

磁性流体を用いた誘導加温による可搬型癌治療器システムの開発

研究成果活用プラザ石川における育成研究 平成 14 年度採択課題
「誘導加温による癌治療器システムの開発」

代表研究者：金沢大学・大学院 自然科学研究科 教授 長野勇



癌誘導加温療法において、癌患部に安全に投与できる磁性流体(DM)を用い、低侵襲かつ超選択的に加温死滅させ、生体深部や広範な癌の治療に適用可能な可搬型・小電力癌治療器システムを開発する。

■ 研究内容、研究成果

癌温熱療法には誘電加温法と誘導加温法があり(図 1)、従来技術の誘電加温法による加温装置は既に開発され臨床に用いられている。しかし、癌細胞と正常細胞を区別し癌細胞を選択的に加温できないという欠点がある。そこで、本研究では磁性流体を用いた誘導加温法による癌の選択的加温を目指し、深部の癌にも適用でき、かつ利便性の良い治療装置を開発した。

本治療法に用いる磁性流体(DM)は交流磁界を照射すると発熱することが既に分かっているが、その発熱メカニズムに関する研究は為されておらず、効率の良い治療を行うため先ず DM 発熱特性に関する研究を行った。その結果、DM の発熱量は周波数と鉄濃度に比例し、磁界強度の 2 乗に比例することが分かった。これにより、動物実験における加温予測が可能となり実験計画を作成することが容易になった。また、実験的研究により DM の総発熱量の約 20~40%がヒステリシス損による発熱であることが分かり、初めて定量的に DM の発熱メカニズムを明らかにした。

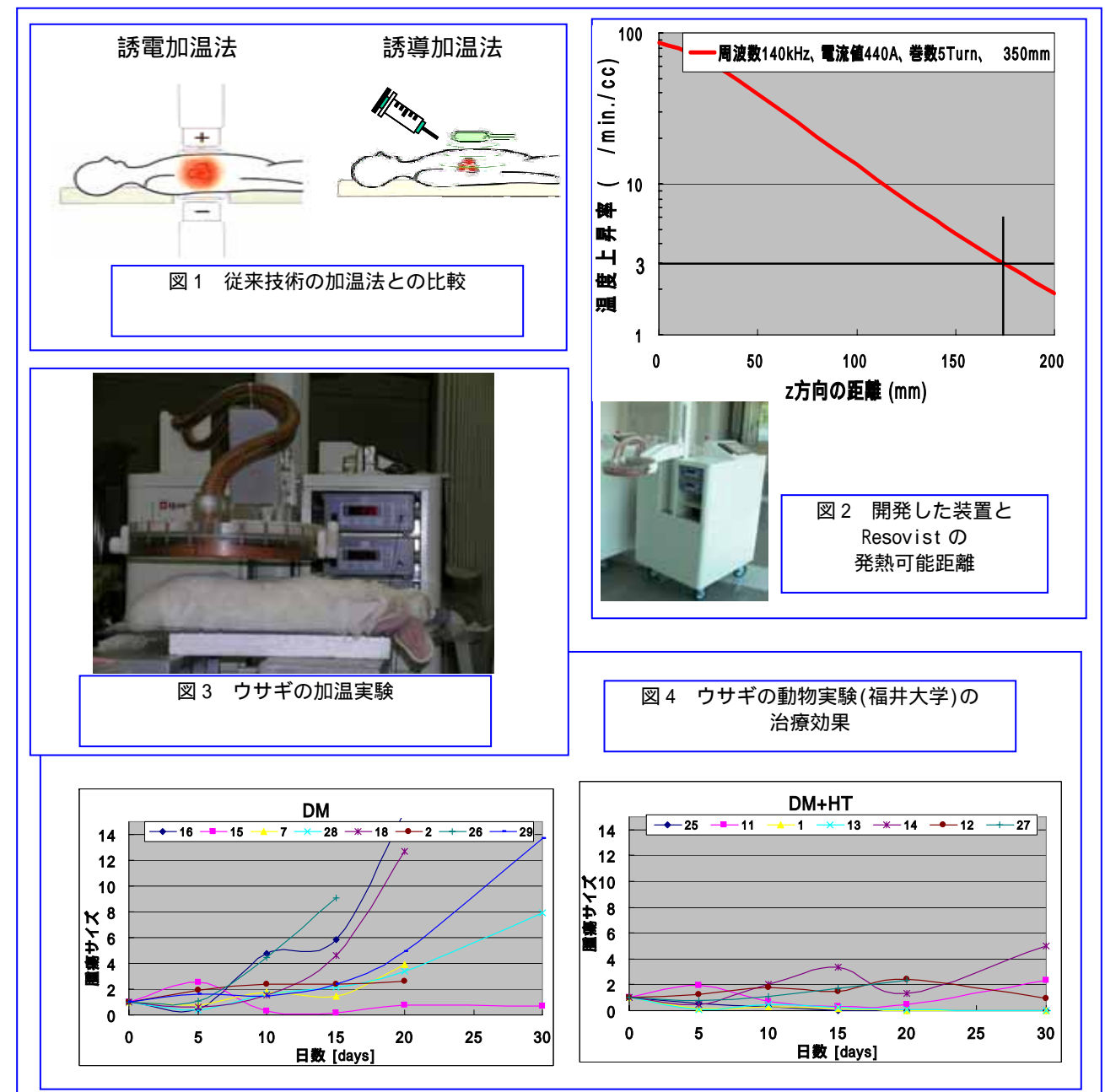
装置の開発では、深部の癌を狙った治療範囲拡大の見知から特にアプリケーションの開発に重点を置き、最終装置ではリッツ線とフェライトを用いて高出力・小電力化に成功し、皮下 15cm 以下で Resovist(DM の 2 倍希釈で造影剤として市販)を 1 分間に 3 上昇させることが可能になった(図 2)。これは、腫瘍内の血流冷却による影響を考慮しても 5 分間で治療に必要とされる 45 に到達できることを示唆している。また、開発過程の動物実験で豚の頬に異常発熱が生じ、シミュレーションや invitro 実験を行うことでその発熱メカニズムが渦電流による発熱であることを確認した。その結果を最終装置の設計に反映し、従来の共振周波数 370KHz から 140KHz に周波数を低減させ、渦電流による発熱を抑制しつつ DM を十分加温できる装置に改良した。さらに、課題であったスイッチング周波数が共振周波数に追従する研究も協力企業の支援を受けて行い、PLL 回路を改良することで高周波電源部の安定性の向上を実現した。

