

# 横浜市水道局

## 横浜市における地震時の 水道管路被害予測システム

(2007年7月掲載)

### 1. はじめに

横浜市水道局（以下水道局という）は、平成7年1月に発生した阪神・淡路大震災を契機に、ライフラインとして水道施設の重要性を改めて強く認識し、以後の震災対策計画の見直しを積極的に進めてきました。

水道局では、水は地震などの災害時であっても市民生活に欠かせないものであり、横浜市政の基本である「災害に強い都市づくりと安心できる市民生活の実現」に向け、震災に強い水道づくりを進めることを震災対策理念としています。

### 2. 「横浜市における地震時の水道管路被害予測システム」の目的

震災時においても必要最小限の給水を確保することが不可欠です。このため、「水道施設の耐震性強化」「震災対策拠点の整備」「応急活動の充実」を対策の3本柱として事業を進めています。

こうした取り組みの1つとして、水道管路被害予測システムによる、「南関東地震」等の想定地震の管路被害予測をおこない、水道施設の被害を最小限にとどめるための耐震化計画の実施。あわせて、発生した地震のリアルタイムでの被害予測により、応急給水や応急復旧など応急活動を支援し、市民へ安全な水の確保や断水状況の広報などを効率的に進めることを目的として、平成17年度に「リアルタイムでの管路被害予測システム」の構築を行いました。

### 3. 「水道管路被害予測システム」の概要

基本となる水道管路被害予測システムのフローを図-1に示します。

また、「リアルタイムでの管路被害予測システ

ム」の構築とともに防災計画の想定地震である「南関東地震」と必迫性のある「東海地震」について、各データの更新を行い、その結果についても示します。

以下にデータ構成と管路被害推定手法について示します。

#### (1) データ構成

##### ア. 地震動データ

地震動データには、計測震度、液状化危険度等があり、横浜市リアルタイム地震防災システム（READY：REaltime Assessment of earthquake Disaster in Yokohama）により取得しています。READYは、地震発生直後からの情報空白時における災害対策本部の初動活動方針を支援するとともに、日頃から地震観測記録の解析や研究の成果を街づくりに応用する多目的なコンピュータ支援型の地震防災システムです。地震時に測定した、横浜市内150箇所の地表計測データを50mメッシュ毎に地震震度を補完し、地表面加速度（gal）と液状化危険度（PL値）を算出します。

##### イ. 被害評価データ

①管種、②継ぎ手形式、③口径等の被害評価データベースを構築します。データベースの構築にあたっては、水道局で整備した管路マッピングシステムのデータを利用します。

#### (2) 管路被害推定手法

##### ①管路の被害推定式

管路被害の予測は、(財)水道技術研究センターから示されている推定式を用いました。この被害推定式は、平成7年（1995年）に発生した兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）の管路の被害状況

を分析し得られた経験式を用いました。メッシュ単位での被害件数は、標準被害率 $S_d$ に管種、口径、液状化の程度による補正係数 $C_p$ 、 $C_d$ 、 $C_l$ を掛け合わせ、メッシュごとに管路の被害率（件/km）を求め、その値にメッシュ内の管路延長を管種、口径ごとに掛け合わせて計算されます。

$$\text{管路の被害件数} = C_p \times C_d \times C_l \times S_d \times L \quad \dots \text{経験式}$$

ここに、

$C_p$ ：管種による補正係数

$C_d$ ：口径による補正係数

$C_l$ ：液状化による補正係数

$S_d$ ：標準被害率（件/km）

$L$ ：管路延長（km）

なお、各補正係数について、基本的に（財）水道技術研究センターが示している値を用いました。

#### ②標準被害率

管路の標準被害率の設定にあたっては、（財）水道技術研究センターから示されている式を用いました。標準被害率 $S_d$ は、地震動の強さ（地表面加速度）によって決定される値です。

$$S_d = 4.11 \times 10^{-9} \times a^{2.92} \quad (\text{ただし、} a \leq 800 \text{gal})$$

