

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：32701

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K12300

研究課題名（和文）都市域河川水における希土類元素とその他レアメタルの潜在的汚染の実態調査と動態解析

研究課題名（英文）Investigation and dynamic analysis of rare earth elements and other rare metals in urban river water

研究代表者

伊藤 彰英 (Akihide, Itoh)

麻布大学・生命・環境科学部・教授

研究者番号：60273265

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）：近年使用量が急増しているレアメタル（工業的に利用価値の高い17種類の希土類元素を含む31鉱種、47元素）の環境水中での潜在的人為汚染（ここでは環境基準値にない、または環境基準値以下の成分で、人為的な影響により濃度上昇が見られる成分を指す。）を総合的に評価するために、都市域河川水の上流から河口域までのあらゆる地点において、河川水及び下水処理放流水中のレアメタルを含む主成分元素から超微量金属元素までの網羅的多元素分析法を確立した。さらに、この分析法を多摩川河川水と下水処理放流水の分析に適用し、希土類元素を含むレアメタルの潜在的人為汚染の現状について調査を行い、その結果を環境化学的に評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの河川水中の金属元素の分析は、有害性がすでに知られている元素が中心であり、レアメタル全般に関する研究例は少ない。レアメタルの一種であるGdは、濃度異常が海外でも多数報告されているが、本研究のように、希土類元素だけでなく約50のレアメタルについて潜在的人為汚染の実態調査を行ない、さらに、潜在的人為汚染元素の水生生態系への環境影響評価を行った研究は世界的にも例がない。Gdについては、最近注目されているPPCPs汚染の生物影響評価にもつながる。さらに他のレアメタルについても、生態系や人への影響が認識された場合、水処理過程の改善、新規環境基準の策定など様々な波及効果が考えられる。

研究成果の概要（英文）： Comprehensive multielement analysis of least 53 elements, including 40 rare metals, in river water at all points from upstream to the estuary in urban rivers and sewage treatment effluent was established by using three analytical methods of ICP-MS, chelating SPE/ICP-MS, and reflux-type heating acid decomposition/chelating SPE/ICP-MS. Recoveries of some elements for sewage treatment effluent in chelating SPE were improved by being combined with reflux-type heating acid decomposition. In particular, the reflux-type heating acid decomposition/chelating SPE/ICP-MS method enabled the determination of Co, In, Eu, Pr, Sm, Tb, and Tm, which had been difficult to determine in chelating SPE/ICP-MS without this decomposition procedure. A potential anthropogenic pollution (PAPs) of rare metals was investigated by the established analytical methods. As a result, 25 elements from the inflow area of sewage treatment effluent were several to several dozen times higher than those in the clean area.

研究分野：環境分析化学

キーワード：環境水 重金属 PPCPs 潜在的人為汚染 MRI造影剤 レアメタル 希土類元素 水生生物

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

1998年にドイツのBauらが環境水中で希土類元素の一つであるGd(ガドリニウム)が隣り合う他の希土類元素に比べて相対的に高濃度(Gdの濃度異常)であることをはじめて報告した。その後、ドイツだけでなくフランス、日本など先進国の都市域河川水や沿岸海水で、Gd濃度異常が起こっていることが相次いで報告された。申請者は、名古屋市近郊の河川水や沿岸海水においてGd濃度異常が存在し、下水処理場近辺で異常度が増すことを2004年に報告した。現在では、このGdの濃度異常は病院で画像診断に用いられるMRIの造影剤のGd錯体が人体から排出された後、下水処理過程で除かれずに環境水に放出されて起こったことが確認されている。その後、汚染濃度がpptレベルと低いこともあり2010年以降国内ではほとんど報告がない。しかし、2006年にこれまで副作用がなく安全と考えられていたGd錯体が、腎性全身線維症という重大な疾患を引き起こす恐れがあることが報告されたことを契機に、国外では逆にGd濃度異常や関連する研究例が増加している。Gd以外の他の希土類元素の濃度異常も報告され、水生生物や河川水を水源とする飲料水への影響が懸念されており、MRI保有台数が世界第2位で都市域に人口が集中する日本においても環境影響を明らかにする必要がある。さらに、Gdの他に、希土類元素やその他レアメタルについても近年使用量が増加しているため、これらの元素の環境流出についても合わせて評価することで、新たな重金属の潜在的な人為汚染について検討を行った。

