

モンゴル国：ウランバートル市の水道と 日本：熊本市の水道の比較研究 —両市の地下水による水道水源事情を中心に—

佐藤 寛

1. はじめに

地球は「水の惑星」といわれる。地球の表面の3分の2は水で覆われ、14億km³の水が存在するといわれている。そのほとんどが海水で約97.5%を占めている。そして淡水は約2.5%であり、そのほとんどが北極と南極の氷山や氷河である。地上の動植物が使用している水は、地表水と地下水を含めると0.01%に過ぎない。この僅少の水が地上に棲む動植物の命の水である。地上の動植物の生存のための水、そして70億以上の人々の生活や食糧生産のための水である。水で覆われている地球でありながら淡水の量は意外と少ない量である。世界の水資源の使用量の約3分の2は灌漑用水に使用され、食糧生産など農業に用いられている。近年、これらの農業用水を十分に得られない状況が世界各地で起きている。国連の発表によれば、2050年までに農業用水の使用量を19%増加させる必要があるとの見通しである。しかし、これらの増加率の半分の農業用水を得ることが難しい状況下にある。例えば：中国は近年の経済成長に伴い工業用水の需要が著しく増加し、農業への水配分が不足し灌漑用水に深刻な水不足状態に陥っている。また、地下水枯れの続くアメリカやインドにおいても十分な農業用水が得られず、従来の食糧生産量を維持することが不可能な状態になりつつある。また、世界の中でもアジア・アフリカにおいては安全で安心な水を手に入れることのできない人々が世界で約7億8000万人おり、衛生的なトイレの設備を使用できない人々が約25億人に及ぶといわれている。水事情は世界の地域や国によって大きな相違が生ずる。雨量が多い国と少ない国では必然的にその水の事情は異なるのが現状である。

21世紀は水の世紀と言われ、最近では水の問題が多い。特に、地球温暖化の影響ともいわれる中、世界の各地域で大干ばつに見舞われ農作物の生産や日常生活にも大きな被害が出ている。また一方において、過去に経験の無い大量の降雨に見舞われ大洪水やゲリラ豪雨等による甚大な被害を受けるなど世界各地に大きな痕跡を残している。今年（2014年）の夏は過去に経験がないほどの短期集中の大雨に見舞われ、日本列島においても洪水や土砂災害が発生し大きな被害を受けた。特に、広島市では大雨により、甚大な被害を受けた。近年は異常気象により過去に経験のない天候が発生し、竜巻や異常な量の降雨、そして地域によっては大干ばつの被害を受けている。水は人類にとって欠かすことのできない存在であり、水との長い付き合いの中で今日まで生命の維持や文明、科学、産業などの各分野を育んできた。そして、先人たちは水との闘いを繰り返し、干ばつや洪水に挑んできた歴史がある。水は多くても少なくても問題である。水問題は人類の永遠の課題でもある。

WHOの発表によれば、世界の先進国の都市部で安全で衛生的な水道水を蛇口から直接使用可能なのは約80%である。先進国においてはその普及率は高く、日本全体の水道普及率は97.6%である。また都市部においては100%に達している。一方、発展途上国の水事情は先進国の水事情とは大きく異なる。

本稿は、世界の水事情が異なる国々の中で、水道水が地下水で100%賄われている、モンゴル国のウランバートル市と日本の熊本市の現状について紹介する。

筆者は、本年（2014（平成26）年）に両市を訪ね、水道水源の地下水の現状を調査見聞した。特に、ウランバートル市の地下水源地とゲル地区における水道の現状調査を8月22日から約2週間滞在して行った。本稿ではこれら調査結果に基づいて、両市の水道水源となっている地下水の現状と課題、地下水利用システム等の諸政策について考察したものである。

2. ウランバートル市の水事情

(1) 水を運ぶ少年

水事情は世界の国々によって異なる。地政学的、気象学的な諸条件や国際河川に依存する国など、水をめぐる諸条件は様々である。モンゴル国はロシアと中国に挟まれた国でありモンゴル国から両国へ流れる河川は210を有している¹⁾。

地政学的な観点から見たモンゴル国は内陸国で海を持たない国であり、北西には大山脈を有し、多雨で森林が生い茂っているが、南は砂漠地帯の乾燥地域である。このため、一つの国の中でも水事情は大きく異なる。

今回調査したウランバートル市内の中においても、生活水の事情は大きく異なっていた。モンゴル国は近年著しく経済発展を遂げている。経済発展によりウランバートル市は急速な社会インフラ整備や近代的な建物や住宅建設などを進めている。このような状況下において、首都ウランバートル市は一極集中型の都市となっている。全国からウランバートル市に移り住む人々が増加し、全人口約280万人中、約47%の約130万人が暮らす大都市となっている。このような人口増に対して社会インフラ整備が追いつかないのが現状であり、水のインフラ整備も進んでいない。

ウランバートル市の中心地を囲むように山のすそ野には、一戸建て住宅やゲルが所狭しと夥しく建ち並んでいる。こうした地区に住む人々は、過去のモンゴルの伝統的な職業である遊牧民や地方から出てきた人々である。これらの人々は中心街の近代的なアパートに住むには家賃が高いことと、アパート数が不足のため居住が叶わない人々である。首都の60%の人口が住み、20万戸の世帯があり、その中の5万戸を超える数は不法滞在者の住宅である²⁾。このゲル地区は戸建て毎に柵で仕切っている。これらのゲル地域の住宅には水道やセントラル給水網は整備されていない。トイレも当然ながら無く、公共トイレがあり、そこは穴を掘っただけのものである³⁾。

