

環境・エネルギーシリーズ

災害時の飲料水確保と膜処理システム

日本は、比較的水資源に富んでおり、水道の普及率も 97.2% に達し、国民の大部分が飲料水の供給を受けられる。しかし、日本は地震国であり、大規模地震のたびに、断水が問題となる。

近年、分離膜を用いた分散型水処理装置が開発され、専用水道や緊急時の飲料水確保の手段として利用できるようになってきた。しかし、専用水道などの割合が高くなってきたことから、地域の共通の財産である地下水の利用に関するルールの見直しが必要になってきている。

日本で開発されている分散型水処理システムは、さらなる技術開発によるコストダウンを進めることにより、水道網のない水不足に悩む国においても有用な手段となる可能性がある。

2007年9月



株式会社 旭リサーチセンター

東京都千代田区内幸町1-1-1 (帝国ホテルタワー)

電話 (03) 3507-2406 (代)

このレポートの担当

主席研究員

お問い合わせ先

E-mail matsumura.hd@om.asahi-kasei.co.jp

松村 晴雄

03-3507-2406(代)

<本レポートのキーワード>

飲料水、地下水、膜処理システム、分散型水処理システム、専用水道

(注) 本レポートは、A R Cホームページ (<http://www.asahi-kasei.co.jp/arc/index.html>) から検索できます。

このレポートの担当

主席研究員 松村晴雄

お問い合わせ先 03-3507-2406 (代)

E-mail matsumura.hd@om.asahi-kasei.co.jp

まとめ

日本は、比較的水資源に富んでおり、水道の普及率も 2005 年に 97.2% に達しているため、国民の大部分が飲料水の供給を受けることができるようになっている (p.1~3)。

しかし、地震国である日本は、大規模地震がたびたび発生し、その都度、広範囲な断水が起こってきた。さらに、その復旧には時間がかかる。従って、緊急時における飲料水の確保が必要である (p.4)。

緊急時の飲料水確保の方法としては、各家庭でペットボトルなどを貯蔵したり、自治体などが地下のタンクに飲料水を貯蔵する方法がある (p.5~6)。

最近では、企業が緊急時に飲料水を周辺住民に提供することが CSR として行われるようになってきた (p.7)。

緊急時の飲料水確保のもう 1 つの方法は、分離膜を用いて雨水や地下水、海水などから飲料水を作る方法である (p.8~13)。

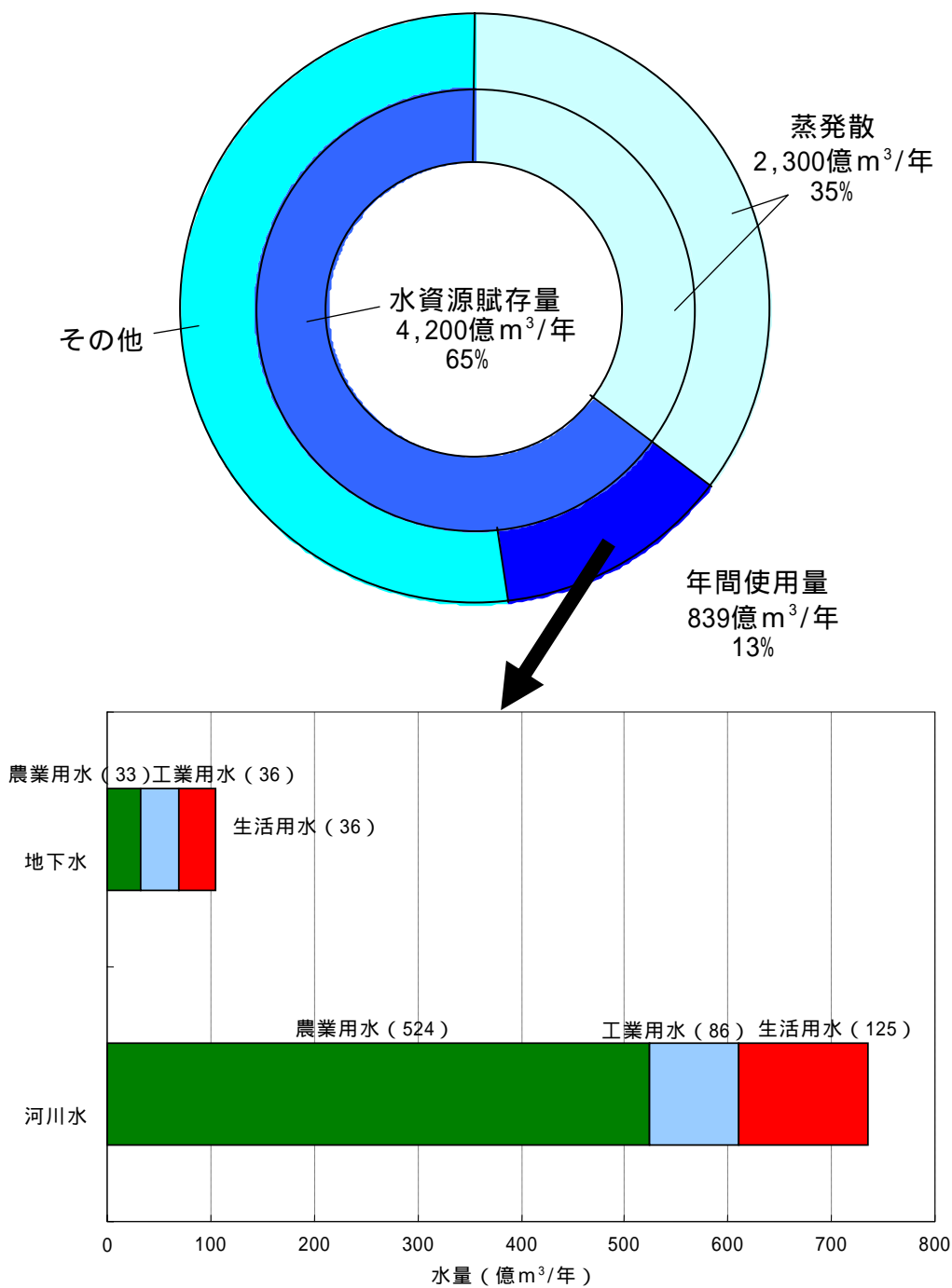
地下水は、水質が良好であり、緊急時の水資源としても注目されている。ただし、過去には、地下水の過剰汲み上げによる地盤沈下が問題になったこともあり、地域の共通財産である地下水を使用するルールの見直しが必要になってきている (p.14~18)。

