

平成18年度環境技術実証モデル事業

湖沼等水質浄化技術分野

実証試験結果報告書

実証機関：愛媛県衛生環境研究所
実証技術開発者：株式会社石井工作研究所
技術・製品の名称：ジェットストリーマー

はじめに

環境技術実証モデル事業は、既に適用が可能な段階にありながら、環境保全効果等について客観的な評価が行われていないために普及が進んでいない先進的環境技術について、その環境保全効果等を第三者が客観的に実証する事業をモデル的に実施することにより、環境技術実証の手法・体制の確立を図るとともに、環境技術の普及を促進し、環境保全と環境産業の発展を促進することを目的とするものである。

本実証試験は、「平成18年度環境技術実証モデル事業実施要領」及び「湖沼等水質浄化技術実証試験要領」（平成18年3月16日付け環境省水・大気管理局）に基づき選定された実証対象技術について、同要領に準拠して実証試験を実施することで、以下に示す環境保全効果等を客観的に実証するものである。

水質に与える影響(水質浄化性能及び水質への悪影響)

底質への影響

生物への影響

環境への上記以外の影響

機器の維持管理に関する性能

本報告書は、その結果を取りまとめたものである。

実証対象技術 / 環境技術開発者	ジェット・ストリーマー(流動促進装置) / 石井工作研究所
実証機関	愛媛県立衛生環境研究所
実証試験期間	平成17年8月11日 ~ 平成18年11月15日

1. 実証対象技術の概要

原理
 浄化対象水域の溶存酸素の高い表層水を取水し、駆動水ポンプで加圧した駆動水と、エアーコンプレッサーで加圧した空気をオゾン発生装置でオゾン化した圧縮空気を湖底に設置した水流発生装置に送り、水流発生装置内の水流発生部で両者を合わせ、縦方向あるいは横方向に微細気泡混入流を吐出することにより、夏季に形成される水温成層を破壊し、底層の貧酸素状態を解消させ、有機汚濁物質の酸化分解を促進する。

2. 実証試験の概要

実証試験実施場所の概要

処理区	名称/所在地	鹿野川ダム湖(上流部) / 愛媛県西予市野村町西
	水域の種類/利水状況	人造ダム湖 / 発電、洪水調節、親水
	規模	面積: 2.09km ² 容積: 48,200 千 m ³ 水深: 平均 24m 最大 42m 平均滞留日数: 40 日
	流入状況	宇和川、黒瀬川、船戸川の3河川流入
	その他	機器設置水深 13 ~ 23 m
対照区	名称/所在地	鹿野川ダム湖(下流部) / 愛媛県大洲市肱川町山鳥坂
	水域の種類/利水状況	同上
	規模	同上
	流入状況	処理区からの流水及び発電による上流河川水が流入している。
	その他	大規模湖沼のため、対照区は処理区と区分していない。

実証対象機器の仕様及び処理能力

区分	項目	仕様及び処理能力
施設概要	名称 / 型式	ジェットストリーマー / MJS-200 型・MJS-150 型
	サイズ(mm) , 重量(kg)	[MJS-200 型縦型] 浮体部 W:3600mm D:3600mm H:2200mm 2,440kg 底設置部 W:4600mm D:3600mm H:4500mm 9,50kg
	設置基数と場所(水中、水面、水域外)	水中 吐出部 MJS-200 型2基・MJS-150 型2基 水面 浮体部 MJS-200 型2基・MJS-150 型2基
設計条件	対象項目と目標 (18年度)	水温: 水温成層の温度差が3 以内 DO: 5mg/l 以上(湖沼環境基準B類型) pH: 6.5 ~ 8.5 (湖沼環境基準B類型)
	面積(m ²)、容積(m ³)	動水量(4基) 478,000m ³ / 日
	処理水量(m ³ / 日)	ダム湖容量(48,200,000m ³) の 0.99%
	稼働時間	24時間連続

3. 実証試験結果

3 - 1 実証機器の配置状況

実証区域をダム湖上流部に設定し、MSJ - 200縦型、MSJ - 200横型、MSJ - 150横型、MSJ - 150縦型と4基設置した。水質調査地点は、水質調査地点を各装置間3地点と下流部に1地点の計4地点及び層別水温連続測定を水質調査地点1と最深部のダム堰堤に計2地点設けた。

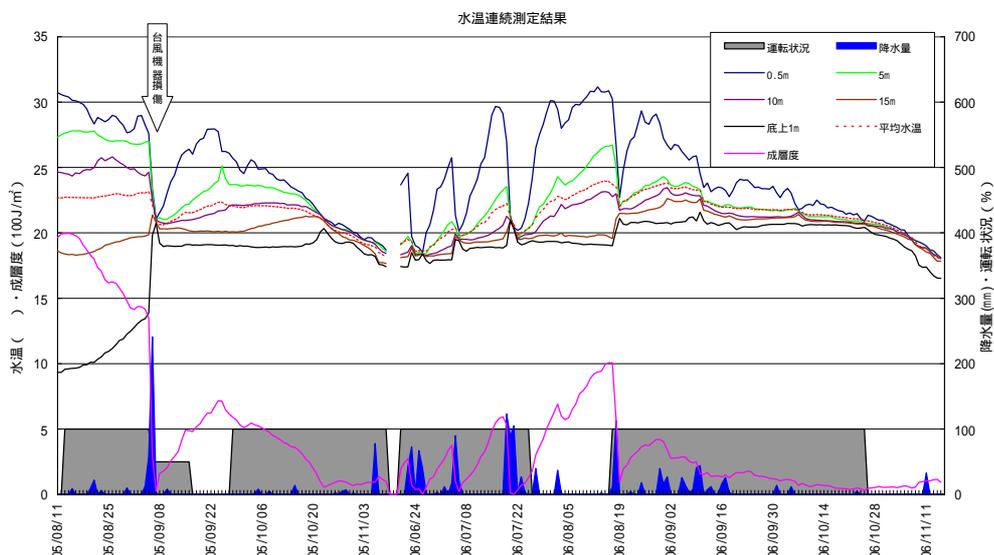


MSJ-150 縦型の設置運転状況



3 - 2 実証期間中の水域の状況

実証期間中の運転状況、降水量及び連続水温の調査結果を示す。実証機器は、台風14号の襲来により上流部設置の2台が転倒流下の損傷を受けたが、修復作業後正常に復帰した。降雨については、期間中 1800mm の降水量があり、平成17年度は台風1回、平成18年度は梅雨3回及び台風1回の大きな出水があった。水温からみた水域状況は、H17年8月はそれまでの湯水の影響で底層水温が9 で水温差が21 ある大きな水温成層を形成しており、H18年6月は春先からの降雨により既に底層水温は17 に上昇し水温差は7 で水温成層は小さかった。

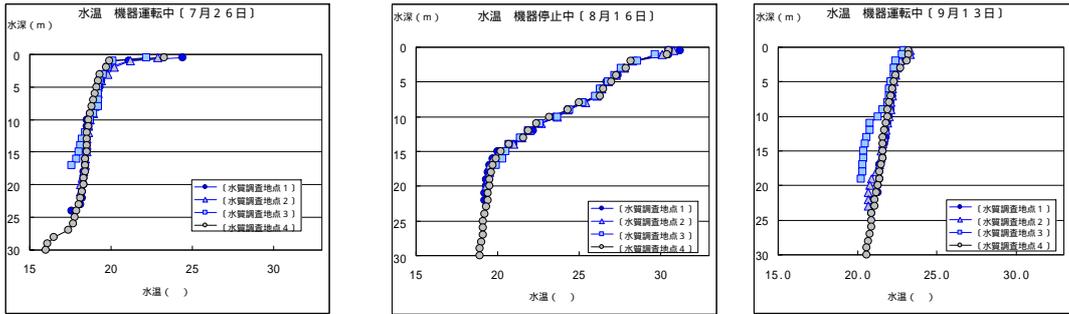


3-3 測定結果

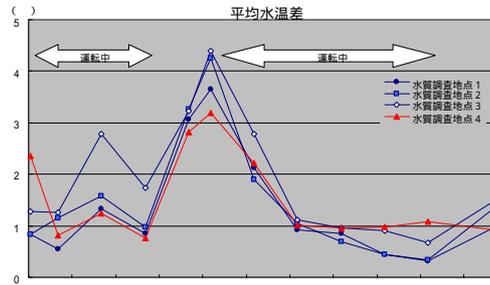
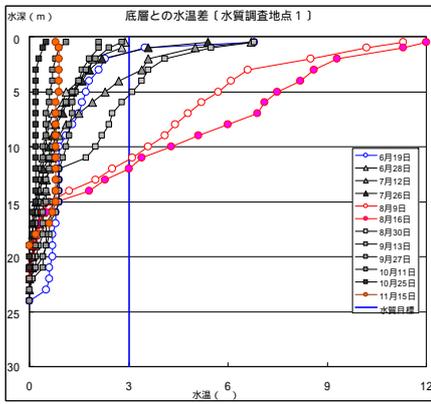
水温

連続水温調査結果から、H17年開始時は大きな水温成層が形成されており、運転とともに成層度は台風襲来まで減少し、復旧後も減少した。H18年開始時は、多雨により成層度は小さく、運転中成層度は増大した。たがたびたび降雨により水温成層は無くなり再形成される状態であった。

実証機器運転中の層別水温測定結果を示す。水温は各地点とも同様の傾向を示しており、晴天が続いたときは表層で、機器停止中は水深15mで温度勾配が変化していた。



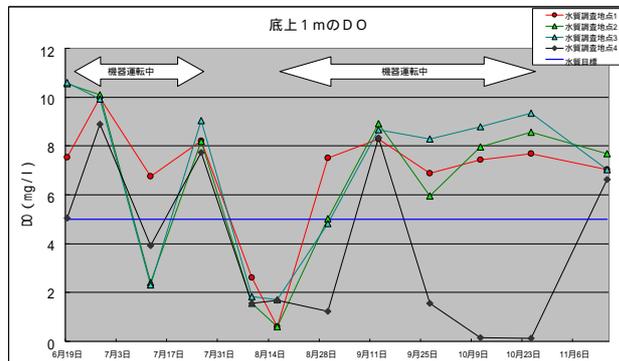
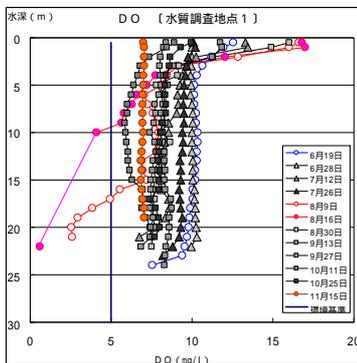
水質調査地点1における実証期間中の底層との水温差の変化を図に示す。実証機器運転により、7月12日、7月26日及び運転再開後の8月30日の表層を除いて、水温差3以内の水質目標を達成していた。



(参考)水質調査地点における平均水温差

溶存酸素量(DO)

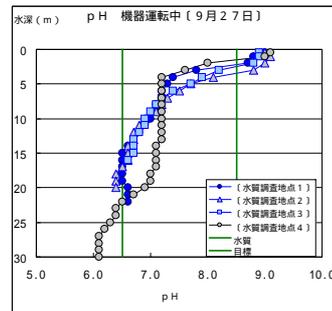
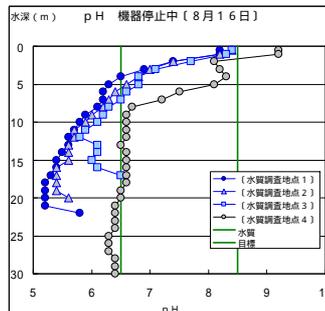
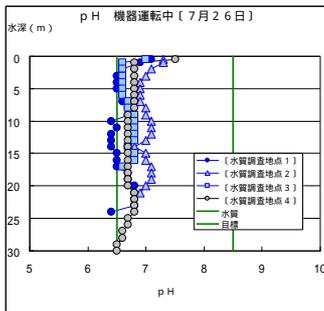
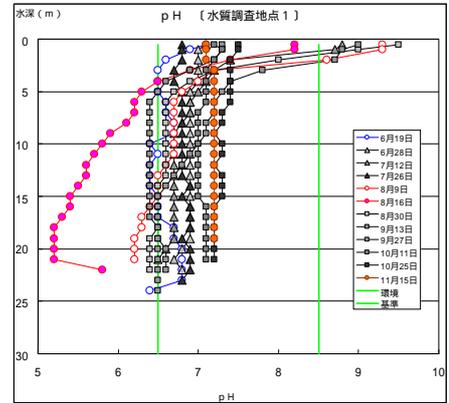
水質調査地点1におけるDOの測定結果及び各測定地点の最下層のDO変化を図に示す。水質調査地点1においては、機器停止中の8月9日16日を除いて運転中は全層で水質目標5mg/l以上を達成しており、地点2及び3は7月12日を除いて運転期間中は水質目標を達成していた。水質浄化区域下流の水質調査地点4は、度々水質目標5mg/l未滿となり、DOが高い時は出水等により成層度が低下したときであった。



水素イオン濃度(pH)

水質調査地点1におけるpHの測定結果及び各地点における測定結果を図に示す。各地点における測定結果からは、地点1～3の水質浄化区域は同様の挙動を示した。

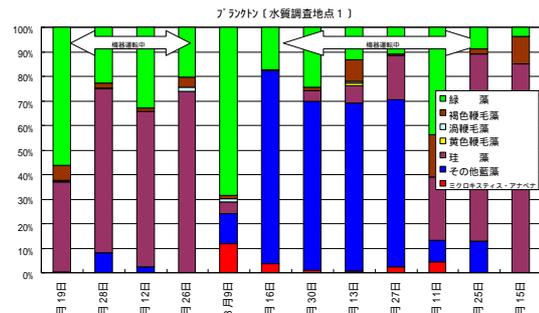
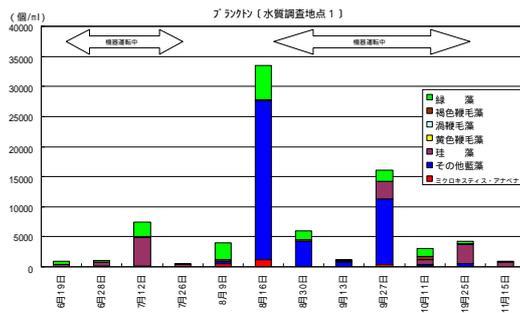
水質調査地点1では、機器運転中は、晴天が続いた後の7月12日、8月30日、9月27日の表層から水深2mでpHが8.5以上である外は水質目標(6.5～8.5)を達成しており、停止中は、表層部で8.5以上中層部以下で6.5以下と水質目標を達成していない。



