

Accelerator Applications Research Division Nuclear Chemistry Group

1. Abstract

The Nuclear Chemistry Group develops production technologies of useful radioisotopes (RIs) at RIKEN RI Beam Factory (RIBF) and applies them in the research fields of physics, chemistry, biology, engineering, medicine, pharmaceutical and environmental sciences. The purified RIs such as ^{65}Zn , ^{67}Cu , ^{85}Sr , ^{88}Y , and ^{109}Cd are delivered to universities and institutes through Japan Radioisotope Association. We also develop new technologies of mass spectrometry for the trace-element analyses using accelerator techniques and apply them to the research fields such as cosmochemistry, environmental science, archaeology, and so on. We perform various isotopic analyses on the elements such as S, Pd, and Pb using ICP-MS, TIMS, and IRMS. We also develop radioactive targets and sources for nuclear physics experiments and ion-source materials such as $^{238}\text{UO}_2$ and ^{48}CaO for ECR ion sources of the heavy-ion accelerators at RIBF.

2. Major Research Subjects

- (1) Research and development of RI production technologies at RIBF
- (2) RI application research
- (3) Development of trace element analyses using accelerator techniques and their applications to geoscience and archaeological research fields
- (4) Development of radioactive targets and sources for nuclear physics experiments and ion-source materials for ECR ion sources of the heavy-ion accelerators at RIBF

3. Summary of Research Activity

(1) Research and development of RI production technologies at RIBF and RI application research

Due to its high sensitivity, the radioactive tracer technique has been successfully applied for investigations of the behavior of elements in the fields of chemistry, biology, engineering, medicine, pharmaceutical and environmental sciences. We have been developing production technologies of useful radioisotopes (RIs) at RIBF and conducting their application studies in collaboration with many researchers in various fields. With 30-MeV proton, 24-MeV deuteron, 50-MeV alpha, and 70-MeV ^7Li beams from the AVF cyclotron, we presently produce about 100 RIs from ^7Be to ^{236}Np . Among them, ^{65}Zn , ^{67}Cu , ^{85}Sr , ^{88}Y , and ^{109}Cd are delivered to Japan Radioisotope Association for fee-based distribution to the general public in Japan. Our RIs are also distributed to researchers under the Supply Platform of Short-lived Radioisotopes for Fundamental Research (FY2016-2027) and the Radioisotope Collaborative Interdisciplinary Development Platform (FY2023-2032) supported by MEXT. On the other hand, RIs of a large number of elements are simultaneously produced from metallic targets such as ^{nat}Ti , ^{nat}Ag , ^{nat}Hf , ^{197}Au , and ^{232}Th irradiated with a 135 MeV/nucleon ^{14}N beam from the RIKEN Ring Cyclotron. These multitracers are also supplied to universities and institutes as collaborative research.

In 2023, we developed production technologies of RIs such as ^{28}Mg , ^{118}Te , ^{139}Ce , ^{141}Ce , ^{149}Eu , ^{155}Tb , ^{165}Er , ^{169}Yb , ^{195}Au , ^{211}At , ^{212}Pb , ^{224}Ra , ^{225}Ac , ^{229}Pa , and ^{236}Np which were strongly demanded but lack supply sources in Japan. We also investigated the excitation functions for the $^{19}\text{F}(\alpha, x)$, $^{45}\text{Sc}(\alpha, x)$, $^{nat}\text{Ti}(^7\text{Li}, x)$, $^{nat}\text{Cu}(\alpha, x)$, $^{nat}\text{Cu}(^7\text{Li}, x)$, $^{59}\text{Co}(\alpha, x)$, $^{159}\text{Tb}(\alpha, x)$, $^{nat}\text{Dy}(\alpha, x)$, $^{nat}\text{Yb}(d, x)$ reactions to effectively and quantitatively produce useful RIs. We used radiotracers of ^{118}Te , ^{139}Ce , ^{149}Eu , ^{155}Tb , ^{165}Er , ^{195}Au , ^{211}At , and ^{229}Pa for application studies in chemistry, ^{141}Ce , ^{211}At , and ^{225}Ac in nuclear medicine, and ^{67}Cu , ^{169}Yb , ^{195}Au , and ^{211}At in engineering. We also produced ^{65}Zn , ^{67}Cu , ^{85}Sr , ^{88}Y , and ^{109}Cd for our scientific research on a regular schedule and supplied the surpluses through Japan Radioisotope Association to the general public. In 2023, we accepted 4 orders of ^{65}Zn with a total activity of 21.7 MBq, 4 orders of ^{85}Sr with 23 MBq, and 1 order of ^{109}Cd with 2 MBq. We also distributed ^{28}Mg (1 MBq $\times$ 2), ^{67}Cu (10 MBq $\times$ 1), ^{88}Zr (1 MBq $\times$ 1 and 2 MBq $\times$ 1), ^{89}Zr (10 MBq $\times$ 2), ^{95}Nb (2 MBq $\times$ 1), ^{141}Ce (0.24 MBq $\times$ 1), ^{175}Hf (1 MBq $\times$ 1 and 2 MBq $\times$ 1), ^{179}Ta (1 MBq $\times$ 1), and ^{211}At (5 MBq $\times$ 4, 10 MBq $\times$ 1, 20 MBq $\times$ 3, 25 MBq $\times$ 1, 30 MBq $\times$ 2, 37 MBq $\times$ 1, 50 MBq $\times$ 1, 60 MBq $\times$ 2, 80 MBq $\times$ 1, and 100 MBq $\times$ 3) under the Supply Platform of Short-lived Radioisotopes for Fundamental Research and the Radioisotope Collaborative Interdisciplinary Development Platform.

(2) Superheavy element chemistry

Chemical characterization of newly-discovered superheavy elements (SHEs, atomic number $Z \geq 104$) is an extremely interesting and challenging research subject in modern nuclear and radiochemistry. We are developing SHE production systems as well as rapid single-atom chemistry apparatuses at RIBF. Using heavy-ion beams from SRILAC and AVF, ^{261}Rf ($Z = 104$), ^{262}Db ($Z = 105$), ^{265}Sg ($Z = 106$), and ^{266}Bh ($Z = 107$) are produced in the $^{248}\text{Cm}(^{18}\text{O}, 5n)^{261}\text{Rf}$, $^{248}\text{Cm}(^{19}\text{F}, 5n)^{262}\text{Db}$, $^{248}\text{Cm}(^{22}\text{Ne}, 5n)^{265}\text{Sg}$, and $^{248}\text{Cm}(^{23}\text{Na}, 5n)^{266}\text{Bh}$ reactions, respectively, and their chemical properties are investigated.

We installed a gas-jet transport system to the focal plane of the gas-filled recoil ion separator GARIS at SRILAC. This system is a promising approach for exploring new frontiers in SHE chemistry: the background radiations from unwanted products are strongly suppressed, the intense primary heavy-ion beam is absent in the gas-jet chamber, and hence the high gas-jet extraction yield is attained. Furthermore, the beam-free condition makes it possible to investigate new chemical systems. In 2023, we continued to develop an ultra-rapid gas-chromatograph apparatus, which consists of an RF carpet gas cell and a cryo-gas-chromatograph column with a Si detector array, at the focal plane of GARIS for the future gas-phase chemistry of the short-lived SHEs (half-life $T_{1/2} < 1$ s). To realize aqueous chemistry studies of Sg and Bh, we have been developing a continuous and rapid solvent extraction apparatus which consists of a continuous dissolution apparatus Membrane DeGasser (MDG), a Flow Solvent Extractor (FSE), and a liquid scintillation detector

for α /SF-spectrometry. On the other hand, in collaboration with Osaka University, co-precipitation of No ($Z = 102$) with BaSO_4 and CaC_2O_4 and solid-liquid extraction of No with the Eichrom Sr resin are under study using ^{255}No produced in the $^{248}\text{Cm}(^{12}\text{C}, 5n)^{255}\text{No}$ reaction at the AVF cyclotron. We also produced radiotracers of ^{85}Sr , ^{88}Zr , ^{95}Nb , ^{133}Ba , ^{175}Hf , and ^{179}Ta at the AVF cyclotron and conducted model experiments for aqueous chemistry studies on No, Rf, and Db.

