

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)
実施状況報告書(平成23年度)**

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	骨微細構造から学ぶ骨生体材料学の構築と骨配向化制御
研究機関・ 部局・職名	大阪大学・大学院工学研究科・教授
氏名	中野 貴由

1. 当該年度の研究目的

当該年度は、生物生体組織学的視点より、骨発生・組織評価の立場から最適な新生骨形成空間を構築するための骨配向化制御因子を理解するために、in vivo、in vitro 環境から、胎生期動物を含めた動物試験ならびに配向化細胞外基質上での細胞培養系を用いて明らかにし、骨インプラント設計に活用するための基礎的知見を得ることを目的とした。加えて、応力感受細胞であるオステオサイトの配列等に注目し、配向化因子、さらには制御のための方策とするために、骨質指標としての役割解明を行った。一方でロボット骨格材料学的観点や骨インプラント設計の観点から、優れた耐摩耗性、応力遮蔽効果低減のための低ヤング率材料の適用を構造パラメータ・材質パラメータの両視点から模索することを目的とした。最終的には、骨配向化制御の指針を深化させ骨生体材料学の構築につなげるとともに、実際の骨インプラントデザインへの適用を模索した。

2. 研究の実施状況

当該年度の目標を達成するために、以下の具体的な研究を計画・実施した。(1) 骨発生学的観点からは、胎生期から出生後までのマウスを用い、骨微細構造の制御因子の解明を行った。ex vivo 系での実験系の樹立により、骨配向度を支配する応力分布、ならびに骨系細胞の役割について解明した。さらに、骨構造パラメータに注目することで、血液産生経路の重要性、さらには骨配向度である材質パラメータとの競合関係を解明した。(2) 骨組織評価学的観点からは、遺伝子・分子・細胞レベルからの骨配向化機構を明らかにすることを目的とし、遺伝子組み換え動物を用いた実験系の樹立に成功した。特にオステオサイトが最初の司令塔の役割を果たしているとの仮説から、細胞外基質とオステオサイト形態との相関を共焦点レーザー顕微鏡解析から明らかにした。(3) 骨再生材料学的観点からは、ラットを中心とした頭蓋骨・脛骨欠損モデル作製法を樹立した。さらに in vivo 系に加え、in vitro 系として、配向化コラーゲンプレートや異方性基板を用いることで、配向性を再生初期から付与することが可能な新材料の開発に着手し、骨芽細胞による産生細胞外基質の配向化を確認した。(4) 骨インプラント設計・材料学的観点からは、FEM法を用いて、実際の股関節インプラントへの適用を図った。さらにその際のインプラント／新生骨界面への多面的な配向化付与手法を確立するため、LIPSSを用いた表面最適設計による細胞配向化制御に成功した。(5) ロボット骨格材料学的観点からは、Co-Cr 合金などの摩耗特性改善のための指針を得るため、単結晶材料の育成法の樹立とピンオンディスク試験を実施し、極めて強い結晶方位依存性と構成相依存性を見出した。さらに、得られた成果を積極的に発信するため、(1) Face book とホームページとの併用、(2) サイエンスカフェの実施、(3) 最先端プログラム採択者と連携した公開シンポジウムの共同主催、(4) 学会誌(まてりあ)を利用した他分野研究者への情報発信など、国民との科学・技術対話の推進に努めた。

