

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 23 日現在

機関番号：32701

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25281034

研究課題名(和文) 廃棄物由来レアメタル等金属類の土壤圏への拡散機構と微生物生態系影響の解明

研究課題名(英文) Elucidation of the diffusion mechanism of the metal species such as rare metals derived from waste into soil environment and its influence on microbe ecosystem

研究代表者

稲葉 一穂 (INABA, Kazuho)

麻布大学・生命・環境科学部・教授

研究者番号：60176401

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円

研究成果の概要(和文)：不法投棄家電製品からの金属溶出による土壤汚染の影響を解明するために、4種の家電部品および代表的な溶出元素であるPb、Cu、Zn、Sbの単体顆粒からの金属溶出と土壤微生物群集への影響を実験的に解析した。

降雨曝露と土壤埋設による溶出試験では、Pbの溶出量が大いこと、顆粒から水への溶出では、溶出後の安定性や異なるpHの溶出液への溶出の起こりやすさが金属間で異なることなどが明らかとなった。土壤埋設試料のアンモニア酸化酵素遺伝子および硝酸還元酵素遺伝子のクローン解析から、土壤内に生息するアンモニア酸化細菌の群集構造の変化が明らかとなった。また、追加課題として地下水汚染除去用吸着剤の開発も行った。

研究成果の概要(英文)：In order to elucidate the influence of soil pollution caused by metal elution from illegally dumped household electric appliances, metal elution from four kinds of home appliance parts and single pellets of representative eluted elements Pb, Cu, Zn, Sb, and its influence on soil microbial communities was experimentally analyzed.

From the dissolution test, the followings were concluded: In the elution by rain exposure and burial soil, the elution amount of Pb is the largest. In elution from pellets to water, the stability after elution and the ease of elution into different pH elute differ between metals. Cloning analysis of ammonia oxidase gene and nitrate reductase gene of soil buried sample revealed that the crowd structure of ammonia oxidizing bacteria inhabiting the soil has been changed. The development of an adsorbent for removing groundwater contamination was made as an additional task.

研究分野：環境動態化学

キーワード：土壤汚染 廃棄家電製品 レアメタル 溶出量測定 生態系影響

1. 研究開始当初の背景

日常生活の中で使用された製品は、その寿命と共に廃棄され、処分される。多くは焼却場や廃棄物最終処分場で適切に処理されるが、一部には山間部や空き地などに不法に投棄されるものがある。また、廃棄物処分場で適正な処分を受けたものでも、経年影響により浸出水が周辺部に漏れ出すなどの問題が生じている例もある。このような廃棄物のうち、特に家電製品やパソコン、携帯電話等の汎用電子機器には、多くの電子部品が内蔵されており、プリント基板部分の銅やニッケル等の重金属元素の他、半導体や接合合金中には多種類のレアメタルや半金属元素が含まれている。これらの元素の多くは、毒性等の有害性を有しているか、または有害性の検討が進んでいないことから、その管理には十分な注意が必要である。

このような製品に含まれる有害化学物質の管理は、製品機能と共に、資源消費や環境負荷等を総合的に見据え、リサイクルシステムも含めた「環境デザイン」を反映させるなど、製品の開発段階での対応が重要なもの言うまでもない。しかし、使用寿命の終わった製品が完全にリサイクルされず、不完全な形で廃棄されることで、レアメタル等の金属元素が環境中へと放出されるリスクは大きい。特に携帯電話やパソコンなどのグローバルな流通・使用と、途上国等での安全性を無視した廃棄物処理に伴い、このようなリスクは世界的規模に拡大している。これまで、化学物質による人為的な土壌や地下水の汚染は、工場やガソリンスタンドからの有機塩素系溶剤やガソリンなど、液状物質の漏出例が多く、研究も進んでいる。これらの漏出汚染では、使用中または製品の溶剤自体が、そのままの状態でも汚染を引き起こしているため、その毒性はもとより、汚染物質の漏出総量も容易に把握でき、汚染範囲の推定と、それに応じた浄化方法の検討など、汚染全体の対策や管理も取りやすいと言える。しかし、不法投棄や最終処分場の廃棄物から雨水等に溶出し、土壌中へと漏出するという汚染では、発生源となる廃棄物自体が多岐に渡り、どのような金属元素がどの程度の量で溶出可能なかは未知である。そして、一旦溶出した金属元素が、土壌圏内でどのような挙動を示し、土壌圏の微生物生態系に対してどのような影響を及ぼすのかは、いまだに不明の点が多い。研究代表者らが先駆的行った研究において、Cu、Ni の他にも、Pb、Zn、Sb 等の金属元素が溶出することが明らかとなっているが、微量金属については不明である。