日本で緊急時の飲料水確保方法として開発されてきている分散型水処理システムは、水道網がなく水不足に悩む地域の飲料水確保の手段としても有効である。ただし、いっそうのコストダウン技術開発が必要である (p.19~20)。

目 次

はじめに	1
1 . 日本の水事情	2
1.1 日本の降水量と利用可能水量	2
1.2 生活用水の使用内訳	2
1.3 水道の普及	3
2 . 災害時の飲料水確保	4
2.1 大震災に見る飲料水確保の大切さ	4
2.2 緊急時の飲料水確保方法	5
1) 飲料水の貯蔵	5
2) 雨水や地下水などの利用	8
3) 緊急時の飲料水確保方法のまとめ	12
3 . 緊急時の飲料水確保方法としての地下水利用の課題	14
3.1 地下水利用の現状	14
1) 地下水の特性	14
2) 地盤沈下と地下水位	14
3) 地下水に関する法制度の現状	15
3.2 地下水利用の進展によって生じてきた課題	16
1) ミネラルウォーターの市場拡大と水資源	16
2) 専用水道の広がりとは水資源	16
3) 地下水涵養の必要性	17
3.3 地下水利用のルール化の必要性	18
おわりに	19
参考文献	21

図表1 日本の降水量と水利用



資料：国土交通省土地・水資源局水資源部「日本の水収支」
http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/c_actual/actual01.html

はじめに

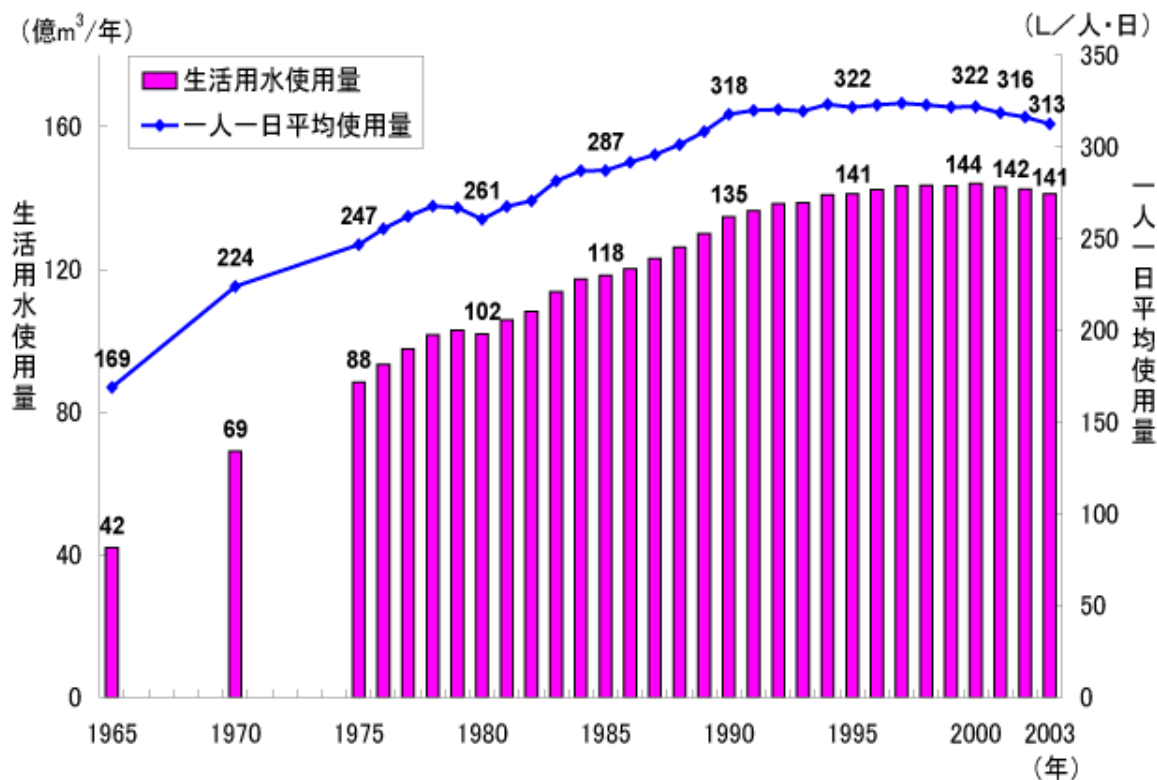
2005年12月に、ARCレポート環境・エネルギーシリーズで「水が足りない」という表題で、世界の水危機について小林が報告した。その中で、世界の人口増加や人間活動の増大に伴って水不足が一段と進行すること、また、水資源の不均衡化によって、水が戦略物資となる危険性などについて指摘した。

本レポートでは、こうした水不足の時代における水ビジネスについて報告する。水問題や地球温暖化のような全地球的な問題は、水不足に困窮する人々を救済しなければならない、海に沈むツバルを救おうといった、単なる感情論では片付かず、資金的な裏づけが必要である。しかも、補助金や国際援助といった方式ではなく、ビジネスとしても成り立つ方策でなければ、いずれは破綻してしまうと考えられる。前記レポートでは、アフリカなどの水道民営化における不適切なビジネスモデルが紹介されているが、こうした事例を反面教師として、水問題をビジネスという柱を通してレポートしていきたい。

今回のレポートでは、身近な問題として、まず、日本における水事情について現状を分析する。特に、災害時における飲料水の確保の状況と今後のあり方について考察する。2004年の新潟中越地震、05年の福岡県西方沖地震、06年の宮城県沖、07年の能登半島沖、新潟県中越沖地震と震度6以上の大型の地震が相次いでおり、いつ起こっても不思議ではない東海地震への不安も募っている。こうした災害時には、電気や水、ガスといったライフラインが寸断され、不便な生活を余儀なくされる。特に、水道の復旧には時間がかかる。こうした将来の不安に対して、家庭や自治体といったさまざまなレベルで災害時の飲料水、生活水の確保の対策が取られるようになってきた。本レポートでは、さまざまな取り組みを整理し、実現可能な災害時の飲料水確保システム構築の方策を模索してみたい。また、こうした緊急時の水源として地下水が注目されてきているが、公共財としての地下水利用とビジネスの関係についても考察する。

