

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 5 月 25 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K05622

研究課題名(和文) 生体物質が切り拓くイオン液体研究のパラダイムシフト-高機能性食品へ-

研究課題名(英文) Paradigm Shift in Ionic Liquid Research Induced by Biological Materials

研究代表者

北岡 賢 (Kitaoka, Satoshi)

近畿大学・工学部・准教授

研究者番号：50457602

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：生体物質のみで構成されるイオン液体を開発した。生体物質の中には、容易にアニオン、カチオンに変換できる物質が多く、その組み合わせによりイオン液体化するものが無数に存在する。本研究では、GABA型イオン液体、有機酸型イオン液体、イオン液体の一種である深共晶溶媒へのGABA、有機酸の展開した研究を行った。これらイオン液体が組み合わせる生体物質の種類と比率により液体になりやすい条件を見出すことができた。また、それらイオン液体をHela細胞に添加した細胞親和性試験を行い、安全性を確認した研究を展開し、高機能性食品として応用可能であることを示すことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

イオン液体は天然には存在しない完全な合成物である。本研究では、生体物質のみで構成されたイオン液体を提案する。アニオンとして、またはカチオンとして天然物質を利用した例は存在するが、その両方を天然物質で構成した例はほとんど報告されていない。本研究は、アニオン、カチオンともに生体物質で構成されるイオン液体を合成する学術的意義の高い研究である。また、2つの生体物質から塩を形成することで、体内吸収率が高くなるメリットを活かし、高機能性食品として展開する。申請研究で提案するイオン液体は、食品化学、医薬創薬に加え、有機合成化学など幅広い分野に波及する学術的に推進すべき重要な研究である。

研究成果の概要(英文)：We have developed ionic liquids composed solely of biological substances. Many biological substances exist as anions and cations, and there are countless combinations of these substances that can become ionic liquids. In this study, we developed (1) GABA-type ionic liquids, (2) organic acid-type ionic liquids, and (3) GABA and organic acid-type deep eutectic solvents (deep eutectic solvents are ionic substances that are liquid at room temperature and are a type of ionic liquid with properties similar to ionic liquids). The melting point of ionic liquids depends on the type and ratio of the biomaterials to be combined. Cell affinity studies were also conducted with those ionic liquids added to Hela cells. The safety was confirmed, and it was possible to show that ionic liquids consisting of only biological substances can be applied as high-functional foods.

研究分野：有機化学

キーワード：イオン液体 深共晶溶媒 グリーンケミストリー

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

「イオン液体は天然には存在しない。」それが常識である。しかし、本当にそうなのだろうか。近年、北アメリカにアルカロイドの毒を持つ外来の蟻の侵入が確認された。この蟻と通常の蟻の戦闘後に、互いの毒(アルカロイドとギ酸)による中和産物の塩が液体(イオン液体)である事が報告された。(J. H. Davis Jr., *Angew. Chem. Int. Ed.*2014) つまり、2種が組み合わせられた物とはいえ、天然にイオン液体が存在した事になる。発見されていないだけで数多くの天然イオン液体の可能性が示唆された。健康効果の高い生体物質のみでイオン液体を構成すれば、体内への取り込みへの抵抗感は少なく、併せてイオン液体の高い体内吸収能を考慮し、「食べる」イオン液体という新しい研究分野を着想した。

2. 研究の目的

健康食品としてサプリメント等に添加される生体物質をイオン液体化することで、体内吸収率を向上させた高機能性食品を創出する。クエン酸回路を構成する有機酸、ダイエット効果の有るカルニチンや、ストレス解消に効果のある GABA などの生体物質はサプリメント等に広く応用されている。本研究では、これら生体物質が容易に塩に変換可能なことを利用し、体内吸収率を向上させるためにイオン液体化する。具体的には、i)生体物質のみで構成されるイオン液体の合成、ii)物性評価、iii)細胞親和性試験を行い、安心して摂取できる高機能性食品を視野に入れた基礎研究を確立する。

3. 研究の方法

(1) イオン液体、深共晶溶媒の合成と基礎物性調査：本項目では複数の生体物質を組み合わせることで塩を形成する。作成した塩が液体になるか固体になるか調査し、融点、粘度を評価する。

