

CODEN:KDCHEW
ISSN 0916-0892

九州大学 中央分析センター報告

第34号 (2016)

REPORT OF
THE CENTER OF ADVANCED INSTRUMENTAL ANALYSIS
KYUSHU UNIVERSITY
2016

NUMBER 34



目 次

－ 研 究 報 告 －

1. 酸化チタン担持パラジウム触媒を用いるアルケンの酸化的アリル位アセトキシ化反応 張 振中 ^a , 呉 祺勲 ^a , 橋口 大真 ^a , 石田 玉青 ^b , 村山 美乃 ^a , 山本 英治 ^a , 徳永 信 ^a ^a 九州大学大学院理学研究院化学専攻 ^b 首都大学東京都市環境学部 …………… 1	1
2. Donor-Acceptor 分子のストークスシフトの溶媒依存性に基づくイオン液体の極性の評価 石松 亮一、田代 修也、中野 幸二、今任 稔彦 九州大学大学院工学研究院応用化学部門…………… 10	10
3. HDDR 処理 Nd-Fe-B 粉末磁石の Lorentz 走査型透過電子顕微鏡分析 齊藤 光 ^{1,2} , 滝沢 里奈 ² , 板倉 賢 ² ¹ 九州大学大学院総合理工学研究院 ² 九州大学大学院総合理工学府量子プロセス理工学専攻 …………… 17	17
4. アルミナ細孔への Pd-LaMnO ₃ の選択的担持による触媒の空間配置規制とその機能解析 藤 章裕 ¹ , 永長 久寛 ² , 島ノ江 憲剛 ² ¹ 九州大学中央分析センター ² 九州大学大学院総合理工学研究院 …………… 24	24
5. 光塩基発生剤ニフェジピンのポリフェノール類検出のための MALDI-MS マトリックス剤としての応用 田中 充 九州大学大学院 農学研究院…………… 33	33
平成 28 年度機器利用研究題目 …………… 39	39
装置を利用した研究成果 …………… 68	68
関係委員…………… 73	73
中央分析センター業務記録 …………… 75	75

酸化チタン担持パラジウム触媒を用いるアルケンの酸化的アリル位 アセトキシ化反応

張 振中^a, 呉 祺勲^a, 橋口 大真^a, 石田 玉青^b, 村山 美乃^a, 山本 英治^a, 徳永 信^a

^a 九州大学大学院理学研究院化学専攻

^b 首都大学東京都市環境学部

Oxidative allylic C–H acetoxylation of terminal alkenes with TiO₂ supported palladium nanoparticles using molecular oxygen as the oxidant

Zhenzhong Zhang ^a, Qixun Wu ^a, Taishin Hashiguchi ^a, Tamao Ishida ^b, Haruno Murayama ^a,
Eiji Yamamoto ^a and Makoto Tokunaga ^a

^a *Department of Chemistry, Graduate School of Science, Kyushu University,
744 Motoooka, Nishi-ku, Fukuoka 819-0395, Japan*

^b *Research Center for Gold Chemistry, Graduate School of Urban Environmental
Sciences, Tokyo Metropolitan University,
1-1 Minami-Osawa, Hachioji, Tokyo 192-0397, Japan*

Abstract

Pd nanoparticles supported on TiO₂ have been used for the synthesis of linear allylic acetates from terminal alkenes and acetic acid using O₂ as oxidant. Allylic acetates were obtained in good yields when allylbenzenes were used as substrates. The transformation of 1,3-butadiene into 1,4-diacetoxy-2-butene was also successfully proceeded, which is an important industrial intermediate for production of 1,4-butanediol and THF. XAFS measurements suggest that the major component of the catalysts was Pd⁰ NPs. In addition, XPS analysis of the catalysts suggest that the interaction between Pd and TiO₂.

1. はじめに

近年、C–H結合を活性化して新たな結合を作る試みが盛んに行われている^{1,2}。一方、末端アルケンから出発してアリル位のC–H結合を活性化して酸素官能基を導入する手法は比較的古くからおこなわれている^{3,4}。しかし、これまでの報告では均一系Pd(II)錯体と、化学量論量の酸化剤を用いている⁵⁻¹⁶。多くの場合、ベンゾキノンが酸化剤として用いられているが、生成したPd(0)をPd(II)の活性種に戻す役割と、パラジウムの電子密度を下げπ-アリルパラジウム中間体への求核攻撃を促進する役割を担っている。しかし、環境低負荷でよりグリーンな合成という観点では、化学量論量の酸化剤ではなく、分子状酸素O₂を酸化剤として用いることができれば理想的である¹⁷。Stahlらは、酢酸パラジウムと窒素系配位子の組み合わせで、分子状酸素を用いた酸化反応を達成しているが、均一系触媒なので再利用ができないという欠点を有している³。金田らは、塩化パラジウムと*N,N*-ジメチルアセトアミドを用い、6気圧の酸素下でアリル位アセトキ

シ化を報告しているが、やはり均一系触媒であり再利用できない⁴。

一方、不均一系のパラジウム触媒によるアセトキシ化は比較的古くから報告されている。分子状酸素存在下、プロピレンに酢酸を付加させ、酢酸アリルを合成する方法が、昭和電工により報告されている¹⁸。また、類似の条件で 1,3-ブタジエンから 1,4-ジアセトキシ-2-ブテン (IUPAC 名 but-2-ene-1,4-diyl diacetate) を合成する方法が三菱化学により開発され、これらはいずれも工業化されている。しかしながら、固体触媒を用いる報告はこれらに限定されており、一般的な有機合成に使われる液相バッチ条件での報告はこれまでない。最近、我々は、液相条件下での C-H 活性化や C-C 結合形成反応をいくつか報告した^{22,23}。そこで、末端アルケンに対する酸化的なアリル位アセトキシ化反応を、担持パラジウム触媒を用いて試した。

2. 触媒の調製とキャラクタリゼーション

電子顕微鏡は九州大学超顕微解析研究センターの日本電子 JEM-ARM200F を用いた。粉末 X 線解析 (XRD) はリガク MiniFlex600 を用いた。線源として Cu K α ($\lambda=0.154178$ nm) を用い 40 kV、15 mA、20°/min で測定した。X 線吸収微細構造解析 (XAFS) は SPring-8 の BL14B2 ビームラインで行い Si (311) 二結晶モノクロメータを用いた。X 線光電子分光測定 (XPS) は九州大学中央分析センターの島津 AXIS-165 を用いた。線源として Al K α を用い C1s の 284.6 eV のピークでキャリブレーションを行った。

酸化物担持パラジウム触媒は、硝酸パラジウムを前駆体として用い、含浸法で調製した。焼成は 300 °C で 4 時間行い酸化物担持酸化パラジウム (PdO/MO_x) を得た。さらにこれを水素気流下 (20 mL/min) 200 °C で 3 時間還元して酸化物担持パラジウム (Pd/MO_x) を得た。

電子顕微鏡を用いて得られた触媒を観察した。高角散乱環状暗視野走査透過顕微鏡法 (HAADF-STEM) によって得られた図を図 1 ~ 3 に示す。パラジウムの平均粒子径は Pd/TiO₂ のとき 4.6 ± 1.5 nm、Pd/Al₂O₃ のとき 3.6 ± 1.1 nm、Pd/ZrO₂ のとき 2.4 ± 1.0 nm と算出された。次に、粉末 X 線回折測定の結果を図 4 に示す。図 4 (b) には、面心立方格子 (fcc) の Pd の 111 面、200 面、220 面からの回折ピークが 40°、46°、68° に観察される (PDF-2 Database, No. 01-087-0645)。一方、図 4 (c) では、比較的弱い PdO のピークが観察された。

3. 触媒反応の検討

担持パラジウム触媒を用いたアリル位アセトキシ化反応の結果を表 1 に示す。最初に、市販の Pd/C (和光純薬) を用いて検討した。基質としてはアリルベンゼン (1a) を用い、生成物としては酢酸シンナミル (2a) が得られた。ベンジル位にアセトキシ化した分岐型生成物はほとんど得られなかった。色々な溶媒を試したが、AcOH/DMSO (10:1) のとき、収率が上昇し、比較的良好な結果を与えた (エントリー 5)。酸素を風船

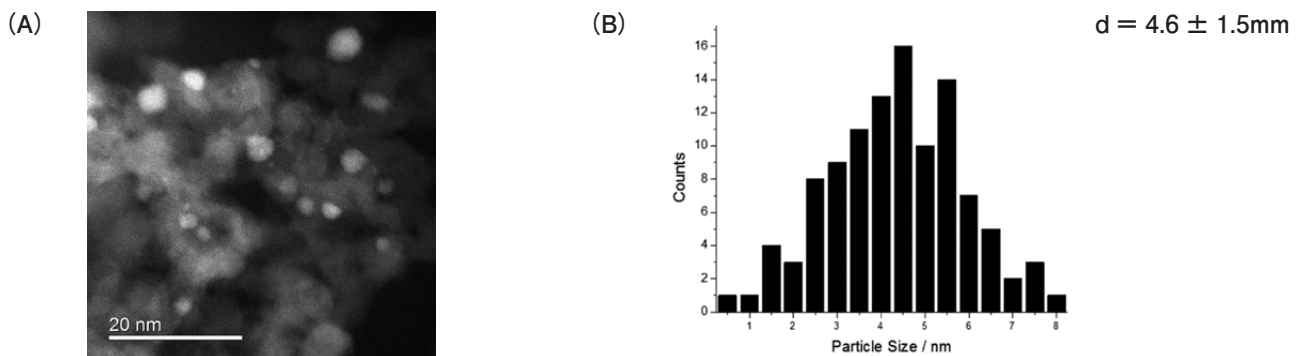


Figure 1. (a) HAADF-STEM image of Pd/TiO₂ and (b) the size distribution of Pd NPs.

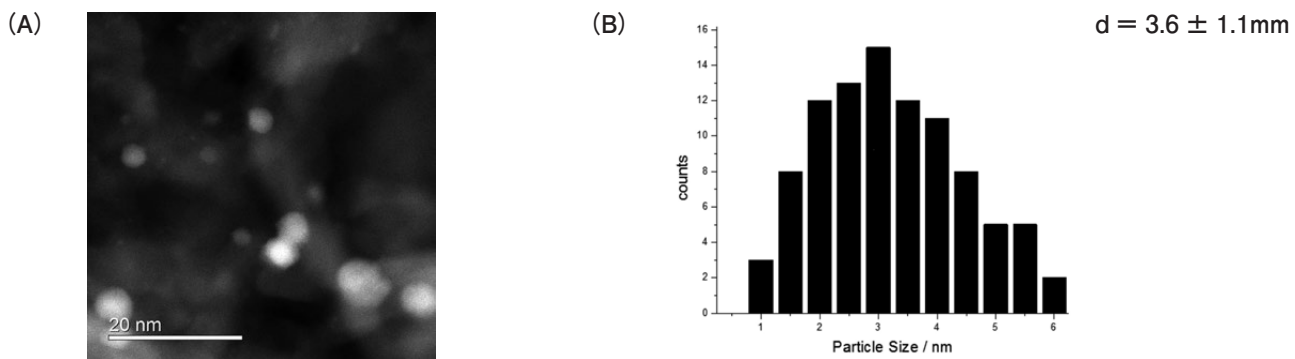


Figure 2. (a) HAADF-STEM image of Pd/Al₂O₃ and (b) the size distribution of Pd NPs.

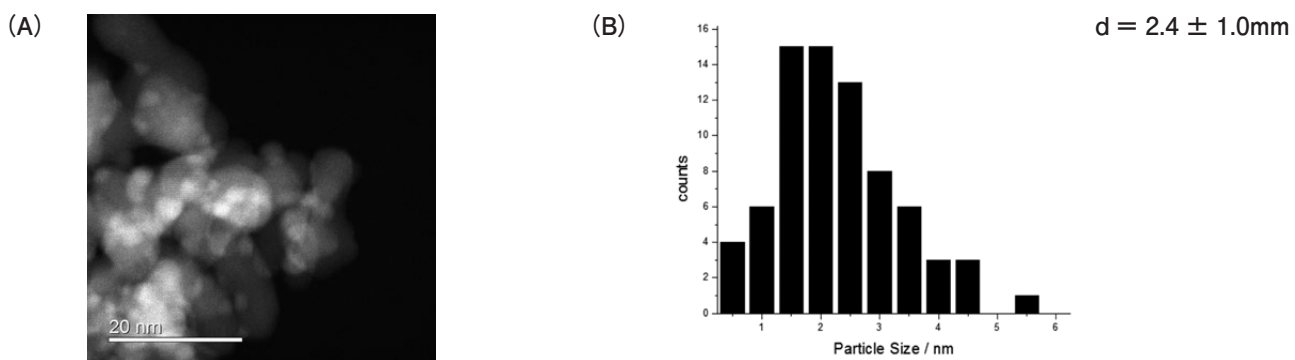


Figure 3. (A) HAADF-STEM image of Pd/ZrO₂ and (B) the size distribution of Pd NPs.

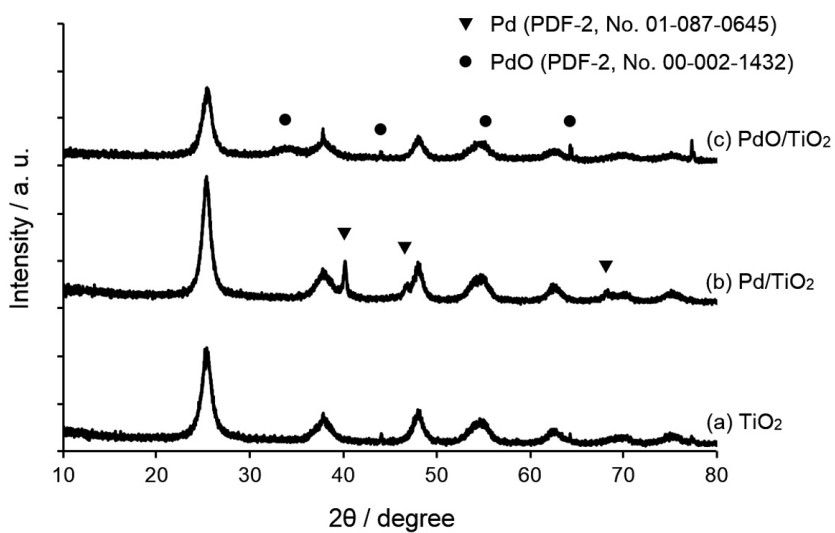
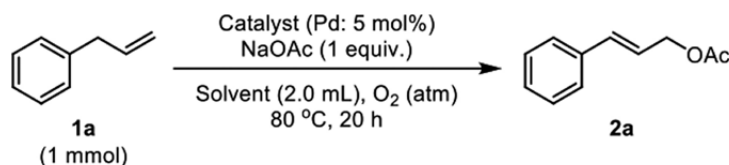


Figure 4. XRD patterns of (a) TiO₂, (b) Pd/TiO₂, and (c) PdO/TiO₂.

で供給し 1 気圧の条件下でも、収率は維持された（エントリー 6）。酢酸ナトリウムを添加しない場合、少し収率が低下した（エントリー 8）。我々が調製した酸化物担持触媒による結果はエントリー 10～13 に示してある。Pd/ZrO₂、Pd/Al₂O₃、Pd/TiO₂、PdO/TiO₂ のうち、PdO/TiO₂ を用いた場合、収率が 81% と最も高くなった。このとき、酢酸 1-フェニルアリル（2%）、シンナムアルデヒド（3%）、アリルベンゼンのホモカップリング体（5%）などの副生成物が観察された。エントリー 12 の条件を最適条件として、次に基質一般性を調べた。

Table 1. Optimization of reaction conditions for synthesis of cinnamyl acetate from allylbenzene.



Entry	Catalyst	Solvent	O ₂ (atm)	Temp. (°C)	Conv. (%)	Yield (%)
					^a	^a
1	Pd/C	AcOH: 1,4-dioxane (1:1)	2.5	80	55	19
2	Pd/C	AcOH: DMA (1:1)	2.5	80	64	24
3	Pd/C	AcOH: DMSO (1:1)	2.5	80	73	31
4	Pd/C	AcOH	2.5	80	88	13
5	Pd/C	AcOH: DMSO (10:1)	2.5	80	88	42
6	Pd/C	AcOH: DMSO (10:1)	balloon	80	82	49
7 ^b	Pd/C	AcOH: DMSO (10:1)	balloon	90	95	58
8 ^c	Pd/C	AcOH: DMSO (10:1)	balloon	90	63	34
9 ^d	Pd/C	AcOH: DMSO (10:1)	balloon	90	91	50
10	Pd/ZrO ₂	AcOH: DMSO (10:1)	balloon	90	26	24
11	Pd/Al ₂ O ₃	AcOH: DMSO (10:1)	balloon	90	85	69
12	Pd/TiO ₂	AcOH: DMSO (10:1)	balloon	90	97	81
13	PdO/TiO ₂	AcOH: DMSO (10:1)	balloon	90	23	11

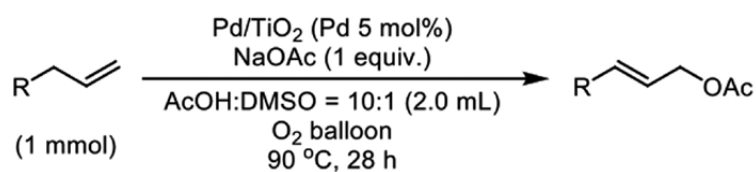
^a The conversion and yield were calculated by GC analysis using tridecane as an internal standard. ^b Reacted for 28 h.

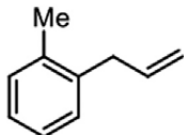
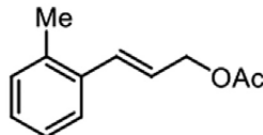
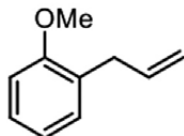
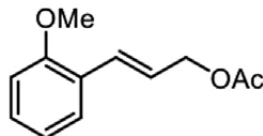
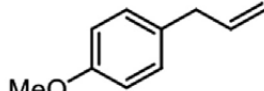
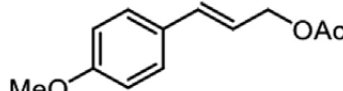
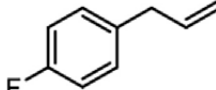
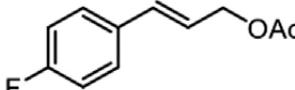
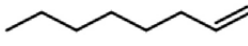
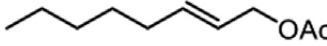
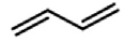
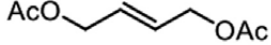
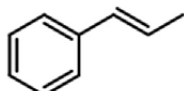
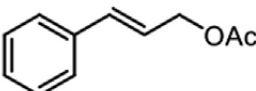
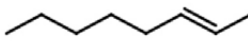
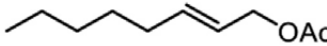
^c Without NaOAc. ^d KOAc was used instead of NaOAc.

いくつかの電子求引基や電子供与基を導入した基質の反応を行った（表 2）。ベンゼン環オルト位にメチル基を導入した場合、73% と良好な収率で生成物が得られた（エントリー 1）。メトキシ基の場合、オルト位では特に影響は見られなかったが、パラ位の場合には少し収率の低下がみられた（エントリー 2、3）。電子求引基であるフルオロ基をパラ位に導入した場合にも 66% 収率で生成物が得られた。一方、鎖状基質である 1-オクテンでは低収率であった（エントリー 5）。1,3-ブタジエンを用いた場合には、THF 合成原料となる 2g が良好な収率で得られた。興味深いことに、β-メチルスチレン（1h）を用いた場合にも、アリルベンゼン（1a）の場合と同じ生成物（2a）が 77% の収率で得られた。一方、トランス-2-オクテン（1I）の場合は、ほとんど生成物は得られなかった。

触媒の再利用の検討を行った。マイクロ波プラズマ原子発光分光析装置（MP-AES）で触媒の担持量を調べたところ、使用前で 4.98 重量%であったものが、使用後には 4.66 重量%に減少しており、多少のリーチングがあることが分かる。

Table 2. Scope of substrates.



Entry	Substrates	Products	Yield (%) ^a
1	 1b	 2b	73
2	 1c	 2c	68
3	 1d	 2d	35
4	 1e	 2e	66
5	 1f	 2f	12
6	 1g	 2g	61
7	 1h	 2a	77
8	 1i	 2f	< 1

^a Isolated yield. ^b Reaction conditions: 1,3-butadiene, Pd/TiO₂ (Pd 5 mmol), AcOH/DMSO (2.0 mL, the ratio is 10 : 1), NaOAc (1 mmol), O₂ (2.5 atm), 50 °C for 24 h. ^c The yield was calculated based on O₂, and 4% yield of 3,4-diacetoxy-1-butene was determined as a byproduct.

しかし、図5に示したとおり、触媒反応開始から12時間後に熱時ろ過を行った場合、溶液側では、ほとんど反応は進行しない。触媒活性の本体は、担持パラジウムであると言える。

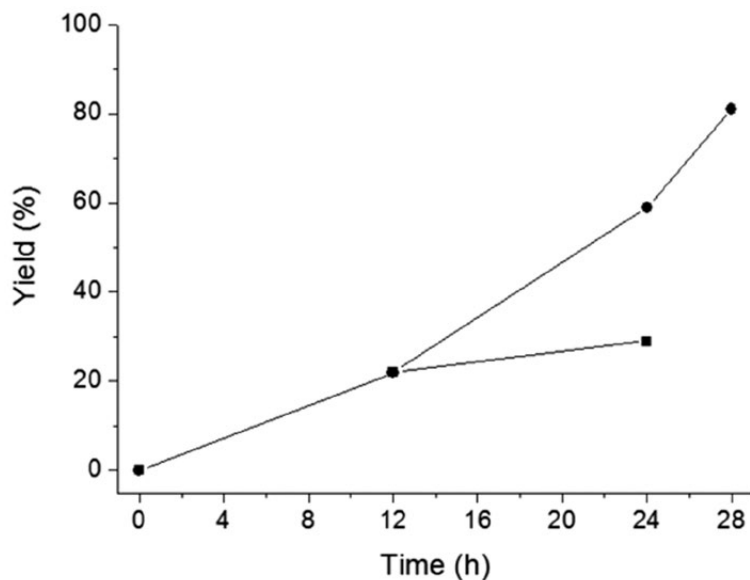


Figure 5. Synthesis of cinnamyl acetate from allylbenzene over Pd/TiO₂ (●) and after the removal of Pd/TiO₂ at 12 h by filtration (■). Reaction conditions: allylbenzene (1 mmol), Pd/TiO₂ (Pd 5 mol%), NaOAc (1 mmol), AcOH/DMSO (10/1, v/v, total 2.0 mL), O₂ balloon, 90 °C .

Pd/TiO₂ を触媒に用いた再利用実験の結果を図6に示す。反応終了後、メタノールとジクロロメタンで洗浄、乾燥した触媒を再利用したところ、5回目までは特に収率、選択性は低下していない。

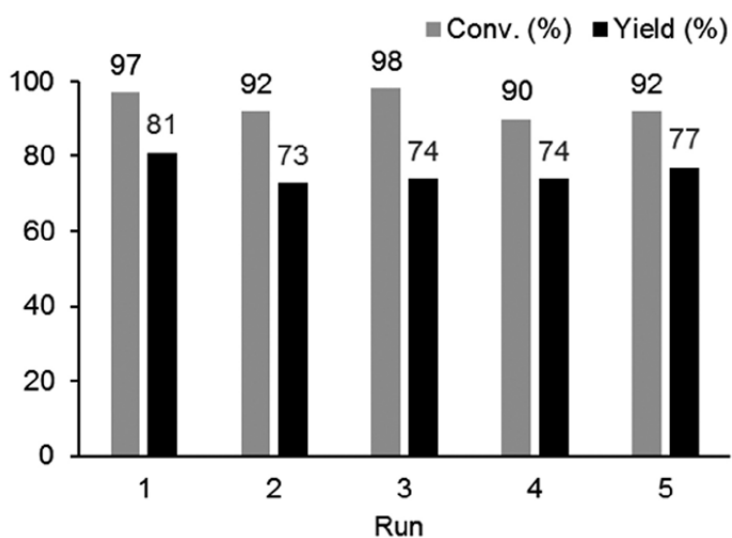


Figure 6. Recyclability of Pd/TiO₂ in the synthesis of cinnamyl acetate from allylbenzene. Reaction conditions: allylbenzene (1 mmol), Pd/TiO₂ (Pd 5 mol%), NaOAc (1 mmol), AcOH/DMSO (10/1, v/v, total 2.0 mL), O₂ balloon, 90 °C, 28 h.

4. 反応機構の検討

Pd K 端の X 線吸収分光測定の結果を図 7 に示す。下から (a) Pd foil、(b) PdO、(c) 未使用 Pd/TiO₂ 触媒、(d) 使用後の Pd/TiO₂ 触媒となっている。(a) と (b) では XANES スペクトルおよび、動径構造関数に違いがみられる。PdO では、Pd—Pd 結合に対応するピークが見られず、第一配位圏の Pd—O 結合および、第二配位圏の Pd—O—Pd 結合に対応するピークが観察される。ここで、(c) 未使用 Pd/TiO₂ 触媒、(d) 使用後の Pd/TiO₂ 触媒ともに、ほぼ 0 価パラジウムの (a) Pd foil に近いスペクトルを示していることが分かる。また、使用後の触媒の Pd—Pd 結合のピークがやや減少していることから、反応条件下で、パラジウムの粒子径が増大していないことが分かる。

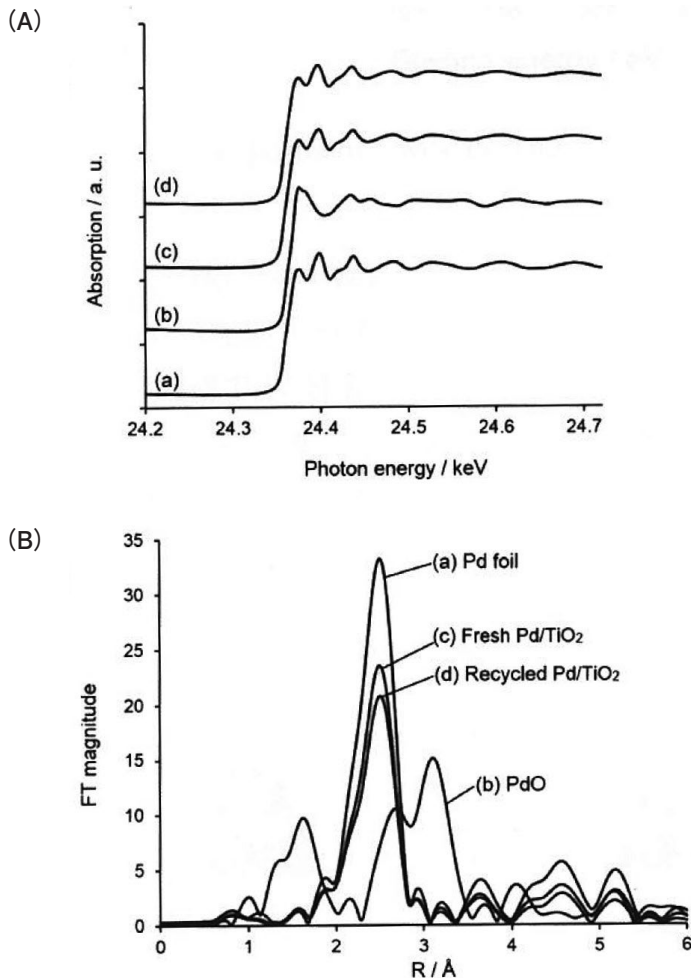


Figure 7. Pd K-edge XANES spectra (A) and Radial structure functions (B) of Pd foil (a), PdO (b), fresh Pd/TiO₂ catalyst (c), and the catalyst after allylic C—H acetoxylation reaction (d).

X 線光電子分光による分析の結果を図 8 に示す。ピークが二つあり、それぞれ 335.4 eV は Pd 3d_{5/2}、340.8 eV は Pd 3d_{3/2} に帰属される。例えば文献 28 では Pd⁰ は Pd 3d_{5/2} と Pd 3d_{3/2} が、それぞれ 335.2 および 340.5 eV に現れるとされている。これらに比べて高エネルギー側に 0.2 eV シフトしていることから、酸化チタンとの相互作用により、パラジウムナノ粒子はわずかにプラスにチャージしていることがわかる。

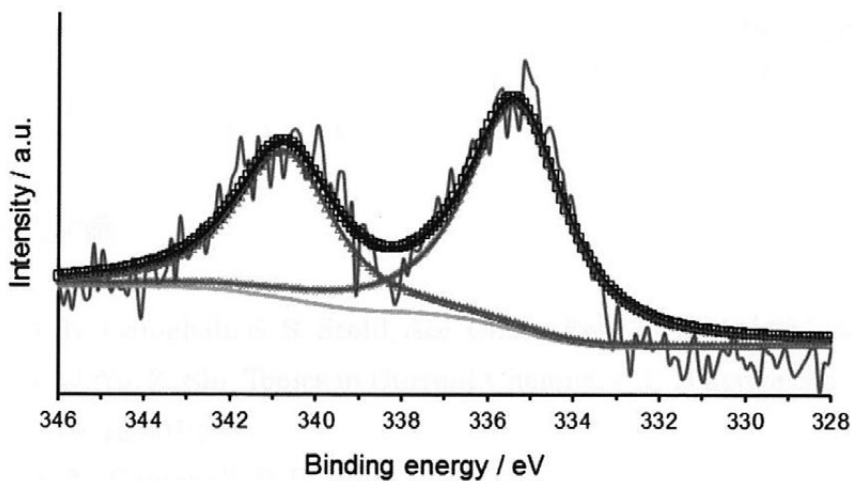


Figure 8. XPS spectra of 5 wt% Pd/TiO₂.

これらの結果から推測した反応機構を図 8 に示す。酸素雰囲気下で、酢酸がパラジウムナノ粒子に配位する (B)。ここに末端アルケンが配位して、協奏的金属化-脱プロトン化 (CMD) 機構で C-H 結合が活性化され (C)、 π -allyl-Pd 中間体が形成される (D)。これがアセトキシ化され生成物を与える (E)。この過程で、酸素 1 分子から水 1 分子が発生する。 π -allyl-Pd 中間体が発生することは、表 2 のエントリー 7 において β -メチルスチレン (1h) をからも生成物 (2a) が得られた事実と矛盾しない。

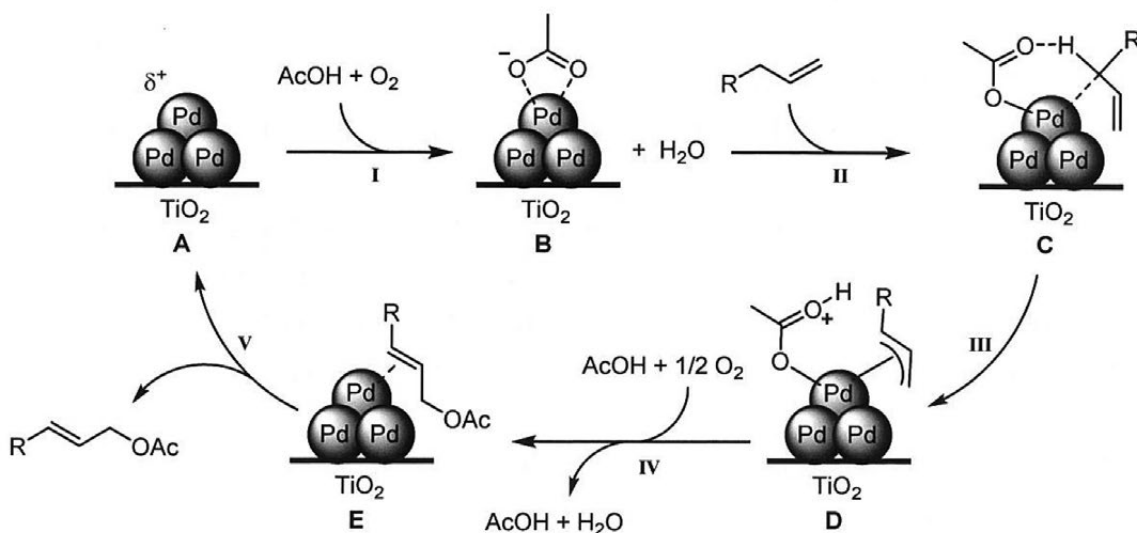


Figure 9. Suggested reaction pathway for allylic C-H acetoxylation.

