

# 夜叉ヶ池における酸性雨影響調査について (第4報) —水質の季節変動に関する研究—

松永浩美・片谷千恵子・落井 勅\*1・加藤賢二\*1

Survey on the Effects of Acid Rain in Yashagaike Pond (4)  
—Research on Seasonal Variation of Water Quality—

Hiromi MATSUNAGA, Chieko KATAYA, Tadasu OCHII\*1, Kenji KATO\*1

## 1. はじめに

夜叉ヶ池は、南条郡南越前町今庄の岐阜県との県境、標高1,099mにある小さな池で、環境省の「第3次酸性雨対策調査」で酸性雨による影響が生じている可能性があり、今後も継続して調査を行う必要があるとされた湖沼である。そこで、当センターでは平成6年度から環境省の委託を受けて年4回のモニタリング調査を行っている<sup>1-3)</sup>が、年間を通じた水質の変動をより詳細に把握するため、平成9年度に冬季を除く詳細調査を実施した。それから約10年が経過しており、その後の酸性化の進行状況を把握するため、平成20年度に同様の詳細調査を行ったので、その結果について報告する。

## 2. 調査方法

### 2. 1 調査期間

調査は、平成20年4月29日～11月10日の間に18回行った。

### 2. 2 調査地点および採水方法

試料は、夜叉ヶ池の湖岸より表層水を採取した。図1に採取地点を示した。

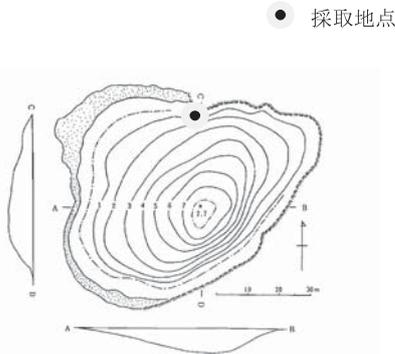


図1 夜叉ヶ池の等深線図<sup>4)</sup>と採取地点

### 2. 3 調査項目および調査方法

#### ①水質

pH、電気伝導率 (EC)、M-アルカリ度、硫酸イオン ( $\text{SO}_4^{2-}$ )、硝酸イオン ( $\text{NO}_3^-$ )、塩化物イオン ( $\text{Cl}^-$ )、アンモニウムイオン ( $\text{NH}_4^+$ )、ナトリウムイオン ( $\text{Na}^+$ )、カリウムイオン ( $\text{K}^+$ )、カルシウムイオン ( $\text{Ca}^{2+}$ )、マグネシウムイオン ( $\text{Mg}^{2+}$ )、クロロフィル a などについて行い、分析は、陸水モニタリングの手引書 (初版)<sup>5)</sup> に従い

行った。

#### ②湖水量

採水時に池の水位を観測し、水位から湖水量を推計した。

## 3. 結果と考察

### 3. 1 水質調査結果

今回の調査結果を表1に示した。(平成9年度の調査結果データは参考文献<sup>2)</sup>に掲載。)

#### 3. 1. 1 主要成分の季節変動

酸性化の指標としての代表的な項目である pH、EC、M-アルカリ度、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、クロロフィル a の結果を平成9年度の結果とあわせて図2に示した。

pH は、4.93～5.48 の間で変動し、平均は 5.22 であった。季節変動をみると、雪解け時の5月上旬が最も低く、8月下旬から9月上旬にかけて最も高くなり、その後冬に向けて徐々に低下していった。平成9年度の結果 (最高値 5.7、平均値 5.33) と比較すると、最高値 (5.48) および平均値 (5.22) とともに低かった。

EC は、春先に最も高く、その後徐々に低くなっていった。年間の変動は平成9年度と同じような変動を示したが、平成20年度は年間を通して平成9年度より高く推移していた。

また、酸性雨に対する感受性の指標である M-アルカリ度は、年間を通して低く推移していた。平成20年度の平均値は 0.010 meq/L、最高値は8月下旬の 0.018 meq/L であり、平成9年度 (平均 0.023 meq/L、最高 0.040 meq/L) に比べて大きく低下していた。

