

Activity Report of
Radiation Science Center
in Fiscal 2020

KEK

Radiation Science Center
Applied Research Laboratory



High Energy Accelerator Research Organization

© High Energy Accelerator Research Organization (KEK), 2021

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
2020 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 researches using high energy accelerators in KEK. The center also conducts research and development in the field related to the management work. This report is devoted to summarize our activities related to the R&D activities. The first section describes abstracts of each research activities performed in this fiscal year. The second part is for the summary related to the safety management work which includes job assignment and overview. The third part indicates the data related to our activities including grant, awards, list of outside committees we are engaged in, workshops and symposia, publications and member list of our group.

In beginning of FY 2020, we had Covid-19 pandemic in the world. This make impact on our activities, the first half of PF beam operation was canceled, less numbers collaborators in comparison with ordinary years and most of meetings was cancelled or held online. Under this difficult condition, we continue our safety management work as usual and conducts research activities as much as possible. We summarize safety study on accelerator decommissioning based on plenty of surveys. Many of research papers were published concerning the safety study and the other topics concerning accelerator safety. Concerning accelerator operation, SuperKEKB factory records world highest luminosity. We proud that our safety management takes part of the record. The upgrade of J-PARC accelerator is approved for neutrino science in future, that requests more contribution from radiation safety management.

We hope that the activity report promotes understanding our activities as well as is useful for all people who are 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	8
	3. Radiation Protection Study in Accelerator Facilities	10
	4. Nuclear Chemistry and Radiochemistry	16
	5. Environmental and Analytical Chemistry at Accelerator	18
	6. Research related to Accident of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station	19
Chapter 2	研究支援活動	23
	1. 体制	24
	1.1 放射線管理体制	24
	1.2 放射線業務分担	27
	1.3 化学安全管理体制	30
	2. 放射線安全管理関係	31
	2.1 つくばキャンパス	31
	2.2 東海キャンパス(J-PARC)	35
	3. 化学安全・環境関係	37
	3.1 依頼分析	37
	3.2 環境管理	37
	3.3 実験廃液処理	37
Chapter 3	資料	39
	1. 外部資金導入状況	40
	1.1 科学研究費補助金	40
	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）	40
	1.3 受託研究等	40
	1.4 共同開発研究	41
	1.5 その他	41
	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	44
3.1 学位論文の指導(総合研究大学院大学)	44
3.2 学位論文等の指導 (他大学)	44
3.3 学術指導	44
4. センター開催の研究会及びシンポジウム	44
4.1 第 27 回 EGS 研究会	44
4.2 第 35 回研究会「放射線検出器とその応用	44
4.3 第 22 回「環境放射能」研究会	45
5. 教育活動	45
5.1 総合研究大学院大学	45
5.2 非常勤講師等	45
6. 機構外活動・社会貢献件活動等	45
6.1 外部委員会等	45
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)	46
6.4 社会貢献等	46
7. 受賞記録	46
8. 放射線科学センター名簿	47

Chapter 4 Publication List 49

1. Papers (2020.1.1-2020.12.31)	49
2. Publication in Japanese (2020.1.1-2020.12.31)	51
3. Proceedings (2020.1.1-2020.12.31)	52
4. Reports (2020.1.1-2020.12.31)	55
5. Presentation at Conferences (2020.4.1-2021.3.31)	55
5.1 International Conference	55
5.2 Invited Talk	56
5.3 Domestic Conference	57
6. 編集(2020.4.1-2021.3.31)	60
7. 手引き等(2020.4.1-2021.3.31)	60
8. 単行本(2020.4.1-2021.3.31)	60

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 2020 is described.

1. Research in Radiation Physics and Detector Development

1.1 Efforts for long-term operation of a space dosimeter named PS-TEPC

K. Terasawa^{1,2}, Y. Kishimoto³, K. Miuchi⁴, A. Nagamatsu², S. Sasaki³, K. Takahashi³

¹Keio Univ., ²JAXA, ³KEK, ⁴Kobe Univ.

An active space dosimeter named Position-Sensitive Tissue-Equivalent Proportional Chamber (PS-TEPC) has worked stably for 1.4 years inside the Japan Experimental Module (JEM) of the International Space Station (ISS) since December, 2016. The detector can measure the deposit energy and the chord length in the detector by reconstructing the three-dimensional tracks of incident particles. Some efforts for long-term operation are described.

Published as Proc. of The 35th Space Utilization Symp. 35 (2021).

1.2 Scintillation and ionization yields of helium–xenon gas mixture for application in neutron detectors

A. Takeuchi¹, K. Saito^{1,2}, Y. Kishimoto^{1,2}, T. Oyama², T. Sanami^{1,2}

¹ SOKENDAI, ² KEK/SOKENDAI

The scintillation and ionization yields of helium–xenon gas mixture were measured using a gridded ionization chamber with ²⁴¹Am alpha particles to study the potential of the mixture to be applied in neutron detectors. The ionization yields for various ratios of the mixture gases were obtained with gas pressures of 1.0, 0.657, and 0.100 MPa. The yield data were explained well using the ratio of the number of excited atoms to that of ionized atoms in helium, i.e. 0.541 ± 0.005 . The scintillation yield increased with xenon partial pressure and saturated at 10% of the total pressure, while the ionization yield increased up to 1.59 times of the initial value for pure helium at 1% of the total pressure then gradually increased to 1.8 times. The helium gas with added xenon at 10% of its pressure was suggested as a medium of a neutron detector with signal readouts from both scintillation and ionization, since it increases the scintillation yield to more than 1.1 times of pure xenon and increases the ionization yield to more than increases 1.8 times of pure helium.

Published as Jpn. J. Appl. Phys. 59(2020) 046001.

1.3 Measurement of thick target neutron yields from 7 MeV/u α incidence on ^{209}Bi

K.Sugihara^{1,2}, N.Shigyo^{1,2}, E.Lee^{1,2}, T.Sanami^{2,3,4}, K.Tanaka²

¹Kyushu Univ., ²RIKEN, ³KEK, ⁴SOKENDAI

Thick target neutron yields produced by 7 MeV/u α incidence on a ^{209}Bi target were measured at emission angles of 0, 45, and 90° using EJ301 liquid scintillators and the time-of-flight method. The experimental thick target yields were compared with those calculated using the Liège IntraNuclear-Cascade (INCL) and the JAERI Quantum Molecular Dynamics (JQMD) models followed by the Generalized Evaporation Model (GEM) implemented in PHITS. The INCL model successfully reproduced the neutron energy distribution. In contrast, the JQMD model could not reproduce the distribution, even for the reactions induced by low energy composite particles.

Published as Nucl. Instrum. Methods B 470(2020)15-20.

1.4 Response of plastic scintillator to gamma sources

Suffian M.Tajudin¹, Y.Namito², T.Sanami², H.Hirayama²

¹Universiti Sultan Zainal Abidin, ²KEK

In this study, we developed a method for directly determining the energy deposited over the entire energy range by monitoring the light output from a plastic scintillator under gamma irradiation. The relative light output was analyzed based on Birks' semi-empirical formula for ionization to obtain the quenching parameter as $kB = 0.016 \pm 0.0004 \text{ g cm}^{-2} \text{ MeV}^{-1}$. Comparisons of experimental and calculated results for the light output spectra showed that considering the quenching effect, background subtraction, source casing, and energy sampling were essential for achieving good agreement.

Presented at Appl. Radiat. Isot. 159(2020)109086.

1.5 Impact of photo-neutron spectrum shape for $\text{Pb}(\gamma, \text{xn})$ 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. This presentation was accepted but this conference was postponed to 2022 due to COVID-19.

1.6 Comparison between experimental and calculation neutron spectra of the $^{197}\text{Au}(\gamma,\text{sn})$ reaction for 17 MeV polarized photon

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

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

The double differential cross sections (DDX) were measured for the $^{197}\text{Au}(\gamma,\text{sn})$ with 17 MeV polarized photons on a thin target. The DDX were compared with the result of PHITS calculation. To reproduce the energy spectra of neutrons, especially at the relatively high energy region, a physics model for the direct process should be implemented in addition to the evaporation model.

Published as Proc. 2019 Symposium on Nuclear Data November 28-30, 2019, Kyushu University, Chikushi Campus, Fukuoka, Japan (2020), 107.

1.7 An experimental approach to determine detection efficiency for NE213 liquid scintillators with different volumes

T. K. Tran¹, T. Sanami^{1,2}, H. Yamazaki^{1,2}

¹ SOKENDAI, ² KEK

Detection efficiency of six NE213 liquid scintillators were determined experimentally, for the experiment carried out at the NewSUBARU-BL01 to study the photo-neutron produced from 17 MeV photons interacting with Au target. The efficiencies using the ScifulQMD calculation with absolute normalization and ^{252}Cf measurement were employed for the high and low energy region, respectively. The obtained

efficiencies of all the detectors were tested through ^{252}Cf fission neutron measurement, then was applied to data analysis for double differential cross section measurement of the $^{197}\text{Au}(\gamma, \text{sn})$ reaction.

Published as KEK proceedings 2020-5 November 2020, 55.

1.8 Gamma Background Rejection Using CVD Diamond Neutron Detectors

X. Xu¹, M. Hagiwara^{1,2}, H. Iwase^{1,2}, M. Nakhostin³, K. Iijima² and M. Tanaka^{1,2}

¹SOKENDAI, ²KEK, ³ICUL

A chemical vapor deposition (CVD) diamond detector is an attractive semiconductor detector owing to its advantages, such as large bandgap, high electron-hole mobility, low leakage current, excellent timing resolution, and outstanding radiation hardness. In particular, the low gamma sensitivity and outstanding radiation hardness of a diamond detector make it a suitable candidate for neutron measurements in harsh radiation environments, such as the Fukushima Daiichi nuclear power plant, Super KEKB, J-PARC, and LHC. In this work, the results of a study on the gamma sensitivity of diamond neutron detectors are reported. The responses of two diamond detectors of thicknesses 25 μm and 140 μm , respectively, to gamma rays were simulated and measured for high-activity ^{137}Cs and ^{60}Co gamma-ray sources. The maximum energy depositions of the 25- μm -thick diamond detector were approximately two-thirds and half of those of the 140- μm -thick diamond detector for ^{137}Cs and ^{60}Co gamma rays, respectively. The gamma-ray detection efficiencies of the two diamond detectors were measured by setting the threshold of the energy depositions to 0.058 MeV. The detection efficiencies of the 140- μm -thick diamond detector were approximately six and nine times higher than those of the 25- μm -thick one for ^{137}Cs and ^{60}Co gamma rays, respectively.

Published as "Proceedings of the 34th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses", KEK Proceedings 2020-5 (2020) 39-45.

1.9 Characterization of CVD Diamond Detector for Neutron Sensor in Harsh Radiation Environments

M. Hagiwara^{1,2}, X. Xu², M. Nakhostin³

¹KEK, ²SOKENDAI, ³ICUL

Mixed radiation fields (neutrons, γ -rays, and so on) are present in many environments such as in nuclear power plants, nuclear fuel reprocessing facilities, particle accelerators, and medical nuclear facilities. The neutron and γ -ray components of these fields are required to be separately monitored, in order to

characterize the radiological environments, and to avoid the workers from excessive radiation exposure. However, in some harsh environments associated with Fukushima Daiichi nuclear power plant (NPP) after the accident in 2011, and in the state-of-the-art high-intensity accelerators such as SuperKEKB, J-PARC, and LHC, the real-time monitoring of neutrons and γ -rays in their caves, which gives diagnostic information in the systems, can be challenging, because of the extremely-high levels of radiation. In 2018, we launched a Japan-collaborative project (RIDERS: Remote Inspection of Debris under Extreme Radiation by Diamond Sensor Integrated with SONAR Systems) to develop a prototype of submerged remotely operated vehicle (ROV) integrated with a neutron detector and sonars in collaboration with Japanese experts from the High Energy Accelerator Research Organization (KEK), the National Institute Material Science (NIMS), and the National Maritime Research Institute (NMRI), targeting the localization and characterization of the fuel debris at NPP on site. The project aims to in-situ measure and analyze the distribution and criticality of flooded fuel debris. For this purpose, we are constructing a compact neutron detection system based on the combination of a diamond sensor with a radiation resistant integrated readout circuit. For the detection of thermal neutrons, a thin Chemical Vapor Deposition (CVD) diamond detector coated by a neutron convertor has been selected, because it could measure neutron events associated with the debris apart from huge amounts of γ -ray events by ^{137}Cs widely-dispersed throughout the primary containment vessel (PCV).

