

常願寺川水系の支流・ダム湖の水質調査結果 (2016 ～ 2018)

著者	朴木 英治
雑誌名	富山市科学博物館研究報告
号	43
ページ	35-46
発行年	2019-07-01
URL	http://repo.tsm.toyama.toyama.jp/?action=repository_uri&item_id=1515

常願寺川水系の支流・ダム湖の水質調査結果 (2016~2018) *

朴木 英治¹⁾

¹⁾ 富山市科学博物館 939-8084 富山市西中野町一丁目8-31

Water qualities of tributaries and dams of the Joganji-gawa River system (2016-2018)

Hideharu Honoki¹⁾

¹⁾ Toyama Science Museum, 1-8-31 Nishinakano-machi, Toyama, 939-8084, Japan

Water qualities of tributaries and dams of the Joganji-gawa River system had been investigated during 2016 to 2018. When mixing ratios of three resources might be changed, chemical compositions of water of the irrigation canal Josaigokuchi-yousui were changed. Concentrations of odorous constituents such as geosmin at surface water of dams changed from 10% to 20% of the water quality standard for drinking water. Concentrations of these constituents in water of the irrigation canal Josaigokuchi-yousui were lower than that in dam water. Arsenic originated from old Kamegai mine was sometimes detected at Koguchigawa-dam, Wada-gawa River and Koguchi-gawa River with concentrations of under the water quality standard for drinking water. However, concentrations of lead originated from this mine in water suddenly increased at Koguchigawa-dam and Koguchi-gawa River and the concentration of lead in River Koguchi-gawa had been exceeded the water quality standard for drinking water only once during investigation period. Lead was not detected in water of irrigation canal Josaigokuchi-yousui during investigation period and arsenic was sometimes detected in water of this canal with concentrations from 10% to 20% to the water quality standard for drinking water in 2018. However, after water purification at the Nagaresugi Purification Plant of Toyama city, no arsenic and lead was detected.

The supplementary data is available from <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.8050544>.

Key words : river water, lacustrine environment of dam, hot spring, Kamegai mine, heavy metals, odorous component
キーワード : 河川水, 湖水環境, 酸性温泉, 亀谷鉱山, 重金属, 臭気成分

1. はじめに

常願寺川の左岸側に広がる富山平野に農業用水を供給する常西合口用水は富山市上下水道局流杉浄水場の水道水源としても利用されている。この常西合口用水の水源には、横江頭首工から取水した常願寺川の水（以降は横江系と表記）、上滝発電所の放流水（以降は称名・真川系と表記）、および、小俣発電所の放流水（以降は有峰系と表記）の3系統ある。これらの水源のうち、横江系は1:1の分配比で（旧分水施設では6:4の分配比）、称名・真川系は6.5:3.5の分配比で、有峰系は6:4の分配比で、それぞれ、常願寺川左岸側の常西合口用水と右岸側の常東合口用水に分水され、両合口用水で混合されて流れている。

常願寺川水系の水質に関しては、有峰ダム湖、祐延ダム湖の表層水や流入河川の一般イオン成分に関する報告

（朴木, 1996a）、常願寺川水系の本流、支流全般の一般イオン成分に関する報告（朴木, 1996b）、立山カルデラ内の湯川とその支流や温泉水の一般イオン成分に関する報告（朴木他, 1999）、称名滝の水質変化に関する報告（高倉・藤森, 1980, 朴木, 2015）、称名川水系の地獄谷起源の重金属類の動態に関する報告（朴木・丹保, 2017）などがある。

2015年12月に豪雨とそれに伴う融雪によって常願寺川水系が出水し、その際に臭気の強い水が検出され、その原因としてダム湖の湖底堆積物の巻き上げが起きたものと考えられた。富山市上下水道局流杉浄水場では以前から水源調査を行ってきたが、ダム湖についての調査は少なく、特に、湖底部の水質が不明であったことから、系統内に4つのダム湖を持つ有峰系の水質調査を主とした調

* 富山市科学博物館研究業績第546号

査を計画し、2016年の調査から著者も依頼を受けて同行した。調査の過程で旧亀谷鉱山起源と考えられる重金属類を検出したため、2017年の調査の途中から、これらの成分の動態を知るため、常願寺川支流の和田川と小口川、および、流杉浄水場内に引き込まれた原水の水質も合わせて調査した。なお、旧亀谷鉱山は和田川と小口川に挟まれた地域に坑道跡があり、地下には鉛を主体とした鉱床が広がっている。旧亀谷鉱山では、採掘した鉱石を製錬して金属鉛をつくり、その中に含まれている銀の採取が行われていた。

本報告では2016年から2018年の調査で得られた結果について整理する。

なお、今回の調査結果では、常西合口用水の臭気成分濃度は水道水質基準値の10%程度かそれ以下で、重金属類は水道水質基準値の10~20%の濃度が時々検出される程度であった。また、流杉浄水場の管理データを確認すると、原水中に重金属類が若干確認された場合でも、浄水過程で完全に除去されていたことをあらかじめ報告しておく。

2. 各水系の水の流れ

2.1 有峰系の水の流れ

有峰系は、常願寺川支流の和田川と小口川の両方の水系にまたがっている。和田川の上流には有峰ダム、小口川の上流には祐延ダムがあり、これらを起点として水力発電が始まる。小口川の下流部には小口川ダムと小俣ダムがあり、水力発電所の放流水を一時受け止め、下流の水力発電所に水を供給している。また、調査には含めなかったが、水力発電所の放流水を受け止める小規模なダムとして新中地山ダム（和田川）、真立ダム（小口川）も水系内に存在している。これらのダムの水は水力発電所を経由して以下のように接続されている。

[有峰ダム湖] → 和田川第一発電所・和田川第二発電所
 和田川第一発電所 → 亀谷発電所（称名・真川系）
 和田川第二発電所 → [新中地山ダム] →
 → 新中地山発電所 → [小俣ダム]（有峰系）
 [有峰ダム湖新取水塔] → 有峰第一発電所 →
 → 有峰第二発電所 → [小口川ダム] →
 → 有峰第三発電所 → [小俣ダム]（有峰系）
 [祐延ダム湖] → 小口川第三発電所 → [真立ダム] →
 → 小口川第二発電所 → 小口川 →
 → 小口川取水堰 → 小口川第一発電所 →
 → [小俣ダム]（有峰系）

上記から分かるように、小俣ダム湖には小口川水系の水と有峰ダム湖起源の水の両方が混合されている。

2.2 称名・真川系の水の流れ

称名・真川系の水は、真川上流部の水を利用する真川発電所の放流水と、称名滝の下流で取水する称名川の水や称名川支流の雑穀谷の水を利用する称名川発電所の放流水とが混合されているが、称名川の藤橋付近や常願寺川本流からの取水も一部含まれているようである。

2.3 横江系の水の流れ

横江系の水は横江頭首工から取水された常願寺川の水である。ここを流れる水の主要な水源は、常願寺川の真川大橋を通過した水、称名川の藤橋を通過した水、さらに、和田川の水とその他の小さな支流の水である。

3. 調査地点および調査方法、分析方法

調査地点を常願寺川の支流毎に整理すると、小口川水系では、小俣ダム湖（常時満水位標高：330.3 m）の表層と底層、小口川ダム湖（常時満水位標高：437.0 m）の表層と堤頂から、それぞれ、-25 m、-30 m、-35 m、-40 m、-45 m、-50 m（底層）、小口川（小口川第二発電所の放流口の少し下流）、祐延ダム湖（常時満水位標高：1400.5 m）の表層と底層から採水した(Supplementary Table 1)。

和田川水系では、有峰ダム湖（常時満水位標高：1088.0 m）の有峰ダム新取水塔（有峰第一発電所用取水）への連絡橋の上から表層水と下層水（手摺から-40 m程度）を採水し、さらに、和田川の末端付近の小見地内にかかるかすみ橋でも採水した。称名川では称名滝駐車場の監視所横（雑穀谷との合流点の少し上流）で採水した。さらに、流杉浄水場に帰着後、所内で原水を採取した。

