitors that allow air sampling from the machine room nearby the target during beam operation. As a preliminary experiment, after removing microparticles using a filter paper, the air was passed through an activated carbon filter to capture radionuclides. By gamma-ray spectroscopy with a Ge detector, radionuclides such as Hg-195g, Hg-195m, Hg-197g, Hg-197m, and Br-82 were detected in the activated carbon filter. From next year onwards, we plan to quantitatively analyze radiomercury with a wide mass number distribution and investigate the mechanisms of radiomercury production. Furthermore, utilizing the room gas monitors, we intend to collect data on the adsorption behavior of radionuclides onto chemically modified filters.

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

B.N. Thien¹, K. Bessho², G. Yoshida², K. Nishikawa³, E. Lee², H. Nakamura², T. Miura², H. Yamazaki², K. Saito², K. Tsugane², M. Shirakata², T. Oyama², M. Hagiwara³, H. Yashima⁴, A. Kanai⁵
¹SOKENDAI, ²KEK, ³QST, ⁴Kyoto Univ., ⁵TNS

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. 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. Monte Carlo calculations with PHITS code and DCHAIN code are carried out and comparison between experimental results and calculation results. Further detailed analyses and discussion are in progress.

3.16 Development of Disaster Prevention System for Accelerator Tunnel

K. Ishii¹, N. Yamamoto¹, K. Bessho¹, S. Tagashira², Y. Kawabata³, H. Matsuda³, Y. Tomii⁴
¹KEK, ²Kansai University, ³Tobishima Corp., ⁴ALSOK.

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 have continued its operation. Application of robots and drones was also tested for detecting abnormal situations inside the accelerator tunnel. We prepared a commercially available trolley robot and conducted tests with functions such as following human detection, automatic movement to a specified position, remote control, and safe stop. Further developments are in progress.

3.17 Estimated ^{137}Cs Radioactivity in the Gap Between the Top and Middle Cover at a Shield Plug in the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Unit 2

H. Hirayama^{1,2}, K. Iwanaga¹, K. Hayashi^{1,3}, K. Kondo^{1,2}, S. Suzuki¹, and Z. Yoshida¹

¹NRA, ²KEK, ³RAD

The contamination density of ^{137}Cs deposited in the gap between the top and middle covers of the shield plug in the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Unit 2 was estimated using three types of measurement results. Owing to the extremely high dose rate on the entire operation floor, including the top of the shield plug, only remotely measured dose rates, such as the ambient dose equivalent rates, were obtained using robots. Based on three types of measurements, significantly higher concentrations of ^{137}Cs were observed than previously estimated. An estimation based on the measurements of the ambient dose equivalent rate inside the hole also demonstrated that the contamination density in the gap between the top and middle covers varied significantly at different positions of the cover. The results obtained will significantly aid in future decommissioning scenarios, and will be important for examining the progress of an accident.

Published in NSE 198, 228-244 (2024)

3.18 Estimation of ^{137}Cs Contamination Density of Wall, Ceiling, and Floor at Unit 2 Operation Floor in Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Using Pinhole Gamma Camera

K. Hayashi^{1,2}, H. Hirayama^{1,3}, K. Iwanaga¹, K. Kondo^{1,3} & S. Suzuki¹

¹NRA, ²RAD, ²KEK

The pinhole gamma camera is a simple and useful device for determining radiation distribution. Using this device, we develop a method to measure the distribution of ^{137}Cs contamination density on surfaces using the total energy absorption peak count rate of γ -rays, where each camera pixel is projected onto the surface to determine the corresponding measured area and distance to the surface. We apply this method to

measuring the ^{137}Cs contamination density of the wall, ceiling, and floor of the Unit 2 Operation Floor at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station in 2020 and 2022 and compare the results of 2020 to those of a robot-operated smear test.

Published in NSE 198, 207-227 (2024)

4. Nuclear Chemistry and Radiochemistry

4.1 Development of a non-destructive depth-selective quantification method for sub-percent carbon contents in steel using negative muon lifetime analysis

K. Ninomiya¹, M. K. Kubo², M. Inagaki³, G. Yoshida⁴, I-H. Chiu¹, T. Kudo¹, S. Asari¹, S. Sentoku², S. Takeshita⁴, K. Shimomura⁴, N. Kawamura⁴, P. Strasser⁴, Y. Miyake⁴, T. U. Ito⁵, W. Higemoto⁵, T. Saito⁶,
¹Osaka Univ., ²ICU, ³Kyoto Univ., ⁴KEK, ⁵JAEA, ⁶National museum of Japanese history

The amount of C in steel, which is critical in determining its properties, is strongly influenced by steel production technology. We propose a novel method of quantifying the bulk C content in steel non-destructively using muons. This revolutionary method may be used not only in the quality control of steel in production, but also in analyzing precious steel archaeological artifacts. A negatively charged muon forms an atomic system owing to its negative charge, and is finally absorbed into the nucleus or decays to an electron. The lifetimes of muons differ significantly, depending on whether they are trapped by Fe or C atoms, and identifying the elemental content at the muon stoppage position is possible via muon lifetime measurements. The relationship between the muon capture probabilities of C/Fe and the elemental content of C exhibits a good linearity, and the C content in the steel may be quantitatively determined via muon lifetime measurements. Furthermore, by controlling the incident energies of the muons, they may be stopped in each layer of a stacked sample consisting of three types of steel plates with thicknesses of 0.5 mm, and we successfully determined the C contents in the range 0.20–1.03 wt% depth-selectively, without sample destruction.

Presented at the 67th Annual Meeting of JNRS (2023)

Published as Scientific Reports 14, 1797, (2024)

5. Environmental and Analytical Chemistry at Accelerator

5.1 Continuous investigation of cooling water and corrosion products in accelerator cooling system

M. Ishida, H. Takechi

KEK

In this study, the foreign substances and cooling water found in the cooling water system (M7-B) of the Photon Factory (PF) were investigated by chemical analysis. The foreign substances and cooling water were sorted from oldest to newest and the results of chemical analysis were compared. Most of the foreign substances was copper oxide, especially CuO. The main component of the foreign substances changed from Cu/Cu₂O to CuO with the passage of time. Based on the results of chemical analysis and literature information, the corrosion process within the cooling water system was discussed. A general Cu oxidation reaction was occurring in the coolant system, and the accelerating factors were dissolved oxygen concentration and water flow velocity.

Published in Proceedings of the 20th Annual Meeting of PASJ, TUP042 (2023).

5.2 ATR-IR Spectra Classification of `Washi` Japanese Papers Using Machine Learning

M. Ishida¹, H. Takechi¹, R. Yonamine¹, T. Goto¹, A. Takashima², S. Yamaguchi², A. Shibutani²,
K. Hirasawa², K. Hirota¹, Y. Onoe²

¹KEK, ²Univ. of Tokyo

Japanese paper, *washi*, is used for various historical materials. We need to consider suitable analytical methods to determine the components and making processes of the paper materials to reconstruct the historical backgrounds of materials. This study conducted machine learning methods to classify the attenuated total reflection (ATR) infrared (IR) spectra of seven paper samples. The samples are made from three plant species, *Diplomorpha sikokiana* (gampi), *Broussonetia kazinoki* (kozo), and *Edgeworthia chrysantha* (mitsumata). Three samples contain rice powder, and one kozo sample contains white clays. ATR-IR spectra were measured at twenty positions for each sample. The main component of the paper samples is cellulose, and the spectra are very similar. This study used Principal Component Regression (PCR), Support Vector Machine (SVM), Decision Tree (DT) and Multilayer Perceptron (MLP) by the scikit-learn library in Python. The twenty spectral data from each sample were split into training and test data sets, and machine learnings were performed with varying split ratios and data combinations. Through

optimizing the learning conditions, these machine learning algorithms achieved a classification accuracy of over 95 %. These machine learning would be useful for identifying paper spectral data by ATR-IR at taxonomic levels.