(3) Development of trace element analyses using accelerator techniques and their applications to geoscience and archaeological research fields

We have been developing the ECR Ion Source Mass Spectrometer (ECRIS-MS) for trace element analyses. We renovated the detection system of ECRIS-MS and evaluated its sensitivity and mass resolution power. We equipped a laser-ablation system with an ion source and a pre-concentration system to achieve high-resolution analyses for noble gases such as Kr and Xe.

Using the ICP-MS, TIMS, IRMS, and so on, we studied Pb and S isotope ratios on cinnabar and biological samples (collagen) from ancient ruins in Japan to elucidate the distribution of goods in the archaic society. We have established a sampling technique for pigment without any damages on the artifacts or wall paintings, using a sulfur-free adhesive tape since 2019. This technique was applied to analyze vermilion samples collected from archaeological sites. In FY2023, three types of vermilion were analyzed. The first was vermilion excavated from tombs dating from the Yayoi Period to the Kofun Period in Japan, the second was excavated from tombs dating from the Pre-Qin Period (the Shang, Spring and Autumn, Warring States Period, etc.) in China, and the third was used for murals on the Roman sites in the Iberian Peninsula. Furthermore, since 2021, we have been developing a method for the analyses of 3 isotopic abundance ratios (^{32}S , ^{33}S , and ^{34}S) of sulfur as a new parameter for identification of source mine. We analyzed the possibility of exploring the MIF (mass-independent-fractionation) effect. This is also expected to provide a new parameter for the analysis of environmental dynamics.

In FY2023, we operated ICP-MS, making it a shared-use instrument, and analyzed 324 samples from five laboratories.

(4) Development of radioactive targets and sources for nuclear physics experiments and ion-source materials for ECR ion sources of the heavy-ion accelerators at RIBF

In 2023, we fabricated $^{248}\text{Cm}_2\text{O}_3$ targets by a molecular plating method to search for new element 119 in the $^{248}\text{Cm}(^{51}\text{V}, xn)^{299-x}119$ reaction under the nSHE collaboration.

Members

Director

Hiromitsu HABA

Technical Scientists

Hiroo HASEBE

Yousuke KANAYAMA

Contract Researcher

Xiaojie YIN

Postdoctoral Researcher

Yudai SHIGEKAWA

Technical Staffs

Yayoi IKAWA

Akihiro NAMBU

Research Part-time Workers

Michiko KITAGAWA

Keiko WATANABE

Nozomi SATO

Minako OSANAI

Sachiko USUDA

Junior Research Associates

Teruhito NAKASHITA

Motoki SATO

Special Temporary Research Scientists

Kazuya TAKAHASHI

Tamaki WATANABE

Research Consultant

Hisaaki KUDO (Niigata Univ.)

Senior Visiting Scientist

Hidefumi MUKAI (Nagasaki Univ.)

Visiting Scientists

Msayuki AIKAWA (Hokkaido Univ.)
 Kazuhiko AKIYAMA (Tokyo Metropolitan Univ.)
 Takatoshi AOKI (Univ. of Tokyo)
 Masato ASAI (JAEA)
 Ichinkhorloo DAGVADORJ (Nat'l Univ. of Mongolia)
 Ferenc DITROI (ATOMKI)
 Shuichiro EBATA (Saitama Univ.)
 Takahiro HIRAKI (Okayama Univ.)
 Yoshitaka KASAMATSU (Osaka Univ.)
 Mayeen U. KHANDAKER (Sunway Univ.)
 Hidetoshi KIKUNAGA (Tohoku Univ.)
 Takumi KUBOTA (Kyoto Univ.)
 Takahiko MASUDA (Okayama Univ.)
 Hidefumi MUKAI (Nagasaki Univ.)
 Kenichiro OGANE (Int'l Univ. of Health and Welfare)
 Miki OHTSUKA (Waseda Univ.)
 Kazuhiro OOE (Osaka Univ.)
 Zhi QIN (Chinese Academy of Sci.)
 Aya SAKAGUCHI (Tsukuba Univ.)
 Tetsuya SATO (JAEA)

Kenji SHIMAZOE (Univ. of Tokyo)
 Keisuke SUEKI (Tsukuba Univ.)
 Zoltan SZUCS (ATOMKI)
 Sandor TAKACS (ATOMKI)
 Hiroyuki TAKAHASHI (Univ. of Tokyo)
 Miho TAKAHASHI (Tokyo Univ. of Marine Sci. and Tech.)
 Hiroki TAKASHIMA (Nat'l Cancer Center)
 Sayuri TAKATORI (Okayama Univ.)
 Atsushi TOYOSHIMA (Osaka Univ.)
 Zolbadral TSOODOL (Nat'l Univ. of Mongolia)
 Kazuaki TSUKADA (JAEA)
 Mizuki UENOMACHI (Kyoto Univ.)
 Naoyuki UKON (Fukushima Medical Univ.)
 Yasuteru URANO (Univ. of Tokyo)
 Shota WARASHINA (Nagasaki Univ.)
 Eisuke WATANABE (KEK)
 Takahiro YAMADA (Kindai Univ.)
 Takuya YOKOKITA (Tohoku Univ.)
 Akihiko YOKOYAMA (Kanazawa Univ.)
 Koji YOSHIMURA (Okayama Univ.)

Visiting Technicians

Hideyuki ARAI (Metal Tech. Co. Ltd.)
 Hiroshi ARATA (Metal Tech. Co. Ltd.)
 Mai FUKUMORI (ATOX Co., Ltd.)
 Tomoya HANASHIMA (Metal Tech. Co. Ltd.)
 Hiroyuki IDE (ATOX Co., Ltd.)
 Masataka IMAMURA (Japan Radioisotope Association)
 Shota KIMURA (Japan Radioisotope Association)
 Takashi KURIHARA (Metal Tech. Co. Ltd.)

Daiki MORI (Japan Radioisotope Association)
 Shingo NAKAMURA (Metal Tech. Co. Ltd.)
 Yuki TAKEMURA (ATOX Co., Ltd.)
 Shusaku TAZAWA (ATOX Co., Ltd.)
 Sho TOMITA (ATOX Co., Ltd.)
 Yuichirou WAKITANI (Japan Radioisotope Association)
 Kaede YAMADA (ATOX Co., Ltd.)

Research Fellow

Damdinsuren GANTUMUR (Hokkaido Univ.)

Student Trainees

Atsuki ABE (Univ. of Tokyo)
 Kjeld A.A.G. BEEKS (Vienna Univ. of Tech.)
 Sho EGAWA (Kitasato Univ.)
 Takumi ENDO (Niigata Univ.)
 Yuta FUKUNAGA (Okayama Univ.)
 Saki GOTO (Hokkaido Univ.)
 Ming GUAN (Okayama Univ.)
 Yuko HIRATA (Univ. of Tokyo)
 Kako HOSHIBA (Kanazawa Univ.)
 Hiroyuki HOSOKAWA (Kanazawa Univ.)
 Xuan HOU (Univ. of Tokyo)
 Yudai ITAKURA (Osaka Univ.)
 Tatsunori IZUMI (Nagasaki Univ.)

Donghwan KIM (Univ. of Tokyo)
 Shiko KUMAHARA (Tokyo Univ. of Agri. and Tech.)
 Hongchang LIN (Univ. of Tokyo)
 Ryoutarou MASUDA (Osaka Univ.)
 Koichi OKAI (Okayama Univ.)
 Yuma SAKAKIEDA (Tsukuba Univ.)
 Motoki SATO (Univ. of Tokyo)
 Kyosuke SHIBAMOTO (Osaka Univ.)
 Hodaka TAKAHASHI (Tsukuba Univ.)
 Katsuyuki TOKOI (Osaka Univ.)
 Ruilin WANG (Osaka Univ.)
 Andreas WIEDERIN (Univ. of Vienna)

List of Publications & Presentations

Publications

[Original Papers]

- N. Ukon, M. Aikawa, M. Saito, M. Hagiwara, H. Yashima, Y. Komori, H. Haba, S. Takács, F. Ditrói, and Z. Szűcs, "Activation cross sections of alpha-particle-induced reactions on natural tungsten for osmium and rhenium radionuclides," *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B* **539**, 95–101 (2023).
- L. Yan, M. Uenomachi, T. Ueki, D. Kim, K. Shimazoe, H. Takahashi, K. Kamada, Y. Shigekawa, A. Nambu, X. Yin, Y. Wang, and H. Haba, "Simultaneous multi-nuclide imaging via reconstruction-free double-photon emission coincidence imaging method with parallel hole collimator and slat collimator," *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A* **1053**, 168305–1–8 (2023).
- Y. Ode, A. R. Pradipta, P. Ahmadi, A. Ishiwata, A. Nakamura, Y. Egawa, Y. Kusakari, K. Muguruma, Y. Wang, X. Yin, N. Sato, H. Haba, and K. Tanaka, "Therapeutic efficacy of ^{211}At -radiolabeled 2,6-diisopropylphenyl azide in mouse models of human lung cancer," *Chem. Sci.* **14**, 8054–8060 (2023).

