

## 第5章 ライフライン被害の想定手法

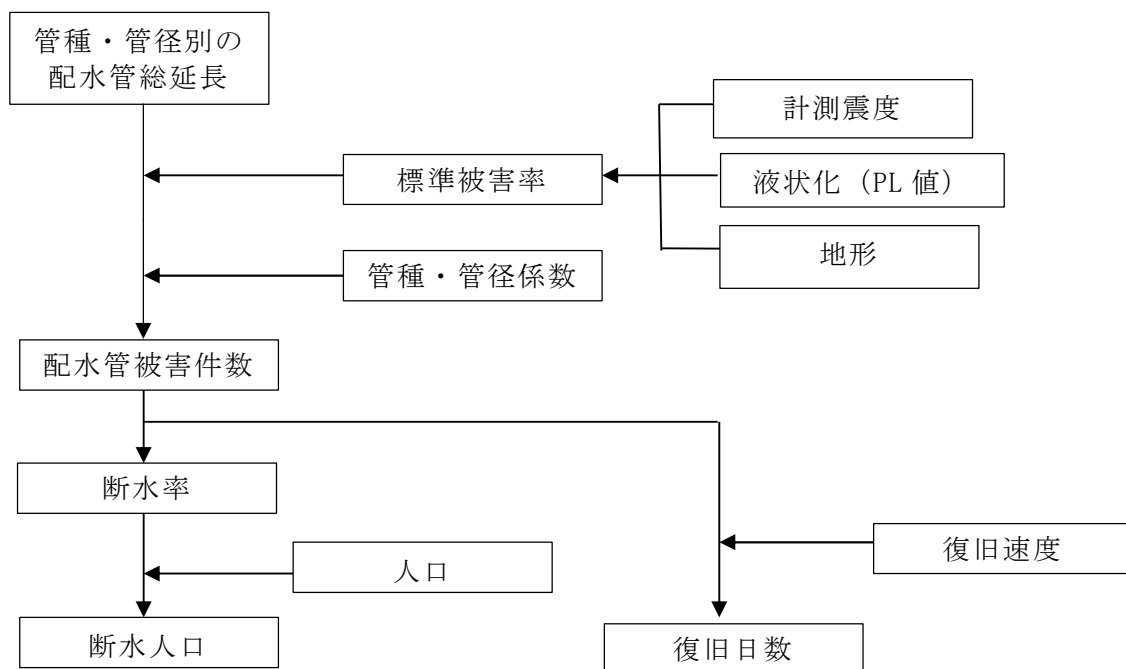
### 5.1 上水道被害

配水管の被害は、兵庫県南部地震の被害データと近年の被害地震のデータを用いて提案された手法を用い想定した。また、断水率（断水世帯数）の想定は、前回調査で使用した断水率推定式を用いて想定した。

応急復旧日数の想定は、送・配水管の被害箇所数、被害率及び過去の被害地震での復旧事例を参考にして作成した復旧関数を用いて復旧過程を想定した。

なお、液状化の影響については、東京都の手法（2012）による「液状化危険度ランクによる補正係数」を用いる。

#### (1) 被害想定フロー



#### (2) データの取り扱い

管路の現況データ（管路延長）を、管種・管径別にメッシュに配分する。また、施設については、所在メッシュを特定する。

#### (3) 想定結果の表現

- ・メッシュ別の被害箇所数
- ・メッシュ別の断水人口
- ・市区町村別の断水人口（該当メッシュの数を総計）
- ・市区町村別の復旧日数

### ○配水管の被害想定

$$R_s = C\Phi((\ln V_{max} - \lambda)/\zeta) \cdot \dots \cdot (3)$$

※添え字 ij は、管種、管径を表す。

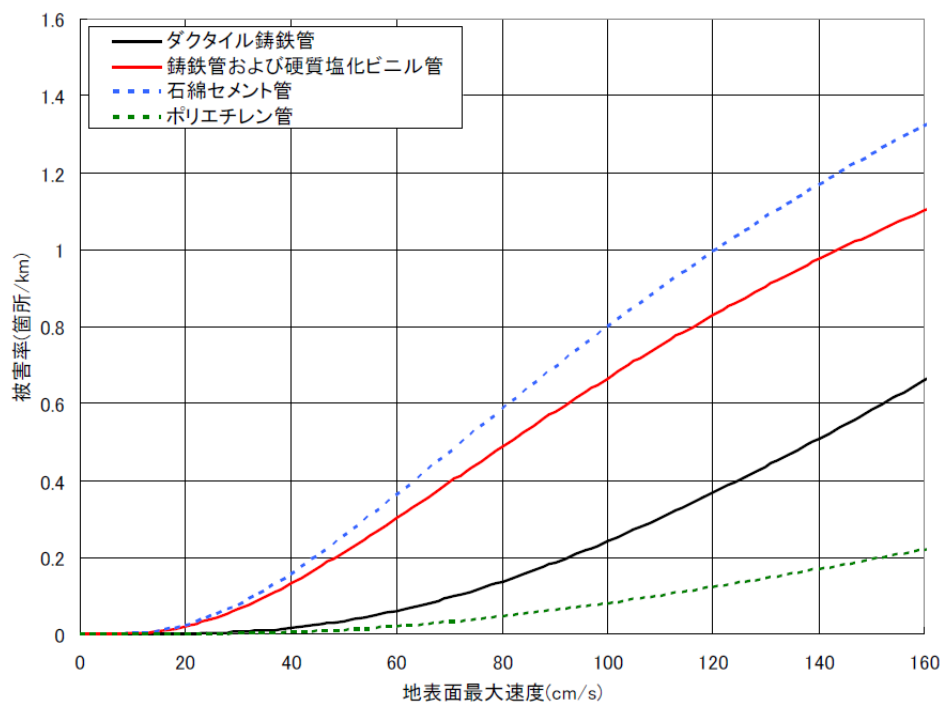


図 5.1 配水管の被害率関数（丸山・山崎）

表 5.1 式 (3) の各種係数

|   | 管種             | $\zeta$ | $\lambda$ | C    |
|---|----------------|---------|-----------|------|
| A | 鑄鉄管及び硬質塩化ビニール管 | 0.860   | 5.00      | 2.06 |
| B | ダクタイル鑄鉄管       | 0.864   | 6.04      | 4.99 |

