

# 熊本地域における行政境界を越えた地下水資源管理 —70万市民を支える地下水資源の持続的管理—

嶋田 純

## Trans-boundary Groundwater Management in Kumamoto Area -Sustainable Management of Groundwater Resources for over 700,000 Residents-

SHIMADA Jun

### 1. はじめに

熊本県阿蘇西麓台地及びその西部に広がる熊本平野は、年間2000mm近い降水量と火砕流台地の高い浸透特性のために古くから豊かな地下水資源を持った地域として知られており、その流出域に存在している70万人の人口を有する熊本市は、わが国の県庁所在地の中で唯一その水道水源が100%地下水で維持されている特異な都市である。熊本市及びその周辺14市町村（熊本地域と称す）は、この豊かな地下水資源を将来にわたって持続的に利用できるように精力的に地下水行政を進めている。ここでは、これまでの調査研究から掌握されている熊本地域の地下水の存在状況を概観した後、現状における課題とその対応策について、水資源としての地下水の持続的管理という立場からの取り組みの実態を紹介する。

### 2. 熊本地域の水理地質

図一1に示すように、熊本地域の第四紀層の大半は阿蘇火砕流堆積物で、基盤岩類や安山岩を覆い、台地部では火砕流台地を形成している。火砕流台地は河川によっていくつかの台地に分断され、一部の台地は段丘堆積物に覆われている。第四紀層の大半を占める阿蘇火砕流堆積物は、噴出時期の違いにより大きく4つに区分される。堆積時期の古いものから順に Aso-1, Aso-2, Aso-3,

Aso-4 と呼ばれる。これらの地層は、熊本地域の帯水層を構成する主要な地層で、河川の沖積堆積物からなる帯水層を主体としているわが国の他の地域の地下水と大きく異なっている。各火砕流堆積物間には、それぞれの火砕流活動の休止期の堆積物として、砥川溶岩や大峰火砕丘堆積物、高遊原溶岩などの溶岩類や「花房層」・「布田層」などの湖成堆積物が分布しており、前者は主として帯水層に、また後者の湖成堆積物は、帯水層間の難透水層として機能している。

阿蘇カルデラ西側の熊本地域に分布する Aso-4 は非溶結の火砕流堆積物で、一部強溶結の部分と未固結の軽石・礫混じりの凝灰質砂から構成されており、基本的に透水性が高く、その下位の 4/3 間隙堆積物である「花房層」・「布田層」などの湖成層を基盤として不圧帯水層（第1帯水層）を形成している。一方これらの湖成層起源の難透水層より下位にある Aso-2, Aso-3, Aso-4 の火砕流堆積物及び江津湖周辺や嘉島町の浮島や下六嘉付近にみられる著しく発泡した多孔質部や割れ目密集地帯からなる砥川溶岩は、中・古生代の堆積岩系基盤岩をベースに被圧帯水層（第2帯水層）を形成している。地域の主要地下水資源は、この第二帯水層からの取水に依存している。

