

第4章 湖盆形態と水収支、水質

佐藤 五郎

1. 湖盆形態と水収支

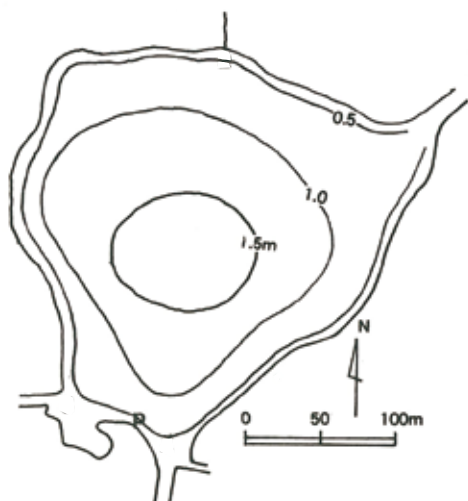
1) はじめに

近年における白竜湖のまとまった調査は、南陽市教育委員会より「山形県指定天然記念物の動植物生息調査報告書」(1997)¹⁾や佐藤による「山形県・白竜湖の湖盆形態の変遷と水質形成」(2004)²⁾が見られる。しかし、その後まとまった調査は無く2016年4月に再び南陽市教育委員会により植物、水質、魚類、歴史、地質、貝類の各専門家からなる「白竜湖調査会議」を組織し2017年12月までの予定で再び調査を開始した。水質を担当する筆者は、おもに陸水学的な立場より進めた調査結果を報告する。ただし、過去の報告書との重複を避け必要最低限に留めた。

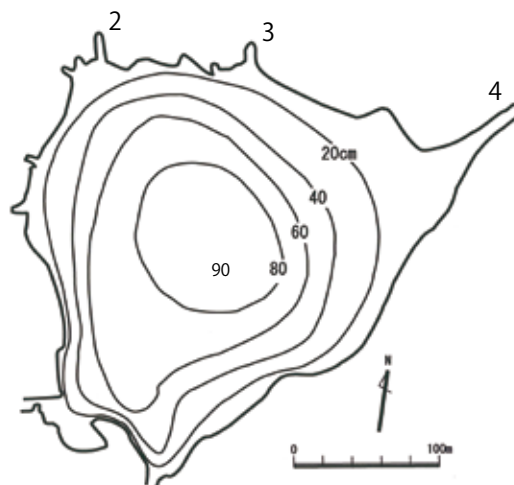
2) 湖盆形態

白竜湖は南陽市赤湯市街地の東部に広がる泥炭地(大谷地)の一角に湛水する湖沼である。したがって硬い岩盤からなる湖盆壁の湖沼と異なり柔らかい泥炭からなるため湖水の水収支や湖盆形態には特異な現象が推定される。くわえて周辺水田の灌漑用水として重要な役割を果たしているため湖盆形態のみならず水質からも極めて大きな影響を受けることになる。そこで近年の湖盆測量の結果から深度図を比較することにする。

筆者により1995年²⁾と2017年に実施した測量により得られた深度図を其々第21図、第22図に、さらに深度図より得られた諸計測値を表4に掲げる。なお測量に当たっては、トランシットレベル、箱尺(スタッフ)、音響測深機、^{すいえん}錘鉛、レーザー距離測定機、ゴムボー



第21図 深度図 1995年11月5日



第22図 深度図 2017年4月10日

ト等を用い通常の方法で行った。

1995年と2017年の結果を比較すると、湖岸線の形状に大きな変化は見られず、湖表面積も殆ど差がない。しかし2017年の最大深度は1995年に比べ0.6mほど減少しており、同時に容積、平均深度とも半減している。このことは、一見すると20年ほどの期間で急激に浅くなっているように見える。しかし測量時の季節も異なり、さらに横堀排水路の水門操作による水位変動もあることから深度図だけから結論を導くことは危険である。

表 4. 湖盆形態諸計測値

	1995 年 11 月 5 日	2017 年 4 月 10 日
湖表面積 (㎡)	56,000	56,500
最大深度 (m)	1.5	0.9
平均深度 (m)	0.91	0.44
容 積 (m³)	51,000	24,800

