

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 8 日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26282211

研究課題名(和文) 自然免疫-獲得免疫を制御する外因性・内因性分子の合成と機能解析、新規制御分子創製

研究課題名(英文) Immunostimulatory endogenous and exogenous compounds: Synthesis, functional analysis and development of immunomodulatory designed compounds

研究代表者

藤本 ゆかり (Fujimoto, Yukari)

慶應義塾大学・理工学部・教授

研究者番号：00362616

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：免疫機構の制御は多くの疾患の理解と治療に繋がることから、その解明と新規調節物質の創製・展開が期待されている。本研究においては、自然免疫と獲得免疫の連携を担う外因性および内因性分子の化学合成法開発と機能解析、さらには新規制御分子創製を目指して研究を進めた。すなわち、自然界に存在し免疫調節に関わると考えられる複合脂質および複合糖質について、特に合成例の無い化合物を中心に合成法開発とライブラリ構築に成功した。また、合成化合物を用い免疫調節作用を解析すると共に認識タンパク質との相互作用解析を行い、構造活性相関を初めて示すとともに、天然型および類縁構造を用い種々の免疫調節性化合物の役割解明を行った。

研究成果の概要(英文)：In this study, we first aimed to develop the chemical synthesis of exogenous and endogenous molecules responsible for cooperation between innate immunity and adaptive immunity, and also to analyze the function with using the synthesized compounds. We also aimed to design and produce new-types of molecules that can modulate the immune system. Namely, we first synthesized natural immunomodulatory compounds (especially glyco-conjugates and lipid-conjugates), and then analyzed the structure-activity relationships in the immunomodulatory activities and also the interaction with the recognition protein. Based on these results, the immunomodulatory functions of the natural and designed molecules were successfully shown.

研究分野：生物有機化学

キーワード：複合脂質 複合糖質 免疫調節 有機合成

1. 研究開始当初の背景

免疫機構の制御は、癌や感染症、アレルギー疾患等を含む多くの疾患の理解と治療に繋がることからその解明・展開が期待されている。一方、天然由来の細胞表層複合脂質、複合糖質等の免疫調節活性を持つと考えられる化合物については、単一構造での単離が難しい化合物も多く、これまで合成例の無い化合物群も多い。本研究においては、申請者の確立してきた種々の自然免疫受容体リガンドの合成・機能解析による知見と合成分子ライブラリを基盤とし、自然免疫獲得免疫の連携を担う外因性および内因性分子の化学合成法開発と機能解析さらには新規制御分子創製を目指すこととした。そのため、新規構造を持つ自然免疫受容体リガンドを探索、解析、合成するとともに、感染症や癌等の疾患治療の基盤となる免疫機能調節可能な分子の創製を行い、免疫制御機構の理解とともに免疫機構の制御を可能とする分子の発見・創製を目指した。

2. 研究の目的

本研究では、自然免疫—獲得免疫の連携を担う外因性および内因性分子の合成と機能解析、さらには新規制御分子創製を目指すこととした。特に、新規な骨格構造あるいは特異な自然免疫刺激活性を持つ化合物について探索するとともに、化学合成法の新規開発を行い、合成化合物を用いた機能解析を行うことを目的とした。また、これまで申請者が網羅的に構築してきた自然免疫化合物ライブラリを基盤とし、免疫活性化の調節に用いることの出来る免疫制御分子の創製を目指した。このような免疫調節性の合成化合物は、分子プローブとしての機能を付加することにより、より詳細な活性化機構解析を可能とし、自然免疫獲得免疫系の制御に関わる免疫活性化機構の詳細な解析の基盤となる知見を得ることを目指した。

3. 研究の方法

自然免疫—獲得免疫機構を制御する外因性・内因性分子についてその構造と合成および機能について解明するため、下記の3つの項目について相互に連携しながら研究を進めた。すなわち、1) 免疫調節活性(特に炎症抑制作用)を持つ腸内粘膜免疫系における細菌由来化合物の解析、2) 外因性あるいは内因性の免疫調節作用を持つ化合物の化学合成と分子プローブを用いた機能解析、3) 獲得免疫の制御と連携機構解明を目指した分子の創製、を行った。以上の研究により、免疫機構の制御を可能とする分子の発見・創製、および得られた分子を用いた活性化機構解明を目指すこととした。

