

## 熊本水前寺・江津湖における湧水の変動とそのメカニズムについて

今辻 銀二\*1、市川 勉\*2、荒牧 昭二郎\*3

### On the Spring Rate Change and those Mechanizm in the EZU Lake and SUIZENJI, KUMAMOTO

by

Ginji IMATSUJI, Tsutomu ICHIKAWA and Shojiro ARAMAKI

(Received : September 25, 2008, Accepted : February 6, 2009)

#### Abstract

KUMAMOTO area is an area having abundant subsurface water. There is the EZU Lake formed by spring water in the southeast of KUMAMOTO-City. However, in late years, groundwater recharge rate decreases by urbanization of recharging area and the politics of control of making rice. Therefore quantity of the EZU Lake spring water decreases. Continuous observation of groundwater and spring rate is necessary to continuously groundwater use. The authors performed continuous observation of spring rate to grasp the present conditions of spring rate around the SUIZENJI and EZU Lake. In addition, we do the electrical exploration to elucidation of mechanism of spring water and identification of spring out spot.

As a result, it is understood that the spring rate in the EZU Lake is under the increase tendency. In addition, we understood that spring water was characteristics each in the KAMI EZU Lake, NAKA EZU Lake and SHIMO EZU Lake.

Key Words : Spring Rate, Electrical Exploration, Spring Water Characteristic

#### 1. はじめに

日本の上水道に最も利用される水源は河川水や湖沼水などの表流水である。これらは地球上の淡水としては割合がかなり小さいが、循環速度が非常に速いため利用可能エネルギーとしては大きいのである。この循環速度はそれぞれの地域の地形や地質と水の存在形態の特徴によって異なる<sup>1)</sup>。熊本地域の特徴は阿蘇の火山活動によって構成された地質構造にある。その地質構造は基岩盤の上に地下水を溜める大きな器となる阿蘇火山の 4 回にわたり噴出した阿蘇火砕流堆積物と、その間の砥川溶岩や未区分洪積層などから構成されている。これらの地層は有用な帯水層になり、その上に雨を地下に浸透しやすい地層(有機質火山灰土である黒ボク、赤ボク)があり、浸透した

水は粘土層や基岩盤の上の帯水層に蓄えられ、地下水として水位・水頭の高いところから低いところに流れている。熊本地域における地下水は阿蘇外輪山西麓にある台地部周辺に大量に貯留された後、南西側と西側に流れ、ほとんどは、熊本市南西部の江津湖周辺や嘉島町などの湧水地に湧出し、残りは有明海に注いでいる<sup>2)</sup>。

熊本地域で地下水利用が促進されたのは優れた地下水涵養域が存在し、また、他地域と比べ地下水の循環速度が速いため、地下水利用可能エネルギーも大きく、江津湖より上流にあたる熊本平野東部は地盤沈下の原因となる粘土層がほとんどなかったためである。地表水は気象、特に降水量に影響を受けやすく、渇水年には水源が枯渇する場合もある。しかし、地下水はその存在が地中にあるために長期間にわたって貯留され、移動速度が遅いため、気象による影響はあるが渇水になることは少ない。湧水は地下水が地上に噴出する現象であり、湧水の増減は地下水の賦存量の変化を表す。そのため、この湧水の変動

\*1 東海大学大学院産業工学研究科社会開発工学専攻院生

\*2 東海大学産業工学部環境保全学科教授

\*3 東海大学熊本教養教育センター教授

を知ることは非常に重要な意味を持っている。

江津湖は、多量の湧水によって多くの生物が育まれてきた。近年、湧水量低下により湧水域の生態系へも多くの影響が出ている<sup>3)</sup>。また、生物は水という貴重な資源が無いと生きていけない。水資源は無限ではなく限りあるものであるから、水資源を保全していく努力が必要である。江津湖保全の為に湧水量と水収支の現状、長期的傾向を把握する必要がある。そこで江津湖の1991年12月から2007年までの16年にわたる湧水量、流量観測データをもとに湧水と地下水の現状を報告する。

## 2. 熊本地域の地下水と地層構造

熊本県は豊かで清らかな地下水に恵まれ、上水道水源の約八割を地下水に依存している。特に、熊本市を中心とする14市町村、面積1041km<sup>2</sup>、人口97万人から構成される熊本地域では、生活用水の100%を地下水に依存しており、その膨大な地下水は阿蘇火砕流堆積物の中で育まれている。世界一のカルデラ・阿蘇の火山活動は、約30万年前から約7万年前までの間に4回大きな噴火をしており、噴出物には古い順にASO 1、ASO 2、ASO 3、ASO 4の火砕流堆積物がある。また、ASO 2の火砕流の後に熊本市東部から東南部にかけて、砥川溶岩が存在している。この溶岩の厚さは最大で100mあると言われており、その下部と上層部には多孔質の部分があり、その透水係数は10<sup>0</sup>cm/sと非常に透水性が良い。この部分を含む帯水層を第二帯水層という。この上にASO 3火砕流堆積物があり、4/3間ローム層の水成堆積物

