

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 10 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22510084

研究課題名（和文） バイオマスを用いた重金属の吸着と回収の新技术

研究課題名（英文） Development of New Method for Adsorption and Recovery of Heavy Metal using Biomass

研究代表者

狩野 直樹（KANO NAOKI）

新潟大学・自然科学系・准教授

研究者番号：00272857

研究成果の概要（和文）：

有害物質の除去のみならず資源回収の観点から、特に希土類元素(REEs)やウラン(U)に焦点をあて、海藻や貝殻等を利用した金属の除去・回収の研究に取り組んだ。その結果、(1)海藻および貝殻によるREEs吸着は、総じてLangmuir吸着等温線に適応し、単分子層の吸着の傾向が強い。(2)貝殻によるREEs吸着は、蛋白質を含んだ隙間の部分で支配的に起こる可能性が大きい。等がわかった。本研究により、海藻や貝殻のバイオマスが有効なREEsの吸着剤になりうる可能性を示した。

研究成果の概要（英文）：

From the viewpoint of resources recovery as well as environmental protection, the investigation about removal and recovery of heavy metals (particularly rare earth elements (REEs) and uranium (U)) using the seaweed and shell biomass was performed in this work. Consequently, the following matters have been mainly clarified. (1) Adsorption isotherms for REEs using the seaweed and shell biomass can be generally described by Langmuir isotherms more satisfactorily. It indicates that the adsorption occur predominantly on the monolayer. (2) The cracks area containing protein in the shell biomass shows high absorption capacity for REEs. Then, this study suggested that the seaweed and shell biomass could be efficient sorbents for REEs.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：環境分析化学

科研費の分科・細目：環境技術・環境材料

キーワード：環境修復技術、バイオマス、生物吸着、資源回収、重金属

1. 研究開始当初の背景

(1) 現在、地球上には有害物質で汚染された環境が多数報告されている。重金属等の環境汚染物質を効率よく迅速に処理し、可能な限り元の安全な状態に戻す技術が重要で不可

欠と考えられる。

(2) 一方、希土類元素等の重金属は幅広い産業分野で利用されており、近年需要が拡大しているものの、国内では資源枯渇の危機にあり、貴金属の安定供給が課題となっている。

2. 研究の目的

- (1) 環境に低負荷で低コストであるバイオマス等の天然物質を用いて、汚染物質を除去・回収する手法を確立し環境浄化に役立てることを目的とする。
- (2) バイオマスを金属の吸着剤として利用し、資源回収に役立てることを目指す。

3. 研究の方法

(1) 各種バイオマスの吸着剤としての特質把握

海藻・貝殻・木材バイオマスの吸着剤としての特質把握のため、比表面積測定装置や走査電子顕微鏡(SEM)、電子プローブマイクロアナリシス(EPMA)装置による測定を行う。

(2) バイオマスを重金属の吸着剤として用いた吸着モデル実験および吸着メカニズムの検討

処理したバイオマス試料と汚染溶液(重金属等を含んだ水・土壌)との相互作用に関する室内モデル実験を、pH、振とう時間、汚染溶液の初期濃度、バイオマス試料の物質量や共存イオンの影響等の条件を変化させながら行い、吸着・捕捉に関する最適条件を決定する。そして、得られたデータを Langmuir や Freundlich 等の吸着等温モデル式に適合し、吸着メカニズムの検討を行う。

(3) 植物やバイオ界面活性剤を用いた重金属の除去・回収

上記のバイオマスによる吸着実験と併用して、植物やバイオ界面活性剤を用いて重金属の除去・回収法を検討した。

実際の汚染土壌やスラッジの修復に応用するため、まず農耕土壌やスラッジ中の金属元素を連続抽出法により水溶態 F1、交換態 F2、無機結合態 F3、有機物結合態 F4、遊離酸化物吸蔵態 F5、残留態 F6 の 6 つのフラクションに分別し、総量とともに分別定量を行った。次に植物やバイオ界面活性剤を用いて、バッチ実験における溶液の pH やバイオ界面活性剤の濃度、カラム実験における洗浄量等を検討し、重金属の除去・回収法における最適条件を探索した。

