

令和 2 年 6 月 2 日現在

機関番号：12602

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）

研究期間：2016～2019

課題番号：15KK0299

研究課題名（和文）再生医療への応用を目指した間葉系幹細胞支持基板の開発（国際共同研究強化）

研究課題名（英文）Development of scaffold to promote mesenchymal stem cells for tissue regeneration(Fostering Joint International Research)

研究代表者

中村 美穂（Nakamura, Miho）

東京医科歯科大学・生体材料工学研究所・非常勤講師

研究者番号：40401385

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 11,000,000円

渡航期間： 12ヶ月

研究成果の概要（和文）：本研究は、間葉系幹細胞の分子分泌能を強化し、組織再生能を向上する再生医療用足場材料の開発を行うことを目的とした。研究期間内に、有機無機コンポジット試料作製・定性評価、細胞評価、動物評価を行なった。細胞評価により、生体吸収性を有する無機物を含むコンポジット試料上で破骨細胞分化が見られた。ヒト間葉系幹細胞・破骨細胞共培養の結果、間葉系幹細胞が破骨細胞分化を抑制することが見出された。動物評価により、間葉系幹細胞担持コンポジット群では炎症性細胞の減少が見られた。本研究は国際共同研究としてフィンランドのオウル・トゥルク大学で行われた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人口の急速な高齢化に伴い、骨粗鬆症等の骨量減少疾患患者数は年々増加している。骨量減少疾患に対する治療には骨補填材を用いる例があるが、単独使用では骨再生能が低く、治療効率の改善が求められている。本研究では、再生医療に適応可能な生体吸収性足場材料の開発を目指した。本研究で開発された有機無機複合足場材料は、間葉系幹細胞を刺激することで、骨代謝において重要な役割を担う破骨細胞を制御することが示された。骨再生能への応用が実現化されれば、骨量減少疾患に対する選択肢の一つとなると期待される。

研究成果の概要（英文）：This study aimed at the development of scaffold to promote mesenchymal stem cells for bone regeneration. During the period of this project, we performed the preparation of organic-inorganic composite materials, material characterization, cell evaluation, and animal evaluation. The results of cell culture showed that the osteoclast precursors differentiated into mature osteoclasts on the composites including bioresorbable inorganic materials. Animal evaluation showed that the composites with mesenchymal stem cells decreased inflammation responses. This study was performed in University of Oulu and Turku, Finland as an international collaboration.

研究分野：生体材料学分野

キーワード：有機無機コンポジット 生体材料 間葉系幹細胞 破骨細胞

様式 F-19-2

1. 研究開始当初の背景

人口の急速な高齢化に伴い、骨粗鬆症等の骨量減少疾患患者数は年々増加している。骨量減少疾患に対する治療には骨補填材を用いる例があるが、単独使用では骨再生能が低く、治療効率の改善が求められている。本研究では、再生医療に適応可能な生体吸収性足場材料の開発を目指した。

近年、再生医療分野における間葉系幹細胞 (MSC) の役割が変化してきた。これまでは、MSC には、移植部位において欠損組織に分化するための組織形成細胞としての役割が期待されていた。しかし、移植後の生体内生着率や低い等の理由から、臨床応用には至っていなかった。MSC は、組織形成細胞としてだけでなく、様々な種類の液性因子 (サイトカイン、ケモカイン、エキソソーム等) を分泌することで、細胞間相互作用を行うことが報告され、新たな機能として注目されている。これらの機能を考慮すると、バイオマテリアルを用いた硬組織再生にも MSC が関与していると考えられる。本研究では、MSC の機能発現を引き出せるような足場材料の開発を試みた。

2. 研究の目的

本国際共同研究では、フィンランド・スウェーデンの研究チームと連携しながら、MSC 移植による骨再生誘導能向上を目指す。骨再生に有効なサイトカイン自体を材料に混合し、治療効率を目指す研究は、国内外で多数報告されている。本研究では、MSC の機能発現を引き出し、生体吸収性を付与することで、最終的に自家骨に置換させるというコンセプトが他研究とは異なる。研究期間内に「再生医療における細胞移植に最適なヒト MSC 担体材料開発」を行い、ヒト MSC を安定的に保持・機能を発揮させる細胞担体材料として適しているかを明らかにする。

