

東日本大震災による水の確保と給水装置

財団法人給水工事技術振興財団

平成 23 年度調査研究助成

平成 24 年 3 月 31 日

代表研究者岡田誠之（東北文化学園大学）

共同研究者須藤 諭（東北文化学園大学）

共同研究者渡邊浩文（東北工業大学）

共同研究者赤井仁志（㈱ユアテック）

目次

1 はじめに	1
2 災害時の水利用法	2
2.1 水の必要性	2
2.2 災害時に確保する目標水量	2
2.3 利用可能な水源に関する提案	3
3 東日本大震災による上水道と給排水衛生設備の被害	4
3.1 上水道に被害・復旧	4
3.2 建物内の給排水・給湯被害	13
4 震災直後の飲料水の需要分布メッシュ解析	24
4.1 東日本大震災時の仙台市における上水道復旧過程に関する調査	24
4.2 東日本大震災の仙台市における応急給水体制に関する調査	35
4.3 まとめ	41
5 災害直後の受水槽を活用した地域支援技術	43
5.1 はじめに	43
5.2 災害時時常用給水システムの概要	43
5.3 給水栓ユニット構成部材の概要	47
5.4 地域への緊急給水の実施状況	50
5.5 まとめ	54
6 おわりに	54

1 はじめに

水は私たちの日ごろの生活では、必要不可欠なものであることは十分承知しているつもりである。「供えあれば憂いなし」といわれるが、災害時に水は何とかなるという短絡的な対応をしている市民が多くいることは否めない。現実には災害に直面した時や災害のニュースを聞いたとき、各家庭での水の蓄え、供給体制に関する十分な準備をしているか考えさせられることがある。特に水に関しても 2011 年の 3 月 11 日の東日本大震災は 1995 年に起こった阪神淡路大震災よりもおおきな被害を受けたわけで記憶に新しいものである。

東北では 2003 年、さらには 2005 年の地震により場所によっては、水道が断水していた経緯がある。3 月 11 日の地震の時には復旧が 10 日間で約 50%であったが、農村部は長期にわたり断水状態であった。このようなことで災害時の水の供給の実態を把握して、今後の災害時の水の供給体制を考える良い機会となっている。特に水供給体制の中で「自助とは」、「共助とは」、「公助とは」を検討し、すべてを公助でホローすることは到底困難なことである。そこで「自助」、「共助」、「公助」がうまく機能して災害時の水源確保につながればよいと考えている。ここでは①水源はどのようなものがあるのか、②今回の地震の水道及び水回りの被害はどの程度であったか、③上水道途絶による応急給水体制、④今回の地震でのストック水の活用について現状の把握を中心に調査研究を行った。

2 災害時の水利用法

2.1 水の必要性

平常時にヒトが一日活動するために生体が必要な水は、約 2500mL である。したがって、生命維持のための最低必要水量は 1500mL 程度といわれている。

2.2 災害時に確保する目標水量

2003 年に出版した災害時の水確保によると、災害時に業セとして確保すべき生活用水量については、33 の自治体で目標水質を設定している。これらの目標水質を 4 グループにまとめたものを表 2.2.1 に示す。これらをみると災害時が生じてからの初期段階としての 7

表 2.2.1 各行政の水量の実態

(a) グループ A				
13/33自治体	発生～2日間または3日間または7日間または復旧または未記入			
目標水量	3 l/(人・日)			
利用用途	飲 用			
運搬距離	特に決めていない			
給水場所	給水拠点、(指定)避難所、被災地			
給水方法	ボトルウォーター、拠点給水施設、設置箇所、仮設給水栓、給水車、浄水器による給水、配水池、貯水槽、消火栓、配水池からの仮設給水、住民自身が備蓄している飲料水			
(b) グループ B				
4/33自治体	発生～3日間		4～6または8または復旧	
目標水量	3 l/(人・日)		19または20 l/(人・日)	
利用用途	飲 用		飲用、炊事、洗面、便所	
運搬距離	1.0～2.0km		1.0～2.0km	
給水場所	浄水池、調整池、避難場所、避難所、給水拠点、水道局各庁舎		給水拠点、避難場所、避難所、配水池、水道局各庁舎	
給水方法	給水車、仮設給水栓、ボトルウォーター、給水槽およびポリ容器、給水袋		仮設給水栓、給水車、給水槽およびポリ容器、給水袋	
(c) グループ C				
3/33自治体	発生～3日間	4日間 ～7または11日間	7または11日間 ～20日間または1箇月	21または1箇月 ～復旧
目標水量	3 l/(人・日)	3～20 l/(人・日)	20～100 l/(人・日)	100 l/(人・日)以上
利用用途	飲 用	飲用、炊事、洗面	飲用、炊事、洗面、入浴、洗濯	(通常)
運搬距離				
給水場所	避難所、応急給水拠点	避難所、応急給水拠点	配水幹線付近、支線上	
給水方法	ボトルウォーター、自己貯水	給水車、自己防災組織を中心とした給水	仮設給水栓	仮設給水栓
(d) グループ D				
9/33自治体	発生～3日間	4～10日間	11日間 ～15または21日間	16または22日間 ～21または28日間
目標水量	3 l/(人・日)	20 l/(人・日)	100 l/(人・日)	250 l/(人・日)以上
利用用途	飲用、炊事、便所	飲用、炊事、洗面、入浴、便所	飲用、炊事、洗面、入浴、洗濯、便所	飲用、炊事、洗面、入浴、洗濯、便所、清掃、散水、空調用水
運搬距離	約1km以内	約250m以内	約100m以内	約10m以内
給水場所	防災拠点、避難所、応急給水施設、医療施設	配水幹線付近、応急給水施設	配水支線上、応急給水施設、復旧した管路	各戸、復旧した管路
給水方法	耐震貯水槽、給水車、仮設給水栓	仮設給水栓、給水車	仮設給水栓、給水車	仮配管、共用栓

表 2.2.2 旧厚生省の提案値

		1日	3日	7日 (1週間)	14日 (2週間)	21日 (3週間)	28日 (4週間)
厚生省 (案)1997年	目標水量 (L/ 人・日)	3 L	13 L	20 L	100 L	250 L	
	運搬距離	おおむね 1 k m	おおむね 2 5 0 m 以内		おおむね 100m 以内		おおむね 100m 以内
	給水方法	給水車生命維持 (3 L)	配水幹線付近の給水栓 生命維持 (3 L) 簡単な料理 (1 0 L)	配水幹線付近の給水栓 生命維持 (3 L)+洗面 (4 L)+トレイ (13 L)	配水支線上の給水栓 生命維持+洗面+トイレ+浴用 (40 L)+洗濯 (40 L)		仮配管からの各戸給水共同栓
	供給システム	自助、共助 (公助)	自助、共助 (公助)	公助			

日から 10 日までの水の供給が大きな問題であることが分かる。発生から 3 日間程度までが第一段階、4 日から 10 日程度までが第二段階となる。この段階でみると、第一段階では

一日一人 3L、第二段階では一日一人 10L 程度となり、これは表 2.2.2 に示す旧厚生省の提案値と成っている。この一日一人 3L は上記で示した生命維持のための最低必要水量は 1500mL 程度の水量に安全率を乗じて 3L という行政上の安全な数値と解釈している。

3.11 の東日本大震災時に水道レベルの水を、わざわざ給水車から提供してもらい、この水をトイレ洗浄水に利用していることが、多く存在していたようであり、水質のグレートも大きな問題となっている。

2.3 利用可能な水源に関する提案

災害などで上水道システムが被害を受け、生命維持用水やその他の生活用水の安定的、継続的供水が困難になった場合を想定すると、被害者があらゆる水源を求めてさまようようになる。そこで、上水道システムからの水が利用できなくなることを予想して、上水道、に替わる水源を検討する。

表 2.3.1 に身近な水源、環境用水源、自治体で供給が可能な水源に別けられ、身近な水源はストック水として受水槽、高置水槽、容器、井戸、プール水、蓄熱槽水、浴槽水、雨水、環境用水源として河川水、池水、海水、下水、再利用水、自治体で供給が可能な水源として災害用耐震性貯水槽、給水車、ペットボトル供給、臨時給水栓の水源を各水質レベル、存在する水量、利用できる用途を示した。

水源の水質のレベルからみると、最も水質レベルが低い水源が下水、再利用水、少しレベルが高い水源がプール水、浴槽水、河川水、池水、ややレベルが高い水源が薬品を添加していない蓄熱槽水、雨水、水道並みが受水槽、高置水槽内の水である、また、存在する水量が少ない水源はストック水全般、浴槽水、やや多い水源がプール水、蓄熱槽水、雨水、多くある水源が河川水、無限にある水源が海水である。

これらの使用先については、ストック水は飲用水、浴槽水、料理水、トイレ洗浄水などすべてに使われる。ストック水と同様な水は水道系の水である。他の水源の利用先はトイレ洗浄水となる。浴槽水、ややあるのがプール水、蓄熱槽水、雨水、多くあるのが河川水、無限にあるのが海水である。

これらの水源はまず、自助努力として扱うのが容器確保、井戸等、共助として扱うのは受水槽、高置水槽、容器、井戸、プール水、蓄熱槽水、浴槽水、雨水、公助として扱うのは耐震性貯水槽、給水車、ペットボトル供給、臨時給水栓であり、できるだけ自助、共助で解決できる方法を考えなければならないと考えている。どうしようもないなら公助で水の供給を受けるように共通認識したいものである。

表 2.3.1 身近な水源、環境用水源、自治体で供給が可能な水源

	水源	水源の水質レベル	存在する水量	利用できる用途			
				飲料水	料理水	浴槽水	トイレ水
身近な水源	ストック水(受水槽、高置水槽、容器、井戸)	◎	△	可	可	可	可
	プール水	□	□				可
	蓄熱槽水	○	□				可
	浴槽水	□	△			可	可
	雨水	○	□				可
環境水	河川水・池水	□	○				可
	海水	○	◎	可	可	可	可
	下水・再利用水	△	◎				可
自治体で供給が可能な水源	耐震性貯水槽	◎	◎	可	可	可	可
	給水車	○	○	可	可	可	可
	ペットボトル供給	○	○	可	可	可	可
	臨時給水栓	◎	◎	可	可	可	可

【参考文献】 ◎：最も良い・最も多い ○：やや良い・やや多い □：少し良い・少しある △：最も良くない・少ない

1) 空気調和・衛生工学会編：災害時の水利用 2003 年（担当東北文化学園大学岡田誠之）

3. 東日本大震災による上水道と給排水衛生設備の被害

3.1 上水道の被害・復旧

2011年3月11日(金)14時46分18.1秒、太平洋三陸沖・牡鹿半島の東南東約130km付近の深さ約24kmに端を発する東日本大震が発生した。太平洋プレートと北アメリカプレートの境界域(日本海溝付近)での海溝型地震で、震源域は東北地方から関東地方にかけての太平洋沖の幅約200km、長さ約500kmと広範囲にわたった。地震の規模を示すマグニチュードは9.0で、大正関東地震(1923年)の約45倍、兵庫県南部地震(1995年)の約1,450倍のエネルギーを持つ地震であった。

1万9000名を超える死傷者・行方不明者を数え、約28万戸の住宅の全半壊だけでなく多数の建物崩壊が起きた。また、道路や上下水道、電気、ガス、通信等のライフラインに対して、未曾有の被害をもたらした。このうち上水道は、震源地に近い岩手県や宮城県、福島県の沿岸部での被害が、とくに大きかった。導水管・送水管や多数の配水管の破損等により、宮城県内を中心にピーク時で約220万戸の断水被害が発生した。地震の他、岩手県や宮城県沿岸部では、津波による被害も甚大であった。

そこで、厚生労働省健康局水道課と社団法人日本水道協会が2011年9月に発行した『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』をもとに、上水道の被害の概要を述べる。管路(導水管・送水管・配水本管)、構造物と設備の被害は、仙台市水道局を取り上げて、記述する。

3.1.1 被害の概要

本震災での水道の復旧状況は、図3.1.1である。岩手県、宮城県と福島県の県別の被害状況が、表3.1.1～表3.1.3の通りである。また、神戸大学が整理した各市町村の断水状

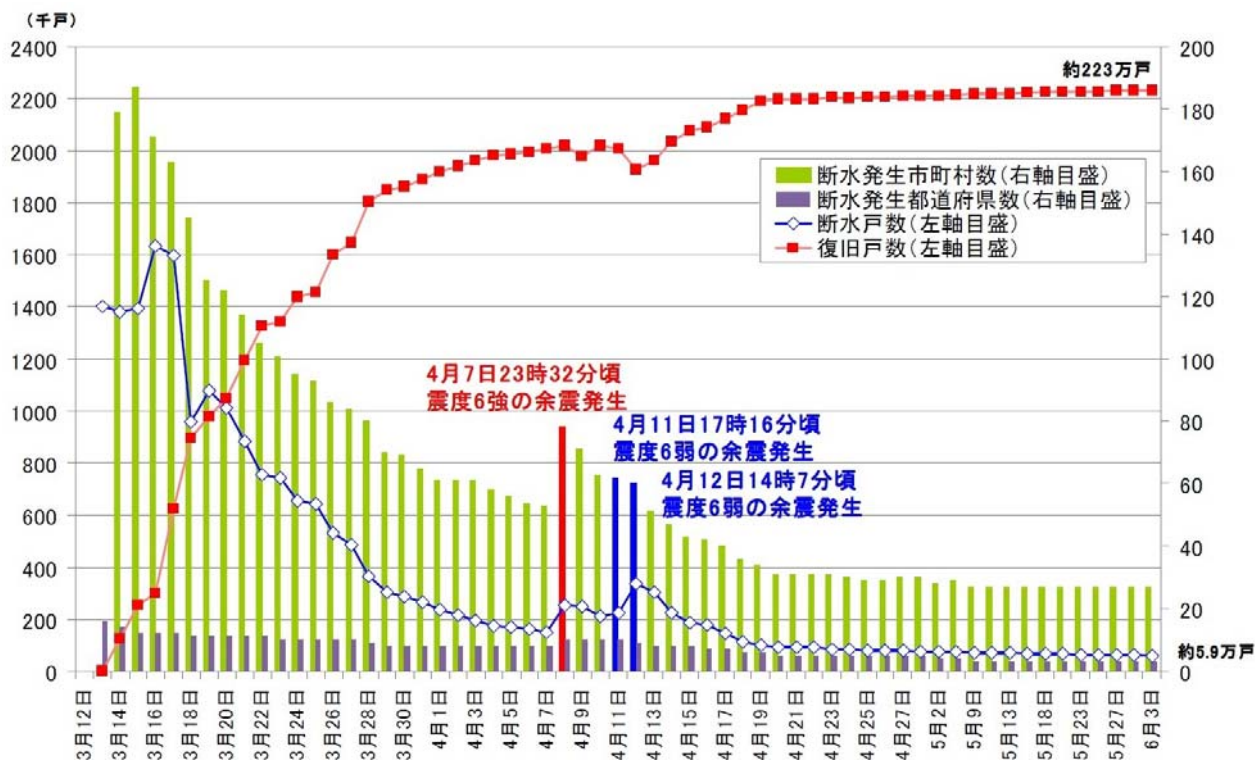


図 3.1.1 水道の復旧状況

況の被害分布図で、3月12日時点のものが、図3.1.2。同じく4月8日時点が、図3.1.3である。

本震災による水道の断水は、北海道、青森県、秋田県、山形県、岩手県、宮城県、福島県、群馬県、栃木県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、新潟県、山梨県、長野県、岐阜県、静岡県、茨城県で発生した。発災直後の断水戸数は、220 万戸以上であった。

平成23年7月22日の時点で、岩手県、宮城県と福島県で約4.8万戸の断水が発生していた。これらの多くは、津波により家屋等が流出した地域である。津波被災地区を除き、震災発生から1ヶ月で90%程度の復旧が完了した。しかし、4月7日の余震(M7.1)と、

表 3.1.1 岩手県の被害状況 (2011年7月22日現在)

〔21,116 戸断水：うち家屋等流出地域全て〕

市町村等	断水戸数			復旧戸数
	総数	現時点	うち家屋等 流失地域	
大船渡市	15,600 戸	2,600 戸	全て	13,000 戸
陸前高田市	8,000 戸	3,662 戸	応急給水中	4,338 戸
釜石市	13,604 戸	4,779 戸	応急給水中	8,825 戸
大槌町	5,605 戸	3,108 戸	応急給水中	2,497 戸
宮古市	21,388 戸	3,459 戸	全て	17,929 戸
山田町	6,000 戸	3,000 戸	全て	3,000 戸
岩泉町	188 戸	40 戸	全て	148 戸
田野畑村	395 戸	182 戸	全て	213 戸
野田村	801 戸	331 戸	全て	470 戸

表 3.1.2 宮城県の被害状況 (2011年7月22日現在)

〔22,362 戸断水：うち家屋等流出地域 21,705 戸〕

市町村等	断水戸数			復旧戸数
	総数	現時点	うち家屋等 流失地域	
仙台市	209,500 戸	1,700 戸	全て	207,800 戸
気仙沼市	25,809 戸	6,182 戸	応急給水中	19,627 戸
女川町	3,049 戸	1,849 戸	応急給水中	1,200 戸
岩沼市	15,979 戸	609 戸	全て	15,370 戸
名取市	9,200 戸	2,200 戸	2,100 戸	7,000 戸
亘理町	11,847 戸	503 戸	全て	11,344 戸
七ヶ浜町	6,518 戸	150 戸	全て	6,368 戸
山元町	5,453 戸	1,388 戸	全て	4,065 戸
石巻広域水道(石巻市、東松島市)	75,673 戸	4,025 戸	応急給水中	71,648 戸
南三陸町	5,066 戸	3,701 戸	応急給水中※	1,365 戸

※生活用水として703 戸仮通水

表 3.1.3 福島県の被害状況（2011 年 7 月 22 日現在）

〔4,278 戸断水：うち家屋等流出地域 4,208 戸〕

市町村等	断水戸数			復旧戸数
	総数	現時点	うち家屋等 流失地域	
福島市	111,000 戸	19 戸		110,981 戸
南相馬市	17,500 戸	500 戸	496 戸	17,000 戸
いわき市	130,000 戸	552 戸	応急給水中	129,448 戸
相馬地方水道企業団(相馬市、新地町)	20,940 戸	3,200 戸	全て	17,740 戸
双葉地方水道企業団(広野町の区域)	2,164 戸	127 戸	80 戸	2,037 戸

