

防災・減災に向けた研究成果報告会 ～東日本大震災から3年～

東日本大震災復旧における 下水道分野の支援

平成26年3月19日
下水道機能復旧研究官
尾崎 正明

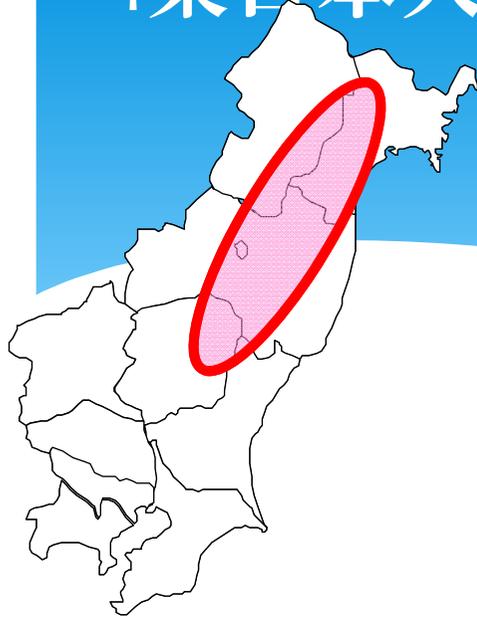


発表概要

1. 東日本大震災の被害概要
2. 下水道管路の地震対策の支援
 1. 下水道管路の地震対策技術の検討
 2. 下水道管路施設の被害予測
3. 水システムにおける感染リスク低減の提案
 1. 水システムにおける下水処理の位置付け
 2. 下水道施設復旧対策の支援
 3. 東日本大震災における段階的処理の評価

1 東日本大震災の被害概要(管路)

埋戻土の液状化



福島県本宮市(市HPより)



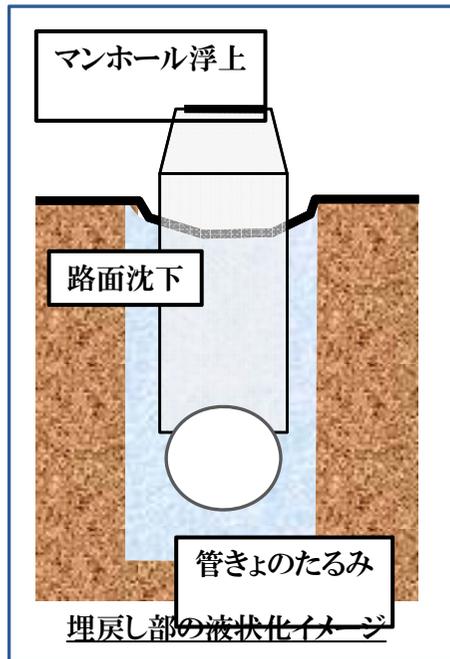
福島県国見町(県HPより)



宮城県登米市(市HPより)



宮城県蔵王町(町HPより)



宮城県栗原市



福島県矢吹町(市HPより)

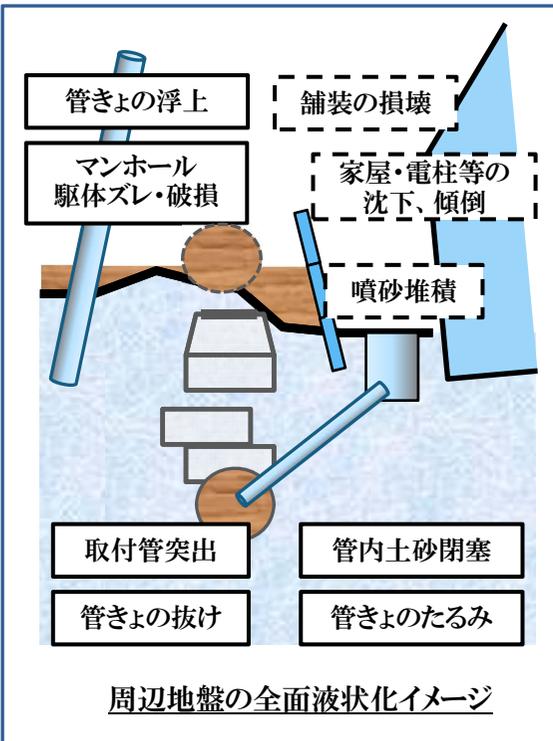
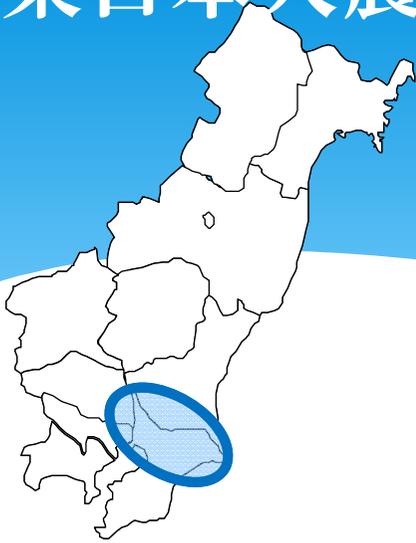


福島県白石市(市HPより)

1 東日本大震災の被害概要(管路)

