

【研究費区分】：研究センター支援

【研究代表者所属】：都市環境科学研究科 環境応用化学域

【研究代表者氏名】：石田 玉青

【研究代表者氏名フリガナ】：イシダ タマオ

【研究代表者職】：准教授

【国内研究分担者（所属,氏名,職）】

・春田正毅 首都大学東京名誉教授、客員教授

都市環境学部 環境応用化学科 久保由治教授、宍戸哲也教授、武井孝准教授、石田玉青准教授、村山徹特任教授、竹歳絢子特任准教授、**研究補助員（西垣潤一特任准教授）**

藤田隆史特任助教、石川大輔特任助教、林明月特任助教、望月ちひろ特任助教、猪股雄介特任助教

産総研 藤谷忠博統括研究主幹、産総研 秋田知樹研究グループ長、東京都産技研 紋川亮主任研究員、北海道大学触媒科学研究所 畑中雅隆学術研究員

【国外研究分担者（所属,氏名,職）】

・Graham J. Hutchings (イギリス カーディフ大学、教授)、Jorge Boczkowski (フランス国立保健医学研究機構、教授)、Sophie Lanone (フランス国立保健医学研究機構、Director)、黄 家輝 (中国 大連化学物理研究所、教授)、Caixia Qi (中国 ヤンタイ大学、教授)、Junhu Wang (中国 大連化学物理研究所、教授)

【研究センター名】：金の化学研究センター

【研究課題名】：金ナノ粒子触媒と生体系の相乗効果

【研究実績の概要（600～800字程度で記入。図、グラフ等の使用も可。）】

・ 1. 金クラスター（直径 2 nm 以下、原子数 200 個以内）の調製

直径 5 nm 以下の金ナノ粒子、特に 2 nm 以下の金クラスターを担持する触媒調製法の開発を行った。金粒子の凝集を防ぐため保護剤としてポリビニルピロリドンおよびチオールを用いた。サイズを規定した微小な粒子を合成し担体に固定後、洗浄および焼成により保護剤を除くことでサイズ選択的に 1.0~5.0 nm の金触媒を調製することが出来た。特に 2 nm 以下の金クラスターを酸化ニオブに固定した触媒はアルコールや CO 酸化に高活性であり、酸化セリウムに固定した場合には水素化反応に高活性を示すことを見出した。

2. 金ナノ粒子・クラスター触媒の応用展開

大都市の抱える諸問題として、公衆衛生環境の向上のために悪臭物質の分解除去の必要性が増している。悪臭成分であるアンモニア、アミン類の分解に、酸化ニオブ担持金触媒が室温で高い触媒活性を示すことを見出し、メカニズムの解明を行った。この反応の生成物は無害な窒素のみであり、実用展開へ向けた足掛かりを得た。

3. 金ナノ粒子および金クラスターの生体系との相乗作用の探究

金触媒と生体触媒(酵素)の相乗作用を利用した触媒反応の開発を目的に、金クラスター触媒を用いて補酵素であるニコチンアミドアデニンジヌクレオチド(NADH)の酸化触媒活性を検討した。1.9 nm の金粒子を酸化ニオブに固定した触媒は、酵素共存化においても NADH を NAD⁺に効率的に変換した。グルコース脱水素酵素この触媒を脱水素酵素に添加すると、補酵素再生系として機能し、不活性型の補酵素を加えた場合にも酵素反応が進行した。これは、補酵素の必要量を低減することができ、省資源・低環境負荷の触媒系の構築が期待できる成果である。

