

シンポジウム | イノベーション共創プログラム (CIP) : 電解液の革新に基づく新電池開発

■ 2025年3月28日(金) 13:00 ~ 15:15 ■ [E]F403(第2学舎 4号館 [4階] F403)

[[E]F403-3pm] 電解液の革新に基づく新電池開発

座長、シンポジウム関係者：細野 英司、山田 裕貴

リチウムイオン電池等の蓄電池における電解液は、イオン輸送に加えて界面形成という重要な役割を担っており、電池の性能を決定する重要な構成材料です。近年、これまでに使われてきた一般的な電解液とは異なる溶媒和構造や電気化学機能、イオン輸送メカニズムを有する革新的な電解液開発が活発に行われています。新規電解液により、電池の高エネルギー密度化や高安全化、充電特性の向上などが期待されています。本セッションでは革新的な電解液の開発や、その機能発現機構の解明、次世代電池への適用などについて議論します。

本セッションは午前、午後に実施されます。

聴講後の[アンケート](#)へのご協力をお願いいたします。

◆ 日本語 ◆ 基調講演

13:00 ~ 14:00

[[E]F403-3pm-01]

ソフトマター電解質が拓く次世代電池

○渡邊 正義¹ (1. 横浜国立大学)

14:00 ~ 14:10

[3E_F40305-07-2add]

インキュベーションタイム

◆ 日本語 ◆ 依頼講演

14:10 ~ 14:40

[[E]F403-3pm-02]

環状分子構造最適化に基づく先進リチウムイオン電池用新規溶媒設計

○近藤 靖幸¹、竹内 一輝¹、片山 祐¹、袖山 慶太郎²、岡 弘樹³、山田 裕貴¹ (1. 阪大産研、2. NIMS、3. 東北大多元研)

◆ 日本語 ◆ 依頼講演

14:40 ~ 15:10

[[E]F403-3pm-03]

フッ素エーテル含有電解液のリチウムイオン二次電池性能に与える効果

○山崎 穰輝¹、小林 奈緒¹、大谷 真也¹、谷 明範¹、下岡 俊晴¹ (1. ダイキン工業株式会社)

15:10 ~ 15:15

閉会挨拶

ソフトマター電解質が拓く次世代電池

(横浜国大・先端科学高等研究院) 渡邊 正義

Studies on Soft Matter Electrolytes for Next Generation Batteries (*Institute of Advanced Sciences, Yokohama National University*) Masayoshi Watanabe

Soft matter electrolytes include polymer electrolytes, ionic liquids, plastic crystals, ion-gels, and so forth and may fulfill the gap between electrolyte solutions and solid-state electrolytes. This study focuses on ion transport properties and interfacial charge transport processes of soft matter electrolytes and their applications to electrochemical devices. Studies on new electrolyte materials are essential for developing the next generation batteries. Soft matter electrolytes will take a pivotal role in the new electrolyte materials in terms of safety enhancement, stable and easy electrode | electrolyte interface formation, and cost-effective production of next generation batteries.

Keywords : *Soft Matter Electrolyte, Polymer Electrolyte, Ionic liquid, Ion Gel, Dense Ionic Fluid*

イオン伝導性高分子、イオン液体、柔粘性結晶、イオンゲル、濃厚電解液といった電解質を、ここではソフトマター電解質と呼ぶ。本研究は、ソフトマター電解質中および電極界面でのイオニクスを検討し、その電気化学的応用、特に次世代電池への適用の可能性を探索した内容である^{1,2)}。持続可能社会を構築する上で、エネルギーを効率良く生成・貯蔵・消費することの重要性がクローズアップされ、これを支える電解質研究の重要性が増している。電解質材料は電解質水溶液そして有機電解液へと発展してきたが、次世代二次電池を実現するためには、新しい電解質の研究が不可欠であり、本講演では、著者が研究してきたソフトマター電解質について紹介する(Fig. 1)。

