

Wed. Jul 8, 2026**Young Scientist Award Nominee**

10:10 AM - 10:40 AM JST | 1:10 AM - 1:40 AM UTC | A(Miraikan Hall)

放射性薬剤1

Chairman:Tomoya Uehara(Chiba University)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

10:10 AM - 10:25 AM JST | 1:10 AM - 1:25 AM UTC

[1A01] Development of a novel ^{211}At -labeled multivalent PSMA derivative based on a neopentyl scaffold○Yui Terasaka¹, Hiroyuki Suzuki¹, Kento Kannaka¹, Nobuki Kazuta¹, Kazuhiro Takahashi², Tomoya Uehara¹ (1. Graduate School of Pharmaceutical Sciences, Chiba University, 2. Fukushima Medical University)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

10:25 AM - 10:40 AM JST | 1:25 AM - 1:40 AM UTC

[1A02] Synthesis and Evaluation of ^{125}I -Labeled Alkoxyamine Derivatives for Thermoresponsive Theranostics○Karin Nagahama¹, Toshihide Yamasaki¹, Kohei Sano¹, Takahiro Mukai¹ (1. Kobe Pharmaceutical Univ.)**Young Scientist Award Nominee**

11:15 AM - 12:00 PM JST | 2:15 AM - 3:00 AM UTC | A(Miraikan Hall)

核種製造

Chairman:Noriko Ishioka(QST)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:15 AM - 11:30 AM JST | 2:15 AM - 2:30 AM UTC

[1A04] Measurement of yttrium-isotope production cross sections on the $^{nat}\text{Sr}+d$ reaction○Akihiro Nambu^{1,2}, Masayuki Aikawa^{1,2,3,4}, Yudai Shigekawa², Yousuke Kanayama², Tomohiro Tomitsuka², Sayantani Mitra², Hiromitsu Haba² (1. Hokkaido Univ. Biomedical Science and Engineering, 2. RIKEN Nishina Center, 3. Hokkaido Univ. Science, 4. Hokkaido Univ. Global Center)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[1A05] Verification and Validation for Three Quantum Beams and Laser Light as Alternative Routes to Current Commercial Production of Lutetium-177

○Luis Fernando Salas Tapia¹, Kunihiro Miyoshi¹, Ying Yang¹, Chao Zhang², Shuichi Hasegawa^{1,2} (1. Department of Nuclear Engineering and Management / The University of Tokyo, 2. Nuclear Professional School / The University of Tokyo)

11:45 AM - 12:00 PM JST | 2:45 AM - 3:00 AM UTC

[1A06] Evaluation of the Scalability of ^{177}Lu Production with a mA-Class Deuteron Linac○Hiroshi Nakagomi¹, Masatoshi Yasuda¹, Souichi Ueno¹, Shunichiro Omika¹, Kazuaki Tsukada², Yuki Ohnishi², Masatoshi Itoh² (1. Toshiba Corporation, 2. Tohoku University)

Young Scientist Award Nominee

1:30 PM - 2:15 PM JST | 4:30 AM - 5:15 AM UTC | A(Miraikan Hall)

獣医療 2

Chairman:Takehiko Kakizaki(Kitasato University), Miori Kishimoto(Tokyo University of Agriculture and Technology)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

1:30 PM - 1:45 PM JST | 4:30 AM - 4:45 AM UTC

[1A08] Differences in Lung Lobe Volumes Among Dog Breeds to Be Noted in CT-derived Pulmonary Functional Imaging

○Kentaro Yamazaki¹, Airi Kaneyama², Kosei Teraoka², Chiharu Ito², Akari Taniguchi², Masayoshi Nagakawa¹, Yukiko O'Brien^{1,2}, Masaaki Katayama^{3,4}, Ryuji Fukushima^{1,5}, Miori Kishimoto^{1,2} (1. TUAT-Grad, 2. TUAT, 3. Iwate Univ, 4. IU-VTH, 5. KAMEC)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

1:45 PM - 2:00 PM JST | 4:45 AM - 5:00 AM UTC

[1A09] Basic study toward clinical application of BNCT in companion animals

○Hajime Sashida¹, Hiroki Higuchi¹, Takehiko Kakizaki¹, Seiichi Wada¹, Masahiro Natsuhori¹ (1. Kitasato University)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:00 PM - 2:15 PM JST | 5:00 AM - 5:15 AM UTC

[1A10] A Fundamental Study on the Implemation of Radioiodine Therapy for Feline Hyperthyroidism in Japanese Veterinary Medicine

○Ko Sasaki¹, Yuto Kikuchi¹, Takehiko Kakizaki¹, Wada Seiichi¹, Masahiro Natsuhori¹ (1. Kitasato univ)

Young Scientist Award Nominee

1:45 PM - 2:30 PM JST | 4:45 AM - 5:30 AM UTC | B(Conference Room Saturn)

東京電力福島第一原子力発電所事故関連2

Chairman:Keiko Tagami(QST)

1:45 PM - 2:00 PM JST | 4:45 AM - 5:00 AM UTC

[1B07] Validation of the ocean dispersion simulation of ALPS-treated water

○Tsumune Tsumune^{1,2}, Tsubono Takaki², Misumi Kazuhiro² (1. University of Tsukuba, 2. Central Research Institute of Electric Power Industry)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:00 PM - 2:15 PM JST | 5:00 AM - 5:15 AM UTC

[1B08] Estimation of Groundwater-Derived ¹³⁷Cs Flux to the Coastal Waters Surrounding the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Using Radium Isotope Tracers○Hiroumi Iino¹, Daisuke Tsumune¹, Hiroaki Kato¹, Yuichi Onda¹, Shigeyoshi Otsuka² (1. University of Tsukuba, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:15 PM - 2:30 PM JST | 5:15 AM - 5:30 AM UTC

[1B09] Application of airborne monitoring data toward external radiation dose assessment for wild Japanese Macaques affected by the Fukushima daiichi nuclear power plant accident

○Jiaxin Li^{1,2}, Taku Sato³, Masatoshi Suzuki^{2,3,1,4}, Satoru Endo⁵, Koichi Chida^{3,4}, Manabu Fukumoto³, Hiroshi Kurikami², Seiji Hayashi², Yuji Owada², Tatsuo Aono² (1. Env. Radiat. Biomed., Grad. Sch. Med., Tohoku Univ., 2. RECC, F-REI, 3. IRIDeS, Tohoku Univ., 4. Crs. Radiol. Technol., Grad. Sch. Med., Tohoku Univ., 5. Grad. Sch. Adv. Sci. Eng., Hiroshima Univ.)

Young Scientist Award Nominee

11:00 AM - 12:00 PM JST | 2:00 AM - 3:00 AM UTC | C(Conference Room Uranus)

放射線生物学2

Chairman:Ryoichi Hirayama(QST hospital)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:00 AM - 11:15 AM JST | 2:00 AM - 2:15 AM UTC

[1C02] Study on the enhancement of antioxidant functions in the heart, lungs, stomach, small intestine, and large intestine of mice with combined radon inhalation and thermal treatment

○Shogo Miyanaga¹, Takahiro Kataoka², Ayumi Tanaka¹, Reiju Takenaka¹, Shota Naoe³, Mitsuki Nagano¹, Shuna Goto¹, Kotaro tano¹, Norie Kanzaki³, Akihiro Sakoda³, Kiyonori yamaoka² (1. Graduate School of Health Sciences, Okayama Univ., 2. Health Sciences, Okayama Univ., 3. Ningyo-toge Environmental Engineering Center, JAEA)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:15 AM - 11:30 AM JST | 2:15 AM - 2:30 AM UTC

[1C03] Development of a radon exposure device for cell experiments

○Ayumi Tanaka¹, Takahiro Kataoka², Reiju Takenaka¹, Shogo Miyanaga¹, Shota Naoe³, Mitsuki Nagano¹, Shuna Goto¹, Kotaro Tano¹, Norie Kanzaki³, Akihiro Sakoda³, Hiroaki Terato⁴, Kiyonori Yamaoka² (1. Graduate school of health sciences, Okayama Univ., 2. Health sciences, Okayama Univ., 3. Ningyo-toge Environmental Engineering Center, JAEA, 4. Advanced Science Research Center, Okayama Univ.)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[1C04] Assessment of Sensitivity to Radiation-Induced Reproductive Effects in Female *Brca1*-Mutant Rats○Chisaki Asaka^{1,2}, Yukiko Yano², Kento Nagata^{2,3}, Masaru Takabatake^{1,2}, Kazumasa Inoue¹, Tatsuhiko Imaoka^{2,3} (1. Graduate School of Human Health Sciences, TMU, 2. QST Institute for Radiological Science, 3. QST Institute for Quantum Life Science)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:45 AM - 12:00 PM JST | 2:45 AM - 3:00 AM UTC

[1C05] Comparative Analysis of Global DNA Methylation Profiles in Radiation-Induced and Spontaneous Rat Mammary Carcinomas

○Misaki Mashiba¹, Tatsuhiko Imaoka², Masaru Takabatake^{1,2} (1. Tokyo Metropolitan Univ., 2. QST)

Young Scientist Award Nominee

1:30 PM - 2:00 PM JST | 4:30 AM - 5:00 AM UTC | C(Conference Room Uranus)

ライフサイエンス2

Chairman:Keitaro Tanoi

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

1:30 PM - 1:45 PM JST | 4:30 AM - 4:45 AM UTC

[1C07] Analysis of Newly Fixed Carbon Allocation to Soybean Roots under Abiotic Stress

○Aoi Nohara¹, Maho Shimada¹, Ayumi Agata¹, Mikio Nagazono¹, Ryohei Sugita², Hirokazu Takahashi¹ (1. Grad.Sch.Bioagr.Sci, Nagoya U, 2. RI.Res.Cent, Nagoya U)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

1:45 PM - 2:00 PM JST | 4:45 AM - 5:00 AM UTC

[1C08] Comparison of leaf position-dependent phosphorus allocation in Poplar between the growing and senescent seasons using ³²P○Aoi Hirata¹, Yuko Kurita¹, Ryohei Sugita², Natsuko Kobayashi¹, Keitaro Tanoi^{1,3} (1. UTokyo, 2. Nagoya Univ., 3. F-REI)

Young Scientist Award Nominee

2:10 PM - 2:55 PM JST | 5:10 AM - 5:55 AM UTC | C(Conference Room Uranus)

放射線化学 1

Chairman:Yusa Muroya(The University of Osaka)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:10 PM - 2:25 PM JST | 5:10 AM - 5:25 AM UTC

[1C09] Radiation-induced Redox Chemistry of Nitrogen Compounds:From Transient Intermediates Processes to Stable Product Formation

○Xiang Li¹, Akito Watanabe¹, Shinichi Yamashita¹, Atsushi Kimura², Mitsumasa Taguchi² (1. UTokyo, 2. QST)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:25 PM - 2:40 PM JST | 5:25 AM - 5:40 AM UTC

[1C10] 【発表取消】 Water radiolysis in the presence of hematite (Fe₂O₃) nanoparticles: Radical reactions and hydrogen evolution○YANSHAN LIAO¹, Akito WATANABE¹, Shinichi YAMASHITA¹, Atsushi KIMURA², Mitsumasa TAGUCHI² (1. School of Engineering The University of Tokyo, 2. National Institutes for Quantum Science and Technology)

2:40 PM - 2:55 PM JST | 5:40 AM - 5:55 AM UTC

[1C11] Comparative Hydroxyl Radical Scavenging and Chemical Repair Capabilities of Tyrosine- or Cysteine-Containing Positively Charged Peptides: A Pulse Radiolysis Study

○Chaozhong Tian¹, Akito Watanabe¹, Yui Obata², Hao Yu³, Atsushi Kimura³, Mitsumasa Taguchi³, Shinichi Yamashita¹ (1. School of Engineering, the University of Tokyo, 2. Faculty of Basic Natural Science, Ibaraki University, 3. Takasaki Institute for Advanced Quantum Science, National Institutes for Quantum Science and Technology)

Young Scientist Award Nominee

3:00 PM - 4:15 PM JST | 6:00 AM - 7:15 AM UTC | C(Conference Room Uranus)

放射線生物学 3

Chairman: Ryoichi Hirayama (QST hospital)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

3:00 PM - 3:15 PM JST | 6:00 AM - 6:15 AM UTC

[1C12] Immunofluorescence-Based Visualization and Quantitative Analysis of X-ray-Induced DNA Base Damage and Associated DNA Repair Enzymes○ Kentaro Sugawara¹, Ryoichi Hirayama², Atsushi Ito¹, Shigeo Yoshida¹ (1. Tokai Univ., 2. National Institutes for Quantum Science and Technology)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

3:15 PM - 3:30 PM JST | 6:15 AM - 6:30 AM UTC

[1C13] Changes in intracellular ATP levels specific to heavy-ion irradiation under hypoxic conditions○ Okabe Rin^{1,2}, Toshiki Aiba², Yuki Sakamoto², Cuihua Liu², Kazutaka Doi², Jitsukawa Kana², Masaru Goto¹, Ryoichi Hirayama^{1,2} (1. Toho University, 2. QST)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

3:30 PM - 3:45 PM JST | 6:30 AM - 6:45 AM UTC

[1C14] Investigation of the Biological Effects of Ultra-High Dose Rate Carbon-Ion Irradiation on Tumor Cells and Tumor Tissues○ Hiromu Suda^{1,2}, Yukari Yoshida¹, Akihisa Takahashi¹, Ohno Tatsuya^{1,3} (1. GHMC, 2. Gunma Med, 3. Gunma Rad)

3:45 PM - 4:00 PM JST | 6:45 AM - 7:00 AM UTC

[1C15] Polar Aurora Belts as Prebiotic Hotspots:**A Magnetically Guided Plasma Hypothesis for the Origin of Life and Protocells**○ Shinya Kato¹ (1. Kyoto University (KURNS))

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

4:00 PM - 4:15 PM JST | 7:00 AM - 7:15 AM UTC

[1C16] Detection of DNA double-strand breaks under continuous exposure to low concentration of tritiated water○ Kanata Izumi¹, Taku Sato¹, Jiaxin Li^{2,3}, Kyotaro Motomiya¹, Takuma Yamashita⁴, Yasushi Kino⁴, Manabu Fukumoto¹, Megumi Sasatani⁵, Masatoshi Suzuki^{1,2,3,6}, Koichi Chida^{1,6} (1. IRIDeS, Tohoku Univ., 2. Env. Radiat. Biomed., Grad. Sch. Med., Tohoku Univ., 3. RECC, F-REI, 4. Radiochem., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ., 5. RIRBM, Hiroshima Univ., 6. Crs. Radiol. Technol., Grad. Sch. Med., Tohoku Univ.)

Thu. Jul 9, 2026**Young Scientist Award Nominee**

10:30 AM - 11:45 AM JST | 1:30 AM - 2:45 AM UTC | A(Miraikan Hall)

東京電力福島第一原子力発電所事故関連4

Chairman:Hirofumi Tsukada(Fukushima University, Professor Emeritus)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

10:30 AM - 10:45 AM JST | 1:30 AM - 1:45 AM UTC

[2A02] Exploration of mineral species associated with ^{137}Cs in sediments sampled at the Tama river watershed○Yotaro Shimizu¹, Toru Takahashi¹, Yugo Mitsuta¹, Satoshi Inose¹, Yuya Koike² (1. Grad. Sch. Sci. Tech., Meiji Univ., 2. Sch. Sci. Tech., Meiji Univ.)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

10:45 AM - 11:00 AM JST | 1:45 AM - 2:00 AM UTC

[2A03] Activity concentration of radioactive caesium in river water sampled at the Tama river watershed 15 years after the accident

○Yugo Mitsuta¹, Satoshi Inose¹, Yotaro Shimizu¹, Toru Takahashi¹, Yuya Koike² (1. Grad. Sch. Sci. Tech. , Meiji Univ., 2. Sch. Sci. Tech. , Meiji Univ.)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:00 AM - 11:15 AM JST | 2:00 AM - 2:15 AM UTC

[2A04] Analysis of Temporal Variations in Ambient Dose Equivalent Rates Considering Downward Migration of Radiocesium and Soil Moisture Variability in Forested Areas

○Yusei Uehara¹, Yuichi Onda², Junko Takahashi², Minsik Kim³, Kimiaki Saito³, Masahiko Machida³, Kazuya Yoshimura³ (1. University of Tsukuba, 2. Center for research in radiations, isotopes, and earth system sciences, University of Tsukuba, 3. Japan Atomic Energy Agency)

11:15 AM - 11:30 AM JST | 2:15 AM - 2:30 AM UTC

[2A05] Status of the environmental radioactivity measurement in Yamagata Prefecture using Ge semiconductor detector in 2026

○Toru Moriya¹, Hoin Takeda², Aoto Watanabe³, Towa Masui³, Emiko Inui³, Mirei Takeyama¹, Takeshi Ito⁴, Mitsuhiro Kuronuma⁵, Hirohisa Sakurai³, Fuyuki Tokanai^{1,3} (1. Center for AMS, Yamagata Univ., 2. Grad. Sch. Science and Engineering, Yamagata Univ., 3. Faculty of Science, Yamagata Univ., 4. Water and Air Environ. Div., Environ. and Energy Dept., Yamagata Pref., 5. Environmental Science Research Center of Yamagata Pref.)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[2A06] Trend in ambient dose rate within the evacuation-restricted areas in Fukushima Prefecture

○Koume Watanabe¹, Natsuhori Masahiro¹, Seiichi Wada¹, Takehiko Kakizaki¹, Sachiko Matsudate (1. Kitasato University)

Young Scientist Award Nominee

2:15 PM - 4:35 PM JST | 5:15 AM - 7:35 AM UTC | B(Conference Room Saturn)

放射線計測1・放射能測定2

Chairman:Yasushi Sato(AIST), Kenji Shimazoe(The University of Tokyo)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:15 PM - 2:30 PM JST | 5:15 AM - 5:30 AM UTC

[2B02] Construction of a Source Model for Photon Counting CT to Evaluate Patient Organ Dose○Yuzuki Saito¹, Yusuke Koba², Weishan Chang¹, Katsunuma Yasushi³, Yoshida Ryoichi³, Hirai Yuta¹, Shinsho Kiyomitsu¹ (1. Tokyo Metropolitan University, 2. QST, 3. Tokai University Hospital)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:30 PM - 2:45 PM JST | 5:30 AM - 5:45 AM UTC

[2B03] Evaluation of Nonlinear Scintillation Response of a Large-Volume GAGG and Advancement of Background Modeling for Double Beta Decay Searches○Takumi Omori¹ (1. Univ. of Tsukuba)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:45 PM - 3:00 PM JST | 5:45 AM - 6:00 AM UTC

[2B04] Rapid hydrothermal synthesis of ZrO₂ nanoparticles and application to liquid scintillators○Akito Watanabe¹, Akira Yoko², Gimyeong Seong³, Takaaki Tomai⁴, Tadafumi Adschiri⁵, Yamato Hayashi⁶, Hiroki Kawamoto⁶, Yutaka Fujimoto⁶, Masanori Koshimizu⁷, Keisuke Asai⁶ (1. U. Tokyo, 2. SRIS, Tohoku Univ., 3. U. Suwon, 4. FRIS, Tohoku Univ., 5. AIMR, Tohoku Univ., 6. Tohoku Univ., 7. Shizuoka Univ.)

3:00 PM - 3:15 PM JST | 6:00 AM - 6:15 AM UTC

[2B05] Measurement of ⁶³Cu(n, p)⁶³Ni reaction cross section (4) Evaluation of copper-induced quenching effects in liquid scintillation counting○Shunya Nakasone¹, Megumi Fukai¹, Akira Yunoki¹, Asako Shimada², Taiki Yoshii¹, Kengo Shibuya¹, Hirotaka Sakai¹, Taro Shimada² (1. NRA of Japan, 2. JAEA)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

3:20 PM - 3:35 PM JST | 6:20 AM - 6:35 AM UTC

[2B06] Assessment of ^{177m}Lu Impurity level in ¹⁷⁷Lu Produced by the Direct Production Route○Tsubasa Fukui¹, Haru Maegawa¹, Yuya Soeta¹, Takahiro Yamada^{1,2} (1. Grad.Sch.Sci.Eng.,Kindai Univ., 2. AERI, Kindai Univ.)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

3:35 PM - 3:50 PM JST | 6:35 AM - 6:50 AM UTC

[2B07] Influence of ^{177m}Lu Impurity on Activity Measurement of Directly Produced ¹⁷⁷Lu by 4πβ-4πγ Coincidence Counting○Haru Maegawa¹, Tsubasa Hukui¹, Yuya Soeta¹, Takahiro Yamada^{1,2} (1. Grad. Sch. Sci. Eng., Kindai Univ., 2. AERI, Kindai Univ.)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

3:50 PM - 4:05 PM JST | 6:50 AM - 7:05 AM UTC

[2B08] Construction of a Detection Efficiency Evaluation Framework for Non-Destructive Radioactivity Measurement

(1)Analysis of the Probabilistic Structure of Detection Efficiency Based on 3D Geometry Reconstruction and Radiation Transport Simulation

○Ren Ichikawa¹, Riku Kaneko¹, Takahiro Yamada^{1,2}, Akiko Hachisuka³, Yohei Kataoka³ (1. Graduate School of Science and Engineering, Kindai Univ, 2. Atomic Energy Research Institute, Kindai Univ, 3. National Institute of Health Sciences)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

4:05 PM - 4:20 PM JST | 7:05 AM - 7:20 AM UTC

[2B09] Construction of a Detection Efficiency Evaluation Framework for Non-Destructive Radioactivity Measurement

(2) Modeling of a Non-Destructive Radioactivity Measurement System and Deterministic Evaluation of Detection Efficiency Variation for a Whole Pheasant Sample

ORiku Kaneko¹, Ren Itikawa¹, Takahiro Yamada^{1,2}, AKiko Hachisuga³, Yohei Kataoka³ (1. Graduate School of Science and Engineering, Kindai Univ, 2. Atomic Energy Research Institute, Kindai Univ, 3. National Institute of Health Sciences)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

4:20 PM - 4:35 PM JST | 7:20 AM - 7:35 AM UTC

[2B10] Large-Scale High-Resolution Spatial Distribution Measurement of Neutron and Photon Radiation Fields in a High-Energy Electron Accelerator Room

— Application to Radiation Damage Risk Assessment of LED Lighting —

OKiyokazu Tsugane¹, Hiroshi Matsumura¹, Akihiro Toyoda¹, Go Yoshida¹, Hajime Nakamura¹, Eisuke Watanabe¹, Eunji Lee¹, Takahiro Oyama¹, Hiroshi Iwase¹, Madoka Tanaka¹, Ngoc Thien Bui¹ (1. KEK)

Young Scientist Award Nominee

2:15 PM - 4:15 PM JST | 5:15 AM - 7:15 AM UTC | C(Conference Room Uranus)

陽電子消滅2

Chairman:Atsuo Kawasuso(QST), Koji Michishio

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:15 PM - 2:30 PM JST | 5:15 AM - 5:30 AM UTC

[2C04] Calculation of photodetachment cross sections of positronic atoms using a three-body model

ONaoki Kamiya¹, Takuma Yamashita^{1,2}, Yasushi Kino¹ (1. Graduate School of Science, Tohoku Univ., 2. IEHE, Tohoku Univ.)

2:30 PM - 2:45 PM JST | 5:30 AM - 5:45 AM UTC

[2C05] Effect of chirality on positronium formation at aminoacid molecular film surface

○Atsuo Kawasuso¹, Masaki Nobuoka¹, Masaki Maekawa¹, Wookjin Choi², Shuhei Seki² (1. QST, 2. Kyoto Univ.)

2:45 PM - 3:00 PM JST | 5:45 AM - 6:00 AM UTC

[2C06] Development of trap-based spin-polarized slow positron beam accumulator

○Masaki Maekawa¹, Atsuo Kawasuso¹, Akira Ishida², Toshio Nanba³ (1. QST Takasaki, 2. AIST, 3. U-Tokyo)

3:15 PM - 3:30 PM JST | 6:15 AM - 6:30 AM UTC

[2C07] Study of Cs atom intercalation at the graphene/Co(0001) interface using TRHEPD

○Yuki Fukaya¹, Songtian Li², Seiji Sakai² (1. JAEA, 2. QST)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

3:30 PM - 3:45 PM JST | 6:30 AM - 6:45 AM UTC

[2C08] Development of a Slow Positron Beam System Based on an Electron Linear Accelerator for Material Characterization.

○Masaki Uno^{1,2}, Atsushi Kinomura² (1. Kyoto Univ., 2. Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

3:45 PM - 4:00 PM JST | 6:45 AM - 7:00 AM UTC

[2C09] Evaluation of Irradiation Damage in Moderator materials for Reactor-Based Positron Source

○Kazuki Harashima^{1,2}, Atsushi Kinomura², Hidetsugu Tsuchida¹ (1. Kyoto Univ., 2. KURNS)

4:00 PM - 4:15 PM JST | 7:00 AM - 7:15 AM UTC

[2C10] Development of a reflection-type brightness enhancement system for positron beams using a SiC remoderator

○Koji Michishio¹, Eri Suzumura¹, Atsushi Kinomura² (1. AIST, 2. KURNS, Kyoto Univ.)

Young Scientist Award Nominee

🎵 Wed. Jul 8, 2026 10:10 AM - 10:40 AM JST | Wed. Jul 8, 2026 1:10 AM - 1:40 AM UTC | 🏢 A(Miraikan Hall)

放射性薬剤1

Chairman: Tomoya Uehara (Chiba University)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

10:10 AM - 10:25 AM JST | 1:10 AM - 1:25 AM UTC

[1A01] Development of a novel ^{211}At -labeled multivalent PSMA derivative based on a neopentyl scaffold

○ Yui Terasaka Terasaka¹, Hiroyuki Suzuki¹, Kento Kannaka¹, Nobuki Kazuta¹, Kazuhiro Takahashi², Tomoya Uehara¹ (1. Graduate School of Pharmaceutical Sciences, Chiba University, 2. Fukushima Medical University)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

10:25 AM - 10:40 AM JST | 1:25 AM - 1:40 AM UTC

[1A02] Synthesis and Evaluation of ^{125}I -Labeled Alkoxyamine Derivatives for Thermoresponsive Theranostics

○ Karin Nagahama¹, Toshihide Yamasaki¹, Kohei Sano¹, Takahiro Mukai¹ (1. Kobe Pharmaceutical Univ.)

