第３回　南蒲生浄化センター復旧方針検討委員会

平成 23 年８月４日（木）　13：30～
仙台市役所　第二委員会室

次　第

１．開会

２．議事

（１）津波対策及び生物反応槽の深さについて

（２）施設の本復旧案の選定について

（３）環境に配慮した取組みについて

３．閉会

【配布資料】

資料１　仙台市南蒲生浄化センターの復旧に関する意見

資料２　津波対策及び生物反応槽の深さについて（案）

資料３　施設の本復旧案の選定について

資料４　環境に配慮した取組みについて（案）

【次回委員会】

日時：平成２３年９月５日（月）

会場：アーバンネット勾当台ビル　９階第１会議室

仙台市青葉区二日町１-23

第３回南蒲生浄化センター復旧方針検討委員会出席者名簿

１．南蒲生浄化センター復旧方針検討委員会委員名簿

氏 名	所 属 等	備 考
内田　美穂	東北工業大学 工学部 准教授	
遠藤　銀朗	東北学院大学 工学部 教授	副委員長
大村　達夫	東北大学大学院 工学研究科 教授	委員長
佐藤　裕弥	株式会社 浜銀総合研究所 地域戦略研究部 地域経営研究室 室長	
松八重　一代	東北大学大学院 工学研究科 准教授	

２．地方共同法人日本下水道事業団（オブザーバー）出席者名簿

氏 名	所 属 等	備 考
野村　充伸	本社 技術戦略部長	
青木　実	東北総合事務所長	
森山　正美	震災復旧支援室長（併：東日本設計センター次長）	

３．仙台市出席者名簿

氏 名	所 属 等	備 考
栗和田　幸夫	建設局長	
渋谷　昭三	建設局次長兼下水道事業部長	
田口　美之	建設局下水道経営部長	
村上　喜一郎	建設局下水道事業部参事	
菊池　靖	建設局下水道経営部参事兼財務課長	
佐藤　敦史	建設局下水道経営部経営企画課長	
稲村　哲明	建設局下水道経営部下水道計画課長	
石川　敬治	建設局下水道事業部南蒲生浄化センター所長	
阿部　勝徳	建設局下水道事業部南蒲生浄化センター主幹	
小林　勉	建設局下水道経営部経営企画課主幹兼庶務係長	
甲野藤　弘憲	建設局下水道経営部下水道計画課主幹兼調整係長	
星　英次	建設局下水道事業部下水道調整課主幹兼施設係長	
湯村　剛	建設局下水道経営部経営企画課企画係長	
大坪　昭彦	建設局下水道経営部下水道計画課計画係長	

資料１

仙台市南蒲生浄化センターの復旧に関する意見

〇遠藤銀朗委員

仙台市南蒲生浄化センターは、原形復旧だけでは再度の大規模被災を招くことになる。防災機能を強化しかつ現況機能を改善したものとして復旧しなければ、国税を含めた社会投資を有効かつ合理的に使用した復旧事業にはならない。したがって、もし下記に列挙する機能を備えた浄化センターとして復旧することが計画に含まれないのであれば、復旧事業としてきわめて不十分かつ不合理なものになると考える。

１　防災機能（特に津波被災を回避できる機能）を強化した浄化センターの実現
２　消費エネルギー低減機能を強化した浄化センターの実現(エネルギー自立型浄化センターを目指す)
３　地球環境保全機能の実現（温室効果ガス発生量削減、オゾン層破壊物資、海洋汚染物質の放出削減機能の創出）
４　地域海洋環境保全機能（特に海洋の富栄養化防止機能）強化した浄化センターの実現
５　資源循環機能を付与した浄化センターの実現（下水汚泥の有効活用、特に有機物資源として緑・農地との資源循環ループの形成を目指す）

〇佐藤裕弥委員

第２回検討委員会における委員長からの課題および委員会設置要綱第２条の検討事項に対する委員意見は次の通りです。なお、意見は主として、これまでの検討事項をもとに構成しております。

１．南蒲生浄化センター水処理施設の移転の要否に関する事項

第２回検討委員会資料における施設の本復旧方針（案）(p. 7) において、「津波対策を講じた上で現位置もしくはその近辺とする」とあります。

この点については、特にコストが財政に及ぼす影響を考えた場合には妥当な結論と考えます。ただし、下水道施設のリスク分散の見地からは、分散型の施設設置という選択肢もあり得ると思いますので、分散型との比較検討の

視点を交えて資料をまとめると説得力が増すものと思います。

２．南蒲生浄化センターに係る地震及び津波への対応策に関する事項

第２回検討委員会資料における津波対策（p.8）において、「今回は発生した津波を前提として計画する」と基本方針を示しております。この点については財政面からは妥当な結論と考えます。

ただし、「今回の津波高＋α」として、安全（余裕）率をみることも重要だと思います。下水道という施設整備の基本的あり方として安全（余裕）率をどのように取り入れるのか否かをもう少し明らかにする必要があると思います。少なくとも地震及び津波対策においては、お金の問題が適正な下水道施設の基本的なあり方を制約してはならないでしょう（適正な復旧と財政問題の比較考量の問題となると思います)。

なお、財政面からは確かに＋αの部分だけコスト増加要因となり、経営状況の悪化につながる懸念があることから安全余裕率の考え方を取り入れることが最終的には難しいと判断しております。

３．南蒲生浄化センターの処理機能が完全に復旧するまでの期間における汚水処理のあり方に関する事項

１）段階的水質向上対策

第２回検討委員会資料における基本条件（p.3）において、「放流水質濃度60mg/Lの確保を目標とする」との記載があるが、事務局説明では目標を40 mg/Lとするが変動があるため資料上は60 mg/Lとしているといった主旨であった。この点については理解できるものであるが、最終的な資料においては説明とおりの記載が良いのではないかと思います。

４．その他南蒲生浄化センターの復旧に関し必要な事項

復旧における財政問題がさけて通れないことから、最終的な報告書のとりまとめにおいて、財源問題に関する事項を簡単に触れてはいかがかと思います。財源問題に触れることにより、今後の財源確保の適正化に向けた仙台市の取り組みの後押しをするとともに、最終的には下水道サービスを受ける仙台市民の利益にかなうと思いますので提案致します。

１）復旧に向けた留意事項

⑴復旧財源確保のあり方

南蒲生浄化センターの復旧に伴う応急復旧費用や、段階的水質向上対

策のための費用など災害復旧事業として認められない費用については、財源確保と将来の経営状況に与える影響を踏まえて適正な負担のあり方を検討する必要があります。

具体的には、災害復旧費として認められない費用のための財源確保のあり方について、国に働きかけることが適当であると考えます。

また、浄化センターとしての機能を発揮するためには、管理のための施設の復旧も必要となることから、管理的施設（駐車場、樹木等）についても災害復旧範囲となるよう国と協議を行うことが適当であると思います。

確かに、仙台市の被害であることから仙台市下水道事業もしくはその出資者たる仙台市が復旧費用を負担するという考え方が基本ではありますが、今回の場合、甚大な被害の復旧という異常時であることから、関係機関に対しても積極的に財源確保を働きかけるとともに、今後・将来の災害における復旧財源のモデルとなり得るよう努めるべきと考えます。

(2) リスク管理とアセットマネジメントの統合

仙台市はアセットマネジメントに積極的に取り組んできたところですが、今後はアセットマネジメントの中にリスク管理のあり方を取り入れ、下水道施設の総合的な施設整備とともに、将来の地震・津波等によるリスク発生時に備えた財源確保を含めて考えるべきだと考えます。

５．将来の下水道のあるべき姿

下水道は日常生活に不可欠な排水サービスを提供する事業であり、今後ともその重要性が高まっていくこととなります。そこでは「安全」、「安心」、「持続」、「環境」に配慮した下水道施設が必須であり、地震・津波に耐えうるものであることが真の住民サービスであると考えます。

このような使命に応えるためには、まず最優先として基幹施設である南蒲生浄化センターの一刻も早い復旧を進めるとともに、安定した経営基盤に基づいた下水道経営への取り組みが必要とされます。このためには健全経営を目指した将来の経営計画に基づいた経営が重要であると考えます。

なお、復旧のシンボルとして、たとえば環境に配慮した新しい機能を付加することも案として考えられるかもしれません。この点については、その意義・役割と将来に及ぼす財政的な影響を踏まえて検討すべきと考えます。

○松八重一代委員

今回の災害復旧を現状復帰にとどめず、その他被災地における復旧の模範となるような浄化システムの構築を目指すべきと考えます。

被災にあたり早々に現状復旧が求められるのは生物反応槽、沈殿池等であり、焼却炉、汚泥処理棟については、修繕による現状復旧が可能と診断されております。しかしながら将来にわたって利用する際、排水処理の環境負荷最小化が見込める一貫プロセスの構築を目指すべきと考えます。例えば焼却炉 の排熱利用や、汚泥中のリン回収、再資源化に向けた処理、最終処分量削減のための灰溶融処理設備、余剰土地における太陽光発電設備の導入等も選択 肢から排除すべきではないと思います。

浄化センターの現状復帰だけを考えるならば、焼却炉や汚泥処理棟については、計画に含まれるものではないかもしれません。予算の制約と、復旧に向けた時間的制約はあるものの、是非とも包括的な環境負荷最小排水処理プロセスの構築を目指して、システム提案をしていただくことを強く希望いたします。

資料２

津波対策及び生物反応槽の深さについて（案）

平成 23 年 8 月 4 日

建　　設　　局

1　津波対策 1
1.1　基本方針 1
1.2　対策方法 1
1.3　作業員の安全対策 2
2　生物反応槽の深さついて 4
2.1　深槽化の目的と課題 4
2.2　深槽式生物反応槽の実績 5
2.3　深槽式生物反応槽の水深比較 6

1 津波対策

1.1 基本方針

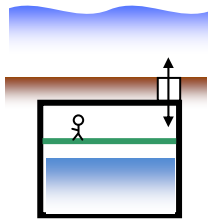
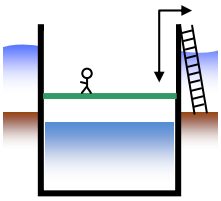
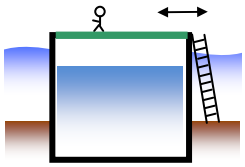
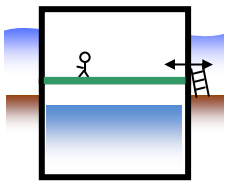
南蒲生浄化センターの復旧において津波対策の目的は下記 3 項目とする。また、津波対策は、今回発生した津波を前提として計画するものとする。

1) 作業員の安全確保（人命確保）
2) 構造物の破壊防止（破損防止）
3) 設備類の機能保全（浸水防止）

1.2 対策方法

下水道施設において、採用可能な津波対策方法について以下に示す。

表 1 下水道施設の津波対策

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	×	×	○	△

【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。作業基盤面に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。

作業員の作業位置、場所は津波高さや直接の浸水を考慮したものとする（表 1 内の緑部）。ただし、津波による飛沫や時間経過に伴う一部の浸水は避けられないため、別途避難拠点を設定し、速やかな避難を行うことで作業員の安全性を確保することとする。

1.3 作業員の安全対策

施設・設備の津波対策は、今回発生した津波を前提とするが、最優先される作業員の安全確保のための避難拠点は更なる余裕（安全率）を考慮したものとする。

1） 避難拠点の設定

今回の復旧計画策定にあたっては、貞山運河の西側に位置する管理、汚泥処理エリアは、管理棟を避難拠点と計画する。

一方、水処理施設の復旧計画において、最も階高の高い構造物はポンプ・ブロワ棟であり、水処理施設に近接して配置する計画であるため、水処理エリアについてはポンプ・ブロワ棟の屋上を避難拠点と計画する。

