

未来社会創造事業（探索加速型）

「持続可能な社会の実現」領域

終了報告書（本格研究）

令和元年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名:所 千晴]

[早稲田大学大学院 創造理工学研究科・教授]

[研究開発課題名:製品ライフサイクル管理と
それを支える革新的解体技術開発による統合循環生産システムの構築]

実施期間 : 令和元年 12 月 1 日～令和 6 年 3 月 31 日

§1. 研究実施体制

(1)「代表者」グループ(早稲田大学)

①研究開発代表者:所 千晴 (早稲田大学理工学術院、教授)

②研究項目

- ・電気パルス法による解体技術開発
- ・製品ライフサイクルシミュレータ開発
- ・産業界への発信と社会実装への展開
- ・未来型材料に対する電気パルス法を中心とした物理的分離濃縮技術の適用可能性調査

(2)「東大」グループ(東京大学)

①主たる共同研究者:菊池 康紀 (東京大学未来ビジョン研究センター、准教授)

②研究項目

- ・解体技術の LCA 評価
- ・未来型材料への電気パルス法を中心とした物理的分離濃縮技術の適用による環境負荷の変化の評価

(3)「熊大」グループ(熊本大学)

①主たる共同研究者:浪平 隆男(熊本大学産業ナノマテリアル研究所、准教授)

②研究項目

- ・電気パルス法による解体技術開発
- ・未来型材料に対する電気パルス法適用の技術的検討

§2. 研究開発成果の概要

電気パルスによる異種材料の効率的な分離を目指して研究開発を実施した。電気パルスの高速度現象をとらえる高度な手法整備を行い、これらを駆使して様々な対象への電気パルス印加に伴う放電形成過程、プラズマ化物質特定、局所温度上昇、ガス膨張過程、衝撃波発生過程、物体の剥離・分解過程などを把握し、現象理解と機構解明を進めた。

リチウムイオン電池(LIB)の新規循環ループを創成するため、電気パルス法によるLIB正極からの正極材剥離機構をつきとめ機構理解に基づきスケールアップを進めた 1)。電気パルス分解プロセスのインベントリデータを開発現場から収集して実施したライフサイクルアセスメント(LCA)の結果 2)から得られた性能要件に合致するように、工業的処理に向けたパイロット装置を製作し実現可能であることを実証した。同じく、LIBを循環利用するために、LIBのSOH(健全度指数)をパラメータとして利用シナリオを評価するためのシミュレーションツール(LCS)を整備した。

太陽光パネル(PV)の新規循環ループを創成するため、LCAを実施し、他の技術では難しい銀資源回収が可能ため電気パルス法の適用が効果的であることが分かった。電気パルス法によりPVセルから付加価値が高い銀・銅が回収される機構をつきとめ 3)、後段処理も含めてプロセス全体で回収率を高める方法を検討した。

接着鋼板の易解体設計を検討し、エポキシ系接着剤を基材としてファイバーを添加した接着剤と、

接着面の構造の二つの方法の研究により、電気パルスの有効性を見出した。機構理解の上に立ち、易解体に必要な要件を明らかにした 4), 5)。

CFRP を対象として、鋼板との接合体の分離、CFRP の分解について電気パルス法を適用し、資源循環に有効性を見出し、機構理解を深めた。

本研究で得られた機構理解は一般化され広い対象の異種材料の易解体設計に利用されつつある。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Chiharu Tokoro, Soowon Lim, Kaito Teruya, Masataka Kondo, Kazuhiro Mochidzuki, Takao Namihira, Yasunori Kikuchi, "Separation of Cathode Particles and Aluminum Current Foil in Lithium-Ion Battery by High-voltage Pulsed Discharge Part I: Experimental Investigation", Waste Management. 2021, Vol.125, pp. 58 - 66.

- 2) Yasunori Kikuchi, Izuru Suwa, Aya Heiho, Yi Dou, Soowon Lim, Takao Namihira, Kazuhiro Mochidzuki, Taketoshi Koita, Chiharu Tokoro, "Separation of cathode particles and aluminum current foil in lithium-ion battery by high-voltage pulsed discharge Part II: Prospective life cycle assessment based on experimental data", Waste Management. 2021, Vol.132, pp. 86 - 95.

- 3) Lim Soowon, Imaizumi Yuto, Mochidzuki, Kazuhiro, Koita Taketoshi, Namihira Takao, Tokoro Chiharu, "Recovery of silver from waste crystalline silicon photovoltaic cells by wire explosion", IEEE Transactions on Plasma Science. 2021, , Vol.49, No.9, pp. 2857 - 2865.

- 4) Taketoshi Koita, Masataka Kondo, Soowon Lim, Manabu Inutsuka, Takao Namihira, Satoshi Oyama, Chiharu Tokoro, "Application of simple notch to selective separation of adherend bonded with resin adhesive by pulsed discharge in air", IEEE Transactions on Plasma Science. 2021, Vol.49, No.12, pp. 3860 - 3872.

- 5) Manabu Inutsuka, Masataka Kondo, Taketoshi Koita, Soowon Lim, Keisuke Ota, Tomoki Honda, Ryo Ogawa, Takao Namihira, Chiharu Tokoro, "Electrical properties of adhesives designed for smart debonding by a pulsed discharge method", The Journal of Adhesion. 2023, 99.13 (2023) :1996–2010.