$a$ ：最大加速度（gal）

#### ③最大加速度

被害推定式に適用する地表面の最大加速度 $a$ は、計測震度を変換した最大加速度を用いて算出しました。

$$a = 10^{(V/2 - 0.35)} \quad V：\text{計測震度}$$

### 4. 南関東地震と東海地震を想定した管路被害予測

本市における防災計画（震災対策）では将来発生することが予測される地震から被害の様相を想定し震災の予防やその被害に応じた災害応急対策、復旧対策及び復興計画をより効果的に進めることを目的とした、南関東地震、東海地震、横浜市直下型地震を想定地震としています。

水道局では、このうち南関東地震、東海地震の2つの想定地震について、市域の管路被害を予測し管路の耐震化計画の策定や復旧方策の検討を目的として、「地震時の水道管路被害予測システム」を用いた、水道管路被害予測を行いました。南関東地震は、大正12年（1923年）の関東地震の再来型で、相模トラフを震源域とするマグニチュー

ド7.9の地震です。今後100年から200年以内の間に発生する可能性が高いとされ、市域の被害がもっとも甚大になると考えています。また、東海地震は、切迫した地震として、「明日に起きても不思議ではない」といわれており、駿河トラフを震源域とするマグニチュード8クラスの地震です。

#### （1）管路条件

南関東地震と東海地震を想定して予測されたデータを用いて水道管路被害予測を行いました。地震時被害想定の対象とする管路、主な管種は、以下の通りです。

- ・対象管路：全給水区域内の導送配水管（呼び径75mm以上）
- ・対象管種：铸铁管、ダクタイル铸铁管、鋼管、ダクタイル耐震管等

#### （2）地震動条件

地震動の条件としては、南関東地震と東海地震を想定して予測されたデータを用いています。両地震とも計測震度を変換して算出しました。東海地震は、震源域が西へ移動した新しいデータを用いて算出された地震動データ（計測震度）を使用しました。

横浜市の全給水区域を対象とした地震動の地表面加速度の分布として、南関東地震を図-2に、東海地震を図-3に示します。

南関東地震の地震動分布は、横浜市南部方面で強く、北部方面では弱くなっています。地表面加速度が800galを越える地域が金沢区に集中して発生しています。

東海地震を震源とした地震動分布は、横浜市の南西部に大きな地表面加速度が発生しています。震源域が南関東地震と比較して遠方にあるため比較的小さな値となっていますが300galを超える地域が横浜市南西部と北部に生じています。

#### （3）液状化条件

液状化の危険度の条件は、各々南関東地震と東海地震を想定して予測されたPL値を用いました。液状化の可能性の評価については、地盤内の各深度における液状化に対する安全率FL値を求めました。この値が、1.0以下の層については液状化を起こすものと判定されます。

地層全体を評価するための液状化指数PL値を

算出することにより、液状化の安全率であるFL値を求め、各深度における液状化の可能性の判定を行います。

液状化危険度の分布状況として、南関東地震については、図-4に、東海地震については、図-5に示します。

液状化の危険度は、南関東地震、東海地震ともに程度の差はあるが横浜市の沿岸地域の埋立地で高い値を示しています。また、一部横浜市の内陸部でも液状化の危険度が高いエリアも見られません。

#### (4) 管種単位での評価

南関東地震での予測被害件数は、管種別では、ダクトイル鑄鉄管が約416件ともっとも多く発生し、ついで鑄鉄管が約277件、それ以外の管種は約19件と予測されました。ダクトイル鑄鉄管に被害件数が多い理由は、他の管種と比較して管路延長が長く、全体に占める割合が高いためと想定されます。なお東海地震の予測被害件数は、約6件と予測されました。

#### (5) 管路被害予測のまとめ

南関東地震が発生した場合を想定すると、横浜市の全給水区域で約711件の被害が発生すると予想され、平均被害率は約0.108件/kmとなりました。全給水区域を平均した場合の平均被害率を過去の地震と比較すると、鳥取県西部地震の約0.113件/km、三陸はるか沖地震の0.103件/kmと同程度の被害と予測されます。

