

仙台市南蒲生浄化センター
復旧方針に係る提言書

平成23年9月15日

南蒲生浄化センター復旧方針検討委員会

はじめに

仙台市南蒲生浄化センターは、仙台市の汚水の約7割、日平均で約32万m³の下水処理を担う下水処理場ですが、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震とそれに伴う津波により、主要な土木・建築構造物が破壊され、機械・電気設備が冠水、流失するなど、処理機能に壊滅的な被害を受けました。

下水道は、公衆衛生の確保と生活環境の改善、浸水の防除による安全・安心の確保、公共用水域の水質保全など重要な役割を担う都市基盤であります。市民に不可欠な下水道サービスを安全かつ健全に提供していくためには、南蒲生浄化センターの早期の復旧が最重要課題であり、復旧にあたっては、従前の機能回復にとどまらず、地震や津波に強く、環境にも配慮する未来志向型の下水処理場として再生する取組みが求められています。

本提言は、このような考えに基づいて、都合4回にわたる委員会の議論を経てまとめたものであり、本提言の実現に向けては、事業主体である仙台市の真摯な取組みに加え、国の協力が不可欠であります。仙台市と国とがより良きパートナーシップを発揮されて、より有益な本復旧がなされることを強く期待するものです。

平成23年9月15日

南蒲生浄化センター復旧方針検討委員会

大村 達夫（委員長）

遠藤 銀朗（副委員長）

内田 美穂

佐藤 裕弥

松八重 一代

提 言

仙台市南蒲生浄化センターの復旧方針について、次のとおり提言する。

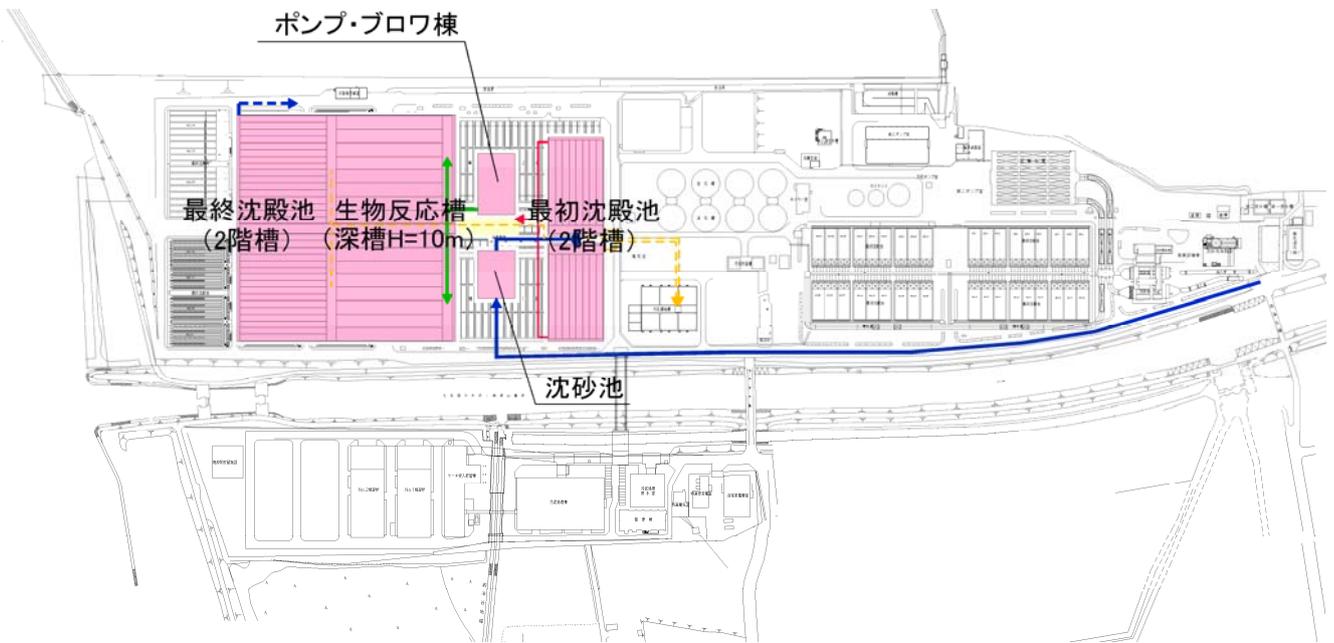
- 1 水処理施設の復旧には、5箇年間程度を要することから、暫定処理期間においては、段階的な処理水質向上に取り組むべきこと。その方策としては、現存施設での導入可能性及び維持管理費等の面から、接触酸化法を採用することが合理的と考えられること。
- 2 市街地から処理場までの地形的要因及び施設配置により、無動力で自然流下による簡易処理機能が確保できる南蒲生浄化センターの特長は、被災時の危機管理、公衆衛生の確保の観点から極めて有益であることから、引き続きこの特長を活かせる本復旧が望ましいこと。
- 3 水処理施設の復旧位置については、自然流下による簡易処理機能の確保、汚泥処理施設との位置関係、復旧期間、事業費等の観点から、施設の移転や分散化ではなく、現用地又はその周辺部とすることが経済的かつ合理的であること。
- 4 津波による建造物の破壊防止、設備等の機能保全が図られるよう、今回の地震による津波高を基準とし、施設の設置高を上げる、又は覆蓋を設ける等の津波対策を講ずる必要があること。さらに、津波に対する作業員の安全確保の観点から、適切な避難拠点を設けるなどの対策を講ずべきであること。
- 5 津波対策、工期、事業費、維持管理性等を比較検討した結果、水処理施設は現用地内で復旧し、その施設配置は別図のとおりとすることが合理的と考えられること。
- 6 水処理施設の本復旧にあたっては、災害時の電力確保及び環境負荷低減に向けて、省エネルギー機器の導入並びに太陽光発電及び小水力発電に取り組むべきであること。さらに、下水道資源の循環利用や、省エネルギー、創エネルギー、環境負荷低減などの新たな技術については、費用対効果など事業経営への影響を見定め、中長期的な視点で導入に取り組むべきであること。