水道の蛇口から水が出るのが当たり前の生活の日々送っている日本においても、かつては家庭の台所までの水道が普及するには相応の時を重ねて現在のような安全で水質の良い水を使用することができるようになった。かつて日本が辿ってきた水の情景が、モンゴル国のウランバートル市で垣間見た光景であった。

ウランバートル市における水の利用は市内の居住形態の各戸給水のアパート地区には水道、下水道や暖房用温水パイプが整備されている。一方郊外のゲル地区に住む人々の生活用水は市内からトラックで運ばれた水を飲料水販売所（キオスク）で購入する。

このようにゲル地区の人々は水道も下水道の整備もない生活を強いられている状態にある。水の消費

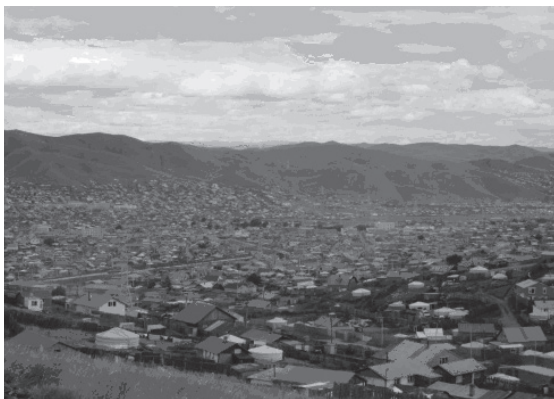


写真1 夥しい住宅のゲル地区
* 日本人墓地の丘より撮影
撮影：筆者2014年8月24日



写真2 給水トラック
* 給水中の給水トラック
撮影：筆者2014年8月24日



写真3 水を運ぶ少年
*水いっぱいのポリタンク
撮影：筆者2014年8月24日



写真4 水を買う市民
*給水所No.70
撮影：筆者2014年8月24日

量は市内の居住形態の各戸給水のアパート地区では約230ℓ/日/人、ゲル地区では約7ℓ/日/人である。ある少年に話を伺ったところ3人家族で一回65ℓの水を買うと3日で消費する。1人1日約7.2ℓの水で生活しているが、この水の消費量はゲル地区の一般的な量であるとのことである。ウランバートル市の水の消費量は市内に住む住民と郊外に住むゲル地区の人々の所得格差でもある。このような状況下においてウランバートル市当局は手をこまねいているわけではない、ゲル地区の人々を近代的なアパート地区に移転したり、ゲル地区に水道管を敷設したりするなどに努めていることも事実である。

(2) ウランバートル市の水道水源地

ウランバートル市の水道水源地は100%地下水で賄われており、地下水確保のために広大な敷地を有する。近年の経済成長に伴い水の需要も大きく増加傾向にある。

ウランバートル市の水道水源地は現在7つある。従来からの主力水源地である「中央水源地」、「工場水源地」、「精肉工場水源地」、「上流水源地」があり、そして今年（2014）の6月に「ヤールマグ水源地」、7月に「ブヤントハトハ水源地」、12月には最後の予定水源地の「ガッチョル水源地」を開設した。これによって、ウランバートル市は7つの水道水源地を保有し、日量の取水可能量が合計286,800m³の水源地を確保した。今後、ウランバートル市の人口増加や経済発展に伴う水需要が増加を見込んだ措置である。現在の水の使用量は需要と供給の点から見れば、水使用量は日量約150,000～160,000m³であり、水需要に対して供給は十分である。ここで、既存の水道水源地について、ウランバートル市水道局の担当官インタビューを基にその概要を紹介する。

I. 「中央水源地」A(ア)

- 井戸の数 88本 地下18m～44m
- ポンプ数 大3機 小4機
- 取水量 6～7万立方メートル/日
- 面積 342.2ha
- 大阪国際空港（伊丹）317ha ・関西国際空港510.3ha

○U B市の使用量の約半分が中央水源より取水

- 中央水源は1959年に作られた

II. 「工場水源地」B（ベ）

- 1964年、ハンウール区、工場地区、市内から車で約20分
- 第3発電所の隣の工場エリア ・井戸16 ・水源地2か所9本/7本



写真5 中央水源地

＊日本からの援助に対しての記念碑

撮影：筆者2013年9月2日



写真6 中央水源のポンプ小屋

＊JICAの援助によって建立

撮影：筆者2013年9月2日



写真7 工場水源地 B（ベ）

＊河原状態の水源地

撮影：筆者2014年8月27日



写真8 精肉工場水源地 B（ヴェ）

＊奥の建物は火力発電所

撮影：筆者2014年8月27日

- ・当水源は当時5本の井戸からスタート ・塩素は4ヶ月～6ヶ月に1度交換1000ℓ
- ・採取水 19,000～23,000m³/日 ・2名のスタッフ 夜は自動運転
- ・ウランバートルの工業団地、皮工場やソーセージの皮を作る工場などが約30社
- ・2001～2003年に、中国の機械設備を導入している。その結果、取水量が増え、電気代費を20%節約できた。
- ・従業員数 19名

