

2023年12月14日  
令和5年度 国総研講演会  
パネルディスカッションⅢ：地域防災力の強化

## 地震等による下水道施設被害の調査と対策の強化

---

国土技術政策総合研究所 下水道研究部長  
三宮 武

# 過去の地震等における水道施設の被害等



鋼管の破損(石巻市)



配水池の崩壊(一関市)

出典: 東京大学古米教授、東日本大震災上下水道シンポジウム(2012年)



鋼管の破損(熊本市)



応急給水活動の様子(熊本市)

出典: (公社)日本水道協会  
熊本地震における日本水道協会の活動について

出典: 厚生労働省、平成28年(2016年)熊本地震水道施設被害等現地調査団報告書



# 過去の地震等における下水道施設の被害等



液状化によるマンホールの突出  
(小千谷市(中越地震))

出典:国総研資料



管きよの流下機能障害による溢水  
(仙台市(東日本大震災))

写真提供:仙台市



津波により水没する下水処理場  
(仙台市(東日本大震災))

写真提供:仙台市



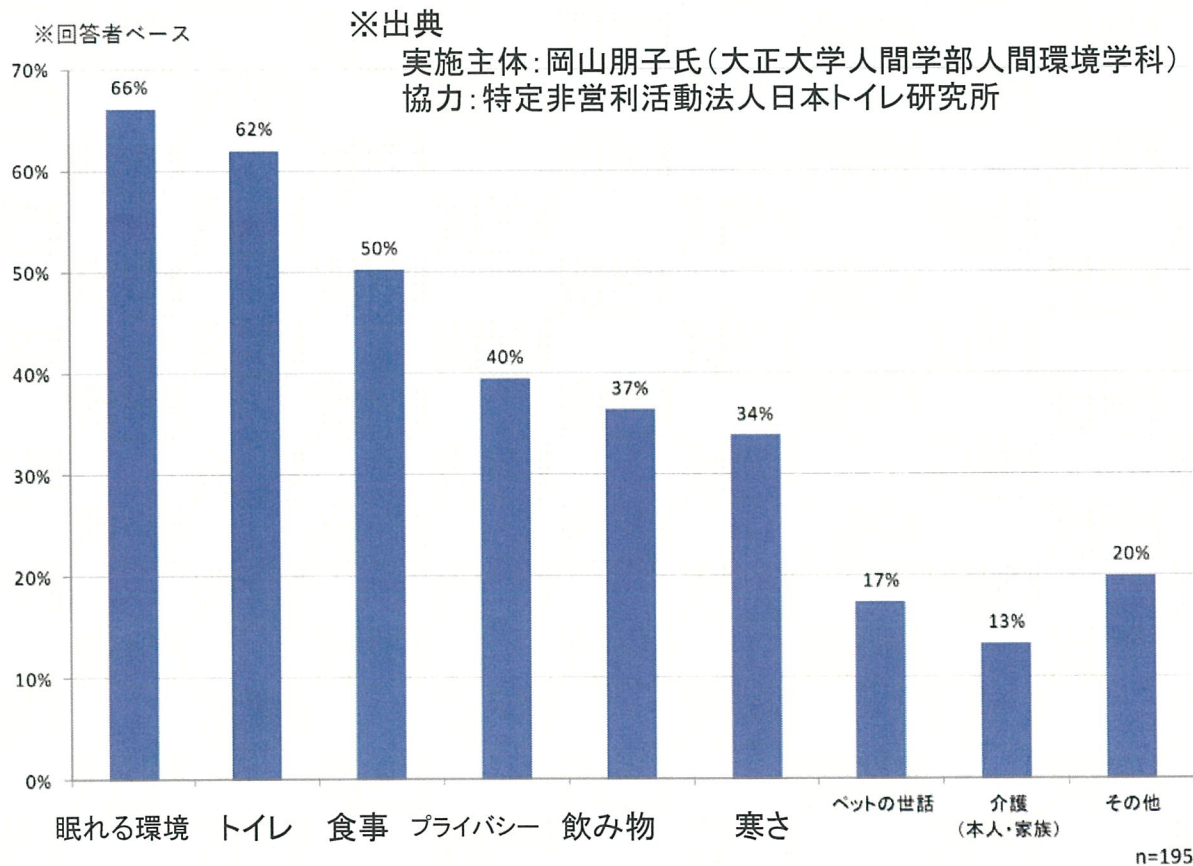
# 忘れられがちな下水道被害であるが...



