

# 地下水と都市の共生〜熊本の水理地質と美味しい水

嶋田 純

熊本大学大学院自然科学研究科教授

## 地下水都市くまもと

羽田からの熊本便で阿蘇熊本空港に降り立つと、「日本一の地下水都市・熊本」のポスターが目に入ってくる。これは平成20年に熊本市が自治体として初めて「日本水大賞」を受賞したことを契機に印刷されたもので、熊本を訪れる観光客に火の国阿蘇とともに、水の国熊本を知っていただくべく展示されている。熊本市内の観光地として広く知られている水前寺成趣園の池は地下から湧き出る豊かな水を利用したのだが、ここから下流の上江津湖に至る藻器堀川沿いにはたくさん地下水が湧き出ていることはあまり知られていない。環境省が選定した平成の名水百選に熊本県から選ばれた4カ所の湧水として、熊本市内から水前寺・江津湖湧水群と金峰山湧水群が選ばれてから、少し知られるようになったかもしれないが、全国的な認知度はいまだそれほど高いとは言えない。しかしながら熊本市民の地下水に寄せる思いの中には常

にこの江津湖周辺の豊かな湧水があり、前述の「日本水大賞」の受賞が、自治体を含めた地域の地下水保全に対する長年の取り組みが評価された結果であることから、市民の地下水に対する思いは非常に熱いものがあることが推察されよう。

この背景には、「蛇口をひねればミネラル水」といわれている地下水100%の水道水に象徴される、熊本地域<sup>1)</sup>の高い地下水利用がある。2012年4月に政令指定都市となる熊本市は人口70万を超える熊本県の県庁所在地で、この規模の都市で水道水源を100%地下水で賄っているのは全国唯一であり、そのような観点から「地下水都市くまもと」が地域のキャッチフレーズとなっている。

## 蛇口をひねればミネラルウォーター

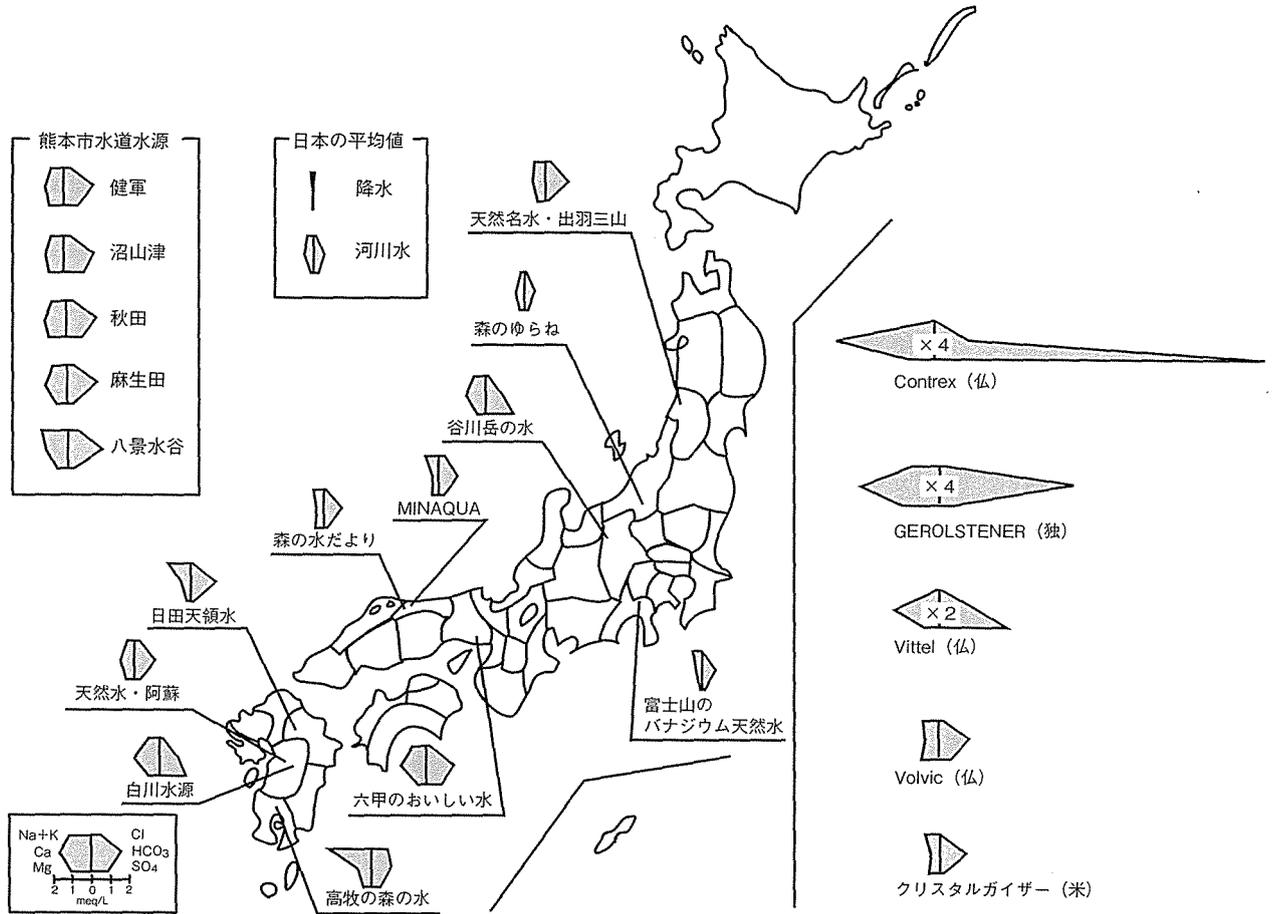
熊本市には他の大都市の水道局にあるような浄水場はない。地層でろ過された地下水を取水しているため浄水は無用なのであ