2. 研究の目的

研究代表者らは国立環境研究所の所内競争的資金により、テレビ、パソコン等の電子機器に含まれる化学物質について、製品のリスク管理という視点から生産・使用・廃棄サイクルの研究を行ってきた[1]が、本研究課題で

は、漏出した金属元素の影響という視点からの検討を行う。廃棄物の処分は、山地への投棄や海面埋立て投棄、さらには雪氷への投棄など、様々な場所で行われている。そのため、廃棄物由来の環境汚染は多種多様な土質や化学的雰囲気、そして生物学的な環境下で発生していると言える。このような多様な環境での溶出・拡散・微生物影響を検討することで、特殊な環境下での特異的な挙動や、耐性や蓄積性といった特殊機能を有する微生物の発見といった新たな知見を獲得できる可能性がある。これは、新たな浄化技術への応用などの他に、特に海水に浸漬された環境での拡散と生態系影響の詳細な検討は、東日本大震災により発生した、津波被災廃棄物の安全管理にも有効な知見を得られるものと考えている。

家電製品などの廃棄物という塊は、廃棄物処理・処分という視点からは行政的に重要な課題であったが、その塊に含有する金属元素の種類と量、そしてその溶出挙動は明らかではない。そこで本研究では、家電製品等の廃棄物塊のうち、有害な金属元素が含有すると考えられるプリント基板や液晶パネル、ブラウン管ガラスなどを対象として、どのような物質がどの程度含有されているか、どの程度が溶出する可能性があるのか、溶出した金属元素は、土壌中でどのような形態をとって侵入・移動するのか、土壌中に侵入した金属元素は、どの程度の濃度で土壌圏の微生物生態系に影響を与えるのか、その影響はどのような原因によるのかを明らかにする。これらを明らかにすることで、家電製品等の使用・廃棄過程における有害金属元素の環境排出リスクや最適な汚染浄化対策など、適正な廃棄物管理に向けた総合的な知見を得ることができる。

3. 研究の方法

本研究課題では、国立環境研究所での先行研究によって得られた廃家電製品中のプリント基板や液晶パネル、ブラウン管ガラスに含有する元素量のデータ[1]を基に、レアメタル等金属元素の溶出挙動を測定する。通常の浸漬溶出試験と降雨暴露試験を行うが、浸漬溶出試験については純水だけでなく酸性雨に対応した酸性溶出液での試験を行う。また、土壌に直接電子機器部品(プリント基板)や鉛ペレットを混和培養した際の溶出試験を行うなど、様々な環境因子下での放リスクを明らかにする。さらに、溶出元素に関するこれらの基礎的なデータを基に、土壌圏に生存する微生物群への暴露試験を行う。金属元素の暴露により、微生物生態系がどのように変化するのかを遺伝子レベルで解析し、レアメタル等金属元素に影響を受けやすい微生物の探索、さらにこれらの金属元素に耐性や蓄積性を有する微生物を探索する。これらの結果から、廃棄物由来のレアメタル等金属元素による土壌圏汚染の実態解明を行うと共に、土壌圏に放出されたレアメタル等金属元素による

微量汚染の検知や、その回収や浄化法の開発の可能性を検討する。

4. 研究成果

(1) [サブテーマ1] 廃家電製品からのレアメタル等化学物質の溶出量と挙動の解明

降雨曝露によるプリント基板、液晶パネル等からの溶出挙動の解明

塩ビ製の円筒コンテナ内に直径 10 cm、深さ 15 cm のポリエチレン製漏斗にテフロン製メッシュ皿と 2L ポリプロピレン製ボトルを組み合わせた降雨採取器を製作し(図 1-1)一定量のプリント基板粉砕物(1 mm 以上 5 mm 以下, 10 g), ブラウン管ガラスカレット粉砕物(20~30 mm, 20 g), 液晶パネル(10 mm 角, 5 g; 但し, 脱泡剤として As を含むもの, Sb を含むものをそれぞれ 2.5g ずつ供試した)をそれぞれメッシュ皿上に置いて, 林内(スギ林, シラカシ林, マツ林)および林外(芝地)に設置した。

