

白川中流域農地における湛水による地下水涵養の効果評価について

武森 雄志*、市川 勉**

On Effect of Groundwater Recharge Evaluation by Keeping Water in no use Paddy field in the Middle Shira-River Area

by

Yuji TAKEMORI and Tsutomu ICHIKAWA

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

Abstract

Kumamoto Area which have almost 1 million of population has much groundwater and people who live in this area use groundwater for hole of domestic. The groundwater in this area is mainly recharged in paddy field and farmland of the middle Sira-River area. Recently, farm land of the middle Sira-River area change to urban area and farmer don't make rice in paddy field because of the farm politics and economics. Then groundwater recharge in the middle Sira-River area decrease continuously. So groundwater level in KUMAMOTO groundwater basin is decreasing during these 30 years. As the results, the spring rate in downward of this groundwater basin is decreasing too. The aerial government of this area and 3 companies make a plan to recover of groundwater level by artificially recharge in paddy field in this area. In this paper, the authors estimate the effect of this artificially recharge in paddy field.

As the results, the authors estimate that the artificially recharge causes the about 2m of groundwater level and have efficiency of 10%-20% of paddy field of hole of this farm area.

Key Word; Groundwater, Artificial Recharge, Paddy Field

1. はじめに

近年、水不足等の「水問題」が表面化している地球上において世界人口のおよそ4分の1が唯一の飲料水源として地層中に蓄えられた地下水を使用している。しかし、森林破壊、都市化等による涵養地の減少が、地下水の枯渇などの地下水障害を引き起こしている。その結果、灌漑用水に不足をきたす地域も増えている。さらに灌漑農業による過剰な地下水利用が地下水の循環量を上回り、地下水の賦存量を減少させている。例えば、中国北部等では取水制限のため穀物収穫量の低下をもたらしている¹⁾。

熊本地域(14市町村、面積約1041km²、人口約97万人)は古くから『水の都』と呼ばれるほど豊富な地下水に恵まれ、上水道水源の全てを地下水で賄っている日本最大規模、世界的に見ても稀な地域である。熊

本地域の地下水は、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、南西方向に流れ、江津湖周辺や嘉島町に湧出し、加勢川となって有明海へ注いでいる。その総涵養量は、年間約6億m³とも7億m³とも言われ、この地域の年間地下水利用量は2001年で2億1000万m³にのぼる²⁾。この地域の地下水利用は下流域の熊本市近傍に存在する湧水帯の利用から始まり、江戸期の加藤清正をはじめとする細川藩政時代における灌漑用水の発達により開田・拡大された白川中流域水田によって地下水涵養量が増大、それに伴う地下水賦存量増大に伴って拡大されてきたものと推定されている³⁾。

熊本地域の総合的地下水調査は過去25年間に3回に渡り行われ^{4) 5) 6)}、地下水循環を取り巻く環境について、他の地域に比べ比較的解明が進んでいるが、涵養地とされている白川中流域の農地については単年度の涵養量評価がなされたただけであった。一方、地下水循環

