

## 第2章

### 北上川下流東部流域下水道の被害と復旧

#### 第1節 被害状況

##### (1) 石巻東部浄化センター

北上川下流東部流域の下水道施設は、地震と津波により、石巻東部浄化センターを始め、中継ポンプ場・管路施設が被災した。

地震は石巻市で震度6弱を記録し、その後に6mの津波が襲来した。それにより石巻東部浄化センター各施設の地下と1階部分の施設が水没し、ほとんどの設備が壊滅的な打撃を受け石巻東部浄化センターは機能停止した。

当時、石巻東部浄化センターでは指定管理者である石巻環境サービス(株)の職員が業務に従事しており、管理棟3階へ避難したが、1名が犠牲となった。また、付近にいた一般の方6名も石巻東部浄化センターへ避難して難を免れた。

石巻東部浄化センターでは、通信回線の途絶により外部との連絡が不能となり、孤立状態となった。

12日になり、市内の水が引いたことから、石巻浄化センターの県職員と指定管理者が石巻東部浄化センターの被災状況確認を開始すると共に施工業者と設計コンサルタントに詳細調査を依頼した。

調査により、判明した被害は以下のとおり。



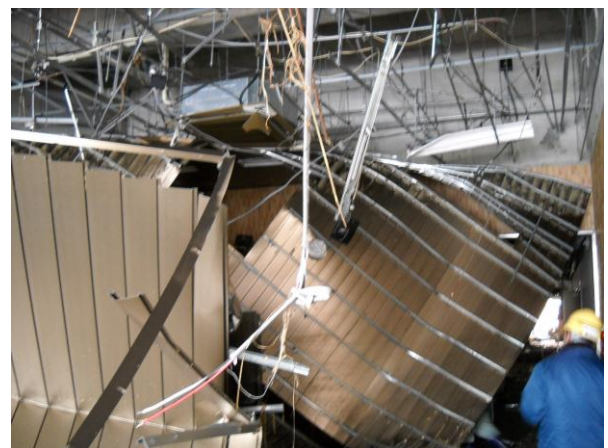
管理棟3階中央管理室 一般住民避難状況



管理棟被災状況



正面玄関被災状況



管理棟1階被災状況

a) 土木施設被災状況

地震破損及び津波水没した施設

場内舗装、排水路、擁壁、水処理設備躯体、放流渠、初沈導水路、フェンス、門扉、覆蓋、手摺り、洗掘、ガレキ堆積

b) 建築施設被災状況

地震破損及び津波水没した施設

中央管理棟、汚泥棟、水処理棟、分配槽、中間ゲート室、塩素滅菌棟、砂ろ過棟、水質計器室、倉庫、油倉庫、ガスボンベ庫、建築付帯設備、各建築機械設備、各建築電気設備



水処理棟南側破損状況



放流管破損状況



管理棟階段破損状況



石巻東部浄化センター内舗装破損状況



汚泥棟電気室破損状況

c)機械設備

津波による水没により使用不能

i) 沈砂池

スクリーンかす搔上機, スクリーン除塵機, 沈砂揚砂機, 自動除塵機, しさ搔揚機, ホッパー, 汚水ポンプ, 各ポンプ設備, 各ゲート設備, 各バルブ設備



沈砂池水没状況

ii) 1系水処理設備

・最初沈殿池

流入ゲート, バイパスゲート, 汚泥搔寄機, スカムスキマ, 汚泥引抜弁, 生汚泥ポンプ, 沈殿放流ゲート, スカム移送ポンプ

・反応タンク

純酸素発生装置, 可燃性ガス濃度計

・最終沈殿池

汚泥搔寄機, 汚泥返送ポンプ, 余剰汚泥ポンプ, スカム移送ポンプ, 各弁類



汚水ポンプ被災状況

iii) 2系水処理設備

・最初沈殿池

流入ゲート, バイパスゲート, 汚泥搔寄機, スカムスキマ, 汚泥引抜弁, 生汚泥ポンプ, 沈殿放流ゲート, スカム移送ポンプ

・反応タンク

純酸素発生装置, 曝気機, 可燃性ガス濃度計, 酸素濃度計, パージブロー

