

令和元年5月31日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16H02982

研究課題名（和文）線虫を用いた低線量汚染バイオマスの嫌気発酵分解プロセスの除染技術化

研究課題名（英文）Decontamination technology of anaerobic fermentation decomposition process of low dose polluted biomass using nematode

研究代表者

徳本 勇人（Tokumoto, Hayato）

大阪府立大学・理学（系）研究科（研究院）・講師

研究者番号：70405348

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：環境中に放散された放射性Csを含有する微生物を線虫に食餌させ、Csを線虫へ移行させることに成功した。モデル微生物（*Rhodococcus erythropolis* CS98株）とモデル線虫（*Caenorhabditis elegans* N2株）このモデル線虫は放射性Csに対して耐性を持っており、さらに、光忌避性を利用して土壌から回収することが容易であることも確認した。この線虫回収プロセスの検討においては、連続化を達成することができた。並行して、Cs吸収に優れた微生物も見出し、植物を用いて、除染化を検証できる生物検定法も構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

東日本震災による東京電力福島第一原子力発電所の事故で、放射性物質の拡散が大問題となっており、半減期の長い放射性物質（ ^{90}Sr , 28.7年, ^{137}Cs , 30.2年）による影響が懸念される。高線量地域ではなく、周辺域の低線量バイオマスの処理法において、その技術的支援は遅れていると思われる。本研究結果により、土壌中に普遍に存在する微生物と、それらを捕食する線虫を用いて、地域分散型の簡易除染法の構築ができるのではないかと考えられる。また、食物連鎖間の放射性物質の移行形態の解析にも貢献できる。さらに、放射性物質だけでなく、他の環境汚染物質にも対象を広げ、新規除染法の構築にも寄与できると考えている。

研究成果の概要（英文）：Microorganisms containing radioactive Cs that were released into the environment were fed to nematodes and successfully transferred Cs to nematodes. Model microorganism (*Rhodococcus erythropolis* CS98 strain) and model nematode (*Caenorhabditis elegans* N2 strain) This model nematode is resistant to radioactive Cs, and it is easy to recover from soil using light repellent property I also confirmed that In the study of this nematode recovery process, a continuousization could be achieved. At the same time, we also found microbes that are excellent in Cs absorption, and we could construct a bioassay capable of verifying decontamination using plants.

研究分野：生物学

キーワード：線虫 除染 嫌気発酵

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災による東京電力福島第一原子力発電所の事故で、放射性物質の拡散が大問題となっており、半減期の長い放射性物質 (^{90}Sr , 28.7年, ^{137}Cs , 30.2年) による影響が懸念される。現在、除染特別地域や汚染状況重点調査地域では、土壌や草木の除去により相当量の高線量汚染バイオマスが処理されている。しかし、周辺地域の山林・河川・湖沼に堆積する低線量汚染バイオマスの処理はどうしても後回しとなってしまいう上に、その処理量の膨大さから、長期的な難題となることは明白である。土壌に付着した放射性物質は、森林や湖沼、河川、海洋の底泥に堆積すると系外への流出が少ないとされるが、積極的に除染しなければ地域住民の不安感は払しょくできない。従って、汚染バイオマスの減容・除染化が同時に達成できる、作業負担の小さい、低環境負荷の現地処理・土壌の完全リサイクルが可能な除染技術の構築が急務の課題であると考えた。

2. 研究の目的

東日本大震災により放射性物質が環境中に拡散し、低線量の汚染バイオマスが長期に渡り大量に発生することが懸念される。この汚染バイオマスは、分解・減容化と同時に放射性物質を回収できるような処理技術が必要となる。先行研究において、嫌気発酵汚泥中に Cs を高吸収する可能性のある菌が存在することを突き止めている。しかし、汚泥から Cs 高吸収菌を除去する為には、高コストな分離技術が必要である。そこで、 ^{137}Cs を含むバイオマスを発酵分解し、その発酵汚泥を線虫に捕食させて Cs を除去し、線虫は簡便な操作で汚泥から分離できるので、除染土壌として作物栽培に供試すれば、環境保全バイオプロセスが創出できると着想し、放射性物質を線虫体内に生物濃縮させ、簡便な分離回収を可能にする、新規環境保全技術の構築を研究目的とした。