*東海大学大学院産業工学研究科社会開発工学専攻院生

**東海大学産業工学部環境保全学科教授

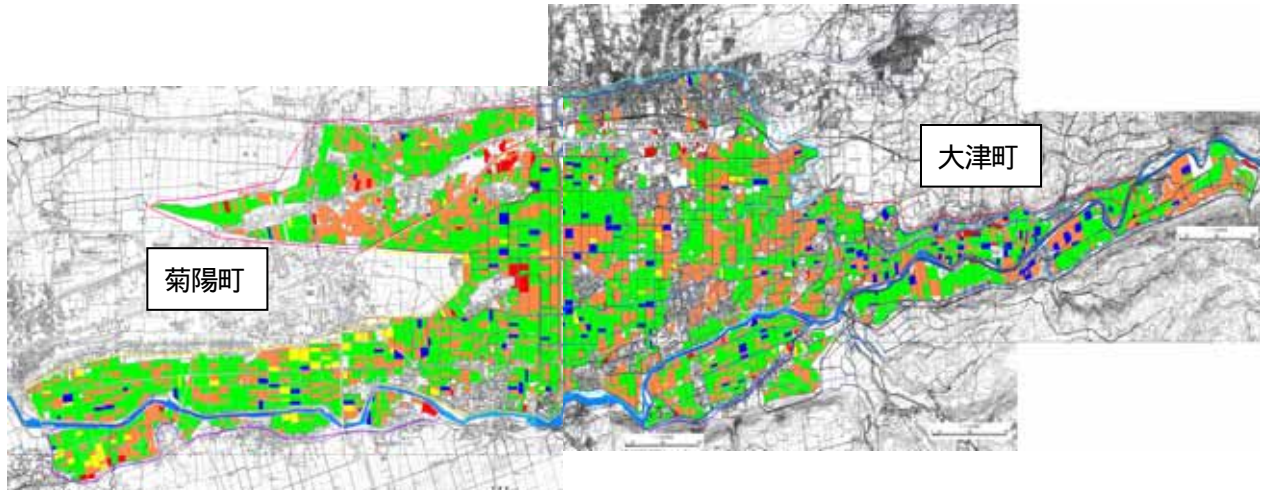


Fig. 2-1 白川中流域農地

の出口である湧出部の湧水量に関する研究は近年の調査結果が示され、1992年からの14年間で日量14万 m^3 以上の減少、地下水位の継続的低下が示されており、さらに近年の研究でこれらの地下水循環量減少の原因は、減反政策、涵養地における都市化などの影響による涵養量の低下によるものと分かってきた⁷⁾。この結果をふまえ、涵養量増強の方策が策定され、2003年に熊本県内の企業であるソニーセミコンダクタ九州株式会社は、面積こそ少なく目に見える効果は無いが「企業が使用している年間あたりの地下水を涵養したい」という目的で、地下水涵養を行う事業「環境中立事業」をスタートさせた⁸⁾。2004年より熊本県果実農業協同組合連合会（果実連）、2005年より財団法人化学及び血清療法研究所（化血研）が参加することとなった。熊本市では2004年、予算を計上して大規模な減反田（水稻作付調整田、または転作田）における湛水を実施する（以後これを湛水田と呼ぶ）ために、白川中流域水土里ネット協議会と協議を重ね、水循環型営農推進協議会を発足し、熊本県を立会いに熊本市と水循環型営農推進協議会との間で、白川中流域の湛水田において、湛水事業を実施する契約を結んだ。これを受け水循環型営農推進協議会は2004年4月から各農家に呼びかけ、2004年5月から湛水事業を実施した。