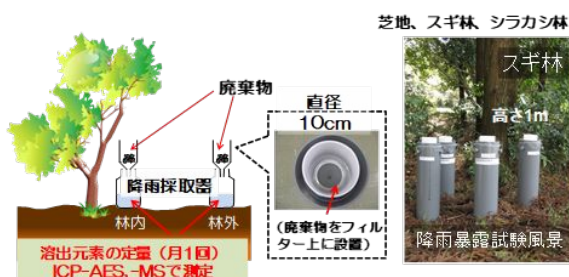


図 1-1 降雨曝露実験の概要

廃棄物に接触通過した降雨サンプルを一定期間ごとに回収し, 各種化学分析に供した。試験期間中の年間降雨量は 1230 mm 程度(林外雨量), 各種林内雨は, 550~680 mm 程度だった。プリント基板から溶出した元素は, 多いものから順に $Pb > Cu > Zn > Ba > Sn > Ni > Sb > Li > Co > In$ と溶出元素の種類は多岐にわたっていた。ブラウン管ガラスからは, Zn と Pb の顕著な溶出が認められた。液晶パネルからは, B と In を除いて, 全体的に溶出する元素は低濃度だった。

純金属ペレットを使用した溶出試験による金属元素の溶出挙動と溶出条件の検討

本課題の先行研究において, 電子機器部品の代表としてプリント基板(1 mm 以上 5 mm 以下の粉砕物), ブラウン管ガラスカレット(20~30 mm の粉砕物), 液晶パネル(10 mm 角裁断物: 脱泡剤として As を含むものおよび Sb を含むものの 2 種)を供試試料とした溶出試験を行った[1]。その結果, プリント基板粉砕物からは Pb, Zn, Cu が, ブラウン管ガラス粉砕物からは B, Si, Zn, Ba, Pb が, 液晶パネル裁断物からは B, Si, Ba は高濃度に溶出した他, 液晶パネルからは脱泡剤として添加された As および Sb が溶出することを報告した。そして, 溶出挙動に関して, 溶出初期に急激に濃度が上昇し, 100 時間程度で一定値となるもの(Ba), 溶出 1 日程度で極

大を示し, その後低下して極大値の 1/2 程度で一定値となるもの(Pb), 溶出初期には溶出せず, 3 日目以降に上昇するもの(液晶パネル中の As)など, 様々な挙動が確認された。このような溶出挙動の差異が, 各々の元素に特有のものか, あるいは元素の存在位置や共存物との相互作用によるものかを知ることは, 環境中に廃棄された家電製品からの溶出と土壌環境中への拡散の制御に有用と考えられる。そこで本研究では, 代表的な溶出金属である Cu, Zn, Pb, Sb の 4 種について, >99.9%の金属ペレットを試料として, 単一金属としての溶出挙動を測定した。

テフロン瓶に溶出液 100mL と金属ペレット約 3g を加え, 適宜攪拌しながら放置した。適当な間隔で試料水の一部を採取し, 0.2 μm メンブレンフィルターで濾過した後希釈し, ICP-MS を用いて金属濃度を測定した。

純水を溶出液とした場合, Pb は 4 日目頃に明らかな極大(17mg/L)を示し, その後 2 週間目以降で極大値の 1/4 程度(4mg/L)で安定となった。この結果から, Pb の溶出においては, 初期に極大を取ることが考えられる。先行研究のような様々な元素や有機物等の混合試料ではなく, 純粋な単一金属ペレットからの溶出でも起きていることから, Pb 溶出の特徴と言える。実験期間中は溶出液の pH は, 実験開始直後から約 9 と高い値で安定するが, 一旦溶解した Pb が水酸化物の沈殿を作って減少する際の平衡や速度が関係しているものと考えられる。Zn では 4 日目付近で極大(1mg/L)を示して一旦減少するが, 2 週間目以降で再度上昇する傾向が見られた。Sb では 4 日目までゆっくりと溶解が進行して一定値(30mg/L)となるが, Cu では溶解開始から 1 日程度は溶解は見られず, その後もゆっくりと溶解が進行し, 4 週間まで 1mg/L 程度まで溶解することが明らかとなった。また, 溶出液の pH は金属の種類によって異なり, Zn では実験期間中約 7 を, Cu では約 6 を維持していたが, Sb では溶出濃度がほぼ一定となる 4 日目頃まで下がり続け, 約 4 となった。