全面的な液状化

注目
事象



千葉県浦安市



茨城県潮来市



茨城県神栖市

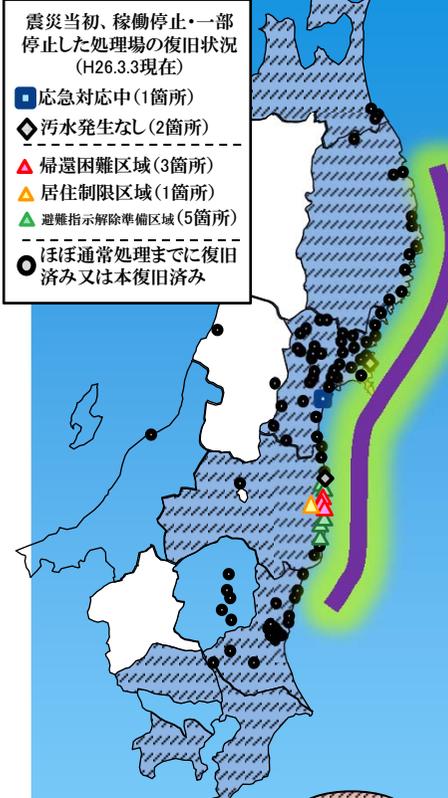


千葉県千葉市

1 東日本大震災の被害概要（施設）

震災当初、稼働停止・一部停止した処理場の復旧状況 (H26.3.3現在)

- 応急対応中(1箇所)
- ◆ 汚水発生なし(2箇所)
- △ 帰還困難区域(3箇所)
- ▲ 居住制限区域(1箇所)
- ▲ 避難指示解除準備区域(5箇所)
- ほぼ通常処理までに復旧済み又は本復旧済み



処理場 ○震災当初、稼働停止48箇所、一部停止63箇所 (福島第一原発警戒区域内の9箇所は不明)

津波（波圧）による処理場被害

- ▶ 海岸からの距離が近い処理場において、構造物が甚大な損傷
- ▶ 施設の配置や開口部の向きにより被害に差

津波（浸水）による処理場被害

- ▶ 浸水により、機械・電気設備が甚大な損傷
- ▶ 防水扉や覆蓋により被害が軽減

津波（漂流物）による処理場被害

- ▶ 海岸から距離が離れていても大きな被害
- ▶ ガレキや車両、流木等が建物や水槽内に侵入
- ▶ 漂流物撤去に時間を要し、復旧が長期化



波圧



浸水



漂流物

ポンプ場 ○震災当初、稼働停止79箇所、一部停止32箇所 (福島第一原発警戒区域内の1箇所は不明)

