

五色沼の水温分布と変動の特徴

渡邊 明・酒井貴紘・鈴木悠也（福島大学・共生システム理工学類）・
佐藤一男（福島大学大学院・実践教育推進センター）

要 旨

五色沼湖沼群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観測を行い、水面の温度分布を解析した。その結果、各湖沼では約3℃前後の差異は生じているものの、全体として一様な温度分布が観測された。しかし、深泥沼、青沼では、気温-3℃前後のときに10℃を超える高温域が観測された。さらに、各湖沼の表面温度の時系列変動を解析するため温度ロガを設置し、毘沙門沼、竜沼、弁天沼、瑠璃沼、柳沼、弥六沼の6つの沼で2012年9月28日から11月30日まで観測を行った。最も高温で変動しているのは瑠璃沼で、最も低温で変動しているのは弥六沼であった。竜沼は9月ごろから他の沼と異なり10℃前後から低下しない変動を示すことが分かった。

I. はじめに

裏磐梯の五色沼は美しい色をもつ湖沼として知られている。この水色についても時代とともに変化していることが指摘されており、その一つに水質や湖沼を取り巻く環境変化が懸念されている。こうした環境変化を理解するためには、先ず現時点での環境理解をしておくことが不可欠で、ここでは環境変化の一つの指標である水温変化を理解することを目的とした。水温変化は湖沼環境を決定する大きな要因の一つであると同時に、周辺環境への影響を与える大きな要因でもあり、特に、過去の水温変化を再現することで裏磐梯湖沼群の環境変化を解明したいと考えている。また、降水量変動や冬季の降雪量変動も裏磐梯湖沼群周辺の生態系に大きく影響する指標で、可能な限り長期にわたる環境変化を適切に評価することを目指している。

ここでは、周辺環境との関わりを理解するため、先ず、各湖沼がどのように関連した水温変動を示すのか、特に、湧水の有無などについて検討するため、湖沼水面の水温分布と時間変動を計測することにした。

千葉（1989）は五色沼の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。こうした流系の特徴を解析する手段の一つとして水温変化は重要な要素となる。湧水起源として瑠璃沼から始まるのであれば、夏季は水の流下によって水温は次第に上昇するし、湧水温度より低い冬季は、低下する変化をすると考えられる。また、各湖沼での湧水の有無は水温変動や水温分布として検出されるものと考えられる。

一方、渡邊（1989）は猪苗代の水温変化から蒸発量を計算し、ブナの生息状況と関連して猪苗代湖による大気の変質量や保温効果について指摘している。湖沼の保温効果は湖沼の深度にも関係し、最大密度を通過するような水温変動では全層循環の有無や水量にも大きく影響して変動する。裏磐梯五色沼湖沼群の水深は13mの毘沙門沼から、深泥沼の2.1mまで、雨季や湧水期等で異なる変動を示すものの、すべてがおおよそ水深数mで、温泉などを含む湧水がなければ比較的周辺環境に追従して変化するものと考えられる。

なお、湖沼群の湧水を把握するため水温の水平分布を計測することで、各湖沼群の湧水状況を把

握することを試みた。

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。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。こうした観点から9月27日から28日にかけて五色沼湖沼群の水温分布を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。しかし、湖沼全体を一様な放射角を担保して測定することは不可能なため、最近開発された Thermo Shot F30S を He ガスを充填した気球に係留し、上空から撮影することを試みた。（図1参照）しかし、撮影は風速が弱いときでなければ計測することは困難で、今回は柳沼、弥六沼で実施した。また、水温変動は温度データログ（FUSO-8828）を用いて10分毎に観測した。データログは基本的に防水型であるが、直



