

5)火山性河川水に由来する化学成分の地下水における挙動 地下水位と水温の関連性について(第2報)

小林 頼正 小笹 康人

要 旨

白川中流域における白川河川水を用いた地下水かん養について、湛水期を含めた1年間の地下水位と地下水温の関連性について検討した。その結果、湛水した水が浅層地下水に達するまでに30～40日間要すると考えられ、また、湛水した水が地表で受けた温度の影響により浅井戸水温が変化すると推測される。浅井戸地下水位の変化は、水平方向への移動や地域外への流出により地下水位の上限が見られた一方で、湛水期以外(11～5月)では、外部からの供給が行われていると考えられる。深井戸の地下水位及び水温の変化については、白川及び浅井戸からの漏出等外部からの流入が考えられるが特定することはできなかった。

キーワード：地下水，水温，水位

はじめに

熊本市を含む熊本地域では、水道水のほぼ100%を地下水に依存しているが、その地下水位は低下傾向を示している。地下水位の低下要因として白川中流域における宅地化、減反政策による水田の減少等かん養面積の減少があると言われている。このことから地下水量回復対策のひとつとして、白川中流域の転換畑において火山性河川の白川河川水を使った水田活用事業が実施されている。白川河川水を用いた地下水かん養については、平成10年度に熊本県と熊本市共同で熊本地域地下水かん養水質調査事業(以下「調査事業」という。)が実施され、その成果が平成10年度の報告書¹⁾(以下「調査事業報告書」という。)に残されている。

2008年は、この調査事業の補足調査を実施する中で、湛水前後の地下水位と地下水温の変動及びその関連性について報告した²⁾。

本報では、湛水期を含めた2007年2月から2008年2月までの1年間の地下水位と地下水温の関連性について検討したので報告する。

調査方法

1 調査地点

主な調査は、白川中流域に位置する大津町岩坂・中島地区の浅層、深層観測井及び迫井手堰で行った。観

測井は浅層地下水位を計測する井戸深度20mの浅井戸観測井と深層地下水位を計測する井戸深度60mの深井戸観測井である。調査地域及び観測井の位置を図1に示す。これらの観測井は、調査事業において地質調査のため掘削されたものを観測井用に改修した井戸である。この観測井は、調査事業終了後は熊本市で管理され地下水位のモニターが継続されている。

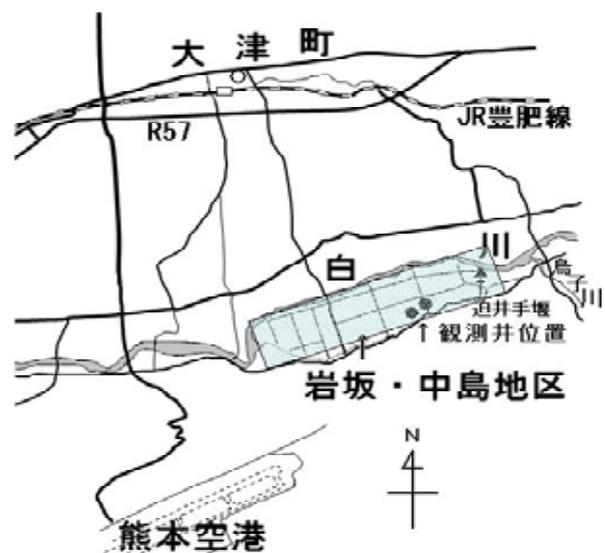


図1 調査地点の位置

表 1 温度ロガー設置状況

	設置井戸	設置場所	設置目的
温度ロガー	浅井戸	地表	井戸上部(地表)の温度を測定するため
温度ロガー	浅井戸	地表から15m	浅井戸の水温を測定するため
温度ロガー	深井戸	地表から30m	浅井戸と深井戸の中間の温度を測定するため
温度ロガー	深井戸	地表から58m	深井戸の温度を測定するため(ロガーの確認のため)
温度ロガー	深井戸	地表から60m	深井戸の水温を測定するため

2 調査項目

地下水位は、各観測井の1時間ごとの観測データを用いた。水位計：横河電子機器(株)製 W431、精度 0.1%/ 0-10 m F.S。水温は、水中投入型の温度計測器(オンセットコンピュータ社製温度ロガー：UTBI-001、計測精度：± 0.2)を水位計のコード等に表1のとおり結びつけて井戸の中に垂下設置し、正時刻毎の水温及び井戸内部温度を計測した。