4. 研究成果

本研究においては、自然界特に微生物由来である外因性分子としての自然免疫—獲得免

疫機構を制御する化合物として、まず新規化合物を探索することとし、未知の化合物探索と、天然構造として知られている細胞表層化合物についての合成ライブラリの両面からアプローチした。

まず、新規化合物探索としては、特に腸内粘膜免疫系における細菌由来分子に注目し、その化合物を単離した後、炎症抑制的な活性を見出すとともに、構造解析に貢献した。

一方、種々の微生物由来細胞表層の複合脂質、複合糖質については、外因性の免疫調節性分子である可能性の化合物が多いことから、その網羅的合成を可能とする手法開発を行った。その結果、原虫型、回虫型、細菌型のイノシトール含有構造および糖脂質型の合成法開発に成功し、関連化合物ライブラリ構築を行った。また、ヒト癌細胞周辺の部位特異的に局在するイノシトール含有脂質が知られていることからその合成を行い、異性体の組み合わせについて合成に成功し、免疫調節作用の評価を行うことにも成功した。

また、免疫調節性の分子の設計と合成を行い、新規免疫調節性の化合物創製を行い、脂質変型型の構造変換と複合型の構造変換の二つのアプローチにより興味深い活性と機能を持つ化合物を見出した。その一つとして、脂質変型型の糖脂質について合成および、得られた化合物を用いたサイトカイン誘導活性およびタンパク質との相互作用解析を行い、非常に特徴的な活性を持つ化合物を得ることに成功した。また一方、機能性の部位あるいは活性構造を複合的に導入する手法の開発も行い、種々の機能性基の導入を可能とした。蛍光基を導入した化合物を用いることにより、生細胞イメージングに成功し、細胞内移行の観測を行った。またこうした手法により、種々の機能性構造導入を可能とする結果を得た。

以上の結果により、これまで合成例が無く、その機能が明らかとなっていなかった細胞表層の複合脂質・複合糖質である化合物群について、合成法確立と、機能解明に成功するとともに、新規免疫調節活性を持つ化合物創製への展開に成功した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計16件)

Inuki, S., Aiba, T., Kawakami, S., Akiyama, T., Inoue, J. I., Fujimoto, Y. *Chemical Synthesis of D-glycero-D-manno-Heptose 1,7-Bisphosphate and Evaluation of Its Ability to Modulate NF- κ B Activation. *Org Lett.*, 2017, in press. DOI: 10.1021/acs.orglett.7b01158. 査読有*

Aiba, T., Suehara, S., Choy, S.-L., Maekawa, Y., Lotter, H., Murai, T., Inuki, S., Fukase, K., Fujimoto, Y.

Employing BINOL-phosphoroselenoyl chloride for selective inositol phosphorylation and chemical synthesis of glycosyl inositol phospholipid from *Entamoeba histolytica*. *Chem. Eur. J.* **2017**, in press. DOI: 10.1002/chem.201701298. 査読有

Wang, N., Hasegawa, H., Huang, C. Y., Fukase, K., Fujimoto, Y. Synthesis of Peptidoglycan Fragments from *Enterococcus faecalis* with Fmoc-Strategy for Glycan Elongation. *Chem. Asian. J.*, **2017**, *12*, 27-30. DOI: 10.1002/asia.201601357. 査読有

Inuki, S., Sato, K., Fukuyama, T., Ryu, I., Fujimoto, Y. Formal Total Synthesis of L-Ossamine via Decarboxylative Functionalization Using Visible-Light-Mediated Photoredox Catalysis in a Flow System. *J. Org. Chem.*, **2017**, *82*, 1248-1253. DOI: 10.1021/acs.joc.6b02531. 査読有

Shiokawa, Z., Kashiwabara, E., Yoshidome, D., Fukase, K., Inuki, S., Fujimoto, Y. Discovery of a Novel Scaffold as an Indoleamine 2,3-Dioxygenase 1 (IDO1) Inhibitor Based on the Pyrrolo-piperazine Alkaloid, Longamide B. *ChemMedChem.*, **2016**, *11*, 2682-2689. DOI: 10.1002/cmdc.201600446. 査読有

