

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 9 日現在

機関番号：13901

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2012～2016

課題番号：24110007

研究課題名(和文)陸域生態系における放射性物質の循環過程の理解

研究課題名(英文)Comprehensive evaluation on dynamics of radionuclides in a terrestrial ecosystem

研究代表者

竹中 千里(Takenaka, Chisato)

名古屋大学・生命農学研究科・教授

研究者番号：40240808

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 82,500,000円

研究成果の概要(和文)：森林と里山の生態系において、土壌、植物(樹木・草本)、哺乳類、昆虫、土壌微生物を主たる構成要素として、これらの要素間および要素内での放射性物質の動態の定量的把握とそのメカニズムの解明を行った。特に、落葉広葉樹林において地表の菌類が放射性Csを上方輸送してリター層に移行させることを明らかにした。また、ポプラなどのモデル植物を用いて放射性セシウムの挙動制御機構の解析を行った。生態系におけるさまざまな分析結果をもとに、各構成要素中の濃度を面積あたりの沈着量に対する比で表した面移行係数(Tag)を求め、系内での放射性セシウムの動態を図式化し、将来予測をおこなった。

研究成果の概要(英文)：We aimed to clarify the quantitative contribution of several components, such as soils, plants (trees, herbaceous), animals, insects, microbes, so on, to the dynamics of radiocesium in a forest ecosystem, and to understand the mechanism of the transportation and interaction among these components. In a deciduous forest, microbes in surface soil play an important role in upward transport of radiocesium from mineral soil layer. Using model plants, such as Poplar, the mechanism on the control system of radiocesium transport in plant tissues was clarified.

Based on the various observation data in several types of forest, we estimated the aggregated transfer factors (Tag), which is a ratio of the concentration of radiocesium in each component to the deposition amount of radiocesium in the observation site, and predicted the future distribution of radiocesium in the forest.

研究分野：森林環境化学

キーワード：森林生態系 放射性セシウム 循環 吸収 化学形態 輸送体 将来予測モデル 除染

1. 研究開始当初の背景

2011年3月の東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所の事故は、環境中に大量の放射性物質を放出し、地域住民の生活に多大な影響を与えた。福島県はその70%が森林であり、環境や産業の場としての森林の位置づけは非常に重要であるにも関わらず、事故後の除染作業は、住居や生活空間を中心にしか行われていない。森林における放射性物質の動態は、住民にとって大きな関心事であるとともに、行政が将来的な対策を考えるうえで、必要な知見である。

2. 研究の目的

本研究では森林と里山の生態系(森林-農地)に焦点を絞り、土壌、植物(樹木・草本)、哺乳類、昆虫、土壌生物(土壌動物・微生物)を主たる構成要素として、これらの要素間および要素内での放射性物質の動態の定量的把握とそのメカニズムの解明を目的とする。本研究で得られる成果と、土壌化学などの関連領域の知見を統合することによって、陸域生物間の食物連鎖構造・生物濃縮過程を通じての、放射性物質の移行・循環モデルを構築する。このモデルに基づき、本研究で得られた諸過程のメカニズムを適用することにより、陸域生態系における放射性物質の長期的な管理において、土壌に安定的に蓄積する方策や、植物に積極的に吸収させて除去する方策(ファイトレメディエーション)などの選択を可能とすることを研究ゴールとする。

3. 研究の方法

(1)樹木：土壌および樹木に沈着した放射性物質の吸収・蓄積・輸送メカニズムを解明し、定量的な評価を行う。

(2)リター：リターを通しての土壌への還元、について、その制御メカニズムを解明するとともに定量的に評価する。

(3)動物・昆虫：生食連鎖系において、放射性物質の生葉から食葉性昆虫への移行、これらを捕食するクモ類への移行過程を明らかにする。また、植物を採餌する鹿や植物やミミズなどを捕食するイノシシなどの森林動物を経由しての放射性物質の移動についてその特徴を明らかにし、森林生態系内での放射性物質移動における役割を明らかにする。

(4)土壌生物：土壌中の腐食食物連鎖系における糸状菌、土壌動物を通しての放射性物質の移行経路を明らかにする。また、糸状菌や土壌動物を餌とする陸上の昆虫や軟体動物への移行過程を明らかにする。

