

研究種目：特定領域研究

研究期間：2004～2008

課題番号：16079101

研究課題名（和文） 高温ナノイオニクスを基盤とするヘテロ界面制御フロンティア

研究課題名（英文） New Frontier of Hetero-Interface Modification for High Temperature Applications Based on Nanoionics Principles

研究代表者

山口 周 (YAMAGUCHI SHU)

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：10182437

研究成果の概要：

ナノイオニクス研究の国際的ネットワーク形成と基本的共通概念の構築のため、国内外の関連する研究者を本領域主催のセミナーへ招聘すると同時に、学会等における情報収集や研究打ち合わせを積極的に行った。得られた知見について班会議等を通じて討論し、各研究者へフィードバックした。また、代表者・分担者間の共同研究打ち合わせや班長会議を通じて関連分野の専門家の意見を聴取しながら各々の研究の有機的な連携を深めるとともに、若手研究者の育成と一般への啓蒙にも務めた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2004年度	4,800,000	0	4,800,000
2005年度	7,000,000	0	7,000,000
2006年度	8,200,000	0	8,200,000
2007年度	6,900,000	0	6,900,000
2008年度	8,000,000	0	8,000,000
総計	34,900,000	0	34,900,000

キーワード： ナノイオニクス 固体イオニクス 空間電荷層 ショットキー障壁
固体酸化物燃料電池 NEMCA 電極反応 混成電位

1. 研究開始当初の背景

イオンと電子が同時に移動する混合伝導体やイオン伝導体が金属などの異質な物質とヘテロ接触すると、その界面近傍に空間電荷層や表面電荷が生じる。これにより半導体においてはショットキー障壁が形成されることがよく知られているが、イオン・混合伝導体の場合には、物質を構成するイオンや不純物・欠陥が移動可能であるためにイオン・欠陥によるナノスケールの緩和である「ナノ

イオニクス」現象が起こり、新しい界面化学機能が生じる。本特定領域研究の開始の前後には、ヘテロ界面をナノスケールで空間設計することが可能になってきており、ナノ構造制御したヘテロ界面を反応場として積極的に利用する新しい界面化学機能の開拓の気運が高まるとともに、国際的ネットワーク形成と基本的共通概念の構築の必要性が高まっていた。

2. 研究の目的

本領域では、以下の4つの研究項目を設定し、ナノイオニクス現象に基づくヘテロ界面制御の学理確立と応用への展開を図った。

A01 ナノイオニクス現象の基礎特性解明と設計

A02 ナノイオニクス高速イオン移動固体の創製

A03 ヘテロ接触によるナノイオニクス現象を利用した多様な高機能電極の構築と設計

A04 ナノイオニクス固体素子を利用したデバイス開発

本研究の目的は以下の通りである。

- (1) 科学研究費補助金・特定領域研究という特別な枠組みで行うことの意義を常に留意し、グループ研究として推進するアドバンテージを最大限に活用するために共同研究を強力に推進し、設定した特定領域の研究成果を上げることを目的としている。また、そこで得られた成果の社会への還元、成果の公開を積極的に進める。外部の研究者を積極的に参加させることにより、プロジェクト研究の透明性を維持する。また効率的な運営を実現させるために、すべての研究会を公開とするのではなく、非公開で班員間の議論を深めて、機動的で効率的な研究の展開を目指すこととした。このため、公開・非公開の研究集会を効率的に利用して運営すること、研究討論の内容や公開出版物の著作権などの知的所有権ならびに個人情報の開示・非開示の管理に留意することとした。
- (2) 特に特定領域の特徴である、①多くの研究者から構成される組織により、②系統的な研究を、③相互に協力して一定の期間に強力に推進する、という点を最大限に活用する。このために、単なる個別研究とは異なり、領域代表・各計画班長が強力な指導力を発揮して、特定領域全体の目標や各研究項目における目的をより明確化するとともに、本領域の共通概念の構築、具体的な目標達成のための共同研究の推進を図り、特定領域研究の目指す「高温ナノイオニクス」の新たな学理の構築と応用展開を目指す。これを実現するための柔軟な組織運営を進める。特に、特定領域が組織を構成して行うグループ研究の意義を明確に各班員に周知させた上で、単なる研究者・グループ間の調整だけではなく、場合によっては総括班の強力なリーダーシップによって研究の具体的な展開方法についても随時変更する。
- (3) 次世代の研究者育成と国際的ネットワーク構築を重要な課題とし、優れた若手研究者のトレーニングの場を提供する。