Inuki, S., Aiba, T., Hirata, N., Ichihara, O., Yoshidome, D., Kita, S., Maenaka, K., Fukase, K., Fujimoto, Y. Isolated Polar Amino Acid Residues Modulate Lipid Binding in the Large Hydrophobic Cavity of CD1d. *ACS Chem. Biol.*, **2016**, *11*, 3132-3139. DOI: 10.1021/6b00674. 査読有

Hashimoto, M., Ozono, M., Furuyashiki, M., Baba, R., Hashiguchi, S., Suda, Y., Fukase, K., Fujimoto, Y. Characterization of a novel D-glycero-D-talo-oct-2-ulosonic acid-substituted lipid moiety in the lipopolysaccharide produced by the acetic acid bacterium *Acetobacter pasteurianus* NBRC 3283. *J. Biol. Chem.*, **2016**, *291*, 21184-21194. DOI: 10.1074/jbc.M116.751271. 査読有

Aiba, T., Sato, M., Umegaki, D., Iwasaki, T., Kambe, N., Fukase, K., Fujimoto, Y. Regioselective Phosphorylation of myo-Inositol with BINOL-Derived Phosphoramidites, and Its Application for Protozoan Lysophosphatidylinositol. *Org. Biomol. Chem.*, **2016**, *14*, 6672-6675. DOI: 10.1039/C6OB01062H. 査読有

Wang, N., Hirata, A., Nokihara, K., Fukase, K., Fujimoto, Y. Peptidoglycan Microarray as A Novel Tool to Explore Protein-Ligand Recognition. *Biopolymers.*, **2016**, *106*, 422-429. DOI: 10.1002/bip.22807. 査読有

Wang, Q., Matsuo, Y., Pradipta, A. R., Inohara, N., Fujimoto, Y., Fukase, K. Synthesis of characteristic Mycobacterium peptidoglycan (PGN) fragments utilizing with chemoenzymatic preparation of meso-diaminopimelic acid (DAP), and their modulation of innate immune responses. *Org. Biomol. Chem.*, **2016**, *14*, 1013-1023. DOI: 10.1039/C5OB02145F. 査読有

Shiokawa, Z., Inuki, S., Fukase, K., Fujimoto, Y. Efficient synthesis of (-)-hanishin, (-)-longamide B, and (-)-longamide B Methyl Ester via piperazine formation with 1,2-cyclic sulfamidates. *Synlett*, **2016**, *27*, 616-620. DOI: 10.1055/s-0035-1560988. 査読有

Inuki, S., Sato, K., Fujimoto, Y. Visible-light-mediated decarboxylative benzoyloxylation of β -hydroxy amino acids and its application to synthesis of functional 1,2-amino alcohol derivatives. *Tetrahedron Lett.*, **2015**, *56*, 5787-5790. DOI: 10.1016/j.tetlet.2015.09.012. 査読有

Aiba, T., Suehara, S., Bernin, H., Lotter, H., Inuki, S., Fukase, K., Fujimoto, Y. Synthesis and Biological Activity of Inositol Phospholipid as NKT Cell Modulator. *Glycoconjugate J.*, **2015**, *32*, 301. 査読無

Wang, Q., Matsuo, Y., Fujimoto, Y., Fukase, K. Synthesis and Function of Mycobacterium Cell Wall Peptidoglycan (PGN) Fragments. *Peptide Science*, **2015**, *2014*, 17-18. 査読有

藤本ゆかり、免疫活性物質としてのリポ多糖とその化学合成、医学のあゆみ 『リポ多糖とその受容体のフロンティア』、253巻、**2015**、1073-1076. 査読無

Kadonaga, Y., Wang, N., Fujimoto, Y., Fukase, K. Solid-phase Synthesis of Bacterial Cell Wall Peptidoglycan Fragments. *Chem. Lett.*, **2014**, *43*, 1461-1463. DOI: 10.1246/cl.140400. 査読有

[学会発表](計108件)

