

裏磐梯湖沼群の表面温度分布とその変動

渡邊 明・横山和郎・鈴木悠也（福島大学・共生システム理工学類）

要 旨

裏磐梯湖沼群に位置する五色沼湖沼の環境変化を解析するため、毘沙門沼、赤沼、深泥沼、竜沼、弁天沼、瑠璃沼、青沼、柳沼、弥六沼の9つの沼の表面温度分布を赤外放射カメラで計測するとともに、温度ログを設置して継続的な湖沼水温観測を行った。その結果、各湖沼の表面温度は、水深や水生生物繁茂によって表面温度が変化し、顕著な日変動、季節変動をしていることが分かった。しかし、竜沼では湧水場所はわからないが、水温変動特性から15°C程度の湧水が存在していること、さらに、青沼では、沼西部から36°Cの温泉が流入していることが観測された。こうした特有の状況を除けば、裏磐梯湖沼群域では、過去100年で湖沼水温が約1.5°C上昇し、年降雪量も1年に約10 cmずつ減少する大きな環境変化が発生していることが解析された。

I. はじめに

裏磐梯に位置する五色沼湖沼群は美しい水色をもつ湖沼として、多くの観光客を集めている。しかし、その一方で、環境変化による水質の変化や植生変化、延いては水色の変化までも指摘されている。こうした環境変化を理解する一つの指標として表面温度の観測を行い、その日変動、季節変動等から、各湖沼の水温変動特性を理解することによって、裏磐梯湖沼群の環境変化を解明することを目的とした。

渡邊ほか(2013)は、裏磐梯湖沼群の表面温度分布を計測し、深泥沼、青沼では、気温-3°C前後のときに10°Cを超える高温域があること、また、温度ログによる継続的な観測から竜沼は9月ごろから他の沼と異なり5°C前後から低下しない変動をしていることなどを示している。こうした温度変化は単に高い位置の湖沼から低い位置の湖沼へと水が流入しているだけではなく、その湖沼特有の湧水等があることを示すものと考え、さらに、詳細な観測を行った。

また、各湖沼の流系として、千葉(1989)は五色沼の水質成分分析から瑠璃沼-青沼-弁天沼-竜沼-深泥沼-毘沙門沼と流れている流系と

弥六沼-父沼-母沼-柳沼-竜沼との流系があることを指摘しているが、こうした流系のみで、各湖沼群の水が連続しているのであれば、3月から8月の昇温期には、下流ほど水温が高くなり、気温の低下期には、より下流で低温になる特徴が得られるものと考えられる。

また、裏磐梯五色沼湖沼群の水深は13 mの毘沙門沼から、赤沼の4 mまで、それぞれ太陽放射が到達する水深で、水中の植生や、沼底での太陽放射吸収が可能で、日変動や季節変動も顕著に存在することが考えられる。

こうした、各変動要素を考察するため、季節ごとの観測を行い、比較検討することで、裏磐梯の湖沼環境の解明を試みた。

II. 観測方法

渡邊(1981)の猪苗代湖の観測では気温との温度差が最も大きくなるのは気温上昇期の5月と下降期の9月であることを指摘しており、高温湧水は湖沼水の温度が気温より顕著に低い5月ごろの観測が適しているが、低温湧水は湖沼水の温度が気温よりも高い9月ごろが適している。こうした観点と季節変化を解析するため、2013年

は5月25日, 8月26日, 10月4日, 11月22日の4回の観測を実施した. また, 8月26日の観測では日変動特性を検討するため午前, 午後, 夜間の観測を行った.

水温分布は赤外線サーモグラフィ装置 (Avio TVS-200) で陸域から計測を行った. また, 昨年に引き続き, 継続して温度データロガ (FUSO-8828) を9湖沼に設置し, 湖沼表面に浮かす形で1時間毎の観測を行い, 2012年10月1日から2013年11月10日までの1年間の観測を行った. なお, データロガは基本的に防水型であるが, 直達放射を防ぐためにアルミホイルで包み, ビニール袋に入れて水面に浮遊して計測している.

Ⅲ. 湖沼表面水温の日変動

赤外カメラを用いて2013年8月26日に測定した毘沙門沼の表面水温分布の日変動を図1に示す.