委員会における検討内容の詳細は、4ページ以降のとおりです。

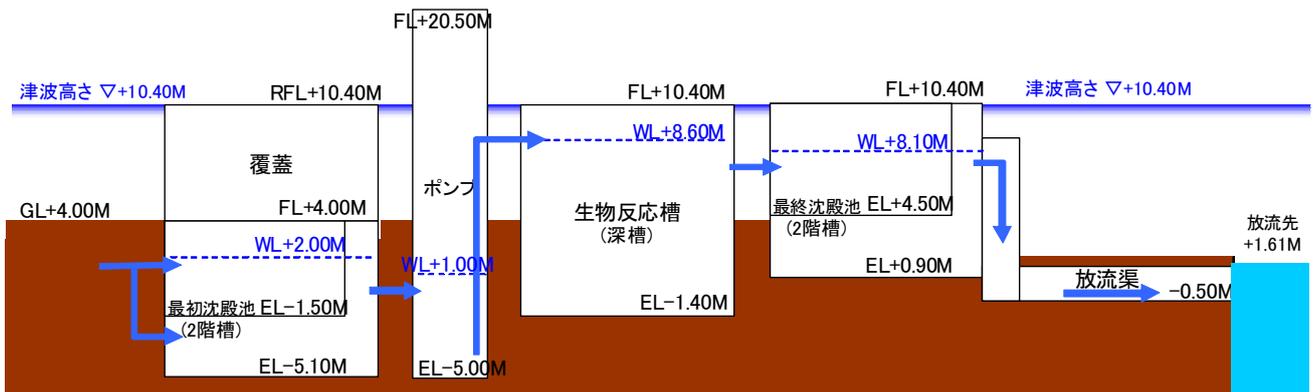
別 図

水処理施設の施設配置

(1) 平面図



(2) 断面概略図



1. 南蒲生浄化センターの被害状況について

東北地方太平洋沖地震（以下、「今回の地震」という。）及びこれに伴い発生した津波により、海岸部に立地する『南蒲生浄化センター』は壊滅的な被害を受けた。

特に海側に位置する水処理施設は、土木・建築構造物の基礎杭や壁が損傷し、ほとんどの機械・電気設備が水没して使用不能となったことから、施設全体の改築が必要な状態となっている。

貞山堀の西側に位置する管理棟や汚泥処理施設は、海側の水処理施設によって波力が減衰され、浸水深が浅かったこともあり、水処理施設に比べて被害は軽度であった。浸水被害を受けた1階及び地下階の設備機器類を中心に相当程度の改修が必要となるが、現位置での原形復旧が望ましいものとする。

なお、津波襲来時において南蒲生浄化センターに勤務していた職員及び関係企業の社員は、管理者による迅速な避難指示により管理棟に避難し、人的被害を受けなかったことは幸いである。このことから、現位置での本復旧を図る場合でも、一定の配慮を行えば、安全性の確保が図られるものとする。

参考までに、被災前の南蒲生浄化センターの施設配置の概要を図1に示す。

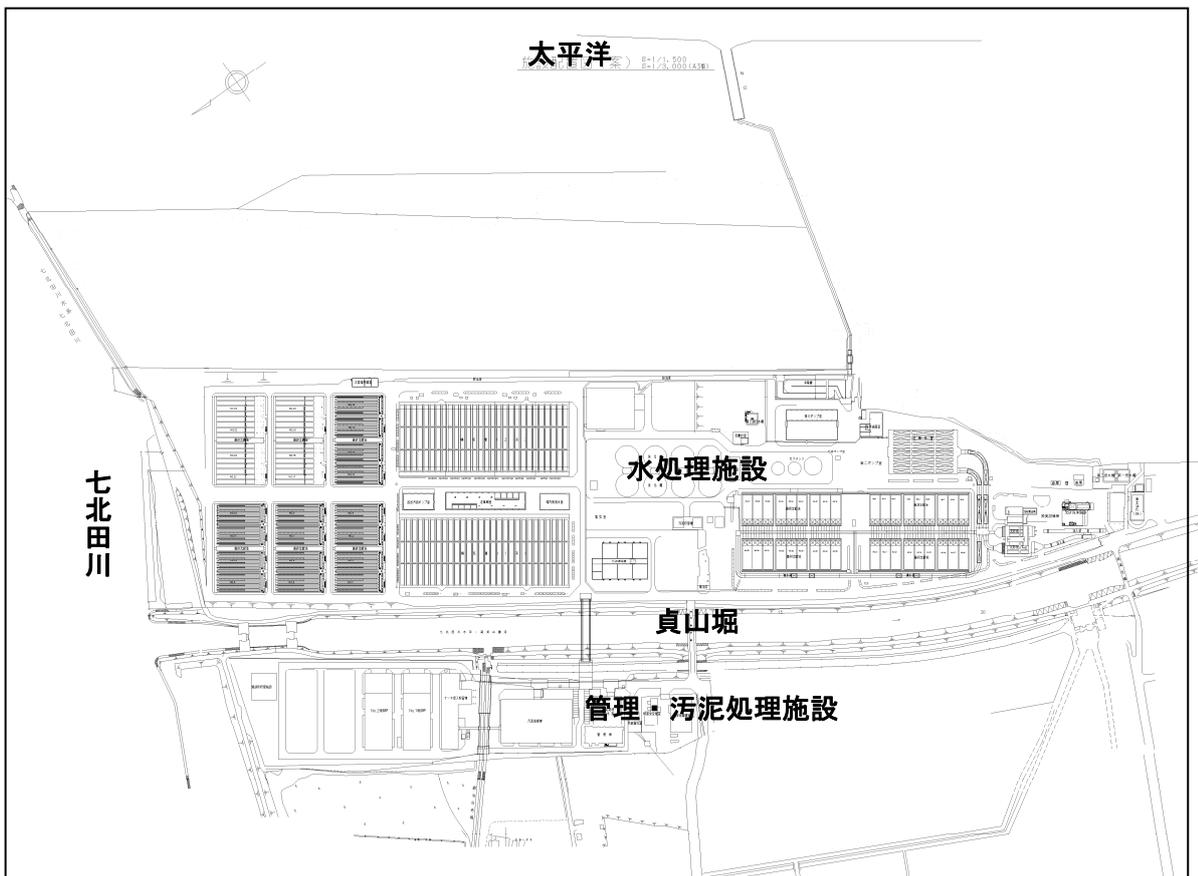


図1 被災前の南蒲生浄化センター施設平面図

2. 段階的な処理水質の向上対策について

現在は、水処理施設の機械・電気施設が使用不能な状態にあるため、最初沈殿池での沈殿処理の後、塩素による滅菌消毒を行う簡易処理により太平洋に放流しており、放流水質は、水質汚濁防止法の基準を概ね満たしているものの（表1）、下水道法の水質基準（震災前の処理水質）は満たしていない状況にある。

国土交通省及び（社）日本下水道協会の共同設置による「下水道地震・津波対策技術検討委員会」において、水処理施設の応急復旧のあり方について検討がなされ、その第2次提言（以下「第2次提言」という。）において放流水質の段階的な改善目標が示されたところである。南蒲生浄化センターにおいては、第2次提言の趣旨を踏まえた応急復旧に取り組んで、放流水質の段階的な向上方策を導入すべきである。