なお湖表面積に差が無いのは泥炭地のため水位が低下しても水際まで足を踏み入れることは出来ず、結果的に兩年とも同じ湖岸線に箱尺を立てざるを得なかったためと見られる。

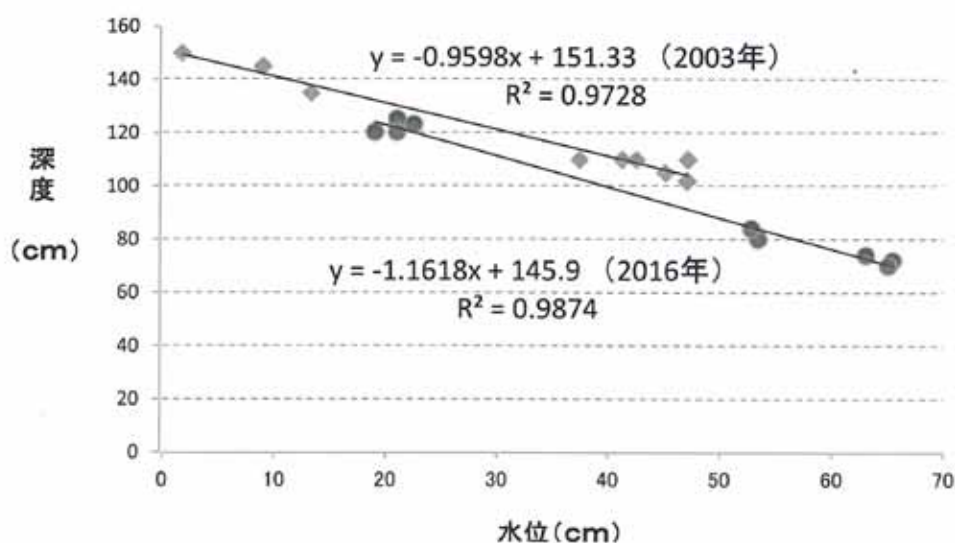
そこで、泥炭の影響を受けにくい基準点を設け深度と水位の関係を探ることにした。基準点として選定したのは、写真 1 に示した南側湖岸部に設けられた排水路水門のコンクリート壁に張り付けられたステンレス板である。すなわちステンレス板の天端から湖面までの長さを水位 (cm) として測定し、その時の湖心部における深度 (cm) と比較した。つまり水位が小さくなると深度が大きくなる関係になる。ただし深度は泥炭地湖沼を考慮し、ボートから鉄製の平板を静かに沈めて測定した。2003 年と 2016 年に測定した結果を表 5 に示す。さらに水位と深度の相関関係を示したのが第 23 図である。得られた回帰方程式 $Y = aX + b$ (ただし Y : 深度、 X : 水位) は相関係数の値から兩年とも有意水準 0.01 で有意であるのは当然であろう。ただし傾き a の値が完全に 1.0 にならないのは現場測定における誤差と考えられる。とくに不安定なボートでの測定では誤差が生じやすいが、年間通した兩年の関係式を比較することで季節変動や排水路水門の影響を受けても深度の経年変化を推定することができる。すなわち 2003 年の深度 $Y_{(2003)}$ と 2016 年の深度 $Y_{(2016)}$ との差は 13 年間における深度変化と考えられ次のようになる。



写真 1 水位測定の基準地点

表 5. 水位と深度

2003 年			2016 年		
測定月日	水位 (cm)	深度 (cm)	測定月日	水位 (cm)	深度 (cm)
4 月 2 日	43	110	4 月 26 日	53.4	80
4 月 19 日	44.3	110	5 月 23 日	22.5	123
5 月 14 日	9.5	145	6 月 20 日	21.0	125
6 月 14 日	2.0	150	7 月 24 日	21.0	120
7 月 16 日	39.0	110	8 月 25 日	19.0	120
8 月 15 日	14.0	135	9 月 26 日	52.8	84
9 月 15 日	49.0	102	10 月 25 日	65.4	72
10 月 16 日	47.0	105	11 月 22 日	65.0	70
11 月 16 日	49.1	110	12 月 13 日	63.0	74



第 23 図 水位と深度の関係

$Y_{(2003)} - Y_{(2016)} = (-0.9598 X + 151.33) - (-1.1618 X + 145.9) = 0.202 X + 5.43$
いま両年の平均的な水位 37.8cm で深度の差を求めると 13.1cm となり、1.00cm/ 年ずつ浅くなっていることになる。仮に調査期間中における水位の最小値 2cm と最大値 65.4cm での両年の深度差を算出すると年間に 0.45 ～ 1.43cm 浅くなり、近年の白竜湖の深度は 1 年に 1cm 前後減少していると言えるだろう。

これらには、流入河川を通してもたらされる土砂や周辺水田からの浮遊物さらには湖内に繁茂するヒシなどが影響する。とくに北側丘陵地の保全状況も大きな要因になる。くわえて湖水攪乱を左右する気象条件なども考えなければならない。

3) 水収支

泥炭地に浮かぶ白竜湖における水の出入りは複雑であり、筆者により 2004 年 12 月 12 日に湖に出入りする水路を調査した結果、大小合わせて 30 本ほどあった。くわえて水田灌漑用水として南岸部の排水路水門を人為的に操作されることにより水田の灌漑水が逆流を生じるなどしており定量的に把握することは極めて困難と言える。これまでも主な流出入河川を選定し度々流量観測を実施してきたが白竜湖における完全な水収支はつかめていない。そこで今回も 2017 年 11 月 27 日～ 30 日の 4 日間にわたって流出入河川を集中的に調査したので、その結果をもとに考察する。

この時期に流入河川として認められたのは北側湖岸の 3 本 (第 22 図の 2、3、4) であり、流出河川は南側湖岸の排水路 1 本であった。この 4 本の河川について、4 日間ほぼ同じ時間帯に流量調査を実施した。なお、流量観測に当たっては広井式流速計で水路幅に応じて 3 ヶ所の流速を測定し、断面積を乗じて算出した。

まず気象条件として、湖に最も近い気象庁のアメダス観測所が南南東約 5.9 km 地点に高畠観測所があるので、ここの雨量観測を用いた。また、この時期の蒸発量は殆ど考えなくても良いだろう。さらに 30 日の降水量 0.5mm は 1 時間毎データによれば 19 時に

観測されたものであるから調査期間の 27 ～ 30 日は降水量 0（ゼロ）とみなせる。

表6 2017 年 11 月 22 日～ 30 日の日降水量（アメダス高島観測所）

日	22	23	24	25	26	27	28	29	30
雨量（mm）	0.0	1.5	18.0	13.5	11.5	0.0	0.0	0.0	0.5

しかし、調査期間の前 23 日～ 26 日の 4 日間は雨が多く合計で 44.5mm の降水量になる。次に湖に出入りする流出入河川の流量を表 7 に示す。なお流入流量は北側 3 河川の合計流量である。同時に唯一の流出河川である南側排水路の水位も併せて載せておいた。