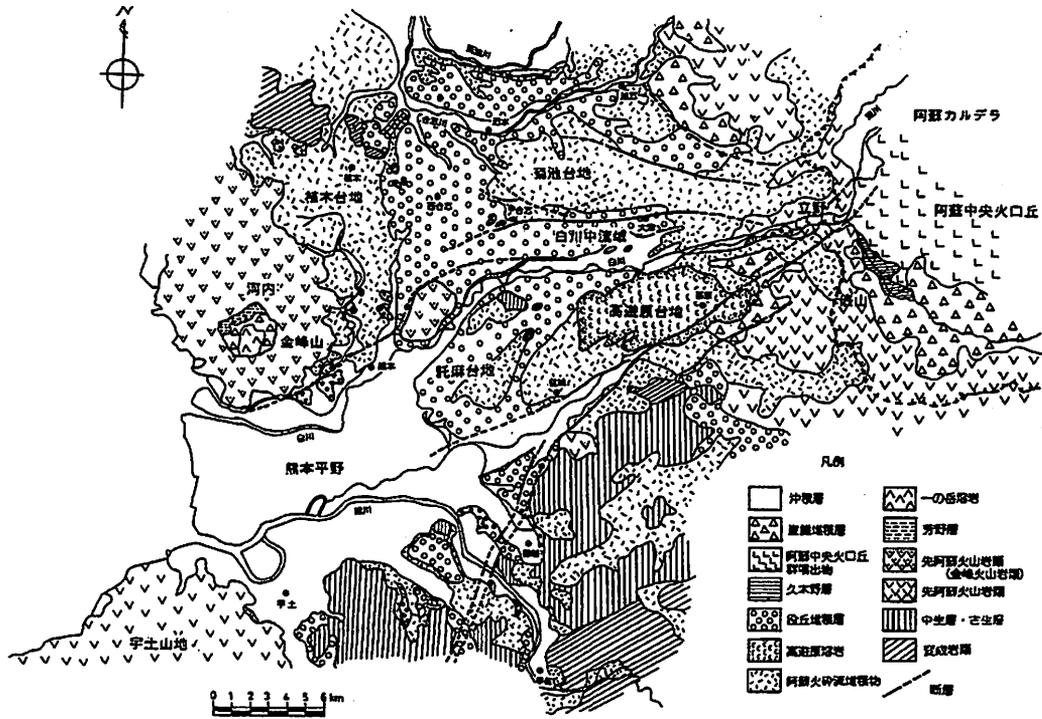


図-1 地質平面図 (熊本地域地下水総合調査報告書, H7, 熊本県・熊本市)

### 3. 地下水流動系

熊本県・熊本市は平成6年「熊本地域地下水総合調査」において、地下水の分布と地下水の流動状況を明らかにするために、前述の第1帯水層及び第2帯水層について約500箇所の既存井戸を対象に一斉測水調査を実施している。この結果によれば、第2帯水層(図-2)においては、6月に低水位期、10月に高水位期を持った季節変動を示しているが、阿蘇西麓台地の地下水涵養域にあたる菊池台地においては、地下水頭の季節変動は10m-20mもの大きな変動を示すことが特徴的であり、特に前述のAso4/3間の難透水性湖成堆積物の存在しない白川中流域低地(図-2中の破線地域)が第2帯水層に対する効果的な涵養域になっていることが明らかにされている。

熊本県及び熊本市が測定している観測井水位では、流出域にあたる熊本平野においては、ゆる

やかな水位低減傾向(0.5 m/20年)が認められており、一方地下水涵養域にあたる阿蘇西麓台地の菊池台地等においては、より大きな水位の長期低減傾向(3 m/20年)を示している(図-3)。

また熊本市の主要な湧水地域で熊本水道の発祥地でもある八景水谷や、市民共通の広域水辺リクリエーション地である江津湖における湧出量(図-4)においても、その長期変動は明らかな低減傾向を示しており、1950年代に日量90万トンあった湧水量は、1990年初頭には50万トンに、2000年代には40万トンを下回るまで低下しており、地域の地下水資源量が低下しつつあることが懸念されている。

