

災害時等の蓄熱槽活用



平成25年6月

一般財団法人 ヒートポンプ・蓄熱センター

蓄熱槽活用の条件と課題

- ・ 災害時は様々なインフラに障害が発生し、上水道も過去の大震災では長期にわたり断水が起こっている。そのため、とりわけ長期間の断水が想定されたり、火災の危険が見込まれる地域においては、多様な給水手段の活用が検討されるべきである。蓄熱式空調システムは建物内に大量の水や氷を溜めるため、その一つとして検討されるべきである。
- ・ 蓄熱槽式空調システムは昼間に使う熱エネルギーを、夜間の電力を使って蓄え、昼間に取り出して使うシステムである。そのため常時大量の水や氷があるため災害時に利用できれば地域の防災力にとって有効な資源となる。
- ・ 災害時に蓄熱層水を利用するために、使用用途を想定しその用途に求められる水質を整理する。また利活用をフローチャート化し必要な要件を明らかにする。

(1) 蓄熱槽水の水量と水質

1) 蓄熱槽水の水量

- ・ 2009 年度末における水蓄熱槽容量は 2, 113, 033 m³、件数は 2, 753 件にのぼる。よって 1 件あたりの単純平均は 767 m³/件 となる。
- ・ 蓄熱槽設備がある建物には平均 750 m³の槽水が蓄えられていると考えると、
750 m³ = 750, 000ℓ
災害復旧過程において 1 人日あたり利用する水量を 30ℓと仮定すると
750, 000 ℓ ÷ 30 ℓ/人日 = 25, 000 人日
上水道復旧まで 21 日間かかったとすると、
25, 000 人日 ÷ 21 日 = 1, 190 人
よって 1, 190 人あまりの避難生活に必要な水を賄うことができる。
- ・ 750 m³の蓄熱槽水総量としては、1, 000 人以上の人を 21 日間生活するだけの水資源があることが分かった。

2) 蓄熱槽水の水質

(1) 使用用途別の水質基準

- ・ 災害時には様々なライフラインの途絶が起きる。水道も配管の破損や停電のために断水等の被害が起こり得るため、限られた水源から生命維持のために必要な水を利用していく必要がある。ここでは災害時の様々な水使用行為を分類し、求められる水質を整理すると以下ようになる。¹

表 1 使用用途別の水質基準

	行 為	具体的な用途	求められる水質
① 飲用水	水を直接飲む	飲料水	水道水の水質
② 生活用水	間接的に飲む	調理、食器洗いの使用	公衆浴場水基準、24 時間風呂協議会基準、遊泳用プール水質基準
③ 生活用水	皮膚に触れる、間接的に飲む可能性がある	洗面、手洗い、風呂、洗濯	
④ 雑用水	水の基本的性質があればよい	清掃、水洗便所、消火用	雑用水水質基準等

¹ (社) 空気調和・衛生工学会「災害時の水利用 飲める水・使える水」、丸善出版、平成 14 年 11 月 30 日。

- このうち①の飲料水に求められる、水道水の水質基準は、水道法第4条に基づいて厚生労働省令によって定められている。水道水は、**水質基準項目**に適合するものでなければならず、水道法により水道事業者等に検査の義務が課されており、水質基準以外にも水質管理上留意すべき項目を**水質管理目標設定項目**、毒性評価が定まらない物質や水道水中での検出実態が明らかでない項目を**要検討項目**と位置づけ、必要な情報・知見の収集に努めている。

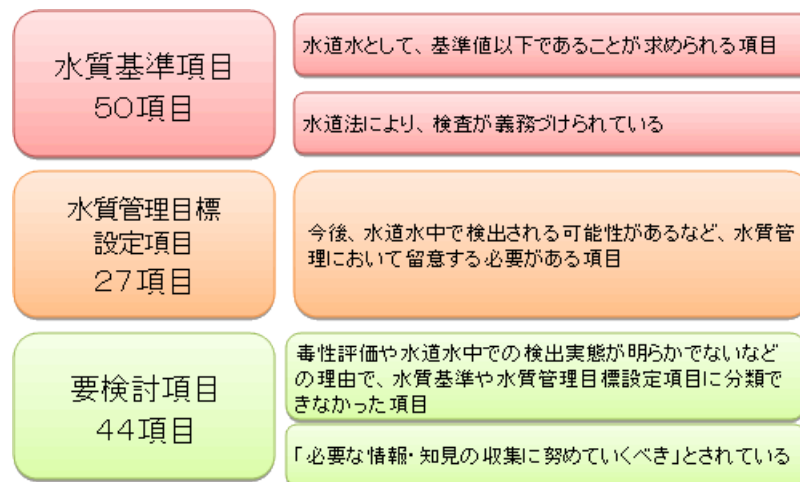


図 15 水道水質基準の体系図²

- この基準は生涯にわたり連続的に摂取しても人の健康に影響を生じない水準を基本としているため、災害時に水道供給が絶たれ、限られた水源しか入手できない場合には現実性に欠ける。
- しかしながら非常時に短期間の生命維持のために一時的に摂取する飲料水に関しての水質基準が無い場合、平時の水質基準に留意する必要がある。

² 東京都水道局 HP より

(2) 蓄熱槽水の水質

- ・ 東京都内 4 箇所の蓄熱槽水の水質調査結果³を下表に示す。蓄熱槽の水質は、流入水の水質のほか、配管類の材質、蓄熱槽の材質、防水の種類、水替えからの経過時間で変化すると考えられる。本調査対象の建物において流入水は全て水道水であり、水質分析項目（26 項目）中で、水道水基準を超えたのは一般細菌で 2 箇所の建物のみであったが、ろ過消毒後は水道水質基準値内に納まった。また水替えからの経過月数は 5～60 ヶ月と巾があったが、経年による汚染傾向は見られなかった。
- ・ 以上の結果を見る限りでは、ろ過消毒を行うことで飲用に適する水質を得ることが可能であったが、各施設の蓄熱槽の管理状況による個体差や、蓄熱槽が一般的に地下に敷設されることから地震による亀裂が生じ、汚染される可能性もある。そのため、災害時における蓄熱槽の利用は飲用に供することは避け、そのままの水質では、表 1 における④清掃、水洗便所（雑用水）、消火用として使用し、ろ過消毒を行うことで③洗面、手洗い、風呂、洗濯用（生活用水）として利用することが望ましいと考えられる。

表 2 蓄熱槽水の水質検査結果

検査項目	水道水基準値	採水状況							
		A 建物		B 建物		C 建物		D 建物	
		ろ過消毒前	ろ過消毒後	ろ過消毒前	ろ過消毒後	ろ過消毒前	ろ過消毒後	ろ過消毒前	ろ過消毒後
一般細菌	100個/ml以下	98	0	27	0	95	0	34	0
大腸菌群	検出されないこと	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
硝酸性窒素および亜硝酸性窒素	10mg/l以下	2.0	2.0	1.3	1.3	1.4	1.4	2.1	1.9
塩素イオン	200mg/l以下	20	21	15	15	9	9	19	19
有機物等	10mg/l以下	1.3	1.4	1.7	1.0未満	1.0未満	1.0未満	2.4	1.9
pH値	5.8～8.6	7.9	7.8	7.8	7.8	7.9	7.9	8.2	8.3
味	異常でない	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし
臭気	異常でない	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし
色度	5度以下	5.0	1.0未満	1.0未満	1.0未満	1.0未満	1.0未満	4.0	3.0
濁度	2度以下	1.1	1.0未満	1.0未満	1.0未満	1.0未満	1.0未満	1.0未満	1.0未満
鉛	0.05mg/l以下	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満
亜鉛	1.0mg/l以下	0.03	0.03	0.12	0.08	0.09	0.08	0.04	0.03
鉄	0.3mg/l以下	0.22	0.03	0.01未満	0.18	0.01未満	0.01未満	0.09	0.04
銅	1.0mg/l以下	0.04	0.02	0.09	0.10	0.06	0.06	0.02	0.23
蒸発残留物	500mg/l以下	194	192	152	136	131	141	266	260
フェノール類	0.005mg/l以下	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満
カドミウム	0.01mg/l以下	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満
水銀	0.0005mg/l以下	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満
ヒ素	0.01mg/l以下	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満
六価クロム	0.05mg/l以下	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.02未満
シアン	0.01mg/l以下	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満
フッ素	0.8mg/l以下	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満
マンガン	0.05mg/l以下	0.01未満	0.01未満	0.003	0.01	0.04	0.01	0.01未満	0.01未満
カルシウム・マグネシウム	300mg/l以下	76	73	64	62	68	68	54	53
陰イオン界面活性剤	0.2mg/l以下	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満
有機りん	検出されないこと	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満
水替えからの月数		10		6		5		60	
槽容量 [m ³]		440		500		450		550	

(注) 網かけ部分は、水道水質基準を超えている。

³ (社) 空気調和・衛生工学会、前掲書、平成 14 年 11 月 30 日。

(2) 蓄熱槽水活用のための条件と用途

- 蓄熱槽水活用のためには、設備やアクセス性、耐震性等の条件をクリアする必要がある。常時蓄熱槽に水を蓄えている「水蓄熱式空調システム」をモデルとして、生活用水、雑用水、消防用水としての利用する際のフローチャートを示し、各設備や条件を整理した。なお、想定している災害は大地震であるが、風水害等による上水道の支障、火災にもほぼ対応している。

