

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：12701

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02535

研究課題名（和文）3次元培養による毛髪再生医療の基盤技術の確立

研究課題名（英文）Three-dimensional culture for hair regenerative medicine

研究代表者

福田 淳二（Fukuda, Junji）

横浜国立大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：80431675

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、3つのアプローチ、1) 3次元培養による毛包上皮幹細胞の増殖技術、2) 電気刺激培養による毛乳頭細胞の増殖技術、3) バイオプリンタを利用した毛包原基の作製技術、に取組み、毛髪再生医療の実現を目指した。1)については特許出願準備中であり、未発表であるものの可能性のある手法が見出されてきている。2)については、論文発表に至り、また電位依存型イオンチャネルを介した活性化メカニズムを解明した。3)についても論文発表に至り、数千個の毛包原基を作製可能なバイオプリンタ技術を確立した。以上より、毛髪再生医療を実現するための基盤技術が確立された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

毛包を構成する細胞の性質やその組織化のメカニズムを理解するとともに、これに基づき毛髪を再生する技術の確立に取り組んだ。これにより毛髪の再生医療が実現できる可能性があり、男性型脱毛症を含む毛髪関連疾患の新しい治療法となりうる可能性がある。実際、毛髪再生医療の実用化に向けて、安全性試験などを含めた検討にも取り組んでいる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we have investigated on three approaches: (1) technology for proliferation of hair follicle epithelial stem cells in 3D culture, (2) technology for proliferation of dermal papilla cells by electrically stimulated culture, and (3) technology for generation of hair follicle germs using a bioprinter, for hair regenerative medicine. For (1), a patent application is in preparation, but a possible approach has been identified. For (2), we have published a paper and elucidated the activation mechanism via voltage-dependent ion channels. For (3), we have also published a paper and established a bioprinter technology capable of producing several thousand hair follicle germs. In summary, the fundamental technologies for hair regenerative medicine has been established.

研究分野：生物工学

キーワード：毛髪の再生医療 毛包上皮幹細胞 毛乳頭細胞 バイオプリンター

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

毛髪を生み出す毛包組織は、胎児期において、他の組織・臓器と同様に上皮系と間葉系の2種類の幹細胞からなる毛包原基を形成する。そして、毛包原基内における上皮・間葉相互作用がきっかけとなり、上皮層の陥入や毛幹伸長などの形態形成が引き起こされる。他の臓器では、胎児期にしか原基が作られないが、毛包組織は唯一、誕生後も一定間隔(毛周期)で一生涯再生を繰り返すという特徴がある。したがって、毛包組織は他の様々な臓器発生プロセスを理解するための有用な実験系となりうる可能性がある。

また、毛髪再生医療では、脱毛症患者から毛包組織を含めて毛髪を10本程度採取し、毛包に存在する上皮系および間葉系の幹細胞(毛包上皮幹細胞および毛乳頭細胞)を分離・増殖させ、1,000本分程度の細胞を得る技術がまず必要となる。つぎに、増殖させた幹細胞を用いて移植用組織を大量に作製し、これを脱毛部に移植することで毛髪を再生する。2種類の幹細胞の増殖および移植組織作製のいずれのステップにおいても、ポイントとなるのは生体内における幹細胞ニッチの理解であり、移植後に毛髪を効率よく再生できるかを決定する。

2. 研究の目的

上記の背景から、本研究では、幹細胞ニッチを理解し生体外で再現するため、1) 3次元培養による毛包上皮幹細胞の増殖技術、2) 電気刺激培養による毛乳頭細胞の増殖技術、3) バイオプリンタを利用した毛包原基の作製技術、を確立することを目的とした。

3. 研究の方法

1) 3次元培養による毛包上皮幹細胞の増殖技術

従来の毛包上皮幹細胞の増殖技術に関する研究では、主に成長因子の添加など培地成分の工夫が試みられてきた。しかし、増殖培養における幹細胞性の消失という問題は未だに解決できていない。生体内では、毛包上皮幹細胞は皮膚表面に近いバルジ領域に存在し、その細胞微小環境は、3次元かつ細胞外マトリックスに取り囲まれている。そこで、毛包上皮幹細胞を基底膜に類似した細胞外マトリックスであるマトリゲルに包埋し3次元的に培養するという手法が報告された。この報告では、細胞は凝集塊を形成しながら増殖し、幹細胞性を維持できることが示されており、当該分野では最も効率の高い手法である。ただし、形成される凝集塊のサイズは不均一であり、多くの細胞がシングル細胞のままであった。そこで、申請者らは、直径1.0mmのマイクロウェルをアレイしたシリコンゴム製の培養器を作製した。これを用いて均一な凝集塊を早期に形成させ、毛包上皮幹細胞の増殖を試験した。

