

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24540492

研究課題名(和文)放射性セシウム汚染された土壌のファイトレメディエーションに関する実験的研究

研究課題名(英文) Experimental studies of phytoremediation of radiogenic Cs polluted soils

研究代表者

榊原 正幸 (Sakakibara, Masayuki)

愛媛大学・理工学研究科・教授

研究者番号：80202084

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：カヤツリグサ科マツバイを用いて Cs溶液水耕栽培実験，福島県の自生マツバイの放射性Cs濃度と生物濃縮係数(BCF)，および福島県におけるフィールド栽培実験を行った。では，マツバイがCsを1000mg/kg-DW以上吸収する超集積植物であることが解明された。では，マツバイが最大で2400 Bq/kgであった。では，放射性Cs濃度が6580 Bq/kg水田土壌において，マツバイのそれは平成24年度での平均で1310，平成25年度で782 Bq/kgであった。以上の結果に基づくと，マツバイによる放射性Csの除染は極めて簡便で，かつ有効な除染技術であることが実証された。

研究成果の概要(英文)：The study was conducted by three experiments using aquatic macrophyte *Eleocharis acicularis*, such as hydroponic cultivation experiments in Cs-K solution, radioactive Cs concentration and Bioconcentration Factor (BCF) of native *Eleocharis acicularis* in Fukushima Prefecture, and field experiment in paddy field of Fukushima prefecture. As a result of this study, Maximum concentration of radiogenic Cs of *Eleocharis acicularis* is more than 1000mg/kg-DW and it is consistent with hyperaccumulator of Cs, Native *Eleocharis acicularis* shows maximum values for 2400 Bq/kg in the prefecture, and *Eleocharis acicularis* cultivated in the paddy field which Cs radioactive concentration is 6580 Bq/kg shows their average 1310 Bq/kg in 2012, and 782 Bq/kg in 2013. Based on the above results, it was demonstrated that phytoremediation of radioactive Cs polluted soils by *Eleocharis acicularis* is convenient and one of effective techniques.

研究分野：地球科学

キーワード：カヤツリグサ科マツバイ 放射性Cs トレメディエーション 細断散布法 水田土壌汚染 福島県 水耕栽培実験 フィールド実験 ファイトレメディエーション

1. 研究開始当初の背景

2011年の3月11日に発生した「東日本大震災」は、東北地方太平洋側を中心に広い範囲に津波被害を及ぼし、死者・行方不明者合わせて約20,000人という我が国における戦後最大規模の自然災害となった。この津波によって、東京電力の福島第一原子力発電所の損壊およびそれに引き続く水素爆発によって福島県北東部を中心に広範囲にわたる放射性汚染が引き起こされた。内閣府原子力委員会は、この事故で、旧ソ連のチェルノブイリ原発事故(86年)で居住禁止となった区域と同レベルの土壤汚染が、福島県内で約600km²にわたり広がっていると推計している。特に、放射性物質である放射性Cs(半減期30年)の蓄積量が1m²当たり148万ベクレル以上の地域は、東京23区の面積に相当する約600km²、同55万~148万ベクレルの地域は約700km²であるとされている。

放射性Csに汚染された土壌を早期に除染する必要があるが、その方法として、物理化学的手法および植物を用いた手法(ファイトレメディエーション)が採用されている。特に、ファイトレメディエーションは、広範囲に拡散した放射性Csを土壌から除去する技術として注目されている。植物は土壌に含まれるK・Caなどの栄養素を水分と共に吸収するが、植物の中にはそれらの物質と一緒に、As, Pb, CsやSrも吸収するものが存在する。すなわち、「ファイトレメディエーション」は、水分や養分を吸収・分解する植物の性質・能力を利用して、土壌や水などの環境を浄化する技術である。

この技術は、他の環境修復技術と比較して、①低コスト、②エネルギー消費0、③環境調和型という長所を有する。たとえば、チェルノブイリ原発事故後、放射性物質を取り込む植物種が研究されてきたが、ヒマワリや菜の花など複数の植物種が、放射性物質を吸収し植物体内に蓄積する能力を持っていることが確認され、チェルノブイリ原発による放射能汚染地域でも実験されている(たとえば、Victorova et al., 2000など)。