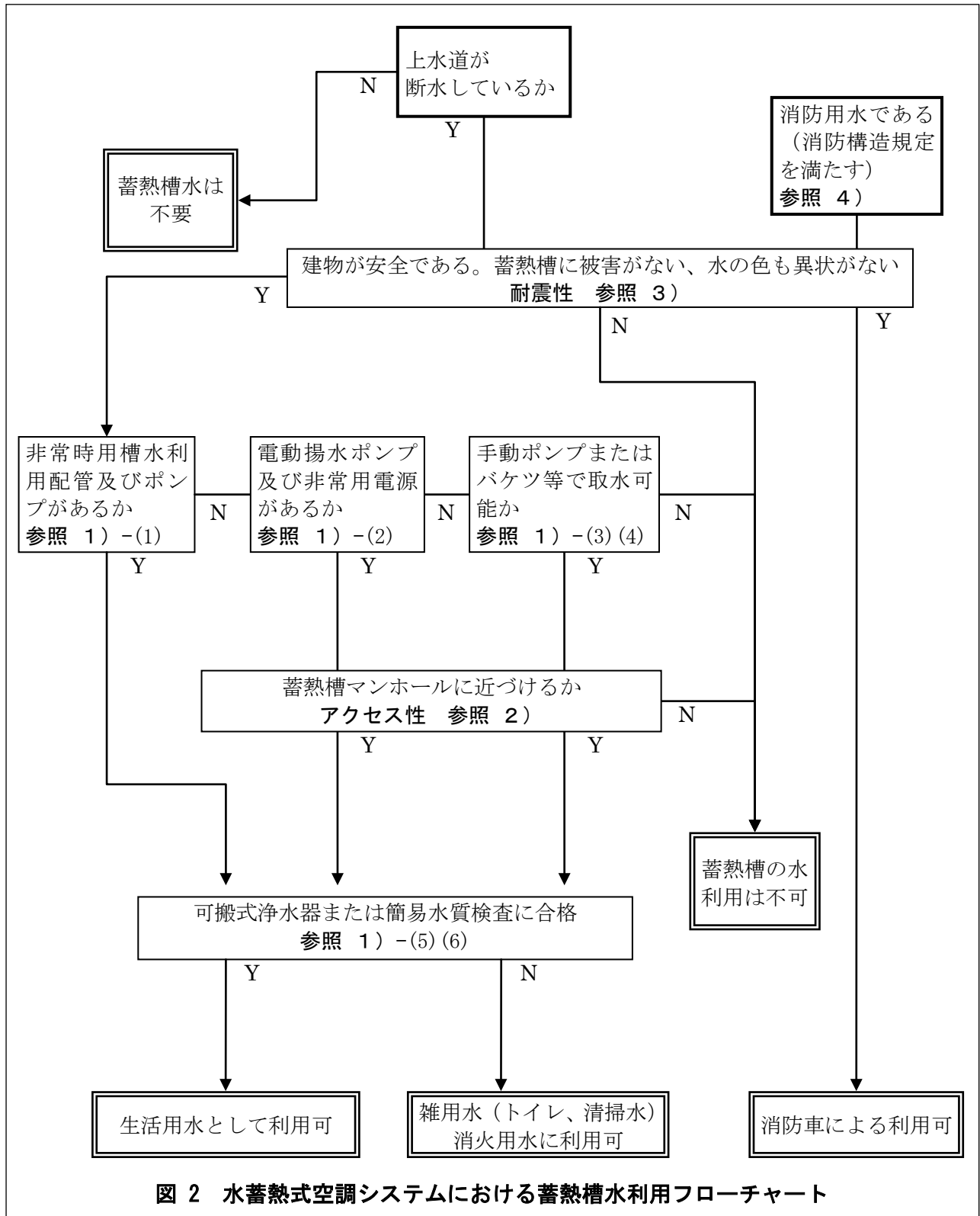


図 2 水蓄熱式空調システムにおける蓄熱槽水利用フローチャート

1) 必要な付帯設備

(1) 非常時用槽水利用配管

- ・ 非常時に蓄熱槽水を利用するため、槽内から取水し給水場所まであらかじめ配管しておく設備配管。地下蓄熱槽水の場合は通常、給水場所までは高低差があるため非常用発電機等から給電されるポンプにて運用する。
- ・ ろ過消毒を行うことや簡易水質検査を行い水質の確認をすることで生活用水として利用できる。
- ・ 仮設便所などに利用するためには、仮設便所の仕様によりどのような配管を行っておくかをあらかじめ確認する必要がある。
- ・ 平時から設置してある設備のため、非常時に利用する設備であり誤って飲用しないように表示しておく必要がある。

(2) 電動揚水ポンプ（水中ポンプ）

- ・ 水中ポンプは本体を水槽内に沈め、本体下部から吸い込んだ水をモーターの動力により配管に吐出する。
- ・ 本体もコンパクトであり、電源が確保できれば移動して適当なマンホールから水を汲み出すことが可能となる。
- ・ 出力により揚程高さや吐出量が決まるので、水槽の深さや水の利用計画により能力、台数を検討する。
- ・ 仮設の場合は吐出管はホースとなるため、汲み出した水を一時溜める等の運用方法を決めておく必要がある。

(3) 手動揚水ポンプ

- ・ 停電し電力がない場合でも人力で取水できるポンプである。ポンプの能力により揚程高さや吐出量が決まるので、条件に適合したポンプを用意する必要がある。(可搬ユニット式手押しポンプも活用可能)
- ・ 取水するために人力が必要であり大量の水を連続的に利用する場合には向かない。補助的な利用でどんな用途でどの程度を取水するかをあらかじめ想定しておく必要がある。
- ・ 吐出管はホースとなるため、汲み出した水を一時溜める等の運用方法を決めておく必要がある。



(4) バケツによる利用

- ・ 最も簡易な槽水利用の方法である。バケツに紐を取り付け、水を汲み上げる。多くの場合マンホールは地下にあり停電も想定されるので、ヘッドランプやランタンなど両手が使える照明器具を用意するのが望ましい。
- ・ マンホールの脇に立ち水を汲み上げるため、転落事故を起こさないよう、トラロープ等での注意喚起や安全帯をつける等の安全配慮が必要である。
- ・ 汲み上げた水を利用場所までの搬送手段（ポリタンク、台車等）が必要である。
- ・ 取水量は限られるため用途は限定されるが、容易に比較的清浄な水を得られるため、施設の大事な資源として利用者に周知しておく必要がある。

(5) 可搬式浄水器

- ・ 非常時に河川や井戸水を浄化する可搬型の浄水器である。電気による自動運転対応のものは、電源が確保できれば連続的に浄水を供給できる。
- ・ 電源が確保できない場合は、手押しポンプにて浄水を作ることができる。
- ・ ポンプを内蔵しているため、揚程距離以内の槽水を利用可能である。



(6) 簡易水質検査

- ・ 災害時において飲用を前提とした水質を確認すべき項目としては次のようなものがある。
 - ① 化学物質が急性毒性を示すほどになっていないこと
(クロム、シアン、鉛、カドミウム、水銀、ヒ素等)
 - ② 病原微生物が存在しないこと
 - ③ 外観上異常のないこと
- ・ 非常時に簡便にいち早く水質を確認する方法として簡易検査キットがある。下表に水道水質基準と簡易検査キットの測定範囲を示している⁴。多くの検査項目で測定可能な濃度範囲が高いため、水質基準レベルでの検査精度を得ることができるとは限らない。
- ・ また微生物の検査キットも市販されているが保温や培養を伴うものが多く判定に時間がかかり迅速性に欠ける。むしろ残留塩素の確認と煮沸による消毒効果を得ることの方が現実的と考えられる。
- ・ 蓄熱槽水の利用としては、生活用水としての利用までとし、生命の危険が迫るような非常時以外は直接飲用するのは避けたほうが望ましい。

表 1 水質簡易測定法

測定項目	水道水質基準[mg/l]	測定範囲[mg/l]	測定方法
大腸菌群	検出されないこと		試験紙
カドミウム	0.01	0.1～5	水検知管
六価クロム	0.05	0.2～50	水検知管, 試験紙
		0.05～2	バックテスト, 比色管, シンプルパック
水銀	0.0005	0.03～5	水検知管
鉛	0.05	0.5～10	水検知管
ヒ素	0.01	0.2～10	バックテスト
		0.5～10	水検知管
フッ素	0.8	1～100	水検知管
		0～5	バックテスト, シンプルパック
シアン	0.01	0.5～50	水検知管
		遊離0.05～50	水検知管
		0.02～2	バックテスト, シンプルパック
亜硝酸性窒素	0.05	0.15～3.14	試験紙
		0.006～0.03	バックテスト
硝酸亜硝酸性窒素	10	0.23～10	バックテスト
残留塩素	0.1以上	0.1～5	バックテスト, シンプルパック

(注) 水質基準値の欄の残留塩素：水道法施行規則第15条

⁴ (社) 空気調和・衛生工学会、前掲書、平成14年11月30日。

2) アクセス性

- ・水蓄熱槽の多くが基礎躯体を利用した水槽となっており、基礎梁等で区画された水槽が数箇所連続し互いに通水口でつながることで大きな水量を蓄えている。通常、水蓄熱槽には直上に数箇所のマンホールがあり、取水する場合は利用しやすい場所のマンホールを選択し、取水するマンホール周辺は整理整頓されているのが望ましい。
- ・蓄熱槽が敷設されている施設において、実際に取水する箇所へのアクセスの容易性が問題となる。実際に必要とする住民あるいは周辺居住者が必要な時に立ち入ることが出来なければならない。
- ・なお、周辺居住者の利用を考慮する場合は、施設内に不特定の人が立ち入ることによる防犯性にも留意する必要がある。
- ・施設が埋立地や河川近傍などでは、周辺地盤の液状化や河川の氾濫等で容易に近づけるかどうかの検討が必要である。

3) 耐震性

- ・蓄熱槽水を利用するためには、前提として当該建物が安全に立ち入れる必要がある。地震動による建物躯体の損傷を調べ、内部に滞在することに危険が無いことを確認する必要がある。
- ・水蓄熱槽は大量の水を蓄えるため、ほとんどが基礎のコンクリート躯体を利用した水槽となっている。そのため水槽の壁は土圧や水圧を支える厚いコンクリート壁や地中梁、床は建物重量や水圧を支える耐圧盤に囲まれ、建物の構造部材の中でも特に頑強な部分に水槽があると言える。しかし大きな地震動により亀裂が入る可能性もあるため、漏水や周辺土壌からの汚染、建物内排水配管等の破損に起因する汚染等が起こる可能性はあるので、利用する際には目視等での確認が必要である。
- ・設備配管が大地震により建物と周辺土中配管への接続部分で破損する事例が多く報告されているが、基礎を利用した蓄熱槽の場合、槽水利用のための配管は水槽から建物内を取り回すことが多いために、地震時に破損するリスクは少ないと言える。
- ・参考として、氷蓄熱槽システムでは氷蓄熱ユニットを屋上に設置する場合がある。一般に建物の上層階ほど地震動が大きくなる傾向があることと、蓄熱槽がかなりの重量物であることから、地震時における破損に注意する必要がある。氷蓄熱槽ユニットそのものの破損と共に配管類の破損にも注意する。

4) 消防用水として使う際の消防規定

- ・蓄熱槽水を消防用水として利用するにあたり、平成9年に総務省消防庁通知「空調用蓄熱槽水を消防用水として使用する場合の取扱いについて」(消防予第42号)により示された条件を満たせば消防用水として利用できるようになった。その内容を下記に示す。

1 空調用蓄熱槽水の温度及び水質について

消防用水として使用される空調用蓄熱槽水の温度及び水質については、次によること。

- (1) 温度は、概ね 40℃以下であること。※
 - (2) 水質は原水を上水道水とする等消防活動上支障のないものであること。
- 2 空調用蓄熱槽水の水量について
- 消防用水は、消防活動中において同一箇所から採水できることが望ましいことから、消防用水として利用できる空調用蓄熱槽水の水量は、消防用水として必要とされる量以上の量であること。
- 3 空調用蓄熱槽の設備について
- (1) 地盤面下に設けられている空調用蓄熱槽のうち、その設けられている地盤面から深さ 4.5mを超える部分の水を消防用水として使用するものについては、採水管（地盤面の高さまで空調用蓄熱槽水を採水するための配管をいう。以下同じ。）及び非常電源を附置した加圧送水装置を設けること。
 - (2) 吸管投入孔及び採水管の取水部分は、空調用蓄熱槽の部分のうち水温の低い部分に設けること。
 - (3) 採水口（採水管端部の消防用ホースと結合するための口をいう。以下同じ。）は、消防ポンプ自動車は 2m以内に接近することができる位置に設けること。
 - (4) 吸管投入孔及び採水口の付近には、見やすい箇所に次の事項を掲示すること。
 - ア 消防用水である旨
 - イ 採水可能水量
 - ウ 注意事項
 - (5) 空調用蓄熱槽からの採水又は採水後の充水により、当該空調用蓄熱槽に係る空調設備の機能に影響を及ぼさないようにするため、必要な措置が講じられていること。
- 4 他の水源との共用について
- 空調用蓄熱槽水を消火設備の水源又は指定消防水利として使用する場合には、それぞれの目的に必要な水量が常時確保されているとともに、それぞれの使用に支障を生じないように必要な措置が講じられていること。
- 5 その他
- 空調用蓄熱槽を備えた大規模・高層の防火対象物、防災拠点となる防火対象物等については、防火安全上の観点から、消防用水の整備と併せて、必要に応じて空調用蓄熱槽水を消防用水等として有効利用できるような措置されていることが望ましいこと。

