

下水道地震・津波対策技術検討委員会の活動紹介

下水道施設の復旧及び今後の対津波対策に向けた提言

榊 井 正 将

東日本大震災において、東北地方太平洋沿岸の下水道施設は、津波による甚大な被害を受けた。国土交通省では、被災した下水道施設の復旧に向けた技術的検討を行うため、有識者等からなる「下水道地震・津波対策技術検討委員会」を設置。委員会では、被災した下水道施設の機能回復に向けた、緊急措置・応急復旧・本復旧について、技術的な提言がとりまとめられた。また、今後津波による被災が想定される全国の下水道施設について、耐津波対策を考慮した施設設計の考え方がとりまとめられた。

キーワード：下水道、復旧事業、耐津波対策

1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日、日本における観測史上最大規模であるマグニチュード 9.0 の地震による東日本大震災が発生し、東北地方の広い地域で甚大な被害が発生した。下水道施設も多くの被害を受け、特に、下水処理場・ポンプ場においては、津波被害による機能停止や施設損傷、下水管渠においては、液状化被害によるマンホールの浮上等が多く見受けられた。震災当初は、120 カ所の下水処理場が被災し、そのうち 48 カ所が主に津波による機械・電気設備の損傷により稼働停止をした。その後、復旧が進められているが、現在でも、2 カ所の処理場が汚水の流入がないため稼働停止、12 カ所の処理場が応急対応による汚水処理を実施中という状況である（表—1）。

表—1 下水道施設の被害状況（平成 24 年 4 月 9 日現在）

	震災当初	現状	
稼働停止	48	2	
応急対応中	-	現位置にて応急対応中	10
		別位置にて応急対応中	2
一部停止	63	-	
警戒区域内	9	9	
正常に稼働	-	97	
計	120	120	

下水道施設は、他の施設で代替することの困難な社会資本である。地震等の被害を受けて下水道が機能を発揮できなくなった場合、トイレが使用できなくなることにより住民生活に大きな影響を生じるとともに、汚水の滞留や未処理下水の流出による公衆衛生の悪化、都市の雨水が排除できなくなることによる浸水被害の発生など、住民の生命・財産に関わる重大な事態

が生じることが懸念される。

2. 下水道地震・津波対策技術検討委員会

これまで、下水道施設に関しては、阪神淡路大震災や新潟県中越地震の経験を踏まえた耐震対策が進められてきているが、今回の東日本大震災では、とりわけ東北地方太平洋沿岸の処理場・ポンプ場を中心に、津波による甚大な施設被害が発生した。そのため、下水道機能を速やかに復旧することは当然のことながら、津波被害を受けた下水道施設をいかに復旧するかが大きな課題となった。

そこで、国土交通省では、東日本大震災で被災した下水道施設について、適切な応急復旧を行い、再度災害を防止する本復旧を行うため、本震災の特徴をとらえ、施設の復旧のあり方を提示することを目的として、(社)日本下水道協会と共同で、早稲田大学の濱田教授を委員長とする有識者からなる「下水道地震・津波対策技術検討委員会」を昨年 4 月 12 日に設置し、下水道施設における今後の地震・津波対策の方向性についてとりまとめを行った（表—2）。

同委員会では、約 1 年間の議論を通じて、各種提言をとりまとめている。4 月 15 日には、「下水道施設の復旧にあたっての技術的緊急提言」を、6 月 13 日には、第 2 次提言「段階的応急復旧のあり方」を、8 月 11 日には、第 3 次提言「本復旧のあり方」をとりまとめており、各提言は被災地における応急復旧、本復旧に活用されている。また、本年 3 月 8 日には、今後、巨大地震に伴う大規模な津波が想定される地域における

