

パルスパワーを用いた応用技術の研究支援 —環境・リサイクル・衝撃波・殺虫技術—

○松田 樹也^{a)}

^{a)} 国立大学法人 熊本大学 技術部 自然科学系第一技術室

1. はじめに

現在、高電圧パルスパワーの応用技術が非常に盛んに行われ、その技術は、環境・生物・医療・食品・加工・デバイス分野などの多岐にわたって研究が進められている。本報告では、パルスパワーを用いた応用技術において、リチウムイオン電池分離技術とパルス電流殺虫技術および金属細線爆発技術について紹介する。

2. パルスパワー

パルスパワーとは、エネルギーを時間的・空間的に圧縮することで巨大な力・高エネルギー密度を発生させる技術であり、本技術を用いた応用が、非常に様々な分野で研究されている。例えば、1,000 W (ワット) の電力を 10 s (秒) 間蓄積したエネルギーをわずか 1.0 μ s (マイクロ秒) に圧縮して放出した出力電力は、10 GW (ギガワット) にもなり、超巨大電力で作用することが可能となる。パルスパワーの出力後は、休止時間を有して繰り返し出力し、平均電力は、単パルス当たりのエネルギーと繰り返し周波数 pps (pulses per second) の積となる。このようにパルスパワーとは、微小時間ならびに微小空間で作用させ、繰り返し得られる超巨大電力のことと特徴づけられる。また、単パルス当たりのエネルギーは、比較的小さいことから、省エネルギー技術でもある。電気エネルギーによるパルスパワーで発生させるものには、瞬時的な高電圧・高電界、大電流、高磁界があり、またこの生成場によって生成する放電・プラズマ、電子ビームなどを利用して様々な応用に展開している。

3. リチウムイオン電池分離技術

スマートフォンなどの電子デバイス、EV や電動アシスト自転車などを含む電動モビリティなど、多くの電気電子機器に使用される電源として、リチウムイオン電池 (LiB) の普及は、言うまでもなく現在

も非常に拡大し続けている。それと同時に近い将来、大量の廃棄が予想されており、その廃棄方法は、いまだに確立されていない。LiB は、電解液で満たされたケース内に、正極材と負極材がセパレータを挟んだ構造で構成されている。さらに正極材は、アルミ箔の集電体とコバルトなどの有価金属が含有する正極活物質で構成されている。現在の分離回収プロセスは、ケース内の正極材を取り出し焙焼と破砕により細かくせん断し、湿式製錬により希少金属を収集する。この従来の方式は、回収コストが大きく、環境負荷が大きい、また回収効率が悪いなどの多くの問題を抱えている。

そこで、この問題の解決にパルスパワーを用いた LiB の分離技術を構築した。集電体であるアルミ箔にパルス大電流を瞬時に流すことによるジュール加熱を利用し、急峻な温度上昇によりバインダーである PVdF を不活化させることを可能にした。PVdF の不活化とさらに副次的に生じる様々な作用により、アルミ箔と正極活物質の分離が成功した。この研究成果の実用化に向けて、図 1 に示すパイロット試験機の製作を実施した。このパイロット装置は、放電部と投入・搬送部および制御部・操作盤からなる「処理部」とパルスパワーを生成する「パルス電源部」で構成される。パルス電源は半導体スイッチ



図 1. LiB 分離パイロット試験機

を用いたキャパシタバンク放電方式を採用した。処理部とパルス電源部は、タッチパネル式のコントローラで一連の回収プロセスを実施する。熊本大学の実験室にて連動テスト確認作業後、動作試験を通して、動作や制御パラメータの修正などを実施し、パイロット試験機として動作確認を完了した。その後、埼玉県入間市の回収処理施設に本パイロット試験機を輸送し、現場で処理できるように設置作業および動作設定確認作業を行った。

4. パルス電流殺虫技術

図2に示す2023年病因別食中毒発生状況（※厚生労働省 食中毒統計資料_令和5年（2023年）食中毒発生状況より）を確認すると、最も多かった食中毒の原因は、魚介類に寄生する寄生虫アニサキスによるもので、全体の42.3%にも達する。厚生労働省の推奨するアニサキス症の予防方法は、①「魚介類の加熱」、CODEX規格を参照にした②「-20℃以下での24時間以上の冷凍」、③「目視による手動除去」が明示されている。①加熱処理では魚介類の生食不可、②冷凍処理では品質低下、③目視除去では100%取り除くことが困難などの問題が生じている。