※：蓄熱槽水は暖房時 45℃程度になるが、消防署と協議の上認められた事例があるので所轄消防署との協議が必要である。

(3) 蓄熱槽水の活用

1) 生活用水・雑用水への活用

- ・ 前述より蓄熱槽水を活用するにあたり水質の保全上、飲用用途は避けたほうが望ましい。よって生活用水・雑用水の利用を主に検討していく。
- ・ 阪神・淡路大震災における応急給水体制において、復旧過程の第3段階：応急給水体制が整った安定期 では、生活系水量は70/人日、雑用水系水量は120/人日であった。よって飲用以外の必要水量は約200/人日となる。
- ・ 前述より、蓄熱槽には平均750 m³の槽水が蓄えられていると考えると、

$$750,000 \div 200/\text{人日} = 37,500 \text{ 人日}$$

$$37,500 \text{ 人日} \div 21 \text{ 日} = 1,785 \text{ 人}$$

よって1,700人あまりの避難生活に必要な生活用水・雑用水を賄う量が蓄えられていることになる。

2) 活用手順

- ・ 実際に蓄熱槽水を利用する手順を検討するにあたり、最も簡便な方法であるバケツによるマンホールからの取水を想定する。

前提条件

- ・ 冬に発生した大地震による停電、断水の発生、周辺火災なし
住宅併設事務所の中規模施設、水蓄熱槽容量…750 m³
発災半日後に蓄熱槽水の利用を始める

表 2 蓄熱槽水の活用手順

行 動	必要な備え (主なもの)
①準備	取水に適したマンホールをあらかじめ選定しておく
・ 建物の安全性確認 目視、2人以上で途中で危険箇所に目印等つける	懐中電灯、靴、ヘルメット、軍手 トラロープ
・ 蓄熱槽マンホールに向かう 周辺の片付け	掃除用具
・ マンホール蓋を開ける 転落防止措置 蓄熱槽の破損がないか確認	工具、バール等 トラロープ、バリケード、安全带等 ヘッドランプ



<ul style="list-style-type: none"> • 水質確認 目視、嗅覚 • バケツにロープを取付け試しに汲み出す • 問題が無ければ • 取水を開始する 	<p>ペットボトル・バケツ等、ロープ、軍手</p>
<p>②取水</p>	<p>取水する人員(交代要員も) 水の搬送人員、搬送方法の検討</p>
<ul style="list-style-type: none"> • バケツによりマンホールから汲み出す • 転落防止措置 2人以上で • 汲んだ水を一時貯留(バケツ(大)等)する 	<p>バケツ、ロープ、軍手 安全帯、ロープ等 バケツ(大)、簡易プール等</p> 
<p>③水の利用</p>	<p>水を配る人員、 配り方(対象、順番、量)の検討</p>
<ul style="list-style-type: none"> • 一時貯留水を利用場所まで移動 • 利用場所にて 希望者に配る <p>トイレ、洗面所にて使う (一時貯留バケツ類から小バケツ、ペットボトル等に移し替え)</p>	<p>台車、予備のバケツ(大)等</p> <p>各自の水搬送手段(携帯タンク等) 漏斗(ペットボトル用) 各所に小バケツ等</p>

3) 課題

共通課題

- ・蓄熱槽水が有効な水資源として地域の多くの人たちに貢献するためには、適切な取水方法（施設毎の特徴を把握し取水に必要な設備を備える）と、分配方法（優先順位や分配に関わる人手の確保）をあらかじめ決定しておく必要がある。
- ・また、非常時に蓄熱槽水を持つ施設が生活・雑用水の供給ができることを広く周知することも必要である。
- ・特に周辺住民まで分配することを計画した場合は、配水場所まで周辺住民が進入する経路を決めておき、当該施設の防犯対策を配慮しておく。
- ・将来的には施設内に入居する企業や住民、地元の町会や地域の企業を含んだ地域の防災資源として、災害時の応急給水活動や消防活動の一端を担う存在になることが望まれる。そのためには施設所有者や管理者の防災意識や地域社会への積極的な貢献意識の醸成が必要である。
- ・また運用面では、平時から施設の防災訓練や地域の防災訓練などを通じ応急給水、消防活動に活用していくことが重要であり、マンパワーや必要資機材の役割分担、責任範囲を明確にしていく必要がある。

バケツ法での課題

- ・バケツでの槽水利用は特別な機器が必要でないため簡便であるが、取水量も人力に頼ることになり、大量に利用することは難しい。よって用途も限られ、限定的一時的な使用方法となる。
- ・汲み出した水を大きなバケツ（700程度）等に一時貯留し、一杯になってから台車等で移動し、利用場所にて末端使用に便利な小さい容器に再度移し替えることになる。そのように取水から利用する時も繰り返し移し替える人力作業が伴う。
- ・限られた取水量の資源を、誰が取水し交代要員をどうするか（取水係の選定）、さらに誰が配って（配水係の選定）、誰のために誰を優先してどれだけ使うか（使用目的、優先度、配水ルール）、等々をあらかじめ検討しておくのが望ましい。

電動（水中）ポンプ法での課題

- ・マンホールから取水するのであれば、電動（水中）ポンプ及び電源を確保できれば、計画的継続的に取水が可能となり、使用用途や対象人数を飛躍的に向上させることができる。ただし一時貯水用のバケツやプール類は同じく必要であり、利用用途が多様化すれば利用場所まで搬送する手段（バケツや台車）も同じく多数必要になるので、あらかじめ検討しておくのが望ましい。
- ・風呂やトイレで継続的に使用する際は、排水経路を確保し下水道まで支障なく流下していることを確認する必要がある。マンホールの近傍での水使用はマンホール内への汚染水混入の恐れがあるため注意する。

(4) 事例紹介

- ・ 実際に水蓄熱式空調システムを設置している施設の活用事例を紹介する

(1) 施設概要

- ・ 某中規模事務所ビル
- ・ 水蓄熱槽保有。蓄熱槽はコミュニティータンクとしての特別な設備は設けていない。

(2) 東日本大震災の際の対応

- ・ 東日本大震災時に給水配管の破断により断水
 - ・ バケツ(小:5L)で蓄熱槽内の水をマンホールから井戸のように汲み上げ、バケツ(大:70L)へ注水
 - ・ 注水したバケツ(大:70L)をトイレ前の廊下へ運搬
 - ・ 廊下に設置したバケツ(大:70L)からバケツ(小:5L)で水を汲み取り、トイレのロータンクへ注水
 - ・ トイレ使用後は通常通りレバーを使い、洗浄
- ※この際、上水系統へ蓄熱槽水が逆流しないよう、ロータンクへの上水給水用バルブは閉じた。
- ※トイレがロータンクでなく、フラッシュバルブの場合はトイレ脇にバケツ(小:5L)を常設し、トイレ使用の都度、バケツの水を使い直接洗浄するなどの工夫が必要。

(3) 所見

- ・ 震災当日から給水仮復旧までの3日間程度、上記対応を実施することにより、トイレが使用できた。
- ・ 蓄熱槽水をトイレ洗浄用として利用できたため、受水槽内に残った上水は飲用水として確保できた。

参考資料

大地震による水関連施設の被害と水需給の課題

大地震による水関連施設の被害と水需給の課題

水関連施設の被害と水需給の実態について、阪神・淡路大震災（1995年1月17日）と東日本大震災（2011年3月11日）の事例をもとに、まず、水関連施設として、1）上水道、2）下水道、3）消防水利を取り上げ、それらに関する被害と応急・復旧対応などを整理し、つぎに、水需給に関して、応急給水体制と水利用（確保）の実態と課題などを整理する。

第1節 大地震による水関連施設の被害と応急・復旧対応

（1）阪神・淡路大震災

1）上水道

（1）被害

- ・神戸市の水道は、供給能力の約4分の3を、阪神水道企業団を通じて琵琶湖・淀川水系に依存している。阪神水道企業団も大きな被害を受けたため、一時は送水停止するなど、市内への送水量は大幅に減少した¹。
- ・水道施設の中で、とくに被害の大きかったのは配水管・給水管であり、配水管漏水は2,283カ所、給水管漏水は89,584カ所に上った²。
- ・配水管の漏水事故の態様別集計は、表1のとおり、継手（抜けなど）が最も多く960カ所（55%）に上っている。継手の抜けによる被害が最も多く、管の折損被害が比較的少なかった理由としては、ダクタイル管・鋼管の布設が90%まで進んでいたことが考えられる。
- ・被害発生箇所の分布としては、液状化を起こしているような臨海部・埋立地・人工島、地滑りや道路崩壊を生じている地域及び高盛土の造成地、旧河川埋立地、河川沿い、河川横断の前後などが多かったとされる³。
- ・水道施設の被害による断水の影響は、地震直後、兵庫県下の10市7町で全戸数の90%に相当する1,265,730戸、315万人に及んだ（表2）⁴。

表1 配水管の漏水事故の態様別集計

漏水事故の態様	カ所数（比率）
継手（抜けなど）	960カ所（55%）
属具（空気弁、消火栓など）	493カ所（28%）
管（折れなど）	304カ所（17%）
合計	1,757カ所（100%）

（出典）神戸市震災復興本部、前掲書、平成12年1月17日、p.651。

（2）応急・復旧対応

- ・水道管の復旧は、地上に配線されている電気・通信に比べ、地下に埋設されているため、破損箇所の発見に時間がかかるなど、1カ月から2カ月を

¹ 神戸市震災復興本部『阪神・淡路大震災 神戸復興誌』平成12年1月17日。

² 神戸市震災復興本部、前掲書、平成12年1月17日。

³ 小倉晋「水道の被害状況と復旧活動」、(財)神戸都市問題研究所『都市政策 no.83』、1996年4月、pp.16-18。

⁴ (社)空気調和・衛生工学会「災害時の水利用 飲める水・使える水」、丸善出版、平成14年11月30日。

要した⁵。

- ・兵庫県下の断水率は1週間後に45.1%まで下がり、断水戸数はほぼ半減した(図1)。
- ・断水した兵庫県下の10市7町のうち、淡路島南部の市町など2市4町では被害が比較的軽微で1週間以内に復旧したが、神戸市では全ての復旧に9週間(約2カ月)を要した⁶。
- ・水道復旧に長期間を要した理由の一つに被害調査がある。埋設管路の被害は、通水して水圧を上げないと判明しない。漏水のため通常よりも多量の水量が必要であるが、その水量が限られていたため、被害調査に時間を要したのである。このことは、上水道の復旧が下水道復旧の重要な要件であることを表している。また、被害箇所数が膨大であり、道路の損壊、交通渋滞、倒壊家屋があったことなども、被害調査や復旧作業が遅れた要因と考えられる⁷。

