

Activity Report of
Radiation Science Center
in Fiscal 2021

KEK

Radiation Science Center
Applied Research Laboratory

© High Energy Accelerator Research Organization (KEK), 2022

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
2021 年度 活動報告

高エネルギー加速器研究機構

共通基盤研究施設 放射線科学センター

PREFACE

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

At the beginning of FY 2020, we had to deal with the Covid-19 worldwide pandemic. This impacted negatively our activities, the first half of the PF beam operation was canceled, the number of collaborators was reduced in comparison with ordinary years, and most meetings were canceled or held online. The situation continued during FY2021, however, the activities in KEK resumed in compliance with the infection control. We also continued our safety management work as usual and conducted research activities as much as possible. This year, two of our staff members and one Ph.D. student won an award from scientific societies for their research related to radiation safety and engineering. As of the accelerator operation, the SuperKEKB factory, PF and other accelerators in the Tsukuba campus were operated as in ordinary years. Plenty of efforts were made to obtain approval for the newly placed FEL linac and superconducting test facility. The power upgrade of the J-PARC MR synchrotron was approved for use in neutrino science and nuclear physics in the future, which requires more contributions from the radiation safety management, such as monitoring and handling radioactivity in the cooling water and exhaust from the experimental facilities.

We hope that the activity report promotes a better understanding of our activities and that all people are working in the field of the safety of accelerator facilities will find it useful.

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	5
	3. Radiation Protection Study in Accelerator Facilities	6
	4. Nuclear Chemistry and Radiochemistry	9
	5. Environmental and Analytical Chemistry at Accelerator	10
	6. Research related to Accident of Fukushima Daiichi Nuclear	
	Power Station	12
Chapter 2	研究支援活動	15
	1. 体制	16
	1.1 放射線管理体制	16
	1.2 放射線業務分担	19
	1.3 化学安全管理体制	21
	2. 放射線安全管理関係	22
	2.1 つくばキャンパス	22
	2.2 東海キャンパス(J-PARC)	25
	3. 化学安全・環境関係	27
	3.1 依頼分析	27
	3.2 環境管理	27
	3.3 実験廃液処理	27
Chapter 3	資料	29
	1. 外部資金導入状況	30
	1.1 科学研究費補助金	30
	1.2 厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）	30
	1.3 受託研究等	30
	1.4 共同開発研究	30
	1.5 その他	31

2. 共同研究等	31
2.1 大学等との共同研究	31
2.2 民間との共同研究	32
2.3 共同利用研究(施設利用)	33
3. 大学院生等の人材育成	33
3.1 学位論文の指導 (総合研究大学院大学)	33
3.2 学位論文の指導 (他大学)	33
3.3 学術指導	34
4. センター開催の研究会及びシンポジウム	34
4.1 第 28 回 EGS 研究会	34
4.2 第 36 回研究会「放射線検出器とその応用	34
4.3 第 23 回「環境放射能」研究会	34
5. 教育活動	35
5.1 総合研究大学院大学	35
5.2 非常勤講師等	35
6. 機構外活動・社会貢献活動等	35
6.1 外部委員会等	35
6.2 学会等	35
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)	36
6.4 社会貢献等	36
7. 受賞記録	36
8. 放射線科学センター名簿	38

Chapter 4 Publication List 39

1. Papers (2021.1.1-2021.12.31)	39
2. Publication in Japanese (2021.1.1-2021.12.31)	41
3. Proceedings (2021.1.1-2021.12.31)	42
4. Reports (2021.1.1-2021.12.31)	44
5. Presentation at Conferences (2021.4.1-2022.3.31)	44
5.1 International Conference	44
5.2 Invited talk	44
5.3 Domestic Conference	45
6. 編集(2021.4.1-2022.3.31)	48
7. 手引き等(2021.4.1-2022.3.31)	48
8. 単行本(2021.4.1-2022.3.31)	48

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 2021 is described.

1. Research in Radiation Physics and Detector Development

1.1 Development status and future prospects of active radiation dosimeters for space use in Japan

K. Terasawa^{1,3}, S. Sasaki², Y. Kishimoto², K. Takahashi², A. Nagamatsu³, K. Miuchi⁴, S. Kodaira⁵
¹Keio Univ., ²KEK, ³JAXA, ⁴Kobe Univ., ⁵QST

Position-Sensitive Tissue-Equivalent Proportional Chamber (PS-TEPC) continues to operate stably even after returning to Earth after one year of operation onboard the International Space Station (ISS). Even after more than three years have passed since the pre-launch gas injection into the detector, it has successfully acquired signals to the protons, and has almost recovered its pre-launch performance after the gas exchange. And now, a new type of electrode with higher gas gain is under development.

Published as Proc. of The 36th Space Utilization Symp. 36 (2022).

1.2 Study on JQMD and INCL models for α particle incident neutron production

K.Sugihara^{1,2}, N.Shigyo^{1,2}, E.Lee^{1,2}, T.Sanami^{2,3,4}, K.Tanaka²
¹Kyushu Univ., ²RIKEN, ³KEK, ⁴SOKENDAI

At RIKEN, new beam line of generating ^{211}At for targeted alpha therapy is being constructed. Astatine-211 is produced via the $^{209}\text{Bi}(\alpha, n)^{211}\text{At}$ reaction at the beam line. The energy of incident α beam is chosen to be 7.2 MeV/u to avoid producing ^{210}Po , a toxic nucleus. For the radiation shielding of the new beam line, the neutron production thick target yields were measured. The measured data was compared with the INCL and JQMD models implemented in PHITS. Through the comparison, it is found that the prediction accuracy of INCL is better than that of JQMD. Better agreement between INCL and measured data could be explained by “Local E procedure”. In the INCL calculation, a target nucleus is created under the well potential of 45 MeV depth. Near the target nucleus surface, the depth of the well potential is greater than that of Woods-Saxon (WS) potential. Thus, nucleons with higher energy than the depth of the WS potential stays in the well potential. Nucleons with higher energies leads to underestimation of reaction cross section. This underestimation is corrected by the “Local E procedure” from INCL-4.5. In the “Local E procedure”, energy of nucleons in the target nucleus is recalculated under an approximately phenomenological potential. In the JQMD calculation, beam and target nuclei are prepared under the Fermi gas model, in which the depth of the nuclear force potential is equal to the Fermi energy. However, the Fermi energy and the depth of the potential for the α nucleus as the incident particle is not the same. Due to the difference, the energy distribution of the nucleons of α nucleus does not satisfy the condition of the

Fermi gas model. This means that the initial condition is not described properly in the JQMD calculation. Thus, it is concluded that the improvement of the initial conditions is required to improve the prediction accuracy of JQMD.

Presentaed at 2021 Symposium of Nuclear Data.

1.3 Impact of photo-neutron spectrum shape for Pb(γ , xn) on shielding design

T. K. Tran¹, T. Sanami^{1,2}, H. Yamazaki^{1,2}, T. Itoga³, A. Takeuchi¹, S. Miyamoto⁴, H. Nakashima⁵,
Y. Asano⁴

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

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

Submitted to ICRS14/RPSD 2020 at Seattle.

1.4 Energy spectra of neutrons penetrating concrete and steel shielding blocks from 24 GeV/c protons incident on thick copper target

E. Lee¹, N. Shigyo¹, T. Kajimoto², T. Sanami³, N. Nakao⁴,
R. Froeschl⁵, E. Iliopoulou⁵, A. Infantino⁵, S. Roesler⁵, M. Brugger⁵
¹Kyushu Univ., ²Hiroshima Univ, ³KEK/SOKENDAI, ⁴Shimizu corp, ⁵CERN

In this study, experimental measurements were performed on the spectra of neutrons which penetrate concrete and steel of various thicknesses values when a proton beam of 24 GeV/c was incident on a copper target at the CHARM facility in the East Hall of the CERN Proton Synchrotron (PS) The thicknesses of concrete and steel ranged up to 360 cm and 80 cm, respectively. To measure the neutron spectra, an NE213 scintillator was positioned on the top roof of the shielding structure as the neutron detector. The light output distributions of the detector were converted into the neutron energy spectra using the unfolding method with a calculated response matrix after removing the γ -ray and charged particle events by pulse-shape

discrimination and veto counter signals, respectively. The neutron spectra were in agreement with the results obtained using the Monte Carlo simulation code, PHITS, within a factor of 1.4 except for the case of steel 80 cm. The attenuation profiles for concrete and steel were consistent with previous foil activation results within the respective uncertainties.

Published as Nucl. Instrum. Meth. A998 (2021) 165189.

1.5 Measurements and Monte Carlo simulations of high-energy neutron streaming through the access maze using activation detectors at 24 GeV/c proton beam facility of CERN/CHARM

N. Nakao¹, T. Kajimoto², T. Sanami^{3,4}, R. Froeschl⁵, E. Iliopoulou⁵, A. Infantino⁵, H. Yashima⁶, T. Oyama³, S. Nagaguro³, E. Lee⁷, T. Matsumoto⁸, A. Masuda⁸, Y. Uwamino¹, S. Roesler⁵, M. Brugger⁵
¹Shimizu corp, ²Hiroshima Univ, ³KEK, ⁴SOKENDAI, ⁵CERN, ⁶Kyoto Univ., ⁷Kyushu Univ., ⁸AIST

A measurement of high-energy neutron streaming was performed through a maze at the CERN (Conseil Europeen pour la Recherche Nucleaire) 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 streamed through a maze with several corridor-legs horizontally designed with the shield walls in the facility. Streaming neutrons were measured by using aluminum activation detectors placed at 10 locations in the maze. From the radionuclide production rate in the activation detectors, the attenuation profile along the maze was obtained for the reaction of $^{27}\text{Al}(n, \alpha)^{24}\text{Na}$. Monte Carlo simulations performed with two codes, the Particle and Heavy Ion Transport System (PHITS) and CERN FLUKtuierende KASKade (FLUKA), gave good agreements with the measurements within a factor of 1.7 for the production rates ranging over more than 3 orders of magnitude.

