

# 公共下水道における総合的な地震対策計画の策定

内外エンジニアリング(株) 栃下 光治  
内外エンジニアリング(株) ○篠部 之博

## 論文要旨

本報告は、A市の公共下水道(6処理区・約988ha)を対象に既存施設の耐震化を図る「防災」と被害の最小化を図る「減災」を組み合わせ、「下水道総合地震対策計画」を策定した事例である。防災対策として、下水道施設の被災の危険度や被災時の影響を評価し、耐震対策の優先順位を設定した。また、減災対策として、下水道BCP策定の提案、マンホールトイレ設置などの対策を計画した。これらを組み合わせ、下水道総合地震対策事業として、計画方針及び対策スケジュールをとりまとめた。

キーワード：地震対策計画、汚水管渠、汚水中継ポンプ場、汚水処理施設、マンホールトイレシステム

## まえがき

平成23年の東北地方太平洋沖地震発生時には、下水道施設自体の損傷等のほか、リソース制約等に伴う長期間の機能低下が見られた。被災時においても一定の下水道機能を確保する事は、重要課題の一つであり、そのために必要な地震・津波対策を早急に実施する必要がある。

近年の大規模地震に対して、早急な耐震化を図るために平成21年度に「下水道総合地震対策事業」が創設された。

「下水道総合地震対策計画」は、地震の特性及び危機管理上の観点から、「防災計画(短期計画・中長期計画)」及びそれに関連する「減災計画」を対象とするものである。

A市の公共下水道は、流域関連公共下水道1処理区および特定環境保全公共下水道5処理区の合計6処理区により整備されており、平成24年度末時点で下水道管路延長は約270km、5処理場、2ポンプ場を有している。

本事例は、A市における公共下水道施設に関し、既存施設の耐震化にむけた「下水道総合地震対策計画」の策定についての報告である。

図-1に下水道地震対策計画の策定フローを示す。

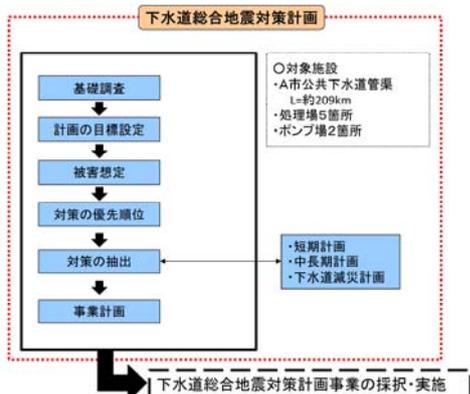


図-1 下水道地震対策計画策定フロー

## 1. 対象となる施設

耐震対策では、下水道施設について、被災の危険度と施設の重要度に応じて、対策の優先順位を設定した。

管路施設は、「重要な幹線等」(緊急輸送路下、防災拠点・避難所接続管路等)と「その他の管路」に区分されるが、そのうち「重要な幹線等」を耐震対策計画の対象とし、「その他の管路」は被災時の影響が限られることから事後対応を前提とした。

なお、処理場・ポンプ場施設は、全て重要な施設と位置付けられるため、耐震対策計画の対象とした。

図-2に計画対象区域の位置図を示す。

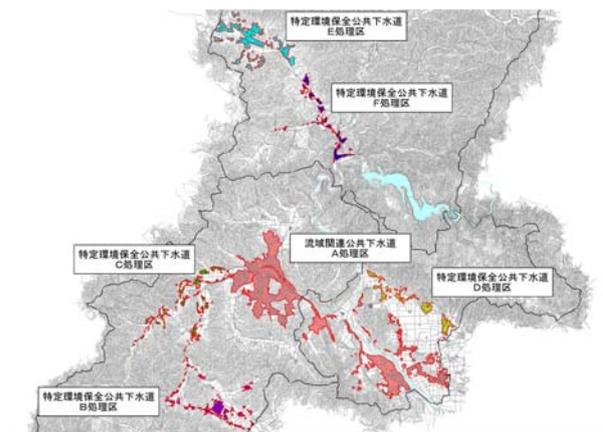


図-2 計画対象区域位置図

## 2. 被害想定

### (1) 被害想定の対象とする地震動

被害想定の対象とする地震動は、京都府地震被害想定調査委員会が検討している22地震動のうち、検討区域において発生、被害を生じる可能性のある「殿田・神吉・

越畑断層(M7.2)および「亀岡断層(M6.8)」の2種類の地震動を選定した。この地震動による、施設別被害を検討し、その影響の整理を行った。

震度・液状化危険度(PL値)については、「大規模地震による被害想定手法及び想定結果の活用法に関するマニュアル平成18年3月」(以後、「想定マニュアル」とする)を参考に、2種類の地震動を250mメッシュ単位に処理し重ね合わせ、各メッシュの最大値を採用した。