【学会発表(発表題目, 発表大会名, 年月を記入)】

【国内発表(口頭発表)】

1. 望月ちひろ, 竹歳絢子, 石田玉青, 春田正毅, 村山 徹, 「フルフラール選択的酸化反応における担持金ナノ粒子触媒の担体・サイズ効果」, 第 62 回石油学会年会, タワーホール船堀, 2019.5.28.
2. 藤田隆史, 石田玉青, 芝本幸平, 本間徹生, 大橋弘範, 村山徹, 春田正毅, 「酸化亜鉛に担持した金ナノ粒子触媒による CO 酸化—低温における酸素の活性化過程の変化—」, 第 124 回触媒討論会, 長崎大学, 2019.9.18.
3. 望月ちひろ, 宍戸哲也, 春田正毅, 石田玉青, 村山徹, 「Au/Nb₂O₅ による 5-ヒドロキシメチルフルフラールの選択的光酸化」, 第 124 回触媒討論会, 長崎大学, 2019.9.18.
4. 望月ちひろ, Lin Mingyue, 竹歳絢子, 石田玉青, 中島清隆, 春田正毅, 村山徹, 「担持金ナノ粒子触媒における金ナノ粒子の電子状態がフルフラール酸化反応に与える影響」, 第 124 回触媒討論会, 長崎大学, 2019.9.18.
5. Mingyue Lin, Chihiro Mochizuki, Baoxiang An, Yusuke Inomata, Tamao Ishida, Masatake Haruta, Toru Murayama, “High catalytic activity for CO oxidation below room temperature over Au/Ta₂O₅”, 第 124 回触媒討論会, 長崎大学, 2019.9.18.
6. 竹歳絢子, GANGARAJULA Yuvaraj, 袖永竜生, 村山徹, WANG Junhu, 春田正毅, 石田玉青, 「ハイドロキシアパタイト担持金ナノ粒子触媒による脂肪酸アルデヒドの酸化的エステル化—カチオンおよびアニオン置換効果—」, 第 124 回触媒討論会, 長崎大学, 2019.9.18.
7. 猪股雄介, 秦慎一, 清永英嗣, 盛田啓一郎, 吉田和広, 春田正毅, 村山徹, 「150 °C 以下で NH₃-SCR 活性を示すバルク酸化バナジウム触媒—4 価バナジウムの効果—」, 第 124 回触媒討論会, 長崎大学, 2019.9.18.
8. 西垣潤一, 石田玉青, 春田正毅, 「金クラスターおよび金合金クラスター触媒による補酵素 NAD⁺の還元反応」, 第 124 回触媒討論会, 長崎大学, 2019.9.19.
9. Haifeng Wang, Mingyue Lin, Hiroto Mogi, Yoko Fukui, Yohei Jikihara, Tsuruo Nakayama, Sadao Yasui, Masatake Haruta, Toru Murayama, Hiroki Miura, Tetsuya Shishido, “Selective catalytic oxidation of NH₃ over Pt-Au alloy catalysts at low temperatures”, 第 124 回触媒討論会, 長崎大学, 2019.9.19.
10. 石田玉青, 袖永竜生, GANGARAJULA Yuvaraj, 竹歳絢子, 村山徹, WANG Junhu, 春田正毅, 「強い金属—担体相互作用をもつハイドロキシアパタイト担持金ナノ粒子触媒によるビニル基交換反応」, 第 124 回触媒討論会, 長崎大学, 2019.9.18.
11. 石川大輔, 「構造化 DNA 粒子を構成成分とする人工細胞の創製」, 日本油化学会第 58 回年会, 東京海洋大学品川キャンパス, 2019.9.24.
12. 望月ちひろ, 宍戸哲也, 春田正毅, 石田玉青, 村山徹, 「酸化ニオブによる 5-ヒドロキシメチルフルフラールの選択的光酸化における金ナノ粒子担持効果」, 第 49 回石油・石油化学討論会, 山形テルサ, 2019.10.31.
13. 猪股雄介, 清永英嗣, 盛田啓一郎, 吉田和広, 窪田博愛, 鳥屋尾隆, 清水研一, 春田正毅, 村山徹, 「4 価バナジウムを含んだバルク酸化バナジウム触媒の低温(150 °C 以下)における NH₃-SCR 活性」, 第 49 回石油・石油化学討論会, 山形テルサ, 2019.10.31.
14. 望月ちひろ, Lin Mingyue, 竹歳絢子, 石田玉青, 宍戸哲也, 中島清隆, 春田正毅, 村山徹, 「担持金ナノ粒子触媒を用いたフルフラール酸化反応における担体が与える影響と金粒子サイズの効果」, 第 125 回触媒討論会, 工学院大学, 2020.3.27.
15. 猪股雄介, 秦慎一, 清永英嗣, 盛田啓一郎, 吉田和広, 窪田博愛, 鳥屋尾隆, 清水研一, 春田正毅, 村山徹, 「150°C 以下で NH₃-SCR 活性を示すバルク酸化バナジウム触媒」, 第 125 回触媒討論会, 工学院大学, 2020.3.27.