- ◆ 平成28年熊本地震の避難生活における実態調査※によると、避難初期において最も困ったこととして、二番目にトイレが上げられている。
- ◆ 東日本大震災では、下水道が被災し、トイレ、風呂、洗濯等に伴う排水の発生をできる限り抑えていただく依頼をした地方公共団体があった。（事例：釜石市）

Q.避難生活の初期において、もっとも困ったことはなんですか？

【複数選択可】に対する回答結果



平成23年3月25日

## 下水道使用自粛のお願いについて

釜石市建設部 下水道課

今回の東日本大震災により、下水道施設に被害が発生し、下水が流れない状況となっております。

市民の皆様にはご不便をおかけしますが、トイレ、風呂、洗濯などの下水道の使用を最小限にとどめていただくようご協力をお願いします。

### お願いする内容

- (1) トイレは、避難所等に設置してある仮設トイレをできるだけ利用していただくをお願いします。
- (2) 食事については、できるだけ下水道に流れるものが少なくなるように工夫していただきますようお願いいたします。
- (3) 洗濯やお風呂は、できるだけ回数を減らしていただきますようお願いいたします。

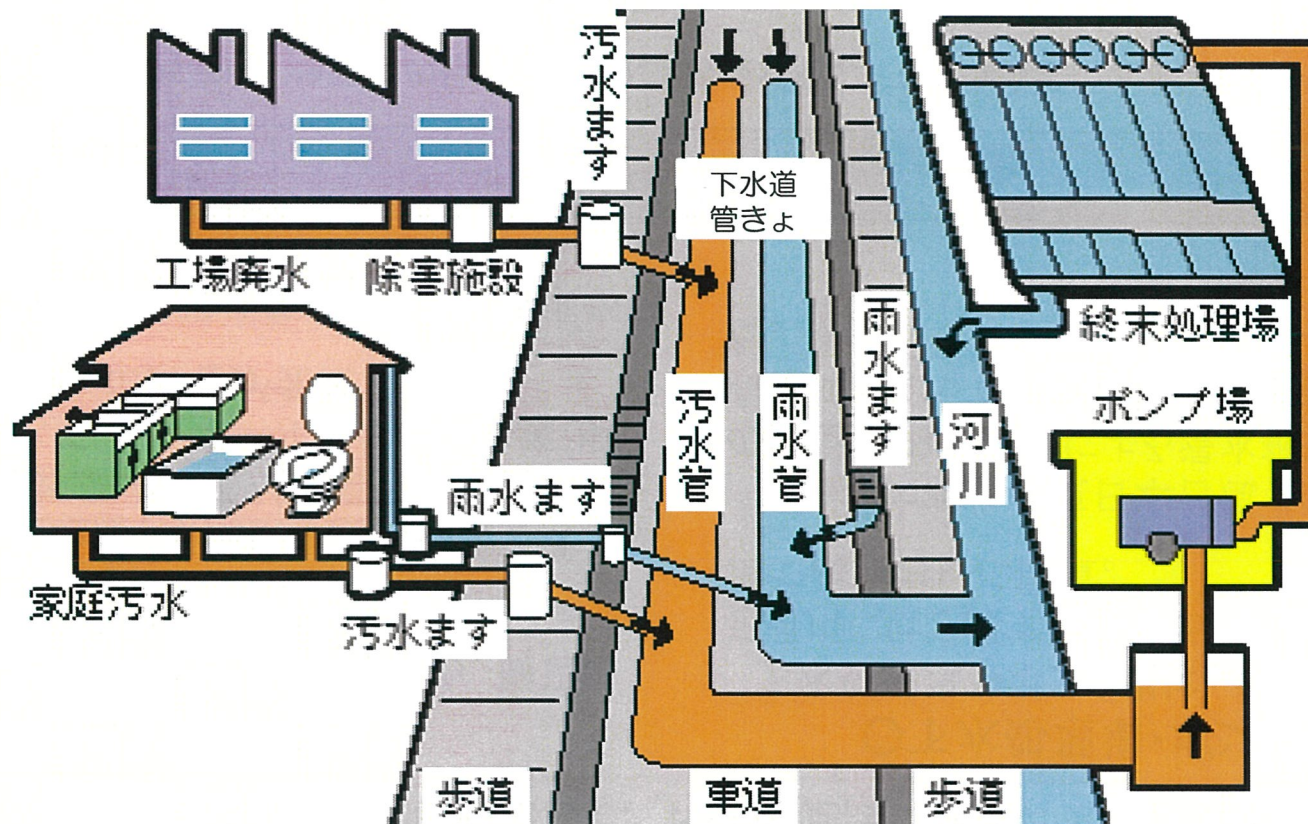
(釜石市下水道使用自粛用チラシ)



