

10. ライフライン施設被害の予測

ライフライン施設については、原則として前回想定から手法の大きな見直しはせず、揺れ・液状化分布の差異、耐震化の進展を予測結果に反映させた。

10.1 上水道の被害

10.1.1 予測方法

(1) 管路の被害

上水道管路の被害予測フローを図10.1.1に示す。標準被害率 $R(v)$ 、各種補正係数については、(財)水道技術研究センター(2000)で用いられている方法(高田・宮島(1997)¹⁾)を用いた。

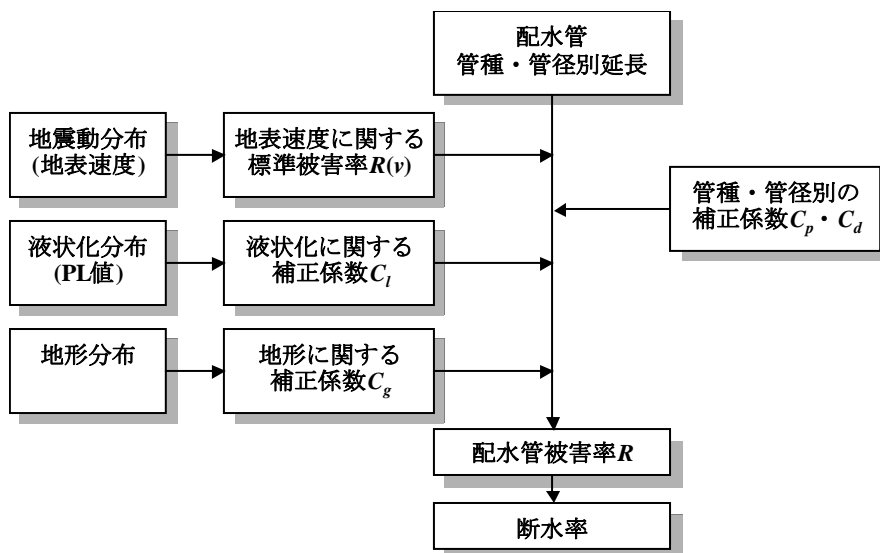


図10.1.1 上水道被害の予測フロー

$$D_n = L \times R \quad (10.1.1)$$

$$R = C_p \times C_d \times C_g \times C_l \times R(v) \quad (10.1.2)$$

ここで、

D_n : 対象管における被害件数(件)

L : 対象管の延長(km)

R : 対象管の被害率(件/km)

$R(v)$: 標準被害率(件/km)

v : 地表最大速度(cm/s)

C_p : 管種による補正係数

C_d : 管径による補正係数

C_g : 地形に関する補正係数

C_l : 液状化に関する補正係数、である。

被害率曲線を式(10.1.3)に、各種補正係数を表10.1.1に示す。高田・宮島(1997)では、地形に関する補正係数 C_g は考慮していない($C_g=1$)。

$$R(v) = 6.33 \times 10^{-5} \times v^{2.10} \quad (10.1.3)$$

ただし、適用範囲は $v \leq 110$ (cm/s)とする。

表10.1.1 各種補正係数(高田・宮島の式(1997))

管種	C_p	管径	C_d	液状化	C_l	
					埋立地	その他
DIP(A,K,T)	0.3	$\phi 75$	1.6	なし ($0 \leq P_L \leq 5$)	1.0	1.0
DIP(S,II)	0.0	$\phi 100-150$	1.0	部分的($5 < P_L \leq 15$)	2.7	2.0
CIP	1.0	$\phi 200-250$	0.9	全体的($15 < P_L$)	4.0	2.4
SP	(0.3)	$\phi 300-450$	0.7			
VP	1.1	$\phi 500-600$	(0.5)			
SGP(ねじ継手)	(4.0)					
ACP	(2.5)					

