

4. ライフラインの被害

(1) 上水道の被害予測

1978年の宮城県沖地震では、仙台市を中心とする都市部の水道で大きな被害が発生し、導送配水管の被害は1,652箇所であった。87,740世帯に供給支障が生じ、復旧には9日間を要した¹。

本調査では、兵庫県南部地震の経験を踏まえて、水道施設の中でも特に被害の顕著であった埋設管路の被害を予測する。ただし、導水管の被害は、影響を拡大すると共に復旧に長期間を要するが、個々の管路の敷設年代や敷設状況による影響が大きく、個別施設として扱うことが望ましいため、本調査の対象外とする。また、給水管については数量が多く、データを収集するのが困難なため、兵庫県南部地震の状況により配水管の被害数から間接的に被害を予測する。

以下、送水・配水の埋設管路に限定して各被害想定の手法と結果として、被害箇所数、断水世帯数、復旧日数を示す。

1) 被害予測

送配水管

日本水道協会を中心とした兵庫県南部地震の被害データの詳細分析により、標準被害率予測曲線及び各種補正係数が提案されたため、本調査ではこれらの成果を利用する。提案された被害予測式を次式に示す。

なお、下記の被害予測式は、単位長さあたりに発生する直管部の破損、異形管部の破損、継手抜け、継手部の破損、継手部の突込み等の被害の平均的な発生を予測するものであり、具体的な被害形態ごとの被害を推定するものではない。

$$R_w = C_g \cdot C_l \cdot C_p \cdot C_d \cdot R_{sw} \dots \dots \dots (1)$$

$$R_{sw} = \begin{cases} 0 & (V_{max} < 15cm/s) \\ 3.11 \times 10^{-3} (V_{max} - 15)^{1.30} & (V_{max} \geq 15cm/s) \end{cases} \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 R_w ：配水管被害率（箇所/km）、 R_{sw} ：標準被害率（箇所/km）、 C_g ：地盤補正係数、 C_l ：液状化補正係数、 C_p ：管種補正係数、 C_d ：管径補正係数、 V_{max} ：地表面最大速度(cm/s)。

式(1)で使用する地盤補正係数 C_g 、液状化補正係数 C_l 、管種補正係数 C_p 、管径補正係数 C_d は表 4-4-1 から表 4-4-4 に示す。図 4-4-1 には地表面最大速度と管種別の被害率の関係を示す。

表 4-4-5 に被害想定結果、図 4-4-2 に各市区町村の集計値をメッシュ配分²した上水道延長分布と被害分布を示す。

¹東京都(1997)：東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書

² 仙台市ではデジタル化されたラインデータよりメッシュ配分を行った。他の市町村では、施設合計数をメッシュごとの建物棟数をもとに比例配分した。

給水管

平成 9 年「仙台市防災都市づくり基本計画」を参考に給水管の被害箇所数は送配水管の被害箇所数の 6.72 倍とした。

表 4-4-1 地盤補正係数 C_g

地盤種別	C_g
山地・山地部造成地	1.1
段丘平坦地・丘陵地	1.5
旧河道・後背湿地・平地部造成地・浜堤	3.2
谷底平地・扇状地・崖・自然堤防(発達部)・自然堤防(未発達部)	1.0

表 4-4-2 液状化補正係数 C_l

液状化判定結果		C_l
液状化危険度	大 (PL 値 > 20)	2.4
	中 (5 < PL 値 < 20)	2.0
	小 (0 < PL 値 < 5)	1.0

表 4-4-3 管種補正係数 $C_p^{3,4}$

管種	C_p
溶接鋼管 (SP)	0.3
ダクタイル鋳鉄管 (DIP)	0.3
鋳鉄管 (CIP)	1.0
塩化ビニール管 (VP)	1.0
石綿セメント管 (ACP)	1.2
ネジ付き鋼管 (SGP)	2.0
ポリエチレン管 (PE)	0.1
その他管種	1.0
管種不明	1.0