(5)農地：イネへの放射性セシウムの移行の制御要因を明らかにする。さらに、有機質肥料として投入されたセシウムの化学的変化や可給態化を明らかにすることにより、農業に参与する放射性セシウムの動態とその影響を明らかにする。

(6)モデル植物を用いた植物生理学的実験：

イネ、ミヤコグサ等モデル植物における放射性物質の吸収・蓄積・輸送について、その制御メカニズムを解明するとともに定量的に評価する。また、肥培管理が放射性物質の吸収移行に及ぼす影響を明らかにする。

(7)モデル構築：上記のような生態系内の各パーツにおける蓄積・移行のメカニズムおよび定量的なデータを用いて、放射性セシウムの循環モデルを構築し、その妥当性を検証する。

4. 研究成果

・植物における放射性Csの吸収・輸送過程の解明：事故直後の植物への放射性Csの吸収には、葉面や樹皮からの表面吸収の寄与が大きかったことを明らかにした(Sugiura et al.,2016; Wang et al.,2016)。表面吸収された放射セCsは先端部に輸送され、特に、スギの場合は雄花や花粉にまで到達することを示した。また、吸収能力の高いコシアブラにおいて、根における菌根菌の共生が放射性Csの取り込みに関与していることを明らかにするために、簡便な菌根菌観察方法を提案した(Deguchi et al.,2017)。スギ林、アカマツ林、広葉樹林が同所的に存在する山木屋地区の世戸八山における伐採、モニタリング調査では、植生によって森林内の放射性Csの動態が異なり、現在でもコナラが吸収を続けていることが示唆された。

・リターによる放射性Csの土壌への還元：栃木県北部の放射性Csの初期沈着量の異なる4地点で落葉を利用した腐葉土生産再開に向けた落葉と表層土壌の放射性セシウムモニタリングを2011年から継続して行っており、その結果、6年間(2011~2016)で落葉中の放射性Cs濃度は大きく減少したが、毎年夏季(7月~9月)に一時的な濃度上昇が見られることを見出し、これは、春季の高い濃度の樹上葉の落葉に依存している可能性を示唆した。

・地表における放射性Cs動態について：土壌に生息する様々な生物の中から、大型ミミズ類、陸棲等脚類、キノコを選び、汚染の実態を調べ、汚染物質が落葉から土壌表層に移動し、比較的新鮮落葉を利用するミミズ、スギエダタケと腐朽の進んだ落葉を利用するヒメフナムシという餌の利用を反映した放射性Csの動きを明らかにした。落葉広葉樹林において地表の菌類が放射性Csを上方輸送してリター層に移行させることを明らかにした(Huang et al., 2016)。

・昆虫・動物における放射性Csの蓄積：ジョロウグモがその生態系における放射性Cs汚染の指標となることを示唆し(Ayabe et al.,2014)。また、ジョロウグモにおける放射性CsはKよりもNa濃度と関係があることを明らかにした(Ayabe et al.,2015)。シカにおける放射性Csは、糞に多く含まれていることが明らかとなった(小金澤ら、2013)。

・農地における放射性 Cs の動態：イネを用いた現地調査からは、同一の試験地で栽培しても品種間の差が大きく、Cs の取り込みが遺伝的に制御されていること、また、最も放射性 Cs 吸収を助長する施肥条件は、窒素多肥・カリウム少肥であり、窒素の過剰施肥を避けることも水田の肥培管理に必要であることが分かった。また、有機性堆肥として利用されるリタの腐熟に伴う放射性 Cs の化学形態変化を検討した結果、存在する放射性 Cs 全量に比べて、リターの分解に伴う放射性 Cs の植物可給態化は大きく影響しないという結果になった。年間降水量に相当する水への溶出を考えたとき、溶存態放射性 Cs 濃度は 0.1 ~ 0.9 Bq/L になることが明らかとなった。

・モデル植物を用いた放射性セシウムの挙動制御機構の解析：ミヤコグサを用いた QTL 解析を実施し、K の輸送体など Cs 輸送への関与が期待される遺伝子を複数見出し、発現解析から K 吸収を制御する転写因子を有力な候補として同定した。また、放射性 Cs の樹木内動態について K 輸送に関わる Cs 遺伝子の解析を行い、経根吸収および表面吸収由来の放射性 Cs が SKOR 遺伝子の発現変動を介して輸送されるという新たな機構を提示した (Noda et al., 2016)。

