

## 常西合口用水とこれに水を供給する3つの水源の水質の特徴

朴木 英治<sup>1),2)</sup>, 人見 信行<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 立山環境研究所 930-0952 富山市町村77-27

<sup>2)</sup> 富山市科学博物館登録ボランティア 939-8084 富山市西中野町一丁目8-31

<sup>3)</sup> 富山市上下水道局流杉浄水場 939-8032 富山市流杉3-2

## Characteristics of the Water Quality of the Irrigation Canal “Josai-gokuchi-yosui” and the Three Water Sources of That

Hideharu Honoki<sup>1),2)</sup>, and Nobuyuki Hitomi<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Tateyama Environment Research, 77-27 Machimura, Toyama 930-0952, Japan

<sup>2)</sup> Toyama Science Museum Volunteer, 1-8-31 Nishinakano-machi, Toyama 939-8084, Japan

<sup>3)</sup> Nagaresugi water purification plant Waterworks & sewerage bureau City of Toyama, 3-2 Nagaresugi, Toyama 939-8032, Japan

The characteristics of the water quality of the Yokoe, Arimine, and Shomyo-Makawa water sources were investigated. These sources affect the quality of raw tap water at the Nagaresugi Water Purification Plant. The ionic component concentration and chemical composition of the raw water fluctuate, and it is thought that the cause is the water quality of Jigokudani hot springs and Yukawa River, which is one of the headwaters of the Shomyo-Makawa water source. In addition, it was thought that the Yukawa River and the hot springs in Jigokudani were involved in the supply of heavy metal components such as arsenic. In addition, the concentration of musty odor components was also high in the Shomyo-Makawa water source.

The Yokoe water source seemed to change its ionic component concentration and ionic composition due to the influence of the power generation water intake to the Shomyo-Makawa water source.

On the other hand, the Arimine water source has stable ionic component concentration and ionic composition, and despite the presence of ore deposits in the basin, the heavy metal concentration is low, the musty odor component concentration is low.

**Key words :** Tap water source, water quality, ion concentration, chemical composition, heavy metal component, hot spring

**キーワード :** 水道水源, 水質, イオン濃度, 化学組成, 重金属成分, 温泉

### 1. はじめに

常願寺川の左岸側に広がる扇状地に農業用水を供給する常西合口用水は、明治26年にヨハニス・デ・レーケの指導によって作られた。常西合口用水は、常願寺川の左岸側の堤防から直接取水していた12の用水の取水口を塞ぎ、それに代わって、これらの用水に水を供給するために作られた用水で、必要な水は常願寺川からまとめて取水された。

現在の常西合口用水の水源として、横江頭首工から常願寺川の右岸側に取水された水を利用する横江系、北陸

電力小俣発電所の放流水を利用する有峰系、同じく北陸電力上滝発電所の放流水を利用する称名真川系の3系統がある。これらの水源のそれぞれから常西合口用水と常願寺川右岸側の常東合口用水に分水堰を利用して一定比率で水が分配されている。

富山市上下水道局の流杉浄水場では常西合口用水の水を水道原水として利用していることから、水道原水の安全性を確保するため、上流域の水質を定期的に調査する水源調査を行っている。

調査は2016年から開始され(朴木, 2019), 2019年度か



図1 常願寺川水系の発電施設と調査地点。



図2 常西合口用水の混合水槽と称名真川系の採水をする調査員。

ら、従来のダム湖を主体とする調査から、ダム湖も含めた常願寺川上流域の全域を見渡す調査に発展させた。

本報告では、常西合口用水の直接の水源である上滝発電所内の横江系、有峰系、称名真川系の各水源の水質の特徴を整理し、これらと水道原水の水質との関係を検討する。

## 2. 調査地点および調査方法

図1に、常願寺川上流域の発電施設と本報告で取り扱う水源調査の調査地点を示した。図1に示した各発電施設のうち、●印は有峰系に関わる発電施設で、■は称名真川系に関わる発電施設である。図1中に列記した各発電所名は、上流側から順に示してあり、両水源の水はこの経路を通過して上滝発電所まで導水される。なお、横

江系は、前述のとおり、横江頭首工で常願寺川右岸側に取水され、取水量の半分が上滝発電所に導水されている。

各水源の水の採水地点は上滝発電所内の常西合口用水用の混合施設周辺で（図2）、立山橋の上流の常願寺川左岸側に設置されている。

原水の採水に関しては、富山市上下水道局流杉浄水場が常西合口用水の起点から7.1 km下流に位置すること、過去の調査経験から常西合口用水の水質が時間の経過とともに変化する場合がありますことから、上滝発電所で採水した水が流杉浄水場に到着したと想定される時間後（おおよそ1時間半後）に原水を採取した。

水質分析は流杉浄水場の分析室で公定法に基づいて行った。

## 3. 結果

### 3.1. 常西合口用水の各水源の水質の化学組成

図3は2019年6月から2020年12月までの調査結果から作図した水質組成図（キードダイヤグラム）である。横軸は陰イオン成分（塩化物イオン、硫酸イオン、硝酸イオン、および、Mアルカリ度（炭酸水素イオン））の合計濃度に占めるMアルカリ度以外の成分の合計濃度の比率、縦軸は陽イオン成分（アルカリ金属イオン（ナトリウムイオン、カリウムイオン）とアルカリ土類金属イオン（カルシウムイオン、マグネシウムイオン））の合計濃度に占

