

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 30 日現在

機関番号：34416

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23655182

研究課題名(和文)生体材料を活用した蓄電デバイスの開発

研究課題名(英文)Development of Electric Energy Storage Devices Utilizing Biomaterials

研究代表者

石川 正司 (ISHIKAWA, Masashi)

関西大学・化学生命工学部・教授

研究者番号：30212856

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：生体材料として存在する天然高分子を蓄電デバイスの材料として適用し、デバイスを高性能化する研究を行った。まず、DNAを修飾したナノカーボンを電極としたEDLC特性について検討し、充放電のイオン移動抵抗の大幅な低下を可能にした。また、生体高分子のアルギン酸とキトサンからなるゲル電解質をEDLCに適用し、電極界面抵抗の低下により出力向上を実現した。このゲル電解質はリチウムイオン電池にも適用可能であることが判明した。さらにこれら生体高分子材料は、EDLC電極ならびにリチウムイオン電池電極のバインダーにも適用可能であることを見出し、それぞれの蓄電デバイス出力の大幅な向上を達成した。

研究成果の概要(英文)：The natural polymers which exist as biomaterial have been applied to auxiliary materials for electric energy storage devices, and the aim of this research was mainly to improve power performance of such devices. First, the characteristics of EDLC with DNA-modified nanocarbon electrodes were examined, and a sharp decrease in ion-diffusion resistance of charge and discharge processes was attained. Moreover, the gel electrolytes which consists of alginic acid and chitosan as biopolymer were applied to EDLC, and the fall of electrode-interface resistance realized improvement in an output power. It was found that these gel electrolytes are applicable also to a lithium-ion battery. Furthermore, we found that these biopolymeric materials can be applied also to the binder of an EDLC electrode as well as a lithium ion battery electrode, and attained the large improvement in each power-device output.

研究分野：化学

科研費の分科・細目：材料化学 ・ 機能材料・デバイス

キーワード：コンデンサー 電気二重層 キャパシタ イオン液体 ゲル電解質 生体高分子 アルギン酸 キトサン

1. 研究開始当初の背景

(1) 研究開始時の技術状況

生体材料を電気化学システムに利用する研究は、センサーや修飾電極の分野ではよく知られている。しかしながら、電気エネルギー貯蔵分野、すなわち蓄電デバイスの分野ではほとんど前例がない。唯一使用例として広く認知されているのはセパレータ材料の分野であり、セルロースなどの天然高分子がキャパシタなどのセパレータとして広く利用されている。しかしながら、セパレータは2つの電極を仕切る隔離部材であり、蓄電反応に直接関わるものではない。すなわち、電極や電解質といった、電子とイオンの移動に関わる反応場に生体材料が使用された例はほとんどないといった状況であった。

(2) 本研究者の研究開始時の状況

このような状況の中で、本研究者は遺伝情報物質である DNA が海産物廃棄の過程で安価かつ大量に入手できることを知り、さらに DNA が電子移動やイオン移動を容易にする可能性にも気付き、蓄電デバイス電極の作動高速化に活かす着想を得た。この手法を一般化すると、生体材料のうち特に高分子材料が特徴的なマクロ構造と、豊富なイオン移動チャンネルを有することから、蓄電デバイス中のイオン移動を高速化する重要要素になりえるのではと考えた。本研究は以上のような着想を基に構想したものである。

2. 研究の目的

本研究は、電子伝導性あるいはイオン電導性の向上に効果があると思われる生体材料を電解質材料、あるいは電極バインダーに適用し、蓄電デバイスの性能向上を果たすことを目的とする。対象とする蓄電デバイスは電気二重層キャパシタ (EDLC) とするが、可能であればリチウムイオン電池などの蓄電池にも応用する。これにより、蓄電デバイスの出力の向上、作動安定性の向上などを目指す。

3. 研究の方法

(1) DNA を使用する場合は炭素材料の官能基を利用あるいは調製して結合させ、得られた複合体を EDLC の電極に使用する。そして、充放電試験を行い、EDLC の作動性能を評価する。