表2 市町別給・配水管被害件数(兵庫県)

市町名	全世帯数	当初断水世帯数	配水管延長 [km]	配水管被害件数	配水管被害率 [件/km]	給水管被害率 [%]
神戸市	650 000	650 000	4 002	1 757	0.44	13.8
尼崎市	193 300	193 300	847	130	0.15	6.9
西宮市	163 800	157 000	966	1 019	1.05	25.2
芦屋市	33 400	33 400	184	408	2.22	9.9
伊丹市	66 000	66 000	439	58	0.13	7.4
宝塚市	73 600	50 000	560	254	0.45	17.5
川西市	50 000	10 000	471	32	0.07	3.3
明石市	111 000	78 000	624	85	0.14	11.6
三木市	24 500	9 700	424	35	0.08	1.7
9市合計	1 365 600	1 247 400	8 517	3 778	0.44	13.2
津名町	5 600	5 600	90	64	0.71	2.3
淡路町	2 600	2 600	32	9	0.28	7.7
北淡町	3 400	3 400	72	214	2.97	1.4
一宮町	3 000	2 100	69	64	0.93	35.4
東浦町	3 200	3 200	52	13	0.25	21.9
洲本市	14 900	900				
五色町	2 900	500				
緑町	1 800	30				
1市7町合計	37 400	18 330	315	364	5	12.0
10市7町合計	1 403 000	1 265 730	8 832	4 142	0.47	13.2

(注) 津名町、北淡町については、宅内給水管の被害件数については不明となっている。

(出典) (社) 空気調和・衛生工学会、前掲書、平成14年11月30日、p.2。

⁵ 山田淳「ライフラインの危機管理」、立命館大学震災復興研究プロジェクト編『震災復興の政策科学』有斐閣、1998年6月10日。

⁶ (社) 空気調和・衛生工学会、前掲書、平成14年11月30日。

⁷ 高田至郎「上下水道、電気、ガス、情報通信基盤施設の整備に向けた取り組み」、兵庫県・復興10年委員会『阪神・淡路大震災 復興10年総括検証・提言報告(7/9)《第3編 分野別検証》 V まちづくり分野』2005年3月、p.524。

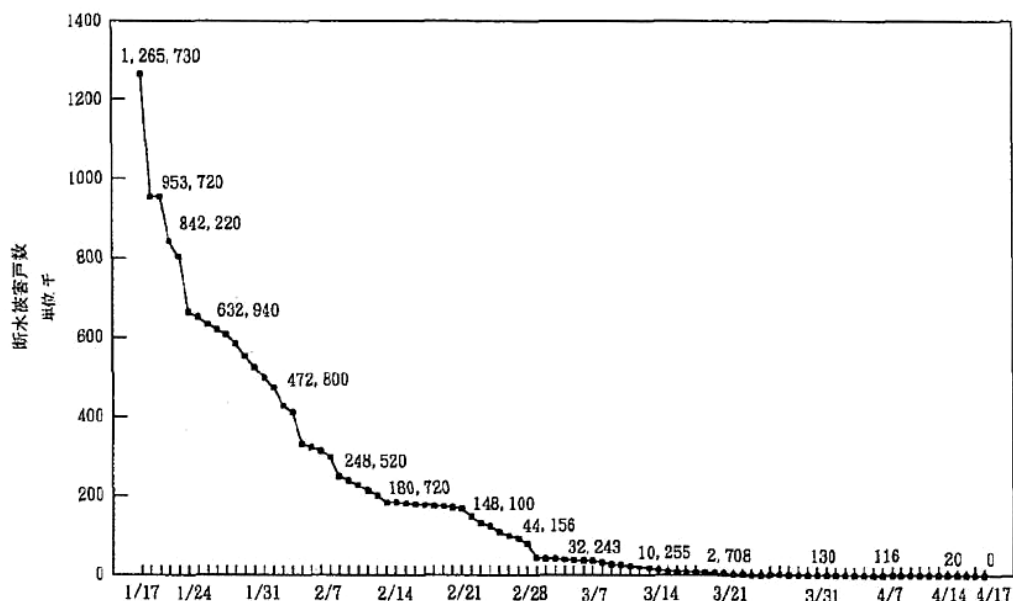


図1 断水被害戸数の推移

(出典) (財) 水道技術研究センター、前掲書、1997年3月。p.8。

2) 下水道

(1) 被害

- ・神戸市における下水道管渠の被害は、市内污水管敷設延長3,615kmのうち、その約2%に相当する63kmが被災した。とくに、液状化を生じた埋立地の被害が大きく、平均して埋立地以外の5倍に上るとされる⁸。
- ・下水道は、埋立地や沿岸部で、液状化に起因した地盤の側方流動により、管継手の抜出しなどの被害が多数発生した。これによって、ヒューム管などの継手の変位吸収能力が、側方流動などに対して十分でないことが示された⁹。
- ・神戸市内の処理場のうち、海岸部や埋立地に立地するものが液状化と側方流動によって6カ所が大きな被害を受け、汚水処理能力の4割が損なわれた。
- ・最も被害の大きかった市最大規模の東灘処理場（処理能力225千 m^3 /日、対象人口346千人）は、汚水流入管の分断、基礎杭の破損、機械・電気設備の水没などによって100日間の機能停止を余儀なくされた¹⁰。

(2) 応急・復旧対応

- ・東灘処理場では、応急復旧にかなりの時間を要することが予想されたため、隣接する運河に仮処理施設を建設した¹¹。
- ・管きょ施設については、汚水の流下機能などに支障がある箇所、道路陥没

⁸ (社) 土木学会関西支部『大震災に学ぶ ―阪神・淡路大震災調査研究委員会報告書― (第二巻・第6編)』、1998年6月、p.119。

⁹ 土木学会・地盤工学会・日本機械学会・日本建築学会・日本地震学会 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会『阪神・淡路大震災調査報告 ライフライン施設の被害と復旧』、1997年9月、p.145-149。

¹⁰ (社) 空気調和・衛生工学会、前掲書、平成14年11月30日。

¹¹ 神戸市震災復興本部、前掲書、平成12年1月17日、p.668。

など二次災害の恐れがある個所を中心に、概ね5月末まで応急復旧を実施した¹²。

- ・上水道の復旧につれて、各家庭の排水設備で、汚水が逆流したり、流入汚水の圧力で管が破裂するなどの問題が発生した¹³。このことは、下水道の復旧が上水道復旧の重要な要件であることを示している。
- ・本格復旧は応急復旧、災害査定と並行して実施した。原形復旧が原則であるが、できる限り施設の耐震化を行った¹⁴。
- ・処理場・ポンプ場、及び管きょ施設の復旧工事は、被害が極めて大きかった東灘処理場を除き、概ね平成8年度末までに完了した¹⁵。

3) 消防水利

(1) 被害

- ・神戸市の消防水利は総数 28,299 施設であり、このうち、公設消火栓が 23,595 カ所、公設防火水槽が 968 基であった¹⁶。
- ・公設消火栓は、激しい揺れによって水道管が損傷し、断水、減圧が生じ、ほとんど使用不能となった¹⁷。
- ・公設防火水槽は、968 基のうち、躯体 85 基、採水管 5 基の損傷を合わせ、合計 90 基（全体の約 1 割）が被害を受けた（表 3）¹⁸。

表 3 防火水槽の被害状況

都市名	被害基数	被害内容
神戸市	90 基	亀裂漏水 85 採水管損傷 5
西宮市	83 基	躯体損傷による使用不能（16 基）、躯体ずれ、躯体の損傷 躯体の隆起 蓋周辺の破損、蓋破損、蓋枠ずれ、取水口の変形 メガネひび割れ、アスファルト崩落、枠ずれ路面陥没
宝塚市	40m ³ 54 基 20m ³ 4 基	上部スラブ及び仕上げコンクリート等の陥没隆起、 亀裂双口採ボックス等の傾き
川西市	6 基	水槽上部の損壊等
尼崎市	50m ³ 1 基 40m ³ 3 基	蓋及び蓋枠の破損 蓋枠の破損
明石市	40m ³ 1 基	埋土陥没したものの使用可能
伊丹市	1 基	PC 鋼より線の緩みによる漏水
芦屋市	1 基	基底部に亀裂、漏水

※ 淡路町、三木市、および大阪府下の市町村には被害なし

（出典）全国消防協会『阪神・淡路大震災活動記録』1996 年 1 月。

¹² 神戸市震災復興本部、前掲書、平成 12 年 1 月 17 日、p.669。

¹³ 1.17 神戸の教訓を伝える会『阪神・淡路大震災 被災地“神戸”の記録』ぎょうせい、1996 年 5 月、p.68。

¹⁴ 神戸市震災復興本部、前掲書、平成 12 年 1 月 17 日、p.672。

¹⁵ 神戸市震災復興本部、前掲書、平成 12 年 1 月 17 日、p.672。

¹⁶ （財）日本消防協会『阪神・淡路大震災誌』1996 年 3 月、p.92-93。

¹⁷ （財）日本消防協会、前掲書、1996 年 3 月、p.92-93。

¹⁸ （社）日本火災学会「1995 年兵庫県南部地震における火災に関する調査報告書」、平成 8 年 11 月 30 日。

(2) 応急・復旧対応

- ・神戸市の消火活動について、市内で延焼の可能性のある火災 40 件に対し、市が同時に消火できる可能性は、消防ポンプ車の数や消防士の体制から、20 件でしかなかった。地震後の同時多発火災によって、公的な消防活動にも限界がくることが今回の阪神・淡路大震災の大きな教訓となった¹⁹。

(2) 東日本大震災

1) 上水道の被害・復旧

- ・県下市町村の多く（仙南・仙塩広域水道 17 市町村、大崎広域水道）が広域水道用水供給（七ヶ宿ダム）に依存している（図 2）。
- ・上水道の被害の特徴は以下のとおりである²⁰。
 - ・鋳鉄管や銅管の被害が多く²¹、耐震化が施されている管路（ダクタイル鉄管、鋼管）では被害が軽微であった。ただし、1997 年以前の耐震設計指針で設計された管路では、伸縮可とう管の離脱や継手漏水が発生した。
 - ・石巻地方広域水道企業団のように、沿岸部に近い地域では、地盤の液状化などによる主力浄水場への甚大な被害が発生した。
- ・東日本大震災直後の断水戸数は、図 3 のとおり、被災地全体で最大約 160 万戸超に上った（平成 23 年 3 月 16 日時点）²²。
- ・この断水戸数は、津波被災地区を除き、約 1 カ月で 90% 程度まで解消されたが、4 月 7 日の余震（M7.1）や、4 月 11 日の余震（M7.0）によって、新たな断水が発生した²³。
- ・東日本大震災の断水率の 1 週間後の解消ペースを阪神・淡路大震災の場合と比べると、阪神・淡路大震災では約 125 万戸から約 63 万戸へと約 50% の