酸性溶出液での溶出実験では, 溶出液の初期 pH を硝酸で 3, 4, 5 に設定して溶出実験を行った。Sb を除く 3 種の金属では, いずれも pH3 の溶出液で最も溶出量が大きく, pH4 での溶出量の 10 倍程度となった(図 1-2(a)~(c))。また, Zn では溶出 1 週間程度で極大となって, その後は減少したが, Pb と Cu では 2, 3 週間かけて上昇を続け, その後はほぼ一定となった。溶出液の pH は実験開始から上昇を続け, 1 週間程度で 7 以上(Pb), 6 以上(Cu, Zn)まで上昇した。一方, Sb の溶出挙動は他の 3 種とは異なり, 溶出液の初期 pH が低い程, 溶出量が低くなるという結果を示した(図 1-2(d))。Sb の溶出実験中の溶出液の pH は他の 3 種の金属での結果とは異なり, 溶出実験期間中を通じて初期設定値からほとんど変化しなかった。

以上より, 金属元素の溶出においては, そ

の挙動は系内の化学平衡や反応速度の違いから元素ごとの特徴があり、環境影響を議論するには個別の対応をする必要があると考えられた。

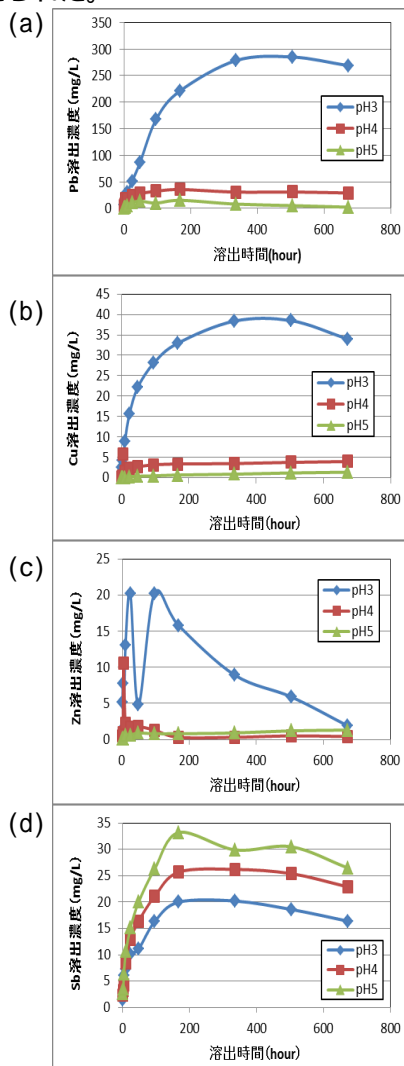


図 1-2 酸性溶出液を用いた(a)Pb, (b)Cu, (c)Zn, (d)Sb ペレットの溶出挙動の溶出時間および pH 依存性

(2) [サブテーマ 2] 廃家電製品から溶出したレアメタル等化学物質の土壌への浸透挙動の解明

培養瓶に風乾土(乾土 50g 相当)と一定量のプリント基板粉砕物(10g: 篩で 1mm 以上), または金属鉛ペレット(10g: 99.9%)を入れて混和し, 水分条件を最大容水量の 60%または 120%となるように蒸留水を添加し, 暗所 25 にて 2 ヶ月間インキュベーションを行った。供試土壌は, 褐色森林土, 褐色低地土, 赤色土, 黒ボク土の表層土 4 種を用いた。インキュベーション後, 湿潤土のまま 1mm の篩を通過させ, プリント基板粉砕物, 鉛ペレットを取り除き, 通過画分を土壌分析試料とした。これらを用いて蒸留水による溶出試験法(環告 18 号), 1mol/L 塩酸による含有量試験法(環告 19 号)に準じた抽出を行い, 抽出液中の元素の定量には, 誘導結合プラズマ発

光分析装置および質量分析装置を用いた。

1mol/L 塩酸抽出の結果から, プリント基板から顕著に溶出しやすい金属類は, 降雨暴露試験同様に, Pb, Cu, Sn, Zn, Ni, In, Sb であり, 溶出した金属の総量は, 二か月間の培養で基板重量の 0.06~0.77%(年換算で最大約 4.5%)相当量だった(図 2-1)。中でも Pb, Cu, Ni, In は土壌 pH に影響を受け易いことも示唆された。また, プリント基板のみならず鉛ペレットを供試した場合においても, 最大容水量の 60%水分条件に比べ, 水分の多い 120%の条件の方が金属類の溶出が抑制される結果となり, 且つ, 上述の土壌 pH との関係も 60%水分条件に比して 120%ではその相関関係が弱くなった。