Presented in 2020 ANS Virtual winter Meeting, November 16-19, 2020, online.

1.10 Measurements of secondary-particle emissions from copper target bombarded with 24-GeV/c protons

T. Oyama¹, T. Sanami¹, H. Yashima², M. Hagiwara¹, N. Nakao³, A. Infantino⁴, E. Iliopoulou⁴,
R. Froeschl⁴, S. Roesler⁴, T. Kajimoto⁵, E. Lee⁶, S. Nagaguro¹, T. Matsumoto⁷, A. Masuda⁷,
Y. Uwamino⁸

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

To devise an activation technique for characterizing mixed radiation fields, secondary particles from a copper target irradiated by 24 GeV/c protons were measured at the CERN High-energy Accelerator Mixed field facility (CHARM). Activation detector sets consisting of aluminum, niobium, indium, and bismuth, were placed at 30 cm from the target at angles of 15° to 160° with respect to the beam axis. The nuclides generated in these detectors due to irradiation by secondary particles were analyzed by γ -ray spectrometry, and the angular distributions of the production rates were obtained. The results of Monte Carlo calculations using FLUKA code was compared with the experimental results. The calculated results well agreed with the measured data at all angles. The influence of competitive reactions on the measured data were also evaluated by FLUKA. The following nuclear reactions, with low affectivity by competitive reactions, were

identified as promising tools for characterizing mixed radiation fields: the $^{115}\text{In}(n, n')^{115\text{m}}\text{In}$ reaction for detecting neutrons emitted by the evaporation process, the $^{93}\text{Nb}(\gamma, n)^{92\text{m}}\text{Nb}$ reaction for verifying the photon distribution generated by neutral-pion decay ($\pi \rightarrow 2\gamma$), and the $^{209}\text{Bi}(p, 4n)^{206}\text{Po}$ reaction, which detects secondary protons.

Published as Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A990 (2021) 164977 - 164977.

1.11 Energy and angular distribution of photo-neutrons for 16.6 MeV polarized photon on medium–heavy targets

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

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

The energy spectra as well as the angular distribution of photo-neutrons, called the double differential cross sections (DDXs) of the (γ, xn) reaction were measured for 16.6 MeV linearly polarized photons on Pb, Au, Sn, Cu, Fe, and Ti targets. Polarized photons were prepared using the laser Compton scattering technique at BL01, NewsUBARU, Hyogo, Japan. The photo-neutrons were measured using liquid organic scintillators, placed at six different angles. The time-of-flight technique was used to determine the neutron energy. The low energy and high energy components on the DDXs were identified for all the targets. Flat angular dependence was observed for the low energy component; however, a $\cos(2\theta)$ distribution was observed for the high energy component, where θ is the angle between the photon polarization direction and neutron emission. The angular dependences were parameterized by fitting the experimental data. The obtained parameters were compared with those from previous studies conducted decades ago.

Published as Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. A989 (2021) 164965.

2 Experimental Technology and Monte Carlo Simulation Related to Radiation Shielding

2.1 Implementation of muon pair production in PHITS and verification by comparing with the muon shielding experiment at SLAC

Y.Sakaki, Y. Namito, T. Sanami, H. Iwase, H.Hirayama
KEK

We implemented a model of muon pair production through a real photon in PHITS and compared our calculations with data of the muon shielding experiment conducted at SLAC to verify the validity of the implemented model. Our predictions of the muon fluence induced by electrons are in good agreement with the experimental data. To understand the known differences between the calculations of the muon fluence, which have been determined using other Monte-Carlo codes, we quantitatively evaluate the fluctuations in the Monte-Carlo results due to systematic errors in multiple Coulomb scattering, differences in the approximation methods and energy loss models, and whether incoherent production is considered.

Published as Nucl. Instrum. Meth. 977(2020) 164323.

2.2 Searching for new light particles at the international linear collider main beam dump

Y. Sakaki¹, D. Ueda²
¹KEK, ²Univ. Tokyo

We perform a feasibility study of a beam dump experiment at the International Linear Collider (ILC). To investigate the sensitivity to new light particles at the experiment, we consider models for axion-like particles (ALPs) and a light scalar particle coupled to charged leptons. For both models, we show that the detection sensitivity is almost an order of magnitude higher than other beam dump experiments in the small coupling region. For ALPs, it is shown that the ILC beam dump experiment is highly complementary to bounds from astrophysics. In addition, for the model of the scalar particle, the region favored by the muon $g-2$ experiment can be explored.

Published as Phys. Rev. D 103 (2021) 035024.

2.3 Current status and application of EGS5 code

Y.Namito

KEK

The EGS5 code is a general-purpose electron-photon transport Monte Carlo simulation code with an energy range of 1 keV to 1 TeV. The reactions handled are electron-positron pair production, Compton scattering, photoelectric effect, Rayleigh scattering for photons, bremsstrahlung, Moller or Bhabha scattering for electrons or positrons, respectively, and annihilation in flight and at rest for positrons. We also deal with characteristic X-ray and Auger electron emission after K-shell or L-shell photoelectric effect. For Moller or Bhabha scattering and bremsstrahlung that generate secondary particles below the cut-off energy, continuous deceleration approximation is used instead of treating individual reactions that generate secondary particles. In addition, multiple scattering of electrons and positrons is handled by the Moliere theory or the GS theory. In implementing multiple scattering, a technique called dual hinge is used. Combined geometry is available as a calculation geometry, and users can incorporate their own geometry also. When CG is used for calculation, independent software called Cgview can be used to verify the CG system before MC calculation. EGS5 is used in a wide range of fields such as radiation detector simulation, medical treatment planning, radiation protection, and calculation of environmental radioactivity related to the Fukushima accident. In order to meet the demand in these fields, improvements such as the development of a beta-ray spectrum library based on ICRP107 and the development of ICRU90 density effect parameters have been made. In addition, the LPM effect and dielectric suppression, which are problems with bremsstrahlung of energy above GeV region, are also considered.

Presented as invited presentation at Joint International Conference on Supercomputing in Nuclear Applications + Monte Carlo 2020 (SNA+MC2020), No.3291277, Invited presentation, MC08-2, 423 (2020).

3. Radiation Protection Study in Accelerator Facilities

3.1 Tensile behavior of dual-phase titanium alloys under high-intensity proton beam exposure: Radiation-induced omega phase transformation in Ti-6Al-4V

T. Ishida^{1,2}, E. Wakai^{1,3}, S. Makimura^{1,2}, A.M. Casella⁴, D.J. Edwards⁴, R. Prabhakaran⁴, D.J. Senior⁴, K. Ammigan⁵, S. Bidhar⁵, P.G. Hurh⁵, F. Pellemoine⁵, C.J. Densham⁶, M.D. Fitton⁶, J.M. Bennett⁶, D. Kim⁷,
N. Simos⁷, M. Hagiwara², N. Kawamura^{1,2}, S.-i. Meigo^{1,3}, K. Yonehara⁵
¹J-PARC, ²KEK, ³JAEA, ⁴PNNL, ⁵FNAL, ⁶RAL, ⁷BNL

A high-intensity proton beam exposure with 181 MeV energy has been conducted at Brookhaven Linac Isotope Producer facility on various material specimens for accelerator targetry applications, including titanium alloys as a beam window material. The radiation damage level of the analyzed capsule was 0.25 dpa at beam center region with an irradiation temperature around 120 °C. Tensile tests showed increased hardness and a large decrease in ductility for the dual α + β -phase Ti-6Al-4V Grade-5 and Grade-23 extra low interstitial alloys, with the near α -phase Ti-3Al-2.5V Grade-9 alloy still exhibiting uniform elongation of a few % after irradiation. Transmission Electron Microscope analyses on Ti-6Al-4V indicated clear evidence of a high-density of defect clusters with size less than 2 nm in each α -phase grain. The β -phase grains did not contain any visible defects such as loops or black dots, while the diffraction patterns clearly indicated ω -phase precipitation in an advanced formation stage. The radiation-induced ω -phase transformation in the β -phase could lead to greater loss of ductility in Ti-6Al-4V alloys in comparison with Ti-3Al-2.5V alloy with less β -phase.

Published as Journal of Nuclear Materials 541 (2020) 152413.

3.2 Attenuation length of high energy neutrons through a thick concrete shield measured by activation detectors at CHARM

N.Nakao¹, T. Sanami², T. Kajimoto³,
E. Iliopoulou⁴, R. Froeschl⁴, M. Brugger⁴, S. Roesler⁴, A. Infantino⁴
¹Shimizu corp., ² KEK/SOKENDAI, ³ Hiroshima Univ., ⁴CERN/RP

A deep-penetration shielding experiment was performed at the CERN High-energy Accelerator Mixed-field (CHARM) facility. The protons (24 GeV/c) were injected into a 50-cm-thick copper target and the released neutrons were transmitted through a bulk concrete shield located vertically upward from the target, where they were measured with bismuth and aluminum activation detectors placed at various penetration distances in the shield. From the radionuclide production rate in the activation detectors, the attenuation

profiles through the concrete shield were obtained for the reactions of $^{209}\text{Bi}(n,xn)^{210-x}\text{Bi}$ ($x = 4-9$) and $^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$. The attenuation length of the high-energy neutrons through ordinary concrete was estimated as 120 g/cm^2 , in good agreement with Monte Carlo simulations using simple slabs as a universal geometry implemented in Particle and Heavy Ion Transport System (PHITS) code. Proton energy dependence of attenuation length was also investigated with simulations by PHITS code and comparisons with the published data were discussed.

Published as J. Nucl. Sci. Technol. 57 (2020) 1022–1034.

3.3 Measurement and Evaluation of Activation for Decommissioning of Accelerator Facilities

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

KEK

Measurement of activated materials and evaluation of activated areas of several types of accelerator facilities were studied for decommissioning planning from FY2017 to FY2020 under the contract of the Nuclear Regulation Authority. The research results were summarized in "Manual of Measurement and Evaluation of Activation for Decommissioning of Accelerator Facilities." This manual consists of the classification of the activation area of accelerator facilities and the measurement and evaluation of the activation of concrete structures and metallic accelerator components in the decommissioning of accelerator facilities. This manual will be used for the decommissioning of accelerator facilities in Japan.

Presented at the 17th Annual Meeting of Particle Accelerator Soc. of Jpn. (PASJ2020)

Published as the report "Measurement and Evaluation of Activation for Decommissioning of Accelerator Facilities" (Radiation Research Program of 2020, NSR 2020) .

3.4 Survey Methodology for the Activation of Beamline Components in an Electrostatic Proton Accelerator

G. Yoshida¹, H. Matsumura¹, H. Nakamura¹, A. Toyoda¹, K. Masumoto¹, T. Miura¹, K. Sasa², T.

Moriguchi²

¹KEK, ²Univ. Tsukuba

To establish a systematic guideline for accelerator decommissioning, as a case study, beamline activation of 12MeV-proton electrostatic accelerator was investigated employing a survey meter and γ -ray spectrometers. Beam loss points where reflected as high dose-rate area were identified, and generated

nuclides and their activities were determined. Almost beamline components are made from stainless steel and ^{52}Mn and ^{56}Co were detected as principal induced activities. It was found that the ^{56}Co activity significantly contribute to the dose rate value denoted on the survey meter. From the beam operation history and the monitor currents of Faraday-cups, we revealed the beam loss on a certain point significantly reflects the ^{52}Mn activity on there. Induced activities of ^{52}Mn and ^{56}Co on the certain point of the beamline could be reproduced by the contact dose-rate on that point.