Presented at 72nd Annual Meeting of the Japan Society for Analytical Chemistry.

Presented at ASIANALYSIS XVI 2023.

Presented at 39th NIR Forum.

5.3 Generation of circular dichroism from superposed magnetically oriented magnetic nanoparticles

H. Watarai¹, H. Takechi²

¹Osaka Univ., ²KEK

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 using 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° , 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.

Published in J. Phys. Chem. C, 127, 5479–5490 (2023).

Presented at ASIANALYSIS XVI 2023.

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

K. Bessho¹, H. Watanabe¹, M. Hagiwara^{1,2}, R. Kurasaki¹, R. Muto¹, Y. Kasugai³, K. Nishikawa^{1,2}

K. Saito¹, H. Yamazaki¹

¹KEK, ²QST, ³JAEA

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 ^{10}C , ^{16}N , ^{14}O , ^{19}O , ^{20}O , ^{20}F , ^{23}Ne , ^{24}Ne , ^{37}S , ^{41}Ar , $^{191\text{m}}\text{Hg}$, ^{192}Hg , ^{193}Hg , ^{195}Hg , and $^{195\text{m}}\text{Hg}$, 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. Relationship between beam power and radionuclides detected in gas phase has been studied.

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

M. Suzuki¹, K. Bessho¹, Y. Kasugai², H. Watanabe¹, H. Takahashi¹, E. Watanabe¹, K. Nishikawa^{1,3},
K. Takahashi¹, H. Yamazaki¹

¹KEK, ²JAEA, ³QST

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 ^3H and ^7Be in the cooling water. Furthermore, various nuclides are produced in the metal components and transferred into water. The concentration of ^3H and various g-ray emitting nuclides were determined by a liquid scintillation counter and a HPGe detector. Detected nuclides are dominant radionuclides, ^3H and ^7Be , and trace radionuclides, such as ^{24}Na , ^{42}K , ^{43}K , $^{44\text{m}}\text{Sc}$, ^{44}Sc , ^{46}Sc , ^{47}Sc , ^{48}Sc , ^{48}V , ^{52}Mn , ^{54}Mn , ^{56}Mn , ^{56}Co , ^{58}Co , ^{57}Ni , ^{122}Sb , and ^{187}W . Origin and mechanism of radionuclide transfers into water were discussed. Sampling/analysis of the cooling water and discussion are in progress.

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

6.1 Estimated ^{137}Cs Radioactivity in the Gap Between the Top and Middle Cover at a Shield Plug in the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Unit 2

H. Hirayama^{1,2}, K. Iwanaga¹, K. Hayashi^{1,3}, K. Kondo^{1,2}, S. Suzuki¹, and Z. Yoshida¹

¹NRA, ²KEK, ³RAD

The contamination density of ^{137}Cs deposited in the gap between the top and middle covers of the shield plug in the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Unit 2 was estimated using three types of measurement results. Owing to the extremely high dose rate on the entire operation floor, including the top of the shield plug, only remotely measured dose rates, such as the ambient dose equivalent rates, were obtained using robots. Based on three types of measurements, significantly higher concentrations of ^{137}Cs were observed than previously estimated. An estimation based on the measurements of the ambient dose equivalent rate inside the hole also demonstrated that the contamination density in the gap between the top and middle covers varied significantly at different positions of the cover. The results obtained will significantly aid in future decommissioning scenarios, and will be important for examining the progress of an accident.

Published in NSE 198, 228-244 (2024)

6.2 Estimation of ^{137}Cs Contamination Density of Wall, Ceiling, and Floor at Unit 2 Operation Floor in Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Using Pinhole Gamma Camera

K. Hayashi^{1,2}, H. Hirayama^{1,3}, K. Iwanaga¹, K. Kondo^{1,3} & S. Suzuki¹

¹NRA, ²RAD, ²KEK

The pinhole gamma camera is a simple and useful device for determining radiation distribution. Using this device, we develop a method to measure the distribution of ^{137}Cs contamination density on surfaces using the total energy absorption peak count rate of γ -rays, where each camera pixel is projected onto the surface to determine the corresponding measured area and distance to the surface. We apply this method to measuring the ^{137}Cs contamination density of the wall, ceiling, and floor of the Unit 2 Operation Floor at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station in 2020 and 2022 and compare the results of 2020 to those of a robot-operated smear test.

Published in NSE 198, 207-227 (2024)

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、2023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 岸本 祐二
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	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 ERL 開発棟 教育加速器 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 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
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 杉原 健太 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)	坂木 泰仁 杉原 健太 飯島 和彦 大山 隆弘 大山 隆弘 岩瀬 広 豊田 晃弘 岩瀬 広	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 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

大強度放射光施設 (5D)	坂木 泰仁 大山 隆弘	管理区域副責任者 管理区域業務担当
ATF (5E)	杉原 健太 吉田 剛 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
第6区域 超伝導リニアック試験施設 (STF) 棟	豊田 晃弘 岸本 祐二 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 エネシ排水設備	豊田 晃弘 古宮 綾 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

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	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
放射線管理セクションサブリーダー	山崎 寛仁

加速器施設管理チーム

50GeVシンクロトロン施設	管理区域責任者 管理区域責任者代理	中村 一 長畔 誠司
放射線測定棟	管理区域責任者 管理区域責任者代理	長畔 誠司 渡邊 瑛介

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 管理区域責任者代理	高橋 一智 山崎 寛仁、李 恩智
ニュートリノ実験施設	管理区域責任者 管理区域責任者代理	斎藤 究 高橋 一智

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 市川 里実
出入管理システム	岸本 祐二 杉原 健太 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 津金 聖和 坂木 泰仁 杉原 健太 坂木 泰仁 杉原 健太 坂木 泰仁 豊田 晃弘 津金 聖和 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 モニターサーバイメーター等）	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 津金 聖和 沼尻 正晴 <small>（品質保証対応）</small>

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 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 津金 聖和
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 (安全の手引き、パンフレット、管理報告等)	松村 宏 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 渡邊 瑛介 根本 彩加†
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 渡邊 瑛介
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)	長畔 誠司 斎藤 究 李 恩智 穂積 憲一 飯島 和彦* 岸本 祐二*

放射線安全管理設備（信頼性確保対応）	山崎 寛仁 齋藤 究 長畔 誠司
変更申請、委員会等の所内手続事務	山崎 寛仁 齋藤 究
英語化 WG （規程、教育資料等の英語化を担当）	中村 一 李 恩智

*つくばキャンパス所属

†2023年11月より

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
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
特定毒物研究者	古宮 綾
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	古宮 綾 佐藤 充 武智 英明
依頼分析	石田 正紀 平 雅文 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（2023年4月1日～2024年3月31日）

機構所属の従事者数は749名（女性91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5名（0.3 mSvが1名、0.1 mSvが4名）であった。被ばくを受けた作業場所は、所内ではFEL実験室及び富士実験棟であった。他事業所での被ばくでは、被ばくを受けた他事業所は、東北大学及び日本原子力研究開発機構であった。

(2) 共同利用者、業者の受入（2023年4月1日～2024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3,995名で、内訳は、業者：1,137名（新規243名、更新894名）、共同利用者：2,858名（新規1,633名、更新1,225名）であった（従事者数は延べ人数を示す）。2023年度の被ばく状況は、業者では、0.1 mSvが3名であり、低速陽電子施設及びsKEKBリングでの作業によるものであった。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機構内の放射線業務従事者1名に対し0.1 mSvの被ばくがあった。

