

第3章 白竜湖の地形地質

阿子島 功

1. 地形・地質の概観——大谷地低湿地の入れものと堆積層——

大谷地低地は、米沢盆地の東北隅の奥まったところにある南北 5km、東西 3.5km ほどの盆地状の低湿地である。盆地北部の白竜湖付近では東西幅が 2km である。間隔 1 m 等高線図(第 9 図)でみると国道 13 号より東側が特に平坦で、そのうちでも白竜湖が最も低く、その高度は約 210m である。大谷地の西・北・東は高度 400～600m の丘陵地に囲まれている。大谷地低地は吉野川と屋代川の自然堤防によって閉塞されて形成された低湿地である。



第9図 大谷地低地とその周辺の地形
(5m 格子標高から描いた 1m 間隔等高線図)

[周辺の丘陵地の地質]

周辺の丘陵地は第三紀中新世後期（約 1000 – 500 万年前）の火山性堆積層よりなる赤湯層（あるいは高畠層）* でできている。凝灰岩類のうち、石材となる部分は高畠石と呼ばれて利用されてきた。それらの成因を想定させる産状の観察は、田宮良一（1997, 山形応用地質 17, p.20 - 22）、山野井徹（2010 編 山形県地学ガイド, p.215 - 223）に詳しい。

* 赤湯層は火砕流を主とする凝灰岩類よりなり、赤湯層下部層は厚さ 1000m 以上でカルデラを伴う火山噴出物、赤湯層上部層はカルデラの凹地を埋めた堆積層と考えられている。ただしカルデラの構造が現在の地形に反映されているわけではない。

大谷地西側丘陵地のさらに西側の丘陵地は花崗岩類からできている。^{おりはたがわ} 織機川は上流から風化花崗岩の砂礫がもたらされるために下流では天井川となり扇状地が形成されている。吉野川の集水域は第三紀層であるが宮内を頂として広い扇状地が形成されている。南陽市内原—上野の山麓の一段高い扇状地面は約 3.5 万年前の年代が得られている（段丘の現河床からの比高は 10 + m、地表 -7m の木片 TH-839 の年代は 34,930±5410-3200 YBP 国土調査 1:50,000 地形分類図「赤湯・上山」の説明書 p. 24-25, 1983）。

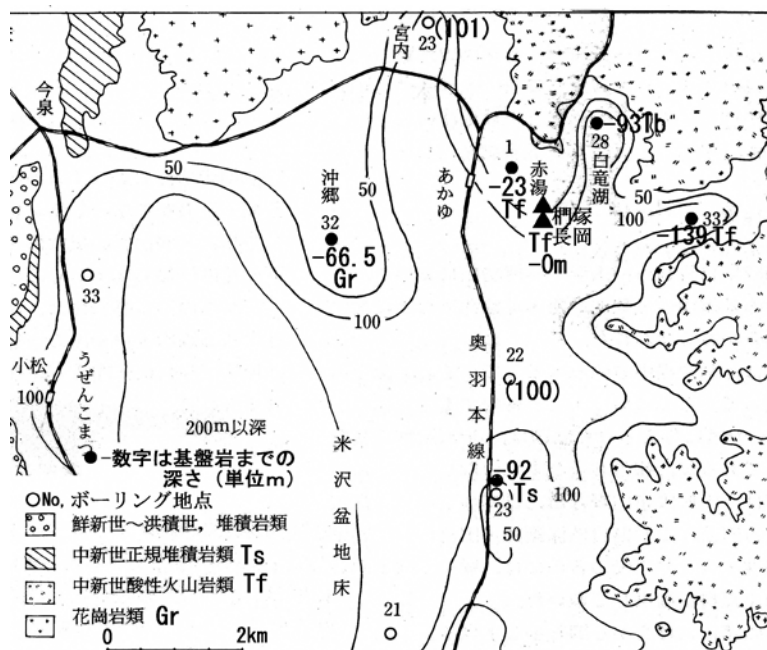
米沢盆地（置賜盆地）と長井盆地は、数 100 万年前に成立し、その頃盆地の縁は山麓扇状地が、盆地中央は古最上川の氾濫原であったと考えられる。^{はんらんげん} ** かつて米沢盆地一帯が大きな湖水であって大谷地にその名残が残ったとよく言われるが、その根拠が述べられたことはない。大谷地は過去 10 ～ 20 万年間は現在と同じような環境であった。

[大谷地低湿地の堆積層]

