

## 水道統計に基づく新潟県の管路脆弱性の時系列的評価

16T0236M 藤永 悠里

指導教員：丸山 喜久 劉 ウェン

### 1. 研究背景と目的

日本では、既往被害の教訓を生かしてライフライン施設の地震対策が進められてきた。しかし 2018 年 3 月末の時点で水道施設の耐震化率は浄水場 29.1%、配水池 55.2%、基幹管路 39.3%と高い水準では無く、地震に対する備えは不十分であると言える<sup>1)</sup>。ライフラインシステムは広くサービスを提供するために膨大な数の施設群により構成されているため、末端網まで含めた地震対策の達成率はさらに低いというのが現状であると考えられる。

2004 年新潟県中越地震や 2007 年新潟県中越沖地震では、上水道管路の継手抜けや管体破損等により、広範囲での断水が起きた。しかし管路の被害率は阪神・淡路大震災に比べて少なくなっており、過去の震災で得られた知見に基づく管路の地震対策や、耐震性の劣る老朽管の更新が有効であることが確認された<sup>2)</sup>。こうした状況を鑑みると、経年管の更新、耐震性の高い管路への計画的な布設替えが重要であるといえる。

水道管路網の耐震化を円滑に進めるために、能島らは、ライフラインの地震時脆弱性を評価する指標として埋設管路施設について「脆弱性指数  $V_{pd}$ 」を定義した<sup>3)</sup>。本研究では「脆弱性指数  $V_{pd}$ 」を用い、脆弱性指数の面的分布や経時変化について事業体ごとの格差の評価、値の時系列的な推移の評価を行う。さらに地震後の水道管路網の脆弱性とその復興過程を評価し、今後のライフライン系の耐震性の向上に役立てることを試みる。

### 2. データ説明・脆弱性指数の評価式

本研究は 2001 年度～2013 年度までの水道統計<sup>4)</sup>を用いて行った。この統計の調査は、厚生労働省から都道府県へ協力が求められ、水道事業者及び水道用水供給事業者、簡易水道事業者等に調査表等を配布し、結果を集計したものである。

鈴木ら<sup>5)</sup>は、地震の被害量を「施設量」「ハザード」「脆弱性」の三要素により予測したうちの「脆弱性」の要素に注目して、「脆弱性指数  $V$ 」という指標を提案した（英文略称 V-factor）。これは、式(1)に示されるように、管径係数と管種係数との積を、対応する管径・管種別の布設延長距離で重み付けして平均して求められるもので、値が大きいくほど脆弱性が高く、地震による被害を受けやすいことを表す。

$$V = \frac{\sum_i \sum_j C_{di} C_{pj} L_{ij}}{\sum_i \sum_j L_{ij}} \quad (1)$$

ここに、 $C_{di}$ ：管径区分  $i$  の補正係数

$C_{pj}$ ：管種区分  $j$  の補正係数

$L_{ij}$ ：管種・管径別の布設延長距離

式 (1) では管種・管径別の布設延長距離のクロス集計表が必要である。しかしその収集は一般的には困難であるため、管径別および管種別の集計データに基づいて、式 (2) による脆弱性指数  $V_{pd}$  で代用する簡易評価法が提案されており<sup>3)</sup>、本研究ではこれを用いる。

$$V_{pd} = V_d \cdot V_p$$

$$= \frac{\sum_i \left( C_{di} \sum_j L_{ij} \right)}{\sum_i \sum_j L_{ij}} \cdot \frac{\sum_j \left( C_{pj} \sum_i L_{ij} \right)}{\sum_i \sum_j L_{ij}} \quad (2)$$

ここに、 $V_d$ ：管径別脆弱性指数

$V_p$ ：管種別脆弱性指数

$\sum_j L_{ij}$ ：管径別布設延長距離

$\sum_i L_{ij}$ ：管種別布設延長距離

### 3. 新潟県内水道管路網の脆弱性の評価

実際に新潟県内の市町村に対して  $V_{pd}$  値を計算し、GIS上で分布を表示した結果を図3-1に示す。

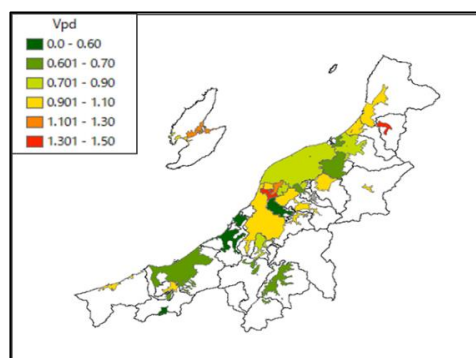


図 3-1 2013 年度の新潟県内  $V_{pd}$  値分布

塗りつぶされた部分は給水区域を示し、その地域の  $V_{pd}$  値によって色分けされている。新潟県内の上水道による給水区域は海岸沿いに集中していることがわかる。また、 $V_{pd}$  値の最小値は三条地