表 4-4-4 管径補正係数 C_d

管径	C_d
500mm 以上	0.5
200 ~ 450mm	0.8
100 ~ 150mm	1.0
75mm 以下	1.6

³ 今回収集した上水道施設データの中で、管種や管径が不明なものに関しては、仙台市を除いた全県で管種・管径がわかっているものから平均値を算出し、振り分けた。

⁴ 今回収集した上水道施設データからは、鋼管の継手種別が不明であり、管種係数 (C_p) は溶接鋼管の値を採用して分析した。

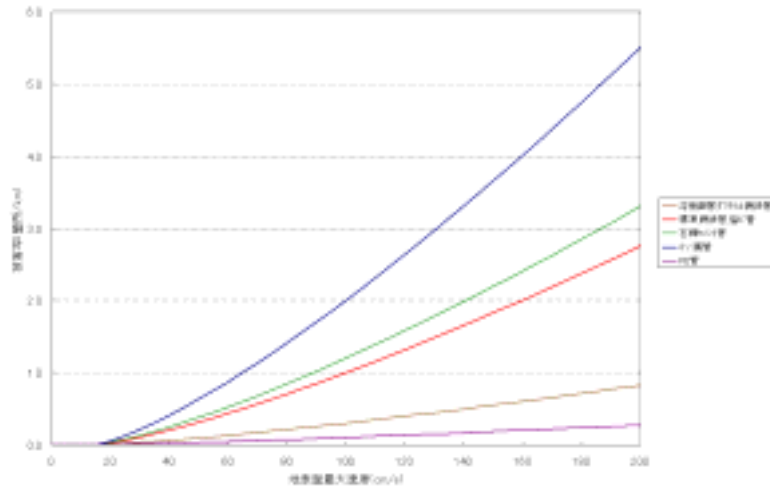


図 4-4-1 地表面最大速度 (cm/s) と配水管被害率 (箇所/km) の関係
(社) 日本水道協会 (1996)

表 4-4-5 上水道の被害想定結果

現況 (km)	宮城県沖地震(単独)		宮城県沖地震(連動)		長町-利府線断層帯	
	被害数 (箇所)	被害率 (箇所/km)	被害数 (箇所)	被害率 (箇所/km)	被害数 (箇所)	被害率 (箇所/km)
14,008	7,246	0.52	8,139	0.58	3,509	0.25

2) 供給支障

以下の方法により、被害数から断水率を検討する。

$$y = \alpha X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} X_3^{\beta_3} \dots \dots \dots (3)$$

ここで、 y は市区町村毎の断水率(%)、 X_1 は市区町村面積 (km^2)、 X_2 は市区町村内の管径 400mm 以上の延長(km)⁵、 X_3 は市区町村内の送・配水管の総被害箇所数、 α 、 β_1 、 β_2 、 β_3 は定数であり、それぞれ 3.373、-0.432、-0.892、1.159 である。