る。代わりに市内58カ所の水源地と呼ばれる場所に、取水井戸施設が80〜90本ある。これらの取水井戸から採取した地下水を貯水槽に送って滅菌・加圧し、市内各所に上水として配水している。これらの水源地の中で主要5カ所から採取された地下水中に含まれる無機イオン成分をヘキサダイアグラムと呼ばれる六角形のグラフで水質を示してみると、図1（P42）に示すように市販されている国内外のミネラル水ボトルと比較して遜色のない、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>の陽イオンと重炭酸イオンを主体とした天然水成分から構成されていることがわかる。

湿润温暖で降水量の多い日本では、生活用水の80%近くが河川水を主体としており（国交省・水資源白書による）、大都市の水道水源もまたそのほとんどが河川水を取水・浄化している。20%程度しか利用されていない地下水は、我が国ではマイナーな水源である。

図1には、日本の平均的な降水と河川水

図1 熊本市水道水と全国ミネラルウォーターのヘキサダイアグラム表示

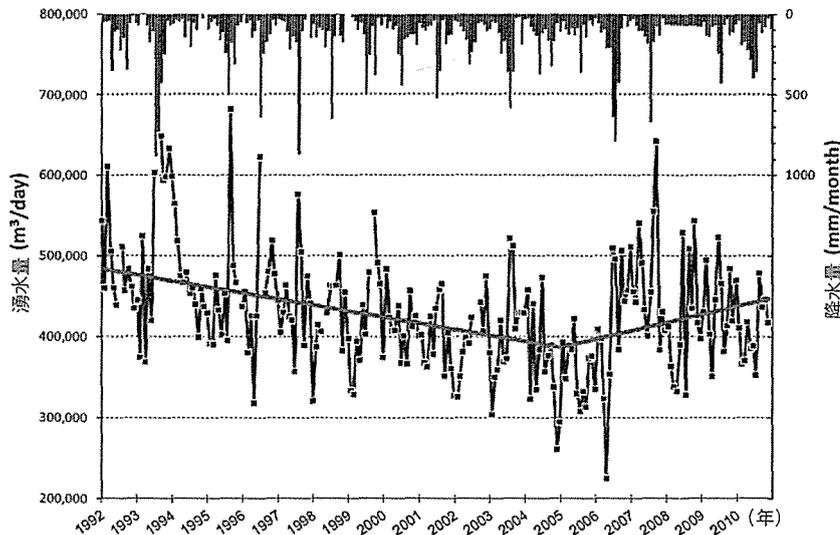


のヘキサダイアグラムも表示してあるが、降水↓河川水↓地下水の順に水質形のコマの大きさが大きくなっており、そこに溶けている水質成分が次第に増えていることが読み取れる。蒸留水状態の降水が大地に降り注がれた後、流下する過程で次第に無機イオン成分を地層から供給されてゆくことで、ヘキサダイアグラムの水質形が膨らんでミネラルに富むようになるわけで、河川水を主体とする多くの大都市の水道よりも地下水100%の熊本の水道水の方が、ミネラル水ボトルに匹敵する豊かな無機イオン成分に富んだ美味しい水であることがおわかりただけよう。事実、熊本市の水道水は、全国でも屈指の美味しい水として評価されている。