プランクトン

水質調査地点1におけるプランクトンの調査結果を図に示す。主要種は、機器運転後緑藻類から珪藻類に変化し、機器停止後緑藻類から藍藻類に変化し、再運転後、藍藻類が継続してから珪藻類に変化した。

アオコの原因とされるマイクロシスティス及びアナヘナについては、機器停止後発生が確認され、その後再運転により減少した。



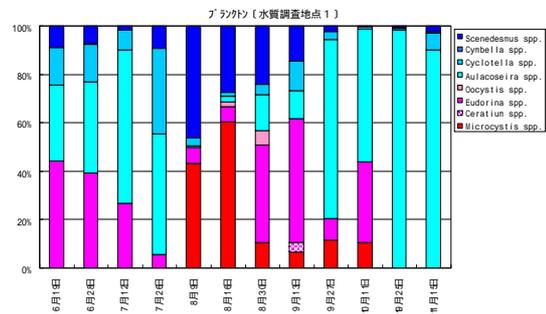
観測されたプランクトンから、停滞性を好むプランクトンとして4種、流動性を好むプランクトン4種の構成比を図に示す。運転開始後、流動性を好むプランクトンの構成比が6割から9割に増大し、機器停止後、停滞性を好むプランクトン7割に増大したところで運転を再開し、その結果流動性を好むプランクトンの割合が増大していった。

停滞性を好むプランクトン

- Microcystis spp.*・*Ceratium spp.*
- Eudorina spp.*・*Oocystis spp.*

流動性を好むプランクトン

- Aulacoseira spp.*・*Cyclotella spp.*
- Cymbella spp.*・*Scenedesmus spp.*



環境影響項目

項目	単位	実証結果
汚泥発生量	kg / 日	なし
廃棄物発生量	kg / 日	なし
騒音		なし
におい		なし

使用資源項目

項目	単位	実証結果
電力使用量	kwh / 日	1330.2 kwh / 日
排水処理薬品等使用量		なし

維持管理性能項目

管理項目	一回あたりの管理時間	管理頻度
正常作動確認	10分 / 基	週1回
機器清掃点検	30分 / 基	月1回

定性的所見

項目	所見
水質所見	<ul style="list-style-type: none"> ・表層水より底層水の方が若干色が暗色である時や、洪水後濁度の高い茶色水が観測されたが底泥のまきあげは無かった。 ・実証機器稼働後アオコが表層に浮かなくなり、アオコ回収は試験前(H15-16)の10.2トンから実証期間は(H17-18)は0.3トンに減少
立ち上げに要する期間	7日(設置) + 1日(調整) (4基)
運転停止に要する期間	1日 (停止操作10分/基)
維持管理に必要な人員数	正常作動確認 1名 ・ 機器清掃点検 2名
維持管理に必要な技能	なし (ただし浮体設置場所へ行くには船舶免許が必用)
実証対象機器の信頼性	<ul style="list-style-type: none"> ・天候によるトラブルは、台風の異常出水による機器損傷(1回)、落雷による電源断(1回)及び出水時にゴミ止めフェンス上流部の3号機のストレーナー目詰まり(3回)があったが、機器由来のトラブルはなかった。 ・実証機器の設置場所については、ダム湖流入部を避ければさらにトラブルは減少する。
トラブルからの復帰方法	<ul style="list-style-type: none"> ・台風による復旧は、環境技術開発者による現地調査、復旧方法検討、作業手配及び現地作業(5日)まで、約3週間を要した。 ・電源断及び目詰まりは10分程度の保守作業で復旧した。
維持管理マニュアルの評価	写真・図等により分かりやすく書かれている。
その他	

実水域への適用可能性に関する科学技術的見解

○実証対象機器(流動量:湖容量の0.99%)を実水域である鹿野川ダム湖の上流域に設置して実証試験を行った。実証対象機器の流動促進により、低温の底層水を高温の表層まで上昇させ成層度を減少していることから、実水域での浄化にあたっては、最深部に設置し流動量をさらに増大させることにより、より早く水温成層を破壊し底層のDOの回復を図ることができる。

- 目 次 -

1 . 実証試験実施場所の概要	1
1.1 実証試験実施場所の名称 , 所在地等	1
1.2 実証対象機器の設置状況	2
2 . 実証対象技術及び実証対象機器の概要	3
2.1 実証対象技術の原理及びシステムの構成	3
2.2 実証対象機器の仕様及び処理能力	8
2.3 主な消耗品・電力消費量	9
2.4 実証対象機器の運転及び維持管理に必要な作業	9
2.5 実証対象機器の運転及び維持管理に必要な作業	9
2.6 汚泥や廃棄物の発生量	10
2.7 実証対象機器の使用者に必要な運転及び維持管理技能	10
2.8 騒音・におい対策と建屋の必要性	10
3 . 実証試験のデザイン	11
3.1 実証対象機器の立上げ	11
3.2 試験期間	11
3.3 実証項目	13
3.4 監視項目	14
3.5 調査内容	15
3.6 運転及び維持管理	16
4 . 実証試験結果と検討	17
4.1 水質影響実証項目	17
4.2 その他環境影響項目	23
4.3 監視項目	24
5 . 運転 , 維持管理等	29
5.1 運転及び維持管理	29
5.2 電力消費量	30
5.3 実証対象機器の信頼性及びトラブルからの復帰方法	31
5.4 運転及び維持管理マニュアルについて	32
6 . データの品質管理と評価	33

- 参考資料 1 水質調査結果
- 参考資料 2 運転マニュアル

1. 実証試験実施場所の概要

1.1 実証試験実施場所の名称，所在地等

実証試験実施場所の名称，所在地等は，表 1 - 1 - 1 及び表 1 - 1 - 2 に示すとおりである。実証試験場所としては，愛媛県大洲市肱川町山鳥坂及び愛媛県西予市野村町西に所在する鹿野川ダム湖貯水池を選定し，上流部を処理区，下流部を対照区として選定した。

表 1 - 1 - 1 実証試験実施場所の名称，所在地等

処理区	名称/所在地	鹿野川ダム湖（上流部）/ 愛媛県西予市野村町西
	水域の種類/利水状況	人造ダム湖 / 発電、洪水調節、親水
	規模	面積：2.09km ² 容積：48,200 千 m ³ 水深：平均 24m 最大 42m 平均滞留日数：40 日
	流入状況	宇和川、黒瀬川、船戸川の 3 河川流入
	その他	機器設置水深 1.3 ~ 2.3 m

表 1 - 1 - 2 実証試験実施場所（対照区）の名称，所在地等

対照区	名称/所在地	鹿野川ダム湖（下流部）/ 愛媛県大洲市肱川町山鳥坂
	水域の種類/利水状況	同上
	規模	同上
	流入状況	処理区からの流水及び発電による上流河川水が流入している。
	その他	大規模湖沼のため、対照区は処理区と区分していない。

1.2 実証対象機器の設置状況

(2) 配置図

実証対象機器配置図を図1 - 1に示す。

実証対象機器（水質浄化装置「ジェットストリーマ（流動促進装置）」）は、鹿野川ダム湖の上流部に、MJS-200縦型、MJS-200横型、MJS-150横型、MJS-150縦型の4基を設置した。

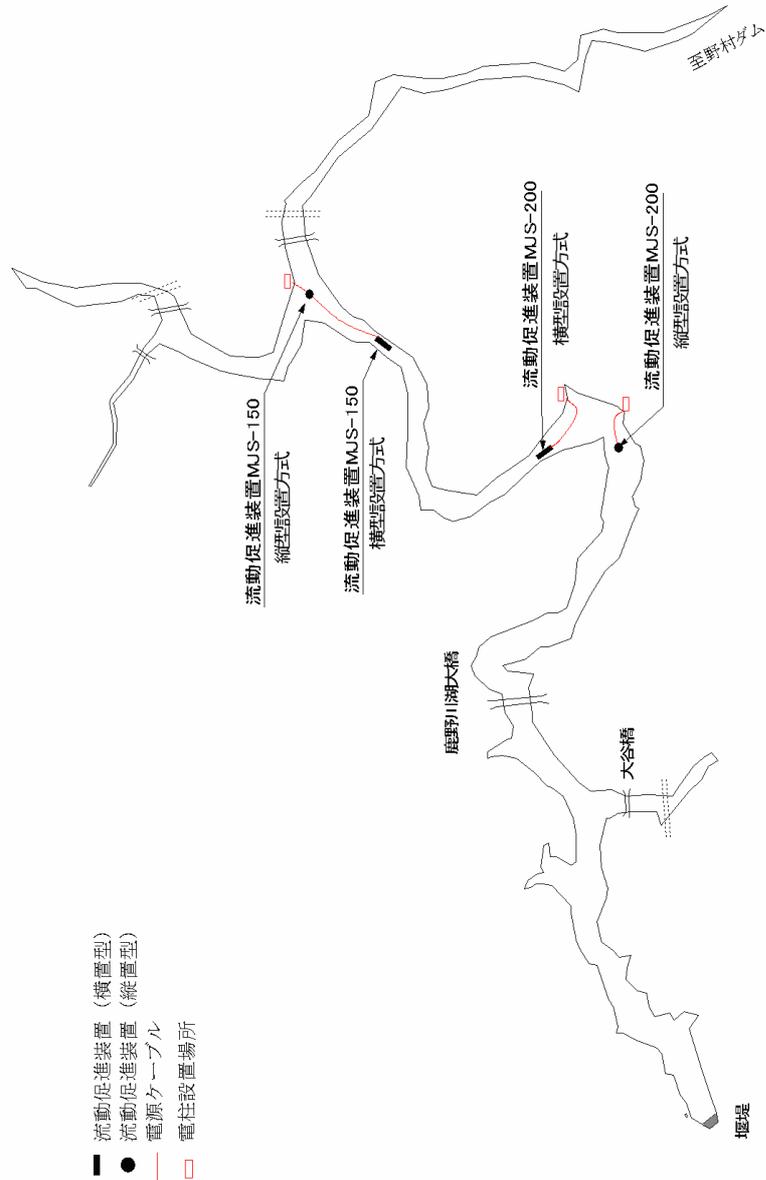


図1 - 1 実証対象機器配置図

2. 実証対象技術及び実証対象機器の概要

2.1 実証対象技術の原理及びシステムの構成

実証対象技術の処理フローを図2-1に、設置断面図を図2-2に、「ジェットストリーマー」構造図及び浮体構造図を図2-3から2-7に示す。

実証対象技術は、浄化対象水域の溶存酸素の高い表層水を取水し、駆動水ポンプで加圧した駆動水と、エアーコンプレッサーで加圧した空気をオゾン発生装置でオゾン化した圧縮空気を湖底に設置した水流発生装置に送り、水流発生装置内の水流発生部で両者を合わせ、縦方向あるいは横方向に微細気泡混入流を吐出することにより、夏季に形成される水温成層を破壊し、底層の貧酸素状態を解消させ、有機汚濁物質の酸化分解を促進する。