日本化学会第97春季年会(2017)“細菌細胞壁の化学合成と生体防御に関わる作用解析” 藤本ゆかり(慶應義塾大学(神

奈川県・横浜市), 2017.3.16)
14th Biennial Meeting International Endotoxin and Innate Immunity Society(IEIIS 2016) "Synthesis and Biological Activity of Mycobacterium Peptidoglycan Fragments" K. Fukase, Q. Wang, Y. Matsuo, Y. Fujimoto (Hamburg (Germany), 2016.9.22-24).
14th Biennial Meeting International Endotoxin and Innate Immunity Society(IEIIS 2016) "Synthesis and Immunostimulatory Activity of Inositol Phospholipid as NKT Cell Modulator" T. Aiba, S. Suehara, H. Bernin, H. Lotter, S. Inuki, K. Fukase, Y. Fujimoto (Hamburg (Germany), 2016.9.22-24).
14th Biennial Meeting International Endotoxin and Innate Immunity Society(IEIIS 2016) "Synthesis and bio-functional studies of phosphatidylinositol for the elucidation of NKT cell pre-activation mechanism" A. Shimoyama, S. Nakagawa, T. Aiba, Y. Fujimoto, K. Fukase (Hamburg (Germany), 2016.9.22-24).
14th Biennial Meeting International Endotoxin and Innate Immunity Society (IEIIS 2016) "Immunomodulation based on lipid-binding affinity of the ligands; NKT-cell-mediated cytokine modulation by natural and designed CD1d ligands" S. Inuki, T. Aiba, N. Hirata, S. Suehara, S. Nakagawa, A. Shimoyama, K. Fukase, Y. Fujimoto (Hamburg (Germany), 2016.9.22-24).
The 28th International Carbohydrate Symposium (ICS2016), "Synthesis and immunomodulatory activities of natural and designed glycoconjugates for understanding of NKT-cell activation" T. Aiba, S. Inuki, N. Hirata, S. Suehara, E. Kashiwabara, S. Nakagawa, A. Shimoyama, K. Fukase, Y. Fujimoto (New Orleans (USA), 2016.7.17-21).
The 16th Akabori Conference "Bacterial cell surface glyco- and lipid-peptide molecules; Synthesis and their immunological functions" Youhei Arai, Ipei Ohta, Kohei Yokoyama, Qi Feng, Qianqian Wang, Ning Wang, Kazumi Tomizawa, Inuki Shinsuke, Kazuya Kabayama, Koichi Fukase, Yukari Fujimoto (六甲山ホテル (兵庫県・神戸市), 2016.5.22-26)
Glycoscience Japan-The Netherlands Joint Seminar 2016: Glycobiology in Health and Diseases "Immunomodulatory inositol

phospholipids; Chemical synthesis and biological functions" Yukari Fujimoto (Leiden (The Netherlands), 2016.4.19-22)
5th RIKEN-Max Planck Joint Research Center Fifth Annual Symposium "Microbial Immunomodulatory Glycoconjugates; Syntheses and Biological Functions" Yukari Fujimoto (Berlin (Germany), 2016.4.17-20)
日本化学会 天然物および生物有機化学に関する中西シンポジウム 2016 "Microbial Immunomodulatory Glycoconjugates; Syntheses and Biological Functions" 藤本ゆかり (同志社大学 (京都府・京田辺市), 2016.3.24)
International Conference of Computational Methods in Science and Engineering (ICCMSE 2016) Computational Chemistry (CC) Symposium "Immunomodulatory Microbial Components; Their Structures, Syntheses and Biological Functions" Yukari Fujimoto (Athens (Greece), 2016.3.17-20)
The 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies "Synthesis of immunomodulatory glycoconjugates based on recently developed chemical glycosylation" Yukari Fujimoto (Honolulu (USA) 2015.12.19).
The 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2015) "Decarboxylative functionalization of β -hydroxy amino acids via photoredox catalysis and its application to the synthesis of the functional 1,2-amino alcohol derivatives" Shinsuke Inuki, Keisuke Sato, Yukari Fujimoto (Honolulu (USA), 2015.12.15-20)
The 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2015) "Synthetic studies on funiculosin" Keisuke Sato, Shinsuke Inuki, Yukari Fujimoto (Honolulu (USA), 2015.12.15-20)
The 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2015) "Synthesis of inositol phospholipids from Ascaris suum using regioselective phosphorylation" Sae Suehara, Toshihiko Aiba, Shou Nakagawa, Masaki Sato, Yuuki Maekawa, Toshiaki Murai, Koichi Fukase, Shinsuke Inuki, Yukari Fujimoto (Honolulu (USA),