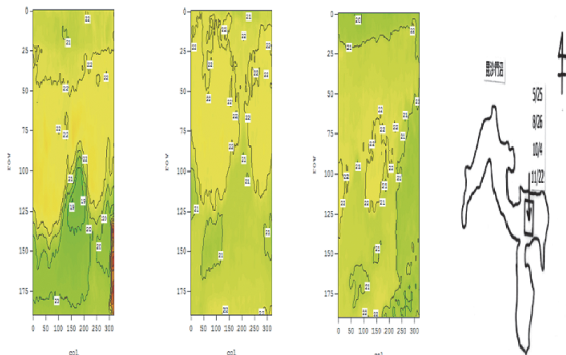


図1 毘沙門沼の表面温度分布
午前 (左図), 午後 (中央図), 夜間 (右図)
と撮影位置

毘沙門沼では午前, 午後, 夜間と水温も分布状態もほとんど変化していないことがわかる. 毘沙門沼は水深が深く, 日変動では水温変化が生じていないことを示すものである.

一方, 図2に柳沼の表面水温分布を示す.

柳沼も分布形態はほとんど変化していないが, 周辺で5°Cの変動をしている. 特に, 14時26分 (午後) の観測で最高水温を示している. 観測領域の水深の相対的に深いところではほとんど表

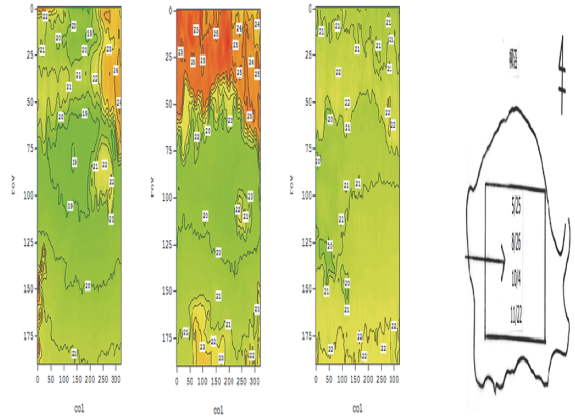


図2 柳沼の表面温度分布
午前(左図), 午後(中央図), 夜間(右図)と
撮影位置

面水温は変化していないが, 周辺の浅い部分で相対的に高温を示し, 顕著な日変動を示している. すなわち, 水深の深さに依存して湖沼の表面水温は変動するものの, 水温分布の形態は変化していない. このことは湖沼底の地形に依存すると同時に, 水中の植生による水深変動にも対応し, 水中植生が繁茂することで, 水深が浅くなり, 表面水温が上昇することを示すものである.

また, 図3に青沼の表面水温分布を示す.

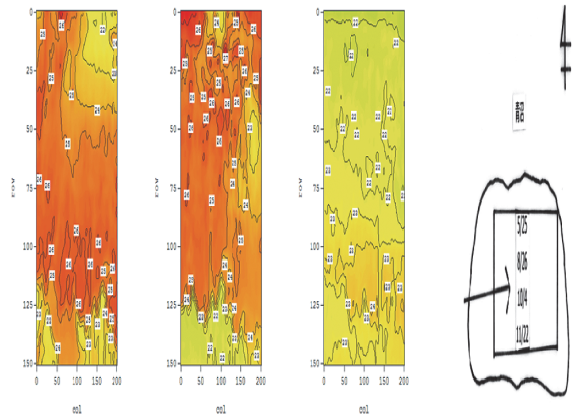


図3 青沼の表面温度分布
午前 (左図), 午後 (中央図), 夜間 (右図)
と撮影位置

日変動は4°Cと小さく, 常に高温状態が出現している. また, 測定領域の南側では24°Cと変化のしていない領域がある. これらは高温湧水の可能性を示唆している.

以上, 表面水温は主に水深に応じて, 浅いところで大きく, 深いところではほとんど変動しない

ような変動をしていることが分かった。また、青沼では、水深の浅いところでも高温で変動していないところがあり、高温湧水の可能性が考えられる。

IV. 湖沼表面水温の季節変動

各湖沼の表面水温の日変動では、水生植物の影響による水深の変動が大きく表面水温分布形態を変化させていることが示唆された。これらを

理解するためには、季節変動を計測することで一定評価できるものと考え、季節に応じて観測を行った。しかし、11月中旬から降雪があり、3月末まで積雪に覆われるため、春季を5月25日、夏季を8月26日、秋季を10月4日、冬季を11月22日として各湖沼の表面水温分布を計測した。季節変化の多くは年較差の大小はあるものの、基本的には図4aに示す毘沙門沼と同じような変動をしている。年較差は、毘沙門沼、赤沼、弁天沼