本研究は、白川中流域の湛水田の4年間の湛水事業による涵養量、その効果を評価したものである。

2. 研究対象地域

今回の研究における対象地域である白川中流域農地（Fig.2-1）は、阿蘇山から明海に注ぐ一級河川・白川の中流域にあたる熊本市東部の菊池郡大津町が

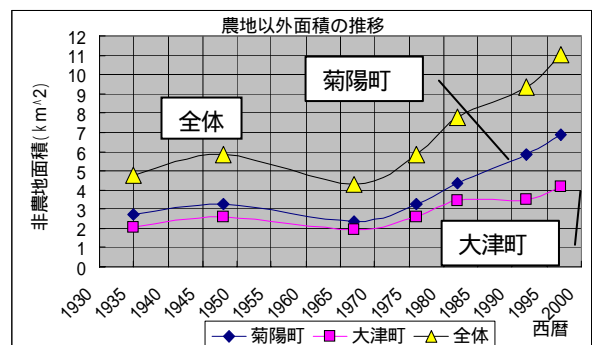


Fig. 2-2 白川中流域水田面積の推移

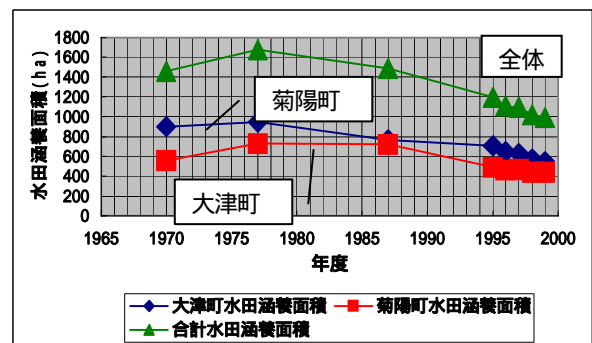


Fig. 2-3 水田面積の推移

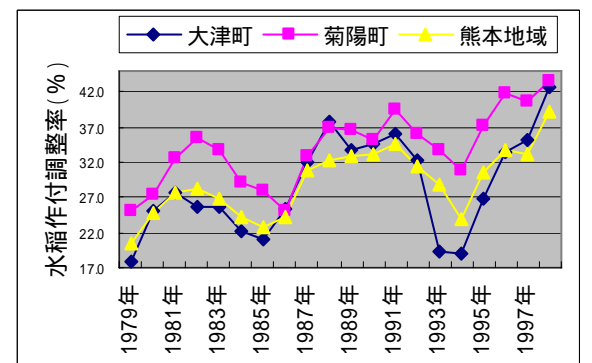


Fig. 2-4 減反率の推移

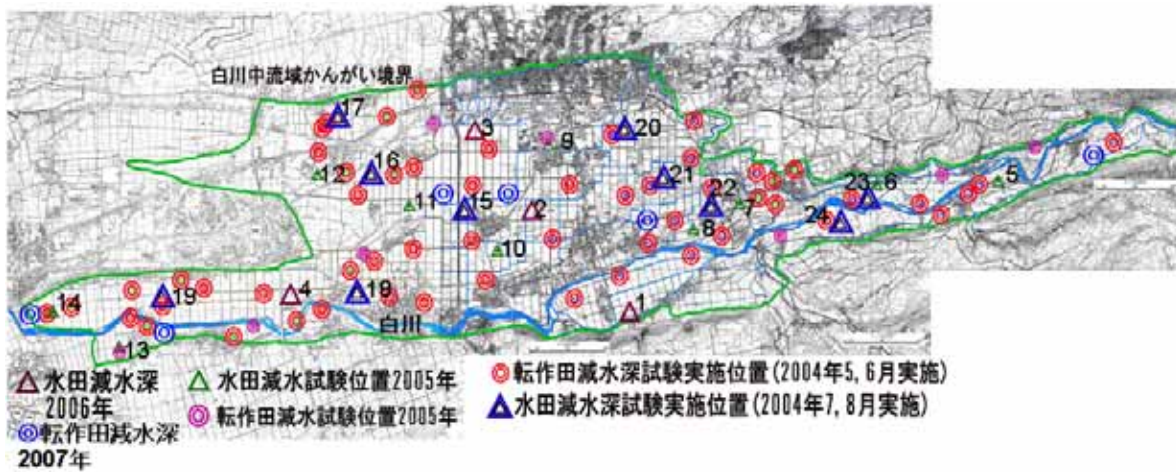


Fig. 3-1 減水深調査地点

ら菊陽町の白川両岸に展開する農地である。この地域は阿蘇火山灰堆積物である団粒構造が発達し、高い透水性を持っている黒ボク、赤ボクが広く地表面に分布するため、この地域の水田は「ザル田」と呼ばれるほど高い減水深を持っている。しかし 1975 年以降の高度成長期からの急速な開発による (Fig.2-2)都市化と、いわゆる減反政策の推進 (Fig. 2-3、Fig. 2-4) による水田作付け調整率 (減反率) が上昇し、水田作付け面積が減少することによって、水田地帯の涵養量が大幅に減少している。特に 1997 年推定涵養量は約 1 億 6000 万 m^3 あったものが、2002 年には約 8500 万 m^3 にまで減少していると推定されている⁸⁾。

3. 減水深調査と水田からの日浸透速度分布図

涵養量を評価するために 2004～2007 年で湛水田において 77 ヶ所、水田において 24 ヶ所の減水深を調査行った (Fig. 3-1)。

減水深の調査方法は水田法を用い、水口、尻後を止水した湛水田と水田に測標を立て、水位の時間的な変化を観測し日換算し、減水深とした。湛水田の湛水深平均は 8～10cm である。