Published in Radiation Safety Management. 20(2021) 1-8.

3.5 Specific Activity of Floor Concrete at Cyclotron Type Proton Therapy Facilities

H. Matsumura¹⁾, G. Yoshida¹⁾, A. Toyoda¹⁾, K. Masumoto¹⁾, H. Nakamura¹⁾, T. Miura¹⁾, K. Nishikawa¹⁾, K. Bessho¹⁾, T. Akita²⁾, S. Katsuta²⁾, T. Akimoto²⁾, Y. Sugama³⁾, F. Nobuhara⁴⁾, Y. Nagashima⁴⁾

¹ KEK, ² National Cancer Center Hospital East, ³ Aizawa Hospital Proton Therapy Center, ⁴ TNS

To plan safe accelerator facility decommissioning, it is crucial to determine the necessity of decontamination of activated concrete. We investigated concrete radioactivation in cyclotron-type proton therapy facilities at the National Cancer Center Hospital East and Aizawa Hospital. The specific activities of ^{24}Na in the concrete were measured in situ to obtain the thermal neutron fluence rates with high sensitivity. Based on these fluence rates, the sum of the ^{152}Eu and ^{60}Co specific activities in the concrete were predicted for an operation duration of 30 years. The concrete can be treated as non-radioactive waste in the treatment and beam transport line rooms, as the sum of the ^{152}Eu and ^{60}Co specific activities was estimated to be significantly below the clearance level (0.1 Bq/g). However, in the accelerator room, the concrete floor's specific activity was estimated to be close to the clearance level. Therefore, confirmatory measurements are necessary before the actual decommissioning of the concrete.

Submitted to Radiation Safety Management (2021).

3.6 Decontamination plan for the concrete of the activated accelerator room and its implementation: A case study in the decommissioning of the PET cyclotron room at the Medical and Pharmacological Research Center Foundation

Y. Miyazaki¹, G. Yoshida², K. Masumoto², H. Matsumura², M. Tanaka³

¹ The Medical and Pharmacological Research Center Foundation, ² KEK, ³ JFE Engineering

Herein, we present the case study of the decontamination of highly activated concrete in the accelerator room. The activated cyclotron room for pharmaceutical for the positron emission tomography (PET) in the Medical and Pharmacological Research Center Foundation (Ishikawa, Japan) was decontaminated. The contact dose rates of the concrete walls, floor, and ceiling were measured at 50 cm mesh using a NaI survey meter. The depth profiles of specific activity in the concretes were obtained by core boring at seven different places. The activated concrete regions were estimated in detail based on the relationship between the measured contact dose rates and depth profiles of the specific activity. The activated concrete was chipped and removed based on the estimated activated region. Then, through remeasurement, it was confirmed that the removal of the activated concrete was completed. The measurement of the contact dose rate using the NaI survey meter could determine the removal depths of the concrete at short range mesh. This contributed to the reduction of radioactive waste.

Published in Radioisotopes, 69(2020)365-373.

3.7 Investigation of activation in proton therapy facilities 1 (synchrotron type)

K. Masumoto¹, H. Matsumura¹, G. Yoshida¹, A. Toyoda¹, H. Nakamura¹, K. Nishikawa¹, T. Miura¹, K. Bessho¹, N.Kondo², T. Sakae³, H. Souda⁴, S. Yonai⁵

¹KEK, ²Medipolis Proton Therapy and Research Center, ³Univ. Tsukuba, ⁴Yamagata Univ., ⁵QST

In case of the decommissioning accelerator facilities, it is important to estimate the radioactivity induced in the accelerator room under their routine operation conditions. In this work, Medipolis Proton Therapy and Research Center (MPTRC), which was operated for proton therapy of about 3600 patients since 2011. Protons are accelerated at the energies of 120, 150, 210 and 230 MeV by the synchrotron for the treatment of several kinds of tumors of patients. MPTRC has three rotating gantries and treatment rooms. We measured the secondary neutrons emitted from accelerator at several tens points during one day operation. The averaged thermal neutron fluence rate for 10 hours operation were $10^1 \sim 10^2 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. After operation, we also measured the dose rate to detect the induced radioactivity with several types of gamma-ray spectrometers. Activation was observed several limited area, such as a beam extraction point from synchrotron, beam slits and beam dumps.

Induced activity of ^{24}Na of floor concrete of accelerator room and irradiation room was measured by the Ge detector. By using these data, the sum residual activity of ^{152}Eu and ^{60}Co after 30 years operation was estimated. The maximum value was 0.0016 Bq/g in concrete. Therefore, it is concluded that the activation of building in case of the proton therapy facilities using synchrotron will be negligible, as other facilities are also same operation conditions.

Presented at the 19th Annual Meeting of JRSM(2020).

3.8 Investigation of activation in proton therapy facilities 2 (cyclotron-type)

G. Yoshida¹, K. Masumoto¹, H. Matsumura¹, A. Toyoda¹, H. Nakamura¹, K. Nishikawa¹, T. Miura¹, K. Bessho¹, Y. Sugama², H. Nakamura³, T. Akita⁴, S. Katsuta⁴, T. Akimoto⁴, T. Sakae⁵, H. Souda⁶, S. Yonai⁷
¹KEK, ²Aizawa Hospital, ³Hokkaido Ohno Memorial Hospital, ⁴National Cancer Center Hospital East, ⁵Tsukuba Univ., ⁶Yamagata Univ., ⁷QST

Many proton therapy facilities using cyclotron or synchrocyclotron have been constructed in the world, because of their compactness and easy maintenance. In these case, proton energy is fixed, such as 235 MeV. Then, irradiation energy for proton therapy is changed by the energy degrader located outside of accelerators. In order to measure neutron fluence distributed in the accelerator room, beam lines and irradiation rooms during operation, and measured induced activity of accelerator components, beam transport lines after operation, we selected following three facilities, such as National Cancer Center Hospital East, Aizawa Hospital using cyclotron, Hokkaido Ohno Memorial Hospital using synchrocyclotron. In case of Aizawa Hospital, the averaged thermal neutron fluence rate for 14 hours operation were $10^3 \sim 10^4 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ in the cyclotron room and $10^0 \sim 10^1 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ in the irradiation room.

The sum residual activity of ^{152}Eu and ^{60}Co after 30 years operation was estimated as $10^{-3} \sim 10^{-2} \text{ Bq/g}$ in concrete in the accelerator room. In case of decommissioning of cyclotron facilities, we have to take care the activation of floor concrete of accelerator room, especially surroundings of the degrader.

Presented at the 19th Annual Meeting of JRSM(2020).

3.9 Study of the activation evaluation method for metallic iron using a PET cyclotron

H. Matsumura¹, K. Masumoto¹, G. Yoshida¹, A. Toyoda¹, H. Nakamura¹,
I. Koumura², H. Uno³, M. Kozaki³, K. Wagatsuma⁴
¹KEK, ²SHI, ³SHI-ALEX, ⁴Tokyo Metropolitan Geriatric Medical Center

It was predicted that the decommissioning of cyclotron facilities for PET-RI production will be increased in Japan. In case of decommissioning work, it is important to judge that various accelerator components are activated or not activated. In order to construct the evaluation procedure of metallic materials, we investigated the activation of yoke of cyclotron magnet at Tokyo Metropolitan Geriatric Medical Center as one of the case study. This cyclotron (Cypris 370) was constructed by Sumitomo Heavy Industry and used for PET-RI production from 1990 to 2013. Proton energy was accelerated at 18 MeV and proton beam was extracted to target holder for PET-RI production by using a deflector. Beam loss might be occurred near the deflector and target holder and secondary neutrons were spread to the cyclotron room from the beam loss points. In case of iron, ^{54}Mn ($T_{1/2}$:312d) and ^{60}Co ($T_{1/2}$:5.27y) were produced by fast and thermal neutrons, respectively. In 2019 to 2020, we measured the surface dose rate inside and outside of cyclotron with several gamma-ray spectrometers and survey meters shielded by lead cylinder. Activity of ^{54}Mn was considerably decreased by cooling for 6 years. After measurement, four iron core of upper, bottom and side yokes were sampled from outside surface to center. It was found that (1) Activity of ^{54}Mn decreased more rapidly than that of ^{60}Co from inside to outside of yoke, (2) surface dose was caused by radioactivity of ^{60}Co from surface to a few cm in depth, (3) Activity of ^{60}Co of outside surface of yoke was slightly increased by the roll around effect of thermal neutrons, (4) Surface dose was proportional to the specific activity of ^{60}Co . Therefore, it was concluded that surveymeter method is useful to evaluate the residual activity of ^{60}Co of iron.

Presented at the 19th Annual Meeting of JRSM(2020).

4. Nuclear Chemistry and Radiochemistry

4.1 Collection of Radionuclide-Bearing Aerosol Particles Emitted from Molten Radioactive Metals Using a High-Frequency Induction Furnace System

Y. Oki¹, T. Miura², A. Toyoda², K. Nishikawa³, H. Nakamura²,
H. Matsumura², G. Yoshida², K. Masumoto²
¹Kyoto Univ. (KURNS), ²KEK

An aerosol collection system consisting of a high-frequency induction furnace and a cascade impactor has been developed to study properties of the metallic radioactive aerosol particles formed at high temperature. A pure carbon crucible was used for induction heating in the furnace. In this work, the collection system was applied to activated aluminum metal to measure particle size distribution of radionuclide-bearing aerosol particles generated from the molten aluminum. The aluminum sample was activated in a high-energy proton accelerator facility. Clean aerosol-free condition was attained up to 1,850 °C in the furnace by preheating of the crucible under argon atmosphere. The activated aluminum sample was melt at 1,850 °C and the aerosol particles were collected in the argon atmosphere. The impactor analysis showed that ²²Na-bearing aluminum particles were smaller than non-radioactive aluminum particles.

Presented at 22th Workshop on Environmental Radioactivity.

4.2 Medical RI production by using electron beam at cERL in KEK

Y. Morikawa¹, K. Harada¹, M. Yamamoto¹, K. Haga¹, M. Hagiwara¹, N. Higashi¹, Y. Honda¹, T. Honda¹, M. Hosumi¹, E. Kako¹, Y. Kamiya¹, H. Kawata¹, Y. Kobayashi¹, H. Matsumura¹, C. Mitsuda¹, T. Miura¹, T. Miura¹, T. Miyajima¹, S. Nagahashi¹, N. Nakamura¹, K. Nakanishi¹, K. Nigorikawa¹, T. Nogami¹, T. Obina¹, R. Kato¹, H. Sagehashi¹, H. Sakai¹, M. Shimada¹, M. Tadano¹, R. Takai¹, H. Takaki¹, O. Tanaka¹, Y. Tanimoto¹, A. Toyoda¹, T. Uchiyama¹, A. Ueda¹, K. Umemori¹, Y. Funahashi¹, G. Yoshida¹, F. Qiu¹, S. Michizono¹, M. Kawabata², A. Ota², A. Motomura², S. Motoishi²,
N. Sato², T. Shibata²
¹KEK, ²Chiyoda Technol Co.

At the cERL (compact Electron Recovery Linac) facility of KEK, a new irradiation port was constructed to produce radioisotopes for medical use and to improve the property of industrial materials. As the cERL can produce the high beam current by super-conductivity acceleration, it is expected to use RI production and property modification of materials. We tried to obtain the basic condition of ^{99m}Mo production and ^{99m}Tc

extraction for medical use. An target irradiation and transport system, chemical treatment of irradiation target were performed successfully.

Presented at the 17th Annual Meeting of Particle Accelerator Soc. of Jpn. (PASJ2020).

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 achiral oriented 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 superposed plates. The CD spectra quantitatively agreed with the simulated ones by the Mueller matrices superposition calculation using the observed linear dichroism (LD) spectra and the linear birefringence (LB) spectra of each plate. It revealed that the origin of the CD from the superposed films was the combination of LD and LB spectra of single porphyrin films.