(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6件、払出が2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10件あった。核燃料及び核原料物質の使用は12件あり、全てが光源棟において使用された。

2.1.3 申請関係

(1) RI法関係

第27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5年4月11日付で変更申請を行い、令和5年9月20日付けで承認された。

- 1) 陽子加速器施設の使用方式変更に係る放射線安全対策
 - (ア) 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
その他の出入口の追加(1箇所)
 - (ア) 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）
 - (ア) 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）
 - (ア) 管理区域の縮小
- 2) cERL の使用方式変更に係る放射線安全対策
 - (ア) 開発共用棟の放射化物保管設備の縮小
- 3) SuperKEKB の使用方式変更に係る放射線安全対策
 - (ア) 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）
 - (ア) 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 の使用方式変更に係る放射線安全対策
 - (ア) AR 南棟管理区域の縮小
 - (ア) 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 の使用方式変更に係る放射線安全対策
 - (ア) 最大出力の変更(直線加速装置を 0.616 GeV・ μ A から 0.077 GeV・ μ A、ダンピングリングを 323.4 GeV・mA から 107.8GeV・mA)
 - (ア) その他の出入口の追加(1箇所)
- 6) STF の使用方式変更に係る放射線安全対策
 - (ア) 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) 放射性試料測定棟の使用方式変更に係る放射線安全対策
 - (ア) 密封線源の使用(Am-Be 370MBq 1個、Am-Be 3.7GBq 1個)を減少
 - (ア) 密封線源の貯蔵(Am-Be 370MBq 1個、Am-Be 3.7GBq 1個、¹³⁷Cs 370MBq 1個)の減少
 - (ア) 使用場所の減少（モニター準備室）

(2) 炉規法関係

ア) 以下の内容で、令和 5 年 8 月 29 日付で変更申請を行い、令和 6 年 4 月 18 日付けの一部補正を経て、令和 6 年 5 月 8 日付けで承認された。

- 1) 目的番号 7 の対象施設から先端計測開発棟（A102 室）を削除する。これに伴い、先端計測開発棟（A102 室）の X 線回折装置の使用を終了する。また、先端計測開発棟（A102 室）の管理区域を廃止する。
- 2) 目的番号 7 の対象施設に放射光実験施設 PF 光源棟（側室 A14）を追加する。放射光実験

施設 PF 光源棟（側室 A14）に X 線回折装置 1 台を設置する。

- 3) 固体廃棄施設「ターゲット保管棟」の設備として「核燃料廃棄物専用 2 m³ コンテナ(錠付)」を 1 台追加する。
- 4) 貯蔵施設「ターゲット保管棟」の貯蔵設備「劣化ウラン貯蔵容器」を新しい貯蔵容器に更新する。貯蔵する核燃料物質の種類及び貯蔵量に変更はない。
- 5) 放射性試料棟の管理区域を拡張する。使用施設の構造・設備、核燃料物質の使用場所には変更はない。
- 6) 記載の適正化のための変更を行う。

2.1.4 検査関係

(1) RI 法関係

- ア) 令和 5 年 6 月 12 日に FEL 加速器の施設検査を受け、令和 5 年 6 月 13 日付けで合格した。
- イ) 令和 5 年 10 月 20～22 日、12 月 13 日、令和 6 年 3 月 4 日及び 29 日に定期検査・定期確認を受け、令和 6 年 3 月 29 日付けで合格した。

(2) 炉規法関係

なし

2.1.5 放射線安全審議委員会

ア) 第 28 回放射線安全審議委員会

令和 6 年 3 月 18 日にメール審議により開催された、報告のみで議題は無かった。

2.1.6 その他

ア) 機構内検査等

- ・放射線発生装置に付随する二次ビームライン BL-11 について令和 5 年 4 月 17 日に主任者検査を実施し、同日から使用中止を許可した。
- ・FEL 加速器について令和 5 年 6 月 6 日に施設検査前の主任者検査を実施した。
- ・放射化物加工棟での密封された放射性同位元素の使用及び貯蔵に係る承認に伴い、主任者検査を令和 5 年 10 月 10 日に実施し、令和 5 年 10 月 24 日より放射化物加工棟での密封された放射性同位元素の使用及び貯蔵の開始を認めた。
- ・ATF の変更使用に係る承認に伴い、主任者検査を令和 5 年 10 月 27 日に実施し 10 月 27 日付で使用を許可した。
- ・放射線発生装置に付随する二次ビームライン BL-12C について令和 5 年 11 月 2 日に主任者検査を実施し、同日から使用開始を許可した。
- ・放射線発生装置に付随する二次ビームライン BL-12A について令和 5 年 11 月 2 日に主任者検査を実施し、同日から使用開始を許可した。

- ・ コッククロフト・ワルトン型加速器(前段加速器 No.2)の廃止に係る承認に伴い、主任者検査を令和 5 年 11 月 20 日に実施し 11 月 21 日付で廃止とした。
- ・ STF の出力変更に係る承認に伴い、令和 5 年 11 月 24 日に主任者検査を実施し、令和 5 年 12 月 1 日より使用開始を許可した。
- ・ AR 南棟物理電源室の管理区域解除に係る承認に伴い、主任者検査を令和 5 年 12 月 22 日に実施し同日付で許可した。
- ・ 大穂実験室の管理区域設定に係る承認に伴い、主任者検査を令和 6 年 1 月 10 日に実施し同日付で許可した。

イ) 教育訓練等

- ・ つくばキャンパスにおける令和 5 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 658 名(全員受講)であった。
- ・ KEK 安全・衛生週間の一環で「安全作業における講習会」が令和 5 年 11 月 30 日に開催され、吉田剛助教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 5 年 4 月 25 日に火災時初動対応通報訓練を実施した。
- ・ 令和 5 年 10 月 12 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 6 年 2 月 13 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安全ディビジョンに別所、放射線管理セクションに、山崎、齋藤、李、渡邊、中村、高橋、長畔、穂積、根本の10名が専任として所属している。また、放射線管理セクションに沼尻、岸本、杉原、飯島、大山が兼任として所属し、安全推進セクションには山崎と齋藤が兼務として、石田が兼任として所属している。

2.2.2 放射線管理セクション、安全推進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。2023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、規制庁からの許可取得後に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。

2022年2月16日付申請、2022年8月24日付で許可となった変更許可申請のうち、「ニュートリノ実験施設における最大加速粒子数の変更等」に係る施設検査を受検した。2022年度に工事を完了したため2023年1月16日に工事完了報告書を茨城県と東海村へ提出し、2023年12月4日に施設検査を受検、2023年12月5日付で合格した。検査は株式会社放射線管理研究所により行われた。

2.2.4 内部規程の改訂、委員会活動

2023年度は、10月に施行された放射性同位元素等規制法施行規則第20条に係る測定の信頼性確保に関する改正法令に対応するため、放射線障害予防規程細則の一部改正を行った。放射線障害予防規程細則において、放射線測定器の点検校正についてはこれまでも自主点検において定期的を実施することを定めていたが、放射線測定器の信頼性を確保するための放射線測定器の点検及び校正は、自主点検の一環として実施することを条文に追加した。また、信頼性確保に関する記録についても別表において対象記録の保存を明記した。

また、J-PARCにおける放射線作業等の実運用を行う上で必要な手続き及び様式等をまとめた「放射線安全ガイドブック」においては、建築物管理に関する諸検討及び情報共有を行う建築物管理責任者連絡会を定義し追記した。

J-PARCは、JAEA・KEKの2者で申請を行うため、両機関で一元的に放射線安全についての方針を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、年度内に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、2回開催した。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1回、インターロック専門部会を2回開催した。