※双葉地方水道企業団(双葉町、大熊町、富岡町及び楢葉町の区域)、南相馬市の一部、浪江町及び葛尾村は、避難指示等により被害調査等の活動を停止中

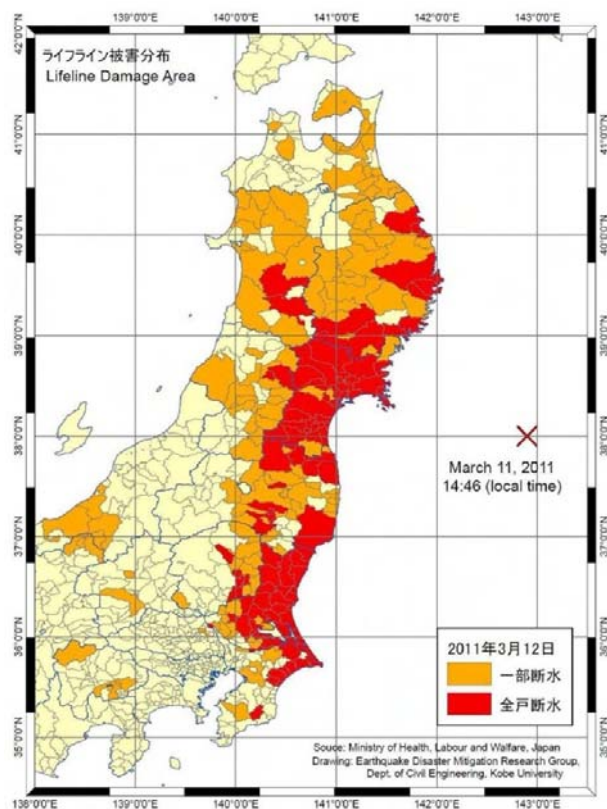


図 3.1.2 各市町村の断水状況の被害分布図（3 月 12 日現在）

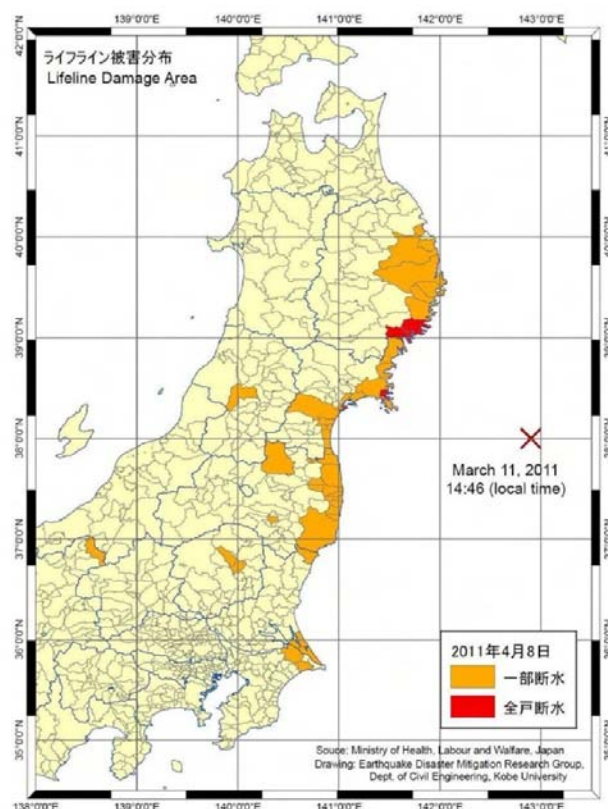


図 3.1.3 各市町村の断水状況の被害分布図（4 月 8 日現在）

4 月 11 日の余震（M7.0）により、新たな断水が発生した。

3.1.2 管路〔導水管・送水管・配水本管（配水支管を除く）〕・・・仙台市水道局の場合 (1) 今回の地震

仙台市での導水管・送水管・配水本管の口径・管種別管路延長は、表 3.1.4 の通りである。管種は、ダクトイル鉄管の延長が 351km と最も長く、全体の 74 %を占めている。つぎに、鋼管が 111km で長く、全体の 24%を占めている。口径別管路延長は、呼び径 300 mm～450 mm で 181km となり、全体の 38%を占めている。

表 3.1.4 導水管・送水管・配水本管の口径・管種別管路延長（仙台市）

[単位:m]

口径 [mm]	全体延長 [m]	铸铁管 (CIP)	ダクトイル鉄管 (DIP)		鋼管(SP)		塩化ビニル管(VP)			その他
			耐震	その他	溶接	その他	RR	ロング RR	その他	
φ 75	220	0	0	154	55	0	0	0	11	0
φ 100	5,070	11	295	1,726	1,209	0	0	1,690	100	39
φ 125	39	0	0	0	39	0	0	0	0	0
φ 150	21,700	0	3,761	17,000	468	0	0	0	437	34
φ 200	14,801	87	3,665	10,510	399	0	0	0	0	140
φ 250	22,604	21	9,716	12,457	400	0	0	0	0	10
φ 300	49,651	17	12,613	33,596	3,172	0	0	0	0	252
φ 350	20,728	0	4,019	15,938	746	0	0	0	0	25
φ 400	102,502	68	45,627	47,477	7,055	0	0	0	103	2,172
φ 450	8,335	0	7,602	623	52	0	0	0	0	58
φ 500	68,332	3,199	16,158	37,491	11,430	0	0	0	0	54
φ 550	168	83	0	0	0	0	0	0	0	85
φ 600	43,502	1,750	15,480	14,968	11,031	0	0	0	0	272
φ 700	33,473	0	1,888	15,787	15,775	0	0	0	0	22
φ 800	15,282	0	5,601	5,600	4,081	0	0	0	0	0
φ 900	15,998	0	4,356	3,418	8,223	0	0	0	0	0
φ 1000	10,547	0	0	4	10,544	0	0	0	0	0
φ 1100	37,598	0	0	2,074	35,524	0	0	0	0	0
φ 1200	1,036	0	0	3	1,033	0	0	0	0	0
φ 1500	1,189	0	0	1,189	0	0	0	0	0	0
合計	472,775	5,235	130,782	220,017	111,236	0	0	1,690	651	3,163

仙台市での導水管・送水管・配水本管の被害は、表 3.1.5 である。また、被害プロット図が、図 3.1.4 である。口径・管種・被害形態別の被害件数を、表 3.1.6 に示す。

主な被害状況は、下記の通りである。

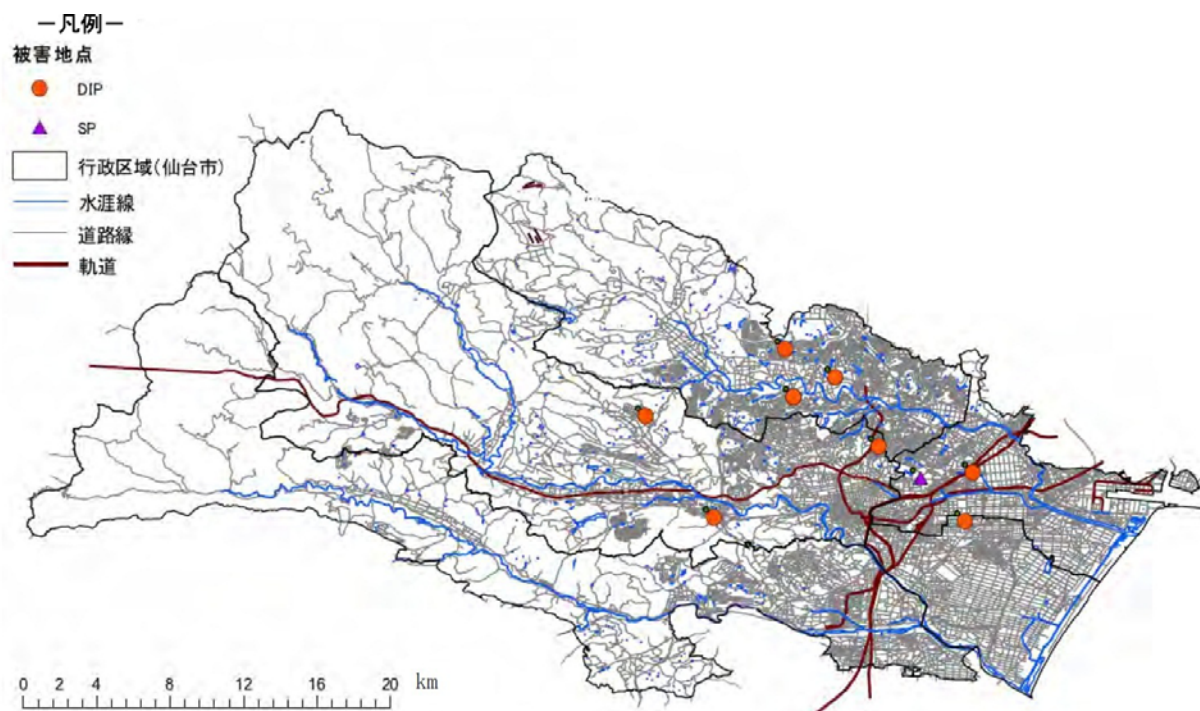
- ① 被害件数は、管路本体が 10 件、付属施設が 43 件であった。被害率は、付属施設を除いて計算すると、平均で 0.02 件/km であった。
- ② ダクトイル鉄管の被害件数は 9 件であり、被害率は 0.03 件/km であった。主な被害形態は、継手部からの漏水であった。なお、ダクトイル鉄管の耐震継手は、約 130km 布設されていたが被害はなかった。

表 3.1.5a 導水管・送水管・配水本管の被害（仙台市）（1）

No.	導・送・配 水管区分	管種	口径	布設 年度	被害形態	被害要因	補足
1	導水管	DIP	400	H9	付属施設	地震動	空気弁
2	導水管	DIP	800	S57	付属施設	地震動	空気弁
3	導水管	SP	1200	H5	付属施設	地震動	空気弁
4	送水管	DIP	250	S59	継手漏水	地震動	
5	送水管	DIP	300	S51	継手漏水	地震動	接合部材ボルトナットの取替
6	送水管	DIP	300	S52	継手漏水	周辺地盤等の崩落	
7	送水管	DIP	300	S53	継手漏水	地震動	
8	送水管	DIP	400	H1	付属施設	地震動	空気弁
9	送水管	DIP	400	H1	付属施設	地震動	空気弁
10	送水管	DIP	400	H9	付属施設	地震動	空気弁
11	送水管	DIP	500	H1	付属施設	地震動	空気弁
12	送水管	DIP	500	H9	付属施設	地震動	空気弁
13	送水管	SP	600	S49	継手漏水	周辺地盤等の崩落	溶接継手
14	配水管	DIP	300	S52	継手漏水	周辺地盤等の崩落	
15	配水管	DIP	400	S47	その他	地震動	
16	配水管	DIP	400	S53	付属施設	地震動	空気弁
17	配水管	DIP	400	S56	付属施設	地震動	空気弁
18	配水管	DIP	400	S58	付属施設	地震動	空気弁
19	配水管	DIP	400	S61	付属施設	地震動	消火栓
20	配水管	DIP	400	S62	付属施設	地震動	空気弁
21	配水管	DIP	400	S63	付属施設	地震動	空気弁
22	配水管	DIP	400	S63	付属施設	地震動	空気弁
23	配水管	DIP	400	S63	付属施設	地震動	空気弁
24	配水管	DIP	400	H15	付属施設	地震動	空気弁
25	配水管	DIP	400	H17	付属施設	地震動	空気弁
26	配水管	DIP	500	S52	継手漏水	地震動	
27	配水管	DIP	500	H19	付属施設	地震動	空気弁
28	配水管	DIP	600	S48	継手漏水	地震動	
29	配水管	DIP	600	H14	付属施設	地震動	空気弁
30	配水管	DIP	600	H15	付属施設	地震動	空気弁
31	配水管	DIP	600	H18	付属施設	地震動	空気弁
32	配水管	DIP	700	H17	付属施設	地震動	空気弁
33	配水管	DIP	800	S60	付属施設	地震動	空気弁
34	配水管	DIP	800	S62	付属施設	地震動	空気弁
35	配水管	DIP	800	S62	付属施設	地震動	空気弁

表 3.1.5b 導水管・送水管・配水本管の被害（仙台市）（2）

No.	導・送・配水管区分	管種	口径	布設年度	被害形態	被害要因	補足
36	配水管	DIP	800	S63	継手漏水	地震動	
37	配水管	DIP	900	S37	付属施設	地震動	空気弁
38	配水管	DIP	900	S59	付属施設	地震動	空気弁
39	配水管	DIP	900	S59	付属施設	地震動	空気弁
40	配水管	SP	400	不明	付属施設	地震動	空気弁
41	配水管	SP	500	S48	付属施設	地震動	空気弁
42	配水管	SP	500	S52	付属施設	地震動	空気弁
43	配水管	SP	600	S35	付属施設	地震動	空気弁
44	配水管	SP	600	S44	付属施設	地震動	空気弁
45	配水管	SP	600	S51	付属施設	地震動	空気弁
46	配水管	SP	800	H3	付属施設	地震動	空気弁
47	配水管	SP	800	H5	付属施設	地震動	空気弁
48	配水管	SP	900	S63	付属施設	地震動	仕切弁
49	配水管	SP	900	H19	付属施設	地震動	空気弁
50	配水管	SP	1100	S59	付属施設	地震動	空気弁
51	配水管	SP	1100	S59	付属施設	地震動	空気弁
52	配水管	SP	1100	S59	付属施設	地震動	空気弁
53	配水管	SP	1100	S61	付属施設	地震動	空気弁



備考1) 背景地図の提供：国土地理院発行の基盤地図情報（縮尺レベル25000）
備考2) 管路本体の被害地点のみプロットした。

図 3.1.4 被害プロット図（仙台市）

③ 鋼管の被害件数は 1 件であり、被害率は 0.01 件/km であった。被害形態は、溶接継手部からの漏水であった。鋼管の溶接継手は、約 111km 布設されていたが、被害は上記の 1 件しかなかった。

④ その他の管種については、被害はなかった。

表 3.1.6 口径・管種・被害形態別の被害件数（仙台市）

区分	管種		CIP	DIP	SP	VP	その他	計(件)	管路延長(km)	被害率(件/km)
管路全体	口径 「mm」	φ 75以下						0	0.2	0
		φ 100- φ 150						0	26.8	0
		φ 200- φ 250		1				1	37.4	0.03
		φ 300- φ 450		5				5	181.2	0.03
		φ 500- φ 900		3	1			4	176.8	0.02
		φ 1000以上						0	50.4	0
	計(件)		0	9	1	0	0	10	472.8	0.02
	管路延長(km)		5.2	350.8	111.2	2.3	3.2	472.8		
	被害率(件/km)		0	0.03	0.01	0	0	0.02		
	被害形態 ¹⁾	継手漏水		8	1			9		
		管体破損						0		
可とう管漏水							0			
その他			1				1			
付属施設	口径 「mm」	φ 75以下						0	0.2	0
		φ 100- φ 150						0	26.8	0
		φ 200- φ 250						0	37.4	0
		φ 300- φ 450		14	1			15	181.2	0.08
		φ 500- φ 900		14	9			23	176.8	0.13
		φ 1000以上			5			5	50.4	0.1
	計(件)		0	28	15	0	0	43	472.8	0.09

注1) 被害形態毎の被害件数は内訳である。

備考1) DIPの耐震継手には被害はなかった。(布設延長130km)

備考2) SPの溶接継手には継手漏水が1件あった。(布設延長111km)

(2) 過去の地震との比較

表 3.1.7 に示すように、本地震での仙台市の平均被害率 0.07 件/km で、過去の大地震と比較して少なく、管路被害は小さかった。これは、管路被害が多く発生すると言われている人工改変地盤が少ないことが挙げられる。また、1978 年に発生した宮城県沖地震以降、道路の地盤改良による補強等が進んでいたことにより、埋設地盤への影響が小さく、地盤変状の範囲も限定的であったためであると考えられている。

口径別被害率を、東日本大震災の仙台市と阪神・淡路大震災の神戸市、芦屋市、西宮市の 3 都市平均値とで比較した (表 3.1.8)。仙台市と神戸市、芦屋市、西宮市の 3 都市平

均値を比較すると、被害率の比率は、3～11%と小さく、また、口径が大きくなるにつれて被害率が減少するという同様の傾向が見られた。

管種別被害率を、東日本大震災の仙台市と阪神・淡路大震災の神戸市、芦屋市、西宮市の3都市平均値とで比較した（表 3.1.9）。仙台市と神戸市、芦屋市、西宮市の3都市平均値を比較すると、被害率の比率は、8～14%と小さく、また、管種間の被害率の違いは神戸市等の3都市平均値と同様の傾向が見られた。

表 3.1.7 東日本大震災（仙台市）と他の地震の平均被害率

地震名	事業体名	範囲	被害件数 (件)	管路延長 (km)	被害率 (件/km)
東日本大震災	仙台市	導・送・配水本管・配 水支管	264	3,761	0.07
阪神・淡路大震災	神戸市	導・送・配水管	1,264	4,002	0.32
	芦屋市	導・送・配水管	297	185	1.61
	西宮市	導・送・配水管	697	966	0.72
新潟中越地震	長岡市	導・送・配水管	328	1,080	0.3
能登半島地震	門前町	導・送・配水管	56	175	0.32
新潟中越沖地震	柏崎市	導・送・配水管	518	949	0.55

表 3.1.8 東日本大震災（仙台市）と阪神・淡路大震災（神戸市他）の口径別被害率

口径[mm]	仙台市			神戸市、芦屋 市、西宮市の3 都市	比率
	被害数 (件)	管路延長 (km)	被害率 (件/km)	被害率 (件/km)	仙台/神戸等
φ 75以下	92	438.2	0.21	1.9	11%
φ 100-150	144	2234.8	0.06	0.93	7%
φ 200-250	15	452.9	0.03	0.94	4%
φ 300-450	9	408	0.02	0.78	3%
φ 500以上	4	227.1	0.02	0.51	3%

表 3.1.9 東日本大震災（仙台市）と阪神・淡路大震災（神戸市他）の管種別被害率

口径[mm]	仙台市			神戸市、芦屋 市、西宮市の3 都市	比率
	被害数 (件)	管路延長 (km)	被害率 (件/km)	被害率 (件/km)	仙台/神戸等
ダクトイル鉄管 (DIP)	108	2722.3	0.04	0.49	8%
鋼管 (SP)	9	134.9	0.07	0.47	14%
塩化ビニル管 (VP)	147	881.1	0.17	1.43	12%

3.1.3 構造物と設備・・・仙台市水道局の場合

仙台市水道局では、地震動により沈澱池傾斜板の脱落・破損、監査廊の目地の損傷、ろ過池上屋の支柱のクラック、配水池の整流壁（コンクリート・ブロック造）の倒壊等が発生したが、地震直後に施設機能を停止するような被害は発生しなかった。また、緊急遮断弁は手動モードとなっていた施設を除き、正常に稼動した。施設の被害の概要は、表 3.1.10 に示した通りである。

主要浄水場では 54～98 時間の停電が発生した。電力の供給の概要は、表 3.1.11 である。各浄水場は浄水能力に対して 100%の自家発電設備が整備されており、正常稼動したため、停電による断水は発生しなかったが、自家発電設備の燃料の確保に苦慮した。

なお、仙台市の水源の概要は、表 2.1.12 の通りである。

表 3.1.10 施設被害の概要（仙台市）

分類	内容			備考
土木・建築施設	ろ過池上屋支柱クラック、整流壁（ブロック造）倒壊、目地損傷等			
水管橋	基幹管路の水管橋の被害なし			
機械設備	傾斜板固定金具ずれ、一部脱落			
電気設備	主な被害なし			
水質検査機器	ガスクロマトグラフ等 破損			
緊急遮断弁の状況	青葉山隧道配水池	容量57,000m ³	②機能した	未作動： テレメータ工事のため誤動作防止のため手動モードとなっていたため
	高森配水所	容量4,500m ³	未作動	
	大沢配水所	容量3,000m ³	未作動	
	向陽台配水所	容量3,000m ³	未作動	
	松陵配水所	容量4,500m ³	未作動	
	住吉台配水所	容量2,300m ³	未作動	
	加茂配水所	容量2,000m ³	未作動	
	虹の丘配水所	容量2,000m ³	未作動	
	寺岡配水所	容量2,500m ³	未作動	
	紫山配水所	容量5,000m ³	未作動	①機能した： 遮断弁の作動条件成立し、全閉した
	折立配水所	容量1,200m ³	①機能した	
	茂庭第二配水所	容量2,000m ³	②機能した	
	坪沼配水所	容量1,500m ³	②機能した	
	上原配水所	容量3,760m ³	①機能した	
	大年寺山配水所	容量16,000m ³	②機能した	
	芋沢配水所	容量3,000m ³	②機能した	
	黒森山配水所	容量10,000m ³	②機能した	
	中山第一配水所	容量1,200m ³	①機能した	②機能した： 遮断弁の作動条件不成立し、全閉に至らず
	中山第二配水所	容量1,260m ³	①機能した	

表 3.1.11 電力供給の概要（仙台市）

分類	内容	備考
電力供給の状況	停電 3月11日 14:46 ～ 3月15日 16:50 主要浄水場では54～98 時間に及ぶ長期の停電により、自家発電燃料の確保に非常に苦労をした。そのため主要浄水場へ燃料供給を優先させたため、送水ポンプ場等の自家発電には、燃料切れで停止し停電により断水に至った施設もあった。	
自家発電設備	国見浄水場 能力100% 正常稼動(58 時間) 中原浄水場 能力100% 正常稼動(54 時間) 福岡浄水場 能力100% 正常稼動(68 時間) 茂庭浄水場 能力100% 正常稼動(98 時間)	能力： 浄水能力に対する自家発電設備の能力

3.1.12 水源の概要（仙台市）

水源名	水源種別	実績年間取水量	浄水処理方式	実績年間浄水量
① 中原浄水場	表流水	6,860,360m ³	急速ろ過	7,045,540m ³
② 国見浄水場	表流水	23,392,980m ³	急速ろ過	24,099,420m ³
③ 茂庭浄水場	ダム貯留水	45,362,700m ³	急速ろ過	45,570,200m ³
④ 福岡浄水場	表流水・ダム貯留水	11,005,850m ³	急速ろ過	10,934,450m ³