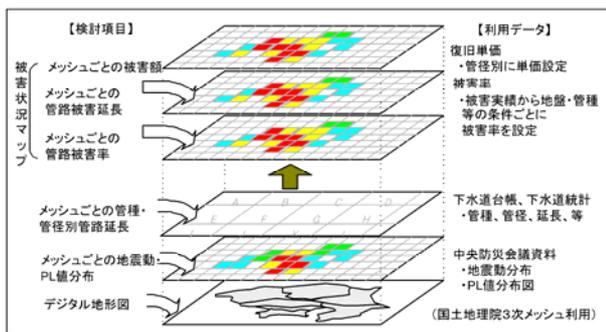


図-3 被害状況マップ作成までのイメージ(管路の例)<sup>2)</sup>

(2) 管路施設

1) 被害の定義

管路の被害は、「想定マニュアル」より、地震による管路の蛇行、管・マンホール本体の亀裂・破損等により、流下機能に支障が生じることと定義した。

2) 管路の被害率

地震動に対して、管路が被災する原因は、地震による揺れと周囲の地盤の液状化による浮き上がりの影響が考えられる。そこで、地震による揺れと液状化の両方を考慮した被害想定を行った。

被害想定延長は各対象路線の震度・液状化危険度に応じた被害率を路線延長に乗じた値の総和とした。

なお、被害率は、「京都府：近畿圏における大規模地震に関する共同研究」(以後、「共同研究」とする)にて算定された値を採用した。

表-1に管路施設の被害想定を示す。

表-1 管路施設の被害想定

未耐震路線対象延長		269.5 km
被害延長	平均	22.8 km
	最大	82.4 km
被害額	平均	2,452 百万円
	最大	8,695 百万円

※平均被害率：下水道管理者が対策計画の優先順位を決定する等、相対的危険度を把握する場合に用いる被害率  
 ※最大被害率：危険度としてマクロ的な被害の規模が求められる場合や資機材の確保等の危機管理を検討する場合に用いる被害率

