

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 8 月 17 日現在

機関番号：16401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04487

研究課題名（和文）強い近赤外蛍光を発する樹脂を材料とする術中ナビゲーション用標識具の開発

研究課題名（英文）Near-infrared fluorescent solid material for visualizing indwelling devices implanted for medical use

研究代表者

佐藤 隆幸（SATO, Takayuki）

高知大学・教育研究部医療学系基礎医学部門・教授

研究者番号：90205930

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：これまでに開発した近赤外蛍光樹脂材料を用いて、生体深部の患部および損傷を回避すべき臓器を“ひかりナビゲーション”するための標識具を試作開発し、動物実験でその有用性を検証した。

軟性消化管内視鏡で留置できる近赤外蛍光樹脂製粘膜クリップの試作：狙い：消化管患部を漿膜面から鏡視下で位置特定するための標識技術の実現。気管支鏡で区域気管支に留置できる近赤外蛍光樹脂製有棘チューブの試作：狙い：肺癌の鏡視下区域切除のための患部標識技術の実現。近赤外蛍光樹脂製の尿管カテーテル・胆管カテーテルの試作：狙い：鏡視下手術における損傷リスクを回避するための臓器標識技術の実現

研究成果の学術的意義や社会的意義

近赤外蛍光色素の一種インドシアニングリーン（以下、ICG）を用いた蛍光ナビゲーションは、癌治療や冠動脈バイパス手術などでその有用性が確認されているが、ICGは至適濃度範囲が狭く、蛍光強度が低い、また、水溶性であるICGの易拡散性は、患部の正確な位置の特定を困難にしている。このような技術課題を解決する画期的な近赤外蛍光樹脂材料の開発に成功した。

この材料を用いてナビゲーション用標識具の開発を図り、消化管患部を漿膜面から鏡視下で位置特定するための標識技術、肺癌の鏡視下区域切除のための患部標識技術、鏡視下手術において損傷リスクを回避するための臓器標識技術が実現し、安全な術中ナビゲーションが可能になる。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to investigate the clinical applicability of our novel solid material that emits near-infrared fluorescence. We developed a solid resin material that emits near-infrared fluorescence. This material incorporates a near-infrared fluorescent pigment, with quantum yield 20 times than that of indocyanine green. This resin material is designed to be molded into a catheter and inserted into the body with an endoscope clip. In this preclinical experiment using a swine model, the resin material was embedded into the body of the swine and visualized with a near-infrared fluorescence camera system. Endoscopic clips were placed in the mucosa of the stomach, esophagus, and large intestine, and the indwelling ureteral catheters were successfully visualized by near-infrared fluorescence laparoscopy. We confirmed the tissue permeability of the fluorescence emitted by our novel near-infrared fluorescent material and the possibility of its clinical application.

研究分野：近赤外イメージングの医療応用

キーワード：近赤外蛍光 ナビゲーション 量子収率 インドシアニンググリーン

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 学術的背景, 従来技術の課題

現在医療現場で使用されている唯一の近赤外蛍光色素 ICG は、水溶性であることから、体内のリンパの流れや血液の流れを可視化する目的には適している。図1には、皮膚表面からリンパ管、リンパ節を可視化するための原理を示している。患部周辺に ICG 水溶液を注射し、リンパの流れを可視化することによって、リンパ管およびセンチネルリンパ節の同定を簡単に行うことができる。被曝等の問題が全くないことから、近赤外蛍光イメージング技術の医療現場への普及が大きいと期待されているが、しかし、ICG の特徴は、上記のような長所となるとともに短所ともなっている。特に、患部や重要組織を標識するための“ひかり”として用いるには、下記に示すように、多くのそして致命的な欠点がある。