3.2 建物内の給排水・給湯設備の被害

建物内の給排水衛生設備の被害は、社団法人日本建築学会がまとめた『2011 東北地方太平洋沖地震災害調査速報』の中の「建築設備の被害」をもとに、記述する。本報告書は、社団法人日本建築学会東北支部環境工学部会、社団法人空気調和・衛生工学会東北支部、社団法人電気設備学会東北支部、社団法人建築設備技術者協会東北支部の4団体が、東北地方建築設備関連学協会災害調査連絡会（委員長：東北文化学園大学 岡田誠之教授）を設立して調査をして、まとめた。

建築設備としての被害は、アンケート形式で行われ、回答数は、青森県 8 件、岩手県 20 件、宮城県 131 件、福島県 33 件、千葉県 1 件の合計 193 件であった。被害状況を給排水衛生設備、空気調和設備、電気設備に区分した比率は、図 3.2.1 の通りで、給排水衛生設備が 16%を占めた。

給排水衛生設備の被害状況は、表 3.2.1 の通りで、配管の吊り金物の切断が最も多く、つぎに貯湯槽の脚部座屈、脚部破損、アンカー抜けとなった。

3.2.1 被害の概要

2003 年に宮城県を中心に発生した 2 度の地震では、高置水槽等の貯水槽の被害が目立った。今回の地震では、貯湯槽の脚部や基礎、アンカー等の被害が散見された。同様に家庭用ヒートポンプ給湯機用タンクや電気温水器にも、同様の被害があった。

また屋外だけでなく屋内配管の切断や消火設備、循環式浴槽ろ過器など、給排水設備全般に被害があったのも特徴である。

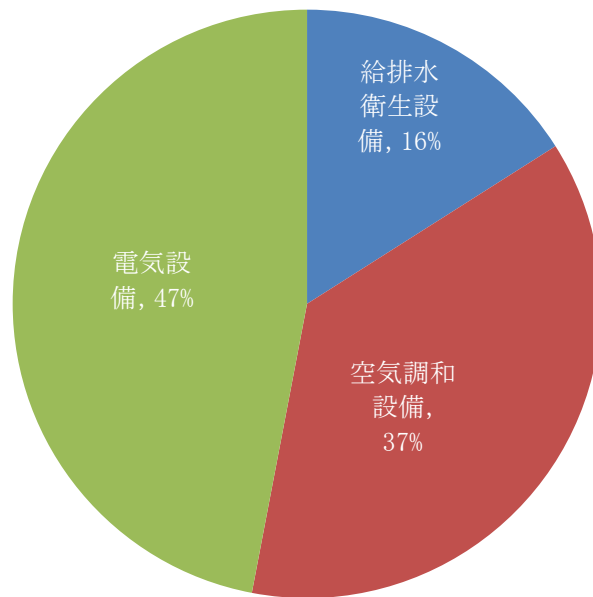


図 3.2.1 建築設備の被害状況の分布

表 3.2.1 機器別の給排水衛生設備の被害状況

機器名称	機器細目(件数)		被害状況
配管	吊り金物	5	切断
	空気抜き管	1	ネジ部破損
	給水管	1	破損
	継手	1	破損
	揚水管	1	破損
水槽	受水槽	3	パネル破損、基礎隆起
給湯	貯湯槽	4	アンカー抜け、脚部破損、脚部座屈
	給湯管	1	破損
衛生器具	洗面器用温水器脚部	1	破損
	大便器	1	破損
	掃除用流し	1	転倒
雨水	たて樋	1	ズレ曲り
排水	雨水枡	1	破損
	排水管	3	継手部切断、沈下、切断
その他	給水メータ	1	沈下
	通気管	1	はずれ
	グリーストラップ	1	沈下
	浴槽ろ過器	1	基礎破損
	外回り排水管	1	沈下(切断)
	浄化槽流入口	1	沈下(切断)

3.2.2 貯水槽の被害

2003年の地震では、貯水槽のうち高置水槽の被害が目立った。今回の地震では、地盤の隆起や液状化等を要因とする受水槽の傾斜(写真 3.2.1)や FRP 製水槽の損傷(写真 3.2.2)のほか、地震に強いとされてきたステンレス製水槽の崩壊も目立った。



写真 3.2.1 地盤隆起による受水槽の傾斜



写真 3.2.2 FRP 製受水槽のパネルの損傷

3.2.3 給水管の被害

給水管は、屋外の土中埋設部のほか、屋内配管にも損傷が生じた。屋外配管は、建物へ



写真 3.2.3 量水器ボックス周辺の給水管の破損



写真 3.2.4 高置水槽周辺の揚水管継手部の破損

の配管の導入部や量水器ボックス前後の埋設配管の損傷（写真 3.2.3）等のほか、液状化による配管破断などの被害もあった。

屋内配管の損傷の多くは、継手のネジ部やフランジによる接合箇所のガスケット損傷などである。写真 3.2.4 のように高置水槽の揚水管で、支持金物の腐食と高置水槽天板の強度不足が相俟って、継手（フランジ）接合部のネジが破損した事例も見られた。

3.2.4 貯湯槽の被害

東日本大震災で、とくに被害が目立ったものとして家庭用ヒートポンプ給湯機用タンクや電気温水器、業務用の貯湯槽等の被害が挙げられる。これらの被害の中には、取付けアンカーなどの破断も見受けられたが、本体脚部の強度不足等による損傷も目立った。

家庭用ヒートポンプ給湯機用タンクや電気温水器には、浄水が貯まっており、断水時の有効な水源と位置づけられている。しかし、アンカーの強度不足（写真 3.2.5）や本体脚部の強度不足による転倒により、水を使用できなかった事例もあった。震災後、仙台市と周辺で点検を行った結果では、400L 未満のタンクでは脚部の損傷は少なかったが、400L

以上の円筒状タンクには損傷が多く見られた。しかし、円筒形のタンクでは脚が 3 本なのに対して、立方体のタンクの脚は 4 本の場合があり、4 脚では 400L 以上のタンクでも被害は少なかったようだ。**写真 3.2.6** は、家庭用ヒートポンプ給湯機用タンクの脚部が損傷したためコンクリートブロックを置き、仮復旧した状況である。

業務用ビルの洗面器用の温水器（数十 L の貯湯容量を持つタイプ）では、脚部の樹脂製脚部が破損した例も見られた。

宿泊施設に設けられた貯湯槽では、**写真 3.2.7** のように長期使用による劣化により脚部が貯湯槽本体にめり込んだ例や、**写真 3.2.8** のように横型貯湯槽の脚部が損傷した例などの被害があった。



写真 2.2.5 家庭用ヒートポンプ給湯機用タンクの転倒



写真 2.2.6 家庭用ヒートポンプ給湯機用タンク脚部の仮復旧



写真 3.2.7 縦型貯湯槽脚部の本体へのめり込み



写真 3.2.8 横型貯湯槽脚部の座屈による傾斜

3.2.5 給湯管と関連機器の被害

給湯管には、銅管を使うことが多く、可撓性があるために管自体が破断することは少ない。しかし、ネジやフランジ等で接続した箇所には損傷が見られた。これらは、永年にわたって異種管金属（銅と鋼管、可鍛鋳鉄継手、青銅等）による電位差腐食が生じたものを考えられる。

写真 3.2.9 は、エア抜き弁下部の鋼管が脱落した被害の例を示したものである。



写真 3.2.9 給湯用エア抜き弁下部配管の損傷

3.2.6 排水処理設備の被害

排水処理設備は、家庭用、業務用を問わず、浄化槽や除害施設の槽全体や一部が沈降や浮上した被害、側近の法面崩壊に伴う損傷（写真 3.4.10）が見られた。また屋外に設置したグリース阻集器が沈下した例もあった。

被害の多くは、次項に述べるように浄化槽や除害施設は沈降や浮上をせず、周辺の地盤が沈下して、槽に接続する配管が被害を受けた例が多かった。



写真 3.2.10 法面崩壊による沈殿槽の浮上り転倒

3.2.7 屋外排水管の被害

液状化や地盤の変化により、屋外に埋設した排水管全体が、損傷を受けた例があった。また、地盤沈下に伴い建物から出た配管が破断や損傷を受けたものがあった(写真 3.2.11)。浄化槽や除外施設等の排水処理設備周辺の配管が損傷を受けた事例も多く見られた。

この他、排水枡と前後の配管が損傷した例もあった。



写真 3.2.11 浄化槽周辺の地盤沈下

3.2.8 屋内排水通気管の被害

屋内排水通気管も給水管や給湯管と同様で、継手部分での切断が主であった。配管の種類や継手によっても要因は異なる。メカニカル式継手ではガスケットの劣化、ネジ式継手ではネジ部の管痩せが原因となっている。何れも、地震による振動の影響により、被害に至ったようである。

3.2.9 衛生器具の被害

掃除用流しには、転倒したものがあつた(写真 3.2.12)。洋式便器は、破損により転倒したものや便器本体が破損したもの、ロータンの蓋や便座が落下したものなどがあつた(写真 2.2.13)。洗面器では、器具と配管との接続部で破断したものなどが見られた。



写真 3.2.12 掃除用流しの転倒



写真 3. 2. 13 洋式便器の転倒

3. 2. 10 消火設備の被害

屋内消火栓箱や補助散水栓箱が脱落（写真 3. 2. 14）して、変形したものがあつた。また二酸化炭素ボンベ架台の固定アンカーボルトが抜けた被害なども見られた。



写真 3. 2. 14 消火用補助散水栓箱の脱落

3. 2. 11 循環式浴槽ろ過器の被害

砂式ろ過器の本体の FRP 製脚部とろ過器本体の接着部が分離して、本体が脱落した事例

があった（写 3.2.15）。また、カートリッジフィルタと石英斑岩（麦飯石）とを組み合わせたろ過器から、砂式ろ過器に更新した際に基礎を大きくしたが、基礎本体と拡張した基礎部に埋め込んだアンカーが破壊した例も見られた（写真 3.2.16）。

砂式ろ過器は、貯湯槽同様に缶体内部が重量物であり、設置方法や本体強度を有する必要がある。また、機器を設置する基礎の必要性も考慮する必要がある、写真 3.2.17 のように基礎を撤去して、架台に変更した例もあり、今後、検討が必要である。



写真 3.2.15 砂式ろ過器の脚部と本体との分離



写真 3.2.16 砂式ろ過器への変更に伴い基礎を大きくした部分の損傷



写真 3.2.17 砂式ろ過器の基礎を撤去して、鋼製架台に変更

【参考文献】

- 1) 厚生労働省健康局水道課と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』2011 年 9 月

(担当株式会社ユアテック 赤井仁志)

4 震災直後の飲料水の需給分布メッシュ解析

4.1 東日本大震災時の仙台市における上水道復旧過程に関する調査

東日本大震災では上水道被害により最大で約 23 万戸が断水し、約 50 万人に影響を及ぼした。本節では、仙台市の配水ブロックの住所一覧資料と仙台市の町丁目データを基に、GISを用いて配水ブロックを標準地域メッシュ（第 4 次メッシュ）にて再現した（図 4.1.1）。その配水ブロックGISデータに、仙台市水道局から頂いた配水ブロックの断水被害人口を入力し、経過日数に伴う配水ブロックの断水被害人口を図化した。その経過日数に伴う配水ブロックの断水被害人口と上水道復旧進捗状況図を比較しながら分析を行う。

拠点給水分布は、新聞や仙台市水道局のホームページ等による広報をまとめ、GISデータ化を行った。

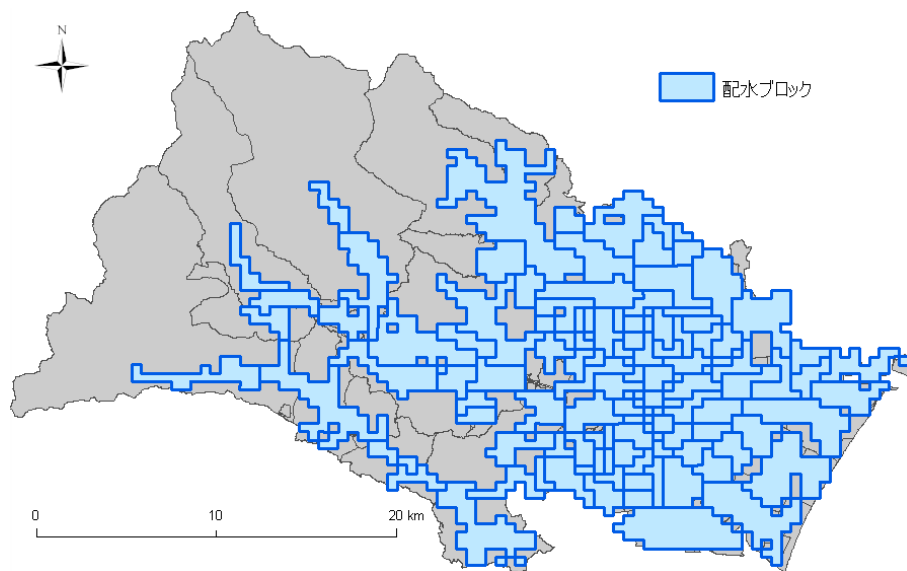


図 4.1.1 仙台市配水ブロック（標準地域メッシュ・4次メッシュ同定）

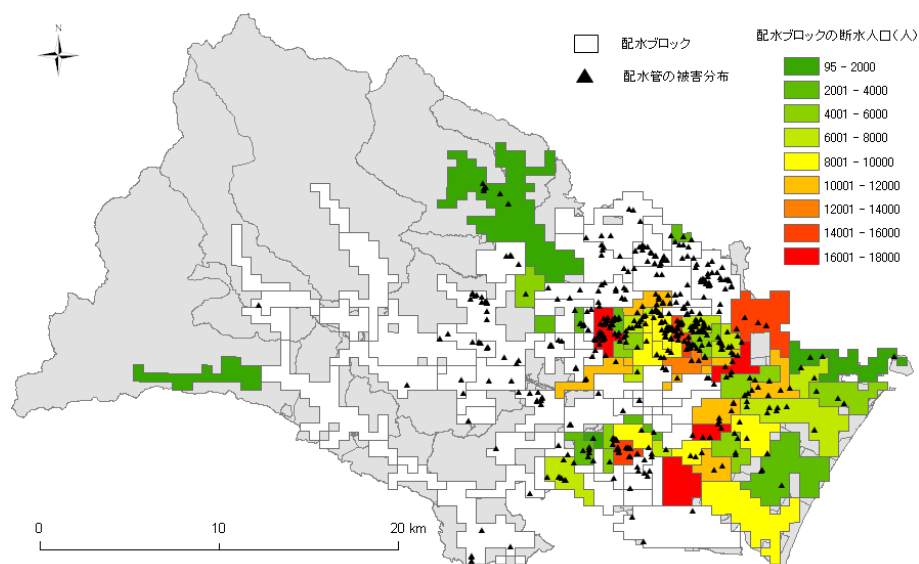


図 4.1.2 東日本大震災に伴う断水状況（3月11日）

図 4.1.2 は地震発生日の 3 月 11 日の断水状況である。震災直後、仙台市の広範囲にわたり、配水管が被害を受けた。断水した配水ブロックは配水管の被害の影響による断水と、地震直後送水管が停止した影響を受けたものによる断水だと考えられる。しかしながら、漏水箇所の把握が遅れ、断水になっていない配水ブロックがみられる。この日、給水車は出動していない。（断水戸数：186,000 戸、復旧率：－）

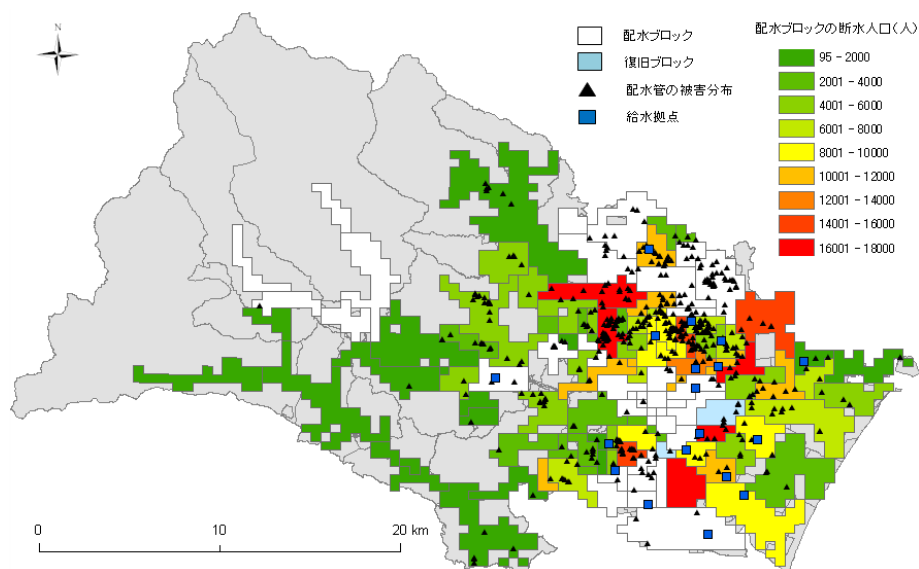


図 4.1.3 東日本大震災に伴う断水状況（3月12日）

図 4.1.3 は 3 月 12 日の断水状況である。漏水箇所の把握が進んだことにより断水した配水ブロックや、11 日に引き続き送水ポンプを停止した影響で断水した配水ブロック等が増加している。断水になっていない配水ブロックに給水拠点が設置されているが、津波被害の影響により避難した避難所等に給水拠点が設置されたと考えられる。（断水戸数：226,000 戸、復旧率：－、給水拠点：18 箇所）

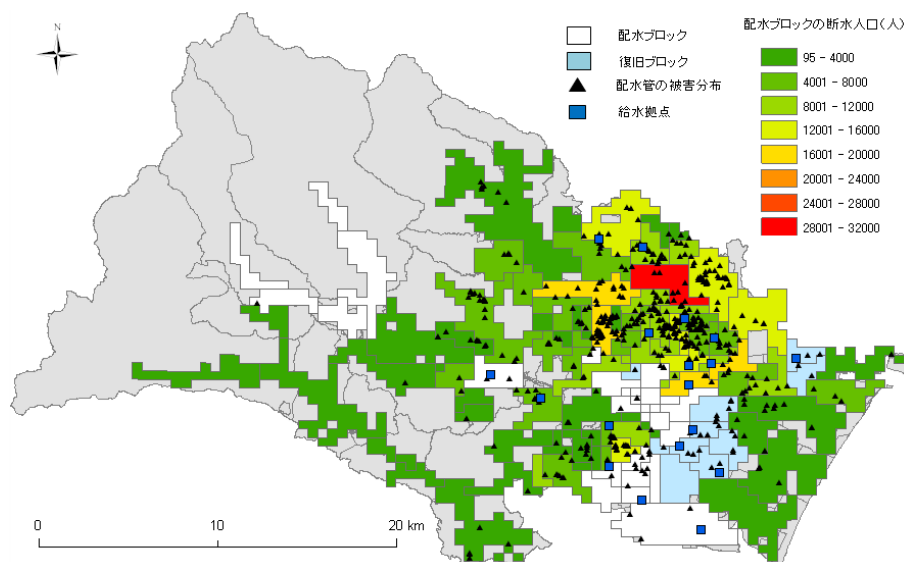


図 4.1.4 東日本大震災に伴う断水状況（3月13日）

図 4.1.4 は 3 月 13 日の断水状況である。13 日から主要配水幹線の復旧や水系切替による給水区域確保作業が開始された。この作業により復旧した配水ブロックがみられるが、漏水箇所の把握が進み断水した配水ブロックや、送水ポンプを停止した影響で断水した配水ブロック等の増加に伴い断水戸数も増加している。（断水戸数：231,000 戸、復旧率：－、給水拠点：18 箇所）