- K. Teranishi, R. Morita, Y. Hayakawa, A. Sakaguchi, A. Nakajima, Y. Komori, T. Yokokita, D. Mori, H. Haba, and A. Yokoyama, "Incomplete fusion reaction producing Pa nuclides in the $^{232}\text{Th} + ^7\text{Li}$ reaction," *Radiochim. Acta* **111**, 589–596 (2023).
- A. Aso, H. Nabetani, Y. Matsuura, Y. Kadonaga, Y. Shirakami, T. Watabe, T. Yoshiya, M. Mochizuki, K. Ooe, A. Kawakami, N. Jinno, A. Toyoshima, H. Haba, Y. Wang, J. Cardinale, F. L. Giesel, A. Shimoyama, K. Kaneda-Nakashima, and K. Fukase, "Evaluation of astatine-211-labeled fibroblast activation protein inhibitor (FAPI): comparison of different linkers with polyethylene glycol and piperazine," *Int. J. Mol. Sci.* **24**, 8701–1–13 (2023).
- Y. Iizuka, Y. Manabe, K. Ooe, A. Toyoshima, X. Yin, H. Haba, K. Kabayama, and K. Fukase, "Exploring a nuclear-selective radioisotope delivery system for efficient targeted alpha therapy," *Int. J. Mol. Sci.* **24**, 9593–1–8 (2023).
- Y. Shigekawa, X. Yin, A. Nambu, Y. Wang, and H. Haba, "Production and chemical separation of ^{229}Pa toward observation of γ rays of $^{229\text{m}}\text{Th}$," *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **333**, 1479–1486 (2024).
- M. Aikawa, Y. Toyoda, D. Gantumur, N. Ukon, S. Ebata, H. Haba, S. Takács, F. Ditrói, and Z. Szűcs, "Activation cross sections of deuteron-induced reactions on natural rhenium up to 23 MeV," *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B* **543**, 165093–1–8 (2023).
- T. Watabe, K. Kabayama, S. Naka, R. Yamamoto, K. Kaneda, S. Serada, K. Ooe, A. Toyoshima, Y. Wang, H. Haba, K. Kurimoto, T. Kobayashi, E. Shimosegawa, N. Tomiyama, K. Fukase, and T. Naka, "Immuno-PET and targeted α -therapy using anti-glypican-1 antibody labeled with ^{89}Zr or ^{211}At : A theranostic approach for pancreatic ductal adenocarcinoma," *J. Nucl. Med.*, published online (October 12, 2023). DOI: 10.2967/jnumed.123.266313.
- S. Takács, F. Ditrói, Z. Szűcs, M. Aikawa, H. Haba, Y. Toyoda, G. Damdinsuren, and S. Ebata, "Activation cross section measurement of alpha-particle induced nuclear reactions on tantalum," *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B* **545**, 165127–1–11 (2023).
- Y. Shin, S. Maruyama, K. Kawasaki, K. Aoi, K. Washiyama, I. Nishinaka, S. Yano, H. Haba, and A. Yokoyama, "Solvent extraction following oxidation of astatine for the use of a ^{211}Rn - ^{211}At generator," *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **333**, 403–409 (2024).
- K. Kaneda-Nakashima, Y. Shirakami, Y. Kadonaga, T. Watabe, K. Ooe, X. Yin, H. Haba, K. Shirasaki, H. Kikunaga, K. Tsukada, A. Toyoshima, J. Cardinale, F. L. Giesel, and K. Fukase, "Comparison of nuclear medicine therapeutics targeting PSMA among alpha-emitting nuclides," *Int. J. Mol. Sci.* **25**, 933–1–14 (2024).
- F. Ditrói, S. Takács, M. Aikawa, D. Gantumur, H. Huang, S. Goto, H. Haba, Z. Szűcs, and F. Tárkányi, "Production of ^{45}Ti radioisotope by proton irradiation of natural scandium," *Radiat. Phys. Chem.* **218**, 111572–1–6 (2024).
- Y. Ode, A. R. Pradipta, A. Ishiwata, A. Nambu, K. Ohnuki, H. Mizuma, H. Haba, and K. Tanaka, "Metallic radionuclide-labeled tetrameric 2,6-diisopropylphenyl azides for cancer treatment," *Chem. Comm.* **60**, 3291–3294 (2024).
- M. Aikawa, S. Ebata, H. Haba, S. Takács, F. Ditrói, and Z. Szűcs, "Activation cross sections of α -particle-induced reactions on scandium in the energy range of 22–51 MeV," *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B* **550**, 165315–1–8 (2024).
- T. Hiraki, K. Beeks, M. Bartokos, H. Fujimoto, Y. Fukunaga, H. Haba, Y. Kasamatsu, S. Kitao, A. Leitner, T. Masuda, G. Ming, N. Nagasawa, R. Ogake, K. Okai, M. Pimon, M. Pressler, N. Sasao, F. Schaden, T. Schumm, M. Seto, Y. Shigekawa, K. Shimizu, T. Sikorsky, K. Tamasaku, S. Takatori, T. Watanabe, A. Yamaguchi, Y. Yoda, A. Yoshimi, and K. Yoshimura, "Experimental apparatus for detection of radiative decay of ^{229}Th isomer from Th-doped CaF_2 ," *Hyperfine Interact.* **245**, 14 (2024).
- K. Shimazoe, K. Donghwan, T. Mineo, T. Sato, S. Ohta, T. Tatsumi, A. Sugiyama, K. Yamatsugu, S. Nomura, R. Terabayashi, H. Tomita, T. Sonoda, Y. Shigekawa, T. Yokokita, and M. Uenomachi, "pH dependence of perturbed angular correlation in DOTA chelated ^{111}In measured with ring-shape gamma-ray detectors," *Hyperfine Interact.* **245**, 22–1–20 (2024).
- J. M. Rodanés-Vicente, J. A. Cuchi-Oterino, T. Minami, K. Takahashi, J. Martín-Gil, J. I. Lorenzo-Lizalde, and P. Martín-Ramos, "Use of cinnabar in funerary practices in the Central Pyrenees. Analysis of pigments on bones from the prehistoric burial of the Cueva de la Sierra cave in Campodarbe (Huesca, Spain)," *J. Archaeol. Sci. Rep.* **48**, 103849–1–10 (2023).
- K. Oda, K. Li, Y. V. Sahoo, K. Takahashi, and M. Tanaka, "Ferrous determination in ground and brackish water by high-resolution electrospray ionization mass spectrometry," *J. Mol. Liq. B* **391**, 123316 (2023).
- M. Muto, Y. Osuka, K. Ii, R. Ueda, A. Shintani, M. Takanashi, I. Terada, K. Oda, K. Tsuchiya, Y. V. Sahoo, K. Takahashi, and M. Tanaka, "Electrospray mass spectrometry method to prevent the reduction of hexavalent to pentavalent chromium," *Rapid Commun. Mass Spectrom.* **37**, published online (September 27, 2023). DOI: 10.1002/rcm.9644.
- 杉元啓悟, 太田あつ子, 北村弘明, 小川美帆, 堂前直, 奥野広樹, 高橋和也, 池田和貴, 富田努, 松岡直樹, 松石邦隆, 猪熊哲朗, 長野徹, 武尾真, 辻孝, 「毛髪における疾患マーカー同定に向けたマルチオミクス解析」, *Skin Surg.* **32**, 3–8 (2023).