()は延長が短いため参考値。

(2) 断水率

管路の被害率 x と断水率 y の関係(川上(1996)²⁾を用いた。被害率として、 $\phi 75$ mm以上の配水管の被害率を用いた。

$$y = \frac{1}{(1 + 0.307x^{-1.17})} \quad (1日後) \quad (10.1.4)$$

¹高田 至郎・宮島 昌克:水道配水管の被害予測手法について、(財)災害科学研究所、1997年

²川上英二:道路交通システムの形状と連結確率との関係、第1回都市直下地震災害総合シンポジウム、pp. 169-172、1996年

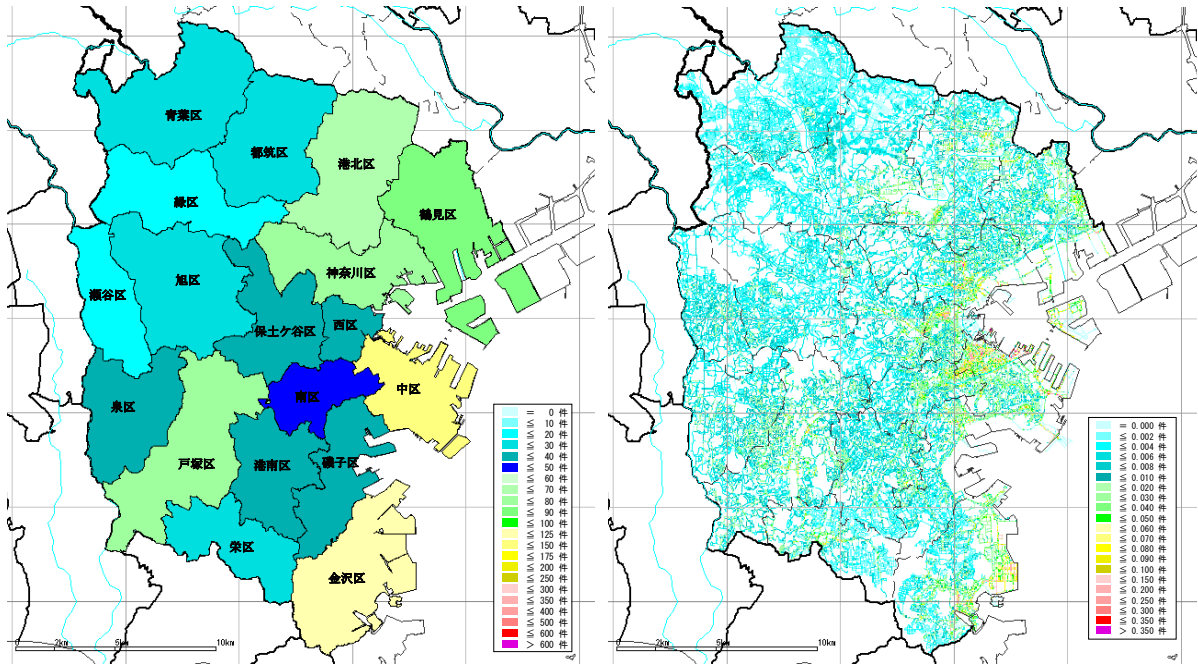
10.1.2 予測結果

上水道被害の予測結果を表10.1.2に示す。配水管（φ75mm以上）の総延長は約6550kmである。配水管の被害分布を図10.1.2に、断水の分布を図10.1.3に示す。中区・西区の中心部で高い被害率となり、金沢区の沿岸部でも高い。これらの地域で断水率も高くなる。水道管はネットワークをなしており、実際の断水率はこれより高くなる可能性がある。断水中でも最低限の水量を供給するための対策として、災害用給水タンクや緊急給水栓等の整備が重要である。

表10.1.2 上水道被害の予測結果

項目	元禄型関東地震	東京湾北部地震	南海トラフ巨大地震
管路被害（件）	1,454 (956)*	762 (509)*	330 (214)*
管路被害率（件/km）	0.160 (0.144)*	0.085 (0.078)*	0.037 (0.033)*
断水率（%）	25.0	14.7	5.8
断水世帯数（1日後）	398,835	234,187	92,930