大谷地低地の試錐資料は、山形大（1982, 1 本、山野井未公表）、建設省（第 11 図の国道 13 号にそって 5 本●印）、NEXCO（第 11 図東中央から南陽道路 IC にむかって 70 余本）があるが、白竜湖に近い山形大の試錐では地表下約 93m で凝灰岩に着岩するまで、泥炭層・粘土・シルト・砂層からなる軟弱な堆積層である。第 10 図に未固結軟弱層（推定第四紀層）の基盤岩の深さを示す（本田 1883 に一部加筆）が、赤湯— 棚塚・長岡の方向に基盤岩の高まりがあり、その東側では第四紀層が厚くなっている。

堆積層の年代に関しては、押出遺跡で地表下約 2m が縄文時代前期の約 5,000 年前、地表下 4.6m が約 8,000 年前であり（阿子島 1989）、山形大ボーリングで地表下 19.5m に約 2.8 万年前の始良火山灰（AT）^{あいら} があることがわかっている。この年代—深度関係を外挿すると、大谷地の堆積層の基底（高度 130 m）の年代は約 13 万年前となる。

一方、最上川の下流方向の長



第 10 図 未固結軟弱層（推定第四紀層）の基盤岩の深さ（本田 1885 に加筆）

井盆地の出口（白鷹町黒滝付近）の川底（高度 175m）には基盤岩が露出していて大谷地の堆積層の基底より高い。さらに下流の朝日町では河岸段丘地形も見られるから、白鷹町～南陽市宮内にかけての山地は隆起していることになる。これに対して大谷地（米沢盆地東北部）は相対的に沈降しているため、厚い堆積層が形成され続けている。

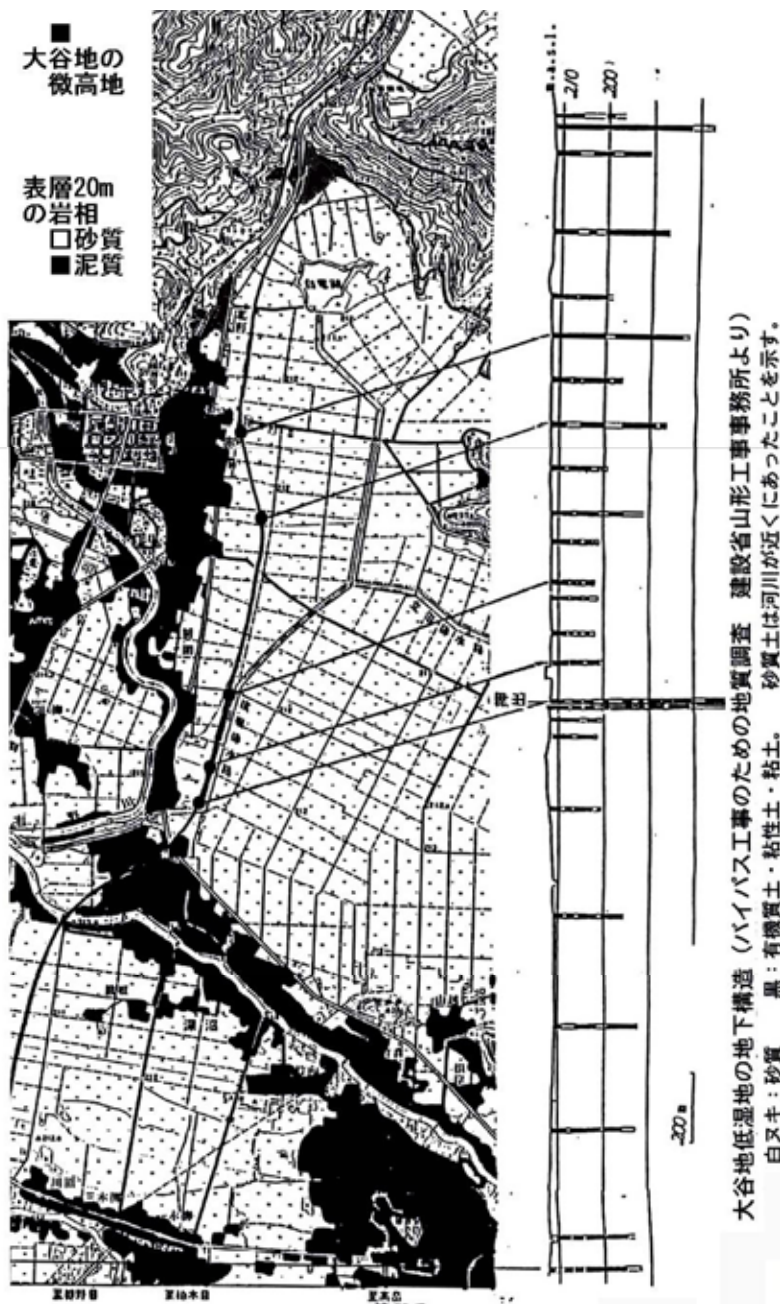
大谷地低地は吉野川と屋代川の自然堤防帯によって閉塞されている。大谷地の地表下 10m まででみると、吉野川や屋代川の近くの自然堤防には砂層が分布しているが、それらを離れると泥炭質の粘土・シルト層のみとなっている（第 11 図）。吉野川の扇状地は、大谷地の内部へは達しておらず、大谷地周辺の丘陵地の谷は小さくて粗粒物をもたらすことが少ないから、大谷地には細粒物のみが堆積している。 ** 自然堤防の幅は約 500m ほどで、M43 年測図によれば（水田にすることができないため）桑畑とされていたところが多い。*** 2014.7 の前線性大雨で吉野川が赤湯市街の上流側で溢水し市街地が洪水に襲われた。自然堤防の狭いところから後背湿地に