図1 係留気球による赤外カメラ観測の様子

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. 湖沼水面の温度分布

赤外カメラを用いて9月27日・28日及び12月1日の2回観測を行い、それぞれの湖沼表面温度分布の特徴を解析した。

1) 毘沙門沼

図2に毘沙門沼の12月1日の様子と9月27日と12月1日に赤外カメラで観測した結果を解析

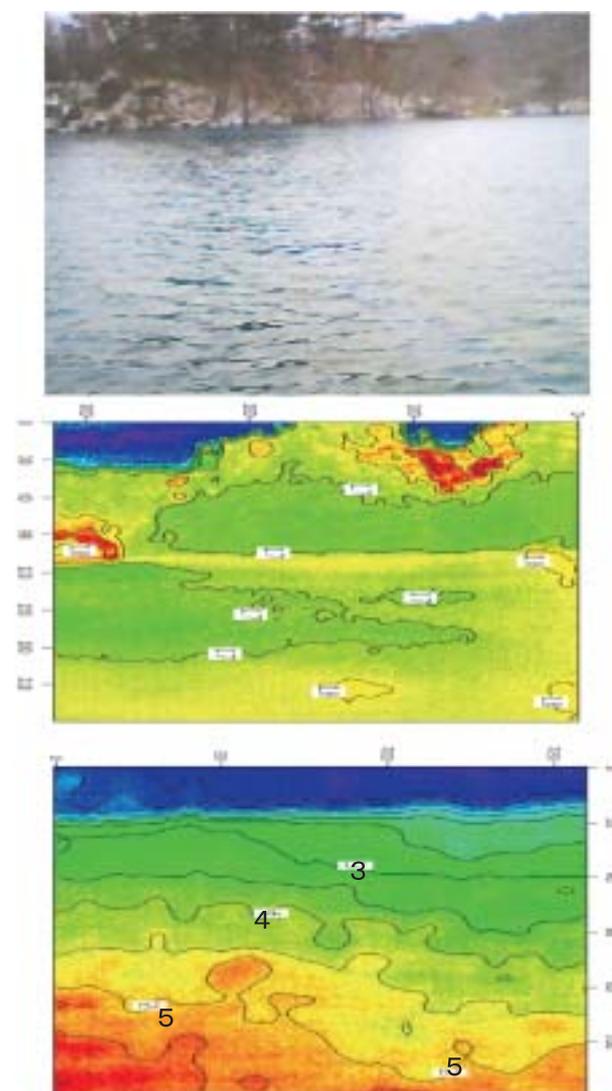


図2 毘沙門沼の可視画像(上), 9月27日(中), 12月1日(下)の水温分布

した表面温度の分布図を示す。特に特徴的な分布はなく、毘沙門沼の中央付近と沼の岸で1℃から2℃程度の差があるが、これは深度の差による効果が出ているものと考えられる。ただし、12月

の観測では沼岸の方が低温であると思われたが、9月の観測同様に岸の方が相対的に高温になっている。

2) 赤沼

図3に赤沼の12月1日の様子と9月27日と

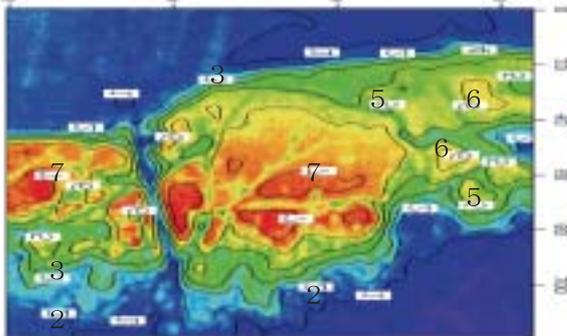
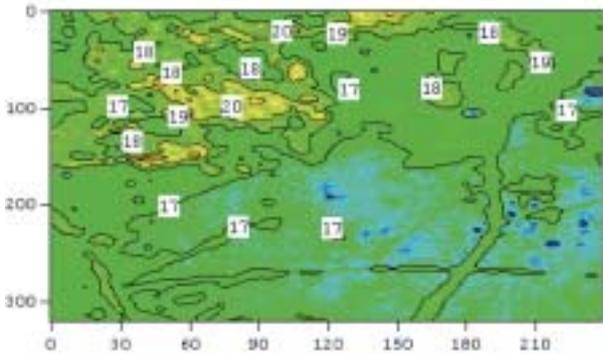


図3 赤沼の可視画像(上), 9月27日(中), 12月1日(下)の水温分布

12月1日に赤外カメラで観測した結果を解析した表面温度分布を示す。沼水の温度分布は9月も12月も2°C程度の温度差となっている。水深の差異にもよるが、全体的に上流側で相対的に高温傾向を示している。2回の観測とも相対的に高温部はほぼ同様な場所に出現している。

3) 深泥沼

図4に深泥沼の12月1日の様子と9月27日と

12月1日に赤外カメラで観測した結果を解析した表面温度分布を示す。沼水の温度分布は南部で相対的に高温を示す領域が出現しているが、この高温域は12月の観測では9月に比べて約10°C低

