

図 3.7.9 漏水リスク評価モデルのサンプルスコアに関するヒストグラム

表 3.7.9 漏水リスク対応表 (4段階)

漏水リスク	対応するサンプルスコア (右側:累積度数[%]の範囲)		データ数
A	0.5以下	50%以下	n=1,461
B	0.5より大 0.7以下	50%~ 70%	n=367
C	0.7より大 1.0以下	70%~ 90%	n=795
D	1.0より大	90%以上	n=410

注:漏水リスクはAが最も安全でDが最も危険を意味する。

## 2) 適用結果と考察

図 3.7.10 及び図 3.7.11 に事故リスク及び漏水リスク評価モデルによる診断結果を示す。

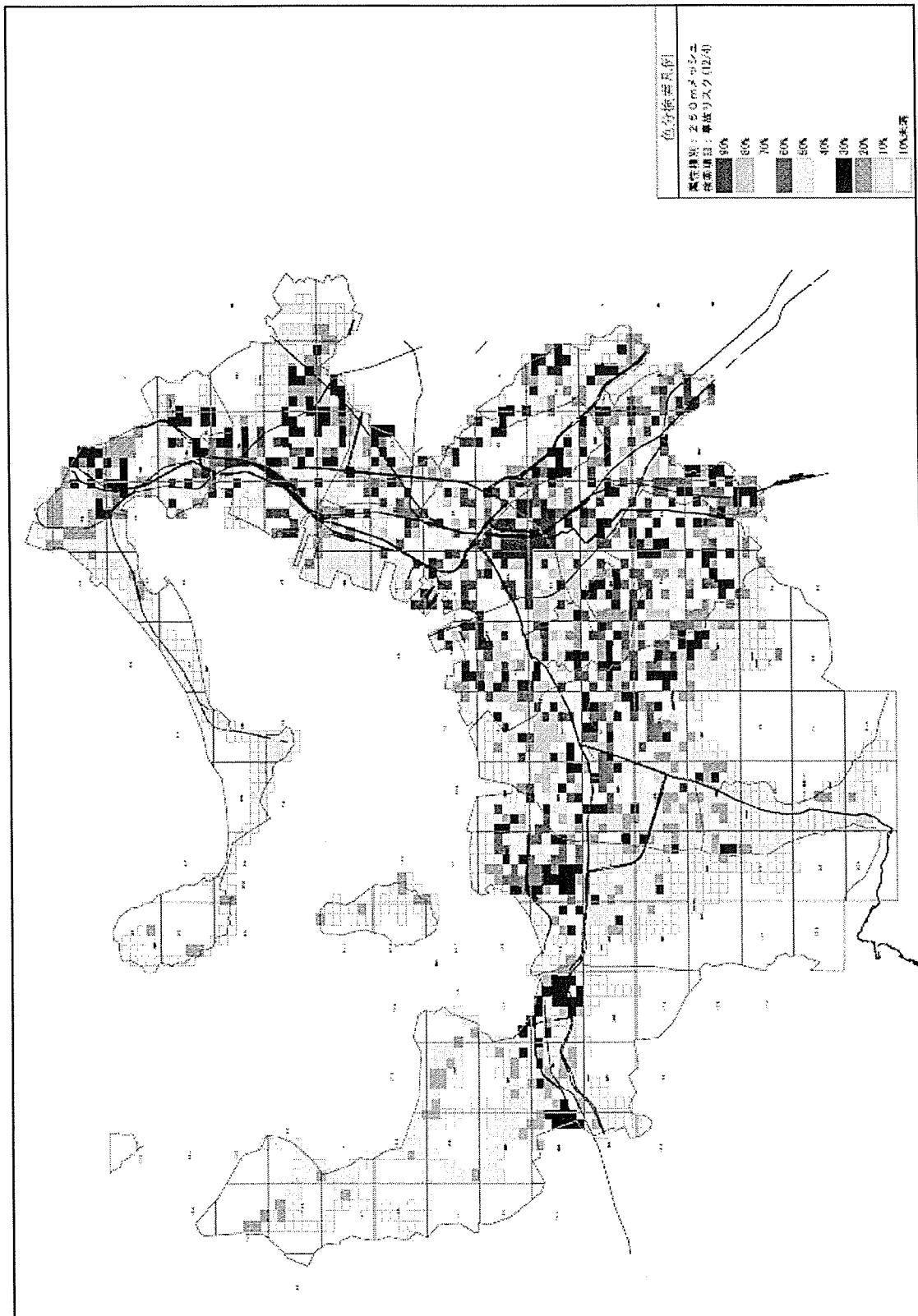
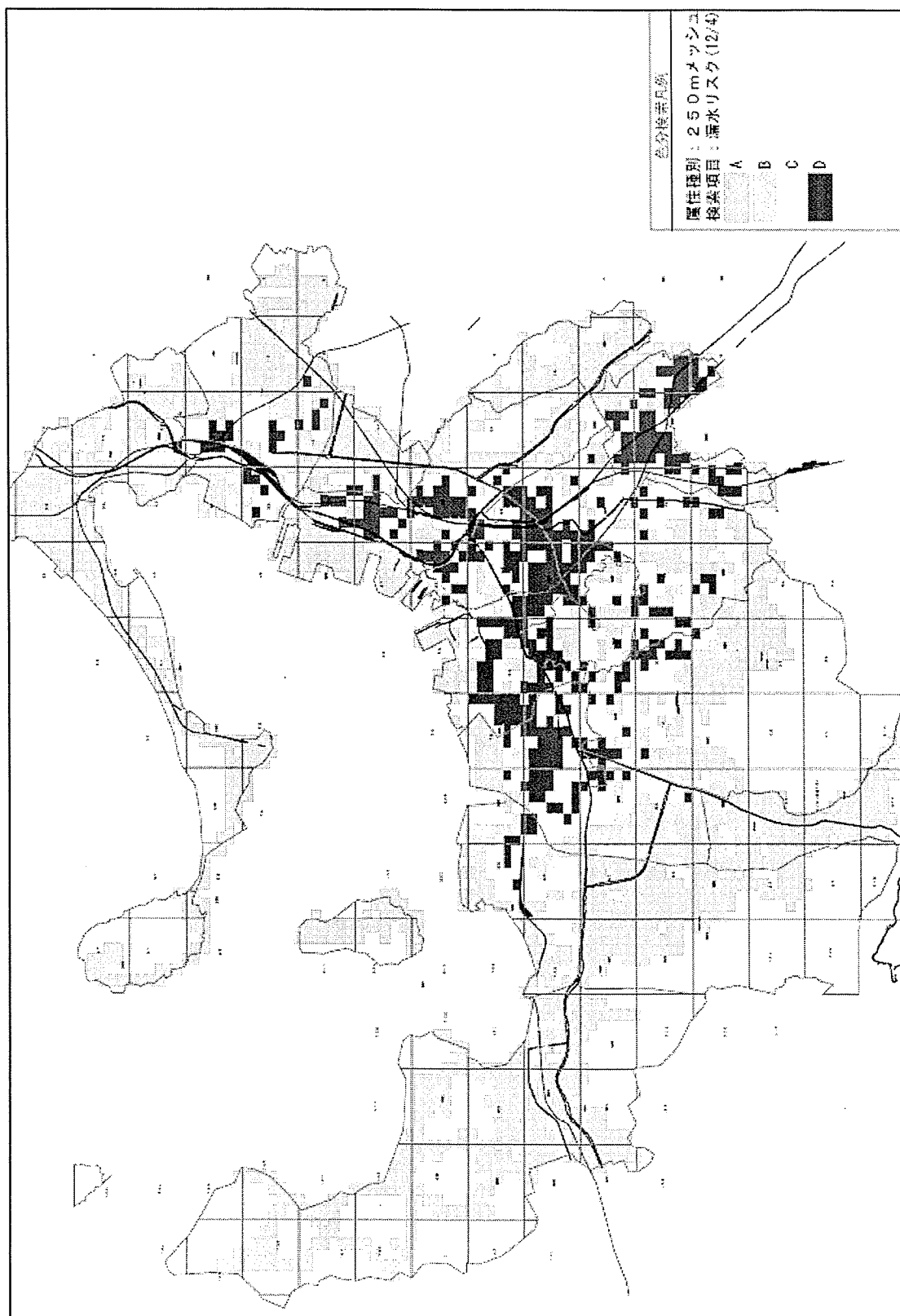


