

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) 実績報告書

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	シングルセル・ゲノミクスの確立による環境微生物の遺伝子資源化と生態系解明
研究機関・ 部局・職名	東京工業大学・大学院生命理工学研究科・准教授
氏名	本郷 裕一

1. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

2. 収支の状況

(単位:円)

	交付決定額	交付を受けた額	利息等収入額	収入額合計	執行額	未執行額	既返還額
直接経費	133,000,000	133,000,000	0	133,000,000	133,000,000	0	0
間接経費	39,900,000	39,900,000	0	39,900,000	39,900,000	0	0
合計	172,900,000	172,900,000	0	172,900,000	172,900,000	0	0

3. 執行額内訳

(単位:円)

費目	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	合計
物品費	130,000	8,711,993	22,376,233	57,224,386	88,442,612
旅費	0	820,390	3,356,565	903,410	5,080,365
謝金・人件費等	0	4,764,820	16,255,709	13,017,509	34,038,038
その他	0	122,548	3,951,873	1,364,564	5,438,985
直接経費計	130,000	14,419,751	45,940,380	72,509,869	133,000,000
間接経費計	39,000	22,461,000	8,790,000	8,610,000	39,900,000
合計	169,000	36,880,751	54,730,380	81,119,869	172,900,000

4. 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
コンピューター	Apple Mac Pro	1	505,197	505,197	2011/7/5	東京工業大学
オートクレーブ装置	TOMY LSA-500	1	532,350	532,350	2011/8/30	東京工業大学
ピエゾエキスパート	Eppendorf	1	1,559,250	1,559,250	2011/12/27	東京工業大学
大規模ゲノム情報解析用高速サーバー	メモリ1TB, CPU: 8-cores	1	6,657,000	6,657,000	2012/7/27	東京工業大学
384well対応リアルタイムPCR解析システム	Bio-Rad CFX384	1	5,985,000	5,985,000	2013/3/29	東京工業大学
自動細胞解析分離装置1式	BD社 FACSJazz 1レーザー4カラー	1	17,493,000	17,493,000	2013/4/4	東京工業大学
シグマ光機(株)製 光ピンセット装置一式(据付・調整含む)	シグマ光機・ LMS-M1064- 2000/1S	1	3,720,066	3,720,066	2013/6/7	東京工業大学
Takeru Large-memory Server Storage HDD追加	(株)ナベインターナショナル社製・Storage: 24TB (2TB 3.5 7200rpm×12) +予備1本	1	518,595	518,595	2013/6/4	東京工業大学
共焦点レーザー走査型顕微鏡1式 (据付・調整・トレーニング含む)	オリンパス(株)製 FV1000-D(IX81 フィルタセット)	1	3,727,500	3,727,500	2013/9/4	東京工業大学
バイオアナライザ 電気泳動ノートシステムリミテッド	アジレント・ Agilent2100	1	2,980,950	2,980,950	2013/10/29	東京工業大学
GelDocEZ PCシステム (PC,StainFreeトレイ,ビデオプリンター)	BIO-RAD・170- 8270CAM3	1	990,000	990,000	2013/12/20	東京工業大学
ゲノム配列解析装置一式(搬入・据付・調整含む)	イルミナ社製・ T7-MS-J-001	1	13,865,250	13,865,250	2014/1/10	東京工業大学

5. 研究成果の概要

地球上の大多数の微生物種は培養困難なため、生理・生態はほとんど未知であり、産業利用も不可能である。本研究では、そうした難培養性微生物種の単一細胞からゲノム(全遺伝情報)を解読する手法の確立を目指した。結果、自動細胞分取装置で単離した細菌細胞のゲノムをPhi29 DNA合成酵素によって増幅し、3割程度の確率で、未完成状態のゲノム配列再構築することに成功した。また、同装置で分取困難な細菌や原生生物の単一核はマイクロマニピュレーションで単離し、同様にゲノム解読を可能とした。本成果によって、未培養でも再現性のある基礎研究が可能となり、遺伝子資源として産業応用の可能性を高めることができた。

課題番号	GS009
------	-------

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) 研究成果報告書

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名 (下段英語表記)	シングルセル・ゲノミクスの確立による環境微生物の遺伝子資源化と生態系 解明
	Development of single-cell genomics for exploitation of environmental microorganisms as genetic resource and for understanding of the ecosystem
研究機関・部局・ 職名 (下段英語表記)	東京工業大学・大学院生命理工学研究科・准教授
	Tokyo Institute of Technology, Graduate School of Bioscience and Biotechnology, Associate Professor
氏名 (下段英語表記)	本郷裕一
	Yuichi Hongoh

研究成果の概要

(和文): 地球上の大多数の微生物種は培養困難なため、生理・生態はほとんど未知であり、産業利用も不可能である。本研究では、そうした難培養微生物種の単一細胞からゲノム(全遺伝情報)を解読する手法の確立を目指した。結果、自動細胞分取装置で単離した細菌細胞のゲノムを Phi29 DNA ポリメラーゼで増幅し、3 割程度の確率で、未完成状態のゲノム配列再構築に成功した。また、同装置で分取困難な細菌細胞や原生生物の核はマイクロマニピュレーションで単離し、同様にゲノム解読を可能とした。本成果によって、未培養でも再現性のある基礎研究が可能となり、遺伝子資源として産業応用の可能性を高めることができた。

(英文): The majority of the microbes on the Earth are uncultivable; their ecology and physiology remain unknown and they have been unexploited as industrial resources. The aim of this study is to develop the methodology to analyze the genomes of uncultivable microbes from a single cell. As a result, our team has succeeded in reconstruction of draft genomes from one-third of FACS-isolated single cells of uncultivable bacteria, using phi29 DNA polymerase. In addition, bacterial cells and the nuclei of single-celled eukaryotes that are difficult to isolate using FACS were collected by means of micromanipulation, and their genomes were successfully obtained in a similar way. The developed "single-cell genomics" has enabled us to study uncultured microbes in

detail with reproducibility and will exploit them as genetic resources for industrial use.

