

令和 3 年 6 月 10 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2020

課題番号：16K00606

研究課題名(和文) FeS₂/H₂O₂/O₃反応系における難分解有機化合物の酸化分解研究課題名(英文) Oxidative remediation of persistent organic compounds by FeS₂/H₂O₂/O₃ reaction system

研究代表者

原 淳子 (Hara, Junko)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター・主任研究員

研究者番号：40374996

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：FeS₂/H₂O₂/O₃反応系における芳香族化合物の化学的酸化分解能を評価し、反応に寄与するラジカル種およびベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、キシレンの分解機構、反応生成物の蓄積性について検証した。その結果、本反応系はベンゼン環を酸化分解する酸化力を有し、芳香族化合物種によって分解効果の差があることが明らかとなった。特にトルエンに関してはオゾンではなく過酸化水素を併用しないと十分な酸化力が得られず、ベンゼン環に配位する置換基により促進添加剤種が異なることが検証された。さらに、本手法を原位置浄化に用いた場合の土壌酸性化について、浄化処理後の土壌の自然修復能について検討し、安全性を評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

残留性有機化合物による土壌・地下水汚染は、国内外で汚染事例が後を絶たず、工業活動を優先してきた都市地域では原位置で短期的に浄化可能な処理技術の開発が求められている。本研究は、分解速度の速い化学的酸化分解法に着目し、検証が不十分なFeS₂/H₂O₂/O₃反応系における芳香族化合物に対する分解力、反応機構、浄化処理後の自然環境修復能について評価し、浄化手法としての適用可能性および安全性を明らかにした。対象とした反応系における対象物質の分解反応機構を明らかにした学術的意義は高く、検証が不十分な浄化手法の反応副産物の蓄積有無や浄化処理後の環境修復を加味した研究は環境保全を目指す社会に必要な情報である。

研究成果の概要(英文)：The chemical oxidation for mono-aromatic compounds in FeS₂/H₂O₂/O₃ system was estimated in this research. The reactive radical species using FeS₂ oxidants was cleared, and reaction mechanism, accumulation of by-products of each aromatic compounds were quantitatively evaluated in laboratory experiments. The decomposition ability was different in each mono-aromatic compound, benzene ring was easily opened and degraded to low molecular organic acid. Particularly toluene was persistent among them, and which need combined use with hydrogen peroxide. The effective oxidant with FeS₂ reaction was depend on the substituent group of benzene ring. In addition, this oxidative remediation method is worried about soil acidification occurred by long term sulfide dissolution. The natural neutralization ability of after treatment soils were also evaluated in here.

研究分野：地圏環境工学、地球化学

キーワード：土壌汚染 現位置浄化技術 化学的酸化分解

1. 研究開始当初の背景

土壤汚染物質の現位置浄化手法の一つに化学的酸化法がある。EPA（アメリカ合衆国環境保護庁）でも、有力な酸化剤として過マンガン酸塩、フェントン、オゾン、過硫酸塩の4手法を挙げ、開発段階にあることを報告している。

各々の手法には一長一短があり、化学的酸化法のメリットは、いずれの手法においても反応が速く、分解力が高いために副生成物の蓄積は少ないことである。一方、デメリットの主な要因は酸化剤の存在形態および反応後の残留成分による。過マンガン酸塩、過硫酸塩では固液混合体、フェントンでは液体、オゾンではガス体にあることに起因して、地下での適用範囲が限られてしまうこと、浄化中および浄化後の土壌・地下水の酸性化が挙げられる。しかし、前者の懸念は有害物質の環境中での動態に合わせた浄化手法の選択を行うことで回避でき、後者は中和剤の投入で現地修復が可能である。化学的酸化法は特に生分解の困難な汚染物質の浄化には適切な手法といえる。

国内外の研究動向はその手法が水浄化に容易に利用できるかでその進捗に大きな差がある。フェントン、オゾン法は水浄化へ適用可能なことから、多くの研究者が研究開発に携わっており、様々な汚染物質を対象とした研究事例・汚染サイトへの適用報告も多い。一方、過マンガン酸塩、過硫酸塩による手法はまだ開発段階にあり、現場に適用した際の反応ポテンシャル向上が必要とされている。特に、過硫酸塩法はこれらの中で最も新しい手法で、国内には取り扱う研究者はおらず、海外でもアメリカの一部の大学および USEPA の地下水研究グループが研究を開始し、現在はマレーシアやオランダの大学研究者が研究報告を行うにとどまっている。