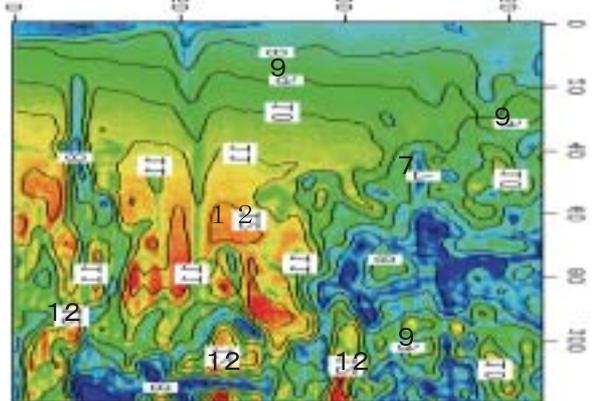
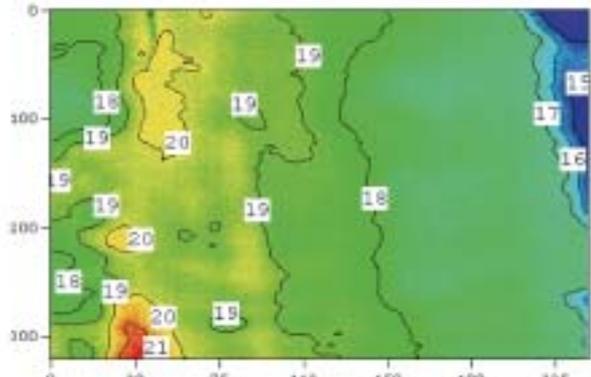


図4 深泥沼の可視画像(上), 9月27日(中), 12月1日(下)の水温分布

下しており、定常的な高温水が出現しているわけではないと考えられる。両観測日とも沼水表面温度分布はそれぞれ約4°Cの差が示され、他の湖沼に比べて温度差が大きい。また、同じ日の観測でありながら毘沙門沼、赤沼より高温になっている。相対的に高温領域は上流の南部に出現している。深泥沼は水草の堆積で中央部の水深も複雑で、夏

季には浅部で高温傾向を示すが、12月の観測でも同様な傾向が認められることから、水温そのものが相対的に高温になっているものと考えられる。

4) 竜沼

図5に竜沼の12月1日の様子と9月27日と12月1日に赤外カメラで観測した結果を解析した表面温度分布を示す。沼水の表面温度分布はか

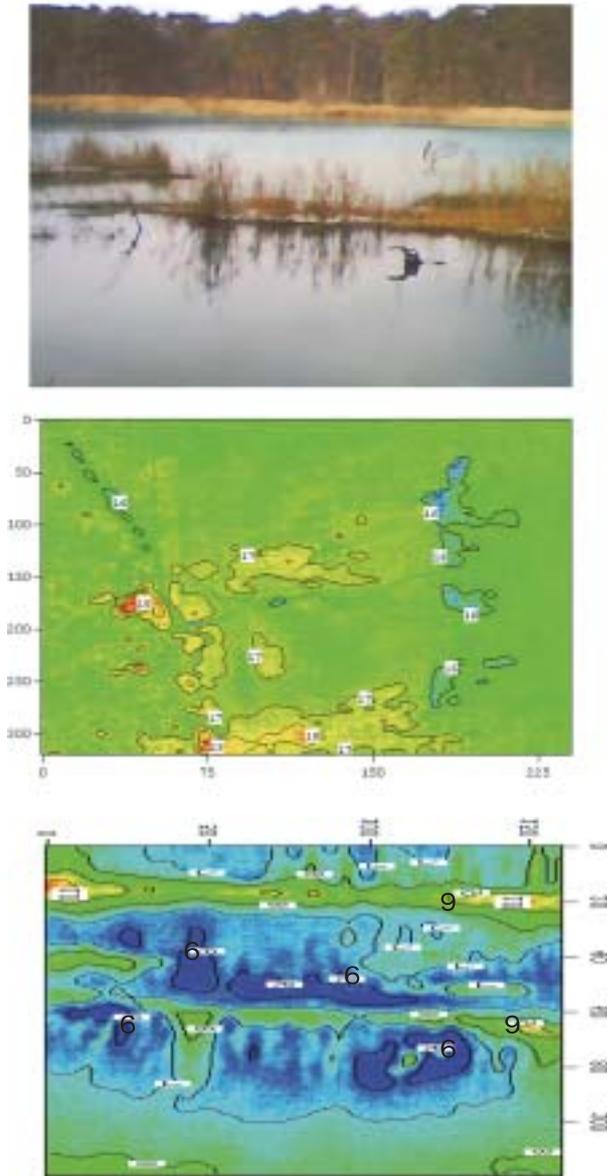


図5 竜沼の可視画像(上), 9月27日(中), 12月1日(下)の水温分布

なり一様で約1°C前後の温度差を有しているだけである。図5に表示されている相対的な高温域は陸域の温度で、水温はほぼ6°Cを示し、赤沼の表面温度と類似している。千葉(1989)の指摘して

