



図1——立会川への地下水の送水管(2009年6月17日大井町駅から撮影)。

後にかけての過剰揚水により地下水位が低下し、とくに下町の低地で深刻な地盤沈下を招いた。このため、1970年頃から地盤沈下対策として揚水規制を行っている。揚水規制は功をなし、地下水位の回復とともに、地盤沈下は鎮静化した。しかし、その一方で、地下水位の上昇にともない、地下構造物への影響が顕在化しつつある。たとえば、上野駅の地下新幹線ホーム(床深さ約30m)の設計の検討が始まった1970年代当時、上野駅周辺の水位は地下39mだったが、現在は地表面下12mにまで上昇し、浮力に抗するための重しやグラウンドアンカーによる固定といった対策が取られている<sup>(1)</sup>。このように、揚水規制の効果が現れて地下水位が上昇に転じたことは地盤沈下防止に役立っている一方、東京には過去30年以上にわたり地下に膨大な都市基盤施設が整備されてきた経緯があり、それらの施設への影響が懸念されている。地下水の水位上昇は東京だけでなく、大阪、ロンドン、バルセロナ、カイロといった国内外の大都市で生じており、ロンドンでは地下水位の安定化のために、揚水規制から計画的揚水にもとづく管理体制へ転換した。東京都都区部における地下水利用は、過去の地盤沈下の教訓から、公衆浴場や一部の例外を除いて、主に手押しポンプや小型ポンプによる揚水のみが認められている。その一方で、地下鉄などの都市の地下施設には大量の浸出水があり、冒頭に述べた立会川や上野の不忍池等の環境用水に活用されている。また、環境省は

### 科学ニュース

#### 都市域の地下水保全と利用についての新しい展開

村上道夫<sup>\*1</sup> むらかみ みちお

黒田啓介<sup>\*2</sup> くろだ けいすけ

滝沢 智<sup>\*2</sup> たきざわ さとし

<sup>\*1</sup> 東京大学総括プロジェクト機構「水の知」(サントリー)総括  
寄付講座

<sup>\*2</sup> 東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻

#### 地下水の保全と新しい利用法の模索

京浜東北線品川駅から大井町駅の区間には、線路沿いに水色の管路が通っている(図1)。この管路は、総武線馬喰町付近のトンネル内に浸入した地下水を立会川まで送水するために設置されたもので、8.5kmのトンネル区間と3.5kmの地上区間から構成されている。立会川では、以前から下水の雨天時越流に伴う悪臭が問題視されており、環境浄化を目的に、2002年7月から、トンネル内に浸入した清浄な地下水を最大4500m<sup>3</sup>/日送水している。送水開始直後には、立会川にボラが東京湾から遡上し、テレビや新聞などで大きく取り上げられた。

この事例の背景には、近年の都市内地下水に関する状況の変化がある。東京都では、戦前から戦

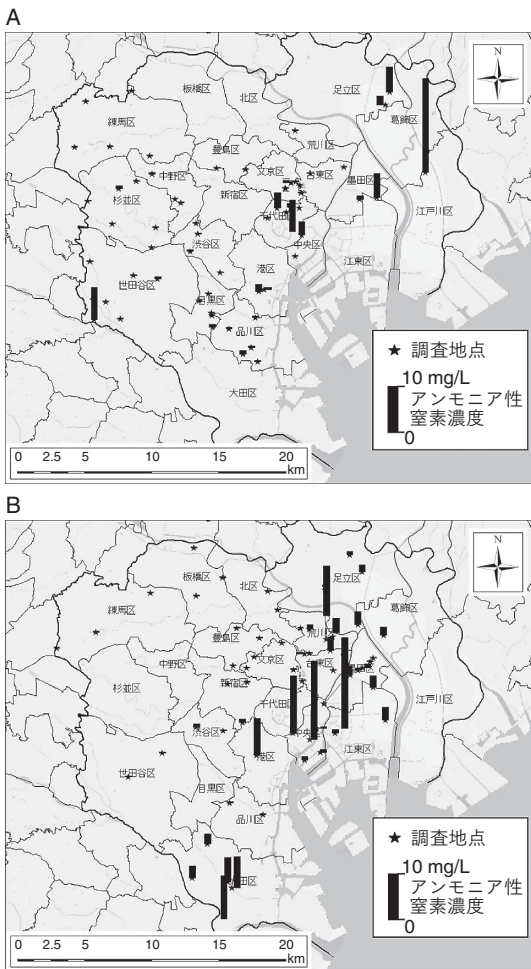


図2—東京都区部の地下水のアンモニア性窒素濃度。  
(A)不圧地下水，(B)被圧地下水。

「クールシティ推進事業」のなかで、ヒートアイランド対策としての地下水利用を検討しており、同事業の研究成果として、地下水を路面に散水することで、都心部において最大 $0.5^{\circ}\text{C}$ の気温低下の効果があると予測されている<sup>(2)</sup>。さらに、都市内の地下水は非常時の水源としての役割が見直されており、東京都23区では、2006年時点で、防災井戸として、621カ所の公共井戸、5444カ所の私井戸が登録されている<sup>(3)</sup>。このように、都市における地下水利用の目的と実態は、揚水規制を導入した1970年代とは大きく変化しており、都市域の地下水保全と利用については、新しい時代の要請にあった制度を整える必要がある。