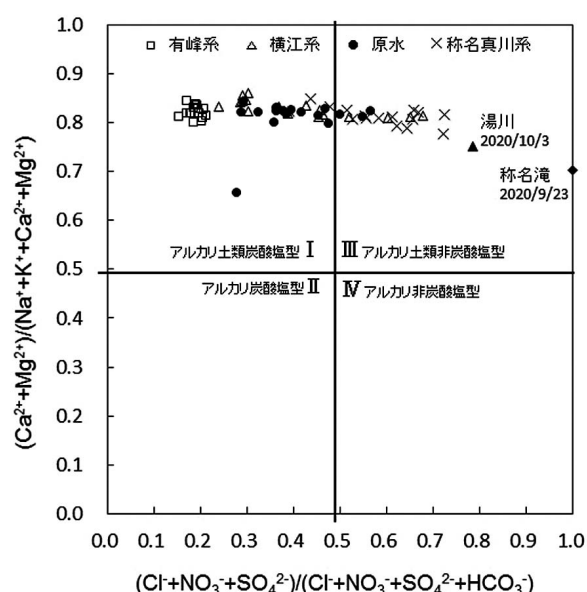


図3 上滝発電所内横江系、有峰系、称名真川系と流杉浄水場原水の化学組成図。

めるアルカリ土類金属イオンの合計濃度の比率を示している。なお、濃度は当量濃度で計算した。

有峰系は図3でも分かるように、通常の地下水がプロットされる領域のアルカリ土類炭酸塩型の領域に密集してプロットされており、陰イオン成分組成と陽イオン成分組成の両方が安定していることを示している。

横江系は、一部がアルカリ土類炭酸塩型の領域にかたまってプロットされているが、それ以外は、温泉の影響を受けた領域であるアルカリ土類非炭酸塩型の領域まで広がっていた。さらに、称名真川系では、アルカリ土類非炭酸塩型を中心にアルカリ土類炭酸塩型までプロットが広がっていた。図3には湯川（2020年10月3日調査）

と称名滝（2020年9月23日）の水質をプロットしてあるが、どちらもアルカリ土類非炭酸塩型の組成で、特に称名滝はpHが3.9しかないため、炭酸塩の比率は0である。

原水は、称名真川系や横江系の影響を受け、水質組成はアルカリ土類炭酸塩型を中心にアルカリ土類非炭酸塩型までプロットが広がっており、陰イオン組成の変化が大きいことを示していた。

