

ベトナム社会主義共和国

農業農村開発省水資源研究院

ベトナム国におけるダム湖の 水環境改善装置の普及・実証事業 業務完了報告書

平成 28 年 2 月

(2016 年)

独立行政法人

国際協力機構 (JICA)

株式会社丸島アクアシステム

国内
JR
15-119

目次

巻頭写真	i
略語表	v
地図	vi
図表番号	vii
案件概要	ix
I. 事業の背景	1
1. 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認	1
(1) 事業実施国の政治・経済の概況	1
(2) 対象分野における開発課題	2
(3) 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度	4
(4) 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析	5
2. 普及・実証を図る製品・技術の概要	10
II. 普及・実証事業の概要	13
1. 事業の目的	13
2. 期待される成果	13
3. 事業の実施方法・作業工程	13
(1) 調査・基本計画	13
(2) 機器製作・資材調達	13
(3) 機器輸送・現地据付	13
(4) 本体運転・定期点検	14
(5) 効果の評価・分析	14
(6) 操作説明会	14
(7) 本邦受入活動	15
4. 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）	16
5. 事業実施体制	17
6. 相手国政府関係機関の概要	18
III. 普及・実証事業の実績	19
1. 活動項目毎の結果	19
(1) 調査・基本計画	19
(2) 機器製作・資材調達	27
(3) 機器輸送・現地据付	27
(4) 本体運転・定期点検	28
(5) 効果の評価・分析	28
(6) 操作説明会	42
(7) 本邦受入活動(C/P 等の能力開発)	42

(8) その他	44
2. 開発課題解決の観点から見た貢献	50
3. 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献	51
4. 環境社会配慮	51
5. 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について	52
6. 今後の課題と対応策	52
IV. 本事業実施後のビジネス展開計画	54
1. 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定	54
(1) マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）	54
(2) ビジネス展開の仕組み	57
(3) 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール	60
(4) ビジネス展開可能性の評価	62
2. 想定されるリスクと対応	63
3. 普及・実証において検討した開発効果	63
4. 本事業から得られた教訓と提言	64

添付資料

1. 深層曝気装置組立図
2. 施工計画書
3. 深層曝気装置 検査成績書
4. 科学技術省所属新聞社の記事
5. 資源環境省 MONRE の新聞記事
6. ベトナム施工報告
7. チョンダム水質結果の詳細

巻頭写真

2014年2月17日 現地業者打合せ



2014年2月18日 C/P打合せ



2014年2月19日 サフォンダム現地調査



2014年2月19日 スオイサイダム現地調査



2014年2月20日 キムソンドム現地調査



2014年4月23日 チョンドム現地調査



2014年4月23日 チョンダム現地調査



2014年8月28日 丸島アクアシステム 奈良工場
視察・研修



2014年12月2日 水環境セミナー



2015年1月8日 チョンダム設置設備



2015年1月9日 コンプレッサー室確認



2015年1月10日 組立準備



2015年1月11日 VAWRIによる組立確認



2015年1月12日 深層曝気装置 設置



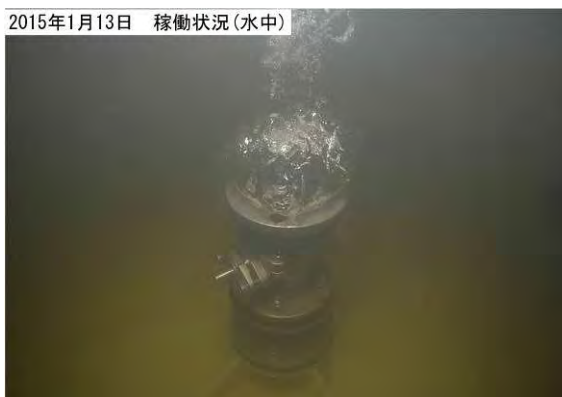
2015年1月12日 深層曝気装置 曳航



2015年1月12日 自沈エアホース 敷設



2015年1月13日 稼働状況(水中)



2015年1月13日 稼働状況(湖面)



2015年5月20日 稼働状況(水上)



2015年5月20日 稼働状況(陸上)



2015年10月22日 稼働状況(水上)



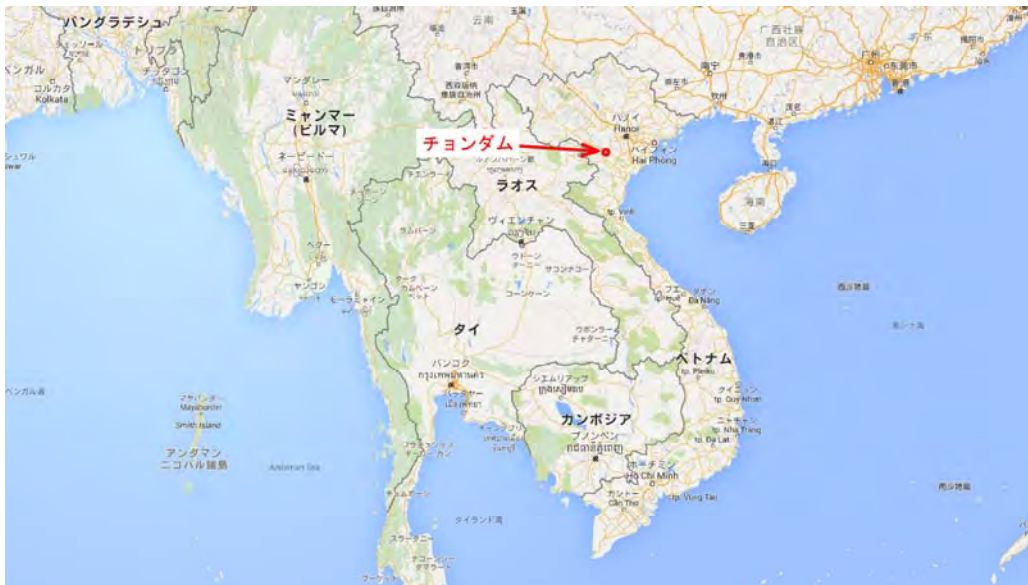
2015年10月22日 稼働状況(陸上)



略語表

略語	正式名称	日本語名称
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
C/P	Counter Part	相手国実施機関 (カウンターパート)
DARD	Department of Agriculture and Rural Development	(地方省政府) 農業農村開発局
DO	Dissolved Oxygen	水中の溶存酸素濃度 *一般河川では 10mg/L 前後
DOIT	Department of Industry and Trade	(地方省政府) 工商局
DONRE	Department of Natural Resources and Environment	(地方省政府) 天然資源環境局
EVN	Vietnam Electricity	ベトナム国国営電力公社
JV	Joint Venture	共同事業体
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
HUST/INEST	Hanoi University of Science and Technology/ Institute for Environmental Science and Technology	国立ハノイ工科大学 /環境科学研究所
ISTEA	Industrial Safety Techniques and Environment Agency	(ベトナム国) 工商省 工業安全技術環境庁
JICA	Japan International Cooperation Agency	(独) 国際協力機構
JETRO	Japan External Trade Organization	(独) 日本貿易振興機構
MARD	Ministry of Agriculture and Rural Development	(ベトナム国) 農業農村開発省
MOC	Ministry of Construction	(ベトナム国) 建設省
MOIT	Ministry of Industry and Trade	(ベトナム国) 工商省
MONRE	Ministry of Natural Resources and Environment	(ベトナム国) 天然資源環境省
MPI	Ministry of Planning and Investment	(ベトナム国) 計画投資省
VAWR	Vietnam Academy for Water Resources	(ベトナム国) 農業農村開発省水資源院
WIP	Institute of Ecology and Works Protection Resources	(ベトナム国) 環境保護研究所

地図



出典 Google 地図 (<https://www.google.co.jp/maps/@20.6658425,106.1379471,9.05z>)

図表番号

図 1.1	ダム湖での水環境変化の仕組み	2
図 1.2	ダム湖での水温躍層形成の仕組み	3
図 2.1	深層曝気装置の施工例と作業イメージ	14
図 2.2	作業工程表	15
図 2.3	実施体制図	17
図 2.4	VAWR の組織図	18
図 3.1	チョンダムの位置	26
図 3.2	曝気施設の概略配置計画	26
図 3.3	チョンダムの水温、DO、鉄、マンガンの経時変化図	29
図 3.4	チョンダム湖における深層曝気導入効果 (水温)	30
図 3.5	チョンダム湖における深層曝気導入効果 (DO)	31
図 3.6	チョンダム湖における深層曝気導入効果 (Fe)	32
図 3.7	チョンダム湖における深層曝気導入効果 (Mn)	33
図 3.8	チョンダム湖における深層曝気導入効果 (NH ₄ -N)	34
図 3.9	チョンダム湖における深層曝気導入効果 (COD)	35
図 3.10	チョンダム下流河川の水質調査結果	36
図 3.11	浄水場水源に深層曝気装置ありの場合	38
図 3.12	浄水場水源に深層曝気装置なしの場合	38
図 3.13	深層曝気装置の導入有無による浄水場のコスト比較	40
図 3.14	深層曝気装置を導入した浄水場の事業利益の推移	41
図 3.15	浄水量に対する深層曝気装置導入の比較	41
図 3.16	深層曝気装置の導入有無による浄水場のコスト比較	50
図 4.1	ベトナム国でのビジネス工程	54
図 4.2	無償資金協力の案件化フロー	54
図 4.3	ハティン省各貯水池の位置	58
図 4.4	ハティン省での業務フロー	59
図 4.5	ベトナム国でのビジネススケジュール	60
図 4.6	ビンディエンダムに深層曝気装置を導入した場合のカウド浄水場のコスト比較	64
表 1.1	ベトナム国での水環境における日本の支援状況(1)	6
表 1.2	深層 OD 改善装置の比較	12
表 2.1	要員計画表	16
表 3.1	試験候補地の机上調査の結果一覧	20
表 3.2	3 候補ダムの主要諸元(1)	21
表 3.3	3 候補ダムの主要諸元(2)	21
表 3.4	実証事業候補地選定のための現地踏査・ヒアリング結果のまとめ (第 1 回渡航)	22

表 3.5	実証事業候補地選定のための現地踏査・水質調査結果等のまとめ(第2回渡航)	23
表 3.6	深層曝気装置導入の有無による浄水事業費の比較	39
表 3.7	来日者リスト	43
表 3.8	本邦受入活動スケジュール	43
表 3.9	2014年12月2日 セミナー参加者	45
表 3.10	2016年1月13日 セミナー参加者	49
表 4.1	水質保全が必要な箇所とその対策	55
表 4.2	ハティン省移設候補地の概要	57
表 4.3	ハティン省の業務分担表	59
表 4.4	各案件に対する提案方法	60
表 4.5	各案件と資金調達方法	61

案件概要

ベトナム国におけるダム湖の水環境改善装置の普及・実証事業

企業・サイト概要

- 提案企業:株式会社丸島アクアシステム
- 提案企業所在地:大阪府大阪市
- サイト:ベトナム国ホアビン省チョンダム
- 相手国政府機関:農業農村開発省 水資源研究院 (VAWR:Vietnam Academy for Water Resources)
- 事業実施期間:2014年2月～2016年3月

●●●ベトナム国の開発課題●●● ← 合致 → ●●●提案企業の技術・製品●●●

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ・ 同国ではこれまで619基のダムが建設され、近年は毎年13基以上のダムが建設されている。 ・ しかしダム湖での水環境対策が実施されていないため、水質悪化(主に貧酸素化)により、各地のダム湖及びその下流河川域において水質問題が発生している。 ・ 具体的な水質問題は、ダム下流での水道水源の水質悪化であるが、さらにダム湖や河川を利用する漁業や農業にも悪影響を及ぼしている。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 本製品・技術は、ダム湖内で生じる貧酸素化を防止し、ダム湖および下流河川の水環境の改善を行うものである。 ・ システムは装置本体・コンプレッサー・送気ホースから構成され、本体に圧縮空気を送りこむことで深層部の貧酸素水を吸い込むと共に装置内で酸素を溶け込ませ、酸素を豊富に含んだ水として深層部に吐出するものである。 ・ 海外でも日本国内での機器仕様を大幅に変更することなく適用が可能である。 |
|---|---|

普及・実証事業の内容 (JICA事業)

- ・ 現地の環境調査を踏まえ、対象とするダム湖に実証試験機を導入し、1年間のパイロット試験を実施する。
- ・ 試験期間中は毎月、水質観測を実施するとともに、1年間の水質動向把握と試験結果の評価を行う。
- ・ カウンターパート期間の技術者を対象に日本での施術研修を実施する。

普及・実証事業の成果

- ・ 中央政府機関、地方政府機関、電力事業者等により、本技術・製品の有効性及び水質改善の効果が理解される。

ビジネス展開

- ・ ベトナムにおいて受注活動を積極展開
- ・ 近隣アジア諸国への事業展開

開発課題へのインパクト

- ・ 「環境保全」の推移心に貢献

要約

I. 提案事業の概要	
案件名	ベトナム国におけるダム湖の水環境改善装置の普及・実証事業 The Pilot Survey for Disseminating Small and Medium Enterprises Technologies for Introduction of Improving Water Quality in Dam Reservoir
事業実施地	ベトナム国ホアビン省チョンダム
相手国 政府関係機関	農業農村開発省 水資源研究院 (VAWR: Vietnam Academy for Water Resources)
事業実施期間	2014年2月～2016年3月
契約金額	101,467,080円(税込)
事業の目的	<p>ベトナム国ではこれまで100万m³以上のダムが714基(2015年11月現在、水資源研究院調べ)建設され、ここ5年間で毎年20基程度のダムが建設されている。しかし多くのダム湖では、湖底に近い深層に湖の表層からの酸素供給が減少している酸欠状態(貧酸素化)になっていることが多い。こうした貧酸素化したダム湖の底泥からは、鉄(Fe)、マンガン(Mn)、硫化水素(H₂S)、リン(P₀₄-P)等が溶出し深層に蓄積される。これらのダム湖は、富栄養化や、その湖水を利用するダム下流浄水場での黒水、赤水の障害を引き起こし、水道水の質低下や、農業用水や漁業への悪影響などを引き起こしている。</p> <p>こうしたダム湖の水質問題は、ベトナム国の自然環境保護の課題の中でも喫緊の解決が必要であるとベトナム国政府でも認識しており、本事業における相手国実施機関(カウンターパート 以下、C/P)である水資源研究院(以下、VAWR)より、「深層曝気装置」の導入の要請を受けた。</p> <p>本装置は、日本国内で10基の導入実績があり、ダム湖の貧酸素化対策に成果を上げている。本事業はベトナム国においても同様に水質問題の改善能力を有することを実証し、安全で安価な水道水の供給実現や、当該水域での漁業・農業活動・沿川住民の生活環境向上に寄与することを目指す。</p>
事業の実施方針	<ol style="list-style-type: none"> 1. 現地の環境調査を踏まえ、対象とするダム湖に実証試験機を導入し、1年間のパイロット試験を実施する。 2. 試験期間中は、毎月、水質観測を実施するとともに、1年間の水質動向把握と実証結果の評価を行う。 3. 普及活動として中央政府機関、地方政府機関、電力事業者などに本技術の説明及び水質改善の効果の説明を行い事業の有効性をPRする。 4. 実証ダムの管理者、相手側実施機関の技術者を対象に技術研修を実施する。

実績	<p>【要約】</p> <p>実証活動においては、先ず実証場所を模索するダム湖の調査を実施し、ダム湖決定後に基本設計を行い、チョンダムにおける装置のレイアウトを決定。深層曝気装置を製作し、輸送、現地据付、運転管理後に、約1年間（2015年1月から12月）装置を稼働させ、ダム湖及び下流河川の水質分析を行い、深層曝気装置によって水質保全が可能であることを実証した。</p> <p>普及活動においては、本邦受入活動においてC/Pに水質保全設備の重要性やその運転管理方法の説明および研修を実施した。現地では、C/Pや関係者に対し、実証結果を基に提案機材の有効性を報告するセミナー等を10回程度実施し、具体的な案件発掘を目指した。その結果、ホアビン省チョンダムからハティン省に装置を導入する計画が提案され、本事業でのチョンダムの実証が終了後、ハティン省に装置を移設し、その効果をハティン省においても実証し、普及を目指すことになった。</p> <p>1. 実証・普及活動</p> <p>(1) 機材設置および稼働状況</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2015年10月に装置製作完了。 ・2015年1月13日にチョンダムにて設置完了。同日運転開始。 ・2015年1月から12月まで安定して連続稼働を実施。 <p>(2) 事業実施国政府機関との協議状況</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2015年12月以降数回、普及方法についてVAWR、環境保護研究所（以下、WIP）と協議。 ・2015年12月ハティン省知事及び副知事にPRを実施。 ハティン省にて深層曝気装置の移設決定。 <p>(3) 実証結果</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2015年1月より毎月1回、チョンダム湖内及び下流河川の水質分析を実施。水質結果から、深層曝気装置運転前運転と比較し、顕著な水質の改善を確認。 <p>(4) 市場調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2014年3月及び4月にかけて、チョンダムを含め6ダムの調査を実施し、ダム湖の貧酸素化及び住民苦情などを確認。 <p>(5) 普及活動</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2014年12月に農業農村開発省（以下、MARD）、ホアビン省農業農村開発局（以下、DARD）、VAWRに対してセミナー実施。 ・2015年12月にハティン省にてセミナー実施。 ・2015年12月ハティン省水道公社にてセミナー及び現場調査実施。 <p>(6) 稼働状況</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2015年5月及び10月に運転状況の確認を実施。
----	--

	<p>(7) 2014年8月25日～8月29日にC/Pの本邦受入活動を実施 (研修内容)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水質保全の取組の重要性や運用方法説明 ・日本国内における水質保全の考え方紹介 ・水質保全設備の運用状況説明（現場視察） ・ダム運用方法の実態説明 ・当社の事業説明／工場視察 <p>2. ビジネス展開</p> <p>(1) 資金調達調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ハティン省へ深層曝気装置を移設する費用については、ハティン省が負担する。尚、発注についてはハティン省若しくはVAWRからとなる予定。 <p>(2) C/P主催の水環境セミナーを実施 (セミナーの内容)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水環境に関する概論 ・ベトナム国に於ける水環境問題 ・水環境改善技術とチョンダムに設置する装置概論 ・質疑応答
課題	<p>1. 実証・普及活動</p> <ul style="list-style-type: none"> ・チョンダムの結果を用いた地方行政機関に対するプレゼンテーションの実施。 ・事業化を目指した貯水池の詳細調査。 ・製作、工費を含めた事業費のコストダウンの検討。 <p>2. ビジネス展開計画</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ハティン省ケーゾック貯水にて実証を行い、ハティン省内にて事業化を目指す。 ・ポストハティン省となるような地方政府機関の発掘。クアニン省、タイフォン省、ビンフック省が次の候補と思われる。
事業後の展開	<p>本装置は対象がダム湖であり、中央及び地方政府機関、ダム発電会社等が顧客となる。中央政府機関については、先に調査を実施し、非常に高い関心を持つMARD、工商省（以下、MOIT）をターゲットとすることを当初念頭におき、特にC/P機関であるVAWRの所属しているMARD管轄のダム湖への導入を目指す。</p> <p>事業後の展開において最も具体的な案件としては、ハティン省ケーゾック貯水池にチョンダムから深層曝気装置を移設し、ハティン省内で効果を実証し、同省にて普及活動を展開する計画である。この件については、2015</p>

	<p>年 12 月 4 日にハティン省知事及び副知事から、深層曝気装置の効果を検証し、効果を確認した上で、省内の貯水池に展開したいと言及があった。また、移設の費用についてはハティン省にて負担することが確認されている。</p> <p>更にハティン省以外の地方省の水道水源となっているダム湖をターゲットにする。なお資金については、ベトナム国の資金を基本に考えるが、日本や各国の ODA、世界銀行からの融資についても視野に入れる。</p> <p>ベトナムでの水道事業は利用者より水道料金を徴収し運営している。深層曝気装置を導入し、貯水池の水質が向上した場合、水処理に利用している凝集剤の量を削減することができる。また、利用できないほどに貧酸素化が進んだ水源を蘇らせることによって、配水量が増加し、売上を増加させることができるつまり、凝集剤の削減、若しくは配水量の増加に伴う売上増によって、深層曝気装置導入の資金に充てることができる。</p> <p>当面の受注活動は、日本からの出張による対応となるが、事業に一定の目処がつくと判断できる時点、具体的にはハティン省案件の実施時点頃で、現地企業との JV を設け受注体制を強化する。なおベトナム国に JV を設置した場合、弊社が強みを有する深層曝気装置の水環境製品やダム・河川の水門製品や除塵設備、下水処理設備についても受注活動を積極的に展開していく予定。</p>
<p>II. 提案企業の概要</p>	
<p>企業名</p>	<p>株式会社丸島アクアシステム</p>
<p>企業所在地</p>	<p>大阪府大阪府中央区谷町 5 丁目 3-17</p>
<p>設立年月日</p>	<p>昭和 3(1928)年 9 月 25 日</p>
<p>業種</p>	<p>機械製造業</p>
<p>主要事業・製品</p>	<p>ダム・河川用水門／除塵機／水処理設備／水環境設備</p>
<p>資本金</p>	<p>4 億 4 千万円 (2015 年 8 月末現在)</p>
<p>売上高</p>	<p>87 億円</p>
<p>従業員数</p>	<p>246 名</p>

I. 事業の背景

1. 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認

(1) 事業実施国の政治・経済の概況

1976年に南北に分断されていた国家を統一し国名をベトナム社会主義共和国に改称、1973年9月には日本と外交関係樹立、1986年にドイモイ（刷新）政策が打ち出され、これ以降急速に国家近代化と経済発展をたどっている。また、1992年11月には日本からの対越援助が再開され、1995年ASEAN正式加盟、1998年APEC正式参加、2007年にWTO正式加盟と国連安保理非常任理事国（2008～2009年）にも初選出され、国際的な立場を着実に向上させてきた。

国家の人口は、2014年時点で約9,073万人、過去10年間平均増加率は1.0%で増加（公益財団法人国際金融情報センターHPより）しており、この傾向は国家の経済発展を背景に今後も継続すると考えられる。おもな民族はキン族（越人）で約86%を占めるが、他に53の少数民族が高原・山岳地帯などを中心に暮らしている。公用語はベトナム語で、宗教は仏教が中心であるがカトリック・カオダイ教他も信仰されている。人口のうち都市人口が約30%であり大半は地方に居住しているとされるが、この都市人口比率は過去およそ20年間で10%程度上昇しており、今後も都市化の進展は続くと言われる。

政体は共産党主導による社会主義国家であるが、1986年の第6回党大会にて採択された市場経済システムの導入と対外開放化を柱としたドイモイ（刷新）路線を継続、外資導入に向けた構造改革や国際競争力強化に取り組んでいる。

5ヵ年計画にもとづく近年の国家政策である「2011～2020年における社会・経済発展戦略（案）」では、プロレタリアート階級主導の共産党方針は維持しつつ引き続き高い成長を目指す方針が掲げられ、2020年までに近代的な工業国になるという大目標のもと、社会主義志向の市場経済制度の完成、急速な人材育成、インフラ構築の3点が重要な柱としてあげられた。具体的な数値目標としては、毎年7～8%の経済成長、そして2020年までに1人あたりGDPを3,000ドル（10年の2.2倍）にまで引き上げることが言及された。また国民生活の向上、持続可能な経済発展を目指している。長期的な戦略目標は、経済発展を続けることだが、それは持続可能なものでなければならず、社会的な公平や公正を目指すというものである。これまでは量的な拡大を目指してきたが、今後は質の高い成長、特に社会基盤整備、交通インフラ、港湾整備、エネルギーなど社会的公益性の大きい産業やセクターが重視される予定である。また、行政改革によってより競争力の高い体制の充実を目指すこと、より高度な人材の養成を目指すこと、インフラのさらなる充実、整備を進め、近代的な都市開発を行うことも目指すこと、とされている。このように、近年ベトナム国は一層の市場経済化と国際経済への統合を推し進めており、2007年1月、WTOに正式加盟を果たしたが、慢性的な貿易赤字、未成熟な投資環境等懸念材料もある。

ベトナム国での近年の経済成長率は、2011年以降マクロ経済安定化への取り組みに伴い、2011年は5.9%、2012年は5.2%と成長率が鈍化。2013年は5.4%、2014年は5.98%と緩やか

ながらも回復傾向が見られる¹

産業別の就労者比率は、第一次46.8%、第二次21.2%、第三次32.0%(2013年)であり、農業水産業等の従事者がもっとも多い。全国でのGDPは4,070兆ドン(約1,878億USD 2014年、IMF)で、国民一人当たりのGDPでは2,073USD(2014年、IMF)である。失業率は2.08%と先進国に比べて低く、物価上昇率は4.09%で経済成長率5.98%を下回っている。

(2) 対象分野における開発課題

ベトナム国ではこれまで100万m³以上のダムが714基(2015年11月現在 VAWR調べ)、建設され、ここ5年間で毎年20基程度のダムが建設されている。一般的にダム湖では、湖底に近い深層に湖の表層からの酸素供給が減少している酸欠状態(貧酸素化)になる可能性がある。こうした貧酸素化したダム湖の底泥からは、鉄(Fe)、マンガン(Mn)、硫化水素(H₂S)、リン(P₀₄-P)、窒素(T-N)等が溶出し深層に蓄積される。これらのダム湖は、富栄養化や、その湖水を利用するダム下流浄水場での黒水、赤水の障害を引き起こし、水道水の質低下や、農業用水や漁業への悪影響などを引き起こしている。

この様にダム湖内に水が長期間滞留することが起因となり、ダム建設に伴いダム下流では上記の様な様々な水環境問題が発生している。従って、水温によって密度成層が形成される成層型湖では、水の滞留時間によりこれらの現象に起因する問題が生じる。湖の水質は、水理学的特性による影響を強く受け、次のようにまとめられる。

- ・懸濁物質の沈降、底質での酸素の消費、底泥からの栄養塩類の溶出などによる湖内水質、とくに鉛直方向での強い変化
- ・湖水中の表層付近での、栄養塩類と光合成による植物プランクトン～動物プランクトンによる内部生産(一次生産および二次生産)の発生。

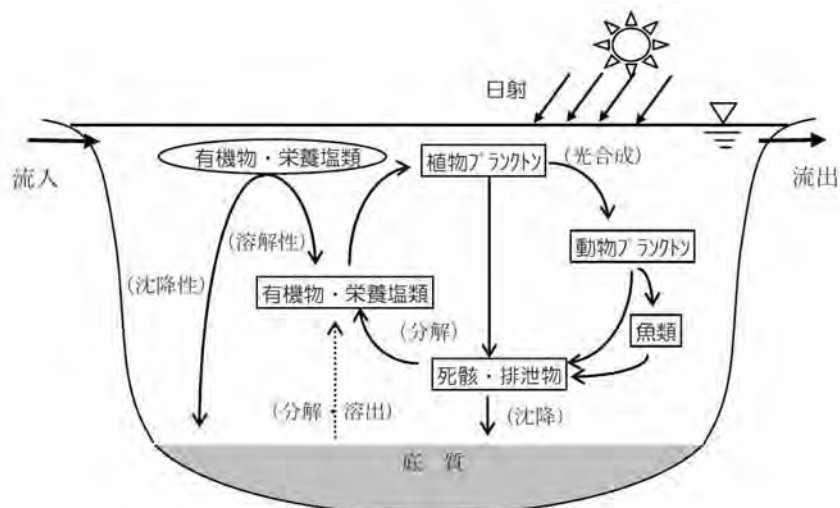


図1.1 ダム湖での水環境変化の仕組み

出典：「曝気循環設備及び選択取水設備の運用マニュアル(案)」2015年10月 国土交通省

¹ 外務省 HP : <http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/vietnam/kankei.html>

ダム湖における様々な水質現象の要因となる水温成層(鉛直方向に水温差が安定的に形成されること)は、以下の図1.2のように太陽からの日射量および周辺気温が大きく影響し、発生する。このようにする。

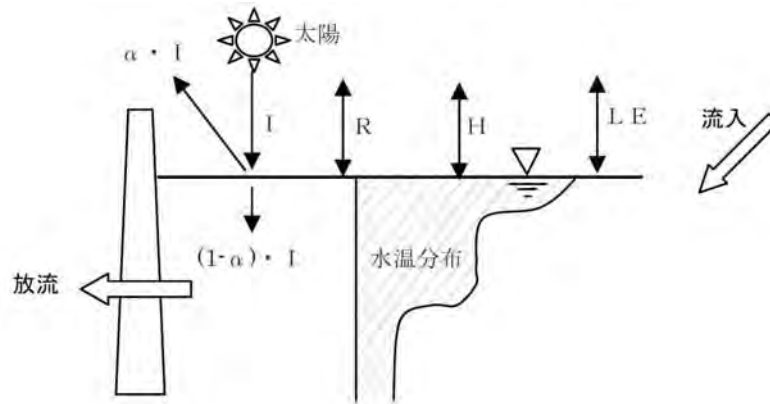


図 1.2 ダム湖での水温躍層形成の仕組み

- I ; 日射、
- α ; 反射率、
- R ; 長波放射 (水面及び大気間の放射収支; 影響要因: 水温、気温、雲量)、
- LE ; 潜熱 (水面における水蒸気量と大気中の水蒸気量の差によって生ずる熱の交換量; 影響要因: 湿度、風速、水温)、
- H ; 顕熱 (気温、水温差による熱交換量; 影響要因: 気温、水温、風速)

日本の場合では、冬季を中心に表層水温が低下することで水温成層が消失し、ダム湖内の水が循環し水質が均質化する。しかし、ベトナム国の場合には日本より冬季においても気温が高く、ダム湖の循環が起こり難いため、貧酸素化が発生しやすい。本件で実証を行ったチョンダムにおいても、北部のダム湖ではあるが、冬季の12月においても成層が確認され、貧酸素化が常態していた。

貧酸素常態が続くと、鉄、マンガンが溶出し、下流側の浄水場ではその処理に凝集剤を多用することとなり、結果、浄水場維持費の増加に起因する水道料金の高騰、若しくは給水量の極端な低下に繋がる。また、鉄、マンガンは取水管の内側で肥大・成長し、取水管を詰まらせる原因ともなる。

また、硫化水素の発生は水そのものから腐卵臭が発せられ、その臭気を除去するために新たに活性炭処理などを行う必要が発生する。

更に、リンや窒素の溶出は富栄養化に繋がり、アオコの大量発生を引き起こす可能性がある。この場合においても、浄水場維持費の増加に起因する水道料金の高騰、若しくは給水量の極端な低下に繋がる。

ベトナム国の場合、ダム湖等の底層の貧酸素化改善に対して対策はされていなかった。

ハティン省での浄水場の例を以下に示す。鉄、マンガンの水質障害が起こっている浄水場では、計画浄水量を極端に低下させ浄水水質を確保するか、底層取水を表層取水に変更して対応している。しかし、表層取水では貯水池水位が低下すると十分な取水量ができず、結果、配水ができず、利用者から苦情が寄せられ、水道管理者が非常に困っているとのこ

とであった。ベトナム国内の他の貯水池でもこのような状況が多く存在すると考えられる。

安全で安定した浄水の供給は、住民生活の衛生的な生活にも必要である。また、工場などの運営では多量の水を必要とする場合が多く、配水量の減少は企業運営にも大きく影響する。このように、十分な配水がされない場合には径座的にも大きな打撃を与えることとなり、早急な対策が必要である。

日本においても浄水場での対策には限りがあるが、貯水池で水質保全を実施している例が多数ある。主な対策方法としては、深層曝気装置に代表される曝気装置を利用した方法である。ベトナム国においても、基本的な貧酸素のメカニズムに違いはなく、これらのシステムを導入することで、安全で安定した浄水システムの運営が可能である。

(3) 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度

(ア) 水資源管理に関する法制度

この数十年、ベトナム国における水資源の管理が法律、体制、仕組みなどの面で大きく改善され、国の経済社会発展に貢献している。1998年に正式に発効され、2013年に改正された水資源法及び水資源法を具体化するその他の法的書類が、全国における水資源の管理、運営、貯留、開発及び利用について規定した。水資源の管理体制の変更は分散化及び水資源の開発、利用及び保護、特に生活用水及び農業用水の供給への私的組織、機関の参加を促進した。水資源法では、ベトナム国の水資源は全国民の所有とされており、全国民が水源からの利益を受けられるよう国が総括管理する。現在、天然資源環境省（以下、MONRE）は政府に一般の水資源の管理を任せられ、MARD及びMOITは水利、水産養殖、水力発電等それぞれの担当分野での水資源の管理を行っている。

このうち水資源法は、全国規模かつ総合的な水資源管理を実現するため、1998年に国会で承認され1999年1月から施行されている。この法は、1章一般条項、2章水資源の保全、3章水資源の開発と利用、4章洪水・その他水害の影響に対する予防・水防および克服、5章水管理工事の開発の予防、6章水資源管理に係わる国際関係、7章水資源の国家管理、8章水資源の特別管理、9章違法行為に対する取締りとその報酬、10章実施要項で構成されている。このなかで、今回提案する製品・技術の普及に関して、以下の重要な点がある。

- ・水資源の管理に関わる責任(第 58 条)：政府が水資源の統一的管理を行使し、MARD が管理実施について政府に責任を負う。
- ・国家水資源評議会の設立(第 63 条)：MARD 内に設置され、水資源管理に関する重要な政策を政府に諮問する。
- ・河川流域管理組織の設立(第 64 条)：河川流域の水資源開発計画を管理するために、MARD の下に非営利組織(RBO; River Basin Organization)を設立する。

(イ) ダム建設・管理に関わる行政組織

ベトナム国で主にダム建設に関する行政組織のうち、ダムを設置し管理する主な組織は、河川と流水を管理しかつ灌漑用ダムを整備・管理するMARDと、河川に水力発電施設

を整備・管理するMOITである。国土の環境全般を監視・管理する組織としてはMONREが挙げられる。

MARDは、農業・森林管理および農村開発に関する国家管理の機能を有する政府機関である。MONREの設立に際して、それまでMARDに属していた水資源管理局はMONREに移管されることとなったが、灌漑用ダムや湖といった農業生産に係わる水資源の管理と利用については、従来どおりMARDの洪水・堤防管理部および水資源水力事業管理部が管轄している。

MOITは、大規模な水力発電ダムの事業者となる。事業担当はGeneral Department of Energy/Hydropower Departmentで、環境技術全般は工業安全技術環境庁（ISTEA）が所管している。

MONREは、従来MARDが所管した水資源管理局を傘下におき、また環境管理全般にわたる環境保護局、環境影響評価（EIA）審査部を組織にもっている。建設計画段階での環境保護の指導のほか、ダム運用後における水質影響などを、中央政府の立場から管理する。

（ウ）ダム建設・管理者

数十年間に渡り、国家及び住民の投資資金により、現在全国において大湖、小湖の各種類が5,616個建設され、総容量が約500億 m^3 となる。その内、水力発電施設の湖は150個あり、その容量は396億 m^3 である。灌漑用湖は5,466個あり、その容量は102,8億 m^3 であり、803,180haの耕作地の散水を確保している。数多くの湖を有するのは、ホアビン、バクザン、トゥエンクアン、ビンフック、フートー、ティンホア、ゲアン、ハティン、ビンディエン、ダクラクなどの省である。ほとんどの湖は、1970～80年代に建設されたものである。

ベトナム国の湖は、数多くの機関、組織、個人に管理されている。大きな水力発電所のための湖は、ベトナム電力グループに建設・管理され、水力発電施設を建設する投資家は、自分の建設した小・中湖を管理する。水利施設を開発する会社が、630個の湖を管理し、全国の約11%を占めている。地方の水利施設を開発する会社は、一つの郡、一つの村以上のために運用される大きな容量の湖を管理し、また、一つの村に位置する湖については、共同組合、あるいは水利用組織に管理される。

（4）事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析

①日本のODA事業

ベトナム国が国家目標として掲げる「2020年までの工業国化の実現」が達成されるよう、日本国政府の対ベトナム国援助計画にもとづき、①経済成長促進と国際競争力の強化、②社会・生活の向上と格差の是正、③環境保全、④ガバナンス強化という、4点を柱としてODA事業は展開されている。

このうち「環境保全」に関する無償資金協力、有償資金協力、円借款などの水問題に関するベトナム国への日本国の協力状況をみると、産業の発展や都市化の進展に伴

って、水質・大気汚染等の環境問題の深刻化に対して、日本での公害対策と環境保全の経験を踏まえて、用水供給と排水処理を中心に、都市部の排水、汚水処理、廃棄物管理などの改善とともに、植林、森林管理や水資源管理の改善のための協力を行っており、2012年、2013年の協力金額の総額は3.508億USD(1USD=120.93円：2015年11月JICA精算レート)である。水環境分野での主な協力実績については、次のとおりである。尚、今回提案する技術に関しては、内容的に重複するものはない。

表1.1 ベトナム国での水環境における日本の支援状況(1)³

プロジェクト名	ハロン市水環境改善事業(E/S)
L/A 調印	2015年7月
形態	有償資金協力
承諾額	1,061百万円
概要	北部ハロン市において、公衆衛生環境の改善とハロン湾水域の水質保全に資する下水道システムを整備することを目的に、詳細設計等を行う。
プロジェクト名	ハノイ市エンサ下水道整備事業(I)
L/A 調印	2013年3月
形態	有償資金協力
承諾額	28,417百万円
概要	ハノイ市において下水道システムを整備するもの。この案件は、我が国の2013年以降の気候変動対策に関する途上国支援の一環として実施する。
プロジェクト名	第2期ハノイ水環境改善事業(I)/(II)
L/A 調印	2006年3月/2009年3月
承諾額	3,044百万円/29,289百万円
形態	有償資金協力
概要	ハノイのトーリック川流域において、下水・排水施設(下水管網、下水処理場、ポンプ場、洪水調整池等)を整備し、水質改善及び浸水被害の軽減を図る。
プロジェクト名	ビンズオン省水環境改善事業/(フェーズ2)
L/A 調印	2007年3月/2012年3月
承諾額	7,770百万円/19,961百万円
形態	有償資金協力
概要	ビンズオン省において下水道整備(下水処理場、ポンプ場、下水管敷設)等を行う。

³出典：外務省HP (http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/data/gaiyou/odaproject/asia/vietnam/contents_02.html)

プロジェクト名	ホーチミン市水環境改善事業(Ⅰ)／(Ⅱ)／(Ⅲ)
L/A 調印	2001年3月／2003年3月／2010年5月
承諾額	8,200百万円／15,794百万円／4,327百万円
形態	有償資金協力
概要	ホーチミン市の市街地のうち中心地区を対象に、排水能力を強化し、頻繁に生じている浸水等を防止・軽減するとともに、下水の収集、処理施設を建設し、域内の運河の水質を改善することにより、都市環境及び衛生面を含む地域住民の生活環境を改善する。
プロジェクト名	第2期ホーチミン市水環境改善事業(Ⅰ)／(Ⅱ)
L/A 調印	2006年3月／2008年3月
承諾額(百万円)	1,557百万円／13,169百万円
形態	有償資金協力
概要	ホーチミン市の排水・下水道システムの整備(下水処理場の拡張、下水管敷設・改修等)を行うことにより、浸水被害の軽減、及び汚水処理能力の向上を図り、同市の都市・生活衛生環境を改善する。
プロジェクト名	ハイフォン都市環境改善事業(Ⅰ)／(Ⅱ)
L/A 調印	2005年3月／2009年3月
承諾額	1,517百万円／21,306百万円
形態	有償資金協力
概要	ハイフォンにおいて、下水・排水施設(下水管網・下水処理場・排水路改修等)及び廃棄物回収施設(廃棄物埋立地、廃棄物回収車等)を整備し、水質改善及び浸水被害の軽減等を図る。
プロジェクト名	フエ市水環境改善事業
L/A 調印	2008年3月
形態	有償資金協力
承諾額	20,883百万円
概要	フエ市のフォン川流域市街地において、下水道施設及び排水施設を整備することにより、汚水処理能力の向上及び浸水被害の軽減を図り、もって同市の生活衛生環境の改善、フォン川の水質改善に寄与する。
プロジェクト名	ビンフック省投資環境改善事業
L/A 調印	2007年3月
形態	有償資金協力
承諾額	11,718百万円
概要	ビンフック省にある工業地域周辺の道路、電力、上下水等のインフラ整備と同省の投資受入体制の強化を行う。

プロジェクト名	ホイアン市日本橋地域水質改善計画
実施年度	2015年
形態	無償資金協力
承諾額	1,110百万円
概要	同市中心部を流れる水路に架けられているホイアン市「日本橋」は、日越友好のシンボルとして同市の観光の中心となっているが、直下を流れる水路では、未処理排水の流入による水質汚濁や臭気が問題となっているため、水路の改修及び下水処理施設の整備を行う。
プロジェクト名	ハイフォン市アンズオン浄水場改善計画
実施年度	2015年
形態	無償資金協力
承諾額	2,196百万円
概要	ハイフォン市は、旺盛な水需要に対しインフラ整備が追いつかず、水道水質の悪化が進んでおり、特に市内最大のアンズオン浄水場では、水源であるレ川への生活雑排水の流入に伴い水質悪化が進んでいるため、北九州市が特許を持つ上向流式生物接触ろ過（U-BCF）の技術を用いた浄水施設を整備する。
プロジェクト名	中部高原地域地下水開発計画
実施年度	2007年
形態	無償資金協力
承諾額	2,012百万円
概要	ラオス、カンボジアと国境を接する中部高原地域は、少数民族が多く暮らす開発の遅れた地域（開発の三角地帯）であり、水道普及率は47%と全国で最も低いレベルにとどまっている。同国政府はこのような状況のもと、地下水を水源とする給水施設の建設および井戸掘削機材を整備する。
プロジェクト名	北部地下水開発計画（第3期）
実施年度	2004年
形態	無償資金協力
承諾額	502百万円
概要	ベトナム国政府はタイグエン省、ニンビン省およびタインホア省の水不足の問題を解決するため、地下水を水源とする給水施設の整備および井戸掘削機材を調達する。

②水環境分野における他ドナーの状況

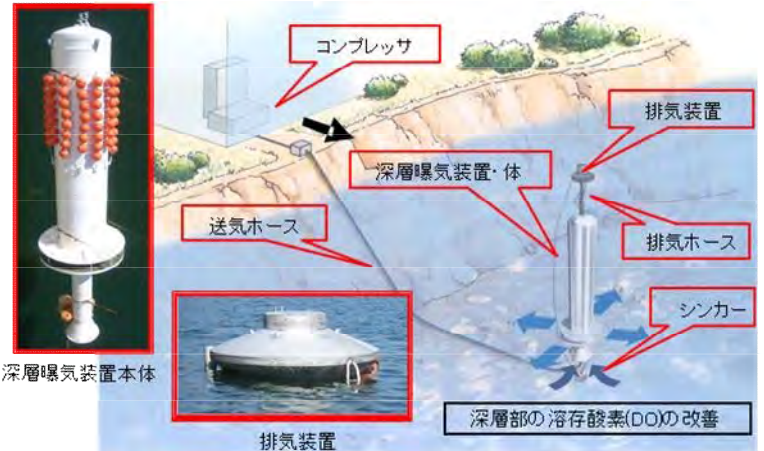
水環境の分野における他の援助ドナーとしては、フランス、ドイツ、イギリス、デンマークが挙げられる。また主要援助国の他に、オーストラリア、オランダやスウェーデン、フィンランドも援助実績がある。特に、ドイツは建設省をカウンターパートとして地方市街地の排水管理プロジェクトや下水処理場の建設を行っている。

ベトナム国は援助依存度が低い（対政府投資額比で約15%、対GDP比で約5%；2003年11）とともに、ドナー・コミュニティとの対話や援助協調、様々な援助アプローチ・手法の試行的導入に積極的に取り組んでいることが特徴である。特に、アジアでは先進的な「包括的開発枠組み（CDF）」や「調和化」のパイロット国に指定されたのをはじめ、様々なドナー、機関のパイロット国に指定されている。2000年に国連ミレニアムサミットで採択された「ミレニアム開発目標12」をベトナム国の発展段階に即して現地化したベトナム国開発目標（VDTs）や2005年3月にパリで開催された「援助効果向上のためのハイレベルフォーラム」で採択された「パリ宣言」を現地化した「ハノイ宣言」（HCS：Hanoi Core Statement）を打ち出す等、援助のメインストリームにいち早く適合することにも積極的である。

支出純額ベース（暦年）の日本以外では、世界銀行、ADBが上位ドナーである。世界銀行及びADBは、ともに複数のサブプロジェクトを含む地方都市における上下水道セクター支援案件を行っており、世界銀行は「Urban Water Supply and Wastewater Project」（USD2億：2011年5月承諾）、ADBは「Water Sector Investment Program」（USD10億：2011年2月承諾）をそれぞれ実施している。ドナー間での援助協調を通じた援助効果の最大化が期待されている。

二国間援助では、フランス、ドイツ、オランダなどが比較的規模は小さいながらも、有償資金協力、無償資金協力、技協協力の全ての形態で支援を行っている。他に必ずしも上位に位置していないが、イギリスを始めとした、いわゆるLike-minded Donor Group（LMDG）14諸国は、独自の援助理念を掲げドナー・コミュニティにおけるプレゼンスを確保している。

2. 普及・実証を図る製品・技術の概要

<p>名称</p>	<p>深層曝気装置</p>																																	
<p>スペック（仕様）</p>	<p>本 体：水没式二重管エアリフト方式、標準全長 16m、 ϕ 1.0m(内筒)、ϕ 2.2m(外筒) 材質；繊維強化プラスチック（FRP） 散 気 管：円形ディフューザー SUS304 給 気 ホ ー ス：合成ゴム×約 600m コンプレッサー：11kW×1 台</p> 																																	
<p>特徴</p>	<p>① ダム湖深層部の貧酸素化を集中的に効率よく改善する装置。 ② システムがシンプルであり、海外でも日本国の機器仕様を大幅に変更せず適用が可能であり、故障が少ない。 ③ 本体は繊維強化プラスチック（FRP）製で軽量なため据付が容易であるとともに、メンテナンスフリーである。 ④ 他社製品と比べて日本国内での実績も豊富で経済的である。</p>																																	
<p>国内外の販売実績</p>	<p>・ 国内：10 件 国土交通省、水資源機構、他</p> <table border="1" data-bbox="638 1467 1300 1859"> <thead> <tr> <th>納入場所</th> <th>納入先</th> <th>納入年</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>萩形ダム</td> <td>秋田県企業局</td> <td>1998 年</td> </tr> <tr> <td>日吉ダム</td> <td>(独)水資源機構</td> <td>1998 年</td> </tr> <tr> <td>比奈知ダム</td> <td>(独)水資源機構</td> <td>1999 年</td> </tr> <tr> <td>姉川ダム</td> <td>滋賀県土木交通部</td> <td>2001 年</td> </tr> <tr> <td>一庫ダム</td> <td>(独)水資源機構</td> <td>2005 年</td> </tr> <tr> <td>阿木川ダム</td> <td>(独)水資源機構</td> <td>2007 年</td> </tr> <tr> <td>大保ダム</td> <td>内閣府沖縄総合事務局</td> <td>2009 年</td> </tr> <tr> <td>室生ダム</td> <td>国土交通省近畿地方整備局</td> <td>2009 年</td> </tr> <tr> <td>布目ダム</td> <td>(独)水資源機構</td> <td>2012 年</td> </tr> <tr> <td>鹿野川ダム</td> <td>国土交通省四国地方整備局</td> <td>2014 年</td> </tr> </tbody> </table> <p>・ 海外：0 件</p>	納入場所	納入先	納入年	萩形ダム	秋田県企業局	1998 年	日吉ダム	(独)水資源機構	1998 年	比奈知ダム	(独)水資源機構	1999 年	姉川ダム	滋賀県土木交通部	2001 年	一庫ダム	(独)水資源機構	2005 年	阿木川ダム	(独)水資源機構	2007 年	大保ダム	内閣府沖縄総合事務局	2009 年	室生ダム	国土交通省近畿地方整備局	2009 年	布目ダム	(独)水資源機構	2012 年	鹿野川ダム	国土交通省四国地方整備局	2014 年
納入場所	納入先	納入年																																
萩形ダム	秋田県企業局	1998 年																																
日吉ダム	(独)水資源機構	1998 年																																
比奈知ダム	(独)水資源機構	1999 年																																
姉川ダム	滋賀県土木交通部	2001 年																																
一庫ダム	(独)水資源機構	2005 年																																
阿木川ダム	(独)水資源機構	2007 年																																
大保ダム	内閣府沖縄総合事務局	2009 年																																
室生ダム	国土交通省近畿地方整備局	2009 年																																
布目ダム	(独)水資源機構	2012 年																																
鹿野川ダム	国土交通省四国地方整備局	2014 年																																
<p>サイズ</p>	<p>全長 16m×ϕ 1.0m(内筒)×ϕ 2.2m(外筒)</p>																																	

設置場所	ダム湖及び湖、水源池 (水量：1,000 万 m ³ 以下、水深：25m 以上)
今回提案する機材の数量	1 基
価格	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1 台当たりの販売価格：USD347,308 ・ 本事業での機材費総額（輸送費・関税等含む）：USD570,11
格	<ul style="list-style-type: none"> ・
競合他社製品と比べた比較優位性	<p>他方式に比べ構成する機器点数が少なく、イニシャル及びランニングコストに優れている。コンプレッサーを使った同様の方法もあるが、当社製品に比べイニシャルコストで3倍程度を要する。また、国内実績は同様な機能を発揮する装置において、最も多い。他方式との比較表を添付する。</p>

表 1.2 深層 OD 改善装置の比較

装置形式	浮上槽式エアリフト方式	水没式エアリフト方式	酸素溶解方式
概略図			
原理	気泡の上昇とともに底層水が揚水され、このとき気泡からの酸素の溶入により、揚水された底層水の DO が改善される	装置本体は水中に浮遊した状態で設置されるため、水上には大きな構造物が出てこない形状となっている。 水位変動への対策が必要ないのが特徴である。	水温の低い底層の水を気体溶解装置に取り込み、酸素発生装置からの酸素を高濃度に溶解させ、同じ密度流または酸素改善を行う場所へ返送する。
維持管理	<ul style="list-style-type: none"> ・コンプレッサーの整備点検。 ・装置本体の維持管理としては、上昇ジャバラ管、下降ジャバラ管の交換が必要。上昇ジャバラ管、下降ジャバラ管は約 10 年で交換となり、価格は上昇管、下降管を合わせて約数千万円／基である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンプレッサーの整備点検。 ・劣化状況によってエアホースの交換が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンプレッサーの整備点検。 ・酸素発生装置の整備点検。 ・気体溶解装置のポンプ部整備点検。 ・劣化状況によってエアホースの交換が必要となる。
価格	150,000 千円／基 (制作、据付)	55,000 千円／基 (制作、据付)	100,000 千円／基 (制作、据付)
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・約 3,000m³/時近くの水を処理でき、揚水曝気経路が長い為酸素移動効率は良い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・基本的に浮上槽式と同じであるが、水中に設置できるため設置条件、水位変動に有利である。 ・約 2,300m³/時の水を処理できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・高濃度の酸素溶解水 (60mg/L 以上) を吐出する。 ・吸込口と吐出口を横方向に離して設置することにより、水平方向に緩やかな水流が発生して拡散する。
問題点	<ul style="list-style-type: none"> ・湖面上に大きな浮遊構造物があるため、大掛かりな係留設備が必要となる。 ・水位変動に対する調整が必要。 ・湖面上に大きな構造物を設置ため景観が悪化する。 ・上昇ジャバラ管、下降ジャバラ管は約 10 年で交換となり、価格は上昇管、下降管を合わせて約数千万円／基 (工事費含まず) である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・浮上槽式よりも揚水量や酸素溶解量は劣るため、同一効果を得るには基数や送気量を多くする必要がある。 ・吐出水を吸込口からすぐに吸い込んでしまわないように、吸込口と吐出口を上下に数 m (最小 1.5m 以上) 離す必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・酸素移動効率は非常に良いが、ポンプで水を移動する為、動力効率は悪い。 ・酸素発生装置、ポンプ、コンプレッサーのメンテナンスが必要となり、維持管理費が高価である。 ・吸い込み口が水中にあり、目詰まりの際に潜水夫を必要とし、維持管理性に欠ける。 ・改善領域が限られる。
実績	羽地ダム、余呉湖	野村ダム、日吉ダム、比奈知ダム、一庫ダム、萩形ダム、姉川ダム、千荷ダム、阿木川ダム、他	三春ダム (前ダム)、釜房ダム
評価	酸素溶解効率は高いが、係留設備を含む構造面や維持管理、価格に問題が残る。	ジャバラ管の更新による費用がかからないことから維持管理費用は浮上槽式よりもかなり安く抑えられる。	高濃度酸素を使用するため、高品質の DO 改善効果が得られるものの、大容量の水域改善は対応できない。機器点数が多い

II. 普及・実証事業の概要

1. 事業の目的

〈目的〉

- ・貯水池の水質保全の必要性をベトナム国で証明する。
- ・ベトナム国での施工及び資材調達を確立する。
- ・水質保全に関する技術の移転を実施する。
- ・ベトナム国での販路を開拓する。

〈実施方針〉

- ・日本国内の水質保全の現状や浄水事業における貯水池の水質保全の重要性をセミナーや本邦受入時に説明する。また、チョンダムの実証結果から、数値的にその有効性を示す。
- ・現地企業から資材調達を行い、そのルートを確認する。また、施工については日本からスーパーバイザーを派遣し、遂行する。但し、潜水作業については、日本から派遣する。
- ・実証期間中に WIP と共同でチョンダムにて水質測定の実務を行うことで、測定項目の選定やその意味、得られた数値に対する評価方法などの技術的な内容を指導し技術移転を図る。
- ・VAWR の上部団体である MARD への PR、若しくは VAWR と関わりが深い各省への PR を実施することで販路の開拓を目指す。

2. 期待される成果

- ・底層の溶存酸素濃度が 2mg/L（基準値）以上に保たれ、鉄及びマンガンの底泥からの溶出が防止される。
- ・底層の貧酸素化を改善することで、下流河川への金属類の流出が低減される。下流河川では工業用水として取水されており、その処理費用が安価になる。
- ・チョンダムの放流水は近隣住民にとって生活水となっており（洗濯やダム湖での水泳等）、底層の貧酸素化を改善することで、生活環境（悪臭等）が改善される。
- ・実証を行い、数値的な根拠を示すことで、その後の事業展開が促進される。

3. 事業の実施方法・作業工程

(1) 調査・基本計画

- ・VAWR の調査よりダム湖が貧酸素化し水質問題が発生していることが発覚したビンフック省スオイサイダムを対象とし、現地調査による貧酸素化の程度、水環境への影響把握や水利用実態、現場状況等から試験地としての妥当性を再確認。
- ・ダム湖と流入河川での水質・底質調査及び溶存酸素消費量の算定。深層曝気設備の必要動力等の主要諸元の検討・設定。
- ・ダム湖内水質シミュレーションによる効果予測と評価。
- ・ダム湖の地形や電源等による深層曝気設備設置計画の作成。

(2) 機器製作・資材調達

①深層曝気設備設計・製作

深層曝気装置：奈良工場にて製造・仮組立・検査・輸送梱包を実施する。

②資材調達

- ・自沈エアホース：日本国で手配・検査
- ・コンプレッサー、制御盤：現地調達（不測の事態に備え、迅速に対応するため）

(3) 機器輸送・現地据付

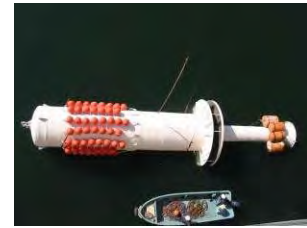
①国内、海上、現地国での輸送（輸送通関手配含む）

- ・日本国内～ハイフォン：日本国内にてコンテナに梱包。船便にて輸送。

- ・ハイフォン～スオイサイダム湖：ハイフォンにてコンテナからトレーラーに乗せ替え。ハイフォンからサフォン湖まではトレーラーにて輸送。
- ②現地での給気室建設、室内機器据付、配管・配線工事
- ・コンプレッサー、制御盤、配管工事、電気工事、建屋工事、仮設工事は一般的な技能で施工可能なことから、現地据付業者により実施。
- ③深層曝気装置現地組立・設置
- ・深層曝気装置を組立。足場・重機等は現地再委託先にて手配。
 - ・深層曝気装置と自沈エアホースの据付実績、ならびに据付機材を所有している潜水士にて実施し、確実かつ安全に実施する。



現地での本体組立て



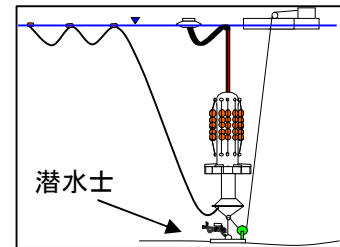
ダム湖水面への本体降下作



ダム湖での本体移送作業



ダム湖での本体設置作業



潜水士本体固定作業イメージ

図 2.1 深層曝気装置の施工例と作業イメージ

④試運転、送気量等運転状況の確認

(4) 本体運転・定期点検

- ・本運転に先立ち、施設概要と点検・管理方法を関係者に説明
- ・コンプレッサーを稼動させ、設備本運転を実施（12ヶ月間）
- ・6ヶ月に1度、稼動状況の点検を実施

(5) 効果の評価・分析

①ダム湖内と下流河川の約5地点で水質調査を日建設計シビルにて実施
(月1回×12ヶ月)

