

先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 実績報告書

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	石油を代替するバイオマス化学品製造のための触媒開発
研究機関・ 部局・職名	東北大学・大学院工学研究科・教授
氏名	富重 圭一

1. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

2. 収支の状況

(単位:円)

	交付決定額	交付を受けた額	利息等収入額	収入額合計	執行額	未執行額	既返還額
直接経費	125,000,000	125,000,000	0	125,000,000	125,000,000	0	0
間接経費	37,500,000	37,500,000	0	37,500,000	37,500,000	0	0
合計	162,500,000	162,500,000	0	162,500,000	162,500,000	0	0

3. 執行額内訳

(単位:円)

費目	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	合計
物品費	1,965,667	54,838,144	13,933,465	21,202,205	91,939,481
旅費	0	3,937,450	5,354,584	3,900,898	13,192,932
謝金・人件費等	0	1,993,560	10,413,179	5,087,475	17,494,214
その他	12,000	247,644	1,175,514	938,215	2,373,373
直接経費計	1,977,667	61,016,798	30,876,742	31,128,793	125,000,000
間接経費計	600,000	18,300,000	9,300,000	9,300,000	37,500,000
合計	2,577,667	79,316,798	40,176,742	40,428,793	162,500,000

4. 主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関名
有機合成装置	柴田科学 Chemi- Chemi300 4 台組	1	4,189,500	4,189,500	2011/7/1	東北大学
クロマトパックデータ処理装置	島津 PACsolution	1	682,500	682,500	2011/7/22	東北大学
ガスクロマトグラフ	島津GC- 2025 4台組	1	7,245,000	7,245,000	2011/7/22	東北大学
ドラフトチャンバー	ダルトン DFV-12AK- 18AA1	1	1,496,250	1,496,250	2011/9/8	東北大学
熱分析装置	Rigaku ThermoPlus	1	2,898,000	2,898,000	2011/12/22	東北大学
高速液体クロマトグラフ質量分析計	島津LCMS- 2020	1	11,539,500	11,539,500	2011/9/29	東北大学
ガスクロマトグラフ	島津GC- 2014	1	1,249,500	1,249,500	2012/1/30	東北大学
有機合成装置	柴田科学 Chemi- Chemi300 2 台組	1	1,495,200	1,495,200	2012/4/6	東北大学
全有機体炭素計	(株)島津製作所 製 TOC-L	1	3,622,500	3,622,500	2012/7/10	東北大学
ガス供給配管部品	CS-18713	1	577,500	577,500	2013/9/4	東北大学

5. 研究成果の概要

石油に依存する社会からの脱却を目指し、プラスチック等の化学品をバイオマスから水素還元により製造する触媒の開発を行った。結果、グリセリンから1,3-プロパンジオールを得るIr-Re触媒、フルフラールから1,5-ペンタンジオールを得るRh-Ir-Re触媒を発見した。他のバイオマス由来物質の変換についても貴金属と第2金属を組み合わせた触媒を多数開発した。これら多くの反応系について触媒構造と反応機構を解明した。

①多数の触媒開発から、バイオマス変換用触媒の設計指針を得た。関連触媒開発で世界をリードする地位を得た。

②目的生成物は石油由来プラスチックを同一性能で代替でき、実用化間近である。バイオマス利用が国民に身近になると期待できる。

課題番号	GR012
------	-------

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)
研究成果報告書**

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名 (下段英語表記)	石油を代替するバイオマス化学品製造のための触媒開発
	Catalyst development for the production of biomass-derived chemicals as a substitute of petrochemicals
研究機関・部局・ 職名 (下段英語表記)	東北大学・大学院工学研究科・教授
	Tohoku University, Graduate School of Engineering, Professor
氏名 (下段英語表記)	富重 圭一
	Keiichi Tomishige

研究成果の概要

(和文):

石油に依存する社会からの脱却を目指し、プラスチック等の化学品をバイオマスから水素還元により製造する触媒の開発を行った。結果、グリセリンから1,3-プロパンジオールを得るIr-Re触媒、フルフラールから1,5-ペンタンジオールを得るRh-Ir-Re触媒など、バイオマス由来物質の変換に有効な触媒を多数開発した。これら多くの反応系について触媒構造と反応機構を解明した。

- ① 多数の触媒開発により、関連触媒開発で世界をリードする地位を得た。
- ② 得られる生成物は石油由来化成品と同一物質であるため、同一性能で石油製品と代替できる。実用化によりバイオマス利用が国民に身近になると期待できる。

(英文):

Catalysts that produce chemicals such as plastic monomers from biomass via reduction with hydrogen have been developed in order to reduce the use of petroleum in our society. As results, a number of catalysts were discovered that can convert biomass-derived compounds such as Ir-Re catalyst for conversion of glycerol to 1,3-propanediol and Rh-Ir-Re catalyst for conversion of furfural to 1,5-pentanediol. The structure of catalyst and the reaction mechanism were determined for most systems.

様式21

- ① My team becomes a leading team for catalytic biomass conversion to chemicals.
- ② The products of these systems are the same compounds as petroleum-based ones. Therefore they can be substituted for petroleum-based chemicals without loss of performance. Some of the products will be put into practical use, and then people will feel familiar with biomass-based materials.

1. 執行金額 162,500,000 円
(うち、直接経費 125,000,000 円、間接経費 37,500,000 円)

2. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

3. 研究目的

現在多くの化学製品は、化石資源である石油として製造されており、グリーンイノベーションとしてバイオマス資源への原料転換が挙げられる。石油がほとんど酸素を含まないのに対し、バイオマスは酸素含有量が大きく、化学品への変換には還元的なプロセスが必要である。酵素を用いたバイオマス変換は一部実用化されているが、酵素は基質特異性が極めて高いため特定の反応のみしか用いられない。さらに、酵素法で得られる物質から製造されるポリ乳酸などの製品は、石油由来製品に比べ物性が劣ることも多い。一方、固体触媒は一つの触媒が類似構造を有する様々な基質に適用可能な程度の鈍感さがあり、触媒によるバイオマス変換は多様な化学製品の供給を可能とする技術として期待できる。本研究では、バイオマス変換に寄与する触媒反応と触媒の開発を、以下の3つの反応について行う。それぞれについて、触媒開発、構造の解明、反応機構の解析を行い、バイオマス変換触媒の基本概念を確立する。

- (1) 糖質から誘導される基礎的な中間体フルフラール・5-ヒドロキシメチルフルフラール(HMF)の水素化反応
- (2) ポリオール類のC-O水素化分解反応
- (3) C-C結合の位置選択的切断反応

4. 研究計画・方法

上記(1)～(3)のそれぞれについて、有効な固体触媒の開発を行い、触媒反応プロセスの構築を行う。いずれの基質についても、実験操作は触媒調製・触媒反応試験(回分式または流通式)、触媒構造解析、速度論測定等からの反応機構の解明、となる。用いる基質は、(1)はフルフラールまたはHMF、(2)はグリセリン、エリトリール、ソルビトール、(3)はソルビトールや藻類炭化水素(スクアランなど)である。また開発した触媒は他の様々な分子変換反応の応用にも試し、触媒反応系の拡張を行う。

5. 研究成果・波及効果

(1)の反応については、気相流通系反応に有効なシリカ担持 Ni 微粒子触媒、液相反応に有効な Pd-Ir 触媒を開発した。Pd-Ir 触媒は高沸点で気相反応に適用できない HMF にも有効で、室温以下という温和な条件で働き、また溶出の問題もなく再利用性にも優れていた。液相水素化反応で多く用いられる Ni 触媒を置き換えるポテンシャルがあると考えられる。

(2)の反応では、Ir-Re 触媒によりグリセリンから 1,3-プロパンジオールが、(1)の反応の生成物であるテトラヒドロフルフリルアルコールから 1,5-ペンタンジオールを高選択的に得ることに成功した。このジオールはどちらも石油化学で製造されてきたプラスチック原料であり、1,3-プロパンジオールについては実用化に向けて企業と共同研究を進めている。さらに、(1)と(2)を一段で実施可能な触媒として Rh-Ir-Re 触媒も開発した。石油化学由来と同一化合物を合成していることから、最終製品の性能は石油化学製品と同一であり、今後の実用化研究を通してプロセス改良を進めることで一般国民に製品を供給できるようになると見込まれる。

(3)の反応では、スクアランなどの分岐炭化水素の C-C 切断触媒として Ru 触媒を開発した。さらに担体や処理温度を変えることで選択性を制御し、ガソリン用途やジェット燃料用途など用途に応じて生成物を作り分けられるようになった。