しかしながら、本年度の農林水産省による福島県におけるフィールド実験では、期待された効果が認められず、更なる有効な植物が探索されている。

申請者は、自然由来の重金属汚染が河川などの水を媒介として拡散している現実に注目し、重金属を高濃度に吸収・蓄積する水生植物を探索してきた。その結果、2005年にカヤツリグサ科ハリイ属マツバイが砒素、鉛や銅などの有害金属を高濃度に蓄積することを発見し、その後多数の室内およびフィールド栽培実験を行ってきた(榊原ほか, 2006; Ha et al., 2009a, b; Sakakibara et al., 2009, 2011; Ha et al., 2011)。その研究成果に基づいて、それを用いた環境修復技術およびその栽培具材・方法に関する特許申請を行っている。さらに、実際の重金属汚染された

河川において、マツバイによって河川水中の重金属濃度を10%以上低減可能であることを実証した。従来の実験では、Csを環境修復のターゲットとした実験を行っていないが、通常のほとんどCsを含有しない河川水においても、マツバイはCsを最大で16mg/kg蓄積し、BCFw(マツバイのCs濃度/河川水のCs濃度)が最大で180に達する。このことから、マツバイは潜在的にCsを吸収・蓄積する能力を有していると判断される。

2. 研究の目的

本研究では、以下の項目を研究期間内の目標としている。

(1) カヤツリグサ科マツバイのCsの最大吸収量および各媒体とBCFw(マツバイのCs濃度/水のCs濃度)およびBCFs(マツバイのCs濃度/土壌のCs濃度)との関係を明らかにする。

(2) 放射性Csによって汚染された土壌におけるマツバイによるファイトレメディエーションの実用化にまで展開する。

3. 研究の方法

本研究は、平成24年度に実施する①室内におけるカヤツリグサ科マツバイの水耕栽培実験、②福島県の自生マツバイの放射性Cs濃度と生物濃縮係数(BCF)および25年度以降に実施する③福島県におけるカヤツリグサ科マツバイのフィールド栽培実験および④マツバイによる放射性Csのファイトレメディエーションの実用化のためのマテリアルバランス評価およびエンジニアリング設計、によって構成される。これらの結果に基づいてカヤツリグサ科マツバイによる放射性Csの除染技術の実用化について検討する。

<平成24年度>

a. 室内における水耕栽培実験(研究責任者:佐野 栄;平成24年7月-8月)

水耕栽培実験は松山市内で採集したマツバイを100gずつ水槽(10L)に移植し、24時間蛍光灯(13.0μmol/m²/s)を照射し、3週間行われた。実験Ⅰは低K濃度実験で実験期間は2012年4月17日~2012年5月8日の21日間であった。実験Ⅱは高K濃度実験で実験期間は2013年7月23日~2013年8月13日の21日間であった。溶液のCs濃度はすべて5mg/L、実験ⅠのK濃度は0, 0.2, 2および5mg/L、実験ⅡのK濃度は0, 5, 50および100mg/Lとした。各実験でマツバイを入れないコントロールの水槽を用意し、実験ⅠではCsおよびK濃度を1mg/L、実験Ⅱでは5mg/Lの溶液を用いた。各水槽はマグネティックスターラーを設置し、常時攪拌させた。水試料は実験Ⅰで0, 8および16時間、1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 16および21日に、実験Ⅱで0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 16および21日に各水槽から採水し、植物試料は実験終了後に採集した。

溶液および植物の濃度分析は愛媛大学総合科学研究支援センターの ICP-MS で行った。分析確度・精度に関する検定は National Research Council Canada (NRCC) の環境試料 NIES CRM No. 1 (リョウブ) および National Institute of Standards and Technology (NIST) の環境試料 1643e (Trace Elements in Water) を用いて行った。

b. 福島県の自生マツバイの放射性 Cs 濃度と生物濃縮係数 (BCF)

福島県の土壌に対するマツバイの放射性 Cs の BCF (生物濃縮係数) を解明するため、土壌および自生マツバイ試料の放射性 Cs 濃度を測定した。探索地域は、福島県中通りおよび会津若松市周辺の耕作されている水田もしくは休耕田である。のべ 8 日間に亘る調査で、福島県内の 300 ヶ所の水田に自生するマツバイを探索した。また、発見した自生マツバイのうち、3 試料に関して土壌試料とともに放射性セシウムの放射能濃度を測定した。マツバイは根および地上部を併せて採取し、超音波洗浄機を用いてマツバイ表面に付着した土壌を完全に除去したものを分析試料とした。土壌試料はマツバイの根圏域である地表から 5 cm まで採取した。