いる流系からすると、深泥沼だけが相対的に高温を示している。9月の測定結果も16°Cから17°Cとほぼ1°Cの範囲で一様性を示している。

5) 弁天沼

図5に竜沼の12月1日の様子と9月27日と

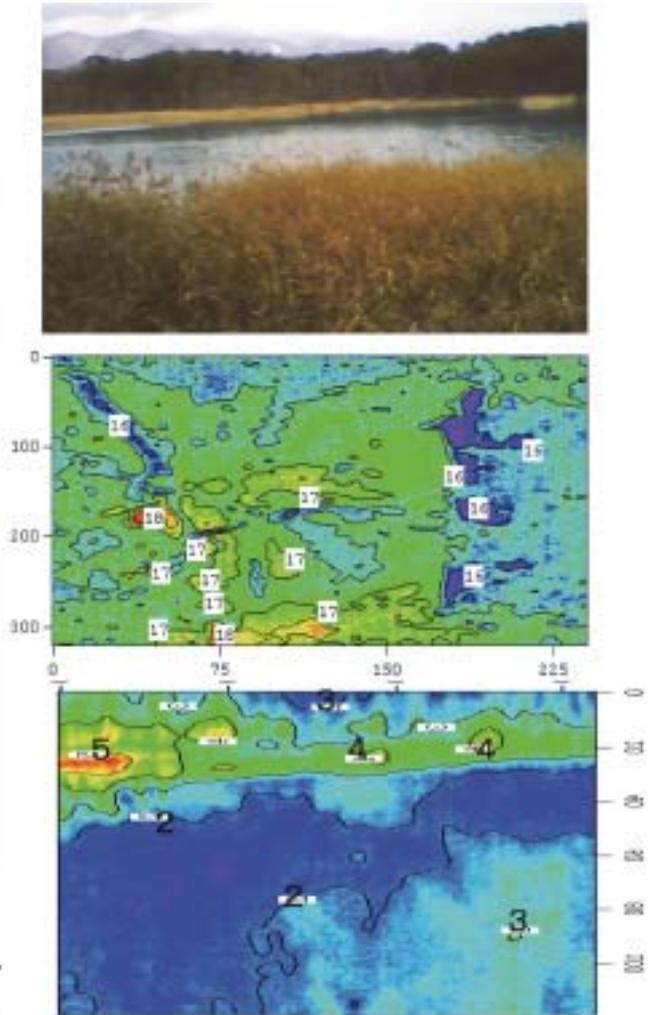


図6 弁天沼の可視画像(上), 9月27日(中), 12月1日(下)の水温分布

12月1日に赤外カメラで観測した結果を解析した表面温度分布を示す。沼水の表面温度分布は9月の観測では16°Cから17°Cとほぼ2°Cの範囲で分布しているものの、微細な変動を示している。これは沼水中で水草が発達し、水深変動が生じているために起因しているものと考えられる。一方、12月の観測では2°C前後と一様で、かつ今回調査した湖沼群では最も低い温度分布を示した。12月1日の周辺環境はわずかに積雪があり、平均気

温は-2.8℃と冬日になっており、千葉(1989)の推定した流系では、沼水温度は下流に行くに従い環境中から熱を奪われ、低下していく状況であったが、相対的に上流の弁天沼が最も低温を示していた。

