

大震災おける河川水の緊急利用システムに関する研究 Study of water supply system on emergency scenes

島谷 幸宏*、 萱場 祐一*
Yukihiro SHIMATANI, Yuichi KAYABA,
保持 尚志*、 房前 和朋*
Takashi YASUMOCHI, Kazutomo FUSAMAE

The most drinking water resource in Kobe depends on the Yodo river basin, so self-water source is very limited. The Kobe earthquake gave big damage on water supply system. They did not get even their own drinking water on that day, however there are many rivers which flow down from Rokko mountain in Kobe city. These rivers had enough water even after the Kobe earth quake. In this case study of Kobe city we estimated potential of river water as emergency water after a terrible earthquake. After 2 weeks of the earthquake, total water volume in 8 rivers amounts to 104000m³ per day. It equals to the drinking water for about 35,000,000 people and domestic water for 520,000 people, therefore potential of river water in emergency is quite high. From water quality points of view we can drink most rivers water by simple treatment. We clear that river water has higher potential in emergency compared with water tanks and water supply system.

KEYWORDS: earthquake, water quality, emergency,

1. はじめに

兵庫県南部地震により大きな被害を被った阪神地区は、北の六甲山系と南の大阪湾に挟まれた狭い地域で、山地から流れ出た河川が形成した扇状地上にある。六甲からの豊かな表流水や、伏流水を利用して、古くから綿油産業や、酒造産業を発達させたこの地は、一方で扇状地上を流れる天井川の氾濫によって多くの水害を経験したところでもある。このため、河川は改修により3面張されたり、付け替えや暗渠化された。また多くのため池が都市化に伴い埋められている。

今回の震災では、阪神地区の上下水道、すなわち水利用システムは大きな被害を受け、各方面に影響を及ぼした。今回ほど水の問題が大きく取り上げられた災害は初めてと言って良い。

本研究では、身近にある河川などの公共用水域が、水利用システムや都市空間の中に効果的に位置づけられていないことを問題視し、今後構築すべきシステムや空間のなかで河川の果たす役割について検討した。

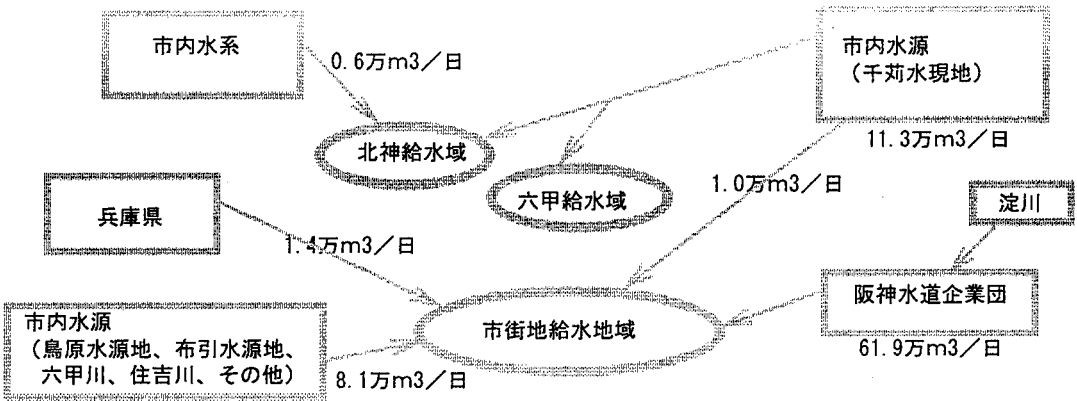
ここでは、水利用システムの変遷と過去の震災の記録から、いつ頃から震災時に水の問題が生じたかを明らかにした。そして阪神地区の水利用実態調査を行い、その結果から、震災時における水需要をとりまとめ、水供給に関する概念をとりまとめた。また阪神地区の河川が有する水供給能力について、水量・水質の面から、現地調査に基づき明らかにした。そして最後に、緊急時にも対応しうる水利用システム、都市空間についてその基本的な考え方を示した。

2. 大震災時の神戸の水環境

2.1. 神戸の水供給システム 神戸の近代上水道は市内におけるベストの流行を契機に、明治33年に日本で7番目の水道として給水を開始した。神戸の上水道水源の大部分は、神戸市外域である淀川水系に頼っており、計画では自己水源の比率は市内全域で24%、市街地に限ると10%以下ときわめて低いのが特徴である。今回の大震災時には、淀川からの水供給が断たれたため深刻な断水をもたらした。地震当日は、防火用水に窮し、飲料水さえもままならぬ状況であった。さらにその復旧には多くの時間を要し、ライフラインの中でもガスとともに復旧にいたるに多くの時間を要した。

*建設省土木研究所 PUBLIC WORKS RESEARCH INSTITUTE MINISTRY OF CONSTRUCTION

図－１に神戸市の水供給システムの概略図を示す¹⁾。数字は、計画を含めた日供給能力を示している。海岸沿いの神戸市街地に給水される供給能力の総量は72.4万m³/日、そのうち淀川水系が61.9万m³/日、兵庫県からの受水が1.4万m³/日で、神戸市街地の自己水源は9.1万m³/日と約1割、兵庫県のものを加えても15%程度である。



図－１ 神戸市の水供給システム概略図

2. 2. 震災時の水使用と水供給の実態

2. 2. (1) 防火用水

阪神大震災では、神戸市長田区を始めとして多くの火災が発生した。神戸市内だけでも火災件数は176件、焼損面積は641、684m²に及ぶ。このような甚大な被害を被った理由の一つとして消火用水の不足は既に報じられている通りである。

表－１は地震発生時の神戸市の消防水利の状況を示す²⁾。地震発生後消火栓は早い時期に使用不能となった。消火用水として公設防火槽は968基存在し、この内耐震性の防火水槽は629基である。防火水槽の大きさは40m³以上が約870基、地震により使用不能となったのは約50基であった。公設防火槽の貯水量は大まかに見積もって36、000m³である。

