

**共同研究開発事業報告書**

## 1 事業名称

海洋性高分子部材を応用した高電圧型リチウムイオン電池の研究開発

## 2 実施期間

令和3年 9月 1日 から 令和 5年 3月 8日

## 3 実施場所

株式会社アイ・エレクトロライト本社

## 4 連携した大学、研究機関等の名称（産学連携の場合）又は団体の構成員の名称（企業間連携の場合）

関西大学電気化学研究室（石川研究室）

## 5 事業の経過及び内容

本事業においては開発項目を3つに分類している。

- A 電池用のバインダーとして最適な海洋性高分子の材料選別（実施期間：令和3年9月1日～令和4年3月31日）  
B 中規模試作コーターを用いた塗布電極の製造検討（実施期間：令和4年4月1日～7月31日）  
C 4.7V級セルの構築、電池特性の検証（実施期間：令和4年8月1日～令和5年3月8日）

約1.5年の研究期間を通じて、上記3点の開発項目をすべて完了した。

各項目に設定した達成度と状況に関して以下に記載する。

**～研究開発A～（実施期間：令和3年9月1日～令和4年3月31日）**

<内容>

電池用のバインダーとして最適な海洋性高分子の材料選別

<担当>

（株）アイ・エレクトロライト、関西大学（石川研究室）

<課題>

- ・4.7~5.0Vの耐電圧性が確保できる材料であること
- ・バインダーに求められる耐熱性が確保できること

**達成度①**：リニアスイープボルタンメトリー法によって4.7~5.0V以上の耐酸化性を持つ海洋性高分子材料を見出すこと。（もしくは電位走査で5.0V到達時、酸化分解に対応する電流ピークが比較系よりも小さいこと）

<結果>達成度①：達成

電位走査で4.7~5.0Vに達した際に酸化分解に対応する電流ピークが所定の電流値を下回る結果となった。また比較系である従来材料の合成高分子系バインダーであるPVdF、SBRよりも電流値は小さく、これらよりも対酸化性が優れることが証明された。

達成度②：示差走査熱分析法※により、熱分解温度が 150°C以上の材料を見出す。

<結果>達成度②：達成

海洋性高分子バインダーは、水分消失による重量減少が 100°Cから確認されるものの、約 10%の重量減少後にそれ以上の重量減少は発生しなかった。またさらに高温へ展開したところ約 160°C付近から徐々に重量減少が再開し、これがバインダーの熱分解に対応していることを確認した。よって連続使用における耐熱性は 150°C以上を有していることがわかり、目標達成と判断した。

～研究開発 B～（実施期間：令和 4 年 4 月 1 日～7 月 31 日）

<内容>

中規模試作コーターを用いた塗布電極の製造検討

<担当>

(株) アイ・エレクトロライト、関西大学（石川研究室）

<課題>

- ・量産を見据えたスラリーの完成度（粘度、分散性）、塗工速度、乾燥方式、プレス加工性の達成可否。
- ・極板の柔軟性と電気抵抗値。

達成度③：スラリーの粘度、分散性、塗工性、プレス加工性が下記目標値を達成すること。

達成度④：塗工した電極シートの電気抵抗、電極層と金属箔間の剥離強度が従来技術バインダー電極（PVdF、SBR）と同等、もしくは優れるか。

<結果>達成度③④：達成

ここではスラリーの混練、塗布を中規模の試作検討を行い、スラリー特性、塗工性、塗布電極の電気抵抗、剥離強度を確認した。目標値は以下の通りであり、製造を見据えた中～大規模試作でも塗料の質を維持し、低抵抗かつ高強度な極板が実現できたことから達成と判断した。

スラリー特性		塗工性		
粘度	分散性	塗工速度	乾燥	プレス加工性
目標値：固形分濃度 70%で 2000～4000 cp の範囲内	7 日間静置後の粘度低下率 5% 以内	目標値：1.0 m/min 以上で塗工量 差±0.2 mg/cm <sup>2</sup> 以下	目標値：120°C乾燥で 極板の 剥離無き事	目標値：電極密度 2.9g/cc 以上
達成値：固形分濃度 73%で 2000～4000 cp の範囲内	達成値：上記条件で問題なし	達成値：上記条件で問題なし	達成値：上記条件で問題なし	達成値：電極密度 3.3 g/cc

極板特性 (ラボスケール検証)	海洋性高分子バインダー 使用電極	PVDF バインダー 使用電極	SBR バインダー 使用電極
電気抵抗	目標値：9.2 mΩ 達成値：9.1 mΩ	目標値：12.3 mΩ 達成値：11.7 mΩ	目標値：9.7 mΩ 達成値：11.7 mΩ
剥離強度	14.0 N/m <sup>2</sup> 達成値：9.1 mΩ	14.2 N/m <sup>2</sup> 達成値：9.1 mΩ	8.9 N/m <sup>2</sup> 達成値：9.1 mΩ