(布田層)がある。この層は粘土が多く、難透水性となっており、砥川溶岩の帯水層の加圧層となっている。その上にASO 4火砕流堆積物と洪積世の堆積物である託麻・保田窪砂礫層が存在する。この部分の帯水層を第一帯水層という<sup>2)</sup>。

阿蘇外輪山の西麓台地から熊本平野にかけ地下水盆が形成されており、この地下水盆により、熊本地域は水前寺・江津湖や嘉島町の浮島・下六嘉などの湧水地がある。水前寺・江津湖は、近年、湧水量が減少傾向を示しており、地下水の枯渇が心配されるようになってきている。

## 3. 水前寺・江津湖の湧水量変動

江津湖の流量観測地点はFig.3-1に示したように水前寺・江津湖周辺における湧水地からの流出口、下江津湖の出口の秋津橋、上江津湖の出口の斎藤橋、上江津湖流入口の代表的ポイント3つを含む加勢川主要ポイント及び都市河川からの流入点の計14ポイントである。観測当初から5年間は28までの28ポイントで観測を行っていたが、現在は湧水量を算定するのに必要な14ポイントのみで行っている。全湧水量は河床からの湧水を含み、下流の流出量から各流入河川の流量を差し引いた水収支法によって算出した。また、Fig.3-1に示したように、江津湖には、多くの都市河川による降雨流出水の流入があり、降雨直後には湖水位が急激に上昇し、これによって観測流量が増減するため、湧水量の算出にも大きな誤差を招くことになる。そのため流量観測日は、4~5日無降雨の後の日を選んで測定した。