1. 執行金額 172,900,000 円

(うち、直接経費 133,000,000 円、 間接経費 39,900,000 円)

2. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

3. 研究目的

地球上の 99%以上の微生物種は現時点で培養不能で、その生理・生態はほとんど未知である。つまり、地球生態系の基盤を形成する微生物群集の機能は不明のまま、産業応用も困難である。本研究は、培養不能微生物の単一細胞からの、汎用性が高くハイスループットなゲノム解読法を確立することを目的とした。特に、(1)レーザーマイクロダイセクターを用いた微生物細胞単離システムの確立、(2)ナノリットル・スケールでのゲノム増幅反応系の確立、(3)シロアリ腸内培養不能微生物群集を題材としたシングルセル・ゲノミクスの実践、を目指し、上手くいかない場合の代替案として、(A)光ピンセットと微細流路を組み合わせた単離・反応系の構築または(B)蛍光自動細胞分取装置(FACS)による細胞単離系の構築も検討することとした。

シングルセル・ゲノミクスを確立できれば、これまで未知であった生態系の「ブラック・ボックス」を解明し、未利用だった莫大な数の培養不能微生物種の産業応用への道を切り開くことができる。

4. 研究計画・方法

シングルセル・ゲノミクスを実践レベルで確立するには、夾雑物が多い(汚い)環境サンプルからどのように微生物細胞、特に1 μm 程度(1mmの1000分の1)しかない細菌を1細胞ずつ分けとることが大きな問題となる。細菌細胞を単離するために開発された装置は存在せず、哺乳類の細胞(直径10 μm 以上)を対象とする既存装置を使用するが、細菌細胞単離のための最適化が必要となる。本研究では、第一の候補としてレーザーマイクロダイセクターを試し、上手くいかなければマイクロマニピュレーターあるいはFACSを使用する細胞単離系をそれぞれ試す[研究目的(1)]。また、[研究目的(2)]にも関連するが、微細流路を使用したオンチップ単離装置(マイクロデバイス)の開発も検討する。

シングルセル・ゲノミクスの核となる技術はPhi29 DNAポリメラーゼという酵素による全ゲノム増幅反応で、理論的には1コピーのゲノムDNAを数十億倍に一晩で増幅可能である。それによって既存の塩基配列解析法に必要なDNA量を調製できるし、再現性ある実験も可能となる。つまり、培養不能微生物種であっても、遺伝子資源として基礎・応用研究の対象にできる。しかし、同反応はゲノム領域間で極端な増幅バイアスが生じ、また外来DNAの混入(コンタミネーション、コンタミ)の悪影響が甚大であるため、一ないし少数細胞からゲノム全長配列を再構築するのは至難の業である。そこで、反応液量を通常のマイクロリットルレベルからナノリットルレベルに抑えることで、コンタミを最小限にし、かつ一部配列のみが極端に増幅されるのを防ぐ[研究目的(2)]。ナノリットル

ル・スケールでの反応は実践上の様々な障害があり(例:乾燥、pH 変化、微小操作の困難さ、など)、理想的には半自動のマイクロデバイス開発が望ましい。

以上については、モデル生物として大腸菌を中心に使用する。しかし、未成熟の技術で取得する不完全なゲノム配列データであっても、培養不能微生物種研究を飛躍的に進めることができるので、本研究では、こうした開発・最適化と平行して、主にシロアリ腸内共生微生物群集を対象とした実践も行っていく。

シロアリは木材の世界的大害虫だが、自然環境では最重要分解者の一つであり、地球の炭素循環に大きく貢献している。また近年では木質バイオマス由来の次世代バイオ燃料への応用が期待されており、新たな脚光を浴びている。これらは全てシロアリの高効率な木質分解能力が可能としているものだが、その能力の大部分は腸内に共生する微生物群集(原生生物、細菌、古細菌)の働きによるものである。しかしながら数百種以上からなるこの複雑な共生微生物群集の構成種の大多数が培養不能であり、それら個々の微生物種の機能や相互作用は未知のままである。そこで、本研究で確立を目指すシングルセル・ゲノミクスを駆使し、この培養不能微生物群集の機能を解明するとともに、遺伝子資源としての利用の道を開く事を目指す[研究目的(3)]。

5. 研究成果・波及効果

(1)細胞単離法の最適化

細胞単離の効率性は FACS が最良だが、FACS を使用すると分取細胞の形態が観察できない。そこで、顕微鏡で観察しながら細胞を迅速に単離可能なレーザーマイクロダイセクターに着目し、細菌のシングルセル・ゲノミクスへの応用の可否を評価した。市販の3社のレーザーマイクロダイセクターのデモ機を用い、様々な試行錯誤してシングルセル・ゲノミクスへの応用を図ったが、最終的には断念した。理由としては、ダイセクターが切り出しに使用する紫外線レーザーがゲノム DNA を損傷すると考えられること、細菌細胞を切り出しても静電気の影響などで回収率を上げる事ができなかったこと、などがあげられる。

次善の策(「研究目的」の B)として、ハイスループットなシングルセル・ゲノミクスには FACS を利用することにした。FACS には上記の他、96/384 穴の PCR 用プレートに細菌細胞を回収するため、反応液量をマイクロリットル・スケール未満にできないという問題がある。また、装置本体もラニングコストも高額であり、どこの研究施設でも購入できるわけでない。さらに、FACS を利用した細菌シングルセル・ゲノミクスは既に米国の2チームが試していたため、独創性にやや欠ける面があった。ただ、実践が極めて難しいのも事実で、2014 年現在でも FACS を用いたシングルセル・ゲノミクスが遂行可能な研究室は世界でも少ない。