①生体物質のみで構成されるイオン液体、深共晶溶媒の開発：リラックス効果のある GABA、クエン酸回路に関与する有機酸(リンゴ酸、クエン酸、コハク酸、フマル酸等)と、生体物質であり、融点の低下に効果的なコリンクロリドやアセチルコリンクロリドなどを組み合わせてイオン液体を合成する。合成法としては中和法を採用する。この手法は副生成物が水のみでクリーンである。本方法は既に予備実験で確立されている。また、イオン液体の一種である深共晶溶媒は、混合するだけで容易に調整できる利点を活かし、生体物質を深共晶溶媒化する。

②生体物質のみで構成されるイオン液体の基礎物性の評価：得られたイオン液体の基礎物性を評価する。評価項目は、融点、粘度である。食品加工を視野に入れているため、融点と粘度は非常に重要である。得られた塩が液体であった場合、液体の塩は、溶解性、体内吸収率の高さに加え、バイオアベイラビリティ、安定性、体内伝達法の豊富さ、結晶多形が無く効能が安定している等、固体の塩に比べ有利な点が非常に多い。また、有機酸の中には、リンゴ酸、マレイン酸の様な二酸、クエン酸の様な三酸も存在し、それらのイオン化度の違いが物性に与える影響に興味を持たれる。

(2) イオン液体の細胞性評価：開発したイオン液体、深共晶溶媒の細胞親和性を評価する。細胞親和性は、イオン液体や深共晶溶媒を構成する2つの生体物質と同程度であれば問題ないと考える。各種イオン液体、深共晶溶媒の細胞親和性を評価する。細胞としては、ヒト細胞のモデルとして広く用いられる HeLa 細胞を選択する。HeLa 細胞を 10%FCS-MEM 培養地に 24 時間前培養し(50 μ L)、イオン液体や深共晶溶媒を 1,3,5,10,30,100 mM 添加し(100 μ L、1X1000 cells/well)、5%CO₂、37°Cで 72 時間培養した後の細胞数を WST-1 アッセイにより細胞生存数を評価した。イオン液体や深共晶溶媒をイオン液体、深共晶溶媒を構成するそれぞれの生体物質を比較対象とし、生体物質と同程度の細胞毒性であれば、細胞毒性は問題無いと判断する。

4. 研究成果

(1) イオン液体、深共晶溶媒の合成と基礎物性調査

①GABA 型イオン液体の合成と基礎物性

GABA をイオン液体化するには、融点の低下が課題である。通常、イオン液体を低融点化するには、カチオンまたはアニオンへの非対称な構造の導入が有効である。GABA はアミノ酸なので、塩基との中和により、カルボキシレート(アニオン)になる。そこで、カチオンに、非対称アンモニウムを選択し、GABA のイオン液体化を目指した。カチオンに、非対称で短鎖のアルキル基をもつ N₂₂₂₄、長鎖のアルキル基をもつ N₄₄₄₆、対称の N₂₂₂₂、生体内に存在するコリン、融点の低下をもたらしやすいイミダゾリウム型の C_{2mim} を選択し、GABA 型イオン液体の低融点可に重要なカチオン構造を探索した(図1)。

合成したイオン液体のうち[N₂₂₂₄][GABA]、[N₄₄₄₆][GABA]、[C_{2mim}][GABA]は液体化することが分かった(図2)。残念ながら生体物質のみで構成される[Choline][GABA]が固体であった。室温で固体となった要因としては、コリンのアルキル末端の OH 基が存在することで、分子内水素結合が働いたためと考えられる。また、[N₂₂₂₂][GABA]が固体になったのは、カチオンが対称であるため、結晶性が増加したと考えられる。これらイオン液体の相転移挙動を調査するため、DSC 分析を行った(表1)。

