

登別温泉大湯沼から流出する温泉の温度上昇試験  
(その2: 温泉水採取口の変更)

Assessment of the temperature increase of geothermal outflow water from  
Oyunuma in Noboribetsu spa  
(No2: An effect of a shift of geothermal water pipe line route)

藤本 和徳・鈴木 隆広・高橋 徹哉  
Kazunori Fujimoto, Takahiro Suzuki and Tetsuya Takahashi

Abstract

Oyunuma in Noboribetsu spa is filled with geothermal water. Geothermal water is overflowing from Oyunuma and it is flowing out through a pipe in Oyunuma. We made an experiment for the purpose of increasing temperature of the outflow of water. The first time, we intercepted low temperature inflow river water, but we couldn't accomplish our purpose. We had already reported about this. This time, we shifted the pipe line to a high temperature point. As a result of this experiment, the fact was proven that the outflow of geothermal water through a pipe increased approximately 12°C. The temperature of the outflow geothermal water in the summer season was 61°C, and in the winter season was 47°C. The temperature of overflow geothermal water from Oyunuma decreased only 1.4°C.

キーワード: 大湯沼, 登別温泉, 水収支, 熱収支

Key words: Oyunuma, Noboribetsu spa, water balance, heat balance

I まえがき

クッタラ火山の活動により形成された登別温泉大湯沼から流出する温泉水は、浴用に利用する場合に加温を必要とすることから、これまで未利用である。登別市では、高温の温泉水を採取する方法を地質研究所とともに検討するなか、1998年に流出する温泉水の温度上昇試験を行った。

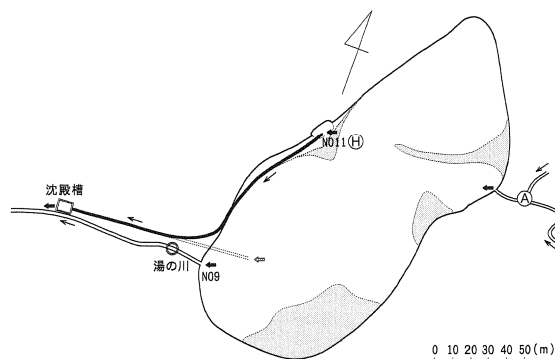
この試験は、大湯沼に流入する12~13°Cの沢水を遮断することで、流出する温泉水の温度を上昇させる方法であり、この結果については既に報告している(藤本他, 2001)が、3°C程度の上昇に過ぎず、目的を達成できなかった。

そこで、2000年3月から新たな方法として、温泉水を大湯沼から引湯しているパイプの採取口を沼内の高温部分に変更することで温度を上昇させる試験を行った。当所では開始から1年間、流出する温泉の温度を観測したので、その結果について報告する。また、温泉水採取口を変更する前年にも観測したので、あわせて報告する。

登別市観光室の奥村参事をはじめ職員の皆様には、現況調査において全面的な協力をいただくとともに、一部データを提供していただいた。また、当所広田知保環境地質部長に原稿の校閲をわずらわせた。ここに記し、感謝の意を表す。

