

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
年次報告書(本格研究期間)

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4年4月1日～令和5年3月31日

§1. 研究開発実施体制

(1)「代表者」グループ(早稲田大学)

- ① 研究開発代表者: 所 千晴 (早稲田大学大学院 創造理工学研究科、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
 - ・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

新規電気パルスを用いた物理分離法を展開するため、様々な対象について現象理解と機構解明を進めた。高速度カメラを用いた可視化、高速サーモグラフィの手法整備と高度化を引き続き行い、様々な対象への電気パルス印加に伴う放電形成過程、ローレンツ力形成過程、熱応力形成過程、温度分布状態、物体変形過程、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。

鋼板 - 鋼板の接着体の易分解接着剤には、エポキシ系接着剤にフィラーとしてカーボンブラック(CB)粒子を混練した接着剤が有効であることを公表した¹⁾。また、異種樹脂接着体には、あらかじめ金属細線を挟み込む構造にすることで分離に有効であることを示した²⁾。

昨年度から取り組んでいたリチウムイオン電池(LIB)正極材分離のパイロット装置設計と製作により、工業的処理に向けたLIBハンドリング装置と電源との連動試験に成功し、自動運転によるLIB正極からの正極材剥離が可能となった。同時に、本パイロット装置のライフサイクルアセスメント(LCA)を実施し、電力消費量に与える因子を検討した。

また、LIBのリサイクルプロセスとロジスティクスを統合したシミュレーションモデルを構築することで、電気パルス設備を自動車解体拠点やリサイクル工場に逐次導入したときの、今後30年間における二酸化炭素の排出量やコストを評価した。

廃太陽光パネル(PV)の既存処理(破碎・埋立)とホットナイフ分離法によるガラス・EVA分離、電気パルス法による金属濃縮(高濃度銅・銀回収)に関して行ったLCAを実施し、ホットナイフ分離法や電気パルス法の有効性を明らかにした³⁾。

新規電気パルス法の新規展開候補として、モビリティ軽量化の流れを考慮しCFRPを取り上げ、電気パルス法適用を検討した。

CFRP積層体の層剥離を電気パルスにより行い、回収された炭素繊維(CF)の強度の評価を行った結果、CFはバージンCFの約80%の引張強度が残存していることが分かった。また、CFRP-鋼板接着体への適用では、電気パルス1回後の接着体試料の界面で剥離が生じることが分かった。

【代表的な原著論文情報】

- 1) 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, Jan. 18 available online.
- 2) Yoshiki Egawa, Taketoshi Koita, Soowon Lim, Takao Namihira, Chiharu Tokoro. "Separation of Different Resin Plates Bonded by Solvent through a Wire Explosion Induced by Pulsed Discharge" IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. 2022, Vol.30, No.1, pp.449-457. Oct. 26

- 3) Aya Heiho , Izuru Suwa, Yi Dou, Soowon Lim, Takao Namihira, Taketoshi Koita, Kazuhiro Mochidzuki, Shinsuke Murakami, Ichiro Daigo, Chiharu Tokoro, Yasunori Kikuchi, “Prospective life cycle assessment of recycling systems for spent photovoltaic panels by combined application of physical separation technologies”, *Resources, Conservation and Recycling*, 192, 106922, 2023).