地下水と統合水資源管理

廣木 謙三^{*1}

Integrated Water Resources Management for better groundwater management

Kenzo HIROKI^{*1}

Abstract

Groundwater, finite source on the earth, has been utilized as handy and cost-effective water sources by various sectors. Global change including population growth and climate change will add pressure to groundwater stress which already exists in many parts of the world. Integrated Water Resources Management will help implementing sustainable, better groundwater management by reducing inefficient use of water and promoting flexible development of surface and ground water resources. Integration of surface water and groundwater through IWRM should happen at four different phases, i.e., formulation of legal framework and policy; planning and implementation; public involvement and stakeholder participation; and information sharing and disclosure. The paper explains how the integration should happen and what outcomes are expected in each of the phases. Example of international contribution through IWRM of groundwater is also explained.

Key words: groundwater, integrated water resources management, climate change, information sharing, stakeholder involvement

I 身近にある地下水

水の惑星といわれる地球だが、人間が実際に使える水の量はそう多くはない。地球上の水の99%は海水などの塩水である。仮に地球の水がバスタブ1杯の水であったなら、全地下水の量はミネラルウォーター1本分(全体の0.8%)に過ぎず、地表水はお猪口1杯分(全体の0.01%)に過ぎない(Fig. 1)。

身近な水資源である地下水は、その特性に応じて、地域の状況を踏まえて多様に活用されてきた。日本と世界各地のコミュニティは、それを

取り巻く自然環境や社会状況に応じて地表水と地下水を賢く使い分けてきた。しかし、経済が発展し、社会構造が広域化・複雑化するにつれ水管理も高度化、分業化し、何時しか工業、農業、発電などそれぞれの用途に応じて地下水と地表水は分離して扱われ、管理されるようになった。世界では飲料用の50%、工業用の40%、かんがい用水の20%の水がそれぞれ地下水に依存している(Fig. 2)。我が国においてもFig. 3に示すように年間約120億トンの地下水がそれぞれ3割弱程度、都市用水、工業用水、農業用水などに使われてきている。我が国の地下水利用はFig. 4に示すよう

^{*1} 内閣府参事官 Director for Infrastructure and Exploration, Bureau for Science and Technology, Cabinet Office
前国連本部経済社会局国際顧問(国連水と衛生に関する諮問委員会事務局長)
Former Head of Secretariat, United Nations Secretary-General's Advisory Board on Water and Sanitation

地球の水がバスタブ一杯の水だったら・・・

Fig. 1 Water resources on the earth

Fig. 2 Share of groundwater in global water resources

(国土交通省土地・水資源局水資源部, 2009)

Fig. 3 Water use by sectors in Japan

(国土交通省土地・水資源局水資源部, 2009)

Fig. 4 Trend of groundwater use in Japan

(国土交通省土地・水資源局水資源部, 2009)

Fig. 5 Dependence rate on groundwater by region

に 1990 年に 80 億トンだった都市用水への利用が 2002 年に 70 億トン程度になるなど、総じて微減してきたが、近年ではその変化は横ばいに転じてきている、また Fig. 5 に示すように、地下水依存率は北海道の 2.9% に対して南九州の 21.7% など地域によりに差がある。

II 地下水を取り巻く状況

近年の人口爆発を含む社会変化に加え、地球温暖化による気候変化の兆候が現れるなど、地下水を含む水資源を取り巻く環境は急激に変化している。既に地球上では地域によって大きな水ストレス（水供給量に対して水需要が過剰な状態）

が生じてきており、今後の人口増加や一人当たり食糧消費量の増加により、ますます厳しくなるものと懸念されている。特に地球温暖化は頻発する洪水や渇水など、地下水、地表水に直接的な影響を及ぼすだけでなく、地表水と地下水の相互関係や管理のあり方にまで強いインパクトを与えることが懸念されている。世界各国の都市化に伴う地表水の不足や使用水の未処理などにより、地下水の過剰取水による地盤沈下や地下水質汚染などの問題が発生している。さらに加速的な人口増や経済発展は水需要の急速な拡大を招き、不足する地表水を補うため、さらなる地下水への依存を強めてきている。Fig. 6 は各国各地域における地下水総取水量の年変化を示したもののだが、インドや中

(IWMI, 2007)

Fig. 6 Increasing groundwater use in selected states in the world

国、メキシコといった急速に発展を遂げる新興国を中心に地下水の取水量は急速に増加してきており、こうした状況下、用途に応じて地下水と地表水を縦割りで管理することは、多くの地域において持続可能でなくなっている。

Ⅲ 統合水資源管理

－より良い地下水管理の処方箋－

地球温暖化の影響がさらに顕在化する今世紀、こうした問題に対処するために我々は今何をするべきだろうか。国際水社会はこの問題解決の方向性として、統合水資源管理という概念を提示している。これはFig. 7に示すように地下水を含めた水に関わる全ての分野の活動の連携と調整を図り、従来縦割りで管理されていた都市用水、灌漑用水、環境用水といった水を分野横断的に統一した方針のもとに管理していくものである。情報の共有化と住民参加を促しつつ、効率的な水管理を