図 3.7.10 事故リスク評価モデルによる診断結果

図 3.7.11 漏水リスク評価モデルによる診断評価



提案したモデルの有効性を検証するため、全メッシュの中から一部の地区（以後「モデル地区」と呼ぶ）を選定し、モデルによって得られる診断結果をより詳細に考察して行くことにする。今回の対象は、図 3.7.12 に示す計 16 メッシュ分（1 km×1 km）とする。

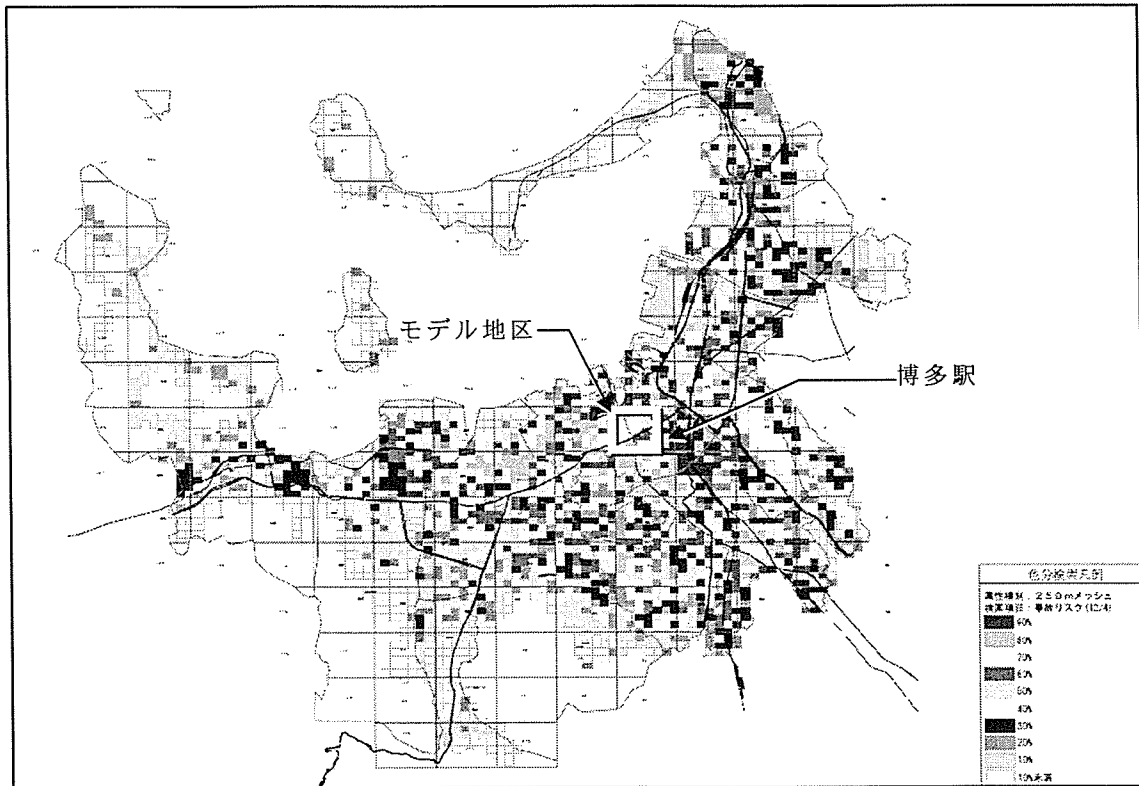


図 3.7.12 モデル地区

ここで、事故リスク及び漏水リスク評価モデルを融合させた診断方法について簡潔に述べる。基本的な枠組みとして、作成した2つのモデルの内、事故リスク評価モデル（数量化理論第Ⅱ類）による診断内容を主軸に置きながら、漏水リスク評価モデル（数量化理論第Ⅰ類）の結果も統合し、より多角的な評価方法の検討を行う。こうした主従関係を採用する背景には、単に主題となる配水管のみを扱うのではなく、給水管も含めた水道管路システム全体に視野を広げることで、より効果的な管路更新の実現を目指すといった狙いがある。以下では、モデル地区での適用結果を具体例にしながら、2つのモデルの診断結果（図 3.7.13 及び図 3.7.14 参照）をどのように解釈すれば良いのかを示すこととする。