2.2.5 放射線安全教育

2023年度のJ-PARC入域前教育の受講者数は、JAEA・KEK職員等が83名、外来業者が693名、ユーザーが785名であった。

JAEA・KEK職員等を対象とした再教育訓練は、e-ラーニングを利用し12月に実施した。e-ラーニング受講期間に受講でき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。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、2024年1月17日にオンライン会議システムを併用して実施した。2023年度の再教育の受講対象者は668名であり、年度内に対象者全員が受講を完了した。

ユーザーを対象とした再教育はユーザーズオフィスに依頼してタブレット端末により実施している。一方、外来業者を対象とした再教育は各社にDVDを送付し、受講結果を返送してもらうことで再教育とした。2023年度のユーザーの受講者数は432名、外来業者の受講者数は511名であった。

3. 化学安全・環境関係

3.1 化学安全

今年度、公共下水道接点の水質や薬品管理に関して、法令及び機構の諸基準を逸脱するような事例は無かった。

3.2 化学薬品等管理体制

2022年5月に交付された労働安全衛生規則等の一部を改正する省令において、2024年4月1日より「化学物質管理者」及び「保護具着用管理責任者」の選任が適用されることを受け、本機構の化学薬品及び有害物質危害予防規程を改正した。

また、リスクアセスメント対象物質の拡大や皮膚等障害化学物質等への直接接触の防止、がん原性物質の作業記録など、同改正における化学物質に対する管理の強化に対応するため薬品管理システムの導入を決定した。

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155.2 m³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38.2 m³であった。

廃液処理装置の保守としては、反応槽及び中和槽の踊り場・階段・手摺りの塗装、薬液槽の架台改修工事、洗浄廃水受槽の浮力式液面計のフロートの交換、脱水機用のコンプレッサの交換などを行った。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。

3.4 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、共同利用者からの化学分析の依頼を受け付けている。本年度の分析依頼は82件であった。依頼者の所属の内訳は、素核研10件、物構研3件、加速器51件、共通基盤16件、その他2件であり、分析内容は定性分析が71件、定量分析が11件であった。分析に用いた装置は、卓上型電子顕微鏡（元素分析機能付き）、X線回折装置、フーリエ変換赤外分光光度計の使用頻度が高く、卓上型電子顕微鏡は全体の約6割、X線回折装置とフーリエ変換赤外分光光度計は約3割の依頼で使用している。

化学実験棟には水質検査、依頼分析に使用する分析機器類が整備されている。これらの分析機器類は環境安全管理室の業務に支障がない場合に限り、職員や共同利用者の利用を認めている。本年度の分析機器利用件数は91件であった。所属の内訳は、素核研11件、物構研35件、加速器38件、共通基盤3件、その他4件であった。依頼分析と同様に、卓上型電子顕微鏡（元素分析機能付き）、X線回折装置、フーリエ変換赤外分光光度計の利用頻度が高く、この3機種で利用全体の約7割を占める。また、一部の分析機器について、機構外の者の利用を可能とするため「共通基盤研究施設の設備・機器に関する利用要項」を策定し、対象装置の利用料金は一律で5,500円/時間とした。環境安全管理室のHPに利用案内を掲載し、10月より共用を開始した。

本年度の実験室利用は32件であり、長期利用4件、短期利用28件であった。所属の内訳は、素核研3件、物構研2件、加速器25件、共通基盤2件であった。長期利用は、マテリアルDX及び新規材料探索（物構研）、界面活性剤実験（物構研）、メッキ試験・酸処理（加速器）、電解研磨試験（加速器）であり、短期利用では金属部品等の酸処理、加熱処理などの利用があった。

3.5 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2023」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。

Chapter 3 資料

ここでは、2023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：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

(2) 基盤研究(B)

研究課題名：加速器を用いた希少安定同位体酸素 17 の高純度生成に向けた基礎研究

研究代表者：古田琢哉（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構）

研究分担者：岸本祐二

1.2 受託研究等

該当なし

1.3 共同開発研究

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、窪田雅弓

1.4 その他

該当なし

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、Tyuet Tran、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(γ,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
- (7) 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

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：佐波俊哉
研究分担者：石川正、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：中性子個人線量測定に向けた FNTD 及び第二世代リーダーの基礎特性評価
共同研究先：長瀬ランダウア
研究代表者：佐波俊哉
研究分担者：Lee Eunji
- (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：吉田 剛
研究分担者：豊田晃弘，中村 一，三浦太一
- (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，中村 一
- (5) 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：吉田 剛
研究分担者：吉田 剛，中村 一，豊田晃弘
- (6) 研究課題名：加速器施設における電源ケーブルの難測定放射性核種による汚染状況の調査および新規分析法の開発
共同研究先：株式会社日本環境調査研究所
研究代表者：吉田 剛
研究分担者：松村宏，豊田晃弘

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、窪田雅弓

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：窪田雅弓
指導教員：岸本祐二、齋藤究
- (3) 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30回 EGS 研究会

主催：KEK 放射線科学センター
開催場所：KEK つくばキャンパス放射線管理棟
開催期間：2023年8月8日～8月9日
参加者：39名

4.2 第38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：2024年1月22日～1月23日

参加者：67名

4.3 第25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 α 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：2024年3月11日～3月13日

参加者：138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) 総研大加速器概論
- (3) 総研大 Special Subject of the Department of Accelerator Science, Introduction to Radiation Detection and Measurement
- (4) 総研大加速器科学コース「表面分析法概論」

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) 成蹊大学非常勤講師 学際分野特殊研究「原子核のエネルギー」

5.3 その他

- (1) INVITING LECTURER FOR THE SPECIAL COURSE TOPICS IN RADIATION PHYSICS (MIP 10503) TO THE BACHELOR OF MEDICAL IMAGING (HONOURS) STUDENTS, FACULTY OF HEALTH SCIENCES, UNIVERSITI SULTAN ZAINAL ABIDIN (UniSZA), 12 December 2023 (Tuesday) 10.00 am- 12.00 am in JST/ 09.00 am – 11.00 am in MYT
- (2) アテナプログラム Aminordin Sabri Adila Hanim (Faculty of Health Sciences, Universiti Sultan Zainal Abidin, Malaysia) 2023/9/23-10/18

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) 京都大学複合原子力科学研究所共同利用課題査読審査委員
- (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) 東北大学電子光理学研究センター運営協議会委員
- (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
- (13) 東京都市大学原子炉安全委員会委員

6.2 学会等

- (1) 大学等放射線施設協議会理事
- (2) 日本原子力学会核データ部会運営委員
- (3) 日本原子力学会放射線工学部会運営委員
- (4) 応用物理学会放射線分科会幹事
- (5) 核データ研究会実行委員
- (6) JENDL 委員会専門委員
- (7) 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
- (8) 日本原子力学会代議員
- (9) 日本放射化学会教育部会幹事
- (10) APSORC25, LOC
- (11) NPO 法人放射線安全フォーラム理事
- (12) 日本放射化学会若手の会代表世話人

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)

- (1) 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：2023年8月18日 - 8月27日
 - 講師：岩瀬広、岸本祐二 (補助)