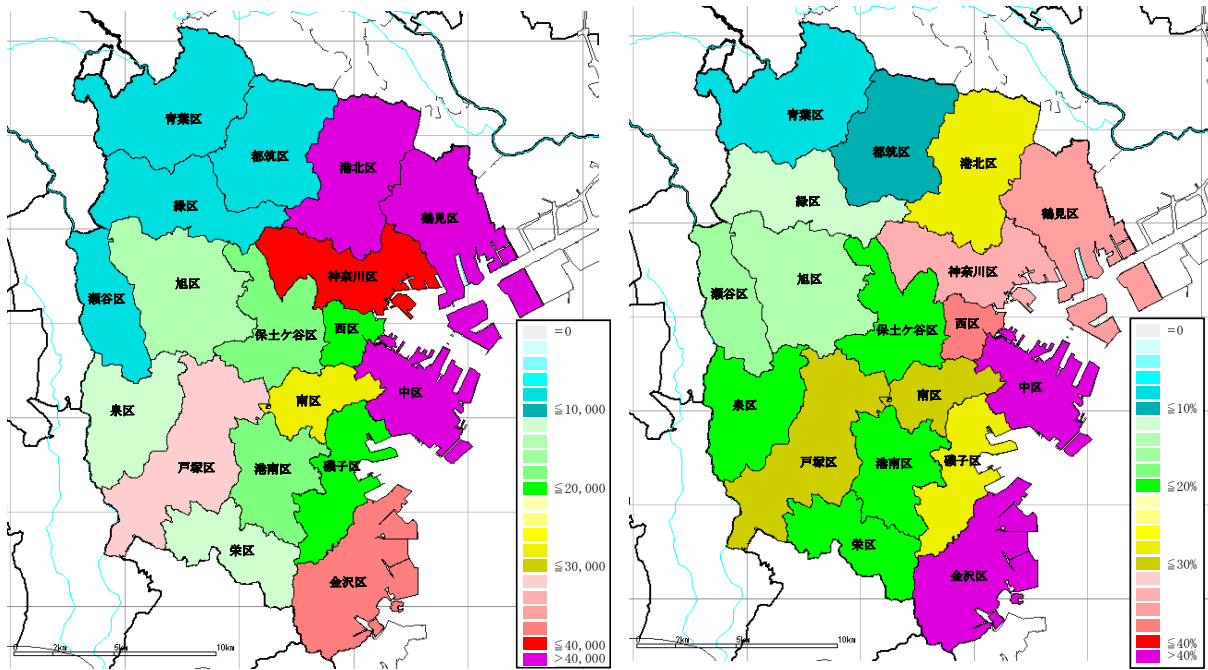
*（）内数字は、配水管（φ75mm以上）の値である。



(a) 被害件数 (区集計)

(b) 被害件数 (50m メッシュ)

図10.1.2 配水管 (φ75mm以上) の被害分布 (元禄型関東地震)



(a) 断水世帯数 (区集計)

(b) 断水率(%) : 区単位

図10.1.3 断水 (1日後) の予測結果 (元禄型関東地震)

10.2 下水道の被害

10.2.1 予測方法

下水道管きよの被害予測フローを、図10.2.1に示す。2004年新潟県中越地震を踏まえ検討された、国土交通省の「大規模地震による下水道被害想定委員会(2006年)」による手法を用いた(表10.2.1)。

流下機能支障は、平成22年度現在、市内の下水道普及率は99.8%に達しているので、世帯数に被害率を乗じて、流下機能支障世帯数とした。

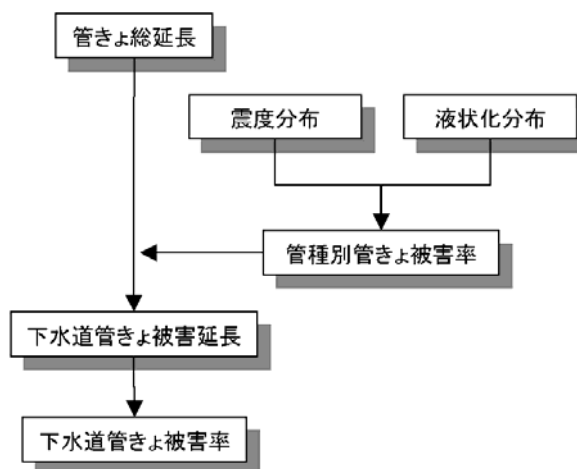


図10.2.1 下水道被害の予測フロー

表10.2.1 液状化危険度別、震度階級別、管種別の平均被害率

管種	液状化危険度	P_L 値	震度階級				
			5弱	5強	6弱	6強	7
塩ビ管 陶管	A～D	ALL	1.0%	2.3%	5.1%	11.3%	24.8%
その他の管	A	$15 < P_L$	0.6%	1.3%	3.0%	6.5%	14.5%
	B	$5 < P_L \leq 15$	0.5%	1.0%	2.2%	4.8%	10.7%
	C	$0 < P_L \leq 5$	0.4%	0.9%	2.0%	4.5%	9.8%
	D	$P_L = 0$	0.4%	0.9%	1.9%	4.2%	9.2%

(大規模地震による下水道被害想定委員会(2006年)による)