なお、場内の作業は広範囲に及ぶため、避難可能距離に応じて避難塔を設置する計画とする。現用地内で計画しているポンプ・ブロワ棟の屋上高さは TP＋20.5M であり、津波高さの約 2 倍の安全率が確保されることとなる。

2） 避難距離について

作業員が場内のどこにいても安全に避難できるように、安全な避難距離を設定する必要がある。

安全な避難可能距離については、式 1 で算定する。

避難可能距離 L1＝歩行速度 P1×（津波到達予想時間 T－t1－t2）…式 1 【歩行速度 P1】; 1.0m/秒 【津波到達予想時間 T】; 津波シミュレーションより算出 【t1】; 地震発生後、避難開始までにかかる時間 【t2】; 階段等昇降速度 P2(m/秒)は 0.21m/秒

（「津波避難ビルに係わるガイドライン」H17 年 6 月　内閣府）

津波到達予想時間 T を 15 分、地震発生後避難開始までにかかる時間 t 1 を 5 分、階段等昇降時間を 2 分とすると、避難可能距離 L1 は、（15－5－2）×60 秒×1m/秒＝480m となる。

これに安全率 1.2 を加味し、避難可能距離は 400m以内で計画する。

避難拠点からの避難可能距離の図を次頁に添付する。

参考 宮城県津波被害予測調査（H23 年 2 月 1 日）: 40 分～60 分
仙台市津波河川遡上シミュレーション（H18 年 3 月）: 45 分程度

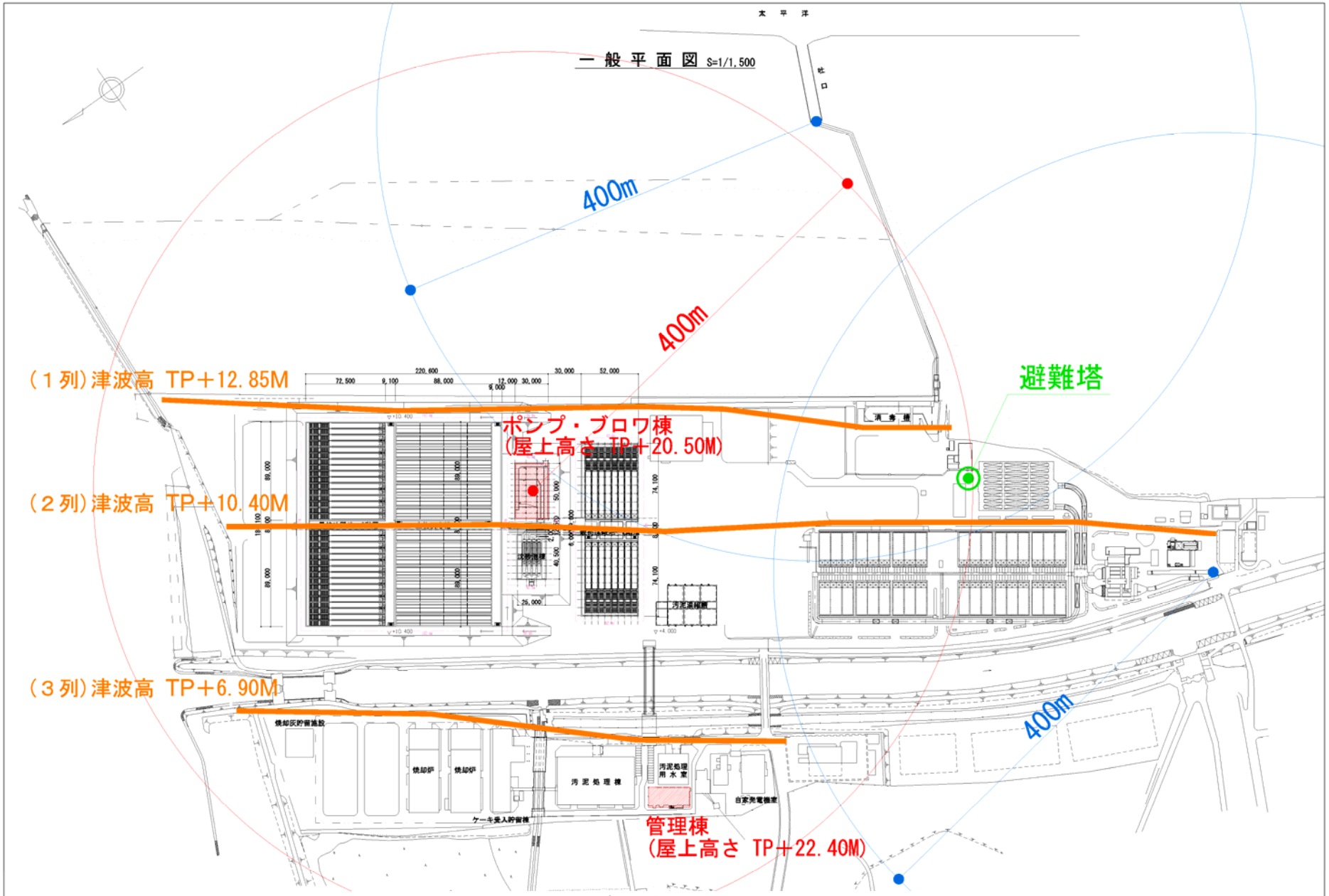


図 1　避難拠点（ポンプ・ブロワ棟）からの避難可能距離

2 生物反応槽の深さついて

2.1 深槽化の目的と課題

深層式生物反応槽は、施設のコンパクト化とともに、水槽構造物の高さを活かした津波対策を兼ねることができる。

ここでは、津波対策面から，生物反応槽の深層化について検討する。

生物反応槽の深槽化のメリットは次のとおりである。

① 施設のコンパクト化が図れる。

② 効率的な酸素供給が可能となる。

注）散気水深の増加により送風機の吐出圧力は増加するが、酸素分圧と混合液中の飽和酸素濃度が上昇するため酸素移動効率が高まる。なお、深槽生物反応槽の散気方式は旋回流方式が採用されている。

一方、深槽化に伴う課題としては以下の事項が指摘されている。

① 散気水深の増加により酸素供給効率は向上するが、同時に窒素の溶解量も増加する。これにより最終沈殿池で窒素の再気泡化が起こり、汚泥が浮上する場合がある。

② 汚泥の堆積防止および生物反応槽内の攪拌に必要な流速確保が困難になる場合がある。

③ 生物反応槽を深くしていくと、散気装置の設置密度が増加し、設置間隔が狭まるため、旋回流を阻害する恐れがある。

深槽式の限界深さを明確に記した文献はないが、上記のように散気装置の設置条件等より、旋回流を確保するためには、水深を最大 12m までとすることが妥当と考えられる。

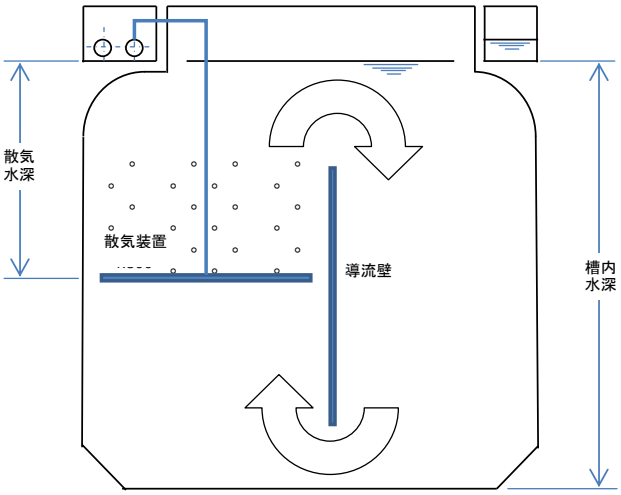


図 2　深槽式生物反応槽の旋回流方式

2.2 深槽式生物反応槽の実績

深槽式生物反応槽を採用している全国の下水処理場を調べてみると、圧倒的に水深 10m の施設数が多く、水深 12.1m を超える生物反応槽の採用事例はない。

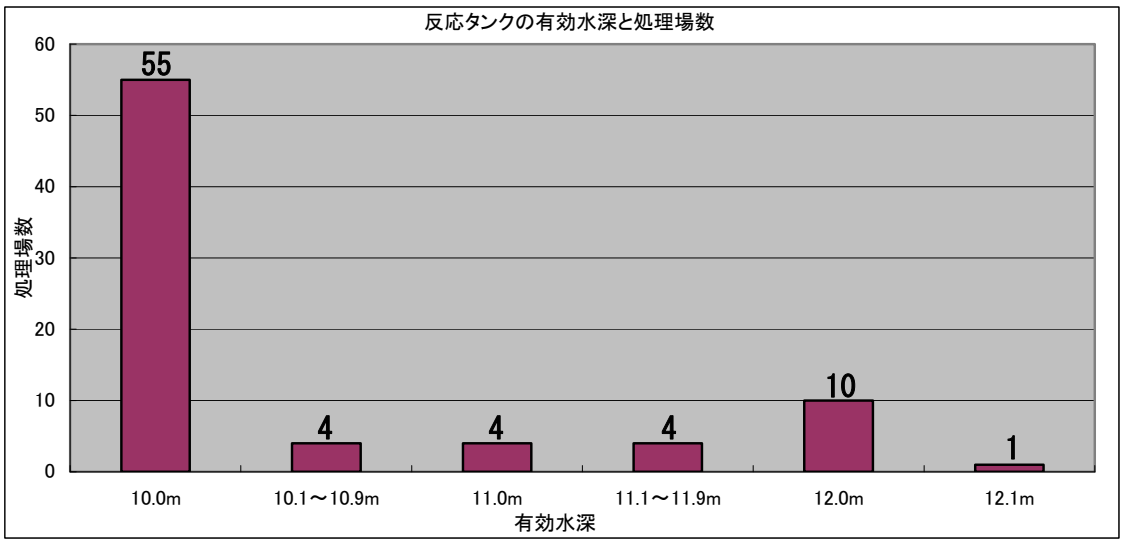


図 3　深槽式生物反応槽の有効水深と処理場数

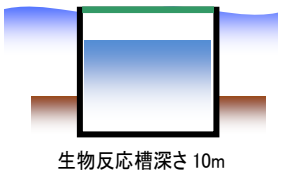
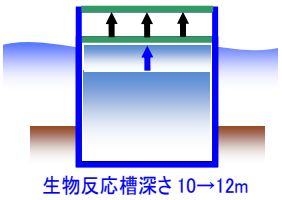
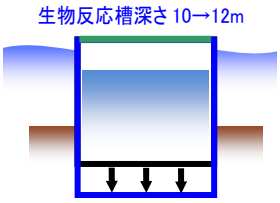
表 2　深槽式生物反応槽の処理水量別施設数

水深 m / 水量 m3/日	10.0	10.1～10.9	11.0	11.1～11.9	12.0	12.1
～10,000m3/日以下	6					
～50,000m3/日以下	22	1	3	1	5	1
～100,000m3/日以下	10	2	1	2	4	
～300,000m3/日以下	14			1	1	
300,000m3/日超～	3	1				
計	55	4	4	4	10	1

2.3 深槽式生物反応槽の水深比較

生物反応槽内の容量は一定のため水深を深くすると縦横の寸法を小さくすることが可能となる。生物反応槽の水深について 10m と 12m の比較を行うと表 2 のとおりである。ここで、水深 12mについては水位を上げた場合と池底を下げた場合を併せて比較する。