(2) 生体高分子材料であるアルギン酸あるいはキトサンを誘発する試薬でゲル化させ、電解質を含有させたゲル電解質を調製する。このゲル電解質をフィルム化し EDLC 用の一対の電極の間に挟み、ゲル電解質 EDLC を作製し充放電試験を行う。同様に、リチウムイオン電池用の正負極の間にゲル電解質フィルムを配置し、蓄電池としての性能試験を行う。

(3) 上記の生体高分子材料を EDLC あるいはリチウムイオン電池の電極バインダーに適用し、得られた蓄電デバイスの充放電試験を行うことで作動性能を評価する。

4. 研究成果

(1) DNA を修飾したナノカーボンを電極とした EDLC 特性

生体材料として DNA をカーボンナノチューブに複合化させ、これを電気二重層キャパシタ (EDLC)

電極に適用する検討を行った。カーボンナノチューブを酸化することで官能基を付与し、これをアンカーに DNA と複合化させた。その結果、イオン移動を伴う交流周波数領域において、抵抗が顕著に低下することが明らかになった。

(2) 生体高分子材料からなるゲル電解質の EDLC 特性

生体高分子材料であるアルギン酸あるいはキトサンをホストポリマーとし、イオン液体を含浸させた生体材料由来の新規ゲル電解質を開発し、EDLC へ適用した。その結果、ゲル化による EDLC 性能の低下を防ぎ、さらに電極との親和性を改善させることで、液相のイオン液体電解質を超える充放電特性を実現する可能性を得た。特に研究開始時から実用セルについても想定し、バインダーや導電助剤を含む活性炭シート電極とゲル電解質から成る評価セルを構築し、その充放電特性や環境温度試験などを含めた種々の評価を行った。重要な成果として、イオン液体を含むアルギン酸ゲル電解質を用いた EDLC では、電流密度が増大するにつれて、一般的な溶液の EDLC に比べ出力特性が明確に向上する結果が得られた。この現象は温度に寄らず確認でき、さらに交流インピーダンス測定の結果から、電極 / 電解質界面のイオン移動抵抗特性が改善されたことが要因であることが立証された。

(3) 生体高分子材料からなるゲル電解質のリチウムイオン電池特性

上記(2)の成果に基づき、高安全性リチウムイオン二次電池を目指した新規天然高分子ベースのゲル電解質も開発した。一般的にゲル電解質の利用により、電池の出力特性の低下が懸念されるが、本研究にて開発したゲル電解質を用いると、ほぼ液体系と同等の特性が得られた。

(4) 生体高分子材料の EDLC 電極バインダーへの適用

これまでのゲル電解質開発で得られた知見を最大限に活用し、さらなる性能向上と実用化を目的として、天然高分子の合材電極用バインダーとしての可能性について検討した。バインダー用天然高分子としてアルギン酸塩を用いて合材電極を作製し、この EDLC 特性を評価した。

活物質に市販のヤシ殻由来活性炭、導電助剤、バインダーにアルギン酸ナトリウムからなる電極を作製した。比較用電極として、バインダーに PVdF、CMC を用いたものを同様の条件で作製した。作製した電極を用いたモデルセルのレート特性を検討したところ、非常に高い電流密度においてもアルギン酸を用いた系では高い放電容量を示し、特に PVdF 系の 10 倍以上の出力特性を示した。これはアルギン酸の活性炭に対する高い親和性によるものであり、電極内部における界面抵抗が大幅に低減されたと考えられる。この効果は交流インピーダンス試験からも確認できた。また 10,000 回の充放電サイクルにおいても安定に作動した。さらに、イオン液体を電解液とした系についてもアルギン酸バインダーの効果を確認した。以上より、アルギン酸のバインダーは EDLC の出力特性の向上に有益な材料であるといえる。

最終年度ではアルギン酸バインダーがもたらす抵抗の低減について詳細に検討し、電気化学特性に及ぼす影響を評価した。具体的には導電助剤を加えずに作製した電極に対して、交流インピーダンスによる各抵抗成分の解析を行った。活性炭とバインダー