表 5.2 管種補正係数

| 管種 |            | 管種補正係数 $C_p$ |
|----|------------|--------------|
| A  | 石綿セメント管    | 1.2          |
|    | 鑄鉄管        | 1.0          |
|    | 硬質塩化ビニール管  | 1.0          |
|    | 鋼管（ネジ継手）   | 1.0          |
|    | 鉛管、コンクリート管 | 1.0          |
| B  | ダクタイル鑄鉄管   | 1.0          |
|    | 鋼管         | 1.0          |
|    | その他        | 1.0          |
|    | ステンレス管     | 1/3          |
|    | ポリエチレン管※   | 1/3          |
|    | 耐震管        | 0.0          |

※ポリエチレン管のうち、融着継手ポリエチレン管は耐震管と同等としている。

表 5.3 管径補正係数

| 管径        | 管径補正係数 $C_d$ |
|-----------|--------------|
| Φ75       | 1.6          |
| Φ100-150  | 1.0          |
| Φ200-250  | 0.9          |
| Φ300-450  | 0.7          |
| Φ500-600  | 0.5          |
| Φ700-1000 | 0.4          |
| Φ1100-    | 0.2          |

※中央防災会議の手法（2013）による係数

表 5.4 地盤補正係数

| 地盤・地形 | 地盤補正係数 $C_g$ |
|-------|--------------|
| 改変山地  | 1.1          |
| 段丘    | 1.5          |
| 谷・旧水部 | 3.2          |
| 沖積平野  | 1.0          |
| 良質地盤  | 0.4          |

表 5.5 液状化補正係数

| 危険度               | 液状化補正係数 $C_l$ |
|-------------------|---------------|
| LPL=0             | 1.0           |
| $0 < LPL \leq 5$  | 1.8           |
| $5 < LPL \leq 15$ | 3.2           |
| $15 < LPL$        | 8.8           |

※東京都の手法による係数を利用

○断水率・断水人口の想定

$$\text{断水率} = \begin{cases} 1/(1 + 0.0473 \times x^{-1.61}) & (\text{川上式}) \\ 1/(1 + 0.00789 \times x^{-2.801}) & (\text{推定式}) \end{cases}$$

ここで、 $x$  は配水管の被害率（箇所／km）。

※川上の推定式を修正した断水率推定式

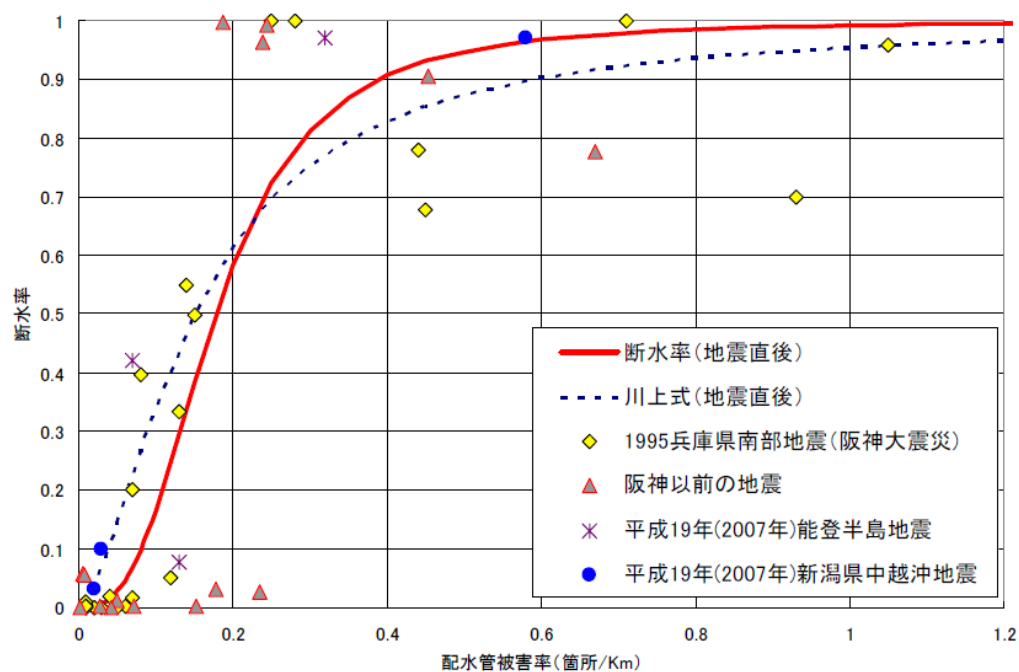


図 5.2 断水率の予測関数

○応急復旧日数の想定

上水道の復旧過程の予測関数は以下のとおり。

$$Y = a(X - ds) + b$$

Y : 断水率 (断水人口 / 給水人口)

a : 配水管の被害箇所数によって決まる復旧速度 (断水率 / 日)