表7 白竜湖における流出入河川の流量（2017 年 11 月 27 日～ 30 日）

日	27	28	29	30
時：分	13:00	12:00	12:00	12:00
流入流量（m ³ / 秒）	0.125	0.104	0.077	0.065
流出流量（m ³ / 秒）	0.243	0.225	0.115	0.068
流入－流出（m ³ / 秒）	－ 0.118	－ 0.121	－ 0.038	－ 0.003
水位（c m）	28.5	48.5	52.6	54.0

（注）水位は排水路水門に張られたステンレス板の天端から湖面までの高さであり、値が大きくなるほど湖面の水位が低下していることを意味する。

一般に水収支による湖水位の変動は次式で与えられる。

$$Adh/dt = R_{in} - R_{out} + G_{in} - G_{out} + A(dP/dt - dE/dt) \cdots \cdots (1)$$

A: 湖表面積 h: 湖水位 R_{in} : 集水域からの表面流入量 R_{out} : 表面流出量 G_{in} : 地下水流入量 G_{out} : 湖水の地下流出量 P: 降水量 E: 蒸発量

ここで湖盆壁を通して出入りする G_{in} : 地下水流入量と G_{out} : 湖水の地下流出量の測定は事実上不可能であり、間接的に求めるしかない。

これを白竜湖にあてはめると、この期間（27 ～ 30 日）の日平均気温は高島のアメダスデーターによれば 0.6 ～ 5.6℃で水深の浅い白竜湖の水温と大差なく、さらに日平均風速は 0.6 ～ 2.1m/s 程度であることから推定蒸発量は、ほぼゼロとみなせる。もちろん降水量の観測結果もゼロであるので（1）式は $Adh/dt = R_{in} - R_{out} + G_{in} - G_{out}$ となる。ここで時間軸を測定時の秒単位で考えれば水位の変化もゼロとみなせるので $(R_{in} - R_{out}) = (G_{out} - G_{in})$ となり流出入河川の流量差は湖盆壁からの出入りになる。この結果、観測日の 4 日とも $(R_{in} - R_{out})$ の値が負になっている。このことは湖盆壁から地下水の出入り量を示す $(G_{out} - G_{in})$ において、 $G_{in} > G_{out}$ である事を意味し、相対的に湖底からの地下水流入が認められる。しかし、この考え方は上記したように水位の変化が無く常に湖水の量が一定の時だけに成り立つもので、水位が変動すれば成立しない。そこで、さらに考察を進め、時間経過（dt）も考慮して湖面の低下（dh）による湖水の流出も加味すると（1）式は次のようになる。

$$(R_{out} - R_{in}) dt + Adh = (G_{in} - G_{out}) dt$$

いま概算的ではあるが、観測日間における $(R_{out} - R_{in})$ の平均を両観測日における $(R_{out} - R_{in})$ の単純平均を採用した。また湖面の低下は主に湖水の流出量と考えて良いので、

0m と 0.2 m 深における面積を単純平均したものに湖面低下量を乗じて算出した。ここで各観測日間における相対的地下水流入量 ($G_{in} - G_{out}$) dt は、観測日間の表面流出入河川の流量差 ($R_{out} - R_{in}$) dt と、その期間における湖水流出量の合計になる。これらをまとめたのが表 8 である。

表 8 地下水流入量

	27 日～ 28 日	28 日～ 29 日	29 日～ 30 日
経過時間 (dt)	23 時間	24 時間	24 時間
($R_{out} - R_{in}$) の平均 ($m^3 / 秒$)	0.120	0.080	0.021
($R_{out} - R_{in}$) の平均×経過時間 dt (m^3)	9940	6900	1800
湖面低下による湖水流出量 Adh (m^3)	9860	2000	690
地下水流入量 (m^3)	19800	8900	2490

これらの結果から、相対的地下水流入量は観測日の経過により急激に減少していることが分かる。先のアメダスの観測結果と考え合わせると、観測開始前日までの 4 日間に 44.5mm におよぶ多量の降水があり、これが泥炭地の地下水となって毎秒 239 リットルも湖に流入しているが、無降水日の経過とともに地下水流入量も減少し 4 日目には毎秒 29 リットル程度に激減している。つまり白竜湖における涵養源は、北側湖岸より流入する小河川の他に降水毎に流入する周辺泥炭地を通る地下水と見ることができる。しかし、この地下水も殆どは降水時のみ流れる河川と同じで恒常的なものでない。地形的な条件から考えれば、白竜湖の涵養源は南側を除く北側と東西の丘陵地である事は明白であり、これら丘陵地の保水能力を高めることが湖の存続につながる。