Ⅲ.「精肉工場水源地」B（ヴェ）

1000m³のタンクが2個あり。このタンクに地下水から採取した水を一旦ためて、そこから塩素消毒して市内に送る。

- ・2002年にデンマークの機械設備を導入している。
- ・13,000～14,000m³の水を採集している。
- ・従業員数 8名。

Ⅳ.「上流水源地」

- ・55本の井戸。



写真9 上流水源地

*大草原の水源地

撮影：筆者2014年8月27日



写真10 上流水源の井戸

* JICAの援助によって建立

撮影：筆者2014年8月27日

- 1989年に作られている・・・39本の井戸でスタート。
- 2005-2007年に、日本政府の無償資金援助で、機械設備を改善し、13kmの水道を設置し、16の井戸を新しく掘削した。
- 2010年に、ポンプの設備を改善して、遠隔操作システムを導入している。
- 5台のポンプ クボタ製 大2 = 2000m³/1h 小3 = 1000m³/1h エンジン日立
- 一日の採取量顔の可能量 50,000m³ ～ 90,000m³
- 一日、51,000m³の水を採集している。
- 地下井戸数は55本。・・・50m³/1時間 1,200m³/日
- タンク2個 = 1000m³
- 浄水場は本水源から数キロ先の設置
- 従業員数37名。

表1 水源とその採取水

Ундны усны эх үүсвэр, ус олборлолт		
Эх үүсвэрүүд	Тогтоогдсон нөөц (м ³ /хон)	Олборлож буй ус (м ³ /хон)
Төв станц	90300	66000-77000
Үйлдвэрийн станц	30300	24000-27000
Мах комбинатын станц	8800	13000-14000
Дээд эх үүсвэр	89700	47000-49000
Гачуурт	25200	-
Яармаг	20000	-
Буян-Ухаа	22500	-
Нийт	286800	150000-160000

出典：『Ундны усны эх үүсвэр, ус олборлолт』ウランバートル市役所

表2 水源とその採取水（表1の日本語訳）

ウランバートルの水源		
出典：UB市役所 2014年8月27日		
水源名	望眼量能力m ³ /日	採掘量m ³ /日
1 中央水源	90300	66000－77000
2 工場水源	30300	24000－27000
3 精肉工場水源	8800	13000－14000
4 上流水源	89700	47000－49000
5 ガッチョル水源	25200	
・ 2014年12月オープン		
6 ヤールマグ水源	20000	
・ 2014年6月オープン		
7 ブヤントハトハ水源	22500	
・ 2014年7月オープン		
合 計	286800	150000－160000

出典）筆者作成

表3 水供給の現状

Усхангамжийн одоогийн байдал		
・ Усны эх үүсвэр		7
・ Дамжуулан шахах насосны станц		10
Үүнээс: Төв шугамд		3
Гэр хорооллын шугамд		7
・ Гүний худаг		220
・ Гэр хорооллын ус түгээх байр		566
Үүнээс: ЗУХА (автомашинаар зөөвөрлөх)		256
СНА (шугамаар түгээдэг)		310
・ Цэвэр усны шугамын урт (км)		548.4
Үүнээс: Төвийн шугам		351.4
Гэр хорооллын шугам		197
・ Цэвэр усны шугамын диаметр (мм)		50-800
・ Цэвэр усны шугамын насжилт		5-55 жил

出典：『Усхангамжийн одоогийн байдал』 Уланбаートル市役所

表4 水の供給の現状（表3の日本語訳）

ウランバートル市内給水所		
出典：UB市役所 2014年8月27日		
・ 水 源		7
・ 給水ステーション		10
・ 中央地区	3	
・ Гел地区	7	
・ 井戸数		220
・ Гел地区内の給水所		566
・ ・トラック輸送給水所	256 (トラック台数58台)	
・ ・中央パイプ接続給水所	310	
・ 水道管距離		548.4km
・ ・市内		351.4km
・ ・Гел地区		197km
・ 水道管使用年数		5～55年間
・ 水道管径口		50～800mm
1E=1Tg(トゥグルグ)		

出典）筆者作成

(3) ウランバートル市水道の今後の課題

前述のとおり、従来からの水道水源地に加え、本年（2014（平成26）年）、6月には「ヤールマグ水源」が、7月には「ブヤントハトハ水源」が、12月には「ガッチョル水源」が開設されている。これらの水源地オープンによって、今後の水需要に対する水供給は盤石な体制が整えられた形となった。「ヤールマグ水源」と「ブヤントハトハ水源」はオープンしたばかりであり、調査するだけのデータがないとのことで、今回調査は不可能であった。

しかし、今回の調査で見えてきた今後の課題がいくつかある。その一つは、これらの水源地からの給水システムと水質についてであり、既存の水源⁴⁾の水質システム管理施設の設備が老朽化していることである。最新コンピューター管理システムを導入し、その体制は維持しつつも全体的に老朽化が目立った。今後、近代的施設の建設が急がれる。

二つ目は、配水管の老朽化問題である。各水源地の水そのものは良質であるが配水管の老朽化により赤錆等が発生し、供給している水道水の水質の劣化を招いている。また、漏水も生じているとのことである。半世紀以上を経過した配給管を使用しているので、水道の蛇口から出る水は透明性を失っている。

三つ目は、各水源地は広大な面積を有しており、多数の警察官によって十分に警備管理体制が整えられている。むしろ厳重な警備体制である。各水源地は全て金網等で柵くられ、野生の動物や家畜などが侵入できないようになっている。警備体制も厳しく「中央水源」は国境警備隊が警備し、「工業水源」と「精肉工場水源」の供給管理所は厳重な囲いの出入門に少人数の警察官、そして「上流水源」には多数の警察官が警備していた。街中の小さな水源地を調査したが、やはり警備は厳しく1名の警察官によって警備されていた。

これらの警備体制システムの再構築も検討すべきである。全てが金網等で侵入物・者を防止して定期循環警備を行っているが、近代的な電子セキュリティシステムの導入が検討すべき課題であると考えられる。

一部の水源では近代的な設備導入を進めているが、既存の水源地の管理棟や施設は全体的には老朽化が進んでいる。ウランバートル市水道局は、市民の健康の基礎である「水」が最も安全で安心な水供給する義務を負っている。市民から信頼される水造りが第一の使命であると考ええる。