4. 研究成果

(1) 海藻バイオマスによる吸着実験

海藻バイオマスの希土類元素(REEs)に対する吸着剤としての有効性を検証するため、3種類の海藻(褐藻のイソモク、紅藻のベニスナゴ、緑藻のアナアオサ)を用いて、ランタノイド元素(La, Eu, Yb)の吸着実験を行った。さらに、得られたデータを、Langmuir 吸着等温式や Freundlich 吸着等温式に適用することにより、吸着除去メカニズムを検討した。その結果、主として以下のことが明らかになった。

- (1) 海藻バイオマスは、REEs の有用な吸着剤

となりうる。特に緑藻のアナアオサは、La 除去における有望な吸着剤といえる(図1)。(2) 海藻バイオマスによるランタノイド元素の吸着において、イオン交換が主要なメカニズムであると考えられる。(3) 海藻バイオマスによるランタノイド元素の吸着等温線は、特に Langmuir 吸着等温線によく適合し、単分子層の吸着傾向が強いことが示唆された。

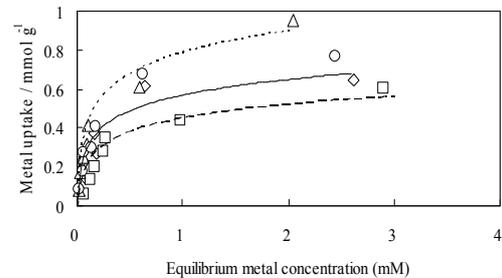


図1: 三種類の海藻(○: 褐藻イソモク, □: 紅藻ベニスナゴ, △: 緑藻アナアオサ)を用いた La の吸着等温線 (pH 4)

(2) 貝殻バイオマスによる吸着実験

環境に低負荷で低コストである貝殻バイオマスのランタノイド元素に対する吸着剤としての有効性を検証するため、オオエッチュウバイ等の貝殻を用いて、既知量のランタノイド元素を含有した多元素溶液中からの吸着実験を行った。さらに、これらの貝殻バイオマスの金属吸着前後の貝殻の結晶構造、表面状態ならびに元素分布状態の分析、比表面積の定量を行った。その結果、主として以下のことが明らかになった。(1) 貝殻バイオマスによるランタノイド元素の吸着等温線は総じて Langmuir 吸着等温線に適合し、単分子層の吸着の傾向が強い。(2) 貝殻粉砕物では主として霰石の結晶構造が確認されたが、焼成(480°C, 6時間)を行うことにより方解石に変化し、表面積も 1/8 倍程度に低下した。(3) 貝殻による REEs 吸着は、蛋白質を含んだ隙間の部分で支配的に起こる可能性が大きい(図2)。(4) 通常、廃棄物として扱われる貝殻のバイオマスは、今後、ランタノイド元素の有用な吸着剤になりうる。

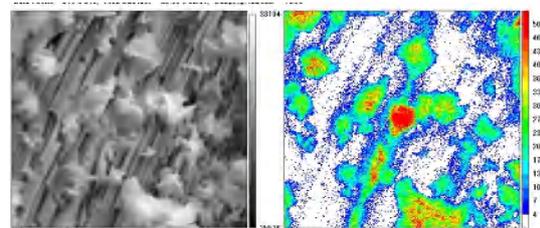


図2: 金属吸着前後の貝殻(オオエッチュウバイ)の表面状態(SEM写真)および元素分布(EPMA)

