

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 4 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25340083

研究課題名(和文) 重金属の除去回収を目指した新規吸着剤の開発

研究課題名(英文) Development of New Adsorbents for Removal and Recovery of Heavy Metals

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：バイオマスをベースに作成した天然材料による重金属吸着に関する研究を行い、吸着剤としての有用性を検証し、環境浄化や資源回収に役立てることを目的とする。天然材料として、硝酸で表面加工した新潟県の雪椿炭やキトサンとゼオライトのハイブリッド材料等を用いた。作成した新規材料は、SEMやFT-IRにより表面状態を特性評価した。得られたデータを吸着等温モデル式や反応速度式に適用し、吸着メカニズムや速度論的考察を行った。その結果、主として(1)硝酸処理を施した雪椿炭は、未処理の炭に比べて金属吸着率が増加する、(2)吸着等温線はLangmuir等温線に、また吸着速度は、擬二次反応に良く適応する、等がわかった。

研究成果の概要(英文)：Adsorption of heavy metals from aqueous solution onto natural materials based on some biomass was investigated to evaluate the efficiency of biomass as sorbent for heavy metals. Natural materials used in this work are Yukitsubaki carbon modified with nitric acid (10% and 30%) and chitosan. Furthermore, zeolite/chitosan hybrid composite (ZCHC) was prepared with sol-gel method by mixing zeolite and chitosan. The surface properties of these materials were characterized by using SEM and FT-IR. Furthermore, the sorption mechanism of heavy metals by these materials was investigated by applying some adsorption isotherms or kinetic models. Consequently, the following matters have been mainly obtained: (1) Adsorption capacity of heavy metals by carbon was increased after the modification with HNO₃. (2) Langmuir isotherm model better fits the experimental data than the Freundlich isotherm. (3) The rates of adsorption were found to conform to pseudo-second order kinetics.

研究分野：環境分析，環境浄化

キーワード：バイオマス 木炭 キトサン 有機-無機ハイブリッド材料 重金属 吸着剤

1. 研究開始当初の背景

(1) 現在、地球上では資源・エネルギーの大量消費に伴う環境問題が深刻化しており、特に資源に乏しい日本では、環境保全と同時に資源の確保や安定供給が重要な課題である。

(2) 当研究室では、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できたが、これらの海洋資源を金属の吸着剤や分離膜等として実用的に利用するためには、バイオマスの加工性をさらに向上させることが不可欠となる。

2. 研究の目的

(1) 効率的で環境にやさしい新規の金属吸着剤の開発を目指すため、バイオマスをベースに作成した吸着剤の有用性を検証し、環境浄化や資源回収に役立てることを目指す。

(2) 金属捕捉機能に優れた無機材料と有機材料をハイブリッド化して、重金属除去用の新規ナノ材料を創製することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 新規吸着剤の創製と特質評価

① バイオマス資源を利用した有機-無機ハイブリッド材料の作製と特性評価

バイオマス資源として、キトサン(カニやエビなどの甲殻類の外骨格から得られるキチンの脱アセチル化により生成)や表面修復した木炭(新潟県阿賀町特有の雪樁の炭)や活性炭を用いた。また有機材料のキトサンにゼオライト、シリカ等の無機材料をハイブリッドした材料をゾル-ゲル法により創製した。

これらの新規材料の吸着剤としての特性評価のため、比表面積及び細孔分布を測定するとともに、走査電子顕微鏡(SEM)による表面状態の観察、フーリエ変換赤外分光法(FT-IR)による官能基の同定を行った。

② キレート剤を層間挿入した無機イオン交換体(ハイドロタルサイト)の合成と特性評価

原料物質である金属2・3価イオン(Mg, Al等)のモル比を変化させ、種々のハイドロタルサイト(LDHs)の合成を行った。次にキレート剤として、エチレンジアミン四酢酸二水素ナトリウム二水和物(EDTA)に加え、[S,S]-エチレンジアミンコハク酸(EDDS)を層間挿入したLDH-EDDSを作製した。作製した試料の構造解析・特性評価のため、X線回折(XRD)や走査電子顕微鏡(SEM)、フーリエ変換赤外分光法(FT-IR)、元素分析(C, N等の定量)や比表面積測定を行った。

