

プレスリリース

2025 年 5 月 1 日

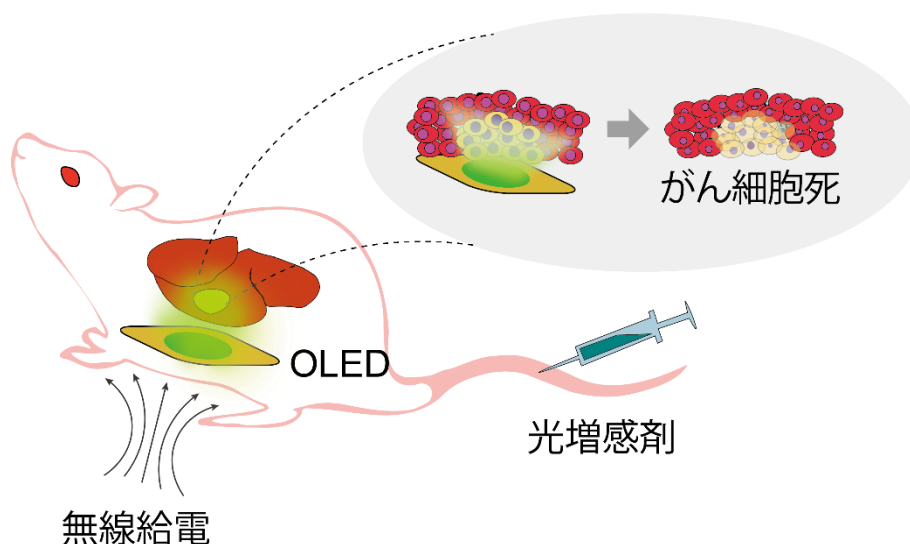
防衛医科大学校

九州大学

(同) プレアデステクノロジーズ

深部臓器がんへの新たな治療アプローチ

～ワイヤレスで駆動する有機 EL (OLED) による光がん治療法を実現～



【発表のポイント】

- 光線力学療法 (Photodynamic therapy: PDT) ^{注1} の一手法であるメトロノミック PDT (mPDT) ^{注2} において、深部臓器がんを対象とした完全埋め込み型ワイヤレス有機 EL (OLED) ^{注3} デバイスを開発した。
- 超薄かつ柔軟性のある OLED と無線給電技術を組み合わせ、体内での安定的かつ均一な光照射を長時間実現した。
- 正常組織への熱損傷や免疫反応を抑えながら、光増感剤を繰り返し投与することで治療効果の大幅な向上を確認した。
- 深部臓器がんに対する新たな低侵襲治療法として、今後の臨床応用が期待される。

防衛医科大学校の板崎勇二郎医師、守本祐司教授、辻本広紀教授は、九州大学の藤田克彦准教授、(同) プレアデステクノロジーズの坂上恵博士らの研究グループと共同で、深部臓器がんに対して体内埋め込み型ワイヤレス OLED デバイスを用いたメトロノミック光線力



学療（mPDT）技術を開発しました。

この新技術は、光増感剤を投与し、極めて微弱な光（ $<1 \text{ mW/cm}^2$ ）を数日間にわたり腫瘍に照射することで、熱損傷のリスクを回避しながらがん細胞の持続的な死滅を誘導します。ラットの肝臓がんモデルにおいて、光増感剤の繰り返し投与と組み合わせた mPDT により、がんの大幅な縮小および完全消失が観察されました。特に赤色発光 OLED を使用することで、腫瘍の深部および周辺部まで効果が拡大されることが確認されました。本技術は、深部臓器がんに対する次世代 PDT の確立に向けた重要な一歩となります。

本研究は、科学研究費助成事業（科研費）、科学技術振興機構（JST）研究成果最適展開支援プログラム A-STEP、福田記念医療技術振興財団、上原記念生命科学財団、鈴木謙三記念医科学応用研究財団、武田科学振興財団、立石科学技術振興財団、ふくおかフィナンシャルグループ企業育成財団からの支援を受けて行われました。

防衛医科大学校医学系研究科の恒成崇純医師、杉原崇生医師、京都大学の桐野泉医師、合同会社プレアデステクノロジーズの江口和弘氏、宮園豊氏、熊本県産業技術センターの山口良一氏、株式会社日本触媒の栗田健二氏、小林直記氏、呉屋剛氏、森井克行氏らと共同で行ったものです。

本研究成果は、**2025 年 4 月 30 日（米国時間）に米国科学誌「APL Bioengineering」に公開されました（Open Access）**。同時に、AIP Publishing（アメリカ物理学協会出版局）が発行する論文の中から注目論文として選出され、記事としても公開されました。

