

**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)
実施状況報告書(平成25年度)**

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. 当該年度の研究目的

本研究では、バイオマス関連物質からポリマー原料で現在石油から製造されている物質を得る固体触媒の開発、および反応プロセスの構築を目的としている。具体的な反応として、a) フラン類の水素化反応、b) 環状エーテルおよびポリオールの水素化分解反応、c) C-C 結合クラッキング反応 を扱っている。本年度は、a) と b) を組み合わせた 1 段水素化・水素化分解によるフラン類からのジオール類製造、加えて b) として糖アルコールの脱水による環状エーテル化と触媒による水素化分解を組み合わせたジオール合成系の確立、c) では触媒系の改良によりバイオ炭化水素からナフサ・ガソリン成分の製造を行う。

2. 研究の実施状況

(a+b)の 1 段水素化・水素化分解によるフラン類からのジオール製造として、3 成分系触媒の開発を進め、フルフラールから 1,5-ペンタンジオールを 80%近い収率で得られる Rh-Ir-ReO_x/SiO₂ 触媒を開発した。24 年度までに開発した Pd-Ir-ReO_x/SiO₂ 触媒に比べ、収率が高いだけでなくフルフラール重合を起こしやすい高濃度条件でも利用可能であることを示した。

(b)の糖アルコールの環状エーテルを経由したジオール製造では、C4 エリスリトールから環状エーテル 1,4-アンヒドロエリスリトールが酸性イオン交換樹脂触媒で容易に得られることを確かめ、さらに 1,4-アンヒドロエリスリトールを変換する触媒開発を行った。結果 1,4-アンヒドロエリスリトールが有する 2 個の水酸基を片方除去する WO_x-Pd 触媒、両方除去する ReO_x-Pd/CeO₂ 触媒を開発した。前者の反応からは、さらに 24 年度までに開発した Ir-ReO_x/SiO₂ 触媒を用いて 1,3-ブタンジオールに、後者の反応からは加水分解により 1,4-ブタンジオールに変換可能であり、エリスリトールからこれらジオールを得る反応ルートを確立した。

(c)のバイオ炭化水素の変換では、Ru 触媒の担体や処理温度を変えることで選択性を制御し、直鎖構造切断に特異的な触媒と位置選択性の低い触媒の双方を開発した。

上記の他、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。

3. 研究発表等

雑誌論文 計 21 件	<p>(掲載済み一査読有り) 計 16 件</p> <p>(1) 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>(2) Masazumi Tamura, Kensuke Noro, Masayoshi Honda, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Highly efficient synthesis of cyclic ureas from CO₂ and diamines by a pure CeO₂ catalyst using a 2-propanol solvent” <i>Green Chemistry</i>, 2013, 15(6), 1567-1577</p> <p>(3) Mitsuru Koike, Yuji Hisada, Lei Wang, Dalin Li, Hideo Watanabe, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “High catalytic activity of Co-Fe/α-Al₂O₃ in the steam reforming of toluene in the presence of hydrogen”, <i>Applied Catalysis B: Environmental</i>, 2013, 140-141, 652-662.</p> <p>(4) Masazumi Tamura, Masayoshi Honda, Kensuke Noro, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Heterogeneous CeO₂-catalyzed selective synthesis of cyclic carbamates from CO₂ and aminoalcohols in acetonitrile solvent”, <i>Journal of Catalysis</i>, 2013, 305, 191-203.</p> <p>(5) 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>(6) 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>(7) 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>(8) 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>(9) 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>(10) Masazumi Tamura, Masayoshi Honda, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “Direct conversion of CO₂ 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>(11) 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>(12) Sibao Liu, Yasushi Amada, Masazumi Tamura, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, “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>(13) 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>(14) 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>(15) 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>(16) 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>(掲載済み一査読無し) 計 1 件</p> <p>(1) 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>
--------------------	---