沿って洪水が流れた（阿子島 2015）。市街地では翌朝には水が引き、ごく薄くシルトが堆積し、乾いて埃がひどかった。大谷地低地は数日間滞水した（第 20 図）。

[低地の微地形分類]

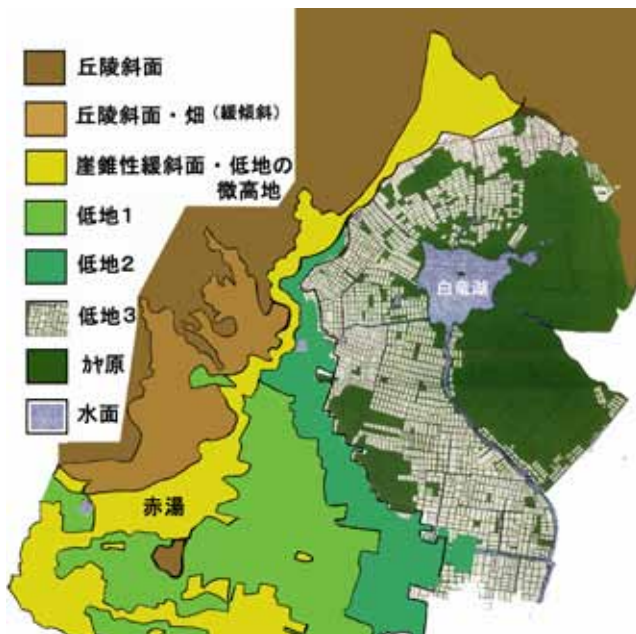
大谷地はごく平坦であるが、明治初期の字限図の土地割り（第 2 章 p.11-12,15-16）に注目して微地形分類を行うと第 13 図になる。すなわち丘陵の谷筋から低地に張りだし、外に凸形の地割群は崖^{がけ}錐地形である。低地 2 も下方に凸形であるが大きな地割単位の地帯で水平である（谷地田）。低地 3 は細かな区画で水田が切られた地帯（起こし田）で^{かや}萱場を含む。湖の東側はまだ原野であった（第 7 図）。

これらは周辺から同心円状に徐々に中心の白竜湖に向かって水田化されてきた経過を表しているが、ごくわずかな土地の傾きと湿潤・軟弱の程度を反映している。

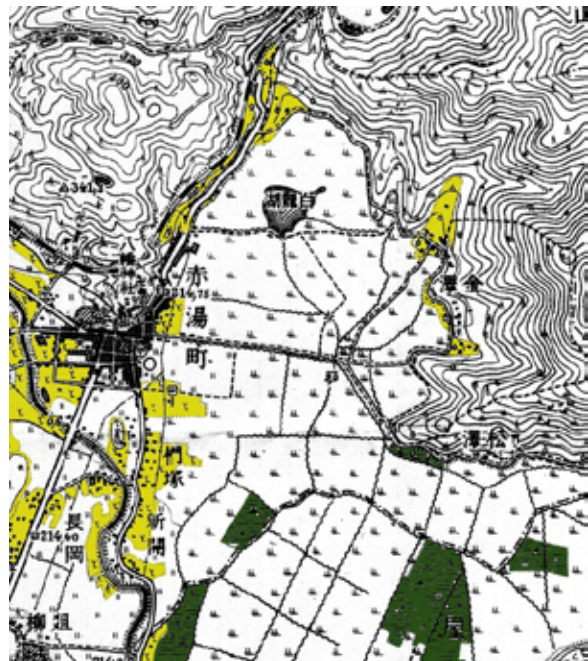


第 11 図 大谷地低地を閉塞する微高地 (S9 年測図の宅地・桑畑・普通畑を塗色)