のみで構成された電極において顕著な性能差を確認し、アルギン酸バインダーの利用は明らかに電極および電極/電解液界面での抵抗成分が減少していた。これはアルギン酸バインダーの活性炭に対する高い親和性による効果であり、それによって大幅な抵抗低減に繋がったと考えられる。さらに、環境温度-10°Cでのレート特性を調査したところ、高レート時においてアルギン酸バインダーの優位性が確認でき、低温時でも低抵抗、高出力を示すことが判明した。

(5) 生体高分子材料のリチウムイオン電池電極バインダーへの適用

アルギン酸リチウムをリチウムイオン電池の炭素負極のバインダーに用いる検討を行った。ここであえて低濃度の電解液として0.1M LiPF₆/EC+DMCを適用したセルのレート特性を調査した(作動電圧: 3.0 - 4.5 V, C.C. - C.V.モード, 1C = 150 mA/g)。塩濃度が希薄で充放電が厳しい条件であるため、従来のSBRバインダーではレート増加に伴い容量発現が困難となり、5°Cではほぼ充放電不可能となった。それに対してアルギン酸リチウムを用いた系では比較的安定した充放電が可能であった。この結果は、アルギン酸の適用により、電極/電解質界面に対する物質移動過程の改善効果に起因していると考えられ、EDLCのみならず蓄電池においても好適なバインダーであることが立証できた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計13件)

- (1) M. Yamagata, N. Nishigaki, S. Nishishita, Y. Matsui, T. Sugimoto, M. Kikuta, T. Higashizaki, M. Kono, M. Ishikawa: Charge-discharge Behavior of Graphite Negative Electrodes in Bis(fluorosulfonyl)imide-based Ionic Liquid and Structural Aspects of Their Electrode/electrolyte Interfaces, *Electrochimica Acta*, 査読有, 110, 2013, pp.181-190. *Renewable Energy Global Innovations* 掲載
<http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2013.03.018>
- (2) K. Soeda, Y. Matsui, M. Yamagata, M. Ishikawa: Application of Alginate Binders to Graphite Electrodes and Characterization of Their Lithium-ion Battery Performance, *ECS Transactions*, 査読有, 53(29), 2013, pp.93-102.
<http://dx.doi.org/10.1149/05329.0093ecst>
- (3) K. Soeda, M. Yamagata, S. Yamazaki, M. Ishikawa: Application of Chitosan-based Gel Electrolytes with Ionic Liquids for High-performance and Safe Electric Double Layer Capacitors, *Electrochemistry*, 査読有, 81(10), 2013, pp.867-872.
<http://dx.doi.org/10.5796/electrochemistry.81.867>
- (4) M. Yamagata, M. Hirayama, S. Nishishita, D. Horikawa, M. Ishikawa: Impact of Lithium Salt Addition to Ionic Liquid Electrolytes for High-performance Electric Double-layer Capacitors, *Electrochemistry*, 査読有, 81(10), 2013, pp.857-862.
<http://dx.doi.org/10.5796/electrochemistry.81.857>
- (5) M. Ishikawa, M. Yamagata: FSI-based Ionic Liquid Electrolyte and Its Specific Effects with Other Component Materials on Li Battery Performance, *ECS Transactions*, 査読有, 50(26), 2013, pp.317-327.
<http://dx.doi.org/10.1149/05026.0317ecst>
- (6) 石川 正司: リチウム電池とキャパシタ, *表面科学*, 査読有, 34(7), 2013, pp.389-390.
<http://dx.doi.org/10.1380/jsssj.34.389>
- (7) M. Yamagata, S. Ikebe, Y. Kasai, K. Soeda, M. Ishikawa: Dramatic Improvements in Electric Double-layer Capacitors Using Polysaccharides, *ECS Transactions*, 査読有, 50(43), 2013, pp.27-36.
<http://dx.doi.org/10.1149/05043.0027ecst>
- (8) M. Yamagata, K. Soeda, S. Ikebe, S. Yamazaki, M. Ishikawa: Chitosan-based Gel Electrolyte Containing an Ionic Liquid for High-performance Nonaqueous Supercapacitors, *Electrochimica Acta*, 査読有, 100(30), 2013, pp.275-280.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2012.05.073>
- (9) M. Yamagata, Y. Matsui, T. Sugimoto, M. Kikuta, T. Higashizaki, M. Kono, M. Ishikawa: High-performance Graphite Negative Electrode in a Bis(fluorosulfonyl)imide-based Ionic Liquid, *Journal of Power Sources*, 査読有, 227, 2013, pp.60-64.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpowsour.2012.11.013>
- (10) M. Yamagata, S. Ikebe, K. Soeda, M. Ishikawa: Ultrahigh-performance Nonaqueous Electric Double-layer Capacitors Using an Activated Carbon Composite Electrode with Alginate, *RSC Advances*, 査読有, 2013, 3(4), 2012, pp.1037-1040.
<http://dx.doi.org/10.1039/c2ra22188h>
- (11) M. Yamagata, K. Soeda, S. Ikebe, S. Yamazaki, M. Ishikawa: Polysaccharide-based Gel Electrolytes Containing Hydrophobic Ionic Liquids for Electric Double-layer Capacitors, *ECS Transactions*, 査読有, 41(22), 2012, pp.25-34.
<http://dx.doi.org/10.1149/1.3693061>
- (12) 竹野 一基, 山崎 穰輝, 山縣 雅紀, 石川 正司: イオン液体を含有するキトサンゲル電解質の作製およびそれを用いたリチウムイオン電池の炭素負極特性, *キチン・キトサン研究*, 査読有, 18(1), 2012, pp.47-53.
DOI:なし
- (13) M. Yamagata, K. Soeda, S. Yamazaki, M. Ishikawa: Alginate Gel Containing an Ionic Liquid and Its Application to Non-aqueous Electric Double Layer Capacitors, *Electrochemical and Solid-state Letters*, 査読有, 14(11), 2011, pp.A165-A169.
<http://dx.doi.org/10.1149/2.020111esl>

