

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H00400

研究課題名(和文)湾曲ナノカーボンの二次電池活物質への展開

研究課題名(英文)Application of curved nanocarbon to active material for secondary batteries

研究代表者

岡田 重人(Okada, Shigeto)

九州大学・グリーンテクノロジー研究教育センター・特任教授

研究者番号：10304841

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,900,000円

研究成果の概要(和文)：環境負荷の小さなNaイオン電池実現に向け、イオン体積がLiに比べ2倍大きなNaに対してもホスト機能を有する電極活物質として、従来の無機系よりも低比重で層間距離の大きな湾曲型多環芳香族炭化水素であるスマネントリオンが安価な水系Naイオン電池用正極として機能することを見出した。さらにs-テトラジンもNaイオン電池の正極として機能することを初めて明らかにすることで、C=O二重結合のみならずN=N二重結合も有機正極活物質の活性中心として機能可能となった。また、有機正極活物質特有の低起電力と電解液への溶出問題を解決するため、p型ホストとしてコロネンを用いた全固体フッ化物イオン電池を動作実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現行Liイオン電池の大型化に伴い深刻化している経済性と安全性の課題を解決するため、本研究では、1)イオン体積がLiに比べ2倍大きなNaに対してもホストとして機能する電極活物質として、従来の無機系よりも、層間距離が大きく低比重な湾曲型多環芳香族炭化水素に着目し、2)低環境負荷の電池系を構築するため、遷移金属のレドックス反応に変わる電荷補償機構としてC=OやN=N等の共役二重結合の可逆な開裂、再結合反応を利用、さらに3)有機系電極特有の電解液への溶出による容量低下と低い放電電圧の課題が、アニオン固体電解質と有機系p型ホストを組み合わせたアニオン全固体電池によって解決しうることを示した。

研究成果の概要(英文)：As a post-Li ion battery, we focused on rare metal-free Na ion batteries and found that Sumanentriene, a curved polycyclic aromatic hydrocarbon with lower specific gravity and larger interlayer distance than conventional inorganic materials, can function as an inexpensive water-based Na ion battery cathode as an electrode active material that functions as a host for Na whose ion volume is twice as large as that of Li. We also found that s-tetrazine can also function as a cathode for Na-ion batteries, and confirmed that not only C=O double bonds but also N=N double bonds can function as the active center of organic cathodes. In addition, to solve the problems of low electromotive force and elution into the electrolyte inherent in organic systems, an all-solid-state fluoride ion battery using coronene as a p-type host was demonstrated in operation.

研究分野：無機化学

キーワード：スマネントリオン 湾曲型多環芳香族炭化水素類 ポストリチウムイオン電池 水系ナトリウムイオン電池 全固体フッ化物イオン電池 コロネン

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

吉野彰博士(現九大名誉教授)が2019年度ノーベル化学賞を受賞した「Liイオン電池」は、日本で最初に実用化されて以降、最もエネルギー密度の高い市販蓄電池として、各種携帯情報端末の小型軽量化に多大な貢献をしてきた。しかし、近年EVや風力太陽光の再生可能エネルギーのバックアップ電源として流用されるようになるにつれ、Liイオン電池の大型化に伴う経済性や安全性の問題が顕在化しており、Liイオン電池に変わるレアメタルフリーなNaイオン電池や不燃性の全固体電池等、各種ポストLiイオン電池の開発競争が産官学軍を上げて国内外で激化している背景があった。

2. 研究の目的

これまで、市販Liイオン電池の正極活物質に主として使われてきたLiCoO₂やLiNiO₂に代表される二次元層状遷移金属酸化物に代わり、ポストLiイオン電池用として、材料設計の自由度が高く、レアメタルフリーな有機系電極活物質の様々な有効性を検証し、さらに有機系電極活物質の欠点とされてきた電解液への溶出や低放電電圧を克服するべく、アニオン移動型有機電極を用いたフッ素イオン全固体電池の可能性を探る。

3. 研究の方法

(1) 非水系Liイオン電池

有機活物質を用いた電極を作成するために一般的に使用されている手順に従ってスマネントリオン[1]と導電助剤のアセチレンブラック(AB)および結着剤のポリテトラフルオロエチレン(PTFE)を重量比70:25:5(wt%)で混練してシート状にし、3mmに打ち抜いてペレットを作製した。ペレット内の活物質重量は概ね2.7mg程度であった。ペレットを集電体のTiメッシュで挟み作用極とし、対極としてLi金属を用いた。電解液に1M LiPF₆ EC(エチレンカーボネート)/DMC(ジメチルカーボネート)=1/1(v/v)を用いてコインセルを作製し(図1)充放電試験を行った。