X : 地震発生からの経過日数 (地震発生日において、X=0)

ds : 図に示すステップ関数によって決まる復旧作業開始までに必要な日数 (復旧作業開始日)

b : 地震直後の断水率

表 5.6 配水管の被害箇所数と復旧速度

| 配水管被害箇所数  | 復旧速度 a  |
|-----------|---------|
| 1000 箇所以上 | -0.023  |
| 100 箇所以上  | -0.0354 |
| 100 箇所未満  | -0.125  |

復旧作業開始までに必要な日数 (復旧作業開始日) は、図 5.3 に示すステップ関数 (グラフが階段状になる実関数) で求める。

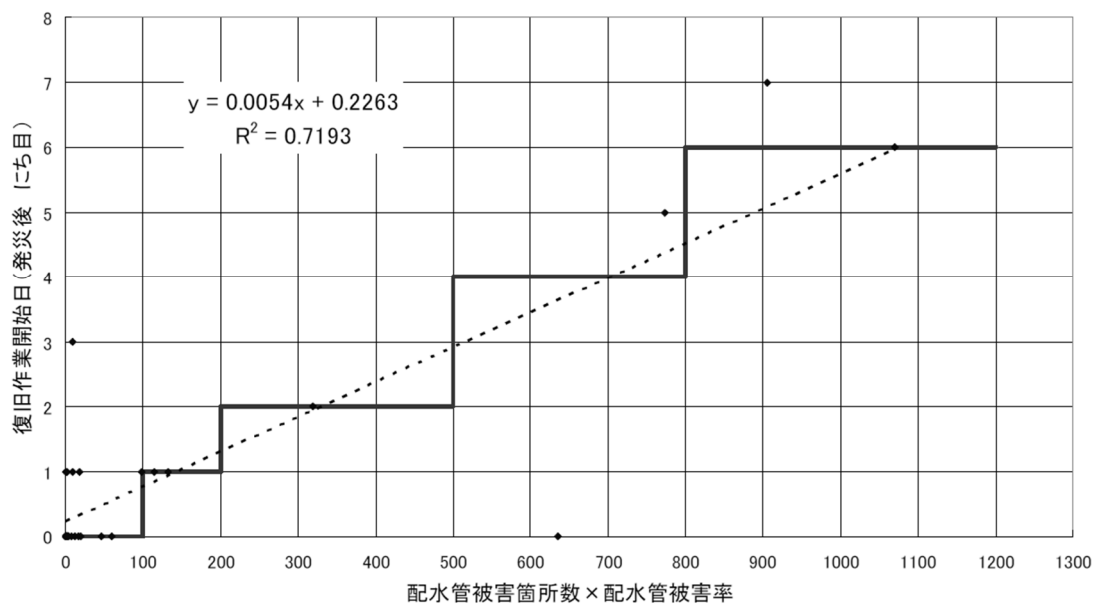


図 5.3 復旧作業開始日の予測関数

※予測関数は、阪神・淡路大震災の事例より設定。

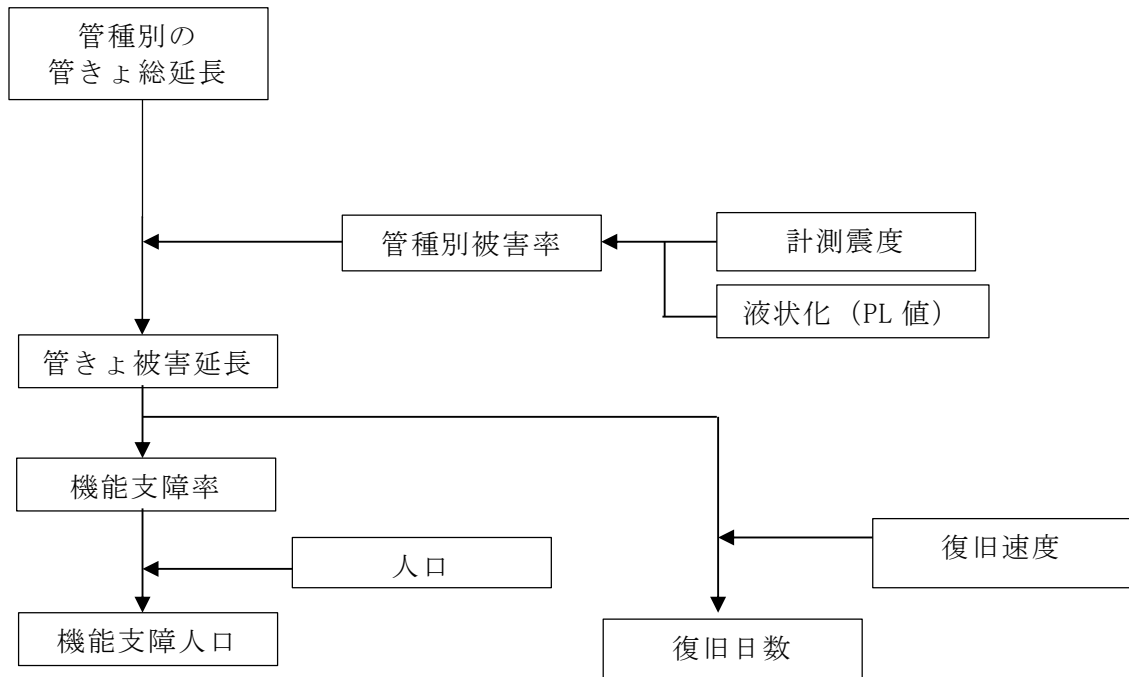
参考文献：

- ・中央防災会議：首都直下地震の被害想定と対策について（最終報告）、平成 25 年 12 月
- ・東京都防災会議：首都直下地震等による東京の被害想定報告書、平成 24 年 4 月
- ・丸山喜久、山崎文雄：近年の地震データを考慮したマクロな配水管被害予測式、第 30 回地震工学研究発表会論文集、平成 21 年

