

ミレニアム地震・津波にどう対応すべきか —水循環NWを事例として—

座長	竹内幹雄	(株)日水コン
話題提供者	藤間功司	防衛大学校
	宮島昌克	金沢大学
	(人選中)	国交省
	安田誠宏	京都大学
	鎌田泰子	神戸大学
	熊谷和哉	厚労省
	堀宗朗	東京大学
	有川太郎	(独)港湾空港技術研究所
	池本良子	金沢大学
	コメンテータ	中津川誠

日	時	平成24年 9月5日(水) 16:15~18:15
場	所	名古屋大学 東山キャンパス
教	室	全学教育棟本館1階 S11 (I-5会場)

地震工学委員会

「ミレニアム地震・津波にどう対応すべきかー水循環NWを事例としてー」

討論会開催にあたり

座長 竹内幹雄

数世紀ぶりに、我が国に巨大地震・津波が来襲し、甚大な被害が発生しました。産業革命以来、人類の生産活動は大いに増加し、更なる自然殺戮と自然克服により、繁栄の頂点を極めてきました。80数年前、関東大震災・昭和三陸地震・津波を目のあたりにした自然科学・人文学の先人・寺田寅彦は自然克服型技術に危機感を示し、災害時対応の心構えとして、自然適応型技術の温存を訴え続けてきました。

今回の地震・津波についても、既に2004年・インドネシア・スマトラ島沖地震津波で明らかに警鐘を受けていたにもかかわらず、我々は対応を怠ってきました。最近のベスト・セラー「ブラック・スワン」の著者ナシーム・ニコラス・タレブによると「プラトン型思考主義者の横行により、人類は正常な危機予測感覚を失った。」と主張されています。多分、筆者が訴えているところによれば、人間は不確実な事態に対応できるほど精神的にタフではなく、常に適当に定式化してしまい、曖昧さを不確実なこととして残しておけない。という事らしいです。シモン・フーシュの論文を引用して「科学を生み出すためには疑いを捨てなければならない。しかし、捨てるのが早すぎではいけないことに気づく人は少ない。」と紹介しています。

今、この地震・津波に遭遇し、心を新たにして、事態をまやかしくなく直視し、正常な感覚と精神をもって思考し、今後の対応を考えなければならないと思います。

下水道施設はその効率的運転上の見地から沿岸域に立地し、今回の震災によって甚大な被害を受けました。しかし、これらの施設は自ら、想定されるべき地震・津波について自ら守るべきとは考えておらず、国の防波堤が守ってくれると信じて建設されてきました。

しかも、これらが機能しなければ、水循環NWはその役割を果たせず、人類の生存そのものが極めて危うい存在に立たされます。

中流域の浄水場施設でも、広域的な液状化により、長期間の本格的復旧を要することになりましたが、幸い供給NWの活用、応急対応などにより、早期に機能回復が可能となりました。ご承知の通り、人間は3日間の水供給がストップされると生存が不可能となります。仮に、巨大地震・津波から生きながらえたとしても、適応可能な水循環システムが機能しなければ、その後の対応に甚大な影響を及ぼします。

巨大地震・津波は必ず来襲いたします。これは歴史が正しく教えている通りです。ここでは、私たちがとるべき方策として、①避けるべきものは何か。②守るべきものは何か。③適応すべきものは何か。④平常時と非常時の区分はどうあるべきか。⑤新しく創造すべきものは何かを、災害時の命の絆ともいうべき水循環NW施設を念頭に置いて討論することにしたいと思います。

津波災害の実態

防衛大学校システム工学群建設環境工学科 藤間功司

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震津波によって、はじめて津波の恐ろしさを実感した人が多いだろう。小さな津波の方が圧倒的に発生頻度が高く、巨大津波は極めて稀である。

日本被害津波総覧¹⁾の中に東北地方の太平洋側での津波記録が記載されている事例は1896年から100年間に80回あるが、最大の値が3m以上（気象庁の津波警報で「大津波」に相当）なのは、そのうち5回のみである。東北地方太平洋沖地震津波と比較できるレベルのものともなると、歴史津波の中でも869年貞観津波、1611年慶長三陸津波、1896年明治三陸地震津波くらいである。津波常襲地域といわれる三陸地方でも、この程度の頻度なのである。（ただし、明治三陸地震津波の存在により、岩手県の浸水想定は概ね的を得たものになっていた。）