3. 研究の方法

3.1 使用菌体・線虫

線虫は、*Caenorhabditis elegans* N2 株 (*C. elegans*) を用いた。*C. elegans* は、NGM 寒天培地で、*Rhodococcus erythropolis* CS98 株 (*R. erythropolis*) を給餌し、20℃で継代培養した。

3.2 寒天培地上の *C. elegans* 計数方法

直径 5、9、14 cm のシャーレに、線虫飼育用培地である NGM 寒天培地を作成し、それぞれの培地を S、M、L とした。培養期間中は、シャーレ裏面に付けた 10 点の印に実体顕微鏡 (SMZ745T、Nikon) の視野の中心を合わせ、視野内の *C. elegans* 数 C を計数した。計数した結果から、培地上の *C. elegans* の全個体数 N を (1) 式のように定義し、算出した。

$$N = C \frac{S_s}{S_v} \quad (1)$$

ここで、 C は計数した 10 点における視野内の *C. elegans* 数の平均値、 S_s はシャーレに作製した培地の表面積 (S: 1963、M: 6361、L: 15393 mm²)、 S_v は視野面積 (3.908 mm²) である。

3.3 *C. elegans* の培養条件の検討

3.3.1 生育面積が異なる条件での増殖挙動

生育面積の異なる寒天培地 S、M、L で、*R. erythropolis* 4.57×10^8 cells を *C. elegans* 5 頭に給餌し、20℃で 13 日間静置培養した。培養期間中は *C. elegans* を計数し、(1) 式を用いて培地上の *C. elegans* の全個体数 N を算出した。

3.3.2 初期投与頭数及び培養日数の検討

Cs 濃度が 10 ppm となるように CsCl を添加し、BSK10 培地を作製した。この培地に *R. erythropolis* を植菌し、20℃で前培養することで、 CsCl を吸収させた。その後、*R. erythropolis* 培養液 1 mL を洗浄し、滅菌水 1 mL に懸濁した。*C. elegans* の初期投与頭数に対して、*R. erythropolis* の菌体数が一定となるように、懸濁液を寒天培地上に塗布して乾燥させた。次に、前培養 9 日目の *C. elegans* を滅菌水に懸濁して、初期投与頭数が 5、500、50000 頭となるように寒天培地に塗布し、20℃で培養を開始した。培養 3、5、7、9、12 日目に *C. elegans* を回収し、10、70 μm の濾過フィルターにより分離した。その後、給餌した *R. erythropolis* と回収した *C. elegans* 体内の Cs 量を ICP-MS (NexION-350D、Perkin-Elmer) で測定した。

3.4 *C. elegans* 連続培養の検討

CsCl を吸収させた *R. erythropolis* 2.74×10^{11} cells を塗布した寒天培地に、*C. elegans* 約 3000 頭を載せ、20℃で 7 日間静置培養した。培養後、3.3.2 と同様に、寒天培地上の *C. elegans* を回収し、滅菌水 1.5 mL に懸濁した。その後、 CsCl を吸収させた *R. erythropolis* を塗布した新しい寒天培地に、回収した *C. elegans* の 1% を返送し、同条件で培養を再開した。その後、*C. elegans* の回収を 5 回実施するまで連続培養した。培養後、給餌した *R. erythropolis* 及び、回収した *C. elegans* は、ICP-MS を用いて生物体内へ移行した Cs 量を測定した。

3.5 ラボスケールの実証実験

日本アイソトープ協会より購入した 50000 Bq/mL ^{137}Cs 標準液を用いた。標準液は、 ^{137}Cs を 0.1 M HCl に溶解させているため、0.1 M NaOH により pH を 7.0 とし、実験に使用した。BSK10 培地に *R. erythropolis* 200 μL を植菌し、 ^{137}Cs 濃度が 1000 Bq/mL となるように標準液を加え総量を 5 mL とした。20℃で前培養することで、 ^{137}Cs を吸収させた。前培養後、*R. erythropolis* 培養液 1 mL を洗浄し、滅菌水 1 mL に懸濁させた。その後、3.4 と同様に連続培養を行い、*C. elegans* の回収を 10 度実施するまで培養した。オートウェルガンマカウ