## 5. 2 下水道被害

管きょ（塩ビ管、陶管、その他）の被害想定は、国土交通省の「大規模地震による下水道被害想定委員会」の平均被害率関数を用いた。機能支障の想定は、管きょ被害率に処理人口数を乗じることにより算出した。応急復旧日数の想定は、管きょの被害延長、復旧速度、復旧人員から応急復旧日数を算出した。

### (1) 被害想定フロー



### (2) データの取り扱い

管きょの現況データ（管きょ延長）を、管種・管径別にメッシュに配分する。施設については、所在メッシュを特定する。

### (3) 想定結果の表現

- ・メッシュ別の被害延長
- ・メッシュ別の機能支障人口
- ・市区町村別の機能支障人口（該当メッシュの数を総計）

### (4) 想定手法

○管路被害

$$D_1 = \sum_i \sum_j L_{ij} \cdot R_{ij}$$

$D_1$ ：被害管路延長(km)、 $L_{ij}$ ：管路延長(km)、 $R_{ij}$ ：管種・管径別被害率(%)、

※添え字  $ij$  は、管種、管径を表す。

表 5.7 管種・管径別被害率

| 管種        | 液状化<br>危険度 | 震度階級             | 5-   | 5+   | 6-   | 6+    | 7     |
|-----------|------------|------------------|------|------|------|-------|-------|
|           |            | 計測震度基準値          | 4.75 | 5.25 | 5.75 | 6.25  | 6.75  |
| 塩ビ管<br>陶管 | A～D        | ALL              | 1.0% | 2.3% | 5.1% | 11.3% | 24.9% |
| その他<br>の管 | A          | $15 < PL$        | 0.6% | 1.3% | 3.0% | 6.5%  | 14.4% |
|           | B          | $5 < PL \leq 15$ | 0.4% | 1.0% | 2.2% | 4.8%  | 10.6% |
|           | C          | $0 < PL \leq 5$  | 0.4% | 0.9% | 2.0% | 4.4%  | 9.7%  |
|           | D          | $PL = 0$         | 0.4% | 0.9% | 1.9% | 4.2%  | 9.2%  |

○機能支障想定

$$\text{機能支障人口} = \text{管きょ被害率} \times \text{処理人口}$$

○応急復旧日数の想定

管きょの被害延長、復旧速度、復旧辞任から応急復旧日数を想定する。応急復旧速度は、東京都の首都直下地震における被害想定（2022）を参考に、一律 400m/班・日とし、復旧にかかる作業班数は、神奈川県全域で 100（班・日）とする。

なお、復旧は県外からの応援も含めるものとする。

参考文献：

- ・国土交通省：大規模地震による下水道被害想定検討委員会(第1回)資料、2005年12月
- ・東京都：首都直下地震等による東京の被害想定報告書、2022年5月

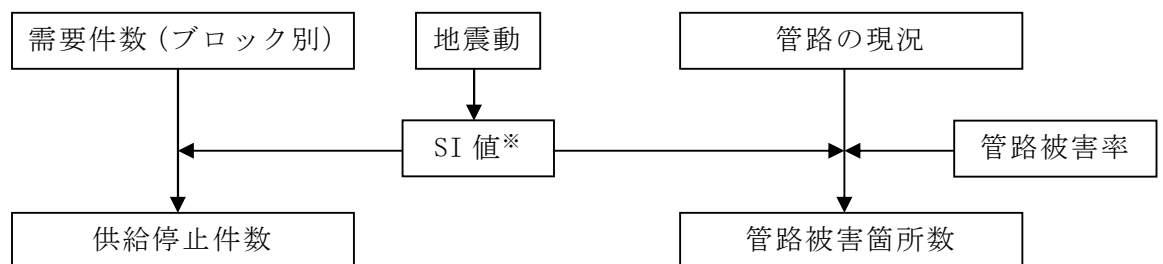
### 5. 3 都市ガス被害

東京ガス（株）の供給地域については、東京ガス（株）の手法によった。東京ガス（株）以外の事業者の供給地域では、SI 値分布から供給停止軒数を想定し、これに加えて、阪神・淡路大震災における事例から作成した被害関数を用いてガス導管の被害軒数を想定した。

#### (1) 被害想定フロー（東京ガス（株）以外の事業者）

・ 供給停止件数

・ 管路被害、復旧日数



※SI 値とは、「地震によって一般的な建物がどれだけ大きく揺れるか」を数値化したもの。ガス事業者は、SI 値を安全対策の指標として用いている。

#### (2) データの取り扱い

供給ブロックに対応するメッシュを特定する。管路の現況データ（管路延長）を、管種・管径別にメッシュに配分する。

#### (3) 想定結果の表現

・ 市区町村別の供給停止件数（該当メッシュの数を総計）

#### (4) 想定手法

##### ○供給停止件数

供給ブロックに対応するメッシュに、SI 値 60 カイン（50 カイン：1 秒間に 50 センチ変位すること）以上のメッシュが 1 箇所でもある場合は、ブロック全体を供給停止とする。

##### ○管路被害

中圧及び低圧導管、供給管及び灯外管については下記の被害関数を用いて、250m メッシュ単位で被害率、被害件数を求める。

- ・ 中圧管・低圧導管

$$R_{gp} = C_p \cdot C_g \cdot C_l \cdot R_{gps}$$

$$D_{gp} = L_{gp} \cdot R_{gp}$$

$$R_{gp} = \begin{cases} 0.0 & (SI < 25cm/s) \\ 3.5 \times 10^{-2}(SI - 25)^{0.97} & (25 \leq SI < 80cm/s) \\ 1.7 & (SI \geq 80cm/s) \end{cases}$$