・最終沈殿池

汚泥搔寄機, 汚泥返送ポンプ, 余剰汚泥ポンプ, スカム移送ポンプ, 各弁類



汚水ポンプ現場盤被災状況

iv) 3系水処理設備

・最初沈殿池

流入ゲート, バイパスゲート, 汚泥搔寄機, スカムスキマ, 汚泥引抜弁, 生汚泥ポンプ, 沈殿放流ゲート, スカム移送ポンプ

・反応タンク

液体酸素発生装置，液体酸素タンク，曝気機，各弁類

・最終沈殿池

汚泥掻寄機，汚泥返送ポンプ，余剰汚泥ポンプ，スカム移送ポンプ，各弁類

v) 塩素混和池・砂ろ過設備

・塩素混和池

次亜塩素酸ナトリウム貯槽，注入ポンプ，逆流防止ゲート

・砂ろ過設備

砂ろ過塔，空気圧縮機，ブロア，各ポンプ設備

vi) 汚泥処理設備

・汚泥濃縮設備

汚泥濃縮タンク掻寄機，各ポンプ設備

・脱水機設備

汚泥受槽攪拌機，薬品注入設備，ケーキ搬出機，ケーキホッパ，各ポンプ設備

d)電気設備

津波による水没により使用不能

i) 沈砂池・汚水ポンプ設備

現場盤，流量計，水位計，水質計器，

ii) 1系水処理設備

・最初沈殿池

現場盤，流量計，濃度計

・酸素発生装置

現場盤

・反応タンク

現場盤，流量計

・最終沈殿池

現場盤，流量計，濃度計



最終沈殿池被災状況



最終沈殿池被災状況



次亜塩素酸ナトリウム貯槽倒壊状況

iii) 2系水処理設備

- ・最初沈殿池  
現場盤, 流量計, 濃度計
- ・純酸素発生装置  
現場盤
- ・反応タンク  
現場盤, 流量計
- ・最終沈殿池  
現場盤, 流量計, 濃度計



現場盤倒壊状況

iv) 3系水処理設備

- ・最初沈殿池  
現場盤, 流量計, 濃度計
- ・反応タンク  
現場盤, 流量計, 圧力計, 水質計器
- ・最終沈殿池  
現場盤, 流量計, 濃度計



汚泥棟電気室被災状況

v) 塩素混和池・砂ろ過設備

- ・塩素混和設備  
流量計, 水質計器
- ・砂ろ過設備  
コントロールセンタ, 連動制御盤, 現場盤,  
流量計, 水位計

vi) 汚泥処理設備

- ・汚泥濃縮設備  
現場盤
- ・脱水機設備  
現場盤, 監視装置, 受配電設備, 流量計, 濃度計, 水位計



汚泥棟監視制御装置被災状況

vii) その他

- ・重要物品  
水質分析機器 (顕微鏡), 自動採水器, 電気炉, 純水製造装置, 高圧蒸気滅菌器, 薬品保冷库, 定温温浴器, 有毒ガス測定器, イオンメータ, DOメータ等

(2) ポンプ場・管路

北上川下流東部流域における幹線内の設備は、地震による地盤沈下に加え、沿岸部では津波の影響を受けており、石巻第6ポンプ場では全ての設備が、石巻第2ポンプ場では一部の設備が浸水した。

管路では地震によって多くのマンホールでクラックや地盤沈下が発生した。河北桃生第1ポンプ場の開放点マンホールでは溢水が起こり、近接する田んぼに浸水する被害が生じた。