- ・調査水深：湖内最深部含め5層程度、河川1地点当たり1～3層程度
- ・調査項目：水中の溶存酸素濃度(DO)と鉄、マンガン溶存態×全量、水温、総リン、総窒素、NH₄-N、BOD、COD等

②1年間の水質動向把握と試験結果の評価(装置運転に伴うDO改善、鉄、マンガン溶出量の抑制等評価)

③より効果的な装置運用のための課題・改善点の抽出・対応策検討

(6) 操作説明会

本事業終了後、装置の運用を可能とするため、VAWR及びダム管理者に対し、操作説明会を実施する。また、実証期間中の水質データをもとに最適な運転をVAWRに提案する。

・資機材リスト

	機材名	型番	数量	設置年月	設置先
1	深層曝気装置	φ 2.0m×16m	1 基	2015 年 1 月	ホアビン省チョンダム
2	自沈エアホース	φ 25	600m	2015 年 1 月	ホアビン省チョンダム
3	FEP 管	φ 50	100m	2015 年 1 月	ホアビン省チョンダム
4	コンプレッサー	11kW	1 台	2015 年 1 月	ホアビン省チョンダム
5	制御盤	自立型	1 面	2015 年 1 月	ホアビン省チョンダム

5. 事業実施体制

実施体制表を以下に示す。

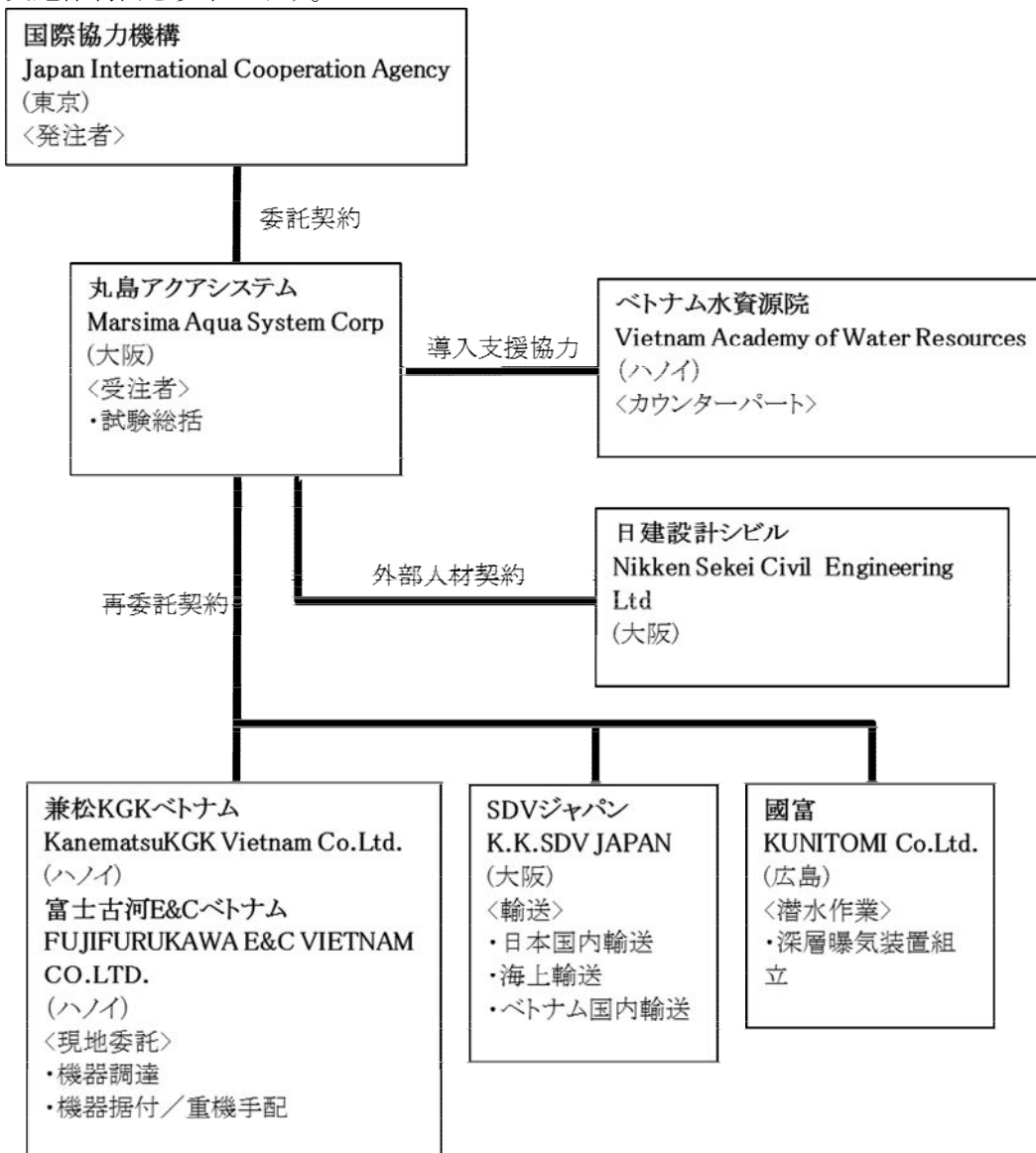


図 2.3 実施体制図

6. 相手国政府関係機関の概要

機関名：農業農村開発省 水資源研究院 (VAWR: Vietnam Academy for Water Resources)

所在地：No. 171、Tay Son Street、Dong Da District - Ha Noi

設立年：1959 年

組織の規模：教授 28 人／医師 1 名／修士 267 人／技術者 1,000 人

組織の目的：

- ・ MARD に国家戦略に基づいた灌漑、水力発電、環境、防災技術の科学理論や技術のプログラムや計画の提供。
- ・ 国や地域全体で社会経済開発を計画するための科学的基礎を提供すること。制度的開発政策、水、環境、建設、経営上の経済的および技術的な規範、灌漑構造、設備及び水力発電の運転。
- ・ 研究と生産、国家の安全保障と防衛、防災と気候変動適応のための高度な技術の移管。
- ・ 国際協力と高い技能人材の育成。
- ・ 法律に従って生産、ビジネス、エクスポート、インポートの整理。

主な業務内容：

科学研究／技術移転／大学院教育／国際協力／水資源施設の構築や水力発電、周辺環境に関するコンサルティング

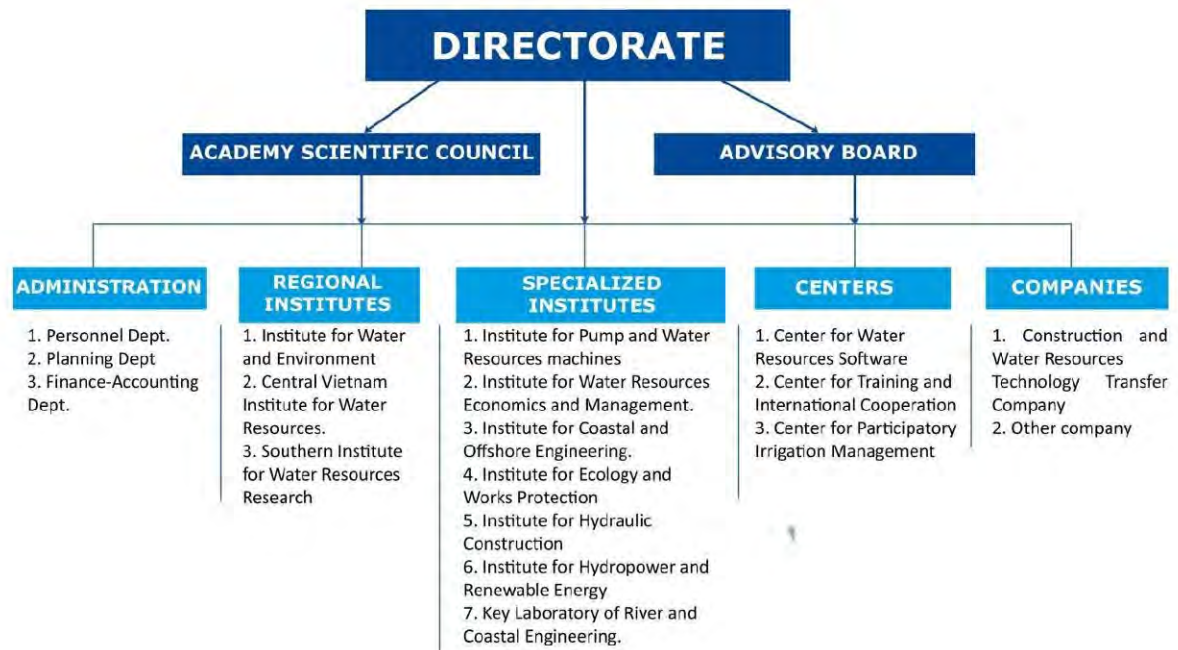


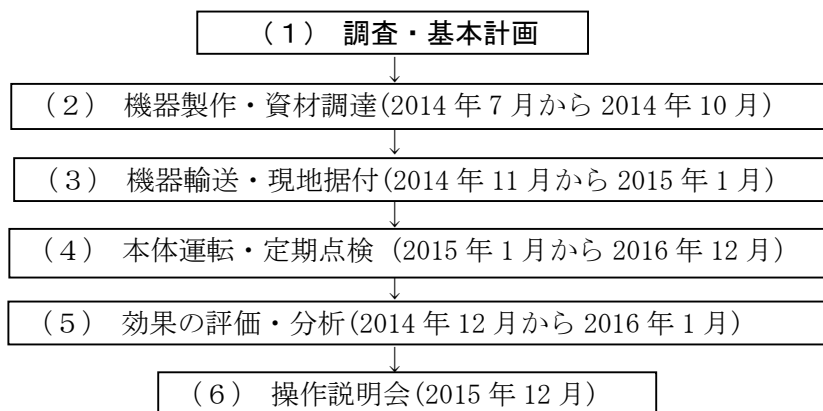
図 2.4 VAWR の組織図

出典：VAWR HP

Ⅲ. 普及・実証事業の実績

1. 活動項目毎の結果

本件は下記の順に沿って活動を展開した。



上記以外に(7)本邦受入活動(C/P等の能力開発)2014年8月(8)その他も実施した。以下に各項目の報告を行う。

(1) 調査・基本計画(2014年2月から4月)

①試験地の基礎的調査(机上検討)(2014年2月から4月)

試験地は、当初はビンフック省のサフォンダム湖を予定していたが、この湖は自然公園の近隣に位置するため、今回の試験施設の対象地として不適当とされた。そこでVAWRからの提案があった同じビンフック省のスオイサイダム湖を候補地として選定し、試験地としての適性について事前調査を実施した。また、万が一スオイサイダム湖が試験地として適さない場合を考慮してVAWRC/Pが推薦するチョンロンダム湖などの複数ダム湖も含めて調査することとした。

選定に際しては、2012年度政府開発援助海外経済協力事業委託費による「案件化調査」にて得られた情報を元に、以下の条件を設定して机上検討した。

- ・事業主として期待される中央官庁が集まるハノイ市から日帰り圏内。もしくは、遠方でも国内航空便が利用できる都市周辺。
- ・試験施設で効果を発現できるよう総貯水容量がおおよそ1,000万 m^3 以下の規模。
- ・試験施設の設置を可能とするよう水深が25m以上。
- ・湖の下流で水利用あり。

これに基づき次頁の表3.1に示す18の試験地を抽出し、VAWRの意見により発電専用ダム湖を除外して検討した結果、以下の4ダム湖を候補地として選定した。

- チョンロンダム湖 (フートー省)
- スオイサイダム湖 (ビンフック省)
- チョンダム湖 (ホアビン省)
- キムソンダム湖 (ハティエン省)

上記のダム湖の詳細に係る2回の調査結果を次に示す。

表 3.1 試験候補地の机上調査の結果一覧

NO.	ダム所在省	水深	ダム湖名称	所在地	管理組織	ダム目的	容量 (百万m3)	常時水位 NWL	高水位 NWL	最大水深	ダム高	輸送経路
1	1. Ha Giang	H>25	Nam Ngan	Viet Lam, Quang Ngan huyen Viet Xuyen, thuoche thong Song Lo	CTCP thuy dien Nam Mu	AWFP	9.02	417	420	47	50	山岳地
2	1. Ha Giang	H>25	Thai An	Thai An, Quan Ba va Thuan Hoa, Vi Xuyen	CTCP TD Thai An	AWFP	3.54	426	429	45	47	山岳地
3	1. Ha Giang	H>25	Song Mien	Ban Pu Ty, NaKhe, Yen Minh, Song Mien	Cty CPTD Ba Dai Son	AWFP	4.38	467	469	26	28	山岳地
4	1. Ha Giang	H>25	Nho Que	Khau Vai, Lung Phu, Son Vi, Can Chu Phin huyen Meo Vac, Nho Que	Cty CP BIT EXCO Nho Que	AWFP	2.17	363	365	27	28.5	山岳地
5	1. Ha Giang	H>25	Chong Chay	Then Phang, Ngan Chien huyen Xi Man, Song Chay	Cty CP DTXD&Phat trien nang luong Song Da 5	AWFP	3.14	260	265	38	40	山岳地
6	4. Dien Bien	H>25	Pe Luong	Suoi Hua pe xa Thanh Luing, huyen Dien Bien	Cty TNHH XD&DV Thuy loi Dien Bien	AWFi	2.24	525.22	527	25.7	26.3	山岳地
7	6. Yen Bai	H>25	Khe Hoai	Yen Binh	UBND huyen Yen Binh	WF	4	30	31	28.1	28	アプローチ可能か→山岳地でありHaNoiから時間かかる
8	9. Thai nguyen	H>25	Go Mieu	Ky Phu-Dai Tu	Cty TNHH MTV K TTL Thai Nguyen	AWF	5.6	110.84	113.27	28.5	29.7	Tam Dao国立公園付近
9	11. Son La	H>25	Ban Mong	Xa Hua La, TP Son La	Cty Co phan KTCTTL Son La	AFWI	3.55	662	666.26	25	25	山岳地
10	12. Phu tho	H>25	Thuong Long	Yen Lap	Cty TNHH NN MTV KTCTTL Phu Tho	AWF	3.2	115.2	117.2	30.1	28.4	アプローチ可能か
11	13. Vinh phuc)	H>25	Suoi Sai	Lap Thach	Cty TNHH TL Lap Thach	AWF	2.8	60.4	61.4	25.6	27.4	アプローチ道路確認中
12	17. Hoa Binh	H>25	Doi Yung	Dong Lai Tan Lac	Cty TNHH MTV KTCTTL Hoa Binh	AWF	2	29.7	31.38	28.69	33	自然保護地区と隣接
13	17. Hoa Binh	H>25	Tru Bua	H. Tan Lac	Cty TNHH MTV KTCTTL Hoa Binh	AWF	2.2	60.7	62.69	25.69	37	自然保護地区と隣接
14	20. Ha Tinh	H>25	Huong Son	Son Kim Huong Son	Cty Co Phan Thuy Dien Huong Son	AWFP	3.3	38.8	39.8	27	32	山岳地
15	20. Ha Tinh	H>25	Da Bac	Dau Lieu TX Hong Lam	Cty TNHH MTV TL Hong Lam	AWF	2.9	29.8	31.72	25.7	25.7	国道8号隣接
16	25. Quang Nam	H>25	An Long	xa Que Phong huyen Que Song tinh Quang Nam	Cty TNHH MTV KTCTTL Quang Nam	AWF	2.04	69.6	71.62	25	26	アプローチ可能か
17	Hoa Binh	H>25	Trong	Tan Lac	Cty TNHH MTV KTCTTL Hoa Binh	AWF	4.212	193.6	205.2	25	30.62	国道から1km、コンクリート道路幅員5m
18	Ha Tinh	H>25	Kim Son	Ky Hoa Ky Anh	Cty TNHH MTV TL Song Rac	AW	17	97	99	35.5	37.5	国道1号に近いと推定される。

ダム目的の記号の凡例 F : Flood, A : AgriFiulture, W : Water service, I : Industrial, P : Power generation, Fi : Fishery

②試験地の調査（第1回渡航）（2014年2月19日から20日）

前項で選定されたダム湖について、深層曝気施設の試験候補地を選定するため、各ダム湖に赴き、ダム管理者への貧酸素化現象発生および取水（放流）条件を含むダム運用状況等に関するヒアリングの実施、道路等のアクセス性、施工ヤードの確保、電力供給状況等の現地踏査を実施した。

国立公園の指定を受けていることから対象外とせざるを得なくなったサフォンダム湖についても念のため現場での状況確認を行った。

表3.2 3候補ダムの主要諸元(1)

No	候補1	候補2（参考）	候補3
ダム名	スオイサイダム	サフォンダム	キムソンドム
場所	ビンフック省	ビンフック省	ハティエン省
竣工年	不明 相当年数経過	不明	1993年
ダム目的	A、F	A、W、F	A、W、F
貯水量(万 m ³)	280	1,343	1,700
流域面積(km ²)	9.1	24.0	20.0
ダム高 (m)	27.4	41.0	37.5
最大水深 (m)	25.6	39.5	35.0

※A：農業用水、W：生活用水 F：洪水制御

③試験候補地の調査（第2回渡航）（2014年3月24日から28日）

2014年2月に実施した現地踏査およびその後の机上調査で選定された残りの候補ダム湖について、

- ・夏季の最も貧酸素化が進行している時期ではなく、春季の3月下旬の時期ではあるが、水質計により深層部の貧酸素化の程度およびそれに伴う水質変化の状況を把握する、
- ・新たに候補となったチョンダム湖について、深層曝気装置設置のための道路、施工ヤード、給電状況等を把握する、ことを目的に調査を実施した。

表3.3 3候補ダムの主要諸元(2)

No	候補1	候補2	候補3
ダム名	スオイサイダム	チョンロンダム	チョンダム
場所	ビンフック省	フートー省	ホアビン省
竣工年	不明 相当年数経過	2009年	2012年
ダム目的	A、F	A、W、F	A、W、F
貯水量(万 m ³)	280	320	421
流域面積(km ²)	9.1	9.5	19.47
ダム高 (m)	27.4	28.4	30.62
最大水深 (m)	25.6	30.1	25.0

※A：農業用水、W：生活用水 F：洪水制御

2回の調査結果を踏まえ、当初予定していたスオイサイダムについては、水質問題があるものの、設置水深やコンプレッサー室の設置場所、搬入路等の問題があることが発覚した。

よって、今回調査した中で、水深、水質問題の発生する可能性、設備の設置条件、搬入路等を考慮し、実証地として適していると考えられるのはチョンダム湖であると判断した。

各ダム調査を表3.4及び表3.5に示す。

表 3.4 実証事業候補地選定のための現地踏査・ヒアリング結果のまとめ（第1回渡航 2014年2月）

No	候補1	候補2	候補3
ダム名	スオイサイダム	サフォンダム	キムソソダム
場所	ビンフック省	ビンフック省	ハティエン省
貯水量(万 m ³)	280	1,343	1,700
調査日時	2014/2/19	2014/2/19	2014/2/20
水深 他	渇水期の今は 14.55m		最深部は 35m
	雨季は 21m	39.5m	取水水深は 10m
輸送経路	×	○	△
	ダム直下までは道路があるものの作業場所となる堤体には大きな道路は無い。	大きな道路が堤体まである。	現在、道路工事中。道幅は大きいものの、かなりの道路整備を必要とする。
仮組立場所の良否	△	○	○
	堤体上で深層曝気装置の組立可能	堤体上で深層曝気装置の組立可能	堤体上で深層曝気装置の組立可能
コンプレッサー設置場所	△	○	○
水質問題の有無	有（既往調査では水質問題は無し）	有（水質調査で貧酸素化現象を確認）	不明
	ダム管理者からの聞き取りによると、放流時には匂いの問題で苦情がある模様。	管理者らは特に水質上の問題は無いとの回答であった。	管理者からは特に水質上の問題は無いとの回答であった。
受電の状況	○	○	○
	堤体付近まで電柱がある。	堤体付近まで電柱がある。	堤体付近まで電柱がある。
付近の民家	有り	無し	無し
利用状況	水道の利用なし	水道の利用有り	水道の利用有り
取水の水深	21m 付近（湖底からの取水）	湖底付近	小さい堤体のから。水深 10m 程度
水温	表層と放流水の水温はほぼ同程度に温い	表層は冷たいが、放流水は温い	表層は冷たい。
上流側の状況	上流側は山のみ	上流側は山のみ	上流側は山のみ
その他	道路事情が悪い。	水面、堤体は人民委員会の所有である。ダム湖周辺の森林は国立公園として指定されている。	2つの堤体がある。大きい堤体の方は取水していない。小さい堤体から取水している。水深約 10m 程度。

表 3.5 実証事業候補地選定のための現地踏査・水質調査結果等のまとめ（第2回渡航 2014年3月）

No	候補1	候補2	候補3
ダム名	スオイスイダム	チョンロンダム	チョンダム
場所	ビンフック省	フートー省	ホアビン省
竣工年	不明 相当年数経過	2009年	2012年
貯水量(万 m ³)	280	320	421
ダム高 (m)	27.4	28.4	30.62
最大水深 (m)	25.6	30.1	25.0
調査日時	2014/2/19、 2014/3/25	2014/3/26	2014/3/27
水深	ヒアリング情報 実測 (max)	ヒアリング情報 実測 (max)	ヒアリング情報 実測 (max)
	濁水期は 14.55m 雨季は 21m 13m (2014/3/25)	最大水深 37m、水位変動 7m 20m (2014/3/26)	最大水深 22m、水位変動 1~2m 23m (2014/3/27)
水温分布	・3月末でも成層が形成。最深部：20.3→18.1℃ 温度勾配（約 2.2℃の温度差）	・3月末でも比較的明瞭な成層が形成。最深部：20.2 →16.7℃（約 3.5℃の差）	・3月末でも比較的明瞭な成層が形成。最深部：22.0 →17.3℃（約 4.7℃の差）
水質問題の有無	ヒアリング結果 DO測定結果	ヒアリング結果 DO測定結果	ヒアリング結果 DO測定結果
	・ダム管理者より、放流時には匂いの問題で苦情が あでていることを確認。 ・3月末の時点でも最深層部は、2 mg/L を下回って いた。（表層 9.7→最深部 1.7 mg/L） ・ダム竣工から年数が経過しており、浅い割には、 貧酸素化の程度が強い。	・ダム管理者より、放流時に下流で異臭の発生があ ることを確認。 ・深層部の DO は表中層に比べ低いが、 4 mg/L と他のダムよりは高い値を示す。（表層部 10.0→深層部 4.2 mg/L） ・水温上昇に伴い、貧酸素化は進行する予測。	・管理者によると、中層取水のため、特に水質上の 問題は無いとの回答。 ・深層部の DO は表中層に比べ低く、最深部では 3mg/L まで低下。 （表層部 9.5→深層部 3.1 mg/L） ・水温上昇に伴い、貧酸素化は進行する予測。
取水条件	・水深 21m（湖底付近から取水） ・2/19、3/25 当日の取水なし（ただしゲートより漏 水あり）	・常時水位（EL115.2m） - 15.2m から取水 ・3/26 水位 EL113.0m（当日の取水なし） 取水ゲート、バルブより漏水あり。	・常時水位（EL205.2m） - 11m から取水 ・3/27 当日取水水深 10.4m（浅い） ・図面からは水深 14m あり。
国立公園等の指定	・なし	・なし	・自然保全地区から遠く、流域外である。
輸送経路	・ダム直下までは道路があるものの作業場所となる 堤体には大きな道路は無い。	・堤体まで幅員 3~4m のコンクリート舗装の道路が 整備されている。	・堤体まで幅員約 6m のコンクリート舗装の道路が 整備されている。
仮組立場所の良否	・堤体上で深層曝気装置の組立可能	・堤体上で深層曝気装置の組立可能	・堤体上で深層曝気装置の組立可能
コンプレッサー 設置場所	・設置は可能であるが、場所が狭い	・設置は可能と考えられるが、場所が狭い	・管理所の横およびアプローチ道路側 に十分な用地あり
給電の状況	・堤体付近まで電柱がある。	・堤体付近まで電柱がある。	・堤体左側の管理所まで給電あり。
付近の民家	・あり	・なし（相当離れている）	・なし（相当離れている）
利用状況	・水道の利用なしていない。農業用水のみ。 ・魚の養殖が行われている。（稚魚放流）	・水道の利用なし。将来、利用計画あり。 ・将来、湖内で魚の養殖計画あり。	・違法であるが、下流で食品工場の用水として利用。 将来、水道利用計画あり
上流側等の状況	・上流側や湖周辺で植林を行っている。	・上流で木の伐採が行われている。	・湖周辺に民家が点在。湖面は、船での住民の移動 経路になっている。
その他	・道路事情が悪い。3/25 アオコが発生。 ・エンジン付きの船はない	・現地でエンジン付きの船が確保可能	・現地でエンジン付きの船が確保可能
総合評価	・濁水期に水深が 12m 程度まで低下することが最大の 不利条件である。	・コンプレッサーの設置場所が狭いこと、3月時点 の貧酸素化はさほど深刻ではない。 ・深層部の貧酸素化状況を再度見極め、最終判断を することが望ましい。	・取水水深は最大 14m。その他は好条件が整ってい る。（水位変動も少ない） ・夏期を中心に貧酸素化現象が取水水深付近まで拡 大する可能性があるかを見極める必要がある。

④試験候補地の調査（第3回渡航）（2014年4月21日から26日）

2014年3月の現地調査結果に基づき第一候補と選定したチョンダムについて、

- ・貧酸素化の程度進行の確認、
- ・深層曝気装置設置のための道路、施工ヤード、給電状況等の再確認を目的に現地調査を実施した。調査結果については、以下のとおり。

〈成層形成状況〉

水面から最深部付近の水温は27.2℃から17.5℃と9.7℃の温度差となっている。水深約12m以下では水温変化は小さくなることから、この付近で明瞭な成層が形成されていることが分かる。

〈貧酸素化現象〉

- ・観測結果によると、水深7.6mでDO濃度9.8mg/Lのピークを示し、その後、水深が増すにつれDO濃度は減少し、最深部21m付近では約1.5mg/Lまで低下し、深層部は貧酸素化していることが確認された。
- ・最深部付近の底層部で、鉄で約1.8mg/L、マンガンで約1.3mg/Lと濃度が高く、貧酸素化の影響がうかがえる。
- ・3月の水質調査結果と比べ、温度さの増加につれ貧酸素状態が進行していることが確認された。夏期の温度差はさらに増加することから、貧酸素状態がさらに深刻化すると予測できる。

〈鉄の濃度〉

嫌気状態の地下水ではポンプで揚水した直後は変色や濁りもなく数mg/L以上の鉄が含まれていることがある。鉄の濃度が0.3mg/L以下では、通常、味覚的には認識されない。鉄の濃度が0.3mg/L以上では洗濯物や便器にしみが付く。我が国では、味覚及び洗濯物への着色の観点から水質基準として0.3mg/L以下が設定されている。

諸外国等の水質基準値又はガイドライン値	
WHO (mg/l)	0.3 (正常)
EU (mg/l)	0.2
USEPA (mg/l)	0.3 (正常)

〈マンガンの濃度〉

0.1mg/Lを越える濃度では、水道水中のマンガンは衛生陶器や洗濯物を汚し、飲用水に不快な味を与える。我が国では、黒水障害の発生防止の観点から0.05mg/L以下を水質基準とし、除マンガン設備が適切に管理された場合に満たすことのできるレベルとして0.01mg/L以下を快適水質項目の目標値としている。

諸外国等の水質基準値又はガイドライン値	
WHO (mg/l)	0.5 (第2版及び第3版ドラフト)、0.1 (正常)
EU (mg/l)	0.05
USEPA (mg/l : MCL)	0.05 (正常)

⑤試験対象地の選定

2014年3月の調査で第一候補としたチョンダムについて、翌4月に詳細調査を行った結果、以下の視点から本湖の貧酸素化による問題が確認されたことから、本湖を試験対象地として選定した。

- ・季節の推移にともない水温躍層がより明確となり、これに伴い湖底層部での貧酸素化の進行が確認された。
- ・今後、夏季の気温上昇に伴い、湖底層部での貧酸素化が顕著となると判断される。
- ・鉛直方向の水質分布と取水口の高さの関係から、夏季の底層部での水質悪化が取水に影響を及ぼす懸念があるといえる。
- ・将来の水道利用も計画されており、未然にその影響を防ぐことも期待できる。

⑥深層曝気装置の設置計画(2014年5月から2014年7月)

ダムの位置：ベトナム国ホアビン省タンラック郡

ダムの管理者：ホアビン省水利構造物運用会社

(Cong ty khai thac cong trinh thuy loi tinh Hoa Binh)

ダムの目的：

- ・ムオンビエリアの約 600ha の農業用地及びムオンケン・マンドウックエリアの約 380ha の農業用地の灌漑水源。
- ・ムオンケン地区の約 12,000 人の生活用水の水源。

流域面積：19.47km²

貯水量：

- ・常時満水位における貯水量 421 万 m³
- ・最低水位における貯水量 46 万 m³

電力供給の現状：

ダム管理所までは低圧の電力供給があるが、高圧出の電力供給はダム下流での工場の取水地点の近傍までである。低圧線では電圧・電力量とも計画施設には不足であるため、下流の高圧供給地点から新たに配線が必要と判断された。

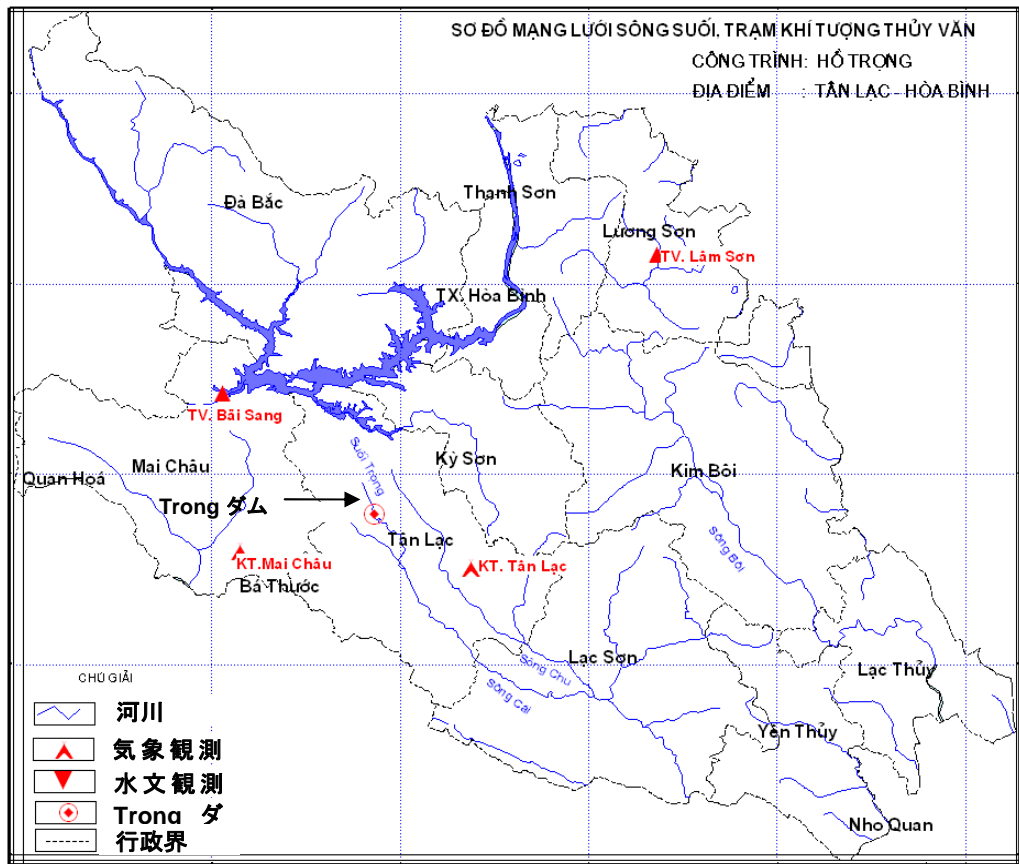


図 3.1 チョンダムの位置

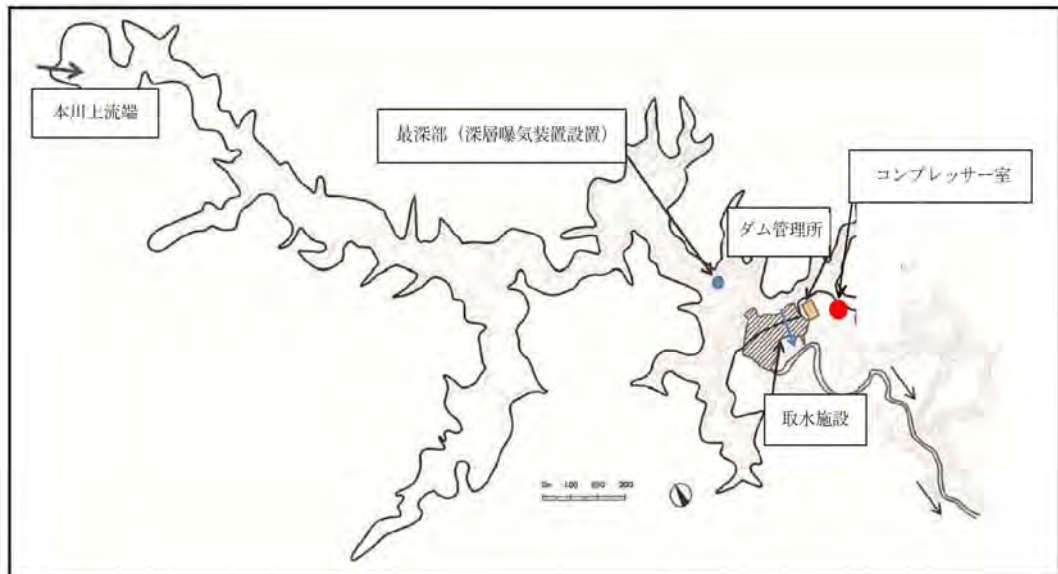


図 3.2 曝気施設の概略配置計画

(2) 機器製作・資材調達(2014年7月から2014年10月)

①深層曝気設備設計・製作

深層曝気装置本体のFRP部分を製作後、2014年10月7日に組立を完了し、社内検査を実施した。2014年10月22日にJICAが装置の保管状態を確認した。(添付資料1：深層曝気装置の図面)

コンプレッサー室については、2014年12月3日にチョンダム現地にて設置状態を確認した。具体的にはコンプレッサー、制御盤、シンカー、建屋、その他付帯設備に関して納品及び設置状況を確認した。2014年12月25日には受電も完了した。

②資材調達

自沈エアホース(日本国内手配)：2014年9月末に奈良工場に納入完了。

コンプレッサー／制御盤(ベトナム国手配)：2014年12月3日に現場搬入を確認。

(3) 機器輸送・現地据付(2014年11月から2015年1月)

2014年10月28日に当社奈良工場から出荷した。その後、梱包、日本国内通関を行い、海上輸送で台湾を経由して11月23日にベトナム国ハイフォン港に到着した。

10月下旬からベトナム国通関の手続きを開始した。手続き方法は、VAWRから免税申請の手続きを申請して貰い、事務手続きはSDV ジャパンとSDV ベトナム国が行った。免税に関しては時間がかかることを予想し、荷物が到着する1ヶ月前から着手した。しかし当初、12月の現場搬入を予定していたが、税関への提出書類の不備があり、書類提出に時間を要したため予定以上の期間を要した。最終的に2014年12月31日に免税許可を受けた。

その後、ハイフォン港での現地手続きが完了したのが2015年1月10日となった。

据付に関する工程は以下のとおり。

- ・1月7日 ベトナム国渡航 工事用の消耗品等の調達
- ・1月8日 コンプレッサー室の確認、コンプレッサー試運転、曝気装置設置位置出し
- ・1月9日 コンプレッサー試運転、潜水による設置湖底確認
- ・1月10日 クレーン配置換え、シンカー仮置き、曝気装置搬入／組立準備
- ・1月11日 深層曝気装置搬入／組立。VAWRホア副所長他3名視察。
- ・1月12日 深層曝気装置着水／沈設、エアホース敷設／沈設
- ・1月13日 深層曝気装置エアホース接続、試運転

予定では1月8日に搬入を予定していたが、ハイフォン港での税関職員による出荷確認の手続きに2日程度を有したため遅れが生じ、結果的に1月10日のハイフォン港からの出荷となり、1月11日の搬入となってしまった。しかし、深層曝気装置搬入のための十分な準備ができたので、当初予定よりも短時間で組立を完了することができた。加えて、ベトナム人スタッフが非常に優秀であった為、深層曝気装置組立及び自沈エアホースの敷設に大いに貢献して貰ったことも工程を取り戻せた一因であった。

施工方法に関しては施工計画書どおりに実行できた。(添付資料2：施工計画書)

(4) 本体運転・定期点検 (2015 年年 1 月から 2016 年 12 月)

2015 年 1 月 23 日より連続運転を開始した。

運転開始から 4 か月後の 2015 年 5 月 20 日と 9 ヶ月後の 2015 年 10 月 22 日に運転状態の管理を実施した。点検の項目は以下のとおり。

- ・コンプレッサー、排気ファンの電流値
- ・吐出圧力、吐出流量の確認
- ・制御盤の状態確認
- ・建屋の状態確認

いずれの点検日に於いても深層曝気装置は順調に稼働していた。

懸念されていたベトナム国の酷暑に対してもコンプレッサーの運転が停止しなかったことは今後の水環境装置の導入に対して装置の信頼を得ることができた。

(5) 効果の評価・分析 (2014 年 12 月から 2015 年 12 月)

①水質調査の結果

当初の予想どおり、水深 10~12m 付近で成層はより顕著になっており、ダム湖全体は循環されていない。それに伴い、底層の酸素は微生物に徐々に消費され、その結果、底層付近は夏季になるに従い貧酸素化が進行していた。通常、DO が 2mg/L を下回ると魚が生息できない環境であるとされており、チョンダム湖の底層には深層曝気装置運転前に魚は生息していなかったと考えられる。

実験開始後からチョンダムにて魚の養殖がされ始めた。チョンダムの水質を考えると、魚の養殖には非常に不向きな貯水池であるが、養殖場は維持管理で訪れる度に拡大していた。これは、深層曝気装置により水質が改善されたことにより、魚が養殖できる環境になったためではないかと考えられる。

また、水深に大きな変化がなく、22m 程度の一定の水深を保っていることから、深層曝気装置の設置には適した条件であったこともわかる。水温、DO、鉄、マンガンの経時変化を図 3.3 に示す。

サンプリングはダム堤体付近、最深部、ダム堤体より約 250m 上流、ダム堤体より約 1,100m 上流の地点で測定している。

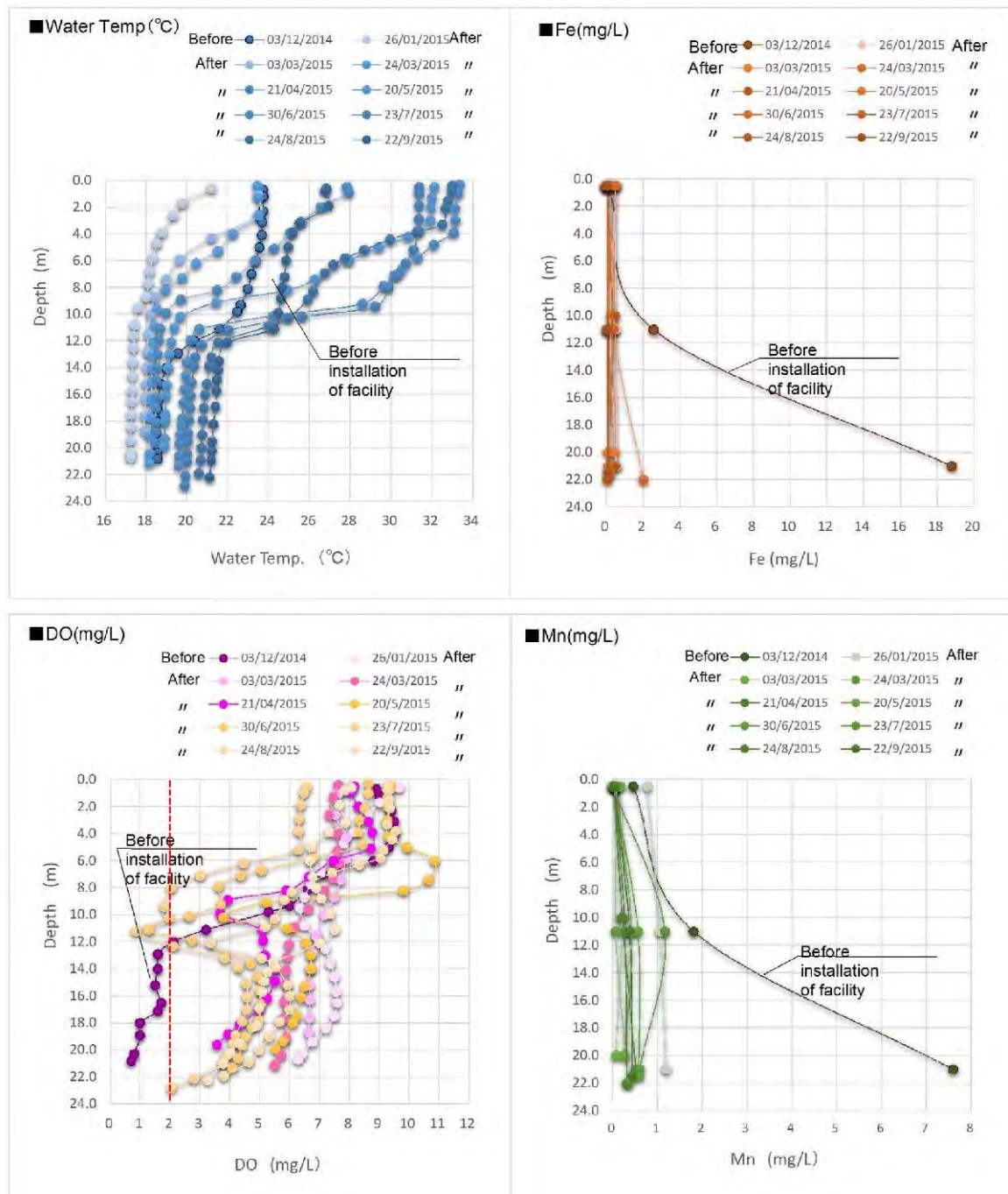


図 3.3 チョンダムの水温、DO、鉄、マンガンの経時変化

深層曝気稼働前後の水質変化を以下の図に示す。なお、図の縦軸は鉛直方向（水深）、横軸に水平方向を示している。左に堤体を表示し、右に進む程上流域となる。稼働開始前は約2週間でD0が2mg/Lになると予想していた。しかし、結果はD0が最大6mg/L付近まで上昇していた。特に低層部の改善効果が著しいことから、深層曝気装置の効果が大きく現れていると言える。

加えて、底層のD0が改善されたことで、FeやMnなどの金属類の低下も確認できる。水温、D0、Fe、Mn、NH₄-N、COD毎の調査結果及び効果検証を以下に示す。

(ア) 深層曝気設備によるダム湖内の水質改善結果
(水温)

➤ 結果

- ・図-3.4に示すとおり、2014年12月3日の冬季であるにも関わらず水温躍層は存在するものの深層部の水温は18℃と高い状態であった。
- ・夏期の表層部は30℃以上の水温であった。
- ・深層曝気装置運転後の底層部の水温に関しては、大きな変化は見られなかった。

➤ 考察

- ・深層部の水温は日本の冬季であれば数℃であり酸素が水に溶け込みやすいが、ベトナム国の場合、深層部の水温が18℃を超えることから、酸素が溶けにくい条件であると言える。

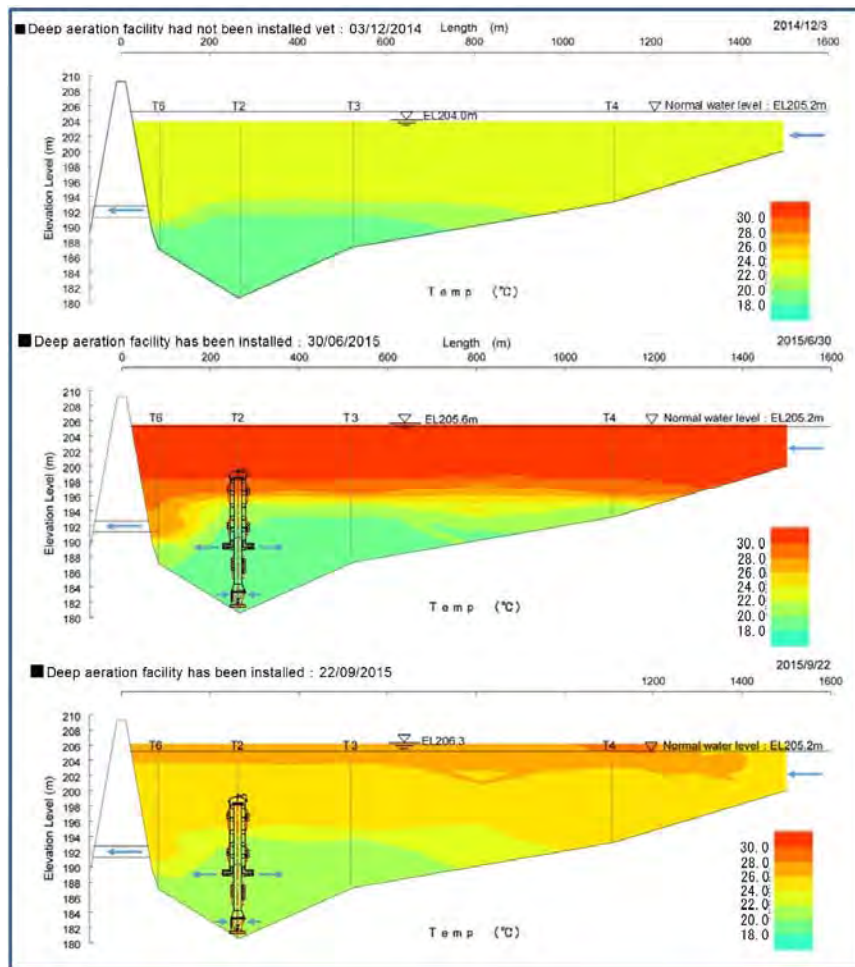


図 3.4 チョンダム湖における深層曝気導入効果（水温）

〈DO〉

➤ 結果

- 図 3.5 の通り、2014 年 12 月 3 日の冬季の時点でも水深 12m 以深では DO 濃度が 2.0mg/L を下回り明瞭な貧酸素化現象が堤体から上流 800m 地点にまで及んでいた。
- 2015 年 1 月 13 日に深層曝気設備を設置稼働させ、稼働後僅か 13 日目の 2015 年 1 月 26 日には貧酸素化水域は一気に解消され、全層に渡り 6.0mg/L 以上の DO 濃度となったことを確認している。
- 深層曝気設備による貧酸素化改善効果は、運転開始直後では上流 1.5 km 地点まで及んでいたが、夏季の 2015 年 6 月の結果では上流 1.0km の地点で DO 濃度が 3mg/L 程度になっている。
- 2015 年 9 月の結果では、再び全域に渡って DO 濃度が 3mg/L となっている。

➤ 考察

- 深層曝気装置によって、底層部の貧酸素化は改善されたといえる。
- 深層曝気設備の効果は成層の水温に大きく影響を受ける。夏期には深層部の水温が 20°C を超えるような状況となる。その結果、ダム湖内での酸素消費速度が大きくなるため、深層曝気設備の効果は上流側へ及びにくくなる。
- 2015 年 6 月に堤体より上流 800m で DO の低下がみられるが、これはチョンダムの形状が非常に入りくんでおり、改善した水が十分に循環しなかった可能性がある。もしくは、サンプリングの際に底層の泥を巻き上げた可能性も否定できない。
- 夏季を過ぎると再び水温が低下し、深層曝気設備の効果は上流側へと伸びている。
- 深層曝気装置の基本設計に関して、ベトナム国での酸素消費速度を留意する必要がある。

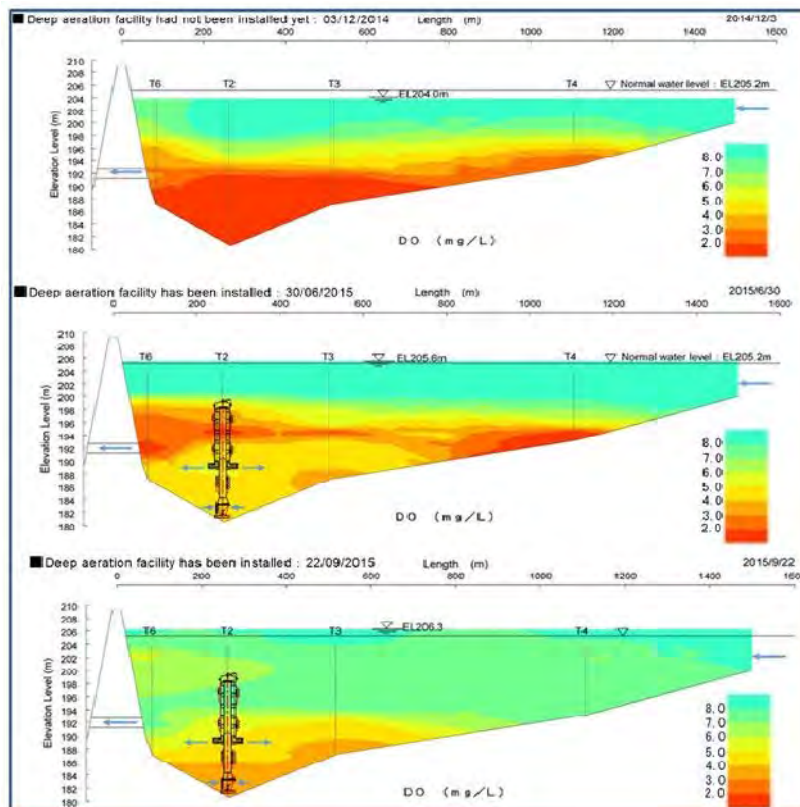


図 3.5 チョンダム湖における深層曝気導入効果 (DO)

<Fe/Mn>

➤ 結果

- 2014年12月にはFe、Mnの高濃度域が確認され、その範囲は放流口まで達している。(図-3.6、-3.7参照)
- 深層曝気装置の運転後からFe、Mnの高濃度域も解消されている。
- 2015年6月の結果では、再びFe、Mnの溶出が生じる結果となっている。

➤ 考察

- 深層曝気装置の運転により底層の貧酸素化を改善することで、Fe、Mnの溶出を抑制できることが明確になった。
- 2015年6月に堤体より上流600mの地点でFe、Mnが高濃度になっているが、これはチョンダムが入り込んだ地形をしているためDOを改善した水が十分に循環していなかったか、もしくは底層の泥をサンプリング時に巻き上げた可能性がある。
- 深層曝気設備がなかった場合、貧酸素水域が取水口より上部まで及び、その結果、Fe、Mnの高濃度水を下流に放流した可能性がある。高濃度のFe、Mnの放流は下流に浄水場がある場合、浄水場の処理に対して高い負荷を与える事となる。

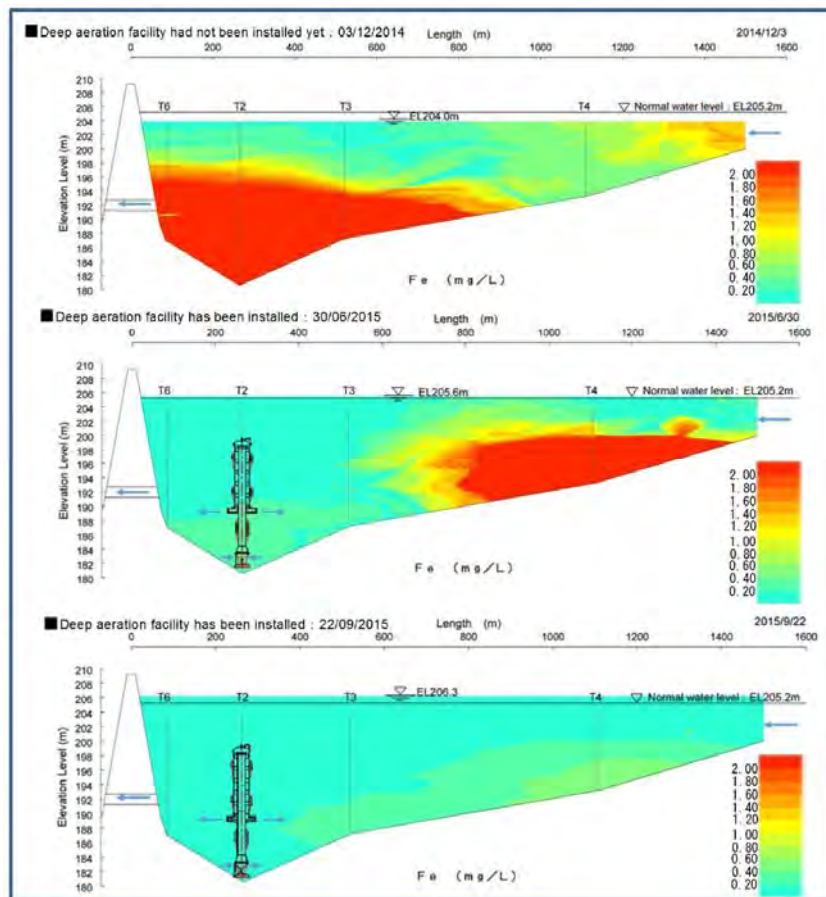


図 3.6 チョンダム湖における深層曝気導入効果 (Fe)

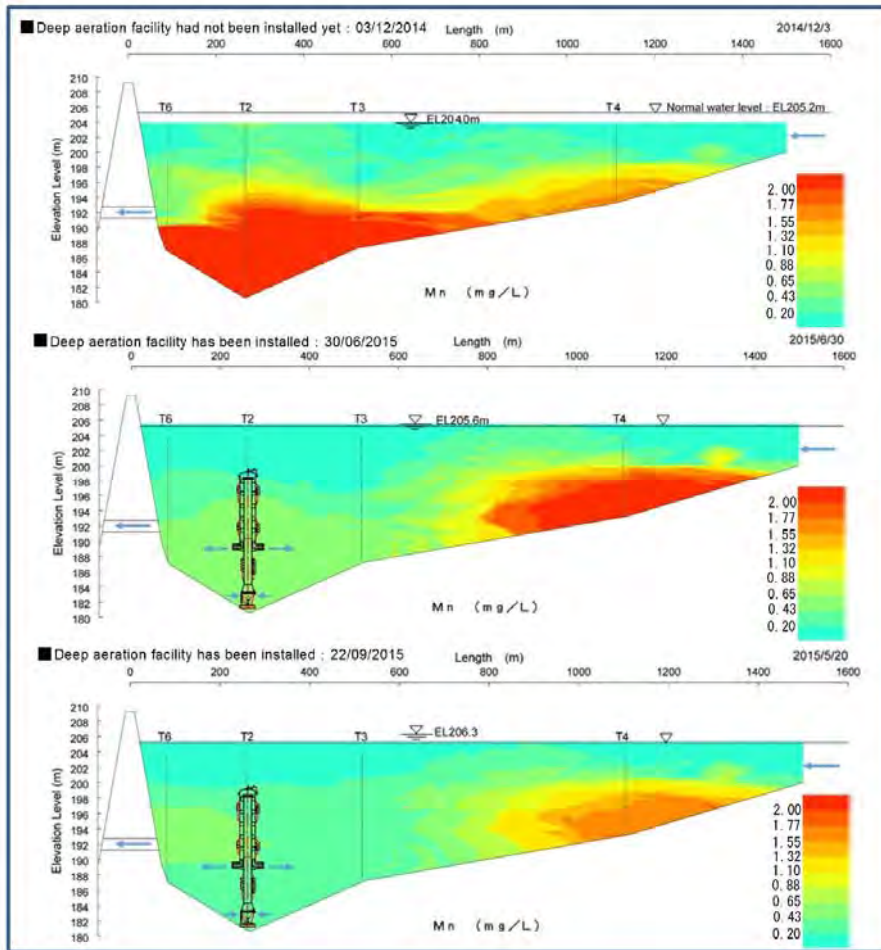


図 3.7 チョンダム湖における深層曝気導入効果 (Mn)

〈NH₄-N〉

➤ 結果

- ・深層曝気装置運転前では底層において NH₄-N(アンモニア性窒素) が高濃度であった。
- ・深層曝気装置運転後には NH₄-N の濃度が低濃度になっている。(図 3.8 参照)

➤ 考察

- ・NH₄-N は通常、酸素の無い状態では形態を変化することなく存在する。しかし、酸素のある状態では、硝化細菌の働きによって NH₄-N から NO₂-N、NO₃-N へと酸化される。よって、深層曝気装置稼働後に NH₄-N の減少は底層部の貧酸素化が改善されたことを示している。