2) 電気刺激培養による毛乳頭細胞の増殖技術

毛乳頭細胞は、毛包内の皮膚表面から最も遠い部位に存在し、単離および増殖培養は比較的容易であると報告されてきた。しかしながら、これまでの検討において、実際にヒト毛包から単離し増殖させたところ、継代数が増えるにしたがって幹細胞性が急激に低下することが分かった。そこで、成長因子の添加など様々な検討をおこなったが、その中でも電気刺激により幹細胞性が維持されるという従来報告のない画期的な結果が得られた(特願2018-201545、PCT/JP2019/038934)。すなわち、金電極表面に電解重合によりポリピロール層を形成させたデバイスを作製し、ここにヒト毛乳頭細胞を接着させてパルス電流を印加した。電流を印加しなかった場合と比較して、幹細胞マーカー遺伝子の発現が向上すること、さらに上皮系細胞と混合して毛包原基を作製し、マウスへ移植したところ発毛本数が電気刺激しなかったものと比較して約2倍に向上することが示された。そこで本研究では、電位依存型のイオンチャンネルやその阻害剤を用いた実験により、この機能向上メカニズムの解明に取り組んだ。

3) バイオプリンタを利用した毛包原基の作製技術

毛包原基の形成が毛包の形態形成のトリガーとなることから、上記1)と2)で増殖させた細胞を用いて毛包原基様の移植体を作製する。以前の研究において、細胞をコラーゲン液滴に包埋すると培養3日間の間に細胞の牽引力により体積が10倍以上収縮し、細胞およびコラーゲン密度が1桁以上濃縮される現象を発見した。本研究では、毛包上皮幹細胞および毛乳頭細胞のコラーゲン液滴を隣接配置し、この自発的な凝集により毛包原基を形成させる。

4. 研究成果

1) 3次元培養による毛包上皮幹細胞の増殖技術

直径1.0mmのマイクロウェルをアレイしたシリコンゴム製の培養器を作製し、マウス胎児由来の上皮系細胞を播種したところ、各マイクロウェルに入った細胞は、培養数時間で凝集塊を形成した。ここにマトリゲルを添加すると、幹細胞性を維持したまま増殖した。定量的な評価により、既報と比較して2倍以上の高い効率で増殖可能であることが示された(特願2018-020376、PCT/JP2019/003903)。本手法をヒト毛包由来の毛包上皮幹細胞に適用したところ、マウス細胞と同様に幹細胞マーカーを維持したまま細胞が増殖する様子が観察された。ただし、増殖速度は2週間で約2倍程度に増えるのみであり、さらに増殖を促す仕組みやより長期的な検討が必要で

ある。

2) 電気刺激培養による毛乳頭細胞の増殖技術

ヒト毛乳頭細胞への電気刺激培養を実施したところ、発毛関連遺伝子が維持され、さらに移植実験では毛髪再生本数が2倍になるという結果が得られた。このメカニズムについて、電位依存型カルシウムイオン、カリウムイオンチャネルの寄与を評価するために、それぞれの阻害剤を添加して電位印可培養を実施したところ、Tolbutamide (K⁺ channel blocker) および Nifedipine (Ca²⁺ channel blocker) のいずれにおいても、電位印可による効能向上が完全に打ち消されることが示された。したがって、培養基板からの電位印可をこれらのイオンチャネルを介して細胞が感知し、機能を向上させている可能性が示された。

3) バイオプリンタを利用した毛包原基の作製技術

すでに予備実験において、ヒト毛包上皮幹細胞および毛乳頭細胞を用いて毛包原基に類似した構造体が作製可能であることを確認していた。そこでまずこの実験を再現し、上皮系細胞および間葉系細胞を 2 μ l のコラーゲンゲル液滴に包埋して培養した。その結果、細胞牽引力によりゲルビーズが収縮し、24 時間で細胞密度およびコラーゲン密度が 10 倍以上濃縮された。これまでは、細胞のみからなる毛包原基を作製していたが、本手法では細胞は高密度のコラーゲンを含んだ毛包原基となっている。この違いによって、細胞のみからなる毛包原基と発毛関連遺伝子の発現や毛髪再生能を比較したところ、いずれも大きく改善された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 18件／うち国際共著 8件／うちオープンアクセス 13件）