(3) 処理場・ポンプ場施設

1) 被害の定義

処理場・ポンプ場の被害は、「想定マニュアル」より、地震による施設の破損、ズレ、傾き等により、揚排水機能、処理機能等に支障が生じることと定義した。

2) 被害タイプ分類

被害は、各処理場・ポンプ場が立地する地盤の地震動の強さ、液状化の危険度、周辺状況からみた側方流動の影響及び施設の耐震対策実施状況によって4タイプに分類した。

被害タイプの分類フローを図-4、想定される被害の概要を表-2に示す。

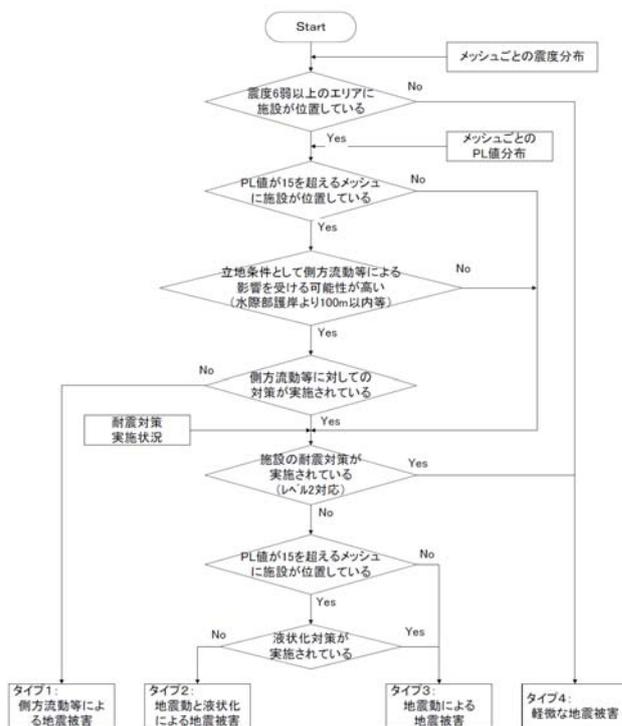


図-4 被害タイプ分類フロー<sup>1)</sup>

表-2 被害タイプ別の想定される被害の概要

被害タイプ		想定される被害の概要
タイプ1	側方流動等による地震被害	地震動の影響を受けるとともに、特に側方流動により、処理場、ポンプ場が甚大な地震被害を受ける。
タイプ2	地震動と液状化による地震被害	地震動の影響を受けるとともに、特に地盤の液状化により、処理場、ポンプ場が地震被害を受ける。
タイプ3	地震動による地震被害	地震動の影響により、処理場、ポンプ場が地震被害を受ける。
タイプ4	軽微な地震被害	地震被害を受けないか、受けても軽微で、処理場、ポンプ場においては、処理機能や排水機能は損なわれない。

3) 処理場・ポンプ場の被害想定

被害額は、概算の処理場建設費に被害タイプ別の被害率を乗じた値とする。被害率は、「共同研究」にて算定された値を採用した。

ただし、被害タイプ4と判定した施設は、タイプ1～3に比べて地震被害を受けないか、受けても軽微なため、今回検討では被害額を計上していない。

表-3に処理場・ポンプ場施設の被害想定を示す。

表-3 処理場・ポンプ場施設被害想定一覧表

施設名	被害タイプ	被害額 (百万円)		備考
		平均	最大	
B処理区処理場 (H4年度設計)	タイプ4	—	—	
C処理区処理場 (H7年度設計)	タイプ2	13	44	
D処理区処理場 (H8・H17年設計)	タイプ3	3	11	2/2系列は耐震対策済
E処理区処理場 (H5・H12年度設計)	タイプ4	—	—	2/2系列は耐震対策済
F処理区処理場 (H10年度設計)	タイプ4	—	—	耐震対策済
A処理区ポンプ場1 (H10年度設計)	タイプ4	—	—	耐震対策済
A処理区ポンプ場2 (H8年度設計)	タイプ2	3	10	

※平均被害率および最大被害率の定義は管路施設と同じ

3. 計画の目標設定

既存施設の耐震対策は、地震時において下水道が有すべき機能に応じて、短期、中期、長期の段階的な防災目標を設定した。

①短期の目標 (5年)

下水道システムとして重要な施設について、耐震性能の向上を図り、下水を流す、溜める、処理するという基本的な機能の確保を目指す。

②中期の目標 (10年)

短期の目標に対する耐震対策との連携を図りつつ、長期の目標に向けて、改築更新時期を待たずに優先的に耐震化を図るべき重要な施設について、耐震性能の向上を図り、基本的な機能の確保を目指す。

③長期の目標 (20年)

短期、中期の目標で対象外となった施設について、レベル1地震動およびレベル2地震動の各地震動に応じた耐震性能を確保する。

4. 耐震対策の優先順位

(1) 管路施設

既存管路施設の耐震対策の優先度は、被害想定の結果を

活用し、被害の箇所、程度を推定して優先順位の検討を行った。

1) 優先度の判断方法

耐震対策の優先度選定においては、総合的に評価する方法と対策を優先すべき条件による評価を「図-5 優先度の判断方法のフロー」により行った。

- ①幹線管路が想定する地震動で被災する危険性(以下、被災危険度)と被災した場合の社会的な影響の程度(以下、社会影響度)の両方を考慮して優先度を決定する。
- ②被災危険度、社会影響度とも、優先度を評価する項目(例:震度や管種等)を設定し、点数付けを行い定量的な評価を行う。
- ③上記の被災危険度や社会影響度の総合評価に関わらず耐震化を優先すべき管路については、無条件で最高の優先度ランクとする。

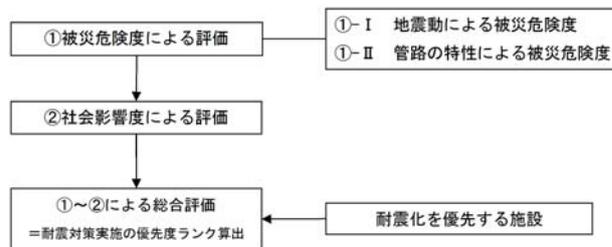


図-5 優先度の判断方法のフロー

2) 優先度の設定

表-4に整理した評価項目毎に加点し、総合評価点を用いて優先度ランクI～IVに分類する。

表-4 各視点の評価項目

視点	評価項目
①-I 地震動による被災の危険度	・震度 ・液状化危険度
①-II 管路特性による被災の危険度	・設計年度 ・管種 ・工法 ・土被り ・圧送の有無
② 社会的影響	広域活動の確保 ・緊急輸送路
	重要なインフラ ・軌道横断 ・河川横断
	二次的被害 ・管径 ・圧送管路 ・防災拠点
③ 耐震化を優先する管路	・処理場への直結管路