### 3.2. 理化学成分とカビ臭成分

図4に原水と水源の理化学成分とカビ臭成分について2019年6月から2020年12月までの経過を示す。

水温（図4A）は春から秋にかけて横江系が高く、称名

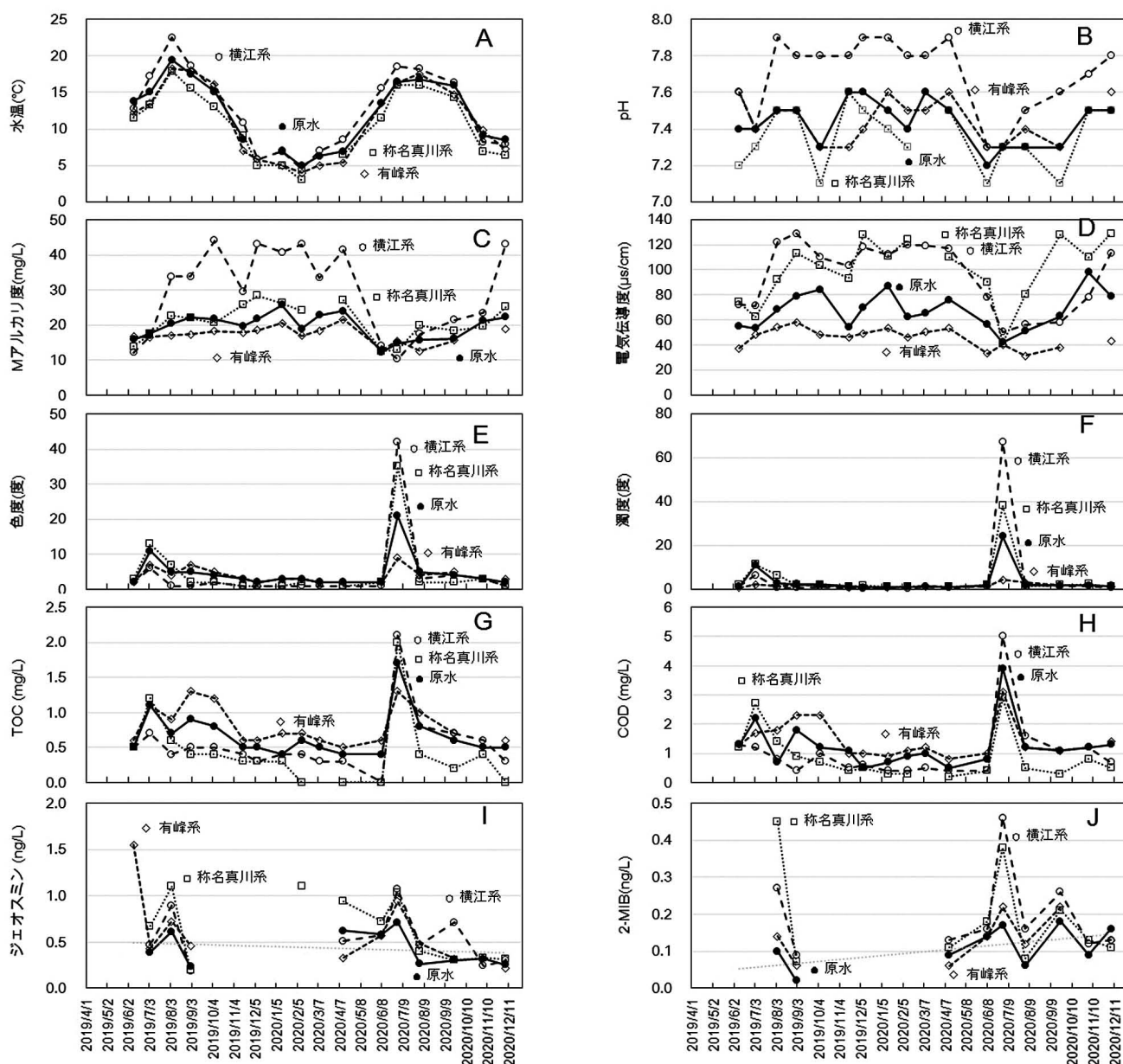


図4 流杉浄水場原水と上滝発電所内の各水源の水質変化1.

A 水温, B pH, C Mアルカリ度, D 電気伝導度, E 色度, F 濁度, G TOC, H COD, I ジェオスミン, J 2-MIB (2-メチルイソボルネオール).



真川系が低かった。両者の温度差は、8月頃には、5℃程度もあった。原水の水温はこれらの水源の水温の中間の値となっているが、12月と1月は、水源よりも原水の水温の方が高くなる場合が見られた。

pH (図4B) は全般に横江系が高く、他の水源と異なり、pH7.8以上になる場合が比較的多かった。これに対して、称名真川系は低めでpH7.1程度になることもあった。原水はpH7.2~7.6で推移していた。

Mアルカリ度 (図4C) は水中の炭酸水素イオンに起因し、pHの傾向と同様、横江系で高く、称名真川系は横江系よりも低めで、最も低くなる場合が多かったのは有峰系であった。原水のMアルカリ度は有峰系か称名真川系

の値のどちらかと同程度の場合と両者の中間的な値になる場合が見られた。

電気伝導度 (図4D) は溶存するイオン成分の濃度合計に関係しており、2019年の7月から11月までは横江系が最も高く、12月以降は称名真川系が最も高くなる場合が増えた。2020年8月以降は称名真川系の方が明らかに高くなった。有峰系の電気伝導度は横江系や称名真川系と比べると常に低い値であった。なお、横江系と称名真川系では2019年の6月~7月および2020年7月に最低値を記録し、有峰系の電気伝導度に近い値になった。原水の電気伝導度は有峰系の値に近い場合と、有峰系と称名真川系又は横江系の値の中間程度の値で変動していた。

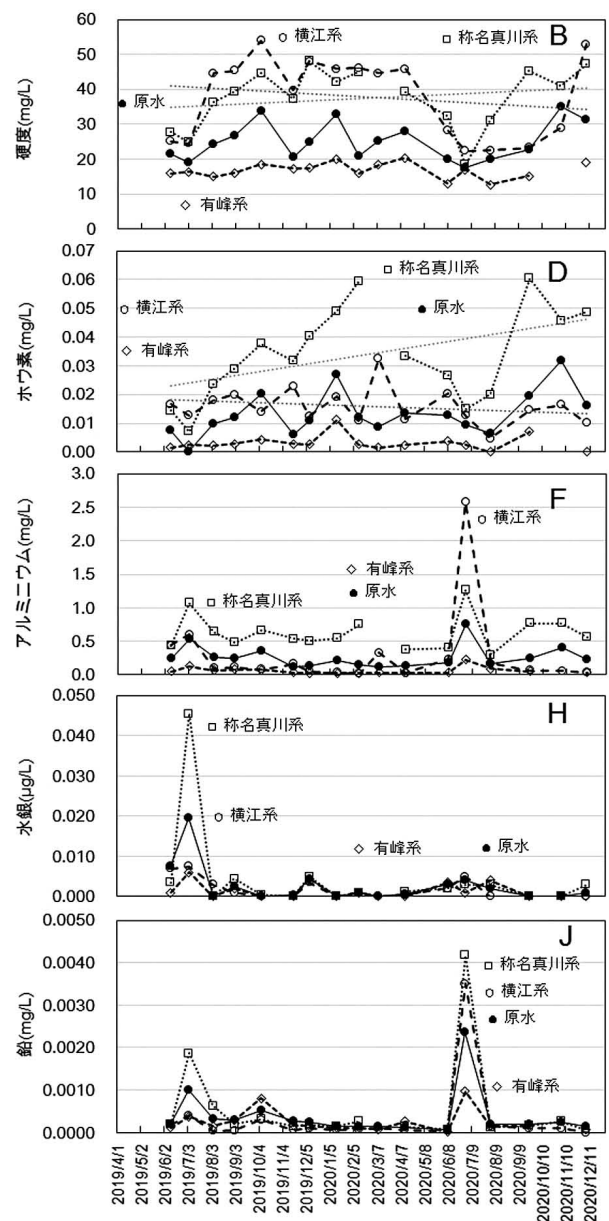
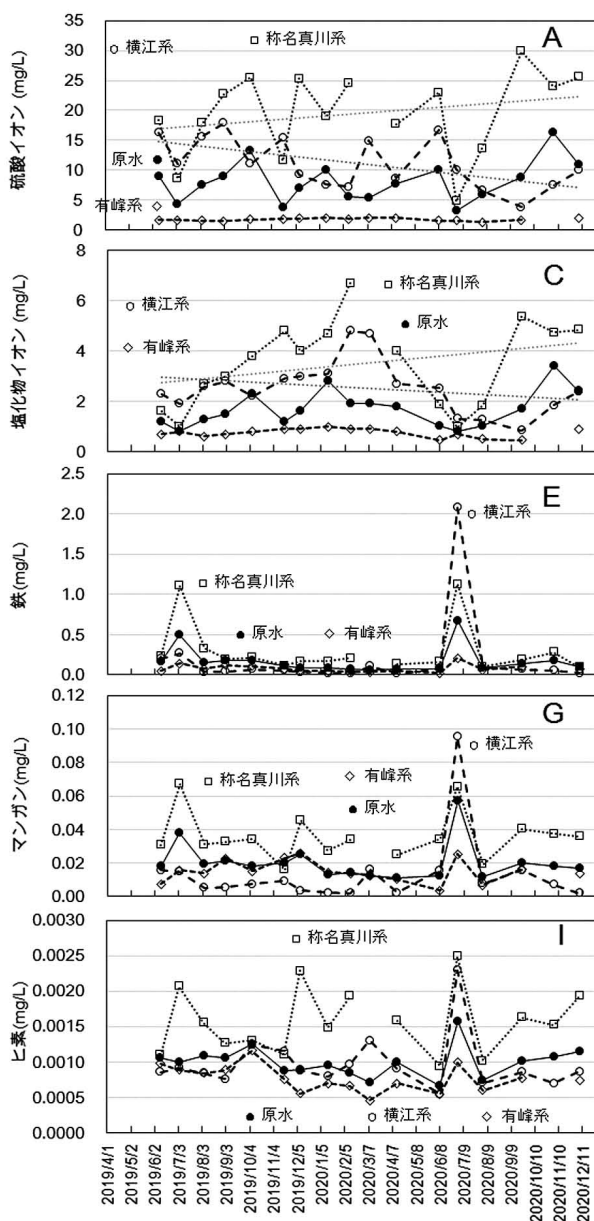