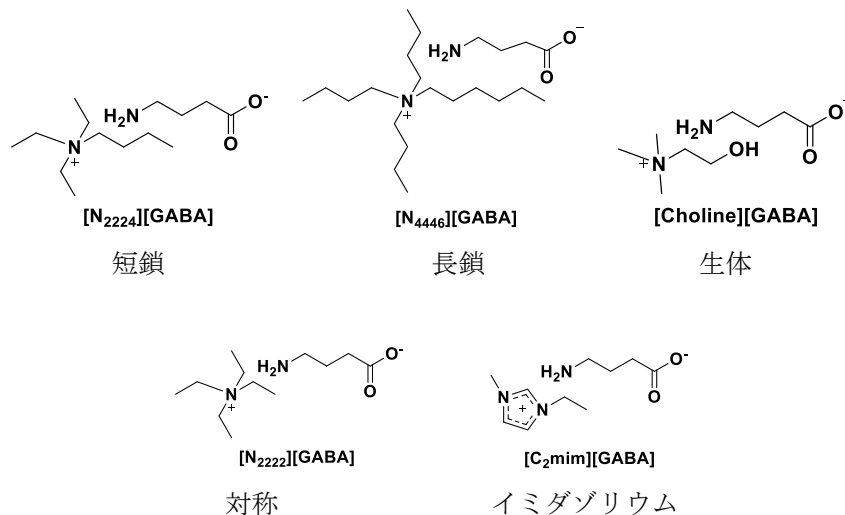


図1 GABA型イオン液体の構造

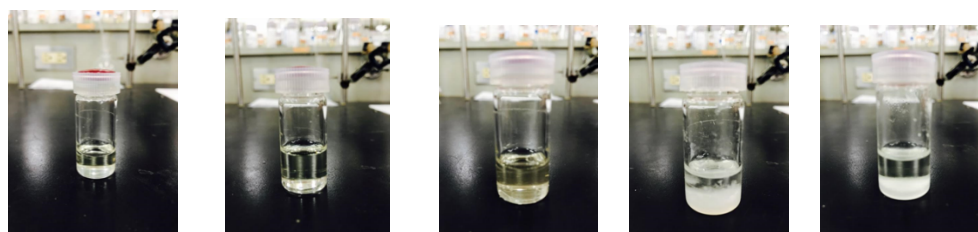


図2 合成した GABA 型イオン液体の写真

表1 GABA型イオン液体のガラス転移温度と融点

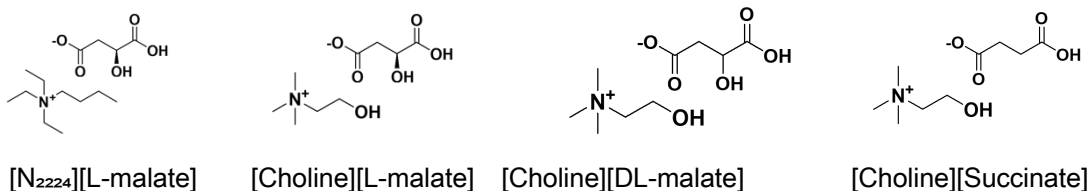
イオン液体	T _g / °C	T _m / °C
[N ₂₂₂₄][GABA]	-65	-
[N ₄₄₄₆][GABA]	-50	-
[N ₂₂₂₂][GABA]	-67	-
[Choline][GABA]	-67	-
[C ₂ mim][GABA]	-65	-

どのイオン液体も DSC サーモグラフに融点は観測されず、ガラス転移温度のみ観測された。また、どのイオン液体も、ガラス転移温度は、-50~-70°C付近であった。イオン液体は、融点の低いものほど、結晶化しづらく、DSC 上に明確な融点のピークがみられない場合が多いが、GABA 型イオン液体もその傾向にあると考えられる。室温で固体であった、[Choline][GABA]、[N₂₂₂₂][GABA]も完全な固体ではなく、液体がゆっくり固体化したもの(図2)であり、結晶になりにくい固体であるといえる。これは、GABA 型イオン液体の構造の複雑さから、結晶構造をとりにくいと考えられる。

②有機酸型イオン液体の合成と基礎物性

本研究ではリンゴ酸、コハク酸の2種類のジカルボン酸をイオン化し、アニオンとしてイオン液体構造に組み込む。カチオンとしては、非対称的な N₂₂₂₄⁺やコリンなどの生体物質と組み合わせることで、体内吸収率の高い機能性食品の開発を目指した(図3、トリカルボン酸型イオン液体も同様に合成したが、ここでは割愛する)。

合成したイオン液体のうち、[N₂₂₂₄][L-malate]のみ液体となり、他のイオン液体は室温で固体であった。生体物質のみからなるコリン型は残念ながらすべて室温で固体であった。分子内に存在する水酸基が分子内相互作用を向上させるためと考えられる。