ダム湖の調査では溶存酸素計を使用して表層から湖底までの水温と溶存酸素濃度、溶存酸素飽和率を計測し、中層水～底層水をバンドーン採水器で採取した。

採水した水は分析時まで冷蔵保存し、汚濁項目、臭気成分、重金属成分については水道法の分析手法に従って分析した。なお、本報告で使用したイオン分析値は科学博物館で管理しているイオンクロマトグラフ（2017年は陰イオン・陽イオン成分どちらも島津HIC-6A、2018年は陽イオン成分を島津HIC-6A、陰イオン成分をダイオネクス社IC-2000）で分析した。

4. 結果および考察

4.1 河川水、ダム湖水、常西合口用水原水の水質の特性

ダム湖の水質の特徴を見るためのキーダイアグラムをFig. 1に示す。上図が2018年、下図は2017年のデータで作成した。横軸は陰イオン成分（ Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 HCO_3^- （総アルカリ度））の合計濃度（当量濃度）に対す

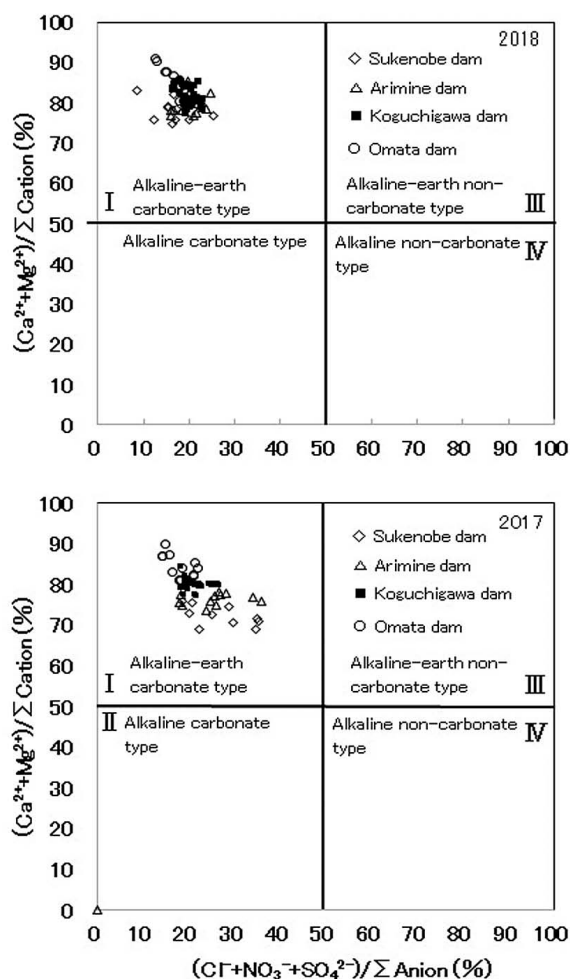


Fig. 1 Key diagrams of water quality of dam.

る総アルカリ度以外の陰イオン成分の濃度合計の比率を示し、縦軸はアルカリ金属イオン (Na^{+} , K^{+}) とアルカリ土類金属イオン (Mg^{2+} , Ca^{2+}) の合計濃度 (当量濃度) に対するアルカリ土類金属イオンの濃度合計の比率を、それぞれ、示している。通常の陸水はIのアルカリ土類炭酸塩型の領域にプロットされる。

2017年の調査結果では、有峰ダム湖、祐延ダム湖の水の陰イオン組成は陽イオン組成と比べて変動が大きかったが、有峰湖の水が主体となる小口川ダム湖の水では、陰イオン組成の変化はそれほど大きくなかった。小俣ダム湖では陰イオン組成、陽イオン組成両方で変動が見られた。これに対して、2018年は各ダム湖とも化学組成の変動は比較的少なく、プロットがかなり密集した。

小口川、和田川、称名川の水のキーダイアグラムをFig. 2に示す。上図は2018年、下図は2017年のプロットである。図中には参考のため、有峰系の水の起点となる小俣ダム湖の水と1995年に調査した横江頭首工で採取した水（横江系）の水質（朴木、1996b）についてのプロットも付記した。

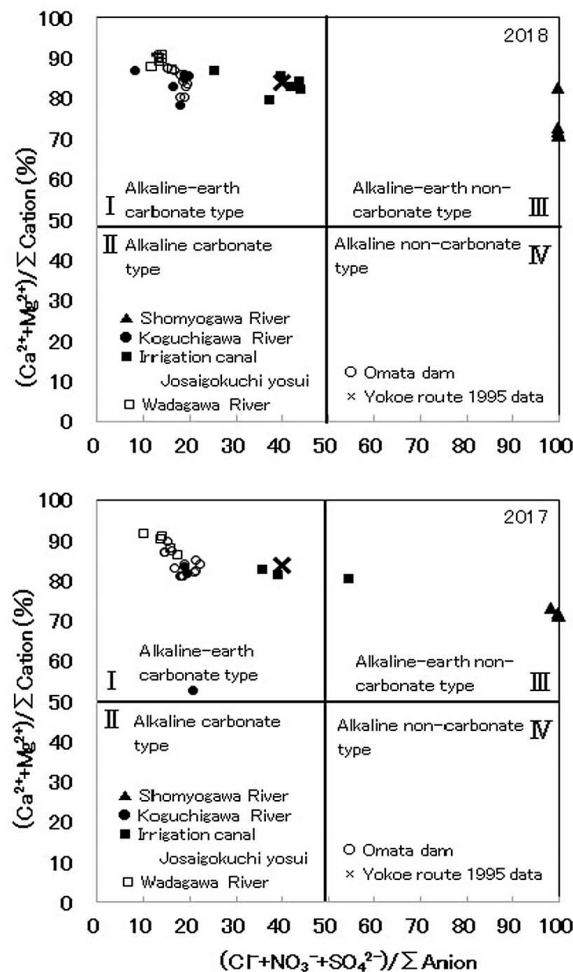


Fig. 2 Key diagrams of river water and irrigation canal Josaigokuchi-yosui.

称名川のプロットは地獄谷起源の強酸性の温泉水の影響を受け、2017年、2018年ともIIIのアルカリ土類非炭酸塩型の水質であった。しかも、中和が完了しておらず、pHの値は弱酸性を示した。このため、炭酸水素イオンの比率は0であった。これに対し、和田川、小口川のプロットはIのアルカリ土類炭酸塩型の領域にかなり密集してプロットされた。しかし、小口川では2017年に1点がIIのアルカリ炭酸塩型に近い領域にプロットされた。これらに対し、常西合口用水原水のプロットは、2017年では参考に付記した横江系のプロット付近の他、IIIのアルカリ土類非炭酸塩型の領域にもプロットされた。アルカリ土類非炭酸塩型の領域にプロットされた水は称名・真川系の水の混合比が高かったものと推定された。2018年は常西合口用水原水の多くのプロットが横江系のプロットの周りに集まったが、小俣ダム湖のプロットに近い位置にもプロットがあった。この水は有峰系が主体であると考えられた。常西合口用水の水には有峰系、称名・真川系、横江系の水が混合されているが、それらの混合比は状況によって大きく変化するようであり、この混合比の変化

によって基本水質はⅠのアルカリ土類炭酸塩型からⅢのアルカリ土類非炭酸塩型まで、かなり幅広く変化していた。

4.2 ダム湖の水質の基本特性

ダム湖の調査時には、湖水の層構造の特徴を知るため、水温、溶存酸素濃度・飽和率を計測した。計測にはYSI社製の溶存酸素計を使用し、表層付近は水深1 m毎に、中層～下層では5 m毎に計測した。

4.2.1 ダム湖の水温

調査したダムの堰堤上で計測したダム湖の水温分布をFig. 3に示した。グラフには2017年の計測データをプロットした。プロットの最上部が水面位置となる。各グラフの横軸目盛りは5 m毎に入れてある。有峰ダム湖や祐延ダム湖では、夏季には、水深が深くなるほど水温が低下し、