本研究では、市販の FACS のうち、6 社 8 機種種のデモ機を使用して、各メーカーと緊密に議論を重ねながら、細菌シングルセル・ゲノミクスへの適用を図った。その結果、複数の機種で成功に至った。当初は理化学研究所に設置された Beckman 社の MoFlo XDP で最適化と実践を行ったが、BD 社の廉価版 FACS の JAZZ でも遂行できることを確認したため、同機種を購入し、現在は理研

の MoFLo と併用している。前処理を工夫した結果、MoFLo でも FACS-Jazz でも約 3 割(100 細胞中 30 個程度という意味)の高い成功率で、ゲノム解析に適した単離細菌細胞サンプルを取得できるようになった。

(2)ゲノム DNA 増幅反応系の最適化

ゲノム DNA 増幅反応を行うための Phi29 DNA ポリメラーゼを含むキットが各社から市販されているが、細菌1細胞からの増幅を想定して開発されたわけではないため、それらのシングルセル・ゲノミクスへの応用にはやはり最適化が必要であった。UV 処理を含むいくつかの工夫を含め、最終的には 1 晩の反応で副生成物を極小化した産物を得られるようになった。しかし、コンタミ DNA と並んでシングルセル・ゲノミクスの大きな障害となっているゲノム領域間の増幅バイアスについては、反応系をナノリットル以下にする以外、他研究グループからも、良いアイデアは出ていない。本研究では、将来的なマイクロデバイス開発の予備段階として、マイクロマニピュレーションによるサブナノリットル反応系の構築を試みた。

その結果、数十個以上の同一系統の細菌細胞を出発点にした場合にはゲノム完全長配列を再構築することができたが、非特異的増幅(あるいはコンタミ)によると思われる副生成物が大量に混入してしまい、マイクロリットル・スケールの反応系に比べて優位性は見られなかった。乾燥やアルカリ変性溶液の溶存 CO₂による中和、微小反応液の取り扱いなど多くの困難があり、手順も増えることから、コンタミの危険性をむしろ増やしてしまったのかもしれない。今後さらに改良を重ね、最終的には半自動マイクロデバイスによって簡便かつ低コストな細菌シングルセル・ゲノミクス用の装置の開発に取り組んでいきたい。その研究の一貫として、シロアリ腸内細菌のみを夾雑物から分離する電極を用いたデバイスを試し、良好な結果を得ている(H24 年度日本微生物生態学会ポスター賞受賞)。

(3)シロアリ腸内共生微生物群集を題材としたシングルセル・ゲノミクスの実践

上記のように、必ずしも理想的なシングルセル・ゲノミクスの手法を構築できなかったが、FACS とマイクロマニピュレーションを用いた世界標準クラスの技術は確立できた。現在、クリーンルーム内に設置したマイクロマニピュレーターと FACS で細菌細胞あるいは原生生物核を単離して、高速 DNA シーケンサーでゲノム配列を取得し、大規模メモリーサーバーで情報解析をすることにより、単一微生物細胞からドラフト・ゲノムを取得可能な状態を達成した。ただし、各環境サンプルごとの前処理法の検討は必要である。

本研究では、シロアリ腸内共生細菌群集の FACS を用いたシングルセル・ゲノミクスを実践し、特に新規性が高いものと優占種についてドラフト・ゲノム配列を再構築した。その結果、これまで全く機能未知であったそれらの細菌が、多数の植物多糖分解酵素や水素産生酵素などを保有することを初めて明らかにした(学会発表済み、論文準備中)。これらの細菌種は培養不能であるが、ゲノム増幅産物は半永久的に使用可能なため、遺伝子資源として詳細な研究が可能である。

シングルセル・ゲノムを取得した培養不能細菌のうちの1種は原生生物細胞内共生体であり、マ

マイクロマニピュレーションで宿主原生生物を単離して除核後、複数種を含む細胞共生細菌群ゲノムをまとめてゲノム増幅して配列解析(メタゲノミクス)したものとデータを組み合わせることで、ゲノム完全長配列の取得に成功した(H25年度日本ゲノム微生物学会優秀発表賞受賞、論文準備中)。同様の手法で別の複数の原生生物細胞内共生細菌種のゲノム完全長あるいはドラフト・ゲノム配列も取得済みで、比較ゲノム解析中である(途中経過は2013年度国際窒素固定会議で best poster award 受賞)。また、宿主であるセルロース分解性培養不能原生生物の1核からのドラフト・ゲノム配列も取得済みであり、現在、情報解析中である。これらのゲノムデータを統合すれば、シロアリ腸内における高効率な木質分解共生系の実態の解明を飛躍的に進めることができ、培養不能でありながらも、バイオ燃料開発などの遺伝子資源として研究ができる。

このように、本研究で構築したシングルセル・ゲノミクスの系を用いれば、シロアリ腸内微生物群集をはじめ、現時点で培養不能な多様な微生物種のドラフト・ゲノム配列を単一細胞から取得可能である。また同一に近い系統の細菌細胞を数百個以上回収できれば、他細菌種の混入があっても、シングルセル・ゲノムデータと組み合わせることにより、完全長配列の取得が可能となった。これにより、これまで人類が研究対象とできなかった莫大な数の環境微生物種の機能を解明し、遺伝子資源として利用する道を開くことができた。

