

十和田湖水質中の元素分析結果 —ICP-MS 法による分析結果を中心として—

花石竜治 一戸卓也 齋藤輝夫

十和田湖の環境保全に関する調査研究の基礎データを得るため、平成 22 年に採取した十和田湖湖水について誘導結合プラズマ質量分析法 (ICP-MS) 及びフレーム原子吸光法により、多元素を定量した結果について報告する。十和田湖湖水水質中の元素濃度は、琵琶湖のそれと比べて、典型元素においては、リチウム、ホウ素、セシウム、鉛及びタリウムの濃度が高く、遷移金属はマンガン及び亜鉛の濃度が高かった。

Key words: Lake Towada, ICP-MS, metals content

1. はじめに

十和田湖は奥羽山脈の北端の青森・秋田両県の県境に跨る湖である。

北東北の奥羽山脈は、かつて「黒鉱」と呼ばれる独特な重金属の鉱石を産するなど、本邦の鉱業史に名を刻んだ鉱山地帯でもある。十和田湖周辺も、湖畔の「鉛山 (なまりやま)」、「銀山 (ぎんざん)」などの地名が指すように、鉱山地帯であった。我が国の金属鉱山が戦後に廃れたように、十和田湖周辺の鉱山も戦後、廃止され、現在では、鉛山沢川上流で旧鉱山廃水の処理が行われている。

十和田湖水質中の重金属類については、近年は鉱山廃水の影響予測が論じられ¹⁾、かつて底質が研究の対象となったことがあった²⁻⁶⁾。これら重金属類とは、亜鉛などが主な調査対象であったが、昭和 46 年度に開始した公共用水域水質調査では、近年でもヒ素、亜鉛が定量下限値を上回って検出されている。

一方、従来、原子吸光光度法により分析されてきた元素に関しては、近年、誘導結合プラズマ質量分析法 (ICP-MS) により、多種の元素を一斉に定量することが可能になった。水素化物発生原子吸光分析の対象だったヒ素なども、ICP-MS では分析操作が簡便になった。

本報告では、十和田湖の環境保全に関する調査研究の基礎データを得るために、ICP-MS 法などによって、十和田湖湖水水質中の元素濃度を測定した結果

とその考察について述べる。

2. 調査方法

採水は、超純粋グレードの硝酸及び超純水で洗浄したプラスチック容器に、十和田湖の環境基準点のひとつである「中央」地点において、平成 22 年 5 月 18 日に、表層水を直に採取することによって行った。図 1 に採水地点を示した。

採水した検体は、100 mL につき、超純粋グレードの硝酸 5 mL をマイクロピペットで加えて混和し、ICP-MS 分析に供した。使用したプラスチック製のメスフラスコは、5%硝酸に浸漬し、超純水で洗浄後、使用前まで超純水に浸漬し、使用直前に超純水で洗浄した。このプラスチック製のメスフラスコとマイクロピペットを器具として用い、SPEX 社の混合標準溶液で分析の標的となる元素を、内標準物質として用いたインジウムは和光純薬工業社製の市販品を使用して調製した標準溶液を使用した。

ICP-MS 法では、ヒ素の分析でヘリウムのコリジョン法、セレンで⁷⁸Se の水素リアクション法、鉄は⁵⁷Fe の水素リアクション法、それ以外の元素はコリジョン・リアクションガスを用いないモードで、いずれも検量線法で分析した。ICP-MS で定量できる元素としては、プラズマトーチのネブライザーが浸食されないように、フッ化水素を含まない標準液に含まれる元素だけを対象とした。

微量元素は ICP-MS 法で分析したが、高濃度で存在するアルカリ金属およびアルカリ土類金属元素（ナトリウム、カリウム、マグネシウムおよびカルシウム）は、フレイム原子吸光法で定量した。マグネシウム及びカルシウムは、塩化ランタンを添加して分析した。フレイム原子吸光分析は、関東化学社製の標準溶液による検量線法による。

されている⁷⁾ので、その表層の湖水水質についての結果と比較し、表2に示した。

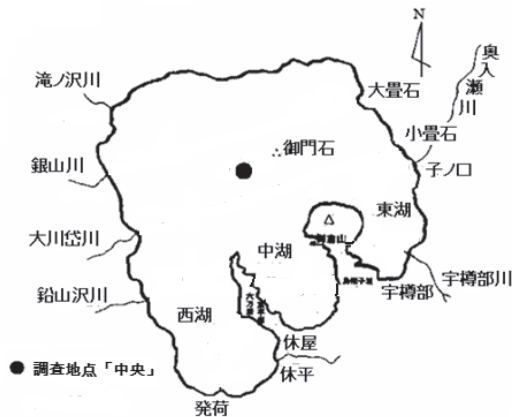


図1 調査地点「中央」の位置図（世界測地系で北緯40°28'28", 東経140°53'18"）

表1 十和田湖湖水水質中の金属類元素の濃度測定値

原子番号	元素	濃度 (μg/L)
3	Li	13
4	Be	<0.1
5	B	660
11	Na	34000
12	Mg	3000
13	Al	1.0
19	K	1700
20	Ca	9000
23	V	1.2
24	Cr	0.2
25	Mn	0.6
26	Fe	43
27	Co	<0.1
28	Ni	0.3
29	Cu	1.5
30	Zn	12
31	Ga	0.31
33	As	5
34	Se	<0.02
37	Rb	4.2
38	Sr	49
42	Mo	<7
47	Ag	<0.1
48	Cd	<0.2
51	Sb	0.59
55	Cs	0.24
56	Ba	6.4
81	Tl	0.07
82	Pb	1.4
83	Bi	<0.1
92	U	<0.1