(2) 新規吸着剤を用いた水溶液中の重金属の除去回収

吸着剤と重金属等を含んだ水溶液との相

互作用に関する室内モデル実験をpH、振とう時間、吸着剤の投与量等を変化させて行い、吸着・捕捉に関する最適条件を決定する。その後、最適条件下で重金属の初期濃度を変化させて吸着等温線の作成を行うとともに、共存イオン存在下での阻害実験、および脱離実験を行った。得られた実験結果に基づき、LangmuirやFreundlich等の吸着等温モデル式に適応し、また速度論的考察を行い、吸着剤としての有用性の検証を行った。

(3) 植物やバイオ界面活性剤を用いた土壌中の重金属の除去回収

上記の吸着剤による水溶液中の重金属の除去・回収と併用して、植物やバイオ界面活性剤を用いた土壌環境中の重金属の除去・回収についても検討した。実際の汚染土壌やスラッジに適用するため、まず農耕(水田・畑・無耕作地)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、重金属の除去・回収における最適条件を探索し、それらの有効性を検討した。

4. 研究成果

本研究で得られた主な結果を以下に示す。

(1) 雪樁木炭を用いた水溶液からの重金属の除去、回収

新潟県阿賀町特有の雪樁の炭を用いて、重金属の吸着・除去実験を行った。

元の炭試料(YKC0と略記)および硝酸(10%, 30%)で表面修飾した試料(YKC10, YKC30と略記)におけるフーリエ変換赤外分光法(FT-IR)の結果をFig. 1に示す。

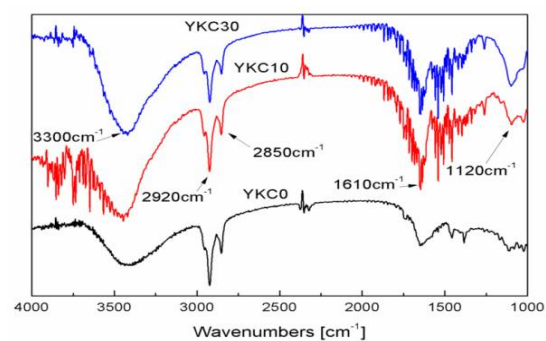


Fig. 1 : The FTIR spectra of pristine and modified YKCs

硝酸処理により、雪樁の炭の表面にカルボニル基やヒドロキシル基などの官能基の導入が確認された。また YKC30 の表面積および細孔体積は他の2つのサンプルよりも、低い値を示した (Table 1)。

Table1 Surface properties of pristine and modified YKCs

Sample	Specific surface area [m ² /g]	Pore volume [cm ³ /g]	Pore size [nm]
YKC0	157	0.0854	2.18
YKC10	158	0.0852	2.16
YKC30	144	0.0774	2.15

本研究における最適条件下において、雪椿炭によるCrの吸着は、Cr(III)においては95%以上、Cr(VI)においては85%程度と比較的高い吸着率を示した(Fig. 2)。

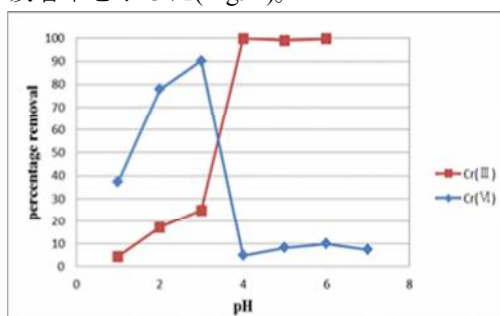


Fig.2 Effect of pH on percent removal of Cr(III) and Cr(VI) using YKC0

(2) 有機無機ハイブリッドした材料を用いた重金属の除去、回収

ゼオライトとキトサンとをハイブリッドした新規材料 (ZCHC と略記)を用いて、六価クロム(Cr(VI))の吸着・除去実験を行った。その結果、(1) ZCHC は、Cr(VI)の有用な回収剤になりうる、(2) ZCHC は、ゼオライトのみやキトサンのみに比べて、概してさらに良好なCr(VI)除去率を示し、また pH 3 において最大吸着量を示した (Fig. 3)、(3)吸着等温線は、Langmuir 吸着等温線に最も適応した(Fig. 4)、ことなどがわかった。