断水率に世帯数を乗じると、断水世帯数が求められる。表 4-4-6 に影響世帯数を示す。

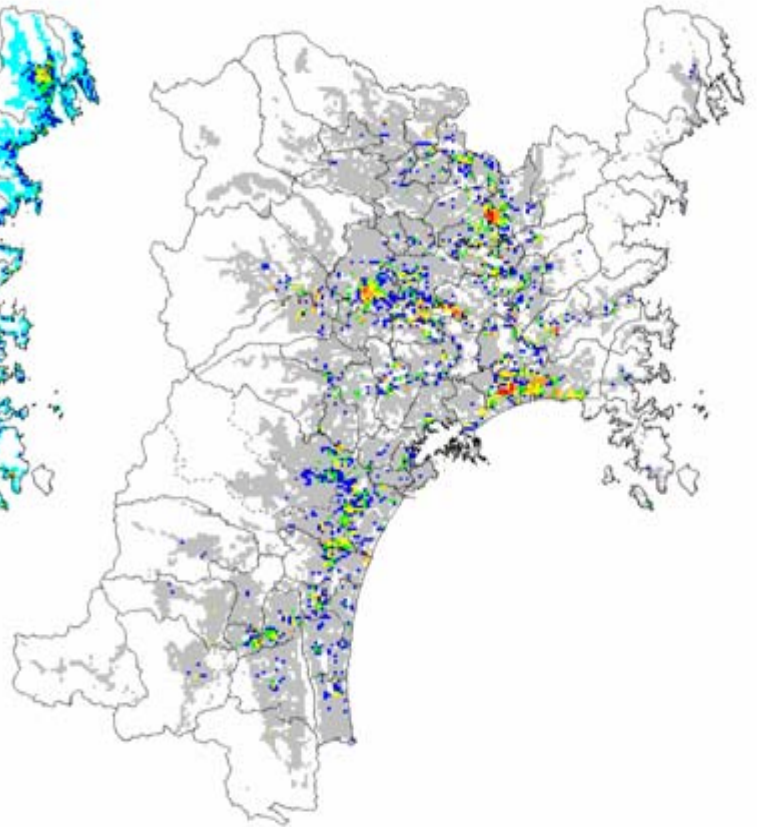
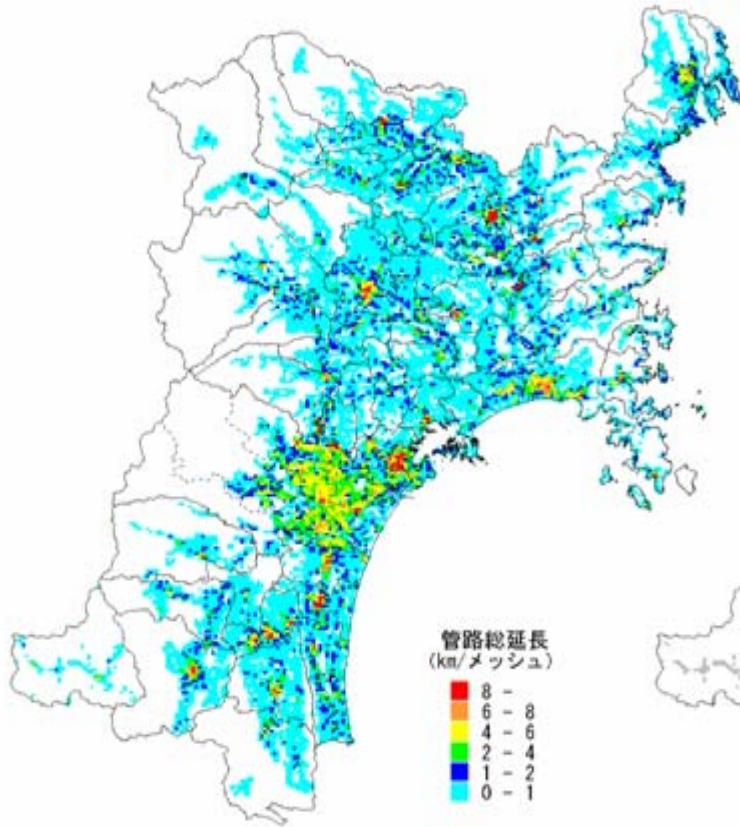
表 4-4-6 断水世帯数

宮城県沖地震(単独)		宮城県沖地震(連動)		長町-利府線断層帯	
世帯数 (千件)	断水率 (%)	世帯数 (千件)	断水率 (%)	世帯数 (千件)	断水率 (%)
149	9	186	10	137	4