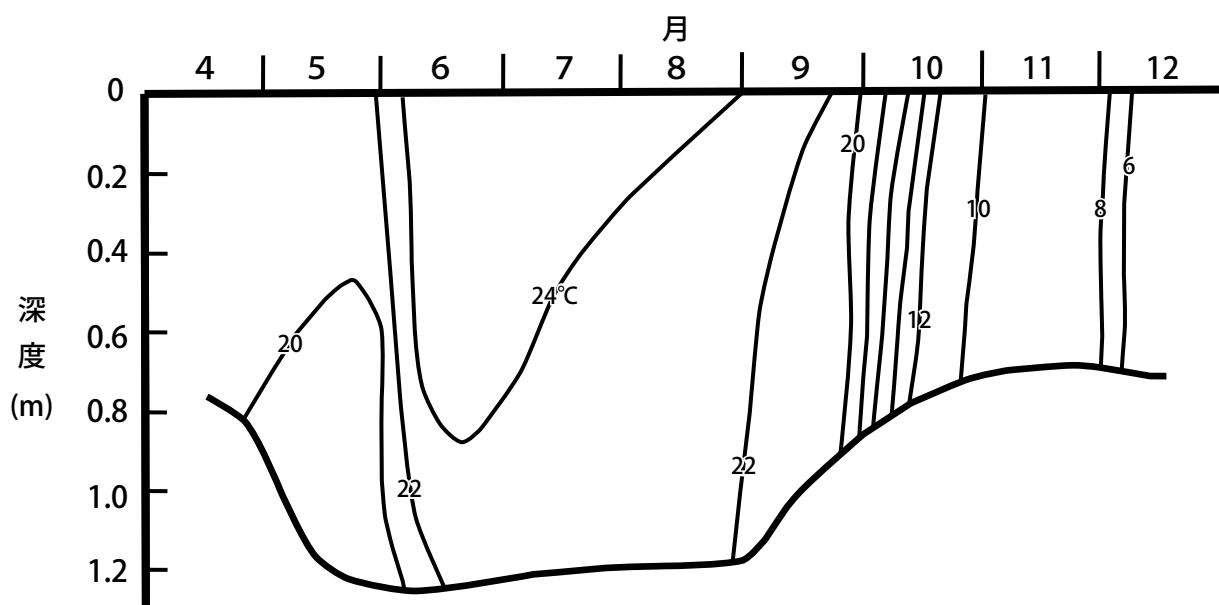
2. 水質

現地調査にはゴムボートを使用し、湖心部にあたる北緯 38 度 03 分 26 秒、東経 140 度 10 分 44 秒においてボートを固定し、透明度と水深測定の後には水温、水質について深度 50cm 毎に測定した。深度測定は音響測深機も用いたが湖底が柔らかい泥質からなるため音波の反射による測定は不正確になり易い。そこで透明度測定に用いた円盤を静かに沈め、それ以上下がらない深さを深度とした。また湖水の採水は吸引式採水器を使用した。流入河川は第 22 図の 3 で代表させた。その他の調査方法については次に列挙する。

水温と電導度の計測は電気水質計 (東邦電探 EST-3 型) を用いて行った。pH、RpH は比色法、溶存酸素 (DO) は現地で固定したものを Winkler 法で分析した。 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} は原子吸光分光光度計 (島津 AA-6200) で測定した。 Cl^- はチオシアン酸第二水銀法、 SO_4^{2-} は $BaSO_4$ による比濁法、 PO_4^{3-} はアスコルビン酸還元法、 $NO_3^- - N$ は Griess—Romijn 試薬による方法、Fe はオルトフェナントロリン法にそれぞれ従い、いずれも分光光度計を用いて測定した。pH4.3Bx (アルカリ度) は BCG 指示薬による H_2SO_4 滴定法によった。各回調査における化学分析一覧の結果は表 9、10 である。

1) 水温

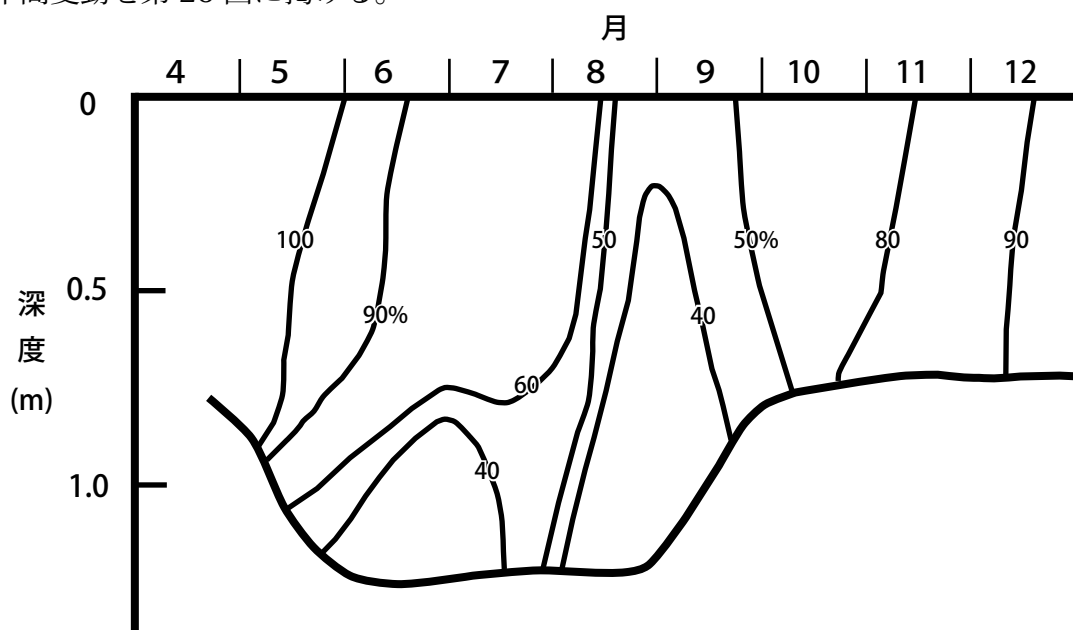
湖心部において月 1 回の水温鉛直分布の測定結果をもとに年間変動の等温線図を描いたのが第 24 図である。これによれば 6 月～8 月の夏季に弱い水温成層を形成するが表層と下層の温度差は僅か 2℃にすぎない。これは深度が 1.2 m 程度と浅いことに加え、周辺水田の灌漑用水として循環されていること、さらに地形的に上昇気流が発生し易い事が原因と考えられる。それでも弱い成層が認められるのは湖内に生育するヒシがこの時期に繁茂して湖水の流動を妨げるためと見られる。