ある水深を境に水温が急激に変化する水温躍層も観察された (Fig. 3の上段)。この状況は自然湖沼で夏季に見られる成層期に該当しているものと考えられた。さらに、10月、11月には気温の低下によって冷却された表層の湖水が沈降して中層水が上昇する対流現象が発生する結果、表層から中層まで水温が深さによらず一定となっていた。これも自然湖沼で晩秋季に見られる循環期に該当するものと考えられた。有峰ダム湖や祐延ダム湖の湖水に見られる季節毎の水深－水温の変化パターンは、温帯の自然湖沼に見られる特徴と同様のものと考えられた。これらに対して、小口川ダム湖や小俣ダム湖では表面水の水温は日射によって上昇していたが、表層直下から湖底層までは水温がほぼ同程度となり、季節を問わず、自然湖沼の循環期に相当する水温分布であった。小口川ダム湖や小俣ダム湖は発電所の放流水を一時的に貯留する目的で設置されており、放流量に対する湖容積が比較的小さいため、水力発電所の放流水によって湖水が表層から底層まで強制的に攪拌されているものと考えられた。ちなみに小口川ダム湖に水を放流する有峰第二発電所の使用水量は最大で74 m³/秒である。また、小俣ダム湖では、小口川ダム湖から取水して小俣ダム湖に放流する有峰第三発電所の使用水量は最大で26 m³/秒、新中地山発電所は最大で33 m³/秒、小口川第一発電所は最大で2.61 m³/秒である。

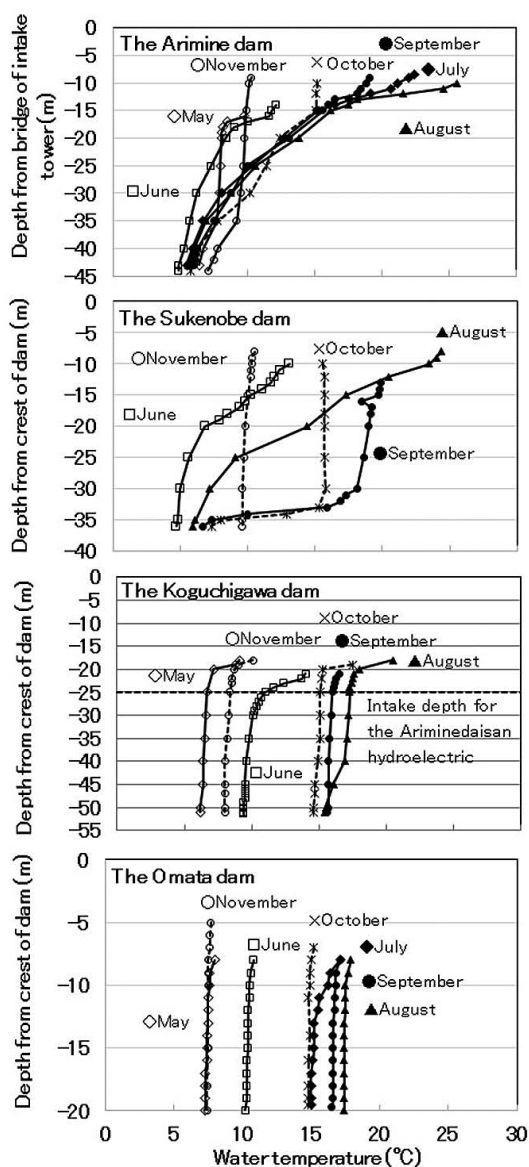


Fig. 3 Depth from crest of dam versus water temperature of each dam (2017).

4.2.2 ダム湖の溶存酸素

各ダム湖の2017年の溶存酸素飽和率の垂直分布をFig. 4に示した。有峰ダム湖では表層から湖底に向かって溶存酸素飽和率は徐々に低下した。なお、有峰ダム湖での採水是有峰第一発電所の取水塔への連絡橋の上から行っているため、調査地点での湖底位置の水深是有峰ダム湖自体では中間層程度に相当する。これに対して祐延ダム湖では9月、10月に湖底付近で水温躍層が観察され、この水温躍層の下層では溶存酸素の飽和率が非常に低くなっていた。このグラフを詳細に確認すると、水温躍層から表層部までの水温がほぼ一定になっていることから、この水温躍層は成層期から循環期への移行過程の途中の過程で形成されているものと考えられた。これらに対して、小口川ダム湖は湖底に有機物（落葉や流木片などの自然物）が多く堆積しているようで、明瞭な水温躍層は観察されなかったが、湖底層で溶存酸素飽和率がかなり低下した場合があった。小口川ダム湖に水を放流する有峰第二発電所とその上流の有峰第一発電所は常時発電しているわけではなく、電力使用のピーク時対応として運転されているようなので、発電所の停止期間が長くなると湖底の溶存酸素飽和率が減少するものと考えられた。小俣

ダム湖は他のダム湖と比べて水深が浅く、水も良く攪拌されているため、湖底付近の溶存酸素飽和率は表層と比べて若干低下する程度であった。

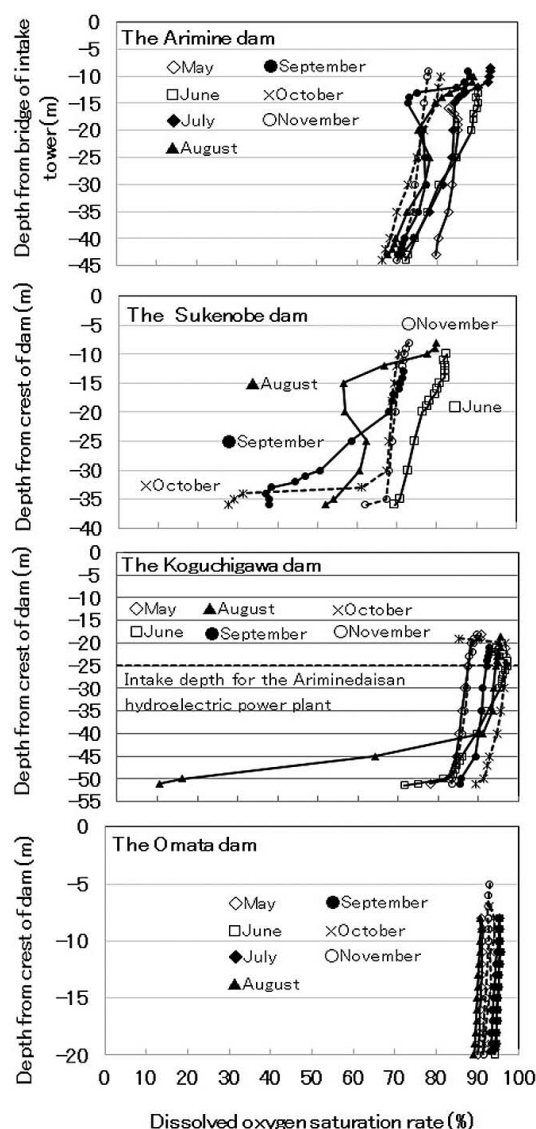


Fig. 4 Depth from crest of dam versus dissolved oxygen saturation ratio of each dam (2017).