ネオペンチル構造を基盤とした新規 ^{211}At 標識多価 PSMA 薬剤の開発Development of a novel ^{211}At -labeled multivalent PSMA derivative based on a neopentyl scaffold千葉大学大学院薬学研究院^{*1}, 福島県立医科大学^{*2}○寺坂 有生^{*1}, 鈴木 博元^{*1}, 甘中 健登^{*1}, 数多 伸紀^{*1}, 高橋 和弘^{*2}, 上原 知也^{*1}(TERASAKA, Yui^{*1}; SUZUKI, Hiroyuki^{*1}; KANNAKA, Kento^{*1}; KAZUTA, Nobuki^{*1};TAKAHASHI, Kazuhiro^{*2}; UEHARA, Tomoya^{*1})

1. はじめに

アスタチン-211(^{211}At)は、国内で製造可能である有望な α 線放出核種であり、標的 α 線治療への応用が期待される。我々は、これまでに生体内で ^{211}At を安定に保持可能なネオペンチル標識技術を利用し、前立腺がんを高発現する前立腺特異的膜抗原(PSMA)を標的とした ^{211}At 標識薬剤[^{211}At]At-NpG-D-PSMAを開発した。標的指向部位を分子内に複数有する多価薬剤は、標的分子への高い結合能を有することから、1価薬剤と比べて腫瘍集積のさらなる向上に有効である。そこで本研究では、PSMA 標的部位を3分子導入する新規多価 ^{211}At 標識薬剤を設計した。本手法により、従来化合物を上回る標的結合能を有する新規 ^{211}At 標識多価 PSMA 薬剤の開発を目指した。

2. 方法

^{211}At 標識実験に先立ち、入手及び取扱いの容易な ^{125}I を用いて基礎検討を行った。 ^{125}I 標識した多分枝コア化合物を事前に調製し、3分子のPSMA結合部位と反応させることで、 ^{125}I 標識3価PSMAを得た。 ^{125}I 標識3価PSMAの標的への結合集積の増強について細胞取込や内在化率を評価し、正常マウス体内放射能分布試験を行った。また、 ^{125}I 標識と同様の手法で ^{211}At 標識3価PSMAを合成し、 ^{125}I 標識体と同様、正常マウス体内放射能分布試験を行った。

3. 結果および考察

先行研究では、PSMA 標的部位を含む前駆体に対して、直接 ^{211}At を反応させた後、保護基を脱保護する直接標識法により[^{211}At]At-NpG-D-PSMAを作製した。しかし、PSMA 標的部位を3分子含む前駆体の合成は困難であったことから、 ^{125}I 標識3価PSMA、及び ^{211}At 標識3価PSMAは間接標識法により作製した。 ^{125}I 標識3価PSMAは、[^{125}I]I-NpG-D-PSMAと比較し、高い細胞取込と内在化率を認め、多価化による標的親和性の増強が示唆された。正常マウス体内放射能分布試験において、 ^{125}I 標識3価PSMA、及び ^{211}At 標識3価PSMAは、[^{211}At]At-NpG-D-PSMAと同様、PSMA 標的薬剤に特徴的な体内分布を示し、PSMA 発現臓器である腎臓への集積は高値であった一方、他の正常組織への集積は低値であった。化合物から放射性ハロゲンが脱離した場合には、胃や甲状腺への集積が認められるが、これら組織への放射活性の集積は確認されなかった。従って、 ^{125}I 標識3価PSMA、及び ^{211}At 標識3価PSMAは、いずれも生体内脱ハロゲン化に対して安定であることが示された。

4. 結論

^{211}At 標識3価PSMAは、生体内における ^{211}At の安定な保持と標的への親和性向上を両立する多価PSMA誘導体であることが示されたことから、1価薬剤と比べて腫瘍集積のさらなる向上が期待できる。

^{*1} Graduate School of Pharmaceutical Sciences, Chiba University

^{*2} Fukushima Medical University

熱応答性セラノスティクスを目指した ^{125}I 標識アルコキシアミン誘導体の合成と評価 Synthesis and Evaluation of ^{125}I -Labeled Alkoxyamine Derivatives for Thermoresponsive Theranostics

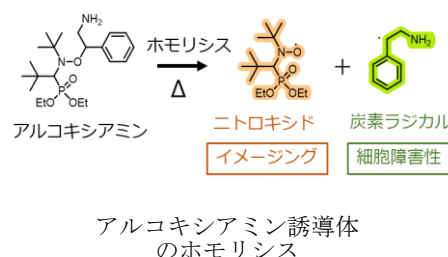
神戸薬科大学大学院薬学研究科^{*1}

○長濱 果林^{*1}, 山崎 俊栄^{*1}, 佐野 紘平^{*1}, 向 高弘^{*1}

(NAGAHAMA, Karin^{*1}; YAMASAKI, Toshihide^{*1}; SANO, Kohei^{*1}; MUKAI, Takahiro^{*1})

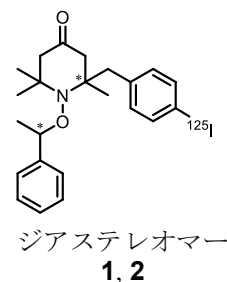
1. はじめに

>N-O-C 構造をもつアルコキシアミン誘導体は熱によるエネルギーによって、ホモリシス（ラジカル開裂）が促進され、ニトロキシドと炭素ラジカルが生じる（右図）。このとき生じる炭素ラジカルは、物理的障害による細胞障害性を有することが知られている。一方、ニトロキシドは、常磁性を有することから MRI プローブとして造影効果を示すが、その造影効果が低いことから高濃度を要するという課題がある。これに対して本研究では、アルコキシアミン誘導体に ^{125}I を標識した分子を設計し、放射線検出による高感度なイメージングと炭素ラジカルによる細胞障害性を有する、熱応答性セラノスティクスプローブを合成、評価することを目的とした。



2. 方法

4-Oxo-TEMPO を基本骨格とし、ペリジン環の 2 位にベンジル基を導入した目的化合物 **1, 2** を合成した。また、開裂反応の活性化エネルギーを電子スピン共鳴装置で評価した。次に、放射性ヨウ素標識体の脂溶性や注射液中の安定性を評価し、健常マウスにおける体内放射能動態を評価した。続いて、目的化合物の細胞障害性が炭素ラジカルに起因するかを検証するため、42℃で 90 分間加温処置を実施した後の細胞生存率を評価した。また、比較実験として非加温群も同様の条件で実験を行った。



3. 結果および考察

放射化学的収率 60%、放射化学的純度 95%以上で ^{125}I 標識アルコキシアミン誘導体 **1** および **2** を合成することに成功した。**1, 2** の活性化エネルギーはともに約 120 kJ/mol であり、42℃における半減期は約 20 時間であることが分かった。また、log *P* は 5 付近を示し、**1** ならびに **2** は脂溶性の高い化合物であることが示された。さらに溶液中（1%EtOH, 0.1%tween80 in PBS）において 10 日間安定なことが示された。健常マウスにおいて両化合物の甲状腺への放射能集積量は低かったことから、ヨウ素の脱離は生じていないことが示唆された。続いて、化合物 **1, 2** (37 ~ 370 kBq) を細胞に添加し 42℃で加温処置した結果、各化合物で濃度に依存して細胞障害性が示された。一方、非加温群では細胞生存率の低下が小さかったことから、いずれの化合物においても温度に依存した細胞障害性を有することが示された。以上の結果から、目的化合物 **1, 2** はともに加温処置することで細胞障害性を有する化合物であることが示唆された。

4. 結論

^{125}I 標識アルコキシアミン誘導体の合成に成功し、生体内で安定な化合物であることが示された。また、本化合物が加温に依存して細胞障害性を有することが示唆された。今後は作用機序の解明や生体内分布を検討する。

^{*1} Graduate School of Pharmaceutical Sciences, Kobe Pharmaceutical University

Young Scientist Award Nominee

🎵 Wed. Jul 8, 2026 11:15 AM - 12:00 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 2:15 AM - 3:00 AM UTC | 🏢 A(Miraikan Hall)

核種製造

Chairman:Noriko Ishioka(QST)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:15 AM - 11:30 AM JST | 2:15 AM - 2:30 AM UTC

[1A04] Measurement of yttrium-isotope production cross sections on the $^{nat}\text{Sr}+d$ reaction

○Akihiro Nambu^{1,2}, Masayuki Aikawa^{1,2,3,4}, Yudai Shigekawa², Yousuke Kanayama², Tomohiro Tomitsuka², Sayantani Mitra², Hiromitsu Haba² (1. Hokkaido Univ. Biomedical Science and Engineering, 2. RIKEN Nishina Center, 3. Hokkaido Univ. Science, 4. Hokkaido Univ. Global Center)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[1A05] Verification and Validation for Three Quantum Beams and Laser Light as Alternative Routes to Current Commercial Production of Lutetium-177

○Luis Fernando Salas Tapia¹, Kunihiro Miyoshi¹, Ying Yang¹, Chao Zhang², Shuichi Hasegawa^{1,2} (1. Department of Nuclear Engineering and Management / The University of Tokyo, 2. Nuclear Professional School / The University of Tokyo)

11:45 AM - 12:00 PM JST | 2:45 AM - 3:00 AM UTC

[1A06] Evaluation of the Scalability of ^{177}Lu Production with a mA-Class Deuteron Linac

○Hiroshi Nakagomi¹, Masatoshi Yasuda¹, Souichi Ueno¹, Shunichiro Omika¹, Kazuaki Tsukada², Yuki Ohnishi², Masatoshi Itoh² (1. Toshiba Corporation, 2. Tohoku University)

$^{nat}\text{Sr}+d$ 反応によるイットリウム同位体の生成断面積測定Measurement of yttrium-isotope production cross sections on the $^{nat}\text{Sr}+d$ reaction

北海道大学医理工学院^{*1}, 理化学研究所仁科加速器科学研究センター^{*2}, 北海道大学理学部^{*3},
北海道大学医理工学グローバルセンター^{*4}

○南部 明弘^{*1,2}, 合川 正幸^{*1,2,3,4}, 重河 優大^{*2}, 金山 洋介^{*2}, 富塚 知博^{*2},
ミトラ サヤンタニ^{*2}, 羽場 宏光^{*1}

(NAMBU, Akihiro^{*1,2}; AIKAWA, Masayuki^{*1,2,3,4}; SHIGEKAWA, Yudai^{*2};
KANAYAMA, Yousuke^{*2}; TOMITSUKA, Tomohiro^{*2}; MITRA, Sayantani^{*2}; HABA, Hiromitsu^{*2})

1. はじめに

イットリウムの放射性同位体 $^{86,87,88}\text{Y}$ は、PET イメージングや検出器校正などの用途で応用が期待されている。これらの核種は加速器で製造できるが、Sr の薄膜標的を製造することが難しいため、核反応断面積の実験データが不足している。本研究では、インクジェットプリンタによる最新の標的作製法[1]に注目し、これを断面積測定実験に応用するための手法を検討した。また、この手法で ^{nat}Sr の硝酸塩標的を作製し、これに重陽子を照射してイットリウム同位体の生成断面積を測定した。

2. 方法

インクジェットプリンタ (PJK-200S, マイクロジェット株式会社) を用いて ^{27}Al 箔(厚さ 10 μm)に $^{nat}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 溶液(11.4 mg/mL)を滴下して乾燥させることで $^{nat}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 標的を作製した。標的の厚みは、事前に添加した ^{85}Sr トレーサーの放射能から求めた。オートラジオグラフィと SEM による観察結果から解析で標的の厚みの不均一性を調べ、モンテカルロ計算で減衰によるビームエネルギーの広がり評価した。断面積測定のため、 $^{nat}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 標的(面密度 70–90 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)と、エネルギー測定用の ^{nat}Cu 箔(25 μm)とを交互に重ねた 1 組の標的を用意した。理化学研究所 AVF サイクロトロンで 24 MeV に加速した重陽子を平均強度 99.3 nA で 15 分間標的に照射した。照射後、 ^{nat}Sr 標的と ^{nat}Cu 箔の γ 線をゲルマニウム半導体検出器で測定して、生成核を定量した。

3. 結果および考察

インクジェットプリンタ製の標的の厚みの不均一性に由来する実験誤差は約 3%であり、断面積測定実験における本手法の有効性を示すことができた。本実験により、 $^{86\text{m}},^{86\text{g}},^{87\text{m}},^{87\text{g}},^{88}\text{Y}$ の生成断面積を測定した。 $^{86\text{m}}\text{Y}$ の生成断面積は今回の実験で初めて得られた。その他のデータは、文献値[2]や理論計算ライブラリ[3]と概ね一致した。

4. 結論

インクジェットプリンタで $^{nat}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 標的を作製して、重陽子入射反応による $^{86,87,88}\text{Y}$ の生成断面積を測定した。今回用いた実験手法は Sr に限らず様々な元素に応用でき、少量の物質からでも効率よく標的を製造できるため、今後の断面積測定実験へのさらなる応用が期待される。

参考文献

- [1] R. Haas *et al.*, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A, **874** (2017) 43.
- [2] A. Hermanne *et al.*, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B, **511** (2022) 91.
- [3] A. Koning *et al.*, Eur. Phys. J. A, **59** (2023) 131.

^{*1} Graduate School of Biomedical Science and Engineering, Hokkaido University

^{*2} RIKEN Nishina Center

^{*3} Faculty of Science, Hokkaido University

^{*4} Global Center for Biomedical Science and Engineering, Faculty of Medicine, Hokkaido University

Verification and Validation for Three Quantum Beams and Laser Light as Alternative Routes to Current Commercial Production of Lutetium-177

Department of Nuclear Engineering and Management^{*1}, Nuclear Professional School, The
University of Tokyo^{*2}

○SALAS-TAPIA Luis Fernando^{*1}, MIYOSHI Kunihiro^{*1}, YANG Ying^{*2}, ZHANG Chao^{*2}, HASEGAWA
Shuichi^{*1,2}

1. Introduction

Intravenous injection or oral administration of radioactive substances into human body allows us to either visualize internal molecular behaviors or destroy malignant cells. Treatment of prostate cancer and neuroendocrine tumors can be addressed by attaching a ligand to a radioisotope. Lutetium-177 withholding properties of β^- decay mode and half-life time of 6.7 days is being used as the emitter of ionizing radiation on focalized spots of organs and tissues. The concern rises because currently the solo commercial route to procure Lu-177 relies entirely on research reactors which employ thermal neutrons. Utilizing deuterons from a cyclotron, fast neutrons from a sodium-cooled fast reactor (SFR), and photons from an electron accelerator may be promising if optimization in main target, converter, moderator, and irradiation period is investigated. Plus, elevating the isotopic percentage of a particular isotope using laser light may facilitate the fabrication of samples before bombardment in any of those three machines.

2. Methodology

Considering Ytterbium-176 (Yb-176) as the precursor, two channels exist in nature: $^{176}\text{Yb}(n,\gamma)^{177}\text{Yb} \rightarrow ^{177}\text{Lu}$ and $^{176}\text{Yb}(d,n)^{177}\text{Lu}$. Commencing from Hafnium-178 (Hf-178), $^{178}\text{Hf}(\gamma,p)^{177}\text{Lu}$ subsists as well. Two famous radiation transport codes — PHITS and FLUKA — permit to predict activation and yield for numerous nuclear reactions. Well-known libraries — JENDL, CENDL, ENDF, JEFF, and TENDL — contain evaluated information on the probability of interaction between particles and materials. Extracting experimental data from recent published manuscripts makes it possible to decipher which combination of code + library is more precise when estimating activity and impurities. As a prospective plan for enrichment of Yb-176, verification and validation (V&V) are applied to the beam coming from a lab-made External Cavity Diode Laser (ECDL).

3. Results and Discussion

Taking Yb-176 as the main target: concerning neutrons, PHITS + ENDF/B-VIII.1 resulted in a more precise combination; regarding deuterons, PHITS + JENDL-5 better reproduced the activity. For electron transport and subsequent photons on Hf-178, FLUKA + JEFF-4 showed near values to experimental outcomes. Comparing fast neutron spectrum in a sodium/U-Pu assembly, Serpent + JEFF-4 reported similar data to experimental multiplication factor k_{eff} . Laser light from ECDL displayed elongated shape on wavemeter (~ 398.9 nm), distinguished fringes after etalon, and fluorescence of natural ytterbium atoms when executing scans in a vacuum environment ($^1\text{S}_0 \rightarrow ^1\text{P}_1$).

4. Conclusion

Examining the feasibility of new paths for acquisition of a particular unstable specie implied using realistic data from former tests. Computational benchmarking is properly executed if similarities in geometry, energy, and beam shape are consistently modeled. Experimental V&V for laser light guarantees that subsequent stages of isotope separation can be performed from a robust source.

mA 級重陽子線形加速器による ^{177}Lu 製造検討Evaluation of the Scalability of ^{177}Lu Production with a mA-Class Deuteron Linac

株式会社東芝 総合研究所 エネルギーシステム R&D センター^{*1},
東北大学 先端量子ビーム科学研究センター^{*2}

○中込 宇宙^{*1}, 安田 浩昌^{*1}, 上野 聡一^{*1}, 大甕 舜一朗^{*1},
塚田 和明^{*2}, 大西 裕季^{*2}, 伊藤 正俊^{*2}

(NAKAGOMI, Hiroshi^{*1}; YASUDA, Hiromasa^{*1}; UENO, Souichi^{*1}; OMIKA, Shunichiro^{*1};
TSUKADA, Kazuaki^{*2}; OHNISHI, Yuki^{*2}; ITOH Masatoshi^{*2})

1. はじめに

医療用 RI の ^{177}Lu (半減期 6.65 日) はがん治療薬に使用されている重要核種だが、海外輸入に依存しており国産化の議論が進んでいる。製造手段の一つに加速器が挙げられる。本稿では大量製造手法確立を目指し、反応断面積の大きい重陽子と ^{176}Yb を照射粒子と標的として選択した[1]。重陽子照射では医療用としては不純物となる $^{177\text{m}}\text{Lu}$ (半減期 160.4 日) も副生される。市販薬の基準純度 ($^{177\text{m}}\text{Lu}/^{177}\text{Lu}$) は 0.05% 以下のため、基準値を満たす照射条件が必要だが、 $^{177\text{m}}\text{Lu}$ の断面積データ不足により生成割合が不明である。そこで、東北大学先端量子ビーム科学研究センターにて照射条件の試験検証をした。

2. 方法

天然 Yb 金属標的に 25~15MeV かつ 0.5~1 μA の照射条件で重陽子を照射した。 ^{177}Lu は約 1 カ月、 $^{177\text{m}}\text{Lu}$ は約半年の冷却期間後、208.37keV のガンマ線を Ge 検出器で測定し生成量を評価した。

3. 結果および考察

図 1 にガンマ線測定結果例を示す。生成量を評価した結果、25~15MeV の範囲で $^{177\text{m}}\text{Lu}$ の生成量が基準値 0.05% 以下となることを確認した。また、その他の Lu 同位体を考慮した場合でも、20MeV 未満かつ 15MeV 以上で基準値を満たす結果となった[2]。1.5mA 級加速器[3]にて 24h 照射かつ 2.5 日冷却した場合、100%濃縮 ^{176}Yb 金属標的および Yb203 標的でそれぞれ約 140~230GBq、約 100~180GBq の ^{177}Lu 生成量となることが判明した。また、比放射能においては約 0.5~1GBq/ μg に相当することが判明した。

4. 結論

照射試験により、15MeV 以上 20MeV 未

満のビームエネルギーで基準純度 0.05% を満たすことが判明した。今後、入手可能な濃縮ターゲット形態をベースに生成量評価進めていく必要がある。

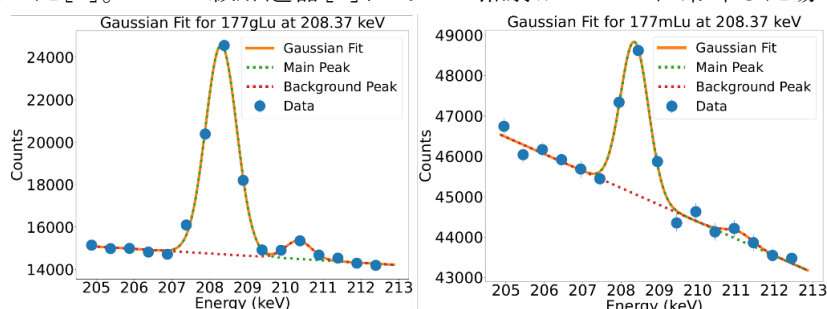


図 1 25MeV 照射時の ^{177}Lu 及び $^{177\text{m}}\text{Lu}$ のガンマ線ピーク

[1] M. U. Khandaker et al. Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. B 335, 8 (2014)

[2] 中込宇宙 他, mA 級重陽子加速器による ^{177}Lu 生成検討, 日本原子力学会 2026 年春の年会, 3G10

[3] H. Yasuda et al Proc. IPAC'24, Nashville, TN, USA, May 19–24, 2024, pp.3536–3538
doi:10.18429/JACoW-IPAC2024-THPR20

^{*1} Energy Systems R&D Center, Corporate Laboratory, Toshiba Corporation

^{*2} Research Center for Accelerator and Radioisotope Science, Tohoku University

Young Scientist Award Nominee

🎵 Wed. Jul 8, 2026 1:30 PM - 2:15 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 4:30 AM - 5:15 AM UTC | 🏛️A(Miraikan Hall)

獣医療 2

Chairman: Takehiko Kakizaki (Kitasato University), Miori Kishimoto (Tokyo University of Agriculture and Technology)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

1:30 PM - 1:45 PM JST | 4:30 AM - 4:45 AM UTC

[1A08] Differences in Lung Lobe Volumes Among Dog Breeds to Be Noted in CT-derived Pulmonary Functional Imaging

○ Kentaro Yamazaki¹, Airi Kaneyama², Kosei Teraoka², Chiharu Ito², Akari Taniguchi², Masayoshi Nagakawa¹, Yukiko O'Brien^{1,2}, Masaaki Katayama^{3,4}, Ryuji Fukushima^{1,5}, Miori Kishimoto^{1,2} (1. TUAT-Grad, 2. TUAT, 3. Iwate Univ, 4. IU-VTH, 5. KAMEC)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

1:45 PM - 2:00 PM JST | 4:45 AM - 5:00 AM UTC

[1A09] Basic study toward clinical application of BNCT in companion animals

○ Hajime Sashida¹, Hiroki Higuchi¹, Takehiko Kakizaki¹, Seiichi Wada¹, Masahiro Natsuhori¹ (1. Kitasato University)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:00 PM - 2:15 PM JST | 5:00 AM - 5:15 AM UTC

[1A10] A Fundamental Study on the Implemation of Radioiodine Therapy for Feline Hyperthyroidism in Japanese Veterinary Medicine

○ Ko Sasaki¹, Yuto Kikuchi¹, Takehiko Kakizaki¹, Wada Seiichi¹, Masahiro Natsuhori¹ (1. Kitasato univ)

CT を用いた肺機能診断で留意すべき犬種による各肺葉体積の違い
Differences in Lung Lobe Volumes Among Dog Breeds to Be Noted in CT-derived Pulmonary
Functional Imaging

東京農工大・院^{*1}、東京農工大^{*2}、岩手大・院³、岩大附属動物病院⁴、小金井 動物救急医療センター⁵
○山崎 健太郎^{*1}、金山 あいり^{*2}、寺岡 昂星^{*2}、伊藤 千晴^{*2}、谷口 あかり^{*2}、長川 雅佳^{*1}、
オブライエン 悠木子^{*1,2}、片山 泰章^{*3,4}、福島 隆治^{*1,5}、岸本 海織^{*1,2}
(YAMAZAKI, Kentaro^{*1}; KANEYAMA Airi^{*2}; TERAOKA Kosei^{*2}; ITO Chiharu^{*2};
TANIGUCHI Akari^{*2}; NAGAKAWA Masayoshi^{*1}; SASSA-O'BRIEN Yukiko^{*1,2};
KATAYAMA Masaaki^{*3,4}; FUKUSHIMA Ryuji^{*1,5}; KISHIMOTO Miori^{*1,2})

1. はじめに

獣医療において、肺機能を評価する検査法は限られている。近年、CT 装置のダイナミック撮影を応用することで、肺血流量や換気量といった肺機能を検査する方法が検討されている。これらの機能検査を犬で実施する上で問題となるのが、犬種ごとの胸郭形状の違いにより、各肺葉の相対的な大きさが異なる可能性があることである。この違いは、犬種ごとに各肺葉の血流量および換気量の分布が変化する要因となり得る。そこで本研究では、CT を用いた肺機能評価を行うための基礎的検討として、犬種間で各肺葉の相対的な大きさに差異が存在するかを検証した。

2. 方法

呼吸器および心疾患のない5犬種のCTデータをを用いて回顧的に解析を行った。7つの肺葉体積を計測し、全ての肺葉体積の合計を全肺体積とした。計測した各体積から、全肺体積に対する各肺葉体積の比率を算出した。算出した各肺葉体積の比率を犬種間で比較した。加えて、右前葉と左前葉、右後葉と左後葉、および中葉と副葉の体積差を各犬種において比較した。

3. 結果および考察

全肺体積に対する前葉後部、中葉、および副葉体積の比率は、いずれも犬種間で有意な差を示した。中葉および前葉後部の比率は、胸郭が幅広い犬種で大きかった。一方、副葉の比率は体格の大きな犬種で大きかった。このような犬種では気管と気管支の距離が広いことが比率差の原因として考えられる。右前葉と左前葉、右後葉と左後葉、および中葉と副葉の体積には、ほとんどの犬種で有意な差を認めなかった。これらの対応する肺葉間の大きさの比較は、肺機能の相対評価に有用な指標となる可能性がある。

4. 結論

犬種ごとの胸郭形状の違いにより、各肺葉の相対的な大きさは異なることが示唆された。CT を用いた肺機能評価においては犬種差の考慮が必要である。

^{*1} Cooperative Division of Veterinary Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

^{*2} Cooperative Department of Veterinary Medicine, Tokyo University of Agriculture and Technology

^{*3} Cooperative Division of Veterinary Sciences, Iwate University

^{*4} Division of Companion Animal Surgery, Iwate University

^{*5} Koganei Animal Medical Emergency Center, Tokyo University of Agriculture and Technology

伴侶動物における BNCT の臨床応用に向けた基礎的検討

Basic study toward clinical application of BNCT in companion animals

北里大学・獣医^{*1}

○指田 元^{*1}, 夏堀 雅宏^{*1}, 日口 裕貴^{*1}, 佐々木 康^{*1}, 渡邊 小梅^{*1}, 和田 成一^{*1}, 柿崎 竹彦^{*1}
(SASHIDA, Hajime^{*1}; NATSUHORI, Masahiro^{*1}; HIROKI, Higuchi^{*1}; SASAKI, Kou^{*1};
WATANABE, Koume^{*1}; WADA, Seiichi^{*1}; KAKIZAKI, Takehiko^{*1})

1. はじめに

ホウ素中性子捕捉療法 (Boron Neutron Capture Therapy : BNCT) は、ホウ素 (^{10}B) と熱中性子の核反応により生じる高 LET 放射線を利用したがん治療法である。ヒト医療では 2020 年に頭頸部癌を対象として保険適用が開始されている。一方、伴侶動物医療においても難治性腫瘍の新たな治療法として BNCT の臨床応用が期待されている。しかし、BNCT では照射された中性子が体内元素と反応し放射性核種を生成する「放射化」が生じる。このため、治療後の動物自身の被ばく、飼い主の外部被ばく、排泄物の取り扱いなど放射線防護上の評価が必要となる。本研究では、BNCT 後に伴侶動物体内で生成される放射化核種に着目し、放射線防護の観点から安全性評価を行った。

2. 方法

台湾の THOR におけるヒト BNCT 後の実測データを基に、主要な放射化核種 (^{24}Na 、 ^{49}Ca 、 ^{38}Cl 、 ^{42}K) の減衰挙動および寄与率を解析した。さらに、体重 3~70 kg、循環血液量 70~90 mL/kg の条件で伴侶動物モデルを設定し、血中 ^{24}Na 濃度の最大値を用いて BNCT 後の放射化による動物自身の内部被ばくを推定した。また、 ^{24}Na の時間減衰を考慮して飼い主の外部被ばくにおける積算線量を算出し、公衆被ばく線量限度である 1 mSv/年との比較により安全性を評価した。加えて、既存の獣医学的データを用いて尿中および糞中への ^{24}Na 移行量を推定し、 ^{24}Na の下限数量である 1×10^5 Bq との比較を行った。

3. 結果および考察

短半減期核種である ^{49}Ca や ^{38}Cl は速やかに減衰し、4 時間経過後は ^{24}Na が合計放射能の 90% を占めた。全核種合計と比較して、全ての放射能を ^{24}Na 由来であると仮定した時の評価は安全側となることが示された。BNCT 後の放射化による動物自身の内部被ばくは 2.5~73.9 μSv と推定された。飼い主の外部被ばくでは、初期線量率が約 46 $\mu\text{Sv/h}$ 未満であれば、 ^{24}Na の物理学的減衰を考慮した積算線量は 1 mSv に達しないことが示された。さらに、尿中 Na 量/血中 Na 量比の最大値は 0.535、糞中 Na 量/血中 Na 量比の最大値は 0.0900 と算出され、これらを用いて推定した尿中および糞中 ^{24}Na 放射能はいずれの条件でも ^{24}Na の下限数量である 1×10^5 Bq を下回った。したがって、BNCT 後の排泄物について放射性物質としての管理が必要ではなく、一般廃棄物として扱うことが望ましいと考えられた。

4. 結論

BNCT 後に生じる放射化による被ばくは、動物自身の内部被ばくおよび飼い主の外部被ばくのいずれにおいても低い水準であることが示された。また、尿中および糞中に排泄される ^{24}Na 放射能は、保守的な条件下でも下限数量を下回ると推定され、排泄物管理の観点からも安全性が示唆された。以上より、BNCT 後の放射線評価では ^{24}Na を代表核種として扱い、時間減衰および下限数量との比較を組み合わせることで、安全側かつ実用的な管理が可能であると考えられた。本研究は、伴侶動物における BNCT の臨床応用に向けた放射線防護および安全管理体制の構築に資する基礎的知見を提供するものである。

^{*1} Laboratory of Veterinary Radiology, School of Veterinary Medicine, Kitasato University

我が国の獣医療における猫の甲状腺機能亢進症に
対する放射性ヨウ素療法に関する基礎的検討

A FUNDAMENTAL STUDY ON THE IMPLEMENTATION OF RADIOIODINE THERAPY
FOR FELINE HYPERTHYROIDISM IN JAPANESE VETERINARY MEDICINE

北里大学 獣医学科 獣医放射線学研究室*1,

○佐々木 康¹, 菊池 悠斗¹, 夏堀 雅宏¹, 指田 元¹, 渡邊 小梅¹, 和田 成一¹,
柿崎 竹彦¹ (SASAKI Kou¹; KIKUCHI Yuto¹; NATSUHORI Masahiro¹; SASHIDA Hajime¹; WATANABE
Koume¹; WADA Seiichi¹; KAKIZAKI Takehiko¹)

1. はじめに

猫の甲状腺機能亢進症は高齢猫に多い代表的内分泌疾患であり、ヨウ素 131 (I-131) を用いた放射性ヨウ素療法は欧米で標準的治療として広く実施されている。一方、日本では法制度上の制約により本治療は導入されておらず、放射線防護および排泄物管理が課題となっている。特に外部被ばくおよび排泄物を介した二次被ばくの適切な評価が重要である。人医療ではガイドラインに基づく安全管理体制が確立されていることから、その枠組みの応用が期待される。本研究では、被ばく評価および米英の規制を踏まえ、日本における実現可能な管理指針の構築を目的とした。

2. 方法

本研究では、I-131 投与後の放射能減衰および排泄動態を基に被ばく評価を行った。投与量は最大 250 MBq とし、物理学的半減期 (8.02 日) を用いて体内残留放射能の推移を算出した。外部被ばくについては距離・接触時間を考慮して飼い主の被ばく線量を推定した。さらに排泄物中の放射能について減衰シミュレーションを行い、保管期間を検討し、猫砂等からの外部被ばく線量についても算出した。加えて米国および英国の法規制・運用実態を調査し、日本への適用可能性を比較検討した。

3. 結果

I-131 (250 MBq 投与) は約 10~11 日で退院基準 (100 MBq 以下、6.5 μ Sv/h 以下) を満たし、入院期間は約 11 日が妥当と算出された。放射線診療従事者の被ばくは外部・内部ともに十分低く、適切な防護により安全に管理可能であった。退院後の被ばくは無制限条件では 1 mSv を大きく超えるが、行動制限を設けることで 0.81 mSv に抑制され、基準内に管理可能であった。排泄物は約 64 日で下限数量以下となり、減衰保管が必要とされた。またペットシートや猫砂からの外部被ばく線量については 30 日間の積算被ばく線量が 116.4 μ Sv であった。さらに、米英の制度と比較し、日本では排水・退院基準に制度的制約があるものの、防護原則や管理手法は導入可能であることが示された。

4. 考察と結論

日本における猫の放射性ヨウ素治療は、人医療の放射線管理体系を基盤とし、退院基準と行動制限を組み合わせることで安全に導入可能であると考えられた。減衰特性および排泄動態から、入院期間は約 10~11 日、退院後は段階的管理により被ばく線量を 1 mSv 以下に抑制できることが示された。診療従事者および飼い主の被ばくはいずれも適切な防護により十分低減可能であった。排泄物管理は初期 2 週間 (約 30 日) の減衰保管が現実的である。尿中排泄を前提とした外部被ばく評価においても、保守的条件下で積算線量は公衆被ばく限度を大きく下回り、安全性が確保され、一定条件下で一般廃棄物として処理することは科学的に妥当かつ合理的であると考えられる。さらに、一定濃度以下を規制対象外とすることで、既存の放射線防護体系と整合した実務的管理が可能となり、人医療と動物医療の制度的ギャップの解消に寄与すると考えた。

1. Laboratory of Veterinary Radiology, School of Veterinary Medicine, Kitasato University

Young Scientist Award Nominee

🎵 Wed. Jul 8, 2026 1:45 PM - 2:30 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 4:45 AM - 5:30 AM UTC | 🏢 B (Conference Room Saturn)

東京電力福島第一原子力発電所事故関連2

Chairman: Keiko Tagami (QST)

1:45 PM - 2:00 PM JST | 4:45 AM - 5:00 AM UTC

[1B07] Validation of the ocean dispersion simulation of ALPS-treated water

○ Tsumune Tsumune^{1,2}, Tsubono Takaki², Misumi Kazuhiro² (1. University of Tsukuba, 2. Central Research Institute of Electric Power Industry)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:00 PM - 2:15 PM JST | 5:00 AM - 5:15 AM UTC

[1B08] Estimation of Groundwater-Derived ¹³⁷Cs Flux to the Coastal Waters Surrounding the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Using Radium Isotope Tracers

○ Hiroumi Iino¹, Daisuke Tsumune¹, Hiroaki Kato¹, Yuichi Onda¹, Shigeyoshi Otsuka² (1. University of Tsukuba, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:15 PM - 2:30 PM JST | 5:15 AM - 5:30 AM UTC

[1B09] Application of airborne monitoring data toward external radiation dose assessment for wild Japanese Macaques affected by the Fukushima daiichi nuclear power plant accident

○ Jiaxin Li^{1,2}, Taku Sato³, Masatoshi Suzuki^{2,3,1,4}, Satoru Endo⁵, Koichi Chida^{3,4}, Manabu Fukumoto³, Hiroshi Kurikami², Seiji Hayashi², Yuji Owada², Tatsuo Aono² (1. Env. Radiat. Biomed., Grad. Sch. Med., Tohoku Univ., 2. RECC, F-REI, 3. IRIDeS, Tohoku Univ., 4. Crs. Radiol. Technol., Grad. Sch. Med., Tohoku Univ., 5. Grad. Sch. Adv. Sci. Eng., Hiroshima Univ.)