6) 瑠璃沼

図7に瑠璃沼の12月1日の様子と9月28日と12月1日に赤外カメラで観測した結果を解析した表面温度分布を示す。沼水の表面温度分布は9

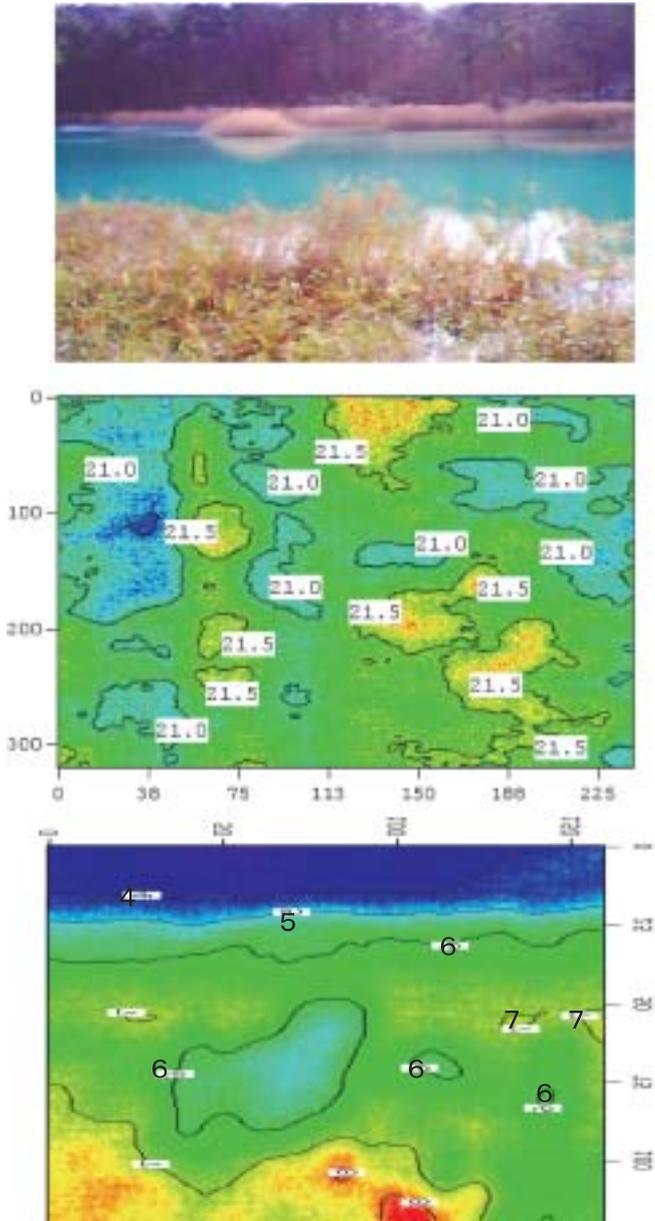


図7 瑠璃沼の可視画像(上), 9月28日(中), 12月1日(下)の水温分布

月には20.5℃から21.5℃と約1℃の範囲で一様な温度分布を示した。また、12月1日の表面温

度分布では、6℃から7℃と約2℃の範囲の表面水温分布を示し、相対的に南側で低温、北側で高温を示している。瑠璃沼は五色沼湖沼群ではもっとも高所にあり、湧水が指摘されているが、両観測日を比較すると、定温の湧水があるわけではないものと判断される。

7) 青沼

図8に青沼の12月1日の様子と9月28日と12月1日に赤外カメラで観測した結果を解析した青沼の表面水温分布を示す。9月の観測では沼

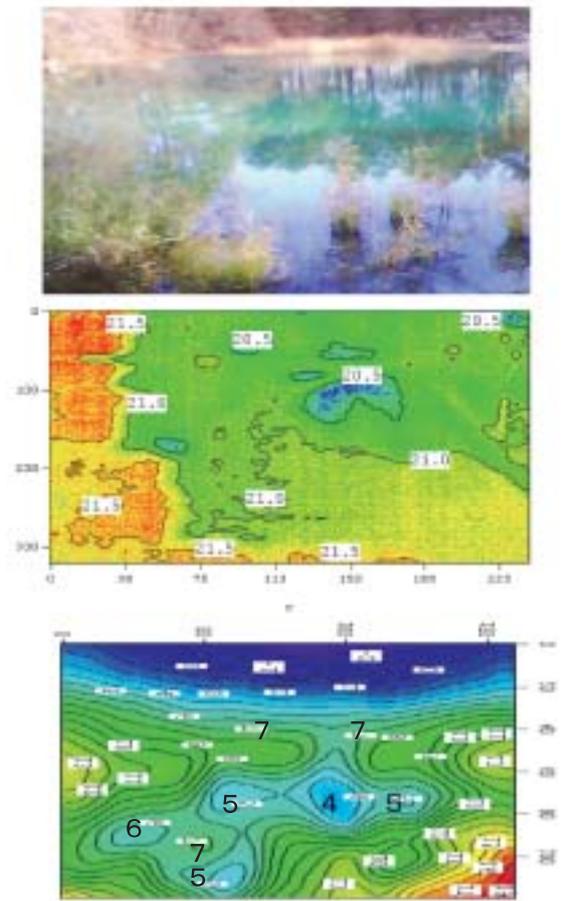


図8 青沼の可視画像(上), 9月28日(中), 12月1日(下)の水温分布

中央付近に相対的に低温水温域が出現しているが、全体として約1℃程度の差異があるだけで、比較的一様な水温分布を示す。しかし、12月の観測でも中央部分が相対的に低温を示すものの、高温域は12℃を示し、6℃もの差異が観測された。前述の通り、このときの気温は-3℃前後であったことから、水温より周辺環境のほうが低温であっ