Published as J. Nucl. Sci. Technol. 58 (2021) 899–907.

1.6 Measurement of the Excitation Function of $^{96}\text{Zr}(\alpha, x)^{99}\text{Mo}$ Reaction up to 32 MeV

M. Hagiwara¹, H. Yashima², T. Sanami¹, S. Yonai³
¹KEK, ²KURNS, ³QST.

The excitation function of $^{96}\text{Zr}(\alpha, x)^{99}\text{Mo}$ was measured up to 32 MeV using the stacked-foil activation method to assess the feasibility of an accelerator-based $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ production route. The measured data well-reproduced our previous experimental data.

Published as the Springer Proceedings in Physics book series (SPPHY, volume 254) Compound-Nuclear Reactions (2021) 255–257.

1.7 Excitation Function Measurements of Alpha-Induced Reaction on Natural Copper and Titanium Up To 46 MeV

H. Yashima¹, M. Hagiwara², T. Sanami², S. Yonai³

¹KURNS, ²KEK, ³QST.

The excitation functions of residual nuclides in Cu and Ti were measured up to 46 MeV using the stacked-foil method. The alpha-induced activation cross sections of these nuclides were obtained by gamma-ray spectroscopy. The obtained data agree well with other experimental data and IAEA recommended data.

Published as the Springer Proceedings in Physics book series (SPPHY, volume 254) Compound-Nuclear Reactions (2021) 251–253.

2 Experimental Technology and Monte Carlo Simulation Related to Radiation Shielding

2.1 New physics searches at the ILC positron and electron beam dumps

K. Asai^{1,2}, S. Iwamoto³, Y. Sakaki⁴, D. Ueda^{1,5}

¹Tokyo Univ., ²Saitama Univ., ³Eotvos Univ., ⁴KEK, ⁵Peking Univ.

We study capability of the ILC beam dump experiment to search for new physics, comparing the performance of the electron and positron beam dumps. The dark photon, axion-like particles, and light scalar bosons are considered as new physics scenarios, where all the important production mechanisms are included: electron-positron pair-annihilation, Primakoff process, and bremsstrahlung productions.

We find that the ILC beam dump experiment has higher sensitivity than past beam dump experiments, with the positron beam dump having slightly better performance for new physics particles which are produced by the electron-positron pair-annihilation.

Published in: JHEP 09 (2021) 183.

3. Radiation Protection Study in Accelerator Facilities

3.1 Revision work on the manual of measurement and evaluation of activation for decommissioning of accelerator facilities

H. Matsumura, K. Masumoto, G. Yoshida, A. Toyoda, H. Nakamura, 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)." In FY2021, we worked on the revision of the manual.

Presented at the 20th Annual Meeting of JRSM(2021). Two presentations.

Presented at the 65th Annual Meeting of JNRS(2021).

Presented at 23th Workshop on Environmental Radioactivity.

3.2 Feasibility for evaluation of accelerator activation with the portable γ -ray imager GeGI5

G. Yoshida¹, H. Matsumura¹, H. Nakamura¹, A. Toyoda¹, T. Miura¹, K. Masumoto¹,
K. Sasa², T. Moriguchi², M. Matsumura²
¹KEK, ²Univ. of Tsukuba

Accelerator activation is a serious problem in terms of radiation exposure of workers and waste management of radioactive materials. The portable γ -ray imaging device (imager), which has been rapidly developed since the Fukushima nuclear accident, can be supposed to be a breakthrough to visualize the γ -rays from the radiation source, and we have been tackling the application of this novel technology to evaluation of accelerator activation. Although, there have been a variety of commercial γ -ray imagers with different measurement methods and detector crystals, no models have been clarified the requirements for

applying to evaluation of accelerator activation; determination of activation sites, residual nuclides, and their activity. We had conducted benchmark tests with various commercial devices at assuming an actual accelerator activation, and found the best candidate; GeGI5 manufactured by PHDS Co., US-TN. Currently, we are investigating the requirements for evaluation of accelerator activation with the GeGI5, at accelerator facilities in Japan.

Presented at the 65th Annual Meeting of JNRS(2021).

Presented at 23th Workshop on Environmental Radioactivity.

3.3 Activation status for metal components in the cyclotron for PET-nuclide production

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

M. Yamada³, R. Shiobara³, Y. Nagashima⁴, F. Nobuhara⁴

¹KEK., ²JRIA, ³JER Co.,Ltd., ⁴TNS Co.,Ltd.

The number of decommissioning of cyclotron facilities for the Positron Emission Tomography (PET) nuclide production is expected to be increased rapidly, in Japan. Guideline for the handling of radioactive materials for the self-shielding and concrete room materials had been established, though that for metallic materials such as yokes, coils, vacuum chamber, and poles, has not yet been established. At present, any metal wastes generated during decommissioning work must be considered as radioactive waste. In this study, in order to establish a roadmap for efficient disposal of the metallic materials of a cyclotron for PET nuclide production, the activation status of the yoke, which accounts for large mass of the cyclotron, was investigated in detail, even down to the inner part of the yoke. We also performed the 3-Dimensional simulation for the activation of entire yoke of the cyclotron by using Monte Carlo simulation PHITS and the calculation result well reproduced the measurement results obtained from the series of evaluations.

Presented at the 20th Annual Meeting of JRSMS(2021).

3.4 Neutron measurements in the treatment room and the accelerator room of the Proton Therapy accelerator at Aizawa Hospital

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

Y. Sugama², M. Araya²

¹KEK, ²Aizawa Hospital Proton Therapy Center

The activation survey of proton therapy accelerator facilities that has been conducted by KEK, showed that the number of neutrons generated in the accelerator room of facilities using a cyclotron is higher than that of a synchrotron. There are multiple irradiation methods, and it was not clear which irradiation method generates more neutrons. The possibility of neutron exposure to patients undergoing treatment in the treatment room was not clear either. In this experiment, we clarified the neutron generation by three different irradiation methods (Scanning method, MLC scanning method, and Wobbler method) at the proton therapy facility of Aizawa Hospital. To measure the patient's neutron exposure, a combination of a TLD which is sensitive to thermal neutrons, and a moderator which moderates fast neutrons to thermal neutrons, was used as the measuring instrument. The moderator was placed on the bed in the treatment room, and the phantom on the bed was irradiated using three irradiation methods. When the patient's proton dose was the same for the three treatment irradiations, the patient's neutron exposure was about the same for the scanning and MLC scanning methods, but 26 times higher for the Wobbler method. To investigate the activation of the facility, a TLD was placed on the floor 2 m away from the degreaser, which is thought to be the place where neutrons are generated in the accelerator room, and the thermal neutron fluence was measured at the same operating time for the three irradiation methods. The thermal neutron fluence of each method was almost the same. In actual treatment, the Wobbler method requires six times longer irradiation time than the scanning method when the irradiation dose to the patient is the same. It means that the Wobbler method radioactivates the facility more than the scanning methods if the number of patients is the same.

Presented at the 20th Annual Meeting of JRSM(2021).

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

K. Nishikawa^{1,2}, T. Miura¹, M. Hagiwara^{1,2}, K. Bessho¹, S. Sekimoto³, H. Nakamura¹, M. Shirakata¹,
H. Yashima³, H. Yamazaki¹, K. Saito¹, A. Kanai⁴

¹KEK, ²QST, ³Kyoto Univ., ⁴TNS

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

absorber in the Neutrino Beam-line. The different mechanisms of radionuclides production in concrete were also discussed.

Published as JPS Conf. Proc. 33, 011148-1 - 011148-6 (2021).

3.6 Development of Disaster Prevention System for Accelerator Tunnel

K. Ishii¹, N. Yamamoto¹, K. Bessho¹, S. Tagashira², Y. Kawabata³, H. Matsuda³

¹KEK, ²Kansai Univ., ³Tobishima Corp.

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 whether there are any workers left and whether they are escaping in the right direction. We developed a disaster prevention system that uses Wi-Fi to transmit the positioning of workers and two-way communication. The Wi-Fi access point (AP) installed in the accelerator tunnel should be radiation resistant. We tested the radiation hardness of commercial AP devices and developed a smartphone application to perform location information transmission and simultaneous character transmission. The system was installed on the J-PARC Main Ring and started its test operation.

Presented in the 12th Int. Particle Acc. Conf. (2021).

4. Nuclear Chemistry and Radiochemistry

4.1 Size analysis of radionuclide-bearing aerosol particles formed from molten radioactive metals using a high-temperature furnace system

Y. Oki¹, T. Miura², A. Toyoda², H. Nakamura², G. Yoshida², H. Matsumura², K. Masumoto²

¹Institute for Radiation and Nuclear Science, Kyoto Univ. (KURNS), ²KEK

Aerosol particles emitted from radioactive molten metal were analyzed according to their particle size to clarify the behavior of radioactive aerosols in the target melting accidents in accelerator facilities. An aerosol collection system has been developed for analysis of metallic aerosol particles formed at high temperature. The system consists of a high-frequency induction furnace and a low-pressure cascade impactor. The heating experiments can be performed up to 1850°C in the nearly aerosol-free condition. In the furnace radioactive metal granular samples (aluminum or gold) were fused in a thermally-insulated pure

carbon crucible in pure argon atmosphere, and the generated aerosols were collected according to their size with the impactor. The radioactive metal samples were prepared in the Main Ring of the J-PARC facility. Radionuclide-bearing particles basically showed slightly different particle size from the non-radioactive parent metal particles. For example, ^{22}Na -bearing aluminum particles were smaller than non-radioactive aluminum particles. The size difference may be influenced by fractionation of radionuclides in the parent metal particles.