【国内発表(ポスター発表)】

1. 石川大輔, 鈴木勇輝, 黒川知加子, 大原正行, 土屋美恵, 森田雅宗, 柳澤実穂, 川野竜司, 遠藤政幸, 瀧ノ上正浩, 「イオンチャネル機能を有する両親媒性 DNA ナノプレート集積カプセル, DNA origami nanoplate-based microcapsule with designed nanopore function」, 「細胞を創る」研究会 12.0, 愛媛大学城北キャンパス, 2019, 10.17–18.
2. Daisuke Ishikawa, Masahiro Takinoue, Toru Murayama, Masatake Haruta, 「Gold nanoparticle-loaded DNA hydrogel microparticles for catalysis in aqueous phase」, CBI 学会 2019 年会, タワーホール船堀, 2019, 10.22–24.
3. 石川大輔, 鈴木勇輝, 黒川知加子, 大原正行, 土屋美恵, 森田雅宗, 柳澤実穂, 川野竜司, 遠藤政幸, 瀧ノ上正浩, 「イオンチャネル機能を備えた両親媒性 DNA ナノプレート集積カプセルの創製」, 化学とマイクロ・ナノシステム学会第 40 回研究会(40th CHEMINAS), アクトシティ浜松, 2019, 11.19.
4. Mingyue Lin, Chihiro Mochizuki, Baoxiang An, Yusuke Inomata, Tamao Ishida, Masatake Haruta, Toru Murayama. “Gold catalyst with a new acidic support of Ta₂O₅ and its high catalytic activity for CO oxidation”, 第 125 回触媒討論会, 工学院大学, 2020.3.27.
5. 中山晶皓, 袖永竜生, Yuvaraj Gangarajura, 竹歳絢子, 村山徹, 本間徹生, 坂口紀史, 嶋田哲也, 高木慎介, 春田正毅, Junhu Wang, 石田玉青, 「強い金属—担体相互作用(SMSI)を利用した置換ハイドロキシアパタイト担持金ナノ粒子触媒による 3,4-diacetoxybut-1-ene の異性化反応」, 第 125 回触媒討論会, 工学院大学, 2020.3.26.