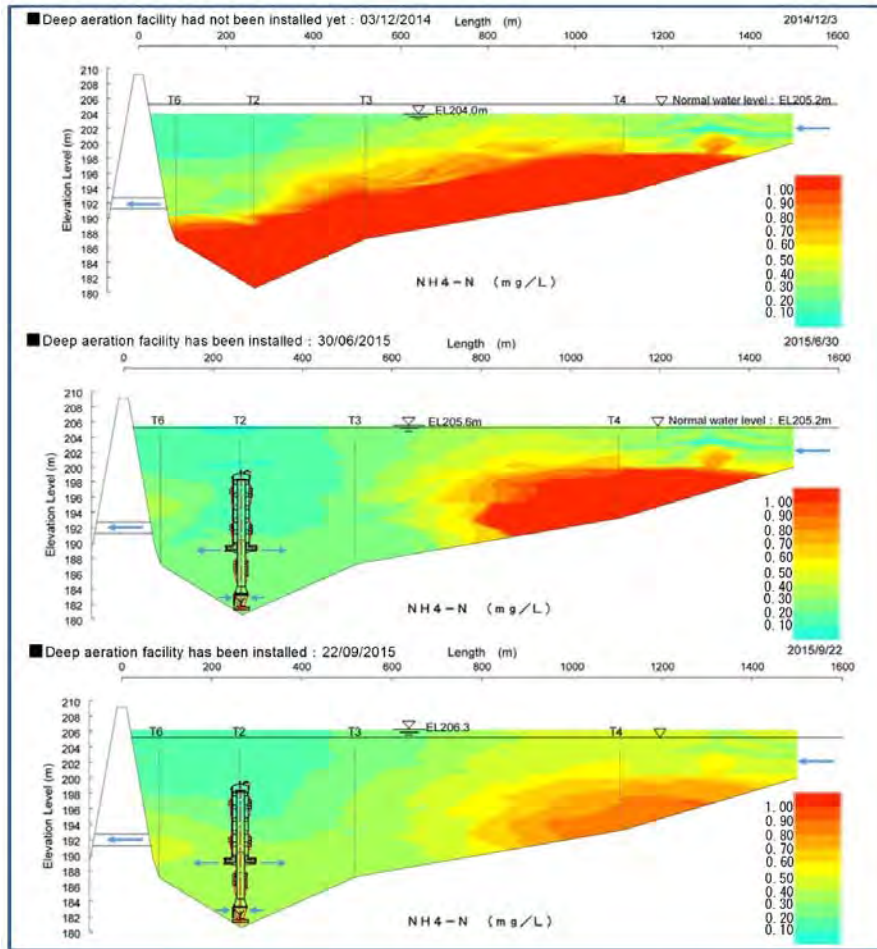


図 3.8 チョンダム湖における深層曝気導入効果 (NH₄-N)

<COD>

➤ 結果

- ・ 深層曝気設備稼働前に比べ稼働後の COD 濃度は 1/2~1/3 に低下している。
- ・ 稼働中は安定して低い濃度を示している。

➤ 考察

- ・ COD は水中の有機物濃度を示しており、この濃度が高いと有機物が多く存在することとなる。
- ・ 深層曝気装置の稼働によって、水中の好気的な環境で活性する微生物が COD 成分を分解したものである。
- ・ 農業用水として COD が高い場合（日本の場合は 5mg/L 以上）は、土壌の還元促進などによりイネの活力低下や根腐れが発生すると言われている。
- ・ また、COD の一部には浄水場の塩素殺菌工程で発がん性物質であるトリハロメタンにかわる難分解性有機物があることから、COD の削減は安全な飲料水確保の観点において重要であるといえる。

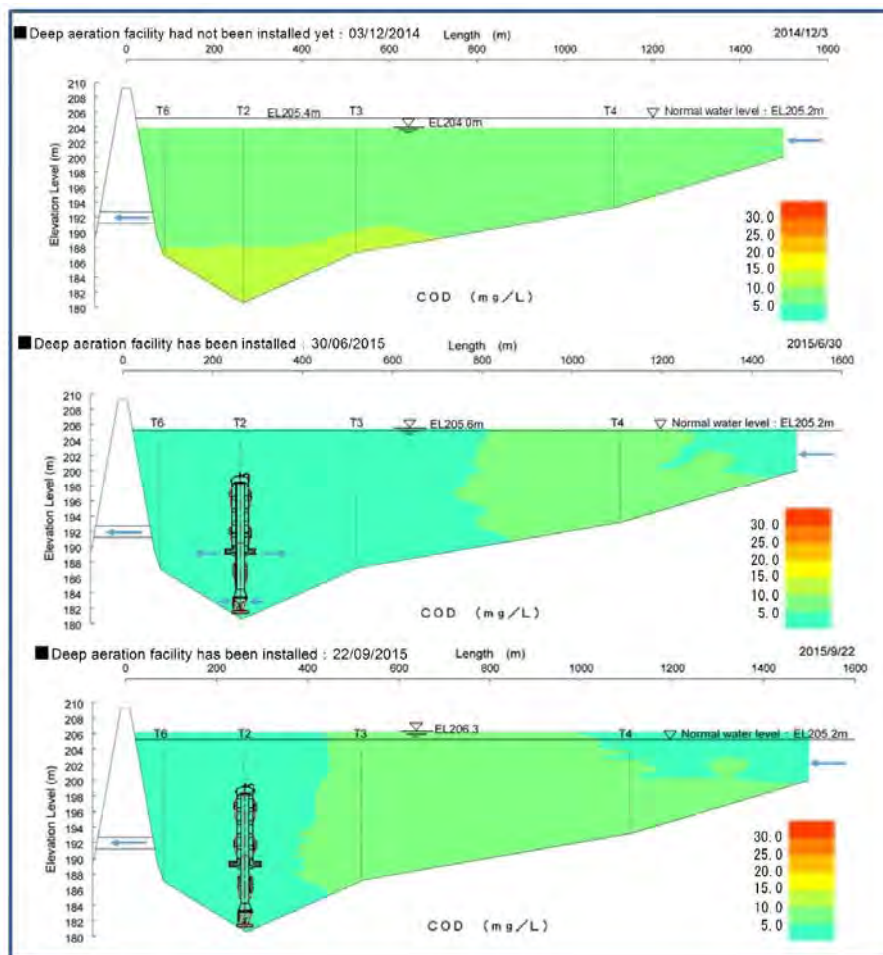


図 3.9 チョンダム湖における深層曝気導入効果 (COD)

(イ) 深層曝気による下流河川水質への影響

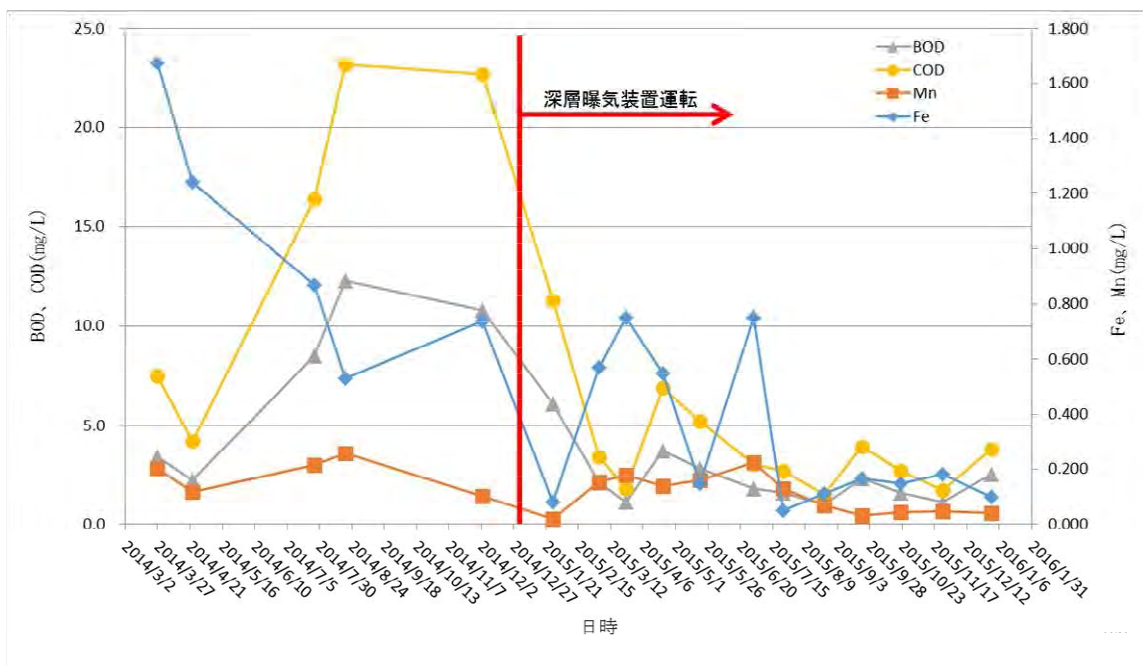
深層曝気装置運転前後のチョンダム下流 500m 地点での Fe、Mn、BOD、COD の経日変化を図に示す。

➤ 結果

- ・深層曝気設備稼前に比較し、深層曝気装置運転後の Fe、Mn、BOD、COD の濃度は安定して低くなる傾向となっている。
- ・Mn については顕著な結果は見られなかったものの、Fe については乱高下しているものの、深層曝気装置運転後は減少傾向にある。
- ・BOD、COD については深層曝気装置運転前に比べ運転後の結果が大幅に低下している。

➤ 考察

- ・Fe の数値については、乱高下しているものの、深層曝気装置運転後は底層の貧酸素化が改善されたことにより、Fe の溶出が抑制され、放流する Fe の濃度が低下したものと考えられる。
- ・BOD、COD は有機物の指標である。両方の数値は図のように同じような傾向で変化している。これは、底層から溶出する有機物を好気的な状態にすることによりダム湖内で好気性微生物の活動が活発になり分解したと考えられる。
- ・深層曝気による下流河川水質への影響については、Fe、有機物濃度の変化から、水質改善効果が行われていることが分かる。このデータの期間が短いことから同様の傾向が継続するのかわ引き続き調査を行うことが重要である。
- ・本結果は当初求めていた結果であり、深層曝気設備の能力を実証したものと言える。



3.10 チョンダム下流河川の水質調査結果

現地調査結果にもとづき深層曝気設備の効果について考察したが、今回のチョンダムを対象とした実証事業において、深層曝気設備の導入によりベトナム国のダム貯水池の貧酸素化現象を改善できることが検証できた。

一方で、深層部の水温が年間を通じて高く、酸素をより効率的に供給するための工夫が必要であるといった課題も見えてきた。例えば曝気装置の空気吐出サイズを現在のものより更に小さくすることで酸素溶解効率をアップさせること等が考えられる。

今後、他のダム貯水池における深層曝気設備の導入に当たっては、本チョンダムの水質調査結果を有効に活用でき、水温、DO等の調査結果にもとづく適切な酸素供給量等諸元検討に資することができる。

- ・本件の水質調査については、VAWRの下部組織であるWIPの協力も得て実施した。実際の測定を共同で行うことで、測定項目、測定方法、測定箇所を選定、数値結果の分析について深く理解して頂いた。また、運転管理についても、現場訪問時に説明を行い、システム全体の理解の促進をおこなった。更に取扱説明書や、検査成績書、関連図面をまとめた完成図書を2015年12月7日に提出し、システムの構成や維持管理方法などを改めて説明し、理解の深耕を行った。
- ・上記によって、深層曝気装置譲渡後も運転管理、性能確認については問題のない運用が可能であり、技術移転ができたものと言える。

②効果検証

➤ 深層曝気装置導入の経済的効果について

先ず、装置の有効性の前に、ベトナム国の水道事情について記載する。

ベトナム国での水道料金の改定は地方自治体の人民委員会が権限を持っている。料金設定の範囲は財務省によりその上限値と下限値が示されている。平均料金は約3、150VND/m³（約USD0.15/m³：2016年2月JICA精算レート）⁵となっている。2008年の金融危機の影響から水道料金の引き上げを政府が禁じており、現行の料金設定は必ずしも事業コストを賄うような設定はされていない。

一方で、水道事業は水道料金収入により経営するという政府方針が2008年に公布され、政府は独立採算による事業運営を推し進めようとしている。

水道料金は一般的に使用水量に応じて逦増する体系が採用されており、生活用水の料金は低く設定され、一方で産業用水、商業用水を高く設定し、生活用水に対しては低廉な料金を提供できるよう配慮されている。都市カテゴリーに従って、水道水の価格フレームが表3-5のように定められている。尚、表の特別市、カテゴリーIはハノイ及びホーチミンの大都市及び国都市、それ以外のカテゴリーII、III、IV、Vは地方都市、県都市、地域自治体、地区自治体である。

水道水の価格フレーム

都市範疇	都市範疇 最小価格 (VND/ m ³)	最大価格 (VND/ m ³)
特別市、カテゴリーI	2,500	8,000
カテゴリーII、III、IV、V	1,800	7,000

水道事業の経営形態のほとんどが各市人民委員会の設立した公社方式をとっており、水道事業体は、地方公営企業として位置づけられている。また、企業法が適用され、これに基づき、会計、税制等も一般私企業と同様の扱いとなっている。

つまり、水道事業は公社が運営しており、運営は使用料金により賄われることとなる。

今回調査を実施したチョンダムにおいて、将来的に約1万人規模用の浄水場が計画されている。

仮に1万人程度の浄水場の給水量を3,000m³/日（一人あたりの上水使用量は0.3m³/日とする⁶）としたとき、チョンダムに深層曝気装置を導入した場合と導入しなかった場合のイニシャル・ランニングコストを以下に検討する。

⁵ 厚生労働省 平成21年度水道国際貢献推進調査 報告書

⁶ 本数値は厚生労働省 平成21年度水道国際貢献推進調査 報告書に記載のある、ハナム省、ハイフォン市、ダナン市の給水能力を給水人口で除した数値

尚、深層曝気装置を導入した場合の浄水場取水口での鉄濃度0.3mg/L、マンガン0.1mg/L、深層曝気装置を導入しなかった場合の浄水場取水口での鉄濃度6mg/L、マンガン3mg/L、とする（チョンダムは放流口は14m程度であり、図3.3にある深層曝気装置運転前2014年12月の数値と深層曝気装置運転後の平均値を用いた）。比較するために考慮した全体フローを図に示す。

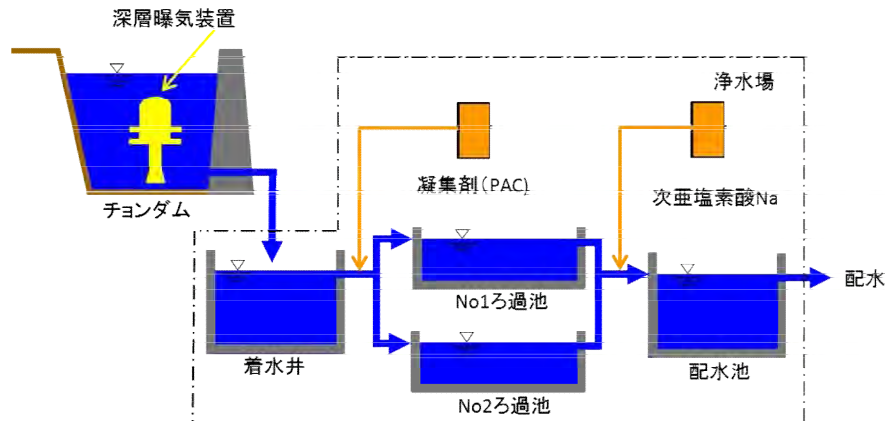


図3.11 浄水場水源に深層曝気装置ありの場合

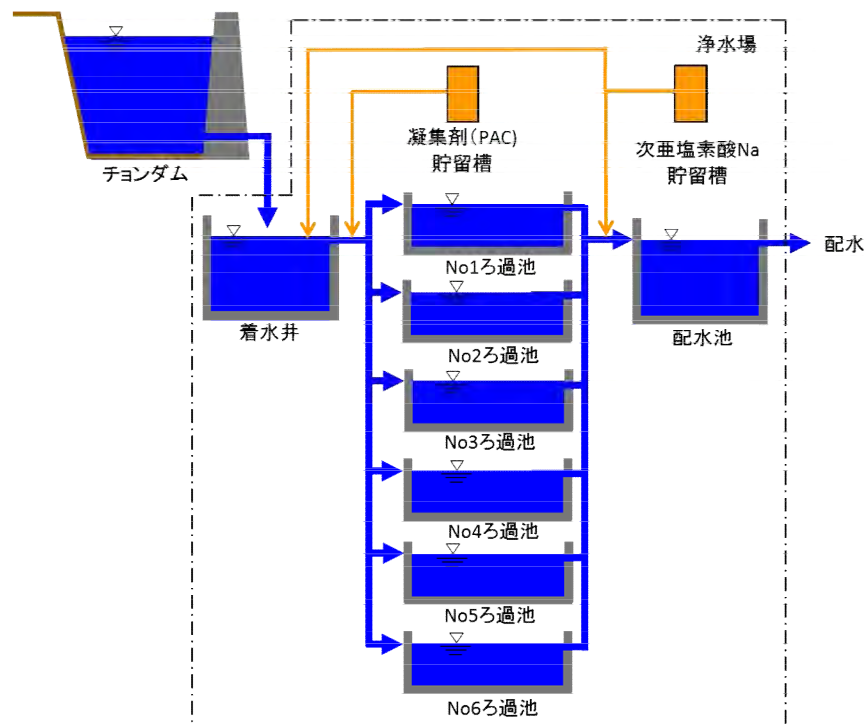


図3.12 浄水場水源に深層曝気装置なしの場合

- チョンダム下流に浄水場を導入する際の試算に関する条件は以下のとおり。
- ・ 基本的には一般的なベトナム国で採用されている凝集剤添加型沈殿ろ過方式とする。
 - ・ ろ過池、着水井、配水池に関してはコンクリート製とする。
 - ・ 機械設備に関しては自社価格を採用している。
 - ・ 設備の減価償却期間は15年とする。
 - ・ 電気代はUSD0.076/kw・h(日本貿易振興機構(JETRO)2015年3月13日報道)で試算
 - ・ 薬品費用については、聞き取り調査にて得られた単価で試算
 - ・ 維持管理についての土地代、人件費は省いている。

試算結果を以下に示す。

表 3.6 深層曝気装置導入の有無による浄水事業費の比較

項目		深層曝気装置あり ろ過池2池 (3,000m ³ /d)				深層曝気装置なし ろ過池6池 (3,000m ³ /d)				
イニシャルコスト		数量	単位	単価	金額	数量	単位	単価	金額	
浄水場設備	着水井	1	池	¥1,920,000	¥1,920,000	1	池	¥1,920,000	¥1,920,000	
	ろ過池	2	池	¥8,160,000	¥16,320,000	6	池	¥8,160,000	¥48,960,000	
	配水池	1	池	¥5,120,000	¥5,120,000	1	池	¥5,120,000	¥5,120,000	
	凝集剤注入設備	1	式	¥1,200,000	¥1,200,000	3	式	¥1,200,000	¥3,600,000	
	次亜塩素酸注入設備	1	式	¥800,000	¥800,000	2	式	¥800,000	¥1,600,000	
	送水ポンプ	2	台	¥750,000	¥1,500,000	2	台	¥750,000	¥1,500,000	
	電気設備	1	式	¥4,000,000	¥4,000,000	1	台	¥8,000,000	¥8,000,000	
	設備工事費	1	式	¥6,000,000	¥6,000,000	1	式	¥12,000,000	¥12,000,000	
	脱水機					1	式	¥25,000,000	¥25,000,000	
	水源設備	深層曝気装置	1	台	¥38,000,000	¥38,000,000				
	自沈エアホース	600	m	¥2,800	¥1,680,000					
	コンプレッサー	1	台	¥1,500,000	¥1,500,000					
	制御盤 他	1	式	¥2,000,000	¥2,000,000					
	据付工事費	1	式	¥8,000,000	¥8,000,000					
設備合計					¥88,040,000				¥107,700,000	
減価償却		15	年		5,869,333	15	年		7,180,000	
ランニングコスト										
電力	容量	凝集剤注入設備	1.0	kW			3.0	kW		
		次亜塩素酸注入設備	1.0	kW			2.0	kW		
	送水ポンプ		7.5	kW			7.5	kW		
		脱水機					7.5	kW		
	コンプレッサー		11	kW						
		運転時間	凝集剤注入設備	12.0	hr			12.0	hr	
		次亜塩素酸注入設備	12.0	hr			12.0	hr		
		送水ポンプ	12.0	hr			12.0	hr		
		脱水機					1	hr		
		コンプレッサー	18	hr						
電力価格	凝集剤注入設備	12	KW・hr	¥9.2	¥110	36	KW・hr	¥9.2	¥331	
	次亜塩素酸注入設備	12	KW・hr	¥9.2	¥110	24	KW・hr	¥9.2	¥221	
	送水ポンプ	90	KW・hr	¥9.2	¥828	90	KW・hr	¥9.2	¥828	
	脱水機					7.5	KW・hr	¥9.2	¥69	
	コンプレッサー	198	KW・hr	¥9.2	¥1,822					
電力合計		1	d		¥2,870	1	d		¥1,449	
薬品	注入力	12%次亜塩素酸	1.4	ml/min			8.7	ml/min		
			2.1	L/d	¥100	208	12.5	L/d	¥100	¥1,250
	PAC	0.1	mg/L			5.0	mg/L			
	薬品合計	0.3	kg/d	¥100	¥30	15	kg/d	¥100	¥1,500	
		1	d		¥238	1	d		¥2,750	
汚泥処分	発生汚泥量(含水率0%)					40.8	kg-DS/d			
	汚泥処理費(含水率85%)					272	L/d	¥20	¥5,440	
維持管理費合計	1日あたり				¥3,109				¥9,639	
	1月あたり				¥93,262				¥289,170	
	1年あたり				¥1,134,688				¥3,518,235	
水道事業のトータル金額	年割り金額(円)				¥7,004,021				¥10,698,235	
	年割り金額(USD)				USD58,986				USD90,098	
	年割り金額(VND)				VND1,297,040,926				VND1,981,154,630	
1m ³ あたりの水道料金	円				¥6.40				¥9.77	
	USD				USD0.054				USD0.082	
	VND				VND1,185				VND1,809	

- *1 チョンドムの実証結果に基づく試算である
- *2 年割り金額とは、設備金額と1年あたりの維持管理費合計を合算した数値である。
- *3 1m³あたりの水道料金は、土地所得に係る費用及び維持管理の人件費を除いた造水コストである。

試算結果から、年間の維持管理費を比較した結果は以下のとおり。



図 3.13 深層曝気装置の導入有無による浄水場のコスト比較

前述のように、浄水事業の年間維持管理費と建設費の減価償却を加味したコストは深層曝気装置を導入した場合、USD58,986、深層曝気装置を導入しなかった場合、USD90,098 となり、その差は USD31,111 であり、約 1.52 倍と予想され、水道事業の運営を圧迫することは容易に予想できる。

本件では比較的小規模なチョンダムでの試算結果であったが、大規模になれば更に水道価格は大きなものとなると予想される。

次に、有償資金協力によって深層曝気装置を導入した浄水場を建設する場合の費用回収について検討する。尚、基礎となる数値は以下の通り。

- ・建設借入金：USD1,750,211（表 3.6 の設備金額による）
- ・金利：2%
- ・維持管理費（薬品費・電気費）：USD9,557/年（表 3.6 の維持管理費合計による）
- ・維持管理費（人件費）：USD12,296/年（USD8.42/人×4人で試算）
- ・供給水量：3,000m³/日
- ・水道料金：USD0.143/m³

借入金の内訳は前述の試算結果を基にしている。ちなみに深層曝気装置の台数は 1 台である。

薬品費・電気費についても前述の試算結果を基にしている。

水道料金から薬品費・電気費・人件費を除き、その残額全てを建設の為に借りた貸付金の返済に充当する。尚、金利は 2%を想定している。また、浄水場の維持管理は 4 人で実施

することとする。また、ベトナム人の平均的な日当 USD8.42/日・人を支払うこととする。

試算結果を図に示す。

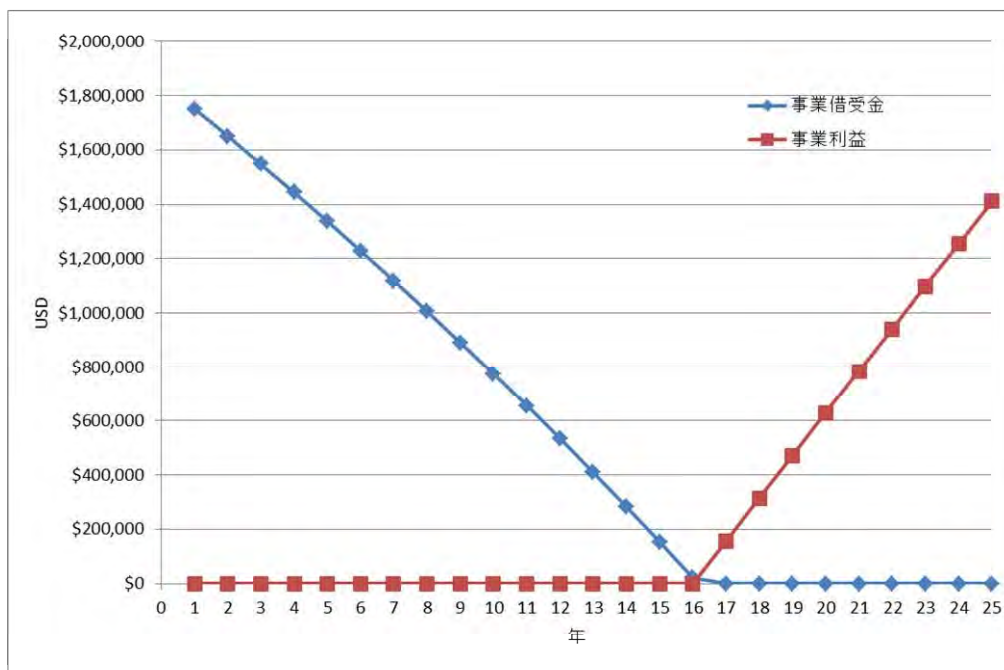


図 3.14 深層曝気装置を導入した浄水場の事業利益の推移

上記図の横軸には年、縦軸には累計金額を示している。算出方法は、水道事業者が徴収した水道料金から維持管理に必要な人件費・薬品代・電気代を引き、残金を建設時の借入金の返済に充当することを想定している。つまり、維持管理に必要な費用を水道料金で賄いつつ、残金を借受金の返済に充当することで、約16年で完全に返済が可能であり、その後は利益が発生する。

このように、有償資金協力にて深層曝気装置を導入した浄水場においても、水道料金の徴収のみで返済が可能であり、水道事業を継続的に実施することが可能である。

尚、深層曝気装置の価格を削減することにより、更に返済に係る年数は削減される。

次に浄水量を鑑みた深層曝気装置の導入コストメリットを考える。試算内容としては前述のとおりであり、試算結果を以下に示す。

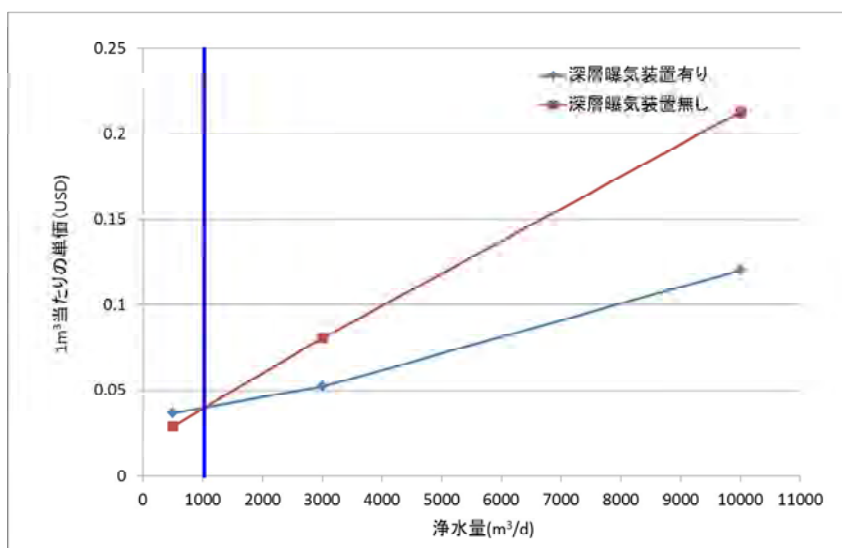


図 3.15 浄水量に対する深層曝気装置導入の比較

図のように、浄水量が 1,000 m³以下の浄水場で深層曝気装置を導入しようとした場合、1 m³あたりの単価は割高となるため、導入には不利であると予想される。しかし、1,000 m³以上の浄水場の場合は深層曝気装置を導入することがコスト面において優位になると予想される。

ベトナム国の平均的な上水料金は前述のとおり USD0.143/m³である。仮に鉄・マンガンの対策として深層曝気装置を導入した場合、ベトナム国全体の浄水施設能力は 2011 年現在で 640 万 m³/日であるので、USD246,224/日の料金が削減できる可能性があり、約 USD89,871,776/年の金額となる。

ベトナム国では 2015 年に浄水能力を 950 万 m³/日とする目標であった。仮にその目標が達成されたとすれば、年間 USD1.33 億の料金が削減されることとなり、浄水場の運営が軽減されることはもとより、更にベトナム国民にとって、必要なインフラ整備の資金となる可能性もある。

また、前述のとおりベトナム国においては、生活用水の水道については比較的安価な金額であるが、工業用水の単価は USD0.5/m³程度である。鉄・マンガン処理が原因で工業用水費用に負担が強いられていけば、企業の経営活動にも影響を与え、ひいては経済にも影響を与える可能性がある。

例えば、工業団地の数はベトナム国南部だけで 204 箇所存在する（2014 年現在）。仮に 1 万 m³/日の工業用水の利用があると考えた場合、鉄・マンガン対策費は年間 USD140,425 も費やしていると予想される。これは、企業活動を圧迫し、生産性の低下を招く可能性があると思われる。

更に、鉄分による配管の目詰まりの発生は、最悪の場合、給水の停止といった事態を招く恐れもある。農業用の灌漑用水の配水ラインにも同様のことが考えられる。

今回のチョンダムの水質分析結果から、深層曝気装置運転後に COD 及び BOD の数値が劇的に減少していることが分かった。BOD 及び COD とは有機物の指標であり、この濃度が高いことは、有機物濃度が高いことを示す。有機物濃度が高い場合、浄水場で最も重要な滅菌工程で使用する次亜塩素酸の注入量を増加する可能性がある。

深層曝気装置運転後に、BOD 及び COD の数値が共に 1/4 程度となっている。単純に次亜塩素酸の注入量が深層曝気装置を導入しなかった場合、導入した場合に比べ 4 倍になるとは言い難いものの、原水の水質は格段に深層曝気装置を導入することで良質なものとなっていると言える。

(6) 操作説明会(2015 年 12 月)

2015 年 12 月 7 日に譲渡先である VAWR の下部組織である WIP について説明を実施した。内容は、各装置の取扱説明書を基に、維持管理に於ける注意点やトラブルシューティング、各機器の設定方法など極めて実務的な内容を解説した。尚、取扱説明書、検査成績書、図面をとりまとめた完成図書を提出した。

(7) 本邦受入活動 (C/P 等の能力開発) 2014 年 8 月

2014 年 8 月 25 日 (月) から 29 日 (金) に VAWR のホア副所長を団長として他 4 名を対象に本邦受入活動を実施した。当初、本活動に関する旅費負担は 3 名までとしていたが、C/P から 2 名の自費参加の申請があり、参加人数は当初予定より 2 名多い以下の計 5 名となった。

表 3.7 来日者リスト

氏名	所属	役職
TRAN DINH HOA	ベトナム水資源院	副院長
TRINH VAN HANH	環境保護研究所	所長
MAI TRONG HOANG	ベトナム水資源院	職員
DUONG QUOC HUY	ベトナム水資源院 国際協力センター	副所長
PHAN THANH BIEN	ハティン省投資計画省	副所長

スケジュールは、以下の 2 点を具体的な活動目的として立案した。表 3.6 にスケジュールの詳細を示す。

- ・日本のダム管理、特に水質管理や水質改善装置の運用について理解を深めもらう。
- ・当社に対する理解をより深めてもらう。

研修中は活発に討議が行われた。なかでも、質問の代表的な内容を以下に示す。特に導入に関する必要な知識を吸収するために非常に熱心に質疑されていた。

- ・何故、水質保全を実施しているのか。
→水道水源として利用するために実施している。
- ・下流側の水道施設からは水質保全設備の稼働に対して管理費を徴収しているのか。
→利用者（水を利用している自治体）から徴収している。
- ・下流側施設の効果はどのようなか。施設導入の費用はどのように管理しているのか。
→効果は十分に発揮されている。導入費についても利用者から徴収している。
- ・水質保全設備の維持管理費はどの程度か。
→日常に管理する項目はほとんど無い。コンプレッサーの運転のみである。
- ・水質保全設備導入に関するイニシアティブは何処がとるのか。
→利用者からの要望による。
- ・水質保全設備に関するどのような問題があったのか。
→特に問題はない。
- ・水質の目標数値の設定はどのように制度化しているのか。
→日本には目標とする数値があり、その数値を監視している。

また、当社訪問時には、当社のベトナム国進出に対して最大限の支援を行う旨提案がなされた。ホア副所長からは、研修の感想として、MARD の大臣にダム湖における水質保全に関する重要性を伝えると言う発言がされた等、当初想定した成果が得られた。

表 3.8 本邦受入活動スケジュール

日時	場所	内容
2014年8月25日(月)	日吉ダム(京都府)	視察/研修
2014年8月26日(火)	琵琶湖総監(滋賀県)	視察/研修
	京都市(京都府)	視察
2014年8月27日(水)	木津川総監(三重県)	視察/研修
	比奈知ダム(三重県)	視察/研修
	布目ダム(奈良県)	視察/研修
2014年8月28日(木)	日建設計シビル(大阪)	視察
	丸島アクアシステム奈良工場(奈良県)	視察/協議



丸島アクアシステム 奈良工場視察



日吉ダム 視察

(8) その他

①普及セミナーの実施

以下の内容にて普及セミナーを実施した。

日時 2014年12月2日 8:00~12:30

場所 VAWR 会議室

参加者 ベトナム国側：MARD、VAWR、ホアビン省資源環境局、ハティン省資源環境局、国立自然科学大学、国立工科大学、ザウティン貯水湖管理会社等

合計 22名 名簿は添付のとおり。

日本側：JICA ベトナム国事務所、日建設計シビル、丸島アクアシステム

目的

- ・水環境に於ける日本の研究成果発表を聞き、水質保全設備の必要性をベトナム国側参加者が理解する。
- ・水環境設備の種類とその原理、運用結果等の説明を受け、その有効性をベトナム国側が理解する。
- ・ベトナム国内における水質問題及びその対策に説明発表を聞き、その現状を日本側参加者が理解する。

内容

- ・日本における貯水湖の水環境課題及び実施してきた対策。JICAによって供給された水環境改善設備の設置計画及び設置地点の情報（日建設計シビル）
- ・ベトナム国における貯水湖の水質現況及び実施した改善策（VAWR）
- ・ホアビン省にて実証運転に導入された深層曝気装置の紹介。その他の環境対策の紹介（丸島アクアシステム）

質疑応答

- ・深層曝気装置を運転することで、底泥の巻き上げは起こらないか？
→湖底から約1.5mの位置で取水するため、底泥の巻き上げは発生しない。
- ・深層曝気装置の耐久年数は何年か。
→深層曝気装置本体は20年以上。
- ・深層曝気装置は移設可能か。
→移設可能。その際、自沈エアホースの長さが移動範囲の限界。
- ・深層曝気装置の影響範囲はどの程度か。
→装置から約2km。
- ・深層曝気装置のイニシャルコストを教えてください。
→USD314,000。

成果

- ・本セミナーには各地方のダム管理者からの意見を多く聞くことができ、深層曝気装置以外の当社が保有している技術の展開についても可能性があると判断できた。
- ・深層曝気装置のイニシャルコストおよびランニングコストについて、回

答したが、否定的な意見は出されることはなく、ビジネス展開できる可能性を確認できた。

- ・深層の貧酸素化も問題になっているが、藻類の異常発生についての問題も多く存在することが分かった。
- ・水需要は今後増加するとの声も多くあり、それに伴う水環境問題は深刻化しつつあり水環境に対する関心は高まる方向であることが認識できた。

表 3.9 2014 年 12 月 2 日 セミナー参加者

No	氏名	所属先
1	Le Thi Kim Cuc	MARD 利水総局 国際部
2	Do Van Thanh	MARD 利水総局 水源・農村水質管理部
3	Hoang Van Bay	MARD 水資源管理局
4	Do Thi Phuong Thao	タインホア省ダム管理安全委員会
5	Pham Cong Van	タインホア省ダム管理安全委員会
6	Ngo Tien Binh	ホアビン灌漑用水管理会社
7	Nguyen Thi Ha	自然科学大学
8	TRAN DINH HOA	ベトナム水資源院
9	TRINH VAN HANH	環境保護研究所
10	DUONG QUOC HUY	ベトナム水資源院
11	関	JICA ベトナム事務所
12	野中 昭彦	日建設計シビル
13	雲 博之	日建設計シビル
14	福壽 慎也	日建設計シビル
15	レ ドック チー	日建設計シビル
16	矢延 孝也	丸島アクアシステム
17	山岸 真孝	丸島アクアシステム

尚、本セミナーには環境資源新聞、ベトナム農業新聞などの新聞社からの深層曝気装置や実証事業についての取材があった。後日新聞及びテレビにて報道された。



科学技術省所属新聞社の記事



資源環境省 MONRE の新聞記事

②ハティン省普及活動について

日 時 2015年12月4日

場 所 ハティン省人民委員会会議室

参加者 (ハティン省) ハティン省人民委員会書記長兼省知事;Son 氏、
ハティン省副知事;Khanh 氏、
外務局局長、技術局副局長、農業農村開発局長、
天然資源環境局副局長、
ハティン省給水公社社長

(C/P) VAWR ホア副院長、Dr.ハイン、Dr.ナム、

(日本側) 丸島アクアシステム 矢延、山岸

日建設計シビル 野中(記録)、雲、チー、通訳クアン

内 容 ハティン省での浄水場貯水池の現状を説明。

本実証事業の概要。

チョンダムの実証結果を説明。

質疑応答・コンプレッサーの騒音による問題は生じないか、電力使用量はどの程度か、
1機でどの程度の貯水池に対応できるか。

→コンプレッサーは低騒音タイプを使用している。加えて、機械室内に設置
するので、周辺に対しては極めて静音である。動力は11kWである。深層
曝気装置1台で1,000万m³の貯水池に対応できる。ただし貯水池の形状、
水深など様々な要素が効果に関係する。

・設備に関心があり、何かの形でハティン省の水源に投入されることを期待
する。

・水位の変動の影響を受けるか。設置位置はどのような箇所が良いか。この
設備の運転で生じる環境問題は何かあるか。

→設備の高さ以上の水深があれば、水位変動の影響は受けない。機器の設置
は、貯水池内の最深部に行われることが良い。また、この設備の運転の働
きは水中の酸素濃度が上げることだけであり、それ以外の環境問題は発生
しない。

・ポケモン貯水池などを現地調査を行うこととし、その同行には、農業農村
開発局(DARD)、天然資源環境局(DONRE)、給排水公社、外務局を充てるも
のとする。

・また、今後のこの事業の担当局は外務局及び農業農村開発局(DARD)とする。

・最近に承認されたハティン省の開発計画の方針のひとつには「持続可能な
発展を掲げており、このような環境保全の事業はそれによって位置づけら
れる。

・ハティン省の経済発展や都市の発展に貢献して欲しい。

成 果 ・ハティン省での実証活動を行うことを出席者一同承認された。

・実証結果が良好であれば、ハティン省にて他の貯水池にも展開するとの
コメントを副知事より得た。

・チョンダム湖に設置している深層曝気装置のハティン省への移設費用につ
いてはハティン省で負担することが副知事から明言された。



セミナーの状況（左手手前から3人目が副知事、4人目が知事）

③実証完了後の普及セミナー（2016年1月13日実施）

日時 2016年1月13日

場所 VAWR 会議室

参加者 ベトナム国側：MARD、VAWR、WIP、ホアビン省ダム管理会社、ハティン水道公社、ハノイ工科大学 他 ※詳細は添付の出席者リスト参照
日本側：JICA ベトナム事務所、日建設計シビル、丸島アクアシステム

概要 チョンダムの深層曝気装置の結果報告および効果検証（丸島 山岸）
チョンダムの水質分析とハティン省への移設計画（日建設計 福寿）
チョンダムの運転管理報告（WIP カー職員）
ベトナム国の水質保全について（VAWR ナム部長）

内容 < 環境保護研究所 カー職員の発表

- ・深層曝気装置稼働直後からチョンダムの水質は改善された。
- ・維持管理に関しては、非常に容易であった。
- ・ベトナム国において深層曝気装置は適用可能な技術であると判断する。

< ベトナム水資源院 ナム部長の発表

- ・ベトナム国の水質問題には深層の貧酸素化および藻類の異常発生があり、また、重金属による汚染も深刻である。
- ・従来は水質保全として水性植物による水質浄化を行っていたが、水性植物による水質保全は安価であるものの効果は低い。
- ・深層曝気装置のような機械式の水質保全は効果が高いことが確認され、今後、機械式の水質保全設備を導入するべきであると考えます。

< ホビン灌漑用水管理会社 ハイ社長の発表

- ・チョンダムは比較的大規模なダムで、約1,000haの農業用水を供給している。
- ・生活用水は直接水路から採水して使用している。1万人規模の新規浄水場の建設については計画中である。
- ・深層曝気装置によって水質は改善されたと実感しており、今回のチョンダムの結果は浄水水源として利用可能になったと考えている。
- ・今回の実験結果に鑑みて、ホアビン省の2カ所の貯水池で深層曝気装置の導入を検討したい。

< ハティン省水道合資会社 ビン社長の発表

- ・ハティン省には大小300箇所の貯水池があり、水道使用量は1日7万tである。

- ・ダムを水源とすることで河川から直接取水するよりも水質が安定している。
- ・多くの貯水池では深層の貧酸素化が進行しており、Fe, Mn の水質障害は特に夏場に発生している。
- ・ケーゾック貯水池では取水口において Fe が 5mg/L 以上になることがある。このような状況の対策として、VAWR から深層曝気装置を紹介され、事態の打開に期待している。
- ・深層曝気装置は凝集剤のコストを削減できると認識している。
- ・ハティン省での実証が成功し、広く導入されることを期待している。

◀ ハノイ工科大学 フン教授

- ・深層曝気装置については日建設計シビルから紹介された当初から関心を持っている。
- ・当初、フエ省の貯水池を調査して深層の貧酸素化の問題を確認した。
- ・ベトナム国の多くの貯水池では貧酸素化の問題を抱えていると予想している。
- ・水深の深い貯水池はベトナム国内に 600 以上ある。
- ・VAWR、WIP は貧酸素化問題について対応するための適切な機関である。
- ・今回の実証のみに終わることなく、ベトナム国全土に普及し、ベトナム国民のために役立てて欲しい。
- ・Fe、Mn 以外にも NH₄ の濃度にも今回の実証実験においては注目している。
- ・水深は浅いが、ハノイ市内の湖沼においても貧酸素化が進行している。
- ・ハノイ市内だけでも大小 200 の湖沼がある。
- ・深層曝気装置だけでなく浅層曝気装置にも注目している。
- ・今後も官庁・大学・民間が連携し、新たな課題解決を行っていききたい。

◀ MARD 灌漑総局 ナム副所長

- ・深層曝気装置の高い効果は確認できた。
- ・Fe、Mn は改善後、再溶出するのか？
- 嫌気化すれば溶出する。
- ・有効範囲は直径 2km か、半径 2km か。
- 深層曝気装置は最も水深の深い堤体付近に設置する。よって、深層曝気装置の設置位置から 2km 上流まで到達すると理解頂きたい。
- ・小規模な貯水池では能力が高すぎるのではないか？
- コンプレッサーのサイズを小さくすることが可能。

- 成 果
- ・深層曝気装置による水質改善効果（浄水場でのコスト削減効果等）がよく理解された。
 - ・深層曝気装置の運転が非常に容易であることが理解された。
 - ・ベトナム国では水性植物浄化を行った経験があるが、十分な効果が発揮されなかったが、一方で本来の深層曝気装置では効果があるとの言及があり、水質保全設備の有効性が良く理解された。
 - ・ホアビン省で深層曝気装置の新規導入箇所を発掘することができた。
 - ・ハティン省水道公社社長が深層曝気装置を導入した時の効果を理解した。



譲渡式の様子



セミナーの状況

表 3.10 2016年1月13日セミナー参加者

No	氏名	所属先
1	Tran Kim Long	MARD 国際協力課
2	Nguyen Ngoc Hue	MARD 国際協力課
3	Nguyen Hai Long	MARD 国際協力課
4	Trinh Thi Thanh Binh	MARD 科学技術課
5	Do Thi Phuong Thao	MARD 科学技術課
6	Dang Tien Dien	MARD 灌漑総局
7	Le Hung Nam	MARD 灌漑総局
8	Giang Thanh Binh	MARD 灌漑総局
9	Nguyen Xuan Quang	農村衛生用水庁
10	Dao Viet Dung	国際協力課
11	Mai Thi Dan	天然資源環境省
12	Le Anh Tuan	ベトナム水資源院 統計局
13	Vo Ngoc Vinh	ハティン省水道合資会社
14	Phan Duy Hong	ハティン省水道合資会社
15	Bui Thanh Hai	ホアビン灌漑用水管理会社
16	Nguyen Hong Khai	ホアビン灌漑用水管理会社
17	Duong Thị Huyen Trang	ホアビン灌漑用水管理会社
18	Trinh Ba Thuan	ホアビン灌漑用水管理会社
19	Hoang Thu Huong	ハノイ工科大学
20	Pham Xuan Hung	ベトナムテレビ2
21	Nguyen Ba Trung	ベトナムテレビ2
22	Duong Ngoc Duc	ベトナムテレビ2
23	TRAN DINH HOA	ベトナム水資源院
24	TRINH VAN HANH	環境保護研究所
25	DUONG QUOC HUY	ベトナム水資源院
26	桂井 太郎	JICA ベトナム事務所
27	野中 昭彦	日建設計シビル
28	雲 博之	日建設計シビル
29	福壽 慎也	日建設計シビル
30	レー トック チー	日建設計シビル
31	矢延 孝也	丸島アクアシステム
32	山岸 真孝	丸島アクアシステム

2. 開発課題解決の観点から見た貢献

前述の様にベトナム国ではこれまで 619 基のダムが全土で建設されており、この 10 年間では毎年 13 基程度のペースでダムが建設されている。複数のダム湖において貧酸素化の傾向が見られており、今後もダムの建設・供用開始による環境問題が、より顕著になる可能性が大きいことがわかった。

本実証事業を通して、DO が 0mg/L の貧酸素化している貯水池で年間を通じて 2mg/L 以上に保つことをチョンダム湖において実証した。その結果として、Fe、Mn の濃度を低減できることを確認した。この結果、チョンダム湖下流に浄水場を設置した場合、深層曝気装置を運用することで浄水場のコストを 40%削減できること確認でき、C/P にその有効性を示すことができた。これは、チョンダム湖に限った結果ではなく、ベトナム国全土の底層が貧酸素化する水道水源のダム湖においても同様の結果を得られるものである。つまり深層曝気装置の導入は、ベトナム国の安全で安定した浄水の供給への貢献が期待できる。

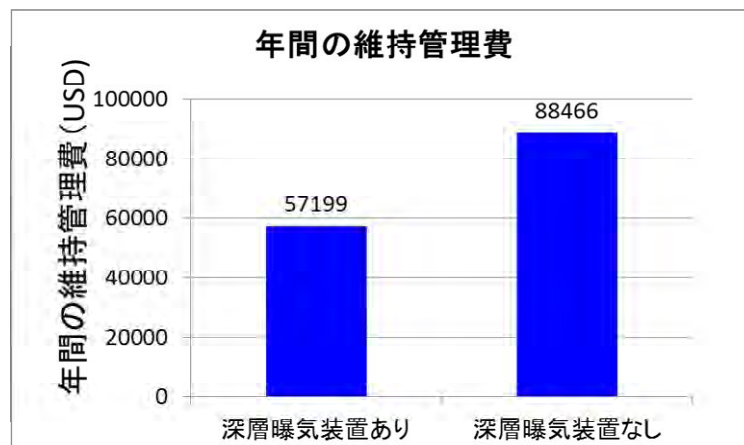


図 3.16 深層曝気装置の導入有無による浄水場のコスト比較

また、既に運用している浄水場を調査した結果、貧酸素化したダム湖を水源としている浄水場に関しては、Fe や Mn が高濃度になることによって、浄水能力が限界に達し、計画給水量以下の配水しかできないという、我々が予想していたよりも遙かに深刻な状況に陥っていることも確認できた。このような状況に対しても深層曝気装置は解決方法の有力な手段であると言える。



ベトナム国の浄水場（ケーゾック浄水場）

更に、ベトナム国では非常に浅い水深 10m 前後のダム湖が多数存在していることも確認できた。このような浅いダム湖に対しては深層曝気装置以外の装置によって水質改善が図れると思われる。浅いダム湖では主にアオコの発生による水質障害が起こっている。アオコ

が多量発生した水を水源とする浄水場では凝集剤の注入量が極端に増えていると予想される。よって、貧酸素化した水源と同様に、多量にアオコが発生するダム湖へ水質保全設備を導入することによって、浄水場での凝集剤使用量を削減し、浄水運営の安定化や配水量の安定をはかることができると思われる。



ボクゲン貯水池（水深 10m 程度）



チェンチョン貯水池（水深 14m 程度）

本実証事業では、C/P と共同で水質調査を実施した。実際に現場での測定方法や得られた数値の解析方法などを指導することによって、水質保全に関する技術の移転を行うことができた。また、セミナーを通して、それぞれの水深に対する水質保全のあり方を理解していただいた。つまり、本実証事業を通じて水質調査の技術を用いて問題のある貯水池の特定や、その対策を選定できるような土台作りができたといえる。

3. 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

予想される地方経済・地域活性化への貢献について記載する。

目標とする毎年 5 件程度の受注によって、以下の新規雇用が期待される。

- ・ 本社(大阪府)と工場(奈良県)で、技術者、生産管理、事務員等の新規雇用；約 10 名
 - ・ 部品調達先・生産外注先・据付作業員等での新規雇用；約 15 名
- 合計新規雇用；約 25 名

また、目標とする毎年 5 件程度の受注による経済活性化効果は、概算で以下を見込む。
619(百万円) (奈良県内) + 1, 316(百万円) (周辺の府県) = 合計額；1, 935(百万円)

- ・ 1 件につき 3 基程度を納入と仮定。
- ・ 深層曝気装置、自沈エアホースは日本国から輸出。
- ・ 潜水土は日本国から出張。
- ・ 現地調査費用（基本設計）も含む。
- ・ 1 件実証試験だけでは、上記の数字はこの 1/15 となる。

設備費用のうち自沈エアホースは、製品の特性から、宮城県仙台市にある株式会社 東北ゴムから今後も調達予定である。本企業は津波で約 1 年操業出来ず、大きな損害が発生したが、現在までに生産体制は回復した。継続的に海外から受注できれば、東北ゴムに勤める被災者（従業員）の雇用の安定にも繋がると考える。

4. 環境社会配慮

企画書の提出段階で選定していたサフォンダムは国定公園内であったため、本件の実証地から外した。

実証地として決定したチョンダムは国定公園からも遠く、また、人工湖であるため希少動植物も生息しておらず、特別な環境配慮の必要性はない。

5. 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について

ダム1基当たりの建設費が約100～200億円と推定される一方、深層曝気装置の設置費用は、ダム建設費の1～2%程度ですみ、ダム事業者の経済規模では十分に導入可能な金額でもある。

また、持続可能な活動をするために、以下の項目については既に確認している。

活動を維持する体制：ダム管理者による管理が可能である。本邦受入活動においてもこの部分については良く理解された。また、現地調査で訪れたダム全てに管理者が存在しており、活動を維持する体制については問題無いと判断する。

加えて、本件の運転も約1年間行ったが、維持管理を実施したのは2015年5月と2015年10月の2回だけであり、それ以外は自動運転であった。

ベトナム国の場合、突然の短時間停電が頻繁に発生するが、自動復帰システムを導入することで停電にも十分に対応できることが確認できた。

活動を維持する技術：基本的には複雑な操作はなく、ただ、コンプレッサーの運転状況を確認するだけであり、技術的には習得し易いと考える。但し、運転時期の判断などは若干、経験を積む必要があると思われる。

今回の実証を通して、冬から春(11～4月)には24時間の連続運転を抑制できる可能性があると思われる。よって、年間の運転時間は24時間連続運転の8,760時間に対して約2/3の約6,500時間に削減できると思われる。

財務的な枠組み：深層曝気装置の運転を維持する為に必要な経費として、コンプレッサーの電源が主だったものとして挙げられる。コンプレッサーは比較的小さい動力であるため、管理用の発電設備で充分賄えると考えられる。また、商用電源を利用する場合でも運転方法によっては前述のとおり、年間の運転時間を1/3およそ8,760時間－6,500時間＝2,260時間を削減することによってUSD5,434/年になると予想され、年間の維持管理費としては安価であると考えられる。

また、本実証から、鉄・マンガンの削減効果に加えて、COD・BODの削減効果も期待できることが分かった。このことは、下流浄水場への浄水処理の負担、つまり浄水場の維持管理費低減をできることを示唆しており、深層曝気装置導入の動機付けの一つになる。

本邦受入活動の際、水質保全設備の運転費用は下流域の施設(水道施設等)から徴収していることも理解してもらった。このことも施設維持のための財務的な枠組みを考える上で大いに参考になったと思われる。

6. 今後の課題と対応策

➤ 実証事業から得られた結果の広報活動

2014年12月2日に実施したVAWR主催の水環境改善に関するセミナーは広報活動という点から見ると効率的であった。セミナーでは、日本側からチョンダム深層曝気装置の進捗状況及び、水質保全装置の説明、水質保全の概要などを説明した。一方、ベトナム国側からはベトナム国内湖沼の水質問題について説明があり、その後、協議を実施した。参加者は地方(ハティン省、タンホア省、ホアビン省他)のダム管理者が多く、実際に自らが管理しているダム湖で発生している水質問題についての説明や相談、日本側から発表した内容に対する質疑(深層曝気装置の維持管理方法や費用について)があり、有意義な情報収集や普及が行えた。実証活動終了後の2015年1月13日には本実証活動の総括及び様々な事例に対する提案をできるセミナーをC/Pの主催で開催する予定であり、更に政府関係者やダム管理者へ広めたいと考える。また、ベトナム語に翻訳した結果の資料も必要かと考える。加えて、今回の結果について、ベトナム国内の関係する学会発表をVAWR、日建設計シビル、丸島アクアシステム共著でベトナム国内雑誌に投稿した。2016年1月及び2月に発表される予定。内容は、チョンダムの結果及び深層曝気の有効性について記載した。

➤ ベトナム国に対する拠点作り

当面の拠点としては本事業の現地委託先であった兼松 KGK ベトナム社及び FUJIFURUKAWA 社と協力して営業活動を実施する。両社とも、施工を通じて深層曝気装置の構造や効果、性能を深く理解しており、営業的にフォローも充分可能である。且つ、両社ともベトナム国内の建設業のライセンスを有しており、ベトナム国内での発注に対しても即座に対応可能である。

IV. 本事業実施後のビジネス展開計画

1. 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

(1) マーケット分析(競合製品及び代替製品の分析を含む)

潜在的なマーケットはベトナム国の気候・風土を考えると非常に大きいと予想される。前述のセミナーでも討議されたように、水環境問題の関心は高く、深層の貧酸素化や富栄養化が主な水環境問題である。

また、ベトナム国内では当社と競合するような製品を製作しているメーカーは存在しない。加えて、本技術は当社独自の日本の技術であり、代替製品は無いと言える。

大枠のビジネス展開としては右の図のとおりで、概ね4段階においてビジネスを進め、最終的には有償資金協力(若しくはベトナム国資金のみの発注)を目指す。

第一段階である実証試験は成功裏に終了した。次の第二段階であるベトナム国内での実績については、ハティン省の案件があり、これをベトナム国資金にて実施することで、ベトナム国が如何にこの技術について要求しているか示される。

同時に当社がこれに関与することで、当社の海外進出にも弾みがつく。次の第三段階では、この技術を更に広く活用してもらうための無償資金協力を実施する。これによりベトナム国内での実用性を確実なものとし、更なる実績の積み上げを行う。そして、最終的にはベトナム国全土での導入を目指すものである。

現状では第二段階のハティン省移設へ移行している。この案件を成功させることが次のプロセスへと繋がると考えている。ハティン省への移設の詳細については次項に詳細を記載する。

次に無償資金協力について現状の案を記載する。本技術は水資源機構と共同で日本国内特許を取得している。また、国土交通省のNETISにも登録されている。よって、無償資金協力については、これらの機関と連携した取り組みを行う事を模索している。

無償資金案件を実施するためには、具体的なターゲットを絞り込み、基本設計を実施する必要がある。先の案件化調査ではベトナム国全土のダムの基本スペックについて調査を行った。この情報を元に、水道水源となっているダムを選択し、水質障害のあるダムを再度調査し基本設計を行う必要がある。尚、ベトナム国全土では100万m³以上のダムが714基もあることから、一度に全てを調査することは困難である。よって、ベトナム国を数ブロックに分けて調査する必要があると思われる。この調査が終了後、基本設計を行い、深層曝気装置の設置に移行することとなる。無償資金協力の個別フローとしては以下のとおり。