表 3　深槽式生物反応槽　水深 10.0m と 12.0m の比較

ケース		水深 10.0m		水深 12.0m			
				①水位を上げた場合 		②池底を下げた場合 	
津波対策レベル		既往最高水位		既往最高水位＋2.0m		既往最高水位	
建設費（百万円）	ポンプ	1,924		2,020		1,924	
	躯　体	7,616		7,301		7,301	
	土　工	288		249		320	
	盛土工	4		5		4	
	仮設工	583		503		648	
	排水工	113		97		97	
	合　計	10,528	△	10,175	◎	10,294	○
ポンプ動力費	全揚程	14.1m		16.1m		14.1m	
	電力量	4,541,184kwh/年		5,179,788kwh/年		4,541,184kwh/年	
	電力料金	45.4 百万円/年	◎	51.8 百万円/年	△	45.4 百万円/年	◎
維持管理性（清掃等）		現在使用しているバキューム車で対応可能	○	特殊バキューム車を用意する必要がある	△	特殊バキューム車を用意する必要がある	△
実　績		多い	○	少ない	△	少ない	△
総合評価		建設費で僅かに劣るが、維持管理性、実績で勝る	◎	建設費及び津波対策として最も有利となるが、関連して最終沈殿池も嵩上げする必要があり、別途費用が生じる。動力費、維持管理性、実績で劣る	△	建設費で僅かに有利となるが、維持管理性、実績で劣る	○

※電力単価：10 円/kwh

生物反応槽の深層化は 12m が限界であり、この深さの中で各ケースとも、津波対策、コスト面、維持管理性で大差はないことから、生物反応槽の深さは、実施設計において詳細な比較検討を行い、決定する。

資料３

施設の本復旧案の選定について

平成 23 年 8 月 4 日

建　　設　　局

1　復旧案 1
1.1　復旧位置 1
1.2　復旧案の立案 2

1 復旧案

1.1 復旧位置

復旧位置は、現位置もしくはその近辺とすることを第２回委員会で決定した。

配置案は、現用地、新用地（国有林、民地）、海側用地の３用地で比較する。

図 1　復旧位置の候補地

■現用地内

現用地内の生物反応槽、最終沈殿池を検討用地として施設配置検討を行う。

■新用地（民地、保安林）　約 7.1ha

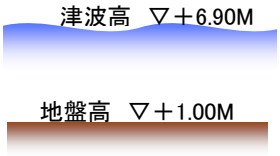
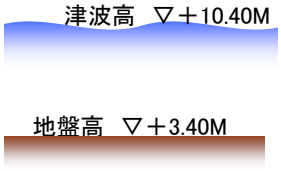
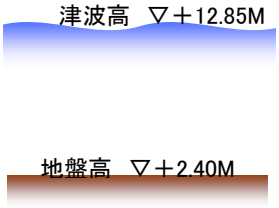
汚泥棟西側に隣接する保安林（国有林）及び民地を検討用地として施設配置検討を行う。

■海側用地　約 10.5ha

現用地東側（沿岸側）に隣接する現在防潮林である海側用地を検討用地として施設配置検討を行う。

また、復旧位置別に特性評価をまとめると、表１の通りである。

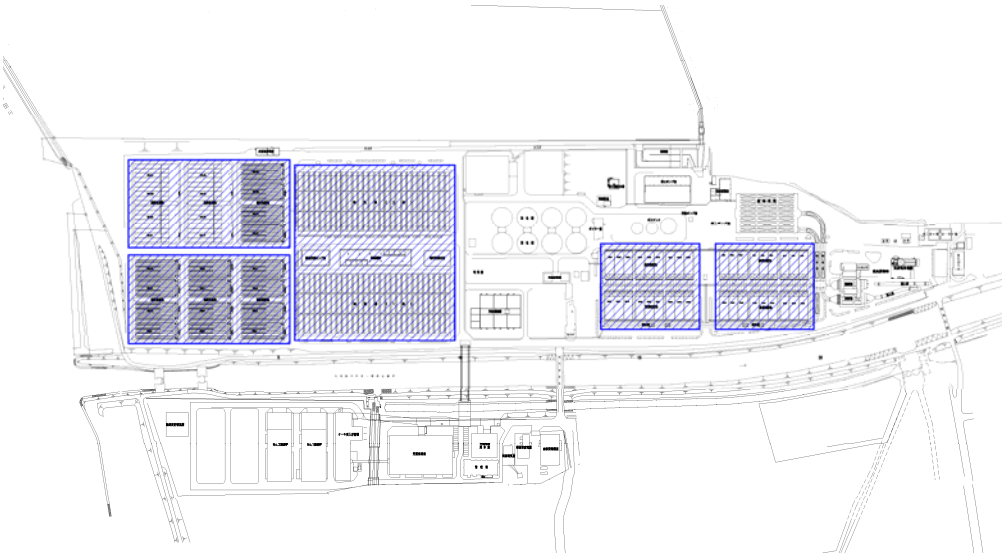
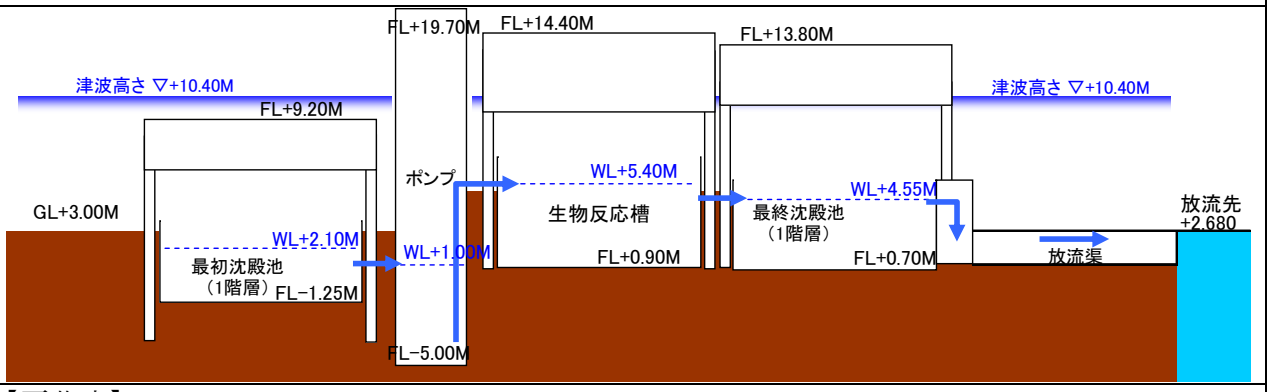
表 1　復旧位置別の特性評価

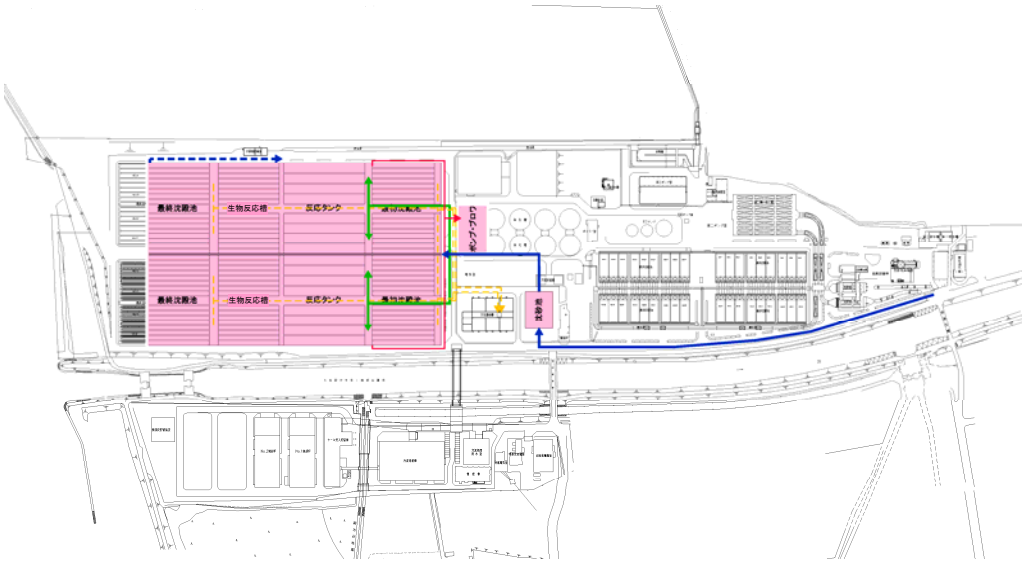
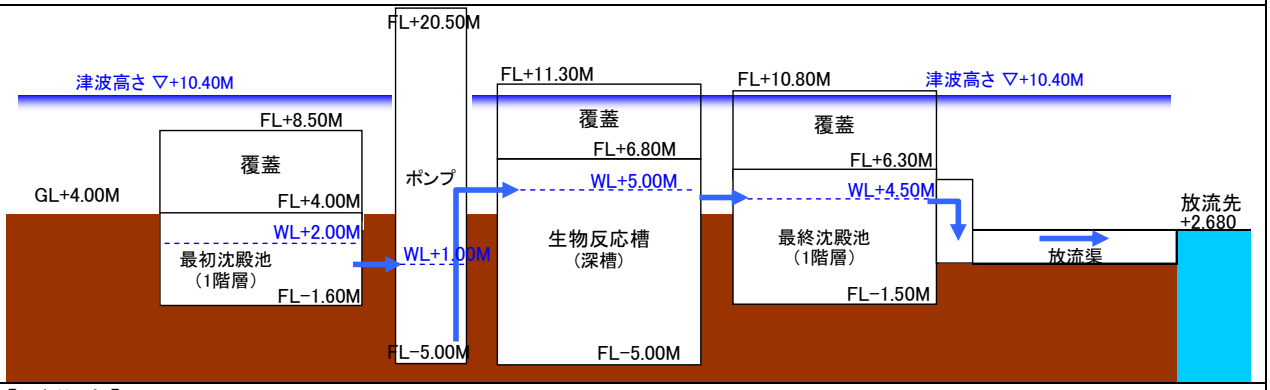
項目	新用地(国有林、民地)	現用地	海側用地
位置及び土地利用	・汚泥処理施設の西側の林野庁用地及び民地 ・現在は、防潮林及び水田	・現在の水処理施設位置 ・現在の水処理施設を撤去して建設	・現在の水処理施設の海側の海側用地内 ・現在は、松林(防潮林)帯
津波高さ			
用地買収の要否	**必要**	不要	不要
地盤条件	・地盤はＮ値 10 前後の緩い砂層 ・基礎杭が必要	・地盤はＮ値 30 以上の砂層 ・直接基礎の採用が可能	・地盤はＮ値 30 以上の砂層だが表層部は緩い ・最初沈殿池は直接基礎の採用が可能 ・生物反応槽,最終沈殿池は基礎杭が必要
特性評価	・津波浸水深は、5.90m ・管理棟や汚泥処理施設に近く、一体的な運転管理が容易 ・民家に近く環境面の配慮が必要	・津波浸水深は、7.00m ・管理棟や汚泥処理施設に近く、一体的な運転管理が容易 ・環境面の対策は現状と同じ ・新設する場合、既存施設の撤去が不可欠	・津波浸水深は、10.45m ・管理棟や汚泥処理施設と離れ、一体的な運転管理に難あり ・民地より最も遠く環境影響も少ない