3. 研究の方法

本研究では、以下の研究を実施した。

- (1) 有機無機コンポジット試料の試料作製およびキャラクタリゼーション
ポリ乳酸 (PLA) とリン酸カルシウム系無機生体材料のコンポジット試料を作製した。無機生体材料には、ハイドロキシアパタイト (HA)、 β -リン酸三カルシウム (β -TCP)、炭酸含有アパタイト (CA) の3種類を用いた。混合比は5-20wt%とした。X線回折、フーリエ変換赤外分光法、表面粗さ計、接触角計を用いて有機無機コンポジット試料表面のキャラクタリゼーションを行った。
- (2) 細胞評価
オウル大学およびトゥルク大学倫理委員会で承認されている方法に従い、ヒト骨髄からMSCおよび破骨細胞前駆細胞を単離した。(1)で準備した試料上において、破骨細胞前駆細胞を破骨細胞分化誘導因子添加培養液中で培養し、破骨細胞への分化効率を比較検討した。また、試料にMSCを担持させ、破骨細胞前駆細胞との共培養を行い、破骨細胞誘導率の比較検討を行なった。
- (3) 動物評価
(1)で準備した材料にMSCを担持させ、ヌードマウスの皮下に埋入した。組織摘出・固定後に組織標本作製し、組織学的解析を行なった。

4. 研究成果

- (1) 有機無機コンポジット試料の試料作製およびキャラクタリゼーション
骨補填材として臨床応用されている無機材料であるハイドロキシアパタイト (HA)、 β -リン酸三カルシウム (β -TCP) に加え、破骨細胞吸収性を有する炭酸含有アパタイト (CA) を利用した。有機材料としてはポリ乳酸 (PLA) を利用した。5-20wt%の無機物を含むPLAとのコンポジット試料を作製し、キャラクタリゼーションを行った。X線回折、フーリエ変換赤外分光法、表面粗さ計、接触角計を用いて、有機無機コンポジット試料表面のキャラクタリゼーションを行った。その結果、組成変化は見られないが、無機物添加量増加に伴い表面粗さ値が増加すること、表面濡れ性は変化しないことが確認された。
- (2) 細胞評価
ヒト骨髄由来 Monocyte を用いて破骨細胞培養実験を行うと、無機物の種類により破骨細胞分化に相違が見られた。生体吸収性を有する無機物を含むコンポジット試料上で破骨細胞分化が認められた。ヒト MSC と Monocyte の共培養を行った結果、MSC が破骨細胞分化を抑制することが見出された。
- (3) 動物評価
ヌードマウス埋入試験を実施し、組織学的解析を行った結果、MSC 担持コンポジット群では炎症性細胞の減少が見られた。

本研究は、国際共同研究としてフィンランドのオウル大学で行われた。研究代表者は渡航先で博士課程大学院生を指導し、博士論文2報・国際学術論文誌において原著論文3報・総説2報への研究成果発表に貢献した。

国際学術論文誌

原著論文

1. Luukkonen J, Hilli M, Nakamura M, Ritamo I, Valmu L, Kauppinen K, Tuukkanen J, Lehenkari P. Osteoclasts secrete osteopontin into resorption lacunae during bone resorption. *Histochem Cell Biol* 2019: <https://doi.org/10.1007/s00418-019-01770-y>.
2. Kylmäoja E, Nakamura M, Turunen S, Patlaka C, Andersson G, Lehenkari P, Tuukkanen J. Peripheral blood monocytes show increased osteoclast differentiation potential compared to bone marrow monocytes. *Helion* 2018: 4(9) e00780.
3. Kylmäoja E, Nakamura M, Kokkonen-Puuoerä H, Veli-Pekka R, Lehenkari P, Tuukkanen J. Gap junctional communication is involved in differentiation of osteoclasts from bone marrow and peripheral blood monocytes. *Helion* 2018: 4(5) e00621.

総説

1. Tuukkanen J, Nakamura M. Hydroxyapatite as a nanomaterial for tissue engineering and drug therapy. *Curr Pharm Design*, 2017: 23(26), 3786-3793.
2. Kylmäoja E, Nakamura M, Tuukkanen J. Osteoclasts and Remodeling Based Bone Formation. *Curr Stem Cell Res Ther* 2016: 11 (8), 626-633.