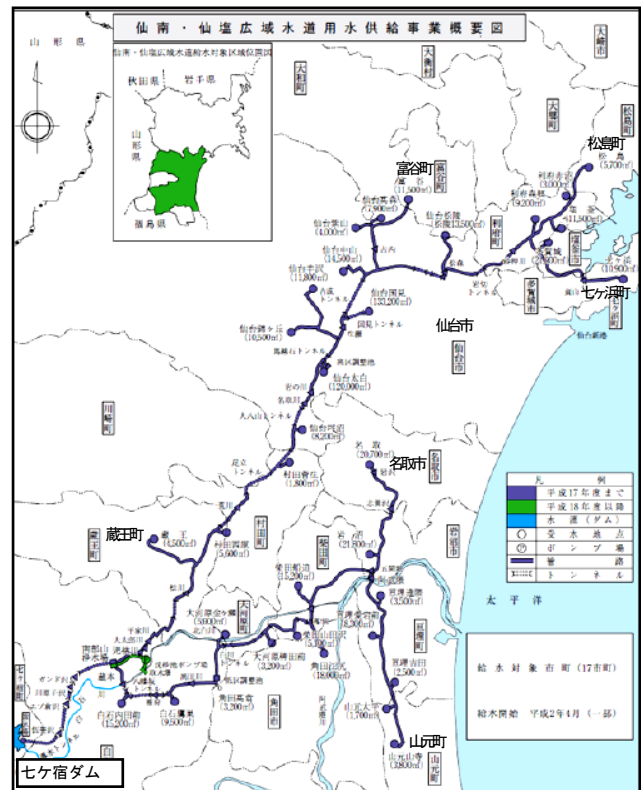


図 2 仙南・仙塩広域水道用水供給事業概要図
（出典）仙南・仙塩広域水道 HP より。

¹⁹ 日本火災学会「1995 年兵庫県南部地震における火災に関する調査報告書」、1996 年 11 月。

²⁰ 厚生労働省健康局水道課・社団法人日本水道協会、前掲書、平成 23 年 9 月。

²¹ 財団法人災害科学研究所、「平成 23 年度 東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）水道管路被害調査 2 次報告書（ダイジェスト版）」、平成 24 年 2 月 3 日。

²² 厚生労働省：平成 23 年(2011 年) 東日本大震災の被害状況及び対応について（第 113 報）、平成 24 年 2 月 9 日。

²³ 厚生労働省健康局水道課・社団法人日本水道協会「平成 23 年(2011 年)東日本大震災水道施設被害等現地調査団報告書」、平成 23 年 9 月。

減少を示していたのに対し、東日本大震災では約 165 万戸から約 105 万戸へと約 30%しか減少していない。

- このように東日本大震災の断水率が長期化した原因について、宮城県での現地調査に基づいた分析によると、以下のとおりである²⁴
 - 県下市町村の多く（仙南・仙塩広域水道 17 市町村、大崎広域水道）が広域水道用水供給（七ヶ宿ダム）に依存していたこと。したがって、今後は各市町村が複数水源の確保を図る必要がある。
 - 冗長性のない大口径送水管の被害によって、各市町村の受水日に遅れが生じたこと。したがって、今後は基幹送水管路の冗長性の確保が必要である。
 - 浄水場・配水場での施設被害は軽微だが、鋼管可とう部・溶接部の被害が多く確認されたこと。したがって、今後はそれらの耐震化が必要である。
 - 南三陸町の場合、津波の影響で水源の塩分濃度がなかなか下がらなかったことが復旧を遅らせた原因との指摘もある²⁵。ちなみに、南三陸町の復旧率（6月1日現在）は、県内被災地が 94%に対して、1.24%と極端に低い²⁶。

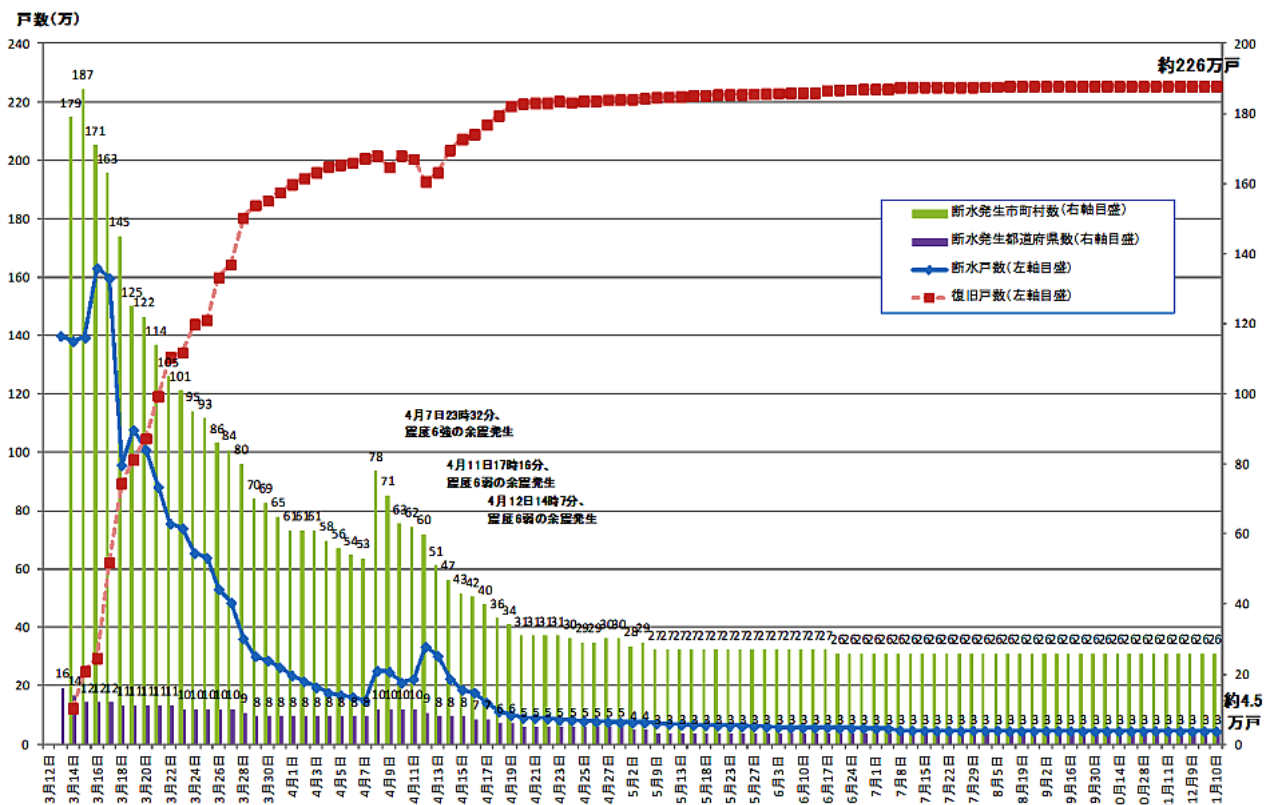


図3 東日本大震災における水道の復旧状況

(出典) 厚生労働省：平成 23 年(2011 年) 東日本大震災の被害状況及び対応について (第 113 報)、平成 24 年 2 月 9 日。

24 神戸大学大学院工学研究科鍛田泰子・摂南大学理工学部片桐信、水道の被害、財団法人阪神高速道路管理技術センター、東日本大震災被害調査報告会資料、平成 23 年 4 月 26 日。

25 朝日新聞、2011 年 6 月 27 日朝刊。

26 朝日新聞、2011 年 6 月 2 日朝刊。

2) 下水道の被害・復旧

- ・東日本大震災による下水処理場の被害は、48 箇所が稼働停止、63 箇所が一部停止となった²⁷。とくに、沿岸部の被害は、主に津波による機械電気設備の損傷が多い²⁸。また、下水処理場の復旧（平成 24 年 3 月 5 日現在）は、正常に稼働が 97 箇所、応急対応中（簡易な生物処理、沈殿と消毒など）が 12 箇所、いまだ稼働停止が 2 箇所である²⁹。
- ・管きよの被害は、140 市町村の下水管 66, 208km のうち、1, 126km（全体の約 1. 7%）が被災した（テレビカメラ調査ベース）。また、被害マンホールは、20, 839 箇所に及ぶ³⁰。
- ・ポンプ場の被害は、79 箇所が稼働停止、32 箇所が一部停止となった³¹。また、ポンプ場の復旧（平成 24 年 3 月 5 日現在）は、正常に稼働が 74 箇所、応急対応中（仮設ポンプによる送排水など）が 6 箇所、いまだ稼働停止が 12 箇所である。
- ・たとえば、宮城県が管理する沿岸部の流域下水道 3 処理場（仙塩・県南・石巻東部の各浄化センター）は、下図のとおり、津波（仙塩 2. 7m・県南 5 m・石巻東部 6. 1m）により、甚大な被災を受けた³²。
- ・津波被害を受けた処理場・ポンプ場においては、機械電気設備が損壊すると共に、活性汚泥が流失し、水質浄化機能・汚泥処理機能・送水機能を喪失した。