2. 研究の目的

本研究では約50のレアメタルの網羅的分析及び解析を行う多元素プロファイリングアナリシスにより、以下の3点を明らかにすることを目的とした。東京・神奈川の都市域河川水(多摩川、相模川、境川)の全希土類元素の分析を行い、Gd濃度異常の実態を評価し、過去の報告値との比較や定期的なモニタリング分析により、潜在的汚染度の増加が見られているのか否かを明らかにすること。また、Gd以外の他の希土類元素やその他のレアメタルについても潜在的な汚染があるか否かを明らかにすること。さらに潜在的汚染が懸念される元素が確認された場合、それらの元素の化学形態別の分析を行うとともに、粒子への捕捉や水生生物への摂取の有無を評価し、その環境動態を明らかにすること。

3. 研究の方法

ICP-MS(誘導結合プラズマ質量分析法)及びICP-AES(誘導結合プラズマ発光分析法)により約50元素のレアメタルを網羅的に分析する多元素プロファイリングアナリシス法を確立した。河川水試料の多くはICP-MSで直接分析でも測定可能だが、一部のレアメタルはppt(ngL^{-1})レベル以下の超微量元素が多いため前濃縮法を併用することが有効である。また、河口試料や沿岸海水の分析では塩分が分析を妨害するため、多元素脱塩濃縮が可能なキレート固相抽出法を併用して測定した。また、下水処理放流水や放流水流入後河川水については、放流水に含まれる有機物の影響でキレート固相抽出法において一部の元素の回収率が低くなるため、還流型加熱酸分解処理を併用する方法に改良した。

確立した分析法を都市域河川水や下水処理放流水の調査に用いた。河川水は、東京都や神奈川県を流れる河川(多摩川、相模川、境川など)で2~3ヶ月の頻度でそれぞれ源流(あるいは上流)から河口・沿岸海水までの数カ所でサンプリングを行った。その際に下水処理場の放流水及びその前後のサンプリングも行った。また、河川水試料は溶存態だけでなく、フィルター上に捕集した粒子成分をマイクロ波加熱酸分解法でフィルターごと分解し、ICP-MSで測定した。

河川水の潜在的汚染元素の水生生物への摂取状況の確認を行うために、水生昆虫のトビケラ幼生やヨシノボリ(魚類)の分析を行った。これらの試料は乾燥、粉碎後、マイクロ波加熱酸分解で分解し、ICP-MSで多元素分析を行った。

潜在的汚染元素の化学形態別分析を行うために、複数の固相抽出法を組み合わせる逐次固相抽出法/ICP-MS法を検討した。固相抽出の分離特性は、河川水中で具体的な化学形態が明らかとなっている、陽イオン態の Gd^{3+} 、陰イオン性Gd造影剤2種(Gd-DTPA: マグネビスト、Gd-DOTA: マグネスコープ)、非イオンGd造影剤1種(Gd-BT-D03A: ガドピスト)を用いて評価した。分離特性を評価するために、超純水、多摩川中流域の清浄域河川水及び下水処理放流水合流後の河川水試料50 mLに Gd^{3+} 、Gd造影剤(Gd-DTPA、Gd-DOTA、Gd-BT-D03A)をGd濃度が $1 \mu\text{g L}^{-1}$ (ppb)となるように添加した。これらの試料を陽イオン交換固相カラムに通液して陽イオン態を捕集した後、その通過液を陰イオン交換固相カラムに通液して陰イオン態を捕集することで、陽イオン態、陰イオン態、非イオン態の3形態の分離特性を評価した。それぞれの固相カラムに通液後、溶出液はICP-MSで測定した。