したがって、われわれはどうしても経験から‘学習’してしまい、命が奪われかねない大きな津波が、まさか今起こるわけがないと思いついでしまう。このような思い込みが、津波対策を難しくしている。

2. 津波の特徴

災害としての津波の特徴として、低頻度であることがあげられるが、物理現象としての津波の特徴として、周期・波長の長さがあげられる。通常の波の波長は、高々数百mだが、津波の波長は数十kmある。つまり100倍のオーダーである。そして、通常の波の波打ち帯（波が寄せたり引いたりしている領域）が数十mくらいだから、津波の波打ち帯は、その100倍で数kmになる。これが、津波の浸水域が広範囲に及ぶ理由である。もっとも、日本の多くの地域では堤防が整備されているから、津波の高さが堤防を越えない限り大事にはならない。ただし、津波が大きく、ひとたび堤防を越えると、数kmが浸水してしまうのである。つまり、津波は滅多に起こらないが、起きると広範囲に大きな被害を及ぼすのである。

3. 津波による被害

津波による被害として、代表的なものをあげよう²⁾。

- 浸水による人的・物的被害
- 波力・浮力などによる構造物などの破壊
- 流れによる構造物・船舶など（あるいは上記の破壊によって生じた漂流物）の流出あるいは堆積
- 土砂移動による浸食・堆積
- 塩分や漂流物による環境被害

この中で、浸水の範囲に関しては予測可能な研究レベルに達しているといつてよいだろう。しかし、その他は研究途上である。被災者となった我々は、津波災害メカニズムを解明し、世界や次世代に対して対策を提示する責任がある。そのためには、研究を加速させる必要がある。

参考文献

- 1) 渡辺偉夫：日本被害津波総覧[第2版]，東京大学出版会，238p，1998.
- 2) 今村文彦・高橋智幸・有川太郎・藤間功司：津波特定テーマ委員会活動報告，土木学会誌 2012年1月号，pp.42-52.

ライフライン津波工学 事始め

金沢大学環境デザイン学系

宮島昌克

1. はじめに

1971年サンフェルナンド地震においては、高速道路を含むライフラインの被害が地震後の市民生活に大きな影響を与え、建物が壊れなくてもライフラインの損傷によって都市生活が麻痺することに気づかされ、それまでの地震工学がビルディング地震工学であったことに対する反省から、ライフライン地震工学が新たに研究されるようになった。わが国でも、1978年宮城県沖地震において建物被害に比してライフライン被害が市民生活に深刻な影響を与えたことから、ライフライン地震工学に関する研究が活発に行われるようになった。

地震に対して津波の頻度は高くなく、ライフラインが十分に発達した地域を津波が襲い、深刻な影響を与えた事例はこれまでほとんど見られない。このことから、津波によるライフライン被害の実態やその対処法についてはほとんど議論されてこなかった。発生頻度は高くなくても、一旦発生すると深刻な影響を与えることは自明であるので、今回の東日本大震災を契機にライフライン津波工学について考えたい。

2. 既往のライフライン津波被害

海底で大きな地震が発生しないと津波は起こらないので、地震に比べて津波の発生頻度が小さいのは当然である。だからこそ、津波の被害事例は貴重な資料であり、可能な限り収集・蓄積し、分析することが重要である。

2004年スマトラ島沖地震によるインド洋大津波の際にも水循環NWが被害を受けている。**写真1**は沿岸部の下水処理施設が浸水被害を受けた様子である。規模こそ小さいが、東北地方で起こったことが既に起こっていたわけである。**写真2**は、河川を津波が遡上し、中流域にある上水道の取水場にまで至り、海水で水没するとともに、液状化被害も受けているものである。

2009年サモア諸島沖地震の際にも米領サモアで水循環NWが被害を受けた。**写真3**は、津波により橋梁添架の上水道管が、橋桁の落下により破損した例であり、応急復旧後の状況を示している。**写真4**は、マンホールポンプの電気設備がすべて浸水したことにより、下水が流れなくなった事例である。写真中の矢印は浸水嵩を示している。