酸性雨の原因物質である  $\text{SO}_4^{2-}$  と  $\text{NO}_3^-$  については、ともに春先に高く、その後徐々に低下していった。平成9年度と比較してみると、 $\text{SO}_4^{2-}$  は春から夏にかけてはほぼ同程度の濃度で推移していたが、秋以降は平成20年度の方が高かった。 $\text{NO}_3^-$  は、平成9年度にみられた6月ごろと秋以降の濃度の大きな低下が平成20年度にはみられず、6月以降はほぼ同程度の濃度で推移していた。

植物プランクトンの生産量の指標となるクロロフィル a は、平成20年度は年間を通して低く推移した。平成9年度には春と秋における上昇がみられ、それに伴い、 $\text{NO}_3^-$  濃度が大きく低下していることからプランクトンの増殖は  $\text{NO}_3^-$  の消費に繋がっていることが推測された。

\*1 元衛生環境研究センター

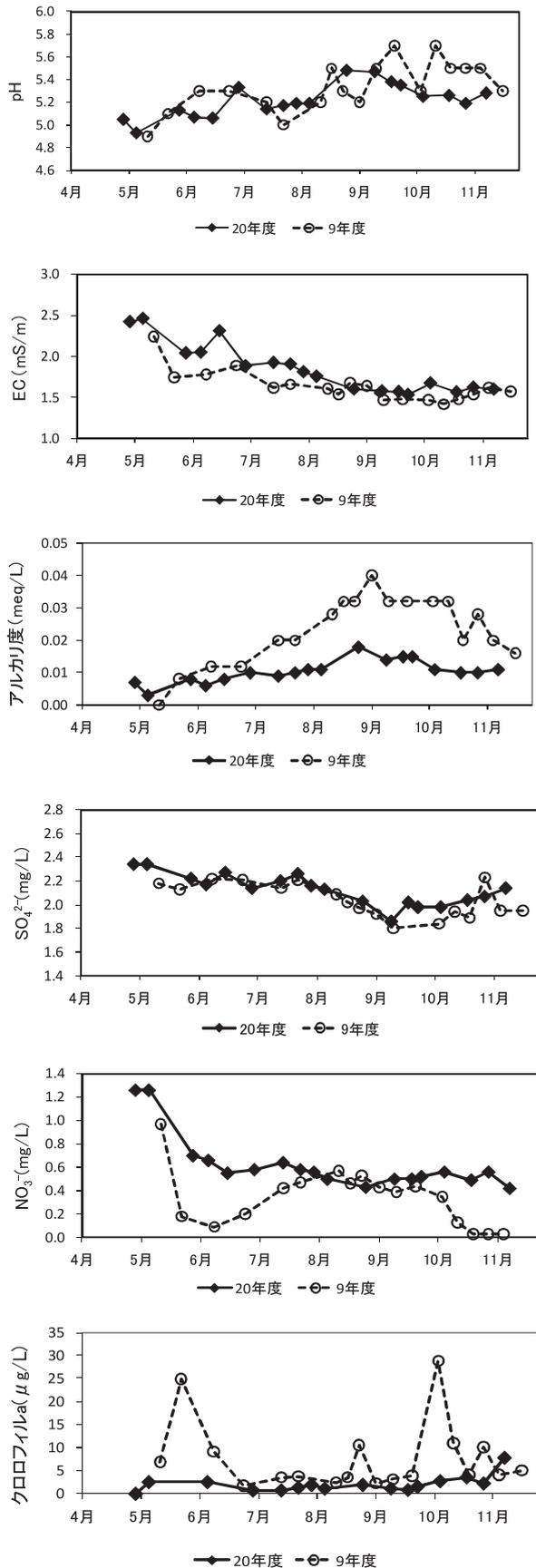


図2 pH、EC、アルカリ度、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、クロロフィルaの季節変動