水田、湛水田の減水深調査結果をもとにソンスウェイト法を用いて蒸発散を考慮した水田の (中干し前後) 湛水田の日浸透速度分布図を作成した (Fig. 3-1.3-2)。水田は 6 月中旬に田植えされた後、7 月下旬から 8 月上旬に中干しされる。その後、水田の底に多くの深い亀裂 (クラック) が生まれる。この中干しの目的は酸素の供給と同時に、成長した根を亀裂によって切断し、根に行く栄養を稲穂に供給するものである。これにより減水深は飛躍的に増加す

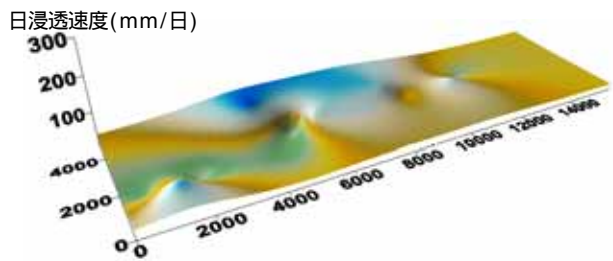


Fig. 3-1 中干し前の水田日浸透速度分布

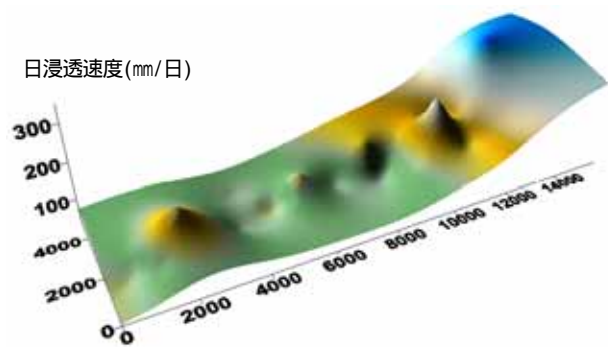


Fig. 3-2 中干し後の水田日浸透速度分布

ると考えられる。一部の地点を除いて 2 倍から 10 倍も日浸透速度が増加するためこの地域の水田は中干し後に日浸透量が大幅に増加することが考えられる。

湛水田の減水深観測は 5 月と 6 月に実施をしている。その理由は、転作田の作付けは、大半が大豆とにんじんで、その作付けは 7 月中旬から 8 月に行われ、転作田の湛水は 7 月以降大幅に減少するためである。日浸透速度の分布図 (Fig. 3-3) では、上流部の大津町陣内～岩坂にかけて、300mm/日を示す非常に高いものになっており、逆に下流部の津久礼、辛川付近では上流部に比べ 100 mm/日に満たないが、これは白川中流域の平均日減水深 100mm/日と比較しても、非常に高い数値となっている。

