琵琶湖水位が安曇川扇状地の自噴井の水頭に及ぼす影響について

岸 和央* 田瀬則雄**

キーワード:扇状地、自噴井、地下水

I. はじめに

扇状地に形成される自噴井は日本各地に数多くみられる。例えば富山県黒部川扇状地や庄川扇状地、静岡県富士川扇状地、愛媛県道後平野の扇状地などが自噴井が分布する扇状地として挙げられる。扇頂から扇央にかけての扇状地を流れる河川からの十分な伏流水の供給により地下水涵養され、扇端部に形成される自噴帯で地下水となって湧出している。これらの地域では現在でも地下水を利用するために家庭用や工場用などの自噴井が設けられている。

現在でも地下水利用が可能な扇状地は全国的にみられるが、その一つに琵琶湖西岸の安曇川扇状地があげられる。安曇川扇状地に形成される自噴地下水を利用した水場は"カバタ"と呼ばれ、この地域の住民によって利用され、観光資源になっている。この水場は数十年前から引き継がれ、現在でも水の利用用途ごとに段差を利用した水利用(水船)がされている(図1)。このような自噴地下水の利用を行っている安曇川扇状地において自噴水頭の変化を把握することは、持続的な水利用を可能にするためにも重要である。



図1 カバタの例(針江集落の家庭用水場)

本研究は、滋賀県安曇川扇状地において2009年12月から2010年12月まで定期観測した家庭用自噴井の自噴水高と琵琶湖水位、気象庁で観測されている今津の降水量の関係を明らかにすることを目的とする。

Ⅱ. 調査地概要

安曇川扇状地は琵琶湖西部に位置し、比叡山脈から琵琶湖に流れる一級河川である安曇川によって形成された扇状地である(図2、図3)。扇端部では自噴井が形成され、安曇川北部扇状地のある集落では、現在でも自噴地下水を利用した水利用・水文化が残り、そこの水場を

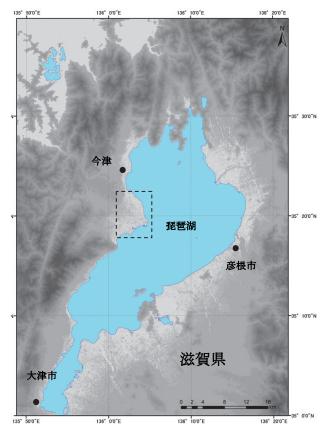


図2 調査地 (囲み部分が本研究対象地域)

- * 立正大学地球環境科学部
- ** 筑波大学名誉教授

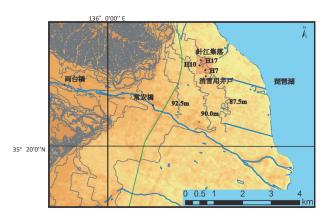


図3 安曇川北部扇状地と観測地点

「カバタ」と呼び、三段階の水場(水船)を現在でも用途に分け利用している。調査を行った地域住民からのヒアリングによると「通常、この地域では自噴地下水が多くみられるが、少雨であった1994年には自噴の停止や自噴量の低下が生じた地点がある」と言われているが、当時の水頭変動や水量に関する記録は確認できていない。

地下水の流動方向下流には琵琶湖があり、琵琶湖 の基準水位B.S.L (Biwako Surface Level) ± 0 mは 「T.P. (Tokyo Peil): 84.371m | とし非洪水期 (10月16 日~6月15日) には 84.671m (B.S.L+0.30m) を上回ら ないように管理され、洪水期 (6月16日~10月15日) に は84.171m (B.S.L-0.20m) 及び84.071m (B.S.L-0.30m) を下回るように管理されている。このように、琵琶湖の 水位は琵琶湖開発総合監理所によって治水・利水を目的 に水位管理がされているため、1994年の渇水時の観測史 上最低水位のB.S.L. -1.23m、1995年の洪水時の観測史 上最高水位のB.S.L. +0.93mを超える水位は観測されてい ない。針江集落とその周辺地域住民に対するヒアリング によれば少雨であった1994年には自噴量が極度に低下し、 一部では自噴の停止がみられた。また、1995年は多雨で 自噴量が例年以上に豊富であったことも記憶されてい る。1994年・1995年と増減が激しい年が2年連続したた め、水利用・文化が残るこの地域の多くの住民の記憶に 残っている。