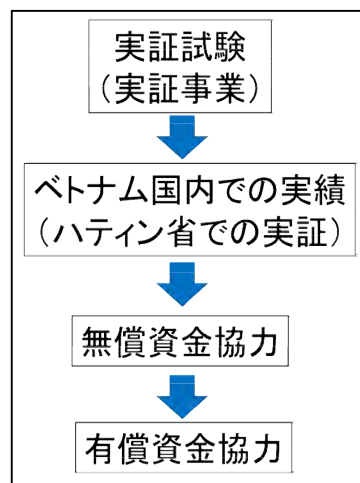


図 4.1 ベトナム国でのビジネス工程

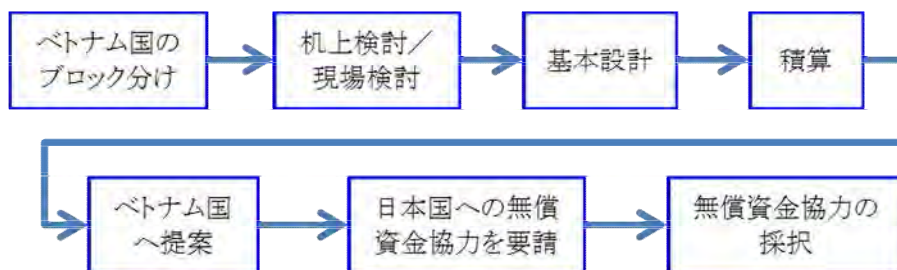


図 4.2 無償資金協力の案件化フロー

最後にベトナム国全土への展開を述べる。資金については有償資金協力若しくはベトナム国の自国の資金が考えられる。

ベトナム国の水道料金は受益者からの支払いによって運営されている。現状、貧酸素化

が深刻な貯水池については十分な配水量ができておらず、浄水事業の十分な売上がない状態であると予想される。そこで、水道料金により深層曝気装置導入及び維持費を支払うことで、導入費用及び維持費を賄うことができ、浄水事業も運営が可能であるところをアピールする必要がある。

地方行政機関に対するプレゼンテーションのツールとして、深層曝気装置のベトナム語のカタログ／リーフレット、プレゼンテーション資料を作成した。また、実証実験結果をベトナム専門誌など掲載したが、さらに機会があれば掲載したいと考えている。この点についてはC/PであるVAWRにもPR活動の一躍を担ってもらおう。

現在、ハティン省以外にもC/Pから各省のダム管理者やDARDに働きかけを行っている

本事業は深層曝気装置の販売を目指して事業展開を実施した。しかし、現地調査、セミナーを通して、ベトナム国では深層曝気装置以外の当社が保有している水環境保全技術も適合できると考えられる。

例えば、2014年12月2日に開催した水環境セミナーではダム湖の富栄養化が顕在化していることが確認できた。富栄養化の有効な対策として連続式空気揚水筒という製品がある。この製品はダム湖全体を循環させることにより、水質保全を図るものである。ダム湖の水深やサイズにもよるが、この製品もベトナム国で販売する可能性があると考えられる。

具体的な事例として以下に示す。

表 4.1 水質保全が必要な箇所とその対策

場所	水質障害の種類	原因	対応する装置
クアニン省 ハロン市内湖沼	異臭	生活排水の流入	マイクロバブル発生装置
タイフォン省 エンミイダム	藻類の異常発生	富栄養化	連続式空気揚水筒
ビンフック省 サフォンダム	異臭・黒水・赤水	底層の貧酸素化	深層曝気装置
ビンフック省 スオイサイダム	異臭・黒水・赤水	貧酸素化 富栄養化	連続式空気揚水筒
ハノイ市 市内湖沼	異臭	貧酸素化	マイクロバブル発生装置他

それぞれの詳細は以下のとおり。

〈クアニン省 ハロン市内湖沼〉

C/Pから紹介を受け、2015年6月にクアニン省 資源環境局長と日建設計シビル野中氏が現地視察及び面談を行った。現地視察はハロン市にある2つの湖沼を確認した。面談の結果は以下のとおり。

- ・2つの湖沼とも水深が0.3～1m程度。
- ・晴天日は生活排水のみが流入すること。
- ・乾季には、有機汚濁で水が黒ずみ、強い腐臭が発生し、付近住民から苦情が寄せられている。

上記の結果より、今後の方針としてはVAWRの下部組織であるWIPが水質浄化の提案書を作成し、クアニン省に提案を実施することとなった。

尚、流入条件及び水深から考慮すると生活排水を処理する直接的な浄化と湖沼内の水質を保全するエアレーション設備（当社の保有している技術であるマイクロバブル発生装置など）が有効であると考えられる。

まずは湖沼の現状調査を実施し基本設計を行い、詳細設計を実施する必要がある。クアニン省の予算としてどの程度の金額が準備できるかが事業進展の鍵になる。

〈タイフォン(ThanhHoa)省 エンミイ(Yen My)ダム〉

C/P との 2015 年 10 月 23 日の協議において相手側から、現在富栄養化に問題を抱えているタイフォン省テンミダム（水深約 20m、容量 8,700 万 m³）について、解決のための設備と費用に関する問い合わせがあった。

水深及び水質障害の内容から考慮すると、当社の連続式空気揚水筒が最適であり、その旨を伝えた。また、概算金額として、連続式空気揚水筒 5 基、コンプレッサー 5 台、自沈エアホースなどで約 USD500,000 程度との回答をした。維持管理費については、ほとんどがコンプレッサーの電気代、3.7KW のコンプレッサーを 24 時間運転すると想定し、1 日約 USD34 であり、その他には必要無いことを説明した。

〈ビンフック省 サフォンダム〉

本事業の最も初めに候補地となったダム湖である。本件においては、ベトナム国の国定公園に近いことから、候補地としては除外された。しかし、水質調査の結果から、貧酸素化現象を確認している。水質保全を行うための資金をベトナム国側で負担し整備を行うのであれば十分に候補地になり得ると考えられる。

〈ビンフック省 スオイサイダム〉

本事業において、当初調査を実施したが、深層曝気装置の設置には水深が浅く且つ、搬入路の不備などから最終的には候補地から除外したダムである。

調査段階ではダム管理者から悪臭問題があるとの情報を得ており、当社の製品としては、連続式空気揚水筒がスオイサイダムには適していると考えられる。

本件は C/P を通じて人民委員会にも打診し、提案を実施していきたい。

〈ハノイ市 市内湖沼〉

ハノイ市内の湖沼は富栄養化が進み、夏季においては悪臭を放ち、付近住民から苦情が寄せられている。これまでも日本の企業がハノイ市内の湖沼浄化にチャレンジしてきたが、決定打に欠けると言わざるを得ない。

しかし現在でもハノイ市の湖沼浄化のニーズは高く、その方法をハノイ市は模索している。ここで、日本の水環境において先進的な自治体である滋賀県とハノイ市の地域間連携をすることで、ハノイ市の水環境保全に貢献できると考えられる。

C/P である VAWR はハノイ市のアドバイザーとして参画する。一方、日本側は滋賀県が行政面のアドバイスを担当し、基本検討などは日建設計シビルが担当、設備の具体的な提案は当社が提供する、といった分担で事業を進めることが考えられる。

〈機種別の水環境改善対策リストの作成〉

案件化調査において、ベトナム国全土のダムについて水深や湛水面積など基本的な情報を調査した。当初は深層曝気装置の設置を目指して水深 30m 以上のダムを中心に選定した。しかし、スオイサイダムのように、水深が 20m 程度のダム湖においても水質浄化が必要なダムがあると考えられる。

そこで、C/P に水質障害が発生している水深別のダムリストを作成依頼している。そのリストを基に前述以外のターゲットとして営業展開を実施したい。

(2) ビジネス展開の仕組み

本装置は対象がダム湖であり、中央及び地方政府機関、ダム発電会社等が顧客となる。中央政府機関については、先に調査を実施し、非常に高い関心を持つ MARD、MOIT をターゲットとする。特に C/P 機関である VAWR の所属している MARD 管轄のダム湖への導入を目指すこととする。

一方、ダムが数多く建設されている地方省や、それらが所管する地域のダム発電会社に対しても兼松 KGK ベトナム社を代理店として、実証事業の結果をもとに、積極的に売り込みを行う。

以下にハティン省の導入計画について記載する。

C/P より、チョンダムでの実験は成功裏に終わり、深層曝気装置の性能を確認することができたと考えているとの意見があった。また、今後、深層曝気装置をベトナム国内で広めるためには、導入意向がある地域で実際に設置・運転し、その効果を証明する必要があるとの意見が述べられた。

そこで C/P から具体的な事業展開として、チョンダムの深層曝気装置をハティン省の貧酸素化が著しい貯水池へ移設し、その効果をハティン省のダム管理者に理解してもらうことができれば導入の可能性は高くなると思われる、との提案であった。

よって、2015 年 12 月 4 日にハティン省に訪れ、ハティン省知事および副知事と会談し、深層曝気装置移設の承認および移設に関する費用についてはハティン省にて支出することを確認している。

移設のための資金は約 USD80,000 から USD160,000 程度ではないかと思われる。資金に関してはベトナム国側で負担することが 2015 年 12 月 4 日のハティン省知事及び副知事からコメントされた。

当初 3 つの候補地が示されており、2016 年 4 月頃に水質調査を行い、導入する貯水池を決定する予定である。3 つの候補地全てが水道水源となっている。

水質調査に先立って 2015 年 12 月 5 日から 6 日に調査したダムの概要を以下に示す。

表 4.2 ハティン省移設候補地の概要

	ボクグエン貯水池	ケーゾック貯水池	ティンチョン貯水池
利用目的	水道原水、農業用水	水道原水、農業用水	水道原水、農業用水
流域面積 (km ²)	32	1.27	2.2
容量 (m ³)	19×10 ³	0.51×10 ³	0.885×10 ³
湛水面積 (km ²)	32	0.5	2.0
堤長 (m)	22	22	11.7
最大水深 (m)	19	21	11.7
取水量 (m ³ /日)	24,000	1,000	4,000
水質	—	低層の貧酸素化を確認	—



図 4.3 ハティン省各貯水池の位置

表に記載したケーゾック貯水池は、貧酸素化が著しく、Fe の溶出が冬季でも確認できるほどである。また、腐卵臭も確認できた。ケーゾック貯水池は本来底層から取水する設備が整備されているが、前述のような水質障害が発生しているため、仮設設備で表層取水を行っている。表層取水はサイフォンで行っているため、水深が少し低下すると取水できなくなり、配水量が極端に低下し、利用者からの苦情が出ている状況である。また、底層水を農業用水としても利用しているが、利用者から非常に悪臭がすると苦情がきている状況である。

これらの原因は全て底層の貧酸素化が原因である。よって、深層曝気装置を導入することで、これらの水質障害は全て解消されることになる。

調査した段階において、ケーゾック貯水池を水源とするケーゾック浄水場では、簡易のサイフォン方式にて取水しており、夏期になると貯水池水位の低下から取水不足に陥り、水道の配水能力が低下し、給水停止になることがあるとの情報を得ている。よって、深層曝気装置により、底層取水を復旧することは、安定的な給水に繋がる。

ハティン省への導入プロセスとしては、先ず、チョンダム湖に導入された深層曝気装置をハティン省の水道水源となっている貯水池に移設し、その効果検証を実施する。その間、ハティン省内のその他の貯水池を詳細に調査し、問題のある貯水池に対して、水質保全設備の導入を提案する。実証が成功裏に終了した時点で、ハティン省が予算を獲得し、ハティン省から発注がされる。この時、技術的なアドバイスは VAWR、日建設計シビル、当社から行うこととする。

本件はハティン省の予算にて実施され、ハティン省から発注される。発注先は当社になる予定である。

上記の内容を以下の図にまとめる。

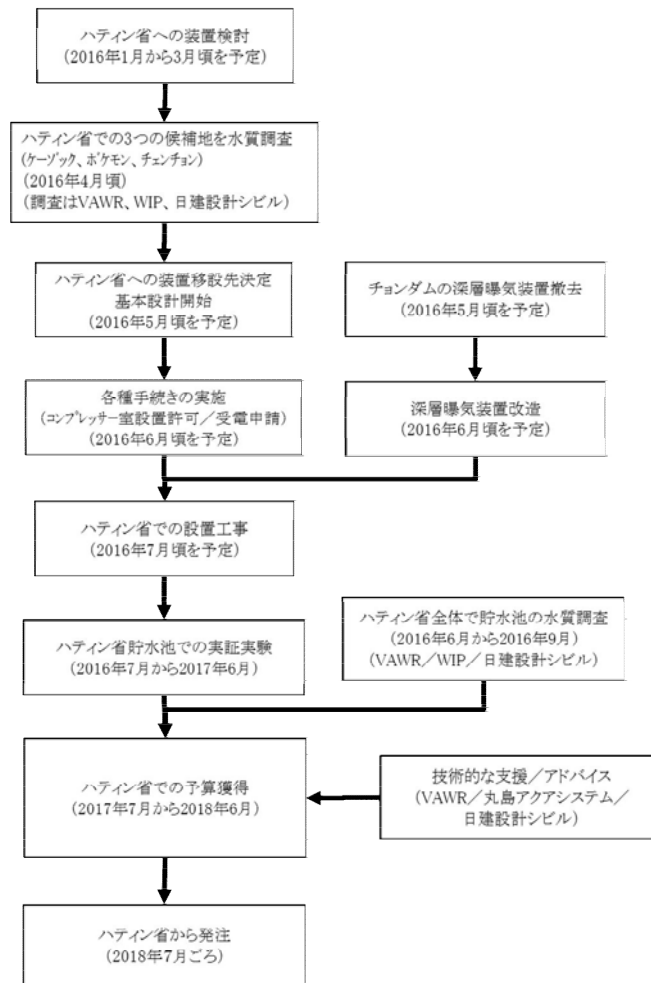


図 4.4 ハティン省での業務フロー

次に施工体制について記述する。施工体制については、チョンダムにて施工した体制で引き続き実施することとする。既に 2016 年 1 月 14 日に各業者と打合せを実施し、それぞれの同意を得ている。施工の体制及び担当業務については以下の表ハティン省移設計画担当業務表を予定している。

表 4.3 ハティン省の業務分担表

会社名	担当業務
丸島アクアシステム	全体計画/改造案作成/撤去・設置の SV 派遣
日建設計シビル	基本設計/効果検証
兼松 KGK	現地コーディネート/輸送
國富	水中作業
FUJIFURUKAWA E&C	チョンダム撤去/ハティン省設置/深層曝気装置改造

ハティン省以外の案件については、以下の表のとおり。

表 4.4 各案件に対する提案方法

場所	事業化の方法	詳細
クアニン省 ハロン市内湖沼	WIP への提案書の提出	VAWR 傘下の WIP に協力し、事業に繋げていくこととする。まずは WIP から提案書をハロン市に提出する必要があるため、その提出を促す、若しくは日本側で草案を作成し WIP に提供する必要性についても検討中。
タイフォン省 エンマイダム	WIP への提案書の提出	WIP から提案書の提出待ちであり、その動向を確認済み。 一方で、最低限の情報を得ているので、連続式空気揚水筒の基本的計画を行い、WIP に対して提案書を提出する。
ビンフック省 サフォンダム	VAWR への提案書の提出	既に調査を実施しており、チョンダムの知見を基に深層曝気装置設置に関する提案書を作成し、VAWR に提出する。
ビンフック省 スオイサイダム		
ハノイ市 市内湖沼	滋賀県との技術協力	具体的な方針を滋賀県とハノイ市に説明中。双方の理解が得られれば具体的な内容の検討を行う。

〈機種別の水環境改善対策リストの作成〉

リストにある各省の人民委員会やダム管理者にベトナム語のカタログ等を送付すると共に、セミナー開催の申し入れを行う。

(3) 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

各案件の概略工程は表のとおり。概ね 5 年後の有償資金協力案件化を目指したい。

事業	1 年目 (2016 年)	2 年目 (2017 年)	3 年目 (2018 年)	4 年目 (2019 年)	5 年目 (2020 年)
ハティン省実証	■				
無償資金案件			■	■	
有償資金案件				■	■

図 4.5 ベトナム国でのビジネススケジュール

・原材料・資機材の調達計画

深層曝気装置の本体などの原材料はベトナム国でも入手できる。また、コンプレッサーや制御盤といった主要機器についても現地調達が可能である。ただし、自沈エアホースは日本国内のみの製造のため、日本国内からの輸送になる。

・生産・流通・販売計画

深層曝気装置のサイズは大きい為、装置の重要部分以外についてはベトナム国での生産を視野に入れる必要がある。

現在、日建設計シビル、兼松 KGK 等に FRP 製造業者の調査依頼をしており、日本国内においてもベトナム国で展開できるような業者に商談を持ちかけている段階である。

・体制

ハティン省の案件については、日本からの出張による対応とする。当面のベトナム国での窓口は兼松 KGK、FUJIFURUKAWA E&C の両社に協力して頂くこととなる。また、深層曝気装置をはじめ水質保全設備に関しては必ず基本設計が必要となる。この点については引き続き日建設計シビルと協力関係を保ちつつ事業を推進していきたいと考える。

ハティン省の案件において、3年後には10台程度の深層曝気装置導入を目指したい。

・収支分析・資金調達計画

日本国内に於いても、深層曝気装置などの水環境製品の導入資金となるのは、水道事業者からの資金に頼るところが多い。また、補助金によって、一部賄われる場合もある。

一方、現状のベトナム国では、水道利用者が支払う水道料金によって水道事業を運営することを政府方針としており、ベトナム国からの補助金を期待することは難しい。

チョンダムの結果から分析した水道事業費を考えると、浄水水源の水質改善は水道事業の運営にとって、確実にプラスになることが予想される。

そこで、ベトナム国全土へ展開する資金調達方法としては、水道公社が中央政府若しくは地方政府が得た有償資金協力や世界銀行からの資金を融資してもらい深層曝気装置などの水質保全設備を導入することが考えられる。返済には水道料金として徴収した分の一部を充てることで、水道事業の運営に支障をきたすことなく、返済できるものと考えられる。チョンダムの例から考えても、導入の有無で年間 USD58,000 の差が予想されている。仮に中央政府や地方政府からの融資を利用して深層曝気装置を導入した場合、約10年で返済が終了する試算になる。

仮に、チョンダムケースを例にとりて有償資金援助にて事業を実施した場合のケースを考察する。また、事業実施の可能性を更に高くするために、初期投資そのものの削減も必要となる。これには、当社の水質保全設備の更なる原価低減の努力が必要となる。

個別の案件についても以下に資金調達の方法を記述する。尚、ハティン省の深層曝気装置移設については、ベトナム国資金で実施することがハティン省行政機関において決定されている。

表 4.5 各案件と資金調達方法

場所	資金調達	詳細
クアニン省 ハロン市内湖沼	ベトナム国側が準備する資金	ベトナム国側が準備する資金(各国 ODA、世界銀行からの融資など)での対応になると予想される。提案から事業実施までには早くても2年以上は必要と思われる。
タイフォン省 エンマイダム	ベトナム国側が準備する資金	日本側からの提案書は2016年4月にも提案書を提出する予定。事業実施にベトナム国資金を利用する場合、数年を要するものと思われる。
ビンフック省 サフォンダム	ベトナム国側が準備する資金	提案書の提出は2016年4月頃を予定している。本件はベトナム国側が準備する資金(各国 ODA、世界銀行からの融資など)でしか事業ができないので、事業化には数年を要するものと思われる。
ビンフック省 スオイサイダム	ベトナム国側が準備する資金	提案書の提出は2016年4月に実施する予定。比較的少額で事業が可能であること、且つダム管理者が水質問題を認識しており、地元住民からの苦情が発生していることを考慮すると事業着手は他の案件に比べ早いと推測される。

ハノイ市 市内湖沼	ベトナム国側が準備する資金若しくは日本の ODA	滋賀県とハノイ市の調整に時間を要するものと思われる。基本的な調査等も必要であるため、事業化には数年を要すると思われる。
--------------	--------------------------	---

〈機種別の水環境改善対策リストの作成〉
 物件の掘り起こしを実施するため、事業化には数年を要するものと思われる。

(4) ビジネス展開可能性の評価

これまでは深層曝気装置に偏った調査及び検証を実施してきたが、本事業での水質調査や現地調査、C/P との意見交換により、ベトナム国では富栄養化の問題も広がりつつあることが理解できた。また、ベトナム国政府も富栄養化の対策が必要であると数回のセミナーを通して認識していることが分かった。そこにもビジネスチャンスがあると考えられる。

今回の実証により、深層曝気装置の効果がベトナム国にて証明することができた。また、その改善効果によって、下流の浄水場に与える経済効果のシミュレーションも実施することができた。この結果を基に、ダム湖サイズによって必要な深層曝気装置の台数を決定することができ、そのイニシャルコスト及びランニングコストを算出し、浄水場などの施設に対する経済効果を提示することが可能となった。加えて、深層曝気装置で得られた結果を基に、水質保全設備の基本設計に必要な数値も同時に得られた。

具体的なビジネス展開を考えたとき、当社の製品はインフラ整備の設備であるため、ベトナム国の官公庁もしくは水道公社が、ダム管理者が発注者になる。よって、発注者が水環境対策のニーズを発掘することが重要である。

ニーズの発掘には地道な営業活動が重要である。このツールとして実証結果を基に提案書を作成し、積極的な営業展開を図り、更なるビジネスの拡大を目指すこととする。

さらに法整備について働きかけを行うことも重要である。ベトナム国では国際基準程度の水質基準が採用されているにも関わらず、遵守されていないのが現状である。この水質基準を遵守しなければならないような仕組み作りも必要であり、日本国政府からの働きかけにも期待したい。

これまで本事業を実施した経験から、設備導入や運転などといった受注後の対応は十分に可能であることが分かった。今後は、ハティン省の実証の成功、無償資金協力案件化、有償資金協力案件化を行うことが重要であると考えている。

短期的な受注活動は、ハティン省の移設計画を成功させることである。ハティン省の貯水池にて実証をすることで、ハティン省のみならず、近隣の省に対して導入意欲を起こさせることになる。

一方、中期的な受注活動としては、無償案件化の実現である。チョンダムに続きハティン省での実証を成功することで、ベトナム国に有効性を理解してもらう。そして、更なる普及の起爆剤として無償案件化を行うものである。

長期的な受注活動とは、ベトナム国自国の資金若しくは有償資金協力で水環境保全を行うように道をつくることである。例えばベトナム国内の水環境に関する法整備もその手段の一つであるといえる。

ビジネス展開にあたり、検討しておくべき重要な要素として、関税の問題がある。本事業では関税は無税となったが、今後のビジネス展開を考えると製品価格を極力抑える必要性がある。よって、関税がかからない方法での販売（ベトナム国側からの要請による販売）とする必要がある。

加えて、現地ビジネス展開の可能性を高めるためには、工事費のコスト削減も必要であり、例えば製品の製造について国内生産部分と海外生産部分を分けることも一つである。弊社でも海外向けの安価な製品を鋭意開発中であり、一層の努力が必要であると思われる。

具体的には、深層曝気装置については、その構造や品質が現状のベトナム国が持つ FRP

製品能力には達していないと思われる。しかし、現状の金額では販売の限界があるとおもわれることから、現状の価格の1/2から2/3のコストダウンを目指したい。

また、チョンダムにおいては日本人潜水士によって施工をおこなったが、このことは非常にコストアップしてしまう原因である。コスト面を考えるとベトナム人による潜水作業を実施することを実現する必要がある。この点については、現在、チョンダムを施工した國富と協議中である。これらを合計し、製作、据付の全てを合算した工事費全体では1/4のコストダウンを目指す。



連続式空気揚水筒

一方、揚水筒と空気室から構成される連

続式空気揚水筒については、揚水筒部分は比較的製造が簡単である。装置の最も重要な部分である空気室は日本国内で製作し、揚水筒部分については、ベトナム国内で製作することでコスト削減の可能性が十分にあると思われる。目下、ベトナム国でFRPを製作できるメーカーとコンタクトをとっており、製作が可能であるか図面を基に見積を徴収する予定である。

2. 想定されるリスクと対応

➤ 為替リスク

為替変動のリスクは、契約時点から納入までの期間をできるだけ短縮する。また現地製作・現地調達の比率を高め、リスク低減を図る。

➤ カントリーリスク

中央政府等からの突然の指令によって、ダム事業の急遽凍結や白紙撤回される可能性が否定できない。よって、リスクの背景となる地元住民等とのトラブル等が表面化しているダム事業には、展開しない方針とする。

➤ 知的財産権の侵害

現在はベトナム国内での特許を取得していないが、ビジネス展開が順調に進むのであれば、ベトナム国での特許取得を目指す。

3. 普及・実証において検討した開発効果

鉄等による汚染によって浄水費用が高くなれば、様々な経済活動の障害となる。ここでは、深層曝気装置による貧酸素化現象の抑制、それに伴う鉄の溶出防止と浄水場で鉄除去を実施した場合のコストをビンディエンダムの下流にあるカウド浄水場の場合を例にとり深層曝気装置の効果を定量的に示す。カウド浄水場の浄水能力は340,000m³/日である。チョンダムでの結果を基にえられる凝集剤の注入率は5mg/Lである。凝集剤コストを0.1円/gとすると、鉄除去のみの浄水場のコストは、340,000m³/日×5mg/L×USD0.00083/g×365日=USD513,107/年となる。

一方、弊社の深層曝気装置をビンディエンダムに導入する場合、4台必要と考えられるが設備導入価格は1基あたりUSD587,847、設備の減価償却を15年とするとUSD587,847/台×4台÷15年=USD154,359/年となる（なお、設備導入価格は、製品費用や工事費をコストダウンすることにより更に安価となる）。

また深層曝気装置の4台の電気代は、電力料金USD0.076/kW・hとすると年間USD21,992/年である。

以上の結果を図一に整理する。上記試算より、設備導入価格+電気代でUSD176,352/年となり、原水中の鉄への対応だけを試算してみても、ダム湖へ深層曝気装置を導入した方が、浄水場で凝集剤を注入するよりもUSD336,755/年、約3倍コストが有利である。

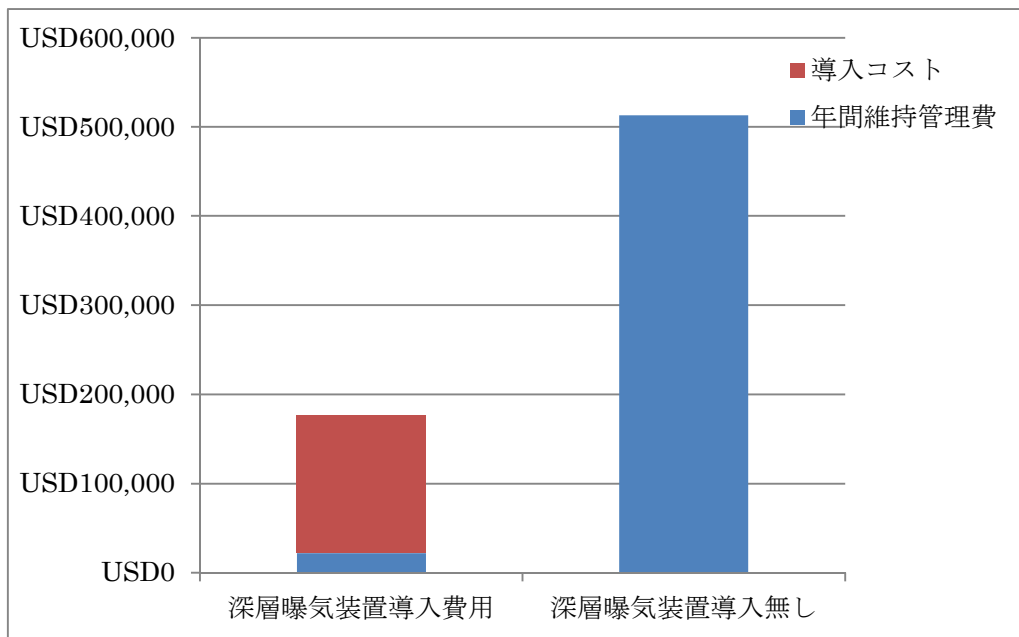


図 4.5 ビンディエンダムに深層曝気装置を導入した場合のカウド浄水場のコスト比較

深層曝気装置の導入により、下記のメリットが挙げられる。

- ・ 深層曝気装置を導入することにより、鉄、マンガンや有機物の上昇が抑制され、水質が改善される。
- ・ 水質が改善されることで、浄水場での凝集剤コストを 1/3 に低減できる。
- ・ また、凝集剤注入設備に関する人件費や汚泥発生量も削減が予想され、更に浄水場でのコストダウン幅は大きくなると予想される。
- ・ 加えて、有機物濃度が抑制されることで、次亜塩素酸の注入量も低減でき、更なる浄水場でのコストダウンを期待できる。
- ・ 各コストダウンは、浄水場の運営にとってプラスになり、水道料金の低減が期待できる。
- ・ 原水水質の改善は良質で安全な水道水の供給に繋がり、ベトナム国民の衛生面や健康面に於いて大きく寄与する。
- ・ 水道料金の低減は市民生活の活性化に繋がり、ベトナム国の更なる発展の一躍を担うと考えられる。

4. 本事業から得られた教訓と提言

〈教訓〉

➤ 現地状況の把握

既に実施された案件化調査において、ベトナム国のダムの仕様を机上調査していたが、実際に現地の状況を確認すると、机上では分からなかった、道路アクセスやコップレッサーの設置場所などのロケーションの問題が存在することがあった。よって、事業を行う場合は日本国内同様、必ず基本設計を行うことが重要であると感じた。本件においては、設備導入前に基本設計を行ったため、前述のような問題は回避された。

➤ 各行政への申請・届け出

当社のようなインフラ整備を行う場合、必ず、関係行政に各申請を行う必要が発生する。その場合、現地事情に熟知した企業の連携が必要であると考えた。本件でも現地再委託先である兼松 KGK ベトナム社や FUJIFURUKAWA 社に依存した部分が大きかった。

➤ ベトナム国への装置の輸出について

今回の輸出対象はφ2,000mm×全長 16,000mm と非常に大きい装置であった。日本国内の手続きや海上輸送用の梱包については、順調に推移した。また、深層曝気装置本体は FRP 製品であり、当初、現地搬入した際に破損しているのではないかとの懸念があったが、幸い全く破損しておらず無傷で搬入することができた。

しかし、ベトナム国のハイフォン港に到着してから、約 2 ヶ月近く手続きに時間を費やす結果となってしまった。理由としては、免税の申請が遅れた為である。当初から免税手続きに時間を要することは予想されており、日本国出荷前からの手続きに着手していたものの、結果的には前述のような期間を費やすこととなってしまった。この理由としては、輸送業者と C/P とのコミュニケーション不足、ベトナム国通関制度の更新、輸送業者の能力不足等が考えられる。今後の対策としては、荷主が現地へ赴き、C/P と輸送業者との間に入り、調整を実施することが必要であると考えられる。

＜提言＞

➤ 受電について

ベトナム国での受電契約は利用者がベトナム電力公社 (EVN) と実施するが、申請の手続きは電気工事を請負った電気業者が実施する。手順としては、日本国内での申請と大きな差はないが、EVN の対応はかなりの時間を有することが多い。今後、ベトナム国で活動し受電申請を行う場合は時間的に余裕をもって行う必要がある。

➤ ベトナム国での施工について

深層曝気装置は分割された状態で搬入されるため、現地で組み立てる必要がある。

計画では日本人スタッフによる組立作業を考えていたが、実際に現地ではベトナム人スタッフにより多くの部分を組み立ててもらった結果となった。実際、我々が考えているよりも遙かに技能を有しており、今後はスーパーバイザーのみを派遣することで組立を行うことができると感じた。また、本件では潜水士を日本国から派遣して据付工事を実施した。これは、据付工事に於いてコストを必要となるため、現地の潜水士による据付が可能となるように今後検討する必要がある。

➤ 資機材の調達について

深層曝気装置本体をベトナム国にて直近の案件において製作することはベトナム国内の設備面や技術という観点から難しいと考える。しかし、本体以外の周辺設備については現地調達にて充分満足できる製品であることが理解できた。

➤ ベトナム国における水環境改善について

技術的な面において、ベトナム国でも当社の製品は十分に能力を発揮できると実感できた。また、深層曝気装置以外の当社保有の技術、とりわけ、連続式空気揚水筒は直ぐにでも導入できる設備である。本件を足掛かりに、ベトナム国において、前述した PR 活動を実施していきたい。

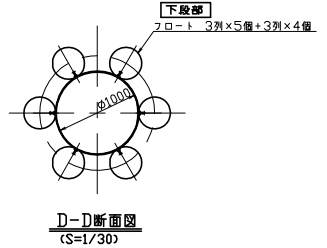
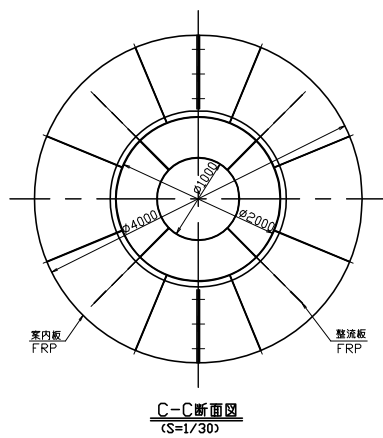
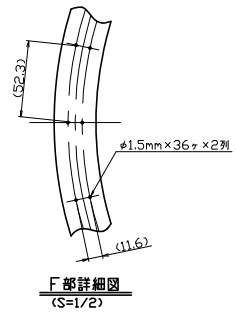
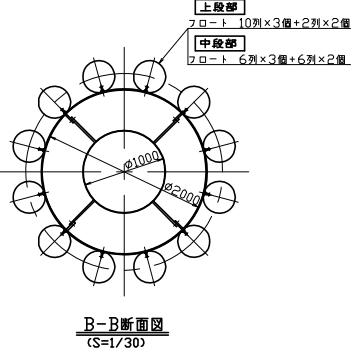
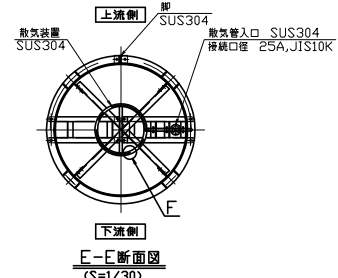
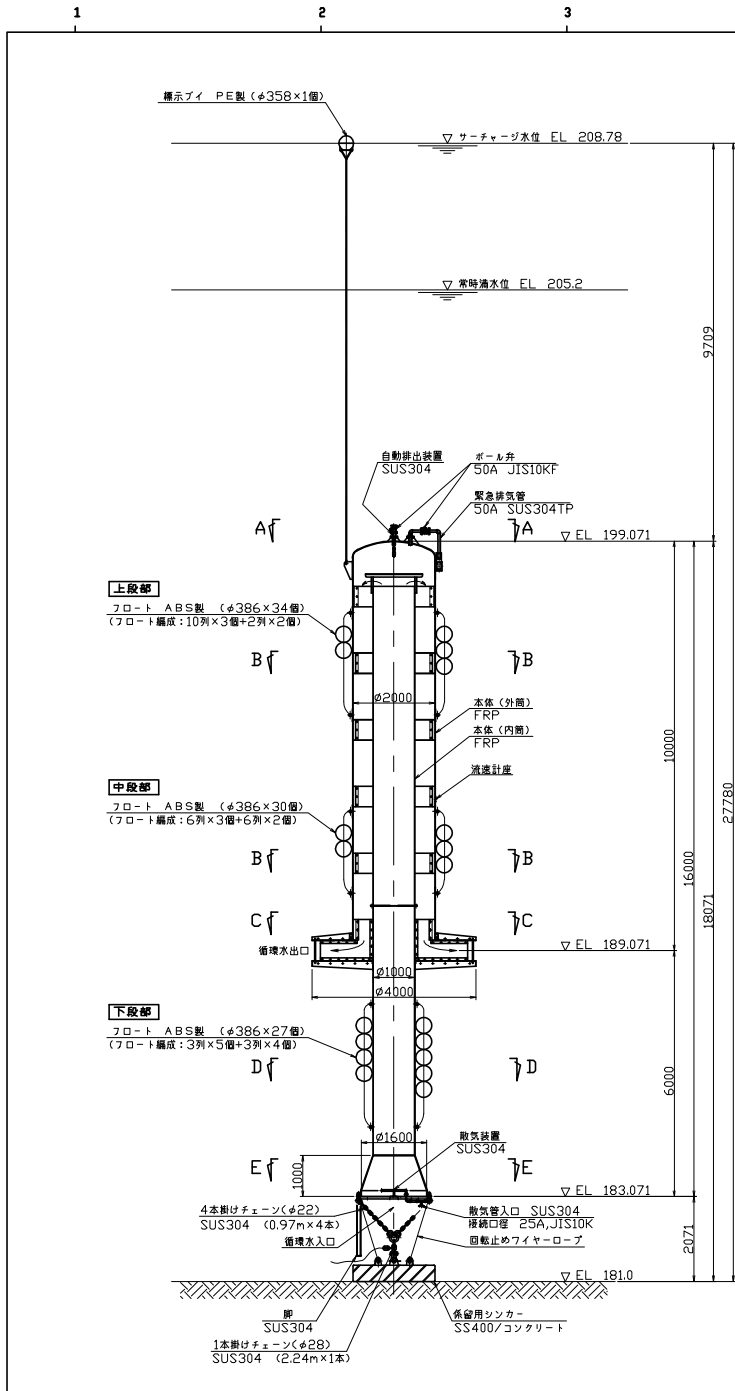
以上

参考文献

- ・「曝気循環設備及び選択取水設備の運用マニュアル(案)」2005年10月国土交通省
- ・「2006年度我が国ODA及び民間海外事業における環境社会配慮強化調査業務-ベトナムにおける企業の環境対策社会的責任」2007年3月(財)地球・人間環境フォーラムより転載
- ・「アジア地域等の地域政策に係る動向分析及び支援方策等に関する調査-ベトナムの国土政策事情-報告書」2011年3月国土交通省国土計画局
- ・「2006年度我が国ODA及び民間海外事業における環境社会配慮強化調査業務-ベトナムにおける企業の環境対策社会的責任」2007年3月(財)地球・人間環境フォーラムより転載
- ・「ダム技術」No.248(2007.5)
- ・対ベトナム国別援助計画、2009年7月、外務省
- ・JICAベトナム事務所パンフ 2012March
- ・「平成21年度水道国際貢献推進調査 報告書」 2010年3月、厚生労働省
- ・「用水の除鉄・除マンガン処理」 1987年6月 高井

添付資料

- | | |
|-------|-------------------|
| 添付資料1 | 深層曝気装置組立図 |
| 添付資料2 | 施工計画書 |
| 添付資料3 | 深層曝気装置 検査成績書 |
| 添付資料4 | 科学技術省所属新聞社の記事 |
| 添付資料5 | 資源環境省 MONRE の新聞記事 |
| 添付資料6 | ベトナム施工報告 |
| 添付資料7 | チョンダム水質結果の詳細 |



独立行政法人国際協力機構
ベトナムにおけるダム湖の水環境改善装置の普及・実証事業
茨城県気象観測センター

MARSIMA AQUA SYSTEM CORP
株式会社 丸島アクアシステム

承認 (承認)	監査 (監査)	検査 (検査)	設計 (設計)
数量 (数量)	単位 (単位)	スケール (スケール)	日付 (日付)
工号 (工号)	図名 (図名)	縮尺 (縮尺)	図番 (図番)

753301 X R WFTF-14-0101

水資源研究院(VIETNAM ACADEMY FOR WATER RESOURCES) 殿

ベトナム国におけるダム湖の水環境改善装置の普及・実証事業

施 工 計 画 書

株式会社 丸島アクアシステム
株式会社 日建設計シビル

当社工事番号：753301

目次

- 1.工事概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1～3 ページ
- 2.計画工程表・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4 ページ
- 3.現場組織表・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5～6 ページ
- 4.主要機械・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7 ページ
- 5.主要資材・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 8 ページ
- 6.施工方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 9～21 ページ
- 7.輸送計画・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 22～25 ページ
- 8.写真管理計画・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 26～27 ページ

1. 事業概要

1-1. 事業名

ベトナム国におけるダム湖の水環境改善装置の普及・実証事業

1-2. 実証場所

Hoa Binh 省 Trong 貯水池

1-3. 工期

自 平成26年 1月30日

至 平成28年 1月29日

1-4. 発注者

独立行政法人 国際協力機構

1-5. 請負者

株式会社 丸島アクアシステム

大阪府大阪府中央区谷町5-3-17

1-6. 事業内容

本工事の施工範囲は、次に示す実証池の調査、設備の設計、製作、輸送、据付、及び現地試運転調整、性能調査までを当社にて実施する。

また、現地試運転調整後、設備管理者に対する操作説明を行うものとする。

大区分	小区分	実施内容	担当
1. パイロット施設の導入	製作～運転	機器設計・製作／輸送・据付／本体運転・定期点検／操作説明会	丸島アクアシステム
	調査～評価	対象ダムへの調査／導入設備の施設計画／効果の調査・評価	日建設計シビル
2. 技術研修	研修受入れ (C/Pの能力開発)	C/Pの技術者とダム管理者等／日本のダム環境管理技術と実際のダム湖での深層曝気装置導入状況の視察	丸島アクアシステム+日建設計シビル

各項目の数量を以下に示す。

種別	細別	規格・形状	数量	施工内容	備考
深層曝気装置	深層曝気装置 本体	曝気風量 0.7m ³ /min～1.1m ³ /min	1基	製作・据付	
	給気装置		1基	製作・据付	
	給気配管		1式	製作・据付	
付属設備	付属設備		1式	製作・据付	
コンプレッサー室建設	給気装置建屋	コンクリートブロック造	1棟		
電気設備	深層曝基装置 機側操作盤	屋内閉鎖自立型	1面	製作・据付	
調査業務			1式	分析・検討	
深層曝気装置輸送			1式	弊社工場～ Trong貯水池	
電気工事			1式		

1-7. 準拠基準

本工事の施工にあたっては、下記の規格・基準等に準拠する。

- | | | |
|------|------------------------|-------------------|
| (1) | 本実証事業仕様書 | |
| (2) | ベトナム国各種法令 | |
| (3) | 労働安全衛生法施行令 | (厚生労働省) |
| (4) | 消防法施行令 | (総務省) |
| (5) | 危険物の規則に関する政令・同規則 | (総務省) |
| (6) | 電気事業施行令・同施行規則 | (経済産業省) |
| (7) | 電気設備に関する技術基準を定める省令 | (経済産業省) |
| (8) | 大気汚染防止法施行令・同施行規則 | (環境省) |
| (9) | 騒音規制法施行令・同施行規則 | (環境省・厚生労働省・経済産業省) |
| (10) | 機械工事完成図書作成要領 (案) | (国土交通省) |
| (11) | 機械工事塗装要領 (案)・同解説 | (国土交通省) |
| (12) | 土木工事共通仕様書 | (国土交通省) |
| (13) | 土木工事必携 | (国土交通省) |
| (14) | 河川構造物の耐震性能照査指針 (案)・同解説 | (国土交通省) |
| (15) | 電気設備工事共通仕様書 | (国土交通省) |
| (16) | ダム・堰施設技術基準 (案) | ((社)ダム・堰施設技術協会) |
| (17) | ダム・堰施設検査要領 (案) | ((社)ダム・堰施設技術協会) |
| (18) | ダム管理用制御処理設備標準設計仕様書 (案) | (国土交通省河川局河川環境化) |
| (19) | 港湾の施設の技術上の基準・同解説 | ((社)日本港湾協会) |
| (20) | 下水道施設設計指針と解説 | ((社)日本下水道協会) |

工 程 表

株式会社 丸島アクアシステム

工事番号	753301			客先名			独立行政法人 国際協力機構			工事名			ベトナム国におけるダム湖の水環境改善装置の普及・実証事業			工期			着工:平成26年1月30日 完了:平成28年1月29日																		
	年 月 日	H26												H27												H28											
		2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月												
調査・基本計画	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20													
国内業務																																					
施工計画書の作成																																					
施工計画書の翻訳																																					
深層曝気装置設計																																					
深層曝気装置製作																																					
深層曝気装置仮組立・検査																																					
資材調達(日本国)																																					
機器輸送(NF→ベトナム港)																																					
C/P招聘																																					
実証事業報告会																																					
ベトナム国業務																																					
C/Pへの施工計画書の説明																																					
C/Pからダム管理者への説明																																					
ダム管理者、土地所有者からの工事許可																																					
受電申請																																					
高圧受配電の場合 (Option-E, D)																																					
380V受電の場合 (Option-A, B, C)																																					
受電工事																																					
高圧受配電の場合 (Option-E, D)																																					
380V受電の場合 (Option-A, B, C)																																					
資材調達(ベトナム国) (工事許可が降りてからの手配)																																					
コンプレッサー室建設																																					
配管配線工事																																					
機器輸送(ベトナム港→現場)																																					
深層曝気装置現地組立・設置																																					
試運転																																					
設備本運転(実証期間)																																					
定期点検																																					
効果の評価・分析																																					
引き渡し・操作説明会																																					
C/P実証結果打合せ																																					
記号説明																																					

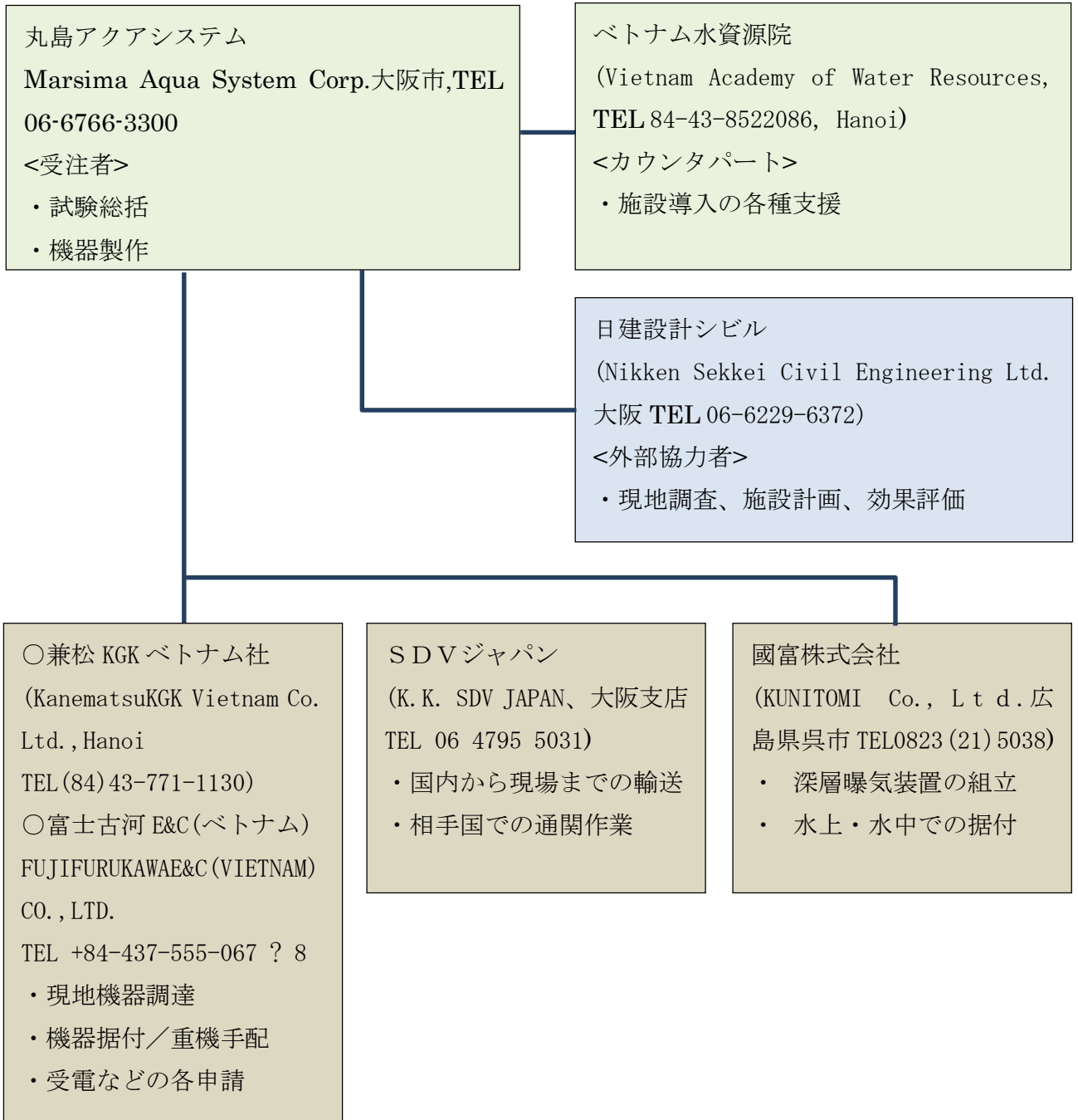
3. 業務担当組織表

3-1. 業務分担一覧表

本業務に携わる担当者を、下記に示す。

所属	氏名	担当分野	主な担当業務内容
(株)丸島アクアシステム (受注者)	矢延 孝也	業務主任者	・業務主任者 ・先方政府との協議
	山岸真孝	設計、 設置・運転	・機器設計 ・設置・運転
	遊田英世	対外交渉	・現地契約・調達支援 ・普及促進
	米光亮介	設計、 設置・運転	・機器設置・運転
(株)日建設計シビル (外部協力者)	福壽真也	現地調整 現地調査	・施設計画、現地調査
	野中昭彦	チーフアドバイザー	・計画、調査
	雲博之	業務調整 現地調査	・渉外、費用管理
	藤尾健太	調査・計画	・効果調査・分析
	レー・ドゥック・ チー	調査・計画	・効果調査・分析

3 - 2 . 事業組織表



4. 主要機械

本工事に使用する主要機械（予定）について以下に示す。

機械名	規格	台数	使用工種
ラフタークレーン	25 t	1	作業台船・酸素溶解装置・ウインチ等吊込み
	50 t	1	曝気装置吊込み
コンプレッサー	1.5MPa	1	潜水用
発動発電機	45KVA	1	曝気装置・酸素溶解装置据付
ユニック車	4 t 吊り	1	資機材搬入
作業船	10Ps	1	台船曳航、人員運搬用
エンジンウエルダー	150A	1	台船艀装
水中カメラ		1	水中確認用

* 作業船についてはチョンダム貯水池に停泊されている船舶を貸与頂くこととする。

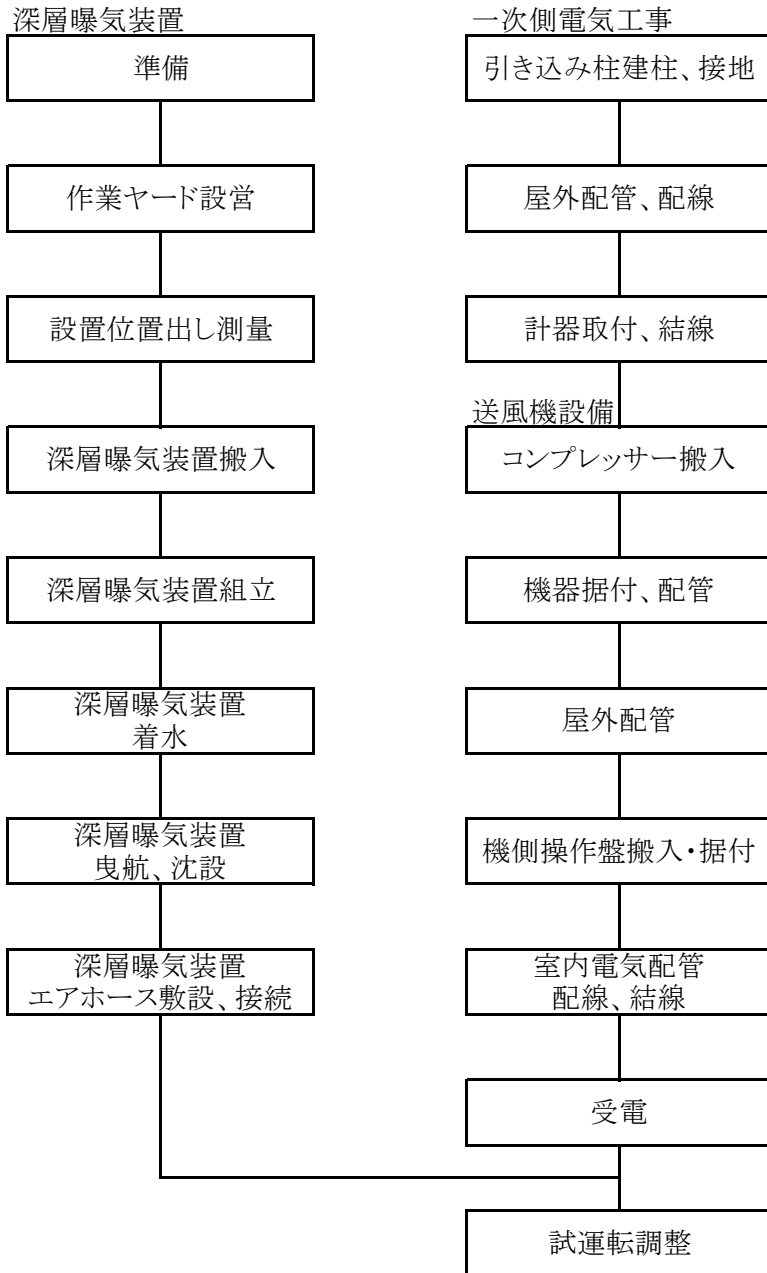
5. 主要材料

本工事に使用する材料は、次に示すものまたは、これらと同等以上のものとする。

使用箇所		材質	調達先	
深層曝気装置	深層曝気装置 本体	主要部材	ガラス繊維強化 プラスチック	日本国
		自動排気装置	ステンレス鋼	日本国
		係留チェーン	ステンレス鋼	日本国
		シンカー	コンクリート	ベトナム国
	給気装置	空気圧縮機	メーカー標準	ベトナム国
	給気配管	送気管（陸上部）	一般鋼管	ベトナム国
		送気管（水中部）	沈水用耐油ゴムホース	日本国
		保護管	波付硬質ポリエチレン 管	日本国
		弁類	鋼製	ベトナム国
		継手類	鋼製	ベトナム国
		流量計	メーカー標準	ベトナム国
		圧力計	メーカー標準	ベトナム国
		ボルト・ナット	鋼製	ベトナム国
	電気設備	制御盤	鋼製	ベトナム国
ケーブル類		メーカー標準	ベトナム国	
付属設備	付属設備	配管配線サポート	鋼製	ベトナム国
		ボルト・ナット	鋼製	ベトナム国

6. 施工方法

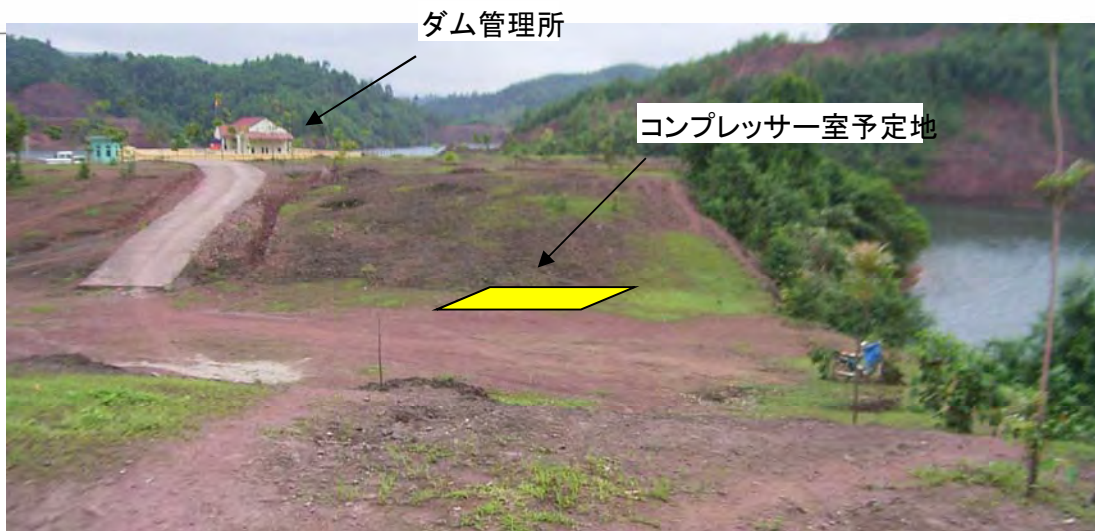
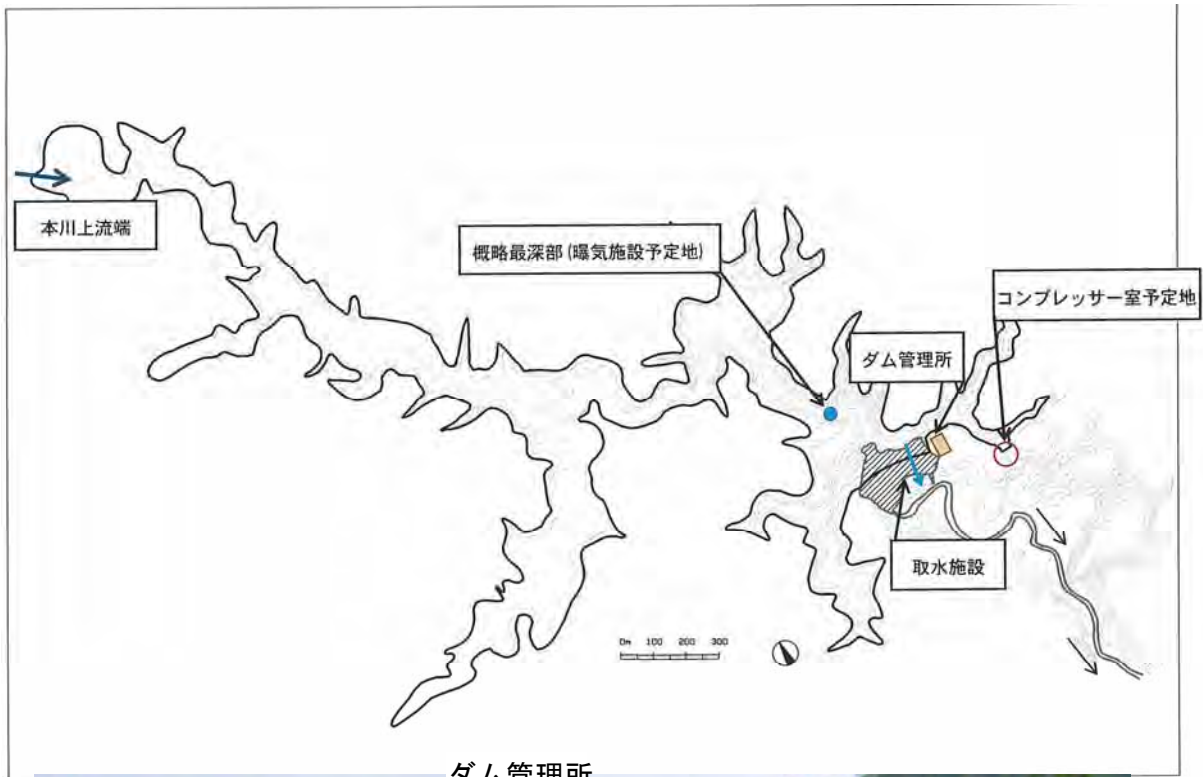
6-1. 施工フローチャート