表－１ 消防水利数

消防水利名	施設数	消防水利名	施設数	消防水利名	施設数
公設防火水	968	指定水利数	131		
私設防火水	335	その他水利	2503	合計	28299

指定水利としては池、湧水、井戸、公立学校のプール等があり、河川は指定を受けていない。これらの備蓄量については定かではないが、「阪神・淡路大震災神戸市域における消防活動の記録」を見ると消火活動にプールの水が頻繁に使用されたことが解る³⁾。

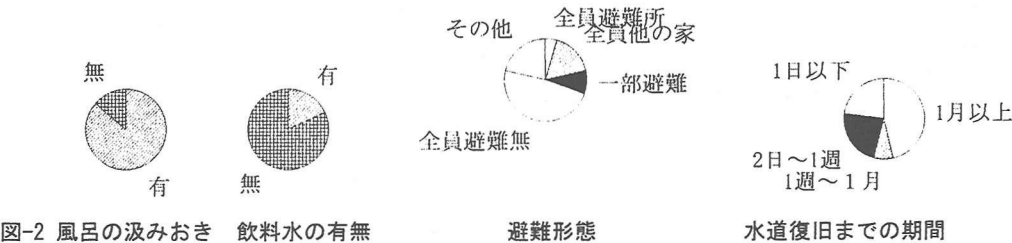
火災の多くは地震後すぐに同時多発した。また、緊急車両が倒壊した建築物に阻まれるケースが多く、この2つが重なり初期消火の遅れ、火災の拡大を招いた。初期段階の消防水利としては防火水槽の水が利用された。これを使い果たした場合や防火水槽が近隣にない場合には、プール、河川、海の水が使用され、「消防活動の記録」の中にも都賀川、生田川、新湊川、妙法寺川の水を利用したとの記事が見える³⁾。実際にどの程度の水が使用されたのかについては明らかでないが、1火災の焼損面積は数千m²程度のものが多く、大きい火災では5万m²にも達する。保野らは、神戸市で発生した火災から、5、000m²の焼損面積で水使用量を2、200m³～2、800m³と推定している⁴⁾。この値は40m³防火水槽の55～70基分に当たり、焼損面積の大小により消火用水の量が大きく異なることを示している。

阪神大震災では、火災の同時発生、緊急車両の通行困難、そして、消火用水の不足が重なり火災の拡大を招いた。焼損面積が増大した場合の消火用水量は尋常な量ではなく、通常の消防力だけで対応することはほとんど不可能である。今後は、消防水利の多元化はもとより市民の自主消火、建築物の耐熱化、都市計画上の配慮等総合的な対策が必要であろう。

2.2. (2) 生活用水

神戸市周辺に生活をしている22人に対し、震災時の生活用水について詳細なヒアリング調査を行った。対象者抽出は断水期間、避難状況等がばらつくように神戸市を中心としたエリアからおこなった。家族の誰かが震災後も神戸にとどまっていたのは22人中13人、断水期間は数時間～1カ月以上であった。

1) 水の備蓄 震災前にどの程度の水備蓄があったかを、飲料水等口に入る水、と、風呂の汲みおき等口に入れない水、とに分けて示す(図-2)。清涼飲料水を含む飲料水等の備蓄は少なく、22人中5人であった。一方、風呂の汲み置きは、22人中18人がしている。家族が利用する浴槽の容量は通常満水で約280ℓ程度なので6割程度残っているとすると170ℓ程度の水備蓄があったことになる。



2) 水の入手 図-3は震災時の水入手方法を示す。地震発生直後は「購入」、「知人宅からもらう」、「湧水や浄水場に汲みに行く」といった回答が多い。

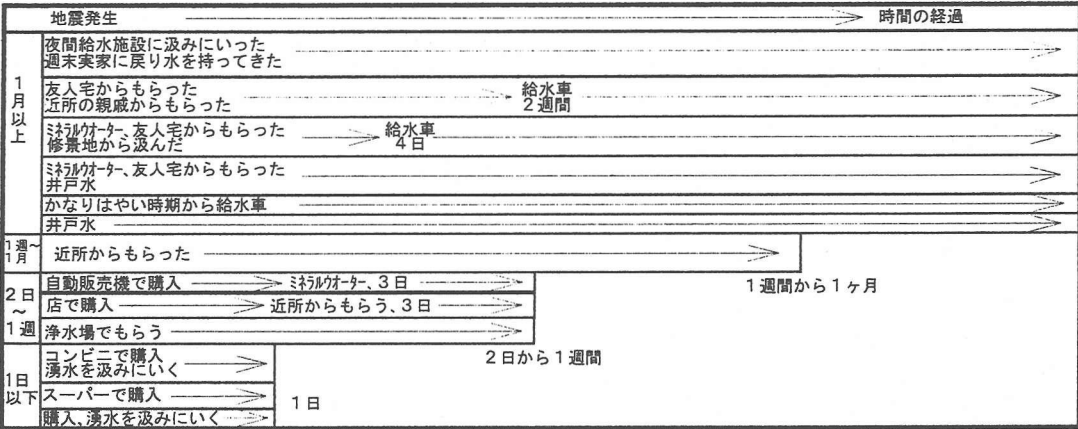


図-3 断水期間別水入手方法

始めから給水車を利用したのは1人、途中から給水車利用に転じた人を入れてもわずか3人にしかならない。給水車を利用しない原因として、情報不足、給水時間帯、給水場所があげられる。また必要になった時期については、調理用水を含む飲料水は備蓄の有無に関わらず、震災直後の早い時期から全ての人が何らかの入手行動を行っている。入手方法としては、近所のコンビニエンスストアやスーパー等での購入が多かったが、自動販売機での購入、震災直後蛇口から出たチョロチョロ水を備蓄したケースも見られた。

ただし、これらの人々が早急に水を必要としたわけではなく、22人中11人は「震災直後早急に水を必要とはしなかった」と回答している。情報不足のため長期化するかもしれない断水に対する不安が水確保の行動を引き起こしているようである。使用した飲料水量は1人1日1.5ℓ程度と量的には少ない。