4. 研究成果

(1) キレート固相抽出法を併用したICP-MSによる河川水の全希土類元素及びその他レアメタ

ルの多元素プロファイリングアナリシス 分析法の確立

下水処理放流水を分析する際のキレート固相抽出/ICP-MS法において、分析対象元素の回収率を100%に近づけ、正確な定量が行えるように、還流型加熱酸分解/キレート固相抽出/ICP-MS法を適用した。その結果、キレート固相抽出/ICP-MS法では良好な回収率が得られなかった重希土類元素等の回収率が90%以上に改善した。

この結果、ICP-MS法、キレート固相抽出/ICP-MS法、還流型加熱酸分解/キレート固相抽出/ICP-MS法の3つの方法を使い分けることにより、上流(清浄)域から河口域にかけて、下水処理放流水流入域も含めて全ての河川水試料について、少なくともレアメタル42元素を含む53元素の網羅的精密定量が可能になり、潜在的な人為汚染元素の網羅的評価を可能にした。

多摩川河川水の潜在的な人為汚染の評価

確立した方法を多摩川の中流域～下流域の河川水及び下水処理放流水に適用し、定量分析を行った。その結果、Luの0.16 ng L⁻¹からNaの35 mg L⁻¹の濃度範囲で53元素(内、レアメタル42元素)をRSD 2～10%の分析精度で定量することができた。これら53元素について、左から清浄域河川水中で濃度が高い順に並べた広域濃度分布をFig. 1に示す。Fig. 1から分かるように、下水処理放流水流入域河川水、河口域河川水及び下水処理放流水中の多くの元素は、清浄域河川水よりも高濃度であった。下水処理放流水流入後の河川水試料では、Li, B, Ti, Cr, Mn, Co, Ni, Ge, Rb, Sr, Mo, In, Cs, Ba, Se, Gd, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Pt, Tl, Wの25元素が、清浄域河川水に比べて数倍～数十倍高い値を示し、特に、Mn, Co, Ni, Ge, Rb, Mo, Cs, Gd, Ptは、一桁以上の濃度上昇が観測された。これら25元素は、潜在的な人為汚染元素である可能性が示唆された。