ALPS 処理水の海洋拡散シミュレーションの検証

Validation of ALPS-treated water discharge into the ocean by simulation

筑波大学 放射線・アイソトープ地球システム研究センター^{*1}, 電力中央研究所^{*2}○津旨 大輔^{*1,2}, 坪野 考樹^{*2}, 三角 和弘^{*2}(TSUMUNE, Daisuke^{*1,2}; TSUBONO, Takaki^{*2}; MISUMI, Kazuhiro^{*2})

1. はじめに

福島第一原子力発電所(1FNPS)の廃炉作業の一環として、2023年8月より多核種除去設備(ALPS)で処理された水(以下、ALPS処理水)の海洋放出を開始した。トリチウム(^3H)を含む放射性核種は、世界中の原子力施設から海洋へ放出されているが、事故を経験した原子力発電所からの放出は前例がなかった。加えて、炭素14(^{14}C)やヨウ素129(^{129}I)といった長寿命核種の完全除去が困難なことから、国内外で懸念が示された。これに対し、TEPCO HDは「放射線影響評価報告書」によって、さらに、ALPS処理水に残留する ^3H 以外の核種の影響を含めた被ばく線量評価においても、その線量は無視できるほど小さいことが確認された。放出後は海域モニタリングが行われており、濃度上昇は放射線影響評価報告書のとおり小さいことが確認されている。安全性の説明のためには、報告書で用いた海洋モデルによる再現計算を実施し、モニタリングデータによる検証を行うことが重要である。

2. 方法

放射線影響評価報告書では、海洋モデルとして Regional Ocean Modeling System (ROMS) が用いられた。モデル駆動力として気象庁の短期予測データおよび海洋再解析データ(JCOPE2M)を用い、沿岸流、黒潮、中規模渦の影響を考慮した。モデルの再現性は、福島事故後のセシウム137(^{137}Cs)の拡散シミュレーションを通じて検証され、観測濃度の年平均値との整合性が確認された。放出後は実気象を考慮した再現計算を行い、東京電力および関係機関により取得された海水中トリチウム濃度の観測データを用いて、比較検証を行った。

3. 結果および考察

計算結果と観測結果の比較では、年間平均における相関係数は $R=0.552$ であり、濃度変動の再現性は中程度であった。一方、平均 $\log(\text{Model/Obs})$ は -0.035 、対応する Model/Obs 比は 0.92 であり、モデルは年間平均濃度レベルを良好に再現していた。放出期間に限定すると、相関係数は $R=0.642$ に向上し、放出に伴う濃度変動をより適切に再現できることが示された。ただし、放出期間の平均 $\log(\text{Model/Obs})$ は 0.137 、Model/Obs 比は 1.37 であり、モデルは観測値をやや過大評価する傾向を示した。この差は、放出フラックスの局所的な扱い、モデル解像度、バックグラウンド濃度の不確実性などに起因すると考えられる。発電所近傍の一部地点では過小評価もみられたが、全体としてモデルはALPS処理水放出後のトリチウム濃度スケールを妥当に再現しており、放射線影響評価に適用可能な信頼性を有すると考えられる。

4. 結論

ALPS処理水の放出後のシミュレーション結果は観測結果とおおむね整合しており、報告書において被ばく線量評価結果が無視できるほど小さいとされたことの妥当性を支持している。一方で、現在のモニタリングデータでは観測の時間間隔が長く、放出期間中の濃度変動を十分に捉えられない場合があるため、平均濃度を精度よく求めることが困難である。より詳細な検証のためには、モニタリングの時間頻度を高めることに重点を置く必要がある。これにより、モデル検証の信頼性向上と、より精度の高い線量評価につながると考えられる。

^{*1} Center for Research in Radiation, Isotopes, and Earth System Sciences, University of Tsukuba

^{*2} Central Research Institute of Electric Power Industry

Ra 同位体トレーサーを用いた福島第一原子力発電所周辺海域における 地下水由来 ^{137}Cs の流出フラックスの推定

Estimation of groundwater-derived ^{137}Cs flux in coastal waters surrounding the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station using radium isotope tracers

筑波大学^{*1}, 東京大学大気海洋研究所^{*2}

○飯野 大海^{*1}, 津旨 大輔^{*1}, 加藤 弘亮^{*1}, 恩田 裕一^{*1}, 乙坂 重嘉^{*2}

(○Hiroumi Iino^{*1}; Daisuke Tsumune^{*1}; Hiroaki Kato^{*1}; Yuichi Onda^{*1}; Shigeyoshi Otsuka^{*2})

1. はじめに

福島第一原子力発電所(F1NPS)事故によって放出された放射性物質である ^{137}Cs のうち、約 80%は海洋に流出し、現在でも海洋中 ^{137}Cs 濃度は事故前の水準に回復していない。その原因として F1NPS 敷地外の地下水が主要な漏洩源になっている可能性が指摘されている。また、地下水の有用なトレーサーである地下水に存在する Ra 同位体と ^{137}Cs 濃度分布を用いて F1NPS 事故直後の ^{137}Cs インベントリを求めた例があるが、遠洋で観測されており、F1NPS 近傍で観測した事例はない。これらの背景から本研究では Ra 同位体を用いて地下水由来 ^{137}Cs の流出フラックスの推定を目的に調査を行った。

2. 方法

F1NPS より南に約 1km に位置する福島県双葉郡大熊町に位置する夫沢川近傍の海岸および沖合にて海水、地下水、河川水、水路水、湧水のサンプリングを行った。 ^{137}Cs 濃度はゲルマニウム半導体検出器、Ra 同位体は担持マンガナクリル繊維に通水し、RaDeCC(同時計数式ラドンカウンター)を用いて計測を行った。これらの測定結果をもとに Ra 同位体の濃度比から滞留時間、 ^{137}Cs 濃度から ^{137}Cs インベントリ、 ^{137}Cs インベントリを滞留時間で割ることで地下水由来 ^{137}Cs の流出フラックスの計算を行った。本研究における滞留時間は地下水が海洋に流入してから経過時間のことを指す。

3. 結果および考察

滞留時間の結果は右図に示す。2025 年 11 月 19 日の滞留時間の結果から Ra 同位体の濃度比の異なる流出源がある可能性、20251119_SW5 近傍に海底地下水の湧出点がある可能性が示唆された。また、 ^{137}Cs インベントリは海岸線から 2km、F1NPS を中心として南北に 10km の範囲において $(1.51\sim 2.34) \times 10^9$ (Bq)と計算された。また、これらの計算結果から地下水由来 ^{137}Cs の流出フラックスは $(1.45\sim 3.12) \times 10^8$ (Bq/day)と計算された。Tsumune et al., (2024)において溶存態・懸濁態の ^{137}Cs 流出フラックスは ROMS モデル(領域海洋モデル)の解析において 2.0×10^9 (Bq/day)と推定されており、地下水からの ^{137}Cs 漏洩は全体の 7.25-15.6%を示した。これにより、F1NPS 事故の海洋環境への影響として無視できないことが判明した。

4. 結論

Ra 同位体を用いた解析により、滞留時間が沿岸 2km 程度では 10 日前後であることが分かった。また、地下水からの ^{137}Cs 漏洩は全体の 7.25-15.6%程度であることが分かった。

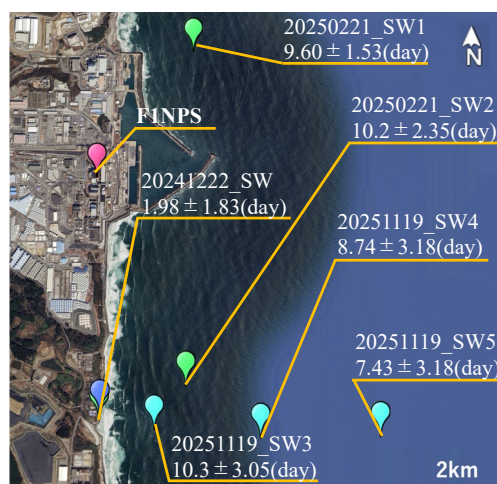


図 1 滞留時間の結果(ラベルは「サンプリング日_SW 数字」で構成されている)

^{*1} University of Tsukuba

^{*2} Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Application of airborne monitoring data toward external radiation dose assessment for wild Japanese Macaques affected by the Fukushima daiichi nuclear power plant accident

○LI, Jiaxin^{*1,2}; SATO, Taku^{*3}; SUZUKI, Masatoshi^{*2,3,1,4}; ENDO, Satoru^{*5}; CHIDA, Koichi^{*3,4};
FUKUMOTO, Manabu^{*3}; KURIKAMI, Hiroshi^{*2}; HAYASHI, Seiji^{*2}; OWADA, Yuji^{*2};
AONO, Tatsuo^{*1,2}

1. はじめに

Although accurate radiation dose assessment is crucial for evaluating the long-term ecological impact of nuclear disasters, assessing the actual external exposure of wildlife remains challenging due to heterogeneous environmental attenuation. Airborne monitoring data (AMD) provide ambient dose-rate measured annually within an 80-km radius of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FNPP) from 2011 to 2025. This study established a basic model for estimating external doses of wild Japanese macaques affected by the FNPP accident using AMD to determine long-term environmental decay.

2. 方法

To evaluate external dose, this study utilized two methods, integration of ambient dose rates using AMD (the AMD method) and electron spin resonance analysis of tooth enamel (the ESR method). Teeth were sampled from Japanese macaques inhabiting a 20-km radius of FNPP, which had been culled for damage control. Capture date and location were also collected. In the AMD method, the exposure scenario assumed that individuals were continuously exposed to radiation emitted from ¹³⁷Cs at their respective capture location, with exposure period determined by their age. The ambient dose rate of each capture location was extracted from the AMD, and the parameters of short- and long-components of environmental half-lives were calculated by fitting the time-dependent decline of the ambient dose rate. In the ESR method, 100 mg of tooth enamel was extracted from each individual to analyze the intensity of carbonate radicals using ESR. The external dose was determined based on the ESR intensity using a dose-response curve.

3. 結果および考察

Japanese macaques sampled between June 2016 and October 2024 were evaluated for external doses using the AMD method. The estimated external dose ranged from 3.6 mGy to 666 mGy (average: 81.3 mGy). Categorizing the capture area into northern and southern regions showed similar trends in both the short- and long-components of the environmental half-life. In Kashima and Haramachi wards (Minamisoma City), the mean±standard deviation for the short- and long-components were 0.7±0.4 years and 7.0±2.8 years, respectively. In contrast, they were 1.2±0.4 years and 24.9±18.7 years for the Odaka ward (Minamisoma City) and Namie Town. While the relative ranking of dose magnitudes was consistent between the AMD and the ESR methods for the eight individuals analyzed, the AMD method was found to overestimate the external dose.

4. 結論

We established a basic model of the AMD method. Because the current model overestimates the external dose of wildlife relative to the ESR method, further development of the AMD method is necessary.

^{*1} Environmental Radiation Biomedicine, Graduate School of Medicine, Tohoku University

^{*2} Regional Environmental Co-creation Unit, Fukushima Institute for Research, Education and Innovation

^{*3} International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

^{*4} Course of Radiological Technology, Graduate School of Medicine, Tohoku University

^{*5} Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University

Young Scientist Award Nominee

📅 Wed. Jul 8, 2026 11:00 AM - 12:00 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 2:00 AM - 3:00 AM UTC | 🏢 C(Conference Room Uranus)

放射線生物学2

Chairman: Ryoichi Hirayama(QST hospital)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:00 AM - 11:15 AM JST | 2:00 AM - 2:15 AM UTC

[1C02] Study on the enhancement of antioxidant functions in the heart, lungs, stomach, small intestine, and large intestine of mice with combined radon inhalation and thermal treatment

○Shogo Miyanaga¹, Takahiro Kataoka², Ayumi Tanaka¹, Reiju Takenaka¹, Shota Naoe³, Mitsuki Nagano¹, Shuna Goto¹, Kotaro tano¹, Norie Kanzaki³, Akihiro Sakoda³, Kiyonori yamaoka² (1. Graduate School of Health Sciences, Okayama Univ., 2. Health Sciences, Okayama Univ., 3. Ningyo-toge Environmental Engineering Center, JAEA)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:15 AM - 11:30 AM JST | 2:15 AM - 2:30 AM UTC

[1C03] Development of a radon exposure device for cell experiments

○Ayumi Tanaka¹, Takahiro Kataoka², Reiju Takenaka¹, Shogo Miyanaga¹, Shota Naoe³, Mitsuki Nagano¹, Shuna Goto¹, Kotaro Tano¹, Norie Kanzaki³, Akihiro Sakoda³, Hiroaki Terato⁴, Kiyonori Yamaoka² (1. Graduate school of health sciences, Okayama Univ., 2. Health sciences, Okayama Univ., 3. Ningyo-toge Environmental Engineering Center, JAEA, 4. Advanced Science Research Center, Okayama Univ.)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[1C04] Assessment of Sensitivity to Radiation-Induced Reproductive Effects in Female *Brca1*-Mutant Rats

○Chisaki Asaka^{1,2}, Yukiko Yano², Kento Nagata^{2,3}, Masaru Takabatake^{1,2}, Kazumasa Inoue¹, Tatsuhiko Imaoka^{2,3} (1. Graduate School of Human Health Sciences, TMU, 2. QST Institute for Radiological Science, 3. QST Institute for Quantum Life Science)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:45 AM - 12:00 PM JST | 2:45 AM - 3:00 AM UTC

[1C05] Comparative Analysis of Global DNA Methylation Profiles in Radiation-Induced and Spontaneous Rat Mammary Carcinomas

○Misaki Mashiba¹, Tatsuhiko Imaoka², Masaru Takabatake^{1,2} (1. Tokyo Metropolitan Univ., 2. QST)

ラドン吸入と温熱処理の併用によるマウス心臓・肺・
胃・小腸・大腸中の抗酸化機能の亢進に関する検討
Study on the enhancement of antioxidant functions in the
heart, lungs, stomach, small intestine, and large intestine of
mice with combined radon inhalation and thermal treatment

岡山大・院保健学^{*1}, 岡山大・保健学域^{*2}, 原子力機構・人形峠セ^{*3}
○宮永 清瑚^{*1}, 片岡 隆浩^{*2}, 田中 歩^{*1}, 竹中 伶樹^{*1}, 直江 翔太^{*3}, 長野 光希^{*1},
後藤 朱渚^{*1}, 田野 功太郎^{*1}, 神崎 訓枝^{*3}, 迫田 晃弘^{*3}, 山岡 聖典^{*2}
(MIYANAGA Shogo^{*1}, KATAOKA Takahiro^{*2}, TANAKA Ayumi^{*1}, TAKENAKA
Reiju^{*1}, NAOE Shota^{*3}, NAGANO Mitsuki^{*1}, GOTO Shuna^{*1}, TANO Kotaro^{*1},
KANZAKI Norie^{*3}, SAKODA Akihiro^{*3}, YAMAOKA Kiyonori^{*2})

1. 緒論

我々は今までに、適度のラドン吸入はマウス諸臓器中の抗酸化機能を亢進することにより活性酸素種由来の疾患を抑制することなどを報告してきた。同様に適度の温熱処理も活性酸素種由来の疾患を抑制することが知られているが、ラドン吸入との併用による作用に関する報告は皆無に近い。このため本研究では、ラドン吸入と温熱処理の併用によるマウス心臓・肺・胃・小腸・大腸中の抗酸化機能の変化特性に着目して検討した。

2. 方法

対象動物は、BALB/cJ マウスを用いた。温熱処理は、インキュベーター内を 38.5℃に設定して、40 分/日で 1・3・7 日間それぞれ施した。対照となる非温熱処理は、インキュベーター内を室温に設定して、同様に施した。温熱処理後、バックグラウンドレベル (Sham) または 2000 Bq/m³ のラドンを 24 時間吸入させた。吸入終了直後に安楽死させ、心臓・肺・胃・小腸・大腸を摘出・試料調製し、抗酸化機能の代表的指標となる superoxide dismutase (SOD) 活性・catalase (CAT) 活性・total glutathione (t-GSH) 量をそれぞれ定法に従い分析した。

3. 結果・考察

ラドン吸入と温熱処理の併用による各臓器中の抗酸化機能の変化特性について、本実験条件下では概ね小腸・大腸では増加し、肺では減少し、心臓・胃では変化しなかった。

4. 結論

得られた所見は、ラドン吸入と温熱処理の併用に対する応答性が臓器により異なることを示唆する。今後は、ラドン吸入と温熱処理の併用による活性酸素種由来の疾患の効果的な抑制に向け、最適な併用条件の組合せや抗酸化機能の関連指標による作用機序などについて検討する予定である。

^{*1} Graduate School of Health Sciences, Okayama University

^{*2} Faculty of Health Sciences, Okayama University

^{*3} Ningyo-toge Environmental Engineering Center, JAEA

細胞実験のためのラドン曝露装置の開発 Development of a radon exposure system for cell experiments

岡山大・院保健学^{*1}, 岡山大・保健学域^{*2}, 原子力機構・人形峠セ^{*3}

岡山大・自然生命科学研究支援セ^{*4}

○田中 歩^{*1}, 片岡 隆浩^{*2}, 竹中 伶樹^{*1}, 宮永 清瑚^{*1}, 直江 翔太^{*3}, 長野 光希^{*1}, 後藤 朱渚^{*1}

田野 功太郎^{*1}, 神崎 訓枝^{*3}, 迫田 晃弘^{*3}, 寺東 宏明^{*4}, 山岡 聖典^{*2}

(TANAKA Ayumi^{*1}, KATAOKA Takahiro^{*2}, TAKENAKA Reiju^{*1}, MIYANAGA Shogo^{*1},
NAOE Shota^{*3}, NAGANO Mitsuki^{*1}, GOTO Shuna^{*1}, TANO Kotaro^{*1}, KANZAKI Norie^{*3},
SAKODA Akihiro^{*3}, TERATO Hiroaki^{*4}, YAMAOKA Kiyonori^{*2})

1. 緒論

我々は今までに、ラドン曝露による抗酸化機能亢進や酸化ストレス抑制作用などについて、主にマウスを用いた動物実験により検討してきた。他方、ラドン曝露による生体作用の機序をより詳細に解明するには、細胞レベルでの評価系の構築が必要である。そこで本研究では、培養細胞へのラドン曝露を可能とする細胞実験用ラドン曝露装置を新たに製作し、安定した曝露条件の構築に向けて種々検討した。

2. 方法

製作した細胞実験用ラドン曝露装置は、ラドン線源としてドールストーンを装置外部に設置し、ドールストーンから散逸したラドンをインキュベータ内へ送気する構成とした。また、送気流量を調整することにより、インキュベータ内のラドン濃度の制御を試みた。さらに、装置性能の評価としては、主にインキュベータ内のラドン濃度測定を行い、濃度の推移および安定性について検討した。

3. 結果・考察

製作した本装置により、インキュベータ内へ最大約 4000 Bq/m³に達するラドンを含有する空気が安定的に供給できることを確認した。また、送気流量の調整により、ラドン濃度が可変できることを確認した。さらに、線源とインキュベータの間にトロン減衰容器を設置することによりラドン濃度を維持したままトロン濃度が低減でき、トロンの影響を除去した曝露系構築への有用性を示した。

4. 結論

培養細胞実験系に適用可能なラドン曝露装置を新たに製作し、4000 Bq/m³まで濃度可変できるなど安定した曝露条件を構築することができた。また、トロン減衰容器の導入により、ラドン濃度を維持しつつトロン濃度を低減可能にすることができた。これらの所見などから、本装置はラドン曝露による生体作用の機序を細胞レベルでより詳細に解明するための有用な実験基盤となることが期待できる。

^{*1} Graduate School of Health Sciences, Okayama University

^{*2} Faculty of Health Sciences, Okayama University

^{*3} Ningyo-toge Environmental Engineering Center, JAEA

^{*4} Advanced Science Research Center, Okayama University

Brca1 変異雌ラットを用いた放射線による生殖影響の感受性評価
Assessment of Sensitivity to Radiation-Induced Reproductive Effects
in Female *Brca1*-Mutant Rats

都立大・院・人間健康科学^{*1}, QST・放医研^{*2}, QST・生命研^{*3}

○朝香 千咲稀^{*1,2}, 矢野 (西村) 由希子^{*2}, 永田 健斗^{*2,3},
高畠 賢^{*1,2}, 井上 一雅^{*1}, 今岡 達彦^{*2,3}

(ASAKA, Chisaki^{*1,2}; YANO(NISHIMURA), Yukiko^{*2}; NAGATA, Kento^{*2,3};
TAKABATAKE, Masaru^{*1,2}; INOUE, Kazumasa^{*1}; IMAOKA, Tatsuhiko^{*2,3})

1. はじめに

生殖細胞に対する放射線被ばくは、生殖機能の低下・喪失及び遺伝的影響を引き起こし得る。ICRPの2007年勧告では、生殖影響のしきい値として、男性は0.15Gyの放射線被ばくにより一時的な不妊、3.5~6.0Gyで永久不妊、女性は2.5~6.0Gyの放射線被ばくにより不妊が生じ得ると報告されている。

*Brca1*はDNA二本鎖切断の修復遺伝子であり、放射線被ばくにより生じる損傷を修復する。3週齢の*Brca1*変異ラットに2Gyのγ線を照射すると、乳がんの発症率が野生型と比較して有意に増加する。そこで、放射線感受性が異なる*Brca1*変異ラットおよび野生型ラットに対して放射線照射し、生殖影響に関する評価を行った。

2. 方法

①卵胞の定量解析

放射線照射群（高線量率、低線量率）および非照射群の野生型ラット・*Brca1*変異ラットの計6群（各群4匹）から卵巣を採取し、左右10枚ずつの連続切片を作製した。切片内における卵胞の発育段階ごと（原始卵胞、一次卵胞、二次卵胞、初期胞状卵胞、胞状卵胞、排卵前卵胞、各発育段階の閉鎖卵胞）の定量を行った。

②閉経に相当する時期の特定

放射線照射群（高線量率、低線量率）および非照射群の野生型ラット・*Brca1*変異ラットの計6群（各群10匹）に対し、8~52週齢において4週間ごとに2週間連続して膣スミアを採取した。採取した細胞を光学顕微鏡で観察することにより、発情周期の判定を行った。4週間連続して発情周期の停止が確認された場合、その期間の初日を閉経時期とした。

3. 結果および考察

①卵胞の定量解析

ほとんどの卵胞で*Brca1*遺伝子型による有意差は認められなかった。原始卵胞では、非照射群および低線量率群と比較して高線量率群で有意な減少が認められたが、両遺伝子型で同様の傾向が見られた。また、排卵前卵胞時の閉鎖卵胞は、野生型ラットにおいてのみ、非照射群と比較して高線量率群で有意な減少が認められた。以上より、放射線被ばくによる卵胞の減少は、*Brca1*変異の有無に関与する可能性が低いことが示唆された。

②閉経に相当する時期の特定

現在、発情周期の判定を行っており、その成果についても本研究発表会で発表する予定である。

4. 結論

*Brca1*遺伝子型による放射線の雌の生殖影響の違いは強くは認められなかった。

^{*1} Graduate School of Human Health Sciences, TMU ^{*2} QST Institute for Radiological Science

^{*3} QST Institute for Quantum Life Science

ラット乳がんモデルにおける放射線誘発がんと自然発生がんのグローバル DNA メチル化 プロファイルの解析

Comparative Analysis of Global DNA Methylation Profiles in Radiation-Induced and Spontaneous Rat Mammary Carcinomas

都立大学・院・人間健康科学^{*1}, QST・放医研^{*2}

○眞柴 美咲^{*1}, 今岡 達彦^{*2}, 高畠 賢^{*1,2}

(MASHIBA, Misaki^{*1}; IMAOKA, Tatsuhiko^{*2}; TAKABATAKE, Masaru^{*1,2})

1. はじめに

がんは「ゲノム異常」と「エピゲノム異常」の蓄積により発生するとされており、特にゲノムの約 45% を占めるレトロトランスポゾン等の反復配列における DNA のメチル化は、遺伝子発現制御において重要な役割を担う。放射線誘発がんでは、放射線に由来したゲノム異常が多数報告されている。がん化に伴う DNA のメチル化レベルの低下は、乳がんの発生と予後とも関連が指摘されているが、自然発生がんと放射線誘発がんのエピゲノム異常の報告は乏しい。本研究の最終目的は、放射線誘発がんと自然発生がんの DNA のメチル化レベルの違いを明らかにすることである。本要旨では、その前段階として、ゲノム全体のメチル化指標となる LINE1 領域を対象とし、PCR 産物長が高精度融解解離曲線解析 (High Resolution Melting: HRM) に与える影響を検証した。

2. 方法

ラット High/Low メチル化コントロール DNA を用い、High、Low、および両者を等量混合した Medium の 3 段階のメチル化用のコントロール DNA を調製した。これらにバイサルファイト処理を施し、PCR および HRM 解析には、産物長の異なる 2 種類のプライマー (396 bp および 187 bp) を使用した。PCR 増幅を確認後、LightCycler96 を用いて 65°C から 95°C までの蛍光量変化を測定し、メチル化レベルと積算蛍光量の関係を線形回帰により評価した。