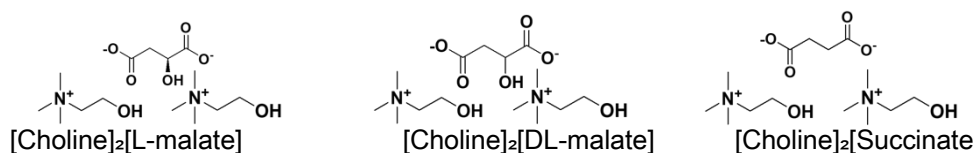


図3 ジカルボン酸型イオン液体の構造

表2 ジカルボン酸型イオン液体のガラス転移温度と融点

イオン液体	$T_g / ^\circ\text{C}$	$T_m / ^\circ\text{C}$
[N ₂₂₂₄][L-malate]	-52	14
[Choline][L-malate]	-33	-
[Choline] ₂ [L-malate]	-61	-
[Choline][Succinate]	-77	-
[Choline] ₂ [Succinate]	-68	87

これらイオン液体の相転移挙動を調査するため、DSC分析を行った(表2)。リンゴ酸はイオン化度合いを大きくするとガラス転移温度 $T_g/^\circ\text{C}$ が低くなった。逆に、コハク酸は逆にイオン化度合いを大きくするとガラス転移温度 $T_g/^\circ\text{C}$ が高くなることがわかった。リンゴ酸が非対称的な構造をもち、コハク酸は対称的な構造をもつことからこのような違いが見られたと考えられる。

③GABA型深共晶溶媒の合成と基礎物性

イオン液体においては、生体分子であるコリンとの組み合わせでは液体物質を得ることができなかった。そこで、イオン液体の一種である深共晶溶媒に展開した。深共晶溶媒は水素結合ドナー(HBD)とアクセプター(HBA)の化合物を混ぜることで室温で液体となる化合物である。HBDとしてGABAを、HBAとして生体物質のアセチルコリンやカルニチンを使用し、各々1:1のモル比で混合することでGABA型深共晶溶媒の開発を試みた(図4)。

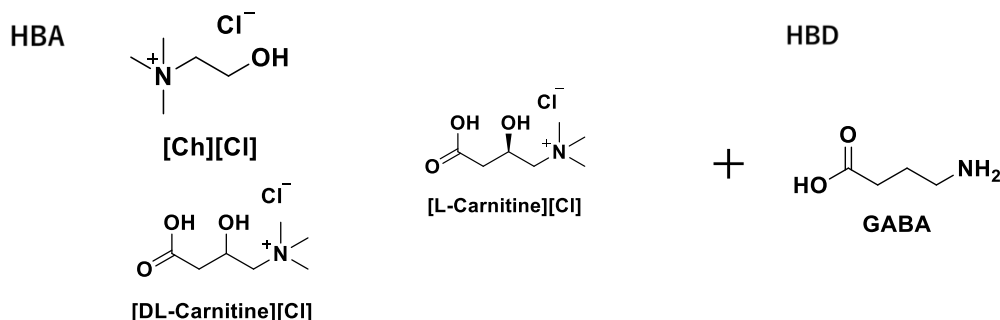


図4 GABA型深共晶溶媒の合成に使用したHBAとHBD

GABAと[Choline][Cl]、[Acetylcholine][Cl]、[DL-Carnitine][Cl]、[L-Carnitine][Cl]を1:1で乳鉢上で混合し、2~3hすりつぶした。[DL-Carnitine]Cl:GABAと[L-Carnitine]Cl:GABAは室温で液体となり、[Choline]Cl:GABAと[Acetylcholine]Cl:GABAは室温で固体となった。また、これら深共晶溶媒の相転移挙動を調査するため、DSC分析を行った(表3)。固体であった[Ch]Cl:GABAと[Acch]Cl:GABAは融解ピークが観測され、液体の[DL-Carnitine]Cl:GABAと

表3 GABA型深共晶溶媒のガラス転移温度と融点

GABA型DES	$T_g / ^\circ\text{C}$	$T_m / ^\circ\text{C}$
[Ch]Cl:GABA	-	70
[Acch]Cl:GABA	-	115
[DL-Carnitine]Cl:GABA	-16	-
[L-Carnitine]Cl:GABA	-8.6	-