本研究では、マツバイおよび土壌試料は湿重ベースで測定した。なお、福島県では、マツバイの地上部は冬季に枯れるため、測定されたマツバイの放射性 Cs 濃度は 2012 年の春に吸収・蓄積されたものであると判断される。

マツバイおよび土壌の放射性 Cs の放射能濃度測定は、財団法人九州環境管理協会においてゲルマニウム半導体検出器を用いた γ 線測定によって行われた。測定は、「食品中の放射性セシウム検査法」(食安発 0315 第 4 号) および「緊急時における食品の放射能測定マニュアル」(平成 14 年 3 月 厚生労働省) に従って行われた。なお、測定結果は試料採取日の濃度に補正した値を示している。

<平成 25・26 年度>

a. フィールド栽培実験 (研究責任者: 榊原正幸; 平成 25 年 6 月~平成 26 年 10 月)

福島県の放射性 Cs に汚染された水田、池および湿地などにおいて、マツバイの大規模フィールド栽培実験を行った。栽培実験サイトは福島県と協議の上で決定した。この実験では、福島県内の湛水した水田・畑、池および湿地などの水に富む環境に、2 種類の栽培方法でマツバイを移植し、栽培実験を実施した。栽培の規模は、福島県農業総合センター内の水田で約 6 m×9 m 程度の規模 (マツバイ湿重量は約 40 kg) で実施した。栽培実験開始後、1~数ヶ月置きにマツバイ試料を採取し、その放射性 Cs の崩壊数を測定した。また、水・土壌に対するマツバイの放射性 Cs の BCF (生物濃縮係数) を解明した。栽培期間は、約 1 年 4 ヶ月間である。また、マツバイは、冬期間、葉の部分が枯れて根および越冬芽で越冬することから、越冬後の生育状況

も観察した。

b. マツバイによる放射性 Cs のファイトレメディエーションの実用化のためのエンジニアリング設計およびその評価 (研究責任者: 榊原正幸; 平成 26 年 11 月~平成 27 年 1 月)

上記のすべての実験結果に基づいて、福島県における現実的かつ効率的な放射性 Cs 汚染された土壌の除染処理システムの設計、単位面積あたりの推定コスト、除染過程における放射能の削減効率、除染後の放射性廃棄物量および経済性の分析を行った。

4. 研究成果

(1) 室内における水耕栽培実験

①実験 I : 低 K 濃度水耕栽培実験

マツバイを栽培した溶液の Cs 濃度の実験開始前および終了後の減少率は、K 濃度 0, 0.2, 2 および 5 mg/L でそれぞれ 23, 25, 22 および 23 %であった。溶液の Cs 濃度の減少率 (1 日の減少率に換算) が最大であったのは実験開始 8 時間後の K 濃度 5 mg/L の溶液で 19.8 %であった。他の K 濃度の溶液でも同様に実験開始 8 時間後の Cs 濃度の減少率が最大であった。実験終了後のマツバイの最大 Cs 濃度は乾燥重量で K 濃度 0.2 mg/L の地上部で 1880 mg/kg-DW, 根で 984 mg/kg-DW であった。また、マツバイ全体の Cs 濃度は K 濃度の低いものから、それぞれ 1340, 1560, 1210 および 1320 mg/kg-DW であった。溶液の K 濃度の違いによるマツバイ中の Cs 濃度の大きな差は見られなかった。Cs はマツバイの根よりも地上部に多く蓄積する傾向があった。溶液の Cs 減少量とマツバイの Cs 吸収量のマテリアルバランス (= マツバイの Cs 吸収量 / 溶液の Cs 減少量 × 100) は K 濃度の低いものから、それぞれ 77.6, 72.6, 81.6 および 80.4 %であった。実験終了後のマツバイの生物濃縮係数 (BCF_w = 実験終了後のマツバイの Cs 濃度 / 実験開始時の溶液の Cs 濃度) は K 濃度の低いものから、それぞれ 295, 330, 257 および 276 であった。K 濃度の違いによる BCF の大きな差は見られなかった。