4.2.3 ダム湖の表層水および河川水のCOD

ダム湖の表層水および河川水のCOD変化をFig. 5に示した。ダム湖のCODは水中のプランクトン量や溶存・懸濁している有機物質などによって値が変化し、数値が小さい方がきれいな水と言える。祐延ダム湖は水面標高が1400 m程と高く、集水域に分布する泥炭起源の有機物質などが溶存しているため、水は薄い黒褐色を呈しており、COD値も高かった。祐延ダム湖のCOD値を湖沼の環境基準に当てはめるとほとんどの調査結果がB類型の水質であることを示した。これに対して、有峰ダム湖、小口川ダム湖、小俣ダム湖のCOD値は1~3mg/Lで変動し、この値を湖沼の環境基準に当てはめるとA類型の水質であっ

た (Fig. 5 上)。有峰ダム湖のCOD値は下流側の小口川ダム湖や小俣ダム湖よりもやや高めに推移していた。有峰ダム湖の湖水は小口川ダム湖や小俣ダム湖と比べて安定しており、プランクトンの発生量が多い可能性も考えられた。この点については全窒素、全リン、クロロフィルaなどの項目を分析することで検討できる可能性がある。

河川水で見ると、常西合口用水原水のCOD値は、その水源の一つである小俣ダムのCOD値よりも低い値で推移した (Fig. 5の下図には小俣ダム湖の値を参考にプロットした)。また、称名川のCOD値は調査した河川水の中では最も低かった。和田川のCOD値は2017年7月に2.6mg/Lと高い値を示した以外は1mg/L前後の低い値で推移した。これらに対して、小口川のCOD値は2mg/L以上の高い値を示す場合が観察された。この原因は、小口川第二発電所の稼働により、祐延ダム湖のCOD値の高い水が小口川に放流されて混合したためと考えられる。

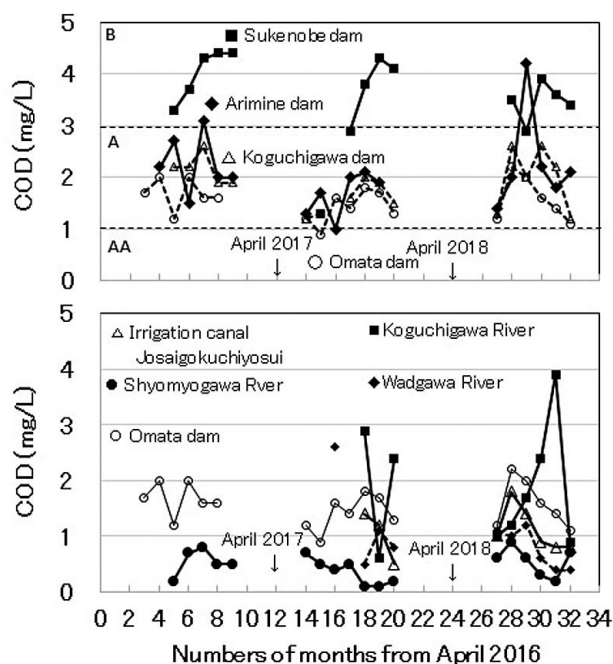


Fig. 5 COD changes of dam surface water and river water. Upper panel: Dams, Lower panel: Rivers

4.3 臭気成分

ジェオスミンや2-メチルイソボルネオールなどの臭気成分は主に水中に生育するある種の植物プランクトンやバクテリアなどが産生するもので、カビ臭の原因となる成分である。

4.3.1 ダム湖の臭気成分濃度

ダム湖の表層水、湖底水中のジェオスミン濃度の推移をFig. 6に示した。グラフのY軸目盛の上端の値が水道水質基準値である。調査したダム湖では表層水その他、湖底

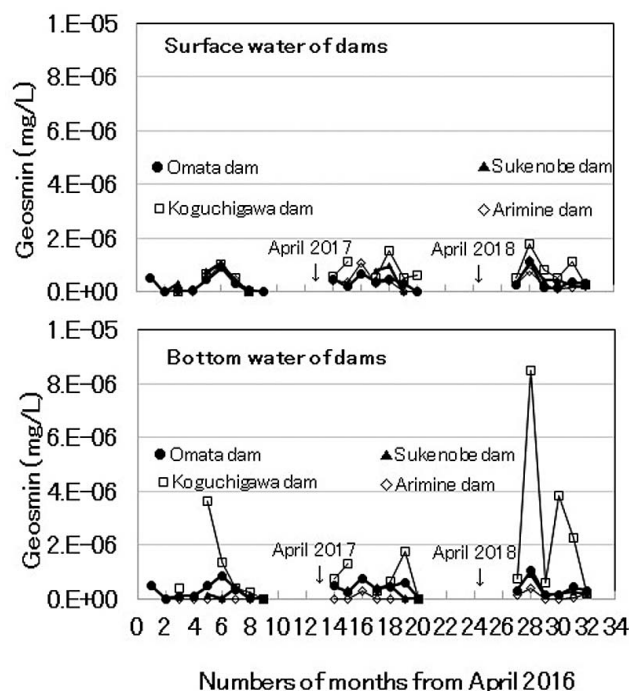


Fig. 6 Changes of geosmin concentrations in surface and bottom water of dams.
Upper panel: Surface water, Lower panel: Bottom water

水にもジェオスミンが検出された。湖底堆積物中の植物プランクトンやバクテリア類も発生源になるようである。2016年調査では、調査した各ダム湖の表層水のジェオスミン濃度が同じパターンで変化していた。

小口川ダム湖では、表層水のジェオスミン濃度が最大で水道水質基準値の20%程度の濃度（グラフの上端が水道水質基準値濃度である）であった。これに対して、湖底水では2018年7月の調査で水道水質基準値の85%まで上昇したほか、この年は小口川ダム湖の湖底水のジェオスミン濃度は比較的濃高かった。また、小口川ダム湖では2017年、2018年の表層水のジェオスミン濃度が他のダム湖と比べてやや高かった。

もう一つの臭気成分に2-メチルイソボルネオールがある。この成分は、2016年～2017年は小俣ダム湖と小口川ダム湖で各1回ずつ検出されたが、2018年には有峰ダム湖、祐延ダム湖、小口川ダム湖、小俣ダム湖で夏頃を中心に一齐に検出された。しかし、水温が低下した10月末の調査では検出されなくなった。2016年から2018年までに検出された2-メチルイソボルネオールの濃度は水道水質基準値の数%程度の濃度であったが、2019年以降の調査で動向を見ていく必要がある。

小口川ダム湖で行った水深別の臭気成分濃度の調査結果をFig. 7に示す。2017年は堤頂から-25 m ～ -45 mまでのジェオスミン濃度は表層と比べて若干低下したが、湖底水ではかなり濃度が高まった。これに対して2018年

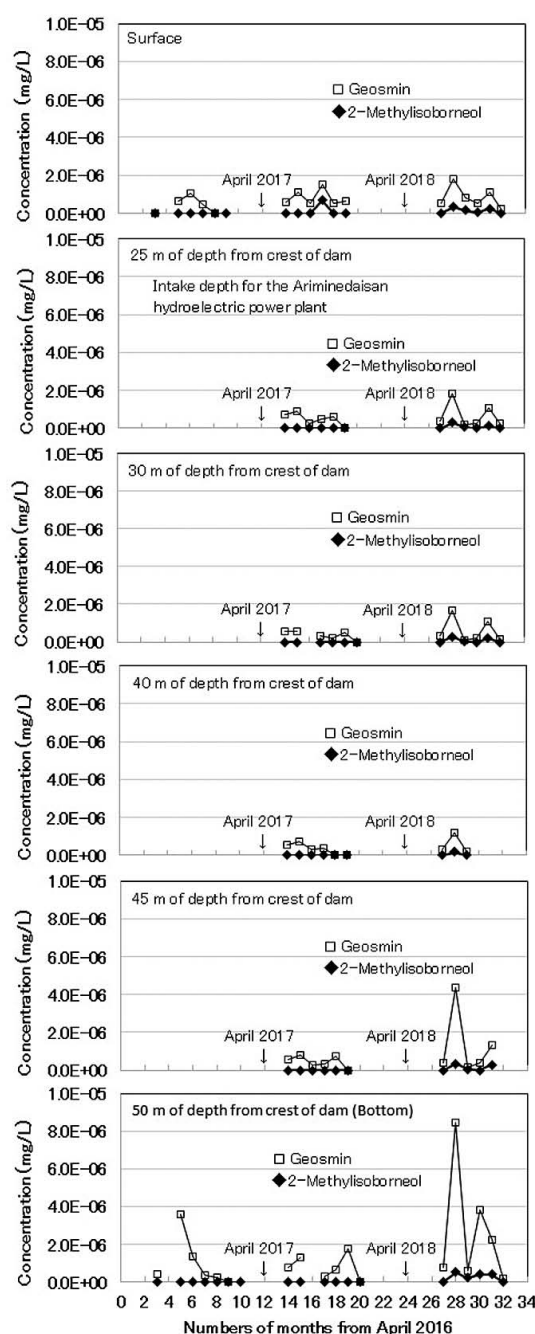


Fig. 7 Concentrations of odorous constituents in water at each depth of the Koguchigawa dam.