1. 著者名 Zhou Yinghui, Yamane Monami, Suzuki Kohei, Nanmo Ayaka, Tu Shan, Kageyama Tatsuto, Fukuda Junji	4. 巻 27
2. 論文標題 Effects of exosomes derived from dermal papilla cells on hair follicle stem cells and hair follicle organoids	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Alternatives to Animal Testing and EXperimentation	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11232/aatex.27.1	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 Nanmo Ayaka, Yan Lei, Asaba Tomoki, Wan Licheng, Kageyama Tatsuto, Fukuda Junji	4. 巻 -
2. 論文標題 Bioprinting of hair follicle germs for hair regenerative medicine	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Acta Biomaterialia	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） 10.1016/j.actbio.2022.06.021	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 Suzuki Kohei, Hiroi Yoshiomi, Abe-Fukasawa Natsuki, Nishino Taito, Shouji Takeaki, Katayama Junko, Kageyama Tatsuto, Fukuda Junji	4. 巻 12
2. 論文標題 Cell-repellent polyampholyte for conformal coating on microstructures	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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） 10.1038/s41598-022-15177-8	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 Kageyama Tatsuto, Akieda Hikaru, Sonoyama Yukie, Sato Ken, Yoshikawa Hiroshi, Isono Hitoshi, Hirota Makoto, Kitajima Hiroaki, Chun Yang-Sook, Maruo Shoji, Fukuda Junji	4. 巻 -
2. 論文標題 Bone beads enveloped with vascular endothelial cells for bone regenerative medicine	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Acta Biomaterialia	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） 10.1016/j.actbio.2022.08.044	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 該当する

1. 著者名 Kageyama Tatsuto, Shimizu Akihiro, Anakama Riki, Nakajima Rikuma, Suzuki Kohei, Okubo Yusuke, Fukuda Junji	4. 巻 8
2. 論文標題 Reprogramming of three-dimensional microenvironments for in vitro hair follicle induction	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science Advances	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) 10.1126/sciadv.add4603	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 Kageyama Tatsuto, Anakama Riki, Togashi Hideru, Fukuda Junji	4. 巻 134
2. 論文標題 Impacts of manipulating cell sorting on in?vitro hair follicle regeneration	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Bioscience and Bioengineering	6. 最初と最後の頁 534 ~ 540
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbiosc.2022.09.004	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 Seo Jieun, Yan Lei, Kageyama Tatsuto, Nanmo Ayaka, Chun Yang-Sook, Fukuda Junji	4. 巻 13
2. 論文標題 Hypoxia inducible factor-1 promotes trichogenic gene expression in human dermal papilla cells	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-023-28837-0	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 該当する

1. 著者名 Hirano Sugi, Kageyama Tatsuto, Yamanouchi Maki, Yan Lei, Suzuki Kohei, Ebisawa Katsumi, Kasai Keiichiro, Fukuda Junji	4. 巻 9
2. 論文標題 Expansion Culture of Hair Follicle Stem Cells through Uniform Aggregation in Microwell Array Devices	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Biomaterials Science & Engineering	6. 最初と最後の頁 1510 ~ 1519
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsbmaterials.2c01141	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 Molino Binbin Z., Fukuda Junji, Molino Paul J., Wallace Gordon G.	4. 巻 3
2. 論文標題 Redox Polymers for Tissue Engineering	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Medical Technology	6. 最初と最後の頁 669763
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmedt.2021.669763	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 該当する

1. 著者名 Moritoki Yukihiro, Furukawa Taichi, Sun Jinyi, Yokoyama Minoru, Shimono Tomoyuki, Yamada Takayuki, Nishiwaki Shinji, Kageyama Tatsuto, Fukuda Junji, Mukai Masaru, Maruo Shoji	4. 巻 12
2. 論文標題 3D-Printed Micro-Tweezers with a Compliant Mechanism Designed Using Topology Optimization	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 579 ~ 579
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/mi12050579	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 Seo Jieun, Yun JeongEun, Fukuda Junji, Chun Yang-Sook	4. 巻 258-259
2. 論文標題 Tumor-intrinsic FABP5 is a novel driver for colon cancer cell growth via the HIF-1 signaling pathway	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cancer Genetics	6. 最初と最後の頁 151 ~ 156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cancergen.2021.11.001	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 該当する

1. 著者名 Yan Lei, Kageyama Tatsuto, Zhang Binbin, Yamashita Seiya, Molino Paul J., Wallace Gordon G., Fukuda Junji	4. 巻 133
2. 論文標題 Electrical stimulation to human dermal papilla cells for hair regenerative medicine	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Bioscience and Bioengineering	6. 最初と最後の頁 281 ~ 290
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbiosc.2021.12.003	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 該当する

