

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 9 月 24 日現在

機関番号：32503

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24651029

研究課題名(和文) 移入種生物がもたらす生態系影響評価のためのモデルエコシステムの汎用化に関する研究

研究課題名(英文) Establishment of standardized model ecosystem for environmental risk assessment of alien species

研究代表者

村上 和仁 (Murakami, Kazuhito)

千葉工業大学・工学部・教授

研究者番号：90316810

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：移入種生物として栄養段階の異なる数種の微生物を対象として、複数の栄養段階から構築されるモデルエコシステムに導入し、その挙動・消長とモデルエコシステム構成微生物(在来種)との生物間相互作用に着目した影響評価を行い、移入種(外来種)の自然生態系における挙動解析および影響評価に関する基礎的データの直積を目的として実験的検討を行った。

研究成果の概要(英文)：To establish of standardized model ecosystem for environmental assessment of alien species, microcosm test was conducted. Several species of bacteria as genetically engineered microorganisms (GEMs) were assessed using experimental microcosm system of prey-predator interaction test, gnotobiotic microcosm test and naturally derived microcosm test. As results, all GEMs didn't increase their individual number in microcosm, and finally be removed from the ecosystem site under biological interaction with indigenous microbiota.

研究分野：バイオエコエンジニアリング

キーワード：マイクロコズム 外来生物 生態系影響評価 遺伝子伝達 捕食被食関係 生物間相互作用 微生物生態系 モデルエコシステム

## 1. 研究開始当初の背景

COP10の我が国での開催に伴い、生物多様性、なかでも移入種・外来種問題の関心が高まっている。人為的・非人為的にかかわらず、島国として固有の生態系を構築・維持してきた我が国に、それまで存在していなかった生物種が侵入してくるということは、すなわち、既存の生態系バランスの崩壊、さらにはグローバル規模での生物多様性の損失につながる。一方、バイオテクノロジー技術の発展に伴い、光るメダカのような観賞目的や組換えダイズ・組換えトウモロコシといった農作物をはじめとして、非閉鎖系における利用を目的とした遺伝子操作生物 (Genetically Modified Organisms ; GMO) が創成され、その有効利用が期待されている。

このようなGMOによる生物多様性への悪影響が懸念されるようになってきており、これを受けて2000年1月の生物多様性条約特別締結国会議再開会合において「生物の多様性に関する条約のバイオセーフティーに関するカルタヘナ議定書」が採択され、わが国においても「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律」(カルタヘナ法)が2003年11月に閣議決定され、2004年2月に発効されている。

現在、わが国ではGMOの非閉鎖系での利用はなされていないが、バイオレメディエーションなど環境修復の分野で有用なGMOが開発されたり、海外から輸入されるなどして、利用されていく可能性が高いと考えられる。しかしながら、非閉鎖系に放出されたGMOが遺伝情報の垂直・水平伝達を含めてどのような挙動を示し、既存の生態系の生物多様性にどのような影響を与えるかについては十分な検討がなされていない。

このような微生物を活用したバイオテクノロジー技術の安全性と環境影響を評価するために開発するマイクロコズムシステム(モデルエコシステム)は自然環境生態系の基本骨格である生産者としての藻類(植物プランクトン)、消費者としての微小動物(動物プランクトン)、分解者としての細菌類(バクテリア)等からなるモデル混合微生物群から構成されている。このモデルエコシステムは導入種(外来種)としての遺伝子組換え微生物および組換え遺伝子の挙動および土着微生物への環境影響解析をおこなう上で極めて有用なツールになると考えられている。

以上の点から、マイクロコズムシステムを用いた移入種生物(Alien Species)・遺伝子組換え微生物(Genetically Engineered Microorganisms)の自然環境中での挙動、消長、機能発現等を評価することは、我が国固有の生態系を保全する上での基礎的知見の集積のみならず、組換え微生物の産業利用に対する社会的理解を高め、バイオテクノロジーにおける組換え微生物の円滑な利用を促し、バイオテクノロジー産業全体の一層の活性化を目指す上でも必要かつ不可欠な研究