津波によるポンプ場被害

- ▶ 浸水により、機械・電気設備が損傷
- ▶ ポンプ故障により処理場への送水が停止



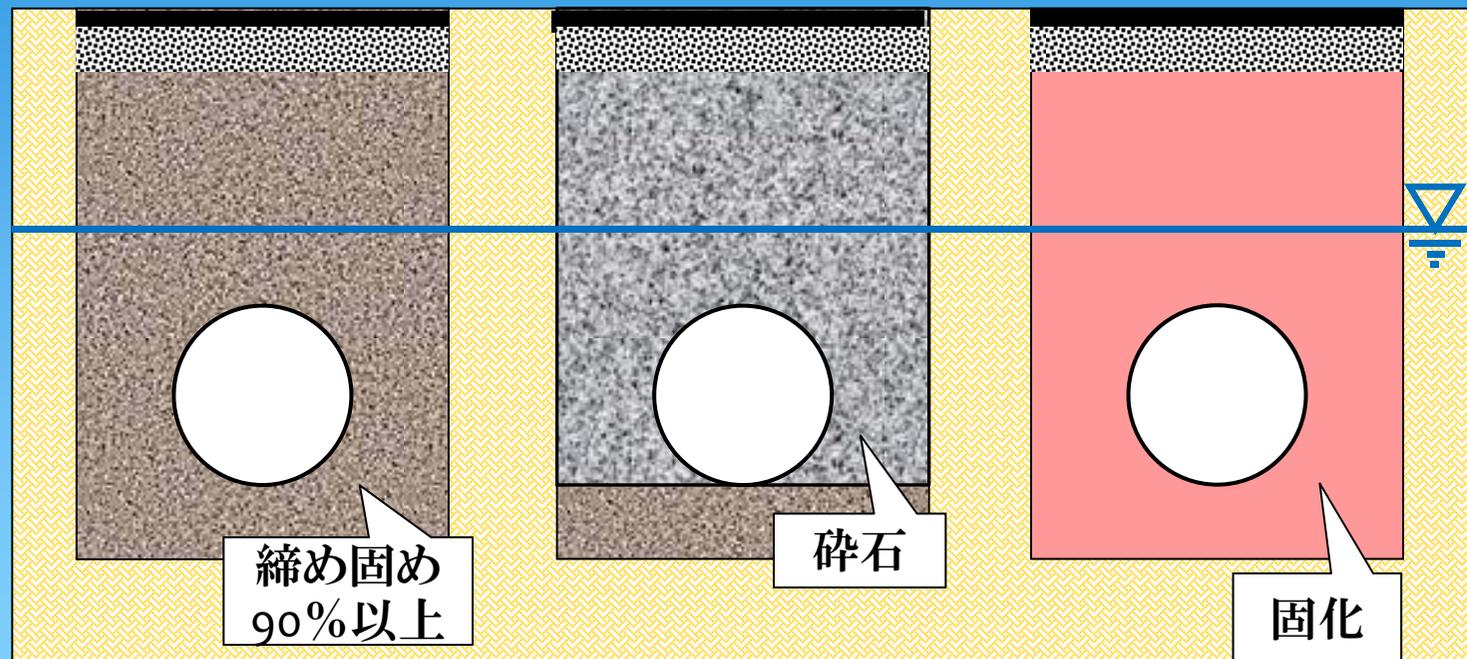
2-1 下水道管路の地震対策技術の検討

管きよの埋戻し3工法

埋戻し土の締め

砕石等による埋戻し

埋戻し土の固化



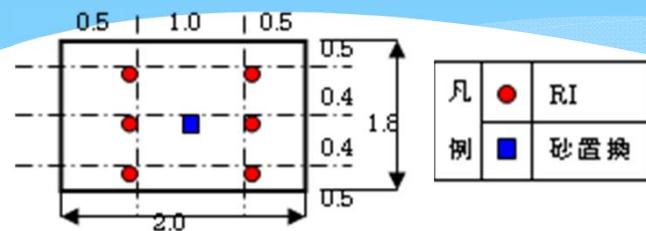
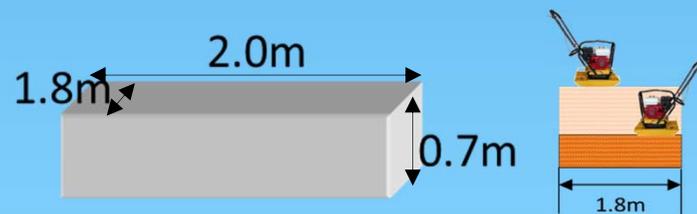
東日本大震災において、埋戻し3工法の実施箇所では一定の効果。しかし、埋戻し土の締め固めでは確実に90%以上の締め固め度を得ることが困難な場合があった

2-1 下水道管路の地震対策技術の検討

- 埋戻し土の締固めに必要な締固め度は90%程度以上であるが、空間が狭く、締固め度の管理が困難な場合がある。
- このため予め試験施工を実施し適切な施工方法(転圧回数や巻出し厚、使用機械)を確認する工法規定方式を導入する。

試験施工

- ①図の掘削断面に基づき掘削する。
- ②30cmごとに任意の転圧回数で締固めを行い、地表部の、締固め度を測定する。
- ③締固め度が90%を以上となる転圧回数を明らかにする。



試験施工断面図

試験施工 → 管きょ埋設実験



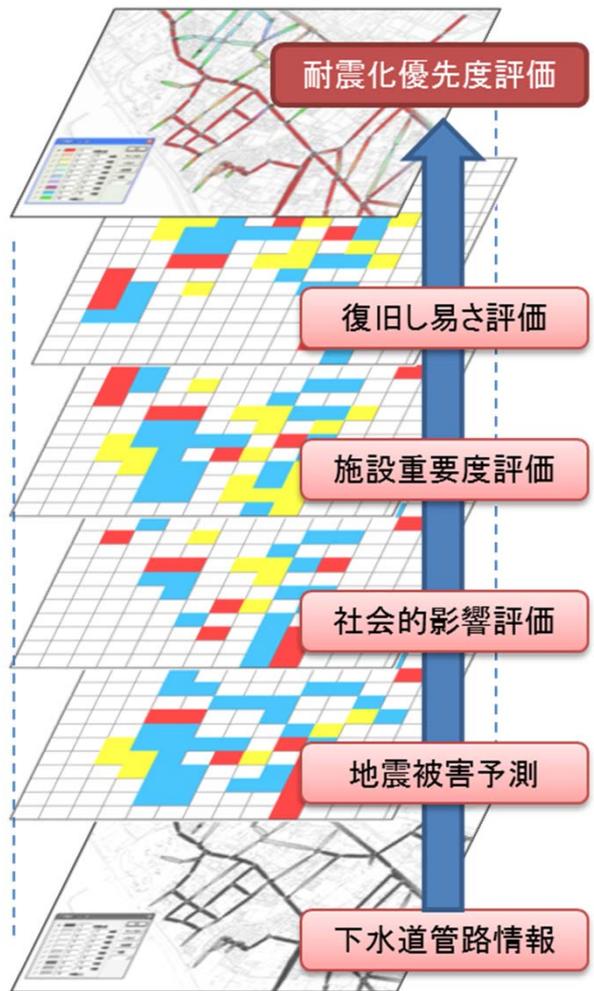
- ①RI試験、砂置換法を用いて締固め度を確認する。
- ②埋戻し終了時に土層を採取し、後日繰り返し3軸試験により液状化強度を確認する。



試験施工及び管きょ埋設実験の様子

2-2 下水道管路施設の被害予測

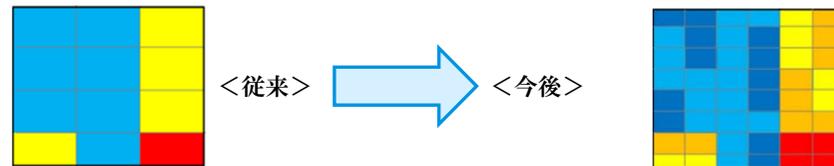
下水道管路施設の耐震対策優先度評価のイメージ



耐震対策の優先度と対応方針(例)

- 優先度A: 早急に耐震化
- 優先度B: 5年以内に耐震化
- 優先度C: 10年目途に段階的耐震化
- 優先度D: 事後対策で対応
(改築時に耐震化)