6-2. 深層曝気装置据付

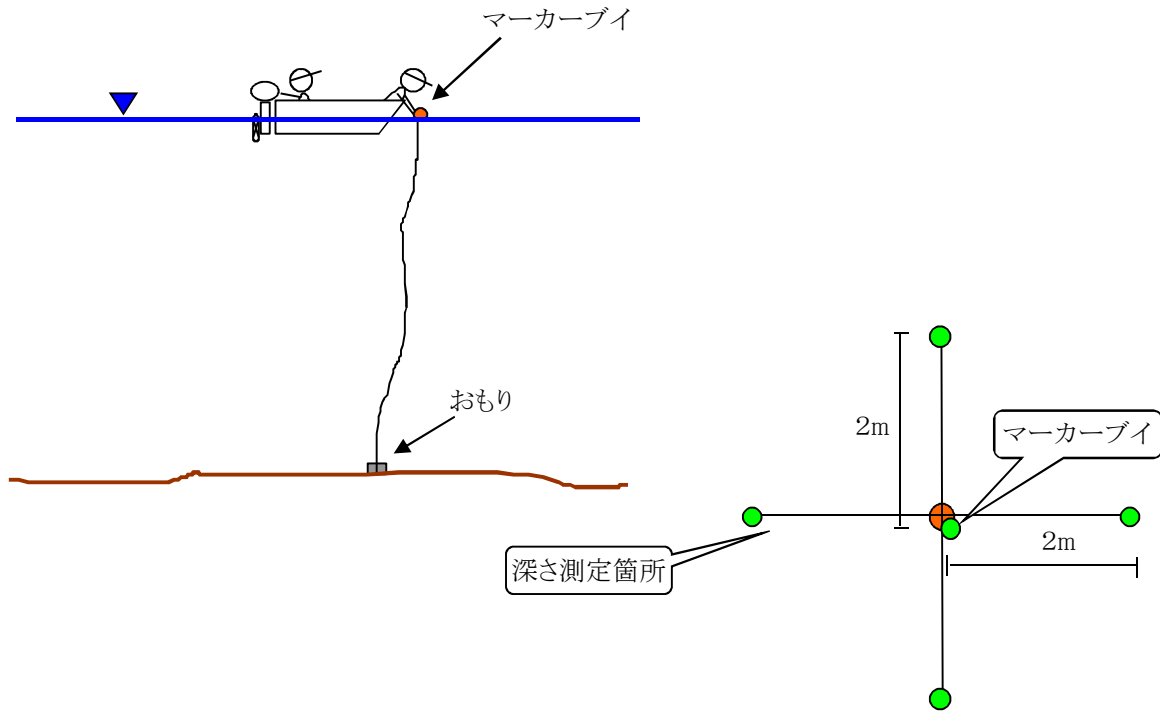
(1)コンプレッサー室設置

① ダム管理所から東側の空き地にコンプレッサー室を設置する。



(2) 深層曝気装置位置出し

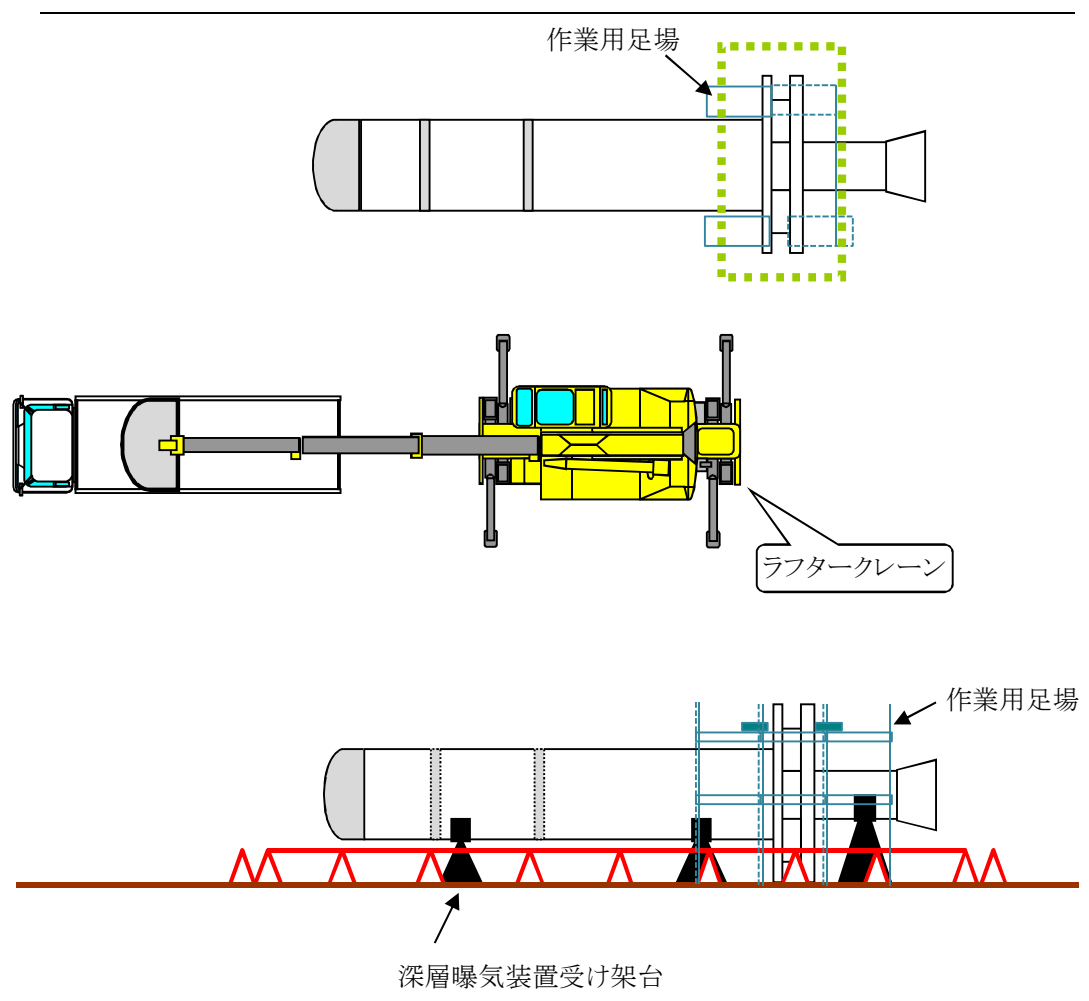
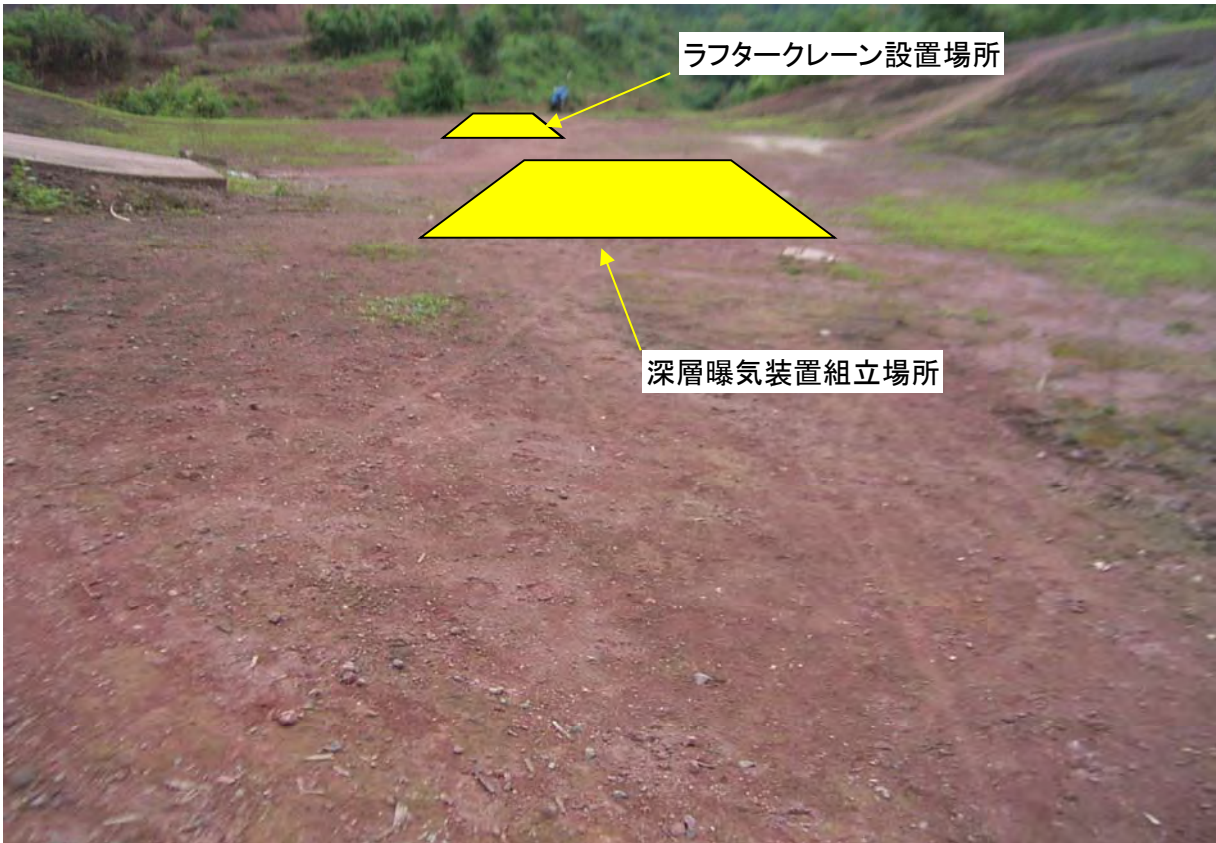
- ① 座標を基にGPSで測量を実施し、事前にマーカブイを設標する。
- ② 設標後、水深を測定し湖底の形状が平坦である事を確認する。



(4) 深層曝気装置搬入・組立

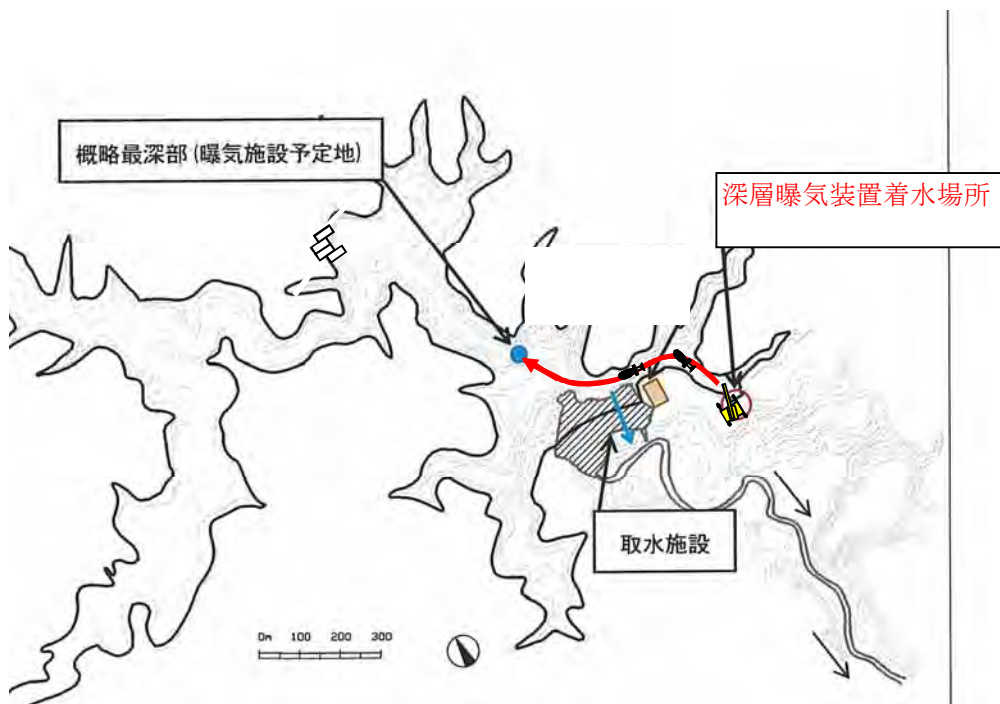
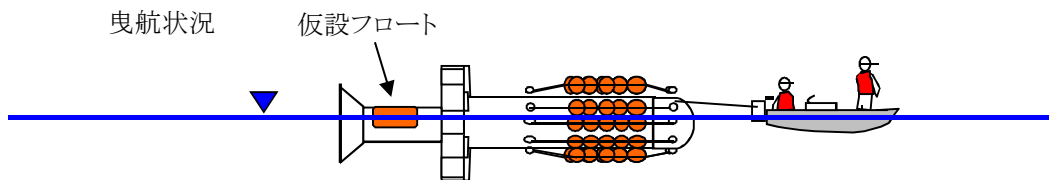
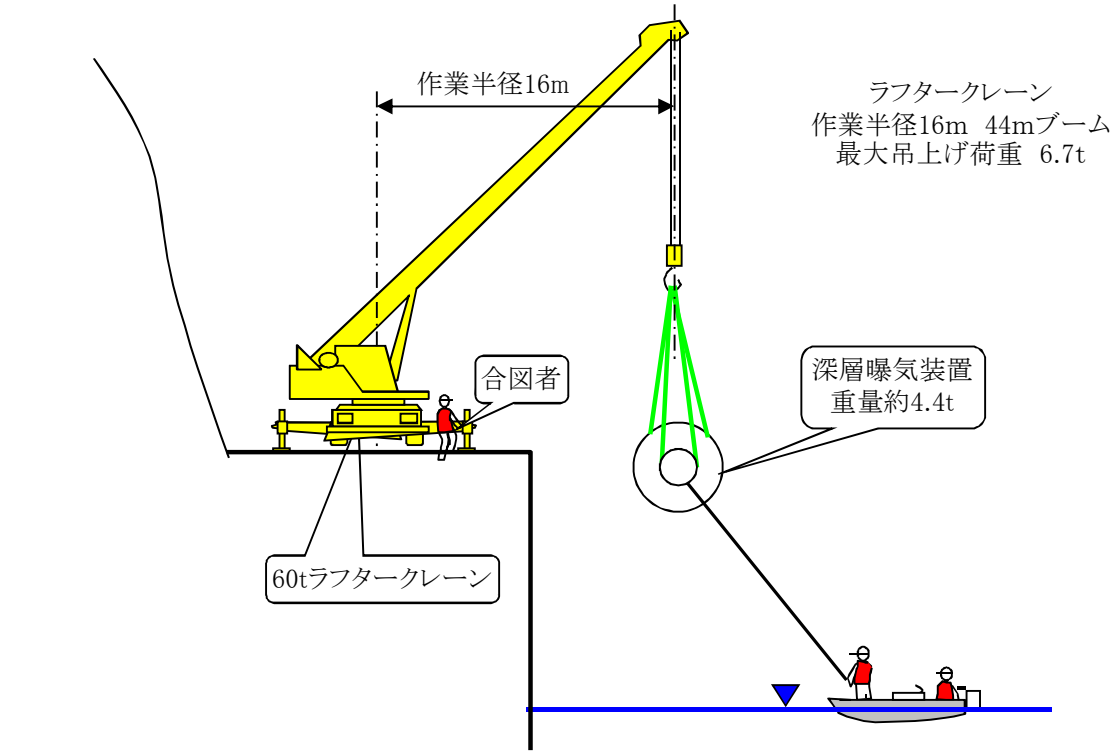
- ① Trongダム左岸側、管理所東側の空きスペースに深層曝気装置を搬入する。
- ② ラフタークレーンを使用して、荷下ろしする。
- ③ 分割して搬入された深層曝気装置をボルト接合で組立て、一体物とする。





(5) 深層曝気装置着水、曳航

- ① ラフタークレーンを使用して装置を着水する。
- ② 装置へ仮設のフロートを取り付け、水平に浮かべる。
- ③ 作業船で装置を設置場所へ曳航する。

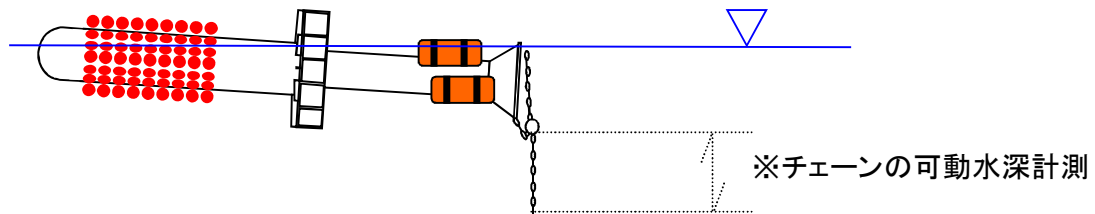


(6) 深層曝気装置の沈設

- ① 本体を着水する。
- ② 続いて、シンカーを着水する。
- ③ 水面にて本体とシンカーを接続する。
- ④ 本体内部に空気を充填する。
- ⑤ 本体に装着している俵ブイを取り外す。
- ⑥ シンカーに装着しているアクアリフターの空気を排出する。
- ⑦ シンカーのアクアリフターを完全に取り外す。
- ⑧ 本体内部の空気を本体上部の排気部から排出する。
- ⑨ 本体が水没する瞬間が不安定(浮力確認が困難)になるため
本体の吊りフックに耐圧ブイ8個前後(200kg)を個縛しておく。
- ⑩ 個縛している耐圧ブイを切り離し、本体を完全に水没させる。
- ⑪ 本体の位置をキープしつつ徐々に本体を沈める。

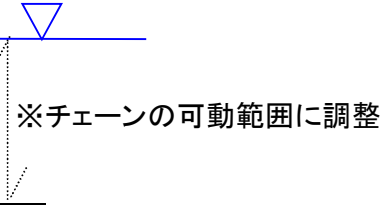
① 本体着水

深層本体 水中重量 約-0.57t(気中重量約3.7t)
シンカー 水中重量 約3.2t(気中重量約4.8t)

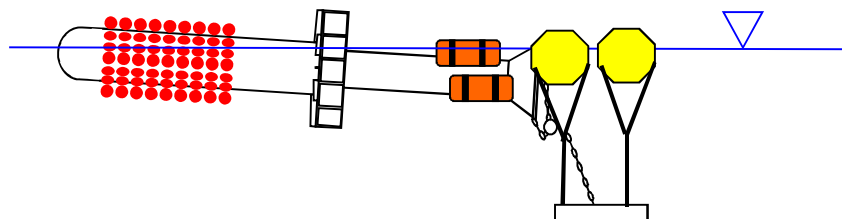


② シンカー着水

アクアリフター

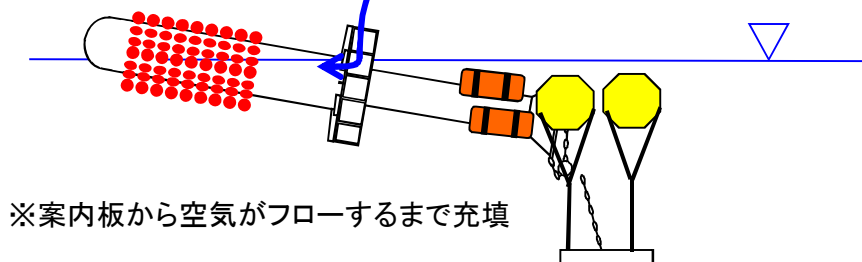


③ 本体とシンカーを接続

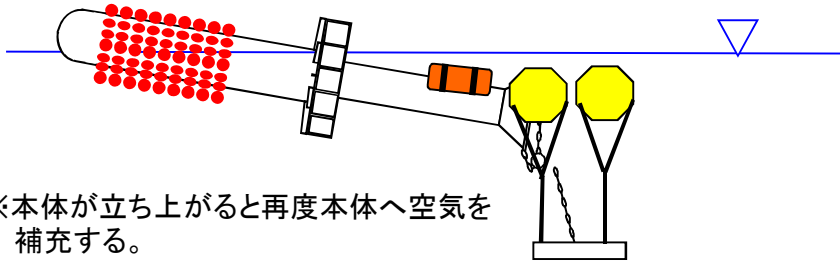


④ 本体内部に空気充填

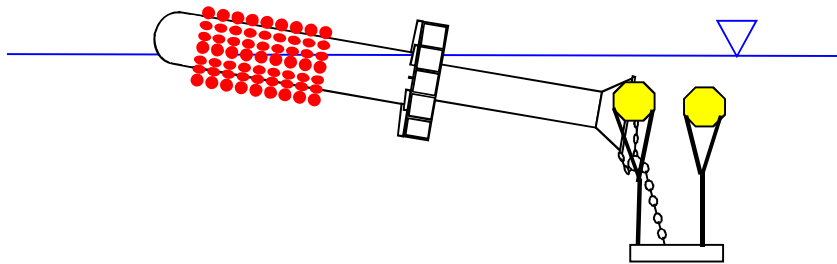
空気



⑤ 俵ブイ取り外し

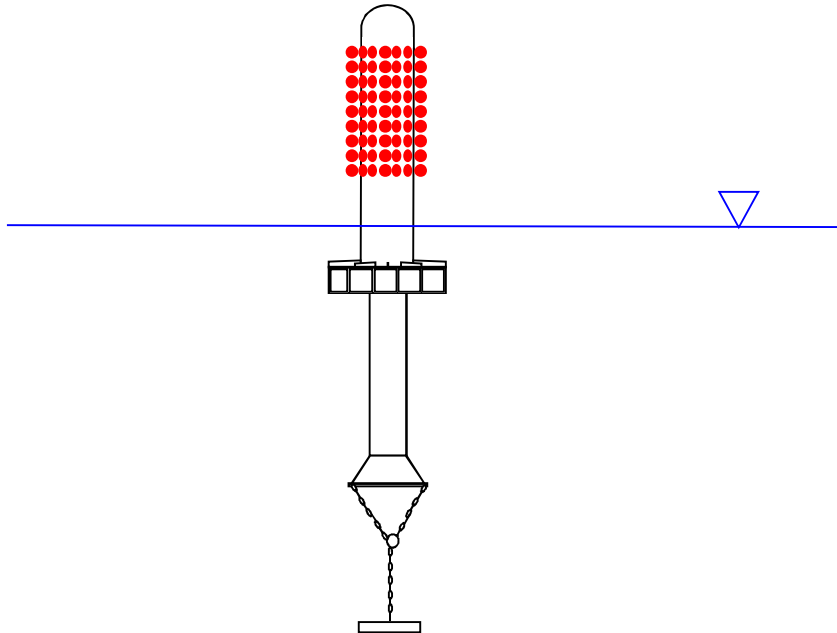


⑥ アクアリフター内空気排出

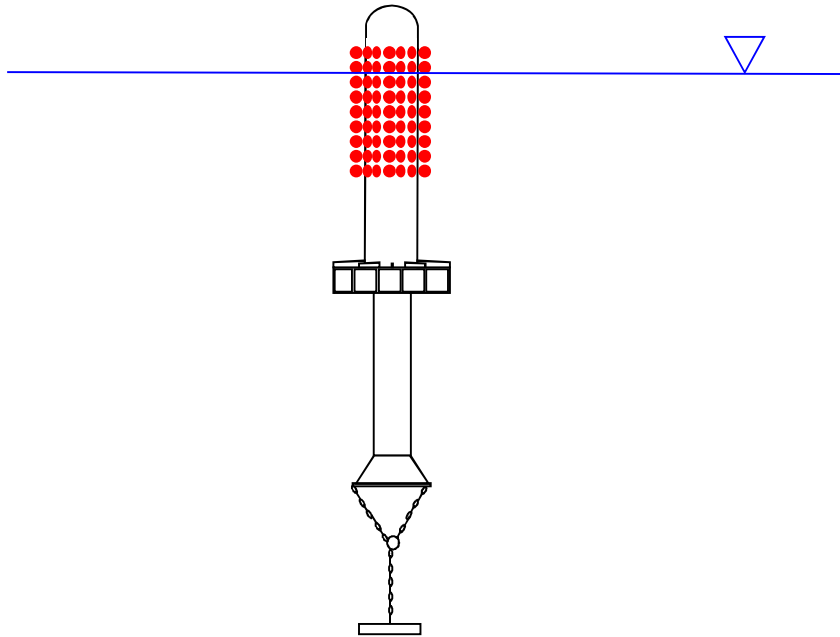


※ 本体墜落防止の為、本体内部への空気補充を継続

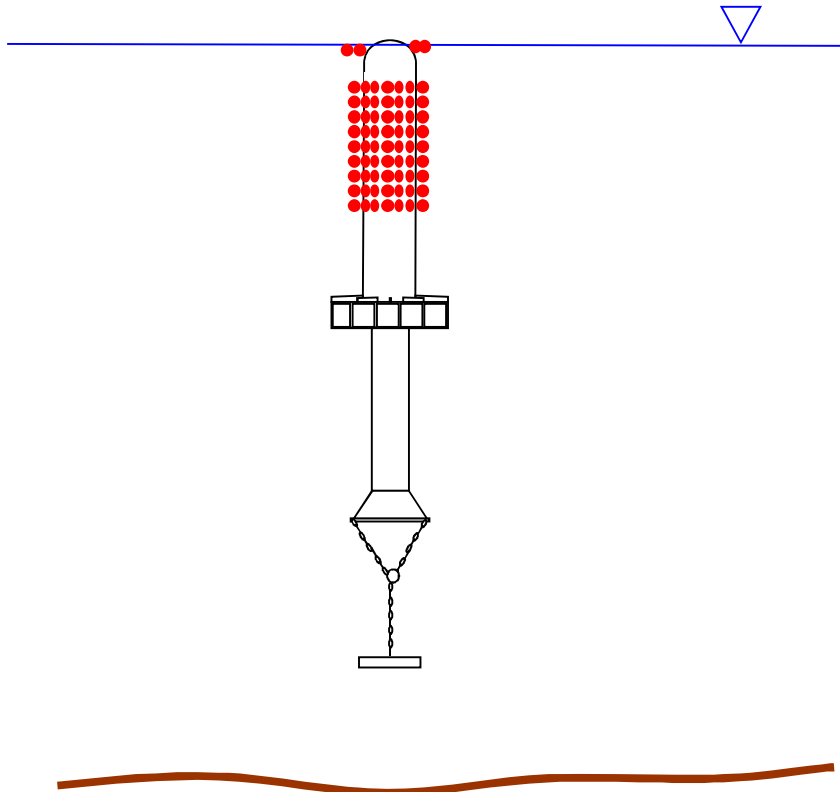
⑦ アクアリフター取り外し



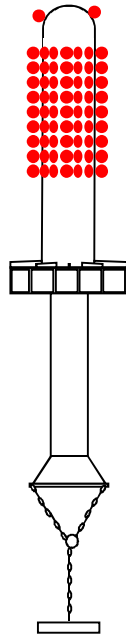
⑧ 本体内部の空気排出



⑨ 耐圧ブイの個縛

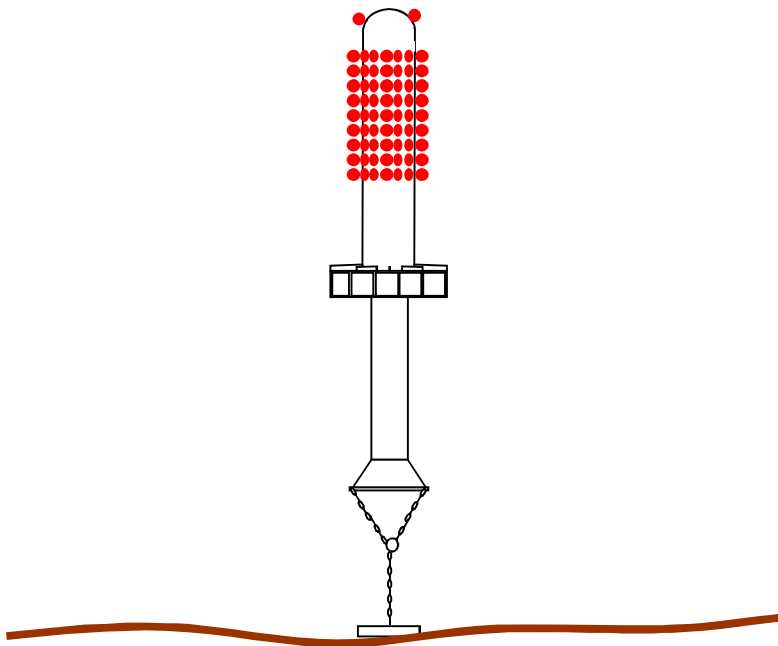


⑩ 耐圧ブイを切り離し



※ 本体内部に常時、排気ホースから空気圧送
本体内部の過剰空気は排出

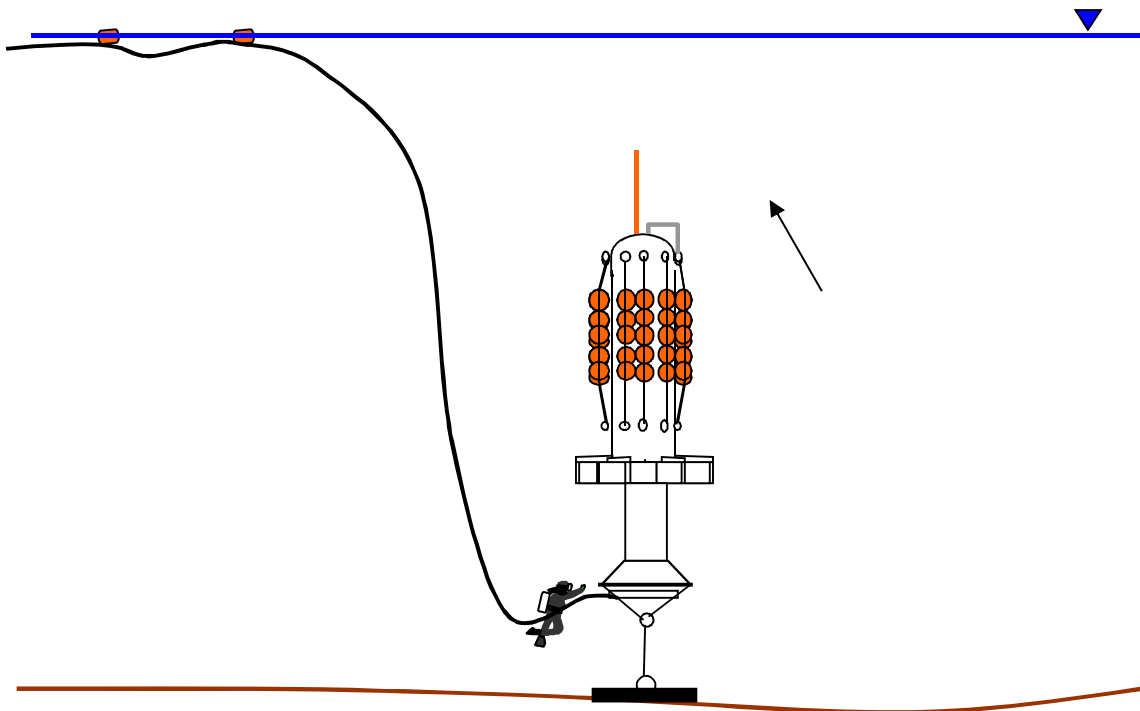
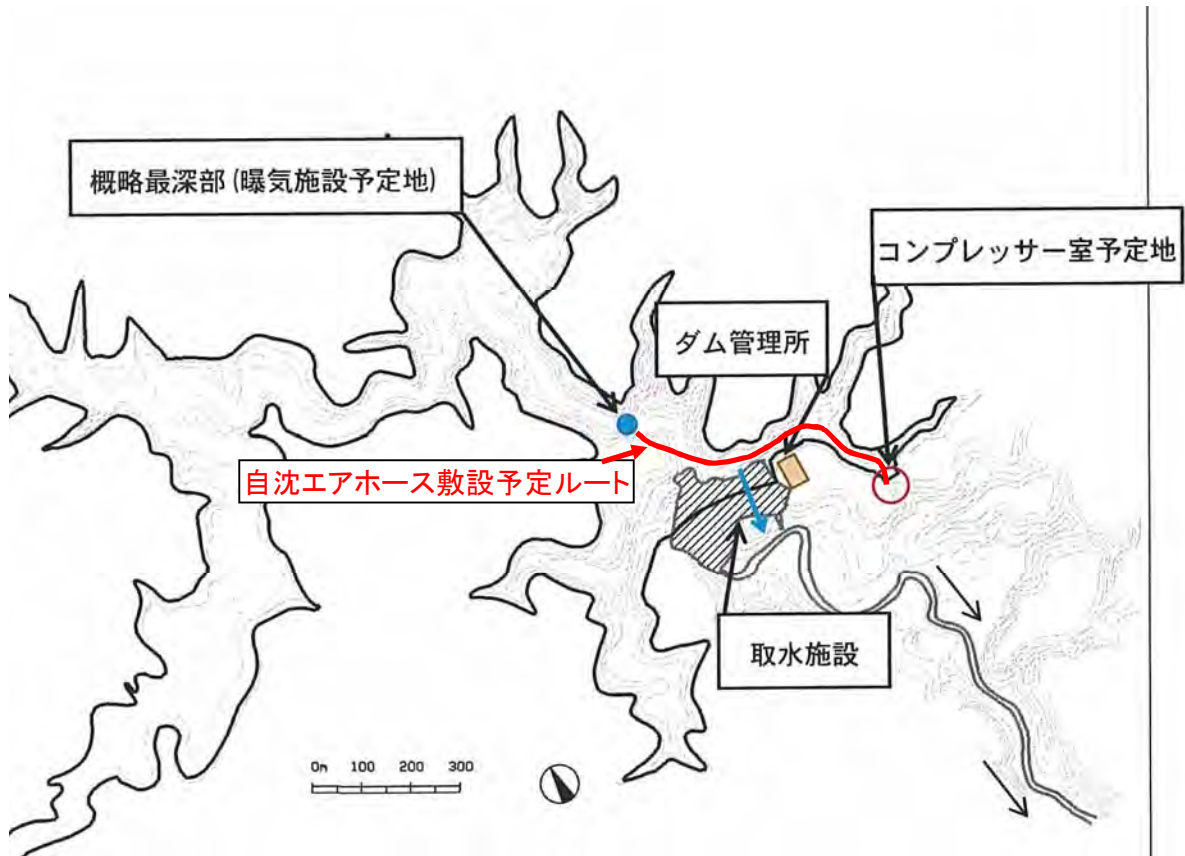
⑪ 本体沈設



(7) 深層曝気装置へのホース接続

- ① ホースにブイを取付、作業船によりホースを曳航し水面に浮かべる。
- ② ホースのブイを取り外し、ホースを沈設する。
- ③ 潜水士によりホースの接続を行う。

自沈エアホースの敷設



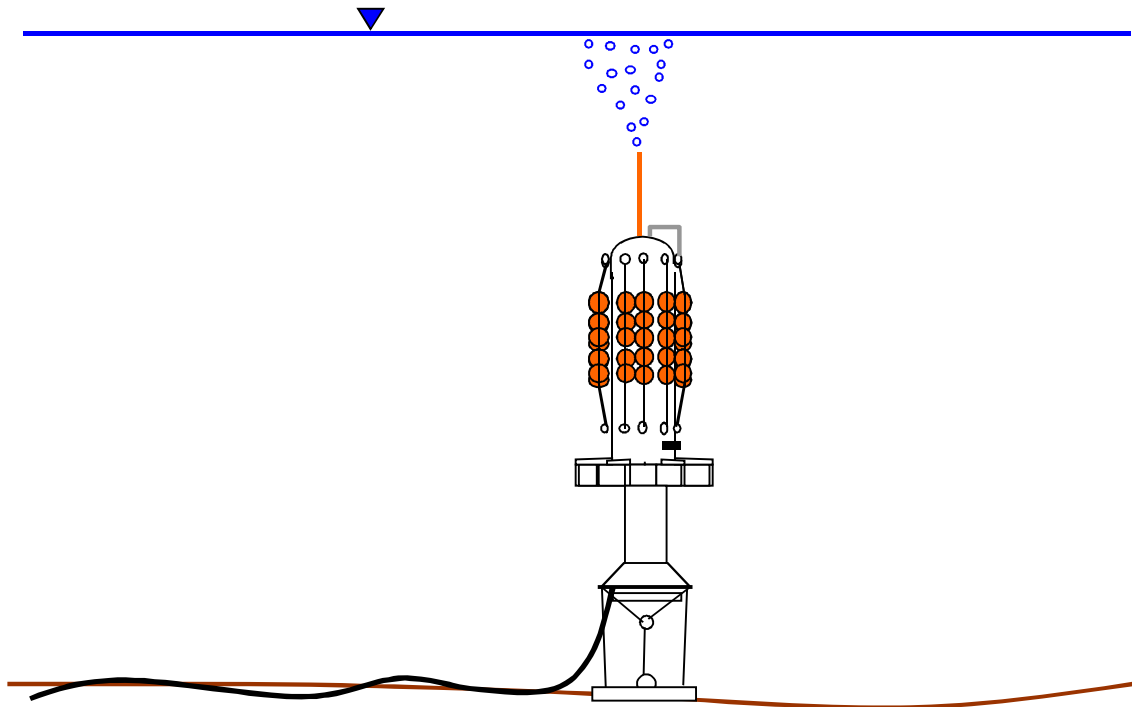
(8) 受電

- ① 電力会社と協議の上、ケーブルをコンプレッサー室まで敷設し、受電する。
- ② 受電申請に関しては、ダム管理者及び土地管理者の了解を頂くこととする。
- ③ 電力会社への申請はダム管理者及び土地管理者の委任状を頂き、弊社協力会社の fujifurukawa が実施致す。



(9) 試運転

- ① 空気圧縮機を運転後、給気配管途中にある流量調整用のバルブによって所定の給気量に設定する。
- ② 装置上部から余剰空気が吐出していることを確認する。



8. 輸送計画

8-1. 輸送品項目

その他の主な輸送品は以下の通り。

品名	荷姿形状	荷姿寸法または形状寸法	数量	単重量	重量
深層曝気装置本体①	裸	φ 2.25m × 9.84m	1個	2200kg	2200kg
深層曝気装置本体②	裸	φ 1.0m × 7.1m	1個	500kg	500kg
深層曝気装置本体③	裸	2.0m × 0.4m × 0.2m	2個	75kg	150kg
深層曝気装置本体④	裸	2.0m × 0.4m × 0.22m	2個	75kg	150kg
深層曝気装置本体⑤	裸	1.0m × 1.3m × 0.01m	4個	12.5kg	50kg
樹脂製フロート	ダンボール箱	800mm × 400mm × H800mm程度/箱	23箱	15kg/箱	345kg
エアホース(全長500mの場合)	巻き	φ 1,100mm × H600mm程度/巻	5巻	180kg/巻	900kg
FEP管(50mの場合)	巻き	φ 1,600mm × H250mm程度/巻	1巻	35kg/巻	35kg
チェーン・ワイヤ類			1式		125kg
自動排出装置、緊急排気管			1式		50kg
散気装置			1式		44kg

8-2. 荷姿

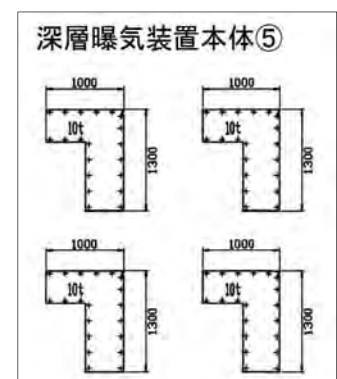
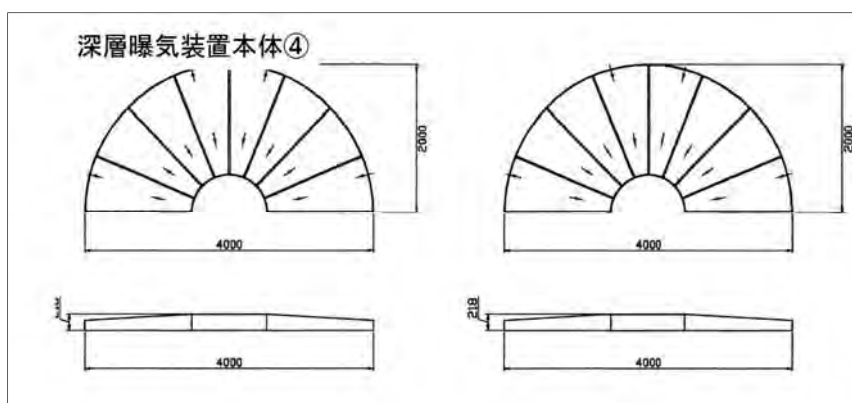
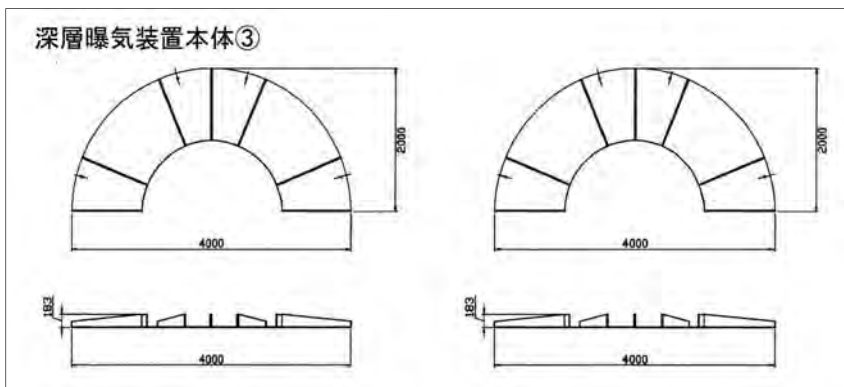
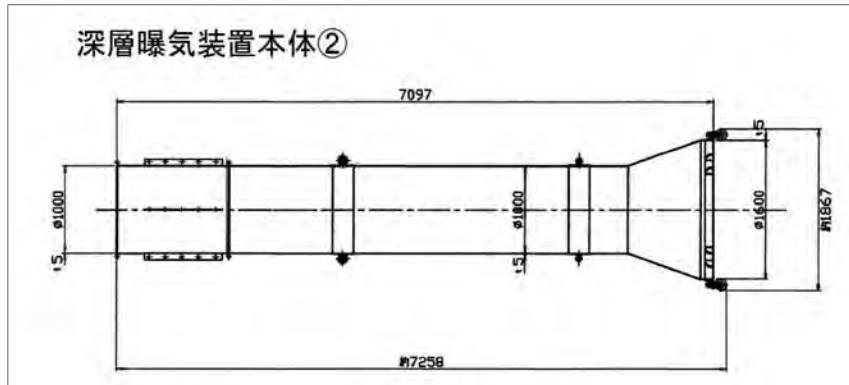
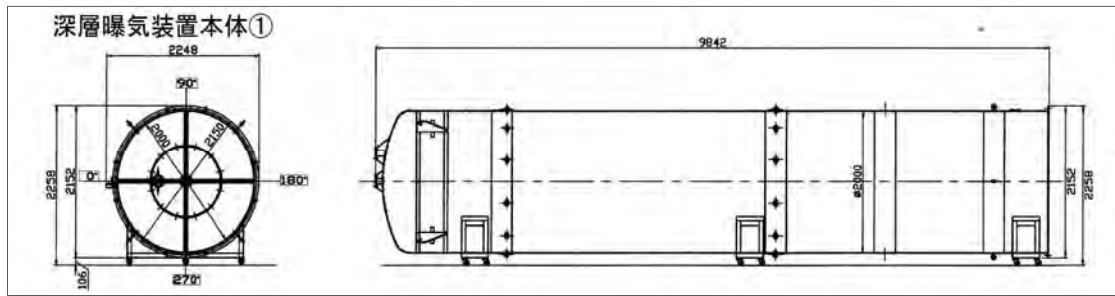
それぞれの輸送時の荷姿は以下の通り

弊社工場～日本国内 10tトラックにて輸送。国内の基地にてコンテナに格納。

海上輸送時 コンテナに格納して輸送

ベトナム国内 ハイフォン港にてコンテナから10tトラックに積み替え。

主要機材の荷姿を以下に示す。



8-2. 輸送経路

輸送経路は以下の通りです。

弊社奈良工場→大阪港→ハイフォン港→現場

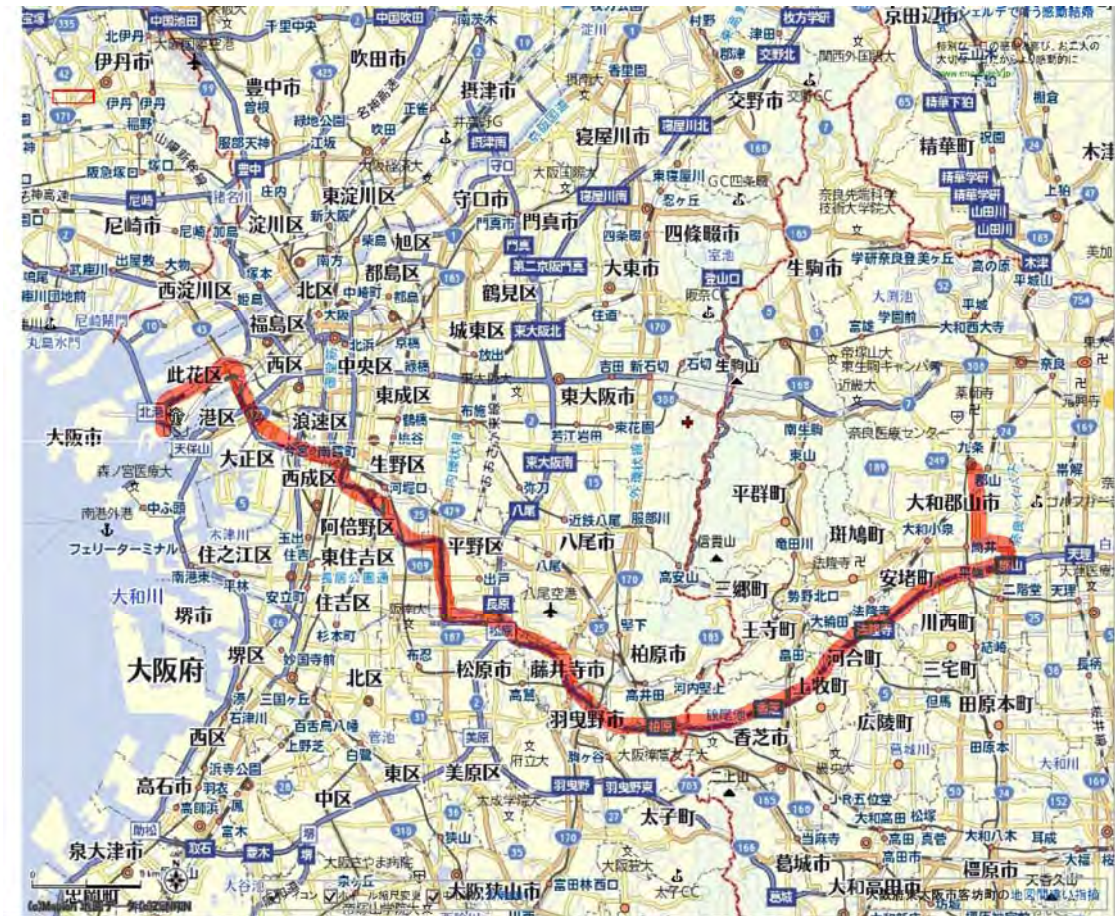
日本国内の予定経路は以下の通り

国道25号線

西名阪自動車動

阪神高速

大阪港

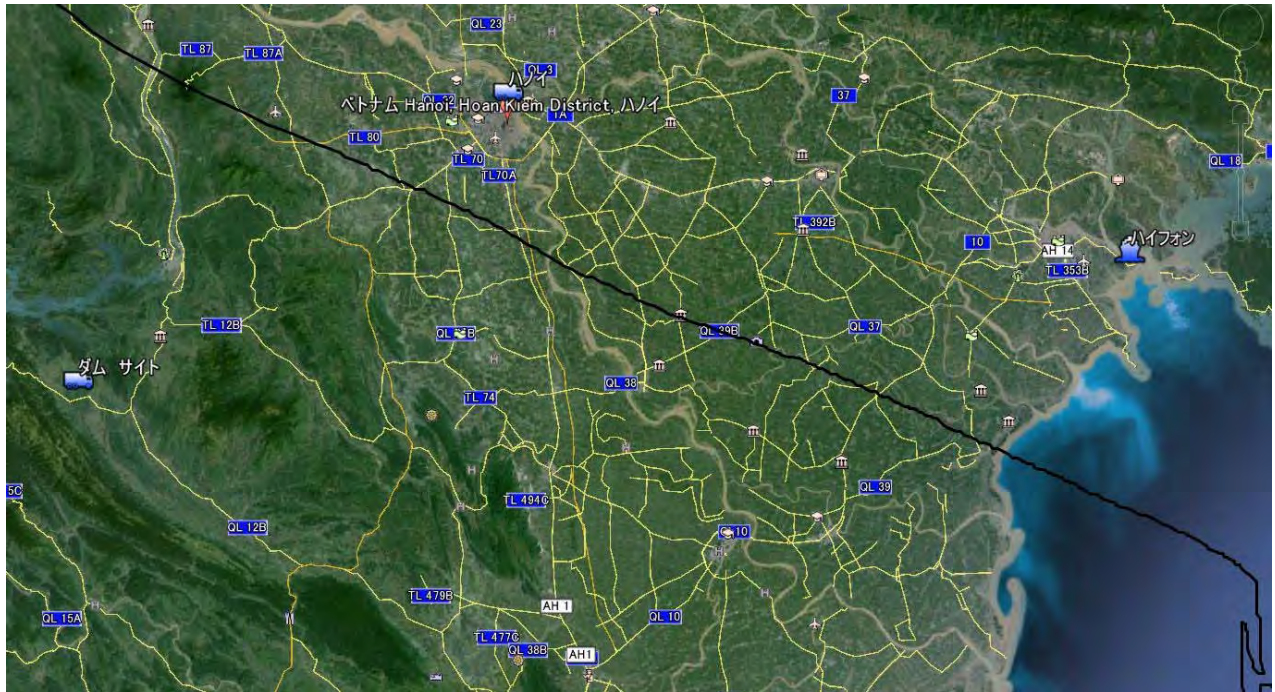


ベトナム国内での予定経路は以下の通り

QL5 (AH14): Hai Phong port to Hanoi - 100km

QL1A (AH1): Bypass around Hanoi - 20 km

QL6 (AH13) : Hanoi to the project site - 120 km



8. 写真管理

8-1 基本事項

写真管理は、各工程の施工段階及び工事完成後明視出来ない箇所や、立会確認がなく社内検査のみの場合等の施工状況、出来形管理状況、品質管理状況等を撮影するものとする。

8-2 写真管理要領

(1) 写真撮影

- 1) 工事の進捗状況を確実に把握できるよう、工程に合わせて撮影する。
- 2) 写真撮影をする際は、下記の看板に必要事項を記入し、撮影対象と同時撮影する。

発注者	独立行政法人 国際協力機構	450
工事名	<u>ベトナム国におけるダム湖の水環境改善装置の</u> <u>普及・実証事業</u>	
工種 内容		
施工者	株式会社 丸島アクアシステム	

600

- ※ 1. 看板地色は濃緑色とする。
2. 線及び文字は白色とする。

3) 撮影箇所

- a. 現場の着手前、施工中、完成後
- b. 据付現場の各主要工程毎の状況
- c. 埋設箇所（地下埋設管、基礎材等、据付架台）
- d. 施工管理状況

写真撮影は現場据付進捗状況に合わせて下表の項目にて撮影を行う。

場所	項目	撮影内容	撮影頻度	適用	
現場	着手前		適宜		
	完成		適宜		
	据付	着工前測量	着工前		
		吊込	適宜		
		組立	適宜		
		芯出し	適宜		
		溶接	適宜		
		気密検査	適宜		
		あと施工アンカー打設	適宜		
		使用重機	適宜	全景 他	
		足場組立・解体	設置前・中・後		
社内検査	適宜	据付検査			

(2) 写真仕様

- 1) 原本は電子媒体とし、電子媒体には、CDを使用する。
- 2) 電子媒体の記録画像ファイル形式は、JPEG形式（非圧縮～圧縮率1／8）とする。
- 3) 有効画素数は、100万画素以上とする。

(3) 写真提出

- 1) 写真は、A4カラーコピーにて1部提出するものとする。

国 際 協 力 機 構 殿
ベトナム国におけるダム湖の水環境改善装置の
普及・実証事業

検 査 記 録 書

検 査 年 月 日 平 成 26 年 10 月 7 日

検 査 品 目 深層曝気装置

株式会社 丸島アクアシステム

製品仕様

- 製品名：深層曝気装置
- 数量：2基
- 外筒径：φ 2 0 0 0 mm
- 全長：約 1 6 0 0 0 mm
- 材質：装置本体(FRP)、散気装置(SUS304)
- 付属品：フロート、係留設備

検査要領 適用基準

- ・ダム・堰施設検査要領（案）
- ・日本工業規格(JIS)
- ・丸島アクアシステム 社内基準
(JIS B 0404準用) (JIS K 7012準用)
- ・コンクリート標準示方書

製品

(JIS B 0404準用)

単位 mm

寸法の区分		許容差	丸島アクアシステム 社内基準
を越え	以下		
0.5	6	±0.9	
6	30	±1.0	
30	120	±2.0	
120	315	±3	
315	1000	±4	
1000	1500	±7	
1500	2000	±7	
2000	2500	±10	
2500	3150	±12	
3150	4500	±14	
4500	6000	±16	
6000	9000	±20	
9000	12000	±20	

FRP製品

(JIS B 0404準用)

単位 mm

寸法の区分		許容差	丸島アクアシステム 社内基準
を越え	以下		
0.5	315	±4	
315	1000	±7	
1000	2000	±11	
2000	3150	±16	
3150	6000	±25	
6000	10000	±35	
10000	—	±35+(±1/m)	

内径及び板厚
(JIS K 7012)

内径 ±1%

板厚保許容値 -5~+20% (上限は設けない)

