

## 水循環構成要素としての 地下水資源の持続的利用



嶋田 純

熊本大学 名誉教授・大学院先端科学研究部特任教授  
公益財団法人くまもと地下水財団理事・アドバイザー

太陽系第3惑星である地球は、太陽からの距離の影響により、大気を含む惑星表層に三態(水蒸気(気体)、水(液体)、氷(固体))の水を保持することができている極めてユニークな惑星である。この容態変化をする地球上の水には、太陽からの放射熱と地球の重力によって図のような水循環が存在しており、地表面下にある地下水もまたこの地球上の水循環を構成する要素の一つになっている。水循環の各要素の循環速度(滞留時間、入れ替わり時間)は大きく異なっており、大気中の水蒸気はおよそ8日、地表水(河川水)は17日と早めなのに対して、地下水は全球平均で1400年、海洋は2500年と極めて長時間をかけて循環していることが知られている。一方、これらの水体の存在量は、地球全体の水の量に対して大部分(96.5%)は海水で、残り3.5%を占める淡水の中で最大容量をもつ地下水は0.76%であるのに対し、地表水(土壌水、湖沼水、河川水)は0.009%、大気中の水は0.001%とその存在量が大きく偏っている。降水量の多寡に左右される地表水に比べて安定的な地下水は、淡水中最大量を持つ水資源で、飲用水を含む世界の生活用水の50%以上を占めているが、他の淡水資源に比べるとその滞留時間が長いという特徴があり、地下にあるために地表からの汚染を受けにくい反面、一度汚れてしまうとその回復には長時間を要するという短所も併せ持っている。

滞留時間は、貯留量を通過量(地下水の場合は涵養量)で割ることによって算出され、砂漠地域のような乾燥地では大きな貯留量を持つ地下水の利用価値は高いが、涵養量以上に地下水を揚水してゆくと水位低下を起こし、いずれは枯渇することになる。滞留時間の短い河川ダムでは、渇水年に枯渇が起こっても翌年の降雨で回復できることが多いが、滞留時間の長い乾燥地の地下水では、枯渇後の回復を望むことは多くの場合難しい。中国の河北平原、アメリカのプレーリー地域、インド・パキスタンのパンジャブ平原、オーストラリアの大きな井盆地等の乾燥地域(涵養量が数十mm/年程度)で顕在化している灌漑や牧畜のための地下水揚水に伴う地下水位の長期的低下は、水資源的な側面のみならず農畜産経済の観点からも世界的に大きな問題になっている。

一方、アジアモンスーン気候下の湿潤温帯地域にある日本では、平均涵養量は300-400mm/年程度存在しているため、この範囲で地下水を利用する限りは、資源の枯渇に至らずに持続的な利用が可能となる。さらには、滞留時間の早い河川水の一部を人工的な地下水涵養に転用することで、持続的に利用できる地下水揚水量を強化することが可能である。地下水利用の盛んな熊本地域を含む日本各地で行われている水田を利用した人工地下水涵養は、まさにこの水循環の人工的な切り替え作業といえることができる。

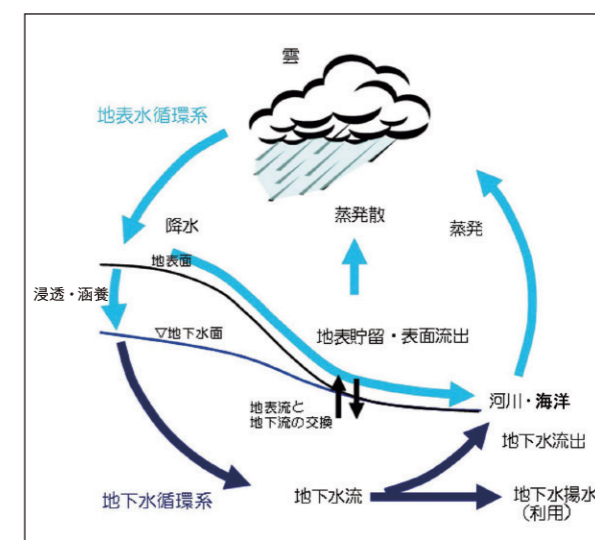
2014年の水循環基本法、翌年の水循環基本計画の施行は、それまで個別に対応していた水行政を水循環という枠組みの中で一元的にとらえるという考え方で、わが国の水関連行政の流れの中で画期的な動きとして注目される。2021年に同法の一部改正が行われ、地下水の適正な保全・利用に関する規定が追加された。戦後経済の復興途上にあった1960-70年代に、大量に揚水された地下水がもたらした3大都市圏での地下水障害(地盤沈下、地下水の塩水化、酸欠空気事故等)の出現により、揚水規制の対象として地下水を排除してきたこれまでの水行政の流れの見直しである。