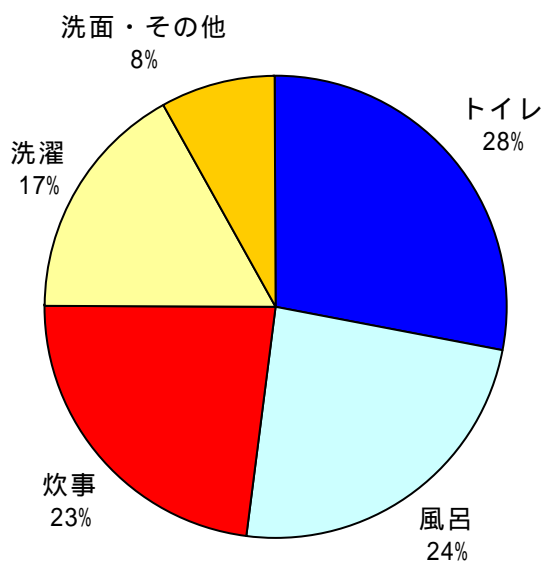
飲料水の確保は、災害時だけでなく、湯水対策などとしても今後必要性が高くなっている。そのためには、海水の淡水化技術なども必要となってくるだろう。また、日本よりも水不足に悩む国々が多数ある。こうした地域での日本の技術の活用についても今後レポートしていきたい。

図表2 生活用水使用量の推移



資料：国土交通省土地・水資源局水資源部「日本の水収支」
http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/c_actual/actual01.html

図表3 家庭用水の内訳



資料：国土交通省土地・水資源局水資源部「日本の水収支」
http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/c_actual/actual01.html

1 . 日本の水事情

1.1 日本の降水量と利用可能水量

1971年から2000年までの30年間の平均年間降水量は、約6千5百m³である。これは、平均年降水1,718mmに国土面積37万8千km²を乗じた値である。世界の年平均降水は880mmであり、日本の降水は世界平均の2倍と豊かなものになっている。

ただし、降水量の35%は蒸発散してしまうため、残りの4千2百億m³が使用できる最大量であり、これを水資源賦存量と呼ぶ。実際には、地下水として蓄えられる水もあり、また、洪水などで海へ流れてしまう水量も多いため、年間使用量は、水資源賦存量の約20%、839億m³となっている。

日本で使用されている839億m³の88%は、河川及び湖水から取水されており、残りの12%は地下水から取水されている。

一方、少し古いだが03年のデータでは、水の用途別の使用状況は、農業用水が566億m³で全体の66%を占め、工業用水が121億m³で全体の14%、生活用水が161億m³で19%となっている。

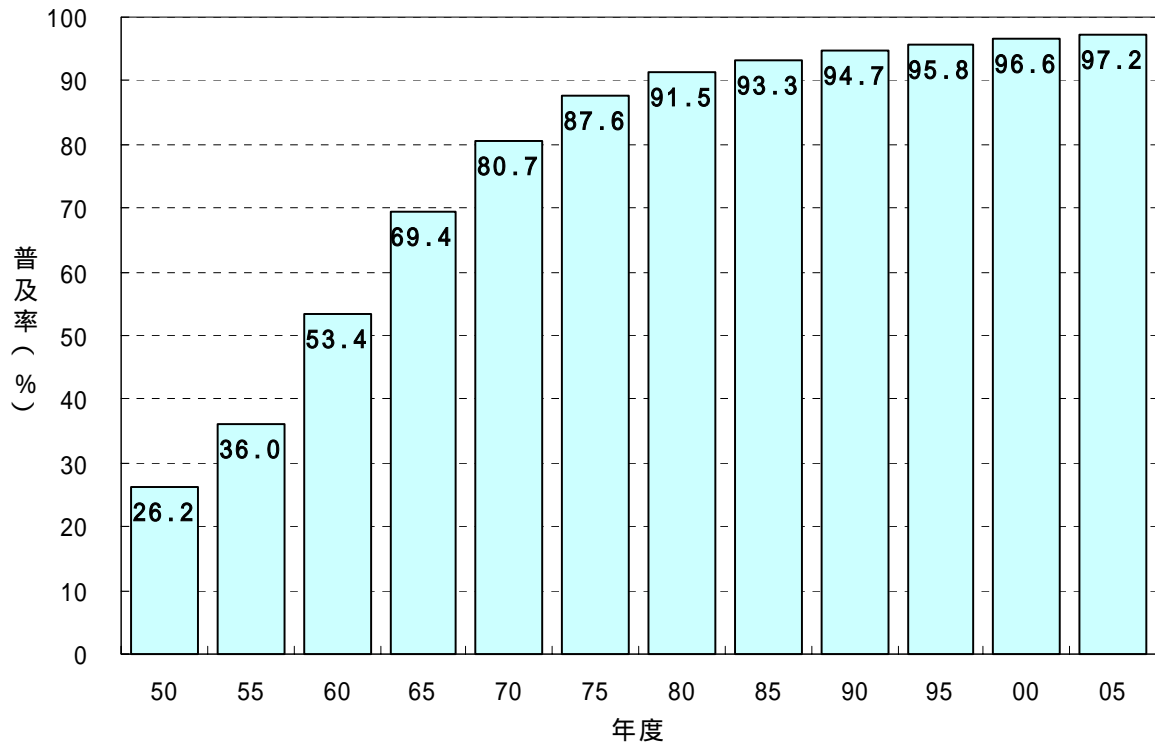
1.2 生活用水の使用内訳

家庭で使用される水を家庭用水と呼ぶ。また、オフィスやホテル、飲食店などで使用される水を都市活動用水といい、これらをあわせて生活用水と呼んでいる。

一人一日当たりの生活用水使用量は、水洗トイレの普及などの生活様式の変化にともない、1965年から2000年までの35年間に約2倍に増加した。この35年間に人口の増加や、経済活動の急拡大があったために、生活用水の使用量は約3倍に増加した。ただ、00年以降は生活用水の使用量は横這い、もしくは漸減傾向になっている。

家庭用水の内訳は、トイレが28%と最も多く、次いで風呂が24%、炊事が23%となっており、毎日の生活に必須なもので4分の1を占めている。その他としては、洗濯が17%、洗面その他が8%である。

図表4 日本の水道普及率の推移



資料：厚生労働省

<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/database/kihon/suii.html>

1.3 水道の普及

日本では、明治20年（1887年）に横浜市に近代水道が布設されて以来、120年余りが経過した。この間、特に、昭和30年代から40年代にかけての高度経済成長期における急速な面的量的拡大期を経て、2005年度には水道の普及率は97.2%に達し、国民の大部分が水道による水の供給を受けることができるようになった。