3. 研究発表等

雑誌論文	(掲載済み一査読有り) 計 24 件
計 32 件	<ul style="list-style-type: none"> • M. Tane, <u>T. Nakano</u>, S. Kuramoto, M. Hata, M. Niinomi, N. Takesue, T. Yano and H. Nakajima: Low Young's Modulus in Ti-Nb-Ta-Zr Alloys: Cold Working and Oxygen Effects, <i>Acta Materialia</i>, 59 [18] (2011), pp.6975-6988. • Y. Yoshiwara, M. Clanche, K. S. Basaruddin, N. Takano and <u>T. Nakano</u>: Numerical Study on the Morphology and Mechanical Role of Healthy and Osteoporotic Vertebral Trabecular Bone, <i>Journal of Biomechanical Science and Engineering</i>, 6 [4] (2011), pp.270-285. • N. Ikeo and <u>T. Nakano</u>: Design and fabrication of porous metal implants with a through-hole aligned along bone axis for bone replacement from the perspective of preferential arrangement of apatite crystallites as a bone quality parameter, <i>J. J. of Clinical Biomechanics</i>, 32 (2011), pp.1-8 (in Japanese). • T. Jr. Matsumoto, S.-H. An, T. Ishimoto, <u>T. Nakano</u>, T. Matsumoto and S. Imazato: Zirconia-hydroxyapatite composite material with micro porous structure, <i>Dental Materials</i> 27 [11] (2011), pp.e205-e212. • X. Zhao, M. Niinomi, M. Nakai, T. Ishimoto and <u>T. Nakano</u>: Development of high Zr-containing Ti-based alloys with low Young's modulus for use in removable implants, <i>Materials Science and Engineering C</i>, 31 [7] (2011), pp.1436-1444. • K. Hagihara and <u>T. Nakano</u>: Fracture behavior and toughness of NbSi₂-based single-crystals and MoSi₂(C11_b)/NbSi₂(C40) duplex crystals with a single set of lamellae, <i>Acta Materialia</i>, 59 (2011), pp.4168-4176. • T. Ishimoto, <u>T. Nakano</u>, M. Yamamoto and Y. Tabata: Biomechanical evaluation of regenerated long bone by nanoindentation, <i>Journal of Materials Science: in Medicine</i>, 22 [4] (2011), pp.969-976. • J. Wang, T. Ishimoto, <u>T. Nakano</u>, C. Fukuda and S. Mochizuki: Comparative change in bone density and preferred orientation of biological apatite in unloaded rat femur by sciatic-neurectomy, <i>Proceedings of ECO-MATES 2011</i>, (2011), pp.253-254. • N. Ikeo, T. Ishimoto and <u>T. Nakano</u>: Fabrication of three dimensional Ti-6Al-4V structures by EBM method, <i>Proceedings of ECO-MATES 2011</i>, (2011), pp. 251-252. • M. Todai, P. Wang, K. Hagihara and <u>T. Nakano</u>: Abnormal fatigue behavior in Ti-Nb single crystals, <i>Proceedings of ECO-MATES 2011</i>, (2011), pp. 53-54. • X. Zhao, M. Niinomi, M. Nakai, J. Hieda, T. Ishimoto and <u>T. Nakano</u>: Optimization of Cr content of metastable b-type Ti-Cr alloys with changeable Young's modulus for spinal fixation applications, <i>Acta Biomaterialia</i>, (2012), DOI:10.1016/j.actbio.2012.02.010. • Y. Noyama, T. Miura, T. Ishimoto, T. Itaya, M. Niinomi, and <u>T. Nakano</u>: Bone loss and reduced bone quality of the human femur after total hip arthroplasty under stress-shielding effects by titanium-based implant, <i>Materials Transactions</i>, 53 [3] (2012), pp.565-570. • S.-H. Lee, K. Hagihara and <u>T. Nakano</u>: Microstructural and orientation dependence of the plastic deformation behavior in β-type Ti-15Mo-5Zr-3Al alloy single crystals, <i>Metallurgical and Materials Transactions A</i>, 43 [5] (2012), pp.1588-1597. • N. Mizuta, K. Hattori, Y. Suzawa, S. Iwai, <u>T. Nakano</u>, M. Akashi, H. Ohgushi and Y. Yura: Mesenchymal stromal cells improve the osteogenic capabilities of mineralized agarose gels in a rat full-thickness cranial defect model, <i>Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine</i>, (2012), DOI: 10.1002/term.495. • T. Morioka, S. Matsunaga, M. Yoshinari, Y. Ide, <u>T. Nakano</u>, H. Sekine and Y. Yajima: Alignment of Biological Apatite Crystallites at First Molar in Human Mandible Cortical Bone, <i>CRANIO: The Journal of Craniomandibular Practice</i>, 30 [1] (2012), pp.32-40. • <u>T. Nakano</u>, K. Sasaki, K. Hagihara, T. Ishimoto, Y. Fujii and A. Serizawa: Single crystal growth and its microstructure in Co-Cr-Mo alloys for biomedical applications, <i>Materials Science Forum</i>, Vols.706-709 (2012), pp.561-565. • W. Fujitani, J.-W. Lee and <u>T. Nakano</u>: Evaluation of bone quality in mandible of young M-CSF deficient-induced osteopetrotic mouse, <i>Materials Science Forum</i>, Vols.706-709 (2012), pp.484-487. • H. Fukuda, H. Takahashi, K. Kuramoto and <u>T. Nakano</u>: Effect of energy density of incident beam on mechanical property of titanium alloy products fabricated by electron beam melting (EBM) method, <i>Materials Science Forum</i>, Vols.706-809 (2012), pp.488-491. • N. Ikeo, T. Ishimoto, H. Fukuda and <u>T. Nakano</u>: Fabrication and characterization of porous implant products with aligned pores by EBM method for biomedical application, <i>Advanced Materials Research</i>, 49 (2012), pp.142-145. • A. Matsugaki, G. Aramoto, T. Ishimoto and <u>T. Nakano</u>: Control of osteoblastic cells behavior by surface