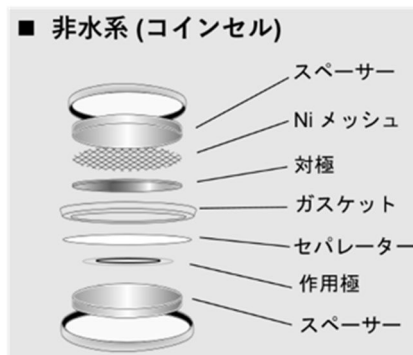


図1 非水溶媒系電解液を用いた際の2極式コインセル構成

(2) 非水系Naイオン電池

前節同様の工程で作製した電極ペレットを作用極とし、対極としてNa金属を用いた。電解液に1M NaPF₆ EC(エチレンカーボネート)/DMC(ジメチルカーボネート)を用いてコインセル(図1)を作製し、充放電試験を行った。

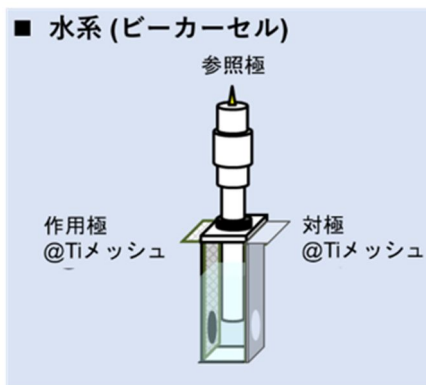


図2 水溶液系電解液を用いた際の3極式ビーカーセル構成

(3) 水系Naイオン電池

前節同様の工程で作製した電極ペレットを作用極とし、対極として非水系Naイオン電池と同様にペレットを作用極とし、対極に活性炭、参照極に銀塩化銀電極、電解液に電位窓の広い17 mol/kg NaClO₄濃厚水系電解液[2]を用いた3極式ビーカーセル(図2)を作製し充放電試験を行った。

(4) 固体系Fイオン電池

電極活物質のコロネン、導電助剤のAB、フッ素イオン固体電解質のBa_{0.6}La_{0.4}F_{2.4}(BLF)を2:10:1(wt%)で混合し正極とした。また、BLFとABを混合した際に反応している可能性があることから、対照としてBLF:ABを10:1(wt%)でボールミル混合したものを正極として用いた。電解質にはBLF、負極にはPbとPbF₂+SnF₂+ABの二層を用いて全固体電池(図3)を作製し、160、電流密度0.08 mA/cm²、電圧範囲-2~2Vの条件下で充放電試験を行った。

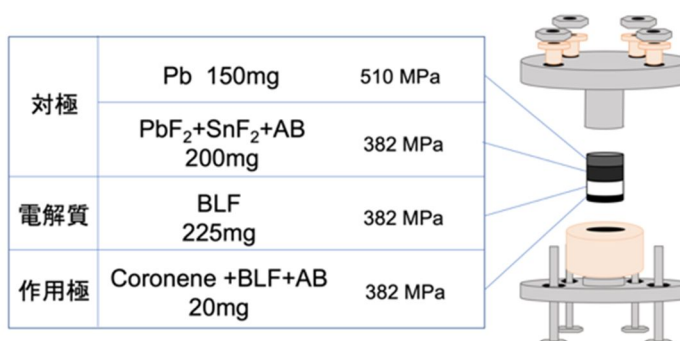


図3 フッ素固体電解質を用いた2極式ねじ込み型全固体電池構成

4. 研究成果

π 共役平行平面多環芳香族炭化水素から湾曲型多環芳香族炭化水素への展開

π 共役平行平面多環芳香族炭化水素の典型例であるグラファイトは、Li に対し n 型ホストとして機能するため、Li イオン電池の負極活物質として実用化されているが、イオン体積が Li の 2 倍ある Na に対しては電気化学的に全く不活性であることが Na イオン電池実現の障害の 1 つとなっていた。我々はフラレーンの部分構造をもつ系としてトルキセノン (図 4) が Na イオン電池