6. 研究発表等

雑 誌 論 文 計 1 6 件	(掲載済み一査読有り) 計 12 件 1. 本郷裕一 (2011)「シロアリ腸内原生生物と原核生物の細胞共生」 <i>原生動物学雑誌 (The Japanese Journal of Protozoology)</i> 44 : 115-129 (総説) http://www.soc.nii.ac.jp/jsproto/journal/jjp44/p115-p129.pdf 2. <u>Hongoh Y.</u> (2011) Toward the functional analysis of uncultivable, symbiotic microorganisms in the termite gut. <i>Cellular and Molecular Life Sciences</i> 68 : 1311-25 (総説) http://www.springerlink.com/content/u81108n21x78529m/?MUD=MP 3. <u>Hongoh Y.</u> , Toyoda A. (2011) Whole genome sequencing of unculturable bacterium using whole genome amplification. <i>Methods in Molecular Biology</i> 733 : 25-33 (解説) http://www.springerprotocols.com/Abstract/doi/10.1007/978-1-61779-089-8_2 4. Kawafune K., <u>Hongoh Y.</u> , Hamaji T., Nozaki H. (2012) Molecular identification of rickettsial endosymbionts in the non-phagotrophic volvoclean green algae. <i>PLoS One</i> 7 : e31749 (原著) http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0031749 5. Hattori S., <u>Hongoh Y.</u> , Itoh T., Deevong P., Trakulnaleamsai S., Noparatnaraporn N., Kudo T., Ohkuma M. (2013) <i>Sporomusa intestinalis</i> sp. nov., a homoacetogenic bacterium isolated from the gut of a higher termite, <i>Termites comis</i> (Termitinae). <i>Journal of General and Applied Microbiology</i> 59 : 321-324 (原著) https://www.jstage.jst.go.jp/article/jgam/59/4/59_321/article 6. Zheng H., Bodington D., Zhang C., Miyanaga K., Tanji Y., <u>Hongoh Y.</u> , Xing X.-H. (2013) Comprehensive phylogenetic diversity of [FeFe]-hydrogenase genes in termite gut microbiota. <i>Microbes and Environments</i> 28 : 491-494 (原著) https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsme2/advpub/0/advpub_ME13082/article 7. Guichard P., Hachet V., Majubu N., Neves A., Demurtas D., Olieric N., Fluckiger I., Yamada A., Kihara K., Nishida Y., Moriya S., Steinmentz M.O., <u>Hongoh Y.</u> , Gönczy P. (2013) Native architecture of the centriole proximal region reveals novel features underlying their 9-fold radial symmetry. <i>Current Biology</i> 23 : 1620-1628 (原著) http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982213007860 8. Nakabachi A., Ueoka R., Oshima K., Teta R., Mangoni A., Gurgui M., Oldham N.J., van Echten-Deckert G., Okamura K., Yamamoto K., Inoue H., Ohkuma M., <u>Hongoh Y.</u> , Miyagishima S., Hattori M., Piel J., Fukatsu T. (2013) Defensive bacteriome symbiont with a drastically reduced genome. <i>Current Biology</i> 23 : 1478-1484 (原著) http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982213007525 9. Nakabachi A., Nikoh N., Oshima K., Inoue H., Ohkuma M., <u>Hongoh Y.</u> , Miyagishima S., Hattori M., Fukatsu T. (2013) Horizontal gene acquisition of <i>Liberibacter</i> plant pathogens from a bacteriome-confined endosymbiont of their psyllid vector. <i>PLoS One</i> 8 : e82612 (原著) http://www.plosone.org/article/info:doi/10.1371/journal.pone.0082612 10. Kawafune K., <u>Hongoh Y.</u> , Nozaki H. (2014) A rickettsial endosymbiont inhabiting the cytoplasm of <i>Volvox carteri</i> (Volvocales, Chlorophyceae). <i>Phycologia</i> 53 : 95-99 (原著) http://www.phycologia.org/doi/abs/10.2216/13-193.1
--	--

