

<報 文>

裏磐梯五色沼湖沼群の水質の化学的成分について\*

木賊幸子\*\*・吉田安伸\*\*\*・渡邊由貴\*\*・鈴木 仁\*\*\*\*・富永幸宏\*\*

キーワード ①裏磐梯 ②pH上昇 ③硫酸イオン ④火山性水質

要 旨

裏磐梯五色沼湖沼群は、1888年の磐梯山の噴火による山体崩壊で川がせき止められるなどして形成された。その水質は流入する火山性の水や磐梯山の深層地下水、浅層地下水などから構成されており、pHが約3から7までと幅広く分布するなど、沼ごとに異なっている。裏磐梯五色沼湖沼群について、2011年から2017年にかけて化学的成分などに重点を置き調査を行った結果、pHが上昇している傾向があり、それと連動して主成分である硫酸イオン、カルシウムイオンなどが減少していることが確認された。この水質変化は火山性水質の供給量低下の影響によるものと推察された。

1. はじめに

1888年の磐梯山の噴火により長瀬川とその支流がせき止められるなどしてできた裏磐梯五色沼湖沼群の水質は、火山活動に由来し金属成分を豊富に含んだ硫酸酸性の水や磐梯山の深層地下水などから構成され、沼ごとに微妙に異なったものとなっている。いくつかの沼では、金属成分を含む酸性水が中和される過程で生成するケイ酸アルミニウムの微細粒子（アロフェン）により青白色の美しい水色を呈し、沼内や周囲の多様な植生と相まって独特の美しい景色が楽しめるなど、本県を代表する景勝地とされている。しかし近年、外来植物の侵入や水色変化の指摘など、裏磐梯五色沼湖沼群をとりまく環境の変化が懸念されている。

千葉ら<sup>1) 2)</sup>は裏磐梯五色沼湖沼群の各湖沼の流出部等で調査を行い、銅沼系(スキー場湧水→緑沼→瑠璃沼→青沼→弁天沼)、柳沼系(もうせん沼→弥六沼→父沼→母沼→柳沼)、竜沼系(竜沼→深泥沼→毘沙門沼)及びそれらに属しない赤沼などに分類し、各湖沼等の水質について報告している(以下「1985年調査」とい

う)。

本稿では、1985年調査を参考に、2011年から2017年にかけて行った裏磐梯五色沼湖沼群の水質調査の結果<sup>3)~5)</sup>について考察を行った。

2. 調査方法

2.1 調査地点

調査は①銅沼系(銅沼、無名沼(銅沼の北にある無名の沼)、スキー場湧水(裏磐梯スキー場ゲレンデ内で最も湧水量が多い場所)、瑠璃沼、青沼、弁天沼)、②柳沼系(もうせん沼、弥六沼、柳沼、石倉沼)、③竜沼系(竜沼、深泥沼、毘沙門沼)の3水系と、どの水系にも属さない赤沼及び裏磐梯五色沼湖沼群からの流出水が合流する長瀬川の地点(長瀬川美術館前)を加えた15沼等22地点で調査を実施した(表1, 図1)。

調査では原則として、沼の採水は流入部と流出部の2か所で行うこととしたが、表流水の流入が確認できない沼や流入部付近等への到達が著しく困難な沼では、沼内の1か所で採水した。

\*Chemical Constituents of Waters of Goshikinuma Ponds in Urabandai

\*\*Sachiko TOKUSA, Yuki WATANABE, Yukihiro TOMINAGA (福島県環境創造センター) Fukushima Prefectural Centre for Environmental Creation

\*\*\*Yasunobu YOSHIDA (福島県生活環境部一般廃棄物課) General Waste Management Division, Social Affairs and Environment Department, Fukushima Prefectural Government

\*\*\*\*Hitoshi SUZUKI (福島県生活環境部水・大気環境課) Water and Air Environment Division, Social Affairs and Environment Department, Fukushima Prefectural Government

