

医理連携による進行がん治療のための国際医療拠点形成事業

兼田加珠子、豊嶋厚史、樺山一哉、白神宜史、角永悠一郎、加藤弘樹、渡部直史、大江一弘、真鍋良幸、下山敦史、永田光知郎、吉村崇、福田光宏、中野貴志、金井好克、深瀬浩一、笠松良崇

医理核連携教育研究プロジェクト

本プロジェクトでは、理学研究科、医学系研究科、核物理研究センター、放射線科学基盤機構の連携のもとに、加速器を用いた放射性核種の製造とそれを用いた医学応用について共同研究を実施している。核物理学、核化学、生体分子化学、核医学を融合することにより初めて実現可能な医理連携研究を推進するとともに、関連する教育の推進を目的としている。多様な学際融合研究を推進することにより基礎研究の成果を基盤にした臨床応用を実現することを目指しており、新規イノベーションの創出につながることを期待できる。

2022 年より阪大病院で始まった甲状腺がんの治療薬としてのアスタチン化ナトリウム (Na^{211}At) の医師主導治験も終盤に向かい、2024 年からは前立腺がんの医師主導治験が開始された。また、昨年に引き続き、 α 線放出核種を用いた次世代核医学治療法の開発を進めるため、 ^{211}At (アスタチン 211) を用いた標識薬剤の合成法検討ならびにその細胞毒性評価を実施した。加えて、正常動物やがん担持動物を用いた動態確認を行うと共に、治療効果の検討を進め、新規薬剤の研究開発を進めている。具体的には、以下のとおりである。

・ ^{211}At 標識 PSMA リガンド

前立腺がんに発現する前立腺特異的膜抗原を標的とした標識薬の開発に成功し、その有効性を確認した。本シーズは 2022-2026 年度 日本医療研究開発機構 (AMED) 橋渡し研究 (シーズン F 代表: 渡部直史) に採択され、2024 年 5 月より医師主導治験を進めている。

・ ^{211}At 標識 FAP 阻害薬

がん間質細胞に高発現する FAP α (繊維芽細胞活性化タンパク) を標的とした標識薬の開発を進めている。非臨床試験への移行を目指し、検証を進め論文発表を行った。2024-2026 年度 科研費基盤 B (代表: 渡部直史) が採択され、2025 年度より AMED 創薬ブースター (代表: 兼田加珠子) が採択内定した。

・ At-211 標識大型中性アミノ酸誘導体

2023-2024 年度 日本医療研究開発機構 (AMED) 橋渡し研究 (シーズン A 代表: 兼田加珠子) に採択され、がん細胞に高発現するがん細胞型アミノ酸トランスポーター LAT1 を標的とした標識薬を開発し、論文発表を行った。

・ At-211 標識金ナノ粒子

膵がんの腹膜播種例への適応を目指し、2024-2026 年度 日本医療研究開発機構 (AMED) 橋渡し研究 (シーズン preF 代表: 加藤弘樹) に採択され、非臨床試験を目指している。

研究業績リスト

I 査読論文

1. Evaluation of Targeted Alpha Therapy Using [^{211}At]FAPI1 in Triple-Negative Breast Cancer Xenograft Models.
Abe K, Watabe T, Kaneda-Nakashima K, Shirakami Y, Kadonaga Y, Naka S, Ooe K, Toyoshima A, Giesel F, Usui T, Masunaga N, Mishima C, Tsukabe M, Yoshinami T, Sota Y, Miyake T, Tanei T, Shimoda M, Shimazu K.
Int J Mol Sci. 2024 Oct 28;25(21):11567.
doi: 10.3390/ijms252111567.
2. Preclinical Evaluation of Biodistribution and Toxicity of [^{211}At]PSMA-5 in Mice and Primates for the Targeted Alpha Therapy against Prostate Cancer.
Watabe T, Kaneda-Nakashima K, Kadonaga Y, Ooe K, Sampunta T, Hirose N, Yin X, Haba H, Kon Y, Toyoshima A, Cardinale J, Giesel FL, Fukase K, Tomiyaama N, Shirakami Y.
Int J Mol Sci. 2024 May 23;25(11):5667.
doi: 10.3390/ijms25115667.
3. Development of LAT1-Selective Nuclear Medicine Therapeutics Using Astatine-211.
Kaneda-Nakashima K, Shirakami Y, Hisada K, Feng S, Kadonaga Y, Ooe K, Watabe T, Manabe Y, Shimoyama A, Murakami M, Toyoshima A, Haba H, Kanai Y, Fukase K.
Int J Mol Sci. 2024 Nov 18;25(22):12386.
doi: 10.3390/ijms252212386.
4. Comparison Length of Linker in Compound for Nuclear Medicine Targeting Fibroblast Activation Protein as Molecular Target.
Hisada K, Kaneda-Nakashima K, Shirakami Y, Kadonaga Y, Saito A, Watabe T, Feng S, Ooe K, Yin X, Haba H, Murakami M, Toyoshima A, Cardinale J, Giesel FL, Fukase K.
Int J Mol Sci. 2024 Nov 15;25(22):12296.
doi: 10.3390/ijms252212296.
5. Development and Utility of an Imaging System for Internal Dosimetry of Astatine-211 in Mice.
Atsushi Yagishita, Miho katuragawa, Shin' ichiro Takeda , Yoshifumi Shirakami,