	<p>11. Yamaguchi H., Nakayama T., <u>Hongoh Y.</u>, Kawachi M., Inoue I. (2014) Molecular diversity of endosymbiotic <i>Nephroselmis</i> (Nephroselmidophyceae) in <i>Hatena arenicola</i> (Katablepharidophycota). <i>Journal of Plant Research</i> 127: 241-247 (原著) http://link.springer.com/article/10.1007/s10265-013-0591-1</p> <p>12. Sato T., Kuwahara H., Fujita K., Noda S., Kihara K., Yamada A., Ohkuma M., <u>Hongoh Y.</u> (2014) Intranuclear verrucomicrobial symbionts and evidence of lateral gene transfer to the host protist in the termite gut. <i>The ISME Journal</i> 8: 1008-1019 (原著) http://www.nature.com/ismej/journal/v8/n5/full/ismej2013222a.html</p> <p>(掲載済み一査読無し) 計 4 件</p> <p>1. <u>本郷裕一</u> (2013) 「難培養微生物種のゲノム解析による機能解明と遺伝子資源化」 <i>Japanese Journal of Lactic Acid Bacteria</i> (日本乳酸菌学会誌) 24: 167-173 (総説)</p> <p>2. <u>本郷裕一</u> (2014) 「シングルセル・ゲノムクスによる未培養腸内細菌研究の可能性」 <i>G.I. Research</i> (先端医学社) 22: 93-98 (総説)</p> <p>3. <u>本郷裕一</u> (2014) 「シングルセル・ゲノムクスの現状と展望」 <i>バイオサイエンスとインダストリー (B&I)</i> 72: 161-165 (総説)</p> <p>4. <u>Hongoh Y.</u> (2014) Who digests the lignocellulose? <i>Environmental Microbiology</i> published online DOI: 10.1111/1462-2920.12449 (解説) http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1462-2920.12449/abstract?jsessionid=A700232CBEA42AC7A0A5C5F193709596.f02t02</p> <p>(未掲載) 計 0 件</p>
<p>会議 発表 計 6 2 件</p>	<p>専門家向け 計 57 件 (優秀発表賞・ポスター賞 7 件含む 当研究室所属メンバーに下線)</p> <p>1. (招待講演) <u>本郷裕一</u> 「ゲノムから明らかにするシロアリ腸内複合共生機構」生態研セミナー(京都大)(2011.5.20)</p> <p>2. (依頼講演) <u>本郷裕一</u> 「ゲノムから解き明かすシロアリ腸内多重共生系の進化」根井正利先生東工大来訪記念シンポジウム(東工大)(2011.6.29)</p> <p>3. Kaoru Kawafune, <u>Yuichi Hongoh</u>, Takashi Hamaji, Hisayoshi Nozaki "Molecular identification of Rickettsiacean endosymbionts in the Volvocaeans, <i>Carteria cerasiformis</i> and <i>Plecorina japonica</i> (Chlorophyta)" 2011 Annual Meeting for Phycological Society of America (PSA-11) (University of Washington, Seattle, USA) (2011.7.14)</p> <p>4. (招待講演) <u>本郷裕一</u> 「シロアリ腸内微生物群集の多様性とゲノム情報に基づく機能解明」日本進化学会 2011 年度大会(京都大)(2011.7.30)</p> <p>5. (依頼講演) <u>本郷裕一</u> 「シロアリ腸内共生系-メタゲノムとシングルゲノムからのアプローチ」日本ゲノム微生物学会ワークショップ 2011(東北大)(2011.8.21)</p> <p>6. (シンポジウム主催) <u>Yuichi Hongoh</u> "Genome analysis of unculturable microbial symbionts in the termite gut." International Union of Microbiological Societies 2011 Congress (IUMS11) (札幌コンベンションセンター)(2011.9.10)</p> <p>7. 川船かおる, <u>本郷裕一</u>, 浜地貴志, 野崎久義「緑藻ボルボックス目の細胞内から発見されたリケッチア科バクテリア」日本植物学会第 75 回大会(東大)(2011.9.17)</p> <p>8. (依頼講演) <u>Yuichi Hongoh</u> "Genome analysis of symbiotic microorganisms in termite guts." International symposium on digestive systems in termites (琉球大) (2011.10.7)</p> <p>9. 瀬川高弘, Kirill Kryukov, 斎藤成也, <u>本郷裕一</u>, 本山秀明「氷床コアにおける微生物解析」第 2 回極域科学シンポジウム(国立極地研究所、東京)(2011.11.16)</p>

<p>10. 中鉢淳, 大島健志朗, 上岡麗子, Alfonso Mangoni, Mihaela Gurgui, Neil Oldham, Gerhild van Echten-Deckert, 井上広光, 大熊盛也, <u>本郷裕一</u>, 宮城島進也, Jörn Piel, 服部正平, 深津武馬「ミカンキジラミ2種のゲノム構造と機能的役割」第5回日本ゲノム微生物学会年会(立教大、東京)(2012.3.10)</p> <p>11. 中鉢淳, 上岡麗子, 大島健志朗, Alfonso Mangoni, Mihaela Gurgui, Neil Oldham, Gerhild van Echten-Deckert, 大熊盛也, <u>本郷裕一</u>, 宮城島進也, 服部正平, Jörn Piel, 深津武馬「ミカンキジラミの防衛共生」第56回日本応用動物昆虫学会大会(近畿大)(2012.3.28)</p> <p>12. Kaoru Kawafune, <u>Yuichi Hongoh</u>, Hisayoshi Nozaki "Horizontal transmissions and extinctions of the rickettsia-like bacterial endosymbionts within the Volvocaceae" 15th International Conference on the Cell and Molecular Biology of <i>Chlamydomonas</i> (Potsdam, Germany) (2012.6.6)</p> <p>13. (ベストプレゼン賞受賞) 川船かおる, <u>本郷裕一</u>, 浜地貴志, 野崎久義「緑藻培養株に感染していたリケッチア科新規細胞内共生バクテリア "MIDORIKO" 」日本微生物資源学会第19回大会(かずさ)(2012.6.28)</p> <p>14. (招待講演)<u>Yuichi Hongoh</u> "Evolution and functions of the multilayered symbiosis in termite guts" 国際微生物生態学会(ISME-14)(コペンハーゲン)(2012.8.20)</p> <p>15. <u>Dylan Bodington</u>, Takahiro Segawa, Nozomu Takeuchi, <u>Yuichi Hongoh</u>, Shiro Kohshima "Elevational patterns of bacterial diversity on glaciers" 国際微生物生態学会(ISME-14)(コペンハーゲン)(2012.8.23)</p> <p>16. 須田好, 丸山茂徳, 上野雄一郎, 大森聡一, 吉崎もと子, 黒川顕, 西山依里, 吉野弘二, <u>本郷裕一</u>, <u>河内賢一</u>「白馬八方温泉の水素同位体システムティックス—蛇紋岩熱水系のメタンの起源—」日本地球惑星科学連合2012年大会(東大)(2012.9.11)</p> <p>17. 松崎里歩, 小松晃彦, 小森敬文, 塩澤圭介, 曾田直紀, 鈴木智夏, 佐藤朋之, <u>本郷裕一</u>, 服部聡「浅河川汽水域堆積物における深度に関連したメタン生成古細菌の多様性と分布および活性」第28回日本微生物生態学会大会(豊橋技大)(2012.9.20)</p> <p>18. <u>中鉢淳</u>, 上岡麗子, 大島健志朗, Mangoni Alfonso, Gurgui Mihaela, Oldham Neil, van Echten-Deckert Gerhild, 井上広光, 大熊盛也, <u>本郷裕一</u>, 宮城島進也, 服部正平, Piel Joern, 深津武馬「カンキツの重要害虫ミカンキジラミにおける複合細菌共生系の機能的役割と進化」第28回日本微生物生態学会大会(豊橋技大)(2012.9.20)</p> <p>19. 瀬川高弘, 石井聡, <u>Dylan Bodington</u>, <u>本郷裕一</u>, 丸山史人, 竹内望「中国、天山ウルムチ No.1 氷河における微生物相と硝化・脱窒素遺伝子解析」第28回日本微生物生態学会大会(豊橋技大)(2012.9.20)</p> <p>20. (ポスター賞受賞) <u>木原久美子</u>, 小山純弘, 守屋繁春, <u>本郷裕一</u>「シロアリ腸内から生きた共生細菌だけを電極基板で分けとる方法の開発」第28回日本微生物生態学会大会(豊橋技大)(2012.9.20)</p> <p>21. <u>桑原宏和</u>, <u>中西俊平</u>, <u>中鉢淳</u>, <u>本郷裕一</u>「シロアリ腸内原生物の巨大なゲノム」第28回日本微生物生態学会大会(豊橋技大)(2012.9.20)</p> <p>22. <u>山田明德</u>, 福世健吾, 大熊盛也, 前川秀彰, 新里尚也, <u>木原久美子</u>, <u>本郷裕一</u>, 徳田岳「シロアリは腸内共生メタン菌の脱落によって不利益を被り得る」第28回日本微生物生態学会大会(豊橋技大)(2012.9.20)</p> <p>23. <u>間瀬貴子</u>, <u>三浦大樹</u>, <u>山田明德</u>, Nathan Lo, 服部聡, 大熊盛也, <u>本郷裕一</u>「シロアリ腸内原生物共生メタン菌の進化生態学的解析」第28回日本微生物生態学会大会(豊橋技大)(2012.9.20)</p> <p>24. <u>村上匠</u>, 瀬川高弘, <u>山田明德</u>, <u>Dylan Bodington</u>, 竹内望, 幸島司郎, <u>本郷裕一</u>「アラスカ産コオリミズの共生細菌叢の解析」第28回日本微生物生態学会大会(豊橋技大)(2012.9.20)</p> <p>25. <u>望月悠司</u>, <u>山田明德</u>, <u>間瀬貴子</u>, 大熊盛也, <u>本郷裕一</u>「シロアリ腸内原生物の種内多様性解析」第28回日本微生物生態学会大会(豊橋技大)(2012.9.20)</p> <p>26. <u>河内賢一</u>, 須田好, 吉崎もと子, 中村瞳, <u>山田明德</u>, 吉野弘二, 西山依里, 瀬川高弘, 丸山茂徳, 黒川顕, 大森聡一, <u>本郷裕一</u>「異なる地質学的環境における温泉微生物相の比較」第28回日本微生物生態学会大会(豊橋技大)(2012.9.20)</p> <p>27. (招待講演)<u>本郷裕一</u>「シロアリ腸内共生微生物群集の適応進化」日本微生物生態学会第28回大会(豊橋技大)(2012.9.22)</p> <p>28. (招待講演)<u>本郷裕一</u>「ゲノムから解き明かす難培養性微生物の機能」日本乳酸菌学会秋期セミナー(明治大)(2012.11.30)</p> <p>29. (招待講演)<u>本郷裕一</u>「シロアリ多重共生系の進化と機能」第35回日本分子生物学会年会(福岡)(2012.12.13)</p>