開発である。

## 2. 研究の目的

水圏、土壌圏に生息し有機物の分解除去、アンモニアの硝化・脱窒、リンの過剰摂取による蓄積、有機塩素化合物としてのトリクロロエチレンの生分解、油分の生分解等に貢献し、重要な役割を果たしているのが細菌をはじめとする微生物である。最近の遺伝子組換え微生物開発技術の加速化により環境浄化機能を有する微生物もいくつか創出されるようになってきている。しかし、環境中での挙動解析は未だ不十分の状況にある。その理由は、自然環境生態系は混合微生物群からなる生産者としての藻類(植物プランクトン)、消費者としての微小動物(動物プランクトン)、分解者としての細菌類(バクテリア)等からなる微生物間相互作用を有する食物連鎖系の存在により機能しているからに他ならない。このような混合微生物群をモデル化した生態系の基本骨格としての生産者、消費者、分解者からなる物質循環、エネルギーフローを有する生態系が、小宇宙と呼ばれるマイクロコズムである。マイクロコズム(モデルエコシステム)には、完全に種構成が既知で各種の個体数が計測可能で各種の性質が単独に解析可能であるGnotobiotic型、自然群集をある条件下で培養し、ある特定の生物群集に維持発展させたものであるStress-selected型、現場の環境下の群集をそのまま維持したものであるNaturally derived型がある。これらのモデルは遺伝子組換え微生物の開放系利用における導入による侵入者(外来種)としての遺伝子組換え微生物および組換え遺伝子の消長、土着微生物への影響評価解析をおこなう上での重要なツールになるものと考えられる。また、このようなマイクロコズム試験は人間影響をモルモットを用いた試験で評価している如く、自然生態系への影響評価をおこなう上でも重要な試験法となるものである。

このような視点を踏まえ、本研究では、移入種生物として栄養段階の異なる数種の微生物を対象として、複数の栄養段階から構築されるモデルエコシステムに導入し、その挙動・消長とモデルエコシステム構成微生物(在来種)との生物間相互作用に着目した影響評価を行い、移入種(外来種)の自然生態系における挙動解析および影響評価に関する基礎的データを集積するものとする。具体的には、生態系構造の基本骨格である生物間相互作用に着目し、生産者(植物プランクトン)、消費者(動物プランクトン)、分解者(細菌類)それぞれと、外来種である微小後生動物、原生動物、遺伝子組み換え細菌および組換え遺伝子との相互作用、すなわち(1)植物プランクトンの代謝産物がプラスミドDNAの細菌間水平伝達に如何なる影響を及ぼすか(組換え細菌-植物プランクトン)、(2)動物プランクトンの捕食作用がプラスミドDNA

の細菌間水平伝達に如何なる影響を及ぼすか(組換え細菌-動物プランクトン)、(3)基質を巡る細菌間競争がプラスミド DNA の細菌間水平伝達に如何なる影響を及ぼすか(組換え細菌-土着細菌)について、マイクロコズムおよびサブシステムを用いて実験的検討をおこなうこととする。

### 3. 研究の方法

本研究においてはモデル微生物生態系であるマイクロコズムおよびそのコンポーネントを抽出したサブシステムを用いて移入種生物および遺伝子組み換え微生物の組換え遺伝子の細菌間水平伝達に及ぼす生物間相互作用の影響に関する基礎的データを集積することを初期の目的とした。すなわち、栄養段階の異なる複数種の生物が共存する環境下において、(1)植物プランクトンの代謝産物がプラスミド DNA の細菌間水平伝達に如何なる影響を及ぼすか(組換え細菌-植物プランクトン)、(2)動物プランクトンの捕食作用がプラスミド DNA の細菌間水平伝達に如何なる影響を及ぼすか(組換え細菌-動物プランクトン)、(3)基質を巡る細菌間競争がプラスミド DNA の細菌間水平伝達に如何なる影響を及ぼすか(組換え細菌-土着細菌)についてマイクロコズムおよびサブシステムを用いて実験的検討をおこなうこととした。

