

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：24405

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04755

研究課題名（和文）過剰に添加された重金属安定化キレート薬剤は最終処分場の安全弁か汚濁源か？

研究課題名（英文）Are excessively added chelating agents for heavy metal stabilization a safety valve or a pollution source in landfill sites?

研究代表者

水谷 聡 (Mizutani, Satoshi)

大阪公立大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：80283654

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：都市ごみ焼却灰を埋め立てた海面処分場の浸出水と内水ポンド，浸出水処理施設の接触酸化槽と硝化槽等から，2週間に1度，2年以上に渡って分析した。2種類のキレート薬剤が検出され，硝化阻害性も確認されたが，浸出水処理過程を経る中でキレート薬剤は分解され，硝化阻害性も弱まることが確認された。

また薬剤を0～15wt%の範囲で添加した模擬飛灰を作製し，シリアルバッチ試験やカラム溶出試験を行ったところ，過剰に添加したキレート薬剤は，ほぼ全量が溶出することが確認された。さらにキレート薬剤と鉛，亜鉛，カドミウム，銅との錯体生成定数を求めて，溶出挙動を定量的に議論した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

実浸出水中のキレート薬剤濃度を2年以上に渡って調べた知見は非常に貴重である。また過剰に添加されたキレート薬剤はほぼ全量が溶出すること，余剰キレートが浸出水中の重金属の安定化に効果があることを示したのは，国際的にも非常に意義が大きい。また，キレート薬剤の検出状況や硝化阻害性が浸出水プロセスで低下していくことを示したこと，キレート薬剤の重金属との錯体生成定数を求められたことは，最終処分場と焼却灰の適正管理を進めていく上で，社会的にも非常に有意義である。

研究成果の概要（英文）：The leachate and the water of the inland water pond, the contact oxidation tank and the nitrification tank from the landfill site where municipal solid waste incineration ash was disposed, were analyzed once every two weeks for more than two years. Two types of chelating agents were detected, and their nitrification inhibitory properties were also confirmed. However, it was confirmed that the chelating agent was decomposed during the leachate treatment process, and the nitrification inhibitory effect was weakened.

Simulated stabilized fly ash was prepared by adding chelating agents in the range of 0 to 15 wt%, and serial batch test and column leach test were conducted. As a result, almost all of the excessively added chelating agent was eluted. Furthermore, the complexation constants of the chelating agents with lead, zinc, cadmium, and copper were determined, and the dissolution behavior was quantitatively discussed.

研究分野：廃棄物管理工学

キーワード：有機キレート剤 都市ごみ焼却飛灰 重金属 溶出試験 最終処分場 浸出水 内水ポンド

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

都市ごみ焼却処理に伴って発生する焼却飛灰は、鉛、カドミウムなどの重金属を含有していること、飛散性が高いこと、水と接触した時に重金属等が溶け出す（溶出する）こと、などから、特別管理一般廃棄物に指定されている。埋立処分の前には、重金属類を安定化するキレート薬剤等を用いて中間処理を行い、昭和 48 年環境庁告示第 13 号で定められる溶出試験（以下、環告 13 号法）で重金属類が溶出しないことを確認することも義務づけられており、埋立処分する時点での焼却飛灰からの重金属類の溶出は抑制されている。しかし一方で、薬剤処理飛灰を対象としたカラム溶出試験や最終処分場の浸出水から、キレート薬剤やキレート薬剤に化学的構造が似た物質（以下、キレート薬剤類縁物質と称する）が検出されているとの報告が散見されている。これらの現象の 1 つの原因として“安定化処理時に過剰に添加されたキレート薬剤（余剰キレート薬剤）が溶出している”ことが考えられる。一般に、都市ごみ焼却飛灰に含まれる重金属類濃度には変動があり、重金属濃度が高くなった場合にもキレート薬剤が不足しないように、薬剤を多めに添加すると言われていることから、飛灰によってはキレート薬剤が過剰に添加されていると考えられる。キレート薬剤や分解生成物であるキレート薬剤類縁物質は、それ自身が環境汚染を引き起こしたり、浸出水の適正処理を阻害する要因となったりするとの懸念がある。実際、廃棄物の最終処分場において、浸出水処理施設で硝化が進まない事例が報告されており、最終処分場において、過剰に添加されたキレート薬剤が溶出しているのかについて、正しく評価することが必要である。