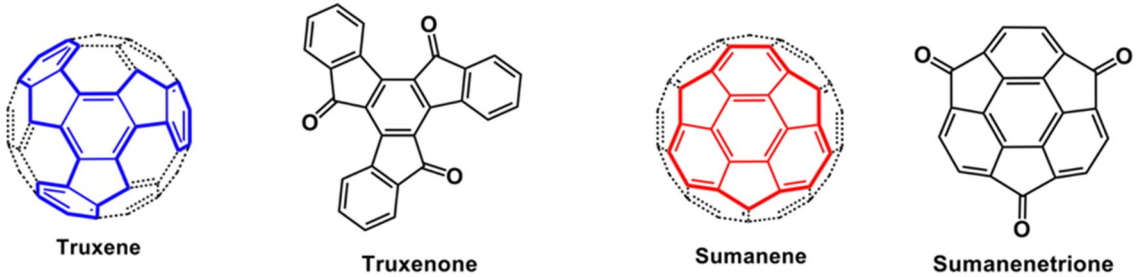


図 4 フラレーンの部分構造を持った五員環包含カルボニル化合物

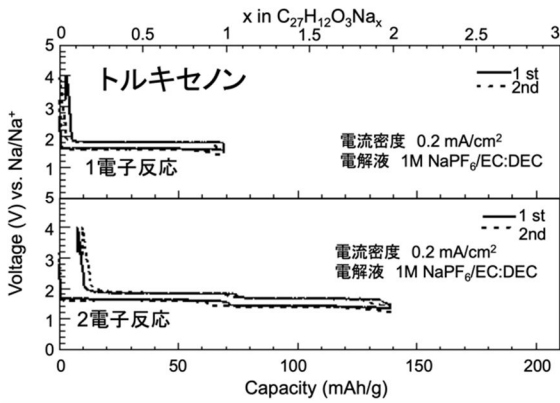


図 5 トルキセノンの対 Na 充放電特性

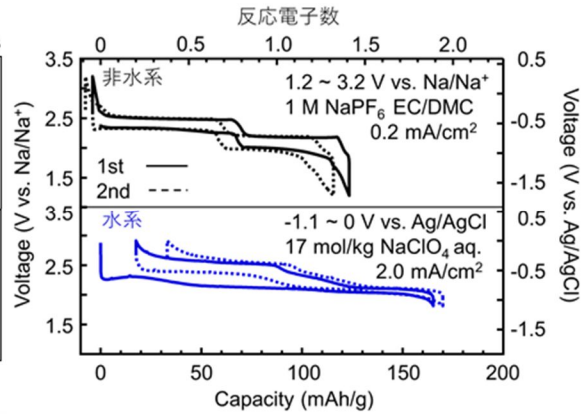


図 6 スマネトリオンの非水系および水系電解液中での対 Na 充放電特性

池用電極活物質として可逆動作可能であることを以前から見出していた[3] (図 5) が、同じく五員環を内包することで湾曲構造を有するスマネトリオン (図 4) でも、やはり Li だけでなく Na に対しても可逆電極動作可能であるだけでなく (図 6 上図) さらに電子受容性の五員環導入によって還元電位が上昇したことにより、濃厚水系電解液の電位窓の範囲内にスマネトリオンの還元電位が収まった (図 7) ため、安価な水系電解液中でも可逆な充放電が可能となった (図 6 下図)。

C=O 共役二重結合系 (カルボニル化合物) から
N=N 共役二重結合系 (アゾ化合物) への展開

トルキセノンやスマネトリオン等のカルボニル化合物が内包する C=O 二重結合への可逆的 Na 付加反応にて、遷移金属に頼ることなく、水系 Na イオン電池を構築できることを、他の共役二重結合に発展させるべく、N=N 共役二重結合を内包するアゾ化合物の中から s-テトラジン類に着目し、3,6-ジフェニルテトラジンが、スマネトリオン同様、Li のみならず Na に対しても二相平衡反応を示唆する平坦で過電圧の小さな充放電プラトーを示すことを見出し (図 8) 充放電に伴う FT-IR の追跡結果から、酸化還元に寄与する電荷の大部分はフェニル基ではなくテトラジン間に局在し、N=N 二重結合が活性中心であることを示唆する結果を得た。