【国際会議(口頭発表)】

1. C. Mochizuki, M. Lin, A. Taketoshi, T. Ishida, M. Haruta, T. Murayama, "Effects of the size of nanoparticulate gold and their support on selective oxidation of furfural to furoic acid", The 8th Asia-Pacific Congress on Catalysis, Bangkok, Thailand, 2019.8.4.
2. Mingyue Lin, Baoxiang An, Nao Niimi, Yohei Jikihara, Tsuruo Nakayama, Takashi Takei, Tetsuya Shishido, Tamao Ishida, Masatake Haruta, Toru Murayama, "Efficient removal of ammonia by using niobium oxide supported gold catalyst with high nitrogen selectivity", The 8th Asia-Pacific Congress on Catalysis, Bangkok, Thailand, 2019. 8. 6.
3. Mingyue Lin, Baoxiang An, Yoko Fukui, Yohei Jikihara, Tsuruo Nakayama, Takashi Takei, Tetsuya Shishido, Tamao Ishida, Masatake Haruta, Toru Murayama, "基于 Au/Nb₂O₅ 催化剂对氨气的高选择性催化氧化的研究 (Selective Catalytic Oxidation of NH₃ by using Au/Nb₂O₅)", The 10th National Conference on Environmental Chemistry, Tianjin, China, 2019.8.17.
4. Yusuke Inomata, Takuya Yoshida, Masatake Haruta, Toru Murayama, "The Relationship between Pore Structure of Polyoxometalate Support and Gold-Catalyzed CO Oxidation", EuropaCat 2019, Aachen, Germany, 2019.8.19.
5. M. Lin, B. An, T. Takei, T. Shishido, T. Ishida, N. Niimi, Y. Jikihara, T. Nakayama, M. Haruta, T. Murayama, 'Low temperature selective catalytic oxidation of NH₃ by Au/Nb₂O₅ catalysts', EuropaCat 2019, Aachen, Germany, 2019.8.20.
6. C. Mochizuki, T. Shishido, T. Ishida, H. Masatake, T. Murayama, "Effect of the deposition of gold nanoparticle on Nb₂O₅ for photocatalytic selective oxidation of 5-hydroxymethylfurfural", Au-Sdarc Symposium on Gold Catalysis 2019, Yantai, China, 2019.9.22.
7. Mingyue Lin, Chihiro Mochizuki, Baoxiang An, Yusuke Inomata, Tamao Ishida, Masatake Haruta, Toru Murayama, "High catalytic activity for CO oxidation below room temperature over Au/Ta₂O₅", Au-Sdarc Symposium on Gold Catalysis 2019, Yantai, China, 2019.9.22.
8. Haifeng Wang, Mingyue Lin, Hiroto Mogi, Yoko Fukui, Yohei Jikihara, Tsuruo Nakayama, Sadao Yasui, Masatake Haruta, Toru Murayama, Hiroki Miura, Tetsuya Shishido, "The coefficient effect of electron-deficient Pt and electron-rich Au in selective catalytic oxidation of NH₃ at low temperatures", Au-Sdarc Symposium on Gold Catalysis 2019, Yantai, China, 2019.9.22.
9. Yusuke Inomata, Shin-ichi Hata, Makoto Mino, Eiji Kiyonaga, Keiichiro Morita, Kenji Hikino, Kazuhiro Yoshida, Hiroe Kubota, Takashi Toyao, Ken-ich Shimizu, Masatake Haruta, Toru Murayama, "Bulk Vanadium Oxide Catalyst Containing Tetravalent Vanadium for Low-Temperature NH₃-SCR (<150°C)", 9th East Asia Joint Symposium on Environmental Catalysis and Eco-materials, Yancheng, China, 2019.11.6.
10. Mingyue Lin, Baoxiang An, Yoko Fukui, Yohei Jikihara, Tsuruo Nakayama, Takashi. Takei, Tetsuya Shishido, Tamao Ishida, Masatake Haruta, Toru Murayama, "Role of acid sites in selective catalytic oxidation of NH₃ with high N₂ selectivity", 9th East Asia Joint Symposium on Environmental Catalysis and Eco-materials, Yancheng, China, 2019.11.7.
11. Haifeng Wang, Mingyue Lin, Hiroto Mogi, Yoko Fukui, Yohei Jikihara, Tsuruo Nakayama, Sadao Yasui, Masatake Haruta, Toru Murayama, Hiroki Miura, Tetsuya Shishido, "The coefficient effect of electron-deficient Pt and electron-rich Au in selective catalytic oxidation of NH₃ at low temperatures", 9th East Asia Joint Symposium on Environmental Catalysis and Eco-materials, Yancheng, China, 2019.11.7.