最終装置を用いた動物実験は医療従事者の協力を得て行い、X 線 CT と併用した実験プロトコルを開発し、Resovist 注入位置の確認を行いながら確実な局所加温が可能となった。実験の結果は、加温群 4 羽中 2 羽の癌腫瘍が完全退縮し、極めて良好に癌の縮小を確認した。(図 4 は福井大学)

以上の研究は、本プロジェクトにおける高度な工学的技術の向上無しには実現が為されず、研究成果として本プロジェクト内、及び協力企業との間で 4 件の特許を出願するに至った。

■ 今後の展開、将来の展望

加温装置は深部の癌にも適用できる能力を有し、臨床に耐えうる装置であるが医療機器としての認可を得るには EMC 試験や長時間運転試験などの問題点を改善・改良する必要がある。また、術者支援ツールの開発もまだ改良の余地がある。事業化に向け、当面の課題として治験計画の作成、及び Resovist の用途拡大の認可を得る必要がある。これらに係る期間や費用の観点を精査しているところであり、まだ十分調整ができていない。今後、外部の企業を含めて事業化に向かうためには医師や獣医師の協力の下、本装置を用いた臨床、及び動物実験の実績を蓄積することが重要であると考えられる。しかし、動物病院関係者はこの装置に関心を示しており、動物用癌治療器への事業化も視野に入れ、販売経路の開拓を行いたい。



研究体制

- ◆ 代表研究者
金沢大学・大学院 自然科学研究科 教授 長野勇
- ◆ 研究者
池畑芳雄 (JST)、福島金平 (ヤマトラボテック株式会社)、長江英夫 (名糖産業株式会社 現金沢大学産学官連携コーディネーター)、長谷川正勝 (名糖産業株式会社)、田澤賢次 (富山医科薬科大学医学部)、松井修 (金沢大学医学系研究科)、笠原寿郎 (金沢大学医学系研究科)、太田安彦 (金沢大学医学系研究科)、片山寛次 (福井大学医学部)
- ◆ 共同研究機関
小松パワートロン株式会社

■ 研究期間

平成 15 年 3 月 ~ 平成 17 年 9 月