南蒲生浄化センターの本復旧には5箇年間程度の期間が必要と見込まれているが、第2次提言では、本復旧まで1年以上を要する場合には、3～6ヶ月程度で「生物処理＋消毒（BOD15～60mg/lレベル）」へ移行すべきとしている。

南蒲生浄化センターにおいて取り組む生物処理方策としては、現存施設での導入可能性及び維持管理費の縮減等を総合的に比較検討した結果、「接触酸化法」の導入が優位であることが確認された（表2）。

表1 平成23年8月現在の放流水質（BOD）（単位 mg/l）

採水日	1日 (月)	4日 (木)	8日 (月)	11日 (木)	15日 (月)	18日 (木)	24日 (水)	29日 (月)	平均
放流水質	86	110	130	110	120	93	60	110	102

表2 処理方式の比較検討

処理方式	接触酸化法	高速ろ過 ＋凝集剤添加	標準活性汚泥法、膜分離活性汚泥法 担体法、回分式活性汚泥法	モデファイド エアレーション法
現存施設での 対応	○前曝気槽を利用	○前曝気槽を利用	×必要容量を確保できる槽がない	×必要容量を確保できる 槽がない
BOD60mg/l以下の確保	○BOD40mg/l程度	○	－	－
維持管理経費	○薬品費の負担が少ない ○発生汚泥量が少ない	△薬品費の負担が大きい △発生汚泥量が多い	－	－
総合評価	○	△	－	－

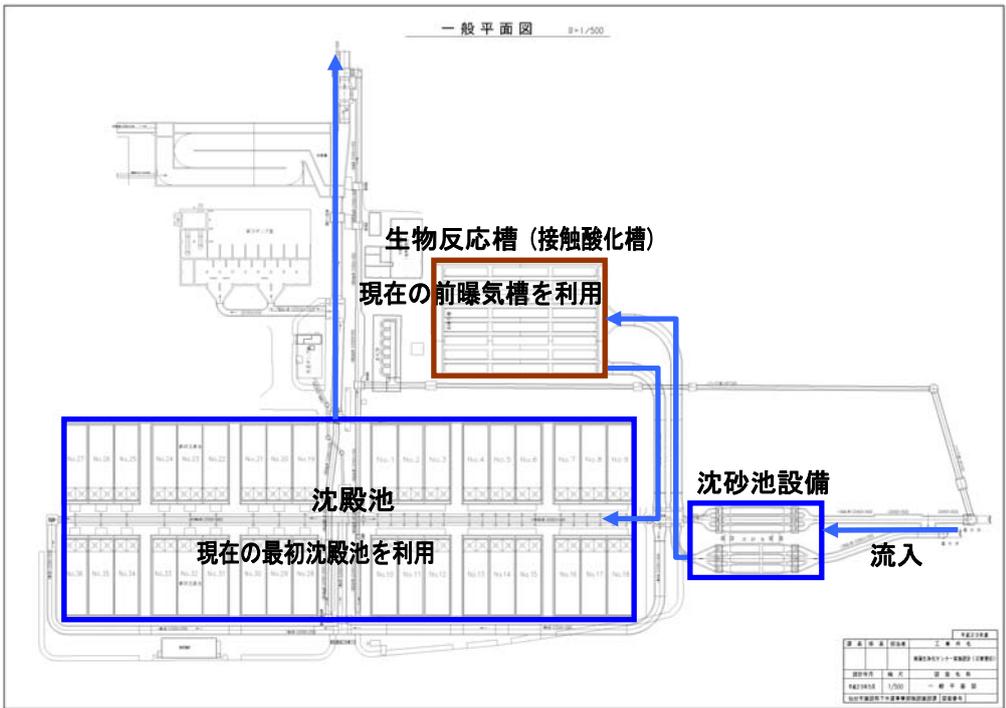


図2 接触酸化法の施設配置，処理フロー

3. 非常時における簡易処理機能の確保について

今回の地震では、特高受電鉄塔の倒壊等により停電が長期間にわたり、さらに自家用発電機の燃料調達も極めて困難な状況となった。

このような状況下においても、市街地から処理場までの地形的要因及び施設配置の特長により、無動力の自然流下による簡易処理機能が確保されていたため（図3）、下水の使用制限措置や大規模な溢水が発生しない等、下水道の汚水排除機能が健全に維持されたことは、事業のリスク管理や公衆衛生の確保の観点から大いに評価できるものとする。

施設の本復旧案の選定にあたっては、このような南蒲生浄化センターの特長を活かせるような位置及び施設配置とするべきである。

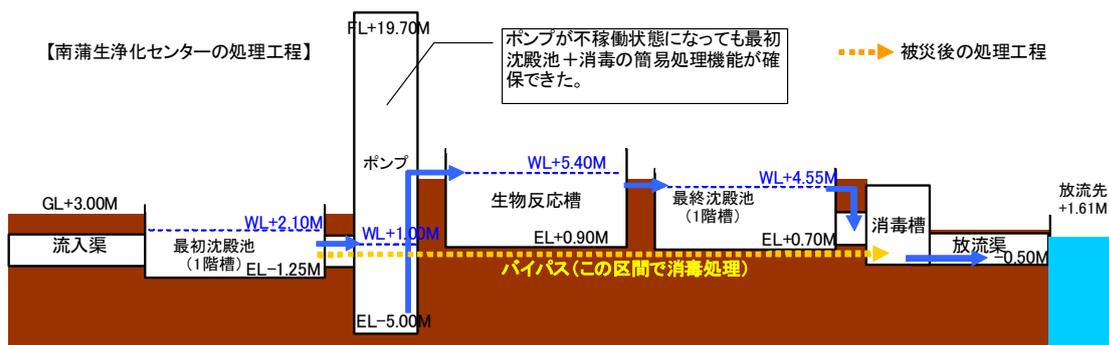


図3 現状施設の水位関係及び簡易処理ルート

4. 水処理施設の復旧位置について

水処理施設の本復旧を行う位置については、下記理由により、施設の移転・分散化は行わず、現用地又はその周辺部とすることが経済的かつ合理的である。

- 引続き自然流下による簡易処理ルートを確認するには、現用地又はその周辺部での本復旧が望ましいこと。
- 汚泥処理施設は、現位置での原形復旧となることから、汚泥処理施設と近接して水処理施設を本復旧させることが、復旧期間、復旧事業費、維持管理性、維持管理費等の点で優位であること。
- 水処理施設の移転や分散化による新設は、南蒲生浄化センターを中心に構築された管路・ポンプ場の下水道ネットワークの抜本の変更が必要となり、相当の期間と膨大な事業費を要し、実現可能性が低いこと。