第 24 図 水温鉛直分布の年間変動 (2016 年)

2) 溶存酸素

溶存酸素は水質汚濁と深く関係しており、水温や気圧により水に溶解する酸素量に限界がある。そこで物理的な理論値と比較して表したのが飽和度であり、通常の天然水は 100% 前後になる。定点観測より得られた溶存酸素濃度の鉛直分布から算出した飽和度の年間変動を第 25 図に掲げる。



第 25 図 溶存酸素飽和度の年間変動 (2016 年)

湖水が循環している春季と秋季は表層と下層で差が無く 100%前後を示すのは通常の湖沼と同様である。しかし 6～9 月の夏季に下層が 40%未満に激減するのは湖水が弱い正列成層をなし、大気と接しない下層の酸素が魚類や微生物により消費されるためである。このことは一般的な湖沼に見られる現象であるが、白竜湖の場合は表層部分まで飽和度が低く異常な現象と言える。とくに盛夏にあたる 8 月は表層でも 50%未満にすぎない。この原因として、この時期は南岸に設けられた横堀排水路水門より周辺水田に灌漑された用水が逆流して白竜湖に流入していることが上げられる。つまり夏季は湖水全層にわたって酸素不足が見られ腐植化の進行が懸念される。

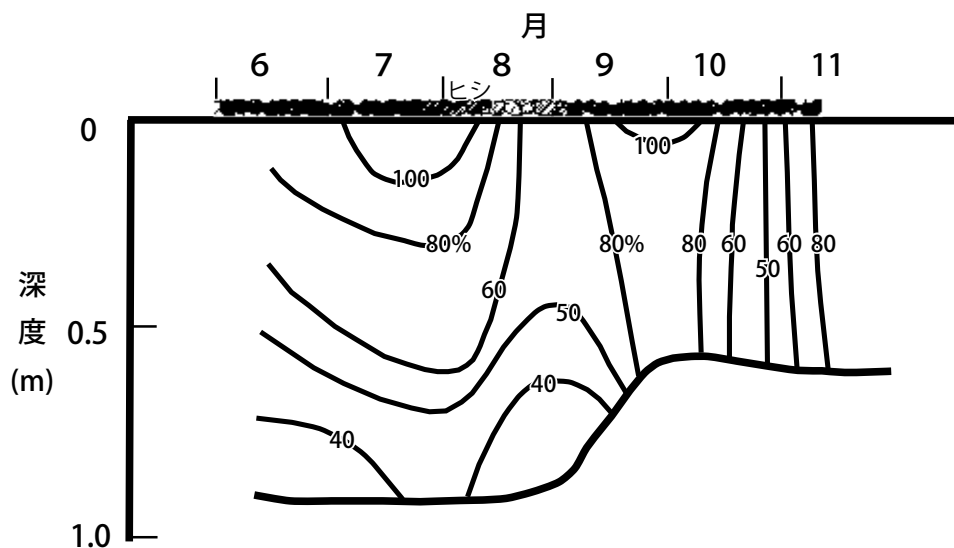
さらに湖岸部から張り出しているヒシ群落は最盛期になると湖面の半分以上を覆う。



写真2 白竜湖を覆うヒシ群落 (2017年9月25日)



写真3 北側湖面のヒシ群落 (2017年8月29日)



第26図 ヒシ群落内部における溶存酸素飽和度 (2017年)

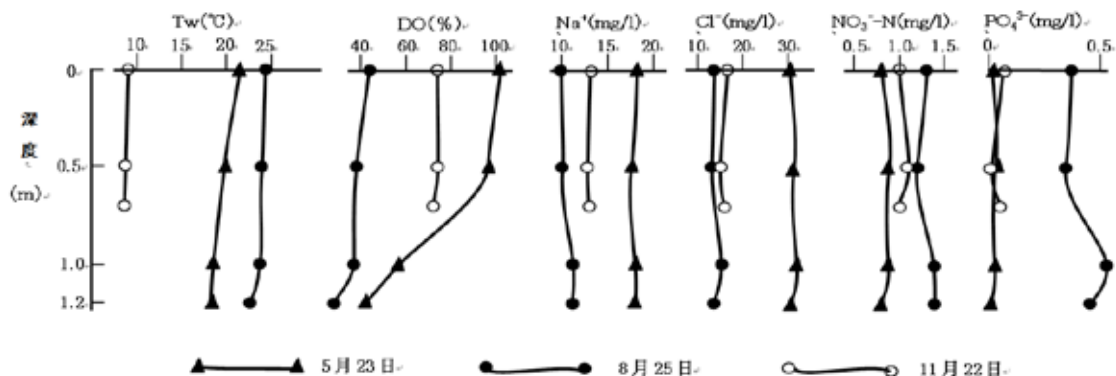
したがって写真2に示したように湖面が露出しているのは僅かに中央部のみになる。このような水生植物は光合成の働きにより、少なくとも表層湖水への酸素供給が期待される。そこで湖心部に浮かぶ筏の北側は全面ヒシ群落で覆われており、この群落の一点で月毎に水温水質の鉛直観測を行ない得られた溶存酸素飽和度を第26図に掲げた。