ンター (ARC-360、Aloka) を用いて、回収した試料中の ^{137}Cs 量を測定した。ここでは、試料から放出されるガンマ線を計数して、試料に含まれる ^{137}Cs の放射能[Bq]を算出した。

3.6 *C. elegans* を用いた土壌からの Cs 回収

モデル土壌として、赤玉土(刀川平和農園)を用いた。滅菌処理した土壌 50 g に、*C. elegans* を約 2 万頭と、CsCl を吸収させた *R. erythropolis* 1.83×10^{12} cells を投与し、プラントボックス内で静置培養した。培養後、ベルマン法により土壌中の *C. elegans* を回収し、*C. elegans* の乾燥重量と体内へ移行した Cs 量を測定した。

3.7 光照射による *C. elegans* 回収実験

一般に、*C. elegans* は、波長の短い光に強い光忌避性を示すことが知られている。そのため、本研究では、波長 470 nm の青色 LED 照明ユニット (ISL-150×150-BB、CCS Inc.) を用いた。5 cm 四方の穴をあけたシャーレに目開き 59 μm のメッシュを取り付け、簡易的な線虫回収装置を作製した。このメッシュ上に載せた土壌 15 g に約 6 万頭の *C. elegans* を散布し、メッシュの下部を純水で満たした。その後、上下をフタで密閉し、20°C に設定したインキュベータで、光量子束密度 167 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ の青色光を上方から照射した。照射時間 1、3、6、12、24 時間後に土壌から水相へ移動した *C. elegans* を実顕微鏡で計数した。

4. 研究成果

4.1 生育面積の違いによる増殖挙動の変化

C. elegans 及び *R. erythropolis* の初期投与条件を一定とした場合における、各生育面積に対する *C. elegans* の増殖挙動を Fig. 1 に示す。寒天培地上の最大線虫数は、S の条件では 7 日目に 8.70×10^4 頭、M では 9 日目に 2.58×10^5 頭、L では 10 日目に 4.86×10^5 頭となった。この結果より、生育面積の増加に伴い、寒天培地上の最大線虫数及び、線虫数が最大となるまでの日数は増加することが分かった。さらに、各条件の最大線虫数における線虫密度は、 3.88×10^3 頭/ cm^2 でほぼ一定となった。従って、寒天培地上で生育可能な線虫数は、生育面積に依存して変化すると推察される。

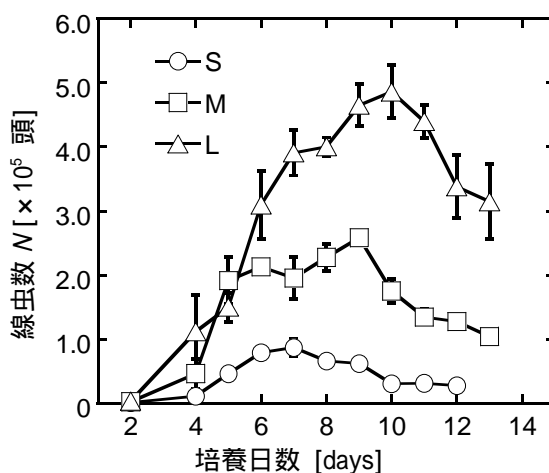


Fig. 1 各生育面積における線虫の増殖挙動

4.2 *C. elegans* 体内の Cs 量の経時変化

各初期投与頭数における、*C. elegans* の体内に蓄積する Cs 量の経時変化を調べた結果、培養期間を通して、初期投与頭数を 10000 倍まで増加させても、*C. elegans* に蓄積する Cs 量は、0.579 $\mu\text{g}/\text{g-DW}$ でほぼ一定となることが明らかになった。これは、生育可能な線虫数が生育面積に依存することから、生育面積が同じ場合には、初期投与頭数によらず、最終的な線虫数が一致するためであると考えられる。従って、*C. elegans* による Cs 回収量は、回収する線虫数に依存していると考えられる。Fig. 1 より、M の条件では、培養 2 日目で約 3000 頭の *C. elegans* が、培養日数 9 日目に約 20 万頭まで増殖していた。そのため、初期投与頭数が 3000 頭の場合、Cs 回収量が最大となる培養日数は、線虫数が最大となる培養 7 日目であると考えられる。そこでシャーレ M を用いる場合の標準法として、初期投与頭数を 3000 頭、培養日数を 7 日間に設定した。