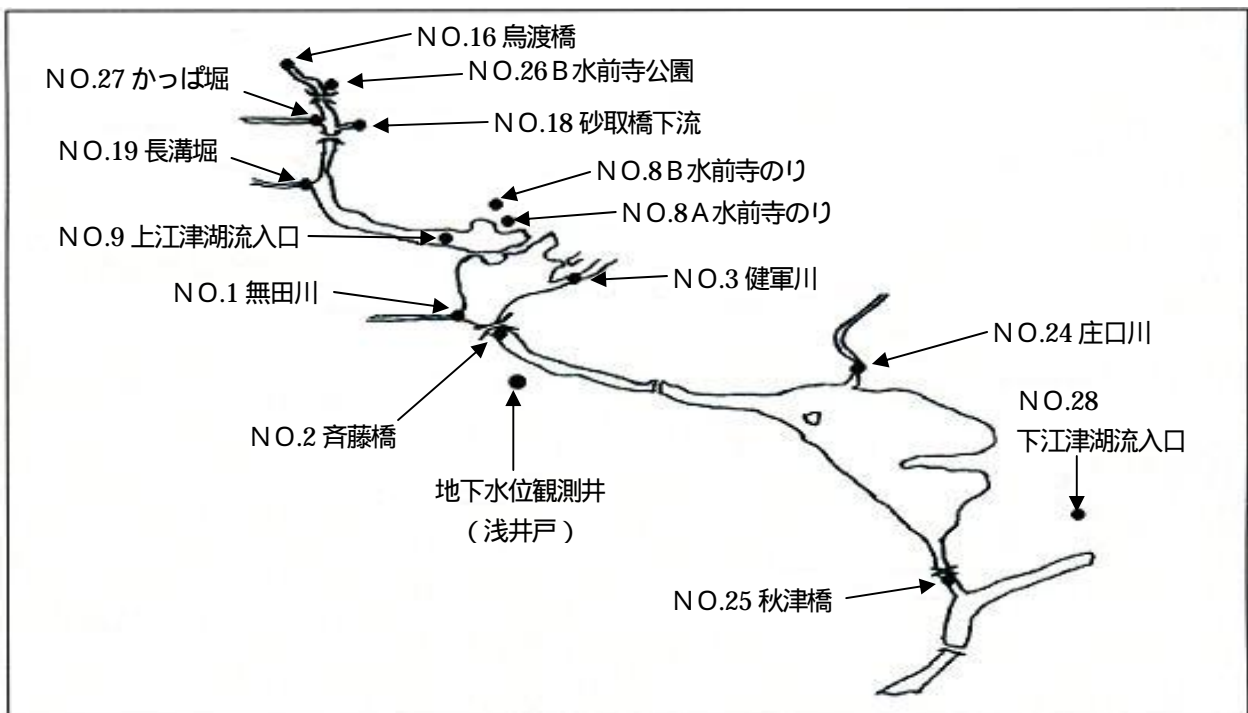


Fig.3-1 江津湖流量観測地点

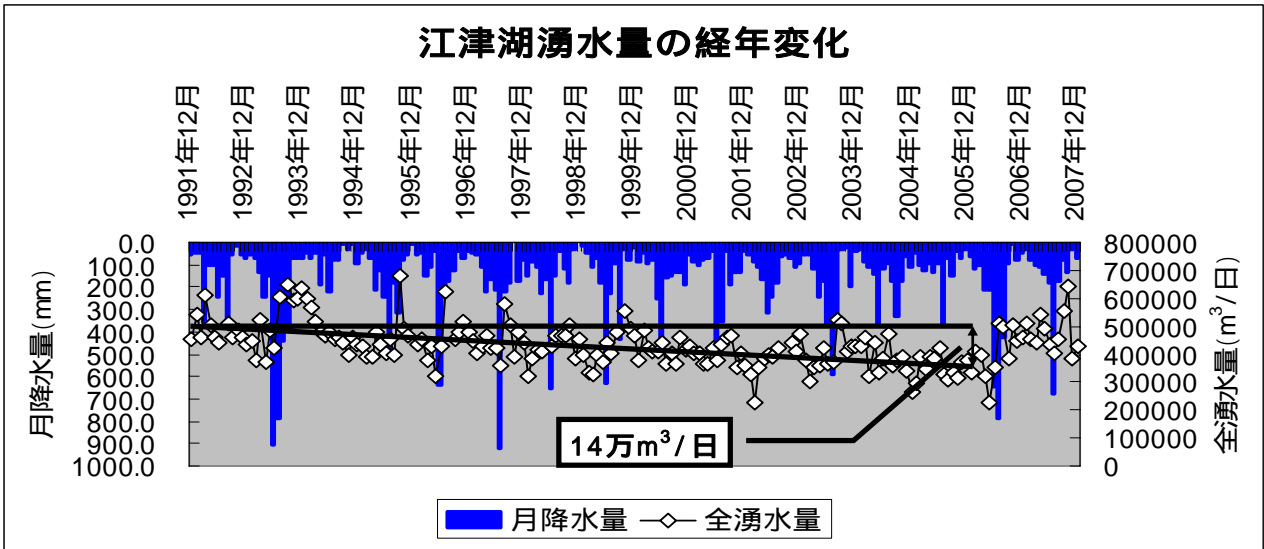


Fig.3-2 全湧水量の経年変化

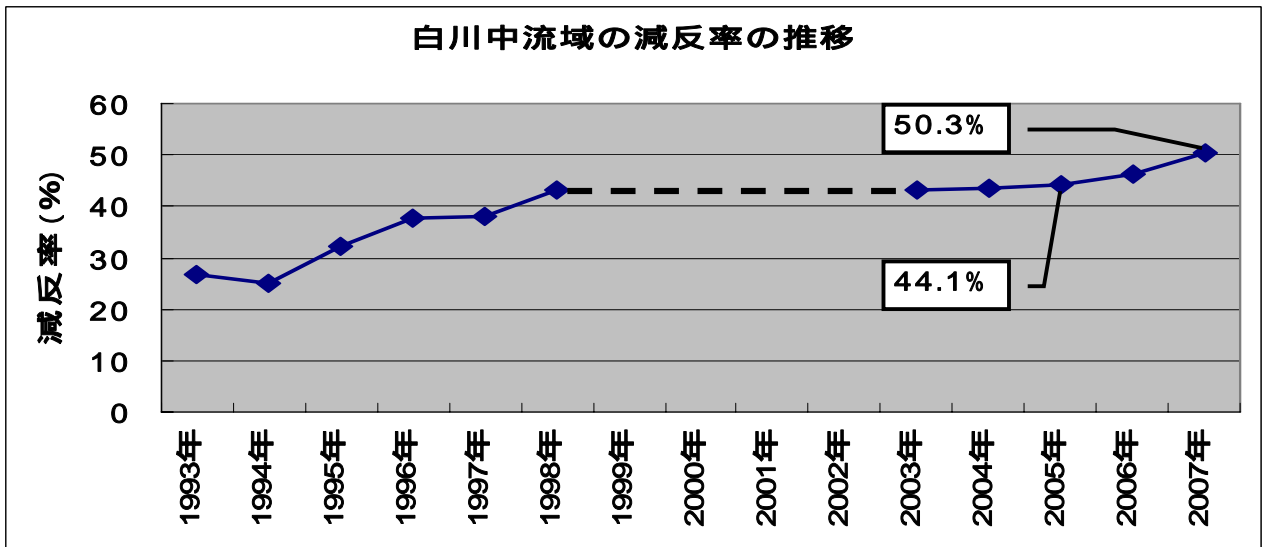


Fig.3-3 減反率の推移

Fig.3-2 は江津湖の全湧水量の経年変化を表している。1991年12月の観測当初から2005年までの14年間に約14万m<sup>3</sup>/日もの湧水量が減少している。これは、地下水涵養地域である平均10cm/日の減水深を持つ白川中流域を中心とした浸透性水田の減反 (Fig.3-3) と都市化による農地や水田の減少に起因するものと考えられる。特に涵養の多くを占める水田の減反率は2005年に44.1%、2007年には50%を超え、涵養量は年々減少しており、その影響が江津湖の湧水にも現れていると考えられる。

また、2004年から始まった減反田に湛水する湛水事業により、2004年には約920万m<sup>3</sup>の涵養が行われ、その後、年々増加し、2007年には約1880万m<sup>3</sup>もの地下水涵養量が増加した (Fig.3-4) その結果、2006年の多量の降水と相まって2006年以降江津湖の湧水量は増加していると考えられる。