いずれも現地調査をして収集した資料であるが、今回の東日本大震災で示された被害の多くは、規模こそ小さいが既に世界のどこかで起こっていたものも少なくはない。東日本大震災の事例も徹底的に収集し、将来に同じことが繰り返されないように慎重に分析をすることが急務の課題であるといえる。

3. 津波被害の特徴

地震被害と津波被害の大きな違いは、大きな地震動が無くても津波に襲われることも無くはないが、多くは今回のように、大きな地震動を受けた後に大津波に襲われるということである。したがって、地震による被害なのか、津波による被害なのかを区別することが重要である。さらに、地震動による液状化被害を受けた後に津波に襲われ、被害が拡大した場合も考えられる。東北地方の沿岸地域はようやく復興計画が策定され、復興街づくりが始められようとしているが、これまでほとんど手つかずだった、津波浸水地域の埋設管の被害事例なども今後収集、分析することが重要である。

津波被害の原因としては、津波外力としての動水圧のほかに、浸水時の静水圧の影響、津波の流体力による地盤の洗掘による被害、浸水そのものによる被害など、地震被害とは全く異なる要因が考えられるので、これらがライフラインに及ぼす影響を定量的に評価し、対応策を考えていく必要がある。

4. おわりに

ライフライン NW の施設の構造被害に注目してきたが、ネットワークとしての機能被害も地震被害とは異なる、津波被害特有なものがある。例えば、津波に対する最前線である沿岸域に下水の終末処理場が立地している点や、津波が遡上する可能性のある中流域に浄水の取水場がある場合のあることなどである。これらに注目した機能被害に対する対応が必要である。

ライフライン津波工学の確立に向けて、被害資料の収集・蓄積、分析が急がされている。



写真 1 2004年スマトラ島沖地震の際のバンダ・アチェにおける下水の終末処理場の被害



写真 2 2004年スマトラ島沖地震の際のムラボーにおける取水場の被害



写真 3 2009年サモア諸島沖地震の際のアピアにおける橋梁添架の上水道管の応急復旧状況



写真 4 2009年サモア諸島沖地震の際のアピアにおけるマンホールポンプの水没後の状況

ミレニアム津波と災害対応拠点の危険度変化

京都大学防災研究所

安田誠宏

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では想定を遙かに超える津波が来襲し、甚大な被害を受けた。岩手県および宮城県において、自宅を失うなどして、小中学校を避難所とした被災者数は、平均で総避難者数の31%および41%であり、総避難所数に対する小中学校数の割合に比べて高い。被災者のための一時的な生活の拠点として、収容能力や信頼性の面から、小中学校は重要な施設であることがわかる。しかし、陸前高田市で、1次避難所に指定されている65カ所のうちの半数以上の35カ所が浸水した例にみられるように、多くの施設が浸水により避難所として使用できなくなった。その結果、行政は、計画にない避難所を活用できるように調整するなどの対応に迫られた。さらに悪いことに、災害対応の指揮拠点となるべき庁舎が被災する自治体も多数発生した。

一方、東北地方太平洋沖地震津波を受けて、中央防災会議を中心に津波想定の見直しがなされており、南海トラフの巨大地震についても、科学的知見に基づいた最大クラスの地震想定が議論されている。「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」の中間とりまとめ(2011a)によると、『今後地震・津波の想定を行うにあたっては、これまでの考え方を改め、津波堆積物調査などの科学的知見をベースに、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの地震・津波を検討していくべきである』と述べられている。また、「南海トラフの巨大地震モデル検討会」の中間とりまとめ(2011b)では最近の科学的知見をもとに、想定震源域・想定津波波源域をとりまとめるとともに、想定震源域に対応する地震の規模が推定された。

想定津波には大きな不確実性が含まれ、想定津波の変化に対する浸水脆弱性の洗い出しが課題となっている。現在の防災計画にある想定以上の津波を考えた場合に、わずかな規模の違いで小中学校や市町村役場が被災する可能性がある地域は、計画以上の津波が来襲した場合の深刻さは当然ながら大きい。今後の津波防災の考え方として、津波の規模によって被災状況がどのように変化するのかを整理しておく必要がある。