- ・ 供給管

$$R_{sp} = C_g \cdot C_l \cdot R_{sps}$$

$$D_{sp} = L_{sp} \cdot R_{sp}$$

$$R_{sps} = \begin{cases} 0.0 & (SI < 25cm/s) \\ 2.0 \times 10^{-4}(SI - 25)^{1.16} & (25 \leq SI < 110cm/s) \\ 0.0346 & (SI \geq 110cm/s) \end{cases}$$

$D_{gp}$  : 中圧管・低圧本支管の被害件数 (箇所)、 $L_{gp}$  : 中圧管・低圧本支管の延長 (km)、

$R_{gp}$  : 中圧管・低圧本支管の被害率 (箇所/km)

$R_{gps}$  : 中圧管・低圧本支管の標準被害率 (箇所/km)

$D_{sp}$  : 供給管の被害件数 (箇所)、 $L_{sp}$  : 供給管の本数 (本)

$R_{sp}$  : 供給管の被害率 (%、本/本)、 $R_{sps}$  : 供給管の標準被害率 (%、本/本)

$C_g$  : 地盤補正係数、 $C_p$  : 管種補正係数、 $C_l$  : 液状化補正係数、 $SI$  : 地表面  $SI$  値 (cm/s)

表 5.8 地盤補正係数  $C_g$

| 地盤種別                    | 中低圧 $C_g$ | 供給 $C_g$ |
|-------------------------|-----------|----------|
| 山地・段丘平坦地・丘陵地            | 1.0       | 1.0      |
| 山地部造成地                  | 1.9       | 1.4      |
| 旧河道・後背湿地・谷底平地・扇状地・崖     | 1.2       | 1.2      |
| 自然堤防(発達部)・自然堤防(未発達部)・浜堤 | 1.6       | 1.2      |
| 平地部造成地                  | 1.7       | 1.1      |
| 液状化地盤                   | 1.0       | 1.0      |

表 5.9 液状化補正係数  $C_l$

| 液状化地盤種別            | 中低圧 $C_l$ | 供給 $C_l$ |
|--------------------|-----------|----------|
| $0 \leq PL \leq 5$ | 1.0       | 1.0      |
| $5 < PL \leq 20$   | 2.0       | 1.6      |
| $20 < PL$          | 2.4       | 1.6      |

表 5.10 管種補正係数  $C_p$

| 管種              | $C_p$ |
|-----------------|-------|
| 中圧管鋼管〔裏波溶接〕     | 0.03  |
| 低圧管鋼管〔溶接〕       | 0.05  |
| 低圧管鋼管〔ネジ付き〕     | 1.00  |
| 低圧管鋼管〔メカニカル継ぎ手〕 | 0.05  |
| 低圧管鋳鉄管〔印ろう〕     | 1.00  |
| 低圧管ダクタイル鋳鉄管     | 0.40  |
| 低圧管ポリエチレン管      | 0.00  |
| 供給管ポリエチレン管      | 0.00  |
| 供給管非ポリエチレン管     | 1.00  |

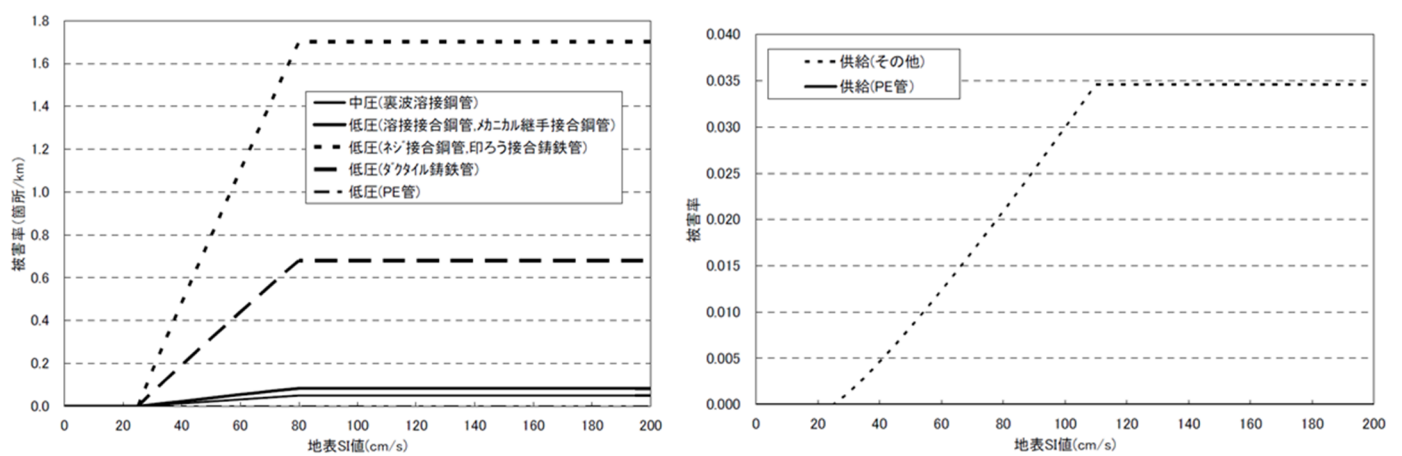
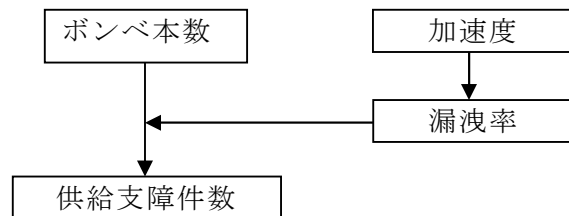