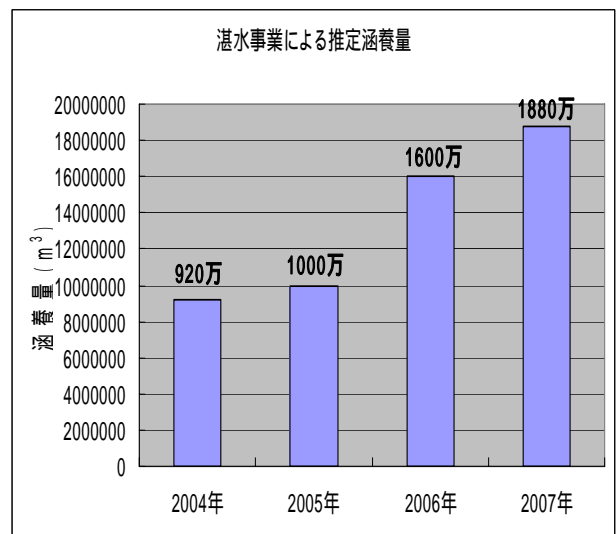


Fig.3-4 湛水事業による推定涵養量

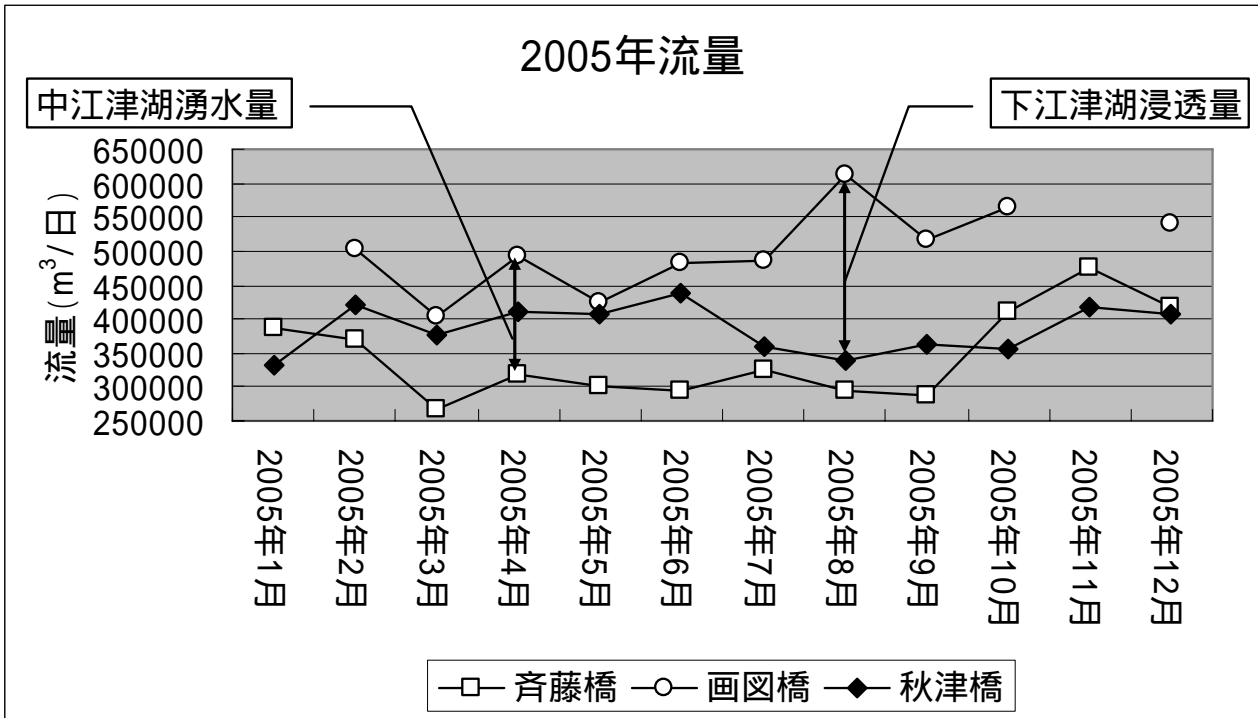


Fig.4-1 2005年流量

4. 中江津湖の湧水メカニズム

2005年の一年間、齊藤橋と画図橋、下江津湖の出口である秋津橋で流量観測を行ない Fig.4-1 の観測結果を得た。これは中江津湖で大量の湧水が湧出していることを表しており、その量は平均して約 17 万 m<sup>3</sup>/日と推定された。また下江津湖では地上に水の出口がない状態で流量が減少しているため、湖水が地下に浸透していると推定した。そこで、中江津湖における地下水の湧出地点を解明するため Fig.4-2 に示した位置で電気探査を行なった。その結果、Fig.4-3 の比抵抗映像から No.2 ~ No.3 区間には深層部から表層部まで抵抗値の低い層が連続していることがわかった。この地層が地下水の通り道と考えられ、この地点より大量の湧水があると推定した。