表一 2 下水道地震・津波対策技術検討委員会 委員名簿

	氏名	役職
委員長	濱田 政則	早稲田大学創造理工学部社会環境工学科教授
委員	今村 文彦	東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター教授
委員	大村 達夫	東北大学大学院工学研究科土木工学専攻教授
委員	中林 一樹	明治大学大学院政治経済学研究科特任教授
委員	野村 充伸	日本下水道事業団技術戦略部長
委員	藤間 功司	防衛大学校システム工学群建設環境工学科教授
委員	藤本 康孝	横浜国立大学工学部電子情報工学科准教授
委員	松尾 修	財団法人先端建設技術センター普及振興部長
委員	安田 進	東京電機大学理工学部建築・都市環境学系教授
委員 (行政代表)	菅原 敬二	宮城県土木部下水道課長
委員 (行政代表)	渋谷 昭三	仙台市建設局次長兼下水道事業部長
委員 (行政代表)	黒住 光浩	東京都下水道局計画調整部長
委員 (行政代表)	山本 智	大阪市建設局西部方面管理事務所長
委員 (行政代表)	畑 恵介	神戸市建設局下水道河川部長
特別委員	岡久 宏史	国土交通省水管理・国土保全局下水道部長
特別委員	塩路 勝久	国土交通省水管理・国土保全局下水道部下水道事業課長
特別委員	堀江 信之	国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部長
特別委員	佐伯 謹吾	社団法人日本下水道協会理事兼技術研究部長

(注) 学識委員については、五十音順 10月17日現在

下水道施設の耐震・耐津波対策に東日本大震災の知見を活用すべく、第4次提言「耐津波対策を考慮した下水道施設設計の考え方」がとりまとめられた。国土交通省では、各地方公共団体における下水道施設の耐地震・耐津波対策に活用いただくべく、委員会のとりまとめを受けた提言を地方公共団体に対して発出している。以下に各提言の概要を紹介する。

3. 「下水道施設の復旧にあたっての技術的緊急提言」(緊急提言)

今回の東日本大震災で被災した下水道施設の復旧には、施設規模等によっても異なるが、相当の期間を要するものと考えられた。しかしながら、大きな被災を免れた市街地においては、順次都市活動が回復されていかなければならず、ライフラインとしての下水道の早急な機能回復が強く望まれていた。緊急提言では、必ずしも下水道施設の復旧に関するすべてを網羅できてはいないかもしれないが、震災後1ヶ月という短い期間で得られた諸情報に基づき、再度災害の防止、段階的な機能回復等の観点から、下水道施設の普及にあたっての技術的な留意事項について、とりまとめられている。その中身としては、「公衆衛生の確保の考え方」として、未処理下水の溢水を早期に解消するための未処理下水排除機能の確保や仮設トイレの衛生状況悪化を低減するためのマンホールトイレの設置等について

示すとともに、「出水期に向けた緊急浸水対策の考え方」として、雨水きよめ雨水ポンプの早期機能回復の必要性や関係部局と連携した仮設ポンプの設置等について示している。また、「下水道施設の復旧の考え方」として、今回の大規模な地震・津波による下水処理施設の被害の大きさ等を考慮すると、本復旧が完了するまで相当程度の時間を要することが予想されることから、地震発生直後から対応する「緊急措置」、公衆衛生の確保や浸水被害軽減に迅速に対応するための「応急復旧」、従前の機能を回復させ、再度災害を防止することを目的とした「本復旧」と、段階的な普及のあり方とともにそれぞれの段階に応じた適切な対応について示している。

4. 「段階的応急復旧のあり方」(第2次提言)

地震後速やかにとりまとめた緊急提言に続き、6月14日には、第2次提言として「段階的応急復旧のあり方」が取りまとめられている。

東日本大震災では、大規模な地震・津波により下水道施設が甚大な被害を受け、本復旧が完了するまで相当程度の時間を要することが予想されたことから、地震発生直後から対応する「緊急措置」、公衆衛生の確保や浸水被害軽減に迅速に対応するための「応急復旧」、従前の機能を回復させ、再度災害を防止することを目的とした「本復旧」へと、それぞれの段階に応じた適切な対応とスムーズな移行が必要不可欠であり、第2次提言においては、段階的復旧の考え方、特に応急復旧のあり方について取りまとめられている。