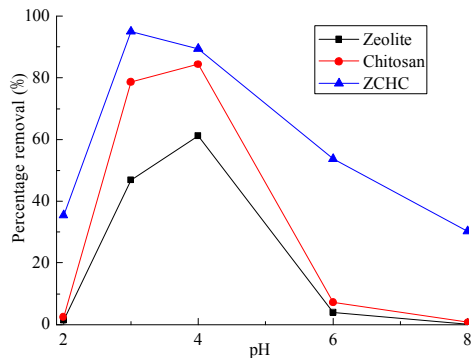


Fig.3 Effect of pH on percent removal of Cr(VI) using some adsorbents

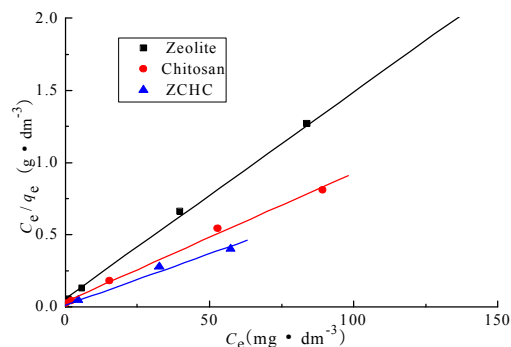


Fig. 4 Langmuir isotherm of Cr(VI) adsorption onto adsorbents

(3) キレート剤を層間挿入したハイドロタルサイトによる重金属の除去、回収

Mg²⁺とAl³⁺をベースにしたハイドロタルサイト(LDH)を合成 (L1 と略記)した後、2種のキレート剤(EDTA, EDDS)を層間挿入して、EDTA-LDH (L2 と略記), EDDS-LDH (L3 と略記)を作成した。これらの物質を用いて Cu²⁺, Pb²⁺の除去・回収実験を行った。その結果、(1) L2 および L3 は、L1 よりも、さらに良好な Cu²⁺, Pb²⁺除去率を示した、(2)吸着等温線は Freundlich 吸着等温線に十分に適応した (Fig. 5)、(3)EDTA-LDH および EDDS-LDH は、Cu²⁺, Pb²⁺等の重金属の有用な吸着剤となりうる、ことなどがわかった。

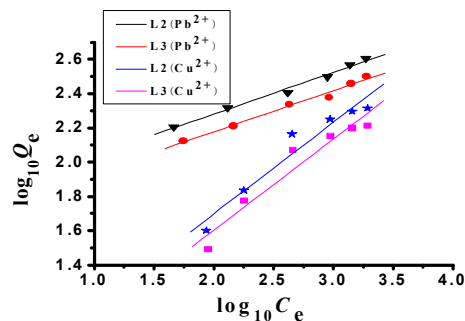


Fig.5 The correlation of experimental data to Freundlich isotherms models

(4) バイオ界面活性剤や植物を用いた重金属の除去・回収

人工気象器中で育成したカラシナ、ガザニア、西洋タンポポの3種の植物を用いて、土壌中の重金属 (Pb, Zn, Cd)の除去・回収を試みた。さらに、金属吸収の効率化や植物量を上げることを目指して、バイオ界面活性剤 (サポニンおよびタンニン酸) やキレート剤の添加を行った。キレート剤として EDTA の他に、生分解性キレート剤(EDDS, HIDS, GLDA)を用い、キレート剤の種類や濃度、湿度による金属除去能力を比較・検討した。その結果、(1)バイオ界面活性剤の種類、加え方(量と回数)により、植物中の根と茎の重金