3) トイレ・洗濯・風呂

風呂の汲み置きがなかった人は初日のトイレ用水の確保に苦労しているが、断水が1日以下の3名は「トイレ用水には困らなかった」と回答しており、1日程度の断水ではトイレ用水の必要性が大きく顕在化することはない。トイレ用水はバケツや洗面器1～2杯分の水を便器に流した人が最も多い。1日3回程度、水を流すとすると1人1日当たりの使用水量は概ね10～15ℓ程度となる。

断水期間中自宅で洗濯をした人は少なく13人中3名であった。他は近隣の親戚宅や友人宅、会社等で洗濯を行っており、自宅で水を使うことはなかった。断水が4～5日程度の場合は、洗濯用水の需要が顕在化することはない。洗濯用水量は本ヒアリング結果では1日1人当たりで5ℓ程度である。

風呂は貯水槽として使われ、断水中に自宅の風呂を利用した人はいなかった。また、水道が復旧してもガスの復旧が遅れたために風呂に入らなかった人もいた。風呂に入る間隔は、時期が冬だったこともあり1週間に1回という回答が多い。

4) まとめ

以上のヒアリング結果から、断水期間に需要が顕在化する水の項目及びその量をまとめてみた(図-4)。飲料水は震災発生当日、トイレ用水も風呂の汲み置きがなければ震災発生当日にすぐ問題が顕在化する項目であり、しかもその使用量が多い。また、洗濯は4～5日目以降から徐々に問題となり、2週間後には全ての人が初めての洗濯を終えている。洗濯用水は洗濯の仕方によりその量が異なるが、トイレ用水に次いで使用量が多い。風呂は4～10日目ごろより問題となる。尚、その他として洗顔、歯磨き等、掃除、清拭等に使っている水がありここでは全水使用量のおおよそ10%として試算した。使用総量は、洗濯を自宅でしなかった人が15～20ℓ、洗濯をした人が20～25ℓが目安と考えられる。

通常地域防災計画における水備蓄は3ℓ/日・人とされている。しかし、実際には断水期間がどの程度続くのかによって必要量が異なり、本結果から考えると3ℓという値は、飲料水等の最低限の水量でしかないことが解る。

時間帯が限定され、いつ、どこに来るか解らない給水車は利用しにくかったようである。24時間給水可能で、かつ、場所が明確な給水拠点等を設置し、給水方法の多元化を図ることが必要であろう。

震災時という特異な状況の中でどこまで快適性を求めるかについては検討すべき問題であるが、今後緊急時の水供給量を考える際には、人間の文化的生活の確保といった観点が必要であることは明らかである。

使用水量(ℓ)

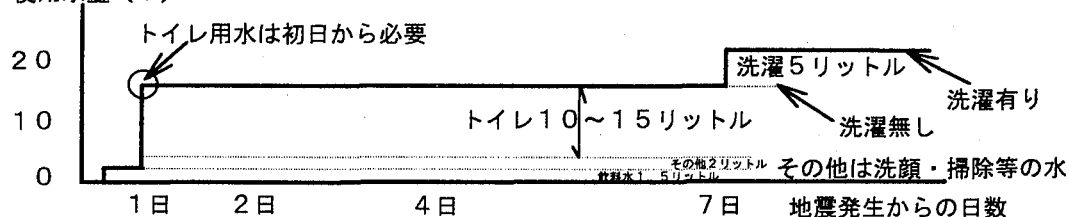


図-4 地震発生からの日数と使用水量・用途

2.2.3. 医療用水

医療施設は大量の水を必要とし、上水道等ライフラインの寸断は医療施設の機能麻痺をもたらす。神戸には全市で2,251の医療施設があり、22,302の病床数があるが⁵⁾、震災時の医療用水不足は新聞でも大きく報道された。表-2に神戸市内の病院で震災時の水使用・供給の実態をヒアリングした結果を示す。対象とした医療施設の場合、1床当たり0.5～0.9m³/日程度の水が必要であり、神戸全体では、少なく見積もっても1万m³/日の水が必要である。この数値は生活用水と比較してもかなり大きい値である。

また、医療用水の場合、その性質上節約することが難しく、B病院の場合医療施設としての機能を維持するためには最低でも2000m³/日の水が必要である。

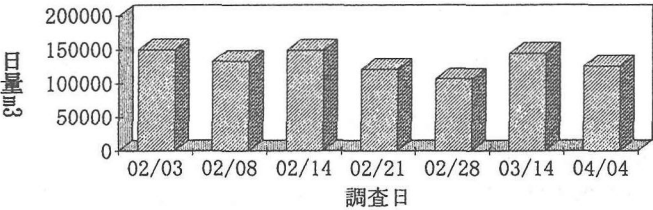
これらの医療施設は上水道以外の給水施設をもたない。断水に伴い、医療器具の滅菌不能、人工透析の不能等さまざまな支障をきたし、E外科医院では給水が再開された1月26日まで医療活動不能となり医院を閉鎖した。必要量と最大給水量との関係を見ると、B病院で冬季必要量の約10%、A病院では年平均必要量の25～30%、C病院では平日使用量の数%となっており、水不足の深刻さが伺える。しかも、これだけの水を手に入るまでに5日～2週間程度の時間が経過している。水の入手法としては公的な給水車の他に、A病院では自前で給水車をチャーターして水確保に努め、かなり早期に大量の水確保に成功している。また、D病院のようにトイレ用水等の確保に運河の水を汲み上げた病院もあり、医療施設の規模や立地により工夫を行っている。今回の震災では、冗長性が少ない水源が如何にもろいものであるか、そして、給水車を始めとした間欠的な水供給システムが大量の水供給に適していないことを露呈した結果となった。