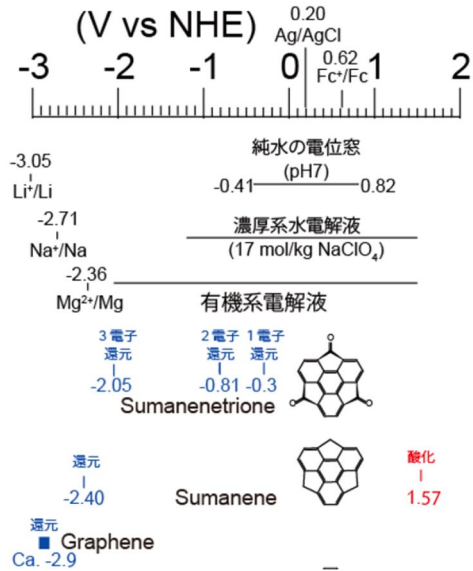


図 7 スマネトリオンの還元電位と水系電解液の電位窓の関係

カチオン移動型液系電池からアニオン移動型全固体電池へ

前節において、Li イオン電池のレアメタルフリー化に有機系正極活物質が有望であることを示したが、その反面、有機系正極活物質にはレドックス電位が低く放電電圧が稼げないことと電解液への溶出によるサイクル劣化という2つの深刻な問題が未解決のままであった。そこで低放電電圧の問題はインセプションのゲストをアルカリ金属カチオンからフッ素アニオンに置き換えることで、また電解液への溶出については、固体電解質を用いることで同時解決を試みた。幸い有機系正極を構成する炭素の電気陰性度は2.55と、ちょうどLi (0.98)などのカチオンやフッ素(3.98)などのアニオンの中間値をとるため、n型ホストとしてだけでなく、p型ホストとしても機能可能である。実際、電解液の

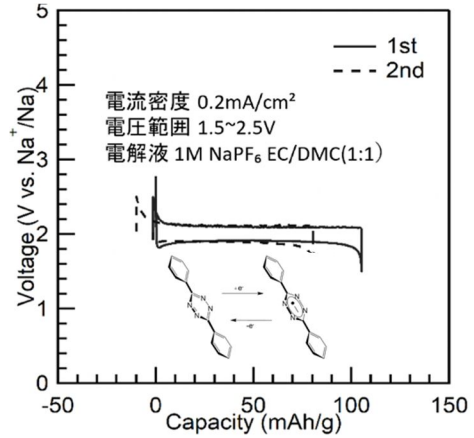


図8 3,6-ジフェニルテトラジンの充放電特性

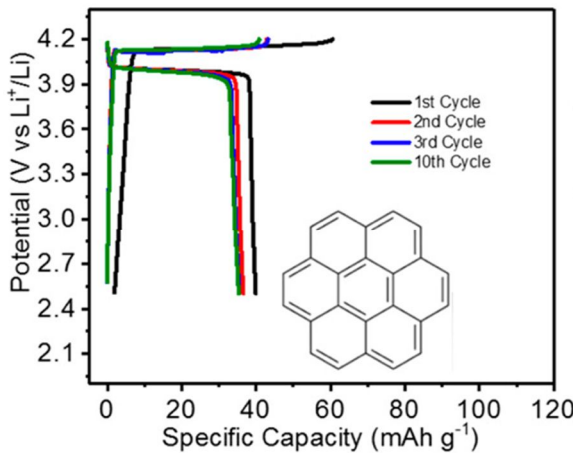


図9 コロネンの充放電曲線[4]

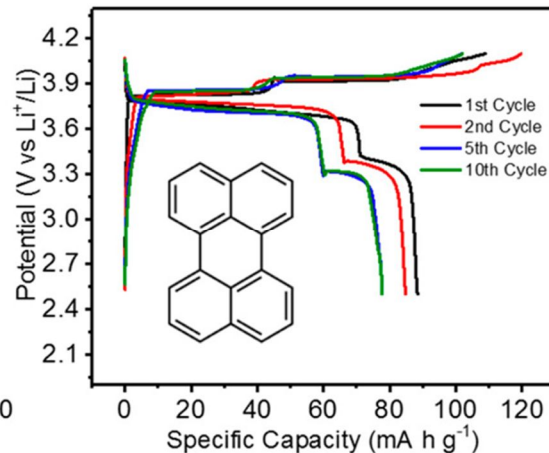


図10 ペリレンの充放電曲線[4]