[L-Carnitine]Cl:GABAはガラス転移温度が観測された。固体であった[Ch]Cl:GABAと[Acch]Cl:GABAの融点はそれぞれ70度、115度であった。一見融点が高く感じるが、GABA(203 $^\circ\text{C}$)、[Ch][Cl](305 $^\circ\text{C}$)、[Acch][Cl](150 $^\circ\text{C}$)単独の融点と比較すると、非常に低く、効果的な共晶融点降下が起きていることが明らかとなった。

④有機酸型深共晶溶媒の合成と基礎物性

有機酸としては、イオン液体で検討したジカルボン酸、トリカルボン酸を選択した(ここにはトリカルボン酸の結果のみを示す)。トリカルボン酸を水素結合ドナー(HBD)、非対称アンモニウムの[N₂₂₂₄]⁺や生体物質の[Ch]⁺を水素結合アクセプター(HBA)として構成するDESを合成した。

HBA として[Ch]Cl、HBD として citrate,aconitate を、モル比(HBA:HBD)=(1:1), (2:1), (3:1), (1:2)を乳鉢上で混合し液体になるまですりつぶした。[Ch]Cl:aconitate(2:1),(3:1)、[Ch]Cl:citrate(1:1),(2:1),(3:1)は室温で液体となり、生体物質のみで構成される深共晶溶媒の合成に成功した。一方、[Ch]Cl:aconitate(1:1),(1:2)と[Ch]Cl:citrate(2:1)は固体となることが明らかとなった。更に、液体となった深共晶溶媒の粘度を評価した(表 4)。深共晶溶媒はどのイオン液体と比較して粘度が低くなることが明らかとなった。この他にも、ジカルボン酸やトリカルボン酸をアミノ酸やベタインなどの両性イオンと組み合わせた深共晶溶媒も調整した。

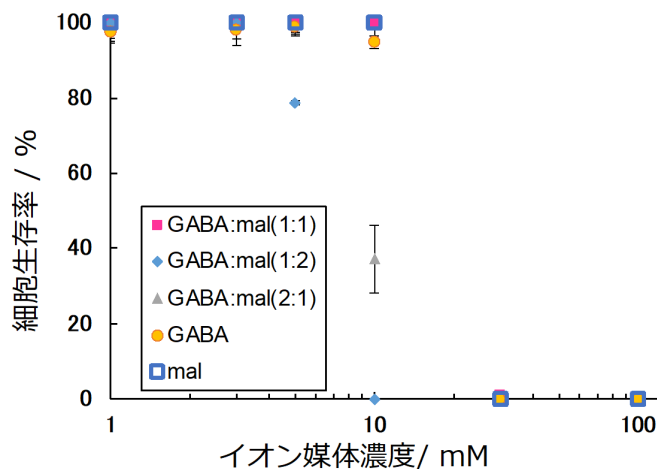
表 4. [Ch]Cl:aconitate,[Ch]Cl:citrate の粘度

DES or IL	η (cP) \Rightarrow at 25°C
[Ch]Cl:aconitate (2:1)	395
[Ch]Cl:aconitate (3:1)	387
[Ch]Cl:citrate (1:1)	1677
[Ch]Cl:citrate (2:1)	927
[Ch]Cl:citrate (3:1)	544
<hr/>	
[N ₂₂₂₄][L-malate]	20690
[Ch][L-malate]	53720
[N ₂₂₂₄][citrate]	15290 ¹⁾
[N ₂₂₂₄] ₂ [citrate]	3284 ¹⁾

¹⁾ 25°Cは粘度が高すぎて測定不可のため65°Cの結果

(2) イオン液体の細胞性評価:

調製したジカルボン酸型深共晶溶媒のなかで GABA ベースの三種の細胞親和性を調査した。細胞としては HeLa 細胞を選択し、HeLa 細胞を 10%FCS-MEM 培養地に 24 時間前培養し(50 μ L)、GABA ベースのリンゴ酸型 DES、GABA、リンゴ酸を 1, 3, 5, 10, 30, 100 mM 添加し(100 μ L, 1X1000 cells/well)、5%CO₂、37°Cで 72 時間培養した後の細胞数を WST-1 アッセイにより細胞生存数を評価した。



細胞: HeLa 初期細胞濃度: 1X1000 cells/well 72 h, 37°C, 5%CO₂

WST-1検出(3h)