II 温泉水採取口変更前の状況

大湯沼から流出する温泉水は、夏季と冬季で温度が異なる。その実態を把握するため、1999年6月29日か



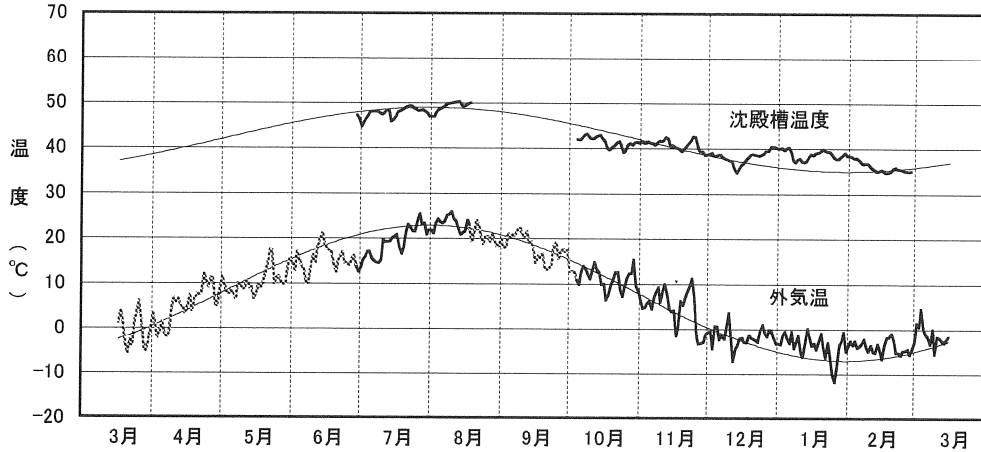
大湯沼のなかに灰色に塗りつぶした場所が4箇所あるが、これは1998年の実験時に、水面の上に現れていた粉碎された黒色の硫黄球による沈積物の分布を示したものである。しかし、1999年1月以降は、NO9地点付近をかき上げることによって水位が上昇し、水面上からは消失している。

第1図 大湯沼の形状と引湯経路

Fig. 1 The shape of Oyunuma and the route of pipe line.

ら2000年2月29日まで、流出する温泉水の温度(Tt1°C: 沈殿槽温度と呼ぶ)、および沈殿槽(約1m×約1m)から約30m離れた灌木の木陰で外気温(Tg°C)を計測した。沈殿槽温度とは沈殿槽から溢れ出ている温泉水の温度である。第1図に、大湯沼の形状とともに沈殿槽、引湯経路、大湯沼からの温泉水の溢れ出口、沢水の流入口等を示した。沈殿槽から溢れ出ている温泉水は、計測期間内を含むこれまでの間、NO9地点(第1図参照)より沼の内側まで数10m挿入している管により引湯(第1図の破線)されていた。

温度の計測にはティアンドディ社のデータ記録型の温度計「おんどとり」を使用し、測定記録間隔を1時間に設定した。計測の結果から毎正時24回の平均値を日温度とし第2図に示した。外気温の3月~6月と8



第2図 大湯沼の流出温泉水の温度と外気温 (温泉採取口変更前)

Fig.2 The temperature of outflow water and atmosphere temperature at Oyunuma. (Before shifting the pipe line.)

月～10月については、気象庁のアメダス気温月表より観測所「登別」のデータを記載している。

沈殿槽温度、外気温ともに年間を通してみると、ほぼ正弦波を示す形状で変化していることが解る。いずれも7～8月が最高温度、1～2月が最低温度である。沈殿槽温度は、夏季は約49℃、冬季は約35℃と、夏季と冬季で約14℃の温度差がある。沈殿槽温度と外気温の関係は第3図のように相関がみられ、関係を式で表すと以下の通りである。

$$Tt1 = 0.4 \times Tg + 38.9 \dots \text{①}$$

また、流入する沢水の量をA地点、流出する温泉の量を沈殿槽から下流約50mの地点で、それぞれ定量容器とストップウォッチで計測した。結果は第1表のとおりである。1999.10.4の流量は多く、これは10月2日の大雨(153mm:気象月報より)の影響によると考えられる。

第1表 大湯沼における流入・流出水量 (温泉採取口変更前)

Table 1 The rate of inflow and outflow water at Oyunuma. (Before shifting the pipe line route.)

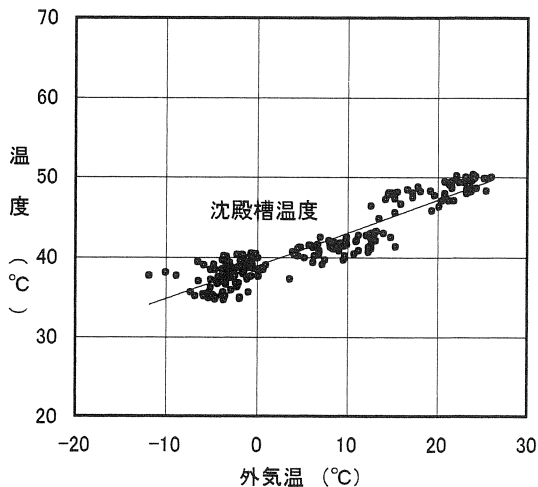
	流入する沢水	流出する温泉水
1999. 5.20	900L/分	2250L/分
1999.10. 4	1690L/分	3000L/分