様式19 別紙1

	<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", Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, in press, DOI: 10.1016/j.molcata.2013.09.015.</p> <p>(2) Tsukasa Takanashi, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, "Amination of Alcohols with Ammonia in Water over Rh-In Catalyst", Chemistry Letters, in press, DOI: 10.1246/cl.140051.</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", Catalysis Science and Technology, 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", Topic in Current Chemistry, in press, DOI: 10.1007/128_2014_538.</p>
<p>会議発表 計 50 件</p>	<p>専門家向け 計 50 件</p> <p>(1) Yasuyuki Takeda, Masazumi Tamura, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, "Selective hydrogenation of saturated carboxylic acids to alcohols catalyzed by ReO_x-Pd/SiO₂", 2nd International Symposium on Green Chemistry Renewable Carbon and Eco-Efficient Processes, La Rochelle (France), 2013. 5. 21-24.</p> <p>(2) Masayoshi Honda, Masazumi Tamura, Yoshinao Nakagawa, Hiroshi Yasuda, Keiichi Tomishige, "Heterogeneous CeO₂ catalyst for the one-pot synthesis of organic carbamates from amines, CO₂ and alcohols", 2nd International Symposium on Green Chemistry Renewable Carbon and Eco-Efficient Processes, La Rochelle (France), 2013. 5. 21-24.</p> <p>(3) 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>(4) 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>(5) 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>(6) 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>(7) 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>(8) Yasushi Amada, Masazumi Tamura, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, "ReO_x-Pd/SiO₂-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>(9) Masayoshi Honda, Masazumi Tamura, Yoshinao Nakagawa, Kimihiko Suzuki, Kenichiro Suzuki, Keiichi Tomishige, "CO₂ 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>(10) Masazumi Tamura, Masayoshi Honda, Kenichiro Fujimoto, Kimihito Suzuki, Yoshinao Nakagawa, Keiichi Tomishige, "Direct carbonate synthesis from CO₂ and alcohol over CeO₂ combined with nitrile hydration", 16th International Symposium on Relations between Homogeneous and Heterogeneous Catalysis, Sapporo, 2013. 8. 4-9.</p> <p>(11) 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>(12) 小池 充・王 磊・李 達林・中川 善直・富重 圭一, 「Co-Fe/α-Al₂O₃ 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>(13) 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>(14) 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>(15) 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>(16) 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>(17) Keiichi Tomishige, "Production of biomass-based chemicals", 2nd International Congress on Catalysis for Biorefineries, Dalian (China), 2013. 9. 18-20.</p>

- (18) 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.
- (19) 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.
- (20) 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.
- (21) 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.
- (22) 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.
- (23) 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.
- (24) 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.
- (25) 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.
- (26) 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.
- (27) 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.
- (28) 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.
- (29) Keiichi Tomishige, "Heterogeneous Catalysis of Ir-ReO_x/SiO₂ in the Hydrogenolysis and Hydrogenation Reactions", APCAT-6, Taipei (Taiwan), 2013. 10. 13-17.
- (30) 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.
- (31) 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.
- (32) 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.
- (33) 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.
- (34) 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.
- (35) 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.
- (36) 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.
- (37) 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.

様式19 別紙1

	<p>(38) 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ーゼーション」, 第 113 回触媒討論会, 豊橋, 2014. 3. 26-27.</p> <p>(39) 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>(40) 石川 桃子・田村 正純・中川 善直・富重 圭一, 「Ru-Mn 触媒によるグアアイアコールからシクロヘキサ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>(41) 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>(42) 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>(43) 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>(44) 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>(45) 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>(46) 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-シクロヘキサジオール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>(47) 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>(48) 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>(49) 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>(50) 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 0 件</p>
<p>図書 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 計 0 件</p>	<p>(取得済み) 計 0 件 (出願中) 計 0 件</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) 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>(2) 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>

様式19 別紙1

新聞・一般雑誌等掲載 計1件	「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
その他	雑誌論文-査読ありの(5)は掲載誌の裏表紙、(8)は表紙に採用

4. その他特記事項

特に該当なし

実施状況報告書(平成25年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されません

1. 助成金の受領状況(累計)

(単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	125,000,000	94,000,000	31,000,000	0	0
間接経費	37,500,000	28,200,000	9,300,000	0	0
合計	162,500,000	122,200,000	40,300,000	0	0

2. 当該年度の収支状況

(単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を除 く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	128,793	31,000,000	0	31,128,793	31,128,793	0	0
間接経費	0	9,300,000	0	9,300,000	9,300,000	0	0
合計	128,793	40,300,000	0	40,428,793	40,428,793	0	0

3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	21,202,205	ガス供給配管部品、消耗品(実験試薬等)
旅費	3,900,898	学会参加旅費等
謝金・人件費等	5,087,475	実験補助員雇用
その他	938,215	学会参加費等
直接経費計	31,128,793	
間接経費計	9,300,000	
合計	40,428,793	

4. 当該年度の主な購入物品(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
ガス供給配管部品	CS-18713	1	577,500	577,500	2013/9/4	東北大学
				0		
				0		