# 管路と処理場からなる下水道システム



- ◆ 下水道施設は、汚水や雨水が流下する管きよ、終末処理場に達するまでに汚水を深い管きよから汲み上げたり、雨水を河川に吐き出すポンプ場、下水を処理する終末処理場等からなる。
- ◆ それぞれ**技術的基準**に基づいて設置されており、基本的には**災害時にも支障なく機能が発揮**されることとなっている。



※ここで、管きよとは、開きよと暗きよを合わせたものを指し、管路とは、管きよの他にマンホール、雨水吐き、ます等を合わせたものとしています。

出典：国土交通省HPに一部加筆



# 過去の地震等における下水道の被害等



◆ しながら、大きな地震や豪雨等によって、下水道施設に被害が発生する場合もある。

## ○管きよの被害

管きよは土中に埋設されているため、周辺の土が変化することで被害が発生。

新潟県中越地震、新潟県中越沖地震では、管きよの周りの地盤中の砂が地震動により泥水状になる液状化で、マンホールが地面から突出し、道路交通機能への障害が発生。

また、管きよの流下機能障害によって汚水が溢水。

## ○下水処理場・ポンプ場の被害

下水処理場やポンプ場は、汚水の収集、雨水を河川に吐き出す施設であるため、多くが低平地や海岸沿いに設置。

東日本大震災や東日本台風では、津波、河川の氾濫や内水氾濫による浸水被害が発生し、長期にわたって下水処理ができない状態が生じた。

過去の大災害	被害の特徴
阪神・淡路大震災(1995年)	地盤中の砂が地震動により液状化し、下水道施設に大きな被害が発生。
新潟県中越地震(2004年) 新潟県中越沖地震(2007年)	管きよの埋戻し部が液状化することによって、マンホールが突出し、道路交通障害、管きよからの汚水の溢水が発生。
東日本大震災(2011年)	関東地方から東北地方までの広域で被害。 津波により下水道施設の壊滅的被害が発生。 宅地造成区域の広域的な液状化による被害が発生。
東日本台風(2019年)	広域な範囲で下水道施設の浸水被害が発生。



# 過去の地震等における国総研による下水道被害調査



- ◆ 国土技術政策総合研究所は、下水道施設に被害が発生したときに、災害現場に出動して原因の解明や対応方策等を検討するための調査等を実施。



管きよの被災状況調査  
(栗原市(東日本大震災))



浸水の被災状況調査  
(福島県 国見町(令和元年台風19号))



雨水ポンプ場の浸水の被災状況調査  
(郡山市(令和元年台風19号))