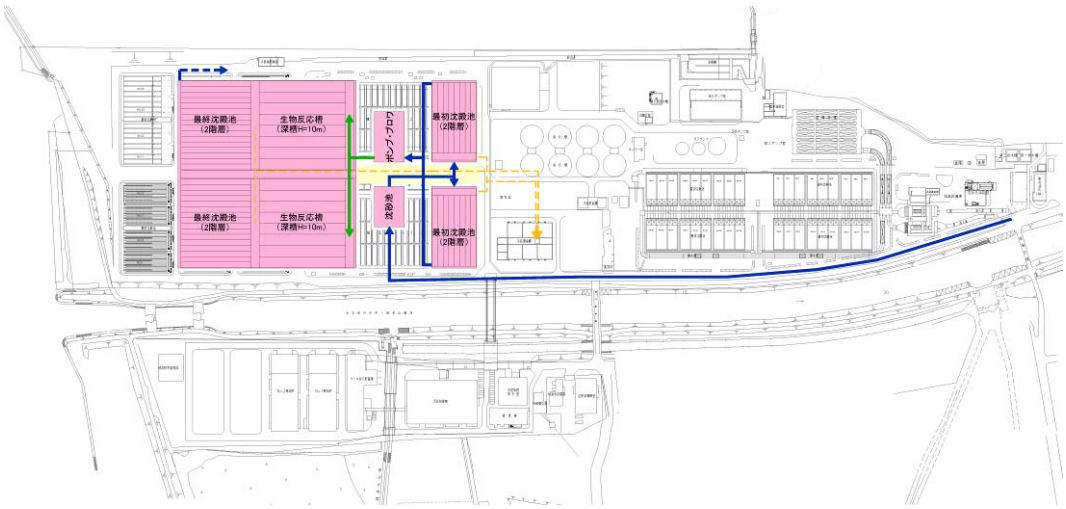
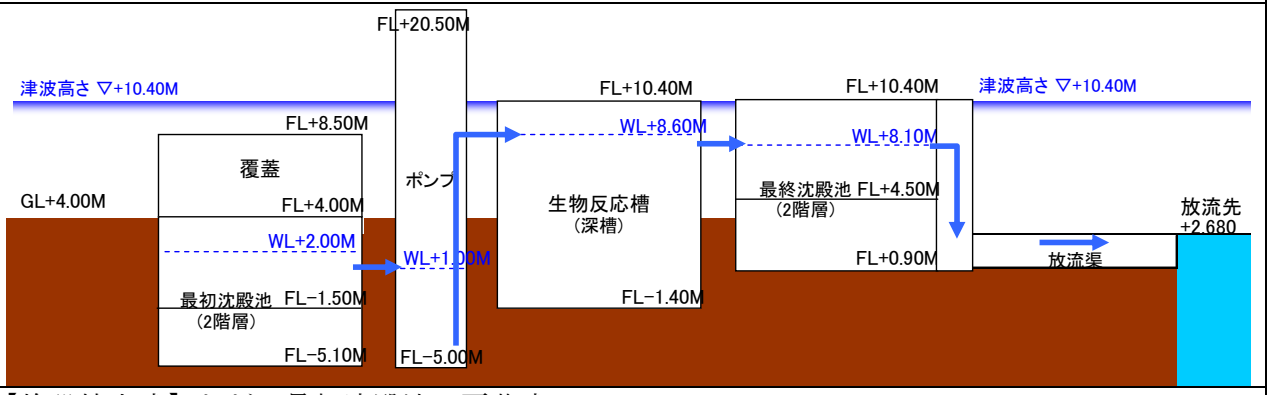
注）地盤高は被災後の現状地盤高を示す。

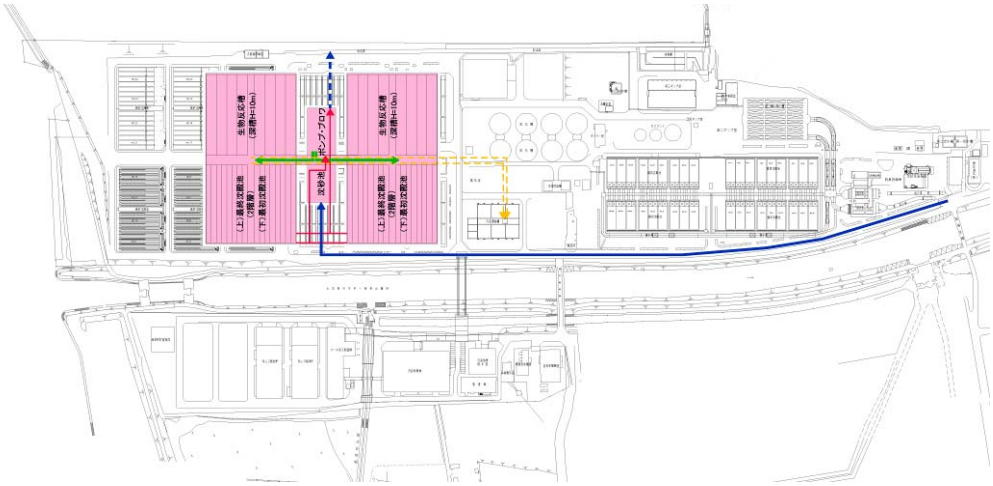
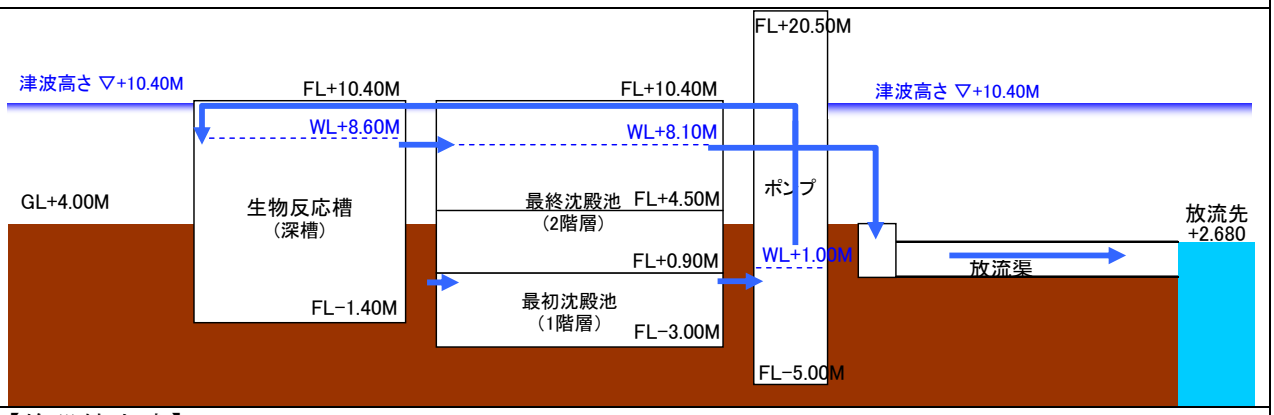
1.2　復旧案の立案

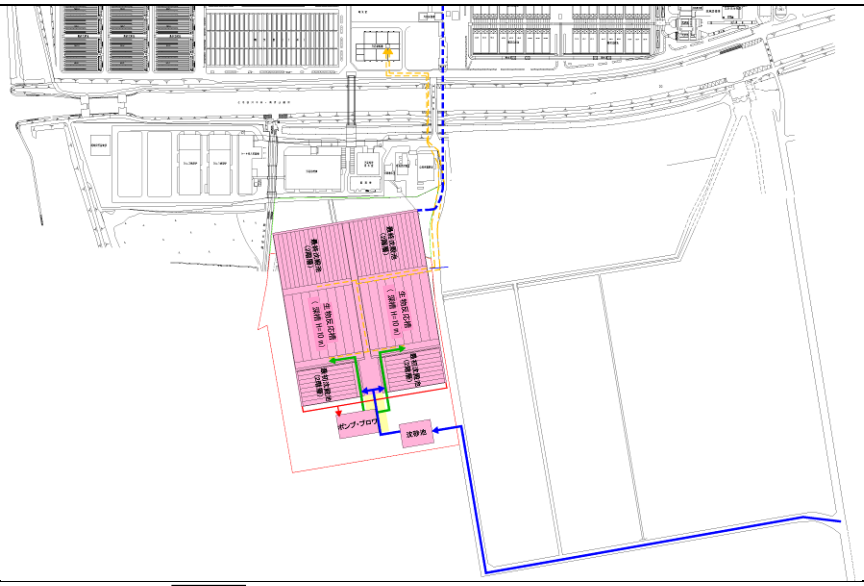
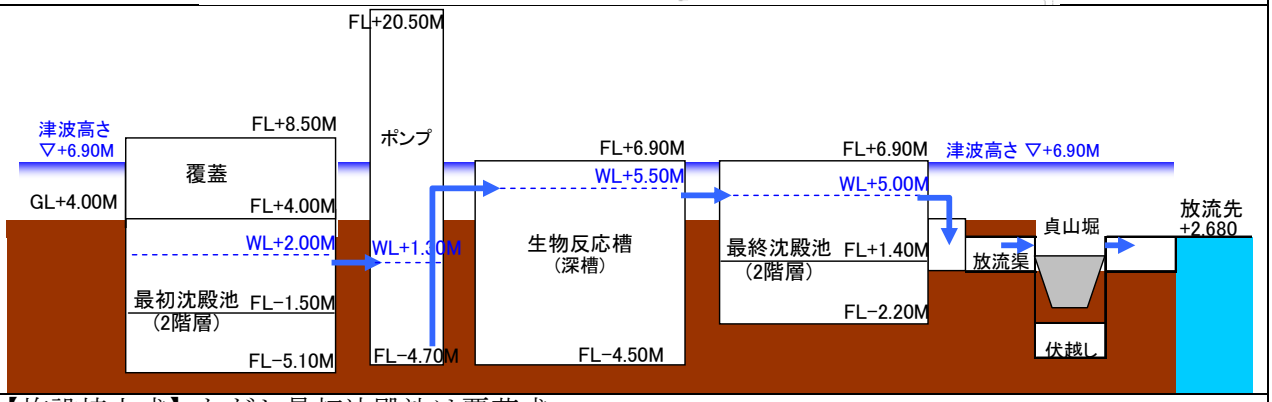
復旧案の立案は、津波対策を重視した構造を前提とし、復旧予定位置（現用地、新用地、海側用地）に対し、様々な組合せによる比較検討を行った結果、下記に示す 6 ケースを抽出した。なお、新設案については、現行基準に適合した耐震構造とする。

ケース No.	1
施設配置案	原形復旧
平面図	
断面概略図	
津波対策	【覆蓋式】 ・津波による建屋内の完全止水は困難。 ・作業員の安全確保はポンプ棟、避難塔の設置により対応する。 ・水処理施設が防潮堤の役目をし、汚泥処理施設への津波の影響を軽減できる。
工期	約 55 ヶ月
概算工事費	約 930 億円
維持管理費 (水処理電気)	約 1.7 億円/年
維持管理性	・維持管理動線は現状と同じ。 ・覆蓋式のため、出入り口や窓が限定され、さらに防水対策を行うため日常管理の効率性が低下する。
課題	・現状の生物反応槽、最終沈殿池間の道路幅員が確保できない。 ・各池間の道路に覆蓋の柱脚が必要となり、実質的に維持管理車両の進入が不可となる。 ・現状施設の修繕に際し杭の補強等に大規模な仮設工事が必要となる。 ・最初沈殿池については使用中のため段階的な施工が必要となる。

ケース No.	2
施設配置案	現用地内にて新設（1 階層） 最初沈殿池（1 階層）＋生物反応槽（深槽）＋最終沈殿池（1 階層）
平面図	
断面概略図	
津波対策	【覆蓋式】 ・津波による建屋内の完全止水は困難。 ・作業員の安全確保はポンプ・ブロワ棟屋上、避難塔への避難により対応する。 ・水処理施設が防潮堤の役目をし、汚泥処理施設への津波の影響を軽減できる。
工期	約 50 ヶ月
概算工事費	約 800 億円
維持管理費 （水処理電気）	約 1.7 億円/年
維持管理性	・覆蓋式のため、出入り口や窓が限定され、さらに防水対策を行うため日常管理の効率性が低下する。
課題	・既設水処理構造物、杭の撤去後の施工となる。