3. 結果および考察

電気泳動の結果、2 種類のプライマー共に目的サイズの増幅を確認した。HRM 解析において、396 bp のプライマーではメチル化レベルによる融解パターンの明確な差異は見られず、決定係数 $R^2 = 0.0434$ と極めて低い相関を示した。一方、187 bp のプライマーでは、メチル化レベルの上昇に伴い融解温度が高温側へシフトし、積算蛍光量との間に高い相関 ($R^2 = 0.9578$) が認められた。これらの違いは、PCR 産物長が短いことにより AT リッチな領域の影響が低減され、メチル化状態に依存した融解挙動が反映されやすくなったためと考えられる。一般的に HRM 解析では 80~200 bp の産物長が推奨されるが、本研究においても PCR 産物の短いプライマーが LINE1 領域の定量において高い精度を有することが示された。

4. 結論

LINE1 領域における DNA メチル化レベルの定量には、187 bp 程度の PCR 産物長が適していることが明らかとなった。本結果は、LINE1 メチル化を指標としたがんエピゲノム解析の精度および再現性の向上に寄与することが示唆された。今後の展望として、本手法を用いてラットの正常乳腺組織、自然発生および放射線誘発乳がんから抽出した DNA を用いて HRM 解析を行い、メチル化レベルの差異を明らかにする予定である。

^{*1} Graduate School of Human Health Science, Tokyo Metropolitan University

^{*2} National Institutes for Quantum Science and Technology

Young Scientist Award Nominee

📅 Wed. Jul 8, 2026 1:30 PM - 2:00 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 4:30 AM - 5:00 AM UTC | 🏢 C (Conference Room Uranus)

ライフサイエンス 2

Chairman: Keitaro Tanoi

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

1:30 PM - 1:45 PM JST | 4:30 AM - 4:45 AM UTC

[1C07] Analysis of Newly Fixed Carbon Allocation to Soybean Roots under Abiotic Stress

○ Aoi Nohara¹, Maho Shimada¹, Ayumi Agata¹, Mikio Nagazono¹, Ryohei Sugita², Hirokazu Takahashi¹ (1. Grad.Sch.Bioagr.Sci, Nagoya U, 2. RI.Res.Cent, Nagoya U)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

1:45 PM - 2:00 PM JST | 4:45 AM - 5:00 AM UTC

[1C08] Comparison of leaf position-dependent phosphorus allocation in Poplar between the growing and senescent seasons using ³²P

○ Aoi Hirata¹, Yuko Kurita¹, Ryohei Sugita², Natsuko Kobayashi¹, Keitaro Tanoi^{1,3} (1. UTokyo, 2. Nagoya Univ., 3. F-REI)

ダイズ根における異なる根圏ストレス条件下での新規固定炭素分配パターンの解析 Analysis of Newly Fixed Carbon Allocation to Soybean Roots under Abiotic Stress

名古屋大学大学院生命農学研究科^{*1}, 名古屋大学アイソトープ総合センター^{*2}

○野原 葵^{*1}, 嶋田 舞穂^{*1}, 杉田 亮平^{*2}, 縣 歩美^{*1}, 中園 幹生^{*1}, 高橋 宏和^{*1}

(NOHARA, Aoi^{*1}; SHIMADA, Maho^{*1}; SUGITA, Ryohei^{*2}; AGATA, Ayumi^{*1};

NAKAZONO, Mikio^{*1}; TAKAHASHI, Hirokazu^{*1})

1. はじめに

植物は、根圏ストレスに応答して、根系形態を可塑的に変化させる。このような形態変化には膨大なエネルギーを必要とするため、その供給源となる炭素の動態も変化していると考えられる。ダイズでは低酸素ストレス下で、主根の伸長や側根の形成が著しく抑制されるとともに、ストレス処理 24 時間以内に根への新規固定炭素蓄積量が低下する。一方で、糖含量に大きな変動は認められないことから、新規固定炭素動態は根圏ストレス応答の指標となり得る。本研究では、低酸素に加え、浸透圧および塩ストレス下でのダイズ根における新規固定炭素動態を解析した。

2. 方法

播種 3 日後のダイズ (*Glycine max*) を、通常水耕液 (対照区)、0.1%寒天を加え窒素ガスにより溶存酸素濃度を 0.3 mg O₂/L 以下にした水耕液 (低酸素区)、20.8% PEG 水耕液 (浸透圧処理区)、または 100 mM NaCl 水耕液 (塩処理区) で 0, 1, 3, 9, 24 時間生育させた。各処理後、植物体を放射性同位体で標識した ¹⁴CO₂ に 1 時間暴露し、根をイメージングプレート (IP) に 3 日間露光することで光合成により固定された ¹⁴C を可視化した。また、24 時間処理後の植物体を次亜塩素酸ナトリウムに溶解させ、溶け出した ¹⁴C を液体シンチレーションカウンターで定量した。

3. 結果および考察

24 時間処理後の植物体全体の ¹⁴C 量は、対照区と比較してすべてのストレス区で減少しており、ストレスにより炭素固定能が低下することが示唆された。IP 解析の結果、低酸素区ではストレス処理 1 時間後から根の ¹⁴C シグナルが著しく低下し、その後基部側でのみ部分的な回復が認められた。一方で、浸透圧処理区と塩処理区では根全体の ¹⁴C シグナルが経時的に減少した。また、24 時間処理後の地下部/地上部 ¹⁴C 量比は、低酸素区で有意に減少した一方、浸透圧処理区と塩処理区では変化しなかった。このことから、根の ¹⁴C シグナル低下は、低酸素区では根への新規固定炭素の輸送抑制、浸透圧・塩ストレス区では主に炭素固定量の低下に起因すると考えられた。

4. 結論

本研究により、低酸素、浸透圧および塩ストレスのいずれにおいても、処理開始後 24 時間以内に根への新規固定炭素蓄積量が低下することが明らかとなった。一方、その要因はストレス条件により異なり、低酸素ストレスでは地上部から根への炭素輸送抑制、浸透圧・塩ストレスでは炭素固定量の低下が主要要因であることが示唆された。

^{*1} Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University

^{*2} Radioisotope Research Center, Nagoya University

³²P を用いたポプラにおける葉位別リン分配の成長期と落葉期の比較
Comparison of leaf position-dependent phosphorus allocation in Poplar between the
growing and senescent seasons using ³²P

東大・院農^{*1}, 名大・アイソトープ^{*2}, F-REI^{*3}

○平田 碧唯^{*1}, 栗田 悠子^{*1}, 杉田 亮平^{*2}, 小林 奈通子^{*1}, 田野井 慶太郎^{*1,3}

(HIRATA, Aoi^{*1}; KURITA, Yuko^{*1,2}; SUGITA, Ryohei^{*2}; KOBAYASHI, Natsuko^{*1};
TANOI Keitaro^{*1,3})

1. はじめに

落葉木本植物は、成長を維持するために、体内のリン (P) を転流により効率的に利用している。P は蒸散を駆動力とする道管流によって根から吸収され、植物体内では篩管流を介して転流される。P は成長期に成熟葉から若い葉へ、落葉前には葉から幹や根へと転流される。しかし、これら二つの転流様式の制御機構は未解明である。そこで、本研究ではこの制御機構の解明に向けて、根から吸収された P の地上部への分配を解析した。成長期では ³²P 動態を経時的に解析し、落葉前では ³²P を培地に添加してから 22 時間の葉内の ³²P 分配を解析した。

2. 方法

ポプラ (*Populus alba* L.) の挿し木をバーミキュライトに植えて実験室内短縮周年系で育成した。本システムは日長および温度条件に基づき、Stage 1 (25°C, 16 h light)、Stage 2 (15°C, 8 h light)、Stage 3 (5°C, 8 h light) の 3 段階に区分される。成長期の Stage 1 と落葉前の Stage 3 において、根から吸収させた放射性同位体 ³²P の地上部での動態を調べた。Stage 1 では、³²P を加えた液体培地を根から吸収させ、生体内の P 動態を可視化する Real-time radioisotope imaging system (RRIS) で連続撮影した。さらにオートラジオグラフィー解析により、Stage 1 と 3 における葉位ごとの ³²P を解析した。

3. 結果および考察

Stage 1 では、³²P は吸収後 1 時間以内に各葉へ均等に分配され、その後 3 時間以内に若い葉へ優先的に分配された。この結果から、³²P 吸収直後は道管流によって全体に分配され、その後の若い葉への分配は、成熟葉から回収された P が篩管流を介して転流した結果であると考えた。また、オートラジオグラフィー解析では、成熟葉の葉身の基部側と葉柄に ³²P が局在した。この結果から、葉身から葉柄への P 回収、あるいは葉柄から葉身への P 輸送抑制の可能性が考えられる。

Stage 3 では、若い葉への優先的な分配は見られず、葉への P 分配量も低下していた。Stage 3 では蒸散流の低下や葉と幹の間に離層形成が起こる。これらによって、道管流による葉への P 分配が制限されたと考えられる。一方で葉に分配された P が篩管流によって迅速に回収された可能性も考えられる。

4. 結論

Stage 1 における若い葉への優先的な P 分配は、吸収直後の道管流による輸送と、その後の篩管流による転流の協調的な制御により成立している可能性が示唆された。一方、Stage 3 における葉への P 分配抑制は、道管流輸送の制限、あるいは葉へ分配された P の篩管流による回収、もしくはその両方によって生じる可能性が考えられる。

^{*1} Graduate School of Agricultural and Life Science, The University of Tokyo

^{*2} Radioisotope Research Center, Nagoya University

^{*3} Fukushima Institute for Research, Education and Innovation (F-REI)

Young Scientist Award Nominee

🎵 Wed. Jul 8, 2026 2:10 PM - 2:55 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 5:10 AM - 5:55 AM UTC | 🏢 C (Conference Room Uranus)

放射線化学 1

Chairman: Yusa Muroya (The University of Osaka)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:10 PM - 2:25 PM JST | 5:10 AM - 5:25 AM UTC

[1C09] Radiation-induced Redox Chemistry of Nitrogen Compounds: From Transient Intermediates Processes to Stable Product Formation

○ Xiang Li¹, Akito Watanabe¹, Shinichi Yamashita¹, Atsushi Kimura², Mitsumasa Taguchi² (1. UTokyo, 2. QST)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:25 PM - 2:40 PM JST | 5:25 AM - 5:40 AM UTC

[1C10] 【発表取消】 Water radiolysis in the presence of hematite (Fe₂O₃) nanoparticles: Radical reactions and hydrogen evolution

○ YANSHAN LIAO¹, Akito WATANABE¹, Shinichi YAMASHITA¹, Atsushi KIMURA², Mitsumasa TAGUCHI² (1. School of Engineering The University of Tokyo, 2. National Institutes for Quantum Science and Technology)

2:40 PM - 2:55 PM JST | 5:40 AM - 5:55 AM UTC

[1C11] Comparative Hydroxyl Radical Scavenging and Chemical Repair Capabilities of Tyrosine- or Cysteine-Containing Positively Charged Peptides: A Pulse Radiolysis Study

○ Chaozhong Tian¹, Akito Watanabe¹, Yui Obata², Hao Yu³, Atsushi Kimura³, Mitsumasa Taguchi³, Shinichi Yamashita¹ (1. School of Engineering, the University of Tokyo, 2. Faculty of Basic Natural Science, Ibaraki University, 3. Takasaki Institute for Advanced Quantum Science, National Institutes for Quantum Science and Technology)

窒素化合物の放射線誘起酸化還元反応：
中間活性種の観測と安定生成物の定量

Radiation-induced Redox Chemistry of Nitrogen Compounds:
From Transient Intermediates Processes to Stable Product Formation

東大・院・工^{*1}, 量研・高崎研^{*2}

○李 響^{*1}, 渡邊 晶斗^{*1}, 木村 敦^{*2}, 田口 光正^{*2}, 山下 真一^{*1}

(LI, Xiang^{*1}; WATANABE, Akito^{*1}; KIMURA, Atsushi^{*2}; TAGUCHI, Mitsumasa^{*2};

YAMASHITA, Shinichi^{*1})

1. はじめに

窒素酸化物を含む水溶液の放射線分解では、還元生成物としてアンモニア (NH_3) が生成する。このアンモニアは燃料や水素キャリアとしても注目されているほか、原子炉一次冷却水中では水化学制御や酸化性腐食の抑制にも関わる。水の放射線分解では酸化性の OH ラジカル ($\cdot\text{OH}$) と還元性の水和電子 (e^-_{aq}) が主に生成される。窒素酸化物 (NO_x) 水溶液では e^-_{aq} による還元で NH_3 が生成する一方で、これを阻害する $\cdot\text{OH}$ による酸化も起こるため、酸化還元環境の制御が重要となる。本研究では NO_x 水溶液への定常照射で生成する NH_3 を定量すること、さらに、時間分解分光で還元過程を直接観測して複雑な反応メカニズムを調べることを目的とした。

2. 方法

定常照射には QST 高崎研の ^{60}Co γ 線 (線量率 5 kGy/h) を用いた。硝酸イオン (NO_3^-) または亜硝酸イオン (NO_2^-) を含む水溶液を空気または Ar で飽和したものを照射試料とした。適宜ギ酸イオン (HCOO^-) を添加し、酸化性の $\cdot\text{OH}$ を除去して還元性のギ酸ラジカル ($\text{COO}^\cdot$) へと変換した。生成した NH_3 とシュウ酸イオン ($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$) および残存する NO_2^- 、 NO_3^- 、 HCOO^- はイオンクロマトグラフィで定量した。

時間分解分光 (パルスラジオリシス) は東大原子力専攻の電子線加速器 LINAC で実施した (加速エネルギー 35 MeV、パルス幅 10 ns、吸収線量 10-50 Gy/pulse)。電子線パルスと同期した Xe フラッシュランプの発光を分析光に用い、試料通過後の光強度を PIN フォトダイオードで検出し、オシロスコープで観測した。窒素化合物としては NO_3^- と NO_2^- に加え、ヒドロキシルアミン (NH_2OH) も用い、適宜 HCOO^- も添加して $\text{COO}^\cdot$ による還元も調べた。

3. 結果および考察

定常照射で NH_3 はある吸収線量まで増加した (1 mM KNO_2 / 5 mM HCOOK 水溶液では 10 kGy で約 350 μM)。しかし照射を継続すると NH_3 は減少し、蓄積した酸化性の過酸化水素 (H_2O_2) による阻害が疑われた。照射後に残存する NO_x 種や HCOO^- 、 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ の変化からも、還元反応の進行と酸化性環境への移行が示唆された。 HCOO^- 添加量が不十分な場合も NH_3 生成量は低下した。 e^-_{aq} だけでなく $\text{COO}^\cdot$ の寄与も重要と確認できた。

パルスラジオリシスでは、 $\text{NO}_2^-/\text{HCOO}^-$ 系で $\text{NO}_2^\cdot$ および $\text{COO}^\cdot$ の過渡吸収を 350 nm 付近で観測した。いずれのラジカルも同種のラジカルとの反応 ($\text{NO}_2^\cdot + \text{NO}_2^\cdot$ および $\text{COO}^\cdot + \text{COO}^\cdot$) で減衰することが知られているものの、両者が共存すると減衰が加速し、 $\text{COO}^\cdot$ と $\text{NO}_2^\cdot$ の反応が示唆された。さらに、 $\text{NH}_2\text{OH}/\text{HCOO}^-$ 系で、 $\text{COO}^\cdot$ と NH_2OH 由来中間体の過渡吸収を 350 nm 付近で観測した。しかし、複数の化学種の吸収が重なり、寄与を分離するにはさらなる解析が必要である。

^{*1} School of Engineering, UTokyo ^{*2} Takasaki Institute for Advanced Quantum Science, QST

ヘマタイト (Fe_2O_3) ナノ粒子存在下における水の放射線分解：ラジカル反応と水素発生

Water radiolysis in the presence of hematite (Fe_2O_3) nanoparticles:

Radical reactions and hydrogen evolution

東大・院・工^{*1}, 量研機構・高崎研^{*2}

○廖 雁山^{*1}、渡邊 晶斗^{*1}、木村 敦^{*2}、田口 光正^{*2}、山下 真一^{*1}

(Yanshan LIAO^{*1}; Akito WATANABE^{*1}; Atsushi KIMURA^{*2}; Mitsumasa TAGUCHI^{*2};

Shinichi YAMASHITA^{*1})

1. Introduction

Water radiolysis generates radiolytic species, including free radicals and molecular hydrogen (H_2), posing challenges to nuclear system safety. As shown in the Figure, hematite (Fe_2O_3) nanoparticles (NPs) were used as a model of corrosion products because iron oxides are major components of corrosion layers on structural materials, which may influence radiolytic reactions in coolant water. This study focuses on radical behavior mediated by Fe_2O_3 NPs and its implications for material degradation in nuclear environments.

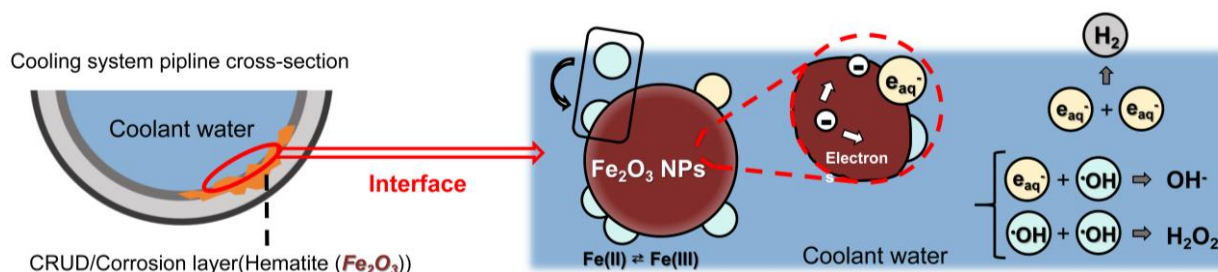


Figure. Conceptual illustration of Fe_2O_3 nanoparticle-mediated water radiolysis in coolant systems

2. Experimental

Pulse radiolysis, a time-resolved absorption spectroscopy, was conducted using an S-band LINAC at the Nuclear Professional School, UTokyo. The behaviors of hydrated electrons (e_{aq}^-) and hydroxyl radicals ($\cdot\text{OH}$) were observed in the presence of hematite NPs (20-40 nm).

Steady-state irradiation with ^{60}Co γ -rays was conducted at Takasaki Institute for Advanced Quantum Science, QST. H_2 production was quantified by gas chromatography with a thermal conductivity detector.

3. Results and Discussion

Fe_2O_3 NPs showed a dual, concentration-dependent effect on the decay of e_{aq}^- . At moderate NPs concentrations (≤ 0.32 g/L), the e_{aq}^- decay was retarded, suggesting that $\cdot\text{OH}$ was additionally consumed on the particle surface. In contrast, at higher NPs concentrations (≥ 0.32 g/L), the decay became faster, indicating additional electron-loss pathways, such as electron trapping or surface-mediated electron transfer. To probe the decay behavior of $\cdot\text{OH}$, KSCN was used as a scavenger. The addition of KSCN significantly slowed the decay of e_{aq}^- by scavenging $\cdot\text{OH}$, thereby suppressing the rapid reaction between $\cdot\text{OH}$ and e_{aq}^- .

For H_2 production, $G(\text{H}_2)$ increased with higher Fe_2O_3 NPs weight ratio. This enhancement should not be interpreted only as a physical surface-area effect. It also suggests that chemical reactions on the NPs surface catalytically promote the conversion of radiolytic intermediates into H_2 .

*1 School of Engineering, UTokyo,

*2 Takasaki Institute for Advanced Quantum Science, QST

正電荷ペプチドにおけるチロシンおよびシステイン残基の放射線防護能の比較
**Comparative Hydroxyl Radical Scavenging and Chemical Repair Capabilities
 of Tyrosine- or Cysteine-Containing Positively Charged Peptides: A Pulse Radiolysis Study**

東大・院・工^{*1}, 茨大・基礎自然科学野^{*2}, 量研・高崎研^{*3}

○田 超中^{*1}, 渡邊 晶斗^{*1}, 小畑 結衣^{*2}, 木村 敦^{*3}, 田口 光正^{*3}, 山下 真一^{*1}

(TIAN, Chaozhong^{*1}; WATANABE, Akito^{*1}; OBATA, Yui^{*2}, KIMURA Atsushi^{*3},

TAGUCHI Mitsumasa^{*3}, YAMASHITA, Shinichi^{*1})

1. Introduction

Radiation therapy is widely used as an effective cancer treatment; however, radiation-induced damage to normal tissues remains a major challenge. Radioprotective and radiosensitizing agents have therefore been developed to selectively enhance damage to cancer cells while reducing damage to normal cells. Positively charged peptides (PCPs) have recently attracted attention as radioprotective agents because they offer low toxicity, structural tunability, and cell permeability, meanwhile, their positive charges allow interactions with DNA and enable them to function near DNA. Recent studies have shown that PCPs can protect DNA from radiation-induced damage through free radical scavenging and chemical repair. However, more effective PCP-based radioprotectors require careful selection of amino acid sequence. In this study, we synthesized four PCPs— Arg-Cys-Arg, His-Cys-His, Arg-Tyr-Arg, and His-Tyr-His, where Arg, Cys, His, and Tyr are arginine, cysteine, histidine, and tyrosine, respectively. His and Arg provide positive charges, whereas antioxidant Cys and Tyr serve as functional “cargo” residues for comparison. This study aims to optimize peptide sequences to enhance radioprotection and contribute to the development of peptide-based radioprotective agents. We investigated and compared their hydroxyl radical ($\cdot\text{OH}$) scavenging and chemical repair capabilities.

2. Method

Solid Phase Peptide Synthesis: The PCPs were synthesized using Fmoc-based solid-phase peptide synthesis (SPPS). Peptide identity and purity were confirmed by LC-MS analysis.

Pulse Radiolysis: Pulse radiolysis experiments were conducted using the S-band linac facility at the Nuclear Professional School, UTokyo, where aqueous samples containing PCPs and deoxyribonucleoside monophosphates (e.g., dGMP) were irradiated. Time-resolved absorption changes were monitored after irradiation to assess the $\cdot\text{OH}$ scavenging capacity and chemical repair activity of each PCP.

3. Results and Discussion

$\cdot\text{OH}$ scavenging measurements revealed that free Tyr and Cys possess comparable radical scavenging capacities. Upon incorporation into PCPs with His or Arg residues, the reactivity of Tyr and Cys toward $\cdot\text{OH}$ was partially suppressed, indicating shielding effects of the flanking positively charged residues on the central Cys or Tyr residue. Notably, Cys-containing PCPs exhibited substantially lower $\cdot\text{OH}$ scavenging capacity than Tyr-containing PCPs, suggesting that the central Cys residue is more strongly shielded. Chemical repair measurements showed that Tyr-containing PCPs more efficiently repaired purine-derived damage, whereas neither Tyr- nor Cys-containing PCPs showed significant repair activity toward pyrimidine-derived damage. These results demonstrate that the radioprotective performance of PCPs is highly sequence dependent.

4. Conclusion

The radioprotective mechanisms of PCPs are strongly governed by their amino acid sequences. The higher $\cdot\text{OH}$ scavenging and purine-repair capacities of Tyr-containing PCPs suggest that Tyr may serve as a more effective functional cargo than Cys for the design of PCP-based radioprotective agents.

^{*1} Sch. Eng., UTokyo; ^{*2}Fac. Nat. Sci., Ibaraki Univ; ^{*3}TIAQ, QST

Young Scientist Award Nominee

🎵 Wed. Jul 8, 2026 3:00 PM - 4:15 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 6:00 AM - 7:15 AM UTC | 🏢 C (Conference Room Uranus)

放射線生物学 3

Chairman: Ryoichi Hirayama (QST hospital)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

3:00 PM - 3:15 PM JST | 6:00 AM - 6:15 AM UTC

[1C12] Immunofluorescence-Based Visualization and Quantitative Analysis of X-ray-Induced DNA Base Damage and Associated DNA Repair Enzymes

○ Kentaro Sugawara¹, Ryoichi Hirayama², Atsushi Ito¹, Shigeo Yoshida¹ (1. Tokai Univ., 2. National Institutes for Quantum Science and Technology)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

3:15 PM - 3:30 PM JST | 6:15 AM - 6:30 AM UTC

[1C13] Changes in intracellular ATP levels specific to heavy-ion irradiation under hypoxic conditions

○ Okabe Rin^{1,2}, Toshiki Aiba², Yuki Sakamoto², Cuihua Liu², Kazutaka Doi², Jitsukawa Kana², Masaru Goto¹, Ryoichi Hirayama^{1,2} (1. Toho University, 2. QST)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

3:30 PM - 3:45 PM JST | 6:30 AM - 6:45 AM UTC

[1C14] Investigation of the Biological Effects of Ultra-High Dose Rate Carbon-Ion Irradiation on Tumor Cells and Tumor Tissues

○ Hiromu Suda^{1,2}, Yukari Yoshida¹, Akihisa Takahashi¹, Ohno Tatsuya^{1,3} (1. GHMC, 2. Gunma Med, 3. Gunma Rad)

3:45 PM - 4:00 PM JST | 6:45 AM - 7:00 AM UTC

[1C15] Polar Aurora Belts as Prebiotic Hotspots:
A Magnetically Guided Plasma Hypothesis for the Origin of Life and Protocells

○ Shinya Kato¹ (1. Kyoto University (KURNS))

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

4:00 PM - 4:15 PM JST | 7:00 AM - 7:15 AM UTC

[1C16] Detection of DNA double-strand breaks under continuous exposure to low concentration of tritiated water

○ Kanata Izumi¹, Taku Sato¹, Jiaxin Li^{2,3}, Kyotaro Motomiya¹, Takuma Yamashita⁴, Yasushi Kino⁴, Manabu Fukumoto¹, Megumi Sasatani⁵, Masatoshi Suzuki^{1,2,3,6}, Koichi Chida^{1,6} (1. IRIDeS, Tohoku Univ., 2. Env. Radiat. Biomed., Grad. Sch. Med., Tohoku Univ., 3. RECC, F-REI, 4. Radiochem., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ., 5. RIRBM, Hiroshima Univ., 6. Crs. Radiol. Technol., Grad. Sch. Med., Tohoku Univ.)

X線による DNA 塩基損傷とその修復酵素の蛍光抗体を用いた可視化と定量的解析

Visualization and Quantitative Analysis of X-Ray-Induced DNA Base Damage and Its Repair

Enzymes by Immunofluorescence

*菅原 健太郎¹, 伊藤 敦², 平山 亮一³, 吉田 茂生¹

¹東海大学, ²神奈川県立がんセンター, ³QST

X線照射により誘発される酸化的 DNA 塩基損傷として、最も代表的な損傷である 8-OHdG (8-ヒドロキシ-2'-デオキシグアノシン) やその損傷に結合して除去・修復を担う OGG1 (8-オキシグアニン-DNA グリコシラーゼ) に着目し、細胞内の可視化および定量的解析について検討した。

キーワード: DNA 塩基損傷, 8-OHdG, OGG1, 可視化

1. 緒言

X線照射は活性酸素種の生成を介して DNA 塩基に酸化的損傷を引き起こし、その代表的な指標として 8-OHdG が知られている[1,2]。本研究では、X線照射によって誘発される酸化的 DNA 損傷である 8-OHdG とその損傷に結合して除去・修復を担う OGG1 に着目し、8-OHdG 抗体と OGG1 抗体を用いて細胞内での可視化を行った。8-OHdG 及び OGG1 の定量解析を行うことで、X線照射後の DNA 塩基損傷の動態を解析することを目的とした。

2. 実験方法

細胞はチャイニーズハムスター卵巣細胞株である CHO とヒト膵臓がん由来細胞株の MIA PaCa-2 を用いた。これらの細胞に X線照射を行い、蛍光抗体法を用いて 8-OHdG と OGG1 を蛍光染色し、蛍光顕微鏡下で画像を取得した。解析には ImageJ を用いて、細胞ごとの蛍光の平均強度を算出した。

3. 結論

X線照射によって細胞内に 8-OHdG が生成されることを確認した。100 Gy 照射にて 8-OHdG が検出され、照射後 5 時間経過で蛍光強度が減少する傾向を確認した。このことは時間経過とともに損傷が修復されるためと解釈できる。OGG1 の照射線量依存性を調べると、線量増加に伴い蛍光強度は増加したが、50 Gy 時がピークを示した(図 1)。現時点では、この動態に対する解釈は困難なため、実験回数およびサンプル数を増やしてより信頼性の高いデータを取得していく予定である。

参考文献

- [1] Azzam EI, et al. Ionizing radiation-induced metabolic oxidative stress and prolonged cell injury.
- [2] Valavanidis A, et al. 8-OHdG/8-oxodG: a critical biomarker of oxidative stress and carcinogenesis.