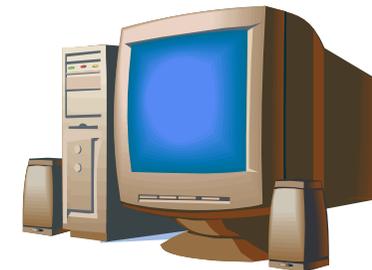
被災DBを活用した適切な被害予測



■従来の被害率によるマクロ的予測から、幹線毎の施設諸元や地盤特性に応じたミクロ的予測へ発展すべく、入力条件の細分化。

被災DBの構築・公表

- 釧路沖地震
- ⋮
- 兵庫県南部地震
- 新潟県中越地震
- ⋮
- 東日本大震災



■過去の主要な地震における下水道管路施設の詳細な被災情報(管種・管径などの施設諸元、地盤特性、地震特性等)を、統一様式で整理。

2 下水道管路の地震対策の支援(まとめ)

- 埋戻し土の締固めでは確実に90%以上の締固め度を得ることが困難な場合があった
- 下水道管路の埋戻し土の液状化対策として、締固めに必要な施工条件、試験方法を提示
- また、下水道管路施設の被害予測を実施して、耐震対策の優先度と対応方針(案)を検討している



- 下水道施設耐震指針の改訂において成果を反映、下水道管路の耐震対策の着実な実施を支援
- 今後、耐震対策の優先度と対応方針(案)を示すことで、下水道管路の効率的な耐震化を支援

3-1水システムにおける下水処理の位置付け

1) 流域における水の再利用

- 流域の水資源に対して社会活動が大きい場合、水が再利用される割合が高い。淀川水系の場合、再利用の人口割合は、流域の86%に及ぶ（再利用回数が5回の水利用者は52%）

- 内陸部の下水処理場の被災は、都市部の水利用に甚大な影響



図3 河川水の再利用回数の人口割合

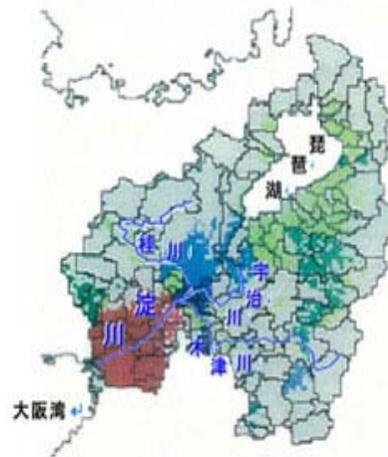
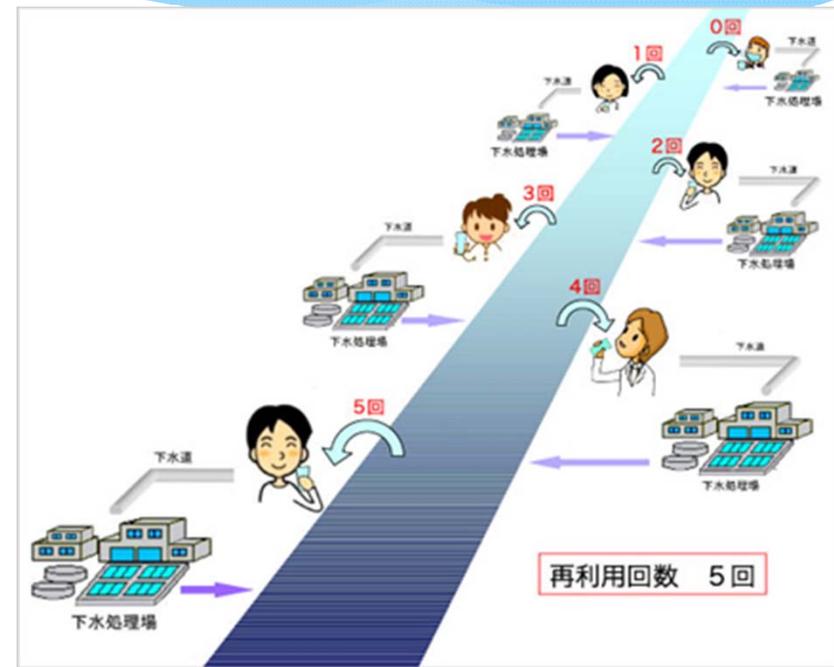


図4 河川水の再利用回数の分布



図出典: 淀川河川事務所 淀川の水問題

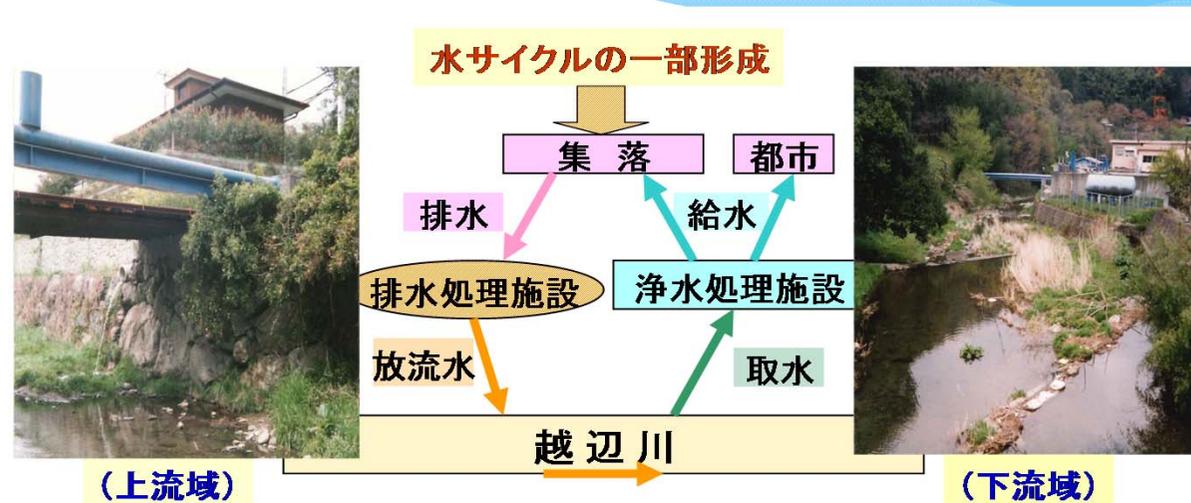
<http://www.yodogawa.kkr.mlit.go.jp/know/data/problem/index.html>