Published as Chirality 53, 242-247 (2021)

5.2 Development of a New Electropolishing Method of Niobium without Hydrofluoric Acid

H. Monjushiro¹, K. Nii², Y. Ida², S. Kawamura³, S-Z. Kure-Chu³, H. Yashiro³

¹KEK, ²Marui Galvanizing Co., Ltd., ³Iwate University

In an international linear collider (ILC) plan, superconducting radio frequency (SRF) cavities are essential components for acceleration of the charged particles. The cavities are made of high purity niobium (Nb) and the inner surfaces of these cavities must be smooth enough because they play a crucial role in the performance of cavities. Typically, direct current electropolishing is used for the SRF Nb cavities. Typical electropolishing process uses the electrolyte composed of hydrofluoric acid and sulfuric acid. However, there is a strong demand to replace the electrolyte with less hazardous one. In this study, we made a preliminary search for less hazardous electrolyte. Using a three-electrode system, effect of pulse period of controlled potential on the electropolishing behavior of Nb in 30 % H₂SO₄ was examined. The potential pattern consisted of cathodic pulse (-3 V vs. Ag/AgCl), anodic pulse (+1 V vs. Ag/AgCl) and rest time (0 V vs. Ag/AgCl). The results of various combinations of pulse width showed that pulse width should be longer than 0.5 ms for successful polishing. Good performance was obtained when each pulse was balanced and the etching rate became maximum for pulse width of 2 ms.

Presented in the 67th Japan Conference on Materials and Environments (2020)

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

6.1 Measurement of ^{137}Cs Activity with Pinhole Gamma Camera

H. Hirayama^{1,2}, K. Hayashi¹, K. Iwanaga¹, K. Kondo^{1,2} and S. Suzuki¹

¹ NRA, ² KEK

The gamma camera is a useful measuring device for grasping the distribution of contamination, but the radioactivity estimation of contamination is not easy. If the total energy absorption peak count rate of γ -rays can be measured with a pinhole gamma camera, it is possible to estimate the radioactivity. We can calculate it analytically by using the distance between the source and measurement point, and the peak count rate of direct γ -rays. The estimation method of ^{137}Cs radioactivity using a pinhole gamma camera was studied for Hitachi's gamma camera (HDG-E1500), which has the function to measure the total energy absorption peak count rate of γ -rays.

Published as Trans. At. Energy Soc. Japan, 19(2020)152-162

6.2 Relation Between Accident Progress at Unit-1 of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station and Time Histories of Dose Rates at Surrounding Areas

H. Hirayama^{1,2}, Y. Namito¹, S. Suzuki², K. Kondo^{1,2}.

K. Iwanaga², K. Hayashi², H. Matsumura¹ and T. Sanami¹

¹ KEK, ² NRA

The accident progression scenario of the Tokyo Electric Power Company's (TEPCO) Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (herein-after referred to as "1F") after the Great East Japan Earthquake has been discussed mainly based on calculations because of the lack of time history information indicating the internal condition of the reactor. Radiation-related information, such as -ambient dose equivalent rate, air absorbed dose rate, and pulse height distribution data, is relatively abundant and reflects the time history information associated with the progress of the accident. The radiation-related data are a result of the complex situations of Units 1-3, in which the accident occurred. It is challenging to obtain information related to the progress of the accident of an individual reactor. Therefore, the data have been used mainly to estimate the amount of radionuclides released from the nuclear reactors. However, before March 13, 2011, it is considered that only Unit 1 contributed to the dose rate outside the reactor. Thus, the dose-rate-related information in this period is closely related to the accident progress of Unit 1.

The accident progression of Unit 1 is summarized in "Estimate of Unit 1 accident progress based on air dose rate monitoring data, linking with the accident progress", based on the dose rate data obtained before

8:00 on March 12th, presented by Yamauchi et al. at the 2018 Fall Meeting of the Atomic Energy Society of Japan. In addition, the accident progress of Unit 1 is discussed to some extent in the TEPCO's report "Estimation of radioactive material released to the atmosphere in the accident at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station" (May 2012).

In this study, the relationship between the accident progression of Unit 1 and radiation and radioactivity information before March 13 was analyzed mainly using the ambient dose equivalent rate inside 1F, the monitoring post-data of 1F (air absorbed dose rate) collected by the operators, and monitoring post-data of Fukushima prefecture (air absorbed dose rate and some NaI (TI) pulse height distribution data).

Published as KEK Report 2020-5(2020).

6.3 Research and development of radiation-resistant sensor for fuel debris by integrating advanced measurement technologies (Contract research); FY2018 Center of World Intelligence Project for Nuclear Science/Technology and Human Resource Development

M. Hagiwara¹, M. Tanaka¹, S. Koizumi², T. Shimaoka², K. Ichikawa², S. Kamada³, K. Nishimura³

¹KEK, ²NIMS, ³NMRI

JAEA/CLADS, had been conducting the Center of World Intelligence Project for Nuclear Science/Technology and Human Resource Development (hereafter referred to "the Project") in FY2018. The Project aims to contribute to solving problems in nuclear energy field represented by the decommissioning of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. For this purpose, intelligence was collected from all over the world, and basic research and human resource development were promoted by closely integrating/collaborating knowledge and experiences in various fields beyond the barrier of conventional organizations and research fields. The sponsor of the Project was moved from the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology to JAEA since the newly adopted proposals in FY2018. On this occasion, JAEA constructed a new research system where JAEA-academia collaboration is reinforced and medium-to-long term research/development and human resource development contributing to the decommissioning are stably and consecutively implemented. KEK's proposals summarizing the research results of the "Research and Development of Radiation-resistant Sensor for Fuel Debris by Integrating Advanced Measurement Technologies" were adopted in FY2018. The present study aims to in-situ measure and analyze the distribution status and criticality of flooded fuel debris. For this purpose, we construct a neutron measurement system by developing compact diamond neutron sensor (200 μm \times 510 μm thickness) and integrated circuit whose radiation resistance was improved by circuit design. Along with the multi-phased array sonar and the

acoustic sub-bottom profiling (SBP) system, the neutron measurement system will be installed in the ROV (developed by Japan-UK collaboration) and its demonstration tests will be conducted in a PCV mock-up water tank.

6.4 Relationships between ^{137}Cs Concentration in Masu Trout and Crucian Carp and Environmental Contamination by Radiocaesium at Dam Lakes in Fukushima Prefecture.

Y. Funaki¹, W. Teramoto², T. Sohtome², K. Takasaki², K. Masumoto³

¹Fukushima Pref. Inland Water Fisheries Experimental Station, ²Fukushima Pref. Fishery Office, ³KEK

The high ^{137}Cs activity concentrations in freshwater fishes has been continued still in Fukushima after the TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident. In discussing the resumption of fishing, it is important to elucidate the mechanism of radioactive cesium contamination in freshwater fish. The purpose of this study is to obtain fundamental knowledge for clarifying contamination process, investigating relationships between ^{137}Cs concentration in freshwater fishes (masu trout and crucian carp) and contamination of ^{137}Cs in and around 13 dam lakes in Fukushima Prefecture and the transfer factors from zooplankton and water to fish. The maximum air dose rate in catchment area of each dam lake and average concentration of ^{137}Cs in zooplankton and dissolved ^{137}Cs in lake water were used to indicate contamination around and in lake, respectively. There were significantly positive correlations between the three indicators for environmental contamination and ^{137}Cs concentration of both fishes ($p < 0.001$). No significant differences were found in the inclination of the approximate straight between two fishes (ANCOVA, $p > 0.10$), although they had different food habitat and lifespan.

Published as Proc. of the 21th Workshop on Environmental Radioactivity, KEK Proceedings 2020-4(2020)127.

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、2020年度の研究支援活動に関連して放射線科学センターが取り組んだ活動について報告する。

1. 体制

1.1 放射線管理体制

1.1.1 つくばキャンパス

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

管理区域	氏 名	職 名 等
第 1 区域 PS 施設 (前段加速器+デジタル加速器)	飯島 和彦 三浦 太一 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 2 区域 PS 実験施設 東カウンターホール (ERL 開発棟) 北カウンターホール	松村 宏 吉田 剛 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 (4 A) 電子陽電子入射器 (4 B)	岸本 祐二 吉田 剛 豊田 晃弘 岩瀬 広 吉田 剛 豊田 晃弘	管理区域責任者 管理区域副責任者 管理区域業務担当 管理区域責任者 管理区域副責任者 管理区域業務担当

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

1.1.2 東海キャンパス

放射線取扱主任者	沼尻正晴
放射線取扱主任者代理	山崎寛仁
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	長畔誠司
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）	佐波 俊哉 豊島 規子 豊田 晃弘 室町 啓子
出入管理システム	佐波 俊哉 高原 伸一 岸本 祐二 飯島 和彦
放射性物質等 （密封・非密封 R I） （核燃） （廃棄物） （表示付認証機器、チェックングソース） （放射化物）	佐波 俊哉 三浦 太一 榊本 和義 吉田 剛 豊田 晃弘 岸本 祐二 松村 宏 豊田 晃弘 吉田 剛 大山 隆弘 豊田 晃弘 飯島 和彦 吉田 剛
環境放射能	豊田 晃弘 高原 伸一 吉田 剛
安全管理設備（集中放射線監視システム モニターサーベイメーター等）	萩原 雅之 飯島 和彦 岸本 祐二 大山 隆弘
放射能測定器等（Ge 検出器、サンプルチェンジャー、 液体シンチレーションカウンター、 イメージングプレート）	松村 宏 飯島 和彦 高原 伸一 豊田 晃弘 吉田 剛

放射線校正施設 (放射線照射棟) (熱中性子準備棟)	飯島 和彦 岸本 祐二 大山 隆弘 萩原 雅之
線量計等 (線量計評価、OSL、APD、PD 等)	岩瀬 広 佐波 俊哉 飯島 和彦 豊田 晃弘 大山 隆弘
機構長の指定する発生装置等 (PS 系) (電子系)	松村 宏 岩瀬 広
安全教育 (オンライン教育開発 含む)	波戸 芳仁 伴 秀一 松村 宏
出版物等 (安全ビデオ) (安全の手引き、パンフレット等)	豊田 晃弘 波戸 芳仁 松村 宏
広報 (WEB 管理・更新) (管理業務ページ) (サーバー管理、環境ページ) (トップページ更新情報) (サーバー管理、研究ページ)	松村 宏 佐藤 充 豊田 晃弘 岩瀬 広
作業環境測定 (内部被ばく評価を含む)	豊田 晃弘 萩原 雅之 佐波 俊哉 三浦 太一

発生装置責任者

中性子発生装置 飯島 和彦

X 線発生装置 飯島 和彦

1.2.2 東海キャンパス

業務	担当氏名
従事者登録、線量管理、教育訓練、UO対応	高橋一智 西川功一(8月まで)
環境放射線管理、廃棄物管理、放射性物質等管理(表示付認証機器、チェックソース)	長畔誠司 西川功一(8月まで) 穂積憲一(9月から)
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	石田 正紀 佐藤 充
化学薬品管理	平 雅文 佐藤 充
依頼分析	平 雅文 文珠四郎 秀昭 古宮 綾 石田 正紀 佐藤 充
実験廃液処理	平 雅文
RI 廃水処理	古宮 綾
作業環境管理	古宮 綾 石田 正紀
環境管理	平 雅文
広報	古宮 綾 佐藤 充

2. 放射線安全管理関係

2.1 つくばキャンパス

2.1.1 概要

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

2.1.2 放射線管理業務

(1) 機構所属の放射線業務従事者（2020年4月1日～2021年3月31日）

機構所属の従事者数は720名（女性74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12名（0.3 mSv が3名、0.2 mSv が3名、0.1 mSv 6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(アーク部、陽電子生成ターゲット、低速陽電子施設)、SuperKEKB、光源棟、他事業所では、京都大学複合研、JRIA サイクロトロンセンターであった。