第 12 図 R13 号に沿った表層地質 (建設省山形工事事務所資料より、阿子島 1988)



第 13 図 大谷地低地北部の地形分類図
(低平な部分は明治初期の字限図(第 2 章第 7,8 図)
の区画と土地利用を参考にした)



第 14 図 S 9 年測の 1:50,000 地形図より
● 桑畑・果樹・畑より微高地 ● 水草

2. 大谷地低地の開発経過と現状

[大谷地低地の水田化と白竜湖の現在の機能]

大谷地は明治時代初期までにはかなりの部分が水田として開発され(第 13 図)、白竜湖周の岸と東側が原野であった。M43 年測図では湖周辺のほとんどが湿田に描かれ、S9 年測図(第 14 図)では大谷地南部に点在している水草記号は白竜湖の周辺にはない。

昭和前半までは水田は浮田で田舟(谷地舟)による経営であった。昭和後半になって排水路開削によって地下水位を低下させ、浚渫土と山土の客土によって水田の基盤整備が行われた。以降、水路を通じて水位が人為的に調節されるようになった。浚渫土の盛り立て(1969)によって、天然記念物の植物群が直接的に失われ、湖面調節によって自然の水文環境は失われた(目黒 1997、佐藤五郎 2004、斎藤員郎ほか 2006、ほか)。現在、白竜湖と排水路には農業用水の貯水機能と温め効果が要求されている。白竜湖の排水路の東西末端には大型揚水機があり、高水期には白竜湖を經由して吸い上げられた水を大谷地周縁に圧送して高い水田から中央の低い水田にむかって流下させている。

[白竜湖の水位の季節変化]

定点 5 点の季節の水位変化を観察した。第 15 図は 2016.4.25 ~ 2017.11.13 の定点○□の写真である。○と□の 1 - 2 cm の差は計測誤差である。

年月日	コンクリート 台天端	杭頭□	杭頭○	排水堰上流	下流	締切土囊 堤頂より	単位m
2017.04.10	-0.80	-0.80	-0.79	-0.82			
2017.06.06	-0.42	-0.43	-0.43	-0.27	-0.27	水没	排水堰で逆流 田植え直前
2017.08.30	※	※	-0.36	※	※	※	駐車場 0.3 m 水没※計測できず
2017.09.05	-0.74	-0.74	-0.74	-0.56	-0.91	-0.34	数日間での急激な排水
2017.09.15	-0.77	-0.75	-0.75	-0.57	-0.91	-0.33	稲刈りはじまる
2017.11.13	-0.75	-0.73	-0.74	-0.56	-0.94	-0.33	

水位の季節変化 2016-17 北町から流入する水路 □▽○対照杭 ———過去の水位



※ 浮遊物が多かった。



低水期
○-80
cm



20170606



上昇期
○-42
cm



20170830
駐車場水没30-40cm



20170830



高水期
○-36
cm



2016. 11. 05



20171113

低水期

※ 春と秋の写真で色調が異なるがそれぞれ緑と赤を弱めて合わせている。

第 15 図 赤湯から白竜湖へ通じる水路①の水位の季節変化 (2016.4 ～ 2017.11)

田植え期には横堀排水路が閉じられ、水位が上がって横堀排水路から白竜湖に逆流する。湖岸や横堀排水路からポンプで汲み上げられた水は水田をへて湖へ還流している。(中干期をはさんで) 8月末の大雨によって、駐車場は0.3m以上湛水した。

田植えから夏の大雨期間が最高水位であり、田植え前まで・稲刈り以降は低く安定する。年間の水位の変化の幅は約0.4mである。高水位は周辺水田の水面と等しいか、わずかに低い(水田から排水できる)ように調整されている。