博士論文

1. Luukkonen J. Osteopontin and osteoclasts in rheumatoid arthritis and osteoarthritis. D1532, 2019
2. Kylmäoja E. Osteoclastogenesis from bone marrow and peripheral blood monocytes: the role of gap junctional communication and mesenchymal stromal cells in the differentiation. D1493, 2018

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 7件／うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Nohara K, Itoh S, Akizuki T, Nakamura M, Matsuura T, Fukuba S, Okada M, Izumi Y, Iwata T, Yamashita K	4. 巻 -
2. 論文標題 Enhanced new bone formation in canine maxilla by a graft of electrically polarized tricalcium phosphate particles.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J Biomed Mater Res. Applied Biomaterials B	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) 10.1002/jbm.b.34612	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 Luukkonen Jani, Hilli Meeri, Nakamura Miho, Ritamo Ilja, Valmu Leena, Kauppinen Ky?sti, Tuukkanen Juha, Lehenkari Petri	4. 巻 151
2. 論文標題 Osteoclasts secrete osteopontin into resorption lacunae during bone resorption	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Histochemistry and Cell Biology	6. 最初と最後の頁 475-487
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00418-019-01770-y	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 Kylmaoja Elina, Nakamura Miho, Turunen Sanna, Patlaka Christina, Andersson G?ran, Lehenkari Petri, Tuukkanen Juha	4. 巻 4
2. 論文標題 Peripheral blood monocytes show increased osteoclast differentiation potential compared to bone marrow monocytes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Heliyon	6. 最初と最後の頁 e00780 ~ e00780
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.heliyon.2018.e00780	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 Kylmaoja Elina, Nakamura Miho, Kokkonen-Puuper Hanna, Ronkainen Veli-Pekka, Lehenkari Petri, Tuukkanen Juha	4. 巻 4
2. 論文標題 Gap junctional communication is involved in differentiation of osteoclasts from bone marrow and peripheral blood monocytes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Heliyon	6. 最初と最後の頁 e00621 ~ e00621
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.heliyon.2018.e00621	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 Kylmaja E, Nakamura M, Kokkonen-Puuer H, Veli-Pekka R, Lehenkari, P, Tuukkanen J.	4. 巻 4
2. 論文標題 Gap junctional communication is involved in differentiation of osteoclasts from bone marrow and peripheral blood monocytes.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Helion	6. 最初と最後の頁 e00621
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.helion.2018.e00621	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 Horiuchi N, Iwasaki Y, Nozaki K, Nakamura M, Hashimoto K, Nagai A, Yamashita K.	4. 巻 100
2. 論文標題 A critical phenomenon of phase transition in hydroxyapatite investigated by thermally stimulated depolarization currents.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J Am Ceram Soc	6. 最初と最後の頁 501-505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jace.14620	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 Wada N, Horiuchi N, Nishio M, Nakamura M, Nozaki K, Nagai A, Hashimoto K, Yamashita K.	4. 巻 17
2. 論文標題 Crystallization of Calcium Phosphate in Agar Hydrogels in the Presence of Polyacrylic Acid under Double Diffusion Conditions.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Cryst. Growth Des	6. 最初と最後の頁 604-611
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.6b01453	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 Tuukkanen J, Nakamura M.	4. 巻 23
2. 論文標題 Hydroxyapatite as a nanomaterial for tissue engineering and drug therapy.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Curr Pharm Design	6. 最初と最後の頁 3786-3793
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2174/1381612823666170615105454	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 中村美穂, 山下仁大.	4. 巻 31
2. 論文標題 無機エレクトレットによるバイオミネラリゼーションの制御	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 月刊地球	6. 最初と最後の頁 49-56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 中村美穂, 山下仁大	4. 巻 88
2. 論文標題 バイオセラミックスの高機能化	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 PHOSPHORUS LETTER	6. 最初と最後の頁 402-409
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 中村美穂, 山下仁大.	4. 巻 35
2. 論文標題 ポーリングによるバイオセラミックスの高機能化	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 FC report	6. 最初と最後の頁 52-57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Nakamura M, Hori N, Ando H, Namba S, Toyama T, Nishimiya N, Yamashita K.	4. 巻 62
2. 論文標題 Surface Free Energy Predominates in Cell Adhesion to Hydroxyapatite through Wettability.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Mater Sci Eng C	6. 最初と最後の頁 283-292
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msec.2016.01.037	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 Nakamura M, Hiratai R, Hentunen T, Salonen J, Yamashita K.	4. 巻 2
2. 論文標題 Hydroxyapatite with High Carbonate Substitutions Promotes Osteoclast Resorption through Osteocyte-like Cells.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 ACS Biomater Sci Eng	6. 最初と最後の頁 259-267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsbiomaterials.5b00509	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 Kylmaoja E, Nakamura M, Tuukkanen J.	4. 巻 11
2. 論文標題 Osteoclasts and Remodeling Based Bone Formation.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Curr Stem Cell Res Ther.	6. 最初と最後の頁 626-633
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2174/1574888X10666151019115724	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