(2) 共同利用者、業者の受入（2020年4月1日～2021年3月31日）

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

今年度の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0.2 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

放射性同位元素の払出しはない。密封されていない放射性同位元素の受入が1件あった。密封されていない放射性同位元素の製造が8件あった。核燃料及び核原料物質の受入れと払出しは10件あった。使用は放射光実験で13件、先端計測実験棟5件であった。

2.1.3 申請関係

(1) RI 法関係

ア) 第23回放射線安全審議委員会で審議された以下の内容で、2020年3月9日付で変更申請を行い、7月27日付で承認を得た。

1) ERL 開発棟におけるコンパクト ERL の使用の変更に係る放射線安全対策

- (1) 電子ビームにより製造する放射性同位元素として Cu-64, Cu-67, Zn-65、Zn-69m を追加する
- (2) 入射部の最大エネルギーを 6MeV から 7MeV に増加させる
- (3) 放射性同位元素製造のために使用する電子ビームの最大エネルギーを 21MeV から 26MeV に増加させる
- (4) 理化学的研究のための照射に使用する電子ビームの最大エネルギーを 10MeV から 11MeV に増加させる

2) SurperKEKB における放射化物保管設備の新設に係る放射線安全対策

- (1) 筑波実験室 B4 に放射化物保管設備を新設する

3) STF の出力増強に係る放射線安全対策

- (1) 最大ビーム強度を 300nA から 3 μ A に最大出力を 135W から 1.35kW に増加させる
- (2) 放射化物保管設備を新設する

4) 放射性試料測定棟における密封されていない放射性同位元素の使用の変更に係わる放射線安全対策

- (1) 密封されていない放射性同位元素の核種 Cu-67 と Zn-69m の使用を追加する
- (2) 密封されていない放射性同位元素の核種 Na-24, Zn-65, Cu-64 の使用数量の増加及び Zn-65 の物理状態に気体を追加する。

イ) 第 24 回放射線安全審議委員会で審議された以下の内容で、8 月 24 日付で変更申請を行い、12 月 25 日付で承認を得た。

1) 直線加速装置入射路の使用に係る放射線安全対策

- (1) LER 入射路、HER 入射路のビーム出力を増強する

ウ) 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、3 月 19 日付で変更申請を行った

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方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 の使用方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

(2) 核燃法関係

- ア) 保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の整備に関する届出を5月21日付で行った。
- イ) 計量管理規定の変更認可について、7月30日付で申請し、8月19日付で認可を受け、8月20日付で改正・施行した。

2.1.4. 検査関係

(1) RI 法関係

なし。

(2) 核燃法関係

- ア) 茨城県による核燃料物質使用許可事業所現地調査が11月10日に行われた。指摘事項はなかった。
- イ) IAEAによる査察（補完的アクセス）が12月4日に行われた。指摘事項は無かった。

2.1.5. 放射線安全審議委員会

ア) 第24回放射線安全審議委員会

7月27日に開催され、主な議題は以下の通りであった。

- 1) 直線加速装置入射路の使用に係る放射線安全対策

イ) 第25回放射線安全審議委員会

2月19日に開催予定され、主な議題は以下の通りであった。

- 1) ERL 開発棟における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
- 3) 大強度放射光リングの使用方法変更に関する放射線安全対策

2.1.6 その他

ア) 機構内検査等

- 1) SuperKEKBの変更使用に係る承認に伴い、筑波実験棟VXDクリーンルームを管理区域とする変更の主任者検査を7月30日に行い、同日付で使用を許可した。
- 2) cERLの変更使用に係る承認に伴い、主任者検査を10月16日と10月29日に行い、同日付で使用を許可した。
- 3) 低速陽電子2次ビームラインの主任者検査を10月16日と10月20日に行い、同日付で使用を許可した。
- 4) 教育用加速器用クライストロン（機構長の指定する放射線発生装置）の新規使用に伴う主任者検査を12月24日に行い、同日付で使用を許可した。

5) X線装置（ATLAS 実験用シリコン検出器の性能評価に用いる X線照射装置）の設置に伴い、主任者検査を 2021 年 1 月 12 日と 14 日に行い、同日付で使用を許可した。

6) STF の変更使用に係る承認に伴い、主任者検査を 2021 年 1 月 27 日に行い、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 2 年度放射線安全教育訓練第 1 回を 11 月 5 日に、第 2 回を 2021 年 2 月 9 日に行った。本教育訓練は既認定者の再教育および新規認定者の追加教育を目的としている。第 1 回の受講者数は 559 名(内英語版 13 名)、第 2 回の受講者数は 154 名であった。コロナ対策のため、オンラインで実施した。

2) KEK 安全週間の一環で「安全作業における講習会」が 11 月 27 日に開催され、萩原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) 12 月 18 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、西川(8月まで)の9名が専任として所属し、萩原、岸本、飯島が兼任として所属している。また、山崎と齋藤は、安全推進セクションの兼務となっている。

2.2.2 放射線安全セクションの関連業務

関連業務としては、放射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。2020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

2020年度は1回の変更許可申請を行い、原子力規制委員会に10月5日付で申請した。変更内容は、物質・生命科学実験施設のミュオンビームラインの新設及び改造、ニュートリノ実験施設の排水設備の増設であった。

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。2019年12月6日付で申請していた変更許可申請（ハドロン実験施設の標的変更とHigh-pビームライン新設）は、4月28日付で原子力規制委員会の許可が得られた。5月22日に茨城県と東海村からハドロン実験施設の事前了解書が交付され、5月22日に茨城県と東海村に工事完了報告書を提出した。

ハドロン実験施設のビームライン新設（Bライン）について施設検査が6月22日に実施され、6月24日付で合格した。放射性同位元素等の規制に関する法律に基づく定期検査・定期確認は、実験施設の運転スケジュールにより6月22日から2021年3月19日の期間で行われた。定期確認については、9月29日付で定期確認証が交付され、定期検査については、2021年3月30日に定期検査合格証が交付された。

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1回、同予防規程細則の改正を3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、3回開催された。放射線安全評価委員会には特定の技術的項目を審議するための作業部会が設けられている。作業部会である運転手引専門部会を1回、インターロック専門部会を2回、「COMET」特別部会を3回、「ビーム増強に伴うニュートリノ実験施設の放射線安全」特別部会を3回開催した。

2.2.5 放射線安全教育

2020年度の新規の入域前教育訓練は、KEK・JAEA職員等 59名、外来業者 866名、ユーザー 368名が受講した。

2020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た。所属セクションごとに実施期間を分散させ11月2日から12月18日の期間に行い、年度内に対象者全員の 650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 502名、ユーザー 328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51件の分析依頼があった。51件のうち39件が定性分析、12件が半定量／定量分析の依頼であり、多くが定性分析の依頼であった。無機系試料の成分分析依頼が多いため、結晶性化合物の同定が可能なX線回折装置、元素分析を行える蛍光X線分析装置の使用機会が多かった。また、試料量が微量であることも多いため、エネルギー分散型X線分析装置付き卓上電子顕微鏡、デジタルマイクロスコープも多く使用した。次いで、フーリエ変換近赤外分光光度計の使用頻度が高かった。加速器研究施設から冷却水のpH測定依頼が定期的にあるため、pHメーターは例年通り十数件の利用件数であった。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2020」を作成し、機構HP上に公開した。さらに印刷した冊子体を関係機関及び近隣の中学校・高等学校（中等教育学校）に送付するとともに、機構内の関係部署に配布した。

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162.6 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57.2 m³であった。

廃液処理装置の保守として、反応槽pH計電極の交換、ブローヤやポンプ、攪拌機の分解・清掃、配管内の汚泥除去等を適宜行った。装置や配管、架台等老朽化している箇所が多く、今後、汚泥脱水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、2020 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、2020 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：大強度加速器施設の気体中に生成される放射性核種の存在状態と挙動の解明

研究代表者：別所光太郎

1.2 厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）

(1) 厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）：平成31～令和3年度

研究課題名：加速器トンネルにおける位置情報を活用した防災アプリの開発

研究代表者：石井恒次（KEK 加速器研究施設）

研究分担者：別所光太郎

1.3 受託研究等

(1) 平成30年度英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業（課題解決型廃炉研究プログラム）

研究課題名：先端計測技術の融合で実現する高耐放射線燃料デブリセンサーの研究開発

研究代表者：萩原雅之

研究分担者：佐波俊哉、岩瀬広、岸本祐二

(2) 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

(3) 令和2年度放射線安全規制研究推進事業

研究課題名：加速器施設の廃止措置に係わる測定、評価手法の確立

研究代表者：松村 宏

1.4 共同開発研究

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

1.5 その他

- (1) 日米科学技術協力事業（高エネルギー物理学）
研究課題名：大強度陽子ビーム生成標的・窓材料に関する先端的研究
研究代表者：石田卓
研究分担者：萩原雅之
- (2) 2020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：モンテカルロ計算に深層学習を組み合わせた放射線線量分布の計算アルゴリズムの開発
共同研究者：岩瀬広、坂木泰仁

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、山崎寛仁、竹内章博、波戸芳仁
- (3) 研究課題名：重粒子線治療に用いる炭素イオンビーム入射における水ファントム周囲の中性子収量および線量分布に関する研究
共同研究先：九州大学、原子力研究開発機構、放射線医学総合研究所
研究代表者：魚住裕介
研究分担者：佐波俊哉
- (4) 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

- (5) 研究課題名：位置有感生体等価比例係数箱（PS-TEPC）による宇宙ステーション内での線量等量計測技術の確立
共同研究先：JAXA
研究代表者：佐々木慎一、坂下哲也
研究分担者：岸本祐二、齋藤究、高橋一智
- (6) 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
- (7) 研究課題名：核反応により生成する微量放射性核種の放射能分析法に関する研究
共同研究先：筑波大学
研究代表者：松村 宏

2.1.2 大学、研究所等との共同研究（2.1.1によらないもの）

- (1) 研究課題名：遠隔地における空間放射線量計測の実証実験
共同研究先：東北大学
研究代表者：石川正
研究分担者：佐々木慎一、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：三浦太一 研究分担者：松村 宏、吉田 剛
- (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
- (4) 研究課題名：サイクロトロンを使用した陽子線治療施設における中性子発生に関する研究
共同研究先：相澤病院

研究代表者：松村 宏

研究分担者：吉田 剛, 中村 一, 豊田晃弘

(5) 研究課題名：超伝導加速空洞表面処理技術の開発

共同研究先：マルイ鍍金工業 千葉.柏工場、姫路工場、開発研究施設

研究代表者：早野 仁

研究分担者：文珠四郎秀昭

2.3 共同利用研究（施設利用）

(1) 研究課題名：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) 研究課題名：高耐放射線燃料デブリセンサー開発のための要素技術研究

共同研究先：量子科学技術研究開発機構 高崎量子応用研究所

研究代表者：萩原雅之

研究分担者：素核研 田中真伸、岸下徹一、濱田英太郎、庄子正剛、坂口将尊、宮原正也

(4) 研究課題名：次世代センサーエレクトロニクスデバイス基盤技術の中性子線応答に関する研究

共同研究先：京都大学 複合原子力科学研究所

研究代表者：萩原雅之

研究分担者：岩瀬広、大山隆弘、Xu Xiuqing、素核研 田中真伸、岸下徹一、濱田英太郎、庄子正剛、坂口将尊、宮原正也、上野一樹、西口創、海技研 鎌田創

(5) 研究課題名：加速器施設放射化の効率的な評価手法開発のための建屋コンクリート中の微量元素の定量

共同研究先：京都大学 複合原子力科学研究所

研究代表者：吉田 剛

研究分担者：関本 俊, 西川功一, 中村 一, 高橋一智, 稲垣 誠

(6) 研究課題名：Non-destructive analysis of light elements by negative muon lifetime measurement