その一方で、過剰に添加されたキレート薬剤が、重金属の溶出を抑制するためのバリアとして機能する可能性も考えられる。すなわち、過剰に添加されたキレート薬剤が溶出して重金属と接触したり、灰から溶出した重金属類が余剰キレート薬剤と接触したりした際に、埋立地の中で金属を安定化して、移動性を抑えるという可能性である。実際にそのような現象が起きるのかどうかは把握されておらず、また明らかにした研究もない。このように、過剰に添加されたキレート薬剤が総合的に見て有用なのか有害なのかは、最終処分場における焼却灰の適正管理を進めていく上で非常に重要であるのにもかかわらず、ほとんど明らかになっていなかった。

2. 研究の目的

以上の背景を踏まえ、本研究では、以下の 3 つを目的とした。

- (1) 最終処分場（埋立地）の浸出水中におけるキレート薬剤および薬剤類縁物質の実態を把握すること
- (2) 飛灰の安定化処理物からの、過剰に添加されたキレート薬剤の溶出挙動を把握すること
- (3) キレート薬剤と重金属類との錯体生成定数を把握すること

さらに、上記の 3 つの成果を踏まえ、最終処分場（埋立地）における余剰キレート薬剤と重金属との相互作用および有用性・有害性について評価すること、を最終的な目的とした。

3. 研究の方法

先に示した各目的に対して、以下の方法により、調査・実験を行った。

- (1) 最終処分場の浸出水中のキレート薬剤および薬剤類縁物質の実態把握

浸出水中のキレート薬剤の調査を、主に都市ごみの焼却灰が埋め立てられている海面処分場において、2020 年 7 月から 2022 年 3 月にかけて実施した。これらの埋立処分場の内水ポンド水と接触酸化処理水および硝化処理水を、月 2 回の頻度で採水して、pH と TOC 濃度とともに、国内で広く使用されているジエチルアミン系薬剤（DTC、とする）濃度とピペラジン系薬剤（PIP、とする）濃度を HPLC で分析した。また、内水ポンドに流入する集水管内の浸出水も同じ期間に同じ頻度で採水し、同項目を分析した。また、採取した浸出水や処理水を用いた硝化実験を行い、硝化阻害性についても確認した。

- (2) 安定化処理物からの、余剰キレート薬剤の溶出挙動の把握

実際の都市ごみ焼却施設で採取した 2 種類の飛灰に対して、ジエチルアミン系のキレート薬剤添加率の異なる薬剤処理飛灰（以下、模擬処理飛灰と呼ぶ）を作成した。薬剤添加率は 0, 1, 3, 5, 10, 15wt% とし、薬剤と蒸留水の合計重量が飛灰重量比で 30wt% となるようにチャック付きポリ袋に入れ、手もみで混練後 48 時間養生した。この飛灰を用いて、溶出試験を行った。溶出試験は、1) 環告 13 号法と 2) シリアルバッチ試験、3) カラム試験とを行った。

環告 13 号法では、試料（A 飛灰と B 飛灰の模擬処理飛灰）を 10 g と蒸留水 100 mL とを混合し（L/S=10）、振とう幅 4~5 cm、振とう回数 200 回/分で 6 h 振とうした。振とう後、3000 G で 20 分間、遠心分離を行った。得られた上澄み液を孔径 1.0 μm のメンブレンフィルターで吸引濾過し、濾液の pH、ORP、EC を測定した。測定後、ICP-OES で金属類（Pb, Cu, Cr, Cd, Zn, Mn, Fe, Ca, Na）を、HPLC/UV でキレート薬剤濃度を、TOC 分析装置で TOC を測定した。

シリアルバッチ試験では環告 13 号法を 5 回繰り返した。具体的には、試料（A 飛灰と B 飛灰の模擬処理飛灰）に環告 13 号法の操作を行って溶出液を濾過した後、濾紙上の残渣を蒸留水で

洗い流しながら L/S=10 となるように混合し、改めて 6 時間振とうした。L/S=50 になるまで同様の操作を繰り返した。得られた濾液（5 回分）は、それぞれ pH、金属類濃度、薬剤濃度、TOC を分析した。