[Review Article]

羽場宏光, 「理研がつくる応用研究用ラジオアイソトープ—新元素の探索からがん治療まで—」, *FBNews* No.558, 2–6 (2023).

[Book]

神谷嘉美, 南武志, 高橋和也, 「中国産水銀朱を用いた古代日本の遺跡の時代変遷と地域性」, in 「動物・植物・鉱物から探る古代中国 (日中共同研究成果報告書 3)」, 中村慎一編, pp. 235–249, 六一書房, 2024 年 3 月.

[Proceedings]

斎藤誠史, 南武志, 高橋和也, 「5 朱の硫黄同位体分析 (1)」, 須玖岡本遺跡 8—岡本地区総括報告書 1—(本文編), 福岡県春日市岡本所在遺跡の調査春日市文化財調査報告書第 90 集, 329–332 (2024).

斎藤誠史, 南武志, 高橋和也, 「6 朱の硫黄同位体分析 (2)」, 須玖岡本遺跡 8—岡本地区総括報告書 1—(本文編), 福岡県春日市岡本所在遺跡の調査, 春日市文化財調査報告書第 90 集, 333 (2024).

Presentations

[International Conferences/Workshops]

- H. Sakai (invited) for nSHE research group, “SHE research at RIKEN Nishina Center,” International Symposium on Physics of Unstable Nuclei 2023 (ISPUN23), Phu Quoc Island, Vietnam, May 4–8, 2023.
- A. Yamaguchi (invited), Y. Shigekawa, H. Haba, M. Wada, and H. Katori, “Trapping and laser spectroscopy of triply charged thorium ions towards a nuclear clock,” 14th International Conference on Stopping and Manipulation of Ions and Related Topics (SMI-2023), Burghotel Staufenberg, Giessen, Germany, May 8–11, 2023.
- S. Takatori (oral), K. Beeks, H. Fujimoto, Y. Fukunaga, M. Guan, H. Haba, T. Hiraki, Y. Kasamatsu, S. Kitao, K. Konashi, T. Masuda, N. Nagasawa, K. Okai, N. Sasao, F. Schaden, T. Schumm, M. Seto, Y. Shigekawa, K. Tamasaku, S. Uetake, M. Watanabe, T. Watanabe, A. Yamaguchi, Y. Yasuda, Y. Yoda, A. Yoshimi, K. Yoshimura, and M. Yoshimura, “Vacuum ultraviolet search from thorium-229 isomer in crystal toward solid-state nuclear clock,” The 2023 Joint Conference of the IEEE International Frequency Control Symposium & European Frequency and Time Forum (IEEE IFCS-EFTF 2023), Toyama, Japan, May 15–19, 2023.
- A. Yamaguchi (oral), Y. Shigekawa, H. Haba, M. Wada, and H. Katori, “Laser spectroscopy of triply charged thorium ions towards a nuclear clock,” The 2023 Joint Conference of the IEEE International Frequency Control Symposium & European Frequency and Time Forum (IEEE IFCS-EFTF 2023), Toyama, Japan, May 15–19, 2023.
- H. Haba (invited), “Present status and perspective of superheavy element research at RIKEN,” Advances and Challenges in Nuclear Fission and Quasi-Fission of Very Heavy and Superheavy Elements, Napoli, Italy, May 22–26, 2023.
- T. Niwase (oral), P. Schury, M. Wada, P. Brionnet, S. D. Chen, T. Gao, T. Hasimoto, H. Haba, Y. Hirayama, D. Hou, S. Iimura, H. Ishiyama, S. Ishizawa, Y. Ito, D. Kaji, S. Kimura, H. Koura, J. Liu, H. Miyatake, J. Y. Moon, K. Morimoto, K. Morita, D. Nagae, M. Rosenbusch, A. Takamine, Y. X. Watanabe, H. Wollnik, W. Xian, S. Yan, and J. M. Yap, “Direct mass measurement of $^{257,258}\text{Db}$ by using an MRTOF-MS equipped with an α -TOF detector,” The 4th International Conference on Advances in Radioactive Isotope Science (ARIS), Avignon, France, June 4–9, 2023.
- T. Watabe (poster), K. Kaneda-Nakashima, Y. Kadonaga, K. Ooe, T. Sampunta, H. Haba, A. Toyoshima, J. Cardinale, F. L. Giesel, K. Fukase, N. Tomiyama, and Y. Shirakami, “Extended single-dose toxicity study of ^{211}At]PSMA5 in mice for the FIH clinical trial of targeted alpha therapy for refractory prostate cancer: interim results,” Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging (SNMMI) 2023 Annual Meeting, Chicago, IL, USA, June 24–27, 2023.
- B. Feng (poster), A. Nambu, H. Tomita, H. Haba, H. Takahashi, K. Kamada, K. Shimazoe, M. Uenomachi, T. Ueki, and Y. Shigekawa, “Angular correlation measurement and magnetic field response of ^{169}Yb for double photon coincidence imaging,” 24th International Workshop on Radiation Imaging Detectors, Oslo, June 25–29, 2023.
- S. Takács (oral), F. Ditrói, Z. Szűcs, M. Aikawa, G. Damdinsure, H. Haba, and S. Ebata, “Cross sections of α -particle-induced reactions on ^{nat}Ta ,” 11th International Conference on Isotopes (11ICI), Saskatoon, Saskatchewan, Canada, July 23–27, 2023.
- M. Fukase (poster), H. Nagahama, K. Nakamura, N. Ozawa, M. Sato, S. Nagase, T. Nakashita, D. Uehara, and Y. Sakemi, “Development of a radio frequency dipole mass filter for the francium permanent electric dipole moment search,” A3F-CNS Summer School 2023 (A3F-CNSSS23), Wako, Japan, August 4–10, 2023.
- T. Nakashita (poster), T. Sonoda, H. Tomita, and H. Haba, “Laser ionization of ^{211}At using gas cell,” 2023 RIKEN Summer School, Wako, Japan (RIKEN Wako campus), September 6–7, 2023.
- H. Haba (invited), “Production and applications of radioisotopes at RIKEN RI Beam Factory—Search for new elements through therapy of cancer—,” 5th International Conference on “Physics for Sustainable Development & Technology” (ICPSDT-2023), Chittagong, Bangladesh, September 7–8, 2023.
- T. Watabe (oral), K. Kaneda-Nakashima, Y. Kadonaga, K. Ooe, T. Sampunta, H. Haba, A. Toyoshima, J. Cardinale, F. L. Giesel, K. Fukase, N. Tomiyama, and Y. Shirakami, “Preclinical toxicity study of ^{211}At]PSMA5 in mice and for the FIH clinical trial of targeted alpha therapy against refractory prostate cancer,” 36th Annual Congress of the European Association of Nuclear Medicine (EANM2023), Vienna, Austria, September 9–13, 2023.
- Y. Higurashi (poster), T. Nakagawa, J. Ohnishi, H. Haba, and G. M. Saquilayan, “Production of intense uranium ion Beam for RIKEN RI Beam Factory,” 20th International Conference on Ion Sources (ICIS’23), Vancouver, Canada, September 17–22, 2023.
- M. Fukase (oral), H. Nagahama, K. Nakamura, N. Ozawa, M. Sato, S. Nagase, T. Nakashita, D. Uehara, and Y. Sakemi, “Present status of high intensity Fr source development to search for the EDM,” Symposium University of Tokyo—ETH Zurich—University of Zurich, ETH Zurich, Switzerland, October 15–17, 2023.
- A. Yamaguchi (invited), Y. Shigekawa, H. Haba, M. Wada, and H. Katori, “Laser spectroscopy of triply charged thorium-229 isomer toward a nuclear clock,” The 9th Symposium on Frequency Standards and Metrology, Kingscliff, NSW, Australia, October 16–20, 2023.
- S. Takeda (poster), I. O. Umeda, A. Yagishita, M. Katsuragawa, T. Orita, G. Yabu, R. Tomaru, T. Takahashi, F. Moriyama, H. Sugawara, S. Watanabe, H. Mizuma, K. Ohnuki, H. Fujii, L. R. Furenli, Y. Kanayama, A. Nambu, X. Yin, and H. Haba, “High-spatial-resolution imaging of rhenium-186 produced by accelerator-based synthesis,” 2023 IEEE Nuclear Science Symposium, Medical Imaging Conference and Room Temperature Semiconductor Detector Conference (IEEE NSS MIC RTSD 2023), Vancouver, Canada, November 4–11, 2023.
- H. Haba (invited), “Production of astatine-211 for targeted α -particle therapy at RIBF,” 8th High Power Targetry Workshop, Wako, Japan, November 6–10, 2023.
- H. Haba (invited), “Search for element 119 in the $^{51}\text{V} + ^{248}\text{Cm}$ reaction,” The 7th International Conference on the Chemistry and Physics of the Transactinide Elements (TAN23), Huizhou, China, November 12–17, 2023.
- Y. Shigekawa (oral), A. Yamaguchi, N. Sato, A. Takamine, M. Wada, and H. Haba, “Development of a cryogenic RF-carpet gas cell for