①河北・桃生幹線

i) 桃生第1ポンプ場

設備被害は無かったが、震災によって電柱の傾き、漏水が発生した。

ii) 河北第3ポンプ場

震災による地盤沈下の影響で制御盤、電柱に傾きが発生したが設備運用不能となるほどの被害は受けなかった。

iii) 石巻第2ポンプ場

津波によって操作盤の一部に浸水被害が生じ、設備機能が一時停止した。

iv) 河北桃生第1ポンプ場開放点

震災によってマンホールから溢水、近隣の田んぼに汚水が流入する被害が発生した。



桃生第1ポンプ場電柱傾き状況



石巻第2ポンプ場浸水被害状況



河北第3ポンプ場被害状況



河北桃生第1ポンプ場開放点溢水状況

②女川幹線

i) 女川第1ポンプ場

震災によって場内で陥没が発生し、吐出管から漏水が発生した。

ii) 石巻第4ポンプ場

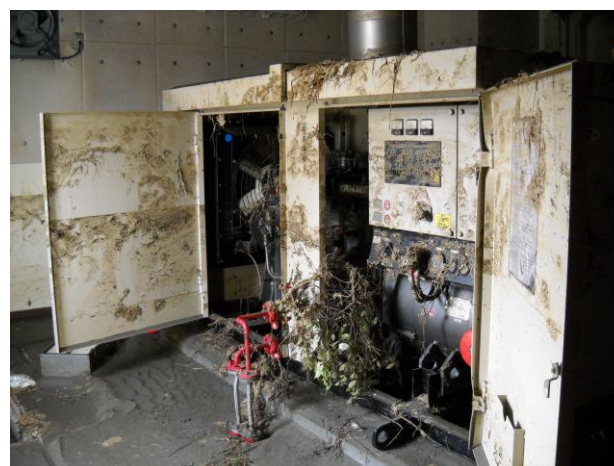
震災による大きな被害は受けなかったが再稼動後に悪臭問題が発生した。

iii) 石巻第6ポンプ場

津波によって場内における全設備が水没し、運転不能となった。

iv) 女川幹線流入点

震災により周辺の道路が大きな被害を受けて大規模な陥没が発生した。



石巻第6ポンプ場自家発電機浸水状況



女川第1ポンプ場陥没状況



石巻第6ポンプ場建屋内部被災状況



石巻第6ポンプ場建屋被災状況



女川幹線流入点周辺被災状況

第2節 復旧までの対応

(1) 石巻東部浄化センター

壊滅的な被害を受けた石巻東部浄化センターは、ライフラインである汚水処理の継続性を確保するため、全復旧に向けて段階的な復旧を行うこととした。

① 応急対応について (平成23年3月25日～平成23年4月21日)

汚水の除去を最優先するために、流入渠へ仮設ポンプ・仮設ホース・仮設発電機を設置して、バイパス水路を利用しての0次(消毒のみ)放流を実施した。

また、桃生・河北幹線からの汚水については、石巻第2ポンプ場内に仮設沈殿池を設置して、旧北上川へ一次(沈殿+消毒)放流を行い、東部浄化センターへの流入負担の軽減を図った。