### III 温泉水採取口変更後の状況

大湯沼の水温(水面下10cm程度での温度)は、1998年の調査において、概ね北側が南側より2～8℃高温であることが判明している。また、NO11地点付近(H地点)の水温は、沈殿槽温度より1.5～2.6℃高温であり、また、NO11地点では、噴気に伴い、88℃、約10L/分の温泉水の湧出を確認している(藤本他, 2001)。このため、沈殿槽へ導くパイプの温泉水採取口をNO11地点付近に変更することとした。工事は2000年2月29日から開始し、最終調整を3月14日に終了した。新たな引湯経路は第1図に実線で示した。

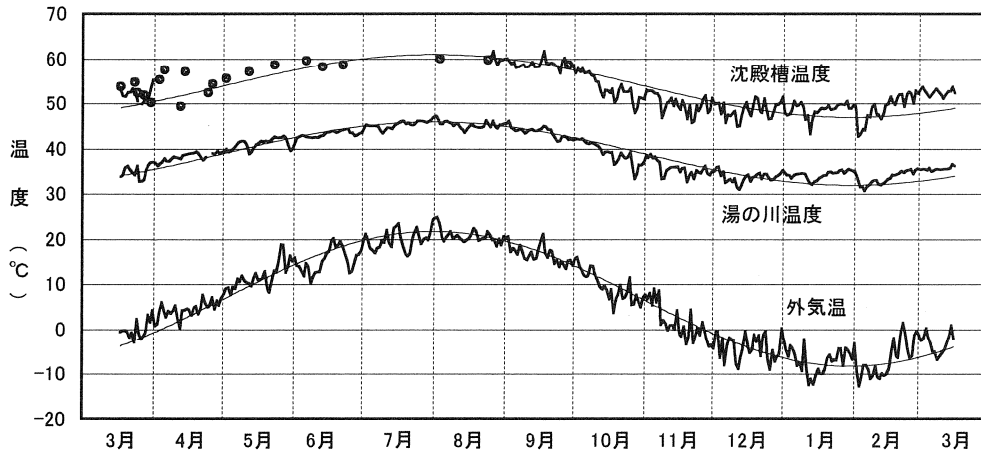
温泉水採取口変更工事の終了から1年間に渡って、変更前と同様に、沈殿槽温度(Tt2℃)、外気温(Tg℃)を計測した。このほかに、大湯沼の温泉水は沼の南西端(NO9地点)から溢れ出ることも流出しており、2000年2月22日からは、大湯沼から溢れ出て流出する温泉水の温度(Ty℃:湯の川温度と呼ぶ、第1図参照)も計測した。温度の計測方法は温泉水採取口変更前と同様である。

計測結果については第2図と同じ表現とし、第4図に示した。ただし、外気温については全て現地計測したものである。また、沈殿槽温度については、4月から8月まで欠損したため、登別市観光室がサーミスター温度計で数日間に1回の割合で計測したものを示した。



第3図 沈殿槽温度と外気温の関係

Fig.3 The relationship between outflow water temperature and atmosphere temperature.



第4図 大湯沼の流出温泉水の温度と外気温 (温泉採取口変更後)

Fig. 4 The temperature of outflow and overflow water, and atmosphere temperature at Oyunuma. (After shifting the pipe line route.)

年間を通してみると沈殿槽温度、湯の川温度、外気温ともに第2図と同様に正弦波を示す形状で変化している。沈殿槽温度は、夏季は約61°C、冬季は約47°Cである。沈殿槽温度と外気温、湯の川温度と外気温の関係は第5図のように相関がみられ、関係を式で表すと以下の通りである。

$$Tt2 = 0.4 \times Tg + 51.2 \dots \dots \textcircled{2}$$

$$Ty = 0.4 \times Tg + 36.1 \dots \dots \textcircled{3}$$

沈殿槽温度は湯の川温度に比べ、「②式-③式」より約15°C高温であることが解る。

水量は温泉水採取口の変更前と同様の方法で計測した。ただし、流出する温泉水の計測地点は、NO9地点および沈殿槽である。結果については、登別市で計測した値も含めて第2表に示した。

第2表 大湯沼における流入・流出水量 (温泉採取口変更後)

Table 2 The rate of inflow and outflow water at Oyunuma. (After shifting the pipe line route.)