- 2015.12.15-20)
The 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2015) “Fluorescence-labeled lipopeptides as molecular probes for TLR2” Yohei Arai, Yuki Kawahara, Kouhei Yokoyama, Shinsuke Inuki, Kazuya Kabayama, Koichi Fukase, Yukari Fujimoto (Honolulu (USA), 2015.12.15-20)
- The 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2015) “Synthetic study on cardiolipin containing cyclopropane fatty acids” Shunichi Ishibashi, Shinsuke Inuki, Yukari Fujimoto (Honolulu (USA), 2015.12.15-20)
- The 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2015) “Synthesis of Funiculosin derivatives as Immune Activators via TLR4/MD-2” Keisuke Mizote, Akinori Saeki, Hiroe Honda, Naoki Okamoto, Takahito Kimura, Yoshinori Nagai, Kiyoshi Takatsu, Yukari Fujimoto, Koichi Fukase (Honolulu (USA), 2015.12.15-20)
- The 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2015) “Synthesis and biological activity of phosphatidylinositol for the elucidation of NKT cell pre-activation mechanism” Sho Nakagawa, Atsushi Shimoyama, Toshihiko Aiba, Yukari Fujimoto, Koichi Fukase (Honolulu (USA), 2015.12.15-20)
- 23rd International Symposium on Glycoconjugates (Glyco23), “Synthesis and Biological Activity of Inositol Phospholipid as NKT Cell Modulator” Toshihiko Aiba, Sae Suehara, Hannah Bernin, Hanna Lotter, Shinsuke Inuki, Koichi Fukase, Yukari Fujimoto (Split (Croatia), 2015.11.16-19)
- 21 The 13th International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-13) “Synthesis and Immunoregulatory Activity of Lipophosphoglycans as NKT Cell Modulator” Toshihiko Aiba, Sae Suehara, Hannah Bernin, Hanna Lotter, Shinsuke Inuki, Koichi Fukase, Yukari Fujimoto (リーガロイヤルホテル京都 (京都府・京都市), 2015.11.9-13)
- 22 The 13th International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-13)
- “Decarboxylative functionalization of α -hydroxy amino acids via photoredox catalysis and its application to the synthesis of the functional 1,2-amino alcohol derivatives” Shinsuke Inuki, Keisuke Sato, Yukari Fujimoto (リーガロイヤルホテル京都 (京都府・京都市), 2015.11.9-13)
- 23 The 13th International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-13) “Synthesis and Bio-functional Studies of Immunomodulating LPS Partial Structures.” Atsushi Shimoyama, Keisuke Mizote, Yukari Fujimoto, Koichi Fukase (リーガロイヤルホテル京都 (京都府・京都市), 2015.11.9-13)
- 24 有機合成夏期セミナー「明日の有機合成化学」免疫機構調節に関わる信号を伝える細胞表面分子群:有機合成と機能解析” 藤本ゆかり (大阪科学技術センター (大阪府・大阪市), 2015.9.1)
- 25 The 3rd National Tsing Hua University-Keio University Bilateral Symposium of Advanced Chemistry (慶應義塾大学 (横浜・神奈川) 2015.7.16) Synthesis and biological activity of Inositol phospholipids as NKT cell modulator
Toshihiko Aiba, Sae Suehara, Bernin Hannah, Lotter Hanna, Shinsuke Inuki, Koichi Fukase, Yukari Fujimoto
- 26 新規素材探索研究会 第 14 回セミナー “免疫機構制御を目指した調節活性分子の探索と創製” 藤本ゆかり (新横浜 (神奈川県・横浜市), 2015.6.3)
- 27 日本化学会第 95 春季年会(2015)“自然界での生体防御シグナル物質群と複合型分子による免疫制御への展開” 藤本ゆかり (日本大学 (千葉県・船橋市), 2015.3.26-29)
- 28 The First Yoshida Prize Symposium "Chemistry and Immunomodulation of Microbial Glycoconjugates" Yukari Fujimoto (リーガロイヤルホテル京都, (京都府・京都市), 2015.1.30).
- 29 Asian Chemical Biology Conference (ACBC2014) “Microbial glycoconjugates and lipidconjugates as immunomodulators; Chemical synthesis and biological functions” Yukari Fujimoto (U-Town NUS (Singapore), 2014.12.15-17).
- 30 第 12 回糖鎖科学コンソーシアムシンポジウム “免疫を調節する微生物表面由来複合糖質:化合物構造-活性とその展開” 藤本ゆかり (東京医科歯科大学(東京都・文京区), 2014.12.4-5)
- 31 The Joint Meeting of the Society for