日平均流入量は17,839[m<sup>3</sup>]であった(放流量より推定)。

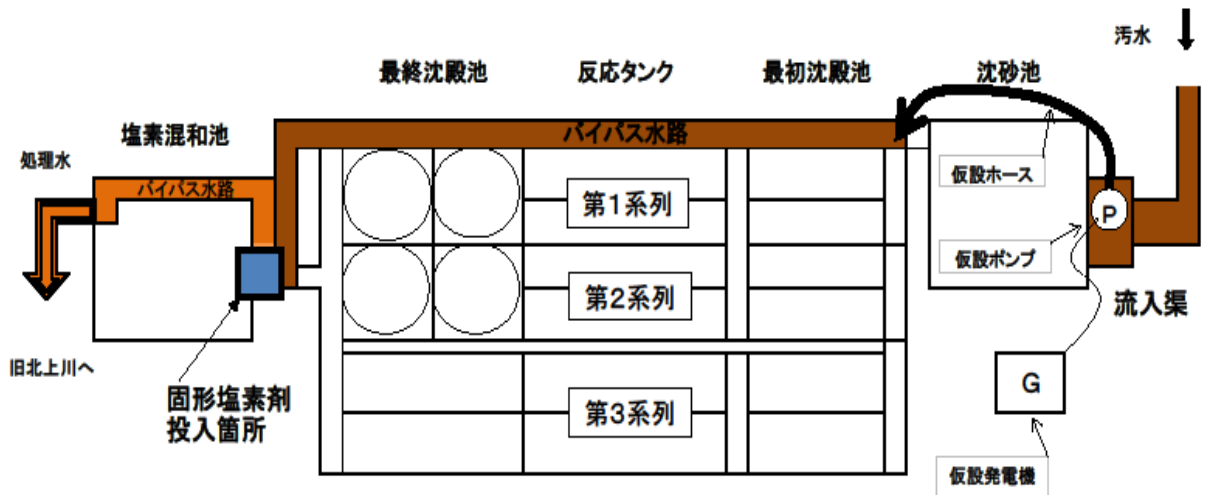


図2.1 応急対応フロー



仮設ホース設置作業

復旧方針

ライフラインである汚水処理の継続性を確保するため、復旧は段階的復旧を進める。

<p><b>STEP1-1【一次放流対策】</b>                  発災直後～平成23年7月                  (初期対応) ①,②</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・居住空間からの汚水の応急的排除(溢水対応等)</li> <li>・危険な状態の施設の応急対応</li> <li>・施設復旧作業に着手(瓦礫・土砂撤去、設備の応急復旧)</li> <li>・「消毒のみ」放流から簡易処理「沈殿+消毒」へ向上</li> </ul>
<p><b>STEP1-2【一次放流対策】</b>                  平成23年8月～平成24年3月 ②</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・居住空間からの確実な汚水の排除のため主汚水ポンプを復旧</li> <li>・次亜塩素消毒設備の復旧</li> </ul>
<p><b>STEP2【簡易生物処理対策】</b>                  平成24年4月～平成24年8月 ③</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一部「簡易生物処理」を実施、処理水質の向上を図る</li> </ul>
<p><b>STEP3【高度処理対策】</b>                  平成24年9月～平成25年2月 ④,⑤</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全3系列のうち1系水処理施設を復旧、処理水質の向上を図る</li> <li>・同時に汚泥処理施設も復旧、脱水汚泥の場外搬出が可能となる</li> <li>・3系水処理施設を復旧(H25年3月から稼働予定)</li> </ul>
<p><b>STEP4【完全復旧】</b>                  平成25年3月以降 ⑥</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2系水処理施設を復旧(H26年4月から稼働予定)、処理能力の向上を図る</li> </ul>



② 一次放流への移行 (平成23年4月22日～平成24年4月18日)

沈砂池と最初沈殿池が使用できる状態になったため、沈砂池と最初沈殿池を経由した沈殿処理を行い、0次放流から一次放流(沈殿処理+消毒)への移行を実施した。

ただし、沈砂池の使用は污水ポンプが仮復旧した平成23年7月1日からであり、さらに污水ポンプの本復旧は平成24年2月に、次亜塩素素注入設備は平成24年3月に本復旧を図った。

日平均流入量は17,428[m<sup>3</sup>]であった(放流量より推定)。

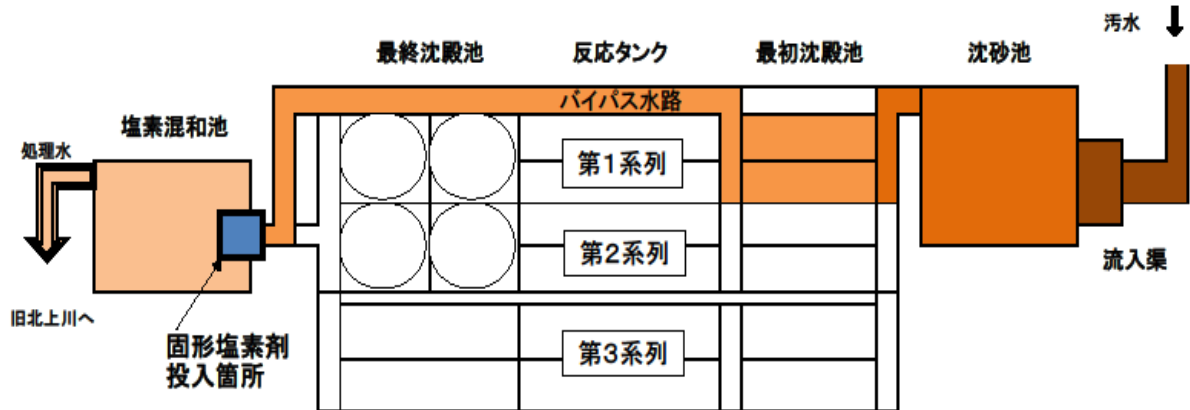


図2.2 一次放流フロー



污水ポンプ盤復旧状況



次亜塩素酸ナトリウム貯槽復旧状況

水質状況(一次放流)				
項目	流入水	放流水	放流基準	
BOD [mg/L]	140	68	120	水質汚濁防止法「一律排水基準」日間平均値

③ 簡易生物処理の導入 (平成24年4月19日～平成24年8月31日)

