

災害時における地下水資源利用の現状と今後の課題 CURRENT SITUATION AND CHALLENGES OF UNDERGROUND WATER UTILIZATION IN DISASTERS

與那覇 翔子¹

Shoko YONAHA

In Japan, threats such as water shortage and water quality deterioration normally are not significant to public safety and welfare because of developed water resource facilities. However, the hazard of urban water supply became more obvious and severe due to the aging facility and increasing probability of earthquake. After several tremendous disasters, an efficient countermeasure was discussed in view of "Integrated Water Resource Management", concerning the supply risk of the short-term as well as the long-term water crisis. As to utilization of underground space for water resource, "Integrated Water Resource Management" indicates effective method of water management as to prevent subsidence damage in the urban area. This paper studied past earthquake disasters to investigate problems of water supply and presents countermeasure to prevent urban disasters and minimize the risk as to increase the safety of urban areas using underground water resource.

Key Words :Underground water, Water resource management, Disaster Prevention,

1. 概要

地震等の災害発生時における応急給水手段として，地下水資源や地下貯水施設を利用した水確保方策が，緊急時の有効な拠点給水手段として認識され始めている．一方で，これまで使用が制限されてきた潜在的な地下水資源を利用するにあたり，利水者の過剰な揚水による地盤沈下や水質汚染を防ぐ事を目的とした，広域な「総合的水資源管理」の実施が課題とされている．そこで本編では，「総合的水資源管理」における地下利用という観点から，災害発生時における地下水資源や地下貯留施設の利用状況を整理し，短期的長期的な水資源供給リスクを回避するための最適な地下水資源，地下空間利用のあり方と課題について議論する．

2. 国内における水供給リスク

国内における末端の水供給は，過去の地震や大規模渇水等突発的な自然災害により安定的な供給が脅かされてきた．渇水による給水障害事例としては，東京オリンピック渇水と呼ばれた昭和39年東京渇水，平成に入っては全国各所で給水制限が行われた平成6年の渇水，近年でも西日本を中心に取水制限等の対策が実視されたとした平成17年の渇水が記憶に新しい．地震等の自然災害による給水障害事例としては，柏崎市のはほぼ全域，新潟県，長野県全体として58,961件の断水が発生した中越沖地震などがある．今後は，このような発生要因だけではなく，設備更新時期を迎える施設の老朽化や，気候変動による渇水の頻発などによって末端への水供給が不安定となることなどが懸念されてる．この現状を踏まえ，国土審議会水資源開発分科会調査企画部会「総合水資源管理について（中間とりまとめ）」においては，上記に挙げたような課題を解決するために，「総合水資源管理」という概念が提案されている．「総合水資源管理」とは，「水量と水質，平常時と緊急時，地表水と地下水・再生水，上・中・下流等を総合的・一体的に捉えて水資源を総合

キーワード：水資源管理 地下水 防災

¹ 非会員 東京海上日動リスクコンサルティング（株）與那覇 翔子

的にマネジメントする方策」であると定義されており、その中で、地下空間の利用は、「②大規模地震等による水供給等障害リスクの増大」と「⑥適正な保全と管理がなされていない地下水」で、地下水や既存の地下貯留施設の利用という観点から対策が検討がなされている。

3. 地震発生時における地下水資源利用の現状

ここでは、地震発生等の突発的な災害発生時における、地下水資源、地下施設利用の現状について、阪神大震災の事例をもとに説明する。また、総合水資源管理において示されている具体的な自治体や企業における対策についても紹介する。

(1) 地震発生時における地下水資源利用の現状

地震等、災害発生時における水の利用に関して、以下のアンケート結果を示す。図-1 は、阪神大震災発生時における生活用水の確保状況に関して、集合住宅居住者を対象に行ったアンケート調査資料の結果を示している。被災時において住民が確保した水は、給水車からの応急給水が主であり、井戸水使用等の地下水資源の利用が占める割合は僅かであった。この結果から、非常用水源として地下水資源が有効に利用されていない現状が読み取れる。

また、阪神淡路大震災直後の井戸水利用の飲料水や雑用水等、利用用途別の使用実態に関して、(社)雨水貯留浸透技術協会現地調査資料によると以下のような傾向が示されている。地震発生後、飲料水等の用途に関しては、地下水が企業の食品生産等の為に平常時から利用されている地域では、企業から市民への飲料水としての水の提供が行われていたようである。一方で、それ以外の地域では、公共施設や個人、事業所等の井戸からの水提供があり、生活用水・雑用水として井戸水が使われている。地震発生時も地下水源は水質等の状況により、生活用水として使用されている例が多いとの結果であった。水質レベルによってどのような用途別利用を検討をする必要があるのかについて、行政の検討会にて取り上げられた項目を次項にて紹介する。