本研究におけるモデル組換え細菌および組換え遺伝子としては、プラスミド DNA 受容菌として、大腸菌 *Escherichia coli* HB101、*E. coli* C600、*E. coli* S17-1、緑膿菌 *Pseudomonas aeruginosa* PA01、枯草菌 *Bacillus cereus* MC の 5 種を、プラスミド DNA 供与菌として、*E. coli* HB101/pBR325、*E. coli* C600/RP4、*E. coli* S17-1/pSUP104 の 3 種を用いることとする。ここで、プラスミド pBR325 (Cm<sup>r</sup>、Tc<sup>r</sup>、Ap<sup>r</sup>) は非伝達性、RP4 (Ap<sup>r</sup>、Tc<sup>r</sup>、Km<sup>r</sup>) は伝達性、pSUP104 (Cm<sup>r</sup>、Tc<sup>r</sup>) は可動化伝達性のプラスミドである。

生産者である植物プランクトンとしては、藍藻類 *Microcystis aeruginosa*、珪藻類 *Melosira varians*、緑藻類 *Scenedesmus quadricauda* の 3 種を用いることとする。これらの植物プランクトンは、富栄養化湖沼として知られる手賀沼(千葉県我孫子市)において、それぞれ夏季、秋季~冬季、春季に優占的に出現する種であり、湖水から採取し、ピペット洗浄法にて単離・無菌化して供試し、培養液をろ過して代謝産物溶液として回収することとした。これらの微生物により、植物プランクトンの代謝産物がプラスミド DNA の細菌間水平伝達に如何なる影響を及ぼすかについてサブシステムを用いて検討した。

消費者(捕食者)である動物プランクトンとしては、原生動物繊毛虫類 *Cyclidium glaucoma*、*Tetrahymena pyriformis*、*Colpidium campylum*、後生動物ワムシ類 *Philodina erythrophthalma*、貧毛類 *Aeolosoma hemprichi* の 5 種を用いることと

した。これらの微小動物は、河川・湖沼等の自然生態系および活性汚泥・生物膜等の人工生態系に普通に観察される種である。これらの微生物により、動物プランクトンの捕食作用がプラスミド DNA の細菌間水平伝達に如何なる影響を及ぼすかについてサブシステムを用いて検討した。

分解者である細菌類としては、*Pseudomonas putida*、*Bacillus cereus*、*Acinetobacter* sp.、Colyneform bacteria の 4 種を用いることとする。これらの細菌類は下水試験法に記載されているマイクロコズム試験におけるフラスコマイクロコズムの構成種であり、環境中に普遍的に存在する種である。本研究ではこれらの細菌類を土着細菌として用いることとする。これらの微生物により、基質を巡る細菌間競争がプラスミド DNA の細菌間水平伝達に如何なる影響を及ぼすかについてサブシステムを用いて検討した。

さらに、手賀沼から湖水と底泥を採取し、培養容器に注入したマイクロコズムシステム(モデルエコシステム)を構築し、複雑な生物間相互作用が存在する場における組換え細菌および組換え遺伝子の挙動解析ならびに土着微生物に及ぼす影響評価を試みた。最終的には、遺伝子組み換え細菌および組換え遺伝子の環境中での動態をシミュレートすることができる数理解析モデル式を確立し、モデルエコシステムを用いた環境影響評価試験手法の高度化を図ることとした。

### 4. 研究成果

非閉鎖系にて利用される GMO を既存の生態系への移入種生物とみなし、遺伝子操作の際に広く利用されるベクタープラスミドである非伝達性の pBR325 をモデルとして、自然生態系を構成する重要な因子である生物間相互作用が pBR325 の細菌間水平伝達に如何なる影響を及ぼすかについて、実験的検討を行った。その結果、(1)*M. aeruginosa* の代謝産物は、同種のみならず異種の細菌間においても、非伝達性プラスミドである pBR325 の伝達頻度を増加するように作用し、植物プランクトンの代謝産物は GMO の生残に対して正の効果を与えること、(2)*Tetrahymena* sp. の捕食作用により、pBR325 の保有の有無にかかわらず、いずれの細菌も減少し、動物プランクトンの捕食作用は GMO の生残に対して負の効果を与えること、(3)自然生態系では、生産者としての植物プランクトンと消費者としての動物プランクトンが共存して系を構築していることから、GMO の生残は生物間相互作用の複合的な影響により支配されるものと考えられること、が示された。