4.3 連続培養における Cs 回収量

連続培養において、回収回数ごとの *C. elegans* 体内に蓄積する Cs 量を Fig. 2 に示す。連続培養において、*C. elegans* 体内へ移行した Cs 量は、2 回目で 3.84 $\mu\text{g}/\text{g-DW}$ となった後、減少していた。既往研究において、塩素は線虫に対して毒性を持つと報告されている。このことから、*R. erythropolis* に吸収させた CsCl によって、*C. elegans* の生育が阻害されたことで、3 回目以降の Cs 回収量が減少したと考えられる。従って、*C. elegans* を連続回収プロセスに適用する場合には、定期的に新たな線虫を追加する必要があると考えられる。

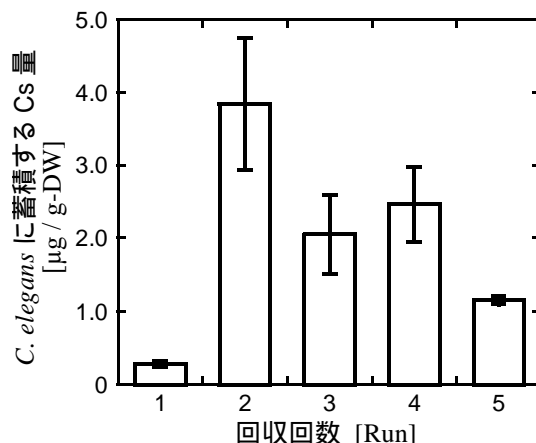


Fig. 2 回数ごとの *C. elegans* 体内の Cs 量

4.4 線虫への ^{137}Cs 移行実験

連続培養において、*C. elegans* 体内から検出された ^{137}Cs 量の経時変化を調べた結果、一度の回収操作で、培養 7 日目の *C. elegans* 体内から約 1.36 Bq の ^{137}Cs が検出された。さらに、*R. erythropolis* が吸収した ^{137}Cs の 2.04% が、*C. elegans* 体内へ移行したことを確認した。CsCl を用いた実験では、塩素の影響により、回収 3 回目以降の *C. elegans* による Cs 回収量が低下したと考察した。これに対して、 ^{137}Cs を用いた実験では、 ^{137}Cs 回収量が、回収回数によらず一定となり、10 回の連続操作

でも変化しなかった。既往研究において、線虫は放射線に対して高い耐性を持つと報告されている。そのため、*C. elegans* は、塩素に対して毒性を示す一方で、放射線に対して高い耐性を有すると考えられる。従って線虫は、¹³⁷Cs 由来の放射線に対して高い耐性を持つため、汚染土壌に対する ¹³⁷Cs 回収プロセスにおいて、非常に有用な生物であると言える。

4.5 土壌からの *C. elegans* の回収

初期投与頭数に対する土壌から回収した *C. elegans* 数を回収率として、光照射による *C. elegans* の回収率の経時変化を Fig. 3 に示す。土壌中の *C. elegans* に光を照射することで、回収率は 12 時間の照射で最大約 60% となることが明らかになった。このことから、一般的な土壌線虫回収法であるベルマン法の回収率は、48 時間で約 30% であるため、光照射は土壌線虫回収方法として優れていると考えられる。さらに、大量の薬品や攪拌動力を必要とする従来の除染法と比較して、光照射による *C. elegans* 及び ¹³⁷Cs の回収は、少ないエネルギーで実施できると考えられる。以上より、光照射により土壌中の ¹³⁷Cs を体内に保持した *C. elegans* を回収することで、汚染土壌を低コストで除染できる可能性が示唆された。