- (2) OHO' 23 講師
開催場所：KEK
開催期間：2023 年 9 月 5 日 - 9 月 8 日
講師：坂木泰仁
- (3) 令和 5 年度 KEK 安全・衛生週間安全作業における講習会①「放射線安全」
開催場所：KEK
開催期間：2023 年 11 月 30 日??
講師：吉田剛
- (4) 「γ線イメージング装置を体験しよう」
職場見学（自衛隊中央病院診療放射線技師養成所）
開催場所：KEK
開催期間：2023 年 10 月 27 日
講師：吉田剛
- (5) ウインターサイエンスキャンプ講師
開催場所：KEK
開催期間：2023 年 12 月 25 日-28 日
講師：坂木泰仁、岩瀬広（補助）
- (6) Erice 放射線スクール”Challenges in Radiation Damage and Radiation protection during Design and Operation of Accelerator Facilities and Space Missions”、
開催場所：Ettore Majorana Foundation and Centre for Scientific Culture, Erice (Sicily), Italy
開催期間：2023 年 10 月 23 日- 30 日年
講師：岩瀬広
- (7) 理系女子キャンプ
開催場所：KEK
開催期間：2023 年 4 月 3 日 - 4 月 4 日
演習班取りまとめ：岩瀬広
- (8) マドリード工科大学における PHITS コース
開催場所：マドリード工科大学、マドリード、スペイン
開催期間：2023 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日
講師：岩瀬広、佐藤達彦(JAEA)

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) 豊田晃弘、令和 5 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰

8. 特許等の出願，取得，保有の状況

吉田剛，松村宏，甲村巖根，特願 2023-186297 「分解可能範囲表示方法、分解方法、及び分解可能範囲表示システム」(2023年10月31日)

9. 放射線科学センター名簿（2023年度）

佐波 俊哉 ^{(*)(p)}	中村 一 ^{(#)(t)}	榎本 和義 ^(g)
松村 宏 ^(p)	飯島 和彦 ^(t)	佐々木 慎一 ^{(g)(c)}
別所 光太郎 ^{(#)(p)}	高原 伸一 ^(t)	佐藤 充 ^(c)
山崎 寛仁 ^{(#)(p)}	豊田 晃弘 ^(t)	豊島 規子 ^(c)
齋藤 究 ^{(#)(p)}	高橋 一智 ^{(#)(t)}	市川 里実 ^(c)
岩瀬 広 ^(p)	長畔 誠司 ^{(#)(t)}	治村 圭子 ^(c) (11/1～)
岸本 祐二 ^(p)	古宮 綾 ^(t)	根本 彩加 ^{(#)(c)} (11/15～)
吉田 剛 ^(p)	大山 隆弘 ^(t)	石川 幸夫 ^(c) (~4/30)
武智 英明 ^(p)	石田 正紀 ^(t)	平山 英夫 ^(c)
坂木 泰仁 ^(p)	津金 聖和 ^(t)	伴 秀一 ^(c)
Lee Eunji ^{(#)(p)}	沼尻 正晴 ^{(#)(a)}	Nguyen Thoung ⁽ⁱ⁾
杉原 健太 ^(p)	平 雅文 ^(d)	窪田 雅弓 ⁽ⁱ⁾
Tran Kim Tuyet ^(p)	穂積 憲一 ^{(d)(#)}	Bui Ngoc Thien ⁽ⁱ⁾
渡邊 瑛介 ^{(#)(p)} (4/1～)	三浦 太一 ^(g)	

(*) 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 (2023.1.1 ~ 2023.12.31)

- (1) N. Muramatsu, S. K. Wang, Q. H. He, J. K. Ahn, W. C. Chang, J. Y. Chen, M. L. Chu, S. Daté, T. Gogami, H. Goto, H. Hamano, T. Hashimoto, K. Hicks, T. Hiraiwa, Y. Honda, T. Hotta, H. Ikuno, Y. Inoue, T. Ishikawa, I. Jaegle, J. M. Jo, Y. Kasamatsu, H. Katsuragawa, S. Kido, Y. Kon, S. Masumoto, Y. Matsumura, M. Miyabe, K. Mizutani, T. Nakamura, T. Nakano, T. Nam, M. Niiyama, Y. Nozawa, Y. Ohashi, H. Ohnishi, T. Ohta, M. Okabe, K. Ozawa, C. Rangacharyulu, S. Y. Ryu, Y. Sada, T. Shibukawa, H. Shimizu, R. Shirai, K. Shiraishi, E. A. Stokovsky, Y. Sugaya, M. Sumihama, S. Suzuki, S. Tanaka, Y. Taniguchi, A. Tokiyasu, N. Tomida, Y. Tsuchikawa, T. Ueda, T. F. Wang, H. Yamazaki, R. Yamazaki, Y. Yanai, T. Yorita, C. Yoshida, and M. Yosoi, "First measurement of differential cross sections and photon beam asymmetries for photoproduction of the $f_0(980)$ meson decaying into $\pi^0\pi^0$ at $E_\gamma < 2.4$ GeV", *Phys. Rev. C* **107** (2023) L042201 (5 pages). (DOI: 10.1103/PhysRevC.107.L042201)
- (2) A. Kobayashi, H. Ito, 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, M. Tabata, R. Tanuma, A. Toyoda, H. Yamazaki, N. Yershov, (J-PARC E36 Collaboration), "New determination of the branching ratio of the structure dependent radiative $K^+ \rightarrow e^+\nu_e\gamma$ ", *Phys. Lett. B* **843** (2023) 138020 (8 pages). (DOI:10.1016/j.physletb.2023.138020)
- (3) N. Thuong, T. Sanami, H. Yamazaki, T. Itoga, Y. Kirihara, K. Sugihara, T.K. Tran, M. Faiz, S. Miyamoto, S. Hashimoto, Y. Asano, "Experimental study of photoneutron spectra from tantalum, tungsten, and bismuth targets for 16.6 MeV polarized photons", *J. Nucl. Sci. Tech.* 61(2) 261-268, (DOI:10.1080/00223131.2023.2295438)
- (4) Y. Mukobara, T. Sanami, A. Ono, T. Inakura, T. Katabuchi, S. Chiba, C. Ishizuka, "Mean-field dependence of fragment-production cross sections in heavy-ion induced reactions calculated by antisymmetrized molecular dynamics", *J. Nucl. Sci. Tech.* 61(2) 206-217, (DOI: 10.1080/00223131.2023.2287102)

- (5) T. Matsumoto, A. Masuda, E. Lee, T. Sanami, T. Oyama, T. Kajimoto, N. Nakao, H. Yashima, S. Nagaguro, Y. Uwamino, S. Manabe, N. Shigyo, H. Harano, R. Froeschl, E. Iliopoulou, A. Infantino, S. Roesler, M. Brugger, "Measurement of neutron spectra for various thicknesses of concrete and steel shielding at 24-GeV/c proton beam facility using Bonner sphere spectrometer", *Journal of Nuclear Science and Technology*, (DOI:10.1080/00223131.2023.2274933)
- (6) T. Tuyet, Y. Sakaki, T. Sanami, H. Yamazaki, Y. Namito, T. Itoga, Y. Kirihara, S. Miyamoto, Y. Asano, "Comparison of double-differential cross-section between nuclear data library and experimental data for photoneutron production", *EPJ Web of Conferences* 284, 1048-1048, (DOI:10.1051/epjconf/202328401048)
- (7) T. Sanami, T. Tran, H. Yamazaki, T. Itoga, Y. Kirihara, Y. Namito, Y. Sakaki, S. Miyamoto, Y. Asano, "Target mass dependence of photoneutron spectrum for 16.6 MeV photons on medium-heavy mass targets", *EPJ Web of Conferences*, 284, 1047-1047, (DOI: 10.1051/epjconf/202328401047)
- (8) N. Nakao, T. Sanami, T. Kajimoto, R. Froeschl, D. Bozzato, E. Iliopoulou, A. Infantino, H. Yashima, E. Lee, T. Oyama, M. Hagiwara, S. Nagaguro, T. Matsumoto, A. Masuda, Y. Uwamino, S. Roesler, M. Brugger, "Benchmark Experiments for Bulk and Maze Shielding Using Activation Detectors with 24-GeV/c Protons at CERN/CHARM", *Nuclear Science and Engineering*, 1-12, (DOI:10.1080/00295639.2023.2196228)
- (9) Y. Sakaki, S. Michizono, N. Terunuma, T. Sanami, "The potential of the ILC beam dump for high-intensity and large-area irradiation field with atmospheric-like neutrons and muons", *Nucl. Instrum. Meth. A* 1050, 168144-168144 (DOI:10.1016/j.nima.2023.168144)
- (10) Y. Unno, T. Fujiwara, Y. Kishimoto, T. Sanami, "Gas gain measurement for charged particle spectroscopy using glass GEM in low-pressure P-10 gas", *J. Instrum.* 18,1 (DOI:10.1088/1748-0221/18/01/P01001)
- (11) H. Watarai, H. Takechi, "Generation of Circular Dichroism from Superposed Magnetically Oriented Magnetic Nanoparticles", *J. Phys. Chem. C*, 127, 5479–5490 (2023). (DOI:10.1021/acs.jpcc.3c00314)
- (12) T. Osawa, S. Nagasawa, K. Ninomiya, T. Takahashi, T. Nakamura, T. Wada, A. Taniguchi, I. Umegaki, K. M. Kubo, K. Terada, I-H. Chiu, S. Takeda, M. Katsuragawa, T. Minami, S. Watanabe, T. Azuma, K. Mizumoto, G. Yoshida, S. Takeshita, M. Tampo, K. Shimomura, Y. Miyake, "Development of Nondestructive Elemental Analysis System for Hayabusa2 Samples Using Muonic X-rays", *ACS Earth*