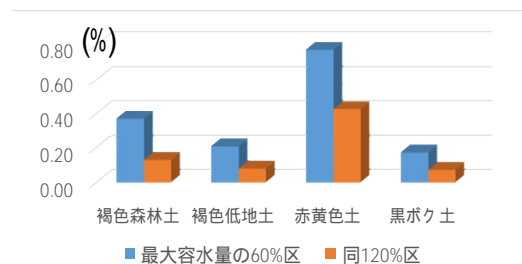


図 2-1 二ヶ月間に溶出した総金属量の基板重量に占める割合

培養後に回収した鉛ペレット表面の様子を観察すると, 明らかに 60%処理区において金属光沢を失い, 多量の白色沈殿が沈積していた。一方, 120%処理区では鉛ペレット表面の白色沈殿の生成が少なかった。沈殿物を回収し, X 線回折装置を用いて化学形態を同定したところ, 主に $Pb_3(CO_3)_2(OH)_2$, 一部 $PbCO_3$ が生成していることが分かった。鉛ペレットからこれらの生成物に辿り着くためには, 初期において, $2Pb + O_2 \rightarrow 2PbO$ の酸化反応が必須であるが, 120%の水分条件では, 反応に要する O_2 と金属との反応(腐食反応)が制限されたためと推測される。おそらく, 同様の反応抑制がプリント基板上の他の金属元素類でも生じていたため上記のような結果に至ったと予想された。

(3) [サブテーマ 3] 土壌圏微生物生態系に及ぼすレアメタル等金属元素の影響の評価

実験には, 褐色森林土を風乾せずに用いた。培養瓶に土壌と一定量のプリント基板粉砕物(<1mm)または金属鉛ペレットを入れて混和した。水分条件を最大容水量の 60%となるように蒸留水を添加し, 暗所 25 の条件にて, 2 ヶ月間のインキュベーションを行った。サンプルは, 前項と同様, 抽出を行い, 金属元素の定量に供した。結果, コントロール系と比較し, 基板添加系で Pb, Cu, Zn, Ni の土壌への移行が確認され, 特に Pb 及び Cu が高濃度で検出された。また, 鉛ペレット添加系では, 基板添加系に比べて 10 倍程度の Pb が土壌中に移行していた。いずれの系においても, そのほとんどが塩酸抽出画分に存在する

ことが確認された。

各土壌サンプルから DNA を抽出し、16S rRNA 遺伝子を標的としたクローン解析を行った結果、コントロール系に対して、鉛ペレット及び基盤添加系では、Proteobacteria 門に分類されるクローンの割合が減少していた。また、各サンプル中の総細菌数を比較するために、デジタル PCR により 16S rRNA 遺伝子の定量を行ったところ、検出されたコピー数にほとんど差は認められなかった。

金属類の土壌中への移行が微生物生態系機能に及ぼす影響を調べるため、細菌の持つ窒素代謝関連遺伝子に着目し、各サンプル中の *amoA* (アンモニア酸化酵素遺伝子) 及び *narG* (硝酸還元酵素遺伝子) のクローン解析を行った。塩基配列相同性 98% 以上の *amoA* クローンを OUT (operational taxonomic unit) に分類し、系統解析を行った結果を図 3-1 に示した。得られたクローンは全て -Proteobacteria の *Nitrosospira* 属を中心とするグループに分類され、大きく 3 つのクラスターが形成されたが、各グループの出現頻度は実験系により大きく異なった。鉛ペレット及び基盤添加系では、コントロール系では見られなかったクラスター B が優占するとともに、クラスター C の消失が確認されたことから、アンモニア酸化細菌の群集構造が鉛耐性を有する分類群にシフトしていると考えられた。また、基板添加系では、グループ B の優占化がより顕著であったことから、Cu 等他の金属類との複合影響が、更なるアンモニア酸化細菌の多様性低下を招いた可能性がある。*narG* のクローン解析では、硝酸還元細菌の多様性に大きな変化は見られなかったが、鉛等に耐性を持つとみられる分類群の出現も確認された。