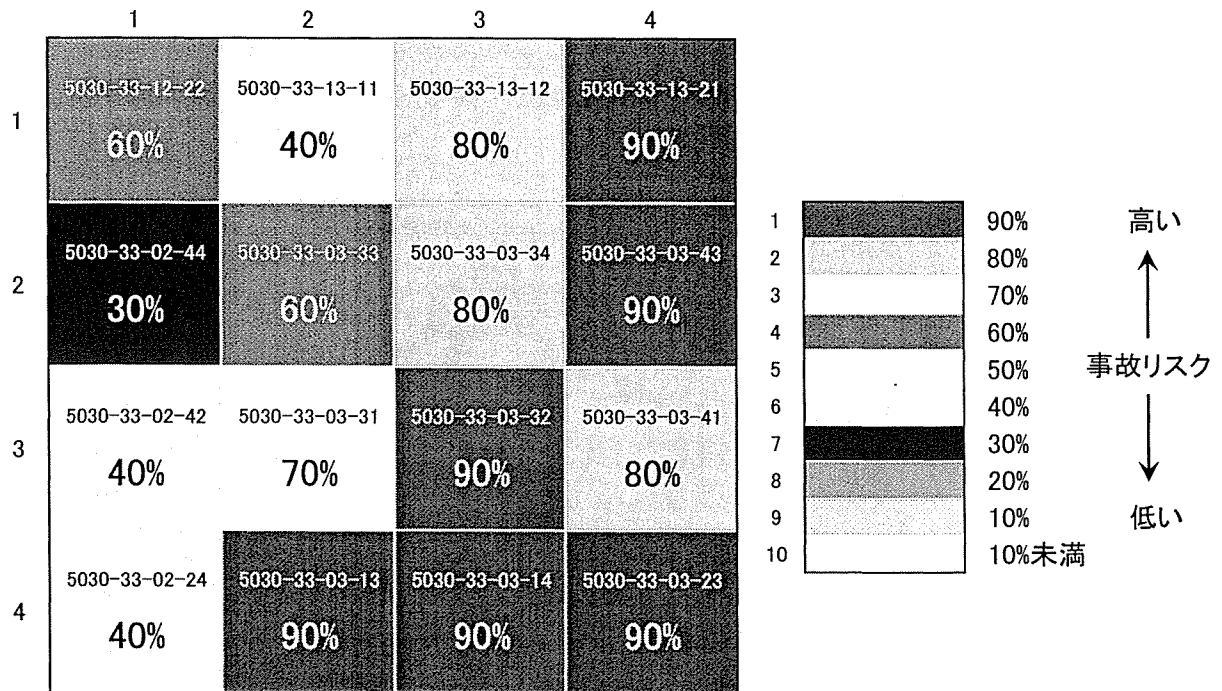


図 3.7.13 モデル地区の事故リスク診断結果

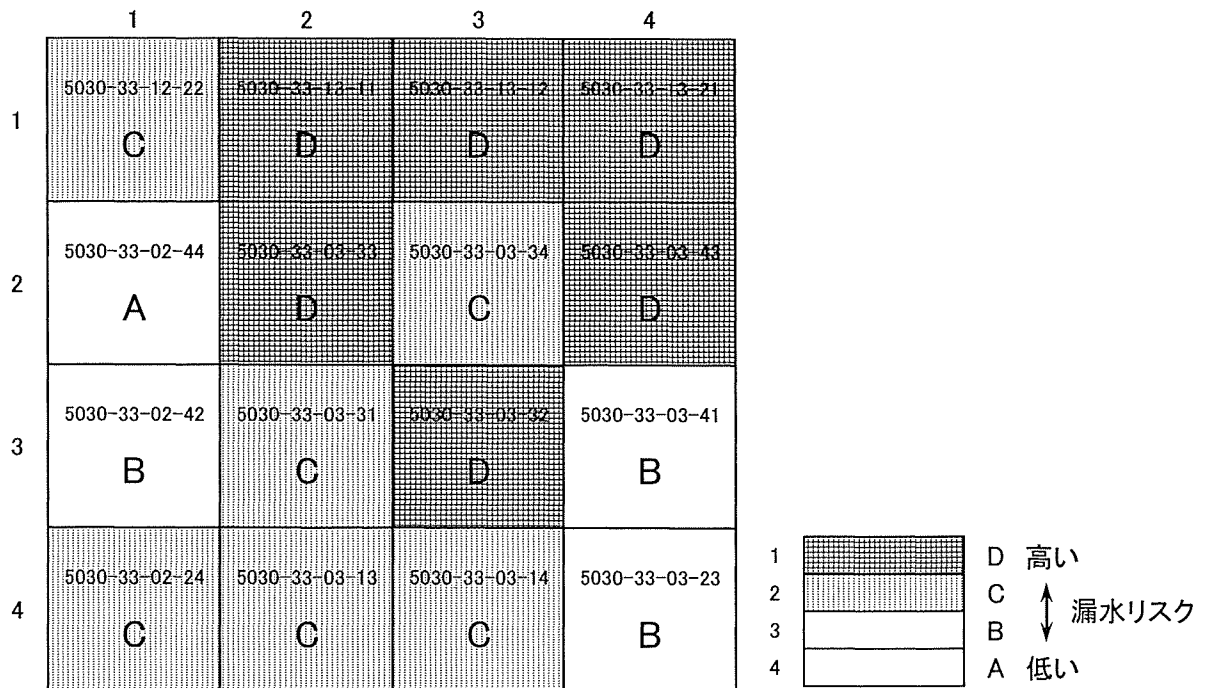


図 3.7.14 モデル地区の漏水リスク診断結果

モデル地区における事故リスクと漏水リスクの対応関係を整理すると、表 3.7.10 のようになる。なお、同表の最右列に示す「統合評価」とは、漏水リスクが「D」の場合に「+」、「A」及び「B」の場合には「-」を付け、漏水リスク評価の結果を事故リスクに加味して集計したものである。

表 3.7.10 事故リスクと漏水リスク評価モデルによる統合評価

		メッシュ番号	事故リスク (10段階)	漏水リスク (4段階)	統合評価
A	a1	5030-33-12-22	60%	C	60
		5030-33-13-11	40%	D	40+
		5030-33-03-33	60%	D	60+
		5030-33-02-44	30%	A	30-
	a2	5030-33-13-12	80%	D	80+
		5030-33-13-21	90%	D	90+
		5030-33-03-43	90%	D	90+
		5030-33-03-34	80%	C	80
	a3	5030-33-03-32	90%	D	90+
		5030-33-03-41	80%	B	80-