### 3. 1. 2 pH との関係

pH と  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$  濃度の関係を図3に、pH と金属イオン ( $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ ) 濃度との関係を図4に示した。

$\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$  濃度ともに pH との間に強い負の相関がみられた (相関係数は  $\text{SO}_4^{2-}$ :  $-0.85$ 、 $\text{NO}_3^-$ :  $-0.70$ ) が、金属イオン濃度と pH の間には強い相関はみられなかった。(相関係数は、 $\text{Na}^+$ :  $-0.54$ 、 $\text{K}^+$ :  $0.24$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ :  $-0.38$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ :  $-0.60$ )

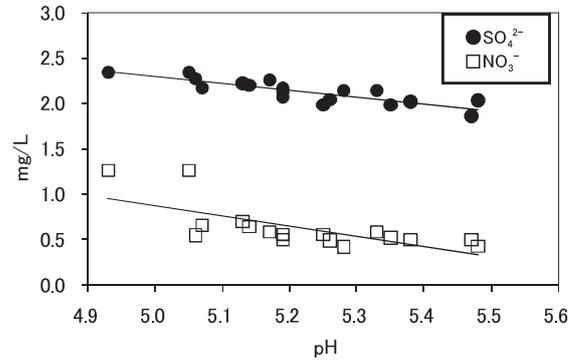


図3 pH と  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$  濃度の関係

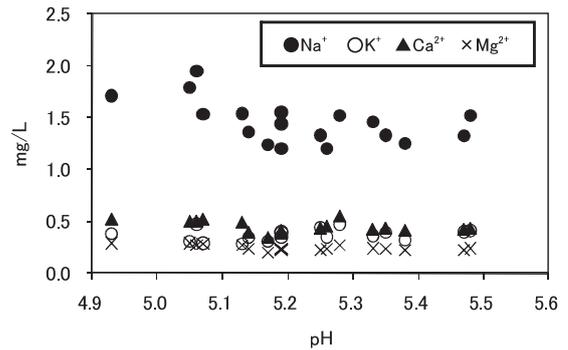


図4 pH と金属イオン濃度の関係

### 3. 2 湖水量の調査結果

#### 3. 2. 1 湖水量の季節変動

採水時に池の水位を観測し、水位から湖水量を推計した結果を図5に示した (5月29日は欠測)。

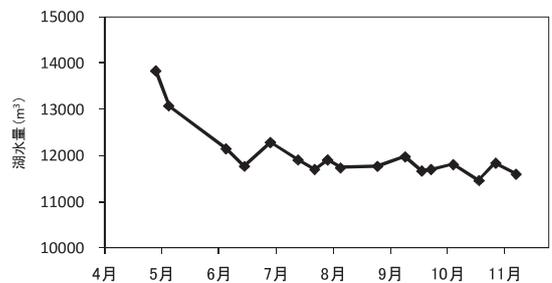


図5 湖水量の季節変動 (平成20年度)

平成20年度の湖水量は、春先に最も多く、その後6月までは徐々に減少していったが、6月以降は大きな変動もなく、ほぼ一定量で推移していた。春先に水量が多かったのは、冬期間の積雪が一気に解けて湖内に流れ込んだためと考えられた。