属濃度のみならず根から茎への移動のしやすさが異なる, (2) キレート剤 (EDTA, EDDS) の添加は, 根から茎への重金属の移動を促進した, (3) 西洋タンポポによる Cd 吸収において, 湿度 50% の場合は湿度 70% の場合に比べて地上部の吸収が全体的に増加した。 (4) Cd 吸収の観点からは, 生分解性キレート剤のうち, HIDS が最も効果的であった。

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] (計 16 件)

① Pang, M., Kano, N., Imaizumi, H.: Adsorption of Chromium (VI) from Aqueous Solution Using Zeolite/Chitosan Hybrid Composite. *J. Chem. Chem. Eng.*, **9**, 433-441 (2015)

DOI: 10.17265/1934-7375/2015.07.001, 査読有

② Deng, Y., Kano, N., Nakamori, S., Xu, L., Imaizumi, H., Removal of Chromium from Aqueous Solution Using Yukitsubaki Carbon, *J. Chem. Chem. Eng.*, **9**, 329-338 (2015),

DOI: 10.17265/1934-7375/2015.05.004, 査読有

③ Pang, M., Liu, B., Kano, N., Imaizumi, H., Adsorption of Chromium(VI) onto Activated Carbon Modified with KMnO_4 , *J. Chem. Chem. Eng.*, **9**, 280-287 (2015)

DOI: 10.17265/1934-7375/2015.04.006, 査読有

④ Tiemuer, A., Kano, N., Imaizumi, H., Watanabe, N.: Isotopic and Chemical Characteristics of Lagoon Waters in Niigata Prefecture, Japan. *J. Environ. Sci. Eng. A* **4**, 131-136 (2015),

DOI: 10.17265/2162-5298/2015.03.004, 査読有

⑤ Kanda, N., Wang, Y., Kataoka, N., Yamada, R., Imaizumi, H., Kano, N., Effect of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant on Lakes in Fukushima Prefecture and Niigata City, *Radioisotopes*, **64**(12), 717-728 (2015), 査読有

⑥ Wang, Y., Kataoka, N., Kanda, N., Yamada, R., Watanabe, M., Morita, S., Imaizumi, H., Kano, N.: Investigation of Tritium and Radiocaesium in Spring Water and Short Precipitation after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant Accident. *Radioisotopes*, **64**(9), 553-561 (2015), 査読有

⑦ 山田龍太, 渡辺 南, Wang Ying, 片岡憲昭, 森田尚悟, 今泉 洋, 狩野直樹: 台風時における短期降水中のトリチウムと各種イオンの動態解析, *Radioisotopes*, **64**(7), 455-463 (2015), 査読有

⑧ 金 熙濬, 狩野直樹: 下水道污泥灰から高効率リン回収法の開発と重金属除去, *ケミカルエンジニアリング*, **60**(7), 522-527 (2015), 査読有

⑨ Adiljiang Tiemuer, Naoki Kano, Maiko Sasaki, Hiroshi Imaizumi, Naoki Watanabe:

Oxygen stable isotopic ratio in precipitations in Niigata Prefecture, Japan. *J. Environ. Sci. Eng. A* **3**, 229-239 (2014), 査読有

⑩ Noriaki Kataoka, Naoyuki Kanda, Hiroshi Imaizumi and Naoki Kano: Evaluation of the Reactivity of Ltyrosine in the T-for-H Exchange Reaction at Low Temperature. *Radioisotopes*, **63**(9), 429-434 (2014), 査読有

⑪ 青塚 潤, 王 螢, 佐藤貴之, 片岡憲昭, 今泉 洋, 狩野直樹: T-for-H 交換反応における各種ピリジン誘導体の速度論的反応解析と未知のニコチン酸誘導体の反応性推定への応用 *Radioisotopes*, **63**(6), 283-291 (2014), 査読有