[学会発表](計72件)

- (1) 日下部 高史 他: 天然高分子ゲル電解質を適用したリチウムイオン電池の作動特性, 電気化学会第81回大会, 関西大学, 吹田 (2014.3.31).
- (2) 松井 由紀子 他: アルギン酸バインダーを適用したリチ

- ウムイオン電池用正極の高電圧作動, 電気化学会第81回大会, 関西大学, 吹田 (2014.3.31).
- (3) 津田 哲哉 他: カーボンコンポジット薄膜電極を用いた電気化学アクチュエータ, 電気化学会第81回大会, 関西大学, 吹田 (2014.3.30).
- (4) 梅本 清貴 他: 電気二重層キャパシタ用低環境負担イオン液体ゲルコンポジット電解質膜の作製, 電気化学会第81回大会, 関西大学, 吹田 (2014.3.29).
- (5) 石川 正司: 「蓄電池とキャパシタの最新技術」, 「蓄電デバイス性能向上のための新しい電極界面制御」, 講演会「グリーンエネルギー工学」, 岡山大学, 岡山 (2014.3.3). 招待講演
- (6) 石川 正司 他: FSI アニオン系の特異な電極界面挙動とLIB特性, 第369回電池技術委員会, 京都ガーデンパレス, 京都 (2013.12.12). 招待講演
- (7) 池邊 翔太 他: アルギン酸バインダーによる低温作動EDLCの性能改善, 2013年度第3回関西電気化学研究会, 産業技術総合研究所関西センター, 池田 (2013.12.7).
- (8) 石川 正司: 蓄電デバイス性能向上のための新しい電極界面制御, 瀬川研究室特別講演会, 東京大学先端科学技術研究センター, 東京 (2013.12.2). 招待講演
- (9) S. Ikebe 他: Low-resistance Activated Carbon Electrodes Utilizing Alginate Binder for Electric Double Layer Capacitors, The 7th Asian Conference on Electrochemical Power Sources (ACEPS-7), Senri Life Science Center, Toyonaka, Osaka, Japan (2013.11.25).
- (10) K. Soeda 他: Improvement of Interfacial Ionic Transfer by Using Alginate Binder in Carbon Anodes, The 7th Asian Conference on Electrochemical Power Sources (ACEPS-7), Senri Life Science Center, Toyonaka, Osaka, Japan (2013.11.25).
- (11) M. Yamagata 他: Design of Electrode-electrolyte Interface for Advanced Supercapacitors, The 7th Asian Conference on Electrochemical Power Sources (ACEPS-7), Senri Life Science Center, Toyonaka, Osaka, Japan (2013.11.25). 招待講演
- (12) 川口 俊介 他: リチウムイオン電池正極/FSI系イオン液体界面の電気化学的 특성評価, 第4回イオン液体討論会, 慶應義塾大学, 横浜 (2013.11.20).
- (13) S. Ikebe 他: Enhanced Performance of Electric Double Layer Capacitor by Alginate Binder, Advanced Energy Technology Congress, Hyatt Mission Bay Resort & Marina, San Diego, California, U.S.A. (2013.11.14).
- (14) 石川 正司: キャパシタにおける最新技術と将来展望, 一般社団法人日本粉体工業技術協会 2013年度第2回電池構造技術分科会, 産業技術総合研究所関西センター, 池田 (2013.10.24). 招待講演
- (15) 石川 正司: 電気二重層キャパシタ: 技術的特徴と特性評価, ナノプロブテックノロジー第167委員会第72回研究会, 東京大学生産技術研究所磯島リサーチ, 東京 (2013.10.23). 招待講演