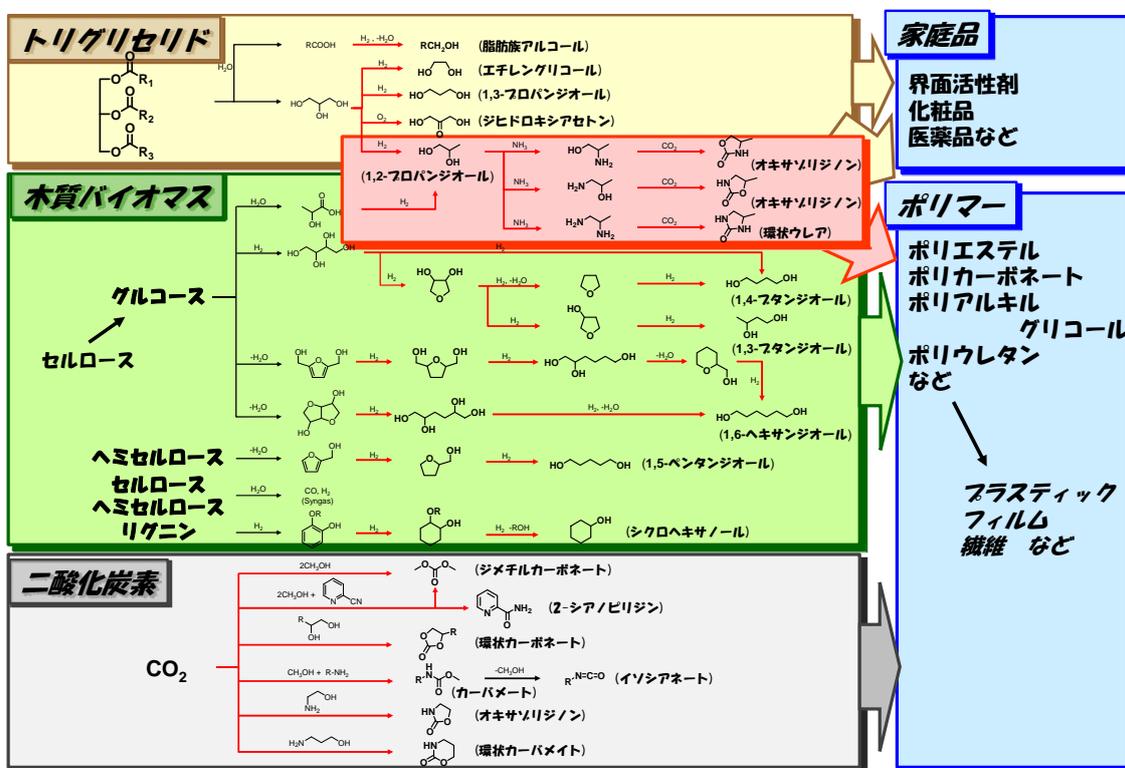


図 1 本研究で実施した再生可能資源変換反応（赤線が触媒開発を行った反応）

様式21

上記(1)~(3)の他、各反応を試す上で調製した Rh-Mo、Ru-Mo、Rh-In、Ru-Mn 触媒等が、アミノ酸の水素化反応、乳酸の水素化反応、アルコールのアミノ化反応、メキシフェノールの選択脱酸素反応といった有用なバイオマス由来物質の変換に有効であることを見いだした。本研究で開発した触媒を適用した反応を図 1 に示す。赤線で示した反応が触媒開発を行った反応で、ほぼ全てについて既報の触媒系と同等以上の性能を示す触媒を開発した。また上記(1)、(2)を含めた図 1 内の多くの反応で反応機構の解明を行った。

上記の成果より、触媒によるバイオマス変換の研究について世界をリードする研究グループとなった。数々の国際学会で依頼講演・基調講演を行い、国際誌での総説を毎年依頼され執筆している。

6. 研究発表等

雑誌論文	(掲載済み—査読有り) 計 39 件
計 52 件	<p>(1) Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Catalyst Development for the Hydrogenolysis of Biomass-Derived Chemicals to Value-Added Ones”, <i>Catalysis Surveys from Asia</i>, 2011, 15 (2), 111-116.</p> <p>(2) Shuichi Koso, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Mechanism of the hydrogenolysis of ethers over silica-supported rhodium catalyst modified with rhenium oxide”, <i>Journal of Catalysis</i>, 2011, 280 (2), 221-229.</p> <p>(3) Yasushi Amada, Yasunori Shinmi, Shuichi Koso, Takeshi Kubota, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Reaction mechanism of the glycerol hydrogenolysis to 1,3-propanediol over Ir-ReO_x/SiO₂ catalyst”, <i>Applied Catalysis B: Environmental</i>, 2011, 105 (1-2), 117-127.</p> <p>(4) Dalin Li, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Methane reforming to synthesis gas over Ni catalysts modified with noble metals”, <i>Applied Catalysis A: General</i>, 2011, 408 (1-2), 1-24.</p> <p>(5) Masayoshi Honda, Satoru Sonehara, Hiroshi Yasuda, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Heterogeneous CeO₂ catalyst for one-pot synthesis of organic carbamates from amines, CO₂ and alcohols”, <i>Green Chemistry</i>, 2011, 13 (12) 3406-3413.</p> <p>(6) Shuichi Koso, Hideo Watanabe, Kazu Okumura, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Comparative study of Rh-MoO_x and Rh-ReO_x supported on SiO₂ for the hydrogenolysis of ethers and polyols”, <i>Applied Catalysis B: Environmental</i>, 2012, 111-112 (1), 27-37.</p> <p>(7) Shuichi Koso, Hideo Watanabe, Kazu Okumura, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Stable Low-Valence ReO_x Cluster Attached on Rh Metal Particles Formed by Hydrogen Reduction and its Formation Mechanism”, <i>Journal of Physical Chemistry C</i>, 2012, 116 (4), 3079-3090.</p> <p>(8) Lei Wang, Yuji Hisada, Mitsuru Koike, Dalin Li, Hideo Watanabe, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Catalyst property of Co-Fe alloy particles in the steam reforming of biomass tar and toluene”, <i>Applied Catalysis B: Environmental</i>, 2012, 121-122 (1), 95-104.</p> <p>(9) Dalin Li, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Development of Ni-Based Catalysts for Steam Reforming of Tar Derived from Biomass Pyrolysis”, <i>Chinese Journal of Catalysis</i>, 2012, 33 (4), 583-594.</p> <p>(10) Shota Hirasawa, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Selective oxidation of glycerol to dihydroxyacetone over Pd-Ag catalyst”, <i>Catalysis Science and Technology</i>, 2012, 2(6), 1150-1152.</p> <p>(11) Dalin Li, Shigemasa Sakai, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “FTIR study of CO adsorption on Rh/MgO modified with Co, Ni, Fe, or CeO₂ for the catalytic partial oxidation of methane”, <i>Physical Chemistry Chemical Physics</i>, 2012, 14(25), 9204-9213.</p> <p>(12) Yoshinao Nakagawa, Xuanhe Ning, Yasushi Amada, Keiichi Tomishige, “Solid acid co-catalyst for the hydrogenolysis of glycerol to 1,3-propanediol over Ir-ReO_x/SiO₂”, <i>Applied Catalysis A: General</i>, 2012, 433-434, 128-134.</p> <p>(13) Kaiyou Chen, Kazuma Mori, Hideo Watanabe, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “C-O bond hydrogenolysis cyclic ethers with OH groups over rhenium-modified supported iridium catalysts”, <i>Journal of Catalysis</i>, 2012, 294, 171-183.</p> <p>(14) Yasuyuki Takeda, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Selective hydrogenation of higher saturated carboxylic acids to alcohols using a ReO_x-Pd/SiO₂ catalyst”, <i>Catalysis Science and Technology</i>, 2012, 2(11), 2221-2223.</p> <p>(15) Yoshinao Nakagawa, Hiroya Nakazawa, Hideo Watanabe, Keiichi Tomishige, “Total Hydrogenation of Furfural over a Silica-Supported Nickel Catalyst Prepared by the Reduction of a Nickel Nitrate Precursor”, <i>ChemCatChem</i>, 2012, 4(11), 1791-1797.</p> <p>(16) Yasushi Amada, Hideo Watanabe, Yuichirou Hirai, Yasuteru Kajikawa, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Production of Biobutanediols by the Hydrogenolysis of Erythritol”, <i>ChemSusChem</i>, 2012, 5(10), 1991-1999.</p> <p>(17) Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Production of 1,5-pentanediol from biomass via furfural and tetrahydrofurfuryl alcohol”, <i>Catalysis Today</i>, 2012, 195, 136-143.</p>