しかし、阪神淡路大震災や、新潟中越地震などにおける被災状況の記憶に新しいように、自然災害などの非常事態においても、病院などの重要施設への給水を確保したり、被災した後に速やかに復旧できたりといった体制は十分とはいえない。2004年時点のデータではあるが、浄水場、配水池などの耐震化率は全国で23%程度であり、基幹管路（導水管、送水管及び配水本管）の耐震化率は13%程度にとどまっている。また、応急給水計画を策定している水道事業は34%程度である。施設の老朽化も進んできており、むしろ地震に対する脆弱性が高まってきているといわれている（平成16年厚生労働省健康局「水道ビジョン」）。

図表5 主な地震と水道被害

地震等名称	年月日	規模及び最大震度	被害内容
平成6年(1994年) 北海道東方沖地震	H6.10.4	M8.2 震度6	(北海道) ・施設の被害：24市町村、36水道 ・断水戸数：31,462戸(約9万人) ・断水日数：最大10日
平成6年(1994年) 三陸はるか沖地震	H6.12.28	M7.6 震度6	(青森県、岩手県) ・施設の被害：青森11水道、岩手5水道 ・断水人口：青森約117千人、岩手約700人 ・断水日数：最大6日 ・被害額：約666百万円 (青森県分、平成7年1月7日の大規模な余震による被害含む)
平成7年(1995年) 兵庫県南部地震	H7.1.17	M7.3 震度6 調査結果から一部の地域で震度7	(兵庫県ほか) ・施設の被害：9府県81水道 ・断水戸数：約130万戸 ・断水日数：最大90日 ・被害額：約600億円(兵庫県分)
山梨県東部の地震	H8.3.6	M5.3 震度5	(山梨県) ・施設の被害：5水道 ・断水戸数：約3,900戸 ・断水日数：最大7日
鹿児島県薩摩地方の地震	H9.3.26 H9.4.3 H9.5.13	M6.5 震度5強 M5.6 震度5強 M6.3 震度6弱	(鹿児島県) ・施設の被害：7水道 ・断水戸数：延べ18,101人 ・断水日数：最大4日
平成12年(2000年) 鳥取県西部地震	H12.10.6	M7.3 震度6強	(鳥取県ほか) ・施設の被害：6県38市町村 ・断水戸数：約8,300戸 ・断水日数：最大11日
平成13年(2001年) 芸予地震	H13.3.24	M6.7 震度6強	(広島県ほか) ・施設の被害：4県35市町村 ・断水戸数：約48,500戸 ・断水日数：最大2日

資料：国土交通省水資源部、厚生労働省及び気象庁調べ(平成15年3月現在)

2 . 災害時の飲料水確保

2.1 大震災に見る飲料水確保の大切さ

1995年1月17日に発生した阪神・淡路大震災では、震災直後に兵庫県で約120万9千戸、大阪府ほか7府県で約2万戸、計122万9千戸が断水状態となった。これに対して、自治体などは、まず、給水車などを出して応急給水確保のための支援を行ない、最低限の日常生活の維持を図った。

しかし、最も早く水道施設が仮復旧した大阪府ほか8府県53施設でさえ、地震発生から11日後の1月23日であった。兵庫県下の水道施設については神戸市、西宮市、芦屋市を除いて、仮復旧は地震発生後30日の2月16日であった。前記3市については、家屋や道路の陥没などにより復旧工事に着手できない一部の地区を除いた仮復旧の完了でさえ地震発生の45日後の2月末まで待たなければならなかった。

(資料:厚生白書(平成7年版)<http://www.hakusyo.mhlw.go.jp/wpdocs/hpaz199501/b0146.html>)

2004年10月23日(土)に発生した新潟県中越地震でも、水道施設が甚大な被害を受け、40市町村(合併前の数)、約13万戸にわたって断水が発生し、地域住民には不慣れた生活を強いる結果となった。

(資料:厚生労働省健康局水道課「新潟県中越地震水道被害調査報告書」について
<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/topics/niiigata/index.html>)

大規模地震では、地震発生後に広範囲に断水が起こり、その復旧には時間がかかる。そのため、飲料水をはじめとした生活用水の確保が必要となる。

2.2 緊急時の飲料水の確保方法

地震などの災害時に飲料水を確保する方法としては、大きく分けて2つの方法がある。1つは貯蔵しておいた水を利用するものであり、もう1つは雨水や地下水などを浄化して利用するものである。それぞれの方法の現状をまとめてみる。

1) 飲料水の貯蔵

a) 家庭における飲料水の備蓄

飲料水の貯蔵については、ペットボトルなどを各家庭で貯蔵する方法と、自治体などが地下のタンクに貯蔵しておくものがある。家庭用の貯蔵用水としては、いわゆるミネラルウォーターなどを備蓄しておく他に、長期保存用の特殊な飲料水も市販されている。例えば、(株)グリーンケミーの「エマージェンシーウォーター」は、常温で日光に当てないことを前提とするが、6年保存できるものである。家庭用だけでなく、全国の847ヶ所の自治体や企業への納入実績がある。

(資料：<http://www.gci5533.com/product/emergency.html>)

ただし、家庭における災害時の飲料水確保の実態としては、例えば札幌市水道局が2002年度に実施したアンケート調査結果によれば、飲料水を確保している家庭はわずか11.8%しかなかった。東京都水道局が2007年度に実施したアンケート調査結果でも、飲料水を確保している家庭は57.8%にとどまっていた。東京都水道局は、大規模地震に対する不安の有無と防災用飲料水確保をクロス集計しているが、大規模地震に対する不安を強く感じている人でも飲料水を確保しているのは65.3%であり、少し不安を感じている人では52.0%、あまり感じていない人は44%しか飲料水を確保していないという結果であった。

b) 自治体における飲料水の備蓄

こうした家庭における飲料水の備蓄の実態に対しては、さらなる啓蒙活動が重要であるが、自治体としても備えを整える必要があり、防災用の飲料水確保のための地下タンクなどの設置などを行っている。例えば、横浜市では、1981年から本格的に地震対策事業を立ち上げ、阪神・淡路大震災(1995年)を契機に地震対策を強化してきており、2004年度には、みなとみらい21に1,500m³の災害用地下給水タンクが