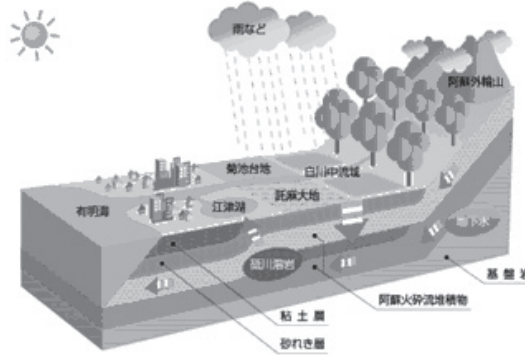
3. 熊本流域の地下水循環システム

(1) 熊本県の水と地下水

熊本県は、日本の九州地方のほぼ中央に位置し、県の面積は7400平方メートルである。

熊本県には世界屈指の活火山の阿蘇山があり、火口中央には南北25Km、東西18Kmの広大なカルデラを形成している⁵⁾。そして森林が県土面積の63%を占め、この森林が雨水を一旦地下水に蓄えて、徐々に地中へと浸透させて涵養する「緑のダム」として水を保水している⁶⁾。また県内には1級河川が8系あり、白川をはじめ、緑川、大野川、五ヶ瀬川、球磨川、菊池川、大淀川、筑後川等は九州を代表する河川である。また、2級河川が81水係あり大小河川を含めると408を有する。これらの河川は阿蘇山系や九州山系を水源として西に向かって流れ、白川流域の熊本平野や緑川流域の八代平野を潤しながら有明海や不知火海へと注いでいる⁷⁾。

図1 熊本地域の地下水システム図（熊本地域の模式地質断面図）



熊本地域の地質図

出典：www.kumamoto-kankyo.jp/cate_02/2012/0418.pdf

これらの河川と共に県内には湧水群が多数存在する。南阿蘇村湧水群の竹崎湧水源は、総水量は日量約17万2千トンで、1秒に2トン、毎分120トンという膨大な量が湧水している⁸⁾。白川水源は日量約9万トンを湧水している。金峰山湧水群一帯には熊本市内には19ヵ所と玉名市に1ヵ所の湧水地を有する。そして熊本市内には水前寺江津湖湧水群が日量約40万トンの湧水し、そして熊本市の最も主力の水源地に健軍水源地がある、この水源からは熊本市全体の水道水の1／4である日量約6万m³を賄っている⁹⁾。

県内は県北、県央、県南の三つに分けられそれぞれの文化・風習を持つ。県内は14市9郡23町8村がある。熊本県は、水の豊富な県として知られ、水道の水源地は地下水で賄われており県内80%が依存している。質も量も豊富であり、熊本市を中心とする地域での生活用水の約100%が地下水であり、農業や工業用水においても地下水がふんだんに使用されている¹⁰⁾。

このような水資源の豊富な地域は全国においても非常に希であり、過去において渇水や断水の経験が少ない。その理由は、この熊本地域の地下水の水循環構造にあるものと考えられる。

(2) 熊本流域の地下水システム

熊本地域は人口100万人を抱える地域で、その生命線である水が地下水によって成り立ち維持され今日の繁栄に至っていることは全国的にも珍しいケースといえる。

特に、豊富な水を有する熊本市は「地下水の宝庫」として名高く全国的に知られている。水道の水源地が地下水100%で賄われている都市では「日本一の地下水都市熊本」である。また、日本においては岐阜市でも水道水源に地下水を使用しており、世界的に稀少な存在であり、前述したモンゴル国のウランバートル市の水道水源も地下水からの採取である。

熊本市は熊本県の政治経済の中心で「森の都」と称されるほど風光明媚で、かつ一方では「水の都」と称され市内には白川や坪井川、緑川、加勢川が流れ、そして豊かな湧水地として水前寺江津湖湧水群をはじめ健軍水源地など多数ある。

熊本地域¹¹⁾への豊潤な水の提供は阿蘇山が大きく貢献している。阿蘇山は約27万年前～9万年前に四度の大噴火を繰り返した。その際に阿蘇火砕流堆積物は噴出し火砕流台地が造られたといわれ



写真11 熊本市の中心部を流れる白川

撮影：筆者2014年2月25日

ている。この阿蘇火砕流堆積物の地層が帯水層となつて、阿蘇山にもたらす大量の雨水量が帯水層に浸透して熊本地域の山間部を経て平野部へと地下水大動脈を通じて有明海に注いでいる¹²⁾。

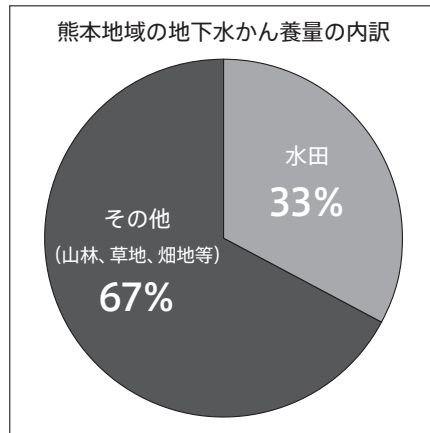
図2 能本地域と地下水の流れ



出典： ssl.kumamotogwf.or.jp/chikasui/

これらの涵養システムは今から約400年前の領主加藤清正による水田開発に大きく由来するものといわれている。それは阿蘇の「自然のシステム」を利用することによって熊本地域の性質を鑑みて水田を開墾し、この水田から大量の水の涵養を行うことによって、豊富な地下水を有するシステムを作り上げた。加藤清正をはじめ先人達の血と汗の結晶として「人の営みのシステム」を作り、先人たちの英知の結集を後世に多くの果実として熊本地域を不動の100万人都市や産業地域を誕生させて今日に至っている¹⁸⁾。