Kazuhiro Ooe, Atsushi Toyoshima, Kazuko Kaneda-Nakashima, Tadayuki Takahashi, Tadashi Watabe.

Bioengineering 2024, 11, 25.

<https://doi.org/10.3390/bioengineering11010025>

6. Comparison of Nuclear Medicine Therapeutics Targeting PSMA among Alpha-Emitting Nuclides.

Kazuko Kaneda-Nakashima, Yoshifumi Shirakami, Yuichiro Kadonaga, Tadashi Watabe, Kazuhiro Ooe, Yin, Xiaojie, Hiromitsu, Haba, Kenji Shirasaki, Hidetoshi Kikunaga, Kazuaki Tsukada.; Atsushi Toyoshima, Jens Cardinale, Frederik L. Giesel, Koichi Fukase
Int. J. Mol. Sci. 2024, 25, 933.

<https://doi.org/10.3390/ijms25020933>

7. Production of [211At]NaAt solution under GMP compliance for investigator-initiated clinical trial

Sadahiro Naka, Kazuhiro Ooe, Yoshifumi Shirakami, Kenta Kurimoto, Toshihiro Sakai, Kazuhiro Takahashi, Atsushi Toyoshima, Yang Wang, Hiromitsu Haba, Hiroki Kato, Noriyuki Tomiyama, Tadashi Watabe,

EJNMMI Radiopharmacy and Chemistry 2024; 9:29.

<https://doi.org/10.1186/s41181-024-00257-z>

8. First-in-human SPECT/CT imaging of [211At]PSMA-5: targeted alpha therapy in a patient with refractory prostate cancer.

Tadashi Watabe, Koji Hatano, Sadahiro Naka, Hidetaka Sasaki, Takashi Kamiya, Yoshifumi Shirakami, Atsushi Toyoshima, Jens Cardinale, Frederik L. Giesel, Kayako Isohashi, Norio Nonomura, Noriyuki Tomiyama.

Eur J Nucl Med Mol Imag 204; in press

<https://doi.org/10.1007/s00259-024-07017-w>

9. Theranostics using 89Zr/177Lu-labeled antibody targeting erythropoietin-producing hepatocellular A2 (EphA2).

Tadashi Watabe, Takumi Iwasawa, Hiroyuki Kimura, Yoshifumi Shirakami, Sadahiro Naka, Kazuko Kaneda, Takanori Kobayashi, Marina Omokawa, Yusuke Yagi, Noriyuki Tomiyama, Kazunori Kato.