		5030-33-03-23	90%	B	90-
		5030-33-03-14	90%	C	90
	a4	5030-33-02-42	40%	B	40-
		5030-33-03-31	70%	C	70
		5030-33-03-13	90%	C	90
		5030-33-02-24	40%	C	40

結果を考察すると、例えば、事故リスク「90%以上」と診断された計6メッシュの内、統合評価で「90+」のメッシュが3個、「90-」が1個含まれる。こうした場合には、同じ事故リスクであっても、漏水リスクが高い「90+」から最優先に着手し、続いて「90」「90-」の順番で対策を講じることで、更新事業の効果が向上すると判断できる。同様にして、統合評価の数値が大きなメッシュから作業計画を策定しながら、複数のメッシュが該当する際には、「+」「-」の情報を元に、より綿密な優先順位を決定すれば良い。ただし、メッシュ番号 5030-33-13-11 のように、事故リスクの視点では他のメッシュに比べて対策の優先度は低いものの、漏水リスクでは「D」と診断されるケースも生じ得る。こうしたメッシュに関しては、給水管対策の観点から優先的な対応が望まれることから、別段の取り組みが必要と言える。具体的には、隣接するメッシュの事故リスクが高く、何らかの対応が検討されるのであれば、これらと一体的に更新事業を計画するといった柔軟なアプローチも有用と考えられる。

