

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：16201

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H02918

研究課題名(和文)イオン液体を活用したマイクロスケール教材開発

研究課題名(英文)Development of teaching material for Small Scale Chemistry

研究代表者

高木 由美子(Takagi, Yumiko)

香川大学・教育学部・教授

研究者番号：50263413

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,470,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、環境調和型イオン液体の合成、特に生分解性イオン液体が合成できると考えられる生体分子に注目した新規イオン液体の合成研究を行い、得られたイオン液体を含め、児童・生徒に扱いやすい教材を用いたマイクロスケール実験を実施し、ユニバーサルな化学実験教材の提示手法を確立することを目的とし、また開発した教材を広く国内外で紹介するなど、広く一般に対して化学への啓蒙活動を行うことを計画した。セルロース単位を含むイオン液体の合成に成功し、イオン液体の構造と熱的特性の関連について詳しく調査することができた。実験教材は広報・成果公開活動としてサイエンス展での提示教材の作成と、そのマイクロスケール化に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、今まで存在しなかった新規イオン液体を合成し、また、液体状態の物質では明らかにすることが困難であったイオン液体の構造と熱的特性の関係に関する知見を得ることができた点であり、社会的意義は、マイクロスケール教材化に代表される独自性の高い教材開発の実施、毎年2000人を超える参加者に対して、年に二回以上のサイエンス展の実施という形でその成果公開を幅広く運営することができた点である。素材開発と教材化を連携して同じグループで実施し、その研究成果をより効果的に生かした形で教育分野の開発を行い、広く国内外で一般に成果公開する方法を例示することができたと考えている。

研究成果の概要(英文)：Ionic liquids have several properties, flame-retardant, non-volatile, high ionic conductivity, and wide liquid temperature range. The purpose of this study is 1) to synthesize environmental-friendly ionic liquids, 2) conducting microscale experiments using easy-to-use teaching materials and 3) establishing a method for presenting universal teaching materials for chemistry experiments, 4) introducing the developed teaching materials widely in Japan and overseas. We succeeded in synthesizing novel ionic liquids containing biodegradable parts. There was interesting relationship between the structure of ionic liquids and thermal properties. We organized two science exhibitions each year. During the science exhibition, the principle was easy to understand for participants and we devised them so that many participants could experience them. The experimental teaching materials we developed were made into microscales and presented as public relations and results publication activities.

研究分野：化学教育

キーワード：イオン液体 マイクロスケール実験 サイエンス展

様式 C - 19, F - 19 - 1, Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

塩は通常、高沸点、親水性でありほとんどの塩は熔融状態にするために数 100 の加熱が必要である。ところが室温で液体状態をとる塩が存在する。この室温で熔融状態を取る塩は、「イオン液体」と呼ばれている。イオン液体は超難燃性、ほぼ不揮発性であり、イオン電導性が高く、液体温度範囲が広い。たとえば、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムテトラフルボウ酸 ([bmim]BF₄) は、450 を超えても液体状態を維持し、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムヘキサフルオロリン酸 ([bmim]PF₆) は、融点 (6.5) 以下に冷却しても過冷却状態となって、固化しない。さらに一方の置換基をブチル基からヘキシル基に変化させると、融点が-73.5 と劇的に下がり、液体状態を保っている。さらに高圧下でも蒸発しないため、このように過酷な条件下でも、液体状態を保つ性質を利用して、地下を掘削するドリルの潤滑液や、人工衛星に搭載する実験が進められている。

また、溶媒は化学反応の要であり、合成反応の場では様々な有機溶媒が用いられている。しかし有機溶媒はその特性上、揮発性、可燃性であるものが多い。また、親油性のものも多く、その性質を自由に改変することは困難である。もし、不揮発性で難燃性の有機溶媒があればその有用性は高い。イオン液体は、まさにそのような不揮発性、難燃性を示し、しかもカチオンとアニオンの組み合わせで、水に溶けるもの、有機溶媒に溶けるもの、水にもヘキサンにも溶けないものなど、その性質を変化させることができるため、デザイナー溶媒などとも呼ばれている。すなわち、イオン液体は従来にない第三の溶媒という観点から活発に研究がなされている。