図 5.4 地表 SI 値 (cm/s) と管路被害率の関係

## 5. 4 LP ガス被害

関沢他の方法に従って、ガスボンベ重量別のボンベ数に、供給地域の計測震度から求めたガスボンベの漏洩率（50kg ボンベ）を乗ずることによって漏洩件数を求めた。

### (1) 被害想定フロー



### (2) データの取り扱い

現況データ（ボンベ本数）をメッシュに配分する。

### (3) 想定結果の表現

- ・市区町村別の供給支障数
- ・復旧日数

### (4) 想定手法

○LP ガスボンベ漏洩件数

$$\text{被害件数（漏洩件数）} = \text{現況本数（重量別）} \times \text{漏洩率}$$

表 5.11 LP ガスボンベの漏洩率関数（50kg）

|     | 計測震度    |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|---------|
|     | ～5.5 未満 | 5.5～6.0 | 6.0～6.5 | 6.5 以上～ |
| 漏洩率 | 0.000   | 0.010   | 0.013   | 0.021   |

※出典：「地方自治体の災害対策本部における応急対応支援システムの開発」（関沢他）

※出典では漏洩率は重量別となっているが、神奈川県内で使用されている

LP ガスボンベは、重量 50kg のものがほとんどであるため、対象とする

LP ガスボンベは全て重量 50kg として想定する。

○応急復旧日数の想定

阪神・淡路大震災において 162,700 世帯の復旧を発災から 12 日後までに完了していることから、復旧速度を 1 万件／日と仮定して応急復旧日数を算出する。

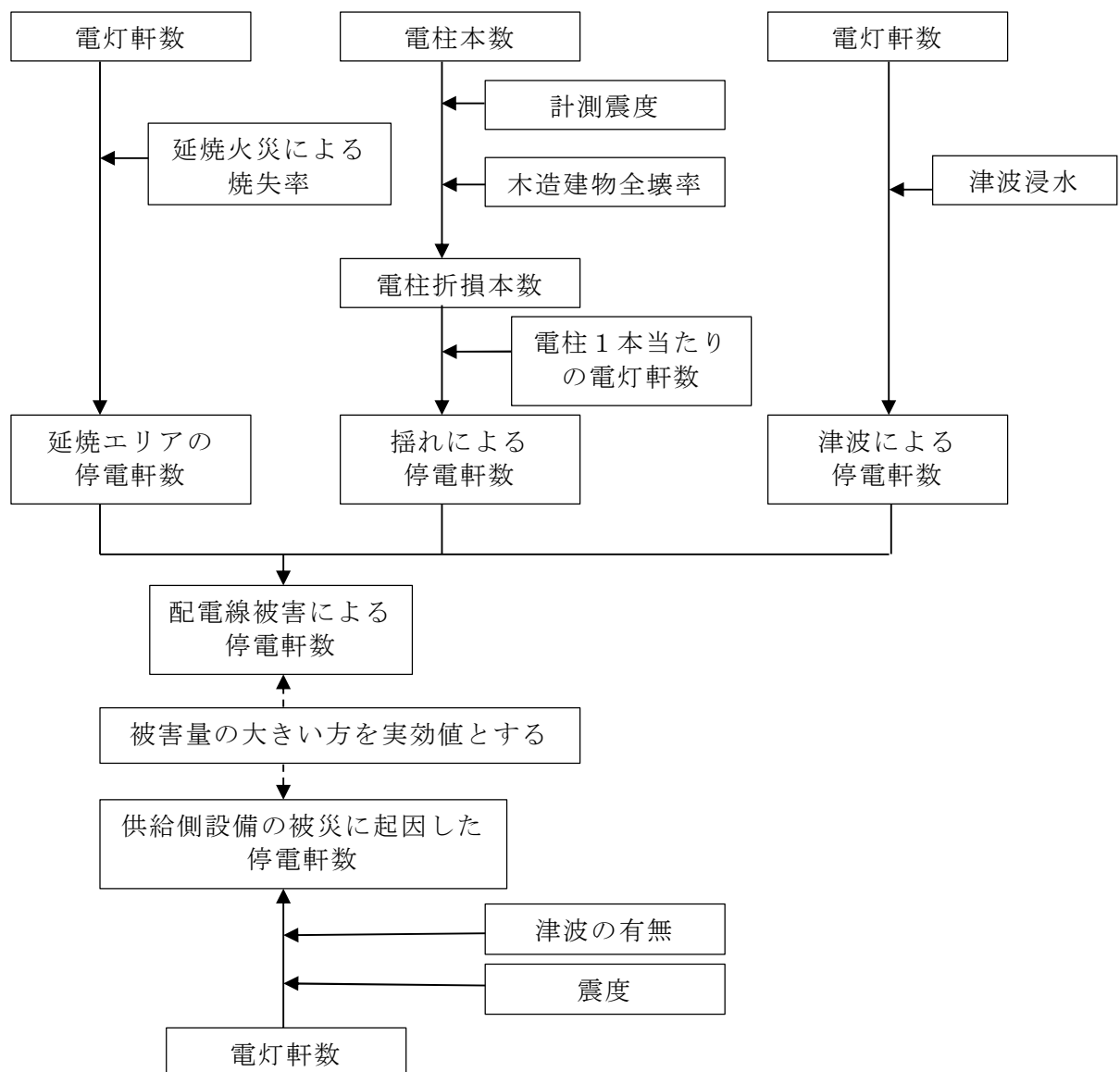
※阪神・淡路大震災では、県 LP ガス協会が中心となり、県内の小売・元売業者が対応に当たっている。