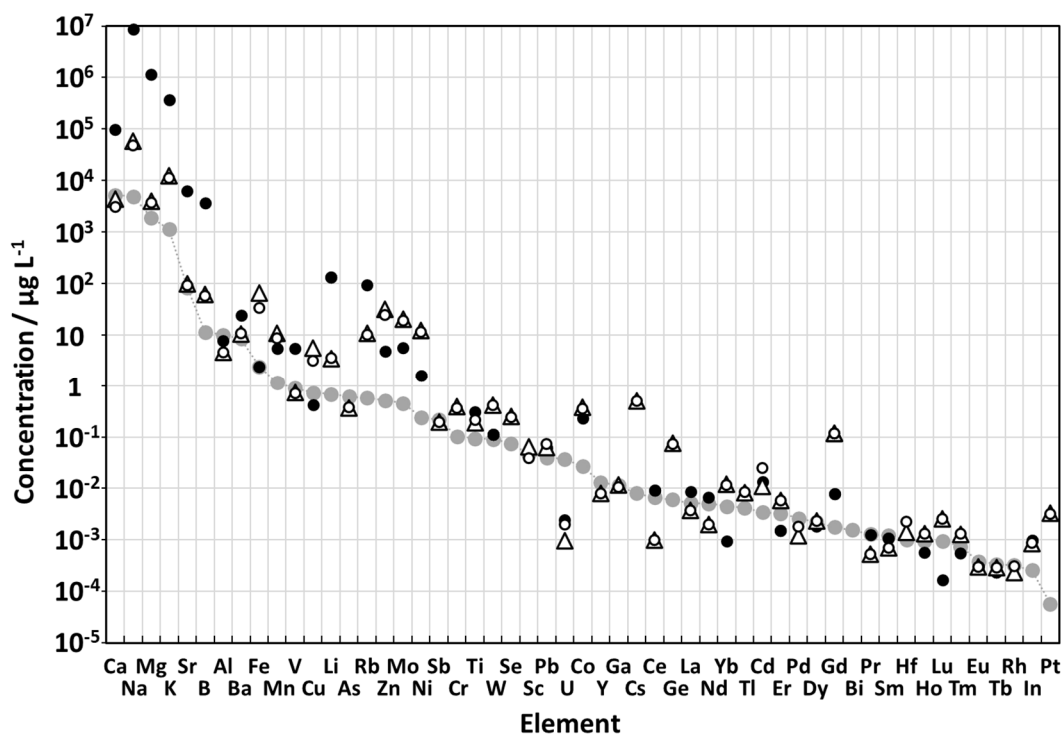


Fig. 1 清浄域河川水、下水処理放流水流入域河川水、河口域河川水、
下水処理放流水における広域濃度分布

多摩川では中流域の下水処理放流水流入地点から、Gdの存在度が隣接する他の希土類元素よりも明らかに高いGdの正の濃度異常がみられた。多摩川河川水のGdの潜在的な人為汚染の現状を評価するため、Gd濃度及びGd異常度を算出し、国内外の他のGd報告値と比較した。その結果、多摩川中流域河川水のGd濃度及びGd異常度をこれまでの国内河川水の報告値の中で最も高く、Fig. 2に示すように、国外河川水のすべての報告値を含めて比較しても、ドイツのハベル川に次いで高いことが明らかになった。さらに、Gd濃度を20～25年前の文献値と比べると、2～4倍程度上昇していることが明らかになった。

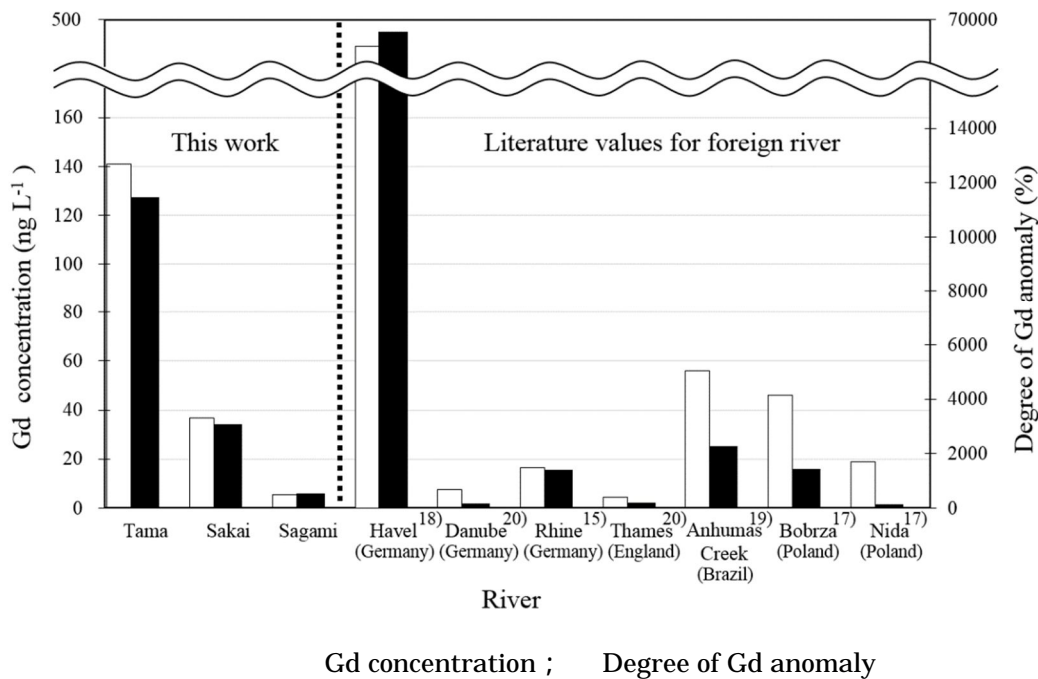


Fig. 2 多摩川、境川、相模川と国外都市域河川水との Gd 濃度と Gd 異常度の比較

(2) 水生生物の多元素分析による潜在的汚染元素の摂取状況の評価

水生生物としてトビケラ幼虫を下水処理場の前後の 4 地点で採取して分析した結果、希土類元素 14 元素とその他レアメタル 17 元素について定量値を得た。希土類元素はいずれも生物濃縮係数は高かったが、トビケラ幼虫への Gd の特異的な濃縮は見られなかった。その他レアメタルでは、下水処理場下流で採取したトビケラ幼虫に含まれる Li, Ti, V, Ga の濃度が高く、河川水の分析結果とは異なる特徴が確認された。