・森林における放射性セシウムの長期的な予測：スギとコナラ林におけるさまざまな構成要素に分布する放射性セシウム量の変化のモデルを作成した (Kanasashi, 投稿中)。その結果、樹皮に長期にわたって残存することが示唆された。

陸域生態系の各構成要素への放射性セシウムの存在を相対的に評価するために、各構成要素中の濃度を面積あたりの沈着量に対する比で表した面移行係数(Tag)を求め、図化した。この図より、森林生態系内で放射性セシウム濃度が高い要素を簡単に把握することが可能であり、研究成果をわかりやすく提示することができた。

森林生態系における各構成要素のTag (2015年)



5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 査読あり 37 件)

Deguchi S., Matsuda Y., Takenaka C., Sugiura Y., Ogata Y. (2017) A new estimation method on colonization rate of arbuscular mycorrhizal fungi in the root of *Chengiopanax sciadophylloides* MYCOBIOLOGY, 査読あり、45(1): 15-19

Wang Wei, Matsushita, Y., Aoki, D., Fukushima, K., Tomioka, R., Iizuka, K., Takenaka C., (2017) Decontamination of Cs from Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) via kraft cooking Journal of Wood Science, 査読あり、online DOI 10.1007/s10086-017-1628-1

Yang B., Onda Y., Wakiyama Y., Yoshimura K., Sekimoto H. and Ha Y. (2016) Temporal changes of radiocesium in irrigated paddy fields and its accumulation in rice plants in Fukushima. Environmental Pollution, 査読あり、208 : 562-570

Noda Y., Furukawa J., Aohara T., Nihei N., Hirose A., Tanoi K., Nakanishi T.M. and Satoh S. (2016) Short day length-induced decrease of cesium uptake without altering potassium uptake manner in poplar. Scientific Reports, 査読あり、Vol. 6, article number: 38360

Tamaoki M., Yabe T., Furukawa J., Ikeda K., Yasutani I. and Nishizawa T. (2016) Comparison of potentials of higher plants for phytoremediation of radioactive cesium from contaminated soil. Environmental Control in Biology, 査読あり、54(1): 65 - 69

Sugiura Y., Shibata M., Ogata Y., Ozawa H., Kanasashi T. and Takenaka C. (2016) Evaluation of radiocesium concentrations in new leaves of wild plants two years after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. Journal of Environmental Radioactivity, 査読あり、160: 8-24.

Wang Wei, Hanai Y., Takenaka C., Tomioka R., Iizuka K. and Ozawa H. (2016) Cesium adsorption and absorption through bark of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*). Journal of Forest Research, 査読あり、21:251-258.

Huang Y., Kaneko N., Nakamori T., Miura, T., Tanaka Y., Nonaka M. and Takenaka C. (2016) Radiocesium immobilization to leaf litter by fungi during first-year decomposition in a deciduous forest in Fukushima. Journal of Environmental Radioactivity, 査読あり、152:28-34.

Kanasashi T., Takenaka C. and Sugiura Y. (2016) Inferring the chemical form of ¹³⁷Cs deposited by the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident by measuring ¹³⁷Cs incorporated into needle leaves and male cones of Japanese cedar trees.

Science of the Total Environment, 査読あり、553:643-649.

金子信博・中森泰三・黄よう (2015) 土壌の生物多様性と機能を活用した森林土壌の放射性セシウム除染. 日本森林学会誌、査読あり、97:75-80.

市川貴大・逢沢峰昭・大久保達弘(2015) 落葉広葉樹林で構成される里山における分解にともなう落葉中の放射性セシウム濃度および量の変化 日本森林学会誌、査読あり、97(5):251-256.

Ayabe Y., Kanasashi T., Hijii N. and Takenaka C. (2015) Relationship between radiocesium contamination and the contents of various elements in the web spider *Nephila clavata* (Nephilidae: Arachnida), *Journal of Environmental Radioactivity*, 査読あり、150 : 228-235.

梅村光俊・金指努・杉浦佑樹・竹中千里 (2015) 福島県内のモウソウチク林における放射性セシウムの分布. 日本森林学会誌、査読あり、97 : 44-50.

Kanasashi T., Sugiura Y., Takenaka C., Hijii N. and Umemura M. (2015) Radiocesium distribution in sugi (*Cryptomeria japonica*) in Eastern Japan: translocation from needles to pollen. *Journal of Environmental Radioactivity*, 査読あり、139:398-406.