### 4. 地下水涵養の実態

熊本地域の地下水は、前述したように花房・布田層からなる難透水性の湖成層を挟んで不圧地

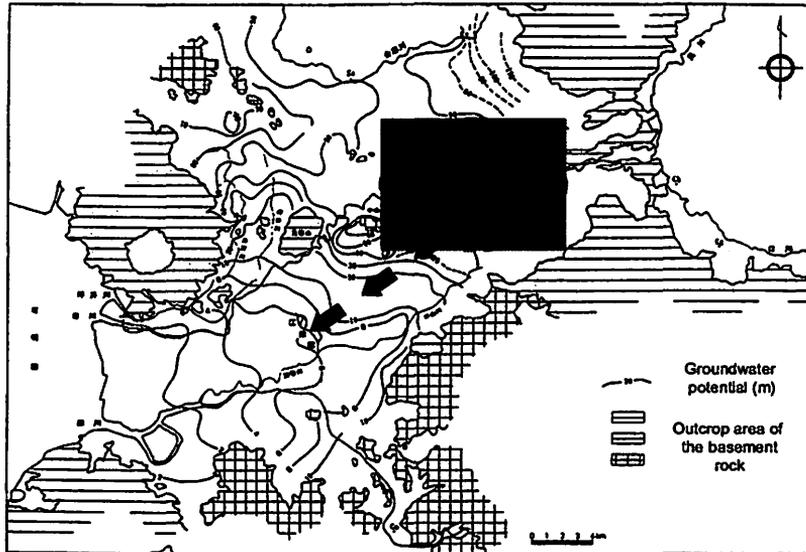
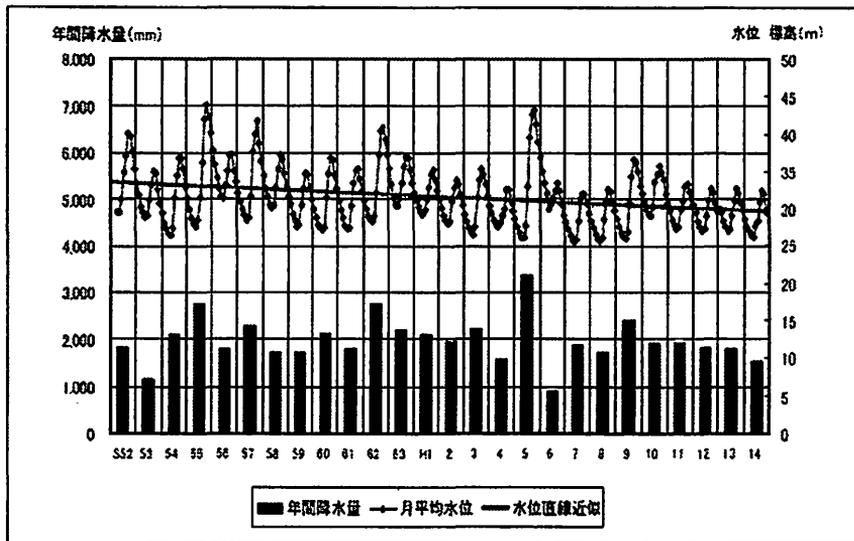
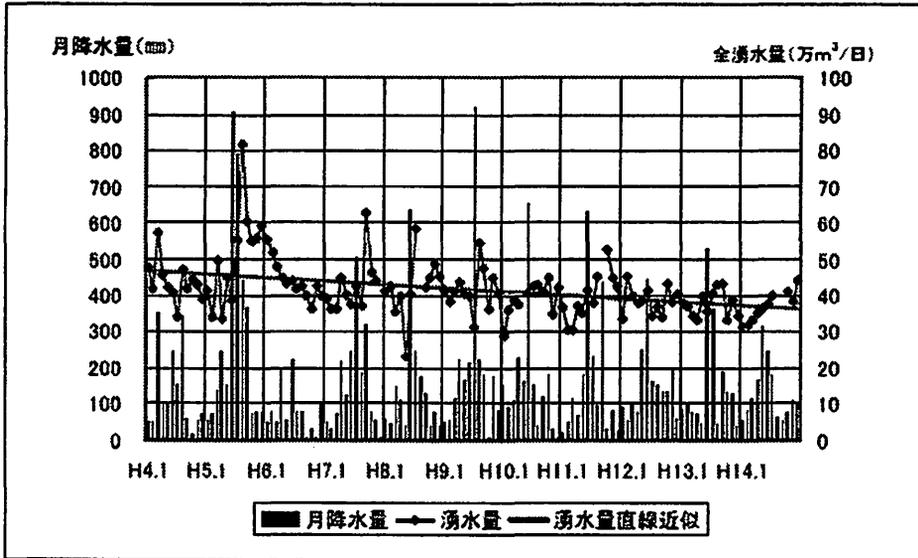