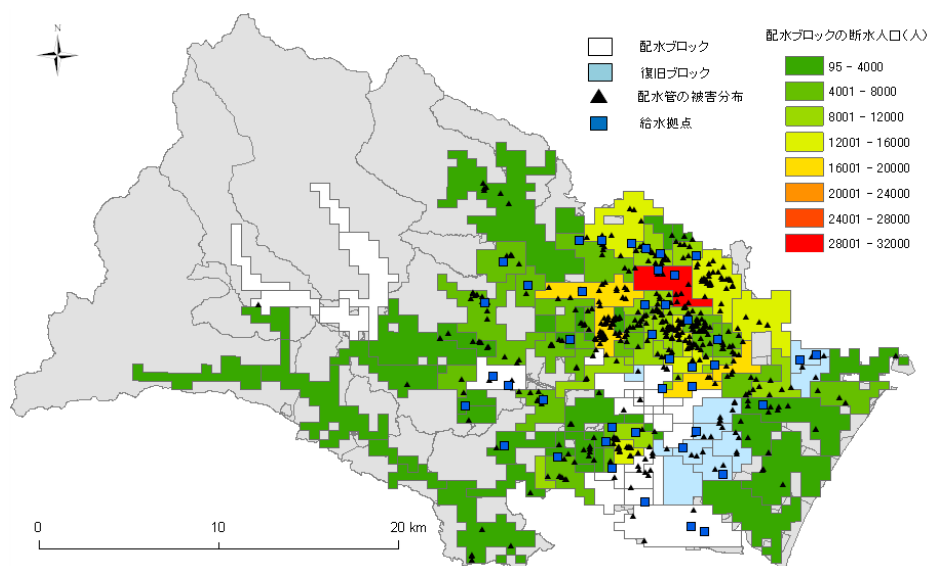


図 4.1.5 東日本大震災に伴う断水状況（3月14日）

図 4.1.5 は 3 月 14 日の断水状況である。14 日は引き続き主要配水幹線の復旧や水系切替による給水区域確保作業が行われた。その作業により一部の配水ブロックで復旧が見られた。また、14 日から給水拠点が増加している。給水拠点は断水人口が比較的多いブロックに集中し設置されている。（断水戸数：231,000 戸、復旧率：－、給水拠点：42 箇所）

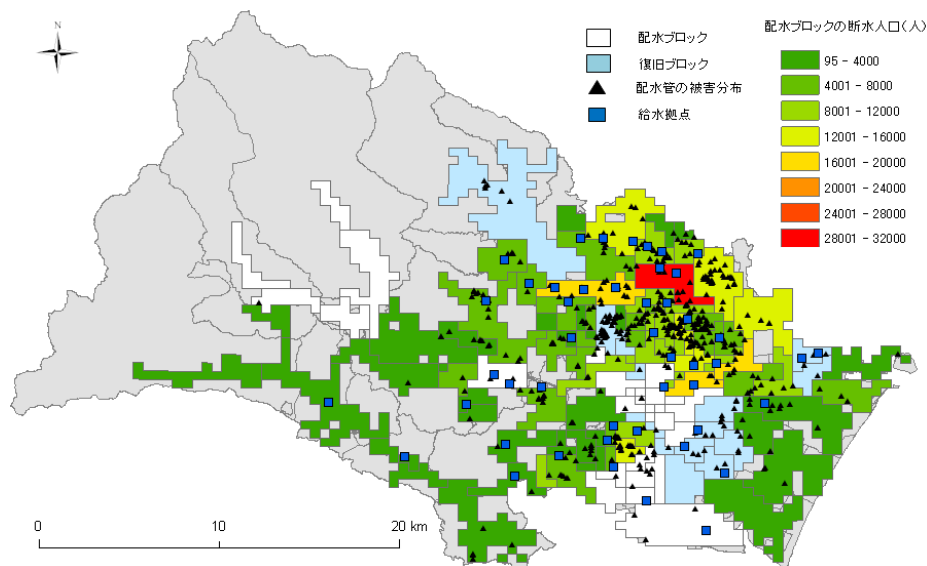


図 4.1.6 東日本大震災に伴う配水ブロックの断水人口（3 月 15 日）

図 4.1.6 は 3 月 15 日の断水状況である。15 日は引き続き主要配水幹線の復旧や水系切替による給水区域確保作業が行われた。その作業により一部の配水ブロックで復旧が見られる。断水人口が最も増加した 14 日と比較し、復旧率は約 5%であった。(断水戸数 :220,000 戸、復旧率 : 4.8%、給水拠点 : 47 箇所)

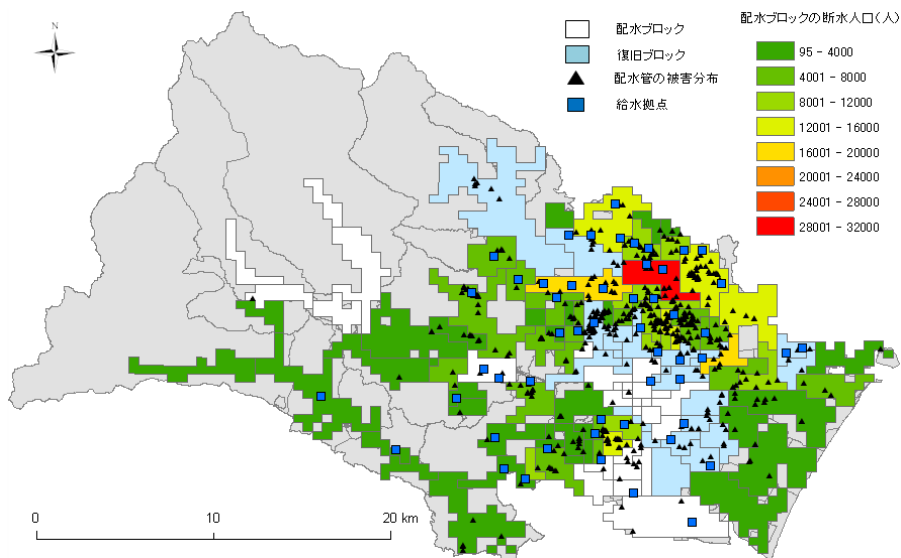


図 4.1.7 東日本大震災に伴う配水ブロックの断水人口（3 月 16 日）

図 4.1.7 は 3 月 16 日の断水状況である。16 日は引き続き主要配水幹線の復旧作業が行われた。また、この日から配水所等の復旧や、各配水区域の復旧作業が行われた。その作業により、前日と比較し断水戸数が大幅に減少している。また、仙台市内の中心部の配水ブロックで復旧が見られる。(断水戸数 :173,000 戸、復旧率 :25.3%、給水拠点 :52 箇所)

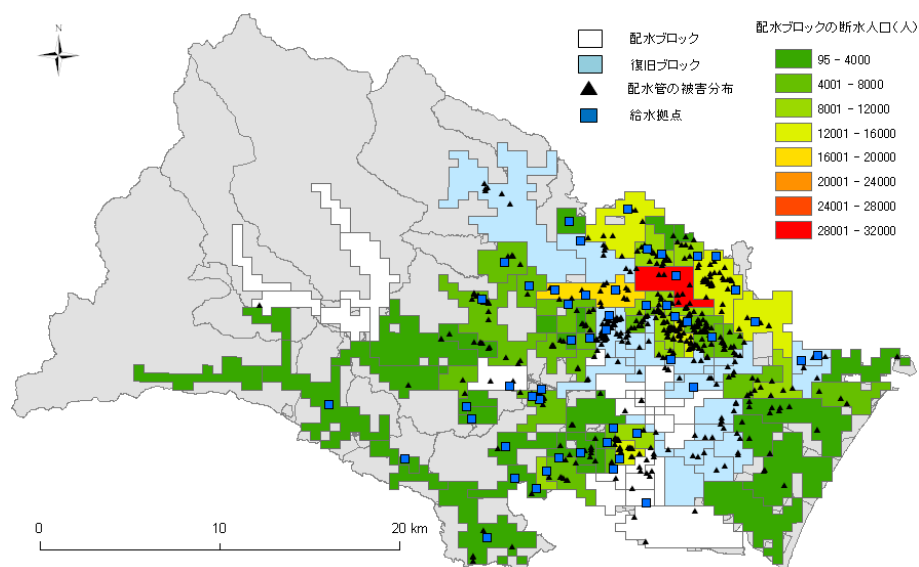


図 4.1.8 東日本大震災に伴う配水ブロックの断水人口（3 月 17 日）

図 4.1.8 は 3 月 17 日の断水状況である。17 日は引き続き主要配水幹線の復旧、配水所等の復旧、各配水区域の復旧作業が行われた。断水の復旧は、比較的配水管の被害が少ない配水ブロックから復旧しているようにみられる。（断水戸数：163,000 戸、復旧率：29.4%、給水拠点：51 箇所）

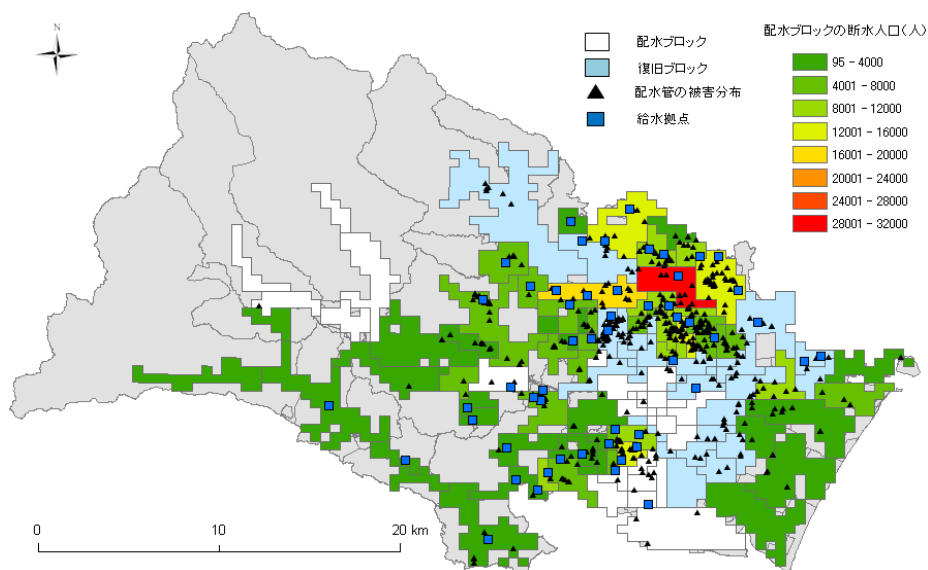


図 4.1.9 東日本大震災に伴う配水ブロックの断水人口（3 月 18 日）

図 4.1.9 は 3 月 18 日の断水状況である。18 日は主要配水幹線が完全復旧し、配水所等の復旧、各配水区域の復旧作業が行われた。（断水戸数：155,000 戸、復旧率：32.9%、給水拠点：53 箇所）

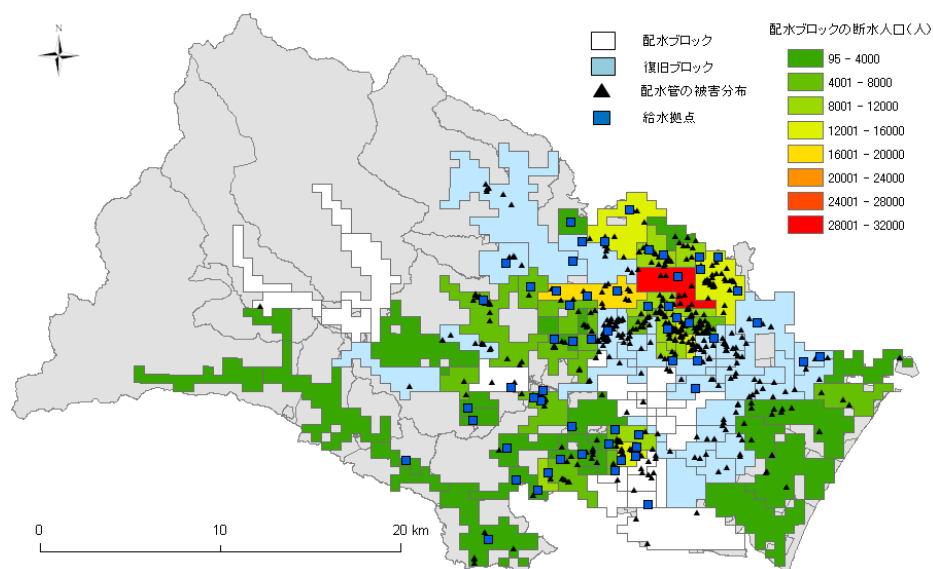


図 4.1.10 東日本大震災に伴う配水ブロックの断水人口（3 月 19 日）

図 4.1.10 は 3 月 19 日の断水状況である。19 日は配水所等の復旧、各配水区域の復旧作業が行われた。震災発生から約 1 週間後、配水管等の復旧が進み復旧率は 40%となった。また、津波被害地域（仙台市西部）を除き、仙台市西部の配水ブロックの復旧が完了した。（断水戸数：141,000 戸、復旧率：39.0%、給水拠点：58 箇所）

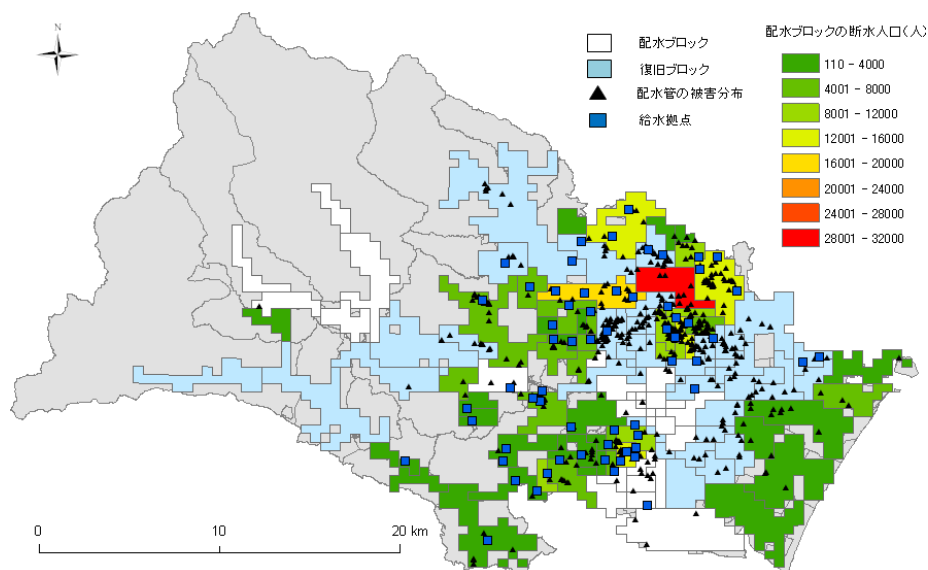


図 4.1.11 東日本大震災に伴う配水ブロックの断水人口（3 月 20 日）

図 4.1.11 は 3 月 20 日の断水状況である。20 日は配水所等の復旧、各配水区域の復旧作業が行われた。仙台市東部の配水ブロックが一部を残し復旧している。（断水戸数：127,000 戸、復旧率：45.0%、給水拠点：62 箇所）

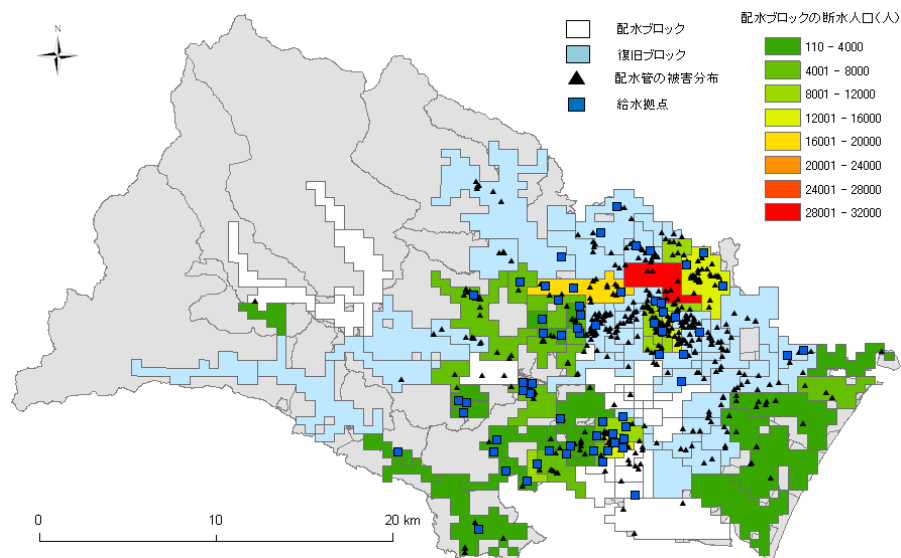


図 4.1.12 東日本大震災に伴う配水ブロックの断水人口（3 月 21 日）

図 4.1.12 は 3 月 21 日の断水状況である。21 日は各配水区域の復旧作業が行われた。仙台市北部の断水復旧がみられ、給水拠点所が仙台市南部で断水している配水ブロックへ移っている。（断水戸数：114,000 戸、復旧率：50.6%、給水拠点：64 箇所）

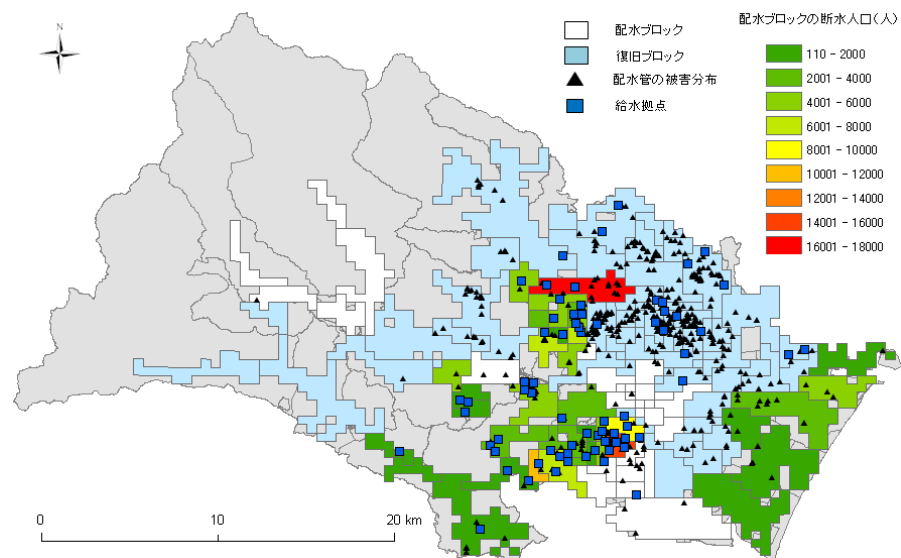


図 4.1.13 東日本大震災に伴う配水ブロックの断水人口（3 月 22 日）

図 4.1.13 は 3 月 22 日の断水状況である。仙台市北部や東部での断水の復旧がみられる。また、22 日は宮城県仙南仙塩広域水道の 2,400mm 送水管が復旧し仙台市への送水が開始した。そのため、宮城県仙南仙塩広域水道からの受水を行っている配水所等の復旧作業も開始された。（断水戸数：69,000 戸、復旧率：70.1%、給水拠点：70 箇所）

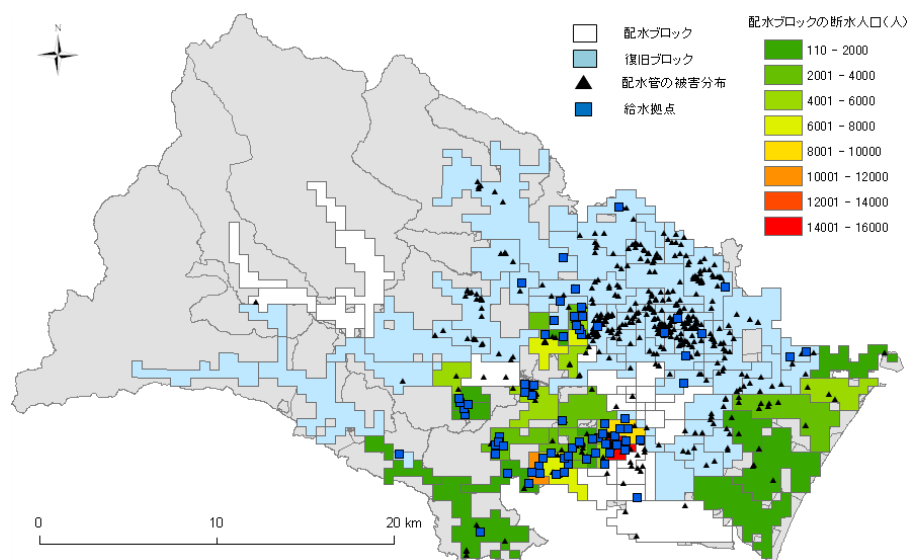


図 4.1.14 東日本大震災に伴う配水ブロックの断水人口（3月23日）

図 4.1.14 は 3 月 23 日の断水状況である。22 日に引き続き、宮城県仙南仙塩広域水道からの受水を行っている配水所等の復旧作業、各配水区域の復旧作業が行われた。この日は給水拠点所が 72 箇所を設置された。（断水戸数：56,000 戸、復旧率：75.8%、給水拠点：72 箇所）