(3) 農耕土壌やスラッジ中の金属元素の動態と分布状態

農耕土壌や水処理施設からのスラッジ中の金属元素を連続抽出法により水溶態 F1, 交換態 F2, 無機結合態 F3, 有機物結合態 F4, 遊離酸化物吸蔵態 F5, 残留態 F6 の6つのフラクションに分別し, 総量とともに分別定量を行い, 各金属元素の動態や分布状態を探求した。その結果, 主として以下のことが明らかになった。(1) 土壌中の金属元素の大部分は, 残留態 F6, 遊離酸化物吸蔵態 F5, 有機結合態 F4 で存在している (図 3)。また, 春から秋にかけて明瞭な変化は確認できなかった。大部分が F4-F6 で存在しているため, 現段階では金属が環境へ影響を及ぼす可能性は小さいと言える。(2) スラッジ中の重金属濃度は, 天然の農耕土壌中に比べて一般に高い。(3) スラッジ中の重金属における存在形態分布の特性は, 土壌中の重金属と類似しているが, 残留態の割合が概して低い。

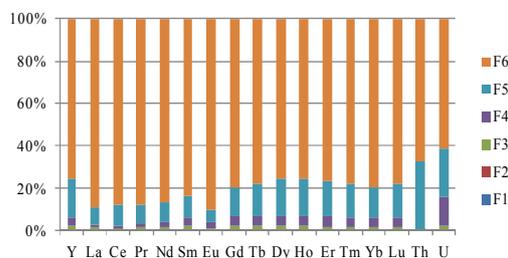


図 3: 水田土壌中の希土類元素, トリウム, ウランの存在形態別分布

(4) バイオ界面活性剤や植物を用いた重金属の除去・回収

まず, バイオ界面活性剤を利用したスラッジ中の重金属の除去実験を行い, バイオ界面活性剤の除去作用としての有効性を検討した。その結果, 主として以下のことが明らかになった。(1) バイオ界面活性剤のうち, 特にサポニン, スラッジからの重金属除去に効果的であった。(2) サポニンによって処理された後のスラッジからの溶出液は, pH が 10.9 において, 90%以上の重金属の除去・回収率を示した (図 4)。

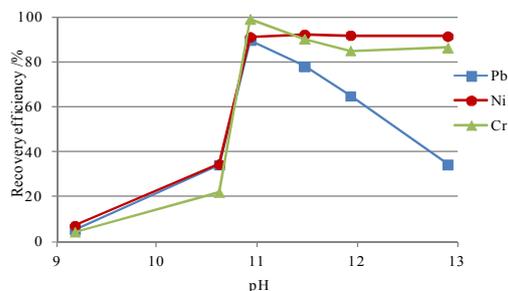


図 4: スラッジ溶出液からの重金属(Pb, Ni, Cr)の除去

次に, 亜鉛(Zn)および鉛(Pb)によって汚染された土壌を, 人工気象器中で育成したカラシナを用いたファイトレメディエーションにより修復する方法を探索した。その際, キレート剤(EDTA および EDDS)を用いて, これらのキレート剤がファイトレメディエーションに及ぼす効能を検討した。その結果, (1) キレート剤は根から茎葉部への Zn および Pb の移動を促進させた, (2) キレート剤は, 概して植物バイオマスの生長を抑制したが, 特に EDDS は EDTA よりもさらにその程度が大きい, 等がわかった。

さらに, 上記の汚染土壌やスラッジにおいて, 2 種のバイオ界面活性剤を加え, バイオ界面活性剤がファイトレメディエーションに及ぼす効能を検討した。その結果, 一定範囲の濃度 (本研究では, 少なくとも 0.05~0.5g/kg) のバイオ界面活性剤の添加は, 植物量および植物中の Pb 濃度を増大させる (図 5) ことがわかり, その効能が確認できた。

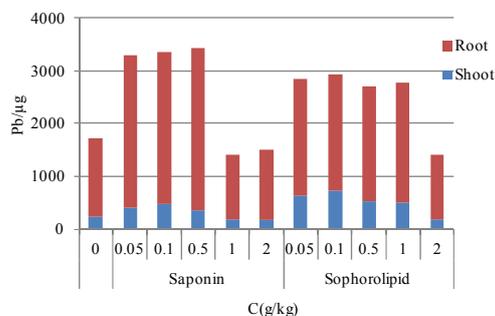


図 5: バイオ界面活性剤の添加による Pb のファイトレメディエーションに及ぼす効果

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 12 件)