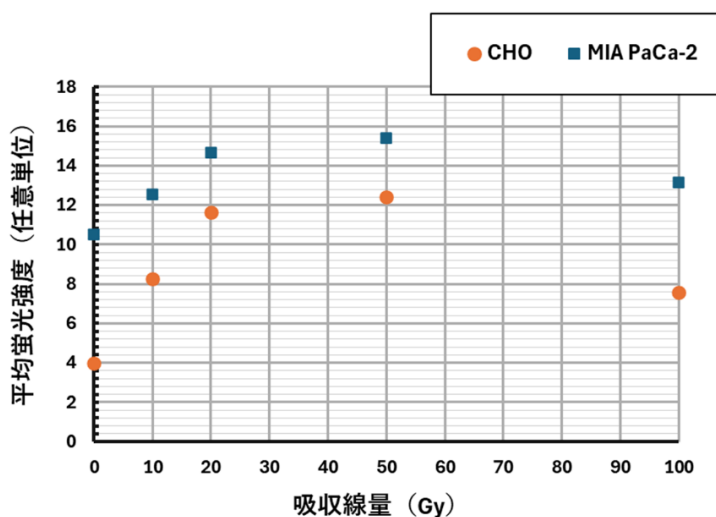


図 1 各吸収線量に対する平均強度

低酸素下培養における重粒子線特異的な細胞内 ATP 量の変化
Changes in intracellular ATP levels specific to heavy-ion radiation during culture
under hypoxic conditions

東邦大学大学院^{*1}, 量子科学技術研究開発機構^{*2}

○岡部 凜^{*1,2}, 相場 俊樹^{*2}, 坂本 裕貴^{*2}, 劉 翠華^{*2}, 土居 主尚^{*2}, 實川 佳那^{*2},
後藤 勝^{*1}, 平山 亮一^{*1,2}

(OKABE, Rin^{*1,2}; AIBA, Toshiki^{*2}; SAKAMOTO, Yuki^{*2}; LIU, Cuihua^{*2}; DOI, Kazutaka^{*2};
JITSUKAWA, Kana^{*2}; GOTO, Masaru^{*1}; HIRAYAMA, Ryoichi^{*1,2})

1. はじめに

腫瘍内において、血管近傍の有酸素細胞は放射線感受性が高い一方で、血管から離れた低酸素細胞は放射線抵抗性を示す。照射を受けると腫瘍内の酸素環境は時間とともに変化し、低酸素細胞が再び酸素を帯びる「再酸素化」が生じる細胞もあれば、照射後も低酸素状態が持続する細胞も存在する。このような照射後の酸素環境の違いは、細胞内代謝や ATP 合成に影響を及ぼす可能性があるが、照射後の酸素環境や重粒子線照射が細胞内 ATP 量に与える影響については十分にわかっていない。そこで本研究では、LET の異なる放射線を用いて、照射後の酸素環境が細胞内 ATP 量に与える影響について調べた。

2. 方法

チャイニーズハムスター由来 CHO 細胞を使用し、照射 1 時間前より低酸素ガス (95% N₂+5% CO₂) を吹き付けて無酸素状態へ置換し、X 線または重粒子線として低 LET 炭素線 (14 keV/μm)、高 LET 炭素線 (100 keV/μm)、アルゴン線 (90 keV/μm)、鉄線 (200 keV/μm) を照射した。その後、大気下 (H-O : Hypoxic-Oxic) または無酸素下 (H-H : Hypoxic-Hypoxic) で 40 時間培養した後の細胞内 ATP 量を Cell Titer-Glo 2.0 assay を用いて各線量で測定した。

3. 結果および考察

X 線および低 LET 炭素線では、照射後の酸素環境による ATP 量の差は認められなかった。一方、高 LET 重粒子線では、H-O における ATP 量が H-H よりも有意に高く、照射後の酸素環境の影響が認められた。さらに、X 線および低 LET 炭素線では線量増加に伴う ATP 量の変化は見られなかったが、H-O における高 LET 炭素線、アルゴン線、鉄線では線量依存的な ATP 量の増加が見られた。さらに、本研究で使用した高 LET 重粒子線の中でも最も LET の高い鉄線のみ、H-H においても線量依存的な ATP 量の増加が観察された。この線量依存的な ATP 量の増加は、LET が高いほど顕著に現れた。この LET に応じた ATP 動態の違いは、DNA 損傷の複雑さに起因している可能性がある。X 線など低 LET 放射線は比較的単純な損傷が多い一方で、高 LET 重粒子線では複雑な損傷が増えるため、これが照射後の細胞内 ATP 量に反映されていることが考えられる。

4. 結論

X 線および低 LET 炭素線では照射後の酸素環境による細胞内 ATP 量への影響は認められなかった。一方、高 LET 重粒子線では照射後の酸素環境の影響が観察され、これは LET が高くなるほど顕著であった。以上より、照射後の酸素環境が細胞内 ATP 量に与える影響は、LET 依存的であることが明らかとなった。

^{*1} Graduate School of Toho University

^{*2} National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

炭素線超高線量率照射による腫瘍細胞と腫瘍組織における生物学的効果の解析

Investigation of the Biological Effects of Ultra-High Dose Rate Carbon-Ion Irradiation on Tumor Cells and Tumor Tissues

群馬大学重粒子線医学研究センター^{*1}, 群馬大学医学部医学科^{*2}, 群馬大学医学系研究科腫瘍放射線学^{*3}

○須田 裕夢^{*1,2}, 吉田 由香里^{*1}, 高橋 昭久^{*1}, 大野 達也^{*1,3}

(SUDA, Hiromu^{*1,2}; YOSHIDA, Yukari^{*1}; TAKAHASHI, Akihisa^{*1}; OHNO, Tatsuya^{*1,3})

1. はじめに

我々は、炭素線超高線量率照射 (C-uHDR) による正常組織障害の軽減を報告してきた (Yoshida, Y., et al. 2025, Cao, W., et al. 2025). C-uHDR を臨床応用するためには、腫瘍に対する生物学的効果を検討する必要がある。大阪大学との共同研究において、ヒト唾液腺がん細胞株 HSGc-C5 に 50 keV/μm の炭素線を照射したところ、炭素線通常線量率 (C-Conv) に比べて C-uHDR で細胞生存率が有意に上昇した (Tsubouchi, K., et al. 2026). 一方で、*in vivo* 実験については、腫瘍移植マウスにおいて照射後の腫瘍増殖が C-Conv よりむしろ C-uHDR で抑えられたとの結果が報告されている (Tinganelli, W., et al. 2022, 2024). この 2 つの結果から C-uHDR の生物学的効果は実験の条件で異なる可能性があるが、その機序はわかっていない。本研究では、*in vitro* 実験系と *in vivo* 実験系で横断的に生物学的効果を解析し、メカニズムを検討するため、マウス骨肉腫細胞株 LM8 を用いて *in vitro* 実験と *in vivo* 実験の両方を実施した。

2. 方法

in vitro 実験では、LM8 に 13 または 50 keV/μm のスキャニング・モノビームを 7 Gy 照射し、コロニーアッセイで細胞生存率を測定した。C-Conv は 0.1 Gy/s, C-uHDR は 100 Gy/s で実施した。*in vivo* 実験では、LM8 を C3H/He マウス (オス, 7-8 週齢) の右大腿に皮下移植し、10 日後に SOBP10 mm のスキャニング・ビームで 10 Gy 照射した。C-Conv は 1 Gy/s, C-uHDR は 100 Gy/s で実施した。照射後 26 日まで腫瘍サイズを測定し、照射 1 日後を基準とした腫瘍体積の推移を算出した。一部のマウスは照射後 10 日に腫瘍を摘出し、凍結切片を作製した。凍結切片に対して CD3, CD8 抗体を用いて蛍光免疫染色を行い、400 倍視野あたりの腫瘍内 CD3, CD8 陽性細胞数をそれぞれカウントした。

3. 結果および考察

in vitro 実験では、13 および 50 keV/μm の両 LET 条件における細胞生存率は、C-Conv に対して C-uHDR の方が有意に高値を示した。一方、*in vivo* 実験では、照射 1 日後を基準とした腫瘍体積は、非照射 (Non-IR) と比較して C-Conv と C-uHDR で有意に低下した。C-Conv と C-uHDR の間に有意差は認められず、*in vitro* 実験の結果と異なり、同等の抗腫瘍効果を示した。また、照射 10 日後の腫瘍切片において、400 倍視野あたりの CD3 および CD8 陽性細胞数は、Non-IR と比較して C-Conv および C-uHDR で有意に増加した。さらに、これらの陽性細胞数は C-Conv と比較して C-uHDR で有意に高値を示し、C-uHDR では腫瘍内への免疫細胞浸潤がより強く誘導されている可能性が示唆された。

4. 結論

同一細胞株を用いた検討により、C-uHDR は *in vitro* 実験系と *in vivo* 実験系で異なる生物学的効果を示した。さらに、その差異には免疫機構が関与している可能性が示唆された。

^{*1} Division of Biology, Gunma University Heavy Ion Medical Research Center

^{*2} School of Medicine, Faculty of Medicine, Gunma University

^{*3} Department of Radiation Oncology, Gunma University Graduate School of Medicine

オーロラ帯において磁場誘導プラズマが形成する環境構造

— 生命と細胞のはじまりに関する仮説 —

Polar Auroral Belts (including the Cusp Region) as Prebiotic Hotspots:

A Magnetically Guided Plasma Hypothesis for the Origin of Life and Protocells

京都大学複合原子力科学研究所放射線管理学研究分野^{*1}○加藤 信哉^{*1}(KATO, Shinya^{*1})

1. はじめに

生命の起源に関する研究では、紫外線や雷、火山活動などのエネルギー源に注目した議論が主流であった。しかし、生成された分子がどのような環境のもとで蓄積・選択され、構造化されるかという「環境構造」の視点は十分に検討されていない。太陽プラズマの荷電粒子は地磁気によって極域に集束し、特定領域において反復的かつ局所的にエネルギーを供給する(天然のイオンビーム反応炉)。この粒子降下は、空間的に集中した非平衡反応場を形成する。一方で、「氷-水界面」は溶質の濃縮、分解抑制、反応場の微細構造化を通じて、分子の保持および選択に寄与する。これらの環境が組み合わさることで、反応生成物が拡散・消失する前に繰り返しエネルギー入力を受ける「持続的反応場」が形成され、分子の蓄積および選択的組織化が進行する可能性がある。

2. 方法

本研究では、「氷-水界面」における核酸塩基の挙動に着目し、RNA 構成塩基であるグアニンおよびシトシンの Na^+/K^+ 溶液に対して凍結-融解サイクルを適用し、吸収スペクトルにより分子間相互作用の変化を評価した。

3. 結果および考察

凍結-融解サイクルにより、グアニンはハイポクロミシティを示し、スタッキングおよび水素結合に基づく分子間相互作用の増大、すなわち自己組織化の進行が確認された。一方で、シトシンは同条件下で顕著な変化を示さず、主として単量体として存在した。この差異は、量子化学計算により示されるグアニン集合体(特に K^+ 安定化四量体)の高い安定性と整合的であり、環境中における分子選択性の物理化学的基盤を支持する。また、氷環境では溶質の濃縮およびラジカル拡散の制限により、反応の局所化と分解抑制が同時に成立する。このような条件は、分子の断片化・再結合・修飾を通じた多様性の創出と選択を可能にし、ネットワーク的な分子進化を促進する。さらに、凍結-融解過程は脂質小胞形成を誘起し、RNA 様分子の包埋を通じて原始的プロトセル形成へと接続する可能性がある。

4. 結論

極域オーロラ帯における粒子線照射と氷-水界面の組み合わせは、分子の生成・保持・選択・組織化を統合的に促進する環境構造として機能し得る。本研究は、生命起源を個別のエネルギー源ではなく、環境全体の構造として捉える枠組みを提示するものであり、分子進化からプロトセル形成に至る過程を一貫して説明し得る可能性を示した。このことは、生命が「氷-水界面」で始まり、その後海洋へと展開した可能性を示唆するものである(生命は極域の氷-水界面で始まり、海で育った。熱水鉱床は分解者の始まり。LUCA は収束点)。さらに、本枠組みは地球に限らず、磁場と氷環境を有する惑星・衛星における生命可能性の評価にも適用可能である。

¹ Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University

DNA 二重鎖切断を指標とする低濃度トリチウム水への持続曝露による細胞影響解析
 Detection of DNA double-strand breaks under continuous exposure to low
 concentration of tritiated water

東北大・災害研^{*1}, 東北大・院・医・放射線環境生体医学^{*2}, 福島国際研究教育機構・地域環境共創^{*3}
 東北大・院・理・放射化学^{*4}, 広島大・原医研・分子発がん制御^{*5}, 東北大・院・医・放射線検査^{*6}

○和泉 哉汰^{*1}、佐藤 拓^{*1}、Jiaxin Li^{*2,3}、本宮 響太郎^{*1}、山下 琢磨^{*4}、木野 康志^{*4}、
 福本 学^{*1}、笹谷 めぐみ^{*5}、鈴木 正敏^{*1,2,3,6}、千田 浩一^{*1,6}
 (○IZUMI, Kanata^{*1}; SATO, Taku^{*1}; LI, Jiaxin^{*2,3}; MOTOMIYA, Kyotaro^{*1};
 YAMASHITA, Takuma^{*4}; KINO, Yasushi^{*4}; FUKUMOTO, Manabu^{*1};
 SASATANI, Megumi^{*5}; SUZUKI, Masatoshi^{*1,2,3,6}; CHIDA, Koichi^{*1,6})

1. はじめに

平時、および多核種除去設備 (ALPS) 処理水の海洋放出後に測定される環境中のトリチウム濃度と比べて、数万倍から数億倍高い濃度で生物影響研究が行われてきた。高濃度トリチウムの知見から低濃度トリチウム影響を外挿推定し、その推定結果の正確性を検証するために、低濃度トリチウム持続処理による生物応答性の知見を整備する必要がある。本研究は、低線量・低線量率被ばく研究で実証されてきた DNA 二重鎖切断 (DSBs) の高感度検出系を用いて、低濃度トリチウム持続処理に対する DSBs の誘発と修復に関する細胞応答性を検討した。

2. 方法

トリチウム水 (HTO) を添加した培地で、対数増殖期にあるヒト正常上皮細胞 hTERT-RPE1 を最大 60 日間培養した。リン酸化 H2AX と 53BP1 を蛍光免疫染色で特異的に可視化し、細胞核内で両タンパク質の局在が一致する点状シグナル (フォーカス) を DSBs として検出し、その数と大きさを解析した。

3. 結果および考察

告示濃度限度 60 Bq/mL から 6,000 Bq/mL までの濃度範囲で検討すると、60 日後に解析した 1 細胞中の平均フォーカス数 (fpc) が処理濃度に依存して軽度上昇した。HTO 処理 30 日後に HTO 不含培地に切り替えると処理前と同等レベルまで fpc が減少し、HTO 誘発 DSBs は修復可能であることが示された。60 Bq/mL 処理時に fpc が有意に増加し始めるまでに 50 日を要したが、この期間は濃度依存的に短縮した。処理濃度と処理時間から評価した線量率と線量に線形相関が示された結果より、HTO 濃度を測定することで DSBs が有意に増加し始めるまでの処理期間を推定できる可能性が示唆された。次に、同じ線量率で誘発されるフォーカス数を HTO と γ 線と比較すると、処理開始 48 時間まで fpc はほぼ一致した変化を示した。ただ、 γ 線照射時のフォーカスが処理時間に伴って巨大化したことに対し、HTO 処理では小さいサイズで検出され続けた。急性被ばく直後に検出される全てのフォーカスはサイズが小さく、照射後の時間経過に伴って消失する一方、残り続けるフォーカスは巨大化した。

4. 結論

低濃度 HTO 持続処理に対する DSBs の誘発と修復に関する応答性を示した。フォーカスの数的解析とサイズを指標とする質的解析の結果、低濃度 HTO の持続処理で誘発される DSBs は同じ線量率の γ 線照射で誘発される DSBs と比べて修復しやすく、致死性が低い可能性がある。

^{*1} IRIDeS, Tohoku Univ. ^{*2} Env. Radiat. Biomed., Grad. Sch. Med., Tohoku Univ.

^{*3} RECC, F-REI ^{*4} Radiochem., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ. ^{*5} RIRBM, Hiroshima Univ.

^{*6} Crs. Radiol. Technol., Grad. Sch. Med., Tohoku Univ.

Young Scientist Award Nominee

📅 Thu. Jul 9, 2026 10:30 AM - 11:45 AM JST | Thu. Jul 9, 2026 1:30 AM - 2:45 AM UTC | 🏢 A(Miraikan Hall)

東京電力福島第一原子力発電所事故関連4

Chairman: Hirofumi Tsukada (Fukushima University, Professor Emeritus)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

10:30 AM - 10:45 AM JST | 1:30 AM - 1:45 AM UTC

[2A02] Exploration of mineral species associated with ^{137}Cs in sediments sampled at the Tama river watershed

○ Yotaro Shimizu¹, Toru Takahashi¹, Yugo Mitsuta¹, Satoshi Inose¹, Yuya Koike² (1. Grad. Sch. Sci. Tech., Meiji Univ., 2. Sch. Sci. Tech., Meiji Univ.)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

10:45 AM - 11:00 AM JST | 1:45 AM - 2:00 AM UTC

[2A03] Activity concentration of radioactive caesium in river water sampled at the Tama river watershed 15 years after the accident

○ Yugo Mitsuta¹, Satoshi Inose¹, Yotaro Shimizu¹, Toru Takahashi¹, Yuya Koike² (1. Grad. Sch. Sci. Tech., Meiji Univ., 2. Sch. Sci. Tech., Meiji Univ.)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:00 AM - 11:15 AM JST | 2:00 AM - 2:15 AM UTC

[2A04] Analysis of Temporal Variations in Ambient Dose Equivalent Rates Considering Downward Migration of Radiocesium and Soil Moisture Variability in Forested Areas

○ Yusei Uehara¹, Yuichi Onda², Junko Takahashi², Minsik Kim³, Kimiaki Saito³, Masahiko Machida³, Kazuya Yoshimura³ (1. University of Tsukuba, 2. Center for research in radiations, isotopes, and earth system sciences, University of Tsukuba, 3. Japan Atomic Energy Agency)

11:15 AM - 11:30 AM JST | 2:15 AM - 2:30 AM UTC

[2A05] Status of the environmental radioactivity measurement in Yamagata Prefecture using Ge semiconductor detector in 2026

○ Toru Moriya¹, Hoin Takeda², Aoto Watanabe³, Towa Masui³, Emiko Inui³, Mirei Takeyama¹, Takeshi Ito⁴, Mitsuhiro Kuronuma⁵, Hirohisa Sakurai³, Fuyuki Tokanai^{1,3} (1. Center for AMS, Yamagata Univ., 2. Grad. Sch. Science and Engineering, Yamagata Univ., 3. Faculty of Science, Yamagata Univ., 4. Water and Air Environ. Div., Environ. and Energy Dept., Yamagata Pref., 5. Environmental Science Research Center of Yamagata Pref.)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[2A06] Trend in ambient dose rate within the evacuation-restricted areas in Fukushima Prefecture

○ Koume Watanabe¹, Natsuhori Masahiro¹, Seiichi Wada¹, Takehiko Kakizaki¹, Sachiko Matsudate (1. Kitasato University)

多摩川集水域底質中 ^{137}Cs と関連する鉱物種の探索
Exploration of mineral species associated with ^{137}Cs in sediments
of the Tama River watershed

明治大学大学院理工学研究科^{*1}, 明治大学理工学部^{*2}

○清水 洋太郎^{*1}, 高橋 亘^{*1}, 光田 侑悟^{*1}, 猪瀬 聡史^{*1}, 小池 裕也^{*2}

(SHIMIZU, Yotaro^{*1}; TAKAHASHI, Toru^{*1}; MITSUTA, Yugo^{*1}; INOSE, Satoshi^{*1};

KOIKE, Yuya^{*2})

1. はじめに

多摩川集水域では、福島第一原子力発電所事故由来の ^{137}Cs が検出されている¹⁾。川崎市で採取された土壌や底質中の ^{137}Cs は約 75 %が難溶性形態として存在し、粘土鉱物中に取り込まれていることが示唆されている¹⁾。しかし、底質中 ^{137}Cs 濃度と鉱物含有量との定量的な関係は未だ不明瞭である。本研究では、多摩川集水域で採取された底質に対して粉末 X 線回折分析 / Rietveld 解析を行い、鉱物含有量を算出した。底質中 ^{137}Cs 濃度と鉱物含有量の関係から、多摩川の支流野川における底質中 ^{137}Cs の移行に関与する鉱物種を探索した。

2. 方法

底質は 2018 年に野川の 7 地点で採取した。放射能分析はねじ口 U 式容器 U8 に底質を充填し、高純度 Ge 半導体検出器 (PGT, Inc., IGC-10200NPR) で γ 線測定した。粉末 X 線回折分析には、遊星型ボールミル粉砕機 (Fritsch, Pulverisette 6) で粉砕した粉末試料に内標準物質として α -アルミナを全質量の約 10wt% となるよう混合した試料を用いた。混合試料は、デスクトップ X 線回折装置 (Rigaku, MiniFlex600) で測定し、鉱物種の同定および Rietveld 解析による鉱物量の定量を行った。

3. 結果および考察

野川の 7 地点で粘土鉱物である Vermiculite (Vrm) が同定された。各地点の底質中 ^{137}Cs 濃度と Vrm 含有量の相関図を Fig. 1 に示す。相関係数は $r = 0.89$ であり、正の相関が認められた。Vrm は層間に陽イオンを保持する層状構造を有する²⁾。層間の陽イオンは土壌溶液中の陽イオンとイオン交換可能であり、 Cs^+ は優先してイオン交換が行われることが報告されている²⁾。また、Vrm は雲母類鉱物の風化により形成されることが多く、膨潤層と非膨潤層が混在する構造を有する²⁾。この構造により、層間がくさび状に開いたフレイドエッジサイト (FES) が形成され、FES では Cs^+ が高い選択性をもって強固に保持されることが報告されている²⁾。野川の河川環境において、Vrm は ^{137}Cs の移行や滞留に関与していると考えられる。

4. 結論

野川では、底質中 ^{137}Cs は Vrm と共に移行している可能性が示唆された。本発表では、多摩川本流の底質に対しても同様な分析に供することで、多摩川集水域広域での底質中 ^{137}Cs 濃度と鉱物含有量の関係について考察する。

1) 越智康太郎, 藤井健悟, 萩原健太, 大淵敦司, 小池裕也: 分析化学, **66**, 175 (2017).

2) 山口紀子: 土壌の物理性, **126**, 11 (2014).

^{*1} Graduate School of Science and Technology, Meiji University

^{*2} School of Science and Technology, Meiji University

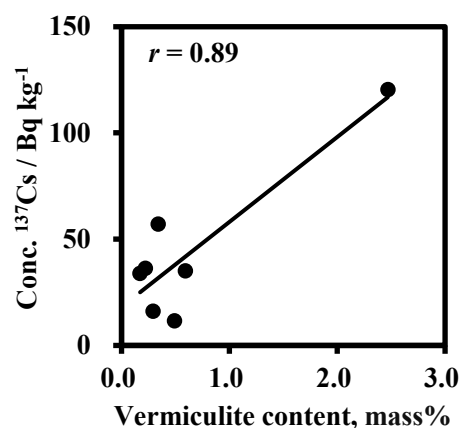


Fig. 1 Relationship between Vrm content and activity concentration of ^{137}Cs in sediments sampled at the Nogawa river in 2018.

事故後 15 年の多摩川集水域における河川水中の放射性セシウム濃度 Activity concentration of radioactive caesium in river water sampled at the Tama river watershed 15 years after the accident

明治大学大学院理工学研究科^{*1}, 明治大学理工学部^{*2}

○光田 侑悟^{*1}, 猪瀬 聡史^{*1}, 清水 洋太郎^{*1}, 高橋 亘^{*1}, 小池 裕也^{*2}

(MITSUTA, Yugo^{*1}; INOSE, Satoshi^{*1}; SHIMIZU, Yotaro^{*1};

TAKAHASHI, Toru^{*1}; KOIKE, Yuya^{*2})

1. はじめに

関東圏の多摩川集水域では、福島第一原子力発電所事故由来の放射性核種が検出されている¹⁾。本研究では、多摩川集水域で河川水を採取し、河川水中溶存態および懸濁態 ^{137}Cs の濃度を観測している。観測結果をもとに事故後 15 年が経過する多摩川集水域における ^{137}Cs 濃度分布を調査した。本要旨では多摩川集水域支流の平井川での調査結果を報告する。

2. 方法

河川水試料は 2025 年 4 月 20, 21 日に平井川の 3 地点 (Fig. 1) で採取した。河川水試料はガラス繊維フィルター (Whatman, GF/B, 孔径: $1.0\ \mu\text{m}$) を用いて加圧ろ過を行い、溶存態および懸濁態に分離した。溶存態 ^{137}Cs の濃縮は、リンモリブデン酸アンモニウム (AMP) 法にて行った。AMP 法は、ろ液 5 L に対して AMP 2 g と塩酸 30 mL を加えて 1 時間かく拌した²⁾。一晚静置後、定量ろ紙 (Advantec, No.5B, 孔径: $5\ \mu\text{m}$) でろ過することで AMP を回収した。回収したろ紙ごとねじ口 U 式容器 U8 に充填し、溶存態試料とした。この試料を高純度 Ge 半導体検出器 (PGT, Inc., IGC-10200NPR) で 24 時間以上 γ 線測定し、得られた γ 線スペクトルから ^{137}Cs 濃度を算出した。

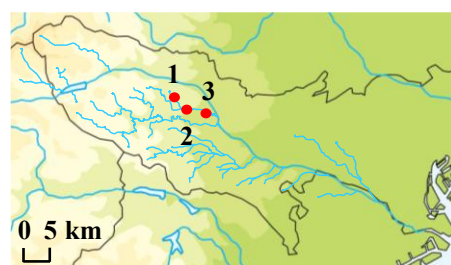


Fig. 1 Map of sampling points at Tama River watershed.

3. 結果および考察

平井川における溶存態 ^{137}Cs 濃度を Fig. 2 に示す。平井川上流から下流にかけて ^{137}Cs 濃度の減少傾向がみられた。これまでの調査³⁾では、多摩川本流において上流から下流にかけて ^{137}Cs 濃度の上昇傾向がみられおり、支流との移行挙動に違いがあると推測された。この要因として、溶存態 ^{137}Cs の懸濁態への吸着⁴⁾による移行が考えられる。懸濁態の性状と ^{137}Cs の固定を含め、継続した調査が必要である。

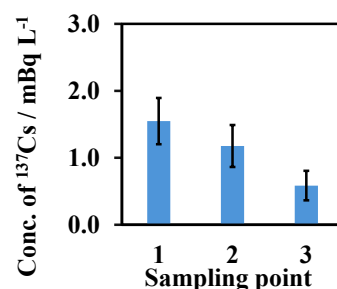


Fig. 2 Concentration of ^{137}Cs in river water sampled at Hirai river.

4. 結論

平井川における溶存態 ^{137}Cs 濃度は上流から下流にかけて減少傾向がみられた。本発表では、事故後 15 年が経過した本流と支流を含む多摩川集水域全域での河川水中溶存態および懸濁態 ^{137}Cs 濃度を算出し、その分布や移行挙動について追究する。

1) Hagiwara, K. Ochi, K. and Koike, Y.: *RADIOISOTOPES*, **70**, 227 (2021).

2) Aoyama, M. and Hirose, K.: *Radioactivity in the Environment*, **11**, 137 (2008).

3) 猪瀬聡史, 萩原健太, 青林諒, 小池裕也: 放射化学, **45**, 1, (2022).

4) 塩沢昌: 農業農村工学, **84** (6), 495, (2016).