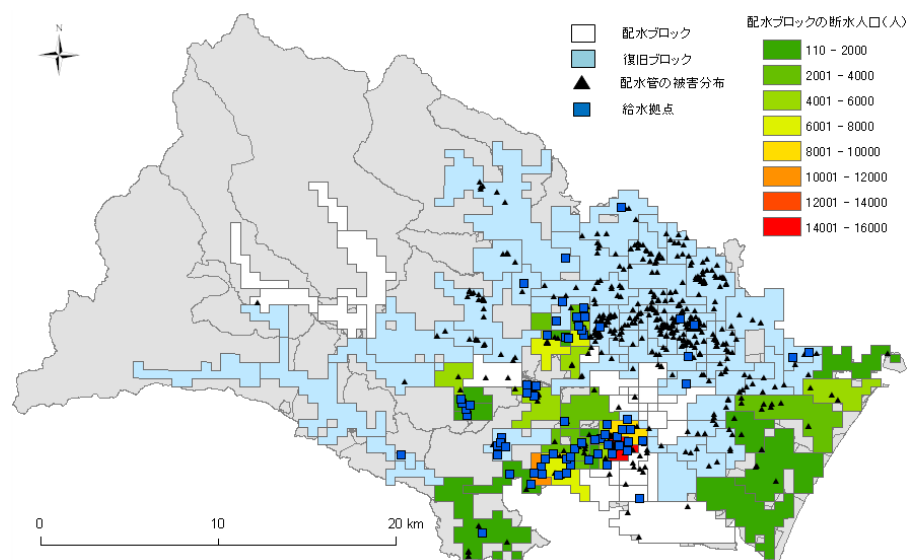


図 4.1.15 東日本大震災に伴う配水ブロックの断水人口（3月24日）

図 4.1.15 は 3 月 24 日の断水状況である。23 日に引き続き、宮城県仙南仙塩広域水道からの受水を行っている配水所等の復旧作業、各配水区域の復旧作業が行われた。断水している配水ブロックは津波被害範囲を除き、宮城県仙南仙塩広域水道からの受水を行っている配水ブロックのみになった。（断水戸数：55,000 戸、復旧率：76.2%、給水拠点：70 箇所）

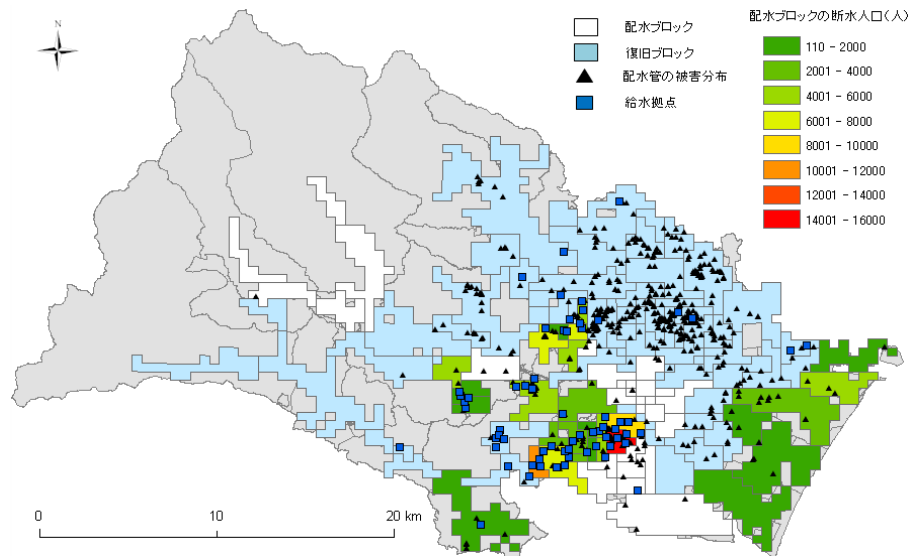


図 4.1.16 東日本大震災に伴う配水ブロックの断水人口（3月25日）

図 4.1.16 は 3 月 25 日の断水状況である。24 日に引き続き、宮城県仙南仙塩広域水道からの受水を行っている配水所等の復旧作業、各配水区域の復旧作業が行われた。給水拠点所は仙台市各地に設置されているが、断水している配水ブロック（八木山周辺）に集中している。（断水戸数：52,000 戸、復旧率：77.5%、給水拠点：65 箇所）

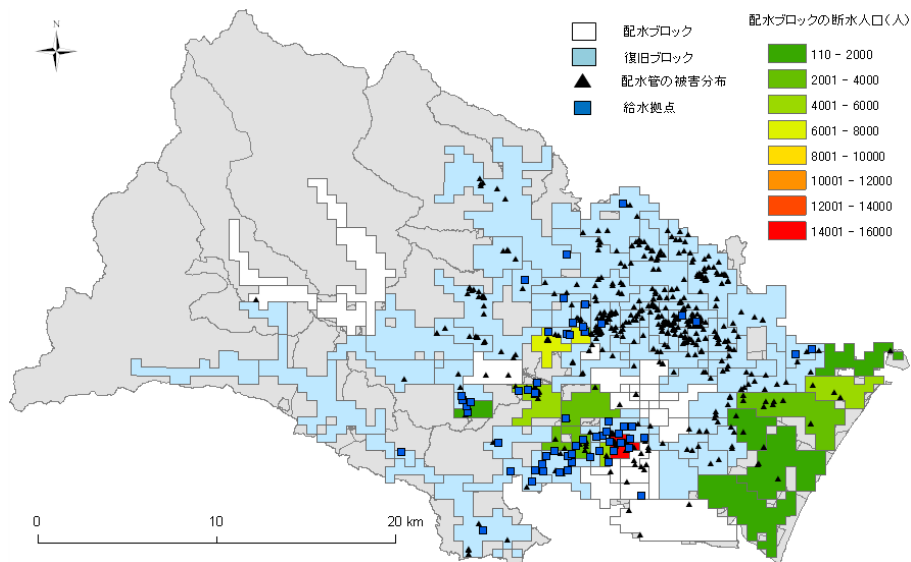


図 4.1.17 東日本大震災に伴う配水ブロックの断水人口（3月26日）

図 4.1.17 は 3 月 26 日の断水状況である。25 日に引き続き、宮城県仙南仙塩広域水道からの受水を行っている配水所等の復旧作業、各配水区域の復旧作業が行われた。26 日の断水戸数を 25 日と比較すると、半数に減少していることがわかる。（断水戸数：25,000 戸、復旧率：89.2%、給水拠点：60 箇所）

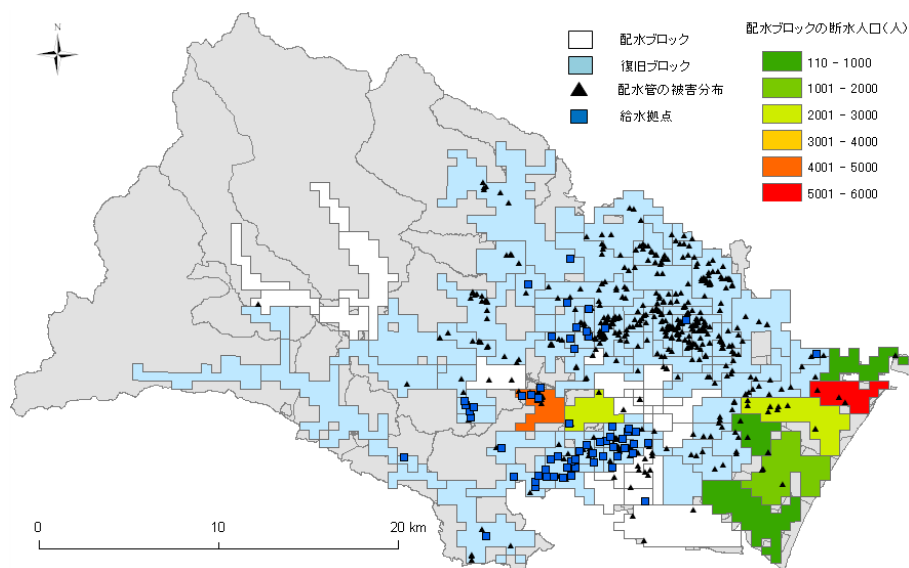


図 4.1.18 東日本大震災に伴う配水ブロックの断水人口（3月27日）

図 4.1.18 は 3 月 27 日の断水状況である。26 日に引き続き、宮城県仙南仙塩広域水道からの受水を行っている配水所等の復旧作業、各配水区域の復旧作業が行われた。断水が復旧した配水ブロックにも給水拠点が設置されているが、これは水道局で行う修繕の管轄外（道路境界線より宅地側）で発生した被害による住宅等の断水が続いているためだと考えられる。（断水戸数：9,000 戸、復旧率：96.1%、給水拠点：62 箇所）

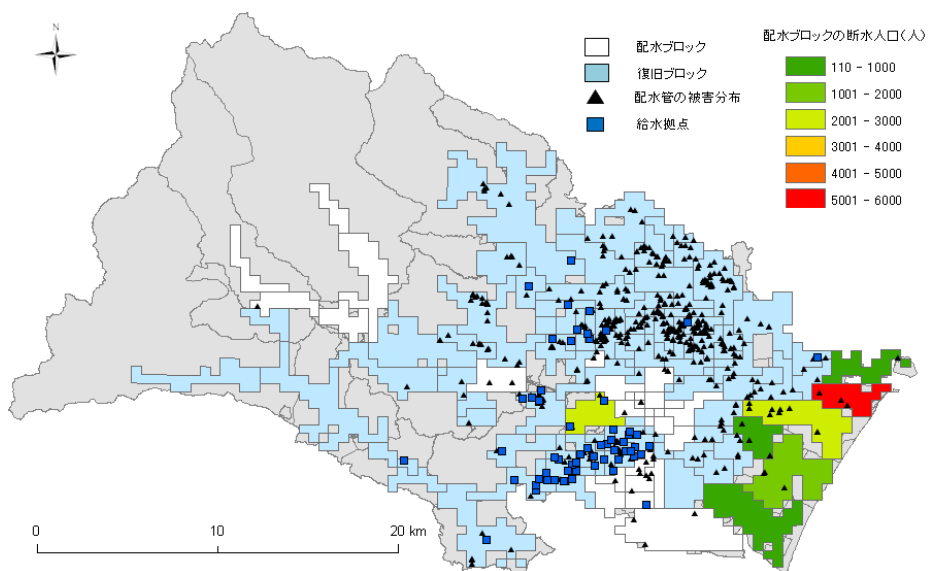


図 4.1.19 東日本大震災に伴う配水ブロックの断水人口（3月28日）

図 4.1.19 は 3 月 28 日の断水状況である。配水所の復旧が完了し、27 日に引き続き、宮城県仙南仙塩広域水道からの受水を行っている配水区域の復旧作業が行われた。（断水戸数：6,000 戸、復旧率：97.4%、給水拠点：59 箇所）

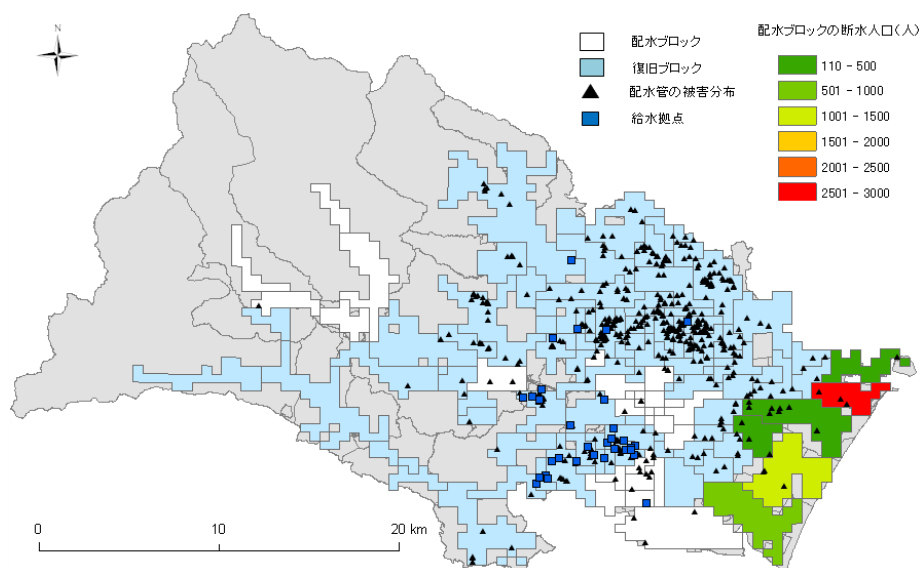


図 4.1.19 東日本大震災に伴う配水ブロックの断水人口（3月29日）

図 4.1.19 は 3 月 29 日の断水状況である。28 日に引き続き、宮城県仙南仙塩広域水道からの受水を行っている各配水区域の復旧作業が行われた。津波被害を受けた仙台市西部以外の配水ブロックは完全復旧した。（断水戸数：3,000 戸、復旧率：98.7%、給水拠点：32 箇所）

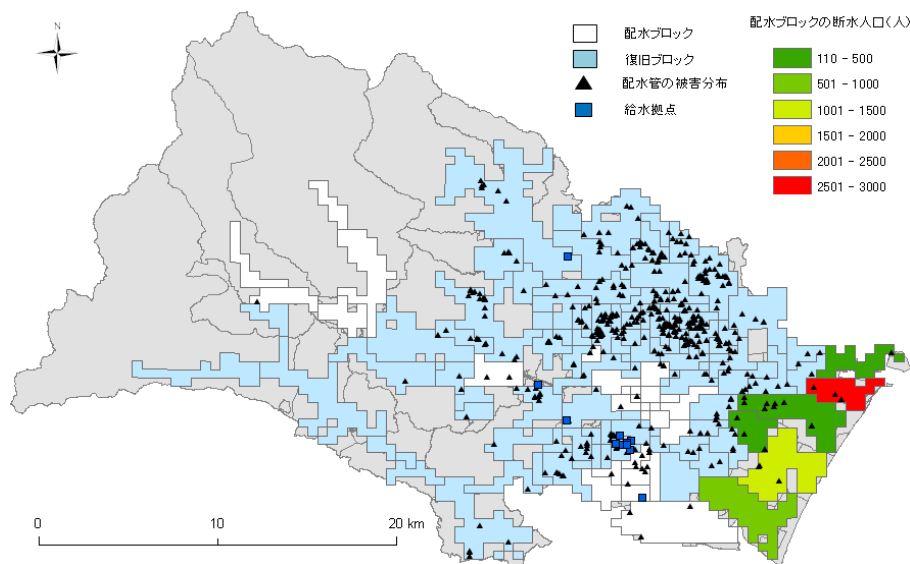


図 4.1.20 東日本大震災に伴う配水ブロックの断水人口（3月30日）

図 4.1.20 は 3 月 30 日の断水状況である。水道局で行う修繕の管轄外（道路境界線より宅地側）で発生した被害による住宅等の断水の復旧が進んだため、29 日の給水拠点所の 1/3 程度まで設置数が減少したと考えられる。（断水戸数：3,000 戸、復旧率：98.7%、給水拠点：11 箇所）

4.2 東日本大震災時の仙台市における応急給水体制に関する調査

完全復旧までの間、給水車による臨時給水所や応急給水施設による給水活動が行われ、給水車は3月19日に最大で75台が給水を行っている。東日本大震災時の仙台市における応急給水活動の概要について以下に示す。本節では、断水被害に伴い経過日数ごとに設置された、拠点給水所・臨時給水所の場所ついで調査を行った。図4.2.1に東日本大震災時の仙台市における断水戸数の復旧進捗状況と給水車の出動の動向を示す。

◆給水車による応急給水状況

仙台市の給水車は6台、18大都市水道局相互応援に関する覚書により札幌市3台、東京と4台、日本水道協会を通じて新潟市、名古屋市などから48台、都市間の応援として京都市、白老町などから4台、自衛隊から6台、など各事業体から給水車と応援職員が派遣された。宮城県工業協同組合に所属する会員により最大で23台の車両による給水が行われた。各事業体と民間業者を合わせて一日最大で75台が給水活動にあたり、3月31日まで実施された（延べ1,055台、2,800人）。

◆拠点給水所の立ち上げ

11日には七郷小学校などの非常用飲料水貯水槽（100m³）を5箇所立ち上げ、その後19箇所に拡大された。また、新潟市からキャンパス水槽を30基借りて貯水槽のない避難所に設置した。

◆災害拠点医療機関への優先給水

災害拠点医療病院として仙台赤十字病院、東北厚生年金病院、仙台社会保険病院、東北公済病院、東北労災病院、西多賀病院などへの給水を優先して実施した。その他にも透析医療機関などの要請に応じて給水した。

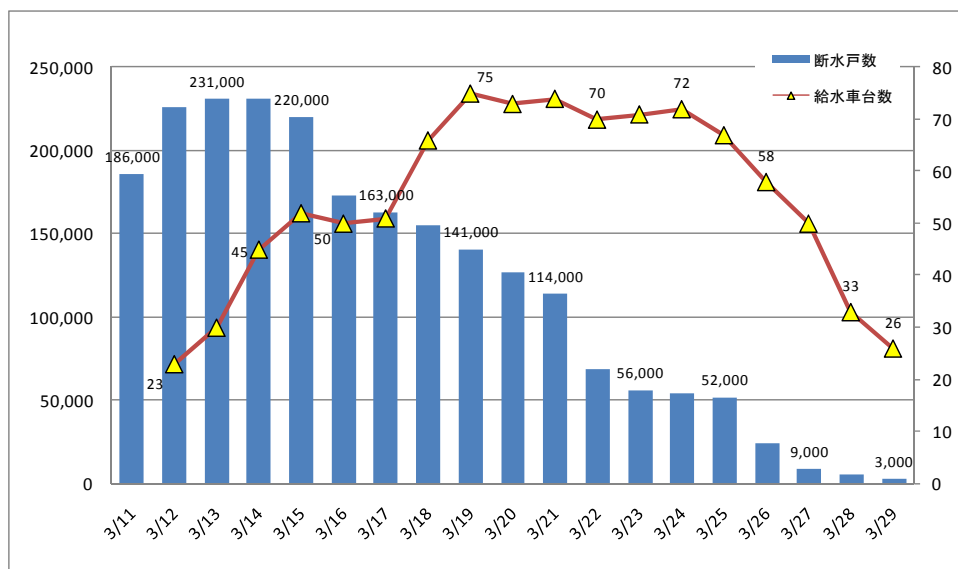


図 4.2.1 東日本大震災時の断水戸数の復旧進捗状況と給水車の出動の動向（仙台市）

図 4.2.2 に東日本大震災時の経過日数に伴う給水車からの水供給量（給水量）と水需要量の変化を示した。水の供給量は東日本大震災時に給水活動を行った給水車からの給水量である。また、水の需要量は経過日数に伴う断水被害人口 1 人当たり、生命を維持するために最小限必要な水量の $2.5l^{2.12)}$ を乗じた値となっている。そして、水の供給量と需要量のバランスについて、黄色の棒グラフは水の需要量に対し供給量が足りないことを表し、青色は供給量が十分であることを表している。

給水車からの水供給量については 3 月 11 日は給水車からの給水活動がなされていなかったため、供給量が $0m^3$ となっているが、経過日数に伴う他都市からの支援による給水車が増加したため、供給量も増加していることがわかる。

水の需要量は、経過日数に伴う上水道施設の復旧により、断水被害人口が減少するため、水の需要量も減少していることがわかる。

東日本大震災時の水の供給量と需要量のバランスを見ると、震災発生直後からの断水に伴い水の需要が発生しているが、給水車からの水の供給量では約 10 日間補えていないことがわかった。また、水の需要量に関して、生命を維持するために最小限必要な水量の $2.5l$ を乗じたが、水の要求は経過日数に伴い生命維持に必要な飲料水から、トイレ用水・洗濯等の保健衛生用水へと変化し、必要な水量が増加すると考えられる。そのため、実際は長期間、水の需要に対して、給水車からの供給は追いついていないと考えられる。