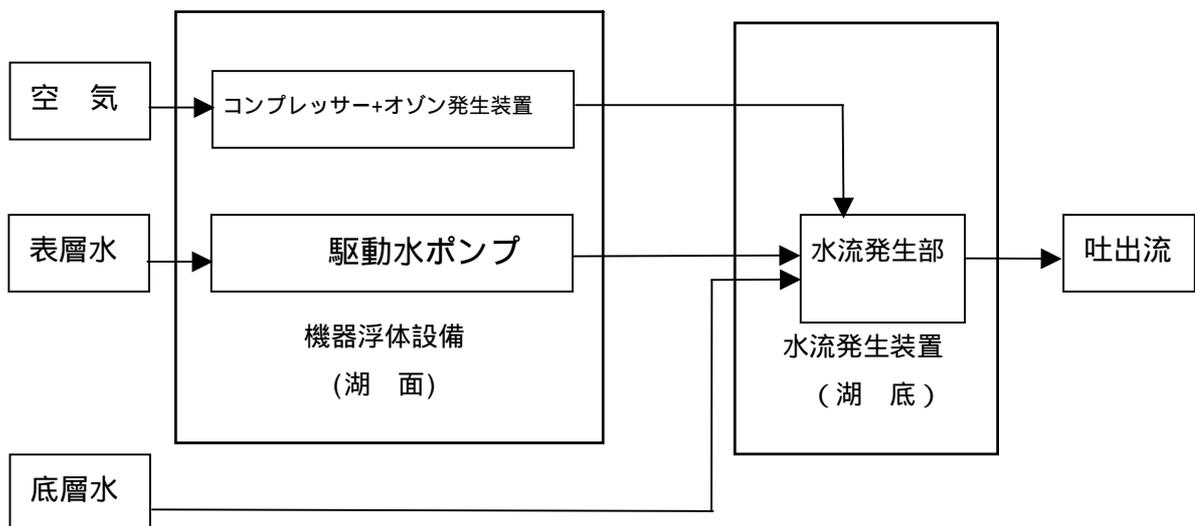


図2-1 実証対象技術のフロー図

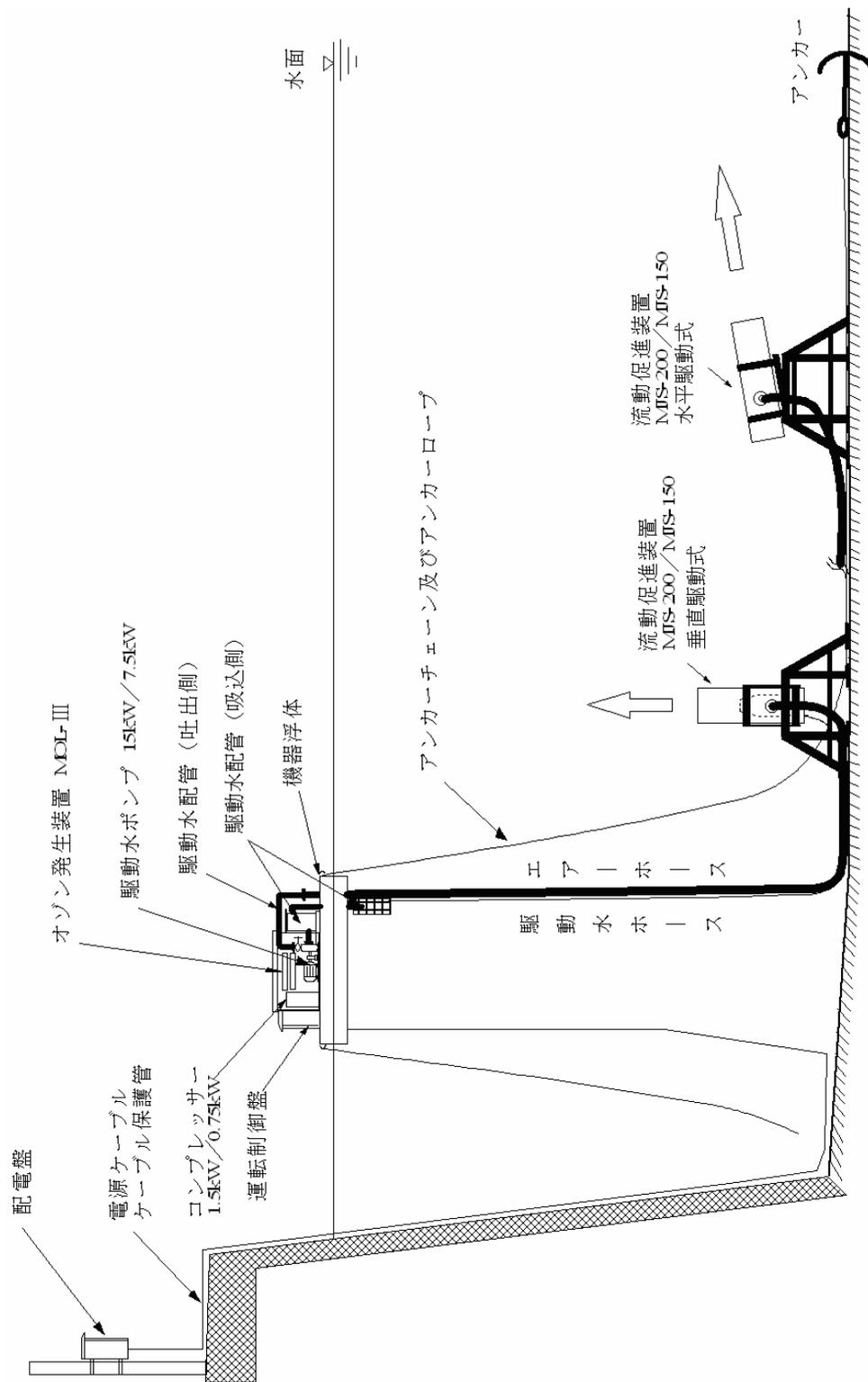


図2 - 2 設置断面図

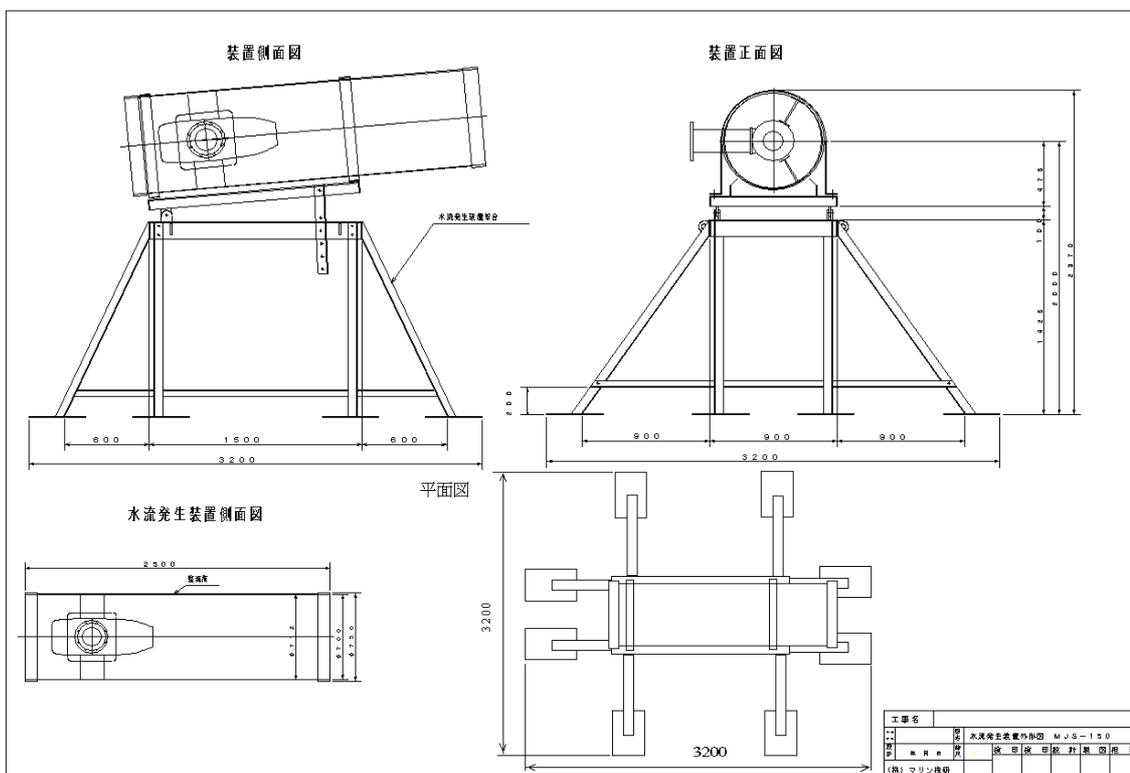


図 2 - 5 MJS-150 横型構造図

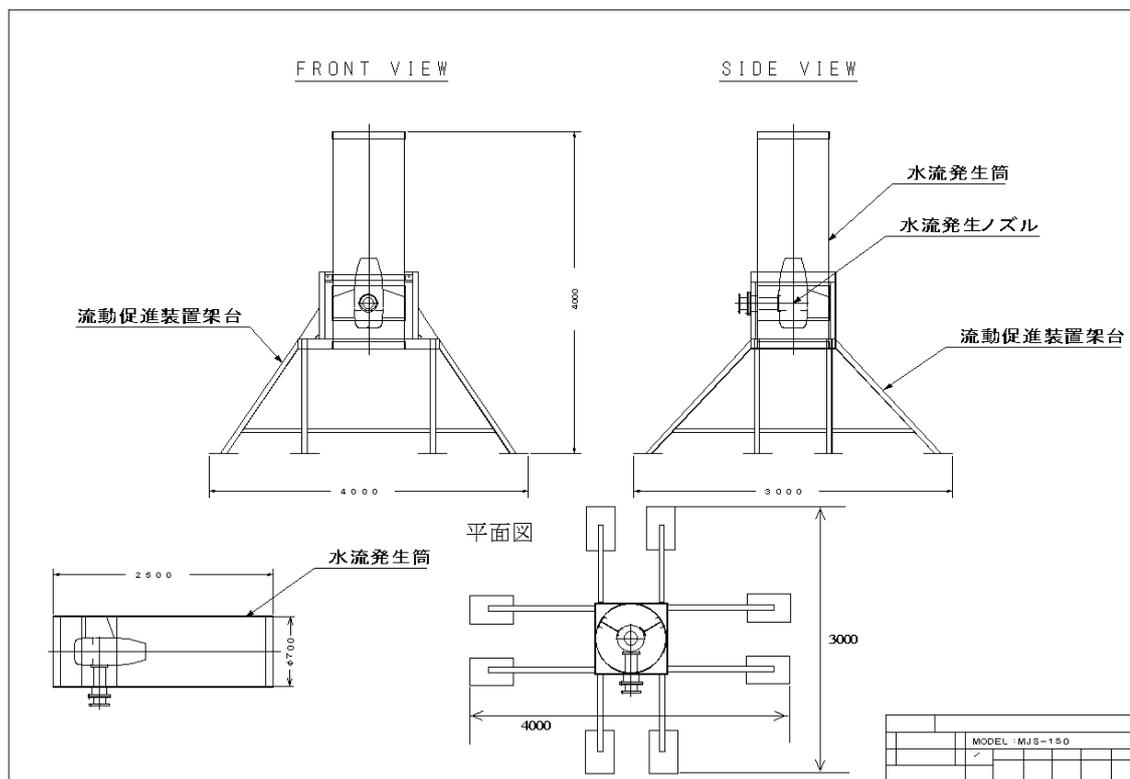


図 2 - 6 MJS-150 縦型構造図

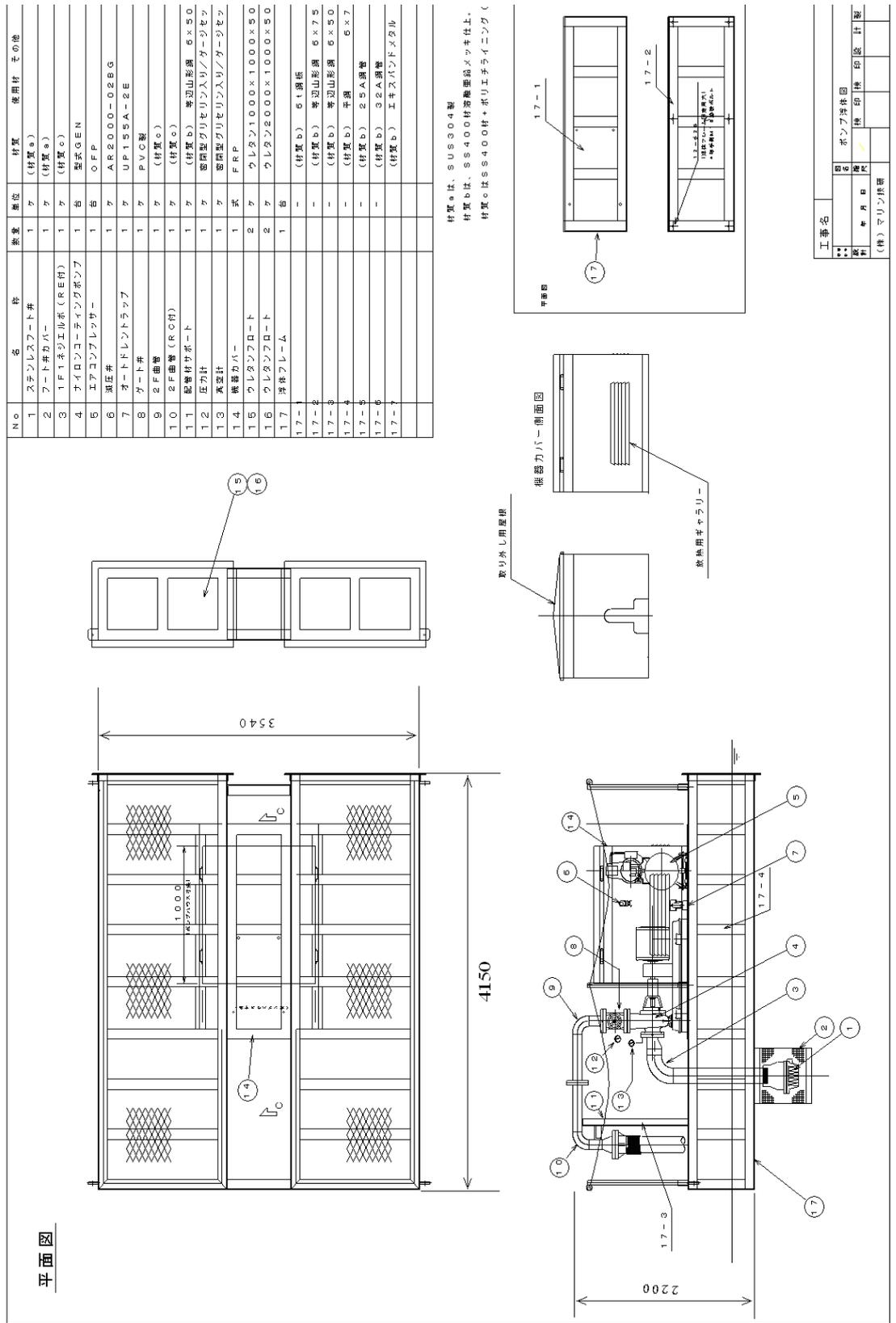


図 2 - 7 MJS-200、MJS-150浮体構造図

2.2 実証対象機器の仕様及び処理能力

実証対象機器の仕様及び処理能力は表 2 - 1 に示すとおりである。

表 2 - 1 実証対象機器の仕様及び処理能力

項目	仕様及び処理能力等	
機器概要	名称	直接曝気方式「ジェット・ストリーマー」
	型式及びサイズ	MJS-200 縦型 湖底設置部 W:4600mm D:3600mm H:4500mm 湖面設置部 W:3600mm D:3600mm H:2200mm
		MJS-200 横型 湖底設置部 W:4600mm D:3600mm H:2890mm 湖面設置部 W:4150mm D:3540mm H:2200mm
		MJS-150 縦型 湖底設置部 W:4000mm D:3000mm H:4000mm 湖面設置部 W:4150mm D:3540mm H:2200mm
		MJS-150 縦型 湖底設置部 W:3200mm D:3200mm H:2370mm 湖面設置部 W:4150mm D:3540mm H:2200mm
		MJS-200縦型 湖底設置部 950kg 湖面設置部 2,440kg
MJS-200横型 湖底設置部 950kg 湖面設置部 2,440kg		
重量 (アンカー・チェーンは除く)	MJS-150縦型 湖底設置部 720kg 湖面設置部 2,470kg	
	MJS-150縦型 湖底設置部 720kg 湖面設置部 2,640kg	
	MJS-200 縦型 144,000m ³ / 日	
	MJS-200 横型 144,000m ³ / 日	
処理能力	MJS-150 縦型 95,000m ³ / 日	
	MJS-150 縦型 95,000m ³ / 日	
	主要機器	駆動水ポンプ
		オゾン発生装置
コンプレッサー	MJS-200 15 kW × 200V × 5.5m ³ /mim/12.0m 2台	
	MJS-150 7.5kW × 200V × 3.1m ³ /mim/10.0m 2台	
	オゾン 5g/h × 0.4kW 4台	
	MJS-200 1.5 kW × 160 $\frac{\text{kg}}{\text{mim}}$ 2台	
	MJS-150 0.75kW × 74 $\frac{\text{kg}}{\text{mim}}$ 2台	