図5 流杉浄水場原水と上滝発電所内の各水源の水質変化 2 .

A 硫酸イオン, B 硬度, C 塩化物イオン, D ホウ素, E 鉄, F アルミニウム, G マンガン, H 水銀, I ヒ素, J 鉛.

色度（図4E）は淡黄色から黄褐色の水の色の濃さを数値化したもので、どの水源も通常は5度以下の場合が多かった。2019年7月と2020年7月のピーク時以外は、有峰系の色度が最も高くなる場合が多く、原水の色度も有峰系の値に近かった。2019年7月のピークでは称名真川系が、2020年7月のピークは横江系の色度が最も高く42度であった。

濁度（図4F）は2020年7月のピークが高すぎて、水源や原水の違いがグラフでははっきり表れないが、通常時の濁度は各水源と原水が同様なパターンで推移する場合が多かった。

TOC（Total Organic Carbon）（図4G）は水中の有機体炭素量で、数値が大きくなるほど有機物量が多いことを示す。有峰系は横江系、称名真川系と比べてTOCが高くなる場合が多かった。しかし、2019年7月は称名真川系、2020年7月は横江系でTOC値が高かった。原水のTOCは有峰系の影響を受け、横江系や称名真川系よりも高くなる場合が見られた。

COD（Chemical Oxygen Demand）（図4H）はTOCと同様、水中の有機物量の指標で、数字が大きいほど有機汚濁が進んでいることを示す。通常時は有峰系が最も高く、2019年7月は称名真川系、2020年7月は横江系が高かった点や原水の変化の傾向はTOCの場合と同様であった。

ジェオスミン（図4I）はカビ臭の成分の一つで、2019年6月は有峰系が高かったが、その他の月は称名真川系や横江系が高い場合が多かった。原水のジェオスミン濃度は各水源の濃度よりも低くなる月が見られ、観測期間は短いが原水の濃度は低下傾向に見えた。なお、2019年10月から2020年3月まではプロットされていないが、全ての観測点で濃度は0.1 ng/L以下であった。

2-MIB（2-Methylisoborneol）（図4J）もカビ臭成分の一つで、2-MIBの濃度はどの観測点でもジェオスミンの濃度より低かった。2019年8月は称名真川系が最も高かったが、2020年は横江系で濃度が最も高くなる場合が多かった。各水源と原水の濃度は2020年の春から秋にかけて増加する傾向見られた。また、ジェオスミンの場合と同様、原水の2-MIBの濃度が各水源の濃度よりも低くなる月が見られた。なお、ジェオスミンと同様、2-MIBについても2019年10月から2020年3月まではプロットされていないが、全ての観測点で濃度は0.1 ng/L以下であった。

### 3.3. イオン成分、金属成分など

図5に原水と水源のイオン成分と金属・重金属成分について2019年6月から2020年12月までの経過を示す。

硫酸イオン（図5A）は称名真川系の濃度が最も高く、

横江系がそれに次いで高かった。両水源とも硫酸イオン濃度は月によって大きく変動する点で似ていた。これらに対して、有峰系水源は濃度が低く、しかも、濃度変化がほとんどない点の特徴であった。原水の硫酸イオン濃度は称名真川系と横江系の影響を受け変動していた。