Gd 造影剤を添加した水道水で飼育したヨシノボリは、水道水のみ(コントロール)で飼育した場合と比べ、約 3 倍の Gd の濃度上昇が確認された。Gd 造影剤は水中では Gd 錯体の形態で存在しており、Gd³⁺の形態で暴露した時と同様に、ヨシノボリに濃縮されることが明らかになった。

(3) 河川水中粒子形態に含まれる希土類元素及びレアメタルの多元素分析

下水処理放流水から河川水に流入した潜在的汚染元素の動態解析を行うために、河川水中粒子態成分も分析し、溶存している潜在的汚染元素の粒子態への移行を調査した。また、河口域で海水から塩分が流入してくる際に、塩析によりコロイド粒子が潜在的汚染元素を含む溶存化学種を吸着させながら沈殿・除去される可能性があるため、下水処理放流水流入直後の河川水に対して、海水の主成分となる塩分を 0~3.5%まで段階的に添加した後、粒子態成分と溶存態成分を分別分析した。その結果、塩分濃度の増加とともに粒子態成分量が徐々に増加することが明らかになった。塩分 0%を基準とした塩分 1.4%のときのレアメタルの相対濃度は、Gd を含む 6 元素(Li, Ni, Rb, Mo, Cs, Gd) の潜在的汚染元素について、塩分無添加の場合と比べて、2 倍以上の濃度となった。したがって、レアメタルの一部は、河口域で粒子態に捕集されて堆積物に取り込まれることが明らかになった。

(4) Gd 及びその他レアメタルの潜在的汚染元素の化学形態別分析

Gd³⁺及び Gd 造影剤をもとに逐次固相抽出法の分離条件を確立し、陽イオン態、陰イオン態、非イオン態の 3 形態に分離することができた。そこで、分析対象を Gd だけではなく、多摩川河川水の潜在的人為汚染元素 20 元素に広げ、化学形態別分析を行った。その結果を Table 1 に示す。潜在的人為汚染元素 20 元素のうち、ほとんどの元素について化学形態別濃度を求めることができ、化学形態別割合も示すことができた。下水処理放流水流入前後でほとんどの元素で化学形態に変化が見られなかったが、Ni, Ge, Se, Gd, Pt では化学形態に変化がみられた。この 5 元素について地点ごとで化学形態別濃度を確認した結果、それぞれの元素で下水処理放流水流入後に顕著な濃度上昇を確認した。化学形態別の濃度上昇については、Ni, Pt では、陽イオン態と陰イオン態が濃度上昇した。Se については、流入前後の河川水で陰イオン態の濃度に変化はなく、陽イオン態と非イオン態が濃度上昇した。Ge は、濃度上昇した化学形態の中でも、非イオン態が顕著に濃度上昇した。Gd については、下水処理放流水流入前で確認ができなかった非イ

オン態の Gd 化合物が流入後の河川水で 18 ppt まで顕著に濃度上昇が確認できた。このことから、多摩川河川水では、非イオン態の環状型の MRI 造影剤が流入している事が分かった。また、本研究室で行われた HPLC/ ICP-MS 法の測定結果からも、ガドリウムであることが確認された。水生生物への影響が大きい Gd 陽イオンの濃度は、下水処理放流水流入前後で、約 2 倍増加していたが、その濃度は 4 ng L と極めて微量であるため、水生生物への影響は小さいと考えられる。このように本法では、今まで行うことができなかった潜在的な人為汚染元素ごとの化学形態別の濃度上昇を確認することができるようになった。今後、これらの分析法を用いることにより、潜在的な人為汚染元素の濃度だけでなく、起源や動態を明らかにするための基礎的なデータを取得することが可能になり、潜在的な人為汚染元素のより詳細な調査が行えることが期待される。

Table 1 Percentage of speciation of potential anthropogenic pollutants River water in sewage treatment effluent inflow area