### 熊本地域の地下水の流れ

熊本市水道局が取水している地下水は、阿蘇カルデラの西麓斜面台地で涵養\*され南西方向に流動して江津湖や嘉島<sup>かしま</sup>の湧水地帯で流出するような地下水流動系を構成していることがわかっていく。我が国の大都市平野の地下水が、沖積・洪積層と呼ばれる川や海の堆積物に挟まれた地下水帯層に存在しているのに対し、熊本地域の地下水は、25万年前から9万年前の阿蘇火山の

図2 江津湖の湧水量変化とそこにみられる水張事業による涵養効果 (九州東海大学による)



4回にわたる大規模噴火に伴って噴出した、火砕流と呼ばれる火山性堆積物からなる帯水層中に存在していることが、大きな違いである。川や海の中で水中堆積した地層に比べて火山周辺の火砕流堆積物は勾配が大きく、一般的な平野部での地下水勾配が1000分の1程度であるのに対し熊本は地下水勾配は100分の1と10倍も大きな勾配で、九州の高い降水量と透水性に富む火砕流堆積物のため、地下水の流動が極めて速く活発(10〜数十年規模)であることが特徴となっている。

これら熊本地域の地下水構造と流動状態の把握は、過去40年近い期間に設置された熊本県・熊本市、熊本市上下水道局、国土交通省、農林水産省等が保有する100本以上の地下水観測井戸によって明らかにされたもので、地下水を地域の主要水源として利用している地域ならではの成果である。これらの観測井戸は地域の地下水状況監視用に継続的に利用されて現在に至っており、その多く

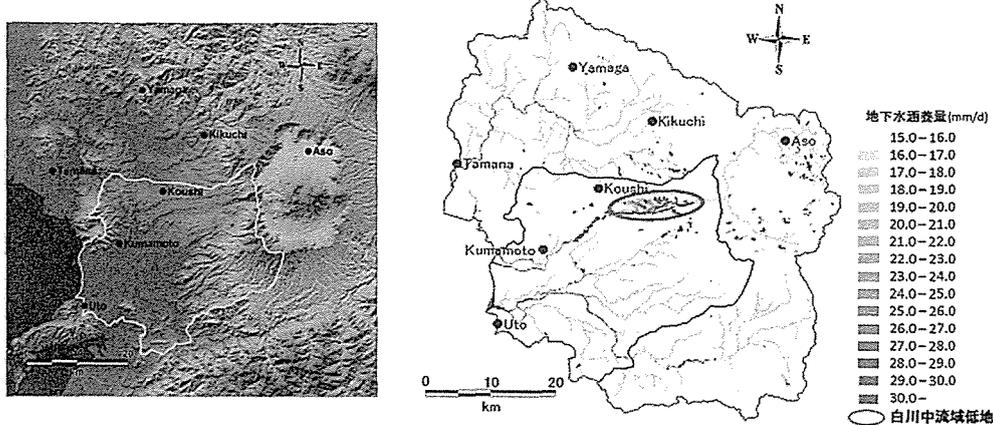
の観測井戸データや図2に示した江津湖の湧水量変化から、1990年代以降地下水位が低下傾向にあり、地域の地下水資源が減少傾向にあると危惧されている。