### 3. 2. 2 総イオン当量濃度との関係

湖水の総イオン当量濃度の季節変動を図6に、湖水量と総イオン当量濃度の関係を図7に示した。

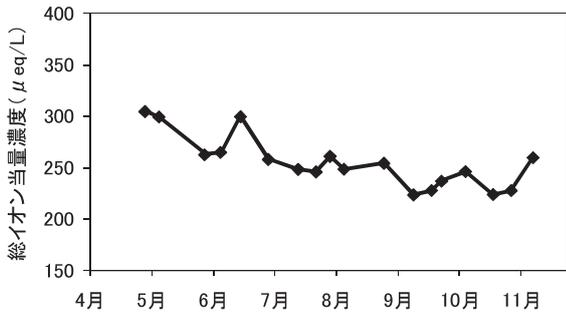


図6 総イオン当量濃度の季節変動

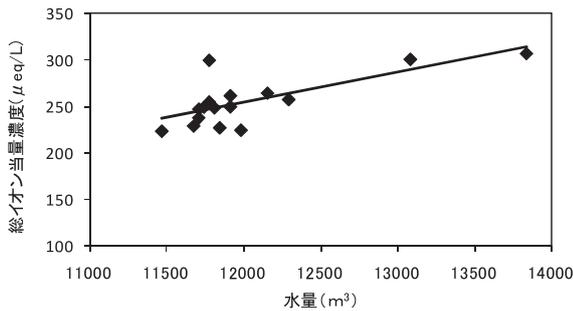


図7 湖水量と総イオン当量濃度の関係

総イオン当量濃度は、春先の湖水量増大時に高く、湖水量が減少するに従い低下する傾向がみられた。

この夜叉ヶ池は、流入する河川も流出する河川もなく、

湖水はすべて流域内に降った雨水によるため、湖水量は降水量を反映している。したがって、湖水量と総イオン当量濃度との関係から、夜叉ヶ池の総イオン当量濃度は、雪解けによる流入水および降水量の影響を大きく受けている可能性が考えられた。

## 4. まとめ

1. 夜叉ヶ池の表層水のpHは、春先に低く、夏から秋にかけて最高値を示し冬に向けて低下する傾向を示しており、平成9年度と比較すると、最高値も平均値も低下していた。また、 $\text{SO}_4^{2-}$ と $\text{NO}_3^-$ はpHとの間に強い負の相関がみられた。
2. 湖水量は春先に最も多く、その後低下していき、6月以降は大きな変動もなく、ほぼ一定量で推移していた。湖水の総イオン当量濃度と湖水量とは類似した変動を示しており、特に春先の湖水量の増大時に総イオン当量濃度も高かった。
3. 今後は、プランクトンなどの生物相の詳細調査を実施し、水質との関係について調査していきたいと考えている。

## 謝辞

本研究にあたり、試料の採取等に多大な御協力いただきました福井森林管理署の方々に深謝いたします。

## 参考文献

- 1) 坊栄二他: 夜叉ヶ池における酸性雨影響調査について、福井県環境科学センター年報, 24, 112~116(1994)
- 2) 白崎健一他: 夜叉ヶ池における酸性雨影響調査について(第2報), 福井県環境科学センター年報, 27, 81~83(1997)
- 3) 石倉誠司他: 夜叉ヶ池における酸性雨影響調査について(第3報), 福井県環境科学センター年報, 28, 108~110(1998)
- 4) 梶田澄雄: 夜叉ヶ池—その性状と成因—, 岐阜大学教育学部研究報告—自然科学—4-3, pp157-163, 1969
- 5) 環境省、(財)日本環境衛生センター酸性雨研究センター: 陸水モニタリング手引き書(初版)