⑫ Meiling PANG, Liang XU, Naoki KANO and Hiroshi IMAIZUMI: Adsorption of Heavy Metal onto Activated Carbon Modified with Potassium Permanganate (KMnO_4), *J. Chem. Eng. Japan*, **47**(5), 386-391 (2014), 査読有

⑬ Shuang ZHANG, Naoki KANO and Hiroshi IMAIZUMI: Adsorption of Cu^{2+} , Pb^{2+} by Mg-Al layered double hydroxides (LDH) intercalated with the chelating agents N,N'-1,2-ethanediybis-1-Aspartic acid (EDDS) and ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), *J. Chem. Eng. Japan*, **47**(4), 324-328 (2014), 査読有

⑭ Liang XU, Meiling PANG, Naoki KANO and Hiroshi IMAIZUMI: Removal of U(VI) from Aqueous Solution Using Carbon Modified with Nitric Acid. *J. Chem. Eng. Japan*, **47**(4), 319-323 (2014), 査読有

⑮ Adiljiang Tiemuer, 狩野直樹, 李 冲, 今泉 洋, 渡部直喜, 鄭 永杰: 新潟県の湖沼における水質および同位体的特徴 — 中国黒竜江省の Zhalong 湿地との比較も含めて — *Radioisotopes*, **62**(7), 409 -421 (2013), 査読有

⑯ L. Gao, N. Kano and H. Imaizumi: Concentration and Chemical Speciation of Heavy Metals in Sludge and Removal of Metals by Biosurfactants Application. *J. Chem. Chem. Eng.* **7**, 1188-1202 (2013), 査読有

[学会発表] (計 33 件)

1. Murakami, K., Kano, N., Kim, H.-J.: Behavior of Metals and Heavy Metals in Phosphorus Recovery Process from Sludge Ash. International Symposium on Fusion Tech 2015-2016, Jan. 19-21, 2016, Harbin, China

2. Ataka, K., Kano, N., Kim, H.-J.: Development of High Efficiency Phosphorus Recovering Process from Sludge Ash. International

Symposium on Fusion Tech 2015-2016, Jan. 19-21, 2016, Harbin, China

3. Orihara, Y., Otake, H., Kano, N., Kim, H.-J.: Properties of the Recovered Phosphorus Compound from Sludge Ash. International Symposium on Fusion Tech 2015-2016, Jan. 19-21, 2016, Harbin, China

4. 関口俊介, 吉田 涼, Pang Meiling, Deng Yanling, 狩野直樹, 今泉 洋: 日本分析化学会第 64 年会, 平成 27 年 9 月 11 日, 九州大学

5. 皆川 翔, Zhang Shuang, 金澤有希久, 狩野直樹, 今泉 洋: 日本分析化学会第 64 年会, 平成 27 年 9 月 11 日, 九州大学

6. 金澤有希久, 志田未来, Gao Lidi, 東平 吉正, 狩野直樹, 今泉 洋: 「土壌環境中における重金属の存在形態別分析とバイオ界面活性剤による重金属除去の検討」第 52 回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成 27 年 7 月 9 日, 東京大学

7. 佐々木麻衣子, Adiljiang, Tiemuer, 狩野直樹, 今泉 洋, 渡部直喜: 「新潟県における近年の降水の同位体的・化学的特徴」第 52 回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成 27 年 7 月 9 日, 東京大学

8. Adiljiang, Tiemuer, 田辺国大, 草野 慧, 狩野直樹, 今泉 洋, 渡部直喜: 「新潟県における湖沼・河川水中の溶存物質の動態および降水による影響」第 52 回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成 27 年 7 月 9 日, 東京大学

9. S. Minagawa, S. Zhang, T. Tanifuji, Y. Kanazawa, N. Kano, H. Imaizumi: Removal of Phosphorus and Heavy Metals by Using Some Kinds of Layered Double Hydroxides (LDHS), International Conference of Asian Environmental Chemistry (ICAEC2014), Nov.24-26, 2014, Bangkok, Thailand

10. S. Sekiguchi, L. Gao, N. Kano, H. Imaizumi: Removal of Heavy Metals by Biosurfactants Applications, International Conference of Asian Environmental Chemistry (ICAEC2014), Nov.24-26, 2014, Bangkok, Thailand