Published as KEK Proceedings, 2021-2, 125-129 (2021).

5. Environmental and Analytical Chemistry at Accelerator

5.1 Generation of circular dichroism from superposed porphyrin films

H. Takechi¹, H. Watarai²

¹KEK, ²Osaka Univ.

In this study, we have demonstrated the generation of the circular dichroism (CD) spectra of the superposed oriented achiral porphyrin films and analyzed the observed CD spectra with our new calculation method. The measured CD spectra depended on the twisted angle between the plates and the number of plates superposed. The CD spectra were agreement with the spectra calculated by the Mueller matrices including the observed spectra of linear dichroism (LD) and linear birefringence (LB) of each plate. It revealed that the origin of the CD from the superposed samples was the combination of LD and LB spectra of porphyrin films.

Published in Chirality 53, 242-247 (2021).

Presented at the 81st Discussion Meeting of the Japan Society for Analytical Chemistry (2021).

5.2 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 was studied by measuring radioactivity in the helium gas and by calculating radionuclide productions in the solid components. It was found that transformation of radionuclides into gas phase was highly dependent on the types of elements. This reflects the volatility of radionuclides. Further detailed discussions are in progress.

Published as JPS Conf. Proc. 33, 011143-1 - 011143-6 (2021).

5.3 Measurement of Radioactivity in the Cooling Water for the Primary Beam-line Components at the J-PARC Hadron Experimental Facility

M. Suzuki¹, Y. Kasugai², K. Bessho¹, H. Watanabe¹, H. Takahashi¹, 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 γ -ray emitting nuclides were determined by a liquid scintillation counter and a HPGe detector. Detected nuclides are dominant nuclides, ^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 . These nuclides are produced in metal components and transferred into water. It can be presumed that ^{122}Sb and ^{187}W are originated from the impurity elements contained in the components.

Presented in the 3rd Joint Conference of the the Japan Society of Radiation Safety Management and the Japan Health Physics Society (2021)

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

6.1 Activities of KEK in the Measurements of Radiation Dose and Radioactivity in Iitate Village

K. Iijima, Y. Kishimoto, H. Iwase, T. Sanami, N. N. T. Tran, T. Ishikawa, S. Sasaki

KEK

A decade has passed since the accident of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant (FDNPP). Owing to this accident, large amounts of radionuclides were released into the atmosphere and deposited widely on the ground. Although the deposited densities of radionuclides with short half-lives have decreased below detectable levels, radionuclides with longer half-lives remain in the environment; therefore, the public is subjected to their constant exposure. Currently, the radioisotopes of ^{134}Cs and ^{137}Cs are dominant radionuclides originating from the accident.

The High Energy Accelerator Research Organization (KEK) has supported local governments in reducing the risk of inhabitants exposed to radionuclides released and deposited from the accident. Immediately after the accident, KEK provided radiation protection materials such as protective clothing and instruments for radiation measurement to the Fukushima prefectural office. In addition, two expert researchers assigned from the Radiation Science Center in KEK measured early stage radioactive plumes and identified their actual truths. Radioactive plumes at the Tsukuba area were continuously measured using radiation monitors installed at the boundary of KEK, and information regarding the radiation levels is available to the public through the KEK homepage. In addition, KEK has cooperated with the government in measuring radioactivity in samples such as soils, waters (wells and rivers), and plants, as well as the radiation doses in public spaces.

In addition to these supportive activities, in conformity with the agreement between KEK and Iitate Village in the Fukushima prefecture, KEK continued the activities to measure the radiation levels inside the village from 2011. Iitate village is located in the northern part of the Fukushima Prefecture, approximately 30 km from the FDNPP in the northwest. On March 15th, 2011, the radioactive plumes released from the FDNPP permeated Iitate village and infiltrated into the earth because of the rainfall that occurred almost simultaneously. The radiation level due to the deposited radioactivity was severe; as such, a large proportion of Iitate village was designated as a "Planned Evacuation Zone" until the next year. Evacuation orders were lifted except in the southern part of the village, which was recognized as a "Difficult to Return Zone" on April 1st, 2017. This status is currently maintained.

The activities of KEK in the village were categorized into four groups: (1) 24-h continuous measurement of dose rate with fixed radiation monitors; (2) measurement of radiation over entire village using a high-sensitivity detector equipped with a GPS receiver on the vehicle; (3) advice and educational support related to the nature and protection of radiation; and (4) voluntary trials and effort

to rebuild the villager's life by the staff of KEK. In this document, the data obtained for activities of (1) and (2) are shown, and some considerations regarding matters of interest pertaining to the data are described.

Published from Applied Research Laboratory, KEK (2021).

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、2021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	松村 宏 (～9月) 岩瀬 広 (10月～)
放射線管理室長	松村 宏
放射線管理室長代理	萩原 雅之 (～6月) 飯島 和彦
業務 教育・将来計画	三浦 太一 佐々木 慎一 伴 秀一 榎本 和義 佐々木 慎一 坂木 泰仁 (7月～)

管理区域	氏名	職名等
第1区域 PS 施設 (前段加速器+デジタル加速器)	飯島 和彦 (～6月) 古宮 綾 (7月～) 三浦 太一 古宮 綾 (～6月) 飯島 和彦 (7月～)	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 北カウンターホール	吉田 剛 飯島 和彦 三浦 太一 高原 伸一	管理区域責任者 管理区域副責任者 管理区域副責任者 管理区域業務担当
第3区域 PS 施設 旧中性子ミュオン科学研究施設	飯島 和彦 三浦 太一 古宮 綾	管理区域責任者 管理区域副責任者 管理区域業務担当
第4区域 放射光科学研究施設 (4A) 電子陽電子入射器 (4B)	岸本 祐二 吉田 剛 豊田 晃弘 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

<p>第5区域</p> <p>SuperKEKB 施設 (5A)</p> <p>DR (5B)</p> <p>BT ライン (5C)</p> <p>大強度放射光施設 (5D)</p> <p>ATF (5E)</p>	<p>萩原 雅之 (～6月)</p> <p>飯島 和彦 (7月～)</p> <p>飯島 和彦 (～6月)</p> <p>坂木 泰仁</p> <p>大山 隆弘</p> <p>大山 隆弘</p> <p>岩瀬 広</p> <p>豊田 晃弘</p> <p>萩原 雅之 (～6月)</p> <p>岩瀬 広 (7月～)</p> <p>岩瀬 広 (～6月)</p> <p>坂木 泰仁 (7月～)</p> <p>大山 隆弘</p> <p>吉田 剛</p> <p>坂木 泰仁</p> <p>大山 隆弘</p> <p>豊田 晃弘</p> <p>岸本 祐二</p> <p>古宮 綾</p> <p>高原 伸一</p>	<p>管理区域責任者</p> <p>管理区域副責任者</p> <p>管理区域業務担当</p> <p>管理区域責任者</p> <p>管理区域副責任者</p> <p>管理区域業務担当</p> <p>管理区域責任者</p> <p>管理区域副責任者</p> <p>管理区域業務担当</p> <p>管理区域責任者</p> <p>管理区域副責任者</p> <p>管理区域業務担当</p>
<p>第6区域</p> <p>超伝導リニアック試験施設 (STF) 棟</p>	<p>大山 隆弘</p> <p>岸本 祐二</p> <p>古宮 綾</p> <p>高原 伸一</p>	<p>管理区域責任者</p> <p>管理区域副責任者</p> <p>管理区域業務担当</p>
<p>第7区域</p> <p>RI 実験準備棟、放射化物加工棟、 放射性廃棄物第2,3,4保管棟、 電子陽電子放射性排水処理施設、 12GeVPS 放射性廃液処理施設、放射線管理棟、 放射性試料測定棟、放射線照射棟、 放射化物使用棟、熱中性子標準棟、 PS エネン排水設備</p>	<p>豊田 晃弘</p> <p>古宮 綾</p> <p>高原 伸一</p>	<p>管理区域責任者</p> <p>管理区域副責任者</p> <p>管理区域業務担当</p>

1.1.2 東海キャンパス

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

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

1.2 放射線業務分担

1.2.1 つくばキャンパス

業 務	担当者氏名
管理事務（書類管理を含む） （女子放射線業務従事者対応） （管理システム） （管理事務・従事者登録）	松村 宏 豊島 規子 豊田 晃弘 室町 啓子
出入管理システム	岸本 祐二 高原 伸一 飯島 和彦
放射性物質等 （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 榊本 和義 吉田 剛 豊田 晃弘 岸本 祐二 大山 隆弘 豊田 晃弘 吉田 剛 坂木 泰仁 豊田 晃弘 飯島 和彦 吉田 剛
環境放射能	豊田 晃弘 高原 伸一 古宮 綾
安全管理設備（集中放射線監視システム モニターサーベイメーター等）	萩原 雅之（～6月） 飯島 和彦 岸本 祐二 大山 隆弘 佐々木 慎一
放射能測定器等（Ge 検出器、サンプルチェンジャー、 液体シンチレーションカウンター、 イメージングプレート）	松村 宏 飯島 和彦 高原 伸一 豊田 晃弘 吉田 剛
放射線校正施設（放射線照射棟） （熱中性子準備棟）	飯島 和彦 岸本 祐二 大山 隆弘 萩原 雅之（～6月） 大山 隆弘（7月～）
線量計等（線量計評価、OSL、APD、PD 等）	岩瀬 広 松村 宏 飯島 和彦 高原 伸一 豊田 晃弘 大山 隆弘
機構長の指定する発生装置等	岩瀬 広