図表 6 東京都中央区の応急給水槽・給水所の設置場所と容量

設置場所	容量
あかつき公園内応急給水槽	1,500トン
堀留児童公園内応急給水施設	100トン
晴海給水所	1,300トン
区立施設受水槽（55カ所）	1,315トン
学校プール（20校）	6,061トン
民間施設受水槽（41カ所協定）	1,675トン
合 計	11,951トン

資料： <http://www.city.chuo.lg.jp/kurasi/saigai/saigai1/inryosui01/index.html>

完成し、合計134基の整備が完了した。また、2005年度には14ヶ所の緊急給水栓が整備され、合計358ヶ所の整備が完了し、市民が500m以内で飲料水を確保できるようになった。

(資料 : http://www.city.yokohama.jp/me/suidou/ja/press/press20050215_keikaku2.htmlなど)

同様に東京都中央区では、災害時の飲料水を確保するため、応急給水槽・給水所を設置するとともに、区役所、区民館、小・中学校などの公共施設の受水槽に緊急遮断弁・水栓を取り付けている。また、災害時に事業所の受水槽を利用できるよう、区と区内事業所と防災区民組織とで協定を結んでいる。

(資料 : <http://www.city.chuo.lg.jp/kurasi/saigai/saigai1/inryosui01/index.html>)

c) 飲料水タンクビジネス

こうした自治体などにおける飲料水確保用のタンクはビジネスともなっている。

例えば、JFEエンジニアリング(株)は、鋼製の飲料水兼用耐震性貯水槽を開発している。この貯水槽は、災害時に避難場所となる公園や学校の校庭などの地下に埋設する。水道管路と直結させて水を絶えず循環させることにより、常に新しい水を貯えておく。平常時は、水道管路の一部である消火栓として使用し、災害発生時には、専用の取水器で汲み出す。この貯水槽は自治省消防庁が定める耐震性貯水槽(飲料水兼用)に合致する設計となっている。JFEエンジニアリングは、自治省消防庁による飲料水兼用耐震性貯水槽(二次製品)の認定一号取得メーカーであり、1980年より300基を越える実績を持っている。

(資料 : http://www.jfe-eng.co.jp/product/water/wat01_06_01.html)

また、(株)大林組は2006年8月に、地震などの災害時に非常用水を確保する巨大な地下タンクを開発した。工場内の緑地スペースなどの地下にコンクリート製の密閉型貯水タンクを設置する。地下深部の地下水をフィルターでろ過してタンク内に貯水しておき、非常時に利用する。水を汲み上げるには、小型コンプレッサーで揚水パイプの中に圧縮空気を送り込んで水を汲み上げる方法と、発電機を使用した水中ポンプで汲み上げる方法を採用しており、災害によって電力を使用できない場合にも揚水することができる。

この貯水槽は、工場内で必要な用水として活用するだけでなく、近隣住民の非常用水としても活用することで社会貢献（CSR）にもつながることが期待されている。
（資料：<http://www.obayashi.co.jp/news/newsrelease/news200608/news20060831.html>）

d) CSRとしての飲料水提供

災害時の飲料水確保については、上記の大林組の装置のように企業のCSRと関連付ける動きも出てきている。例えば、アサヒ飲料(株)首都圏支社、アサヒビール(株)神奈川工場は、2007年1月に南足柄市と「災害時における食料・生活用品等の供給に関する協力協定」を締結した。これは、大規模地震や風水害などの災害が発生して市民への飲料水の供給が不足した場合に、清涼飲料水のボトル約182万個を市民へ提供するものである。実は、06年9月に「災害時における飲料水の供給に関する協力協定」が締結されており、被災時に水約1,200トンが市民に提供されることになっていた。今回の協定で、ペットボトルや缶の水やお茶などが加えられ、地域への貢献がより見える形になった。

（資料：http://www.townnews.co.jp/020area_page/04_sat/02_ashi/2007_1/01_20/ashi_top2）

2) 雨水や地下水などの利用

災害時に飲料水を得る方法として、雨水や地下水などを飲むようにする方法がある。これらの方法には、携帯型の簡便な浄水器や、災害時に使用する緊急対応型の小型装置があり、その他のものとして、通常は特定の事業所などで用水として利用しているものを地域に開放するものがある。

a) 緊急用浄水器

ア) 手動式ろ過装置

災害時に飲料水をつくる装置は、膜フィルターを用いたものであり、手動式の簡便なものや発電機などを用いた比較的大型の装置がある。

手動式のものとしては、例えば、(株)エアンドエィティの携帯型浄水器「レスキューアクア911」がある。アタッシュケース大のコンパクトな装置であるが、レバーを上下に動かすだけで風呂水や河川水などから約5分間に2リットルの飲料水を作ることができる。逆浸透膜浄水処理によって、大腸菌やウイルスなどを除外する。

(資料：<http://www.a-and-at.com/japan/top/index.html>)

もっと簡便なものとしては、アーバンテックの携帯用浄水器「スーパーデリオス」がある。300ミリリットルのポリエチレン製の容器に河川水、井戸水、プールの水、風呂の水、雨水などを入れ、手で押して0.1ミクロンのポリスルホン多孔質中空糸膜で濾過するものである。

(資料：<http://www.delios.net/>)

イ) 動力式ろ過装置

これらの浄水器は、個人、あるいは1家族用のものであるが、小さなコミュニティ用の装置としては、エヌビーエス(株)の災害用携帯型浄水器「救水ユニットRO1000」などがある。アタッシュケース内に逆浸透膜装置が入っており、車のシガーソケット(12Vまたは24V)から電源をとることができる。また、家庭の電源プラグも使うことができる。1時間に35リットル～45リットル、1日に800～1,000リットルの飲料水を製造できる。1人1日4リットル使用と仮定すると、200人分の飲料水を確保できる。すでに、北海道北見市、伊達紋別市などの地下水(井戸水)対応浄水器の

指定を受けている。

(資料：<http://www8.ocn.ne.jp/~nbs/pro.htm>)

ニューメディカ・テック(株)の「クリスタル・ヴァレー浄水器」も逆浸透膜を使ったシステムであり、トランクタイプの装置では、車のシガーソケットを使って1時間に41.7リットルの飲料水をつくることができる。Z-2というセットには、3人家族が5日間生活できる50リットルの飲料水を確保できるだけのバッテリーが備えられている。

(資料：<http://www.nmt.or.jp/question/q-6.html>)

マンションなどの災害用飲料水確保装置としては、(株)エポックの「E WELL」などがある。逆浸透膜を使って、井戸水などから1日最大で15トンの給水能力があるので、1人1日4リットルの水を必要とすると、3,600人に供給することができる(同社ホームページでは、「1人1日3リットルの水を必要とすると、4,800人に供給することができる」と紹介されている)。