②実験 II : 高 K 濃度水耕栽培実験

マツバイを栽培した溶液の Cs 濃度の実験開始前および終了後の減少率は、K 濃度 0, 5, 50 および 100 mg/L でそれぞれ 41.7, 43.1, 30.0 および 18.6 %であった。溶液の Cs 濃度の減少率が最大であったのは実験開始 1 日後の K 濃度 5 mg/L の溶液で 19.1 %であった。他の K 濃度の溶液でも同様に実験開始 1 日後の Cs 濃度の減少率が最大であった。実験 I と比較して 21 日目の溶液の Cs 濃度は溶液の K 濃度の違いによる差が見られた。実験終了後のマツバイの最大 Cs 濃度は乾燥重量で K 濃度 0.2 mg/L の葉で 2060 mg/kg-DW, 根で 1220 mg/kg-DW であった。また、マツバイ全体の Cs 濃度は K 濃度の低いものから、それぞれ 1710, 1440, 690 および 550 mg/kg-DW であった。マツバイ中の Cs 濃度は K 濃度の増加に伴い減少した ($p < 0.05$)。実験 I と

同様に Cs はマツバイの根よりも地上部に多く蓄積する傾向があった。溶液の Cs 減少量とマツバイの Cs 吸収量のマテリアルバランスは K 濃度の低いものから、それぞれ 71.9, 61.3, 54.8 および 77.7 %であった。実験終了後のマツバイの生物濃縮係数は K 濃度の低いものから、それぞれ 329, 258, 126 および 111 であった。マツバイの生物濃縮係数は溶液の K 濃度の増加に伴って減少した。

(2) 福島県の自生マツバイの放射性 Cs 濃度と生物濃縮係数 (BCF)

自生マツバイは、今回の調査によって、福島県内の約 300 ヶ所の水田のうち 13 ヶ所から発見された (図 1)。自生マツバイはすべて農薬を散布していない休耕田から見出された。自生マツバイは、休耕田において島状に群落を形成し、それが水田に散在する。各土壌の放射性 Cs の放射能濃度は湿重ベースで



図 1 福島県内における自生マツバイの産状

総放射性 Cs が 2,700~9,600 Bq/kg の範囲であった。また、今回、測定したマツバイの放射性 Cs の放射能濃度は、湿重ベースで ^{134}Cs が 230~1,000 Bq/kg, ^{137}Cs が 350~1,400 Bq/kg, 総放射性 Cs が 580~2,400 Bq/kg で、総放射性 Cs の平均は 1,303 Bq/kg であった。これらの値は、榊原・佐野 (2012) で報告された福島県農業総合センター内の水田の 6,170 Bq/kg には及ばないものの、マツバイは明らかに放射性 Cs を吸収・蓄積している。しかしながら、マツバイの放射性 Cs 濃度は、土壌のそれとの相関を示さなかった。しかし、その移行係数は生重ベースで最大 1.623 と、他の植物にないレベルを示している。

(3) フィールド栽培実験

実用的栽培方法確立のためのフィールド栽培実験を行った。実験期間は、平成 24 年度から継続して約 18 ヶ月間であった。この実験では、放射性 Cs 汚染された水田を湛水

し、細断したマツバイを散布し、自然に定着・成長させ、栽培実験を実施した。

この水田土壌の放射性 Cs 濃度は、平均で 6580 Bq/kg であった。この実験の結果、採取したマツバイから、240~5100 Bq/kg の放射性 Cs 濃度が得られた。その平均は、平成 24 年度で 1310 Bq/kg, 平成 25 年度で 782 Bq/kg であった (図 2)。

以上の結果に基づくと、マツバイによる放射性 Cs のファイトレメディエーションは極めて簡便で有効な除染方法であることが改めて証明された。また、その実施方法の一つとして、マツバイの細断散布法が極めて簡便であり、広範囲の水田を除染する際に有効であることが実証された。