3. 研究の方法

(1) 全体の研究計画の立案・調整

班長会議、班会議、総括班会議およびメールによる打ち合わせを行い、特定領域研究活動・成果の公開、各研究計画代表者・分担者・公募研究者間の共同研究打ち合わせ、研究討論の進め方などについて関連分野の専門家の意見も聴取しながら綿密に進めた。

(2) 情報発信、成果報告

計画研究・公募研究や企画行事の広報、活動成果発信のためにホームページを作成、公開し(随時)、ニュースレター、成果報告集(各年度末)を発行した。

(3) 研究発表会等

セミナーやワークショップを主催して国内外の関連する研究者を招聘すると同時に、若手研究者の育成、一般への啓蒙に務め、ナノイオニクス研究の基本的共通概念の構築、国際的ネットワーク形成に寄与した。

また、領域関連研究者に関連学会への参加を促して発表、討論、情報収集を行った。

4. 研究成果

各年度における主な行事は以下の通りである。

[平成16年度]

(1) 全体の研究計画の立案・調整

①班長会議 3回 ②総括班会議 1回

(2) 情報発信、成果報告

①ホームページの作成・整備
②ニュースレター発行 ③成果報告集発行

(3) 研究発表会

①特定領域研究発表会(東京):
平成16年9月23日
②計画研究全体会議(東京):
平成16年10月12日-13日
③研究成果発表会(仙台):
平成17年 2月11日-12日

[平成17年度]

(1) 全体の研究計画の立案・調整

①班長会議 9回 ②班会議 3回
③総括班会議 2回

(2) 情報発信、成果報告

①ホームページ公開 ②ニュースレター発行 2回 ③成果報告集発行

(3) 研究発表会【】内は参加者数

①キックオフ研究会(京都):【51名】
平成17年 7月 1日-2日
②第1回サマーセミナー(福島):
【43名:学生14名,海外5名】
平成17年 9月15日-17日
③公開成果報告会(東京):【70名】
平成18年1月31日-2月1日
④電気化学会秋季大会(千葉):(関連発表

31件) 平成17年 9月 8-9日
⑤固体イオニクス討論会(新潟):(関連発表
65件) 平成17年11月28-30日
[平成18年度]

(1) 全体の研究計画の立案・調整

①班長会議 9回 ②班会議 2回
③総括班会議 2回 ④A01~A04 班会議(随
時)

(2) 情報発信, 成果報告

①ホームページ公開 ②ニュースレター発
行 ③成果報告集発行

(3) 研究発表会【】内は参加者数

①研究成果公開シンポジウム(東京):【79
名】 平成18年 8月 3日-4日

②第2回サマーセミナー(兵庫):

【43名: 学生17名, 海外3名】

平成18年 9月11日-13日

③Petite Workshop(京都):【35名: 海外
5名】 平成18年11月17日-19日

④公開成果報告会(東京):【66名】

平成19年 3月 8日-9日

⑤電気化学会秋季大会(京都):(関連発表
44件) 平成18年 9月14-15日

⑥固体イオニクス討論会(福岡):(関連発表
61件) 平成18年11月27-29日
[平成19年度]

(1) 全体の研究計画の立案・調整

①班長会議 4回 ②班会議 3回
③総括班会議 1回 ④A01~A04 班会議(随
時)

(2) 情報発信, 成果報告

①ホームページ公開 ②ニュースレター発
行 ③成果報告集発行

(3) 研究発表会【】内は参加者数

①キックオフ研究会(静岡):【58名: 学生
5名】 平成19年 6月11日-12日

②第3回サマーセミナー(大分):

【50名: 学生23名, 海外3名】

平成19年 9月 5日-7日

③電気化学会秋季大会(東京):(関連発表
26件) 平成19年 9月19-20日

④固体イオニクス討論会(愛知):(関連発表
37件) 平成20年12月 6-8日
[平成20年度]