安全教育 (オンライン教育開発 含む)	佐波 俊哉 伴 秀一 岸本 祐二
出版物等 (安全ビデオ) (安全の手引き、パンフレット等)	豊田 晃弘 佐波 俊哉 高原 伸一
広報 (WEB 管理・更新) (管理業務ページ) (サーバー管理、環境ページ) (トップページ更新情報) (サーバー管理、研究ページ)	松村 宏 佐藤 充 豊田 晃弘 岩瀬 広
作業環境測定 (内部被ばく評価を含む)	豊田 晃弘 萩原 雅之 (～6月) 大山 隆弘 (7月～) 松村 宏 三浦 太一

発生装置責任者

中性子発生装置 飯島 和彦
X線発生装置 飯島 和彦

1.2.2 東海キャンパス

業務	担当氏名
従事者登録、線量管理、教育訓練、UO対応	高橋 一智 山崎 寛仁
環境放射線管理、廃棄物管理、放射性物質等管理 (表示付認証機器、チェックソース)	中村 一 穂積 憲一
放射線安全管理設備 (出入管理システム、放射線モニター、監視システム)	斎藤 究 山崎 寛仁 長畔 誠司 穂積 憲一 飯島 和彦* 岸本 祐二*
変更申請、委員会等の所内手続事務	山崎 寛仁 斎藤 究

* つくばキャンパス所属

1.3 化学安全管理体制

1.3.1 化学安全関係責任者等

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

1.3.2 化学安全業務分担

化学安全管理業務（総括）	文珠四郎 秀昭
水質検査	佐藤 充 石田 正紀
化学薬品管理	平 雅文 佐藤 充 武智 英明
依頼分析	平 雅文 文珠四郎 秀昭 古宮 綾 石田 正紀 佐藤 充
実験廃液処理	平 雅文 武智 英明
RI 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（2021年4月1日～2022年3月31日）

機構所属の従事者数は734名（女性79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10名（0.3 mSvが1名、0.2 mSvが2名、0.1 mSv 7名）であった。被ばくを受けた作業場所は、所内では電子陽電子入射器棟，SuperKEKB，STF，旧12GeV-PS主リング，他事業所では，J-PARC，筑波大，東北大であった。

(2) 共同利用者、業者の受入（2021年4月1日～2022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3,472名で、内訳は 業者：1,103名（新規262名，更新841名），共同利用者：2,369名（新規1,169名，更新1,200名）であった。被ばく状況は、業者では、0.1 mSvが1名であり、旧12GeV-PSでの作業によるものである。共同利用者の被ばくはなかった。今年度登録された本機構所属以外の放射線業務従事者数は3,208名で、内訳は 業者：1,154名（新規291名、更新863名）、共同利用者：2,054名（新規986名、更新1,068名）であった。

今年度の被ばく状況は、業者では、0.4 mSvが1名、0.3 mSvが1名、0.2 mSvが1名であり、電子陽電子入射器棟(低速陽電子施設)での作業によるものである。共同利用者の被ばくはない。

(3) 女性の被ばく

女性の放射線業務従事者の被ばくはなかった。

(4) 放射性同位元素、核燃料物質等の受入払出

密封されていない放射性同位元素の受入が4件，払出が4件あった。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21件あり，29件が光源棟において放射光実験で，16件が先端計測実験棟で使用された。

2.1.3 申請関係

(1) RI法関係

ア) 第 25 回放射線安全審議委員会で審議された以下の内容で、2021 年 3 月 19 日付で変更申請を行い、9 月 13 日付で承認を得た。

- 1) ERL 開発棟における教育加速器の新設に関わる放射線安全対策
- 2) 直線加速装置入射路の線量評価点の追加に係る放射線安全対策
 - (1) 線量評価点を追加する
- 3) 大強度放射光リングの使用法変更に関する放射線安全対策
 - (1) 使用目的を変更する
 - (2) テストビームラインを新設する
 - (3) 西棟管理区域を縮小する
- 4) SuperKEKB の使用法の変更に係る放射線安全対策
 - (1) BT 加速器調整モードを追加する
 - (2) テストビームラインを廃止する。

イ) 第 26 回放射線安全審議委員会で審議された以下の内容で、2022 年 2 月 28 日付で変更申請をおこなった。

- 1) 陽子加速器施設の赤外レーザー加速器新設、放射化物保管設備変更他直線加速装置入射路の使用に係る放射線安全対策
 - (1) 赤外自由電子レーザー加速器(FEL 加速器)の新設
 - (2) 北カウンターホールの出入口の運用変更
 - (3) EP1 下流部の放射化物保管設備の拡張
- 2) STF の出力増強に係る放射線安全対策
 - (1) STF の最大出力を変更する

(2) 核燃法関係

ア) なし

2.1.4 検査関係

(1) RI 法関係

なし

(2) 核燃法関係

なし

2.1.5 放射線安全審議委員会

ア) 第 26 回放射線安全審議委員会

2021 年 12 月 7 日に開催され、主な議題は以下の通りであった。

- 1) 陽子加速器施設の赤外レーザー加速器新設、放射化物保管設備変更他直線加速装置入射路の使用に係る放射線安全対策
 - (1) 赤外自由電子レーザー加速器(FEL 加速器)の新設
 - (2) 北カウンターホールの出入口の運用変更
 - (3) EP1 下流部の放射化物保管設備の拡張
- 2) STF の出力増強に係る放射線安全対策
 - (1) STF の最大出力を変更する

2.1.6 その他

ア) 機構内検査等

- 1) SuperKEKB に係る変更使用に係る承認に伴い、主任者検査を令和 3 年 10 月 13 日に実施し令和 4 年 3 月 3 日付で使用を許可した
- 2) 測定器開発テストビームラインの変更使用に係る承認に伴い、主任者検査を令和 4 年 2 月 24 日に実施し令和 4 年 3 月 3 日付で使用を許可した
- 3) 教育加速器の変更使用に係る承認に伴い、主任者検査を令和 4 年 3 月 23 日に実施し同日付で使用を許可した

イ) 教育訓練等

- 1) つくばキャンパスにおける令和 3 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 693 名（内英語版 35 名）であった。中止等に依る未受講者 29 名であった。
- 2) KEK 安全週間の一環で「安全作業における講習会」が令和 3 年 11 月 17 日に開催され、岩瀬准教授が放射線安全に関する講習を行った

ウ) 放射線障害予防規程改正関連

- 1) 令和 3 年 10 月 7 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

2.2 東海キャンパス (J-PARC)

2.2.1 J-PARC の進行状況と当放射線科学センターの役割

J-PARC は、日本原子力研究開発機構と高エネルギー加速器研究機構との共同プロジェクトであり、主としてJ-PARC センターが運営を担っている。安全ディビジョンは、放射線管理セクションと安全推進セクション（緊急時支援チームを含む）で構成されている。

当放射線科学センターからはJ-PARCセンターの安全ディビジョンと放射線管理セクションに別所、沼尻、山崎、齋藤、穂積、中村、高橋、長畔の8名が専任として所属し、岸本、飯島、大山が兼任として所属している。また、山崎と齋藤は、安全推進セクションの兼務となっている。

2.2.2 放射線安全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。2021年度も点検、訓練、講習会、規程改訂等の対応が行われた。

2.2.3 放射線申請関係

J-PARCの各施設は原子力科学研究所の敷地内に設置されているため、茨城県との原子力安全協定により、放射線施設の建設前及び規制庁への申請前に新增設等計画書を提出し、建設後には事前了解を得たのち工事完了報告書を茨城県と東海村に提出する必要がある。

2022年2月16日付で原子力規制委員会に変更許可申請を行った。変更内容は、ニュートリノ実験施設のビーム出力増強、ハドロン実験施設のCOMETビームライン新設、物質・生命科学実験施設のミュオンビームライン改造であった。

2020年10月5日付で申請していた変更許可申請（物質・生命科学実験施設のミュオンビームラインの新設と改造、ニュートリノ実験施設の排水設備増設）は、6月9日付で原子力規制委員会の許可が得られた。7月8日に茨城県と東海村から物質・生命科学実験施設の事前了解書が交付され、7月16日に茨城県と東海村に工事完了報告書を提出した。

6月9日付で許可を得ていた物質・生命科学実験施設のミュオンビームラインの新設と改造について、施設検査が2022年1月25日に実施され、1月27日付で合格した。

2.2.4 内部規程の改訂、委員会活動

放射線安全に関する内部規程の見直しを行い、放射線障害予防規程の改正を2回、同予防規程細則の改正を2回、J-PARCセンター事故等通報規則の改正を1回行った。また、諸手続等をまとめた「放射線安全ガイドブック」、放射線管理実務をまとめた「放射線管理要領」の改訂を行った。

JAEA、KEKの2者で申請を行うため、両機関で一元的に検討するための諮問会議として放射線安全委員会が設置されており、2回開催した。また、J-PARCセンター内で放射線安全に関する事項を検討する放射線安全評価委員会が設置されており、4回開催された。放射線安

全評価委員会には特定の技術的項目を審議するための作業部会が設けられている。作業部会である運転手引専門部会を5回、インターロック専門部会を1回開催した。

2.2.5 放射線安全教育

2021年度の新規の入域前教育訓練は、KEK・JAEA職員等 69名、外来業者 978名、ユーザー 559名が受講した。

2021年度の職員等の再教育訓練は、新型コロナウイルス感染症防止の観点から、eラーニングにより実施し、10月から12月まで、所属セクションごとに実施期間を分散させ行った。eラーニング受講期間に受講出来なかった対象者については、eラーニングコンテンツをビデオに再構成して、別途、再教育を実施した。なお、外国人職員等を対象とした英語による再教育については12月にオンライン会議システムを併用して実施した。年度内に対象者全員の 647名が受講した。