共同研究先：J-PARC

研究代表者：久保謙哉

研究分担者：二宮和彦，吉田 剛，稲垣 誠，竹下聡史

3. 大学院生等の人材育成

3.1 学位論文の指導（総合研究大学院大学）

- (1) 総研大博士後期課程
博士：Tran Kim Tuyet
指導教員：佐波俊哉、山崎寛仁
- (2) 総研大博士後期課程
博士：Xu Xiuqing
指導教員：萩原雅之、岩瀬広
- (3) 総研大博士前期課程
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：波戸 芳仁
学術指導分担者：平山 英夫

4. センター開催の研究会及びシンポジウム

4.1 第27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：2020年8月3日
参加者数：30名

4.2 第35回研究会「放射線検出器とその応用」

主催：KEK 放射線科学センター
開催場所：高エネルギー加速器研究機構（KEK） 研究本館 小林ホール
開催期間：2021年1月20日（水）～ 22日（金）
参加者：101名

4.3 第22回「環境放射能」研究会

主催：KEK 放射線科学センター、日本放射化学会 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：2021年3月10日～3月12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加速器概論 I (放射線の相互作用と検出)
- (2) 総研大共通専門科目加速器概論 II / 同演習 II ("Radiation Interaction and Detection")
- (3) 加速器科学専攻「加速器工学特別演習」(学位論文指導)

5.2 非常勤講師等

- (1) 中央大学兼任講師「高エネルギー加速器科学第2」
- (2) 首都大学東京・大学院人間健康科学研究科非常勤講師
- (3) 首都大学東京健康福祉学部非常勤講師
- (4) 成蹊大学大学院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) J-PARC 放射線安全評価委員会ニュートリノ特別部会委員
- (2) 放射線医学総合研究所共用施設運営委員会委員
- (3) 放射線医学総合研究所共用施設運営委員会部会委員
- (4) JENDL委員会核データ測定戦略検討WG委員
- (5) J-PARC放射線安全評価委員会委員
- (6) 東京大学大学院工学系研究科原子力専攻原子力機構施設利用共同研究委員会委員
- (7) 東京都市大学原子炉安全委員会委員
- (8) 理研小型中性子源システム安全諮問委員会委員

6.2 学会等

- (1) 大学等放射線施設協議会常議員
- (2) 日本原子力学会代議員
- (3) 日本原子力学会核データ部会副部長
- (4) 日本原子力学会核データ部会賞選考委員長
- (5) 日本原子力学会 英文論文誌 “Journal of Nuclear Science and Technology” 編集委員
- (6) 日本原子力学会放射線工学部会運営委員

- (7) 応用物理学会放射線分科会幹事会部会員
- (8) 核データ研究会実行委員
- (9) ICRS14/PRSD2020 Technical Program Committee Member
- (10) 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
- (11) 日本放射化学会理事
- (12) 日本分光学会代議員
- (13) 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) 吉田 剛, KEK 生涯学習事業・高校生等実習受入

(i) 2020/10/2

種目: 講演

聴講者: 栃木県立宇都宮女子高等学校の生徒 17 名および引率教員 3 名

講演タイトル: 「研究者への道」

講演時間: 60 分 (質疑応答含む)

(ii) 2020/10/2

種目: 実習

対象者: 栃木県立宇都宮女子高等学校の生徒 17 名および引率教員 3 名

実習タイトル: 「霧箱製作」

講演時間: 40 分 (質疑応答含む)

【KEK 実験動画シリーズ】: 「水の種類で紅茶の色が変わる!？」

6.4 社会貢献等

- (1) 福島支援: 福島県飯舘村の復興に向けた放射線測定支援
- (2) 福島支援: 福島県内水面水産試験場放射能測定支援
- (3) 福島支援: 福島県林業研究センター放射能測定支援

7. 受賞記録

なし

8. 放射線科学センター名簿

波戸 芳仁(*)	中村 一(#)	伴 秀一(g)
佐波 俊哉	飯島 和彦	榊本 和義(g)
沼尻 正晴(#)	高原 伸一	三浦 太一(g)
松村 宏	豊田 晃弘	Ngan Tran(h)
別所 光太郎(#)	高橋 一智(#)	佐藤 充(c)
山崎 寛仁(#)	長畔 誠司(#)	近藤 健次郎(e)
齋藤 究(#)	古宮 綾	平山 英夫(e)
萩原 雅之	大山 隆弘	Tran Kim Tuyet (i)
岩瀬 広	石田 正紀	Xu Xiuqing(i)
岸本 祐二	文珠四郎 秀昭(a)	Mohd F. M. Zin(i)(10/1~)
吉田 剛	西川 功一(b)(#)(~8/31)	豊島 規子
武智 英明(5/1~)	穂積 憲一(d)(#)	室町 啓子
坂木 泰仁(11/1~)	平 雅文(d)	

(*) 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 (2020.1.1~2020.12.31)

- (1) N. Nakao, T. Sanami, T. Kajimoto, E. Iliopoulou, R. Froeschl, M. Brugger, S. Roesler, A. Infantino, “Attenuation length of high energy neutrons through a thick concrete shield measured by activation detectors at CHARM”, *J. Nucl. Sci. Technol.* **57** (2020) 1-13. (doi.org/10.1080/00223131.2020.1751740)
- (2) K. Sugihara, N. Shigyo, E. Lee, T. Sanami, K. Tanaka, “Measurement of thick target neutron yields from 7 MeV/u α incidence on ^{209}Bi ”, *Nucl. Instrum. Methods* **B 470** (2020)15-20. (doi.org/10.1016/j.nimb.2020.02.037)
- (3) Suffian M.Tajudin, Y.Namito, T.Sanami, H.Hirayama, “Response of plastic scintillator to gamma sources”, *Appl. Radiat. Isot.* **159**(2020) 109086. (doi.org/10.1016/j.apradiso.2020.109086)
- (4) T. Ishida, E. Wakai, S. Makimura, A.M. Casella, D.J. Edwards, R. Prabhakaran, D.J. Senor, K. Ammigan, S. Bidhar, P.G. Hurh, F. Pellemoine, C.J. Densham, M.D. Fitton, J.M. Bennett, D. Kim, N. Simos, M. Hagiwara, N. Kawamura, S.-i. Meigo, K. Yonehara, “Tensile behavior of dual-phase titanium alloys under high-intensity proton beam exposure”, *Radiation-induced omega phase transformation in Ti-6Al-4V*, *J. Nucl. Mater.* **541**(2020) 152413.
- (5) A.Takeuchi, K. Saito, Y. Kishimoto, T. Oyama, T. Sanami, “Scintillation and ionization yields of helium–xenon gas mixture for application in neutron detectors”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **541** (2020) 046001.
- (6) T. Ishikawa , H. Fujimura, H. Fukasawa, R. Hashimoto, Q. He, Y. Honda, A. Hosaka, T. Iwata, S. Kaida, J. Kasagi, A. Kawano, S. Kuwasaki, K. Maeda, S. Masumoto, M. Miyabe, F. Miyahara, K. Mochizuki, N. Muramatsu, A. Nakamura, S. X. Nakamura, K. Nawa, S. Ogushi, Y. Okada, K. Okamura, Y. Onodera, K. Ozawa, Y. Sakamoto, M. Sato, T. Sato, H. Shimizu, H. Sugai K. Suzuki, Y. Tajima, S. Takahashi, Y. Taniguchi, Y. Tsuchikawa, H. Yamazaki, R. Yamazaki, and H. Y. Yoshida, “ ω N scattering length from ω photoproduction on the proton near the reaction threshold”, *Phys. Rev. C* **101** (2020) 052201(R) 1-6. (doi.org/10.1103/PhysRevC.101.052201)
- (7) N. Tomida, N. Muramatsu, M. Niiyama, J. K. Ahn, W. C. Chang, J. Y. Chen, M. L. Chu, S. Dat’e, T. Gogami, H. Goto, H. Hamano, T. Hashimoto, Q. H. He, 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, T.

- Maruyama, S. Masumoto, Y. Matsumura, M. Miyabe, K. Mizutani, H. Nagahiro, T. Nakamura, T. Nakano, T. Nam, T. N. T. Ngan, Y. Nozawa, Y. Ohashi, H. Ohnishi, T. Ohta, K. Ozawa, C. Rangacharyulu, S. Y. Ryu, Y. Sada, M. Sasagawa, T. Shibukawa, H. Shimizu, R. Shirai, K. Shiraishi, E. A. Stokovsky, Y. Sugaya, M. Sumihama, S. Suzuki, S. Tanaka, A. Tokiyasu, Y. Tsuchikawa, T. Ueda, H. Yamazaki, R. Yamazaki, Y. Yanai, T. Yorita, C. Yoshida, and M. Yosoi, “Search for η' Bound Nuclei in the $^{12}\text{C}(\gamma, p)$ Reaction with Simultaneous Detection of Decay Products”, *Phys. Rev. Lett.*, **124** (2020) 202501-1-7. (doi.org/10.1103/PhysRevLett.124.202501)
- (8) N. Muramatsu, J. K. Ahn, W. C. Chang, J. Y. Chen, M. L. Chu, S. Daté, T. Gogami, H. Goto, H. Hamano, T. Hashimoto, Q.H. He, 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, T. N. T. Ngan, M. Niiyama, Y. Nozawa, Y. Ohashi, H. Ohnishi, T. Ohta, K. Ozawa, C. Rangacharyulu, S. Y. Ryu, Y. Sada, M. Sasagawa, 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, H. Yamazaki, R. Yamazaki, Y. Yanai, T. Yorita, C. Yoshida, and M. Yosoi, “Differential cross sections, photon beam asymmetries, and spin density matrix elements of ω photoproduction off the proton at $E_\gamma = 1.3\text{--}2.4$ GeV”, *Phys. Rev. C* **102** (2020) 025201-1-10.
- (9) Y. Kishimoto, S. Sasaki, K. Takahashi, K. Terasawa, K. Miuchi, M. Katsuta, A. Nagamatsu, T. Fuse, K. Mori, H. Kitamura, “Detector performance of the position-sensitive tissue-equivalent proportional chamber for space dosimetry onboard the international space station”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **59** (2020) 016003.
- (10) G. Yoshida, K. Nishikawa, H. Nakamura, H. Yashima, S. Sekimoto, T. Miura, K. Masumoto, A. Toyoda, H. Matsumura, “Investigation of variations in cobalt and europium concentrations in concrete to prepare for accelerator decommissioning”, *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **325**(2020) 801-806.
- (11) G. Yoshida, H. Matsumura, K. Nishikawa, A. Toyoda, Y. Miyazaki, K. Masumoto, H. Nakamura, T. Miura, “In-situ evaluation for activated concrete in accelerator facility with scintillation-type gamma-ray spectrometer”, *Radiat. Prot.* **40**(2020)545-549.