Zaitsev A.S., Gongalsky K.B., Nakamori T., Kaneko N. (2014) Ionizing radiation effects on soil biota: Application of lessons learned from Chernobyl accident for radioecological monitoring, *Pedobiologia*, 査読あり、57: 5-14, Doi:10.1016/j.pedobi.2013.09.005.

Ayabe Y., Kanasashi T., Hijii N., Takenaka C. (2014) Radiocesium contamination of the web spider *Nephila clavata* (Nephilidae: Arachnida) 1.5 years after the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident, *Journal of Environmental Radioactivity*, 127: 105-110, Doi:10.1016/j.jenvrad.2013.10.010.

Sekimoto H., Yamada T., Hotsuki T., Fujiwara T., Mimura T., Matsuzaki A. (2014) Evaluation of the radioactive Cs concentration in brown rice based on the K nutritional status of shoots, *J Plant Res*, 査読あり、127:73-78, Doi:10.1007/s10265-013-0614-y.

Shima Y., Hayashi H., Kojima Y., Shibata M. (2014) Determination of full-energy peak efficiency at the center position of a through-hole-type clover detector between 0.05MeV and 3.2MeV by source measurements and Monte Carlo simulations. *Applied Radiation and Isotopes*, 査読あり、91:97-103.

Mimura T., Mimura M., Kobayashi D., Komiyama C., Sekimoto H., Miyamoto M., Kitamura A. (2014) Radioactive pollution and accumulation of radionuclides in wild plants in Fukushima, *J Plant Res*, 査読あり、127:5-10, Doi:10.1007/s10265-013-0599-6.

関本 均・山田 孝・宝槻朋恵・松崎昭夫・三村徹郎 (2014) イネの放射性セシウム吸収抑制のための交換性および土壌溶液のカリウム、カルシウムレベルと土づくりに関する一考察, *土壌肥料学会誌*, 査読あり、85:148 - 159.

他 17 件

〔学会発表〕(計 91 件)

国内会議 75 件

林愛佳音、竹中千里、富岡利恵、金指努、福島県内の隣接した植生が異なる 3 林分における土壌中放射性 Cs の挙動、第 128 回日本森林学会、2017.3.27、鹿児島大学 (鹿児島市)

綾部慈子、吉田智弘、肘井直樹、竹中千里、ジョロウグモは森林環境および生息節足動物の放射性セシウム汚染の指標となるか? 第 128 回日本森林学会、2017.3.27、鹿児島大学 (鹿児島市)

原 竜弥、富岡利恵、青木 弾、金指努、竹中千里、スギにおける放射性 Cs の存在形態とその成熟過程における変化、第 128 回日本森林学会、2017.3.27、鹿児島大学 (鹿児島市)

山寄丈生、渡邊拓也、大島潤一、飯塚和也、スギ林における立木位置と樹幹木部の放射性セシウムとの関係、第 128 回日本森林学会、2017.3.27、鹿児島大学 (鹿児島市)

大久保達弘、佐藤史佳、飯塚和也、逢沢峰昭、栃木県北部の落葉広葉樹林における樹上葉および落葉の放射性セシウムの季節変化と地表への移行過程、第 128 回日本森林学会、2017.3.27、鹿児島大学 (鹿児島市)

飯塚和也、大島潤一、東谷奈瑠美、逢沢峰昭、大久保達弘、スギの樹幹木部における放射性セシウム濃度の分布パターン、第 128 回日本森林学会、2017.3.27、鹿児島大学 (鹿児島市)

福士彰久、竹中千里、富岡利恵、松田陽介、コシアブラにおける元素吸収特性について -アーバスキュラー菌根菌に注目して-、第 128 回日本森林学会、2017.3.27、鹿児島大学 (鹿児島市)

市川貴大、逢沢峰昭、大久保達弘、異なる放射性セシウム濃度での落葉分解にともなう濃度および量の変化の比較、第 128 回日本森林学会、2017.3.27、鹿児島大学 (鹿児島市)