病院名	病床数	必要水量	震災時の最大入手量	入手方法	上水道復旧日	断水による医療活動への支障
A病院	約250	年平均120m ³ /日 年最大200m ³ /日	30-50m ³ /日	給水車 独自の給水車 ペットボトル	01/27	トイレ・調理等 消毒用水不足
B病院	約1000	夏 900m ³ /日 冬 600m ³ /日 最低200m ³ /日	50-70m ³ /日	給水車 湧き水 ペットボトル	02/09	自家発電停止 空調停止 調理への影響
C病院	約300	平日160m ³ /日 土日90-100m ³ /日	数m ³ /日	給水車 ペットボトル	02/10	人工透析不能 消毒用水不足 トイレ・調理等
D病院	約120	不明	不明	給水車 新川(運河) ペットボトル 仮設水道	02/02	トイレ・調理等
E病院	約10	不明	断水で閉鎖		01/26	医療活動停止 消毒用水不足

表－2 神戸市内の病院で震災時の水使用・供給の実態

2.3. 震災後の水量、水質

神戸市街地は上水供給源の大部分を淀川に依存しており、神戸市内の近傍水源は9.5万m³/日程度にすぎない。そこでこれらの量と河川表流水の関係及びそれらの水質を調べるため地震発生後17日目の2月3日より4月4日まで、阪神地区の主要16河川を対象に水質・水量を調査した。調査項目は、流量、BOD、pH、大腸菌群数、電気伝導度、濁度、色度、アンモニア性窒素などである。また、飲料水に適する水かどうかについて住吉川と新湊川を対象に、環境基準、飲料水の水質基準の各項目について分析を行った（2月3日のみ）。16河川の総流量は調査期間平均で、日量約13.3万m³であった(図－5)。



図－5 阪神地区 16河川総流量

神戸市内の10河川では約1.0m³/s、日量約8.64万m³で、これは近傍の水源量の約9割であり相当の量である。神戸市内で比較的流量の豊富な河川は、住吉川、都賀川、生田川、新湊川の4河川であり(図-6)、平均0.10、0.12、0.15、0.53m³/s)、比流量を求めると、それぞれ0.89、1.44、1.09、1.77m³/100km²となる。これらの河川は比較的豊富な水量を持っていることがわかる。一方、他の6河川についてみると、妙法寺川が調査期間の平均で0.05m³/s、天上川0.007m³/s、宇治川0.005m³/s、西郷川0.005m³/s、と大変少なく、高橋川、石屋川にはほとんど流れていなかった。このように極めて偏在していることがわかる。

阪神地区の総流出量は、一人が飲料水として必要な水の量を1日約3リットル、震災時の生活に必要な量を約20リットルとすると、飲料水約4400万人/日分、生活用水約660万人/日分に相当し、阪神地区の河川は緊急用水の水源として、高いポテンシャルを持っていると考えられる。

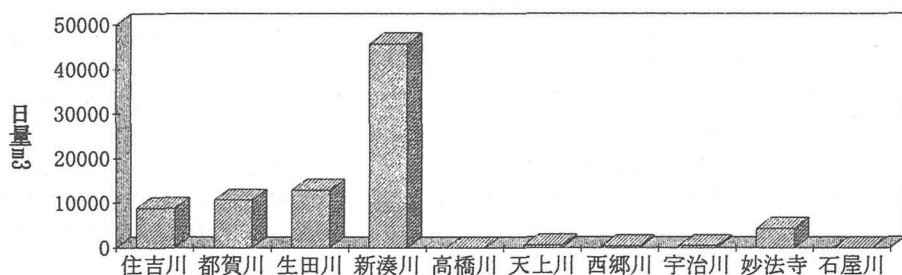


図-6 神戸市内河川流量

次に水質についてみると、調査期間中の平均値がBOD 2mg/l以下と比較的清冽な河川は住吉川、天上川、芦屋川、宮川、都賀川の5河川である。BOD10mg/l以上とかなり汚濁した河川は東川、新川、西郷川、新湊川の4河川であり両極に分かれる傾向にある。最も良いのは住吉川(図-7)の0.6mg/l、最も悪いのは新湊川の28mg/lであった。水質の良好な河川は、天井川で雑排水が流入せず、山水を直接流下させる河川である。水質の悪い河川はこれらの間を流れ、雑排水が流入する排水河川である。前者の水質は飲料水として簡易な処理で飲めるほど清冽で、たとえば住吉川では、人の健康に関する環境基準(23項目)および水道水の水質基準(健康に関する項目29項目、水道水が有すべき性状に関する項目17項目)のすべてを満足する。

一方、西宮市内を流れる津門川、新川などでは、日が続つにつれてBOD、大腸菌群数、アンモニア性窒素などの汚濁物質濃度が上昇する傾向が見られた(図-8)。上水道の復旧とともに雑排水の流入が増えて、水質が悪化したものと思われる。また西郷川、新湊川ではBOD濃度の変動が、1桁台から100mg/lを越えるまでとかなり激しく、雑排水等が間欠的に流入していたことが考えられる。しかしそれでも新湊川の2月3日の調査では、その水質は環境基準、水道水基準と比較して、上回ったのは、一般細菌、大腸菌群数、鉄、マンガ、過マンガ酸カリウム消費量、色度、濁度、についてのみであり、他の項目は満足するものだった。新湊川の水は、煮沸、ろ過、消毒等の処理によって飲料水として利用することが可能である。

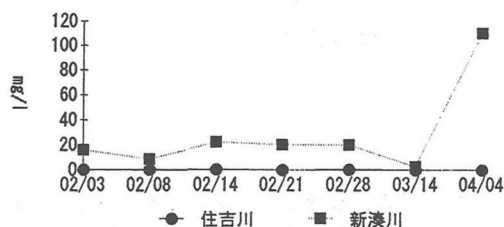


図-7 住吉川と新湊川のBOD濃度変化

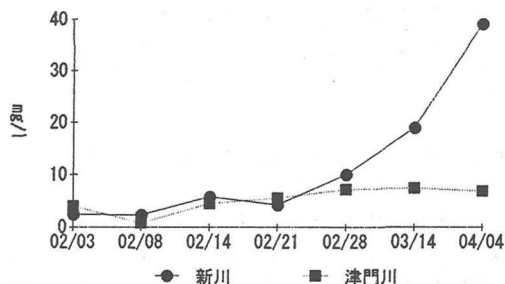


図-8 津門川と新川のBOD濃度変化

阪神地区の河川はその流域特性から、六甲山系を水源とし、神戸市街地を形成してきた天井川群と都市内の排水河川群に分けることができる。前者の水質は良好で流量も比較的多く、簡易な処理で飲料、生活用水として十分利用可能である。一方、後者は流量も少なく水質もよくない。しかしながら、逆浸透処理や膜ろ過処理をおこなう小型浄水プラントを用いれば、十分利用可能な河川もある。