2. 研究の目的

本研究課題は、化学的酸化法を用いた現位置土壌汚染浄化手法の開発を目指し、 $\text{FeS}_2/\text{H}_2\text{O}/\text{O}_3$ 反応系のポテンシャル評価を実施し、我が国でも次期土壌汚染規制対象物質としての見込みの高い難分解性有機化合物の浄化機構の解明を目的とする。

ここで対象とする汚染物質は、国内外で汚染事例の多い油成分に含まれる難分解物質である。その需要も高いことから実用化に向け、土壌処理後の酸性化の安全性評価、修復等も加味した成果を出すことを目的とした。

3. 研究の方法

本研究で明らかにすべき課題は、① $\text{FeS}_2/\text{H}_2\text{O}/\text{O}_3$ 反応系の反応ポテンシャル評価、②個別対象有害物質に対する酸化分解特性の評価、③複合模擬汚染における酸化分解の選択性・分解生成物蓄積等の検証および安全性評価の3つである。各課題は実施する室内実験結果に基づいて確実に実施し、初期物質の減衰のみでなく、反応生成物の同定・定量まで行うことで、反応機構の解明を目指した。また、実用化を目指し、化学的酸化法の欠点である土壌酸性化の修復・安全性評価についても実施した。

実施課題1： $\text{FeS}_2/\text{H}_2\text{O}/\text{O}_3$ 反応系の反応ポテンシャル評価

比較的取り扱いが簡便で本課題となる難分解性物質の副生成物として生成されることが予想される低分子有機酸の酢酸(CH_3COOH)およびベンゼン(C_6H_6)を用いて、 $\text{FeS}_2/\text{H}_2\text{O}/\text{O}_3$ 反応系のラジカル反応ポテンシャル評価・最適反応条件の検討等を実施した。反応ポテンシャル

評価は、酢酸・ベンゼンの分解量を指標とした回分式実験を実施した。

実施課題 2：対象有害物質に対する酸化分解特性の評価

対象とする BTEX 各々の有害物質について、課題 1 で求められた最適条件下で回分式分解試験を行い、分解生成物の同定・定量および速度論解析より、分解機構を検討した。副生成物として蓄積するものがあれば、さらに副生成物を対象とした、蓄積評価・反応系の改善の検討を行った。ターゲット物質および主要副生成物を GC-MS および IC-TOF を用いて同定・定量を行い、経時的な初期物質、反応生成物の存在量割合から $\text{FeS}_2/\text{H}_2\text{O}/\text{O}_3$ 反応系の汚染物質分解機構を推察した。

実施課題 3：複合汚染有害物質に対する酸化分解特性の評価および安全性評価

個別対象有害物質を用いて模擬複合汚染溶媒を作成し、各物質に対する酸化分解の選択性・分解生成物の蓄積等の検証を行った。実験は大きく 2 つ実施し、1 つは、課題 2 と同様の回分式実験にて模擬複合汚染の分解事件を実施し、優位的な分解成分、官能基を特定し理論予測値との比較検討を行った。もう 1 つは、回分式実験では既に蓄積してしまった物質を分解させるラジカルの発生が乏しいと予想されることから、系内に 2 次的もしくは連続的にオゾン注入し、酸化分解の促進が見込まれるか検証を行った。さらに実環境での反応を予想するため、土壌混合条件下における反応ポテンシャル減少影響を実験的に検討し、酸化剤投入による土壌酸性化の修復および安全性評価を実施した。

4. 研究成果

上記、3 つの実施課題について、以下の結果を得た。

実施課題 1

$\text{FeS}_2/\text{H}_2\text{O}/\text{O}_3$ 反応系における芳香族化合物の化学的酸化分解能を評価するため、本手法で対象汚染物質と分解する際に中間生成物として蓄積が見込まれるベンゼンおよび酢酸を含む低分子有機酸の分解機構解明を進めた。その結果、酸化促進剤を用いた場合の分解機構の変化についても検討を進め、以下の知見を得た。

- ・ $\text{FeS}_2/\text{H}_2\text{O}$ のみの反応系における最適条件を明らかにし、一週間で 9 割以上のベンゼンが分解し、そのうち 55% は二酸化炭素まで完全分解した。さらに酸化促進剤を加えた反応系ではオゾン、過酸化水素いずれを使用した場合も 99% 以上のベンゼンが分解し、過酸化水素では 70-75%、オゾンでは 98% と CO_2 までの完全分解率が上昇した。

- ・本手法によるベンゼンの酸化分解は、オレフィン化合物を介して、主にグリオキシル酸、シュウ酸、ギ酸を経由する経路とマロン酸、酢酸を経由する経路に分かれ、両経路を経て CO_2 まで完全分解する機構で進行することが明らかとなった。