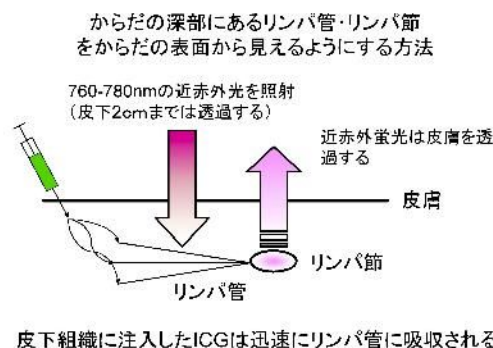


図1. ICG 蛍光リンパ流マッピングの原理

低い量子収率

ICG の量子収率 (分子が吸収した励起光フォトン数に対する、発光フォトン数の割合) は 1~2% 前後であるため、近赤外蛍光 (波長 800~850nm) はきわめて微弱である。そのため、大出力レーザー光で強い励起光 (波長 740~800nm) を照射する方法や冷却型撮像素子で感度を上げる方法などが開発されているが、いずれも医療現場、特に手術室では使いにくい。レーザーに対する保護メガネをかけるのは面倒であるし、また、術野近くに配置するカメラには滅菌袋を被せなければならないため、冷却性能が著しく劣化するおそれがある。

易分解性

ICG は、水溶液中では光分解性が高いため、固形の状態で厳重な遮光保存が必要である。したがって、使用する場合には、直前に固形色素を蒸留水に溶解するという作業を行わなければならない。これは、医療現場ではかなり煩雑な作業であると言わざるを得ない。

顕著な濃度消光現象

ICG は、濃度消光の現象が著明であるため、最適な蛍光強度を得るための用量の設定が困難である。なぜなら、体内に投与後にリンパ液や組織液等によってどの程度 ICG が希釈されるかを予想して、投与する用量を決めなければならないからである。

可溶性・易拡散性

最も大きな問題は、この点であろう。ICG が水溶性であるがゆえ、正確に患部を標識する目的には用いることができない。ICG 水溶液を患部に直接注入した場合、あるいはまた、ICG 水溶液を体内留置物に塗布して用いた場合は、ICG が溶出・拡散してしまい、標識目的の患部の位置が不明瞭になってしまう。不具合の具体例としては、図2に示すような軟性消化管内視鏡による ICG 蛍光点墨法が挙げられる。術前に内視鏡を使って、患部あるいはその周辺の粘膜下に ICG を注入し、術中に漿膜面から ICG から発せられる近赤外蛍光を目印として患部を同定する方法である。

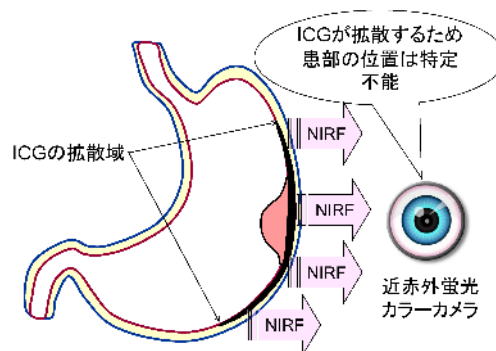


図2. ICG 蛍光による消化管点墨法の欠点

ICG は注入後速やかに粘膜下層・筋層に沿って拡散するため、患部の正確な位置の特定が困難となる。そのため、患部をピンポイントにナビゲーションできる技術が求められている。

肝集積性

生体に投与された ICG は、最終的には、すべて肝細胞に取り込まれた後、胆汁内に排泄される。この特徴を利用して、肝細胞癌の術中局在診断に用いることができるが、尿中には排泄され

ないため、尿管の描出には使用できない。脂肪組織に埋もれて走行している尿管は、視認不能であるため、腎臓、子宮、卵巣の鏡視下手術の際に尿管を損傷することがある（合併症リスク約2%、J Minim Invasive Gynecol. 2014）。したがって、後腹膜の脂肪組織内に隠れた尿管の走行を可視化できる技術が求められる（図3）。

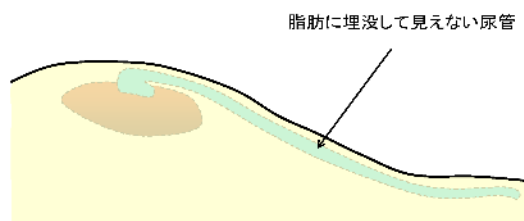


図3. 尿管の位置特定が困難な鏡視下手術

(2) 課題解決のための独創的基盤技術および臨床応用までに残されている課題

ICGの化学構造から出発して、上記のようなICGの欠点を解決する試みが多くなされているが、水溶性・易拡散性のICGでは、上記にあげた欠点を解決することが原理的に不可能である。