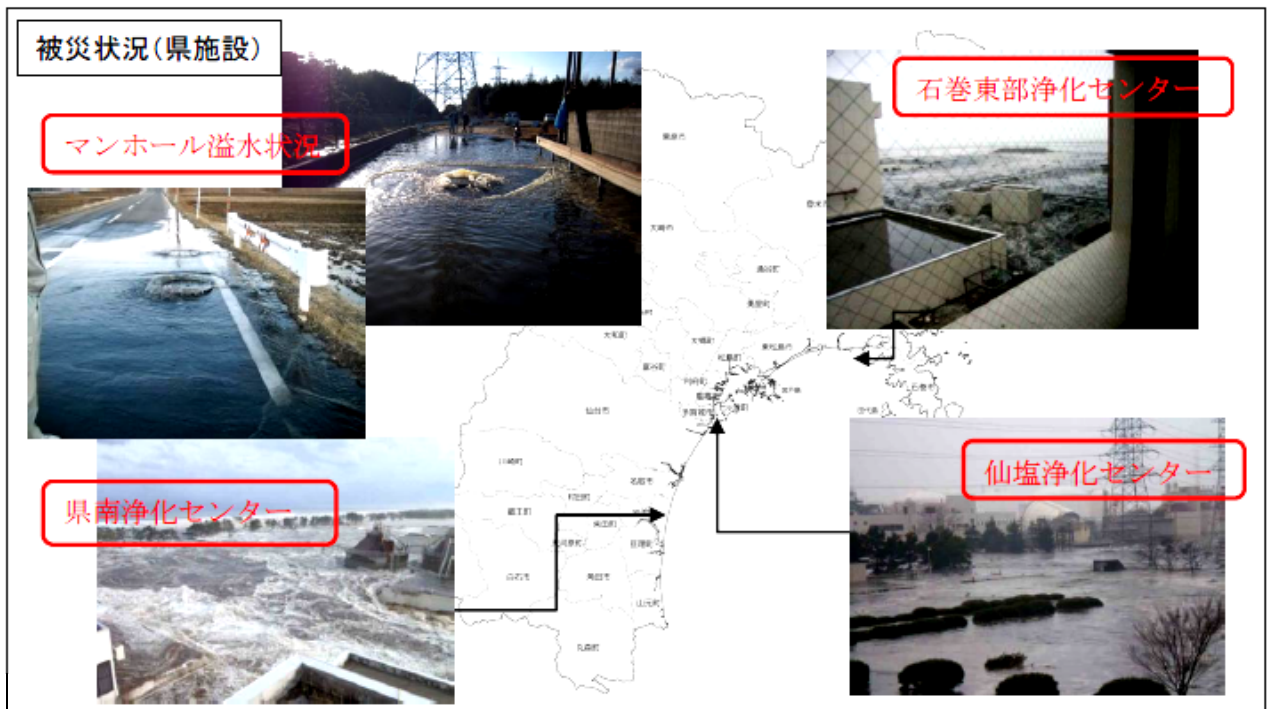


図4 宮城県における下水処理場の被害状況

（出典）宮城県土木部「東日本大震災 公共土木施設等復旧方針」、平成 24 年 2 月。

²⁷ 国土交通省 a、「災害情報 東日本大震災（第 107 報）」、平成 24 年 3 月 5 日。

²⁸ 国土交通省、下水道関係の被災及び応急復旧状況と取り組み状況、平成 23 年 8 月 8 日。

²⁹ 国土交通省 a、前掲書、平成 24 年 3 月 5 日。

³⁰ 国土交通省 a、前掲書、平成 24 年 3 月 5 日。

³¹ 国土交通省 a、前掲書、平成 24 年 3 月 5 日。

³² 宮城県土木部「東日本大震災 公共土木施設等復旧方針」、平成 24 年 2 月。

- ・ 下水処理場の復旧については、公衆衛生確保のため、消毒処理や簡易処理（沈殿及び消毒）を行いつつ、順次本復旧していった。復旧の進め方については、下水道地震・津波対策技術検討委員会によって、本復旧までにかかる時間を「本復旧まで3～6ヶ月と見込まれる場合」・「本復旧までおおむね1年以内と見込まれる場合」・「本復旧まで1～3年程度と見込まれる場合」の3ケースに分け、それぞれ図5のとおり段階的に行っていくこととした³³。

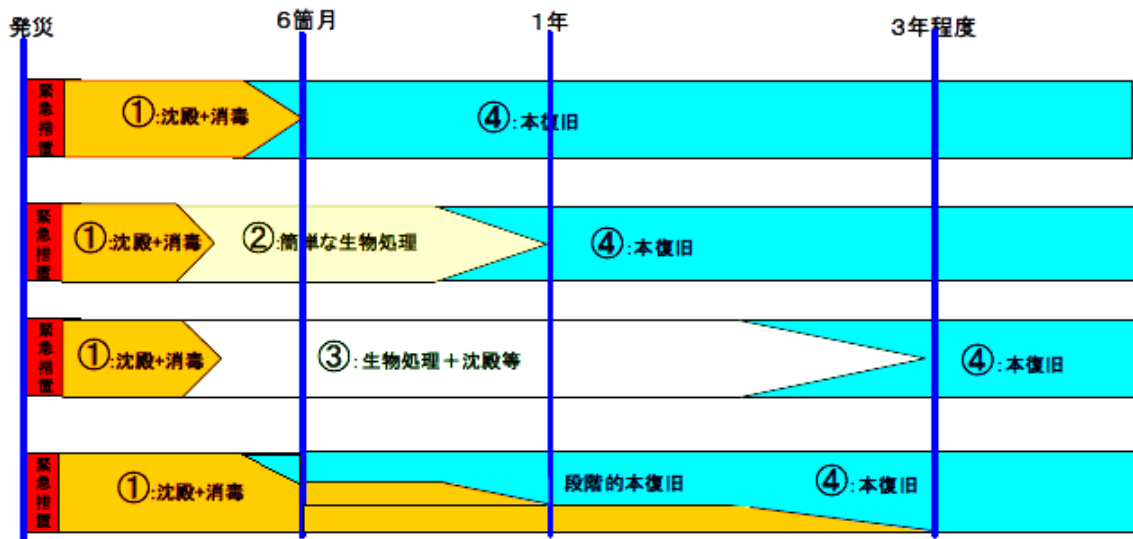


図5 段階的応急復旧の概念図

(出典) 下水道地震・津波対策技術検討委員会、前掲書、平成23年6月14日。

- ・ 他方、首都圏の浦安市などの湾岸部においても、液状化によるマンホールの隆起や管渠の破損などが発生し、仮設ポンプなどにより応急復旧を行っている³⁴。

3) 消防水利の被害・復旧

- ・ 東日本大震災による火災は、1都10県で発生しており、地震直後からの累計が286件に上る³⁵。
- ・ 大規模な市街地火災は津波に起因するものであり、津波により流出し炎上した家屋、自動車、がれきなどの漂流物を介して、市街地などに延焼した事例が報告されている。
- ・ また、千葉県市原市五井海岸のコスモ石油千葉製油所の高圧ガス施設でガスタンクが落下し、下にあったガス管が破裂して爆発炎上した³⁶。
- ・ 水利が破壊された中、市街地火災へと発展した気仙沼市では、海水利用型消防水利システムを活用した消火活動が行われた。

³³ 下水道地震・津波対策技術検討委員会、段階的応急復旧のあり方、平成23年6月14日。

³⁴ 厚生労働省健康局水道課・社団法人日本水道協会、前掲書、平成23年9月。

³⁵ 総務省消防庁、平成23年度版消防白書。

³⁶ 産経ニュース「コスモ石油でタンク爆発 千葉県市原市」、2011年3月11日。

(3) まとめ

- ・阪神・淡路大震災及び東日本大震災における上下水道・消防水利のいずれの被害の場合にも、液状化が起きた臨海部・埋立地、盛土被害が起きた造成地など、地盤の弱い地域での被害が大きかった。したがって、地盤の弱い地域ではとくに、浄水場や配水場、下水処理場やポンプ場の配置・耐震化、あるいは、配水管・給水管（継手）の耐震化などを進める必要がある。加えて、被災した場合を想定して、できる限り断水期間を短縮するために迅速な応急復旧体制を整備しておくことも重要である。
- ・また、阪神・淡路大震災では、上水道の被災により、兵庫県下の被災自治体における約90%の戸数が断水し、水道復旧までの約2カ月間にわたって応急給水活動が続けられた。さらに東日本大震災は阪神・淡路大震災にくらべ、断水の規模も大きく、また断水解消時期も遅れた。今後、断水時の迅速な応急給水体制を確保するためには、自治体において、給水車をはじめとする多様な給水手段を確保すると同時に、外部からの広域応援体制の強化を図ることが重要である。

第2節 大地震後の水需給の実態と課題

(1) 阪神・淡路大震災

1) 生活用水の確保 (利用)

(1) 応急対応

1) 応急給水体制

- ・ 阪神・淡路大震災直後の応急給水は、主として人工透析病院や一般病院、小学校、その他の避難所などが優先されたが、運搬用のタンク車が交通渋滞に巻き込まれるなど、計画的な給水活動には至らなかった³⁷。
- ・ 応急給水は、当初は、給水基地としての配水池から給水タンク車や携行缶を運搬して行ったが、運搬手段の数が絶対的に不足した。たとえば、神戸市では、所有する給水車・給水タンクは32台しかなかったため、最大500カ所という避難所数には到底追いつかなかった(10日後599カ所で最大)³⁸。
- ・ 兵庫県内における応急給水は、延べ28,518台(ピーク時835台/日)で行われ、そのほとんどが自衛隊の給水車、旧建設省及び全国46都道府県の水道事業体651団体からの給水車、民間給水車などによる給水支援であった(図6)³⁹。

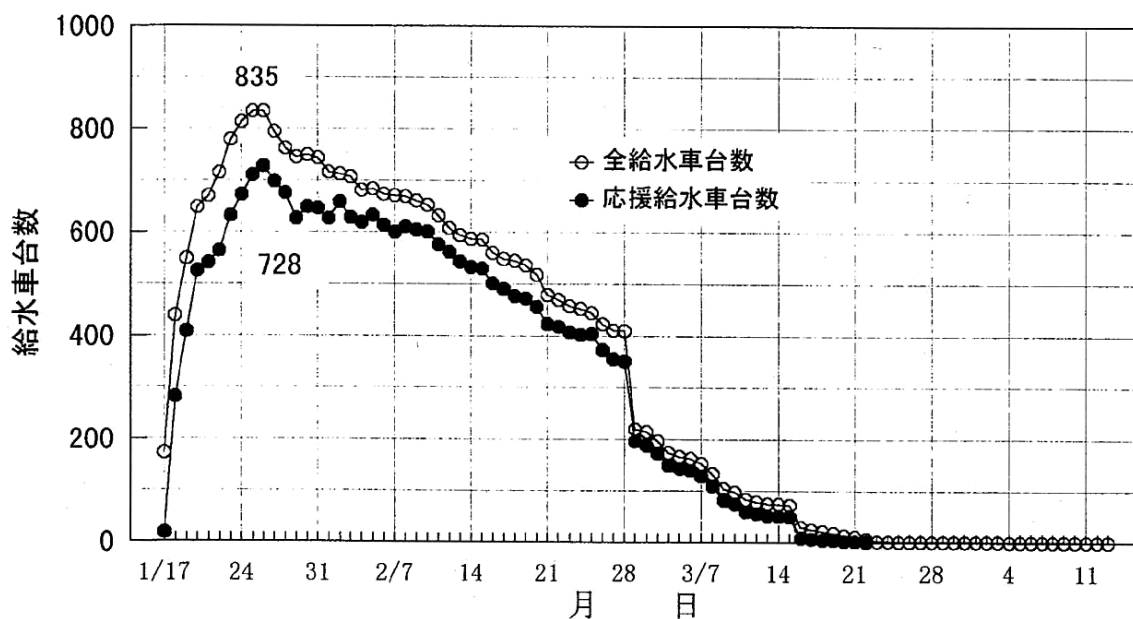


図6 応急給水の実施状況

(出典) (財) 水道技術研究センター、前掲書、1997年3月、p.21。

- ・ 兵庫県企業庁は、給水車を手配する際、震災当日は、防災計画にある3リットル/人・日を意識せずに、1リットル/人・日以上確保できるよう各市町の人口をベースに配車計画をたてた⁴⁰。
- ・ 地震後数週間、給水車からの給水が一世帯で10リットルに制限されるな

³⁷ 神戸市水道局『阪神・淡路大震災 水道復旧の記録』1996年2月、p.43。

³⁸ 1.17 神戸の教訓を伝える会、前掲書、1996年5月、p.66。

³⁹ (財) 水道技術研究センター・阪神・淡路大震災被災・支援水道事業体/団体『阪神・淡路大震災と水道』1997年3月、p.21。

⁴⁰ 岸田威「我々は阪神・淡路大震災にいかに対応したか」、(財) 国土計画協会『人と国土』、1995年7月、p.49。

ど、生活用水の量が絶対的に不足した⁴¹。

- ・海上自衛隊、海上保安庁、民間の船舶により、臨海部の11箇所で給水が行われ、交通渋滞の影響を受けない給水補給拠点として効果的だった⁴²。
- ・管路の復旧に従って、消火栓を用いた仮設給水栓の設置、仮設配水管の布設、宅地内における給水栓の確保などによって、給水方法を拡大していった⁴³。