- ・酸化材を添加した反応系では、シュウ酸を経由する経路が優勢となり、特に過酸化水素を用いた反応系ではシュウ酸の蓄積量が無添加時よりも増加することが明らかとなった。また、促進剤効果による反応促進経路の変化は熱力学的な計算結果に裏付けられることを検証した。

- ・ベンゼン分解速度の全容は、検出された有機酸の反応速度を用いた数値計算結果と大凡合致した。

- ・二硫化鉄表面で汚染物質の酸化分解に寄与するラジカル発生種を特定し、その定量に成功した。

実施課題 2

汚染事例の多い油汚染土を想定し、ガソリンの主要成分である BTEX（ベンゼン、トルエン、キシレン、エチルベンゼン）複合汚染に対する適用評価を中心に実施し、以下の事を明らかにした。

- ・毒性のある主要芳香族化合物 BTEX は、反応速度に差はあるものの二硫化鉄／水反応系において各々1週間後に9割の分解、最も分解速度の遅いトルエンにおいても2週間後に同様の分解率を示した。しかし、BTEX 混合物の分解は単独で実施した分解率と異なり、benzene>>ethylbenzene>xylene>toluene の順に選択的な分解が生じ、CO₂までの完全分解率も12.4%に減少した。これを改善するために、各々の対象物質における分解試験結果から、反応初期に、トルエンの場合は過酸化水素を添加、キシレンの場合は過酸化水素もしくはオゾン、エチルベンゼンの場合はオゾンを添加することで分解速度促進に効果的であることが明らかとなった。

- ・さらに、発生ラジカル種の同定・定量結果から、二硫化鉄と過硫酸塩を用いた場合の反応機構の差異が確認された。

実施課題3

実汚染土壌へ適用した場合、二硫化鉄／水系のみでは土壌量の増加によって BTEX の分解量の減少が確認されたが、さらに系内に促進剤（過酸化水素およびオゾン）添加した場合、この分解反応は土壌中有機物および溶解量の増加するアルミニウムによる阻害を受けず、これら成分によって反応は促進する機構を示した。また、この促進反応要因は溶存イオン種によるラジカル反応の促進効果によることが明らかとなった。

さらに、浄化処理後の土壌環境影響を評価するため、懸念される複数の元素項目について、生態系への負影響の有無、さらに土壌緩衝能、微生物修復機能を計算モデルにより評価し、以下の事を明らかにした。

- ・二硫化鉄を用いた方法では、土壌の緩衝作用、微生物による硫酸還元反応により、石灰による中和処理を行わなくても、十分に自然修復可能な酸性化反応領域で分解反応が生じることが推察された。

- ・還元剤投与による短時間での中和処理でも土壌環境を修復することは可能であるが、二硫化鉄による反応では、蓄積された中間生成物を利用した継続的な浄化サイクルを構築可能であり、中和剤を用いた処理は向かないと判断された。

- ・多硫酸塩による浄化処理では、硫酸還元反応や緩衝作用による自然修復が困難であり、従来通り、化学的中和処理が最適である。ただ、透水性の高い土壌サイトを処理する際は、修復処理範囲を狭めるため、浄化処理前の時点で酸性化領域を限定するよう周辺に中和剤を施工するなど、環境修復まで見込んだ施工の必要性が明らかとなった。

以上から、多硫酸塩による手法は反応性が高く、短期的に浄化が可能ではあるが、汚染物質の浄化のみでなく、最終的な生態系も加味した土壌環境修復を加味すると二硫化鉄を用いた手法が原位置浄化には適していることが検証された。