これによれば、確かに湖面部は酸素飽和度が 100%に達している時期があるものの、それ以外は、殆ど飽和にならず下層部は 40%未満であり pH の低下も見られた。とくに

8月と10月は全層50%前後まで低下し、8月は全層でpH 6.5を示すにいたった。このようなことから湖内におけるヒシの繁殖は湖水の流動を妨げ、さらに湖面を覆うことで水中における太陽光線の減少を招いて水質悪化を起こし、酸素不足による腐植化のためpHも低下する。そしてヒシの成長生産による有機物は湖内に蓄積され一層の水質悪化と湖盆の浅形化を招いている。また南側排水門から逆流する周辺水田の灌漑用水は懸濁物と同時に窒素、リン、カリ等の栄養塩類を湖内にもたらしヒシ群落の成長を助長している。くわえて北側からの流入河川でも丘陵地斜面に造成された果樹園を流下することから窒素、リンの栄養塩類を湖にもたらししている。とくにリン濃度は高く7月に0.17mg/ℓ、8月に0.46mg/ℓに達する。このようなことから湖内におけるヒシの繁殖を抑制することは難しく、物理的な方法で湖外に撤去するしかない。

3) 水質の鉛直変動

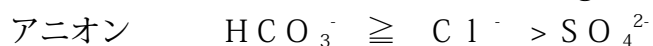
水質に関する鉛直変動の季節変化を見るために各季節の代表として5月、8月、11月における鉛直分布を第27図に掲げた。ただし主要成分としてナトリウムイオン(Na^+)と塩化物イオン(Cl^-)を取り上げ、さらに湖の富栄養化に関係する窒素(NO_3^--N)とリン(PO_4^{3-})を載せた。さらに水温と溶存酸素については上記で説明してあるが参考として併せて載せた。



第27図 水温水質の鉛直分布に関する季節変動(2016年)

これによれば、溶存酸素を除いた各成分とも、いずれの季節も深度による変化は殆ど見られず、表層から下層までほぼ同値である。ここでナトリウムイオンと塩化物イオンは春季の5月に高濃度になっている。しかも夏に向かって6月、7月と増加の傾向を辿ることから周辺水田の稲作とも関係していると考えられる。反対に窒素とリンは8月に高濃度になり、とくに8月のリン濃度が突出しており北側果樹園からの流入河川におけるリン濃度も高くなっている。いずれにしても白竜湖の水質形成には周辺水田および果樹園の影響を強く反映した形になる。

つづいて、各溶存成分の当量濃度を算出しカチオン(陽イオン)、アニオン(陰イオン)の大小関係を比較すると次のようになる。



この結果から、白竜湖の溶存主成分は炭酸水素ナトリウム(NaHCO_3)および塩化ナトリウム(NaCl)と言える。

3. まとめ

この度の調査を要約すれば次のような結果になる。

- 1) 湖盆形態において、近年の白竜湖の深度は概ね 1cm/ 年の速さで浅くなっている。
- 2) 湖盆からの地下水流入は降雨時に泥炭を通して流入している、いわゆる降水の伏流水的なものが主流であり、平常時における地下水流入は多くても 30 リットル / 秒未満にすぎない。
- 3) 水温、水質に関する成層は年間通して殆ど無く、僅かに夏季における弱い水温正列成層が見られる程度である。
- 4) 夏季から秋季において溶存酸素濃度が低下し、全層 50 % 前後になり腐植化の様相を呈している。
- 5) 白竜湖の溶存主成分は炭酸水素ナトリウム (NaHCO_3) および塩化ナトリウム (NaCl) である。

白竜湖は周辺水田ならびに周囲の丘陵地に造成された果樹園の影響をまともに受け湖盆形態や水質に顕著に反映している。

このような状態が続けば、白竜湖は今世紀中に消滅する可能性があり、数万年続いた歴史に終止符を打つことになる。今後の白竜湖を考えるとときは水田や果樹園などの環境要因を含めて論じなければならない。取り急ぎできる手立てとしては、湖内に繁茂するヒシ群落の撤去を進めることで湖盆形態の浅形化を遅らせ、同時に水質改善に結びつける事が肝要であろう。

最後に本調査を進めるにあたり横山直幸君からは現地調査において献身的な協力を頂いた。さらに化学分析機器の利用では退職時まで奉職した米沢中央高等学校が終始好意的に対応してくれた。これらの関係諸兄に深謝の意を表する。

参考文献

- 1) 南陽市、南陽市教育委員会（1997）白竜湖 ―山形県指定天然記念物の動植物生息調査報告書―
- 2) 佐藤五郎（2004）山形県・白竜湖の湖盆形態の変遷と水質形成、東北芸術工科大学東北文化研究センター研究報告書、最上川文化研究 2

表9 南陽市・白竜湖の水質分析表 No1(2016年4月～9月)