Eur J Nucl Med Mol Imag 2025; in press

<https://doi.org/10.1007/s00259-025-07139-9>

10. Chemical Synthesis of *Acetobacter pasteurianus* Lipid A with a Unique Tetrasaccharide Backbone and Evaluation of Its Immunological Functions.
Yamaura, H.; Shimoyama, A.; Hosomi, K.; Kabayama, K.; Kunisawa, J.; Fukase, K.
Angew. Chem. Int. Ed. 2024, 63. e202414682.
DOI: 10.1002/anie.202414682.
11. Cage-Shaped Borate Catalysts Bearing Precisely Controlled Lewis Acidity and Its Application to Glycosylations.
Manabe, Y.; Tsutsui, Y.; Tanaka, Y.; Yokoyama, Y.; Ikinaga, Y.; Nishitani, T.; Yano, K.; Miyagawa, R.; Fukase, K.; Konishi, A.; Yasuda, M.
J. Org. Chem. 2024, 89. 15630–15635.
DOI: 10.1021/acs.joc.4c01706.
12. Development of a FUT8 Inhibitor with Cellular Inhibitory Properties.
Manabe, Y.; Takebe, T.; Kasahara, S.; Hizume, K.; Kabayama, K.; Kamada, Y.; Asakura, A.; Shinzaki, S.; Takamatsu, S.; Miyoshi, E.; García-García, A.; Vakhrushev, S. Y.; Hurtado-Guerrero, R.; Fukase, K.
Angew. Chem. Int. Ed. 2024, 63. e202414682.
DOI: 10.1002/anie.202414682.
13. De Novo Glycan Display on Cell Surfaces Using HaloTag: Visualizing the Effect of the Galectin Lattice on the Lateral Diffusion and Extracellular Vesicle Loading of Glycosylated Membrane Proteins.
Miura, A.; Manabe Y.; Suzuki, K. G. N.; Shomura, H.; Okamura, S.; Shirakawa, A.; Yano, K.; Miyake, S.; Mayusumi, K.; Lin, C-C.; Morimoto, K.; Ishitobi, J.; Nakase, I.; Arai, K.; Kobayashi, S.; Ishikawa, S.; Kanoh, H.; Miyoshi, E.; Yamaji, T.; Kabayama, K.; Fukase, K.
J. Am. Chem. Soc. 2024, 146, 22193–22207.
DOI: 10.1021/jacs.4c02040.
14. Synthesis and immunological evaluation of TLR1/2 ligand-conjugated RBDs as self-adjuvanting vaccine candidates against SARS-CoV-2.
Manabe, Y.; Gárate-Reyes, B.; Ito, K.; Hurtado-Guerrero, R.; Kabayama, K.; Fukase, K.

Chem. Commun. 2024, 60, 3946–3949.

DOI: 10.1039/d4cc00462k

15. Validation and Application of an Innovative Protective Group Concept: Enhancing Substrate Reactivity in Glycosylations by Disrupting Intermolecular Interactions.

Yano, K.; Yoshimoto, T.; Tsutsui, M.; Manabe, Y.; Fukase, K.

Synlett 2024, 35

DOI: 10.1055/a-2269–7680

II 国際会議等における発表

1. Phase-I Clinical Trial using [211At]NaAt as a Targeted Alpha Therapy for Differentiated Thyroid Cancer.

Tadashi Watabe, Kazuya Kabayama, Kosuke Mukai, Atsunori Fukuhara, Kazuko Kaneda-Nakashima, Yoshifumi Shirakami, Sadahiro Naka, Kazuhiro Ooe, Hidetaka Sasaki, Takashi Kamiya, Yang Wang, Hiromitsu Haba, Atsushi Toyoshima, Takashi Nakano, Koichi Fukase, Ichiro Shimomura, Noriyuki Tomiyama.

TAT12. 27 Feb–2 Mar, 2024

Cape Town

2. Targeted alpha therapy using astatine (At-211)-labeled PSMA5: a preclinical evaluation as a novel compound.

Tadashi Watabe, Kazuko Kaneda-Nakashima, Yoshifumi Shirakami, Yuichiro Kadonaga, Kazuhiro Ooe, Yang Wang, Hiromitsu Haba, Kazuya Kabayama, Atsushi Toyoshima, Jens Cardinale, Frederik L. Giesel, Takashi Nakano, Noriyuki Tomiyama, Koichi Fukase.

TAT12. 27 Feb–2 Mar, 2024

Cape Town

3. Development of short-lived alpha-emitting nuclear medicine targeting amino acid transporter.

Kazuko Kaneda, Yoshifumi Shirakami, Yuichiro Kadonaga, Watabe Tadashi, Manabe Yoshiyuki, Atsushi Shimoyama, Kazuya Kabayama, Yoshikatsu Kanai, Atsushi Toyoshima, Atsushi Shinohara, Kazuhiro Ooe, Xiaojie Yin, Hiromitsu Haba, Mitsuhiro Fukuda, Koichi Fukase.

The 11th Takeda Science Foundation Symposium on Pharma Sciences. 26–27 Jan 2024

Grand Front Osaka, Osaka.