4. まとめ

我々は今回、酸化物担持パラジウム触媒を用いて、液相反応条件下、末端アルケンの酸化的なアセトキシ化を行うことに成功した。現在、酢酸に代えて水を用いた酸化的なヒドロキシ化の検討へと移っている。

参考文献

References

- [1] A. N. Campbell, S. S. Stahl, *Acc. Chem. Res.*, 45 (2012) 851–863.
- [2] J.-Q. Yu, Z. Shi, *Topics in Current Chemistry: C-H activation*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010.
- [3] A. N. Campbell, P. B. White, I. A. Guzei, S. S. Stahl, *J. Am. Chem. Soc.*, 132 (2010) 15116–15119.
- [4] T. Mitsudome, T. Umetani, N. Nosaka, K. Mori, T. Mizugaki, K. Ebitani, K. Kaneda, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 45 (2006) 481–485.
- [5] M. S. Chen, M. C. White, *J. Am. Chem. Soc.*, 126 (2004) 1346–1347.
- [6] L. T. Pilarski, N. Selander, D. Böse, K. J. Szabó, *Org. Lett.*, 11 (2009) 5518–5521.
- [7] H. Grennberg, A. Gogoll, J. E. Bäckvall, *J. Org. Chem.*, 56 (1991) 5808–5811.
- [8] T. Diao, S. S. Stahl, *Polyhedron*, 84 (2014) 96–102.
- [9] W. H. Henderson, C. T. Check, N. Proust, J. P. Stambuli, *Org. Lett.*, 12 (2010) 824–827.
- [10] J. E. Bercaw, N. Hazari, J. A. Labinger, P. F. Oblad, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 47 (2008) 9941–9943.
- [11] B. L. Lin, J. A. Labinger, J. E. Bercaw, *Can. J. Chem.*, 87 (2009) 264–271.
- [12] R. C. Larock, T. R. Hightower, L. A. Hasvold, K. P. Peterson, *J. Org. Chem.*, 61 (1996) 3584–3585.
- [13] H. Grennberg, J. E. Bäckvall, *Chem. Eur. J.*, 4 (1998) 1083–1089.
- [14] C. Jia, P. Müller, H. Mimoun, *J. Mol. Catal. A: Chem.*, 101 (1995) 127–136.
- [15] S. Hansson, A. Heumann, T. Rein, B. Åkermark, *J. Org. Chem.*, 55 (1990) 975–984.
- [16] R. Alam, L. T. Pilarski, E. Pershagen, K. J. Szabó, *J. Am. Chem. Soc.*, 134 (2012) 8778–8781.
- [17] C. P. Vinod, K. Wilson, A. F. Lee, *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 86 (2011) 167–171.
- [18] J. Tsuji, *Synthesis*, (1990) 739–749.
- [19] R. D. Ashford, *Ashford's dictionary of industrial chemicals*, 3rd Ed., Wavelength: London, 2011.
- [20] Mitsubishi Kasei Corporation, *Chemtech*, (1988) 759
- [21] N. I. Kuznetsova, V. N. Zudin, L. I. Kuznetsova, V. I. Zaikovskii, H. Kajitani, M. Utsunomiya, K. Takahashi, *Appl. Catal. A: Gen.*, 513 (2016) 30–38.
- [22] T. Ishida, R. Tsunoda, Z. Zhang, A. Hamasaki, T. Honma, H. Ohashi, T. Yokoyama, M. Tokunaga, *Appl. Catal. B: Environ.*, 150–151 (2014) 523–531.
- [23] Z. Zhang, T. Hashiguchi, T. Ishida, A. Hamasaki, T. Honma, H. Ohashi, T. Yokoyama, M. Tokunaga, *Org. Chem. Front.*, 2 (2015) 654–660.
- [24] T. Honma, H. Oji, S. Hirayama, Y. Taniguchi, H. Ofuchi, M. Takagaki, *AIP Conf. Proc.*, 1234 (2010) 13–16.
- [25] H. Oji, Y. Taniguchi, S. Hirayama, H. Ofuchi, M. Takagaki, T. Honma, *J. Synchrotron Rad.*, 19 (2012) 54–59.
- [26] B. Ravel, M. Newville, *J. Synchrotron Rad.*, 12 (2005) 537–541.
- [27] B. Wang, H. Du, Y. Shi, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 47 (2008) 8224–8227.
- [28] Y. He, J. Fan, J. Feng, C. Luo, P. Yang, D. Li, *J. Catal.*, 331 (2015) 118–127.

Donor-Acceptor 分子のストークスシフトの溶媒依存性に基づく イオン液体の極性の評価

石松亮一、田代修也、中野幸二、今任稔彦

九州大学大学院工学研究院応用化学部門

Determination of the Solvent Polarity of Ionic Liquids Based on Stokes Shifts of a Donor-Acceptor Molecule

Ryoichi Ishimatsu, Shuya Tashiro, Koji Nakano, Toshihiko Imato

Department of Applied Chemistry, Graduate School of Engineering, Kyushu University

Abstract

We demonstrate that a donor-acceptor molecule, 1,2,3,5-tetrakis(carbazol-9-yl)-4,6-dicyanobenzene (4CzIPN), which shows thermally activated delayed fluorescence, can be used to probe solvent polarities of ionic liquids. We employed three different ionic liquids composed of quaternary phosphonium ions, triethylpentylphosphonium (P₂₂₂₅), triethyloctylphosphonium (P₂₂₂₈), and tributylmethylphosphonium (P₄₄₄₁) as cations, and bis(trifluoromethanesulfonyl)imide (TFSI) as an anion. The Stokes shifts of 4CzIPN in four different molecular solvents (toluene, chloroform, dichloromethane, and acetonitrile) were measured to elucidate the relationship between the Stokes shifts and a polarity parameter (Δf) through Lippert-Mataga equation. The relationship was, then, applied to estimate the solvent polarity of these ionic liquids, [P₂₂₂₅][TFSI], [P₂₂₂₈][TFSI], and [P₄₄₄₁][TFSI], and it was found that Δf values were to be 0.38, 0.37, and 0.34, respectively. These values are slightly higher than that of acetonitrile (0.31). The fact indicates that the ionic liquids have higher polarity than that of acetonitrile. We also measured the solvent polarity of [P₂₂₂₅][TFSI] through the PY scale with pyren, and the result is consistent with that obtained from the Stokes shift of 4CzIPN.

1. 初めに

電子ドナー (D) とアクセプター (A) 基を同一分子内に持つ、Donor-Acceptor (D-A) 分子はその興味深い特徴から、様々な分野で研究され、特に有機エレクトロニクス分野で注目を集めている。分子を構成するドナーあるいはアクセプター基は数多く存在し、それらの組み合わせによって吸収波長や蛍光波長を調整することができる。また、D-A 分子は溶媒中において、光吸収を経て、locally excited (LE) state またはドナー基からアクセプター基へと電荷が移動した charge-transfer (CT) excited state を形成する可能性がある [1]。これらの励起状態は溶媒の極性によって影響を受け、無極性や極性が低い溶媒では、LE が多く存在し、極性溶媒では CT の割合が増える傾向にある。特に CT 状態では、電荷移動によって分子の双極子モーメントが増加するので、極性溶媒によって励起状態がより安定化され、発光スペクトルが長波長側にシフトすることが知られている [1,2]。この D-A 分子の発光スペクトルのシフトは、発光分子の周囲の環境における極性の程度を示す指標として、生体サンプル等のプローブとして応用されている。

今回、われわれは、D-A 分子として、近年開発された、蛍光量子収率が高い 1,2,3,5-tetrakis (carbazol-9-yl)-4,6-dicyanobenzene (4CzIPN) [3] (Figure 1) に着目した。カルバゾリル基とジシアノベンゼン基から構成される 4CzIPN は、励起 1 重項 (S₁) と励起 3 重項 (T₁) のエネルギーギャップが小さく、T₁ から S₁ への逆系

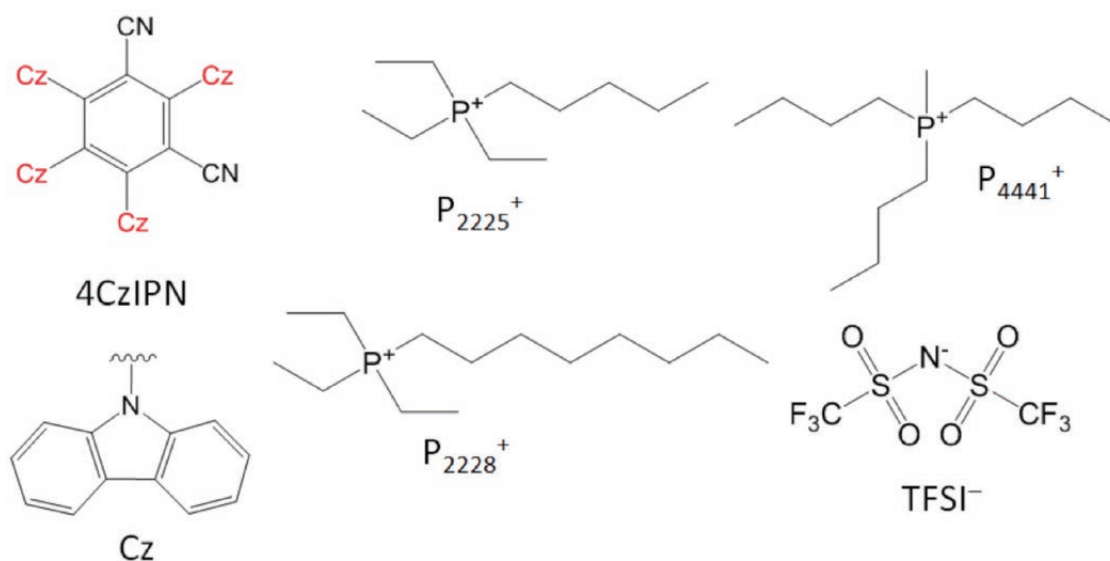


Figure 1. Structures of 4CzIPN and ions constituting ionic liquids.

間交差が起こるといふ特徴を有する熱活性型遅延蛍光 (TADF) 分子である。TADF 分子は、電圧駆動時における発光効率を大幅に改善できるとして、有機 EL の分野で大変注目を集めている [3]。これまでにわれわれは、有機 EL 以外の展開例として、TADF 分子の電気化学発光の解析 [4,5] や TADF 分子を用いた酸素検出 [6] を行ってきた。そこで、今回、D-A 分子である 4CzIPN のさらなる応用例として、溶媒の極性検出への展開を模索した。まず、いくつかの分子性溶媒中での 4CzIPN の吸収スペクトルと蛍光スペクトルから、基底状態と励起状態について検討を行い、さらにイオン液体の極性検出プローブとして用いた。

イオン液体はイオンのみから構成される常温で液体状態の塩であり、その特徴として、低蒸気圧、難燃性、イオン電導性を持ち、有機合成の溶媒や抽出溶媒、電気化学測定 of 電解質等として広く用いられている [7]。様々なイオンの組み合わせによってイオン液体を構成できるので、その種類は無数である。イオン液体の特性は粘度と電気伝導度で評価される場合が多いが、溶媒としての特性の一つである極性については議論されない場合が多い。極性は溶解度と関係する、溶媒の特性を表す重要なパラメータの一つである。そこで、われわれは、4CzIPN の溶媒依存による発光スペクトルのシフトから、3 種類のイオン液体 (Figure 1) の極性を見積もった。用いたイオン液体は、4 級ホスホニウムイオンと bis (trifluoromethanesulfonyl) imide (TFSI) から構成され、4 級アンモニウムイオンから構成されるイオン液体よりも粘度が低い傾向があり、さらに分解電圧が高いため、電気化学測定に適している [8]。われわれはこれらのホスホニウム系イオン液体を用いた発光デバイスの作製を行っており、イオン液体の極性は発光特性にも影響を与える場合があるので、溶媒としての極性パラメータを明らかにすることはデバイス特性を理解する上でも非常に重要である。

2. 実験方法

分子性溶媒 (トルエン、クロロホルム、ジクロロメタン、アセトニトリル) に 4CzIPN を溶解させ、その時の吸収スペクトルと蛍光スペクトルを測定し、そのストークスシフトの大きさを溶媒の極性に対してプロットし、ストークスシフトと溶媒の極性に関する検量線を作成した。イオン液体中における 4CzIPN のストークスシフトと、この検量線からイオン液体の極性を見積もった。

ピレンの蛍光スペクトルに現れる振動構造の強度比は溶媒に強く依存するので、この蛍光強度比は溶媒の極性を表す指標として知られている (PY スケール) [9]。そこで、イオン液体中での PY スケールを、アセ

トニトリル中における 4CzIPN のものと比較した。

4CzIPN の分子特性を理解するための一助として、密度汎関数理論 (DFT) および時間依存密度汎関数 (TD-DFT) を用いた分子軌道計算を行った。計算には Gaussian09 ソフトウェアを用い、B3LYP/6-31g (d) レベルの計算を行った。

イオン液体は関東化学から購入したものをそのまま使用した。分子性溶媒は、モレキュラシーブを用いて脱水を行い、これを実験に使用した。4CzIPN は九州大学の安達教授から提供いただいた。

3. 実験結果

Figure 2 に、分子性溶媒中での 4CzIPN の吸収スペクトルおよび蛍光スペクトルを示す。吸収スペクトルではいくつかのピークとショルダーが観察されたが、溶媒の極性トルエンからアセトニトリルに増加させるにしたがって、360 ~ 380 nm 付近のピークと 450 nm 付近のショルダーはわずかに (10 nm 程度) 短波長側にシフトした。一方で、320 nm 付近のピークは溶媒による有意義なシフトは観察されなかった。溶媒による影響が観察されなかった理由として、この吸収に伴う遷移は、溶媒に影響されない、より内側の軌道が関

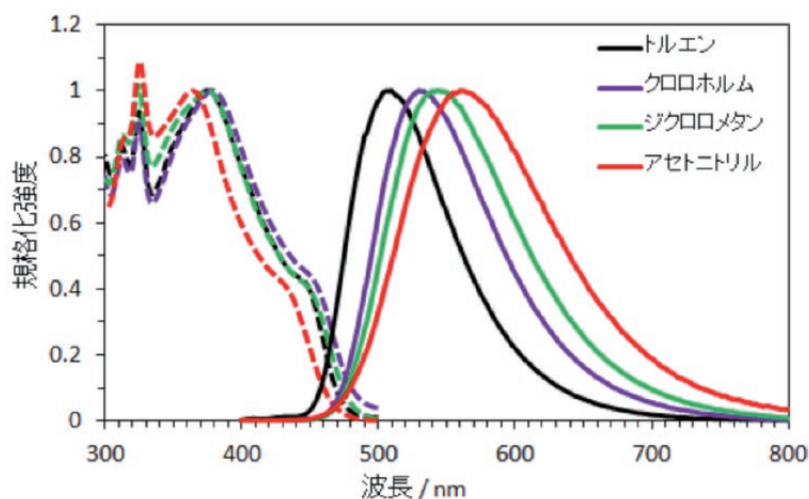


Figure 2. UV-Vis (broken lines) and fluorescent (solid lines) spectra of 4CzIPN in molecular solvents.

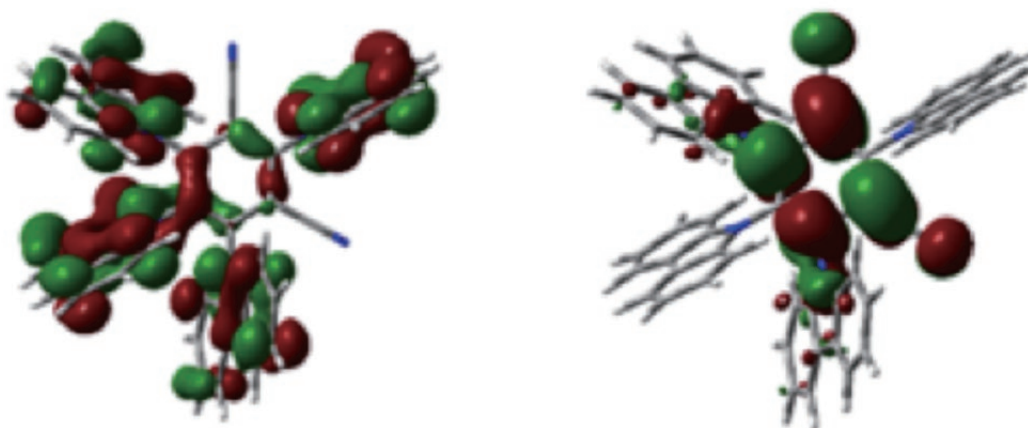


Figure 3. HOMO (left) and LUMO (right) of 4CzIPN calculated with DFT calculations at a B3LYP/6-31g(d) level.

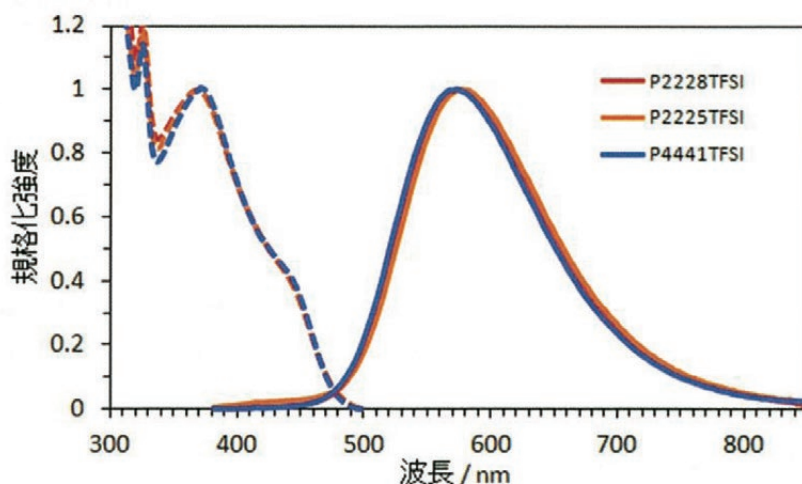


Figure 4. UV-Vis (broken lines) and fluorescent (solid lines) spectra of 4CzIPN in ionic liquids [P2225][TFSI], [P2228][TFSI], and [P4441][TFSI].

係していると考えられる。よって、ストークスシフトの算出には、360 ~ 380 nm 付近のピーク波長を用いた。蛍光スペクトルでは、溶媒の極性が増加するにしたがってスペクトルは長波長側にシフトし、さらに半値幅が増加した [10]。トルエンからアセトニトリルの溶媒の変化によって、蛍光ピーク波長は約 60 nm 程度シフトし、さらに、半値幅は 88 nm から 130 nm へと増加した。これらの値を Table 1 にまとめてある。

4CzIPN の分子軌道や、励起状態を明らかにするために DFT および TD-DFT 計算を行った。Figure 3 に DFT 計算で見積もった 4CzIPN の HOMO と LUMO を示す。HOMO はドナー基であるカルバゾリル基上に局在しており、一方、LUMO はアクセプター基であるジシアノベンゼン基上に集中している。TD-DFT 計算を行ったところ、吸収スペクトルに現れた 450 nm 付近のショルダーは、主に $S_0 \rightarrow S_1$ 遷移で、これは HOMO \rightarrow LUMO 遷移による寄与が大きかった。360-380 nm 付近の吸収ピークは $S_0 \rightarrow S_3$ 遷移に帰属でき、主に HOMO \rightarrow LUMO+1 によるものであった。 $S_0 \rightarrow S_2$ の遷移に対する振動子強度は非常に小さく、大きな吸収ピークとしてスペクトル上に現れないことから、帰属は困難であった。

Figure 4 に 3 種類のイオン液体中での 4CzIPN の吸収スペクトルと蛍光スペクトルを示す。この 3 種類の吸収スペクトルはほぼ重なった。一方、蛍光スペクトルではわずかなシフトが観察された。蛍光極大波長は、[P2228][TFSI] と [P2225][TFSI] 中では [P4441][TFSI] 中に比べて長波長側へ数 nm だけシフトした。また半値幅は [P2228][TFSI] と [P2225][TFSI] 中でともに 133 nm、[P4441][TFSI] 中では 132 nm であり、ほぼ同じであった。

溶媒の極性パラメータ Δf を、誘電率 (ϵ) と屈折率 (n) を用いて、

$$\Delta f = \frac{\epsilon - 1}{2\epsilon + 1} - \frac{n^2 - 1}{2n^2 + 1} \quad (1)$$

と表記すると、Lippert-Magata の関係式から [11,12]、ストークスシフトは Δf を用いて

$$hc(\nu_{\text{abs}} - \nu_{\text{flu}}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2\Delta\mu_{\text{ge}}^2}{a^3} \Delta f + \text{const.} \quad (2)$$

と記述できる。ここで、 h 、 c 、 ϵ_0 、 a はそれぞれ、プランク定数、光速、真空の誘電率、オンサガーのサイズパラメータである。 ν_{abs} と ν_{flu} はそれぞれ吸収と蛍光の振動数であり、 $\Delta\mu_{\text{ge}}$ は基底状態と励起状態の双極子モーメントの変化量である。 a は Gaussian09 の DFT 計算によって得られた体積より算出した ($a = 7 \text{ \AA}$)。 (2) 式より、極性パラメータの増加によってストークスシフトは直線的に増加すると考えられる。Figure 5

Table 1. Stokes shifts of 4CzIPN.

	λ_{FL} / nm	$\lambda_{abs} / \text{nm}^a$	Stokes shift / nm^b	FWHM / nm
[P2228][TFSI]	576	370	206	133
[P2225][TFSI]	575	370	205	133
[P4441][TFSI]	573	370	203	132
Acetonitrile	560	364	196	130
Dichloromethane	544	375	169	111
Chloroform	529	378	151	99
Toluene	509	374	135	88

a: Corresponding to the transitions from S_0 to S_3 . b: The difference between λ_{abs} and λ_{FL} .

FWHM: full width at half maximum.

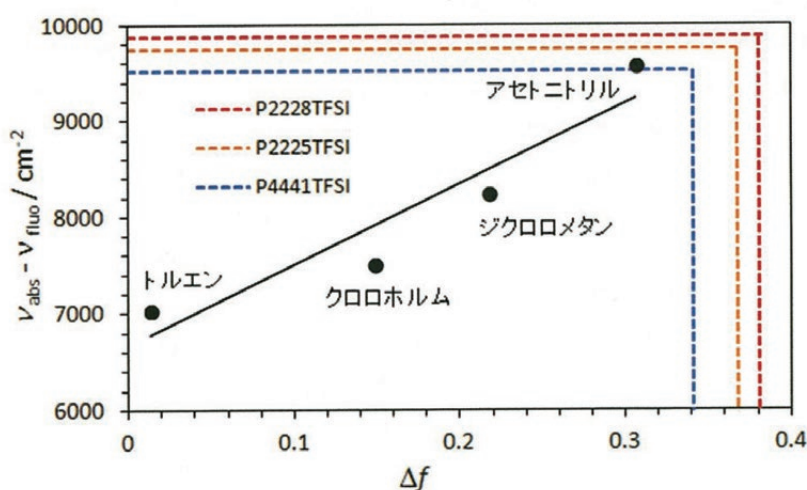


Figure 5. Plot of Stokes shifts ($v_{abs}-v_{fluo}$) vs polarity parameter (Δf). The straight line was obtained with a least-square method by fitting the data in the molecular solvents. Broken lines indicate the Stokes shifts of 4CzIPN in the ionic liquids. Δf values in ionic liquids were estimated by extrapolating the straight line.

に、分子性溶媒中の ($v_{abs} - v_{fluo}$) vs Δf をプロットした。分子性溶媒中のストークスシフトと極性パラメータのプロットを最小二乗法によってフィッティングし、その傾きを算出した。さらに、この傾きと3種類のイオン液体のストークスシフトから、イオン液体の極性パラメータを算出すると、[P2228][TFSI]、[P2225][TFSI]、[P4441][TFSI] でそれぞれ、 $\Delta f = 0.38, 0.37, 0.34$ が得られた。この値は、アセトニトリルの場合よりもやや高い値となった。なお、フィッティングした直線の傾きから、 $\Delta\mu_{ge}$ は 17 D と算出された。この $\Delta\mu_{ge}$ の値は比較的大きく、電荷移動励起状態の形成によって双極子モーメントの変化量が大きくなったと考えられる。

イオン液体の高い極性は他の蛍光試薬を用いても確認できる。ここで、われわれはピレンをプローブ蛍光色素として用いた。Figure 6 に一例として、ピレンのアセトニトリル中と [P2225][TFSI] 中での吸収スペクトルと蛍光スペクトルを示す。これらのスペクトルには振動構造が観察された。アセトニトリル中と [P2225][TFSI] 中の吸収および蛍光スペクトルを比較すると、溶媒によるシフトはほとんど観測されないが、蛍光ス

ペクトルにおいて、各ピークの強度が異なることが分かる。

ピレンでは、350 ~ 400 nm 付近に現れる非常に小さな吸収ピーク (Figure 6、挿入図) は $S_0 \rightarrow S_1$ への遷移に帰属され [13]、これは、主に HOMO-1 \rightarrow LUMO ならびに HOMO \rightarrow LUMO+1 の遷移によるものであるが、対称禁制遷移であるので、吸光度は非常に小さい ($\sim 500 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)。300 ~ 350 nm における吸収ピークは $S_0 \rightarrow S_2$ 遷移に帰属され、主に HOMO \rightarrow LUMO 遷移である。こちらは対称許容遷移であるので、非常に大きな吸収ピークとして観察される。

蛍光スペクトルで観察された 372 nm 付近のピーク (バンド I) は 0-0 遷移に相当し、極性溶媒中で増加する。一方、382 nm 付近のピーク (バンド III) は 0-1 遷移に相当し [14]、溶媒による影響が少ない。よって、これらの強度比は溶媒の極性に依存するので、D-A 分子と同様に、極性を見積もることができる (PY スケール) [9]。0-0 と 0-1 遷移の強度比 (I_{382}/I_{372}) の値は、アセトニトリルで 0.47、[P2225][TFSI] 中では 0.53 であった。PY スケールでも、[P2225][TFSI] の方がアセトニトリルよりも極性が高いという結果が得られ、これは 4CzIPN のストークスシフトの結果と同じ傾向である。ピレンの対称禁制遷移では、溶媒分子との相互作用によって S_0 と S_1 間の遷移 (吸収と蛍光の両方) の許容度が増加する。Figure 6 の挿入図でも、[P2225][TFSI] 中の吸収がアセトニトリル中よりやや強くなっており、イオン液体構成イオンによる基底状態のピレン分子との強い相互作用が示唆される。蛍光スペクトルにおける 0-0 遷移の増加は、ピレンの励起状態はイオン液体とより強く相互作用していることを示している。0-0 遷移強度の増加は、蛍光量子収率の増加にもつながる。実際、ピレンの蛍光量子収率はアセトニトリル中で、64%であったのが、[P2225][TFSI] 中では 78%に増加した。ところで、励起状態からの放射失活過程は、主に対称禁制である $S_1 \rightarrow S_0$ 遷移であるので、蛍光寿命は比較的長く、数百 ns 程度である。この時の放射失活速度は、アセトニトリル中で $2.3 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ であったが、[P2225][TFSI] 中では $2.8 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ であり、速度定数も極性増加によってわずかに増加することが見出された。

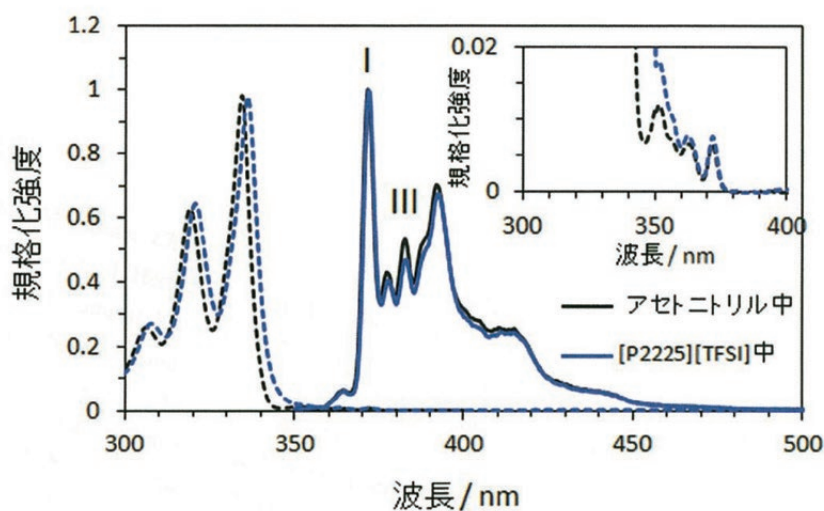


Figure 6. UV-Vis absorption (broken lines) and fluorescent (solid lines) spectra of pyrene in acetonitrile and [P2225][TFSI]. Inset: UV-Vis absorption spectra corresponding to the transition from S_0 to S_1 states.

4. まとめ

本研究では新規の D-A 分子である 4CzIPN のストークスシフトの溶媒依存性から、基底状態と励起状態における双極子モーメント変化を明らかにした。ストークスシフトの原因は以下のように理解できる。即ち、4CzIPN は、励起状態で電荷移動特性を有しており、極性の高い溶媒分子とのより強い相互作用によって、励起状態が安定化され、蛍光スペクトルが長波長側にシフトする。さらに 3 種類の 4 級ホスホニウム系イオン液体、[P₂₂₂₅][TFSI]、[P₂₂₂₈][TFSI]、[P₄₄₄₁][TFSI] の極性パラメータ 4CzIPN のストークスシフトによって見積もった。これらの極性パラメータはアセトニトリルよりわずかに高く、極性が高い溶媒であることが明らかになった。ピレンの振動順位間の蛍光強度比からも、イオン液体はアセトニトリルより高い極性を持っていることが示された。高い極性の一因は、イオン液体構成イオン中の電荷分布と 4CzIPN の電荷移動励起状態が関係していると予想できるが、量子化学計算などを用いた計算化学による更なる解析を必要とする。

謝辞

4CzIPN を提供していただいた九州大学大学院工学研究院の安達千波矢教授に感謝いたします。

参考文献

- [1] W. Rettig, M. Zander, *Chem. Phys. Lett.* **87**, 229-234 (1982).
- [2] A. Kapturkiewicz, J. Herbich, J. Karpiuk, *J. Phys. Chem. A*, **101**, 2332-2344 (1997).
- [3] H. Uoyama, K. Goushi, K. Shizu, H. Nomura, C. Adachi, *Nature* **492**, 234-238 (2012).
- [4] R. Ishimatsu, S. Matsunami, T. Kasahara, J. Mizuno, T. Edura, C. Adachi, K. Nakano, T. Imato, *Angew. Chem. Int. Ed.* **53**, 6993-6996 (2014).
- [5] R. Ishimatsu, T. Edura, C. Adachi, K. Nakano, T. Imato, *Chem Eur. J.* **22**, 4889-4898 (2016).
- [6] R. Ishimatsu, Y. Kirino, C. Adachi, K. Nakano, T. Imato, *Chem. Lett.* **45**, 1183-1185 (2016).
- [7] (a) T. Welton, *Chem. Rev.* **99**, 2071-2083 (1999). (b) M. Galiński, A. Lewandowski, I. Stępnik, *Electrochem. Acta*, **51**, 5567-5580 (2006).
- [8] K. Tsunashima, M. Sugiya, *Electrochem. Commun.* **9** 2353-2358 (2007).
- [9] D. C. Dong, M. Winnik, M., *Can. J. Chem.*, **62** 2560-2565 (1984).
- [10] R. Ishimatsu, S. Matsunami, K. Shizu, C. Adachi, K. Nakano, T. Imato, *J. Phys. Chem. A* **117**, 5607-5612 (2013).
- [11] N. Mataga, Y. Kaifu, M. Koizumi, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **28**, 690-691 (1955).
- [12] E. Lippert, *Z. Naturforsch* **10a**, 541-545 (1955).
- [13] N. J Turro, V. Ramamurthy, J. C. Scaiano, *Principles of Molecular Photochemistry: An Introduction* (2009).
- [14] D. Karpovich, G. Blanchard, *J. Phys. Chem.* **99**, 3951-3958 (1995).

HDDR 処理 Nd-Fe-B 粉末磁石の Lorentz 走査型透過電子顕微鏡分析

斉藤 光^{1,2*}, 滝沢 里奈², 板倉 賢²

¹九州大学大学院総合理工学研究院

²九州大学大学院総合理工学府量子プロセス理工学専攻

Lorentz scanning transmission electron microscope analysis of HDDR-treated Nd-Fe-B magnet powders

Hikaru Saito^{1,2*}, Rina Takizawa², Masaru Itakura²

¹ Department of Electrical and Materials Science, Kyushu University

² Department of Applied Science for Electronics and Materials, Kyushu University

*Corresponding author

HS: saito.hikaru.961@m.kyushu-u.ac.jp

Abstract

Interaction between magnetic domain walls and grain boundaries in Nd-Fe-B magnet powders produced by hydrogenation-decomposition-desorption-recombination (HDDR) process has been investigated by Lorentz scanning transmission electron microscopy (Lorentz-STEM). In the thermally demagnetized state, magnetic domain walls lying inside the Nd₂Fe₁₄B grains were sometimes observed, which often shifted to grain boundaries after applying objective lens field. This result indicates that magnetic domain walls are easy to be trapped at grain boundaries. Energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX) revealed that observed magnetic domain walls were often located at some triple junctions of grain boundaries with Nd-rich phase, which suggests an important role of the triple junctions to enhance coercivity of HDDR-treated Nd-Fe-B magnet powders.