水路の岸の土留めだった木杭には、朽ちて生じたくびれが2つの高さに現れている(第15図左上、左下)。そのうちの低い方は現在の高水位にほぼ一致し、さらに上のくびれは過去の高い安定した水位を表しているものと考えられる。



写真1 高水期 白竜湖排水水門への逆流
(第16図⑩)2017.6.6 左手が横堀排水路



写真2 白竜湖南側の土嚢溢流堤
2017.11.3 低水期 手前は東側排水路(第16図⑨)

[水路の護岸の崩壊]

舟付場だった湖岸や、横堀排水路や西からの水路①沿いにはかつての土留めの杭列がみられるが、裏込め土が流亡して杭列のみとなっている。おさえの石は動いていない。写真5によれば道路側には大石を積んでいるが、溝の岸は土である(土留め粗朶はみえない)。



写真3 赤湯からの水路① 2017.4.25(第16図⑪)



写真4 横堀排水路 2017.4.25 白竜湖直下流(第16図⑩)



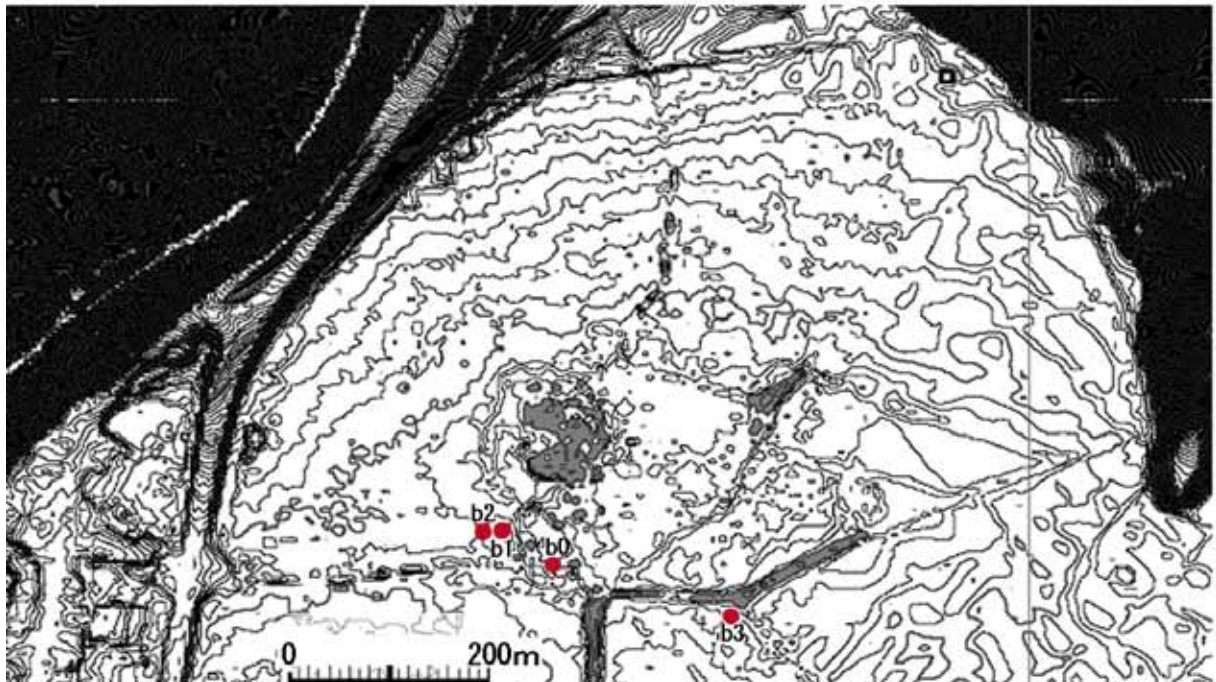
写真5 道路と水路の工事中的写真



第16図 白竜湖周辺の水路(仮番号)と揚水機

〔白竜湖の水深〕

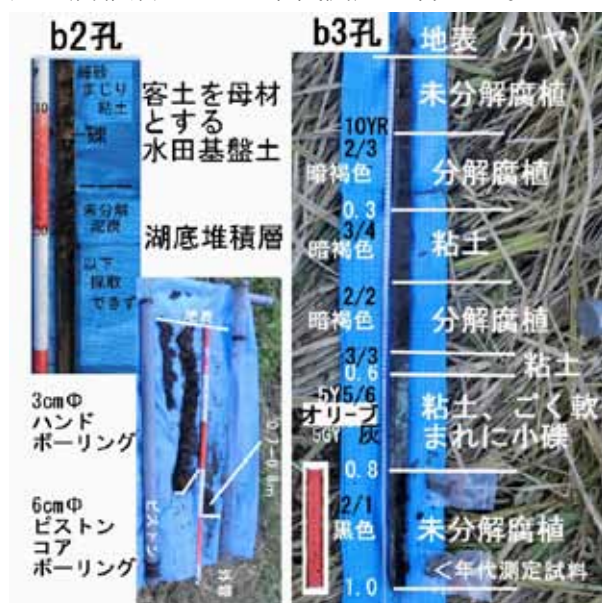
湖底深さは他部門の調査に便乗して2回実測したが点的である。その全体パターンについて興味深い資料がある。国土情報基盤の5m格子標高から等深線図を描くと第17図になる。