「応急復旧」とは、「緊急措置」と「本復旧」を繋ぐ重要な役割を担い、被災直後の消毒という最小限の対応段階から本復旧(従前水準)に戻していく過程を意味する。なお、「緊急措置」から「本復旧」、その過程である「応急復旧」を含めたロードマップは、被災地や施設の状況、放流先水域の水質や水利用状況、住民のニーズ、用地の制約、財政状況などの条件によってさまざまな形態が考えられる(表一3)。

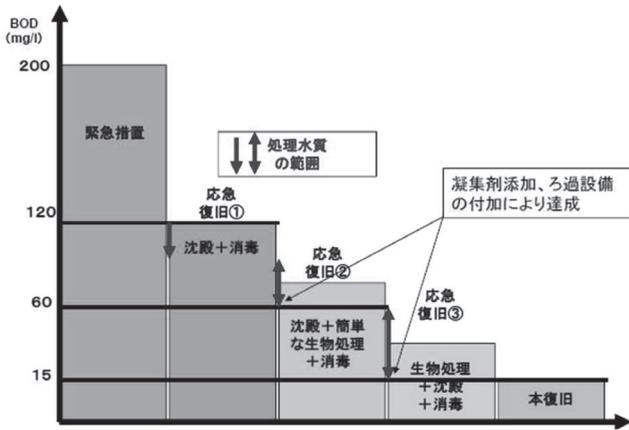
表一3 制約条件の例

制約項目		状態	
外的要因	要員	十分な員数が確保できるか?	
	消毒剤	十分な量が確保できるか?	
	電気	電源が確保できるか?	
処理場の条件	増設用地等を応急復旧に活用する	十分な広さがあるか、狭いか?	
	被災施設を 活用する	被災水処理施設が高負荷活性汚泥法	一部施設が活用可能であるか? 全部の施設が活用可能であるか?
		被災水処理施設が低負荷活性汚泥法	一部施設が活用可能であるか? 全部の施設が活用可能であるか?

(注)
高負荷活性汚泥法:標準活性汚泥法等
低負荷活性汚泥法:OD法、長時間アレーション法等

表一4 目標水質 (BOD)

手法	目標水質		備考	
	BOD(mg/l)	大腸菌群数(個/cm3)		
応急復旧	① 沈殿+消毒	120	3000	水濁法一律基準、沈殿除去率
	② 沈殿+簡単な生物処理+消毒	120→60		中級処理除去率、下水道法施行令
	③ 生物処理+沈殿+消毒	60→15		下水道法施行令
	④ 本復旧	15以下		下水道法施行令



図一1 目標水質と応急復旧の概念図

応急復旧段階では、水道の復旧が開始され、洗濯や入浴等の生活活動が可能となることから汚水の量が増加してくる。このため、管渠の収集機能の回復と同時に、処理場では、増加した水量と変化した水質に対応できるように、沈殿を含む処理機能の回復が求められる。また、応急復旧段階では、電気等の普及状況、要員や消毒剤の確保状況等の制約条件が考えられることから、第2次提言では、「生物処理」の処理法について、制約条件に応じてどのように選択するかを示している。さらに、放流先水域への影響や適正な維持管理等のために、応急復旧段階の処理法に応じた目標水質についても概念図を示している(表一4, 図一1)。

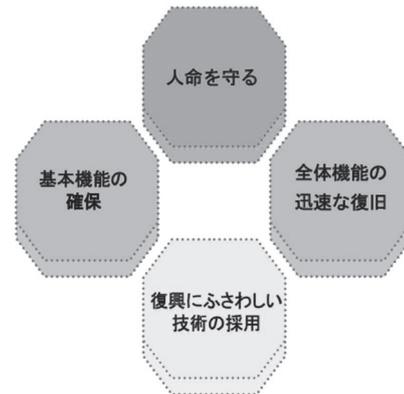
また、応急復旧段階においては、雨水に対する対策も重要であり、梅雨等の出水期までに、被災した雨水管渠の流下能力の回復を図るとともに、雨水ポンプの修理・交換を早期に実施することが求められることを提言している。