そこで、研究代表者は、生体深部の構造や位置をピンポイントに可視化するための手法として、「近赤外蛍光色素を注入して可視化する」という発想を大転換して、「近赤外蛍光色素を溶解混練した樹脂製の標識具を留置して可視化する」技術を考案するとともに特許として権利化した（特許第5958922号）。さらに、基本技術をDIC株式会社に提案し、産学連携の枠組みで、さらに研究を進め、周辺特許を5件 共同で取得し、近赤外蛍光樹脂材料技術を確立した。研究代表者の有する基盤技術が独自の・創造的であることは間違いない。

しかしながら、この画期的材料技術を臨床応用するまでには、具体的標識法の確立という課題が残されている。

(3) 期待される波及効果

研究代表者が発明した近赤外蛍光樹脂材料は、術中ナビゲーション用標識具以外にも応用可能であり、波及効果は大きいと思われる。具体的には、皮下アクセスポートの可視化、末梢挿入型中心静脈カテーテルの可視化等である。皮膚表面から近赤外蛍光により、これらのデバイスの位置や破損状況が確認できる可能性があり、臨床市場は大きいと思われる。

2. 研究の目的

これまでに開発した近赤外蛍光樹脂材料を用いて、生体深部の患部および損傷を回避すべき臓器を“ひかりナビゲーション”するための標識具を試作開発し、動物実験でその有用性を検証する。

3. 研究の方法

(1) 軟性消化管内視鏡で留置できる近赤外蛍光樹脂製粘膜クリップの試作

目的；術前に、軟性消化管内視鏡を用いて患部または患部周辺に留置可能であり、かつ、鏡視下手術中に、漿膜面から位置を特定することができる粘膜クリップを開発する（図4）。

方法； 材料：粘膜クリップが、消化液に暴露されることを考慮し、酸・アルカリに耐性があり強度（シヨア硬度 85）が十分な医療用ポリカーボネート（Medical Grade USP VI）に、研究代表者が発明（特許第5904685号他）した近赤外蛍光色素MNIR-6を0.05%（質量%）溶解混練し、10mm角の樹脂ブロックを作成する。

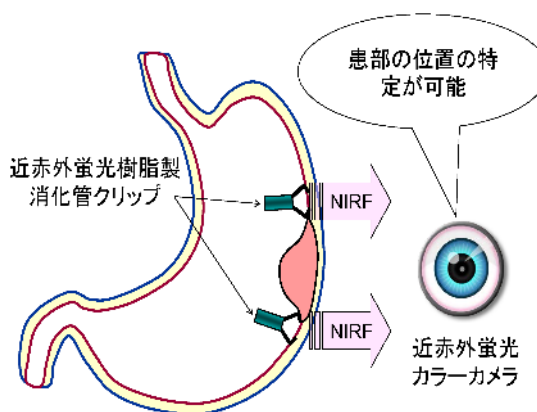


図4. 近赤外蛍光樹脂製粘膜クリップ

成形：軟性消化管内視鏡の鉗子口径2.8mmを通過できる粘膜クリップの把持部を3D切削プリンタで成形する（図4）。この形状が市販品のゼオクリップ®留置具で粘膜に留置できることは確認済みである。ステンレス製の円筒を把持部に被せて粘膜に留置する機構である。

ブタを用いた模擬手術で、消化管粘膜に留置したクリップを近赤外観察用ラパロスコープ（ストルツ製）で観察し、視認性および留置性を検証する。その結果をフィードバックし、粘膜クリップの改良を行う。また、軟性内視鏡的に留置した粘膜クリップの自然脱落までの期間を確認す

る。3年間で2回以上の試作と評価のフィードバックを行う。

(2) 気管支鏡で区域気管支に留置できる近赤外蛍光樹脂製有棘チューブの試作

目的；術前に、気管支鏡を用いて患部または、患部区域肺気管支に留置可能であり、かつ、鏡視下手術中に、臓側胸膜から位置を特定することができる有棘チューブを開発する。

方法； 材料：粘膜刺激性のない医療用熱可塑性ポリウレタン（Medical Grade USP VI）に、近赤外蛍光色素 MNIR-6 を溶解混練し、2.6mm のチューブを射出形成する。

成形：チューブの一方の端を蛸の足状に裂き、棘状にして熱を加え拡げる。留置時には、ステンレス製円筒を被せて足の拡がりを押さえ、その円筒を外すと区域気管支壁に固定される機構とする。