カラム試験は、B 飛灰の模擬処理飛灰に対して行った。下部に直径 3.0 mm の穴を開けた容量 50 mL の PP 製の遠沈管の下端に 0.05 g の石英ウール層、その上に 4.0 g のガラスビーズ層 2 層（ビーズ粒径：下から順に 2.0 mm と 1.0 mm）を設けた。次に、模擬処理飛灰 10 g と直径 2 mm のガラスビーズ 20 g を混ぜた試料を充填した後、遠沈管をクランプで固定し、下端に溶出液の採取のために漏斗とポリ容器を設置した。上端は通水のためにガラス管付きのゴム栓をつけ、シリコンチューブを繋いだ。定量送水ポンプを用いて蒸留水を流量 10 mL/h で流し、累積液固比が（最も細かい条件で）1, 2, 4, 6, 8, 10, 30, 50 となるように溶出液を採水し、pH、EC、ORP、金属類濃度、薬剤濃度、TOC を分析した。また、薬剤処理飛灰に重金属を含む溶媒が接触したときの挙動を把握する為、蒸留水の代わりに Pb 溶液（Pb 濃度 25 mg/L、pH12.5）を溶媒に用いたカラム試験も行った。Pb 溶液の作製には、塩化鉛(II)と水酸化ナトリウムを用いた。

(3) キレート薬剤と重金属類との錯体生成定数の把握

キレート薬剤が存在する環境下での金属濃度を決定する因子として、キレート薬剤と重金属類との錯体生成定数を、金属濃度とキレート薬剤濃度とのイオン平衡に基づく化学平衡論に基づく関係性（具体的には「金属濃度とキレート薬剤濃度の二乗の積」の逆数）から推定した。錯体生成定数を求める金属元素は、焼却飛灰に含まれ、薬剤と錯体を生成する可能性がある Pb、Zn、Cu、Cd とした。金属元素を含む溶液は、NaOH を用いて pH を 12.5 に調整した重金属標準溶液と、A、B、C 飛灰に環告 13 号法を行った各溶出液とした。Pb、Zn では、試料を 2 mL とり 100 mL メスフラスコに入れた後、1 mol/L の NaOH 水溶液を 3 mL 加え蒸留水で定容した。その後、粒子保持能 1 μm のガラス繊維濾紙で吸引濾過した。濾液を 10 mL ずつ 50 mL ポリ容器に入れた後、添加後の濃度が表 4 に示す値となるように調整した薬剤を 10 mL 加え 3h 振とうした。振とう後、粒子保持能 1 μm のガラス繊維濾紙で濾過し、薬剤濃度を分析した。残った濾液は濃硝酸を用いて pH を 2 以下にし、重金属を分析した。一方 Cu、Cd の水酸化物錯体は沈殿するため、薬剤を添加して 3h 振とうした後に、薬剤と反応しなかった水酸化物錯体（固体）をアンミン錯体（イオン態）として回収するために Cu には 12%アンモニア水、Cd には 28%のアンモニア水を 2 mL 加え 1h 振とうした。溶出液は、環告 13 号法時に濾過操作をしているため、薬剤添加前の濾過はしなかった。

4. 研究成果

(1) 最終処分場の浸出水中のキレート薬剤および薬剤類縁物質の実態把握

DTC について、埋立層からの浸出水として内水ポンドに流入する集水管内の水には 3.1～22mg/L 含まれていたが、内水ポンドでは概ね 2mg/L 以下まで大きく低減し、特に水温の低い時期以外は内水ポンドで DTC が検出されなくなった。さらに処理施設に導入され、接触酸化槽と硝化槽を処理されると、検出されなくなる時期が多く見られるようになった。10 月～3 月頃の水温が低下する時期にはこれらの処理槽内でもわずかながら検出されたものの、内水ポンドにおける DTC の低減効果が高いことがわかった。一方、PIP については、集水管内の水には 0～4.4mg/L 含まれており、DTC よりは 1 桁濃度が低かった。集水管内の水が内水ポンドを経て処理施設に導入されることで突出したピークは低減化される傾向が見られた。分析値の多くが定量下限値以下であったが HPLC のクロマトグラムにわずかながらピークが検出されており、これら試料中にはわずかながら PIP が含まれていたと判断できる。そのため、DTC と比べて PIP は内水ポンドや処理施設で分解しづらいのではないかと推定される。なお、2 種類のキレート薬剤ともに硝化阻害性が確認されたが、内水ポンドから浸出水処理過程を経る中でキレート薬剤は分解処理され、硝化阻害性も弱まることが確認された。