5. 「本復旧のあり方」(第3次提言)

緊急提言、第2次提言に続き、8月15日には、第3次提言が取りまとめられている。第3次提言では、被災した下水道施設の本復旧のあり方を示している。その中で、下水道施設の本復旧にあたっては、今回東日本大震災の経験を活かし、従前の機能回復にとどまらず、地震津波に対する再度災害防止対策を十分施すことは当然として、下水道施設の周辺地域と共存し、被

災地域の住民が希望を持つことができ、かつ活性化にも役立つような復旧方策を進めることとしている。

特に、下水道施設の本復旧にあたっては、1. 職員、作業員等の下水道関係者だけではなく、施設周辺の住民の生命を守ることに寄与する。2. 被災時において管路、処理場等の基本機能(下水の排除等)を確保する。3. 被災後、管路、処理場等の全体機能の復旧が迅速にできる、4. 21世紀における希望ある復興にふさわしい技術を採用する。を基本方針として示している(図一2)。



図一2 基本方針の概念図

さらに、本復旧にあたっての津波対策の考え方として、「最大クラスの津波」と「頻度の高い津波」の2つのレベルの津波を想定するとともに、下水道施設として対応すべき津波レベルとして、「最大クラスの津波」、具体的には「東北地方太平洋沖地震による津波で観測された津波」の高さを用いることを示した。また、津波来襲時においても下水道の基本機能が確保さ

表一5 要求される耐津波性能

施設種別	ポンプ場		処理場		
	揚水ポンプ 自家発電設備 放流きよ(※1)	左記以外	流入きよ 揚水ポンプ 放流きよ(※1) バイパス水路 自家発電設備 管理棟(※2) 受変電設備	最初沈殿池(※3) 消毒設備 脱水設備 沈砂池	左記以外(※4)
耐津波要求性能	○	●	○	●	△

○・・・機能確保
 ●・・・一時的な機能停止はありうるが迅速な復旧が可能(概ね1週間以内)
 △・・・機能停止後、早期の復旧が可能(概ね6ヶ月以内)
 (※1) ゲート設備、吐き口を含む。
 (※2) 管理棟のうち、操作計装部分及び一時的な避難施設。
 (※3) 反応タンク、最終沈殿池を被災時において簡易処理の沈殿池として活用する場合はこれらを含む。
 (※4) 高度処理施設、汚泥処理施設など。

れるよう津波対策を行うため、施設種別ごとに要求される対津波性能についての整理を行っている(表—5)。

その他、第3次提言においては、あらたな技術的留意事項として、「人命を守る」ために考慮すべき事項、「基本機能の確保」のために考慮すべき事項、「全体機能の迅速な復旧」のために考慮すべき事項について整理して示すとともに、21世紀における希望ある「復興にふさわしい技術」のために考慮すべき事項として、太陽光、風力や小水力などの自然エネルギー発電設備の整備や省エネルギー設備の採用によるエネルギー自立型の処理施設を目指すことや、処理水や汚泥を最大

限利活用して、農業や地域産業に貢献すること等についても提案を行っている(表—6～9)。

6. 「耐津波対策を考慮した下水道施設設計の考え方」(第4次提言)

震災からほぼ1年を経た3月8日には、第4次提言として、「耐津波対策を考慮した下水道施設設計の考え方」がとりまとめられた。第4次提言では、これまでにとりまとめて公表した緊急提言、第2次提言、第3次提言を踏まえ、今回の津波で被災した下水道施設以外の全国の下水道施設において適用すべき事項について取りまとめを行っている。

設計にあたっての想定津波の考え方としては、今後、東海・東南海・南海地震等の被害が想定されることから、東海地震等のエリアを含めた全国で、津波防災地域づくり法の規定により都道府県知事が設定・公表する「津波浸水想定」(津波により浸水する恐れがある土地の区域及び浸水した場合に想定される水深)に基づくこととした。