- (16) 石川 正司: 蓄電技術の動向, 第20回石油学会関西支部セミナー, 第29回日本エネルギー学会関西支部セミナー, 関西大学, 吹田 (2013.10.18). 招待講演
- (17) 副田 和位 他: 物質移動過程を促進するアルギン酸バインダーの炭素負極に対する効果, 第54回電池討論会, 大阪国際会議場, 大阪 (2013.10.8).
- (18) 松井 由紀子 他: FSI系イオン液体を用いた高電圧作動型リチウムイオン電池の検討, 第54回電池討論会, 大阪国際会議場, 大阪 (2013.10.7).
- (19) 川口 俊介 他: FSI系イオン液体電解液を用いたLiNi_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3}O₂正極の充放電挙動および界面特性の検証, 第54回電池討論会, 大阪国際会議場, 大阪 (2013.10.7).
- (20) 岩崎 悠紀 他: 積層型電気化学アクチュエータへの応用を志向したイオン液体コンポジット材料の創成, 2013年電気化学秋季大会, 東京工業大学, 東京 (2013.9.28).
- (21) 池邊 翔太 他: アルギン酸バインダーを適用した電気二重層キャパシタの抵抗低減効果, 2013年電気化学秋季大会, 東京工業大学, 東京 (2013.9.28).
- (22) 西垣 信秀 他: FSIイオン液体電解液組成と炭素負極種の特長によるレート特性の向上, 2013年電気化学秋季大会, 東京工業大学, 東京 (2013.9.28).
- (23) 石川 正司: 電気二重層キャパシタにおける電気化学インピーダンス法の実験, 電気化学会関東支部第49回学際領域セミナー, 株式会社明電舎大崎会館, 東京 (2013.9.20). 招待講演
- (24) 山縣 雅紀 他: イオン液体と高分子による蓄電デバイスの作動特性向上, 第62回高分子討論会, 金沢大学, 金沢 (2013.9.13).
- (25) 石川 正司: キャパシタ性能を向上させる材料の探索とその効果, 電気化学会関東支部・第42回先端科学セミナー, 上智大学, 東京 (2013.7.19). 招待講演
- (26) 堀川 大介 他: イオン液体/電極界面における電気二重層構造とキャパシタ性能の関係, 新化学技術推進協会第2回JACI/GSCシンポジウム(第13回GSCシンポジウム), メルパルク大阪, 大阪 (2013.6.7).
- (27) 池邊 翔太 他: アルギン酸バインダーを適用した電気二重層キャパシタの高性能化, 新化学技術推進協会第2回JACI/GSCシンポジウム(第13回GSCシンポジウム), メルパルク大阪, 大阪 (2013.6.7).
- (28) 川口 俊介 他: LIB用Ni-Mn-Co層状酸化化物正極の特性向上を可能にするFSI系イオン液体とその電解液組成最適化, 新化学技術推進協会第2回JACI/GSCシンポジウム(第13回GSCシンポジウム), メルパルク大阪, 大阪 (2013.6.7).
- (29) M. Ishikawa 他: Application of Natural Polymer-based Gel Electrolyte and Binders to Supercapacitor, 3rd International Symposium on Enhanced Electrochemical Capacitors (ISEECap 2013), Hotel Caparena & Wellness Club, Taormina, Sicily, Italy (2013.6.6). 招待講演
- (30) M. Yamagata 他: Impact of Lithium Salt Addition to Ionic Liquid Electrolytes on Electric Double Layer Capacitor Performance, 2013 International Conference on Advanced Capacitors (ICAC 2013), Cosmosquare Hotel and Congress, Osaka, Japan (2013.5.29). Young Investigator Award Silver Medal 受賞
- (31) S. Ikebe 他: Improving the Performance of Electric Double-layer Capacitors Using Various Alginate