(1) 全体の研究計画の立案・調整

①班長会議 4回 ②班会議 3回
③総括班会議 2回 ④A01~A04 班会議(随
時)

(2) 情報発信, 成果報告

①ホームページ公開 ②成果報告集発行

(3) 研究発表会【】内は参加者数

①第2回研究成果公開シンポジウム(東
京):【70名: 学生5名】

平成20年 4月 1日-2日

②プロトン導電体国際会議SSPC-14(京都):
【145名: 海外73名】

平成19年 9月 7日-11日

③第4回サマーセミナー(秋保):

【54名: 海外12名】

平成20年 9月12日-14日

④電気化学会秋季大会(ハワイ):(関連発表
B10-Solid State Ionics Devices 6 - Nano
Ionics) 平成20年10月12-17日

⑤固体イオニクス討論会(東京):(関連発表
57件) 平成20年12月3-5日

これらの活動を通じて, 多くの研究者で構
成された組織を有機的に連携させて運営し,
単なる個別研究とは異なる系統的な研究を,
領域代表・各計画班長の強力な指導力のもと
推進することができた. さらに外部の研究者
を積極的に参加させて意見や批判を求め, プ
ロジェクト研究の透明性を維持することに
務めた.

セミナーやワークショップの主催により,
国内外の関連する研究者や若手研究者を数
多く招聘することができた. これにより, ナ
ノイオニクス研究の基本的共通概念の構築,
国際的ネットワーク形成, 若手研究者の育成
を推進した.

公開シンポジウム, 学会における討論, 成
果報告集の刊行やホームページの公開を通
じて, 得られた成果を社会へ還元すると同時
に一般への啓蒙を図ることができた.

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533件)

① M. Sase, J. Mizusaki, 他,
“Enhancement of oxygen exchange at
the hetero interface of (La, Sr)CoO₃/(La, Sr)₂CoO₄
in composite ceramics”, Solid State Ionics, 178,
1843-1852 (2008) 査読有

② K. Akiba, M. Ueda, K. Kawamura, T.
Maruyama, “Quantitative Prediction
of Voids Formation in a Growing Nickel
Oxide Scale at 1373 K”, Materials
Transactions, 48, 2753-2761 (2007) 査
読有

③ J. Liu, H. Yugami, “Proton diffusion
in LaSrScO₃ single crystals studied by
in-situ infrared absorption spectro-
scopy”, 178, 1507-1511 (2007) 査読
有

④ S. Mimuro, S. Shibako, Y. Oyama, K.
Kobayashi, T. Higuchi, S. Shin, and S.
Yamaguchi, “Proton incorporation and
defect chemistry of Yb-doped BaPrO₃”,
Solid State Ionics, 178, 641-647
(2007) 査読有