高級処理が復旧するまでの処理水質の向上について検討した結果、生物処理（接触酸化法）による生物処理を導入して、一次放流と併用を行った。

日平均流入量は 15,207[m<sup>3</sup>]であった（放流量より推定）。

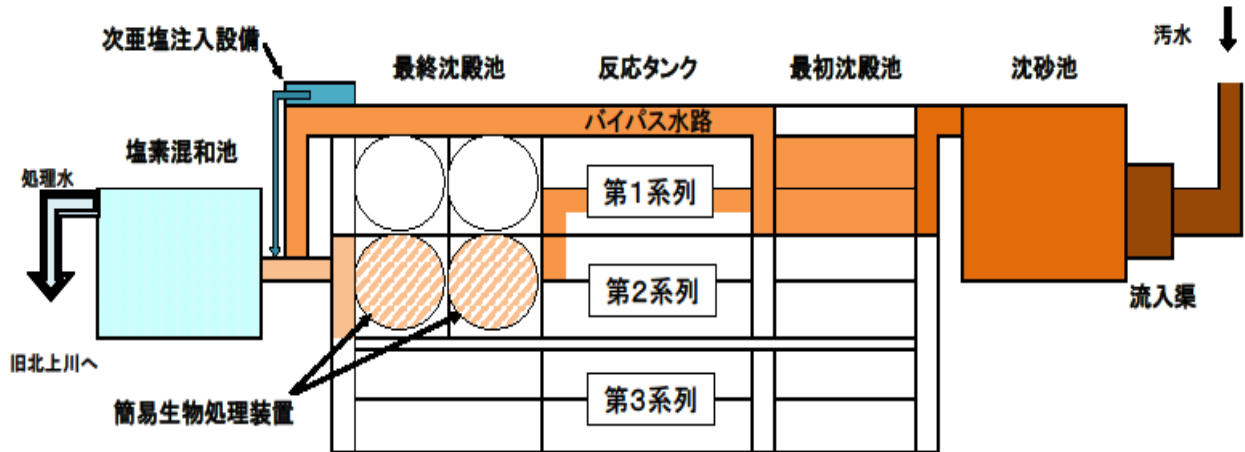


図2. 3 簡易生物処理 + 一次放流フロー



簡易生物処理設備設置状況



槽内曝気装置設置状況

水質状況(一次放流+簡易生物処理)				
項目	流入水	放流水	適用放流基準	
BOD [mg/L]	219	88	120	水質汚濁防止法「一律排水基準」日間平均値（一次放流）
			60	国土交通省「災害事における下水の排除・処理に関する考え方」（簡易生物処理）

④ 第1系列高級処理 (平成24年9月18日～平成24年12月24日)