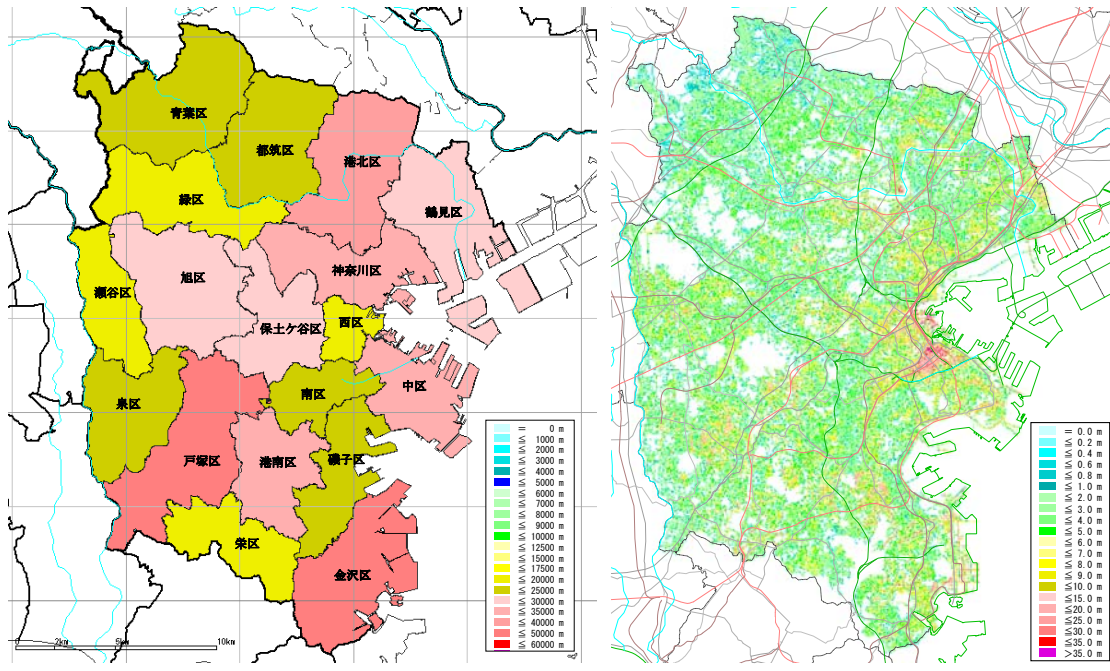
10.2.2 予測結果

下水道被害の予測結果を表10.2.2に示す。下水管きよの被害分布を図10.2.2に、流下機能支障世帯（1日後）の分布を図10.2.3に示す。

前回想定に比べ、液状化域が広がったことなどにより、被害延長が長くなっている。被害率は震度7となる中区・西区で大きいものの、被害延長では、総延長が長い金沢区・戸塚区で大きい。下水管路はネットワークを構成しており、実際の流下機能支障は、予測より大きくなる可能性がある。また、処理センターの機能が失われれば機能支障は広域化・長期化する。そのため、仮設トイレの用意の他、処理センターで早期に簡易処理を可能とするなどの対策が重要となる。

表10.2.2 下水道被害の予測結果

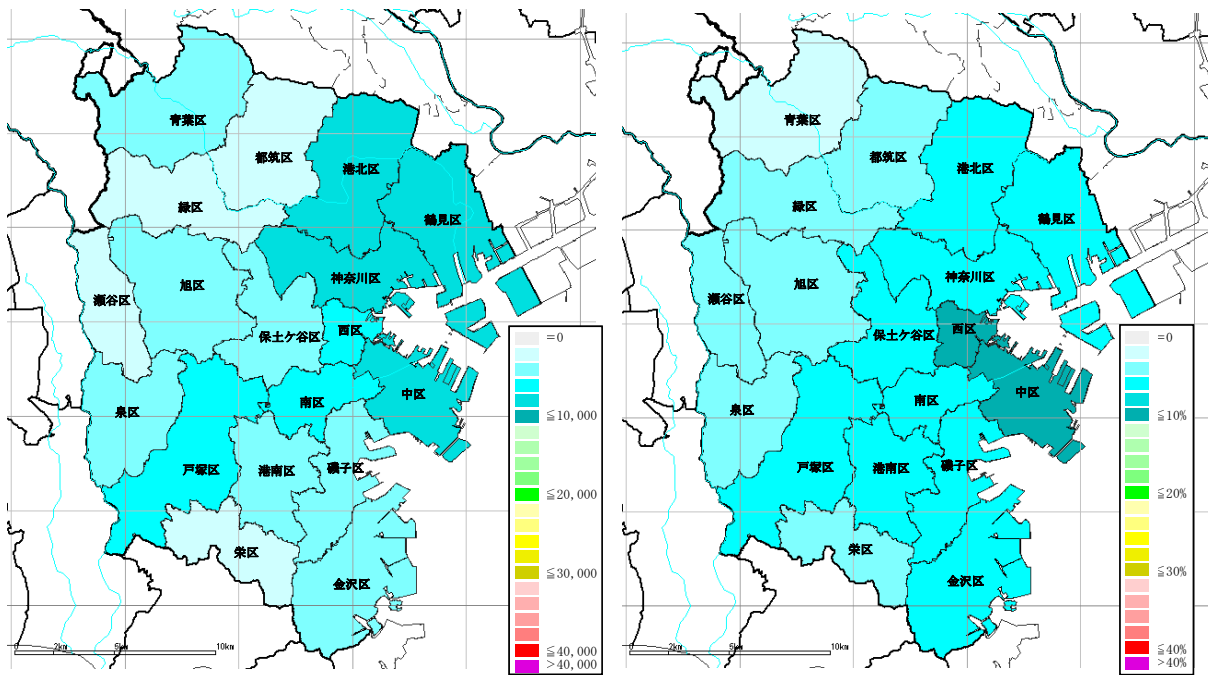
項目	元禄型関東地震	東京湾北部地震	南海トラフ巨大地震
管きよの被害延長(km)	493.57	219.46	145.53
管きよの被害率(%)	4.13	1.84	1.22
流下機能支障世帯数(1日後)	72,912	34,329	19,856



(a) 被害延長 (区集計)

(b) 被害延長 (50mメッシュ)