また、年度更新者に対する教育訓練は再教育として行い、外来業者 554名、ユーザー 371名が受講した。

3. 化学安全・環境関係

3.1 依頼分析

環境安全管理室では、機構職員、共同利用者から種々の化学分析の依頼、相談を受け付けており、本年度は64件の分析依頼があった。所属別の依頼件数は、素粒子原子核研究所8件、物質構造科学研究所4件、加速器研究施設43件、共通基盤研究施設9件であり、分析内容は64件のうち42件が定性分析、22件が半定量／定量分析の依頼であった。分析に用いる装置の使用頻度は、結晶性化合物の同定が可能なX線回折装置、元素分析が可能なエネルギー分散型X線分析装置の使用が多く、次いでフーリエ変換近赤外分光光度計、ラマン分光光度計の使用が多かった。個々の分析内容、結果については部内レポートCHEM-Aにまとめた。

3.2 環境管理

環境安全管理室員の他、環境・地球温暖化・省エネ対策連絡会委員を中心に、「環境報告2021」を作成し、機構HP上に公開した。さらに印刷した冊子体を関係機関及び近隣の小学校・中学校・高等学校（中等教育学校）に送付するとともに、機構内の関係部署に配布した。

3.3 実験廃液処理

所内各所の化学実験室等から排出される洗浄廃水は実験廃液処理施設に移送し、凝集沈殿処理及び各種樹脂塔への通水により無害化処理を行った。処理水について水質検査を行い、污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208.1 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75.7 m³であった。

廃液処理装置の保守として、洗浄廃水受槽No.1処理槽の水位計のフロート交換、フッ素反応槽－フッ素処理槽間のフィルター交換、汚泥脱水機のオーバーホール及び、洗浄廃液受槽の架台、送排水管用の支柱及びラックの塗装を行った。その他に、ブロワーやポンプ、攪拌機の分解清掃、配管内の汚泥除去や水漏れ対策等を適宜行った。また装置や配管、架台等老朽化している箇所が多く、装置のメンテナンスや設備の更新を検討していく必要がある。

Chapter 3 資料

ここでは、2021 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、2021 年度の放射線科学センター名簿を示した。

1. 外部資金導入状況

1.1 科学研究費補助金

(1) 基盤研究(C)

研究課題名：光核反応からの二次粒子の偏光依存を用いた系統測定による電子加速器の遮蔽設計高度化

研究代表者 佐波俊哉

(2) 基盤研究(C)

研究課題名：低エネルギー荷電粒子の核反応による誘導放射能の系統的測定とデータベース化

研究代表者 八島浩(京大炉)

研究分担者 萩原雅之

(3) 基盤研究(C)

研究課題名：中性子・ガンマ線同時弁別エネルギー分析型リアルタイム検出器の開発

研究代表者 鎌田創(海技研)

研究分担者 萩原雅之

(4) 学術変革領域研究(A) 公募研究

研究課題名：電子陽電子ビームを用いた固定標的実験によるダークマター探索

研究代表者：坂木泰仁

1.2 厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）

(1) 厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）：平成31～令和4年度

研究課題名：加速器トンネルにおける位置情報を活用した防災アプリの開発

研究代表者：石井恒次（KEK 加速器研究施設）

研究分担者：別所光太郎

1.3 受託研究等

(1) 令和2年度英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業（国際協力型廃炉研究プログラム（日英））

研究課題名：無人航走体を用いた燃料デブリサンプルリターン技術の研究開発

研究代表者：鎌田創(海技研)

研究分担者：萩原雅之、岸本祐二、波戸芳仁

1.4 共同開発研究

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

研究代表者：岸本祐二

研究分担者：佐々木慎一、齋藤究、高橋一智、飯島和彦

1.5 その他

(1) 日米科学技術協力事業（高エネルギー物理学）

研究課題名：大強度陽子ビーム生成標的・窓材料に関する先端的研究

研究代表者：石田卓

研究分担者：萩原雅之

(2) 2021年度 TIA 連携プログラム探索推進事業「かけはし」

研究課題名：加速器生成中性子の実験および理論的評価

共同研究者：岩瀬広、山崎寛仁、坂木泰仁、大山隆弘

2. 共同研究等

2.1 大学等との共同研究

2.1.1 共同研究（覚え書き等によるもの）

(1) 研究課題名：CERN/CHARM施設での24GeV陽子からの二次中性子の遮蔽透過実験

共同研究先：CERN

研究代表者：Robert Froeschl (CERN)、佐波俊哉 (KEK)

研究分担者：大山隆弘、長畔誠司、萩原雅之、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：Tran Kim Tuyet、Nugyen Thuong、山崎寛仁、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：佐々木慎一

研究分担者：齋藤究

(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
- (8) 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、佐藤達彦(JAEA)
研究担当者：岩瀬広、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：石川正
研究分担者：佐々木慎一、飯島和彦、岸本祐二

2.2 民間との共同研究

- (1) 研究課題名：高エネルギー加速器を用いた生成粒子と遮蔽透過の測定
共同研究先：清水建設株式会社
研究代表者：佐波俊哉
研究分担者：坂木泰仁、照沼信浩、森川祐
- (2) 研究課題名：放射線発生装置使用施設に係る放射化機構の研究及びクリアランス等の
検認技術の開発
共同研究先：東京ニュークリア・サービス株式会社
研究代表者：吉田 剛
研究分担者：豊田晃弘、中村 一、三浦太一
- (3) 研究課題名：放射線環境下にあるサイクロトロン本体及び周辺機器の放射化評価に関
する研究
共同研究先：住友重機械工業株式会社
研究代表者：松村 宏
研究分担者：吉田 剛、豊田晃弘、中村一
- (4) 研究課題名：サイクロトロンを使用した陽子線治療施設における中性子発生に関する
研究
共同研究先：相澤病院
研究代表者：松村 宏
研究分担者：吉田 剛、中村 一、豊田晃弘
- (5) 研究課題名：超伝導加速空洞表面処理技術の開発
共同研究先：マルイ鍍金工業 千葉・柏工場、姫路工場、開発研究施設

研究代表者：早野 仁

研究分担者：文珠四郎秀昭

(6) 研究課題名：ガンマカメラによる放射化物の画像化の研究

共同研究先：株式会社豊田放射線研究所

研究代表者：松村 宏

研究分担者：吉田 剛, 豊田晃弘

2.3 共同利用研究（施設利用）

(1) 研究課題名：重粒子によるしきいエネルギー付近の核反応に関する研究

共同研究先：放射線医学総合研究所

研究代表者：八島浩 (京大複合研)

研究分担者：萩原雅之、佐波俊哉

(2) 研究課題名：ダイヤモンド検出器ならびにCLYCシンチレータの中性子に対する応答関数の整備

共同研究先：日本原子力研究開発機構

研究代表者：萩原雅之

研究分担者：Xu Xiuqing

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（3年次編入学）

博士：Tran Kim Tuyet

指導教員：佐波俊哉、山崎寛仁

(2) 博士課程（5年一貫制）

博士：Nguyen Thuong

指導教員：佐波俊哉、吉田剛

(3) 博士課程（3年次編入学）

博士：Xu Xiuqing

指導教員：萩原雅之、岩瀬広

(4) 博士課程（5年一貫制）

博士：Mohd Faiz bin Mohd Zin

指導教員：山崎寛仁、岩瀬広

3.2 学位論文等の指導（他大学）

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

(2) 日本アクア株式会社

学術指導題目：分光的手法による薬液中成分濃度の連続測定手法の開発

学術指導代表者：文珠四郎秀昭

4. センター開催の研究会及びシンポジウム

4.1 第28回 EGS 研究会

主催：KEK 放射線科学センター

開催場所：オンライン

開催期間：2021年7月27日、28日

参加者数：30名

4.2 第36回研究会「放射線検出器とその応用」

主催：KEK 放射線科学センター、応用物理学会・放射線分科会

開催場所：オンライン

開催期間：2022年1月24日（月）～ 26日（水）

参加者：103名

4.3 第23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・環境放射能分科会

開催場所：オンライン

開催期間：2022年3月8日～3月10日

参加登録者：234名

5. 教育活動

5.1 総合研究大学院大学

- (1) 総研大共通専門科目放射線物理学 ("Radiation Physics")
- (2) 総研大加速器科学専攻専門科目 放射線計測概論
- (3) 総研大共通専門科目加速器概論Ⅱ／同演習Ⅱ ("Radiation Interaction and Detection")
- (4) 総研大 Special Subject of the Department of Accelerator Science, Introduction to Radiation Detection and Measurement

5.2 非常勤講師等

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

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) JENDL委員会核データ測定戦略検討WG委員
- (4) J-PARC放射線安全評価委員会委員
- (5) 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
- (6) 東京都市大学原子炉安全委員会委員
- (7) 欧州宇宙機関(ESA) コンサルタント

6.2 学会等

- (1) 大学等放射線施設協議会常議員
- (2) 大学等放射線施設協議会理事
- (3) 日本原子力学会核データ部会運営委員
- (4) 日本原子力学会 英文論文誌 "Journal of Nuclear Science and Technology" 編集委員
- (5) 日本原子力学会放射線工学部会運営委員
- (6) 応用物理学会放射線分科会幹事部会委員
- (7) 核データ研究会実行委員
- (8) ICRS14/PRSD2020 Technical Program Committee Member
- (9) JENDL 委員会専門委員

- (10) 日本原子力学会「遮蔽解析手法 V&V 検討」研究専門委員会委員
- (11) 日本保健物理学会放射線安全文化の醸成に関する専門研究会委員
- (12) 日本放射化学会理事
- (13) 日本分光学会代議員
- (14) NPO 法人放射線安全フォーラム理事