Element	Chemical concentration ($\mu\text{g L}^{-1}$)		Fractional distribution percentage (%, n=3)		
			Cationic	Anionic	Non ionic
Li	1.53	± 0.016	108 \pm 3.4	-	-
B	31.5	± 1.6	-	-	93 \pm 13
Mn	14.6	± 0.92	123 \pm 7.1	-	-
Co	0.232	± 0.0017	48 \pm 0.84	35 \pm 4.2	13 \pm 2.7
Ni	3.40	± 0.018	58 \pm 1.4	42 \pm 9.1	27 \pm 0.33
Ge	0.0449	± 0.0021	5.0 \pm 0.50	23 \pm 7.7	72 \pm 11
Se	0.201	± 0.0064	15 \pm 1.0	27 \pm 1.9	17 \pm 3.6
Rb	6.03	± 0.055	119 \pm 2.9	n.d.	n.d.
Y	0.0105	± 0.00066	113 \pm 7.4	5.0 \pm 3.2	-
Mo	0.850	± 0.0018	6.6 \pm 4.0	78 \pm 5.0	-
Cs	0.0402	± 0.00027	117 \pm 4.8	n.d.	n.d.
Ba	9.26	± 0.049	110 \pm 2.4	-	n.d.
Gd	0.0234	± 0.0017	18 \pm 1.3	6.5 \pm 3.9	77 \pm 5.2
Dy	0.00112	± 0.00027	119 \pm 29	7.5 \pm 4.9	n.d.
Ho	0.000767	± 0.000083	90 \pm 9.0	5.5 \pm 4.9	n.d.
Er	0.0032	± 0.00025	104 \pm 7.1	7.4 \pm 6.5	n.d.
Tm	0.000593	± 0.000050	99 \pm 7.4	8.1 \pm 6.5	n.d.
Yb	0.0063	± 0.00034	83 \pm 3.2	11 \pm 8.0	n.d.
Lu	0.00121	± 0.00010	91 \pm 6.4	21 \pm 15	n.d.
Pt	0.00175	± 0.00041	21 \pm 4.5	27 \pm 6.4	-

—: Below the lower limit of quantification, n.d. : not detected

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Zhu Yanbei, Itoh Akihide	4. 巻 1180
2. 論文標題 Pseudo isotope dilution (PID) as an approach for correcting barium-related spectral interferences on the measurement of europium by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Analytica Chimica Acta	6. 最初と最後の頁 338854 ~ 338854
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.aca.2021.338854	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 Zhu Yanbei, Nakano Kazumi, Shikamori Yasuyuki, Itoh Akihide	4. 巻 179
2. 論文標題 Direct determination of rare earth elements in natural water samples by inductively coupled plasma tandem quadrupole mass spectrometry with oxygen as the reaction gas for separating spectral interferences	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy	6. 最初と最後の頁 106100 ~ 106100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sab.2021.106100	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 YAIDA Akane, OTSUKA Riko, YAMADA Asaki, NAKANO Kazuhiko, MATSUI Kumi, SEKIMOTO Masashi, INABA Kazuho, ITOH Akihide	4. 巻 69
2. 論文標題 Evaluation of Potential Anthropogenic Pollution of Gd Based on Determination of Rare Earth Elements in Tama-River Water by ICP-MS with Chelate Resin Solid-phase Extraction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 BUNSEKI KAGAKU	6. 最初と最後の頁 341 ~ 350
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/bunsekikagaku.69.341	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 ITOH Akihide, YAIDA Akane, ZHU Yanbei	4. 巻 37
2. 論文標題 Potential Anthropogenic Pollution of High-technology Metals with a Focus on Rare Earth Elements in Environmental Water	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 131 ~ 143
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.20SAR16	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 Zhu Yanbei, Nakano Kazumi, Shikamori Yasuyuki, Itoh Akihide	4. 巻 179
2. 論文標題 Direct determination of rare earth elements in natural water samples by inductively coupled plasma tandem quadrupole mass spectrometry with oxygen as the reaction gas for separating spectral interferences	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy	6. 最初と最後の頁 106100 ~ 106100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sab.2021.106100	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 Itoh Akihide, Ganaha Shoko, Nakano Yoshikatsu, Zhu Yanbei	4. 巻 240
2. 論文標題 Elemental characteristics and biogeochemical cycles of trace metals in coastal seawater around coral reefs elucidated by multi-element profiling analyses	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Estuarine, Coastal and Shelf Science	6. 最初と最後の頁 106779 ~ 106779
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecss.2020.106779	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 YAIDA Akane, OTSUKA Riko, YAMADA Asaki, NAKANO Kazuhiko, MATSUI Kumi, SEKIMOTO Masashi, INABA Kazuho, ITOH Akihide	4. 巻 69
2. 論文標題 Evaluation of Potential Anthropogenic Pollution of Gd Based on Determination of Rare Earth Elements in Tama-River Water by ICP-MS with Chelate Resin Solid-phase Extraction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 BUNSEKI KAGAKU	6. 最初と最後の頁 341 ~ 350
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/bunsekikagaku.69.341	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 Yanbei Zhu, Sayaka Nishigori, Yoshiaki Shimura, Tomio Nara, Eiji Fujimori	4. 巻 36
2. 論文標題 Development of an Automatic pH Adjustment Instrument for the Preparation of Analytical Samples Prior to Solid Phase Extraction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 621-626
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.19SBN03	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 Yaida Akane, Otsuka Riko, Yamada Asaki, Nakano Kazuhiko, Itoh Akihide	4. 巻 39
2. 論文標題 Investigation of potential anthropogenic pollution of rare metals in Tama River followed by establishment of a comprehensive multielement analysis of major-to-ultratrace elements in river water and sewage treatment effluent	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 867 ~ 882
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s44211-023-00287-8	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 -