図10.2.2 下水管きよ被害延長(m) : 元禄型関東地震



(a) 流下機能支障世帯数

(b) 下水管きよ被害率(%)

図10.2.3 下水機能支障(1日後)の予測結果(元禄型関東地震)

10.3 電力の被害

10.3.1 予測方法

図10.3.1に示す流れで、電力施設の被害を予測した。

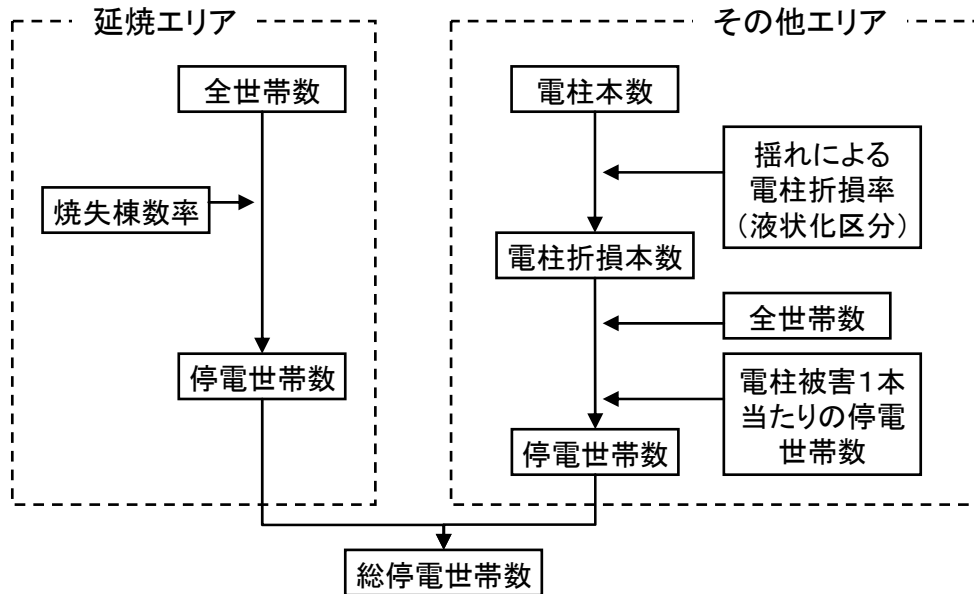


図10.3.1 電力被害の予測フロー

(1)揺れによる電柱の被害

式(10.3.1)を用いた。

$$\begin{aligned} \text{電柱折損本数} = & \text{揺れによる電柱折損率 (表 10.3.1)} \\ & \times \text{液状化による補正率 (表 10.3.2)} \times \text{電柱本数} \end{aligned} \quad (10.3.1)$$

表10.3.1 揺れによる電柱折損率

	電柱折損率
震度7	6.7%
震度6強・6弱	0.5%
震度5強以下	0%

表10.3.2 液状化条件による電柱折損率の補正係数

	$P_L=0$	$0 < P_L \leq 5$	$5 < P_L \leq 15$	$15 < P_L$
補正係数	1.0	1.1	1.3	2.1

○表10.3.1は、阪神・淡路大震災における被害実績（資源エネルギー庁(1996)¹⁾に基づく。（ただし、小数点2桁を四捨五入して用いている）

¹⁾ 資源エネルギー庁編：地震に強い電気設備のために、株式会社電力新報社、1996年

○東日本大震災では、液状化による電柱傾斜も潮来市・浦安市などで多く見られた。しかし、定量的なデータが不足していたため、今回は東京都(1997)の値を用いる。

(2) 火災延焼域の停電世帯数

火災延焼域での停電世帯数は、下式のように、焼失世帯数とする。

$$\text{停電世帯数} = \text{全世帯数} \times \text{建物焼失率} \quad (10.3.2)$$

なお、建物焼失率は出火・延焼予測による結果を用いる。

(3) 津波の影響

これまで、津波による電柱流出は考慮していなかった。しかしながら、東日本大震災での実績として、電気設備地震対策WG報告書¹に石巻市で16.3%とある。津波による電柱流失の主な原因は漂流物の衝突によるものである。たとえば石巻市の浸水深と被害の関係を見ると、被害が生じている箇所は、浸水深が4m以上の箇所と対応している。

本市では、慶長型地震の際でも、想定浸水深は2~3mなので、電柱流失は生じないと判定した。

(4) 地下ケーブル

地下ケーブルによる被害は、表10.3.3により算出する。これは、阪神淡路大震災での実績に基づくもので、液状化現象による影響を反映している。なお、市内の地下ケーブル延長は、約2,500kmである。

表10.3.3 地下ケーブルの被害率

震度	液状化危険度	
	高い	低い
5強以下	被害なし	被害なし
6弱、6強	1.5%	0.3%
7	7.4%	7.4%

(5) 停電世帯数

前回想定での市内の平均値として（地域差はほとんどない）、電柱1本当たり80世帯停電として延焼エリア外の停電世帯数を算出した（延焼とのダブルカウントは除去）。なお、上記の地下ケーブルの被害率は、管路の被害率であり、地下ケーブル自体の被害を表すものではないため、停電への影響は考慮しない。延焼エリアと延焼エリア外の停電世帯数を合わせ、総停電世帯数とした。