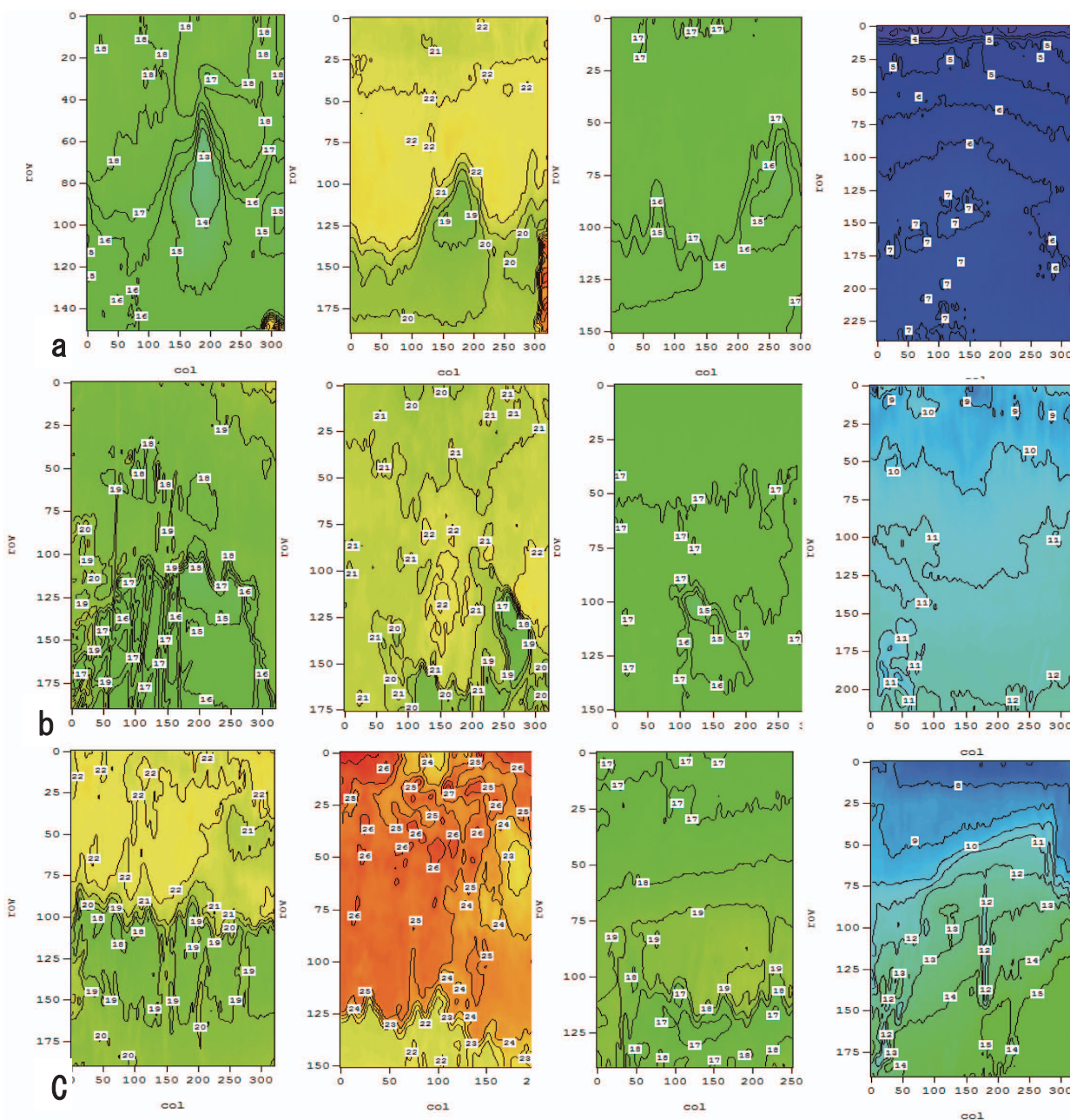


図4 湖沼表面水温の季節変化

a: 毘沙門沼, b: 竜沼, c: 青沼 各図は左から春季, 夏季, 秋季, 冬季を示している。

で 17℃, 深泥沼, 竜沼で 12℃, 瑠璃沼で 14℃, 青沼 16℃, 柳沼, 弥六沼で 18℃を示している. 春季から秋季までの水温分布は比較的類似した分布を示すものの, 冬季の表面水温分布は全く異なり, 他の季節と比べて温度差の少ない分布を示している. これは前述のとおり沼中の水生植物の繁茂がなくなり, 太陽放射吸収の差異による温度変化が少なくなるためと考えられる.