た状況下で、沼西部で相対的に高温を示す湧昇流の存在と、湖沼中央での低温水の湧昇が考えられる表面水温分布が観測された。

8) 柳沼

図9に柳沼の12月1日の様子と9月28日と12月1日に赤外カメラで観測した結果を解析し

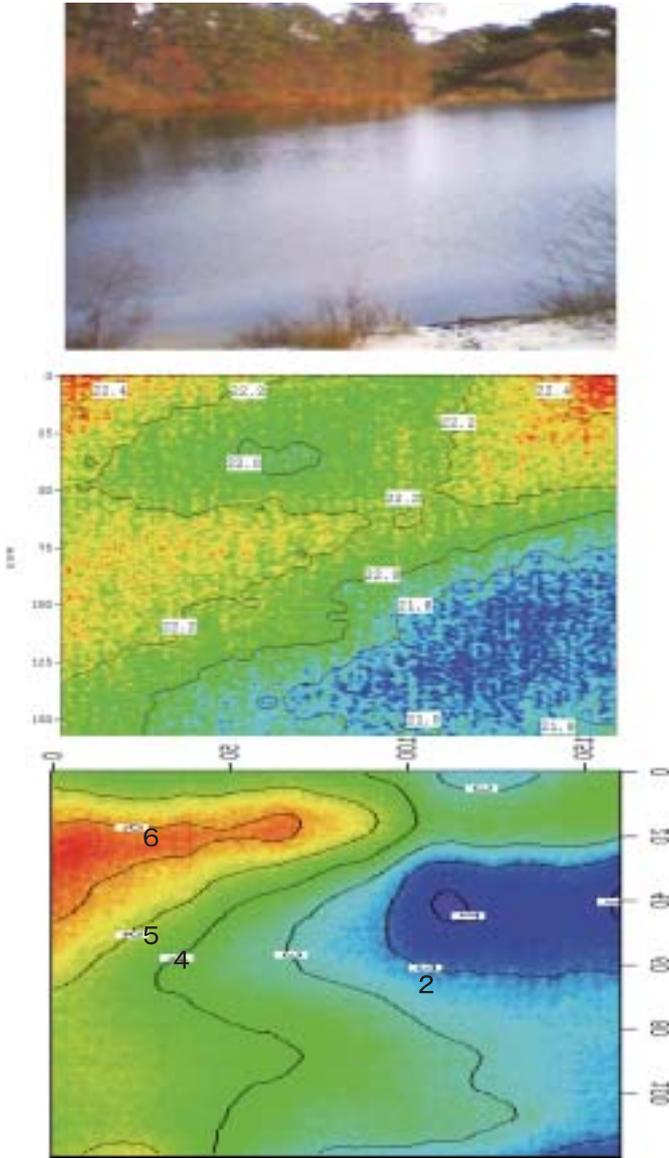


図9 柳沼の可視画像(上), 9月28日(中), 12月1日(下)の水温分布

た柳沼の表面水温分布を示す。9月の表面水温分布は係留気球観測の結果で、沼岸からの測定より沼水面を良く観測している。沼の水面の温度分布は約22℃前後で比較的一様で、相対的に北側が高温で、南側が低温になっている。この表面水温