図3 熊本地域の地下水涵養の内訳



出典： http://www.kumamoto-waterlife.jp/list_html/pub/detail.asp?c_id=25&id=9&mst=0&type

(3) 市民の大切な宝物「健軍水源地」

熊本市には前述した金峰山湧水群や水前寺江津湖湧水群などの湧水地がある。市内の水源地は21箇所あり、これらの水源地では、ミネラルウォーターが常時地下から湧水している。その中で水前寺江津湖湧水群にある「健軍水源地」が最大の水源地である¹⁹⁾。

この健軍水源地は市内の辛島町のバスターミナルからバスで約20分位の距離にある、動植物園前のバス停の前にある。筆者は公益財団法人熊本市水道サービス公社の職員の方々の案内をいただいた。

この健軍水源地は1948年（昭和23年）2月に通水を開始し以来、66余年の間、熊本市の水道水の供給基地の一つとして今日に伝え、熊本市の貴重な宝物の一つになっている。この健軍水源地は熊本市その供給水量は1日6万 m^3 の水量に達し、市内の供給水量の4割をこの水源地で賄い、市民14万人以上の水道水を提供している計算になる。そ



写真12 健軍水源

撮影：筆者2014年2月25日



写真13 健軍水源5号井戸

撮影：筆者2014年2月25日

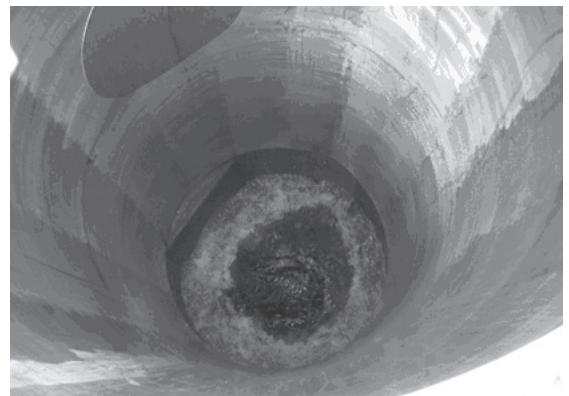


写真14 5号井戸の自噴の様子

撮影：筆者2014年2月25日

して当水源地には11本の井戸があり、その内7本は自噴している。その中で5号井戸は最も頼もしく日量約1万4千 m^3 の地下水を自噴している。この水量は25mプールで約40杯分の水を自噴していることになる。深さ40m、直径2mの井戸を覗けば自噴の音が威勢よく耳に入り、これが大地の息吹と思える音であった²⁰⁾。日本有数の自噴井戸である。

この健軍水源の水はアンケートデータ²¹⁾によれば「美味しく、健康な水」とであると市民に評価されている。

4. 熊本流域の地下水保全への対応

(1) 地下水涵養減少と対策

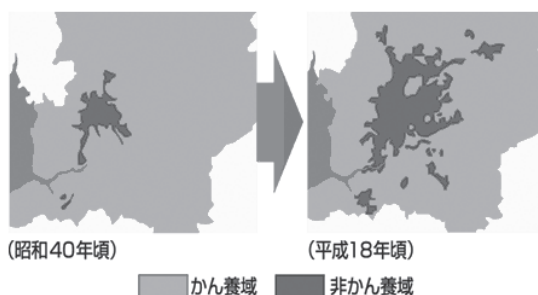
熊本市は人口73万人を擁し、熊本流域人口は100万人を超える。これまでの長い歴史のある熊本市は文化や慣習、地域産業など発展の礎には豊富な水資源を有したからである。この豊富な水源は今から420年前の当時の首領であった加藤清正公による新田開発によって、白川の中流域の大規模な水田開墾を行った。この新田開発は加藤家から細川家へと受け継がれた。この流域は水の浸透しやすい土壌のために、通常の5倍から10倍の水量が浸透し、「ザル田」と地元から呼ばれるほど、大量の水が浸透し涵養に最も適した土地柄であった。その結果、今日では日本有数の地下水の豊富な熊本地域を作り上げた²²⁾。

しかし、1965（昭和40）年ころから、経済成長に伴い企業の進出による工場建設や人口増加など急速な都市化が進んだ。また熊本流域で伝統的に行われてきた第一産業が都市化と共に減反政策や農地の住宅化や工業用地となり、そして第一次産業への就労人口が激減し、従来の地下水の涵養していた水田による稲作が減少していった。都市化や工場建設など、この熊本地域での涵養率の減少は、地下水位の減少の第一の原因は水田の減少によるもので、1年間の地下水涵養量が約6億4万 m^3 の内約2億1千万 m^3 が、山間地を中心とした地域である。このうちの半分が水田から涵養しているのである。この熊本地域での水田による稲作の面積は1990（平成2）年においては1万5千haであったが、21年後の2011（平成23）年には1万haと減少した²³⁾。これらは熊本の都市圏を中心として湛水性の作物である水稻作付面積が減少している。熊本地域における水稻作付け減少に伴い地下水の水位変化があらわれている。熊本地域内の菊陽町の辛川の観測井戸が1982（昭和57）年には29mあった水位が、2006（平成18）年には24.9mとなり、約4.4m水位が低下した。また、市内の江津湖の湧水量においては1992（平成4）年には日量約45万 m^3 あったものが2006（平成18）年には日量約38万 m^3 と、日量約7万 m^3 の減少を数え、14年間の涵養率の低下が目立つ²⁴⁾。