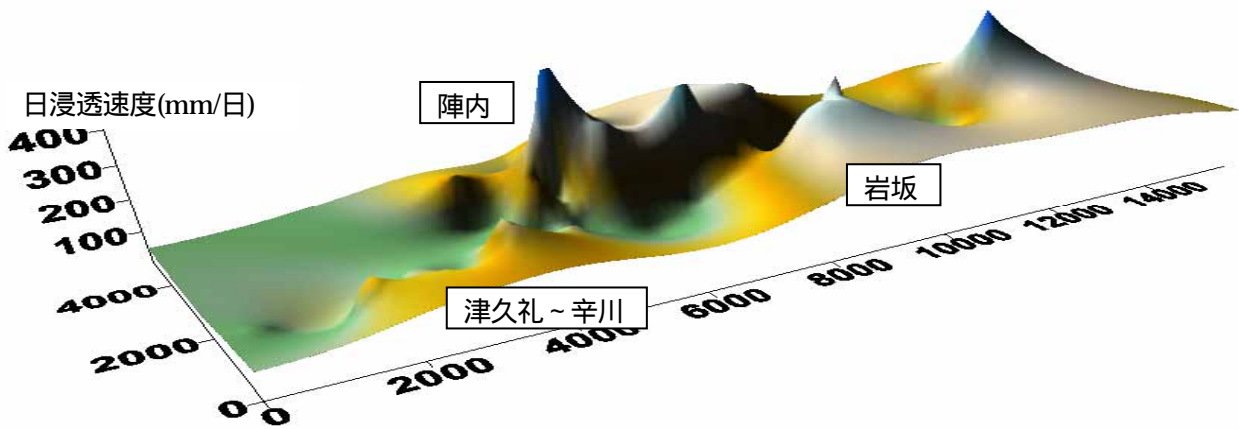


Fig. 3-3 湛水田の日浸透速度分布

4. 涵養量の評価

水田の地下水涵養量では、その年の作付け面積、平均的な作付けパターンを湛水日数、日浸透速度は中干し前後の水田で日浸透速度分布図 (Fig. 3-1.3-2) から各水田の一筆毎に読み取り、乗じることにより算出した。その結果作付け調整のため作付け率が低下し、地下水涵養量も減少傾向にあり、2004年と2007年を比較すると、作付け面積で約80ha、涵養量で約610万 m^3 の減少と考えられる (Table 4-1)。

Table 4-1 水田作付け面積と涵養量の推移

水田面積 (1200ha)				
年	作付け面積 (ha)	湛水日数	涵養量 (万 m^3)	作付け率 (%)
2004年	679	118	5030	56.6
2005年	671	118	4939	55.9
2006年	643	118	4739	53.6
2007年	597	118	4413	49.7

Table 4-2 湛水田の推移

湛水田			
年	湛水面積 (ha)	湛水日数	涵養量 (万 m^3)
2004年	187	35.1	920
2005年	227	38.6	1000
2006年	261	46.6	1598
2007年	316	45.4	1879

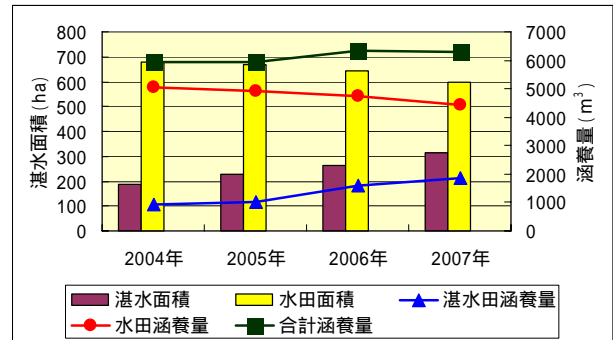


Fig. 4-1 涵養量の推移

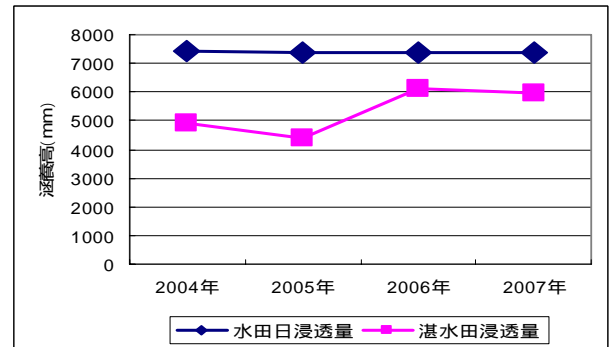


Fig. 4-2 単位面積当たりの涵養高

湛水田では、湛水事業に参加している各農家のアンケートを元に、湛水面積、湛水日数、平均湛水日数、日浸透速度分布図 (Fig. 4-6) から一筆地毎の日浸透速度を読み取り、乗じることによって地下水涵養量を算出した。本格的に湛水事業が開始された2004年からの4年間で涵養量が約920万 m^3 から1879万 m^3 と2倍近く増加している (Table 4-2)。Fig. 4-1は2004年から2007年の水田と湛水田の涵養量の推移を示している。湛水事業開始当初の2004年と比較すると2007年では平均湛水日数が増加し、湛水面積拡大によって、湛水田による涵養量は大幅に増