2.3 主な消耗品、電力等消費量

実証対象機器の主な消耗品、電力等消費量は表 2 - 2 に示すとおりである。

表 2 - 2 消耗品及び電力消費量

項目	使用量
主な消耗品	なし
電力消費量	1 3 2 3 . 9 k w / 日

2.4 実証対象機器の運転及び維持管理に必要な作業

通常の維持管理作業は、表 4 - 3 に示すとおりである。

(1) 運転方法

運転開始後は、定期点検を除き自動（無人運転）連続運転となる。

(2) 維持管理作業

通常の維持管理作業は、表 2 - 3 に示すとおりである。

表 2 - 3 実証対象機器の維持管理方法

担当者	区分	作業内容
使用者	毎 日	機器が正常に作動しているかの確認
使用者または環境 技術開発者	月に 1 回	機器内部の清掃及び点検

2.5 実証対象機器が正常に稼動する条件

実証対象機器が正常に稼動する条件は、電源（200V 3相）が供給され、水位が通常である場合である。洪水時及び異常湧水時には運転を停止する。

2.6 汚泥や廃棄物の発生量

実証対象機器から汚泥や廃棄物は発生しない。

2.7 実証対象施設の利用者に必要な運転及び維持管理技能

実証対象施設は自動（無人型）連続運転となっている。

運転ランプの確認等のみであり、特別な技能は必要としないが、船外機付きボートで点検を行う場合は小型船舶操縦士免許の所持者の同伴が必要である。

2.8 騒音・におい対策と建屋の必要性

実証対象機器の稼動に伴う騒音・におい対策と建屋の必要性は、表4 - 4に示すとおりである。

表4 - 4 騒音・におい対策と建屋の必要

項目	対策等
騒音	低騒音型機器を使用し、機器にはカバーをしている。機器からの騒音発生は45dB（1.5m）であり、湖内に設置し陸部まで100m程度の距離があるため対策の必要なし。
におい	対策の必要なし。
建屋の必要性	全天候型であるため必要ない。

3．実証試験のデザイン

本実証技術は、浄化対象水域の溶存酸素の高い表層水を取水し、駆動水ポンプで加圧した駆動水と、エアーコンプレッサーで加圧した空気をオゾン発生装置でオゾン化した圧縮空気を湖底に設置した水流発生装置に送り、水流発生装置内の水流発生部で両者を合わせ、縦方向あるいは横方向に微細気泡混入流を吐出することにより、夏季に形成される水温成層を破壊し、底層の貧酸素状態を解消し、また、アオコの異常増殖を抑制する。

このため、実証試験では、実証項目として、水温、DO及びpHを設定した。なお、補足試験として、底質巻上げの有無を確認するためにSSを測定した。

また、実証試験場所に関する監視項目として、水質、底質、生物及び気象等その他の項目を測定した。

実証試験場所では、類型指定が行われている大規模湖での実スケールでの実証を目的としたことから、近隣に同等の対照池を設けることができないため、同一湖沼の上流部を実証区、下流部を対照区に設定し、運転期間中に3週間程度の運転停止期間を設けて、装置運転による変化を観測することとした。

このため、測定地点は、設置した機器間に3地点にモニタリング地点を設置するとともに、下流部に1地点対照区としてモニタリングポイントを設置し、また、実証区の調査地点と対象区の最下流部に層別の水温連続測定地点を設定し、詳細なダム湖の水温変動についても測定した。

3.1 実証対象機器の立上げ

実証対象機器は、平成17年8月5日～平成17年8月10日に鹿野川ダム湖に設置し、その後平成17年8月11日～平成17年8月13日に調整試験運転を行った。

環境技術開発者は、実証対象機器の全ての構成部分の読みやすい位置に、機器の名称、モデル番号、製造番号、環境技術開発者（社名・住所・担当者名・緊急連絡先）、電源（電圧・相数・電流・周波数）、注意書き・警告文、能力を記したデータプレートを添付している。

なお、実証機器設置にあたっては、河川法に基づく工作物の設置許可など必要な法的手続きを取得した。

3.2 試験期間

試験期間は、平成17年8月4日～平成17年11月11日及び平成18年6月4日～平成18年11月25日であったが、平成17年度については台風により実証機器が破損した。

なお、平成18年度の試験期間については、表3-1のとおりである。

このうち、補足試験として実証対象機器の運転中に停止期間をそれぞれ3週間設け、水質等への影響を確認した。

表 3 - 1 試験期間

年月日	運 転 状 況	水質測定
6月19日	連続水温測定装置の設置 実証機器点検後運転開始	○運転前
6月28日		○運転中
7月12日		○運転中
7月26日	保守点検実施〔3号機フィルター目詰まり〕 実証機器運転中断	○運転中 〔連続水温読取〕
8月 9日	アオコ発生状況確認	停止中
8月16日	アオコ発生状況確認 実証機器運転再開	停止中
8月30日		○運転中
9月13日		○運転中
9月15日	保守点検実施 〔3号機フィルター目詰まり〕	
9月27日		○運転中
10月11日		○運転中
10月25日	実証機器停止 保守点検実施	○運転中 〔連続水温読取〕
11月15日	連続水温測定装置の回収	○フォローアップ調査

3.3 実証項目

(1) 水質影響実証項目

実証対象機器の水質改善効果を調査するため、表3-2のとおり水質影響実証項目の測定及び分析を実施した。

表3-2 水質影響実証項目

項目	調査頻度	測定方法	目標水準	目標設定の考え方
水温	15分毎に	自記水温計で多層で測定	表層水と底層水の差が3以内	水温成層破壊の目安
	実証試験： 期間中2週間に 1回測定	多項目水質分析計で測定	表層水と底層水の差が3以内	水温成層破壊の目安
5mg/L以上 (湖沼環境基準B)			環境基準達成	
6.5~8.5 (湖沼環境基準B)			環境基準達成	
DO				
pH				

(2) その他環境影響項目

実証対象機器の周辺環境への影響を調査するため、表3-3のとおりその他環境影響項目の測定を実施した。

表3-2 その他環境影響実証項目

項目	調査頻度	測定方法	目標設定の考え方
浮遊物質	実証試験： 期間中2週間に1回測定	昭和46年環告59号「水質汚濁に係る環境基準について」付表8	循環により濁りが発生しないこと

3.4 監視項目

(1) 水質

実証対象試験場所における水質の監視項目として表3 - 4の分析を行った。

表3 - 4 水質に関する監視項目

項目	採取頻度	採取地点	目的内容
COD	1回 / 2週間	水質調査地点1 ~ 4(4層)	水質状況を把握するため。
窒素 (各態含む)			
りん (各態含む)			

(2) 底質

実証対象試験場所における底質の監視項目として表3 - 5の分析を行った。

表3 - 5 底質に関する監視項目

項目	採取頻度	採取地点	目的内容
ORP	1回 / 2週間	水質調査地点1 ~ 4	底質状況を把握するため。
色・におい			

(3) 生物

実証対象試験場所に関する生物に関する監視項目として表3 - 6の分析を行った。

表3 - 6 生物に関する監視項目

項目	採取頻度	採取地点	目的内容
クロロフィルa	1回 / 2週間	水質調査地点1 ~ 4(4層)	生物の状況を把握するため。
植物 プランクトン			
動物 プランクトン			

3.5 調査内容

(1) 測定及び試料採取場所

実証試験における測定及び試料採水場所は、表3-7及び図3-1に示すとおりである。

表3-7 測定及び試料採水場所（実証試験場所，鹿野川ダム湖）

分類	項目	地点名	採取場所詳細
水質影響実証 項目	水温 D O p H	水質調査地点 1	MJS-200縦型と横型の間
		水質調査地点 2	MJS-200横型とMJS-150横型の間
		水質調査地点 3	MJS-150縦型と横型の間
		水質調査地点 4	下流部鹿野川大橋付近
	水温	水質調査地点 1	水質調査地点 1
		水質調査地点 2	ダム堰堤
その他影響項目	S S	水質調査地点 1 ~ 4	同上
監視項目	水質 底質 生物	水質調査地点 1 ~ 4	同上

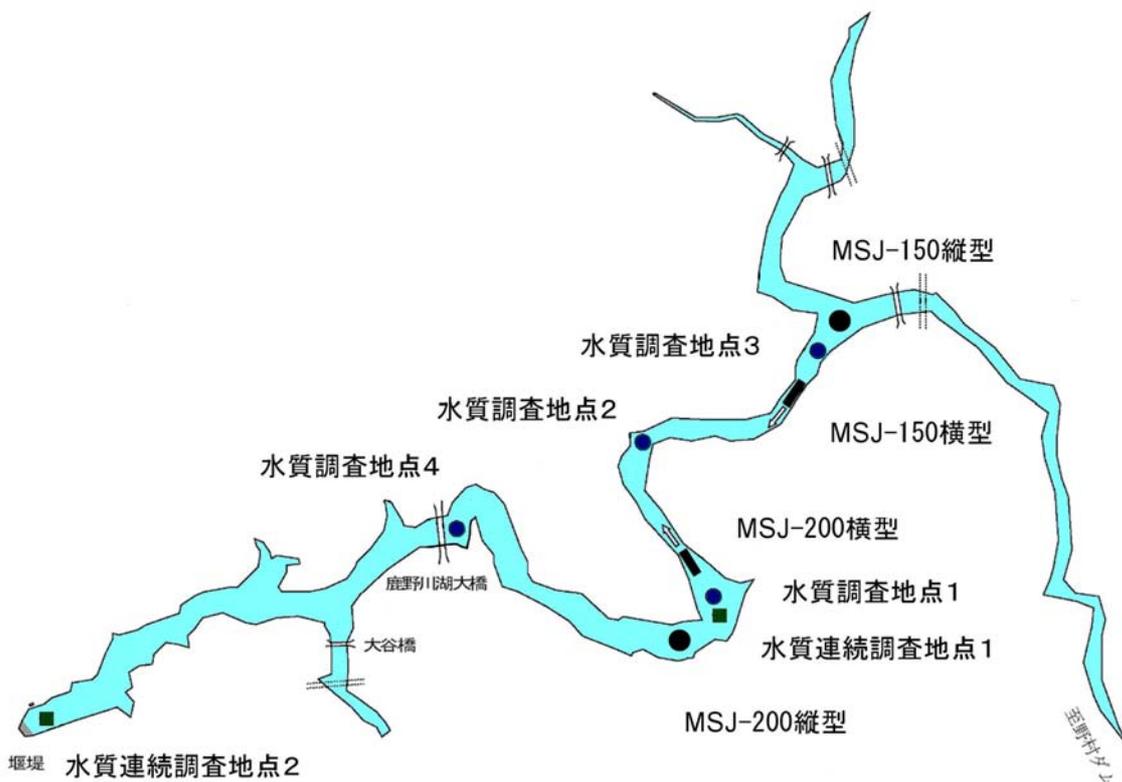


図3-1 測定及び試料採水場所

3.6 維持管理実証項目

使用資源、運転及び維持管理性能を評価するための維持管理実証項目については、表3-8に示すとおりである。

表3-8 維持管理実証項目の測定方法

実証項目		内容・測定方法	測定頻度
使用資源	主な消耗品	主な消耗品はないが、維持管理作業時に交換等実施した内容を記録、整理する。	維持管理作業実施時
	電力等消費量	実証対象機器への配電盤に設置している電力メーターを試料採取時に確認し、確認結果を積算し、実証対象機器の稼働日数で除して1日当たりの電力消費量を(kWh/日)を求める。	試料採取毎
維持管理性能	実証対象機器の立ち上げに要する期間	実際の立ち上げ作業実施に基づき、時間(単位は適宜)を把握する。	立ち上げ時の状況聞き取り
	実証対象機器の維持管理に必要な人員と技能	実際の運転及び維持管理作業に基づき、作業項目毎の最大人数と作業時間(人・日)、管理の専門性や困難さを把握する。	維持管理作業実施時
	実証対象機器の耐久性	落雷、異常水位等実証試験中に発生した大きな攪乱と、その実証対象機器への影響を調査する。	攪乱発生時
	実証対象機器の信頼性	トラブルが発生した場合、その発生原因調査する。	トラブル発生時
	トラブルからの復帰方法	トラブルが発生した場合、実際の復帰操作に基づき作業の容易さ、課題を評価する。	トラブル発生時
	維持管理マニュアルの評価	環境技術開発者が作成した運転及び維持管理マニュアルの読みやすさ、理解しやすさ、課題を評価する。	実証試験報告書(案)作成時

4. 実証試験結果と検討

4.1 水質影響実証項目

(1) 水温

期間中の連続水温測定結果、降水量、機器運転状況及び成層度については、図4-1-1のとおりである。

運転状況は、H17年8月上旬の機器設置後直ちに運転を開始したところ、台風14号襲来により上流部設置の2基が転倒流下の損傷を受け、機器一時中断と併せて装置を停止し、復旧作業後運転を再開した。平成18年度は6月19日から運転を開始し、7月26日から3週間一時機器を停止後10月25日まで機器を運転した。

降雨については、平成17年度は期間中600mmの降水量があり、特に台風14号による降雨では水位が最大貯水量を超え実証機器が流下損傷する被害を受けた。平成18年度は、期間中1200mmの降水量があり、特に梅雨が長く梅雨時(3回)及び台風時(1回)に大きな出水があったが実証機器の損傷はなかった。

ダム湖の成層状態は、H17年試験開始時は底層水温が9℃、表層水温30℃で水温差が21℃ある大きな水温成層を形成しており、H18年6月は春先からの降雨により既に底層水温は17℃に上昇し水温差は7℃で水温成層は小さかった。

なお、成層度は成層状態の位置エネルギーと混合後の位置エネルギーの差及び平均水温は次式により求めた。

$$\text{成層度} : E = (t_n \times L_n \times \rho \times h_n) - (t_{ave} \times L_n \times \rho \times h_n) \text{ [J/m}^2\text{]}$$

$$\text{平均水温 } t_{ave} = (t_n \times L_n) \div (L_n) \text{ [}^\circ\text{C]} \text{]}$$

(測定水温: t_n 、混合後の平均水温: t_{ave} 、層厚: L_n 、密度: ρ 、高さ h_n)