東海地震が発生した場合を想定すると、横浜市の全給水区域で約6件程度の被害が発生すると予測され平均被害率は、0.001件/kmとなりました。東海地震を想定した場合には横浜市の給水区域内に大きな管路の被害は発生しないものと予測されます。

### 5. 「リアルタイムでの水道管路被害予測システム」の運用に関する検討

大規模な地震が発生した場合、市内の水道管路にも大きな被害が発生するものと考えられます。

しかし、実際に発生した地震では震度分布が震源、距離、深さによって異なるため、想定地震による震度分布とは、違ったものになることが予想され、本来の被害箇所や規模が予測できませんで

した。市域のどこに多くの被害が発生するかを予測するためには、リアルタイムでの地震動の情報が不可欠です。

そこで市内150箇所を設置されている横浜市の高密度強震計システムからのデータを取得することで、実際に発生した地震の管路被害予測をすることが可能となりました。

水道管路被害予測システムの使用により次のような効果が期待されます。

#### (1) 被害予測による復旧の初期活動への活用

地震被災直後は、鑄鉄管などの、地震に対して強度の低い管種に多く被害が発生すると考えられます。しかし、実際に管路が被害を受けた箇所を把握するには復旧作業班などによる管路の被害箇所のチェックが不可欠です。特に大規模な地震が発生した場合、すべての管路の被害確認を初期の段階で行っていくことは不可能であるばかりでなく、被害箇所を把握してから復旧方針を検討しているのは、効率的な管路の復旧活動に支障が生じかねません。

迅速な復旧作業を行うため、どのエリアの管路に多くの被害が発生しているかを予測し、この結果をベースに復旧担当班の投入エリアや班数を設定して、被害管路の調査を行うことで効率的な復旧の初期活動への活用が期待されます。

#### (2) 他都市等への応援要請の判断資料として活用

復旧活動開始後は、未復旧エリアへ復旧担当班を投入する計画を逐次検討する必要があります。被害予測システムは、復旧担当班、他都市等への応援要請人員をどのエリアへ、どの程度投入するかといった判断資料として効率的な活用が期待されます。