- Binders, 2013 International Conference on Advanced Capacitors (ICAC 2013), Cosmosquare Hotel and Congress, Osaka, Japan (2013.5.28).
- (32) K. Soeda 他: Application of Alginate-binder to Carbon Anodes and Their Electrochemical Performance, 223rd ECS Meeting, The Sheraton Centre Toronto Hotel, Toronto, Canada (2013.5.14).
- (33) 堀川 大介 他: 電極/イオン液体界面における電気二重層と電極反応への影響, 電気化学会創立第80周年記念大会, 東北大学, 仙台 (2013.3.30).
- (34) 副田 和位 他: アルギン酸/バインダーを適用した炭素負極のLIB特性, 電気化学会創立第80周年記念大会, 東北大学, 仙台 (2013.3.29).
- (35) 石川 正司 他: 電極界面領域の最適化に基づいた蓄電デバイスの性能向上, 日本化学会第93春季年会, アドバンスト・テクノロジー・プログラム(ATP), 立命館大学, 草津 (2013.3.24). 依頼講演
- (36) 石川 正司: 関連材料技術の高度化によるキャパシタ発展の可能性, 新技術創成研究所第10回公開講演会, セントヒル長崎/長崎総合科学大学大学院・新技術創成研究所, 長崎 (2013.2.5). 招待講演
- (37) 石川 正司 他: 次世代型リチウムイオン電池およびキャパシタを実現する高性能材料の開発, 第17回関西大学先端科学技術シンポジウム, 関西大学, 吹田 (2013.1.30).
- (38) 石川 正司 他: キャパシタデバイス材料の新しい可能性の探究, キャパシタ技術委員会平成25年度第1回研究会, 関西大学, 吹田 (2013.1.15). 招待講演
- (39) 石川 正司: キャパシタ型蓄電デバイス材料の進歩と可能性, 名古屋大学 材料バックキャストテクノロジーシンポジウム, 名古屋大学, 名古屋 (2013.1.11). 招待講演
- (40) M. Ishikawa 他: Application of Natural Polymer Gel Electrolytes to Supercapacitor and Lithium-ion Battery, The 9th SPSJ International Polymer Conference (IPC 2012), Kobe Convention Center, Kobe, Hyogo, Japan (2012.12.13). 招待講演
- (41) 石川 正司: キャパシタのエネルギーと出力向上のための新技術と応用開拓, 近畿化学協会電池セミナー, 大阪科学技術センター, 大阪 (2012.12.5). 招待講演
- (42) 副田 和位 他: 炭素負極へのアルギン酸バインダーの適用と電気化学特性, 第53回電池討論会, ヒルトン福岡シーフォーク, 福岡 (2012.11.16).
- (43) 笠井 祐貴 他: 高濃度塩を含む生体由来ゲル電解質によるEDLC電極/電解質界面の評価, 第53回電池討論会, ヒルトン福岡シーフォーク, 福岡 (2012.11.14).
- (44) 池邊 翔太 他: アルギン酸/バインダーの適用によるキャパシタの高出力化, 第53回電池討論会, ヒルトン福岡シーフォーク, 福岡 (2012.11.14).
- (45) 石川 正司: 次世代エネルギーを支えるキャパシタ, 第5回グリーンナノフォーラム, 大阪産業創造館, 大阪 (2012.11.9). 招待講演