- ① Lidi Gao, Naoki Kano, Yuichi Sato, Chong Li, Shuang Zhang, and Hiroshi Imaizumi, “Behavior and Distribution of Heavy Metals Including Rare Earth Elements, Thorium, and Uranium in Sludge from Industry Water Treatment Plant and Recovery Method of Metals by Biosurfactants Application”, *Bioinorg. Chem. and Appl.*, Vol. 2012, Article ID 173819, 11 pages (2012), DOI:10.1155/2012/173819, 査読有
- ② Lidi Gao, Naoki Kano, Yuichi Sato, Shuang Zhang, Hiroshi Imaizumi, “Effect of EDTA and EDDS on phytoremediation of Pb- and Zn-contaminated soil by Brassica Juncea”,

Advanced Materials Research Vols. 518-523 (2012) pp 5040-5046,

DOI:10.4028/www.scientific.net/AMR.518-523.5040, 査読有

③ Noriaki Kataoka, Hiroshi Imaizumi, and Naoki Kano, “Kinetic estimation of hydrogen isotope exchange reaction between tritiated-water (HTO) vapor and each amino acid in a heterogeneous system”, *Journal of Nuclear Science and Technology*, Vol. 49, No. 7 (2012) pp. 667-672, 査読有

④ Yurong Jiao, Hiroshi Imaizumi and Naoki Kano, “Seasonal Variation of Tritium and Major Elements in Snow and Precipitation in Niigata Japan”, *Journal of Environmental Science and Engineering*, A1 (2012) pp 1218-1225, 査読有

⑤ Lidi GAO, Naoki KANO, Yoshimasa HIGASHIDAIRA, Yoshikazu NISHIMURA, Ryo ITO, and Hiroshi IMAIZUMI, “Fractional determination of Some Metallic Elements including Rare Earth Elements, Thorium and Uranium in Agriculture Soil by Sequential Extraction Procedure” *Radioisotopes*, 60(11), 443 -459 (2011), 査読有

⑥ Yurong Jiao, Sayuri ISHIDA, Kayoko TAKADA, Hiroshi IMAIZUMI, Naoki KANO and Masaaki Saito, “Observation of the Movement of the Precipitation by Using Tritium Tracer” *Radioisotopes*, 60(9), 363 -374 (2011), 査読有

⑦ 佐藤徹也, 焦玉荣(Jiao Yurong), 今泉洋, 狩野直樹, 「トリチウムトレーサー法を用いた硫酸銅の結晶水の挙動」 *Radioisotopes*, 60 (5), 215 -219 (2011), 査読有

⑧ Yusuke KOTO, Naoki KANO, Yudan WANG, Nobuo SAKAMOTO and Hiroshi IMAIZUMI, “Biosorption of lanthanides from Aqueous Solutions using Pretreated *Buccinum tenuissimum* Shell Biomass”, *Bioinorg. Chem. and Appl.*, Vol. 2010, Article ID 804854, 10 pages (2010), DOI: 10.1155/2010/804854, 査読有

⑨ Nobuo SAKAMOTO, Naoki KANO, Yudan WANG, Lidi GAO and Hiroshi IMAIZUMI, “Biosorption of Lanthanides using Three Kinds of Seaweed Biomasses”, *Radioisotopes*, 59 (11), 623 -636 (2010), 査読有

⑩ Yudan WANG, Yusuke KOTO, Nobuo SAKAMOTO, Naoki KANO and Hiroshi IMAIZUMI, “Biosorption of Rare Earths Elements, Thorium and Uranium using *Buccinum Tenuissimum* Shell Biomass”, *Radioisotopes*, 59 (9), 549-558 (2010), 査読有

⑪ 片岡憲昭, 今泉洋, 斉藤弘, 佐藤貴之, 狩野直樹, 「T-for-H 交換反応における L-ノルバリンの 2 段階同時反応解析 — 極性効果と立体効果の影響に対する Taft 式の適用 —」 *Radioisotopes*, 59 (6), 379 -386 (2010), 査読有

