

補助事業番号 2020M-143

補助事業名 2020年度 リチウムイオン電池の可燃性電解液を固める

有機ゲル化剤の開発 補助事業

補助事業者名 山口大学大学院創成科学研究科有機分子材料工学研究室 岡本浩明

## 1 研究の概要

### (1)有機ゲル化剤の開発

これまでに開発した有機ゲル化剤の分子構造を基盤としてリチウムイオン電池に用いられている有機電解液を1%未満の添加量でゲル化可能な有機ゲル化剤を開発する。具体的には、これまでに合成している水素結合性の官能基を分子内に持たない非水素結合性有機ゲル化剤を基盤として、①ゲル化可能な有機電解液の適応範囲の拡大とゲル化性能(最低ゲル化濃度)の向上、②リチウムイオン電池の内部における電気化学反応を考慮に入れた高い電気化学的安定性を考慮した有機ゲル化剤を開発する。

### (2)有機ゲル電解質の熱物性の解析

構築した有機ゲル電解質の示差走査熱量(DSC)測定などによるゾルーゲル転移温度の解析からの熱力学的パラメーター(転移エンタルピーや転移エントロピー)を解析する。これらの結果から非水素結合性有機ゲル化剤の分子構造にフィードバックする。その上で、最終的には、120℃程度のゾルーゲル転移温度を示す有機ゲル電解質を開発する。

### (3)有機ゲル電解質の電気化学物性の解析

イオン伝導度測定、リニアスイープボルタンメトリー(LSV)測定、サイクリックボルタンメトリー(CV)測定、充放電測定等から有機ゲル電解質の電気化学物性(電池性能)を解析する。これらの結果を有機ゲル化剤の分子構造にフィードバックし、リチウムイオン電池に用いられている有機電解液の組成に応じて、分子構造を最適化した有機ゲル電解質を構築する。

## 2 研究の目的と背景

本研究では、リチウムイオン電池に含まれる可燃性の有機電解液をゲル化する添加剤(有機ゲル化剤)を開発する。本研究で開発する有機ゲル化剤は、従来技術では困難とされて来た有機電解液を1%程度の添加量でゲル化できる。したがって、可燃性の有機電解液の漏液を防ぎ、安全性が向上する。さらに、構築した有機ゲル電解液の基本性能(イオン伝導度)は電解液と同レベルであるために、リチウムイオン電池の性能の低下はない。したがって、本事業の達成により、リチウムイオン電池の使用済み及びリサイクル工場での発火事故を大幅に削減できる。

現在、電気自動車やハイブリッドカーの電源としてリチウムイオン電池が広く利用されているが、リチウムイオン電池の発火事故が5年で2倍以上に急増している。このような発火事故は電解液に可燃性の有機溶媒が使われていることが一因で、電解液が漏れた場合に発火の危険性があるとされている。最近、漏液防止や安全性の向上を目的として、高分子ゲル電解質や全固体リチウム電池等の研究開発が行われているが、今後、電気自動車等の需要増大及び走行距離を伸ばす

ために電池の大容量化が進められており、電池の大型化とともに安全性の向上が重要である。

### 3 研究内容

[http://web.cc.yamaguchi-u.ac.jp/~oka-moto/Okamoto\\_Laboratory/Okamoto\\_Home.html](http://web.cc.yamaguchi-u.ac.jp/~oka-moto/Okamoto_Laboratory/Okamoto_Home.html)

(1) リチウムイオン電池の可燃性電解液を固める有機ゲル化剤の開発に関する研究  
リチウムイオン電池用の有機電解液をゲル化することで、固体化する有機ゲル化剤を開発し、この有機ゲル化剤を用いて、有機電解液をゲル化した有機ゲル電解質の熱物性や電池材料としての有機ゲル電解質の性能を評価した。具体的な内容を以下に記す。

#### ① リチウムイオン電池の可燃性電解液を固める有機ゲル化剤の開発

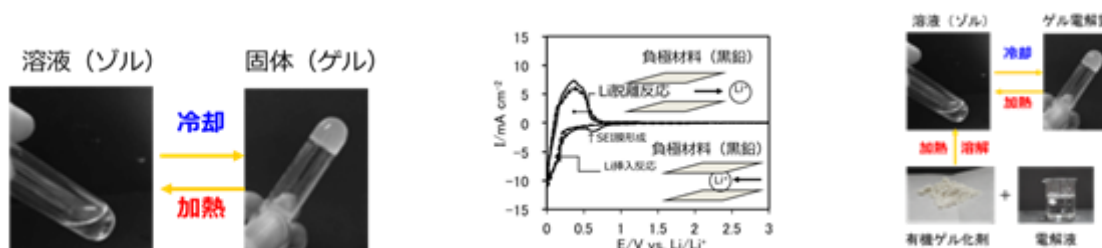
有機電解液として用いられているポオピレンカーボネート（PC）やγ-ブチロラクトン（GBL）を1%程度の添加量でゲル化する有機ゲル化剤（新規物質）を開発した。