2) 水質の確保

- ・配水管・給水管の破損による細菌類の混入を防ぐため、消毒を強化した。当初は、現地で、残留塩素、色、濁り、外観を、震災2日後からは大腸菌群、pH、臭気、色度、濁度、電気伝導率、残留塩素の7項目を検査した⁴⁴。冬期で水温が低かったこともあり、安全性を確保することができた。
- ・さらに、復旧工事による給水再開後の水質についても、2月13日からは一般細菌、過マンガン酸カリウム消費量など4項目を加え、11項目の検査を行った。
- ・水道水の供給が再開されても運搬給水に頼る傾向が見られたことから、水道水への信頼を回復させるため、主な避難所の水質検査を行った。
- ・震災3週間後辺りから、水道の復旧に伴って、通常の約2倍の残留塩素があったため、カルキ臭にかかる相談が寄せられるようになった⁴⁵。

(2) 水利用（確保）の実態と課題

- ・阪神・淡路大震災後の水利用（確保）の実態について、市民が確保できた水量、水確保の方法などに焦点を当てた立命館大学による調査結果を参照する。同調査は、芦屋市（1995年3月4日実施）・神戸市東灘区・中央区・長田区（1995年4月29,30日実施）の住民を対象とする聞き取り調査結果である⁴⁶。
- ・調査の質問は、以下のとおり、復旧過程の3段階に沿って、3つの使用目的に分けて聞いている。
 - 復旧過程の3段階⁴⁷
 - ・第1段階：水を自分で確保しなければならなかった混乱期
 - ・第2段階：行政機関からの応急給水が整えられつつあった過渡期
 - ・第3段階：応急給水体制が整った安定期
 - 3つの使用目的
 - ・飲料系（飲料・調理など）
 - ・生活系（風呂、洗濯など）
 - ・雑用系（トイレ、散水など）
- ・さて、市民が確保できた水量を非超過確率分布と平均値で示すと図7のと

⁴¹ 1.17 神戸の教訓を伝える会、前掲書、1996年5月、p.67。

⁴² 神戸市水道局、前掲書、1996年2月、p.43。

⁴³ 神戸市震災復興本部、前掲書、平成12年1月17日。

⁴⁴ 神戸市震災復興本部、前掲書、平成12年1月17日。

⁴⁵ 神戸市長田保健所『阪神・淡路大震災 一長田保健所救援活動の記録一』、1995年9月、p.64。

⁴⁶ 山田淳、前掲書、1998年6月10日、pp.35-37。

⁴⁷ 3段階の時期は被害や応急給水の状況などによって地域差があるため、引用文献でも明示されていないものの、第1段階が1～3日間、第2段階が1週間以内、第1段階が1週間以上、との推測ができる。

おりである。

- ・第1段階（混乱期）では半数の人が10リットルで、3リットル程度の人と20リットル以上の人がいずれも2割弱いたことになる。
- ・これが第3段階（安定期）になると、半数の人が20リットル以上で、50リットルの人でも2割弱いたことになる。
- ・平均値で見ると、第1段階の15.3リットルから、第3段階では、その倍の31リットルに伸びている。
- ・しかし、平時の1人1日の使用量280リットルと比べると、安定期でも平時の7分の1以下に止まったことが分かる。

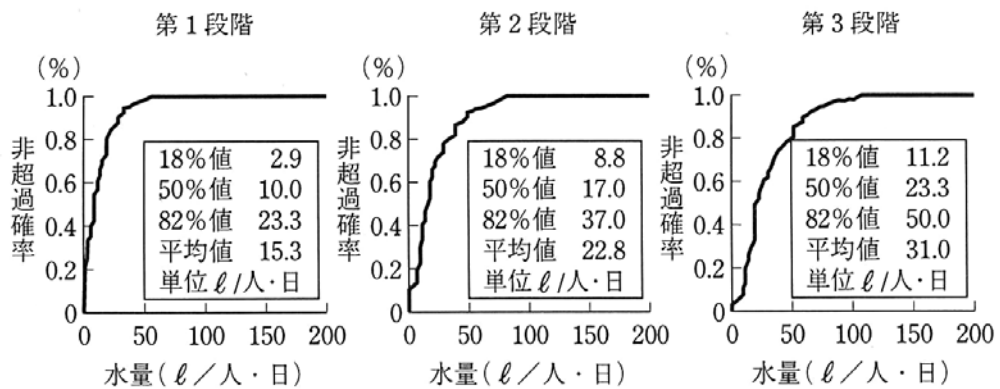


図7 1人当たり確保水量

(出典) 山田淳、前掲書、1998年6月10日。

- ・次に、使用目的別平均水量についての3段階の変化を見ると、図8のとおり、第1段階から第3段階まで、概ね、飲料系と雑用系がほぼ同じ比率（いずれも4割程度）を示している。逆に言うと、安定期でも、平時には多量の水量を使う生活系が2割程度に止まっている。

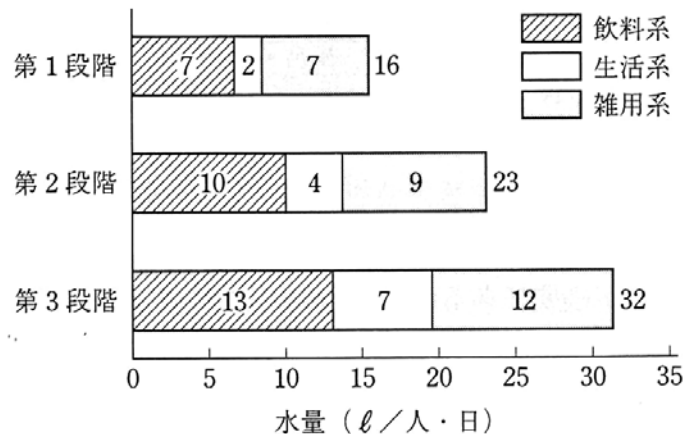


図8 使用目的別平均水量

(出典) 山田淳、前掲書、1998年6月10日。

- ・時間の経過とともに、飲料水だけではなく、炊事、洗濯、トイレ、風呂などの生活用水の比重が次第に増加するとされる⁴⁸。

⁴⁸ 高田至郎、前掲書、p.524。

- しかし、この第3段階での使用目的別水量の比率を平時のそれと比較してみると、下表のとおり、飲料系（24%増）、雑用系（11%増）に大きな比重が置かれ、生活系（35%減）は極めて低い比重に抑えられていることが分かる。このことから、災害直後の飲料系・雑用系の優先度が高いことと同時に、応急給水・復旧の進展とともに、生活系への潜在需要が顕在化されることが推測できる。

表4 災害時と平時における使用目的別水量の比較

使用目的別水量の比率 使用目的	阪神・淡路大震災での 第3段階での比率 (A)	平時における比率 (B)	(A)-(B)
飲料系	41% (13/32L)	17% (37/220 L)	+ 24%
生活系	22% (7/32 L)	57% (125/220 L)	- 35%
雑用系	37% (12/32 L)	26% (57/220 L)	+ 11%

(出典) 山田淳、前掲書、1998年6月10日、をもとに著者が作表。

- そこで、市民の水利用（確保）の状況について、復旧過程の3段階に沿って、使用目的別の確保方法（複数回答）を示すと図9のとおりである⁴⁹。その結果、飲料系では当初は市販水が多いが徐々に給水車の比重が増える。生活系では、当初は井戸水が最も多かったが、徐々に給水車の比重が増える。さらに、雑用系では、当初は再利用が最も多かったが、徐々に給水車の比重が増える。
- 生活用水の確保のため市民が苦勞したことは、給水場所からの運搬と水入れる容器の確保などとの指摘がある⁵⁰。

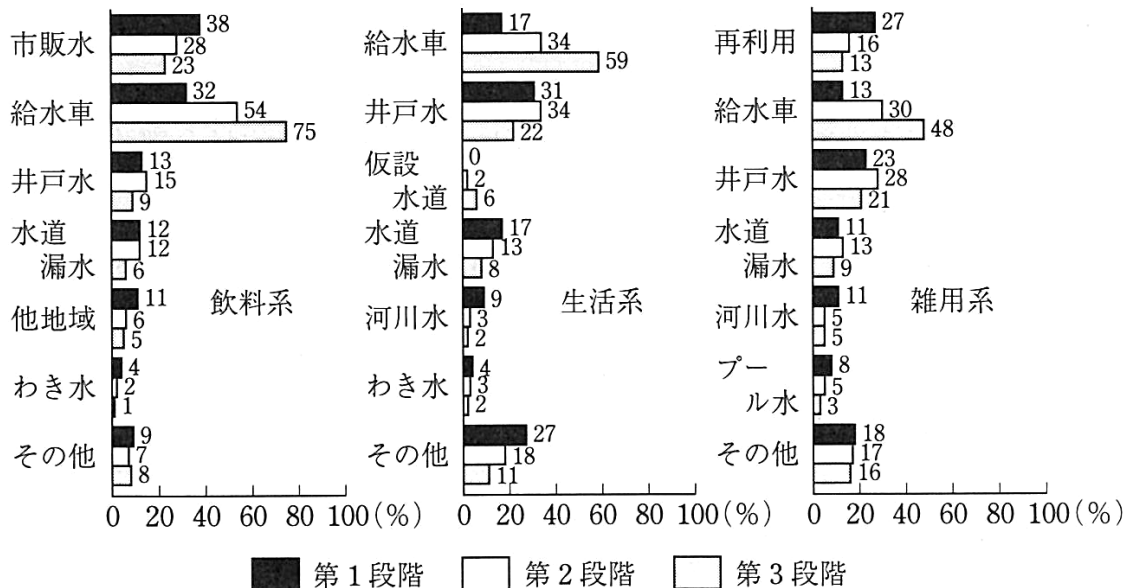


図9 水確保の方法

(出典) 山田淳、前掲書、1998年6月10日。

49 山田淳、前掲書、1998年6月10日。

50 1.17 神戸の教訓を伝える会、前掲書、1996年5月、p.67。

2) 消火用水の確保（利用）

(1) 応急対応

- ・神戸市水道局は、水漏れを覚悟で残った水を火災の激しい地域に送水すべきか、命を支える飲料水として確保すべきかの選択を迫られた。神戸市奥平野浄水管理事務所では、消火用水を送水すべきか否か検討し、一度配水を中止して水を配水池にためてから、火災の激しい地域に送水することにした⁵¹。
- ・このことから、地震直後は、水量が絶対的に不足する中で、限られた水量をどの用途に優先的に振り向けるかを考えること（「応急給水のトリアージ」）が重要といえる。

(2) 水利用（確保）の実態と課題

- ・神戸市の消防隊は不足する水利をプール、河川、海水などで補った。消防艇を岸壁につけ、ホースをつないで放水したが、火災現場までの長い距離を多くのホースや中継車でつなぐことから、効率性の面で課題を残した⁵²。

(2) 東日本大震災

1) 生活用水の確保（利用）

(1) 応急対応

1) 応急給水体制

○災害救助法関係（厚生労働省）⁵³

- ・岩手県、宮城県、福島県は全市町村に適用し、その他の7都県においても113市町村に適用した。
- ・厚生労働省は、避難所被災者の入浴機会の確保のため、避難所から近隣の入浴施設の利用に係る経費は災害救助費等負担金として国庫負担の対象となることを周知するとともに、入浴や洗濯の機会確保について、なお不十分な避難所があることから、引き続き仮設風呂や仮設洗濯場の整備に努めるよう要請した（2011年4月27日）。このことから、阪神・淡路大震災では飲料系や雑用系に比重が置かれ、相対的に低迷していた生活系の水利用を積極的に後押しする動きと見ることができる。

