

社会インフラ施設の 防災・減災に向けた地下水利用

GROUNDWATER UTILIZATION FOR THE PREVENTION AND THE MITIGATION AGAINST THE DISASTER FOR THE INFRASTRUCTURE

平野 孝行^{1*}・奥村 忠彦²・藤川 富夫³・白鳥 英二⁴

Takayuki HIRANO^{1*}, Tadahiko OKUMURA², Tomio FUJIKAWA³, Eiji SHIRATORI⁴

The purpose of this report is to propose a possible groundwater utilization in order to prevent or mitigate the disaster after the incident of the 2011 Tohoku Great Earthquake. In order to make an effective proposal, the research on the utilization of the groundwater in the normal and the disaster time was carried out together with the actual case in Tokyo. It is quite likely the groundwater utilization system in the normal time may not work during the disaster. In the point of the BCP, it is important to save and recover the groundwater utilization system in spite of the degree of the damage caused by the disaster. The regional groundwater storage co-system and the large depth groundwater storage system, i.e. Metropolitan Qanat, are proposed in this report as countermeasures.

Key Words : Groundwater utilization during the disaster, Groundwater, Spring, Well, Large depth, Network for the groundwater utilization

1. はじめに

東日本大震災、また近年の地球温暖化現象に伴う異常気象によって、わが国では行政、民間に関わらず災害に遭遇した際の対応を迫られ、防災・減災に向けた社会インフラ整備の要求が高まっている。(一財)エンジニアリング協会地下利用推進部会第三専門部会では、平成24年度から、「防災」、「減災」に向けた地下水の利用方策を提案することを目的として調査を行ってきた。平成24年度の調査では、①災害時の「危機管理」と「ライフラインの重要性」が再認識され、地表部の汚染の影響が少ない深井戸や多重水源の確保が改めて提起されていること、②平時からの使用の有無に関わらず防災井戸や湧水の高い有用性が認識されていること、③井戸配置に関しても災害時に水入手困難な地域への優先配備が行われる事例のあること、④「命をつなぐ防災井戸」として民間に共助の精神が育まれつつあること等が明らかとなる一方、防災井戸の配置や利用方

途・周知方法、地下水の応急利用に関わる所管部署の輻輳、自治体と民間の補完関係などの課題が明らかとなった¹⁾。平成25年度は、これらの観点から地下水の利用形態や環境条件を平常時・災害時で再整理すると共に、東京23区における地下水利用の実態を取りまとめ、今後発生が予想される都市圏における地震・豪雨などの災害に対して、災害時を想定した平常時からの望まれる地下水利用のあり方について提案することとした。

2. 平常時・災害時における地下水利用の実態

平常時の地下水利用は、事業用および上水用が主体である。揚水規制対象外となる吐出口断面積 6cm^2 以下の民間井戸による揚水もあるが微量である。都市部では過去の過剰揚水による地盤沈下が教訓となり揚水規制が施された結果、「地下水は利用できないもの」と認識されているように思われる。このため、液状化や地

キーワード：災害時地下水利用，地下水，湧水，井戸，大深度地下，地下水利用ネットワーク

¹正会員 西松建設株式会社 Nishimatsu Construction Co.,Ltd. (E-mail:takayuki_hirano@nishimatsu.co.jp)

²フェロー会員 一般財団法人エンジニアリング協会 Engineering Advancement Association of Japan.

³非会員 株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング Asano Taiseikiso Engineering Co.,Ltd.

⁴非会員 一般財団法人エンジニアリング協会 Engineering Advancement Association of Japan.