【国際会議(ポスター発表)】

1. Baoxiang An, Mingyue Lin, Nao Niimi, Yohei Jikihara, Tsuruo Nakayama, Tamao Ishida, Masatake Haruta, Toru Murayama, "Selective catalytic oxidation of ammonia using nanoparticulate noble metal deposited on Nb₂O₅", The 8th Asia-Pacific Congress on Catalysis, Bangkok, Thailand, 2019.8.5.
2. Jun-ichi Nishigaki, Tamao Ishida, Masatake Haruta, "Mutual Redox Conversion of NAD⁺ and NADH by Gold Catalysts", The 8th Asia-Pacific Congress on Catalysis, Bangkok, Thailand, 2019.8.5.
3. Mingyue Lin, Baoxiang An, Nao Niimi, Yohei Jikihara, Tsuruo Nakayama, Takashi Takei, Tetsuya Shishido, Tamao Ishida, Masatake Haruta, and Toru Murayama, "Selective Catalytic Oxidation of NH₃ with High N₂ Selectivity over Au/Nb₂O₅", The 4rd International Symposium on Hydrogen Energy– based Society, Hachioji, Japan, 2019.8.22.
4. Haifeng Wang, Mingyue Lin, Yoko Fukui, Yohei Jikihara, Tsuruo Nakayama, Sadao Yasui, Masatake Haruta, Toru Murayama, Hiroki. Miura, Tetsuya Shishido, " Selective catalytic oxidation of ammonia over Pt-Au alloy catalysts", The 4rd International Symposium on Hydrogen Energy– based Society, Hachioji, Japan, 2019.8.22.
5. C. Mochizuki, T. Shishido, T. Ishida, H. Masatake, T. Murayama, "Effect of the deposition of gold to Nb₂O₅ for photocatalytic oxidation of 5-hydroxymethylfurfural", The 4rd International Symposium on Hydrogen Energy– based Society, Hachioji, Japan, 2019.8.22.

【依頼・招待講演】

1. Daisuke Ishikawa, "Gold nanoparticle-loaded DNA hydrogel particles for catalytic application", International Congress on Pure & Applied Chemistry (ICPAC) Yangon 2019, Yangon, Myanmar, 2019. 8. 6.
2. C. Mochizuki, T. Shishido, T. Murayama, "Selective photo-oxidation of 5-hydroxymethylfurfural over Au/Nb₂O₅ catalyst", The 24th International Conference on Semiconductor Photocatalysis and Solar Energy Conversion, Niagara, Canada, 2019. 10.16.
3. C. Mochizuki, Mingyue Lin, Ayako Taketoshi, Hiroki Miura, *Kiyotaka Nakajima*, Tamao Ishida, Tetsuya Shishido, Masatake Haruta, Toru Murayama, "Selective oxidation of furfural derivatives over Au/Nb₂O₅", TMU-CU Symposium 2020, Tokyo, Japan, 2020. 1.10.
4. Y. Inomata, Shin-ichi Hata, Makoto Mino, Eiji Kiyonaga, Keiichiro Morita, Kenji Hikino, Kazuhiro Yoshida, Hiroe Kubota, Takashi Toyao, Ken-ich Shimizu, Masatake Haruta, Toru Murayama, "Mixed-Valence Vanadium Oxide Catalyst for Low-Temperature

- DeNOx Process”, TMU-CU Symposium 2020, Tokyo, Japan, 2020. 1.10.
5. T. Murayama, “Low-temperature NH₃ selective catalytic oxidation for the air purification”, TMU-CU Symposium 2020, Tokyo, Japan, 2020. 1.10.
 6. T. Murayama, ‘Nanoparticulate gold catalysts for air purification’, Ningbo University Symposium, Ningbo, China, 2019. 11. 11.
 7. 村山徹, ‘アンモニアの室温除去を目的とした金ナノ粒子触媒の開発’, JPIJS 講演会, 山形市, 2019.10.30.
 8. T. Murayama, ‘Development of low temperature NH₃-SCR catalyst’, Au-Sdarc Symposium on Gold Catalysis 2019, Yantai, China, 2019.9.22.
 9. T. Murayama, ‘Removal of low concentration contaminants by gas phase selective catalytic reactions’, International Conference on ADVANCES IN CATALYSIS: INDUSTRIAL OUTLOOK, Hyderabad, India, 2019. August. 1.
 10. 村山徹, ‘担体に着目した金ナノ粒子触媒の開発’, 触媒学会若手会フレッシュマンゼミナール, 東京, 2019年5月25日