また、システムとして生態系全体に及ぼす影響を評価するためには、マイクロコズム内が安定している状態が望ましいが、生物相と P/R 比(光合成による生産/呼吸量の比)の評価結果から、(1)各タイプのマイクロコズ

ムの P/R 比は安定系である 1 に収束するが、Stress selected 型マイクロコズムは環境水を接種後、不安定な状態が続くこと、(2) Naturally derived 型マイクロコズムも生産者、捕食者、分解者は確認できるが、各フラスコで系が安定しない結果となること、(3) Gnotobiotic 型の N type マイクロコズムは、Stress selected 型マイクロコズム、Naturally derived 型マイクロコズムよりも生産者・捕食者・分解者が安定的(恒常的)に確認でき、各フラスコ間で生物相と呼吸量がともに一致する高い安定性と再現性が示され、移入種問題や汚染物質を対象とした生態系機能に着目した環境影響評価を行う上でのツールとして有効であると考えられること、が示された。

#### 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(有査読)](計6件)

- 1) 村上和仁：マイクロコズムシステムによる微生物農薬の生態系リスク影響評価、環境情報科学学術研究論文集、29 巻、投稿中(2015)
- 2) 村上和仁、五明美智男：モデルエコシステムによる非放射性セシウム(CsCl)の生態影響評価、環境情報科学学術研究論文集、28 巻、pp.155-160 (2014)
- 3) K.Murakami, M.Gomyo, S.Agatsuma, Y.Amano, A.Inoue-Kohama : Environmental Condition Index for Estimation on Eutrophic State of Enclosed Aquifer Ecosystem, *International Journal of GEOMATE*, Vol. 5, No. 2, pp.706-711 (2013)
- 4) 呂志江、賀数邦彦、杉浦則夫、稲森隆平、徐開欽、村上和仁、稲森悠平：大型水生動植物生態系モデルによる界面活性剤の生態環境リスク影響評価、日本水処理生物学会誌、49 巻、1 号、pp.21-30 (2013)
- 5) 林秀明、村上和仁：マイクロコズムにおける捕食者導入によるバイオマニピュレーションの生態系影響評価、環境情報科学学術研究論文集、26 巻、pp.357-362 (2012)
- 6) 林秀明、村上和仁、小浜暁子：マイクロコズムを用いたバイオマニピュレーションにおける生態系影響評価、土木学会論文集 G (環境)(環境工学研究論文集第 49 巻)、Vol.68、No.7、pp. \_635- \_640 (2012)

[学会発表](計38件)

- 1) K.Murakami, A.Inoue-Kohama : Fate of Microbial Pesticides as Alien Species in Aquifer Ecosystem using Experimental Model Ecosystem, *Water and Environmental Technology Conference 2015* (WET2015), 日本大学(東京都)(2015.8.5-6.) (発表予定)
- 2) 村上和仁、小浜暁子：Gene Biomanipulation を想定した導入遺伝子のマイクロコ

ズムにおける挙動解析、環境バイオテクノロジー学会 2015 年度大会、東京大学(東京都)(2015.6.29-30.) (発表予定)

3) K.Murakami, A.Inoue-Kohama : Integrated Environmental Impact Risk Assessment System (iEIRAS) for Agricultural Chemical Influence, *9th IWA Symposium on Systems Analysis and Integrated Assessment* (Wtmtx15), Gold Coast (Australia) (2015.6.14-17.) (発表予定)

4) 村上和仁、小浜暁子：マイクロコズムを活用した化学物質の生態系リスク影響評価手法の開発、第 42 回土木学会関東支部技術研究発表会、東海大学(神奈川県)(2015.3.5-6.)

5) 村上和仁：模擬生態系マイクロコズムにおける微生物農薬の生態系リスク影響評価、第 11 回環境情報科学ポスターセッション、日本大学会館(東京都)(2014.12.16.)

6) 林秀明、村上和仁、小浜暁子：最上位捕食者の導入によるマイクロコズム生態系の攪乱と影響解析、日本水道協会平成 26 年度全国会議(第 65 回全国水道研究発表会)、ポートメッセなごや(愛知県)(2014.10.29-31.)

7) 村上和仁、林秀明、宮本舜也、小浜暁子：マイクロコズム生態系における最上位捕食者導入による攪乱と影響解析、環境微生物学会合同大会 2014、アクトシティ浜松(静岡県)(2014.10.21-24.)