本研究は、南海トラフ沿いの巨大地震を対象に、小中学校や市町村役場に代表される災害対応拠点の、想定津波規模の変化に対する津波浸水危険度の変化を予測するものである。和歌山県を対象エリアとし、標高と浸水面積の関係、脆弱な拠点数、拠点における浸水深および危険度レベルの変化傾向を、数値シミュレーションを用いて明らかにする。

液状化による浄水場の被害と復旧

神戸大学大学院工学研究科 鋤田泰子

1. はじめに

兵庫県南部地震における神戸市の東灘処理場や新潟県中越沖地震における柏崎市自然環境浄化センターなど、沿岸部の下水処理場が過去の地震時の液状化によって被害を受け、機能停止に陥った事例はあるが、上水道施設である浄水場が液状化によって供給停止した事例はほとんどない。東北地方太平洋沖地震後、内陸の、しかし河川近傍の浄水場が甚大な液状化被害を受け、それによって広域にかつ長期に水供給が停止した。当該施設の被害と復旧事例に基づき、基幹施設の液状化対策について検討する。

2. 液状化による施設の被害と復旧

茨城県鹿行広域水道の浄水施設であった鱒川浄水場では、場内で液状化が発生し、ポンプ棟などの杭基礎のある構造物周りで路面が沈下し、共同溝は最大で 60cm 近くの沈下や、浮上するなどして破断した継目から泥水が流入した。深刻な液状化につながった理由として、本震の長時間継続した地震動と半時間後に発生した余震によって噴砂が拡大したことが挙げられる。構造物との取り付け部の管路には伸縮可とう継手が配置されていたが、継手の伸縮余裕を超える周辺地盤の沈下が発生したために脱管した。このような構造物周りの取り付け部の管路の脱管は複数発生した。

旧地形図によると、当該地域は河川流域にあたり、辺り一帯を埋め立てた地域であるが、施設周辺の道路では顕著な液状化被害が確認されず、また場内でも液状化の噴砂が構造物周りに限られていたことから、十分な締め固めが難しい構造物周りの埋戻土が液状化したものと考えられる。また、液状化による地盤の沈下量は液状下層の 5%程度と経験的に示され設計等にも導入されているが、今回 4~5m の埋戻し層厚に対して、60cm 近く沈下している。それらのメカニズムの解明や共同溝まわりの地盤が下方へ潜り込むことなどを勘案したモデルなど、地盤の液状化プロセスに合わせた合理的な構造物の損傷評価が必要になってくる。施設の復旧には、再度の液状化も懸念して、離脱防止機能のある管路が採用され、共同溝まわりの埋め戻し土については地盤改良が施されている。

当該施設で生成された水は、一都市の全水需要を担っていたため、早期の浄水・送水機能の回復が望まれた。幸いにも構造物には全て杭基礎が敷設されていたため不等沈下等は見られず、脱管した管路に仮設の地上配管を設置替えることで機能回復することができた。また、送水管は、別浄水場からの送水管と連結されていたため、栓の切替えによって浄水場稼働停止期間中に別浄水場からの送水が可能になった。

3. 今後の検討すべき液状化対策

当該施設の被害・復旧事例を受けて、今後検討すべき構造物の液状化対策に関する研究課題について挙げる。

- 構造物の取り付け部周辺の液状化による流動現象の把握
- 地震動と液状化による同時発生による構造物の損傷解明
- 中小流域浄水場にも適用可能な地盤改良と柔構造管路による広域液状化対策工法の開発
- 巨大地震後の余震等による再液状化を踏まえた復旧工法の確立
- 早急な浄水・送水機能の回復性能の評価と他浄水場との連絡管による長期断水リスク回避

1. はじめに

2012年3月11日の東日本大震災は、我が国の地震防災に関わる研究に対して、抜本的な見直しを迫っている。必要とされる研究は、東日本大震災の冷徹な分析に基づき、次の大地震に対する備えとなることが不可欠である。