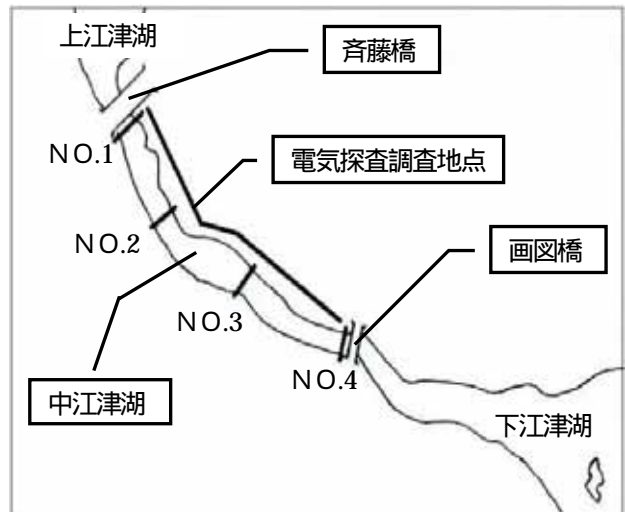


Fig.4-2 中江津湖流量観測地点

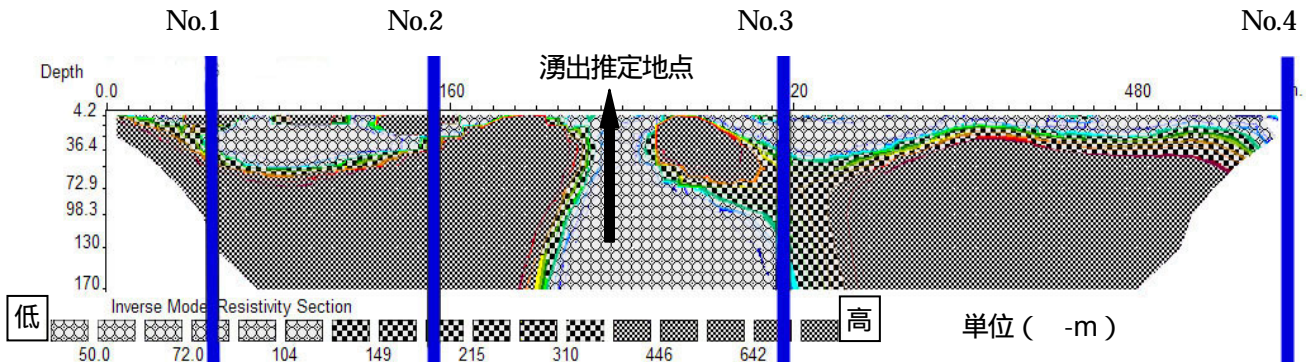


Fig.4-3 中江津湖比抵抗映像

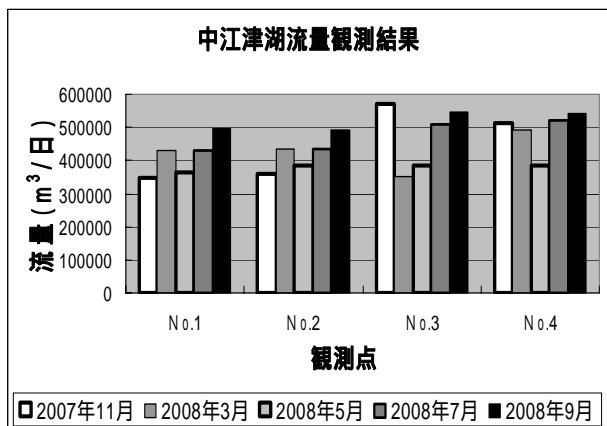


Fig.4-4 中江津湖流量観測結果

この調査結果を基に Fig.4-2 の No.1 ~ No.4 の流量観測地点を決め、観測を行なった。Fig.4-4 はその結果である。2007 年 11 月の調査結果では、No.2 と No.3 の間で約 20 万 m<sup>3</sup>/日もの湧水を確認した。これは、電気探査の調査結果とも非常によく合致しており、江津湖の湧水は斉藤橋上流で全体の 3/5、中江津湖で 2/5 が湧出し、下江津湖では逆に地下に浸透している事と推定した。同じ地下水位上昇期である 2008 年 7、9 月の調査結果も同じ湧水の挙動を示している。また、2008 年 3、5 月は地下水位下降期であったため湧水量が減少しており、湧水の状況も予想とは違う結果となった。

5. 上、中、下江津湖の湧水について

江津湖では岸边付近と陸上部からの湧水が各所で湖に

入り込み、湖底部からも湧出がある。通常、地下水位と湧水量は非常に相関関係が高いうえに、常に一定ではなく、1 年の内で降水量の多い梅雨時期に地下水位の上昇が始まり、その後は水田からの地下への浸透水により、稲刈りが始まる秋時期まで上昇が続き、翌年の梅雨の前まで低下が続くという変化を毎年繰り返しており、湧水量の動向も同じ傾向を示す。しかし、江津湖の場合は江津湖の下流に野田堰があり、灌漑期間に水門が閉じられ湖水位が約 40cm 上昇し湖底からの湧水に圧力がかかり、湧水が出にくい状態となるため、湖底からの湧水の場合、湧水量の変動を地下水位と湖水位の差で考える必要がある。従って、地下水位が高い期間でも江津湖の水位が高い灌漑期には、非灌漑期に比べ地下水位と湖水位の差が小さい場合には、湖底からの湧水が少なくなる。また、岸边付近からの湧水の場合には、湖水位の変動による圧力の影響を受けないため、湧水は地下水位の変動と似た挙動を示す。これらを踏まえた上で、上江津湖、中江津湖、下江津湖の湧水の特徴を述べる。

Fig.5-1 は Fig.3-1 に示した浅井戸（深度 28m）の地下水位、上江津湖流入口水面標高と上江津湖湧水量の変化を示したものである。上江津湖の湧水は地下水位と水面標高の差が大きくなった時に湧水量が増加し、差が小さくなった時に湧水量は減少しているため、湖底からの湧水のパターンに当てはまり、湖底からの湧水の割合が大きいと推定できる。