武藤芽依、渡邊菜月、綾部慈子、吉田智弘、肘井直樹、竹中千里、金子信博、腐

食昆虫による放射性セシウムの移動、第 128 回日本森林学会大会、2017.3.27、鹿児島大学（鹿児島市）
渡邊菜月、三浦季子、金子信博、Huang, Y., 大久保達弘、逢沢嶺昭、飯塚和也、関本均、竹中千里、落葉分解過程における放射性セシウムの動態-異なる植生間、年度間の比較-、第 128 回日本森林学会大会、2017.3.27、鹿児島大学（鹿児島市）
金子信博、三浦季子、渡邊菜月、中森泰三、氏家亨、山村充、森林林床の木質チップのカビ群集と放射性セシウムの移行の関係、第 128 回日本森林学会大会、2017.3.27、鹿児島大学（鹿児島市）
金子信博、渡邊菜月、武藤芽依、綾部慈子、吉田智弘、竹中千里、森林の腐食連鎖と放射性セシウム汚染 -生物濃縮と土壌による保持のバランス-、森林昆虫談話会、2017.3.29、鹿児島大学（鹿児島市）
野田祐作、青原勉、新家弘也、二瓶直登、廣瀬農、田野井慶太郎、中西友子、古川純、佐藤忍、ポプラにおける Cs 輸送の季節変動と K 輸送関連遺伝子 *PttSKOR-like2* 発現の相関解析、日本土壤肥料学会 2016 年度年会、2016.9.22、佐賀大学（佐賀市）
野田祐作、青原勉、新家弘也、二瓶直登、廣瀬農、田野井慶太郎、中西友子、古川純、佐藤忍、ポプラにおけるセシウム動態の季節変動に対するカリウム輸送関連遺伝子の関与、第 53 回アイソトープ・放射線研究発表会、2016.7.6、東京大学（東京都）
利田明日香、福井えみ子、松本浩道、吉澤緑、小金澤正昭、日光国立公園に生息するニホンジカ個体群の肝臓 mtDNA D-loop の塩基配列同定による経年的遺伝多様性の解析、日本畜産学会 121 回大会、2016.3.27、日本獣医生命科学大学（武蔵野市）
金子信博、渡邊菜月、三浦季子、中森泰三、2016. マイコエクストラクション-菌類の働きを利用した放射性セシウムの森林土壌からの除染、第 127 回日本森林学会、2016.3.27、日本大学生物資源科学部（藤沢市）
大久保達弘、佐藤史佳、飯塚和也、逢沢峰昭、栃木県北部の落葉広葉樹林における樹上生葉および落葉の放射性セシウムの季節変化、第 127 回日本森林学会、2016.3.27、日本大学生物資源科学部（藤沢市）
市川 貴大、逢沢 峰昭、大久保 達弘、林地と畑地における分解にともなう落葉中の放射性セシウム濃度および量の変化の比較、第 127 回日本森林学会、2016.3.27、日本大学生物資源科学部

（藤沢市）
金指努、竹中千里、飯塚和也、大久保達弘、関本均、王犇、杉浦佑樹、肘井直樹、綾部慈子、古川純、金子信博、小金澤正昭、福島和彦、青木弾、吉田智弘、小澤創、福島県北東部の森林におけるセシウム 137 の動態モデル 第 127 回日本森林学会、2016.3.27、日本大学生物資源科学部（藤沢市）
Wei Wang, Chisato Takenaka, Rie Tomioka and Tsutomu Kanasashi (2016) Cesium absorption through bark of three tree species in Fukushima、第 127 回日本森林学会、2016.3.27、日本大学生物資源科学部（藤沢市）

他 55 件

国際学会 16 件

Noda Y. and Furukawa J. : Correlation between seasonal change of cesium behavior and expression of potassium transport channels in poplar. International Workshop on Soil-Microbe-Plant Interaction. Dec. 3. 2016, Kurashiki, (岡山県).
Wei Wang, Takenaka C., Fukushima K., Aoki D. : Utilization of ¹³⁷Cs-contaminated wood by kraft, IUFRO Regional Congress for Asia and Oceania 2016 October 24-27, 2016 Beijing, (China)
Noda H., Furukawa J., Sato S., S. U. Andersen and Satoh S. : Regulation of ¹³⁷Cs uptake induced by potassium starvation in *Lotus japonicus*. 13th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements. Jul. 14. 2015, Fukuoka (福岡県).
Noda Y., Aohara T., Satoh S. and Furukawa J. : Radio-cesium behavior and expression analysis of potassium channels in poplar. 13th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements. Jul. 14. 2015, Fukuoka, (福岡県).
Noda Y., Noda H., Aohara T., Satoh S. and Furukawa J. : Radiocesium behavior and expressions of genes related to its transfer in model plants. International Symposium on Radiological Issue for Fukushima's Revitalized Future. May 30. 2015 Fukushima(福島県).
Furukawa J., Noda Y. and Noda H. : Radio-cesium uptake and transport in model plant. International Symposium on Interdisciplinary Study on Environmental Transfer of Radionuclides from the Fukushima Daiichi NPP Accident. Jan. 9. 2015, Tsukuba (茨城県).
Koganezawa, M., Okuda K., Koderia Y., Fukui E.: The Distribution and time-series variations of concentration of radio-cesium in the body of wild