⑫ 山崎佑樹, 今泉洋, 狩野直樹, 「T-for-H 交換反応を用いたベンズアルデヒド誘導体の速度論的反応解析」 *Radioisotopes*, 59 (5), 311-318 (2010), 査読有

[学会発表] (計 38 件)

1. Chong LI, Kunihiro TANABE, Naoki KANO and Hiroshi IMAIZUMI, “Chemical Behavior of Chromium in Surface Lagoon Water and Biosorption of Chromium from Aqueous Solution using Chitosan”, BIT’s 2nd Annual World Congress of Marine Biotechnology (WCMB2012), Sep. 20-23, 2012, Dalian, China

2. 中森 翔, 田辺国大, 狩野直樹, 今泉洋: 「バイオマスを用いた溶液中クロムの除去の検討」日本分析化学会第 61 年会, 平成 24 年 9 月 19 日, 金沢大学

3. 若林美幸, 竹橋央真, 狩野直樹, 今泉洋: 「水生植物を用いた水環境中のヒ素, クロムなどの除去」日本分析化学会第 61 年会, 平成 24 年 9 月 19 日, 金沢大学

4. 守橋真菜美, 今泉洋, 狩野直樹: 「種々の磁性を持つ弱塩基性陰イオン交換樹脂の合成とその性能評価」日本分析化学会第 61 年会, 平成 24 年 9 月 19 日, 金沢大学

5. 星野翔吾, 今泉洋, 狩野直樹: 「マグネタイト含有弱塩基性陰イオン交換樹脂の合成とその性能評価」日本分析化学会第 61 年会, 平成 24 年 9 月 19 日, 金沢大学

6. 東平吉正, 高立娣(Gao Lidi), 志田未来, 狩野直樹, 今泉洋: 「土壌環境中における希土類元素, トリウム, ウラン等の動態および腐植物質との相互作用」第 49 回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成 24 年 7 月 11 日, 東京大学

7. Adiljiang, Tiemuer (アディリジャンテムレ), 堺明世, 稲垣里實, 狩野直樹, 今泉洋, 渡部直喜: 「酸素安定同位体比や栄養塩等から見た近年の新潟県の環境水の特徴」第 49 回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成 24 年 7 月 10 日, 東京大学

8. 佐藤 淳, 今泉洋, 狩野直樹: 「T-for-H 交換反応における各種アミドの速度論的反応解析」第 49 回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成 24 年 7 月 9 日, 東京大学

9. 青塚 潤, 佐藤貴之, 今泉洋, 狩野直樹: 「T-for-H 交換反応におけるピリジン誘導体の速度論的反応解析」第 49 回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成 24 年 7 月 9 日,