図-2 地下水等高線図（第2帯水層；平成5年10月）  
 （熊本地域地下水総合調査報告書，H7，熊本県・熊本市）

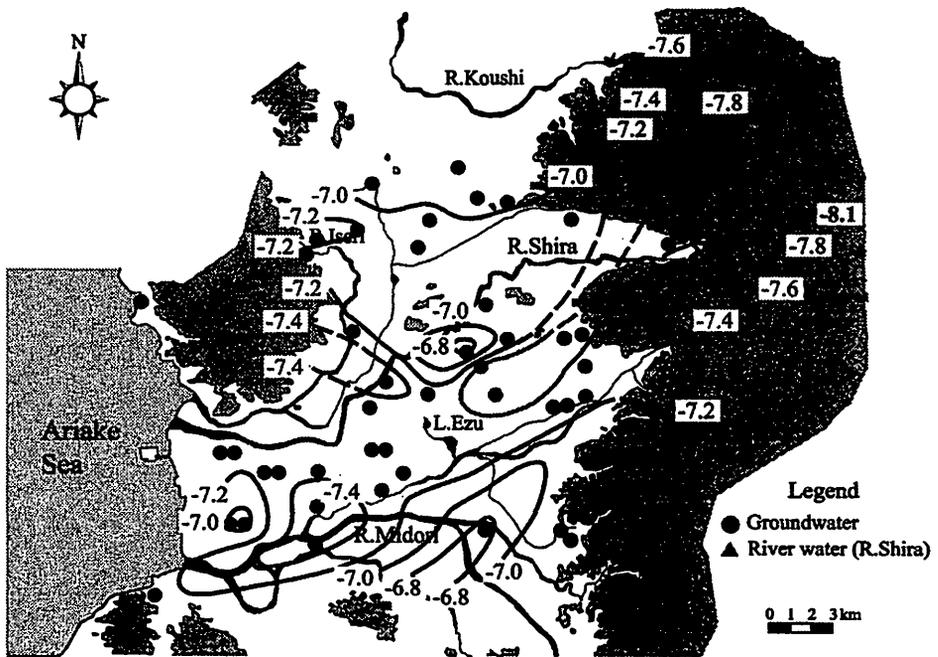


(source) From data provided by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport

図-3 熊本地域地下水涵養域（大津）における地下水位の長期的変化（熊本市）



図一四 江津湖における湧水量の長期変化 (九州東海大学による)



図一五 安定同位体比による第二帯水層における白川からの地下水涵養の影響 小坂他 (2002)

下水帯水層である第1帯水層と被圧帯水層である第2帯水層が存在しており、これらの地下水は、阿蘇西麓台地である菊池台地から白川中流域低地を経て託麻台地付近で主に涵養されている。阿蘇西麓台地のAso-4火砕流における環境トリチウムと安定同位体を用いた土壌水浸透機構の解析と涵養量評価によれば、年平均1137mmに相当する量が、2.29m/年の降下速度で地下水涵養として機能していることが判明した(米坂他 2002)。このような高い涵養量は、わが国の他地域における涵養量と比べても別格であり、熊本地域の降水量の多さと火砕流台地の透水特性を反映して豊かな地下水帯水層が形成された背景として認識されている。

第2帯水層の加圧層に相当する花房・布田層が欠如している白川中流域低地からの水田等を介した地下水涵養については、安定同位体比を基にした研究により、図-5に示されるように白川河川水からの地下水涵養の影響が明確に把握され、年間を通じて30～40%の割合で白川河川系の成

分が第2帯水層を涵養していることが示された。このことは、熊本地域の地下水を資源として考えるとき、その涵養域の中でも相対的に狭い面積ではあるが白川中流域低地の土地利用状態の改変が地下水資源量の将来に大きく影響することを示唆している。

阿蘇カルデラを源流域として熊本地域を流下する白川の中・下流域にある陣内および代継橋における流量観測結果によると、1958年～1979年までの平均年総流量はそれぞれ、5.9億 $m^3$ 、7.1億 $m^3$ であったものが、1980～1997年間の平均年総流量は8.5億 $m^3$ 、9.1億 $m^3$ と最近20年間に約2～2.4億 $m^3$ 増加していることが確認されている(図-6、熊本地域水循環研究会、2001)。

同時期に熊本地域の他の河川流域では年総流出量に殆ど変化が認められないことから、対象期間中の降水量には著しい変化は無いと考えられ、白川における年総流出量の増加は、前述の涵養域での地下水位低下や江津湖の湧出量低下と関連して考えると、水田灌漑として利用される白川河川