	<p>topography introduced by plastic deformation of Ti single crystal with h.c.p. structure, Materials Science Forum, Vols.706-709 (2012), pp.549-552.</p> <ul style="list-style-type: none"> • T. Ishimoto, K. Kawata, T. Sakai, H. Yoshikawa and <u>T. Nakano</u>: Regeneration of bone mass and bone quality around implant with grooves for aligning bone cells in rabbit hindlimb bones, Materials Science Forum, Vols.706-709 (2012), pp.510-513. • <u>T. Nakano</u>, S. Hata, K. Hayashi and Y. Umakoshi: Some long-period superstructures and the related motion of dislocations in Al-rich TiAl single crystals, Supplemental Proceedings of TMS2012: Volume 2: Materials Properties, Characterization, and Modeling TMS (The Minerals, Metals & Materials Society), (2012), pp.797-804. • <u>野山義裕</u>, <u>西村直之</u>, <u>蔵本孝一</u>, <u>吉川秀樹</u>, <u>中野貴由</u>: 周囲骨のアパタイト配向化を促進する新規概念からなる人工股関節の開発、<u>まてりあ</u>, 51 [1] (2012), pp.19-21. • <u>吉見享祐</u>, <u>細田秀樹</u>, <u>中野貴由</u>: 構造用金属間化合物研究から派生した様々な新しい研究展開 ～新構造用材料から生体材料・生体組織研究まで～、<u>まてりあ</u>, 51 [4] (2012), pp.168-178. <p>(掲載済み一査読無し) 計 3 件</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>石本卓也</u>, <u>中野貴由</u>: 生分解性金属材料、金属、アグネ技術センター、81 [5] (2011), pp. 29-35. • <u>中野貴由</u>, <u>石本卓也</u>, <u>佐藤文治</u>, <u>安食拓哉</u>, <u>松垣あいら</u>: 骨アパタイト配向性に基づく再生・疾患骨の骨質評価と力学特性への影響、第 24 回バイオエンジニアリング講演会 講演論文集 (ISSN 1348-2920)、(2012), 7B34. • <u>吉原悠仁</u>, <u>高野直樹</u>, <u>中野貴由</u>: 椎体の骨梁構造に対する静的及び動的応答下のモルフォロジー分析、第 24 回バイオエンジニアリング講演会 講演論文集 (ISSN 1348-2920)、(2012), 7B42. <p>(未掲載) 計 5 件</p> <ul style="list-style-type: none"> • S.-H. Lee, M. Todai, M. Tane, K Hagihara, H. Nakajima and <u>T. Nakano</u>: Biocompatible low young's modulus achieved by strong crystallographic elastic anisotropy in Ti-15Mo-5Zr-3Al alloy single crystal, Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials, (2012), in press. • <u>福田英次</u>, <u>高橋広幸</u>, <u>蔵本孝一</u>, <u>岡崎義光</u>, <u>吉川秀樹</u>, <u>中野貴由</u>: 生体為害性を示さない Ti-15Zr-4Nb-4Ta 合金の電子ビーム積層造形による造形体作製法の確立と疲労特性の解明、臨床バイオメカニクス、33 (2012), in press. • <u>石本卓也</u>, <u>吉田喜人</u>, <u>中野貴由</u>: 走行運動による骨再生時のアパタイト配向化促進効果ならびに力学機能回復、臨床バイオメカニクス、33 (2012), in press. • <u>野山義裕</u>, <u>三浦拓也</u>, <u>石本卓也</u>, <u>池尾直子</u>, <u>新家光雄</u>, <u>中野貴由</u>: 人工股関節置換後にチタン基インプラントより生じた応力遮蔽にともなうヒト大腿骨の骨損失および骨質劣化、日本金属学会誌、76 [7] (2012), in press. • H. Furuya, S. Matsunaga, Y. Tamatsu, <u>T. Nakano</u>, M. Yoshinari, S. Abe and Y. Ide: Analysis of biological apatite crystal orientation in the anterior cortical bone of the human mandible using microbeam X-ray diffractometry, Materials Transactions, (2012), in press.
<p>会議発表 計 66 件</p>	<p>専門家向け(計 66 件)</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>中野貴由</u>: 骨微細構造ならびに骨代替材料への材料工学的研究、セミナー(2011 年 5 月 11 日)、大阪府立大学 東研究室、2011 年 5 月 11 日(招待講演) • <u>松垣あいら</u>, <u>石本卓也</u>, <u>中野貴由</u>, <u>磯部仁博</u>, <u>佐久太郎</u>: 基板コーゲン配列に依存した骨芽細胞石灰化・配向化挙動の解明、第 31 回日本骨形態計測学会(2011 年 5 月 20 日～22 日)、長良川国際会議場、2011 年 5 月 21 日(口頭) • <u>石本卓也</u>, <u>佐藤文治</u>, <u>李志旭</u>, <u>中島奈津紀</u>, <u>中野貴由</u>: マウス大腿骨における骨量・生体アパタイト配向性に対する Klotho 遺伝子欠損の影響、第 31 回日本骨形態計測学会(2011 年 5 月 20 日～22 日)、長良川国際会議場、2011 年 5 月 21 日(口頭) • <u>古屋英敬</u>, <u>松本達事</u>, <u>松永智</u>, <u>吉成正雄</u>, <u>中野貴由</u>, <u>井出吉信</u>: 日本人下顎骨前歯部の骨密度と生体アパタイトの結晶配向性、第 31 回日本骨形態計測学会(2011 年 5 月 20 日～22 日)、長良川国際会議場、2011 年 5 月 21 日(口頭) • <u>松本達事</u>, <u>森岡俊行</u>, <u>古谷英敬</u>, <u>松本智</u>, <u>吉成正雄</u>, <u>中野貴由</u>, <u>井出吉信</u>, <u>矢島安朝</u>: ヒト下顎皮質骨における生体アパタイト結晶の配向性と力学的性質、第 31 回日本骨形態計測学会(2011 年 5 月 20 日～22 日)、長良川国際会議場、2011 年 5 月 21 日(口頭) • <u>中野貴由</u>, <u>萩原幸司</u>, <u>新家光雄</u>: チタン合金単結晶における整合析出物の力学特性への影響、第 120 回軽金属学会春期大会(2011 年 5 月 20 日～22 日)、名古屋大学、2011 年 5 月 22 日(口頭) • <u>T. Nakano</u>: Biomaterials design based on anisotropic bone tissue, The 11th International Symposium on Biomaterials(2011 年 5 月 30 日)、Hotel Nobotel Daegu City Centre、2011 年 5