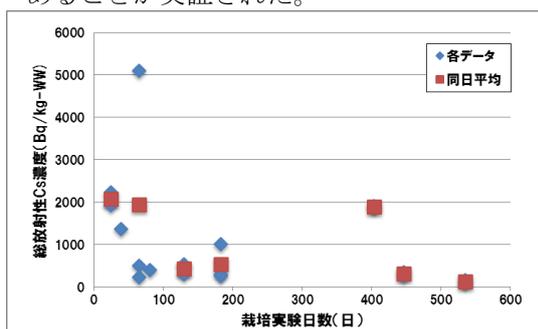


図 2 福島県の放射性 Cs に汚染された水田におけるマツバイによる除染実験の結果

(4) マツバイによる放射性 Cs のファイトレメディエーションの実用化のためのマテリアルバランス評価およびエンジニアリング設計

今回の実験結果は、マツバイによって放射性 Cs 汚染された水田土壌の除染が可能であることを示唆している。最も放射性 Cs 濃度が高いマツバイは自生マツバイであり、かつその生育期間も明らかではないが、上述のようにその移行係数は生重ベースで最大 1.623 と、他の植物にないレベルを示している。また、マツバイは、芝生のように高密度に生育するため、根および地上部を併せると乾物ベースで最大 1 kg/m² 程度の生産量が得られる。以上の研究結果に基づくと、マツバイによる放射性 Cs 汚染土壌のファイトレメディエーションは、他の除染手法と比較して費用が安価であることおよび除染実施者が特殊技術を必要としない点で、極めて現実的であると判断される。

5. 主な発表論文等

(雑誌論文) (計 14 件)

1. Yuyu Indriati Arifin, Masayuki Sakakibara and Koichiro Sera, Impacts of Artisanal and Small-Scale Gold Mining (ASGM) on Environment and Human Health of Gorontalo Utara Regency, Gorontalo Province, Indonesia, 査読有, Geosciences 5, 2015, 160-176.
2. Chisato Nakamura, Masayuki Sakakibara, Sakae Sano and Idham Andri Kurniawan, Improved identification method of volcanic ash based on

- igneous petrology, 査読有, Post Proceeding TREPSEA2014, in print
3. Yuri Sueoka, Koichiro Sera and Masayuki Sakakibara, Distribution of lichens and the heavy metal concentrations at an abandoned mine site in southwest Japan, 査読有, Post Proceeding TREPSEA2014, in print
 4. Akinari Takehara, Hisashi Nishiwaki, Yasushi Sato and Masayuki Sakakibara, Roles of organic acids released by aquatic macrophyte *Eleocharis acicularis*, 査読有, Post Proceeding TREPSEA2014, in print
 5. Hisanari Sugawara, Masayuki Sakakibara, Minoru Ikehara, Recrystallized microbial trace fossils from metamorphosed Permian basalt, southwestern Japan, *Planetary and Space Science*, 査読有, 95, 2014, 79-83.
 6. 榑原正幸, 佐野 栄, 久保田有紀, 佐藤 康, 福島県の水田土壌に自生するカヤツリグサ科マツバの放射性Cs濃度, 環境放射線除染学会誌, 査読有, 2, 2014, 13-18
 7. Tomohiro Tsuji, Masayuki Sakakibara, Rie S. Hori, Primary relationships of basaltic intrusive rocks and siliceous sedimentary rocks in the Northern Chichibu Belt, Shikoku Island, southwest Japan, *Journal of Asian Earth Sciences*, 査読有, 79, 2014, 31-41
 8. Yuri Sueoka, Masayuki Sakakibara, Primary Phases and Natural Weathering of Smelting Slag at an Abandoned Mine Site in Southwest Japan, *Minerals*, 査読有, 3, 2013, 412-426, doi:10.3390/min3040412
 9. 榑原正幸, 放射性セシウム汚染された土壌のマツバによるファイトレメディエーションの実用化研究, 月刊「産業と環境」, 査読無, 491, 2013, 61-64
 10. Masayuki Sakakibara, Hisanari Sugawara, Tomohiro Tsuji, Minoru Ikehara, Filamentous microbial fossil from low-grade metamorphosed basalt in northern Chichibu belt, central Shikoku, Japan, *Planetary and Space Science*, 査読有, 95, 2013, 84-93.
 11. Hisanari Sugawara, Masayuki Sakakibara, David Belton, Tetsuya Suzuki, Formation process of pyrite polyframboid based on the heavy-metal analysis by micro-PIXE, *Environmental Earth Sciences*, 査読有, 69, 2013, 811-819.
 12. 榑原正幸, 久保田有紀, 福島県における放射性Cs汚染土壌のカヤツリグサ科マツバによるファイトレメディエーション, 第18回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究会講演集, 査読有, 2012, 154-156
 13. 榑原正幸, 蔵本 翔, 岡崎健治, 伊東佳彦, 大日向昭彦, 竹花大介, セレンに富む残土排水のカヤツリグサ科マツバによるファイトレメディエーション, 第18回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究会講演集, 査読有, 2012, 310-312
 14. 蔵本 翔, 榑原正幸, 佐野 栄, 世良耕一郎, カヤツリグサ科マツバによる重金属汚染水のファイトレメディエーションにおけるクレンアップの有効性, 第18回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究会講演集, 査読有, 2012, 445-448