5. 津波対策について

南蒲生浄化センターは、臭気対策のため、最初沈殿池の一部に簡易な覆蓋を設置していたが、その他の沈殿池等には覆蓋を設置していない状態にあった。

また、現場操作盤やゲート開閉装置等は露天の状態設置され、土木・建築構造物も津波に対応する構造とはなっていなかった。

このような施設構造が、壊滅的な津波被害の要因となったことは明らかであり、この津波被害の経験を活かして、津波対策を強化する本復旧に取り組む必要がある。

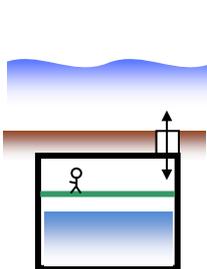
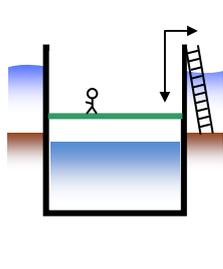
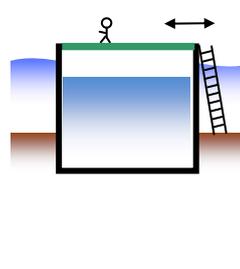
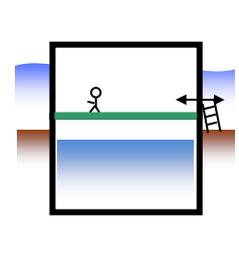
施設構造の津波対策としては、施設の地下化や施設の設置高の持ち上げ（施設持上式）や覆蓋の設置（覆蓋式）等の手法があるが、維持管理性や建設費・維持管理費を考慮すると、施設持上式、覆蓋式に優位性が認められる。

なお、作業員の安全確保については、万全の対策を講ずるべきことから、津波高に対して十分な対策がとられている管理棟や本復旧後のポンプ・ブロワ棟を避難拠点とすることに加えて、独立した避難塔を設置することにより、敷地のどこからでも十分な避難時間が確保できる措置を講ずるべきである。

次に、施設整備における津波高の設定は、「下水道地震・津波対策技術検討委員会」の第3次提言も踏まえ、作業員の安全確保対策も十分に考慮したうえで、今回の地震による津波高を基準とすることが合理的である。

以上の、下水処理施設の津波対策に関する比較結果を表3に一覧として示す。

表3 下水道処理施設の津波対策

項目	完全地下式	遮水壁式	施設持上式	覆蓋式
概要				
作業員の安全確保	○	○	○	○
構造物の破壊防止	○	○	○	○
設備類の機能保全	△	○	○	△
建設費	×	△	○	△
維持管理費（電力）	△	○	△	○
維持管理性	×	×	○	△
総合評価	×	×	○	△

【各対策の特徴】

完全地下式：津波の波力を受けない。開口部（出入口等）から、緩やかに浸水のおそれがある。換気・脱臭等の電力を要する。維持管理の制約が大きい。

遮水壁式：津波高を上回る高さまで壁を立上げる。槽への出入りは壁を乗り越える形となり、上下方向の移動量が増え、維持管理性に劣る。

施設持上式：作業基盤面が津波高を上回る高さまで槽を上げる。ポンプ揚程が高くなる分、電力を要する。作業基盤面上がる動線が生じる。

覆蓋式：津波圧に耐える蓋（天井）を設ける。開口部（出入口等）から、緩やかに浸水するおそれがある。

6. 水処理施設の本復旧案（具体の位置及び施設配置）の選定について

水処理施設の本復旧案については、復旧に要する工期，工事費や維持管理性などを総合的に評価・検討する必要がある。本復旧案の検討対象の範囲を広げるため，現位置又はその周辺部から3つの候補地を想定し，6つの案により比較検討を行った。

（1）候補地

図5に示す，以下の3つの区画を候補地として検討した。

- ① 現用地内
現用地内の北側部分（現在，生物反応槽，最終沈殿池のある敷地）
- ② 新用地（民地，保安林を用地取得）
汚泥処理施設西側に隣接する保安林（国有林）及び民地
- ③ 海側用地
現用地東側（沿岸側）に隣接する本市所有の用地（現在は防潮林）