<p>(18) Yasushi Amada, Hideo Watanabe, Masazumi Tamura, Yoshinao Nakagawa, Kazu Okumura, Keiichi Tomishige, "Structure of ReO_x Clusters Attached on the Ir Metal Surface in $\text{Ir-ReO}_x/\text{SiO}_2$ for the Hydrogenolysis Reaction", <i>Journal of Physical Chemistry C</i>, 2012, 116(44), 23503–23514.</p> <p>(19) Mitsuru Koike, Dalin Li, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, "A Highly Active and Coke-Resistant Steam Reforming Catalyst Comprising Uniform Nickel-Iron Alloy Nanoparticles", <i>ChemSusChem</i>, 2012, 5(12), 2312–2314.</p> <p>(20) Mitsuru Koike, Chiaki Ishikawa, Dalin Li, Lei Wang, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, "Catalytic performance of manganese-promoted nickel catalysts for the steam reforming of tar from biomass pyrolysis to synthesis gas", <i>Fuel</i>, 2013, 103, 22–129.</p> <p>(21) Shota Hirasawa, Hideo Watanabe, Tokushi Kizuka, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, "Performance, structure and mechanism of Pd-Ag alloy catalyst for selective oxidation of glycerol to dihydroxyacetone", <i>Journal of Catalysis</i>, 2013, 300, 205–216.</p> <p>(22) Dalin Li, Chiaki Ishikawa, Mitsuru Koike, Lei Wang, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, "Production of renewable hydrogen by steam reforming of tar from biomass pyrolysis over supported Co catalysts", <i>International Journal of Hydrogen Energy</i>, 2013, 38(9), 3572–3581.</p> <p>(23) Kaiyou Chen, Masazumi Tamura, Zhenle Yuan, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, "One-Pot Conversion of Sugar and Sugar Polyols to n-Alkanes without C-C Dissociation over the $\text{Ir-ReO}_x/\text{SiO}_2$ Catalyst Combined with H-ZSM-5", 2013, 6(4), 613–621.</p> <p>(24) Lei Wang, Dalin Li, Mitsuru Koike, Hideo Watanabe, Ya Xu, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, "Catalytic performance and characterization of Ni-Co catalysts for the steam reforming of biomass tar to synthesis gas", <i>Fuel</i>, 2013, 112, 654–661.</p> <p>(25) Masazumi Tamura, Kensuke Noro, Masayoshi Honda, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, "Highly efficient synthesis of cyclic ureas from CO_2 and diamines by a pure CeO_2 catalyst using a 2-propanol solvent" <i>Green Chemistry</i>, 2013, 15(6), 1567–1577</p> <p>(26) Mitsuru Koike, Yuji Hisada, Lei Wang, Dalin Li, Hideo Watanabe, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, "High catalytic activity of $\text{Co-Fe}/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ in the steam reforming of toluene in the presence of hydrogen", <i>Applied Catalysis B: Environmental</i>, 2013, 140–141, 652–662.</p> <p>(27) Masazumi Tamura, Masayoshi Honda, Kensuke Noro, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, "Heterogeneous CeO_2-catalyzed selective synthesis of cyclic carbamates from CO_2 and aminoalcohols in acetonitrile solvent", <i>Journal of Catalysis</i>, 2013, 305, 191–203.</p> <p>(28) Masazumi Tamura, Kensuke Tokonami, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, "Rapid Synthesis of Unsaturated Alcohol in Mild Conditions by Highly Selective Hydrogenation", <i>Chemical Communications</i>, 2013, 49(63), 7034–7036.</p> <p>(29) Masayoshi Honda, Masazumi Tamura, Yoshinao Nakagawa, Satoru Sonehara, Kimihito Suzuki, Ken-ichiro Fujimoto, Keiichi Tomishige, "Ceria-Catalyzed Conversion of Carbon Dioxide into Dimethyl Carbonate with 2-Cyanopyridine", <i>ChemSusChem</i>, 2013, 6(8), 1341–1344.</p> <p>(30) Yoshinao Nakagawa, Kazuma Mori, Kaiyou Chen, Yasushi amada, Masazumi Tamura, Keiichi Tomishige, "Hydrogenolysis of C-O bond over Re-modified Ir catalyst in alkane solvent", <i>Applied Catalysis A: General</i>, 2013, 468, 418–425.</p> <p>(31) Yoshinao Nakagawa, Masazumi Tamura, Keiichi Tomishige, "Catalytic Reduction of Biomass-derived Furanic Compounds with Hydrogen", <i>ACS Catalysis</i>, 2013, 3(12), 2655–2668.</p> <p>(32) 李 達林, 王 磊, 小池 充, 富重 圭一, 「バイオマスタールの水蒸気改質用ニッケルおよびコバルト合金触媒の開発」, <i>Journal of the Japan Petroleum Institute</i>, 2013, 56(5), 253–266.</p> <p>(33) Masazumi Tamura, Masayoshi Honda, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, "Direct conversion of CO_2 with diols, aminoalcohols and diamines to cyclic carbonates, cyclic carbamates and cyclic ureas using heterogeneous catalysts", <i>Journal of Chemical Technology and Biotechnology</i>, 2014, 89(1), 19–33.</p> <p>(34) Lei Wang, Dalin Li, Hideo Watanabe, Masazumi Tamura, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, "Catalytic performance and characterization of Co/Mg/Al catalysts prepared from hydrotalcite-like precursors for the steam gasification of biomass", <i>Applied Catalysis B: Environmental</i>, 2014, 150–151, 82–92.</p> <p>(35) Sibao Liu, Yasushi Amada, Masazumi Tamura, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige,</p>

	<p>“One-pot selective conversion of furfural into 1,5-pentanediol over Pd-added Ir-ReO_x/SiO₂ bifunctional catalyst”, <i>Green Chemistry</i>, 2014, 16(2), 617-626.</p> <p>(36) Dalin Li, Mitsuru Koike, Lei Wang, Yoshinao Nakagawa, Ya Xu, Keiichi Tomishige, “Regenerability of Hydrotalcite-Derived Nickel-Iron Alloy Nanoparticles for Syngas Production from Biomass Tar”, <i>ChemSusChem</i>, 2014, 7(2), 510-522.</p> <p>(37) Hiraku Sato, Masazumi Tamura, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Synthesis of α-hydroxy ketones from vicinal diols by selective dehydrogenation over Ir-ReO_x/SiO₂ catalyst”, <i>Chemistry Letters</i>, 2014, 43(3), 334-336.</p> <p>(38) Yoshinao Nakagawa, Momoko Ishikawa, Masazumi Tamura, Keiichi Tomishige, “Selective production of cyclohexanol and methanol from guaiacol over Ru catalyst combined with MgO”, <i>Green Chemistry</i>, 2014, 16(4), 2197-2203.</p> <p>(39) Yoshinao Nakagawa, Masazumi Tamura, Keiichi Tomishige, “Catalytic materials for the hydrogenolysis of glycerol to 1,3-propanediol”, <i>Journal of Materials Chemistry A</i>, 2014, 2(19), 6688-6702.</p> <p>(掲載済みー査読無し) 計 9 件</p> <p>(1) 中川 善直, 富重 圭一, 「C-O 結合水素化分解に有効な貴金属-低原子価遷移金属界面」, <i>表面科学</i>, 2011, 32 (7), 439-444.</p> <p>(2) 富重 圭一, 「二酸化炭素とアルコールからの有機カーボネート直接合成」, <i>化学工学</i>, 2011, 75 (7), 422-425.</p> <p>(3) Keiichi Tomishige, Dalin Li, “Catalysts for Biomass Conversion to Synthesis Gas: Development of Ni Catalysts for Steam Reforming of Tar Derived from the Biomass Pyrolysis”, <i>Journal of the Japan Institute of Energy</i>, 2011, 90 (6), 499-504.</p> <p>(4) 富重 圭一, 中川 善直, 「バイオマス由来ジオール製造のための触媒開発」, <i>機能材料</i>, 2011, 31 (6), 12-18.</p> <p>(5) 富重 圭一, 中川 善直, 「酸化セリウムを触媒とする二酸化炭素からのカーボネート・カーバメート合成」, <i>ケミカルエンジニアリング</i>, 2012, 57 (3), 13-17.</p> <p>(6) 富重 圭一, 中川 善直, 田村 正純, 「バイオマスからの化学原料合成のための触媒開発」, <i>化学と工業</i>, 2012, 65(8), 619-621.</p> <p>(7) 田村 正純, 中川 善直, 富重 圭一, 「バイオマス由来ジオール合成のための触媒開発」, <i>ペトロテック</i>, 2012, 35(10), 712-717.</p> <p>(8) 中川 善直, 田村 正純, 富重 圭一, 「グリセリンの水素化分解による 1,3-プロパンジオール合成触媒」, 2012, 54(7), 439-443.</p> <p>(9) 富重圭一, 「ニッケル及びコバルト合金触媒を用いたバイオマスタールの水蒸気改質からの水素・合成ガス製造」, <i>アロマティックス</i>, 2013, 65, 196-206.</p> <p>(未掲載) 計 4 件</p> <p>(1) Masazumi Tamura, Yasushi amada, Sibao Liu, Zhenle Yuan, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Promoting effect of Ru on Ir-ReO_x/SiO₂ catalyst in hydrogenolysis of glycerol”, <i>Journal of Molecular Catalysis A: Chemical</i>, 2014, 388-389, 177-187.</p> <p>(2) Tsukasa Takanashi, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Amination of Alcohols with Ammonia in Water over Rh-In Catalyst”, <i>Chemistry Letters</i>, 2014, 43(6), 822-824.</p> <p>(3) Sibao Liu, Yasushi Amada, Masazumi Tamura, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Performance and characterization of rhenium-modified Rh-Ir alloy catalyst for one-pot conversion of furfural into 1,5-pentanediol”, <i>Catalysis Science and Technology</i>, in press, DOI: 10.1039/C4CY00161C.</p> <p>(4) Keiichi Tomishige, Yoshinao Nakagawa, Masazumi Tamura, “Selective Hydrogenolysis of C-O Bonds Using the Interaction of the Catalyst Surface and OH Groups”, <i>Topic in Current Chemistry</i>, in press, DOI: 10.1007/128_2014_538.</p>
--	---