1. はじめに

物質中の微視的構造やそれに付随した局所物性を探索する手法として電子顕微鏡法は幅広い分野で用いられ、高分解能観察・分析のための汎用手法として広く認識されるに至っている。透過型電子顕微鏡 (TEM) 用の球面収差補正器の開発 [1, 2] という技術革新以来、原子分解能観察・分析の汎用化が急速に進み、近年の原子レベルで制御された材料開発研究において TEM の有用性はますます高まっている。サブ Å まで細く絞られた電子プローブにより試料上の各点から構造・組成・電子状態に関する情報を引き出す走査型透過電子顕微鏡法 (STEM) も珍しいものではなくなってきた。しかしながら、STEM を磁性材料の磁気特性分析に活用した例はこれまでのところ少ない。

通常、磁界型インレンズを用いる TEM では、試料はテスラオーダーの磁場中に配置され、ほとんどの材料の場合、飽和磁化に達した状態を観察することになる。レンズ磁場の影響を回避し、本来の磁区構造を観察する、あるいは、制御磁場印加による磁化過程を微視的に観察するためには、テスラオーダーのレンズ磁場による試料磁化を防ぐ必要がある。そのため TEM による磁区構造観察を行う際には、対物レンズを切る、

もしくはレンズ磁場の影響が及ばない位置に試料を配置しなければならない。TEMによる磁区構造観察手法として、試料の Lorentz 力による入射電子の偏向を利用する Lorentz 法と、磁場による入射電子の位相変化を利用する電子線ホログラフィーが挙げられる。試料領域を伝播した物質波と試料外部の自由空間を伝播した参照波の干渉を利用して位相情報を抽出する電子線ホログラフィーでは、試料領域と試料外側に電子線が同時照射される必要があることから基本的に平行照射ビームが用いられる。電子線を細く集束するための強いレンズを必要としない電子線ホログラフィーにおいて試料空間の磁場フリー化は比較的容易であり、本研究対象である Nd-Fe-B 磁石の分析にも応用されている [3]。また、近年では磁気モーメントの3次元ナノイメージングも達成されている [4]。一方、Lorentz 法は通常の TEM において対物レンズを off にする操作のみで実行できるため、汎用的な手法であり、磁気特性分析に広く用いられている ([5] など)。特に最近の TEM では対物レンズを off にした状態でもナノイメージングを可能とするための分解能を確保するために、対物レンズポールピースの下極側の試料への漏れ磁場が少ない位置にミニレンズ (Lorentz レンズと呼ばれる) が装備されている場合が多い。この Lorentz 法も平行電子線照射の TEM モードで用いられることが一般的であったが、近年、STEM モードで実施された顕著な成果も見られるようになった [6-8]。対物レンズを用いない STEM モードでは、対物レンズポールピースの上極側の試料への漏れ磁場の少ない位置に配置されたミニレンズ (コンデンサーミニレンズと呼ばれる) を用いて電子線を集束させる。しかしながら、このミニレンズは通常 10 m のオーダーの球面収差係数をもつため (高分解能対物レンズの 10000 倍程度)、これまで高分解能化は容易ではなかった。しかしながら、Glasgow 大学のグループが最近報告したように、球面収差補正器の電子光学条件をミニレンズの収差に適合させることで、高分解能対物レンズを用いることなく 1 nm の空間分解能に達し得る [7,8]。この Lorentz-STEM は汎用化可能な磁性材料分析手法として有望であるというばかりでなく、STEM が得意とする局所構造・組成分析 [9] と容易に組み合わせられるという点でも発展が期待される。

本研究では Lorentz-STEM を水素化-相分解-脱水素-再結合 (HDDR) プロセスで作製された Nd-Fe-B 粉末磁石の磁区構造観察に応用した。HDDR 処理により $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 微細粒の集合組織が構成されるが、この粒径はサブ μm オーダーであり最も一般的な Nd-Fe-B 焼結磁石よりも 1 桁以上小さい。同磁石に関するこれまでの研究により、粒界に Nd 濃度の高い第 2 相 (Nd-rich 相) が存在することが知られており [10,11]、この Nd-rich 相が保磁力発現に寄与すると考えられており、実際に粒界による磁壁のピン止めも観測されている [12]。しかしながら Nd-rich 相には、2つの $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 微細粒で挟まれた幅 3 nm 程度の薄い粒界相と 3つ以上の $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 微細粒で囲まれた粒界三重点に形成される大きな粒界相があり、これら粒界相の存在形態により保磁力が大きく異なることが指摘されている [13]。すなわち、粒界相の構造や組成により磁壁に対する作用も異なる可能性がある。したがって同磁石の磁化挙動を微視的観点で理解する必要があり、磁壁挙動と粒界組織の相関性を直接議論できる観察が極めて重要となる。本研究では、Lorentz-STEM 法を適用して HDDR 磁石における磁壁移動の観察を行うとともに、同一視野においてエネルギー分散型 X 線分光 (EDX) による元素分析も行い、磁壁挙動と粒界組織とをダイレクトに対応させた新たな解析技法を試みた。

2. 方法

2.1 Lorentz-STEM

速度 v で磁性体試料に入射する電子は以下の式で表されるローレンツ力を受けて偏向する。

$$\mathbf{F} = -e\mathbf{v} \times \mathbf{B} \quad (1)$$

ここで e は素電荷、 \mathbf{B} は試料内部の面内磁束密度である。Fig. 1a の模式図で示すように、電子線透過方向に

ついて B が一定とみなせるような単一磁区を電子が透過するとき、ローレンツ力による電子線の偏向角 θ は面内磁気モーメントの大きさと試料厚さ T に比例する。したがって、電子線の偏向角を測定することにより、局所的な面内磁気モーメントに関する情報を抽出することができる。 B と T の積と θ との関係、及び散乱ベクトルの垂直成分 q_{\perp} との関係は、

$$BT = \frac{\hbar}{e} \theta = -q_{\perp} \quad (2)$$

である。ここで \hbar は換算 Planck 定数、 k は入射電子の波数である。試料上に細く絞った電子線で試料上の各点を照射しながら、試料後方に配置された CCD カメラでディスク状の電子線の断面を順次撮影する。

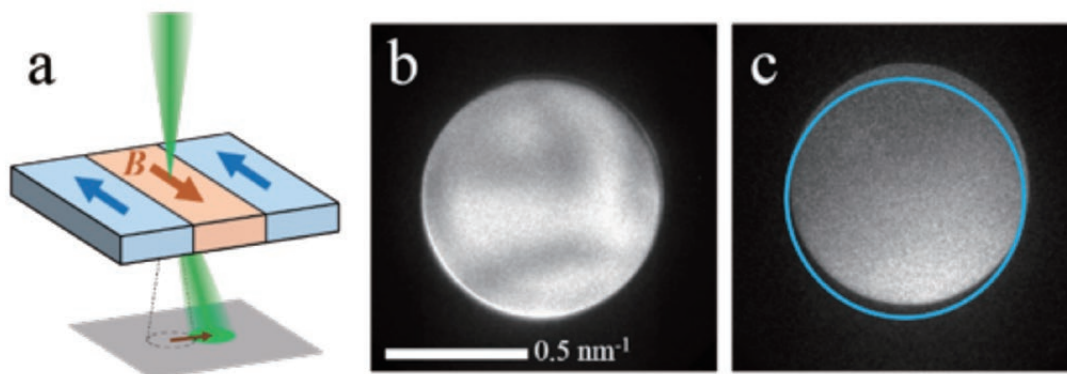


Fig. 1 (a) Schematic drawing of Lorentz-STEM. (b) Direct beam disk taken from a nonmagnetic area (amorphous carbon). (c) Direct beam disk taken from a Nd-Fe-B grain.

ローレンツ力により電子線偏向はこの電子線ディスクのシフト量として測定され、シフト量の2次元マップから面内磁束密度の2次元マップを得ることができる。Fig. 1b と 1c に CCD カメラで取得された電子線ディスクの例を示す。試料を透過した電子線の透過ディスク内のコントラストは電子回折の効果により決して一様ではない。そこで本研究ではディスクパターンを2値化し、無偏向ディスクパターンとの相互相関解析により電子線ディスクのシフト量を決定した。この解析により回折コントラストの影響を受けない面内磁束密度情報を反映する2次元マップを得ることができた。

本研究では FEI Titan³ G2 を加速電圧 300 kV で用いて Lorentz-STEM 観察を行った。試料に対するレンズ磁場の影響を排除するために対物レンズを off にし、ミニコンデンサーレンズを強励磁して試料上に電子線を集束させた。Fig. 2a と 2b に Lorentz-STEM モードにおけるロンチグラムを示す。Fig. 2a では球面収差補正器を off にしており、ミニコンデンサーレンズの大きな球面収差係数によりロンチグラムが小さく、利用可能

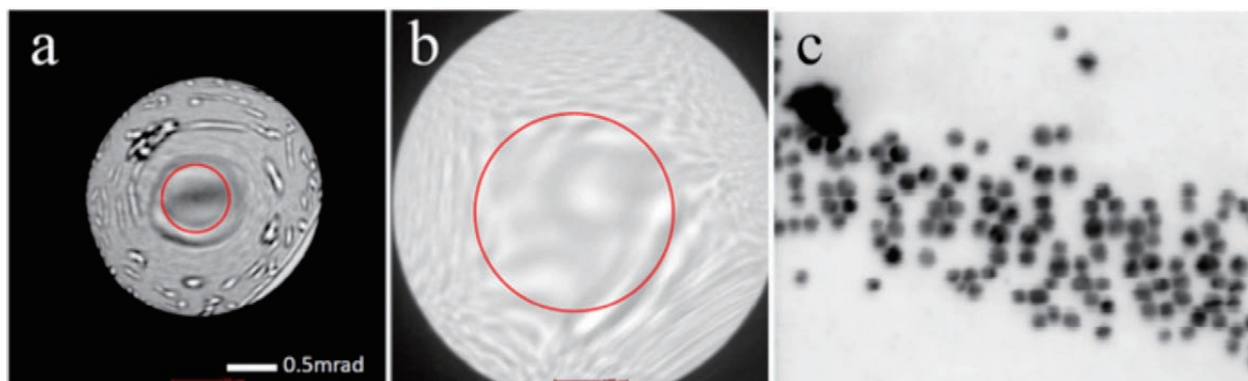


Fig. 2 Ronchigram in Lorentz-STEM mode (a) without a Cs corrector and (b) with a Cs corrector. (c) Bright-field image of Au nanoparticles with a 20 nm average diameter taken in Lorentz-STEM mode.

な照射半角が 0.3 mrad 程度である。一方、Fig. 2b では球面収差補正器を on にし、さらに低次の収差を補正することにより照射半角 1 mrad 程度が利用できるようになっている。これは球面収差補正器の利用により、対物レンズ off に伴う空間分解能の劣化を低減できることを意味しており、Fig. 2c に示すような平均直径 20 nm の金微粒子の観察も問題なく行うことが可能である。

Fig. 3a に Lorentz-STEM 観察で使用した検出器の模式図を示す。29.5 nm 間隔で電子線を走査させながら、 $2.95 \mu\text{m} \times 2.95 \mu\text{m}$ の視野における透過電子線ディスクをスロースキャン CCD カメラで連続記録し、同時に、円環状検出器を用いて非弾性散乱電子による環状暗視野 (ADF) 像を取得した。取得した透過電子線ディスク像は 1 視野につき 10000 枚である。1 枚の透過電子線ディスク像を 500 ms で露光したが、読み出しに一定の時間を要するスロースキャン CCD カメラを用いたため、10000 枚取得し終えるまでに約 3 時間を要した。したがって透過電子線ディスクマップ取得中における試料ドリフトの影響を補正するために、視野全体の像を高速 (1 秒程度) で取得できる ADF 像の同時取得が必須である。

Lorentz-STEM では対物レンズをレンズとしては使用しないが、その場磁場印加装置として利用することが可能である。対物レンズの出力と印加される磁場の大きさの関係を調べるために、試料位置にホール素子を取り付けた試料ホルダー (Mel-Build 社製) を用い磁場計測を行った。対物レンズによる磁場は試料位置において電子線進行方向 (z 軸負の向き) に平行である。一方、Lorentz-STEM で検出可能なのは電子線進行方向と垂直な面内磁束密度である。そこでトモグラフィー用の高傾斜ホルダー (Mel-Build 社製 HATA ホルダー) を用いて試料を 75 度傾斜させ、出力を制御しながら対物レンズを励磁することにより、試料表面に対して平行に近い向きに磁場を印加した (Figs. 3b, 3c)。通常、対物レンズポールピースギャップ幅の制約から、試料を 90 度に傾斜させることは困難である。磁場印加後は対物レンズを off にし、試料傾斜を 0 度に戻し、再び Lorentz-STEM による磁区観察を行った。Lorentz-STEM による磁区観察の後、同一視野において高分解能 STEM モード (対物レンズ on) によるエネルギー分散型 X 線分光 (EDX) 分析を行い、磁区構造と組成分布の相関を調べた。

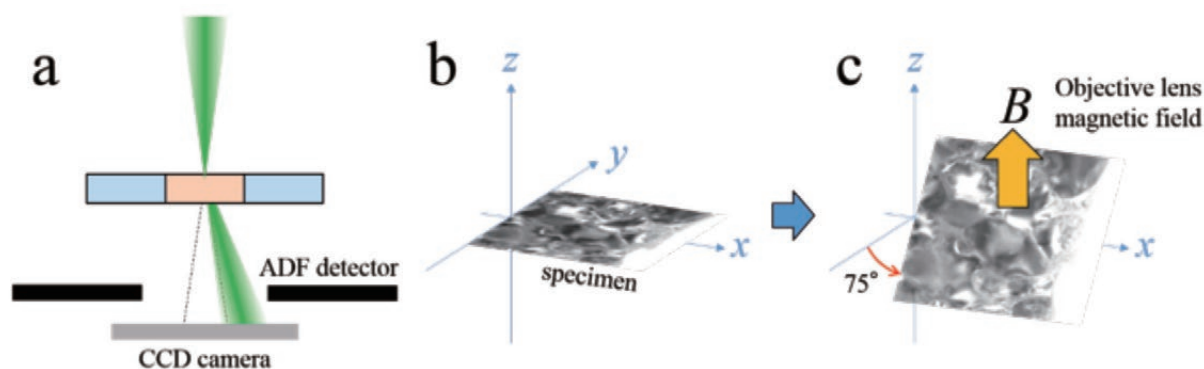


Fig. 3 (a) Schematic drawing of arrangement of a CCD camera and an ADF detector. (b and c) Magnetization of a specimen in the direction close to the surface parallel by using the objective lens field.

2.2 Nd-Fe-B 粉末磁石試料

本研究では水素化-相分解-脱水素-再結合 (HDDR) プロセスで作製された Nd-Fe-B 粉末磁石の磁化過程を観察した。水素化-相分解 (HD) 処理として水素とアルゴンの混合ガス中 (大気圧程度) で 840°C に 180 分間焼鈍した。その後、脱水素-再結合 (DR) 処理として 3 kPa 水素分圧中で 840°C に 90 分間保持した後、1 Pa の高真空中で 725°C に 140 分間保って HDDR 磁石粉末を得た。同試料から集束イオンビーム (FIB) により電子線透過可能な薄さの薄片試料を抜き出し、アルゴンイオン研磨により FIB ダメージ層を除去したものを本観察に用いた。

3. 結果と考察

3.1 磁区構造観察

Figs. 4a-4d に、Lorentz-STEM により取得された磁区観察結果を示す。測定された各点の面内磁気モーメントの向きをカラーマップにした。色の急峻な変化が生じている点が磁壁であり、黒線で示している。Fig. 4a は熱消磁状態であり、Figs. 4b-4d はそれぞれ 70 mT、422 mT、1475 mT の磁場を印加した後の磁区構造が観察されている。印加されたレンズ磁場の面内成分の向きはおよそ紙面上向きである。印加磁場が大きくなるにつれ、カラーマップが赤くなっていくことがわかる。

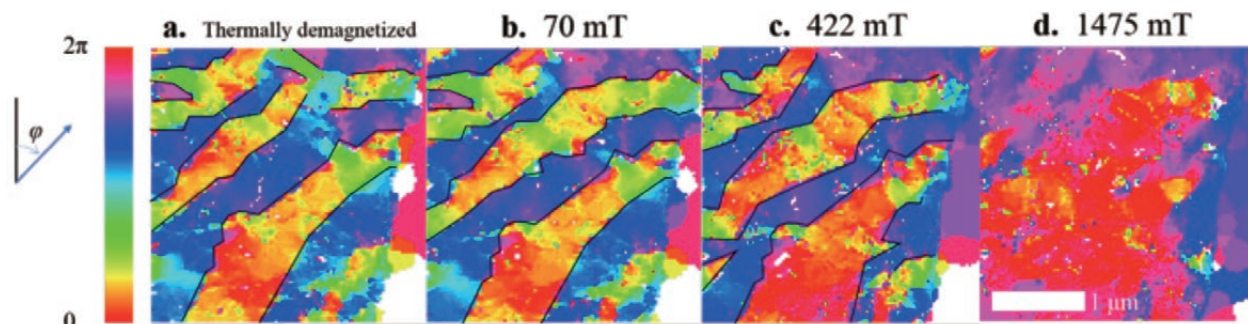


Fig. 4 Orientation maps of in-plane magnetic moment taken from (a) a thermally demagnetized state and remanent magnetization states prepared by fields of (b) 70 mT, (c) 422 mT, (d) 1475 mT.

Lorentz-STEM による磁区観察の後、同一視野において対物レンズを用いた高分解能 STEM モードによる観察を行った。Fig. 5a は高分解能 STEM モードにおける明視野像であり、粒界形状が観察されている。この明視野像に Lorentz-STEM による磁区観察で得られた磁壁を重ねて表示したものが Figs. 5b-5d である。磁壁は主に粒界に位置しているが、Fig. 5b の赤破線枠で示した領域のように、結晶粒を横断する磁壁も存在している。しかしながら、この結晶粒を横断する磁壁は Fig. 5c と Fig. 5d では粒界へと移動している。これは磁場印加によって磁壁移動が生じ、磁場印加終了後も粒界でピン止めされたままになった磁壁が観察されていると解釈できる。

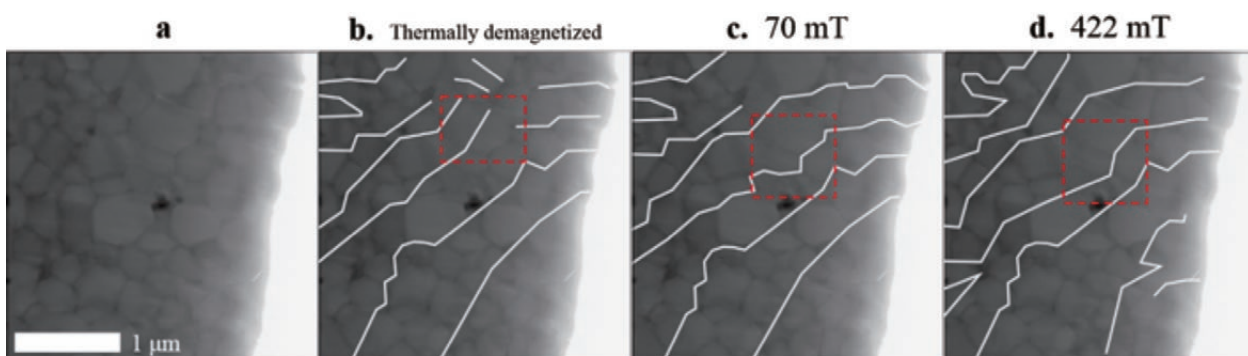


Fig. 5 (a) Bright-field-STEM image corresponding to the orientation maps in Figs. 4a-4d. (b-d) The tracks of magnetic domain walls extracted from Figs. 4a-4c are superimposed on Fig. 5a, respectively.

3.2 組成分析との比較

Figs. 6a-6d はそれぞれ明視野像、高角度 ADF (HAADF) 像、Fe 及び Nd の特性 X 線強度分布を示している。422 mT の磁場を印加して得られた磁壁を重ねて表示している。特性 X 線強度分布において試料全域に渡って概ね均一なコントラストを呈している領域は Nd₂Fe₁₄B の結晶粒であると考えられるが、3つ以上の Nd₂Fe₁₄B 結晶粒で囲われた比較的大きな粒界に Nd が濃化した領域があり、多くの磁壁はこの粒界三重点に重なっていることがわかる。すなわち 2つの結晶粒で挟まれた 2 粒子粒界以上に、粒界三重点が磁壁を強くピン止めする可能性が示唆される。2 粒子粒界と粒界三重点とは結晶構造や成分組成が異なる可能性も高いため今後、磁壁に対する相互作用がどのように異なるのか、またそれが何に起因するのかなど詳細に解析していく必要がある。

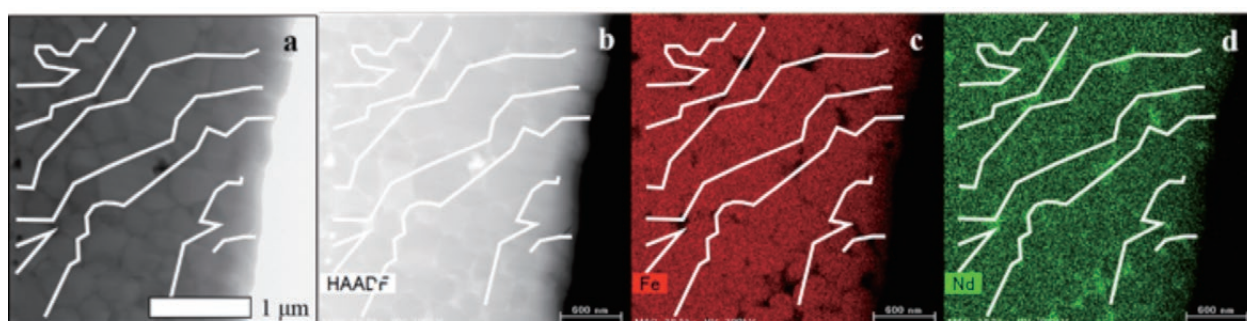


Fig. 6 (a and b) Bright-field-STEM and high-angle-ADF-STEM images, and corresponding EDX maps of (c) Fe and (d) Nd. The tracks of magnetic domain walls extracted from Fig. 4c (422 mT) are superimposed.

4. まとめ

試料へのレンズ磁場の影響を抑制した Lorentz-STEM による磁区観察法を HDDR プロセスで作製された Nd-Fe-B 粉末磁石に適用した。また、対物レンズを利用したその場磁場印加により磁壁挙動を観察し、EDX 分析で得られた Nd の濃度マップと比較して以下の知見を得た。

熱消磁状態においても磁壁の多くは粒界に分布しているが、粒内を横切る磁壁も観察された。外部磁場が印加された後は粒内を横切る磁壁が減少して粒界に位置する磁壁が増加した。これは、対物レンズによる磁場印加を終えた後、磁壁が元の位置に戻る過程で粒界にピン止めされたままになったものであると解釈される。上記の観察結果はスピン偏極走査型電子顕微鏡 (Spin-SEM) による先行研究と矛盾しない [12]。さらに本研究ではピン止めされた磁壁の多くは Nd が濃化した粒界三重点を通過する傾向が見出され、それらが磁壁のピン止めサイトとして重要である可能性が示唆された。

本研究で用いた Lorentz-STEM 磁区観察は汎用 STEM 装置で実現できるため、一般に広く利用可能な手法である。また、球面収差補正器を結像レンズとして用いるため、さらに適切なレンズ調整を行えば 1 nm 程度の空間分解能も達成できる可能性がある。また、本研究では磁気モーメントの向きにのみ着目した解析を行っているが、原理的に得られる情報は大きさと向きをもったベクトル量の二次元空間分布であり、各測定点における磁化の大きさを定量的に導出することも可能である。最後に本手法の短所として長い測定時間を挙げる。特に本実験ではスロースキャン CCD カメラを使用したためにその短所が顕著に現れた。しかし、TEM/STEM 用の高速カメラの開発や普及も進んできており、この欠点も改善されていくと期待される。

参考文献

[1] M. Haider, S. Uhlemann, E. Schwan, H. Rose, B. Kabius, K. Urban, Nature 392, 768 (1998).

- [2] O. L. Krivanek, N. Dellby, A. R. Lupini, *Ultramicroscopy* 78, 1 (1999).
- [3] Y. Murakami, T. Tanigaki, T. T. Sasaki, Y. Takeno, H. S. Park, T. Matsuda, T. Ohkubo, K. Hono, D. Shindo, *Acta Mater. Acta Mater.* 71, 370 (2014).
- [4] T. Tanigaki, Y. Takahashi, T. Shimakura, T. Akashi, R. Tsuneta, A. Sugawara, D. Shindo, *Nano Lett.* 15, 1309 (2015).
- [5] X. Z. Yu, Y. Onose, N. Kanazawa, J. H. Park, J. H. Han, Y. Matsui, N. Nagaosa, Y. Tokura, *Nature* 465, 901 (2010).
- [6] T. Sannomiya, Y. Haga, Y. Nakamura, O. Nittono, Y. Takahashi, *J. Appl. Phys.* 95, 214 (2004).
- [7] S. McVitie, D. McGrouther, S. McFadzean, D.A. MacLaren, K.J. O' Shea, M.J. Benitez, *Ultramicroscopy* 152, 57 (2015).
- [8] M. Krajnak, D. McGrouther, D. Maneuski, V. O'Shea, S. McVitie, *Ultramicroscopy* 165, 42 (2016).
- [9] M. Itakura, N. Watanabe, M. Nishida, T. Daio, S. Matsumura, *Jpn. J. Appl. Phys.* 52, 050201 (2013).
- [10] H. Sepehri-Amin, T. Ohkubo, T. Nishiuchi, S. Hirosawa, K. Hono, *Scr. Mater.* 63, 1124 (2010).
- [11] K. Morimoto, N. Katayama, H. Akamine, M. Itakura, *J. Magn. Magn. Mater.* 324, 3723 (2012).
- [12] T. Kohashi, K. Motai, T. Nishiuchi, T. Maki, S. Hirosawa, *J. Magn. Soc. Jpn.* 33, 374 (2009).
- [13] H. Akamine, M. Itakura, M. Nishida, K. Katayama, K. Morimoto, *Proc. 22nd Int'l Workshop on Rare-Earth Permanent Magnets and their Applications*, p. 225, (2012)

アルミナ細孔への Pd-LaMnO₃ の選択的担持による触媒の空間配置規制と その機能解析

藤 章裕¹, 永長 久寛², 島ノ江 憲剛²

¹九州大学中央分析センター, ²九州大学大学院総合理工学研究院

The properties of catalyst ordered by the selective deposition of Pd and LaMnO₃ with in/outside pore of alumina-support

Akihiro Tou¹, Hisahiro Einaga², Kengo Shimanoe²

¹Center of Advanced Instrumental Analysis, Kyushu University

²Faculty of Engineering Sciences, Kyushu University

Abstract

The catalytic activity of alumina-supported Pd and LaMnO₃ catalyst with intra-pore co-deposition exhibited higher than that of alumina-supported Pd catalyst with intra-pore deposition. The effect of co-existence of Pd and LaMnO₃ in alumina pore on CO-O₂ reaction was investigated by CO, O₂ pulse reaction and XAFS analysis.

This paper reports the details of CO-O₂ catalytic reaction on the intra-pore co-deposited catalyst from the viewpoint of Pd oxidation state and behavior of reactants.

1. 緒言

自動車排ガス浄化用触媒には主に貴金属が用いられており、その使用量の低減のため、貴金属代替材料として金属酸化物触媒が長年研究されている。特に、遷移金属を含むペロブスカイト型酸化物は貴金属に匹敵する比活性を示し、貴金属代替材料として期待されている。しかしながら、常に変動し続ける排ガス環境や、ガソリン中の硫黄成分による被毒などに堪えるには、必要最低限の貴金属との複合化が不可欠である。さらに、省燃費化に伴う排ガス温度の低温化に対応するためには、貴金属触媒に頼らざるを得ないのが現状である。現在まで、我々は Al₂O₃ 細孔内外に担持されたペロブスカイト型酸化物 (LaMnO₃) を担体とみなし、さらにそこに貴金属 (Pd) を担持することで、それらの空間配置を規制した触媒の調製ができることを報告している^{[1][2]}。さらに Pd と LaMnO₃ が Al₂O₃ 細孔内で近接するときに排ガス浄化反応の鍵となる NO-CO 反応および CO-O₂ 反応の活性が向上することを明らかにしている。

一般的な触媒材料の開発では、触媒性能評価によって得られた結果を材料設計にフィードバックすることが行われている。ラボスケールでの触媒性能評価は、排ガス浄化反応のような不均一触媒反応 (触媒が固体で反応物が流通する気体) では、固定床流通式反応器における反応後のガスをカラムによって分離し、TCD (Thermal conductivity detector) によって定性・定量が行われている。測定条件を適宜変えることで、速度論的に反応機構を解明することができるが、その際には表面吸着種の追跡や材料の構造解析が極めて重要な知見となる。例えば、触媒反応を解明する手段として、昇温反応 (Temperature Programmed reaction : TPR) 法や赤外線などの吸光分析が多用される。しかし、触媒 (固体) と反応物 (気体) が混在した状態で進行する不均一触媒反応では、多様な系が存在する上に触媒材料自体も複雑であり、ラボスケールで活性点の情報の選択的な取得は困難である。本稿で取り上げる空間配置を規制した Pd-LaMnO₃/Al₂O₃ 触媒では、反応サイト

となる Pd の酸化還元特性が、LaMnO₃ と Pd の相互作用を理解する重要なポイントとなる。しかしながら、反応物を検出対象とした測定では、Pd 以外 (LaMnO₃) にも反応物が吸着することから、反応物には活性種以外の情報も含まれるため、触媒機構の解明は煩雑となる。そこで、活性種の直接的な情報を得るには、放射光施設における活性種の構造解析が有効と考えられる。本稿では、複雑な系が存在する触媒反応において、従来の触媒評価手法と放射光の利用による分析手法を相補的に用いた触媒機能の解析について報告する。

2. 実験

2.1 触媒調製

触媒担体には触媒学会参照触媒の γ -Al₂O₃ (JRC ALO-8) を空气中 850℃ で予備焼成したものを、担持する Pd および LaMnO₃ の出発原料には Pd(NH₃)₄(NO₃)₂ 水溶液および La-Mn 硝酸塩混合水溶液を用いた。また、それらの触媒担持法として Al₂O₃ 細孔内担持には Incipient Wetness (IW) 法、Al₂O₃ 細孔外担持には逆均一沈殿法にて合成した水酸化物ペロブスカイト前駆体を担持する方法 (I-RHP 法) を用いた。さらに、各担持法を適宜駆使して、細孔内に Pd のみを担持した触媒 (Pd/Al₂O₃)、細孔内に Pd と LaMnO₃ を共存させた触媒として LaMnO₃ を担持後に Pd を逐次担持した触媒 (Pd/LaMnO₃/Al₂O₃)、および細孔内に Pd、細孔外に LaMnO₃ を担持した触媒 (LaMnO₃out/Pd/Al₂O₃) をそれぞれ調製した。担持量は Pd を 1wt%、LaMnO₃ を 10 wt% とした。生成物の観察には STEM-EDX を用い、細孔内外に Pd と LaMnO₃ を選択的に担持できていることを確認した。各触媒の比表面積および Pd 分散度は、共存する酸化物に依存することなくほぼ等しい値であった^[1]。

2.2 CO-O₂ 反応による活性評価

22-60 mesh に整粒した試料を石英管にセットし、固定床流通式反応器を用いて、CO-O₂ 反応における触媒活性を評価した。反応ガスおよび生成ガスの定性・定量分析にはガスクロマトグラフ (Shimadzu GC-8A) を用いた。CO-O₂ 反応では、CO 分圧を 0.49 % に固定し、O₂ 分圧を化学量論から酸化雰囲気 (0.25 - 5%) まで変化させ、接触時間を 0.0125 g s cm⁻³ とした。なお前処理として、Air 流通下で 400℃ まで昇温し、同温度で 30 min 保持した。その後反応温度まで降温し、反応ガスに切り替え、測定を開始した。

2.3 O₂ および CO による Pd の酸化還元特性の評価

触媒の CO と O₂ の反応性の評価には、固定床流通式反応器のガス上流部にインジェクション部を設け、下流部の反応ガスをカラム (MS5A) により分離し、ガスクロマトグラフ (Shimadzu GC-8A) によって反応ガスを分析できる装置を用いた。インジェクション部は計量管に反応ガスを流通させ、六方コックを切り替えることにより、定量の反応ガスを導入できるように構成した。前処理として Air 流通下 400℃ まで昇温後 30min 保持し、175℃ まで降温後、同温度で 20% CO₂/He を 30min 流通後、He によりパージし、LaMnO₃ 上に炭酸塩を形成させ、Pd の CO 反応性を選択的に追跡できるようにした。触媒量は 25 mg、キャリアガスは He (50 ml/min)、反応温度は 175℃、反応ガス導入量を 0.2 μ mol とした。セットした Pd 量が 2.0 μ mol であるので導入したすべての CO が反応する場合、10 回の CO パルスで PdO が Pd に還元される量に匹敵する。また O₂ パルスでは、完全に還元された Pd が 5 回で酸化を完了する量である。各パルス間隔は 3 min とし、CO から O₂ パルスに切り替える時間を 30 min とした。

2.4 CO および O₂ ガス流通下における Pd-L₃ XAFS 測定

Pd-L₃ 吸収端 XAFS (X-ray Absorption Fine Structure) 測定は、佐賀県立シンクロトロン光センター内にある

九州大学ビームライン (BL-06) において SDD (Silicon Drift Detector) 検出器を用いた蛍光収量法により行った。調製した触媒粉末を錠剤成型器によって直径 10mm のディスクに成型し、得られたディスクの面を入射光に対して 45° 傾けて配置した。反応温度は 100°C とし、 $O_2 \rightarrow CO \rightarrow O_2$ の順に反応ガスを切り替え、酸化還元雰囲気における Pd の化学状態の変化を追跡した。流通ガス濃度はそれぞれ O_2 (20%) - He (balance) と CO (5%) - He (balance) に設定した。

3. 結果と考察

3.1 CO- O_2 反応による活性評価

Fig.1 には CO (0.49%) - O_2 (0.25%) における CO_2 転化の活性曲線を示した。250°C 以下では $LaMnO_3/Al_2O_3$ は全く活性を示さないが、Pd を担持した触媒は活性を示すことから、Pd が本反応の活性点であることがわかった。また、175°C の CO_2 転化率を比較すると $Pd/LaMnO_3/Al_2O_3$ が最も高い転化率を示した。Fig.2 に 175°C の CO_2 転化率と Pd 分散度から算出した TOF (Turnover Frequency) を示した。 Pd/Al_2O_3 と $LaMnO_3out/Pd/Al_2O_3$ の TOF はほぼ同じ値を示し、 $Pd/LaMnO_3/Al_2O_3$ の TOF がそれらよりも約 2.6 倍に増加したことから、担体上の Pd と $LaMnO_3$ の空間配置が触媒活性に大きく関与し、特に $LaMnO_3$ が Pd に近接することで活性が向上すると考えられる。なお、175°C 以上で $LaMnO_3out/Pd/Al_2O_3$ と Pd/Al_2O_3 の CO_2 転化率に差が生じるのは、 $LaMnO_3out/Pd/Al_2O_3$ では Pd 担持と $LaMnO_3$ 担持の 2 度にわたる焼成によって Pd の凝集が生じ、Pd 分散度が低下したためと推測される。

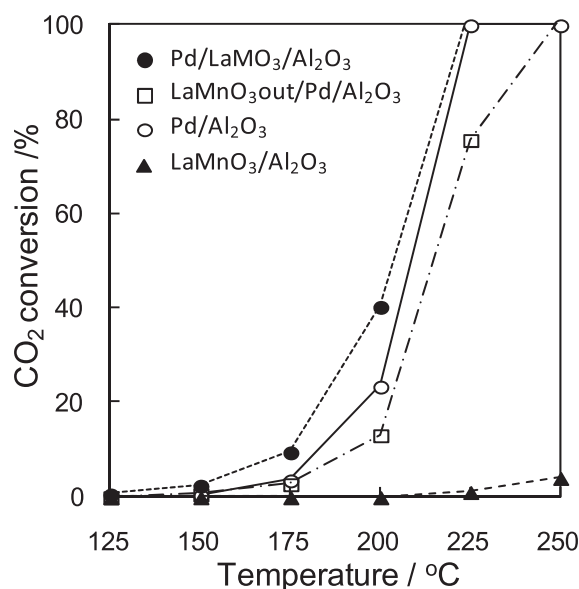


Fig.1 Catalytic reaction of CO- O_2 reaction over alumina-supported catalysts. Catalyst weight : 0.025 g, gas flow rate : $100\text{ cm}^3\text{min}^{-1}$, reaction gas composition : CO (0.49%) - O_2 (0.25%) - He (balance), W/F : 0.015 g s cm^{-3}

