

火山性深湖の熱収支特性；北海道・倶多楽湖

*牧野 晶, 知北和久, 落合泰大 (北大・理), 濱田浩美 (千葉大・教育), 大八木英夫(日大・文理), 支笏湖・水とチップ会

1. はじめに

現在, 地球温暖化の影響は様々なところに現れている。冬季に結氷する湖として知られる倶多楽湖でも 2004 年, 2007 年, 2009 年では結氷せず, 近くの登別アメダス観測点では 12~2 月の平均気温が 1999~2009 年間で 2.3℃上昇している。

本研究では, カルデラ湖である倶多楽湖において 2012 年 9 月から 2014 年 10 月の約 2 年間にわたり水温の鉛直分布を観測し, 熱収支式から貯熱量の変化を求め, 熱環境の変動を調べた。

2. 対象地域の概要と方法

倶多楽湖は北海道南西部白老町に位置し, 札幌から直線距離で約 65km, 登別温泉の東方約 2km にある。倶多楽湖の諸元を表 1 に示す。倶多楽湖は冬季に結氷する温帯湖に属する。

毎月 1 回 CTD プロファイラーを用いて水深 0.1m ごとの水温, 25℃電気伝導度(EC25), 溶存酸素飽和度, クロロフィル濃度, 濁度の鉛直分布を湖内 7 地点で得た (図 1)。また, 倶多楽湖最深点には 2012 年 9 月から TidbiT 水温計 (精度±0.2℃) 30 台を係留設置した。設置水深は 0-10 m で 1 m 間隔, 10 m-130 m で 10 m 間隔で, 残りは 135m, 140m, 141m, 142m, 143m, 144m, 145m である。測定間隔は 1 時間である。

湖畔には気象ステーションを設け, 気温, 湿度, 気圧, 全天日射量, 風向, 風速を 10 分インターバルで測定した。なお, 気象ステーションのデータが欠損した期間については, 倶多楽湖から南西 25km の室蘭, 南西 6km の登別, 北 16km の森野の各アメダス観測点のデータを用いて補間した。

表 1. 倶多楽湖の緒言

平均水深	105m
最大水深	148m
湖水面標高	258m
湖水面積	4.68km ²
流域面積	8.16km ²
湖岸線延長	8.08km

3. 結果

図 2 に, 倶多楽湖の湖心における水温の鉛直分布を示す。2/21 には完全結氷しており, 湖面の水温は 0℃近くを示している。その後, 表面水温は表層付近から上昇している。水温躍層は季節によって異なるものの, おおむね