	流入する沢水	流出する温泉水	
		大湯沼	沈殿槽
2000. 3.14 (登別市計測)	—	—	1200L/分
2000. 3.15 (登別市計測)	—	—	1400L/分
2000. 4. 3 (登別市計測)	—	—	1400L/分
2000. 9.28	1150L/分	910L/分	810L/分

#### IV 流出温泉水温度の検証

温泉水採取口を変更したことで、「②式-①式」より約12°C高温の温泉水を沈殿槽で採取出来るようになった。しかし、大湯沼から溢れ出る温泉水の温度すなわち湯の川温度は僅かな低下でおさまっている。ここでは、大湯沼の温度低下量を計測結果から推定し、その結果を熱量からも検証する。

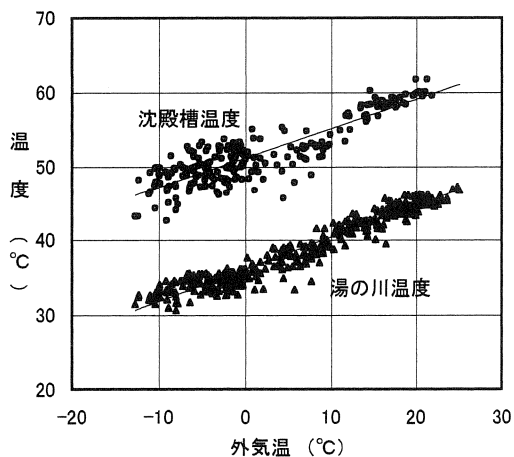
##### 計測結果からの推定

まず、1998年の調査において大湯沼の南側の水温は、沈殿槽温度 (Tt1) とほぼ等しいことを確認しているため、温泉水採取口変更前の大湯沼の南側の水温 (T1°C) は以下のとおりである。

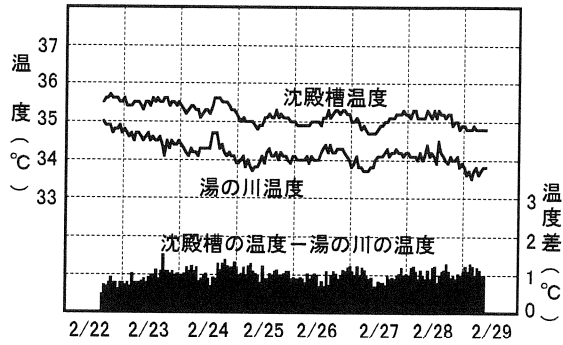
$$T1 = Tt1 = 0.4 \times Tg + 38.9 \dots \dots \textcircled{4}$$

2000年2月22日から同年2月29日までに計測した、沈殿槽温度と湯の川温度を第6図に示した。明瞭な相関がみられ、1°Cの温度差があることが解る。すなわち、大湯沼の南側の水温は「湯の川温度+1」°Cといえる。

次に、気象庁のアメダス気温月表より、観測所「登別」における、1999年4月~2000年3月 (温泉水採取口変更前) および2000年4月~2001年3月 (温泉水採取口変更後) の月平均気温を比較すると、8月~12月



第5図 沈殿槽温度と外気温、湯の川温度と外気温の関係  
Fig. 5 The relationship between overflow water temperature and atmosphere temperature, between overflow water temperature and atmosphere temperature.



第6図 沈殿槽温度と湯の川温度

Fig. 6 Outflow water temperature and overflow water temperature.