Glycobiology (SFG) and the Japanese Society of Carbohydrate Research (JSCR) "Bacterial glycoconjugates; chemical synthesis and functional analysis" Yukari Fujimoto (Honolulu, USA), 2014.11.16-19).

- 32 Joint Meeting of the Society for Glycobiology (SFG) and the Japanese Society of Carbohydrate Research (JSCR) (SFG-JSCR 2014) "Synthesis of Inositol Phospholipids as an NKT Cell Modulator" Toshihiko Aiba, Masaki Sato, Daichi Umegaki, Shou Nakagawa, Shinji Tanaka, Masato Kitamura, Shinsuke Inuki, Koichi Fukase, Yukari Fujimoto (Honolulu (USA), 2014.11.16-19).

他 76 件

〔図書〕(計 1 件)

藤本ゆかり、(株)エヌ・ティー・エス、
「糖鎖の新機能開発・応用ハンドブック
～創薬・医療 からヘルスケアまで」2015、
363-366.

〔産業財産権〕

出願状況 (計 5 件)

名称：化合物又はその塩、ナチュラルキラーT細胞活性化剤、及び医薬組成物
発明者：井貫晋輔、平田菜摘、相羽俊彦、
柏原瑛美、岸惇一郎、藤本ゆかり
権利者：学校法人慶應義塾
種類：特許
番号：PCT/JP2017/008381
出願年月日：2017.3.02
国内外の別：外国

名称：化合物又はその塩、ナチュラルキラーT細胞活性化剤、及び医薬組成物
発明者：井貫晋輔、平田菜摘、相羽俊彦、
藤本ゆかり
権利者：学校法人慶應義塾
種類：特許
番号：特願 2016-57416
出願年月日：2016.3.22
国内外の別：国内

名称：Novel immunostimulatory molecules
発明者：Hannelore Lotter, Hannah Bergnin, Egbert Tannich, Netor Gonzalez-Roldan, Yukari Fujimoto, Koichi Fukase
権利者：BNITM
種類：特許
番号：PCT/EP2015/072292
出願年月日：2015.9.29
国内外の別：外国

名称：ツール様受容体 4 活性化作用を有するフニコロシン誘導体及びその用途
発明者：藤本ゆかり、深瀬浩一、高津聖志、長井良憲、岡本直樹
権利者：テイカ製薬株式会社、国立大学法人富山大学、国立大学法人大阪大学
種類：特許
番号：特願 2014-201593
出願年月日：2014.9.30
国内外の別：国内

名称：Novel immunostimulatory molecules
発明者：Hannelore Lotter, Hannah Bergnin, Egbert Tannich, Netor Gonzalez-Roldan, Yukari Fujimoto, Koichi Fukase
権利者：BNITM
種類：特許
番号：EP14186723.4
出願年月日：2014.9.28
国内外の別：外国

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ情報

慶應義塾大学 理工学部 生体分子化学研究室 (藤本研究室)
<http://www.chem.keio.ac.jp/~fujimoto-lab/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤本 ゆかり (FUJIMOTO, Yukari)
慶應義塾大学・理工学部・教授
研究者番号：00362616

(2) 研究分担者

井貫 晋輔 (INUKI, Shinsuke)
慶應義塾大学・理工学部・助教
研究者番号：70736272