(学会発表) (計 38 件)

1. 末岡裕理, 榑原正幸, 世良耕一郎, 重金属汚染地帯に自生する地衣類における地衣類-基盤相互作用, 第14回日本地質学会四国支部総会・講演会, 2014年12月20日, 愛媛大学 (愛媛県松山市)
2. 竹原明成, 榑原正幸, 佐藤 康・末岡裕理, 佐野 栄,

- カヤツリグサ科マツバのCs吸収能力に関する研究, 第14回日本地質学会四国支部総会・講演会, 2014年12月20日, 愛媛大学 (愛媛県松山市)
3. 大川佳子, 榑原正幸, 迫田昌敏, 世良耕一郎, 佐野 栄, 廃止鉱山における重金属に富む汚染水のカヤツリグサ科マツバによるファイトレメディエーション, 第14回日本地質学会四国支部総会・講演会, 2014年12月20日, 愛媛大学 (愛媛県松山市)
 4. Hendra Prasetia, Masayuki Sakakibara, Yuri Sueoka, Koichiro Sera, A Potential Ability of *Pteris cretica* for Phytoremediation in Abandoned Mine Site, 第14回日本地質学会四国支部総会・講演会, 2014年12月20日, 愛媛大学 (愛媛県松山市)
 5. Masayuki Sakakibara, Mohamad Jahja, Yuyu Indriati Arifin, Hasriwiani Habo Abbas, Basri Mahmud, Fitri Lihawa, Sayaka Takakura, Koichiro Sera, Building of regional resilience to mercury pollution in ASGM areas of Southeast Asia, TREPSEA2014 (International Conference of Transdisciplinary Research on Environmental Problem in Southeastern Asia), Sept. 4-5, 2014, Makassar (Indonesia)
 6. Yuyu Indriati Arifin, Masayuki Sakakibara, Koichiro Sera, Zuhriana Yusuf, Nanang Paramata, Mercury Contamination in human hair and health assessment of artisanal gold miners in Northern Gorontalo regency of Gorontalo Province, Northern Sulawesi, Indonesia, TREPSEA2014, Sept. 4-5, 2014, Makassar (Indonesia)
 7. Kenji Okazaki, M Shishido, Masayuki Sakakibara, Yuri Sueoka, T Kurahashi, Efforts on the purification of wastewater containing with selenium using the plants in civil engineering, TREPSEA2014, Sept. 4-5, 2014, Makassar (Indonesia)
 8. Masahito Shishido, Kenji Okazaki, Toshiyuki Kurahashi, Masayuki Sakakibara, Yuri Sueoka, Consideration of the effect of remedying the Selenium using the plants at indoor cultivation experiment, TREPSEA2014, Sept. 4-5, 2014, Makassar (Indonesia)
 9. Yoshiko Ohkawa, Masayuki Sakakibara, Masatoshi Sakoda, Sakae Sano, Phytoremediation of heavy metal-contaminated mine drainage by aquatic macrophyte *Eleocharis acicularis*, TREPSEA2014, Sept. 4-5, 2014, Makassar (Indonesia)
 10. Yuri Sueoka, Masayuki Sakakibara, Koichiro Sera, Heavy metal accumulation of lichens *Stereocaulon extutum* and *Cladonia* spp. on contaminated substrata and maldistribution of the heavy metals in lichen thallus, TREPSEA2014, Sept. 4-5, 2014, Makassar (Indonesia)
 11. Akinari Takehara, Masayuki Sakakibara, Yuri Sueoka, Yasushi Sato, Sakae Sano, Basic experiments of Cs uptake capacity of *Eleocharis acicularis*, TREPSEA2014, Sept. 4-5, 2014, Makassar (Indonesia)
 12. Masayuki Sakakibara, Akinari Takehara, Koichiro Sera, Phytoremediation, Using aquatic macrophyte *Eleocharis acicularis* to clean up environments, TREPSEA2014, Sept. 4-5, 2014, Makassar (Indonesia)
 13. Hendra Prasetia, Masayuki Sakakibara, Koichiro Sera, Yuri Sueoka, A potential ability of *Pteris cretica* for phytoremediation in abandoned mine site, TREPSEA2014, Sept. 4-5, 2014, Makassar