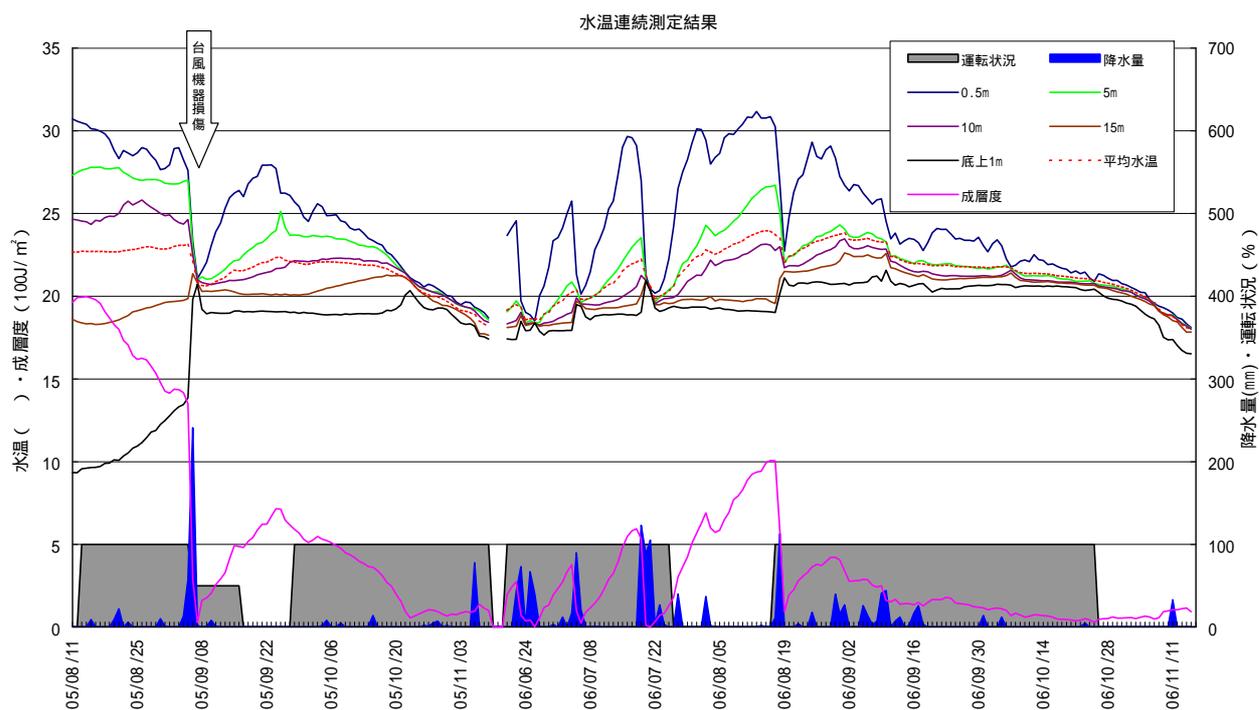


図4-1-1 水温連続測定結果

H 1 7 年の実証試験開始時は、成層度が 2000 J/m^2 と高く機器稼働により 1400 J/m^2 まで低下させることができた。平均水温にはあまり変化がないことから、実証対象機器は密度の大きな底層の冷水を表層まで上昇させ混合させている。

H 1 8 年の降雨後に成層度がほぼ 0 J/m^2 になった時には表層と底層の水温差がなくなり、その後の盛夏の時には実証対象機器による混合では、成層度 0 J/m^2 の維持は困難な状態であった。

なお、実証対象機器の電気使用量は 2394 J/m^2 日、日射による成層エネルギーは約 $100 \sim 200 \text{ J/m}^2$ 日である。

実証機器運転中の層別水温測定結果については、図 4 - 1 - 2 のとおりである。水温は各地点とも同様の傾向を示しており、晴天が続いたときは表層で、機器停止中は水深15mで温度勾配が変化していた。

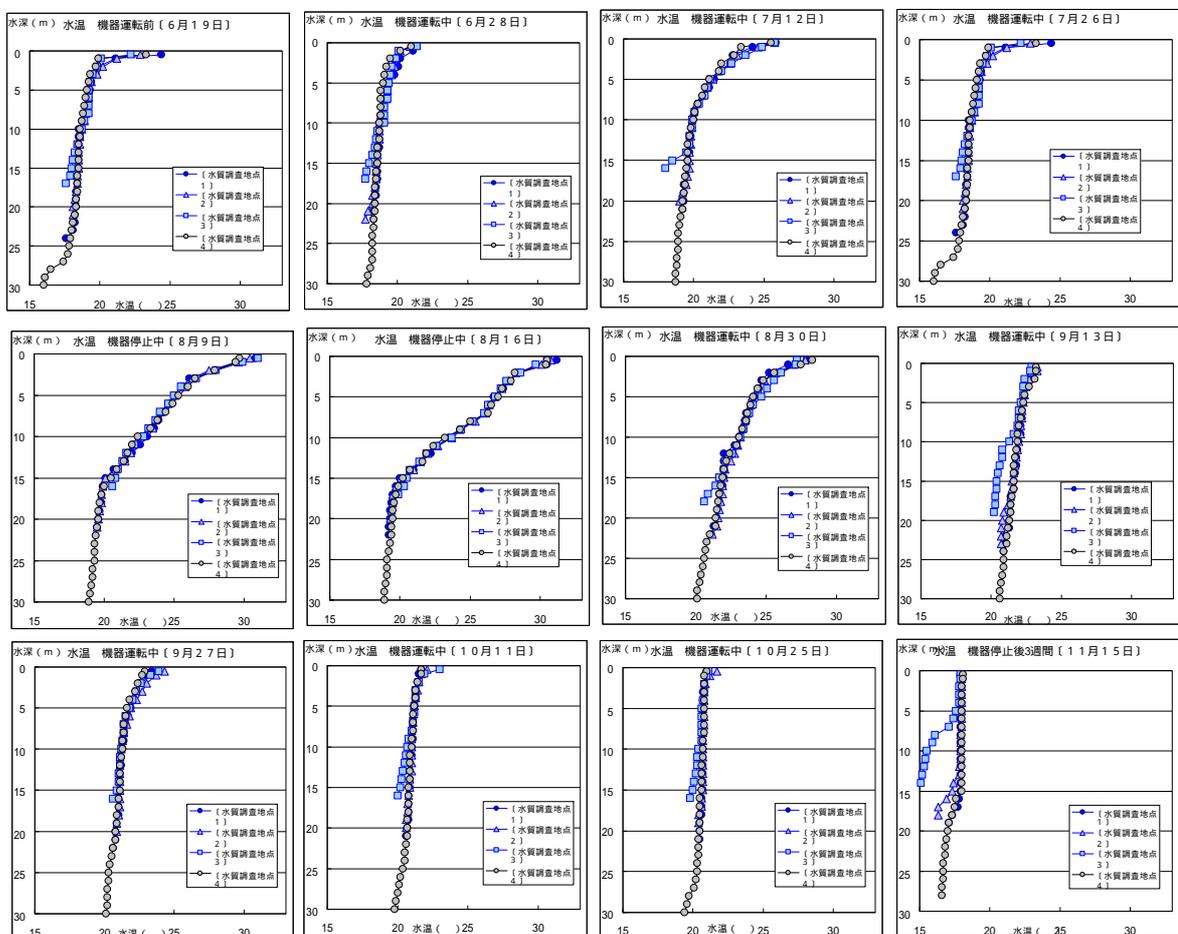


図 4 - 1 - 2 層別水温測定結果

水質調査地点底層との水温差の変化については、図 4 - 1 - 3 及び図 4 - 1 - 4 に示すとおりである。実証機器運転により、7月12日、7月26日及び運転再開後の8月30日の表層を除いて、水温差 3 以内の水質目標を達成していた。

また、各水質調査地点における最下層との平均水温差は、機器運転中は3以下に保たれているが、機器停止とともに4.5度に上昇したが、機器再稼動により1程度まで低減された。

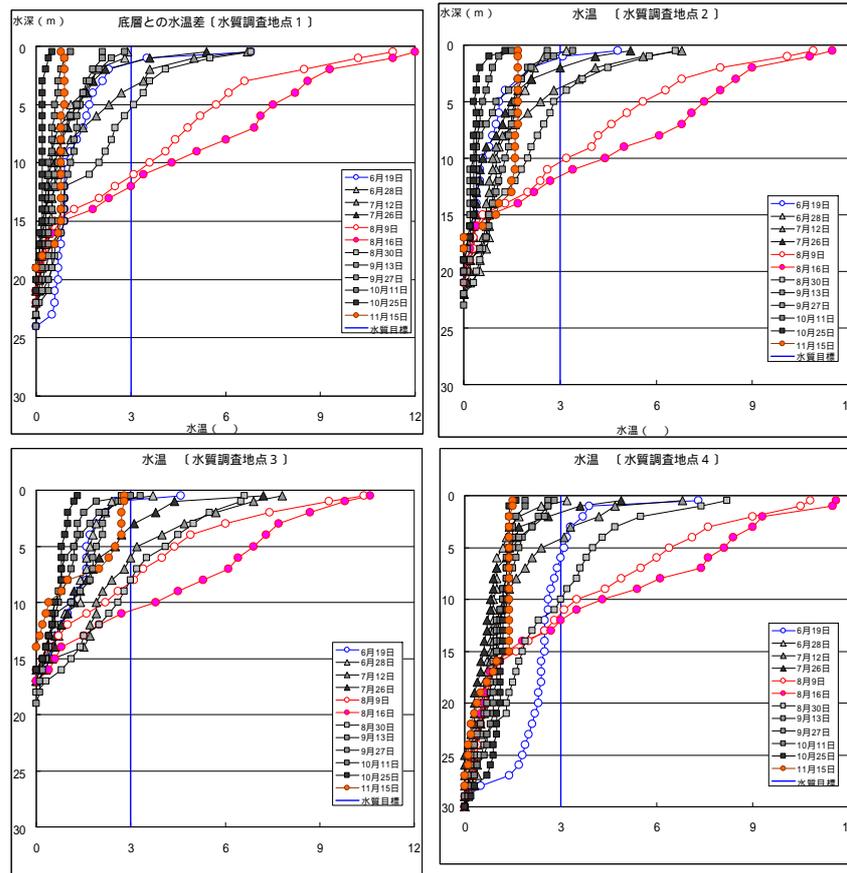


図 4 - 1 - 3 地点別底層との水温差図

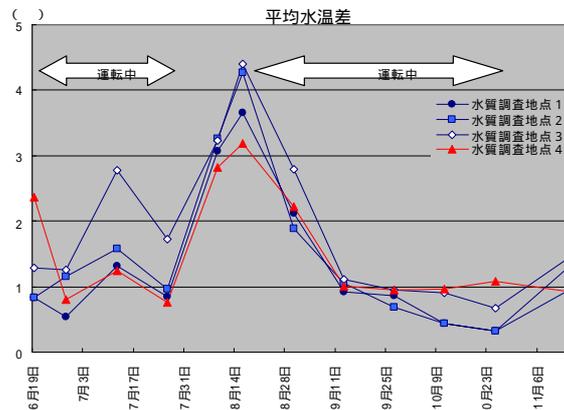


図 4 - 1 - 4 地点別平均水温の変化図

(2) DO

水質調査地点におけるDOの層別測定結果については、図4-1-5に示すとおりである。

実証区の地点1から3では、機器稼働中は7月12日の最下層のDOが水質目標以下であったがそれ以外は全て水質目標を達成し、表層を除いてほぼDOの値は一定であった。機器停止により底層はDOが低下し貧酸素状態となり水質目標を達成できなくなった。再稼働により全て水質目標を達成した。

対照区の地点4では、実証機器設置水深より深い水深ではDOが低下しており、水質目標を達成していなかった。

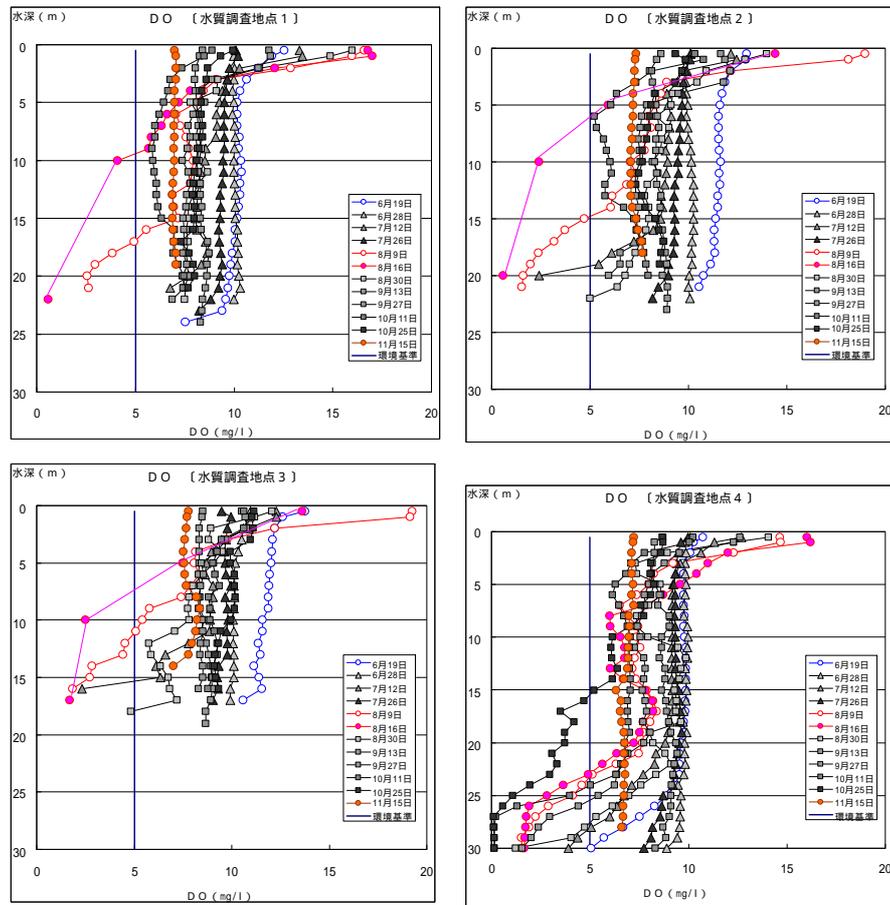


図4-1-5 地点別層別DO測定結果

各地点の底層上1mのDOの変化については、図4-1-6に示すとおりである。

実証区において機器稼働中は底層においても水質目標は達成していた。地点4の底層のDOが高いときは、出水により成層度が低下したときである。

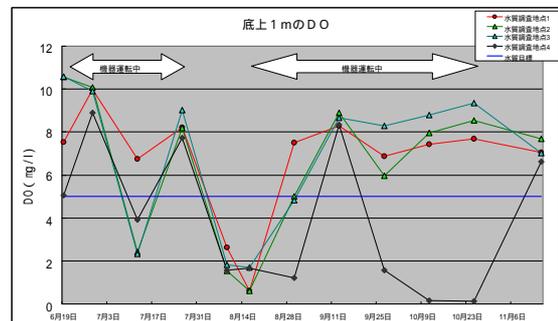


図4-1-6 底上1mのDO測定結果

(3) pH

水質調査地点におけるpHの層別測定結果については、図4-1-7に示すとおりである。

各地点における測定結果からは、機器運転中は一時表層のみpHが水質目標の8.5を超えているものの、ほぼ水質目標〔6.5~8.5〕は達成していた。機器を停止し、水温成層が形成されると地点1~3の水質浄化区域は同様の挙動を示し、表層部で8.5を超え中層部以下で6.5未満となり水質目標を達成できない状態になった。再稼働とともに水質目標を達成する状態となった。