東日本大震災の分析に基づく次の大地震に対する備えとなる研究。一つの候補が、大規模数値計算を利用した研究である。これは、地震・津波そして災害を統合するシミュレーションを実現する。物理・数理・解析モデルの構築はもとより、数値解析理論の構築、数値解析手法の開発、等々、計算機の進歩を利用できる革新的な研究開発が必要である。

防災に関わる研究分野の宿命として、他の分野にまして、研究成果の社会還元は重要な要求事項である。革新的な研究開発を進めるとともに、研究成果の社会への実装が不可欠なのである。革新的な研究開発と研究成果の社会実装という視点から、本稿は、都市の地震・津波・災害の統合シミュレーションの現状とその将来展望を紹介する。

2. 地震・津波・災害のシミュレーションの現状

シミュレーションは様々な意味で使われる。少々大上段に構えるが、本稿で考えるシミュレーションは、物理過程を数理問題として設定し、それを正しく解くためのシミュレーションである。時に「ナンチャッテ」シミュレーションと酷評される、物理過程に過度の近似をしたり、元々解が無いような数理問題を設定したりして解くようなシミュレーションではない。

地震・津波に対しては、主に地球科学の分野でのシミュレーションの研究開発が進められている。日本列島の規模で計算される地震波や津波の伝播の計算は我が国が誇るシミュレーション技術である。その一方で、このような先端的シミュレーションの成果があまり活かされていないようにも見受けられる。モデル構築が容易ではなく、相応の計算環境が必要となること、さらには、時間分解能が荒く、例えば1Hzを超える周波数領域での地震波の計算が難しいことなど、さまざまな原因がある。しかし、シミュレーションの代替として使われる方法の信頼度は決して高くなく、現状の打破が望まれている。

地震工学の分野のシミュレーションは、何と云っても、耐震設計に使われる構造物の地震応答計算である。非線形解析も日常的に行われ、モデルパラメータを十分チューニングすることで精度の高さには定評がある。耐震設計とは別に、地震工学の分野では都市の被害想定に計算が使われる。計算方法は、耐震設計に使われる地震応答計算とは全く異なる。想定精度はさておき、被害発生時の物理過程に基づかない計算方法そのものの信頼性に問題がないわけではない。新しい展開が望まれている。

3. 地震・津波・災害のシミュレーションの将来

世界最速の京計算機の開発とそれを使った大規模計算を使ったシミュレーションの研究が象徴するように、計算機のハードウェアの進歩とそれを利用したソフトウェア開発は、当面、大きな研究領域である。地震・津波・災害のシミュレーションの将来もこの2点に密接に関連することになる。

地震・津波のシミュレーションは、破壊過程や地殻構造が不確定であるものの、シミュレーションの時間・空間分解能を上げることが当面の方向となる。地震シミュレーションの場合、10Hzの時間分解能が一つの目安であろう。津波の場合、10mを切るような空間分解能が望まれる。この分解能を達成する計算が可能となると、不確定性の度合いを下げるようなモデルの高度化も加速化する。これはシミュレーションの信頼度の向上につ

ながる。

災害のシミュレーションは、都市の地震・津波による被害予測をできるだけ耐震設計のシミュレーションに近づけることが目的となる。解析手法そのものの信頼性は確保されており、課題は、耐震設計に使われるような解析モデルを都市全体で構築することである。これは個人情報にも絡むため、決して簡単に解決できる課題ではない。例えば社会基盤施設・公共構造物からモデル構築を始める、というように都市モデル構築に向けて最初の一步を踏む必要がある。都市の解析モデルのレベルによるが、構造物単体や都市全体での津波被害に対し、シミュレーションを使った予測も可能となる。

4. おわりに

極低頻度である大地震・津波とそれが引き起こす災害に対し、シミュレーションの有効性を検証することは決して容易ではない。被害を起こす地震はもとより、他の自然災害に対しても、シミュレーションの有効性を検証し、不断の改良を続けることが必要である。都市の総合防災を進める一助となることが期待される。

巨大津波に対して粘りのある防護施設のあり方

港湾空港技術研究所

有川太郎

東日本大震災による津波によって、防波堤や防潮堤などの防護施設が破壊され、被害を完全に防ぐことができず、多くの人命および資産を失い、さらに、被災後1年以上経過してもなお復興が進まず、避難生活を強いられている人々も多い。一方で、津波から人命を守るためには、避難が有効であることも様々な場所で報告された。