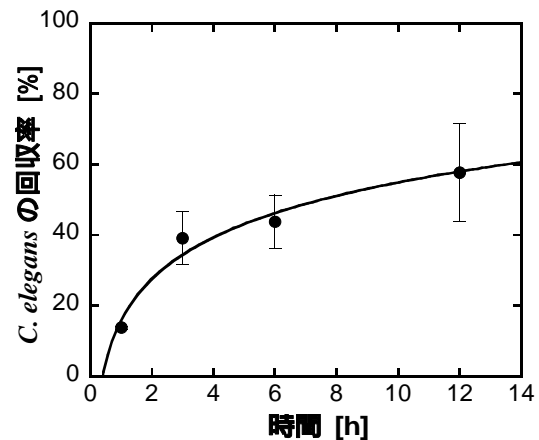


Fig. 3 *C. elegans* 回収率の経時変化

4.6 線虫による Cs 回収量の評価

4.6.1 土壌における Cs 回収量

寒天培地比べ、*C. elegans* の回収効率が低下する土壌中であるにも関わらず、回収した *C. elegans* 体内の Cs 量が 0.297 mg/g-DW、投与した Cs 量に対して約 3.0% の回収率を得た。この結果より、回収した Cs を ¹³⁷Cs であると仮定し、環境中の対象物質濃度に対する、生物体に対する対象物質濃度の比である移行係数を用いて評価した。低線量汚染土壌中の ¹³⁷Cs 濃度は 0.425 g/m³、*C. elegans* 体内では 1.28 g/m³ となり、土壌から *C. elegans* への移行係数は 3.01 と試算された。既往研究において、ミミズを用いた ¹³⁷Cs の除染では移行係数が 1.30、ヒマワリでは 1.0 未満であると報告されている。従って、本プロセスは、汚染土壌に対する従来のバイオレメディエーション技術より 2.3 倍の ¹³⁷Cs 回収能を有すると考えられる。

4.6.2 土壌における ¹³⁷Cs 回収量の試算

C. elegans による ¹³⁷Cs 回収実験から、低線量汚染土壌と線虫の単位体積当たりの ¹³⁷Cs の放射能を試算した。ここでは、*C. elegans* を直径 50 μm、長さ 1.0 mm の円柱であると仮定した。試算の結果、土壌では 3.47×10⁶ Bq/m³、線虫だけの容積では 1.06×10⁹ Bq/m³ となった。従って、線虫を用いて汚染土壌中の ¹³⁷Cs を回収することで、汚染土壌を約 1/300 に減容化できる可能性が示唆された。そのため、線虫により汚染土壌を減容化することで、運搬及び保管のコストも低減できると考えられる。

4.6.3 除染技術評価

線虫を用いて、¹³⁷Cs 濃度が 1000 Bq/kg の汚染土壌 1 t を除染するまでの日数を試算した。ここでは、線虫の培養期間及び、光照射による回収期間を、7、1 日と定義し、除染一回当たりの操作日数を 8 日に設定した。試算の結果、ヒマワリでは約 10 年を要するのに対し、線虫を用いた場合では、5.6 年と試算された。さらに、線虫を用いた除染では、¹³⁷Cs の回収に加え、汚染土壌の減容化が期待される。以上より、従来法よりも汚染土壌に対する有用な除染技術であると言える。

4.6.4 除染土壌における植物の生育検討

試験モデルとして市販育苗培土（土壌）と水稻品種‘コシヒカリ’（イネ）を用いて、CsCl によるイネへの影響試験を行った。土壌 270 g に対して、Cs 量が 0.0195%、0.039%、0.078% となるように CsCl を添加し混合し、それぞれを低 Cs 濃度区、中 Cs 濃度区、高 Cs 濃度区とした。ここで、カリウムとセシウムは化学的な性質が酷似しているため、栽培土壌の K 濃度を基準に添加する Cs 量を決定し、除染後のモデル土壌とした。栽培 1 個体ごとに葉齢、葉色、茎数、草丈を測定した。また、簡易 EC テスター土壌測定セットで EC 値を測定した。その後、イネを 70 °C で乾燥し、苗の地上部と根を切り離し、各重量を測定した。