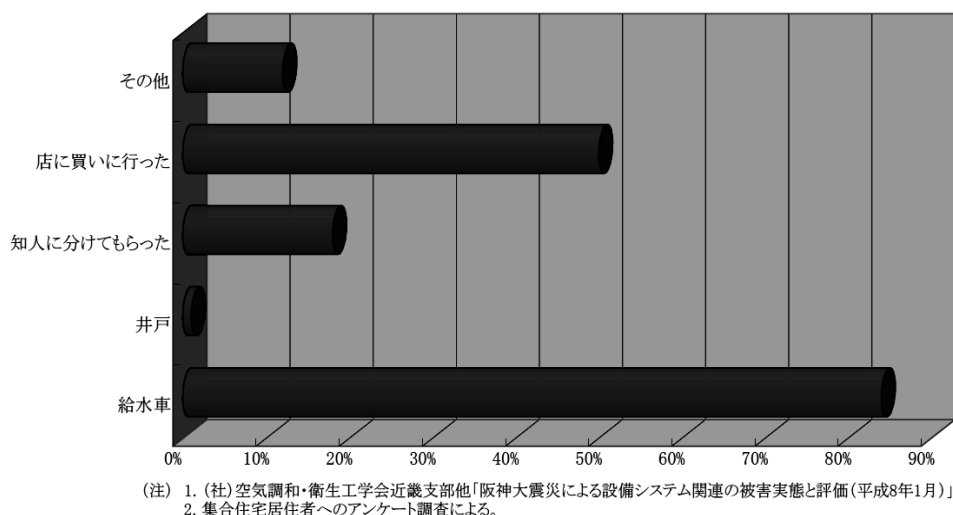


図-1 被災時の水確保方法(阪神大震災の事例)

(出典) 国土交通省「気候変動等によるリスクを踏まえた総合的な水資源管理のあり方について」研究会資料より抜粋
(社)空気調和・衛生工学会近畿支部「阪神大震災による設備システム関連の被害実態と評価(平成8年1月)」

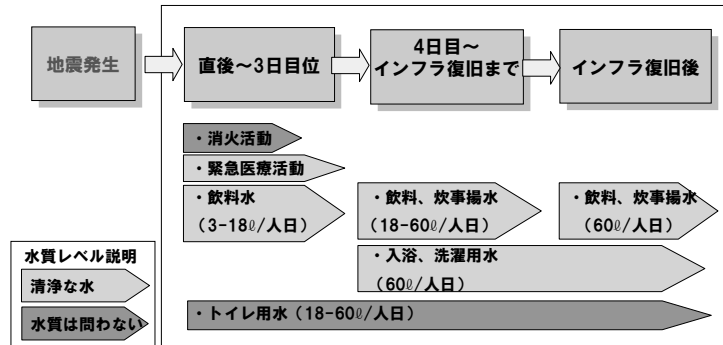
(2) 地下水資源利用に関する具体的取組み

次に災害発生時の地下水資源・地下施設利用に関して、官民それぞれが検討・実施している施策の内容

を具体的に説明する。民間企業の取組みについては、災害発生時において医療サービスや燃料供給サービスという重要な任務を負う、医療関係機関と石油供給事業者の応急給水対策に関して事例を挙げるものとする。

・有効な地下水利用に関する検討

国土審議会水資源開発分科会調査企画部会「総合水資源管理について（中間とりまとめ）」では、地震時の地下水利用を図-2のような用途別にまとめている。非常時の拠点給水の緊急用水源として機能する地下水資源の利用は、給水車等の応急給水方法に比べ、現地の道路状況に左右されることなく給水が行える為、確実な各拠点での水提供が可能である。また、図-2に示されているように、災害発生から時系列的に必要とされる使用用途別の水源を明確にすることで、復旧状況に合わせた最適な給水が実施できるとされてる。



	水量	水質	留意点
河川等	○	△	運搬に難
地下水	◎	○～◎	需要地と供給地 が一致
給水車 市販水	△	◎	運搬に難

図-2 地下水の適正な管理

（出典）国土交通省「気候変動等によるリスクを踏まえた総合的な水資源管理のあり方について」研究会資料をもとに加筆・修正

このように、平常時においても適切な地下水管理が必要であると言われているが、特に、突発的な災害時や長期的な渇水時等においても、広域な水不足が発生した場合には、適正に地下水利用を管理する必要がある。管理が不十分であった場合は、枯渇や地下水の過剰揚水によって地盤沈下等の二次災害が発生する可能性があるため対策が必要である。地域防災計画には、災害発生時から時系列に必要な量や供給手段を明記されている事例も見られるが、二次災害を防止するための広域的な地下水源管理の指針は明確となっていないのが現状である。