1. 著者名 Yamane Monami, Seo Jieun, Zhou Yinghui, Asaba Tomoki, Tu Shan, Nanmo Ayaka, Kageyama Tatsuto, Fukuda Junji	4. 巻 134
2. 論文標題 Effects of the PI3K/Akt signaling pathway on the hair inductivity of human dermal papilla cells in hair beads	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Bioscience and Bioengineering	6. 最初と最後の頁 55 ~ 61
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbiosc.2022.03.010	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 Kageyama Tatsuto, Nanmo Ayaka, Yan Lei, Nittami Tadashi, Fukuda Junji	4. 巻 130
2. 論文標題 Effects of platelet-rich plasma on invitro hair follicle germ preparation for hair regenerative medicine	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Bioscience and Bioengineering	6. 最初と最後の頁 666 ~ 671
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbiosc.2020.08.005	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 Seo Jieun, Jeong Do-Won, Park Jong-Wan, Lee Kwang-Woong, Fukuda Junji, Chun Yang-Sook	4. 巻 3
2. 論文標題 Fatty-acid-induced FABP5/HIF-1 reprograms lipid metabolism and enhances the proliferation of liver cancer cells	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 638
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42003-020-01367-5	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 該当する

1. 著者名 Kageyama Tatsuto, Chun Yang-Sook, Fukuda Junji	4. 巻 11
2. 論文標題 Hair follicle germs containing vascular endothelial cells for hair regenerative medicine	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 624
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-79722-z	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 該当する

1. 著者名 Kim Yelee, Park Jun Bum, Fukuda Junji, Watanabe Masatoshi, Chun Yang-Sook	4. 巻 13
2. 論文標題 The Effect of Neddylation Blockade on Slug-Dependent Cancer Cell Migration Is Regulated by p53 Mutation Status	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cancers	6. 最初と最後の頁 531 ~ 531
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/cancers13030531	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 該当する

1. 著者名 Nakajima Rikuma, Tate Yoshiki, Yan Lei, Kageyama Tatsuto, Fukuda Junji	4. 巻 131
2. 論文標題 Impact of adipose-derived stem cells on engineering hair follicle germ-like tissue grafts for hair regenerative medicine	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Bioscience and Bioengineering	6. 最初と最後の頁 679 ~ 685
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbiosc.2021.02.001	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28件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 杉山衣蓮、景山達斗、福田淳二
2. 発表標題 マイクロ流路を用いた毛包原基様コラーゲンビーズの大量調製
3. 学会等名 マイクロ・ナノシステム学会第45回研究会
4. 発表年 2022年 ~ 2023年

1. 発表者名 Tu Shan、景山達斗、福田淳二
2. 発表標題 In vitro hair follicle models for development of grey hair therapy
3. 学会等名 化学工学会 第53回秋季大会
4. 発表年 2022年 ~ 2023年