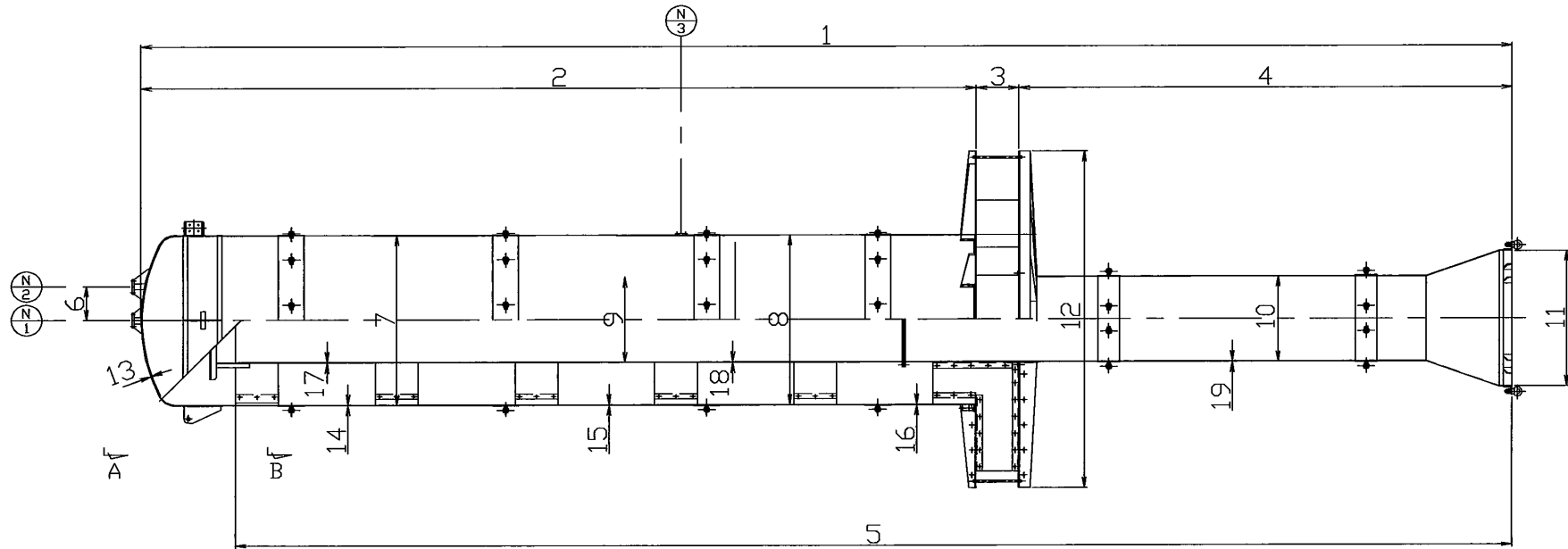
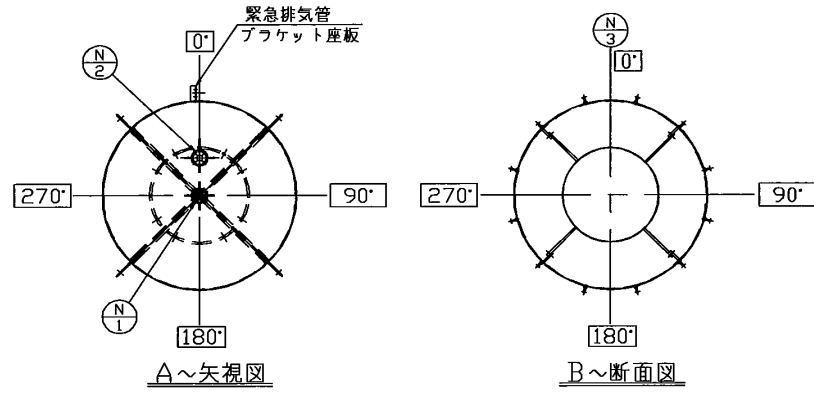
コンクリート製品

(コンクリート標準示方書準用)

項目	検査方法	判定基準
部材の長さ	スケール、トランジットおよびレベルなどによる測定	許容誤差：±20mm
断面寸法		2m未満の許容誤差：±20mm 2m以上の許容誤差：±30mm

深層曝気装置本体

寸法測定記録



工事名：ベトナム国におけるダム湖の水環境改善装置の普及・実証事業

社内検査日 H26年 9月 30日

名称：深層曝気装置本体

立会検査日 年 月 日

外観検査：良／社内 / 立会

丸島アクアシステム 社内基準(JIS B 0404 準用)

寸法測定記録

(単位：mm)

記号	測定箇所	設計値	実測値と設計値の差				許容公差 (丸島社内基準)	
			社内検査	立会検査				
1	深層曝気装置長さ	16000	15997	-3			± 41.0 (FRP製品)	
2		9750	9765	+15			± 35.0 (FRP製品)	
3-90°		500	500	0			± 7.0 (FRP製品)	
3-270°			500	0				
4		5750	5733	-17			± 25.0 (FRP製品)	
5	内筒長さ	14900	14900	0			± 39.0 (FRP製品)	
6	取付座のピッチ	400	400	0			± 7.0 (FRP製品)	
7	外筒 (外径)	φ 2012	φ 2017	+5			± 20.0 (FRP製品)	
8		φ 2012	φ 2017	+5			± 20.0 (FRP製品)	
9	内筒 (外径)	φ 1010	φ 1012	+2			± 10.0 (FRP製品)	
10		φ 1010	φ 1014	+4			± 10.0 (FRP製品)	
11	内筒(内径)	0° -180°	φ 1600	φ 1602	+2			± 16.0 (FRP製品)
		90° -270°	φ 1600	φ 1600	0			± 16.0 (FRP製品)
12	案内板径	φ 4000	φ 4005	+5			± 25.0 (FRP製品)	
13	バルクヘッド板厚	t13	t13.5	+0.5			- 0.65 ≤ (FRP製品)	
14	外筒板厚	t6	t6.9	+0.9			- 0.3 ≤ (FRP製品)	
15		t6	t6.8	+0.8			- 0.3 ≤ (FRP製品)	
16		t6	t6.4	+0.4			- 0.3 ≤ (FRP製品)	
17	内筒板厚	t5	t6.4	+1.4			- 0.25 ≤ (FRP製品)	
18		t5	t6.6	+1.6			- 0.25 ≤ (FRP製品)	
19		t5	t6.7	+1.7			- 0.25 ≤ (FRP製品)	

測定点7・8・9・10の測定方法 : 外周長 / π = 測定値

工事名：ベトナム国におけるダム湖の水環境改善装置の普及・実証事業

社内検査日 平成26年10月7日

名称：自動排出装置

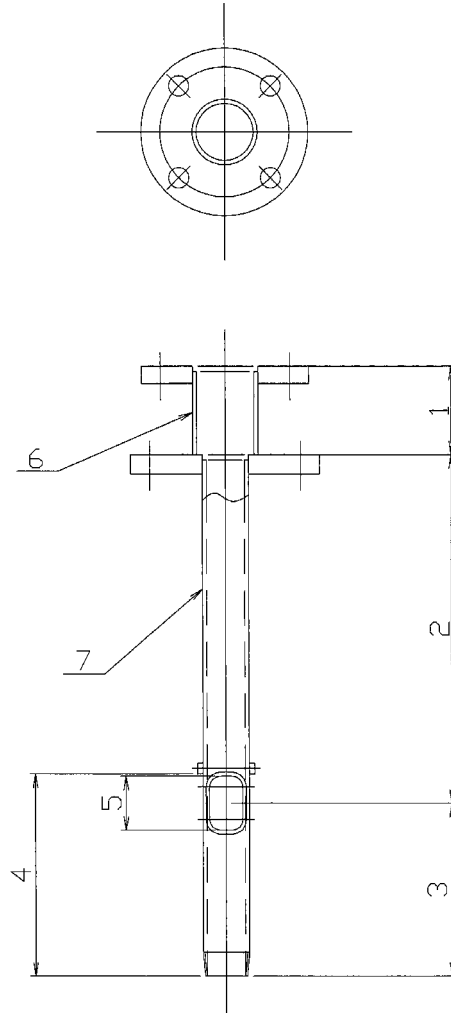
立会検査日 年 月 日

外観検査：良／社内 / 立会

丸島アクアシステム 社内基準(JIS B 0404準用)

寸法測定記録

(単位：mm)



記号	測定箇所	設計値	実測値と設計値の差				許容公差 (丸島社内基準)
			社内検査		立会検査		
1	管長さ	82	82	0			± 2.0
2		323	323	0			± 4.0
3		160	160	0			± 3.0
4	ストッパー高さ	187	186.5	-0.5			± 3.0
5	切欠き長さ	50	50	0			± 2.0
6	管径	φ 60.5	φ 60.5	0			± 0.6 JISによる
7		φ 42.7	φ 42.7	0			± 0.4 JISによる

工事名：ベトナム国におけるダム湖の水環境改善装置の普及・実証事業

社内検査日 平成26年10月7日

名称：散気装置

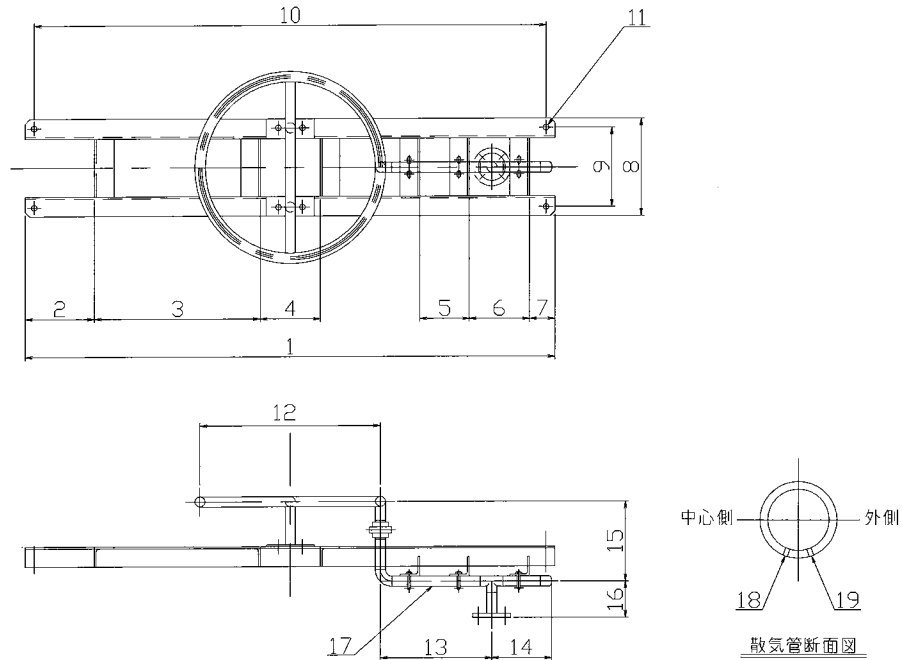
立会検査日 年 月 日

外観検査：良／社内 / 立会

丸島アクアシステム 社内基準(JIS B 0404準用)

寸法測定記録

(単位：mm)



記号	測定箇所	設計値	実測値と設計値の差				許容公差 (丸島社内基準)
			社内検査	立会検査			
1	配管サポート長さ	1760	1760	0			± 7.0
2		230	230	0			± 3.0
3		550	550	0			± 4.0
4		200	200	0			± 3.0
5		165	165	0			± 3.0
6		200	200	0			± 3.0
7		85	85	0			± 2.0
8	散気管サポート幅	320	320	0			± 4.0
9	散気管サポート穴ピッチ	260	260	0			± 1.2 JIS B 0405 粗級
10		1700	1700	0			± 3.0 JIS B 0405 粗級
11	穴数と径	4-φ19	4-φ19	0			0~+1.5 社内基準
12	散気管リング径	φ600	φ600	0			± 4.0
13	配管長さ	370	370	0			± 4.0
14		200	200	0			± 3.0
15		265	265	0			± 3.0
16		120	120	0			± 2.0
17	管径 (O.D.)	φ34	φ34	0			± 0.34 JIS G 3459
18	散気管ドリル穴	φ1.5×36個	1.5×36	0			規定通りの穴数があり、 φ1.5mmのドリルが全数 穴に通れば『良』とする。
19		φ1.5×36個	1.5×36	0			

工事名：ベトナム国におけるダム湖の水環境改善装置の普及・実証事業

社内検査日 年 月 日

名称：脚

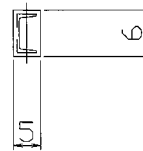
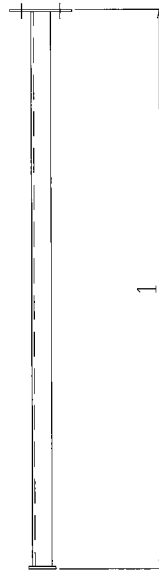
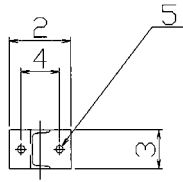
立会検査日 年 月 日

外観検査： /社内 /立会

丸島アクアシステム 社内基準(JIS B 0404準用)

寸法測定記録

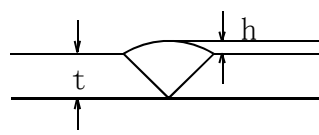
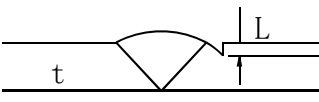
(単位：mm)



記号	測定箇所	設計値	実測値と設計値の差					許容公差 (丸島社内基準)
			社内検査		立会検査			
1	脚高さ	1450	1451	+1				± 7.0
2	ベース板(上)長さ	160	160	0				± 3.0
3		100	100	0				± 2.0
4	穴ピッチ	100	100	0				± 2.0
5	穴数と径	2-φ19	2-φ19	0				0~+1.5 社内基準
6	ベース板(下)長さ	70	70	0				± 2.0
7		120	120	0				± 2.0

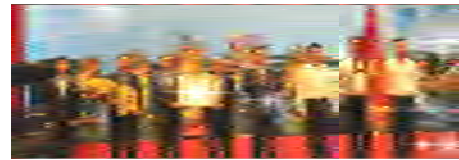
溶 接 検 査

溶接部の外観検査は、最終層溶接完了後、「ダム・堰施設検査要領（案）」に基づき、下記検査を目視により実施する。

項 目	判 定 基 準	判 定		
		社内	立会	
余 盛	母材板厚（ t ）、余盛り高さの許容（ h ） $t \leq 12\text{mm}$ $0 \leq h \leq 3\text{mm}$ $12\text{mm} < t \leq 25\text{mm}$ $0 \leq h \leq 4\text{mm}$ $25\text{mm} < t$ $0 \leq h \leq 6\text{mm}$ 	良		
脚長及びのど厚	規定値を下回ってはならない。ただし、1溶接線の 両端各50mmを除く部分に対する長さの10%について、 -1mm以内は許容する。	良		
アンダカット	母材板厚（ t ）、アンダカット許容（ h ） アンダカット許容限界（ L ） $t \leq 6\text{mm}$ $h \leq 0.3$ $L \leq 0.6$ $t > 6\text{mm}$ $h \leq 0.5$ $L \leq 0.8$  <p>強度部材の突合せ継手は溶接線長の90%がこの範囲の時、その他の継手は80%がこの範囲内の時、合格とする。</p> <p>アンダカットが許容限界（L）以上のものは、すべて手直しする。</p>	良		
ピット	(a) 主要部材の突合せ継手及び断面を構成するT継手、かど継手のピットは許容しない。 (b) その他のすみ肉溶接および部分溶込みグループ溶接部は1継手につき3個、または継手長さ1mにつき3個まで許容する。ただし、ピットの大きさが1mm以下の場合、3個で1個として計算する。	良		
オーバラップ	オーバラップはあってはならない。	良		
クレータ	クレータは未処理のまま残してはならない。	良		
回し溶接及び肉盛	(a) すみ肉溶接部の端は回し溶接する。回し溶接のできない箇所は返し溶接をする。 (b) 突合せ溶接部の端は肉盛不足などの欠陥があってはならない。	良		
割 れ	溶接ビード及びその近傍に割れがあってはならない。 疑わしい場合には、適当な非破壊試験方法で確認しなければならない。	良		
アークストライク	アークストライクがあってはならない。	良		



**KHOA HỌC
CÔNG NGHỆ VIỆT NAM**
CƠ QUAN NGÔN LUẬN - LÝ LUẬN CỦA BỘ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ
Tạp chí xuất bản số đầu tiên vào tháng 6 năm 1959



TRANG CHỦ GIỚI THIỆU TIN TỨC - SỰ KIỆN BẠN CẦN BIẾT ĐẶT MUA TẠP CHÍ ONLINE tìm kiếm... English

Các vấn đề môi trường nước tại hồ tự nhiên, hồ chứa và biện pháp ứng phó

Thứ tư, 03/12/2014 - 00:00 KH&CN Trung ương



Ngày 2.12.2014, tại Hà Nội, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam phối hợp với Công ty Nikken Sekkei Civil Engineering và Tập đoàn Marshima Aqua System đã tổ chức hội thảo "Các vấn đề môi trường nước tại hồ tự nhiên, hồ chứa và biện pháp ứng phó".

Hội thảo được tổ chức trong khuôn khổ hợp tác giữa Cơ quan phát triển quốc tế Nhật Bản (JICA) và Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam trong việc thử nghiệm công nghệ của các doanh nghiệp vừa và nhỏ của Nhật Bản để nâng cao chất lượng nước các hồ chứa ở Việt Nam. Hội thảo tập trung trao đổi, thảo luận hai vấn đề chính là: suy giảm chất lượng nước và môi trường tại các hồ chứa; giới thiệu về thiết bị và các giải pháp cải thiện chất lượng nước và môi trường tại các hồ chứa nhằm làm rõ hơn các vấn đề về môi trường nước hồ chứa ở Việt Nam. Đồng thời, đưa ra một số giải pháp công nghệ nhằm ứng phó với các vấn đề môi trường nước ở các hồ chứa, góp phần từng bước nâng cao chất lượng nguồn nước phục vụ sản xuất và đời sống.

Phát biểu tại Hội thảo, PGS.TS Nguyễn Vũ Việt - Quyền Giám đốc Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam cho biết, môi trường nước ở Việt Nam là vấn đề lớn, không chỉ riêng đối với các hồ chứa mà còn ở các hệ thống kênh thủy lợi ở phía Bắc Việt Nam, các hệ thống thủy lợi phục vụ nuôi trồng thủy sản... bị ô nhiễm rất nặng và chưa có giải pháp xử lý triệt để. TS Nguyễn Vũ Việt bày tỏ mong muốn, thông qua việc thực hiện dự án, các công ty của Nhật Bản sẽ giới thiệu và chuyển giao các công nghệ nhằm xử lý các vấn đề nêu trên một cách triệt để.

Tin và ảnh: CT

Bài mới hơn:

- Thứ trưởng Trần Việt Thanh tiếp Đoàn Cơ quan pháp quy hạt nhân Nhật Bản - 28/01/2015 11:16
- Trao giải thưởng báo chí về KH&CN năm 2014 - 27/01/2015 01:42
- Nâng cao năng lực sử dụng ngoại ngữ trong nghiên cứu khoa học và viết... - 26/01/2015 11:37
- Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam: Hội nghị tổng kết công tác năm 2014... - 24/01/2015 12:00
- Hội nghị điện hạt nhân châu Á lần thứ 3 - 23/01/2015 12:42

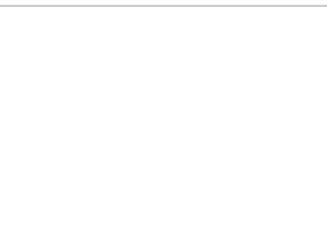
Bài cũ hơn:

- Việt Nam đoạt 7 giải tại cuộc thi Robotics quốc tế - 02/12/2014 03:07
- Trao quyết định bổ nhiệm cán bộ lãnh đạo một số đơn vị thuộc Bộ... - 02/12/2014 12:00
- Tư vấn, phân biện cho các chính sách mới, các đề tài nghiên cứu khoa... - 28/11/2014 12:00

KH&CN TRONG NƯỚC

- KH&CN Trung ương
- KH&CN địa phương
- Thông tin nội bộ

HÌNH ẢNH HOẠT ĐỘNG



VĂN BẢN MỚI

Nghị định sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định số 133/2008/NĐ-CP ngày 31/12/2008 của Chính phủ quy định chi tiết và hướng dẫn thi hành một số điều của Luật Chuyển giao công nghệ.

Danh mục công nghệ cao được ưu tiên đầu tư phát triển và Danh mục sản phẩm công nghệ cao được khuyến khích phát triển.

Nghị định về đầu tư và cơ chế tài chính đối với hoạt động khoa học và công nghệ.

Xem thêm

BẠN CẦN BIẾT

- Sở hữu trí tuệ
- Hỏi đáp về Nghị định 115/2005/NĐ-CP
- Tuyển chọn thực hiện các nhiệm vụ KH&CN
- Giải thưởng Hồ Chí Minh và Giải thưởng Nhà nước về KH&CN

TIỆN ÍCH WEBSITE

Giá vàng 9999 Tỷ giá
 DVT: tr.d/lượng

(Nguồn: [SacomBank-SB](#))

(Nguồn: [EXIMBANK](#))

LIÊN KẾT WEBSITE

--- Liên kết Website ---



Diễn đàn đổi mới sáng tạo hướng tới người thu nhập thấp 2014 - 27/11/2014

04:08

Hội thảo KH&CN nhiệt luyện lần thứ VI: "Vật liệu và công nghệ nhiệt luyện..." -

27/11/2014 03:09

TRANG CHỦ	ĐẶT MUA	GỬI BÀI	LIÊN HỆ	DIỄN ĐÀN	LIÊN KẾT	SITEMAP	TOP
---------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------	---------------------

Ghi rõ nguồn từ "**TẠP CHÍ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM**" khi phát hành lại thông tin từ website này.


Tòa soạn: Số 113, Trần Duy Hưng, Phường Trung Hòa, Cầu Giấy, Hà Nội. Tel: 84.4 39436793. Fax: 84.4 39436794. Email: khcnvn@most.gov.vn

© 2012 Bản quyền thuộc về **TẠP CHÍ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM**.

Giấy phép xuất bản số 145/GP-TTĐT do Cục Quản lý phát thanh, truyền hình và thông tin điện tử, Bộ Thông tin và Truyền thông cấp ngày 09/08/2011.

 Hôm nay 7548

 Tuần này 140804

 Tổng số truy cập 32306272

Hiện tại: 168 online

[TÀI NGUYÊN & CUỘC SỐNG \(/TAI-NGUYEN-CUOC-SONG.HTML\)](#)

[Chuyên gia hiến kế tìm giải pháp cải thiện môi trường nước hồ chứa \(/chuyen-gia-hien-ke-tim-giai-phap-cai-thien-moi-truong-nuoc-ho-chu.html\)](#)

(Thứ ba, 02/12/2014 - 14:56)

(TN&MT) - Ngày 02/11, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam phối hợp với Tập đoàn Marshima Aqua System (Nhật Bản) đã tổ chức Hội thảo: "Các vấn đề môi trường nước tại hồ tự nhiên, hồ chứa và biện pháp ứng phó". Đây là dịp để gần 50 nhà khoa học, chuyên gia về nước, thủy lợi và môi trường nước của Việt Nam cũng như nước ngoài cùng tìm giải pháp cải thiện môi trường nước của hệ thống hồ tự nhiên, hồ chứa Việt Nam.

Báo cáo của Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam cho biết: Việt Nam hiện có gần 7.000 hồ tự nhiên và hồ chứa, trong đó có gần 300 hồ thủy điện. Các hồ chứa được xây dựng với chức năng đa mục tiêu như: phát điện, cấp nước cho sản xuất nông nghiệp, cấp nước sinh hoạt, nuôi trồng thủy sản, du lịch...



Quang cảnh hội thảo

Tuy nhiên, với những tác động của biến đổi khí hậu, chế độ thủy văn dòng chảy phức tạp, sự phân bố dòng chảy không đồng đều giữa các mùa. Ngoài ra, sự can thiệp của con người, nhu cầu dùng nước để phát triển kinh tế ngày càng lớn, nguy cơ ô nhiễm cạn kiệt ngày một tăng, môi trường sinh thái nước tại các hồ chứa ngày càng bị đe dọa... đòi hỏi cần có các giải pháp phù hợp để bảo vệ môi trường hệ thống hồ chứa.

Nhóm phóng viên báo điện tử tainguyenmoitruong.com.vn xin tường thuật lại những ý kiến, kiến nghị cũng như giải pháp mà các chuyên gia trong và ngoài nước đã đưa ra nhằm góp thêm tiếng nói vào công việc bảo vệ môi trường hệ thống hồ chứa quan trọng này.

GS - TS Trần Đình Hòa, Phó Giám đốc Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam: "ĐIỀU PHƯƠNG PHẢI LÀM CHỦ CHẤT LƯỢNG NƯỚC HỒ CHỨA".

Tôi cho rằng, đây là vấn đề khá nan giải đòi hỏi những giải pháp mang tính lâu dài, bền vững. Muốn vậy, các cơ quan quản lý Nhà nước, các địa phương, các Viện nghiên cứu... cần tổ chức nhiều buổi hội thảo, trao đổi kinh nghiệm với chuyên gia các nước tiên tiến để thông qua đó đúc rút, học tập được nhiều kinh nghiệm từ nước bạn. Đặc biệt, tôi nghĩ các nhà quản lý cần hiểu và làm chủ được vấn đề suy giảm chất lượng nước và môi trường tại các hồ chứa.

Bên cạnh đó, tôi cũng cho rằng, các địa phương, các doanh nghiệp đang quản lý, vận hành hệ thống hồ chứa, hồ tự nhiên cần tiếp cận các công nghệ mới trong lĩnh vực xây dựng công trình, thực hiện tưới tiết kiệm, quản lý rủi ro thiên tai và đảm bảo an toàn hồ đập. Ngoài ra, việc địa phương được đầu tư, biết làm chủ những thiết bị và các giải pháp cải thiện chất lượng nước tại các hồ chứa là hết sức quan trọng...



GS.TS Trần Đình Hòa

Ông Fukui Shinva - Kỹ sư trưởng Công ty Nikken

Sakkei Nhật Bản: "CẦN KIỂM SOÁT CHẤT NGUỒN NƯỚC CHẢY VÀO HỒ".

Tôi cho rằng đập hồ Trống (thủy điện Hòa Bình) là hồ phù hợp để triển khai các dự án phát triển thí điểm bởi đây là hồ xuất hiện hiện tượng giảm hàm lượng oxy hòa tan trong nước. Hơn nữa, cần phải có kế hoạch sử dụng nguồn nước từ hồ để làm nước sinh hoạt, chính vì vậy, việc giải quyết các vấn đề ở hồ Trống là việc làm vô cùng cấp thiết.



Ông Fukuju Shinya

Sau khi khảo sát các vấn đề về môi trường nước ở đập Trảng, tôi đề xuất một số giải pháp để giải quyết các vấn đề này như: Kiểm soát các chất chảy vào hồ bằng cách xử lý nước trước khi vào hồ (giải pháp cứng) và đưa ra các quy chế, quy định sử dụng đất...(giải pháp mềm) và một số giải pháp khác mang tính vật lý, kỹ thuật sinh học và sử dụng hóa chất.

Qua quá trình triển khai dự án tôi nhận thấy dự án đập hồ Trảng đã thu được những kết quả và dữ liệu rất tốt. Vì vậy, việc thực hiện thí điểm dự án đập hồ Trảng góp phần quan trọng trong việc giải quyết các vấn đề môi trường nước tương tự ở các hồ chứa nước khác ở Việt Nam.

Ông Nguyễn Tiếp Tân – Chủ tịch HĐQT Cty CP khai thác công trình thủy lợi Dầu



Ông Nguyễn Tiếp Tân

Tiếng: “PHẢI CƯƠNG QUYẾT XOÁ SẠCH CÁC HÀNH VI GÂY Ô NHIỄM”.

Cũng như các hồ chứa khác, hồ Dầu Tiếng có vai trò vô cùng quan trọng vì đây là hồ cung cấp nước tưới, nước sinh hoạt cho 4 tỉnh, thành: TP.HCM, Tây Ninh, Bình Dương và Long An. Ngoài ra, hồ là nơi điều tiết lũ, xả mặn xuống sông Sài Gòn, đồng thời bảo vệ môi trường sinh thái, môi trường du lịch và điều hoà khí hậu cho vùng.

Tuy nhiên, lâu nay hồ Dầu Tiếng bị ô nhiễm bởi nhiều nguyên nhân như: hành vi xả nước thải của các nhà máy xuất công nghiệp, các trại chăn nuôi và các hộ dân sống ven hồ; hiện tượng nuôi cá lồng bè trong hồ và chăn nuôi, thả gia súc trên mặt hồ của một số hộ dân; những hồ trồng sắn, lạc... trên đất bán ngập gây xói, xói mòn đất và việc sử dụng thuốc bảo vệ thực vật gây ra tình trạng ô nhiễm nước hồ.

Để hạn chế tình trạng ô nhiễm này, theo tôi bên cạnh việc phối hợp quản lý hồ giữa công an hồ nước và chính quyền địa phương thì còn cần phải có những biện pháp cương quyết. Theo đó, trong thời gian qua, ngoài việc tuyên truyền, giáo dục ý thức bảo vệ môi trường hồ cho người dân sống quanh hồ thì chúng tôi cũng đã giám sát, kiểm tra chất lượng nước, hệ thống xử lý nước, đồng thời yêu cầu chính quyền địa phương tại các tỉnh Tây Ninh, Bình Dương cương quyết xoá sạch các trường hợp nuôi cá lồng bè và chăn thả gia súc...



TS Ngô Xuân Nam

TS Ngô Xuân Nam, Giám đốc Trung tâm Sinh thái và Bảo vệ hồ chứa nước – Viện Sinh thái và Bảo vệ công trình: “NÊN HUY ĐỘNG SỨC MẠNH CỘNG ĐỒNG”.

Theo tôi, các hồ chứa ở Việt Nam đóng vai trò rất quan trọng trong hệ sinh thái tự nhiên và sinh thái cảnh quan, không chỉ cung cấp nước cho sinh hoạt, sản xuất, các hồ dưỡng còn là nơi nghỉ dưỡng và du lịch sinh thái, cải tạo tiêu khí hậu, bảo vệ đa dạng sinh học và môi trường trong lưu vực hồ. Tuy nhiên, hầu hết môi trường nước tại các hồ chứa ở Việt Nam có dấu hiệu bị ô nhiễm vô cơ, hữu cơ, có hiện tượng kỳ khí, ô nhiễm do tảo độc. Trong đó đặc trưng là hiện tượng phú dưỡng, gây ra tình trạng tảo độc bùng phát.

Ở Việt Nam, các biện pháp xử lý ô nhiễm còn hạn chế như: Giăng lưới gom tảo chết trên bề mặt hồ, vớt rác, vét các hồ lắng, thả cá mè xuống hồ, trồng thực vật. Tuy nhiên, đây chỉ là một số giải pháp tình thế nên kết quả không rõ rệt.

Vì vậy, tôi đề xuất một số biện pháp nhằm cải thiện môi trường nước hồ chứa tại Việt Nam như: Sử dụng bè thực vật thủy sinh để xử lý ô nhiễm nước tại các hồ chứa; sử dụng phân đất trồng cạnh hồ thủy lợi để xây dựng hệ thống lọc ngập nước; sử dụng thiết bị sục khí tầng sâu...

Bài và ảnh: Việt Hùng – Mai Đan

Xem tin theo ngày:

CÁC TIN KHÁC

[Hương đến bên vùng trong khai thác và chế biến titan \(/huong-den-ben-vung-trong-khai-thac-va-che-bien-titan.html\)](#) (03/12/2014 - 14:13)

[Xóa bỏ tình trạng “nhà nhà làm khoáng sản” \(/xoa-bo-tinh-trang-“nha-nha-lam-khoang-san”.html\)](#) (02/12/2014 - 13:08)

[Rà soát, chấn chỉnh lực lượng kiểm lâm \(/ra-soat-chan-chinh-luc-luong-kiem-lam.html\)](#) (01/12/2014 - 16:07)

[Dự án mở rộng sân bay Cát Bi: 5 hộ dân cuối giao mặt bằng \(/du-an-mo-rong-san-bay-cat-bi-5-ho-dan-cuoi-giao-mat-bang.html\)](#) (30/11/2014 - 22:20)

[1.000 học sinh đảo Phú Quốc tham gia Lễ hội Bảo vệ Bờ biển Đuống \(/1000-hoc-sinh-dao-phu-quoctham-gia-le-hoi-bao-ve-bo-bien-duong.html\)](#) (30/11/2014 - 21:25)

[Quảng Ninh kỷ luật nhiều cán bộ trong vụ xâm hại Vĩnh Hà Long \(/quang-ninh-ky-luat-nhieu-can-bo-trong-vu-xam-hai-vinh-ha-long.html\)](#) (29/11/2014 - 13:57)

[Miền Trung: Thiếu nước vụ sản xuất Đông xuân 2014-2015 \(/mien-trung-thieu-nuoc-vu-san-xuat-dong-xuan-2014-2015.html\)](#) (29/11/2014 - 10:35)

[Nguồn nước quyết định sự thịnh vượng và phát triển bền vững của khu vực \(/nguồn-nuoc-quyet-dinh-su-thinh-vuong-va-phat-trien-ben-vung-cu-khu-vuc.html\)](#) (29/11/2014 - 06:33)

[Vụ đóng tuyến đường xuyên Khu bảo tồn thiên nhiên – văn hóa Đồng Nai: Chờ vốn để di dời dân ra khỏi vùng lõi \(/vu-dong-tuyen-duong-xuyen-khu-bao-ton-thien-nhien---van-hoa-dong-nai-cho-von-de-di-doi-dan-ra-khoi\)](#) (28/11/2014 - 13:49)

Thạch Thành (Thanh Hóa): Lợi dụng dự án xây dựng nhà máy may để lấy đất đem bán (/thach-thanh-thanh-hoa-loi-dung-du-an-xay-dung-nha-may-may-de-lay-dat-dem-ban.html) (28/11/2014 - 11:10)

Tài nguyên và Môi trường online - Sản phẩm của Báo Tài nguyên & Môi trường - Cơ quan của Bộ Tài nguyên & Môi trường
Giấy phép xuất bản số: 81/GP-TTĐT, cấp ngày 21/4/2011 của Bộ Thông tin và Truyền thông
Tổng biên tập: Hoàng Văn Thành
Phó Tổng biên tập phụ trách Tài nguyên & Môi trường online: Hoàng Mạnh Hà
Phó Tổng biên tập: Lê Xuân Dũng
© Ghi rõ nguồn "Báo Tài nguyên & Môi trường" khi bạn phát hành lại thông tin từ website này
Design by VDC1

Địa chỉ: Lô E2, đường Dương Đình Nghệ, khu đô thị mới Cầu Giấy, phường Yên Hòa, quận Cầu Giấy, Hà Nội
Điện thoại: 04.3773.8729 - Fax: 04.3782.3995
Email: tmtonline@gmail.com - tmtonline@yahoo.com
Liên hệ Quảng cáo:
Điện thoại: 08.3823.1093 - Fax: 08.3823.1103
04.3773.8729 - Fax: 04.3782.3995

1/8(木) 曇り雨

・作業内容

コンプレッサー室の確認、コンプレッサー試運転、曝気装置設置位置出し



水深22mの場所があり、そこに決定した。ほぼ、図面通りの位置であった。

曝気装置設置位置付近の水上に小屋が建っており、何か養殖されている。装置運転後、養殖に影響する懸念があったので、現地の人(作業船の船長)に確認したところ、問題無いとのことであった。



設標している間に、50tトラッククレーンを現地のFUJIFURUKAWAの担当者が設置した。シンカーの試験吊りを行った。このアウトリガーの位置では危険が伴うため、着水時は、さらに法面より離れて設置することとした。

1/9(金) 雨

・作業内容
コンプレッサー試運転、設置湖底確認



コンプレッサー室



コンプレッサー室は、受電も完了しており、運転を確認することができた。



試運転



現地で調達した
発電機
コンプレッサー



昨日、設置した
マーカースイ



現地で調達した潜水用のコンプレッサーの確認も含めて、設置位置の湖底を確認した。
底は立ち木が多く、凹凸、急傾斜有であったので、なるべく平らな箇所を探して設置することとした。

1/10(土) 雨

・作業内容

クレーン配置換え、シンカー仮置き、曝気装置搬入、組立準備



クレーンのアウトリガー位置を安全な場所に変更しました。
このクレーンの位置で曝気装置本体の着水も可能であることを確認した。
明日は早出して、曝気装置本体の搬入、組立を行う予定。

3

・作業内容
深層曝気装置搬入、組立



曝気装置搬入



外筒荷下ろし



上部案内板取付



下部内筒取付



下部案内板取付



深層曝気装置組立完了

曝気装置の搬入は、進入路が悪路で機器の損傷が懸念されたが、強固に梱包されており、損傷なく現場に到着した。
一日で組み立てるのは、困難と予想していたが、日本語、ベトナム語、英語が飛び交う中、日ベトナム共同作業により、組立完了できた。



午後、VAWRのフォア様他3名が視察に来られ、曝気装置の構造や機能についての説明を実施した。

・作業内容
深層曝気装置着水、沈設、エアホース敷設、沈設



曝気装置着水



曝気装置着水



シンカー着水



曝気装置、シンカー接続



曝気装置曳航



曝気装置設置位置到着、沈設

深層曝気装置組立後、着水してシンカー接続、曳航、沈設まで完了した。



エアホース法面部保護管挿入



エアホース埋設



エアホース ヨリ取り接続



エアホース接続完了 作業船上へ



エアホース 作業船へ積み込み



エアホース敷設、沈設

エアホースの敷設も組立同様にベトナム人との共同作業で、沈設完了。曝気装置本体とは未接続状態。

1/13(火) 晴れ

・作業内容
深層曝気装置エアホース接続、試運転



曝気状況



曝気状況



曝気状況



緊急排気状況

配管接続後、試運転を行い曝気状況および緊急排気管からの排気も確認した。
連続運転を本日より開始する。

■Trong ダムにおける深層曝気設備の効果確認のための水質調査結果について

1.概要

貧酸素化現象が生起している Hoa Binh 省の Trang ダムを対象に、2015 年 1 月 13 日、パイロット施設として深層曝気装置を導入した。この効果を調査するため 2015 年 1 月より同年 12 月まで 1 回/月の頻度で現地調査を実施した。ここでは、これらの現地調査にもとづき、Trong ダムにおける深層曝気の効果等について、概要をとりまとめる。

2.調査地点・調査項目等調査仕様

調査の仕様は、表 2.1 に示すとおりであり、貯水池内では、最深部や取水口付近を含め計 4 地点を調査した。

表 2.1 現地調査仕様

区分	地点名	調査項目	調査水深	調査方法
貯水池内	最深部 (T2) T6 より上流約 206m <GPS 位置> 520788 E, 2283229 N	水温,DO,pH,濁度, EC,ORP,水深	表層より約 1.0m ピッチ (Hmax≒24m)	水質計 (W-22DX) 堀場製作所製
		BOD,COD,T-N,T-P,NH4-N	表層(0.5m),中層,底層 (底から上 1m) 計 3 点	バンドーン採水器による 試料採取と室内試験
		Fe,Mn	同上	ポータブル吸光光度計 (DR/890) HACH 製
	中流部 (T3) T6 より上流約 728m <GPS 位置> 520484 E, 2283738 N	T2 と同じ	T2 と同じ (Hmax≒17m)	T2 と同じ
		T2 と同じ	T2 と同じ	T2 と同じ
		T2 と同じ	T2 と同じ	T2 と同じ
	上流部 (T4) T6 より上流約 1,840m <GPS 位置> 519726 E, 2284075 N	T2 と同じ	T2 と同じ (Hmax≒12m)	T2 と同じ
		T2 と同じ	表層(0.5m), 底層 (底 から上 1m) 計 2 点	T2 と同じ
		T2 と同じ	同上	T2 と同じ
	取水口近傍 (T6) ダム堤頂中心より上 流約 85m <GPS 位置> 520902 E, 2283185 N	T2 と同じ	T2 と同じ (Hmax≒14m)	T2 と同じ
		T2 と同じ	T4 と同じ	T2 と同じ
		T2 と同じ	T4 と同じ	T2 と同じ
流入	主流入点 (T5) <GPS 位置> 518976 E; 2285210 N	T2 と同じ	表層 (0.1m) 計 1 点	T2 と同じ
		T2 と同じ	同上	T2 と同じ
		T2 と同じ	同上	T2 と同じ
放流	ダム放流点 (T1) <GPS 位置> 520871 E; 2283088 N	T2 と同じ	T5 と同じ	T2 と同じ
		T2 と同じ	T5 と同じ	T2 と同じ
		T2 と同じ	T5 と同じ	T2 と同じ
	ダム下流河川 (T7) <GPS 位置> 521129 E, 2282229 N	T2 と同じ	T5 と同じ	T2 と同じ
		T2 と同じ	T5 と同じ	T2 と同じ
		T2 と同じ	T5 と同じ	T2 と同じ

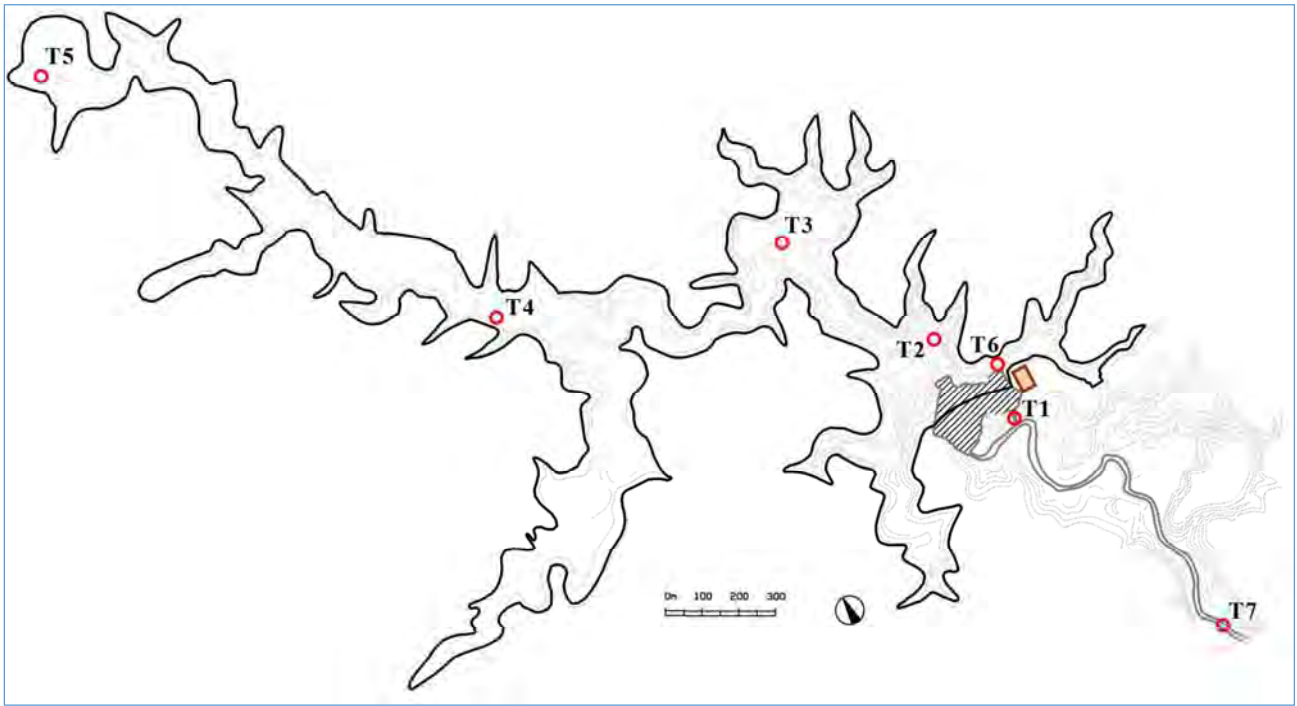


図 2.1 Trong ダム水質調査地点位置図

U-22XD SET
Cable not detachable

Pelican® carrying case as a standard case

Sensor probe with built-in sensors (depth, conductivity, temperature, turbidity)

Packing List

- Main unit
- Sensor probe with the cable (2m, 10m, 30m). Type of cable length is selected depending on applications
- Sensor ● pH4 standard solution (250 ml)
- pH internal solution (250 ml) ● Syringe (with needle)
- Sensor spanner ● Calibration beaker ● Grip holder
- Carrying case ● Dry cell 6F22 (S006P) (1 piece)
- Dry cells (R03) (3 pieces) ● Operation manual
- Consumables

◇水質計(堀場製作所製 W-22DX)



◇バンドーン採水器



◇ポータブル吸光光度計 (HACH 製 DR890)



図 2.2 使用主要機材

3.調査実施状況

表 3.1 に示すように水質調査は、深層曝気導入前も含め計 17 回実施した。

表 3.1 Trong ダム水質調査実施状況のまとめ

No.	日付	天気	気温 (°C)	貯水位 (E.L.m)	特記事項
第 1 回	2014 年 3 月 27 日	曇り	23.4	204.6	・貯水池上流地点(T4)は、他の調査日の地点と異なる。 ・取水口付近(T6)の調査はなし
第 2 回	2014 年 4 月 23 日	曇り	29.7	201.9	・貯水池上流地点(T4)の調査なし
第 3 回	2014 年 7 月 23 日	雨後曇り	25.9	205.0	・流入部(T5)では降雨により濁水が多量に流入
第 4 回	2014 年 8 月 19 日	曇り一時雨	29.9	205.6	・夏期の貧酸素状況把握
第 5 回	2014 年 12 月 3 日	曇り	23.5	204.0	・曝気設備導入前
第 6 回	2015 年 1 月 26 日	曇り後薄日	22.1	204.7	・曝気設備導入後 13 日目
第 7 回	2015 年 3 月 3 日	同上	25.9	204.1	・2 月調査として実施
第 8 回	2015 年 3 月 24 日	雨	20.2	203.5	・雨天条件考慮
第 9 回	2015 年 4 月 21 日	晴れ	25.4	204.8	・大きな先行降雨なし
第 10 回	2015 年 5 月 20 日	曇り時々晴	32.1	205.4	・前日にまとまった降雨あり
第 11 回	2015 年 6 月 30 日	晴れ	34.2	205.6	・24 日にまとまった降雨あり
第 12 回	2015 年 7 月 23 日	曇り	30.3	205.9	・19 日にまとまった降雨あり
第 13 回	2015 年 8 月 24 日	晴れ	35.1	205.9	・夏期の曝気装置の効果確認
第 14 回	2015 年 9 月 22 日	雨	26.2	206.3	・17 日に出水あり。
第 15 回	2015 年 10 月 22 日	晴れ	26.7	205.9	・調査日以降高温の日が続く
第 16 回	2015 年 11 月 23 日	雨	24.9	205.8	・同月、調査日まで高温の日が続く
第 17 回	2015 年 12 月 31 日	晴れ	17.8	205.6	・最終調査

4.水質調査結果

深層曝気設備導入前および導入後の水質調査結果について、最深部の水質鉛直分布図を図 4.1 および 4.2 に示す。また、横軸にダムサイトからの距離、縦軸に水深をとり、流下方向および水深方向の二次元の水質分布を整理した結果を図 4.3～4.34 に示す。

(1)深層曝気設備による貧酸素化現象改善効果

- ・深層曝気設備を導入していない 2014 年 12 月の時点では、図 4.1 に示す最深部 (T2 地点) 調査結果をみると、水深 12m 以深では DO 濃度が 2.0mg/L (底質より Fe、Mn 等の溶出が生じる DO 濃度限界) を下回り明瞭な貧酸素化現象が生起していた。この範囲は、図 4.7 に示すようにダムサイト上流約 800m 地点まで及んでいた。
- ・その結果、DO 濃度 2.0mg/L 以下の水域に対応するように、Fe、Mn の高濃度域が確認され、貧酸素化の影響が現れている。(図 4.27、4.31 参照)
- ・同様に、アンモニア性窒素 (NH₄-N) も貧酸素水域では高濃度を示し、酸素が存在しないため硝化が進んでいないことを示す結果となっている。(図 4.23 参照)
- ・一方、年が変わり 2015 年 1 月 13 日に深層曝気設備を設置稼働させたことにより、稼働後わずか 13 日目の 2015 年 1 月 26 日では、貧酸素化水域は一気に解消され、全層に渡り 6.0mg/L 以上の DO 濃度となっている。

- ・この時期、冬季であるにも関わらず水温躍層は存在するものの深層部は水深方向の水温差はほとんどないことから、曝気による酸素供給の効果が現れやすい状況となっており、短時間で効果が発現できたものと推察される。ただし、日本のダムと大きく異なる点は、深層部の水温が高く（2014年12月の時点で18℃を超える）、酸素が溶けにくい条件にあることに留意する必要がある。
- ・深層曝気設備による貧酸素化改善効果は、運転開始直後ではダムサイト上流1.5 km地点まで及んでいる。
- ・また、深層部のDO濃度改善より、Fe、Mn、NH₄-Nの高濃度域も解消され、深層曝気設備の効果が現れる結果となっている。
- ・その後の深層曝気設備の効果は、Trongダムの水温の鉛直分布の変化、すなわち成層形成状況に大きく影響を受ける。夏期に向かって水温が上昇するにつれ、水深10～12m付近で強固な水温躍層が形成され、深層部の水温も20℃を超えるような状況となる。その結果、躍層下部の水域が下流側へ限定されることにくわえ、ダム湖内での酸素消費速度が大きくなったためか、深層曝気設備の効果は上流側へ及びにくくなる。
- ・この典型例が、2015年8月の調査結果であり、深層曝気施設付近では、設備の稼働により一部の水域を除き、DO濃度が2.0mg/Lを下回ることはなく、曝気の効果は現れている。しかしながら、ダムサイト上流500mのT3地点の最深部でもDOが2.0mg/Lを下回る結果となり、この地点を含め上流側の深層部では貧酸素化となり、再びFe、Mnの溶出が生じる結果となっている。
- ・また、水深10～12m付近の水温躍層では、躍層内部での水交換が起こりにくいことから、躍層内に部分的にDO濃度が2.0mg/Lを下回る水域が形成されている。
- ・この位置は、取水施設の取水口の位置に当たることから、取水への影響が懸念される。一方、今回の調査によると、ダム放流水の水質調査地点では、ダムからの放流水が調圧水槽において自由水面を持ち、再曝気される施設構造になっていることから、下流河川に貧酸素水が直接放流されるといったことはない。
- ・今回の取水地点付近の調査結果を踏まえると、仮に深層曝気設備装置がなかった場合は、貧酸素水域が取水口より上部まで及び、その結果、Fe、Mnの高濃度水を取水した可能性が高いと推察される。
- ・一方、2015年11月の調査結果を見ると、深層曝気設備周辺を除き、前月10月より深層部のDO濃度が低下する傾向がうかがえる（図4.9参照）。この時の水温分布をみると、10月に比べ11月の方が水温躍層の層厚が厚くなっているとともに、表層を除き、水温躍層から下部の水温がやや高くなっている（図4.1参照）。
- ・この原因を検討するため、気象データを簡単にレビューすると、10月23日以降は最高気温が30℃を超える日が度々あり、11月に至っては最高気温が30℃を越える日が続くとともに35℃を超える日も度々あるなど、高気温状態が続いている。
- ・恐らくは、この高気温条件の比較的長期の継続で、容量が小さいTrongダムでは再び水温躍層が発達するといった現状が生じたのではないかと推察する。
- ・いずれにしても、日本のダムでは考えられない現象である。深層曝気設備の運転期間の適切な設定や同設備の他ダムへの適用に関する知見充実のため、上記現象に関連する情報・データを収集し、より詳細な分析が必要である。
- ・一方、2015年12月31日の調査結果を見ると、日本の冬季のダムと同様に、水温が表層から最深部まで一様となり、全層循環が生じている。その結果、DOについても表層から最深部まで概ね

一様の濃度となり、このような状態が継続するのであれば、深層曝気設備の運転を中止してもよいと判断される（図 4.10 参照）。

- ・深層曝気を導入する 2014 年 12 月から翌年の 1 月では、成層や貧酸素水域が存在し、今回観測されたような明瞭な全層循環は生じていない。ベトナム、特に、冬季に気温が低下する中北部では、冬季（概ね 12～2 月）の気象条件によって、貯水池水質の鉛直分布に大きな影響を与えることが明らかとなった。
- ・今後、ベトナムにおいて貧酸素化現象が生起しているダムに深層曝気装置を普及させる場合、できる限り複数年のデータを取得し、より適切な設備設計や運用に反映させていくことが重要である。

(2)深層曝気による下流河川水質への影響

図 4.35 および 4.36 に Trong ダム下流河川の水質調査結果（調査地点 T1 および T7）の一例を示す。このうち、下流河川水質（T7）に対する深層曝気の効果について、簡単に検討するとつぎのとおりである。

- ・本調査結果による限り深層曝気設備稼働後の下流河川の Fe（鉄）、有機物濃度（BOD、COD）は、低くなる傾向となっている。
- ・マンガンについても、2015 年 7 月以降、濃度が若干低くなる傾向が認められる。
- ・以上より深層曝気による下流河川水質への影響については、Fe、有機物濃度で見ると水質改善効果がうかがえるような結果となっているが、データの期間が約 1 年間と短い。このため、同様の傾向が継続するのか引き続き調査を行うことが重要である。

以上、現地調査結果にもとづき深層曝気設備の効果について考察したが、今回の Trong ダムを対象とした実証事業において、深層曝気設備の導入によりベトナムのダム貯水池の貧酸素化現象を改善できることが検証できた。

一方で、深層部の水温が年間を通じで高く、酸素をより効率的に供給するための工夫が必要であるといった課題も見えてきた。

今後、他のダム貯水池における深層曝気設備の導入に当たっては、本 Trong ダムの水質調査結果を有効に活用し、水温、DO 等の調査結果にもとづく適切な酸素供給量等諸元検討に資することができる。