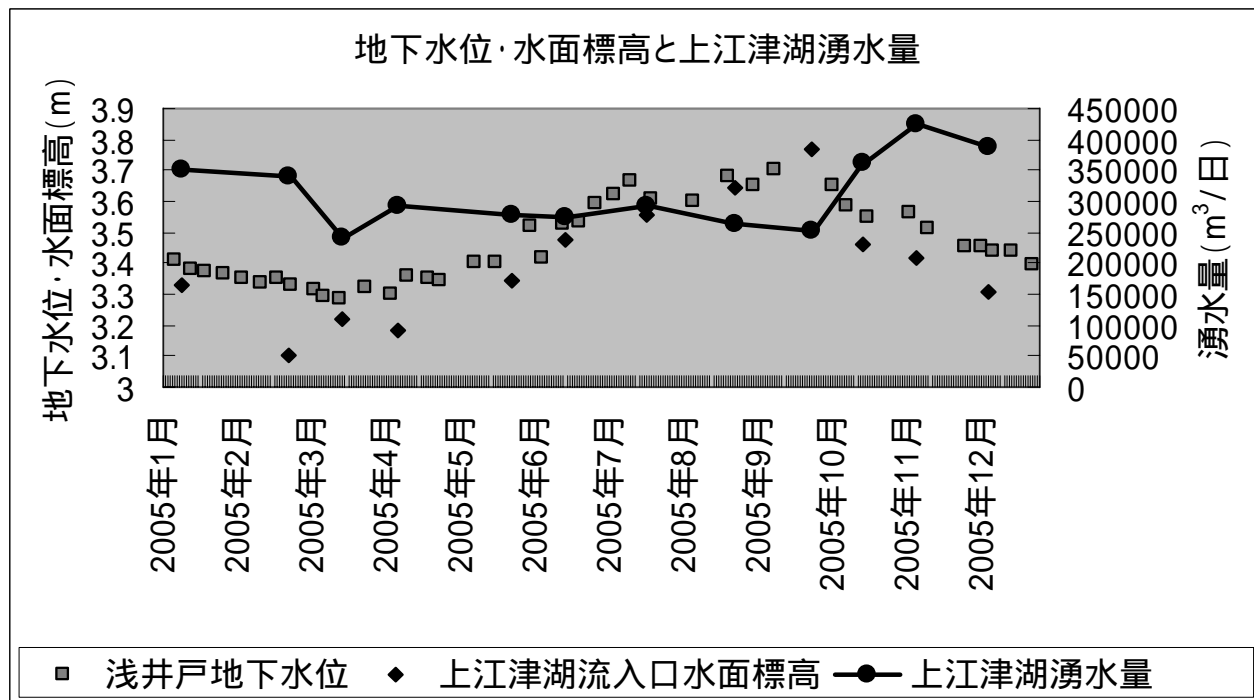


Fig.5-1 地下水位・水面標高と上江津湖湧水量

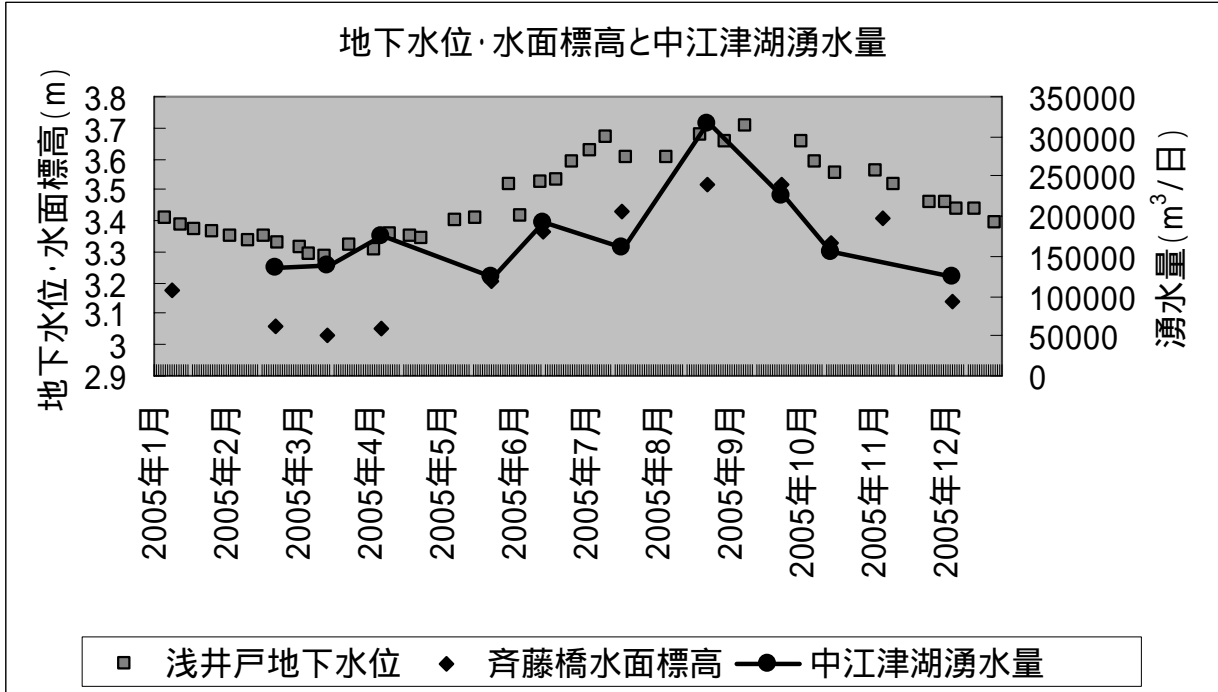


Fig.5-2 地下水位・水面標高と中江津湖湧水量

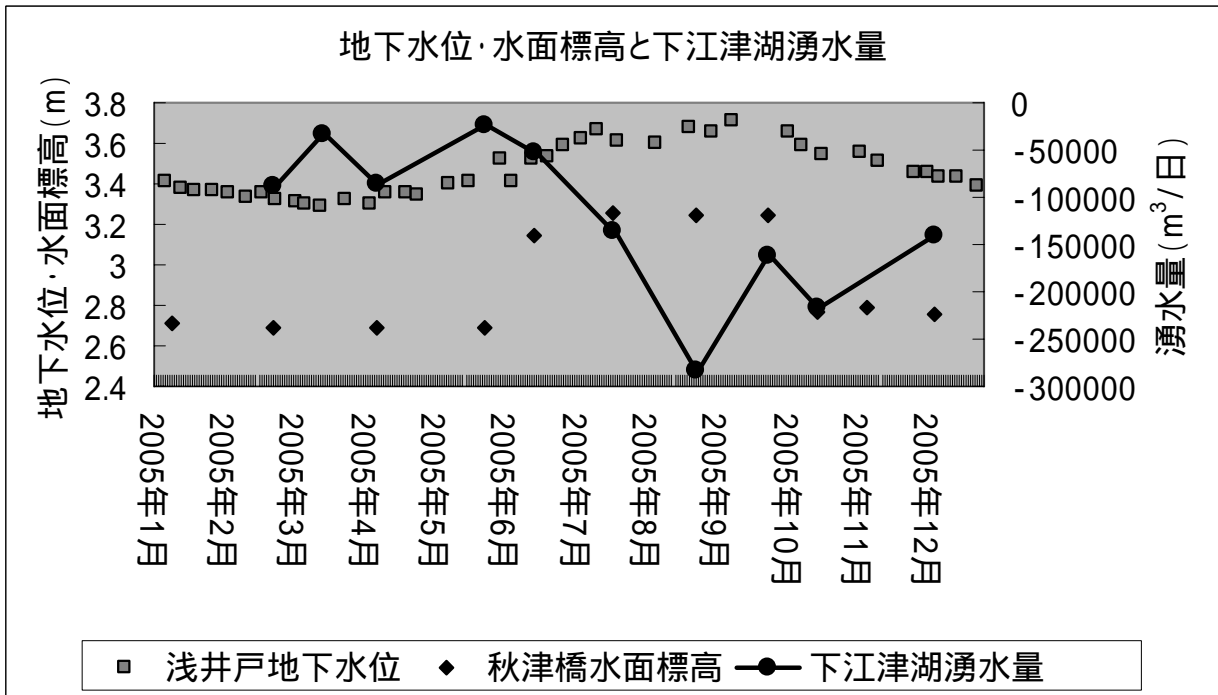


Fig.5-3 地下水位・水面標高と下江津湖湧水量

Fig.5-2 に示した中江津湖の湧水は5月まで地下水位の減少と共に減少し、梅雨に入ると地下水位の上昇に合わせて湧水量も増加し、11月からは地下水位の減少と共に湧水量は減少している。これは地下水位の動向と似た傾向を示しているため、岸边付近からの湧水パターンと推定される。中江津湖の岸边付近からの湧水量変動は降雨などによる地下水涵養の影響を強く受けると考えられる。

Fig.5-3 に示した下江津湖の特徴は、湖水が湖底から地下に浸透している事である。特に灌漑期間は江津湖の水面の標高が上昇し、湖底にかかる水圧が大きくなるため浸透量が増加していると考えられる。

6. 結論

本研究によって明らかになった結論を以下に示す。

1. 1991年の観測当初から2005年までの14年間に約14万m<sup>3</sup>/日もの湧水量が減少した。