【研究の背景と経緯】

光線力学療法（Photodynamic Therapy：PDT）^{注1}は、光増感剤（光感受性物質）^{注4}を標的の組織に集積させ、外部から光を照射することで活性酸素を発生させ、がん細胞を選択的に死滅させる治療法です。近年では、極めて低強度の光を長時間照射するメトロノミック PDT（mPDT）^{注2}という手法が提案され、がんに対する新たな低侵襲治療法として注目を集めています。

しかしながら、mPDT を深部臓器のがんに適用するためには、腫瘍全体にわたる均一な光照射や、体内での安定した光出力の維持、熱損傷や免疫反応の回避といった技術的な課題を克服する必要がありました。特に、従来の光源（レーザー）では小型化や柔軟性に限界があり、体内への完全な埋め込みや深部臓器への応用は困難とされていました。

【研究の内容】

本研究では、深部臓器に発生したがんに対して、安定的かつ均一に光を照射できる完全埋め込み型の光治療デバイスを新たに開発しました。本デバイスは、厚さ 1.8 mm の有機 EL（OLED）^{注3}素子を搭載しており、直径 8 mm の発光面から緑色または赤色の光を照射することが可能です。無線給電技術の組み合わせにより、動物が自由に動く状況でも一定の光強度を維持した連続照射が可能となっています（図1）。

ラットの肝がんモデルを用いた実験では、本デバイスを腫瘍表面に留置し、光増感剤で

あるテモポルフィンを投与したうえで、最大4日間にわたる連続照射を行いました。その結果、腫瘍の著明な縮退および組織壊死が観察され、とくに光増感剤を2回投与した条件では、腫瘍体積が対照群の14%までに減少しました（図2）。

さらに、赤色OLEDは緑色OLEDに比べてより深部まで光が到達し、腫瘍の垂直方向および水平方向の広い範囲において、優れた治療効果を示しました。安全性評価においては、体重の変化や肝酵素（肝臓障害の指標）の上昇は認められず、有意な副作用は確認されませんでした。また、生体適合性を高めるためにパリレンCでデバイスをコーティングしたことで、免疫反応に伴う線維性被膜の形成も最小限に抑制されました。

【今後の展開】

本研究により、深部臓器がんに対して安全かつ効果的に適用可能な新しいメトロノミックPDTシステムの基盤を構築することができました。今後は、外部携帯型の給電装置と統合することで、患者自身が治療を受けながら日常生活を送る「在宅型メトロノミックPDT」の実現も視野に入れています。また、デバイスがさらに小型化され、柔軟性が高まることで、消化管や呼吸器、泌尿器などの複雑な形状をもつ臓器への応用も期待されます。

さらに、メトロノミックPDTにおける光増感剤の最適な投与間隔や、がん微小環境への影響といった詳細なメカニズムの解明によって、個別化治療への展開も見込んでいます。本技術は、これまで治療が困難であった深部臓器の難治性がんに対して、全く新しい治療オプションを提供するものとして、今後の臨床応用が強く期待されます。

【参考図】



図1. 本研究で創製した無線給電型OLEDデバイス(左)と無線給電システム(右)
※ APL Bioengineering 論文中のFigure 2を改変の上転載

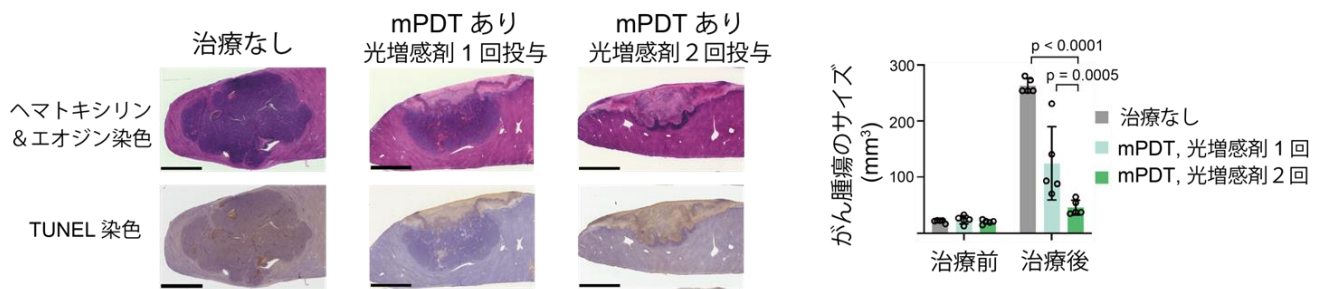


図2. メトロノミックPDT(mPDT)の治療効果:顕微鏡写真と腫瘍サイズの比較

(左) 治療後のがん組織の顕微鏡写真。上段は細胞の形を観察する染色で、がんの部分は濃い紫色に染まっています。下段は、治療によって細胞が死んだ部分を茶色く染め出す染色で、治療効果を視覚的に確認できます。各図の黒線は2.5mmを示します。