東京大学

10. 片岡憲昭, 今泉 洋, 狩野直樹:「T-for-H 交換反応を用いた室温での各種アミノ酸の反応性の評価」第 49 回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成 24 年 7 月 9 日, 東京大学
11. 星野翔吾, 天野元彦, 今泉 洋, 狩野直樹:「トリチウムトレーサ法による硫酸マグネシウム七水和物の結晶水の挙動」第 49 回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成 24 年 7 月 9 日, 東京大学
12. 守橋真菜美, 沼口菜摘, 高橋羽月, 今泉洋, 狩野直樹, 斎藤正明, 加藤徳雄, 石井吉之, 斉藤圭一, Jiao Yurong, 片岡憲昭:「新潟市における降水中のトリチウム濃度測定や他のイオンと気団解析とから得られた福島第一原発事故の影響評価」第 49 回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成 24 年 7 月 9 日, 東京大学
13. Lidi Gao, Naoki Kano, Yuichi Sato, Shuang Zhang, Hiroshi Imaizumi, ”Effect of EDTA and EDDS on phytoremediation of lead(Pb) & zinc(Zn)- contaminated soil by *Brassica Juncea*”, International Conference on Energy and Environmental Protection 2012 (ICEEP 2012), June 23-24 (2012), Hohhot, China
14. Yurong Jiao, Hiroshi Imaizumi, Naoki Kano, “Seasonal variation of tritium and major element in snow and short term precipitation in Niigata Japan”, International Conference on Energy and Environmental Protection 2012 (ICEEP 2012), June 23-24 (2012), Hohhot, China
15. 田辺国大, 吉村友樹, 荒谷朱美, 狩野直樹, 今泉 洋:「環境水中の重金属の動態および天然物質を用いた浄化・回収法の検討」日本分析化学会第 60 年会, 平成 23 年 9 月 14 日, 名古屋大学
16. 佐藤裕一, 安中 崇, 竹橋央真, 狩野直樹, 今泉 洋:「ファイトレメディエーションを用いた重金属汚染された水・土壌環境における浄化方法の検討」, 日本分析化学会第 60 年会, 平成 23 年 9 月 14 日, 名古屋大学
17. 東平 吉正, 西村 孔一, 高立娣(Gao Lidi), 狩野直樹, 今泉 洋:「土壌環境中における希土類元素, トリウム, ウランの存在形態と分布」第 48 回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成 23 年 7 月 6-8 日, 東京
18. Jiao Yurong, 石田さゆり, 柳 麻美, 今泉洋, 狩野直樹, 斎藤正明, 加藤徳雄, 石井吉之: “Annual or seasonal variations of specific activity of tritium and of concentrations of major ions in precipitation in Niigata City”, 第 48 回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成 23 年 7 月 6-8 日, 東京
19. 西村啓成, 今泉 洋, 狩野直樹:「T-for-H 交換反応を用いた各種芳香族スルホン酸誘

- 導体の速度論的反応解析」第 48 回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成 23 年 7 月 6-8 日, 東京
20. 佐藤 淳, 今泉 洋, 狩野直樹:「T-for-H 交換反応を用いた各種脂肪族アミドの速度論的反応解析」第 48 回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成 23 年 7 月 6-8 日, 東京
21. 佐藤貴之, 今泉 洋, 狩野直樹:「T-for-H 交換反応を用いた異なる置換基を持つ種々のピリジン誘導体の速度論的反応解析」第 48 回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成 23 年 7 月 6-8 日, 東京
22. 片岡憲昭, 今泉 洋, 狩野直樹:「T-for-H 交換反応を用いた室温における COOH 基と NH₂ 基の 2 段階同時解析」第 48 回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成 23 年 7 月 6-8 日, 東京
23. Gao Lidi, Nishimura Yoshikazu, Sato Yuichi, Higashidaira Yoshimasa, Kano Naoki, Imaizumi Hiroshi, ”Separation and Analysis of the Chemical Form of Metals in Sludge from Some Industry Water Treatment Plant”, IUPAC International Congress on Analytical Sciences 2011 (ICAS2011), Kyoto, May 22-26, 2011
24. Yudan Wang, Nobuo Sakamoto, Yusuke Koto, Naoki Kano, Hiroshi Imaizumi, “Analysis of mechanism of the Biosorption of Rare Earth Elements Using *Buccinum Tenussimum* Shell Biomass”, IUPAC International Congress on Analytical Sciences 2011 (ICAS2011), Kyoto, May 22-26, 2011
25. Naoki Kano, Chong Li, Nobuo Sakamoto, Yudan Wang, Hiroshi Imaizumi, “Biosorption of REEs, Th and U Using Some Marine Biomasses”, 1st Annual World Congress of Marine Biotechnology (WCMB2011), April 25-30, 2011, Dalian, China
26. LI Chong, TANABE Kunihiro, HARA Takayuki, ARAYA Akemi, KANO Naoki, IMAIZUMI Hiroshi WATANABE Naoki, XU Gongdi, “Evaluation of Comprehensive Water Quality and Protection Measures of Sakata Lagoon in Niigata Prefecture, Japan”, 17th Asian Symposium on Ecotechnology (ASET17), November 11-13, 2010, Kurobe, Japan
27. GAO Lidi, NISHIMURA Yoshikazu, SATO Yuichi, HIGASHIDAIRA Yoshimasa, KANO Naoki, IMAIZUMI Hiroshi, “Behavior and Distribution of Metals in Soil Environment in Niigata and Yamagata Prefectures, Japan”, 17th Asian Symposium on Ecotechnology (ASET17), November 11-13, 2010, Kurobe, Japan
28. WANG Yudan, SHIMA Shizuka, SAKAMOTO Nobuo, KANO Naoki, IMAIZUMI Hiroshi, “Biosorption of Rare earth elements (REEs) from Aqueous Solutions by Pretreated Shell and Thermodynamic and Kinetic