	<p>月 30 日 (招待講演)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・池尾直子、石本卓也、<u>中野貴由</u>: 電子ビーム走査速度制御による力学特性制御、第 107 回粉体粉末冶金協会春季大会 (2011 年 5 月 30 日～6 月 1 日)、早稲田大学国際会議場、2011 年 5 月 31 日 (口頭) ・<u>T. Nakano</u>: Design of biomaterials based on bone anisotropic microstructure、Start-up Symposium for Innovative Materials Research “A Roadmap for the Future of Oral Biomaterials” (2011 年 7 月 2 日～3 日)、大阪大学、2011 年 7 月 2 日 (invited speaker) ・W. Fujitani, Y. Hamada, <u>T. Nakano</u> and N. Matsuura: The preparation of PLLA/calcium phosphate hybrid composite and its evaluation of biocompatibility、SIB2011(The 3rd International Symposium on Surface and Interface of Biomaterials) (2011 年 7 月 12 日～15 日)、北海道大学、2011 年 7 月 13 日 (口頭) ・<u>中野貴由</u>: ミノドロロン酸が卵巣摘出カニクイザルの骨アパタイト結晶の配向性回復に及ぼす影響、第 8 回ビスフォスフォネート Update (2011 年 7 月 28 日)、大阪国際会議場、2011 年 7 月 28 日 (口頭 / 招待) ・H. Fukuda, H. Takahashi, K. Kuramoto and <u>T. Nakano</u>: Effect of energy density of incident beam on mechanical property of titanium alloy products fabricated by electron beam melting (EBM) Method, THERMEC' 2011 (2011 年 8 月 1 日～8 月 5 日)、Quebec City Convention Centre, 2011 年 8 月 2 日 (oral) ・T. Ishimoto, K. Kawata, T. Sakai, H. Yoshikawa and <u>T. Nakano</u>: Regeneration of bone mass and bone quality around implant with grooves for aligning bone cells in rabbit hindlimb bones, THERMEC' 2011 (2011 年 8 月 1 日～8 月 5 日)、Quebec City Convention Centre, 2011 年 8 月 3 日 (oral) ・N. Ikeo, T. Ishimoto, H. Fukuda and <u>T. Nakano</u>: Fabrication and characterization of porous implant products with aligned pores by EBM method for biomedical application, THERMEC' 2011 (2011 年 8 月 1 日～8 月 5 日)、Quebec City Convention Centre, 2011 年 8 月 3 日 (oral) ・W. Fujitani, J.-W. Lee, and <u>T. Nakano</u>: Evaluation of bone quality in mandible of young M-CSF deficient-induced osteopetrotic mouse, THERMEC' 2011 (2011 年 8 月 1 日～8 月 5 日)、Quebec City Convention Centre, 2011 年 8 月 4 日 (oral) ・A. Matsugaki, G. Aramoto, T. Ishimoto and <u>T. Nakano</u>: Control of osteoblastic cell behavior by surface topography introduced by plastic deformation of Ti single crystal with h.c.p. structure, THERMEC' 2011 (2011 年 8 月 1 日～8 月 5 日)、Quebec City Convention Centre, 2011 年 8 月 2 日 (oral) ・<u>T. Nakano</u>, K. Sasaki, K. Hagihara, T. Ishimoto, Y. Fujii and A. Serizawa: Single crystal growth and its microstructure in Co-Cr-Mo alloys for biomedical applications, THERMEC' 2011 (2011 年 8 月 1 日～8 月 5 日)、Quebec City Convention Centre, 2011 年 8 月 2 日 (oral / Invited) ・<u>中野貴由</u>: Ti 合金の単結晶を用いた変形挙動の解明から生体用インプラントとしての応用研究まで、軽金属学会 60 周年記念事業 中国四国支部 記念講演大会、2011 年 9 月 12 日～13 日、ホテル奥道後、2011 年 9 月 12 日 (招待講演) ・<u>中野貴由</u>: 電子ビーム・レーザービーム積層造形法を用いた機能性インプラントの設計、東北大学金研ワークショップおよび日本バイオマテリアル学会東北地域講演会 (2011 年 9 月 29 日～30 日)、東北大学金属材料研究所、2011 年 9 月 29 日 (招待講演) ・K. S. Basaruddin, Y. Yoshiwara, N. Takano, <u>T. Nakano</u> and T. Ishimoto: Prediction of macroscopic properties of vertebral trabecular bone and comparison with Keyak's Model, 機械学会計算力学講演会 (2011 年 10 月 8 日～10 日)、岡山市、(口頭) ・池尾直子、石本卓也、藤谷渉、<u>中野貴由</u>: 電子ビーム造形法によるインプラント構造の最適化、第 108 回粉体粉末冶金協会秋季講演大会 (2011 年 10 月 26 日～28 日)、大阪大学、2011 年 10 月 26 日 (口頭) ・山崎敏広、小泉雄一郎、千葉晶彦、萩原幸司、<u>中野貴由</u>、乾晴行: Phase-field 法による NbSi₂/MoSi₂ 相界面への偏析の研究、第 149 回日本金属学会秋期講演大会 (2011 年 11 月 7 日～9 日)、沖縄コンベンションセンター、2011 年 11 月 8 日 (ポスター) ・松垣あいら、<u>中野貴由</u>、磯部仁博、佐久太郎: In vitro での骨基質配向化における細胞骨格再構築の役割、第 149 回日本金属学会秋期講演大会 (2011 年 11 月 7 日～9 日)、沖縄コンベンションセンター、2011 年 11 月 8 日 (口頭) ・芹澤愛、<u>中野貴由</u>、酒井仁史、磯辺光英: レーザービーム積層造形による Co-Cr-Mo 海綿骨状構造体の作製、第 149 回日本金属学会秋期講演大会 (2011 年 11 月 7 日～9 日)、沖縄コンベンションセンター、2011 年 11 月 7 日 (口頭) ・當代光陽、李尚勳、萩原幸司、<u>中野貴由</u>、多根正和、中嶋英雄: 生体用 Ti-15Mo-5Zr-3Al 合金
--	---