表1 調査地点

No	地点名称	備考	No	地点名称	備考
1	銅沼	銅沼系	12	柳沼流入部*	柳沼系
2	無名沼*	銅沼系	13	柳沼流出部*	柳沼系
3	スキー場湧水	銅沼系	14	石倉沼*	柳沼系
4	瑠璃沼流出部*	銅沼系	15	竜沼流入部	竜沼系
5	青沼流入部*	銅沼系	16	竜沼流出部	竜沼系
6	青沼流出部	銅沼系	17	深泥沼流入部	竜沼系
7	弁天沼流入部*	銅沼系	18	深泥沼流出部	竜沼系
8	弁天沼流出部	銅沼系	19	毘沙門沼流入部	竜沼系
9	もうせん沼	柳沼系	20	毘沙門沼流出部	竜沼系
10	弥六沼流入部	柳沼系	21	赤沼	—
11	弥六沼流出部	柳沼系	22	長瀬川美術館前	—

※ 2014年の調査は11沼等15地点で実施した。  
表1における地点名称の\*印は2014年に調査を実施しなかった7地点を示している。

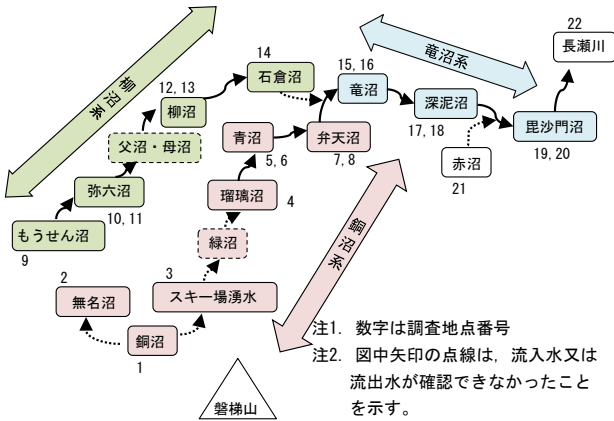


図1 五色沼湖沼群水系図

## 2.2 調査期間

- 1回目：2011年11月8日，14日
- 2回目：2012年6月15日，19日
- 3回目：2013年8月26日，27日
- 4回目：2014年11月7日，11日
- 5回目：2015年6月4日，9日
- 6回目：2016年8月16日，9月7日\*

※ 台風の影響を避けるため9月に実施した。

- 7回目：2017年11月6日，14日

本調査は6月調査(2012年，2015年)，8月調査(2013年，2016年)，11月調査(2011年，2014年，2017年)と，2年おきに調査月を変えて行った。

## 2.3 調査項目

pH, EC, COD, 大腸菌群数, 大腸菌数, T-N, T-P, DO, クロロフィルa, 蒸発残留物, アルカリ度, 酸度, TOC, Fe, Mn, Al, Zn, Si, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, F<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>はJIS法, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>は衛生試験法等に基づき測定した。金属成分等は0.45 μmのメンブレンフィルターでろ過したものを試料とした。

## 3. 結果及び考察

2011年～2017年調査の結果では，各調査地点において調査期間(7年間)の間の経年変動や調査月の違いによる

季節変動はみられなかった。

しかし，1985年調査と2011年～2017年調査を比較したところ，調査結果に変化がみられた調査地点があった。

### 3.1 湖沼群の主要成分

各調査地点における蒸発残留物と各溶存成分総量には高い相関がみられ，両者はほぼ一致していた。

1985年調査及び2017年調査における各調査地点の主要成分の構成割合を図2に，1985年調査及び2011年～2017年調査における主要成分濃度を図3に示す。なお，調査地点は標高の高い順から並べている。

主要成分の構成割合をイオン当量でみると，各調査地点において，硫酸イオンとカルシウムイオンが全体の60～80%を占めることが確認された(図2)。カチオンの割合は「Ca<sup>2+</sup>>Na<sup>+</sup>>(≒)Mg<sup>2+</sup>」，アニオンの割合は「SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>>Cl<sup>-</sup>>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>」の順であり，1985年調査から構成イオン比に変化はみられなかった。

しかし，1985年調査と2011年～2017年調査の主要成分濃度を比較すると，銅沼の硫酸イオン及びカルシウムイオンの濃度が約半分減少しており，他の調査地点でも主要成分濃度が低下していた(図3)。この硫酸イオンは，最上流の銅沼が磐梯山の火口付近にあり，近くの噴気孔から銅沼に供給される硫黄化合物が酸化することにより生成していると考えられており<sup>1)</sup>，2011年～2017年調査において硫酸イオン濃度等が減少している原因として，この火山性水質の供給量が減少している可能性が考えられる。