Study on the absorption”, 17th Asian Symposium on Ecotechnolgy (ASET17), November 11-13, 2010, Kurobe, Japan

29. 佐藤 裕一, 安中 崇, 竹橋 央真, 狩野直樹, 今泉 洋: 「ファイトレメディエーションによる土壌中の重金属 (鉛, 亜鉛, ヒ素) 除去の検討」日本分析化学会第61年会, 平成22年9月15日, 東北大学

30. 佐藤 裕一, 安中 崇, 竹橋 央真, 狩野直樹, 今泉 洋: 「ファイトレメディエーションを用いた土壌中の重金属除去の検討」第24回日本分析化学会関東支部新潟地区部会研究発表会, 平成22年9月10日, 新潟

31. 西村孔一, Gao Lidi, 伊藤亮, 佐藤裕一, 東平吉正, 狩野直樹, 今泉 洋: 「土壌環境における希土類元素, トリウム, ウラン, 重金属元素の動態」第47回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成22年7月9日, 東京

32. 上野悠一, Li Chong, Jiao Yurong, 狩野直樹, 今泉 洋: 「新潟県における降水の酸素安定同位体比および水質基礎項目との関連」第47回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成22年7月9日, 東京

33. 石田さゆり, Jiao Yurong, 高田佳代子, 今泉洋, 狩野直樹, 斎藤正明, 加藤徳雄, 石井吉之, 斎藤圭一: 「降水中のトリチウム濃度とカルシウムイオン濃度とを用いた気団動態の解析」第47回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成22年7月9日, 東京

34. Jiao Yurong, 高田佳代子, 石田さゆり, 今泉洋, 狩野直樹, 斎藤正明, 加藤徳雄, 石井吉之, 斎藤圭一: 「トリチウムを追跡因子とした短期型降水の挙動」第47回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成22年7月9日, 東京

34. 高橋洋輔, 今泉 洋, 斎藤正明, 福井 聡, 佐藤孝雄, 狩野直樹: 「強磁場下での SPE 電解濃縮におけるトリチウム分離係数への温度の影響」第47回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成22年7月9日, 東京

36. 西村啓成, 今泉 洋, 狩野直樹: 「T-for-H 交換反応を用いたベンゼンスルホン酸誘導体の速度論的反応解析」第47回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成22年7月8日, 東京

37. 片岡憲昭, 今泉 洋, 狩野直樹: 「T-for-H 交換反応を用いた脂肪族アミノ酸の速度論的反応解析」第47回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成22年7月8日, 東京

38. 佐藤徹也, 今泉 洋, 狩野直樹: 「硫酸銅五水和物の結晶水の挙動と構造解析へのトリチウムトレーサー法の適用」第47回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成22年7月8日, 東京

〔図書〕(計 1 件)

Book Title: Biomass Now - Sustainable Growth

and Use (edited by Dr. Miodrag Darko Matovic) ISBN 978-953-51-1105-4, Hard cover, 540 pages, (Publisher: InTech) 2013

<http://www.intechopen.com/books/biomass-now-sustainable-growth-and-use>

Naoki Kano, Chap. 4 (pp. 101-126): "Biosorption of Lanthanides Using Some Marine Biomasses"

6. 研究組織

(1) 研究代表者

狩野 直樹 (KANO NAOKI)
新潟大学・自然科学系・准教授
研究者番号: 00272857

(2) 研究分担者

今泉 洋 (IMAIZUMI HIROSHI)
新潟大学・自然科学系・教授
研究者番号: 80126391