下構造物の不安定化に関しては、地下水位を低下させることが大きな効果を持つが、「地下水位を低下させるための揚水」が積極的に実施される機会は少ない。一方、揚水規制等の諸条件を満たす範囲では、ESCO方式による自家水道システムを導入する企業が増えている。このシステムは、災害時の水源確保、水道料金の大幅な節減を実現できるため、大学、病院などでの展開も増えている。

災害時の地下水利用は、地震動被害のなかった井戸や自然湧水、トンネル湧水などが生活用水として利用された事例がある。例えば、東日本大震災時、千葉県旭市の沿岸部では、津波により井戸ポンプが故障したものの、井戸本体は無事であったため、地震の翌日にはポンプが取り替えられ、被災家屋等の掃除や洗浄に井戸水が利用された。また、茨城県の（独）国立病院機構水戸医療センターは、上水道とは別に地下水浄水システムによる水道（図-1）を導入していたおかげで断水の被害をまぬがれ、周辺の病院が機能を失う中、患者を受け入れ続けた。中越地震でも、地震の影響を受けなかった消融雪井戸が生活用水などで有用であった。また、地中熱利用による冷暖房システムを導入するとともに、断水時や非常時には井戸水としての利用を可能とした例もある^{2）}。このように、災害時の地下水の有用性が見直され、地下水利用の事例が増えている。

3. 災害時に必要とされる地下水の環境条件

平常時の地下水の種類とその利用形態として表-1にまとめた。これらの地下水は、地域防災計画において災害時の利用方法が定められている。しかし、過去の災害では、地震による直接的被害だけでなく、給水用具の不備、水質変化、周知不足等により十分に利用できなかった事例がある。従って、これら地下水設備は災害を想定した整備や適切な維持管理が必要となる。次に、災害状況ごとの地下水利用について表-2にまとめた。



図-1 水戸医療センターの災害対策

主に四つの用途が考えられ、これらは各災害状況、利用用途に応じて求められる水質や利用可能な地下水の種類も異なる。また、用途ごとの必要水量については表-3にまとめた。いずれの用途においても災害の初期段階からある程度の水量が見込まれている。

4. 地下水利用の地形的特徴と利用実態

東京23区について地下水利用の地形的特徴を調査し、地質・地形によって「台地部」「低地部」および台地と低地の中間に属する「中間部」の3パターンに分類し

表-1 平常時の地下水の種類と利用形態

地下水の種類	平常時の利用形態	災害時の利用方法
防火水槽	未使用	状況に応じて、消火用、飲料水、生活用水として利用できるよう計画されている。
井戸 （防災協力井戸）	生活用水、未使用	
プール	学校等事業用	
雨水貯留槽	生活用水	
河川水・池など	—	
深井戸 【公設災害用】 【民間】	未使用 事業用	

表-2 災害状況による地下水の用途と種類

状況	用途	水 質	地下水の種類
火災発生時	消火	問わない	防火水槽、井戸、プール、雨水貯留槽、河川水・池等
断水時（地震） （浸水）	飲料水	問われる （急性毒性の強い物質や病原性微生物を含まない水道法に準じた飲用可能な清浄な水質）	深井戸（浄水器） 循環型貯水槽（浄水器）
	医療用水	問われる （水道法に基づく水質基準）	深井戸（浄水器）
	生活用水	ある程度問われる （急性毒性の強い物質や病原性微生物を含まない水質）	井戸（ろ過器） 防火水槽（ろ過器） 雨水貯留槽（ろ過器）
停電時	空調	問わない	地中熱

た(図-2)。さらに、地下水の利用しやすさを把握するために、「湧水箇所数」と「地下水利用の規制」について整理した(図-3)。

- ・低地部：墨田区、足立区、葛飾区、江戸川区、江戸川区、荒川区、中央区、台東区

表-3 災害時の用途別必要水量

用 途	必 要 水 量
消火用水	・焼損面積3.3㎡以下の初期状態で0.1㎡/分以上 ・住宅1軒の消火に要する水量目安40㎡
医療用水	・病院1日1人当たりの必要水量目安345～365ℓ/人・日 ・人工透析用水の目安120ℓ/人・回
飲料・炊事用水	・災害初期における必要飲料水量3ℓ/人・日 ・災害初期における必要炊事用水量18ℓ/人・日
生活用水	・災害時の必要トイレ水量14ℓ/人・日 ・災害初期における必要生活用水(入浴・洗濯)量63ℓ/人・日