¹ 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会電力安全小委員会電気設備地震対策ワーキンググループ報告書、2012年

10.3.2 予測結果

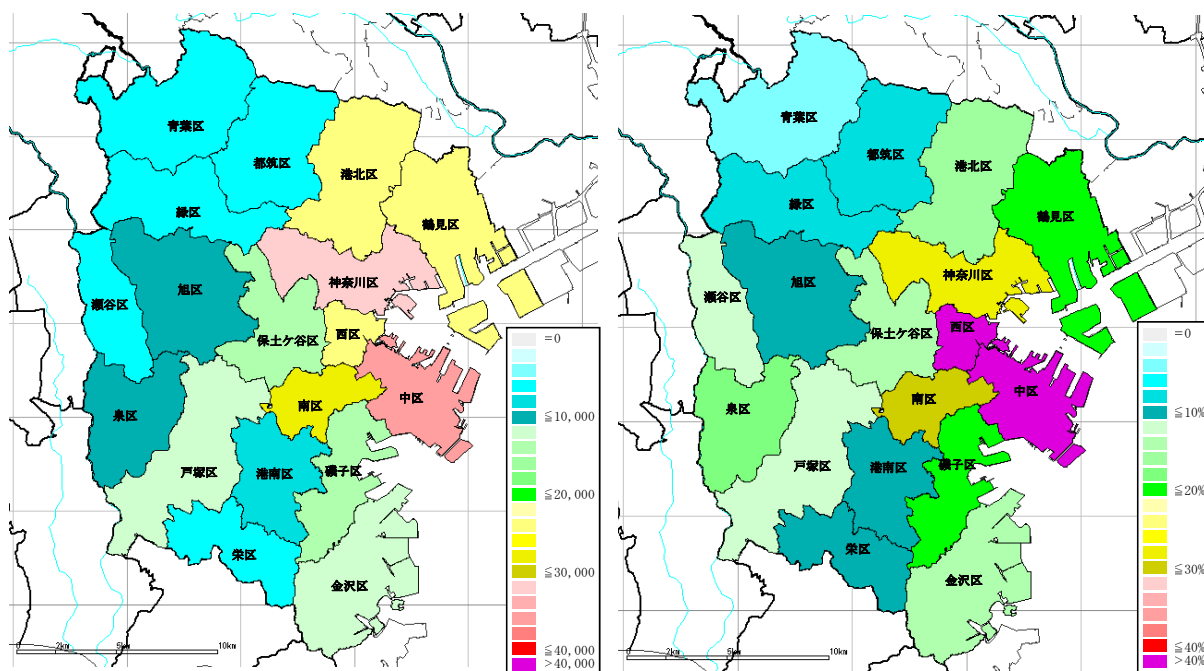
予測結果を表10.3.4に、停電の分布を図10.3.2に示す。上下水道と同様に、中区・西区で停電率が高く、次いで隣接する南区・神奈川区で高い。

ここでの停電は電柱被害に起因するものを想定している。東日本大震災では、本市においても地震発生当日には広範囲で停電が発生した（564,700戸（3月11日16時）で停電し当日中にはすべて復旧）。地震発生直後は、安全確保のため発電所が一時停止する等により、ここでの想定地震では広域で停電が発生する可能性が高い。その後、系統切り替え等により、電力供給が再開されていく。表の1日後の停電世帯数は、そのような対処を行った後に、電柱等の復旧作業によって回復していくべき世帯数である。

表10.3.4 電力被害の予測結果

項目	元禄型関東地震	東京湾北部地震	南海トラフ巨大地震
電柱被害（本）	3,328	781	1
ケーブル被害(km)	9.6	2.4	0.0
停電率(%)	16.7	3.9	0.0
停電世帯数（1日後）	266,246	62,498	91*

*停電率は小数点2桁を四捨五入して示している。
南海トラフ巨大地震でも91世帯で停電となる。



(a) 停電世帯数（区単位）

(b) 停電率（区平均）

図10.3.2 停電（1日後）の予測結果（元禄型関東地震）

10.4 電話の被害

10.4.1 予測方法

(1) 電柱の被害

10.3で示した電力の電柱と同じ方法で評価した。

(2) 地中ケーブルの被害

地中ケーブルの被害は、式(10.4.1)を用いて算定した。これは阪神・淡路大震災の震度別被害データに基づくものである。

$$\text{被害延長} = \text{揺れによる地中ケーブルの被害率 (表10.4.1)} \\ \times \text{液状化による補正係数 (表10.4.2)} \times \text{総延長} \quad (10.4.1)$$