一方, 図 4b に示した竜沼の季節変化は, 年較差が最も小さくなっている. また, 高温湧水が推定される青沼では, 図 4c に示す通り, 沼西部から東部向かって冬季の表面水温分布差が大きく他の湖沼と異なった変動を示していることが分かった.

V. 湖沼の水温変動特性

図 5 に 2012 年 10 月 1 日から 2013 年 11 月 10 日までの毘沙門沼, 竜沼, 弁天沼, 柳沼, 弥六沼の 1 時間ごとの水温変動を示す.

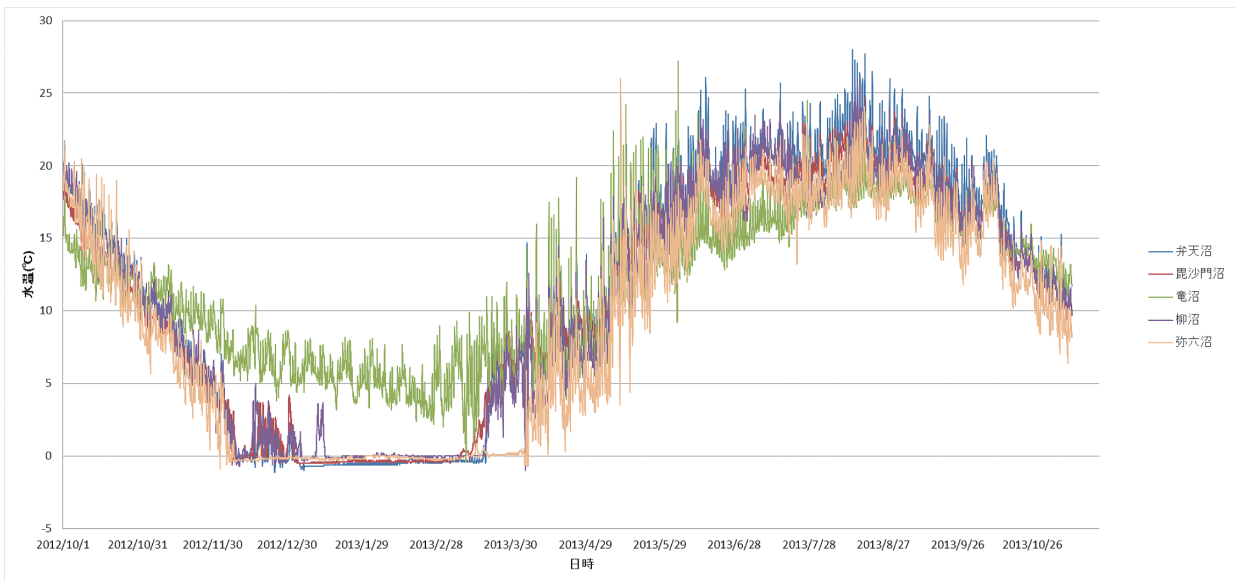


図 5 2012 年 10 月 1 日から 2013 年 11 月 10 日までの各湖沼の水温変動

冬季の水温分布では竜沼だけが 0℃以上を示し, 高温になっていることがわかる. また, 最も早く低温になり, 最も遅くまで低温になっているのは弥六沼で, 他の湖沼より高所に位置することで理解できる変動を示している. 雪解けが始まり, 昇

温期になると, もっとも高温で推移する沼は弁天沼で, もっとも低温で推移するのは竜沼となっている. 竜沼は 10 月に他の湖沼より高温になって, 5 月に他の湖沼より低温になる変化をしている. すなわち, この 15℃の交差付近が湧水温度と考えられる. なお, 冬季の観測のない 2013 年 5 月 26 日から 11 月 10 日までの観測では, 9 つの湖沼群で青沼が最も高温で推移し, 弥六沼が最も低温で推移している沼であることが分かった.