硬度（図5B）は、2020年4月までは横江系が最も高くなる月が多かったが、2020年6月以降は称名真川系の硬度が横江系よりも高くなる場合があった。横江系、称名真川系とも、2019年7月と2020年7月に硬度が最も低下した。これらに対して、有峰系の硬度は他の水源と比べて低く13~20 mg/Lで濃度変動も小さく安定していた。原水の硬度は有峰系に近い場合と、有峰系と称名真川系又は横江系との中間程度になる場合があり、電気伝導度のグラフ（図4D）とよく似たグラフであった。なお、各水源と原水の硬度は、100 mg/L以下で、これらの水が軟水であることを示している。

塩化物イオン（図5C）は称名真川系で濃度が最も高く、2019年は7月から2020年2月まで上昇傾向が続き、4月~7月に低下して7月に最低値となり、それ以降は再び上昇した。横江系も同様な変化を示し、2019年は7月から2020年2月まで上昇傾向、3月~9月まで低下傾向が見られた。これらに対して、有峰系は年間をとおして1 mg/L以下の濃度で、冬期にやや濃度が高まる程度であった。原水の塩化物イオン濃度は時々濃度が高くなる現象が見られたが、2020年8月までは横江系の濃度を大きく超えることはなかった。また、原水の塩化物イオン濃度は2019年6月から2020年12月にかけて上昇傾向が見られた。

ホウ素（図5D）は称名真川系で最も濃度が高くなり、濃度変化パターンは塩化物イオンとよく似ていた。これに対して、横江系のホウ素濃度の変化パターンは塩化物イオンの変化パターンとは異なっていた。有峰系のホウ素濃度は最も低く、塩化物イオンと同様、月による変化は少なかったが、2020年1月と9月に濃度が若干高まった。原水のホウ素濃度の変化パターンは塩化物イオンの変化パターンに似ており、しかも、2019年6月から2020年12月にかけて上昇傾向が見られた点も同じであった。

鉄（図5E）は、観測期間をとおしてどの水源も濃度変化が小さく、称名真川系の鉄濃度が高くなる月が多かった。濃度変化のパターンは色度の変化パターン（図4E）と似ており、2019年7月と2020年7月に濃度のピークが見られ、2019年7月は称名真川系の濃度が最も高く、2020年7月は横江系の濃度が最も高かった点も色度の場合と同様であった。原水中の鉄濃度の変化も各水源の濃度変化と似ており、2019年7月と2020年7月に濃度のピークが見られた。

アルミニウム（図5 F）の濃度変化は鉄と似たパターンを示し、2019年7月のピークは称名真川系の濃度が最も高く、2020年7月のピークは横江系の濃度が最も濃度が高かった点も同じであった。

マンガン（図5 G）は、アルミニウムや鉄と同様な濃度変化パターンを示し、称名真川系で濃度が高い場合が多く、2019年7月のピークは称名真川系の濃度が最も高く、2020年7月のピークは横江系の濃度が最も高かった点もアルミニウムや鉄と同様であった。称名真川系では、2019年7月と2020年7月の他、2019年12月にも小さなピークが見られた。原水の濃度は濃度が最も高い称名真川系の濃度と最も低い有峰系か横江系の濃度の中間的な値をとっていた。

水銀（図5 H）の環境基準は水俣病条約によって低く抑えられている。幸いにも、各水源や原水の計測値は環境基準値（0.0005 mg/L = 0.5  $\mu$ g/L）と比較してかなり低い値であった。2019年7月に濃度のピークがあり、称名真川系では最も濃度が高くなり、基準値の9%まで上昇したが、それ以外の期間では最大で基準値の1%程度のピークであった。原水の濃度は、2019年のピーク時には最大値の称名真川系の値と濃度が低かった横江系・有峰系の値との中間の値であった。通常時は各水源の濃度が同程度で、原水もそれらの値と同程度であった。

ヒ素（図5 D）は、称名真川系で濃度が高かったが、環境基準値（0.01 mg/L）以下であった。有峰系の濃度は最も低かった。横江系での濃度は有峰系と同程度に低くなる場合が多かった。原水のヒ素濃度は、濃度が最も低い有峰系の濃度と比較して若干濃度が高くなる程度であった。

鉛は、通常は濃度がかなり低いですが、時々濃度が高まる事象が見られた。調査期間中のピーク高さの順に見ると、2020年7月、2019年7月、2019年10月に濃度のピークが見られた。2020年7月のピークでは称名真川系の濃度が最も高かったが、環境基準値（0.01 mg/L）の42%の濃度で、次いで横江系、有峰系の順に濃度が低下した。2019年7月のピークでも称名真川系の濃度が最も高く、横江系と有峰系は同程度の濃度であった。これらに対して、2019年10月の小さなピークでは有峰系の濃度が最も高く、称名真川系と横江系は同程度の濃度であった。

流杉浄水場の原水の水質の各項目の濃度は、上滝発電所内の3つの水源のうち、各項目の濃度が最も高くなった水源の値と最も低くなった水源の値の間に位置づけられる場合が多かった。

## 4. 考察

### 4.1. 称名真川系、横江系のイオン成分濃度と組成

化学組成（図3）には、硫酸イオン（図5A）、塩化物イ

表1 称名滝と湯川の水質。

	称名滝	湯川
調査日	2020/9/23	2020/10/5
電気伝導度（ $\mu$ S/cm）	209	231
pH	3.9	7.7
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> （mg/L）	48.5	69.1
Cl <sup>-</sup> （mg/L）	18.4	2.6

オン（図5 C）、Mアルカリ度（図4 C）、硬度（図5 B）、グラフは示さなかったがナトリウムイオンやカリウムイオンなど、各イオン成分の濃度が関わっており、これらの成分濃度の総体を指標する項目として電気伝導度（図4 D）がある。