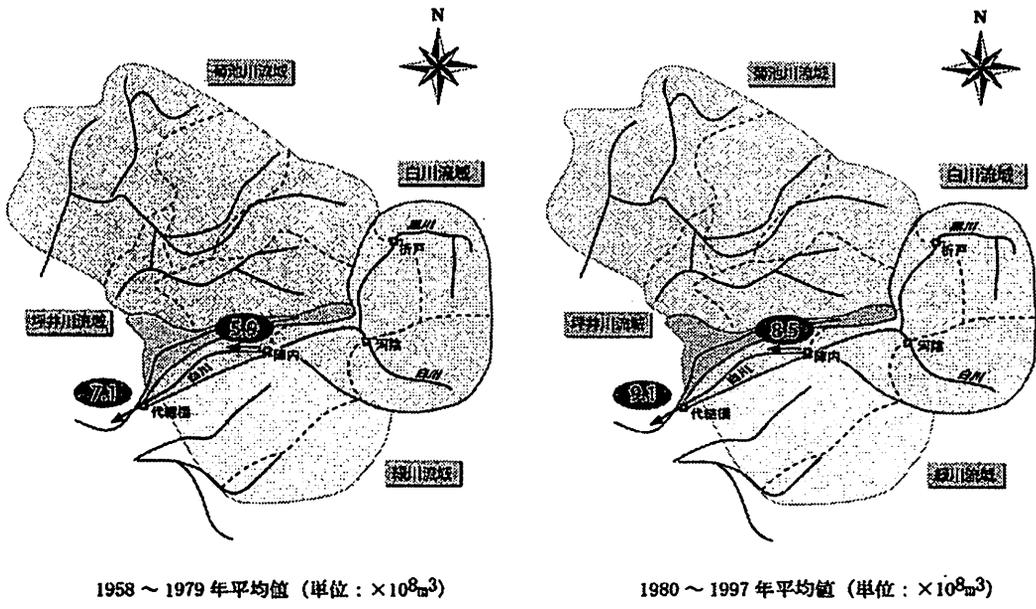


図-6 白川流域における年総流出量の変化(熊本地域水循環研究会、2001)

水が水田面積の減少に伴って低減した結果、収支バランス上、河川水として流出する水量を増大させたものと解釈できる。

### 5. 近年の地下水利用量の変化

熊本市ホームページより抜粋した昭和 53 年～平成 15 年における熊本市地域の地下水採取量の経年変化を図-7 に示す。地下水全体の採取量は平成 6 年までは、年平均 140 百万 m<sup>3</sup> で推移しているが、それ以降は徐々に減少し、平成 15 年では 115 百万 m<sup>3</sup> の採取量である。また、用途別に見ると、上水道用は微増しているが、工業等用

水は、一時の 50 百万 m<sup>3</sup> から 15 百万 m<sup>3</sup> でこの 26 年間で約 35 百万 m<sup>3</sup> 減少しており、節水型の産業形態の効果が考えられる。一方、農業・水産養殖用水については、この 26 年間で約 15 百万 m<sup>3</sup> 減少しており、このうち農業用水の減少量は約 10 百万 m<sup>3</sup> で都市化と減反政策に伴う影響と思われる。このように、熊本市地域においては近年地下水採取量が明らかに減少しているにもかかわらず、前述したように第 1 帯水層及び第 2 帯水層の涵養域においては長期的な水位低減傾向が示されており、図-8 に示すような涵養域を含む地域全体での土地利用変化に伴う涵養量の低減が、その