また、管路施設、ポンプ場および処理場における機能確保の考え方として、施設種別ごとに「必ず確保すべき機能(基本機能)」、一時的な機能停止は許容するものの「迅速に復旧すべき機能」、「早期に復旧すべき機能」に分類し、それぞれの機能に求められる対津波性能を満たすための対応策を決定することとしている。対応策の設定にあたっては、機能の重要度、費用対効果、実施可能性等を十分に検討したうえで、下記の3つの防護レベルから適切なものを抽出することとしている。

1. リスク回避：浸水しない構造(浸水高さ以上に設置又は浸水高以上の防護壁により防護)
2. リスク低減：強固な防水構造(防水扉又は設備等の防水化)
3. リスク保有：浸水を許容する構造

東日本大震災を踏まえ、今後、巨大地震に伴う大規模な津波に襲われる可能性のある地域においては、本提言を参考にして、下水道施設の耐津波対策を講じていくことが必要と考えられる(表—10, 11, 図—3)。

7. おわりに

東日本大震災以降、日本全国の様々な地域について、大規模な地震の発生が予測されている。東南海・南海地震については、今世紀前半に発生する可能性が高いとも言われている。下水道施設は、他の施設で代替す

表—6 「人命を守る」ために考慮すべき事項

施設区分	「人命を守る」ために考慮すべき事項
管路施設	①マンホールの浮上防止 ②道路の陥没対策の実施 ③マンホール蓋の逸脱または飛散防止
処理場施設 (ポンプ場含む)	①関係者、住民の津波避難ビルとしての機能整備 ②避難しやすい施設の配置 ③避難者の誘導路、誘導設備等の配置 ④情報システムの整備 ⑤誘導設備用の非常用電源設置

表—7 「基本機能の確保」のために考慮すべき事項

施設区分	「基本機能の確保」のために考慮すべき事項
管路施設	①管路施設に対する浮上防止策の実施 ②埋設の深化(余裕高の増) ③仮配管、水中ポンプ、消毒剤等の備蓄 ④老朽化の進んだ管路の耐震化
処理場施設 (ポンプ場含む)	①ポンプ施設、配管の防護、耐震化 ②自家発電設備等の設置、防護、耐震化、嵩上げ ③発電時間の確保(24~48時間) ④消毒設備の防護、耐震化 ⑤仮配管、水中ポンプ、消毒剤、用水等の備蓄

表—8 「全体機能の迅速な復旧」のために考慮すべき事項

施設区分	「全体機能の迅速な復旧」のために考慮すべき事項
管路施設	①広域的な災害対応準備 (災害協定締結、支援ルールの確立など) ②老朽管の耐震化 ③管材、マンホール資材等の備蓄
処理場施設 (ポンプ場含む)	①優先復旧機能(送風、脱水)設備の防護 ②電源車、ポンプ車の広域整備 ③復旧の容易な施設、設備配置設計 ④復旧用地(資材置場等)、支援チーム滞在スペース確保

表—9 「復興にふさわしい技術」のために考慮すべき事項

施設区分	「復興にふさわしい技術」のために考慮すべき事項
管路施設	①管路のネットワーク化 ②更生工法等による耐震化向上 ③情報ルートとしての光ケーブル設置 ④下水、下水熱の活用
処理場施設 (ポンプ場含む)	①自然エネルギー発電設備の設置 ②下水道資源(処理水、汚泥)の活用 ③省エネルギー設備の設置 ④遠隔制御、集中管理などによる処理場等無人化 ⑤環境教育の場の設置

表-10 「最大クラスの津波」に対する下水道施設の標準的耐津波性能

施設種別	管路施設	ポンプ場	処理場		
	全体機能				
機能区分	基本機能			その他の機能	
	逆流防止機能	揚水機能	揚水機能 消毒機能	沈殿機能 脱水機能	左記以外
耐津波性能	被災時においても「必ず確保」 ○			一時的な機能停止は許容するものの「迅速に復旧」 ●	一時的な機能停止は許容するものの「早期に復旧」 △