boars and sika deer. 5th International Wildlife Management Congress, July 30 2015, 札幌(北海道)

Koganezawa, M., Okuda K., Fukui E.: Radioactive cesium accumulation in the body of sika deer inhabiting the Oku-Nikko and Ashio regions of Tochigi prefecture during winter 2012 to 2014, 15th International Congress of Radiation Research, May 26 2015, 京都国際会議場, (京都府).

Noda Y., Aohara T., Satoh S. and Furukawa J.: Seasonal gene expression of potassium xylem loading channel, SKOR, in hybrid poplar. 6th International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plants. 9 Sep 2014, Nagoya (愛知県)

Kanasashi T., Sugiura, Y., Takenaka C., and Ozawa H., Seasonal change of cesium 137 in different age needles and male flowers of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) in Fukushima. International Union of Forest Research Organizations 2014 World Congress (IUFRO2014), Oct 2014, Salt Lake City(USA)

他 6件

〔図書〕(計 4件)

Furukawa, J., Springer, Radionuclides in the Environment, 2015, 273 (159-168)

金子 信博・中森 泰三、森林文化協会、森林環境 2014、2014、224 (166-173) .

竹中 千里、東京大学出版会、原発事故環境汚染-福島第一原発事故の地球科学的側面-、2014、312 (149-159)

竹中 千里、朝倉書店、大気・水・土壌の環境浄化 みどりによる環境改善、2013、160 (107-129)

6. 研究組織

(1)研究代表者

竹中 千里 (TAKENAKA Chisato)

名古屋大学・大学院生命農学研究科・教授
研究者番号：40240808

(2)研究分担者

肘井 直樹 (HIJII Naoki)

名古屋大学・大学院生命農学研究科・教授
研究者番号：80202274

柴田 理尋 (SHIBATA Michihiro)

名古屋大学・アイソトープ総合センター・教授
研究者番号：30262885

金子 信博 (KANEKO Nobuhiro)

横浜国立大学・大学院環境情報研究院・教授
研究者番号：30183271

大久保 達弘 (OHKUBO Tatsuhiro)

宇都宮大学・農学部・教授

研究者番号：10176844

関本 均 (SEKIMOTO Hitoshi)

宇都宮大学・農学部・教授

研究者番号：10261819

古川 純 (Furukawa Jun)

筑波大学・アイトープ動態研究センター・准教授

研究者番号：40451687

2013年3月まで

三宅 博 (MIYAKE Hiroshi)

名古屋大学・大学院生命農学研究科・教授

研究者番号：60134798

(3)連携研究者

前島 正義 (MAESHIMA Masayoshi)

名古屋大学・大学院生命農学研究科・教授

研究者番号：80181577

藤原 徹 (FUJIWARA Toru)

東京大学・大学院農学生命科学研究科・教授

研究者番号：80242163

三村 徹郎 (MIMURA Tetsuro)

神戸大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：20174120

福田 裕穂 (FUKUDA Hiroo)

東京大学・大学院理学系研究科・教授

研究者番号：10165293

川井浩史 (KAWAI Hiroshi)

神戸大学・大学院自然科学系・教授

研究者番号：30161269

小林大輔 (KOBAYASHI Daisuke)

福島県立医科大学・医学部・准教授

研究者番号：40528080

中森泰三 (NAKAMORI Taizo)

横浜国立大学・大学院環境情報研究科・准教授

研究者番号：50443081

小金澤 正昭 (KOGANESAWA Masaaki)

宇都宮大学・農学部・教授

研究者番号：90241851

(4)研究協力者

飯塚 和也 (IIZUKA Kazuya)

宇都宮大学・農学部・教授

逢沢 峰昭 (AIZAWA Mineaki)

宇都宮大学・農学部・助教