### 6. おわりに

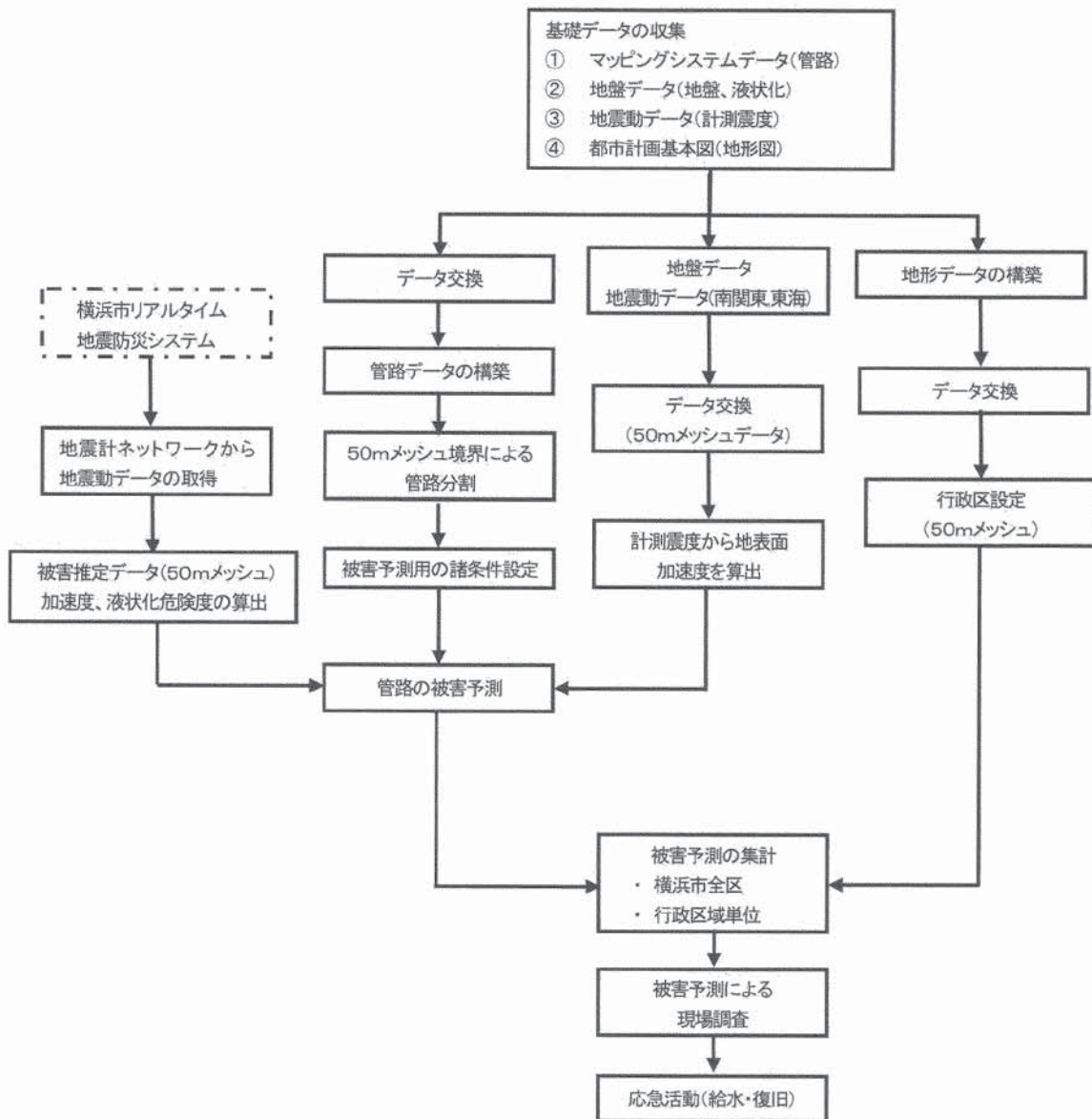
実際には、震度4程度の地震においても、管路に対する被害はほとんど皆無であるため、被害予測結果の検証が出来ないのが実情となっています。今後は、予測精度を上げ被災時の人員や資機材の投入の効率化を図る必要があります。「地震時の水道管路被害予測システム」のソフト、ハード面について改良・更新を行う必要があります。