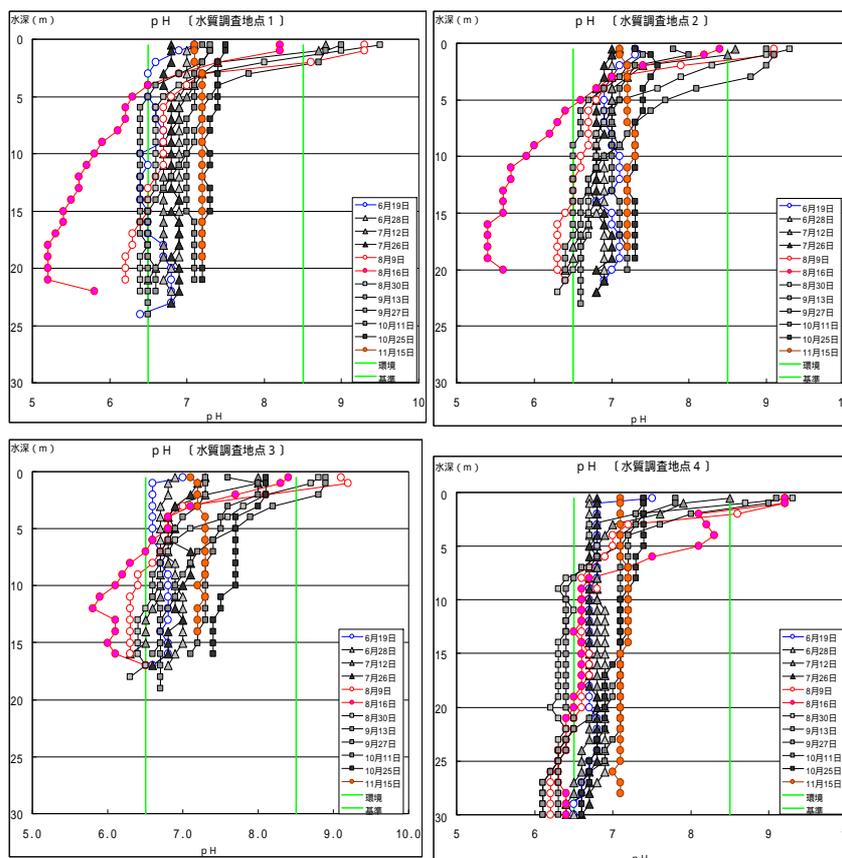


図4-1-7 地点別層別pH測定結果

4層の地点1における測定結果を図4-1-8に示す。

機器停止に伴い表層が水質目標を超過したがその後運転再開とともに水質目標を達成した。

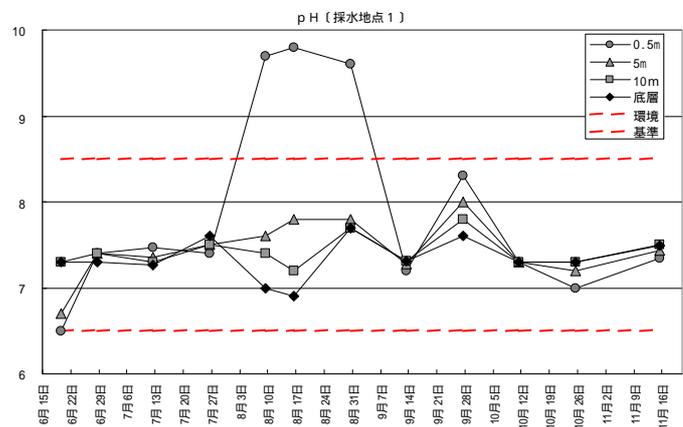


図4-1-8 地点1の4層pH測定結果

4.2 その他環境影響項目

(1) S S

実証対象機器の底泥巻上げの影響を調べるために、試験期間中4層において測定したS Sについては、図4-2に示すとおりである。

各地点におけるS S濃度は、いずれも底層で高い値を示し、実証区域(地点1~3)と対照区域(地点4)を比べると、対照区域の方が高い値を示したことから、機器の稼動による底泥の顕著な巻き上げの影響は認められない。

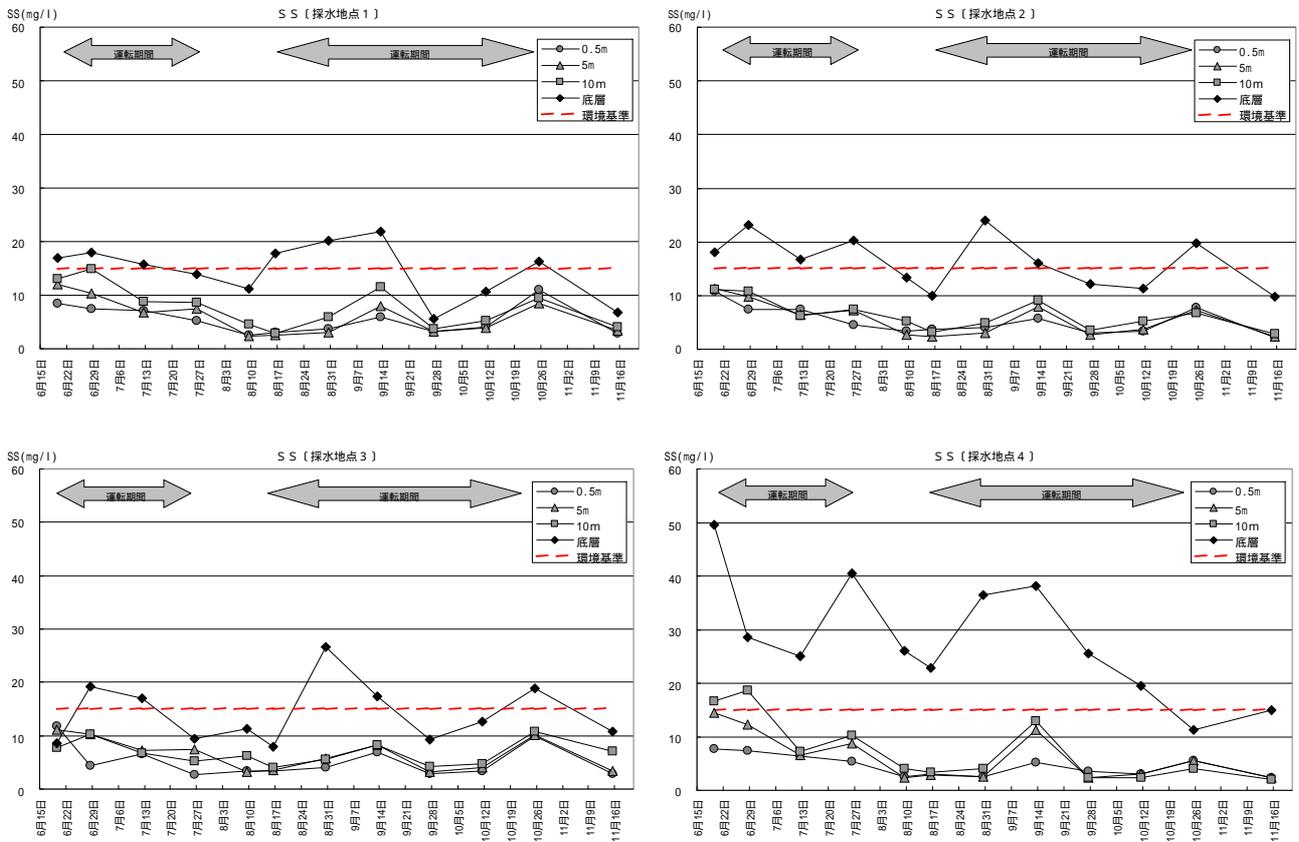


図4-2 S S地点別測定結果

4.3 監視項目

(1) 水質 (COD, 窒素, りん)