VI. 湖沼周辺的环境変化

裏磐梯湖沼群を中心とする周辺環境の長期的な環境変化を推定するため, これまで温度データログで観測した竜沼の気温と各湖沼の水温変化の関係, および気象庁 AMeDAS 観測地点松原のデータ, さらに最も長期的な福島市のデータを基に, 裏磐梯の気温の変化を推定した.

まず, 渡邊ほか (2013) は水温の 10 分値, 1 時間値の気温の相関より, 日平均気温の方が相関

が高いことを述べている. 従って, 今回は, 日平均値を用いて両者の関係を求め, その直線回帰から, 過去の裏磐梯周辺の気温変化を求めることにした.

図6は、1890年から2013年までの気温の相関から求めた毘沙門沼水温変動を示したものである。

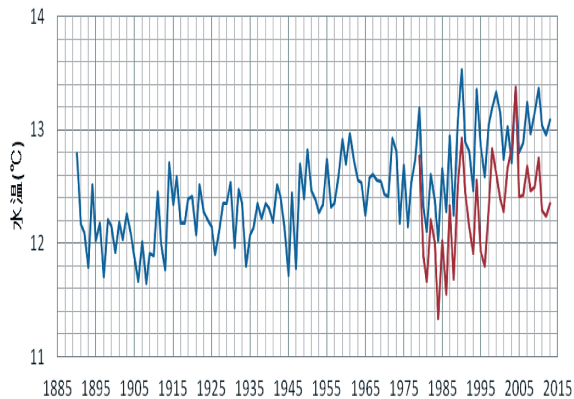


図6 気温の相関から求めた毘沙門沼の水温変動 長期の推定が福島市との相関、短いものが桧原との相関から求めた変動

AMeDAS 観測地点の桧原の気温との相関から求めた毘沙門沼の水温変動は、福島市の気温との相関から求めた物より 0.5℃ほど低くなっているが、同様な変動していることがわかる。過去100年間の毘沙門沼の水温変動は約 1.5℃ほど有していることが推定される。