図4 熊本地域の涵養図

1965年頃/2006年頃

出典: 1. 熊本市環境総合センター資料



かん養域面積 947.89 km^2 (91.1%) かん養域面積 810.18 km^2 (77.8%)
非かん養域面積 93.28 km^2 (8.9%) 非かん養域面積 231.93 km^2 (22.2%)
※熊本環境総合センター資料を元に作成
出典) 事業内容 公益財団法人くまもと地下水財団【公式サイト】より

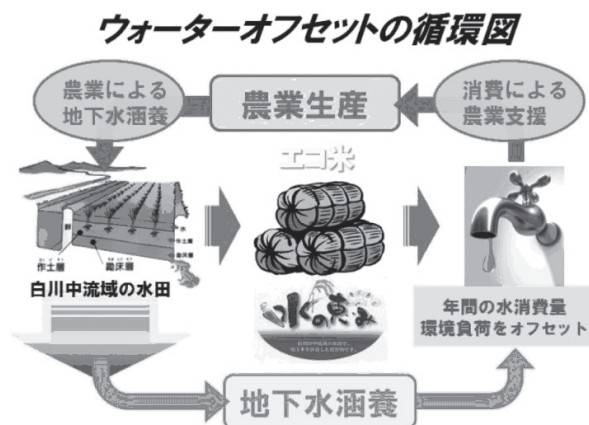
地下水減少への対応として、行政体による取り組みが行われている。熊本県の地下水採取量は2008（平成20）年には1億8000万トンの採取量に上り、1991（平成3）年の75%にもかかわらず水位は減少傾向にある。このような状況を踏まえて、熊本県の取り組みは「地下水保全条例」を2012（平成24）年に改正してその採取規制を行った。主な改正点は、地下水を大口取水する事業者には知事の許可、水量測定器の設置、地下水涵養計画の提出と実施を義務付けた、無許可による地下水の採取した場合は1年以下の懲役または50万円以下の刑罰が科せられるなどである²⁵⁾。

熊本市の対応は地下水の水位減少の原因が水田による涵養率の低下であることからその対応を検討した。稲作作付面積の減少によることから、涵養事業から始めた。この検討時に大手企業の半導体工場の進出による大量地下水採取が懸念された。半導体生産は大量の水が使用されることから地域住民や熊本地域内の関係者からも強い懸念が持たれた。このような状況に対していくつかの方策が練られた結果、地域の農業団体や農家、NGOなどの協力を得て2003（平成15）年から農閑期に河川から引水して水田に水を張って涵養を行い、その費用は大手半導体が負担するというシステムである²⁶⁾。

このような状況を踏まえ、熊本市は2004（平成16）年から地下水保全協定を近隣の町と結び、涵養事業に賛同し、転作した水田で水張りに協力する農家に対して助成金を交付する制度を創設した。この制度は功を奏して、現在では年間1,500万 m^3 を上回る地下水の涵養に達し、400戸を超える農家からの協力を得ている。この制度の今後の課題として涵養率の向上を達成するためには更なる対策が求められる²⁷⁾。そして水源涵養地には上流域への森林づくりが必要不可欠である。熊本地域内を流れる白川流域や緑川流域には涵養林の整備が必要で、水源涵養機能の高い広葉樹を中心に植林されている。

また、地下水保全政策事業の一つとして「ウォーターオフセット」を展開している。「ウォーターオフセット」とは耳慣れない言葉であるが、熊本地域の白川中流域でコメを生産するために水田を利用することで地下水の涵養効果がある。消費者は涵養地域の農産物のコメを購入することによって、この地域の涵養地保全の一助となる事業である。一般に広く知られているのは「カーボンオフセット」であり、排出した二酸化炭素を植林や森林保護などで相殺することができる。「ウォーターオフセット」は「カーボンオフセット」の地下水版として、全国で初めて熊本で取り組んだものである²⁸⁾。この制度を熊本地域内で行うことは、地下水の涵養率の減少に大きな歯止めがかかる²⁹⁾とされ、例えば、白川中流域で1kgのコメを生産するために約20～30 m^3 の地下水涵養の効果があるとされる。

図5 ウォーターオフセットシステム



出典：www.kankuma.jp>Home>環境ネットワークくまもと

(2) 熊本地域における地下水水質の現状と対策

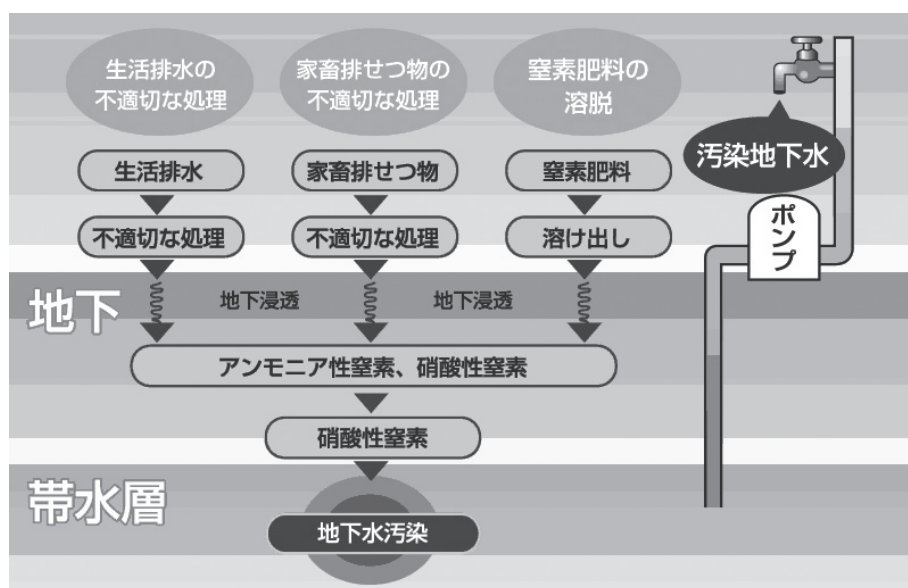
熊本地域は地下水の減少問題と地下水の水質問題がある。近年の硝酸性窒素による地下水汚染が課題になっている。この汚染は肥料や家畜の排泄物の処理が主たる原因とされている。硝酸性窒素は主に、