上滝発電所内の称名真川系と横江系の陰イオン成分濃度、電気伝導度、陰イオン組成が大きく変動する要因は、硫酸イオン（図5 A）や塩化物イオン（図5 C）などの濃度が大きく変動するため、この原因として、称名滝と湯川のイオン成分濃度の高さと、場合によっては濃度の季節変動、降雨による希釈など、様々な要因が考えられる。表1に称名滝と湯川のpHやイオン成分の一部の濃度を示した。称名滝では地獄谷から湧出する温泉の影響を強く受けているため、pHが3.9とかなり低く、硫酸イオンと塩化物イオンの濃度が高かった（表1）。一方、湯川は電気伝導度や硫酸イオン濃度が称名滝よりも高かったが、pHは7.7と高く、塩化物イオン濃度は称名滝と比べて非常に低かった（表1）。

湯川では称名滝と比べて硫酸イオン濃度に対する塩化物イオン濃度がかなり低く、湯川の硫酸イオンに関しては、朴木ら（2000）は温泉の寄与よりも土壌由来（パイライトの酸化による硫酸生成）の硫酸イオンの寄与が大きいと指摘している。また、称名滝では硫酸イオンや塩化物イオンの濃度とそれらの比は融雪期と秋季で異なることが報告されている（朴木、2015）。なお、湯川について同様な水質の季節変化が存在するのかどうかは現在のところ不明である。

称名真川系は称名川第二発電所・称名川発電所の放流水と真川発電所の放流水が原調整池で混合されるところから始まる。称名川第二発電所の取水先は称名滝で、真川発電所の取水には真川と湯川の水が混合されている。称名滝の水質は前述のように季節変化するため、仮に、通年で発電が行われたとしても原調整池の水質は季節変化し、降雨によっても水質は変化する。さらに、どちらかの発電所が停止された場合には、当然、その放流水も停止されるので、どちらか一方の水質になる。称名川第二発電所・称名川発電所の運転の有無、真川発電所の運



転の有無による場合分けの他、これらに、降雨や融雪による水量増加に伴う温泉由来成分などの濃度低下など、多くの理由が重なり、称名真川系のイオン成分やイオン組成は変動が大きいものと考えられた。

横江系のイオン成分濃度やイオン組成の変化は、どちらかというと称名真川系への取水の影響の他、降雨や融雪による流量増加と水質変化による変動があると推定される。称名川第二発電所・称名川発電所の運転停止時には称名滝での取水が停止されるので、称名滝を流下した水はそのまま藤橋を通過して常願寺川に合流する。また、融雪期や降雨時には称名滝での水量は非常に多くなり、大量の水が称名川第二発電所の取水堰を通過して、藤橋の下流で常願寺川に合流する。これらの原因で、横江頭首工の水質に影響を受ける可能性が大きい。湯川の水についても同様で、真川発電所が発電している場合は、湯川の水の一部が称名真川系へ導水され、取水されなかった分が横江系に流入し、真川発電所が発電しない場合は湯川の全ての水が横江系に流入する。また、降雨や融雪による流量増加時には、発電所への取水量は一定であるため、湯川を流下する水量が増加する。これだけでも水質変化が大きくなることが推定できる。

なお、有峰系では硫酸イオンと塩化物イオンの濃度は安定しており、ほとんどが降水由来と考えることができる（朴木、1996）。さらに、地獄谷の温泉や湯川流域の温泉・特殊な地質がなければ、称名真川系も横江系も水質は有峰系と同様、アルカリ土類炭酸塩型の水質で安定しているものと考えられた。

## 4.2. 称名真川系のカビ臭成分

常西合口用水の3つの水源のうち、称名真川系はTOCやCODなどの有機汚濁項目は他の水源と比べて低い場合が多いが、ジェオスミンや2-MIBなどのカビ臭成分濃度が他の水源と比べて高くなる場合が多いという特徴が見られた。図6は、称名真川系に關係する調査地点のジェ

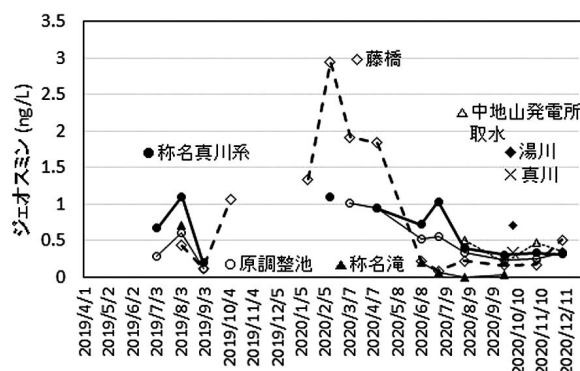


図6 称名真川系，原調整池，および，称名真川系の関係水域のジェオスミン濃度。

オスミン濃度を示したものである。なお、図6の2019年10月から2020年3月までの区間でプロットのない部分の濃度は0.1 ng/L以下である。

ジェオスミンの濃度は上流側の原調整池と比べて称名真川系の方が高くなっており、途中から水を供給する中地山発電所の取水中のジェオスミン濃度が称名真川系よりも高いことから、称名真川系のジェオスミン濃度が原調整池よりも高くなる原因の一つとして中地山発電所の放流水の影響が考えられた。また、原調整池に水を直接供給する称名川発電所と真川発電所の放流水や称名川の取水堰での採水は現在のところできていないが、それらの取水先や取水先に近い称名滝，藤橋，湯川，真川（真川発電所取水口）のジェオスミン濃度を比較すると、称名滝が比較的低いが、藤橋では高く、湯川で高く、真川も称名滝と比べて高いことから、原調整池のジェオスミンの起源は藤橋付近の取水と真川発電所の両方が関わっている可能性が考えられた。