- ⑤ R. B. Cervera, Y. Oyama, and S. Yamaguchi, “Low temperature synthesis of nanocrystalline proton conducting $\text{BaZr}_{0.8}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ by sol gel method”, *Solid State Ionics*, 178, 569–574 (2007) 査読有
- ⑥ M. Ueda, K. Kawamura, T. Maruyama, “Void Formation in Magnetite Scale Formed on Iron at 823 K- Elucidation by Chemical Potential Distribution -”, *Materials Science Forum*, 522–523, 37–44 (2006) 査読有
- ⑦ N. Kuwata, N. Sata, S. Saito, T. Tsurui, H. Yugami, “Structural and electrical properties of $\text{SrZr}_{0.95}\text{Y}_{0.05}\text{O}_3/\text{SrTiO}_3$ superlattices”, *Solid State Ionics*, 177, 2347–2351 (2006) 査読有
- ⑧ F. Iguchi, N. Sata, H. Yugami, H. Takamura, “Oxygen permeation properties and stability of $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Fe}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_3$ by raman spectroscopy”, *Solid State Ionics*, 177, 2281–2284 (2006) 査読有
- ⑨ H. Matsumoto, J. Mizusaki, “Hydrogen separation using proton- conducting perovskites”, *J. Alloys and Compounds*, 408–412, 456–462 (2006) 査読有
- ⑩ J. Mizusaki, H. Ohama, K. Yashiro, T. Kawada, “A Concept of Chemical Potential Pumping Effect of Non-stoichiometric Oxides and the NO_x Sensing Mechanism of the Perovskite-Type $\text{La}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Fe}_3$ ”, *Electrochemistry*, 74, 12, 949–955 (2006) 査読有
- ⑪ J. Mizusaki, S. Yamaguchi, 他, “Electronic Structure of Protonic Conductor $\text{BaCe}_{0.90}\text{Y}_{0.10}\text{O}_{3-\delta}$ ”, *Solid State Ionics*, 176, 2967–2970 (2005) 査読有
- ⑫ H. Yugami, J. Mizusaki, 他, “Mechanical Damage Evaluation of Solid Oxide Fuel Cells under Simulated Operating Conditions”, *J. Ceramic Soc. Jpn.*, 113, 8, 562–564 (2005) 査読有
- ⑬ J. Mizusaki, 他, “Catalytic chemical potential shift on the surface of nonstoichiometric oxides under non-equilibrium gas atmosphere”, *Solid State Ionics*, 176, 2411–2416 (2005) 査読有
- ⑭ S. Onuma, K. Yashiro, S. Miyoshi, A. Kaimai, T. Kawada, J. Mizusaki, 他, “Oxygen nonstoichiometry of the perovskite-type oxide $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{CrO}_{3-\delta}$ ($x=0.1, 0.2, 0.3$)”, *Solid State Ionics*, 175, 287–293 (2004) 査読有
- ⑮ T. Higuchi, S. Yamaguchi, K. Kobayashi, T. Hattori, S. Shin, 他, “Electronic Structure of $\text{Ce}_{1-x}\text{Nd}_x\text{O}_{2-\delta}$ Probed by Soft-X-Ray Spectroscopy”, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 43, L1463–1465 (2004) 査読有
- ⑯ N. Yamada, Y. Oyama, T. Higuchi, S. Yamaguchi, “Fabrication of CeO_2 thin film on quartz glass and $\text{MgO}(100)$ by electron beam evaporation”, *Solid State Ionics*, 172, 293–297 (2004) 査読有
- ⑰ H. Kurokawa, Y. Oyama, K. Kawamura, T. Maruyama, “Hydrogen permeation through Fe-16Cr alloy interconnect in atmosphere simulating SOFC at 1073 K”, *J. Electrochem. Soc.*, 151(8), A1264–A1268 (2004) 査読有
- ⑱ H. Kurokawa, K. Kawamura, T. Maruyama, “Oxidation Behavior of Fe-16Cr Alloy Interconnect for SOFC under Hydrogen Potential Gradient”, *Solid State Ionics*, 168, 13–21 (2004) 査読有
- ⑲ K. Sato, H. Yugami, H. Hashida, “Effect of rare-earth oxides on fracture properties of ceria ceramics”, *J. Mat. Sci.*, 39, 1–6 (2004) 査読有
- [学会発表] (計 1869 件)
- ① 菊池健夫, 三好正悟, 三室伸, 尾山由紀子, 樋口透, 山口周, 「アクセプターおよびドナーをドーブした BaPrO_3 の電気輸送特性」, 固体化学の新しい指針を探る研究会 若手研究者による研究発表会, 東京工業大学, 2009年3月18日.
- ② 田丸奏, 菊池健夫, 三室伸, 三好正悟, 樋口透, 小林清, 尾山由紀子, 幸埴, 山口周, 「 $\text{Ba}(\text{Pr}, \text{M})\text{O}_3$ ($\text{M}=\text{Yb}, \text{Zr}$) におけるイオン・電子伝導特性と欠陥・電子構造」, 第34回固体イオニクス討論会, 東京大学生産技術研究所, 2008年12月4日.
- ③ K. Yoshimura, S. Miyoshi, Y. Oyama, S. Yamaguchi, “Chemical Thermodynamics of Pt-(Ce, Gd) O_2 Mixed System”, PRiME 2008 (2008年電気化学日米合同大会) 214th ECS Meeting, Honolulu, Hawaii, 13 October, 2008.
- ④ Y. Akao, T. Fukuda, R. B. Cervera, S. Miyoshi, Y. Oyama, T. Yagi, S. Yamaguchi, “A possible proton conduction in nanograined Y-doped ZrO_2 and Yb-doped CeO_2 ”, The 2008 Korea-Japan-China SOFC Symposium, Pohang, Korea, 18 September, 2008.