PF₆⁻アニオンのインセプションによりLi対極に対し、4V近い高放電電圧がコロネン(図9)やペリレン(図10)のような多環芳香族炭化水素で報告されている。そこで157で0.1 mS/cmのフッ素イオン伝導度が報告[5]されている蛍石型フッ素超イオン伝導体、BLFを固体電解質に用いることで、コロネンを正極にした全固体フッ素イオン電池を試作し、160にて可逆性と充放電過電圧、電位平坦性に課題は残るものの、図11のような大容量の充放電挙動を得、ポストLiイオン電池用有機系電極活物質の可能性を見いだすことができた。

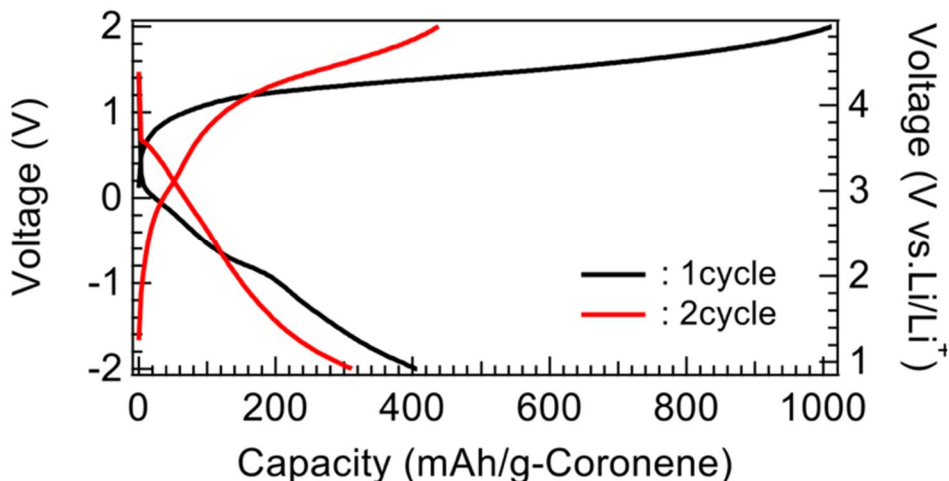


図11 160におけるコロネン+BLF+AB/BLF/PbF₂+SnF₂+AB/Pb全固体電池の充放電曲線

<引用文献>

- [1] H. Sakurai, *et al.*, *Chem. Lett.*, **43** (2014) 1297.
- [2] K. Nakamoto, *et al.*, *Electrochemistry*, **85** (2017) 179.
- [3] 岡田重人, 伊藤正人, 藤井亮成, 阿部正宏, 特許 6846757号, 2021年3月4日特許登録.
- [4] I. A. Rodríguez-Pérez, *et al.*, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **10** (2018) 43311.
- [5] K. Mori, *et al.*, *ACS Appl. Energy Mater.*, **3** (2020) 2873.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Watanabe Jun, Furusawa Masaki, Nakamoto Kosuke, Sun Yuchao, Tashima Masatoshi, Yamaoka Keiko, Fujisawa Seiko, Kim Han Seul, Okada Shigeto, Albrecht Ken	4. 巻 90
2. 論文標題 3,6-Diphenyltetrazine as Cathode Active Material for Sodium Ion Batteries	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 117005 ~ 117005
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.22-00100	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 Cabello Mark Kristan Espejo, Uetake Yuta, Yao Yu, Kuwabata Susumu, Sakurai Hidehiro	4. 巻 16
2. 論文標題 Synthesis and Pyrolysis of Fullerene stabilized Pt Nanocolloids as a unique Approach to Pt doped Carbon	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 2280 ~ 2285
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.202100495	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 Nishimoto Mikey, Uetake Yuta, Yakiyama Yumi, Ishiwari Fumitaka, Saeki Akinori, Sakurai Hidehiro	4. 巻 87
2. 論文標題 Synthesis of the C70 Fragment Buckybowl, Homosumanene, and Heterahomosumanenes via Ring-Expansion Reactions from Sumanenone	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 2508 ~ 2519
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.1c02416	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 Inoishi Atsushi, Sato Hiroki, Chen Yixin, Saito Hikaru, Sakamoto Ryo, Sakaebe Hikari, Okada Shigeto	4. 巻 12
2. 論文標題 High capacity all-solid-state lithium battery enabled by in situ formation of an ionic conduction path by lithiation of MgH ₂	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 10749 ~ 10754
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2RA01199A	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 Sakamoto Ryo, Shirai Nobuaki, Inoishi Atsushi, Okada Shigeto	4. 巻 8
2. 論文標題 All Solid State Chloride Ion Battery with Inorganic Solid Electrolyte	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ChemElectroChem	6. 最初と最後の頁 4441 ~ 4444
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/celec.202101017	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 Sato Hiroki, Sakamoto Ryo, Minami Hironari, Izumi Hiroaki, Ideta Keiko, Inoishi Atsushi, Okada Shigeto	4. 巻 57