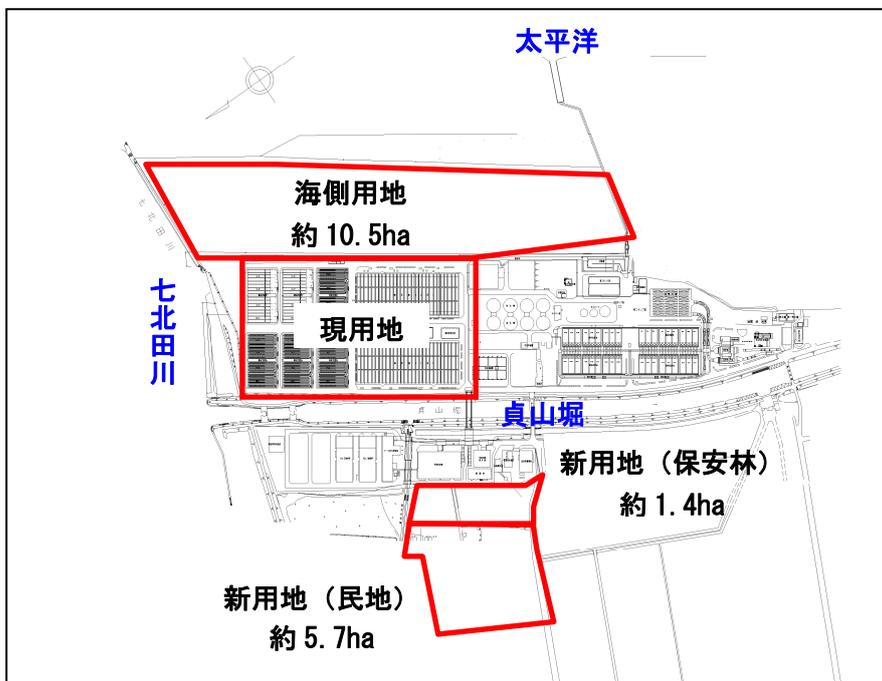


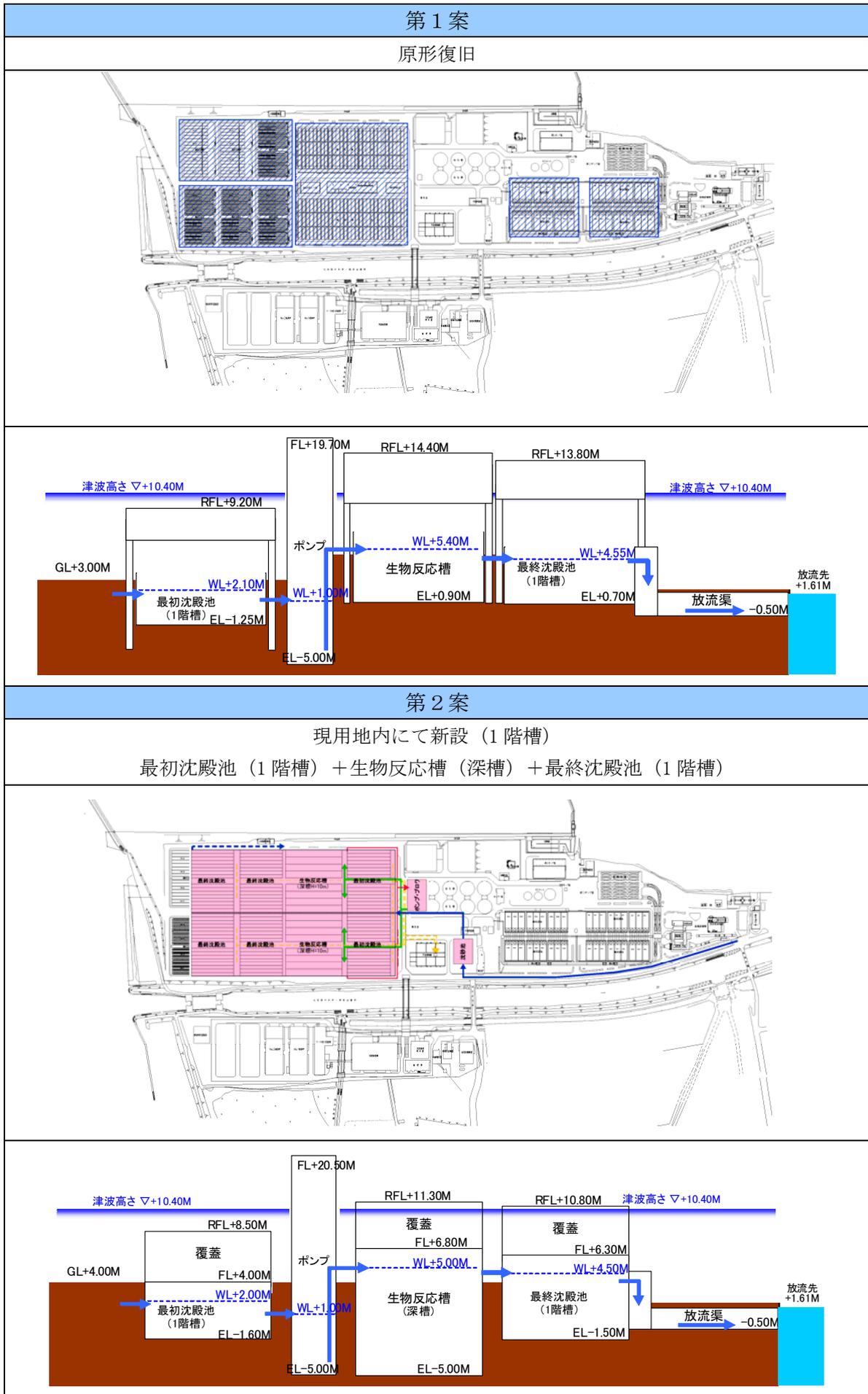
図5 復旧位置の候補地

（2）検討方法

まず，以下に示す6つの案について，概略的な比較検討を行い，2つの案に絞り込んだ。（第一段階の比較検討）

その後，絞り込んだ2つの案について，維持管理性などの詳細な比較検討を行い，本復旧案を選定した。（第二段階の比較検討）

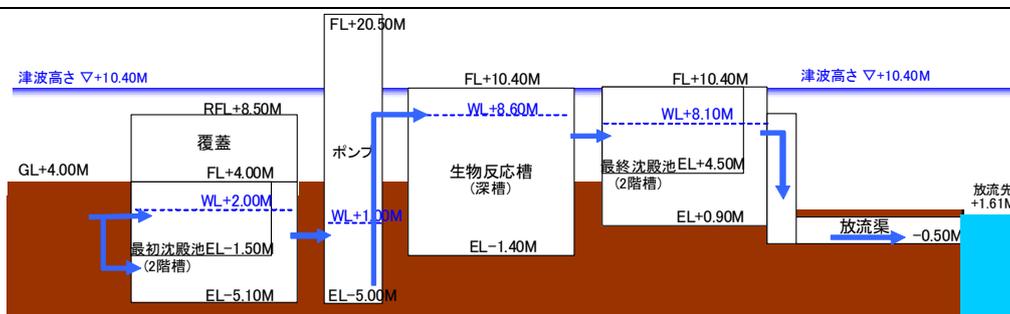
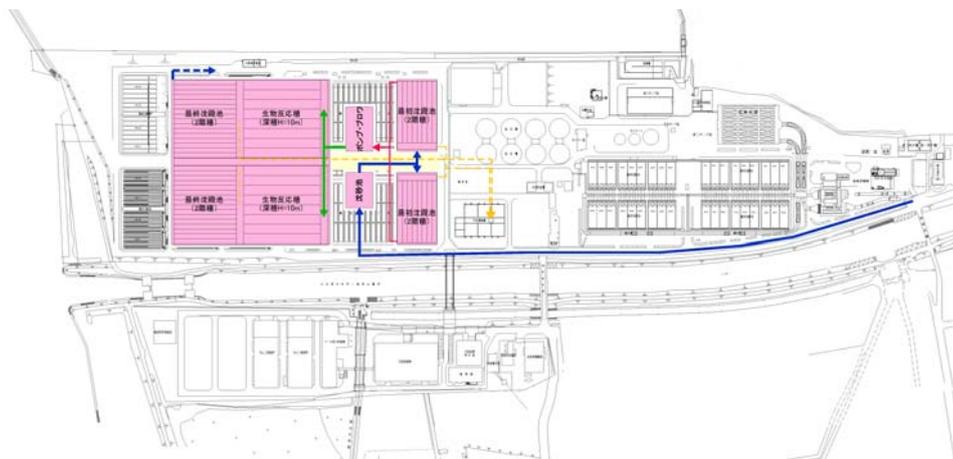
(3) 6つの案の概略平面図, 概略断面図



第3案

現用地内にて新設 (2階槽)