11. 志田未来, 金澤有希久, 高 立娣, 狩野直樹, 今泉 洋: 「土壌中の金属元素の存在形態別定量と環境中の動態および回収法の検討」日本分析化学会第 63 年会, 平成 26 年 9 月 17 日, 広島大学

12. 谷藤剛志, 田中良樹, Xu Liang, Pang Meiling, 狩野直樹, 今泉 洋: 「バイオマス等天然由来物質を用いた溶液中ウランの除去・回収法の検討」日本分析化学会第 63 年会, 平成 26 年 9 月 17 日, 広島大学

13. 皆川 翔, Shuang ZHANG, 谷藤剛志, 金澤有希久, 狩野直樹, 今泉 洋: 「ハイドロタルサイトを用いた排水中の汚染物質の吸

着」日本分析化学会第 63 年会, 平成 26 年 9 月 17 日, 広島大学

14. 関口 俊介, Gao Lidi, Deng Yanling, 佐野健大, 狩野直樹, 今泉 洋: 「バイオ界面活性剤を用いた重金属の除去・回収の検討」日本分析化学会第 63 年会, 平成 26 年 9 月 17 日, 広島大学

15. N. Kataoka, H. Imaizumi, N. Kano, W. Ying, The effect of the accident of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plants on Niigata city based on tritium concentration in precipitation, The 3rd International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity, Barcelona, Spain, Sep. 11-12, 2014

16. 金澤有希久, 志田未来, Gao Lidi, 東平 吉正, 狩野直樹, 今泉 洋: 「土壌環境中における重金属元素の動態及び形態別分析」第 51 回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成 26 年 7 月 8 日, 東京大学

17. Adiljiang, Tiemuer, 田辺国大, 草野 慧, 狩野直樹, 今泉 洋, 渡部直喜: 「湖沼水における溶存物質の動態および降水の影響」第 51 回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成 26 年 7 月 8 日, 東京大学

18. L. Gao, R. Zheng, N. Kano, H. Imaizumi, Biosurfactants-enhanced Phytoremediation of Pb-contaminated Soil by *Braissca juncea*, 2014 International Conference on Energy and Environment (ICEE 2014), Beijing, China, June 26-27, 2014

19. M. Pang, N. Kano, H. Imaizumi, Adsorption of Lead by Zeolite/Chitosan Hybrid Composite, 2014 International Conference on Energy and Environment (ICEE 2014), Beijing, China, Beijing, China, June 26-27, 2014

20. A. Tiemuer, C. Li, M. Pang, N. Kano, H. Imaizumi, Environmental characteristics of lagoon waters in Niigata Prefecture, Japan and the effect of precipitation on the water quality of lagoon, 2014 International Conference on Energy and Environment (ICEE 2014), Beijing, China, June 26-27, 2014

21. N. Kanda, H. Imaizumi, N. Kano, N. Kataoka, Effect of the Accident of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plants on Lakes in Fukushima and Niigata, Asian and Oceanic Congress on Radiation Protection (AOCRP-4), May 12-16, 2014, Kuala Lumpur, Malaysia

22. N. Kataoka, R. Yamada, H. Imaizumi, N. Kano, W. Ying, Tritium Behavior in the Precipitation from 2010 to 2013 in Niigata and

the Investigation of T in Several Mountains in and around Fukushima, Asian and Oceanic Congress on Radiation Protection (AOCR-4), May 12-16, 2014, Kuala Lumpur, Malaysia

23. Y. Tanaka, L. Xu, Y. Matsumoto, K. Shimizu, N. Kano, H. Imaizumi, Adsorption of uranium (VI) from aqueous solution using natural materials based on some biomass, International Symposium on Fusion Tech 2013-2014, January 15-17, 2014, Seoul, Korea