熊本地域では、地域の水資源としての地下水の評価は高く、大正年間に始まった熊本市上水道水源としての地下水利用はもとより、1970年代の熊本市・熊本県の地下水保全条例の制定、2000年代からの白川中流域での水田湛水事業(人工地下水涵養)の取り組み、2010年前後の県・市の地下水保全条例改正(公共水、公水の認識明示)、2012年のくまもと地下水財団の設立、2015年の熊本県地下水と土を育む農業推進条例の制定等、全国に先駆けて様々な地下水の持続的利用に向けた取り組みに着手してきている。まさに地下水先進地域であり、全国から地下水資源の持続的な管理に向けた熊本の動きが注目されている。

くまもと地下水財団設立当初より、くまもと地下水会議への諮問内容の検討や事業実施に対する学術的な分野からの助言に携わってきた筆者の立場から見ると、当財団は地下水を持続的に利用するための中心的な存在であってほしいという地域の願いが込められて設立された組織であると思っている。実際この10年の間に、熊本地域の地下水や地下水利用者に関わる様々な事業に積極的に取り組み、熊本地域の地下水保全の推進に大きく寄与してきている。

地下水の水量および水質の持続的管理・利用には、①地下水資源量の全貌と変動状況を見極めるための地下水観測井戸によるモニタリング、

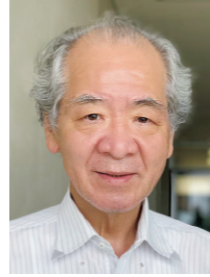
②地下水流動の実態評価と適確な資源保全・利用策の構築に先立って実施される地下水シミュレーションモデルの活用が不可欠である。熊本地域では既に、国土交通省、熊本県、熊本市、熊本市上下水道局等によって100本以上の地下水観測井が設けられ、過去40年近くの継続的な観測が行われており、くまもと地下水財団がこれらの記録を収集・管理している。一方、地下水シミュレーションモデルについては、過去10年程の間に、熊本地域における詳細な3次元の水理地質構造を反映したモデル開発が、国交省、大学、民間企業等で地域の地下水流動の実態評価に向けた研究ベースでの取り組みとして実施され、実績を上げてきている。地域の地下水資源の持続的な活用策の検討や資源保護のための人工涵養施策の立案等にあって、これからのくまもと地下水財団のあるべき姿を考えると、地下水シミュレーションモデルの運用と活用もまた地域の地下水の持続的利用・管理を担う組織としてフォローすべき重要なポイントである。くまもと地下水財団が、地域の地下水の実態をきちんと把握した上で、地下水を俯瞰的に捉えた情報提供をすることで、地下水を持続的に利用するための素地をつくる組織として活躍して欲しいという期待を込めて、財団設立10周年にあたっての言葉としたい。



地球上の水循環模式図

## 公益財団法人くまもと地下水財団

## 設立10周年に寄せて



市川 勉

東海大学 名誉教授  
公益財団法人くまもと地下水財団評議員・アドバイザー

「公益財団法人くまもと地下水財団」はそれまで熊本にあった地下水保全管理のための3つの組織を統合して設立され、10周年を迎えました。私は、設立当初から「くまもと地下水財団」に参画している一人です。今回の寄稿では、私のこれまでの熊本の地下水に関係する研究を通して明らかになってきた熊本の地下水像と今後の「くまもと地下水財団」への期待について述べたいと思います。

私は、平成3年(1991年)4月に福岡から熊本に異動してきました。それまで地下水流動理論を研究していた私は熊本の江津湖を見て、「この湧水湖の湧水はどうなっているのだろう?どこから来るのだろう?」という疑問を持ち、調べてみましたが、江津湖周辺の湧水に関する調査は、熊本県・熊本市が実施した熊本地域地下水総合調査の報告書に湧水期の5月と豊水期の10月の観測記録、それも単年度の記録しかなく、年間変化の記述もありませんでした。それなら自分で調べようと考え、江津湖の地図作りから始め、その年の12月から最下流の加勢川秋津橋から最上流の藻器堀川鵜渡橋まで37地点で2日間かけて毎月流量観測を行いました。そうした観測を10年間続けると長期の傾向がはっきりと現れてきました。それは江津湖の湧水量の長期低落傾向でした。その原因