・医療機関

国土交通省「今後の地下水利用のあり方に関する懇談会」の資料によると、地震時の医療活動実施時に必要とされる水量・水質は以下のように示されている（表-1）。阪神大震災時に透析を受けている患者の緊急輸送が報道されているが、透析治療には一日120リットルとされており、平常の生活用水の平均が200リットルとされていることを考えると、災害発生時に確保しなければならない必要水量に気づかされるであろう。阪神大震災時に断水が発生した病院は22施設のうち20施設にも及んだとされており、被災時医療業務の事業継続という観点から非常電源とともに、水供給設備のバックアップ機能が必要不可欠であると言える。このような被害事例を踏まえ、平常時から突発的な災害に備え地下水利用を実施する医療機関も増えている。

表-1 地震災害時における用途別にみた水需要

用途別	時期・場所	求める水質・水量
医療活動	・ 地震発生直後から継続的に必要。 ・ 特に、地震発生当日に大量需要。 ・ 医療施設及び救護所。	・ 医療用として極めて清浄な水質が必要。 ・ 水量は規模や診断内容によって異なる。 外来：5 リットル/人・日 入院：40～60 リットル/人・日 洗濯：250 リットル/人・日
一般生活（飲料炊事）	・ 被災直後から継続的に発生。 ・ 避難所や応急対策機関の拠点施設 ・ を中心に被災地全域。	・ 飲用可能程度の清浄な水質が必要。 ・ 医学上の見解に基づく基本水量として3 リットル/人・日。時間経過にともない、3～60 リットルの幅で増加すると見込まれる。

（注）表は、国土交通省「今後の地下水利用のあり方に関する懇談会」報告書資料をもとにをもとに加筆・修正

・石油供給事業者

ガソリンスタンドは、阪神大震災において火災の延焼を延焼を食い止める、防火施設としての機能が確認されてから、災害ステーションとしての期待されている施設として認識され始めている。2004年の新潟県中越地震の際には、ガソリンスタンドの被害は軽微にとどまり、地域住民のために石油製品を供給したとの事例が報告されている。この災害ステーションは、災害対応型給油所と呼ばれ、地下水利用の設備や貯水施設の整備も行っており地下水源を利用した企業の防災取組み事例の一つでもある。燃料の他にも防災用品、緊急物資保管スペース、安否情報掲示板などを備えた災害対応型給油所が、企業の防災対策として設置されており、企業参加による地域防災力の向上に貢献している事例として注目されている。（参考文献 12）

(3) 地下空間を利用した非常用水源確保に関する取組み

地下水による非常時の給水方法の他に、緊急時の水確保手段として各自自治体で地下空間を利用した災害発生時の水資源貯留方法が検討されている。以下にA市、B市における地下貯留施設の具体的な事例を示す。

・A市の事例

市では災害時の応急給水方法の一つとして、容量1,500m³～60m³の災害用地下給水タンクが134基、公共施設等の敷地の地下を利用し埋設・設置されており、このタンクは通常水道と繋がっているが、地震発生時には自動的に水道と接続している部分の弁が閉じ、貯水タンクとして機能する。その為、貯留されているのは、水道水であり飲料水として災害直後から活用することができるといわれている。A市の資料によると、市では学校施設等の地域防災拠点のうち地域医療救護拠点を中心に設置し、概ね半径1キロメートルを基準として整備。一日で人が必要な飲料水が3リットルであるとする、一拠点（タンク容量60m³）で約7,000人の飲料水を3日間確保できるだけの容量を保有する設備であると言える（表-2）。配水池やその他の応急給水施設を考慮していないが、人口密度と比較しても、小規模の貯水施設で最小限飲料水確保が可能であることが示されている。

表-2 地震時における非常用水確保人口

	施設規模		人口密度 (人/Km ²)
	1,500 m ³	60 m ³	
(飲料水)3ℓ /日/人	約 170,000 人分	約 7,000 人分	約 8,400 人

（注）人口密度データ：平成21年10月1日現在

表-3 地震時における飲料水確保人口

	施設規模		人口密度 (人/Km ²)
	1,500 m ³	100 m ³	
(飲料水)3ℓ /日/人	約 170,000 人分	約 10,000 人分	約 5,800 人