30. 桑原宏和, 中西俊平, 中鉢淳, 本郷裕一「なぜシロアリ腸内共生原生生物のゲノムは巨大なのか？」第7回ゲノム微生物学会年会(長浜バイオ大)(2013.3.9)
31. 菅谷快斗, 山田明德, 井上潤一, 雪真弘, 守屋繁春, 大熊盛也, 本郷裕一「シロアリ腸内細菌群集の多様性と進化」第65回動物学会関東支部大会(東工大、大岡山)(2013.3.16)
32. 村上匠, 瀬川高弘, 山田明德, Dylan Bodington, Pedro Labarca, Gonzalo Barcarz Sepulveda, 竹内望, 幸島司郎, 本郷裕一「氷河無脊椎動物における共生細菌叢の解析」第65回動物学会関東支部大会(東工大、大岡山)(2013.3.16)
33. 須田好, 丸山茂徳, 上野雄一郎, 吉崎もと子, 黒川顕, 西山依里, 吉野弘二, 本郷裕一, 河内賢一, 大森聡一「CH₄-H₂-H₂O系の水素同位体システムティックスから推定する蛇紋岩熱水メタンの起源—強アルカリ性白馬八方温泉の解析—」日本地球惑星科学連合2013年大会(幕張メッセ)(2013.5.20)
34. (ベストポスター賞受賞) 菅谷快斗, 山田明德, 河内雅人, 本郷裕一「害虫種シロアリには特徴的な腸内細菌相が見られるのか？」第29回日本木材保存協会年次大会(メルパルク東京)(2013.5.28)
35. (優秀ポスター賞受賞) 山田明德, 樋口真土, Warin Boonriam, 木原久美子, 本郷裕一「シロアリによる木材劣化の時空間パターン～熱帯林における倒木の分解とシロアリ相との関係から～」第29回日本木材保存協会年次大会(メルパルク東京)(2013.5.28)
36. 木原久美子, 山田明德, 池原研, 藤田一磨, 木村信博, 五十嵐敬幸, 守屋繁春, 本郷裕一「シロアリが丸太材へ侵入・定着する過程のCTスキャンを用いた非破壊的観察」第29回日本木材保存協会年次大会(メルパルク東京)(2013.5.28)
37. 川船かおる, 本郷裕一, 浜地貴志, 野崎久義「微細緑藻ボルボックスから発見されたリケッチア“MIDORIKO”の共生と痕跡」日本微生物資源学会第20回大会(つくば)(2013.6.27)
38. 木原久美子, 山田明德, 本郷裕一, 守屋繁春「シロアリ腸内共生生物 *Trichonympha agillis* のシングルセルトランスクリプトーム解析の速報」第2回マトリョーシカ型生物学研究会(京都ガーデンパレス)(2013.7.24)
39. Ajeng K. Pramono, Akinori Yamada, Hirokazu Kuwahara, Takako Mabuchi, Osamu Kitade, Nathan Lo, Atsushi Toyoda, Takehiko Itoh, Moriya Ohkuma, Yuichi Hongoh “Comparative genome analysis of nitrogen-fixing endosymbionts of the protists *Pseudotriconympha* in the termite gut” 第2回マトリョーシカ型生物学研究会(京都ガーデンパレス)(2013.7.24)
40. 雪真弘, 桑原宏和, 新谷政己, 本郷裕一, 井上潤一, 大熊盛也「シロアリ腸内細菌の1細胞からのゲノム解析」第2回マトリョーシカ型生物学研究会(京都ガーデンパレス)(2013.7.24)
41. (招待講演) Yuichi Hongoh “Evolution and functions of multilayered symbiosis in termite guts” 国際シンポジウム Matryoshka-type Evolution of Eukaryotic Cells(京都ガーデンパレス)(2013.7.25)
42. Kaoru Kawafune, Yuichi Hongoh, Takashi Hamaji, Tomoaki Sakamoto, Tetsuya Kurata, Shunsuke Hirooka, Shin-ya Miyagishima, Hisayoshi Nozaki “Different rickettsial bacteria invading *Volvox carteri* by endosymbiosis and horizontal gene transfer” 2nd International Volvox Conference (Fredericton, Canada)(2013.8.1)
43. Takumi Murakami, Takahiro Segawa, Akinori Yamada, Dylan Bodington, Nozomu Takeuchi, Koji Fujita, Pedro Labarca, Gonzalo Barcarz Sepulveda, Shiro Kohshima, Yuichi Hongoh “Census of bacteria associated with glacier invertebrates” The 5th International Conference on Polar & Alpine Microbiology 2013 (Montana, USA)(2013.9.10)
44. (Best Poster Award) Ajeng K. Pramono, Akinori Yamada, Hirokazu Kuwahara, Yuji Mochizuki, Takako Mabuchi, Osamu Kitade, Nathan Lo, Shigeharu Moriya, Atsushi Toyoda, Takehiko Itoh, Moriya Ohkuma, Yuichi Hongoh “Comparative genomics of the nitrogen-fixing endosymbionts of the cellulolytic protists *Pseudotriconympha* spp. in the gut of termites” 18th International Congress on Nitrogen Fixation (ICNF18)(宮崎)(2013.10.18)
45. (招待講演) Yuichi Hongoh “Nitrogen fixing symbionts of cellulolytic protists in termite guts” 18th International Congress on Nitrogen Fixation (ICNF18)(宮崎)(2013.10.16)
46. 木原久美子, 中西裕美子, Nathan Lo, 本郷裕一, 福田真嗣, 守屋繁春「環境微生物の代謝産物をシングルセルで観察できるか～ムカシシロアリの腸内原生生物ミクソトリカを例に～」第29回日本微生物生態学会(鹿児島大)(2013.11.23)
47. 雪真弘, 桑原宏和, 新谷政己, 本郷裕一, 大熊盛也「シロアリ腸内細菌の1細胞ゲノム解析」第29回日本微生物生態学会大会(鹿児島大)(2013.11.23)
48. 井上潤一, 本郷裕一, 坂本光央, 大島健志朗, 服部正平, 大熊盛也「*Bacteroides reticulotermitis* の窒