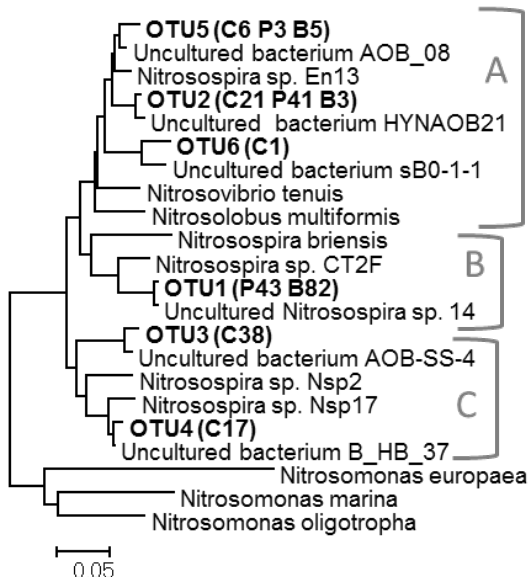


図 3-1 *amoA* 遺伝子の系統樹。括弧内の数字はそれぞれ、C: コントロール系、P: 鉛ペレット添加系、B: 基板添加系で検出されたクローン数を示す。

以上の結果から、廃電子機器が森林に投棄された場合、土壌への鉛等の拡散により、微生物生態系の一部が変遷する可能性が示された。なかでも、アンモニア酸化細菌は、金属汚染への感受性が高いことが明らかとなった。環境中における生物学的窒素循環において、硝化反応を担うアンモニア酸化細菌は増殖速度が遅く、しばしば律速段階となっている。従って、金属汚染によるその多様性の低下は、土壌微生物生態系の窒素代謝機能に影響を及ぼす可能性がある。

(4) [追加サブテーマ] 地下水に含まれる有害元素を除去する新たな吸着剤の開発

廃棄家電製品から様々な金属元素類が溶出し、土壌・地下水圏を汚染する可能性があること、溶出する金属類には重篤な毒性を有するものも含まれていることから、地下水中に溶存する可能性のあるこれら金属元素の除去方法について、新たなサブテーマとして検討を加えた。本研究では、毒性が強く、且つプリント基板や液晶パネルからの溶出が確認されているヒ素を対象元素とした。ヒ素は本研究対象のような人為的汚染のみならず、インドやバングラディッシュ、中国などでは地殻由来の元素として地下水に侵入し、汚染地下水の飲用による健康影響が問題となっている元素である。

吸着剤の躯体には乾燥後焼成し粉碎したホタテ貝殻を使用した。この粉末に鉄などの金属元素を含む化合物を接触させることで、表面にそれらの塩を吸着させた。ヒ素吸着実験には、水で洗浄し乾燥させたものを使用し、ヒ素水溶液は 1000mg/L ヒ素標準液を適宜希釈して使用した。吸着実験は共栓付三角フラスコ内でバッチ法で行った。吸着剤量はヒ素水溶液の 1%(W/V) とし、ヒ素の初濃度を 0.1 ~ 10mg/L まで様々に変化させて、吸着量の変化と接触時間の関係を測定した。水溶液中のヒ素濃度は、0.2 μm メンブランフィルターで濾過後に ICP/MS で測定した。

材料の一例として、ホタテ貝粉末に吸着させる鉄塩の濃度を変化させて、3 種類の吸着剤を作成した。これら 3 種の吸着剤に 1ppm ヒ素水溶液を接触させたところ、塩濃度が最も低い吸着剤 (FS-1(10)) では 7 日間で 25% 程度、最も高い吸着剤 (FS-1(30)) では 6 時間で 75% のヒ素が吸着した。この結果から、以後の実験には塩濃度の高い吸着剤 (FS-1(30)) を使用することとした。

FS-1(30) 吸着剤 1g を 100mL の 0.1 ~ 10mg/L のヒ素水溶液に添加し、スターラーで 24 時間攪拌した場合の吸着等温曲線を図 4-1 に示す。1g 当たりの吸着量は平衡時の水溶液中ヒ素濃度が低い領域では増加するが、ヒ素濃度の上昇とともに頭打ちとなり、平衡時水溶液中ヒ素濃度が 3mg/L 以上では 200 μg/g 程度で一定値となる Langmuir 型の曲線を示した。今回作成した吸着剤は、バングラディッシュの汚染井戸水 (平均値 0.2mg/L) の飲料水 (1

人 1 日 2L) 中のヒ素を 2g で除去することが可能である。また、本課題で検討している廃棄物不法投棄現場や最終処分場においては、この吸着剤粉末を土壤中に散布することで、ヒ素の移動を制御できる可能性がある。