- the chemistry of superheavy elements,” The 7th International Conference on the Chemistry and Physics of the Transactinide Elements (TAN23), Huizhou, China, November 12–17, 2023.
- K. Morimoto (invited) for nSHE collaboration, “Status of new element search at RIKEN,” 8th International Conference on Heavy-Ion Collisions at Near-Barrier Energies (Fusion2023), Shizuoka, Japan, November 19–24, 2023.
- T. Niwase (oral), P. Schury, M. Wada, P. Brionnet, S. D. Chen, T. Gao, T. Hashimoto, H. Haba, Y. Hirayama, D. Hou, S. Iimura, H. Ishiyama, S. Ishizawa, Y. Ito, D. Kaji, S. Kimura, H. Koura, J. Liu, H. Miyatake, J. Y. Moon, K. Morita, K. Morimoto, D. Nagae, M. Rosenbusch, A. Takamine, Y. X. Watanabe, W. Xian, H. Wollnik, S. Yan, and J. M. Yap, “Direct mass measurement of superheavy nuclides produced by fusion-evaporation reactions,” 8th International Conference on Heavy-Ion Collisions at Near-Barrier Energies (Fusion2023), Shizuoka, Japan, November 19–24, 2023.
- T. Nakashita (poster), M. Sato, H. Haba, H. Nagahama, K. Nakamura, S. Nagase, M. Fukase, S. Kumahara, K. Shirasaki, K. Tsukada, H. Kikunaga, and Y. Sakemi, “Search for fundamental symmetry by trapping francium atoms,” Summit of Mater. Science 2023 and GIMRT User Meeting 2023, Sendai (Katahira Campus, Tohoku University), Japan, November 20–22, 2023.
- H. Haba (invited) for nSHE Research Group, “Search for a new element 119,” 6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan, Hawaii, USA, November 26–December 1, 2023.
- Y. Sakemi (oral), H. Nagahama, K. Nakamura, M. Sato, S. Nagase, T. Nakashita, M. Fukase, S. Kumahara, K. Abe, T. Aoki, H. Haba, and A. Takamine, “Fundamental physics with cold radioactive heavy elements,” 6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan, Hawaii, USA, November 26–December 1, 2023.
- H. Nagahama (oral), K. Nakamura, M. Sato, S. Nagase, T. Nakashita, M. Fukase, S. Kumahara, K. Abe, T. Aoki, H. Haba, A. Takamine, and Y. Sakemi, “Electron EDM search with laser-cooled heavy elements,” 6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan, Hawaii, USA, November 26–December 1, 2023.
- K. Okai (oral), K. Beeks, H. Fujimoto, Y. Fukunaga, M. Guan, H. Haba, T. Hiraki, Y. Kasamatsu, S. Kitao, K. Konashi, T. Masuda, N. Nagasawa, R. Ogake, N. Sasao, F. Schaden, T. Schumm, M. Seto, Y. Shigekawa, K. Shimizu, S. Takatori, K. Tamasaku, S. Uetake, M. Watanabe, T. Watanabe, R. Yamamoto, A. Yamaguchi, Y. Yoda, A. Yoshimi, K. Yoshimura, and M. Yoshimura, “The observation of the VUV signal from the isomeric state of 229 thorium nuclei toward realizing the atomic clock,” 6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan, Hawaii, USA, November 26–December 1, 2023.
- Y. Shigekawa (oral), A. Yamaguchi, K. Tokoi, N. Sato, M. Wada, and H. Haba, “Extraction and trapping of $^{229\text{m}}\text{Th}$ ions for measuring nuclear-decay half-lives of various ionic species of $^{229\text{m}}\text{Th}$ and observing electronic bridge process,” 6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan, Hawaii, USA, November 26–December 1, 2023.
- S. Takatori (oral), K. Beeks, H. Fujimoto, Y. Fukunaga, M. Guan, H. Haba, T. Hiraki, Y. Kasamatsu, S. Kitao, K. Konashi, T. Masuda, N. Nagasawa, R. Ogake, K. Okai, N. Sasao, F. Schaden, T. Schumm, M. Seto, Y. Shigekawa, K. Shimizu, K. Tamasaku, S. Uetake, M. Watanabe, T. Watanabe, R. Yamamoto, A. Yamaguchi, Y. Yoda, A. Yoshimi, K. Yoshimura, and M. Yoshimura, “Characterization of thorium-229 crystal towards vacuum ultraviolet search from nuclear clock isomer,” 6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan, Hawaii, USA, November 26–December 1, 2023.
- P. Schury (oral), T. Niwase, M. Wada, M. Rosenbusch, P. Brionnet, Y. Hirayama, D. Kaji, S. Kimura, K. Morimoto, M. Mukai, Y. X. Watanabe, H. Haba, H. Wollnik, H. Ishiyama, W. Xian, and A. Takamine, “Decay-correlated time-of-flight mass spectroscopy using multi-reflection time-of-flight mass spectrographs,” 6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan, Hawaii, USA, November 26–December 1, 2023.
- Y. Ode (poster), A. R. Pradipta, P. Ahmadi, A. Ishiwata, A. Nakamura, Y. Egawa, Y. Kusakari, K. Muguruma, Y. Wang, X. Yin, N. Sato, H. Haba, and K. Tanaka, “Internal radioisotope therapy utilizing [3+2] cycloaddition with acrolein,” RIKEN-Academia Sinica-Tokyo Tech-NTHU Glycoscience Joint Meeting, Taipei, Taiwan, December 1–3, 2023.
- B. Feng (poster), K. Shimazoe, D. Kim, Y. Shigekawa, A. Nambu, H. Haba, H. Mohammad, Q. Zhu, M. Uenomachi, H. Tomita, and H. Takahashi, “Study on magnetic field and pH response with angular correlation measurement of Yb-169 for double photon coincidence imaging,” 13th International “Hiroshima” Symposium on the Development and Application of Semiconductor Tracking Detectors (HSTD13), Vancouver, Canada, December 3–8, 2023.
- K. Kaneda (poster), Y. Shirakami, Y. Kadonaga, W. Tadashi, M. Yoshiyuki, A. Shimoyama, K. Kabayama, Y. Kanai, A. Toyoshima, A. Shinohara, K. Ooe, X. Yin, H. Haba, M. Fukuda, and K. Fukase, “Development of short-lived alpha-emitting nuclear medicine targeting amino acid transporter,” The 11th Takeda Science Foundation Symposium on PharmaSciences, Kita-ku, Osaka (GRAND FRONT OSAKA), Japan, January 26–27, 2024.
- A. Shimoyama (poster), A. Aso, Y. Kadonaga, Y. Shirakami, T. Watabe, T. Yoshiya, M. Mochizuki, K. Ooe, A. Kawakami, N. Jinno, A. Toyoshima, H. Haba, Y. Wang, J. Cardinale, F. L. Giesel, K. Kaneda-Nakashima, and K. Fukase, “Synthesis and evaluation of astatine-211-labeled fibroblast activation protein inhibitor (FAPi) for targeted alpha therapy,” The 11th Takeda Science Foundation Symposium on PharmaSciences, Osaka (GRAND FRONT OSAKA), Japan, January 26–27, 2024.
- H. Haba (invited), “Production and applications of radioisotopes at RIKEN RI Beam Factory—Search for new elements through therapy of cancer—,” RIKEN Symposium The 1st Conference of Accelerator-Based Science and Technology (CAST 2024), Serpong, Indonesia, February 19–22, 2024.