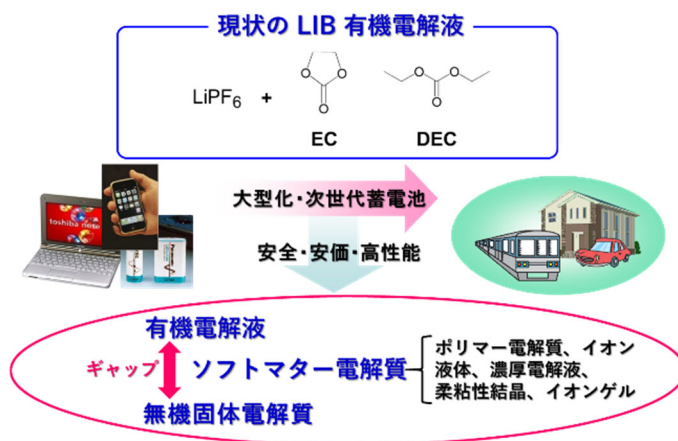


Fig. 1 Soft matter electrolytes filling a role between electrolyte solutions and solid-state electrolytes.

- 1) M. Watanabe, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **2021**, 94, 2739–2769.
- 2) 渡邊正義, *電池技術*, **2024**, 36, 120–129.

環状分子構造最適化に基づく先進リチウムイオン電池用新規溶媒設計

(阪大産研¹・NIMS²・東北大多元研³) ○近藤靖幸¹・竹内一輝¹・片山祐¹・袖山慶太郎²・岡弘樹³・山田裕貴¹

Designing a novel electrolyte solvent for advanced lithium-ion batteries based on optimization of cyclic structures (¹SANKEN, Osaka University, ²NIMS, ³IMRAM, Tohoku University) ○ Yasuyuki Kondo,¹ Kazuki Takeuchi,¹ Yu Katayama,¹ Keitaro Sodeyama,² Kouki Oka,³ Yuki Yamada¹

High-voltage lithium-ion batteries (LIBs) that can operate even at high temperatures (70°C) are highly demanded. To this end, a novel solvent with (i) passivation ability on negative electrodes, (ii) flame retardancy, and (iii) high-temperature and high-voltage stability is required. Inspired by the molecular structures of passivation-film-forming ethylene carbonate, flame retardant phosphate esters, and well-known electrolyte-additive LiPO₂F₂, we designed and synthesized a novel cyclic fluorophosphate ester solvent (FDPO) that exhibits all their advantageous characteristics. We also found that a six-membered ring structure can significantly increase its thermal and chemical stabilities. In this talk, we report the high-voltage and high-temperature LIB performance employing FDPO-based electrolytes.

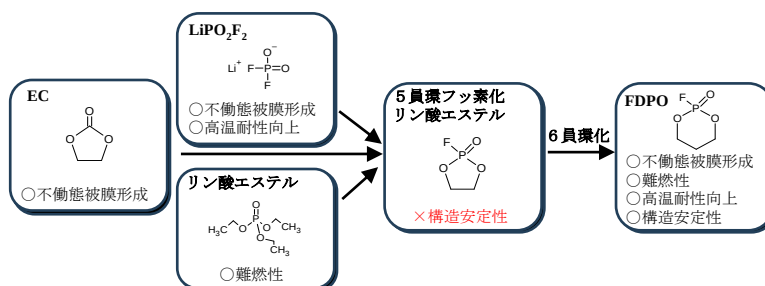
Keywords : Lithium-ion Battery; Electrolyte Solution; Cyclic Solvent; Passivation Film;

近年、広範囲の温度条件で動作する高電圧リチウムイオン電池 (LIB) の需要が高まっており、それを実現する新規電解液が求められている。従来

電解液としては、黒鉛負極上に電解液の還元分解の抑制に必須な不働態被膜を形成し得る 5 員環の炭酸エチレン (EC) を主溶媒としたものが用いられてきた¹⁾。しかし、可燃性であることや、高温・高電圧作動時に電解液が酸化・還元分解するといった問題を有する。そこで本研究では、EC の構造をベースに、難燃剤であるリン酸エステル²⁾構造、及び電池の高温耐性向上に有効な添加剤塩である LiPO₂F₂³⁾と類似の構造を導入した。加えて、溶媒の構造安定性の向上を目的として、5 員環構造からより安定な 6 員環構造に変更し、不働態被膜形成能、難燃性、高温・高電圧安定化能を兼ね備えた 2-fluoro-1,3,2-dioxaphosphorinane 2-oxide (FDPO) を新たに設計・合成した。