- ・台地部：練馬区、豊島区、文京区、中野区、新宿区、杉並区、渋谷区、世田谷区、目黒区
- ・中間部：大田区、品川区、港区、千代田区、北区、板橋区

台地部においては湧水箇所が多い地域が分布しており、低地部においては地下水利用を規制されている地域が分布していることがわかる。東京23区において地形的特徴を踏まえると、台地部は他の地域と比較して地下水の利用がしやすい地域と見ることもできる。

東京23区の地下水利用の実態については、調査内容の齟齬をなくし同じ視点から比較するため、東京都地域防災計画を受けて各区が策定した区の防災計画を基にした。

調査項目は、利用地下水形態、地下水利用の目的、用途別利用の実態・計画、井戸(湧水)の把握状況、井戸(湧水)の配置計画、住民への周知方法、維持管理の主体とその項目・頻度、給水方法、防災井戸としての制度上の位置付け、地域間連携、災害時利用のための普及促進、地下水利用上の課題などとした。

調査の結果、「台地部」「中間部」「低地部」での



図-2 東京23区の地形(左)と分類(右)



図-3 東京23区の湧水箇所数³⁾(左)と工業用水法にもとづく指定地域(右)

特徴的な相違は認められなかった。災害時の主な利用地下水としては、防災井戸と貯水槽水であり、防災用井戸には区が公園や学校地内に設けた区有井戸と民間の既設井戸を防災協力井戸や震災時協力井戸として登録する二種類がある。防災井戸水の利用については平常時と災害時での違いは認められず、飲料水として定義している区もあるが、殆どの区は生活用水と位置付けている。また、地下貯水槽については練馬区のように500m以内に1箇所程度を設置するという目標をもっている区もあるが、多くの区では明記されていない。その代わりに学校や公共施設のプール水を非常時の生活用水として考えているところが多く見られる。非常時の給水拠点は2km毎に整備し、ペットボトルなどを配備している区が殆どである。

防災井戸の管理は所有者が行い、水質については年2回程度検査をしているのが多く、費用は区が負担するところが多い。地域連携については、東京都との間で「給水施設の維持管理及び運用に関する協定書」を交わしている区が多く、また、世田谷区のように調布市、狛江市、熊谷市と「災害時における相互応援協定書」を結び飲料水等の提供を依頼する体制を整えている区が多い。地域内の民間企業との連携については、企業がストックしている飲料用ペットボトルの提供や敷地内の井戸水の提供に関して「災害時支援協力協定」などを取交わしている区が多く公衆浴場に関しても同様である。避難所や給水施設の場所については防災マップに記載されており、一部では図-4のようにスマートフォンで公開しているところもある。防災井戸の周知については区の防災マップに記載されていると、記載し

ていない区が混在している。

このように、地形的特徴から湧水など地下水利用がしやすいと思われる地域が存在する一方で、災害時の利用についてはその特徴を考慮していない場合が多いなどの実態が把握できた。今後は、地域連携も含め、地形的特徴や平常時の利用状況を鑑み、災害時の地下水利用について計画することが望まれる。

5. 災害時における地下水利用上の課題

平常時には地下水は飲用、生活用、雑用、医療用、消防水利、地中熱利用など幅広いポテンシャルを有している。災害時の地下水利用計画は多くの場合これらの平常時の地下水利用形態がそのまま維持できるものとして成り立っているが、地震被害想定や過去の災害事例に見られるように、災害時には火災、交通障害、ライフラインの損傷などにより地下水利用施設が計画のとおり利用できない状況が起こる可能性がある。

図-5は災害時の地下水利用について災害の種類、想定される被害、地下水利用施設利用への影響、地下水の用途の関係を概略的に示した図である。たとえば地震災害では火災、液状化、停電、断水、交通遮断などの被害が複合的に生じる可能性が大きく、平常時に策定していた消防水利、飲用、生活用水、医療用水などの利用計画に支障が生じることになる。

中央防災会議においては、官公庁施設の耐震化が順次進められていることから、建物が倒壊するなどの大きな損傷が生じるおそれは小さいが、設備や配管等に対する損傷、付属工作物の機能不全、データの復旧困難等により、業務の再開までに一定の時間を要することなどが記載されている⁴⁾。