図るこの概念は、今後の水管理のありかたを示すものとして定着しつつある。大事なことは、地下水管理を、この統合水資源管理を実行する上で極めて重要な役割を果たす要素として位置づけ、気候変動を含む自然と社会の変化に適応した地表水と地下水の包括的かつ具体的な管理体系を構築することである。

この地表水と地下水の統合管理は、以下の重要な側面を含む。すなわち、政策及び制度面における統合；情報共有化と公開における統合；計画とその実施における統合；住民の参画と活動における統合である。Fig. 8に示すように、これらの統合は階層をなし、それぞれの活動に立脚して他の活動が成り立っている。このため、それぞれの局面で地下水管理と地表水管理の活動を一体化するとともに、そうした統合された活動が法制度面、計画実施面、住民参加面、情報共有面といった階層間でも整合を保っていく必要がある。

Fig. 7 Concept of Integrated Water Resources Management

Fig. 8 Integration of surface water and groundwater management by IWRM

1. 政策及び制度面における地表水と地下水の統合

法制度を含む政策面での検討には地下水の公水として位置づけの議論を含むが、実務上肝要なことは、地表水と地下水の管理を統合するための仕組み（組織、計画、予算）が明瞭に規定され、具体化されているかである。Table 1 に示すように関係国の例を見ても、制度の枠組みは地下水の公的な位置づけと関係している。こうした諸外国の事例と比較して、我が国の地下水が私水として位置づけられていることなどから、地下水管理に関して一本化された法体系にはなっておらず、個別法の効果や財源の面などで検討すべき課題も見られる。

2. 計画とその実施における地表水と地下水の統合

社会経済の変化への対応と気候変動への適応を満足するために総合化された水資源管理計画は、水需要と供給管理の統合、水資源施設の統合、水量と水質管理の統合、地表水と地下水管理の統合を果たさなければならない。その具体的な統合の姿は、Fig. 9 に示すように森林・流域の保全から、地下水の涵養、雨水・再生水管理との統合、水質の一体管理、住民参加や情報の共有化などを含み、流域全体にわたる総合的なアプローチが必要である。

地表水と地下水管理の統合化にあたっては、共有された情報を土台に、利害関係者の意見や提言を踏まえながら、関係機関が協議を重ね計画作成、実施、評価見直しのサイクルを積み重ね、スパイラル状に計画を進化させていくことが望まれる。国土審議会水資源分科会調査企画部会では、そうした総合水資源管理の体系を Fig. 10 のように示している。それによれば、総合水資源管理関係府省連絡会議との連携調整を経て作成される基本方針の下、対象流域が指定され、それぞれの流域に設置された流域総合水資源管理協議会との協議等を経て流域総合水資源管理基本計画が作成され、これに基づき河川管理者や利水者により具体的な取り組みが実施されることとなっている。

また、こうした地表水、地下水の一体的管理においては渇水時、地震時などの様々なシナリオに合わせて水源を組み合わせるとともに、新たな取り組みや工夫、新技術などを積極的に取り入れていくことも重要であり、例えば平常時や緊急時に分けたシナリオに基づいて地下水と表流水を一体管理することは有効と考えられる。すなわち Fig. 11 に示すように、同じ水需要量を満足するのに、平常時はより多く表流水を使い、渇水や災害による表流水取水施設の被害などで使える表流水の量が減少した場合にはその減少分を一時的な地下水揚水量の増で補い、渇水が終了した時点で涵養等により地下水賦存量を回復させる（なお、地震時

Table. 1 Groundwater management system and financial sources in selected countries

各国地下水法制度と地下水税・課徴金制度の例

国 名	法 律	法律の効果	地下水税・課徴金
オランダ	地下水法	揚水は許可制 州が地下水管理	州の地下水税
ドイツ	連邦水管理法 州水法	地下水は個人財産だが、公的 規制がかかる。	水資源税（バーデン・ヴュルテンベルク州）
米国 （テキサス州）	州憲法	地域の地下水管理組織が規制	揚水量に応じ課徴金
日本	個別規制法はあるが、 地下水法はない	水質、揚水、地盤沈下などの 項目別に個別法等で規制	中央レベルでの税・課徴金なし

(IGES, 2007)

Fig. 9 Overview of integrated management of groundwater and surface water

Fig. 10 Schematic picture of IWRM (example of a concept in Japan)

などの緊急時については、緊急的に水需要を抑制することも考える)。こうしたシナリオによって一時的な取水増やその後の涵養による回復などが可能な地下水は、柔軟な総合水資源管理の実施にとり極めて有用な資源となり得る。