表-11 耐津波性能に応じた防護レベルと対応策（最大クラスの津波の場合）

耐津波性能	必ず確保	迅速に復旧	早期に復旧
	高 ←	中	→ 低
防護レベル	リスク回避 ※やむを得ない場合は「リスク低減」	リスク低減	リスク保有
対応策	浸水しない構造 (浸水高さ以上に設置 又は、浸水高さ以上の防護壁により防護) ※やむを得ない場合は「強固な防水構造」	強固な防水構造 (防水扉 又は 設備等の防水化)	浸水を許容

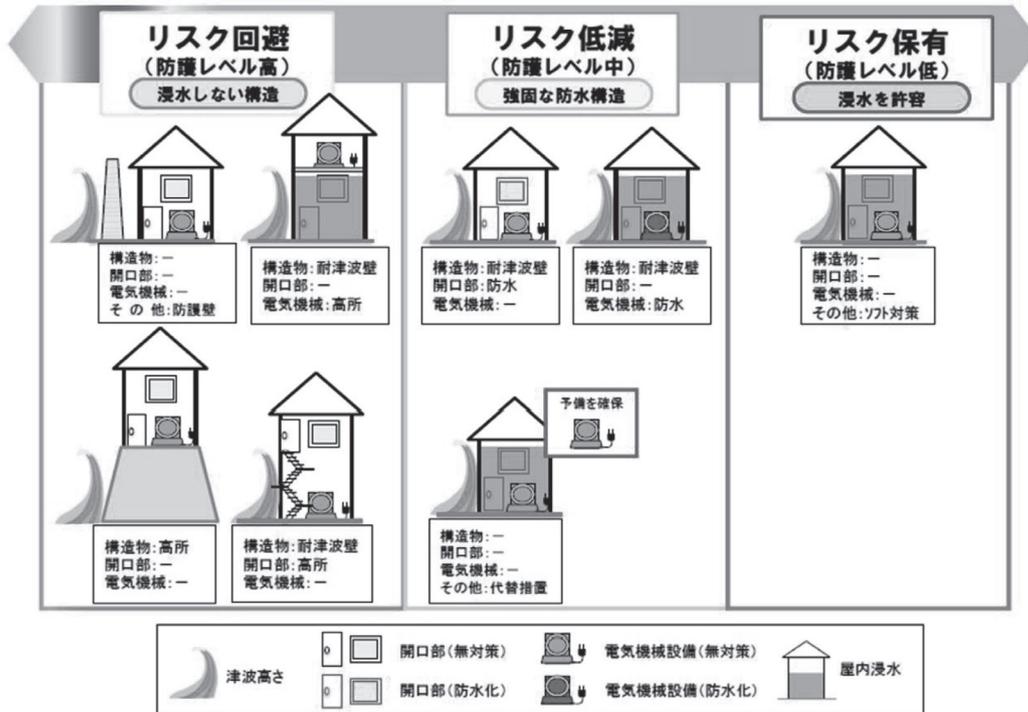


図-3 防護レベルと対応策の事例

ることの困難な社会資本であり、下水道機能が失われた場合には、住民の生命や財産に関わる重大な事態が生じる恐れがある。被災後においても必要な下水道機能を確保するためには、発生が予測される地震に対して、ハード対策とソフト対策を組み合わせた総合的な対策を実施することが必要である。さらに、地震に伴って想定される津波に対しても、十分な対策を推進する必要がある。今後は、「下水道地震・津波対策技術検討委員会」の提言を十分に踏まえ、各地域の防災計画や津波想定等との整合も図りながら、国及び地方公共

団体が連携し、計画的な下水道施設の地震・津波対策を推進していきたい。

JICMA

[筆者紹介]

榊井 正将 (ますい まさゆき)

国土交通省

水管理・国土保全局 下水道部 下水道事業課

課長補佐