出典:国総研資料



# 対策の強化のための研究(管路液状化対策)



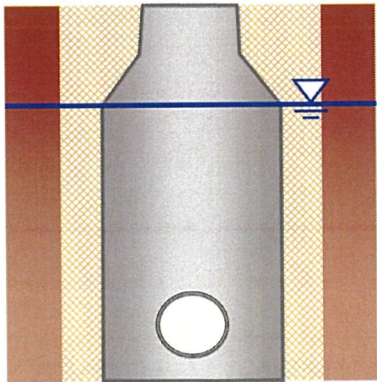
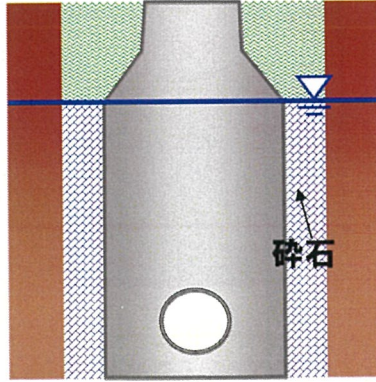
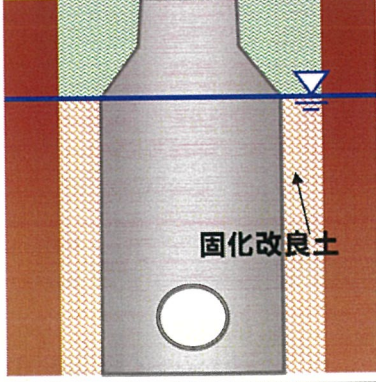
- ◆ 現地調査等を踏まえ、対策についての調査研究を行うとともに、有識者から助言をいただく技術検討委員会に参画し、新たな災害への対策や復旧の方法等を導出。

## ○管路の被害 ・管路の液状化対策

新潟県中越地震による被害を踏まえ、管路の埋戻し部の液状化対策に有効な施工方法を検討。

3つの工法(埋戻し土の締固め、砕石による埋戻し、埋戻し土の固化)が実施可能な方法で耐震対策効果を確認。

また、東日本大震災による被害を踏まえ、砕石による埋戻し及び埋戻し土の固化による対策を行った管路の被害は軽微である一方、埋戻し土の締固めについて、確実に90%以上の締固め度を得ることが困難な場合があることから品質確保が可能な施工管理方法(工程規定方式)を提案。

埋戻し土の締固め	砕石による埋戻し	埋戻し土の固化
良質土で締固め(締固め度90%以上)ながら、埋戻す。	地下水位以深を透水性の高い材料(砕石)で埋戻す。	地下水位以深をセメント固化改良土等で埋戻す。
		
十分な締固めを行うことにより、埋戻し部の過剰間隙水圧を小さくすることが出来るため、液状化に対する効果は大きい。	マンホール・管路近傍部の過剰間隙水圧が消散するため、液状化に対する効果は大きい。	埋戻し部が非液状化層となるため、液状化に対する効果は大きい。