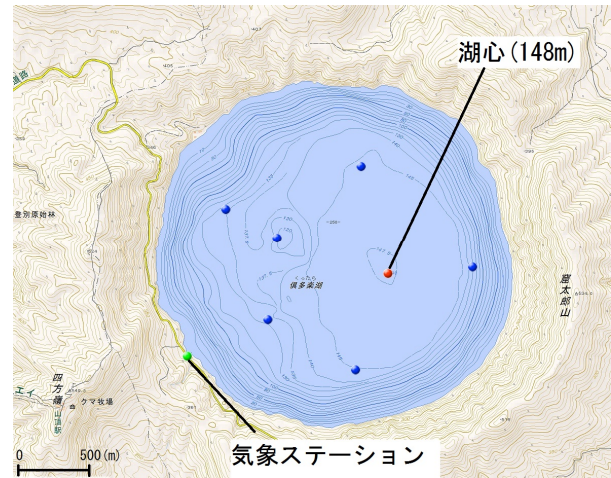


図 1. 倶多楽湖と周辺の観測点の位置

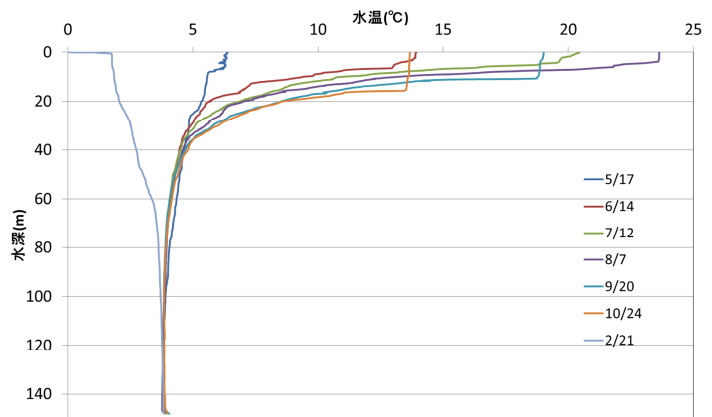


図 2. 湖心における水温の鉛直分布(2014年2月~10月の期間)

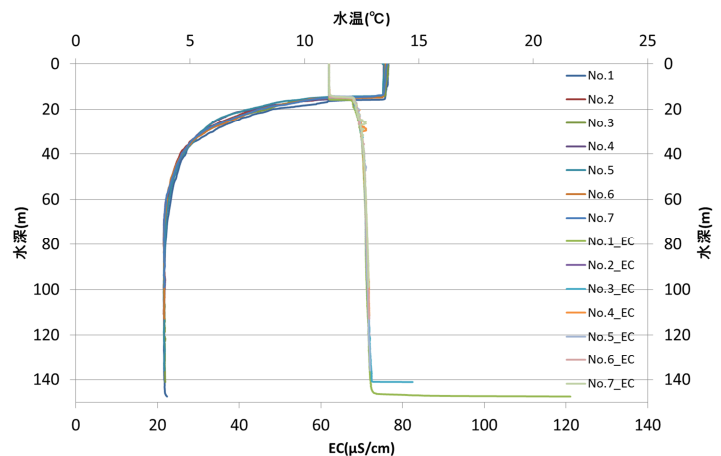


図 3. 各観測点における水温と EC25 の鉛直分布(2014年10月25日)

水深 10m~50m である。水深 80m 以深は、一年を通して 4°C でほぼ一定である。図 3 には、2014 年 10 月 25 日に観測した各測点ごとの水温、EC25 の鉛直分布を示す。湖内の各測点による水温や電気伝導度の変化は湖底を除いてほとんど見られず、倶多楽湖の水質は一様であると考えられる。

図 4 に、2012 年 9 月から 2014 年 10 月までの水深ごとの水温の季節変化を示す。倶多楽湖は冬に結氷する 2 回循環湖であり、各年の 12 月下旬頃と 4 月下旬頃に水温が一樣になっている。表層から水深 10m くらいまでの水温につ

いて、2013 年に比べ 2014 年はやや上昇している傾向が読み取れる。表層の水深 0.1m の水温は 2013 年では 25°C を超えなかったのに対し、2014 年は 8 月に 25.8°C を記録している。水深 10m の水温は、2013 年は最高 15.1°C だったのに対し、2014 年は 19.4°C まで上昇している。

4. 考察

倶多楽湖の水温の上昇を考察するため、倶多楽湖全体の熱収支について検討した。図 3 から、倶多楽湖の同水深の水温・EC25 を比べても変化は見られない。このことから、水質の水平多層構造を仮定した。また、倶多楽湖は流出河川のない閉塞湖であり、流入河川も流量は 0.001m³/sec 以下(2014 年 7 月)と湖の全体積からするとごく少なく、この熱輸送量は無視できると仮定した。また、地下水による熱移流も無視できるとした。このとき、次の熱収支式が成り立つ。

$$G = R_n - H - IE + Q_p \quad (1)$$

ここで R_n : 湖面での正味放射量(W/m²), H : 湖面での顕熱輸送量(W/m²), IE : 湖面での潜熱輸送量(W/m²), Q_p : 湖面への直接降水による熱輸送量(W/m²), G : 湖の貯熱量変化(W/m²), である。

ここで、 G は収支期間 Δt の貯熱量の変化 ΔS として

$$G = \Delta S / \Delta t = \int_0^Y [d(C_p \rho_w T_w) / dt] dz \quad (2)$$

と表すことができる。

ここで Y : 一年を通じて水温変化のない水深(m), C_p : 水の定圧比熱(J/kg/K), ρ_w : 水の密度(kg/m³), T_w : 水温(K)である。