- (46) S. Ikebe 他: Alginate Binder for High Power EDLC, Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid-state Science (PRIME2012), Hawaii Convention Center and the Hilton Hawaiian Village, Honolulu, Hawaii, U.S.A. (2012.10.10).
- (47) M. Yamagata 他: Dramatic Improvements in Electric Double-layer Capacitors by Using Polysaccharides, Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid-state Science (PRIME2012), Hawaii Convention Center and the Hilton Hawaiian Village, Honolulu, Hawaii, U.S.A. (2012.10.10).
- (48) 石川 正司: 蓄電の技術革新 - 電気自動車のための高速・高容量の蓄電池とキャパシタ, 第13回日本検査血液学会学術集会, 高槻現代劇場, 高槻 (2012.7.28). 招待講演
- (49) 笠井 祐貴 他: 天然高分子由来ゲル電解質による電極界面の抵抗減少効果, 電気化学会第79回大会, アクトシティ浜松, 浜松 (2012.3.29).
- (50) 池邊 翔太 他: バクテリアセルロースゲル電解質を用いたEDLC特性評価, 電気化学会第79回大会, アクトシティ浜松, 浜松 (2012.3.29).
- (51) 山縣 雅紀 他: アルギン酸/バインダーを用いた高出力EDLCの開発, 電気化学会第79回大会, アクトシティ浜松, 浜松 (2012.3.29).
- (52) 古賀 景子 他: リチウムイオン二次電池用負極に対するアルギン酸バインダーの適用とその電気化学的挙動, 電気化学会第79回大会, アクトシティ浜松, 浜松 (2012.3.29).
- (53) 石川 正司: 電気二重層コンデンサの開発動向, 電気四学会関西支部専門講習会, 中央電気倶楽部, 大阪 (2012.2.9). 招待講演
- (54) 山縣 雅紀 他: 電池およびキャパシタを高性能化する材料技術, 第16回関西大学先端科学技術シンポジウム, 関西大学, 吹田 (2012.1.24).
- (55) 山縣 雅紀 他: 電気化学キャパシタを高性能化する材料技術, 第16回関西大学先端科学技術シンポジウム, 関西大学, 吹田 (2012.1.23).
- (56) 山縣 雅紀 他: リチウムイオン二次電池を高性能化する材料技術, 第16回関西大学先端科学技術シンポジウム, 関西大学, 吹田 (2012.1.23).
- (57) 笠井 祐貴 他: 生体関連材料由来のゲル電解質を用いた電気二重層キャパシタの電気化学的性質, 平成23年度第3回関西電気化学研究会, 関西大学, 吹田 (2011.12.10).
- (58) 竹野 一基 他: イオン液体含有キトサンゲル電解質のリチウムイオン電池への適用, 平成23年度第3回関西電気化学研究会, 関西大学, 吹田 (2011.12.10).
- (59) 石川 正司: リチウム電池とキャパシタ, 特徴と今後の技術, 関西大学技術交流セミナー2011 (第5回東京セミナー) 蓄電材料研究セミナー, 関西大学東京センター, 東京 (2011.11.24).
- (60) 西下 慧 他: イオン液体中の各種カチオン・アニオンが炭素電極の電気二重層構造に及ぼす効果, 第52回電池討論会, タワーホール船堀, 東京 (2011.10.19).
- (61) 竹野 一基 他: イオン液体を含有する天然高分子ゲル電解質のリチウムイオン電池特性, 第52回電池討論会, タワーホール船堀, 東京 (2011.10.19).
- (62) M. Ishikawa 他: Electrochemical Capacitors Based on Novel Designs of Electrode-electrolyte Interface,