(資料：<http://www.epoch-corp.co.jp/ewell.html>)

図表7 京都市の災害時協力井戸の行政区別登録件数（2006年6月30日現在）

	民間	公共	合計
北 区	33	2	35
上 京 区	62	7	69
左 京 区	39	7	46
中 京 区	77	7	84
東 山 区	11	1	12
山 科 区	28	2	30
下 京 区	35	5	40
南 区	35	14	49
右 京 区	32	8	40
西 京 区	72	8	80
伏 見 区	29	16	45
合 計	453	77	530

資料： http://www.city.kyoto.jp/shobo/saigaijikyouryokuido_bosyuu/index.html

b) 地下水の利用

ア) 災害時協力井戸

災害時の水資源の1つとして地下水が注目されるようになってきている。多くの自治体が「災害時協力井戸」の登録を行っている。これは、自治体内にある個人所有の井戸を災害時に地域に提供するものであり、自治体は、水質検査を行って指定する。ただし、洗濯や掃除、トイレなどに使用する水という位置づけであり、煮沸して飲料水として利用することも可とする場合もあるが、基本的には飲用の水ではない。京都府では、2004年2月に「災害時協力井戸」の登録が始まり、2004年6月30日現在で530カ所が登録されている。

(資料：http://www.city.kyoto.jp/shobo/saigaijikyokuyokuido_bosyuu/index.html)

横浜市でも2001年4月1日現在で、市内3,811施設が指定を受けている。

(資料：<http://www.drico.co.jp/saigaikyuusui.htm>)

災害時協力井戸のシステムは、全国の自治体に広がってきており基盤が整いつつある。しかし、市町村レベルでのボランティアを基本とした個別のシステム段階であり、定量的なデータの収集も不十分であることから、実際に災害が起こったときの実効性については未知数である。また、「災害時協力井戸」という名称は、全国で統一されて使用されているわけではなく、例えば「古い井戸」といった名前で呼ばれているものもある。さらに、地域住民への周知という意味でも、必ずしも十分とは言えないところもある。

イ) 専用水道

一方、地下水利用をコストダウンの1つとして捉え、その利活用の1つに災害時の貢献を挙げるビジネスが出てきている。例えば(株)原田鑿井設備工業所は、昔ながらの家庭用の浅井戸ではなく、深層地下水という水を汲み上げる深井戸の利用を提案している(災害時協力井戸は浅井戸)。深層地下水は、平野の背後に広がる山地に降った雨水が地下に浸透して過されてきたものである。この地下水を汲み上げて、老人ホームなどで「専用水道」として利用するシステムを提案している。地下水は無料であるので、設備費と運転コストを割り引いても、水道水よりも安いこ

とをメリットとして謳っている。また、災害時の非常用井戸としての利用も想定されている。

(資料：<http://www.sakusei.co.jp/sinsoutikasui.html>)

ウ) 膜ろ過システムによる飲料水供給

同様に深層地下水を利用するが、膜ろ過システムを組み合わせることで、飲料水としての水質を確保するシステムも登場してきている。

先駆的な例としては、例えば、ナラサキ産業(株)は、地下水膜ろ過システムを提供している。基本的にはタダである地下水を地盤沈下防止の面から制限されている揚水規制の範囲内で汲み上げることで、システム導入企業に経済的なメリットをもたらすというビジネスモデルを構築した。既に610件を超える納入実績を挙げている。正常時は水質検査を行って飲料水として利用可であることを判断し、異常時には水道水に切り替えるシステムである。

(資料：http://www.narasaki.co.jp/product/plant02_filtrate.html)

ドリコ(株)も、深井戸で深層地下水を汲み上げるシステムを提供している。非常用発電機を備えて、1日5,000人分以上の生活用水を確保できるようにしたものである。さらに、太陽電池を非常用発電機と併用することによって、エネルギーラインの長期間にわたる寸断にも備えられるシステムを提案している。地震防災対策特別立法による国の1/2の予算補助を利用することも勧めている。

(資料：<http://www.drico.co.jp/saigaikyusui.htm>)

(株)タクロウ管理工業は、専用水道システムを災害時にも利用するシステムを提案している。MF膜、必要に応じてUF膜を組み合わせることにより、水道法基準をクリアし、平時は飲料水として深層地下水を利用することで利用者に経済的メリットをもたらす。また、遠隔監視モニタリングシステムを使い、残留塩素濃度やろ過装置などの作動状態を監視する。そして、災害時には、近隣にも飲料水を提供することで企業イメージのアップになることを利点として挙げている。

(資料：<http://www.takurou-k.com/prepare.html>)

同様のシステムを（株）ウェルシィも提供している。他者と同じく上水道料金の削減効果が期待できることを謳っている。省電力設計をすることにより、災害時にも、施設にある自家発電装置や予備電力装置の電力で地下水くみ上げやろ過ができるようにしている。

（資料：<http://www.wellthy.co.jp/>）

エ）災害時対応システム

地震災害では、比較的早期に電力網の復旧が進むものの、緊急時の水道設備については、自家発電などの分散化電源が必要となる。太陽光発電装置を組み合わせるシステムなども提案されているが、さらに確実性の高い電力資源設備と水資源設備の組み合わせが必要とされている。

また、米国では地震対策ではないが、大型のトレーラーに飲料水製造装置を載せた装置が実用化されている。米国では、家を高速道路で運搬したり、核医学診断装置（PET）などをトレーラーに載せて診断サービスを行ったりといったことが日常的に行われており、日本と同様には考えられないことや、地震災害時には道路が寸断されて、トレーラーによる移送ができないことも容易に想像できるが、技術進歩によって、飲料水製造システムが小型高性能化されてきており、こうした米国流の移送システムの国産化も可能にはなってきている。

ｃ）他の水源の利用

福岡市は、早くから海水淡水化施設を運営し、水資源の多様化を図ってきている。すでに福岡市周辺の福岡地区水道事業団の水資源の20%を海水淡水化施設で賄っており、水資源の1つとしての海水利用が日本でも現実のものとなりつつあり、災害時の飲料水確保方法の1つとして浮上してきた。

（資料：<http://www.f-suiki.or.jp/gaiyou/zigyoyou17-8-1.htm>）

3）緊急時の飲料水確保方法のまとめ

緊急時に飲料水を確保する方法としては、予め飲料水をボトルやタンクに貯蔵しておいて利用するものと、緊急時に雨水や井戸水などを利用するものなどがある。地下水については、深層地下水を膜ろ過システムで飲料水にするビジネスが始