〔学会発表〕 計8件(うち招待講演 1件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 八井田朱音、天野友輝、中野和彦、伊藤彰英
2. 発表標題 還流型加熱酸分解処理を併用したキレート固相抽出/ICP-MS法による 都市域河川水及び下水処理放流水中レアメタルの定量
3. 学会等名 第70回日本分析化学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 八井田 朱音・大塚 理子・近藤 紘昌・山田 安咲紀・中野 和彦・関本 征史・松井 久美・伊藤 彰英2
2. 発表標題 都市域河川水中レアメタルの広域濃度分布測定と潜在的的人為汚染調査
3. 学会等名 日本分析化学会第69年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 八井田 朱音・大塚 理子・近藤 紘昌・中野 和彦・関本 征史・松井 久美・伊藤 彰英
2. 発表標題 都市域河川水中希土類元素及びその他レアメタルの広域濃度分布測定と潜在的汚染の現状評価
3. 学会等名 第38回生体と金属・化学物質に関する研究会(チョークトーク2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 八井田 朱音・大塚 理子・近藤紘昌・中野 和彦・関本 征史・松井 久美・伊藤 彰英
2. 発表標題 都市域河川水中希土類元素及びその他レアメタルの広域濃度分布測定と潜在的汚染の現状評価
3. 学会等名 日本分析化学会第68年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大塚 理子・八井田 朱音・近藤紘昌・中野 和彦・関本 征史・松井 久美・伊藤 彰英
2. 発表標題 固相抽出 / ICP-MS 法による河川水中人為起源 Gd の化学形態別分析
3. 学会等名 日本分析化学会第68年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤彰英
2. 発表標題 都市域河川水中レアメタルの多元素プロファイリングアナリシスと Gdの潜在的汚染の現状評価
3. 学会等名 第54回日本水環境学会年会併設研究集会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 八井田朱音、天野友輝、中野和彦、伊藤彰英
2. 発表標題 還流型加熱酸分解処理を併用したキレート固相抽出/ICP-MS法による都市域河川水及び下水処理放流水中レアメタルの潜在的人為汚染調査
3. 学会等名 第82回分析化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 天野友輝、八井田朱音、中野和彦、伊藤彰英
2. 発表標題 都市域河川水中の潜在的人為汚染元素の化学形態別分析法の開発
3. 学会等名 日本分析化学会第71年会
4. 発表年 2022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	朱彦北 (Zhu Yanbei) (90422790)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・計量標準総合センター・主任研究員 (82626)	

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