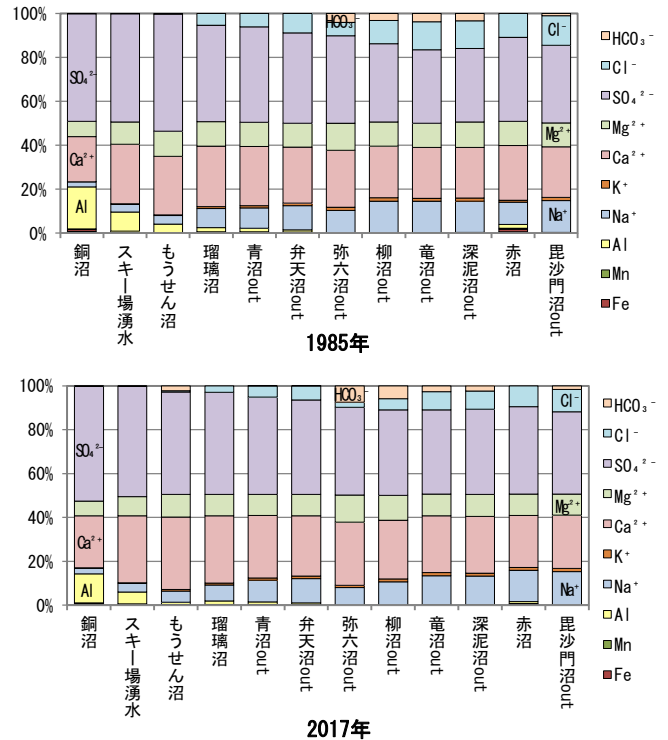


図2 主要成分の構成割合(イオン当量)