管きよの埋戻し部の液状化対策としての3工法

## 埋戻し土の締固め

### 品質規定方式

締固め度90%以上を現場試験により確認する。

### 工程規定方式

締固め度90%以上を確保できる仕上がり厚、締固め回数、締固め方法等を事前の試験施工により確認する。

出典:国土交通省、下水道地震対策技術検討委員会資料



# 対策の強化のための研究(下水道施設の津波対策)

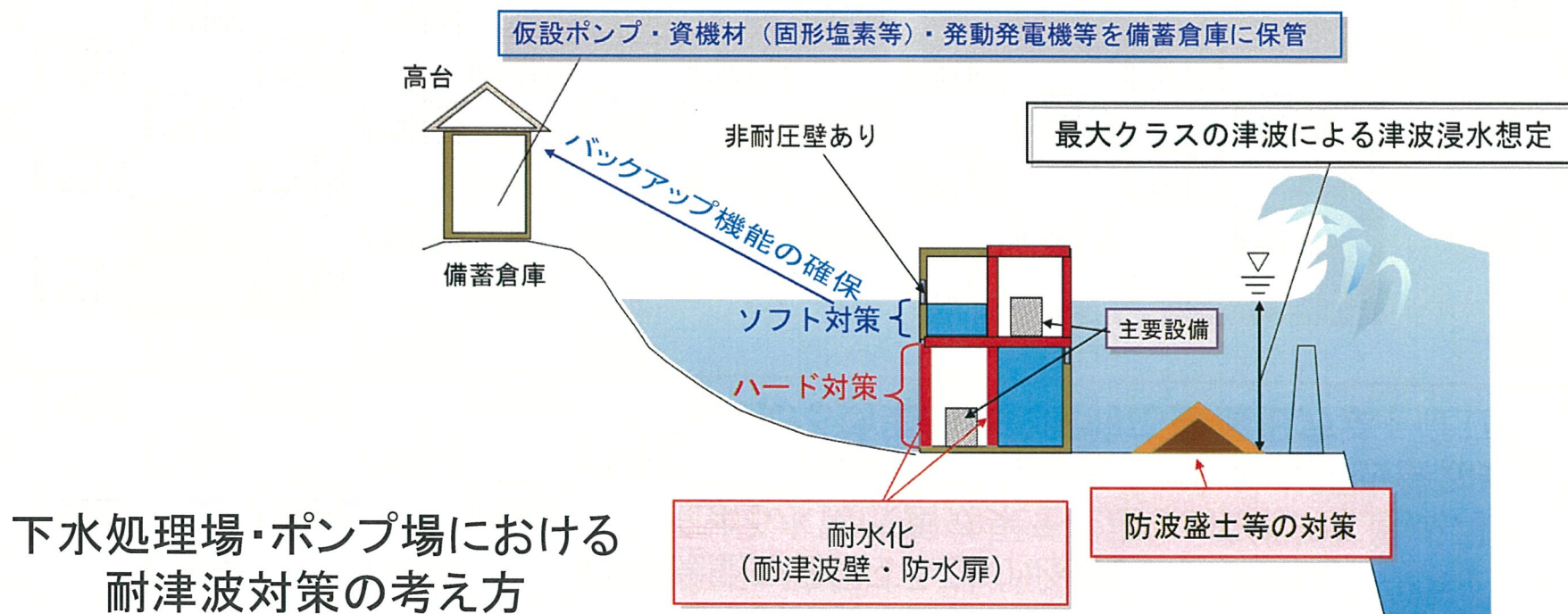


- ◆ 東日本大震災による被害調査により、津波に対する下水道施設の脆弱性※1を明らかにするとともに、**下水道施設として守るべき機能的要件**※2、それらの優先度・リスクの許容レベルを定め、具体的な耐津波対策※3を取りまとめた。

※1：津波による建築物の破壊、機械・電気設備の浸水故障、漂流物等

※2：**揚水機能、消毒機能、放流機能+沈殿機能**、汚泥処理機能、その他水処理機能等

※3：耐水化、防水化、予備機の確保等



## 下水処理場・ポンプ場における耐津波対策の考え方

- ① 浸水、波力、漂流物の3要因に配慮した対策が必要
- ② 津波被害で多く見られる機械電気被害を防ぐため、設備類を被水や冠水から防護
- ③ 防護方法としては、屋内への津波浸水を防ぐための開口部の対策が重要