8) K.Murakami, K.Sugiura, Y.Inamori : Environmental Impact Risk Assessment of Herbicide using iEIRAS based on Experimental Microcosm, *IWA 9th World Water Congress & Exhibition* (WWC2014), Lisbon (Portugal) (2014.9.21-26.)

9) 村上和仁、小浜暁子：マイクロコズムシステムの全排水毒性試験(WET)への適用の基礎的検討、土木学会第 69 回年次学術講演会、大阪大学(大阪府)(2014.9.10-12.)

10) 村上和仁、小浜暁子：全排水毒性試験(WET)におけるマイクロコズム適用の基礎的検討、第 51 回下水道研究発表会、大阪アカデミア(大阪府)(2014.7.22-24.)

11) 村上和仁、杉浦桂、稲森悠平：マイクロコズムシステムによる Cs-125 の Cold Test 影響評価、環境放射能除染学会第 3 回研究発表会、郡山市民文化センター(福島県)(2014.7.3-4.)

12) K.Murakami, Y.Inamori, K.Sugiura : Environmental Impact Risk Assessment of Herbicides using Microcosm System, *Water and Environmental Technology Conference 2014* (WET2014), 早稲田大学(東京都)(2014.6.28-29.)

13) 村上和仁、小浜暁子：マイクロコズムを活用した全排水毒性試験(WET)の可能性の検討、第 41 回土木学会関東支部技術研究発表会、まちなかキャンパス長岡、アオーレ長岡、長岡グランドホテル(新潟県)(2014.)

3.13-14.)

14) 村上和仁、稲森悠平、杉浦 桂：ハイブリッド型生態環境リスク評価システム (iEIRAS) による除草剤の生態系影響評価、日本水処理生物学会第 50 回大会、神戸市水道局たちばな職員研修センター (兵庫県) (2013.11.13-15.)

15) 村上和仁、吾妻咲季、天野佳正、杉浦 桂、稲森悠平：生態系保全再生のための環境リスク評価技法の国際化の意義と OECD 化に向けた解析、第 16 回日本水環境学会シンポジウム、琉球大学 (沖縄県) (2013.11.9-10.)

16) H.Hayashi, K.Murakami, A.Inoue-Kohama : Effect Analysis of Food Habit Difference of Top Predators in Experimental Microcosm for Biomanipulation, *5th IWA-ASPIRE Conference and Exhibition*, Daejeon (Korea) (2013.9.8-12.)

17) K.Murakami, H.Hayashi, K.Sugiura, Y.Inamori : Ecotoxicity Assessment of Cs (Cold Test) using Experimental Microcosm System, *5th IWA-ASPIRE Conference and Exhibition*, Daejeon (Korea) (2013.9.8-12.)

18) 村上和仁、稲森悠平、杉浦 桂：マイクロコズムを用いた除草剤リニュロンの生態系影響評価、土木学会第 68 回年次学術講演会、日本大学 (千葉県) (2013.9.4-6.)

19) 村上和仁：マイクロコズムを活用した環境リスク評価解析技法、千葉エリア産官学連携オープンフォーラム 2013、千葉大学 (千葉県) (2013.9.4.)

20) 村上和仁、吾妻咲季、稲森悠平、杉浦 桂：マイクロコズムを活用した排水処理等における環境リスク評価解析技法、第 50 回下水道研究発表会、東京ビッグサイト (東京都) (2013.7.30-8.1)

21) K.Murakami, S.Agatsuma, K.Sugiura, Y.Inamori : Integrated Environmental Impact Risk Assessment System (iEIRAS) for Influence of Herbicide on Microcosm System, *Water and Environmental Technology Conference 2013 (WET2013)*, 東京農工大学 (東京都) (2013.6.15-16.)

22) 村上和仁、稲森悠平、杉浦 桂、府馬正一：ハイブリッド型生態環境リスク評価システム (iEIRAS) による Cs の影響評価、環境放射能除染学会第 2 回研究発表会、タワーホール船堀 (東京都) (2013.6.5-7.)