ブタを用いた模擬手術で、区域気管支に留置した有棘チューブの視認性および留置性を検証する。その結果をフィードバックし、有棘チューブの改良を行う。3年間で2回以上の試作と評価のフィードバックを行う。

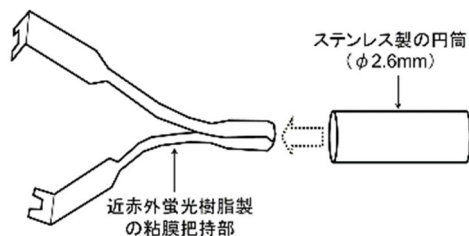


図5．クリップの基本設計（特許第66161096号）

(3) 近赤外蛍光樹脂製の尿管カテーテル・胆管カテーテルの試作

目的；術前に経膀胱鏡的に逆行性に尿管内に留置可能であり、かつ鏡視下手術中に、後腹膜脂肪組織表面から位置を特定することができる尿管カテーテルを開発する(図6)。

方法； 材料：粘膜刺激のない医療用熱可塑性ポリウレタン（Medical Grade USP VI）に、近赤外蛍光色素 MNIR-6 を溶解混練し、2～4mm のチューブを押出成形する。

先端の成形：長さ600mmのカテーテルを作成し、一方の端に熱を加えピッグテイル状に成形する。

ブタを用いた模擬手術で、尿管・胆管内に留置したカテーテルの視認性および留置性を検証する。その結果をフィードバックし、カテーテルの改良を行う。3年間で2回以上の試作と評価のフィードバックを行う。

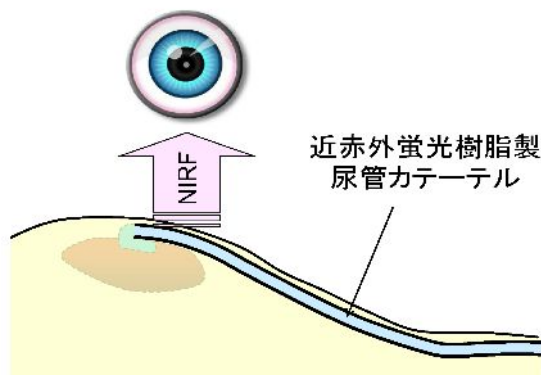


図6．近赤外蛍光樹脂製尿管カテーテル

(4) 研究完了後の製品化戦略

研究代表者は、すでに、PMDA 薬事戦略相談を行い、製品化された場合には、革新的医療機器 C2 区分（新機能，新技术）に相当するインパクトのある技術である、との評価をいただいた。本研究課題完了後は、医療機器メーカーに本研究成果技術（特許，ノウハウ）の実施許諾を行い、製品化を指導する。

4．研究成果

(1) 射出成形法の最適化により、より構成が単純なクリップの開発に成功した。

(2) 術前に経膀胱鏡的に逆行性に尿管内に留置可能であり、かつ鏡視下手術中に、後腹膜脂肪組織表面から位置を特定することができる尿管カテーテルを開発した。

材料：粘膜刺激性のない医療用熱可塑性ポリウレタン（Medical Grade USP VI）に、近赤外蛍光色素 MNIR-6 を溶解混練し、2mm のチューブを押出成形した。

