

大型冷凍マグロ解凍用 VHF 帯電波オーブン

佐藤 弘康[†] 陳 強[†]

東北大学大学院工学研究科 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-05

E-mail: [†]{hiroyasu.sato.b1, qiang.chen.a5}@tohoku.ac.jp

あらまし 遠洋漁業船で漁獲されたマグロはすぐさま漁船内の冷凍庫で -60°C 程度まで急速凍結され、漁港に到着後は冷凍庫で保持される。この解凍には相当な時間を要している現状があり、解凍技術の進展が望まれている。本研究では、V-low 帯域の電波有効利用を促進する技術として VHF 帯を用いたマグロ解凍用電波オーブンの開発を目的とする。

キーワード 高周波加熱, 冷凍マグロ, VHF, V-Low

Radio Wave Oven for Thawing Large Frozen Tuna

Hiroyasu SATO[†] and Qiang CHEN[†]

^{††}Graduate School of Engineering, Tohoku Univ. 6-6-05 Aramaki-za-oba, Aoba-ku, Sendai-shi, Miyagi, 980-8579 Japan

E-mail: [†]{hiroyasu.sato.b1, qiang.chen.a5}@tohoku.ac.jp

Abstract Tuna caught by ocean-going fishing vessels are immediately flash-frozen to approximately -60°C in freezers onboard the fishing vessels, and are then kept in freezers upon arrival at the fishing port. This thawing process currently takes a considerable amount of time, and advances in thawing technology are desired. This study aims to develop a radio-wave oven for thawing tuna using the VHF band as a technology to promote the effective use of radio waves in the V-low band. The VHF band has a long penetration depth makes it possible to create a radio-wave oven capable of effectively thawing large tuna.

Keywords High Frequency Heating, Frozen Tuna, VHF, V-Low

1. 冷凍マグロ解凍のニーズ

宮城県は、マグロ類の漁獲量が日本第1位を誇る県として知られている[1, 2]。日本のマグロ類の漁獲量は23万トンを超え、世界では総漁獲量500万トンの市場規模で事業展開されている[3]。遠洋漁業船で漁獲されたマグロはすぐさま漁船内の冷凍庫で -60°C 程度まで急速凍結され、漁港に到着後は冷凍庫で保持する、または冷凍されたまま加工・販売されている[4, 5]。図1に示すようにマグロの典型的なサイズは1m以上あり、完全に凍結したマグロはマグロ専用の包丁であっても加工が難しいほど固く、電動の専用ノコギリを使ってブロックに切断・加工されている[6]。この凍結したマグロの解凍はマグロの品質を左右する重要な要素であるが、解凍の方法はユーザー側に委ねられている現状があり、プロの料理人でも解凍方法について試行錯誤している現状がある[7, 8, 9]。マグロを海水と同程度の塩分濃度の塩水につけて、浸透圧の作用によって冷蔵庫内で時間をかけゆっくり解凍する方法が多く見受けられるが、解凍方法によってはいわゆるドリップが発生し、高価なマグロを台無しにしてしまう等の課題もある。

マグロを含む食品は、 -18°C より低い温度にすると

細菌やカビが繁殖できなくなり何年間も保存できるが[10]、漁船で -60°C 程度に冷却されたマグロを消費者に提供可能な温度である -20°C 程度まで迅速に解凍することができれば、消費者に提供するまでの時間短縮につながり、水揚げ量を増加させることが可能となる等高い経済効果も期待できると考えられる。しかしながら、国内では肉類の解凍技術は充実しているものの、大型なマグロの解凍技術は筆者らの調査では見当たらない現状がある。

死後硬直前に漁船内で -60°C 程度に急速凍結された高鮮度のマグロは、解凍する時に死後硬直が開始されることが知られている[11]。「解凍硬直」もしくは「ちぢれ」と言われるこの現象は、大量のドリップの流出及び肉の硬化と変形による品質劣化を起こすことが報告されており、解凍におけるマグロの温度管理も品質上重要なファクタと考えられる。

以上のように、宮城県で盛んな遠洋マグロ漁での冷凍マグロは生産者側で -60°C から -20°C に解凍する必要があるが、この解凍は相当な時間を要している現状があるとともに、出荷品質のばらつきが発生しやすい等、実体的な課題を有している。

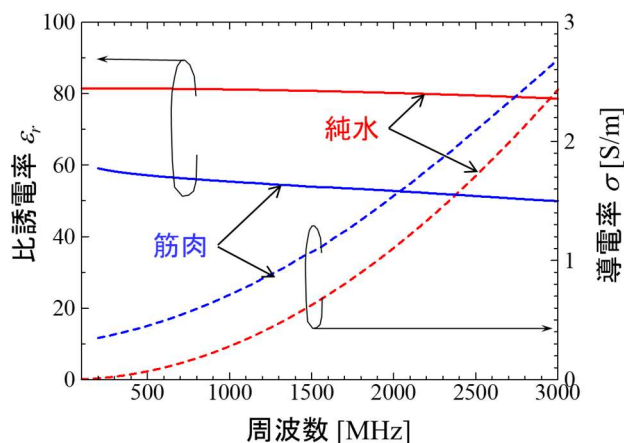


図1 Speag社製人体筋肉等価ファントムと純水の比誘電率と導電率の測定値

2. V-low 帯 VHF と侵入長

現在、地上テレビジョン放送のデジタル化により利用が可能になった周波数 95MHz～108MHz の活用方策に関する検討が行われており、FM 放送用周波数の拡充、防災利用、そして新たなサービス、実験・実証用としての利用が考えられている[12, 13]. 本研究課題では、電波有効利用の目的を鑑み、この VHF 帯の周波数 108 MHz を用いた新たなマグロ解凍用電波オープンの開発を計画するものである。