この地域の自噴地下水について調査を行ったKishi&Tase (2011) によると2010年12月時点の安曇川北部扇状地の自噴境界は標高約88mであり、岸・菅野 (1966) の調査結果との比較から、およそ50年経った現在でもほとんど後退していないことが明らかとなっている。50年前にくらべ水田面積は減少傾向にあり、またポンプによる揚水量が増加しているが、自噴境界の後退はみられていない。

Ⅲ. 調査方法

2009年12月から2010年12月までの期間で安曇川北部扇状地の家庭用井戸の所有者の協力を得て、図3の3地点(H7、H10、H17)の自噴井の自噴高を週一回程度の頻度で定期観測を行った。観測には宮下(2009)や鈴木ら(2005)を参考に作成したゴム栓とナイロンチューブからなる簡易式パッカーを使用し、管頭からの自然水頭を測定し、標高値に換算した。また、2010年12月から2011年7月までの期間で国土交通省近畿地方整備局所管の消雪用井戸(深度51.0m)に水位計を設置し水位変動の把握を行った。

Ⅳ. 結果

2009年12月~2011年12月まで家庭用の自噴井の自噴高を地盤標高に換算したものを図4に示した。家庭用自噴井の自噴水頭はH7で87.21-87.46m、H10で86.40-86.58mであった。2009年12月~2010年8月で観測を行なったH17は86.98-87.20mであった。井戸深度は今から数十年前にさく井したものが多く、正確な記録には残ってはいないが、おおよそ10mから30mほどの深さにある砂礫層中の被圧地下水の自噴井であるという。そのため、本研究において協力をいただいた地点の井戸深度についても住民からのヒアリングをもとに表記している。

家庭用自噴性の自噴水頭をモニタリングした3地点のうち、H7(深度約10.0m)のみ観測期間中で継続した観測ができたが、H17(深度約26.0m)は途中の2011年8月に所有者の都合により観測を中断し、また、H10(深度約14.0m)については井戸の形状上、簡易パッカー使用時に周囲からの漏水がみられるため、若干の誤差があるものと考えられる。

2009年12月から2010年12月までの期間で国土交通省近畿地方整備局所管の消雪用井戸(深度51.0m)の自噴高を地盤標高に換算したものを図5に示した。ポンプの稼働する12月から3月は一時的に水位が低下することがあるが、ポンプが停止すると自噴水頭は概ね88mであった。

Ⅴ. 考察

家庭用井戸において地下水の自噴高モニタリングを 行った地点では年間を通しておよそ20cm程度の変動が 認められ、夏季にやや水位が上昇する傾向がみられた (図4)。特に、灌漑期に入る5月からの自噴水頭は上昇

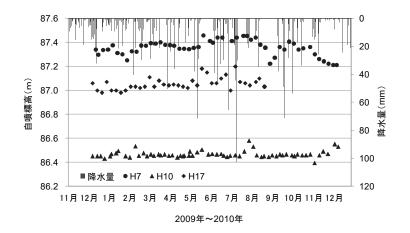


図4 自噴高モニタリング

(針江集落H7、H10、H17地点は図3参照、今津降水量(気象庁))

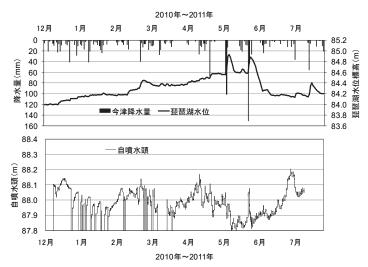


図5 2010年12月から2011年7月までの今津降水量と琵琶湖水位, 消雪用井戸の自噴水頭モニタリングの関係(消雪用井戸 図3参照)

(上図は今津降水量(気象庁)と琵琶湖水位標高の関係,下図は2010年12月から2011年7月まで設置した国土交通省所管消雪用井戸における自噴水頭標高の推移)

し、翌6月16日から琵琶湖開発総合監理所によって琵琶湖水位が管理され放流が始まったのちに地下水位は維持ないし低下を始めることから、琵琶湖水位が扇状地の地下水位を規定していると推察できる。そこで、図6に年間を通して観測することができた地点H7において直近7日間の積算降水量(今津)と自噴標高の関係を示した。灌漑期(5月~10月)には年間の自噴標高平均(約87.35m)より高く、降水量との関係はみられなかった。逆に非灌漑期には降水量に比例する傾向が認められた。非灌漑期の自噴標高は降水量が多いと上昇する傾向が示されたことから、非灌漑期には降水量による影響を受けやすいことが明らかになった。一方、琵琶湖の灌漑期および非灌漑期の水位は、琵琶湖水位平均(BSL約84.28m)を基準として、気象庁で観測されている今津