	<p>素固定に関する諸解析」第29回日本微生物生態学会大会（鹿児島大）(2013.11.23)</p> <p>49. 菅谷快斗, 山田明德, 河内雅人, 松島慶, 井上潤一, 雪真弘, 守屋繁春, 大熊盛也, 本郷裕一「シロアリ腸内細菌群集の多様性と進化」第29回日本微生物生態学会大会（鹿児島大）(2013.11.23)</p> <p>50. 伊澤和輝, 桑原宏和, 三浦大樹, 伊藤武彦, 本郷裕一「TG1 門細菌を用いた細胞内共生に伴うゲノム縮小過程の解析に向けた分子系統解析」第29回日本微生物生態学会（鹿児島大）(2013.11.23)</p> <p>51. 村上匠, 瀬川高弘, Dylan Bodington, 竹内望, Pedro Labarca, Gonzalo Barcarz Sepulveda, 幸島司郎, 本郷裕一「氷河特異的無脊椎動物における共生細菌群集構造解析」第29回日本微生物生態学会(鹿児島大)(2013.11.23)</p> <p>52. (優秀ポスター賞受賞)藤田一磨, 佐藤朋之, 桑原宏和, 野田悟子, 大熊盛也, 本郷裕一「シロアリ腸内原生生物核内共生細菌の同定と宿主への遺伝子水平伝播」第29回日本微生物生態学会大会（鹿児島大）(2013.11.23)</p> <p>53. (優秀発表賞)桑原宏和, 雪真弘, 伊藤武彦, 大熊盛也, 本郷裕一「シロアリ腸内原生生物に細胞内共生する <i>Desulfovibrio</i> 属細菌のゲノム解析」第8回日本ゲノム微生物学会年会（東京農大）(2014.3.7)</p> <p>54. (依頼講演)Yuichi Hongoh "Genomics to decipher the multi-layered symbiotic system in the termite gut" 東工大第2回生命理工国際シンポジウム"The Nucleic Acid World -Interfaces between Biology and Chemistry-" (2014.1.29)</p> <p>55. (招待講演)本郷裕一「シングルセル・ゲノミクスを用いた環境微生物の遺伝子資源化と生態系解明」農業環境技術研究所30周年記念セミナー「核酸からみえてきた農業に関わる微生物の生態と機能」(秋葉原コンベンションセンター)(2014.3.7)</p> <p>56. 雪真弘, 桑原宏和, 新谷政己, 本郷裕一, 大熊盛也「1細胞ゲノム解析で明らかにするシロアリ腸内原生生物細胞表面共生菌 Rs-N74 の機能」日本農芸化学会2014年度大会（明大、生田）(2014.3.29)</p> <p>57. (招待講演)本郷裕一「シングルセル・ゲノミクスによるシロアリ腸内共生系解明に向けて」日本農芸化学会2014年度大会シンポジウム「先端技術が未解明環境微生物の『生き様』を解き明かす」(明大、生田)(2014.3.30)</p> <p>一般向け 計5件</p> <p>1. 本郷裕一, 木原久美子, 山田明德, サイエンスカフェ「シロアリはマトリヨーシカ!?」高校生・一般向け公開講演会（東工大、大岡山）(2012.9.13) (YouTube で公開)</p> <p>2. 本郷裕一, 清水窪小学校生徒の研究室訪問とシロアリ観察(東工大・本郷研究室)(2013.3.4) (2013.4.1, NHK ニュース「おはよう日本」で放映)</p> <p>3. 木原久美子, 本郷裕一, サイエンスカフェ「マトリヨーシカフェ 01-02」(本郷三丁目)一般向け(2013.3.29-30)</p> <p>4. 本郷裕一, 清水窪小学校生徒の研究室訪問とシロアリ観察(東工大・本郷研究室)(2013.7.3)</p> <p>5. 本郷裕一「シロアリはなぜ木だけを食べて生きられるのか」高校生向け公開講演会(東工大、大岡山)(2013.8.2)</p>
<p>図 書 計 5 件</p>	<p>1. <u>Hongoh Y.</u> (2011) Chapter 22 "Complete genome of an uncultured endosymbiont coupling nitrogen fixation to cellulolysis within protist cells in termite gut" in "Handbook of Molecular Microbial Ecology II: Metagenomics in Different Habitats" (Ed. Frans J. de Bruijn) . pp.221-227. Wiley-Blackwell</p> <p>2. <u>Hongoh Y.</u> and Ohkuma M. (2011) Chapter "Termite gut flagellates and their methanogenic and eubacterial symbionts" in the book "(Endo)symbiotic Methanogenic Archaea (Microbiology Monographs 19)" (Ed. Hackstein J.H.P.) pp. 55-79. Springer</p> <p>3. 本郷裕一 (2011) 「腸内微生物の生態」: 「シリーズ 現代の生態学 第11巻『微生物生態学』」(共立出版、日本生態学会編)の第9章 pp.134-148</p> <p>4. 本郷裕一(2012)「シロアリ腸内共生微生物群集の多様性と役割」: 「シロアリの事典」(海青社)の第2.1章 pp.37-45</p> <p>5. 本郷裕一 (2014)「環境と微生物の事典」(朝倉書店、微生物生態学会編)の「環境ゲノミクス」「メタゲノム」「一細胞ゲノミクス」の項目の執筆を担当 (in press)</p>