23) 村上和仁：Gene Biomanipulation を想定したマイクロコズムにおける導入遺伝子の挙動解析、環境バイオテクノロジー学会 2013 年度大会、北九州国際会議場 (福岡県) (2013.5.30-6.1.)

24) 林 秀明、村上和仁、小浜暁子：最上位捕食者を導入したバイオマニピュレーション生態系影響評価システムの開発、第 40 回土木学会関東支部技術研究発表会、宇都宮大学 (栃木県) (2013.3.14-15.)

25) 林 秀明、村上和仁、小浜暁子、杉浦 桂、稲森悠平：マイクロコズムにおける栄養段階の異なる導入生物の影響比較、第 47 回日本水環境学会年会、大阪工業大学 (大阪府) (2013.3.11-13.)

26) H.Hayashi, K.Murakami, A.Inoue-Kohama : Comparison of Natural Lake and Experimental Microcosm for Biomanipulation Attempt, *The 4th IWA Asia-Pacific Young Water Professionals Conference (APYWP2012)*, 日本科学未来館 (東京都) (2012.12.7-10.)

27) 林 秀明、村上和仁：マイクロコズムによる植物プランクトン異常増殖の生態系影響評価、第 9 回環境情報科学ポスターセッション、日本学会館 (東京都) (2012.12.4.)

28) 林 秀明、村上和仁：マイクロコズムにおける捕食者導入によるバイオマニピュレーションの生態系影響評価、第 26 回環境情報科学学術論文研究発表会、日本大学 (東京都) (2012.12.4.)

29) 林 秀明、村上和仁、小浜暁子：マイクロコズムを用いたバイオマニピュレーションにおける生態系影響評価、第 49 回環境工学研究フォーラム、京都大学 (京都府) (2012.11.28-30.)

30) 林 秀明、村上和仁、小浜暁子：バイオマニピュレーションを想定したマイクロコズムと自然湖沼の比較解析、日本水処理生物学会第 49 回大会、北里大学 (東京都) (2012.11.24-25.)

31) 村上和仁、林 秀明、小浜暁子：多段食物連鎖を有するマイクロコズムにおける生態系バランス、2012 年度日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会、東邦大学 (千葉県) (2012.10.5-8.)

32) 村上和仁、林 秀明、小浜暁子：Fate of Alien Species in Experimental Microcosm System including Multi-step Food Chain, 第 28 回日本微生物生態学会、豊橋技術科学大学 (愛知県) (2012.9.19-22.)

33) H.Hayashi, K.Murakami : Reasonable Assessment Method of the Biomanipulation in the Hydrosphere Model Ecosystem Microcosm, *IWA 8th World Water Congress & Exhibition (WWC2012)*, Busan (Korea) (2012.9.16-21.)

34) 林 秀明、村上和仁、小浜暁子：多段食物連鎖を含有するマイクロコズムを用いたバイオマニピュレーションにおける生態系機能特性、土木学会第 67 回年次学術講演会、名古屋大学 (愛知県) (2012.9.5-7.)

35) K.Murakami, H.Hayashi, S.Agatsuma, M.Gomyo : Comparison of Stability and Reproducibility of Aquifer Experimental Microcosm System from the viewpoint of Ecosystem Function and Structure, *ASLO Aquatic Science Meeting 2012*, びわ湖ホール (滋賀県) (2012.7.8-13.)

36) H.Hayashi, K.Murakami : Biomanipul

-ation Impact Analysis using Microcosm System for Top Predator Introduction, *Water and Environmental Technology Conference 2012 (WET2012)*, 東京大学 (東京都) (2012.6.29-30.)

37) 村上和仁、林 秀明：非伝達性プラスミド DNA の接合伝達に及ぼすアオコ代謝産物の影響、環境バイオテクノロジー学会 2012 年度大会、京都大学(京都府) (2012.6.25-26.)

38) 村上和仁、林 秀明、稲森悠平、杉浦 桂：マイクロコズムを活用した培養モデルと数理モデルによる金属類の生態系リスク評価、第 63 回全国水道研究発表会、くにびきメッセ (島根県) (2012.5.16-18.)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

村上 和仁 (Murakami, Kazuhito)  
千葉工業大学・工学部・教授

研究者番号：90316810

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：