降水量の直近7日間の積算降水量との間に明瞭な関係は 認められなかった(図7)。

家庭用の自噴井よりさらに深い井戸として、深度51.0m (スクリーン:19.0~37.0m、42.5~48.5m)の国土交通省近畿地方整備局所管の消雪用井戸で、2010年12月~2011年7月までの間、同整備局の協力を得て自記水位計を設置し毎時観測した自噴高の結果を図5に示した。冬季にポンプを利用(12月~3月)して揚水を行なった場合、稼働期間に応じて水位は低下し、揚水を停止すると速やかに水位回復が認められた。冬季から夏季にかけての水位標高はおおむね88m前後を推移していた(図5)。灌漑期(5月~)が始まると降水量に関係なく自噴標高は上昇し、6月16日から琵琶湖開発総合監理所によって琵琶湖水位が管理され放流が始まったのち約半月

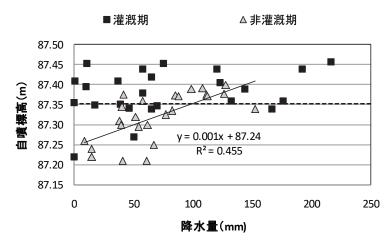


図6 自噴高 (H7) と今津降水積算量の関係 (出典:気象庁HP) 破線は2009年12月から2010年12月までのH7における自噴標高 (m) の平均

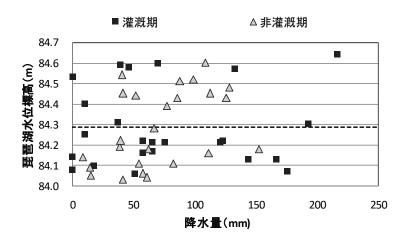


図7 湖水位と今津降水積算量の関係(出典:気象庁HP) 破線は2009年12月から2010年12月までの琵琶湖水位標高(m)の平均(出典:水文水質データベース)

遅れて地下水位が低下を始めることから、琵琶湖水位が 扇状地の地下水位を規定していると推察できる。

そこで、H7の自噴水頭と湖水位の関係を灌漑期、非 灌漑期それぞれを図8と図9に示した。地下水位と湖水 位の関係には灌漑期には有意な相関がみられない一方で、 非灌漑期には比較的有意な相関がみられたことからも、 地表面に張られる田面水がない時期は降水からの影響に より、地下水位と湖水位が上昇すると考えられる。図9 において回帰線からやや外れたものは直近の降水量が多 いもの、特に1月第2週目と11月第1週目の降水積算量 が90mmに達しているものは顕著に外れている。三角は 45mm以上の降水量の時である。一番左の三角は11月第 1週目、2つ目と3つ目の三角は1月の第1週目と第2 週目、白丸は1月の第3週目である。1月の第3週目は 16mm程度であったが、直近の降水量が多かったことか ら、1月の第3週目よりも琵琶湖水位は低下しているも のの自噴標高は上昇したと考えられる。このことから、 扇状地の地下水は降雨強度による影響も受けやすいことがわかる。図10に示すように図9で示した三角の直近の降水積算量が45mm以上の時期を除くと R^2 =0.88となることから、降雨量が45mm以下では地下水と湖水位が平衡に近い状態(浸透水がないもしくは少ない状態)が保たれていると考えられる。

灌漑期の湖水位は治水・利水を目的に水位を下げるようにコントロールされている。地下水位は地表水、主に田面水の影響を受けることにより上昇することが考えられる。そのため、灌漑期の地下水位と湖水位との関係に明瞭な関係が見られなかったと考えられる。

小林・石田(1986)より琵琶湖岸や湖底からの琵琶湖への地下水の湧出が認められている。そのため、湧水もしくは揚水されない地下水は湖方向へ流動し、琵琶湖底から湧出すると考えられ、この時の地下水と湖水が平衡に近い状態が維持されることで、地下水ポテンシャルは維持されていると考えられる。そのため、降水量は年や