参考文献：・関沢・座間・細川・畑山・新井場・久保田・鄭・遠藤：3.2.9 地方自治体の災害対策本部における応急対応支援システムの開発、大都市大震災軽減化特別プロジェクト H14 年度成果報告書Ⅳ 耐震研究の地震防災への反映、平成 15 年 5 月

## 5. 5 電力被害

被害想定にあたっては、中央防災会議の手法（2013）及び前回調査の手法を用いている。電線の被害による停電軒数について、延焼エリアと非延焼エリアに分けて計算を行った。揺れによる電柱被害と全壊建物の巻き込まれによる電柱被害から停電軒数を想定し、延焼エリアでは、火災による焼失建物棟数からも停電軒数を想定して両者を合算した。また、津波浸水エリアにおいては津波による影響を考慮し停電軒数を想定した。さらに、震度や津波の有無から、供給側設備の被災に起因した停電軒数を算出した。その上で、配電線被害による停電軒数と供給側設備の被災に起因した停電軒数のうち被害量の大きい方を実効値とした。

### (1) 被害想定フロー



## (2) データの取り扱い

現況データ（電柱本数）を、メッシュに配分する。施設については、所在メッシュを特定する。

## (3) 想定結果の表現

- ・メッシュ別の停電軒数
- ・市区町村別の停電軒数（該当メッシュの数を総計）
- ・市区町村別の復旧日数

## (4) 想定手法

○延焼による被害（前回調査の手法）

停電軒数＝電灯軒数×焼失棟数率

焼失棟数率＝焼失建物棟数／（木造建物棟数＋非木造建物棟数）

○揺れによる被害（電柱）

停電軒数＝電柱1本あたりの停電軒数

×（建物被害による電柱折損本数＋揺れ・液状化による電柱折損本数）

電柱1本あたりの停電軒数＝電灯軒数÷電柱基数×10.975

※阪神・淡路大震災の被害実態より設定

- ・建物被害による電柱折損（前回調査の手法）

建物被害による電柱折損本数＝電柱本数×建物被害による電柱折損率

建物被害による電柱折損率＝0.17155×木造建物全壊率

※阪神・淡路大震災の被害実態より設定

- ・揺れ・液状化による電柱折損（中央防災会議（2013）の手法）

揺れ・液状化による電柱折損本数

＝電柱本数×揺れ・液状化による折損率×0.4

表 5.12 電柱の折損率

| 震度  | 震度 7 | 震度 6   | 震度 5     |
|-----|------|--------|----------|
| 折損率 | 0.8% | 0.056% | 0.00005% |

※東日本大震災の被害実態より設定

○揺れによる被害（地中施設）（中央防災会議（2013））

停電軒数＝地中設備による電灯軒数×地中設備用の路上設置機器の損壊率

地中設備用の路上設置機器の損壊率＝揺れによる建物全壊率×0.005

※阪神・淡路大震災の被害実態より設定

○津波による被害（中央防災会議（2013））

停電軒数＝津波浸水地区の電灯軒数×津波による建物全壊率

○津波浸水、震度区分別の停電率（供給側設備の被災に起因した停電）

表 5.13 津波浸水、震度区分別の停電率（供給側設備の被災に起因した停電）

| 震度・津波区分    | 停電率   |       |       |       |      |      | 適用事例          |
|------------|-------|-------|-------|-------|------|------|---------------|
|            | 直後    | 1 日後  | 2 日後  | 3 日後  | 4 日後 | 5 日後 |               |
| 津波あり・6 強以上 | 88.8% | 80.4% | 68.5% | 46.2% | 0.0% | 0.0% | 宮城県（震度 6 強以上） |
| 津波あり・6 弱   | 88.8% | 77.7% | 25.0% | 0.0%  | 0.0% | 0.0% | 岩手県（震度 6 弱）   |
| 津波あり・5 強   | 88.8% | 41.8% | 0.0%  | 0.0%  | 0.0% | 0.0% | 青森県（震度 5 強）   |
| 津波なし・6 強以上 | 88.8% | 13.7% | 0.0%  | 0.0%  | 0.0% | 0.0% | 阪神・淡路大震災      |
| 津波なし・6 弱   | 88.8% | 13.7% | 0.0%  | 0.0%  | 0.0% | 0.0% | 阪神・淡路大震災      |
| 津波なし・5 強   | 0.0%  | 0.0%  | 0.0%  | 0.0%  | 0.0% | 0.0% | 阪神・淡路大震災      |