（注）人口密度データ：平成17年現在

・B市の事例

市では公園などの地下に、震災対策用応急給水槽容量1,500m³及び小規模応急給水槽100m³が、計78基（平成20年4月1日現在）が設置されている。この応急給水槽の水は、前述のA市と同じように、水が配水管との間を循環する仕組みで、常に新鮮な水が確保できる構造となっている。水道局の資料によると、応急給水槽の建設は、居住場所からおおむね2キロメートルの距離内に給水拠点を確保するよう整備されている。一日で人が必要な飲料水が3リットルであるとする、一拠点（小規模応急給水槽100m³）で約10,000人の飲料水を3日間確保できるだけの容量を保有する規模の設備であると言える（表-3）。配水池やその他の応急給水施設を考慮していないが、半径1キロメートル距離内の飲料水を確保する為には、1,500m³規模の貯水施設で飲料水確保が十分に行えることが示されている。

4. 地震発生時における地下水資源利用の課題

井戸水等の地下水資源は水質や浄化・揚水施設の管理等の問題はあるものの、水道施設が被災し供給機能が停止した際、生活用水・雑用水として十分使用できるものであり、水を外部から被災地へ運搬する必要もなく迅速な給水が行える等の利点がある。しかしながら、利用に際しては水質や水量管理等、先にも述べ

た二次災害が発生するなど考慮すべき課題は多い。非常時において地下水を利用する際の具体的課題について以下にまとめる。

- ・揚水設備の被災

地震発生直後においては、水をくみ上げる施設そのものが被災している可能性があり、電力供給が停止している状況の中で、事前に動力確保が出来ていなければ利用が難しい。

- ・水質安全性の確保

地震直後であっても、使用可能な水質を確保する必要がある、汚染等の確認は重要である。

- ・広域的な揚水量の管理

被災時におても地下水使用量によっては、地下水位低下を招く可能性がある。揚水状況等を十分に把握する必要性であり、（社）雨水貯留浸透技術協会現地調査資料によると、阪神淡路大震災直後では、表-4、表-5に示すような地下水の変化が見られたとされている。

このように、非常時において地下水を利用する際にも、枯渇等の現象を考慮し、広域的な地下水利用のモニタリングを実施し適正な管理を行った上で使用する必要性があると言えるであろう。一部の自治体においては、知事の生活環境条例に基づき、平常時の地下水利用水位の利用可能レベルが定められており、利用状況によって注意報等を発令し、使用制限等を勧告・要請する仕組みが検討・実施されている。広域に地下水利用を管理することは難しく、十分に管理でない自治体も数多く存在しているのが現状であり、その点では重要な課題であると言える。その背景には、地下水利用が規制されてきたことにより、適正な利用・管理する為のモニタリングや広域的な利用調整等の方策がとられてきていなかったことが挙げられる。高度経済成長期以降、地下水が過剰に利用されてきたことが原因で地盤沈下等の公害が発生し規制が全国各地で始まったが、回復した地下水により地下水位が上昇し、地下構造物内で漏水が発生するなどの問題も発生している。持続可能な地下水源の利用については、非常時のみならず平常時における利用のあり方についても検討が必要とされている。

表-4 地震発生後の経過時間別井戸水質の特徴
(阪神淡路大震災の事例)

水質	地震直後	白濁、噴砂等が発生する減少が見られた
	数時間～1週間	震災前の状態に、震災後多くの井戸で水質調査がおこなわれているが、震災の前後で大きく水質が変化した井戸は無い

表-5 地震発生後の各地域別井戸水量の特徴
(阪神淡路大震災の事例)

水量	地点1	多くの井戸が震災後枯渇
	地点2	数箇所の井戸が枯渇（報告あり）
	地点3	地震後の湧水の変化として、地震による変化としては、新たな湧水の発生
	地点4	枯渇していた湧水の復活

（注）表-4、表-5ともに、国土交通省都市・地域整備局下水道部 「緊急時水循環機能障害リスク検討委員会」の資料をもとに加筆・修正

5. 非常用水源としての地下水利用促進に向けて

自治体や企業が実施する防災体制構築や設備管理等の取組みに対して、様々な評価手段が提案されており、防災に対する取組みへの動機付けや改善検討を促進させる等の効果があるとされている。地下水利用に関する取組みも評価項目に含まれており、非常用水源としての地下水等バックアップ水源の確保は、ライフライン確保という観点から、企業や各組織の防災耐力向上に寄与するものとして評価されている。また、非常用水源として地下水を利用することは、地域全体の防災耐力向上への効果も大きいとして、CSR的観点からも、地域貢献の項目で評価されている。対策を実施する企業や各組織として非常用水源として地下水利用を促進させ、地域の防災能力を高める有効な動機付けとして、防災耐力評価は重要であると言える。