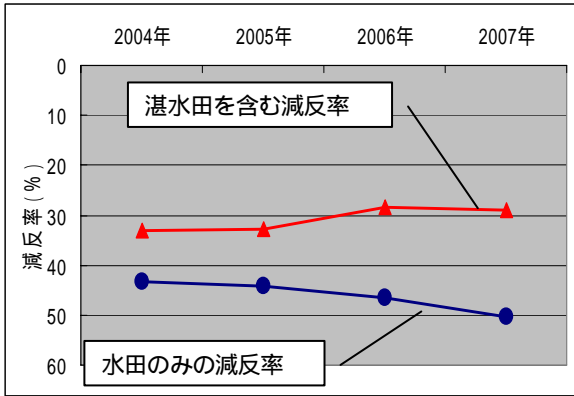


Fig. 4-3 減反率に換算した湛水効果

加しているが、水田面積が減少しているため、湛水田による涵養量の増加分が水田面積の減少分に吸収されたと考えることができる (Fig. 4-1)。しかし、湛水の期間を比べると水田の方が圧倒的に長い。そのため年々水田が減少していくということは、熊本地域地下水の循環に大きく影響を及ぼす懸念がある (Fig. 4-2)。また、各年の湛水田の涵養量を水田によるものとして、減反率に換算すると 2004 年で約 10%、2007 年では約 20%の減反率を押し下げるに相当する効果があったと考えられる (Fig. 4-3)。

5. 地下水位の変動

白川中流域における湛水事業により、地下水涵養量は年々増加していることがわかった。この地下水涵養量の増加が地下水位変動にどのような影響を及ぼしているかを検討した。Fig. 5-1 は著者らと熊本県、熊本市が観測している観測井戸の位置を示している。この図で、大津中島では熊本市が地表面直下



Fig 5-1 地下水位観測井の位置

の浅い地下水位と第二帯水層である深い地下水位を観測している。浅い帯水層の地下水(第一帯水層)は涵養に反応し易く、深い帯水層の地下水(第二帯水層)は灌漑期に上昇する。空港井口と辛川の観測井戸は、深度 100m の深い井戸で第二帯水層の地下水位を示しており、水前寺の観測井戸は、水前寺での観測は熊本県が行っている。

Fig. 5-2 には、2003～2007 年の白川中流域 3 地点と下流の熊本市内に位置する水前寺の地下水位変動を示した。この図の上部には各年の年間降水量も示している。白川中流域 3 地点は水が浸透し易い上流地域であるため地下水位の年変化が水前寺に比べても大きくなっている。また、降水量の影響が大きく関わっていることが分かる。Fig. 5-3 は辛川地点で 1993 年から 2007 年の水田と湛水が行われている 5 月～9 月の降水量と地下水位上昇量との関係を、Fig. 5-4 はその期間の減反率の推移をそれぞれ示している。