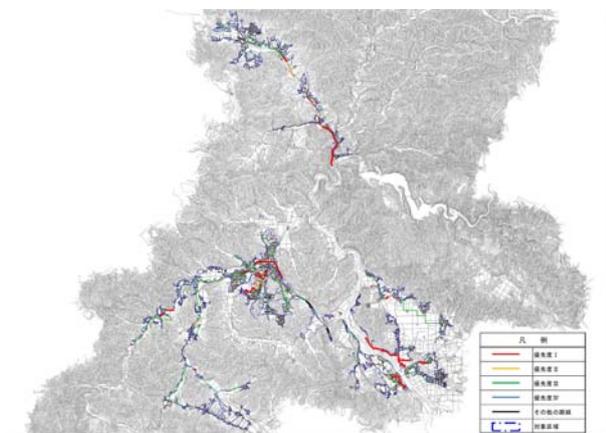
3)優先度の判定結果

被災危険度と社会影響度から総合的に評価した優先度ランクに基づいて耐震化実施の優先順位、すなわち短期計画、中長期計画のいずれで実施するかを判定するものとする。なお、耐震化を優先する管路として、処理場の流入渠へ直結している幹線管路は、総合点数によるランクの如何に関わらず優先度ランク I 同様の優先順位とした。

表一5に重要な幹線等の延長集計、図一6および表一6に優先度の判定結果を示す。

表一5 重要な幹線等の延長内訳

管路定義	延長(m)	備考
特に重要な幹線等の延長		
① 防災拠点ルート	12,814	広域避難地含む
② 軌道横断	296	JR
③ 緊急輸送路 車道部横断	6,114	
④ 緊急輸送路	8,572	
⑤ ネットワーク管路	0	対象管路なし
⑥ 吐口直結幹線管路	0	対象管路なし
重要な幹線等の延長		
⑦ 流域幹線管路	0	対象管路なし
⑧ 処理場・ポンプ場直結管路	173	
⑨ 河川横断	2,884	一級河川横断
⑩ 避難所ルート	21,654	収容避難所
⑪ システム管路	20,239	圧送管路
⑫ 主要な管路	26,622	20ha以上
重要な幹線	合計	99,368
	重複管渠	36,344
	重複なし	63,024
その他の管路	206,532	
総延長(下水道台帳)	269,556	



図一6 優先度ランク (管路施設)

表一6 優先度ランク別管路延長集計表

管路定義	延長(m)	割合	備考
① 優先度 I	12,455	4.6%	短期計画
② 優先度 II	8,857	3.3%	中長期計画
③ 優先度 III	29,176	10.8%	
④ 優先度 IV	11,882	4.4%	計画対象外
⑤ 耐震化済管路	654	0.2%	
⑥ その他の管路	206,532	76.6%	
総延長(下水道台帳)	269,556	100.0%	

(2) 処理場・ポンプ場施設

処理場・ポンプ場施設における耐震対策は、当面の目標として「レベル2地震動」に対応させるものとし、施設の被害想定や、被害の箇所、程度を推定して優先順位の検討を行った。

1) 施設設計時期からみた耐震化対象施設

① 建築構造物

兵庫県南部地震や新潟県中越地震に対して、昭和56年改正の建築基準法：「新耐震基準」で設計・建設された建築構造物の被害例はほとんどない。したがって、耐震対策としての範囲としては、昭和56年以前に設計された建築構造物を対象とする。

② 土木構造物

平成9年度に「下水道施設の耐震対策指針と解説1997年版」が刊行され、新潟県中越地震以降の平成18年度に改訂された「下水道施設の耐震対策指針と解説2006年版」においても、土木構造物の耐震設計手法は、「1997年版指針」を踏襲している。したがって、平成9年以降に設計された土木構造物については、耐震性能に問題はないものと判断され、平成8年以前に設計された土木構造物を対象とする。

表一7 施設設計時期からみた耐震化対象施設

施設区分	耐震化対象施設
建築施設(複合施設含)	昭和55年以前に設計した施設
土木施設(複合施設含)	平成8年以前に設計した施設

2) 処理場の優先順位の設定方針

地震時に処理場施設に求められる最優先の対策は、人命の確保(安全衛生機能・避難機能の確保)である。また、下水道施設に求められる機能は、揚水機能や消毒機能、沈殿機能、汚泥貯留機能等の優先度が高く、次にこれ以外の水処理機能やその他の機能である。