近年、我が国で発生した地震においては、地震の規模によって差異はあるが、電力で概ね2日～1週間、水道あるいは都市ガスで1～3カ月を復旧に要している。特に水道は相当長期間遮断されるため、避難生活においても必要量が絶対的に不足することが見込まれる。こうした震災時の水需要に対応するために専用井戸、貯留槽などの多重水源の確保が必要となる。

6. 地下水利用ネットワーク構想の提案

災害時には平時の地下水利用施設や利用形態がそのままの状態では使用できない種々のリスクが生じる可能性があるため、あらかじめ災害を想定した地下水利用システムの構築が不可欠である。阪神淡路大震災や東日本大震災などの過去の地震報告によれば、深い場



図-4 江東区のスマートフォン用防災マップ

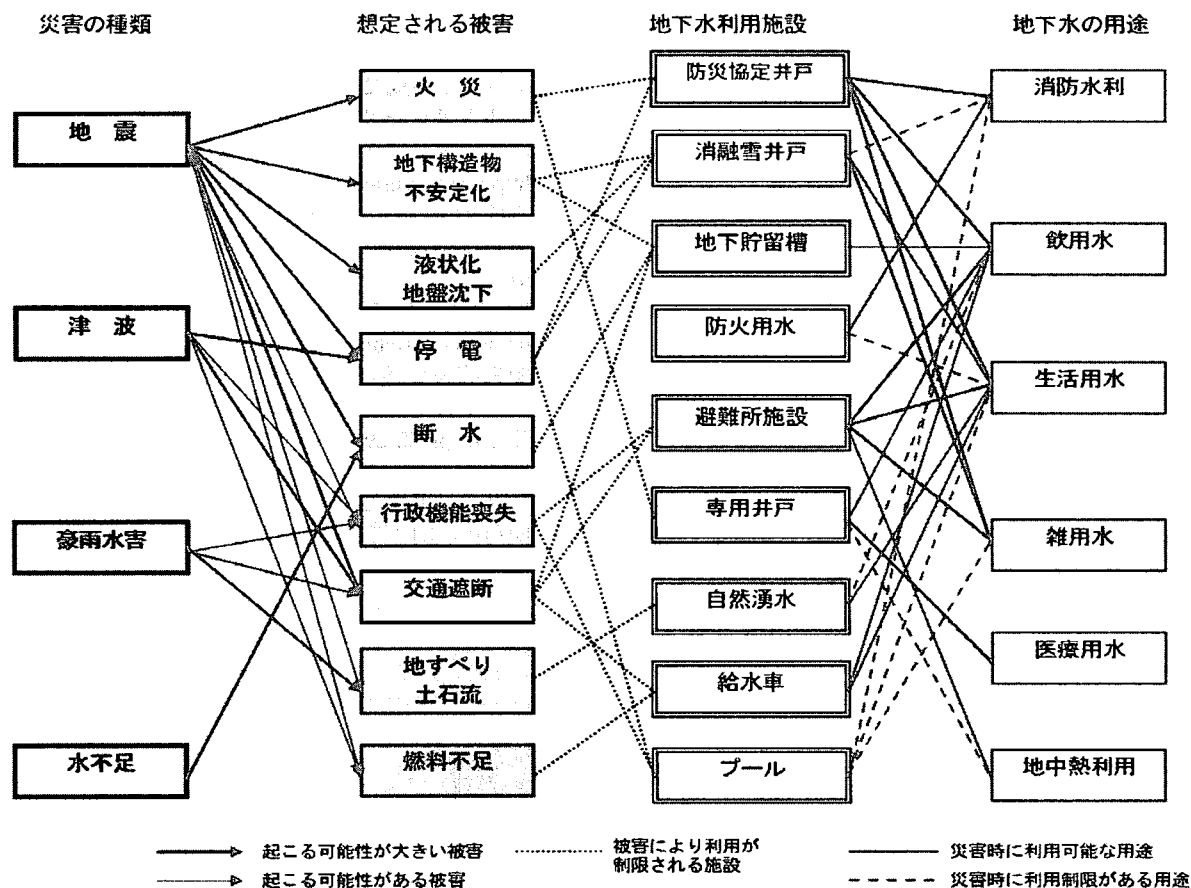


図-5 災害時における地下水利用の制限

所に建設された管路施設の被害は殆ど起きておらず、また、井戸は地震に対して被害を受けていないという報告がなされている。これらの特長を活かし図-6下側に示すような新たな大深度貯留管（仮称：大都市カナート構想）を建設し、火災や水不足が懸念される場所に人工湧水池（泉）を設けることを提案する。貯留管の一部は図-6上側に示す地域貯留施設で構成し、貯留水利用手押しポンプ、ソーラーパネル補助電源つき防災井戸、停電時の蓄熱槽・地中熱利用など、停電時にも利用可能な地下水利用設備を加えることで、災害時の安全性、利便性をより高めた地下水利用ネットワークシステムを構築できると考える。

7. おわりに

阪神淡路大震災以降、社会や経済環境が大きく変化している中で発生した東日本大震災はこれまで想定してきた災害環境の大きな変化を認識させる出来事となり、ソフト面とハード面の組合せ等による災害への即応体制の確立と被害拡大の抑制と早期復旧を行う「減災」の考え方が必要とされるようになってきている。

地域の被災状況に関わりなく減災と地域BCPの観点か

ら利用形態の維持、復活を図ることが重要と考え、行政が進める防災井戸や地下貯留槽の設置の他に、大都市カナート構想（仮称）を提案した。

本報は防災・減災に向けた地下水の利用方策に関する調査結果の一部を報告するものである。災害に強い街づくりのために地下水利用を進めることは非常に有意義であると考え、その効果を最大限発揮するためには、ハード面からの防災・減災施設設備のみならず、現在行政が進める防災井戸協定等の施策のほか、ソフト面からは地域住民のコミュニケーションから始まる自助・共助の仕組み創りや以下に示すような公助の立場からの公的補助等の仕組みづくりが大きな課題になると思われる。