は堤頂から-25 m ～ -30 mまでは表層水と同程度の濃度があり、堤頂から-40 mで若干濃度が低下したものの、堤頂から-45 m、および湖底層（堤頂から-50 m）では濃度が非常に高くなっていた。小口川ダム湖の底層では2016年にも比較的高い濃度でジェオスミンが検出された。これに対し、2-メチルイソボルネオールは前述のとおり、2017年は表層で1回検出されたのみであるが、2018年は表層だけでなく中層の各層や湖底層でも検出された。小口川ダム湖の2017年と2018年の臭気成分の水深毎の濃度変化の違いがどのようにして起きてきたのか検討する必要がある。

4.3.2 河川水の臭気成分濃度

河川水中のジェオスミン濃度をFig. 8に示す。常願寺川の上流域では流れが速く、植物プランクトンは成育しにくいいため、ジェオスミンなどの臭気成分は基本的には溶存していないと考えられる。しかし、Fig. 8を見ると和田川、小口川でジェオスミンがほぼ毎回検出された。これに対して、称名川では2018年の7月と11月に若干の濃度を検出した以外は、濃度は0であった。

和田川と小口川では最大で水道水質基準値の10～20%程度の濃度でジェオスミンが検出されたが、上流のダム湖から放流されている維持放流水が起源となっている可能性がある。和田川を流れる水は常願寺川に合流するので、合流点の下流にある横江頭首工から取水されている横江系の水に多少の影響が出ている可能性が考えられた。

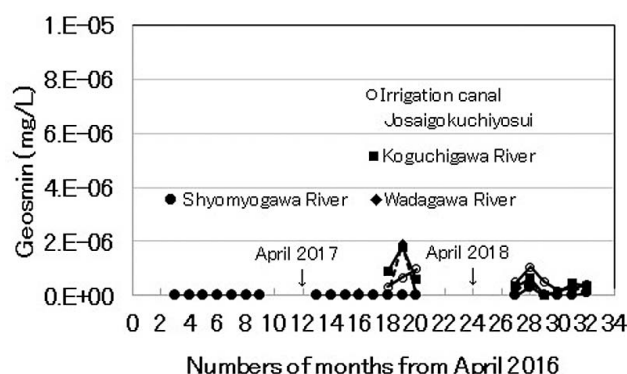


Fig. 8 Concentrations of geosmin in river water.

4.3.3 常西合口用水原水の臭気成分濃度の推移

常西合口用水原水のジェオスミンと2-メチルイソボルネオール濃度の推移をFig. 9に示した。ジェオスミンの濃度変化は、2017年は河川やダム湖での動きとは異なり、11月が最も濃度が高くなり、水道水質基準値の10%の濃度を示した。2018年は小俣ダム湖 (Fig. 6) や河川水 (Fig. 7) の濃度変化と似た濃度変化を示した。

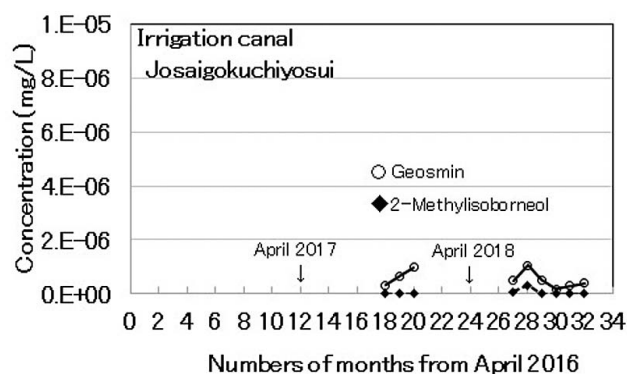


Fig. 9 Concentrations of odorous constituents in water of irrigation canal Josaigokuchi-yosui.

これに対して2-メチルイソボルネオールは2018年の6月から8月にかけて検出され、最大で水道水質基準値の3%程度の濃度であった。常西合口用水の臭気成分は水源の一つの小俣ダムの影響によるものと考えられるが、Fig. 2からわかるように、一連の調査で採水した常西合口用水の水の水質は横江系の水質に近いことが多く、和田川の水が混合する横江頭首工の水が影響している可能性も考えられる。

4.4 地獄谷起源の温泉水の称名川への影響

立山地獄谷で湧出する強酸性の温泉水は全て称名川に流入する。称名川の水の一部は称名滝の下流側で称名川第二発電所の発電用に取水され、下流の称名川発電所でも利用されたのち、真川発電所の放流水と合流して称名・真川系の水となる。称名川第二発電所が稼働していない場合や流量が多くて発電所の取水堰を越流する場合、称名滝を通過した水は称名川を下り、途中で雑穀谷などの水を合流しながら水質を変化させ（朴木, 2015）、藤橋の下流側で常願寺川と合流し、横江頭首工で取水される。このため、称名川の水は称名・真川系と横江系の両方の水質に関与している。地獄谷内を流れる紺屋川やミクリ川の水に水銀やヒ素などの重金属類が含まれているが、それらは称名滝に到達するまでに自然除去されていることは朴木・丹保（2017）で報告した。この章では比較的イオン成分濃度が高かった紺屋川について、その後のデータを追加して経過を検討する。

4.4.1 紺屋川の塩化物イオンと硫酸イオンの濃度の推移

紺屋川の水の塩化物イオン濃度、硫酸イオン濃度、および、 $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ 比の値の推移をFig. 10に示した（朴木・丹保, 2017；朴木, 2018；朴木, 2019）。濃度はいずれもモル濃度で示した。紺屋川の塩化物イオン濃度と硫酸イオン濃度はどちらも変動幅が大きいが、紺屋地獄から温泉水が流入していたかどうかで変動するようである。採

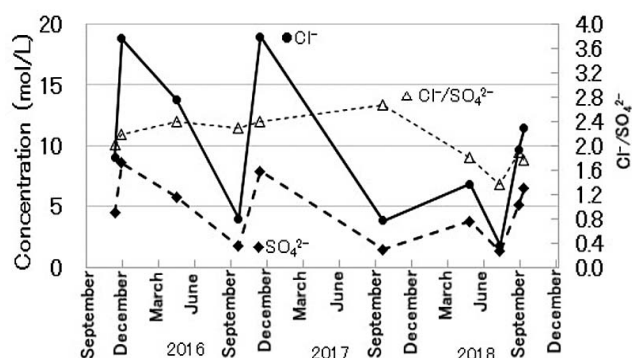


Fig. 10 Concentrations of chloride ions and sulfate ions in water of Koyagawa River.

水した丹保氏の私信によれば、最近は紺屋地獄からの温泉水の流入は少なくなっているとのことであった。紺屋川の水の $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ 比（モル濃度比）の値は、2017年まではやや上昇傾向であったが、2018年は若干低下していた。

4.4.2 紺屋川の水の重金属成分濃度の変化

紺屋川の水の鉄・アルミニウム濃度、鉛・ヒ素濃度、水銀濃度の変化をFig. 11にプロットした。これらの成分のうち、鉄・アルミニウムの濃度変化は塩化物イオンや硫酸イオンの濃度変化と比較的似た変化パターンを示した。これに対して鉛・ヒ素濃度は、2015年～2017年は塩化物イオンや硫酸イオンと同様な濃度変化を示したが、2018年は塩化物イオンや硫酸イオンの濃度が上昇したにも関わらず、鉛やヒ素の濃度は低下傾向であった。また、調査期間中の2016年11月にヒ素濃度が1回だけ水道水質基準値を超えた他は、鉛、ヒ素とも水道水質基準値以下の濃度で推移した。これらに対して紺屋川の水銀濃度は2015年11月30日に最大値を示したが、その後は濃度に低下傾向が見られ、2018年の調査結果ではさらに濃度が低下していた。水銀は他の重金属と比べて水道水質基準値が低く設定されているため（鉛・ヒ素は 0.01mg/L 、水銀は 0.0005mg/L ）、多くの調査データで水道水質基準値を超