この標高データは航空レーザー測量によって得られたものであり、一般に水部は水面高度に編集されるものであるが、白竜湖は生データが示されていた。排水路沿いの標高などを参考に湖部分の等高線が水底を反映しているとみると、流入水路や西側湖岸に深みがあるようにもみえる。水流によって湖底深度に差が生じている可能性がある。



第17図 0.2 m間隔等高線図(国土基盤情報5m格子標高より作成。湖底を含む。深部に塗色) ●ボーリング地点

3. 白竜湖の湖岸の表層地質の調査結果——湖岸の地盤の構造を探る

湖底1、湖岸3地点において、深度1 mまでの簡易ボーリングを行った(図17のb0～b3)。うち2地点で浚渫土・客土の下の自然層の年代を知る目的で深度0.8～1.0 m付近の腐植層のC14年代測定を行った。



第18図 ボーリング結果 b2とb3

b0 孔 湖底 舟付場の約40m先、直径6cmの透明スチロール管を水深0.5mから2.0mまでピストンで管内を減圧しつつ押し込んだが、管内壁の摩擦によるものか、0.6m強が採取できただけである。腐植質粘土で腐植は未分解である。

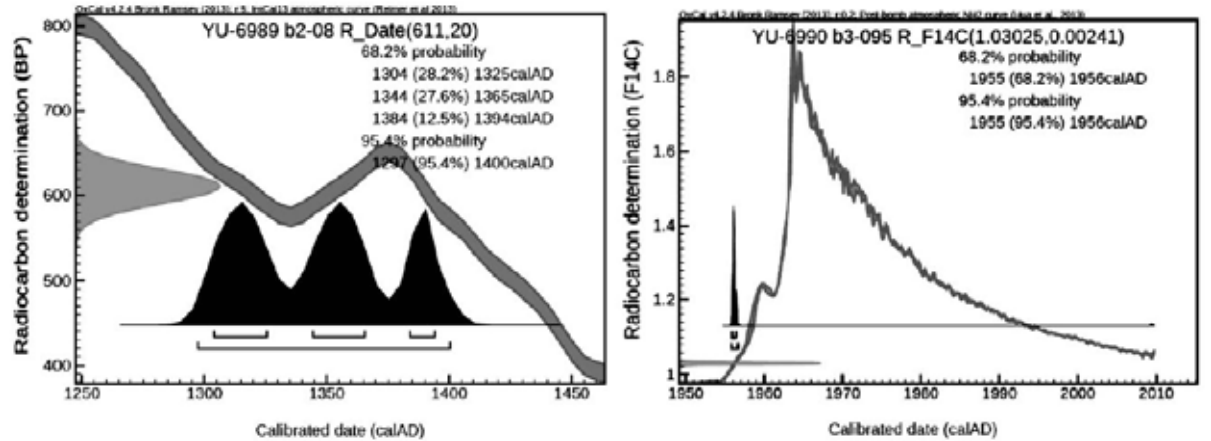
b1 孔 西岸の湖岸から幅約10mのヨシ原と休耕水田との境である。地下水面が高く、深度0.2mまではややしまった水田基盤土(砂質粘土で礫をまじえるので客土であろう)であり、その下の厚さ0.1mの未分解腐植層を貫くと水中よりしばらくガスがでた。以下は軟弱で断面U字形(内径約3cm)の