まではいずれも後者が低く,年平均でも後者が $0.9^{\circ}\text{C}$ 低い。ここで,温泉水の温度変化は,①,②,③式より,外気温変化の $0.4$ 倍であることから,温泉水採取口変更後の1年間における温泉水の温度は,変更前の1年に比べて $0.36 (=0.9 \times 0.4)^{\circ}\text{C}$ 低いと推定できる。

すなわち,温泉水採取口変更後の大湯沼の南側の水温( $T_2^{\circ}\text{C}$ )を,変更前年の外気温と同じ条件にすると以下のとおりになる。

$$T_2 = T_y + 1 + 0.36 = 0.4 \times T_g + 37.5 \dots \text{⑤}$$

この結果,「④式-⑤式」から,温泉水採取口の変更により,大湯沼の南側の水温は $1.4^{\circ}\text{C}$ 低下したことが解った。

#### 熱量からの検証

温泉水採取口変更後と温泉水採取口を変更しなかったと仮定した場合の沈殿槽温度の差は,(②式-③式-1)であることから $14.1^{\circ}\text{C}$ である。大湯沼から放出される熱量のうち,沈殿槽から溢れ出る温泉水によって放出される熱量は,溢れ出る量を $1,000\text{L/分}$ とすると,温泉水採取口変更によって $14,100 (=14.1 \times 1,000)$  kcal/分増加したことになる。

放出熱量を等しくするためには,この熱量と同量分だけ蒸発による熱量,すなわち蒸発量が減少したと考える。温泉水の潜熱を $570\text{kcal/kg}$ ,比重を $1\text{kg/L}$ とすると,蒸発量は $25 (=14,100 \div 570 \div 1)$  L/分減少したと考えると整合がとれる。

大湯沼における水面からの蒸発量(SL/分)は,須川(1959)により,表面積( $A\text{m}^2=15,000\text{m}^2$ )および水温( $T^{\circ}\text{C}$ )の3乗に比例することが明らかにされている。

$$S = A \times 4 \times 10^{-7} \times T^3 = 0.006 \times T^3 \dots \text{⑥}$$

⑥式より,水温 $45^{\circ}\text{C}$ 付近では水温が $1^{\circ}\text{C}$ 低下すると蒸発量は約 $35\text{L/分}$ 減少することから,蒸発量が $25\text{L/分}$ 減少したということは,水温が $0.7 (=25 \div 35)^{\circ}\text{C}$ 低下したことになる。

採取口を変更することによって以前より約 $12^{\circ}\text{C}$ 高い温泉水を採取しても,計測結果からは溢れ出る温泉水は $1.4^{\circ}\text{C}$ の温度低下で済み,一方,熱量からの検証でも温度低下は $0.7^{\circ}\text{C}$ 程度に過ぎないことが推定できた。従って,温泉水採取口を変更しても,大湯沼の水温は大きく温度低下しないことが解った。

## V あとがき

登別温泉大湯沼では,温泉水採取口の変更で夏季には約 $61^{\circ}\text{C}$ ,冬季には約 $47^{\circ}\text{C}$ の温泉水を採取できることが確認できた。浴用で利用する場合,利用施設までの引湯や貯湯槽での温度低下を考慮すると,冬季における $47^{\circ}\text{C}$ の温泉水は,浴槽内では適温より若干低い温度になることが懸念される。さらに,採取される温泉水の温度の変動が大きく,冬季には $43^{\circ}\text{C}$ 程度になることもあり,この温度では相当低い温度になってしまう。

浴用において加温を必要としない温度としては,沈殿槽で $50^{\circ}\text{C}$ 以上を確保したい。このためには,現在利用している「奥の湯」から湧出する温泉水と沈殿槽の温泉水を混合することも一方法と考えられる。

大湯沼から流出する温泉水の温度,すなわち大湯沼内の温泉水の温度は,外気温によって年変動していることが解った。しかし,今回の報告で短時間での変動について言及するまでには至らなかった。おそらく,外気温,日射,風速,および降雨などが影響していると考えられるが,これらの解明は次の課題である。

## 文 献

- 藤本和徳・鈴木豊重(1998):大湯沼現況調査。北海道立地下資源調査所技術普及指導報告, 3p.
- 藤本和徳・松波武雄・鈴木豊重・川森博史(2001):登別温泉大湯沼から流出する温泉の温度上昇試験(その1:流入する沢水の遮断)。北海道立地質研究所報告,第72号, 111-114.
- 須川 明(1959):高温な水面からの蒸発量。北海道大学地球物理学研究報告, 7, 63-70.