しかし、上記モデルは微生物試験により検証を進めたが、研究期間内に鉄、硫黄サイクルを再現するまでには至らなかった。

今後は、今回の研究期間で得た有意義なデータをもとに、自然サイクルにおける硫化鉱物の浄化効果についてさらに検証を進め、人口的に化学物質を投与しての短期的な浄化にとどまらず、汚染物質の自然浄化を視野に入れた研究展開を進めたいと予定している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Junko HARA, Susumu Norota	4. 巻 98
2. 論文標題 XAFS analysis of arsenic bound in holocellulose extracted from organic-rich contaminated sediments	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 E3S web of conference	6. 最初と最後の頁 9010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/e3sconf/20199809010	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 Yoshishige Kawabe, Junko Hara	4. 巻 16
2. 論文標題 Chemical Properties of Tsunami Deposits Caused by the Great East Japan Earthquake	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of AOGS2019	6. 最初と最後の頁 175
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 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 野呂田晋・原 淳子	4. 巻 91
2. 論文標題 天然地質材料に吸着した重金属 (ヒ素・鉛・カドミウム・水銀) の安定性に関する実験的研究 重金属再溶出の可能性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 北海道地質研究所報告	6. 最初と最後の頁 43-50
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 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 杉田創、小熊輝美、張銘、原 淳子、川辺能成	4. 巻 62
2. 論文標題 陰イオン交換樹脂を用いた亜ヒ酸-ヒ酸分離手法について	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地下水学会誌	6. 最初と最後の頁 75-87
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 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 Junko HARA	4. 巻 15
2. 論文標題 Arsenic binding characteristics to humic substances in organic sediments	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of AOGS2018	6. 最初と最後の頁 271
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 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 杉田創・小熊輝美・張銘・原淳子・川辺能成	4. 巻 74
2. 論文標題 使用済Ca系ヒ素吸着材の環境安定性に及ぼすケイ酸の影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集G (環境)	6. 最初と最後の頁 493-502
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 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 J. HARA	4. 巻 189
2. 論文標題 Oxidative degradation of benzene rings using iron sulfide activated by hydrogen peroxide/ozone	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemosphere	6. 最初と最後の頁 382-389
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemosphere.2017.09.081	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 J.Hara, Norota S., Kawabe Y., Sugita H., M. Zhang	4. 巻 25
2. 論文標題 Arsenic speciation and accumulated humic substances in natural organic sediments, Environmental Science and Pollution Research	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Environmental Science and Pollution Research	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11356-018-1779-7	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 J.Hara	4. 巻 1
2. 論文標題 Kinetic study on chemical oxidation of BTEX by activated iron bisulphide	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of IEEC2017	6. 最初と最後の頁 405-406
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 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 Junko Hara, Yoshishige Kawabe, Yasuhide Sakamoto	4. 巻 7
2. 論文標題 Evaluation of natural degradation of persistent organic chemicals in acid sulfate soils distributed in a coastal area	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 International Journal of Environmental Science and Development	6. 最初と最後の頁 441-444
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18178/IJESD	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 -