COD、窒素及びりんの水質測定結果については、図4-3-1から図4-3-3に示すとおりである。

CODについては、水質調査地点の全地点において、湖沼環境基準B類型の5mg/l以下であり、地点間における明確な差異はなかった。

窒素及びりんについても、地点間における明確な差異はなかった。

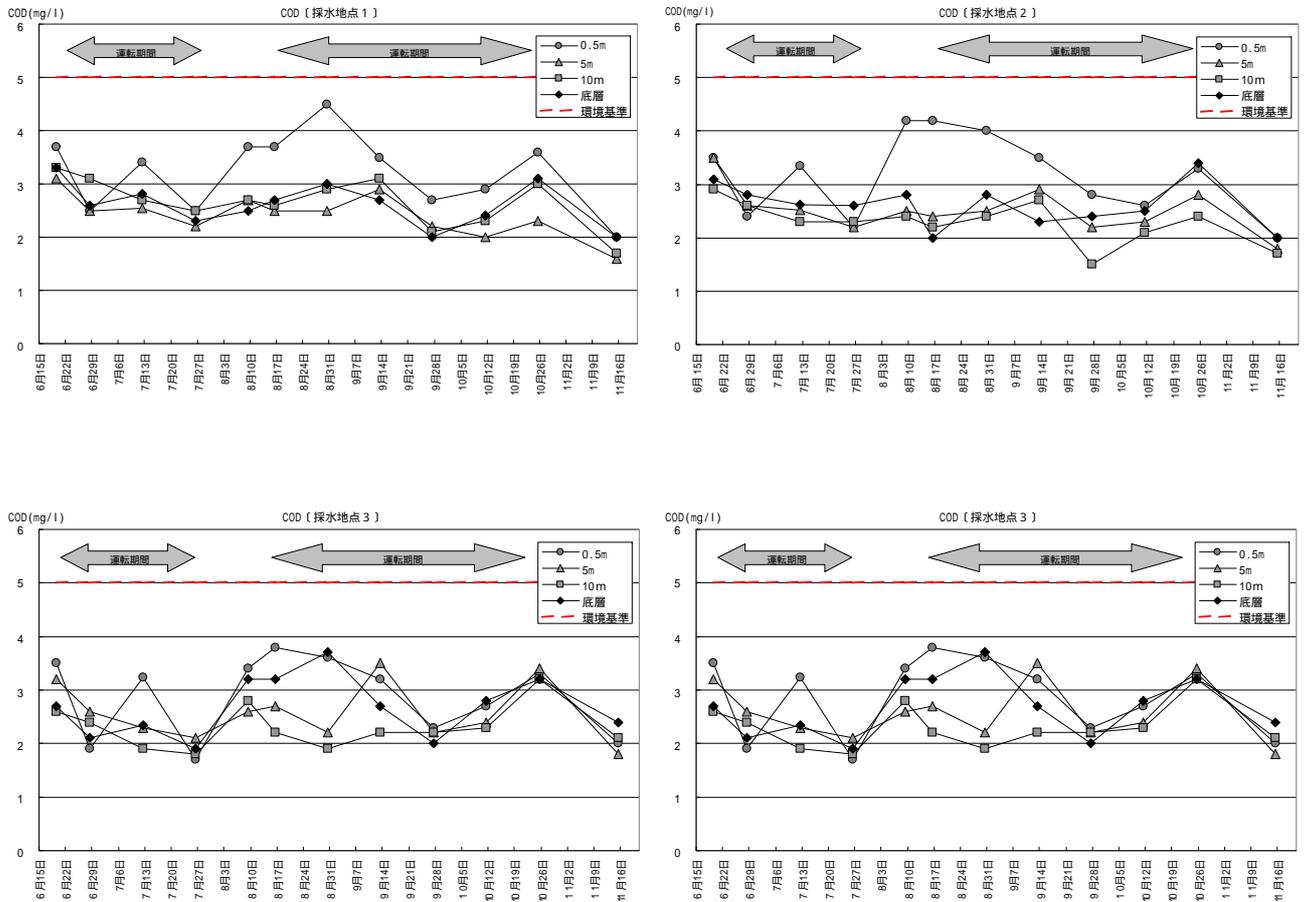


図4-3-1 COD地点別測定結果

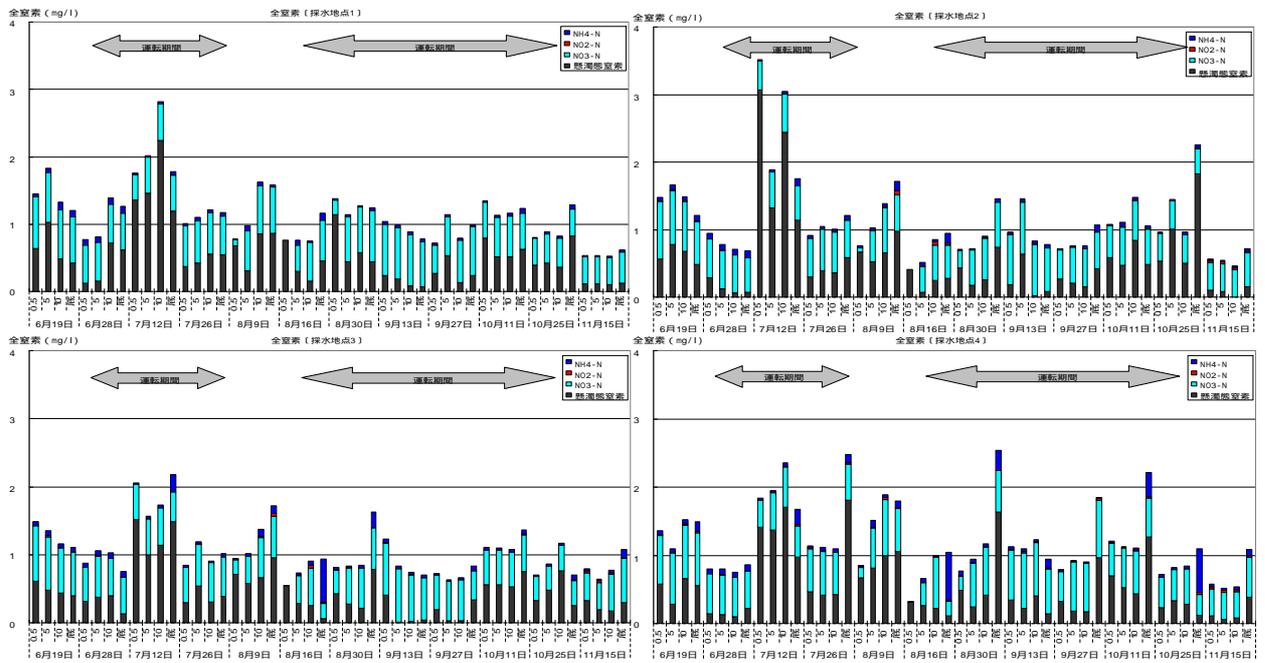


図 4 - 3 - 2 窒素地点別測定結果

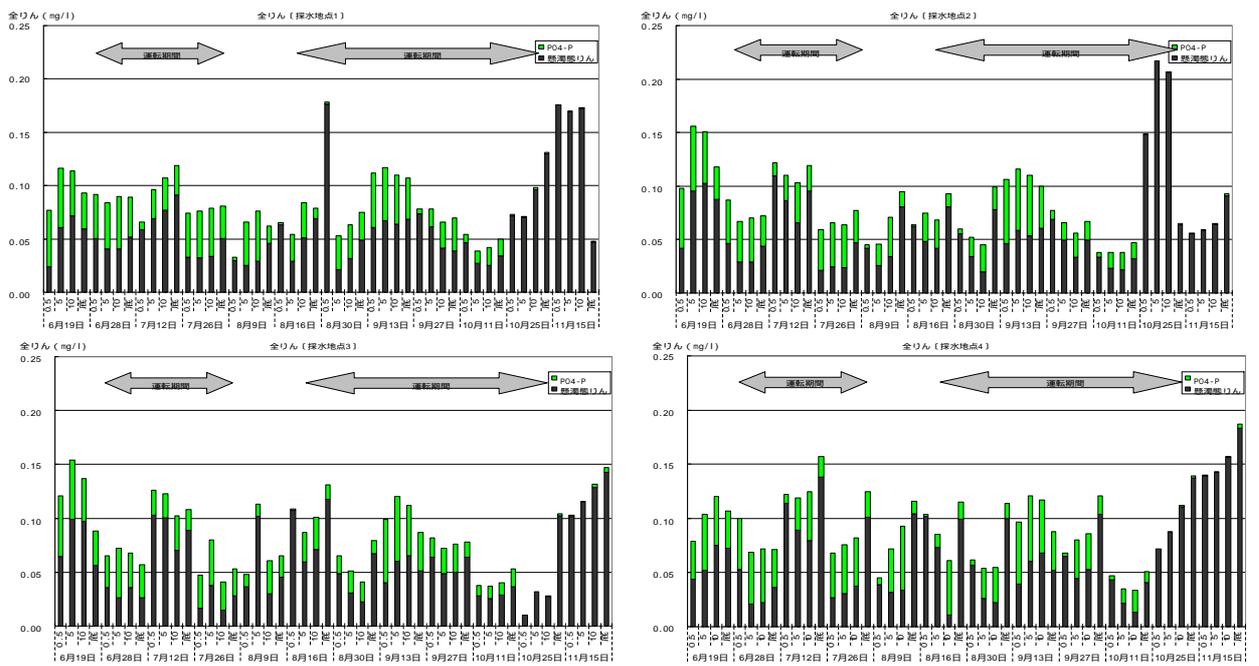


図 4 - 3 - 3 りん地点別測定結果

(2) 底質 (ORP・色・におい)

底質測定結果については、図4 - 3 4に示すとおりである。

ORPについては、全地点マイナスであり地点間に差はなく、色については、茶褐色または灰褐色で、においは土臭であった。

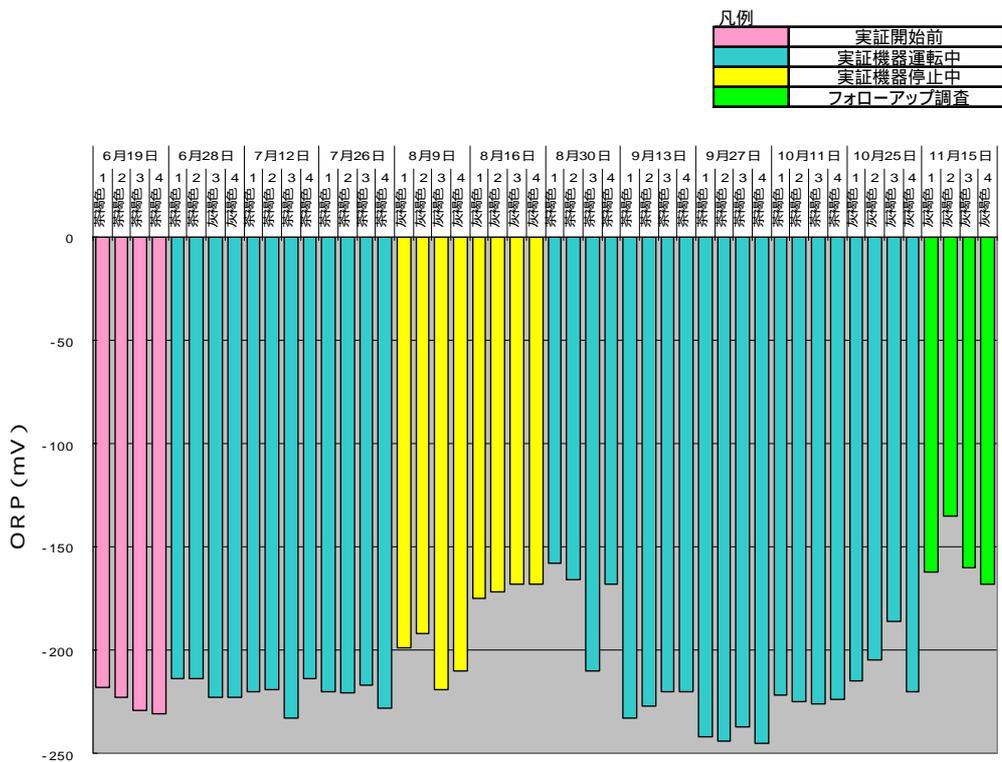


図4 - 3 4 底質ORP測定結果

(3) 生物 (クロロフィル a、植物プランクトン、動物プランクトン)

a クロロフィル a

クロロフィル a の測定結果については、図 4 - 3 - 5 に示すとおりである。

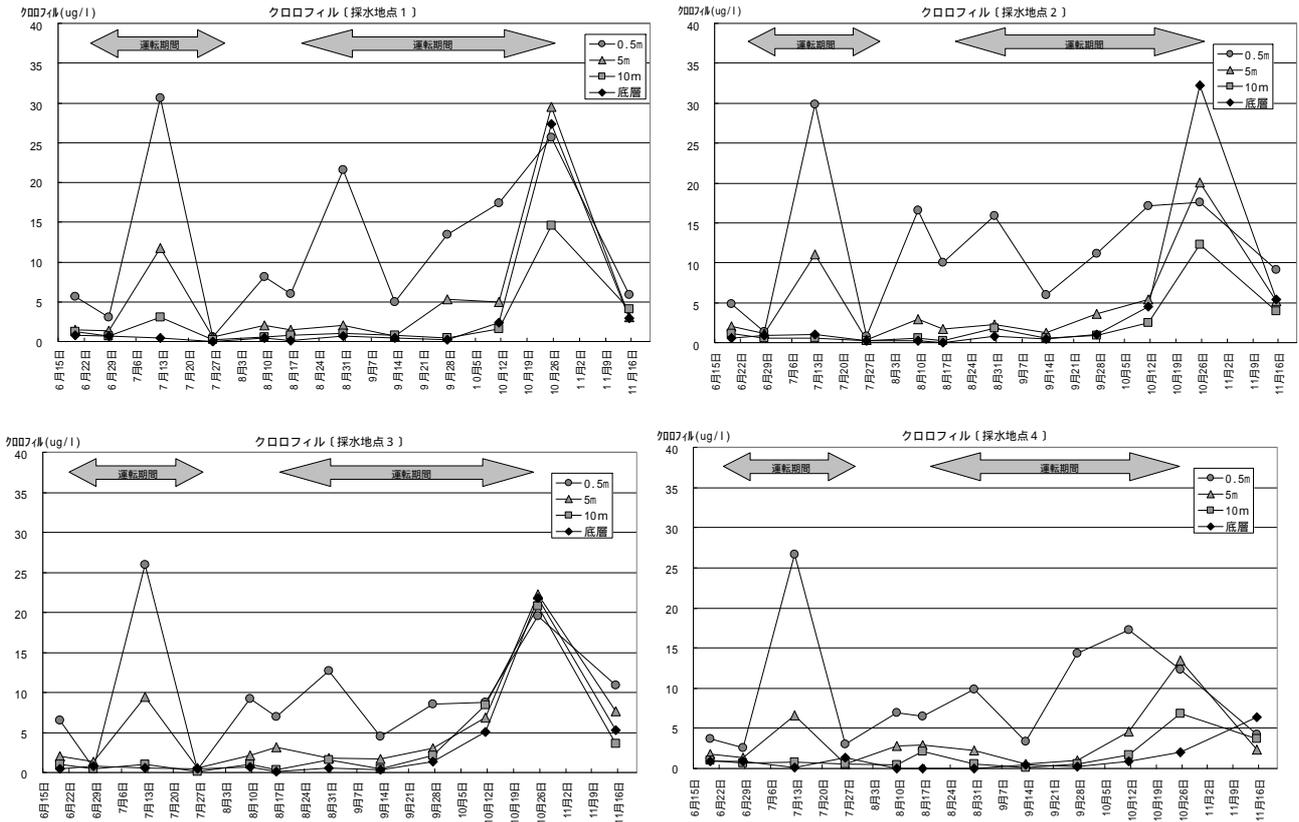


図 4 - 3 - 5 クロロフィル a 測定結果図

b プランクトン

水質調査地点 1 における植物プランクトンの地点別種類毎の数と構成比調査結果を図 4 - 3 - 6 に示す。主要種は、珪藻又は緑藻がであったが、機器稼働後、珪藻類が主要種となった。機器停止後、珪藻類が減少し緑藻類が主要種になるとともに藍藻類が増加し、再稼働時には藍藻類が主要種となり、水面にはミクロキスティス (Microcystis spp.) が確認されるようになった。再運転後、藍藻類が主要種ではあるが珪藻類が見られるようになり、珪藻類の増加とともに藍藻類が減少した。

アオコの原因とされるミクロキスティス (Microcystis spp.) 及びアナベナ (Anabaena spp.) については、機器停止後発生が確認され、その後再運転により減少した。

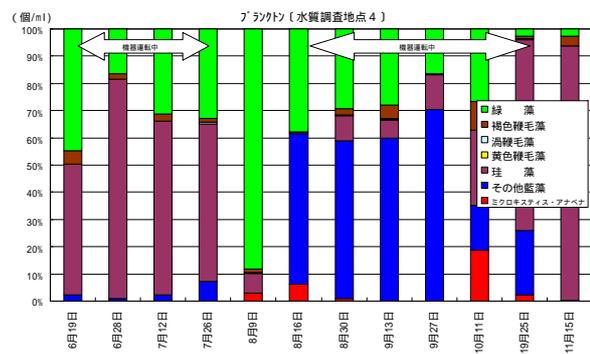
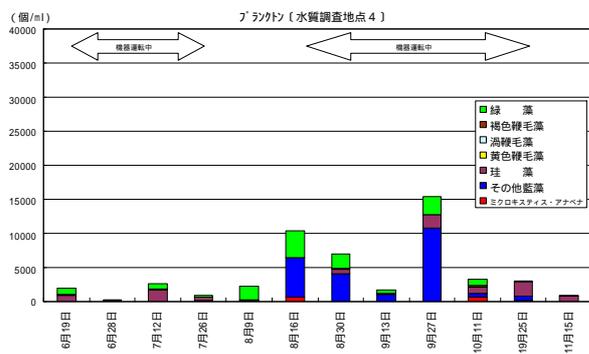
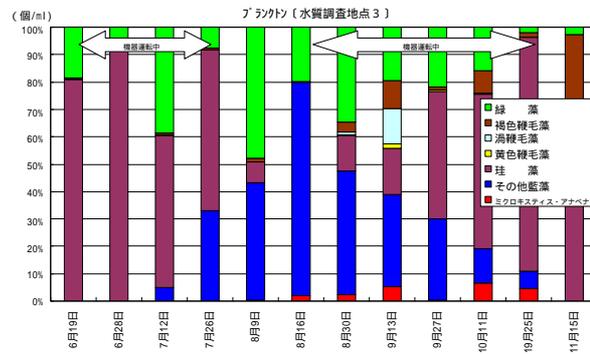
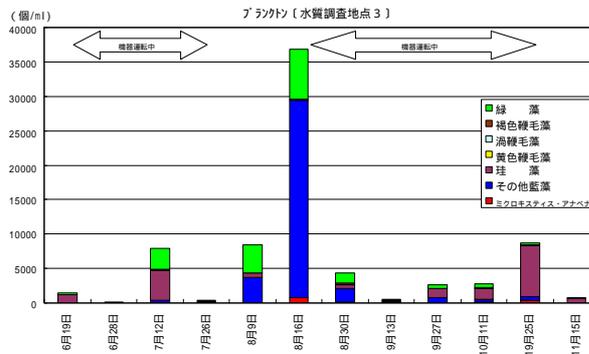
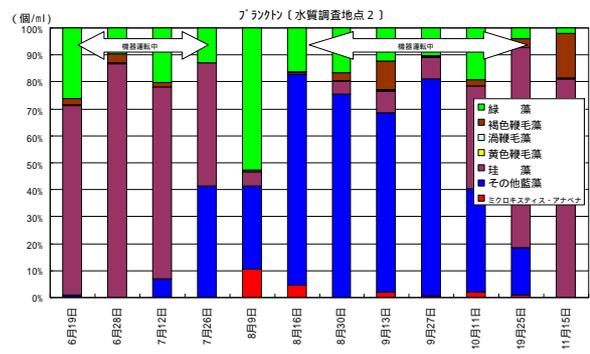
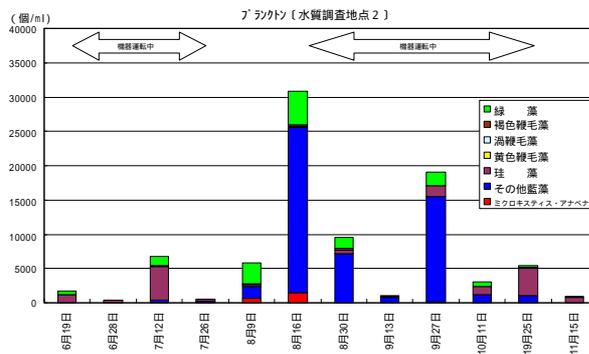
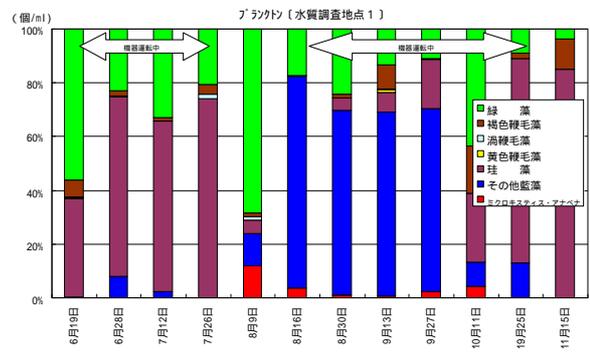
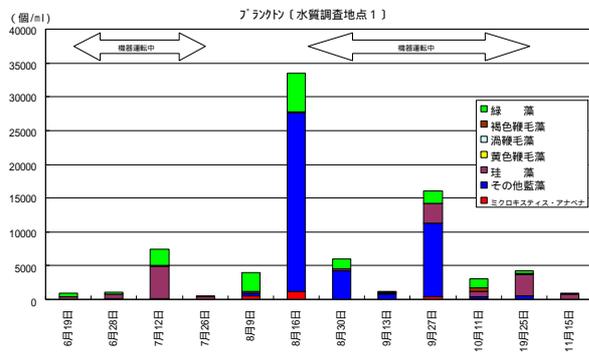