[Domestic Conferences/Workshops]

- 佐藤幹 (口頭発表), 「 ^{225}Ac を用いた ^{221}Fr 原子線源の開発」, 大洗・アルファ合同研究会, 千代田区 (東北大学東京分室), 2023 年 5 月 27–29 日.
- 大出雄大 (口頭発表), プラディプタアンバラ, アーマディペニー, 石渡明弘, 中村亜希子, 江河泰子, 草刈百合子, 六車共平, ワンヤン, インシャオジェ, 佐藤望, 羽場宏光, 田中克典, 「がん代謝物との [3+2] 環化付加反応による標的 α 線治療」, 日本ケミカルバイオロジー学会第 17 回年会, 豊中市 (大阪大学会館), 2023 年 5 月 29–31 日.
- 南部明弘 (口頭発表), 重河優大, 殷小杰, 白田祥子, 羽場宏光, 「 $^{169}\text{Tm}(d, 2n)^{169}\text{Yb}$ 反応による ^{169}Yb の製造」, 第 60 回アイソトープ・

放射線研究発表会, 江東区 (日本科学未来館), 2023 年 7 月 5-7 日.

殷小杰 (口頭発表), 佐藤望, 重河優大, 南部明弘, 羽場宏光, 「Progress of ^{211}At production at the RIKEN AVF cyclotron」, 第 60 回アイソトープ・放射線研究発表会, 江東区 (日本科学未来館), 2023 年 7 月 5-7 日.

羽場宏光 (依頼講演), 「RI 製造の現状と施設への期待」, J-PARC 陽子照射施設検討に関する研究会, 東海村 (AYA'S LABORATORY 量子ビーム研究センター (AQBR) 大会議室) & オンライン, 2023 年 7 月 27 日.

高島大輝 (口頭発表), 大貫和信, 眞鍋史乃, 古賀宣勝, 津村遼, 安西高廣, Yin Xiaojie, 羽場宏光, 藤井博史, 安永正浩, 「能動的標的化を維持管理することが α 線放出核種アスタチン-211 結合抗体の薬効を最大化するために重要である」, 第 39 回日本 DDS 学会学術集会, 千葉市 (幕張メッセ国際会議場), 2023 年 7 月 27-28 日.

羽場宏光 (基調講演), 「ラジオアイソトープの製造と応用～新元素の探索からがん治療まで～」, 短寿命 RI 利用研究シンポジウム, 吹田市 (大阪大学吹田キャンパス銀杏会館), 2023 年 8 月 2-3 日.

安良田寛 (口頭発表), 栗原嵩司, 中村伸悟, 佐藤望, 殷小杰, 南部明弘, 重河優大, 荒井秀幸, 長澤豊, 羽場宏光, 「アルファ線核医学治療用アスタチン-211 の大規模製造装置の開発」, 第 20 回日本加速器学会年会, 船橋市 (日本大学理工学部船橋キャンパス), 2023 年 8 月 29 日-9 月 1 日.

重河優大 (口頭発表), 「Nano ESI イオン源と LTQ Orbitrap XL を用いた微量元素化学種分析の試験」, 第 60 回核化学夏の学校, 長瀬町 (養浩亭), 2023 年 8 月 30 日-9 月 1 日.

重河優大 (招待講演), 「 ^{229}Th イオンの引き出し・イオントラップ実験について」, 第 12 回停止・低速 RI ビームを用いた核分光研究会, 豊島区 (立教大学), 2023 年 9 月 4-5 日.

白神宜史 (口頭発表), 兼田加珠子, 渡部直史, 仲定宏, 角永悠一郎, 大江一弘, 羽場宏光, Xiaojie Yin, 神野直哉, 今教禎, 豊嶋厚史, 深瀬浩一, 「 ^{211}At 標識 PSMA 誘導体: ファーマコフォアの構造最適化」, 第 6 回日本核医学会分科会 放射性薬品科学研究会/第 22 回放射性医薬品・画像診断薬研究会, 稲毛区 (千葉大学けやき会館), 2023 年 9 月 9 日.

山口敦史 (口頭発表), 重河優大, 羽場宏光, 和田道治, 香取秀俊, 「原子核時計実現に向けたトリウムイオンのレーザー分光」, 電気学会電子回路研究会, 厚木市 (NTT 厚木研究開発センター), 2023 年 9 月 11 日.

赤塩敦子 (口頭発表), 田中鐘信, 執行信寛, 杉原健太, 羽場宏光, 「PHITS を用いた RI 製造ビームラインの遮蔽設計」, 2023 年度核データ+PHITS 合同研究会, 東海村 (東海村産業・情報プラザ), 2023 年 11 月 15-17 日.

羽場宏光 (招待講演), 「サイクロトロンを用いた医療用ラジオアイソトープの製造」, 日本物理学会第 78 回年次大会 (2023 年), 仙台市, 2023 年 9 月 16-19 日.

岡井晃一 (口頭発表), Kjeld Beeks, 藤本弘之, 福永優太, 管明, 羽場宏光, 平木貴宏, 笠松良崇, 北尾真司, 小無健司, 増田孝彦, 永澤延元, 大懸遼一郎, 笹尾登, Fabian Schaden, Thorsten Schumm, 瀬戸誠, 重河優大, 清水航太郎, 高取沙悠理, 玉作賢治, 植竹智, 渡部信, 渡部信, 山口敦史, 依田芳卓, 吉見彰洋, 吉村浩司, 吉村太彦, 「原子核時計実現に向けたアイソマー状態トリウム 229 原子核からの真空紫外光観測」, 日本物理学会第 78 回年次大会 (2023 年), 仙台市, 2023 年 9 月 16-19 日.

高取沙悠理 (口頭発表), Kjeld Beeks, 藤本弘之, 福永優太, 管明, 羽場宏光, 平木貴宏, 笠松良崇, 北尾真司, 小無健司, 増田孝彦, 永澤延元, 大懸遼一郎, 岡井晃一, 笹尾登, Fabian Schaden, Thorsten Schumm, 瀬戸誠, 重河優大, 清水航太郎, 玉作賢治, 植竹智, 渡部信, 渡部信, 山口敦史, 山本伶, 依田芳卓, 吉見彰洋, 吉村浩司, 吉村太彦, 「原子核時計実現に向けた XAFS 法によるトリウム 229 をドーブした結晶の特性評価研究」, 日本物理学会第 78 回年次大会 (2023 年), 仙台市, 2023 年 9 月 16-19 日.

榊枝優真 (口頭発表), 中島朗久, 永井歩夢, 細川浩由, 横山明彦, 羽場宏光, 南部明弘, 重河優大, 鄭建, 瀬古典明, 保科宏行, Hain Karin, Wiederin Andreas, 末木啓介, 山崎信哉, 高久雄一, 坂口綾, 「海水中の極微量人工放射性核種 ^{237}Np の定量法検討」, 日本地球化学会第 70 回年会, 港区 (東京海洋大学品川キャンパス), 2023 年 9 月 21-23 日.

羽場宏光 (特別講演), 「新元素の核化学」, 日本放射化学討論会第 67 回討論会 (2023), 東広島市 (広島大学東広島キャンパス), 2023 年 9 月 21-23 日.

山口敦史 (招待講演), 重河優大, 羽場宏光, 菊永英寿, 白崎謙次, 和田道治, 香取秀俊, 「原子核時計実現にむけたトリウムイオンのレーザー分光」, 日本放射化学討論会第 67 回討論会 (2023), 東広島市 (広島大学東広島キャンパス), 2023 年 9 月 21-23 日.

重河優大 (口頭発表), 山口敦史, 床井健運, 佐藤望, 笠松良崇, 和田道治, 羽場宏光, 「Th-229m の電子架橋遷移の観測に向けた Th-229m イオンの引き出しとトラップ」, 日本放射化学討論会第 67 回討論会 (2023), 東広島市 (広島大学東広島キャンパス), 2023 年 9 月 21-23 日.

庭瀬暁隆 (口頭発表), 和田道治, Schury Peter, 木村創大, Brionnet Pierre, Chaoyi Fu, 羽場宏光, 平山賀一, 石山 博恒, 伊藤由太, 加治大哉, 宮武宇也, 森本幸司, Rosenbusch Marco, 高峰愛子, 渡邊裕, 「高精度質量分析器による蒸発残留核断面積の励起関数測定」, 日本放射化学討論会第 67 回討論会 (2023), 東広島市 (広島大学東広島キャンパス), 2023 年 9 月 21-23 日.