220th ECS Meeting and Electrochemical Energy Summit, Westin Boston Waterfront and the Boston Convention and Exhibition Center, Boston, Massachusetts, U.S.A (2011.10.13).招待講演

- (63) M. Yamagata 他: Polysaccharide-based Gel Electrolytes Containing Hydrophobic Ionic Liquids for Electric Double-layer Capacitors, 220th ECS Meeting and Electrochemical Energy Summit, Westin Boston Waterfront and the Boston Convention and Exhibition Center, Boston, Massachusetts, U.S.A (2011.10.11).招待講演
- (64) 石川 正司: 蓄電デバイスの電極界面における特異的な現象, 2011年度電気化学会関西支部鳥取地区講演会, 鳥取大学, 鳥取 (2011.9.22).招待講演
- (65) M. Ishikawa 他: Novel Designs of Supercapacitor Focusing on Electrode/electrolyte Interface, 12th International Conference in Asia (IUMRS-ICA 2011), Taipei World Trade Center Nangang Exhibition Hall (TWTC Nangang), Taipei, Taiwan (2011.9.20).招待講演
- (66) M. Yamagata 他: High-performance Polysaccharide-based Gel Electrolyte for Energy Storage Devices, Renewable Energy & Materials Tailoring 2011 (REMT2011), Yoshida Campus, Kyoto University, Kyoto, Japan (2011.9.18-19).
- (67) M. Ishikawa 他: High-performance Electrochemical Capacitors with Specific Interfacial Designs, 62nd Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Toki Messe (Niigata Convention Center), Niigata, Japan (2011.9.15).招待講演
- (68) 笠井 祐貴 他: 天然高分子由来のゲル電解質を用いた電気二重層キャパシタの特性評価, 2011年電気化学秋季大会, 朱鷺メッセ(新島コンベンションセンター), ホテル日航新潟, 新潟 (2011.9.10).
- (69) 山崎 穰輝 他: イオン液体を含有するキトサンゲル電解質を用いた非水系電気化学キャパシタの開発, 第25回キチン・キトサンシンポジウム, 奈良県新公会堂, 奈良 (2011.8.31).
- (70) 竹野 一基 他: イオン液体を含有するキトサンゲル電解質のリチウムイオン電池への適用, 第25回キチン・キトサンシンポジウム, 奈良県新公会堂, 奈良 (2011.8.30-2011.8.31).ポスター賞受賞
- (71) M. Ishikawa 他: Novel Designs of Electrode/electrolyte Interface for Supercapacitors, 2nd International Symposium on Enhanced Electrochemical Capacitors (ISEE 'Cap 2011), Poznan University of Technology, Poznan, Poland (2011.6.14).招待講演
- (72) 石川 正司: リチウムイオンキャパシタおよび関連する高エネルギー蓄電技術, 日本鉱業協会新林林部会講演会, 日本鉱業協会, 東京 (2011.5.27).招待講演

〔図書〕(計3件)

- (1) 山縣 雅紀, 石川 正司: 技術情報協会, 次世代蓄電池の【最新】材料技術と性能評価, 829 (2013.12.27)
- (2) 山縣 雅紀, 石川 正司: シーエムシー出版, エレクトロニクスシリーズ レアメタルフリー二次電池の最新

技術動向, 260 (2013.3.19).

- (3) 石川 正司: 共立出版, 最先端材料システム One Point 5, 最先端電池と材料(高分子学会編集), 114 (2012.7.25).

〔産業財産権〕

出願状況(計3件)

名称: 電気化学キャパシタ用電解質、電気化学キャパシタおよび電気機器

発明者: 山縣 雅紀, 石川 正司, 田村 裕, 古池 哲也, 池邊 翔太, 西工 由佳, 山崎 穰輝

権利者: 関西大学, 第一工業製薬株式会社

種類: 特許

番号: 特願2012-068363

出願年月日: 24年3月23日

国内外の別: 国内

名称: バインダ、電極、電気化学キャパシタおよびリチウムイオン二次電池

発明者: 山縣 雅紀, 石川 正司, 山崎 穰輝, 池辺 翔太

権利者: 関西大学

種類: 特許

番号: 特願2012-020283

出願年月日: 24年2月1日

国内外の別: 国内

名称: 非水系ゲル電解質およびその製造方法、並びにその利用

発明者: 山縣 雅紀, 石川 正司, 竹野 一基, 山崎 穰輝

権利者: 関西大学

種類: 特許

番号: 特願2011-195478

出願年月日: 23年9月7日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://gakujo.kansai-u.ac.jp/profile/ja/da93ad8rb8c00fa7HW7f16kobc.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石川 正司 (ISHIKAWA, Masashi)

関西大学・化学生命工学部・教授

研究者番号: 30212856