〔学会発表〕 計34件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 原 淳子・川辺能成、張銘、吉俊輔、友口勝
2. 発表標題 圧縮条件下における建設残岩からのフッ素溶出に及ぼす細粒化効果
3. 学会等名 環境工学研究フォーラム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原 淳子、吉川美穂、張銘
2. 発表標題 ポリビニルアルコール (PVA) 系農業用保水材の安全性評価
3. 学会等名 第54回日本水環境学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原 淳子、川辺能成、張銘、吉俊輔、友口勝
2. 発表標題 建設残岩からのフッ素溶出に関する長期的環境影響評価
3. 学会等名 第54回日本水環境学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原 淳子、川辺能成、張銘、吉俊輔、友口勝
2. 発表標題 トンネル掘削岩からの有害元素溶出におよぼすスレーキング効果の定量的評価
3. 学会等名 第25回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉田創、小熊輝美、張銘、原 淳子、川辺能成
2. 発表標題 使用済Ca系ヒ素吸着材に及ぼすケイ酸の影響 - 亜ヒ酸の溶出リスクについて
3. 学会等名 第54回日本水環境学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川辺能成、原 淳子、坂本靖英
2. 発表標題 台風による増水で堆積した河川堆積物中の重金属類について
3. 学会等名 第54回日本水環境学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉田創、小熊輝美、張銘、原 淳子、川辺能成
2. 発表標題 Arsenate acid removal by combined addition of Mg-based and Ca-based adsorbents: Comparison on a molar basis
3. 学会等名 日本化学会中国四国支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sugita H., Oguma T., Zhang M., Hara J., Kawabe Y.
2. 発表標題 Effects of Silicic Acid on Environmental Stability of Spent Calcium-based Arsenic Adsorbents
3. 学会等名 JpGU Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sugita H., Oguma T., Zhang M., Hara J., Kawabe Y.
2. 発表標題 Arsenate acid removal by combined addition of Mg-based and Ca-based adsorbents: Comparison on a mass basis
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会 外国人研究者交流国際シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉田創、小熊輝美、張銘、原 淳子、川辺能成
2. 発表標題 使用済Ca系ヒ素吸着材に及ぼす溶液pHの影響 - 亜ヒ酸及びヒ酸の溶出挙動について
3. 学会等名 第13回環境地盤工学シンポジウム発表論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Junko Hara
2. 発表標題 Arsenic binding characteristics to humic substances in organic sediments
3. 学会等名 AOGS2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 原 淳子
2. 発表標題 促進的酸化分解処理後の土壌環境修復に向けた予察的検討
3. 学会等名 資源素材学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sugita H., Zhang M., Oguma T., Hara J.Takahashi S.
2. 発表標題 Effects of Soils on Environmental Stability of Spent Magnesium-Based Arsenic Adsorbents
3. 学会等名 JpGU Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 原 淳子・川辺能成・張銘・永瀬弘喜・友口勝
2. 発表標題 トンネル掘削岩からのヒ素・フッ素溶出に関する評価
3. 学会等名 環境工学研究フォーラム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 原 淳子・川辺能成・張銘・永瀬弘喜・友口勝
2. 発表標題 トンネル掘削岩からの有害元素溶出におよぼすスレーキング影響について
3. 学会等名 日本水環境学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sugita H., Zhang M., Oguma T., Hara J., Kawabe Y.
2. 発表標題 Examination of Changes in Valence of Arsenic during Shaking Tests
3. 学会等名 第55回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 原 淳子・川辺能成・張銘・永瀬弘喜・友口勝
2. 発表標題 建設残岩からの有害元素溶出特性の評価
3. 学会等名 第24回 地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sugita H., Zhang M., Oguma T., Hara J., Kawabe Y.
2. 発表標題 Effects of Silicic Acid on Arsenite Removal Performance of Magnesium Oxide and Hydroxide
3. 学会等名 第27回環境化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉田創・小熊輝美・張銘・原淳子・川辺能成
2. 発表標題 使用済ヒ素吸着材の環境安定性に及ぼすケイ酸の影響 - マグネシウム系吸着材 -
3. 学会等名 第24回 地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川辺能成・原 淳子・駒井武
2. 発表標題 東日本大震災における津波堆積物中重金属類の分布特性について
3. 学会等名 資源素材学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 J. Hara
2. 発表標題 Availability of natural attenuation of persistent organic compounds in acid sulfate soils distributed in a coastal area
3. 学会等名 JPGU-AGU Joint Meeting2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 原 淳子
2. 発表標題 酸化促進剤を用いた二硫化鉄によるトルエン分解機構の解明
3. 学会等名 MMIJ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 原 淳子
2. 発表標題 BTEX砂質模擬汚染土壌に対する二硫化鉄による化学的酸化分解
3. 学会等名 資源・素材 & EARTH2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 原 淳子
2. 発表標題 二硫化鉄を用いた化学的酸化分解法における土壌成分阻害・促進効果
3. 学会等名 第52回日本水環境学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 J. Hara
2. 発表標題 Kinetic study on chemical oxidation of BTEX by activated iron bisulphide
3. 学会等名 IEEC2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 張 銘、吉川 美穂、原 淳子、川辺 能成、杉田 創
2. 発表標題 Characterization of Dioxins in Sewage Sludge
3. 学会等名 JPGU-AGU Joint Meeting2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 杉田 創、小熊 輝美、張 銘、原 淳子、川辺 能成、高橋
2. 発表標題 Removal of Arsenite from Arsenic Contaminated Water using Calcium Oxide and Hydroxide
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 杉田 創、小熊 輝美、張 銘、原 淳子、川辺 能成
2. 発表標題 Adsorption Behavior of Arsenate and Arsenite on Magnesium Oxide and Hydroxide
3. 学会等名 Water and Environment Technology Conference 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中村 淳路、澤井 祐紀、原 淳子、松本 弾、松崎 浩之、篠崎 鉄哉、谷川 晃一郎
2. 発表標題 Using meteoric Be-10 to identify sources of tsunami deposits
3. 学会等名 2017 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 原 淳子
2. 発表標題 FeS ₂ /O ₃ /H ₂ O反応系におけるベンゼンの促進的酸化分解機構に関する予察的検討
3. 学会等名 資源素材学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 原 淳子
2. 発表標題 現位置土壌汚染浄化を目指した促進的酸化分解法によるベンゼン・酢酸の分解特性評価
3. 学会等名 日本地下水学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 原 淳子
2. 発表標題 二硫化鉄を用いた促進的酸化分解法によるベンゼン・酢酸の分解特性
3. 学会等名 環境工学研究フォーラム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Junko HARA
2. 発表標題 Degradation products and the ecological risk of persistent chlorinated organic compound in potential coastal acid sulphate soils
3. 学会等名 Ecosummit2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 原 淳子
2. 発表標題 酸化促進剤を用いた二硫化鉄によるトルエン分解機構の解明
3. 学会等名 資源素材学会
4. 発表年 2017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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------