2. 論文標題 The in situ formation of an electrolyte via the lithiation of Mg(BH ₄) ₂ in an all-solid-state lithium battery	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 2605 ~ 2608
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CC08366F	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 Nishio Akira, Shirai Nobuaki, Minami Hironari, Izumi Hiroaki, Inoishi Atsushi, Okada Shigeto	4. 巻 89
2. 論文標題 Effect of Na ₃ B ₀ 3 Addition into Na ₃ V ₂ (P ₀ 4) ₃ Single-Phase All-Solid-State Batteries	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 244 ~ 249
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.21-00023	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 Inoishi Atsushi, Hokazono Masahiro, Kashiwazaki Eiko, Setoguchi Naoko, Sakai Takaaki, Sakamoto Ryo, Okada Shigeto	4. 巻 8
2. 論文標題 An All Solid State Bromide Ion Battery	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ChemElectroChem	6. 最初と最後の頁 246 ~ 249
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/celec.202001481	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 Yakiyama Yumi, Hishikawa Shota, Sakurai Hidehiro	4. 巻 16
2. 論文標題 Synthesis of C70-fragment buckybowls bearing alkoxy substituents	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Beilstein Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 681 ~ 690
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3762/bjoc.16.66	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 Kasprzak Artur, Kowalczyk Agata, Jagielska Agata, Wagner Barbara, Nowicka Anna M., Sakurai Hidehiro	4. 巻 49
2. 論文標題 Tris(ferrocenylmethidene)sumanene: synthesis, photophysical properties and applications for efficient caesium cation recognition in water	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 9965 ~ 9971
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0DT01506G	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 Yakiyama Yumi, Fujinaka Takahisa, Nishimura Mio, Seki Ryotaro, Sakurai Hidehiro	4. 巻 56
2. 論文標題 Control by one drop of solvent: selective preparation of guest release/trap-triggered interconvertible molecular crystals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 9687 ~ 9690
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0cc03408h	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 Kasprzak Artur, Sakurai Hidehiro	4. 巻 57
2. 論文標題 Disaggregation of a sumanene-containing fluorescent probe towards highly sensitive and specific detection of caesium cations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 343 ~ 346
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CC07226E	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 Chen Xi, Sakurai Hidehiro, Wang Huan, Gao Simeng, Bi Hong-Da, Bai Fu-Quan	4. 巻 23
2. 論文標題 Theoretical study on the molecular stacking interactions and charge transport properties of triazasumanene crystals ? from explanation to prediction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 4681 ~ 4689
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CP06102F	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 -