ケース No.	3
施設配置案	現用地内にて新設（2 階層） 最初沈殿池（2 階層）＋生物反応槽（深槽）＋最終沈殿池（2 階層）
平面図	
断面概略図	
津波対策	【施設持上式】ただし最初沈殿池は覆蓋式 ・最初沈殿池は津波による建屋内の完全止水は困難。 ・作業員の安全確保はポンプ・ブロワ棟屋上、避難塔への避難により対応する。 ・水処理施設が防潮堤の役目をし、汚泥処理施設への津波の影響を軽減できる。
工期	約 46 ヶ月
概算工事費	約 660 億円
維持管理費 （水処理電気）	約 1.7 億円/年
維持管理性	・最初沈殿池は覆蓋式となり、出入り口や窓が限定され、さらに防水対策を行うため日常管理の効率性が低下する。 ・施設高まで盛土を施す。スロープの設置により維持管理性は確保できる。
課題	・既設水処理構造物、杭の撤去後の施工となる。

ケース No.	4
施設配置案	現用地内にて新設（3 階層） 生物反応槽（深槽）＋最初沈殿池（1 階層）・最終沈殿池（2 階層）
平面図	
断面概略図	
津波対策	【施設持上式】 ・最初沈殿池の一部は覆蓋式となり津波による建屋内の完全止水は困難 ・作業員の安全確保はポンプ・ブロワ棟屋上、避難塔への避難により対応する。 ・津波に対し構造物の短辺方向を配置することにより波圧に対する安全性が向上できる。 ・水処理施設が防潮堤の役目をし、汚泥処理施設への津波の影響を軽減できる。
工期	約 46 ヶ月
概算工事費	約 650 億円
維持管理費 （水処理電気）	約 1.7 億円/年
維持管理性	・施設高まで盛土を施す。スロープの設置により維持管理性は確保できる。 ・最初沈殿池と最終沈殿池の複層構造となるため、掻寄機等の点検、清掃に対する対策が必要となる。
課題	・既設水処理構造物、杭の撤去が必要となる。

ケース No.	5
施設配置案	新用地内にて新設 最初沈殿池（2 階層）＋生物反応槽（深槽）＋最終沈殿池（2 階層）
平面図	
断面概略図	
津波対策	【施設持上式】ただし最初沈殿池は覆蓋式 ・最初沈殿池は津波による建屋内の完全止水は困難 ・作業員の安全確保はポンプ・ブロワ棟屋上、避難塔への避難により対応する。 ・津波に対し構造物の短辺方向を配置することにより波圧に対する安全性が向上できる。 ・汚泥処理施設の津波対策強化が必要となる。
工期	約 45 ヶ月　（用地取得手続き除く）
概算工事費	約 710 億円
維持管理費 （水処理電気）	約 1.6 億円/年
維持管理性	・最初沈殿池は覆蓋式となり、出入り口や窓が限定され、さらに防水対策を行うため日常管理の効率性が低下する。 ・施設高まで盛土を施す。スロープの設置により維持管理性は確保できる。 ・管理棟、汚泥処理施設からの距離も近く、維持管理性が良い。
課題	・用地取得が必要となる。（保安林、民地） ・国有林部の防潮林の伐採が必要となる。 ・民地は水田であるため施工に先立ち地盤改良が必要となる。 ・地盤条件が悪く、杭基礎が必要となり工事費が増となる。 ・施工にあたっては更に隣接用地が必要となる。

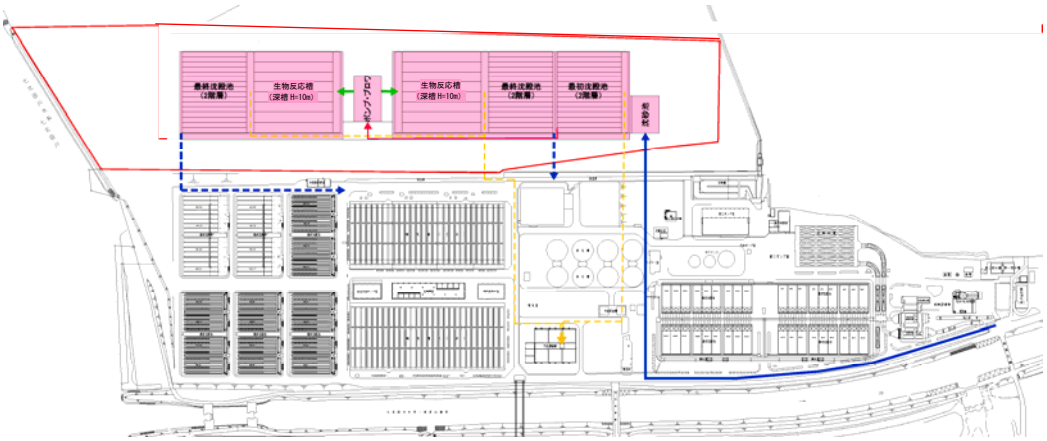
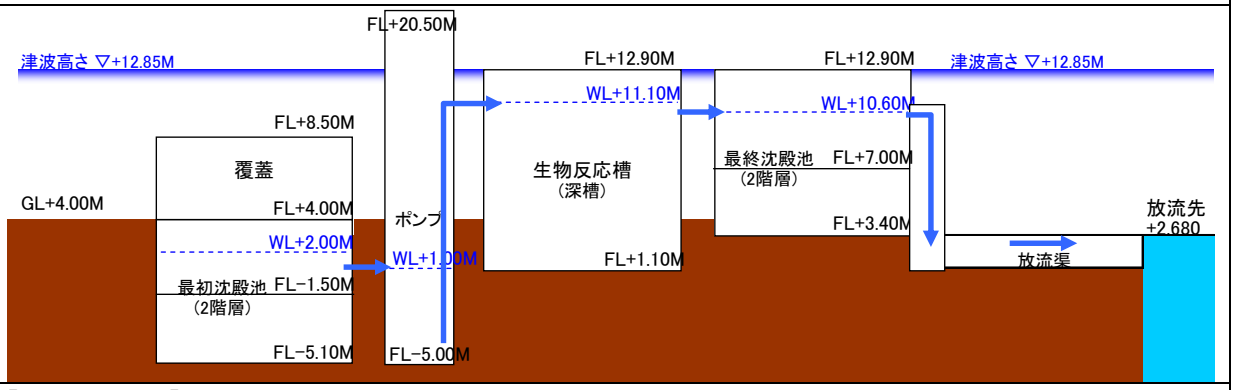
ケース No.	6
施設配置案	海側用地にて新設 最初沈殿池（2 階層）＋生物反応槽（深槽）＋最終沈殿池（2 階層）
平面図	
断面概略図	
津波対策	【施設持上式】ただし最初沈殿池は覆蓋式 ・最初沈殿池は津波による建屋内の完全止水は困難 ・作業員の安全確保はポンプ・ブロワ棟屋上、避難塔への避難により対応する。 ・水処理施設が防潮堤の役目をし、汚泥処理施設への津波の影響を軽減できる。 ・津波を直接受ける面積が最も大きく、波圧に対する構造上の対策が必要
工期	約 41 ヶ月
概算工事費	約 680 億円
維持管理費 (水処理電気)	約 1.8 億円/年
維持管理性	・最初沈殿池は覆蓋式となり、出入り口や窓が限定され、さらに防水対策を行うため日常管理の効率性が低下する。 ・施設高まで盛土を施す。スロープの設置により維持管理性は確保できる。 ・管理棟、汚泥処理施設からの距離が遠く、維持管理性が劣る。
課題	・保安林の伐採が必要となる。 ・新設流入渠が既設放流渠の下越しが必要となる。 ・地盤条件が悪く、杭基礎が必要となり工事費が増となる。

表 2　復旧案比較表

項目		ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
津波対策	作業員安全確保	避難拠点に避難(ﾎﾟﾝﾌﾟ棟、避難塔)	避難拠点に避難(ﾎﾟﾝﾌﾟ・ﾌﾞﾛﾜ棟、避難塔)	避難拠点に避難(ﾎﾟﾝﾌﾟ・ﾌﾞﾛﾜ棟、避難塔)	避難拠点に避難(ﾎﾟﾝﾌﾟ・ﾌﾞﾛﾜ棟、避難塔)	避難拠点に避難(ﾎﾟﾝﾌﾟ・ﾌﾞﾛﾜ棟、避難塔)	避難拠点に避難(ﾎﾟﾝﾌﾟ・ﾌﾞﾛﾜ棟、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

資料４

環境に配慮した取組みについて（案）

平成 23 年 8 月 4 日

建　　設　　局

1　環境に配慮した取組みについて 1
1.1　現状の電力使用量と温室効果ガス排出量 1
1.1.1　電力使用量 1
1.1.2　温室効果ガス排出量 3
1.2　環境に配慮した取組み方針 5
1.3　復旧後の環境技術の導入検討について 9
2　施設計画における栄養塩類除去について 10
2.1　放流水の実績 10
2.2　放流先の環境基準 10
2.3　計画放流水質 11
2.3.1　設定値 11
2.3.2　計画放流水質と処理方式 11
2.4　さらなる水質向上への対応 12

1 環境に配慮した取組みについて

復旧にあたっては、環境に配慮したエネルギー自立型の処理場を目指し、省エネルギーや創エネルギーの技術導入を進める。

1.1 現状の電力使用量と温室効果ガス排出量

1.1.1 電力使用量

南蒲生浄化センターの処理水量当たりの電力使用量は、約 0.27～0.29kwh/m3 となっており、これは全国の年間処理水量 100,000 千 m3（日平均：約 274,000m3/日）以上の処理場の平均値 0.38kwh/m3 及び標準法のみを採用している処理場の平均値 0.38 kwh/m3 に比べて、約 7 割程度と低い水準となっている。

表 1　年度別電力使用量（南蒲生浄化センター）

項目	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20
下水処理量(高級処理)　(千m^3)	118,568	120,923	118,364	117,479	122,767	123,839	119,274	127,193	118,558	121,296
(一次処理)	7,141	4,148	4,266	3,430	1,630	1,895	1,208	2,764	1,983	2,900
(総量)	125,709	125,071	122,630	120,909	124,397	125,734	120,482	129,957	120,541	124,196
総電力使用量　(千kwh)	33,777	35,767	34,893	35,144	33,974	35,760	35,370	37,148	34,175	34,490
処理量当たり電力使用量　(kwh/m3)	0.269	0.286	0.285	0.291	0.273	0.284	0.294	0.286	0.284	0.278