また、水温データは一月ごとに回収した。

結果及び考察

(1)浅井戸、深井戸、迫井手の水温等

浅井戸、深井戸、迫井手の水温及び井戸上部の温度の関係を図2に示す。地下水温は6月中旬から7月上旬の一定期間を除いて、浅井戸地下水の方が深井戸地下水より、3～4程度高くなっている。また、浅井戸地下水は、11月上旬～6月中旬までの約8ヶ月間、深層地下水は8月上旬～6月中旬までの約11ヶ月間は水温がほぼ一定である。

井戸上部の温度と迫井手の水温については、外気及び天候から大きな影響を受けており、大きく変動しながら、夏季に向かうに連れ上昇している。また、井戸上部の温度と迫井手の水温を比較すると、井戸上部の温度の方が高くなっている。これは、日差し及び土壌からの熱供給により迫井手より温度が高くなっていることを示しており、田に湛水された水も井戸上部の温度と同様の温度変化を示していると考えられる。

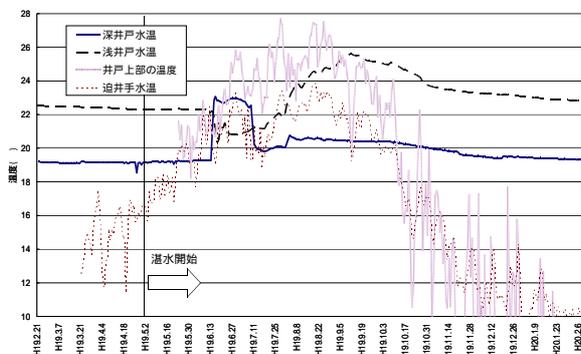


図2 各井戸、迫井手の水温等の変化

(2)浅井戸の水温及び水位について

浅井戸の水温、井戸上部の温度(移動平均)、迫井手の水温(移動平均)及び浅井戸の水位を図3に、特に湛水開始時期の浅井戸の水温と水位の関係を図4に示す。なお、井戸上部の温度及び迫井手の水温は14日間の移動平均として示している。

図4から、浅井戸の地下水位は5月上旬から上昇を始め、6月10日から急激に増加している。また、6月10日の地下水位の上昇と共に水温が大きく変化し始めている。

水位については、岩坂地区の田の湛水が5月上旬から始まるため、湛水の田数が増加するに伴い、圧力が増加し、水位が上昇したと考えられる。

水温については、浅層地下水面は高水位時には地表から約7m(標高83m)、低水位時には約13m(同77m)の深さにあり、この深度は一般的には地温と地下水温が一致する恒温層の深度に近いと考えられる。しかし、図4が示すとおり、浅井戸では湛水開始日(5月上旬)の約30～40日後(6月上旬)に水温低下の変化と水位の急上昇とが現れた。このことから、地表で湛水された水が非常に透水性の高い土壌を移動し、浅井戸の地下水温の変化に反映されたと考えられる。

ここで、浅井戸の水温変化と井戸上部温度(移動平均)変化が、ほぼ一致するよう図3の井戸上部温度(移動平均)のグラフをずらしてみた(図5)。30日後ろにずらすことで、浅井戸の水温の変化とほぼ一致する。

井戸上部温度は、地表温度を示しているため、田に湛水した水の水温とほぼ一致していると考えられる。

よって図5からも、湛水した水が、地表で暖められ、約30日で浅層地下水に達していることが推測される。

また、井戸上部気温と浅井戸の水温変化が6月上旬から10月下旬まで一致することから、6月上旬から10月下旬までは、湛水することで浅層地下水に地下水が供給されていると考えられる。