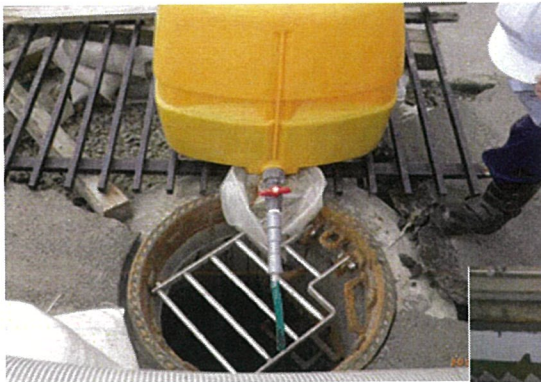
出典：下水道施設の耐震対策指針と解説 -2014年版-



## 対策の強化のための研究(災害時の下水の排除及び処理)



- ◆ 東日本大震災では、津波によって下水処理場が完全に浸水し、復旧に約3年を要する施設もあった。下水処理は24時間、365日止めることができない施設であり、**被災時においても衛生確保、水質保全**を図るため、下水道機能を確保することが必要。
- ◆ 選択可能な簡易的な応急復旧手法による水質改善効果を推定し、技術的に達成可能な目標水質を定めた。加えて、応急復旧段階に応じた水質調査から推定した水質改善効果を確認した。これらの知見に基づき、災害時における効果的な**段階的応急復旧方法**を確立した。



災害時でも実施可能な消毒機能確保の事例



災害時でも実施可能な沈殿機能確保の事例



- ◆ 令和元年東日本台風による水害で水没した下水処理場の応急復旧を支援。現地での復旧手順を整理。
- ◆ 復旧手順については、地震動被害や津波等で下水処理場が浸水被害を受けた場合にも応用可。

## 【処理機能の復旧手順】(現地調査を基に整理)

○被災直後は消毒処理のみを行い放流するが、水質浄化の必要性から、早期に対応可能な沈殿処理を実施。**(応急復旧1)**

○当初は汚泥かき寄せ機故障のため、汚泥の引き抜きは行わないが、そのまま継続すると汚泥が堆積し、槽の表面が固くなり、復旧に支障。なるべく早く汚泥かき寄せ機と仮設汚泥脱水機を設置し、汚泥を取り出して処理。**(応急復旧2)**

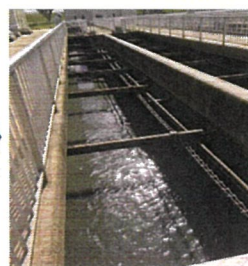
○その後は、処理水質向上のため、簡易生物処理を開始。生物処理には水処理槽に送風(曝気)する必要があるが、送風機が故障している場合は、仮設送風機を準備。送風を行っても、水没によって活性汚泥が流出してしまっており、それらが増加するまでに時間が掛かるため、可能であれば、他の処理場の活性汚泥を投入。**(応急復旧3)**