ところで、システムの運用について気にかかるのが、停電問題です。当初、データ取得用と被害

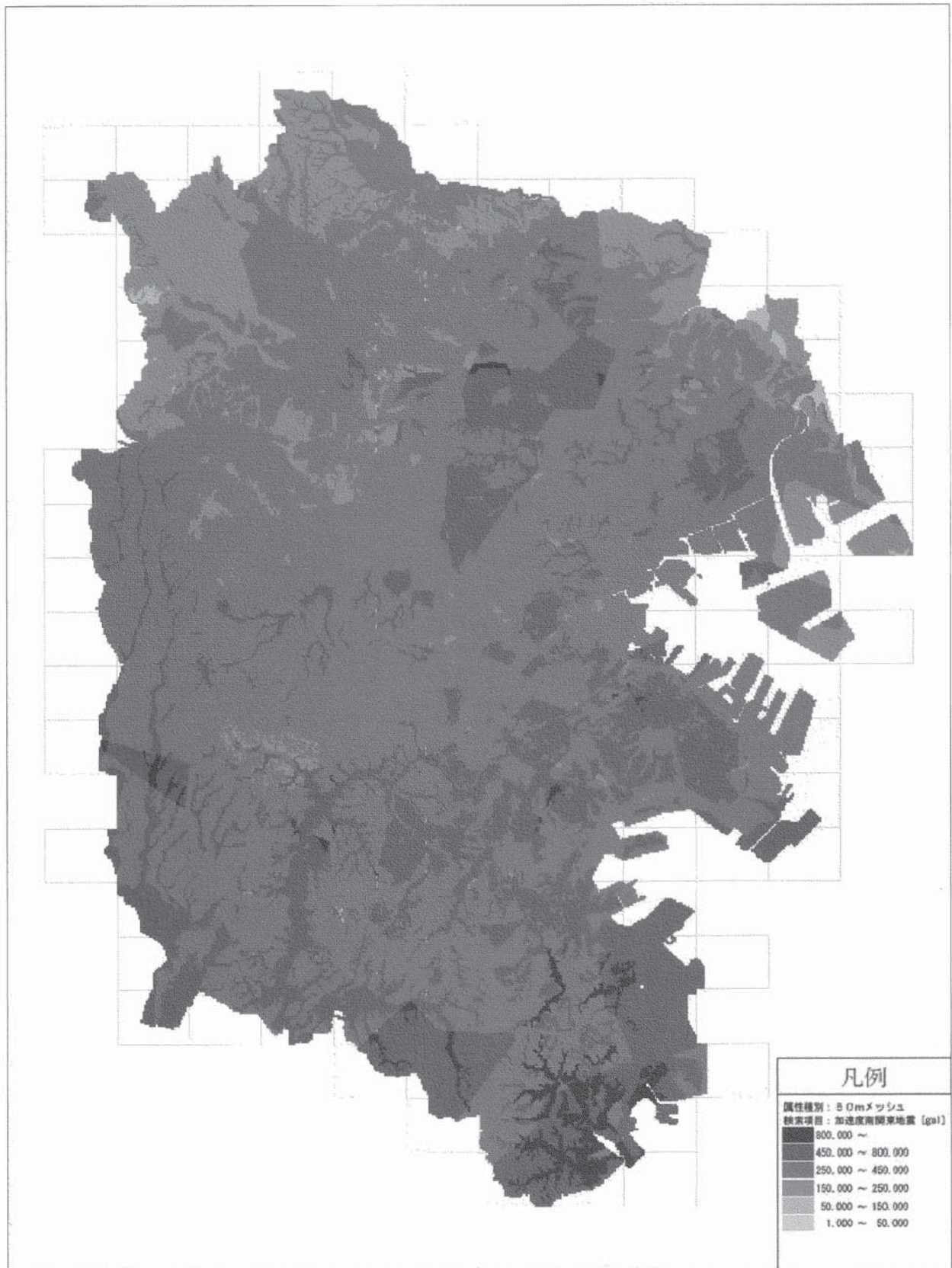
推定演算用のサーバは24時間フル稼働のため、本市の防災システムの機器類と一緒に設置していました。この場所は、セキュリティーが非常に行き届いており、人の出入りはもとより機器類にとっても同様に、フロア全体に停電対策も施されています。また、地震対策も万全で、揺れによる機器類の転倒や破損を防止するため、設置棚や専用ラック内に固定していました。