4. Synthesis and Evaluation of Astatine-211-Labeled Fibroblast Activation Protein Inhibitor (FAPI) for Targeted Alpha Therapy.

Atsushi Shimoyama, Ayaka Aso, Yuichiro Kadonaga, Yoshifumi Shirakami, Tadashi Watabe, Taku Yoshiya, Masayoshi Mochizuki, Kazuhiro Ooe, Atsuko Kawakami, Naoya Jinno, Atsushi Toyoshima, Hiromitsu Haba, Yang Wang, Jens Cardinale, Frederik L. Giesel, Kazuko Kaneda-Nakashima, Koichi Fukase.

The 11th Takeda Science Foundation Symposium on Pharma Sciences. 26-27 Jan 2024

Grand Front Osaka, Osaka

5. Production of [211At]PSMA-5 for a targeted alpha-particle therapy of prostate cancer.

Yoshifumi Shirakami, Tadashi Watabe, Kazuko Kaneda-Nakashima, Sadahiro Naka, Yuichiro Kadonaga, Kazuhiro Ooe, Hiromitsu Haba, Xiaojie Yin, Naoya Jinno, Yukiyoshi Kon, Atsushi Toyoshima, Koichi Fukase.

The 11th Takeda Science Foundation Symposium on Pharma Sciences. 26-27 Jan 2024

Grand Front Osaka, Osaka

6. Synthesis and evaluation of [211At]FAPI derivatives for targeted alpha therapy (TAT) of tumors expressing fibroblast activation protein (FAP).

Yoshifumi Shirakami, Tadashi Watabe, Kazuko Kaneda-Nakashima, Yuichiro Kadonaga, Kazuhiro Ooe, Masayuki Takamatsu, Atsushi Shimoyama, Atsuko Kawakami, Naoya Jinno, Hiromitsu Haba, Yukiyoshi Kon, Atsushi Toyoshima, Koichi Fukase.

CJKSRS 2024 Sep, 19-20, 2024

Art Hall, Kanazawa, Japan

7. Absorbed dose estimation of [211At]PSMA-5 using a novel semiconductor imaging system in a preclinical study.

Tadashi Watabe, Shin' ichiro Takeda, Kazuko Kaneda-Nakashima, Miho Katsuragawa, Atsushi Yagishita, Yoshifumi Shirakami, Yuichiro Kadonaga, Kazuhiro Ooe, Atsushi Toyoshima, Hiromitsu Haba, Jens Cardinale, Frederik L. Giesel, Koichi Fukase, Tadayuki Takahashi, Noriyuki Tomiyama.

EANM2024, October 19-23, 2024

Hamburg, Germany

8. In-house GMP manufacturing of [211At]PSMA-5 solution using an automated synthesizer for investigator-initiated clinical trials.

Sadahiro Naka, Yoshifumi Shirakami, Naoya Jinno, Toshihiro Sakai, Kazuhiro Ooe, Kenta Kurimoto, Yukiyoshi Kon, Xiaojie Yin, Hiromitsu Haba, Atsushi Toyoshima, Tadashi Watabe.

SNMMI2024, Jun 8-11

Congress Center, Tronto, Canada

9. Absorbed dose estimation of [211At]PSMA-5 using a novel semiconductor imaging system in a preclinical study.

Tadashi Watabe, Shin' ichiro Takeda, Miho Katsuragawa, Atsushi Yagishita, Kazuko Kaneda-Nakashima, Yuichiro Kadonaga, Kazuhiro Ooe, Atsushi Toyoshima, Hiromitsu Haba, Jens Cardinale, Frederik L. Giesel, Koichi Fukase, Noriyuki Tomiyama, Tadayuki Takahashi.

SNMMI2024, Jun 8-11

Congress Center, Toronto, Canadas

10. Strategies for cancer therapy by controlling the intracellular dynamics of antibody drugs.

Kazuya Kabayama

the 13th ACGG (Asian Community of Glycoscience and Glycotechnology) Conference, Nov 14-15

Surabaya, Indonesia

11. Strategies for cancer therapy by controlling the intracellular dynamics of antibody drugs

Kazuya Kabayama

Symposium "From Innovation to Applications" Osaka University - Université de Strasbourg, Oct 16-18

Strasbourg, France

12. Alpha targeted therapy by regulating Intracellular dynamics of antibody drugs

Kazuya Kabayama, Yoshiyuki Manabe, Atsushi Toyoshima, Kazuko Kaneda, Tadashi Watabe, Koichi Fukase