^{*1} Graduate School of Science and Technology, Meiji University

^{*2} School of Science and Technology, Meiji University

森林域における放射性セシウムの方下移行と土壌水分変動を考慮した空間線量率変動の解析

筑波大学^{*1}，日本原子力機構^{*2}

○上原 雄正^{*1}，恩田 裕一^{*1}，高橋 純子^{*1}、金 敏植^{*2}，齋藤 公明^{*2}、町田 昌彦^{*2}、吉村 和也^{*2}

1. はじめに

福島第一原子力発電所事故後，森林土壌中に沈着した放射性セシウムは，空間線量率の時間的変動に大きく寄与してきた。空間線量率の低下要因としては，放射性崩壊に代表される物理的要因と表層から深部への方下移行や土壌水分変動に代表される環境的要因に分けられ，環境的要因については，十分に定量化されてこなかった。

2. 方法

本研究では，森林土壌中における放射性セシウムの方下移行および土壌水分変動に着目し，それぞれが空間線量率の時間変動に及ぼす影響を定量的に評価した。方下移行の影響については，2011年以降に福島県山木屋地区で採取された土壌の放射性セシウム深度分布データを基に線源条件を設定し，評価を行った。土壌水分の影響については，土壌含水率を変化させた放射線輸送計算（PHITS）により定量化した。

観測は福島県飯舘村の森林サイトにおいて実施し，地上1 m 高に設置した線量計による空間線量率および土壌含水率の連続観測データを取得した。放射性セシウムの深度分布は，令和7年度成果報告書を基に，0–5 cm を0.5 cm 刻み，5–10 cm を1 cm 刻み，10–20 cm を5 cm 刻みとして算出したデータを線源条件として用いた。PHITS 計算では，線源深度分布および土壌マテリアル中の水および酸素原子の構成比を変化させることで，土壌水分変動を表現した。放射性セシウムが方下浸透することにより空間線量率が低下することが確認され，森林管理による放射性セシウムの方下移行促進の重要性を定量的に示すことができた。

3. 結果および考察

2011年度の表層付近に，多くの放射性核種が付着している状態では，土壌中の水分状態を変化させたモデル結果においても，通常の状態と比べて5%程度の変化率しか見られなかった。一方で，2025年度の深度分布データを用いた際に，土壌中の水分状態を変化させると，通常の状態に比べて，約20%の変化が見られた。

4. 結論

各層ごとに，変化率を見た際に，深度が深いほど減少率が大きくなった。今後，放射性核種の方下移行が進んでいくと考えられているため，土壌水分状態を考慮したモデルの作成や線量測定は必要となると考えられる。

Ge 半導体検出器を用いた山形県内の環境放射能測定の実況報告 2026

Status of the environmental radioactivity measurement in Yamagata Prefecture using Ge semiconductor detector in 2026

山形大学高感度加速器質量分析センター^{*1}, 山形大学大学院理工学研究科^{*2},
山形大学理学部^{*3}, 山形県環境エネルギー部水大気環境課^{*4}, 山形県環境科学研究センター^{*5}

○森谷 透^{*1}, 武田 鳳胤^{*2}, 渡邊 蒼人^{*3}, 増井 翔和^{*3}, 乾 恵美子^{*3},
武山 美麗^{*1}, 伊藤 健^{*4}, 黒沼 光洋^{*5}, 櫻井 敬久^{*3}, 門叶 冬樹^{*1,3}

(Moriya, Toru^{*1}; Hoin Takeda^{*2}; Aoto Watanabe^{*3}; Towa Masui^{*3}; Inui, Emiko^{*2};
Takeyama, Mirei^{*1}; Ito, Takeshi^{*4}; Kuronuma, Mitsuhiro^{*5}; Sakurai, Hirohisa^{*3};
Tokanai, Fuyuki^{*1,3})

1. はじめに

2011 年 3 月に発生した東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故により、環境中に Cs-137 や Cs-134 などの人工放射性物質が放出され、山形県内においても環境への影響が懸念された。山形大学では 2012 年から山形県と共同で、県内の学校のグラウンドなどから採取した土壌や、河川や湖沼など公共用水域の水及び底質の放射性物質濃度等の調査を行ってきた[1]。

2. 実験方法

土壌および底質試料のサンプリングは、文部科学省の「環境試料採取法」に準じて行った[2]。採取した試料は、105℃の恒温槽で乾燥した後、2 mm メッシュのふるいで篩別し、U8 容器に高さ 50 mm まで充填した。各試料の重量を測定した後、東京大学宇宙線研究所に設置された Ge 半導体検出器および 2024 年 3 月に新たに山形大学に設置された Ge 半導体検出器を用いて放射能濃度を測定した。

3. 実験結果

図 1 に、山形県内の定点 30 地点で採取した 0~5 cm 深の土壌試料中の Cs-137 放射能濃度分布を示す。左図は事故後初期にあたる 2012~2013 年、右図はその約 12 年後にあたる 2023~2025 年の結果である。県内の Cs-137 放射能濃度は全体として減少し、多くの地点で物理学的半減期のみから予想される低下よりも速い減少が確認された。一方で、事故後数年で濃度が上昇した後に減少する地点や、バックグラウンドレベルで推移する地点も見られた。本講演では、福島県の森林外における空間線量率の減衰傾向[3]とも比較し、山形県内の土壌中 Cs-137 放射能濃度の長期変動について報告する。

参考文献

- [1] 伊藤健 他(2014) : 季刊全国環境研会誌(JELA), 39, 147.
[2] 文部科学省(1983) : 放射能測定法シリーズ 16, “環境試料採取法”.
[3] 日下部 一晃 他(2023) : 環境放射能除染学会誌, 11, 15-23.

^{*1} Center for AMS, Yamagata Univ.,

^{*2} Grad. Sch. Science and Engineering, Yamagata Univ.,

^{*3} Faculty of Science, Yamagata Univ.,

^{*4} Water and Air Environ. Div., Environ. and Energy Dept., Yamagata Pref.,

^{*5} Environmental Science Research Center of Yamagata Pref.

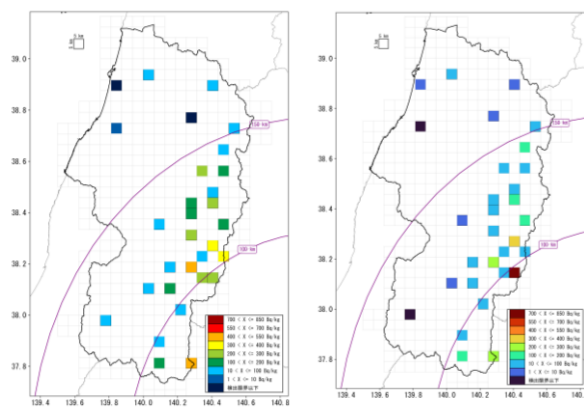


図 1 : (左)2012 年から 2013 年および(右)2023 年から 2025 年に山形県内の定点 30 地点で採取された 0~5 cm 土壌試料中の Cs-137 放射能濃度分布

福島県の帰還困難区域内における空間線量の 15 年間の推移
Fifteen-year trends in ambient dose rate within the difficult-to-return zones in
Fukushima Prefecture

北里大学・獣医放射線研究室*1

○渡邊 小梅*1, 夏堀 雅宏*1, 佐々木 康*1, 指田 元*1,
松館 祥子*1, 佐々木 美郁*1, 和田 成一*1, 柿崎 竹彦*1

(WATANABE Koume*1; NATSUHORI Masahiro*1; SASAKI Kou*1; SASHIDA Hajime*1;
MATSUDATE Sachiko*1; SASAKI Miku*1; WADA Seiichi*1; KAKIZAKI Takehiko*1)

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日の東日本大震災後の福島第一原子力発電所事故によって、原子炉内の放射性物質が大量に環境中に放出された。環境中における空間線量率の変化は、物理学的半減期だけでなく風雨などの自然要因による減衰（ウェザリング効果:WE）が生じる。本研究では、汚染が深刻とされる浪江町小丸地区に照準を当て、過去のモニタリングポスト（MP）の空間線量率の推移から、実効半減期および環境半減期(WE 半減期)の推定、降雪等の影響、各放射性物質(^{131}I 、 ^{132}I 、 ^{132}Te 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs)の空間線量率に与える寄与率の推移について解析を行った。

2. 方法

小丸多目的集会所に設置された MP による線量率（2012 年 4 月 3 日より測定値が公開）の推移を ^{134}Cs と ^{137}Cs 由来の 2 つの指数項のモデルとして、非線形最小二乗法により実効半減期および WE 半減期を求めた。さらに、震災以降に予想される 15 年間の積算線量および積算線量に対する各放射性物質の寄与率について推定した。また、気象の影響と思われた一時的な線量率の低下について低下率と水の半価層から水の遮蔽能力を推定し、その日の降水量との相関を求めた。

3. 結果および考察

MP 値は 2012 年 4 月 3 日の $30.29 \mu\text{Sv/h}$ から 2025 年 4 月 10 日の $4.52 \mu\text{Sv/h}$ まで約 13 年間で 1/7 程度低下した。2025 年の 4 月と 5 月には、MP エリアにおける除染活動の影響と考えられる 30~50%程度の空間線量率の低下が見られた。除染前までの推移は二つの指数項からなる二相性の減衰を示した。MP 設置後は ^{134}Cs の寄与が大きく、空間線量率は 1.79 年の実効半減期で低下した。一方で、事故から約 40 ヶ月後には ^{134}Cs より ^{137}Cs の寄与が大きくなり、空間線量率は 9.17 年の実効半減期で低下した。以上のことから、WE 半減期は、 ^{134}Cs で 13.24 年、 ^{137}Cs で 13.18 年となった。空間線量率に対する放射性核種の寄与率については、事故当初はヨウ素やテルルといった短命核種が 90%程度を占めていたが、これらの影響は約 60 日後には 1%以下となり、2026 年 3 月 15 日時点では長命核種である ^{137}C が 98%、 ^{134}Cs が 2%と推定された。15 年間の積算線量(2011 年 3 月 15 日~2026 年 3 月 15 日)は約 1600mSv、この積算線量に対する放射性核種の寄与率はセシウムが 95%を占めていると推定された。また、特定の時期の一過性の線量率の低下の要因として、積雪によるスカイシャインの低下が考えられた。

4. 結論

空間線量率の経時的変化を解析することは、その地区で放牧飼育される黒毛和牛の外部被ばく線量推定の根拠となる。また、将来的な線量率推移を把握することで、避難指示解除や住民帰還を検討する際の一つの目安として活用できる可能性がある。

*1 Laboratory of Veterinary Radiology, School of Veterinary Medicine, Kitasato University

Young Scientist Award Nominee

📅 Thu. Jul 9, 2026 2:15 PM - 4:35 PM JST | Thu. Jul 9, 2026 5:15 AM - 7:35 AM UTC | 🏢 B (Conference Room Saturn)

放射線計測1・放射能測定2

Chairman: Yasushi Sato (AIST), Kenji Shimazoe (The University of Tokyo)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:15 PM - 2:30 PM JST | 5:15 AM - 5:30 AM UTC

[2B02] Construction of a Source Model for Photon Counting CT to Evaluate Patient Organ Dose

○ Yuzuki Saito¹, Yusuke Koba², Weishan Chang¹, Katsunuma Yasushi³, Yoshida Ryoichi³, Hirai Yuta¹, Shinsho Kiyomitsu¹ (1. Tokyo Metropolitan University, 2. QST, 3. Tokai University Hospital)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:30 PM - 2:45 PM JST | 5:30 AM - 5:45 AM UTC

[2B03] Evaluation of Nonlinear Scintillation Response of a Large-Volume GAGG and Advancement of Background Modeling for Double Beta Decay Searches

○ Takumi Omori¹ (1. Univ. of Tsukuba)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:45 PM - 3:00 PM JST | 5:45 AM - 6:00 AM UTC

[2B04] Rapid hydrothermal synthesis of ZrO₂ nanoparticles and application to liquid scintillators

○ Akito Watanabe¹, Akira Yoko², Gimyeong Seong³, Takaaki Tomai⁴, Tadafumi Adschiri⁵, Yamato Hayashi⁶, Hiroki Kawamoto⁶, Yutaka Fujimoto⁶, Masanori Koshimizu⁷, Keisuke Asai⁶ (1. U. Tokyo, 2. SRIS, Tohoku Univ., 3. U. Suwon, 4. FRIS, Tohoku Univ., 5. AIMR, Tohoku Univ., 6. Tohoku Univ., 7. Shizuoka Univ.)

3:00 PM - 3:15 PM JST | 6:00 AM - 6:15 AM UTC

[2B05] Measurement of ⁶³Cu(n, p)⁶³Ni reaction cross section (4) Evaluation of copper-induced quenching effects in liquid scintillation counting

○ Shunya Nakasone¹, Megumi Fukai¹, Akira Yunoki¹, Asako Shimada², Taiki Yoshii¹, Kengo Shibuya¹, Hirotaka Sakai¹, Taro Shimada² (1. NRA of Japan, 2. JAEA)

3:15 PM - 3:20 PM JST | 6:15 AM - 6:20 AM UTC

break

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

3:20 PM - 3:35 PM JST | 6:20 AM - 6:35 AM UTC

[2B06] Assessment of ^{177m}Lu Impurity level in ¹⁷⁷Lu Produced by the Direct Production Route

○ Tsubasa Fukui¹, Haru Maegawa¹, Yuya Soeta¹, Takahiro Yamada^{1,2} (1. Grad.Sch.Sci.Eng., Kindai Univ., 2. AERI, Kindai Univ.)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

3:35 PM - 3:50 PM JST | 6:35 AM - 6:50 AM UTC

[2B07] Influence of ^{177m}Lu Impurity on Activity Measurement of Directly Produced ¹⁷⁷Lu by 4πβ-4πγ Coincidence Counting

○ Haru Maegawa¹, Tsubasa Fukui¹, Yuya Soeta¹, Takahiro Yamada^{1,2} (1. Grad. Sch. Sci. Eng., Kindai Univ., 2. AERI, Kindai Univ.)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

3:50 PM - 4:05 PM JST | 6:50 AM - 7:05 AM UTC

[2B08] Construction of a Detection Efficiency Evaluation Framework for Non-Destructive Radioactivity Measurement

(1) Analysis of the Probabilistic Structure of Detection Efficiency Based on 3D Geometry Reconstruction and Radiation Transport Simulation

○Ren Ichikawa¹, Riku Kaneko¹, Takahiro Yamada^{1,2}, Akiko Hachisuka³, Yohei Kataoka³ (1. Graduate School of Science and Engineering, Kindai Univ, 2. Atomic Energy Research Institute, Kindai Univ, 3. National Institute of Health Sciences)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

4:05 PM - 4:20 PM JST | 7:05 AM - 7:20 AM UTC

[2B09] Construction of a Detection Efficiency Evaluation Framework for Non-Destructive Radioactivity Measurement

(2) Modeling of a Non-Destructive Radioactivity Measurement System and Deterministic Evaluation of Detection Efficiency Variation for a Whole Pheasant Sample

○Riku Kaneko¹, Ren Itikawa¹, Takahiro Yamada^{1,2}, Akiko Hachisuga³, Yohei Kataoka³ (1. Graduate School of Science and Engineering, Kindai Univ, 2. Atomic Energy Research Institute, Kindai Univ, 3. National Institute of Health Sciences)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

4:20 PM - 4:35 PM JST | 7:20 AM - 7:35 AM UTC

[2B10] Large-Scale High-Resolution Spatial Distribution Measurement of Neutron and Photon Radiation Fields in a High-Energy Electron Accelerator Room

— Application to Radiation Damage Risk Assessment of LED Lighting —

○Kiyokazu Tsugane¹, Hiroshi Matsumura¹, Akihiro Toyoda¹, Go Yoshida¹, Hajime Nakamura¹, Eisuke Watanabe¹, Eunji Lee¹, Takahiro Oyama¹, Hiroshi Iwase¹, Madoka Tanaka¹, Ngoc Thien Bui¹ (1. KEK)

フォトンカウンティング CT による患者臓器被ばく線量評価のための線源モデルの構築 Study of a Source Model of Photon-counting CT for Evaluating Organ Exposure Dose

東京都立大学^{*1}, 量子科学技術研究開発機構^{*2}, 東海大学医学部附属病院^{*3}

○齊藤 柚季^{*1}, 古場 裕介^{*2}, 張 維珊^{*1}, 勝沼 泰^{*3}, 吉田 亮一^{*3}, 平井 悠大^{*1}, 眞正 浄光^{*1}

(SAITO, Yuzuki^{*1}; KOBAYASHI, Yusuke^{*2}; Chang, Weishan^{*1}; KATSUNUMA, Yasushi^{*3};

YOSHIDA, Ryoichi^{*3}; HIRAI, Yuta^{*1}; SHINSHO, Kiyomitsu^{*1})

1. はじめに

日本は他国に比べて医療被ばくが多く、特に CT 検査による被ばくが高い。2019 年に患者線量管理が義務化されてから、国内で医療被ばく低減への関心が高まっている。フォトンカウンティング CT(PCCT)が製品化され数年が経ち、PCCT を導入する医療機関も増えている。PCCT は従来のエネルギー積分型検出器 CT(EIDCT)と比較して画質が良く、CTDIvol は低いと報告されている。しかし、人体に与える影響を示す値である実効線量での比較は行われていない。そこで、本研究では PCCT を使用した CT 検査の臓器線量と実効線量を計算し、EIDCT と比較した。また、今までに取得した EIDCT の線源データと PCCT の線源データを比較した。

2. 方法

PCCT の X 線管を上部に固定し、半導体検出器を使用して X 線束の吸収線量と Al 半価層の水平方向の分布を測定した。測定結果から線源モデルを作成し線源モデルと日本人ボクセルファントムを使用してモンテカルロ計算を行った。計算結果から PCCT で撮影した場合の臓器線量データベースを作成し、CTDIvol あたりの臓器線量を計算した。既に作成されている EIDCT の 29 種類の臓器線量データベースから EIDCT で撮影した場合の CTDIvol あたりの臓器線量を計算し、1 種類の PCCT と比較した。

3. 結果および考察

CTDIvol あたりの臓器線量は PCCT のほうがわずかに低くなる部分があるが、明確な差は確認できなかった。先行研究では、同等の画質で撮影する場合、PCCT での CT 検査の CTDIvol は EIDCT での CT 検査の 1/4 から 1/2 になると報告されている。このことから、臓器線量においても、EIDCT より PCCT のほうが大幅に線量が低減されと考えられる。両者の線源データを比較すると、対して線量分布の広がり性を示す FWHM と X 線中心の総ろ過に EIDCT と PCCT で大きな違いはなく、これが CTDIvol あたりの臓器線量に明確な差がない理由と推察できる。

4. 結論

本研究では PCCT と EIDCT の臓器線量と線源データを比較した。CTDIvol あたりの臓器線量は PCCT と EIDCT で明確な差がなかったことから、同等の画質で撮影した場合、PCCT の臓器線量は EIDCT より大幅に低減すると考えられる。また、線源データを比較した結果、PCCT と EIDCT は異なる線源を使用していることがわかった。今後は本研究で使用した CT 装置以外の PCCT や EIDCT の臓器線量データベースと線源データを取得し、より詳細な比較を行う。

^{*1} Graduate School of Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan University

^{*2} Institute of Radiological Sciences, National Institutes for Quantum Science and Technology

^{*3} Department of Radiology, Tokai University Hospital

二重ベータ崩壊探索に向けた大型 GAGG シンチレータの発光特性評価と 背景事象モデルの高度化

Evaluation of Scintillation Properties and Improvement of Background Modeling for Large-Volume GAGG Scintillator toward Double Beta Decay Search

筑波大^{*1}, ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ株式会社^{*2}, 東北大^{*3}, 株式会社 C&A^{*4},
徳島大^{*5}, 帯広畜産大^{*6}, 大阪大^{*7}, 福井大^{*8}

○大森 匠^{*1}, 飯田 崇史^{*1}, 壽賀 洋祐^{*2}, 吉野 将生^{*3,4}, 伏見 賢一^{*5}, 丸藤(寺島) 亜寿紗^{*6,3},
日野原 伸生^{*1}, 細川 佳志^{*3}, 石上 元直^{*1}, 鎌田 圭^{*3,4}, 岸本 忠史^{*7}, 水越 慧太^{*3},
中島 恭平^{*8}, 庄子 育宏^{*4}

(OMORI, Takumi^{*1}; IIDA, Takashi^{*1}; SUGA, Yosuke^{*2}; YOSHINO Masao^{*3,4};
FUSHIMI Ken-Ichi^{*5}; GANDO Azusa^{*6,3}; HINOHARA Nobuo^{*1}; HOSOKAWA Keishi^{*3};
ISHIGAMI Motonao^{*1}; KAMADA Kei^{*3,4}; KISHIMOTO Tadafumi^{*7}; MIZUKOSHI Keita^{*3};
NAKAJIMA Kyohei^{*8}; SHOJI Yasuhiro^{*4}

1. はじめに

PIKACHU 実験では大型 GAGG(Ce:Gd₃Al₂Ga₃O₁₂)シンチレータを用いて, ¹⁶⁰Gd の二重ベータ崩壊の発見を目指している^{*1}. 探索は, GAGG で測定したエネルギースペクトルを背景事象および信号モデルによって再現することで行う. したがって, 実験の高感度化には高精度な背景事象モデルが不可欠であり, そのためには GAGG の詳細な発光特性の理解が重要となる. 本研究では, 特に GAGG の発光量非線形応答に着目し, その定量的理解と背景事象モデルの高度化を目的とする.

2. 方法

本研究では, β 線に対する非線形応答を Compton Coincidence Technique (CCT)^{*2} を用いて評価した. CCT では GAGG に単色 γ 線を入射し, Compton 散乱した γ 線を Ge 検出器で観測した(図 1). GAGG における入射, 散乱 γ 線のエネルギーを E_γ , E_{Ge} とすると, GAGG 内の反跳電子エネルギーは $E_\gamma - E_{Ge}$ で表される. 一方, GAGG が測定するエネルギー E_{GAGG} とすると, 非線形性 $nPR = E_{GAGG}/E_\gamma - E_{Ge}$ として求めることができる. 本研究では, $E_\gamma=1274$, 2614 keV を用い, 複数の散乱角(θ)で測定することで $50\sim2700$ keV の広いエネルギー範囲で非線形性を評価した. また, γ 線に対する非線形性も ²²Na, ⁶⁰Co, ¹³³Ba, ¹³⁷Cs, ²⁰⁸Tl, ²⁴¹Am の光電ピーク位置から評価した.

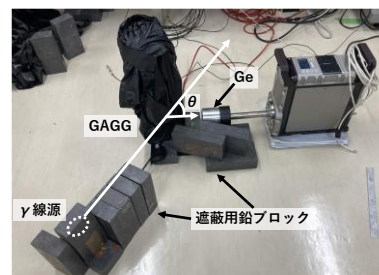


図 1:測定セットアップ

3. 結果および考察

図 2 に, 反跳電子エネルギー(横軸)に対する nPR (縦軸)を示す. 丸点および四角点は, それぞれ β 線および γ 線に対する nPR を表している. 測定の結果, γ 線に対する nPR は β 線の場合よりも小さく, γ 線に対してより強い非線形性を示すことが明らかとなった. さらに, それぞれの nPR を関数でフィットし, 背景事象モデルへ組み込んだところ, nPR 補正をしないモデルと比較して, 測定データの再現性が 5~6 倍程度向上した.

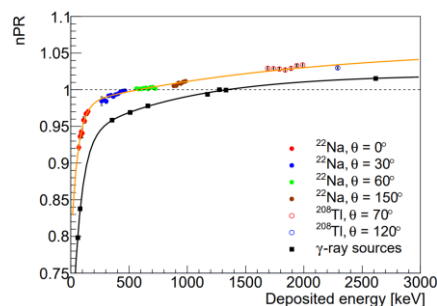


図 2:GAGG における反跳電子エネルギーに対する非線形性

4. 結論

本研究では, CCT および各種 γ 線源を用いて, GAGG の β 線および γ 線に対する非線形応答を詳細に評価した. その結果を二重ベータ崩壊探索における事象背景モデルへ組み込むことで, 測定データの再現性が大きく向上し, 実験の高感度化に貢献した. 本研究で確立した測定手法は, 今後 PIKACHU 実験で開発される GAGG シンチレータの非線形評価への活用が期待される.

^{*1} T. Omori et al., Prog. Theor. Exp. Phys. 2024 (2024) 033D01. ^{*2} P. B. Ugorowski et al., Nucl. Instr. and Meth. A 615 (2010) 182-187.

ZrO₂ ナノ粒子の急速水熱合成および液体シンチレータへの応用

Rapid hydrothermal synthesis of ZrO₂ nanoparticles and application to liquid scintillators

東京大学大学院工学系研究科^{*1}, 東北大学国際放射光イノベーション・スマート研究センター^{*2}, The University of Suwon^{*3}, 東北大学 学際科学フロンティア研究所^{*4}, 東北大学材料科学高等研究所^{*5}, 東北大学大学院工学研究科^{*6}, 静岡大学電子工学研究所^{*7}
○渡邊 晶斗^{*1}, 横 哲^{*2}, 成 基明^{*3}, 筈居 高明^{*4}, 阿尻 雅文^{*5}, 林 大和^{*6}, 川本 弘樹^{*6}, 藤本 裕^{*6}, 越水 正典^{*7}, 浅井 圭介^{*6}
(WATANABE, Akito^{*1}; YOKO, Akira^{*2}; SEONG, Gimyeong^{*3}; TOMAI, Takaaki^{*4}; ADSCHIRI, Tadafumi^{*5}; HAYASHI, Yamato^{*6}; KAWAMOTO, Hiroki^{*6}; FUJIMOTO, Yutaka^{*6}; KOSHIMIZU, Masanori^{*7}, ASAI, Keisuke^{*6})

1. はじめに

有機シンチレータは、特定の放射線と相互作用する金属元素の添加によって検出特性を制御可能であり、近年、ニュートリノや X・γ 線、中性子等の多くの放射線検出器の候補として研究されている。著者のグループは、これまでに、ニュートリノを伴わない二重 β 崩壊探索実験に用いられる検出器として ⁹⁶Zr (二重 β 崩壊の候補同位体) が添加された有機液体シンチレータに注目してきた。金属種は通常、有機金属錯体の形態で添加されるものの、これらの化学種はシンチレータの発光を再吸収することから、金属添加濃度の上昇に伴う有機シンチレータの消光が大きな問題となる。本研究では、代替する材料として、シンチレータの発光波長で透明な酸化物ナノ粒子を分散させた液体シンチレータの開発を行う。特に、二重 β 崩壊探索実験や γ 線検出器等の用途では、大量のナノ粒子の分散が要求されるため、高収率で大量生産が可能な合成プロセスの利用が必須である。そこで本研究では、急速昇温型超臨界水熱プロセスによって ZrO₂ ナノ粒子分散液を開発し、当該材料の液体シンチレータとしての応用を試みた。

2. 方法

0.1 M の 2 エチルヘキサン酸ジルコニウム, 0.4 M の 6 フェニルヘキサン酸を 3.75 ml の超純水とともに 5 ml のハステロイ管に封入し, 300 °C, 10 min. の条件で水熱反応を実施した。得られた生成物をエタノールで洗浄し, 凍結乾燥を施すことで, ナノ粒子粉末状試料を得た。得られたナノ粒子をトルエンに分散させ, 蛍光体である DPO, POPOP を添加することで, ナノ粒子添加液体シンチレータを作製した。

3. 結果および考察

合成した ZrO₂ ナノ粒子はトルエンに対する優れた溶解性を示しており, 20 wt% 以上の濃度においても透明性を保ったままトルエン中に分散した。0, 2.5, 5, 10, および 20 wt% の濃度でナノ粒子が分散した液体シンチレータを作製し, ¹³⁷Cs 線源を用いて波高スペクトルの測定を行うことで, シンチレータの発光量およびエネルギー分解能を推定した。発光量は各々 12000, 11000, 9900, 8500, および 5500 photons/MeV, エネルギー分解能は各々 27, 21, 17, 18, および 25% となり, 10 wt% のナノ粒子を添加した時点においても優れた発光量とエネルギー分解能を両立した。

4. 結論

本研究では, 有機溶媒に高濃度分散する酸化物ナノ粒子を高速で, 精密に合成するプロセスを開発しており, これはナノ粒子分散シンチレータの実用化を大きく加速しうる。また, ナノ粒子分散材料を用いることで, 消光を大きく抑制できることも判明した。

^{*1} Sch. Eng., U. Tokyo, ^{*2} SRIS, Tohoku Univ., ^{*3} Dept. Environ. Energy Eng., Univ. Suwon, ^{*4} FRIS, Tohoku Univ., ^{*5} WPI-AIMR, Tohoku Univ., ^{*6} Grad. Sch. Eng., Tohoku Univ., ^{*7} RIE, Shizuoka Univ.