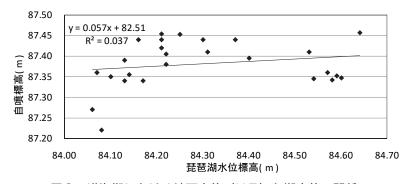


図8 灌漑期における地下水位(H7)と湖水位の関係

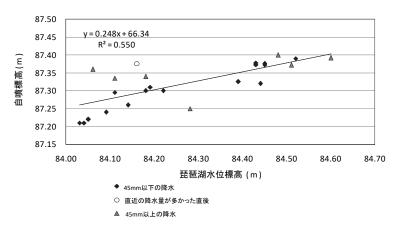


図9 非灌漑期における地下水位(H7)と琵琶湖水位の関係

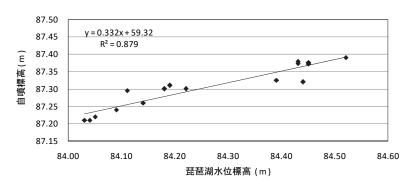


図10 非灌漑期における今津降水量45mm以下の時の琵琶湖水位と自噴標高の関係

月により差がみられるが、安曇川扇状地に形成される自噴帯は流出側にある琵琶湖水位が安定しているため、地下水位が保たれていると考えられる。つまり、安曇川扇状地において琵琶湖の水位が安定した水位を保つことが自噴地下水の維持に重要であると考えられる。岸・菅野(1966)で明らかとなった安曇川扇状地の自噴境界88mがKishi&Tase(2011)でも後退していないことは、流出側の琵琶湖の水位が保たれることにより、扇状地の地下水位・ポテンシャルが保たれていると考えられる。

VI. むすび

扇状地の地下水位は灌漑期に高い傾向を示し、非灌漑期には降水量により地下水は変化することが明らかとなった。琵琶湖水位と自噴標高の関係は非灌漑期における降水量が45mm以下の場合、有意な相関がみられた。

扇状地の地下水位は流出側の琵琶湖の水位が流出抑制 因子として働くことで、扇状地の自噴帯は保たれている と考えられた。流出側に水位が保たれている湖沼などが ない場合には地下水の流出は抑制されず、上流から下流 地下水流量の変動により地下水位の変動、すなわち自噴 量の減少や自噴そのものの停止が生じやすくなるといえ る。安曇川扇状地において"カバタ"を利用した水文化は自噴地下水が形成され、地下水ポテンシャルが維持されることにより、そして人為的な水管理も加わり持続的な水利用を可能にしているといえる。

今後、涵養起源推定や水収支をもとに安曇川扇状地に おける水循環を明らかにするため、調査研究を継続して いく予定である。

Ⅷ. 謝辞

本対象地域である滋賀県高島市のNPO団体をはじめとする住民の方には、現地での調査にご協力をいただきました。また、消雪井戸の観測には国土交通省近畿地方整備局に協力していただきました。記して謝意を表します。

本研究の一部をエスペック株式会社の公益信託エス

ペック地球環境研究・技術基金の支援により遂行することができました。

参考文献

- 岸 和男・菅野敏夫 (1966): 滋賀県安曇川扇状地の地下水. 地質調査所月報、17巻11号、11-22.
- Kishi.K., and Tase. N (2011): Traditional Water Use System of Flowing Water in Alluvial Fan.Proceedings of Doctoral Forum of China and the 4th China-Japan Graduate Student Forum. 372-376.
- 小林正雄・石田泰子 (1986): 琵琶湖沿岸帯における湖底漏 出地下水の水質─電気伝導度の測定結果─. 大阪教育大学 紀要第Ⅲ部門第35巻第2号 163-175.
- 鈴木裕一・安原正也・稲村明彦・渡辺珠美・牧野雅彦・佐藤芳徳(2005):自噴井の自噴高と湧出量の関係について. 日本水文科学予稿集、20.53-54.
- 宮下雄次 (2009): 可搬型の自噴高測定用パッカーシステム の開発. 温地研報告、41、69~72.

Fluctuations of artesian heads in the alluvial fan of Ado River

KISHI Kazuhiro*, TASE Norio**

* Faculty of Geo-environmental Science, Rissho University
** Professor Emeritus, University of Tsukuba

Key words: alluvial fan, artesian well, ground water