and Space Chemistry 7 699-711 (2023), (DOI:10.1021/acsearthspacechem.2c00303)

2. Publication in Japanese (2023.1.1～2023.12.31)

- (1) 寺沢 和洋, 佐々木 慎一, 岸本 祐二, 高橋 一智, 永松 愛子, 身内 賢太朗, 小平 聡「宇宙放射線線量計の開発と宇宙滞在期間制限」, Space Utilization Research, Vol. 37 2022: Proceedings of The Thirty-seventh Space Utilization Symposium (2023).

3. Proceedings (2023.1.1～2023.12.31)

- (1) M. Ishida, H. Takechi, “Continuous investigation of cooling water and corrosion products in accelerator cooling system”, Proceedings of the 20th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Aug 29 – Sep 1, 2023, Nihon University, TUP42.
- (2) T. Goto, H. Hayano, K. Umemori, H. Monjushiro, “Vertical electropolishing (VEP) facility for 9-cell Nb cavity in the KEK-COI building”, Proceedings of the 20th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Aug 29 – Sep 1, 2023, Nihon University, FRP53.
- (3) K. Nii, H. Monjushiro, H. Yashiro, “Search of niobium electro-polishing method without hydrofluoric acid (3) electro-polishing with sinusoidal wave voltage”, Proceedings of the 20th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Aug 29 – Sep 1, 2023, Nihon University, TUP54.
- (4) K. Bessho, “Various efforts to improve safety at accelerator facilities”, Proceedings of the 20th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Aug 29 – Sep 1, 2023, Nihon University, TUSP01.
- (5) Y. Kawabata, H. Matsuda K. Matsumoto, S. Tagashira, Y. Tomii, K. Ishii, N. Yamamoto, K. Bessho, M. Yoshioka, “Development of safety-equipped transport robot aiming for utilization in accelerator tunnel.”, Proceedings of the 20th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Aug 29 – Sep 1, 2023, Nihon University, WEOA15.
- (6) 津金聖和, 吉田 剛, 松村 宏, 豊田 晃弘, 中村 一, 佐瀬 卓也, 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, 「可搬型 γ 線イメージング装置「GeGI5」による大型ヘリカル装置の放射化イメージング」, Proceedings of the 24th Workshop on Environmental Radioactivity 121-125, (2023),
<https://lib-extopc.kek.jp/preprints/PDF/2023/2325/2325002.pdf>

- (7) 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,
「可搬型 γ 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 -」, Proceedings of the 38th Meeting for Tandem
Accelerators and their Associated Technologies 45-48, (2023),
<https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Conf-2022-002.pdf>

4. Reports (2023.1.1 ~ 2023.12.31)

- (1) G. Yoshida, "Large-scale activation survey for synchrotron light-source facilities in Japan", 2022 at
KEK ANNUAL REPORT 78-79 (2023)
- (2) H. Matsumura, M. Matsumura, G. Yoshida, T. Moriguchi, K. Sasa, "Gamma-Ray Measurements inside
the Acceleration Tank of the 6MV Tandem Electrostatic Accelerator at the University of Tsukuba",
UTTAC Annual Report 2022 7-8 (2023)

5. Presentation at Conferences (2023.4.1 ~ 2023.4.31)

5.1 International Conference

- (1) 16th Varenna Conference on Nuclear Reaction Mechanisms (NRM2023), Jun. 11-16, 2023, Villa
Monastero, Varenna, Italy
- 1) Thuong T.H. Nguyen, Toshiya Sanami, Hirohito Yamazaki, Eunji Lee, Kenta Sugihara, Toshiro Itoga,
Yoichi Kirihara, Shuji Miyamoto, Satoshi Hashimoto, and Yoshihiro Asano, "Photon energy
dependence of photoneutron production from heavy targets".
- (2) The 11th International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-11),
Seoul, Korea, 4th – 7th July 2023
- 1) G. Yoshida, H. Matsumura, H. Nakamura, T. Miura, A. Toyoda, K. Masumoto, T. Nakabayashi, M.
Matsuda, "In-situ evaluation of neutron flux using activated reaction of $^{55}\text{Mn}(n,\gamma)^{56}\text{Mn}$,
 $^{23}\text{Na}(n,\gamma)^{24}\text{Na}$ on the component of a tandem accelerator"
- 2) G. Yoshida, H. Matsumura, A. Toyoda, H. Nakamura, K. Masumoto, T. Miura, K. Saito, I. Koumura,
H. Uno, M. Kozaki, A. Yamamoto, K. Wagatsuma, "Activation status of metallic components in the
PET-cyclotron revealed by destructive and non-destructive analysis"
- 3) H. Matsumura, "Radioactivation Investigation in Synchrotron-Type Proton Therapy Facilities"

4) H. Nakamura, “Measurement of Thermal Neutron Fluence Rates of a Proton Therapy Facility Using a Superconducting Synchrocyclotron - in the Case of IBA ProteusOne at Sapporo Kojinkai Memorial Hospital, Japan”

(3) ASIANALYSIS XVI 2023, Oct. 9 – 12, 2023, Kuala Lumpur, Malaysia

1) H. Takechi, M. Ishida, R. Yonamine, T. Goto, A. Takashima, S. Yamaguchi, A. Shibutani, K. Hirasawa, K. Hirota, Y. Onoe, “ATR-IR Spectra Classification of `Washi` Japanese Papers Using Machine Learning”.

2) H. Watarai, H. Takechi, “Optical Circular Dichroism Generated from Achiral Molecules and Magnetic Nanoparticles”.

(4) European Space Weather-Week 2023 (ESWW 2023), Nov. 20-24, 2023, Pierre-Baudis Congress Center, Toulouse, France

1) Y. Kishimoto, M. Kubota, K. Takahashi, K. Saito, S. Sasaki, K. Terasawa, K. Miuchi, A. Nagamatsu, “Development of Position Sensitive Tissue Equivalent Proportional Chamber "PS-TEPC" for Gateway Lunar Space Station”.

5.2 Invited Talk

(1) 第9回加速器施設安全シンポジウム, 2023年6月9日

東海村産業・情報プラザ「アイヴィル(iViI)」

1) 佐波俊哉, 「KEK つくばの放射線測定の信頼性確保義務化への対応について」.