### 熊本県・熊本市の地下水資源保存へのチャレンジ

この熊本地域の地下水資源減少の要因として第一に想定されることは、地域の地下水過剰揚水と思われるが、実際には長期的揚水量は、農業利用の低下と産業用水の効率化によって低下傾向にある。むしろ都市化に伴う地下水涵養域の減少が要因として考えられ、とりわけ阿蘇カルデラから発生する白川(しろがわ)がカルデラ外輪山から出たところにあたる、白川中流域低地と呼ばれる水理地質構造上\*3、熊本地域の地下水涵養に高い効果のある地域の水田の減少(都市化と減反が主因)であると推察されている。それに対する地下水涵養量増加を狙った『休耕田水張事業』と呼ばれる地下水人工涵養の取り組みが、2004年以降熊本市を中心に周辺市町村と連携した組織によって実施され、近年顕著な成果を上げてきている。

この白川中流域低地の水田は、500年前の加藤清正時代(かとうせいせい)に開発されたと記録に残って

図3 熊本地域第2帯水層分布域とその涵養量分布 (shimada, et al. 2012)



おり、漏水性の高い（水田の減水深\*が、100mmと全国平均の10倍以上になる）ことが有名で、農家にとっては悩ましい存在であった。ところが実は、この漏水した灌漑水が、地域の主要帯水層である第2帯水層に直接的に涵養していることがわかってきた。図3は、熊本地域の主要水源帯水層である第2帯水層について、地下水流動モデルによって解析した涵養量分布図であるが、この白川中流域低地からの涵養が、突出して高い効果を持っている様子が明確に示されている。水田利用が最も多かった1930年代の土地利用に対する地下水モデルからの計算結果によれば、第2帯水層の全涵養量の中で中流域低地からの涵養量が40%以上を占めていたことが示されているのだ。

そこでこの特性を復活すべく熊本市は、この中流域低地にある休耕田の灌漑水利権を持っている地元の農家に対して、夏季の灌漑期にあたる6～10月の間の数ヶ月間休耕田に水を張ってもらうことで、その漏水によって人工的な地下水涵養を行う仕組みを構築した。協力してくれる中流域低地（熊本市外の菊陽町・大津町にある）の農家に対して一定額の補助金を支給し、その原資は熊本市内の地下水ユーザー（最大は熊本市上下水道局で、3000万円/年近い資

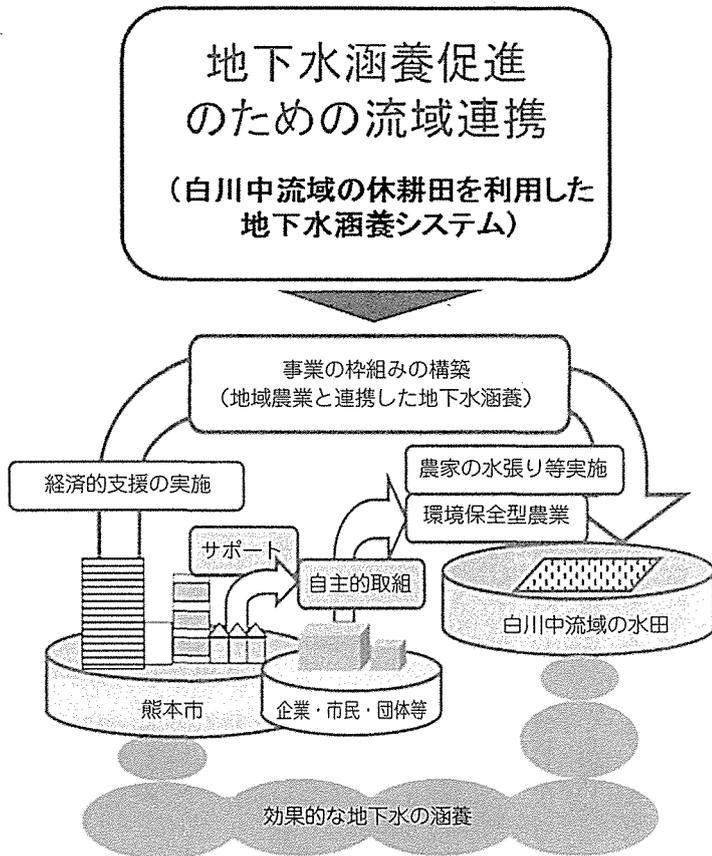
金供与をしている）に委ねるといって、地下水涵養のための行政境界を超えた画期的な取り組みである（図4）。