○初動体制、応急給水、応急復旧（各水道事業体における対応）

- ・厚生労働省が中心となり「東日本大震災水道復旧対策特別本部」を設置し、(社)日本水道協会、全国簡易水道協議会、全日本水道労働組合、全日本自治団体労働組合など、関係団体との連絡調整を行うなどにより、東日本大震災による水道被害に対する復旧支援を進めた⁵⁴。
- ・(社)日本水道協会は、全国から応急給水車を確保して応急給水活動を実施した。2011年6月17日時点で(社)日本水道協会本部に報告があった全国550事業体より、639台の給水車が派遣体制を整えた。2012年3月25日に

⁵¹ 1.17 神戸の教訓を伝える会、前掲書、1996年5月、p.66。

⁵² (社)日本火災学会、前掲書、平成8年11月30日。

⁵³ 厚生労働省、前掲書、平成24年2月9日。

⁵⁴ 国土交通省水管理・国土保全局水資源部、「平成23年版日本の水資源」、平成23年8月。

は最大で 355 台が派遣された。応急給水活動の体制は、図 10 のとおりである⁵⁵。

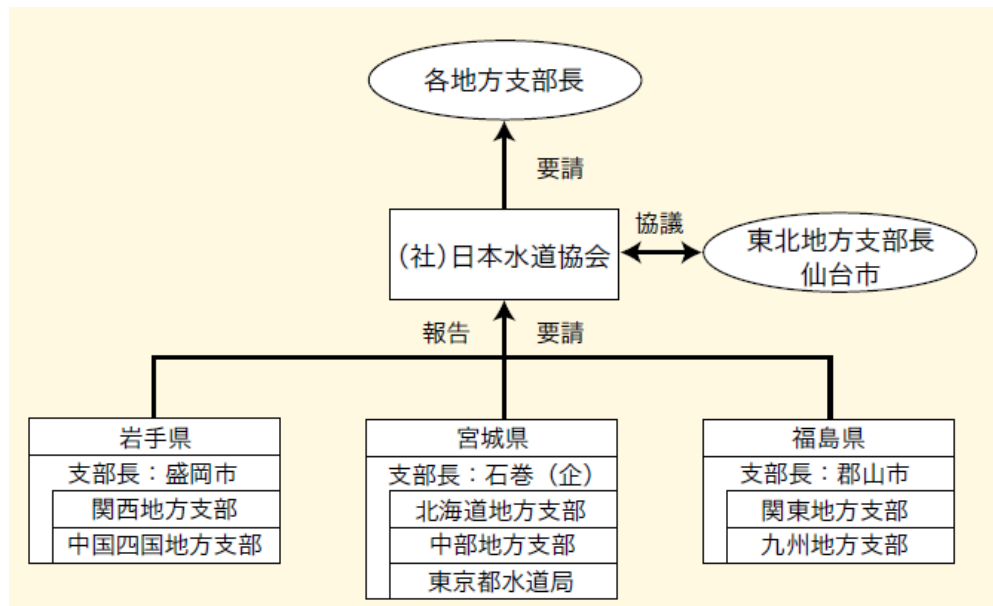


図 10 (社)日本水道協会による応急活動体制

(出典) 国土交通省水管理・国土保全局水資源部、前掲書、平成 23 年 8 月。

○仙台市の応急給水

- ・仙台市：仙台市内の水道がほぼ復旧したのは、震災から 18 日後の 3 月 29 日であった(図 11)。仙台市では、給水車 6 台の他、18 大都市水道局相互応援に関する覚書により給水車が派遣され、1 日最大で 75 台が稼働し、3 月 31 日まで応急給水を実施した⁵⁶。給水拠点である避難所、医療機関に優先的に給水を行った⁵⁷。

○南三陸町の応急給水

- ・宮城県で最も水道の復旧率が低い南三陸町(6 月 1 日現在で 1.24%)では、避難者の水需要に対して供給が追いつかない状況が続いている。たとえば、「南三陸ホテル観洋」(南三陸町、6 月 1 日現在で約 600 人の避難生活者)では、1 日に約 300 トンの水需要に対して、給水車で運び込まれるのは約 80 トンに止まる。入浴は週 2 回に抑え、洗濯物は川の水を使い、トイレは屋外の仮設トイレを使用するなどして水需要を抑制している⁵⁸。

⁵⁵ 国土交通省水管理・国土保全局水資源部、前掲書、平成 23 年 8 月。

⁵⁶ 厚生労働省健康局水道課・社団法人日本水道協会、前掲書、平成 23 年 9 月。

⁵⁷ 厚生労働省健康局水道課・社団法人日本水道協会、前掲書、平成 23 年 9 月。

⁵⁸ 朝日新聞、2011 年 6 月 2 日朝刊。

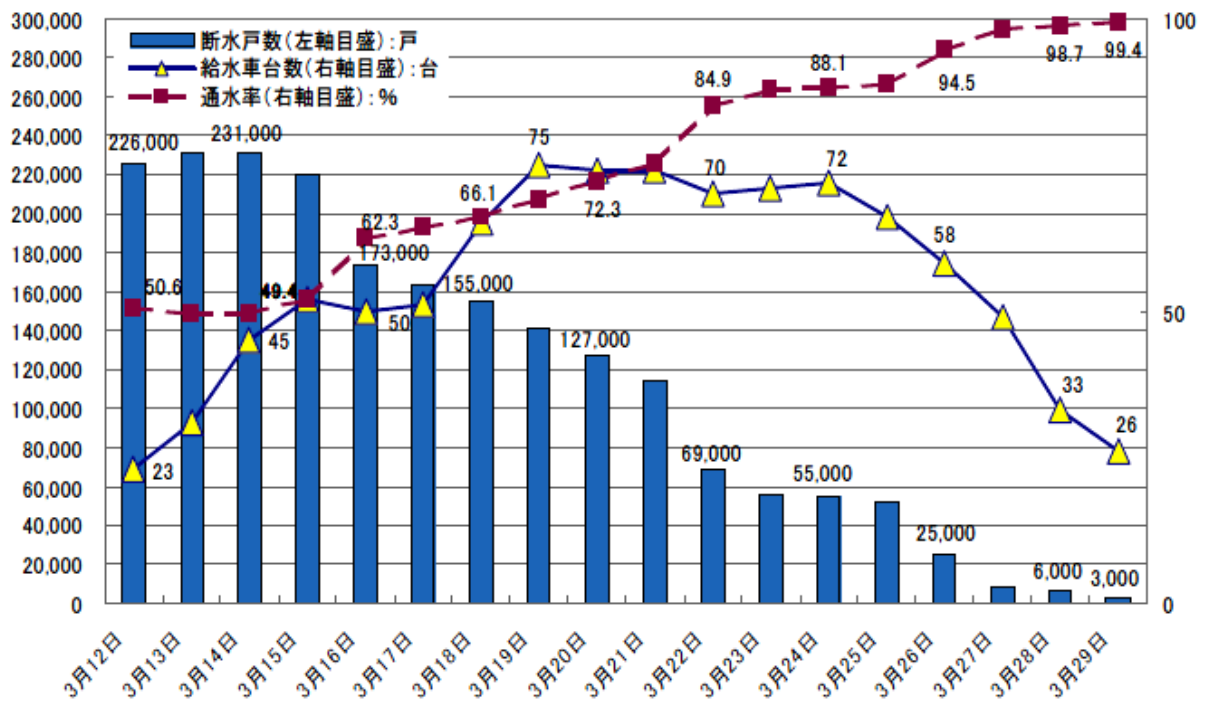


図 11 仙台市における復旧経過

(出典) 厚生労働省健康局水道課・社団法人日本水道協会、前掲書、平成 23 年 9 月。

○南三陸町の避難所の一つ、「自然の家避難所」にも毎日、4 t の水を搭載した給水車が巡回していた (2011 年 4 月 21 日当時)。同避難所には 78 人の避難者が避難生活を送っており、発電機 (充電器)、燃料 (分配)、炊事、給水、ゴミなどの担当を分担していた。給水係は、給水車が到着後、受水槽に水をくみ上げるなどの作業を行っていた。



写真 1 南三陸町「自然の家避難所」における給水作業

2) 水質の確保

○消毒の強化

- ・水質維持に関しては、薬品メーカーの被災により一部薬品が入手困難になった。
- ・津波によって運ばれた化学物質、油、重金属、海水内の塩分が、長期的に

見たときに、水源や土壌および地下水を汚染することを危惧する報告もある⁵⁹。

- ・ただし、たとえば2012年2月に採水し水質検査を行った釜石市水道事業所では、その時点で稼動しているすべての浄水場と井戸において、水質の悪化が見られないとしている⁶⁰。

○水道中の放射性物質への対応⁶¹

- ・水道水の摂取制限等について、水道水中の放射性物質の指標等を超過した時には、厚生労働省より、水道事業者に対して、摂取制限等を要請されるとする（放射性ヨウ素 300Bq/kg（乳児は 100Bq/kg）、放射性セシウム 200Bq/kg）⁶²。
- ・水道水の摂取制限等の実施状況については、3月21日から5月10日にかけて、乳児による摂取制限を20事業（地域）で実施されている（福島県飯舘村は5月10日に解除、その他は全て4月1日までに解除）。なお、一般による摂取制限は3月21日から4月1日に福島県飯舘村のみで実施された（4月1日に解除）。

（3）まとめ

- ・大規模地震時においては、避難生活のための必要水量が絶対的に不足し、また長期化する。したがって、こうした非常時の膨大な水需要に対応するため、多様な供給手段を確保する必要がある。
- ・地震直後においても応急給水での水質の確保（消毒体制の構築）及びその広報活動は必要である。阪神・淡路大震災では、水道水が復旧しても運搬給水に頼る傾向があったことから、水道水の安全確保も同様に必要である。
- ・阪神・淡路大震災の事例により、迅速な応急給水体制や復旧対策の備えを進めることと同時に、生活系への潜在需要に対して積極的に供給していく意義も確認できた。
- ・阪神・淡路大震災の事例により、地震後の一定期間は供給量そのものが制限されるため、限られた供給水量に応じた供給先の優先度の検討が必要である。その場合、地震直後の消火・医療目的から、飲料・雑用系、さらには、生活系へと比重が推移することが予想されるため、時系列での利用ニーズに応じた供給体制や供給方法が求められる。

⁵⁹ 財団法人水道技術研究センター「東日本大震災『浄水技術等支援チーム』現地調査報告書」、平成23年7月。

⁶⁰ 釜石市水道事業所、平成22・23年度 上水道浄水水質検査結果、平成24年3月。

⁶¹ 厚生労働省健康局水道課長、東日本大震災による水道被害の復旧・復興状況、平成23年10月17日。

⁶² 指標等は3月19日及び3月21日に、厚生労働省より関係者宛に通知されている。厚生労働省健康局水道課長、「東日本大震災による水道被害の復旧・復興状況」、水の安全保障戦略機構・第10回基本戦略委員会、平成23年10月17日。