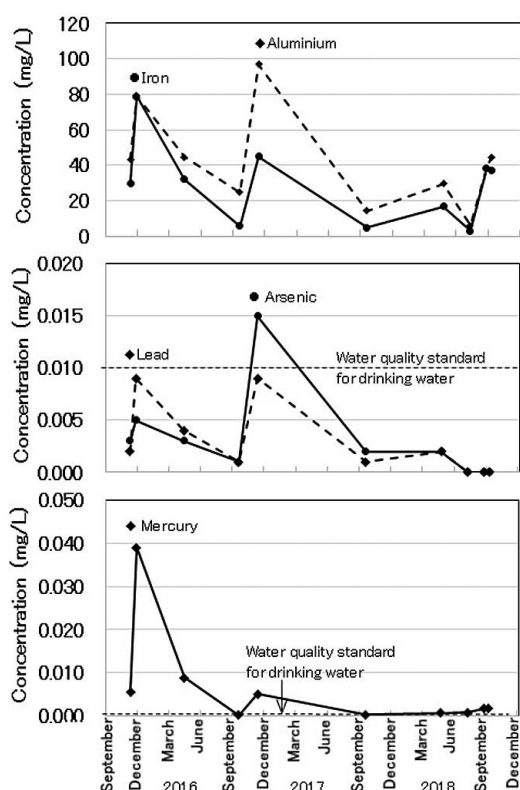


Fig. 11 Concentrations of heavy metals in water of Koyagawa River.

Upper panel: Iron and Aluminium
Middle panel: Arsenic and Lead
Lower panel: Mercury

えているが、2017年10月5日調査では水道水質基準値の60%程度の低濃度を記録し2018年の調査では水道水質基準値の1.3～3.4倍程度の濃度で推移していた。

前述したように、このような状況下でも称名滝を流下した水に水銀は検出されず（朴木・丹保、2017）、称名滝で2018年10月25日に行った調査でも水銀は検出されなかった。さらに、水源調査の調査定点として設定した称名滝駐車場監視所前位置での称名川ではすべての調査回で水銀は検出されなかった。特に、2018年は称名川第二発電所取水堰の水門が工事のために取り外されており、称名滝の水が途中の小さな支流の水で若干希釈された程度の状況で調査地点を通過していた。このため、2018年は称名滝での採水は1回しかできなかったが、この調査定点の水質は称名滝での水質とほぼ同等と考えることができる。2018年はこの場所で水銀は検出されなかった。同様に、鉛も2018年の調査では検出されず、2017年および2016年の調査でも検出されなかった（Fig. 12）。ヒ素に関しては2018年10月30日調査で水道水質基準値の20%の濃度を検出した他、2016年6月の調査で水道水質基準値の10%の濃度を検出した。これら以外の調査では、検出されなかった（Fig. 12）。

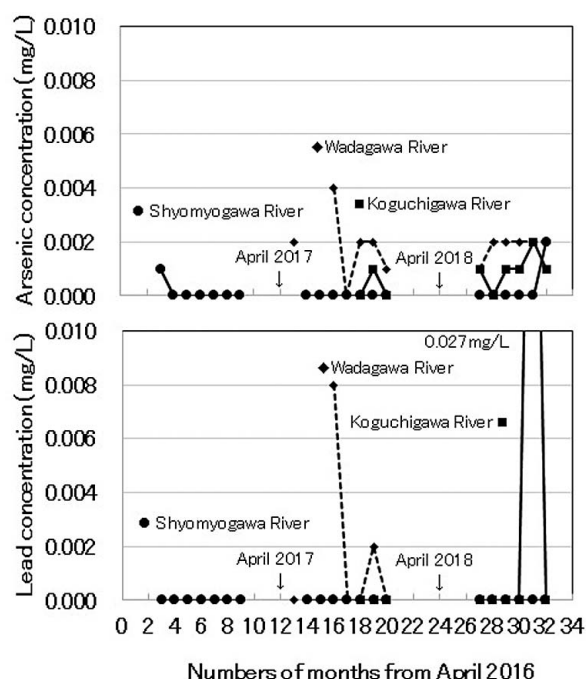


Fig. 12 Concentrations of lead and arsenic in water of Wadagawa River, Koguchigawa River and Shyomyogawa River.

4.5 和田川、小口川水系への旧亀谷鉱山の影響

旧亀谷鉱山は銀山として知られているが、前述のように鉛中の銀を採取しており、2016年調査の分析結果の確認の過程でその鉱脈起源と考えられる鉛とヒ素が、水道

水質基準値濃度以下ではあったが、存在していることを確認した。そこで、2017年調査の途中から和田川、小口川を調査地点に追加するとともに、影響が大きいと考えられた小口川ダム湖については、湖沼調査で一般的に行われている層構造調査も行った。

4.5.1 和田川および小口川での鉛濃度とヒ素濃度の推移

和田川、小口川と参考データとして称名川（称名滝駐車場監視所前）での鉛濃度とヒ素濃度の推移をFig. 12に示す。

ヒ素に関しては、和田川では調査を開始した2017年以降、水道水質基準値の10～20%の濃度でヒ素が検出されることが多く、水道水質基準値の40%の濃度になったこともあった。これに対して、小口川では水道水質基準値濃度の10%の濃度でヒ素が検出されることが多く、最大で水道水質基準値の20%の濃度であった。一方、鉛に関しては、和田川では2017年に鉛が2回検出された。いずれも水道水質基準値濃度以下の濃度ではあったが、7月10日には水道水質基準値の80%の比較的高い濃度で検出された。これに対し、小口川では2018年10月3日の調査で水道水質基準値の2.7倍の濃度で鉛が検出された。ただし、小口川での鉛の検出はこれ一回のみであった。小口川と和田川での鉛の検出はヒ素と比べると単発的である点が特徴であった。旧亀谷鉱山の坑道は谷の斜面に作られ、坑道が水没している様子が報告されているが（富山市ホームページ（埋蔵文化財センター））、坑道にたまった水が降雨によって増水し、谷に流出する結果、一時的に和田川や小口川の鉛濃度が急増するのではないかと考えられた。これに対して、ヒ素は鉛と比べて検出される頻度が高く、鉱山周辺の地下水やそれが集まる谷水に常時存在している可能性がある。これらの点は現場調査で確認しておく必要がある。

4.5.2 ダム湖での鉛濃度の推移

各ダム湖の表層水と湖底水中の鉛濃度の推移をFig. 13に示した。ダム湖の表層水では、小口川ダム湖で2018年9月に水道水質基準値の10%の濃度で鉛が1回だけ検出されたが、それ以外の調査では検出されなかった。また、有峰ダム湖、祐延ダム湖、小俣ダム湖の表層水では鉛は検出されなかった。なお、小口川ダムから取水する有峰第三発電所の取水口の位置は堤頂から-25 mの位置にあり、この水深では鉛は全く検出されなかった。

湖底水では小口川ダムの湖底水で2016年に水道水質基準値の80%の濃度で、2017年には水道水質基準値の50%の濃度で、2018年は最大で水道水質基準値の20%の濃度で鉛が検出された。これに対して、小俣ダム湖では2016

年に湖底水で水道水質基準値の10～20%の濃度で鉛が検出された。小俣ダム湖の場合、小口川第一発電所の放流水によって小口川の水が直接流入するため、小口川の影響が出た可能性がある。一方、有峰ダム湖、祐延ダム湖でも2016年に湖底水で鉛が検出された。有峰ダム湖では水道水質基準値の10%の濃度であったが、祐延ダム湖では水道水質基準値の30%の濃度であった。どちらのダム湖も集水域の一部は亀谷鉱山に近く、集水域内に鉱床が分布している支流の影響が出ていた可能性も考えられた。