研究代表者らは、有機合成化学者としての立場からイオン液体を活用し、「イオン液体を活用した新規液晶分子の合成研究」を行ってきた。また、その機能性材料としての有用性を生かした磁性イオン液体に着目した研究を実施してきた。以前は、強磁性を持つ液体は理論的に存在しないとされており、類似物としてフェライトなどの微粒子を水やケロシンなどの母液に分散させた懸濁液である磁性流体しか知られていなかった[2]。新しい物質である磁性イオン液体は、磁性流体とイオン液体の性質を併せ持ち、イオン対が連続した液体であり、その有用性を生かし、医療・新素材の分野など様々な応用が期待されている。また、イオン液体研究において環境に配慮した生体材料を用いた例では、アミノ酸を用いたイオン液体の合成研究や、イオンゲルの活用が有名である。日本の教科書には、イオン液体を新素材のトピックスとして紹介しているものもある。しかし、小中高等学校の教員が気軽に活用できるような報告例は十分ではなく、環境素材といっても、マイクロスケール実験に応用した報告例はない。

磁性イオン液体に関しては、ランタニドを含むものが高い磁性を示すことが知られており、申請者らは、鉄(III)イオンを含む磁性イオン液体(トリスクロロエチルスルホナト鉄(III)酸1-ブチル-3-メチルイミダゾリウム)の合成に成功し、それは高スピン Fe(III)の $S = 5/2$ から予想される値よりもかなり大きな磁気モーメント、すなわち強い磁性を持つことを見出した[2]。この値は、現在市販されているものよりも、強磁性を示している(室温 $\mu_{\text{eff}} = (8\chi T)^{1/2} = 6.41\mu\text{B}$)。ICP、UV-Vis の測定結果より、その機能発現にアニオン部分の立体構造が影響を及ぼしていることが示唆され、種々検討を行ってきた。実験教材を開発する上で、少量で磁石に強く引き寄せられるという児童生徒が強く興味を引きつけられると考えられる教材の特性を開発し、入手しやすい材料を用い、また、新素材を教育教材として活用するということは、科学教育を普及させる上での核心的かつ重要な特性である。

2. 研究の目的

「イオン」に関する教育内容は、先行の学習指導要領では高等学校で学習することになっており、現在大学に在学している学部生は高等学校で化学を学習しなかった場合、イオンの概念を学習する機会に恵まれることなく今日に至っている。現行の学習指導要領では「イオン」が復活し、また、以前は高等学校で学習していた「電池」も中学校で学習する。イオン液体は電池の電解液としても有用であり、イオンの学習の興味関心を喚起するのに最適な物質である。研究代表者らは教育学部での活動を生かし、それを更に進めることを計画した。これまでも高等学校での出張事業や、教員研修を通じて、イオン液体を日本で先駆けて紹介することにより、興味を引く素材であることの強い手応えを感じている。今までにない新しい物質の扉を開くイオン液体の化学は、その不思議さから、高校生や大学生、高校生を育てる教員の物質の不思議や化学への興味を喚起することが期待でき、環境に負荷を与えないイオン液体は環境に留意したモデル研修プログラムを提案できる。また、最先端の研究成果を、直接小中高の児童生徒や教員に効果的に紹介するとともに広く一般に公開する先例を示すことにより、今日、化学分野で強く求められている化学の面白さを効果的に一般に提示するモデルケース(啓蒙活動)になるものと考えている。

本研究の独創性は今まで存在しなかった新規イオン液体を研究代表者らが合成し、教材化することや独自性の高い研修教材開発の実施、その公開を幅広く行うこと計画している点である。また、素材開発と教材化を連携して同じグループで行うという点に特徴があるだけではない。特定領域研究に従事した経験のある研究者や海外研究協力者と連絡を密にし、その研究成果をより効果的に生かした形で教育分野の開発を行い、一般に成果公開する方法を例示することにもあると考えている。海外学術協定校との共同研究における ICT を活用した教材作成はさまざまな方面への汎用性が高いことから、従来の成果公開とは一線を画している。第一線で研究する研究者にとって教育・成果公開分野は時間的な制約があるが、新領域の成果を研究者自身が効果的に例示できる道筋をつけることは、有用な成果を幅広く普及するために重要でありチャレンジ

ングなテーマである。

3. 研究の方法

本研究を推進することによって得られる効果は以下の①～③の効果と期待できると考え着手した。

(1) 学術効果

新規イオン液体またはイオン液体の新たな活用方法を見出すことにより、学部学生及び中・高等学校教員を対象に行うインターネットを用いた科学実験の海外共同教育実践を実施する。マイクロスケール実験は、中等教育で行われる科学の導入から最先端のナノテクノロジーや、分子生物学への掛け渡しをする、また、様々な経済・教育事情のある国全てに適用できる技術手法である。