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

- (1) ウインターサイエンスキャンプ講師
開催場所：オンライン
開催期間：2021 年 12 月 27 日 8:30 - 18:00
講師：坂木泰仁、岩瀬広（補助）
- (2) サマーチャレンジ講師
担当実習：10 班 自然放射線を理解しよう
開催場所：KEK
開催期間：2021 年 2 月 22 日 - 2 月 26 日
講師：岩瀬広

6.4 社会貢献等

- (1) 福島支援：福島県飯舘村の復興に向けた放射線測定支援

7. 受賞記録

- (1) 2021 Symposium on Nuclear Data POSTER PRESENTATION AWARD, 杉原 健太（九州大学）、執行信寛（九大）、李恩智（North Carolina State University）、佐波俊哉(KEK)、田中 鐘信（理研）、” Study on JQMD and INCL models for α particle incident neutron production” 2021 年 11 月
- (2) JNST Most Popular Article Award 2021, “Neutron emission spectrum from gold excited with 16.6 MeV linearly polarized monoenergetic photons” Yoichi Kirihara, Hiroshi Nakashima, Toshiya Sanami, Yoshihito Namito, Toshiro Itoga, Shuji Miyamoto, Akinori Takemoto, Masashi Yamaguchi & Yoshihiro Asano, 2022 年 3 月
- (3) 日本原子力学会 放射線工学部会 奨励賞, 大山 隆弘, “Measurements of secondary-particle emissions from copper target bombarded with 24-GeV/c protons”, 2021 年 9 月
- (4) 吉田 剛, 第 3 回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会 優秀プレゼンテーション賞, PET 核種製造用サイクロトロンにおける金属の放射化状況について

- (5) 豊田晃弘, KEK 技術賞, 加速器施設における放射化物管理システムの構築」
- (6) 日本原子力学会 核データ部会奨励賞, T.K.Tran, “Energy and angular distribution of photo-neutrons for 16.6 MeV polarized photon on medium-heavy targets”. 2021年9月
- (7) J. Nucl. Sci. and Technol. 誌 Most Cited/Popular Article Award 2021, Y.Kirihara, H.Nakashima, T.Sanami, Y. Namito, T.Itoga, S.Miyamoto, A.Takemoto, M.Yamaguchi, Y.Asano, “Neutron emission spectrum from gold excited with 16.6 MeV linearly polarized monoenergetic photons”, J.Nucl. Sci. Tech. **57**, 444-456 (2020).

8. 放射線科学センター名簿

佐波 俊哉 ^(*)	中村 一 ^(#)	伴 秀一 ^(g)
沼尻 正晴 ^(#)	飯島 和彦	榊本 和義 ^(g)
松村 宏	高原 伸一	三浦 太一 ^(g)
別所 光太郎 ^(#)	豊田 晃弘	佐々木 慎一 ^(g)
山崎 寛仁 ^(#)	高橋 一智 ^(#)	佐藤 充 ^(c)
齋藤 究 ^(#)	長畔 誠司 ^(#)	近藤 健次郎 ^(c)
岩瀬 広	古宮 綾	平山 英夫 ^(c)
萩原 雅之 (～ 6/30)	大山 隆弘	Tran Kim Tuyet ⁽ⁱ⁾ (～ 9/30)
岸本 祐二	石田 正紀	Xu Xiuqing ⁽ⁱ⁾ (～ 3/31)
吉田 剛	文珠四郎 秀昭 ^(a)	Mohd F. M. Zin ⁽ⁱ⁾
武智 英明	穂積 憲一 ^{(d)(#)}	Nguyen Thoung ⁽ⁱ⁾ (10/1 ～)
坂木 泰仁	平 雅文 ^(d)	豊島 規子
		室町 啓子

(*) 放射線科学センター長

(#) J-PARC センター所属

(a) 特別教授

(b) 特別技術専門職

(c) 研究支援員

(d) シニアフェロー

(e) ダイヤモンドフェロー

(f) 博士研究員

(g) 研究員

(h) 協力研究員

(i) 総合研究大学院大学

(j) 特別共同利用研究員

Chapter 4 Publication List

1. Papers (2021.1.1~2021.12.31)

- (1) E. Lee, N. Shigyo, T. Kajimoto, T. Sanami, N. Nakao, R. Froeschl, E. Iliopoulou, A. Infantino, S. Roesler, M. Brugger, “Energy spectra of neutrons penetrating concrete and steel shielding blocks from 24 GeV/c protons incident on thick copper target”, Nucl. Instrum. Methods **A 968** (2021)165189 (doi.org/10.1016/j.nima.2021.165189)
- (2) N. Nakao, T. Kajimoto, T. Sanami, R. Froeschl, E. Iliopoulou, A. Infantino, H. Yashima, T. Oyama, S. Nagaguro, E. Lee, T. Matsumoto, A. Masuda, Y. Uwamino, S. Roesler, M. Brugger, “Measurements and Monte Carlo simulations of high-energy neutron streaming through the access maze using activation detectors at 24 GeV/c proton beam facility of CERN/CHARM”, J. Nucl. Sci. Technol. Vol.58 No.8 (2021) 899-907. (doi.org/10.1080/00223131.2021.1887003)
- (3) T.K. Tuyet, T. Sanami, H. Yamazaki, T. Itoga, A. Takeuchi, Y. Namito, S. Miyamoto, Y. Asano, “Energy and angular distribution of photo-neutrons for 16.6 MeV polarized photon on medium–heavy targets”, Nucl. Instrum. Methods **A 989** (2021)164965. (doi.org/10.1016/j.nima.2020.164965)
- (4) T. Ishikawa, H. Fujimura, H. Fukasawa, R. Hashimoto, Q. He, Y. Honda, T. Iwata, S. Kaida, J. Kasagi, A. Kawano, S. Kuwasaki, K. Maeda, S. Masumoto, M. Miyabe, F. Miyahara, K. Mochizuki, N. Muramatsu, A. Nakamura, K. Nawa, Y. Obara, S. Ogushi, Y. Okada, K. Okamura, Y. Onodera, K. Ozawa, Y. Sakamoto, M. Sato, H. Shimizu, H. Sugai, K. Suzuki, Y. Tajima, S. Takahashi, Y. Taniguchi, Y. Tsuchikawa, H. Yamazaki, R. Yamazaki, and H. Y. Yoshida, “Resonance-like structure near the ηd threshold in the $\gamma d \rightarrow \pi^0 \eta d$ reaction”, Phys. Rev. **C 104** (2021) L052201 (6 pages).
- (5) Y. Hirakawa, M. Senda, K. Fukuda, H. Y. Yu, M. Ishida, M. Taira, K. Kinbara, T. Senda, “Characterization of a novel type of carbonic anhydrase that acts without metal cofactors”, BMC Biology **19** (2021) 105. (doi.org/10.1186/s12915-021-01039-8)
- (6) H. Takechi, H. Watarai, “Generation of circular dichroism from superposed porphyrin films”, Chirality **33** (2021) 242-247. (doi.org/10.1002/chir.23302)

- (7) K. Bessho, M.Hagiwara, H.Watanabe, K.Nishikawa, R.Kurasaki, R.Muto Y.Kasugai, K.Saito, H.Yamazaki, “Analysis of Radionuclides in Helium Gas Circulating Through the Target Chamber at the J-PARC Hadron Experimental Facility”, JPS Conf. Proc. **33** (2021) 011143.
(doi.org/10.7566/jpscp.33.011143)
- (8) K. Nishikawa, T. Miura, M. Hagiwara, K. Bessho, S. Sekimoto, H. Nakashima, M. Shirakata, H. Yashimna, H. Yamazaki, K. Saito, A. Kanai, “Measurement of Radioactivity Produced in Concrete at the J-PARC Accelerator TRunnel”, JPS Conf. Proc. **33** (2021) 011148.
(doi.org/10.7566/jpscp.33.011148)
- (9) K. Kiriya, K. Bessho, H. Isozaki, M. Tada, M. Ieiri, T. Takayanagi, E. Yanaoka, Y. Hashimoto, K. Aizawa, K. Funakoshi, K. Inoue, C. Kubota, M. Shibayama, M. Sugawara, T. Tanaka, Y. Nakane, Y. Miyamoto, T. Ishii, “Machining Environments in J-PARC and Their Safety Management”, JPS Conf. Proc. **33** (2021) 011145. (doi.org/10.7566/jpscp.33.011145)
- (10) S. Ajimura, M. Botran, J.H. Choi, J.W. Choi, M.K. Cheoun, T. Dodo, H. Furuta, J. Goh, K. Haga, M. Harada, S. Hasegawa, Y. Hino, T. Hiraiwa, H.I. Jang, J.S. Jang, M.C. Jang, H. Jeon, S. Jeon, K.K. Joo, J.R. Jordan, D.E. Jung, S.K. Kang, Y. Kasugai, T. Kawasaki, E.J. Kim, J.Y. Kim, S.B. Kim, W. Kim, H. Kinoshita, T. Konno, D.H. Lee, S. Lee, I.T. Lim, E. Marzec, T. Maruyama, S. Masuda, S. Meigo, H. Monjushiro, D.H. Moon, T. Nakano, M. Niiyama, K. Nishikawa, M. Nomachi, M.Y. Pac, J.S. Park, S.J.M. Peeters, H. Ray, G. Roellinghoff, C. Rott, K. Sakai, S. Sakamoto, T. Shima, C.D. Shin, J. Spitz, I. Stancu, Y. Sugaya, F. Suekane, K. Suzuya, M. Taira, R. Ujiiie, Y. Yamaguchi, M. Yeh, I.S. Yeo, C. Yoo, I. Yu, A. Zohaib, “The JSNS² detector”, Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A **1014** (2021), 165742. (doi.org/10.1016/j.nima.2021.165742)
- (11) J.S. Park, S. Ajimura, M. Botran, J.H. Choi, J.W. Choi, M.K. Cheoun, T. Dodo, H. Furuta, J. Goh, M. Harada, S. Hasegawa, Y. Hino, T. Hiraiwa, H.I. Jang, J.S. Jang, M.C. Jang, H. Jeon, S. Jeon, K.K. Joo, J.R. Jordan, D.E. Jung, S.K. Kang, Y. Kasugai, T. Kawasaki, E.J. Kim, J.Y. Kim, S.B. Kim, W. Kim, H. Kinoshita, T. Konno, D.H. Lee, S. Lee, I.T. Lim, E. Marzec, T. Maruyama, S. Meigo, H. Monjushiro, D.H. Moon, T. Nakano, M. Niiyama, K. Nishikawa, M. Nomachi, M.Y. Pac, J.S. Park, S.J.M. Peeters, H. Ray, G. Roellinghoff, C. Rott, K. Sakai, S. Sakamoto, T. Shima, C.D. Shin, J. Spitz, I. Stancu, Y. Sugaya, F. Suekane, K. Suzuya, M. Taira, R. Ujiiie, M. Yeh, I.S. Yeo, C. Yoo, I. Yu, A. Zohaib, “Slow control and monitoring system at the JSNS²”, Progress of Theoretical and Experimental Physics, **2021** (2021), 063C01. (doi.org/10.1093/ptep/ptab044)
- (12) G. Yoshida, H. Matsumura, H. Nakamura, A. Toyoda, K. Masumoto, T. Miura, K. Sasa, T.