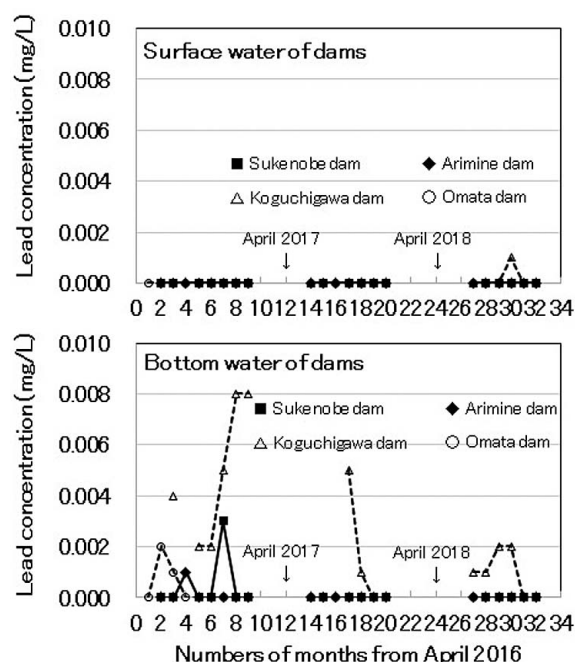


Fig. 13 Concentrations of lead in water of surface and bottom of dams.

4.5.3 ダム湖でのヒ素濃度の推移

各ダム湖の表層水、底層水中のヒ素濃度の推移をFig. 14にプロットした。表層水では、小口川ダム湖の場合2017年にヒ素が1回検出されただけであったが、2018年は3回検出され、その濃度は最大で水道水質基準値の20%の濃度であった。小俣ダム湖では2016年、2017年に各1回、2018年に2回ヒ素を検出し、いずれも水道水質基準値の10%の濃度であった。小俣ダム湖の場合、表層水のヒ素は小口川ダムの水を取水する有峰第三発電所の放流水（後述）と小口川から取水する小口川第一発電所の放流水の2つの系統の水のいずれか又は両方の影響が考えられた。これらのダム湖に対し、有峰ダム湖や祐延ダム湖の表層水ではヒ素は検出されなかった。一方、湖底水のグラフを見ると、小口川ダム湖では2016年～2018年まで、最大で水道水質基準値の40～50%の濃度のヒ素が検出された。小俣ダム湖でも湖底水にヒ素が時々検出されたが水道水質基準値の10%の濃度であった。また、祐延ダム湖の湖底

水では鉛と同様、ヒ素が2016年と2018年に各1回検出された。これらに対して有峰湖の調査地点の湖底層ではヒ素は検出されなかった。

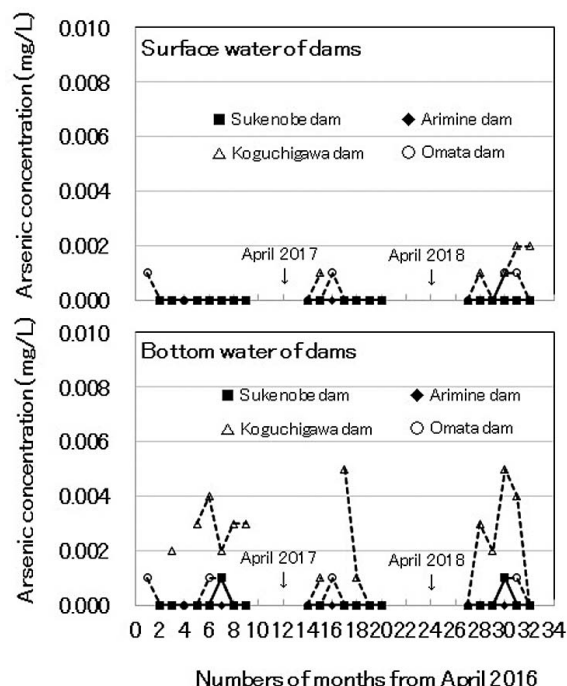


Fig. 14 Concentrations of arsenic in water of surface and bottom of dams.

4.5.4 小口川ダム湖での水深別の鉛とヒ素濃度の推移

小口川ダム湖の水深別に調査した鉛とヒ素の濃度推移をFig. 15に示した。2017年調査では表層と堤頂から-25 mの位置では鉛は検出されず、ヒ素は6月の調査で水道水質基準値の10%の濃度が1回検出された。堤頂から-30 mおよび-40 mでは鉛もヒ素も検出されなかった。これに対して2018年では、鉛は堤頂から-25 mでは検出されなかったが表層と堤頂から-30 mおよび-40 mの位置で水道水質基準値の10%の濃度で検出された。ヒ素は表層～堤頂から-40 m位置まで、水道水質基準値の10～30%程度の濃度で検出された。これらに対し、堤頂から-45 mの湖底層上部では、2017年7月に鉛は水道水質基準値の20%の濃度で、ヒ素は水道水質基準値の10%の濃度で、それぞれ、検出された。湖底層のグラフには溶存酸素飽和度を付記したが、堤頂から-45 mの湖底層上部では、鉛やヒ素を検出した際の溶存酸素飽和度は低下していた。また、2018年でも同様な結果が見られ、溶存酸素飽和度が低下した際に鉛やヒ素が検出された。一方、堤頂から-50 m～-51 mの湖底層（水深30 m～33 m程度）では状況が複雑で、水道水質基準値は超えなかったが、最高濃度は鉛で水道水質基準値の80%、ヒ素は水道水質基準値の50%と、比較的高い濃度を示した。湖底層のグラフを詳細に見ると、2016年は溶存酸素飽和率が低下した際に鉛やヒ素が

検出されていたが、10月31日および11月22日の調査では溶存酸素飽和率が高かったにも関わらず鉛とヒ素が検出され、しかも、鉛は2016年の最高濃度を示した。この時は溶存酸素飽和率が高かったことから、Fig. 12で見られたように、イベント的に高濃度の鉛やヒ素を含んだ小口川の水が小口川ダム湖に流入する際、河川水温が低かったため（比重が大きくなり）、小口川ダム湖の湖底層に流入したものと考えられた。これに対して2017年では湖底層の溶存酸素飽和率が低下した際に鉛やヒ素の濃度が上昇した。通常の湖沼では水温躍層の下層側で酸素の供給量よりも消費量が勝って溶存酸素飽和率が低下するが、

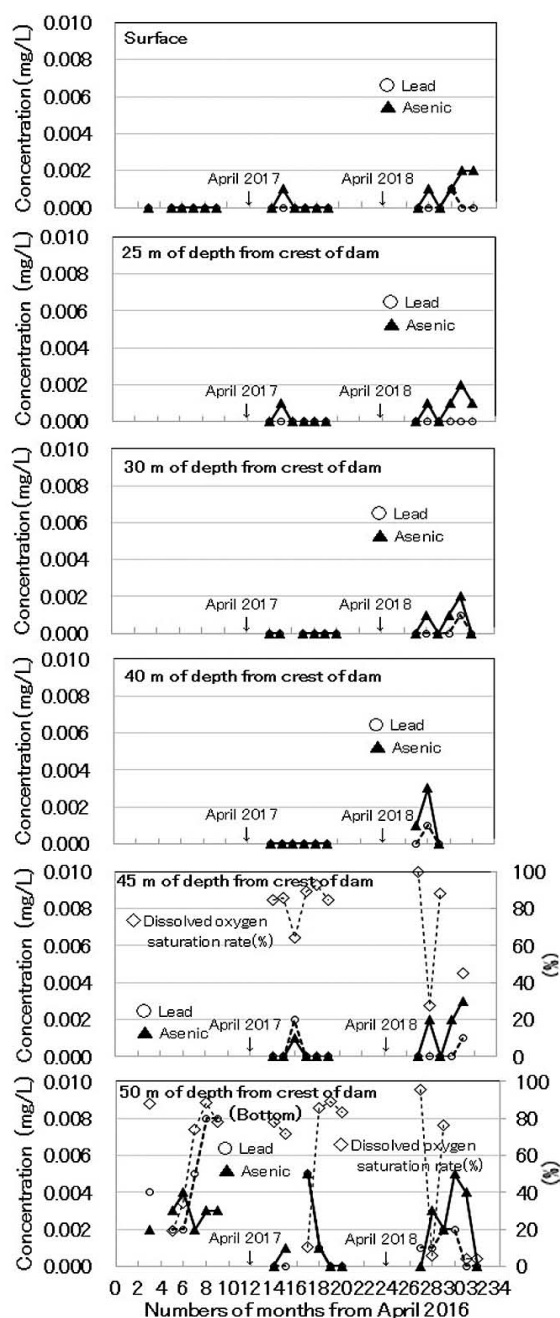


Fig. 15 Concentrations of lead and arsenic in water at each depth of the Koguchigawa dam.