肥料や家畜の排泄物、生活排水が原因である。地下水には農作物に与えた肥料から窒素成分が検出され、また、家畜の排泄物からの原因と見られるなど地域内に水質の汚染が広がっている³⁰⁾。硝酸性窒素の成分を一定量飲水すると血液の酸素運搬機能が不可能となり酸欠状態になり疾患を引き起こす原因となり、体力のない老人や幼児の健康に大きな影響を与える³¹⁾。

熊本市内の北部地域と北西部地域において国の環境基準の数値を超える井戸が存在している他、市内の主力水源である健軍水源地をはじめその他の水源地においても検出されている³²⁾。

また、揮発性有機化合物による汚染も見られる。1985（昭和60）年頃から、テトラクロロエチレンやベンゼンなどの揮発性有機化合物による地下水汚染が発覚し、市内23地区に及んでいる。汚染の原因は工場・事業場などで使用されている有害物が地下へ浸透したものと見られている。そして、熊本市内の南西部地域では、自然的要因として砒素・フッ素による地下水汚染も検出されている³³⁾。

図6 硝酸性窒素による汚染



出典：事業内容 公益財団法人くまもと地下水財団【公式サイト】より

熊本地域は阿蘇山の豊富な降水量を擁し日本有数の地下水源を持ち清冽な水を絶やすことなく提供しているが、地下水の一部に産業による人工的汚染水と自然的要因の汚染が発覚している。特に、農業による肥料や家畜の排泄物が起因となって地下水を汚染しており、喫緊の課題として対応が急がれる。

熊本市では、地下水汚染対策として、硝酸性窒素による地下水汚染対策として「第1次熊本市硝酸性窒素削減計画」を2007（平成19）年に策定し、施肥や家畜排せつ物などの発生源対策とその目標値を定めた。第1次計画期間の終了によって得られた課題を検証し、更に「第2次熊本市硝酸性窒素削減計画」に基づき硝酸性窒素削減対策を推進した³⁴⁾。

地下水の汚染原因は硝酸・亜硝酸態窒素であり、それは農地における施肥と家畜の排泄物である。熊本流域の上流部は、地下水の涵養地であると同時に地下水の汚染地域でもあり、両面を兼ね備えた地域であり慎重な対策が必要である。

今後の対策としては、無農薬農産物の生産や肥料に使用量の減少に加え、家畜の排泄物処理は近代的な設備に基づく適正な処理が望まれる。

熊本県と熊本市は地下水の実態調査を継続的に実施している。調査種類を3つ分けられ、それぞれ適切な地点を選定して行っている。

① 地域の地下水の概況を把握するための調査

- ② 汚染地区等の動向を監視するための継続的な調査
- ③ 新たに発見された汚染の汚染範囲等を確認する調査

熊本市内で確認された地下水汚染地域は23地区存在し、その中で7地区を地下水洗浄対策として実施している。内訳は1地区が市において実施、6地区は汚染原因者・土地所有者が実施している。浄化対策を実施していない地区では継続して監視体制をとり、自然分解によって環境基準以下までに改善している³⁵⁾。

5. おわりに

今回は熊本県の熊本地域における地下水保全活動と、モンゴル国ウランバートル市の比較調査をもとに考察を行った。今回の調査対象とした、モンゴル国ウランバートル市と日本の熊本市は、両市ともに水道水源が地下水で賄われているという共通点がある。しかし、両市の水道水源地や水道システム管理、運営等には大きな相違点がある。調査前から大きな相違があることは十分承知の上での調査に臨んだ。ダムを持たないモンゴル国の水資源は全てが地下水を源とし、広大な水源を有している。降雨量の少ない、厳冬期のある国であり、表流水の利用の困難さゆえの水資源政策の方法も考えられる。

一方、熊本県や熊本市そして熊本地域の市町村の地下水保全対応には斬新な発想を含んだ対応が見られた。特に、加藤清正公以来からの新田開発によって得た「ザル田」は涵養率が高く、豊潤な水源の源となり今日の水の豊かな熊本をつくった。そして「ウォーターオフセット」は今後の農業政策や環境保護への大きな示唆を与える制度とも考えられる。熊本地域を一つの「地下水共有圏」として県をはじめ周辺の市町村が共通の価値観に基づいて、熊本の宝物を共有して保全して後世に伝えていく対応は、評価に値するものである。「公益財団法人くまもと地下水財団」が、この清冽な熊本地域の水を後世に残すために、行政、住民、事業者などが一体となって取り組む体制の窓口となっており、こうした推進体制は、今後の水保全対応に大きな模範となるものと考えられる。

地球温暖化の課題が大きく問われている中で、この温暖化現象によって水の課題が問われている。地球の長い歴史の中で、地球に水が存在することで地球に生命の誕生をもたらされた。生命の維持に不可欠な最も大切な水の存在が今や危ぶまれている現実がここにある。何故に今日ほど水が問題化し台頭したかを我々人類は反省しなければならない。そして、その原因を突き止め、責任ある行動と節度ある対応で緑豊かな地球を次世代へ引き継ぐ使命を待っている。