図5 GABA:mal の細胞親和性評価

5mM までどの系においても細胞はほとんど生存しているが、30、100mM の添加ではどの系も細胞が生存していないことが分かる(図 5)。10mM では深共晶溶媒の 1:2、2:1 のみ細胞生存率が減っているが、深共晶溶媒の 1:1 とリンゴ酸、GABA 単独は生存率が非常に高い。この理由として、深共晶溶媒の 1:1 では GABA とリンゴ酸が同モル数ずつ溶けており、単独の約 2 倍の量がある。また、深共晶溶媒の 2:1 は GABA が 20 mM、リンゴ酸が 10 mM、合わせて 30 mM 入っていることになるため、単体と深共晶溶媒が同じ濃度条件であっても深共晶溶媒のほうが 2 倍、3 倍の濃度となり条件が厳しいことになる。従って、リンゴ酸型深共晶溶媒はリンゴ酸、GABA 単体と比較して、少なくとも同程度の細胞親和性を有していると考えられる。その他、トリカルボン酸型深共晶溶媒についても、同程度の細胞親和性が明らかとなり、安全性に問題が無いことが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 7件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Nobuoka Kaoru, Sumi Kensuke, Kitagawa Eri, Sato Kenta, Nakamura Ayumi, Kitaoka Satoshi	4. 巻 27
2. 論文標題 Interaction between DNA and cationic metalloporphyrins in ionic liquid solutions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Porphyrins and Phthalocyanines	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1142/S1088424623500487	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 Kitaoka Satoshi, Motohiro Maho, Nobuoka Kaoru	4. 巻 26
2. 論文標題 Optimal structure of acidic ionic liquids for synthesis of tetraphenylporphyrins	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Porphyrins and Phthalocyanines	6. 最初と最後の頁 837 ~ 843
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1142/S1088424622500602	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 Kitaoka Satoshi, Nishinaka Shinnosuke, Nobuoka Kaoru	4. 巻 104
2. 論文標題 Substituent Effects on Physical Properties of Azole Based Ionic Liquids	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 HETEROCYCLES	6. 最初と最後の頁 275 ~ 275
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3987/com-21-14572	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 Kitaoka Satoshi, Hori Tetsuro, Nobuoka Kaoru	4. 巻 45
2. 論文標題 Eco-friendly and Effective Tetraphenylporphyrin Metalation Utilizing Ionic Liquids	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Transactions of the Materials Research Society of Japan	6. 最初と最後の頁 109 ~ 113
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14723/tmrsj.45.109	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Nobuoka Kaoru, Nakamura Ayumi, Sumi Kensuke, Tajima Iio Hiroko, Kitaoka Satoshi	4. 巻 45
2. 論文標題 Constructing Double Helical DNA Supramolecule in Ionic Liquids	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Transactions of the Materials Research Society of Japan	6. 最初と最後の頁 191 ~ 196
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14723/tmrsj.45.191	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 S. Kitaoka, K. Nobuoka, S. Izawa	4. 巻 44
2. 論文標題 Investigation of Suitable Structure of Ionic Liquids for the Synthesis of Phthalocyanines	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Trans. Mat. Res. Soc. Japan.	6. 最初と最後の頁 89-93
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14723/tmrsj.44.95	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 K. Nobuoka, S. Kitaoka	4. 巻 44
2. 論文標題 Metal Ion-Responsive Gelation in Nicotine Based Ionic Liquid	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Trans. Mat. Res. Soc. Japan.	6. 最初と最後の頁 95-99
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14723/tmrsj.44.89	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計43件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 賀屋 辰哉、兼崎 真暢、信岡 かおる、北岡 賢
2. 発表標題 フタロシアニン合成に適した深共晶溶媒構造の探索
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会 (2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 河野 勇希、石川 雄一、西口 宏泰、北岡 賢、信岡 かおる