⁵ 400mm 以上の管径が設置されていない市町村においては、仙台市以外で市区町村における 400mm 以上の平均的な割合を基幹と考えて仮定した。

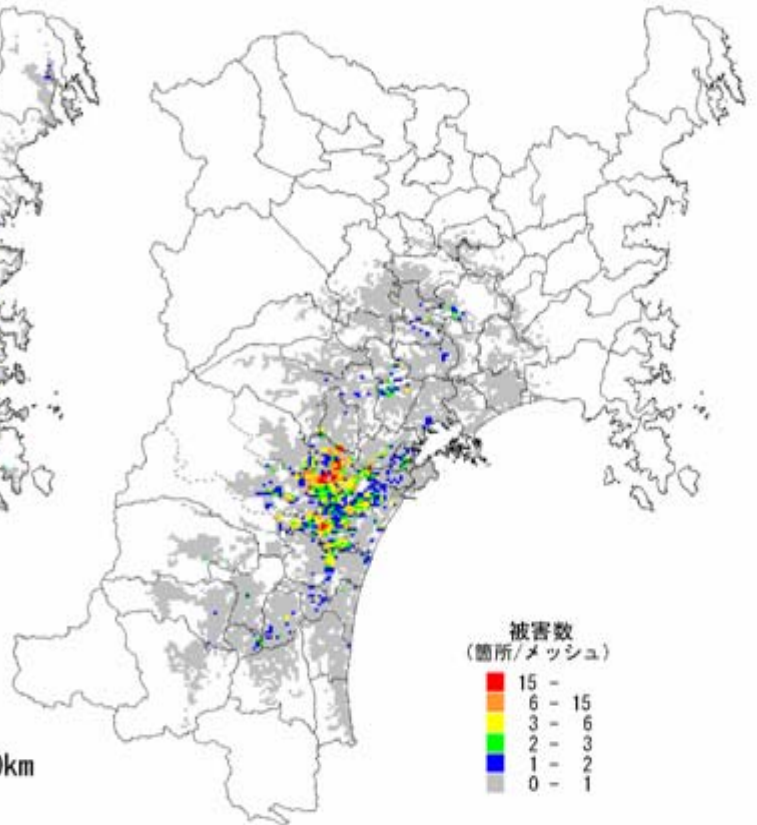
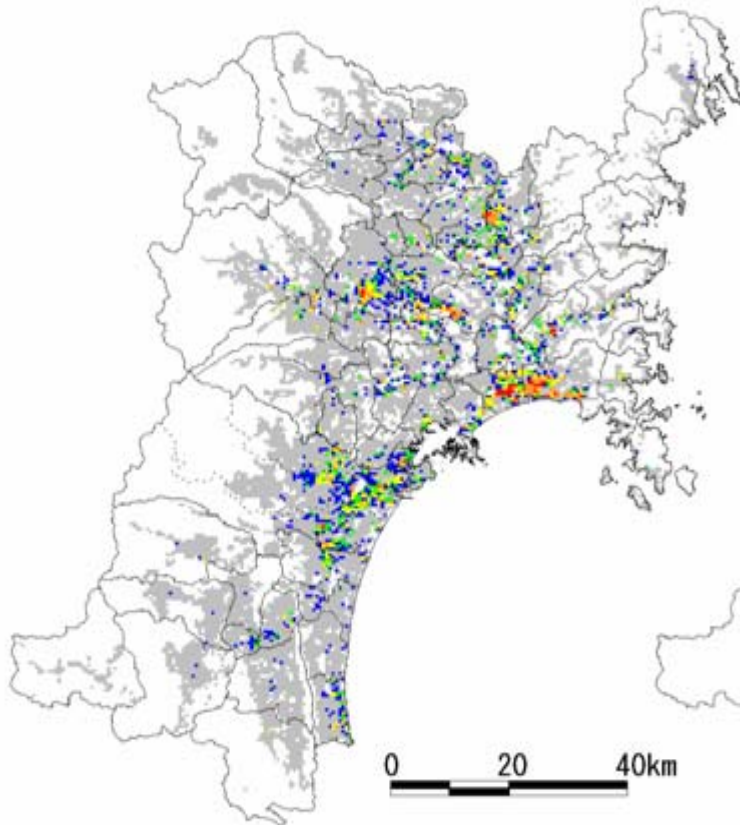
上水道管現況分布

宮城県沖地震（単独）



宮城県沖地震（連動）

長町 - 利府線断層帯



0 20 40km

図 4-4-2 上水道現況と被害分布

3) 復旧

(1) 復旧作業量の推定

各メッシュに関して求めた送・配水管の管径別及び給水管の被害箇所数を基に復旧に要する総作業量を予測する。

送配水管及び給水管の復旧作業効率については、仙台市(2002)を参考にして、表 4-4-7 のように設定する。

表 4-4-7 送・配水管及び給水管の復旧効率

埋設管区分		復旧歩掛	1箇所当たりの 復旧作業人員(人日)
送・配水管	400mm 以上	6人×1班×1日	6人日
	400mm 以下	6人×1班×0.5日	3人日
給水管		3人×1班×0.25箇所	0.75人日