① 自助・共助の活性化

- ・防災井戸設置に向けた地域住民への啓発
- ・地域住民間のコミュニケーションの場の提供
- ・平常時からの井戸・湧水とのふれあい水辺環境創造

② 安全な水質・水源の確保

- ・平常時利用のための水質検査体制の確立
- ・災害時利用目的の多様化に向けた浄化システム設置
- ・災害時非常電源設備の充実配備
- ・電源喪失に対応した手動ポンプ設置

・井戸周辺環境の耐震化・オープンスペース化

③ 水利用情報の周知

・防災マップの電子情報化に加え、誰でも分かる掲示板・標識の設置

・地域内・外の連携した防災訓練の実施

④ 地下河川・地下調節池等空間の平常時有効利用

⑤ 水循環管理体制の構築

・水量・水質保全や地下水有効利用のための流域自治体の有機的連携

・井戸等災害対策施設設置に向けた行政権限の一元化

なお、本論文は（財）JKAによる競輪の補助金を受けて一般財団法人エンジニアリング協会で実施した調査の抜粋である。

参考文献

- 1) 一般財団法人エンジニアリング協会地下開発利用センター：平成 24 年度防災・減災型地下インフラの調査報告書，pp.III-63～III-64，2013。
- 2) ユアテック：ユアテックニュースリリース，<http://www.yurtec.co.jp/release/2009/main/r091214.html>，平成 21 年 12 月 14 日。
- 3) 東京都環境局：東京の湧水の現状－区別の湧水地点数，http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/water/conservation/spring_water/current/district.html，平成 25 年 12 月 3 日。
- 4) 中央防災会議首都直下地震対策検討ワーキンググループ：首都直下地震の被害想定と対策について(最終報告)，pp.22-29，平成 25 年 12 月。
- 5) 財団法人エンジニアリング振興協会地下開発利用センター：平成 22 年度地下水・再生水利用の地下空間利用に関する調査報告書，p.III-30，2011。