～研究開発 C～（実施期間：令和 4 年 8 月 1 日～令和 5 年 3 月 8 日）

<内容>

4.7V 級セルの構築、電池特性の検証

<担当>

(株) アイ・エレクトロライト、関西大学（石川研究室）

<課題>

- ・4.7V 級の正極材を用いた実用レベル容量（2000~2500 mAh 級）の電池を構築し、優れた電池特性を実現できるか。
- ・電池特性に対する海洋性高分子の良好な寄与（特に耐電圧性による電池寿命の改善寄与）が確認できるか。

**達成度⑤**：サイクル特性、内部抵抗（DCIR）、出力特性、温度特性、放置特性、安全性が下記目標値で達成できること。

<結果>達成度⑤：達成

4.7V 級の作動電圧においては、従来系ではセパレーターとバインダーの酸化分解により 99.9%以上のクーロン効率が安定して得ることは難しかったが、海洋性高分子由来材料を使用することでこれらの酸化分解の懸念が払拭され、電池の寿命をはじめ、耐久力に関する各特性（内部抵抗、出力特性、温度特性、放置特性）が優れた結果を示すことができたため、達成と判断した。

サイクル特性	内部抵抗（DCIR）	出力特性
500 サイクル後の容量維持率 目標値：25°Cで 95%以上，60°Cで 85% 以上 達成値：25°Cで 97%，60°Cで 88%	目標値：20 mΩ 以下 達成値：18 mΩ	0.2C レート容量に対する 各出力レートの放電容量維持率が 目標値：0°Cで 60%以上，-20°Cで 30%以上 達成値：0°Cで 66%，-20°Cで 38%

温度特性	放置特性	安全性
25°C基準容量に対する放電容量維持率が 目標値：0°Cで60%以上，-20°Cで30%以上 達成値：0°Cで73%，-20°Cで34%	SOC100%で各温度にて 1か月放置した後の残存容量値が 目標値：25°Cで97%以上，60°Cで 93%以上 達成値：25°Cで99%，60°Cで95%	釘刺し試験で 発火無き事 上記条件を達成した

以上の通り、本事業では設定した5つの達成度を全て満たす結果が得られており、4.7V作動のリチウムイオン電池を開発することができた。

## 6 事業の成果

本研究開発では、海洋性高分子から耐電圧性に優れたバインダーを作製し、高作動電位正極材用であるLNMと併せた電極を製造、さらに電極を用いた電池構築までを実現した。端的には、今回取り組んだ電池の作動電圧は約4.7Vであり、非常に高い作動電圧である。そのため電池構成材料であるバインダーが電気分解してしまうことから、実用化は困難とされていた。そこで耐電圧性の高い天然高分子材料を原料としたバインダーを今回作製し、電気分解の課題解決を行ったことで、約4.7V作動の電池が完成したことが本事業の成果である。

海洋性資源からなる材料の電池技術への応用は、関西大学における研究開発成果であり、今回はそれを実用的に展開した事例であると思われる。

この電池の完成によって単電池あたりの作動電圧が拡大され、電池の直列数の低減ができるようになる。(現在のLIBの電圧は3.7Vである。370V機器の駆動には100個の直列が必要になるが、4.7Vであれば79個で済むことになる。)

また実用化の開発方針における、今の材料では容量は拡大できても、電圧は上げられないという潜在的課題の突破口となり、さらにLNM正極材はレアメタルを使わない材料であり低コスト化が見込める。

## 7 今後の展望

完成した電池の製造は従来の製造プロセスにも適用可能で、かなり実用化の目途が立った状況にある。今後は実際の市場流通のため、JIS認証規格等の安全基準等を満たす設計を導入することに取り組む必要があると考えられる。

## 8 今後、産学連携や企業間連携により事業を実施する事業者への助言等

産学連携におけるシナジー創出のポイントは、互いの技術の説明以上に、それで何を生み出せそうかというアイデア発掘が重要です。またその共有のため頻回にディスカッションをすることが何より重要です。コロナ禍でコミュニケーションの難易度は高いものの、それをおろそかにしない努力は結果を導いてくれると感じています。

### <御注意>

本報告書は、補助金交付後、吹田市のホームページ上で公開します。  
広く市民の方が読まれることを想定し、できるだけ理解しやすい説明となるよう配慮して御記入ください。