(2) 安定化処理物からの、余剰キレート薬剤の溶出挙動の把握

処理飛灰に対して環告 13 号法を行ったときのキレート薬剤濃度を図 1 に示す。薬剤は添加率が増加すると溶出濃度が高くなった。

続いて、薬剤と鉛（Pb）の経時的な溶出濃度について、最もデータ数が多いカラム試験の薬剤添加率 0, 3, 5wt% でのキレート薬剤の溶出濃度を図 2 に示す。溶出濃度は、累積液固比 1 から 2 にかけて増加した。その後、液固比が増加するにつれて濃度は減少を続けたが、累積液固比 50 においても 1～10 mg/L の溶出濃度を維持しており、いずれも硝化阻害が生じる 1 mg/L を越えていた。すなわち、過剰に添加されたキレート薬剤の溶出による硝化阻害は長期的に続く可能性が高いものと思われた。

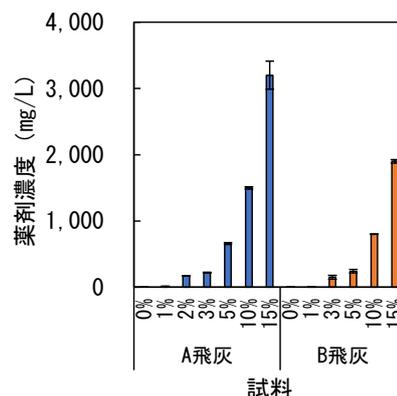


図 1 環告 13 号法での薬剤溶出濃度

一方、Pb は添加率 0wt%では累積液固比 50 まで埋立基準値の 10 倍以上の濃度で溶出していたが、薬剤を添加した飛灰では、累積液固比 10 までは添加率 3wt%の累積液固比 1 を除いて 0.3 mg/L 以下であった。しかし、累積液固比が 10 よりも大きくなると、薬剤添加率が小さいほど高濃度で Pb が再溶出した。

なお薬剤を過剰に添加した処理飛灰に対して、Pb 溶液を溶媒として透水させたカラム実験では、溶出液中の Pb 濃度が溶媒濃度よりも低下する現象が確認され、余剰のキレート薬剤により、Pb 濃度が低下する現象も確認された。

続いて、薬剤の溶出量と溶出しなかった量の推移について検討した。薬剤を多く添加すると溶出試験時の薬剤の溶出濃度が増加することが確認されたが、過剰に添加された薬剤は重金属をより多く不溶化しているのか、あるいは過剰に添加された薬剤は、ほぼ全量が溶出してしまうのかを把握することは、薬剤を多く添加することの意味を議論する上で重要である。重金属との反応が一定量以上に増えないとすれば、薬剤添加率が増えるにつれて、薬剤と金属が反応した量（反応量、とする）は変化せずに溶出量のみが増加すると考えられる。反応量を直接求めることは難しいため、累積液固比 50 までに薬剤が溶出した量と、（添加量－溶出した量）で求めた「溶出しなかった量」により反応量を示した。この溶出しなかった量には分解量が含まれている可能性はあるものの、その大部分は金属類との反応量と考えた。

各添加率に対して、薬剤の溶出した量と溶出しなかった量とを図 3 に示す。C 試験はカラム試験、S 試験はシリアルバッチ試験を意味している。薬剤添加率 5wt% 以降では溶出しなかった量がほぼ一定となり、過剰に添加した薬剤がほぼ全量溶出したことが示唆された。ただし試験方法によって溶出しなかった量は大きく異なり、シリアルバッチ試験ではカラム試験の約 2 倍の値を示した。これは、薬剤混練時には薬剤と未反応の金属類が多く存在しており、それらの金属と薬剤との反応が溶出試験の振とう操作によって促進されたためではないかと考えられる。

(3) キレート薬剤と重金属類との錯体生成定数の把握

推定した錯体生成定数を表 1 に示す。Cu, Cd は溶出液に含まれておらず、溶出液では求めている。また Cd の実験は 1 回のみ結果である。全データ平均値は、標準溶液と溶出液をあわせてとった平均値である。

表 1 実験により求めた錯体生成定数 (単位: L^3/mol^3)

元素	Pb	Zn	Cd	Cu
標準溶液平均値(標準偏差)	14.2(±0.1)	8.4(±0.1)	13.7	14.6(±0.2)
溶出液平均値(標準偏差)	13.8(±0.2)	8.1(±0.1)	—	—
全データ平均値(標準偏差)	14.0(±0.2)	8.2(±0.3)	13.7	14.6(±0.2)

錯体生成定数は $Cu > Pb > Cd > Zn$ の順に大きく、遷移元素の安定度系列を示す Irving-Williams の系列と一致していた。Pb と Zn の錯体生成定数は、標準溶液から求めた値と比べ溶出液から求めた値はやや小さかった。この理由は明確ではないが、溶出液はイオン強度が非常に大きいことから、Pb, Zn, キレート薬剤の活量の低下によるものではないかと考えられる。