先端の成形：長さ600mmのカテーテルを作成し、一方の端に熱を加えピッグテイル状に成形した。

押出成形時の温度管理の最適化に成功し、蛍光輝度の劣化を抑制することに成功した。

(3) オール樹脂製の蛍光クリップを試作し、動物実験でその有用性を確認した。

以上の成果にもとづき、近赤外蛍光樹脂医療機器に関する特許を、国内で5件取得し、6件出願した。海外へは6件出願した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Yamamoto Masaki, Ninomiya Hitoshi, Handa Takemi, Kidawawa Koichi, Inoue Keiji, Sato Takayuki, Hanazaki Kazuhiro, Orihashi Kazumasa	4. 巻 52
2. 論文標題 The impact of the quantitative assessment procedure for coronary artery bypass graft evaluations using high-resolution near-infrared fluorescence angiography	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Surgery Today	6. 最初と最後の頁 485 ~ 493
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00595-021-02357-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Todaka Hiroshi, Arikawa Mikihiro, Noguchi Tatsuya, Ichikawa Atsushi, Sato Takayuki	4. 巻 911
2. 論文標題 Donepezil, an anti-Alzheimer's disease drug, promotes differentiation and regeneration in injured skeletal muscle through the elevation of the expression of myogenic regulatory factors	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Journal of Pharmacology	6. 最初と最後の頁 174528 ~ 174528
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ejphar.2021.174528	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Yamasaki Fumiyasu, Sato Takayuki, Sato Kyoko, Diedrich Andr?	4. 巻 15
2. 論文標題 Analytic and Integrative Framework for Understanding Human Sympathetic Arterial Baroreflex Function: Equilibrium Diagram of Arterial Pressure and Plasma Norepinephrine Level	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Neuroscience	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnins.2021.707345	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Narihiro Satoshi, Yoshida Masashi, Ohdaira Hironori, Takeuchi Hideyuki, Kamada Teppei, Marukuchi Rui, Suzuki Norihiko, Hoshimoto Sojun, Sato Takayuki, Suzuki Yutaka	4. 巻 55
2. 論文標題 Near-infrared fluorescent clip guided gastrectomy: Report of 2 cases (Case reports)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Annals of Medicine and Surgery	6. 最初と最後の頁 49 ~ 52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.amsu.2020.04.026	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Namikawa Tsutomu, Iwabu Jun, Hashiba Motoi, Munekage Masaya, Uemura Sunao, Yamada Takayoshi, Kitagawa Hiroyuki, Mizuta Hiroshi, Okamoto Ken, Uchida Kazushige, Sato Takayuki, Kobayashi Michiya, Hanazaki Kazuhiro	4. 巻 405
2. 論文標題 Novel endoscopic marking clip equipped with resin-conjugated fluorescent indocyanine green during laparoscopic surgery for gastrointestinal cancer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Langenbeck's Archives of Surgery	6. 最初と最後の頁 503 ~ 508
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00423-020-01902-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Namikawa Tsutomu, Hashiba Motoi, Kitagawa Hiroyuki, Mizuta Hiroshi, Uchida Kazushige, Sato Takayuki, Kobayashi Michiya, Hanazaki Kazuhiro	4. 巻 14
2. 論文標題 Innovative marking method using novel endoscopic clip equipped with fluorescent resin to locate gastric cancer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Asian Journal of Endoscopic Surgery	6. 最初と最後の頁 254 ~ 257
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ases.12842	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Narihiro Satoshi, Yoshida Masashi, Ohdaira Hironori, Sato Takayuki, Suto Daisuke, Hoshimoto Sojun, Suzuki Norihiko, Marukuchi Rui, Kamada Teppei, Takeuchi Hideyuki, Suzuki Yutaka	4. 巻 80
2. 論文標題 Effectiveness and safety of tumor site marking with near-infrared fluorescent clips in colorectal laparoscopic surgery: A case series study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Surgery	6. 最初と最後の頁 74 ~ 78
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijssu.2020.06.014	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Anayama Takashi, Sato Takayuki, Hirohashi Kentaro, Miyazaki Ryohei, Yamamoto Marino, Okada Hironobu, Orihashi Kazumasa, Inoue Keiji, Kobayashi Michiya, Yoshida Masashi, Hanazaki Kazuhiro	4. 巻 34
2. 論文標題 Near-infrared fluorescent solid material for visualizing indwelling devices implanted for medical use	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Surgical Endoscopy	6. 最初と最後の頁 4206 ~ 4213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00464-020-07634-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Narihiro Satoshi, Yoshida Masashi, Ohdaira Hironori, Sato Takayuki, Suto Daisuke, Hoshimoto Sojun, Suzuki Norihiko, Marukuchi Rui, Kamada Teppei, Takeuchi Hideyuki, Suzuki Yutaka	4. 巻 64