Moriguchi, “Survey Methodology for the Activation of Beamline Components in an Electrostatic Proton Accelerator,” Radiation Safety Management, 20, 1-8 (2021), DOI: <https://doi.org/10.12950/rsm.200813>

- (13) K. Masumoto, H. Matsumura, T. Miura, G. Yoshida, A. Toyoda, H. Nakamura, K. Bessho, T. Nakabayashi, F. Nobuhara, K. Sasa, T. Moriguchi, H. Tsuchida, S. Matsuyama, M. Matsuda, A. Taniike, “Evaluation of Activated Area in the Electrostatic Accelerator Facilities,” Radiation Protection, 41, 145-150 (2021).
- (14) Felix Horst, Dieter Schardt, Hiroshi Iwase, Christoph Schuy, Marco Durante, Uli Weber, “Physical characterization of ^3He ion beams for radiotherapy and comparison with ^4He ”, Physics in Medicine & Biology 66(9) 095009-095009, 2021.
- (15) K. Asai, S. Iwamoto, Y. Sakaki, D. Ueda, “New physics searches at the ILC positron and electron beam dumps”, JHEP 09 (2021) 183. ([doi.org/10.1007/JHEP09\(2021\)183](https://doi.org/10.1007/JHEP09(2021)183))

2. Publication in Japanese (2021.1.1~2021.12.31)

- (1) 寺沢和洋, 佐々木慎一, 岸本祐二, 高橋一智, 永松愛子, 身内賢太郎, 「宇宙放射線線量計測器 PS-TEPC の長期運用のための取り組み」, Space Utilization Research, Vol. 35 2020: Proceedings of The Thirty-fifth Space Utilization Symposium (2021).
- (2) 廃炉国際共同研究センター, 高エネルギー加速器研究機構, 「先端計測技術の融合で実現する高耐放射線燃料デブリセンサーの研究開発(委託研究); 令和元年度英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」, JAEA-Review 2020-058. (doi.org/10.11484/jaea-review-2020-058)
- (3) 八島浩, 萩原雅之, 佐波俊哉, 合川正幸, 右近直之, 鎌田創, 米内俊祐, 「重粒子によるしきいエネルギー付近の核反応に関する研究」, 令和 2 年度放医研サイクロトロン利用報告書 QST-M-32, pp.26-28.
- (4) 寺沢和洋, 岸本祐二, 佐々木慎一, 高橋一智, 俵裕子, 齋藤究, 身内賢太郎, 永松愛子, 勝田真登, 榊田大輔, 中手直哉, 中村裕広, 松本晴久, 藤田康信, 谷森達, 窪秀利, 明石小百合, 福山誠二郎, 河本泰成, 岩本慎也, 寺門康男, 北村尚, 小平聡, 「位置有感比例

計数管の重イオンに対する応答」, 2020 年度放射線医学総合研究所・重粒子線がん治療装置等共同利用研究報告書 (2021).

- (5) 武智英明, 「溶液中に分散した単一ナノ粒子のキラル測定」, ぶんせき (2021) 130.
- (6) 三浦 佑太, 八代 仁, 仁井 啓介, 文珠四郎 秀昭, “硫酸溶液中におけるニオブの電解研磨に対するパルス電位モードの影響,” 材料と環境, **70**(2021) 145-149. (doi.org/10.3323/jcorr.70.145)
- (7) 榎本和義, サーベイメータで線量率や放射能をはかる, FBNews No.538 ('21.10.1 発行) p.14-18
- (8) 松村宏, こーひーぶれいく「コロナ禍でも前進する剣道」, Isotope News 778, 2021 年 12 月号, 47 (2021).
- (9) 松村宏, 吉田剛, 三浦太一, 福田茂樹, 福田将史, 肥後壽泰, 竹内保直, 森川祐, 濁川和幸, 芳賀開一, 長橋進也, 帯名崇, 中村典雄, 加藤龍好, 阪井 寛志, 「ERL 開発棟における教育加速器の新設に係わる放射線安全対策」, KEK Internal 2021-3 (2021).
- (10) 松村 宏, 榎本 和義, 吉田 剛, 豊田 晃弘, 中村 一, 三浦 太一, 「加速器施設廃止のための放射化の測定と評価」, 加速器, 18 巻 2 号, 「解説」欄, pp. 63-71 (2021).
- (11) 松村宏 (研究代表者), 2020 年度原子力規制委員会原子力規制庁放射線安全規制研究戦略的推進事業「加速器施設の廃止措置に係わる放射化物の測定, 評価の手法の確立」報告書, 2021 年 3 月.

3. Proceedings (2021.1.1~2021.12.31)

- (1) T. K. Tuyet, Y.Sakaki, T. Sanami, H. Yamazaki, T. Itoga, A. Takeuchi, S. Miyamoto, Y. Asano, “Comparison of double-differential cross sections between JENDL/PD-2016.1 and experimental data for photo-neutron production of medium-heavy nuclei at 16.6 MeV”, Proceedings of the 2020 symposium on nuclear data, JAEA-Conf-2021-001, INDC(JPN)-207, 189. (doi:10.11484/jaea-conf-2021-001)
- (2) Koichi Nishikawa, Taichi Miura, Masayuki Hagiwara, Kotaro Bessho, Shun Sekimoto, Hajime Nakamura, Masashi Shirakata, Hiroshi Yashima, Hirohito Yamazaki, Kiwamu Saito, and

- Atsushi Kanai, “Measurement of Radioactivity Produced in Concrete at the J-PARC Accelerator Tunnel”, Proceedings of the 3rd J-PARC Symposium, JPS Conf. Proc. **33** (2021) 011148,.
(doi.org/10.7566/jpscp.33.011148)
- (3) Takahiro Oyama, Seiji Nagaguro, Masayuki Hagiwara, Hajime Nakamura, Masashi Shirakata, Kiwamu Saito, and Hirohito Yamazaki, “Measurements and Characterization of Air Activation in J-PARC Main Ring”, Proceedings of the 3rd J-PARC Symposium, JPS Conf. Proc. **33** (2021) 011147. (doi.org/10.7566/jpscp.33.011147)
- (4) Kotaro Bessho, Masayuki Hagiwara, Hiroaki Watanabe, Koichi Nishikawa, Ruri Kurasaki, Ryotara Muto, Yoshimi Kasugai, Kiwamu Saito, and Hirohito Yamazaki, “Analysis of Radionuclides in Helium Gas Circulation Through the Target Chamber at the J-PARC Hadron Experimental Facility”, Proceedings of the 3rd J-PARC Symposium, JPS Conf. Proc. **33** (2021) 011143.
(doi.org/10.7566/jpscp.33.011143)
- (5) K. Kiriwama, K. Bessho, H. Isozaki, M. Tada, M. Ieiri, T. Takayanagi, E. Yanaoka, Y. Hashimoto, K. Aizawa, K. Funakoshi, K. Inoue, C. Kubota, M. Shibayama, M. Sugawara, T. Tanaka, Y. Nakane, Y. Miyamoto, T. Ishii, “Machining Environments in J-PARC and Their Safety Management”, JPS Conf. Proc. **33** (2021) 011145. (doi.org/10.7566/jpscp.33.011145)
- (6) Makoto Imai, Souji Obara , Tadashi Ogawa , Takaaki Sano , Yoichi Tao , Muneo Kanno , Masaji Takahashi , Masaru Mizoguchi , Kazuhiko Iijima , Tadashi Ishikawa , Shin-ichi Sasaki , “Relation between spatial and personal doses of environmental radioactivity in Fukushima II”, Proceedings of the 22nd Workshop on Environmental Radioactivity, KEK Proceedings 2021-2, (2021)pp.157-163.
- (7) M. Hagiwara, H. Yashima, T. Sanami, S. Yonai, “Measurement of the Excitation Function of $^{96}\text{Zr}(\alpha,x)^{99}\text{Mo}$ Reaction up to 32 MeV”, The Springer Proceedings in Physics book series (SPPHY,volume 254) Compound-Nuclear Reactions (2021) pp.255–257.
- (8) H. Yashima, M. Hagiwara, T. Sanami, S. Yonai, “Excitation Function Measurements of Alpha-Induced Reaction on Natural Copper and Titanium Up To 46 MeV”, The Springer Proceedings in Physics book series (SPPHY,volume 254) Compound-Nuclear Reactions (2021) pp.251–253.
- (9) K. Ishi, N. Yamamoto, K. Bessho, S. Tagashira, Y. Kawabata, H. Matsuda, K. Masumoto, M. Yoshioka, "Development of Disaster Prevention System for Accelerator Tunnel", Proceeding of the 12th International Particle Accelerator Conference.