(出典データ: 住友ら, 環境衛生工学研究)

3-1水システムにおける下水処理の位置付け

2) 水サイクルの形成と不十分な除去機能による水系感染症拡大事例

- 1996年(平成8年)の埼玉県越生町の事例では、感染拡大要因として排水処理施設の関与が指摘
(クリプトスポリジウムにより9,000人以上が感染)

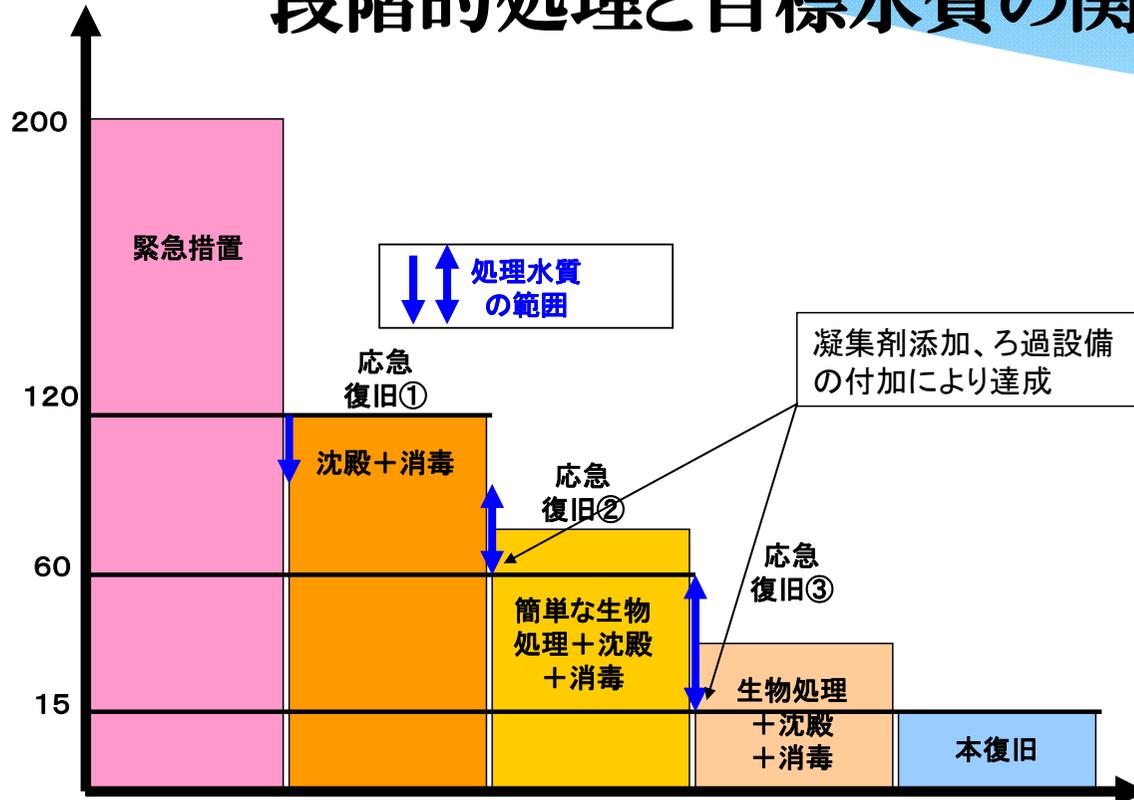


- 水サイクルにおいて、効果的な除去が行われなかったことによりクリプトスポリジウム数が増大し、我が国最大の水系集団感染が発生

「対象物は異なるが、2012年(平成24年)利根川でのホルムアルデヒドの検出で大規模な取水制限により、市民生活に甚大な被害も発生」

3-2 下水道施設復旧対策の支援

段階的処理と目標水質の関係



応急復旧の事例
(仮設沈殿池・素堀)