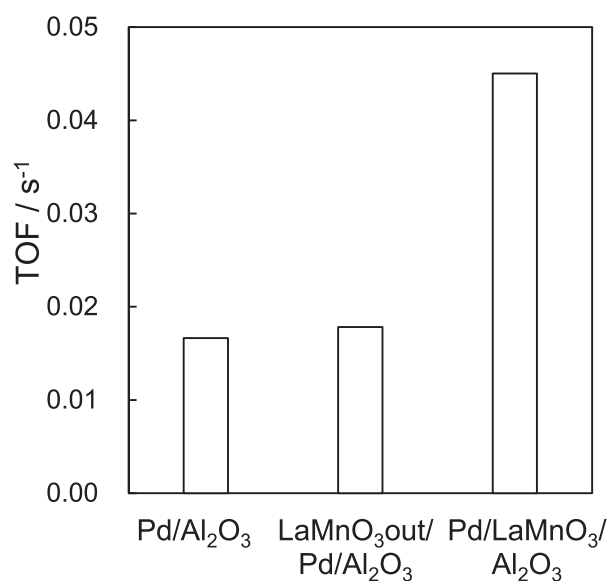


Fig.2 TOFs for CO-O₂ reaction over Pd-containing catalysts calculated with CO₂ conversion at 175°C and Pd dispersion

Fig.3 に Pd における CO-O₂ 反応メカニズムを示す。CO-O₂ 反応では触媒表面上で①気相中の CO および O₂ の吸着、② O₂ (a) の解離、③ CO (a) と O (a) による CO₂ の生成と Pd の酸化還元反応が同時に進行することが考えられる。そこで、PdO の CO による還元速度と Pd の O₂ による酸化速度を比較するため、異なる O₂ 分圧の CO-O₂ 反応における活性評価を行った。Fig.4 に Pd/Al₂O₃ における異なる O₂ 分圧下での CO-O₂ 反応の CO₂ 転化率曲線を示す。175°C の CO₂ 転化率は O₂ 分圧上昇に伴い急激に増加した。すなわち、Pd の O₂ による酸化が Pd の活性向上に効いていることを示唆している。そこで、次項では Pd の酸化還元について詳しく評価した。

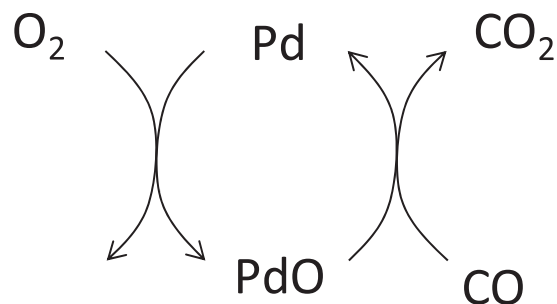


Fig.3 Redox cycle for CO-O₂ reaction

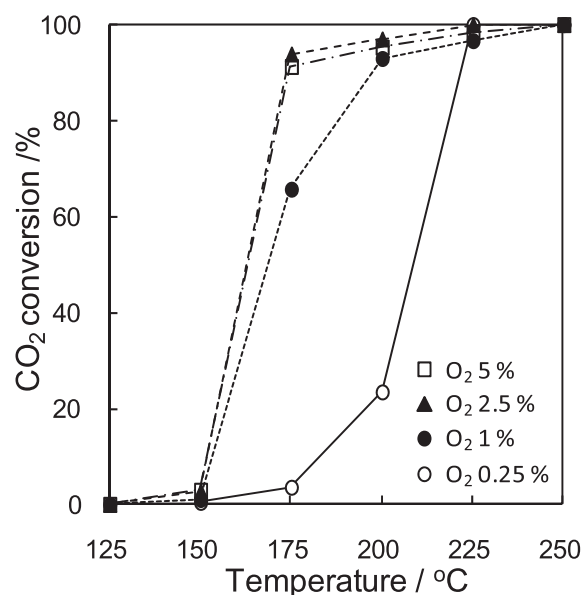


Fig.4 The variation of the catalytic curve of CO-O₂ reaction with oxygen concentration at a constant CO concentration of 0.49 % over Pd/Al₂O₃. Catalyst weight : 25 mg, gas flow rate : 100 cm³min⁻¹, reaction gas composition : CO (0.49 %) - O₂ (0.25 - 5.0 %) - He (balance), W/F : 0.015 g s cm⁻³

3.2 O₂ および CO による Pd の酸化還元特性の評価

O₂ による Pd の酸化と CO による PdO の還元を比較するためには、反応ガス流通下で触媒温度を昇温させ、反応ガスの挙動を追跡する方法 (TPR 法) が有用である。しかし、CO と O₂ はどちらも LaMnO₃ に吸着し、昇温に伴って脱離することから、LaMnO₃ 近傍の Pd の酸化還元特性を選択的に知るためには測定上の工夫が必要である。そこで、筆者は前処理を工夫し、定温で O₂ および CO のパルス反応により Pd の酸化還元挙動の追跡を試みた。

Fig.5 に 175 °C で CO および O₂ パルスを行った LaMnO₃/Al₂O₃ の測定結果を示す。なお本測定では、前処理として CO₂ を流通させている。CO パルス 1 回目から 10 回目の CO (各 0.2 μmol) の導入に対し、下流で導入量と同量の CO を検出していることから、LaMnO₃ への CO の吸着は生じないことがわかった。次に、引き続き O₂ パルスを行ったところ、導入量と同量の O₂ を検出したことから、LaMnO₃ への O₂ の吸着も生じないことがわかった。また、CO と O₂ のパルスの際に CO₂ も検出されなかった。これらの結果から、本反応条件下では LaMnO₃/Al₂O₃ 上で O₂ と CO が表面上に残存せず、反応は進行しないことを確認した。

Fig.6 に 175 °C で CO および O₂ パルスを行った Pd/Al₂O₃ の測定結果を示す。1 回目の CO パルスでは CO₂ の生成 (0.01 μmol) を検出した。また、前処理後の Pd がすべて PdO であることを O₂ 昇温脱離法によって確認した。これらのことから、CO による PdO の還元で CO₂ が生成したことが示された。なお、それ以降 10 回目の CO パルスまで CO₂ の生成がみられず、10 回の CO パルスに引き続く O₂ パルスでも CO₂ が検出されなかった。これらの結果は CO パルスによって吸着した CO が表面上に残存しないことを示唆している。5 回の O₂ パルスによる総 O₂ 導入量と O₂ を検出した総量に差 (0.01 μmol) が生じた。これは、CO パルスにおける CO₂ の生成量 (0.01 μmol) よりも過剰であるので、CO パルスによって還元した Pd の O₂ による酸化と O₂ の吸着が考えられる。すなわち、Pd の酸化還元によって CO-O₂ 反応が進行することを示唆している。

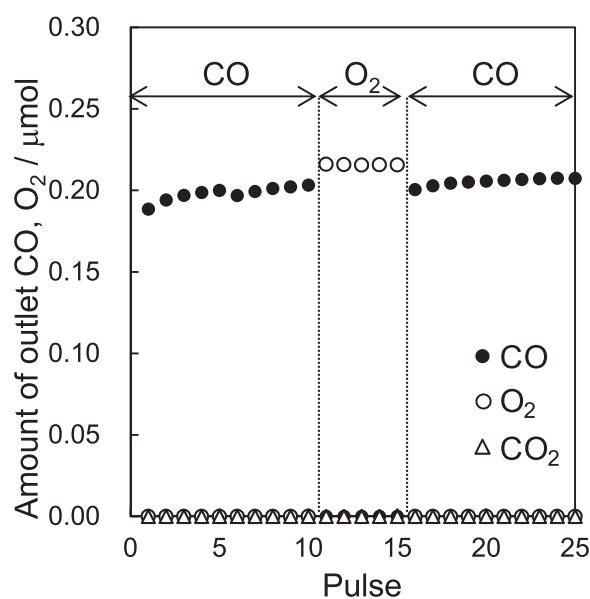


Fig.5 Detected gasses of effluent by CO and O₂ pulse responses into He flow (50ml min⁻¹) at 175°C for LaMnO₃/Al₂O₃

Catalyst weight: 25 mg, The amount of pulse injection: 0.2 μmol

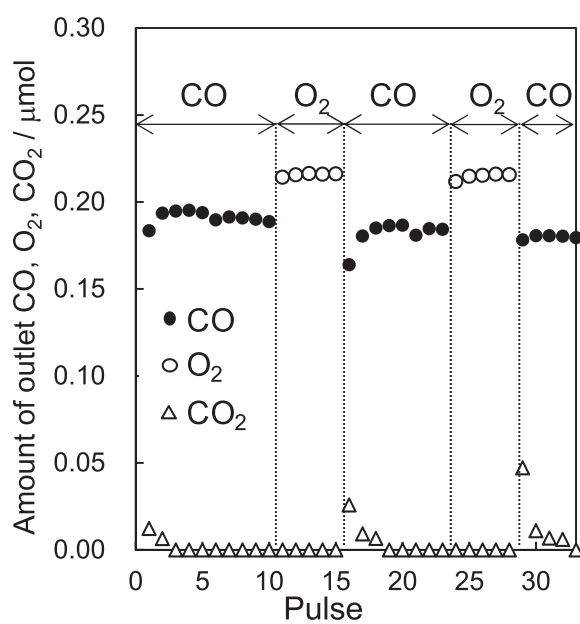


Fig.6 Detected gasses of effluent by CO and O₂ pulse responses into He flow (50ml min⁻¹) at 175°C for Pd/Al₂O₃

Catalyst weight: 25 mg, The amount of pulse injection: 0.2 μmol

また、その酸化還元量は Pd 量 $2.0 \mu\text{mol}$ と比べ、 $0.01 \mu\text{mol}$ と少ないことから Pd 表面のみが反応していると考えられる。しかし、 O_2 パルス後の CO パルス (15-25 回目) において CO_2 生成がみられ、その CO_2 生成量は 1-10 回目の CO パルスの CO_2 生成量の 4 倍 ($0.04 \mu\text{mol}$) に増加した。さらに CO、 O_2 パルスを繰り返して行うことで CO_2 生成量が増加することから、CO- O_2 反応が進行するのに伴って Pd の状態が変化することが考えられる。

次に、Fig. 7 に 175°C で CO および O_2 パルスを行った Pd/LaMnO₃/Al₂O₃ の測定結果を示す。14 回目の CO パルスまで合計 $0.42 \mu\text{mol}$ の CO_2 が検出されたが、15 回目から 30 回目までの CO パルスでは CO_2 は検出されなかった。Pd/LaMnO₃/Al₂O₃ の CO_2 生成量は Pd/Al₂O₃ と比較して約 40 倍の CO_2 生成量であることから、Pd/Al₂O₃ よりも Pd/LaMnO₃/Al₂O₃ の Pd が CO によって還元しやすいことが明らかとなった。CO パルスに引き続き O_2 パルスでは O_2 導入量と O_2 検出量の差が $0.51 \mu\text{mol}$ であり、Pd/LaMnO₃/Al₂O₃ では Pd/Al₂O₃ よりも多くの O_2 が消費されていることが明らかとなった。この結果は、Pd/LaMnO₃/Al₂O₃ で CO によって還元された量が増加したためと考えられる。また、CO によって還元された Pd 量よりも多い O_2 が消費されている一方で、 O_2 パルスでは CO_2 が検出されないことから、表面に残存する吸着 CO が徐々に表面から脱離していることが推測される。

以上の結果から、Pd/Al₂O₃ と Pd/LaMnO₃/Al₂O₃ の CO および O_2 パルスの比較によって、LaMnO₃ が近接した Pd の酸化還元特性が向上することが明らかとなった。このように検出対象が反応ガスと生成ガスであっても前処理を工夫することで Pd の酸化還元特性をさらに解析することができると考えられる。

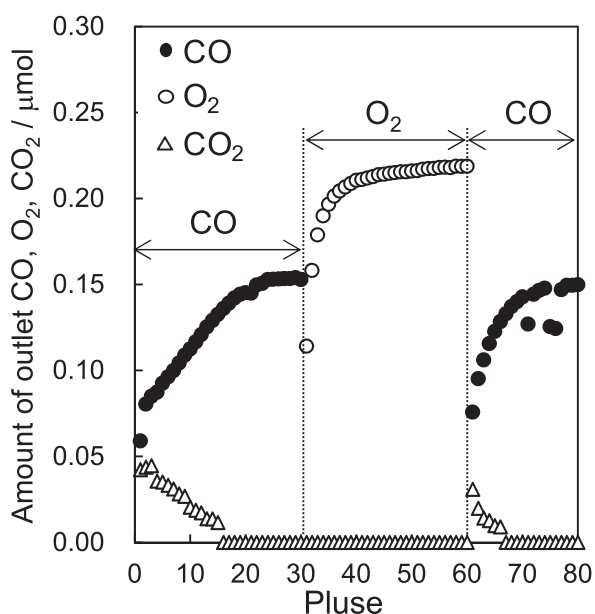


Fig.7 Detected gasses of effluent by CO and O_2 pulse responses into He flow (50ml min^{-1}) at 175°C for Pd/LaMnO₃/Al₂O₃
Catalyst weight: 25 mg, The amount of pulse injection: $0.2 \mu\text{mol}$

3.3 CO および O₂ ガス流通下における Pd-L3 XAFS 測定

放射光の利用により反応ガス中であっても Pd の情報を直接取得することが可能である。Fig. 8 に CO もしくは O₂ ガスを流通させ、100℃ に保持したときの Pd/Al₂O₃ と Pd foil の Pd-L3 吸収端の X 線吸収スペクトルを示す¹³⁾。Pd foil では 3175 keV に Pd⁰ の 2p → 4d 遷移に伴う X 線の吸収がみられた。この吸収強度は酸化する (d 軌道に空きがある) ことで強くなり、O₂ 流通下 100℃ Pd/Al₂O₃ では、3175 keV の吸収強度が Pd foil よりも強いスペクトルが得られた。これは Pd が酸化 (PdO) していることを示している。流通ガスを O₂ から CO に切り換えると、3175 keV の吸収強度がわずかに減少した。この結果は PdO のわずかな還元を示している。さらに流通ガスを CO から O₂ に切り換えると、3175 keV の吸収強度がわずかに増加したが、初期の吸収強度まで戻らなかった。これらの結果から、CO によって還元された Pd の一部が O₂ によって再び酸化するが、Pd の酸化が完了しないことが考えられる。

一方、Pd/LaMnO₃/Al₂O₃ では反応雰囲気を切り換えることでスペクトルが Pd/Al₂O₃ よりも大きく変化した。Fig.9 に CO もしくは O₂ ガスを流通させた 100℃ における Pd/LaMnO₃/Al₂O₃ の Pd-L3 吸収端の X 線吸収スペクトルを示す。Pd/Al₂O₃ と同様に Pd/LaMnO₃/Al₂O₃ においても流通ガスの切り替え (O₂ → CO → O₂) に追従して、3175 keV の吸収が減少した後に増加した。Pd/Al₂O₃ と比較して Pd/LaMnO₃/Al₂O₃ のスペクトルの変化が大きいことから、LaMnO₃ が近接した Pd の酸化還元が促進されていることが示唆された。これらの XAFS スペクトルの変化は CO および O₂ パルスにおける生成物の挙動と一致している。したがって、Pd/LaMnO₃/Al₂O₃ では LaMnO₃ に近接した Pd の酸化還元が促進されることで CO-O₂ 反応の活性が向上すると考えられる。

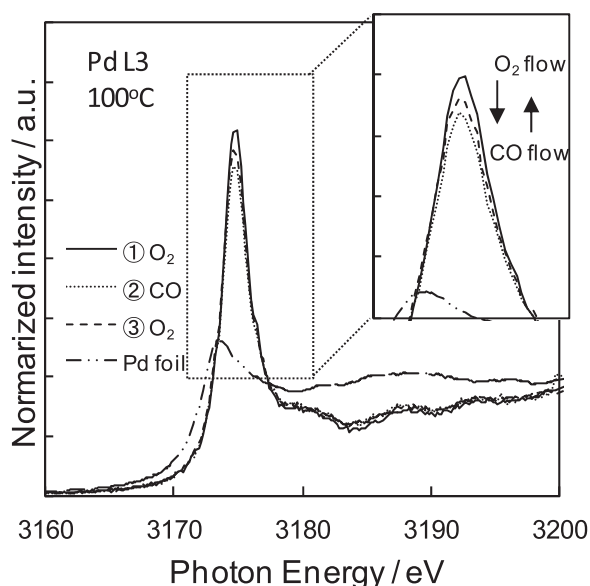


Fig.8 XAFS spectra collected when the Pd/Al₂O₃ at 100℃ was exposed to ① O₂ flow, followed by a switch to ② CO flow, followed by a switch back to ③ O₂ flow.

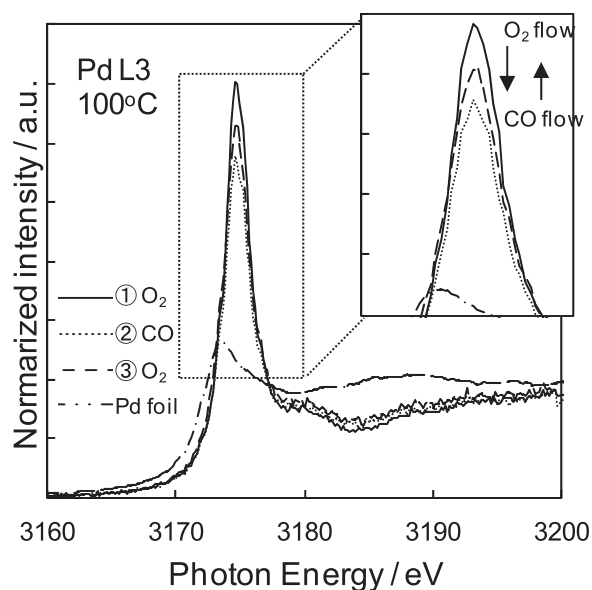


Fig.9 XAFS spectra collected when the Pd/LaMnO₃/Al₂O₃ at 100°C was exposed to ① O₂ flow, followed by a switch to ② CO flow, followed by a switch back to ③ O₂ flow.

4. まとめ

近年、厳しくなる規制に対応する触媒の高度化には、精確な触媒機能の把握が必須である。従来の触媒評価手法では、複数の活性成分で構成される触媒材料以外にも多様な反応物が混在する触媒反応において、活性種の情報を選択的に取得する方法は限られていた。本稿では、Pd と LaMnO₃ の空間配置を規制した触媒の機能について、ラボスケールでの触媒評価手法および放射光施設を用いた最新の分析手法を駆使した解析をまとめた。

参考文献

- [1] Akihiro Tou, Hisahiro Einaga, Yasutake Teraoka, *Catalysis Today*, **201**, 103 (2012)
- [2] Akihiro Tou, Hisahiro Einaga, Yasutake Teraoka, *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*, **114**, 409 (2015)
- [3] 九州大学中央分析センターニュース, **129**,1 (2016)

謝辞

本研究は、設備サポートセンター整備事業の一環として実施された。XAFS の実験は、九州大学ビームライン (SAGA-LS/BL06) にて課題番号 2015IIIK001 で実施されたものである。反応雰囲気下で測定できる測定セルは九州大学工学研究院エネルギー量子工学部門 吉岡聡 助教にお貸し頂いた。ここに深く感謝申し上げます。

光塩基発生剤ニフェジピンのポリフェノール類検出のための MALDI-MS マトリックス剤としての応用

田中 充

九州大学大学院 農学研究院

Application of a photobase generator, nifedipine, as a MALDI-MS matrix for polyphenol detection

Department of Bioscience and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Graduate School,
Kyushu University

Abstract

Since matrix assisted laser desorption/ionization mass spectrometry (MALDI-MS) hardly detects organic compounds with electric neutral property, such as polyphenols, this study newly provides the usefulness of a photobase generator, nifedipine commonly used in polymerization, as MALDI-MS matrix for the detection of polyphenols. Nifedipine can generate a Schiff base, nitrosophenylpyridine product by irradiation of MALDI-laser with wave length in ultraviolet range (355 nm), which possess high proton affinity in gas phase to abstract proton from neutral analytes in negative-MALDI-MS measurement. When nifedipine was used as a matrix reagent, epigallocatechin-3-*O*-gallate (EGCG) was successfully detected in negative MALDI-MS with higher intensity and *S/N* value than those by *trans*-3-indoleacrylic acid or 1,5-diaminonaphthalene, which are matrices previously reported for polyphenol detection. Among dihydropyridines investigated, only nifedipine showed clear peak of EGCG in negative MALDI-MS, which indicated that photoreduction reaction of nifedipine via intramolecular proton transfer from *N* atom in pyridine ring to *ortho*-positioned nitro group by MALDI laser irradiation (355 nm) must be important for negative detection of polyphenols. A variety of polyphenols including flavonols, flavones, flavanones, flavonones, chalcones, stilbenoids, and phenolic acid were also ionized by nifedipine in MALDI-MS with higher intensity than that of IAA. Thus, this study demonstrated that nifedipine can be available as new MALDI-MS matrix for negative detection of polyphenols.

1. はじめに

マトリックス支援レーザー脱離イオン化—質量分析 (MALDI-MS) 法は、生化学、薬学、医学、食品科学など様々な科学分野において汎用されている分析技術の一つであり、主としてタンパク質やペプチドを分析対象とすることから、プロテオミクス解析の基盤技術としても用いられている^[1]。さらに、生体組織切片などの平面状のサンプルをスキャンする様に連続的に MALDI-MS を行うことで、分析対象サンプル内の特定の分子の局在情報を可視化するイメージング質量分析 (IMS) 技術が提供され、抗体などの特異的標識を必要としない新たなイメージング技術として応用されている^{[2],[3]}。しかしながらタンパク質、ペプチドや核酸などの化合物の MALDI-MS 検出に関する報告はこれまでに多くなされてきているが、これら化合物はイオン解離性の官能基を有するものがほとんどであり、当該官能基を持たない中性の分子種 (食品成分では、特にポリフェノールや糖類) については、イオン化、すなわち、検出が困難とされている。

ポリフェノールの様な中性の化合物に関する検出については、金属付加イオン ($[M+Ag]^+$, $[M+K]^+$ など)

としての検出する方法^{[4],[5]}や、*trans*-3-Indoleacrylic acid (IAA)^[6]や 1,5-Diaminonaphthalene (1,5-DAN)^[7]などの新たなマトリックスによるネガティブイオンモードでの検出がいくつか報告されている。しかしながら、単量体のポリフェノールやメチル化を受けた代謝物などその構造によってはイオン化されないものも存在する^{[6],[7]}ことから、ポリフェノールの MALDI-MS 検出のためのさらなる最適マトリックスが期待される。

他方、カルシウム拮抗薬として高血圧治療にも使用されるニフェジピン (2,6-Dimethyl-3,5-dicarbomethoxy-4-(2-nitrophenyl)-1,4-dihydropyridine)^[8]は、光塩基発生剤としても活用されている。光塩基発生剤とは、紫外線照射により塩基を発生させる化合物であり、光硬化樹脂などにおける架橋剤として用いられている。MALDI-MS におけるレーザー波長 (355 nm, Nd:YAG) は、nifedipine によるシッフ塩基発生のための紫外線波長 (344 nm)^[9]と近いことから、MALDI レーザーによる塩基発生の可能性は十分に考えられる。従って本研究では、ニフェジピンを MALDI マトリックスとして用いることで、MALDI レーザー照射により生じたシッフ塩基による分析対象分子 (ポリフェノール類など) からのプロトン引き抜き、すなわち、ネガティブイオンモードでの検出が可能になると考え、ニフェジピンの新規 MALDI-MS マトリックスとしての有用性を検証した。

2. 方法

2.1. MALDI-MS 分析

分析対象ポリフェノールは 50% Methanol に溶解し、マトリックス剤は 70% Acetonitrile に溶解した。次いで、ポリフェノール溶液 (0.2 mM) と等量のマトリックス溶液 (10 mg/mL) を混合し、表面導電性を付与した Indium-Tin-Oxide (ITO) コートスライドガラス (Bruker Daltonics, Bremen, Germany) に当該混合溶液 (0.2 μ L) を滴下し、風乾した。風乾後に生じたマトリックス結晶は、BZ-9000 蛍光顕微鏡 (KEYENCE, Osaka, Japan) により観察した。その後、SmartBeam II を搭載した Autoflex III (Bruker Daltonics) により MALDI-MS 分析に供した。MALDI-MS 測定条件は以下に列記した: mass range, 100–1000 m/z ; ion source 1, 20.00 kV; ion source 2, 18.80 kV; lens voltage, 7.50 kV; gain factor, 2.51, laser frequency, 200 Hz; laser power, 100%; offset, 60%; range 20% and laser beam setting, 'minimum'; accumulation, 100 shots/position。MS スペクトルは、生じたマトリックス-サンプル共結晶全体に渡ってランダムに行った 100 箇所での測定データを積算することで得た。MS スペクトルの積算、ピーク強度、S/N 比などの解析には Flexanalysis ver. 3.3 を用いた。

3. 結果および考察

3.1. ニフェジピンによる緑茶由来エピガロカテキングレートの MALDI-MS 検出

ポリフェノール検出のための MALDI マトリックスとしての有用性を検証するため、緑茶中に最も多く含まれる機能性ポリフェノールであるエピガロカテキングレート (EGCG)^[7]を分析対象モデルポリフェノールとして選択した。本研究ではニフェジピンに加え、汎用的に用いられているマトリックス剤である CHCA、DHB および THAP、並びに、過去にポリフェノール類の検出が報告されている IAA^[6]および 1,5-DAN^[7]を用いて、EGCG ($[M-H]^-$: 457.1 m/z) のネガティブイオンモードでの MALDI-MS 検出を試みた。その結果、CHCA、DHB および THAP において、EGCG (20 pmol/spot) は全く検出されなかったことから、これら汎用マトリックス剤は EGCG の検出には適さないことが明らかになった。一方、IAA および 1,5-DAN においては、20 pmol/spot において EGCG に相当するピークが検出され (IAA: Intensity = 14,964 \pm 1,105; S/N ratio = 73 \pm 10, 1,5-DAN: Intensity = 76,588 \pm 3839; S/N ratio = 491 \pm 85)、ニフェジピンにおいても 1,5-DAN と同等の EGCG 由来ピークが認められた (Intensity = 84,035 \pm 4,598; S/N ratio = 3,669 \pm 103、詳細は成書^[10]を参照)。このことから、光塩基発生剤であるニフェジピンが EGCG イオン化のためのマトリックスとして有用であ

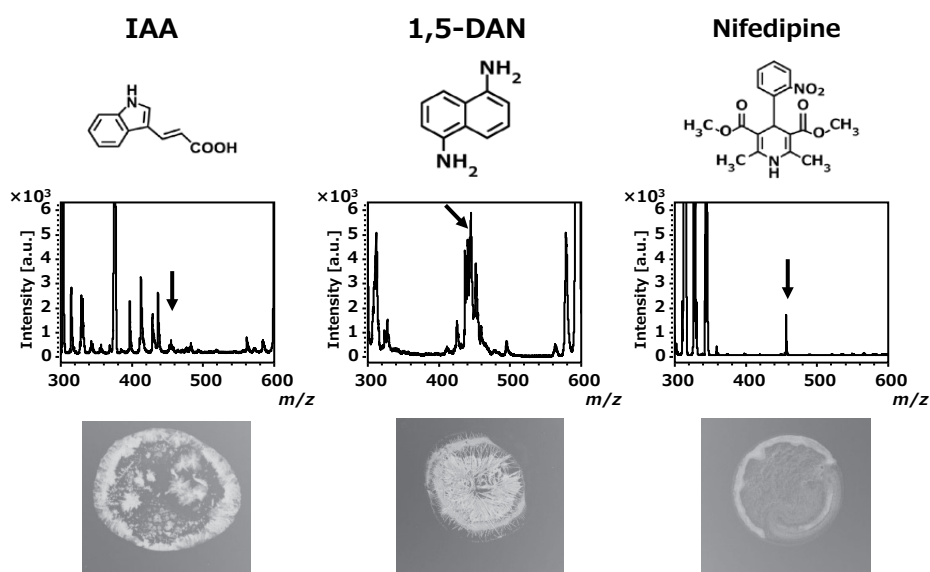


Figure 1. MALDI-MS detection of EGCG at 1.0 pmol/spot in negative mode by IAA, 1,5-DAN, and nifedipine.

The crystal images were taken by using a microscope.

ることが初めて示された。さらに、1.0 pmol/spot レベルの EGCG の検出を試みた際には、IAA では検出されず、1,5-DAN では夾雑ノイズが対象ピークにオーバーラップしており、検出は困難な状況にあるのに対して、ニフェジピンにおいては極めて良好なピークが認められた (Figure 1)。さらに、Figure 1 に示すようにニフェジピンと EGCG との共結晶は、IAA および 1,5-DAN と比較して非常に均質であった。マトリックス結晶の不均質性は、結晶のホットスポットによる検出ムラや、MS スペクトル分解能およびピーク強度の低下を引き起こす^[11]ことから、ニフェジピンはポリフェノール検出においてこれまでに報告された MALDI マトリックス剤である IAA および 1,5-DAN と同等もしくはそれ以上の有用性を有することが示された。

3.2. ニフェジピンのポリフェノールイオン化における光還元反応の重要性

ニフェジピンはカルシウム拮抗薬として知られるジヒドロピリジン系の薬剤の一つである^[8]。そこで、ニフェジピンのアナログ体である他のジヒドロピリジン系の薬剤 (Nitrendipine および Amlodipine) をマトリックス剤として用いて、同様に EGCG (20 pmol/spot) のネガティブイオンモードでの MALDI-MS 検出を試みた。その結果、Figure 2A に示すように Nitrendipine および Amlodipine において、EGCG 由来ピークは観測されなかった。ニフェジピンより発生する塩基である Nitrosophenyl pyridine photobase (Figure 2B) は、UV 照射によるピリジン環 N 原子から「オルト位」のニトロ基への分子内プロトン転移を介した脱水反応を経て生じる^{[8], [12]}。従って、「メタ位」にニトロ基を有する Nitrendipine および「オルト位」にニトロ基を持たない Amlodipine が EGCG をイオン化しなかったことは、ニフェジピンの光還元反応を介したピリジン誘導体シッフ塩基の生成がポリフェノールの MALDI-MS 検出に重要であることを示していると考えられた。

さらに、ニフェジピンからの Nitrosophenyl pyridine photobase product の生成を確認するため、ニフェジピンをスポットした ITO スライドガラスをポジティブモードにて MALDI-MS 分析に供した。その結果、ニフェジピンの $[M+H]^+$ (347.1 m/z) に相当するピークに加え、ニフェジピンから 1 分子の水分子が脱離した $[M-H_2O+H]^+$ (329.1 m/z) に相当するピークが顕著に観測された (Figure 2B)。このことは、355 nm の波長を

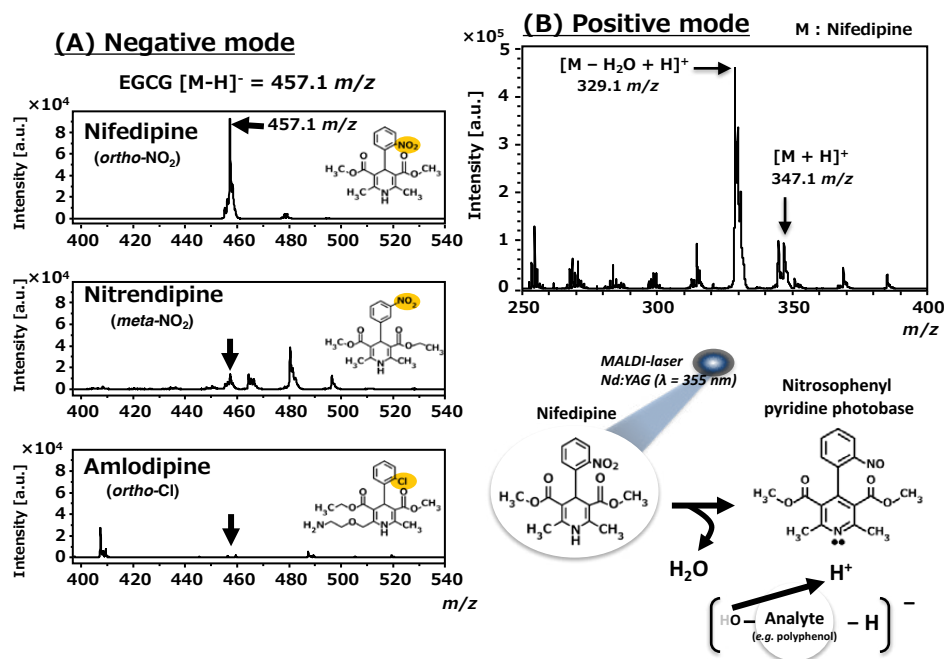


Figure 2. Effect of photoreduction reaction of nifedipine on the enhanced MALDI-MS detection of EGCG in negative mode. MALDI-MS detection of EGCG (20 pmol/spot) in negative mode by dihydropyridines (nifedipine, nitrendipine, and amlodipine,) (A), and that of nifedipine in positive mode (B).