会議発表	専門家向け 計 137 件
計 139 件	<p>(1) 中澤裕也・中川善直・富重圭一「シリカ担持 Ni-Pd 合金触媒によるフラン類の完全水素化反応」、日本化学会第 91 春季年会、神奈川大学、2011/3/26-29、日本化学会</p> <p>(2) 高祖修一・田中久教・中川善直・富重圭一「Rh-ReO_x/SiO₂ 触媒による位置選択的水素化分解反応」、第 107 回触媒討論会、首都大学東京、2011/3/29-30、触媒学会</p> <p>(3) 中川善直・富重圭一「担持 Ni-Pd 合金触媒によるフラン類の完全水素化反応」、第 107 回触媒討論会、首都大学東京、2011/3/29-30、触媒学会</p> <p>(4) Lei Wang, Dalin Li, Mitsuru Koike, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, "Promoting Effect of the Alloy Formation over Ni-Fe/Al₂O₃ Catalysts for the Steam Reforming of Biomass Tar to Synthesis Gas", 2011 MRS Spring Meeting & Exhibit, San Francisco, 2011 4.25-29, Materials Research Society.</p> <p>(5) Yasushi Amada, Shuichi Koso, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, "Modification of Iridium Catalyst with Rhenium Oxide for the Hydrogenolysis of Glycerol to 1,3-propanediol", 2011 MRS Spring Meeting & Exhibit, San Francisco (USA), 2011 4.25-29, Materials Research Society.</p> <p>(6) Masayoshi HONDA, Satoru SONEHARA, Ken-ichiro Fujimoto, Kimihito SUZUKI, Yoshinao NAKAGAWA, Keiichi TOMISHIGE, "TANDEM CARBOXYLATION-HYDRATION REACTION SYSTEM FROM METHANOL, CO₂ AND BENZONITRILE TO DIMETHYL CARBONATE AND BENZAMIDE CATALYZED BY CERIUM OXIDE", 11th International Conference on Carbon Dioxide Utilization, Dijon (France), 2011 6.27-30, CNRS.</p> <p>(7) Shuichi Koso, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, "Mechanism of the hydrogenolysis of ethers over silica-supported rhodium catalyst modified with rhenium oxide", EuropaCat X, Glasgow (UK), 2011 8.28-9.2, University of Glasgow.</p> <p>(8) Keiichi TOMISHIGE, "Development of Heterogeneous Catalysts for the Production of Biomass-Derived Diols", The 14th Asian Chemical Congress, Bangkok (Thailand), 2011 9.5-8.</p> <p>(9) 野呂 謙介, 本田 正義, 曾根原 悟, 安田 浩, 中川 善直, 富重 圭一, 「CeO₂ 触媒によるアミン、メタノール、CO₂ からのカルバミン酸メチルエステル合成」, 平成 23 年度化学系学協会東北大会, 仙台, 2011 9.17-18, 日本化学会.</p> <p>(10) 森 一真, 天田 靖史, 中川 善直, 富重 圭一, 「レニウム修飾イリジウム触媒上のグリセリンの水素化分解反応機構」, 平成 23 年度化学系学協会東北大会, 仙台, 2011 9.17-18, 日本化学会.</p> <p>(11) 中川 善直, 高祖 修一, 天田 靖史, 陳 凱幼, 富重 圭一, 「C-O 水素化分解用 Rh および Ir 触媒への第 2 金属添加作用」, 第 108 回触媒討論会, 北見, 2011 9.20-22, 触媒学会.</p> <p>(12) 平澤 祥太, 中川 善直, 富重 圭一, 「ジヒドロキシアセトン生成を目的とした Pd-Ag 合金触媒によるグリセリンの選択酸化反応」, 第 108 回触媒討論会, 北見, 2011 9.20-22, 触媒学会.</p> <p>(13) 富重 圭一, 「バイオマス関連化合物の水素化分解によるジオール製造」, 第 108 回触媒討論会, 北見, 2011 9.20-22, 触媒学会.</p> <p>(14) 石川 千晶, 小池 充, 李 達林, 中川 善直, 富重 圭一, 「ハイドロタルサイト化合物前駆体から調製した Ni/Mg/Al 触媒のバイオマスタールの水蒸気改質特性と触媒構造」, 第 108 回触媒討論会, 北見, 2011 9.20-22, 触媒学会.</p> <p>(15) Keiichi Tomishige, "Catalytic Routes for Glycerol Valorization", Catbior 2011, Málaga (Spain), 2011 10.2-5, CSIC.</p> <p>(16) Kaiyou Chen, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, "Performance and Structure of Rh-ReO_x/C in the Hydrogenolysis of Tetrahydropyran-2-methanol to 1,6-Hexanediol", Catbior 2011, Málaga (Spain), 2011 10.2-5, CSIC.</p> <p>(17) Mitsuru Koike, Lei Wang, Dalin Li, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, "Steam reforming of tar from pyrolysis of biomass over Ni/Mg/Al catalysts prepared from</p>

<p>hydrotalcite-like precursors”, Catbior 2011, Málaga (Spain), 2011 10.2-5, CSIC.</p> <p>(18) 小池 充, 王 磊, 李 達林, 中川 善直, 富重 圭一, 「Ni/Mg/Al 触媒を用いたバイオマス熱分解タールの水蒸気改質反応による合成ガス製造」, 第 41 回石油・石油化学討論会, 山口, 2011 11.10-11, 石油学会.</p> <p>(19) 武田 泰之, 中川 善直, 富重 圭一, 「Rh-ReO_x/SiO₂ 触媒を用いたステアリン酸の水素化反応」, 第 41 回石油・石油化学討論会, 山口, 2011 11.10-11, 石油学会.</p> <p>(20) 新垣 洪介, 高祖 修一, 中川 善直, 富重 圭一, 「Rh-ReO_x/SiO₂ 触媒上の CH₂OH 基を持ったエーテルの水素化分解反応機構」, 第 41 回石油・石油化学討論会, 山口, 2011 11.10-11, 石油学会.</p> <p>(21) 天田 靖史, 寧 玄鶴, 陳 凱幼, 中川 善直, 富重 圭一, 「グリセリンの水素化分解における Ir-ReO_x/SiO₂ 触媒の活性点構造と反応機構」, 第 41 回石油・石油化学討論会, 山口, 2011 11.10-11, 石油学会.</p> <p>(22) 曾根原 悟, 野呂 謙介, 本田 正義, 鈴木 公仁, 藤本 健一郎, 中川 善直, 富重 圭一, 「メタノール, CO₂, ベンゾニトリルからのワンポッド炭酸ジメチル, ベンズアミド合成」, 第 41 回石油・石油化学討論会, 山口, 2011 11.10-11, 石油学会.</p> <p>(23) 天田 靖史, 寧 玄鶴, 梶川 泰照, 中川 善直, 富重 圭一, 「Ir-ReO_x/SiO₂ 触媒のグリセリン水素化分解反応機構とエリスリトールへの応用」, 日本化学会第 92 回春季年会, 横浜, 2012 3.25-28, 日本化学会.</p> <p>(24) 森 一真, 陳 凱幼, 中川 善直, 富重 圭一, 「テトラヒドロフルフリルアルコールの水素化分解による 1,5-ペンタンジオールの合成におけるレニウム修飾イリジウム触媒の反応特性」, 日本化学会第 92 回春季年会, 横浜, 2012 3.25-28, 日本化学会.</p> <p>(25) 小池 充, 李 達林, 渡辺 秀夫, 中川 善直, 富重 圭一, 「バイオマス由来タールおよびタールモデル化合物の水蒸気改質反応における Ni/Mg/Al 触媒への Fe 添加効果」, 日本化学会第 92 回春季年会, 横浜, 2012 3.25-28, 日本化学会.</p> <p>(26) 新垣 洪介, 久田 祐士, 王 磊, 李 達林, 中川 善直, 富重 圭一, 「Co-Fe/Al₂O₃ 触媒を用いたトルエンの水蒸気改質」, 日本化学会第 92 回春季年会, 横浜, 2012 3.25-28, 日本化学会.</p> <p>(27) 本田 正義, 中川 善直, 富重 圭一, 「ニトリルの水和反応を組み合わせたメタノールと二酸化炭素からの炭酸ジメチル直接合成」, 第 109 回触媒討論会, 東京, 2012 3.28-29, 触媒学会.</p> <p>(28) 陳 凱幼, 中川 善直, 富重 圭一, 「ReO_x 修飾 Ir 触媒を用いたテトラヒドロフルフリルアルコールの水素化分解反応による 1,5-ペンタンジオールの合成」, 第 109 回触媒討論会, 東京, 2012 3.28-29, 触媒学会.</p> <p>(29) 王 磊, 小池 充, 渡辺 秀夫, 李 達林, 中川 善直, 富重 圭一, 「バイオマスタール水蒸気改質用 Co-Fe/Al₂O₃ 触媒の反応特性と構造解析」, 第 109 回触媒討論会, 東京, 2012 3.28-29, 触媒学会.</p> <p>(30) 平澤 祥太, 中川 善直, 富重 圭一, 「Pd-Ag/C を用いたグリセリンの酸化反応によるジヒドロキシアセトンの生成」, 第 109 回触媒討論会, 東京, 2012 3.28-29, 触媒学会.</p> <p>(31) Keiichi TOMISHIGE, “Development of Heterogeneous Catalysts for the Production of Biomass-Derived Diols”, International Conference on Global Sustainability and Chemical Engineering, Shah Alam (Malaysia), 2012 4.24-26.</p> <p>(32) Xuanhe NING, Yasushi AMADA, Yoshinao NAKAGAWA, Keiichi TOMISHIGE, “Hydrogenolysis of glycerol over rhenium-modified iridium catalyst”, International Conference on Global Sustainability and Chemical Engineering, Shah Alam (Malaysia), 2012 4.24-26.</p> <p>(33) Yasuyuki TAKEDA, Yoshinao NAKAGAWA, Keiichi TOMISHIGE, “Hydrogenation of stearic acid to 1-octadecanol over noble metal-Re catalyst”, International Conference on Global Sustainability and Chemical Engineering, Shah Alam (Malaysia), 2012 4.24-26.</p> <p>(34) Kensuke NORO, Masayoshi HONDA, Satoru SONEHARA, Yoshinao NAKAGAWA, Keiichi TOMISHIGE, “Heterogeneous CeO₂ catalyst for the one-pot synthesis of methyl benzylcarbamate from benzylamine, CO₂ and Methanol”, International Conference on Global Sustainability and Chemical Engineering, Shah Alam (Malaysia), 2012 4.24-26.</p>