〔学会発表〕 計17件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 岡田重人
2. 発表標題 Grand Design of Post Li-ion Batteries
3. 学会等名 The 5th Norway-Japan Academic Network Seminar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 橋本啓佑、猪石篤、岡田重人、栄部比夏里、アルブレヒト建
2. 発表標題 多環芳香族炭化水素材料へのフッ素挿入脱離の検討
3. 学会等名 電気化学会第90回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 杉村和磨、西本真生、岩佐克彰、植竹裕太、焼山佑美、櫻井英博
2. 発表標題 スマネンジオン誘導体の合成
3. 学会等名 第102回日本化学会春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 櫻井英博
2. 発表標題 超分子化学素材としてのスマネン
3. 学会等名 第18回ホスト・ゲスト・超分子化学シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田島正俊
2. 発表標題 バッキーボールを用いた水系Na イオン電池
3. 学会等名 九州大学 エネルギーウィーク2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Jun Watanabe, Masaki Furusawa, Kosuke Nakamoto, Masatoshi Tashima, Keiko Yamaoka, Shigeto Okada, Ken Albrecht
2. 発表標題 3,6-Diphenyltetrazine as Cathode for Na-ion Battery
3. 学会等名 MRM2021 Materials Research Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺隼、古澤将樹、中本康介、田島正俊、山岡敬子、岡田重人、アルブレヒト建
2. 発表標題 Naイオン電池正極材料としてのs-テトラジンの特性
3. 学会等名 第11回CSJ化学フェスタ2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺隼、古澤将樹、田島正俊、中本康介、岡田重人、アルブレヒト建
2. 発表標題 3,6-ジフェニルテトラジンのNaイオン電池正極特性
3. 学会等名 電気化学会第88回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺隼、古澤将樹、中本康介、田島正俊、山岡敬子、岡田重人、アルブレヒト建
2. 発表標題 Naイオン電池正極としての3,6-ジフェニルテトラジンの特性
3. 学会等名 第58回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺隼、古澤将樹、岡田重人、アルブレヒト建
2. 発表標題 s-テトラジン類を電極活物質として用いたナトリウムイオン電池
3. 学会等名 ESICB触媒・電池・電子論検討会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Atsushi Inoishi, Masahiro Hokazono, Eiko Kashiwazaki, Naoko Setoguchi, Ryo Sakamoto, Shigeto Okada
2. 発表標題 Electrochemical Properties of Bromide-Ion Batteries
3. 学会等名 MRM2021 Materials Research Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryo Sakamoto, Kosuke Nakamoto, Atsushi Inoishi, Masato Ito, Nobuto Yoshinari, Takumi Konno, Yukihiro Hara, Takafumi Fujii, Shigeto Okada
2. 発表標題 All-solid-state K-ion Battery with Non-Coulomb Interaction Solid as Electrolyte
3. 学会等名 MRM2021 Materials Research Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 猪石篤、坂本遼、瀬戸口奈緒子、趙敏言、アルブレヒト建、栄部比夏里、岡田重人
2. 発表標題 塩化物イオン・臭化物イオンが移動する全固体ハロゲン化物電池
3. 学会等名 第62回電池討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 趙敏言、坂本遼、猪石篤、栄部比夏里、岡田重人
2. 発表標題 全固体塩化物イオン電池の高電圧作動を指向した蛍石型SrCl ₂ 系固体電解質の開発
3. 学会等名 第62回電池討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古澤将樹, 孫宇超, 藤原誠子, 岡田重人, アルブレヒト建
2. 発表標題 テトラジン類を電極活物質としたナトリウムイオン電池
3. 学会等名 第69回高分子学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田島正俊、古澤将樹、坂本遼、中本康介、櫻井英博、焼山佑美、岡田重人、アルブレヒト建
2. 発表標題 曲面 共役系スマネントリオンの濃厚NaClO4水系電解液中での可逆電極特性
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田島正俊、古澤将樹、中本康介、焼山佑美、櫻井英博、岡田重人、アルブレヒト建
2. 発表標題 スマネントリオンを用いた水系ナトリウムイオン電池
3. 学会等名 電気化学会第87回大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 二次電池用電極活物質及びそれを用いた二次電池	発明者 アルブレヒト建、他 8名	権利者 九大、阪大、日 本化薬
産業財産権の種類、番号 特許、特開2021-163558	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 テトラジン系活物質を用いたナトリウムイオン二次電池	発明者 アルブレヒト建、古 澤将樹、中本康介、 岡田重人、海竈篤	権利者 九大、日本化薬
産業財産権の種類、番号 特許、特開2022-022781	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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	櫻井 英博 (Sakurai Hidehiro) (00262147)	大阪大学・工学研究科・教授 (14401)	

6. 研究組織（つづき）

	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	猪石 篤 (Inoishi Atsushi) (10713448)	九州大学・先導物質化学研究所・助教 (17102)	
研究分担者	喜多條 鮎子 (Kitajou Ayuko) (50446861)	山口大学・大学院創成科学研究科・准教授 (15501)	
研究分担者	山下 建（アルブレヒト建） (Albrecht Ken) (50599561)	九州大学・先導物質化学研究所・准教授 (17102)	
研究分担者	焼山 佑美 (Yakiyama Yumi) (60636819)	大阪大学・工学研究科・准教授 (14401)	
研究分担者	ステイコフ アレキサンダー (Aleksandar Staykov) (80613231)	九州大学・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・准教授 (17102)	

	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
研究協力者	ディモフ ニコライ (Dimov Nikolay)		

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