3. 情報共有化と公開における地表水と地下水の統合

情報の共有と公開は、統合水資源管理が機能するかどうかの鍵を握っている。流域及び帯水層単位の地下水の水位や水質、揚水量などの情報を地表水の諸量と統合し、利害関係者や住民と共有

Fig. 11 Scenario based IWRM

することにより、関係者が満足する地表水と地下水の一体管理の姿を作り上げることが可能になる。具体的には全てのデータを一箇所に格納するというより、Fig. 12 に示すように今まで独立して構築されてきた水文・気象データ、地表水データ、地下水データなどをデータの標準化作業などを通じて連結可能にし、それらのデータベースをインターネットやクリアリングハウス等を通じて結節、情報共有化し、総合水資源管理に関するシミュレーションなどに活用するものである。この際、特に見えづらい地下水の情報をどう可視化する

るかに工夫が凝らされるべきである。また、総合水資源シミュレーターにより様々な施策の効果を表現し、複数のシナリオを提示することで、利害関係者間の速やかな合意形成を図ることも可能になる。

4. 住民の参画と活動における地表水と地下水の統合

日本も含め世界各地でコミュニティによる地下水の保全や活用に関する住民参加、住民活動が行われている。各地で行われているこうした住民

Fig. 12 Information sharing and disclosure of surface water and groundwater

参加型の活動は、森林や流域の保全活動、河川の保護活動など多岐にわたるが、最終的に地下水の保全につながっており、これらの活動が行政そのほかによる地下水に直接係わる活動と連携されていくことが重要である。こうした住民活動同士の連携や公的セクターと住民の連携などが、統合水資源管理の概念に即して展開すれば、極めて意義のある活動となろう。

IV 地下水の統合管理を通じた国際貢献

2002年の国連持続可能な開発サミット実施計画(JPOI)の中で、国連加盟国は統合水資源に関する計画を各国が作成することで合意した。統合水資源管理の実現へ向けた努力は各地域・国で行われており、日本においても2008年10月1日に国土交通審議会水資源分科会調査企画部会において、地表水と地下水の一体管理などを柱とする統合水資源管理についての中間とりまとめが発表された。こうした取り組みをどのように世界、特に発展途上地域と共有すれば良いだろうか。例えば本年3月、ユネスコにより“実務レベルの統合水資源管理ガイドライン”が発表された。こうした現場のための実践マニュアルづくりに地下水に係わる人々の叡智が結集されれば、地下水科学は人々の暮らしを直接潤すことになるであろう。

V まとめ

今まで述べてきたように、世界と日本の社会・暮らしは地下水に依存している。今後の人口変化や気候変動は地下水への影響大、過剰取水、地盤沈下、水質悪化等の影響が懸念されており、地下水に関係する組織や人が「地球規模で考え、ローカルに行動する」必要が生じている。こうした中

で、統合水資源管理(IWRM)を通じた地表水と地下水の統合管理は、地下水問題の解決に有効な手法である。地表水と地下水の統合管理のためには、政策・制度、計画、情報共有・公開、住民参加での統合が必須であるが、我が国には先進事例となり得る多くの知見や具体的な実績も存在している。これらの知識や経験を有効に活用し、技術や制度の改善を重ねることにより、日本は自らの地下水管理を高め、更に世界のより良い地下水管理に貢献することが期待される。

参考文献

- 国土交通省土地・水資源局水資源部(2009):日本の水資源(水資源白書)平成21年版,279p.
- 国土交通審議会水資源分科会調査企画部会(2008):「気候変動等によるリスクを踏まえた総合的水資源マネジメント」について(中間とりまとめ),26p.
- 地球環境戦略研究機関IGES(2007):IGES白書,274p.
- 気候変動に関する政府間パネルIPCC(2008):第4次評価報告書第2作業部会報告書,75p.
- UNESCO-WWAP(2006):World Water Development Report 2,550p.
- UNESCO(2009):IWRM Guidelines at River Basin Level,173p.
- GWP TAC(2000):GWP Toolbox,152p

(原稿受付:2010年2月8日)

(原稿受理:2010年3月15日)

この論文に対する「討論」を2011年2月28日まで受け付けます。

地下水と統合水資源管理

廣木 謙三

要 旨

地球上の有限な資源である地下水は、身近にある便利な水資源として活用されてきた。しかし、人口爆発や気候変動といった地球規模の変化が、既に有る地球上の地下水ストレスを拡大しつつある。統合水資源管理の概念を用いた地表水と地下水の統合は非効率な水利用を減らし、柔軟な水資源開発を行うことにより持続可能でより良い地下水管理を行うことが出来る。本稿では、地下水と地表水の統合管理のために必要な4つのレベルにおける統合、すなわち法制度と政策面、計画と実施面、住民参加面、情報共有と公開面においてどのような具体的な統合を行い、どのような成果を期待できるかを概述する。また、こうした地下水の統合管理による国際貢献についても言及する。

キーワード：地下水，統合水資源管理，気候変動，情報共有，住民参加