- ⑤ S. Miyoshi, T. Kikuchi, S. Mimuro, T. Higuchi, K. Kobayashi, Y. Oyama, S. Shin, S. Yamaguchi, "Defect Chemical, Electronic and Transport Properties of Doped BaPrO₃", The 14th International Conference on Solid State Protonic Conductors (SSPC-14), Kyoto, 8 September, 2008.
- ⑥ M. Ueda, T. Maruyama, "Quantitative prediction of void formation in growing magnetite scale for med on iron at 823 K", Materials Science & Technology 2007, Detroit, USA, 20 September, 2007.
- ⑦ S. Yamaguchi, T. Tsuchiya, Y. Oyama, K. Terabe, T. Hasegawa, "Development of Nonstoichiometry-Induced Carrier Modification Device Based on Nano-ionics Principle", Materials Science & Technology 2007, Detroit, USA, 20 September, 2007.
- ⑧ F. Iguchi, H. Yugami, 他, "Performance of BaZrO₃ based Proton Conductors as an Electrolyte for Intermediate Temperature Operating SOFC", 10th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells, Nara, 8 June, 2007.
- ⑨ K. Sato, J. Mizusaki, 他, "Reliability Evaluation of SOFC under Simulated Operating Condition", Nara, 8 June, 2007.
- ⑩ R. B. Cervera, Y. Oyama, K. Kobayashi, S. Yamaguchi, "Synthesis and characterization of Y-doped BaZrO₃ oxide protonic nanoceramics and thin films by sol-gel method", The 5th Petite Workshop on Defect Chemical Nature of Advanced Materials, Kyoto, 18 November 2006.
- ⑪ S. Mimuro, S. Shibako, K. Kobayashi, Y. Oyama, S. Yamaguchi, "Defect Chemistry of Proton-hole Mixed Conducting Oxides Yb-doped BaPrO₃", The 5th Petite Workshop on Defect Chemical Nature of Advanced Materials, Kyoto, 18 November 2006.
- ⑫ Y. Oyama, S. Hirooka, K. Kobayashi, S. Yamaguchi, "Phase stability of cerium species in aqueous solutions effected by water activity", The 16th Iketani Conference, Masuko Symposium, Tokyo, 13 November 2006.
- ⑬ R. B. Cervera, Y. Oyama, S. Yamaguchi, "Nanoceramics and thin films of proton conducting BaZr_{0.8}Y_{0.2}O_{3-δ} synthesized via sol-gel method", The 16th Iketani Conference, Masuko Symposium, Tokyo, 13 November 2006.
- ⑭ S. Shibako, S. Mimuro, K. Tanaka, Y. Oyama, S. Yamaguchi, "Hole-proton mixes conductivity in Yb³⁺ doped BaPrO₃", Materials Science & Technology 2006 Conference and Exhibition (MS&T '06), Cincinnati, USA, 16 October 2006.
- ⑮ R. B. Cervera, Y. Oyama, S. Yamaguchi, "Sol-gel synthesis of BaZr_{0.8}Y_{0.2}O_{3-δ} proton conducting ceramics and thin films", 13th Solid state proton conductors conference (SSPC-13), St Andrews, Scotland, UK, 5 September 2006.
- ⑯ T. Higuchi, T. Tsukamoto, T. Hattori, S. Shin, Y. Oyama, S. Yamaguchi, "Mixed Valence State in the surface of Ce_{1-x}Nd_xO_{2-δ} probed by soft-X-ray spectroscopy", 13th Solid state proton conductors conference (SSPC-13), St Andrews, Scotland, UK, 5 September 2006.
- ⑰ Y. Oyama, A. Kojima, K. Tanaka, S. Yamaguchi, "Phase relation in BaO-ZrO₂-LnO_{1.5} (Ln=Y, Sc) system and chemical stability of doped BaZrO₃", 13th Solid state proton conductors conference (SSPC-13), St Andrews, Scotland, UK, 5 September 2006.
- ⑱ T. Higuchi, S. Okada, S. Shimizu, T. Hattori, T. Tsukamoto, S. Yamaguchi, "Proton conduction of SrZr_{1-x}Y_xO₃ thin film on SrTiO₃ substrate prepared by pulsed laser deposition", 13th Solid state proton conductors conference (SSPC-13), St Andrews, Scotland, UK, 5 September 2006.
- ⑲ T. Higuchi, S. Yamaguchi, K. Kobayashi, T. Hattori, S. Shin, T. Tsukamoto, "Electronic Structure in the Surface State of Ce_{1-x}Nd_xO_{2-δ} Probed by Resonant-Photoemission Spectroscopy", SSI-15, Barden-Barden, Germany, 10 July, 2005.
- ⑳ H. Matsumoto, T. Shimura, T. Higuchi, T. Otake, K. Yashiro, T. Kawada, J. Mizusaki, S. Hashimoto, T. Ishihara, "Mixed Protonic-Electronic Conduction Occurring in Some Ru-Doped Perovskites at High Temperatures", 26th RISO International Symposium on Material Science, Copenhagen, 5 September 2005.