① 人命の安全確保

今回対象の管理棟等の建築構造物は、すべて新耐震以降の設計であるため耐震性能は高いと考える。よって

該当する施設はない。

②二次災害の防止

処理場では、塩素系の各種薬品類を使用する施設を有しており、地震時の漏えい等による二次災害を引き起こす可能性が高いと想定されるので、消毒設備の耐震対策を行う。

③処理場機能の維持

地震被災時に住民の視点に立った処理場が有すべき機能は、トイレ使用の確保、生活空間での汚水の滞留防止、未処理下水の流出に伴う公共水域の汚濁防止等である。処理場機能の維持については、地震被災時においても下水排除機能に最低限の沈殿処理の機能を確保するように耐震対策を行う。

表-8 耐震対象施設の優先順位(処理場)

優先順位	選定要因	主要対象施設
優先度Ⅰ	・人命の安全確保	・該当なし
	・二次災害の防止	・消毒設備
	・下水排除機能の維持 ・最低限の沈殿処理	・流入渠 ・放流渠 ・分配槽
優先度Ⅱ	・下水処理機能の維持	・水処理施設

3)ポンプ場の優先順位の設定方針

ポンプ施設における耐震化については、基本的に処理場と同じ考え方とする。

表-9 ポンプ施設が確保すべき機能

優先順位	選定要因	主要対象施設
優先度Ⅰ	・人命の安全確保	・該当なし
	・二次災害の防止	・該当なし
	・揚排水機能の確保	・ポンプ場施設

4)優先度の判定結果

処理場・ポンプ場施設における耐震対策は、表-2の被害想定を参考に耐震診断の優先順位を決定した。

表-10 処理場・ポンプ場の耐震化優先度

優先度	施設名	被害タイプ	備考
短期計画	C処理区処理場	タイプ2	
	A処理区ポンプ場2	タイプ2	
中期計画	D処理区処理場	タイプ3	2/2系耐震対策済
長期計画	B処理区処理場	タイプ4	
	E処理区処理場	タイプ4	2/2系耐震対策済
	F処理区処理場	タイプ4	耐震対策済
	A処理区ポンプ場1	タイプ4	耐震対策済

5. 下水道防災計画

(1) 短期計画

1)管路施設

管路施設における防災対策として、優先度判定で優先度ランクⅠと評価された管路(L=12,455m)は、極めて緊急性が高いため、短期計画の期間内に効果的な耐震対策を実施する。

詳細な耐震診断を行い、必要に応じて下記の対策を行う。

- ①マンホールと管路との接続部における可とう性継手の設置
- ②マンホール上部側塊継手の補強
- ③浅層に位置する管渠の液状化対策として「管渠浮上抑制対策」実施

2)ポンプ場・処理場施設

A市公共下水道の処理場およびポンプ場施設は、現在までに耐震診断の実施がなされていないため、まず簡易診断を実施し、耐震性能を評価する。簡易診断のみで耐震性能の評価が困難な場合は、詳細診断により耐震性能を評価する必要がある。耐震診断の結果をもとに、必要に応じて耐震対策を行う。

短期計画の対象となる施設は、被害タイプで1~2と判定されたC処理区処理場およびA処理区ポンプ場2とした。表-11に対象施設と耐震対策を示す。

表-11 処理場・ポンプ施設の耐震対策

施設名	要求機能	対策
C処理区処理場	①揚水機能の確保	・流入渠、放流渠の接続部における可とう性継手の設置
	②消毒機能、沈殿機能の確保	・処理槽の耐震化
	③汚泥処理機能の確保	・管理棟(土木構造部)の耐震化
A処理区ポンプ場2	①揚水機能の確保	・流入渠、放流渠の接続部における可とう性継手の設置 ・ポンプ棟(土木構造部)の耐震化