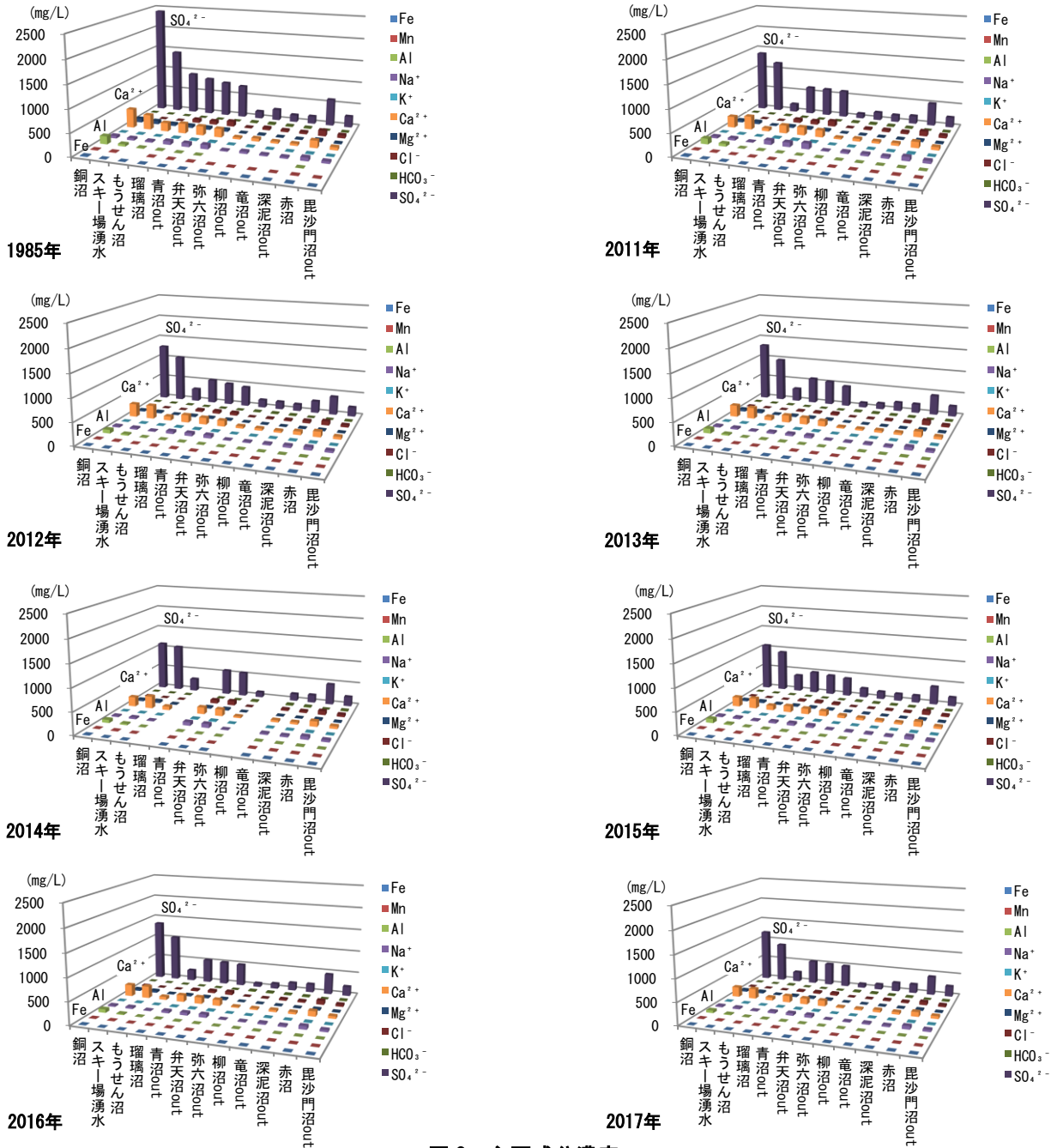


図3 主要成分濃度

### 3.2 pH

1985年調査を行った13調査地点について、2011年～2017年調査の結果と比較すると、柳沼流出部と深泥沼流出部を除く11調査地点でpHの値が上昇していた(図4)。

また、水系ごとにpHの値をみると、銅沼系では銅沼から下流になるにつれてpHが上昇し、青沼流出部及び弁天沼では年によりpHに変動がみられた。柳沼系ではもうせん沼で年によりpHに変動がみられたが、その他の沼では中性を示しpHは概ね横ばいであった。また、竜沼系においてもpHは中性を示し、概ね横ばいであったが、深泥沼流出部で変動がみられた。

赤沼はpH約4の酸性を示し、大きな変動はみられなかった。

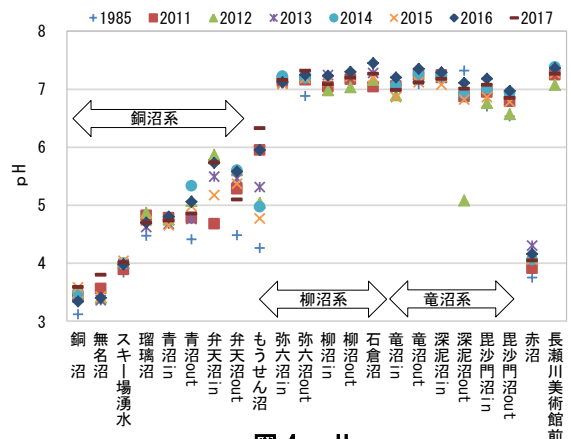


図4 pH

### 3.3 EC (電気伝導率)

2011年～2017年調査では、ECは無名沼を除く銅沼系と赤沼で約80mS/m以上と高く、柳沼系及び竜沼系では約20～70mS/mと低かった(図5)。また、銅沼系では変動が大きかったが、柳沼系及び竜沼系では変動は小さかった。

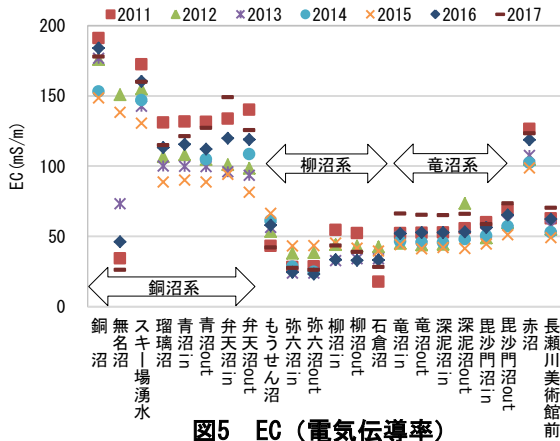


図5 EC (電気伝導率)