の単結晶における弾性定数、第 149 回日本金属学会秋期講演大会(2011 年 11 月 7 日～9 日)、沖縄コンベンションセンター、2011 年 11 月 7 日(口頭)

- ・福住嘉浩、萩原幸司、中野貴由、山崎倫昭、河村能人: Mg₁₂ZnY LPSO 相における非底面すべり解析、第 149 回日本金属学会秋期講演大会(2011 年 11 月 7 日～9 日)、沖縄コンベンションセンター、2011 年 11 月 7 日(ポスター)
- ・安食拓哉、石本卓也、藤谷渉、中野貴由: 頭蓋骨における特徴的な骨基質配向化挙動の解析、第 149 回日本金属学会秋期講演大会(2011 年 11 月 7 日～9 日)、沖縄コンベンションセンター、2011 年 11 月 7 日(ポスター)
- ・堀田宗孝、松垣あいら、石本卓也、中野貴由、磯部仁博、佐久太郎: 配列化コラーゲン基板を用いたアパタイト/コラーゲン配向化複合体の作製、第 149 回日本金属学会秋期講演大会(2011 年 11 月 7 日～9 日)、沖縄コンベンションセンター、2011 年 11 月 7 日(ポスター)
- ・佐藤文治、石本卓也、松垣あいら、中野貴由: 遺伝子欠損マウスを用いた骨配向化機構解明、第 149 回日本金属学会秋期講演大会(2011 年 11 月 7 日～9 日)、沖縄コンベンションセンター、2011 年 11 月 7 日(ポスター)
- ・新本元東、松垣あいら、石本卓也、中野貴由: レーザー誘起周期構造による骨芽細胞挙動制御及び骨基質配向化、第 149 回日本金属学会秋期講演大会(2011 年 11 月 7 日～9 日)、沖縄コンベンションセンター、2011 年 11 月 7 日(ポスター)
- ・藤井勇輔、萩原幸司、中野貴由: 生体用 Co-Cr-Mo 合金単結晶の耐摩耗特性評価、第 149 回日本金属学会秋期講演大会(2011 年 11 月 7 日～9 日)、沖縄コンベンションセンター、2011 年 11 月 7 日(ポスター)
- ・板屋貴大、石本卓也、宮部さやか、中野貴由: 骨粗鬆症にともなうヒト海綿骨における微細構造変化、第 149 回日本金属学会秋期講演大会(2011 年 11 月 7 日～9 日)、沖縄コンベンションセンター、2011 年 11 月 7 日(ポスター)
- ・福田英次、中野貴由、高橋広幸、藏本孝一: エネルギー投入密度が Ti-6Al-4V 合金造形体の機械的性質に及ぼす影響、第 149 回日本金属学会秋期講演大会(2011 年 11 月 7 日～9 日)、沖縄コンベンションセンター、2011 年 11 月 7 日(ポスター)
- ・池尾直子、中野貴由: 電子ビーム造形法により作製した Ti-6Al-4V 構造体の微細組織観察、第 149 回日本金属学会秋期講演大会(2011 年 11 月 7 日～9 日)、沖縄コンベンションセンター、2011 年 11 月 7 日(ポスター)
- ・城谷勇介、石本卓也、中野貴由、田中敏宏: ラット大腿骨配向化に及ぼすマグネシウム欠乏の影響、第 149 回日本金属学会秋期講演大会(2011 年 11 月 7 日～9 日)、沖縄コンベンションセンター、2011 年 11 月 7 日(ポスター)
- ・検見崎幸大、松本卓也、今里聡、松垣あいら、石本卓也、中野貴由: 胎生期マウス大腿骨骨幹部における骨構造・材質パラメータ変化、第 149 回日本金属学会秋期講演大会(2011 年 11 月 7 日～9 日)、沖縄コンベンションセンター、2011 年 11 月 7 日(ポスター)
- ・藤井健太、萩原幸司、松垣あいら、藤谷渉、中野貴由: Ca, Mg 基金属間化合物による生体内溶解性材料開発の検討、第 149 回日本金属学会秋期講演大会(2011 年 11 月 7 日～9 日)、沖縄コンベンションセンター、2011 年 11 月 7 日(ポスター)
- ・藤谷渉、早川修平、中野貴由: 下顎骨の生体アパタイト配向と骨力学機能制御因子、第 149 回日本金属学会秋期講演大会(2011 年 11 月 7 日～9 日)、沖縄コンベンションセンター、2011 年 11 月 7 日(口頭)
- ・石本卓也、中野貴由、藏本孝一、吉川秀樹: In vivo 応力制御により配向化骨を誘導する人工股関節ステムの表面溝形態設計、第 149 回日本金属学会秋期講演大会(2011 年 11 月 7 日～9 日)、沖縄コンベンションセンター、2011 年 11 月 7 日(口頭)
- ・石本卓也、吉田喜人、中野貴由: 再生骨配向化に対する走行運動の影響、第 38 回日本臨床バイオメカニクス学会(2011 年 11 月 18 日～19 日)、神戸ポートピアホテル、2011 年 11 月 19 日(口頭)
- ・佐藤文治、石本卓也、中島奈津紀、中野貴由: Klotho 遺伝子欠損による生体アパタイト配向化挙動への影響、第 33 回日本バイオマテリアル学会大会(2011 年 11 月 21 日～22 日)、京都テルサ、2011 年 11 月 21 日(口頭)
- ・安食拓哉、阪本達志、石本卓也、藤谷渉、中野貴由: マウス頭蓋骨における特異的な骨配向化構造と破骨細胞欠損の影響の解明、第 33 回日本バイオマテリアル学会大会(2011 年 11 月 21 日～22 日)、京都テルサ、2011 年 11 月 21 日(口頭)
- ・板屋貴大、石本卓也、宮部さやか、中野貴由: 骨粗鬆症にともなうヒト大腿骨海綿骨の構造・材質パラメータ変化、第 33 回日本バイオマテリアル学会大会(2011 年 11 月 21 日～22 日)、京都テルサ、2011 年 11 月 21 日(口頭)
- ・藤井勇輔、萩原幸司、中野貴由: 生体用 Co-Cr-Mo 合金単結晶の摩耗特性の異方性の解明、