(1)貯水池最深部近傍（T2）における水質鉛直分布の経時変化

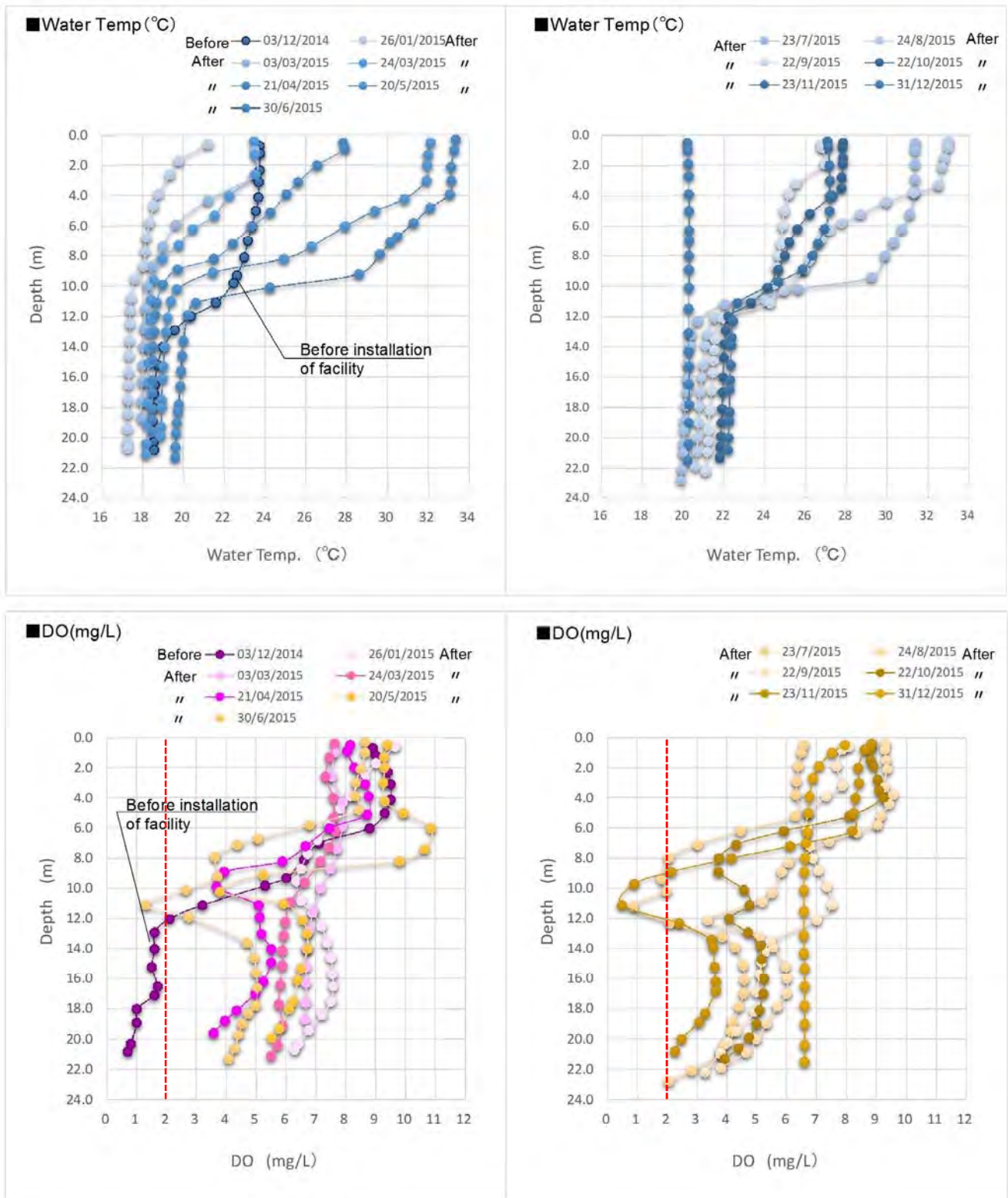


図 4.1 Trong ダム貯水池最深部近傍（T2）における水質鉛直分布の経時変化（水温・DO）

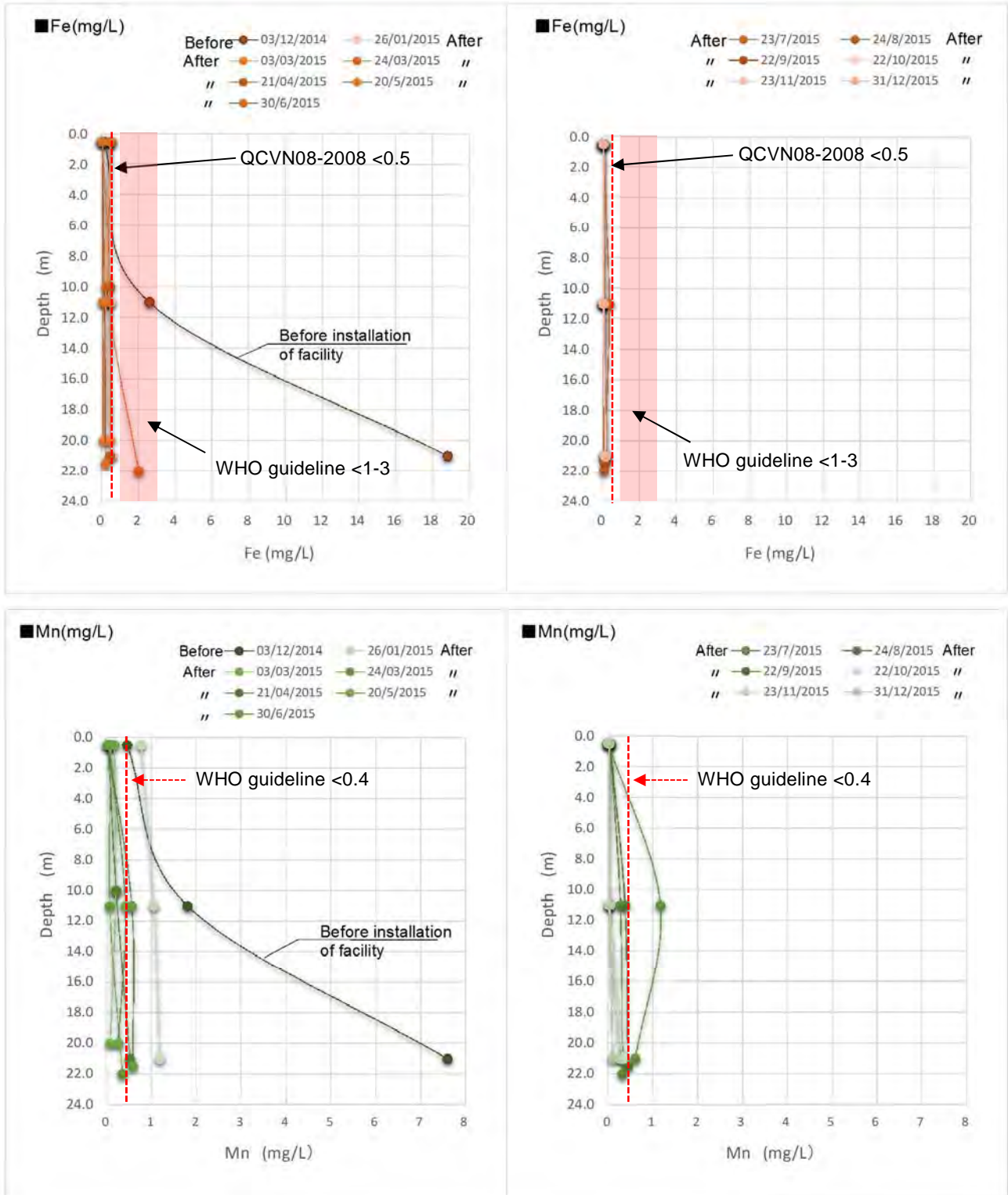
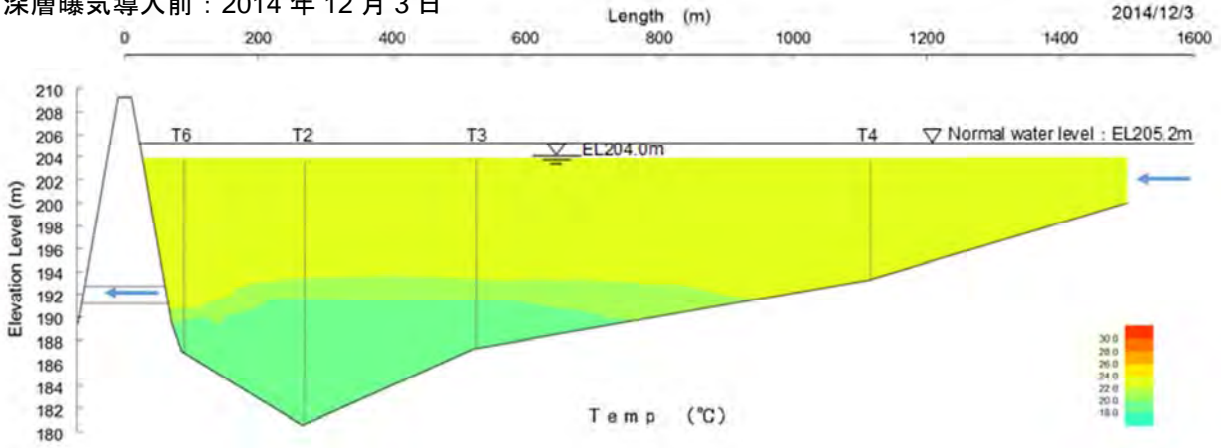
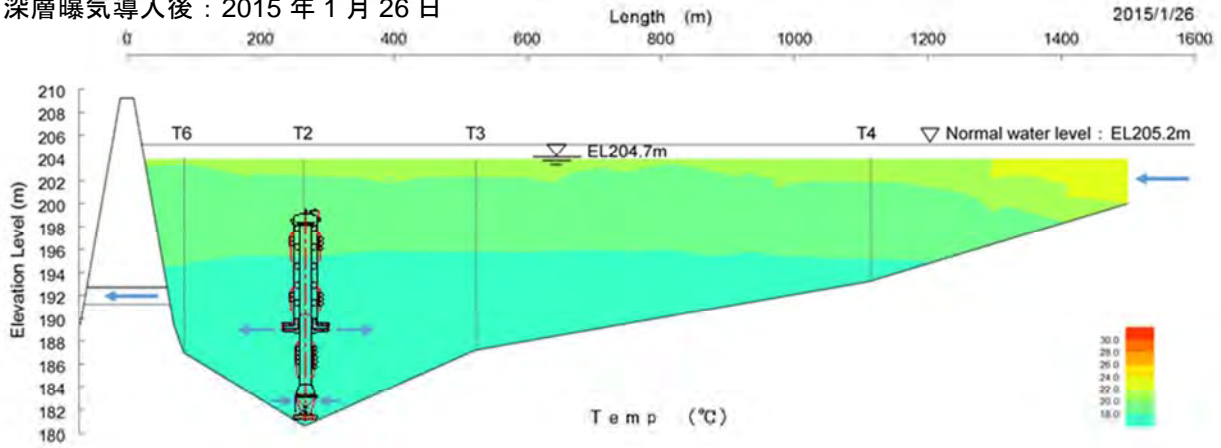


図 4.2 Trong ダム貯水池最深部近傍 (T2) における水質鉛直分布の経時変化 (Fe・Mn)

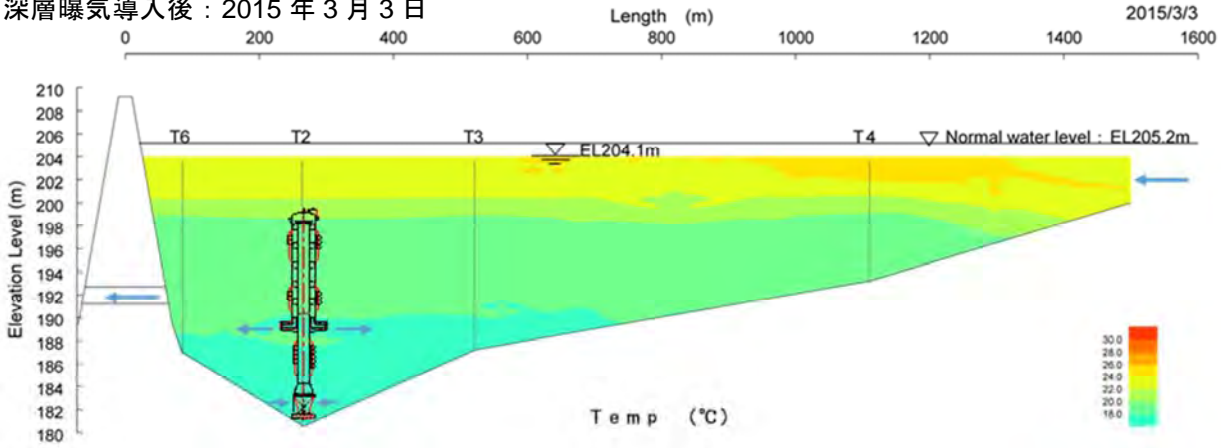
■ 深層曝気導入前：2014年12月3日



■ 深層曝気導入後：2015年1月26日



■ 深層曝気導入後：2015年3月3日



■ 深層曝気導入後：2015年3月24日

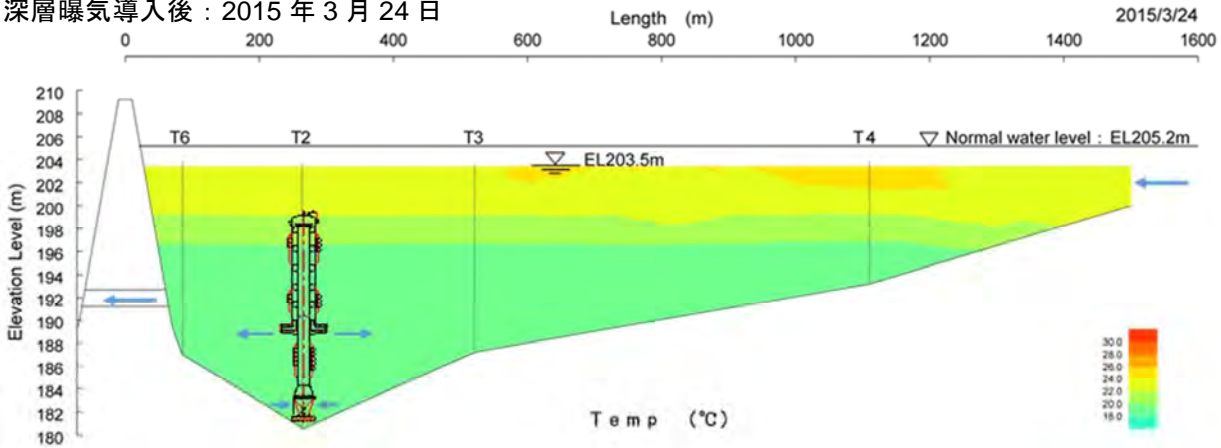


図 4.3 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化(水温)

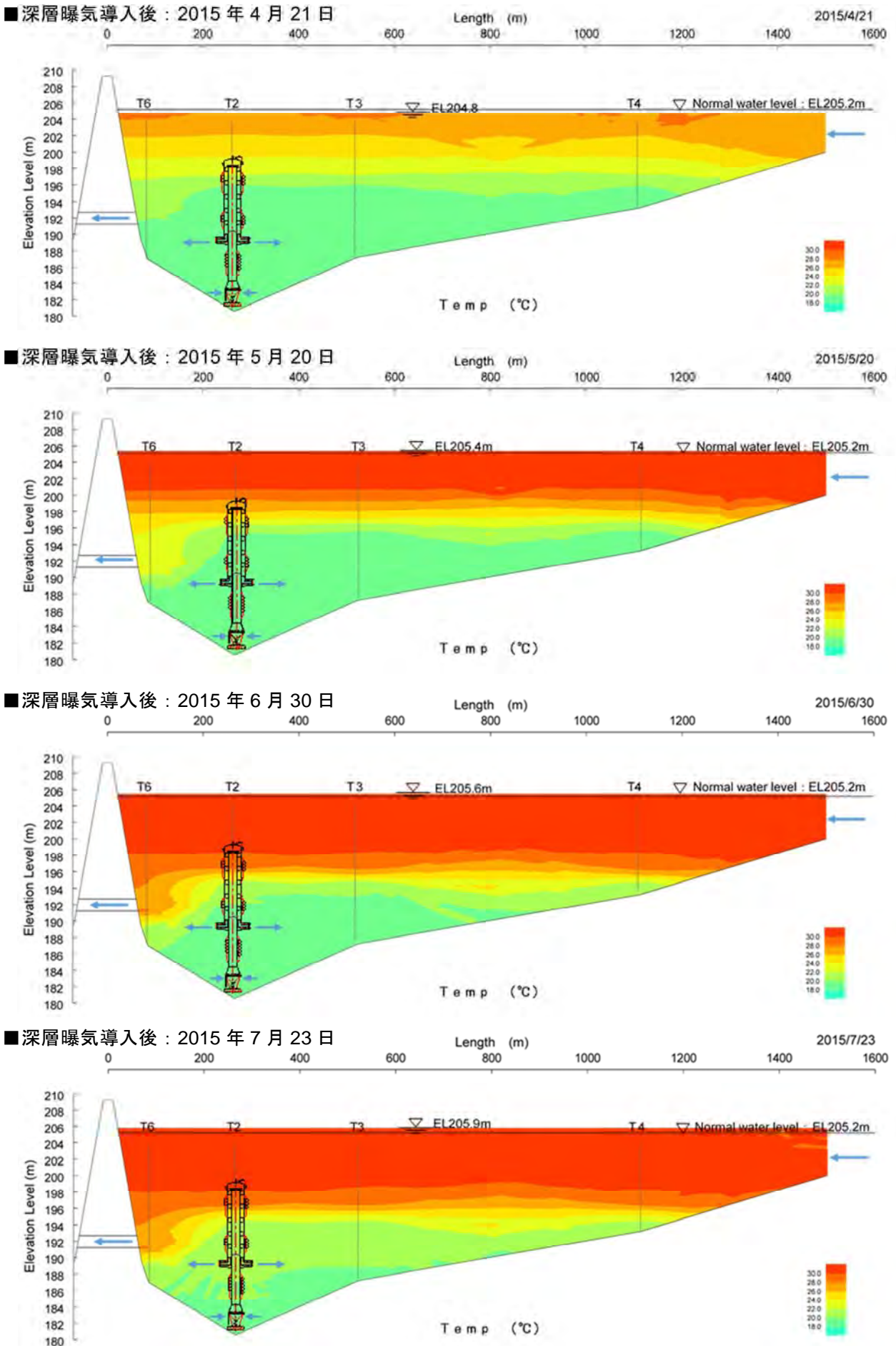
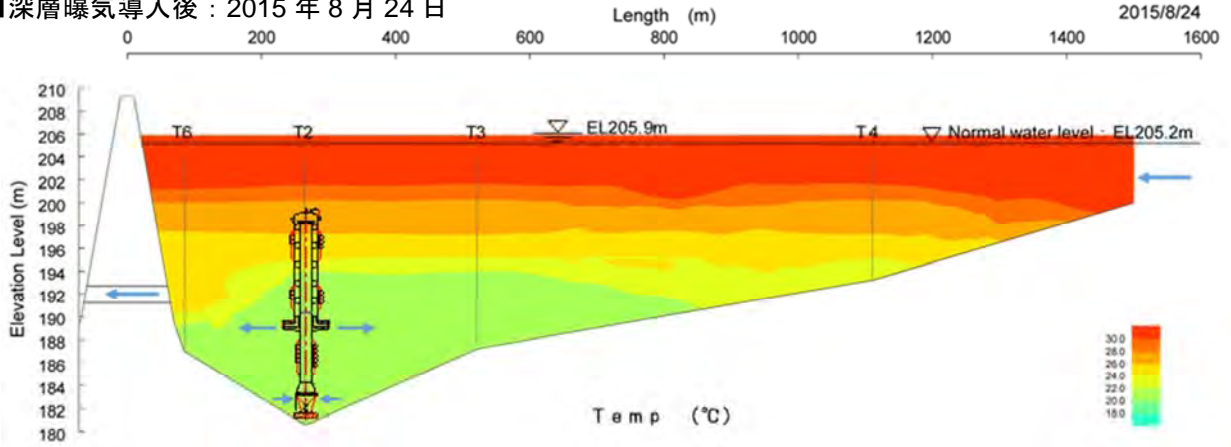
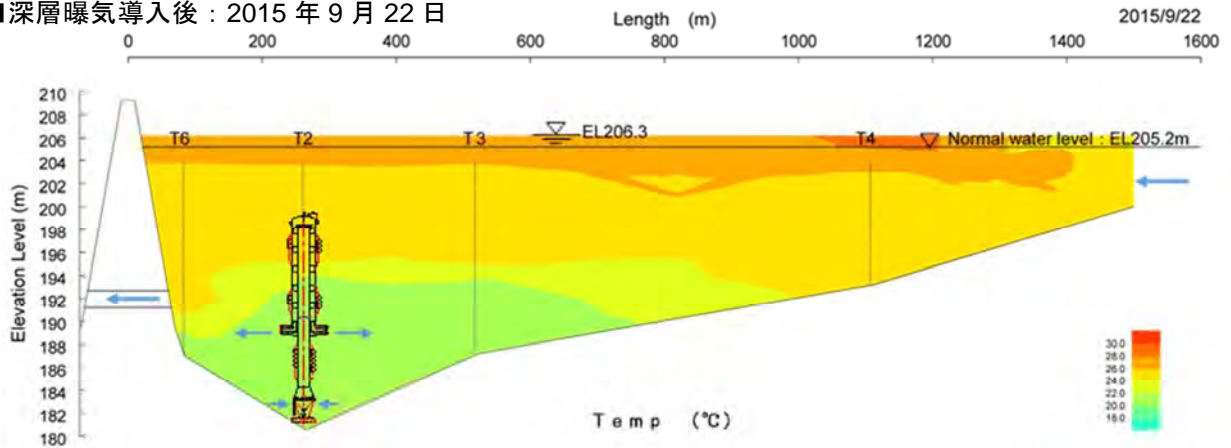


図 4.4 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化(水温)

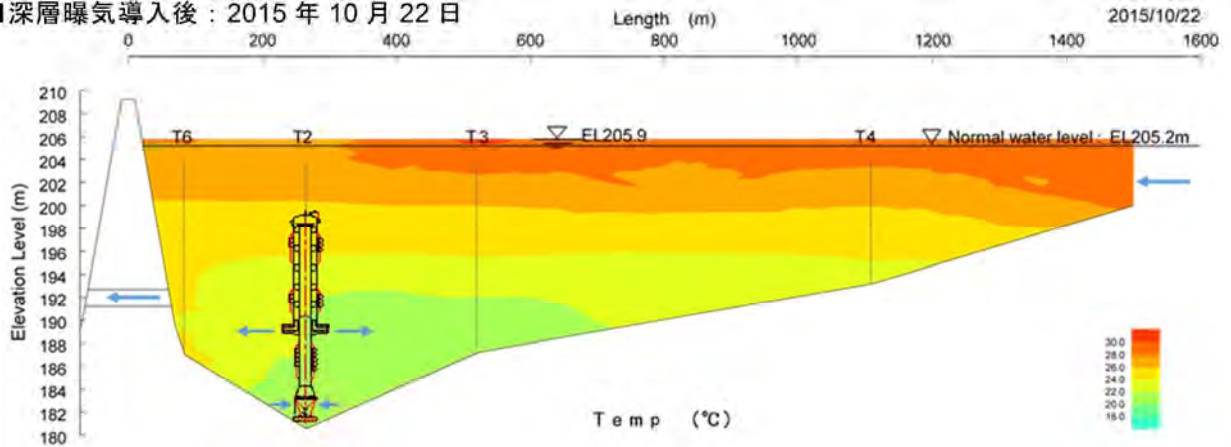
■ 深層曝気導入後：2015年8月24日



■ 深層曝気導入後：2015年9月22日



■ 深層曝気導入後：2015年10月22日



■ 深層曝気導入後：2015年11月23日

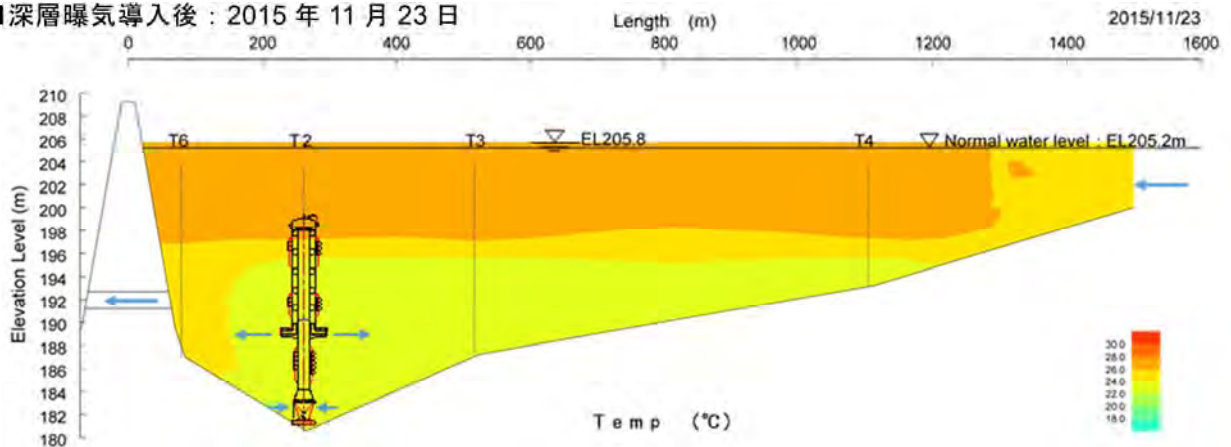


図 4.5 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化(水温)

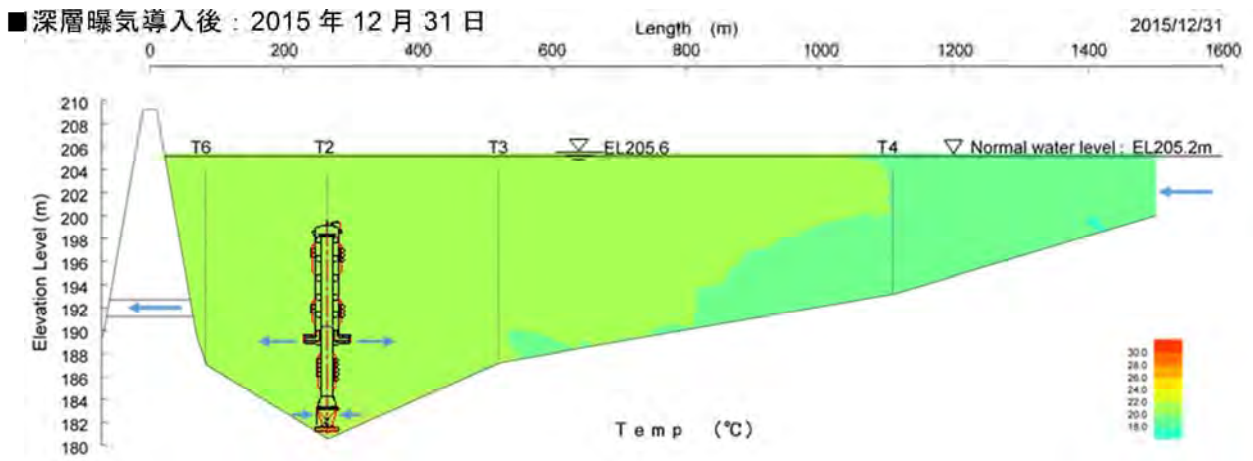
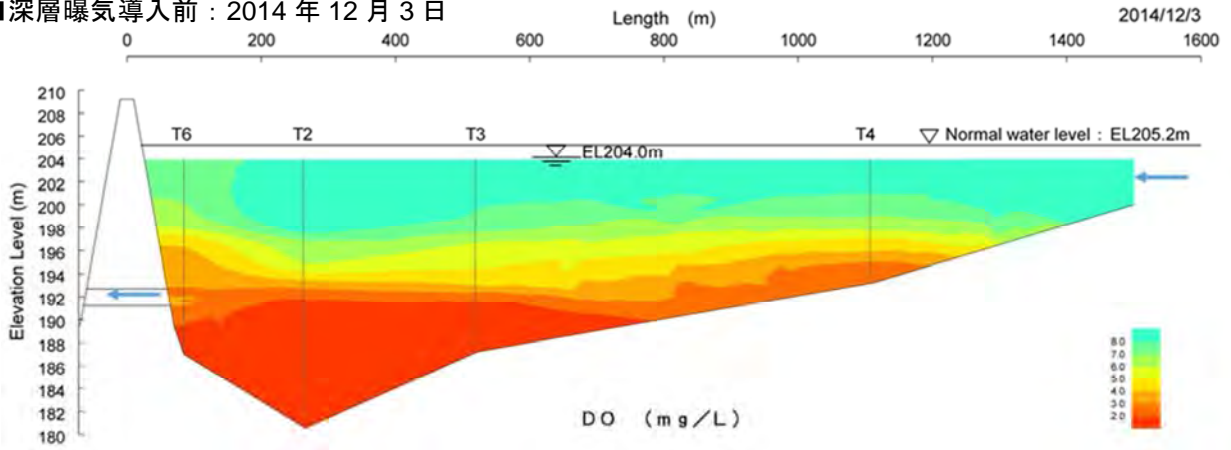
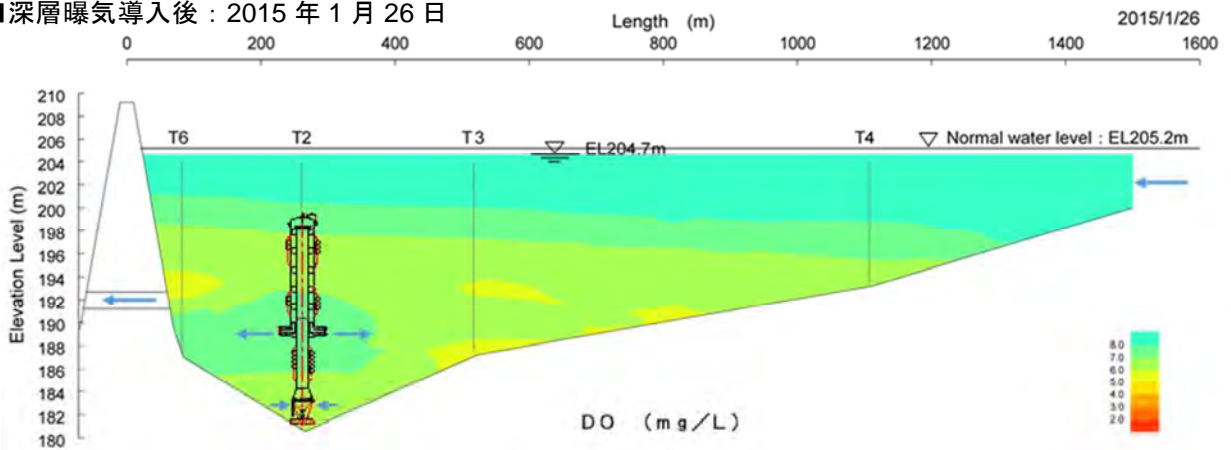


図 4.6 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化(水温)

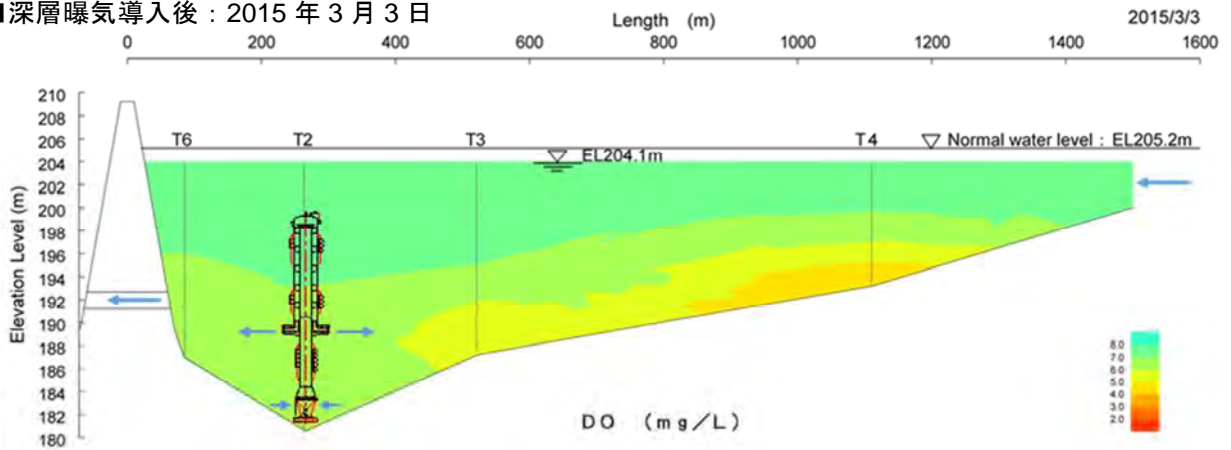
■ 深層曝気導入前：2014年12月3日



■ 深層曝気導入後：2015年1月26日



■ 深層曝気導入後：2015年3月3日



■ 深層曝気導入後：2015年3月24日

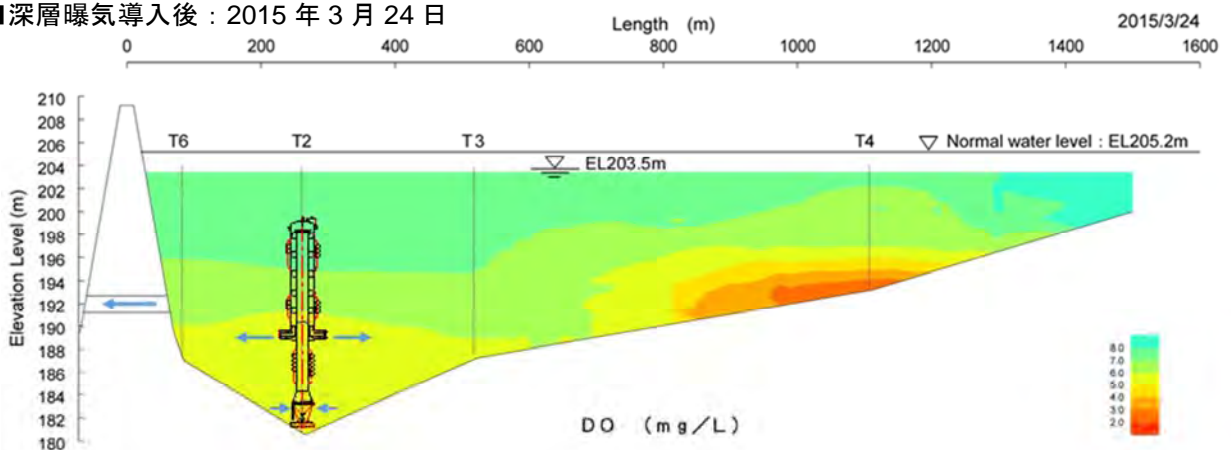
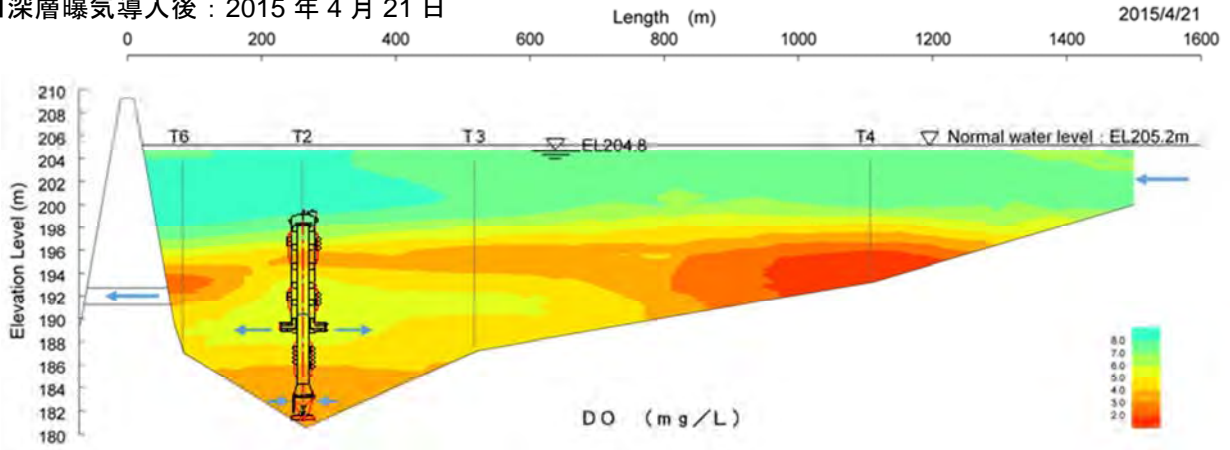
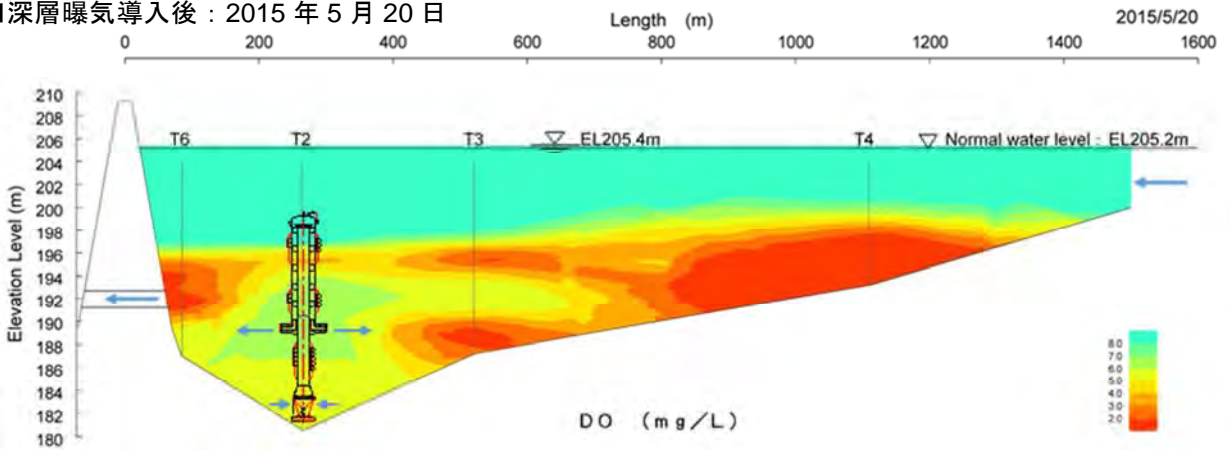


図 4.7 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化(溶存酸素: DO)

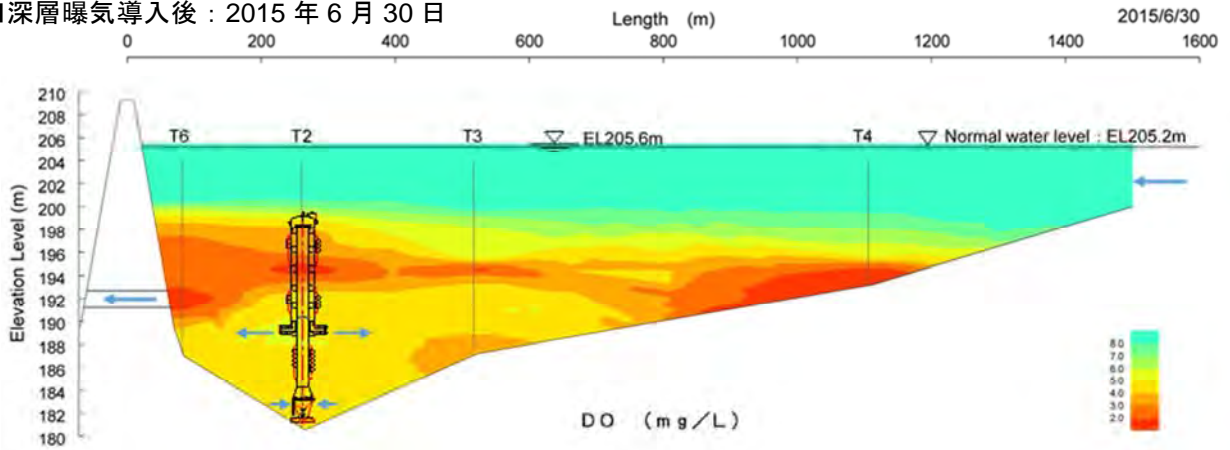
■ 深層曝気導入後：2015年4月21日



■ 深層曝気導入後：2015年5月20日



■ 深層曝気導入後：2015年6月30日



■ 深層曝気導入後：2015年7月23日

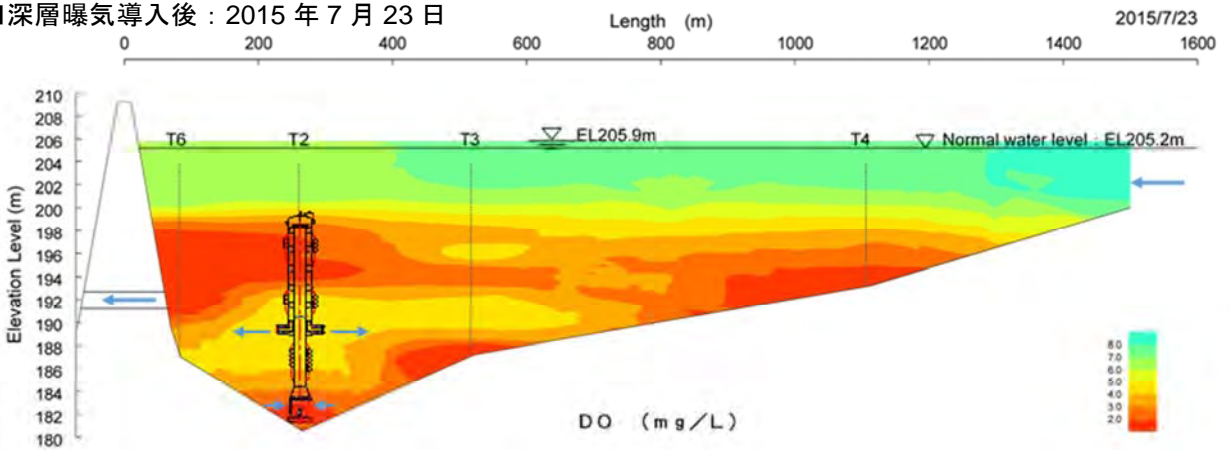
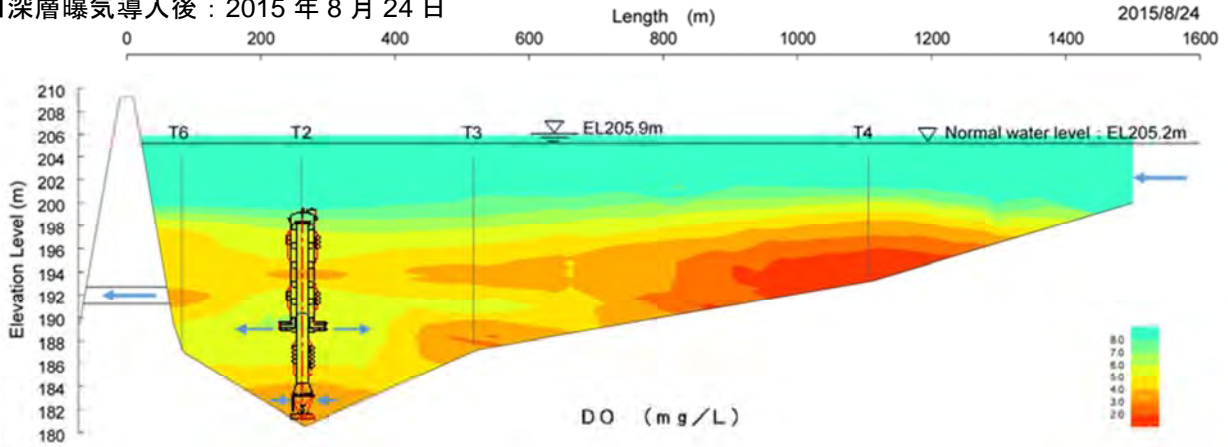
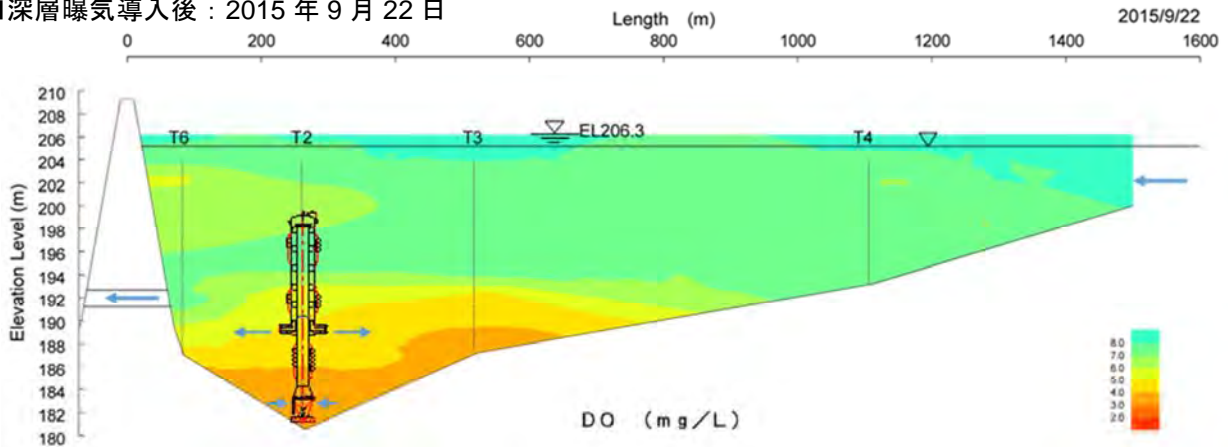


図 4.8 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化(溶存酸素:DO)

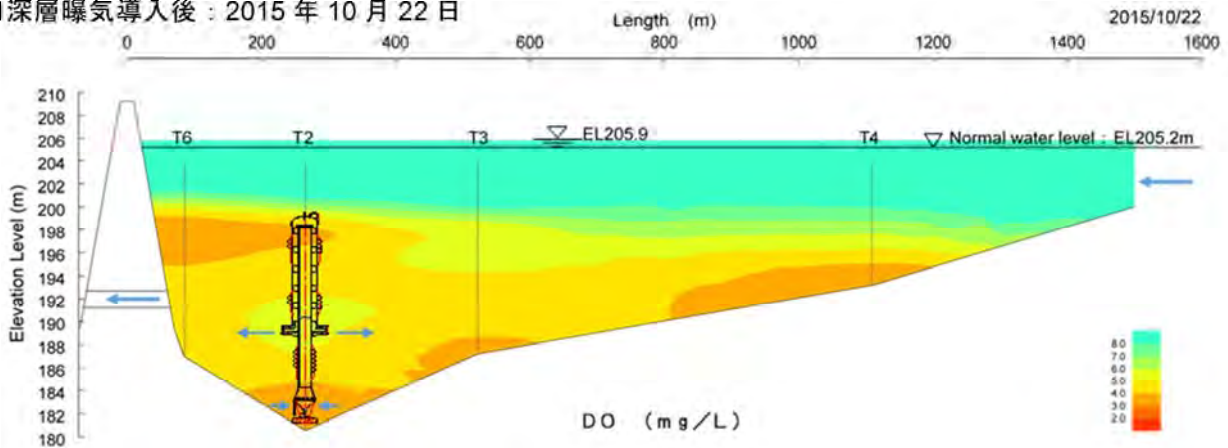
■ 深層曝気導入後：2015年8月24日



■ 深層曝気導入後：2015年9月22日



■ 深層曝気導入後：2015年10月22日



■ 深層曝気導入後：2015年11月23日

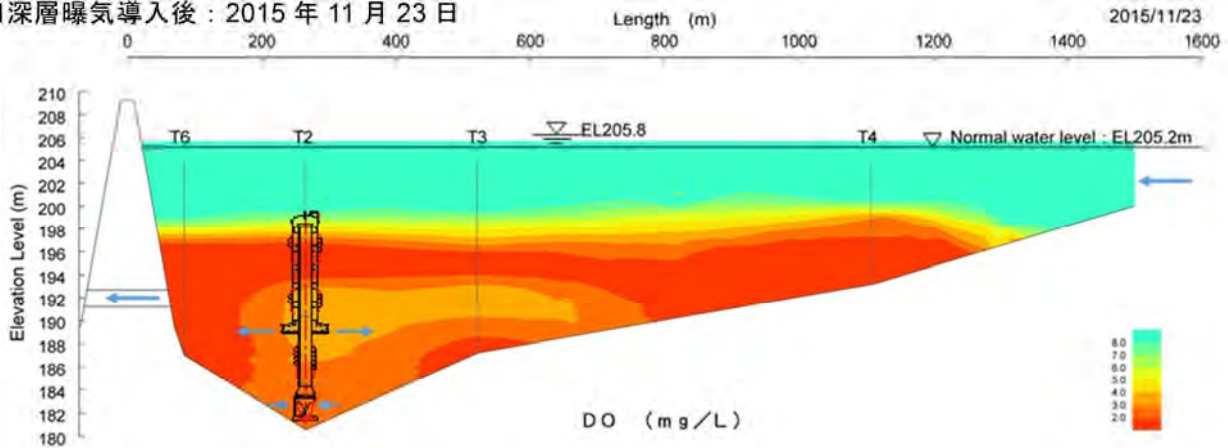


図 4.9 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化(溶存酸素: DO)

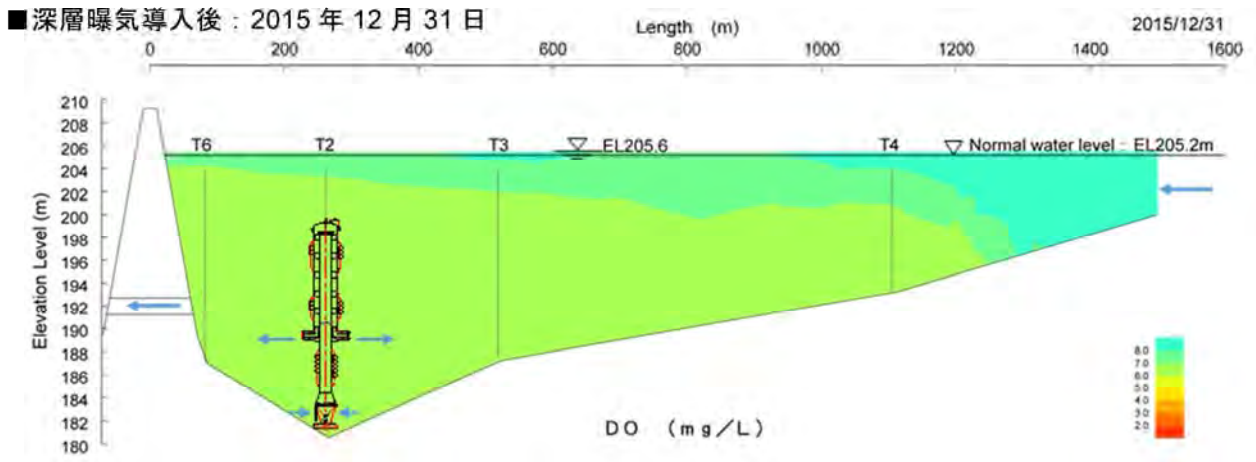
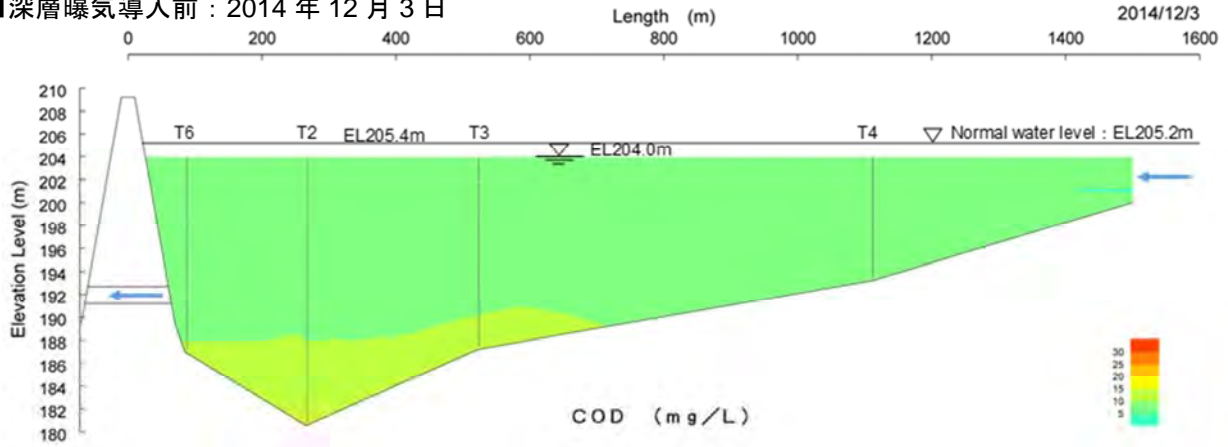
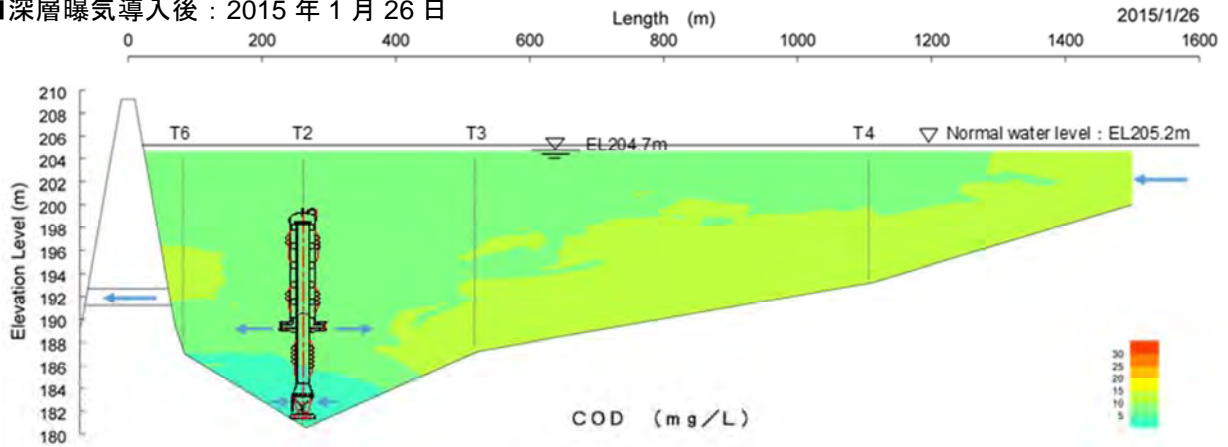


図 4.10 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化（溶存酸素：DO）

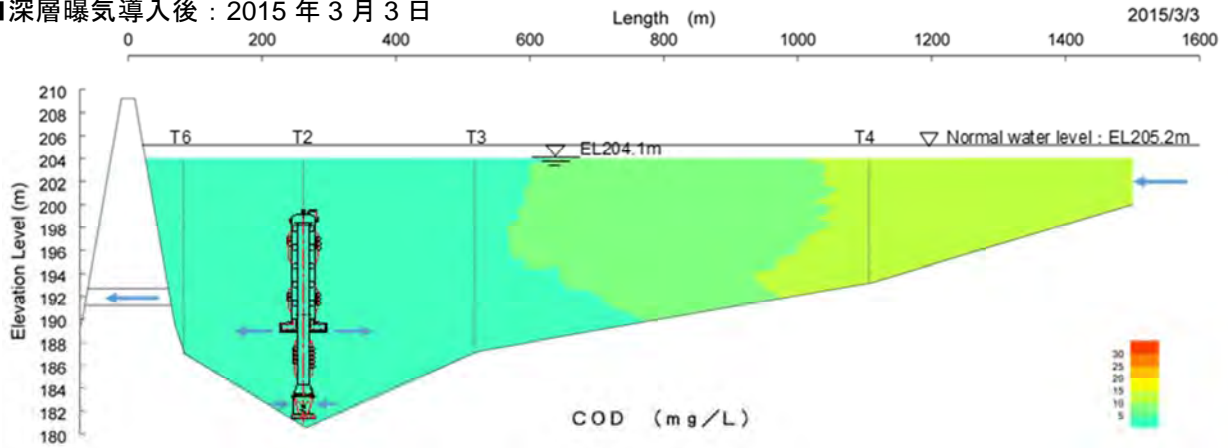
■ 深層曝気導入前：2014年12月3日



■ 深層曝気導入後：2015年1月26日



■ 深層曝気導入後：2015年3月3日



■ 深層曝気導入後：2015年3月24日

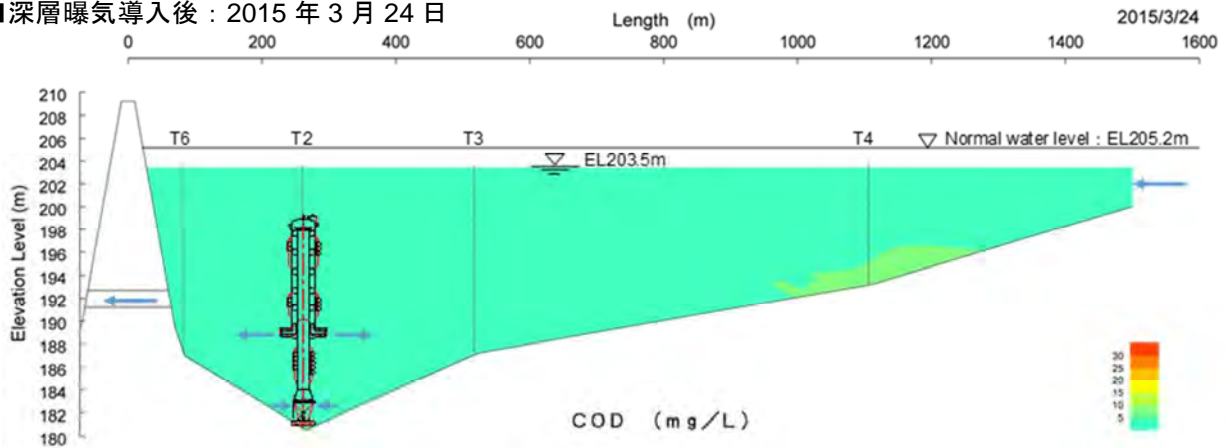


図 4.11 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化(COD)