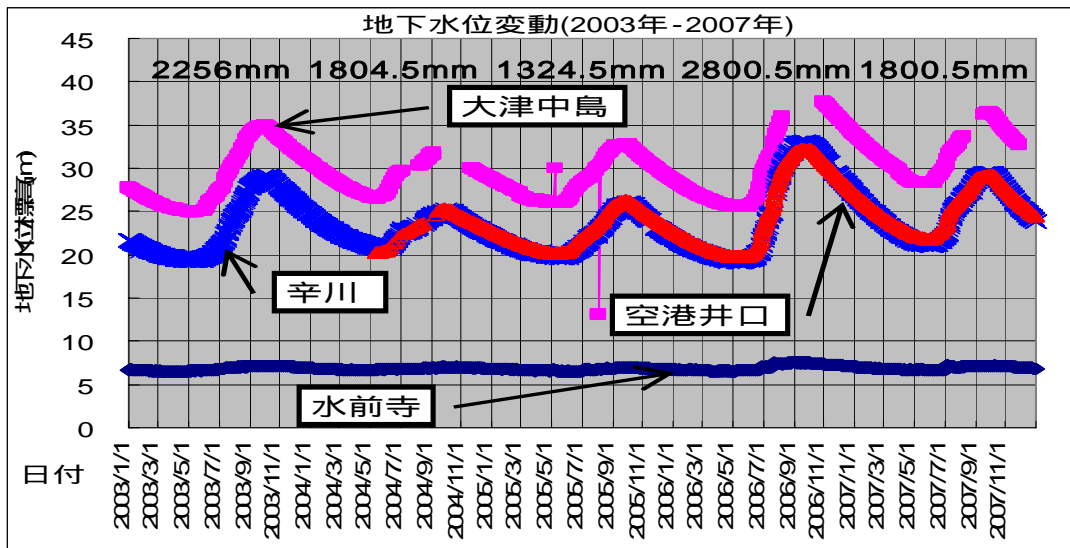


Fig. 5-2 4 地点の地下水位変動

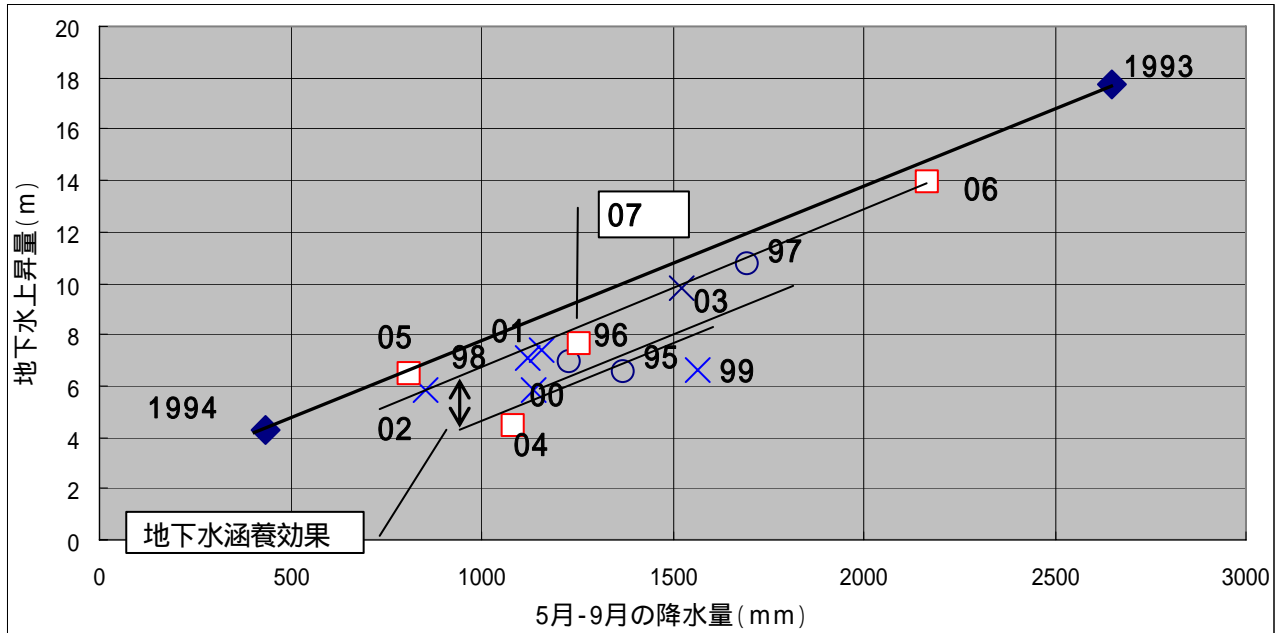


Fig. 5-3 辛川地点の5月-9月降水量と地下水位上昇高の関係

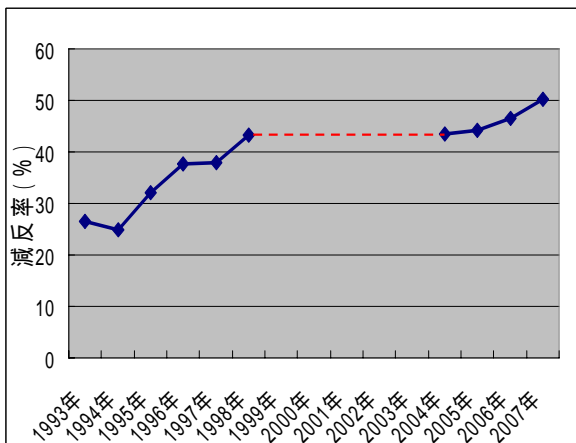


Fig. 5-4 減反率の推移

1999年から2003年の減反率はデータはないが、ほとんど変化していないとの事なので、43%程度として考えた。1993年は年間の降水量が非常に多い年で、水田耕作時期(5月~9月)の総雨量が2650mmあり、地下水位は中流域で17.7mも上昇した。翌年の1994年は、西日本大渇水の年であり、水田耕作期の降水量がわずか432mm、地下水位上昇量も4.3mであった。また、減反率が兩年とも25%前後と、最近20年間で最も減反率が低いために兩年を基準とし、Fig. 5-3では、基準年(図中印、減反率25%)、減反率が30台%の年(図中印)40%を上回った年(図中×印)、本格的な湛水を開始した年(図中印)にグループ別けて示した。また、実

線はグループごとに基準年の勾配と同じ勾配で回帰分析した結果を示している。1995年から2002年までの2つのグループは、基準ラインを縦軸(地下水上昇量)で約2.5m下回っているため、地下水涵養の効果は1993、1994年に比べ低かったと考えられる。しかし、2005、2006、2007年のデータはほぼライン近くに位置し、また、湛水以前のグループに比べ地下水上昇量が約2mも高いため、地下水涵養効果は減反を補っていると推測できる。2004年は大幅に低下しているが、その理由は現在のところ把握できていない。

6. まとめ

湛水事業が本格的に始まり4年が経過した。その湛水の影響を評価した結果、以下のような結論を得た。

- 1) 湛水面積、湛水期間が増え湛水による地下水涵養量は2004年920万 m^3 、2005年1000万 m^3 、2006年約1598万 m^3 、2007年4年約1879万 m^3 で約960万 m^3 も増加している。この湛水の影響で地下水位は長期低落傾向から上昇傾向に転じた。