2. 論文標題 A novel fluorescent marking clip for laparoscopic surgery of colorectal cancer: A case report	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Surgery Case Reports	6. 最初と最後の頁 170 ~ 173
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijscr.2019.10.024	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamamoto Masaki, Ninomiya Hitoshi, Miyashita Kohei, Tashiro Miwa, Orihashi Kazumasa, Inoue Keiji, Sato Takayuki, Hanazaki Kazuhiro	4. 巻 50
2. 論文標題 Influence of residual coronary flow on bypass graft flow for graft assessment using near-infrared fluorescence angiography	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Surgery Today	6. 最初と最後の頁 76 ~ 83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00595-019-01850-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Namikawa Tsutomu, Iwabu Jun, Munekage Masaya, Uemura Sunao, Maeda Hiromichi, Kitagawa Hiroyuki, Nakayama Taku, Inoue Keiji, Sato Takayuki, Kobayashi Michiya, Hanazaki Kazuhiro	4. 巻 50
2. 論文標題 Evolution of photodynamic medicine based on fluorescence image-guided diagnosis using indocyanine green and 5-aminolevulinic acid	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Surgery Today	6. 最初と最後の頁 821 ~ 831
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00595-019-01851-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計20件（うち招待講演 9件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 戸高寛, 有川幹彦, 野口達哉, 市川厚, 樋口琢磨, 坂本修士, 佐藤隆幸
2. 発表標題 認知症治療薬ドネペジルはSigma1受容体を介して筋再生を促進する
3. 学会等名 第30回 日本病態生理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤隆幸.
2. 発表標題 近赤外蛍光による組織灌流可視化技術の産学連携開発
3. 学会等名 第51回日本創傷治癒学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 並川 努, 丸井 輝, 横田啓一郎, 宗景匡哉, 上村 直, 前田広道, 北川博之, 井上啓史, 佐藤隆幸, 小林道也, 花崎和弘.
2. 発表標題 分子の励起による特殊蛍光を活用した光線技術の臨床応用と今後の展望.
3. 学会等名 第53回日本臨床分子形態学会総会・学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 並川 努, 丸井 輝, 横田啓一郎, 宗景匡哉, 上村 直, 前田広道, 北川博之, 山田高義, 耕崎拓大, 岡本 健, 内田一茂, 佐藤隆幸, 小林道也, 花崎和弘.
2. 発表標題 近赤外光を利用した蛍光マーキングクリップ併用腹腔鏡下手術.
3. 学会等名 第126回日本消化器内視鏡学会四国支部例会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 並川 努, 横田啓一郎, 羽柴 基, 岩部 純, 宗景匡哉, 上村 直, 北川博之, 山田高義, 岡本 健, 内田一茂, 佐藤隆幸, 小林道也, 花崎和弘.
2. 発表標題 腹腔鏡下手術におけるインドシアニングリーン蛍光マーキングクリップの有用性
3. 学会等名 第101回日本消化器内視鏡学会総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 並川 努, 宗景匡哉, 上村 直, 前田広道, 北川博之, 井上啓史, 佐藤隆幸, 小林道也, 花崎和弘.
2. 発表標題 消化器癌診療における蛍光イメージングの臨床応用と将来展望.
3. 学会等名 日本蛍光ガイド手術研究会 第4回学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤隆幸.
2. 発表標題 光り輝く未来を目指して：蛍光ガイド手術手技装置HEMSの開発秘話
3. 学会等名 日本蛍光ガイド手術研究会 第4回学術集会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤隆幸
2. 発表標題 近赤外蛍光を発する樹脂
3. 学会等名 第41回日本レーザー医学会総会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩部純, 羽柴基, 山田高義, 北川博之, 水田洋, 内田一茂, 佐藤隆幸, 小林道也, 花崎和弘.
2. 発表標題 腹腔鏡下手術におけるインドシアニングリーン蛍光マーキングクリップの使用経験
3. 学会等名 第41回日本レーザー医学会総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 並川努, 前田将宏, 谷岡信寿, 津田祥, 藤澤和音, 福留惟行, 岩部純, 宗景匡哉, 上村直, 辻井茂宏, 前田広道, 北川博之, 福原秀雄, 岡本健, 井上啓史, 小林道也, 佐藤隆幸, 花崎和弘.
2. 発表標題 蛍光イメージングを活用した光線医療技術の実践
3. 学会等名 日本蛍光ガイド手術研究会 第3回学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤隆幸
2. 発表標題 近赤外蛍光樹脂
3. 学会等名 日本蛍光ガイド手術研究会 第3回学術集会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤隆幸
2. 発表標題 近赤外蛍光を発する樹脂製標識具の開発
3. 学会等名 日本蛍光ガイド手術研究会 第3回学術集会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤隆幸
2. 発表標題 近赤外蛍光を発する樹脂
3. 学会等名 JDDW2020 第28回 日本消化器関連学会週間 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤隆幸
2. 発表標題 テクノロジーが医療を変える 高知から世界へ発信する光線医療
3. 学会等名 日本人工臓器学会市民公開講座（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本正樹、二宮仁志、宮下浩平、田代未和、弘瀬伸行、渡橋和政、井上啓史、佐藤隆幸、花崎和弘。
2. 発表標題 高精細近赤外線血管造影法による冠動脈バイパス評価法の使用経験
3. 学会等名 第72回日本胸部外科学会定期学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本正樹、二宮仁志、田代未和、半田武巳、渡橋和政、井上啓史、佐藤隆幸、花崎和弘。
2. 発表標題 近赤外線蛍光造影法を用いた血行再建術に対する光線医療診断のPitfall ～心臓血管外科領域での使用経験からの反省～
3. 学会等名 第81回日本臨床外科学会総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤隆幸
2. 発表標題 Hypereye Medical System の開発
3. 学会等名 第81回日本臨床外科学会総会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉本健樹、沖 豊和、小河真帆、岡田衣世、駄場中研、花崎和弘、佐藤隆幸
2. 発表標題 カラー近赤外線蛍光カメラを用いた乳癌センチネルリンパ節生検の変遷と今後の展望
3. 学会等名 第81回日本臨床外科学会総会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本正樹、河野崇、二宮仁志、佐藤隆幸、井上啓史、北岡裕章、渡橋和政、花崎和弘
2. 発表標題 一枚のチェックリストとコミュニケーションが手術成績を高める可能性があるのか？ ～ 心臓外科医と手術室の立場から ～
3. 学会等名 第81回日本臨床外科学会総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yamamoto M, Ninomya H, Inoue K, Sato T, Hanazaki K.
2. 発表標題 Residual coronary flow influence on bypass graft flow assessed by near-infrared fluorescence angiography.
3. 学会等名 28th Annual Meeting of the Asian Society for Cardiovascular and Thoracic Surgery (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計12件