全3系列の内、第1系列が復旧したため、純酸素を利用した高級処理を再開した。また、水処理施設の復旧に合わせて汚泥処理施設の復旧も図った。

日平均流入量は 15,076[m<sup>3</sup>]であった。

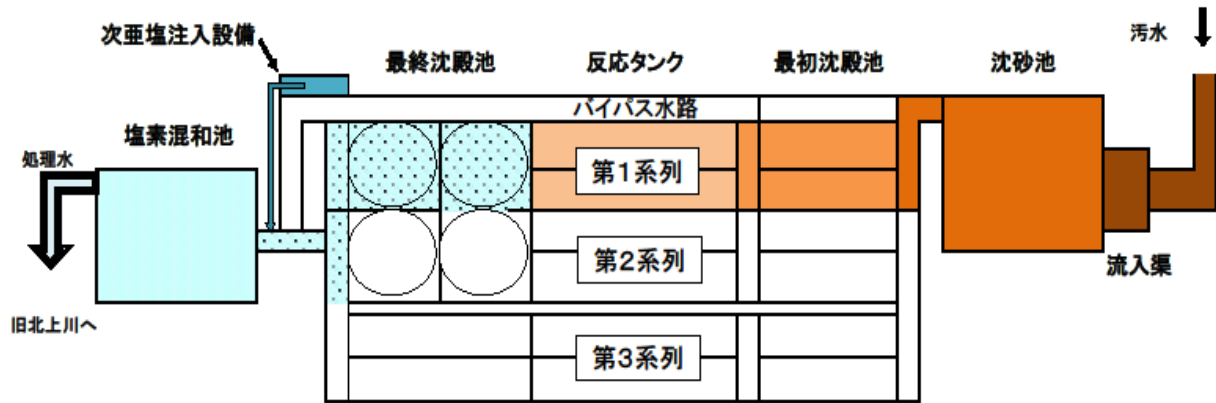


図2.3 第1系列処理フロー



純酸素発生装置復旧状況



脱水機棟電気設備復旧状況

水質状況(第1系列)

項目	流入水	放流水	適用放流基準	
			値	基準
BOD [mg/L]	240	7.7	15	下水道法 放流水管理基準

⑤ 第3系列高級処理 (平成24年12月25日～)

全3系列の内、第3系列が復旧したため、1・3系による高級処理を再開した。

日平均流入量は15,076[m<sup>3</sup>]であった(H24.11.26～H25.03.31)。

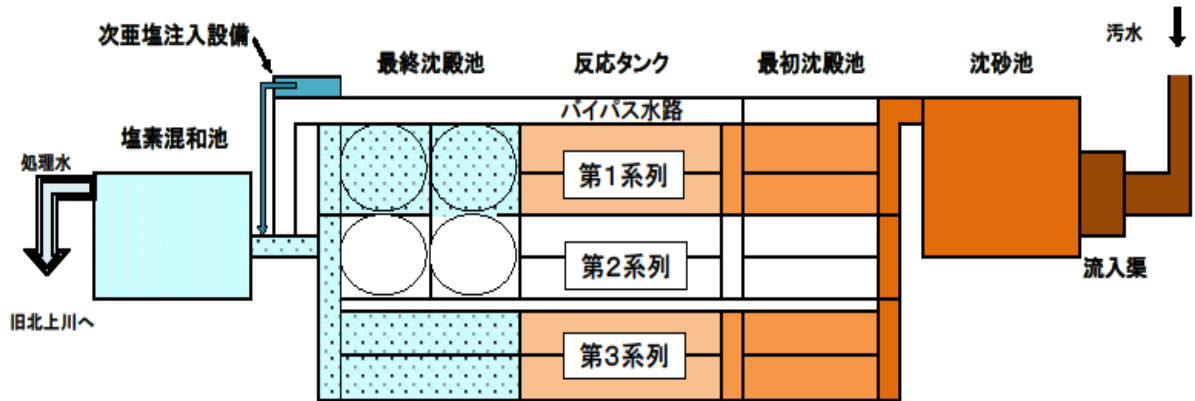


図2.3 (第1系列+第3系列) 処理フロー



純酸素発生装置復旧状況



1・3系復旧状況

水質状況(第1系列+第3系列)

項目	流入水	放流水	適用放流基準	
BOD [mg/L]	354	6.7	15	下水道法 放流水管理基準

注) データは、H24.11.26～H25.03.31のものである

⑥ 第2系列高級処理 (平成25年12月予定)