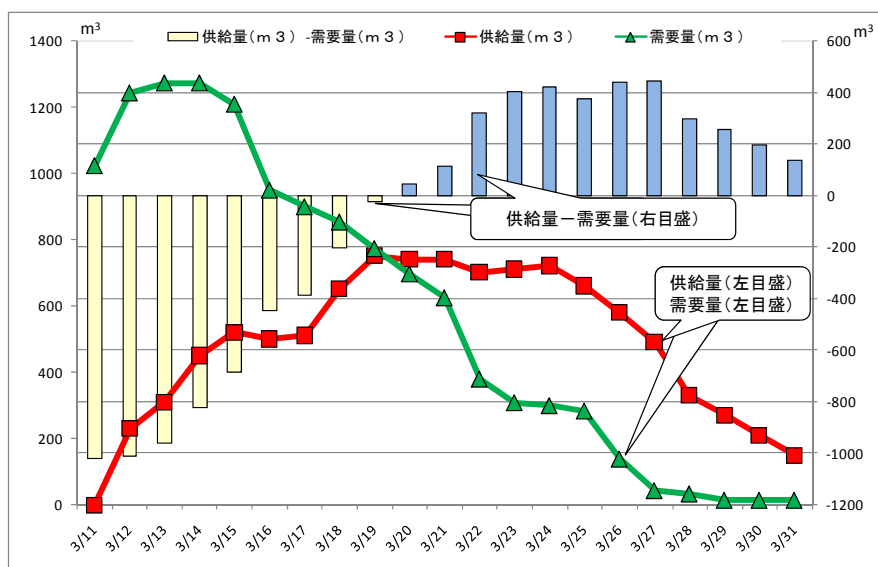


図 4.2.2 東日本大震災時の給水車からの水供給量及び水需要量の変化

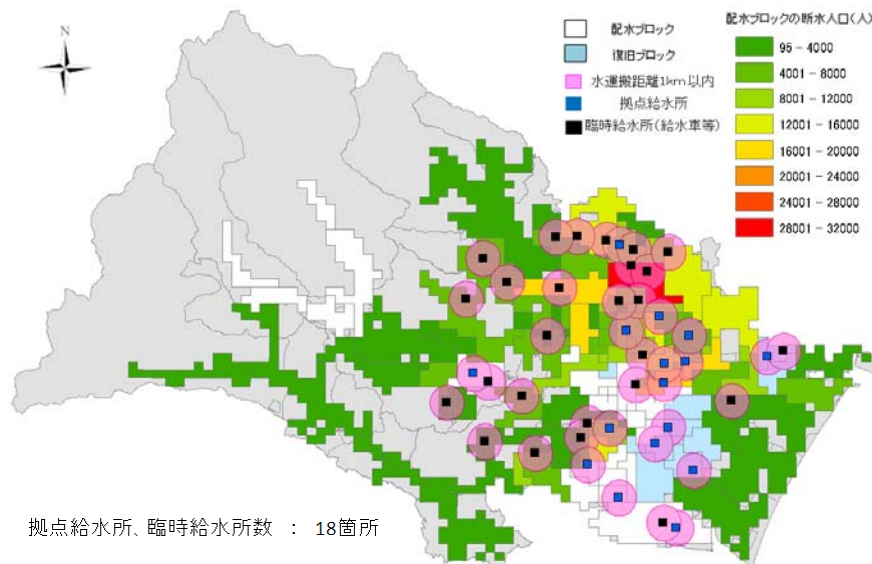


図 4.2.3 3月12日に配置された給水所および給水可能範囲分布

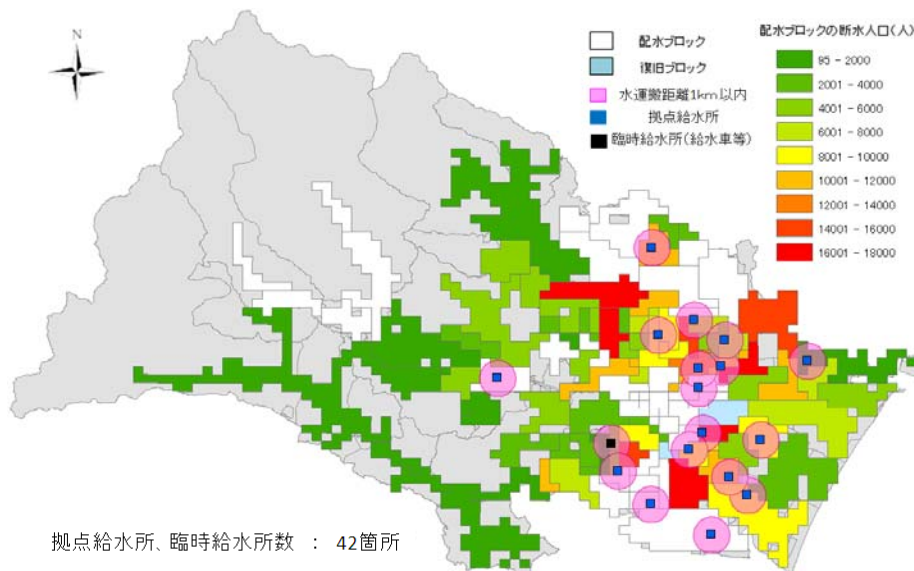


図 4.2.4 3月14日に配置された給水所および給水可能範囲分布

3月12日、3月14日に設置された拠点給水所・臨時給水所と、そこからの給水範囲を図4.2.3、図4.2.4に示す。震災後1日目の3月12日に設置された拠点給水所は17箇所、臨時給水所は1箇所であった(図4.2.3)。広範囲にわたって断水しているのに対し、配置された給水所は少なく、一部の区域にしか給水が行えていないことがわかる。

震災後3日目の3月14日に設置された拠点給水所は16箇所、臨時給水所は4箇所であった(図4.2.4)。各都市からの給水車による応援により、臨時給水所が12日より増えている。しかし、給水所が設置されている場所に偏りがみられる。

震災発生から3日までは、上水道施設や管路の被害の把握により、給水所の設置が困難であったと考えられるが、給水所が設置されていない区域が広く分布していることがわかった。

震災後 4 日目の 3 月 15 日に設置された拠点給水所は 15 箇所、臨時給水所は 32 箇所であった（図 4.2.5）。給水所は 47 箇所と増加している。しかしながら、震災後経過日数に伴う必要水量の増加に対応して水運搬距離が短縮するため、給水可能範囲に含まれない区域では、給水活動が非常に困難になると考えられる（図 4.2.6）。

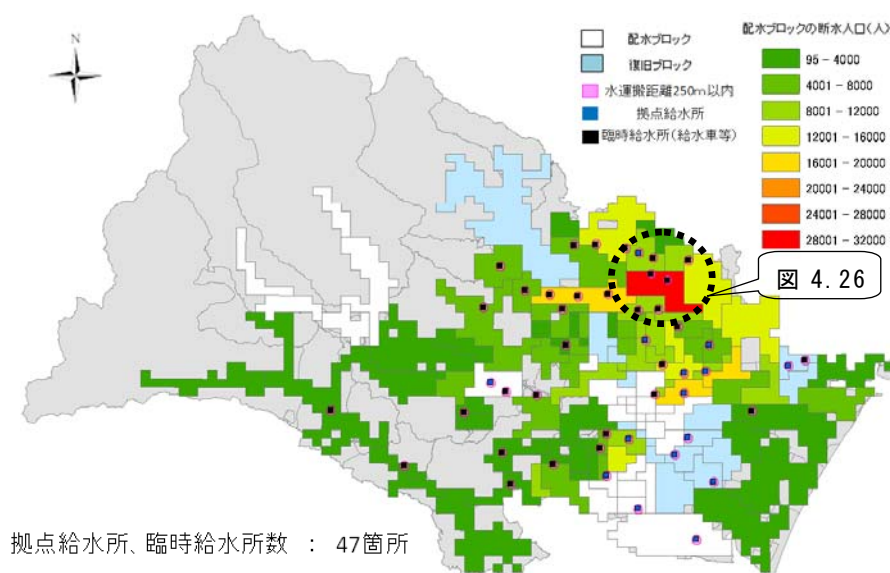


図 4.2.5 3 月 15 日に配置された給水所および給水可能範囲分布

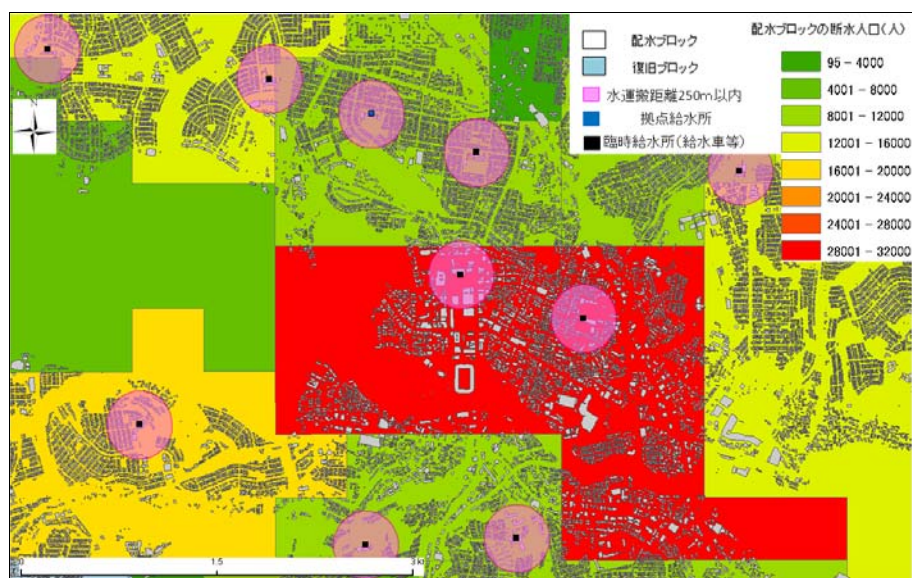


図 4.2.6 3 月 15 日に配置された給水所および給水可能範囲分布（拡大図）

震災後11日目の3月22日に設置された拠点給水所は6箇所と減少しているのに対して、臨時給水所は64箇所と増加している（図4.2.7）。これは、長期的に断水している配水ブロックの周辺に拠点給水所が少なく、給水車や仮設水槽による給水活動が行われているためだと考えられる（図4.2.8）。

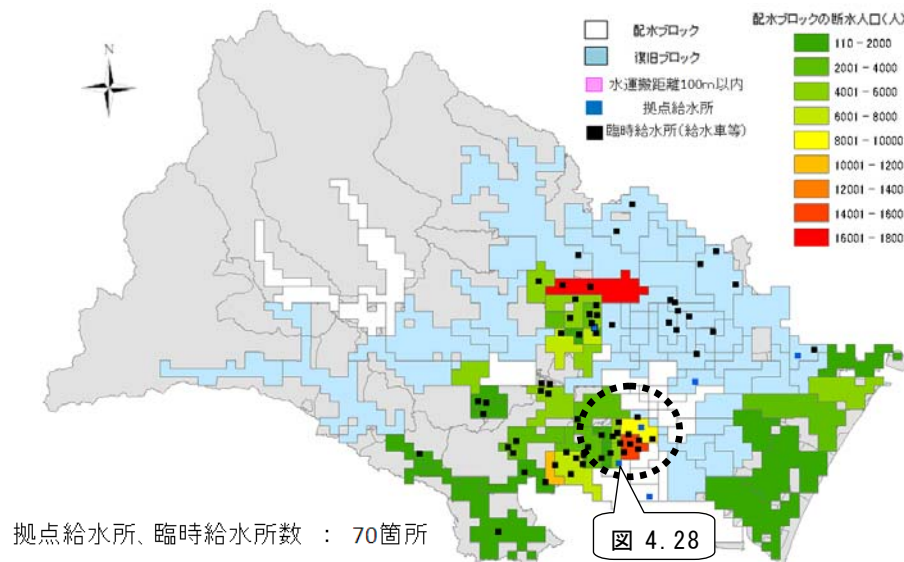


図 4.2.7 3月22日に配置された給水所および給水可能範囲分布

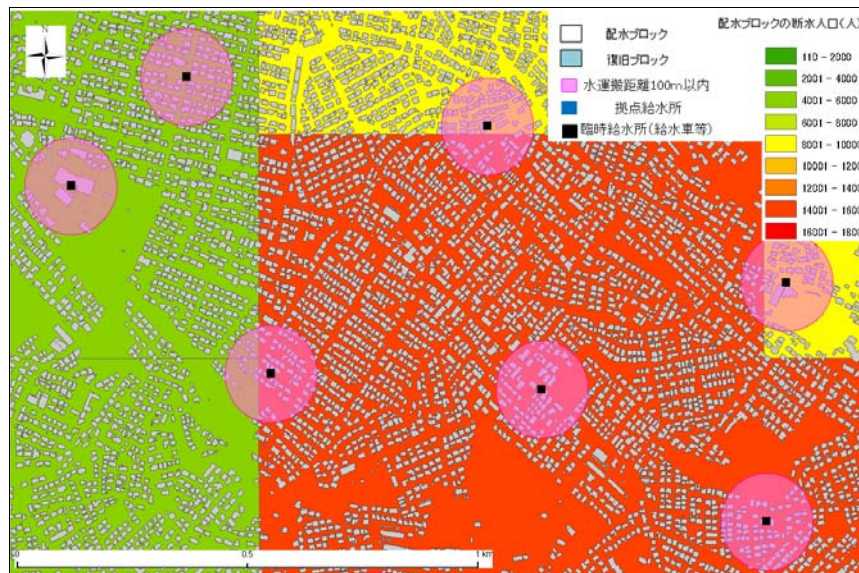


図 4.2.8 3月22日に配置された給水所および給水可能範囲分布（拡大図）

図 4.2.9 に震災発生後 3 日目の 3 月 14 日における配水ブロックの断水状況と応急給水状況を示す。拠点給水所は 16 箇所、臨時給水所は 26 箇所であった。拠点給水所である非常用飲料水貯水槽は津波被害を受けた区域を除き、震災発生から比較的早期から応急給水活動を行っている。しかしながら、緊急遮断弁配水所は停電の影響により、応急給水活動を行えない状況であった。また、非常用飲料水貯水槽が分布しない地域には臨時給水所（給水車等）による給水活動が行われている。次に、図 4.2.10 に震災発生後 4 日目の 3 月 15 日における配水ブロックの断水状況と応急給水状況を示す。拠点給水所は 15 箇所、臨時給水所は 32 箇所であった。14 日と比べ臨時給水所は増加しているが、使用されていない応急給水施設が多くみられる。そして震災発生後 10 日目の 3 月 22 日における配水ブロックの断水状況と応急給水状況については、拠点給水所 6 箇所、臨時給水所 64 箇所であった（図 4.2.11）。断水が復旧していない配水ブロックの臨時給水所が非常に多くみられる。

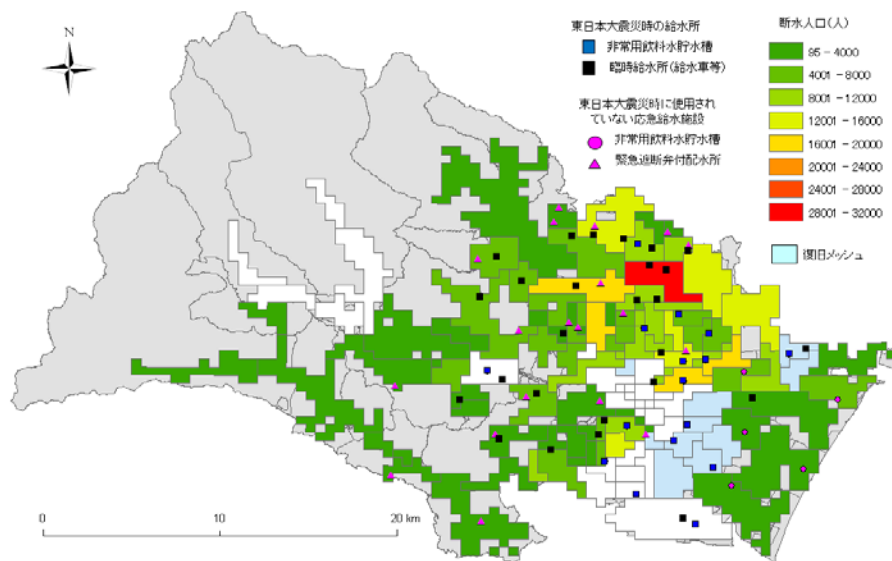


図 4.2.9 3 月 15 日に配置された給水所および給水可能範囲分布

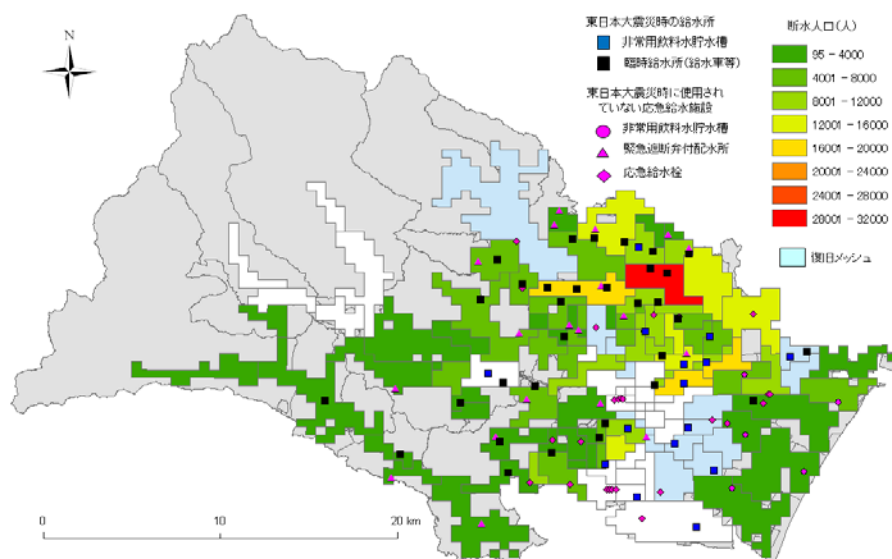


図 4.2.10 3 月 15 日に配置された給水所および給水可能範囲分布

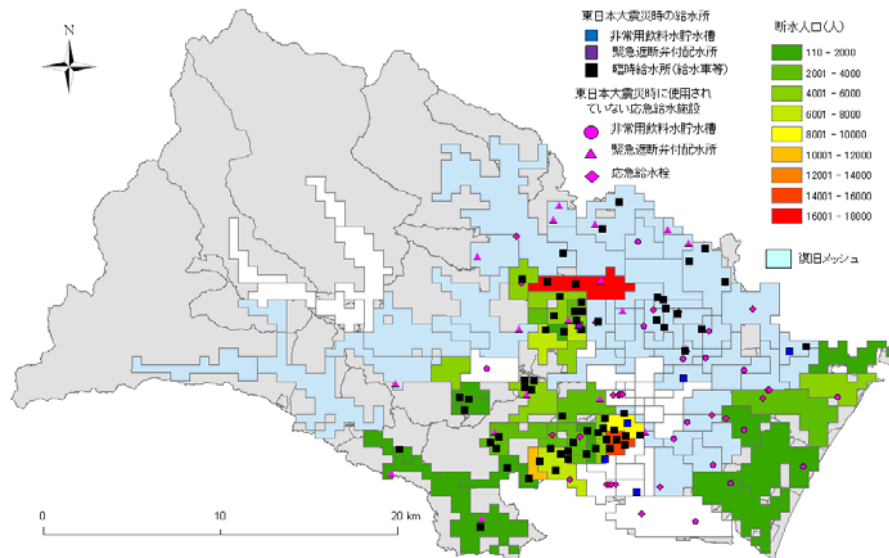


図 4.2.11 3 月 15 日に配置された給水所および給水可能範囲分布

4.3 まとめ

東日本大震災に伴う上水道被害に関する調査により得られた知見を以下に示す。

仙台市水道施設の被害は、地震動により沈澱池傾斜板の脱落・破損、配水池の整流壁（コンクリート・ブロック造）の倒壊等が発生したが、地震直後に施設機能を停止するような被害は発生しなかった。しかしながら、主要浄水場へ燃料供給を優先させたため、送水ポンプ場等の自家発電は、燃料切れで停止し停電により断水に至った施設もあった。