本実験での葉色は、イネの葉のクロロフィル量を葉緑素計（SPAD-502Plus、KONICA MINOLTA 社）で測定した SPAD 値を指標とした。その結果、根長、葉及び根の乾燥重量は、土壌中の Cs 濃度が高くなるに従って減少することが明らかになった。特に高 Cs 濃度の条件では、根長は最大 8 割程度まで、葉及び根の乾燥重量は最大 4 割程度まで減少した。これは、CsCl により生育が阻害され、葉及び根の充実度が低下したことが原因であると考えられる。また、地上部と地下部の乾燥重量比である S/R 比は、Cs 濃度区により大きな差はなかった。これは、Cs が一様に抑制的な影響を与えるためと考えられる。さらに、土壌中の塩類濃度を表す EC 値は、土壌中の Cs 量が増加するに従って増加し、最大で対照の約 8.8 倍となることが分かった。このことから、土壌中の EC 値は、イネの生育状態に大きな

影響を及ぼす可能性が示唆された。以上より、土壌中の Cs に応じて、稲を指標とした除染評価を行うことができる、生物検定法を構築することに成功した。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 4 件)

K. Kurahashi, K. Hisada, M. Kashiwagi, S. Yoshihara, T. Nomura, H. Tokumoto, Analysis of the continuous bioconversion of glycerol by promotion of highly glycerol-resistant glycerol-degrading bacteria, Waste and Biomass valorization, 査読有, 2018, pp. 1-10

DOI: 10.1007/s12649-018-0344-4

Y. Hirayama, M. Hinoue, H. Tokumoto, A. Matsuoka, K. Noishiki, A. Muto, Liquid-liquid extraction and separation of cobalt and lithium ions using a slug flow microreactor, Journal of Chemical Engineering of Japan, 査読有, Vol. 51, No. 3, 2018, pp. 222-228

DOI: 10.1252/jcej.17we152

徳本 勇人, 倉橋 健介, 吉原 静恵, 嫌気性微生物を用いたグリセリンの有効利活用プロセスの構築 (Effective Utilization Process of Crude Glycerol Using Anaerobic Microorganisms), オレオサイエンス, 査読無, Vol. 17, No.7, 2017, pp. 9-18

K. Kurahashi, C. Kimura, Y. Fujimoto, H. Tokumoto, Value-adding conversion and volume reduction of sewage sludge by anaerobic co-digestion with crude glycerol, Bioresource Technology, 査読有, Vol. 232, 2017, pp. 119-125

DOI: 10.1016/j.biortech.2017.02.012

[学会発表](計 21 件)

濱野 樹, 倉橋 健介, 吉原 静恵, 齊藤 丈靖, 徳本 勇人, 線虫による白金還元細菌の細胞破碎と回収プロセスの構築, 日本農芸化学会 2019 年度大会, 2019 年

岡野 凌一, 濱野 樹, 倉橋 健介, 吉原 静恵, 徳本 勇人, 重金属の分離回収を目的とした微生物と線虫によるバイオプロセスの構築, 日本農芸化学会 2019 年度大会, 2019 年

合田 亮, 濱野 樹, 星 英之, 倉橋 健介, 吉原 静恵, 徳本 勇人, 線虫を用いた 137Cs 汚染土壌に対する新規除染及び減容 化プロセスの構築, 日本農芸化学会 2019 年度大会, 2019 年

合田 亮, 吉原 静恵, 倉橋 健介, 徳本 勇人, 線虫を用いた汚染土壌に対する除染及び減容化技術の構築, 日本農芸化学会関西支部 第 507 回講演会, 2019 年

徳本 勇人, 大江 真道, 吉原 静恵, 次世代シーケンサーを用いた菌叢解析, アグリビジネス創出フェア 2018, 2018 年

岡野 凌一, 濱野 樹, 倉橋 健介, 吉原 静恵, 徳本 勇人, 重金属吸収後の植物バイオマスに対する微生物と線虫を利用した重金属分離回収法の構築, 第 70 回日本生物工学会大会, 2018 年

合田 亮, 伊藤 みさご, 星 英之, 倉橋 健介, 吉原 静恵, 徳本 勇人, 微生物と線虫を用いた 137Cs 汚染土壌に対する新規除染技術の構築, 第 70 回日本生物工学会大会, 2018 年

合田 亮, 野本 健太, 星 英之, 倉橋 健介, 吉原 静恵, 徳本 勇人, 嫌気微生物と線虫を用いた 137Cs 含有バイオマスの除染技術の構築, 環境バイオテクノロジー学会 2018 年度大会, 2018 年