有する MALDI-レーザー (Nd:YAG) の照射による光還元反応を介してピリジン誘導体塩基が発生することが初めて示された。さらに、MALDIマトリックスによる分析対象化合物のイオン化には、マトリックスとして用いられる化合物のプロトン親和性 (PA) が重要であることが知られている^{[131],[14]}。PAとは、真空中において、その化合物がプロトンを脱離する時のエンタルピー変化として定義される。ニフェジピンより生成するピリジン誘導体シッフ塩基の一部であるピリジン骨格の PA は 930.0 kJ/mol^[15] であり、その値は IAA (893.9 kJ/mol^[13]) よりも高い。このことは、生成した塩基によるプロトン引き抜き反応がニフェジピンによるポリフェノールの高感度 MALDI-MS 検出に重要であることを支持していると考えられた。

3.3. ニフェジピンによる種々のポリフェノール類の MALDI-MS 検出

ポリフェノール類のネガティブイオンモードでの MALDI-MS 検出におけるニフェジピンの有用性を検証するため、種々のポリフェノール類 (フラボノール類、フラボン類、フラバノン類、フラボノン類、カルコン類、スチルベノイド類およびフェノール酸類) の MALDI-MS 分析を試みた。ニフェジピンの有用性検証のための基準マトリックスとして IAA を用いた。Figure 3 に示すように全てのポリフェノールにおいて、ニフェジピンは IAA よりも高い検出感度 (イオン化効率) を示した。さらに、フラボノイド類以外にもカルコン類である Curcumin、スチルベノイド類である Resveratrol および、フェノール酸類である Ellagic acid においても、ニフェジピンによる良好な検出が認められた。従って、ニフェジピンは種々のポリフェノール類に対して有用な MALDI マトリックス剤であることが示された。

4. まとめ

本研究では、光塩基発生剤であるニフェジピンがネガティブイオンモードでのポリフェノールの MALDI-MS 検出に有用なマトリックス剤であることを初めて明らかにした。ニフェジピンによるポリフェノー

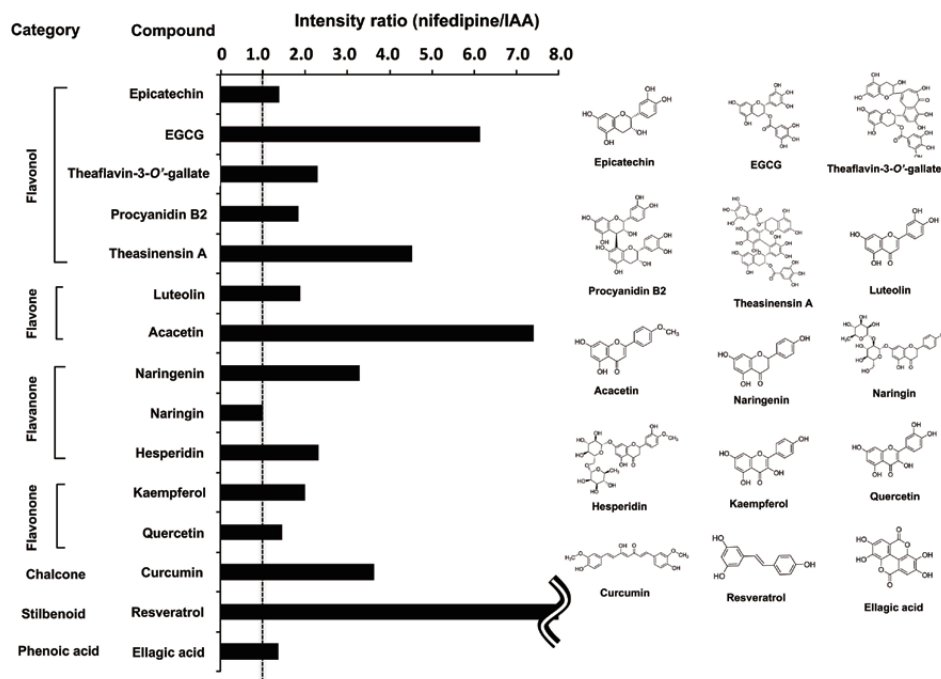


Figure 3. MALDI-MS detection of polyphenols in negative mode by IAA and nifedipine. Data were expressed as relative intensity (intensity ratio) of polyphenols ionized by nifedipine compared to that by IAA.

ルのイオン化には、MALDIレーザー（Nd:YAG, 355 nm）照射によるニフェジピンの光還元反応を介した Nitrosophenyl pyridine photobase の生成が重要であり、この生成した塩基によるプロトン引き抜き反応によりネガティブイオンモードでの高感度ポリフェノール検出が達成されると考えられた（Figure 4）。このニフェジピンは各種フラボノイド類、カルコン類、スチルベノイド類およびフェノール酸類のMALDI-MS検出においても有用であることから、本法を用いたポリフェノール類およびそれら代謝物の網羅解析、さらには、IMSと組み合わせた新たな食品分析法への展開が期待される。

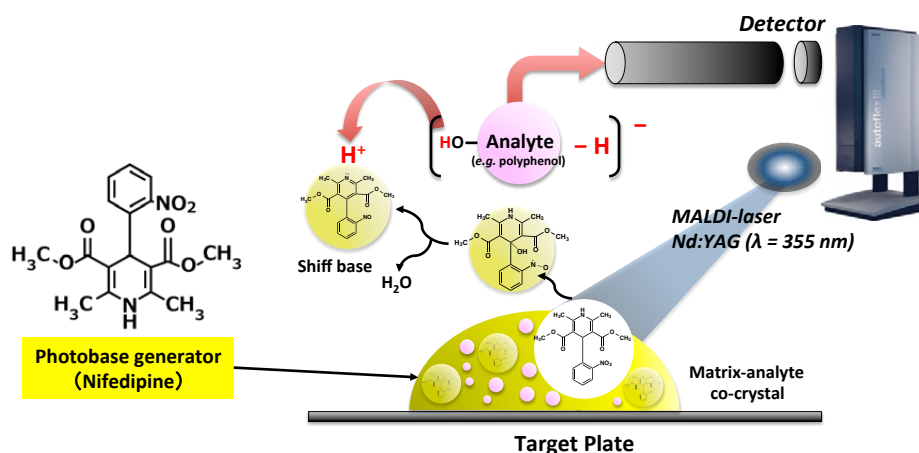


Figure 4. Schematic mechanism of the enhanced MALDI-MS detection of polyphenol in negative mode by a photobase generator, nifedipine.

参考文献

- [1] Girolamo, F. Di, Lante, I., Muraca, M. & Putignani, L. The role of mass spectrometry in the 'Omics' Era. *Curr. Org. Chem.* **17**, 2891–2905 (2013).
- [2] Miura, D., Fujimura, Y., Yamato, M., Hyodo, F., Utsumi, H., Tachibana, H. & Wariishi, H. Ultrahighly sensitive in situ metabolomic imaging for visualizing spatiotemporal metabolic behaviors. *Anal. Chem.* **82**, 9789–9796 (2010).
- [3] Sugiura, Y., Honda, K., Kajimura, M. & Suematsu, M. Visualization and quantification of cerebral metabolic fluxes of glucose in awake mice. *Proteomics* **14**, 829–838 (2014).
- [4] Menet, M. C., Sang, S., Yang, C. S., Ho, C. T. & Rosen, R. T. Analysis of theaflavins and thearubigins from black tea extract by MALDI-TOF mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* **52**, 2455–2461 (2004).
- [5] Monagas, M., Quintanilla-López, J. E., Gómez-Cordovés, C., Bartolomé, B. & Lebrón-Aguilar, R. MALDI-TOF MS analysis of plant proanthocyanidins. *J. Pharm. Biomed. Anal.* **51**, 358–372 (2010).
- [6] Ohnishi-Kameyama, M., Yanagida, A., Kanda, T. & Nagata, T. Identification of catechin oligomers from apple (*Malus pumila* cv. Fuji) in matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry and fast-atom bombardment mass spectrometry. *Rapid Commun. Mass Spectrom.* **11**, 31–36 (1997).
- [7] Kim, Y. H., Fujimura, Y., Hagihara, T., Sasaki, M., Yukihira, D., Nagao, T., Miura, D., Yamaguchi, S., Saito, K., Tanaka, H., Wariishi, H., Yamada, K. & Tachibana, H. *In situ* label-free imaging for visualizing the biotransformation of a bioactive polyphenol. *Sci. Rep.* **3**, (2013).
- [8] Maafi, W. & Maafi, M. Modelling nifedipine photodegradation, photostability and actinometric properties. *Int. J. Pharm.* **456**, 153–164 (2013).
- [9] Onoue, S., Igarashi, N., Yamauchi, Y., Murase, N., Zhou, Y., Kojima, T., Yamada, S. & Tsuda, Y. *In vitro* phototoxicity of dihydropyridine derivatives: A photochemical and photobiological study. *Eur. J. Pharm. Sci.* **33**, 262–270 (2008).
- [10] Nguyen, H.-N., Tanaka, M., Komabayashi, G. & Matsui, T. The photobase generator nifedipine as a novel matrix for the detection of polyphenols in matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry. *J. Mass Spectrom.* **51**, 938–946 (2016).
- [11] Koomen, J. M., Russell, W. K., Hettick, J. M. & Russell, D. H. Improvement of resolution, mass accuracy, and reproducibility in reflected mode DE-MALDI-TOF analysis of DNA using fast evaporation-overlayer sample preparations. *Anal. Chem.* **72**, 3860–3866 (2000).
- [12] Görner, H. Nitro group photoreduction of 4-(2-nitrophenyl)- and 4-(3-nitrophenyl)-1,4-dihydropyridines. *Chem. Phys.* **373**, 153–158 (2010).
- [13] Mirza, S. P., Raju, N. P. & Vairamani, M. Estimation of the proton affinity values of fifteen matrix-assisted laser desorption/ionization matrices under electrospray ionization conditions using the kinetic method. *J. Am. Soc. Mass Spectrom.* **15**, 431–435 (2004).
- [14] Moser, A., Range, K. & York, D. M. Accurate proton affinity and gas-phase basicity values for molecules important in biocatalysis. *J. Phys. Chem. B* **114**, 13911–13921 (2010).
- [15] Hunter, E. P. & Lias, S. G. Evaluated gas phase basicities and proton affinity of molecules : An update. *J. Phys. Chem. Ref. Data* **27**, 413–656 (1998).

平成28年度機器利用研究題目(2015.10.1~2016.9.30)

【中央分析センター所管装置・筑紫地区】

1. X線光電子分光分析装置

- 絶縁性原子膜材料の創成とヘテロ積層デバイスへの発展 先導研 内田 勇気 吾郷 浩樹
- Investigating the surface state of CoCrFeO_4 , CuCrFeO_4 , $\text{CoCrFeO}_4(+\text{ysz})$, CuCrFeO_4 , after aging
産学連携センター Sri Ayu Anggraini 三浦 則雄
- エピタキシャルCVD法による超高品質グラフェンの研究開発 先導研 Ding Dong 吾郷 浩樹
- 環状ポリフィリン二量体 (Zn) 先導研 荒木 祥平 玉田 薫
- 新規貴金属燃料電池触媒の合成と特性評価 炭素センター 林 潤一郎 辻 正治
- 鉍物の酸化状態 工学研究院 松岡 秀和 平島 剛
- Ge-CMOSの開発 量子プロセス 永富 雄太 中島 寛
- セラミック表面分析 三菱パワーシステムズエンジニアリング(株) 富岡 信彦 福田 隆根
- アルミ表面の変色調査 三菱パワーシステムズエンジニアリング(株) 富岡 信彦 福田 隆根
- 接触燃焼式ディーゼルリロティキュレート検知センサの開発 物質理工学 阮 宏程 西堀麻衣子
- 絶縁性原子膜材料の創成とヘテロ積層デバイスへの発展 先導研 内田 勇気 吾郷 浩樹
- 脱カルボニル化反応に有効なセリア担持パラジウムナノ粒子触媒の分析 理学研究院 徳永 信
- 溶液フロー型プラズモンナノキャビティからのレーザー発信とバイオセンサー応用 先導研 王 胖胖 玉田 薫
- TiO_2 担持 $\text{Ag}@\text{Pd}$ コアシェルナノ微粒子からのギ酸分解による水素生成 炭素センター 宇都 慶子 辻 正治
- 金属ナノ微粒子の合成 炭素センター 宇都 慶子 辻 正治
- 新規貴金属燃料電池触媒の合成と特性評価 炭素センター 宇都 慶子 辻 正治
- ダイヤモンド基板の革新的超精密加工 産学連携センター 西澤 秀明 土肥 俊郎
- グリーンデバイス用結晶基板の加工プロセス技術の研究開発 産学連携センター 山崎 努 土肥 俊郎
- 各種酸化物担体上に固定化したパラジウムナノ粒子触媒の分析 理学研究院 徳永 信
- Ge-CMOSの開発 産学連携センター 永富 雄太 中島 寛
- ペロブスカイト型酸化物の合成に関する研究 物質理工学 西堀麻衣子
- ZrO_2 のXPS 黒崎播磨株式会社 津田 秀行
- ゴムのXPS 株式会社 東和コーポレーション 川辺 一生
- メッキ表面の成分確認 (株)オジックテクノロジーズ 志柿美枝子 安田敬一郎
- グラフェンの成長メカニズムに関する研究 産学連携センター Ding Dong 吾郷 浩樹
- NbMgAlN 圧電薄膜の構造解析 物質理工学 重本 北斗 上原 雅人
- Cu表面汚染の評価と粒子表面に関する分析 九州工業大学 蔡 岳勳 鈴木 恵友
- メッキ表面の酸化皮膜確認 (株)オジックテクノロジーズ 志柿美枝子 安田敬一郎

- 高分子多孔質膜を用いた電気浸透流ポンプの交流駆動による送液機構の解明
先導研 松崎 嘉仁 奥村 泰志
- SiO₂/Si基板のデプスプロファイルとイメージング測定
中央分析センター 三浦 好典
- メチルセルロースのXPS
中央分析センター 三浦 好典

2. 赤外分光分析装置

- 機能性ゴムの開発
産学連携センター 井上 祥恵 古川 勝彦
- 金属吸着剤の開発
産学連携センター 中嶋 一雄 溝口 誠
- 外場応答型分子性強誘電体
先導研 佐藤 治
- 物理気相成長法による超高濃度ボワンドープナノダイヤモンド膜の創製と超伝導特性
量子プロセス理工学 高原 基 吉武 剛
- Dynamic crystals
先導研 黄 有桂 佐藤 治
- 錯体の赤外分光測定
先導研 姜 舜牧 佐藤 治

3. 高周波2極スパッタ装置

- BN膜の電気絶縁性および誘電特性の評価
量子プロセス理工学 福井 慎吾 堤井 君元
- 窒化ホウ素の合成
量子プロセス理工学 太田 洸輝 堤井 君元
- BN膜の合成と評価
量子プロセス理工学 鳥越 雅敬 堤井 君元
- 機能性窒化物膜の合成と評価
量子プロセス理工学 金子 祐太 堤井 君元

4. 超伝導核磁気共鳴装置

- 防腐剤の開発
産学連携センター 溝口 誠
- アラメチシンの2D NMR
中央分析センター 三浦 好典
- アラメチシンの温度依存性
中央分析センター 三浦 好典
- マストパランの2D NMR
中央分析センター 三浦 好典
- マストパランの温度依存性
中央分析センター 三浦 好典
- ポリイソプロピルアクリルアミドの2D NMR
中央分析センター 三浦 好典
- ポリイソプロピルアクリルアミドのコイルグロビュール転移
中央分析センター 三浦 好典
- ユビキチンの2D NMR
中央分析センター 三浦 好典
- ユビキチンのunfolding (熱と酸変性)
中央分析センター 三浦 好典

5. 走査型プローブ顕微鏡

- 金ナノ粒子/ポリスチレン複合膜型有機抵抗メモリ素子におけるマトリックスポリマーの影響
先導研 福嶋 敦志 藤田 克彦

- 金ナノ粒子/ポリスチレン複合膜を用いた有機メモリ素子における電流輸送経路観察
先導研 福嶋 敦志 藤田 克彦
- 高結晶性有機無機ハイブリッドペロブスカイト厚膜の作製
先導研 山下 峰宣 藤田 克彦
- 合成したグラフェンの分教状態の確認
先導研 伊賀 大伸 藤田 克彦

6. 粒径測定システム

- 機能性ゴムの開発
産学連携センター 井上 祥恵 古川 勝彦
- 液滴の分裂と変形のダイナミクスの解明
福岡工業大学 下川 倫子
- 海底資源開発における環境擾乱の抑制を考慮した採掘法
工学研究院 坂本 聖一 島田 英樹
- 次世代ワイヤーハーネスの研究開発
産学連携センター 鴛海 直之 溝口 誠
- 点眼薬の粒型分布
佐賀製薬株式会社 江村智佐登
- PVAハイドロゲルの摩耗粉分析
バイオメカニクス研究センター 小俣 誠二 村上 輝夫
- 点眼薬の粒型分布
佐賀製薬株式会社 大石 彰

7. エネルギー分散型蛍光X線分析装置

- 機能性ゴムの開発
産学連携センター 井上 祥恵 古川 勝彦
- MEMS半導体ガスセンサの高感度化
物質理工学 馬 楠 島ノ江憲剛
- 酸化スズ中の観察
物質理工学 内野 穂高 島ノ江憲剛
- SnO₂の観察
物質理工学 水上 貴晴 島ノ江憲剛
- SnO₂センサに対する水蒸気影響の抑制
物質理工学 水上 貴晴 渡邊 賢
- 表面修飾によるSnO₂ガスセンサの高性能化
物質理工学 水上 貴晴 渡邊 賢

【中央分析センター所管装置・伊都地区】

1. 誘導結合プラズマ質量分析装置 (Agilent7500c)

- ゼオライトガラス固化体の物性評価
工学研究院 山門 鋼司・山内 宗治 稲垣八穂広
- 廃棄体の物性評価
工学研究院 松本 遼・平野 飛翼・有光 玄 稲垣八穂広
- ベントナイト中のホウ素の拡散挙動
工学研究院 マハズ 出光 一哉
- オキソ陰イオン、ホウ素の拡散挙動
工学研究院 小川 由貴 出光 一哉
- ベントナイト中のEu吸着挙動
工学研究院 大久保徳弥 出光 一哉
- ベントナイト中のウランの移行挙動
工学研究院 浜田 涼 出光 一哉
- MAP形成におけるポリリン酸とリン酸イオンの統合
工学研究院 小畑 烈 久場 隆広
- 活性汚泥から加熱抽出したポリリン酸によるリン回収
工学研究院 小畑 烈 久場 隆広
- 余剰汚泥の加熱処理水におけるポリリン酸がMAP形成に与える影響
工学研究院 小畑 烈 久場 隆広
- 下水汚泥を対象とした自立採算型リン資源回収システムの開発
工学研究院 道財 健斗 久場 隆広
- 下水処理場の活性汚泥からのリン資源回収システム開発

• 河川水の水質特性に関する研究	工学研究院	道財 健斗	久場 隆広
• 八坂川のヒ素、鉄、アルミニウム及び溶存態ケイ素に着目した水質変動特性	工学研究院	重松 藍	広城 吉成
• 浄水汚泥を用いたヒ素除去実験の評価	工学研究院	重松 藍	広城 吉成
• 放射性核種埋設に向けたジオミメティクスに由来する新規吸着剤の開発	工学研究院	森田 祐輝	広城 吉成
• イオン交換樹脂による吸着元素選択性のICP-MSによる評価	工学研究院	森山 紗好	笹木 圭子
• ハイドロキシアパタイトを用いた坑廃水中のほう酸除去	工学研究院	長門 周吾	笹木 圭子
• インドネシア・ジャワ島西部・ケルタ地区より採取した岩石試料の金属鉱物の定性分析	工学研究院	林 良和	笹木 圭子
• インドネシア・スマトラ南部・Lebong地区より採取した岩石サンプル通の金の定量	工学研究院	黒田 敦弘	渡辺公一郎
• ミャンマー・Zibyaung地域より採取した岩石サンプル中の金の定量	工学研究院	寺島 克仁	渡辺公一郎
• REEを含有させたシリカガラスの均一性について	工学研究院	寺島 克仁	渡辺公一郎
• モンゴル南部・金鉱床の鉱化作用	工学研究院	川本 悠人	渡辺公一郎
• 岩石中のAu及びREE濃度の測定	工学研究院	前田 淳郎	渡辺公一郎
• ミャンマー・シュウウェミンボン地域の金鉱化作用について	工学研究院	前田 淳郎	渡辺公一郎
• インドネシアの金研究	工学研究院	池田 啓祐	渡辺公一郎
• フィリピンのREE研究	工学研究院	長谷 昂	渡辺公一郎
• 人形峠鉱山水の分析	理学研究院	北山 陽喜	渡辺公一郎
• 土壌・岩石構成鉱物の分析	理学研究院	落合朝須美	宇都宮 聡
• リポソーム内水相における金属錯体の直接合成	理学研究院	落合朝須美	宇都宮 聡
• 植物のカドミウム吸収抑制技術開発	理学研究院	越山 友美・本庄 正幸	大場 正昭
• 新規陰イオン吸着剤の評価	農学研究院		森 裕樹
• 土壌の重金属吸着形態解析モデルの開発	農学研究院		森 裕樹
• 天然素材の機能性評価に関する研究	農学研究院	中川 敏法	清水 邦義
• のり液肥中のヨウ素濃度の測定	農学研究院		山川 武夫
• 抗腫瘍効果を有する天然物由来成分の探索	農学研究院	藤本 ユリ	照屋輝一郎
• 機能水の分析	農学研究院	久保田知佳	白畑 實隆
• 還元性ミネラルの成分分析	農学研究院	久保田知佳	富川 武記
• アジア大河デルタの地下水汚染に関する解析	熱帯農学研究センター	尾崎 彰則	黒澤 靖
• 自己集合性ペプチドへのイオン吸着量の解析	基幹教育院	兒玉美佐子	野瀬 健
• インジウム関連工場従事者のバイオリジカルモニタリング	医学研究院	松村 渚	田中 昭代
• オキサリプラチンの取り込み・排出機構の解明	薬学研究院	藤田 隼輔	家入 一郎
• 亜鉛担持固相触媒開発	薬学研究院	中武 大貴	大嶋 孝志

2. 誘導結合プラズマ質量分析装置 (Agilent7700x)

• ガラス固化体、廃棄体の物性評価	工学研究院	平野 飛翼	稲垣八穂広
• 海底マンガングラストに対するPd/Pt濃縮異常の解明	理学研究院	田中 和也	横山 拓史
• 地熱熱水中のアルミニウムの濃度想定	理学研究院	田中 和也	横山 拓史
• 低濃度領域でのPd-Au,Ptの吸着実験の元素の定量	理学研究院	田中 和也	横山 拓史
• 鉄試料中の希土類元素の定量	理学研究院	田中 和也	横山 拓史
• セレン汚染土壌の不溶化技術開発	農学研究院	森 裕樹・板野 光純	丸山 明子
• 植物体のセレン、硫黄、リンの同時分析	農学研究院		森 裕樹
• 新規陰イオン吸着剤の評価	農学研究院		森 裕樹
• 土壌の重金属吸着形態解析モデルの開発	農学研究院		森 裕樹
• 土壌溶液組成推定モデルの構築	農学研究院		森 裕樹
• インジウム関連工場従事者のバイオロジカルモニタリング	医学研究院	松村 渚・廣瀬 洋子	田中 昭代

3. フーリエ変換赤外分光光度計 (FT/IR-620)

• TADF材料の赤外領域特性	システム情報科学研究院	竹田 晴信	興 雄司
• プラズマCVD法により堆積したa-C:H膜の水素含有量依存	システム情報科学研究院		
• 金ナノ粒子の観察	システム情報科学研究院	山木 健司	白谷 正治
• 分子認識吸着材の作製	システム情報科学研究院	荒木 聡	林 健司
• 色素-AuNPs複合体による高感度センシング	システム情報科学研究院	山下 誠一	林 健司
• スマートポリマーによるハイパーセンシング	システム情報科学研究院	中井雄太郎	林 健司
• 無機固体界面における高分子の凝集状態と緩和挙動	システム情報科学研究院	中西 慶伍	林 健司
• 高分子薄膜の研究	工学研究院	Jae Hyun Sim	田中 敬二
• 高分子の界面構造	工学研究院	阿部 建樹・山口 修平	田中 敬二
• 環状化合物の包接に基づく界面ダイナミクスの制御	工学研究院	笹原 一輝・山本健太郎	田中 敬二
• 高分子電解質の物性	工学研究院	種子田英伸	田中 敬二
• 固体界面におけるゴム状高分子の凝集構造	工学研究院	上村 祥司	田中 敬二
• 高分子の構造解析	工学研究院	杉本 晋	田中 敬二
• キラル高分子膜の動的界面とその不斉選択性	工学研究院	青木 美佳	田中 敬二
• TEMPO酸化セルロースの化学組成評価	工学研究院	大場真之介	田中 敬二
• 気泡を利用した高分子活性界面の構築とその応用	工学研究院	藤井 龍政	田中 敬二
• 無機化合物の同定	工学研究院	藤井 龍政	田中 敬二
• エポキシ樹脂の硬化過程の追跡	工学研究院	藤野 弘将	田中 敬二
• ハイドロゲル薄膜の基礎物性および界面機能	工学研究院	板垣 望	田中 敬二
• Na空気電池の界面電荷輸送の促進	工学研究院	井田 大達	林 克郎
• 室温NAS電池のためのMxeneの作製	工学研究院	河原 圭	林 克郎
• 高分子グラフト膜の測定	工学研究院	田口 裕貴	三浦 佳子

• サファイア基板の代替に向けた多結晶Al ₂ O ₃ 基板の平坦化加工に関する研究	工学研究院	平嶋 礼於	黒河 周平
• REEをドーブしたシリカゲルについて	工学研究院	井上 翔太	渡辺公一郎
• 新規GQDの合成	先導物質化学研究所	香島 拓哉	藤田 克彦
• Study of deficit irrigation and biochar for soybean production	農学研究院	Anand Mishra	凌 祥之
• Tetricon末端置換基の確認	理学研究院	岩崎美奈子	安中 雅彦
• 末端をPercec型デンドロンで修飾したPEGの合成及びゲル化特性	理学研究院	山本 大貴	安中 雅彦
• Tetricon-CNの導入の観察	理学研究院	富松 哲郎	安中 雅彦
• ATPとCeによる沈殿の解析	理学研究院	市吉 健太	宇都宮 聡
• 希土類リン酸塩中の有機物の定性	理学研究院	市吉 健太	宇都宮 聡
• 微生物の細胞外放出物と希土類元素の相互作用	理学研究院	市吉 健太	宇都宮 聡
• 酸化セリウムへの吸着形式の分析	理学研究院	中野友里子	宇都宮 聡
• 土壌・岩石構成鉱物の分析	理学研究院	落合朝須美	宇都宮 聡
• 炭素質隕石の溶媒抽出画分に含まれる含酸素化合物の特徴	理学研究院	横山 築	奈良岡 浩

4. マルチチャンネル赤外顕微鏡システム

• 光安定水素化アモルファスシリコン薄膜の作製	システム情報科学研究院	鳥越 祥宏・毛屋 公孝	白谷 正治
• コンパクトディスク型マイクロ流体基板を用いた電気化学発光イムノアッセイ法の開発	工学研究院	岡田 拓也	今任 稔彦
• ポリフェノール類の細胞内局在可視化	農学研究院	俵口 真衣	松井 利郎
• 炭素質隕石の溶媒抽出画分に含まれる含酸素化合物の特徴	理学研究院	横山 築	奈良岡 浩
• 水素ステーションの高圧水素用ホースとシールシステムに関する研究開発	水素材料先端科学研究センター	榎本 一之	西村 伸

5. 超伝導核磁気共鳴吸収装置 (JNM-ECP400)

• 二重鎖DNAのアップコンバージョンイメージングのための蛍光性ピロール-イミダゾールポリアミドの合成	工学研究院	田仲 慶紀	今任 稔彦
• 接着性高分子の合成	工学研究院	栗根 諒	田中 敬二
• 高分子の界面凝集状態	工学研究院	笹原 一輝	田中 敬二
• ロタキサン構造を有する高分子表面の構築とその応用	工学研究院	種子田英伸	田中 敬二
• 機能性ポリビニルエーテルの合成	工学研究院	織田ゆかり	田中 敬二
• 末端にPOSSを有する多分岐高分子の合成	工学研究院	織田ゆかり	田中 敬二
• 固体界面におけるポリイソプレンの凝集構造とダイナミクス	工学研究院	杉本 晋	田中 敬二
• 無機固体界面におけるゴム状高分子の凝集構造	工学研究院	杉本 晋	田中 敬二
• キラル高分子膜の膨潤挙動とその不斉選択性	工学研究院	大場真之介	田中 敬二
• 高分子の構造・解析	工学研究院	平田 豊章	田中 敬二

• 高分子合成	工学研究院	齊藤 浩明	田中 敬二
• プラスチック抗体	工学研究院	下原新之介	三浦 佳子
• CO ₂ 分離膜の作製	工学研究院	行部 智洋	三浦 佳子
• ポリマー合成	工学研究院	三好 孝明	三浦 佳子
• Pd微粒子触媒の安定性を向上させるナノゲル担体の設計	工学研究院	秋吉 孝則	三浦 佳子
• RAFT剤polymerのtBAの脱保護	工学研究院	集路 拓	三浦 佳子
• ゲル粒子触媒の作製	工学研究院	瀬戸 弘一	三浦 佳子
• 多官能性高分子の合成	工学研究院	仲本 正彦	三浦 佳子
• 糖鎖高分子の合成	工学研究院	長尾 匡憲	三浦 佳子
• RAFT剤合成	工学研究院	片上 将	三浦 佳子
• コンドロイチン硫酸基板における神経幹細胞の挙動	工学研究院	神松 梨紗	北岡 卓也
• 有機薄膜太陽電池の開発	稲盛フロンティア研究センター	藤 才浩	安田 琢磨

6. 超伝導核磁気共鳴吸収装置 (JNM-ECX500)

• 高分子の立体規則性評価	工学研究院	織田ゆかり	田中 敬二
• 生体適合性高分子の合成	工学研究院	織田ゆかり	田中 敬二
• 末端にカテコール基を有するポリマーの合成	工学研究院	織田ゆかり	田中 敬二
• フォトンアップコンバージョン材料 (TTA) の光触媒への適用検討	工学研究院	柘谷 浩太	君塚 信夫
• 自己組織化に基づく機能性高分子ナノシステムの開発	工学研究院	柘谷 浩太	君塚 信夫
• シリカカプセル	工学研究院	松根 英樹	岸田 昌浩
• アーキアに特有な膜脂質コアの詳細化学構造について	理学研究院		山内 敬明
• 光塩性古細菌脂質の構造と生合成	理学研究院		山内 敬明

7. 超伝導核磁気共鳴吸収装置 (JNM-ECZ400)

• 有機・金属構造体の電気化学特性	工学研究院	西山 大貴	今任 稔彦
• 液体発光体の合成	工学研究院	田代 修也	今任 稔彦
• 高分子溶液の臨界点近傍における局所物性	工学研究院	古後 拓朗	田中 敬二
• 高分子の合成	工学研究院	山口 修平	田中 敬二
• 高分子界面へのロタキサンの導入とその界面特性	工学研究院	種子田英伸	田中 敬二
• ポリビニルエーテルグラフト層の創製及び界面物性	工学研究院	小草 優希	田中 敬二
• 高分子の表面自由エネルギーと分子鎖熱運動性	工学研究院	織田ゆかり	田中 敬二
• 生体適合性高分子の合成	工学研究院	織田ゆかり	田中 敬二
• 末端にカテコール基を有するポリマーの合成	工学研究院	織田ゆかり	田中 敬二
• 固体界面におけるゴム状高分子の凝集構造	工学研究院	杉本 晋	田中 敬二
• 新規分岐型高分子の精密合成と界面濃縮挙動	工学研究院	杉本 晋	田中 敬二
• キラル-アキラル共重合体を利用した不斉識別	工学研究院	大場真之介	田中 敬二
• ハイドロゲル薄膜の物性及び機能制御	工学研究院	板垣 望	田中 敬二

• 新規ポルフィセニン錯体の合成と物性	工学研究院	藤岡 太郎	久枝 良雄
• 光による気液・気固相転移の制御	工学研究院	永井 邑樹	君塚 信夫
• 機能性色素、導電性材料開発	工学研究院	永富 久乗	君塚 信夫
• 機能性有機色素の開発、有機化合物の同定	工学研究院	佐々木陽一	君塚 信夫
• 有機色素分子の自己組織化による機能発現	工学研究院	細山田将士・楊 晗玉	君塚 信夫
• 強誘電性を示す一次元金属錯体の開発	工学研究院	内野 慎也	君塚 信夫
• フォトンアップコンバージョン材料 (TTA) の光触媒への適用検討	工学研究院	枘谷 浩太	君塚 信夫
• 自己組織化に基づき機能性高分子ナノシステムの開発	工学研究院	枘谷 浩太	君塚 信夫
• ナノ炭素材料の分散体評価技術の開発	工学研究院	中島 祐樹	中嶋 直敏
• がん幹細胞を目指した細胞内酵素応答型遺伝子キャリアの開発	工学研究院	遠山 聖子	片山 佳樹
• アルブミン被覆による安定化D-RECSキャリアの開発	工学研究院	佐藤ひかり	片山 佳樹
• FACSの高感度化を目指した蛍光基質の開発	工学研究院	神野 健太	片山 佳樹
• コアセルベートをを用いた新規徐放剤の開発	工学研究院	濱田祐次朗	片山 佳樹
• 触媒の調製	工学研究院	小野 智也	岸田 昌浩
• ポリマーの合成、マンノースモノマーの合成	工学研究院	久保田小絵	三浦 佳子
• CO ₂ 分離膜の作製	工学研究院	行部 智洋・本田竜太郎	三浦 佳子
• Click糖鎖高分子の合成	工学研究院	寺田 侑平	三浦 佳子
• RAFT剤の研究	工学研究院	集路 拓	三浦 佳子
• Poly (NAS-TMSMA) 重合確認	工学研究院	城石 桜子	三浦 佳子
• 生成物の測定、糖鎖高分子の合成	工学研究院	城野 一樹	三浦 佳子
• RAFT重合	工学研究院	片上 将・谷口 昇平	三浦 佳子
• モノマーの合成	工学研究院	中村 直志	三浦 佳子
• 多官能性高分子の合成	工学研究院	仲本 正彦	三浦 佳子
• 糖鎖高分子の合成	工学研究院	長尾 匡憲	三浦 佳子
• 生成物の測定	工学研究院	田口 裕貴	三浦 佳子
• トレハロースモノマー合成の確認	工学研究院	内村 明香	三浦 佳子
• プロパルギルメタクリレート重合の確認	工学研究院	内村 明香	三浦 佳子
• ポリマーとMan-N ₃ のクリック反応後の確認	工学研究院	内村 明香	三浦 佳子
• 重合性イオン液体の分析	農学研究院	二上 順太	阪上 宏樹
• オリーブオイル搾油残渣抽出物からの抗アレルギー活性成分の探索	農学研究院	岸川明日香	清水 邦義

8. 走査型電子顕微鏡 (SS-550)

• レーザアニール	システム情報科学研究院	諏訪 輝	池上 浩
• 無機化合物の表面観察	システム情報科学研究院	徳永 佑太	栗焼 久夫
• 匂い応答性ポリマーの創製と匂いセンシング	システム情報科学研究院	本多 俊裕	小野寺 武
• レーザーアブレーションによるZnOナノ結晶の作製	システム情報科学研究院	小田 晃司	中村 大輔