The 12th China-Japan-Korea Symposium on Radiopharmaceutical Sciences (CJKSRS2024), Sep 19-20

Kanazawa, Japan

13. Strategies for Cancer Therapy by Regulating Intracellular Dynamics of Antibody Drugs
Kazuya Kabayama, Yoshiyuki Manabe, Atsushi Toyoshima, Kazuko Kaneda, Tadashi Watabe,
Koichi Fukase
21st IUPAB Congress 2024 (IUPAB2024), Jun 24–28
Kyoto, Japan
14. Development of the Novel Astatine-Labeled Functional Antibody for Cancer Therapy
Koki Mayusumi, Kazuya Kabayama, Junichi Takagi, Hiroaki Suga, Kazuko Kaneda-Nakashima,
Kazuhiro Ooe, Atsushi Toyoshima, Koichi Fukase
The 3rd International Symposium on Biofunctional Chemistry (ISBC2024), Apr 24–26
Nagoya University, Aichi, Japan
15. EpCAM targeted 211At-Labeled Gold Nanoparticle-Conjugated Antibody for Pancreatic
Cancer Alpha Therapy
Erina Hilmayanti, Kazuya Kabayama, Kazuko Kaneda-Nakashima, Kazuhiro Ooe, Atsushi
Toyoshima, Koichi Fukase
The 3rd International Symposium on Biofunctional Chemistry (ISBC2024), Apr 24–26
Nagoya University, Aichi, Japan

Ⅲ 国内会議等における発表

1. Development of nuclear medicine therapeutics aimed at eliminating rare cancers (希少がん制圧を目指した核医学治療薬の開発)
兼田（中島）加珠子、高見 晴奈、王谷 英達、渡部 直史、真鍋 良幸、下山 敦史、樺山 一哉、金井 好克、豊嶋 厚史、篠原 厚、深瀬 浩一
第 83 回日本癌学会学術総会
2024 年 9 月 19 日–21 日
福岡国際会議場・福岡マリンメッセ
2. RI の製造と核医学への応用について。
白神宜史、渡部直史、水飼秋菜、兼田加珠子、大江一弘、豊嶋厚史、横北卓也・菊永英寿。
ELPH シンポジウム, 2024. 03. 08.

仙台 東北大学電子光理学研究センター三神峯ホール（招待講演）

3. 前立腺がんの α 線核医学治療：[211At]PSMA-5 の非臨床試験と治験計画，
白神宜史，渡部直史，兼田加珠子，仲定宏
第 11 回泌尿器画像診断・治療技術研究会（JSURT），2024. 08-02-03，
京都（ウェスティン都ホテル蹴上）招待講演。
4. SYNTHESIS AND EVALUATION OF ASTATINE-211-LABELED AGENT TARGETING FIBROBLAST ACTIVATION
PROTEIN IN CANCER
Taketo Toda, Masayuki Takamatsu, Ayaka Aso, Yuichiro Kadonaga, Yoshifumi Shirakami,
Tadashi Watabe, Taku Yoshiya, Masayoshi Mochizuki, Kazuhiro Ooe, Atsushi Toyoshima,
Jens Cardinale, Frederik Lars Giesel, Kazuko Kaneda-Nakashima, Atsushi Shimoyama,
Koichi Fukase.
第 61 回ペプチド討論会 2024. 10. 29-31
名古屋大学、名古屋
5. 前立腺がん治療薬[211At]PSMA-5 及び[225Ac]PSMA-617 の前臨床における性能比較.
白神宜史，渡部直史，兼田加珠子，仲定宏，角永悠一郎，大江一弘，羽場宏光，Xiaojie Yin，
神野直哉，豊嶋厚史，深瀬浩一.
第 64 回日本核医学会学術総会 2024. 11. 07-09
パシフィコ横浜、横浜
6. 医師主導治験に向けた[211At]PSMA-5 注射液のプロセスバリデーション
仲定宏，白神宜史，大江一弘，栗本健太，堺俊博，今教禎，Xiaojie Yin，羽場宏光，豊嶋厚史，渡部直史，富山憲幸.
第 64 回日本核医学会学術総会 2024. 11. 07-09
パシフィコ横浜、横浜
7. RI の利用と核医学への応用.
白神宜史.
ELPH Symposium 2024. 3. 07, 査読無（招待講演）
東北大学、仙台
8. 治験薬[211At]NaAt の製法及び品質確立-甲状腺がんの治療.
白神宜史，仲定宏，渡部直史，兼田加珠子，大江一弘，羽場宏光，村上昌史，豊嶋厚史.