FDPO 含有電解液中で黒鉛負極および LiNi_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3}O₂ 正極の室温および 70°C 下での充放電試験を行った結果、各電極の容量維持率がともに、従来電解液中よりも向上することを確認し、新規電解液としての優位性が示された。

1) V. A. Agubra, J. W. Fergus, *J. Power Sources* **2014**, 268, 153. 2) L. Wu *et al.*, *J. Power Sources* **2009**, 188, 570. 3) S. Kuang *et al.*, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **2022**, 14, 19056.



フッ素エーテル含有電解液のリチウムイオン二次電池性能に与える効果

(ダイキン工業株式会社) ○山崎穰輝・小林奈緒、大谷眞也、谷明範、下岡俊晴
 The Effects of Fluorinated Ether-containing Electrolyte on the Performance for Lithium-ion Batteries (Product R&D Department Chemicals Division, Daikin Industries Ltd.)
 ○Shigeaki Yamazaki, Nao Kobayashi, Shinya Otani, Akinori Tani, Toshiharu Shimooka

The electrolyte of lithium-ion batteries includes a variety of solvents such as high dielectric constant solvents and low viscosity solvents, as well as additives that significantly influence battery performance. Among these electrolytes, fluorinated compounds can substantially enhance battery performance. In particular, fluorinated ethers containing electrolyte can contribute to higher voltage operation, improve safety and improve cycling stability.

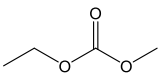
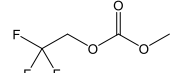
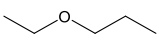
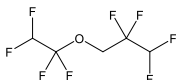
This presentation will focus on the effects of fluorinated ethers on battery performance.

Keywords : *Lithium-ion Batteries, Electrolyte, Fluorinated Ether*

リチウムイオン電池 (LIB) は、スマートフォンをはじめとする自動車の動力源など、様々な用途で利用されており、世界市場が急速に拡大している。市場拡大には、LIB のさらなる高性能化、高安全性が求められている。電池の性能を左右する重要な材料として電解液がある。我々は、電解液材料に様々なフッ素溶媒の適用を検討しており、電池の高寿命化、高電圧化¹⁾、高安全化^{2,3)}を達成するためのアプローチを行ってきた。電解液溶媒にフッ素原子を導入することで、フッ素の電子吸引基の特性により HOMO 準位が低下し、耐酸化性が向上する。一方で、LUMO 準位も低下し、耐還元性が低下するのが一般的である。この特性を活かし、酸化の観点では、電池の高電圧化、還元の見点で負極被膜形成添加剤としての電池の高寿命化が可能となる。

我々はこれまでに、フッ素エーテルである 1,1,2,2-tetrafluoroethyl 2,2,3,3-tetrafluoropropyl ether (D2) を用い、電解液溶媒や添加剤としての有用性を検討してきた。D2 は、LIB の高電圧化、寿命向上、安全性付与など電解液として多くの興味深い特性を示すことができる。本発表では、フッ素原子を導入した溶媒を用いた電解液特性および D2 を用いた際の LIB に対する効果について述べる。

Table HOMO and LUMO energy of various solvent compounds

	HOMO	LUMO		HOMO	LUMO
	-7.65eV	1.19eV	→		-8.19eV 0.73eV
	-6.74eV	2.55eV	→		-9.20eV 1.20eV

Calculated by using Gaussian09 B3LYP/6-31G(d)

1) T. Kitagawa *et al.*, *Electrochemistry*, **78**, 345 (2010).

2) J. Hou and S. Yamazaki *et al.*, *Energy Environ. Mater.*, **6**, 12297 (2023).

2) J. Hou and S. Yamazaki *et al.*, *Adv. Energy Mater.*, 2402638 (2024).