• レーザーアブレーションによるZnOナノワイヤの作製

	システム情報科学研究所	藤原 優輝	中村 大輔
• 廃棄体の物性評価	工学研究所	松本 遼	稲垣八穂広
• 吸着材の開発	工学研究所	岡部 弘高	原 一広
• リチウムイオン電池用ウイスキー電極の評価	工学研究所	有働 正隆	内山 誠
• 高速充放電バッテリー用ウイスキー電極の作製・評価	工学研究所	岩屋 健人	内山 誠
• 酸化物TFTのEDX成分分析	工学研究所	Shim Chang-Hoon	安達千波矢
• 高分子の表面機能	工学研究所	山本健太郎	田中 敬二
• ロタキサン構造を有する高分子表面の応用	工学研究所	種子田英伸	田中 敬二
• ONF/高分子複合膜の不均一性	工学研究所	松本 裕治	田中 敬二
• セルロースナノファイバー複合膜の構造と物性	工学研究所	松本 裕治	田中 敬二
• 多分岐高分子の表面濃縮挙動を利用した機能性界面の構築	工学研究所	織田ゆかり	田中 敬二
• 固体界面におけるゴム状高分子の凝集構造とダイナミクス	工学研究所	杉本 晋	田中 敬二
• 高分子表面のキャラクタリゼーション	工学研究所	青木 美佳	田中 敬二
• 高分子膜への血小板粘着	工学研究所	塚本 涼太	田中 敬二
• ハイドロゲル薄膜の水界面物性/機能	工学研究所	板垣 望	田中 敬二
• 高分子表面の機能性評価	工学研究所	平田 豊章	田中 敬二
• 化学修飾大腸菌を用いた希土類金属の回収	工学研究所	細縦侑貴穂	後藤 雅宏
• DMFC用ナフイオン膜の改質	工学研究所	田中 貴大	岩井 芳夫
• Nafion複合膜の断面観察・元素分析	工学研究所	田中 貴大	岩井 芳夫
• Pd/Nafion複合膜の作製	工学研究所	服部 隆平	岩井 芳夫
• Hydrogen gas evolution in MSWI bottom ash Residues	工学研究所	Nithiya Arumugam	島岡 隆行
• 焼却残渣の性状分析	工学研究所	ムエツ	島岡 隆行
• GDL、電極の表面観察	工学研究所	稲田 顕子	伊藤 衡平
• ヘテロ組織を有するFe-Mn超強靱焼結低合金鋼の開発	工学研究所	安井 健太	三浦 秀士
• 光学的イメージング計測技術による複雑流れ場解析	工学研究所		森 英男
• 機械材料の力学特性とミクロ組織の関係解明	工学研究所	熊本 翼	津崎 兼彰
• オーステナイト鋼における変形誘起 $\gamma \rightarrow \epsilon$ マルテンサイト変態におよぼす固溶水素の影響	工学研究所	寺尾 夏生	津崎 兼彰
• 高強度鋼の力学特性とミクロ組織の関係解明	工学研究所	寺尾 夏生・谷内 大樹	津崎 兼彰
• 鉄鋼の損傷成長挙動	工学研究所	生嶋 新	津崎 兼彰
• Mg合金疲労評価	工学研究所	石名 敏之	野口 博司
• TRIP STEEL破面の観察	工学研究所	張 昭	野口 博司
• 塑性加工を受けた材料の疲労特性	工学研究所	濱田 繁	野口 博司
• Toyoura sand-cement-bamboo material mixture	工学研究所	Sito Ismanti	安福 規之
• 腐食生成物の成分分析	工学研究所	郭 小竜・小林 淳二・藤本 拓史・八木 孝介	貝沼 重信
• Silica polymerization with suspended particle	工学研究所	Loren Tusara	糸井 龍一
• シリカスケールの溶解実験	工学研究所	山城 理恵	糸井 龍一
• ミャンマーより採取した岩石サンプルの観察及び分析	工学研究所	向江 信寛	渡辺公一郎
• 海底熱水鉱床から採取した岩石サンプル内の金属鉱物の組成分析	工学研究所	向江 信寛	渡辺公一郎

- 小笠原海底熱水域ベヨネーズ海丘における金属鉱物の研究
工学研究院 合田 明紘・川口 真治 渡辺公一郎
- インドネシア・ジャワ島西部・ケルタ地区より採取した岩石試料の金属鉱物の定性分析
工学研究院 黒田 敦弘 渡辺公一郎
- インドネシア・スマトラ南部・Lebong地区より採取した岩石サンプルの観察及び分析
工学研究院 寺島 克仁 渡辺公一郎
- 研磨・薄片の鉱物同定
工学研究院 前田 淳郎 渡辺公一郎
- インドネシアの金鉱石
工学研究院 長谷 昂 渡辺公一郎
- 硫酸劣化したコンクリートの分析
人間環境学研究院 松本 直樹 小山 智幸
- 液体Li中非金属不純物制御の研究
総合理工学研究院 比屋根和真 深田 智
- 農産物の3次元構造解析
農学研究院 今泉 鉄平 内野 敏剛
- イネ澱粉粒の形態観察
農学研究院 中村 哲洋 熊丸 敏博
- 大気微粒子、土壌微粒子の分析
理学研究院 井元 純平 宇都宮 聡
- 土壌・岩石構成鉱物の分析
理学研究院 古木 元気 宇都宮 聡
- 大気微粒子の分析
理学研究院 末武 瑞樹 宇都宮 聡
- 稲のプラントオパールの解析
理学研究院 鯉川 舜 横山 拓史
- 金属間化合物の試料作製
理学研究院 後藤 政男・山本 伊吹・大山 耕平 光田 暁弘
- EuPdPの圧力下物性
理学研究院 甲木 義人 光田 暁弘
- Gd錯体とラジカル微粒子の形態
薬学研究院 唐澤 悟
- 自己集積量子ドット構造の作製条件依存性
分子システムデバイス国際リーダー教育センター 野村 航
- PVAハイドロゲルの磨耗分食食応答の評価に関する研究
バイオメカニクス研究センター 小俣 誠二 村上 輝夫
- 高選択的カーボンニュートラルサイクルを実現するナノ触媒開発と高効率燃焼再生システムの開発
カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 吉丸翔太郎 山内 美穂
- 高選択的触媒反応によるカーボンニュートラルなエネルギー変換サイクルの開発
カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 貞清 正彰 山内 美穂
- RuFe合金によるアンモニア合成
カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 東崎 康太 山内 美穂
- バイオマテリアルコラーゲンをを用いた動脈のレーザー透過溶着技術の研究
九州大学病院 池田 哲夫

9. 低真空高感度走査電子顕微鏡 (SU3500)

- 金ナノロッドの磁性
工学研究院 稲垣 祐次 河江 達也
- 金属薄膜の表面観察および定性・定量分析
工学研究院 新井 啓矢 安達千波矢
- コンパクトディスク型マイクロ流体基板を用いた電気化学発光イムノアッセイ法の開発
工学研究院 岡田 拓也 今任 稔彦
- ナノポーラスアルミナの作製
工学研究院 石松 亮一 今任 稔彦
- 電気化学発光のレーザー発振
工学研究院 部坂 勇人 今任 稔彦
- スラグによるセシウム吸着
工学研究院 山崎 弘貴 久場 隆広

• CCM、GDL、触媒の表面観察	工学研究院	稲田 顕子	伊藤 衡平
• 固体酸化物形燃料電池の電流分布	工学研究院	稲田 顕子	伊藤 衡平
• Development of High Strength & High Toughness Al alloys	工学研究院	Md Shahnewaz Byuiyan	戸田 裕之
• T-6AL-4V合金の疲労破面解析	工学研究院	ベーゼル靖子	戸田 裕之
• 微小疲労亀裂伝播速度変動の統計的解析	工学研究院	渡邊 信太	戸田 裕之
• 自動車用内燃機関摺動面潤滑モデルの確立および設計支援ソフトウェアへの開発	工学研究院	松崎 康男・樋口 直輝	八木 和行
• Relationship between Hydrogen induced delayed fracture behaviors under Electrochemical and Hydrogen gas charging	工学研究院	Abbas Mohammadi	野口 博司
• Fatigue Analysis of High Nitrogen Steel	工学研究院	Kishan Habib	野口 博司
• Low carbon steel fatigue property research	工学研究院	Li Bochuan	野口 博司
• DP材断面、破断面分析	工学研究院	Zhang Jiwang	野口 博司
• Fatigue resistance of nano-laminate of TRIP-maraging steel	工学研究院	Zhang Zhao	野口 博司
• 水素環境下における疲労き裂伝ばメカニズム解明	工学研究院	大西 洋輔	野口 博司
• チタン合金を用いた疲労寿命の体積効果の評価	工学研究院	大村 聡信	野口 博司
• オーステナイトステンレス鋼において侵入型元素によるひずみ時効硬化が疲労限向上に寄与する条件	工学研究院	柳原 匠吾	野口 博司
• 高純度水素雰囲気下での摺動によるCF充てんPTFE表面への炭素膜形成	工学研究院	森田 健敬	澤江 義則
• 歯科インプラント用ジルコニアアバットメントの形状設計に関する力学的検討	工学研究院	柏 昇吾	澤江 義則
• 熱可塑性CFRPの成形冷却速度に関する研究	工学研究院	中川 雄太	宇田 暢秀
• 炭素繊維の表面状態の観察	工学研究院	百田 将吾	宇田 暢秀
• Ni透過触媒管を使ったメタン水蒸気改質反応による水素製造に関する研究	総合理工学研究院	財前昂太郎	深田 智
• 重合性イオン液体で処理した木材の分析	農学研究院	二上 順太	阪上 宏樹
• オリーブ搾油残渣エタノール抽出物の皮膚に対する生理活性の探索	農学研究院	岸川明日香	清水 邦義
• 農産物のマイクロ波プランチング	農学研究院	今泉 鉄平	内野 敏剛
• 農産物の微細構造解析	農学研究院	今泉 鉄平	内野 敏剛
• 植物体内の硫黄分布	農学研究院		丸山 明子
• 光触媒を用いた空気清浄研究	農学研究院	田之上祐太	白石 文秀
• 極低濃アンモニア除去に関する研究	農学研究院	平良 駿也	白石 文秀
• ピルビン酸酸化還元酵素の固定化	カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所	竹中 慎	尹 基石
• 水素ステーションの高圧水素用ホースとシールシステムに関する研究	水素材料先端科学研究センター	榎本 一之	西村 伸
• 水素膨潤状態におけるゴム・樹脂の構造解析	水素材料先端科学研究センター	大山 恵子	西村 伸

- 太陽光と新規酸素吸収酸化物を用いた燃料生成
稲盛フロンティア研究センター 兵頭 潤次 山崎 仁丈
- プラチナ・パラジウムナノ粒子による皮膚における抗酸化作用
九州大学病院 辻 学
- 動植物組織に蒸着塗布した有機化合物の表層観察
先端融合医療レドックスナビ研究拠点 一瀬 智美 三浦 大典

10. 超高分解能電界放出形走査電子顕微鏡 (SU8000)

- Ge/Au薄膜の組成分析 システム情報科学研究院 田浪 荘汰 白谷 正治
- 核融合装置内ミラーへのダスト堆積の影響の検討
システム情報科学研究院 片山 龍 白谷 正治
- 金ナノ粒子構造の観察 システム情報科学研究院 荒木 聡・中村雄太郎 林 健司
- 分子認識吸着剤の作製 システム情報科学研究院 山下 誠一 林 健司
- 分子鋳型ポリマーを用いたケミレジスタの作製
システム情報科学研究院 篠原 翔 林 健司
- AuNPs基板、MISG-LSPR基板 システム情報科学研究院 商 亮 林 健司
- Auの堆積した基板表面の観察 システム情報科学研究院 千綿 智之 林 健司
- 色素-AuNPs複合体による高感度センシング システム情報科学研究院 中村雄太郎 林 健司
- TiO₂-MIPのゾル-ゲル法による作製 システム情報科学研究院 渡辺 真司 林 健司
- 金ナノ粒子の光マニピュレーション システム情報科学研究院 渡辺 真司 林 健司
- 金ナノ粒子の観察 システム情報科学研究院 李 景韶 林 健司
- ZnOナノ構造体の発光特性改善 システム情報科学研究院 高橋 将大 岡田 龍雄
- 金属ナノ粒子を用いたZnOナノ結晶の発光特性改善とデバイス応用
システム情報科学研究院 福田 泰地 中村 大輔
- 油入変圧器設備診断応用へ向けた半導体ナノ構造を利用したセンサの作製及び特性調査
システム情報科学研究院 林 大貴 末廣 純也
- SiC劈開面のグラフェン成長 工学研究院 梶原 隆司 田中 悟
- EBリソを用いた微細構造の観察
工学研究院 古川 太郎・Chuanjiang Qin・Sandanyaka Sangarange Don Atula 安達千波矢
- レジスト膜のパターン構造観察 工学研究院 椎原 由宇 安達千波矢
- ポーラスアルミナを用いたナノ構造電極の作製と応用 工学研究院 小山 将成 今任 稔彦
- ナノポーラスアルミナの作製 工学研究院 石松 亮一 今任 稔彦
- 金属-有機構造体電気化学特性 工学研究院 石松 亮一 今任 稔彦
- 電気化学発光のレーザ発振 工学研究院 部坂 勇人 今任 稔彦
- ボトムアップ法を用いた金属ナノ構造によるプラズモン-励起子間強結合場の創製とその光機能
工学研究院 加藤 雅也 山田 淳
- 可視光照射による有機半導体の光酸化重合製膜法の開発 工学研究院 古川 喜崇 山田 淳
- 金ナノ粒子 工学研究院 迫 敬往・弥永 洋平・光山 大貴 山田 淳
- 銀ナノ粒子 工学研究院 新郷 翔太 山田 淳

• 銀ナノプレートの安定性向上	工学研究院	菅 晃一	山田 淳
• 近赤外光応答型機能性光触媒の開発	工学研究院	曾田 祐輔	山田 淳
• 形状異方性金属ナノ粒子の耐候性向上	工学研究院	竹村 優樹	山田 淳
• 光アップコンバージョンに対する金属ナノ粒子の効果	工学研究院	中 裕二	山田 淳
• 銀プレート静電吸着ガラス基板	工学研究院	富山 泰隆	山田 淳
• 基板上に製膜した半導体表面の観察	工学研究院	吉川 光寛	小江 誠司
• 発光色の変化する光学式酸素センサーの開発	工学研究院	久山 将史	小江 誠司
• ナノ炭素材料の分散体評価技術の開発	工学研究院	金森 亮太	中嶋 直敏
• ポリマー粒子、脂質粒子、lipid nanoparticleに関する研究	工学研究院	杠 和樹	片山 佳樹
• 銀ナノ構造体の観察	工学研究院	山崎 信弥	岸田 昌浩
• シリカ粒子の調製、ナノ構造体の合成	工学研究院	松根 英樹	岸田 昌浩
• Agナノワイヤーの調製	工学研究院	上野 佑貴	岸田 昌浩
• シリカ粒子の調製	工学研究院	新居田晴香	岸田 昌浩
• CO ₂ 分離膜の作製	工学研究院	行部 智洋・本田竜太朗	三浦 佳子
• 膜の穴の測定	工学研究院	今村 和史	三浦 佳子
• NP _s を塗布したメンブレンフィルターの開発	工学研究院	山下 知恵	三浦 佳子
• PES膜の観察	工学研究院	山下 知恵	三浦 佳子
• モノリスの調製	工学研究院	澁谷 誠・松本 光・文 帆	三浦 佳子
• CO ₂ を吸脱着するモノリス膜の作製	工学研究院	瀧本 紗織	三浦 佳子
• ナノゲルフィルムのSEM観察	工学研究院	浜崎 央	三浦 佳子
• 熱プラズマを用いたナノ粒子合成	工学研究院	影山 拓也	渡邊 隆行
• ナノコロイダル研粒を用いたSiO ₂ 高品位、高効率研磨	工学研究院	外山 貴彬	黒河 周平
• 超純水高圧マイクロジェットを用いた研磨パッドの表面清浄度向上に関する研究	工学研究院	徳元 勇太	黒河 周平
• サファイア基板の代替に向けた多結晶Al ₂ O ₃ 基板の平坦化加工に関する研究	工学研究院	平嶋 礼於	黒河 周平
• レーザ衝撃波による金属微細変形加工システムおよび堆積パターンニング	工学研究院	神野 謙吾	津守不二夫
• 水素雰囲気下における樹脂材料の摩擦磨耗特性に関する研究	工学研究院	清水 有星	澤江 義則
• 炭素繊維の表面状態の観察	工学研究院	百田 将吾	宇田 暢秀
• C ₂ H ₄ を用いたSi (100) 基板表面の炭化	工学研究院	原崎 俊栄	加藤 喜峰
• CVD法によるSiCデバイスの作製	工学研究院	原崎 俊栄	加藤 喜峰
• 金属微粒子	先導物質化学研究所	田子森恭平・王 胖胖・龍崎 奏	玉田 薫
• 熱・マイクロ波・光を用いたナノ粒子の合成	先導物質化学研究所	宇都 慶子	辻 正治
• タングステン堆積層における水素透過挙動に関する研究	総合理工学研究院	森 大輔	深田 智
• イメージングプレート法によるタンングステン堆積層からのトリチウム脱離挙動測定	総合理工学研究院	野口 瑞貴	深田 智
• セルロースナノファイバー	農学研究院	宇都宮ひかり	近藤 哲男
• セルロースナノファイバーからなるエアロゲルの構造観察	農学研究院	古賀 秋絵	近藤 哲男
• シラカバ由来プロトプラスト細胞及び産生ファイバーの観察	農学研究院	三浦 巧貴	近藤 哲男

• 繊維表面の形態観察	農学研究院	中島 潤	近藤 哲男
• コラーゲンナノブロックの形態観察及びコラーゲンナノファイバーフィルムの表面観察	農学研究院	辻田裕太郎	近藤 哲男
• セルロースナノファイバー吹付け車用フィルターに吸着した微粒子観察	農学研究院	辻田裕太郎	近藤 哲男
• ナノファイバースマスクの構造観察	農学研究院	辻田裕太郎	近藤 哲男
• CNFシートの表面観察	農学研究院	坪井 国雄	近藤 哲男
• マメゾウリムシにおける触覚節数多型の集団内維持機構	農学研究院	福田 一人	津田みどり
• Gd錯体とラジカル微粒子の形態	薬学研究院		唐澤 悟
• 結晶多型の機械的刺激による構造変化	薬学研究院		唐澤 悟
• 鉄錯体の形態と電子状態	薬学研究院		唐澤 悟
• 発光性キセロゲルの形態観察	薬学研究院		唐澤 悟
• 微粒子の表面観察	理学研究院	吉原 公貴	岩下 靖孝
• 水素膨潤状態におけるゴム・樹脂の構造解析	水素材料先端科学研究センター	大山 恵子	西村 伸
• 経皮吸収材料研究	学術研究・産学官連携本部	一丸 恵子	古川 勝彦
• 新規ゲル化剤の創製	学術研究・産学官連携本部	一丸 恵子・小野 文靖	古川 勝彦
• ピルビン酸酸化還元酵素の固定化	カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所	竹中 慎	尹 基石
• バイオマテリアルコラーゲンをを用いた動脈のレーザー透過溶着技術の研究	九州大学病院	佐々木 駿	池田 哲夫

1 1. 低真空分析走査電子顕微鏡 (SU6600)

• poly-Siへの液中ドーピング	システム情報科学研究院	諏訪 輝	池上 浩
• Ge結晶薄膜の構造解析	システム情報科学研究院	甲斐 友樹	佐道 泰造
• GeSn結晶薄膜の構造解析	システム情報科学研究院	茂藤 健太	佐道 泰造
• Ge/Au薄膜の成分分析	システム情報科学研究院	田浪 荘汰	白谷 正治
• AlドーピングZnO薄膜の観察	システム情報科学研究院	下垣 哲也	岡田 龍雄
• ZnOマイクロスフィアのCL像観察	システム情報科学研究院	下垣 哲也	岡田 龍雄
• レーザーアブレーションによるZnOスフィアの作製	システム情報科学研究院	永寄 史明	中村 大輔
• レーザーアブレーションによるZnOナノワイヤの作製	システム情報科学研究院	永寄 史明・藤原 優輝・福田 泰地	中村 大輔
• レーザーパターニングによる周期構造ZnOマイクロ結晶の作製とレーザー発振	システム情報科学研究院	高尾 修平	中村 大輔
• 誘電泳動インピーダンス計測法を用いたDNA診断装置の開発	システム情報科学研究院	難波 佑至	末廣 純也
• カソードルミネッセンス「その場」測定による照射欠陥蓄積過程の研究	工学研究院	渡部 恭志	松村 晶

• ハイドロガーネット前駆体の液相合成とC12A7エレクトライドの作製	工学研究院	守谷 静香	林 克郎
• 高比表面積C ₁₂ A ₇ 微粒子の液相合成	工学研究院	守谷 静香	林 克郎
• 鉄鋼材料に関するEBSD解析	工学研究院	佐伯 卓哉	戸田 裕之
• Ti64合金の疲労破壊挙動の3D解析	工学研究院	山田 隆介	戸田 裕之
• アルミニウム・鉄鋼・チタンに関するEBSD解析	工学研究院	泉田 恭輔	戸田 裕之
• Al-Zn-Mg合金のEDS分析	工学研究院	平山 恭介	戸田 裕之
• DCTによるチタン合金のき裂進展挙動の解析	工学研究院	平山 恭介	戸田 裕之
• Ti64合金の疲労破面、Ti合金の結晶方位の観察	工学研究院	平山 恭介	戸田 裕之
• Ti-6Al-4VのEBSD撮影	工学研究院	工藤健太郎・石光 博芳	三浦 秀士
• 3Dレーザ積層造形法による炭化ケイ素造形体の創製	工学研究院	村上 諒	三浦 秀士
• Ni基スーパーアロイ（インコネル718）造形体のEDX分析	工学研究院	吉開 巨都	長田 稔子
• 機械材料の力学特性とミクロ組織の関係解明	工学研究院	安部 祐司・山崎 大輔・谷内 大樹・霜村 祐作	津崎 兼彰
• 高強度鋼の機械的特性とミクロ組織の関係解明	工学研究院	金子 貴裕・福田 功貴	津崎 兼彰
• 自動車用内燃機関摺動面潤滑モデルの確立および設計支援ソフトウェアへの開発	工学研究院	松崎 康男	八木 和行
• Relationship between Hydrogen induced delayed fracture behaviors under Electrochemical and Hydrogen gas charging	工学研究院	Abbas Mdhamandi	野口 博司
• Fatigue Analysis of High Nitrogen Steel	工学研究院	Kishan Habib	野口 博司
• Low carbon steel fatigue property research	工学研究院	Li Bochuan	野口 博司
• Fatigue Analysis of IF Steel After ARB	工学研究院	Lin Xingyu	野口 博司
• Fatigue resistance of nano-laminate of TRIP-maraging steel	工学研究院	Zhang Zhao	野口 博司
• 金属試料表面の結晶方位観察	工学研究院	溝口 友樹	野口 博司
• オーステナイト系TWP鋼の疲労限における炭素の重要性	工学研究院	山村 悠祐	野口 博司
• ラメラ組織を有するチタン合金の塑性ひずみ分布の観察および損傷発生機構の提案	工学研究院	山之内啓太	野口 博司
• 複相鋼の水素脆化機構の解明に向けたマルチスケール解析手法の確立	工学研究院	小山 元道	野口 博司
• Fe-Cr-Niオーステナイトステンレス鋼の変形挙動における炭素の影響	工学研究院	小川 卓郎	野口 博司
• 航空機用チタン合金における短いき裂と長いき裂の成長挙動の比較	工学研究院	前之園 晟	野口 博司
• 水素環境下における疲労き裂進展速度の繰返し速度依存性の評価	工学研究院	大西 洋輔	野口 博司
• 水素環境下における疲労き裂伝ばメカニズム解明	工学研究院	大西 洋輔	野口 博司
• チタン合金を用いた疲労寿命の体積効果の評価	工学研究院	大村 聡信	野口 博司
• CPFEMの特異点（亀裂、硬さ）挙動への応用	工学研究院	渡邊 優太	野口 博司
• 塑性加工を受けた材料の疲労特性	工学研究院	福留 秀渡・濱田 繁	野口 博司
• Siデバイス、半導体試料の観察	工学研究院	中島 健輔	加藤 喜峰
• AZX912合金の鑄造欠陥からのき裂進展に関する基礎的研究	工学研究院	鎌田 祥平	宮原 広郁

• AZX912合金中に含まれるすべり変形・双晶変形が機械的性質に及ぼす影響	工学研究院	鎌田 祥平	宮原 広郁
• 低合金TRIP鋼の不均一変形挙動の評価	工学研究院	安藤 文一	土山 聡宏
• Fe-Cu鋼の変形挙動	工学研究院	古賀 茉冬	土山 聡宏
• 準安定オーステナイト鋼の加工誘起変態に及ぼす炭素および窒素の影響	工学研究院	増村 拓朗	土山 聡宏
• 鉄鋼材料の微視組織観察	工学研究院	大賀 光陽	土山 聡宏
• Fe-Mn合金の組織と靱性に及ぼすC, Mnの影響	工学研究院	田中将太郎	土山 聡宏
• 鉄の転位強化に及ぼす加工温度の影響	工学研究院	田中 友基	土山 聡宏
• 電析Zn初期の析出挙動、結晶配向性に及ぼす基板歪み、面方位の影響	工学研究院	久保 文吾	大上 悟
• 電析物の微細構造観察	工学研究院		大上 悟
• 組織観察	工学研究院	加藤 遼馬・中村 直人・林 幸宏	田中 将己
• 圧延変形組織の発達過程解明	工学研究院	徳永 真吾	田中 将己
• チタン合金の解析	工学研究院	Peter Kral	堀田 善治
• 巨大ひずみ加工による水素発生アルミニウム合金の開発	工学研究院	Zhang Fan	堀田 善治
• HPS加工によるNi基超合金超塑性材料の作製	工学研究院	梶田 貴裕	堀田 善治
• HPT加工による粉末Ti及び粉末Zrの固化成形と圧力制御を利用した微細組織制御	工学研究院	丸野 大輔	堀田 善治
• インコネル718の粒径測定	工学研究院	岩岡 秀明	堀田 善治
• Mg4NiPdの水素貯蔵特性向上のための組織解析	工学研究院	植弘 量子	堀田 善治
• アルミニウム合金、シリコン、チタン合金、純アルミニウムの解析	工学研究院	増田 高大	堀田 善治
• MgV2NiのEDS観察	工学研究院	藤原 圭祐	堀田 善治
• Au合金の組成分析	工学研究院	馬場 猛士	堀田 善治
• W焼結材の組成分布	工学研究院	有田 誠	堀田 善治
• ホットパーティクル、土壌粒子中の鉱物の分析	理学研究院	井元 純平	宇都宮 聡
• 土壌・岩石構成鉱物の分析	理学研究院	古木 元気・池原 遼平	宇都宮 聡
• 有機PとCeからなる結晶の解析	理学研究院	市吉 健太	宇都宮 聡
• 大気微粒子、土壌粒子中の鉱物の分析	理学研究院	末松 瑞樹	宇都宮 聡

1 2. 電界放出型走査電子顕微鏡 (JSM-6701F)

• TTF縮環サブフラロシアニンを用いた超分子ポリマーの構築	工学研究院	内原 岬哉	古田 弘幸
• N-混乱ポルフィリンを用いた機能性MOF	工学研究院	楊 雨峰	古田 弘幸
• 熱プラズマを用いたナノ粒子合成	工学研究院	影山 拓也	渡邊 隆行
• 金属薄膜の電気・熱的特性に及ぼす水素の影響	工学研究院	奥野 陽介・北村 圭祐・西村 和洋・福永 鷹信	高松 洋
• 省Ni高強度焼結鋼の開発	工学研究院	長田 稔子	品川 一成
• 機能性炭化物膜の合成と評価	総合理工学研究院	金子 祐太	堤井 君元
• 土壌・岩石構成鉱物の分析	理学研究院	古木 元気	宇都宮 聡

- ナノインプリントによるトップダウン式量子ドットの作製

分子システムデバイス国際リーダー教育センター

野村 航

1 3. 大気圧走査電子顕微鏡 (AeroSurf1500)

- 吸着材の開発 工学研究院 岡部 弘高 原 一広

1 4. 電子線3次元粗さ解析装置 (ERA8900)

- スラグ、竹炭の表面観察および分析 工学研究院 山崎 弘貴 久場 隆広
- スラグによるセシウムの効率的回収について 工学研究院 山崎 弘貴 久場 隆広
- Nafion膜の表面粗さ測定 工学研究院 稲田 顕子 伊藤 衡平

1 5. X線回折計 (MultiFlex)

- 低次元物質の結晶構造解析 システム情報科学研究院 神崎 雅俊 栗焼 久夫
- レーザーアブレーションによるZnOナノワイヤの作製 システム情報科学研究院 東畠 三洋 中村 大輔
- 廃棄体の物性評価 工学研究院 平野 飛翼・山門 鋼司 稲垣八穂広
- 周期加熱法を用いた核燃料模擬物質の熱伝導率測定装置の開発 工学研究院 宮田 俊介 出光 一哉
- 核燃料の融点評価装置の開発 工学研究院 原田 誠 出光 一哉
- セラミックス固化体の構造解析 工学研究院 松本 裕昌 出光 一哉
- 熱プラズマを用いたナノ粒子合成 工学研究院 影山 拓也・吉田 周平 渡邊 隆行
- 触媒の構造解析 工学研究院 稲田 顕子 伊藤 衡平
- カーボン電極への金属析出挙動 工学研究院 中島 裕典 伊藤 衡平
- 水素吸蔵合金の活性化メカニズム解明に向けた研究 工学研究院 荻原 浩史 秋葉 悦男
- Fe-Mn合金の組織と靱性に及ぼすC、Mnの影響 工学研究院 田中将太郎 土山 聡宏
- 電析Znの固定、結晶構造の解析 工学研究院 檜田 圭亮 大上 悟
- Zn-活性金属酸化物の複合電析メカニズムの解明 工学研究院 原 洋輔 大上 悟
- 電析Znにおける不純物Mn,Clの影響 工学研究院 中村 紘樹 大上 悟
- 電析物の微細構造観察 工学研究院 鈴木 敦博・峯 海渡 大上 悟
- 石油貯留岩中の泥質成分の鉱物組成の同定 工学研究院 菅井 裕一 佐々木久郎
- シリカスケールの溶解実験 工学研究院 吉川 貴大・山城 理恵 糸井 龍一
- 低品位炭の改質 工学研究院 野中 壯泰
- Li₂TiO₃からのLi質量移行 総合理工学研究院 山本遼太郎 深田 智

16. 全自動水平型多目的X線回折装置 (SmartLab)

• FePdのXRD分析	システム情報科学研究所	宇 海倫	松山 公秀
• GdCoのXRD分析	システム情報科学研究所	田浦 皓士	松山 公秀
• 酸化亜鉛薄膜の結晶性の解析	システム情報科学研究所	井手 智章	板垣 奈穂
• 低品位炭の改質	工学研究所		野中 壯泰
• 廃棄体の物性評価	工学研究所	松本 遼	稲垣八穂広
• 多結晶スピネルの局所構造解析	工学研究所	鶴田幸之介	松村 晶
• 3価陽イオンをドーブしたCeO ₂ の構造解析	工学研究所	山口理一郎	松村 晶
• 核燃料の融点評価装置の開発	工学研究所	原田 誠	出光 一哉
• 急速充放電バッテリー用ウイスキー電極の評価	工学研究所	岩屋 健人	内山 誠
• リチウムイオン電池用ウイスキー電極の評価	工学研究所	有働 正隆	内山 誠
• N-混乱ポルフィリンを用いた機能性MOF	工学研究所	楊 雨峰	古田 弘幸
• 高分子薄膜の構造解析	工学研究所	下村信一郎	田中 敬二
• 高分子薄膜の物性	工学研究所	笹原 一輝	田中 敬二
• 高分子の表面構造	工学研究所	山本健太郎	田中 敬二
• 高分子薄膜、高分子半導体の構造評価	工学研究所	緒方 雄大	田中 敬二
• プラズマ処理高分子薄膜の界面状態と細胞接着特性	工学研究所	松山瑠璃子	田中 敬二
• 末端官能性ポリマーを用いたグラフト膜の創製	工学研究所	織田ゆかり	田中 敬二
• 固体界面におけるゴム状高分子の凝集構造	工学研究所	杉本 晋	田中 敬二
• 高分子膜のキャラクタリゼーション	工学研究所	青木 美佳	田中 敬二
• dPSの膜厚測定、PSの構造解析	工学研究所	藤野 弘将	田中 敬二
• 発光性有機結晶の研究	工学研究所	多恵馬 愛	久枝 良雄
• 発光性包接結晶の合成と発光特性の評価	工学研究所	畠中 創	久枝 良雄
• ガドリニウム錯体を用いた光機能材料の開発	工学研究所	北川 和宏	小江 誠司
• スラッグの分析	工学研究所	Shahgalal Khandaker	久場 隆広
• 高力アルミニウム合金のXRD分析	工学研究所	平山 恭介	戸田 裕之
• 放射光X線回折その場観察システムによる焼付きメカニズム解析	工学研究所	足立 智也	八木 和行
• 省Ni高強度焼結鋼の開発	工学研究所	長田 稔子	品川 一成
• Mg合金への化成処理皮膜形成メカニズムの解明	工学研究所	中村 章紀	大上 悟
• カルシウムフェライト系融体のスラッグ	工学研究所	Yang Nan	中島 邦彦
• 交流電場を用いたスラッグの物理化学的性質	工学研究所	原田 祐亮	中島 邦彦
• TiO ₂ -ZrO ₂ 系薄膜の光触媒活性に及ぼす熱力学諸条件の影響	工学研究所	時川 優生	中島 邦彦
• 天然繊維の炭化物の物性と評価	工学研究所	小川阿弥子	中島 邦彦
• 交流電場を用いたフォーミングスラッグの気相率評価	工学研究所	石原 真敏	中島 邦彦
• TiO ₂ -ZrO ₂ 系の相転移に及ぼす酸素分圧の影響	工学研究所	服部 沢雄	中島 邦彦
• アルミナ-炭素基板とのスラッグ濡れ性及び界面反応	工学研究所	林 海龍	中島 邦彦
• 阿蘇地域の火山性土の粒子形状および鉍物組成を把握するため	工学研究所	Wa Ode Smartini	ハザリカ ハマンタ
• コンクリートの劣化メカニズムに関する研究	人間環境学研究所		小山 智幸