倶多楽湖における 2012 年 10 月~2014 年 10 月の R_n , H , IE , G , Q_p 値の月平均変動を図 5 に示す。貯熱

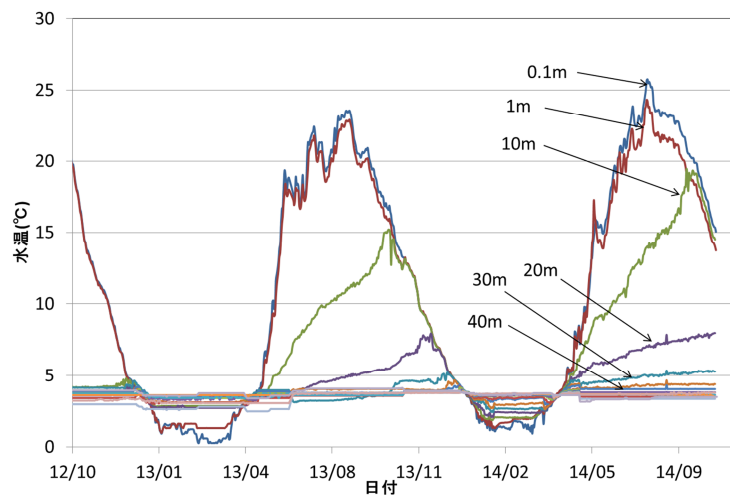


図 4. 湖心における各水深の水温の季節変化(2012 年 10 月~2014 年 10 月の期間)

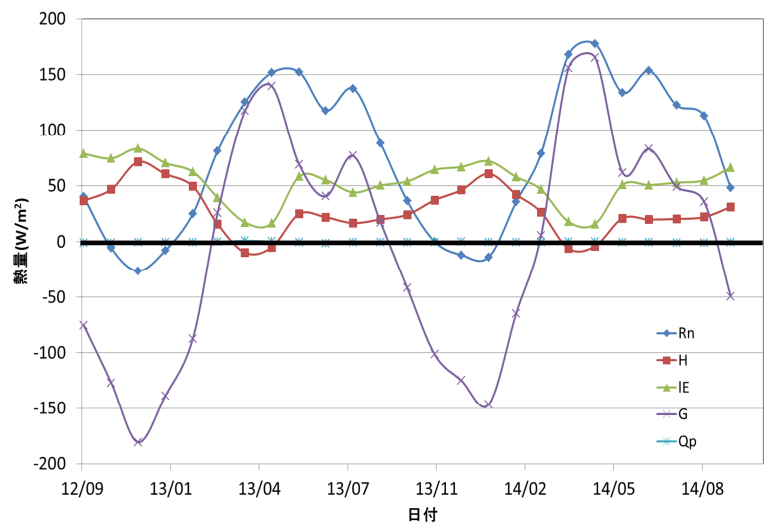


図 5. 計算された倶多楽湖の各熱収支項の月平均値変化(2012 年 9 月~2014 年 10 月の期間)

量の変化 G に注目すると、2013 年、2014 年ともに 3 月~9 月の期間で受熱 (正の G 値) を示し、10 月~2 月で放熱 (負の G 値) を示した。また、倶多楽湖において 2013 年より 2014 年の貯熱量が増加していることがわかる。2013 年、2014 年ともに 5 月にピークがあるが、2013 年は 139 W/m² に対して、2014 年は 165 W/m² と増加している。

なお、湖の貯熱量変化の年平均をとると 2012 年 10 月~2013 年 10 月の一年間で -10.2 W/m², 2013 年 8 月~2014 年 8 月の一年間で 7.2 W/m² という値をとった。この違いは、1 年間で G の積算はゼロとならず、深い湖の熱環境は気象変動の履歴を持って変動していることを示す。

今後は、気温の上昇や降水量の増加といった気候変動が倶多楽湖の熱収支にどのような影響を与えるか検討するつもりである。