の分布傾向は12月の観測でも同様であるが、表面水温が4℃前後の差異があり、夏季より大きくなっている。

9) 弥六沼

図10弥六沼の12月1日の様子と9月28日と12月1日に赤外カメラで観測した結果を解析した弥六沼の表面水温分布を示す。9月の表面水温

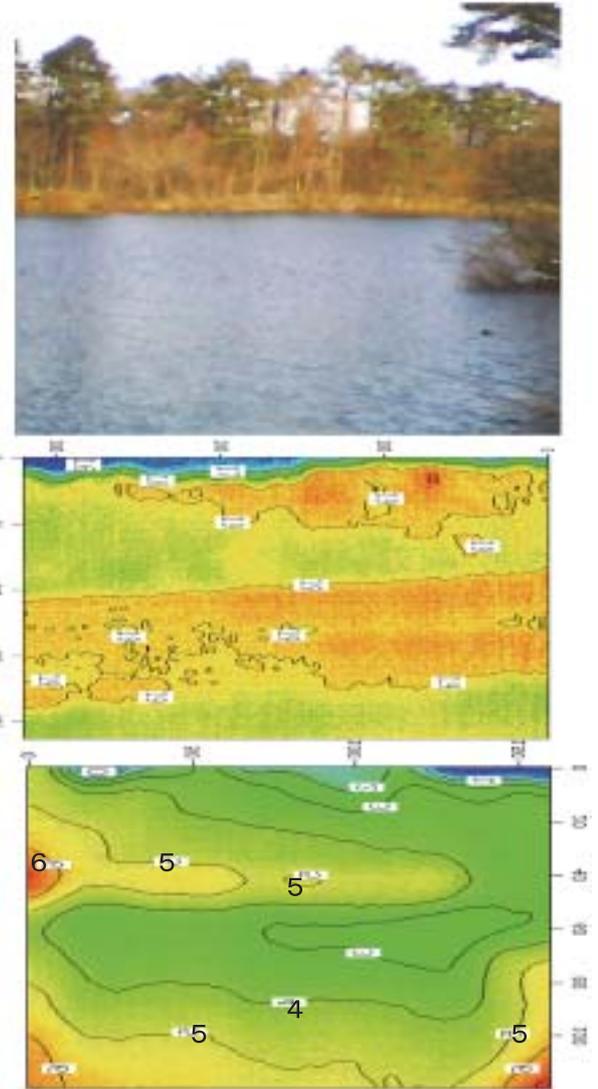


図10 弥六沼の可視画像(上), 9月28日(中), 12月1日(下)の水温分布

は19℃前後で、相対的に南北に一様な水温分布を示している。この傾向は12月の観測でも同様で、水温分布の温度幅は約3℃と大きくなるが、南北方向に分布している。

今回観測した湖沼群では、弥六沼が最上流になっているといわれているが、気温が-3℃と低温の中、流下しながら水温低下が認められる状況は観

測できなかった。湖沼水温として高温期の9月には22℃から17℃前後、12月は6℃から3℃前後と比較的同様な水温変動をしていることが分かった。しかし、その一方で、深泥沼、青沼では12月の観測で10℃以上の高温を示しており、その分布と変動特性をさらに調査する必要がある。

Ⅲ. 湖沼水温の時間変動

図11に毘沙門沼、竜沼、弁天沼、瑠璃沼、柳沼、弥六沼の6沼の2012年9月28日から11月30日までの10分間毎に測定した水温変動を示す。

とは異なった変動を示している。前述の表面温度の分布では、深泥沼、青沼で高温域が確認できたが、竜沼では特に他の湖沼群と異なった変動は認められなかった。しかし、こうした時間変動を示していることを考えると、一定温の勇昇があるものと考えられる。

こうした個別の変動を有しながらも、環境変化の影響が湖沼環境にどのように影響するかを検討するため、各湖沼との水温の相関をとり、それぞれの湖沼温度の環境を検討した。図12は湖沼

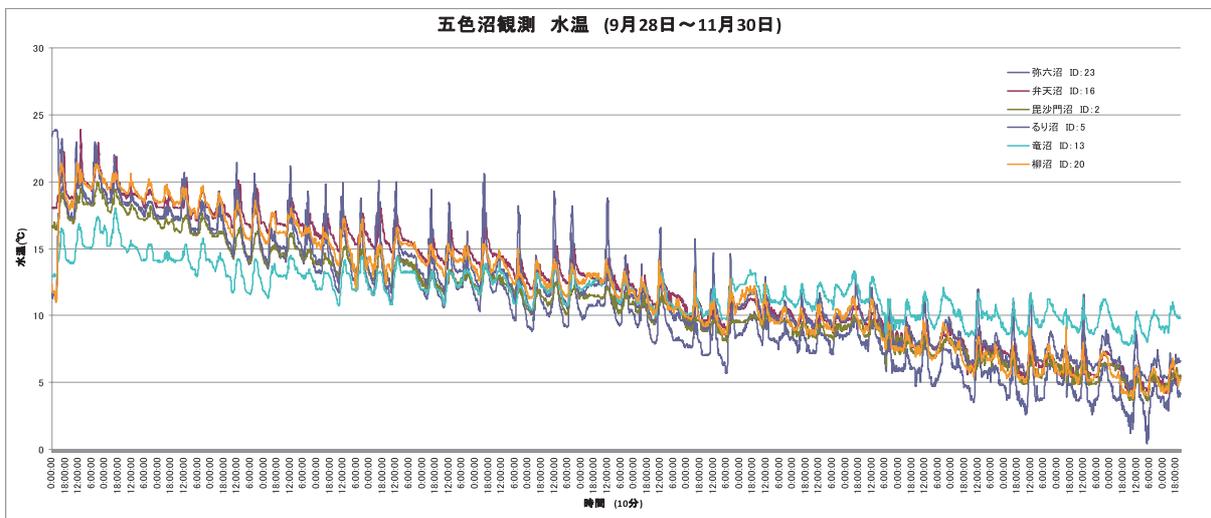


図11 五色沼湖沼群の2012年9月28日から11月30日までの水温変動

測定器の温度ログの設置場所にも依存するが、最も高温で日変動を示しているのは瑠璃沼であり、低温で変動しているのは弥六沼である。また、比較的分動の少ないのは竜沼となっている。竜沼は9月ごろほぼ10℃前後の水温を示し、他の湖沼群

温度が比較的長期間観測されている毘沙門沼と最も相関の良かった弁天沼の相関図を示したものである。相関係数は0.99と有意な相関係数を示すと共に、直線0.996とほぼ1に近い値を示し、水温変動としてはほとんど同じ変動をしている