(2) 放射線遮蔽設計法に係るワークショップ第10回, 2023年7月20日

Web会議及び株式会社アトックス技術開発センター(柏)会議室

1) 佐波俊哉, 「KEK 陽子加速器施設での遮蔽実験について」.

(3) 第20回日本加速器学会年会, 日本大学理工学部, 2023年8月29日-9月1日

1) 別所光太郎, 「加速器施設における安全性向上への取り組み」

(4) JASRI「2023年度_定期放射線安全講習会」, 2023年10月23日 Spring-8

1) 佐波俊哉, 「高エネルギー加速器の放射線安全のための放射線測定・遮蔽に関する研究開発」.

(5) 2023年度核データ+PHITS合同研究会, 2023年11月15日-17日

東海村産業・情報プラザ「アイヴィル(iViI)」

- 1) 佐波俊哉, 「単一エネルギー直線偏光光子に対する光中性子生成断面積の測定」.
- (6) 第17回茨城地区分析技術交流会, ザ・ヒロサワ・シティ会館, 2023年12月1日
 - 1) 武智英明, 「配向試料の重ね合わせにより生じる円二色性」.
- (7) あいちシンクロトロン光センター職員用放射線業務従事者教育講習会,
あいちシンクロトロン光センター, 2023年12月4日
 - 1) 松村宏, 「加速器と放射化」
- (8) International Workshop on Future Linear Colliders (LCWS2023), SLAC, 2023/5/15
 - 1) 坂木泰仁, 「Beyond collider experiments at a Linear Collider」
- (9)一般社団法人量子アプリ社会実装コンソーシアム QASS セミナー,
大阪大学 RCNP, 2023年5月23日
 - 1) 坂木泰仁, 「電子ビームダンプで得られる二次宇宙線的な中性子とミューオン放射線場」
- (10) Joint Symposium on Nuclear Data and PHITS in 2023, 東海村 iVi1, 2023年11月15日
 - 1) 坂木泰仁, 「Introduction to PHITS-UDM (User Defined Model)」

5.3 Domestic Conference

- (1) 第20回日本加速器学会年会, 日本大学船橋キャンパス, (2023.8.29-9.1)
 - 1) 石田正紀, 武智英明, 「加速器冷却系における冷却水及び腐食生成物の継続的調査」.
 - 2) 後藤剛喜, 早野仁司, 梅森健成, 文珠四郎秀昭, 「KEK-COI棟における9セルNb空洞の縦型電解研磨設備の整備状況」.
 - 3) 仁井啓介, 文珠四郎秀昭, 八代仁, 「フッ酸を用いないニオブ電解研磨法の探索 (3) 正弦波電圧を用いた電解研磨」.
 - 4) 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活用を目指す安全装備輸送ロボットの開発」.
 - 5) 牧村俊助, 中平武, 明午伸一郎, 直江崇, 石田卓, 的場史朗, 佐藤洋一, 高橋仁, 渡邊瑛介, 吉田誠, 涌井隆, 斎藤滋, 森下卓俊, 仲野谷孝充, 増山康一, 「J-PARCにおけるRaDIATE国際協力」
- (2) 日本原子力学会 2023年秋の年会, 名古屋大学東山キャンパス, (2023.9.6-8)

- 1) 中尾徳晶、Welch Keith、Wiseman Mark、Stavola Adam、Degtiarenko Pavel、佐波俊哉、照沼信浩、森川祐、坂木泰仁、「JLABにおける2-8GeV電子ビームによる二次中性子遮蔽透過実験」.
 - 2) 李恩智、佐波俊哉、中尾徳晶、梶本剛、執行信寛、八島浩、大山隆弘、Froeschl Robert、Iliopoulou Elpida、Infantino Angelo、「CERN/CHARMにおける24GeV陽子を用いた遮蔽実験 放射化検出器測定値からの中性子エネルギースペクトルの推定」.
 - 3) Tuyet Kim Tran, Toshiya Sanami, Hirohito Yamazaki, Toshiro Itoga, Linh Thi Truc Nguyen, Yasuhito Sakaki, Yoichi Kirihara, Hiroshi Nakashima, Shuji Miyamoto, Yoshihiro Asano、「Photon energy dependence of photoneutron production from natCu(g,xn) and natTi(g,xn) reactions」.
 - 4) Thuong Thi Hong Nguyen, Toshiya Sanami, Hirohito Yamazaki, Eunji Lee, Kenta Sugihara, Toshiro Itoga, Yoichi Kirihara, Shuji Miyamoto, Satoshi Hashimoto, Yoshihiro Asano、「Target mass dependence of photoneutron spectra from the photonuclear reaction for 13 MeV photons」.
 - 5) 向原 悠太、小野章、佐波俊哉、稲倉 恒法、石塚知香子、千葉敏、片淵竜也、「反対称化分子動力学による平均場モデルの基底状態の配位依存性」.
 - 6) 岩元大樹、明午伸一郎、西尾勝久、石禎浩、廣瀬健太郎、岩元洋介、栗山靖敏、前川藤夫、森義治、岡部晃大、大泉昭人、Orlandi Riccardo、佐藤大樹、杉原健太、洲崎ふみ、塚田和明、上杉智教、八島浩、「加速器駆動核変換システム開発のための核データ実験プログラム」.
- (3) 2023年度機器・分析技術研究会, 熊本大学, (2023.9.7-8)
石田正紀, 「加速器冷却水系異物のXRDによる定量に関する諸検討」.
- (4) 日本分析化学会第72年会, 熊本城ホール, (2023.9.13-15)
- 1) 石田正紀, 高島晶彦, 山口悟史, 渋谷綾子, 平澤加奈子, 與那嶺亮, 武智 英明, 「赤外分光法と統計解析・機械学習による和紙の識別に関する諸検討」
 - 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低繰り返しパルスレーザーの偏光測定の試み」.
- (5) 日本物理学会 第78回年次大会, 東北大学, (2023.9.16-19)
- 1) 中村正吾, 谷山天晴, 出石汐里, 伊藤由紘, 佐藤和樹, 笠見勝祐, 斎藤究, 佐々木慎一, 春山富義, 三原智, 森山茂栄, 「液体キセノン中のチェレンコフ光の分光測定の準備」.
- (6) 日本放射線安全管理学会第22学術大会, グランシップ (静岡市),
(2023年11月11日~11月13日)
- 1) 西藤文博, 春日井好己, 別所光太郎, 中根佳弘, 「J-PARC 安全の日」について.