### 3.4 DO (溶存酸素)

DOは銅沼系でやや大きな変動がみられたが、もうせん沼を除く柳沼系及び竜沼系では概ね8～10mg/Lであった(図6)。また赤沼は他の調査地点と比べて低い値だったが、これは赤沼が表流水の流入が確認できない沼であり、沼内の湧水等に起因する水質のためと考えられる。

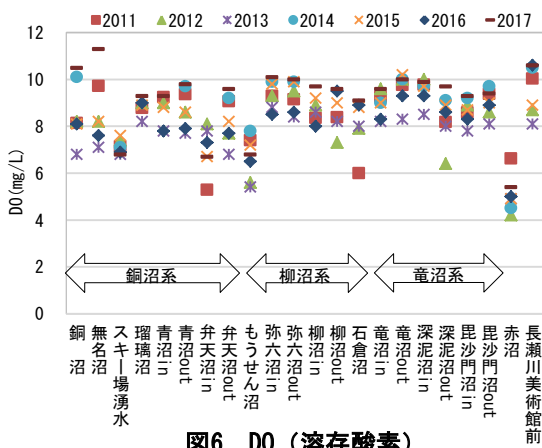


図6 DO (溶存酸素)

### 3.5 アルカリ度及び酸度

水中の炭酸水素塩や炭酸塩、水酸化物などのアルカリ分を表すアルカリ度は、銅沼、無名沼、スキー場湧水及び赤沼で低く、瑠璃沼から赤沼を除く下流域で高くなる傾向がみられた(図7)。千葉らは、 $\text{HCO}_3^-$ イオンを含むNa-Cl型地下水の存在について言及しており<sup>1)2)</sup>、アルカリ度が高くなる傾向がみられた沼では、 $\text{HCO}_3^-$ イオンを含むNa-Cl型地下水が流入していると考えられる。

酸度は銅沼系で高く、もうせん沼を除く柳沼系及び竜沼系で低かった(図8)。特に銅沼、無名沼及びスキー場湧水の値が高いが、これは噴気孔から供給される火山

性水質の影響と考えられる。

また、赤沼は柳沼系や竜沼系の沼とは異なり、アルカリ度が低く酸度が高いが、これは赤沼が沼内の湧水等に起因する水質のためと考えられる。

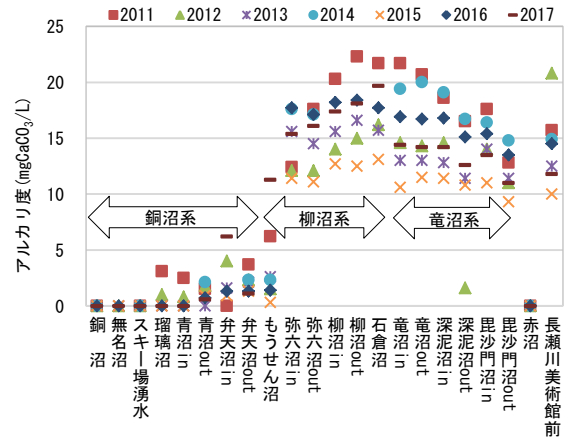


図7 アルカリ度

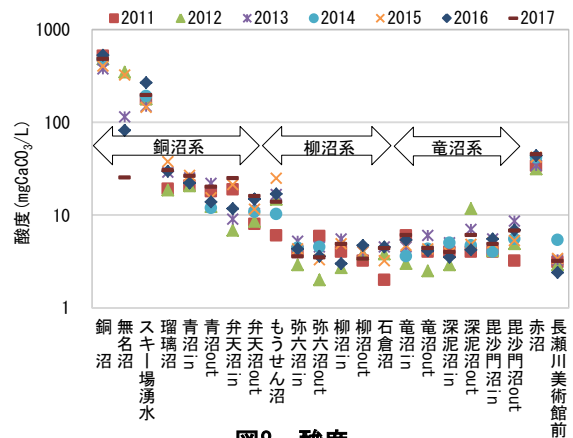


図8 酸度

### 3.6 COD及びTOC

2011年～2017年調査における各調査地点のCODを図9に、TOCを図10に示す。

CODは柳沼系が相対的に高く、銅沼系及び竜沼系は低い傾向がみられた。TOCもCODと同様に、柳沼系は相対的に高い値を示している。このことから、柳沼系は他の水系に比べて有機物の生産活動が活発であると考えられる。