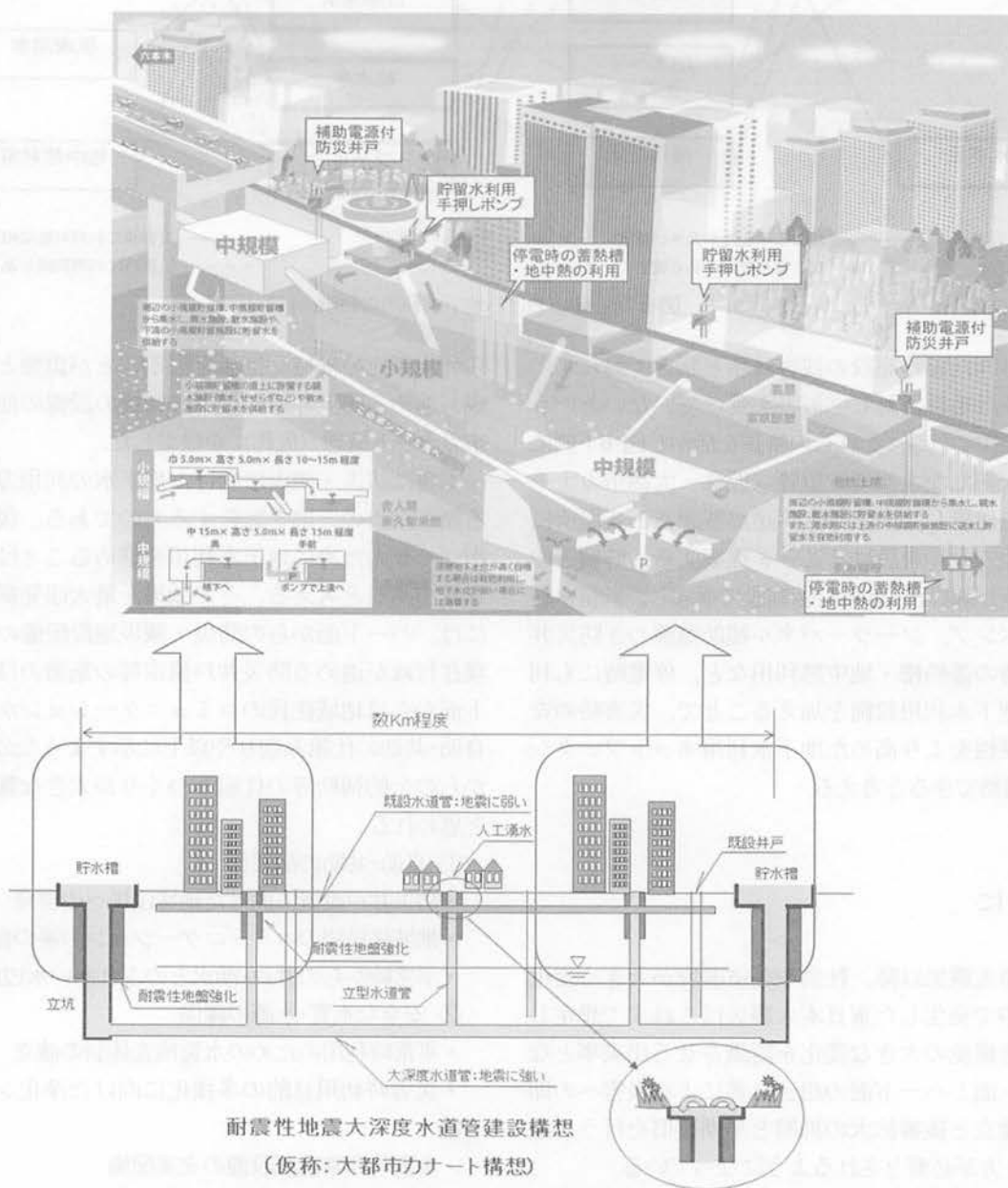


図-6 大深度地下貯留管および地域地下貯留施設⁵⁾に加筆