細川浩由 (口頭発表), 永井歩夢, 榊枝優真, 干場香湖, 南部明弘, 重河優大, 羽場宏光, 坂口綾, 横山明彦, 「 $^{232}\text{Th}+^7\text{Li}$ 核反応における α 線放出生成物の定量」, 日本放射化学討論会第 67 回討論会 (2023), 東広島市 (広島大学東広島キャンパス), 2023 年 9 月 21-23 日.

安良田寛 (口頭発表), 栗原嵩司, 中村伸悟, 佐藤望, 殷小杰, 南部明弘, 重河優大, 金山洋介, 荒井秀幸, 長澤 豊, 羽場宏光, 「アルファ線核医学治療用アスタチン-211 の大規模製造装置の開発」, 日本放射化学討論会第 67 回討論会 (2023), 東広島市 (広島大学東広島キャンパス), 2023 年 9 月 21-23 日.

床井健運 (口頭発表), 豊嶋厚史, 金子政志, 篠原厚, 大江一弘, 今教禎, 羽場宏光, Yin Xiaojie, 笠松良崇, 「ガスクロマトグラフィーと量子化学計算を用いた At 芳香族化合物のハロゲン結合エネルギーの導出」, 日本放射化学討論会第 67 回討論会 (2023), 東広島市 (広島大学東広島キャンパス), 2023 年 9 月 21-23 日.

渡邊瑛介 (口頭発表), 中西諒平, 横北卓也, 王瑞麟, 大高咲希, 板倉悠大, 益田遼太郎, 重河優大, 南部明弘, 殷小杰, 羽場宏光, 金子政志, 柴本恭佑, 高宮幸一, 篠原厚, 笠松良崇, 「102 番元素ノーベリウムの硝酸系および塩酸系でのクラウンエーテルを用いた固液抽出」, 日本放射化学討論会第 67 回討論会 (2023), 東広島市 (広島大学東広島キャンパス), 2023 年 9 月 21-23 日.

大高咲希 (口頭発表), 笠松良崇, 中西諒平, 渡邊瑛介, 板倉悠大, 王瑞麟, 益田遼太郎, 金子政志, 羽場宏光, 重河優大, 南部明弘, 殷小杰, 横北卓也, 篠原厚, 「ノーベリウムの硫酸バリウム共沈」, 日本放射化学討論会第 67 回討論会 (2023), 東広島市 (広島大学東広島キャンパス), 2023 年 9 月 21-23 日.

- 榊枝優真 (口頭発表), 中島朗久, 永井歩夢, 細川浩由, 横山明彦, 羽場宏光, 南部明弘, 重河優大, 鄭建, 瀬古典明, 保科宏行, Hain Karin, Wiederin Andreas, 末木啓介, 山崎信哉, 高久雄一, 坂口綾, 「海水循環レーザー利用に向けた海水中の ^{237}Np 分析法の確立」, 日本放射化学討論会第 67 回討論会 (2023), 東広島市 (広島大学東広島キャンパス), 2023 年 9 月 21–23 日.
- 中西諒平 (ポスター発表), 笠松良崇, 大高咲希, 渡邊瑛介, 板倉悠大, 王瑞麟, 益田遼太郎, 金子政志, 羽場宏光, 重河優大, 南部明弘, 殷小杰, 横北卓也, 篠原厚, 「ノーベリウムのシュウ酸カルシウム共沈」, 日本放射化学討論会第 67 回討論会 (2023), 東広島市 (広島大学東広島キャンパス), 2023 年 9 月 21–23 日.
- 益田遼太郎 (口頭発表), 金子政志, 澤村慶, 橋場奏, 重河優大, 篠原厚, 笠松良崇, 「 ^{235}mU ハロゲン化物の半減期変化と相対論密度汎関数計算による電子密度との相関」, 日本放射化学会第 67 回討論会 (2023), 東広島市 (広島大学東広島キャンパス), 2023 年 9 月 21–23 日.
- 益田遼太郎 (ポスター発表), 安田勇輝, 橋場奏, 重河優大, 宮本祐樹, 吉村浩司, 篠原厚, 笠松良崇, 「 ^{229}mTh の γ 線観測に向けた放射性試料を用いた希ガスマトリックス単離実験」, 日本放射化学会第 67 回討論会 (2023), 東広島市 (広島大学東広島キャンパス), 2023 年 9 月 21–23 日.
- 渡邊環 (口頭発表), 「理研超伝導線形加速器における非破壊ビーム診断装置の開発—アスタチン生成と超重元素探索—」, 第 21 回 AVF 合同打合せ, 西条市, 2023 年 11 月 13–14 日.
- 加藤弘樹 (口頭発表), 角永悠一郎, 大江一弘, 黄栩昊, Erina Hilmayanti, 下山敦史, 樺山一哉, 殷小杰, 羽場宏光, 豊嶋厚史, 深瀬浩一, 「悪性腫瘍腹腔内播種治療のためのアスタチン標識金ナノ粒子の最適化」, 第 63 回日本核医学会学術総会, 大阪市 (グランフロント大阪), 2023 年 11 月 16–18 日.
- 白神宜史 (口頭発表), 渡部直史, 兼田加珠子, 角永悠一郎, 大江一弘, 下山敦史, 川上厚子, 神野直哉, 羽場宏光, 豊嶋厚史, 深瀬浩一, 「アスタチン-211 標識線維芽細胞活性化タンパク質阻害薬 (FAPI) の合成および α 線核医学治療の検討」, 第 63 回日本核医学会学術総会, 大阪市 (グランフロント大阪), 2023 年 11 月 16–18 日.
- 渡部直史 (口頭発表), 兼田加珠子, 角永悠一郎, 大江一弘, 羽場宏光, 豊嶋厚史, Jens Cardinale, Frederik L. Giesel, 深瀬浩一, 富山憲幸, 白神宜史, 「 ^{211}At PSMA5 の非臨床試験: First-in-human 医師主導治験開始に向けて」, 第 63 回日本核医学会学術総会, 大阪市 (グランフロント大阪), 2023 年 11 月 16–18 日.
- 大江一弘 (口頭発表), 仲定宏, 白神宜史, 巽光朗, 加藤弘樹, 殷小杰, 羽場宏光, 豊嶋厚史, 渡部直史, 「アスタチン化ナトリウムのプラスチック素材への浸透に関する検討」, 第 63 回日本核医学会学術総会, 大阪市 (グランフロント大阪), 2023 年 11 月 16–18 日.
- 白神宜史 (口頭発表), 渡部直史, 兼田 (中島) 加珠子, 仲定宏, 角永悠一郎, 大江一弘, 羽場宏光, Xiaojie Yin, 神野直哉, 豊嶋厚史, 深瀬浩一, 「前立腺がんの標的 α 線治療を目的とする ^{211}At PSMA5 の製法と品質確立」, 第 63 回日本核医学会学術総会, 大阪市 (グランフロント大阪), 2023 年 11 月 16–18 日.
- 仲定宏 (口頭発表), 白神宜史, 神野直哉, 堺俊博, 大江一弘, 栗本健太, 今教禎, Xiaojie Yin, 羽場宏光, 豊嶋厚史, 渡部直史, 「医師主導治験に向けた臨床スケールにおける ^{211}At PSMA-5 注射液の製造検討」, 第 63 回日本核医学会学術総会, 大阪市 (グランフロント大阪), 2023 年 11 月 16–18 日.
- 渡部直史 (口頭発表), 佐藤達彦, 兼田加珠子, 角永悠一郎, 大江一弘, 羽場宏光, 豊嶋厚史, Frederik L. Giesel, 深瀬浩一, 富山憲幸, 白神宜史, 「 ^{211}At PSMA5 の薬物動態試験ならびにヒト吸収線量の推定」, 第 63 回日本核医学会学術総会, 大阪市 (グランフロント大阪), 2023 年 11 月 16–18 日.
- 高島大輝 (ポスター発表), 津村遼, 古賀宣勝, 安西高廣, Yin Xiaojie, 佐藤望, 重河優大, 南部明弘, 白田祥子, 羽場宏光, 大貫和信, 藤井博史, 眞鍋史乃, 安永正浩, 「放射線分解が α 線放出核種アスタチン-211 結合抗体の薬理薬効に及ぼす影響」, 第 2 回日本抗体学会学術大会, 鹿児島市 (ライカ南国ホール), 2023 年 12 月 1–3 日.
- 羽場宏光 (特別講演), 「理研におけるラジオアイソトープの製造と応用—新元素の探索からがん治療まで—」, 日本量子医科学会第 3 回学術大会, 和光市 (理化学研究所), 2023 年 12 月 8–9 日.
- 高取沙悠理 (ポスター発表), Kjeld Beeks, 藤本弘之, 福永優太, 管明, 羽場宏光, 平木貴宏, 笠松良崇, 北尾真司, 小無健司, 増田孝彦, 永澤延元, 大懸遼一郎, 岡井晃一, 笹尾登, Fabian Schaden, Thorsten Schumm, 瀬戸誠, 重河優大, 清水航太郎, 玉作賢治, 植竹智, 渡部司, 渡部信, 山口敦史, 山本伶, 依田芳卓, 吉見彰洋, 吉村浩司, 「XAFS を用いたトリウム 229 原子核時計候補結晶の評価および放射光 X 線を用いた原子核時計遷移の分光実験」, 第 37 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 姫路市 (アクリエひめじ), 2024 年 1 月 10–12 日.
- 重河優大 (口頭発表), 「もつれ γ 線対放出核種製造の進捗」, 光子対診断治療学第 4 回領域会議, 仙台市 (東北大学金属材料研究所), 2024 年 2 月 21–22 日.
- 山口敦史 (ポスター発表), 重河優大, 羽場宏光, 和田道治, 香取秀俊, 「原子核時計実現に向けたトリウム 229 イオンのレーザー分光」, 理研シンポジウム第 11 回「光量子工学研究」—次世代の光量子工学に向けて—, ポスター, 和光市 (理化学研究所), 2024 年 2 月 29 日–3 月 1 日.
- 横北卓也 (口頭発表), 笠松良崇, 渡邊瑛介, 小森有希子, 重河優大, 森大輝, 王洋, 二宮秀美, 速水翔, 東内克馬, ゴーシュコースタブ, 篠原厚, 羽場宏光, 「104 番元素ラザホージウムの硫酸塩錯形成における全生成定数の評価」, 日本化学会第 104 春季年会 (2024), 船橋市 (日本大学理工学部船橋キャンパス), 2024 年 3 月 18–21 日.
- 橋場奏 (口頭発表), 金子政志, 益田遼太郎, 重河優大, 笠松良崇, 「DFT 計算による ^{235}mU ハロゲン化物の半減期・内部転換電子スペクトルの予測」, 日本化学会第 104 春季年会 (2024), 船橋市 (日本大学理工学部船橋キャンパス), 2024 年 3 月 18–21 日.
- 高橋浩之 (口頭発表), 島添健次, 関野正樹, 百瀬敏光, 鎌田圭, 羽場宏光, 「2 光子ガンマ線の多次元空間の相関を用いた高次イメージング」, 2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会, 世田谷区 (東京都市大学世田谷キャンパス) & オンライン, 2024 年 3 月 22–25 日.
- 合川正幸 (口頭発表), ガントウムールダムディンスレン, 後藤早紀, ダグワドルジイチンホルロー, 右近直之, 羽場宏光, 「リチウム入射反応におけるモニター反応の検討」, 日本原子力学会 2024 年春の年会, 東大阪市 (近畿大学東大阪キャンパス), 2024 年 3 月 26–28 日.