ところが、我がシステムの被害推定演算用のサーバは、固定式ではなく旧式のタワー型を仮の設

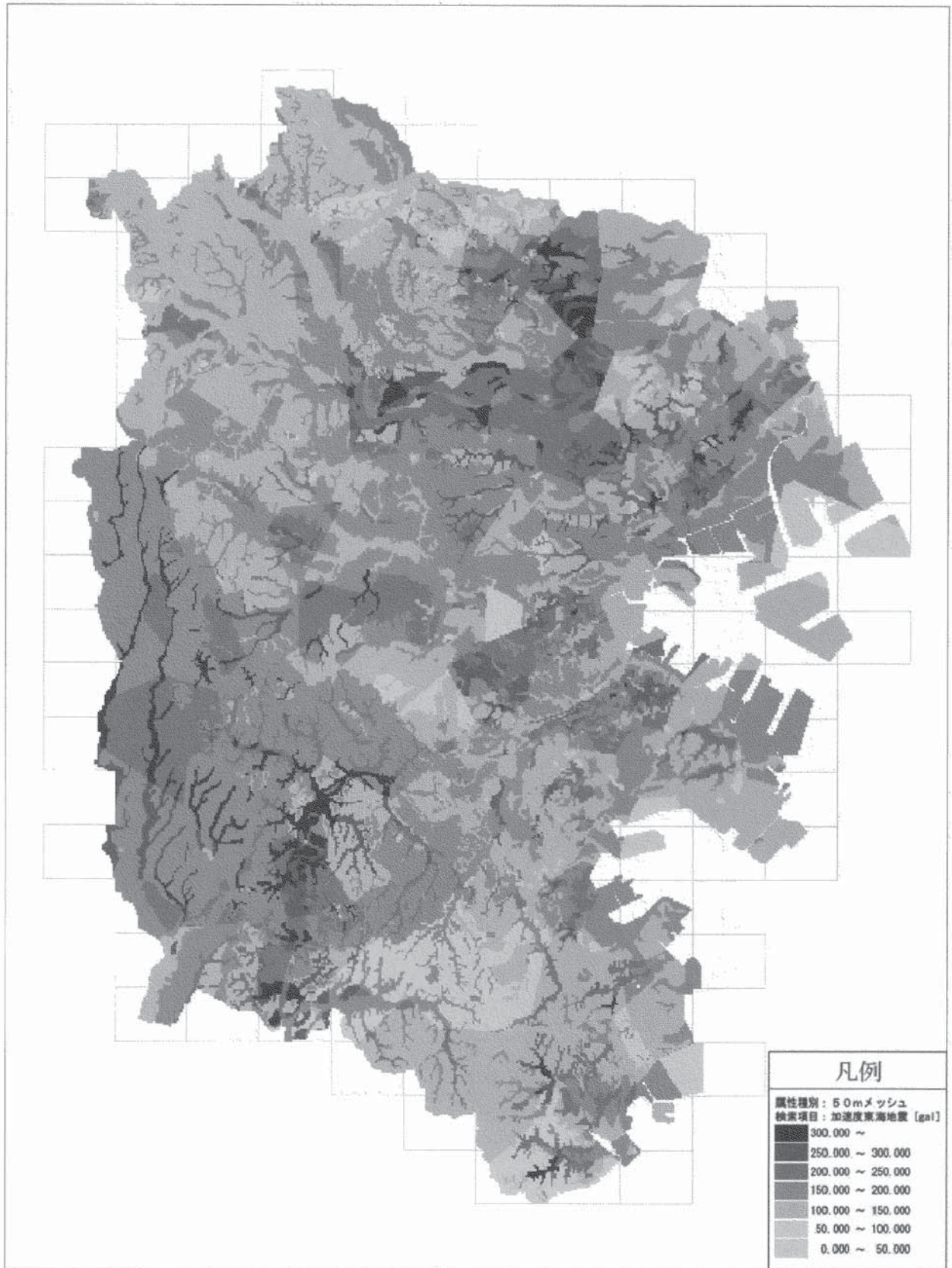
置としたため、立ち退き勧告が…。結果、端末側の水道局技術監理課内に置くことになったわけですが、当然、停電対策などあろうはずもなく、どうしたものかと思案したところ、データ取得用サーバに付いていた無停電電源装置がありました。しかし、容量的に見ても20分程度の稼働時間であることから、震災時の停電時を考えるとお寒い限りです。今後は、このシステムを自家発電設備のある災害対策の司令室（西谷）に置くことで、問題解決がされると考えています。



図一 水道管路の被害予測システムのフロー



図一 2 地表面加速度分布 (南関東地震)



図一 3 地表面加速度分布（東海地震）



図-4 液状化危険度分布（南関東地震）



図一 5 液状化危険度分布 (東海地震)