- (Indonesia)
14. Basri Mahmud, Hasriwiani Habo, Yayu Indriati, Masayuki Sakakibara, Koichiro Sera, Mercury Concentration of Hair of Inhabitants in Southern Sulawesi Province, TREPSEA2014, Sept. 4-5, 2014, Makassar (Indonesia)
 15. 榎原正幸, 畑中真菜美, 末岡裕理, 竹原 明成, 佐野 栄, 世良耕一郎, 重金属汚染地域における生物指標としてのヘビネゴザの有効性, 第20回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, 2014年6月19-20日, 和歌山県民文化会館 (和歌山県和歌山市)
 16. 大川佳子, 榎原正幸, 迫田昌敏, 佐野 栄, 重金属汚染地域における生物指標としてのヘビネゴザの有効性, 第20回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, 2014年6月19-20日, 和歌山県民文化会館 (和歌山県和歌山市)
 17. Yayu I. Arifin, Masayuki Sakakibara, Sayaka Takakura, Mohamad Jahja, Fitriane Lihawa, Marike Machmud, Mercury Pollution from Artisanal and Small-scale Au Mining (ASGM) Activities in Gorontalo Utara regency, Indonesia, 第13回日本地質学会四国支部総会・講演会, 2013年12月21日, 愛媛大学 (愛媛県松山市)
 18. 末岡裕理, 榎原正幸, 西南日本廃止鉱山残土堆積場と廃棄された製錬スラグの風化プロセス, 第13回日本地質学会四国支部総会・講演会, 2013年12月21日, 愛媛大学 (愛媛県松山市)
 19. 末岡裕理, 榎原正幸, 西南日本廃止鉱山残土堆積場における製錬スラグ風化過程の解明, 第23回環境地質学シンポジウム, 2013年11月29-30日, 産業技術総合研究所(つくば)共用講堂(茨城県つくば市)
 20. Yayu I. Arifin, Masayuki Sakakibara, Sayaka Takakura, Mohamad Jahja, Fitriane Lihawa, Marike Machmud, Artisanal and small scale Gold Mining in Gorontalo Utara regency, Indonesia, 第23回環境地質学シンポジウム, 2013年11月29-30日, 産業技術総合研究所 (つくば) 共用講堂 (茨城県つくば市)
 21. Masayuki Sakakibara, Phytoremediation of toxic heavy metal-polluted water and soils by Eleocharis acicularis, The International Symposium Hanoi Geoengineering 2013, October 17-19, 2013, Hanoi (Vietnam)
 22. Masayuki Sakakibara, Transdisciplinary research on mercury pollution in Northern Sulawesi, Indonesia, International Seminar and Workshop on Quality Assurance & ICT, Sept. 3, 2013, Gorontalo (Indonesia)
 23. 榎原正幸, カヤツリグサ科マツバイによる有害金属汚染された水・土壌のファイトレメディエーション, 愛媛大学・総合地球環境学研究所共同国際シンポジウム, 2013年6月22日, 愛媛大学 (愛媛県松山市)
 24. 竹原明成, 榎原正幸, 佐野 栄, カヤツリグサ科ハライ属マツバイのCs吸収能力に関する基礎的研究, 第19回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, 2013年6月13-14日, 京都大学 百周年時滞十台記念館 (京都府京都市)