2系列の復旧により, 全系列の復旧となる。

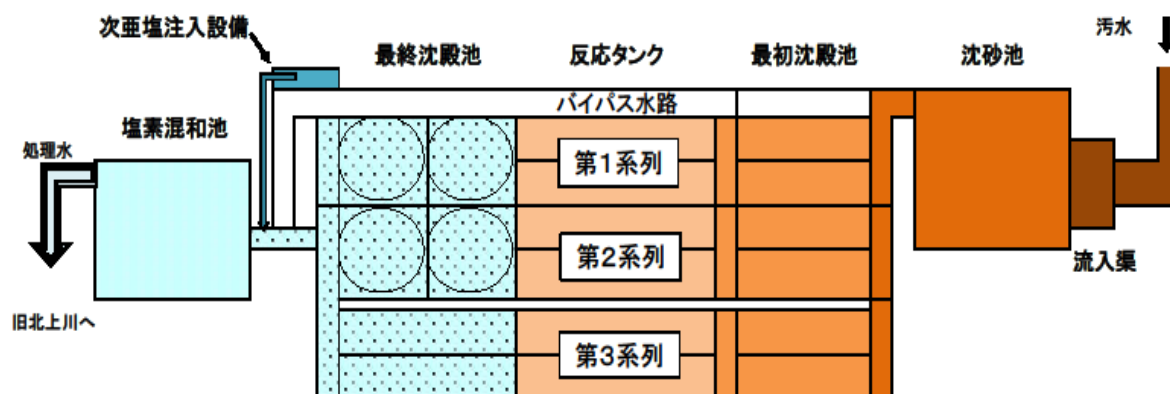


図2.3 全系列処理フロー



処理開始式 (第1系列復旧時)

(2) ポンプ場

①石巻第2ポンプ場

石巻第2ポンプ場では石巻東部浄化センターが壊滅的な被害を受け、復旧までに長期間かかると見られることから、石巻第2ポンプ場までの管路区間にて流入する汚水を処理するため、臨時の仮設沈殿池設置工事を3月23日から開始した。仮設沈殿池は3月26日に完成、桃生第1ポンプ場から石巻第2ポンプ場間におけるポンプ運転に異常が確認されなかったため仮設沈殿池に汚水の流入を開始、そこから旧北上川へ一次放流を行うことで、河北桃生幹線から流入する汚水への緊急の対応を行った。

操作盤設備の一部が浸水した状態にあったため、応急の電気工事を進め、平成23年7月14日には動力制御盤の更新、復電工事が完了しポンプ場の自動運転が開始された。

②女川第1ポンプ場

当ポンプ場では設備面での被害は受けていなかったが、4月6日にポンプ運転したところ潮位と同様の水位変動することが確認されたため4月8日にポンプの運転を見合わせて断続運転に切り替えた。

その後、7月12日に水産加工会社操業再開により流入水の増加が見込まれるため運転を再開した。

③石巻第4ポンプ場

当ポンプ場では設備に被害を受けなかったため4月6日にポンプの自動運転を開始、7月12日の女川第1ポンプ場の運転再開に合わせてポンプ場の運転を再開したが、7月17日に近隣住民より臭気苦情があった。そのため7月19日にビニルシートによる養生を、7月29日に開口蓋へパッキン設置を行ったが臭気漏れが起きると苦情を受けたためビニルシートを撤去した。

その後、10月17日には簡易脱臭装置を設置して臭気対策を強化した。このときのポンプ井内の硫化水素濃度は1000ppmを上回っていた。12月6日からは管渠内の汚泥を排除するため女川第1ポンプ場の運転時間を延長し、12月12日には薬液脱臭装置を設

置、平成24年3月10日には震災前と硫化水素濃度まで減少した。



石巻第2ポンプ場仮設ポンプ稼働



石巻第2ポンプ場仮沈殿池稼働状況



石巻第4ポンプ場臭気対策養生

④石巻第6ポンプ場

震災による津波の影響でポンプ棟2棟が水没、施設の大部分が被災し、場内の大規模な地盤沈下や門扉の破損等の建造物被害と浸水による施設内における全設備への被害によってポンプ場としての機能が失われた。

津波の浸水域であったため、3月24日に施設内のがれき撤去作業を行い、4月9日には仮設汚水ポンプの設置工事を開始、施設利用に向けての応急措置を進めた。5月16日には仮設ポンプを2台使い、第6ポンプ場から鹿妻雨水ポンプ場を経由し一次放流を開始した。また上水道の再開に伴い汚水の増加が予想され、早急な機能回復を行う必要があったため、2棟あるポンプ場のうち新棟を優先して復旧することで少しでも早い本格的な再稼働を目指した。