そのようななか、津波の規模について、100年～150年に1度程度の発生頻度の高い津波（津波防護レベル）と、数百年～千年に1度程度と考えられる最大クラスの津波（津波減災レベル）の、2段階で考えるという案が土木学会津波特定テーマ委員会で提唱された。これは、防護施設の設計については、原則として発生頻度の高い津波規模で考え、一方で、避難計画については、最大クラスの津波規模で考えるというものであり、発生頻度の高い津波に対して防護施設によって資産・人命を防護するが、発生頻度の高い津波規模を越える津波が来襲した場合においては、たとえ防護施設が破壊したとしても、人命だけは守るようにするというものである。つまり、最大クラスの津波に対して、ハード対策とソフト対策をあわせて津波による被害を最小限にするという考え方で備えるというものであり、防災と比較して、減災と呼ばれる考え方になる。

そういった考え方のもと防護施設の設計は発生頻度の高い津波の外力を用いて行われるが、防護施設が、設計外力以上の外力により一気に破壊されてしまうことは、背後地域に対し急激に被害の度合いを大きくすることにつながり、想定以上に被害を大きくする可能性がある。そのため、設計外力以上の津波が作用した場合において、急激な破壊が生じるのを防ぎ、構造物が完全に破壊するまでの時間を稼ぐ「粘りのある構造」が重要となる。そうすることで、津波の高さが設計の高さを超えたとしても損傷のレベルを抑えることで、防護機能のレベルを保持させるものである。

本報告では、「粘りの構造」について、防護施設を例にして、実験ならびに数値シミュレーションを用いて検討した結果について報告する。まずは、構造物単体としての「粘り」として、防波堤を用いた実験結果等から、洗掘対策等による「冗長性（リダンダンシィ）」および破壊過程を変えることで抵抗力の増大を期待する「靱性・延性（ダクティリティ）」による「粘り」について検討した。また、防護施設全体のシステムとして、多重防護や弱点を作って主要部を守るという「粘り」についても議論し、「粘り強い（レジリアント）」な防護施設のあり方を考える。

はじめに

東日本大震災における教訓を今後の地震防災対策にいかに関与すべきか、多くの課題が議論される中、とりわけ、災害時におけるマクロな視点での水循環の確保～そのための施設整備のあり方を、時間軸、地域要件その他、上下水道サービスを受益するエンドユーザーの視点も踏まえた現実的な方針決定を実行することが不可欠となる。そのため、災害時における適正な水循環（質、量）の確保の視点から、想定地震規模に相応した現実的な対応力、財政力等を踏まえた何らかの基軸となる方針決定を早期に策定することが重要な課題と考える。

1 水循環 NW の定義

本研究で取り扱う「災害時における適正な水循環NW」の確保のための方策は、災害時における現状施設（上下水道施設）の有機的な運用、活用と防災対策施設の新たな建設、補強対策、代替対策、ソフト対策等、多岐にわたることが考えられるが、検討地域における地震想定規模、地形条件、防災の視点からの既存インフラ（災害用道路や緊急避難施設の整備等）確保レベル等、地震リスクにおける大きな地域格差を考慮し、且つ対応レベルが「最低でも人命最優先」との命題を掲げ、その確保のための対策を総じて「水循環 NW」と定義つけるものとする。

2 地震対応解析技術力の開発

土木施設は当然ながら人間が構築した施設であり、過去の事例を基にある一定の基準によって建設された施設に過ぎず、常に建設当時の「設計基準」によって最も経済的に建設されてきた。したがってミレニアムな地震においてどの程度その耐力を発揮するかは、むしろどの程度の地震までは対応可能かとの、施設耐力の限界状態を客観的に判断するための解析技術の深度化が不可欠である。また、闇雲に過剰な投資を実施し、机上値を根拠に過大投資を実施することに関しては、時間軸の観点からもむしろ危機状況を長期間継続させることに過ぎないことから、今後の対策については、対象の地震規模を踏まえながら、その判断根拠を説明できる高度な技術開発が不可欠と考える。