(2) 中期計画

中長期計画は、耐震化を計画的・効率的にするために、地震対策の実施状況を勘案しつつ、中期・長期の目標を達成するための対策を立案し、実施スケジュールを定める。

以下に実施内容を示す。

1) 管路施設

中期計画では優先度判定で優先度ランクⅡと優先度ランクⅢ・Ⅳのうち、被災時に社会的影響の大きい

1 級河川、鉄道、緊急輸送路を横断する路線について耐震対策を実施する。

対策内容については短期計画と同様とする。

2) 処理場・ポンプ場

中期計画の対象施設について、耐震診断を実施する。

耐震診断の結果をもとに、必要に応じて耐震対策を行う。

(3) 長期計画

長期計画では、改築時期に合わせての耐震化も視野に入れる。また、社会情勢の変化や耐震化技術の進歩等により、必要に応じて計画の見直しが必要である。

1) 管路施設

長期計画では優先度判定で優先度ランクⅢおよび優先度ランクⅣの路線について耐震対策を実施する。

対策内容については短期計画と同様とする。

2) 処理場・ポンプ場

長期計画の対象施設について、耐震診断を実施する。

耐震診断の結果をもとに、必要に応じて耐震対策を行う。表-12に防災計画のスケジュールを示す。

表-12 防災計画スケジュール

事業内容		短期	中期	長期	備考
管路施設	耐震診断・設計	[長期計画]			調査後、1~3年以内に耐震補強を実施する
	防災拠点避難所等の排水を受ける管路の補強	[長期計画]			
	軌道横断河川横断緊急輸送路下等の管路の補強	[長期計画]			
処理施設	耐震診断・設計	[短期]	[中期]	[長期]	3 処理場 短期計画 ・C処理区処理場 中期計画 ・D処理区処理場 長期計画 ・B処理区処理場 ・E処理区処理場 ・F処理区処理場
	施設の耐震設計・耐震工事	[短期]	[中期]	[長期]	
	流入渠・放流渠可とう管化	[短期]	[中期]	[長期]	
ポンプ施設	耐震診断・設計	[短期]	[中期]	[長期]	2 ポンプ場 短期計画 ・ポンプ場2 長期計画 ・ポンプ場1
	施設の耐震設計・耐震工事	[短期]	[中期]	[長期]	
	流入渠・放流渠可とう管化	[短期]	[中期]	[長期]	

6. 下水道減災計画

下水道の減災計画は、下水道施設の被害による社会的影響を最小限に抑制し、速やかに要求機能を確保することを目的として、防災計画と整合を図った計画とする必要がある。以下に計画内容を示す。

(1) 下水道BCPの策定

1) 管路施設

・緊急対応、人員配置、復旧手順等を定めた対応マニュアルの策定

2) 処理場・ポンプ場施設

・緊急対応操作、消火活動、人員配置、簡易放流対応から通常処理への復旧手順等を定めた対応マニュアルの策定

(2) マンホールトイレ

災害用トイレ対策として、各収容避難所にマンホール

トイレを設置する。各処理区内の最大規模の避難所を短期計画で整備し、その他の避難所を中長期計画で整備する。

表-13にマンホールトイレ設置基数を示す。

表-13 マンホールトイレ設置基数

整備区分	設置対象施設	収容人数(人)	仮設トイレ基数(基)
短期計画	6施設	8,057	83
中長期計画	8施設	11,190	116
合計	14施設	19,247	199

トイレ設置基準：100人/基

(3) その他の減災対策

- ① 下水道台帳、施設台帳の整備及びそのバックアップ
- ② 可搬式ポンプ、仮配管等復旧資機材の調達方法の確保
- ③ 関係機関との協定・連絡網の構築
- ④ 移動脱水車による汚泥処理(民間団体との協定)

表-14に減災計画のスケジュールを示す。

表-14 減災計画スケジュール

事業内容	短期	中期	長期	備考
マンホールトイレシステム設置	[長期計画]			・マンホールトイレの設置 ・下水道BCPの策定等
下水道BCP策定	[短期]	[中期]	[長期]	
その他減災対策計画の実施	[短期]	[中期]	[長期]	

あとがき

本業務の遂行や論文の作成にあたり、ご指導ご協力いただきました方々に、深く感謝申し上げます。

平成23年の東北地方太平洋沖地震以降も平成28年の熊本地震発生など、いつどこで大規模地震が発生してもおかしくない状況において地震対策の重要性が増している。

早期の地震対策として、選択と集中による効果的な整備と地域の実情や被害想定を踏まえたソフト対策が急務であると考える。

参考文献

- 1) 下水道の地震対策マニュアル2014年版,公益社団法人日本下水道協会.398p
- 2) 大規模地震による被害想定手法及び想定結果の活用方法に関するマニュアル平成18年3月,大規模地震による下水道被害想定検討委員会
- 3) 京都府:近畿圏における大規模地震に関する共同研究,平成19年度