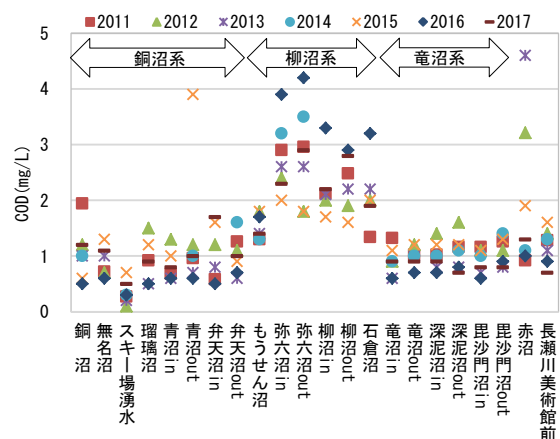


図9 COD

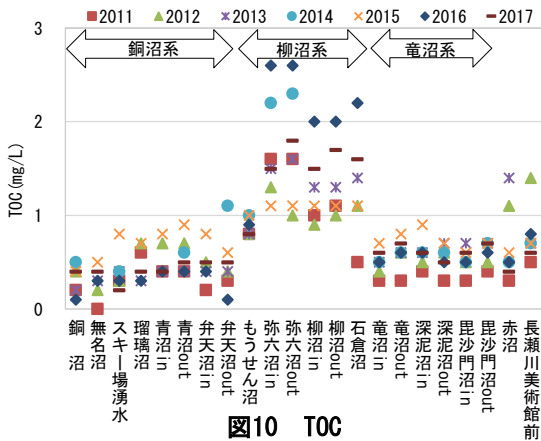


図10 TOC

### 3.7 T-N (全窒素)及びT-P (全りん)

2011年～2017年調査における各調査地点のT-Nを図11に、T-Pを図12に示す。

T-Nは銅沼系及び赤沼で相対的に高かった。

T-Pは調査年ごとの変動が大きかったが、スキー場湧水、柳沼及び石倉沼が相対的に高かった。

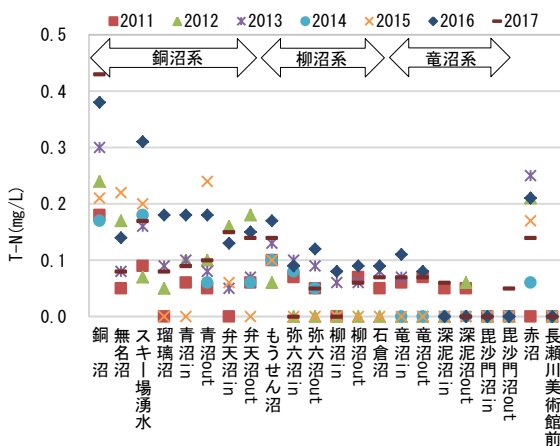


図11 T-N (全窒素)

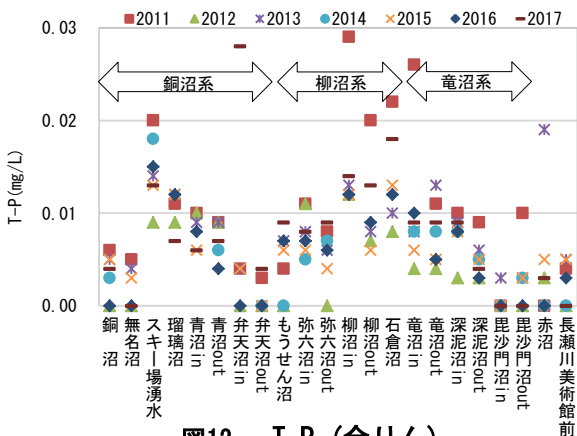


図12 T-P (全りん)

### 3.8 イオン成分

裏磐梯五色沼湖沼群において最大の溶存成分は硫酸イオンであるが、硫酸イオン当量濃度と2価カチオンと金

属成分を合計したイオン当量濃度の間には、ほぼ1対1で相関がみられた(図13)。この相関関係は1985年調査及び2011年～2017年調査において、各調査地点で同様にみられており、主要成分濃度が連動して変動していたことから、裏磐梯五色沼湖沼群は同じ水系であると考えられた。