## (5) おわりに

本研究では、配水管路の安全性評価を目的とした統計的分析を行い、配水管修理件数の有無及び漏水量の各々を外的基準にした、数量化理論Ⅱ類及び数量化理論Ⅰ類による安全性評価モデルを構築した。前者を事故リスク評価モデル、後者を漏水リスク

評価モデルと呼ぶこととし、これらの2種類の安全性評価モデルを用いることにより、各メッシュの簡易診断『問診』を行うことができると考えている。今後、提案したモデルを他の都市へ適用することや、管体調査・土質調査から得られたフィールドデータとモデルによる診断結果との比較等を行う予定である。

本研究を進めるに当たり、貴重なメッシュデータを提供していただいた福岡市水道局の中野直樹係長をはじめとする関係各位に心より感謝致します。また、本研究に際し協力を得た首都大学東京大学院の稲員とよの准教授並びに荒井康裕助手に謝意を表します。

#### 【参考文献】

- 1) 林知己夫 監修, 駒澤勉 著: 数量化理論とデータ処理, 朝倉書店, 1982
- 2) 小泉明・何王善・孫躍平: 数量化理論による下水道管渠の損傷判別分析, 環境工学研究論文集, Vol.38, pp.257-264, 2001
- 3) 小泉明 著: 水道計画のための水需要予測の実際, 水道管路技術センター(現在, 水道技術研究センター) 技術レポートNo.10, pp.12-26, 1991

---

#### 【補足①】福岡市における水道統計の概要

- ・ H16 配水管延長: 3,693 [km] 約 3,700 km  
(管径 300 [mm] 以下: 3,361 [km], 350 [mm] 以上: 332 [km])
- ・ H15 給水人口: 1,366,100 [人] 約 136 万人
- ・ 一日最大給水量: 440,900 [m<sup>3</sup>] 約 44 万トン
- ・ 一日平均給水量: 398,757 [m<sup>3</sup>] 約 40 万トン
- ・ 施設能力: 748,100 [m<sup>3</sup>/日] 約 75 万トン

#### 【補足②】安全性評価モデル(事故リスク評価モデル)のサンプルスコアの計算方法

モデル式は、メッシュのデータ属性を代入し、サンプルスコアを計算することで目的の評価に活用できる。例えば、メッシュ番号 5030-23-62-11 のデータ属性は、

CIP 管(鋳鉄管)延長比率 →  $A_5$  (30%より大)

'78年以前 300mm 以下延長比率 →  $B_2$  (~30%)

1ha 当たり世帯数 →  $C_4$  (60[世帯/ha]より大)

地形分類 →  $D_2$  (山地・丘陵地)

であるので、

$$Y_i = 2.2112 + 0.0982 + 0.4914 + 0.0875 = 2.888$$

と計算される。このサンプルスコアに基づき、判別的中点より大きい場合、当該メッシュは群 1 (BAD 群) と推定し、判別的中点より小さい場合には群 2 (GOOD 群) と推定する。

### 3.8 まとめ

#### 3.8.1 本年度の成果概要

今年度の第2研究グループ「管路の老朽度診断技術に関する研究」では、昨年度に実施したアンケート調査、既存技術調査および基礎研究・基礎実験をもとに、

- ・ 事業体独自マニュアルの内容調査
- ・ 水道用硬質塩化ビニル管路の診断技術の研究
- ・ 水道用バルブ点検データの分析
- ・ 有望既存技術の性能確認
- ・ 鋳鉄管における管体および土壌腐食調査