図4 - 3 - 6 地点別植物プランクトンの種類毎の数と構成比

観測された植物プランクトンから、停滞性を好むプランクトンとして4種【*Microcystis* spp.・*Ceratium* spp.・*Eudorina* spp.・*Oocystis* spp.】また流動性を好むプランクトンとして4種【*Aulacoseira* spp.・*Cyclotella* spp.・*Cymbella* spp.・*Scenedesmus* spp.】を選定しその構成比の変化を図4 - 3 - 7に示す。

稼働前は、測定地点の下流部より上流部ほど流動性を好むプランクトンの構成比が高い傾向があり、稼働後流動性を好むプランクトンの構成比が6割から10割に増大し、機器停止後、停滞性を好むプランクトン5割から9割に増大した。再稼働後は1ヶ月は停滞性を好むプランクトンが優先していたがその後流動性を好むプランクトンの割合が増大していった。

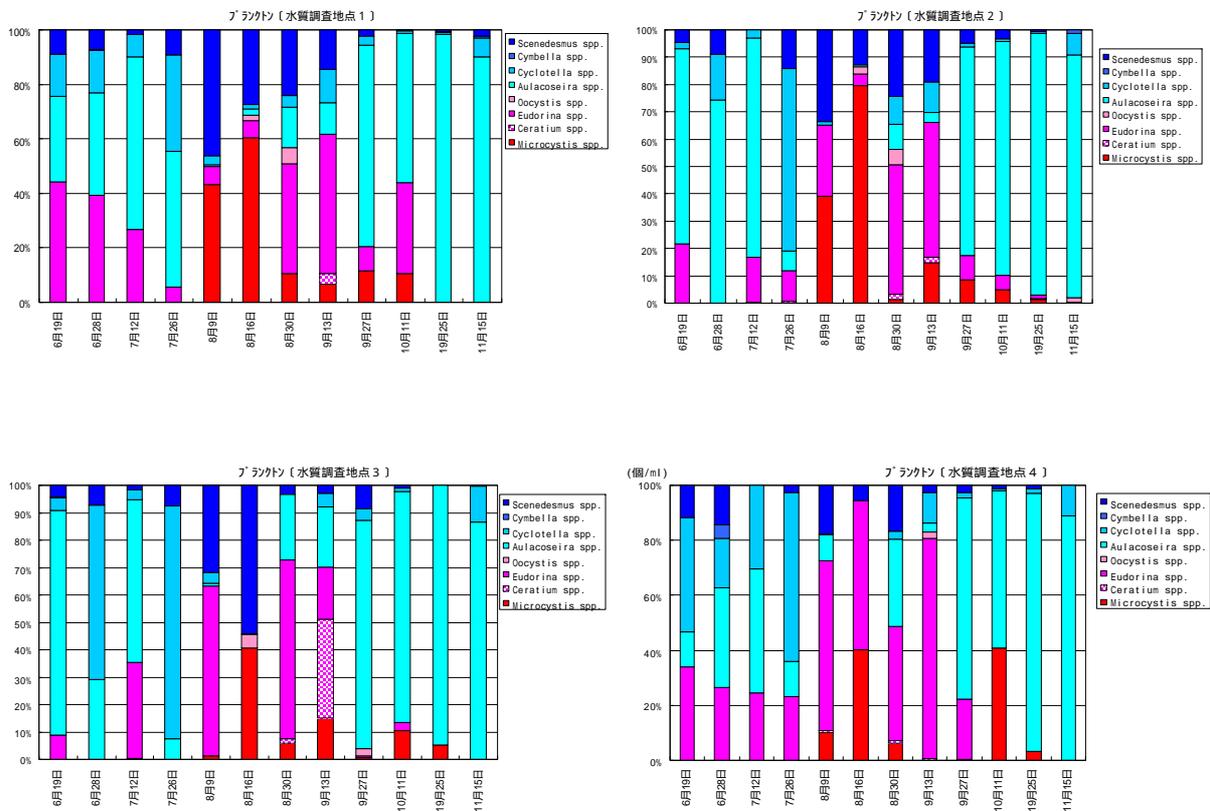


図4 - 3 - 7 流動性及び停滞性を好むプランクトンの構成比

5 . 運転及び維持管理

5.1 運転及び維持管理

運転及び維持管理に関する実証項目の調査結果は、表 5 - 1 のとおりである。

日常点検は水質調査時等（1～2週）毎に実施し、1基あたり点検時間は10分程度（1名作業）である。日常点検は目視点検を主とし、目視によりストレーナーの目詰まりを確認した時には清掃作業を実施するが、特殊な技能は要しないものの操作の習熟度により作業時間が異なると思われる。

浮体設置場所への移動手段として動力付き船舶を使用したため、小型船舶操縦士の免許又は傭船技能・資格を必要とした。

保守点検は稼動時及び再稼動時期間中2回実施し、点検・清掃時間は1基あたり30分（2名作業）であった。電気・動力設備の点検であるため、専門の知識・経験を必要とする。

なお、ダム管理者は、日常パトロール時に湖岸等から目視観察を実施した。

表 5 - 1 運転及び維持管理

項目	作業内容	作業実施日及び作業時間	点検実施者
日常点検	目視点検及び ストレーナー閉塞時に洗浄	6/19 10分/基 機器稼動	使用者
		7/26 10分/基 機器停止	
		8/9 10分/基	
		8/17 10分/基 機器再稼動	
		8/30 10分/基	
		9/13 10分/基	
		9/15 10分/基	
		9/27 10分/基	
		10/11 10分/基	
		10/25 10分/基 機器停止	
		合計70分	
保守点検	機器点検・清掃	6/19 30分/基	技術開発者
		8/16 30分/基	

5.2 電力等消費量

電力消費量に関する監視項目の調査結果は、図5 - 2のとおりである。

電力消費量は、台風による損傷時、ストレナーの目詰まり、落雷トリップを除けば1330.2kWh/日で一定していた。

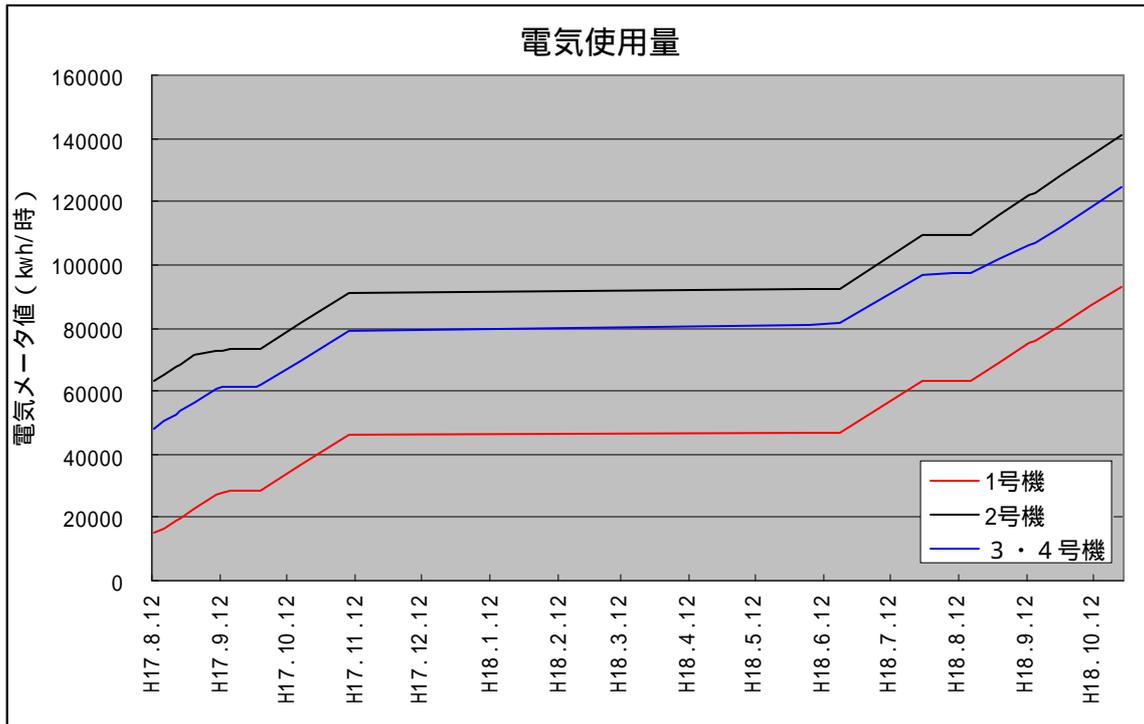


図5 - 2 電力消費量

5.3 実証対象機器の信頼性及びトラブルからの復帰方法

実証試験における実証対象機器のトラブルとその復帰方法については、表5 - 3のとおりである。

実証対象機器のトラブルは、機器由来のトラブルはなく、落雷や台風等による自然的影響によるトラブルであり、機器の信頼性は高い。

なお、ストレーナー閉塞については、ダム湖の流入部に設置してあるゴミ止めフェンス上流部に設置した機器で発生しており、機器周辺に洪水時ゴミが多く浮遊したため吸入しやすかったことが原因である。

表5 - 3 実証対象機器のトラブルとその復帰方法

内 容	トラブル・症状	復帰方法
落雷による漏電遮断器断	落雷により異常電流等で漏電遮断器が作動し、機器が停止（1号機）	漏電遮断器回路を再投入した。 長時間停止の場合は、ポンプの再起動が必要になる場合がある （使用者による対応可）
停電	使用電気量が減少している。	停電復帰後機器も自動復帰した。 ただし、長時間停止の場合は、ポンプの再起動が必要になる場合がある。（使用者による対応可）
ストレーナー閉塞	取水口から浮遊ゴミなどを吸入しポンプ水量が減少した。	ストレーナーの清掃を実施する。 （使用者による対応可）
台風による浮体の流下・水流発生装置の転倒移動	台風による出水で水位が最高水位より上昇し、浮体が浮き上がり、浮体・水流発生装置が流され、能力が低下	所定の位置へ移動し、再度アンカー等を敷設し、損傷したケーブル類を修理した。 （実証技術開発者による対応要）
ポンプ電流メーター値の減少	ポンプ電気メーター値が減少している時は、ポンプ異常が考えられるため機器の点検を行った結果、ストレーナーの閉塞が確認された。	ストレーナーの清掃を実施する。 （使用者による対応可）

5.4 運転及び維持管理マニュアルについて

実証対象機器に関する運転及び維持管理マニュアルとしては、付録1「操作方法及び維持管理マニュアル」（A4版日常点検及び定期点検表含む）が用意されている。

装置は設置場所毎に仕様が異なるため、実証対象機器毎に、日常的な点検箇所を図や写真を用いて具体的に記載している。

点検項目・異常時の対策を一覧表で整理されており、理解・判断しやすい。

なお、日常点検以外の作業については、定例点検時に実施するメンテナンス（メーカーによる維持管理）が一般的である。

6 データの品質管理と評価

実証試験の実施にあたっては、実証試験計画に従い品質管理を行うとともに、愛媛県衛生環境研究所の定める、品質試験マニュアルに基づき、データ検証及び監査を実施した。

監査は、実証試験期間中に1回行い、実証試験が適正に実施されていることを確認した。

(参考情報)

注意:このページに示された製品データは、全て環境技術開発者が自らの責任において申請した内容であり、環境省及び実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

製品データ

項目		環境技術開発者 記入欄			
名称		水域循環保全装置 ジェット・ストリーマー			
型式		MJS シリーズ			
製造(販売)企業名		(株)石井工作研究所			
連絡先	TEL / FAX	(097)544-1001 / (097)554-5035			
	Web アドレス	http:// www.i-kk.co.jp/			
	E-mail	newpro@i-kk.co.jp			
サイズ・重量		浮体部 W:3600mm D:3600mm H:2200mm 2,440kg 底設置部 W:4600mm D:3600mm H:4500mm 9,50kg			
前処理、後処理の必要性		なしあり 〔具体的に〕			
付帯設備		なしあり 〔具体的に ・電源設備、・係留設備(陸上型には浮体部無し)〕			
実証対象機器寿命		実証機器(浮体及び水流発生部) 15年(設計寿命) 駆動ポンプ10年及びコンプレッサー6年(定期的な消耗部品交換要)			
立ち上げ期間		設置期間7日 調整1日(1基あたり)			
コスト概算	費目		単価	数量	計
	イニシャルコスト				
	本体機材費(JMS-200型)		15,000,000	2	30,000,000
	本体機材費(JMS-150型)		20,000,000	2	40,000,000
	機器設置費		1,800,000	4	7,200,000
	(設置経費 計)		-	-	77,200,000
	ランニングコスト(月間)				
	電力使用料		15 円/kwh	3,990kwh	598,500
	保守点検料(JMS-200型)		58,300	2	116,600
	保守点検料(JMS-150型)		41,700	2	83,400
	消耗品・薬剤費		-	-	-
	汚泥・廃棄物処理費		-	-	-
(月間維持管理費 計)		-	-	798,500	
円 / 処理水量 1m ³		0.0557 円	-	-	

その他 本技術に関する補足説明(導入実績、受賞歴、特許・実用新案、コストの考え方 等)

特許:日本特許庁(特許番号/登録日)[第2911078号・第2979220号・第3290085号]

米国・EU・台湾・中国・韓国・フィリピン(取得済)・タイ(取得中)

納入実績12件()

特徴 密度の異なった水を混ぜ合わせる。

広範囲の水域を循環する。

DO(溶存酸素量)・酸化分解の促進。