[学会発表] 計37件 (うち招待講演 21件 / うち国際学会 20件)

1. 発表者名 Nakamura M, Yamashita K.
2. 発表標題 Material and biological studies on ceramic biomaterials for bone regeneration.
3. 学会等名 The 4th International Symposium on Biomedical Engineering. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakamura M
2. 発表標題 Artificial Bones for tissue regeneration.
3. 学会等名 International Forum on Research Promotion 2019. (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakamura M
2. 発表標題 Activation of bone cells by piezoelectricity and nanocrystals in bone matrix.
3. 学会等名 The 13rd Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (Pacrim13) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakamura M
2. 発表標題 Finland is a pioneer in gender equality.
3. 学会等名 The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (Pacrim13). (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakamura M
2. 発表標題 A new concept for hydroxyapatite in bone remodeling: the nano structure and response to mechanical strain.
3. 学会等名 4th International Conference on Innovations in Biomaterials, Biomanufacturing, and Biotechnologies (Bio-4) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakamura M
2. 発表標題 Understanding of interactions between cells and polarized bioceramics.
3. 学会等名 Signaling Biomaterials Research Symposium (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakamura M
2. 発表標題 Activation of osteogenic cells by piezoelectricity and nanocrystals in bone matrix.
3. 学会等名 MRS 2019 Spring Meeting (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakamura M
2. 発表標題 Artificial Bones for tissue regeneration-Multidisciplinary collaborations between Finland and Japan
3. 学会等名 JSPS Alumni Meeting in Finland 10-year anniversary ceremony (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakamura M, Hentunen T, Salonen J, Yamashita K.
2. 発表標題 Role of material characteristics in regulating bone cell differentiation.
3. 学会等名 Annual Meeting of Scandinavian Society for Biomaterials 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakamura M.
2. 発表標題 Understanding of cell-bioceramic interactions in terms of materials science.
3. 学会等名 30th Symposium and Annual Meeting of the International Society for Ceramics in medicine (Bioceramics30) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nakamura M
2. 発表標題 Hydroxyapatite with high carbonate substitutions promotes osteoclast resorption.
3. 学会等名 GC Symposium on "Bone regeneration and biomaterials with an emphasis of periodontal and peri-implant bone defects" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Miho Nakamura, Kimihiro Yamashita, Petri Lehenkari.
2. 発表標題 Banked bone intended for clinical use contains stored piezoelectrical energy.
3. 学会等名 Finland-Japan Workshop: The next generation medical engineering in biomaterials. (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Miho Nakamura, Petri Lehenkari, Kimihiro Yamashita.
2. 発表標題 Activation of cell function by piezoelectricity of collagen fibrils and nano crystals in bone matrix.
3. 学会等名 Frontier 2018 Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Miho Nakamura, Hiroshi Ando, Saki Namba, Takeshi Toyama, Nobuyuki Nishimiya, Petri Lehenkari, Juha Tuukkanen, Kimihiro Yamashita.
2. 発表標題 Surface free energy predominates in cell adhesion to ceramic biomaterials.
3. 学会等名 29th European Conference on Biomaterials (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Miho Nakamura.
2. 発表標題 Artificial bones for tissue regeneration- Multidisciplinary collaborations between Finland and Japan.
3. 学会等名 All Alumni Meeting- the 100-year anniversary of diplomatic relations between Finland and Japan (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村美穂、堀内尚紘、山下仁大.
2. 発表標題 アパタイトミネラルに蓄積された電気的エネルギーによる細胞機能制御.
3. 学会等名 学際・国際的的高度人材養成ライフイノベーションマテリアル創製共同研究プロジェクト(6大学連携プロジェクト)公開討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村美穂.
2. 発表標題 骨再生医療材料の表面科学と細胞制御.
3. 学会等名 日本再生医療学会.(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nakamura M, Yamashita K.
2. 発表標題 Surface electric fields of bioceramic electrets promote cell adhesion.
