山形県与蔵沼の湖沼学的研究

加藤 武雄・会田 徳旺

Limnological investigations of Lake Yozō-numa, Yamagata Prefecture
By Takeo KATŌ and Norio AITA

1. 緒 言

与蔵沼は出羽丘陵と蔵峠（山形県蛙川村・平田町）に湛水する準高地湖沼で、くわしくは $140^{\circ}05'E$, $38^{\circ}51'N$ に位置する。湖面標高は 640m で成因は山崩れによる堰止湖と考えられる。この湖沼は集落より 10 km 以上も離れた深山にあり、踏査することが容易でないために、これまで一度も調査されたことはない。筆者の一人（加藤）は山形県およびその周辺の山地湖沼に関して、地方湖沼学の立場から研究（1957, 1960, 1961, 1965, 1966）を続行しているが、このたび機会を得て現地調査を行なうことができた。すなわち、1964年から1966年にかけて4回調査を行なったので、ここにはその結果得られた知見を報告する。

図1 与蔵沼周辺地形図
〔国土地理院：5万分の1地形図(大沢・清川)〕

2. 湖盆形態および底質

1964年8月8日に、この湖沼の測量を行ない図2のような深度図を得た。これから求めた湖盆形態の諸計測値も同時に表1に示す。

図2 与蔵沼深度図

表1 湖盆形態諸計測値
(1964. VIII-8)

湖表面積	3,150 m ²
湖岸線延長	249 m
最大深度	4.10 m
平均深度	1.61 m
容積	5,080 m ³
肢節量	1.25
長径	97.0 m
短径	50.0 m

これらによると、湖岸線の長さ 249 m、最大深度 4.10 m、湖表面積 3,150 m² の小湖沼で、肢節量も 1.25 で小さく、湖盆の形態は単純であることがわかる。図中の a, b, c の部分には水生植物が密生する。また湖沼への注入河川はなく、排水口も見当らない。

つぎに、この湖沼の底質を知るために TOULET の方法 (西条, 1957) にしたがひ、18 地点の試料について粒度分析を試みた。その結果をまとめた底質図を図3にかかげておく、これからわかるよ

うに湖底の大部分に砂質泥と泥とが堆積し、一部には基盤と見られる岩盤が露出している。その岩質は凝灰岩質頁岩である。泥については、湖心部より試料を採取してその灼熱減量を測定したが、全体の 49.3% に相当する値を得た。すなわち泥の部分では、その約半量が有機質の成分よりなることが明らかである。しかもその層厚は約 1 m と推定され、湖底より時折りメタンの発生が観測された。

図3 底質分布図

3. 湖水の理化学的性質

1964年8月, 1965年8月, 1966年7月, 1966年10月の4回にわたって湖水の理化学的性質の調査を行なった。観測定点としては最深点(図2のE点)を選び, 水質分析の方法は水質調査作業規定準則(総理府, 1957)に従った。

3.1 水 温

1965年8月と1966年, 10月に観測した水温・水質の垂直分布図を図4に示す。これから明らかなように8月には水温成層の発達が顕著で, 湖表面より深度1m程度の間に躍層の形成が認められる。ここでは深度差がわずか1mの間に約 9°C の水温低下を来す。底層においてはわずかに水温が上昇する。

10月の観測結果によれば, 全層にわたって水温が 12.5°C 前後を示し, この湖沼がすでに秋季完全循環期に入っていることが明らかである。しかし, この時期においても8月とおなじように底層の水温が逆に上昇していることが認められた。

図5には, 深度図(図2)に示したA-B, C-D測線についての水温分布断面図を載せてあるが, ふつうの調和型湖沼とは異なつた傾向を示す。すなわち湖心部付近では水温の逆転が底層に見られるのである。この傾向はとくに腐植質底泥の堆積する個所にて著しい。上の原因としては湖底からの地下水の湧出, 湖底堆積物の分解に伴う発熱などが考えられるが, 筆者らは後者によるものと思う(加藤, 1960)。