さらに、ここで求めた錯体生成定数は、固体を形成する錯体に対して求めた値であることから、

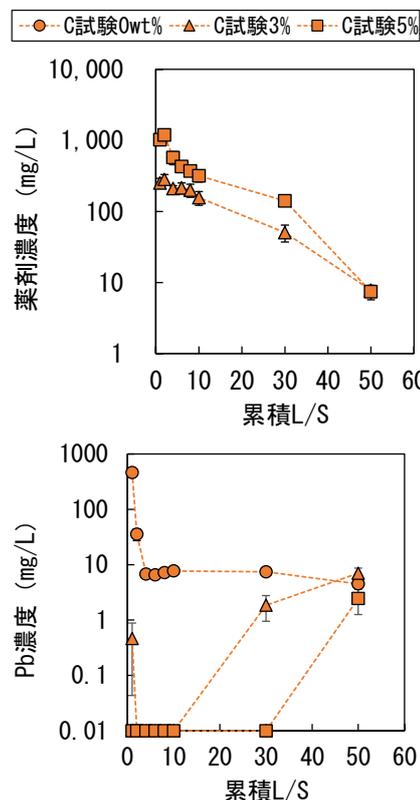


図 2 薬剤と Pb の経時的溶出濃度

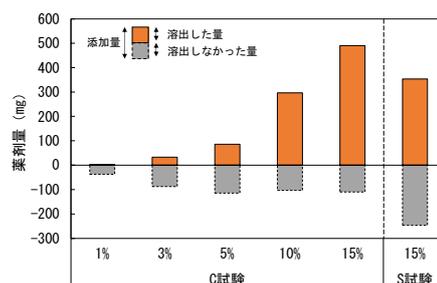


図 3 薬剤の溶出した量と溶出しなかった量

溶解度積定数の逆数と考えることで錯体溶解度を推定した。推定したキレート錯体の溶解度を表 2 に示す。全ての元素において溶解度から予想される濃度は定量下限値よりも高く、特に Pb は埋立判定基準値である 0.3 mg/L より 10 倍高い溶解度となり、高液固比における Pb 再溶出の一因となっていることが示唆された。また環告 13 号法において Pb が溶出しない理由は、溶出した余剰薬剤の共通イオン効果によるのではないかと考えられる。

表 2 推定したキレート錯体の溶解度 (単位: mg/L)

元素	Pb	Zn	Cd	Cu
標準溶液平均値(標準偏差)	2.3(±0.2)	65.8(±6.2)	2.0	0.6(±0.07)
溶出液平均(標準偏差)	3.2(±0.4)	84.8(±5.4)	—	—
全データ平均値(標準偏差)	3.0(±0.5)	75.3(±11.7)	2.0	0.6(±0.07)

以上の結果を踏まえて本課題のテーマである「過剰に添加された重金属安定化キレート薬剤は最終処分場の安全弁か汚濁源か？」について総合的に検討した。

まず「過剰に添加されたキレート薬剤は汚濁源か？」という問いに対しては、過剰に添加したキレート薬剤はほぼそのまま溶出することが確認されたこと、実浸出水でもキレート剤が検出されていること、弱いとは言え硝化阻害性を示したことから、汚濁源となっていることは間違いないと言える。しかしながら、内水ポンドから浸出水処理過程を経る中でキレート薬剤は分解処理され、また硝化阻害性も弱まることも確認された。

続いて「過剰に添加されたキレート薬剤は安全弁か？」という問いに対しては安全弁としての機能があることが確認された。すなわち、過剰に添加されたキレート薬剤が、焼却飛灰の安定化処理において必要なものか、不要なものかという問いに対しては、必要なものであると考える。その理由は、少なくとも現状の薬剤では、環告 13 号法においても低液固比のカラム試験においても、余剰薬剤による Pb の不溶化効果は大きく、余剰薬剤が存在する期間については重金属の移動性が抑制されていると考えられるためである。しかし、どの程度余剰に入れることが適切であるかについては、飛灰中の重金属含有量がさまざまな条件によってばらつくことを考えると難しく、結論は得るにか至らなかった。なお、少なくとも今回模擬飛灰を作成するに当たって用いた DEA 系薬剤では、カラム試験の結果などを見る限り、長期的には錯体が分解して Pb が再溶出していることが示唆された。薬剤処理飛灰を数十年以上の長期に渡って最終処分場で管理することを考えると、錯体が分解しにくい薬剤の開発が望まれるとともに、最終処分場では浸出水のモニタリングを続けることが重要であると考えられる。