様式21

<p>産業財産権 出願・取得 状況</p> <p>計0件</p>	<p>(取得済み) 計0件</p> <p>(出願中) 計0件</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>本郷研ホームページ: http://www.hongoh.bio.titech.ac.jp/</p>
<p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高校生・一般向け公開講演会「ゲノムから解き明かす共生の神秘」本郷裕一 (2011.11.12) 東京工業大学大岡山キャンパス・デジタル多目的ホール (東工大主催、約60名参加): 本研究課題テーマであるシングルセル・ゲノミクスの意義と、それによって解き明かされつつあるシロアリ腸内共生機構について、高校生にもわかりやすく解説した。 ・ サイエンスカフェ「シロアリはマトリョーシカ!?!」(2012.9.13)本郷裕一・山田明徳・木原久美子 (東京工業大学大岡山キャンパス・博物館/百年記念館3階 フェライト会議室) 高校生・一般向け公開講演会 参加者31名 ・ サイエンスカフェ「マトリョーシカフェ 01-02」(2013.3.29-30) 木原久美子 (本郷三丁目) 一般向け 参加者40名 (20名×2日)。シロアリ共生系の解説。 ・ 清水窪小学校生徒と教員の研究室訪問とシロアリ観察 (2013.3.4と7.3) (東京工業大学大岡山キャンパス・学生実習室/本郷研究室) 小学3年生約30名*2回 (2013.4.1にNHKニュース「おはよう日本」で「理科離れを防ぐ取り組み」として紹介) ・ 高校生向け講演会「シロアリはなぜ木だけを食べて生きられるのか」(2013.8.2)東京工業大学大岡山キャンパス・デジタル多目的ホール (東工大主催、54名参加): 本研究課題テーマであるシングルセル・ゲノミクスの意義と、それによって解き明かされつつあるシロアリ腸内共生機構について、高校生にもわかりやすく解説した。
<p>新聞・一般雑誌等掲載 計5件</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 日経産業新聞に、本郷のインタビュー・紹介記事掲載 (2012.10.4) 2. TBS ラジオ「森本毅郎・スタンバイ」でインタビュー紹介 (2012.10.23) 3. TBS ラジオ「夢★夢 engine!」に出演 (2012.11.3) 4. TBS ラジオ「久米宏 ラジオなんですけど」の「今週のスポットライト」で対談 (2013.2.9) 5. 日経バイオテク ONLINE シングルセル・ゲノミクスなどの研究内容紹介 (2014.4.14)
<p>その他</p>	

7. その他特記事項