出典：H2～H16 年度：下水道統計、H17～20 年度：管理年報

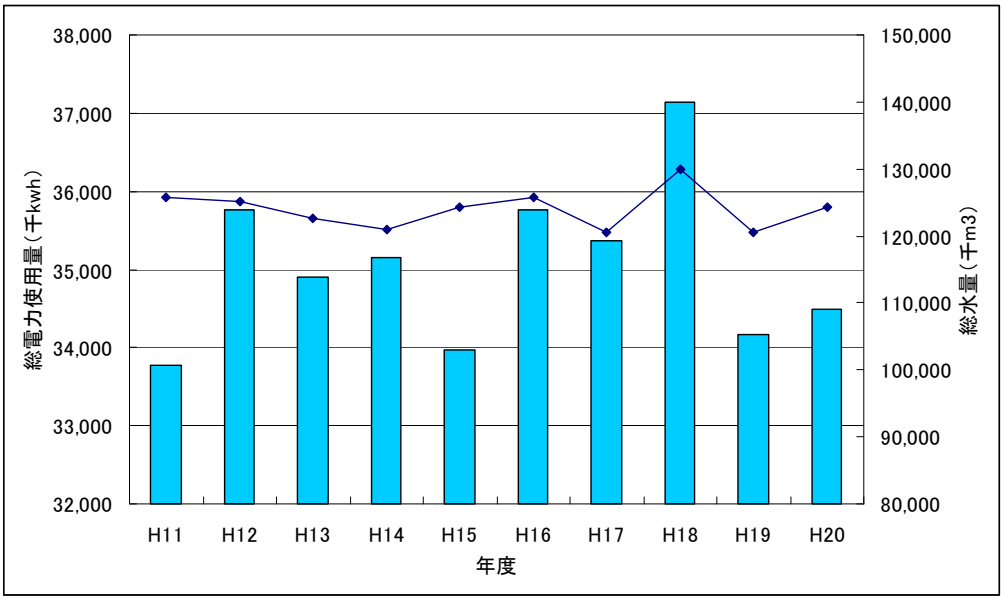


図 1　総電力使用量の推移

表 2　処理場の電力使用量（処理水量：100,000 千 m3/年以上,日平均：約 274,000m3/日以上）

都道府県名	市町村等団体名	処理場名	処理方式	年間処理水量 m3/年	年間電力使用量 千kWh/年	処理水当たり電力使用量 kwh/m3
宮城県	仙台市	南蒲生浄化センター	標準活性汚泥法	124,196,920	34,472.0	0.278
埼玉県	荒川左岸流域	荒川水循環センター	標準活性汚泥法，循環式硝化脱窒法	254,244,290	80,650.5	0.317
埼玉県	荒川右岸流域	新河岸川水循環センター	標準活性汚泥法，循環式硝化脱窒法	188,873,350	71,313.0	0.378
埼玉県	中川流域	中川水循環センター	標準活性汚泥法，循環式硝化脱窒法	149,240,615	67,024.0	0.449
千葉県	江戸川左岸流域	江戸川第二終末処理場	標準活性汚泥法，その他処理方法	119,895,110	44,878.2	0.374
東京都	東京都区部	三河島水再生センター	標準活性汚泥法	159,675,520	55,690.6	0.349
東京都	東京都区部	砂町水再生センター	標準活性汚泥法，嫌気無酸素好気法	131,155,900	120,665.1	0.920
東京都	東京都区部	芝浦水再生センター	標準活性汚泥法	244,632,900	65,149.9	0.266
東京都	東京都区部	落合水再生センター	標準活性汚泥法※	147,541,320	41,070.0	0.278
東京都	東京都区部	森ヶ崎水再生センター	標準活性汚泥法，嫌気無酸素好気法	471,709,350	119,534.2	0.253
東京都	東京都区部	新河岸水再生センター	標準活性汚泥法	214,703,520	75,557.2	0.352
東京都	東京都区部	葛西水再生センター	標準活性汚泥法	127,580,730	74,179.0	0.581
神奈川県	相模川流域	柳島管理センター	標準活性汚泥法	151,850,390	66,517.0	0.438
神奈川県	横浜市	神奈川水再生センター	標準活性汚泥法，嫌気無酸素好気法	110,232,000	31,633.0	0.287
滋賀県	琵琶湖流域	湖南中部浄化センター	ステップ流入式多段硝化脱窒法，循環式硝化脱窒法，嫌気無酸素好気法	100,535,363	48,531.0	0.483
京都府	京都市	鳥羽水環境保全センター	標準活性汚泥法，ステップ流入式多段硝化脱窒法，嫌気無酸素好気法	257,968,880	65,637.8	0.254
大阪府	寝屋川流域	鴻池水みらいセンター	ステップエアレーション法，嫌気好気活性汚泥法	115,778,476	46,585.6	0.402
大阪府	寝屋川流域	川俣水みらいセンター	ステップエアレーション法	148,189,687	37,739.0	0.255
大阪府	猪名川流域	原田処理場	標準活性汚泥法，嫌気無酸素好気法	107,598,300	50,545.0	0.470
大阪府	大阪市	平野下水処理場	標準活性汚泥法	100,617,104	38,963.0	0.387
兵庫県	武庫川流域	武庫川下流浄化センター	標準活性汚泥法，循環式硝化脱窒法	102,192,665	24,526.6	0.240
					平均	0.382
					標準活性汚泥法のみ平均	0.379

出典：下水道統計H20版
：標準活性汚泥法のみの処理場
※後段に急速ろ過を設置

1.1.2 温室効果ガス排出量

南蒲生浄化センターの電力の使用に伴う温室効果ガス排出量を施設別に見ると、ブロワ室、主ポンプ室、返送汚泥ポンプ室で全体の約 1/2 を占めている状況にあることから、水処理施設としてはこれらの施設について省エネ化を図り、温室効果ガスの削減を図ることが効果的である。

しかし、南蒲生浄化センターでは、前頁からも明らかなように処理水量当たりの電力使用量は小さい状況である。これは、流入水量に追従した主ポンプの運転が可能となるインバータ制御方式の採用、散気装置の一部に超微細気泡式を取り入れるなど積極的に省エネに取り組んでいる結果であると言える。

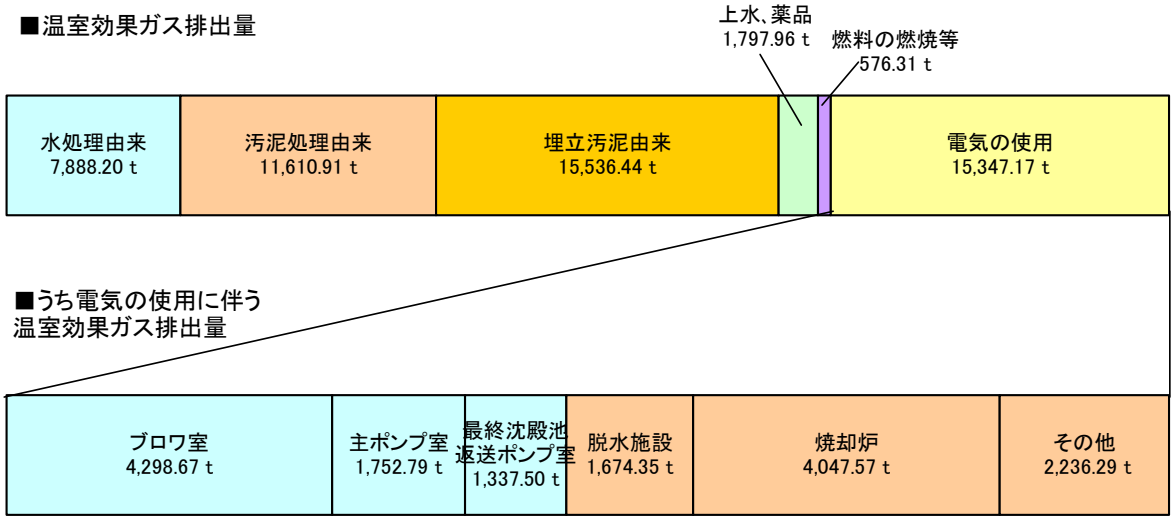
表 3　電力使用量および温室効果ガス排出量

項目	処理量	CO2排出量(t-CO_2)	
下水(千m^3)	115,866.69	7,888.20	14.95%
汚泥焼却(t)	79,286.65	11,610.91	22.01%
埋立汚泥(DSt)	5,562.64	15,536.44	29.45%

項目	使用量	CO2排出量(t-CO_2)	
電力 (千Kwh)	32,723.18	15,347.17	29.09%
重油 (kℓ)	214.22	559.02	1.06%
ガソリン等 (kℓ)	2.18	4.78	0.01%
LPG (t)	8.32	12.51	0.02%
上水 (m^3)	17,449.00	34.90	0.07%
苛性ソーダ (t)	721.93	866.31	1.64%
高分子凝集剤(t)	104.63	680.10	1.29%
その他薬品	673.69	216.65	0.41%

合 計	52,756.99	100.00%

出典：平成 21 年度南蒲生浄化センター環境レポートより



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 2　施設別の温室効果ガス排出量グラフ

1.2 環境に配慮した取組み方針

下水道施設に導入を検討すべき省エネルギーおよび創エネルギー対策は、国交省の資源のみち委員会で提示された「下水道分野の省エネ・創エネ対策に関する技術情報データベース（案)」に示されている。

南蒲生浄化センター水処理施設の復旧において導入検討を行う主な省エネルギーおよび創エネルギーに関する取組みは次のとおりである。

a） 省エネルギーの取組み

項目	技術内容	検討結果(削減量) 千 Kwh／年	削減率 %
散気装置	・ 全系列の散気装置を酸素溶解効率が高い酸気装置を選定する。 ・ 散気装置の設置水深を適切な位置とする。	1,741.47	19.0
主ポンプの無注水化	・ セラミックス軸受け・メカニカルシールの採用により、軸受け・軸封部の無注水化を可能にする	160.70 増※ （149.49）	4.3 増 （4.0）
最終沈殿池 返送汚泥ポンプ室 の機種変更	・ 汚泥掻き寄せ機の機種変更を行う（サイフォンサイレンサーからチェーンフライト式に変更） ・ 返送汚泥ポンプの全揚程の低減、水位計算の見直し	1,662.61	58.3
管廊部や居室等に設置する器具	・ 省エネルギー型の機器を採用する例）LED 照明等の高効率照明の導入	－	－

※ カッコ内は軸封水動力の削減量であるが、揚程が高くなり主ポンプ室全体の電力量は増加する。

※ 散気装置の送風量は「消化抑制運転」で検討を行う。

b） 創エネルギーの取組み

項目	技術概要	検討結果（供給量） 千 Kwh／年	コスト への影響 百万円/年
太陽光発電	太陽光エネルギーを太陽電池モジュールにより電気エネルギーに変換するもの。	545	8.55 増
小水力発電	水路などの落差を利用して水車で発電するもの。概ね、1,000kW 以下。	860	4.08 増
処理水温度差 エネルギー	ヒートポンプを用いて、処理水からの熱利用を行うもの。	将来的に管理棟の冷暖房熱源として利用する	

※ 年内収支への影響は、年内供給電力料金を便益とし、施設建設費・保守費（年価）を減じたものを示す。

※ 最も施設面積の小さい施設検討案である「多層式」（ケース 4）で算出を行う。

c） **電力使用量及び Co_2 排出量削減効果**

最も施設面積の小さい施設検討案である「多層式」（ケース 4）を代表例として、省エネ効果の検証および創エネ技術の導入による電力使用量及び Co_2 排出量の削減効果の検証を行った。

１）省エネ技術

平成 21 年度電力使用量実績（被災前）をもとに、復旧後の水処理施設に省エネ技術を導入した場合の電力使用量及び Co_2 排出量、これに伴う支出削減費（電力費）について下表に示す。

表 4　省エネ技術の導入による電力使用量及び Co_2 排出量削減効果

施設名	被災前		比率	復旧後	
	電力使用量(千Kwh)	CO2排出量(t-CO2)	復旧後/被災前	電力使用量(千Kwh)	CO2排出量(t-CO2)
ブロワ室	9,165.61	4,298.67 t	81.0%	7,424.14	3,481.92 t
主ポンプ室	3,737.29	1,752.79 t	104.3% (96.0%)	3,897.99 (3,587.80)	1,828.16 t (1,682.68 t)
最終沈殿池返送ポンプ室	2,851.81	1,337.50 t	41.7%	1,189.20	557.73 t
脱水施設	3,570.04	1,674.35 t	100%	3,570.04	1,674.35 t
焼却炉	8,630.22	4,047.57	100%	8,630.22	4,047.57
その他	4,768.21	2,236.29 t	100%	4,768.21	2,236.29 t
合計	32,723.18	15,347.17 t	−	29,479.80	13,826.02
比率(復旧後/被災前)				90.1%	90.1%
温室効果ガス排出量削減量 (t-CO2)				−	1,521.15 t
電力使用量削減量 (千kwh)				3,243.38	−
支出削減費 (千円/年)				32,434	