**応急復旧1**: 沈殿⇒放流  
(汚泥引き抜きなし)



表面が固化した  
最初沈殿池

**応急復旧2**: 沈殿⇒放流  
(汚泥引き抜き機能回復、仮設脱水機設置)

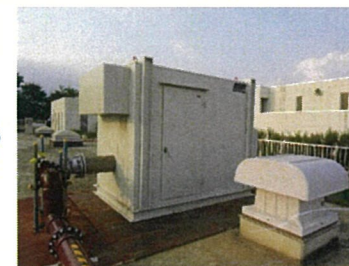


掻き寄せ機  
復旧後



仮設汚泥  
脱水機

**応急復旧3**: 沈殿⇒簡易生物処理⇒放流  
(活性汚泥(水処理微生物)回復、仮設送風機設置)



仮設送風機

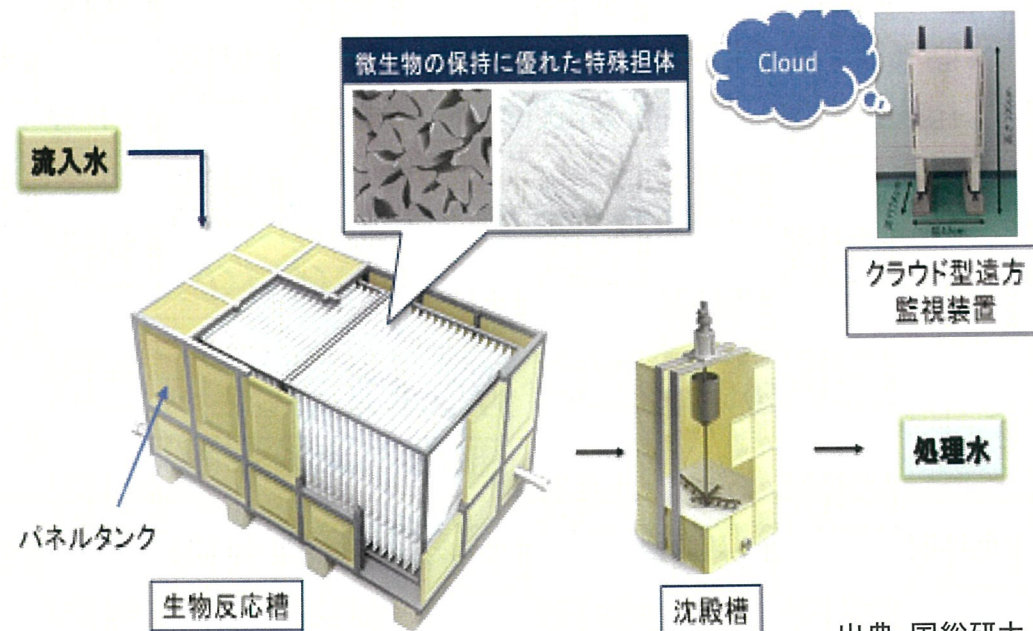


活性汚泥



- ◆ 下水道革新的技術実証事業 (B-DASHプロジェクト) において、下水道被災時に下水処理機能を早期に復旧させる水処理技術 (ユニット型水処理システム) の確立に向け実証。
- ◆ 災害等で下水処理機能が喪失した処理場等に当該設備を搬入し、復旧までの間、活用することも可。(ガイドライン作成中。)

- ・短期間で設置・施工が可能な水槽(反応槽、沈澱池)を採用。
- ・繊維担体を用い、一定の高負荷の処理も可能。
- ・省スペースで設置可能であり、可搬式の遠方監視装置をセットにすることも可能。



出典: 国総研ホームページ

## ユニット型水処理システム

(株)エステム・帝人フロンティア(株)・積水アクアシステム(株)・(株)日新技術コンサルタント・豊橋技術科学大学・田原市共同研究体 による



- ◆ 国総研は、調査・研究により明らかにした新たな災害への対応や復旧の考え方を日本全国のルールにし、再度災害防止や災害からの早期復旧による安全・安心な社会を構築するために、技術基準への反映や、災害時の復旧等に関する技術的なマニュアルの作成等を実施してきた。

## ①管路の液状化対策

90%以上の締固め度を、より確実に得るための対策として、試験施工を行い、埋戻し方法を提案し、「下水道施設の耐震対策指針と解説-2014年版-」の「埋戻し土の締固めの管理基準」に反映。

厳密な施工管理により、管路の液状化被害が低減。

## ②下水道施設の津波対策

下水道施設の設計における想定津波の考え方、耐津波性能の考え方、耐津波対策の考え方等、本復旧に向けた対策を提案し、「下水道施設の耐震対策指針と解説-2014年版-」に反映。

津波時にも下水道機能を確保。

## ③災害時の下水の排除及び処理

「災害時における下水の排除・処理の考え方(案)」を作成して、被災時に下水道機能を確保する具体的方策を明確化。

東日本台風(2019年)により17箇所の下処理場が、河川氾濫等によって水没し、処理機能が喪失したが、その復旧段階では、本マニュアルを参考にした対応がなされた。



## その後の取組等



水道行政が国土交通省等に移管されることを踏まえ、下水道だけではなく、水道も含めて、防災・減災に係る調査・研究を進める。

- ◆ 下水道管路の属性（微地形区分、土被り、管種等）ごとの地震被災危険度を把握。
- ◆ 下水道管路の被災しやすさ等を判定し、耐震化の優先度を検討する際に役立つツールの作成、試行。
- ◆ 災害時に備えた燃料の備蓄等の電源確保について調査し、災害時にも電源を確保できる取組の推進。
- ◆ 災害からの復旧に際し、水道復旧時には下水道もそれに対応できることとするなど、水道、下水道の災害時の連携強化に向けて、技術的な視点から検討。

ご静聴ありがとうございました。