小口川ダム湖の場合、明瞭な水温躍層が見られず、溶存酸素飽和率の低下時に鉛やヒ素の濃度が上昇することから、鉛やヒ素を含んだ湖底堆積物中の間隙水が湖底堆積物の下から湧き出す湧水と共に湖底層中に湧出してくることが考えられた。さらに、2018年調査では状況がさらに複雑化し、溶存酸素飽和率が低下した際に鉛やヒ素の濃度が高まる場合とそれほど高まらない場合が見られた。また、2016年の場合と同様、溶存酸素飽和率が高くなった場合に鉛やヒ素の濃度が高まり、流入する小口川の水に鉛やヒ素が含まれていたと考えられる場合と、高まらない場合とが見られた。溶存酸素飽和率が高くて鉛やヒ素が検出されなかった場合は、有峰第二発電所の放流水で小口川ダムの湖水が十分に攪拌された場合と考えられた。

4.5.5 常西合口用水原水の鉛とヒ素の濃度の推移

常西合口用水原水の鉛とヒ素の濃度の推移をFig. 16に示す。調査を開始した2017年秋は鉛、ヒ素とも検出されなかった。しかし、2018年は鉛については検出されなかったが、ヒ素は水道水質基準値の10～20%程度の濃度で6回の調査の中で3回検出された。

流杉浄水場の管理データを確認すると原水に鉛やヒ素が多少検出された場合でも浄水処理の過程で除去され、いずれの成分も検出されなかった。

さて、4.1章のFig. 2で2018年の常西合口用水の水のキーダイアグラム上の多くのプロットが横江系のプロットの周りに集まっていることを確認した。これは調査時の常西合口用水の水の主体は横江系であったことを示している。この場合、常西合口用水原水に含まれていたヒ素は横江系から来ていたと考えることもできる。和田川の2018年の水にはヒ素が含まれていることは4.5.1章のFig. 12で論じた。Fig. 17は和田川のヒ素濃度に対する常西合口用水原水のヒ素濃度を対比させたもので、和田川でヒ素が検出された日と常西合口用水でヒ素が検出された日は比較的良く対応していた。しかし、和田川での濃度と常西合口用水での濃度が1:1で対応しているプロットが2点あり、和田川の水が常願寺川に合流すれば当然希釈されて濃度が低下するはずであるため、他にもヒ素を含んだ水が存在している可能性が考えられる。この点を明らかにするためには和田川の水の水質と横江系の水の水質との対応を検討する必要がある。

常西合口用水の水は有峰系、称名・真川系、および、横江系の水が混合されていることは前述したが、これらの水源の混合比はいつも一定ではないことから、常西合口用水の基本水質は変動しており、これに伴って臭気成分や重金属類の濃度が変動している可能性が分かっ

た。

また、過去3年間の調査で、常願寺川水系の上流域に多少の問題点、一つは全国のどの水源でも共通して言えるダム湖の生態系の中で発生する臭気成分の問題、もう一つは亀谷鉱山の鉱床による地質の問題が若干見えてきたが、直接水を利用する常西合口用水の水質は臭気成分も重金属類も水道水質基準値濃度と比べて十分に低いことが分かった。今回の調査は臭気成分の問題から始まったため、調査地点には偏りがあり、特に重金属類については水源となる3系統の水（有峰系、称名・真川系、横江系）のどの系統から来ているのか、さらに、3系統の水源の上流部のどの地域から来ているのかという点については十分に解明できなかった。これら3つの水源の水質の特性を十分に研究することにより、臭気成分や重金属類の濃度を現在よりもさらに低下させるための各水源の利用方法が見えてくるものと考えられる。

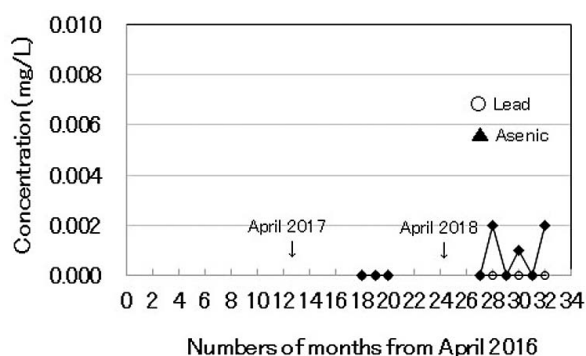


Fig. 16 Concentrations of lead and arsenic in water of irrigation canal Josaigokuchi-yousui.

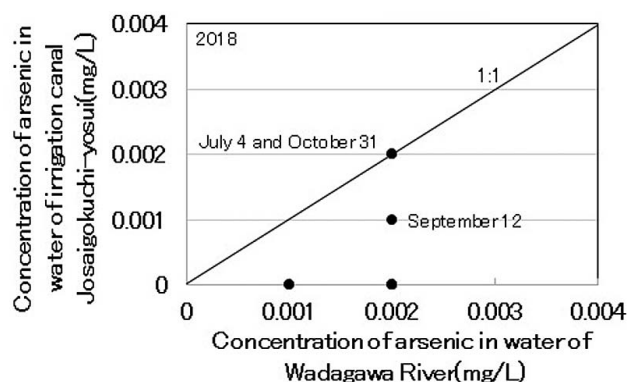


Fig. 17 Concentrations of arsenic in water of wadagawa River versus concentrations of arsenic in water of irrigation canal Josaigokuchi-yousui.

5. 謝辞

調査に際してダム施設への立ち入りを許可していただいた北陸電力株式会社に厚くお礼申し上げます。また、調査に参加させていただいた富山市上下水道局流杉浄水場と、調査時に、空中では、重さが約10 kgにもなる採水

器を、ダム湖の水面から堤頂まで、最大で20 mもの高さを何回も人力で引き上げていただいた流杉浄水場の水質係の皆様に感謝いたします。

6. 引用文献

- 高倉盛安・藤森一郎, 1980. 称名川の水質異変について, 富山県立技術短期大学研究報告, (13) : 71-78.
- 富山市ホームページ, <http://www.city.toyama.toyama.jp/etc/maibun/center/topics/kamegai/kamegai.htm> (2018年3月16日確認).
- 朴木英治, 1996a. 有峰湖流入河川の水質, 常願寺川(有峰地域) 自然環境調査報告書 : 317-328.
- 朴木英治, 1996b. 常願寺川水系の水質. 富山市科学文化センター研究報告, (19) : 33-37.
- 朴木英治・赤羽久忠・山本 茂・金山 昌, 1999. 立山カルデラ内の温泉および湯川の主要溶存成分組成, 立山カルデラ砂防博物館研究紀要, (1) : 1-7.
- 朴木英治, 2015. 称名滝と称名溪谷の水の化学成分濃度, 化学組成の変化, 富山市科学博物館研究報告, (39) : 61-67.
- 朴木英治・丹保俊哉, 2017. 立山地獄谷の酸性温泉を起源とする化学成分の称名川での動態, 富山市科学博物館研究報告, (41) : 31-40.
- 朴木英治, 2018. 立山周辺の湖沼水, 温泉水, 河川水, 積雪の水質分析結果 (2016, 2017), 富山市科学博物館研究報告, (42) : 135-138.
- 朴木英治, 2019. 立山周辺の湖沼水, 温泉水, 河川水, 池塘の水質分析結果 (2018), 富山市科学博物館研究報告, (43) : 145-147.