ボーリング管、直径 6cm のピストン管のいずれでも腐植は落ちて採取できなかった。浮島状態である可能性がある。

b2 孔 岸より約 60 m の休耕田である。断面 U 字形のボーリング管では土層が落ちてしまい採取できず、減圧ピストン管では内壁の摩擦で約 0.2m 単位で順に抜き出すことになった。深さ 0.2 m まではしまった粘土層（小礫を含む）であり浚渫土と客土よりなる水田基盤層であろう（第 18 図）。以下は未分解の腐植層で地表下 0.8 m 付近の年代は 610+20 yrBP (1σ) であり、暦年は 1297 ～ 1400 年（暦年 2σ 95.4%）である（第 19 図、山形大学 YM-AMS グループ測定 YU-6989）。したがって、0.3m 以下はおおむね自然堆積層であることがわかった。

b3 孔 湖岸から幅約 100 m ヨシ原の南側の排水路沿いで、水路岸から約 5m のヨシ原である。深度 0.15 m までヨシの根、0.15 ～ 0.6m まで分解された腐植、0.6 ～ 0.8 m はオリブ灰色のごく軟らかい粘土層（小礫含む）であり、粘土層が栓の効果をもたらしたのか断面 U 字形のボーリング管で 0.8 ～ 1.0 m の間の腐植層（やや分解）をぬきだすことができた（第 18 図）。0.9 m 付近の年代測定結果は 1956 － 1957（暦年 1σ 68.2%）である（第 19 図、山形大学 YM-AMS グループ測定 YU-6990）。すなわち 0.6 ～ 0.8 m の灰色粘土層は白竜湖の浚渫土の客土である。

表1. 資料情報					表2. 放射性炭素年代測定及び暦年較正の結果				
ラボコード	測定試料名	試料情報	試料状態	処理	$\delta^{13}\text{C}$	暦年較正 用年代	^{14}C 年代	^{14}C 年代を暦年に較正した年代範囲	
					(‰)	(yrBP ± 1σ)	(yrBP ± 1σ)	1σ 暦年代範囲	2σ 暦年代範囲
YU-6989	b2-08	阿子島先生試料 2017/11/14受取 Hakuryuko-b2-0.8 植物片 b2-08	泥炭より植物片を採取 前処理済み試料12.140mgから 2.370mgをグラファイト化に使用	超音波洗浄実施(純水、アセトン) AAA処理 1M HCl 80度1時間 1M NaOH 80度2時間(2回目) 1M HCl 80度1時間	-24.49 ± 0.20	611 ± 20	610 ± 20	1304AD(28.2%)1325AD 1344AD(27.6%)1365AD 1384AD(12.5%)1394AD	1297AD(95.4%)1400AD
YU-6990	b3-095	阿子島先生試料 2017/11/14受取 Hakuryuko-b3-0.95 植物片 b3-095	泥炭より植物片を採取 前処理済み試料5.031mgから 2.298mgをグラファイト化に使用	超音波洗浄実施(純水、アセトン) AAA処理 1M HCl 80度1時間 1M NaOH 80度2時間(2回目) 1M HCl 80度1時間	-25.82 ± 0.26	103.0 ± 0.2 BP		1955AD(68.2%)1956AD bomb曲線を使って暦年較	1955AD(95.4%)1956AD



第 19 図 放射性炭素年代測定の結果

4. まとめ—白竜湖の地形変化予測（浚渫工事の後遺症と白竜湖はこれからどうなるか）

1）大谷地は、縄文時代前期（約 5000 年前）以降に 2m 堆積しているから、人為が加わらなければ将来 1000 年間で 0.4 m 堆積するであろう。しかし大谷地は水田として開発され（浚渫土と客土を盛って水田の基盤整備を行い、排水路によって地下水位を低下させ）、固定された水路を通じて水位が人為的に調節されるようになった。

白竜湖とその周辺の水路は水田経営のための貯水池（温め効果含む）としての機能を持ち、白竜湖と横堀排水路からポンプ（第 16 図）で汲み上げられた水は水田に灌

水した後に水路を通じて湖にもどされ循環している。大谷地西側の国道 13 号の近くに大型揚水機施設があり（ポンプ口径 350 mm、揚水量 22.2m³/秒）、期間中は揚水量 3,132,864m³/年（31,968m³/日）が横堀排水路を逆流し、白竜湖南端を經由して汲み上げられる。白竜湖の現在容積が 24,800 m³（第 22 図による想定）とすると白竜湖の水が年間で 126 回（揚水期間 80 日として 1.6 日に 1 回）強制的に入れ替えられる量である。大谷地東側でも同様である。