年・月・日		4月26日(13時～) 晴、最大深度0.8 m					5月23日(10時30分～) 晴、最大深度1.23 m					年・月・日					6月20日(10時50分～) 晴、最大深度1.25 m				
深度		(m)	0	0.5	1	0.8	流入河川		(m)	(°C)	(リットル/秒)	深度		(m)	(°C)	(リットル/秒)	流入河川		(m)	(°C)	(リットル/秒)
気温	水温	(°C)	25.0	20.4	20.4	20.3	14.0	10.2	27.5	21.3	19.5	気温	水温	(°C)	28.9	24.7	流入河川	(m)	28.9	24.7	23.7
	流量	(リットル/秒)	142	141	141	142	119	10.76	226	213	28.8		流量	(リットル/秒)	210	208			210	208	258
電気伝導度	DO (溶存酸素)	(mg/l)	10.40	10.47	10.47	10.76	10.08	10.10	8.80	8.80	7.85	電気伝導度	DO (溶存酸素)	(mg/l)	7.25	7.23	流入河川	(m)	7.25	7.23	2.20
	DO (溶存酸素)	(%)	118.5	119.2	119.2	122.4	101.0	101.0	101.9	96.8	87.9		DO (溶存酸素)	(%)	89.0	88.7			89.0	88.7	26.5
pH	RpH	(cm)	7.8	7.8	7.8	8.0	7.3	7.3	6.7	6.7	6.6	pH	RpH	(cm)	7.0	7.0	流入河川	(m)	7.0	7.0	6.8
	透明度	(mg/l)	7.6	7.6	7.6	7.7	7.3	7.3	7.2	7.2	7.2		透明度	(mg/l)	7.6	7.6			7.6	7.6	7.6
Na ⁺	K ⁺	(mg/l)	14.05	13.70	13.70	13.88	14.96	14.96	18.19	17.56	15.80	Na ⁺	K ⁺	(mg/l)	65	65	流入河川	(m)	65	65	22.18
	Ca ²⁺	(mg/l)	2.39	2.34	2.34	2.41	2.00	2.00	5.18	5.14	4.75		Ca ²⁺	(mg/l)	25.67	26.29			25.67	26.29	22.73
Mg ²⁺	Mg ²⁺	(mg/l)	7.08	7.16	7.16	7.14	4.64	4.64	12.21	11.75	10.56	Mg ²⁺	Mg ²⁺	(mg/l)	6.87	6.47	流入河川	(m)	6.87	6.47	5.93
	Fe	(mg/l)	3.20	3.08	3.08	3.22	2.15	2.15	3.73	3.78	3.55		Fe	(mg/l)	15.00	15.00			15.00	15.00	13.60
Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	(mg/l)	14.4	16.4	16.4	14.8	16.8	16.8	31.0	31.2	32.0	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	(mg/l)	44.0	39.8	流入河川	(m)	44.0	39.8	36.4
	4.3 B x (HCO ₃ ⁻)	(meq/l)	0.673	0.673	0.673	0.686	0.484	0.484	0.549	0.540	0.644		4.3 B x (HCO ₃ ⁻)	(meq/l)	1.135	1.117			1.135	1.117	1.094
4.3 B x (HCO ₃ ⁻)	NO ₃ ⁻ -N	(mg/l)	41.1	41.1	41.1	41.8	29.5	29.5	33.5	32.9	30.4	4.3 B x (HCO ₃ ⁻)	NO ₃ ⁻ -N	(mg/l)	69.2	68.1	流入河川	(m)	69.2	68.1	66.7
	PO ₄ ³⁻	(mg/l)	0.7	0.7	0.7	0.6	1.6	1.6	0.8	0.9	0.9		PO ₄ ³⁻	(mg/l)	0.9	1.1			0.9	1.1	0.8
Fe	Fe	(mg/l)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.04	0.02	0.03	0.01	Fe	Fe	(mg/l)	0.06	0.05	流入河川	(m)	0.06	0.05	0.08
	Fe	(mg/l)	0.32	0.29	0.29	0.29	0.12	0.12	0.27	0.34	0.46		Fe	(mg/l)	0.18	0.18			0.18	0.18	0.37