東日本大震災時の経過日数に伴う上水道および断水戸数の復旧進捗状況については、上水道被害により最大で約 23 万戸が断水し、約 50 万人に影響が及んだ。水系の切替作業等により断水戸数が減少したが、津波被害区域を除き、完全復旧までに約 20 日間を要した。東日本大震災に伴う長期間の断水は、宮城県仙南仙塩広域水道の 2,400mm 送水管が破損し、仙台市への送水が停止したことによる影響が大きかったと考えられる。

東日本大震災時の応急給水体制については、経過日数に伴い他都市からの応援により臨時給水所が増加し、断水が復旧するまでの期間、拠点給水所と臨時給水所を合わせ全体で 142 箇所に配置された。配置された場所の多くは、避難所となっている学校、または公園、や市民センター・バス停周辺等であった。拠点給水所および臨時給水所の設置個所について、経過日数に伴い拠点給水所および臨時給水所は増加しているが、給水所の設置個所に偏りがみられ、給水活動が困難と考えられる地域が存在すると考えられる。また、仙台市では災害時に備えて応急給水施設を整備しているが、実際には使われなかった施設が少数だがみられた。

また抽出される主要な課題としては、

- ①浄水場から 1 系統のみで配水されていた地区が特に長期間断水した
- ②経過日数に伴い拠点給水所および臨時給水所は増加しているが、給水範囲は経過日数に伴い縮小するため、給水が困難と考えられる区域が拡大している
- ③応急給水は臨時給水所が主であった。機能しなかった応急給水施設が多く存在した従って、上水道による給水途絶だけでなく、既存応急給水施設の不足や機能停止による

断水被害が生じる懸念がある区域をも踏まえた応急給水体制の強化、そして応急給水車の適切な配置に関する検討が必要であると思われる。

水道管は今後更新しなければならない老朽管が急激に増加する。また、大規模震災時に伴う管路被害は配水管の口径が小さい管や給水管等の住宅に近い管路被害が多く、それらの復旧順序は最優先ではないため、住宅地周辺の長期断水が生じる懸念がある。

(担当東北工業大学渡邊浩文)

【参考文献】

- 1) 仙台市災害対策本部：東日本大震災における本市の被害状況等，
<http://www.city.sendai.jp/soumu/kouhou/bousai/0311jishin/higaizyoukyou.pdf> (2011/1/10 閲覧)
- 2) 『河北新報』：2011 年 3 月 18 日日刊，「電気」
- 3) 『河北新報』：2011 年 4 月 16 日日刊，「生活関連情報 ガス」
- 4) 『河北新報』：2011 年 3 月 18 日日刊，「水道」
- 5) 『河北新報』：2011 年 3 月 18 日日刊，「生活関連情報 通信・放送」
- 6) 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，5 章 構造物及び設備の被害状況，pp.104-108, 2011
- 7) 仙台市水道局資料
- 8) 国土交通省国土地理院：数値地図 25000（土地条件図）に対応した危険度評価，土地条件図の数値データを使用した簡便な災害危険性評価手法，pp48-50, 2007
- 9) 国土地理院：ハザードマップ作成のための防災地理情報 災害と地形，
<http://www1.gsi.go.jp/geowww/saigaikiroku/4hazardmap/6.html>，(2010/7/15 閲覧)
- 10) NHK・仙台市ホームページ・毎日新聞社・東北地方太平洋沖地震 NEWS・財団法人仙台市産業振興事業団・仙台市水道局参照 (2011/3～5)

5 災害直後の受水槽を活用した地域支援技術

筆者らは、災害発生時を想定して既存設備を利用した非常用給水装置の検討を行ってきた。検討用として試作した装置を平成 22 年 6 月 26 日より実機として所属大学（以下、本学）構内の受水槽に設置し供用を開始した。さらに、本学は平成 23 年 2 月 17 日この装置の利用を想定した災害時の飲用水提供を含む地域相互支援のための協定を、本学、仙台市青葉区および地元連合町内会の 3 者において締結した。

平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分に宮城県太平洋三陸沖に震源を持つ M9.0 の巨大地震に伴い津波も発生し、仙台市内もすべて上水道の供給が停止、断水状態となったため、翌 3 月 12 日からこの装置を稼働して地域への緊急給水を実施した。

本報では、装置の設置とその稼働実績および断水状態にあった学内への給水状況について報告する。

5.1. 災害時非常用給水システムの概要

5.1.1 非常用給水栓を設置する受水槽の選定

図 5.1.1. に示すごとく本学には、高置水槽 6 基と受水槽 2 基が既存設備として存在している。高置水槽は有効水量の変動が大きいので、緊急給水設備としての活用対象とはしにくい。そこで、有効水量の変動が小さくタンク容量の大きな受水槽に期待すべきであると考えた。3 号館地下階の受水槽は $6\text{m} \times 8\text{m} \times 3\text{m}$ で $144 (\text{m}^3)$ であり、2 号館の受水槽は $4\text{m} \times 6\text{m} \times 3\text{m}$ で $72 (\text{m}^3)$ の水が常時滞留している。3 号館地下階受水槽は明り取りなどの窓が全くないため照明が必要で、停電状態での供給は難しい場所である。

そこで、平成 22 年度における試作としては、学園 2 号館受水槽を第 1 候補とした。これは本学園では専門学校が利用している校舎であるが、受水槽が地上に設置されており、災害時発生時に給水を受ける人々の動線が確保しやすく、また普段から学内関係者や地域住民の方々が設置箇所を認識しやすいと考えられたからである。2 号館受水槽の水量は、近隣の町内会約 13,000 人を供給対象とすれば、人間 1 人が最低限必要な飲水量を 1 日 3 L として大体 2 日分に相当する水量である。

先述したように、本学 3 号館地下水槽は約 $144 (\text{m}^3)$ と非常に大きな貯水量を持っているが、地下設置であることにより、停電時に十分な明かりが取れないこと、及びポリタンクに給水した後の運搬が大変なことからであった。しかしながら、地震動による設備機器の被害は地下の方が地上より低減される傾向にあることも事実である。安全性をより高めておくためには、2 号館地上受水槽が災害時において何らかのトラブルによって給水稼働ができない場合も想定しておく必要がある。そこで、平成 23 年度においては、3 号館地下受水槽を地域緊急給水活動等におけるバックアップ水槽と位置づけ、給水栓を設置可能な状態にしておくための検討を行い、接続設備の設計および試作を行った。

停電時に明かりが取れない状況も装置されることから、給水栓はドライエリアに設置されている搬入搬出口近くにまで延長できるようにした。

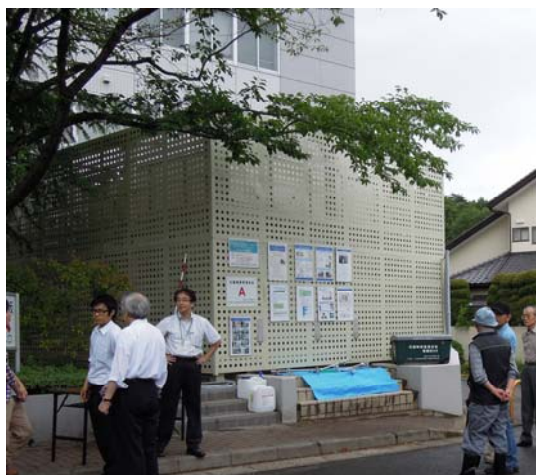


写真 5.1.1 2号館地上受水槽

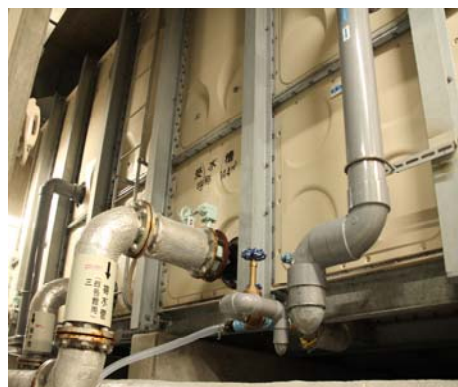


写真 5.1.2 3号館地下受水槽

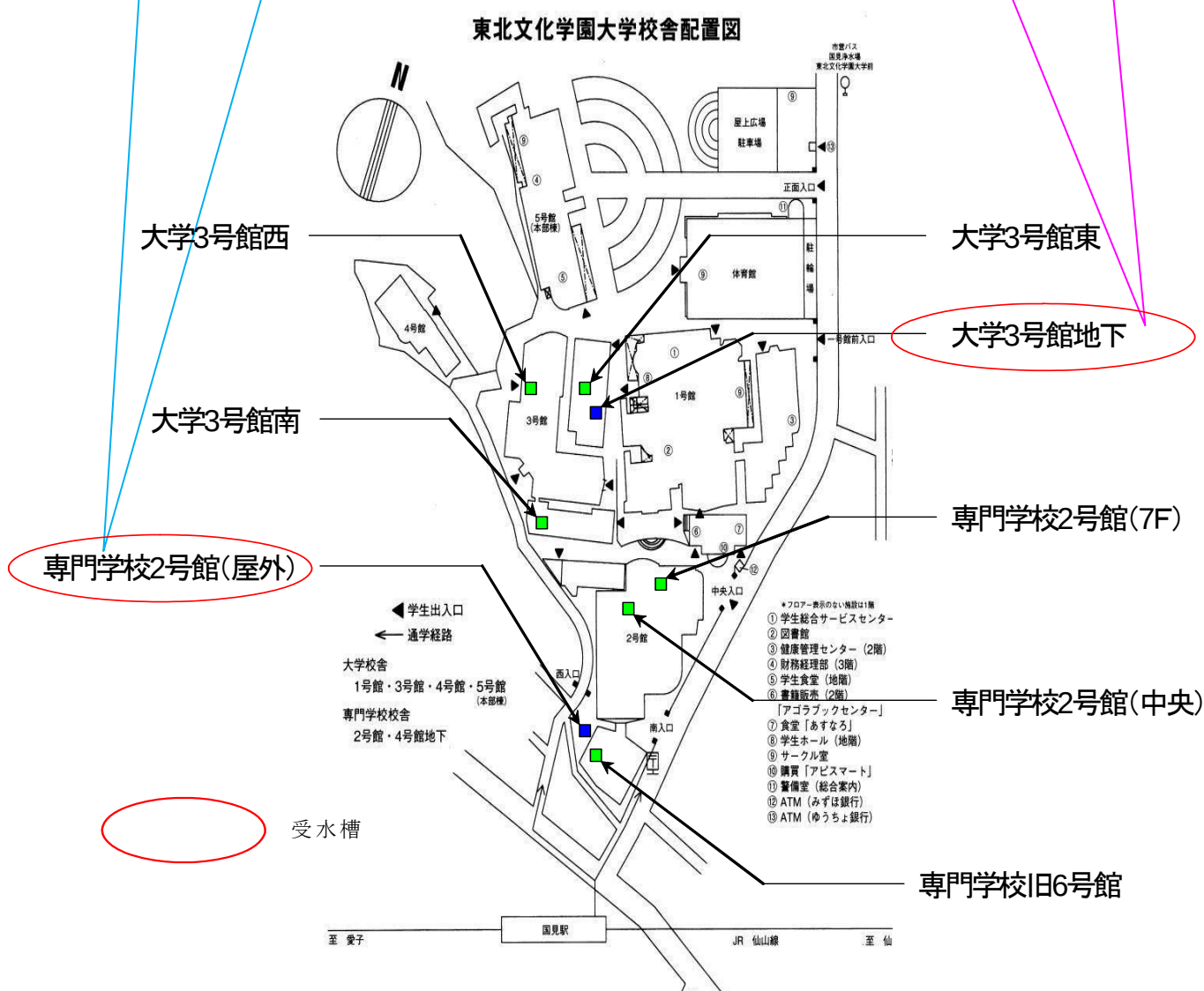


図 5.1.1 本学構内の水槽配置

5.1.2 災害時非常用水栓の概要

当初、専学 2 号館地上受水槽に設置する災害時非常用水栓は、ホースが接続できるホースカランを採用し、1 ユニットに 5 つのホースカランを設置し、2 ユニットを受水槽のパンチングフェンス囲いに固定式のホースカラン用架台を架ける方法で計画された。

実際既存の実施例では、受水槽自体に直接に緊急給水栓への取り出し口を取り付ける方法も行われているが、その場合は受水槽内の水を一度完全に排出させる必要が生じ、冷え常時において給水を停止しなければならない。そこで、今回は受水槽底部に設けられた清掃用排水ドレン管に分岐を作成して取り出し口とすることとした。

図 5.1.1 に給水栓ユニットの平面詳細図を示した。常設設置される方式ではいたずらやその他何らかの原因で破損などの心配があるので、災害発生時に簡単に組み立てて設置する方式を模索した。さらに、1 ユニットは長手方向 2,520mm であるので、収納性を考慮して 1 ユニットを 3 分割して収納できるように設計変更している。

図 5.1.2 に給水栓ユニットのパンチングフェンスおよび受水槽への取り付け関係図を示した。給水栓ユニットはパンチングフェンスに金具で引っ掛けて設置することとした。図 5.1.3 は受水槽と給水栓ユニットの接続方法について断面図として示したものである。PP25 で受水槽の清掃時用ドレン管に分岐を作成して接続するものとした。

受水槽は 2 つのタンクが連通管で通水されている構造となっており、連通管のバルブで 2 槽に分離することも可能な構造となっているので、同様の分岐管を 2 口設けた。それぞれの分岐管に樹脂製ホースを接続して 5 連の給水栓ユニット 2 基を受水槽囲いのパンチングフェンス壁に設置できるようにした。

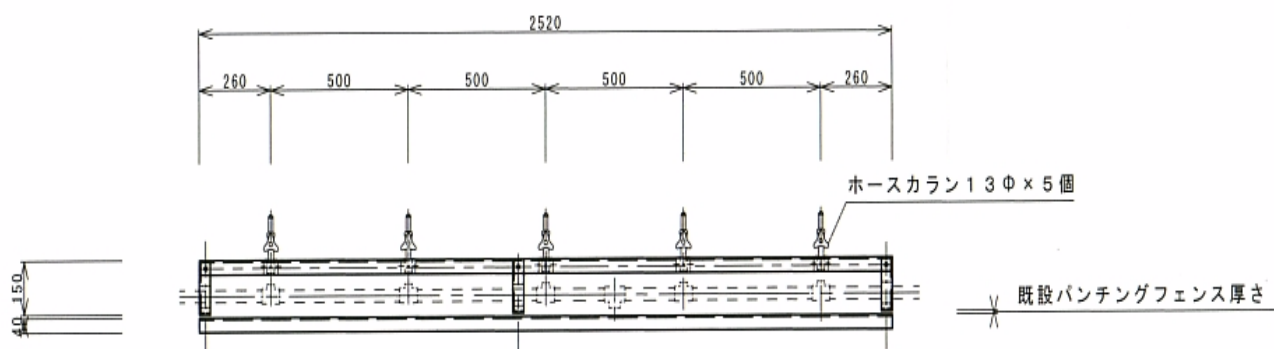


図 5.1.1 給水栓ユニットの平面詳細図

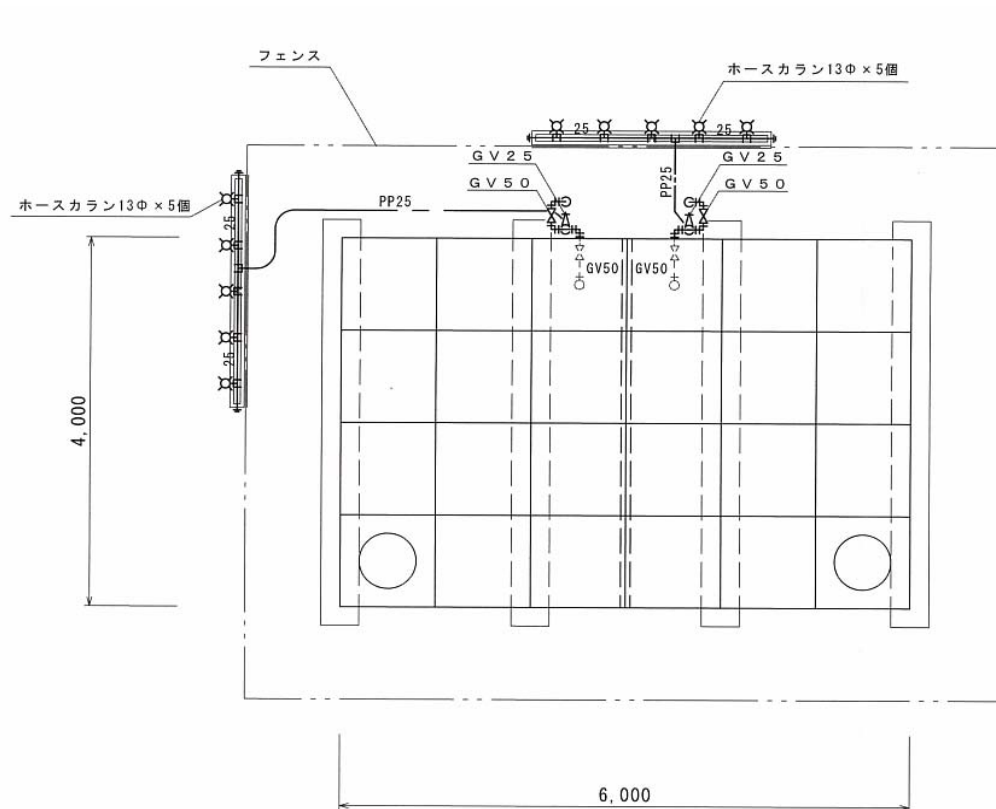


図 5.1.2 給水栓ユニット受水槽取り付け図（平面図）

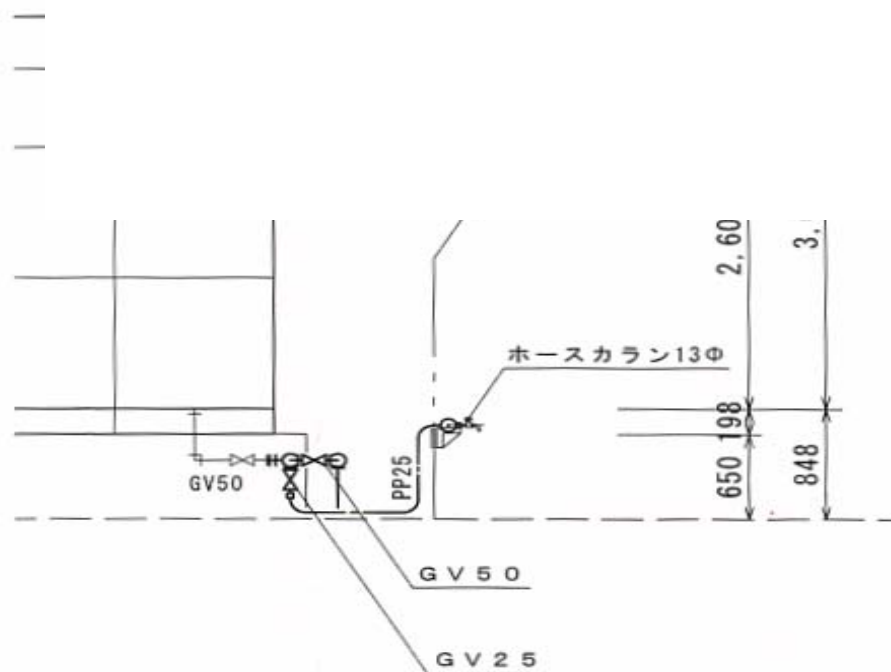


図 5.1.3 給水栓ユニット受水槽取り付け図（断面図）

5.2 給水栓ユニット構成部材の概要

5.2.1 給水栓ユニット

基本となる給水栓ユニットはSUS管とし、1ユニットは長手方向 2,520mm で、収納性を考慮して1ユニットを3分割して収納できるようにした。分割配管の接続部は写真5.2.1のごとく、ネジ切りジョイントで間に水漏れ防止用パッキンを挟む。組み立て状況を図5.2.2に示す。給水を受ける時に隣どおしが邪魔を感じない 500mm ピッチで1ユニットに5つのカランを用意した。