(3)湛水農地数と浅層地下水位の関係

熊本地域の地下水かん養量約7億 m^3 のうち約1億 m^3 は、白川中流域の水田からのかん養によるもので

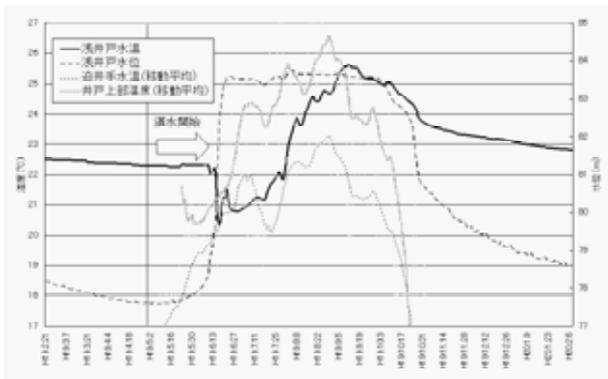


図3 浅井戸，迫井手，井戸上部の水温，温度，水位

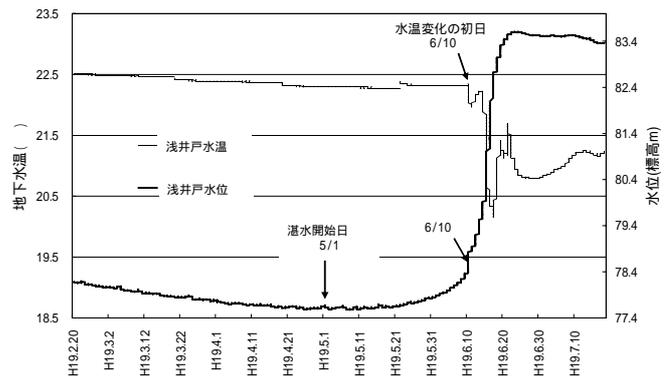


図4 湛水期の浅井戸の水温及び水位

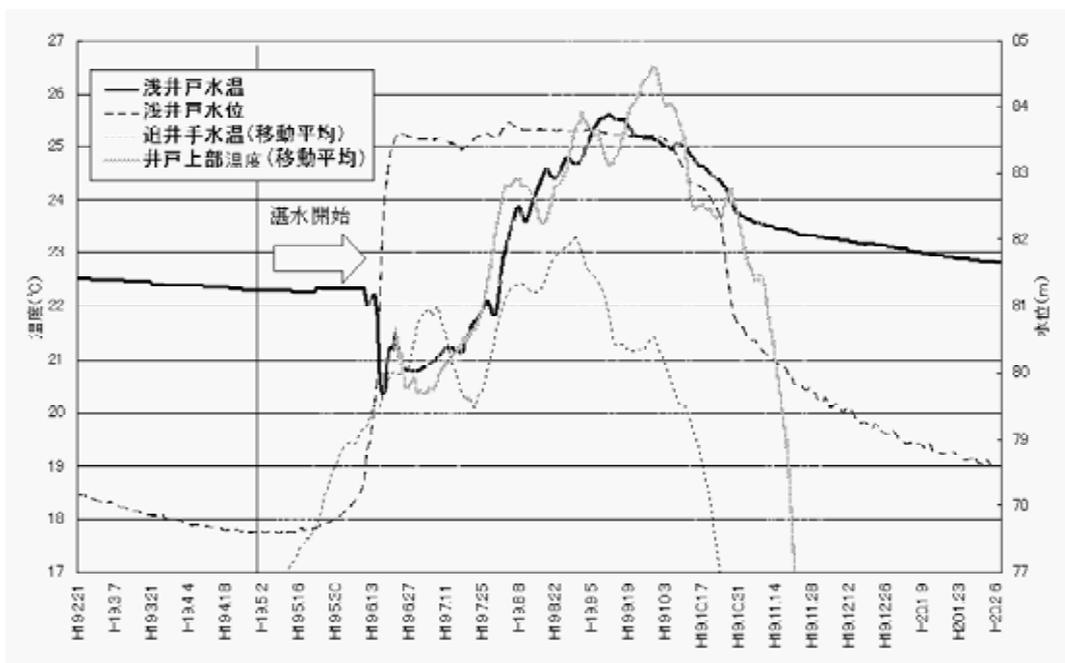


図5 図3の井戸上部温度（移動平均）をずらした図

あるといわれており³⁾、熊本市及び企業等が助成主体となって、白川中流域水田を活用した地下水かん養事業を行っている。この事業は、白川中流域で、白川の河川水によってかんがいされる休耕田を対象に、5月から9月に湛水すると面積当たりで助成されるというもので、平成16年度から実施されている。