[図書] (計 105 件)

- ① 山口周, 樋口透, 尾山由紀子, 三好正

悟,「電子分光法による nano-NEMCA 現象の追及」, ナノイオニクス—最新技術とその展望—, シーエムシー出版, 144-155 (2008)

- ② 水崎純一郎 (分担), 「燃料電池材料 (4.8 電極材料 (カソード), 4.9 電極材料 (アノード)), 日刊工業新聞社 (2007)
- ③ 樋口透, 塚本恒世, 山口周, 辛埴, 服部武志, 「ペロブスカイト型プロトン導電体の分光学的解析」, マテリアルインテグレーション, 7, 18, 28-36 (2005)

[産業財産権]

○出願状況 (計 10 件)

- ① 川崎忠寛、上田浩大、丹司敬義「BN 薄膜の形成方法および電子顕微鏡用試料ホルダの形成方法」特願 2008-60306.
- ② 松田厚範, 菊地智哉, 武藤浩行, 逆井基次, (豊橋技術科学大学), 「アルミナーチタニア系光触媒およびその製造方法」, 特開 2006-248810.
- ③ 西岡将輝, 水上富士夫, 川崎卓, 産業技術総合研究所, 電気化学工業株式会社, 「酸化反応促進方法及びその装置」, 特開 2006-224037.
- ④ 森 利之, Yarong Wang, 「Dy ドープナノセリア系焼結体およびその製造方法」, 特開 2005-247673, 登録番号 4106442.

○取得状況 (計 5 件)

[その他]

ホームページ

<http://www.ionics.t.u-tokyo.ac.jp/tokutei/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山口 周 (YAMAGUCHI SHU)

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号: 10182437

(2) 研究分担者

丸山 俊夫 (MARUYAMA TOSHIO)

東京工業大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号: 20114895

湯上 浩雄 (YUGAMI HIROO)

東北大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号: 60192803

水崎 純一郎 (MIZUSAKI JUNITIRO)

東北大学・多元物質科学研究所・教授

研究者番号: 90092345

[事務担当]

尾山 由紀子 (OYAMA YUKIKO)

[2004-2007 年度]

東京大学・大学院工学系研究科・助教

研究者番号: 00345373

田中 和彦 (TANAKA KAZUHIKO)

[2007 年度]

東京大学・大学院工学系研究科・技術職員

研究者番号: 20456156

(3) 連携研究者

[評価委員]

南 努 (MINAMI TSUTOMU)

大阪府立大学・学長

早稲田 嘉夫 (WASEDA YOSHIO)

東北大学・教授フェロー

北澤 宏一 (KITAZAWA KOICHI)

科学技術振興機構・理事長

小久見 善八 (OGUMI ZENPACHI)

京都大学・大学院工学研究科・教授

岩原 弘育 (IWAHARA HIROYASU)

名古屋大学・名誉教授

[事務担当]

尾山 由紀子 (OYAMA YUKIKO) [2008 年度]

東京大学・大学院工学系研究科・助教

研究者番号: 00345373

三好 正悟 (MIYOSHI SHOGO) [2008 年度]

東京大学・大学院工学系研究科・助教

研究者番号: 30398094

田中 和彦 (TANAKA KAZUHIKO)

[2008 年度]

東京大学・大学院工学系研究科・技術職員

研究者番号: 20456156