1. 発表者名 肥高龍彦、景山達斗、福田淳二
2. 発表標題 長い毛幹を有する毛包オルガノイド培養法の確立と毛髪再生への応用
3. 学会等名 第35回日本動物細胞工学会2022年度大会
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 南茂彩華、景山達斗、福田淳二
2. 発表標題 コラーゲンマイクロゲルの自己収縮による移植組織の作製と毛髪再生医療への応用
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 福田淳二
2. 発表標題 ヒトiPS細胞のライブセルレポーターアッセイと仮想人体構築学
3. 学会等名 第74回日本生物工学会大会
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 山内万貴、景山達斗、笠井敬一郎、福田淳二
2. 発表標題 ヒト毛包幹細胞の機能維持培養法
3. 学会等名 第74回日本生物工学会大会
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 南茂彩華、福田淳二
2. 発表標題 毛髪再生医療のための毛包原基の3Dバイオプリンティング
3. 学会等名 第74回日本生物工学会大会
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 福田淳二
2. 発表標題 3次元組織モデルを搭載した薬剤評価チップデバイス
3. 学会等名 第60回日本人工臓器学会大会（招待講演）
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 福田淳二
2. 発表標題 毛髪再生医療のための3D培養技術
3. 学会等名 第22回日本再生医療学会総会
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 SEO JIEUN, FUKUDA JUNJI, CHUN YANG-SOOK
2. 発表標題 Lipid promotes metastasis of colon cancer via HIF-1 signaling pathway
3. 学会等名 第22回日本再生医療学会総会
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 Ayaka Nanmo, Tatsuto Kageyama, Junji Fukuda
2. 発表標題 Large-scale Preparation of Hair Follicle Germs using Bioprinting and Spontaneous Microgel Contraction
3. 学会等名 2022 MRS Spring Meeting & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 J. Seo, J. Fukuda, and Y-S. Chun
2. 発表標題 A multicellular 3D culture system for revealing the mechanism of metastatic progression in the tumor microenvironment
3. 学会等名 International Conference on Biofabrication 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 Shan Tu, Tatsuto Kageyama, Junji Fukuda
2. 発表標題 In vitro hair follicle models for development of grey hair therapy
3. 学会等名 World Congress of Hair Research 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 青木美緒、景山達斗、福田淳二
2. 発表標題 毛髪再生医療のための移植組織凍結保存法
3. 学会等名 化学工学会第52回秋季大会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 南茂彩華、景山達斗、福田淳二
2. 発表標題 コラーゲンゲルビーズの自己収縮を利用した毛包原基の作製法
3. 学会等名 化学工学会第52回秋季大会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 穴竈理樹、肥高龍彦、景山達斗、福田淳二
2. 発表標題 毛髪再生医療に向けた毛包オルガノイドの構築
3. 学会等名 第43回日本バイオマテリアル学会大会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Ayaka Nanmo, Tatsuto Kageyama, Junji Fukuda
2. 発表標題 Large-scale preparation of collagen-containing hair follicle germs using 3D bioprinting
3. 学会等名 Biofabrication2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Monami Yamane, Tatsuto Kageyama, Junji Fukuda
2. 発表標題 Restoration of the hair-inductive capacity of human dermal papilla cells embedded in collagen microgel
3. 学会等名 TERMIS 6TH WORLD CONGRESS 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 福田淳二
2. 発表標題 毛髪再生医療のための微小環境制御
3. 学会等名 第70回高分子討論会（招待講演）
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 福田淳二
2. 発表標題 培養基板の微細加工と毛髪の再生医療
3. 学会等名 高分子学会 印刷・情報・電子用材料研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 福田淳二
2. 発表標題 毛髪再生医療のための工学的アプローチ
3. 学会等名 第21回日本再生医療学会総会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Junji Fukuda
2. 発表標題 Engineering 3D tissues in vitro based on oxygen supply
3. 学会等名 2021 MRSTIC（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 穴竈理樹、景山達斗、福田淳二
2. 発表標題 ヒトiPS細胞由来毛包上皮細胞を用いた毛髪モデルの構築
3. 学会等名 化学工学会第51回秋季大会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 中嶋陸満、清水亮啓、景山達斗、福田淳二
2. 発表標題 毛包オルガノイドを用いた薬剤試験モデルの開発
3. 学会等名 日本動物実験代替法学会第33回
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 南茂彩華、景山達斗、福田淳二
2. 発表標題 バイオプリンターを用いた毛包原基の調製と毛髪再生医療への応用
3. 学会等名 第58回日本人工臓器学会大会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 南茂彩華、景山達斗、福田淳二
2. 発表標題 毛髪再生医療のための毛包原基の3Dバイオプリンティング
3. 学会等名 化学工学会第86年会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 伊藤直哉、景山達斗、福田淳二
2. 発表標題 遠心充填による毛包原基の作製方法の開発
3. 学会等名 化学工学会第86年会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Ayaka Nanmo, Tatsuto Kageyama, Junji Fukuda
2. 発表標題 Large-scale preparation of hair follicle germs using spontaneous shrinkage of cell-embedded hydrogels
3. 学会等名 11th World Biomaterials Congress (国際学会)
4. 発表年 2020年～2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 景山達斗, 福田淳二	4. 発行年 2021年
2. 出版社 羊土社	5. 総ページ数 210
3. 書名 EVs細胞外小胞の生物学 髪の色を決めるメラノソーム	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 増幅毛包間葉系細胞の製造方法及びその使用	発明者 福田淳二、景山達 人、エン ライ	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、JP2022-031086	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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
研究分担者	景山 達斗 (Kageyama Tatsuto) (40822177)	地方独立行政法人神奈川県立産業技術総合研究所・「再生毛髪 の大量調整革新技術開発」プロジェクト・研究員(任期有) (82718)	
研究分担者	大久保 佑亮 (Okubo Yusuke) (80596247)	国立医薬品食品衛生研究所・毒性部・主任研究官 (82601)	

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		
韓国	Seoul National University		