第 33 回日本バイオマテリアル学会大会 (2011 年 11 月 21 日～22 日)、京都テルサ、2011 年 11 月 22 日 (口頭)

- ・須澤佳香、水田法彦、岩井聡一、竹下彰範、由良義明、中野貴由、大串始、明石満:有機無機コンポジットゲルによる再生骨および材料の特性に関する解析、第 33 回日本バイオマテリアル学会大会 (2011 年 11 月 21 日～22 日)、京都テルサ、2011 年 11 月 21 日 (口頭)
- ・吉原悠仁、高野直樹、中野貴由:椎体の骨梁構造に対する静的及び動的応答下のモルフォロジー分析、第 24 回バイオエンジニアリング講演会 (2012 年 1 月 7 日～8 日)、大阪大学、2012 年 1 月 8 日 (口頭)
- ・中野貴由:骨アパタイト配向性に基づく再生・疾患骨の骨質評価と力学特性への影響、第 24 回バイオエンジニアリング講演会 (2012 年 1 月 7 日～8 日)、大阪大学、2012 年 1 月 8 日 (口頭・オーガナイザー・招待講演)
- ・中野貴由:材料学的アプローチによる骨微細構造の解明と骨代替材料の開発、NIMS 講演会、2012 年 2 月 29 日 (口頭・招待講演)
- ・Y. Koizumi, T. Yamazaki, A. Chiba, K. Hagihara, T. Nakano, K. Yuge, H. Inui: Phase-field simulation of segregation to lamellar interface in refractory NbSi₂/MoSi₂ duplex silicide, 2012 TMS Annual Meeting & Exhibition, Florida, 2012 年 3 月 14 日 (Invited speaker)
- ・T. Nakano, Y. Umakoshi: Some long-period superstructures and the related motion of dislocations in Al-rich TiAl single crystals, 2012 TMS Annual Meeting & Exhibition, Florida, 2012 年 3 月 13 日 2:30～(Invited speaker)
- ・K. Yuge, Y. Koizumi, K. Hagihara, T. Nakano, K. Kishida and H. Inui: First-principles-based phase diagram for (Mo_xNb_(1-x))Si₂ pseudobinary alloys, Computational Thermodynamics and Kinetics (TMS Annual Meeting), Florida, 2012 年 3 月 12 日 (poster)
- ・M. Tane, T. Nakano, S. Kuramoto, M. Hara, M. Niinomi, N. Takesue, T. Yano, H. Nakajima: Elastic properties of Ti-Nb-Ta-Zr-O alloys, 2012 年 3 月 12 日 (poster)
- ・中野貴由:材料工学的アプローチによる骨微細構造の解明と骨代替材料の開発、日本鉄鋼協会・日本金属学会中国四国支部湯川・本多記念支部講演会、岡山理科大学 50 周年記念館 4 階ホール、2012 年 3 月 19 日 (口頭・招待講演)
- ・弓削是貴、岸田恭輔、乾晴行、小泉雄一郎、萩原幸司、中野貴由:第一原理計算に基づく合金の相安定性の予測:MoSi₂-NbSi₂ 擬二元系合金、第 150 回日本金属学会春期講演大会 (2012 年 3 月 28 日～30 日)、横浜国立大学、2012 年 3 月 28 日 (口頭)
- ・濱洋一郎、萩原幸司、中野貴由:界面偏析を利用した MoSi₂/NbSi₂ 複相シリサイドラメラ組織制御、第 150 回日本金属学会春期講演大会 (2012 年 3 月 28 日～30 日)、横浜国立大学、2012 年 3 月 28 日 (口頭)
- ・福住嘉浩、萩原幸司、中野貴由、山崎倫昭、河村能人:Mg₁₂ZnY-LPSO 相, Zn 単結晶におけるキック変形機構、第 150 回日本金属学会春期講演大会 (2012 年 3 月 28 日～30 日)、横浜国立大学、2012 年 3 月 28 日 (口頭)
- ・福田英次、石本卓也、藤谷渉、中野貴由:電子ビーム積層構造形法により作製した新規指向性孔ポーラスインプラントの骨再生挙動、第 150 回日本金属学会春期講演大会 (2012 年 3 月 28 日～30 日)、横浜国立大学、2012 年 3 月 28 日 (ポスターセッション)
- ・山崎敏広、小泉雄一郎、千葉晶彦、萩原幸司、中野貴由、弓削是貴、乾晴行:フェーズフィールド法による NbSi₂/MoSi₂ 相界面の緩和、第 150 回日本金属学会春期講演大会 (2012 年 3 月 28 日～30 日)、横浜国立大学、2012 年 3 月 28 日 (ポスターセッション)
- ・板屋貴大、石本卓也、中野貴由: ヒト大腿骨近位海綿骨での骨材質特性の力学機能適応、第 150 回日本金属学会春期講演大会 (2012 年 3 月 28 日～30 日)、横浜国立大学、2012 年 3 月 29 日 (口頭)
- ・藤谷渉、荒牧智恵子、中野貴由: 歯科インプラント形状最適設計を目指したサル下顎骨の微細構造解析、第 150 回日本金属学会春期講演大会 (2012 年 3 月 28 日～30 日)、横浜国立大学、2012 年 3 月 29 日 (口頭)
- ・芹澤愛、山本侑志、水野正隆、荒木秀樹、中野貴由、白井 泰治:陽電子寿命によるアパタイト中の格子欠陥評価、第 150 回日本金属学会春期講演大会 (2012 年 3 月 28 日～30 日)、横浜国立大学、2012 年 3 月 29 日 (口頭)
- ・松垣あいら、新本元東、中野貴由、二宮孝文、沢田博司:レーザー誘起周期構造を用いた in vitro での骨基質配向化構造の構築、第 150 回日本金属学会春期講演大会 (2012 年 3 月 28 日～30 日)、横浜国立大学、2012 年 3 月 29 日 (口頭)
- ・當代光陽、福永圭佑、中野貴由、野村直之、塙隆夫:Zr-Nb 合金における ω 相変態と β 相が有する格子変調、第 150 回日本金属学会春期講演大会 (2012 年 3 月 28 日～30 日)、横浜国立大学、2012 年 3 月 29 日 (口頭)