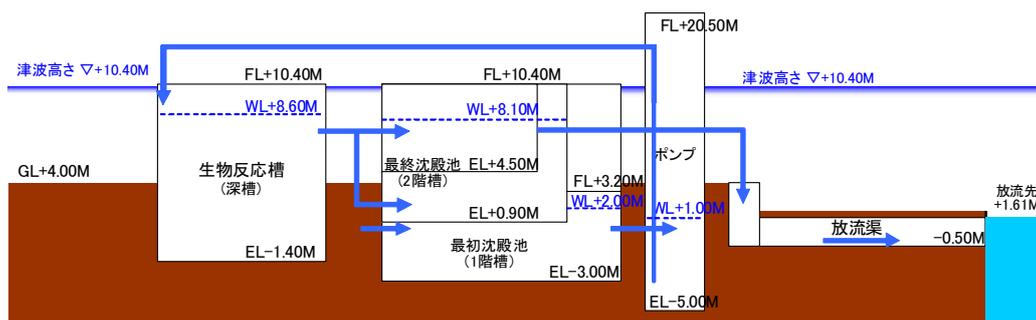
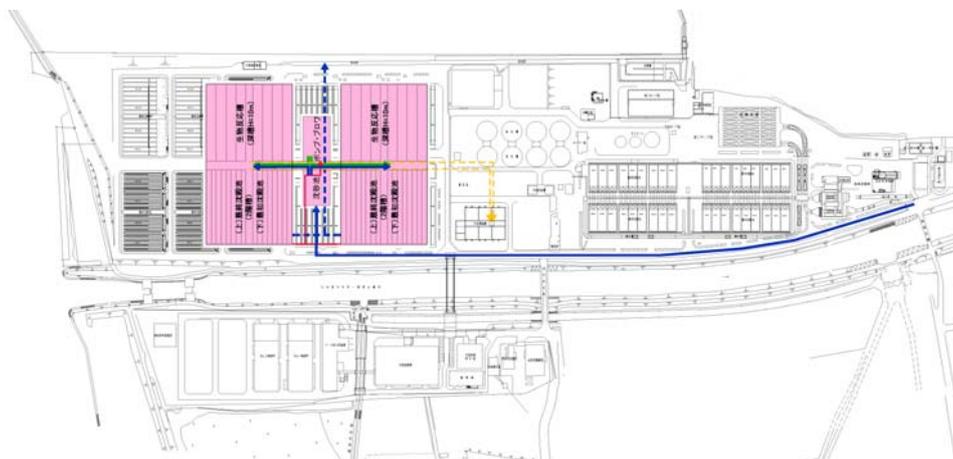
最初沈殿池 (2階槽) + 生物反応槽 (深槽) + 最終沈殿池 (2階槽)



第4案

現用地内にて新設 (3階槽)

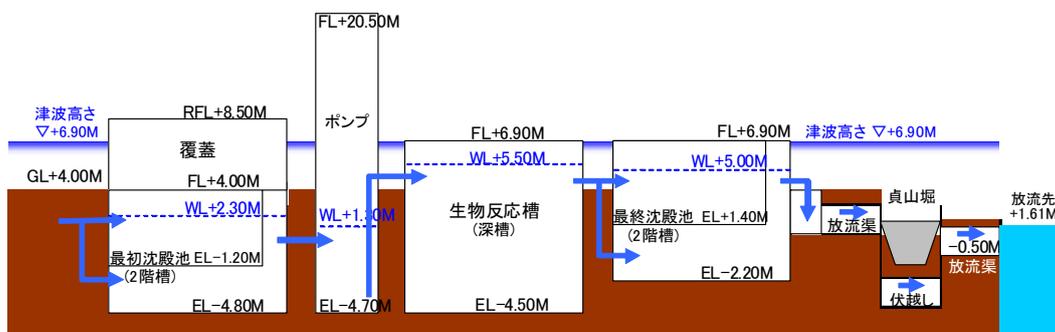
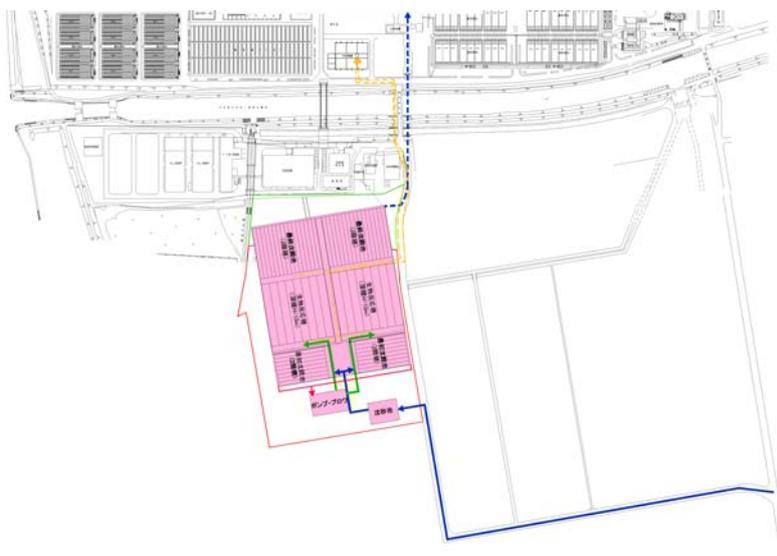
生物反応槽 (深槽) + 最初沈殿池 (1階槽) ・ 最終沈殿池 (2階槽)



第5案

新用地にて新設

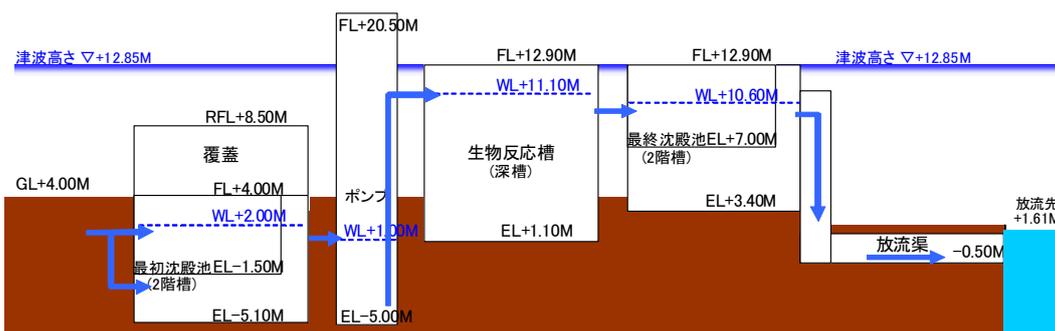
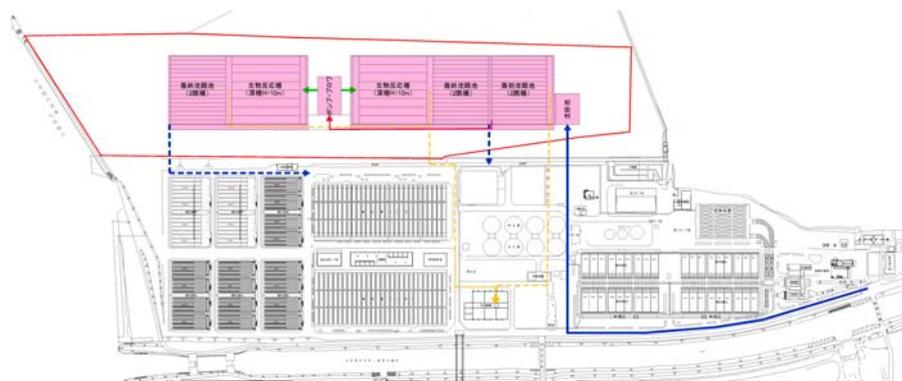
最初沈殿池（2階槽）＋生物反応槽（深槽）＋最終沈殿池（2階槽）