なお、カルシウムイオン(図14)及びマグネシウムイオンは、硫酸イオンに連動して濃度低下がみられた。

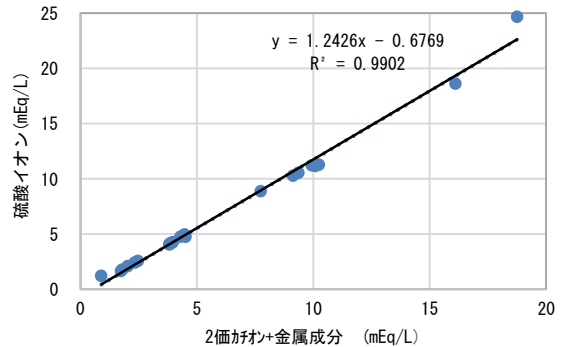


図13 硫酸イオン当量濃度と(2価カチオン+金属成分)イオン当量濃度との関係(2017年)

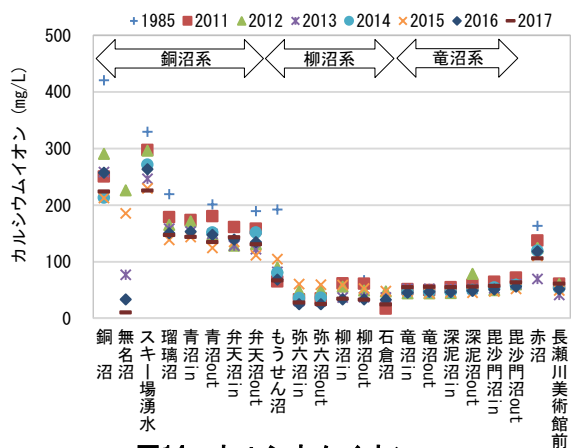


図14 カルシウムイオン

また、ナトリウムイオン(図15)、カリウムイオン及び塩化物イオンは、各水系の下流になるにつれて濃度が上昇する傾向があり、これはNa-Cl型地下水の流入の影響が考えられる。

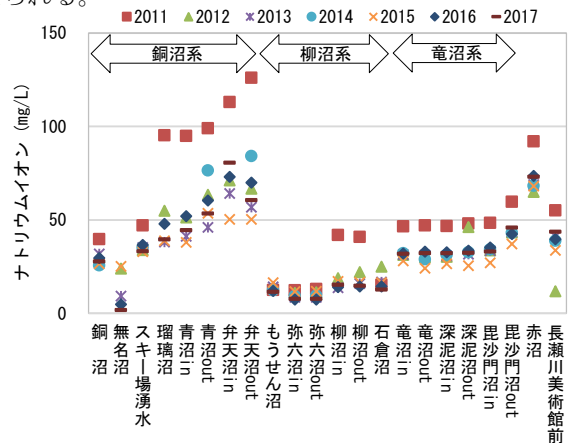


図15 ナトリウムイオン



### 3.9 金属成分

金属成分は酸度の高い銅沼系及び赤沼で多く、酸度が低い柳沼系及び竜沼系では、ほとんど検出されなかった。

最も含有量の多い金属成分はアルミニウムであった。

また、硫酸イオンと金属成分の間には正の相関がみられた(表2, 図16)。銅沼系の上流で金属成分濃度が高い要因の一つには、近くの噴気孔からの硫黄化合物の供給が影響していると考えられる。

表2 硫酸イオンと金属成分の相関関係(2011~2017年)

	Al	Fe	Mn	Zn
相関係数	0.82	0.57	0.86	0.91

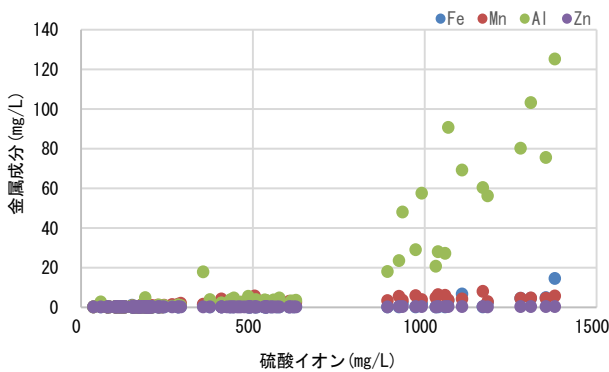


図16 金属成分濃度と硫酸イオン濃度(2011~2017年)