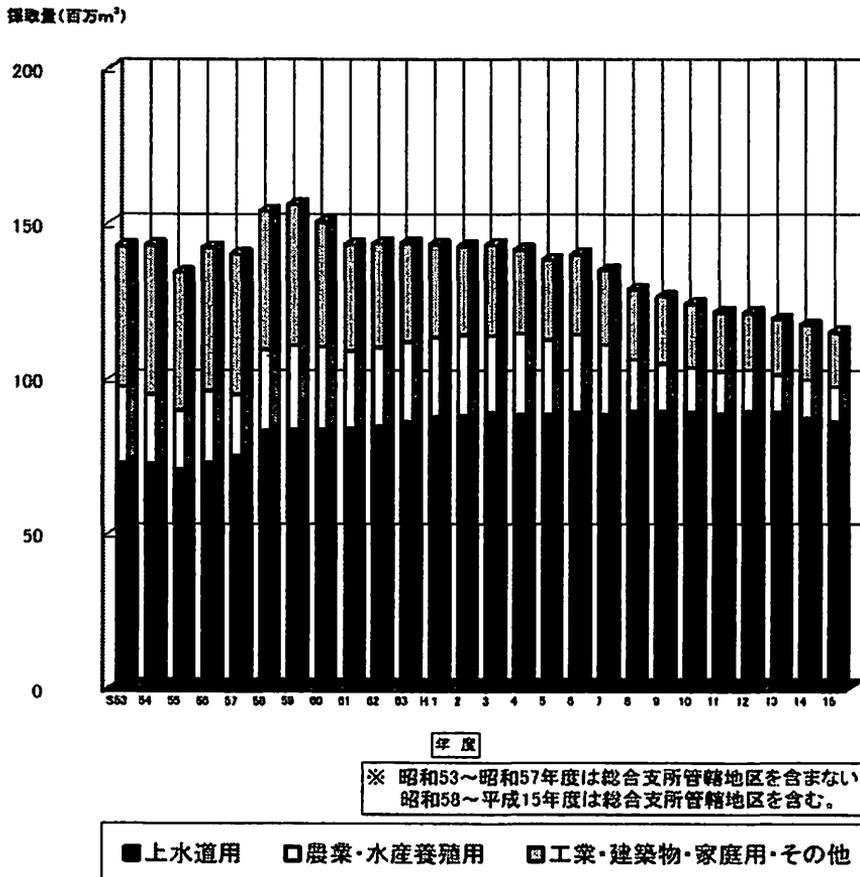
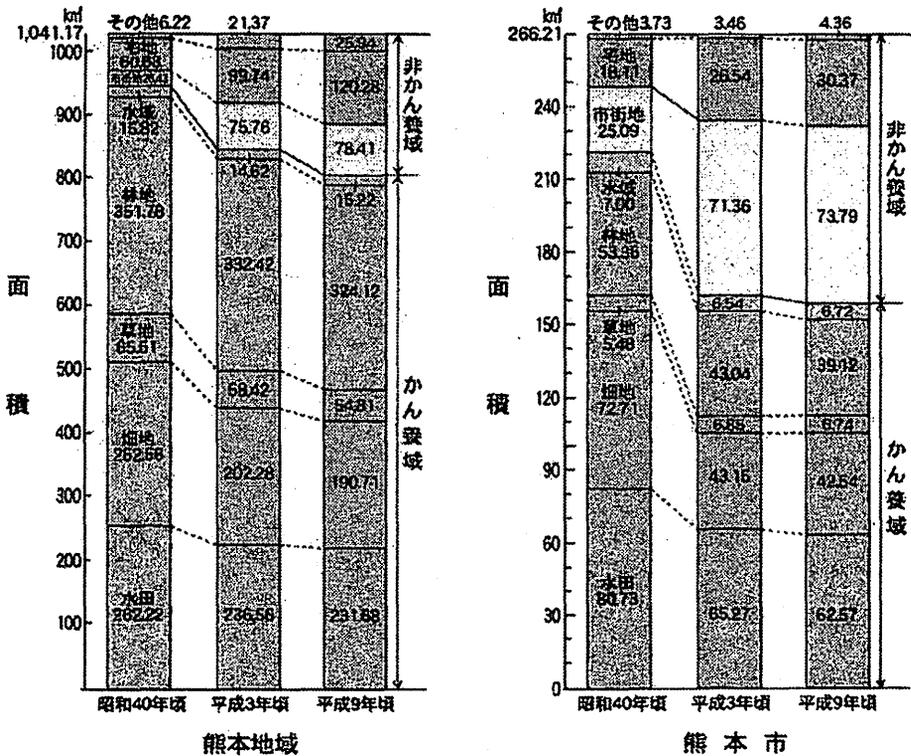


図-7 熊本市地域の地下水採取量の経年変化 (熊本市)



## 土地利用の変化

図一八 熊本地域および熊本市における地下水涵養域の変化 (熊本市)

原因として懸念されている。

### 6. 熊本地域地下水総合安全管理計画

熊本県・熊本市は平成8年3月に熊本地域周辺市町村と共に、熊本地域の地下水を質と量の両面にわたり総合的な保全と管理を推進してゆくための指針として『熊本地域地下水総合安全管理計画』を策定した。この中で、前述した調査結果等に基づき、地下水涵養機能を保全するために①単位面積あたりの涵養能力が高い地域、②浸透した水が直接第2帯水層に涵養される地域、③大きな地下水位低下等が予測され対策が急がれる地域、等の基準を基に区域を設定し、これらの地域において開発行為を行うにあたっての留意事項を定めた。

このような指針のもとに地域の地下水涵養域の保全が図られてきているが、実際には減反政策に伴う水田の減少と畑地やビニールハウスの増加、都市域の拡大に伴う都市・住宅地域の進出等により、対応策としての透水性舗装や浸透マス等の人口涵養機構設置の努力はあるものの実質的な涵養能力は低下しつつあるのが現状である。

このような現状を踏まえ熊本市は、熊本地域の地下水涵養にとって重要な位置を占めている前述した白川中流域低地からの地下水涵養を促進させるために、熊本市とその周辺自治体から構成される全国初の地下水涵養のための流域連携システムに着手した。具体的には、図-9に示すような熊本市内の地下水利用者からの基金をベースに、白川中流域低地の休耕田を一定期間借り上げ、農