最後に、筆者が2014（平成26）年2月25日、当研究の現地調査にあたり、熊本県健康水源地を案内していただいた、公益財団法人熊本市水道サービス公社経営企画課広報聴職の主査谷本堅氏、熊本市環境局水保全課課長補佐甲斐勇氏、公益財団法人くまもと地下水財団事務局長今坂恵子氏の3名には、現地案内や熊本の水について親切丁寧に教えていただいた。また、2014（平成26）年8月26日、ウランバートル市役所水道局の職員の方より水源地調査のため1日案内頂いた。そしてウランバートル市水道局のOTGONBAATAR Dorujgotov氏や自然環境グリーン省のGALTSOG Natsagdorj氏等、水源地管理運営各位の方々には、大変親切丁寧な態度で対応して頂いた。この場をお借りして心から感謝申し上げます。

[注]

- 1) 藤田昇、加藤聡史、草野栄一、幸田良介 編著『モンゴル 草原生態系ネットワークの崩壊と再生』京都大学学術出版会、平成25年10月発行、78頁参照。
- 2) 佐々木健悦『検証民主化モンゴルの現実』社会評論社2013年4月刊行、166頁参照。
- 3) 佐々木・前掲書166頁参照。
- 4) 既存水源地とは「中央水源地」、「工業水源」、「精肉工場水源」、「上流水源」のことである。
- 5) <http://www.ja.wikipedia.org/wiki/%E9%98%BF%E8%98%87%E3%82%AB%E3%83%AB%E3%83%87%E3%83%A9> アクセス2014年8月13日
- 6) ku.kyuden.co.jp 参照。アクセス2014年8月13日

- 7) 小嶋一誠『健全な地下水循環への取り組み～熊本県の事例から～』1頁参照。
http://www.mizu.gr.jp/images/main/archives/forum/2010/forum2010_oshima.pdf
 アクセス2014年8月13日
- 8) 南阿蘇村役場ホームページ。アクセス2014年8月14日。
- 9) 「みずたま通信」熊本市水道局
www.kumamoto-waterworks.jp/?waterworks_mizutama=3871 アクセス2014年9月14日。
- 10) 熊本の地下水の仕組み（くまもとウォーターライフホームページ）
http://www.kumamoto-waterlife.jp/list_html/pub/detail.asp?c_id=25&id=9&mst=0&type
 アクセス2014年9月14日。
- 11) 熊本地域とは熊本市、宇土市、菊池市、合志市、大津町、菊陽町、西原村、御船町、嘉島町、益城町、甲佐町の4市6町1村の11市町村である。今坂智恵子「世界が認めた熊本地域の持続的な地下水」、『水利科学』2014、No.337、21頁参照。
- 12) <http://www.gelk.info/kmmtp.php> 参照。アクセス2014年8月13日。
- 13) <http://www.jma-net.go.jp/kumamoto/knowledge/climate.htm> 参照。アクセス2014年8月13日。
- 14) 熊本市水保全課「日本一の地下水都市熊本『地下水を守り伝えていくために』」発行 熊本市、平成24年9月、2頁参照。
- 15) 小嶋一誠「熊本地域における地下水管理行政の現状について」地下水学会誌第52号第1号、2010年、50頁参照。
- 16) 熊本市水保全課・前掲注(14) 2頁参照。
- 17) http://www.kumamoto-waterlife.jp/list_html/pub/detail.asp?c_id=25&id=9&mst=0&type
 アクセス2014年9月25日。
- 18) 熊本市役所『ふるさとの水循環系と水文化の一体的な保全活動』熊本市 10頁参照。
http://www.japanriver.or.jp/taisyo/.../no10_jyusyou_katudou.htm アクセス2014年8月18日。
- 19) 熊本市水保全課・前掲注(14) 17頁参照。
- 20) 「くまもとウォーターライフ」参照、www.kumamoto-waterlife.jp/2014年9月25日。
- 21) 川越保徳代表『熊本流域での水循環保全とその健全な水利用に関する研究』8頁参照
http://reposit.lib.kumamoto-u.ac.jp/bitstream/2298/8321/1/SSR2007_105-132.pdf アクセス2014年9月30日。
- 22) 熊本市水保全課・前掲注(14) 3頁参照。
- 23) 「日本の自治体の地下水を守る取り組み」参照 http://www.japanfs.org/ja/news/archives/news_id034238.html
 アクセス2014年9月30日。
- 24) 小嶋一誠・前掲注(7) 1頁参照。
- 25) 前掲注(23) 参照。
- 26) 前掲注(23) 参照。
- 27) 今坂智恵子「世界が認めた熊本地域の持続的な地下水」、『水利科学』No.337（第58巻第2号）、2014年6月発行、29頁参照。
- 28) bp.eco-capital.net アクセス2014年9月18日。
- 29) www.biodic.go.jp/biodiversity/shiraberu/policy/pes/water/water03.html アクセス2014年9月18日。
- 30) 小嶋一誠・前掲注(7)
- 31) 熊本市水保全課・前掲注(14) 7頁参照。
- 32) 熊本市『第2次熊本市硝酸性窒素削減計画（概要）版』、平成22年3月、1頁参照。
- 33) 熊本市水保全課・前掲注(14) 7-8頁参照。
- 34) 前掲注(23) 参照。
- 35) 熊本市水保全課・前掲注(14) 13頁参照。

（さとう ひろし 客員研究員、中央学院大学社会システム研究所教授）