

## 熱水域の熱収支と周辺水域への影響評価 - 北海道・倶多楽火山 -

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

### 1. はじめに

北海道南西部に位置する倶多楽火山（第四紀）は4万年前の噴火によって倶多楽湖（カルデラ湖、温帯湖）を形成した。倶多楽火山の西麓に位置する登別地熱水地域は、噴気・熱水活動が盛んであり、マグマ起源の流体の寄与が推定されている（松葉谷ほか、1977）。今年9月の御嶽山噴火を契機に、この地域には4段階の“噴火警戒レベル”が導入され、今後周辺地域の防災対策に力が入れられていく地域である。ここでは、登別地域の各湯沼（沸騰泉池・奥の湯・大湯沼）の水収支・熱収支を評価するとともに、隣接する倶多楽湖の湖底付近の水質変動を探ることで、登別熱水系が同湖へ与える影響について検討する。

### 2. 対象流域の概要と方法

各湯沼と倶多楽湖の観測点と観測項目を図1に示す。地質は主に第四紀火山噴出物からなり、断層や破砕帯がNE-SW・NW-SE方向に発達している。図1(A)の沸騰泉池で熱電対温度計（精度 $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ ）、倶多楽湖最深点で水温計 TidbiT（精度 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ）を垂直に34個、湖畔と大湯沼駐車場で気温・湿度・風速・風向・日射・雨量を連続観測している。また、図1(B)の赤点7ヶ所で調査時にCTD-Profilerを用い倶多楽湖の水温・水質の垂直分布を得ている。観測開始期間は登別では2013年10月から、倶多楽湖では2012年9月からで、2014年8月末からは倶多楽湖湖底に高精度水温計（精度 $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ ）を設置している。他に、大湯沼と奥の湯の水温について、2013年1月以降、登別温泉KKよりデータをいただいている。なお、気象データとして、さらに大湯沼の南西5.4kmの登別アメダス地点、24.9kmの室蘭地方気象台のデータを利用している。また、倶多楽湖の湖底コアを採取し、変水頭法で堆積層の透水係数を求めている。

### 3. 観測結果

図2に各湯沼の水温および気温・降水量の変化を示す。どの湯沼も降雨に対する応答は早く、沸騰泉池では最大180mm/dayの雨量に対し $40^{\circ}\text{C}$ 以上の水温低下が生じ、その後1週間程度で元の状態に回復したことがわかる。また、図3の6時間平均水温変動からは沸騰泉池の沸騰点の水温変動が日変動を示し、午前6時-12時の水温が一番低いことがわかる。倶多楽湖湖心の湖底付近では、profiler観測から相対的に高い水温と電気伝導度を得られ、湖底付近に降水起源の湖水とは異なる起源の地下水・熱水が流入していることが推定される。高精度温度計は約2ヶ月で $0.08^{\circ}\text{C}$ の上昇と大きな変動は見せなかったものの、不規則な細かい変動を示し、profilerの水温値と概ね合致する結果となった。

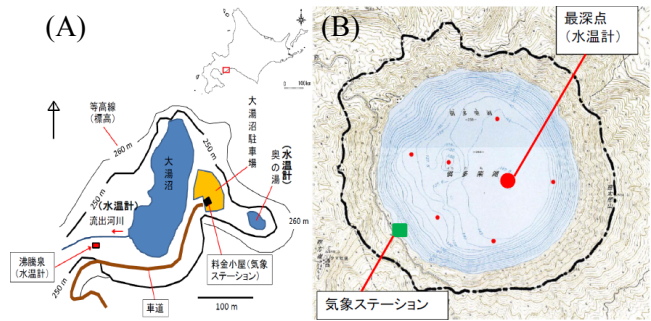


図1. (A)登別地熱水地域と(B)倶多楽湖における観測点の位置

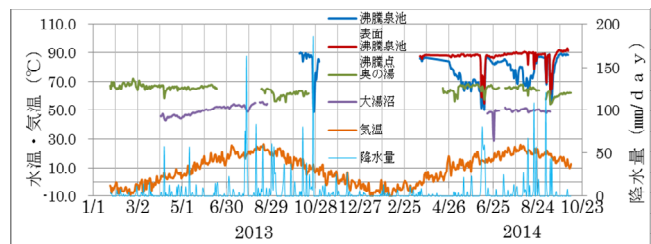


図2. 各湯沼の水温および気温・降水量の変化

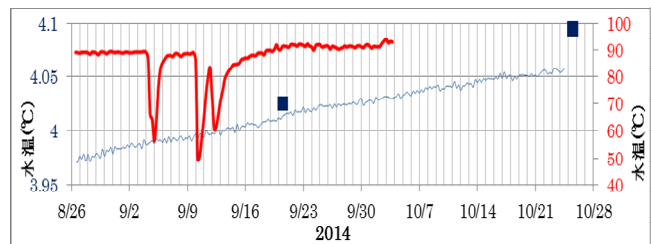


図3. 高精度水温計（青線）、Profilerによる倶多楽湖湖底水温（■印）と沸騰泉池水温（赤線；右軸）の6時間平均水温変動

### 4. 各湯沼の水収支・熱収支評価

登別の各湯沼で水収支・熱収支を評価した。結果として、河川流出量が正味の地下水流入量とほぼ釣り合っていることがわかった。熱の総流入量は奥の湯で平均19.9MW、大湯沼で68.7MW、沸騰泉池で87KWが得られた。ここで、地下水流入量を火山ガス成分（99%水蒸気）と熱水成分に分離した。その結果、正味の地下水流入量に対し火山ガスが占める割合は奥の湯21%、大湯沼42%、沸騰泉池47%と各湯沼間で大きな差が見られた。

### 5. 倶多楽湖の熱環境とその応答

倶多楽湖の湖底水温変動より地殻熱流量の変動を評価し、profilerより2014年9-10月の地殻熱流量が最大で $1.95(\text{W}/\text{m}^2)$ と見積もられた。この変動は登別の各湯沼での正味の熱流入量や火山ガス流入量の変動に対して遅れて応答することが考えられる。なお、湖底堆積層の透水係数は平均 $8.6 \times 10^{-4}(\text{cm}/\text{s})$ であった。今後は、この透水係数を考慮した地下熱水流のモデルを構築することを考えている。