<p>(35) Masayoshi HONDA, Kensuke NORO, Ken-ichiro FUJIMOTO, Kimihito SUZUKI, Yoshinao NAKAGAWA, Keiichi TOMISHIGE, "Tandem carboxylation-hydration reaction system from methanol, CO₂ and benzonitrile to dimethyl carbonate and benzamide catalyzed by cerium oxide", International Association of Colloid and Interface Scientists, 2012 Conference, Sendai, 2012 5.13-18, IACIS.</p> <p>(36) Dalin LI, Lei WANG, Mitsuru KOIKE, Yoshinao NAKAGAWA, Keiichi TOMISHIGE, "Catalytic performance of Ni/Mg/Al catalyst in steam reforming of tar from biomass pyrolysis to synthesis gas", International Association of Colloid and Interface Scientists, 2012 Conference, Sendai, 2012 5.13-18, IACIS.</p> <p>(37) Yoshinao NAKAGAWA, Yasushi AMADA, Keiichi TOMISHIGE, "Catalytically active interface between iridium metal particles and rhenium oxide clusters for hydrogenolysis of glycerol", International Association of Colloid and Interface Scientists, 2012 Conference, Sendai, 2012 5.13-18, IACIS.</p> <p>(38) 高梨 司, 平澤 祥太, 中川 善直, 富重 圭一, 「ジヒドロキシアセトン合成を目的としたグリセリンの酸化用 Pd-Ag 合金触媒の開発」, 第 17 回 JPIJS ポスターセッション, 東京, 2012 5.25, 石油学会.</p> <p>(39) 庄司 知紘, 中川 善直, 富重 圭一, 「Ru-MoO_x/C 触媒を用いた乳酸の水素化反応によるプロピレングリコールの合成」, 第 17 回 JPIJS ポスターセッション, 東京, 2012 5.25, 石油学会.</p> <p>(40) 高田 佳奈, 中川 善直, 富重 圭一, 「シリカ担持 Ni-Pd 合金触媒による 5-ヒドロキシメチル-2-フルアルデヒドの液相完全水素化反応」, 第 17 回 JPIJS ポスターセッション, 東京, 2012 5.25, 石油学会.</p> <p>(41) 大谷 真一, 中澤 裕也, 中川 善直, 富重 圭一, 「シリカ担持 Ni 微粒子触媒によるフルフラールの気相水素化反応」, 第 17 回 JPIJS ポスターセッション, 東京, 2012 5.25, 石油学会.</p> <p>(42) 田村 陸, 武田 泰之, 中川 善直, 富重 圭一, 「ReO_x-Pd/SiO₂を用いたステアリン酸の水素化による高級アルコール合成」, 第 17 回 JPIJS ポスターセッション, 東京, 2012 5.25, 石油学会.</p> <p>(43) Yoshinao NAKAGAWA, Yasushi AMADA, Keiichi TOMISHIGE, "Hydrogenolysis of glycerol into 1,3-propanediol over iridium-rhenium catalyst", 15th International Congress on Catalysis 2012, Munich (Germany), 2012 7.1-6, IACS Council.</p> <p>(44) Lei WANG, Mitsuru KOIKE, Dalin LI, Yoshinao NAKAGAWA, Keiichi TOMISHIGE, Hideo WATANABE, "Catalytic performance and characterization of Ni-Fe and Ni-Co catalysts for the steam reforming of biomass tar to synthesis gas", 15th International Congress on Catalysis 2012, Munich (Germany), 2012 7.1-6, IACS Council.</p> <p>(45) Kaiyou CHEN, Yoshinao NAKAGAWA, Keiichi TOMISHIGE, "Hydrogenolysis of tetrahydrofurfuryl alcohol to 1,5-pentanediol over ReO_x-modified Ir catalyst", 15th International Congress on Catalysis 2012, Munich (Germany), 2012 7.1-6, IACS Council.</p> <p>(46) Masayoshi HONDA, Kensuke NORO, Yoshinao NAKAGAWA, Keiichi TOMISHIGE, "An effective CeO₂ catalyst for the synthesis of organic carbonates and carbamates from methanol and CO₂ system", 15th International Congress on Catalysis 2012, Munich (Germany), 2012 7.1-6, IACS Council.</p> <p>(47) Mitsuru KOIKE, Dalin LI, Hideo WATANABE, Yoshinao NAKAGAWA, Keiichi TOMISHIGE, "Promoting effect of MnO_x addition to Ni/Al₂O₃ catalysts in the steam reforming of biomass-derived tar", 7th International Conference on Environmental Catalysis, Lyon (France), 2012 9.2-6.</p> <p>(48) Yasushi AMADA, Xuanhe NING, Kaiyou CHEN, Yoshinao NAKAGAWA, Keiichi TOMISHIGE, "Rhenium-modified iridium catalysts for the selective hydrogenolysis of glycerol to 1,3-propanediol", 7th International Conference on Environmental Catalysis, Lyon (France), 2012 9.2-6.</p> <p>(49) Dalin LI, Lei WANG, Mitsuru KOIKE, Yoshinao NAKAGAWA, Keiichi TOMISHIGE, "Catalytic performance of Ni/Mg/Al in steam reforming of tar from pyrolysis of biomass", 7th International</p>

<p>Conference on Environmental Catalysis, Lyon (France), 2012 9.2-6.</p> <p>(50) Yoshinao NAKAGAWA, Masazumi TAMURA, Keiichi TOMISHIGE, "Catalytic selective hydrogenolysis of glycerol to 1,3-propanediol", 7th International Conference on Environmental Catalysis, Lyon (France), 2012 9.2-6.</p> <p>(51) Keiichi TOMISHIGE, "Development of Heterogeneous Catalysts for the Production of Biomass-derived Chemicals", 2012 International Symposium on Chemical-Environmental-Biomedical Technology, Tainan (Taiwan), 2012 9.2-5.</p> <p>(52) 平澤 祥太, 中川 善直, 富重 圭一, 「ジヒドロキシアセトン生成を目指した Pd-Ag/C によるグリセリンの選択的酸化反応」, 平成 24 年度化学系学協会東北大会, 秋田, 2012 9.15-16, 日本化学会.</p> <p>(53) 田村 陸, 寧 玄鶴, 中川 善直, 富重 圭一, 「グリセリンの水素化分解反応用の Ir-ReO_x/SiO₂ 触媒への固体酸添加効果」, 平成 24 年度化学系学協会東北大会, 秋田, 2012 9.15-16, 日本化学会.</p> <p>(54) 野呂 顕輔, 本田 正義, 田村 正純, 中川 善直, 富重 圭一, 「CeO₂ 触媒を用いた CO₂ とアミノアルコールからの環状カーバメート合成」, 平成 24 年度化学系学協会東北大会, 秋田, 2012 9.15-16, 日本化学会.</p> <p>(55) 高田 佳奈, 中川 善直, 富重 圭一, 「Pd 系触媒を用いた 5-ヒドロキシメチル-2-フルアルデヒドの液相完全水素化反応」, 平成 24 年度化学系学協会東北大会, 秋田, 2012 9.15-16, 日本化学会.</p> <p>(56) 庄司 知紘, 田村 正純, 中川 善直, 富重 圭一, 「Ru 系触媒を用いた乳酸の水素化反応によるプロピレングリコール合成」, 平成 24 年度化学系学協会東北大会, 秋田, 2012 9.15-16, 日本化学会.</p> <p>(57) 大谷 真一, 中澤 裕也, 渡邊 秀夫, 中川 善直, 富重 圭一, 「シリカ担持 Ni 触媒を用いた気相フルフラールの完全水素化反応」, 平成 24 年度化学系学協会東北大会, 秋田, 2012 9.15-16, 日本化学会.</p> <p>(58) 小池 充, 李 達林, 中川 善直, 富重 圭一, 「ハイドロタルサイト様化合物を前駆体とした Ni-Fe 均一微粒子の設計開発とバイオマスタール水蒸気改質反応への適用」, 平成 24 年度化学系学協会東北大会, 秋田, 2012 9.15-16, 日本化学会.</p> <p>(59) 新垣 洪介, 小池 充, 李 達林, 中川 善直, 富重 圭一, 「Ni-Cu/Mg/Al 触媒を用いたバイオマス由来タールの水蒸気改質」, 平成 24 年度化学系学協会東北大会, 秋田, 2012 9.15-16, 日本化学会.</p> <p>(60) 高梨 司, 中川 善直, 富重 圭一, 「Rh-In/C 触媒によるアンモニア水を用いたアルコールのアミノ化」, 平成 24 年度化学系学協会東北大会, 秋田, 2012 9.15-16, 日本化学会.</p> <p>(61) 武田 泰之, 田村 正純, 中川 善直, 富重 圭一, 「ReO_x-Pd/SiO₂ 触媒を用いた高級脂肪酸から高級アルコールへの水素化反応」, 平成 24 年度化学系学協会東北大会, 秋田, 2012 9.15-16, 日本化学会.</p> <p>(62) 李 達林, 小池 充, 王 磊, 中川 善直, 富重 圭一, 「バイオマス熱分解由来タールの水蒸気改質用 Co 触媒における担体効果」, 第 110 回触媒討論会, 福岡, 2012 9.24-26, 触媒学会.</p> <p>(63) 中川 善直, 本田 正義, 曾根原 悟, 富重 圭一, 「ニトリル類を脱水剤に用いたセリア触媒による二酸化炭素とメタノールからの炭酸ジメチル合成」, 第 110 回触媒討論会, 福岡, 2012 9.24-26, 触媒学会.</p> <p>(64) 高梨 司, 野呂 謙介, 本田 正義, 中川 善直, 富重 圭一, 「酸化セリウム触媒による二酸化炭素とアミノアルコールからの選択的環状カーバメート合成」, 第 110 回触媒討論会, 福岡, 2012 9.24-26, 触媒学会.</p> <p>(65) 天田 靖史, 陳 凱幼, 梶川 泰照, 平井 雄一郎, 田村 正純, 中川 善直, 富重 圭一, 「ブタンジオール生成を目的とした Re 修飾 Ir 触媒によるエリスリトールの直接水素化分解反応」, 第 110 回触媒討論会, 福岡, 2012 9.24-26, 触媒学会.</p> <p>(66) 庄司 知紘, 田村 正純, 中川 善直, 富重 圭一, 「Mo 修飾 Ru 触媒を用いた乳酸の水素化反応によるプロピレングリコール合成」, 第 110 回触媒討論会, 福岡, 2012 9.24-26, 触媒学会.</p>