(2) 教育的効果

学部学生及び中・高等学校教員の科学に対する基礎的技術の向上並びにインターネットを用いた交流事業を通じて科学や国際交流に関する効果的な意識改革が見込める。

(3) 社会的効果

成果は、地域貢献事業としてサイエンス展で公開する。地域貢献が出来るとともに、日本・米国など、外国の教育システムを相互に紹介することにより交流事業の推進も図ることが出来る。

室温で液体状態を示す塩を意味する「イオン液体」という用語が、2004年に初めてイオン液体研究会で定義されてから今日までイオン液体の合成、機能性等に関する学術的報告は多数に登る。しかし、教育的研究は日本では十分なされておらず、外国でも、イオン液体の優れた物理化学的な性質を生かした科学技術の特性や科学理論、および科学技術との関係についての報告はなされているが、合成例を含むものはほとんどない。本研究グループであれば、最先端の研究成果を踏まえ、児童生徒に興味を持たせるポイントを押さえながら教材を合成し、我々の視点で地域貢献活動や研修活動に応用できると考えた。

脱石油資源や環境保護の観点からセルロースなどの天然素材の有効活用が幅広く求められるようになってきている。セルロースは、環境調和型再生可能な高分子素材であり、その有効利用が重要視されているが、熱分解温度以下では融解せず、また、セルロース溶解能の高い溶媒は、汎用の単一有機溶剤では、その効果が十分でなく、高分子材料として利用するには成形加工やその用途が限定されている。いくつかのイオン液体は穏和な条件下でセルロースを溶解することが報告されている。生分解性素材としてのセルロースに着目してセルロース溶解を手がかりに研究を進めていくこととした。

4. 研究成果

(1) イオン液体によるセルロース溶解特性

地球上に豊富に存在するセルロースは、従来から、紙や、再生繊維、医薬品の添加物などとして利用されてきた。しかし、人間の産業活動に活用しているセルロースは、地球上に存在するセルロース 700 兆トンのうちわずか 1 億トンといわれている。セルロースのエネルギーとしての利用は枯渇が危ぶまれている化石燃料の代替としても喫緊の課題のひとつである。セルロースの活用が進まない理由の一つにセルロースが非常に安定な高分子であることが挙げられる。イオン液体は、2002年にロジャーらによって、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムクロリドが、セルロースを溶解することが報告された[3]。近年では、室温でセルロースを溶解するイオン液体も数多く見出されており、本研究室でも、今まで、セルロースを溶解しないとされていたスルホナート系イオン液体の中から有力な候補を見出し、その合成に成功した [4,5]。

イオン液体によるセルロースの溶解メカニズムは、数多くの研究がなされている。最近では、SPring-8 での X 線散乱実験や分子動力学シミュレーションによりセルロースがイオン液体に分子レベルで溶解していることが報告された[6]。イオン液体の溶解のメカニズムや、合成したイオン液体の評価方法を確立するために、熱的特性を活用することに着目し、イオン液体の機能的性質を明らかにする手法として、イオン液体の構造と熱的特性の関連について詳しく調査した。現存している市販の DSC や DTA などの熱分析汎用機は、固体の熱的特性を明らかにすることを想定した機器であり、液体を簡便に熱分析する手法はまだ開発されていないため、種々の市販のイオン液体について熱分析を行い、その特性を明らかにした。特に、セルロースの溶解特性と熱的特性の相関について検討し、Bmim 系、Emim 系のイオン液体では、その熱安定性が低いほどセルロース溶解能が高いということ知見を見出した。

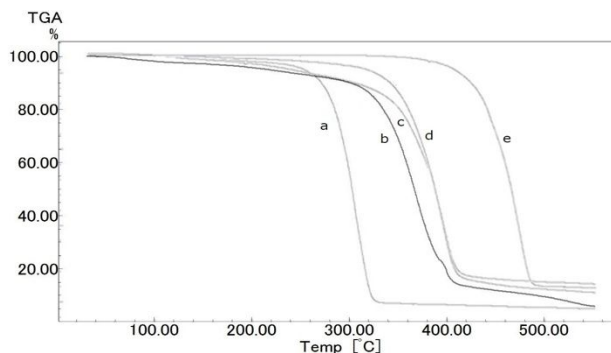


Figure1 Results of DTA analysis. a:[Emim]Cl b:[Emim]MeSO₄ c:[Emim]EtSO₄ d:[Emim]HSO₄ e:[Emim]TFSI