調査地区において平成17,18年に水田活用事業に基づき湛水された状況下の浅井戸の地下水位の経年変化と湛水実施農地数を図6に示す。図6から湛水は5月上旬から始まり、6月下旬に岩坂・中島地区を合わせ湛水農地数が最大で9月末には終了している。この湛水に連動するように地下水位は大きな上昇を示した。

また、浅井戸水位が例年83m～84mに上限が見られる理由に、白川の浸食によって形成された透水性・難透水性の地層からなる凸凹型の形状と、鉛直・水平方向への透水移動速度の差が関係すると考えられる。湛水により、難透水性の地層で形成される凹部に水が溜まり水位は上昇するが、その部分の上限を超えると隣の凹部に流出し、さらには地域外への流出の結果、地下水位の上限が見られると考えられる。

湛水が終了する10月上旬から下旬は、地表からの圧力がなくなることで水位は急激に低下している。さらに、湛水による地下水の供給がなくなる、11月から3月までの緩やかな水位低下については、深層への漏出、調査地区外への流出等が考えられる。なお、水

位が上昇を始める時期は H17: 3 月中旬, H18: 3 月上旬, H19: 5 月上旬と統一性がない。しかし, 3 年とも共通して湛水農地数が急激に増加する 6 月上旬には水位は急激に増加している (理由は(2)で既述)。よって, 水位が上昇を始める時期を始め, 11 ~ 5 月の水位の変動は湛水の影響ではなく, 外部からの供給による影響が大きいと推測される。

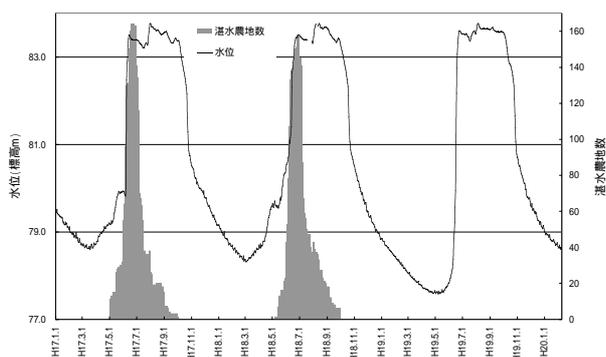


図6 浅層地下水位と湛水農地数

(5) 深井戸の水温の変動について

深井戸の水温, 深井戸最下部から 2 m 及び 30 m 上部の温度, 井戸上部の温度 (移動平均), 迫井手の水温 (移動平均) 及び深井戸の水位を図 7 に示す。なお, 井戸上部の温度及び迫井手の水温は 14 日間の移動平均として示している。

図からわかるように深井戸の水温に季節変動は見られないため, 井戸上部の温度, 迫井手の水温と深井戸の水温に相関関係はない。

また, 深井戸最下部から 30 m 上部の温度については, 6 月末からのデータではあるが, 22.8 から 24.3 でほぼ安定している。これから地下 30 m 以下では, 外気及び天候等の影響は受けず, ほぼ一定であることがわかる。しかし, 深層地下水では 6 月 13 日から水温が 3.7 上昇し, 7 月 9 日から逆に低下している。その他の期間では, 19.2 から 20.7 でほぼ安定している。これについては, 深井戸最下部から 2 m 上部の水温もほぼ一致している。この水温の変化については, 火山, 温泉等の影響・他地域からの流入・白川からの直接の流入など多くの要因が考えられるが, 原因は不明である。

このように, 深層地下水の水位と水温, 外気温等については相関関係がないと考えられるが, 6 月中旬から 7 月上旬までの水温変化の原因を究明するため, 今後も調査を継続する予定である。

(6) 深井戸の水位と水温の関係

深井戸の水位と水温について, 図 8 に示す。なお水位については, 5 月上旬から 6 月中旬は測定機器の測定範囲を超えたことによる欠測, 8 月中旬から 9 月中旬は機器の電気的な故障による欠測があった。

水位については, 5 月下旬がもっとも低く, そこから上昇し, 10 月上旬に最も高くなりその後, また低下している。この増減については, 他地域からの流入が要因か浅井戸からの漏出が要因かは断定できない。