表10.4.1 地中ケーブルの被害率

震度階級	被害率
震度7	4.70%
震度6強、6弱	0.30%
震度5強以下	0.00%

愛知県(2003)

表10.4.2 液状化による補正係数

P_L 値	液状化補正係数
$P_L=0$	1.0
$0 < P_L \leq 5$	1.2
$5 < P_L \leq 15$	1.5
$15 < P_L$	3.0

東京都(1997)

(3) 機能支障

上記の施設被害による機能支障を対象として予測する。

埼玉県(1998)による式(10.4.2)の電柱被害率と不通率の関係を用いた。全世帯数に、この不通率を乗じて、影響世帯数を算出した。式(10.4.2)の不通率がすべての要因を含む不通率であるので、地中ケーブルについては電力と同様に、考慮しない。

$$Y = 2.26985 * X \quad (10.4.2)$$

ここで、 Y ：不通率 (%)

X ：電柱被害率 (%)

10.4.2 予測結果

固定電話被害の予測結果を表10.4.3に示す。不通世帯の分布を図10.4.1に示す。中区・西区での不通率が高い。

なお、地震発生当日においては、安否確認を行うための災害用伝言ダイヤル「171」のサービス等は普及しているが、一般回線は緊急通報受理機関等の重要通信を確保するため利用規制を受ける。物的被害による不通率は、翌日以降での状況を予測したものであり、商用電源を利用している通信機器の利用者は停電の影響を受ける。発生当日は輻輳等の発生によりほとんど通話はできず、翌日以降も停電の影響で使用できない可能性がある。

携帯電話については、停電や伝送路断（NTT）や建物・鉄塔倒壊の影響を大きく受ける。建物・鉄塔倒壊に対しては、暫定的に周辺基地局や臨時基地局においてエリア補完を行う。

表10.4.3 固定電話被害の予測結果

項目	元禄型関東地震	東京湾北部地震	南海トラフ巨大地震
電柱被害（本）	1,580	385	0
ケーブル被害(km)	43.4	12.8	0.0
不通率(%)	3.42	0.82	0.00
不通世帯数（1日後）	54,144	13,055	13

*不通率は小数点3桁を四捨五入して示している。
南海トラフ巨大地震でも13世帯で不通となる。

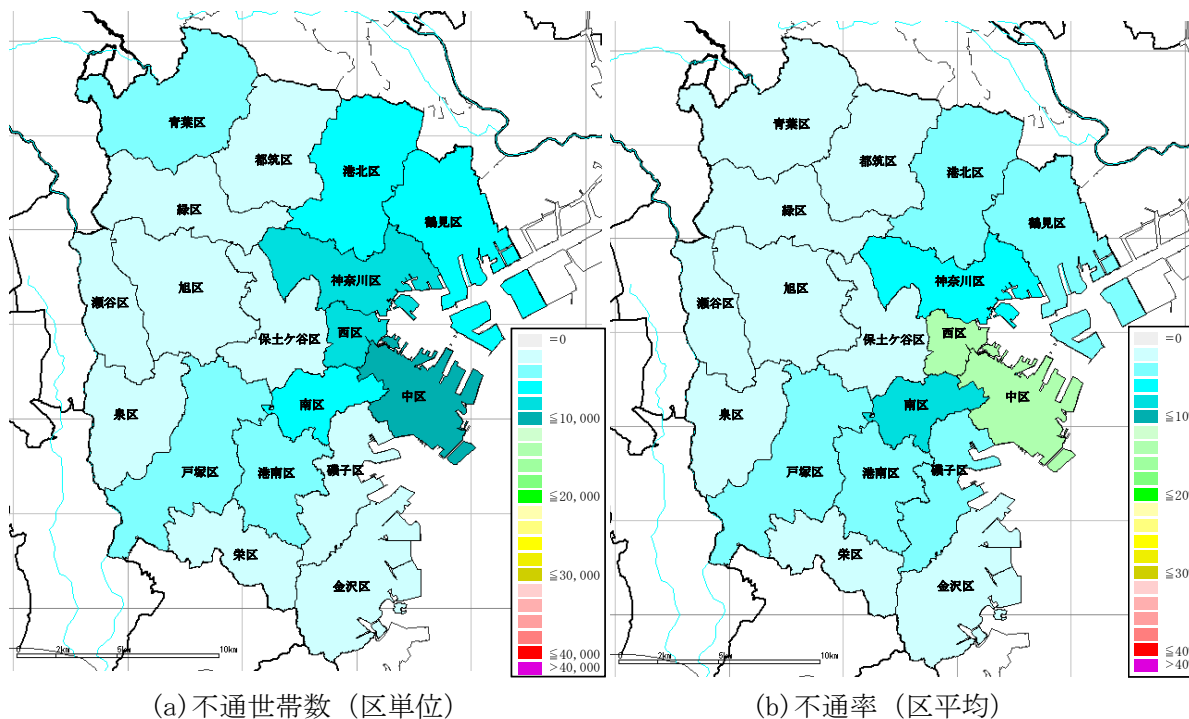


図10.4.1 固定電話の不通率の分布（元禄型関東地震）

10.5 都市ガスの被害

10.5.1 都市ガス供給停止件数の予測手法

阪神・淡路大震災後、資源エネルギー庁により発行された「ガス地震対策検討会報告書（1996年）」において、地震発生時にはSI値が60kine以上の場合に速やかに低圧ブロック¹のガス供給を停止する即時供給停止判断基準（第1次緊急停止判断基準）の導入が提言され、全国の都市ガス事業者の供給停止判断基準として採用されている。