<p>(67) 田村 陸, 寧 玄鶴, 中川 善直, 富重 圭一, 「Ir-ReO_x/SiO₂ を用いたグリセリンの水素化分解による 1,3-プロパンジオールへの変換における固体酸の添加効果」, 第 110 回触媒討論会, 福岡, 2012 9.24-26, 触媒学会.</p> <p>(68) 高田 佳奈, 中川 善直, 富重 圭一, 「Pd 系触媒を用いたバイオマス由来フラン類の液相水完全水素化反応」, 第 110 回触媒討論会, 福岡, 2012 9.24-26, 触媒学会.</p> <p>(69) 田村 正純, 陳 凱幼, 中川 善直, 富重 圭一, 「ReO_x 修飾 Ir 触媒を用いた環状エーテル類の水素化分解反応」, 第 42 回石油・石油化学討論会, 秋田, 2012 10.11-12, 石油学会.</p> <p>(70) 平澤 祥太, 中川 善直, 富重 圭一, 「Pd-Ag 合金触媒を用いたグリセリンからジヒドロキシアセトンへの選択的酸化反応と機構」, 第 42 回石油・石油化学討論会, 秋田, 2012 10.11-12, 石油学会.</p> <p>(71) 武田 泰之, 田村 正純, 中川 善直, 富重 圭一, 「ReO_x-Pd/SiO₂ 触媒を用いた飽和脂肪酸の水素化反応における反応機構」, 第 42 回石油・石油化学討論会, 秋田, 2012 10.11-12, 石油学会.</p> <p>(72) 新垣 洪介, 小池 充, 李 達林, 中川 善直, 富重 圭一, 「バイオマス由来タールの水蒸気改質反応における Ni/Mg/Al 触媒への Cu 添加効果」, 第 42 回石油・石油化学討論会, 秋田, 2012 10.11-12, 石油学会.</p> <p>(73) 野呂 謙介, 本田 正義, 田村 正純, 中川 善直, 富重 圭一, 「酸化セリウム触媒による二酸化炭素とアミノアルコールからの高収率環状カーバメート合成」, 第 42 回石油・石油化学討論会, 秋田, 2012 10.11-12, 石油学会.</p> <p>(74) Keiichi TOMISHIGE, "Production of Biomass-derived Chemicals by Catalytic Hydrogenolysis", 22nd Annual Saudi-Japan Symposium, Dharam (Saudi Arabia), 2012 11.25-26.</p> <p>(75) 富重 圭一, 「バイオマスからの有用物質直接合成: 固体触媒による挑戦」, 第 93 回日本化学会年会, 草津(滋賀), 2013 3.22-25, 日本化学会.</p> <p>(76) 天田 靖史, 田村 正純, 中川 善直, 奥村 和, 富重 圭一, 「TPR-XAFS 測定を用いたレニウム修飾イリジウム触媒の界面形成過程と活性点構造の解明」, 第 93 回日本化学会年会, 草津(滋賀), 2013 3.22-25, 日本化学会.</p> <p>(77) 高田 佳奈, 田村 正純, 中川 善直, 富重 圭一, 「Pd 系触媒を用いたフルフラールの液相完全水素化反応」, 第 93 回日本化学会年会, 草津(滋賀), 2013 3.22-25, 日本化学会.</p> <p>(78) 大谷 真一, 中澤 裕也, 中川 善直, 富重 圭一, 「シリカ担持 Ni 微粒子触媒によるフルフラールの気相完全水素化とその反応メカニズム」, 第 93 回日本化学会年会, 草津(滋賀), 2013 3.22-25, 日本化学会.</p> <p>(79) 床次 顕輔, 田村 正純, 中川 善直, 富重 圭一, 「金属酸化物修飾 Ir/SiO₂ 触媒による不飽和アルデヒドから不飽和アルコールへの選択的水素化反応」, 第 93 回日本化学会年会, 草津(滋賀), 2013 3.22-25, 日本化学会.</p> <p>(80) 田村 正純, 本田 正義, 中川 善直, 富重 圭一, 「ニトリル水和反応を組み合わせた CeO₂ 触媒による CO₂ とメタノールからの炭酸ジメチル直接合成」, 第 93 回日本化学会年会, 草津(滋賀), 2013 3.22-25, 日本化学会.</p> <p>(81) 岸 亮太, 田村 正純, 中川 善直, 富重 圭一, 「CeO₂/Nitrile 共触媒による共役オレフィンのヒドロアルコキシ化」, 第 93 回日本化学会年会, 草津(滋賀), 2013 3.22-25, 日本化学会.</p> <p>(82) 高梨 司, 田村 正純, 中川 善直, 富重 圭一, 「ロジウム系触媒とアンモニア水を用いたプロピレングリコールのアミノ化」, 第 93 回日本化学会年会, 草津(滋賀), 2013 3.22-25, 日本化学会.</p> <p>(83) 田村 陸, 陳 凱幼, 田村 正純, 中川 善直, 富重 圭一, 「Ir-ReO_x/SiO₂+H-ZSM-5 を用いた糖類及び糖アルコールの水素化分解反応による n-アルカンのワンポット合成」, 第 111 回触媒討論会, 吹田, 2013 3.25-26, 触媒学会.</p> <p>(84) 庄司 知紘, 田村 正純, 中川 善直, 富重 圭一, 「乳酸の水素化反応によるプロピレングリコール合成用 Ru-MoO_x 触媒の構造と反応機構」, 第 111 回触媒討論会, 吹田, 2013 3.25-26, 触媒学会.</p>
--