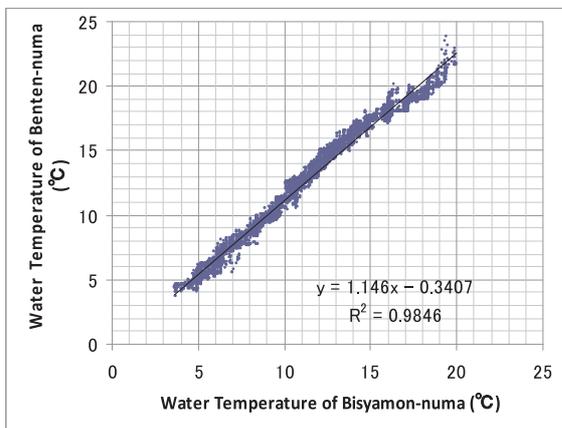


図12 毘沙門沼と弁天沼の水温変動の相関

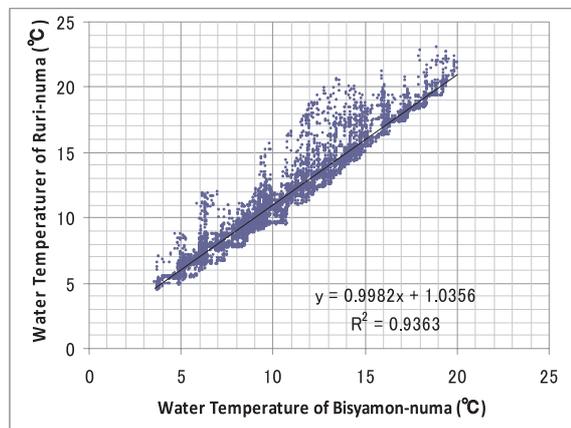


図13 毘沙門沼と瑠璃沼の水温変動の相関(10分間)

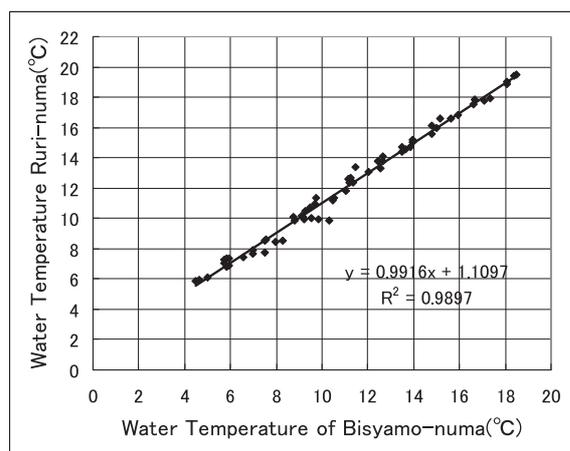


図 14 毘沙門沼と瑠璃沼の水温変動の相関(日平均)

ことが分かる。一方、最も悪い相関を示す瑠璃沼でも、相関係数としては 0.97 と良い相関を示している。ただし、これら 10 分間の水温を 1 日の平均水温として比較したのが図 14 である。相関係数は 0.99 と大変良い相関を示し、各湖沼は日変動幅も異なるものの、毘沙門沼の長期観測水温分変動が分かれば、五色沼湖沼群の水温変動が有意に推定できることが分かった。

Ⅲ. まとめ

五色沼湖沼群の環境を解析するとともに、環境変化を理解する目的で、最も有用な水温分布や変動について計測し、解析を行った。その結果、表面水温分布では各湖沼とも 3°C 前後の差異を生じながらも比較的一様な分布を示していた。しかし、深泥沼、青沼では -3°C の気温に対して 10°C を超える高温領域が観測された。しかし、これは必ずしも高温湧水が生じているとは考えられない。今回、これらの湖沼の水温変動の時系列変動を見るため温度ロガを設置したものの、両湖沼ともロガの故障で水温の時系列変動を観測することができなかった。水面の温度分布と合わせて時系列変動を観測することで、湧水の有無を判断することが可能と考えられる。

また、千葉 (1989) が指摘した流系に沿った水温変動は 9 月の高温期でも 12 月の低温期でも顕著に認識することはできなかった。むしろ水温

の時系列変動が観測できた毘沙門沼、竜沼、弁天沼、瑠璃沼、柳沼、弥六沼の 6 沼の湖沼では竜沼を除いて、ほぼ同様な水温変動を示した。日変動の振幅の差異はむしろ温度ロガを設置した水深などの要因によって異なっていると考えられる。

水温変動を観測できた 6 つの湖沼群の相関を取ると、毘沙門沼に対する相関はいずれも有意な相関を示し、その直線回帰式も 1 に近い値を示した。また、相対的に悪い相関であっても、日平均水温変動ではより有意な相関係数になることも明らかになった。こうした状況を考えると、年変動等についても一定の誤差で湖沼の環境変化を推定することが可能になった。

なお、現在水温変動は 2 ヶ月程度の観測であり、現在も観測を継続している。年変動などにも注目し、五色沼湖沼群の環境要因の一つである水温変動を解明し、その上で、蒸発量や降水量の変動解析を行い、裏磐梯湖沼群一帯の環境変化を解析したいと考えている。

引用文献

- 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, 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.