ここで、周波数を 108 MHz とする理由を以下に述べる。108 MHz より低い ISM バンド 40 MHz 帯を利用した場合、マグロのサイズ約 1 m は 40 MHz の波長 7.5 m に対して小さいため、電波オープンは必然的に平行平板のコンデンサタイプとなり、コンデンサ端部からの漏れ電界が発生する構造となってしまう欠点がある。また、コンデンサタイプではインピーダンス整合回路におけるインダクタの損失が大きくなる欠点もある。この事実はさらに低い 13 MHz 帯を利用した場合はさらに顕著となる。

ここで、周波数に応じて電磁波がどの程度生体に侵入できるかについて評価する。侵入長の一例として人体の筋肉と等価なファントム[14]および純水の比誘電率と導電率の測定値を図 1 に示す。これらの値を用いて算出した筋肉への侵入長 δ は、108 MHz、2450 MHz の場合それぞれ 16 cm、2.9 cm であり、2450 MHz では侵入長が極端に小さいとの欠点があること、108 MHz では比較的大きな侵入長が得られることを示している。

一方、温度に対する誘電率の変化も重要であり、低温における比誘電率と導電率の値は大幅に低下する。参考資料[15]によれば 2450 MHz におけるマグロの赤身の温度に対する比誘電率と導電率は、常温 30℃において比誘電率 52、導電率 2.76 だが -30℃まで凍結すると比誘電率 5、導電率 0.07 程度まで急激に低下することが示されている。凍結によりマグロ内部への侵入

長は 1.4 cm から 16.9 cm に増加するため、凍結によってマグロ内部にさらに電磁波が侵入できるものと考えられるが、損失自体の低下から解凍されにくい可能性もあり、今後の実験的評価を進める予定である。

3. まとめ

マグロ解凍用電波オープンの開発を目的としてニーズ調査を行うとともに電磁波侵入長について評価した。今後 V-low 帯における複素誘電率の測定を実施する予定である。

文 献

- [1] <https://uub.jp/pdr/fi/mg.html#1>, 「都道府県データランキング」等
- [2] https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosai/index.html, 農林水産省「海面漁業生産統計調査」
- [3] <https://www.jfa.maff.go.jp/j/tuna/attach/pdf/index-28.pdf>, 水産庁「かつお・まぐろ類に関する国際情勢について」, 令和 6 年 4 月
- [4] <https://www.jarw.or.jp/study/knowledge/1060>, 日本冷蔵倉庫協会, 「マグロを超低温 (-50℃以下) で保管するのはなぜ？」
- [5] <https://webmagazine.nedo.go.jp/practical-realization/articles/201307mayekawa/>, NEDO Web Magazine, 「空気冷媒でマイナス 60℃を実現する超低温冷凍システム」
- [6] <https://www.youtube.com/watch?v=QBj5UXLap0E>, 秋山機械, 「マグロ加工現場 (バンドソー: 600S)」
- [7] <https://www.jiji.com/jc/v8?id=20240721fishtopics>, 「料理人でも悩むマグロの解凍法 競り人の苦勞から生まれた「5%の塩水」とは？」
- [8] <https://www.maruko-fish.co.jp/tuna-kaito.html>, マルコ水産株式会社「解凍方法でこんなに違う？マグロの解凍方法」
- [9] <https://dancyu.jp/series/tuna/>, DANCYU「マグロをめぐる冒険。」
- [10] https://web-japan.org/kidsweb/ja/hitech/freezing_technology/index.html, キッズウェブジャパン, 「食べものをおいしいまま長期間保存する, 進んだ日本の冷凍技術」
- [11] <https://nrifs.fra.affrc.go.jp/ugoki/21/0709.html>, 中央水産研究所, 今村伸太郎「凍結マグロの新しい解凍法の開発」
- [12] https://www.soumu.go.jp/menu_sosiki/kenkyu/02ryutsu08_04000471.html, 総務省, V-Low 帯域の防災利用に関するワーキンググループ
- [13] https://www.soumu.go.jp/main_content/000969386.pdf, 周波数再編アクションプラン (令和 6 年度版) (案)
- [14] <https://speag.swiss/components/materials-liquids/msl/>, Body Tissue Simulating Liquids, Speag Co. Ltd.
- [15] <https://permittivity.jp/>, 株式会社科学技術研究所, 誘電率・透磁率データベース