2. 2005年まで減少傾向にあった湧水量がこれ以降増加傾向に転じているのは2006年の多量の降水と白川中流域の湛水田による涵養に起因するものと考えられる。
3. 江津湖の湧水は、湧水が多い地下水位上昇期には斉藤橋上流で全体の3/5、中江津湖で2/5が湧出し、下江津湖では逆に地下に浸透していると考えられる。
4. 江津湖の湧水は、その特徴から上江津湖は湖底湧水、中江津湖は岸边付近からの湧水、下江津湖は湖底から地下への浸透が卓越していると推定された。そのため、上江津湖と下江津湖の湧水・浸透量は地下水位と水面標高の差に左右されると考えられる。

本研究は、独立行政法人日本学術振興会、「科学研究費補助金、一般研究C、課題番号18560537；水循環型営農活動による地下水涵養の効果評価」の補助を受けて行なった。

#### 参考文献

- 1) 新井正：地域分析のための熱・水収支水文学、(2004), p.17
- 2) 田尻要、中山洋、荒牧昭二郎、古澤二、今泉繁良：地盤情報データベースを用いた熊本地域における地下構造の解明、応用地質、第39巻、第4号、(1996), pp.346~351.
- 3) 西川史晃：江津湖における湧水量変動が水生植物に与える影響について、九州東海大学大学院修士論文、(2005)