• Zr中の水素挙動に及ぼす溶解酸素の影響	総合理工学研究院	森玉 貴也	大塚 哲平
• 土壌・岩石構成鉱物の分析	理学研究院	古木 元気・落合 朝須美	宇都宮 聡
• ATPとCeによる沈殿形成プロセスの解明	理学研究院	市吉 健太	宇都宮 聡
• 希土類元素と有機リンの反応性の解明	理学研究院	市吉 健太	宇都宮 聡
• 微生物の細胞外放出物による希土類リン酸塩の形成	理学研究院	市吉 健太	宇都宮 聡
• 微生物由来のYbPO ₄ の構造解析	理学研究院	市吉 健太	宇都宮 聡
• 有機物が含むリンとセリウムからなる結晶の構造解明	理学研究院	市吉 健太	宇都宮 聡
• 粉末試料のX線回折	理学研究院	大山 耕平	光田 暁弘
• 単結晶基板上に作製した貴金属薄膜の触媒反応機構の研究	水素エネルギー国際研究センター		葛西 昌弘
• Ti合金の相特定	鉄鋼リサーチセンター	工藤健太郎	三浦 秀士
• 柔軟電極開発	学術研究・産学官連携本部	高垣 有作	古川 勝彦

17. 走査型プローブ顕微鏡 (DimensionIcon)

• Pt薄膜、磁性薄膜のAFM	システム情報科学研究院	吉岡 涼	松山 公秀
• CoPd薄膜、磁性薄膜	システム情報科学研究院	田浦 皓士	松山 公秀
• Ge/Au薄膜の組成分析	システム情報科学研究院	田浪 荘汰	白谷 正治
• ミラーの光学特性に関する微粒子堆積の影響の検討	システム情報科学研究院	片山 龍	白谷 正治
• 酸化亜鉛薄膜の表面モフォロジーの解析	システム情報科学研究院	松島 宏一・井手 智章・岩崎 和也・松村 勇希	板垣 奈穂
• スズ添加酸化インジウム薄膜の表面モフォロジーの解析	システム情報科学研究院	高崎 俊行・王 寒	板垣 奈穂
• 逆SKモード薄膜成長に関する研究	システム情報科学研究院	宮原奈乃華	板垣 奈穂
• 超低消費電力・超高速デバイス実用化の基盤となる室温動作可能なエキシトントランジスタの創製	システム情報科学研究院	宮原奈乃華	板垣 奈穂
• Au基板	システム情報科学研究院	商 亮	林 健司
• ピロロピロールを含むアザジピリン亜鉛錯体の合成および超分子ポリマー形成	工学研究院	唐崎 秀朗	古田 弘幸
• TTF縮環サブフラロシアニンを用いた超分子ポリマーの構築	工学研究院	内原 岬哉	古田 弘幸
• 電気化学発光のレーザー発振	工学研究院	部坂 勇人	今任 稔彦
• CO ₂ 分離膜の作製	工学研究院	行部 智洋	三浦 佳子
• 多官能性高分子の合成	工学研究院	仲本 正彦	三浦 佳子
• 塗布型有機EL素子の薄膜形状に関する研究	工学研究院	中川 彰馬	深井 潤
• フェムト秒レーザーを用いた半導体表面加工に関する研究	工学研究院	横尾 英昭	黒河 周平
• ナノコロイダル砥粒を用いたSiO ₂ 研磨	工学研究院	外山 貴彬	黒河 周平
• ダブルパルスフェムト秒レーザーを用いた半導体の表面励起加工に関する研究	工学研究院	松永 啓伍	黒河 周平
• フェムト秒レーザーを用いた単結晶SiC表面改質による高効率研磨の実現	工学研究院	吹春 昇	黒河 周平

- 高機能ロボットハンドのための滑り覚及び力覚を有するMEMS集積化触覚センサ
工学研究院 森田 伸友 澤田 廉士
- マイクロレーザドップラ速度計による管内の流量計測
工学研究院 中島 文弥 澤田 廉士
- ナノ空間熱探査によるカーボン材料の多次元熱伝道評価
工学研究院 岩永 歩・手嶋 秀彰・西山 貴史 高橋 厚史
- 固気液相界面メタフルイデイクス
工学研究院 岩永 歩・手嶋 秀彰・西山 貴史 高橋 厚史
- 伝熱面上のナノバブルに関する実験的研究
工学研究院 岩永 歩・手嶋 秀彰 高橋 厚史
- Mg-Liの解析
工学研究院 増田 高大 堀田 善治
- 合金の塑性成形表面観察
工学研究院 有田 誠 堀田 善治
- コロイドと基盤との相互作用測定
理学研究院 中野友里子 宇都宮 聡
- 酸化セリウムへの吸着形式の分析
理学研究院 中野友里子 宇都宮 聡
- 脂質二分子膜修飾電極の電気化学的挙動に対する疎水性薬剤の影響
理学研究院 甲斐めぐみ 竹原 公
- フェロセンをプローブとした脂質二分子膜修飾基板の特性の検討
理学研究院 坂本 光 竹原 公
- 金表面への自己組織化単分子膜（SAM）の修飾
理学研究院 富安 幸仁 竹原 公
- 表面プラズモン共鳴分析法を用いた膜タンパク質-脂質分子相互作用解析
理学研究院 稲田 壮峰 木下 祥尚
- リチウム電池用正極材料の構造解析
水素エネルギー国際研究センター 葛西 昌弘
- 単結晶基板上に作製した貴金属薄膜の触媒反応機構の研究
水素エネルギー国際研究センター 葛西 昌弘
- 有機トランジスタの開発
稲盛フロンティア研究センター 込山 英秋 安田 琢磨
- オプト・エレクトロニクスに関わる機能性材料の超精密加工プロセス技術とデバイス化技術への応用
学術研究・産学官連携本部 山崎 努

18. エネルギー分散型蛍光X線分析装置（EDX-7000）

- 廃棄体の物性評価
工学研究院 山門 鋼司 稲垣八穂広
- コンクリート組成変動の放射線遮蔽性能への影響
工学研究院 執行 信寛
- セラミックスの溶解性、ランタニドの硝酸溶解性に関する研究
工学研究院 松本 裕昌 出光 一哉
- ナノ炭素材料の分散体評価技術の開発
工学研究院 金森 亮太 中嶋 直敏
- スラッグの分析
工学研究院 Shahgalal Khandaker 久枝 良雄
- 焼却残渣の性状分析
工学研究院 ムエツ 島岡 隆行
- CaO-Al₂O₃-SiO₂-SrO系スラッグによる脱硫速度
工学研究院 前田 敬之 国友 和也
- 阿蘇地域の火山性土の粒子形状および鉍物組成を把握するため
工学研究院 Wa Ode Smartini ハザリカ ハマンタ
- 浚渫土砂インターロッキングブロックの材料特性と荷重伝播特性
工学研究院 古川全太郎

- 酸化鋇硫化鋇物バイオリーチング後の鋇物表面の定性分析
工学研究院 正木 悠聖・堤 克俊 沖部奈緒子
- シリカスケールの溶解実験
工学研究院 吉川 貴大・山城 理恵 糸井 龍一
- インドネシアの露天掘り石炭鋇山におけるAMD抑制に関する研究
工学研究院 石松 紘宇 島田 英樹
- Cellulose-based ACTIVATED CARBON FIBER
先導物質化学研究所 Ryu Dong-Yeon 尹 聖昊
- 新規陰イオン吸着材の評価
農学研究院 森 裕樹
- バイオ燃料製造に関する研究および関連調査
農学研究院 吉田日乃美 北岡 卓也
- 金属支持面固体酸化物型燃料電池スタックの信頼性向上に関する共同研究
水素エネルギー国際研究センター 竹宮 聡 谷口 俊輔

19. 熱分析装置 (EXSTAR7000)

- プロテインに対するプラズマ照射の効果
システム情報科学研究院 サリノント タパナット 白谷 正治
- 有機材料のガラス転移点測定
工学研究院 谷本 周穂 安達千波矢
- N-混乱ポルフィリンを用いた機能性MOF
工学研究院 楊 雨峰 古田 弘幸
- CNT含有ゴムシート
工学研究院 笹原 一輝 田中 敬二
- 固体界面におけるゴムの凝集状態
工学研究院 笹原 一輝 田中 敬二
- 高分子の表面構造
工学研究院 山本健太郎 田中 敬二
- 固体界面におけるゴム状高分子の凝集構造とダイナミクス
工学研究院 杉本 晋 田中 敬二
- 固体界面におけるゴム状高分子の凝集構造と熱運動特性
工学研究院 杉本 晋 田中 敬二
- 固体界面におけるポリイソプレンの構造と物性
工学研究院 杉本 晋 田中 敬二
- 新規分岐型高分子の精密合成と界面濃縮挙動
工学研究院 杉本 晋 田中 敬二
- DNA/CDP固体膜の力学特性
工学研究院 盛満 裕真 田中 敬二
- 導電性高分子スキャフォールド上における細胞の挙動
工学研究院 川崎 浩輝 田中 敬二
- 固体発光材料の開発
工学研究院 後藤 亜衣子・築山 佳史 久枝 良雄
- 有機発光材料についての研究
工学研究院 多恵馬 愛 久枝 良雄
- 発光性包接結晶の合成と発光特性の評価
工学研究院 畠中 創・福田 有貴 久枝 良雄
- 有機包接結晶を用いたりん光発光材料の創製
工学研究院 福田 有貴 久枝 良雄
- ペプチドナノ集合体の創製
工学研究院 若林 里衣 後藤 雅宏
- 潜熱蓄熱装置の高性能化
工学研究院 小坂 梨奈 深井 潤
- サファイア基板の代替に向けた多結晶Al₂O₃基板の平坦化加工に関する研究
工学研究院 平嶋 礼於 黒河 周平
- サファイア基板代替材料における研磨特性検討
工学研究院 平嶋 礼於 黒河 周平
- 金属粉末射出成形品のウエルド生成メカニズム解明と品質向上に関する研究
工学研究院 長田 稔子 品川 一成
- 熱可塑性CFRPの成形冷却速度に関する研究
工学研究院 中川 雄太 宇田 暢秀
- 石炭の熱量測定
工学研究院 Arif Widiatmojo 糸井 龍一
- REEをドーブしたシリカゲルについて
工学研究院 井上 翔太 渡辺公一郎

• 硫酸劣化したコンクリートの分析	人間環境学研究院	松本 直樹	小山 智幸
• 新規GQDの合成	先導物質化学研究所	香島 拓哉	藤田 克彦
• 混合原子価鉄錯体の転移温度の測定	先導物質化学研究所	中村 和沙	佐藤 治
• バイオナノファイバーの熱分析	農学研究院	古賀 秋絵・高濱 良・内田 詠子・辻田裕太郎	近藤 哲男
• セルロース系ブレンドフィルムの熱重量分析	農学研究院	石原 健	近藤 哲男
• 土壌・岩石構成鉱物の分析	理学研究院	落合朝須美	宇都宮 聡
• 水酸化金(Ⅲ)の熱分解挙動の解明	理学研究院	川本 大祐	横山 拓史
• 金アミノ酸錯体を前駆対とした含浸法によるシリカ担持金ナノ粒子の調製	理学研究院		村山 美乃
• 脂質膜の相転移温度/エンタルピーの測定	理学研究院	川口 翼・田中 かおる	木下 祥尚
• ポリイミド複合膜の相転移挙動、高分子の相転移挙動	カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所		西原 正通
• 高分子の熱物性測定	カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所	衣笠 佳恵	谷口 育雄
• 有機トランジスタの開発	稲盛フロンティア研究センター	込山 英秋	安田 琢磨

20. 顕微レーザーラマン分光装置 (ARAMIS)

• TADF:OLED材料のラマン測定	システム情報科学研究院	竹田 晴信	興 雄司
• Ti基板の結晶評価	システム情報科学研究院	野間田裕昭	興 雄司
• Geへのドーピング評価、レーザー照射	システム情報科学研究院	小島 遼太	池上 浩
• エキシマレーザーを用いた4H-SiCへの窒素ドーピング技術に関する研究	システム情報科学研究院	小島 遼太	池上 浩
• Geアニール、Geへの注入	システム情報科学研究院	諏訪 輝	池上 浩
• Si保護膜を用いた4H-SiCへのAlCl ₃ 水溶液中レーザー照射によるAlドーピング	システム情報科学研究院	土屋 知大	池上 浩
• レーザー照射によるグラフェン形成手法の研究	システム情報科学研究院	服部 正和	池上 浩
• 和牛のおいしさの評価に関する研究	システム情報科学研究院	神崎 雅俊	都甲 潔
• 金ナノ粒子の観察	システム情報科学研究院	荒木 聡	林 健司
• SERSの観察	システム情報科学研究院	千綿 智之	林 健司
• 金ナノ粒子の光マニピュレーション	システム情報科学研究院	渡辺 真司	林 健司
• 基板上で光成長させた金属ナノ構造のSERS活性評価	システム情報科学研究院	李 景韶	林 健司
• レーザーアブレーションによるZnOナノワイヤの作製	システム情報科学研究院	東島 三洋	岡田 龍雄
• レーザーアブレーションによるZnOナノワイヤの作製	システム情報科学研究院	藤原 優輝・永寄 史明	中村 大輔
• レーザーアブレーションによるZnOスフィアの作製	システム情報科学研究院	永寄 史明	中村 大輔
• レーザーアブレーションによるZnO結晶の作製	システム情報科学研究院	小田 晃司	中村 大輔
• 廃棄体の物性評価	工学研究院	松本 遼	稲垣八穂広

• 核燃料の融点評価装置の開発	工学研究院	原田 誠	出光 一哉
• 有機EL素子における光取出し効率向上を目指した究極の分子配向秩序の実現	工学研究院	小蓑 剛	安達千波矢
• 有機光デバイス応用に向けた新規高分子ゲルの開発	工学研究院	坪ノ内優太	安達千波矢
• 室温NAS電池のためのMxeneの作製	工学研究院	河原 圭	林 克郎
• 正方晶BaTiO ₃ 針状粒子の合成と誘電特性評価	工学研究院	倉田 真志	林 克郎
• Naイオン二次電池用正極活物質の合成及び特性評価	工学研究院	竹中 匠	林 克郎
• ボトムアップ法を用いた金属ナノ構造によるプラズモン-励起子間強結合場の創製とその光機能	工学研究院	加藤 雅也	山田 淳
• プラズモン・分子強結合場の観測	工学研究院	坂本 逸平	山田 淳
• 近赤外光応答型機能性光触媒の開発	工学研究院	曾田 祐輔	山田 淳
• 酸素吸収フィルムの観察、酸素濃度の測定	工学研究院	山下 知恵	三浦 佳子
• 顕微ラマン分光法によるO ₂ 、クラミドモナスの観察	工学研究院	渡邊 猛	三浦 佳子
• 熱プラズマを用いたナノ粒子合成	工学研究院	岡元 大輔・山野建太郎	渡邊 隆行
• 固気液相界面メタフルイデイクス	工学研究院	中崎 雅也	高田 保之
• 超高速長時間連続撮影システムによる摩擦面のその場観察	工学研究院	大淵 貴之	八木 和行
• 炭素繊維の表面状態の観察	工学研究院	百田 将吾	宇田 暢秀
• 放射性核種埋設に向けたジオミメティクスに由来する新規吸着剤の開発	工学研究院	Paulmanickam Koilraj・森山 紗好	笹木 圭子
• 使用済吸着材に対するセメント固化	工学研究院	井上 聡大	笹木 圭子
• 有機粘土を用いた陰陽イオン吸着材の開発	工学研究院	井上 聡大	笹木 圭子
• 硫酸劣化したコンクリートの分析	人間環境学研究院		小山 智幸
• 硫酸劣化した塩ビサイディングの分析	人間環境学研究院		小山 智幸
• 金属微粒子	先端物質化学研究所	王 胖胖	玉田 薫
• 農産物の構造解析	農学研究院	今泉 鉄平	内野 敏剛
• タンパク質核酸複合体の結晶構造解析	農学研究院	中島 崇	木村 誠
• 有機結晶のドミノ転移	理学研究院	古川 一輝	関谷 博
• モンモリロナイト担持金属触媒の構造解析	理学研究院		村山 美乃
• 炭素材料担持金属触媒の構造解析	理学研究院		村山 美乃
• 金属ナノ粒子の仕事関数制御	分子システムデバイス国際リーダー教育センター		王 胖胖
• 水素ステーションの高圧水素用ホースとシールシステムに関する研究開発	水素材料先端科学研究センター	榎本 一之	西村 伸
• 太陽光と新規酸素吸収酸化物を用いた燃料生成	稲盛フロンティア研究センター	兵頭 潤次	山崎 仁丈

2.1. 3D測定レーザー顕微鏡 (OLS4000)

• インクジェット印刷された有機マイクロディスクレーザーの作製	システム情報科学研究院	吉岡 宏晃	興 雄司
• レーザ加工	システム情報科学研究院	諏訪 輝	池上 浩

- 誘電泳動インピーダンス計測法を用いたDNA診断装置の開発
システム情報科学研究院 井上 祐樹 末廣 純也
- 海中懸濁質の濾過処理法の開発に関する研究 工学研究院 坂田 祐己・今村 考良 篠田 岳思
- 燃料電池システムの研究 工学研究院 脇田 雄斗 伊藤 衡平
- 超音波を用いたヒートシール欠陥の非破壊検査 工学研究院 森 健太 井上 卓見
- 超純水高圧マイクロジェットを用いた研磨パッドの表面清浄度向上に関する研究
工学研究院 渡邊 敦則 黒河 周平
- レーザ衝撃波による金属微細変形加工システムおよび堆積パターンニング
工学研究院 神野 謙吾 津守不二夫
- 鋼板表面の粗さ評価 工学研究院 渡辺 亮太・杜 錦軒・広瀬 勝也 貝沼 重信
- 腐食生成物の観察 工学研究院 増本 岳 貝沼 重信
- PVAハイドロゲルのウサギでのIn Vivo適用実験
バイオメカニクス研究センター 小俣 誠二 村上 輝夫
- UHMWPEの人口関節への応用についての研究
バイオメカニクス研究センター 上原周一郎 村上 輝夫

【部局管理装置・総合理工学研究院】

1. 電界放射走査型電子顕微鏡

- Particle size analysis 物質理工学 阮 宏程 島ノ江憲剛
- 新しいガスセンサの提案 物質理工学 加登 僚平 島ノ江憲剛
- ペロブスカイト型酸化物の合成に関する研究 物質理工学 牛尾 祐喜 西堀麻衣子
- レーザー照射したナノダイヤモンド膜の表面観察
量子プロセス理工学 竹市 悟志 吉武 剛
- オゾンを酸化剤とした触媒酸化プロセスの開発 物質理工学 永井 祐喬 永長 久寛
- 高性能カーボン担体の開発 物質理工学 中野 皓太 島ノ江憲剛
- 革新型蓄電池先端科学基礎研究開発 先導研 小林 栄次 岡田 重人
- BiCnVOx 自体電解質 / 酸化物電極酸素セルの検討 物質理工学 加登 僚平 島ノ江憲剛
- 酸素分離膜 物質理工学 三谷 康人 島ノ江憲剛
- ペロブスカイト型酸化物の合成に関する研究 物質理工学 土居 茜 西堀麻衣子
- CeO₂-PVP の測定 物質理工学 高橋 智美 西堀麻衣子
- CeO₂-PVP film と粉体の観察 物質理工学 高橋 智美 西堀麻衣子
- CeO₂-PVP 粒子の観察 物質理工学 高橋 智美 西堀麻衣子
- CeO₂-PVP の SEM 観察 物質理工学 高橋 智美 西堀麻衣子
- LaFeO₃ の観察、SnO₂ センサの観察 物質理工学 大山 旬春 渡邊 賢
- 水系 s ブロックイオン電池の創製と電池特性 先導研 中本 康介 岡田 重人
- 合成したグラフェンの解析 先導研 伊賀 大伸 藤田 克彦
- 活性炭に付着している物質の同定 炭素センター 光原乃里子 原田 達朗
- 量子ビーム連携によるソフトマテリアルのグリーンイノベーション
物質理工学 高橋 智美 西堀麻衣子

- BaLaFeO₃ 添加 SnO₂ 系 MEMS ガスセンサの感応膜の観察
物質理工学 大山 旬春 渡邊 賢
- Ag spe and particles size for Ag/Zsm-5 and Ag/SiO₂
物質理工学 阮 宏程 西堀麻衣子
- シリコン上に堆積させたナノダイヤモンド膜の断面観察
量子プロセス理工学 竹市 悟志 吉武 剛

2. レーザーラマン分光光度計 (NRS-2000)

- かご状構造を持つ酸化物における特異的フォノン散乱と熱電特性
量子プロセス理工学 水田 航平 大瀧 倫卓
- 窒化物圧電材料の開発
物質理工学 上原 雅人

3. レーザーラマン分光光度計 (Nanofinder 30)

- かご状構造を持つ酸化物における特異的フォノン散乱と熱電特性
量子プロセス理工学 水田 航平 大瀧 倫卓
- グラフェンの合成とキャラクタリゼーション
福岡大学工学部 吉原 直記
- 炭酸カルシウムの結晶多形の同定
先導研 長岡 憲吾 菊池 裕嗣
- ナノダイヤモンド膜の構造解析
量子プロセス理工学 馬場 隆司 吉武 剛
- 活性炭に付着している物質の同定
炭素センター 光原乃里子 原田 達朗
- 官能基化グラフェンの解析
先導研 伊賀 大伸 藤田 克彦

【部局管理装置・応用力学研究所】

1. EPMA 電子線マイクロアナライザー

- NASICON メンブレンの作製とナトリウム電池への応用
工学研究院 大久保圭祐 林 克郎
- Fast solidium-ion conducting ceramics for all solid-state battery
工学研究院 王 赫 林 克郎

【部局管理装置・工学研究院】

1. 超伝導核磁気共鳴吸収装置 (AV300M)

- Photon Up-conversion in Liquid medium
工学研究院 Deepak Asthana 君塚 信夫
- TTA アップコンバージョン
工学研究院 奥村 佳亮 君塚 信夫
- アゾベンゼンの誘電特性
工学研究院 山本 凌輔 君塚 信夫
- キラル柔軟性結晶による物質輸送制御
工学研究院 松木 昌也 君塚 信夫
- フォトクロミック化合物を用いた光応答分子システムの構築
工学研究院 石場 啓太 君塚 信夫
- フォトンアップコンバージョン材料 (TTA) の光触媒への適用検討
工学研究院 栢谷 浩太 君塚 信夫
- 液晶分子を用いた TTA アップコンバージョン
工学研究院 間瀬 一馬 君塚 信夫

- 可視域から紫外域へのアップコンバージョンにおける新規アクセプター分子の合成
工学研究院 梢 真梨子 君塚 信夫
- 機能性イオン性材料の研究 工学研究院 下野 智弥・久保 勇太・松木 昌也 君塚 信夫
- 機能性材料の研究 工学研究院 久光 翔太 君塚 信夫
- 擬一次元白金混合原子価錯体とアニオン性脂質から成る超分子組織体の構築
工学研究院 永井 邑樹 君塚 信夫
- 強誘電性を示す一次元亜鉛ポルフィリン錯体の開発 工学研究院 内野 慎也 君塚 信夫
- 強誘電性を示す一次元金属錯体の開発 工学研究院 内野 慎也 君塚 信夫
- 強誘電性を示す有機一次元鎖物質の開発 工学研究院 内野 慎也 君塚 信夫
- 近赤外光から可視光へのアップコンバージョンにおける新規ドナー分子の合成
工学研究院 佐々木陽一 君塚 信夫
- 光による気液・気固相転移の制御 工学研究院 永井 邑樹 君塚 信夫
- 光機能性材料の合成 工学研究院 宮野 淳次 君塚 信夫
- 高いゼーベック係数を示す熱電変換電池の開発 工学研究院 鄒 曉鵬 君塚 信夫
- 高エネルギー密度多価金属蓄電池の研究開発 工学研究院 枡谷 浩太 君塚 信夫
- 三重項 - 三重項消滅に基づくフォトン・アップコンバージョン
工学研究院 奥村 佳亮 君塚 信夫
- 三重項 - 三重項消滅を利用した近赤外光から可視光へのアップコンバージョン
工学研究院 雨森 翔悟 君塚 信夫
- 自己組織化に基づく機能性高分子ナノシステムの開発
工学研究院 藤原 才也・奥村 佳亮・河野 宏徳・細山田将士・枡谷 浩太 君塚 信夫
- 新しい金属錯体システムに基づく高効率フォトンアップコンバージョンの実現
工学研究院 Rakesh Kr Gupta 君塚 信夫
- 新規誘電材料の創製 工学研究院 山本 凌輔 君塚 信夫
- 水中におけるフォトンアップコンバージョンシステムの開発
工学研究院 河野 宏徳 君塚 信夫
- 超低強度光・低エネルギー光による高効率フォトン・アップコンバージョンの実現
工学研究院 間瀬 一馬 君塚 信夫
- 有機色素分子の自己組織化による機能発現 工学研究院 細山田将士・楊 晗玉 君塚 信夫
- イオン液体を用いた経皮ワクチンの開発 工学研究院 荒木 祥太 後藤 雅宏
- レアメタルのリサイクルに関する研究 工学研究院 執行 英子 後藤 雅宏
- レアメタル高度分離のための新規抽出剤の開発と高効率リサイクルプロセスの構築
工学研究院 引野 幸枝 後藤 雅宏
- 化学修飾大腸菌を用いた希土類金属の回収 工学研究院 細椋侑貴穂 後藤 雅宏
- 新規ペプチドナノ集合体の創製 工学研究院 橋本龍一朗 後藤 雅宏
- 溶媒抽出法によるレアメタルの高効率分離プロセスの開発 工学研究院 吉田 航 後藤 雅宏
- カーボンナノチューブの局所化学修飾による発光波長の制御 工学研究院 白石 智也 中嶋 直敏
- カーボンナノチューブ複合体の研究 工学研究院 堤 優介 中嶋 直敏
- ナノ炭素材料の分散評価技術の開発
工学研究院
Han Hoon・永井 薫子・韓 自依・鬼塚 悠・橋本 航・金森 亮太・
志賀 為仁・石丸 航・大園 啓太・中島 祐樹・内村 駿介 中嶋 直敏

- EPR 効果促進を目指した NO 放出剤修飾脂質の開発
工学研究院 森 由樹菜・芳川 拓真 片山 佳樹
- FACS の増感のためのプローブ開発
工学研究院 神野 健太 片山 佳樹
- PICsome を用いた酵素ナノリアクターの応用
工学研究院 唐 衡敏 片山 佳樹
- PICsome を用いた粘膜付着型ナノデバイス
工学研究院 小川 敦嗣 片山 佳樹
- PIC 膜の動的性質を利用した隠しリガンド搭載ナノデバイスの開発
工学研究院 松葉 弘晃 片山 佳樹
- アルブミン被覆による安定化 D-RECS キャリアの開発
工学研究院 佐藤ひかり 片山 佳樹
- がん幹細胞をターゲットとした遺伝子デリバリーシステムの開発
工学研究院 遠山 聖子 片山 佳樹
- がん細胞特異的な治療を目指した遺伝子発現制御システムの開発
工学研究院 中村 雄太 片山 佳樹
- コアセルベートを用いた新規徐放剤の開発
工学研究院 濱田祐次朗 片山 佳樹
- フローサイトメトリー高感度化を目指した基質プローブの開発
工学研究院 神野 健太 片山 佳樹
- ペプチド提示受容体 MHC を利用した細胞上への機能性分子の提示
工学研究院 高橋 洸洋 片山 佳樹
- リポソーム膜への安定修飾を可能にする膜貫通分子の開発
工学研究院 永尾 優佑 片山 佳樹
- 完全合成型ナノリアクターを用いた新しいプロドラッグ両方の開発
工学研究院 中田 光亮 片山 佳樹
- 肝炎の診断に向けたプローブの開発
工学研究院 高橋 洸洋 片山 佳樹
- 血中投与を可能にする新規コア-シェル型 D-RECS キャリアの開発
工学研究院 松本 蛍 片山 佳樹
- 抗体医薬の NO ドナー修飾による EPR 効果の増強
工学研究院 芳川 拓真 片山 佳樹
- 酵素反応制御を通じたナノリアクターの開発
工学研究院 山崎 北斗 片山 佳樹
- 疾患部位特異的機能発現システムを目指した懐刀型リガンド搭載ナノデバイスの開発
工学研究院 松葉 弘晃 片山 佳樹
- 全身投与可能ながん細胞選択的遺伝子キャリアの開発
工学研究院 秀野 智大 片山 佳樹
- 糖タンパク質をビルディングブロックとする分子集合体の構造制御
工学研究院 寺内 幹雄 片山 佳樹
- 内在性 IgG をがんを集積させ抗腫瘍効果を示す架橋分子の開発
工学研究院 宮下 凱希 片山 佳樹
- 内在性抗体をがん治療に起用する抗腫瘍分子の開発
工学研究院 佐々木光一 片山 佳樹
- 病態環境制御に向けたナノトラップ型デバイスの開発
工学研究院 秦 智貴 片山 佳樹
- Ferroelectric studies with Liquid Crystalline Metalloporphrin
分子システムデバイス国際リーダー教育センター Joseph Ka Ho HUI
- Synthesis of Ferroelectric Metal-organic Frameworks
分子システムデバイス国際リーダー教育センター Joseph Ka Ho HUI

2. 高性能 X 線光電子分光解析装置 (ESCA5800)

- SiC 基板の窒化 工学研究院 梶原 隆司 田中 悟
- SiC 上のグラフェンの観察 工学研究院 花木 智史・林 真吾・梶原 隆司 田中 悟
- 熱プラズマを用いたナノ粒子合成 工学研究院 岡元 大輔 渡邊 隆行
- 鉄触媒による硫砒銅鉱のバイオリーチングへの影響 工学研究院 小山 恵史 沖部奈緒子
- 硫化鉱物バイオリーチング後の鉱物表面の定性分析 工学研究院 正木 悠聖 沖部奈緒子
- Bio-molecule assisted synthesis of Layered double hydroxide and their use as adsorbent for water remediation 工学研究院 Paulmanickan Koilraj 笹木 圭子
- Immobilization of Se(VI)-ettringite in the production of ceramics by using granulated blast furnace slag 工学研究院 Guo Binglin 笹木 圭子
- 放射性核種埋設に向けたジオミメティクスに由来する新規吸着材の開発 工学研究院 森山 紗好 笹木 圭子
- 有機粘土を用いた陰・陽イオン吸着材の開発 工学研究院 井上 聡大 笹木 圭子

3. レーザーラマン分光光度計 (NRS-3100KK)

- 酸化鉱物硫化鉱物バイオリーチング後の鉱物表面の定性分析 工学研究院 正木 悠聖 沖部奈緒子
- 電場応答スピン転移錯体の開発 先導物質化学研究所 中西 匠 佐藤 治

4. 原子吸光分光光度計 (AA-7000)

- 金属触媒の担持量測定 工学研究院 井田 涼 岸田 昌浩
- スラグによるセシウムの回収・除去 工学研究院 山崎 弘貴 久場 隆広
- 下水汚泥溶融スラグを用いたセシウムイオンの吸着除去 工学研究院 上田 聖也 久場 隆広
- 竹炭によるセシウムの効率的回収について 工学研究院 上田 聖也・豊原 悠作 久場 隆広

5. 全自動水平型多目的 X 線回折装置 (SmartLab)

- 高効率な色素増感太陽電池に向けた色素集積制御 工学研究院 永富 久乗 君塚 信夫

6. 電界放出型走査電子顕微鏡 (S-4300SE)

- 熱電材料の開発 工学研究院 山外 啓太 古君 修
- 低合金 TRIP の不均一変形挙動の評価 工学研究院 安藤 文一 土山 聡宏
- 鉄鋼材料の微細組織解析 工学研究院 天野 良則 土山 聡宏
- 鉄鋼材料の微視組織観察 工学研究院 井上 蔵人 土山 聡宏
- セラミックス粉末の SEM 観察 工学研究院 佐藤 幸生
- 酸化物超伝導薄膜への磁束ピン止めセンターの導入 工学研究院 村上 達哉 寺西 亮
- TiO₂-ZrO₂ 系の相変態および光分解活性 工学研究院 時川 優生 中島 邦彦
- 耐熱金属とセラミックスの反応性を利用した接合 工学研究院 馬場園 航 中島 邦彦
- FCC 合金において未開拓な延性 - 脆性遷移挙動とその理論構築への挑戦 工学研究院 カロカロ ハルナス・藤崎 基 田中 将己

- HVEM トモグラフィによる極厚マイクロ試片単結晶中の亀裂転移増殖過程の全貌解明
工学研究院 藤崎 基 田中 將己
- ヘテロナノ構造金属における変形挙動及び破壊特性解析
工学研究院 カロカロ ハルナス 田中 將己
- 圧延変形組織の発達過程解明 工学研究院 徳永 真吾・福田 研介 田中 將己
- 世界に羽ばたく未来創造科学者育成プロジェクト 工学研究院 中村 直人・藤崎 基 田中 將己
- 組織観察
カロカロ ハルナス・吉田恭一郎・今山 輝・坂本 盛敦・寺川 徹・
松尾 健太・清田 将司・泉 大地・中村 直人・林 幸宏 田中 將己
- 高圧スライド加工（HPS）法を利用した超塑性 Ni 基超合金の開発
工学研究院 梶田 貴裕 堀田 善治
- 高圧スライド加工による Ni 基超合金の成形性改善
工学研究院 梶田 貴裕 堀田 善治

7. 差動型高温示差熱天秤（TG-DTA2020SA）

- 石炭の熱分析 工学研究院 菅井 裕一 佐々木久郎

8. 磁化率測定装置（MPMS-XL7TZ）

- 炭素材料の磁性特性に関する研究 工学研究院 米村 弘明 山田 淳
- 巨大磁気熱量効果を示す物質の磁化測定 理学研究院 光田 暁弘
- 自己集合化分子の磁氣的性質 薬学研究院 唐澤 悟