配電線被害による停電軒数と供給側設備の被災に起因した停電軒数の大きい方を最終的な停電軒数とする。

※復旧の想定にあたっては、津波浸水により建物が全壊した需要家数に相当する停電軒数を別途算出し、復旧対象から除くものとする。

○応急復旧日数の想定（中央防災会議（2013））

東京電力（株）によると、地震発生後 24 時間までは電力系統の遠隔操作で復旧が進み、24 時間目以後に配電の復旧作業が始まるものとしている。

また、全ての地震で最終的に 1 週間後に復旧することとする。

参考文献：

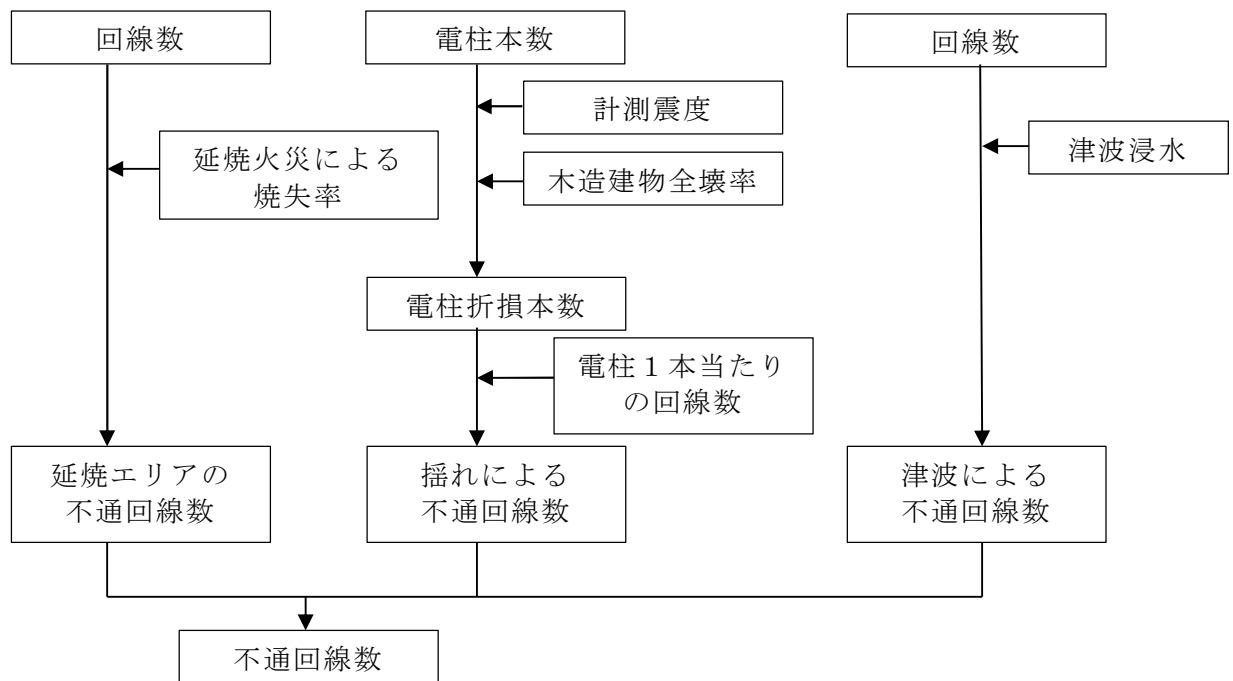
・中央防災会議：首都直下地震の被害想定と対策について（最終報告），平成 25 年 12 月

## 5. 6 通信被害

被害想定にあたっては、中央防災会議（2013）の手法及び前回調査の手法を用いている。延焼エリアと非延焼エリアに分け、電柱の場合と基本的に同様とした。延焼エリアでは、火災による焼失建物棟数から不通回線数を算出した。非延焼エリアでは、電線については、地震動による電柱の被害と全壊建物への巻き込まれによる電柱の被害から不通回線数を想定した。また、津波浸水エリアにおいては津波による影響を考慮し不通回線数を想定した。さらに、携帯電話の被害・支障の想定を行っている。

ただし、復旧については、電柱の場合のような復旧実績や復旧作業のデータが得られなかったため、想定は行っていない。

### (1) 被害想定フロー



### (2) データの取り扱い

現況データ（電柱本数）を、メッシュに配分する。

### (3) 想定結果の表現

- ・メッシュ別の不通回線数
- ・市区町村別の不通回線数（該当メッシュの数を総計）
- ・携帯電話はつながりにくさのランク（停電率・不通回線率による3段階）
- ・市区町村別の復旧日数

### (4) 想定手法

○延焼による被害

$$\text{不通回線数} = \text{需要家回線数} \times \text{焼失棟数率}$$

焼失棟数率＝焼失建物棟数／（木造建物棟数＋非木造建物棟数）

○揺れ、液状化（延焼を除く）による被害

不通回線数＝ 被害電柱 1 本あたりの不通回線数

×（建物被害による電柱折損本数＋揺れ・液状化による電柱折損本数）

被害電柱 1 本あたりの不通回線数

＝市町村別の不通回線数／市町村別の電柱本数）

・建物被害による電柱折損

建物被害による電柱折損本数＝電柱本数×建物被害による電柱折損率

建物被害による電柱折損率＝ 0.17155×木造建物全壊率

※阪神・淡路大震災の被害実態より設定

・揺れ・液状化による電柱折損

揺れ・液状化による電柱折損本数

＝電柱本数×揺れ・液状化による折損率×0.4

表 5.14 電柱の折損率

| 震度  | 震度 7 | 震度 6   | 震度 5     |
|-----|------|--------|----------|
| 折損率 | 0.8% | 0.056% | 0.00005% |

※東日本大震災の被害実態より設定

○津波による被害

不通回線数＝津波浸水地区の回線数×津波による建物全壊率

○停電による被害

不通回線数＝市町村別の停電率×津波・揺れ・火災の被害がなかった回線数

※復旧の想定にあたっては、津波浸水により建物全壊した需要家数に相当する不通回線数を別途算出し、復旧対象から除くものとする。

※回線が物理的につながっているかを評価するため、輻輳の影響は考慮しない。

○携帯電話の被害

|                  |                         |
|------------------|-------------------------|
| ランク A：非常につながりにくい | 停電率・不通回線率の少なくとも一方が 50%超 |
| ランク B：つながりにくい    | 停電率・不通回線率の少なくとも一方が 40%超 |
| ランク C：ややつながりにくい  | 停電率・不通回線率の少なくとも一方が 30%超 |

○復旧日数の算出手法

揺れによる屋外施設被害：発災直後の 1 日は復旧しない。

※電柱の被害本数が 100 本未満の場合は 7 日間、1,000 本未満の場合は 12 日間、津波浸水による被害が大きい場合は 50 日間で復旧

→東日本大震災における復旧状況から設定

停電による不通回線：電力の復旧に合わせて復旧する。

参考文献：

・中央防災会議：首都直下地震の被害想定と対策について（最終報告）、平成 25 年 12 月