一方、原水のジェオスミンや2-MIBの濃度は、各水源の濃度よりも低くなる場合があり（図4I, J），上滝発電所から流杉浄水場まで流下する間に曝気されて水中から除去された可能性も考えられた。

## 4.3. 称名真川系の金属・重金属成分

称名真川系の鉄（図5E）やアルミニウム（図5F），マンガン（図5G），水銀（図5H），ヒ素（図5I），鉛（図5J）などの重金属類の濃度については、他の水源と比べて高めに推移していた。このうち、鉄やアルミニウムの変動パターン（図5E, F）は色度や濁度のパターン（図4E, F）に似ており、水中の土砂などに含まれていたものと考えられた。

図7は、アルミニウムに関して称名真川系の調査地点の濃度変化をプロットしたものである。称名真川系の上流側の原調整池ではアルミニウム濃度が高い場合が多く、称名真川系では原調整池と比べて濃度が少し低下した。

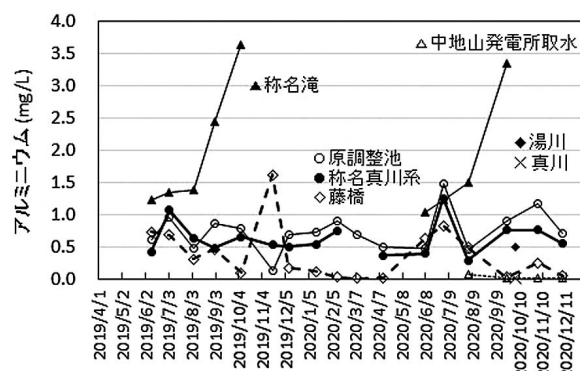


図7 称名真川系，原調整池，および，称名真川系の関係水域のアルミニウム濃度。

原調整池の下流側では中地山発電所が発電後の水を放流するが、その取水ではアルミニウム濃度がかかなり低く、中地山発電所の放流水によって称名真川系のアルミニウム濃度が原調整池よりも低下したものと考えられた。

一方、称名滝のアルミニウム濃度は濃度が低い融雪期でも1.0 mg/L程度で秋には3.0 mg/Lを越え、さらに、湯川のアルミニウム濃度も0.5 mg/L程度あることから、称名真川系のアルミニウムは称名滝を主体にして湯川からも供給されているものと考えられた。しかし、原調整池でのアルミニウム濃度は、称名滝でのアルミニウム濃度の変化パターンとは異なる変化を示しており、アルミニウム濃度が低い真川や称名川取水の水の混合比によって変化するものと推定されたが、他に原因がある可能性も否定できない。

図8はヒ素に関して称名真川系に関する調査地点の濃度変化をプロットしたものである。称名真川系のヒ素濃度は上流側の原調整池での濃度よりも高くなる場合が比較的多く、アルミニウムの場合と異なっていた。また、原調整池での濃度も比較的高めで推移していた。これらに対して称名滝ではヒ素濃度が他の調査地点と比べてかなり低く、藤橋のヒ素濃度も称名滝での濃度に近かった。

2019年11月18日に藤橋で観察されたヒ素濃度のピーク時（環境基準の35 %）は、残念ながら称名滝が閉鎖されて調査に行けなかった。当日は称名川第二発電所取水口で称名滝の水を取水し、発電後は称名川発電所に送水せずに称名川に放流され、さらに、藤橋上流の称名真川系の取水口からも取水されていなかったとのことで、この理由から、藤橋で見られた称名川のヒ素濃度のピークは原調整池でのヒ素濃度には影響していなかった（図8）。称名滝の上流にある地獄谷内の紺屋川ではヒ素などの重金属濃度は高いが、これらが共存する鉄と共沈することで称名滝に到達するまでに除去されている可能性が示唆されている（朴木・丹保, 2017）。しかし、当日は、何らかの原因でヒ素の除去が進まなかった可能性が考えられた。

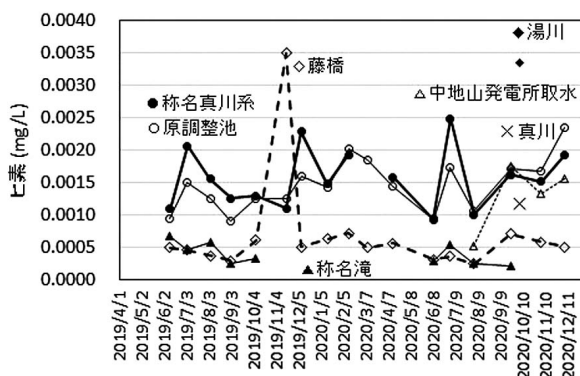


図8 称名真川系、原調整池、および、称名真川系の関係水域のヒ素濃度。

これらに対して、湯川のヒ素濃度は、1回だけの調査であったが、同じ時期の他の調査地点と比べて最も高く、同様に真川でも濃度が比較的高かった。原調整池でのヒ素濃度の高さは真川発電所の放流水が影響し、称名川発電所の放流水はヒ素濃度の低下に寄与している可能性が考えられた。