【論文発表又は著書発行（発表題目，著者，発表誌又は出版社，年月を記入）】

(※Q1 ランク学術誌への投稿及び EurekaAlert!への投稿等には「*」とした。)

■査読付き論文

- *1. Yusuke Inomata, Shin-ichi Hata, Makoto Mino, Eiji Kiyonaga, Keiichiro Morita, Kenji Hikino, Kazuhiro Yoshida, Hiroe Kubota, Takashi Toyao, Ken-ichi Shimizu, Masatake Haruta, Toru Murayama*, ‘Bulk Vanadium Oxide versus Conventional V₂O₅/TiO₂: NH₃-SCR Catalysts Working at a Low Temperature Below 150 °C’, *ACS Catal.* **2019**, *9*, 9327–9331. DOI: 10.1021/acscatal.9b02695
- *2. Takashi Fujita, Tamao Ishida*, Kohei Shibamoto, Tetsuo Honma, Hironori Ohashi, Toru Murayama*, Masatake Haruta, ‘CO oxidation over Au/ZnO: Unprecedented Change of the Reaction Mechanism at a Low Temperature Caused by a Different O₂ Activation Process’, *ACS Catal.* **2019**, *9*, 8364–8372. DOI: 10.1021/acscatal.9b02128
- *3. Mingyue Lin*, Baoxiang An, Nao Niimi, Yohei Jikihara, Tsuruo Nakayama, Tetsuo Honma, Takashi Takei, Tetsuya Shishido, Tamao Ishida, Masatake Haruta, Toru Murayama, ‘Role of the Acid Site for Selective Catalytic Oxidation of NH₃ over Au/Nb₂O₅’, *ACS Catal.* **2019**, *9*, 1753–1756. DOI: 10.1021/acscatal.8b04272
- *4. Ayako Taketoshi*, Tamao Ishida*, Toru Murayama, Tetsuo Honma, Masatake Haruta, ‘Oxidative Esterification of Aliphatic Aldehydes and Alcohols with Ethanol over Gold Nanoparticle Catalysts in Batch and Continuous Flow Reactors’, *Appl. Catal. A: Gen.* **2019**, *585*, 117169. DOI: 10.1016/j.apcata.2019.117169
5. J. Phys. Chem. C Yusuke Inomata, Makoto Mino, Sinichi Hata, Eiji Kiyonaga, Keiichiro Morita, Kenji Hikino, Kazuhiro Yoshida, Masatake Haruta, and Toru Murayama*, ‘Low-temperature NH₃-SCR Activity of Nanoparticulate Gold Supported on a Metal Oxide’, *J. Jpn. Petrol. Inst.* **2019**, *62*, 234–243. DOI: 10.1627/jpi.62.234
- *6. Toru Murayama*, Satoshi Ishikawa, Norihito Hiyoshi, Yoshinori Goto, Zhenxin Zhang, Takashi Toyao, Ken-ichi Shimizu*, Shutoku Lee, Wataru Ueda*, ‘High Dimensionally Structured W-V Oxides as Highly Effective Catalysts for Selective Oxidation of Toluene’, *Catal. Today* **2019**, *in press*. DOI: 10.1016/j.cattod.2019.08.023
- *7. Tinku Baidya, Toru Murayama, Subramanian Nelliappan, Nirmal Kumar Katiyar, Parthasarathi Bera, Olga Safonova, Mingyue Lin, Kaustubh R Priolkar, Samapti Kundu, Bolla Srinivasa Rao, Patrick Steiger, Sudhanshu Sharma, Krishanu Biswas, Swapan Kumar Pradhan, Lingaiah Nakka, Kirtiman Deo Malviya, Masatake Haruta, ‘Ultra-Low Temperature CO Oxidation Activity of Octahedral Site Cobalt Species in Co₃O₄ Based Catalysts: Unravelling the Origin of Unique Catalytic Property’, *J. Phys. Chem. C* **2019**, *123*, 19557–19571. DOI: 10.1021/acs.jpcc.9b04136
