

豪雨災害に対しての上水道の脆弱性の比較評価

福島大学共生システム理工学類 非会員 ○三浦 快嶺
 福島大学大学院共生システム理工学研究科 学生会員 鈴木 皓達
 福島大学共生システム理工学類 正会員 川越 清樹

1. はじめに

気候変動の影響により降雨の極端化が予測され、様々な災害の発生が危惧されている。既に既往の経験値と統計により整備されたインフラにも甚大な被害が及ぶと予測されており、SDGs の目標に掲げられている「産業と技術革新の基盤をつくろう」に則した取り組みを実践するリスク評価、またリスク評価に応じたインフラの強靱化を図らないといけない。

本研究では、社会の水資源供給インフラの重役を担い、法定年数の 40 年を超過し入れ替えのピークに達し至急の対応を必要とする上水道の管路に着目したリスクを定性、定量に導出することを目的としたリスク評価を行った。上水道リスクに関するれば、地震に対するリスク評価は多く取り組まれているが、豪雨に対する評価は稀有な状態であり、近年の極値豪雨の被害状況も鑑みて経験値と被害の動向を明示することが必要である。そのため、豪雨を中心としたリスク評価に取り組んだ。

2. 解析方法およびデータセット

リスク評価を行った対象は福島県である。解析方法、およびデータセットの内容は以下の①～③に示すとおりである。

- ① 甚大豪雨イベントである台風 19 号と豪雨の頻繁している近年(2010～2019 年)の管路被害データベース(被災、管路仕様など)を作成した。
- ② 福島県を 7 区域(県北、県中、県南、会津、南会津、相双(相馬・双葉)、いわき)に分離して管路被害を誘発しうる豪雨現象(=浸水、氾濫)の関係を検証した。
- ③ 現状の施設に対するリスク評価を行った。

解析①に関しては、福島県災害対策課被害状況即報、福島県水道ビジョン 2020²⁾等よりデータを集積し、水道管被害、管路の状況を集計した。解析②に関しては、解析①の浸水、氾濫の状況、平常時の降水状況を把握するため AMeDAS 気象観測データの情報を集積して検証を進めた。解析③に関しては、解析①、②により取得された現況の管路要素、管路システム、降雨のデータを活用して多重ロジスティック回帰分析より評価モデルを

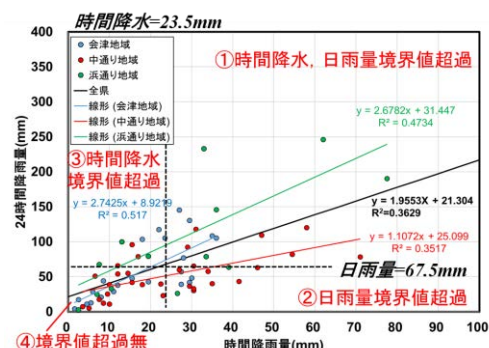


図1 浸水発生時の

1 時間降雨量と 24 時間降雨量の関係図

開発して管路被災の発生確率を導出することで、リスク評価を行った。

解析①～③の結果を基に、将来に必要とされる水道事業の展望、および適応策を提案する。

3. 解析結果

解析結果として解析②、解析③の結果について説明する。

3.1 管路被害を誘発しうる豪雨現象の比較検証

図1は福島県全体の浸水発生時の1時間降雨量と24時間降雨量の関係を示したものである。浸水発生する平均的な1時間降雨量(1A=23.5mm)、24時間降雨量(24A=67.5mm)を境界値に設定することで、1時間と24時間降雨量の関係を4領域に区切り(Type①～④：Type①1時間、24時間境界値超過、Type②1時間境界値超過、Type③24時間境界値超過、Type④境界値超過無)、その時の管路被害の被災率を7区域で求めた。なお、浸水発生時の1時間降雨量と24時間降雨量の関係は決定係数 $R^2=0.40$ で示すことができ強い相関を示している。

結果としてType①を参考にすると、被災率が高いのは上位より県中(62.2%)、会津(53.8%)、県北(53.5%)となり、相対的に福島県沿岸部、南部は、被災率がおおよそ30～40%にとどまることが示された。総じて、降雨に対して脆弱な地域は県北・県中・会津であり、強靱な地域は白河・小名浜であることが定量的に明らかにされた。そもそも設計基準に従って雨量も準用され、強度計算がなされていると推測されているが、被災状況より着実に県中、県北、会津は被災も多いことから強度計算値を改変することが必要であることが示されている。なお、自治体単位の情報も取得されている。

キーワード：豪雨災害、水道施設、脆弱性

連絡先 〒960-1296 福島県福島市金谷川1 福島大学共生システム理工学類 Tel and Fax 024-548-5261

表 1 7 区域の強靱、脆弱の傾向

Type	自治体		抽出理由	水道種別	(参考) 震災時 断水率	台風19号 時の 断水戸数	台風時近傍気象観測所 観測値(mm 10/12)		
							日降 水量	時間 降水量	観測所
強靱	いわき市	いわき	過去履歴	自治体	100%	(45,400)	227.5	41.0	平
	白河市	県南	台風第19号	広域水道	30%	1,680	368.5	47.5	白河
脆弱	福島市	県北	過去履歴	広域水道	100%	4	233.5	39.5	福島
	喜多方市	会津	過去履歴	自治体	0%	—	64.0	12.0	喜多方
	会津坂下町	会津	過去履歴	広域水道	0%	—	136.5	19.5	若松
	新地町	相馬	台風第19号	広域水道	—	—	234.0	34.5	新地
	相馬市	相馬	台風第19号	広域水道	36%	136	233.0	33.0	相馬
	南相馬市	相馬	台風第19号	広域水道	36%	1,000	253.0	33.0	原町
	二本松市	県北	台風第19号	広域水道	38%	843	180.5	29.5	二本松
	不明	郡山市	県中	過去履歴	自治体	30%	9	185.0	27.0