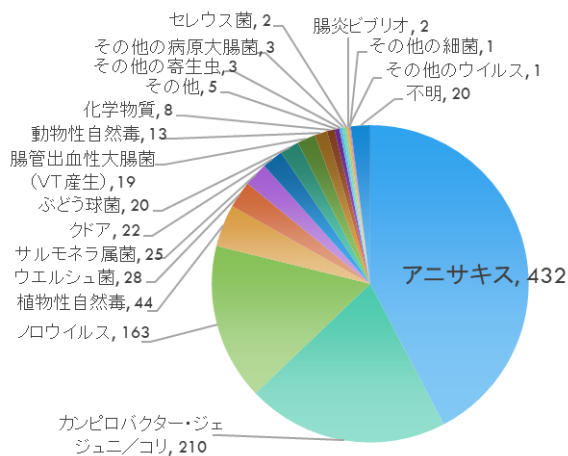


図2. 2023年病因物質別食中毒発生件数

そこでパルス大電流を用いたアニサキス殺虫技術を提案し、魚肉の品質を保持したままの殺虫を可能とし、殺虫率100%（ランダムに魚肉フィーレ内部に封入した1,000隻のアニサキスをすべて殺虫：99.9%以上）を達成することができた。本研究成果の実用化に向けて、経済産業省戦略的基盤技術高度化支援事業（JPJ005698）の助成を受けて、パルテック電子（株）社製のパルス電源を搭載した殺虫装置プロトタイプ機を作製し、現在、福岡市東区の（株）

ジャパンシーフーズ 箱崎工場にて長期間の安定動作試験を実施している。2023年3月には、本研究の成果が認められ、パルス電流によるアニサキス殺虫技術に関する第一報論文^[1]が、公益社団法人日本水産学会より「令和4年度 日本水産学会 論文賞」を受賞した。浪平隆男准教授を会長としてパルス電流殺虫技術研究会を発足し、2024年3月には、豊洲市場にて、水産関係の方を対象に「新しいアニサキス撃退法に関する講演会」および第4回定例会、8月には、都内にて2024年度総会ならびに第5回定例会を開催した。また、本研究に関するパルス電流殺虫技術の高付加価値化を目指して2023年11~12月に、クラウドファンディング「日本の生食文化を守りたい | 新アニサキス撃退法の社会実装へご支援を」で資金を募った。このクラウドファンディングでは、1,397名のご支援で1,400万円を超える支援金でプロジェクトを遂行できる運びとなった。本研究の周知拡大に向け、8月に東京ビックサイトにて開催した「インターナショナルジャパンシーフードショー」に出展し、多くの方にパルス電流殺虫技術について紹介した。

5. 金属細線爆発技術

1955年から1973年頃の日本では、高度経済成長期と呼ばれる経済発展を遂げ、多くの高層鉄筋コンクリート建造物が建てられた。現在、この鉄筋コンクリートの耐用年数を超え、大量のコンクリート建造物の解体が迫っている。コンクリート建造物の解体方法には、大型油圧式圧砕機を搭載した重機を用いた圧砕解体工法が一般的であるが、騒音、振動、塵埃、施工期間の長期化、さらに解体時の瓦礫落下等による重大事故などのおそれが懸念され、多くの問題を抱えている。一方、欧米を主流に、爆薬を用いた発破解体工法も用いられるようになっている。圧砕解体工法と比較すると、発破解体による解体施工期間の短縮、解体費用の縮小などのメリットが挙げられるが、日本国内では、欧米の建造物と比較して多量の鉄筋などによる高い耐震強度性能や、建造物の乱立による非解体建築物への影響を考慮した解体工程の高難易度性、および火薬類の保管や取り扱いなどの安全性の確保などの問題があるのが現状である。

本研究は、前述の鉄筋コンクリート解体時の騒音や塵埃などの問題および都市部での大型重機搬入

の困難などの解決のために、パルスパワーを用いた金属細線爆発によって生成する衝撃波による解体方法を提案し、最適条件の導出を目的としている。そこで、金属細線爆発の最適条件の導出には、高速度カメラを用いた衝撃波の可視化による観察（図3参照）、熱伝導シミュレーションによる検討、ならびに金属細線爆発のせん断力を観測して研究を実施した。

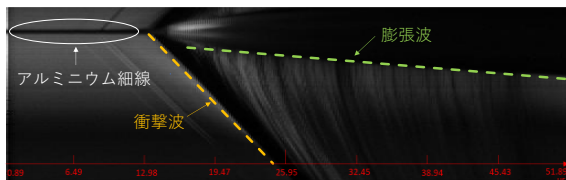


図3. 金属細線爆発のストリーク像

参考文献

- [1] "Inactivation of anisakis larva using pulsed power technology and quality evaluation of horse mackerel meat treated with pulsed power", Chinari Onitsuka et al., Fisheries Science volume 88, pages337-344 (2022)