徳本 勇人 (招待講演), 身の回りの微生物の名前、知っていますか, 平成 30 年度大阪府立大学公開講座第 13 回 21 世紀科学セミナー, 2018 年

倉橋 健介, 日高光 蔭, 徳本 勇人, 発酵制御因子により集積される高耐性グリセリン分解菌の菌叢解析, 日本農芸化学会 2018 年度大会, 2018 年

合田 亮, 伊藤 みさご, 星 英之, 倉橋 健介, 吉原 静恵, 徳本 勇人, 微生物と線虫を用いた生物濃縮による 137Cs 除染法の検討, 日本農芸化学会 2018 年度大会, 2018 年

Shizue Yoshihara, Kasumi Yamamoto, Koji Okajima, Hayato Tokumoto and Satoru Tokutomi, Absorption spectral properties of phyC activated with blue-shifted red light are conserved among angiosperms, Taiwan-Japan Plant Biology 2017, 2017 年

合田 亮, 伊藤 みさご, 星 英之, 倉橋 健介, 吉原 静恵, 徳本 勇人, 生物濃縮を利用した線虫による土壌からの Cs 回収, 第 69 回日本生物工学会大会, 2017 年

岡野 凌一, 舟木 裕哉, 倉橋 健介, 吉原 静恵, 徳本 勇人, 菌叢構造解析に基づく嫌気性菌を利用した重金属除染法の構築, 第 69 回日本生物工学会大会, 2017 年

徳本 勇人 (招待講演), 大阪府立大学キャンパス内での未利用バイオマスの資源エネルギー化プロセスの構築, 大阪府立大学・技術懇親会「グリーンイノベーション～資源の有効利用と回収技術～」, 2017 年

伊藤 みさご, 徳本 勇人, 大江 真道, 馬糞堆肥を用いた水稻の育苗方法の検討, 近畿作物・育種研究会第 182 回例会, 2016 年

徳本 勇人 (招待講演), 大阪府立大学におけるバイオマス利活用事例, 平成 28 年度日本粉

- 体工業技術協会・食品粉体技術分科会・湿式プロセス分科会合同分科会，2016年
野本健太，伊藤みさご，合田 亮，星 英之，倉橋健介，徳本勇人，嫌気発酵菌を利用した
137Cs含有バイオマスの除染，第68回日本生物工学会大会，2016年
合田 亮，伊藤みさご，星 英之，倉橋健介，徳本勇人，線虫を用いた土壌中のCs吸収菌
の回収プロセスの構築，第68回日本生物工学会大会，2016年
岡野凌一，吉良典子，林 俊介，長谷川 剛史，田中朝都，徳本勇人，高温乾式メタン発酵
のプラグフロー式反応の菌叢解析，第27回廃棄物資源循環学会研究発表会，2016年
② 長谷川 剛史，吉良典子，林 俊介，田中朝都，岡野凌一，徳本勇人，菌叢解析技術を用い
たメタン発酵の安定的な運転管理指標の探索，第27回廃棄物資源循環学会研究発表会，
2016年

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)

名称：環境汚染物質の除去方法および環境汚染物質の除去キット

発明者：徳本勇人

権利者：同上

種類：特許

番号：特願 2016-163182 号

出願年：2016 年

国内外の別：国内

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等無し

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：吉原 静恵

ローマ字氏名：**(YOSHIHARA Shizue)**

所属研究機関名：大阪府立大学

部局名：理学系研究科

職名：助教

研究者番号(8桁)：**20382236**

研究分担者氏名：倉橋 健介

ローマ字氏名：**(KURAHASHI Kensuke)**

所属研究機関名：大阪府立大学工業高等専
門学校

部局名：その他部局等

職名：講師

研究者番号(8桁)：**60516821**

研究分担者氏名：星 英之

ローマ字氏名：**(HOSHI Hidenobu)**

所属研究機関名：大阪府立大学

部局名：人間社会システム科学研究科

職名：准教授

研究者番号(8桁)：**30301188**

研究分担者氏名：大江 真道

ローマ字氏名：**(OHE Masamichi)**

所属研究機関名：大阪府立大学

部局名：生命環境科学研究科

職名：准教授

研究者番号(8桁)：**60244662**