$^{63}\text{Cu}(\text{n,p})^{63}\text{Ni}$ の反応断面積の測定

(4) 液体シンチレーション測定における銅に起因するクエンチング影響の評価

Measurement of $^{63}\text{Cu}(\text{n,p})^{63}\text{Ni}$ reaction cross section

(4) Evaluation of copper-induced quenching effects in liquid scintillation counting

原子力規制庁*1, 日本原子力研究開発機構*2

○仲宗根 峻也*1, 深井 恵*1, 柚木 彰*1, 島田 亜佐子*2,
吉居 大樹*1, 澁谷 憲悟*1, 酒井 宏隆*1, 島田 太郎*2

(NAKASONE, Shunya*1; FUKAI, Megumi*1; YUNOKI, Akira*1; SHIMADA, Asako*2;

YOSHII, Taiki*1; SHIBUYA, Kengo*1; SAKAI, Hirotaka*1; SHIMADA, Taro*2)

1. はじめに

原子力発電所の廃止措置の進展に伴い、今後ケーブルもクリアランスの対象となることが予想されている[1]。ケーブルに使用されている銅の放射化で生じる ^{63}Ni (β 線放出核種、半減期 100.1 年) は、放射能濃度評価上重要である。 ^{63}Ni は純 β 核種であることから、その放射能濃度はケーブルの使用履歴に基づく放射化計算で評価されることが見込まれる。しかしながら、熱中性子領域における $^{63}\text{Cu}(\text{n,p})^{63}\text{Ni}$ の反応断面積は、評価済み核データライブラリ間で約 10 倍もの違いがあることが指摘されている[1]。このため、原子力規制庁では、放射能濃度評価の妥当性確認のため、熱中性子領域における $^{63}\text{Cu}(\text{n,p})^{63}\text{Ni}$ の反応断面積の評価方法に関する研究を実施している[2][3][4]。本研究では、液体シンチレーションカウンタ（以下「LSC」という。）を用いて、銅試料（1 個当たりの質量が 0.7 g のペレット）に中性子照射することで生成した ^{63}Ni の放射能を測定して反応断面積を評価する。これには、銅試料を酸で溶解する工程があるため、液体シンチレーションカクテル（以下「測定用カクテル」という。）の酸濃度が LSC を用いた通常の測定よりも高く、さらに銅が多く含まれる状況での測定となる。このため、クエンチングの影響が強く現れることで、計数効率 (s^{-1}/Bq) が低くなることが懸念される。これまでに、酸濃度及び液体シンチレータ量に対する計数効率 (s^{-1}/Bq) の依存性について検討しており[4]、今回は測定溶液中の銅が計数効率 (s^{-1}/Bq) に与える影響を評価した結果について報告する。

2. 方法

測定用カクテルは、溶液 3.6 mL 及び液体シンチレータ 16.4 mL の割合で調製した。溶液 3.6 mL は、銅試料を硝酸又は混酸（硝酸＋硫酸）で溶解した場合を想定し、溶液 3.6 mL に対して硝酸濃度 0.7-2 mol/L、硫酸濃度 1 mol/L、銅濃度 0-53 mg とした。液体シンチレータには、Ultima Gold LLT（以下「LLT」という。）又は Ultima Gold AB（以下「AB」という。）を用いた。この測定用カクテルに、 ^{63}Ni (1.52 ± 0.04 kBq/g, Eckert&Ziegler Isotope Products 社製標準溶液) をそれぞれに約 180 Bq 加え、測定は、Tri-Carb 3110TR（Rivvity 社製）を用いて 100 分間測定し、それぞれの試料に対する計数効率 (s^{-1}/Bq) を比較した。

3. 結果および考察

AB の計数効率 (s^{-1}/Bq) は、溶液中の銅の量が 0 mg から 53 mg に増加すると、66%から 50%に低下した。LLT の計数効率 (s^{-1}/Bq) は、溶液中の銅の量が 0 mg から 30 mg までは減少傾向（65%から 52%）を示したが、53 mg（銅ペレット 1 個を溶かして得られる溶液に含まれる量）では増大し、銅を含まない場合と同程度の計数効率（62%）を示した。各条件における検出下限は、AB では 0.011-0.013 Bq/mL、LLT では 0.011-0.015 Bq/mL であった。熱中性子領域の反応断面積は、既存核データライブラリの最小値よりも小さい値を設定し、熱中性子束と照射時間は本研究で用いた照射装置の参考値を用いて照射銅ペレット 1 個当たりの ^{63}Ni 放射能濃度を評価した結果は 0.53 Bq/mL であった。上記の検出下限と比較して十分に大きいことから、本測定条件下において照射試料の放射能が検出可能であると評価された。

4. 結論

溶液中の銅の含有割合に対する計数効率の依存性について把握することができ、本手法が $^{63}\text{Cu}(\text{n,p})^{63}\text{Ni}$ の反応断面積を評価するための放射能測定手法として有効であることが示された。

本講演は、原子力規制庁と産業技術総合研究所、日本原子力研究開発機構及び東京都市大学との共同研究「放射線測定及び質量分析に係る測定の信頼性確保に関する研究」の成果の一部である。

[1] Yamanishi *et al.*, JAEA-Conf 2020-001, 217-220 (2020)

[2] 仲宗根ら, 第 61 回アイソトープ・放射線研究発表会, 3B01-03-01 (2024)

[3] 深井ら, 第 62 回アイソトープ・放射線研究発表会, 2C12-14-01 (2025)

[4] 仲宗根ら, 第 62 回アイソトープ・放射線研究発表会, 2C12-14-02 (2025)

*1 Nuclear Regulation Authority

*2 Japan Atomic Energy Agency

直接法生成による ^{177}Lu における不純物 $^{177\text{m}}\text{Lu}$ 含有率の評価Assessment of $^{177\text{m}}\text{Lu}/^{177}\text{Lu}$ Activity Ratio in ^{177}Lu Produced by the Direct Production Route近畿大学大学院総合理工学研究科¹, 近畿大学原子力研究所²○福井 飛翔¹, 前川 羽瑠¹, 添田 悠也¹, 山田 崇裕^{1,2}FUKUI, Tsubasa¹; MAEGAWA, Haru¹; SOETA Yuya¹; YAMADA, Takahiro^{1,2}

1. はじめに

直接法により生成した ^{177}Lu (半減期: 6.64 d) には、生成過程に起因して $^{177\text{m}}\text{Lu}$ が副生成物として含有される。 $^{177\text{m}}\text{Lu}$ は半減期が 160.4 d と長く、さらに ^{177}Lu と同一又は近接したエネルギーの γ 線を放出するため、直接法生成 ^{177}Lu の核種純度評価及び γ 線スペクトロメトリによる放射能評価において考慮すべき不純物核種である。本研究では、Ge 検出器を用いた γ 線スペクトロメトリにより、直接法生成 ^{177}Lu に含まれる $^{177\text{m}}\text{Lu}$ の定量評価について検討した。

2. 方法

本研究では、JRR3 において直接法により生成された ^{177}Lu 溶液を Ge 検出器からの距離 25 cm の位置に設置し、 γ 線スペクトルを取得した。1 回の測定時間は 10,000 s とし、同一試料に対して連続測定を実施した。得られたスペクトルから $^{177\text{m}}\text{Lu}/^{177}\text{Lu}$ 放射能比を算出するため、まず、 ^{177}Lu の γ 線とは重ならず、 $^{177\text{m}}\text{Lu}$ を単独での評価可能な γ 線ピークを用いて $^{177\text{m}}\text{Lu}$ の放射能 A_m を算出した。次に、 $^{177}\text{Lu}+^{177\text{m}}\text{Lu}$ 混合ピークについて $^{177\text{m}}\text{Lu}$ の寄与を差し引くことで、 ^{177}Lu の放射能 A_g を算出した。さらに、連続測定により得られた $^{177}\text{Lu}+^{177\text{m}}\text{Lu}$ 混合ピーク面積の経時変化を用い、 ^{177}Lu 成分及び $^{177\text{m}}\text{Lu}$ 成分を考慮したフィッティングによる $^{177\text{m}}\text{Lu}/^{177}\text{Lu}$ 放射能比評価も試みた。なお、本報告で示す放射能比は、測定開始時点における値として評価した。

3. 結果及び考察

図 1 に、測定開始時及び ^{177}Lu が十分に減衰した後に取得した γ 線スペクトルを示す。測定開始時の γ 線スペクトルでは、 ^{177}Lu の主要な γ 線ピークである 112.9 keV と 208.3 keV が確認された。一方、 ^{177}Lu 減衰後のスペクトルにおいても残存するピークが確認され、ピークエネルギー及び計数率の減衰挙動からこれらは $^{177\text{m}}\text{Lu}$ 由来の γ 線ピークであることを確認した。

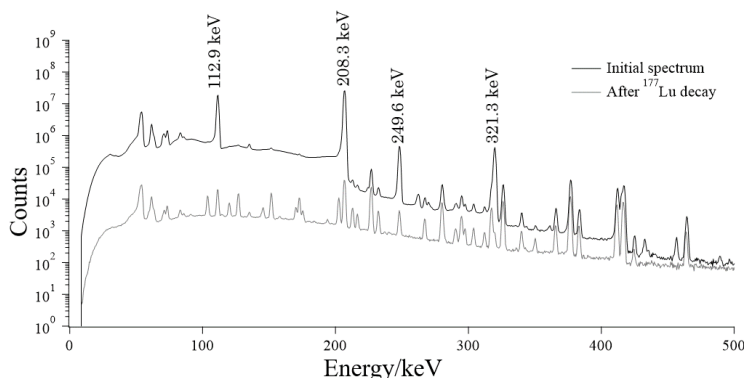


図 1 : 直接法生成 ^{177}Lu 試料の測定開始時及び ^{177}Lu 減衰後における γ 線スペクトル

$^{177\text{m}}\text{Lu}$ 由来の単独ピークを解析した結果、

$^{177\text{m}}\text{Lu}$ の放射能 A_m は 50.3 ± 0.06 kBq であった。この値を用いて、 $^{177}\text{Lu}+^{177\text{m}}\text{Lu}$ 混合ピークから $^{177\text{m}}\text{Lu}$ の寄与を差し引くことで、 ^{177}Lu の放射能 A_g 及び放射能比 A_m/A_g を算出した。その結果、112.9 keV における A_g は 1.73 ± 0.001 MBq、 A_m/A_g は 2.91%、208.3 keV における A_g は 1.91 ± 0.001 MBq、 A_m/A_g は 2.63% であった。また、混合ピーク面積の経時変化に対してフィッティングを行った結果、112.9 keV における A_g は 1.76 MBq、 A_m は 43.3 kBq、 A_m/A_g は 2.46% であり、208.3 keV における A_g は 1.91 MBq、 A_m は 50.8 kBq、 A_m/A_g は 2.66% であった。208.3 keV では、単独ピークを用いた評価とフィッティングによる評価が良好に一致した。一方、112.9 keV では両手法の間に差が見られたため、今後さらに検討する必要がある。

4. 結論

本研究では、Ge 検出器による γ 線スペクトロメトリを用いて、直接法生成 ^{177}Lu 中の $^{177\text{m}}\text{Lu}/^{177}\text{Lu}$ 放射能比を評価した。 $^{177\text{m}}\text{Lu}$ 単独ピーク及び $^{177}\text{Lu}+^{177\text{m}}\text{Lu}$ 混合ピーク解析により、 $^{177\text{m}}\text{Lu}$ の寄与を考慮した ^{177}Lu 放射能を算出した。さらに、混合ピーク面積の経時変化を用いた $^{177\text{m}}\text{Lu}/^{177}\text{Lu}$ 放射能比評価の可能性について確認した。関数フィッティングを行うことで、各成分における放射能及び放射能比を算出した。今後、不確かさ評価を精査し、本手法の適用性及び妥当性について検討する。

¹ Graduate School of Science and Engineering, Kindai University

² Atomic Energy Research Institute, Kindai University

直接法生成 ^{177}Lu の $4\pi\beta$ - $4\pi\gamma$ 同時計数法による放射能測定に対する
不純物核種 $^{177\text{m}}\text{Lu}$ の影響評価
Influence of $^{177\text{m}}\text{Lu}$ Impurity on Activity Measurement of Directly Produced ^{177}Lu
by $4\pi\beta$ - $4\pi\gamma$ Coincidence Counting

近畿大学大学院総合理工学研究科^{*1}, 近畿大学原子力研究所^{*2}

○前川 羽瑠^{*1}, 福井 飛翔^{*1}, 添田 悠也^{*1}, 山田 崇裕^{*1,2}

(MAEAGWA, Haru^{*1}; FUKUI, Tsubasa^{*1}; SOETA, Yuya^{*1}; YAMADA, Takahiro^{*1,2})

1. はじめに

直接法により ^{177}Lu を生成する場合、長半減期の核異性体である $^{177\text{m}}\text{Lu}$ が不純物として副生成される。 $^{177\text{m}}\text{Lu}$ は ^{177}Lu の主要 γ 線である 112.9 keV 及び 208.3 keV と同一又は近接したエネルギーの γ 線を放出するため $4\pi\beta$ - $4\pi\gamma$ 同時計数測定では、その寄与を分離することに困難がある。さらに、 $^{177\text{m}}\text{Lu}$ は複雑なカスケード γ 線放出及び内部転換を伴うため、 γ チャンネルだけでなく、 β チャンネル及び同時計数チャンネルにも影響を与える可能性がある。本研究では、直接法生成 ^{177}Lu の $4\pi\beta$ - $4\pi\gamma$ 同時計数測定における $^{177\text{m}}\text{Lu}$ の各観測量への寄与について検討した。

2. 方法

^{177}Lu 溶液を厚さ 1 mm のプラスチックシンチレータ上に秤量滴下し、乾燥後、同じ厚さのシンチレータで挟み込むことで $4\pi\beta$ 検出器とした。この検出器を光電子増倍管と組み合わせ、さらに 5 インチの井戸型 NaI(Tl) 検出器の井戸部に挿入することで、 $4\pi\beta$ - $4\pi\gamma$ 同時計数測定を行った。 $^{177\text{m}}\text{Lu}$ の混入率は γ 線スペクトロメトリにより評価した。 γ ゲートは Gate1(112.9 keV)、Gate2(208.3 keV) に設定した。 γ チャンネルへの $^{177\text{m}}\text{Lu}$ 寄与は、各ゲートに入る $^{177\text{m}}\text{Lu}$ γ 線の放出割合を合計し、対応する ^{177}Lu の主要 γ 線放出割合と比較することで評価した。同時計数チャンネルについては、 γ ゲート内に含まれる $^{177\text{m}}\text{Lu}$ 由来成分が同じ壊変に伴う内部転換電子等と同時計数を形成し得ると考え、 γ チャンネルで評価した不純物寄与率に基づく一次近似的な補正を検討した。 β チャンネルについては、 $^{177\text{m}}\text{Lu}$ に伴う内部転換電子が高効率で検出されると仮定し、放射能比に基づく一次近似的な寄与評価を行った。

3. 結果及び考察

γ 線スペクトルでは、 ^{177}Lu の主要ピークである 112.9 keV 及び 208.3 keV 付近に、 $^{177\text{m}}\text{Lu}$ に由来する γ 線成分が確認された。 γ 線スペクトロメトリにより求めた測定時の $^{177\text{m}}\text{Lu}/^{177}\text{Lu}$ 放射能比は 0.47% であった。一方、核データに基づき各 γ ゲート内に入る $^{177\text{m}}\text{Lu}$ γ 線の放出割合を合計し、対応する ^{177}Lu の主要 γ 線放出割合と比較したところ、放出割合比は Gate1(112.9 keV) で 9.0、Gate2(208.3 keV) で 11.3 となった。従って、放射能比は 1% 未満であっても、 γ チャンネルにおける $^{177\text{m}}\text{Lu}$ の寄与は各ゲートで約 4-5% 程度になり得ることが分かった。

β チャンネルについては、 $^{177\text{m}}\text{Lu}$ に伴う内部転換電子が 2 枚のプラスチックシンチレータにより高効率で検出されると仮定すると、その寄与は一次近似的に放射能比と同程度、すなわち約 0.5% と見積もられる。さらに、 γ ゲート内に含まれる $^{177\text{m}}\text{Lu}$ 由来成分は内部転換電子等と同時計数を形成し得るため、 γ チャンネルのみを補正するだけでは同時計数法における影響を十分に評価できない可能性がある。以上より、 $^{177\text{m}}\text{Lu}$ の影響は単に放射能比 0.47% として扱えるものではなく、 γ ゲート内に入る γ 線放出割合により γ チャンネルでは数% 程度まで増幅される可能性があること、また β 、 γ 及び同時計数の各観測量を整合的に扱う必要があることが示唆された。

4. 結論

直接法生成 ^{177}Lu に含まれる $^{177\text{m}}\text{Lu}$ 不純物について、 $4\pi\beta$ - $4\pi\gamma$ 同時計数測定における β 、 γ 及び同時計数チャンネルへの影響を整理し、一次近似に基づく補正方針を検討した。その結果、 $^{177\text{m}}\text{Lu}$ の影響は放射能比のみで評価できず、 γ ゲート条件、内部転換電子の寄与及び同時計数応答に依存する可能性が示された。今後は、複数試料に対して本補正手法を適用し、ゲート条件ごとの補正量及び効率外挿により得られる放射能への影響を定量的に評価する予定である。

^{*1} Graduate School of Science and Engineering, Kindai University

^{*2} Atomic Energy Research Institute, Kindai University

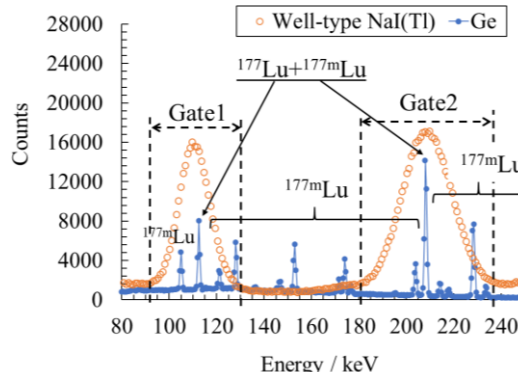


図1 γ 線スペクトルとゲート条件

非破壊式放射能測定における検出効率評価体系の構築

(1) 三次元形状再構築と放射線輸送計算に基づく検出効率の確率構造解析

Construction of a Detection Efficiency Evaluation Framework for Non-Destructive Radioactivity Measurement

(1) Analysis of the Probabilistic Structure of Detection Efficiency Based on 3D Geometry Reconstruction and Radiation Transport Simulation

近畿大学大学院総合理工学研究科^{*1}, 近畿大学原子力研究所^{*2}, 国立医薬品食品衛生研究所^{*3}○市川 廉^{*1}, 兼子 凌徳^{*1}, 山田 崇裕^{*1,2}, 蜂須賀 暁子^{*3}, 片岡 洋平^{*3}ICHIKAWA, Ren^{*1}; KANEKO, Riku^{*1}; YAMADA, Takahiro^{*1,2}; HACHISUKA, Akiko^{*3}; KATAOKA, Yohei^{*3}

1. はじめに

非破壊式放射能測定では、試料を破碎・均質化せずに測定するため、試料の形状・配置が検出効率に影響を及ぼす。実試料は不定形な上、測定毎に生じる試料配置の変化が測定値の不確かさ要因となるが、その影響を体系的に評価する手法は十分に確立されていない。本研究では、3D スキャナによる試料形状データ、物理演算エンジンによる配置生成及び放射線輸送計算を統合したパイプラインを構築し、非破壊式測定における検出効率のばらつきを分布として評価する計算体系の構築を目的とした。

2. 方法

対象試料としてザル詰めシイタケを想定した。3D スキャナにより取得したシイタケの形状データを計算用モデルに変換し、CAD で作成したザル形状モデルとともに物理演算環境に導入した。シイタケモデルを自由落下・積層させることで、現実的に生じる配置体系を多数生成した(図1)。各配置体系について試料中に¹³⁷Csが均一に分布すると仮定し、PHITSにより検出効率を算出した。また、試料形状データ取得、配置体系生成、PHITS 入力ファイル作成、計算実行及び結果集計を一連の処理として接続し、多数の配置体系を効率的に評価可能な計算パイプラインを構築した。

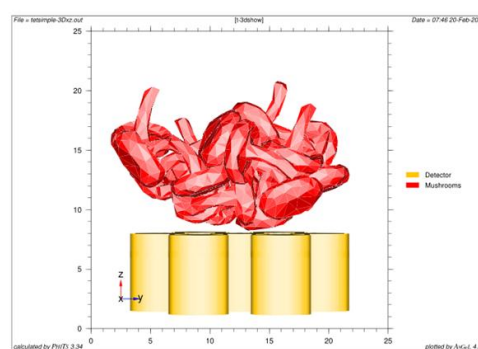


図1 物理演算により生成したシイタケ積層体系のPHITS計算体系への導入例

3. 結果および考察

構築したパイプラインにより、シイタケの配置が異なる複数の測定体系について検出効率を一括して評価できることを確認した。15個のシイタケを用いた条件では、配置毎に算出した検出効率の平均値は0.0273、配置の違いに起因する標準不確かさは0.0011であった。また、個数を増加させると変動係数が低下する傾向が認められ、複数個体をまとめて測定することにより、個々の配置差の影響が平均化されることが示唆された。さらに、検出効率が高い配置及び低い配置を抽出して可視化することにより、過大評価、過小評価につながる配置条件を確認出来た。

4. 結論

3D形状構築、物理演算による試料配置生成及びPHITSによる放射線輸送計算を統合することで、非破壊測定における検出効率のばらつきを分布として評価する手法を構築した。本手法により不定形試料の配置に起因する検出効率の変動を定量的に評価できる可能性が示された。今後はファントム試料を用いた実測検証及び試料内部の放射能不均一分布の導入を進め、現実の測定条件により対応した不確かさ評価手法として高度化を図る。

謝辞 本研究は厚生労働科学研究費 23KA1006 及び 26KA401006 の助成を受けたものです。

^{*1} Graduate School of Science and Engineering, Kindai University

^{*2} Atomic Energy Research Institute, Kindai University

^{*3} National Institute of Health Sciences

非破壊式放射能測定における検出効率評価体系の構築

(2) 非破壊式装置モデルの構築とキジ肉測定における決定論的効率評価

Construction of a Detection Efficiency Evaluation Framework for Non-Destructive Radioactivity Measurement

(2) Modeling of a Non-Destructive Radioactivity Measurement System and Deterministic Efficiency Evaluation for Pheasant Meat Samples

近畿大学大学院総合理工学研究科^{*1}，近畿大学原子力研究所^{*2}，国立医薬品食品衛生研究所^{*3}

○兼子 凌徳^{*1}，市川 廉^{*1}，山田 崇裕^{*1,2}，蜂須賀暁子^{*3}，片岡洋平^{*3}

KANEKO, Riku^{*1}； ICHIKAWA, Ren^{*1}； YAMADA, Takahiro^{*1,2}， HACHISUKA, Akiko^{*3}，

KATAOKA, Yohei^{*3}

1. はじめに

非破壊式放射能測定では、試料を破碎・均質化せずに測定するため、試料形状や検出器に対する配置条件が検出効率に影響を及ぼす。特に野生鳥獣肉のような不定形試料では、測定時の置き方によって検出効率に変化し、測定値のばらつきや系統的な偏りの要因となり得る。本研究では、非破壊式放射能測定装置 FF1 の検出部を PHITS 上にモデル化し、3D スキャナにより取得したキジ肉試料形状を放射線輸送計算体系に導入することで、代表的な試料配置条件における検出効率の配置依存性を評価した。

2. 方法

本研究では、2"φ×2"NaI(Tl)検出器 7 本で構成される非破壊式放射能測定装置 FF1（日栄工業（株））の検出部を PHITS 上でモデル化した。作成した装置モデルの妥当性は、検出器表面中心に配置した ¹³⁷Cs 点線源の実測値と計算値を比較することにより確認した。キジ肉試料の形状データは、冷凍試料を 3D スキャナで撮影して取得し、PHITS 計算体系に導入した。試料中の ¹³⁷Cs は均一に分布すると仮定した。検出効率の配置依存性を評価するため、平置き、表裏反転及び縦置きを含む図 1 に示す 6 種類の配置パターンを設定し、それぞれについて検出効率を算出した。

3. 結果及び考察

6 つの配置条件に対して計算した検出効率は、①0.0358、②0.0403、③0.0374、④0.0395、⑤0.0290、⑥0.0289 であった。平置き条件における表裏反転の影響を比較すると、①と②、③と④の相対差はそれぞれ約 12%及び約 6%であった。一方、⑤及び⑥のように試料を縦置きにした場合、①～④の平置き配置と比較して、検出効率は最大で約 20%低下した。この結果から、同一試料であっても検出器に対する姿勢や接触面の違いにより検出効率に変化し、特に検出器に対する試料の有効距離や厚さ方向の違いが効率評価に影響することが示唆された。

4. 結論

本研究では、非破壊式放射能測定装置 FF1 の検出部を PHITS 上でモデル化し、3D 形状データに基づくキジ肉モデルを用いて、代表的な試料配置条件における検出効率を評価した。その結果、表裏反転や縦置きといった配置条件の違いにより検出効率に変化し、不定形試料の測定では試料姿勢が重要な不確かさ要因となり得ることが確認された。本計算体系は、野生鳥獣肉のような不定形試料に対して、配置条件が検出効率に与える影響を事前に評価する手法として有用であると考えられる。

謝辞 本研究は厚生労働科学研究費 23KA1006 及び 26KA-401006 の助成を受けたものです。

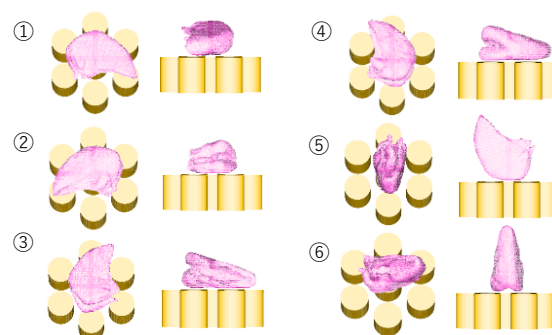


図 1 PHITS 計算体系に導入したキジ肉モデルの 6 種類の配置パターン
(左) 上面図 (右) 側面図

^{*1} Graduate School of Engineering, Kindai University

^{*2} Atomic Energy Research Institute, Kindai University

^{*3} National Institute of Health Sciences

高エネルギー電子加速器室内中性子・光子放射線場の大規模高分解能空間分布測定
— LED 照明放射線損傷リスク評価への応用 —

Large-Scale High-Resolution Mapping of Neutron and Photon Radiation Fields in
High-Energy Electron Accelerator Facilities

— Application to Radiation Damage Risk Assessment for LED Lighting Systems —

高エネルギー加速器研究機構(KEK)*¹

○津金 聖和*¹, 松村 宏*¹, 豊田 晃弘*¹, 吉田 剛*¹, 中村 一*¹, 渡邊 瑛介*¹, Lee Eunji*¹,
大山 隆弘*¹, 岩瀬 広*¹, 田中 窓香*¹, Bui Ngoc Thien*¹
(TSUGANE, Kiyokazu*¹; MATSUMURA, Hiroshi*¹; TOYODA, Akihiro*¹; YOSHIDA, Go*¹;
NAKAMURA, Hajime*¹; WATANABE, Eisuke*¹; LEE, Eunji*¹; OYAMA, Takahiro*¹;
IWASE, Hiroshi*¹; TANAKA, Madoka*¹; BUI, Ngoc Thien*¹)

1. はじめに

KEK では、総延長 5 km に及ぶ電子加速器トンネル内に、3000 台超の蛍光灯照明が設置されている。一方で、2027 年には蛍光灯の製造・輸入が禁止されることから、既存照明の LED 化が検討されており、10 年程度の長期運用を想定している。しかし、市販の LED 照明に搭載されている半導体素子(MOSFET)は、放射線脆弱性を有し、光子と中性子で異なる故障が生じる。光子による総吸収線量効果(TID)では、累積線量依存の故障が、10 MeV 以上の速中性子による単一事象バーンアウト(SEB)では、確率的な素子破壊が起こる。どちらも MOSFET への印加電圧に依存するが、特に SEB は電源 OFF 時には起こらないため、電源 ON 時に故障リスクが高くなる。本研究では、KEK 内のほぼ全ての加速器を対象に、運転中の中性子・光子分布を大規模かつ高分解能に測定し、LED 照明の耐用年数を評価した。

2. 方法

市販の LED 照明器具について、QST 高崎の ⁶⁰Co 標準放射線場でγ線耐性試験を行った。照射中は電源 ON/OFF 状態を模擬し、照射後の点灯状態および入力 AC 電流から故障判定を行った。

また、KEK 内の主要加速器トンネル内に、光子線量(空気吸収線量)測定用のガフクロミックフィルム、中性子評価用の金箔および固体飛跡検出器(CR-39)を、トンネル側壁に約 5 m 間隔で、計 1000 点以上設置した。設置期間は 1~3 ヶ月で、運転停止後に試料を回収し、分析を行った。設置期間における運転履歴およびビーム電荷量による補正に加え、PHITS を用いた照明と試料位置の差異、トンネル形状の違いによる測定値補正を行った。さらに、PHITS 計算に基づき、金放射化法により評価される熱中性子フルエンスから速中性子フルエンスを推定した。文献値に基づく SEB 断面積より、発生期待値 1 相当のフルエンスを SEB しきい値とし、補正後の速中性子フルエンスと比較して耐用年数を評価した。

3. 結果

照射試験の結果、電源 ON 時で約 100 Gy、OFF 時で約 600~2000 Gy の範囲で故障が確認され、OFF 時の TID しきい値は 1000 Gy とした。これらの TID しきい値および文献値より求めた SEB しきい値を用いて、推定光子線量および速中性子フルエンスから、LED 照明の耐用年数を評価した。その結果、ON 時では SEB より TID による損傷リスクが高かった。一方、OFF 時でも TID リスクは残存した。特に PF-AR では、電源 ON で全体の約 6 割が 3 年以内に故障する予測となった。本研究では、KEK 電子加速器全域の LED 照明の耐用年数を大規模・高分解能に評価した。これにより、加速器運転中は LED 照明を電源 OFF で運用する基本方針が示された。また、一部高線量領域では電源 OFF でも数年以内に故障に至る可能性があり、電源回避型 LED への変更等の対策が必要であることが示唆された。

*¹ High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

Young Scientist Award Nominee

📅 Thu. Jul 9, 2026 2:15 PM - 4:15 PM JST | Thu. Jul 9, 2026 5:15 AM - 7:15 AM UTC | 🏢 C(Conference Room Uranus)

陽電子消滅2

Chairman: Atsuo Kawasuso(QST), Koji Michishio

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:15 PM - 2:30 PM JST | 5:15 AM - 5:30 AM UTC

[2C04] Calculation of photodetachment cross sections of positronic atoms using a three-body model

○ Naoki Kamiya¹, Takuma Yamashita^{1,2}, Yasushi Kino¹ (1. Graduate School of Science, Tohoku Univ., 2. IEHE, Tohoku Univ.)

2:30 PM - 2:45 PM JST | 5:30 AM - 5:45 AM UTC

[2C05] Effect of chirality on positronium formation at amino acid molecular film surface

○ Atsuo Kawasuso¹, Masaki Nobuoka¹, Masaki Maekawa¹, Wookjin Choi², Shuhei Seki² (1. QST, 2. Kyoto Univ.)