設備工事に合わせて周辺の舗装や建屋の修繕を進めた。修繕工事は基本的に震災前の基準に合わせるように行ったが、今回の震災では津波により地下に設置された設備が浸水することで、設備機能が大きな被害を受けた。また1階の電気室、自家発電室も被災したことにより、仮復旧するまでに時間がかかってしまった。そのため、建屋における電気室と自家発電室の門扉を防水扉に変更設置することで今後起き得る津波被害の際にすぐさま仮設設備を稼働させ、いち早く対応できるようにした。

平成24年9月28日に旧棟の使用を再開。平成25年3月8日には建築工事も終了し、本施設の復旧が完了した。



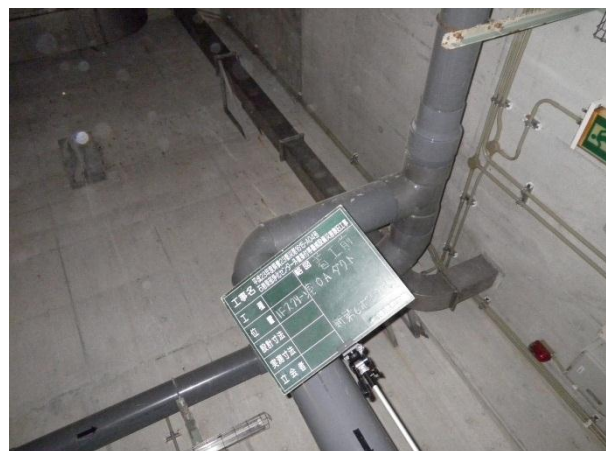
石巻第6ポンプ場電気室防水扉設置状況



石巻第6ポンプ場新棟電気室復旧状況



石巻第6ポンプ場電気室扉被災状況



石巻第6ポンプ場新棟スクリーン室復旧状況

### 第3節 その他の問題点

#### (1) 震災時の問題点と対応策

- ・通信手段がなくなったため、外部との連絡が途絶した。  
→浄化センターに衛星携帯電話を設置し、最小限の通信手段を確保した。
- ・汚泥処理施設の電気室と監視制御装置が水没し、電源供給並びに監視制御が不能となった。  
→電気室と監視制御装置を1階から2階へ移設して水没防止を図った。
- ・沈砂池ポンプ室が浸水し、ポンプ機能が停止した。  
→防水扉を設置して耐浸水機能を持たせ、ポンプの機能を確保した。
- ・津波時には、放流ゲートを閉める操作規則になっていた。  
→効果がない事と人命優先の見地から、操作しないように規則を改めた（指定管理者）。

関係者各位の懸命な努力により、当初は平成26年3月の予定であった第2系列の復旧平成25年12月に完了し、3ヶ月早い完全復旧となる見込みである。

#### (2) よもやま話

##### 〈流入水・放流水関係〉

- ・石巻東部浄化センターへの流入負担軽減のため、石巻第2ポンプ場から旧北上川へ一次放流を行ったが、地元漁協との調整に時間を要した。
- ・被災後、降雨時に震災前の4倍の汚水流入があり、一次放流が常態化した。
- ・一次放流時の固形塩素消毒では、塩素濃度調節ができず、湾内ののり養殖への影響が懸念されたことから、関係機関を通じて積極的に情報提供を行った。

- ・関連市町の公共下水管の損害が甚大で、海水流入による流量増加や硫化水素発生が起こったが、関連市町には、懸命に応急工事を行っていただき軽減された。

##### 〈工事関係等〉

- ・復旧工事前の場内ガレキ・堆積泥を撤去する応急工事業者がなかなか見つからなかった。
- ・同時に複数の工事が入ったため、工程調整を行ったものの、ちょっとした確認ミスなどが、全体工程の遅れにつながった。
- ・工事を急ぐあまり、安全対策（特に転落防止）が不十分な箇所が見受けられた。

##### 用語について

- ・0次放流  
処理場へ流入した汚水を処理せず、消毒のみ行い、場外へ放流するもの。
- ・一次放流  
処理場へ流入した汚水を沈殿処理と消毒を行い、場外へ放流するもの（生物的处理は行わない）。
- ・高級処理  
処理場へ流入した汚水を通常処理するもの（沈殿処理＋生物処理＋塩素消毒）。
- ・溢水（いっすい）  
水がマンホール等から外へあふれること。