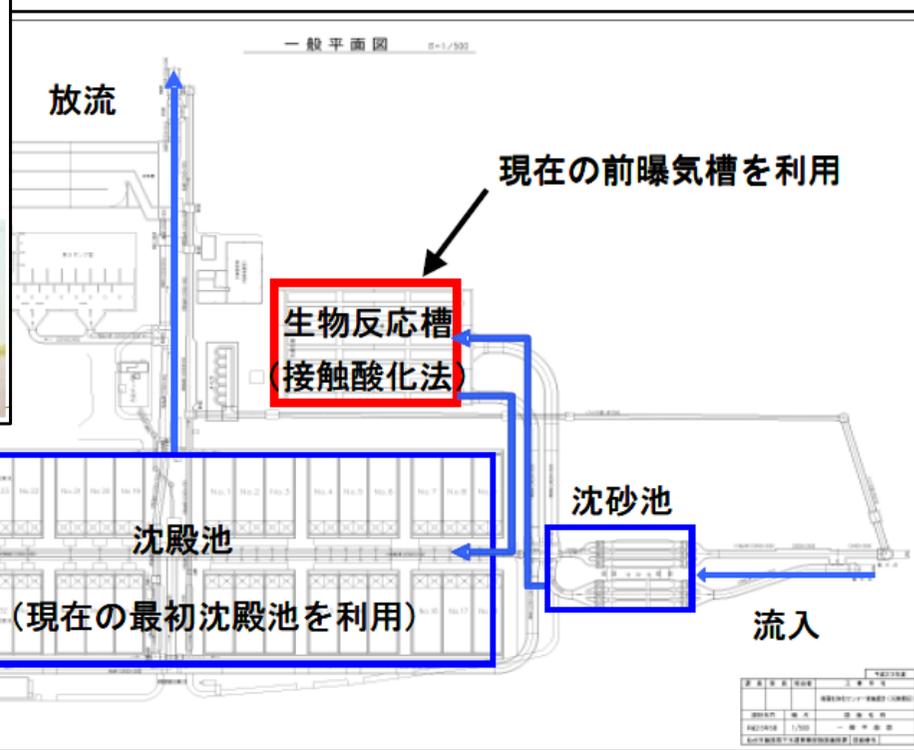
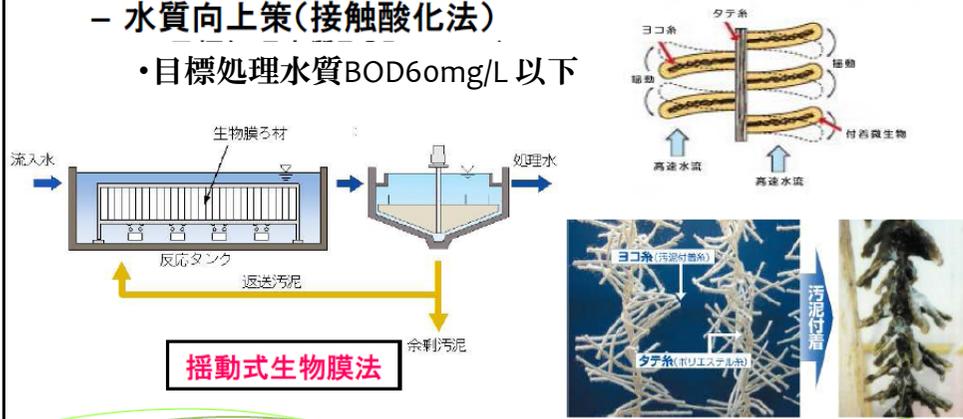
応急復旧の事例
(仮設沈殿池・既設)

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

「災害時における下水の排除・処理に関する考え方(案)」より

3-2 下水道施設復旧対策の支援 水処理の応急復旧事例(接触酸化法)

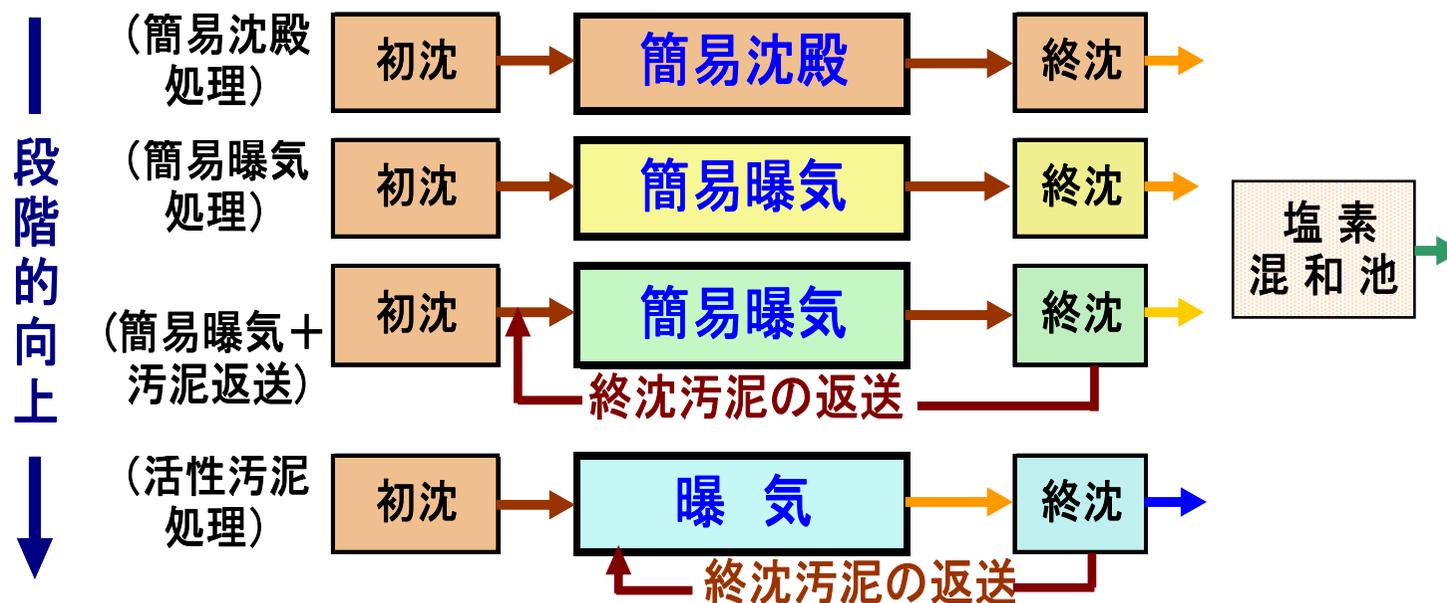
- 段階的水質向上策
 - 現状の水質
 - 下水道法の排出基準は未達成→段階的水質向上を要す
 - 前曝気槽の利用
 - 無動力で最初沈殿池への流入可
 - 水質向上策(接触酸化法)
 - 目標処理水質BOD60mg/L以下