域水道用水供給企業団で0.089、最大値は関川村で1.375である。

市町村ごとのVpd値の時系列的変化についても考察を行った。長岡市のVpd値の推移を図3-2、管種別管路延長の変化を図3-3に示す。

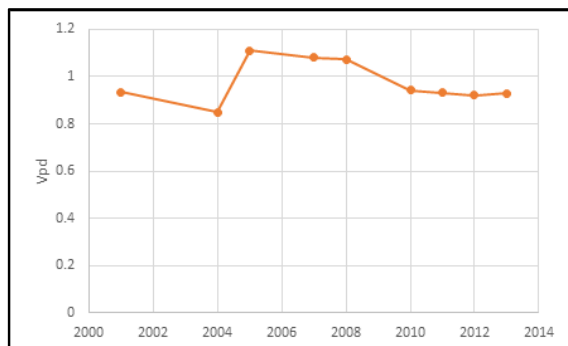


図3-2 長岡市のVpd値の推移

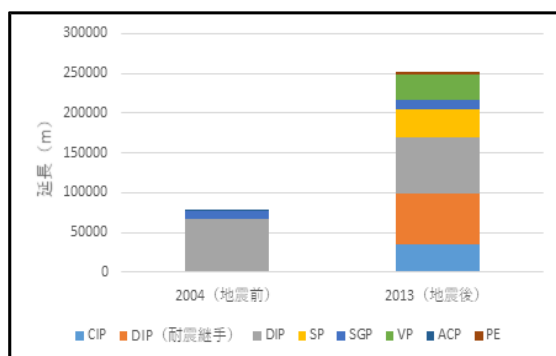


図3-3 長岡市の管種別管路延長の変化

図3-2からは、2004年から2005年にかけて市町村合併によりVpd値が増加したこと、2008年から2010年にかけては耐震化工事によりVpd値が減少したことが読み取れる。図3-3からは、実際に地震前後で耐震管の延長・割合が増加していることが読み取れる。

#### 4. 新潟県内水道管路網の復興速度の評価

本章では、Vpd値の推移グラフの傾きを計算することでその値を復興速度の指標とし、地震による管路被害があった新潟県内の市町村と管路被害が無い長野県の市町村の傾きを比較することで復興度合いを評価した。

平常時の管路更新のみある市町村として長野県長野市のVpd値推移グラフの傾きを基準とした。長野市のグラフと長岡市、柏崎市、小千谷市のグラフを比較した結果を図4-1に示す。

新潟県内3つの市で2008～2010年にかけてグラフの傾きが大きいと、地震の影響で上水道管路の更新が行われた影響が現れている。

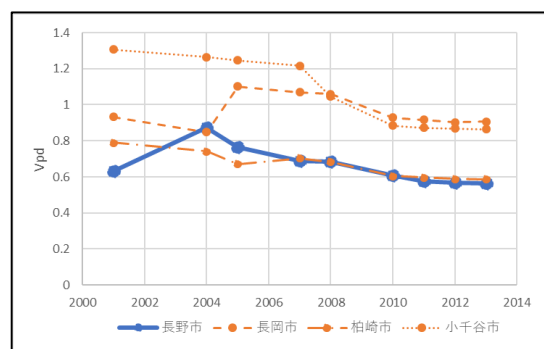


図4-1 長野市と長岡市・柏崎市・小千谷市におけるVpd値の比較

#### 5. まとめ

本研究では既往研究<sup>3)</sup>において提案された「脆弱性指数Vpd」を用いて新潟県内水道管路網の脆弱性指数を求め、事業体ごとの格差の評価、値の時系列的な推移の評価を行った。耐震管への更新が行われるとVpd値は減少、つまり管路網は頑強になることが確認された。また地震後には上水道管路の更新が進み、耐震性が向上していることが確認された。今後の展望としては、他県に対しても同様に評価・考察を行い、結果を平常時の維持管理計画や管路更新計画の策定に役立てることで地震時の被害軽減を目指す。

#### 参考文献

- 1) 厚生労働省：報道発表資料，2017  
<https://www.mhlw.go.jp/content/10908000/000477865.pdf>
- 2) 厚生労働省：新潟県中越地震水道被害報告書，2005，新潟県中越沖地震被害報告書，2007  
<https://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/topics/niigata/index.html>  
<https://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/topics/niigata3/dl/2.pdf>
- 3) 能島暢呂：脆弱性指数を用いたライフライン網の地震時脆弱性評価～上水道配水管網への適用～，地域安全学会論文集，No.10，pp.138-139,2008
- 4) (社)日本水道協会：平成13～25年度水道統計（施設・業務編），第84-1号～第96-1号，2001～2013
- 5) 鈴木康夫・佐藤寛泰・能島暢呂・杉戸真太：埋設管路網の脆弱性を考慮した地震時ライフライン機能の簡易評価モデル，第58回土木学会年次学術講演会，I-349，2003.9.（CD-ROM）