(2)イオン液体のマイクロスケール実験広報活動

大学教育における化学や生化学は 21 世紀に入り大きく変容した。学術的な進歩は言うまでもないが、使用器具においてもその変化は目覚しく、ガラスだけではなくポリプロピレンなどのプラスチックが多用されている。安価に入手できるセルプレートやシャーレを用いることによりアイデアさえあれば、どんな実験装置も安価で安全なものを作成することができる。「Small Scale Chemistry」[7]あるいは「Microscale Chemistry」[8]と呼ばれている環境調和型マイクロスケール実験は、実験化学に学生を参加させるための革新的で興味深いアプローチであり、実験室での指導に関連するほとんどの問題の解決策を提供する。採択期間中、7 月(大学 2 年基礎化学実験)、8 月(免許更新講習)、11 月(全学 1 年自然科学実験)、1 月(教育学部 2 年特別講義)に、開発した教材を活用してマイクロスケール実験の普及活動を実施した。また、地域貢献事業としてのサイエンス展を採択期間中、夏 7 月または 8 月、秋 10 月の年二回実施した。サイエンス展では、年度によって異なるが、幼児、児童、生徒とその保護者が参加し、香川大学理系分野学部・近隣の大学・高等学校、協力企業との合同開催(夏期)香川大学教育学部(秋期)と共同で開催し、1,000 人規模の参加者が訪れるなど、一定の広報活動が行えたものと考えている。

(3) ワークショップの開催

マイクロスケール化に着目した教材開発は、アメリカ・コロラド州立大学、タイ・チェンマイ大学との共同研究を継続し、また、開発した教材を用いて様々なワークショップを開催して成果公開を順次行った。それらの報告は、香川大学国際交流報告書にて報告している。2020 年度は、4 月からの実験授業が全て遠隔授業になり、すでに、テキストの作成に着手していたこともあり、従来型の実験を全てマイクロスケール実験に移行した。マイクロスケール化にすることで、場所、時間の制約が解消され、今後全ての大学で、最も必要となってくる遠隔授業や非対面授業でも、化学実験を行うことが可能になった。小中高の教材として展開するために、免許更新講習での教材としても活用した。今後は、更なる普及を目指して、研修事業展開を進めていきたいと考えている。

参考文献

- [1] 物理学最前線 23 巻, p 55, 大槻 義彦編, 浅野 肇, 後藤 金英, 下田 正著, 共立出版 1989, ISBN:978-4-320-03255-2
- [2] Takagi, Y.; Kusunoki, Y.; Yoshida, Y.; Tanaka, H.; Saito, G.; Katagiri, K.; Oshiki, O. *Aust. J. Chem.* 2012, 65, 1557.
- [3] Swatloski, R. P.; Spear, S. K.; Holbrey, J. D.; Rogers R. D. *J. Am. Chem. Soc.*, 2002, 124, 4974(2002)
- [4] Fukaya, Y.; Hayashi, K.; Wada, M.; Ohno, H. *Green Chem.*, 10, 44(2008)
- [5] Ohira, K.; Yoshida, K.; Hayase, S.; Itoh, T. *Chem. Lett*, 41, 987(2012)
- [6] Fujii, K; Ueki, T; Hashimoto, K; Kobayashi, Y; Kitazawa, Y; Hirose, K; Matsugami, M; Ohara, K; Watanabe, M; Shibayama, M. *Macromolecules*, 50, 4780(2017)
- [7] S. Thompson, CHEMTREK-Small Scale Experiments for General Chemistry, Prentice Hall, Pearson College Div., 1993, ISBN 9780738093239
- [8] 荻野 和子編著, マイクロスケール化学実験 マイクロスケール実験の広場から, 日本化学会, 2003; 化学と工業, 61, 448(2008)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yumiko Takagi	4. 巻 5
2. 論文標題 The Inclusive Classroom: strategies for effective Instruction.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sikkhana, Special issue, ISBN 2350-9503	6. 最初と最後の頁 1-144
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 高木由美子他 2 7名	4. 巻 36
2. 論文標題 ICTを活用したアクティブ・ラーニング教材開発	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 香川大学教育実践総合研究	6. 最初と最後の頁 47-54
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Naomi Hosoda; Yumiko Takagi; Miyuki Katoh; Salmah Hj Mohd Noor; Rajiah binti Hajo Serudin Roseyati Yaakub; Nik A. A. Tuah; Masaaki Tokuda	4. 巻 6
2. 論文標題 Nutrition Education in Brunei Darussalam Current Status and Challenges	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Journal of Kagawa University International Office	6. 最初と最後の頁 1-14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Naomi Hosoda; Yumiko Takagi; Miyuki Katoh; Salmah Hj Mohd Noor; Rajiah binti Hajo Serudin Roseyati Yaakub; Nik A. A. Tuah; Masaaki Tokuda	4. 巻 28
2. 論文標題 School based nutrition education in Japanese children	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Asia-Pacific Journal of Public Health	6. 最初と最後の頁 ASAP
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 笠 潤平; 磯田 誠; 高橋 尚志; 青木 高明; 大浦みゆき; 佐々木 信行; 高木 由美子; 小森 博文; 高橋智香; 松本 一範; 篠原 涉; 稗田美嘉; 松村雅文; 寺尾 徹; 北林 雅洋	4. 巻 65
2. 論文標題 小学校理科の新課程教科書の研究: 実験・観察例を中心に	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 香川大学教育学部研究報告第2部	6. 最初と最後の頁 53-66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sermkiat Jomjunyong; Yumiko Takagi	4. 巻 6
2. 論文標題 Overview of the Fifth CMU-KU Joint Symposium	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Journal of Kagawa University International Office	6. 最初と最後の頁 77-79
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計34件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 15件)