2. 発表標題 ローダミン系色素の光安定性に与えるフッ素イオン液体の溶媒効果
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会(2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 酒井 悠楽、石川 雄一、北岡 賢、西口 宏泰、信岡 かおる
2. 発表標題 生体イオン液体を用いたDDSキャリアの開発
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会(2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 賀屋 辰哉、木曾 光貴、信岡 かおる、北岡 賢
2. 発表標題 深共晶溶媒を活用したフタロシアニンの高効率合成
3. 学会等名 第32回 基礎有機化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野添 稜、信岡 かおる、北岡 賢
2. 発表標題 イミダゾピリジン型イオン液体の蛍光特性
3. 学会等名 第32回 基礎有機化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 本廣 真穂、信岡 かおる、北岡 賢
2. 発表標題 安息香酸型深共晶溶媒を反応溶媒としたテトラフェニルボルフィン合成
3. 学会等名 第51回 複素環化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河野 勇希、石川 雄一、西口 宏泰、北岡 賢、信岡 かおる
2. 発表標題 イオン液体中におけるアミノベンゾピラノキサントニン系色素の熱、光安定性
3. 学会等名 第51回 複素環化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 北岡 賢、本廣真穂、信岡 かおる
2. 発表標題 深共晶溶媒を活用したテトラフェニルボルフィリン合成法の開発
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 酒井 悠楽、石川 雄一、北岡 賢、信岡 かおる
2. 発表標題 DDSキャリアへの応用を指向した生体イオン液体のナノ粒子化
3. 学会等名 第59回 化学関連支部合同九州大会、2022年
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河野 勇希、石川 雄一、北岡 賢、信岡 かおる
2. 発表標題 イオン液体中におけるアミノベンゾピラノキサンテン色素の安定性
3. 学会等名 第59回 化学関連支部合同九州大会、2022年
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木村 駿介、石川 雄一、北岡 賢、信岡 かおる
2. 発表標題 不斉マイケル付加反応におけるチアゾリウム型イオン液体触媒による基質選択メカニズムの解明
3. 学会等名 第59回 化学関連支部合同九州大会、2022年
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 堀 優香、石川 雄一、北岡 賢、信岡 かおる
2. 発表標題 5 - FU担持型ナノ炭素DDS製剤の開発
3. 学会等名 第59回 化学関連支部合同九州大会、2022年
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 本廣 真穂、信岡 かおる、北岡 賢
2. 発表標題 カルボン酸型深共晶溶媒を用いたテトラフェニルポルフィリン合成における置換基効果
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会 (2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野添 稜、信岡 かおる、北岡 賢
2. 発表標題 イミダゾピリジン型イオン液体の合成と基礎物性
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会 (2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木村 駿介、石川 雄一、北岡 賢、信岡 かおる
2. 発表標題 チアソリウム型イオン液体を利用した不斉マイケル付加反応における基質選択メカニズムの検討
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会 (2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 堀 優香、繁田 大陽、北岡 賢、信岡 かおる
2. 発表標題 5-フルオロウラシルを担持したナノ炭素DDS製剤の開発
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会 (2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 北岡 賢、一木 里佳子、神崎 理奈、信岡 かおる
2. 発表標題 生体イオン媒体の開発
3. 学会等名 第7回デザイン生命工学研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 笠井将貴、下田悠陽、北岡 賢、石川雄一、信岡 かおる
2. 発表標題 プロリン-イミダゾリウム接合型キラルイオン液体の再利用性の検討
3. 学会等名 第50回 複素環化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野添稜、信岡 かおる、北岡 賢
2. 発表標題 イミダゾピリジン型イオン液体の基礎物性
3. 学会等名 第50回 複素環化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本廣真穂、信岡 かおる、北岡 賢
2. 発表標題 カルボン酸型深共晶溶媒中におけるテトラフェニルポルフィリン合成
3. 学会等名 第50回 複素環化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 北岡 賢、一木 里佳子、神崎 理奈、信岡 かおる
2. 発表標題 生体イオン媒体の開発
3. 学会等名 第7回デザイン生命工学研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 堀 優香、繁田 大陽、北岡 賢、信岡 かおる
2. 発表標題 5 - フルオロウラシルを担持したナノ炭素DDS製剤の開発
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会 (2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木村 駿介、石川 雄一、北岡 賢、信岡 かおる
2. 発表標題 チアゾリウム型イオン液体を利用した不斉マイケル付加反応における基質選択メカニズムの検討
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会 (2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野添 稜、信岡 かおる、北岡 賢
2. 発表標題 イミダゾピリジン型イオン液体の合成と基礎物性
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会 (2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 本廣 真穂、信岡 かおる、北岡 賢