水は水田で施肥された後に湖にもどされるから白竜湖の富栄養化はさけられない。また代かきの時期には水田の泥水が湖に流れ込む。堆積に及ぼす影響は駐車場の泥の堆積から推定され、駐車場のバラス舗装が 3 年前に行われたが、川沿いの低い部分には数回の高水期をへて最大約 5cm 厚さの泥が溜まった。

- 2) 白竜湖は 1964 年 7 月最深部で 1.7m であったが、1968-69 年の浚渫の後、1970 年 8 月で最深 2.78 m となり、1996 年 7 月で 1.35 m（目黒 1997、佐藤 2004）、2017 年 4 月までに最深 1m になった。その要因は浚渫によって湖底の泥炭層の構造を砕いたために流動化しやすく、浚渫土が再び湖に入ると水中でより安定な勾配にもどったのであろう。湖岸・水路の岸に盛り立てた浚渫土（泥炭質）は季節的な高水時に水没し、水位が低下するときに土留め柵の間から流れ出てあらかた湖に戻った。護岸にいた石は移動していない。水路護岸を“人工的に石積にするなどにしないかぎり”護岸の土留めの流出は止まらないであろう。
- 3) 湖底が上がるにともなってヒシなどが浅瀬に繁茂することで水が淀み、浅瀬は拡大する。水質の富栄養化がすすみ、さらに浅瀬が拡大すれば現在湖岸にあるヨシ群落が湖面に進出して泥炭地の形成が拡大する。近年、本県で泥炭形成が観察できるところはほとんどないから、泥炭地の形成過程が観察できる場所として、ひきつづき天然記念物として評価できよう。将来の湖底の浚渫の可能性は不明である。
- 4) 横堀排水路の水門のゲートを一時的に底まで下げれば、浅瀬の一部に水路（滞）が刻まれ若干の泥を排出できるが、流速が少ない（急激な排水で水門近くの草が倒れる程度である）のでほとんどは浅瀬になって残るであろう。横堀排水路には泥が堆積して浅くなる。

文献

- 阿子島 功（1988）山形県、内陸盆地の沖積層・沖積低地の形成過程．日本における沖積平野・沖積層の形成と第四紀末期の自然環境とのかかわりに関する研究 [科研成果報告書 61302084 代表者井関弘太郎] p.59-65
- 阿子島 功（1989）考古学年代と土壌の 14 C 年代，月刊地理 34-2 古今書院 p.77-84
- 阿子島 功・山野井 徹（1988）山形県大谷地低地押出遺跡の立地環境（予報）。日本第四紀学会予稿集 18,p.160
- 阿子島 功（1990）押出遺跡の立地環境 ---- その成立と廃絶にかかわる地形変化 ----。押出遺跡発掘調査報告書 [図版・表・分析編] p.95 - 104
- 本田康夫（1997）米沢盆地の基盤構造．山形応用地質 3,p.21-26
- 目黒章八（1997）白竜湖盆地・透明度．「白竜湖」南陽市教育委員会 P.8-11
- 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——」．60 頁
- 斎藤員郎・櫻村利通・橘ヒサ子（2006 H18）白竜湖環境保全計画に係る意見書．12 頁
- 佐藤五郎（2004）山形県・白竜湖の湖盆形態の変遷と水質形成．「最上川」 p.55-55
- 田宮良一（1997）赤湯層の火砕流堆積物．山形応用地質 17,p.20-22、
- 山野井 徹（2010 編）山形県地学ガイド p.215-223

第 20 図 湖面の広がりと植生の通年変化

湖面の植生の通年変化をまとめると以下のようなになる。

(大雨浸水が生じた 2014.7 月を含めて共通の通年変化がみられる)



2017. 4. 25

田植え前 2017.4.25 水位上昇期 (中央の点々は人工筏)



2017. 6. 6

田植え後 高水位期 (白竜湖満水・駐車場湛水 湖面にヒシ繁茂) 色調補正



2014. 7. 10

2014.7.10 大雨で大谷地に湛水した状況 (南陽市赤湯市街は吉野川溢流によって浸水)



2014. 7. 12 大雨2日後

7.10 大雨で湛水 排水は早かった。



2014. 8. 28



2017. 8. 30

高水期 盛夏には湖面の半分（北側など）がヒシなどでおおわれる。流入口には繁茂しない。



2018. 1. 20

低水位・凍結期 湖面の半分（南側）は積雪（縁に鳥類）