※　カッコ内は軸封水動力の削減量であるが、揚程が高くなり主ポンプ室全体の電力量は増加する。

※　最終沈殿池・返送汚泥ポンプ室は、汚泥掻寄機の機種変更やポンプ揚程の低下により、電力使用量の大幅な削減が期待できる。

※　ブロワ室は、散気装置を超微細気泡式へ変更し、散気水深を深くすることにより、電力使用量の削減が期待できる。

※　電気量料金は 10 円/kwh とする。

２）創エネ技術

平成 21 年度電力使用量実績（被災前）をもとに、復旧後の水処理施設に創エネ技術を導入した場合における電力供給量及び Co_2 排出量、これに伴う支出削減費（電力費）について下表に示す。

創エネ技術の導入によって、年間約 1,400 千 kwh の電力供給量が見込まれるが、これは沈砂池・最初沈殿池と前曝気ブロワの年間電力使用量に相当する。

表 5　創エネ技術の導入による電力供給量及び Co_2 排出量削減効果

施設名	電力使用量(千Kwh)	CO2排出量(t-CO2)
太陽光発電	544.86	255.54 t
小水力発電	860.00	403.34 t
合計	1,404.86	658.88 t
支出削減費 （千円/年）	14,049	

※ 電気量料金は 10 円/kwh とする。

３）まとめ

南蒲生浄化センターにおいて、復旧後の水処理施設に省エネ技術および創エネ技術を導入した場合、電力使用量は 4,648.24 千 kwh、CO_2 排出量は 2,180.03t-CO_2 の削減となり、復旧前の 14.2%の削減効果が見込める。

a）電力使用量について

南蒲生浄化センターにおいて、平成 21 年度の電力使用量実績と、復旧後（省エネ・創エネ技術導入後）の電力使用量を比べると以下のようになる。

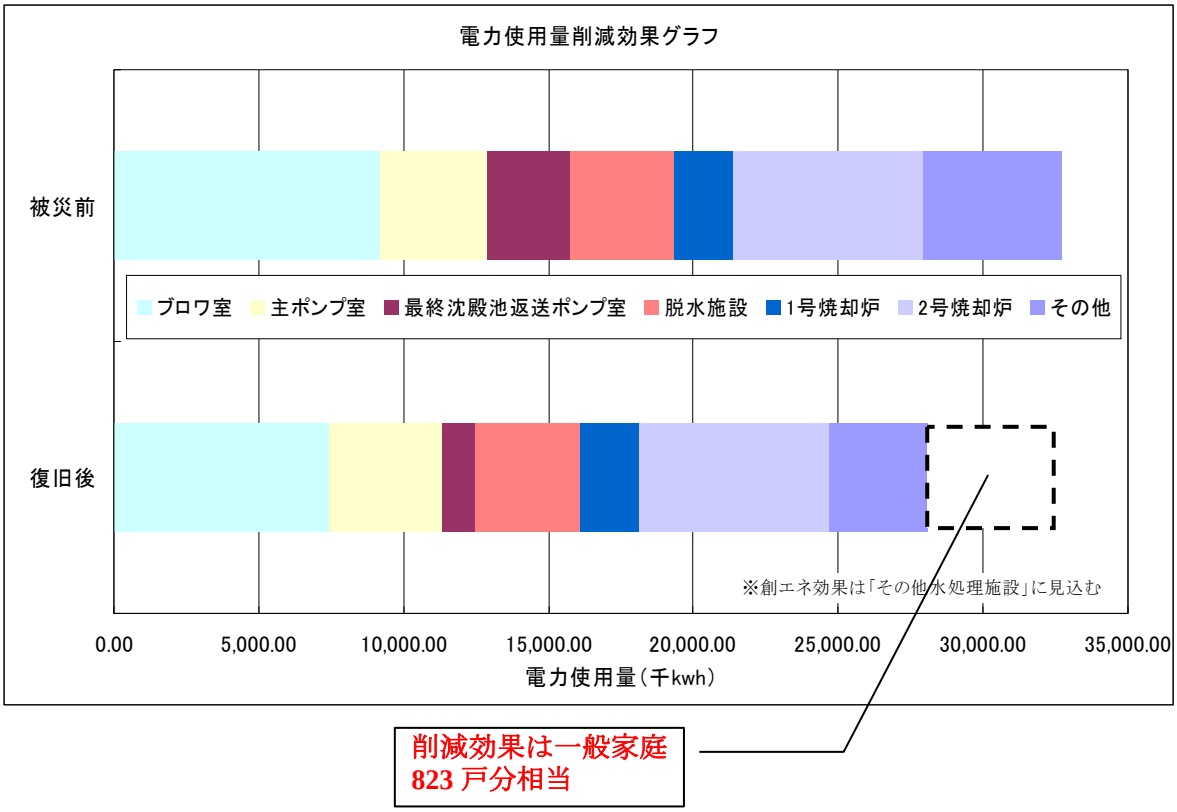


図 3　省エネ及び創エネ技術の導入による電力使用量削減効果

上図より、省エネ・創エネによる電力使用量の削減量は、年間約 4,648 千 kwh となる。これは一般家庭（標準 4 人世帯）の年間電気使用量を 5,650kWh（(財）省エネルギーセンターHP データ H19.3.7）とすると、およそ 823 戸相当分の電力削減効果となる。

また、創エネのうち太陽光発電については、純粋な自然エネルギーを利用しているため、災害時においても発電効果が得られる。検証の結果、太陽光発電の設備出力は、簡易処理に要する機器出力を十分にまかなうことができ、災害時のバックアップ電源としての活用が期待できる。

b）温室効果ガスについて

南蒲生浄化センターにおいて、平成 21 年度電力使用量実績をもとにした温室効果ガス排出量と復旧後の排出量を比べると以下のようになる。

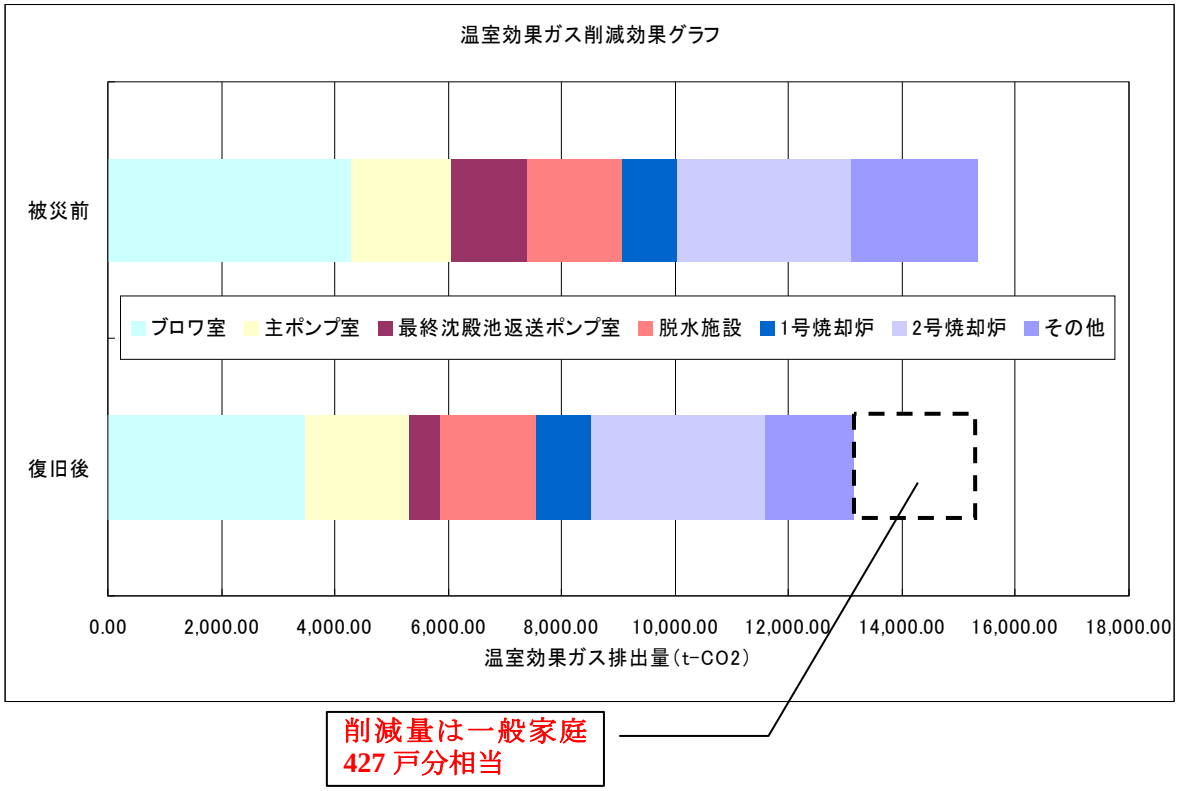


図 4　省エネ・創エネ技術の導入による温室効果ガス排出量削減効果

上図より、省エネ・創エネによる CO_2 排出量の削減量は、年間約 2,180t-CO_2 となる。これは一般家庭の年間 CO_2 排出量を 5.1t-CO_2（仙台市地球温暖化対策推進計画より引用；国立環境研究所　温室効果ガスインベントリオフィス）とすると、およそ 427 戸相当分の電力削減効果となる。

1.3　復旧後の環境技術の導入検討について

今回の復旧にあたっては、水処理施設は新設で、汚泥処理施設は原形復旧で対応することを予定していることから、水処理施設を中心に省エネ・創エネ技術の導入について具体検討を行ってきた。

現時点では、汚泥焼却施設の排熱利用、下水に含まれるりん回収、灰溶融、NAS 電池、消化ガス発電システムなどの環境技術が考えられるが、コストや市場性などの課題も多いことから、引き続き、調査研究を行い、中長期的な視点で検討していく。

2 施設計画における栄養塩類除去について

2.1 放流水の実績

南蒲生浄化センターの処理方式は「標準活性汚泥法」が採用されているが、運転方法の工夫により、流入下水中のりんは約８３％が除去されており、放流水域の水質保全に貢献していると言える。

表 6　流入・放流水質の実績（H20 年度）

項目又は物質	単位	流入	吐き口	除去率
生物化学的酸素要求量(BOD)	mg/L	169	8.8	95%
化学的酸素要求量(COD)	mg/L	117	13.8	88%
浮遊物質量	mg/L	145	5.0	97%
窒素含有量(分解)	mg/L	32	23.5	27%
りん含有量	mg/L	3	0.6	83%

※ 各数値は年間平均値を示す。
※ 流入は流入1と流入2の平均値を示す。

2.2 放流先の環境基準

南蒲生浄化センターの処理水の放流先に設定されている環境基準点（南蒲生浄化センター放流先海域の最近傍環境基準点）は「蒲生－３」であり、近年の水質状況は、ＣＯＤ1.2～1.5（H15～19 年度値：認可書より）となっており環境基準値を下回っている。南蒲生浄化センターの放流先の環境基準は以下の通り。