写真 5.2.1 給水栓ユニット接続部詳細

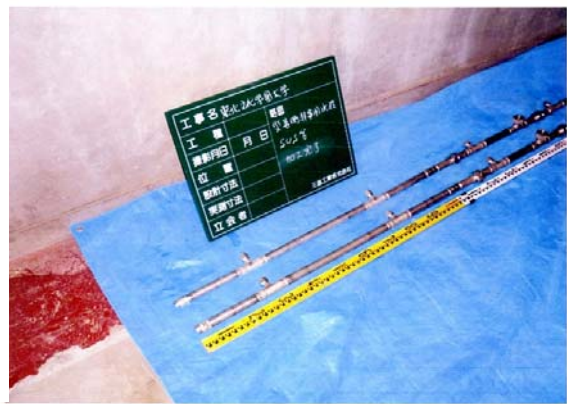


写真 5.2.2 給水栓ユニット組み立て状況

(2) カラン

1ユニットに5つのカランを付けることとした。給水時に汎用性を考慮してゴムホースなどが接続できるホースカランを採用した。



写真 5.2.3 給水栓ユニット ホースカラ

(3) 接続ホース

給水栓ユニットと受水槽との接続は底部に設けられた清掃用排水ドレン管に分岐を作成して取り出し口とすることとした。接続配管は給水栓設置を行う際の取り回しが容易になるよう写真 5.2.4 のような網入りホースとした。

ホースとドレン管、ホースと給水栓ユニットの接続は、写真 5.7. のような接続が容易なソケット式のジョイントを採用した。



写真 5.2.4 給水栓ユニット・受水槽接続用ホース



写真 5.2.5 ホース接続部詳細



写真 5.2.6 給水栓ユニット・受水槽接続部

(4) 収納 BOX

すべての部材および組み立て用の工具は収納 BOX にセットして収納することとした。収納 BOX の状況を写真 5.2.7 に示す。運搬時の労力軽減のため、BOX 底部には車輪が着いている。緊急時に誰でも組み立て設置を行えるように、BOX 内には組み立てマニュアルを同梱している。



写真 5.2.7 災害時非常用水栓収納 BOX（外観および収納状況）

(5) 表示板

災害時非常用水栓が設置される受水槽であることを認知させるための表示板も作成した。写真 5.2.8 のようなボードを作成し、受水槽囲いのパンチングフェンスに取り付けた。

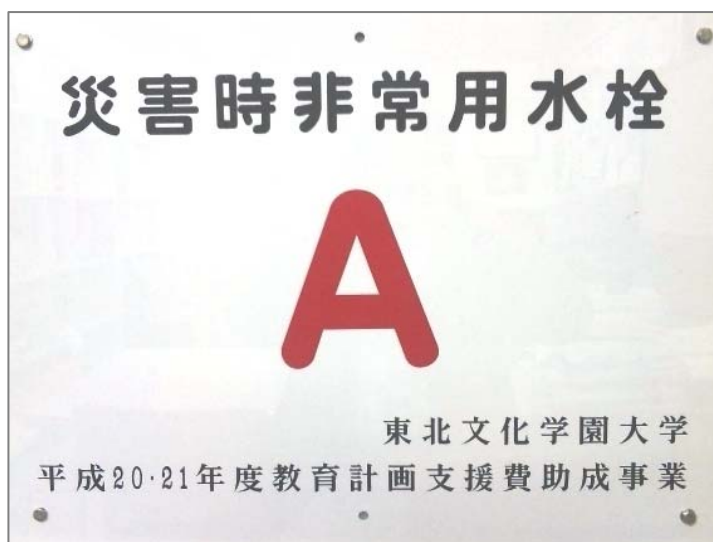


写真 5.2.8 災害時非常用水栓設置の表示板

5.3 地域への緊急給水の実施状況

5.3.1 飲用水の供給実績

地震発生後、本学では法人局長を中心に暫定の緊急対策本部を組織し、理事長・学長はじめ法人責任者との連絡対応、大学施設の被害対応、帰宅困難学生の対応等を開始したが、筆者らもこれに参加することとなった。地域の水道が断水状態となっていることが判明したため、この緊急対策本部の判断で2号館受水槽の水を地域への緊急給水に使用することを決定した。そこで電力が復旧したとき自動的に高置水槽に揚水されてしまうことを防ぐため、揚水ポンプスイッチを「自動」から「OFF」に切り替えた。翌3月12日早朝、給水を実施する旨を告知する張り紙を表示し、実際に給水装置を設置した。

実際の給水期間は3月12日から18日までの7日間であった。**写真 5.3.1**は供給4日目、**写真 5.3.2**は供給5日目の緊急給水の状況である。給水を受ける方々はかなり遠方から自動車で来られる場合もあり、地域の混乱を防ぐため整理誘導を本学教職員・学生数名ずつに交替で当たっていた。



写真 5.3.1 地域への緊急給水 (2011/3/15 9:15)



写真 5.3.2 地域への緊急給水 (2011/3/16 9:51)

緊急給水の対応時間は12日から15日の4日間は8時から16時までの8時間、16日から18日までの3日間は10時から15時までの5時間であった。

図5.3.1に7日間の1日当りの提供人数を示す。これを積算すると図5.3.2に示すとおりとなり、総提供人数は3,523人となった。提供期間内で給水2日目及び3日目は800人台となっており、この2日間は住民がパニック状態となって水を欲している状況が表れている。

給水4日目の3月15日には600人弱となり、5日目には提供人数がやや少なくなっている。この時期には他の給水提供場所も出現してきたものと思われる。隣接地域まで水道復旧が実現してきた6日目には300人程度まで減少した。3月18日は最終日ということもあり、提供者数は少し増加した。

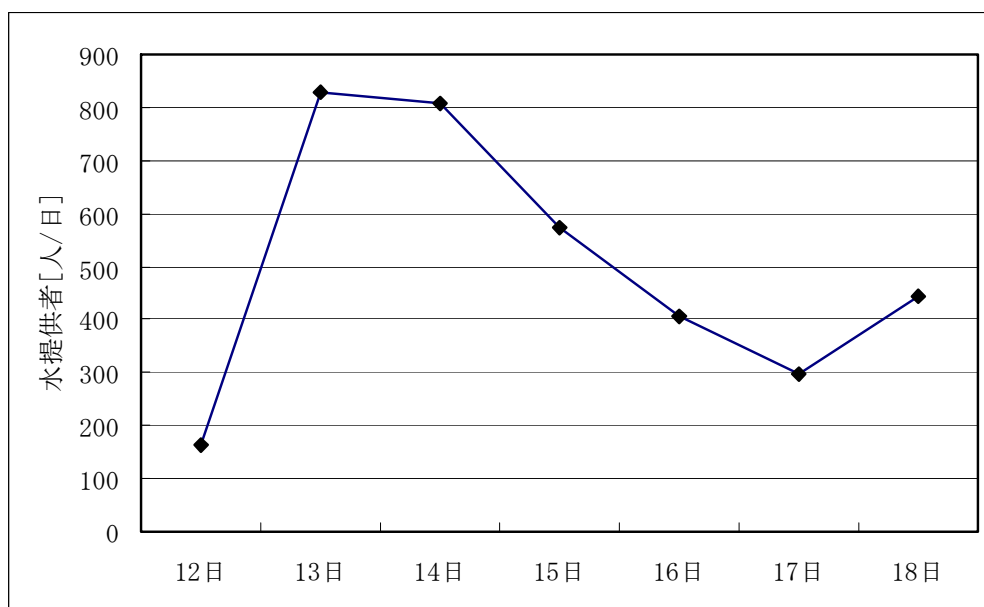


図 5.3.1 一日当たりの提供人数の推移

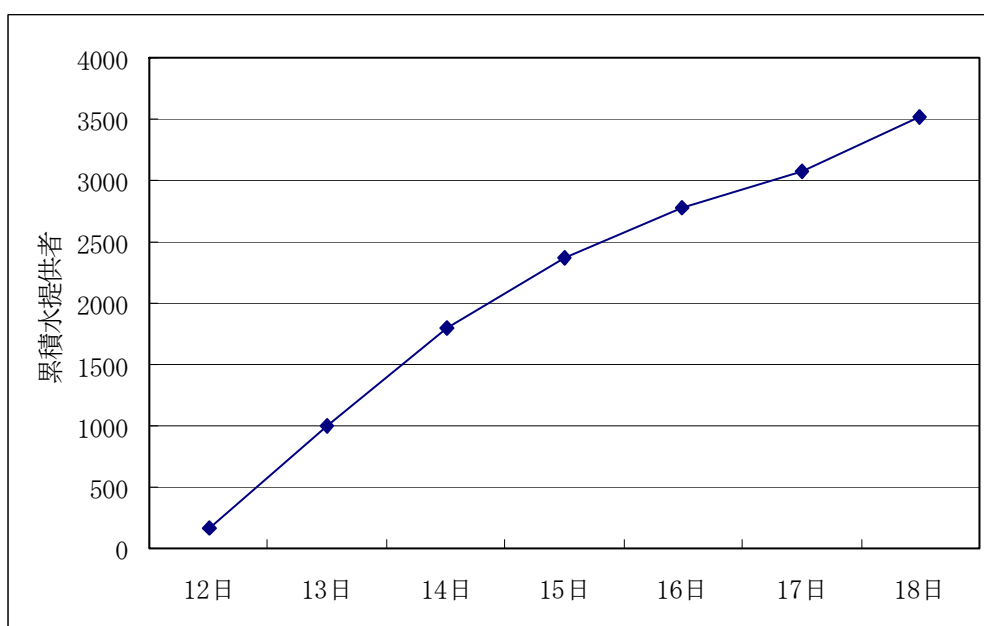


図 5.3.2 提供者累計数の推移

図 5.3.3 は 3 月 12 日～15 日の 4 日間について水提供開始からの各時間帯別の提供者数をまとめたものである。第 1 日目は最大で時間当たり 50 人であったが、2 日目は時間当たり 100 人前後の提供者数となった。

3 日目、4 日目は様相が変化し、給水開始直後の 8 時～9 時の時間帯が最大の提供者数となった。図 5.3.4 は水提供開始時間を 10 時からとした時間帯の提供者数である。同様に開始時間帯に提供者が多くなっている。

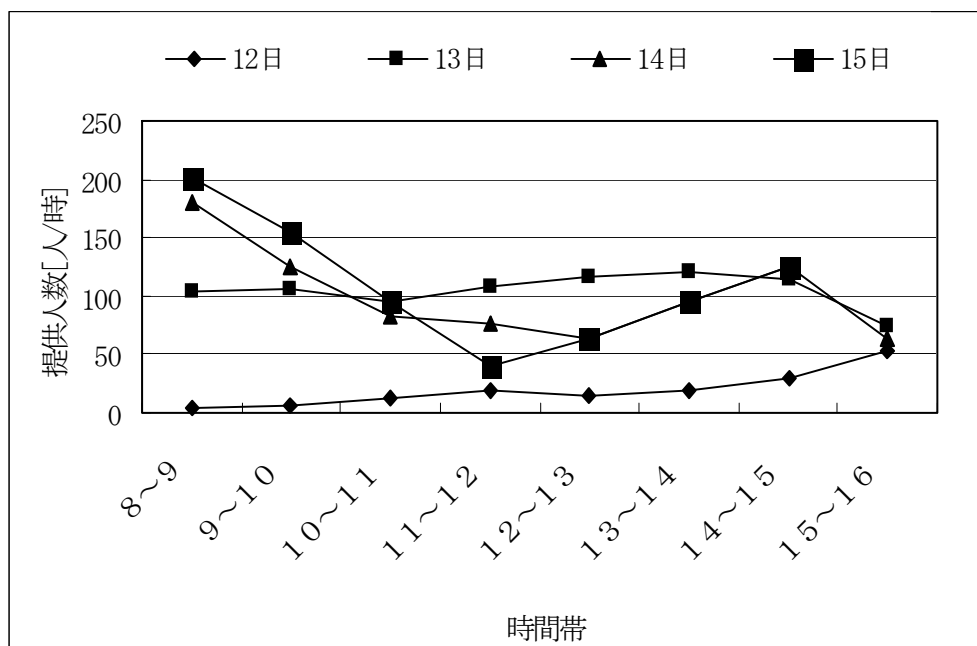


図 5.3.3 3/12～3/15 における時間帯別提供者数

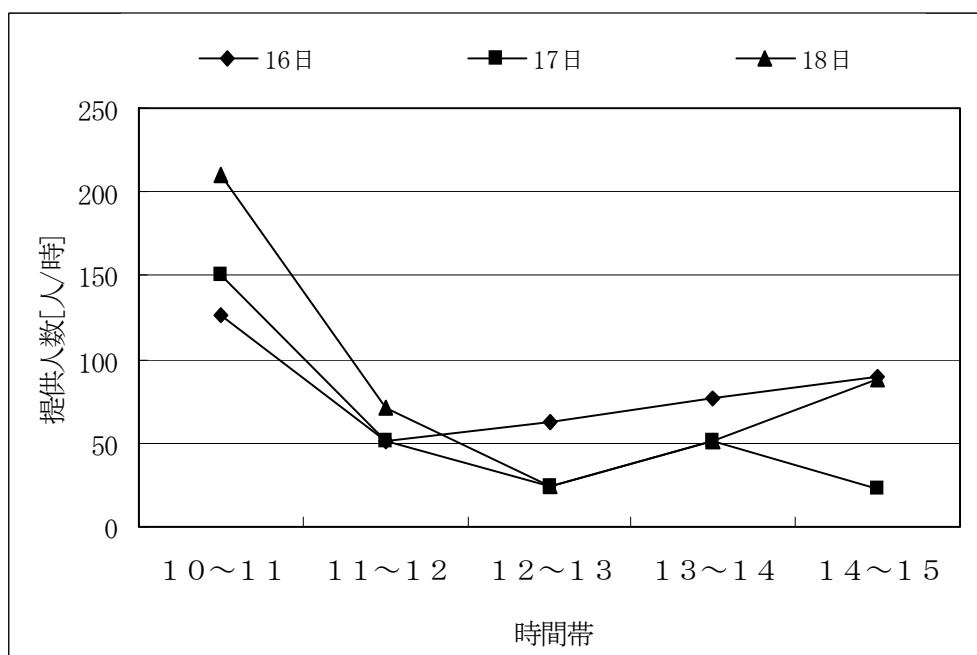


図 5.3.4 3/16～3/18 における時間帯別提供者数

(2) 被提供者の持参容器の種類と容量

7日にわたり水を提供した中で、初日から2日目の10時までの所持した容器の種類と容量を調査した。初日の開始から11時までと15時30分から16時までの時間帯を一例として提供者の容器の種類と容量を表5.3.1に示した。容器の種類は、ペットボトル0.5L、1L、2L、5Lの容器、ポリタンクの種類は5L、10L、20Lの容器、その他は電気ポット、魔法瓶、なべ、やかん、ダンボール等の容器にごみ袋を入れた仮容器もあった。

容量については表1の開始時の時間帯の容量は1回当たり平均値9.9L、提供終了時の時間帯の容量は平均値15.6Lとなっているが、12日の終日の一回当たりの平均値は10.3L、2日目の10時までの一回当たりの平均値は10.1Lであった。水提供時には1人当たり4Lとしていただくよう張り紙や口頭で説明したが、徹底することはなかなかできない状況であった。

表 5.3.1 給水第1日目(2011/3/12)の時間帯別の持参容器及び容量

提供時間	容器の種類	容器容量[L]	提供時間	容器の種類	容器容量[L]
8:30	PB2L	4	15:30	PT1個	10
8:52	PB0.5L	0.5	15:30	PT1個	10
8:55	B4個、PT2個	20	15:33	PT1個	10
9:05	B2個、PT1個	10	15:35	B3本	6
9:10	B3個、PT1個	2	15:35	B1本	2
9:15	B1本	0.5	15:35	なべ	2
9:20	PT1個	10	15:35	PT1個	10
9:36	B1本	10	15:35	PT1個	10
9:38	PB1個	2	15:40	B5本	10
10:00	B1本	6	15:43	B2本	4
10:07	B4本	8	15:45	PT1個	10
10:23	PT1個	20	15:46	B2本	4
10:26	PT1個	18	15:47	PT1個	20
10:26	PB2本	4	15:48	PT1個	10
10:30	PT1個	20	15:49	PT1個	20
10:37	PT1個	20	15:50	PT1個	20
10:38	PT1個	20	15:51	PT2個	40
10:39	PT1個	10	15:52	PT3個	60
10:43	B12本	24	15:54	PT1個	20
10:50	B2本	4	15:55	PT1個	20
10:52	PT1個	6	15:56	PT1個	20
10:55	PT1個	4	15:57	PT1個	20
10:58	B2本	4	16:00	PT1個	20

PB: ペットボトル、PT: ポリタンク、B: ビン類

(3) 学内への給水コントロール状況

本学の地域は上水の供給系が入り組んでおり、3号館受水槽は仙台市浄水系、2号館受水槽は広域水道水系によって供給されている。給水系により復旧が異なっており、前者は3月23日、後者は3月30日の通水となった。

当初は帰宅困難学生・教職員・対策本部対応者が60名程度学内にとどまったので、学内への給水を確保しつつ、地域への緊急給水を実施することとなった。その経過状況を表5.3.2に示す。2号館受水槽を地域への緊急給水用としたため、3号館受水槽を学内供給用と位置付け、食堂の調理・飲用水として使用した。そこで当初3日間はこの給水系である5、3、1号館のトイレを1Fのみ使用に制限した。この頃の水道局の復旧見込発表は月末とされたため、4日目からは制限を厳しくして5号館1F、B1Fのみの使用とし、大便是袋式の簡易トイレ、小便は洗浄を停止し女性は紙をゴミ袋回収とした。さらに6日目からは5号館1Fのみに限定したが、雨水や湧水のバケツ汲み置きを開始して、大便是この水で流すこととした。13日目に仙台市浄水系が復旧したが、濁水が流入してしまったため、受水槽の清掃と濁水が治まるまでの2日間、食堂の調理および飲用水は2号館受水槽の残留水をポリタンクに汲み置きし使用した。

一方、地域への緊急給水は災害発生時点から7日間実施し3月18日に終了した。地域の店舗やコンビニも営業を再開し水の逼迫状況はかなり解消されてきており、本学の緊急給水装置は一定の役割を果たした判断し、また学内復旧業務に当る教職員の負担も考慮して、翌7日目を給水最終日とした。

3号館受水槽系は3月25日、2号館受水槽系は3月30日からほぼ平常化した。清掃量を限定するためトイレは使用箇所の制限を継続した。

表 5.3.2 地域住民への給水実績の経過状況

3月曜日	水道 状況	電気供 給状況	高置水槽	水使用	トイレ			地域住民へ の給水	備考
					1号館	3号館	5号館		
11日(金)	断水	停電		調理・水洗	1階のみ使用			実施開始	トイレに給水
12日(土)				調理・水洗				実施	
13日(日)				調理・水洗				実施	
14日(月)		電力供 給復旧	減水・揚水	調理(但し、さらにラップをおおい、洗浄せず)	5号館、1階、地下1階で便袋を活用			実施	トイレ給水停止
15日(火)								実施	
16日(水)								実施	電力が復旧し排水槽機能が回復したので、洗浄水を流す
17日(木)			減水・揚水					実施	
18日(金)								実施終了	
19日(土)									
20日(日)									
21日(月)									
22日(火)									
23日(水)									
	復旧								

5.4 まとめ

災害時は大学が休みに入っていたため学内への水供給は制限しやすく、トイレ使用も簡易トイレや雨水・湧水バケツ汲み置きの水を使用などの工夫で、水道水の使用量は最小限に絞り込むことができた。使用水量を制限したため受水槽の水を多くの方に提供することができたと考えられる。水道復旧は1週間程度を想定していたが、現実には復旧まで20日を要しており、大きな受水槽もつ施設ではこのような装置がかなり有効であろう。

謝辞

3月12日～18日において本施設による地域の方々への緊急給水を実施するに当たっては、厳しい状況下にも関わらず本学教職員・学生の多数の方々に多大なご協力をいただきました。ここに深く感謝申し上げます。

(担当東北文化学園大学須藤諭)

6.おわりに

2011年の東日本大震災の被害状況から公助としての水道水の重要性を再確認したが、自助及び共助も同時に推し進めることが重要であると痛感した。これらの調査研究が今後の災害時の水の確保に寄与できることを願っている。