第6案

海側用地にて新設

最初沈殿池（2階槽）＋生物反応槽（深槽）＋最終沈殿池（2階槽）



(4) 第一段階の比較検討

- ① 津波対策，工期，概算工事費，維持管理費，維持管理性等の評価項目について比較検討を行った（表4）。各案の評価は，次のとおりである。
- ・ 第1案：工期，概算工事費とも最も劣位であり，さらに現在簡易処理で使用中の最初沈殿池の復旧工事は段階的施工が必要で時間を要する。
 - ・ 第2案：工期，概算工事費とも劣位であり，特段の優位性が認められない。
 - ・ **第3案**：工期，概算工事費とも優位性があり，その他の項目でも問題点が認められない。
 - ・ **第4案**：工期・概算工事費とも優位性があるが，3階建構造のため最下槽の最初沈殿池の維持管理性や維持管理費面での課題がある。
 - ・ 第5案：管理棟や汚泥処理施設に最も近接した配置により維持管性は高いが，概算工事費が劣位であり，用地取得に時間を要し，工期でも劣位である。さらに，管理棟・汚泥処理施設の津波対策が必要である。
 - ・ 第6案：工期は最も優位性があるが，管理棟・汚泥処理施設との距離や施設配置の影響により，維持管理性及び津波圧へのリスクの点で劣位となる。
- ② 以上の比較検討により，優位性が高い第3案と第4案に絞り込み，より詳細な比較検討を行うこととした。

表4 復旧案の比較検討結果

項目		第1案	第2案	第3案	第4案	第5案	第6案
津波対策	作業員安全確保	避難拠点に避難(ポンプ棟, 避難塔)	避難拠点に避難(ポンプ・プロワ棟, 避難塔)	避難拠点に避難(ポンプ・プロワ棟, 避難塔)	避難拠点に避難(ポンプ・プロワ棟, 避難塔)	避難拠点に避難(ポンプ・プロワ棟, 避難塔)	避難拠点に避難(ポンプ・プロワ棟, 避難塔)
	槽内への防水性(最初沈殿池)	△	△	△	△	△	△
	(生物反応槽)	△	△	○	○	○	○
	(最終沈殿池)	△	△	○	○	○	○
	汚泥処理施設への津波影響軽減	○	○	○	○	×	○
	津波圧に対する配置上の特徴	○	○	○	○	○	△
工期		約55ヶ月	約50ヶ月	約46ヶ月	約46ヶ月	約45ヶ月 用地取得手続き除く	約41ヶ月
概算工事費		約930億円	約800億円	約660億円	約650億円	約710億円	約680億円
維持管理費	年間水処理電気料	約1.7億円	約1.7億円	約1.7億円	約1.7億円	約1.6億円	約1.8億円
維持管理性	日常の維持管理性	施設全体の管理の効率性低い	施設全体の管理の効率性低い	最初沈殿池の管理の効率性低い	最初沈殿池(一部)の管理の効率性低い 掻寄機等の点検・清掃時の対策必要	最初沈殿池の管理の効率性低い	最初沈殿池の管理の効率性低い
	管理棟, 汚泥処理施設からの距離	○	○	○	○	◎	×
課題	施工時の支障物		既設構造物, 杭	既設構造物, 杭	既設構造物, 杭	保安林, 水田	保安林
	その他	最初沈殿池は使用中のため段階的施工が必要				用地取得が必要	新設流入渠が既設放流渠の下越し必要
総合評価		×	△	○	○	△	△

(5) 第二段階の比較検討

- ① 第3案, 第4案について, 維持管理性, 省エネルギー・創エネルギーの導入効果, 想定外の災害リスクへの対応の評価項目について詳細な比較検討を行った(表5)。

表5 第3案及び第4案の詳細比較結果

比較項目		第3案		第4案	
維持管理性	最初沈殿池	作業床や上槽底版に開口部を必要に応じて設置できるため, ・水面確認等の点検や清掃の範囲を広く取ることができる。 ・修繕工事での機器・資機材の搬入箇所を複数確保できる。	○	越流堰部以外に開口部を設置できないため, ・水面確認等の点検や清掃の範囲が限定される。 ・修繕工事での機器・資機材の搬入箇所が限定される。 ・槽内作業では第3案に比べ, 作業員の安全衛生管理に注意が必要である。	△
	上記以外の水処理施設	第4案と同等。	○	第3案と同等。	○
省エネルギー・創エネルギーの導入効果	太陽光発電, 小水力発電	施設配置上の条件が同等であり, 第4案と大差ない。	○	施設配置上の条件が同等であり, 第3案と大差ない。	○
想定外の災害リスクへの対応	地震	最初沈殿池と最終沈殿池を分離配置することから, ・躯体損傷時でも, 沈殿処理機能が同時に失われるリスクが第4案より低い。 ・復旧作業性に優れ, 第4案より早期の簡易処理運転が可能である。	○	最初沈殿池と最終沈殿池を集約配置することから, ・躯体損傷時に, 沈殿処理機能が同時に失われるリスクが第3案より高い。 ・最初沈殿池が最も深い位置にあり, 復旧作業に時間を要するため, 簡易処理運転の再開時期が第3案より遅れる可能性が高い。	△
	津波	カバー, 施設持上で対応する。	○	カバー, 施設持上で対応する。	○
	停電	太陽光発電により簡易処理動力を確保する。	○	太陽光発電により簡易処理動力を確保する。	○
概算工事費 ※		約 662 億円		約 654 億円	