2:45 PM - 3:00 PM JST | 5:45 AM - 6:00 AM UTC

[2C06] Development of trap-based spin-polarized slow positron beam accumulator

○ Masaki Maekawa¹, Atsuo Kawasuso¹, Akira Ishida², Toshio Nanba³ (1. QST Takasaki, 2. AIST, 3. U-Tokyo)

3:00 PM - 3:15 PM JST | 6:00 AM - 6:15 AM UTC

break

3:15 PM - 3:30 PM JST | 6:15 AM - 6:30 AM UTC

[2C07] Study of Cs atom intercalation at the graphene/Co(0001) interface using TRHEPD

○ Yuki Fukaya¹, Songtian Li², Seiji Sakai² (1. JAEA, 2. QST)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

3:30 PM - 3:45 PM JST | 6:30 AM - 6:45 AM UTC

[2C08] Development of a Slow Positron Beam System Based on an Electron Linear Accelerator for Material Characterization.

○ Masaki Uno^{1,2}, Atsushi Kinomura² (1. Kyoto Univ., 2. Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

3:45 PM - 4:00 PM JST | 6:45 AM - 7:00 AM UTC

[2C09] Evaluation of Irradiation Damage in Moderator materials for Reactor-Based Positron Source

○ Kazuki Harashima^{1,2}, Atsushi Kinomura², Hidetsugu Tsuchida¹ (1. Kyoto Univ., 2. KURNS)

4:00 PM - 4:15 PM JST | 7:00 AM - 7:15 AM UTC

[2C10] Development of a reflection-type brightness enhancement system for positron beams using a SiC remoderator

○ Koji Michishio¹, Eri Suzumura¹, Atsushi Kinomura² (1. AIST, 2. KURNS, Kyoto Univ.)

三体模型による陽電子原子の光脱離断面積の計算
Calculation of photodetachment cross sections of positronic atoms
using a three-body model

東北大・院理

○神谷 直紀, 山下 琢磨, 木野 康志

(KAMIYA, Naoki; YAMASHITA, Takuma; KINO, Yasushi)

1. はじめに

陽電子と中性原子は、分極率やイオン化エネルギーに応じて束縛状態を持つ場合がある[1]。この陽電子原子の構造は、原子のイオン化エネルギーによって大きく二分される。イオン化エネルギーがポジトロニウム ($\text{Ps: } e^+e^-$) の束縛エネルギー (6.8 eV) より大きい原子、例えば銅原子では、陽電子が中性原子を取り囲むような構造を取る。一方、イオン化エネルギーが小さいリチウム、ナトリウム原子では陽電子が価電子と Ps を形成、これが陽イオンを取り囲むような構造を取る。原子負イオンとも水素化物とも異なる、このような陽電子原子の特異な構造が光反応性とどのように関連しているかは化学反応の基礎的なモデルケースとして興味深い。また、陽電子原子の直接観測は未だなされておらず、その生成・検出原理を理論計算から提案することも重要である。本研究では陽電子原子 (e^+A , $A = \text{Li, Na, Cu}$) の光脱離反応 ($e^+A + h\nu \rightarrow A + e^+, A^+ + \text{Ps}$) の断面積を計算した。

2. 方法

中性原子を閉殻イオンと価電子として扱い、陽電子を加えた三体模型により計算した。イオンと電子、陽電子間の相互作用についてはモデルポテンシャルを用いて記述した。波動関数はガウス関数展開法[2]により計算した。光脱離は、双極子近似の下、複素座標回転法[3,4,5]によって記述した。

3. 結果および考察

陽電子リチウム原子の光脱離について、陽電子が脱離するチャンネルの断面積は Ps が脱離するチャンネルに比べて、大きな値を示した (図 1)。陽電子リチウム原子は Li^+ が Ps を緩く束縛したような構造を取り、 $\text{Li}^+ - \text{Ps}$ 間距離は $9 a_0$ 程である。そのため、陽電子が脱離する際には、価電子の分布に収縮が生じることが明らかになった。発表では Na , Cu の場合の計算結果も示し、光脱離断面積と双極子モーメントおよび構造との関連を議論する。

4. 結論

陽電子原子の光脱離断面積を初めて計算した。得られた断面積は陽電子原子の実験観測に向けて重要な予言を与える。

[1] C. Harabati *et al.*, Phys. Rev. A **89**, 022517 (2014).

[2] E. Hiyama *et al.*, Prog. Part. Nucl. Phys. **51**, 223 (2003).

[3] Y. K. Ho, Phys. Rep. **99**, 1 (1983).

[4] A. Buchleitner *et al.*, J. Phys. B **27**, 2663 (1994).

[5] N. Kamiya *et al.*, J. Phys. Conf. Ser. **3029**, 012007 (2025).

* Graduate School of Science, Tohoku University

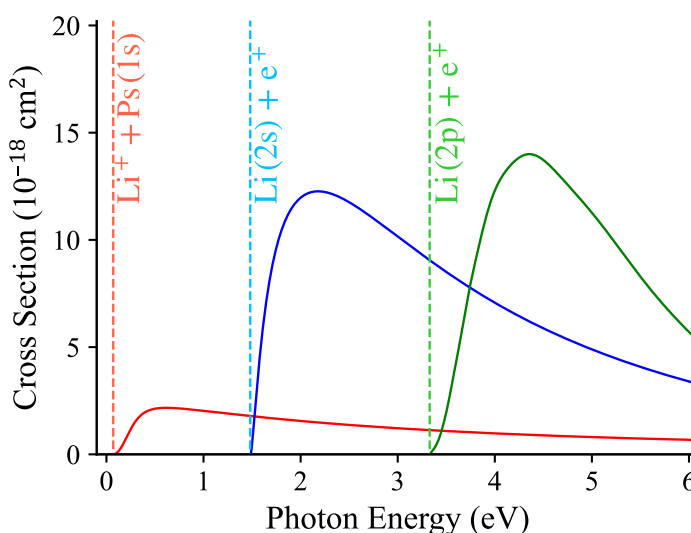


図 1 陽電子リチウム原子の光脱離断面積

アミノ酸分子膜表面におけるポジトロニウム生成のキラリティ効果 Effect of chirality on positronium formation at amino acid molecular film surface

量子科学技術研究開発機構^{*1}, 京都大学^{*2}

○河裾 厚男^{*1}, 崔 旭鎭^{*2}, 信岡 正樹^{*1}, 有馬 健晟^{*2}, 小八重 良輔^{*2}, 前川 雅樹^{*1}, 関 修平^{*2}
(KAWASUSO, Atsuo^{*1}; CHOI, Wookjin^{*2}; NOBUOKA, Yoko^{*1};
MAAEKAWA, Masaki^{*1}; SEKI Shuhei^{*2})

1. はじめに

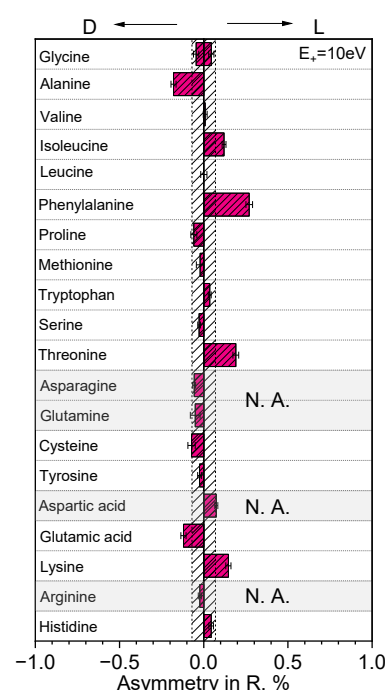
陸棲生物の主要な構成体であるアミノ酸と糖は、最大の光学活性(カイラリティ)を示す。RNA・DNA中の糖は例外なく D 異性体であり、その結果 RNA・DNA とともに右巻き構造となる。同様にタンパク質中のアミノ酸も L 異性体のみである。鏡像異性体間にエネルギー差はなく、無生物的な合成では、これらは等量できるはずである。しかし、生体分子には何故か一方の鏡像異性体しか含まれていない。これはホモキラリティと呼ばれ、人類の謎の一つとなっている。様々な説が提案される中で、ホモキラリティの原因を宇宙の非対称性—物質優勢宇宙—と結びつけるものがある。その誕生以来、地球は太陽のみならず超新星爆発などで生じた宇宙放射線に晒されながら進化を続けてきた。その結果、宇宙の多数派であるベータマイナス崩壊核種が地上に降り注ぎ、そこから放出された電子がどちらか一方の異性体を僅か ($\sim 10^{-10}$) に多く破壊したため、糖・アミノ酸分子が合成されて以降、生命が誕生する頃までには一方の異性体が行き残ったというのである。これは結局、分子の放射線分解がヘリシティによって異なるという仮説である。スピン偏極陽電子を用いたポジトロニウム生成量の測定は、この仮説検証に有望であることが、40 年以上前に提案された。しかし、本格的な研究に発展しないまま今日に至っている。ここでは、改めてこの問題に取り組んでおり、生体アミノ酸分子膜におけるポジトロニウム生成について、現時点までに得られた結果を報告する。

2. 実験方法

ロードロックを介して陽電子ビーム装置に接続された真空チャンバー内で、Au(30 nm)/Ti(2 nm)/a-SiO₂を基板として、L 体と D 体の生体アミノ酸分子を交互に蒸着した (1 回あたりの膜厚: 30nm~10 分子層、全蒸着回数: 100 回=1 セット)。毎回の蒸着の後に、消滅ガンマ線エネルギースペクトルの三光子消滅強度 (R パラメータ) 測定によりポジトロニウム生成量を決定した。入射陽電子のエネルギーは 10 eV であった。1 セット目の測定で誤差を上回る非対称度が出たものについては、再度測定を行い、真偽を確認している。20 種類の生体アミノ酸のうち、4 種類 (アスパラギン、グルタミン、アスパラギン酸、アルギニン) は、真空蒸着が困難であった。グリシンはアキラルのため、参照試料扱いである。

3. 結果および考察

右図は、現在までに得られているポジトロニウム生成量の L 体/D 体の非対称度である。斜線部分は、主に装置の安定度由来する測定誤差を示している。この測定誤差を十分に上回る非対称度は、アラニン、フェニルアラニン、トレオニンの 3 種類であり、その他の分子では非対称度有りとする判定は難しい。



^{*1} National Institute for Quantum Science and Technology

^{*2} Kyoto University

蓄積型スピン偏極陽電子ビーム装置の開発 Development of trap-based spin-polarized positron beam accumulator

量研 高崎量子技術基盤研究所*1、東京大学素粒子物理国際研究センター*2、産業技術総合研究所*3

○前川 雅樹*1、河裾 厚男*1、難波 俊雄*2、石田 明*3

(MAEKAWA, Masaki; KAWASUSO, Atsuo; NAMBA, Toshio, ISHIDA, Akira)

1. はじめに

ポジトロニウム (Ps) は、反物質を含む初のボース・アインシュタイン凝縮 (Ps-BEC) を実現する有望な系であり、物質・反物質対称性の研究や、超短波長ガンマ線レーザーのような次世代量子技術への応用が期待されている。Ps-BEC の臨界条件は、冷却温度 10 K の場合で密度 $10^{18}/\text{cm}^3$ 以上と非常に高く、しかも Ps の寿命内にこれを達成しなければならない。Ps には長寿命 (142 ns) のオルソ Ps と、単寿命 (125 ps) のパラ Ps があり、Ps-BEC に必要な冷却時間を考慮すると、利用可能なのは長寿命のオルソ Ps のみである。スピン無偏極の陽電子および電子からはオルソ Ps が 75% の割合で生成するが、BEC を起こすような高密度ポジトロニウム塊では、スピン交換衝突や自己消滅によりその大部分 (約 95%) が数百ピコ秒以内に失われてしまうため[1]、Ps-BEC の実現には超高強度の陽電子ビームが必要とされる。我々は、スピン偏極した陽電子を用いてこの損失を抑制し、Ps-BEC に必要な陽電子個数の低減を試みている。スピン偏極陽電子は β^+ 壊変核種から得られるが、強度は限られている。そこで線源から発生する直流陽電子ビームを電磁トラップ内に一定時間蓄積し、瞬間的に取り出すことで高強度のパルスビームを形成[2, 3]できる、スピン偏極陽電子ビーム蓄積装置の開発を進めている。

2. 開発の現状

図 1 に現在構築中のスピン偏極・超高密度陽電子パルス発生装置の概略を示す。陽電子ビーム発生には独自開発の小型 Na-22 線源 (500 MBq) を使用した。これは有効面積が 2mm に抑えられており、市販密封 Na-22 線源に比べ発生面積が数分の 1 となるため高輝度化に有利である。またバックング材に軽元素 (カーボン) を使用することで、スピン偏極率を高める工夫がなされている[4]。これを本装置に装着し、固体ネオン減速材を用いた場合、ビーム径 2mm Φ 、強度 5×10^5 個/s と、ほぼ設計値通りの性能を得た。現在、パルス形成実験の実施に向け、ビーム発生条件の最適化、関連機器の調整などの準備作業を進めている。

本研究は JSPS 科研費 JP23H05462 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] O. Morandi *et al.*, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **47** (2014) 155202.
- [2] D. B. Cassidy *et al.*, Rev. Sci. Instr. **77**, 073106 (2006). DOI: 10.1063/1.2221509
- [3] J. Clarke *et al.*, Rev. Sci. Instr. **77**, 063302 (2006). DOI: 10.1063/1.2206561
- [4] M. Maekawa *et al.*, Nucl. Inst. Methods B **480** (2020) 49. DOI:10.1016/j.nimb.2020.08.001

*1 Takasaki Institute for Advanced Quantum Science, QST

*2 Graduate School of Science, The University of Tokyo (UTokyo)

*3 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

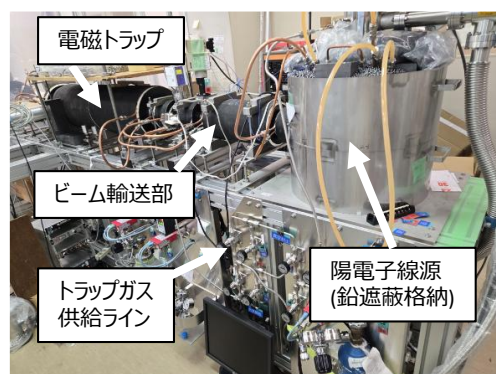


図 1 製作中のスピン偏極陽電子ビーム蓄積装置の外観写真。

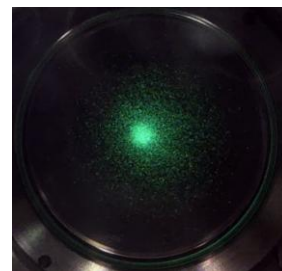


図 2 電磁トラップ部での陽電子ビーム像。ビーム径 2mm、強度 5×10^5 個/s の陽電子ビームが得られている。

全反射高速陽電子回折によるグラフェン/Co(0001) 界面への Cs 原子インターカレーションの研究

Study of Cs atom intercalation at the graphene/Co(0001) interface using TRHEPD

日本原子力研究開発機構先端基礎研究センター^{*1},
量子科学技術研究開発機構量子機能創製研究センター^{*2}

○深谷 有喜^{*1}, 李 松田^{*2}, 境 誠司^{*2}
(FUKAYA, Yuki^{*1}; LI, Songtian^{*2}; SAKAI, Seiji^{*2})

1. はじめに

異種原子のインターカレーションは、基板上に合成されたグラフェンの物性制御に有効な手段の一つとして注目されている。例えば、Ni(111)基板上のグラフェンでは、界面における強い軌道混成によりディラックコーンが消失することが知られている[1]。しかし、グラフェン上にアルカリ金属原子を蒸着し、アニールすると、ディラックコーンが再出現することが報告されている[1]。この現象から、アルカリ金属原子がグラフェン/Ni(111)界面にインターカレーションすることで、グラフェンと基板原子との相互作用がデカップリングした可能性が示唆されている。これまで、様々な系で単層グラフェン直下へのアルカリ金属原子インターカレーションが研究されてきたが、その焦点は主にディラックコーンなどの電子状態に当てられてきた。そのため、インターカレーション後の界面構造変化に関する知見は未解明な点が多く、構造に基づく議論が不足しているのが現状である。本研究では、全反射高速陽電子回折 (TRHEPD) [2]を用いて、Cs 原子インターカレーションによるグラフェン/Co(0001)界面の構造変化について報告する。

2. 方法

実験は、高エネルギー加速器研究機構低速陽電子実験施設にて実施した。陽電子ビームの加速電圧は 10 kV に設定した。

試料作製は、まず $\text{Al}_2\text{O}_3(0001)$ 基板上に Co 単結晶薄膜を作製し、その表面にアセチレンガスを曝露することで単層グラフェンを合成した。

3. 結果および考察

図 1 に Cs 原子インターカレーション前後の TRHEPD ロッキング曲線を示す。インターカレーション後、視射角 3~5° の範囲において、複数の微細なピークが出現していることが確認された。これは、グラフェン/Co(0001)界面へのインターカレーションにより、グラフェンとインターカレーション層との層間隔が増大したことに対応すると考えられる。講演では、動力学的回折理論に基づく強度解析を行い、この構造変化の詳細について報告する。

[1] A. Nagashima, N. Tejima, and C. Oshima, Phys. Rev. B **50**, 17487 (1994).

[2] Y. Fukaya, A. Kawasuso, A. Ichimiya, and T. Hyodo, J. Phys. D: Appl. Phys. **52**, 013002 (2019).

^{*1} Advanced Science Research Center, Japan Atomic Energy Agency

^{*2} Quantum Materials and Applications Research Center, National Institutes for Quantum Science and Technology

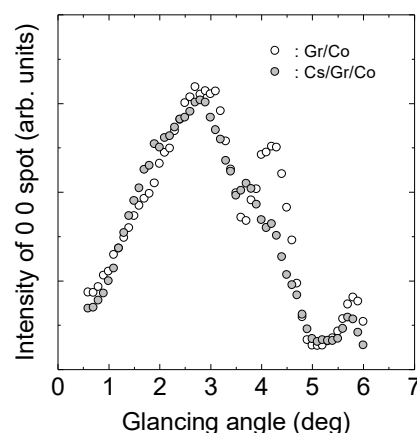


図 1 グラフェン/Co(0001)基板における Cs 原子インターカレーション前後の TRHEPD ロッキング曲線 (白丸：インターカレーション前、黒丸：インターカレーション後)。

電子線型加速器ベースの低速陽電子ビームを用いた材料測定系の開発
Development of a materials characterization system
using an electron-linac-based slow positron beam

京都大学大学院工学研究科^{*1}, 京都大学複合原子力科学研究所^{*2}

○宇野 将生^{*1}, 木野村 淳^{*2}

(UNO, Masaki^{*1}; KINOMURA, Atsushi^{*2})

1. はじめに

現在, 京都大学複合原子力科学研究所において運用されている電子線型加速器 (KURNS-LINAC) で発生する 30 MeV 電子ビームを利用した低速陽電子ビームラインの開発を進めている. 電子線型加速器を利用した低速陽電子ビームは, 発生源となる電子ビームが高周波加速で得られるパルスであることから, 対生成で生じる陽電子ビームも同様の時間構造を持つ. このため, 電子線型加速器ベースの低速陽電子ビームは原子炉ベース低速陽電子ビームの代替手段という位置付けに限らず, パルスビームの特徴を生かした材料測定への応用も期待される.

本研究では材料内部の欠陥を測定する低速陽電子ビームシステムの構築に向けて, 陽電子が試料部に到達していることの確認, 陽電子蓄積部内での陽電子保持時間と計数率の依存性の確認, ガンマ線スペクトルと陽電子寿命スペクトルの試験的測定を実施した.

2. 方法

タングステン (W) コンバータに電子ビームを照射して対生成させた陽電子を, 白金 (Pt) モデレータで熱化し, 磁場により試料部まで輸送した. ビームの到達確認として, 試料部に設置した蛍光板付 MCP (Micro Channel Plate) の発光をカメラで記録した.

陽電子保持時間と計数率の依存性の確認のため, 陽電子蓄積部において陽電子を保持する時間を変化させて, 陽電子ビームを標準試料のポリイミドフィルムに照射し, その時の陽電子由来の γ 線を半導体 Ge 検出器で計測した.

陽電子蓄積部 (ストレージ) を使用しない場合, Ge 検出器が飽和して γ 線スペクトルの取得ができないが, ストレージの制御によりビームのパルス幅を広げて γ 線スペクトルが取得できることを確認した.

3. 結果および考察

陽電子ビームを試料に照射した時に蛍光板の発光が確認され, 陽電子が MCP の中心付近に到達していることが確認された. また, ガンマ線測定において, 陽電子保持時間を変化させたところ, 陽電子蓄積時間 1 ms 程度で陽電子由来の γ 線の計数数はピークを示し, 1 ms 以上で陽電子数が減少した. このことは, 電子線入射時の線源部の脱ガスの影響により, ビームラインの真真空度が十分ではなく, 残留ガスに陽電子が衝突し消滅するためと考えられる.

4. 結論

これまでの実験により, 電子線型加速器ベースの低速陽電子ビームラインにおけるビーム輸送状況, およびストレージ制御に基づく陽電子パルス幅の制御が可能であることを確認した. 今後は, ビームラインの構造を改善して, 計数率の向上, 蓄積時間向上を目指す. そして, 陽電子寿命測定とドップラー広がり測定の測定システムの最適化を行う. 性能改善したビームラインを用いて, 材料内部の空孔サイズと濃度を測定する陽電子寿命測定への本格的な利用・展開を進めていく予定である.

謝辞: 本研究は科研費 22H02005 及び 25H00859 の支援を受けて実施した.

^{*1} Graduate School of Engineering, Kyoto University

^{*2} Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University

研究炉の陽電子線源部に使用するモデレータ材料の減速効率への照射損傷影響 Evaluation of Irradiation Damage in Moderator Materials for Reactor-Based Positron Source

京都大学大学院工学研究科^{*1}, 複合原子力科学研究所^{*2}

○原嶋 和輝^{*1,2}, 木野村 淳^{*2}, 土田 秀次^{*1}

(HARASHIMA, Kazuki^{*1,2}; KINOMURA, Atsushi^{*2}; TSUCHIDA, Hidetsugu^{*1})

1. はじめに

研究用原子炉を用いた低速陽電子ビーム発生技術は、他の手法と比較して、高強度かつ安定したビームが得られるという利点があり、これまでに複数の研究機関で開発が行われてきた。陽電子発生部が原子炉内にある場合、発生した陽電子を減速する際に用いる減速材（モデレータ）は、中性子照射による損傷を受け、減速効率が低下し、結果として低速陽電子ビームの強度低下が予想される^{*1}。

本研究では、陽電子の減速効率が照射損傷量と試料温度に対してどのように影響を受けるかを明らかにすることを目的とした。多結晶 Pt 箔試料に対して、中性子照射を模擬するため自己イオン照射を行い、陽電子消滅分光法を用いて欠陥評価を行った。

2. 方法

2.1 供試材料 厚さ 50 μm の多結晶 Pt 箔試料（純度 99.95%）に対し、加工歪を除去するため、真空中で 1100°C、1 h のアニーリングを行った。この試料に対して、9 MeV の自己イオン照射を行うことで、サブミクロンの深さにカスケード損傷を導入した。照射量と試料温度が異なる試験片を作製した。照射条件として、3 つの照射量： $\phi = 1 \times 10^{11}, 1 \times 10^{12}, 1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ と 4 つの温度：室温、373, 473, 573 K で照射した試料と、未照射試料とを比較した。

2.2 欠陥評価 照射量、試料温度の異なる 7 種の試験片に対して、複合研の原子炉ベース低速陽電子ビームラインを用いた陽電子消滅分光法により、試料内部の欠陥評価を実施した。ドップラー広がり測定を実施し、S-parameter の陽電子のエネルギー依存性（S-E カーブ）をエネルギー 0~30 keV の範囲で測定した。得られた S-E カーブを VEPFIT コードを用いて解析し、陽電子の拡散長を計算した。

3. 結果および考察

陽電子消滅分光法による測定の結果を Fig.1 に示す。照射量の増加に対し、材料深部における S-parameter の上昇が確認された。未照射と比較して、欠陥密度の増加傾向が示された。また、照射時温度の増加により、材料深部における S-parameter が低下した。室温と比較して、表面近傍で S-E カーブの急峻な変化が観測され、573 K では欠陥密度の増加による拡散長の減少傾向が示された。

陽電子の拡散長を計算した結果、試料温度の上昇に対して陽電子の拡散長が増加していることが示唆された。これは、核発熱の徐熱を制御して意図的に高温条件を与えることで、照射によって生成した点欠陥や二次欠陥のその場回復を促進して、モデレータの長寿命化につながる可能性を示している。

4. 結論

照射量の増加により損傷が蓄積し、陽電子の拡散長が低下した。また、照射時の試料温度の増加により、損傷蓄積が抑制され、陽電子の拡散長低下が抑制された。

謝辞：本研究の一部は文部科学省のもんじゅサイト新試験研究炉に関する研究予算の助成を受けて実施したものです。

^{*1} Graduate School of Engineering, Kyoto University

^{*2} KURNS, Kyoto University

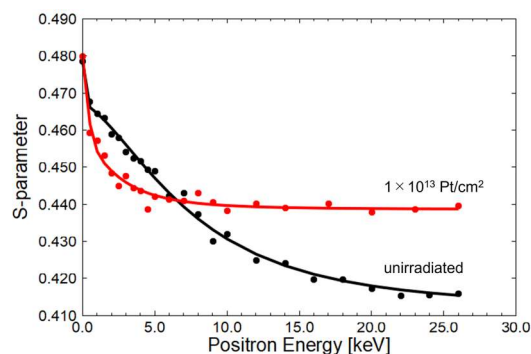


Fig.1 イオン照射を行った試料と未照射の試料の S-E カーブの比較

SiC 再減速材を用いた反射型陽電子ビーム高輝度化システムの開発 Development of a reflection-type brightness enhancement system for positron beams using a SiC remoderator

産業技術総合研究所^{*1}, 京都大学複合原子力科学研究所^{*2}

○満汐 孝治^{*1}, 鈴木 栄里^{*1}, 木野村 淳^{*2}

(MICHISHIO, Koji^{*1}; SUZUMURA, Eri^{*1}; KINOMURA, Atsushi^{*2})

1. はじめに

原子炉や電子加速器を利用することで、高強度の低速陽電子ビームを生成でき、材料評価や表面科学、基礎物理学などの幅広い研究に利用されている。陽電子は、原子炉や加速器からの高エネルギー光子線の対生成により生成され、タングステンなどの減速材に入射して低速化することで低速陽電子ビームが得られる。しかし、こうして得られる低速陽電子ビームの空間分布は、減速材のサイズを反映して大きく広がる（直径>2 cm）ため、そのままでは多くの測定への適用が困難である。このため、ビームを再減速材と呼ばれる物質に集束し、表面から再放出される陽電子を引き出すことで、ビーム径を効率的に縮小し輝度を向上させる高輝度化法が用いられる。この高輝度化法は、金属薄膜に陽電子を入射し裏面から放出される陽電子を利用する透過型と、厚い金属結晶表面に集束し、同一面から再放出される陽電子を利用する反射型に分類される。透過型は輸送系の構成が比較的単純である一方、原子炉ベースの低エネルギービーム（輸送エネルギー~1 keV）に適用する場合には、陽電子を金属薄膜中に効率的に打ち込むために、再減速材及び後段のビームラインを電氣的に昇圧する必要がある。これに対し反射型は、入射面と出射面が同一であるため輸送系が複雑になるものの、1 keV 程度の入射エネルギーでも比較的高い再放出効率が得られ、再減速材を接地電位で使用できる。このため、後段ビームラインの設計自由度や汎用性が高い。さらに、従来の金属結晶に代えて半導体結晶（SiC など）を再減速材として用いることで、再減速効率（高輝度化効率）を向上できる可能性がある。本研究では、原子炉および電子加速器ベースの低速陽電子ビームに適用可能な高効率高輝度化システムの実現を目的として、SiC 再減速材を用いた反射型高輝度化システムの開発を進めている。講演では、SiC 結晶の再減速材効率の評価実験とシステム開発の進捗について報告する。

2. 方法

SiC 結晶の再減速効率を評価するために、ナノ秒パルス状陽電子ビームと電場リターディング法を組み合わせた評価システムを開発した。陽電子ビームを再減速材に入射し、再放出された陽電子を追い返し電場の有無およびナノ秒時間分解測定によって選別することで、再放出効率を評価した。また、再放出効率の追い返し電圧依存性を測定することで、再放出エネルギー分布も評価した。さらに、再減速材の評価と並行して、荷電粒子軌道シミュレーションを用いた反射型高輝度化システムの輸送光学系の検討を行った。

3. 結果および考察

各種メーカーの 4H-SiC 結晶を対象に再減速効率を評価した結果、高品質な SiC エピタキシャルウェハーにおいて約 65%の効率が得られた。これは、従来用いられる W 結晶の約 2 倍の効率に相当し、SiC 結晶の適用により高輝度化効率を向上できる可能性が示された。また、反射型高輝度化システムの輸送光学系の検討では、再減速材への入射ビームを電界レンズと磁界レンズの併用により集束し、出射ビームを電界レンズで輸送するためのパラメータを決定した。今後は、これらの知見に基づき、SiC 再減速材を用いた反射型高輝度化システムを製作し、その性能評価を進める予定である。

^{*1} National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

^{*2} Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University