阪神地区の多くの河川水は、水量、水質から見て生活用水として利用できる可能性を持っている。ただし、豊富な流量を持つ河川がある一方で、全く水のない河川があり、水の質、量ともに極めて偏在している。また筆者らの印象では、住吉川や生田川、都賀川以外は、濁度の高い河川が多く、たとえ十分な浄化がなされたとしても、一般市民は、飲料水としては利用をためらう可能性もあろう。

2.4. 水空間の量的ポテンシャル

神戸市街域および城下町を元に発達した日本の代表的な21都市の水空間面積と水辺到達距離を図9-1-9.2に示した。測定手法は文献6の方法を用いた。神戸市街域とは1/25000の国土地理院地形図において市街域として記載されている海岸沿いの低地で、港湾部をのぞいた区域とした。

これらの20都市での測定区域は旧城下町を対象としたもので現在では各都市の中心部に位置する。20都市の平均で水辺までの到達距離314m、水空間面積の割合10.9%となっている。一方神戸は到達距離714m、水空間面積1.4%と日本の中でも空間的量は少ない方に位置することがわかる。神戸と同様、空間的なポテンシャルが低い都市として名古屋があげられる。名古屋は台地を中心に発達した都市で、市街地中心部は人工河川である堀川をのぞいて大きな河川はみられない。このような都市では河川水が使いにくい状況にあるので、都市内の緊急時の水供給に十分配慮した都市づくりがより一層必要となろう。

都市名	水空間面積の割合				
	5	10	15	20	25
秋田	○●				
盛岡			●		
富山				○	●
福井		○●			
金沢	○●				
高岡	○●				
東京	○	●			
宇都宮	○●				
名古屋	○●				
津		○		●	
静岡	○●				
大阪		○	●		
神戸	○1.4%				
彦根		○	●		
岡山			○●		
広島				○	●
松江		○●			
徳島		○	●		
高知			○●		
福岡		○		●	
佐賀	○●				

図-9.1 水空間面積

都市名	水空間までの到達距離 (m)						
	100	200	300	400	500	600	700
秋田		●					
盛岡		●		○			
富山		●	○				
福井		○●					
金沢		●	○				
高岡		●	○				
東京		●			○		
宇都宮		●					
名古屋		●	○				○●
津		●	○				
静岡		●			○		
大阪		●		○			
神戸							○714m
彦根		●	○				
岡山		●	○				
広島		●	○				
松江		○●					
徳島		●	○				
高知		●	○				
福岡		●	○				
佐賀		●	○				

○神戸市を除く 平均199m ●神戸市を除く 平均314m ●全日本 平均314m ○現況のみ
ただし神戸は現況のみ

図-9.2 水辺到達距離

3. 大震災の河川の緊急用水・防災空間としてのポテンシャル

3.1. いつから震災時に水がたりなくなったか。

3.1. (1) 日本における地震災害

日本の地震の記録は古くから残されている。しかし、地震災害時の大規模な水不足に限って言えば、近代的水道の整備以降から生じたと思われる。安政の大地震(1854年)はマグニチュード8クラスの大地震といわれている⁷⁾。このとき幕府は御救小屋を五カ所設置した。この小屋には江戸市民や近傍の住民のボランティアにより様々な金品が寄付された。現金をはじめとして味噌、しょうゆ、芋、茶、塩、紙、薬等である。しかしながら、数々の救援活動の中には水に関する記述はなかった。また当時は地震被害を受けにくい河川水や地下水も使用しており、それらが得られにくい地域では水屋等の飲料水販売システムがあ

った。また当時の水道は管（石、木等）と開水路を併用しており、開水路では被災箇所が発見・修理が比較的容易で玉川上水も被害を受けたが、すぐに復旧した。したがっておそらく地震による水供給が大きな問題となるのは近代的水道の整備が始まった明治以降であると考えられる。

3.1.(2) 東京における大正10年の地震と水道被害

関東大震災より2年前の大正10年（1921）東京で強震による水道被害が起きた。これは近代水道の受けた最初の大規模被害である。この震災によって東京は3日間全市で断水になった²⁾。

当時新聞は断水の社会的影響を報道し、「困る病院」、「堀井戸めがけて火事場騒ぎ」、「そばや休業」等の記事が掲載された。また水の配分による争いで水道検査員が重傷を負わされた事件も生じた。この間の緊急給水は横浜市水道局・海軍による給水船によるものと陸軍による自動車によるものが行われた。

この断水は被害箇所が開水路であったため復旧は3日という短期間で終了した。しかし近代水道の全面断水は社会的に問題になり、そのため次のような対策が立てられた。⁹⁾

①今回被害のあった「新水路」と呼ばれる水路の内面を金網コンクリートで補強する。②また平行して残っていた旧玉川上水路を復活させて予備の水路とする。③旧水路からの淀橋浄水場への導水のためポンプを設置する。

3.1.(3) 関東大震災と水問題

関東大震災は大正12年（1923）9月1日に発生した。これによって東京市の水道施設は大きな被害を受けた。

「新水路」補強予定分の総延長27%が未施工であり、この区間の築堤部（約半分）で大きな被害があった。この復旧は9月13日までかかった。これに対して予備の旧玉川上水路はわずかな被害しかなく応急修理によって通水には問題がなかった。しかし淀橋浄水場まで導水するポンプが停電のため運転できず、電力の復旧（9月3日PM5時）で原水供給が可能となった。淀橋浄水場の被害は、沈澄池は4面中1面が被害、濾過池は24面中18面が被害、浄水池は被害があったが使用可能、給水ポンプ6台全て使用不可であった。