南蒲生浄化センターでの復旧工事の状況

3-3 東日本大震災における段階的処理の評価

- 今後、仮に、水道水源の上流に位置する内陸部の下水処理場が地震等で被災した場合、その下流域における浄水・利水施設への影響
- 津波により壊滅的な被災を経験した仙塩浄化センターにおいて、段階的機能回復による塩素消毒効果を評価

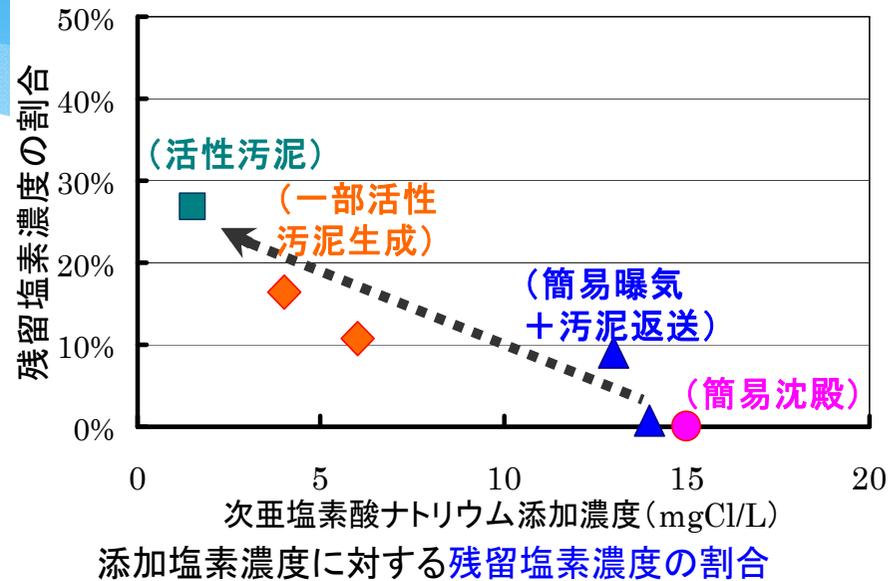
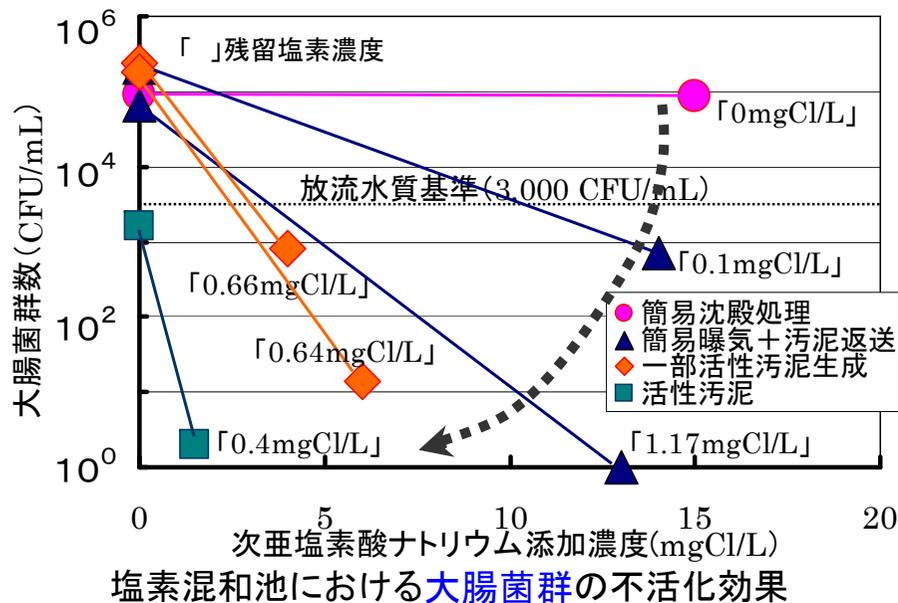


段階的な応急復旧対策

3-3 東日本大震災における段階的処理の評価

現地調査・実験の結果(仙塩浄化センター)