 25. 榎原正幸, 向井 堯, 佐藤 康, 佐野 栄, カヤツリグサ科ハライ属チャボイによる重金属汚染のファイトレメディエーションに関する基礎的研究, 第19回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, 2013年6月13-14日, 京都大学 百周年時滞十台記念館 (京都府京都市)
 26. 竹原明成, 榎原正幸, 佐野 栄, 世良耕一郎, カヤツリグサ科ハライ属マツバイのCs吸収能力に関する基礎的研究, 第19回NMCC 共同利用研究成果発表会, 2013年5月17-18日, 岩手医科大学 (岩手県盛岡市)
 27. 榎原正幸, 彦田真友子, 佐野 栄, 世良 耕一郎, カヤツリグサ科マツバイによる有害重金属汚染河川の水質改善, 第19回NMCC 共同利用研究成果発表会, 2013年5月17-18日, 岩手医科大学 (岩手県盛岡市)
 28. 末岡裕理, 榎原正幸, 世良耕一郎, 重金属汚染された基盤に対する環境指標としてのキノコの有用性の評価, 第12回日本地質学会四国支部総会・講演会, 2012年12月15日, 愛媛大学 (愛媛県松山市)
 29. 竹原明成, 榎原正幸, 佐野 栄, 世良耕一郎, カヤツリグサ科ハライ属マツバイのCs吸収に関する水耕栽培実験, 第12回日本地質学会四国支部総会・講演会, 2012年12月15日, 愛媛大学 (愛媛県松山市)
 30. 向井 堯, 榎原正幸, 佐野 栄, カヤツリグサ科ハライ属チャボイのCs吸収に関する水耕栽培実験, 第12回日本地質学会四国支部総会・講演会, 2012年12月15日, 愛媛大学 (愛媛県松山市)
 31. 藏本 翔, 榎原正幸, 重金属汚染水のカヤツリグサ科マツバイによるファイトレメディエーションにおけるクлинаアッシュ添加の有効性, 第12回日本地質学会四国支部総会・講演会, 2012年12月15日, 愛媛大学 (愛媛県松山市)
 32. 榎原正幸, セレンに富む残土排水のカヤツリグサ科マツバイによる浄化, 日本応用地質学会中国四国支部平成24年度研究発表会, 愛媛, 2012年10月5日, 愛媛県民文化会館 (愛媛県松山市)
 33. 榎原正幸, 福島県における放射性セシウム汚染された土壌の植物による除染, RADDEX2012 (環境放射線除染・廃棄物処理国際展), 2012年9月24-26日, 科学技術館 (東京都, 千代田区)
 34. 榎原正幸, 藏本 翔, 岡崎健台, 伊東 佳彦, 大日向昭彦, 竹花大介, セレン汚染された建設発生土浸出水のカヤツリグサ科マツバイによるファイトレメディエーション, 日本地質学会, 2012年9月16日, 大阪府立大学 (大阪府堺市)
 35. 榎原正幸, 植物による放射性セシウムの除去, 平成24年度資源・素材関係学協会合同秋季大会, 2012年9月11日, 秋田大学 (秋田県秋田市)
 36. 榎原正幸, 久保田有紀, 福島県における放射性Cs汚染土壌のカヤツリグサ科マツバイによるファイトレメディエーション, 第18回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, 2012年6月14日, 埼玉会館 (埼玉県さいたま市)
 37. 榎原正幸, 藏本 翔, 岡崎健台, 伊東佳彦, 大日向昭彦, 竹花大介, セレンに富む残土排水のカヤツリグサ科マツバイによるファイトレメディエーション, 第18回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, 2012年6月14日, 埼玉会館 (埼玉県さいたま市)
 38. 藏本 翔, 榎原正幸, 佐野 栄, 世良耕一郎, カヤツリグサ科マツバイによる重金属汚染水のファイトレメディエーションにおけるクлинаアッシュの有効性, 第18回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, 2012年6月14日, 埼玉会館 (埼玉県さいたま市)
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
榎原 正幸 (SAKAKIBARA, Masayuki)
愛媛大学・理工学研究科・教授
研究者番号: 80202084
 - (2) 研究分担者
佐野 栄 (SANO, Sakae)
愛媛大学・教育学部・教授
研究者番号: 10226037