一方、都市域の地下水は、人為起源および自然起源により汚染されている。東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻にある都市水システム研究室では、2005年以降、東京都内の地下水水質調査を行っており<sup>(4)</sup>、これまでに調べた121カ所の井戸のうち5カ所から $10\text{ mg/L}$ 以上と高濃度のアンモニア性窒素を、また16カ所の井戸から大腸菌を検出している(図2)。さらに、東京都内の地下水からは医薬品やフッ素系界面活性剤のような新規の汚染物質も検出されており、都市域の地下水汚染が予想以上に進んでいることが明らかにされてきた<sup>(5)(6)</sup>。今後、都市域の地下水の有効利用を考えるためには、水資源としての地下水の保全方策についても十分な検討が必要である。

### 震災時における地下水利用の必要性

水道が整備された都市域において、地下水の利用価値が高まる事例の一つは、地震などの災害時である。筆者らの研究室では、震災時の地下水利用の必要性を調べた研究事例として、東京湾北部を震源とするマグニチュード7.3規模の首都直下地震発生時における、千代田区の需給水量の推計を行った。千代田区は、昼夜人口の差が大きく、50万人以上もの帰宅困難者が発生すると予想されている<sup>(7)</sup>。また、千代田区は日本の経済・政治の中心であり、震災時でも役所、放送局、銀行は業務の継続が求められることから、千代田区内の企業のオフィスや官庁で、大量の水が必要となると考えられる。

図3に、震災発生直後から3日後までの需要量と供給可能量を、要求される水質別に消火・業務活動用水と飲料・病院用水に区別して示す。ここでは、震災後3日目までは水洗トイレは利用せず、お風呂や洗濯用水も使用しないと仮定している。推計によると、震災3日後までに、消火・業務活動用水として $8\text{万}3000\text{ m}^3$ 、飲料・病院用水として $6\text{万}9000\text{ m}^3$ の大量な水が必要となる。上水道

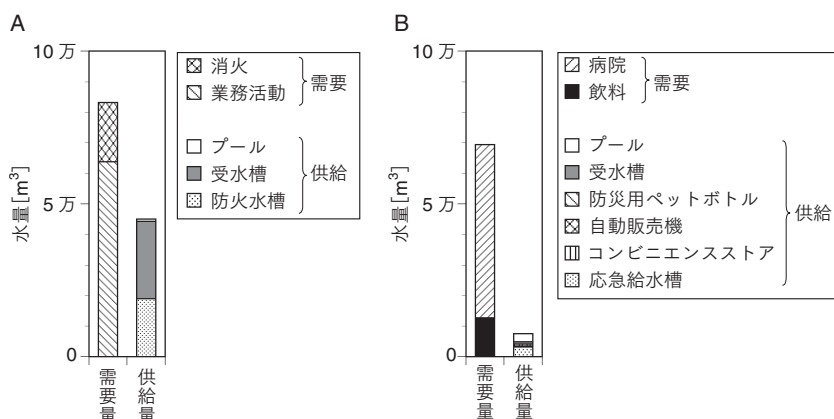


図3—震災発生直後～3日後までにおける需給水量。(A)消火および業務活動用水の需給水量、(B)飲料および病院用水の需給水量。

が整備された都市域においては、大規模震災の発生と同時に水道の緊急遮断弁が作動し、水道水の給水が停止する。その後、復旧のために、浄水場から配水池、配水幹線、配水支線と点検しつつ給水を開始するため、被災から3日間程度は水道水の供給はできないと想定される。消火・業務活動用水および飲料・病院用水のいずれの用途においても、既設の応急給水槽、受水槽、防火水槽、プール水などでは、震災時に発生する大量の需要水量を賄うことができないと推計された。

一方、千代田区内にある防災井戸を、その水質に応じて、①塩素消毒のみで飲料・病院用水に利用可能、②ろ過処理と消毒によって飲料・病院用水に利用可能、③雑用水として利用可能、の3区分に分類した上で、東京の地質図などから潜在的な供給可能な量を算出したところ、それぞれ数万 $\text{m}^3$ 以上と推定され、不足量を十分に賄うだけの供給量が潜在的に存在すると示唆された。その一方で、東京都では揚水規制により井戸1カ所あたりの揚水可能量は最大 $20\text{m}^3/\text{日}$ (平均 $10\text{m}^3/\text{日}$ )以下と定められていることから、多くの防災井戸が手押しポンプか小型の電動ポンプで揚水されているため、非常時においても、震災3日後までに $2000\sim 3000\text{m}^3$ 程度の供給量しか得られないと推定された。災害時の地下水使用についての法規や制度を整備したうえで、井戸および適切な揚水能

力のポンプを設置しておけば、震災後の水不足を解消できることが示唆された。ただし、実際にポンプを設置した場合、維持管理のため震災時のみならず通常時も定期的に運転を行う必要があることから、適切な井戸の配置と地盤沈下などを引き起こさないような維持管理法を考える必要がある。

都市における地下水を取り巻く状況は大きく変化している。震災時における代替水源、ヒートアイランドの緩和のための散水、環境用水など、地下水の有効利用には安全・安心なまちづくりや都市環境の改善に大きな潜在的利用価値がある。地下水の保全・管理と利用方法の適正化が、21世紀型の都市水システムを作り上げるために重要となっている。

#### 文献

- (1) 朝日新聞: 2004年5月19日朝刊
- (2) 東京大学: 平成19年度地下水の散水による環境影響とヒートアイランド現象緩和効果の検討事業報告書(2008)
- (3) 黒田啓介・片山浩之: 水環境学会誌, **30**, 497(2007)
- (4) 黒田啓介・他: 用水と廃水, **48**, 769(2006)
- (5) N. Nakada et al.: Environ. Sci. Technol., **42**, 6347(2008)
- (6) M. Murakami et al.: Environ. Sci. Technol., **43**, 3480(2009)
- (7) 東京都: 首都直下地震による東京の被害想定報告書(2006)