青: 全体的に被災基準が低い 赤: type1に該当 黄色: type2に該当

ため、この情報と重複させた(表 1 参照)。この重複より、7 区域の領域が強靱、脆弱の傾向と一致しているわけではない。例えば県南の場合、白河は令和元年台風 19 号時には 1 時間 47.5mm、24 時間で 368.5mm の降雨が記録され被災に至っている。この結果は、水道事業自体が管理の容易さより、ある程度の広範領域規模での管轄を余儀なくしているが、狭い領域に応じた設計基準を施した強化ポイントを抽出しなければならないこと、もしくは広域で統括的に管理すべきシステムを強化してメンテナンス強化していくことを示唆している。

3.2 現況施設によるリスク評価

データベースのデータを利用し、現況施設と令和元年台風第 19 号の被災上を基に多重ロジスティック回帰分析より評価モデルを開発し、管路被災の発生確率 P を求めた。多重ロジスティック分析は現象の生起を 1-0 の二項分布に置き換えて、説明変数との関係より発生確率を求める解析手法で、災害リスク評価などに利用されている³⁾。多重共線性をふまえて多数の説明変数を減少させて最適なモデル開発を進めた。本研究で開発したリスク評価モデルは以下のとおりである。

$$P = \frac{1}{1 + \exp[-1 \cdot (\alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4)]} \quad (1)$$

ここで α : 切片, β : 係数(1~4 はの数値を参考), x_1 : 耐震適合管占拠率, x_2 : 管路電子台帳, x_3 : 危機管理マニュアル整備率, x_4 : 24 時間降雨量である。このモデルにより求められた発生確率の感度を図 2(1),(2)を示す。

図 2(1)は 24 時間降雨量変動による感度図である。この結果は、県北地区は 100mm で概ね 100% に近似する被災発生確率になること、県中、いわき地区は 400mm により概ね 100% に達する結果を示している。また、南会津地区は 400mm になっても 80% にとどまる結果を示す。

図 2(2)は耐震適合管路占拠率による感度図である。耐震適合管路が整備されるに従って発生確率が増加する傾向は実現象と矛盾するが、整備の増加は耐震適合管路延長が増加することを示す。そのため、延長が増加することで管路損傷のリスク

が増加するため発生確率が増加することを示唆していると捉えられる。

4. まとめと適応策の提案

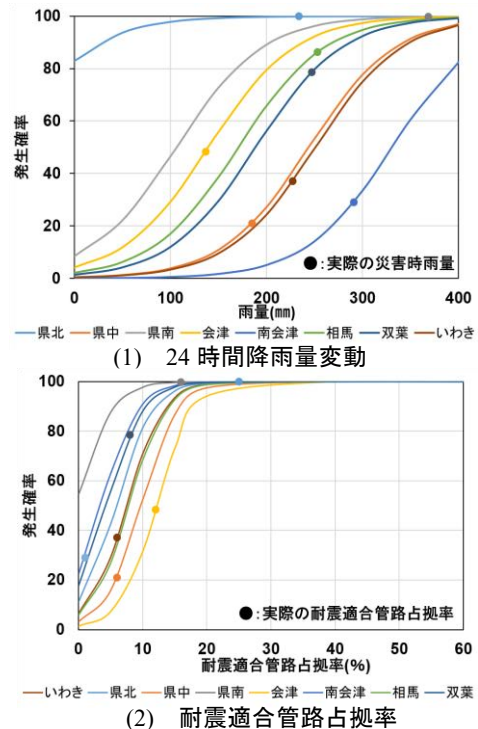


図 2 発生確率モデルによるリスク感度図

結果より、県北地区、会津地区は被災も多いことから脆弱であること、いわき地区は強靱である傾向が示された。その一方で、県中地区、県南地区は、各々の検証、モデル評価により脆弱、強靱が正反する結果を示した。この結果は、県中、県南という領域の中で管路の地域差が生じていることを示唆しているものと推測する。評価の精度を向上させるためにはさらに細分化したモデルの構築が必要と思われる。なお、県中にも含まれるがいわきに関しては、ともに導水管の管径が $\phi 500$ ~ 999 mm、送水管も 500ϕ 以上のものが半数を占めている。他地域と比較すると大口径と管路であるため豪雨による破損の影響が受けにくい状況といえる。大口径管路をコンパクトな経路(最小限の延長)で整備すれば強靱化へ効用が大きくなると推測される。また、今回の検討では地形、地盤条件を考慮できなかったため改めて条件を増やした検討も必要と思われる。

謝辞: 本研究の一部は、環境研究総合推進費(JPMEERF20S11813)、河川財団の助成を受けたものである。ここに謝意を示す。

参考文献:

- 岡野他: 確率論的アプローチによる水道管の離散的被害推定手法の構築, 土木学会論文集 G(環境), Vol.74(6), II 111-II 119, 2018
- 福島県: 食品生活衛生課 水道被害, <https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/410735.pdf>.
- 川越他: 数値地理情報と降雨極地データを利用した土砂災害発生確率モデルの構築, Vol.27(1), 自然災害科学, pp.69-83, 2008.