- *8. Satoshi Ishikawa, Toru Murayama, Benjamin Katryniok, Franck Dumeignil, Marcia Araque, Svetlana Heyte, Sébastien Paul, Yudai Yamada, Mizuki Iwazaki, Nagisa Noda, Wataru Ueda, ‘Influence of the structure of trigonal Mo-V-M3rd oxides (M3rd = -, Fe, Cu, W) on catalytic performances in selective oxidations of ethane, acrolein, and allyl alcohol’, *Appl. Catal. A: Gen.* **2019**, *584*, 117151. DOI: 10.1016/j.apcata.2019.117151
- *9. Palawat Unruean, Wannida Apisuk, Youhei Kawabata, Toru Murayama, Boonyarach Kitiyanan, and Kotohiro Nomura*, ‘Effect of Supported MAO Cocatalysts in Ethylene Polymerization and Ethylene/1-Hexene Copolymerization Using Cp*TiCl₂(O-2,6-*i*-Pr₂C₆H₃) Catalyst’, *Mol. Catal.* **2019**, *475*, 110490. DOI: 10.1016/j.mcat.2019.110490
- *10. Yoshihiro Kon*, Takuya Nakashima, Tadahiro Fujitani, Toru Murayama, Wataru Ueda*, ‘Dehydrative Allylation of Amine with Allyl Alcohol by Titanium Oxide Supported Molybdenum Oxide Catalyst’, *Synlett* **2019**, *30*, 287–292. DOI: 10.1055/s-0037-1612010
- *11. Zhenxin Zhang*, Satoshi Ishikawa, Qianqian Zhu, Toru Murayama, Masahiro Sadakane, Michikazu Hara, Wataru Ueda*, ‘Redox-Active Zeolitic Transition Metal Oxides Based on ε-Keggin Units for Selective Oxidation’, *Inorg. Chem.* **2019**, *58*, 6283–6293. DOI: 10.1021/acs.inorgchem.9b00502
12. Kohei Shibamoto, Daisuke Furuya, Takashi Fujita, ‘Ablation controlled laser desorption/ionization mass spectrometry by using improved transmission geometry’, *Chem. Phys. Lett.* **2019**, *738*, 136892. DOI: 10.1016/j.cplett.2019.136892
- *13. Yuki Nakamura, Tomoyuki Sasaki, Chichiro Mochizuki, Kayoko Ishimaru, Schuichi Koizumi, Hideyuki Shinmori, Katsue Suzuki-Inoue, Atsuhito Nakao, ‘Snake venom rhodocytin induces plasma extravasation via toxin-mediated interactions between platelets and mast cells’, *Sci. Rep.* **2019**, *9*, 15958. DOI: 10.1038/s41598-019-52449-2
- *14. Yusuke Inomata, Ken Albrecht, Naoki Haruta, Kimihisa Yamamoto*, ‘Dendrimer-templated Synthesis and Characterization of Tin Oxide Quantum Dots Deposited on Silica Glass Substrate’, *Chem. Mater.* **2019**, *31*, 8373–8382. DOI: 10.1021/acs.chemmater.9b01925
- *15. Daisuke Ishikawa, Yuki Suzuki, Chikako Kurokawa, Masayuki Ohara, Misato Tsuchiya, Masamune Morita, Miho Yanagisawa, Masayuki Endo, Ryuji Kawano, Masahiro Takinoue, ‘DNA origami nanoplate-based emulsion with nanopore function’, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2019**, *58*, 15299–15303. DOI: 10.1002/anie.201908392