このため原水供給が復旧するまでは施設内に残っていた水を送水管の比較的被害の少なかった小区域に自然流下で給水していた。給水ポンプの復旧は3日1台、4日2台、7日1台、9日1台、15日1台である。3日には原水の供給が可能となったのでポンプ給水を開始した。しかし配水管には多くの被害があり一応の復旧までには11月1日までかかった。局所的には多くの断水があり、陸軍・鉄道・警察等によって12月30日まで給水車等による給水が行なわれた。

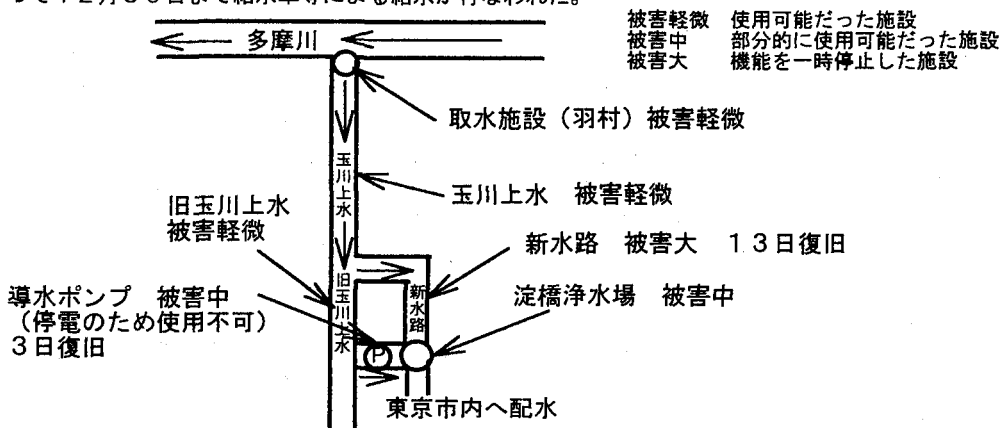


図-10 関東大震災時の取水・浄水システムとその被害

また、焼失家屋の鉛管が溶けて漏水し下町方面では人口が著しく減少したにも関わらず9月以降ほとんど真夏以上の水量を供給しなければならなかった。当時の新聞には、軍の被災民への食料・水の配分や水不足のための火災延焼、水道の被災、東京市による急設浴槽設置、井戸の活用の様子等の記事が掲載されている。

3.1. (4) 関東大震災以降の地震と水問題

新潟地震は1964年6月16日13時に発生した。地震のため停電し給水ポンプが停止したため全市で断水した。水道施設の被害は、青山浄水所で公舎4棟全壊及び導送水管・排水管に甚大な被害、関屋浄水所で導水管・排水管に被害、配水管に甚大な被害（被害被害総延長は119kmにも及びこれは水道管敷設距離の76%）であった。簡易水道も26箇所が被災したが早急に修理された。

地震発生1時間後に給水車等による緊急給水が必要と判断された。緊急給水は地震発生8時間後から開始され、7月30日（一部では8月末日）まで続けられた。延べ給水車台数は4,962台であり、給水量は76,627m³であった。この断水では「新潟水道のテーマ」¹⁰⁾によると、懸命な給水活動にも関わらず飲料水以外の洗濯・風呂等の水への要求が高くなり対応が困難になったことや、飲料に適する井戸を一般にも開放し水を求めて列を作る市民が相次いだこと等がわかる。

十勝沖地震は1968年5月16日9時に発生した。この地震により青森市では中心街の26,000世帯が断水した。水道施設の被害は、水源地～上水道の導水管20カ所、沈殿池2池と濾過池2池、配水池1池と配水管本管160箇所（延長5,750m）、配水小管230箇所（延長3,000m）であった。¹¹⁾

給水車等による給水は16日に開始され5月22日まで行われた。また5月19日22時に平常どおりに給水を開始した。しかし市内には相当数の給水管の小破裂があった。

当時の新聞では給水車に殺到する市民や、市水道部が地下水を消毒して給水する様子など水不足の様子が報道された。また地震発生時における自家用井戸水の利用は非常に多く、従って給水活動がスムーズに行われ、地域住民の飲料水の確保の上に大きな効果をもたらした。¹²⁾

宮城県沖地震は1978年6月12日に発生した。この地震により仙台市では7,000世帯が断水した。宮城県下での水道施設の被害は、県内54市町で72施設で断水が生じた。取水施設については1箇所、浄水施設については沈殿池6箇所と濾過池5箇所、配水施設については配水池4箇所とポンプ施設2箇所及び配水管多数の被害があった。給水車等による運搬給水は当日の6月12日より開始され6月21日まで行われた。給水車は延べ149台、給水対象人員は43,850人、給水量は702m³であった。この断水で市民がどのような水を使用したのかのアンケート結果では、給水車だけで生活が15.5%、親戚などで生活が4.9%、近所の井戸などのもらい水が30.6%となっている¹³⁾。また当時の新聞には食事や水洗トイレ等の水不足が取り上げられた。

日本海中部地震は1983年5月26日に発生した。この地震により4市8町の22,187世帯が断水した。このうち特に被害の大きかった能代市では全市で断水となり復旧まで2週間を要した。能代市での被害状況は、取水施設については導水管に被害大、浄水施設については被害は軽微、配水施設については配水管461箇所破損であった¹⁴⁾。また給水車等による運搬給水は当日の5月26日より開始され6月14日まで行われた。主要3市（能代市、男鹿市、秋田市）では、給水対象人員は430,537人、給水量は4,985m³であった。また能代市では遊休井戸や緊急に掘削した井戸の水質検査の依頼を多く受けた。検査をしたのは229箇所でありそのうち139が飲料水に適していた。¹⁴⁾