[Seminars]

- H. Haba (invited), “Synthesis and chemistry of superheavy elements,” Inspiring lecture, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Serpong, Indonesia, February 21, 2024.
- T. Watanabe (invited), “Development of a beam current monitor using a high-Tc SQUID for heavy ion accelerators,” Forschungszentrum Jülich GmbH ER-C Colloquium, Julich, Germany, March 20, 2024.

Press Releases

- わずか窒素 3 原子でがんを見つけて α 線治療—体内カスケード反応でがん組織に α 核種を閉じ込める新戦略—, 理化学研究所, 東京工業大学, 2023 年 6 月 27 日, https://www.riken.jp/press/2023/20230627_1/index.html.
- 人工元素アスタチンの大量製造法を開発—アルファ線を利用したがん治療薬の開発を加速—, 理化学研究所, 金属技研株式会社, 2023 年 8 月 31 日, https://www.riken.jp/press/2023/20230831_3/index.html.
- 脾臓がんを画像で描出し, アルファ線で攻撃—診断と治療を一体化させた新規セラノスティクス技術—, 大阪大学, 理化学研究所, 岩手医科大学, 2023 年 10 月 16 日, https://www.riken.jp/press/2023/20231016_1/index.html.
- がんに貼り付く極小サイズの分子接着剤—生体内合成化学による新しいラジオセラノスティクス—, 理化学研究所, 東京工業大学, 2024 年 3 月 1 日, https://www.riken.jp/press/2024/20240301_1/index.html.

Awards

- 羽場宏光, 「重イオンビームを用いた応用研究用ラジオアイソトープの開発」, 令和 5 年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞 (開発部門), 2023 年 4 月 19 日.
- 重河優大, 「Th-229m の電子架橋遷移の観測に向けた Th-229m イオンの引き出しとトラップ」, 日本放射化学会第 67 回討論会 (2023) 若手優秀発表賞, 2023 年 9 月 23 日.
- M. Tanaka, P. Brionnet, M. Du, J. Ezold, K. Felker, B. J. P. Gall, S. Go, R. K. Grzywacz, H. Haba, K. Hagino, S. Hogle, S. Ishizawa, D. Kaji, S. Kimura, T. T. King, Y. Komori, R. K. Lemon, M. G. Leonard, K. Morimoto, K. Morita, D. Nagae, N. Naito, T. Niwase, B. C. Rasco, J. B. Roberto, K. P. Rykaczewski, S. Sakaguchi, H. Sakai, Y. Shigekawa, D. W. Stracener, S. VanCleve, Y. Wang, K. Washiyama, and T. Yokokita, “Probing optimal reaction energy for synthesis of element 119 from $^{51}\text{V} + ^{248}\text{Cm}$ reaction with quasielastic barrier distribution measurement,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **91**, 084201 (2022), 2023 Highly Cited Article (Award for top 10 articles highly cited in 2023, that were published in 2022), The Physical Society of Japan.

Patents

- 安良田寛, 中村伸悟, 栗原嵩司, 羽場宏光, 「アスタチン 211 の製造方法, その製造装置, α 粒子ビーム出力窓装置」, 特願 2023-089284, 2023 年 5 月 30 日.
- 梶田真道, 羽場宏光, 「 ^{225}Ac 標識抗 CDH3 抗体」, 特願 2023-184107, 2023 年 11 月 1 日.
- 羽場宏光, 「標的物質の格納装置および目的核種の製造方法」, 特願 2023-195186, 2023 年 11 月 16 日.

Outreach Activities

- 羽場宏光 (依頼講演), 「ニホニウム発見への道のり」, SSH サイエンスカフェ, 茨城県つくば市 (茨城県立並木中等教育学校), 2023 年 6 月 8 日.
- 羽場宏光, 「がんの治療に新元素合成で貢献」, クローズアップ科学道 2023, 研究最前線, 2023 年 8 月 4 日, https://www.riken.jp/pr/closeup/2023/20230804_1/index.html.
- 羽場宏光 (依頼講演), 令和 5 年度 2 年生「社会人と語る会」, 石川県金沢市 (石川県立金沢泉丘高等学校), 2023 年 11 月 3 日.
- 羽場宏光 (ポスター発表), 「新元素でがん治療!〜アスタチン-211 の大量製造実現へ〜」, 第 37 回理化学研究所と産業界との交流会, 東京都港区 (オークラ東京), 2024 年 2 月 7 日.
- 羽場宏光 (依頼講演), 「進化する元素周期表」, TFC × TEL 協働プログラム特別講演会, 「113 番元素ニホニウム発見とさらなる超重元素発見に向けて」, 仙台市 (東北大学), 2024 年 3 月 9 日.