・放流先　　仙台港地先海域（乙）
・環境基準　　COD　3.0mg/L 以下
・環境基準点　　吐口より沖合い約 600m地点（蒲生-3）

※ 全窒素、全りんに係る類型指定はなし

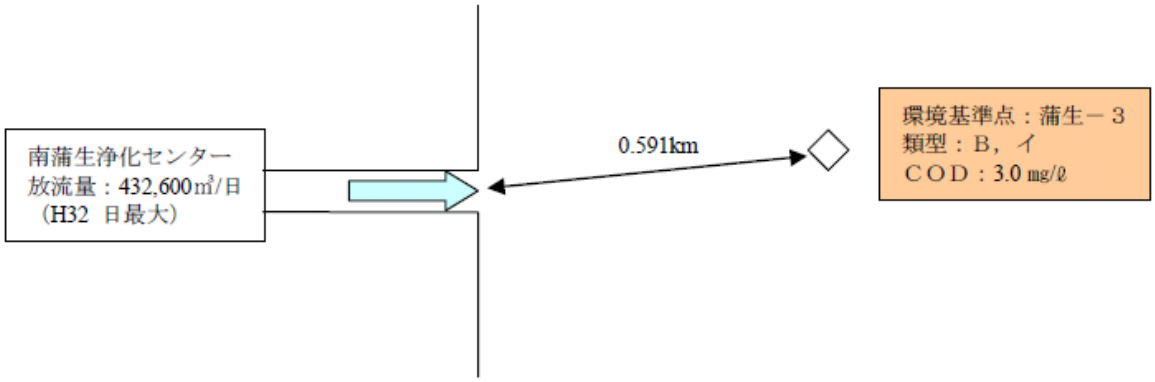


図 5　模式図（南蒲生浄化センターと放流先の環境基準）

2.3 計画放流水質

2.3.1 設定値

南蒲生浄化センターの計画放流水質は、下水道法施行令の上限値を採用し、BOD15mg/L としている。このとき、BOD を COD 換算することで、放流先の環境基準値 COD 3.0mg/L に対して満足することを検証している。

2.3.2 計画放流水質と処理方式

水処理施設の構造は下水道管理者が放流先の状況等を考慮して定める計画放流水質の区分に応じた処理方法により下水を処理する構造とすることとなっている。

これによれば、計画放流水質に全窒素、全りんの定めが無く、BOD が 15.0mg/L 以下の場合の処理方法は「標準活性汚泥法」となっており、当該浄化センターの復旧施設の処理方法は被災前と同様の「標準活性汚泥法」とする。

なお、南蒲生浄化センターの放流水質は、平成 21 年度実績で BOD 濃度 6.6mg/L である。

表 7　計画放流水質と処理方式（下水道法施行令別表より）

計画放流水質 (mg/L) 生物化学的酸素要求量	窒素含有量	燐含有量	標準活性汚泥法等	急速ろ過法を併用	凝集剤を添加	凝集剤を添加，急速ろ過を併用	循環式硝化脱窒法等 有機物を添加	急速ろ過法を併用	凝集剤を添加	有機物を添加，急速ろ過法を併用	有機物を添加，凝集剤を添加	凝集剤を添加，急速ろ過を併用	有機物及び凝集剤を添加，急速ろ過法を併用	嫌気好気活性汚泥法 急速ろ過法を併用	凝集剤を添加	凝集剤を添加，急速ろ過を併用	嫌気無酸素好気法 有機物を添加	急速ろ過法を併用	凝集剤を添加	有機物を添加，急速ろ過法を併用	有機物を添加，凝集剤を添加	凝集剤を添加，急速ろ過を併用	有機物及び凝集剤を添加，急速ろ過法を併用
10以下	10以下	0.5以下																					◎
		0.5を超え1以下											◎										◎
		1を超え3以下											◎							◎			○
		－								◎			○							◎			○
	10を超え20以下	1以下										◎	○									◎	○
		1を超え3以下										◎	○					◎		○		○	○
		－						◎		○		○	○					◎		○		○	○
	－	1以下				○						○	○			◎						◎	○
		1を超え3以下				○						○	○		◎	○		◎		○		○	○
		－		◎		○		○		○		○	○		○	○		○		○		○	○
10を超え15以下	20以下	3以下							◎			○	○				◎	○	○	○	○	○	○
		－					◎	○	○	○	○	○	○				◎	○	○	○	○	○	○
	－	3以下			○	○			○		○	○	○	◎	○	○	◎	○	○	○	○	○	○
		－	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

（注）1　標準活性汚泥法等とは，以下の7つの方法を指す。
標準活性汚泥法，オキシデーションディッチ法，長時間エアレーション法，回分式活性汚泥法，酸素活性汚泥法，好気性ろ床法，接触酸化法

2　循環式硝化脱窒法等とは，以下の4つの方法を指す。
循環式硝化脱窒法，硝化内生脱窒法，ステップ流入式多段硝化脱窒法，高度処理オキシデーションディッチ法

◎印　令第5条の6第1項第4号に示された処理方法

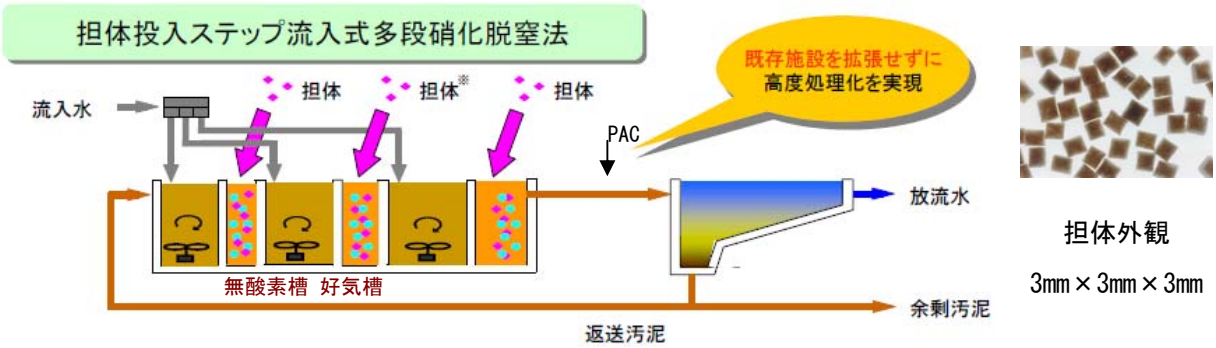
2.4 さらなる水質向上への対応

将来、公共水域の更なる水質向上要求や新たな水利用計画が立案され、処理水質について全窒素、全りん等の除去が必要となった場合の対応（高度処理化）は、新たに水処理施設を構築するのではなく、既存施設を活用し高度処理化を図る手法を基本とする。

通常、高度処理化を図るためには 2～3 割程度、生物反応槽を拡幅する必要があるが、新技術を用いることにより既存処理施設を改造（ステップ水路・循環ポンプの設置、生物反応槽の隔壁の変更など）し、従来の処理水質以上の水質が得られる処理方法へ変更するものとする。以下、既存施設（生物反応槽）の改造による高度処理化の技術例を示す。

■担体投入型ステップ流入式多段硝化脱窒法

窒素除去を目的に硝化－脱窒工程を設けるが、窒素除去率の向上と反応槽のコンパクト化を図るため、無酸素槽と好気槽（担体添加）を一つのブロックとして複数段の直列構成とし、一次処理水を各段の無酸素槽へステップ流入させ、処理の効率化を図った方式。

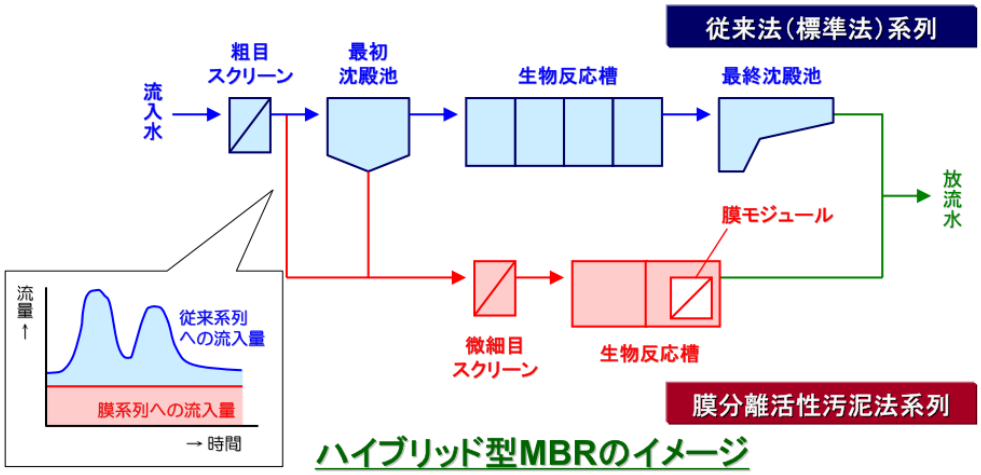


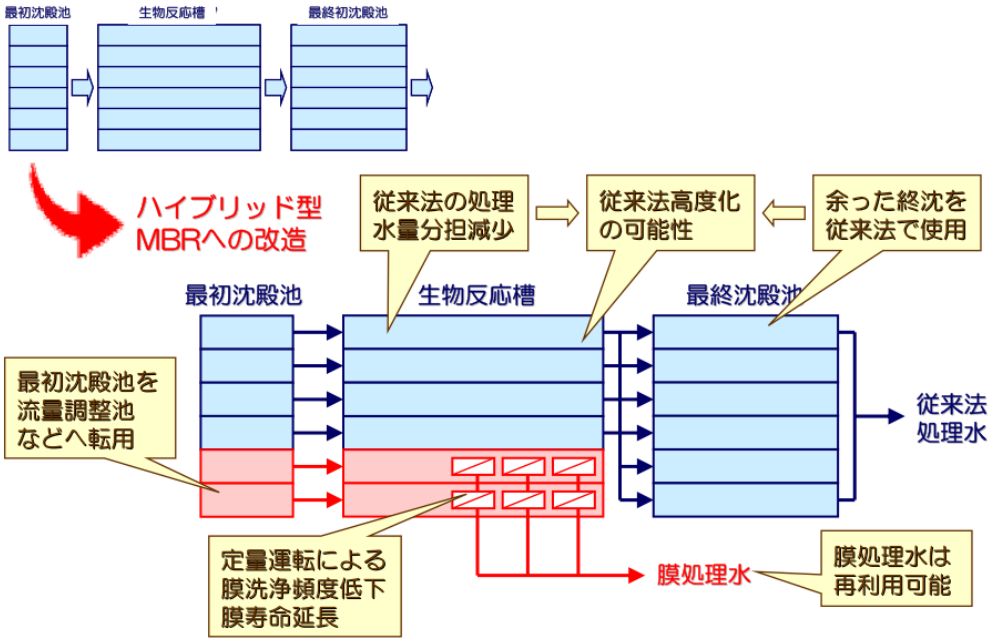
■ハイブリッド型膜分離活性汚泥法（MBR：Membrane BioReactor）

既設の標準活性汚泥法に加え、膜分離活性汚泥法を導入し並列運転することにより既設改造の最適化と処理水の高度化を図る方式である。膜分離活性汚泥法は、活性汚泥と処理水の固液分離を反応タンクに浸漬した微細なろ過膜で行う処理方法である。完全な固液分離を行うため高度な処理水を得られ、加えて活性汚泥を高濃度化し処理するため施設のコンパクト化が図れる。更なる処理水の用途拡大や衛生学的安全性（ノロウィルス対策等）に対する要請にも適用可能である。

ハイブリッド型ＭＢＲ

- ハイブリッド型MBR（MBRと従来処理方式の並列処理）による既設改造の最適化。



ハイブリッド型MBRのイメージ

ハイブリッド型ＭＢＲの特徴