※ 第二段階では, 第一段階における検討案に対し, 以下の点の修正を行ったうえで, 比較を行った。

- ・ 第3案について, 最初沈殿池のカバー天井を津波高まで高くした。(概算工事費が2億円増加)

- ② 第3案は, 第4案と比較して, 作業員の安全衛生管理を含めた維持管理性並びに想定外の大規模地震による災害リスク及び復旧の迅速性において優位性があり, 概算工事費が第4案より8億円不利であることを考慮しても, 第3案の優位性はゆるがないものとする。

以上のことから, 南蒲生浄化センターの水処理施設の本復旧は, 第3案を選定することが合理的である。

7. 自然エネルギーを活用した災害時の電力確保について

今回の地震では停電が長期にわたり、さらには自家発電機の燃料調達も困難な状況に陥ったことから、被災時における電力確保の重要性が再認識されたところである。

南蒲生浄化センターの水処理施設の本復旧にあたっては、電力喪失時においても簡易処理が可能であるという特長を活かすことが重要であるが、これに加えて、被災時の簡易処理による放流水質の向上を図るために、沈殿汚泥の引抜き等に必要な電力の確保を行うべきである。また、被災時の電力確保にあたっては、自然エネルギーを積極的に活用すべきである。

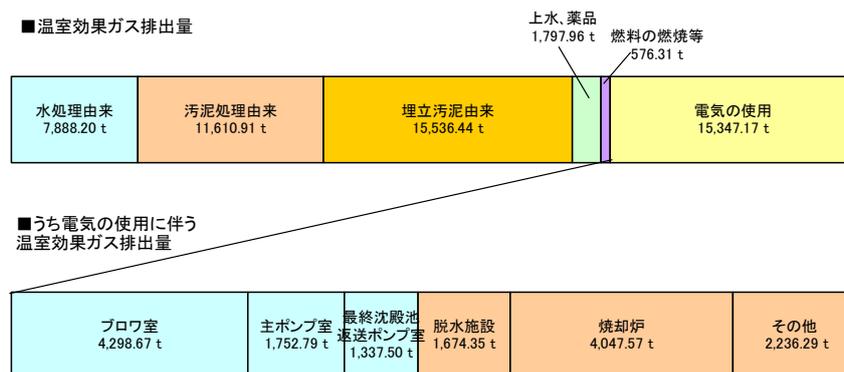
以上の考え方に基づいて、敷地内での太陽光発電の導入可能性を検討したところ、被災時の沈殿汚泥の引抜き等に必要な電力量を確保できることが確認された。

本復旧に際しては、災害時でも発電が可能な太陽光発電を導入し、災害に強い未来志向型の下水処理場を目指すべきである。

8. 環境負荷低減に向けた取組みについて

下水道事業は、環境負荷を低減する効果を持つ一方で、事業活動に伴い温室効果ガスを排出し、環境負荷を増大させるという側面もあることから、今後の事業運営においては、更なる環境負荷の低減に取り組むべきである。

被災前の南蒲生浄化センターの年間温室効果ガス排出量は、平成21年度実績で約53,000t-CO₂、このうち電気使用による排出量は約15,000t-CO₂であった（図6）。



出典：平成21年度南蒲生浄化センター環境レポートより

図6 施設別の温室効果ガス排出量グラフ

被災前の南蒲生浄化センターでは、省エネルギー機器への切り替えなどが進められ、同規模かつ同様の処理方式の下水処理場と比較すると、表6に示すとおり、1 m³の下水処理に要する電力使用量が約7割程度と、省エネルギー化が進んだ下水処理場であったことが確認される。

表6 1 m³あたりの電力使用量(平成20年度)

	1 m ³ の処理に要する電力使用量(kwh/m ³)	備考
南蒲生浄化センター	0.278	処理水量：124,197千m ³ /年 電力使用量：34,472千kwh/年 処理方式：標準活性汚泥法
全国平均	0.379	処理水量が100,000千m ³ /年以上の処理場で、かつ、処理方式が「標準活性汚泥法のみ」である処理場(7施設)

一方で、電気使用による温室効果ガス排出量(約15,000t-CO₂)のうち、主要な水処理機器からの排出量が約5割を占めていることから(図6)、施設全体の改築が必要な水処理施設の本復旧にあたっては、省エネルギー機器の更なる導入を図るとともに、太陽光発電、施設の嵩上げで生じる高低差を利用した小水力発電など、自然エネルギーを積極的に活用すべきである。

水処理施設の本復旧により可能となる電力使用量・温室効果ガス排出量の削減効果は、南蒲生浄化センター全体の約14%、水処理施設の約29%と試算されており(表7)、取り組む意義は大きいものとする。

表7 削減効果の試算

区分	施設名	電力の使用削減量 又は供給量 (千kwh/年)	温室効果ガス 排出量削減効果 (t-CO ₂ /年)
省エネルギー	ブロワ室	約1,740	約820
	主ポンプ室(*1)	約▲160	約▲80
	最終沈殿池返送ポンプ室	約1,660	約780
創エネルギー	太陽光発電(*2)	約540	約260
	小水力発電(*3)	約860	約400
合計		約4,640	約2,180

*1 主ポンプについては、省エネ機器を導入するものの、揚程が高くなることから、電力使用量及び温室効果ガスは削減されない見込み。

*2 太陽光パネル設置面積を約9,000 m²として試算。

*3 水量を3.47 m³/s(日平均水量)、有効落差を7 mとして試算。

【参考】震災前の実績	電力使用量 (千kwh/年)	温室効果ガス排出量 (t-CO ₂ /年)
南蒲生浄化センター全体	約32,720	約15,350
うち、水処理施設のみ	約15,750	約7,390

なお、汚泥処理施設については、被害が比較的軽度であったとはいえ、汚泥焼却機能が停止している状況にあり、発生汚泥全量の埋立処分を行うことは困難である。これにより、埋立によるメタン等の温室効果ガスの発生をもたらし、かつ、汚泥処分費が増加している状況を踏まえれば、汚泥焼却施設を原形復旧して早期に再開する必要がある。また、下水道は有効活用すべき資源の宝庫であり、特に汚泥処理における環境負荷の発生割合が大きいことを考慮すれば、将来的には下水汚泥の資源循環利用をはじめとした新たな技術の導入による環境負荷の更なる低減について検討するべきである。この点については、費用対効果など事業経営への影響を見定め、中長期的な視点で、導入に向けて取り組む必要があるものとする。

仙台市が「人と自然が健全に共生し、かつ、環境への負荷の少ない持続的な発展が可能な、世界に誇りうる都市」（仙台市環境基本条例に記載された理念）を目指すうえで、仙台市の下水道が積極的な役割を果たすことを期待するものである。