- (12) H. Matsumura, G. Yoshida, A. Toyoda, K. Masumoto, H. Nakamura, T. Miura, K. Nishikawa, K. Bessho, K. Sasa, T. Moriguchi, F. Nobuhara, Y. Nagashima, “Nondestructive High-Sensitivity Measurement Method for Activation Estimation in Accelerator Room Concrete”, *Radiat. Prot.* **40** (2020) 677-682.
- (13) Y. Sakaki, Y. Namito, T. Sanami, H. Iwase, H. Hirayama, “Implementation of muon pair production in PHITS and verification by comparing with the muon shielding experiment at SLAC”, *Nucl. Instrum. Method A* **977**(2020) 164323. (doi.org/10.1016/j.nima.2020.164323)
- (14) Y. Sakaki, D. Ueda, “Searching for new light particles at the international linear collider main beam dump”, *Phys. Rev. D* **103** (2021) 035024. (doi.org/10.1103/PhysRevD.103.035024)
- (15) T.K. Tran, 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** (2020)164965. (doi.org/10.1016/j.nima.2020.164965)
- (16) Y. Kamiya, T. Miyoshi, H. Iwase, T. Inada, A. Mizushima, Y. Mita, K. Shimazoe H. Tanaka, I. Kurachi, Y. Arai, “Development of a neutron imaging sensor using INTPIX4-SOI pixelated silicon devices”, *Nucl. Instrum. Methods A* **979**(2020)164400. (doi.org/10.1016/j.nima.2020.164400)
- (17) H. Badry, L. Oufni, H. Ouabi, R. Rabi, H. Iwase, “Dose optimization of high dose rate brachytherapy for skin cancer treatment using Harrison-Anderson-Mick applicator”, 2020 IEEE 6th International Conference on Optimization and Applications (ICOA), (2020)pp.1-5, (doi.10.1109/ICOA49421.2020.9094522)
- (18) Y. Urabe, H. Monjushiro, H. Watarai, “Laser-thermophoresis and magnetophoresis of a micro-bubble in organic liquids”, *AIP Advances* **10** (2020)125126.(doi.org/10.1063/5.0027896)

2. Publication in Japanese (2020.1.1~2020.12.31)

- (1) 橋本慎太郎, 仁井田浩二, 松田規宏, 岩元洋介, 岩瀬広, 佐藤達彦, 野田秀作, 小川達彦, 中島宏, 深堀智生, 古田琢哉, 千葉敏, 「粒子・重イオン輸送計算コード PHITS の特徴と医学物理分野への応用」, *医学物理* **33**(2020) 88-95.

- (2) 平山英夫, 林克己, 岩永宏平, 近藤健次郎, 鈴木征四郎, 「ピンホール型ガンマカメラによる ^{137}Cs 放射能の測定」, 日本原子力学会和文論文誌 **19**(2020)152-162.
- (3) 宮崎吉春, 吉田剛, 榎本和義, 松村宏, 田中正博, 「放射化した加速器室コンクリートに対する除染計画とその実施: 先端医学薬学研究センターにおける PET デリバリー製造用サイクロトロン加速器室の廃止措置の研究事例」, *Radioisotopes* **69**(2020)365-373.
- (4) 山口雄二, 佐波俊哉, 古場祐介, 魚住祐介, 「核破碎片生成二重微分断面積の測定」, 令和2年度放医研サイクロトロン利用報告書.
- (5) 寺沢和洋, 岸本祐二, 佐々木慎一, 高橋一智, 俵裕子, 齋藤究, 身内賢太朗, 永松愛子, 勝田真登, 榎田大輔, 中村裕広, 松本晴久, 込山立人, 池田直美, 布施哲人, 藤田康信, 谷森達, 窪秀利, 明石小百合, 福山誠二郎, 北村尚, 小平聡, 吉光徹雄, 山田哲哉, 大槻真嗣, 中手直哉, 関谷優太, 池田俊民, 「位置有感比例計数管の重イオンに対する応答(2019年度)」, 2019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 (2020).
- (6) 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); 平成 30 年度英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」, *JAEA-Review* 2019-040. (doi.org/10.11484/jaea-review-2019-040)
- (7) 八島浩, 萩原雅之, 佐波俊哉, 合川正幸, 右近直之, 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」, 令和元年度放医研サイクロトロン利用報告書 QST-M-27, pp.33-36.
- (8) 原田健太郎, 森川祐, 山本将博, 東直, 松村宏, 「超伝導 CW 電子線形加速器を用いた医療用 RI 大量製造の提案」, *Isotope News* No.771(2020) pp.10-14.

3. Proceedings (2020.1.1~2020.12.31)

- (1) Y. Yamaguchi, T. Sanami, Y. Koba, Y. Uozumi, “Proton spectra with low energy threshold from 40- and 70- MeV proton induced reactions”, *Proceedings of the 2019 symposium on nuclear data*, *JAEA-Conf-2020-001*, *INDC(JPN)-206*, 131. (doi:10.11484/jaea-conf-2020-001)

- (2) T. K. Tuyet, T. Sanami, H. Yamazaki, T. Itoga, A. Takeuchi, S. Miyamoto, Y. Asano, “Comparison between experimental and calculation neutron spectra of the $^{197}\text{Au}(\gamma, \text{sn})$ reaction for 17 MeV polarized photon”, Proceedings of the 2019 symposium on nuclear data, JAEA-Conf-2020-001, INDC(JPN)-206, 107, (doi:10.11484/jaea-conf-2020-001)
- (3) T. K. Tuyet, T. Sanami, H. Yamazaki, “Experimental approach to determine detection efficiency of organic liquid scintillators with different volumes”, Proceedings of the 34th workshop on radiation detectors and their uses, KEK proceedings 2020-05 (Nov. 2020)pp. 55.
- (4) K. Terasawa, Y. Kishimoto, K. Miuchi, A. Nagamatsu, S. Sasaki, K. Takahashi, “Present status of development for the domestic space dosimeters”, Proceedings of The 34th Space Utilization Symposium, Space Util. Res. **34** (2020).
- (5) T. Oyama, S. Nagaguro, M. Hagiwara, H. Nakamura, M. Shirakata, K. Saito, H. Yamazaki, “Measurements and Characterization of Air Activation in J-PARC Main Ring”, Proceedings of the 3rd J-PARC Symposium.
- (6) T. Ishikawa, K. Aoki, H. Fujimura, H. Fukasawa, H. Fujioka, R. Hashimoto, Q. He, Y. Honda, T. Hotta, Y. Inoue, K. Itahashi, T. Iwata, S. Kaida, H. Kanda, J. Kasagi, A. Kawano, S. Kusawaki, H. Kawai, K. Maeda, S. Masumoto, Y. Matsumura, M. Miyabe, F. Miyahara, K. Mochizuki, S. Miyata, N. Muramatsu, A. Nakamura, K. Nawa, T. Nishi, S. Ohgushi, Y. Okada, H. Ohnishi, Y. Onodera, K. Ozawa, Y. Sakamoto, M. Sato, H. Shimizu, H. Sugai, K. Suzuki, R. Shirai, M. Tabata, Y. Tajima, S. Takahashi, Y. Taniguchi, A.O. Tokiyasu, Y. Tsuchikawa, H. Yamazaki, R. Yamazaki, C. Yoshida, H.Y. Yoshida, “ ηN Scattering Parameters and Possible H'D Bound State from H Photoproduction on The Deuteron”, Acta Physica Polonica B **51** (2020) 27-32.
- (7) T. Ishikawa, H. Fujimura, H. Fukasawa, R. Hashimoto, Q. He, Y. Honda, T. Iwata, S. Kaida, H. Kanda, J. Kasagi, A. Kawano, S. Kuwasaki, K. Maeda, S. Masumoto, M. Miyabe, F. Miyahara, K. Mochizuki, N. Muramatsu, A. Nakamura, K. Nawa, S. Ogushi, Y. Okada, Y. Onodera, K. Ozawa, Y. Sakamoto, M. Sato, H. Shimizu, H. Sugai, K. Suzuki, Y. Tajima, S. Takahashi, Y. Taniguchi, Y. Tsuchikawa, H. Yamazaki, R. Yamazaki, H.Y. Yoshida, “Non-Strange Dibaryons Studied in Coherent Double Neutral-Meson Photoproduction on The Deuteron”, Acta Physica Polonica B **51** (2020) 329-332.

- (8) T. Ishikawa, H. Fujimura, H. Fukasawa, R. Hashimoto, Q. He, Y. Honda, A. Hosaka, T. Iwata, S. Kaida, J. Kasagi, A. Kawano, S. Kuwasaki, K. Maeda, S. Masumoto, M. Miyabe, F. Miyahara, K. Mochizuki, N. Muramatsu, A. Nakamura, S.X. Nakamura, K. Nawa, S. Ogushi, Y. Okada, K. Okamura, Y. Onodera, K. Ozawa, Y. Sakamoto, M. Sato, T. Sato, H. Shimizu, H. Sugai, K. Suzuki, S. Takahashi, Y. Tajima, Y. Taniguchi, Y. Tsuchikawa, H. Yamazaki, R. Yamazaki, H.Y. Yoshida, “ ω N scattering length from ω photoproduction on the proton near the threshold”, AIP Conf. Proc. **2249** (2020) 030027 1-7.
- (9) T. Ishikawa, H. Fujimura, H. Fukasawa, R. Hashimoto, Q. He, Y. Honda, T. Iwata, S. Kaida, H. Kanda, A. Kawano, S. Kuwasaki, K. Maeda, S. Masumoto, M. Miyabe, F. Miyahara, K. Mochizuki, N. Muramatsu, A. Nakamura, K. Nawa, S. Ogushi, Y. Okada, K. Okamura, Y. Onodera, K. Ozawa, Y. Sakamoto, M. Sato, H. Shimizu, H. Sugai, K. Suzuki, Y. Tajima, S. Takahashi, Y. Taniguchi, Y. Tsuchikawa, H. Yamazaki, R. Yamazaki, H. Y. Yoshida, “Study of Non-strange Dibaryon Resonances Via Coherent Double Neutral-Meson Photoproduction from the Deuteron”, Springer Proc. In Phys. **238** (2020) 609-613.
- (10) V. Chouhan, Y. Ida, K. Nii, T. Yamaguchi, H. Hayano, S. Kato, H. Monjushiro, T. Saeki, “Analysis and Field Emission Characteristic of Niobium Surface Treated with Electropolishing Process”, Proceedings of the 17th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, September 2 - 4, 2020, Online
- (11) H. Ito, H. Hayano, H. Monjushiro, S. Kashiwagi, F. Honda, A. Kikuchi, “Nb₃Sn formation using electroplating method for 4K High-Q Operable SRF cavity”, Proceedings of the 17th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, September 2 - 4, 2020, Online
- (12) K. Nii, V. Chouhan, Y. Ida, T. Yamaguchi, H. Hayano, S. Kato, H. Monjushiro, T. Saeki, “Improvement of current property and polished surface of flipping VEP with Nb 9-cell coupon cavity”, Proceedings of the 17th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, September 2 - 4, 2020, Online
- (13) K. Nii, Y. Ida, H. Monjushiro, H. Yashiro, R. Shiratori, “search of niobium electropolishing method without hydrofluoric acid (2)”, Proceedings of the 17th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, September 2 - 4, 2020, Online

- (14) Y. Oki, T. Miura H. Matsumura, G. Yoshida, A. Toyoda, K. Masumoto, “ Examination of a High-Frequency Induction Furnace System for Particle Size Analysis of Metallic Aerosol Particles Emitted from Molten Radioactive Materials”, Proceedings of the 21th Workshop on Environmental Radioactivity, KEK Proceedings 2020-4, (2020)pp.46-50
- (15) Y. Funaki, W. Teramoto, T. Sohtome, K. Takasaki , K. Masumoto, “Relationships between ^{137}Cs Concentration in Masu Trout and Crucian Carp and Environmental Contamination by Radiocaesium at Dam Lakes in Fukushima Prefecture”, Proceedings of the 21th Workshop on Environmental Radioactivity, KEK Proceedings 2020-4, (2020)pp.127-132.

4. Reports (2020.1.1~2020.12.31)

- (1) Y. Kishimoto,” Development of an advanced dosimeter in mixed-radiation fields, position-sensitive tissue-equivalent proportional chamber (PS-TEPC)”, KEK Annual Report 2019.04-2020.03 ISSN 1344-1299 (2020) 72-73.
- (2) Hirayama, H., Namito, Matsumura, H., Sanami, T., 「2011年3月の福島県モニタリングポストでの放射線情報」, KEK Internal 2020-8, Japanese, 40 p.
- (3) H. Hirayama, Y. Namito, S. Suzuki, K. Kondo, K. Iwanaga, K. Hayashi, H. Matsumura, T. Sanami,, “Relation Between Accident Progress at Unit-1 of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station and Time Histories of Dose Rates at Surrounding Areas”, KEK Report 2020-5 (Nov. 2020)
- (4) 研究代表者：松村 宏，令和2年度放射線安全規制研究推進事業「加速器施設の廃止措置に係わる測定，評価手法の確立」報告書

5. Presentation at Conferences (2020.4.1~2021.3.31)

5.1 International Conference

- (1) Joint International Conference on Supercomputing in Nuclear Applications + Monte Carlo 2020 (SNA+MC2020), Chiba, 2020
- 1) Yasuhito Sakaki, "Implementation of muon pair production in PHITS"

(2) 2020 ANS Virtual winter Meeting, Nov. 16-19, 2020, On-line

1) M. Hagiwara, X. Xiuqing, M. Nakhostin, "Characterization of CVD diamond detector for neutron sensor in harsh radiation environments"

(3) 15th International Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA-15), Jan. 18 – Feb. 5, 2021, On-line (On-site : Seoul, Korea).