2. 発表標題 カルボン酸型深共晶溶媒を用いたテトラフェニルポルフィリン合成における置換基効果
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会 (2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野添 稜、信岡 かおる、北岡 賢
2. 発表標題 イミダゾピリジン型イオン液体の合成と蛍光特性
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村 駿介、北岡 賢、石川 雄一、信岡 かおる
2. 発表標題 チアゾリウム型イオン液体触媒の不斉マイケル付加反応における基質選択メカニズムの解明
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大賀 隆寛、北岡 賢、石川 雄一、信岡 かおる
2. 発表標題 グリコールリンカーを導入した5-アミノチアゾール型蛍光イオン液体の合成および光特性
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本廣 真穂、信岡 かおる、北岡 賢
2. 発表標題 酸性深共晶溶媒を反応溶媒としたテトラフェニルポルフィリン合成法の開発
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 熊野 翔、北岡 賢、石川 雄一、信岡 かおる
2. 発表標題 不斉マイケル付加反応におけるチアゾリウム接合プロリン型キラルイオン液体触媒の基質特異的反応性
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 下田 悠陽、北岡 賢、石川 雄一、信岡 かおる
2. 発表標題 L-プロリンをモチーフとしたピロリジン-イミダゾリウム接合型キラルイオン液体触媒の不斉反応への応用
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 北岡 賢、大関 晴暉、信岡 かおる
2. 発表標題 マンデル酸型深共晶溶媒の合成とその基礎物性
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kaoru Nobuoka, Satoshi Kitaoka
2. 発表標題 Construction of DNA Double Helix in Ionic Liquids
3. 学会等名 The 18th Asian Chemical Congress, 18ACC
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Kitaoka, Kaoru Nobuoka
2. 発表標題 Effective Tetraphenylporphyrin metalation utilizing imidazolium type ionic liquids
3. 学会等名 The 18th Asian Chemical Congress,18ACC
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 信岡 かおる, 北岡 賢
2. 発表標題 Constructing Double Helical DNA Supermolecule in Ionic Liquids
3. 学会等名 第29回日本MRS年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北岡 賢, 信岡 かおる, 堀 哲郎
2. 発表標題 Eco-friendly and Effective Tetraphenylporphyrin metalation utilizing ionic liquids
3. 学会等名 第29回日本MRS年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北岡 賢, 大関 晴暉, 下田 悠陽, 信岡 かおる
2. 発表標題 マンデル酸型イオン液体の不斉誘導への応用
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤吉 太郎, 信岡 かおる, 北岡 賢, 石川 雄一
2. 発表標題 蛍光イオン性液体の蛍光共鳴エネルギー移動への応用
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Kitaoka, Kaoru Nobuoka
2. 発表標題 Effective purification method utilizing ionic liquids in porphyrins preparation
3. 学会等名 4th International Conference on Ionic Liquids in Separation and Purification Technology ILSEPT2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kaoru Nobuoka, Satoshi Kitaoka
2. 発表標題 Metal ion-responsive gelation of ionic liquid for separation of metal ions
3. 学会等名 4th International Conference on Ionic Liquids in Separation and Purification Technology ILSEPT2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 下田 悠陽, 信岡 かおる, 北岡 賢
2. 発表標題 キラルイオン液体を用いたN-混乱ポルフィリンの不斉誘導
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 繁田 大陽, 信岡 かおる, 北岡 賢, 豊田 昌宏, 石川 雄一
2. 発表標題 抗がん剤担体としての炭素材料の利用
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤吉 太郎, 信岡 かおる, 北岡 賢, 石川 雄一
2. 発表標題 蛍光性イオン液体の蛍光エネルギー共鳴移動への応用
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>近畿大学工学部HP (教員・研究紹介) https://www.kindai.ac.jp/engineering/research-and-education/teachers/introduce/kiitaoka-satoshi-4b5.html 近畿大学HP (教員紹介) https://research.kindai.ac.jp/profile/ja.4b5868202af87feb.html 近畿大学教員一覧 https://research.kindai.ac.jp/profile/ja.4b5868202af87feb.html 近畿大学教員一覧 https://research.kindai.ac.jp/profile/ja.4b5868202af87feb.html リサーチマップ https://researchmap.jp/read0209332</p>

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	信岡 かおる (Nobuoka Kaoru) (10398258)	大分大学・理工学部・准教授 (17501)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------