3.2 水 質

はじめに湖表水の水質分析表を表2に示す。これによると, 1965年8月においては,

図4 水温・水質の垂直分布図

pH=6.0の弱酸性を示し、溶存酸素量は9.8 mg/l (飽和度 71.0%)である。さらに溶存化学成分のうちおもなものを挙げると、 Cl^- (6.8 mg/l), SO_4^{2-} (2.9 mg/l), SiO_2 (2.9 mg/l), Ca^{2+} (3.3 mg/l), Na^+ (2.1 mg/l)などで、他は1 mg/l以下のわずかなものにすぎない。おなじ資料について、主要アニオン (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-)の当量百分率を求めて三角座標に表現すると図6のようになる。これには参考のために、この地方に散在する湖沼の資料も載せてある。これによると与蔵沼の特徴は Cl^- の比率が他の湖沼より多少大きい程度で、他の湖沼とともに座標上の一領域にまとまる。すなわち Cl^- 型の湖沼であることがひとつの特色といえよう。また主要カチオンについて当量の大小関係を見ると、 $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+$ が成り立ち、総合して考えると、この湖表水の溶存主成分は、 CaCl_2 であることが知られる。

つぎに水質の垂直分布について述べる。図4から明らかなように、1965年8月には溶存酸素量、pH 8.4酸度などの成層の発達が顕著である。この時期には溶存酸素量は湖表面で9.8 mg/lを示すが、深度1 mにおいて急激に減少して3.8 mg/lとなり、湖底付近では無酸素層を形成する。しかも酸素飽和度は全層にわたって不飽和である。一方、pH 8.4酸度を見ると、これは溶存酸素量とは逆の傾向を示して、深度を増すに従

図5 水温分布断面図（垂直誇張2倍）

表2 湖表水の水質

調査月・日	1965. VIII-1	1966. VII-10	1966. X-10
Ta (°C)	19.8	18.0	15.0
Tw (°C)	21.9	18.1	12.5
pH	6.0	5.6	5.9
RpH	6.8	6.3	6.4
pH 4.3 Bx (me/l)	0.055	0.052	0.060
pH 8.4 Ax (//)	0.080	0.11	0.097
DO (mg/l)	9.8	9.8	7.8
COD (O ₂ mg/l)	—	1.8	—
Ré (mg/l)	—	28.0	—
Na ⁺ (//)	2.1	3.7	6.2
K ⁺ (//)	—	0.2	0.3
Ca ²⁺ (//)	3.3	1.1	0.57
Mg ²⁺ (//)	1.3	0.56	—
Fe ²⁺ +Fe ³⁺ (//)	0.02	0.06	—
Cl ⁻ (//)	6.8	7.9	5.6
SO ₄ ²⁻ (//)	2.9	2.3	1.9
SiO ₂ (//)	2.9	2.0	—
P (//)	—	0.032	—
NH ₄ ⁺ (//)	0.3	0.0	—

いその値を増加する。湖底堆積物の分解によつて生じた腐植酸の影響と考えられる。また1966年10月の資料によると、その時期には湖水が循環期に入るために、各溶存成分の含有量が全層にわたつてほぼ均一化する、溶存酸素量を例にとると、全層がいちように約8 mg/l となり、底層においても6.4 mg/l で夏季の無酸素状態が解消する。

1. 泥 塚	2. 佐渡貯水池	3. 松沢貯水池
4. 源蔵沼(左)	5. 源蔵沼(右)	6. 五百刈沼
7. 尾 沼	8. 与蔵沼	9. 米の池
10. 左邊貯水池		

図6 主要アニオンの三角座標

図7 溶存酸素量と水温の時間的变化

つぎに、この湖沼の基礎生産を知る一つ的手段として、1965年8月1日から2日にわたって湖表水の溶存酸素量と水温について一昼夜観測を試みた。その結果は図7に見られるとおりで、溶存酸素量は日没と同時にいちじるしく減少し、夜明けとともに急増して正午頃よりほとんど一定になる。しかも溶存酸素量と水温との間には、ふつうの貧栄養湖に見

られるような逆相関の成立が認められない(1966)。このようなことから、この湖水の表水層における溶存酸素量の変動は基礎生産と或程度関係があるものと考えてよからう。その測定時に湖表面における基礎生産量を溶存酸素法にて測定したが、表3に示すように総生産量は比較的大である。しかし分解量が大きいので純生産量はわずかに $0.09 \text{ mg/l O}_2/\text{day}$ にすぎない。

表3 湖表水の基礎生産 (1965. VIII-1)