は何か?当然、考えられるのは上流の状況です。そこで目を付けたのが大津町・菊陽町にある白川中流域の水田地帯でした。白川から7つの堰を通して取水し、水田にかんがい用水を供給しています。その量は日量約200万m<sup>3</sup>。白川中流域の水田地帯の面積は約1,400haと広大ですから、いくつかのブロックに別けて流量を観測し、水収支を計算して水田の減水深(一日当たりの水の消費量/水田面積)を求めました。流量観測地点は約300地点にもなります。これを平成13年(2001年)から平成16年(2004年)までの4年間、毎年8月に観測を続けました。その結果、白川中流域の水田の平均の減水深が100mm/日近くにも達することがわかりました。さらに、熊本市水保全課のご協力でご協力で白川中流域から江津湖周辺の地下水位データを取得し、タンクモデルによる白川中流域から江津湖までの地下水循環シミュレーションを行い、白川中流域などの水田の稲作付けの減少が地下水涵養量の減少を招き、その結果、江津湖の湧水量も減少しているということがわかりました。その後、熊本地域地下水保全のための白川中流域における湛水事業へと発展して現在に至っています。

「くまもと地下水財団」の現在の事業は大きく分けて4つの事業から構成されています。その事業の概要は以下のようになっています。

## 地下水環境調査研究事業

国土交通省、熊本県、熊本市(上下水道局含む)などの行政組織が観測している熊本地域の地下水位・水質などのデータを収集しデータベースを構築すること、地下水の流れのモデルを活用して地下水の水収支や涵養量の推計を行うこと、また、独自に江津湖の湧水量の観測や財団が所有する「育水の森」における涵養基礎調査を行っています。さらに、アドバイザー会議を開催し、広域的な地下水保全に取り組む地下水財団の運営及び活動等に関する支援と助言を受けています。

## 地下水質保全対策事業

硝酸性窒素による地下水汚染など、顕在化しつつある地下水の水質悪化に対応し、発生源対策を進めるため、市町村の削減計画策定に際して調査結果等情報提供の支援を行っています。

## 地下水涵養推進事業

熊本地域の地下水量を増やすために、水田湛水事業など熊本地域の地質的特徴を活かした涵養事業、水源涵養林の整備など農林業と連携した地下水涵養のための事業を行っています。同時に、都市での涵養対策として雨水浸透ますなどの設置補助事業を行う市町村への助成を行っています。

## 地下水採取・使用適正化推進事業

地下水に関する各種情報の収集や財団事業及び地域における保全活動の紹介など、地下水管理の必要性・手法実践例等について周知しています。また、積極的な地下水保全活動の実践者を顕彰し、熊本地域地下水保全の気運の醸成を促進する活動を行っています。適正な地下水利用を行うために、採取者に量水器設置費用の助成などを行い、支援を行っています。

「くまもと地下水財団」の設立から10年が経過し、その間、多くの調査・研究を実施し、データや地下水研究資料の蓄積が増えています。ホームページを閲覧すると、多くの記述があり、その中に上記の4つの事業を行っているとの記述はありますが、そのデータなり、図表といった情報はほとんど見られません。閲覧者の中には地下水の状況を見たいと思う人がいるでしょう。今後は、情報公開の立場からどんなデータが公開できるか、データ供給元と協議しながら、一般の人たちにもわかりやすいグラフ化したものを提示するなど、よりわかりやすい情報公開について検討していくことを期待します。さらに、財団の活動内容の開示を増やし、財団の存在を周知することが重要だと思われます。

最近の研究で熊本地域の地下水は熊本地域の中(水田・畑地・平野部の林地など)で涵養されているだけでなく、阿蘇外輪山で地下に浸透した水が直接地下水帯に供給されているものがあり、阿蘇カルデラから立野火口瀬を通じて直接熊本地域に流入している地下水も確認されました。このような状況を考えると、熊本地域の地下水は熊本地域だけでなく、阿蘇カルデラ、外輪山西側地域も併せて考える必要があると考えられます。

熊本地域の地下水は地域に在住する約100万人の水道水源を供給するだけではなく、進出している多くの企業の工業用水、そして、農業用水とその用途は多々あります。節水によって地下水消費量は減少していますが、涵養量が減少し続けているため水収支は赤字になっている年も多くあり、持続可能な水源とするために、今後も「公益財団法人くまもと地下水財団」の重要性は増えています。「くまもと地下水財団」の活動のさらなる展開を期待します。