1. 発表者名 久保孝介、高木由美子
2. 発表標題 新規イオン液体を用いた磁性イオン液体の合成とその教育的応用に関する研究
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会(2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 別所 遥、高木由美子
2. 発表標題 セルロース溶解能を有するイオン液体を用いた環境調和型材料の研究
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会(2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高木由美子他
2. 発表標題 ICTを活用したアクティブ・ラーニング教材開発
3. 学会等名 学部・附属学校園教員合同研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笠 潤平、高木由美子他
2. 発表標題 科学的探究能力を伸ばすための指導と評価の研究
3. 学会等名 学部・附属学校園教員合同研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久保孝介、高木由美子
2. 発表標題 環境に優しい教材開発ー地域貢献サイエンス展への適用
3. 学会等名 日本化学会中国四国支部大会2018,
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kousuke Kubo, Yumiko Takagi,
2. 発表標題 Preparation and Determination of Physicochemical Properties of Magnetic Ionic liquids,
3. 学会等名 APCIL (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yumiko Takagi, Tomohiro Hirao, Nobuyuki Miyatake, Masaaki Tokuda, Masahiro Ogawa, Nik Anni Tuah, Hjh Fazean Irdyati binti Idris
2. 発表標題 Proposal on Dietary Education Research and Dietary Habits Research in East Asia Countries- International Contribution through Comparative Study of Diabetes and Obesity
3. 学会等名 7th Kagawa University-Chiang Mai University Joint Symposium 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nik Anni Tuah, Yumiko Takagi
2. 発表標題 School Based Nutrition Education Research Visit from Kagawa University
3. 学会等名 Japanese Cooking Class For Teachers' Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 別所 遥; 太田 基貴; 高木由美子
2. 発表標題 環境に優しい教材開発ー児童対象サイエンス展への適用
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹岡里菜; 藤川裕人; 高木由美子
2. 発表標題 種々の磁性イオン液体の合成とその物性に関する研究
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 久保 孝介; 高木由美子
2. 発表標題 地域貢献における化学教育ーイオン液体を活用した教材開発
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 太田 基貴; 高木由美子
2. 発表標題 セルロース溶解能を有するイオン液体を用いた環境調和型材料の研究
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yumiko Takagi; Nik AA Tuah; Masaaki Tokuda
2. 発表標題 Nutrition Education at Schools : Current Status and Challenges
3. 学会等名 6th NCYU-KU Workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福井信夫; 渡邊圭吾; 高木由美子
2. 発表標題 新規磁性イオン液体の合成とその物性に関する研究
3. 学会等名 第40回フッ素化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高木由美子
2. 発表標題 Green Chemistryの観点による化学実験 イオン液体の科学
3. 学会等名 第9回国際マイクロスケール実験シンポジウム・マイクロスケールケミストリー（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹岡里菜；高木由美子
2. 発表標題 種々の磁性イオン液体の合成とその物性に関する研究
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 荻野和子；井上 正之；猪俣 慎二；小俣 乾二；栗山 恭直；猿渡 英之；東海林 恵子；関根 勉；高木由美子；吉野 輝雄
2. 発表標題 グリーン化学実験の普及
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渡邊圭吾；高木由美子
2. 発表標題 セルロース溶解能を有するイオン液体を用いた環境調和型材料の研究
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤川裕人; 高木由美子
2. 発表標題 地域貢献における化学教育－サイエンス展の企画と地域への発信
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 太田基貴; 高木由美子
2. 発表標題 地域貢献における化学教育－イオン液体を活用した教材開発
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高木由美子; 高橋尚志; 大浦みゆき; 佐々木信行; 高橋智香; 稗田美嘉; 松村雅文; 笠潤平; 若林教裕; 鷲辺章宏; 渡邊広規
2. 発表標題 ICTを活用したアクティブ・ラーニング教材開発
3. 学会等名 学部・附属学校園教員合同研究集会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高木由美子; 細田; 加藤 みゆき; 徳田 雅明