最後に、本研究で新たに生じた課題としては、①溶出した余剰の薬剤と最終処分場に埋め立てられている他の廃棄物、とりわけ焼却主灰中の重金属との反応の評価、②薬剤処理飛灰からの Pb が再溶出したとしても、未処理飛灰の溶出液濃度ほど高くなることのない理由の解明、③DEA 系薬剤以外の薬剤の錯体生成定数の測定、等があげられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 貫上佳則、年見寛和、水谷聡	4. 巻 75
2. 論文標題 余水の窒素処理における有機キレート剤の影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 都市清掃	6. 最初と最後の頁 32-37
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 水谷聡、陳家盛、相原咲季	4. 巻 77
2. 論文標題 製鋼スラグの混練による模擬底質からの重金属の溶出抑制効果の評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集G（環境）	6. 最初と最後の頁 III_385 ~ III_392
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2208/jscej.77.7_III_385	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kameoka Hiroshi, Ito Koji, Ono Junko, Banno Arisa, Matsumura Chisato, Haga Yuki, Endo Kazuto, Mizutani Satoshi, Yabuki Yoshinori	4. 巻 24
2. 論文標題 Investigation of perfluoroalkyl carboxylic and sulfonic acids in leachates from industrial and municipal solid waste landfills, and their treated waters and effluents from their closest leachate treatment plants	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Material Cycles and Waste Management	6. 最初と最後の頁 287 ~ 296
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10163-021-01319-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 水谷聡、伊藤耕二、矢吹芳教	4. 巻 32(1)
2. 論文標題 焼却残渣に含まれるポリ塩化ナフタレンに関する研究動向	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 廃棄物資源循環学会誌	6. 最初と最後の頁 41-49
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 田久保圭祐，水谷聡，大西亮太，年見寛和，貫上佳則
2. 発表標題 飛灰に過剰に添加されたキレート薬剤のカラム試験での溶出挙動
3. 学会等名 第33回廃棄物資源循環学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 陳家盛，水谷聡，貫上佳則
2. 発表標題 都市ごみ焼却における熱回収残渣中の硫黄と塩素の含有量
3. 学会等名 第33回廃棄物資源循環学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水谷聡，陳家盛，田久保圭祐，
2. 発表標題 熱回収残渣を含む焼却残渣からのS及びClの溶出挙動
3. 学会等名 第22回環境技術学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田久保圭祐，水谷聡，貫上佳則
2. 発表標題 シリアルバッチ試験における薬剤処理飛灰からの有機キレート薬剤の溶出挙動
3. 学会等名 第21回環境技術学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田久保圭祐, 水谷聡, 年見寛和, 貫上佳則
2. 発表標題 薬剤処理飛灰からの有機キレート薬剤と金属類の経時的な溶出挙動
3. 学会等名 第32回廃棄物資源循環学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 貫上佳則, 年見寛和, 水谷聡
2. 発表標題 海面埋立処分場における有機キレート薬剤の存在実態とpHによる安定性
3. 学会等名 第32回廃棄物資源循環学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Satoshi Mizutani
2. 発表標題 Can the use of a riffle sampler reduce the variability in metal content of bottom ash from municipal solid waste incinerator?
3. 学会等名 The 32nd Annual Conference of JSMCWM (3RINCsAutumn2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Satoshi Mizutani, Ryotaro Naoi, Saki Aihara, Koji Ito, Yoshinori Yabuki, Yoshinori Kanjo
2. 発表標題 Congener distribution of polychlorinated naphthalenes in municipal solid waste incineration fly ash
3. 学会等名 The 7th 3R International Scientific Conference on Material Cycles and Waste Management (3RINCs2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshinori Yabuki, Hiroshi Kameoka, Koji Ito, Kazuto Endo, Satoshi Mizutani
2. 発表標題 Survey on per- and polyfluoroalkyl substances in leachates and treatment processes in waste landfill site
3. 学会等名 The 7th 3R International Scientific Conference on Material Cycles and Waste Management (3RINCs2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 直井亮太郎、水谷聡、相原咲季、伊藤耕二、矢吹芳教、貫上佳則
2. 発表標題 焼却飛灰に含まれるポリ塩化ナフタレンの同族体・異性体の存在割合
3. 学会等名 第20回環境技術学会年次大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	貫上 佳則 (Kanjo Yoshinori) (90177759)	大阪公立大学・大学院工学研究科・教授 (24405)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------