1) 段階的機能回復ごとの大腸菌群消毒効果と残留塩素濃度割合の推移



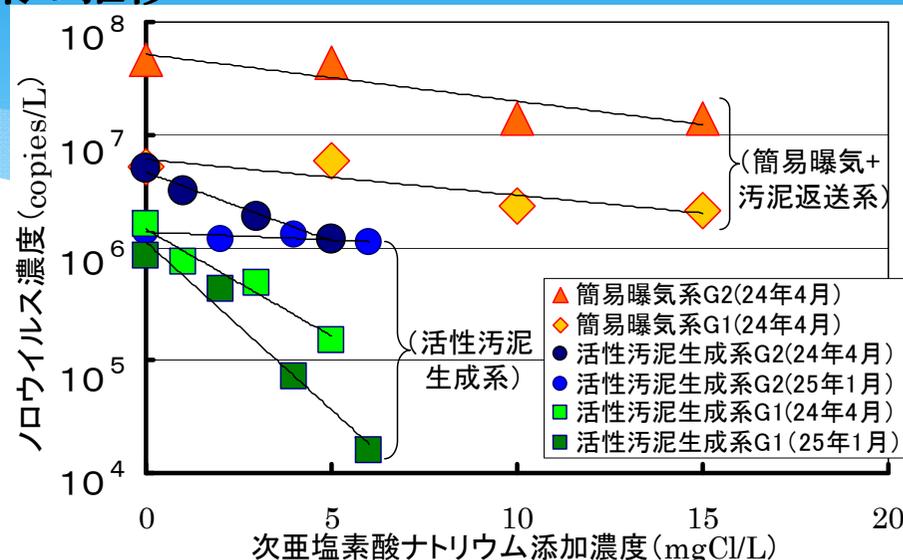
- 簡易沈殿処理では、沈殿池に堆積した汚泥の影響を受け残留塩素が検出されず、大腸菌群の消毒効果は確認できなかった
- その後、処理機能の回復に伴い、塩素添加濃度を削減しても残留塩素濃度割合が上昇し、大腸菌群の消毒効果が向上

3-3 東日本大震災における段階的処理の評価

現地調査・実験の結果(仙塩浄化センター)

2) 活性汚泥生成によるノロウイルス削減効果の推移

- 活性汚泥生成系では、簡易曝気+汚泥返送系に比較して塩素消毒によるノロウイルス濃度の削減効果が向上



次亜塩素酸ナトリウム添加濃度とノロウイルス濃度の関係

3) 活性汚泥処理への移行当初の評価

- 通常の活性汚泥と比較して活性汚泥性生物の割合が低く、生成途上であるが、活性汚泥性生物の割合が40%以上であれば、ノロウイルスの除去率が高い傾向

活性汚泥生物相とノロウイルス除去率の関係

測定項目	系列名	1系	3系	4系
活性汚泥性生物の割合 (%)		12.8	43.9	36.5
中間活性汚泥生物の割合 (%)		87.2	54.0	62.7
非活性汚泥生物の割合 (%)		0	2.1	0.8
ノロウイルスG1除去率 (log)		1.9	2.1	1.9
ノロウイルスG2除去率 (log)		1.9	2.3	1.8

3-3 東日本大震災における段階的処理の評価 現地調査・実験結果のまとめ

“段階的機能回復”ごとの消毒効果等の評価

段階的な対策技術	評価結果
簡易沈殿処理	沈殿汚泥の引き抜き管理が重要
簡易曝気	沈殿処理よりも消毒効果が向上
簡易曝気＋汚泥の返送 ※	汚泥返送系の仮復旧により、さらに消毒効果が向上
曝気＋汚泥の返送 ※※	有機物濃度の減少、消毒剤添加濃度が低減できるが、活性汚泥処理移行当初は、生物相が生成途上のため生物処理によるウイルス除去が低い

※ 沈殿汚泥の腐敗防止等を目的

※※ 活性汚泥の生成を目的

3 水システムにおける感染リスク低減の提案(まとめ)

- 今後、内陸部等の下水処理場が被災すると病原微生物の感染リスクが格段に高まる可能性
- 東日本大震災では下水処理場の復旧に際して、段階的処理と目標水質の関係を提示
- 下水処理場の機能不全を想定した感染リスク管理は、従来の技術体系では対応が難しく、感染リスク評価や応急対策技術の構築が必要



- 下水道施設耐震指針の改訂において成果を反映、被災後の応急復旧対策を支援
- 今後は、下水道における簡易で効果的な対策技術の構築や、水道水の取水先変更、水道施設での追加処理、ふん尿のゴミとしての回収など様々な対策を評価し、その効果や実施可能性を明確にする必要性を提案

おわりに

- 東日本大震災は下水道施設に大きな被災をもたらしたが、確実に復旧・復興に向けて歩みを進めている。
- 国総研・土研は、震災直後の技術的助言から、復旧に向けた耐震対策の技術的検討、段階的処理の検討など被災地支援を継続して実施してきた。これらの情報、知見は指針・マニュアル類の改訂に供された。
- また、下水道施設の被害予測に取り組んでおり、優勢度を考慮した効率的な耐震対策の推進が期待される。
- さらに、震災時の機能不全を想定した感染リスク低減手法の構築の提案は、今後、様々な分野との連携を進めることで、災害時の被害拡大防止に繋がるとともに、水システムの安全性向上に寄与することが期待される。

謝辞

- * 下水道の震災関連調査にあたり、ご協力頂きました地方公共団体の職員、学識者等の関係者の皆様に感謝申し上げます。
- * また、現地調査・実験の実施においては、宮城県下水道課、中南部下水道事務所および宮城県下水道公社には特段のご配慮・ご協力を頂きました。ここに記し謝意を表します。