表-6 防災評価指標

対象	名称	評価項目
医療機関	病院機能評価（財団法人日本医療機能評価機構）	病院機能評価は各病院の体系的な審査を行うもので、医療の質の向上と効果的なサービスの改善を目的としている。病院機能の評価する項目において、「6.6.2.3 ライフラインの確保に配慮されている（バージョン5.0一般病院版）」として非常用水源の利用が評価の対象とされている。
企業	「防災に対する企業の取組み」自己評価項目（内閣府防災担当）	企業の防災実施状況について、企業自身が自己評価を行うことを目的とした防災指標が策定されており、その中で非常用水源利用に関して以下の推奨項目が記載されている（以下内閣府資料から抜粋） Ⅱ－d．災害時の情報発信、地域との連携・協調 Ⅱ－d－5．地域住民に対する被災時支援策を策定していますか （注）事業継続の観点からも有事における地域復興への支援は、地域に密着した企業の存亡に係わる重要課題と捉えることができます。阪神・淡路大震災時に企業が避難場所や人員の提供を実施した事例もあり、是非検討して頂きたい課題です。また、病院、ホテル、ターミナルビルなど、被災時に救護場所や避難場所となる可能性が高い施設を有する企業は、電気・ガス・水道などの公的ライフラインの広域破断に備えて、自家発電、自家水源・代替燃料などを平常時から確保しておくことが望ましいとされています。

（出典）財団法人日本医療機能評価機構「病院機能評価事業」

内閣府防災担当「企業等の事業継続・防災評価 検討委員会 平成19年」

6. 結論

地震等の緊急時における非常時の水確保を検討する上で、バックアップや拠点給水の機能を果たす地下空間や地下水の潜在的な水資源の利用は、非常に有効な手段である。企業や組織の防災耐力向上や地域へのCSR活動の一貫として、地下水利用のあり方が検討されつつあり、地域の防災力強化という観点からも重要なソリューションとして認識されている。一方で、これまで使用が制限されてきた地下水資源の利用を検討するにあたり、地下水の水質や水量に対する管理体制が求められている。通常使用時や地震発生時等の非常時においても地盤沈下や地下水の枯渇・汚染等の二次災害の発生を防ぎ、継続的な水資源利用が可能となるような広域な水資源管理が今後の課題であると言える。また、防災の取組みを評価する上で地下水資源や地下空間の利用を評価する指標が存在するが、主要項目として記載がされていないのが現状である。地下水資源利用が促進される為には、ライフラインの確保という観点から、非常用電源を確保することと同様に地下水資源の利用を評価する基準整備が必要であり、短期・長期的な水資源供給リスクを回避する新たな方策として、地下水資源や地下空間利用が普及する為の仕組みや市民の理解が重要である。

参考文献

- 1) 国土交通省：水資源白書，2008.
- 2) 国土交通省：国土審議会水資源開発分科会調査企画部会「総合水資源管理について（中間とりまとめ）」
- 3) 国土交通省：土地水資源局「気候変動等によるリスクを踏まえた総合的な水資源管理のあり方について」研究会資料
- 4) 国土交通省：都市・地域整備局下水道部「緊急時水循環機能障害リスク検討委員会」委員会資料
- 5) 国土交通省：土地水資源局「今後の地下水利用のあり方に関する懇談会」報告，2007.
- 6) 厚生労働省：平成19年新潟県中越沖地震水道施設被害等調査報告書，pp.8-9，2007.
- 7) （社）雨水貯留浸透技術協会：大阪市建設局土木部河川課 平成7年度 震災時の水確保方策検討業務 報告書，1995.
- 8) （社）雨水貯留浸透技術協会：大阪市建設局土木部河川課 平成8年度 震災時の水確保方策検討業務 報告書，1996.
- 9) （社）雨水貯留浸透技術協会：大阪市建設局土木部河川課 平成9年度 震災時の水確保方策検討業務 報告書，1997.
- 10) 横浜市 安全管理局危機管理室：横浜市防災計画「震災対策編」
- 11) 東京都水道局：東京都水道局震災対策事業計画（平成20～22年度）
- 12) 全国石油商業組合連合会：災害対応型給油所普及事業(HP)
- 13) 内閣府：企業と防災に関する検討会議，2003.