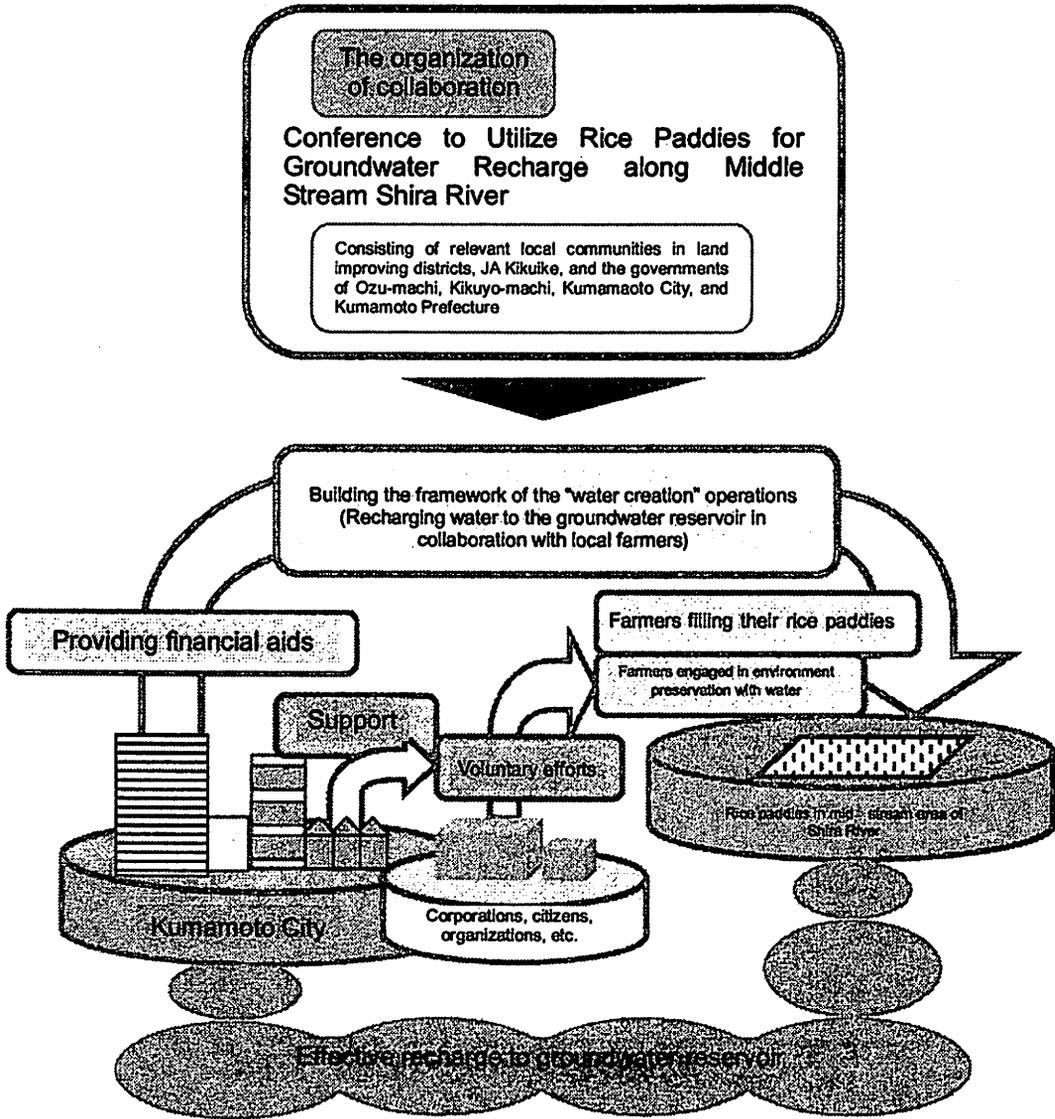


図-9 地下水涵養促進のための流域連携システム

家の所有している水利権を利用して休耕田に水を張ってもらうことで地下水涵養効果を高める仕組みである。この地域の水田は、もともと減水深が100mm/日にもなるざる田であるため農家にとっては泣かせどころであったが、地下水涵養にとっては有難い存在だった。この効果を復活させようとの取り組みである。前述したこの10年間の白