- 2) 減反率は一向に低下せず、逆に、上昇傾向を示し、2007年度(平成19年度)には、ついに、50%を超え、50.3%と半分近くの水田が作付けされない状況になってきている。

- 3) 減反率の低下に伴い、4年間で水田の地下涵容量が617万m³も減少しており、湛水田による涵養量の増加分の一部は水田面積の減少によって水田の作付面積が減少していくと、白川中流農地で基本的な涵養を受けている熊本地域地下水は、将来的に減少傾向を免れないと考える。
- 4) 湛水事業は減反率を2007年では約20%押し下げる効果に相当する。
- 5) 湛水事業によって、地下水位上昇高が湛水前後では約2m高くなっており、着実に湛水効果が現れていると考えられる。
- 6) 今後地下水位の低下を免れるためには、湛水による地下水涵養だけでなく、農家の営業収入を増加させる湛水作物の導入が必要である。

なお、本研究は、独立行政法人日本学術振興会、科研費基盤研究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」の補助を受けた。

参考文献

- 1) 沖大幹監訳、沖明訳：水の世界地図、丸善株式会社（2006）、p.22.
- 2) 市川勉：近年の地下水流出の低減と白川中流域低の重要性、日本地下水学会2004年秋季大会公開シンポジウム「水質・水量から見た健全なる地下水循環を求めて」(2004) p.21.
- 3) 熊本地下水研究会：白川中流域水田地帯保全方策の研究、平成13年度自主研究報告書、(2002) p.1.
- 4) 熊本県・熊本市：昭和61年度熊本地下水総合調査報告書、(1986) .
- 5) 熊本県・熊本市：平成6年度熊本地下水総合調査報告書、(1997) .
- 6) 熊本県・熊本市：平成16年度熊本地下水総合調査報告書、(2004) .
- 7) 熊本市：平成14年度農林業の多面的機能に着目した流域連携事業調査業務報告書、(2003) ,pp.2-3.
- 8) 市川勉：近年の地下水流出の低減と白川中流域低の重要性、日本地下水学会2004年秋季大会公開シンポジウム「水質・水量から見た健全なる地下水循環を求めて」(2004) pp.24-25.