### 3.10 大腸菌群数

大腸菌群数は、銅沼系で低く、柳沼系及び竜沼系で高い傾向にある(図17)。2014年調査から実施した大腸菌検査において、いずれの調査地点からもほとんど検出されていないことから、糞便汚染の可能性は低いと考えられる。

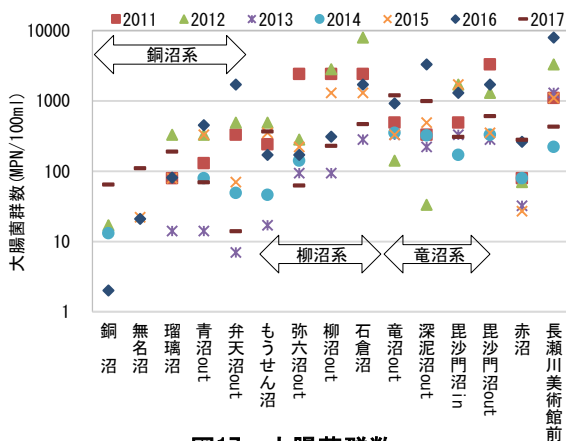


図17 大腸菌群数

各調査項目と大腸菌群数との関係をみると、pHと大腸菌群数との間に正の相関(R=0.67)がみられ、pH6.6付近で大腸菌群数が1000MPN/100mLを超える頻度が高くなっていた(図18)。

その他の調査項目と大腸菌群数との間には相関性は確認できなかった。

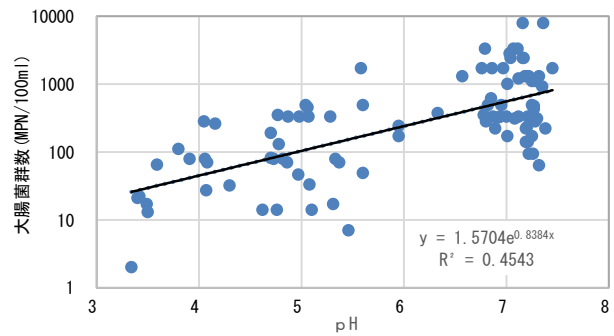


図18 大腸菌群数とpH(2011~2017年)

## 4. まとめ

千葉らの1985年調査を参考に、2011年~2017年調査の裏磐梯五色沼湖沼群の水質について考察した。

- 1) 2011年~2017年調査において、各調査項目の経年変動や季節変動はみられなかった。
- 2) 裏磐梯五色沼湖沼群の主要成分は硫酸イオンとカルシウムイオンであり、このことは1985年調査から変化しておらず、その他の成分の構成比も一定であった。
- 3) 1985年調査と比較すると、銅沼系の沼ではpHが上昇しており、硫酸イオンやカルシウムイオン等の主要成分の濃度低下を伴っていた。これは上流において近くの噴気孔から供給される硫黄化合物を含む火山性水質の供給量低下が影響していると考えられ、このことは、今後、裏磐梯五色沼湖沼群の水質に影響を及ぼす可能性があると考えられた。

謝辞 本報は、県及び福島大学等による「裏磐梯の湖沼環境を考える会議」の会員機関などで実施した調査結果を含んでおり、それらは公益財団法人 福島県保健衛生協会の協力により実施した。

## 5. 引用文献

- 1) 千葉茂, 朝倉誠司, 松本仁志: 裏磐梯五色沼の水質とその成因について. 福島大学教育学部論集理科報告, 38, 19-29, 1986
- 2) 千葉茂: 猪苗代湖・裏磐梯湖沼群の水質. 地学雑誌, 97, 376-381, 1988
- 3) 國井芳彦, 鈴木仁, 佐久間智彦, 林王克明: 裏磐梯五色沼湖沼群の湖水の化学的な成分に関する調査結果. 裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査中間報告書, 51-60, 2012
- 4) 國井芳彦, 渡邊稔, 佐久間智彦: 裏磐梯五色沼湖沼群の湖水の化学的な成分に関する調査結果(第2報). 裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査報告書, 26-37, 2013
- 5) 福島県: 猪苗代湖調査, <https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/298/inawashiro-chousa.html> (2018. 4. 27 アクセス)