まっている。しかし、地域の共通財産である地下水の利用に関しては、新たな問題も生じ始めている。

3 . 緊急時の飲料水確保方法としての地下水利用の課題

3.1 地下水利用の現状

緊急時の水確保方法の1つとして、地下水の利用が見直されている。多くの自治体が災害時協力井戸の整備を行うようになってきており(必ずしも飲料水ではなく、生活用水の場合が多い)、また、膜ろ過システムを用いて飲料水をつくるビジネスも登場し始めている。こうした地下水の見直しについては、1998年に国土庁(当時)水資源部に今後の地下水利用のあり方に関する懇談会が設置され、2007年3月に「健全な地下水の保全・利用に向けて - 「今後の地下水利用のあり方に関する懇談会」報告 - 」という報告書が出された。

この報告書を参考にしながら、地下水利用のあり方について考察する。

1) 地下水の特性

地下水の源は降水であり、地表水とともに水循環を構成している。土壤に浸透した降水の一部が地下水となる。地下水は、地表水に比べて地中をゆっくりと流れ、河川や地表面に再び流出し、地表水に合流する。平均滞留時間は数百年～数千年と長い。ちなみに河川水の平均滞留時間は13日である。

地下水は、1)揚水施設を設置すれば、容易に良質な水が得られる(簡易性)、2)揚水施設などの初期経費と電気代などのランニングコストがかかるが、他の水資源に比べて安価である(経済性)、3)一般に水質が良好であり、適度にミネラル分を含む(良質な水質)、4)年間を通じてほぼ一定の水温であり、表流水に比べて夏は冷たく、冬は暖かい(恒温性)といった特性を有している。

こうした特性を活かして、生活用水、工業用水、農業用水、消雪用などの多様な用途に利用されている。

2) 地盤沈下と地下水位

1950年代後半～70年代前半にかけて、主として工業用の地下水くみ上げなどによって東京、大阪を中心に激しい地盤沈下が起こった。

これに対して揚水の法的規制などが行われたことにより、近年では地盤沈下地域の数や面積はともに減少し、沈静化してきている。しかし、渇水時には急激な地下

水揚水が行われるために、短期的な地盤沈下を招いている。地盤沈下は不可逆的な障害であり、地盤沈下の発生を予防する必要がある。

一方、首都圏では、地下水採取の法的規制が続いたことによって、地下水位が上昇し、東京駅や上野駅などの鉄道駅の地下部分が浮き上がるなどといった新たな問題が生じている。さらに、地下水位の上昇は地震災害時に液状化を引き起こす可能性があるといった防災上の問題も指摘され始めている。

日本では、過剰な地下水の採取が広域的な地盤沈下の要因となることについては共通認識が得られているが、そのために過剰な揚水規制が続けられたことによる弊害も出てきているのが現状である。

3) 地下水に関する法制度の現状

欧州では、欧州連合により「水枠組み指令」(正式には「水政策分野での共同体アクション枠組みを構築する2000年10月23日の欧州議会及び評議会指令2000/60/EC」という)が出され、地表水と地下水の総合的な管理をするための管理計画が加盟国ごとに作成されている。

これに対して、日本には地下水の基本法や総合法はなく、個別対応の法律で規制されている。1つは「工業用水法」、「建築物用地下水の採取の規制に関する法律」のような地盤沈下対策としての井戸揚水規制に関する法律であり、もう1つは「土壌汚染対策法」や「水質汚濁防止法」などの汚染防止に関する法律である。これらの個別法や条例が適切に運用されてきたために、現在、日本では地下水に関する大きな問題は生じていない。

水道法第3条第6項（用語の定義）

この法律において「専用水道」とは、寄宿舍、社宅、療養所等における自家用の水道その他水道事業の用に供する水道以外の水道であつて、次の各号のいずれかに該当するものをいう。ただし、他の水道から供給を受ける水のみを水源とし、かつ、その水道施設のうち地中又は地表に施設されている部分の規模が政令で定める基準以下である水道を除く。

- 1 100人を超える者にその居住に必要な水を供給するもの
- 2 その水道施設の一日最大給水量（1日に給水することができる最大の水量をいう。以下同じ。）が政令で定める基準を超えるもの

3.2 地下水利用の進展によって生じてきた課題

1) ミネラルウォーターの市場拡大と水資源

1985年に環境庁（当時）が名水百選を選定したことなどをきっかけとして、おいしい水を求める声が強くなり、最近では、ペットボトル入りのミネラルウォーターを持ち歩くことがファッションの一部となるなどお金を払ってミネラルウォーターを飲むことが日常化してきている。これに伴い、ミネラルウォーター市場が拡大し、大手飲料メーカーだけでなく、JR東日本を初めとしてさまざまな業種の企業や自治体などが参入し、全国各地で地下水を利用した飲料水ビジネスが活性化している。大手飲料メーカーなどは、山間部などの水源を確保し、地下水の大量採取を行っているが、現在のところ、この新たな地下水採取によって周辺の地下水利用者への影響や、地下水障害などは特に報告されていない。

しかし、全国で最もミネラルウォーターの生産量が多い山梨県では、自治体が地域資源からの恩恵を受けている事業者に対して、税負担を求めることを検討した事例もあり、今後、さらに需要が増加してきたときには、各地で地下水の有料化が検討される可能性がある。

（資料：<http://www.pref.yamanashi.jp/pref/viewNewsSimple.jsp?id=1072427956324&dir=200312>）

2) 専用水道の広がりとは水資源

近年、膜ろ過システムの技術の向上とコストダウンが進展したことやポンプの性能アップ（小口径高揚程ポンプの開発）などによって、地下水を飲料用水として低コストで利用できるようになってきた。さらには、公共水道水よりもコストが低い場合も出てきた。こうした状況を背景として、水道法の改正により、従来は居住者への水供給という制限があったものが緩和されたこともあり、専用水道による地下水利用が増加してきている。特に、病院や老人福祉施設など緊急時の自己水源確保を求められる個別水道利用施設で導入が進んでおり、そのほかにもホテルやショッピングセンター、さらには工場などでも導入され始めている。

これまでのところは、専用水道の増加にともなう地下水障害は顕在化していない。しかし、現行の法制度では地下水汲み上げの規制対象から外れた場所での利用実態の把握はできないため、地下水の状態を確認できていないといった問題がある。