<p>(85) 石川 桃子, 田村 正純, 中川 善直, 富重 圭一, 「担持 Ru 触媒を用いたグアイアコールの水素化分解によるシクロヘキサノール選択的合成」, 第 111 回触媒討論会, 吹田, 2013 3.25-26, 触媒学会.</p> <p>(86) 武田 泰之, 田村 正純, 中川 善直, 富重 圭一, 「$\text{ReO}_x\text{-Pd/SiO}_2$ 触媒を用いた飽和脂肪酸から高級アルコールへの直接水素化反応」, 第 111 回触媒討論会, 吹田, 2013 3.25-26, 触媒学会.</p> <p>(87) 李 達林, 小池 充, 王 磊, 田村 正純, 中川 善直, 富重 圭一, 「構造制御された Ni-Fe 合金粒子によるバイオマスタール水蒸気改質反応」, 第 111 回触媒討論会, 吹田, 2013 3.25-26, 触媒学会.</p> <p>(88) Yasuyuki Takeda, Masazumi Tamura, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Selective hydrogenation of saturated carboxylic acids to alcohols catalyzed by $\text{ReO}_x\text{-Pd/SiO}_2$”, 2nd International Symposium on Green Chemistry Renewable Carbon and Eco-Efficient Processes, La Rochelle (France), 2013. 5. 21-24.</p> <p>(89) Masayoshi Honda, Masazumi Tamura, Yoshinao Nakagawa, Hiroshi Yasuda, Keiichi Tomishige, “Heterogeneous CeO_2 catalyst for the one-pot synthesis of organic carbamates from amines, CO_2 and alcohols”, 2nd International Symposium on Green Chemistry Renewable Carbon and Eco-Efficient Processes, La Rochelle (France), 2013. 5. 21-24.</p> <p>(90) Masazumi Tamura, Kaiyou Chen, Yasushi Amada, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Diol Synthesis from Biomass by Hydrogenolysis Over Ir-ReO_x”, 2nd International Symposium on Green Chemistry Renewable Carbon and Eco-Efficient Processes, La Rochelle (France), 2013. 5. 21-24.</p> <p>(91) 中川善直, 陳 凱幼, 袁 振榮, 田村正純, 富重圭一, 「Re 修飾 Ir 触媒を用いた糖および糖アルコールの水素化分解によるアルカン合成」, 石油学会第 56 回年会, 東京, 2013. 5. 29.</p> <p>(92) 木村龍彦, 小池 充, 李 達林, 中川善直, 富重圭一, 「メタンのドライリフォーミング反応における Ni および Co 触媒への Fe 添加効果」, 第 18 回 JPIJS ポスターセッション, 東京, 2013. 5. 29.</p> <p>(93) 佐藤 啓, 田村正純, 中川善直, 富重圭一, 「Ir-ReO_x/SiO₂ 触媒による隣接ジオールの選択的脱水素反応」, 第 18 回 JPIJS ポスターセッション, 東京, 2013. 5. 29.</p> <p>(94) Yoshinao Nakagawa, Shota Hirasawa, Keiichi Tomishige, “Selective oxidation of glycerol to dihydroxyacetone over Pd-Ag alloy catalyst”, 10th Congress on Catalysis Applied to Fine Chemicals, Turku (Finland), 2013. 6. 16-19.</p> <p>(95) Yasushi Amada, Masazumi Tamura, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “$\text{ReO}_x\text{-Pd/SiO}_2$-catalyzed hydrogenolysis of erythritol to butanediols over rhenium-modified iridium catalyst”, 10th Congress on Catalysis Applied to Fine Chemicals, Turku (Finland), 2013. 6. 16-19.</p> <p>(96) Masayoshi Honda, Masazumi Tamura, Yoshinao Nakagawa, Kimihiko Suzuki, Kenichiro Suzuki, Keiichi Tomishige, “CO_2 Conversion to Dimethyl Carbonate Driven by 2-Cyanopyridine and Cerium Oxide”, The International Conference on Carbon Dioxide Utilization XII, Washington D.C. (USA), 2013. 6. 23-27.</p> <p>(97) Masazumi Tamura, Masayoshi Honda, Kenichiro Fujimoto, Kimihito Suzuki, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Direct carbonate synthesis from CO_2 and alcohol over CeO_2 combined with nitrile hydration”, 16th International Symposium on Relations between Homogeneous and Heterogeneous Catalysis, Sapporo, 2013. 8. 4-9.</p> <p>(98) Yoshinao Nakagawa, Yasushi Amada, Masazumi Tamura, Keiichi Tomishige, “Selective hydrogenolysis of biomass-derived oxygen-rich compounds over Ir-ReO_x/SiO₂ catalyst”, 16th International Symposium on Relations between Homogeneous and Heterogeneous Catalysis, Sapporo, 2013. 8. 4-9.</p> <p>(99) 小池 充・王 磊・李 達林・中川 善直・富重 圭一, 「Co-Fe/$\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ を用いた水素存在下でのトルエンの水蒸気改質反応」, 第 112 回触媒討論会, 秋田, 2013. 9. 18-20.</p> <p>(100) 佐藤 啓・田村 正純・中川 善直・富重 圭一, 「Ir-ReO_x/SiO₂ 触媒による隣接ジオールの選択的脱水素反応」, 第 112 回触媒討論会, 秋田, 2013. 9. 18-20.</p> <p>(101) 高梨 司・田村 正純・中川 善直・富重 圭一, 「Rh-In/C 触媒によるアンモニアを用いたプロピレングルコールのアミノ化」, 第 112 回触媒討論会, 秋田, 2013. 9. 18-20.</p> <p>(102) 床次 顕輔・田村 正純・中川 善直・富重 圭一, 「Ir-ReO_x/SiO₂ 触媒による不飽和アルデヒ</p>
--

<p>ドの選択的水素化反応」, 第 112 回触媒討論会, 秋田, 2013. 9. 18-20.</p> <p>(103) 本田 正義・田村 正純・中川 善直・富重 圭一, 「酸化セリウム触媒と 2-プロパノール溶媒を用いたジアミンと CO₂ からの環状尿素体合成」, 第 112 回触媒討論会, 秋田, 2013. 9. 18-20.</p> <p>(104) Keiichi Tomishige, “Production of biomass-based chemicals”, 2nd International Congress on Catalysis for Biorefineries, Dalian (China), 2013. 9. 18-20.</p> <p>(105) Mitsuru Koike, Dalin Li, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Highly active and coke-resistant uniform Ni-Fe alloy nanoparticles for the steam reforming of toluene as a model compound of tar”, 2nd International Congress on Catalysis for Biorefineries, Dalian (China), 2013. 9. 18-20.</p> <p>(106) Tatsuhiko Kimura, Mitsuru Koike, Lei Wang, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “High catalytic performance of bcc Co-Fe alloy in the steam reforming of toluene with hydrogen addition”, International Symposium for the 70th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan, Sendai, 2013. 9. 28-30.</p> <p>(107) Kana Takada, Masazumi Tamura, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Additive effect of secondary metals on Pd catalysts for liquid-phase total hydrogenation of furfural”, International Symposium for the 70th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan, Sendai, 2013. 9. 28-30.</p> <p>(108) Momoko Ishikawa, Masazumi Tamura, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Selective production of cyclohexanol from guaiacol over Ru catalyst combined with MgO”, International Symposium for the 70th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan, Sendai, 2013. 9. 28-30.</p> <p>(109) Tokonami Kensuke, Tamura Masazumi, Nakagawa Yoshinao, Tomishige Keiichi, “Unsaturated alcohol synthesis from unsaturated aldehyde by selective hydrogenation over Ir-ReO_x/SiO₂ catalyst”, International Symposium for the 70th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan, Sendai, 2013. 9. 28-30.</p> <p>(110) Hiraku Sato, Masazumi Tamura, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Synthesis of α-hydroxyketone from vicinal alcohols by selective dehydrogenation over Ir-ReO_x/SiO₂ catalyst”, International Symposium for the 70th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan, Sendai, 2013. 9. 28-30.</p> <p>(111) Tsukasa Takanashi, Masazumi Tamura, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Structure and performance of Rh-In/C for the amination of various alcohols with aqueous ammonia”, International Symposium for the 70th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan, Sendai, 2013. 9. 28-30.</p> <p>(112) Daisuke Kanno, Kaiyou Chen, Masazumi Tamura, Zhenle Yuan, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Conversion of Sugar and Sugar Alcohols to n-Alkanes without C-C Cleavage Catalyzed by Ir-ReO_x/SiO₂ with H-ZSM-5”, International Symposium for the 70th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan, Sendai, 2013. 9. 28-30.</p> <p>(113) Mitsuru Koike, Dalin Li, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Preparation of uniform Ni-Fe alloy nanoparticles for the steam reforming of toluene as a model compound of tar”, International Symposium for the 70th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan, Sendai, 2013. 9. 28-30.</p> <p>(114) Mitsuru Koike, Lei Wang, Dalin Li, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Highly Active Bcc Co-Fe Alloy Particles for the Steam Reforming of Tar Derived from Biomass and Toluene as a Model Compound of Tar”, APCAT-6, Taipei (Taiwan), 2013. 10. 13-17.</p> <p>(115) Masazumi Tamura, Masayoshi Honda, Kensuke Noro, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Direct Conversion of Carbon Dioxide into Useful Organic Chemicals over CeO₂ Catalyst”, APCAT-6, Taipei (Taiwan), 2013. 10. 13-17.</p> <p>(116) Keiichi Tomishige, “Heterogeneous Catalysis of Ir-ReO_x/SiO₂ in the Hydrogenolysis and Hydrogenation Reactions”, APCAT-6, Taipei (Taiwan), 2013. 10. 13-17.</p> <p>(117) 田村 陸・武田 泰之・田村 正純・中川 善直・富重 圭一, 「Rh-MoO_x/SiO₂を用いたL-アラニンの水素化反応によるL-アラニノール合成」, 第 43 回石油・石油化学討論会, 北九州, 2013. 11. 14-15.</p>
--