3.2. 震災時の水供給の概念

図-11は、神戸の例を参考に緊急時の水使用量と供給量を示す。震災直後から大量の消火用水と医療用水が必要となり、その後、飲料水、トイレ用水、洗濯用水といった生活用水の必要性が徐々に顕在化してくる。必要となる消火用水量は火災の発生状況、特に、初期消火の如何により全く異なる。また、医療施設では1床当たり50ℓ以上の水を使用している。生活用水は飲料水で1.5ℓ、震災後1週間を経るとトイレ、

洗濯用水等が必要となり風呂用水を除いても1日15～25ℓ程度の水が必要となる。尚、今回、風呂や工業用水の使用量については検討を行っていない。

一方、水供給の主要な水源は消火用水として防火水槽、生活用水として給水車であった。しかし、現実には、これらの水だけでは不足し、供給量は地震発生から数日間圧倒的に不足していた。河川水、海水、井戸水、湧水等身近にある様々な水の重要性を再認識し、緊急時においてこれらを有効に利用するシステムを構築することが緊急時水供給の一つの方策であろう。

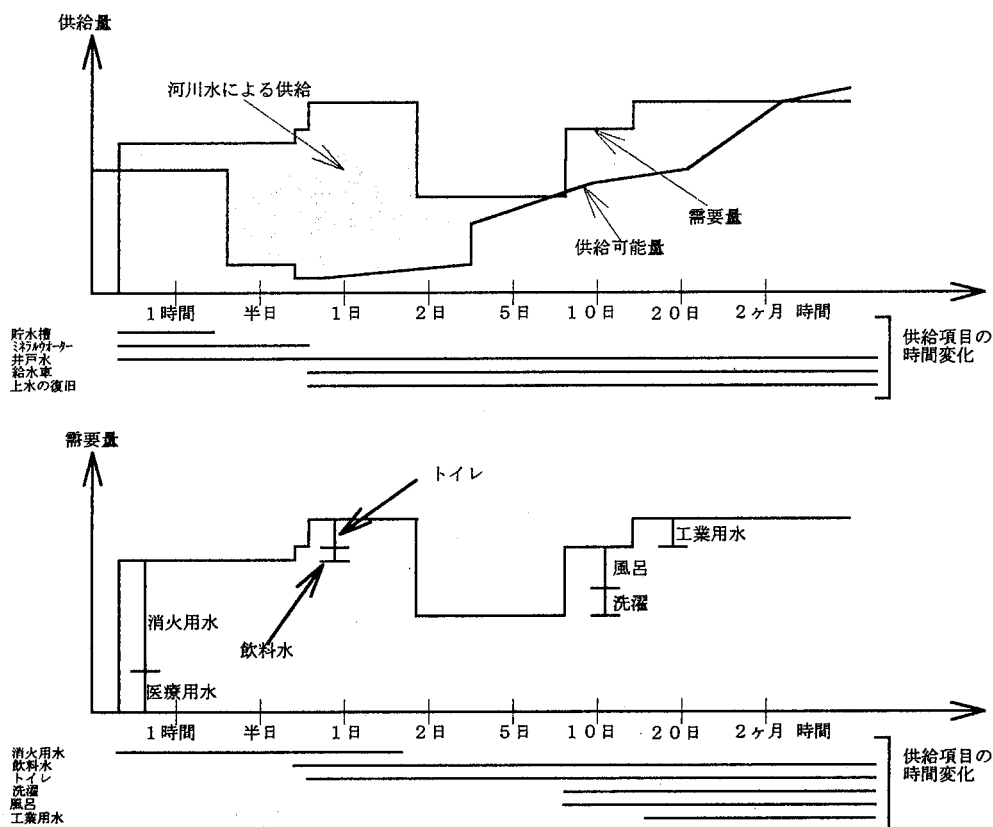


図-1.1 緊急時の水使用量と供給量

4. 緊急時の水の浄化技術の現状

阪神地区の河川水は、飲料水、生活用水として利用するためには、簡易な浄水装置の導入、設置が必要である。緊急時における水処理システムは、独立した動力源を持つこと、安定した水供給が可能ること、簡易な操作で稼働できること、などが求められる。このような特徴を持つ水処理システムとしては、膜ろ過や凝集沈殿等の浄化手法を用いたものが実用化され、PKO部隊や一部の自治体で利用実績がある。

膜ろ過方式は、極めて細かい穴の開いたポリプロピレンの中空糸やスパイラル膜、または浸透膜をろ材としてろ過するシステムである。本方式については厚生省・国立公衆衛生院と(社)水道浄水プロセス協会、および民間企業18社が平成3年から5年にかけて共同研究を行っている。この研究は浄水の処理方法として膜ろ過方式を導入するための研究で、MAC21(膜利用型水道浄水システム開発研究)と呼ばれている。この浄水システムは平成6年11月に水道法に基づく施設認可を受けており、一部の自治体等に導入され、実用の段階である。

膜ろ過方式の浄水システムを災害時対策として導入しているのは横須賀市水道局である。地震等災害対策用に自走式の海水淡水化浄化装置を平成元年に約3000万円をかけて導入している。これは逆浸透法による海水淡水化システムで、4トントラック2台に分けて搭載されており、日量30m³/日の飲料水を海水から生成することができる。連続運転中はほとんどメンテナンスの必要がない。昨年の濁水では広島県因島市の細島に派遣され給水活動を行っている。

凝集沈殿法を用いた浄化システムは、一般の浄水場における凝集沈殿システムを、トラックで運搬可能な程度にまで分割、小型化したものである。このシステムを河川などの近くに設置し、装置規模によるが最大日量300m³/日程度の飲料水を供給することができる。300m³/日供給可能なシステムは、2つのユニットから構成され、いずれも幅約2m、長さ6.3m、高さ1.9m、重さはあわせて8トン程度である。自治体、企業などに納入実績があり、飲料水やその他の用水を供給している。

以上のような、既往の水処理システムを用いて、河川水を緊急時に飲料水として利用することが可能な技術レベルにある。ただし、飲料水以外の生活用水は、これほど高度なシステムを用いる必要はないし、中水道レベルの浄化システムの開発が必要と思われる。