2. 発表標題 リバーゼを用いた希少糖誘導体の合成と希少糖の栄養教育的応用
3. 学会等名 第18回 生体触媒化学シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 TAKAGI Yumiko
2. 発表標題 Chemo-enzymatic Synthesis of Efficient Chiral Building Blocks Using D-Allose and Application for Dietary Education
3. 学会等名 The Fifth Chiayi-Kagawa University Workshop (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yumiko Takagi; Naomi Hosoda; Miyuki kato; Masaaki Tokuda
2. 発表標題 Chemo-enzymatic Synthesis of Efficient Chiral Building Blocks Using D-Allose and Application for dietary education
3. 学会等名 Rare Sugar Congress 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 TAKAGI Yumiko
2. 発表標題 Creation of A Sustainable Inter-Cultural Exchange Program - Consideration of the CSU-KU International Program
3. 学会等名 The 6th Joint Symposium between Chiang Mai University and Kagawa University (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Rina Takeoka; Nobuo Fukui; TAKAGI
2. 発表標題 Preparation and Determination of Physicochemical Properties of Novel Magnetic Ionic liquids
3. 学会等名 The 6th Joint Symposium between Chiang Mai University and Kagawa University (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Nobuo Fukui; Rina Takeoka; Keigo Watanabe; TAKAGI Yumiko
2. 発表標題 Preparation and Determination of Physicochemical Properties of Novel Magnetic Ionic liquids
3. 学会等名 The 26th EUChEM Conference on Molten Salts and Ionic Liquids (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 福井信夫; 高木由美子
2. 発表標題 FeCl ₄ を含む磁性イオン液体の合成とその物性に関する研究
3. 学会等名 日本化学会第96春季年会(2016)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 渡邊圭悟; 高木由美子
2. 発表標題 地域貢献における化学教育－磁性イオン液体を活用した教材開発
3. 学会等名 日本化学会第96春季年会(2016)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masaki Yasui; Yumiko Takagi
2. 発表標題 Development of environmental-benign ionic liquids with dissolution ability of cellulose
3. 学会等名 Pacifichem 2015 (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Risa Nishida; Yumiko Takagi
2. 発表標題 Development of environmental-benign teaching materials using ionic liquids
3. 学会等名 Pacifichem 2015 (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Nobuo Fukui; Yumiko Takagi
2. 発表標題 Preparation and characterization of novel magnetic ionic liquids
3. 学会等名 Pacifichem 2015 (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Nobuo Fukui; TAKAGI Yumiko
2. 発表標題 Preparation and Determination of Physicochemical Properties of Novel Magnetic Ionic liquids
3. 学会等名 The 21st International Symposium on Fluorine Chemistry & 6th International Symposium on Fluorous Technologies (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Masaki Yasui; TAKAGI Yumiko
2. 発表標題 Development of Environmental-Benign Materials Using Various Types of Ionic Liquids
3. 学会等名 6th International Congress on Ionic Liquids (国際学会)
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Yumiko Takagi, Ed. Tomoko Matsuda	4. 発行年 2017年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 300
3. 書名 Future directions in_biocatalysis, 2nd edition	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	荻野 和子 (Ogino Kazuko) (40004353)	東北大学・医学系研究科・名誉教授 (11301)	
研究 分担者	佐々木 信行 (Sasaki Nobuyuki) (60170685)	香川大学・教育学部・教授 (16201)	