(右) 治療前後におけるがんの大きさの変化を示したグラフ。治療前後で、各グループのがんの大きさがどのように変化したかを示しています。治療を行ったグループでは、がんの増殖が強く抑えられていることがわかります。

※ APL Bioengineering 論文中のFigure 4を改変の上転載

【用語解説】

注1. 光線力学療法 (Photodynamic therapy: PDT)

- 光線力学療法 (PDT) は、がん細胞などに選択的に集積する光増感剤^{注4}を体内に投与し、その組織に特定の波長の光を照射することで、活性酸素を発生させて細胞死を誘導する治療法です。がん組織を狙い撃ちできるため、正常組織へのダメージが少なく、低侵襲な治療法として注目されています。日本では肺がん、食道がん、脳腫瘍などで臨床応用されています。

注2. メトロノミック PDT

- メトロノミック PDT (mPDT) は、従来の PDT に比べて極めて低強度 (<1 mW/cm²) の光を長時間にわたり照射する新しい光線力学療法の手法です。弱い光で持続的に治療を行うことで、熱損傷のリスクを低減しながら腫瘍の成長を抑制できるとされ、深部臓器がんへの応用が期待されています。デバイスの小型化や埋め込みが可能になることで、従来困難であった体内深部での連続光照射が実現されつつあります。

注3. 有機 EL (OLED)

- 有機 EL (OLED) は、有機化合物を用いて電流によって発光するデバイスで、スマートフォンやテレビなどのディスプレイ技術として広く知られています。医療応用では、薄くて軽く、柔軟性に富むという特性を活かし、生体組織への密着性や埋め込みやすさに優れた光源デバイスとして注目されています。今回の研究では、体内に埋め込んで腫瘍に対して低強度光を持続的に照射する光治療デバイスとして使用されています。

注4. 光増感剤 (光感受性物質)



- 光増感剤（光感受性物質）は、体内に投与された後、がん細胞などの標的組織に選択的に集積し、特定の波長の光を受けると活性酸素を生成する物質です。この活性酸素が細胞毒性を持ち、腫瘍細胞を死滅させるのが光線力学療法（PDT）の基本原理です。本邦で臨床使用できる光増感剤としてタラポルフィンナトリウム、ポルフィマーナトリウムがあり、照射する光の波長と相性の良い発光デバイスの開発が重要になります。

【100 文字程度の概要】

柔軟な埋め込み型ワイヤレス有機 EL デバイスを用いて、深部臓器がんに対し低強度かつ長時間の光を照射するメトロノミック光線力学療法を行い、高い治療効果と安全性を実証することに成功した。これにより、次世代の光線力学療法の臨床応用に道を拓いた。

【論文情報】

- 雑誌名：APL Bioengineering（open access）
- 論文タイトル：“Metronomic photodynamic therapy for deep organ cancer by implantable wireless OLEDs”（埋め込み型ワイヤレス OLED による深部臓器がんに対するメトロノミック光線力学療法）
- 著者：Yujiro Itazaki, Kei Sakanoue, Katsuhiko Fujita, Izumi Kirino, Kazuhiro Eguchi, Yutaka Miyazono, Ryoichi Yamaguchi, Takasumi Tsunenari, Takao Sugihara, Kenji Kuwada, Naoki Kobayashi, Tsuyoshi Goya, Katsuyuki Morii, Hironori Tsujimoto, Yuji Morimoto
- DOI：https://doi.org/10.1063/1.5003667

本研究は、AIP Publishing（アメリカ物理学協会出版局）が発行する論文の中から注目論文として選出され、一般向け記事として紹介するオンラインコンテンツである “Scilight” にも関連記事が掲載されました。

- <https://pubs.aip.org/aip/sci/article/2025/18/181105/3345442/Wireless-OLED-metronomic-photodynamic-device-kills>



防衛医科大学校
National Defense Medical College



九州大学
KYUSHU UNIVERSITY



合同会社 プレアデステクノロジーズ

【お問い合わせ先】

<研究（医療）に関すること>

守本 祐司（もりもと ゆうじ） 防衛医科大学校生理学講座・教授

〒359-8513 埼玉県所沢市並木 3-2

Tel: 04-2995-1483, E-mail: moyan@ndmc.ac.jp

<研究（装置全般）に関すること>

藤田 克彦（ふじた かつひこ） 九州大学先端物質化学研究所・准教授

〒816-8580 福岡県春日市春日公園 6-1

Tel: 092-583-7531, E-mail: katsuf@cm.kyushu-u.ac.jp

<研究（デバイス）に関すること>

坂上 恵（さかのうえ けい） 合同会社プレアデステクノロジーズ・代表

〒814-0001 福岡市早良区百道浜 3-5-3-702

Tel: 080-2728-2115, E-mail: sakanoue@pleiadestech.com