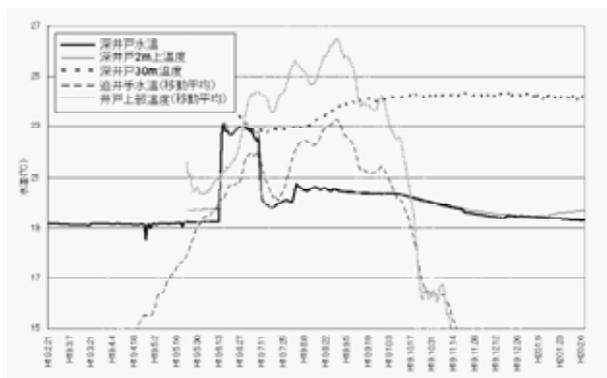


図7 深井戸, 迫井手の水温及び井戸上部の温度

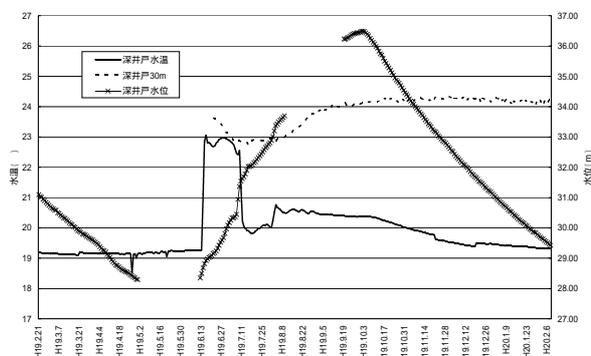


図8 深井戸の水位と水温

(7) 白川の水位と浅井戸, 深井戸の地下水位について

浅井戸及び深井戸がある大津町岩坂地区の近くにある国土交通省陣内観測所の白川の水位データ及び浅井戸・深井戸の地下水位を図 9 に示す。

白川の水位は, 平均 80 m にあり, 降水量が増加するに伴い上昇している。

また, 湛水の影響で水位が高くなる 6 月中旬から 10 月下旬までは, 浅井戸の水位が白川の水位を上回っている。このことから, 浅井戸の方が水位が低くなる 11 月から 5 月まで期間は白川からの地下水へ水が流入している可能性もあるが, (2) に示すとおり, 当該期間

は白川の水温（迫井手の水温）と浅井戸水温に相関が見られないことから白川からの流入はないと推測される。

謝 辞

水位データを提供いただいた熊本市水保全課に深謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 熊本県・熊本市・アジアプランニング㈱「平成 10 年度熊本地域地下水かん養水質調査事業業務委託報告書」平成 11 年 3 月。
- 2) 小笠 康人「熊本県保健環境科学研究所報」36,63 (2006)。
- 3) 熊本県・熊本市「熊本地域地下水総合保全管理計画」平成 8 年 3 月。

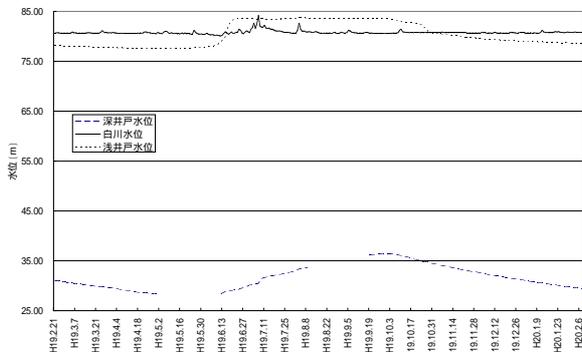


図9 白川の水位と浅井戸，深井戸の地下水位

ま と め

今回の調査では，深層地下水温が浅層地下水温より低い結果が得られた。湛水に伴う複雑な浅層地下水温の低下及びその後の上昇は，湛水された水が地表で受けた温度を持ったまま浅層地下水に流入しているためと考えられた。また，湛水した水が浅層地下水達するまでに 30 ~ 40 日間要すると考えられる。H17,H18 年水田活用事業に伴う浅井戸地下水位の変化は，湛水農地数に連動し上昇したが，水平方向への移動や地域外への流出により地下水位の上限が見られた一方で，湛水期以外（11 ~ 5 月）では，外部からの供給が行われていると考えられる。

また，深井戸の地下水位及び水温の変化については，白川及び浅井戸からの漏出等外部からの流入が考えられるが特定することはできなかった。