5. 考察

震災時の河川の緊急用水、防火用水等としての機能をまとめると以下ようになる。

(1) 消火用水

神戸では、新湊川はじめ数河川で河川水が消火用水として用いられた。しかし、新湊川では長田、兵庫の双方の火災のため数力所から取水されたため流量が減少した。また、河川は空間的に遍在しているため、ポンプ車を数台連結しての使用となった。都市に水辺を増やすことは容易ではない。しかし、貯留型の水利とは異なり、水が途切れることなく流れる河川は消防用水として大いに活用すべき水ではなかろうか。

今回のケースでは、水深が小さく消防用水として取水することが難しかったと伝えられている。今後は河川の構造も含め消火水利として検討を行う必要があろう。

(2) 生活用水

給水車を中心とした水供給に対しては、どこに、いつ来るかといった情報が明確でなく利用しにくい、給水車が来る地点が遠い、仕事があるため給水車が来る時間帯に給水できない等との声が聞かれた。特に、震災直後は給水車の数は圧倒的に不足し、多くの方は苦勞して水の自己確保を行っている。

河川は24時間水が流れ、しかも、その場所が住民から認識されやすいという特徴を持つ。今回は雑用水の個別利用にとどまったが、親水公園等に浄水器を設置し給水拠点として整備し、事前に緊急時の給水地点として位置づけていれば、他の給水体制が整うまでの飲料水、雑用水の確保に力を発揮すると思われる。

(3) 医療用水

地震等緊急時は、負傷者が多く発生するため医療施設の機能維持はことさら重要である。しかし、今回のケースでは水不足により施設を閉鎖したケースも見られ、水の安定供給の重要性が認識できる。医療施設では大量の水を必要とする。給水車等を利用して水を断続的に輸送する方法には限界があるであろう。今後は、上水道の貯水だけでなく、緊急時だけの別水源を準備しておく必要があるであろう。

(4) 避難空間

河川にはオープンスペースと水が存在する。また、神戸の場合には不可能であったが、大河川等の場合は河川を緊急輸送路として利用することも可能であろう。今後は、比較的容量の大きい貯留型併用トイレの整備や給水拠点の整備と合わせ緊急防災拠点としての検討が必要であろう。

(5) 防火空間

今回の地震では、通常の消防力が同時多発的、広域的火災に対して如何に無力であるかを明らかにした。川幅が狭い中小河川であっても川沿いに樹林帯等を配することにより延焼防止が期待できる。消防水利の拡充だけでなく、緊急時に水使用量を減らすための努力を都市計画等異なる観点から検討すべきであろう。

以上をふまえ、今後の水利用システムや都市空間の構築に対する基本的考え方を示すと以下の通りである。

①河川水を水利用システムの中に取り込む

今回の震災で、水不足が深刻であったが、河川水は比較的豊富に存在していた。一部は消化用水、生活用水として利用されたが、河岸が降りられない構造だったり、近くにない、飲めるかどうかわからないなど、問題も多々ある。河川を緊急時の水供給源として位置づけ、取水、浄水設備を常備し、活用していくことが望まれる。

②水面を確保し、河川空間の活用をはかる。

今回河川水が十分利用されなかった理由の一つに、水までの距離が長かったことが挙げられる。特に阪神地区の河川は埋められたり、暗渠化したり、または常時水がなかったりした。

水辺空間をより多く確保することで、水利用システムをより利用しやすくし、効果的なものにすることができる。またそうして作りだした空間は、平常時には公園やビオトープとして在り、災害時には、避難空間、防火空間としての役割を果たすことができよう。

【おわりに】

自然の水源を持つ河川は大震災時といえど水が涸れることなく流れる。貯水槽や上水に比べると緊急時に強い水源といえる。しかしながら今回の大震災では、個人ベースでの生活用水として、あるいは消防車の給水源としてのわずかな利用がみられたのみで、組織的に利用されることはなかった。神戸市街地の水空間の量は少なく、水辺までの距離も遠く、水量も偏在しており、それらも利用されなかった一因であろう。

江戸末期の安政の大地震では生活用水に窮したという記述はほとんど認められない注)。上水がまだ十分に普及せず、井戸が多くあったこと、及び豊富な表流水の利用が可能であったことがその原因と考えられる。明治期以降、日本の多くの都市で水辺は減少した。それらは道路、下水、公園、戦災の瓦礫の処分地へと姿を変えていった。神戸市も例外ではなく、被害の大きかった市街地の河川のうち約12kmは暗渠化している。それは現在の開渠部の延長の45%にも当たる。

しかしながら、わが国の都市は、例外なく河川が流下する。これらを上手に活用すれば大地震等緊急時の、緊急用水、防災空間としてのポテンシャルは高いと考えられる。これ以上水辺を減らさないような社会的な位置づけと、緊急用水としてこれらを生かすシステムの構築が望まれる。

参考文献

- 1) 神戸市水道局；平成5年度事業概要。
- 2) 内川芳美；大正ニュース事典Ⅶ、毎日コミュニケーションズ、pp123-262、1988。
- 3) 神戸市消防局、阪神・淡路大震災神戸市域における消防活動の記録。
- 4) 保野、難波；市街地の特性から見た延焼危険について、神戸市消防局阪神・淡路大震災神戸市域における消防活動の記録、pp149-161、1995。
- 5) 第70回神戸市統計書。
- 6) 松浦、島谷；水辺空間の魅力と創造、鹿島出版会、1987
- 7) 宇佐美龍夫；東京地震地図、pp134-149、新潮選書、1983
- 8) 堀越正雄；水道の文化史、鹿島出版会、1981
- 9) 小川織三；震災による東京市水道の被害並に应急措置、土木学会誌第10巻第2号、1924
- 10) 新潟市水道局；にいがた水道のテーマ、1995
- 11) 青森市水道部；青森市水道60年史、1969
- 12) 日本水道協会；十勝沖地震による水道施設の被害と今後の災害対策、1968
- 13) 土木学会；宮城県沖地震調査報告書、1980
- 14) 秋田県環境衛生課；日本海中部地震の記録、1984