表1 夜叉ヶ池の水質調査結果（平成20年度）

項目	採水日	H20.4.29	H20.5.6	H20.5.29	H20.6.6	H20.6.16	H20.6.30	H20.7.15	H20.7.24	H20.7.31
採取時刻		14:35	13:50	12:40	13:30	14:50	15:10	14:30	14:50	12:00
天候		晴れ	晴れ	曇り	曇り	晴れ	小雨	曇り時々晴れ	曇り時々晴れ	曇り時々晴れ
気温	°C	15.0	16.0	13.0	13.2	21.0	15.3	26.5	26.5	23.0
水温	°C	9.0	15.0	14.1	14.0	19.8	17.5	27.0	27.3	24.3
pH		5.05	4.93	5.13	5.07	5.06	5.33	5.14	5.17	5.19
電気伝導率(EC)	mS/m	2.42	2.46	2.04	2.05	2.31	1.89	1.93	1.91	1.81
M-アルカリ度	meq/L	0.007	0.003	0.008	0.006	0.008	0.010	0.009	0.010	0.011
硫酸イオン(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	2.34	2.34	2.22	2.17	2.27	2.14	2.20	2.26	2.16
塩化物イオン(Cl <sup>-</sup> )	mg/L	2.68	2.68	2.36	2.52	2.89	2.36	2.28	2.31	2.45
硝酸イオン(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	1.26	1.26	0.70	0.66	0.55	0.58	0.64	0.58	0.56
亜硝酸イオン(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
りん酸イオン(PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0.003	0.003	0.003	<0.003	0.006	0.031	<0.003	0.009	0.015
カルシウムイオン(Ca <sup>2+</sup> )	mg/L	0.50	0.52	0.49	0.52	0.50	0.42	0.39	0.34	0.39
カリウムイオン(K <sup>+</sup> )	mg/L	0.31	0.38	0.28	0.29	0.47	0.36	0.34	0.31	0.40
ナトリウムイオン(Na <sup>+</sup> )	mg/L	1.79	1.71	1.54	1.53	1.95	1.46	1.36	1.24	1.55
マグネシウムイオン(Mg <sup>2+</sup> )	mg/L	0.29	0.29	0.27	0.28	0.27	0.24	0.23	0.20	0.23
アンモニウムイオン(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/L	0.22	0.14	0.04	0.01	0.03	0.17	0.13	0.13	0.10
クロロフィルa	µg/L	0.0	2.5	—	2.5	—	0.7	0.7	1.3	1.9
総イオン当量濃度	µeq/L	307.3	301.0	262.5	264.9	300.0	258.0	250.1	247.5	262.1

項目	採水日	H20.8.7	H20.8.27	H20.9.11	H20.9.20	H20.9.25	H20.10.7	H20.10.21	H20.10.30	H20.11.10
採取時刻		14:35	14:30	15:30	14:45	12:40	14:20	15:05	12:30	14:30
天候		曇り	曇り	晴れ	曇り	曇り	曇り	晴れ	晴れ	曇り
気温	°C	27.0	19.0	23.0	19.0	14.0	14.0	15.0	6.5	5.0
水温	°C	26.6	19.1	23.8	19.4	18.9	15.0	17.4	11.9	6.0
pH		5.19	5.48	5.47	5.38	5.35	5.25	5.26	5.19	5.28
電気伝導率(EC)	mS/m	1.76	1.60	1.58	1.57	1.54	1.68	1.57	1.63	1.60
M-アルカリ度	meq/L	0.011	0.018	0.014	0.015	0.015	0.011	0.010	0.010	0.011
硫酸イオン(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	2.13	2.03	1.86	2.02	1.98	1.98	2.04	2.07	2.14
塩化物イオン(Cl <sup>-</sup> )	mg/L	2.28	2.20	1.69	1.86	1.98	2.17	1.95	2.09	2.26
硝酸イオン(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.50	0.43	0.50	0.50	0.52	0.56	0.49	0.56	0.42
亜硝酸イオン(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
りん酸イオン(PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0.009	0.012	0.021	0.055	0.018	0.043	0.034	0.021	0.018
カルシウムイオン(Ca <sup>2+</sup> )	mg/L	0.38	0.43	0.42	0.41	0.43	0.43	0.45	0.41	0.55
カリウムイオン(K <sup>+</sup> )	mg/L	0.39	0.41	0.40	0.32	0.39	0.44	0.35	0.35	0.47
ナトリウムイオン(Na <sup>+</sup> )	mg/L	1.44	1.52	1.32	1.25	1.33	1.33	1.20	1.20	1.52
マグネシウムイオン(Mg <sup>2+</sup> )	mg/L	0.23	0.24	0.22	0.22	0.23	0.22	0.23	0.22	0.27
アンモニウムイオン(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/L	0.09	0.09	0.12	0.12	0.09	0.22	0.01	0.05	0.03
クロロフィルa	µg/L	1.1	1.9	1.1	0.8	1.5	2.7	3.5	2.2	7.7
総イオン当量濃度	µeq/L	249.7	255.4	225.2	229.5	238.1	248.9	223.9	227.8	259.7