また、水道事業を行っている自治体は、専用水道の拡大によって、水道水の利用

が減少して減収になること、それによって、現行の水道設備の保守管理に障害がでるのではないかと懸念を持っているところもある。

3) 地下水涵養の必要性

地下水は、滞留時間が長いため、地下水の汲み上げによる影響が現れるまでには時間がかかる。すなわち、地盤沈下や、海岸部における地下水の汲み上げによる塩水の流入といった問題が顕在化するまでにはタイムラグがある。また、それに対して何らかの対策をとっても、その効果が確認できるまでには時間がかかるということである。

こうしたことから、地下水を涵養する必要があるという認識は全国にある。しかし、因果関係の把握や対策と効果の評価が難しいこともあり、地下水涵養の人為促進については、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、新潟県、奈良県、熊本県の条例の中に規定があり、塩水化については、山梨県、茨城県、富山県、静岡県、徳島県の5県で規定されているものの、やや抽象的な努力目標にとどまっている。

3.3 地下水利用のルール化の必要性

地下水は、身近で入手の容易な水資源であり、一般に水質もよく、大規模地震などの災害時にも利活用できる。

しかし、地下水は地形・地質の構成要素であり、個別の地下水利用がさまざまな形で他に影響を及ぼす。これは、土地の所有状況とは関係ないが、法体系もこうした地下水の特性に即したものはなっていない。今後、地下水の環境保全を促す地下水水位を定めた上で、利用可能な範囲内で地下水採取を行い、一定の地下水水位を維持する施策が求められる。地下水の実態が把握できるデータが少なく、まずは、こうしたデータの収集整理が必要とされている。

さらには、欧州では、基本法ともいえる「水枠組み指令」とこれに対応した各国の法律が制定されており、日本でも地表水、地下水を総合した法体系を整備すべきであるという声がある。

おわりに

日本では、水道普及率が98%を超えており、国民のほとんどが平時にはきれいな水を使用できるようになっている。

電力網も整備されており、電力ではこうしたネットワーク網を系統と呼んでいる。電気については、近年、風力発電や太陽光発電などを地域や家庭で行う分散型発電システムの導入が進んできている。これらの分散型発電システムは、電力が余れば系統に売電し、足りないときには系統から電力を買うという方式になっている。しかし、分散型発電システムは出力の変動が大きいため、導入量が少ないときには問題にならなかったが、導入が進んできたことによって系統を乱す例も出てきた。

水道についても、ミネラルウォーターや専用水道などと水道網の水量には大きな差があるため、現在は、水道網を乱す例は見られない。とはいうものの、自治体などの水道事業者のなかには、こうした分散型の水道システムの普及によって水道料収入が減少し、ひいては水道網の維持管理に支障が出るのではないかと危惧するところも出てきている。

一方、専用水道に関しては、システムの高性能化とコストダウンがあったことが、導入例の増加となっているのであり、こうした企業努力は評価され、対価が支払われるべきである。また、緊急時にだけ使用する水利用システムを常備しておくことは経費の面でも限界がある。できれば平時から分散型の水道システムとして使用しているものを災害時にも利用する方が得策である。上述した系統電源と分散型発電システムのあり方と同様に、系統としての水道網とこれを補完する形での分散型水道システムの共存のあり方を模索する必要がある。

世界では、総人口60億人のうち5億人が慢性的に水不足の国に住んでいるといわれる。こうした国々の多くは、水道網がない。現在、アフリカなどでは、フランスなどを中心とした水処理企業が、公共水道システムを受注し、水道網の整備を行っているが、高い水道料金のために、かえって水を使えなくなる人々が増えており、水の囲い込みであるという批判もある。一方、日本のJICA（Japan International Cooperation Agency：独立行政法人 国際協力機構）などによる井戸掘りも草の根的に行われている。

飲料水の確保は、持続可能性の観点から、経済的に成り立たなくてはならない。

分散型水処理システムは、日本のように水の豊富な国においても緊急用などの必要性があり、水不足に悩む国にとっては、ボランティア的な支援と大型水道網建設の中間である分散型水道システムの導入意義は高い。

しかし、日本の緊急時対応水処理システムもコストが課題であり、深刻な水不足の国は資金力が低い国が多いことから、さらなるコストダウンが必要である。

日本では電話網（有線）が全国に張り巡らされており、その上に携帯電話網（無線）があり、どちらを使うことも可能である。しかし、有線の電話網のない国々では、電話線によるインフラ整備を跳び越えて、アンテナを適当な間隔で立てることで安く電話網を構築できる携帯電話に進んでいるところが増えてきている。これは、いわば分散型システムをネットワーク化するというやり方ともいえる。

水道網のない地域における飲料水の確保についても、従来型の水道網のインフラ整備というやり方ではなく、まず分散型水道を作り、必要に応じて水を融通しあうネットワークをつくるのが最も現実的な手法であるといえる。

今回は、飲料水確保のための膜処理技術の現状と、膜処理メーカーの統廃合の動きから見られる今後の飲料水ビジネスの方向性についてレポートしてみたい。

参考文献

< 水資源に関するもの >

- 1) 沖 大幹「水の世界地図」丸善（2006年）
- 2) クリストファー・フレイヴィン編著「ワールドウォッチ研究所 地球白書 2006 - 07」ワールドウォッチジャパン（2006年）
- 3) 持続可能な水供給システム研究会編「水供給 - これからの50年 - 」技報堂（2007年）
- 4) コーポレート・ヨーロッパ・オブザーバトリー、トランスナショナル研究所編著「世界の<水道民営化>の実態 - 新たな公共水道をめざして」作品社（2007年）

< 地下水に関するもの >

- 5) 佐藤 邦明「地下水環境・資源マネジメント」同時代社（2005年）
- 6) 和田 安彦ら「水を活かす循環都市づくり - 都市再生を目指して - 」技報堂（2002年）
- 7) アメリカ土木学会著、肥田 登ら訳「地下水人工涵養の標準ガイドライン」築地書館（2005年）

< 水処理技術に関するもの >

- 8) 岡崎 稔ら「図解 よくわかる 水処理膜」日刊工業新聞社（2006年）
- 9) 栗田工業監修「これでわかる 純水・超純水技術」工業調査会（2004年）
- 10) 鶴蒔 靖夫「地下水革命 - 地球環境向上企業・ウェルシィの挑戦 - 」IN通信社（2007年）