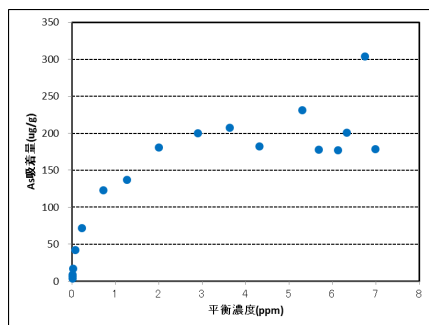


図 4-1 FS-1(30)吸着剤による 3 価ヒ素の吸着等温線

< 引用文献 >

[1] “汎用 IT 製品中金属類のライフサイクルに着目した環境排出・動態・影響に関する横断連携研究”，国立環境研究所研究プロジェクト報告 108，22-32 (2015)

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 2 件)

Kazuho INABA, Makoto HAGA, Kayo UEDA, Akihide ITOH, Toshiharu TAKEMOTO, Hiroyasu YOSHIKAWA, New Adsorbent for Removal of Inorganic Arsenic(III) from Groundwater, Chemistry Letters, 46, 2017, 58-60
DOI:10.1246/cl.160768

稲葉 一穂，地下水の汚染とその保全，セイフティエンジニアリング，42，2015，27-31

[学会発表](計 7 件)

芳賀 亮，上田 佳世，稲葉 一穂，伊藤 彰英，吉川 裕泰，竹本 俊春，ホタテ貝殻と鉄塩を用いた新規ヒ素吸着剤の合成とその性能評価，第 6 回 CSJ 化学フェスタ 2016，2016 年 11 月 14 日，タワーホール船堀（東京）

村田 智吉，稲葉 一穂，山村 茂樹，岩崎 一弘，E-waste に由来する金属類の土壤中での溶出拡散挙動，2016 年度日本土壤肥料学会大会，2016 年 9 月 21 日，佐賀大学（佐賀）

Kazuho INABA, Makoto HAGA, Kayo UEDA, Hiroyasu YOSHIKAWA, Toshiharu TAKEMOTO, Development of a Novel Adsorbent for Arsenic Contained in Polluted Groundwater, The International Chemical Congress of

Pacific Basin Societies 2015, Dec 17, 2015, Honolulu (USA)

稲葉 一穂，芳賀 亮，竹本 俊春，吉川 裕泰，貝殻粉末を躯体とした新規吸着剤によるヒ素の吸着特性，第 75 回分析化学討論会，2015 年 5 月 23 日，山梨大学（甲府）

山村 茂樹，村田 智吉，坪井 隼，稲葉 一穂，土壤細菌群集に及ぼす鉛汚染の影響，第 49 回日本水環境学会年会，2015 年 3 月 16 日，金沢大学（金沢）

稲葉 一穂，村田 智吉，山村 茂樹，滝上 英孝，岩崎 一弘，廃棄電子機器部品からの金属溶出とその土壤中挙動，第 48 回日本水環境学会年会，2014 年 3 月 17 日，東北大学（仙台）

村田 智吉，稲葉 一穂，越川 昌美，渡邊 未来，山村 茂樹，岩崎 一弘，滝上 英孝，電子廃棄物に由来する溶出元素の土壤中拡散における降雨種の影響，日本土壤肥料学会 2013 年度名古屋大会，2013 年 9 月 12 日，名古屋大学（名古屋）

[産業財産権]

出願状況（計 1 件）

名称：水中のヒ素を吸着する新規吸着剤
発明者：吉川 裕泰，竹本 俊春，稲葉 一穂
権利者：同上，有限会社エコマテリアルズ，学校法人麻布獣医学園

種類：特許

番号：特願 2015-093889

出願年月日：2015 年 5 月 1 日

国内外の別：国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

稲葉 一穂（INABA, Kazuho）

麻布大学・生命・環境科学部・教授

研究者番号：60176401

(2) 研究分担者

村田智吉（MURATA, Tomoyoshi）

国立研究開発法人国立環境研究所・地域環境研究センター・主任研究員

研究者番号：50332242

山村茂樹（YAMAMURA, Shigeki）

国立研究開発法人国立環境研究所・地域環境研究センター・主任研究員

研究者番号：90414391

永野匡昭（NAGANO, Masaaki）

国立水俣病総合研究センター・基礎研究部・主任研究員

研究者番号：10393464