日本放射化学会第 68 回討論会 2024. 9. 23-25

グランシップ、静岡

9. 211At の品質標準化に向けた溶出液の分析

村上昌史, 渡辺茂樹, 佐々木一郎, 石岡典子, 大矢智幸, 市瀬潤, 永津弘太郎, 水飼秋菜, 梶山和希, 白神宜史, 今教禎, 大江一弘, 豊嶋厚史.

日本放射化学会第 68 回討論会 2024. 9. 23-25

グランシップ、静岡

10. RI の核医学利用- 診断から治療へ - $^{177}\text{Lu}(\beta)$, $^{225}\text{Ac}(\alpha)$, $^{211}\text{At}(\alpha)$

白神宜史.

2024 重元素化学研究会 2024. 6. 08-09

原子力機構外来者用多目的宿泊施設、東海村

11. Strategies for Cancer Therapy by Regulating Intracellular Dynamics of Antibody Drugs

Kazuya Kabayama, Ayane Miura, Yoshiyuki Manabe, Tadashi Watabe, Yuki Iizuka, Atsushi Toyoshima, Koichi Fukase

第 16 回光塾、2024. 12. 17-18

東京大学 駒場キャンパス

12. Tumor-specific immune activation mechanism induced by At-211

黛功樹, 樺山一哉, 兼田加珠子, 大江一弘, 豊嶋厚史, 深瀬浩一

第 2 回短寿命 RI 利用研究シンポジウム、2024. 12. 13-14

グランフロント大阪

13. 短寿命 α 線放出核種 211At による細胞死誘導の解析

真柄壮一郎, 黛功樹, 大江一弘, 豊嶋厚史, 樺山一哉, 深瀬浩一

第 2 回短寿命 RI 利用研究シンポジウム、2024. 12. 13-14

グランフロント大阪

14. α 線核医学治療におけるがん免疫の効果

樺山一哉

BioMedical Forum 2025 ～がん免疫を分子で操る～、2024. 12. 02

大阪公立大学 中百舌鳥キャンパス

15. 抗体医薬の細胞内動態制御に基づくがん治療法の探索

樺山一哉

第 21 回 JCGG シンポジウム ～多様性のもとに発展する糖鎖科学研究～、2024. 12. 19-20
コラッセふくしま

16. SYSTHESIS AND EVALUATION OF ASTATINE-211-LABELED AGENT TARGETING FIBROBLAST ACTIVATION PRPTEIN IN CANCER

Taketo Toda, Masayuki Takamatsu, Ayaka Aso, Yuichiro, Kadonaga, Yoshifumi shirakami, Tadashi Watabe, Taku Yoshiya, Masayoshi Mochizuki, Kazuhiro Ooe, Atsushi Toyoshima, Jens Cardinale, Frederik Lars Giesel, Kazuko Kaneda-Nakashima, Atsushi Shimoyama, Koichi Fukase

第 61 回ペプチド討論会、2024. 10. 29-31
名古屋大学豊田講堂

17. α 線放出核種 ^{211}At を用いた放射線療法における腫瘍特異的な免疫活性化メカニズムの解明

黛功樹, 樺山一哉, 真柄壮一郎, 兼田加珠子, 豊嶋厚史, 深瀬浩一

第 25 回 免疫サマースクール 2024、2024. 08. 21-24
湘南国際村センター

18. 大阪大学におけるアルファ線核医学治療薬開発の進捗

樺山一哉

令和 6 年度「放射線科学とその応用」第 1 回研究会、2024. 06. 10
大阪大学 レーザー科学研究所

IV 著書

なし

V 受賞と知的財産

なし

VI その他研究業績、発表文献

1. 解説 線維芽細胞活性化蛋白を分子標的とした核医学治療薬の開発とその問題点

兼田 加珠子、白神 宜史、角永 悠一郎、久田 健太郎、馮 思凡、渡部 直史

特集 アレルゲン免疫療法の基礎と臨床、臨床免疫・アレルギー科 第 83 巻第 3 号 (2025 年 3 月発行) 307-14