3. 学会等名 42nd International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nakamura M.
2. 発表標題 A new concept for hydroxyapatite in bone remodeling-the nano structure and response to mechanical strain.
3. 学会等名 34th Annual Meeting for southern biomedical engineering conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Nakamura, K. Yamashita.
2. 発表標題 Hydroxyapatite with high carbonate substitutions promotes osteoclast differentiation through osteocyte-like cells.
3. 学会等名 Finnish Bone Society Meeting 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Nakamura, K. Yamashita, J. Tuukkanen, P. Lehenkari.
2. 発表標題 Banked bone intended for clinical use as an electrical energy reservoir.
3. 学会等名 Finnish Bone bank meeting 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Nakamura, K. Yamashita.
2. 発表標題 Understanding of cell-biomaterial interactions in terms of surface and materials science.
3. 学会等名 International Symposium on Biomedical and Environmental Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Nakamura, R.Hiratai, T. Hentunen, J. Salonen, K. Yamashita.
2. 発表標題 Hydroxyapatite with high carbonate substitutions promotes osteoclast formation in vitro and in vivo.
3. 学会等名 European Society for Biomaterials 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中村美穂 .
2. 発表標題 バイオマテリアル表面科学に着目した基礎研究
3. 学会等名 無機リン産学連携講座 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中村美穂、堀内 尚紘、山下仁大 .
2. 発表標題 アパタイトミネラルに蓄積された電気的エネルギー による細胞機能制御
3. 学会等名 学際・国際高度人材育成ライフイノベーションマテリアル創製共同研究プロジェクト公開討論会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村美穂
2. 発表標題 骨再生医療材料の表面科学と細胞制御
3. 学会等名 日本再生医療学会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村美穂、米山祥平、吉田直哉、大倉利典、山下仁大
2. 発表標題 分極ゼオライトの電気特性評価
3. 学会等名 日本セラミックス協会 2018 年年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀内 尚紘, 野崎 浩佑, 中村 美穂, 永井 亜希子, 山下 仁大, 遠山 岳史.
2. 発表標題 プロトン伝導を利用したセラミックエレクトレット
3. 学会等名 平成 2 8 年度生体医歯工学共同研究拠点成果報告会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 堀内尚紘, 野崎浩佑, 中村美穂, 永井亜希子, 山下仁大
2. 発表標題 カルボン酸を用いた板状水酸アパタイトの合成.
3. 学会等名 無機マテリアル学会第 134 回学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大塚 啓介, 堀内 尚紘, 野崎 浩佑, 中村 美穂, 永井 亜希子, 山下 仁大.
2. 発表標題 水酸アパタイトエレクトレットの特性に与える焼結条件の影響
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第 30 回秋季シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 堀内 尚紘, 野崎 浩佑, 中村 美穂, 永井 亜希子, 山下 仁大
2. 発表標題 二価のカルボン酸を用いた板状水酸アパタイトの水熱合成
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第 30 回秋季シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 堀内 尚紘, 大塚 啓介, 野崎 浩佑, 中村 美穂, 永井 亜希子, 山下 仁大
2. 発表標題 界面分極を利用した水酸アパタイトエレクトレットの作製とその帯電特性
3. 学会等名 第 37 回エレクトロセラミックス研究討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 堀内 尚紘, 大塚 啓介, 野崎 浩佑, 中村 美穂, 永井 亜希子, 山下 仁大
2. 発表標題 熱刺激脱分極電流法を用いたハイドロキシアパタイトエレクトレットの特性評価.
3. 学会等名 第 39 回 バイオマテリアル学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Nakamura M.
2. 発表標題 Osteocyte-mediated osteoclastogenesis stimulated by carbonate apatite.
3. 学会等名 28th Annual Meeting of the International Society for Ceramics in medicine (Bioceramics28) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 中村美穂、平体留美、田熊孝子、Teuvo Hentunen, Jukka Salonen, Juha Tuukkanen、山下仁大.
2. 発表標題 破骨細胞吸収特性に対するアパタイトの炭酸含有量の影響.
3. 学会等名 日本バイオマテリアル学会シンポジウム2016.
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Nakamura M.
2. 発表標題 Banked bone intended for clinical use as an electrical energy reservoir
3. 学会等名 Finnish bone bank meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Nakamura M
2. 発表標題 Design of inorganic biomaterials with use of bone mineral measurements
3. 学会等名 2nd Bone and Biomaterials Workshop (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Horiuchi N, Nakamura M, Wada N, Yamashita K, Nagai A.	4. 発行年 2017年
2. 出版社 Wily	5. 総ページ数 3756
3. 書名 Handbook of Solid State Chemistry	

1. 著者名 中村美穂, 山下仁大.	4. 発行年 2016年
2. 出版社 エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 647-653
3. 書名 表面・界面技術ハンドブック “無機材料表面の分極処理による骨再生技術(第3編第8章第5節)”	

〔産業財産権〕

〔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
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	トゥッカネン ユハ (Tuukkanen Juha)	オウル大学・Faculty of Medicine・Professor	