* 16. Satoshi Ishikawa, Zhenxin Zhang, Toru Murayama, Norihito Hiyoshi, Masahiro Sadakane, Wataru Ueda*, 'Multi-dimensional Crystal Structuring of Complex Metal Oxide Catalysts of Group V and VI Elements by Unit-Assembling', *Topics in Catalysis*, 2019,62:1157–1168. DOI: 10.1007/s11244-018-1077-0

* 17. Azita Rezvani, Ali Abdel-Mageed, Tamao Ishida, Toru Murayama, Magdalena Parlinska-Wojtan, Jürgen R. Behm, 'CO₂ Reduction to Methanol on Au/CeO₂ Catalysts: Mechanistic Insights from De-Activation and SSITKA Measurements', *ACS Catal.*, 2020, in press. DOI: 10.1021/acscatal.9b04655

■ 著書・総説・解説、報告書

1. 竹歳絢子, 石田玉青, 「金ナノ粒子触媒によるエチルエステルの効率合成」, *AROMA RESEARCH*, **2019**, 20, 10–11.

2. 竹歳絢子, 石田玉青, 「金触媒: ナノ粒子の世界」, *理科教室*, **2020**, 63, 82–85.

* 3. Tamao Ishida, Toru Murayama, Ayako Taketoshi, Masatake Haruta, 'Importance of Size and Contact Structure of Gold Nanoparticles for Genesis of Unique Catalysis', *Chem. Rev.* **2020**, 120, 464–525. DOI: 10.1021/acs.chemrev.9b00551

4. Tamao Ishida, Ayako Taketoshi, Masatake Haruta, 'Gold Nanoparticles for Oxidation Reactions: Critical Role of Supports and Au Particle Size', "Nanoparticles in Catalysis", *Top. Organomet. Chem.*, Ed. by S. Kobayashi, Springer, *in press*.

5. 竹歳絢子, 石田玉青, 「担持金ナノ粒子触媒を用いる高選択的酸化反応」, *触媒*, **2020**, 62, 印刷中.

【外部研究費等への応募状況】

・ 石川大輔特任助教：繰越特定寄付金(旭硝子) (200 千円)

【科学研究費補助金や国等の提案公募型研究費、企業からの受託研究費・共同研究費の獲得状況】

科学研究費補助金

・ 石田玉青准教授：基盤研究(C)(1,300 千円)

・ 竹歳絢子特任准教授：基盤研究(C) (500 千円)

・ 西垣 潤一特任准教授：若手研究(B)(1,700 千円)

・ 石川大輔特任助教：若手研究(B)(2,600 千円)

・ 藤田隆史特任助教：若手研究(B)(800 千円)

・ 林明月特任助教：若手研究(B)(2,300 千円)

提案公募型研究費

・ 村山徹特任教授：NEDO (436 千円)

・ 石田玉青准教授：日本学術振興会 国際共同研究事業(JRP with NSFC)(6,000 千円)

共同研究費

・ 中国電力

・ 富士化学

副センター長らの獲得状況については、環境応用化学科 2019 年度アニュアルレポート参照

【受賞等】

1. Mingyue Lin has been awarded the excellent oral presentation in Air Pollution Control Section of the 10th National Conference on Environmental Chemistry. Tianjin, China, 2019.8.17.

【その他社会貢献】

[公的審議会・委員会等の公的貢献, 生涯学習支援・普及啓発, 国際貢献・国際交流等]

副センター長らの社会貢献については、環境応用化学科 2019 年度アニュアルレポート参照

■ 報道

1. The research work of NH₃ oxidation over Au/Nb₂O₅ has been reported by AAAS EurekAlert! (https://www.eurekalert.org/pub_releases/2019-03/tmu-bia032019.php) and Japanese Newspaper of Japan NIKKEI BUSINESS DAILY

2. The research work of NH₃-SCR over bulk vanadium oxide has been reported by AAAS EurekAlert! (https://www.eurekalert.org/pub_releases/2019-11/tmu-ncr111319.php) and others.

(※自治体等への政策提言や知見の提供には「・」を「*」とすること。)

【研究成果による特許等の工業所有権の出願・取得状況】

(工業所有権の名称,発明者,権利者,工業所有権の種類・番号,出願年月日,取得年月日)

- ・ 非公開

【研究分担額】

(研究代表者・分担者名,所属,金額 (円))

- ・ 石田 玉青, 都市環境学部 環境応用化学科, 6,000 千円