また、称名真川系のヒ素濃度が原調整池よりも高くなる原因として、和田川にある中地山発電所取水堰のヒ素濃度が比較的高いことから中地山発電所の放流水が関係している可能性があるが、調査回数が少なく、十分なデータは得られていない。中地山発電所取水のヒ素濃度は8月調査時ではそれ以外の調査時と比べて低かったが、この時は、亀谷発電所からの放流水（ヒ素濃度が低い有峰ダム起源の水）によって希釈されたためと考えられた。

#### 4.4. 横江系の水質の特徴

横江系の水質の特徴として、表流水であるため水温が他の水源と比べてやや高く（図4A）、pH、Mアルカリ度が高かった（図4B、4C）。さらに、硬度（図5B）も高い場合が多いが、称名真川系の方が高い場合もあった。臭気成分では、2-MIBの濃度が称名真川系よりも高くなる期間が、ジェオスミンの場合よりも長かった（図4I、4J）。

これらの成分に対して、鉄（図5E）、アルミニウム（図5F）は有峰系と同程度に低く、マンガン（図5G）は有峰系よりも低濃度で推移した。横江系の水質は、前述のように、称名真川系の称名川第二発電所・称名川発電所の取水と真川発電所の取水があるかどうかで変動すると考えられた。称名真川系の硫酸イオン、塩化物イオン、硬度、ホウ素の濃度は、調査期間中、増加傾向で、これに対して横江系では濃度が低下傾向である点も上記の説明を支持する。

横江系では上記の変動要因の他、和田川では、新中地山ダムの水が新中地山発電所に取水されるかどうか、これに亀谷発電所からの放流水があるかどうか、さらに、小口川の水では、小俣ダムからの維持放流水だけの場合とゲートからの放水がある場合など、各発電所の運転状況とダムの運用状況によってそれぞれの支流の水の混合比が変動するため、これらの要素も水質変動に影響していると考えられた。また、降雨時は、称名真川系と横江系でイオン成分濃度の低下（図5A、5B、5C、5D）や発生する濁水の影響（図4E、4F、4G、4H）によるCODや金属成分、重金属成分の濃度増加が見られ（図5E、5F、5G、5J）、降雨による希釈と濁水中の有機物、金属成分が影響したのと考えられた。



#### 4.5. 有峰系の水質の特徴

有峰系の水質の特徴は、電気伝導度が低く、硫酸イオン、硬度、塩化物イオンなどのイオン成分濃度が全般に低く（図4D, 図5A, 5B, 5C）、しかも、これらの成分の濃度変化が少なく、水質が安定している点である。また、2019年7月、2020年7月の調査時に見られた降雨による色度、濁度の上昇も少なく（図4E, 4F）、降雨時の鉄、アルミニウム、マンガンなどの金属成分濃度の上昇も少なかった（図5E, 5F, 5G）。さらに、有峰系のダム施設がある和田川や小口川の流域には旧亀谷鉱山（鉛中の銀を採取する鉱山）の鉱床が分布しており、ヒ素や鉛濃度がやや高めになる支流もあるが（ただし環境基準以下）、有峰系のヒ素濃度は他の水源と比べて低かった（図5I）。また、鉛濃度も降水イベント時に濃度は上昇したが、称名真川系や横江系と比べると低濃度であった（図5J）。

有峰系のTOCやCODなどの有機汚濁指標成分が他の水源と比べて高めとなっているが、これは有峰ダムに発生しているプランクトンが原因と考えられる。また、2019年7月の調査では有峰ダムで淡水赤潮の発生が観察されたが（朴木・川村、2020）、2020年調査では発生が確認できなかった。さらに、カビ臭成分のジェオスミンや2-MIBの濃度は称名真川系や横江系と比べて有峰系で低くなる場合が多かった。

有峰系の水はダム湖の水が主体で有機汚濁項目の数値は他の水源と比べて若干高くなるが、カビ臭成分濃度は他の水源と比べて低く、金属、重金属類成分の濃度も低濃度で推移し、水質組成も安定していた。

#### 5. 結論

流杉浄水場の水道原水の水質に影響する横江系、有峰系、称名真川系の3つの水源の水質の特徴について検討した。水道原水のイオン成分濃度や化学組成は変動しており、その原因として称名真川系の源流の一つの地獄谷の温泉や湯川の水質が影響しているものと考えられた。

また、地獄谷の温泉や湯川は、アルミニウムやヒ素などの金属成分・重金属成分の供給にも関わっていると考えられた。さらに、カビ臭成分濃度も称名真川系が高かった。

横江系は、称名真川系への発電取水の影響を受けてイオン成分濃度・イオン組成が変化するようであった。

これらに対して、有峰系は、イオン成分濃度・イオン組成が安定しており、流域に金属鉱床があるにも関わらず、重金属濃度も低く、カビ臭成分濃度も低かった。

#### 6. 謝辞

水源調査に必要なダム施設などへの立ち入りに対し、北陸電力株式会社の承諾を得ました。また、称名川水系の発電所の取水状況についても有用な情報を得ました。ここに厚くお礼申し上げます。

#### 7. 引用文献

- 朴木英治, 1996. 有峰湖における降下物観測, 常願寺川流域（有峰地区）自然環境調査報告, pp. 309-315. 富山市科学文化センター.
- 朴木英治・赤羽久忠・山本茂・金山昌一, 2000. 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, 2019. 常願寺川水系の支流・ダム湖の水質調査結果（2016～2018）, 富山市科学博物館研究報告, (43) : 35-46.
- 朴木英治・川村祐史, 2020. 有峰湖で2019年7月に観察された淡水赤潮とその臭気成分について, 富山市科学博物館研究報告, (44) : 27-33.