年・月・日		7月24日(10時45分～) 晴、最大深度1.2 m					8月25日(10時45分～) 晴・強風、最大深度1.2 m					年・月・日					9月26日(10時30分～) 小雨、最大深度0.84 m				
深度		(m)	0	0.5	1	1.2	流入河川		(m)	(°C)	(リットル/秒)	深度		(m)	(°C)	(リットル/秒)	流入河川		(m)	(°C)	(リットル/秒)
気温	水温	(°C)	26.5	22.8	22.3	22.2	20.5	7.4	22.3	23.7	22.3	気温	水温	(°C)	24	20.5	流入河川	(m)	24	20.2	16.0
	流量	(リットル/秒)	115	115	115	120	120	120	135	140	165		流量	(リットル/秒)	130	130			130	140	60
電気伝導度	DO (溶存酸素)	(mg/l)	7.36	6.52	4.47	4.64	9.14	9.14	3.59	3.13	2.26	電気伝導度	DO (溶存酸素)	(mg/l)	4.58	4.35	流入河川	(m)	4.58	4.35	3.75
	DO (溶存酸素)	(%)	89.5	77.5	52.7	54.6	104.3	104.3	43.4	37.8	27.5		DO (溶存酸素)	(%)	52.3	49.4			52.3	49.4	42.6
pH	RpH	(cm)	7.1	6.9	6.8	6.8	7.6	7.6	6.6	6.6	6.8	pH	RpH	(cm)	6.6	6.6	流入河川	(m)	6.6	6.6	7.2
	透明度	(mg/l)	7.5	7.5	7.5	7.5	7.6	7.6	7.2	7.2	7.4		透明度	(mg/l)	7.3	7.3			7.3	7.3	7.2
Na ⁺	K ⁺	(mg/l)	16.42	15.31	31.13	31.53	13.95	13.95	9.84	10.04	11.09	Na ⁺	K ⁺	(mg/l)	50	10.41	流入河川	(m)	50	10.33	12.34
	Ca ²⁺	(mg/l)	3.50	3.44	3.77	3.78	2.05	2.05	3.97	3.98	4.91		Ca ²⁺	(mg/l)	2.80	2.79			2.80	2.79	2.74
Mg ²⁺	Mg ²⁺	(mg/l)	8.98	8.50	13.84	14.15	4.47	4.47	7.48	7.45	8.00	Mg ²⁺	Mg ²⁺	(mg/l)	6.73	6.77	流入河川	(m)	6.73	6.85	5.74
	Fe	(mg/l)	3.25	3.29	3.68	3.72	2.08	2.08	2.92	2.86	3.43		Fe	(mg/l)	3.04	2.92			3.04	3.03	2.41
Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	(mg/l)	24.0	19.2	47.0	49.2	15.4	15.4	13.6	13.4	13.8	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	(mg/l)	11.0	11.6	流入河川	(m)	11.0	11.0	14.2
	4.3 B x (HCO ₃ ⁻)	(meq/l)	0.829	0.811	1.011	1.030	0.538	0.538	0.641	0.646	0.826		4.3 B x (HCO ₃ ⁻)	(meq/l)	12	12			12	10	8
4.3 B x (HCO ₃ ⁻)	NO ₃ ⁻ -N	(mg/l)	50.6	49.5	61.7	62.8	32.8	32.8	39.1	39.4	50.4	4.3 B x (HCO ₃ ⁻)	NO ₃ ⁻ -N	(mg/l)	0.655	0.655	流入河川	(m)	0.655	0.655	0.572
	PO ₄ ³⁻	(mg/l)	0.9	1.0	1.1	1.0	1.7	1.7	1.3	1.2	1.4		PO ₄ ³⁻	(mg/l)	40.0	40.0			40.0	40.0	34.9
Fe	Fe	(mg/l)	0.08	0.03	0.07	0.08	0.17	0.17	0.37	0.34	0.45	Fe	Fe	(mg/l)	1.6	1.6	流入河川	(m)	1.6	1.5	1.7
	Fe	(mg/l)	0.41	0.36	0.33	0.36	0.13	0.13	0.19	0.20	0.12		Fe	(mg/l)	0.14	0.11			0.14	0.10	0.04

表9 南陽市・白竜湖の水質分析表 No2 (2016年10月～12月)

年・月・日	10月25日 (10時50分～) 晴、最大深度0.72 m	11月22日 (10時20分～) 晴、最大深度0.70 m	年・月・日	12月13日 (14時15分～) 曇り、最大深度0.74 m
深度			深度	
気温	18.0	13.6	気温	9.5
水温	10.7	10.2	水温	5.2
流量		14.8	流量	
電気伝導度	114	57	電気伝導度	137
DO (溶存酸素)	9.44	10.22	DO (溶存酸素)	10.94
DO	87.8	94.0	DO	88.9
pH	6.8	6.8	pH	6.8
RpH	7.2	7.4	RpH	7.2
透明度	55	7.4	透明度	65
Na ⁺	12.12	11.91	Na ⁺	19.79
K ⁺	5.43	4.92	K ⁺	3.34
Ca ²⁺	6.39	6.00	Ca ²⁺	9.15
Mg ²⁺	3.25	3.21	Mg ²⁺	3.84
Cl ⁻	14.2	13.8	Cl ⁻	30.0
SO ₄ ²⁻	9	8	SO ₄ ²⁻	11
4.3 B x (HCO ₃ ⁻)	0.862	0.817	4.3 B x (HCO ₃ ⁻)	0.773
4.3 B x (HCO ₃ ⁻)	52.6	49.8	4.3 B x (HCO ₃ ⁻)	47.2
NO ₃ ⁻ -N	0.8	0.8	NO ₃ ⁻ -N	1.6
PO ₄ ³⁻	0.10	0.09	PO ₄ ³⁻	0.01
Fe	0.27	0.05	Fe	0.42
				0.46
				0.47
				0.11

表10 白竜湖におけるヒシ群落内 (筏の北側) の水質分析表 2017年6月～11月

月 日 時間	6月20日 (10時50分～) 晴	7月31日 (10時40分～) 晴	8月29日 (10時45分～) 曇り	9月26日 (13時30分～) 晴	10月26日 (10時25分～) 晴	11月21日 (14時50分～) 曇り
深度						
気温	28.0	28.0	25.0	29.0	22.5	3.5
水温	25.6	27.3	21.5	22.2	13.0	4.8
最大深度	0.9	0.9	0.9	0.5	0.6	0.7
電気伝導度	250	126	112	132	80	110
DO (溶存酸素)	6.76	10.33	3.78	9.08	4.77	12.11
DO	84.1	131.9	43.9	106.8	46.8	97.3
pH	6.9	6.7	6.5	6.9	6.7	7.1
RpH	7.2	7.2	7.1	7.5	7.2	7.2
透明度	50	80	75	40	50	50
SO ₄ ²⁻	8	9	8	8	11	8
4.3 B x (HCO ₃ ⁻)	0.914	0.928	0.635	0.734	0.641	0.888
4.3 B x (HCO ₃ ⁻)	55.8	56.6	38.7	44.8	39.1	54.2
NO ₃ ⁻ -N	1.4	1.0	1.0	1.1	2.0	1.3
PO ₄ ³⁻	0.20	0.12	0.01	0.10	0.46	0.06
Fe	0.26	0.09	0.01	0.05	0.15	0.19
南岸水門水位	19	逆流	20	58	46.5	52.5
					流出	流出