総生産量	2.27 $\text{O}_2\text{mg/l}\cdot\text{day}$
純生産量	0.09 //
分解量	2.18 //

さいごに以上論じて来たことを総合して、この湖沼の湖沼標式を決定してみた。現地調査をするとこの湖水の色は緑褐色を呈し、周囲の植生などからもこれは高層湿原化の過程にある湖沼のように

思われる。湖面の標高は 640 m で高くはないが、高緯度の深雪地帯でもあり準高地湖沼とみてさしつかえない。なお水質から言つても、COD が比較的に多くて NH_4^+ の含有量も多く、底層には無酸素層が夏季に出現する。さらに底泥は有機質が大半を占める、これらから判断して、湖沼標式は腐植營養湖に属するものと考えてよからう。

4. 結 言

これまで論述して来たことをまとめると、つぎのように結論できる。

1. この湖沼は短軸 50 m, 長軸 97 m の楕円形に近い形状をなし、成因は山崩れによる堰止湖と考えられる。
2. 水温は夏季には顕著に成層するが、湖底近くで逆転する。また同季には pH 8.4 酸度および溶存酸素量の成層発達も認められる。
3. 湖表水の pH は 6.0 で、溶存主成分は CaCl_2 である。
4. 湖底堆積物はおもに有機質泥より成り灼熱減量は 49.5% におよぶ。
5. 湖沼標式は腐植營養湖に属する。

この研究を行なうに当たり、つねに深い理解を持たれていろいろ便宜を与えて下さった山形県蛙川中学校長伊藤五郎氏および同校教頭押切 克氏に対し心から感謝の意を捧げるしだいである。(1967年4月29日、東北地理学会春季学術大会にて講演)

参 考 文 献

- 加藤武雄：大鳥池に関する二、三の湖沼学的知見。地理評, 30, 4, 304~307, 1957.
 加藤武雄：須川水系地下水の地球化学的性格。〃宮川・須川水系地下水調査報告書、(第2部), 18~37, 経済企画庁・山形県, 1960.
 加藤武雄：蔵王山「お釜」についての二、三の湖沼学的知見。陸水雑, 21, 3/4, 141~150, 1960.

- 加藤武雄：竜山火山周辺の湖沼について。陸水雑，22，1，1～8，1961。
 加藤武雄，米地文夫：鳥ノ海火口湖の湖沼学的研究。東北地理，17，1，36～40，1965。
 加藤武雄：一切経「五色沼」の湖沼学的研究。陸水雑，27，1，40～47，1966。
 加藤武雄，志田 勇：蔵王温泉周辺湖沼の湖盆形態と水質。東北地理，18，2，70～74，1966。
 西条八束：湖沼調査法，182～185，古今書院，東京，1957。
 総理府：昭和32年総理府令第14号。官報 No. 9074，1957。

SUMMARY

Lake Yozō-numa named after the legend of Yozō, a wood cutter, is found near the Yozō Pass in the Dewa Hilly Land. Its surrounding area is densely wooded and this place is very difficult to visit even from the nearest village. Such a kind of inconvenience has prevented us from surveying this lake. Happy to say, we could have the chance to explore the lake in 1964 for the first time. Since then we have visited there four times and could elucidate the limnological features to a certain extent. In this paper, the results of the present investigations are reported. These are summarized in the following.

1. This lake has elliptical shape as is shown in text-fig. 2. Morphometrical data calculated from the bathymetric map are presented as follows:

Surface area	3,150 m ²
Length of shore line	249 m
Volume	5,080 m ³
Shore development	1.25
Maximum depth	4.10 m
Mean depth	1.61 m

2. In summer stagnation period, this lake exhibits thermal stratification and in autumn, full circulation of the water is observed.

3. From the data of chemical analysis the major solute in the lake water is determined to be calcium chloride.

4. Main constituent of the bottom mud is considered to be organic matter, for its ignition loss is 49.3 weight per cent of the total mass.

5. The present investigations reveal that this lake is formed by landslide and belongs to be a dystrophic lake.

(著者：加藤武雄，山形大学教育学部化学教室，山形市；会田徳旺，山形県最上郡鮭川中学校，山形県鮭川村。Takeo Katō, Chemical Laboratory, Faculty of Education, Yamagata University, Yamagata City; Norio Aita, Sakegawa Junior High School, Yamagata Prefecture)