についての調査、研究、分析、確認等を実施した。

また、企業委員による持ち込み研究である

- ・ 軌道下に埋設された水道管路の漏水調査工法の研究

についての検証も実施した。

これらの調査等によって本年度得られた成果は、下記の通りである。

##### (1) 事業体独自マニュアルの内容調査

昨年度実施したアンケート調査において、水道事業体が独自に管路診断または管路更新に関する基準やマニュアルを保有しているとの回答が多数あった。今後の参考とするため、これら事業体独自の基準・マニュアルを収集し、内容（診断項目等）の整理ならびに追加ヒヤリング調査を行った。

その結果、老朽度診断項目の実態を把握することができ、調査した内の半数の事業体で採点（重み付き採点）をもとに管路更新優先順位を決定していることが判明した。

##### (2) 水道用硬質塩化ビニル管路の診断技術の研究

昨年度実施した既存技術調査において、樹脂管の経年変化の非開削診断技術があまり存在しないことから、水道用硬質塩化ビニル管路のTS継手管について、水道事業体から供給を受けた経年管（堀上管）の実態調査およびそれらを使用した試験を実施した。

その結果、1979年のJIS規格改訂前の旧仕様のTS継手においては、かなり高い割合で継手に亀裂が発生していることが判明した。

##### (3) 水道用バルブ点検データの分析

事業体委員より水道用バルブの点検補修記録データの提供があり、この分析を実施した。

その結果、水道用バルブの老朽度の実態を把握することができ、今回提供いただいたデータでは、設置後30年を超えると徐々に不具合が増加することが判明した。

##### (4) 有望既存技術の性能確認

昨年度実施した既存技術調査より、次の2つを有望技術として、性能確認を主に詳細調



査を行った。

- ・管内テレビカメラロボット（OMUNIVS）
- ・磁気飽和渦流探傷法（SLOFEC）

その結果、管内テレビカメラロボット（OMUNIVS）については、水道管路への適用は困難であることが確認され、また、磁気飽和渦流探傷法（SLOFEC）については、水道管路の健全性確認に有効な手法であるとの判断が得られた。

#### （５） 鋳鉄管における管体および土壌腐食調査

基礎研究で事故の危険性が高いと想定される地区の管路について、統計解析手法の精度向上を図るためのデータを蓄積するとともに、今後の調査の統一仕様（最低限の必要調査事項）を設定するための一助とするため、掘り上げ管（鋳鉄管およびダクタイル鋳鉄管）の腐食調査ならびに埋設土壌の腐食性調査を実施した。

なお、この掘り上げ管については、基礎研究の「統計的な解析手法」で診断モデルとしている福岡市水道局より、全3190メッシュの解析で危険度が高いと推定されるメッシュにおいて布設年数が40年前後経過した管をご提供いただいた。

その結果、外観上はあまり腐食が進行していないように見える管であっても、詳細に調査するとかなり腐食が進行している場合もあることが判明した。

#### （６） 軌道下に埋設された水道管路の診断技術の研究（持ち込み研究）

従来からの漏水調査工法だけでは大口径管で測定器設置区間が長くなる等の理由で漏水の発見が困難な軌道下の管路について、管路に伝播する音と水圧データの両面から異常を判断する工法の適用性の検証を実管路にて実施した。

その結果、漏水発見に有効な手法であることが判明した。

### 3.8.2 来年度の予定

今年度の調査結果を元に、来年度は以下の調査、研究を行う予定にしている。

#### (1) アンケート調査

- ・ マニュアル作成の方向性検討（目的、対象、具備すべき診断項目等）
- ・ マニュアル骨子案の作成

#### (2) 既存技術調査

- ・ 磁気飽和渦流探傷法の実管路での現場性能確認
- ・ レベルマップの見直し（研究成果の取り入れ）

#### (3) 合同研究

- ・ 水道用硬質塩化ビニル管路の実管路での管内カメラによる調査と診断技術への適用性検討（診断判定の適用検討）
- ・ 水道用硬質塩化ビニル管路の診断技術の研究取り纏め

#### (4) 全体まとめ

- ・ 現状と課題の明確化