さらに、こうした気温の推定から、冬季だけの平均気温を求め、冬季の気温変動と降雪量の関係を求めると図7に示す関係が得られた。

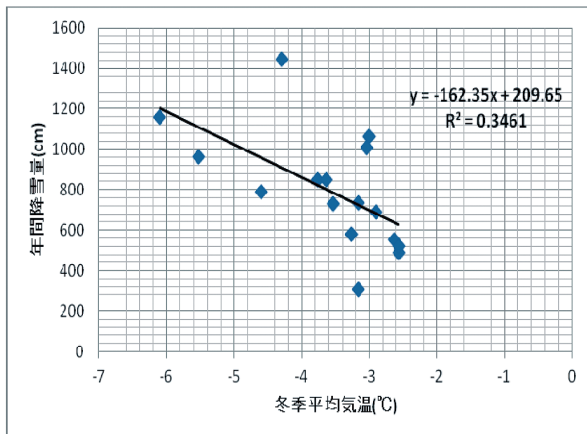


図7 桧原における冬季平均気温と降雪量の関係

必ずしも良い相関を示さないが、有意な相関関係を示している。この関係を用いて、桧原における降雪量の変動を推定したのが図8である。

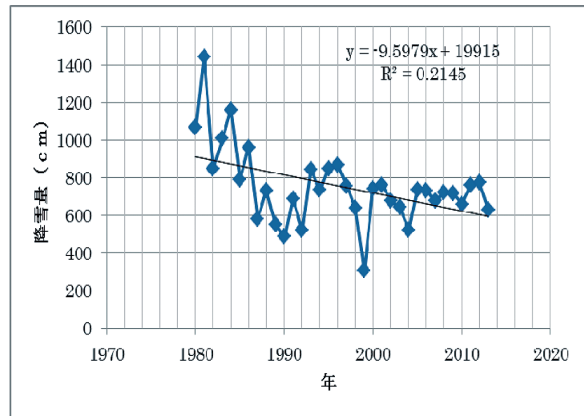


図8 降雪量の変動

1980年から2000年までは実測で、この間急激な降雪量の減少があることがわかる。2000年以降、比較的気温変動の上昇が抑えられていることもあり、冬季の気温から推定した降雪量変動も小さくなっている。回帰式による降雪量の変動は1年間で約 10 cm に達し、降雪量が変動していることがわかる。特に降雪量は湖水温度の変動でも明らかかなように、0℃付近より低下させない保温効果があり、その減少は低温による枯死の発生が推察される。Gold man et al. (2013) は、温暖化に伴う内陸域の湖沼や河川による生態系の保全や水管理に向けた新たな社会システムの構築の必要性を指摘しているが、こうした環境変化の視点は示されていない。また、Naka (1973) や Hirata et al. (2011) は琵琶湖における溶存酸素等の水質変動や水温変動について示し、100年間で表面水温が 1.5℃、深層でも 1.2℃の昇温を示し、特に1990年以降に急激な昇温があったことを示している。五色沼湖沼群の水温変動も約 1.5℃で、高所でも同様な水温変動であることが分かった。

VII. まとめ

裏磐梯湖沼群に位置する五色沼湖沼の環境変化を解析するため、毘沙門沼、赤沼、深泥沼、竜沼、弁天沼、瑠璃沼、青沼、柳沼、弥六沼の9つの沼の表面温度分布を赤外放射カメラで計測するとともに、温度ロガを設置して継続的な観測を

行った。その結果、各湖沼の表面温度は、水深や水生生物繁茂によって表面温度が変化し、顕著な日変動、季節変動をしていることが分かった。また、竜沼では湧水場所はわからないが、水温変動特性から 15°C程度の湧水が存在していること、さらに、青沼では、図9に示す通り、沼西部から

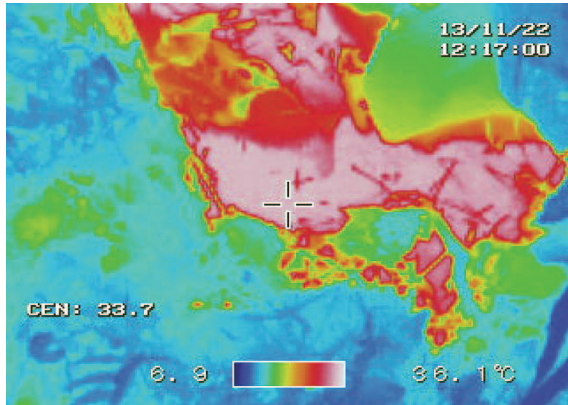


図9 青沼の温泉流入口の赤外画像

36°Cの温泉が流入していることが観測された。國井ほか(2013)は、各湖沼の流入、流出の水質変化を調査しているが、鉄、アルミニウムが大きく減少している沼として青沼が、そして増加する沼として深泥沼があげられている。こうした状況を考えると、温泉の流入は析出などを通してこうした成分の減少に寄与していると考えられる。こうした特有の状況を除けば、裏磐梯湖沼群域では、過去100年で湖沼水温が約1.5°Cの上昇があり、年降雪量も1年に約10cmずつ減少する大きな環境変化が発生していることが解析された。

引用文献

Gold man, C. R., Kumagai, M. and Robarts, R. D. (2013) Climatic change and global warming of inland waters: Impacts and Mitigation for Ecosystems and Societies, Wiley, 448.

國井芳彦・渡邊 実・佐久間智彦(2013) 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, 共生のシステム, Vol.13, 26-37.

Naka, K. (1973) Secular variation of oxygen change in the deep water of Lake Biwa, Jap. J. Limnol.

Vol.34, 41-43.

Hirata, S. H., Hayase, D., Eguchi, A., Itai, T., No miyama, K., Isobe, T., Ishikawa, T., Kumagai, M. and Tanabe, S. (2011) Arsenic and Mn levels in Isaza during the mass mortality event in Lake Biwa, Japan Environmental Pollution, Vol.159, 2789-2796.

千葉 茂(1989) 裏磐梯五色沼の水質と水色, 科学と教育, Vol.37, No.5, 42-45.

渡邊 明・酒井貴紘・鈴木悠也・佐藤一男, (2013) 五色沼の水温分布と変動の特徴, 共生のシステム, Vol.13, 18-25.

渡邊 明(1983) 猪苗代湖の熱源的役割, 天気, Vol.30, 137-142.

渡邊 明(1981) 猪苗代湖の自然環境-気象要素の分布と湖水温, 福島大学特定研究「猪苗代湖の自然」研究報告, No.2, 127-133.