他のライフラインの被害予測においては、管路・電柱等の物的被害の被害率から機能支障を予測した。都市ガスの場合、上述の通りブロック内で60kine以上を観測した際に供給を停止する基準があるので、それに則り、地震発生直後の機能支障は揺れの大きさから予測することが可能である。東京ガスの低圧ブロックに対して、メッシュ毎のSI値分布を確認することで、都市ガス供給停止の被害想定を実施した。

10.5.2 都市ガス供給停止件数の予測結果

前述した基準に則ると、低圧ブロック内全域で60kine以上を計測しているケースにおいては、確実に低圧ガスの供給停止を行うため、表10.5.1に示すとおり供給停止件数が算出された。その一方、ブロック内のある程度の範囲で60kineを超え、更に2次災害発生の危険性がある場合（火災延焼地域等）、安全のため追加で供給停止を実行（第2次緊急停止）するケースも十二分に考えられるため、供給停止件数については安全サイドで供給を止めるケースを最大値として設定し、想定に幅を持たせることとした。

図10.5.1に最大ケースでの値で供給停止の分布を示す。多くの区で停止率は100%となる。実際には、停止後の被害情報などの収集の結果、被害が甚大であればさらに停止件数を増やし、被害が少なければ安全を確認できたところから供給を再開していくものである。

表10.5.1 想定地震毎の都市ガス供給停止件数

供給を停止する低圧ブロックの条件	ブロック内ほぼ全域でSI値が60kine以上		ブロック内1/3でSI値が60kine以上
元禄型関東地震	43万件	～	116万件
東京湾北部地震	8万件	～	24万件
南海トラフ巨大地震	0件		

※横浜市内の需要家件数は2012年7月時点で、約140万件

¹低圧ブロック：東京ガス供給区域内の約46,000kmの低圧ガス導管は、179のブロックに分割されており、被害が大きい地域だけを分離してガスの供給を停止することが出来る。

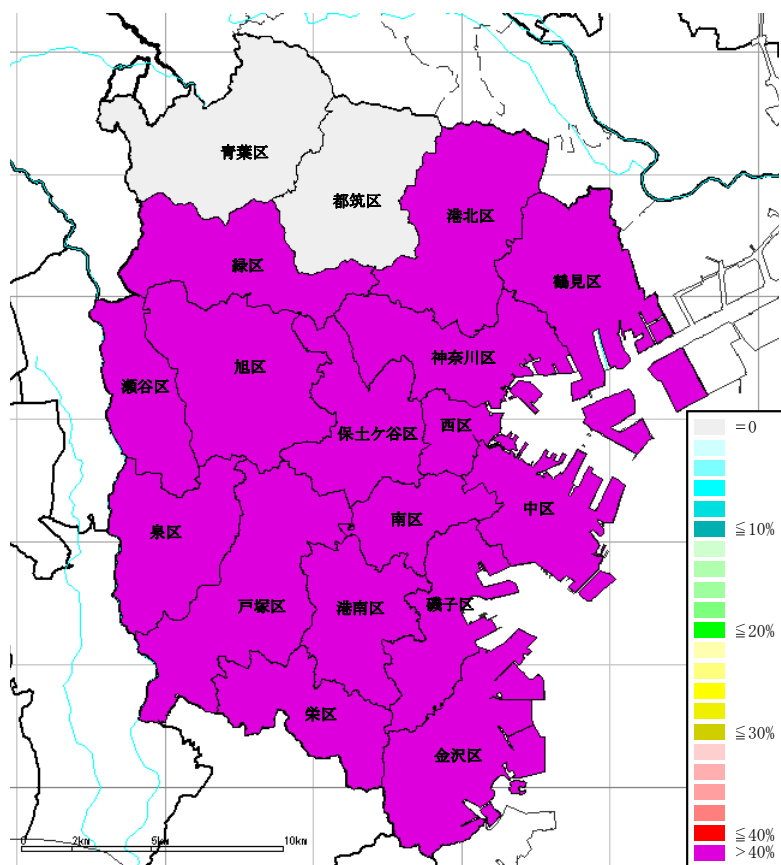


図10.5.1 都市ガスの供給停止率 (%) : 区単位 (元禄型関東地震)