産業財産権の名称 内視鏡及び当該内視鏡に設けられた撮像部	発明者 佐藤隆幸、片平晴 康、隅田哲雄、金山 茂弘	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-168514	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 生体圧迫クリップ	発明者 佐藤隆幸、隅田哲雄	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2020/044546	出願年 2020年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 医療用具	発明者 佐藤隆幸	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-007001	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 内視鏡及び当該内視鏡に設けられた撮像部	発明者 佐藤隆幸, 片平晴 康, 隅田哲雄, 金山 茂弘	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-068485	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 生体圧迫クリップ	発明者 佐藤隆幸, 隅田哲雄	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-566294	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 生体圧迫櫛歯状クリップ	発明者 佐藤隆幸, 隅田哲雄	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-215081	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 医療用クリップ	発明者 佐藤隆幸, 隅田哲雄	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-000558	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 指先用医療用具	発明者 佐藤隆幸	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、U.S. No.17/421,457	出願年 2021年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 開閉クリップ	発明者 佐藤隆幸	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、U.S. No.17/421,827	出願年 2021年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 開閉クリップ	発明者 佐藤隆幸	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、Chinese No.202080015803.8	出願年 2021年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 生体圧迫クリップ	発明者 佐藤隆幸, 隅田哲雄	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、U.S. No. 17/612,036	出願年 2021年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 生体圧迫クリップ	発明者 佐藤隆幸, 隅田哲雄	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、Chinese No. 202080040494.X	出願年 2021年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計5件

産業財産権の名称 医療用具	発明者 佐藤隆幸	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特許第6675662号	取得年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 開閉クリップ	発明者 佐藤隆幸	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特許第6647648号	取得年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 開閉クリップ	発明者 佐藤隆幸	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特許第6675674号	取得年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 内視鏡及び当該内視鏡に設けられた撮像部	発明者 佐藤隆幸，片平晴 康，隅田哲雄，金山 茂弘	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特許第6877705号	取得年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 医療用具	発明者 佐藤隆幸	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特許第6906252号	取得年 2021年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	戸高 寛 (TODAKA Hiroshi)		
研究協力者	市川 厚 (ICHIKAWA Atsushi)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------