図2にみられるように、地域の地下水流動流出域にあたる江津湖における湧水量は2006年まで一方的な低減傾向にあったが、その後は増加傾向に転じており、これは、この水張事業による涵養効果と評価されている。これらを契機に、熊本県はより広域的な持続的地下水管理システムとして、熊本地域の枠組みの中で水量と水質双方の地下水管理を実施すべく、県地下水条例の改正に着手している。この改正版熊本県地下水条例は、大規模な地下水利用者に対する揚水量の許可制まで導入した水量と水質のトータルな管理を目指すもので、2012年4月の発効を目指している。

### 地下水資源の持続的管理を目指して

日本の法律では、地下水は土地所有者に帰属しており河川水のように公水\*的な管理を行える法体制は整備されていない。省庁の縦割行政の弊害、水資源としての地下水の重要性が相対的に低いこと、現行法制度を改変し、地下水を地表水と同様に公水として管理する法律を制定する上での障害が大きいこと等の問題があるのだ。どうや

図4 白川中流域の休耕田を利用した地下水涵養システム



我が国では国レベルでの統一した地下水資源管理の仕組みを作るよりは、地下水を積極的に利用している地域レベルで、個別の管理制度や条例等を制定し、地下水資源管理を行っていく方が、スムーズで実効性のある展開が望めそうである。そして、熊本地域がその先例となりつつある。

平成20年7月に施行された改訂版熊本市地下水保全条例では、「地下水を市民共通の財産としての公水」と位置付けており、現在改定中の熊本県地下水条例において

も「地下水を県民の生活に欠くことのできない地域共有の貴重な資源」として将来にわたって地下水の恵沢に浴せられるような「公水」として位置付け、地下水保全施策をより実効性のあるものとするため、一定規模以上の地下水採取に対する許可制の導入や硝酸性窒素等汚染対策の条例への明文化がなされており、「地下水都市くまもと」ならではの、地下水資源の持続的管理の仕組みが着々と講じられてきている。

熊本に來られた折には、美味しい「蛇口

からのミネラル水」を味わいつつ、その質と量の確保に対する地域の取り組みがあることに思いを起こしていただければ幸いです。

- \*1 図3で示される熊本県の地域。阿蘇外輪山西麓から熊本平野およびその周囲の台地にあたる。
- \*2 雨水がゆっくり地中に染み込むこと。地面がアスファルトに覆われていると、水は染み込まない。
- \*3 地下水脈の構造上。
- \*4 1日当たりの田面水の減少量。
- \*5 公共目的で利用される、河川や湖沼の水。法律でその使用が規制されている。

参考文献

1) 小島貞夫 (1985) : 美味しい水の探求。日本放送出版協会 60-61。

2) 嶋田純 (2007) : 熊本地域における行政境界を越えた地下水資源管理—70万都市を支える地下水資源の持続的管理—。熊本地理、18巻、24-32。

3) Shimada, J., Ichiyana, K., Kagabu, M. and Mori, K. (2012). Effect of artificial recharge using abandoned rice paddies for the sustainable groundwater management in Kumamoto, Japan. #542. Proceedings of the world environmental and water resources congress, May, 2012, Albuquerque, USA

プロフィール

嶋田純 (しまだじゅん)  
 1950年、東京都生まれ。78年筑波大学大学院博士課程修了、理学博士。筑波大学助教授・水理実験センターを経て、99年より熊本大学大学院自然科学研究科教授。2011年より日本地下水学会理事・会長。専門は、同位体水文学・地下水水文学。地下水を含む水循環の実態(年齢や起源など)を、水に含まれる天然の同位元素を用いて解析する研究をしている。主な著書は、『地下水涵養』(2001)、共著『理工圖書』、『水ハンドブック』(2003、分担、丸善)、『陸水の事典』(2006、項目執筆、講談社サイエンスフィックス)、『地下水流動—モンゴリアの資源と循環—』(2011、分担執筆、共立出版) などがある。