4. Reports (2021.1.1~2021.12.31)

- (1) M. Hagiwara, "Development of radiation-resistant neutron sensor using a diamond detector", KEK Annual Report 2020.04-2021.03 ISSN 1344-1299 (2021) 72-73.
- (2) H. Hirayama, K., Kondo, K. Iijima, " β -ray response of personal dosimeter NRF54", KEK Report 2021-1 (May, 2021)
- (3) H. Hirayama, Y. Namito, H. Matsumura, T. Sanami,, "Radiation information at the Fukushima Prefecture Monitoring Post during March 2011", KEK Internal 2020-8 (Feb. 2021)

5. Presentation at Conferences (2021.4.1~2022.3.31)

5.1 International Conference

5.2 Invited Talk

- (1) 令和3年度原子力規制委員会委託事業「放射線安全規制研究戦略的推進事業費
(放射線防護研究分野における課題解決型ネットワークとアンブレラ型統合プラットフォーム
の形成) 放射線防護を理解するための Webinar 令和3年11月26日(金) 16:00~17:30
“放射線防護の各論：放射性物質の合理的管理と廃棄”
- (2) 日本原子力学会放射線工学部会主催
標準委員会基盤応用・廃炉技術専門部会廃止措置分科会及び放射線遮蔽分科会共催
「放射線遮蔽設計法に係るワークショップ」第6回
令和3年8月20日(金) 10:00-17:30 Web会議
“加速器施設の廃止措置”
- (3) 令和3年度第1回ラドネット研究会
令和3年6月19日(土) 14:00~17:00
“加速器施設の廃止措置”
- (4) 第71回放射線防護研究会
2021年12月18日(土) 13:30~17:00
“クリアランスレベルの考え方と測定の不確かさの論点について-加速器の立場から”

- (5) PHITS プロモーション動画公開記念オンラインセミナー， Web 開催， 2021 年 5 月
1) 坂木泰仁，“ミュオン生成モデルの開発とその応用”.
- (6) 新テラスケール研究会， Web 開催， 2021 年 5 月
1) 坂木泰仁，“LLP searches in fixed target experiments”.
- (7) 阪大素粒子セミナー， Web 開催， 2021 年 6 月
1) 坂木泰仁，“Fixed target experiments using electron and positron beams”.
- (8) 2nd seminar in S-LLP: Seminar series on Long Lived Particle searches, Online, July 2021
1) Y. Sakaki, “Long-lived particle searches using ILC beam”.
- (9) Seminar at Theoretical Particle and Hadron Physics Group of Hiroshima University , Online, July 2021
1) Y. Sakaki, “Fixed target experiments using electron and positron beams”.
- (10) ILC Workshop on Potential Experiments (ILCX2021), Online, Oct. 2021
1) Y. Sakaki, “Beam dump experiments with thick and thin shielding at the ILC”.
- (11) Seminar at The Kobayashi-Maskawa Institute for the Origin of Particles and the Universe (KMI) of Nagoya University, Online, Oct. 2021
1) Y. Sakaki, “Fixed target experiments using electron and positron beams”.
- (12) 山口大学研究推進体「先端的計測・分析基盤技術の創出」第6回勉強会， Web 開催， 2022 年 3 月 4 日
1) 文珠四郎秀昭，「分光器を用いない顕微ラマンイメージング装置の開発」

5.3 Domestic Conference

- (1) 日本原子力学会2021年秋の年会， オンライン， (2021.9.8-10)
1) 山田瑞貴、山口雄司、佐波俊哉、松藤成弘、魚住裕介「180MeV/u 12Cビーム入射荷電粒子生成二重微分断面積の測定」
- (2) 2021 年度核データ研究会， オンライン， (2021.11.18-19)
1) K.Sugihara, N.Shigyo, E.Lee, T. Sanami, K.Tanaka, “Study on JQMD and INCL models for α particle incident neutron production”

- (3) 第36回宇宙環境利用シンポジウム, オンライン, (2022.1.18-19)
- 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 「国産能動型宇宙放射線線量計の開発状況と将来展望」
- (4) 第36回研究会「放射線検出器とその応用」, オンライン開催, (2022.1.24-26)
- 1) 佐々木慎一 「研究会からの卒業」
 - 2) M. Faiz, H. Iwase, Y. Sakaki, H. Yamazaki, “Evaluation of the Energy Response for Neutron Rem Counter”
- (5) 日本原子力学会2022年春の年会, オンライン, (2022.3.16-18)
- 1) 後神進史, 松本哲郎, 増田明彦, 真鍋征也, 原野秀樹, 佐藤理, 奥野功一, 佐波俊哉, 「遮蔽解析コードV&Vにおける妥当性確認実験の計画及び予備実験」
- (6) 日本物理学会 2021年秋季大会, オンライン, (2021.9.14-17)
- 1) 谷山天晴, 中村正吾, 小林和哉, 山口貴大, 吉本圭佑, 笠見勝祐, 斎藤究, 佐々木慎一, 春山富義, 三原智, 森山茂栄, 「次世代の暗黒物質探索実験に向けた液体キセノンの近赤外発光測定のための装置開発」
 - 2) 坂木泰仁, 「KEK 固定標的実験における長寿命粒子探索」
- (7) 日本物理学会 第77回年次大会, オンライン, (2022.3.15-19)
- 1) 谷山天晴, 中村正吾, 小林和哉, 吉本圭佑, 笠見勝祐, 斎藤究, 佐々木慎一, 春山富義, 三原智, 森山茂栄, 「液体キセノンの赤外発光の測定-8」
- (8) 第81回分析化学討論会, オンライン, (2021.5.22-23)
- 1) 武智英明, 渡會仁, 「配向ポルフィリン薄膜の重ね合わせにより生じる円二色性」
- (9) 第18回日本加速器学会年会, オンライン, (2021.8.9-12)
- 1) 後藤 剛喜, 早野 仁司, 梅森 健成, 宍戸 寿郎, 文珠四郎 秀昭, 「超伝導Nb空洞処理用の縦型電解研磨装置の導入」
- (10) 第23回「環境放射能」研究会, オンライン, (2022.3.8-10)
- 1) 松村宏, 榎本和義, 吉田剛, 豊田晃弘, 中村一, 三浦太一, 「放射線発生装置廃止のための放射化測定評価マニュアル」の発行と今後の予定, 第23回「環境放射能」研究会
 - 2) 吉田剛, 松村宏, 中村一, 豊田晃弘, 三浦太一, 榎本和義, 笹公和, 森口哲朗, 松村

万寿美, 「可搬型 γ 線イメージング装置 GeGI5 を用いた加速器放射化評価への応用の見込み」

(11) 第3回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会, オンライン, (2021.12.1-3)

- 1) 豊田 晃弘, 松村 宏, 榎本 和義, 吉田 剛, 中村 一, 三浦 太一, 「放射線発生装置廃止のための放射化測定評価マニュアルの内容1 -放射線発生装置の放射化区分のための測定と結果-」
- 2) 松村 宏, 榎本 和義, 吉田 剛, 豊田 晃弘, 中村 一, 三浦 太一, 「放射線発生装置廃止のための放射化測定評価マニュアルの内容2 -廃止措置時の測定と評価手法-」
- 3) 吉田 剛, 松村 宏, 豊田 晃弘, 中村 一, 榎本 和義, 三浦 太一, 斉藤 義弘, 山田 正明, 塩原 良建, 長島 洋子, 延原 文義, 「PET 核種製造用サイクロトロンにおける金属の放射化状況について」
- 4) 中村 一, 松村 宏, 豊田 晃弘, 吉田 剛, 榎本 和義, 三浦 太一, 須釜 裕也, 荒屋 正幸, 「相澤病院の陽子線治療加速器施設における加速器室と治療室で発生する中性子測定」
- 5) 鈴木麻純, 春日井好己, 別所光太郎, 渡邊丈晃, 高橋仁, 西川功一, 高橋一智, 山崎寛仁, 「J-PARC ハドロン実験施設一次ビームライン冷却水中の放射能測定」

(12) 日本放射化学会第65回討論会 (2021), オンライン, (2021.9.22-24)

- 1) 松村宏, 榎本和義, 吉田剛, 豊田晃弘, 中村一, 三浦太一, 「放射線発生装置廃止のための放射化測定評価マニュアル」
- 2) 吉田剛, 松村宏, 中村一, 豊田晃弘, 三浦太一, 榎本和義, 笹公和, 森口哲朗, 松村万寿美, 「可搬型 γ 線イメージング装置 GeGI5 による加速器放射化評価の可能性」

6. 編集 (2021.4.1～2022.3.31)

- (1) S. Sasaki, Y. Kishimoto, M. Hagiwara, T. Sanami, H. Yamazaki, K. Saito and K. Iijima: “Proceedings of the 35th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses”, KEK Proceedings 2021-3 (2021).
- (2) K. Bessho, H. Matsumura and G. Yoshida: “Proceedings of the 22nd Workshop on Environmental Radioactivity”, KEK Proceedings 2021-2 (2021) .

7. 手引き等 (2021.4.1～2022.3.31)

- (1) 放射線安全の手引き、放射線科学センター、2021年10月
- (2) 放射線安全の手引き(別冊)、放射線科学センター、2021年10月

8. 単行本 (2021.4.1～2022.3.31)

該当なし