- 2) 加藤小織, 春日井好己, 西藤文博, 伊藤 崇, 田中武志, 菅原正克, 沼尻正晴, 別所光太郎, 中根佳弘, 宮本幸博, 「放射性物質漏えい事故を伝承するためのビデオの製作」.
 - 3) N.T. Bui, K. Bessho, G. Yoshida, K. Nishikawa, M.J. Shirakata, T. Oyama, E. Lee, E. Watanabe, H. Nakamura, H. Iwase, T. Miura, M. Hagiwara, K. Tsugane, H. Yashima, A. Kanai, " Evaluation of depth profile of radioactivity produced in concrete walls at J-PARC accelerator facilities".
 - 4) 津金聖和, 吉田剛, 松村宏, 豊田晃弘, 榎本和義, 中村一, 三浦太一, 甲村巖根, 小嵯正彦, 山本歩, 齋藤勝彦, 宮出宏紀, 「放射化イメージング法によるPET用サイクロトロンの放射化研究—仙台厚生病院HM-12—」
 - 5) 吉田剛, 松村宏, 豊田晃弘, 津金聖和, 山本歩, 甲村巖根, 小嵯正彦, 中村一, 榎本和義, 三浦太一, 齋藤勝彦, 宮出宏紀, 「重コンクリート製PETサイクロトン自己遮蔽体内部の放射能分布の実測と非破壊予測方法の検証」
 - 6) 松村宏, 吉田剛, 豊田晃弘, 中村一, 津金聖和, 榎本和義, 三浦太一, 甲村巖根, 小嵯正彦, 山本歩, 齋藤勝彦, 宮出宏紀, 「サーベイメータを用いた重コンクリート製PETサイクロトン自己遮蔽体の放射能濃度測定法」
 - 7) 山崎翔太, 三橋正裕, 山田正明, 吉田剛, 豊田晃弘, 石田正紀, 津金聖和, 松村宏, 渡邊瑛介, 中村一, 榎本和義, 三浦太一, 別所光太郎, 大石晃嗣, 塩原良建, 「大規模陽子加速器施設で使用された電源ケーブル被覆の放射化調査のための前処理法の検討」
 - 8) 川村広和, 吉田剛, 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ン施設における放射化の調査」
 - 9) Thien. Bui, 別所光太郎, 吉田 剛, 西川功一, 白形政司, 大山隆弘, 李 恩智, 渡邊瑛介, 中村一, 三浦太一, 萩原雅之, 津金聖和, 八島 浩, 金井敦史, 「J-PARC 加速器施設におけるコンクリート壁中に生成される放射性核種の評価」
- (7) 第39回近赤外フォーラム, 東京大学, (2023.11.14-16)
- 1) 武智英明, 石田正紀, 後藤剛喜, 與那嶺亮, 高島晶彦, 山口悟史, 渋谷綾子, 平澤加奈子, 広田克也, 尾上陽介, 「赤外分光法と機械学習による和紙の識別の検討」.
- (8) 2023年度核データ+PHITS合同研究会, 東海村産業・情報プラザ, (2023.11.15-17)
- 1) Evaluation of Photonuclear Reaction Data ^{209}Bi at 13 and 17 MeV photon energy
*T.T.H.Nguyen, N. Iwamoto, T. Sanami
 - 2) Measurement of the neutron spectrum at 180° from 3-GeV protons and natHg with the $^{209}\text{Bi}(n,xn)$ reactions, K.Sugihara, S. Meigo, H. Iwamoto, F.Mackawa
 - 3) Design of radiation shield for RI production beam line by PHITS, A. Akashio, K. Tanaka, N. Shigyo, K. Sugihara, H. Haba
- (9) 日本放射化学会第67回討論会, 広島大学, (2023年9月23日~9月25日)

- 1) 吉田剛, 豊田晃弘, 石田正紀, 山崎翔太, 三橋正裕, 山田正明, 西川功一, 津金聖和, BuiThien, 八島浩, 松村宏, 渡邊瑛介, 中村一, 塩原良建, 大石晃嗣, 榎本和義, 三浦太一, 別所光太郎「大規模陽子加速器施設で使用された電源ケーブル被覆中の ^{36}Cl の定量に向けた基礎的検討」
 - 2) 久保謙哉, 二宮和彦, 稲垣誠, 吉田剛, 竹下聡史, 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中微量炭素の非破壊深度分布分析法の日本刀への適用」
 - 3) 渡邊瑛介, 中西諒平, 横北卓也, 王瑞麟, 大高咲希, 板倉悠大, 益田遼太郎, 重河優大, 南部明弘, 殷小杰, 羽場宏光, 金子政志, 柴本恭佑, 高宮幸一, 篠原厚, 笠松良崇, 「102番元素ノーベリウムの硝酸系および塩酸系でのクラウンエーテルを用いた固液抽出」
- (10) 第 38 回宇宙環境利用シンポジウム, オンライン, (2024.1.16-17)
- 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, 窪田雅弓, 小平聡, 「国産能動型宇宙放射線線量計の開発状況 (2023)」.
- (11) 第 9 回共通基盤研究施設技術交流会, KEK, (2024.1.18)
- 1) 飯島和彦, 「2022 年度までのサーベイメータ点検について」.
- (12) 第 38 回研究会「放射線検出器とその応用」, KEK+オンライン, (2024.1.22-23)
- 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, 「位置有感生体組織等価比例計数箱 PS-TEPC の ASIC を用いた小型軽量化の研究」.
 - 2) T. Nguyen, T. Sanami, H. Yamazaki, E. Lee, K. Sugihara, T. Itoga, Y. Kirihara, S. Miyamoto, S. Hashimoto, Y. Asano, 「Measurement of photoneutron energy spectra using organic liquid scintillator detectors」.
 - 3) T. Tran, E. Lee, T. Sanami, H. Yamazaki, 「Study on response of CsI(Tl) crystal for high energy neutrons」
- (13) SATテクノロジー・ショーケース2024, つくば国際会議場, (2024.1.25)
- 石田正紀, 「KEKにおける化学分析」.
- (14) 第25回「環境放射能」研究会, KEK+オンライン, (2024年3月6日~3月8日)
- 1) N.T. Bui, K. Bessho, G. Yoshida, K. Nishikawa, M.J. Shirakata, T. Oyama, E. Lee, E. Watanabe, H. Nakamura, H. Iwase, T. Miura, M. Hagiwara, K. Tsugane, H. Yashima, A. Kanai, ”Transportation of neutrons inside concrete walls at the J-PARC Main-Ring Synchrotron”
- (15) 第 71 回応用物理学会春季学術講演会, 東京都市大学+オンライン, (2024.3.22-25)

- 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, 「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性能評価試験」.

(16) 日本原子力学会 2024 年春の年会, (2024.3.26-28) 近畿大学東大阪キャンパス

- 1) T. Nguyen, N. Iwamoto, T. Sanami, 「Photonuclear data evaluation considering experimental double differential cross-sections」.
- 2) 向原悠太, 佐波俊哉, 小野章, 稲倉恒法, 石塚知香子, 千葉敏, 片渕竜也, 「反対称化分子動力学による重イオン反応計算における平均場模型依存性の考察」.
- 3) 津金聖和, 吉田剛, 松村宏, 豊田晃弘, 榎本和義, 中村一, 三浦太一, 甲村巖根, 小寄正彦, 山本歩, 齋藤勝彦, 宮出宏紀, 「放射化イメージング技術による PET 用サイクロトロンの放射化の非破壊評価」
- 4) 吉田剛, 松村宏, 豊田晃弘, 津金聖和, 山本歩, 甲村巖根, 小寄正彦, 中村一, 榎本和義, 三浦太一, 「PET サイクロトン(HM-12S)自己遮蔽体の放射化状況および非破壊による放射能推定」
- 5) 杉原健太, 明午伸一郎, 岩元大樹, 前川藤夫, 「GeV 領域の陽子入射によるモリブデンの核種生成断面積測定」
- 6) 岩元大樹, 明午伸一郎, 杉原健太, 「転移学習による核種生成断面積の推定」

6. 編集 (2023.4.1～2024.3.31)

- (1) T. Sanami, Y. Kishimoto, H. Yamazaki, K. Saito, E. Lee, K. Iijima and S. Sasaki: “Proceedings of the 37th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses”, KEK Proceedings 2023-1 (2024).
- (2) K. Bessho, H. Matsumura and G. Yoshida: “Proceedings of the 24th Workshop on Environmental Radioactivity”, KEK Proceedings 2023-2 (2023).

7. 手引き等 (2023.4.1～2024.3.31)

- (1) 放射線科学センター、放射線安全の手引き (別冊), 2023 年 6 月

8. 単行本 (2023.4.1～2024.3.31)

該当なし