仙台市(2002)

(2) 復旧日数の予測

復旧日数の予測結果は条件設定によって大きく異なるため、下記の復旧方法を仮定し、投入可能人数を設定し予測する。

投入可能人数については、仙台市(2002)を参考にして、以下のように設定する⁶。表 4-4-8 に想定復旧日数を示す。

< 復旧方法 >

送・配水対応班は、400mm 以上、400mm 以下の対応と管径の大きなものから着手し、終了次第、給水管の復旧に対応する。一方、給水管対応班は最初から給水管の復旧に従事する。

< 復旧投入数 >

他都市からの応援を考慮する場合

- ・ 送・配水対応班 352 班(6人/班)
(他都市応援 285 班、水道指定店 67 班)
- ・ 給水管対応 394 班(3人/班)
(水道指定店 394 班)

他都市からの応援を考慮しない場合

- ・ 送・配水対応班 171 班(6人/班)
(水道指定店 171 班)
- ・ 給水管対応 152 班(3人/班)
(水道指定店 152 班)

⁶ 仙台市では大口径から小口径(400mm 以上、75mm-350mm)に 150 班(他都市応援:120 班、水道指定店 30 班)給水管対応に 170 班(水道指定店)と仮定している。人口配分を行い県全域での班数を仮定した。

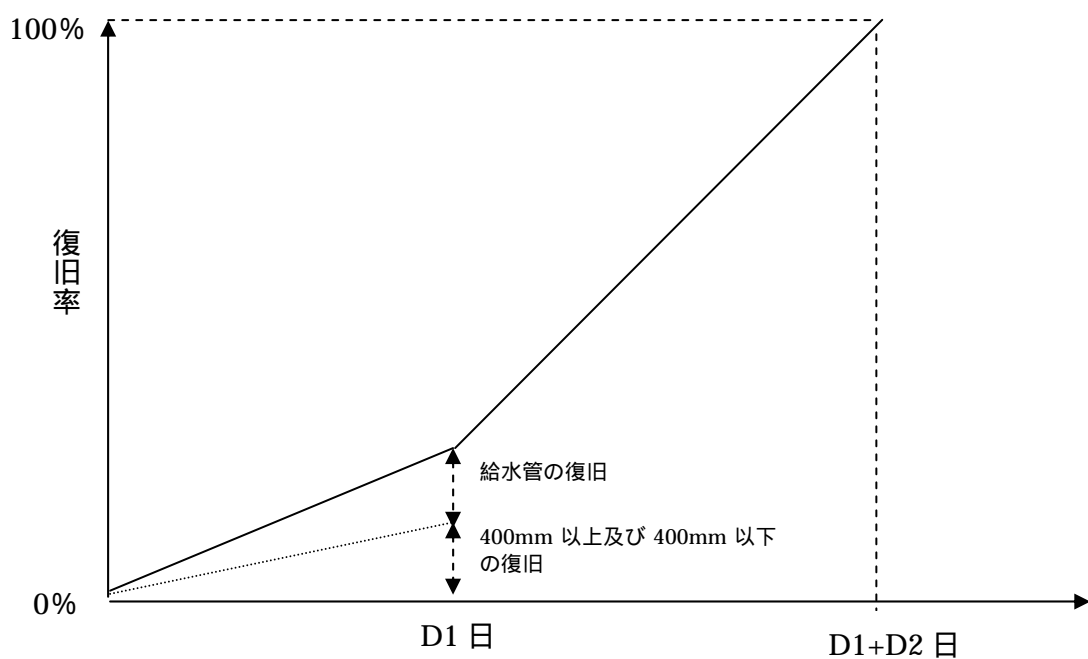


図 4-4-3 水道管の復旧曲線
仙台市 (2002)

表 4-4-8 想定復旧日数 (日)

応援	宮城県沖地震(単独)	宮城県沖地震(連動)	長町-利府線断層帯
有	18	20	9
無	39	44	19