3. 結果

表1に、測定した元素の原子番号順に濃度を表記した。

表1で、濃度の桁が最大最小で7桁違った。この結果を周期表上の対数表示で図示したのが図2である。図2では、測定した元素の濃度を薄灰色の棒の高さで表示している。無色の元素は測定しなかったものである。元素で高さがゼロのものは、定量下限値未満の濃度であったことを示した。

図2でアルカリ金属およびアルカリ土類金属は、それぞれナトリウム、カルシウムがピークで、周期にわたっての山形のプロットになっていた。また典型元素では、ホウ素の濃度が比較的高いことが分かった。それ以外では、ヒ素、アンチモンのピークが目立っている。

遷移金属については、鉄、亜鉛などが比較的高い濃度であった。

4. 考察

ICP-MS法はこの10年間に急速に進歩を遂げた分析技術であり、今回の報告結果は、中高緯度の冷温帯に位置する火山湖にこれを適用した例である。我が国の温帯に位置する琵琶湖において、元素濃度の周期表マッピングが深度別にも行われた結果が報告

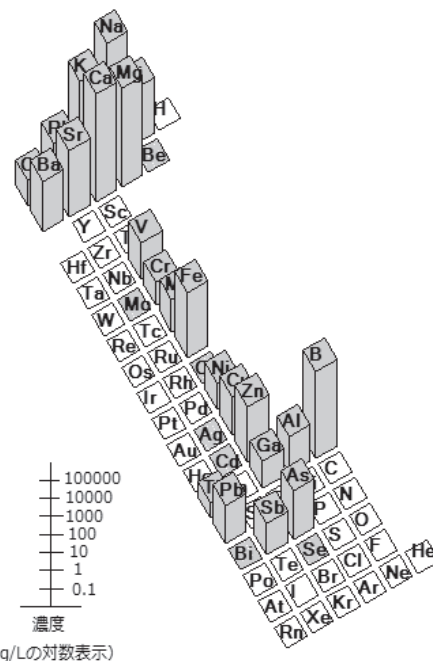


図2 十和田湖湖水水質中の元素の濃度のプロット

表2では、十和田湖湖水水質中の濃度が琵琶湖に比べて10倍以上高い濃度の元素を濃灰色で、2分の1以下の濃度のものを薄灰色で示した。

リチウム、ホウ素、マンガン、鉄、亜鉛、セシウム、タリウム、鉛の濃度が比較的高く、アルミニウム、鉄が低濃度であった。

典型元素については、アルカリ土類金属元素の比率(A/B)が0.7~1.2であり、十和田湖と琵琶湖で同濃度水準であった。アルカリ金属元素については、十和田湖のほうが濃度が高い元素もあった。

5. まとめ

十和田湖湖水水質中の元素濃度を、ICP-MS法を中心に用いて定量した。

参考として琵琶湖の結果と比較した。典型元素においては、リチウム、ホウ素、セシウム、鉛、タリウムが琵琶湖と比べて濃度が高く、遷移金属はマンガン、亜鉛の濃度が高かった。

表2 十和田湖湖水水質中の金属類元素濃度と琵琶湖湖水との比較

原子番号	元素	十和田湖湖水水質中濃度(μg/L) A	琵琶湖湖水水質中濃度(μg/L) B	A/B
3	Li	13	0.382	34.0
5	B	660	10.6	62.3
11	Na	34000	9300	3.7
12	Mg	3000	2490	1.2
13	Al	1	2.953	0.3
19	K	1700	1630	1.0
20	Ca	9000	13500	0.7
23	V	1.2	0.144	8.3
24	Cr	0.2	0.0447	4.5
25	Mn	0.6	0.0379	15.8
26	Fe	43	350	0.1
28	Ni	0.3	0.423	0.7
29	Cu	1.5	0.718	2.1
30	Zn	12	0.304	39.5
31	Ga	0.31	0.596	0.5
33	As	5	0.836	6.0
37	Rb	4.2	1.44	2.9
38	Sr	49	41.7	1.2
51	Sb	0.59	0.18	3.3
55	Cs	0.24	0.00454	52.9
56	Ba	6.4	5.37	1.2
81	Tl	0.07	0.00345	20.3
82	Pb	1.4	0.0782	17.9

■ A/B>10
■ A/B<0.5

文 献

- 1)吉田 毅ほか:十和田湖における鉱山廃水、下水道処理による水質の将来予測.青森県環境保健センター研究報告,**13**,32-45,2002
- 2)高橋克雄ほか:十和田湖に関する調査(第2報).青森県公害センター所報,**2**,96-102,1976
- 3)関野正義ほか:十和田湖に関する調査(第3報).青森県公害センター所報,**3**,118-125,1977
- 4)森田良美:鉱山活動による十和田湖の水質変化(1970).青森県環境保健センター研究報告,**13**,70-75,2002
- 5)野田正志:十和田湖の底質と周辺土壌及び岩石の関連性.青森県公害センター所報,**6**,57-62,1983
- 6)野田正志:十和田湖柱状態堆積の重金属濃度及びその形態について.青森県公害センター所報,**6**,105-112,1983
- 7)Holland, G. et al.(Eds.):Plasma source mass spectrometry-Application and emerging technologies-.105-111,The Royal Society of Chemistry,UK,2003