装置を利用した研究成果

超伝導核磁気共鳴吸収装置

1. H. Seto, S. Kamba, T. Kondo, Y. Ogawa, Y. Hoshino, Y. Miura, Label-free Detection of Antigen Protein Using a Metal Mesh Device Surface-modified by an Antibody, *Anal. Sci.*, 31, 173-176 (2015)
2. M. Yue, Y. Hoshino, Y. Miura, Design rationale of thermally responsive microgel particle films that reversibly absorb large amounts of CO₂: fine tuning the pK_a of ammonium ions in the particles, *Chem. Sci.*, 6, 6112-6123 (2015)
3. H. Tamagawa, H. Kageyama, Y. Oaki, Y. Hoshino, Y. Miura, H. Imai, Inverse pH-response of temperature-sensitive copolymers by combination with porous CaCO₃ framework, *Chem. Lett.*, 44, 1425-1427 (2015)
4. H. Seto, T. Yoneda, T. Morii, Y. Hoshino, Y. Miura, T. Murakami, Membrane reactor immobilized with palladium - loaded polymer nanogel for continuous - flow Suzuki coupling reaction, *AIChE J.*, 61, 582-589 (2015)
5. H. Lee, Y. Hoshino, Y. Wada, Y. Arata, A. Maruyama, Y. Miura, Minimization of Synthetic Polymer Ligands for Specific Recognition and Neutralization of a Toxic Peptide, *J. Am. Chem. Soc.*, 137, 10878-10881 (2015)
6. X. Cui, Y. Koujima, H. Seto, T. Murakami, Y. Hoshino, Y. Miura, Inhibition of Bacterial Adhesion on Hydroxyapatite Model Teeth by Surface Modification with PEGMA-Phosmer Copolymers, *ACS Biomater. Sci. Eng.*, 2, 205-212 (2016)
7. M. Nakamoto, T. Nonaka, K. J. Shea, Y. Miura, Y. Hoshino*, Design of Synthetic Polymer Nanoparticles That Facilitate Resolubilization and Refolding of Aggregated Positively Charged Lysozyme, *J. Am. Chem. Soc.*, 138, 4282-4285 (2016)
8. M. Nagao, Y. Kurebayashi, H. Seto, T. Tanaka, T. Takahashi, T. Suzuki, Y. Hoshino, Y. Miura, Synthesis of well-controlled glycopolymers bearing oligosaccharides and their interactions with influenza viruses, *Polym. J.*, 48, 745-749(2016)
9. H. Seto, K. Imai, Y. Hoshino, Y. Miura, Polymer microgel particles as basic catalysts for Knoevenagel condensation in water, *Polym. J.*, 48, 897-904 (2016)
10. Y. Terada, S. Shinohara, T. Murakami, K. Tamada, Y. Hoshino, Y. Miura, SPR study for analysis of water-soluble glycopolymers interface and molecular recognition properties, *Polymer J.* in press 2016
11. H. Matsumoto, H. Seto, Y. Hoshino, Y. Miura, Poly(N-isopropylacrylamide) gel-based macroporous monolith for continuous-flow recovery of palladium(II) ions, *J. Appl. Polym. Sci.* 2016, in press
12. M. Nagao, Y. Kurebayashi, H. Seto, T. Takahashi, T. Suzuki, Y. Hoshino, Y. Miura, Polyacrylamide backbones for polyvalent bioconjugates using post click chemistry, *Polymer Chemistry*, 7, 5920-5924 (2016)
13. W. Luo, T. Hirajima, K. Sasaki, Optimization of hexadecylpyridinium-modified montmorillonite for removal of perchlorate based on adsorption mechanisms, *Applied Clay Science*, 123 (2016) 29-36
14. J. Guo, N. Hirasaki, Y. Miyata, K. Tanaka, T. Tanaka, X. Wu, Y. Tahara, K. Toko, and T. Matsui, Evaluating the reduced hydrophobic taste sensor response of dipeptides by theasinensin A by using NMR and quantum mechanical analyses. *PLoS ONE*, 11(6), e0157315 (2016).
15. A. Mira, W. Alkhiary, Q. Zhu, T. Nakagawa, H.B. Tran, Y. M. Amen and K. Shimizu, Improved Biological Activities of Isoeopoxypteryxin by Biotransformation, *Chemistry & Biodiversity*, Vol.13, 10, p1307-1315 (2016)
16. Y. M. Amen, Q. Zhu, M. S. Afifi, A. F. Halim, A. Ashour, K. Shimizu, New cytotoxic lanostanoid triterpenes from *Ganoderma lingzhi*, *Phytochemistry Letters*, Vol.17, p64-70 (2016)
17. S. Shimomura, H. Matsuno, T. Ohta, S. Kawahara, K. Tanaka, Initial Adhesion of Fibroblasts on Thin Rubber Scaffolds, *Chem. Lett.* 45(4), 2016, 475-477.
18. H. Matsuno, R. Tsukamoto, S. Shimomura, T. Hirai, Y. Oda, K. Tanaka, Platelet-adhesion Behavior Synchronized with Surface Rearrangement in a Film of Poly(methyl methacrylate) Terminated with Elemental Blocks, *Polym. J.* 48(4), 2016, 413-419.
19. Y. Oda, C. Zhang, D. Kawaguchi, H. Matsuno, S. Kanaoka, S. Aoshima, K. Tanaka, Design of Blood-Compatible Interfaces with Poly(vinyl ether)s, *Adv. Mater. Interfaces* 3(12), 2016, 160034.
20. Y. Miura, NMR chemical shift analysis of the conformational transition between the monomer and tetramer of melittin in an aqueous solution, *Eur. Biophys. J.* 45, 2016, 347-354.
21. M. Ishida, H. Fujimoto, T. Morimoto, S. Mori, M. Toganoh, S. Shimizu, H. Furuta, Supramolecular Dimeric Structures of Pyrazole-containing Meso-Oxo Carbaphlorin Analogues, *Supramol. Chem.* 2017, 29, 8-16

22. M. Ishida, T. Omagari, R. Hirosawa, K. Jono, Y. M. Sung, Y. Yasutake, H. Uno, M. Toganoh, H. Nakanotani, S. Fukatsu, D. Kim, H. Furuta, Boron Difluoride Complexes of Expanded N-Confused Calix[n]phyrins That Demonstrate Unique Luminescent and Lasing Properties, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2016, 55, 12045-12049
23. Y. K. Maurya, T. Ishikawa, Y. Kawabe, M. Ishida, M. Toganoh, S. Mori, Y. Yasutake, S. Fukatsu, H. Furuta, Near-Infrared Phosphorescent Iridium(III) Benzonorrole Complexes Possessing Pyridine-Based Axial Ligands, *Inorg. Chem.* 2016, 55, 6223-6230
24. S. Nakano, Y. Kage, H. Furuta, N. Kobayashi, S. Shimizu, Pyrene-Bridged Boron Subphthalocyanine Dimers: Combination of Planar and Bowl-Shaped π -Conjugated Systems for Creating Uniquely Curved π -Conjugated Systems, *Chem. Eur. J.* 2016, 22, 7706-7710
25. M. Toganoh, H. Matsuo, A. Sato, H. Furuta, Ruthenocene-Type Complexes of N-Fused Porphyrins, *Chem. Eur. J.* 2016, 22, 8316-8322
26. J.-H. Hong, A. S. Aslam, M. Ishida, S. Mori, H. Furuta, D.-G. Cho, 2-(Naphthalen-1-yl)thiophene as a New Motif for Porphyrinoids: Meso-Fused Carbaporphyrin, *J. Am Chem. Soc.* 2016, 138, 4992-4995
27. Y. Shiina, H. Karasaki, S. Mori, N. Kobayashi, H. Furuta, S. Shimizu, A Novel Isoindole-Containing Polyaromatic Hydrocarbon Unexpectedly Formed during the Synthesis of Meso-2,6-Dichlorophenyl-Substituted Tribenzosubporphyrin, *J. Porphyrins Phthalocyanines*, 2016, 55, 1049-1054

ICP質量分析装置

1. 森田祐輝, 広城吉成, 浄水汚泥のヒ素除去性能に関する基礎的実験, 日本地下水学会 2015 秋季講演会, 2015 年 10 月, p.70-73.
2. 重松 藍, 広城吉成, 森山 晃, 八坂川のヒ素, 鉄, アルミニウム及び溶存態ケイ素に着目した水質変動特性, 土木学会西部支部研究発表会講演概要集 (CD-ROM), 2016 年 3 月.
3. T. N. Van, A. Ozaki, H. N. Tho, A. N. Duc, Y. T. Thi and K. Kurosawa, Arsenic and Heavy Metal Contamination in Soils under Different Land Use in an Estuary in Northern Vietnam, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 13(11), 1091; doi:10.3390/ijerph13111091, 2016

X線回折計

1. S. Shimomura, M. Inutsuka, N. L. Yamada, K. Tanaka, Unswollen Layer of Cross-linked Polyisoprene at the Solid Interface, *Polymer* 105(22), 2016, 526-531.
2. S. Shimomura, M. Inutsuka, K. Tajima, M. Nabika, S. Moritomi, H. Matsuno, K. Tanaka, Stabilization of Polystyrene Thin Films by Introduction of a Functional End Group, *Polym. J.* 48 (9), 2016, 949-953.
3. M. Tanaka, T. Kageyama, H. Sone, S. Yoshida, D. Okamoto, and T. Watanabe, Synthesis of Lithium Metal Oxide Nanoparticles by Induction Thermal Plasmas, *Nanomaterials*, 6 (4) 60 (2016.4)
4. H. Sone, T. Kageyama, M. Tanaka, D. Okamoto, and T. Watanabe, Induction Thermal Plasma Synthesis of Lithium Oxide Composite Nanoparticles with A Spinel Structure, *Japanese Journal of Applied Physics*, 55 (7S2), 07LE04 (2016.6)

電子顕微鏡

1. Thu Hong Tran, H. Okabe, Y. Hidaka, K. Hara, Removal of metal ions from aqueous solutions using carboxymethyl cellulose/sodium styrene sulfonate gels prepared by radiation grafting, *Carbohydrate Polymers*, Volume 157, 10th February 2017, Pages 335-343 2.
2. Md. M. Bhuyan, N. C. Dafader, K. Hara, H. Okabe, Y. Hidaka, Md. M. Rahman, Mohammad Mizanur Rahman Khan, and N. Rahman, Synthesis of Potato Starch-Acrylic-Acid Hydrogels by Gamma Radiation and Their Application in Dye Adsorption, *International Journal of Polymer Science*, Volume 2016 (2016), Article ID 9867859
3. N. Enomoto, S. Hirata, M. Inada, K. Hayashi, Crystallization Behavior of Iron-based Amorphous Nanoparticles Prepared Sonochemically, *Ultrasonics Sonochemistry*, 2016 04-033
4. X. Cui, Y. Koujima, H. Seto, T. Murakami, Y. Hoshino, Y. Miura, Inhibition of Bacterial Adhesion on Hydroxyapatite Model Teeth by Surface Modification with PEGMA-Phosmer Copolymers, *ACS Biomater. Sci. Eng.*, 2, 205-212 (2016)

5. O. Furukimi, H. Katafuchi, M. Aramaki, M. Kozin, S. Oue, K. Yoshida, I. Narita, N. Yamada and M. Yamamoto, *Wear Resistance of Industrial Pure Iron Treated by Nitriding and Quenched Followed by Aging Process*, *Trans JIM*, Vol. 57, No. 9, (2016), 1587-1592.
6. 山本正之、越智亮介、安田恭野、荒牧正俊、宗藤伸治、古君修、フェライト - オーステナイト二相ステンレス鋼のオーステナイト安定性と局部変形エネルギー、*熱処理* Vol.56, No.5, (2016), 285-291.
7. K. Teii, S. Kawakami, S. Matsumoto, *Superhydrophilic Cubic Boron Nitride Films*, *RSC Adv.* Vol. 6, no. 21, pp. 87905-87909 (2016) (平成 28 年 9 月)
8. P. Koilraj, S. M. Smith, Q. Yu, S. Ulrich, K. Sasaki, *Encapsulation of a powdery spinel-type Li⁺ ion sieve derived from biogenic manganese oxide in alginate beads*, *Powder Technology*, 301 (2016) 1201-1207
9. W. Luo, A. Inoue, T. Hirajima, K. Sasaki, *Sequential modification of montmorillonite with dimethyl dioctadecyl ammonium chloride and benzyl octadecyl dimethyl ammonium chloride for removal of perchlorate*, *Microporous and Mesoporous Materials*, 233 (2016) 117-124
10. S. Ogata, A. Hamanaka, H. Shimada, T. Sasaoka, I. Miyajima, *Study on Effects of the Cover Layer by Using Coal Ash on Revegetation in Indonesian Open Cut Coal Mine*. *International Journal of Applied and Natural Science*, Vol.5, No.3, 2016, pp. 73-80.
11. S. Dwiki, H. Shimada, R. S. Gautama, T. Sasaoka, G. J. Kusuma, *Fundamental Research of Fly Ash and Organic Material Utilization as Dry Cover Layer for Acid Mine Drainage Prevention Method: Column Leaching Study*. *International Journal of Applied and Natural Science*, Vol.5, No.3, 2016, pp. 121-132.
12. K. Fukuda, A. Yanagawa, M. Tuda*, G. Sakurai, S. Kamitani, N. Furuya, *Sexual difference in antennal sensilla density and size in Callosobruchus rhodesianus (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae)*, *Applied Entomology and Zoology* 51(4), 641-651.(2016)
13. A. Saimura, Y. Shiratori, T. Kitaoka, *Dual-layered paper-structured catalysts for sequential desulfurization and methane-steam reforming of simulated biogas containing hydrogen sulfide*, *Journal of Materials Science*, 52(1), 314-325 (2017)
14. S. Ma, M. Sadakiyo, R. Luo, M. Heima, M. Yamauchi, P. J. A. Kenis, *One-step electrosynthesis of ethylene and ethanol from CO₂ in an alkaline electrolyzer*, *J.Power Sources*, 301, 219-228 (2016)
15. K. Kato, H. Kasai, A. Hori, M. Takata, H. Tanaka, S. Kitagawa, A. Kobayashi, N. Ozawa, M. Kubo, H. Arikawa, T. Takeguchi, M. Sadakiyo, and M. Yamauchi, *Superionic Conduction in Co-Vacant P2-NaxCoO₂ Created by the Hydrogen Reductive Elimination*, *Chem. Asian J.* 11, 1537-1541, (2016)
16. M. Yamauchi, N. Ozawa, M. Kubo, *Experimental and Quantum Chemical Approaches to Develop Highly Selective Nanocatalysts for CO₂-free Power Circulation*, *Chem. Rec.* 16, 2249-2259, (2016)
17. S. Kitano, M. Yamauchi, S. Hata, R. Watanabe, M. Sadakiyo, *Hydrogenation of oxalic acid using light-assisted water electrolysis for the production of an alcoholic compound*, *Green Chem.*, 18, 3700-3706 (2016)
18. M. Sadakiyo, S. Yoshimaru, H. Kasai, K. Kato, M. Tanaka, M. Yamauchi, *A New Approach for the Facile Preparation of Metal-Organic Framework Composites Directly Contacting with Metal Nanoparticles through Arc Plasma Deposition*, *Chem. Commun.*, 52, 8385-8388 (2016)
19. H. Matsuno, R. Tsukamoto, S. Shimomura, T. Hirai, Y. Oda, K. Tanaka, *Platelet-adhesion Behavior Synchronized with Surface Rearrangement in a Film of Poly(methyl methacrylate) Terminated with Elemental Blocks*, *Polym. J.* 48(4), 2016, 413-419.
20. Y. Oda, C. Zhang, D. Kawaguchi, H. Matsuno, S. Kanaoka, S. Aoshima, K. Tanaka, *Design of Blood-Compatible Interfaces with Poly(vinyl ether)s*, *Adv. Mater. Interfaces* 3(12), 2016, 160034.
21. H. Matsuno, R. Tsukamoto, Y. Kaneshiro, S. Yamada, K. Tanaka, *Platelet Adhesion on Films of Poly(vinylene carbonate) and Its Derivatives*, *Chem. Lett.* 45(8), 2016, 913-915.
22. A. Shundo, K. Hori, D. P. Penalzoza, Y. Matsumoto, Y. Okumura, H. Kikuchi, K.E. Lee, S.O. Kim, K. Tanaka, *Hierarchical Spatial Heterogeneity in Liquid Crystals Composed of Graphene Oxides*, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 18(32), 2016, 22399-22406.
23. H. Wada, T. Takahara, K. Katagiri, T. Ohnishi, K. Soejima, and K. Yamashita, *Recent progress of magnetocaloric*

- effect and magnetic refrigerant materials of Mn compounds, *J. Appl. Phys.* vol. 117 (2015) p.172606.
24. M. Sugishima, H. Wada, A. Mitsuda, A. Kondo and K. Kindo, Large magnetoresistance of EuPtP_{1-x}As_x, *Physica Status Solidi (b)* vol. 252 No. 12 (2015) p.2784.
 25. A. Mitsuda, T. Fujimoto, E. Kishaba, S. Hamano, A. Kondo, K. Kindo, and H. Wada, Large Magnetoresistance and Volume Expansion Associated with Valence Transition in Eu(Rh_{1-x}Irx)₂Si₂, *J. Phys. Soc. Jpn.* vol. 85 (2016) p. 124703.

熱分析装置

1. I. Taniguchi, K. Kinugasa, S. Egashira, M. Higa, Preparation of well-defined hyper-branched polymers and the CO₂ separation performance, *J. Membr. Sci.*, 502, 124-132, 2016.
2. O. Sato, S. Kanegawa, K. SOONCHUL, Y. Kazunari, T. Kamachi, Y. Shiota, Huang, You-Gui, Su, Sheng-Qun, Yao, Zi-Shuo, Li, Guo-Ling, Wu, Shu-Qi, Ariga, Katsuhiko, Wu, Ming-Yan, Mao-Chun, Superior thermoelasticity and shape-memory nanopores in a porous supramolecular organic framework, *NATURE COMMUNICATIONS*, 7, 2016.05.
3. C.-C. Shih, C.-Y. Chung, J.-Y. Lam, H.-C. Wu, Y. Morimitsu, H. Matsuno, K. Tanaka, W.-C. Chen, Transparent Deoxyribonucleic Acid Substrate with High Mechanical Strength for Flexible and Biocompatible Organic Resistive Memory Devices, *Chem. Commun.* 52(92), 2016, 13463-13466.
4. Y. Oda, C. Zhang, D. Kawaguchi, H. Matsuno, S. Kanaoka, S. Aoshima, K. Tanaka, Design of Blood-Compatible Interfaces with Poly(vinyl ether)s, *Adv. Mater. Interfaces* 3(12), 2016, 160034.

フーリエ変換赤外分光光度計

1. K. Hara, S. Fujiwara, T. Fujii, S. Yoshioka, Y. Hidaka, H. Okabe, Attempts to Capturing ppb-level Elements from Sea Water with Hydrogels, *Progress in Nuclear Energy*, Volume 92, September 2016, Pages 228-233
2. Y. Ogata, D. Kawaguchi, K. Tanaka, The Impact of Polymer Dynamics on Photoinduced Carrier Formation in Films of Semiconducting Polymers, *J. Phys. Chem. Lett.* 6(23), 2015, 4794-4798.
3. C.-C. Shih, C.-Y. Chung, J.-Y. Lam, H.-C. Wu, Y. Morimitsu, H. Matsuno, K. Tanaka, W.-C. Chen, Transparent Deoxyribonucleic Acid Substrate with High Mechanical Strength for Flexible and Biocompatible Organic Resistive Memory Devices, *Chem. Commun.* 52(92), 2016, 13463-13466.
4. Y. Morimitsu, H. Matsuno, N. Ohta, H. Sekiguchi, K. Tanaka, Direct Correlation between Molecular Cross-linking and Macroscopic Mechanical Properties for Green Solids of Deoxyribonucleic Acids, *ChemNanoMat* 2(11), 2016, 1023-1027.
5. S. Shimomura, M. Inutsuka, N. L. Yamada, K. Tanaka, Unswollen Layer of Cross-linked Polyisoprene at the Solid Interface, *Polymer* 105(22), 2016, 526-531.
6. X. Dong, K. Koga, D. Yamashita, H. Seo, N. Itagaki, M. Shiratani, Y. Setsuhara, M. Sekine, M. Hori, Effects of deposition rate and ion bombardment on properties of a-C:H films deposited by H-assisted plasma CVD method, *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 55, 1S, 01AA11, 2015-11.
7. X. Dong, K. Koga, D. Yamashita, H. Seo, N. Itagaki, M. Shiratani, Y. Setsuhara, M. Sekine, M. Hori, Raman Spectroscopy of a-C:H Films Deposited Using Ar + H₂+ C₇H₈ Plasma CVD, *Proc. 68th GEC/9th ICRP/33rd SPP*, Vol. 60, 9, GT1.145, 2015-10.

顕微レーザーラマン分光装置

1. S. Moriyama, K. Sasaki, T. Hirajima, Effect of freeze drying on characteristics of Mg–Al layered double hydroxides and bimetallic oxide synthesis and implications for fluoride sorption, *Applied Clay Science*, (2016) in press

走査型プローブ顕微鏡 (DimensionIcon)

1. T. Nishiyama, A. Iwanaga, K. Takahashi, Y. Takata, Effect of hydrophilic domains on nanobubble generation, *Proc. of the 4th International Forum on Heat Transfer, IFHT2016-1839*, 2-4 November, 2016, Sendai, Japan
2. H. Teshima, T. Nishiyama, K. Takahashi, Experimental study on the coalescence of interfacial nanobubbles, *Proc. of the 27th International Symposium on Transport Phenomena, ISTP27-084*, 20-23 September 2016, Honolulu, USA

3. T. Nishiyama, K. Takahashi, T. Ikuta, Y. Yamada, Y. Takata, Hydrophilic Domains Enhance Nanobubble Stability, *ChemPhysChem*, 17, pp. 1500-1504, 2016
4. T. Nishiyama, Y. Yamada, T. Ikuta, K. Takahashi, Y. Takata, AFM study of gas phase at a solid-liquid interface, Proc. of IWHT2015, 3rd International Workshop on Heat Transfer Advances for Energy Conservation and Pollution Control, IWHT2015-1064, pp. 1-6, 2015, Taipei
5. K. Matsushima, T. Ide, D. Yamashita, H. Seo, K. Koga, M. Shiratani, N. Itagaki, Room Temperature Fabrication of $(\text{ZnO})_x(\text{InN})_{1-x}$ films with Step-Terrace Structure by RF Magnetron Sputtering, *MRS Advances*, Vol. 1, 2, 115-119, 2016-01.
6. T. Takasaki, T. Ide, K. Matsushima, K. Takeda, M. Hori, D. Yamashita, H. Seo, K. Koga, M. Shiratani, N. Itagaki, Measurements of nitrogen atom density in N_2/Ar sputtering plasma for fabrication of high-mobility amorphous $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ films, Proc. 68th GEC/9th ICRP/33rd SPP, Vol. 60, 9, GT1.150, 2015-10.
7. K. Matsushima, T. Ide, K. Takeda, M. Hori, D. Yamashita, H. Seo, K. Koga, M. Shiratani, N. Itagaki, Measurements of absolute densities of nitrogen and oxygen atoms in sputtering plasma for fabrication of ZnInON films, Proc. 68th GEC/9th ICRP/33rd SPP, Vol. 60, 9, GT1.154, 2015-10.
8. T. Ide, K. Matsushima, T. Takasaki, K. Takeda, M. Hori, D. Yamashita, H. Seo, K. Koga, M. Shiratani, N. Itagaki, Measurement of absolute density of N atom in sputtering plasma for epitaxial growth ZnO films via nitrogen mediated crystallization, Proc. 68th GEC/9th ICRP/33rd SPP, Vol. 60, 9, GT1.155, 2015-10.

高性能 X 線光電子分光解析装置 (ESCA5800)

1. W. Luo, A. Inoue, T. Hirajima, K. Sasaki, Synergistic effect of Sr^{2+} and ReO_4^- adsorption on hexadecyl pyridinium-modified montmorillonite, *Applied Surface Science*, 2016, in press
2. S. Shimomura, H. Matsuno, T. Ohta, S. Kawahara, K. Tanaka, Initial Adhesion of Fibroblasts on Thin Rubber Scaffolds, *Chem. Lett.* 45(4), 2016, 475-477.
3. H. Matsuno, R. Tsukamoto, S. Shimomura, T. Hirai, Y. Oda, K. Tanaka, Platelet-adhesion Behavior Synchronized with Surface Rearrangement in a Film of Poly(methyl methacrylate) Terminated with Elemental Blocks, *Polym. J.* 48(4), 2016, 413-419.

X 線光電子分光分析装置 (AXIS-ULTRA)

1. M. Tsuji, D. Shimamoto, and M. Hattori, Hydrogen Production from Formic Acid Decomposition at Room Temperature $\text{AgPd}@(\text{Pd}/\text{TiO}_2)$ Core-Shell Nanocatalyst Prepared by Microwave Heating, *Chimica Oggi (Chemistry Today)*, 34(3), 2016, 55-58 .
2. M. Tsuji, D. Shimamoto, K. Uto, M. Hattori, and H. Ago, Enhancement of Catalytic Activity of $\text{AgPd}@(\text{Pd}/\text{TiO}_2)$ Nanocatalysts under UV and Visible Photoirradiation, *Journal of Materials Chemistry A*, 4(38), 2016, 14649-14656.

磁化率測定装置 (MPMS-XL7TZ)

1. H. Wada, T. Takahara, K. Katagiri, T. Ohnishi, K. Soejima, and K. Yamashita, Recent progress of magnetocaloric effect and magnetic refrigerant materials of Mn compounds, *J. Appl. Phys.* vol. 117 (2015) p.172606.
2. M. Sugishima, H. Wada, A. Mitsuda, A. Kondo and K. Kindo, Large magnetoresistance of $\text{EuPt}_{1-x}\text{As}_x$, *Physica Status Solidi (b)* vol. 252 No. 12 (2015) p.2784.
3. A. Mitsuda, T. Fujimoto, E. Kishaba, S. Hamano, A. Kondo, K. Kindo, and H. Wada, Large Magnetoresistance and Volume Expansion Associated with Valence Transition in $\text{Eu}(\text{Rh}_{1-x}\text{Ir}_x)_2\text{Si}_2$, *J. Phys. Soc. Jpn.* vol. 85 (2016) p. 124703.

高周波スパッタ装置

1. K. Teii, Y. Mizusako, T. Hori, S. Matsumoto, Thermal Stability of Boron Nitride/Silicon p-n Heterojunction Diodes, *Journal of Applied Physics* Vol. 118, 155102 (2015) (平成 27 年 10 月)

関 係 委 員

九州大学中央分析センター委員会委員（平成28年4月1日～平成30年3月31日）

委 員 長	セ ン タ ー 長	教 授	島ノ江 憲 剛
委 員	伊 都 分 室 長	教 授	後 藤 雅 宏
	工 学 研 究 院 長	教 授	高 松 洋
	綜 合 理 工 学 研 究 院 長	教 授	原 田 明
	理 学 研 究 院	教 授	渡 部 行 男
	〃	教 授	徳 永 信
	工 学 研 究 院	教 授	宮 原 広 郁
	〃	教 授	古 田 弘 幸
	農 学 研 究 院	教 授	下 田 満 哉
	比 較 社 会 文 化 研 究 院	教 授	大 野 正 夫 (*)
	医 学 研 究 院	教 授	康 東 天
	歯 学 研 究 院	教 授	清 島 保
	薬 学 研 究 院	教 授	王子田 彰 夫
	芸 術 工 学 研 究 院	教 授	浦 濱 喜 一
	シ ス テ ム 情 報 科 学 研 究 院	教 授	興 雄 司
	綜 合 理 工 学 研 究 院	教 授	西 田 稔
	応 用 力 学 研 究 所	教 授	新 川 和 夫
	先 導 物 質 化 学 研 究 所	教 授	柳 田 剛
	工 学 部 等 事 務 部 長	事 務 部 長	出 嶋 敏 弘
	筑 紫 地 区 事 務 部 長	事 務 部 長	江 藤 竜 美

(*) 別途任期有：平成28年12月1日～平成30年3月31日

九州大学中央分析センター運営委員会委員（平成28年4月1日～平成30年3月31日）

委 員 長	セ ン タ ー 長	教 授	島ノ江 憲 剛
委 員	伊 都 分 室 長	教 授	後 藤 雅 宏
	中 央 分 析 セ ン タ ー	准 教 授	稲 田 幹
	理 学 研 究 院	教 授	徳 永 信
	薬 学 研 究 院	教 授	濱 瀬 健 司
	工 学 研 究 院	教 授	古 田 弘 幸
	シ ス テ ム 情 報 科 学 研 究 院	准 教 授	吉 田 敬
	綜 合 理 工 学 研 究 院	准 教 授	西 堀 麻 衣 子
	農 学 研 究 院	教 授	松 井 利 郎
	医 学 研 究 院	教 授	池 田 典 昭
	先 導 物 質 化 学 研 究 所	教 授	柳 田 剛

中央分析センター伊都分室委員会委員（平成 28・29 年度）

委 員 長	分 室 長	教 授	後 藤 雅 宏
工学研究院委員	(環 境 都 市)	教 授	久 場 隆 広
	(機 械 系)	准教授	渡 邊 裕 章
	(化 学 工 学)	准教授	星 野 友
	(応 用 化 学 ・ 機 能)	准教授	中 野 幸 二
	(応 用 化 学 ・ 分 子)	准教授	伊 勢 裕 彦
	(地球資源システム工学)	准教授	米 津 幸 太 郎
	(材 料 工 学)	准教授	佐 藤 幸 生
	(航 空 宇 宙 工 学)	教 授	高 橋 厚 史
	(海 洋 シ ス テ ム 工 学)	准教授	後 藤 浩 二
	(エ ネ ル ギ ー 量 子 工 学)	准教授	稲 垣 八 穂 広
システム情報科学研究院委員		准教授	吉 田 敬
人間環境学研究院委員		准教授	小 山 智 幸
理学研究院委員	地 球 惑 星 科 学 部 門	准教授	石 橋 純 一 郎
	生 物 科 学 部 門	准教授	古 賀 誠 人
農学研究院委員	生 命 機 能 科 学 部 門	教 授	松 井 利 郎
	生 命 機 能 科 学 部 門	准教授	中 山 二 郎
中央分析センター運営委員会工学研究院委員		教 授	古 田 弘 幸

九州大学中央分析センターの職員

セ ン タ ー 長	教 授	高ノ江 憲 剛 (兼 任)
伊 都 分 室 長	教 授	後 藤 雅 宏 (兼 任)
	准教授	稲 田 幹 (筑紫地区)
	助 教	三 浦 好 典 (筑紫地区)
	助 教	渡 辺 美 登 里 (伊都地区)
	教務員	岩 永 知 奈 (伊都地区)
	事務補佐	敷 田 万 理 (筑紫地区)

中央分析センター業務記録

(自平成28年1月1日～至平成28年12月31日)

(1) 中央分析センター運営委員会

- 平成28年1月27日(水) (書面回議)
- 平成28年4月19日(火) (書面回議)
- 平成28年4月25日(月) (書面回議)
- 平成28年7月27日(水)
- 平成28年9月26日(月) (書面回議)
- 平成28年10月19日(水) (書面回議)
- 平成28年11月15日(火) (書面回議)
- 平成28年12月1日(木) (書面回議)

(2) 中央分析センター委員会

- 平成28年2月3日(水) (書面回議)
- 平成28年4月22日(金) (書面回議)
- 平成28年5月6日(金) (書面回議)
- 平成28年8月5日(金) (書面回議)
- 平成28年9月30日(金) (書面回議)
- 平成28年11月18日(金) (書面回議)
- 平成28年12月6日(火) (書面回議)

(3) センター報告及びセンターニュースの発行

中央分析センター報告33号、中央分析センターニュースVol.34, No.4とVol.35, No.1～No.3を発行しました。

(4) 平成28年度国立大学法人機器・分析センター協議会

この会議が平成28年10月28日(金) 電気通信大学 B棟202室(調布市調布ヶ丘1-5-1)にて開催されました。

(5) 第19回九州・山口地区機器・分析センター会議

この会議が平成28年11月25日(金) 鹿児島大学 郡元キャンパス 理学部1号館2階大会議室(鹿児島市郡元1-21-40)にて開催されました。

(6) 講習会、分析基礎セミナー、ワークショップの開催

行 事 名	開催日	場 所
X線光電子分光装置講習会①	H28.2.24	九州大学中央分析センター 102号室
X線光電子分光装置講習会②	H28.3.17	九州大学中央分析センター 102号室
X線光電子分光装置講習会③	H28.3.22	九州大学中央分析センター 102号室

X線光電子分光装置講習会④	H28.5.18	九州大学中央分析センター 102号室
X線光電子分光装置講習会⑤	H28.9.14	九州大学中央分析センター 102号室
X線光電子分光装置講習会⑥	H28.9.16	九州大学中央分析センター 102号室
X線光電子分光装置講習会⑦	H28.10.24	九州大学中央分析センター 102号室
X線光電子分光装置講習会⑧	H28.10.25	九州大学中央分析センター 102号室
第100回分析基礎セミナー 「実用機器分析1・走査電子顕微鏡」	H28.4.27	九州大学工学部大講義室
第101回分析基礎セミナー 「実用機器分析2・物性測定の基礎」	H28.5.26	九州大学工学部第4講義室
第102回分析基礎セミナー 「実用機器分析3・X線分析の基礎と応用」	H28.6.9	九州大学工学部第3講義室
第103回分析基礎セミナー 「実用機器分析4・分光分析の基礎と応用」	H28.6.23	九州大学工学部第4講義室
第104回分析基礎セミナー 「実用機器分析5・無機元素分析の基礎と応用」	H28.7.7	九州大学工学部第4講義室
第105回分析基礎セミナー 「実用機器分析6・表面分析の基礎と応用」	H28.7.21	九州大学工学部第4講義室
第106回分析基礎セミナー 「実用機器分析7・NMR, MSの基礎と応用」	H28.9.15	九州大学工学部第4講義室
第107回分析基礎セミナー 「実用機器分析8・SPMの基礎と応用」	H28.10.20	九州大学工学部第16講義室
第108回分析基礎セミナー 「実用機器分析9・単結晶X線構造解析の基礎と応用」	H28.11.17	九州大学工学部第16講義室
第25回分析センターワークショップ 「ナノサーチ顕微鏡」	H28.10.21	九州大学中央分析センター伊都分室 201室

九州大学 中央分析センター報告

第34号 (2016)

REPORT OF
THE CENTER OF ADVANCED INSTRUMENTAL ANALYSIS
KYUSHU UNIVERSITY
2016

NUMBER 34

平成 29 年 3 月 6 日 発行

九州大学中央分析センター (筑紫地区)

〒816-8580

福岡県春日市春日公園6丁目1番地

TEL 092-583-7870 (内線93-7362)

FAX 092-593-8421

九州大学中央分析センター伊都分室 (伊都地区)

〒812-8581

福岡市西区元岡744番地

TEL 092-802-2857

FAX 092-802-2858

<http://www.bunseki.kyushu-u.ac.jp/bunseki/>

編集 株式会社 ミドリ印刷

〒812-0016

福岡県福岡市博多区博多駅南6丁目17番12号