様式19 別紙1

	<p>・福田隆、當代光陽、中野貴由、掛下知行:Ti-xNb 合金における電気抵抗の負の温度係数におよぼす二つの要因、第150回日本金属学会春期講演大会(2012年3月28日~30日)、横浜国立大学、2012年3月29日(口頭)</p> <p>・福田英次、中野貴由、藏本孝一:電子ビーム積層造形法による異方性構造体の作製、第150回日本金属学会春期講演大会(2012年3月28日~30日)、横浜国立大学、2012年3月29日(口頭)</p> <p>・池尾直子、松見龍哉、中野貴由:積層造形法による多孔質構造体の気孔形状設計の最適化と力学機能制御、第150回日本金属学会春期講演大会(2012年3月28日~30日)、横浜国立大学、2012年3月29日(口頭)</p> <p>一般向け(計0件)</p>
<p>図書 計2件</p>	<p>・中野貴由(共著):「共創・協奏 一産学連携成功のキーワード」、独立行政法人 科学技術振興機構 JSTイノベーションプラザ大阪 編、アドスリー、(2011)、pp.121-129、392頁</p> <p>・T. Nakano and T. Ishimoto(共著):“Interface Oral Health Science 2011”, Design of biomaterials for bone replacement based on parameters determining bone quality, Springer, (2011), pp.55-65, 422頁</p>
<p>産業財産権 出願・取得状況 計1件</p>	<p>(取得済み)計1件</p> <p>・「衝撃吸収構造体及びその製造方法」、発明者:中野貴由、藏本孝一、石本卓也、池尾直子、福田英次、野山義裕、権利者:ナカシマメディカル(株)、特許第4802277号、2011年8月12日登録、国内</p> <p>(出願中)計3件(非公開)</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>最先端・次世代研究開発支援プログラム「骨微細構造から学ぶ骨生体材料学の構築と骨配向化制御」(中野貴由プロジェクト)</p> <p>http://www.mat.eng.osaka-u.ac.jp/msp6/nakano/nextprogram/ 大阪大学・中野研究室</p> <p>http://www.mat.eng.osaka-u.ac.jp/msp6/nakano/ 大阪大学・最先端・次世代研究開発支援プログラム</p> <p>http://www.osaka-u.ac.jp/ja/research/program_next 大阪大学大型教育研究プロジェクト支援室・最先端・次世代研究開発支援プログラム</p> <p>http://www.lserp.osaka-u.ac.jp/index_jisedai.html</p>
<p>国民との科学・技術対話の実施状況 計4件</p>	<p>・標題:「生体機能化のための材料」、実施日:2011年9月3日、場所:川西市生涯学習センター、対象者:市民講座「川西市生涯学習短期大学レフネック応用工学科」受講者、参加者:100人、内容:生体材料の特徴と、機能化のための材料/界面の設計手法、問題点について</p> <p>・標題:「再生医療と材料」、実施日:2011年9月10日、場所:川西市生涯学習センター、対象者:市民講座「川西市生涯学習短期大学レフネック応用工学科」受講者、参加者:100人、内容:最新再生医療の紹介とその材料について</p> <p>・標題:「骨をみてみよう」、実施日:2011年10月15日、場所:東京工業大学、対象者:高校生・一般向け公開講演会「次世代材料が創る新しい世界」受講者、参加者:90人、内容:大学を越えた3名の本プログラム採択者により、3大学主催(阪大・東工大・東北大)で実施するという、新しい試みの公開講演会。従来の骨密度とは違う骨の微細構造を見ることで骨の不思議に迫った。</p> <p>・標題:「骨の話をしよう。」、実施日:2011年10月28日、場所:アートエリアB1、対象者:一般(大阪大学・サイエンスカフェ)、参加者:60人、内容:骨をテーマに、医療と材料工学の分野を超えて広がる研究について</p> <p>さらに、face bookによるHP内容の情報発信を行い、多数の国民との対話が可能になっている。</p>