1) K. Bessho, Y. Miyamoto, Y. Nakane, Y. Kasugai, T. Ishii,, "Activities for Fostering Safety Culture in J-PARC"

5.2 Invited Talk

(1) Joint International Conference on Supercomputing in Nuclear Applications + Monte Carlo 2020 (SNA+MC2020) , Chiba, 2020

1) Y. Namito, "Current status and application of EGS5 code", SNA+MC2020, No.3291277, MC08-2, 423.

2) T. Sato, Y. Iwamoto, S. Hashimoto, T.Ogawa, T.Furuta, S.Abe, T.Kai, Pi-En Tsai, N.Matsuda, Y.Matsuya, H.Ratliff, H.Iwase, N.Shigyo, L.Sihver, K.Niita, "Particle and Heavy Ion Transport code System:PHITS", No. 3328284, MC08-2, 426.

(2) 6th KEK-PH Lectures on Long-lived particles, Online, Feb. 2021

1) Y. Sakaki, "Fixed target experiments using electron and positron beams",

(3) International Workshop on Future Linear Colliders (LCWS2021), Online, March 2021

1) Y.Sakaki, " Dark particle production in the ILC beam dumps ",

(4) 第4回放射線遮蔽設計法に係るワークショップ, (Web開催 2020.8.7)

1) 波戸芳仁, 「電磁カスケードモンテカルロ計算コード EGS の開発と光子断面積」

(5) 第17回日本加速器学会年会, (Web開催 2020.9.4)

1) 松村宏, 「加速器施設の廃止措置」

(6) 第76回放射線計測研究会, 東京, 三菱総合研究所, (2020.10.24)

1) 松村宏, 「加速器施設の放射化評価」

(7) 第6回TIA-EXA広域エレクトロニクス融合セミナー, (Web開催 2021.2.19)

- 1) 萩原雅之, 「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」,

(8) 低温工学・超電導学会冷凍部会例会/環境・安全委員会合同ワーキング「研究現場と安全」(Web開催 2021.12.22)

- 1) 別所 光太郎, 「J-PARCにおける安全の取り組み」

5.3 Domestic Conference

(1) 第17回日本加速器学会年会, オンライン, (2020.9.2-4)

- 1) 仁井啓介, 井田義明, 文珠四郎秀昭, 八代仁, 白取凌, 「フッ酸を用いないニオブ電解研磨法の探索 (2)」
- 2) 仁井啓介, Vijay Chouhan, 井田義明, 山口隆宣, 早野仁司, 加藤茂樹, 文珠四郎秀昭, 佐伯学行, 「ニオブ9セルクーポン空洞を用いた上下反転VEPにおける電流特性と研磨内面の改善」
- 3) V. Chouhan, Y. Ida, K. Nii, T. Yamaguchi, H. Hayano, S. Kato, H. Monjushiro, T. Saeki, 「Analysis and Field Emission Characteristic of Niobium Surface Treated with Electropolishing Process」
- 4) 井藤隼人, 早野仁司, 文珠四郎秀昭, 柏木 茂, 本多史憲, 菊池章弘, 「4 K 高 Q 値運転可能な超伝導加速空洞のための電気メッキ法による Nb₃Sn 成膜」
- 5) 佐伯学行, 道前 武, 江並和宏, 平木雅彦, 井上 均, 加古永治, 道園真一郎, 文珠四郎秀昭, 梅森健成, 渡邊勇一, 山中 将, 「高圧ガス法に準拠した ILC のための 9 セル超伝導加速空洞の研究」
- 6) 佐伯学行, 道前武, 江並和宏, 平木雅彦, 井 均, 加古永治, 道園真一郎, 文珠四郎秀昭, 梅森健成, 渡邊勇一, 山中将, 「ILC 計画実現に向けた KEK 超伝導加速空洞製造施設(Cavity Fabrication Facility: CFF)の現状」
- 7) 森川祐, 原田健太郎, 山本将博, 芳賀開一, 萩原雅之, 東直, 本田洋介, 本 融, 保住弥紹, 加古永治, 神谷幸秀, 河田洋, 小林幸則, 松村宏, 満田史織, 三浦太一, 三浦孝子, 宮島司, 長橋進也, 中村典雄, 中西功太, 濁川和幸, 野上隆史, 帯名崇, 加 龍好, 下ヶ橋秀典, 阪井寛志, 島田美帆, 多田野幹人, 高良太, 高木宏之, 田 織雅, 谷本育律, 豊田晃弘, 内山隆司, 上田明, 梅森健成, 舟橋義聖, 吉田剛, Qiu Feng, 道園真一郎, 川端方子, 太田朗生, 本 新, 本石章司, 佐藤 典仁, 柴田徳思, 「cERL における電子線を用いた医療用 RI 製造試験」

- (2) 日本原子力学会2020年秋の年会, オンライン, (2020.9.16-18)
- 1) T. K. Tuyet, T. Sanami, H. Yamazaki, T. Itoga, A. Takeuchi, Y. Asano, S. Miyamoto, “Double differential cross-section measurement of the medium-heavy nuclei (g,xn) reaction for 16.6 MeV polarized photons”
- (3) 第 67 回材料と環境討論会, オンライン, (2020.10.26-28)
- 1) 三浦佑太, 八代仁, 井田義明, 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電位モードの影響」
- (4) 第 19 回日本放射線安全管理学会学術大会, オンライン, (2020.12.9-11)
- 1) 松村宏, 榎本和義, 吉田剛, 豊田晃弘, 中村一, 三浦太一, 齊藤勝彦, 甲村巖根, 鶴野浩行, 小壽正彦, 我妻慧, 「PET サイクロトロン本体を用いた金属鉄に対する放射化評価法の検討」
 - 2) 榎本和義, 松村宏, 吉田剛, 豊田晃弘, 中村一, 西川功一, 三浦太一, 別所光太郎, 近藤尚明, 榮武二, 想田光, 米内俊祐, 「陽子線治療施設の放射化調査1 (シンクロトロンタイプ)」
 - 3) 吉田剛, 榎本和義, 松村宏, 豊田晃弘, 中村一, 西川功一, 三浦太一, 別所光太郎, 須釜裕也, 中村大隆, 秋田経理, 勝田昭一, 秋元哲夫, 榮武二, 想田光, 米内俊祐, 「陽子線治療施設の放射化調査2 (サイクロトロンタイプ)」
- (5) 2020 年度核データ研究会, 理化学研究所, 和光市, (2021.12.26-27)
- 1) T. K. Tuyet, 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”
- (6) 第 34 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, オンライン, (2021.1.8~10)
- 1) 竹内章博, 萩原雅之, 糸賀俊朗, 金沢修平, 大岡康臣, 小西啓之, 「3GeV次世代放射光施設のビームラインの遮蔽設計」
- (7) 第35回宇宙環境利用シンポジウム, オンライン, (2021.1.19-20)
- 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」

- (8) 第34回研究会「放射線検出器とその応用」, オンライン開催, (2021.1.20-22)
- 1) T. K. Tuyet, T. Sanami, H. Yamazaki, T. Itoga, Y. Sakaki, Y. Kirihara, H. Nakashima, Y. Namito, S. Miyamoto, Y. Asano, “Measurement of photoneutron energy spectrum with Laser Compton back scattering photon at NewSUBARU BL-01”
 - 2) X. Xu, M. Hagiwara, “Performance test on Chemical Vapor Deposition Diamond Detector under extreme radiation environments”
- (9) 第22回環境放射能研究会, オンライン, (2021.3.10-12)
- 1) 西川功一, 大山隆弘, 齋藤究, 白形政司, 関本俊, 中村一, 萩原雅之, 別所光太郎, 三浦太一, 八島浩, 山崎寛仁, 「J-PARC加速器の運転モードの違いによるコンクリート中の核種生成量の比較」
 - 2) 沖雄一, 三浦太一, 豊田晃弘, 西川功一, 中村一, 松村宏, 吉田剛, 榎本和義, 「高周波炉システムを用いた溶融した放射化金属試料からのエアロゾル捕集」
- (10) 日本原子力学会2020年春の年会, オンライン, (2021.3.17-19)
- 1) 波戸芳仁, 平山英夫, 「線源と検出器の形状変換の拡張—コリメータ付き検出器, 円柱線源」
 - 2) T.K. Tuyet, T. Sanami, H. Yamazaki, T. Itoga, Y. Sakaki, N.T.T. Linh, Y. Kirihara, H. Nakashima, Y. Namito, S. Miyamoto, Y. Asano, “Photon energy dependence of photo-neutron production from the $^{197}\text{Au}(\gamma, xn)$ reaction”
 - 3) 萩原雅之, 徐秀清, 大山隆弘, 八島浩, 鎌田 創, 「ダイヤモンド検出器を用いた極限放射線環境下における中性子センサーの実験的研究」
- (11) 第68回応用物理学会春季学術講演会, オンライン, (2021.3.16-19)
- 1) 竹内章博, 萩原雅之, 糸賀俊朗, 金沢修平, 大岡康臣, 小西啓之, 「3GeV次世代放射光施設におけるガス制動放射線の評価」

6. 編集 (2020.4.1～2021.3.31)

- (1) Y. Namito, H. Iwase, Y. Sakaki, H. Hirayama, “Proceedings of the 26th EGS Users' Meeting in Japan”, KEK Proc. 2020-2 (2020).
- (2) K. Bessho, H. Matsumura, T. Miura, G. Yoshida, “Proceedings of the 21th Workshop on Environmental Radioactivity”, KEK Proceedings 2020-4 (2020)
- (3) S. Sasaki, Y. Kishimoto, M. Hasegawa, T. Sanami, H. Yamazaki, K. Saito and K. Iijima: “Proceedings of the 34th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses”, KEK Proceedings 2020-5 (2020)

7. 手引き等 (2020.4.1～2021.3.31)

- (1) 萩原雅之, 「直線加速装置入射路のビーム出力の変更に係る放射線安全対策」 KEK Internal 2020-7.
- (2) 松村 宏, 萩原雅之, 三浦太一, 濁川和幸, 芳賀開一, 長橋進也, 帯名 崇, 中村典雄, 加藤龍好, 「ERL 開発棟におけるコンパクト ERL の使用の変更に係わる放射線安全対策 —製造放射性同位元素の種類追加—」, KEK Internal 2020-2, Japanese, 100 p.
- (3) 松村 宏, 豊田晃弘, 「放射性試料測定棟における密封されていない放射性同位元素の使用の変更に係わる放射線安全対策」 KEK Internal 2020-3, Japanese, 78 p.
- (4) 放射線安全の手引き別冊, 2020 年 5 月

8. 単行本 (2020.4.1～2021.3.31)

- (1) K. Masumoto, (分担執筆) “Decommissioning of Particle Accelerators”, IAEA Nuclear Energy Series No. NW-T-2.9 (IAEA, Vienna, August 2020)
- (2) 榎本和義 (分担執筆), 「放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアル」改訂専門委員会編, 「放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアル」, (日本放射線安全管理学会, ISBN978-4-9900689-0-8, 2020 年 6 月)
- (3) 波戸芳仁, 萩原雅之 (分担執筆), 福士政広編, 「第 1 種放射線取扱主任者試験 マスター・ノート 4th edition 」, (メジカルビュー社, ISBN978-4-7583-2037-5 , 2021 年 3 月)