24. S. Minagawa, N. Hayashi, N. Kano, H.-J. Kim, Characteristic of Precipitation Process using Acid-elution Method in Recovery of Phosphorus from Sludge Ash, International Symposium on Fusion Tech 2013-2014, January 15-17, 2014, Seoul, Korea

25. 田中良樹, 松本友里, 清水一希, 狩野直樹, 今泉 洋: 「天然由来材料を用いた溶液中Uの除去・回収法の検討」日本分析化学会第62年会, 平成25年9月10日, 近畿大学

26. 谷藤剛志, 金澤有希久, 張 爽, 狩野直樹, 今泉 洋: 「キレート剤を層間挿入したハイドロタルサイトを用いた排水中の重金属の吸着」日本分析化学会第62年会, 平成25年9月10日, 近畿大学

27. 中森 翔, 草野 慧, 狩野直樹, 今泉 洋: 「天然資源由来の材料を用いた溶液中クロムの除去の検討」日本分析化学会第62年会, 平成25年9月10日, 近畿大学

28. S. Zhang, N. Kano, H. Imaizumi: Adsorption of Cu^{2+} , Pb^{2+} by Mg-Al layered double hydroxides (LDH) intercalated with the chelating agents N,N'-1,2-ethanediybis-1-Aspartic acid (EDDS) and ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), The 9th Asia Pacific Conference on Sustainable Energy & Environmental Technologies (APCSEET 2013), July 5-8, 2013, Narita, Japan

29. L. Gao, N. Kano, S. Zhang, H. Imaizumi: Recovery of lead (Pb)-contaminated soil by Phytoremediation and Biosurfactants Application, The 9th Asia Pacific Conference on Sustainable Energy & Environmental Technologies (APCSEET 2013), July 5-8, 2013, Narita, Japan

30. L. Xu, M. Pang, N. Kano, H. Imaizumi: Removal of U(VI) from Aqueous Solution Using Carbon Modified with Nitric Acid, The 9th Asia Pacific Conference on Sustainable Energy & Environmental Technologies (APCSEET 2013), July 5-8, 2013, Narita, Japan

31. L. Xu, M. Pang, N. Kano, H. Imaizumi: Adsorption of Heavy Metal onto Activated Carbon Modified with Potassium Permanganate (KMnO_4), The 9th Asia Pacific Conference on Sustainable Energy & Environmental Technologies (APCSEET 2013), July 5-8, 2013,

Narita, Japan

32. 志田未来, 高 立娣, 東平 吉正, 狩野直樹, 今泉 洋: 「土壌環境における金属元素の存在形態別定量および動態」第50回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成25年7月5日, 東京大学

33. Adiljiang Tiemuer, 太田貴裕, 松本友里, 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50回アイソトープ・放射線研究発表会, 平成25年7月5日, 東京大学

〔図書〕 (計 2件)

① Kano, N.: Adsorption of Heavy Metal onto the Materials Prepared by Biomass (Section 2, Chap.4, pp. 55-80) 2015, <http://dx.doi.org/10.5772/61507>

Book Title: *Biomass Production and Uses* (ISBN 978-953-51-2181-7) 106 pages, In Tech, edited by E. Jacob-Lopes and L. Q. Zepka

② Kano, N.: Biosorption of Lanthanides Using Some Marine Biomasses (Section 1, Chap.4, pp. 101-126) 2013, <http://dx.doi.org/10.5772/51164>
Book Title: *Biomass Now - Sustainable Growth and Use* (ISBN 978-953-51-1105-4) 540 pages, In Tech, edited by Dr. Miodrag Darko Matovic

〔産業財産権〕 該当なし

○出願状況 (計 0件)

○取得状況 (計 0件)

〔その他〕 該当なし

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

(3) 連携研究者

金 熙濬 (KIM Hee-Joon)
新潟大学・自然科学系・教授
研究者番号: 5024204
山内 健 (YAMAUCHI Takeshi)
新潟大学・自然科学系・教授
研究者番号: 90262477

(4) 研究協力者

鄭 永杰 (ZHENG Yong-jie)
チチハル大学・化学&化学工程学院
・教授