<p>新聞・一般雑誌等掲載 計5件</p>	<p>・山陽新聞、2011年4月21日、7頁、「骨の再生促す器具開発 治療、人工関節に应用」</p> <p>・BIO GARAGE、2011年9月号、8-9頁、「産学連携 研究者のイメージを映像に落としこむ」</p> <p>・日刊工業新聞、2012年2月2日、18頁、「日本学術振興会賞」</p> <p>・科学新聞、2012年2月3日、7頁、「フレッシュ!! 期待の俊才たち、第8回日本学術振興会賞に24氏」</p> <p>・科学新聞、2012年3月9日、7頁、「日本学術振興会賞・日本学士院学術奨励賞・第8回授賞式・活躍が期待される若手研究者24名」</p>

様式19 別紙1

その他	
-----	--

4. その他特記事項

- ・第59回日本金属学会論文賞、指導学生の受賞も含め19件の受賞(平成23年度)。
- ・「材料工学的視点からの骨微細構造ならびに骨代替材料への複合領域型研究」に対して、第8回日本学術振興会賞を平成24年2月27日に受賞。

実施状況報告書(平成23年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されます

1. 助成金の受領状況(累計)

(単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	122,000,000	68,150,000	0	53,850,000	0
間接経費	36,600,000	20,445,000	0	16,155,000	0
合計	158,600,000	88,595,000	0	70,005,000	0

2. 当該年度の収支状況

(単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を除 く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	66,961,190	0	0	66,961,190	66,921,171	40,019	0
間接経費	20,445,000	0	0	20,445,000	10,977,397	9,467,603	0
合計	87,406,190	0	0	87,406,190	77,898,568	9,507,622	0

3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	50,670,502	共焦点レーザー走査型顕微鏡 他
旅費	4,949,575	日本金属学会秋期大会参加のための旅費 他
謝金・人件費等	5,106,721	特任研究員の雇用 他
その他	6,194,373	動物実験委託費 他
直接経費計	66,921,171	
間接経費計	10,977,397	
合計	77,898,568	

4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関名
共焦点レーザー走査型顕微鏡		1	9,964,500	9,964,500	2011/7/19	大阪大学
電動XYステージ		1	2,425,500	2,425,500	2011/8/4	大阪大学
フリクションプレーヤ		1	3,150,000	3,150,000	2011/8/31	大阪大学
小型卓上試験機		1	2,089,500	2,089,500	2011/9/2	大阪大学
チタン合金		1	1,312,500	1,312,500	2011/11/24	大阪大学
培養細胞伸展装置		1	1,499,400	1,499,400	2011/11/25	大阪大学
パラフィン包埋装置		1	1,228,500	1,228,500	2011/12/7	大阪大学
回転式マイクローム		1	2,341,500	2,341,500	2011/12/7	大阪大学
完全密閉式 ティッシュプロセッサ		1	4,284,000	4,284,000	2011/12/7	大阪大学
長期培養タイプ 細胞伸展装置		1	1,323,000	1,323,000	2011/12/16	大阪大学

骨細管計測ソフトオプション		1	2,100,000	2,100,000	2011/12/22	大阪大学
真空蒸着装置		1	2,625,000	2,625,000	2012/1/31	大阪大学
ビデオ式伸び幅計		1	2,425,500	2,425,500	2012/2/23	大阪大学
TG-DSC同時測定装置		1	6,478,500	6,478,500	2012/2/24	大阪大学
パソコン		1	987,000	987,000	2012/3/27	大阪大学