#### ② 合成した有機ゲル化剤を用いた有機ゲル電解質の熱物性の解析

本研究で開発した有機ゲル電解質は加熱—冷却により、ゾル—ゲル転移する熱可逆的ゲル（物理ゲル）であり、有機ゲル化剤の添加量に応じて転移温度が変化する。本研究で開発した有機ゲル化剤においては、微細な分子構造の違いにより、転移温度が変化し、実用的に問題のない転移温度（60～80℃）を達成した。

#### ③ 有機ゲル電解質の電気化学物性の解析

本研究で構築した有機ゲル電解質（固体）のイオン伝導度は、 $10^{-2} \sim 10^{-3} \text{ S cm}^{-1}$ レベルで有機電解液（液体）のイオン伝導度と変わらないことがわかった。



### 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

電気自動車やハイブリッドカーにおいて、リチウムイオン電池の大容量化と安全性の両立は喫緊の課題となっている。本事業の達成により、車載型の大型リチウムイオン電池の電解液をゲル化することで、発火事故を防ぐことができる。したがって、発火事故が危惧されている高容量リチウムイオン電池の搭載を予定している自動車メーカーや供給する電池メーカーが直接的な受益者であり、最終的には消費者が受益者と言える。さらに、リチウムイオン電池を含む製品寿命の終了時のリサイクル事業者に対しても発火の危険性の回避という観点で実社会に活かされると考えられる。

## 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本研究により、電池メーカーや自動車メーカーなどの民間企業への研究成果のアピールにつながり、本研究成果の実社会への還元につながるきっかけとなった。特にリチウムイオン電解液のゲル化技術は、他に類例がなく、民間企業においても強い関心があり、今後の研究推進につながっている。

## 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

### 知財

- 1) 岡本浩明、森田由紀、新規なフッ素含有芳香族エステル化合物及びそれを含有するゲル化剤、特願2022-32844（出願日2022年3月3日）：下記の2）出願特許の国内優先権出願
- 2) 岡本浩明、森田由紀、新規なフッ素含有芳香族エステル化合物及びそれを含有するゲル化剤、特願2021-33744（出願日2021年3月3日）：新規な低分子量有機ゲル化剤に関する特許出願
- 3) 岡本浩明、森田由紀、新規なフルオロアルカン誘導体及びそれらを用いたゲル化剤、PCT/JP2021/8072（出願日2021年3月3日）：新規な有機ゲル化剤に関する特許出願
- 4) 岡本浩明、森田由紀、イオン液体のゲル化剤、特願2017-209503（2017年10月30日）、特許第6894630号（登録日2021年6月8日）：電解液としても利用されることが多いイオン液体のゲル化を可能とする有機ゲル化剤に関する特許

### 発表論文等

- 1) イノベーション・ジャパン2020 大学見本市（オンライン開催）（9月28日～）にて紹介した。題目：電解液固定化へ向けた非水素結合性有機ゲル化剤の開発

## 7 補助事業に係る成果物

### (1)補助事業により作成したもの

有機ゲル化剤(粉体)及び有機ゲル電解質(半固体物質)

### (2)(1)以外で当事業において作成したもの

該当なし

## 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 山口大学 大学院 創成科学研究科

(ヤマグチダイガク ダイガクイン ソウセイカガクケンキュウカ)

住 所: 〒755-8611

山口県宇部市常盤台2丁目16-1

担 当 者: 准教授 岡本 浩明 (オカモト ヒロアキ)

担 当 部 署: 有機分子材料工学研究室(ユウキブンシザイリョウコウガクケンキュウシツ)

E - m a i l: oka-moto@po.cc.yamaguchi-u.ac.jp

U R L:

[http://web.cc.yamaguchi-u.ac.jp/~oka-moto/Okamoto\\_Laboratory/Okamoto\\_Home.html](http://web.cc.yamaguchi-u.ac.jp/~oka-moto/Okamoto_Laboratory/Okamoto_Home.html)