3 災害時における環境への影響

上下水道施設は、公共用水域（河川、湖沼等）を水源もしくは排出先として有効活用してきた。災害時においてその機能が破壊された場合、公共用水域の水質悪化によって、施設（下水道）の周辺および下流域の不特定多数の市民生活に対し、一次災害（飲料水やトイレ用水の確保）や二次災害（感染症等）等、重篤な危機をもたらす可能性がある。そのため災害時における機能の損なわれた下水処理場からの排出（簡易処理等）については、環境への影響を把握する手法、対策等を検討する必要がある。本検討では、個別地域における過去からこれまでに議論されてきた課題、文献、知見や現地のモニタリング情報（解析結果等）等を収集整理し、災害発生時に大規模な被害が発生することが懸念される地域および、より精密な検討データ取得の可能な地域等を検討対象のモデル地域として設定し、施設に重篤な被害が発生した場合の環境への影響を把握し、災害時の水循環 NW としての対策の基礎概念を早期にとりまとめることが今後の検討の骨子となると考える。

4 自治体の財政面を考慮した上下水道のハード及びソフト対策

地震時における下水処理場からの排出規制（簡易処理）や施設の使用制限に対する下水道の NW 施設（代替施設等）の整備、水道機能が回復するまでの一定期間のソフト対策（トイレ対策等）および、水道施設の被災、もしくは、水質汚濁による取水制限に対する浄水施設や配水池の NW や代

替水源（地下水等）の確保等、防災、減災対策の方針決定については、施設を所管する各自治体の判断、評価がその意思決定の根幹、規範となる。しかしながら、複数の自治体が関与する水循環NWの構築に対する自治体の意思決定には、自治体の抱える財政状況、財政基盤の格差と、他事業（住民サービス等）との優先順位にかかわる価値観等多くの意思決定パラメータが存在し、その方針決定には多くの労力、決定根拠が伴うものと考えられる。そのため、本研究では、これら自治体における事業実施の実現性のあり方についての、現実的な意見集約のとりまとめ手法の開発も不可欠の検討課題と考える。

5 時間軸を考慮

上記にも示した水循環NWの構築については、多くのメニューとその検討課題があり、早期に実現可能なものもしくは、長期間で多額の建設費用を要するもの、用地取得等地権者との同意が必要になりさらに長期間を要するもの等多くの不確定要素が含まれることが考えられる。またこれらの施設は、災害時の緊急性をひとつのパラメータと捉えた場合、投資費用と投資効果は、必ずしも有効に働くとは限らず、エンドユーザーの満足度の視点からはトレードオフとなることも懸念されることから、対策（事業）の実施における政策上の意志決定については、市民コンセンサスを得ることも重要な要因と考える。

6 市民コンセンサスを踏まえた水循環NWのありかた

また、高度なインフラ整備の構築を成し遂げたわが国においては、その快適な生活環境を謳歌した市民が、非常時における極端な生活環境の変化に即応し、全てを政策判断に委ねられることができるのか、特に人間の尊厳やプライバシーに関わる些細な事項についても個人の価値観は大きく異なると考えられる。そのため、水循環NWの政策決定には、例えば「理念的インセンティブ」にも踏み込んだ議論が必要であり、常にエンドユーザーのコンセンサスをも意識しながら方針決定することが不可欠と考える。

以上

今後被災が想定される地域での実状と課題（釧路地域）

室蘭工業大学 大学院 中津川誠
寒地土木研究所 寒地河川チーム 平井康幸
寒地土木研究所 寒地河川チーム 吉川泰弘
寒地土木研究所 寒地河川チーム 阿部孝章

1. 東北地方太平洋沖地震時の状況

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による大津波により、北海道の太平洋沿岸部にも大津波警報が発表された。釧路市でも震度4の揺れとともに最大2.1mの津波が来襲し、釧路川河口部両岸地域への浸水被害が発生した（図1、図2）ほか、港湾施設などに多数の被害が発生したが、幸いにして人的被害の発生はなかった（釧路市HPより）。この際、下水道に関しては雨水放流口からの逆流により一部の雨水管から溢水した。また、上水道に関しては取水地点の水位上昇にともない、約4時間の取水停止があった。このような状況も踏まえ、釧路においては今後予想される大津波の襲来に備え、各種対策の検討が急がれる。