	<p>(118) 石川 桃子・田村 正純・中川 善直・富重 圭一, 「Ru 触媒と MgO を用いたグアイアコールからシクロヘキサノールの選択的合成」, 第 43 回石油・石油化学討論会, 北九州, 2013. 11. 14-15.</p> <p>(119) 庄司 知紘・田村 正純・中川 善直・富重 圭一, 「乳酸の水素化反応によるプロピレングリコール合成用 Ru 触媒への Mo 添加効果」, 第 43 回石油・石油化学討論会, 北九州, 2013. 11. 14-15.</p> <p>(120) 岸 亮太・本田 正義・田村 正純・中川 善直・富重 圭一, 「CeO₂ + ニトリル共触媒による共役オレフィンへのアルコール付加反応」, 第 43 回石油・石油化学討論会, 北九州, 2013. 11. 14-15.</p> <p>(121) 高田 佳奈・田村 正純・中川 善直・富重 圭一, 「Pd-Ir 合金触媒を用いたフルフラールの液相完全水素化反応」, 第 43 回石油・石油化学討論会, 北九州, 2013. 11. 14-15.</p> <p>(122) 大谷 真一・菅野 大輔・田村 正純・中川 善直・富重 圭一, 「ルテニウム担持触媒を用いたスクアランの水素化分解」, 第 43 回石油・石油化学討論会, 北九州, 2013. 11. 14-15.</p> <p>(123) Masayoshi Honda, Masazumi Tamura, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, "Heterogeneous CeO₂-catalyzed selective synthesis of cyclic carbamates from CO₂ and aminoalcohols in acetonitrile solvent", 247th ACS National Meeting & Exposition, Dallas (USA), 2014. 3. 16-20.</p> <p>(124) Sibao Liu, Masazumi Tamura, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, "One-pot conversion of furfural into 1,5-pentanediol over Ir-ReO_x/SiO₂ catalysts modified by noble metals", 247th ACS National Meeting & Exposition, Dallas (USA), 2014. 3. 16-20.</p> <p>(125) 木村 龍彦・王 磊・李 達林・田村 正純・中川 善直・富重 圭一, 「タールの水蒸気改質における Co/Mg/Al 触媒の触媒性能とキャラクタリゼーション」, 第 113 回触媒討論会, 豊橋, 2014. 3. 26-27.</p> <p>(126) 陳 金海・李 達林・小池 充・王 磊・許 亜・田村 正純・中川 善直・富重 圭一, 「Ni-Fe/Mg/Al 触媒を用いたバイオマス低温熱分解由来タールの水蒸気改質」, 第 113 回触媒討論会, 豊橋, 2014. 3. 26-27.</p> <p>(127) 石川 桃子・田村 正純・中川 善直・富重 圭一, 「Ru-Mn 触媒によるグアイアコールからシクロヘキサノールへの選択的水素化脱酸素反応」, 第 113 回触媒討論会, 豊橋, 2014. 3. 26-27.</p> <p>(128) 田村 正純・田村 陸・武田 泰之・中川 善直・富重 圭一, 「Rh-MoO_x/SiO₂ 触媒を用いたアミノ酸の水素化反応によるアミノアルコール合成」, 第 113 回触媒討論会, 豊橋, 2014. 3. 26-27.</p> <p>(129) 武田 泰之・庄司 知紘・田村 正純・中川 善直・富重 圭一, 「Mo 修飾 Ru 触媒を用いた乳酸の水素化反応における反応機構」, 第 113 回触媒討論会, 豊橋, 2014. 3. 26-27.</p> <p>(130) 岸 亮太・本田 正義・田村 正純・中川 善直・富重 圭一, 「CeO₂ 触媒による CO₂ とアミノアルコールからの環状カーバメート合成の反応機構」, 第 113 回触媒討論会, 豊橋, 2014. 3. 26-27.</p> <p>(131) 大谷 真一・菅野 大輔・田村 正純・中川 善直・富重 圭一, 「スクアランの選択的水素化分解用ルテニウム触媒の特性評価」, 第 113 回触媒討論会, 豊橋, 2014. 3. 26-27.</p> <p>(132) 武田 泰之・田村 正純・中川 善直・富重 圭一, 「ReO_x-Pd/SiO₂ 触媒上の高級脂肪酸の水素化反応における活性点構造」, 日本化学会第 94 春季年会, 名古屋, 2014. 3. 27-30.</p> <p>(133) 小原 直之・田村 正純・中川 善直・富重 圭一, 「Pt-V 混合触媒と分子状酸素を用いた 1,2-シクロヘキサンジオールの酸化反応によるアジピン酸の選択的合成」, 日本化学会第 94 春季年会, 名古屋, 2014. 3. 27-30.</p> <p>(134) 劉 斯宝・田村 正純・中川 善直・富重 圭一, 「One-pot selective conversion of furfural into 1,5-pentanediol over Pd-added Ir-ReO_x/SiO₂ bifunctional catalyst」, 日本化学会第 94 春季年会, 名古屋, 2014. 3. 27-30.</p> <p>(135) 太田 伸彦・天田 靖史・田村 正純・中川 善直・富重 圭一, 「ReO_x-Pd/CeO₂ 触媒を用いた 1,4-アンヒドロエリスリトールからテトラヒドロフランへの選択的水素化分解反応」, 日本化学会第 94 春季年会, 名古屋, 2014. 3. 27-30.</p> <p>(136) 米沢 大・佐藤 啓・田村 正純・中川 善直・富重 圭一, 「Ir-ReO_x/SiO₂ 触媒を用いた隣接ジオールの選択的脱水素化反応による α-ヒドロキシケトン合成」, 日本化学会第 94 春季年会, 名古屋, 2014. 3. 27-30.</p> <p>(137) 菅野 大輔・大谷 真一・田村 正純・中川 善直・富重 圭一, 「ルテニウム触媒によるアルカンの選択的気相水素化分解」, 日本化学会第 94 春季年会, 名古屋, 2014. 3. 27-30.</p>
--	---

	<p>一般向け 計2件</p> <p>(1) 富重 圭一, 「固体触媒の化学と工学: 資源の高効率変換を実現する触媒の開発」, 東北工学教育協会講演会, 仙台, 2012 6.14, 東北工学教育協会.</p> <p>(2) 富重 圭一, 「Heterogeneous catalysis of metal-metal oxide interface for the production of biomass-derived chemicals」, キャンパスアジアサマースクール, 仙台, 2012 8.20-23, 名古屋大学・東北大学.</p>
<p>図書</p> <p>計3件</p>	<p>(1) 富重圭一, 「二酸化炭素の直接利用最新技術」, 株式会社エヌ・ティー・エス, 2013 年, ISBN 978-4-86469-062-1, 総 372 ページ中 163-173 ページ</p> <p>(2) 富重圭一, 「触媒の設計・反応制御 事例集」, 技術情報協会, 2013 年. ISBN 978-4861044786, 総 827 ページ中 270-278 ページ</p> <p>(3) Yoshinao Nakagawa, Masayoshi Honda, Keiichi Tomishige, "Green Carbon Dioxide: Advances in CO₂ Utilization", John Wiley and Sons, 2014, ISBN 978-1-118-59088-1, 総 303 ページ中 119-148 ページ</p>
<p>産業財産権 出願・取得 状況</p> <p>計3件</p>	<p>(取得済み) 計0件</p> <p>(出願中) 計3件</p> <p>(1) 特許「エリスリトールの水素化分解」, 富重圭一, 中川善直, 梶川泰照, 平井雄一郎, 東北大学・ダイセル, 特願 2012-047993(特開 2013-181026), 2012 3.5, 国内</p> <p>(2) 特許「エリスリトールの水素化分解物の製造方法」, 富重圭一, 中川善直, 梶川泰照, 東北大学・ダイセル, 特願 2012-127866(特開 2013-014577), 2012 6.5, 国内</p> <p>(3) 特許「エリスリトールの水素化分解物の製造方法」, 富重圭一, 中川善直, 松田洋和, 内田敬之, 東北大学・ダイセル, 特願 2012-089219(特開 2013-216623), 2012 4.10, 国内</p>
<p>Webページ (URL)</p>	
<p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>	<p>(1) 平成 23 年度東北大学オープンキャンパス(2011 7.27-28) において研究室公開を行い、本研究内容を公開した。化学・バイオ系全体で来場者 2,150 名、本研究内容のブース来場 230 名以上。</p> <p>(2) 平成 24 年度東北大学オープンキャンパス(2012 7.30-31) において研究室公開を行い、本研究内容を公開した。化学・バイオ系全体で来場者 2,570 名、本研究内容のブース来場 200 名以上。</p> <p>(3) 平成 24 年度東北大学イノベーションフェア(2013.1.17; 仙台国際センター)にブースを出展。本研究内容を紹介するポスターを掲示し(タイトル「固体触媒の化学と工学: 資源の高効率変換を実現する触媒の開発」)、開発した触媒を展示した。</p> <p>(4) 平成 25 年度東北大学オープンキャンパス(2013 7.30-31) において研究室公開を行い、本研究内容を公開した。化学・バイオ系全体で来場者 3,124 名、本研究内容のブース来場 200 名以上。</p> <p>(5) FIRST シンポジウム「科学技術が拓く 2030 年」(2014 2.28-3.1, ベルサール新宿グランド)の 2 日目にポスター発表として参加した。シンポジウム来場者 327 名。</p>
<p>新聞・一般雑誌等掲載 計2件</p>	<p>(1) 化学工業新報, 2013.3.16, 1 面, 「BDF 副生グリセリンから樹脂原料」</p> <p>(2) 「仙台経済界」13 増刊号、「最先端の低炭素材料研究」85 ページ目記載記事</p>

様式21

その他	雑誌論文-査読有りの(23), (31)は掲載誌の表紙に採用、(28)は裏表紙に採用
-----	--

7. その他特記事項

特に該当なし