川における年総流出量の変化が、熊本地域全体の年間地下水涵養量の低減とオーダー的には矛盾していないことを背景に、この休耕田水張り事業による地下水涵養の強化には、その効果が大きいに期待されている。

この仕組みは、地域の地下水の最大ユーザーである熊本市が主体的に取り組むものであるが、

その実施に当たっての一番の問題は、熊本市の行政域が涵養域から流出域までの全ての地下水域を包含していないことである。特に地域の第2帯水層の地下水涵養域として効果のある前述した白川中流域は、熊本市周辺市町村（具体的には菊陽町・大津町の両町）に帰属しており、熊本市の直接的な施策を行うことができない。そこで熊本市は、市内の生活用水のすべてを賄う地下水を保全するため、2004年1月21日熊本県庁で大津町・菊陽町及び水循環型営農推進協議会と協定を締結し、地域の水循環を踏まえ、行政境界を越えて地下水を流域として管理しようとする画期的な取り組みとして上述の流域連携システムをスタートさせた。協定書には、熊本市の地下水涵養に大きく貢献する白川中流域の水田に関し、営農の一環として水張りを実施する地元農家への助成や、上下流住民の交流促進、環境保全型農業の推進、地産地消の普及啓発などが定められている。

熊本市は現在、昭和52年に制定した地下水条例を改定することを検討中であり、民法上は土地所有者に帰属規定される地下水を『市民共通の財産』との認識に立脚し、その公共性に配慮し『水資源としての地下水を水循環の枠組みで捉える』という観点を踏まえた新しい条例策定を目指している。その根幹にこの流域連携システムを入れて市民全体が関与する行政域を越えた広範囲な地域全体の取り組みに広げようとしている。この条例改定の中では、水循環をベースにした地下水管理を行う上で前述の行政境界と地下水域の不一致が、地下水資源を持続的に管理できる仕組みを構築する上での新たな障害になっている。

## 7. おわりに

阿蘇火砕流台地を涵養源とする熊本地域の地下水の現状と、地下水環境を保全すべく現在熊本市を中心とした行政組織によって対応が取られている涵養推進のための流域連携システムについて紹介してきた。地下水資源に係わる環境問題（環境との共生？）は、ダムや堰等の他の水資源関連の環境問題と比較してみると、

- ① 地下水帯水層という目に見えない地下に起こっている環境問題であること。
- ② 滞留時間が相対的に長いこと、ひとたび状況変化が起こるとその改善には長期間を要するため、早めに的確な対策を打つ必要があること。
- ③ 地下水利用者と環境負荷者（加害者？）が同一の地域住民であること。
- ④ 地下水には水利権が無く民法上土地所有者に権利が帰属するため、公共的な管理が不在であったこと。

という観点で、大きく趣を異にしている。

地下水を含めた地域の水循環機構の実態に対する地域住民への啓蒙と水環境の調和的利用への積極的な協力を促すための意識高揚の手助けとして、研究者・教育者・技術者・行政の連携プレーが極めて重要な役割を果たすと考えている。現在熊本市を中心に検討されているような公水論の立場に立った地下水管理条例を出発点にして、榎根（2006）の提唱する『水資源から水循環へと視点を転換し、地下水の公共性に配慮した、安全で、幸せな長期的国土設計』を目指したいと思う。

（熊本大学・大学院自然科学研究科）

## 参考資料・文献

- 榎根 勇（2006）：地球温暖化と地下水、地下水技術 48巻11号、3-8。
- 熊本県・熊本市（1995）：熊本地域地下水総合調査報告書、p.122
- 熊本県・熊本市（1996）：熊本地域地下水総合安全管理計画、p.56
- 熊本地下水研究会（2002）：白川中流域水田地帯保全方策の研究、熊本開発研究センター自主研究報告書、p.272、
- 熊本地域水循環研究会（2001）：熊本地域水循環研究会検討結果概要、P.46。
- 小坂 寛、嶋田 純、坂本正巳（2002）：安定同位体比から見た熊本地域における地下水の起源、日本地下水学会、2002年秋季講演会講演要旨、140-143。
- 米坂 崇、嶋田 純、寺本雅子、竹丸 裕一郎（2002）：土壌水中の同位体プロファイルを基にした異なる気候下での土壌水浸透機構の比較、2002年度地球惑星連合同大会、H 002-003、