2. 釧路市での聞き取り調査の結果

釧路市の上下水道の津波対策に関して現状認識、課題、今後の方策を把握するため、2012年3月27日～3月28日に現地見学および釧路市関係者からの聞き取り調査を実施した。その結果をまとめると以下のとおりとなる。（写真1～写真6参照）

- ・ 津波の想定に関してはミレニアム級ではなく数十年～100年規模くらいを考えた対策を現実的には考えるべきではないか？
- ・ 環境問題としては汚水がポンプ圧送できなくなった場合、春採湖へ垂れ流しとなり水質悪化が懸念される。
- ・ 下水道への大々的な予算投入は現状では災害復旧以外困難なため、ソフト対策をメインに考えざるを得ない。
- ・ 上下水道のBCPを検討する予定がある。
- ・ 下水処理場の沈砂池が5mの高さにあり、それが機能すれば最低限の処理は可能。また、敷地が広いので、非常時には沈砂池の仮設等も可能。
- ・ 下水処理場のポンプアップは水中ポンプなので、水没しても水が引けば速やかに稼働できそうである。すなわち、電源の確保ができれば最低限の処理は可能と考えられる。
- ・ 受電施設、自家発が地上にあり、地上げもしくは建屋の耐水化等の対策が必要。自家発は数年後に更新時期を迎えるのでそのタイミングで対策を講じることが可能かもしれない。

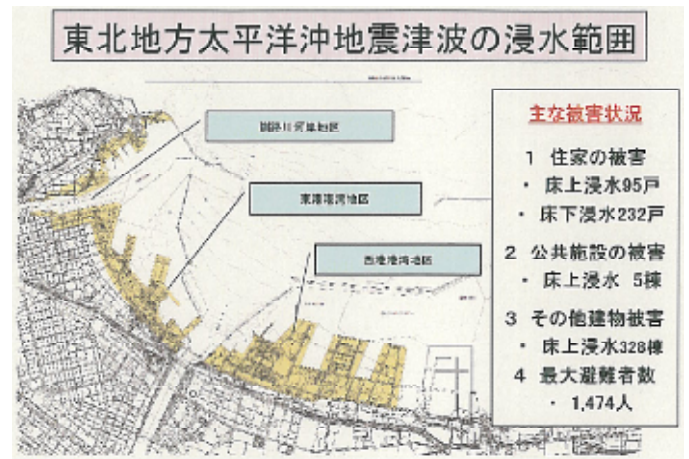


図1 浸水範囲と被害状況（釧路市提供資料）



図2 被害状況写真（釧路市提供資料）

- ・ 建屋そのものが津波のエネルギーに耐えられるか懸念する。
- ・ 釧路市の全水源を新釧路川の1箇所取水口に依存するため、取水停止は致命的である。
- ・ 浄水場の浸水、水位上昇や塩水遡上による取水停止の影響などの被害想定やそれを踏まえたBCPの検討が必要である。
- ・ 取水口に塩水が流入すると処理ができなくなるので、津波と塩水の関係が分かれば有益な知見となる。

3. 調査研究方針

現地での調査の結果等を踏まえ、下記のとおり地元ならではの課題を取り上げ、新たな技術開発などを意識した調査研究を目指していきたい。

1) 釧路川と新釧路川の津波遡上の想定

いくつかの津波外力のシナリオのもと、漂流物（氷を含む）の衝突、塩水遡上なども考慮したシミュレーションをおこなう。とくに新たな想定を踏まえて河川遡上の問題を綿密に検討することが必要であり、水道橋・道路橋の落橋、取水停止の影響検討に重点をおく。

2) 下水処理場、ポンプ場、浄水場の浸水想定

下水処理施設周辺の津波による浸水範囲および外力をシミュレーションにより算出する。

3) ソフト面での被害軽減策

とくにBCPに関して釧路市と連携し、被害軽減策に上記シミュレーション技術を活用するなどして有効な対策を提案する。