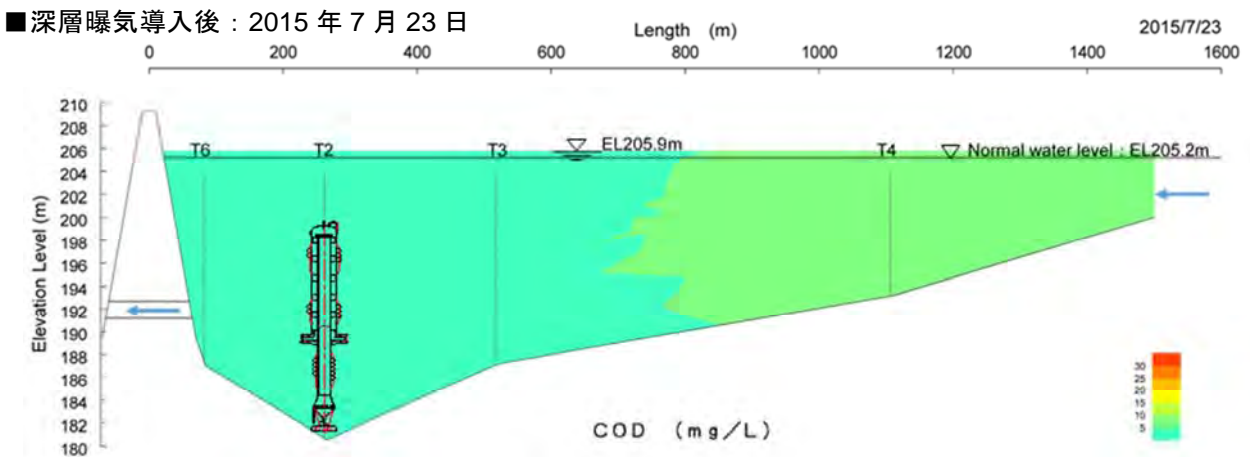
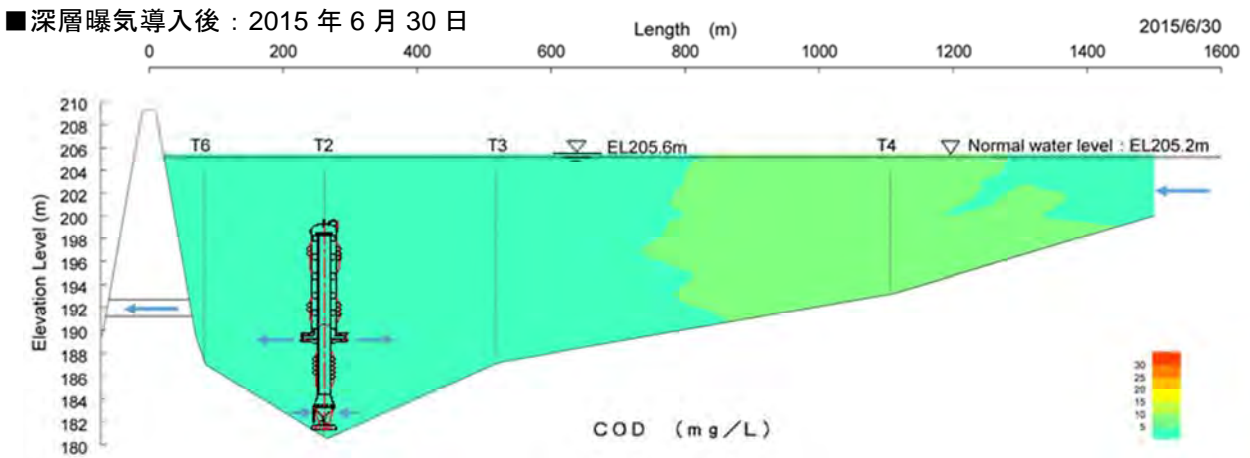
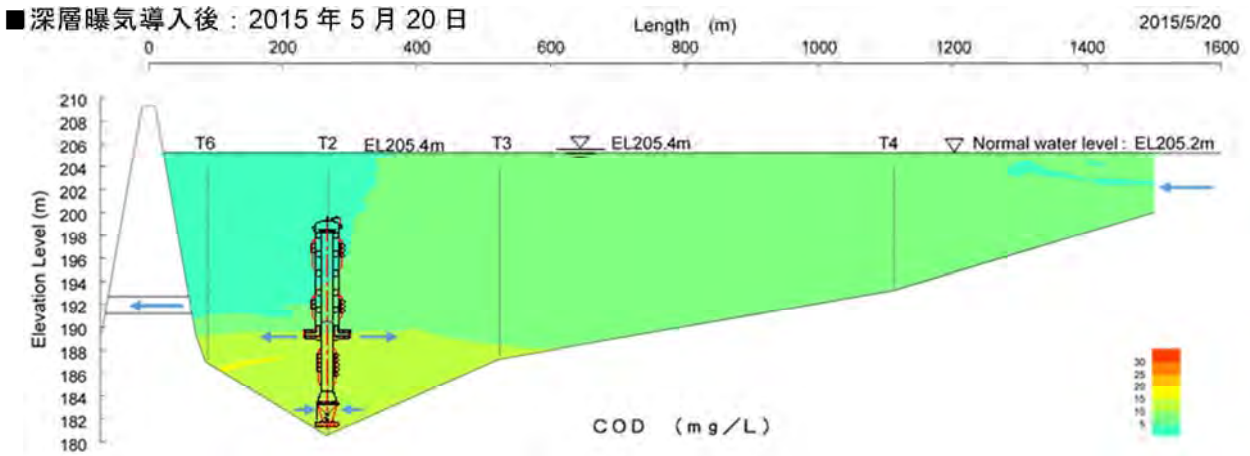
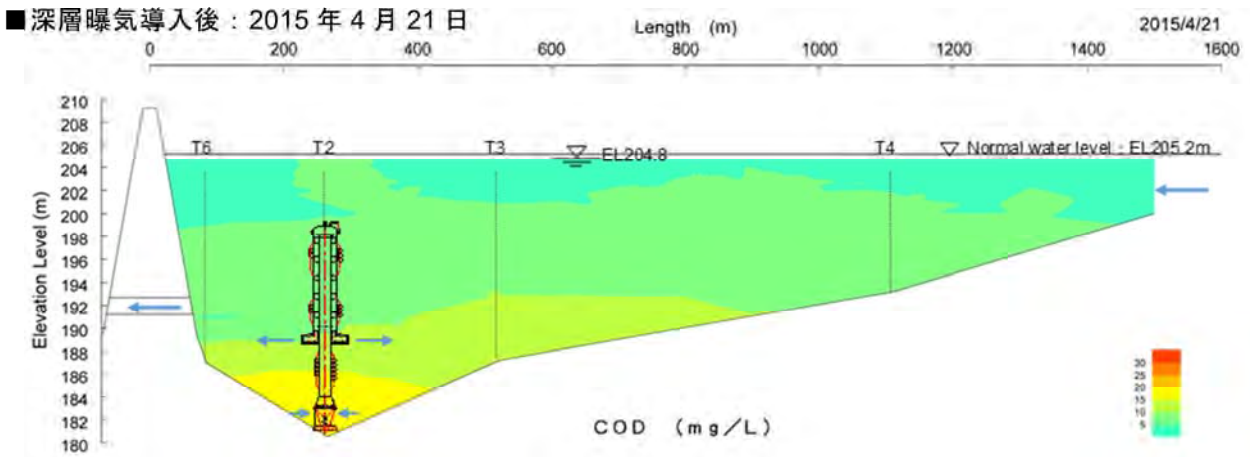
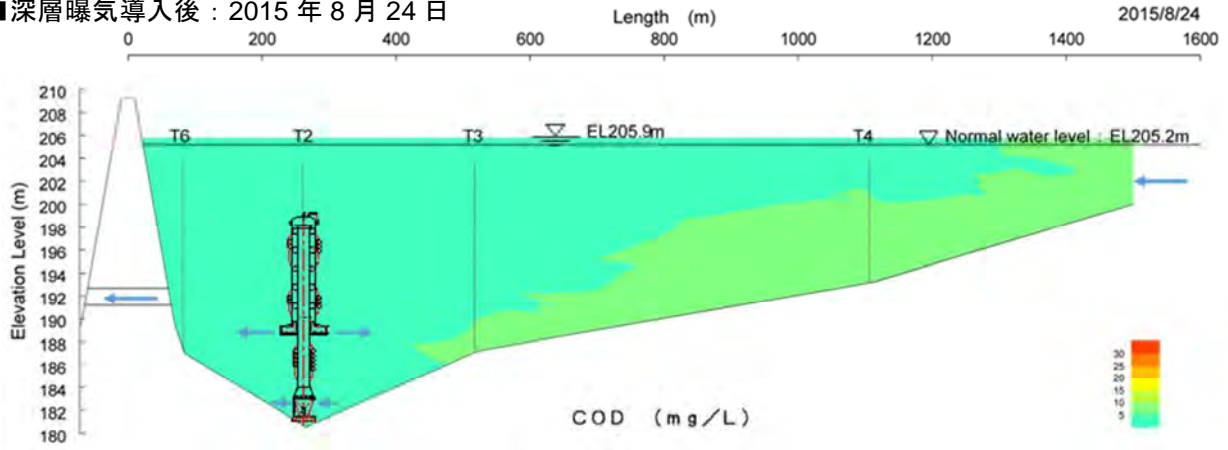
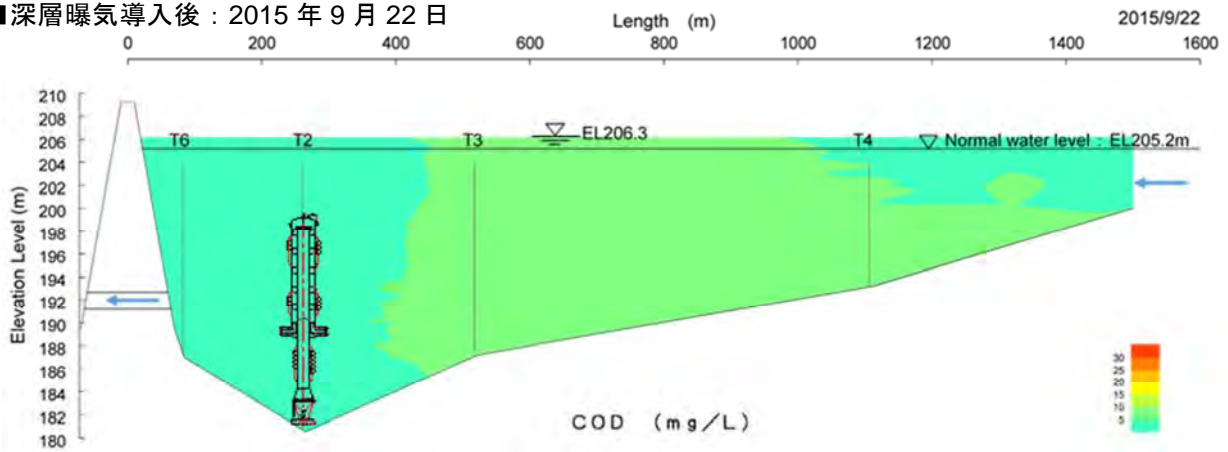


図4.12 Trongダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化(COD)

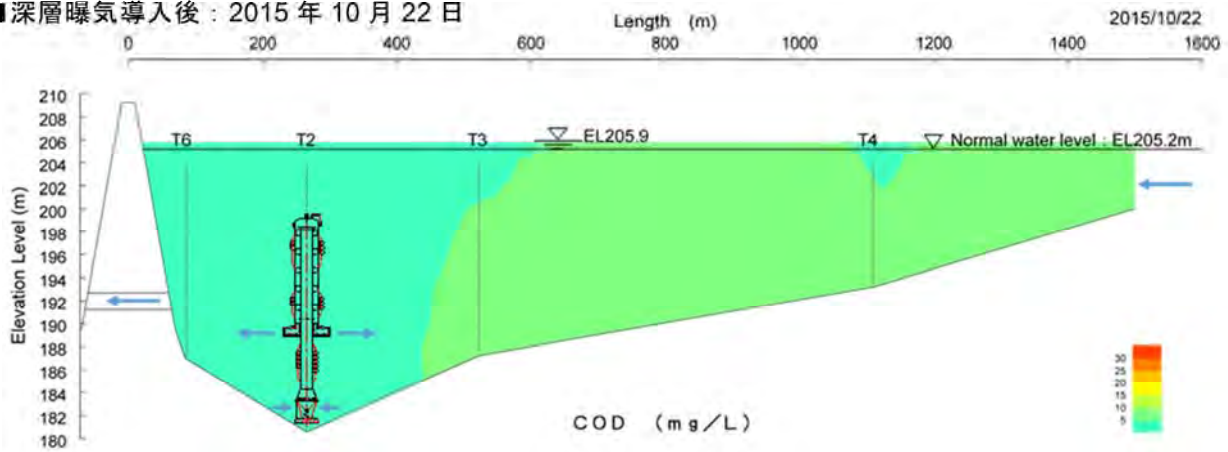
■ 深層曝気導入後：2015年8月24日



■ 深層曝気導入後：2015年9月22日



■ 深層曝気導入後：2015年10月22日



■ 深層曝気導入後：2015年11月23日

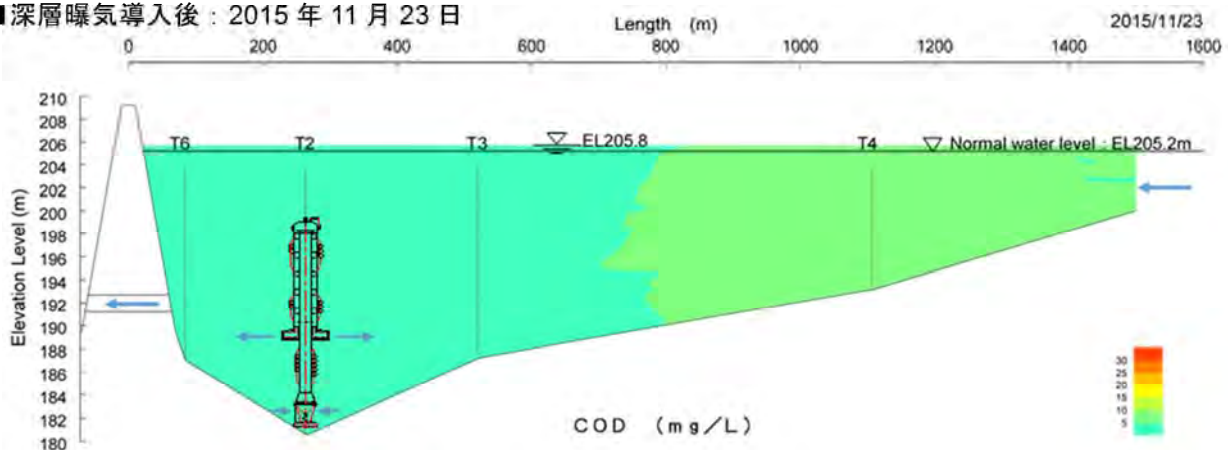


図 4.13 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化(COD)

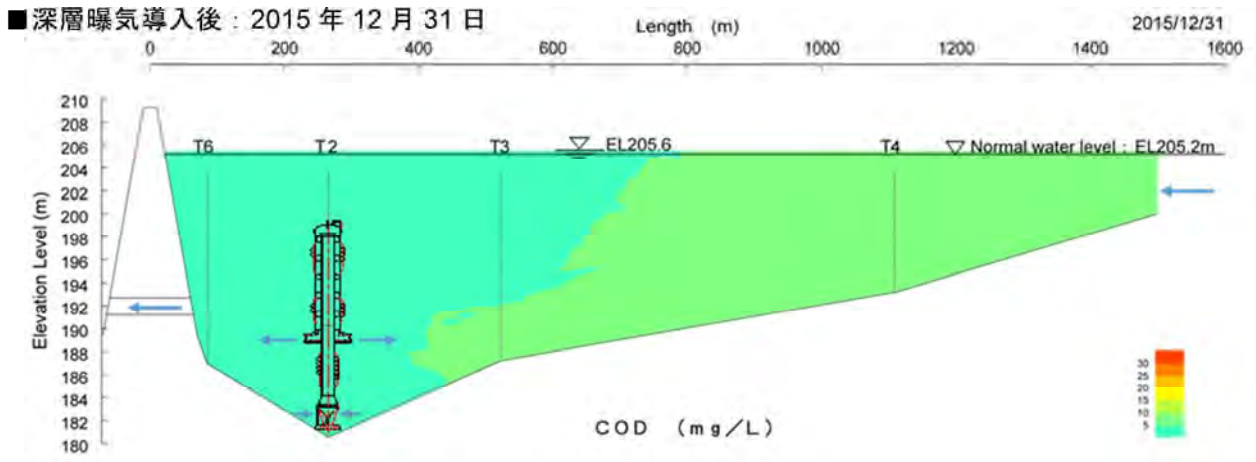
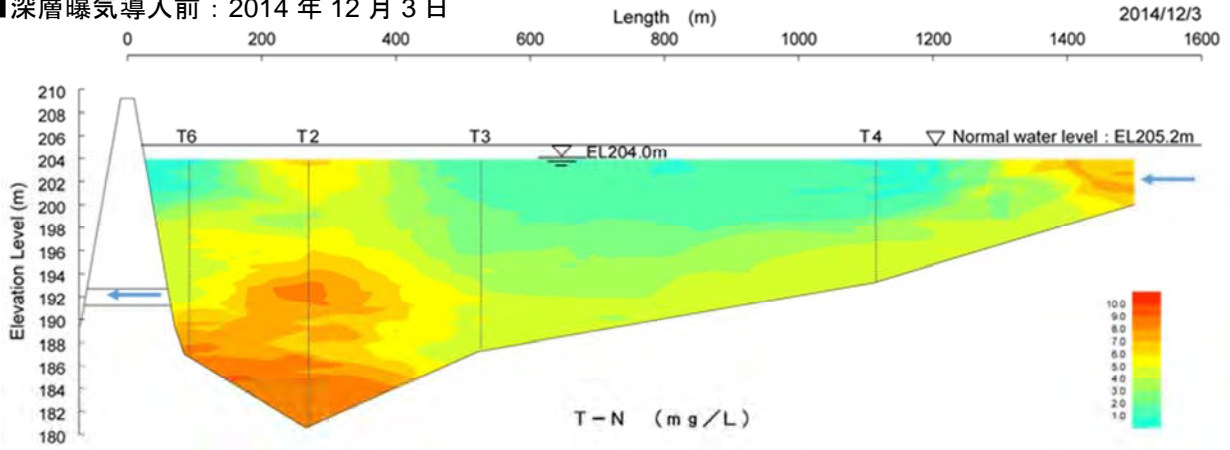
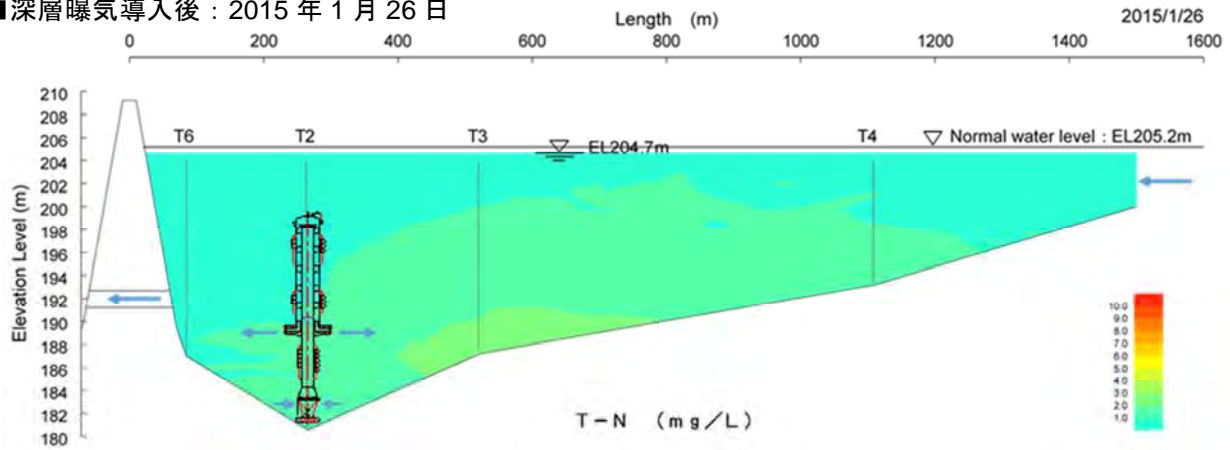


図 4.14 Trongダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化(COD)

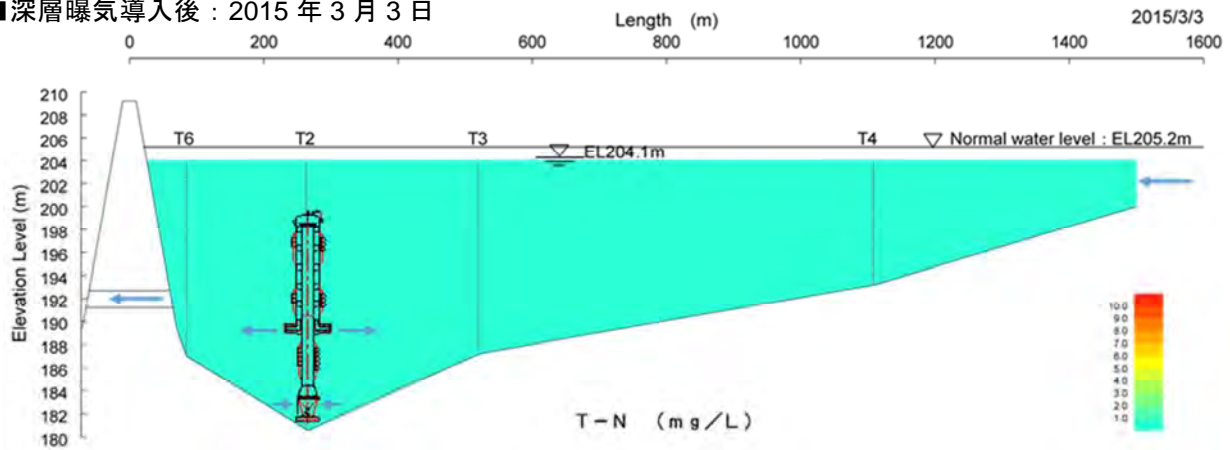
■ 深層曝気導入前：2014年12月3日



■ 深層曝気導入後：2015年1月26日



■ 深層曝気導入後：2015年3月3日



■ 深層曝気導入後：2015年3月24日

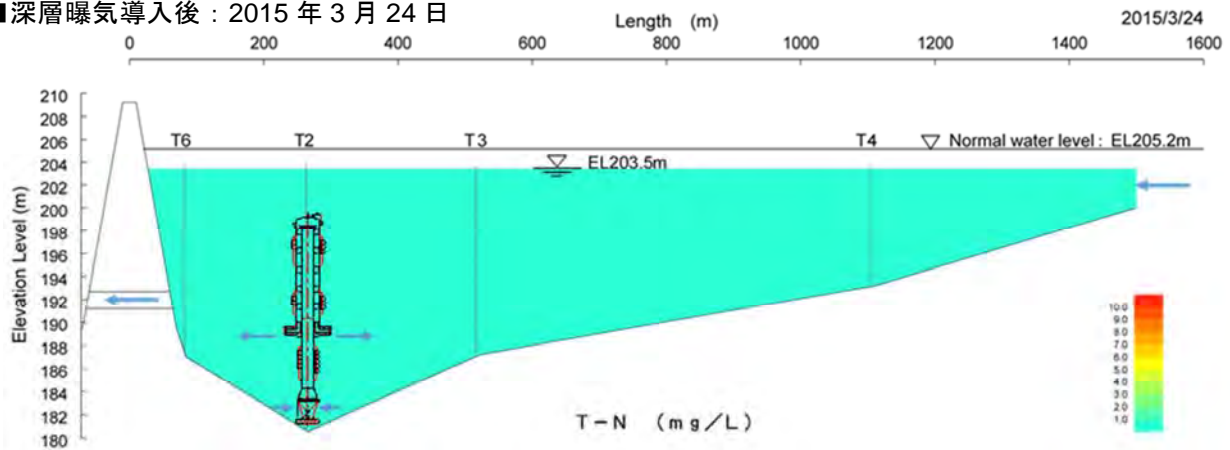
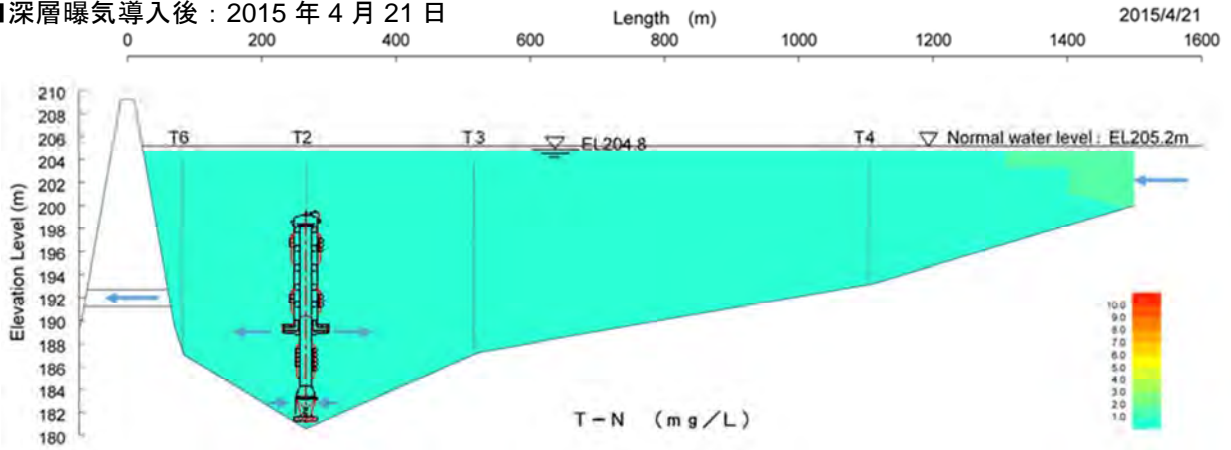
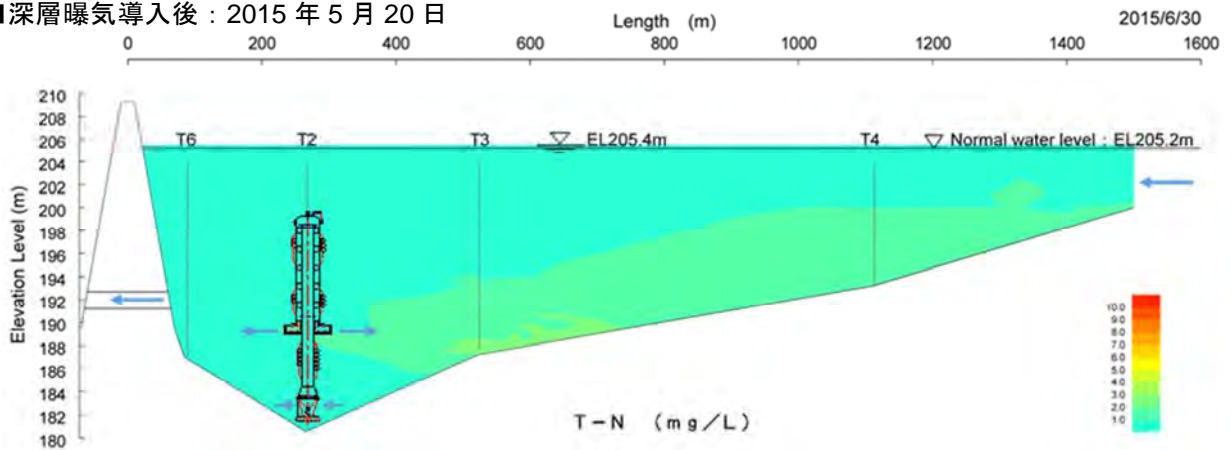


図 4.15 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化 (T-N)

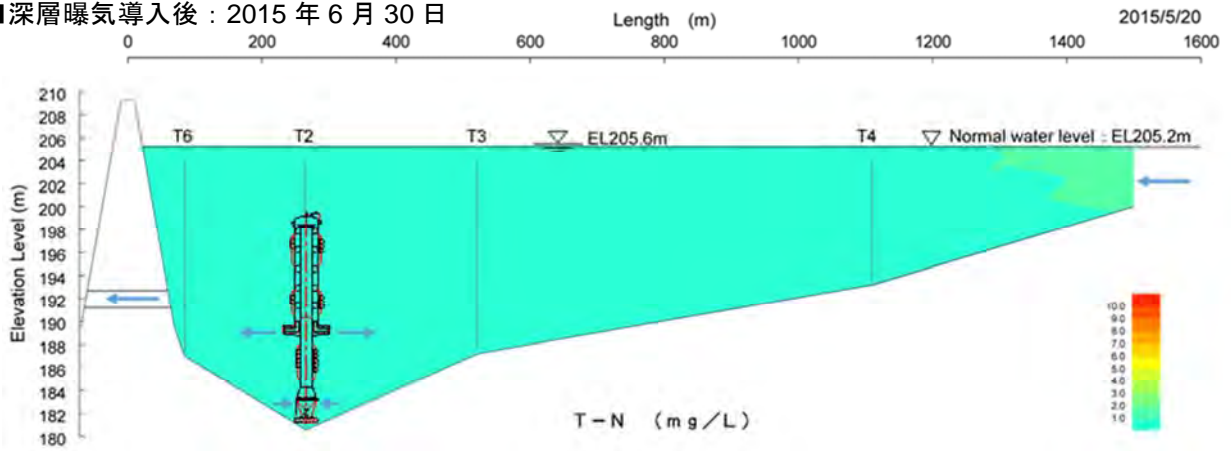
■ 深層曝気導入後：2015年4月21日



■ 深層曝気導入後：2015年5月20日



■ 深層曝気導入後：2015年6月30日



■ 深層曝気導入後：2015年7月23日

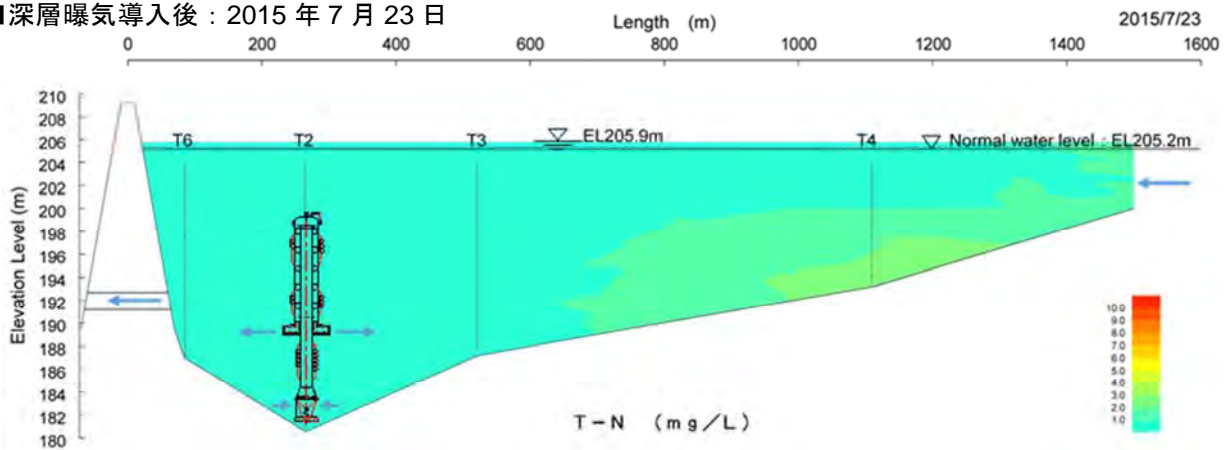


図 4.16 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化 (T-N)

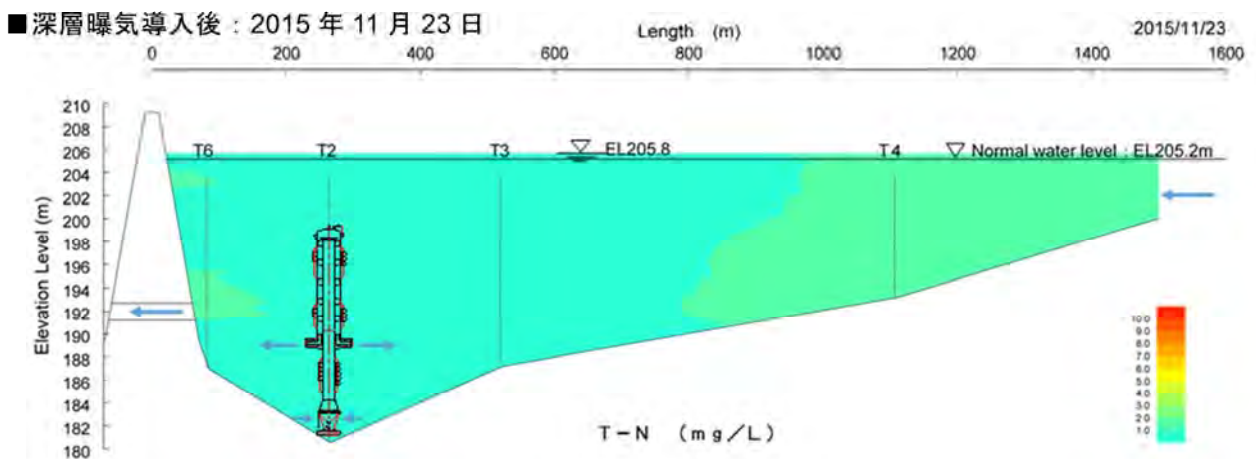
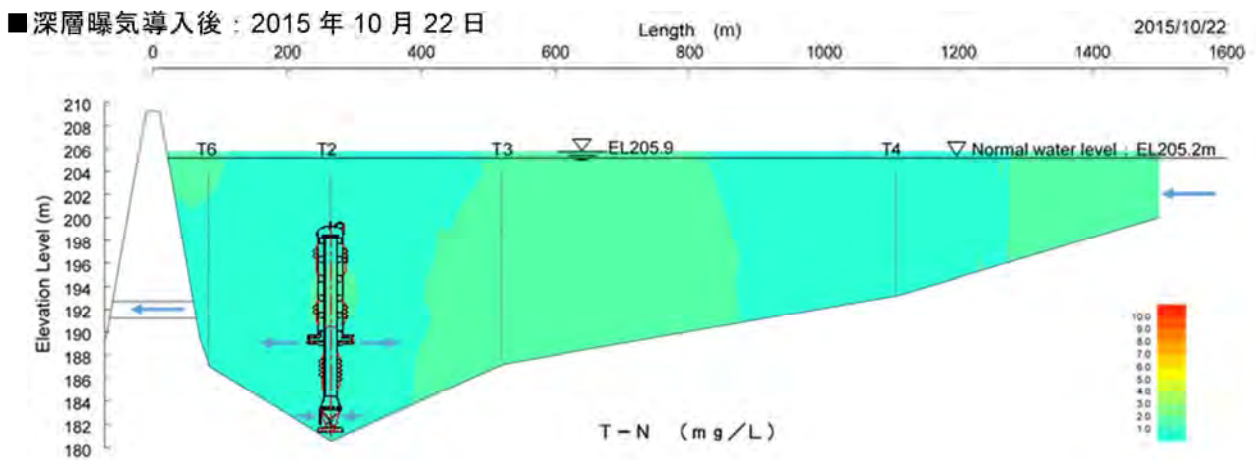
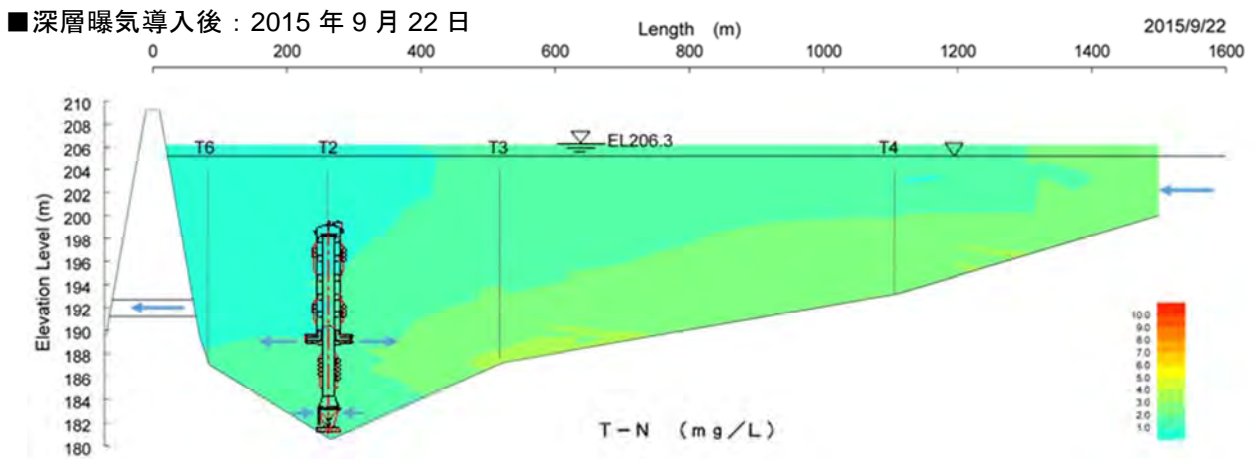
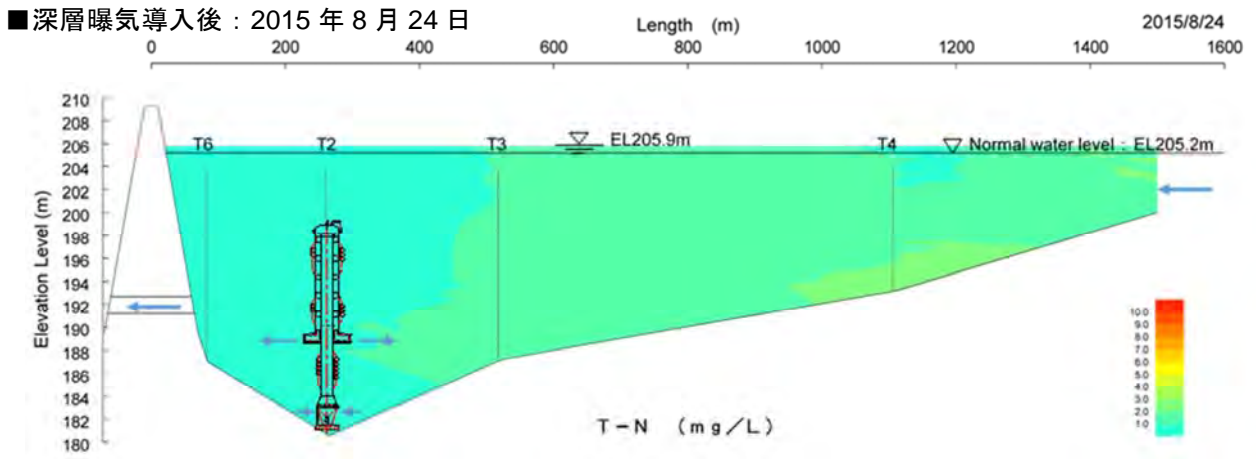


図 4.17 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化 (T-N)

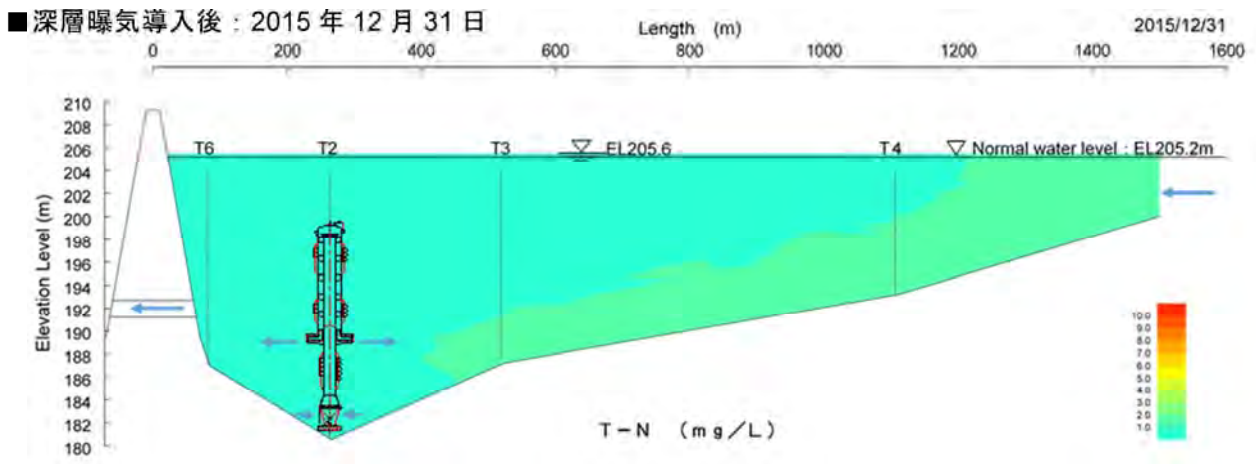
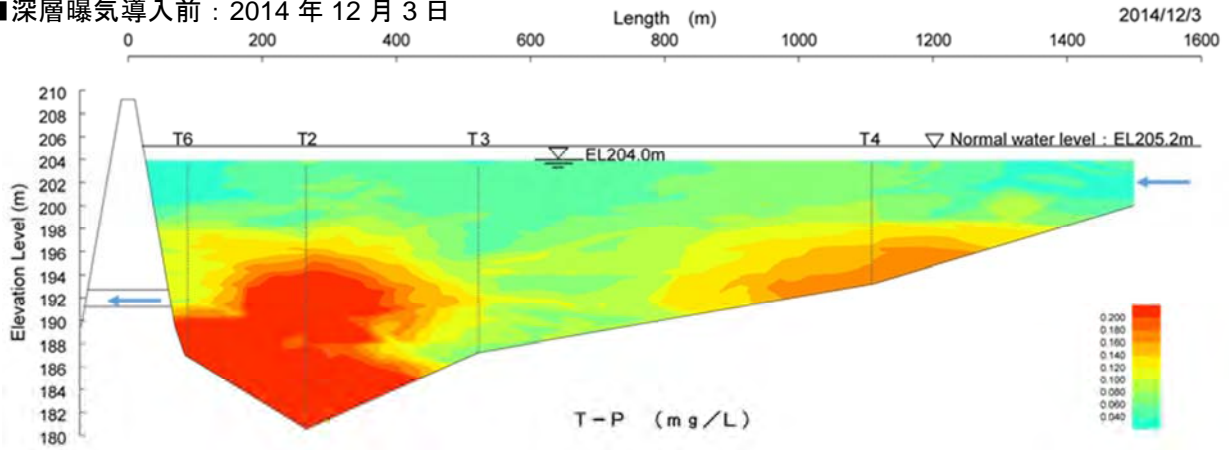
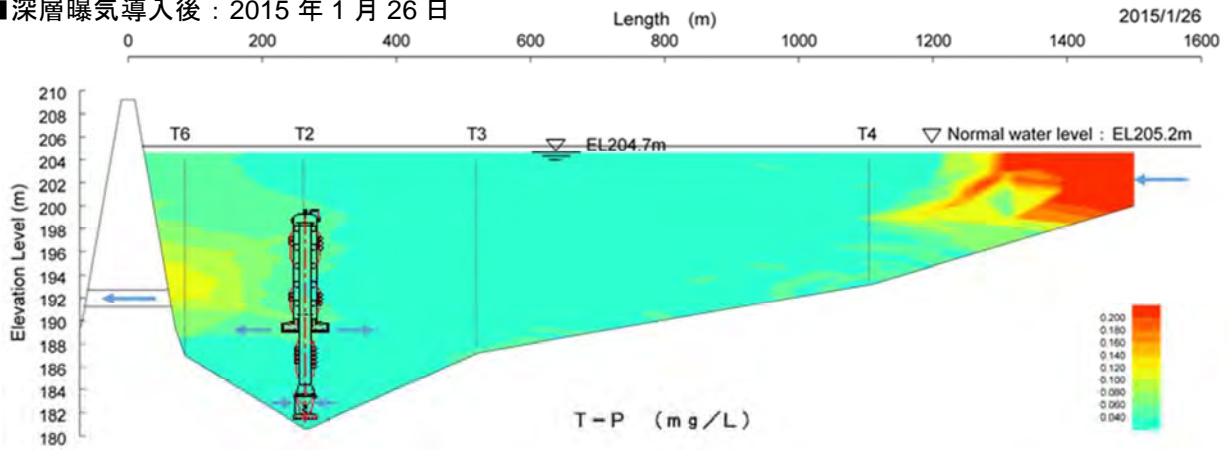


図 4.18 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化 (T-N)

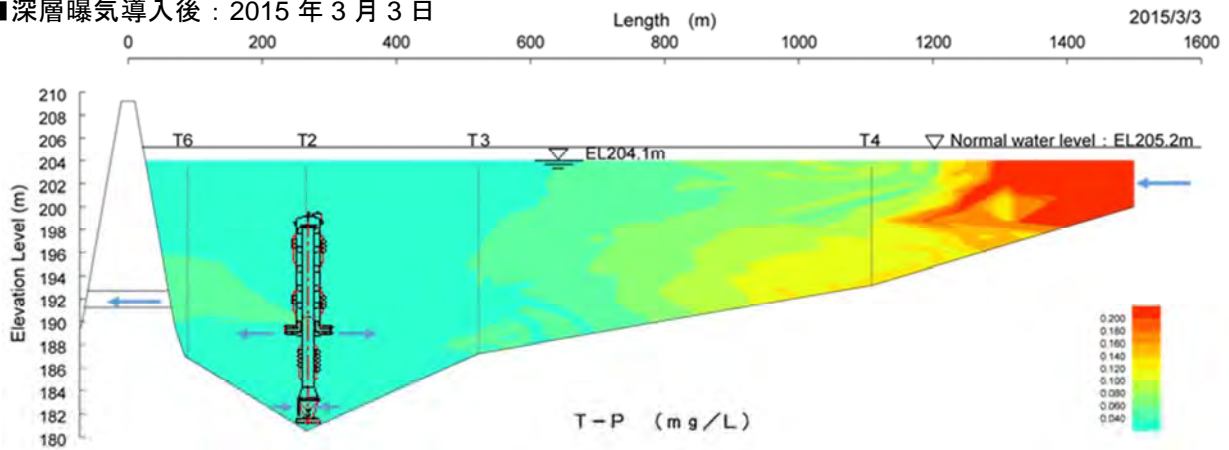
■ 深層曝気導入前：2014年12月3日



■ 深層曝気導入後：2015年1月26日



■ 深層曝気導入後：2015年3月3日



■ 深層曝気導入後：2015年3月24日

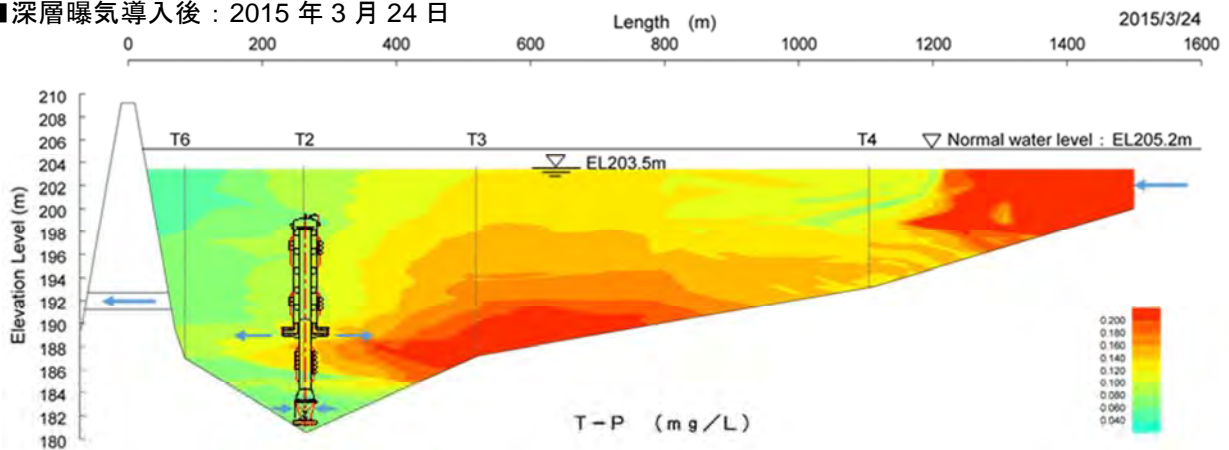
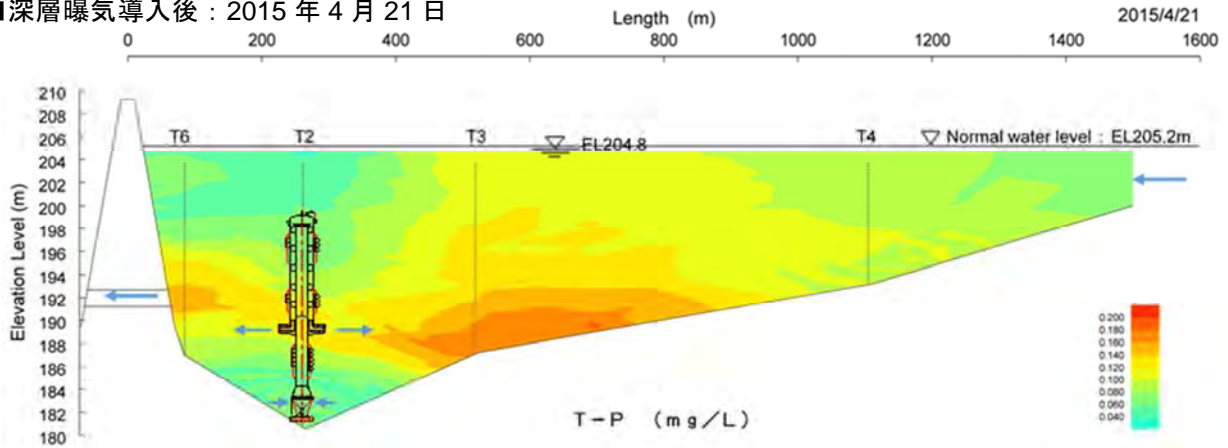
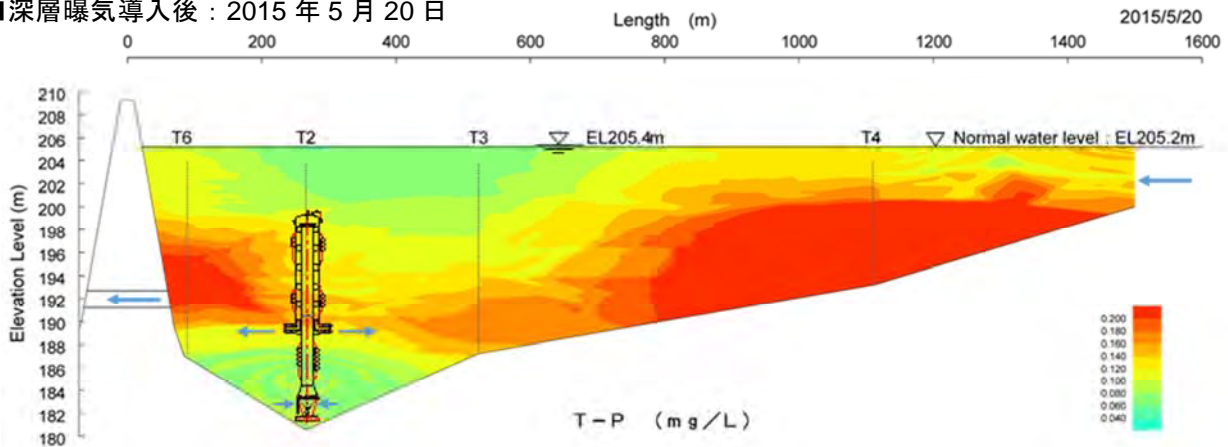


図 4.19 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化 (T-P)

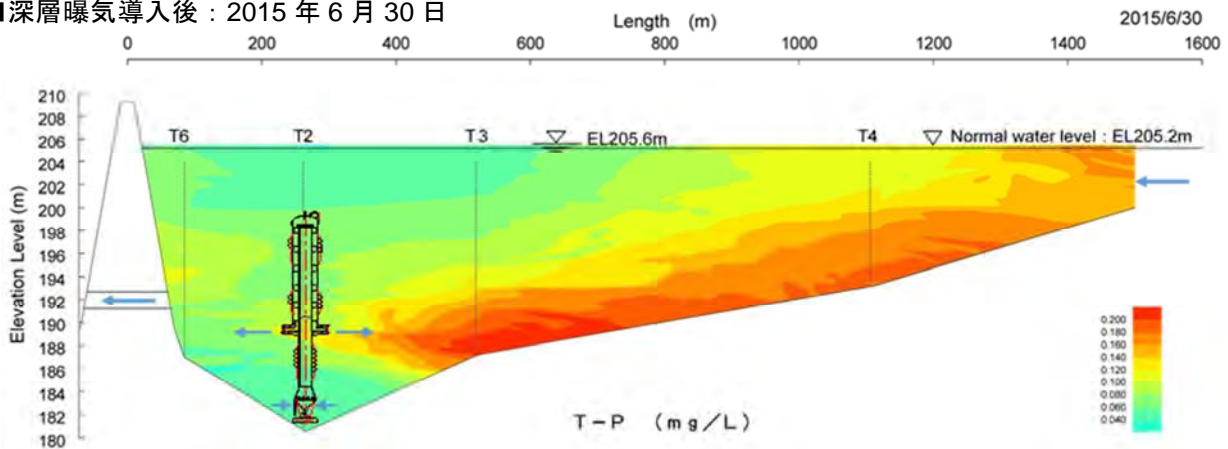
■ 深層曝気導入後：2015年4月21日



■ 深層曝気導入後：2015年5月20日



■ 深層曝気導入後：2015年6月30日



■ 深層曝気導入後：2015年7月23日

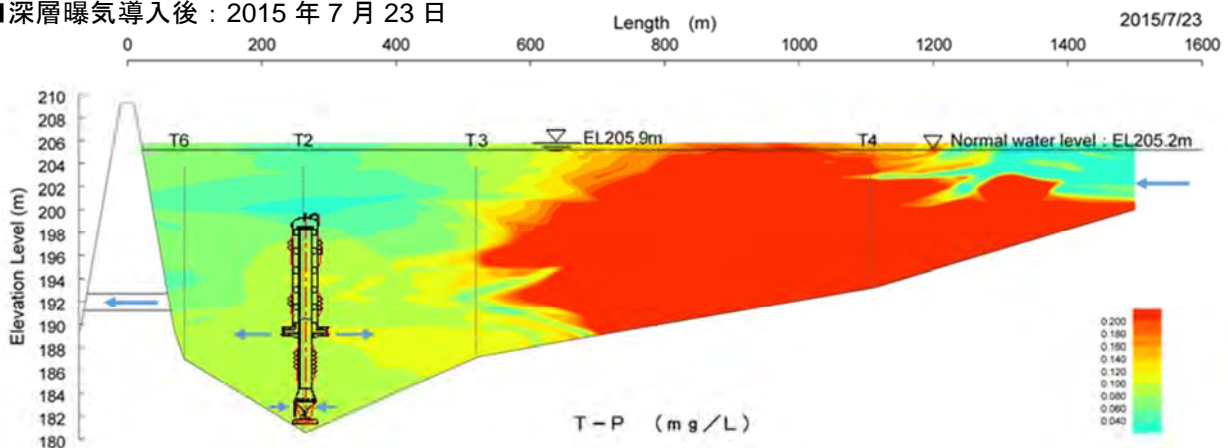
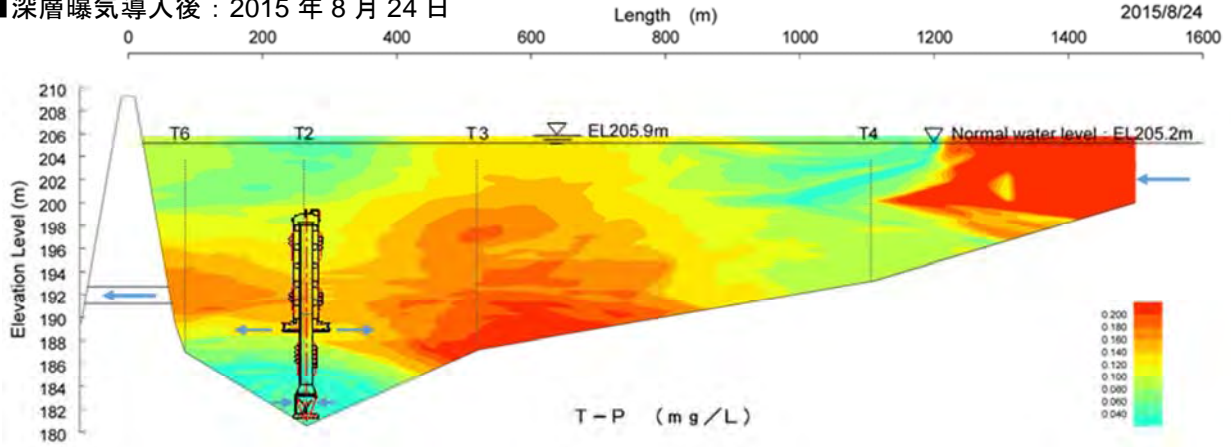
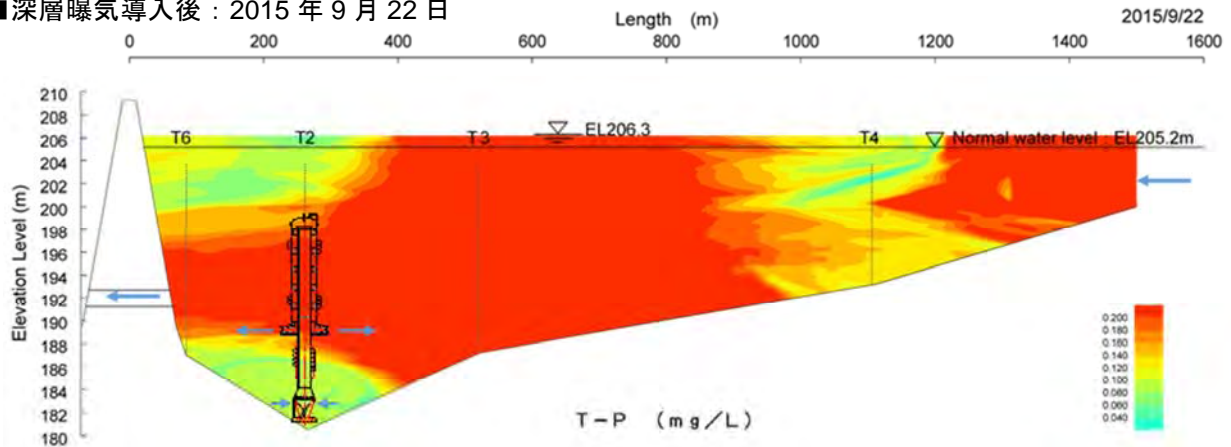


図 4.20 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化 (T-P)

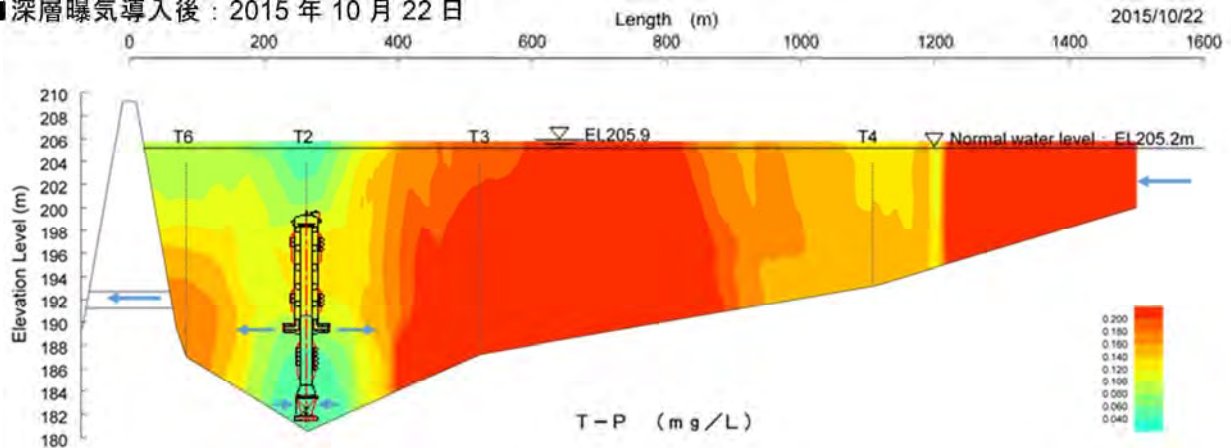
■ 深層曝気導入後：2015年8月24日



■ 深層曝気導入後：2015年9月22日



■ 深層曝気導入後：2015年10月22日



■ 深層曝気導入後：2015年11月23日

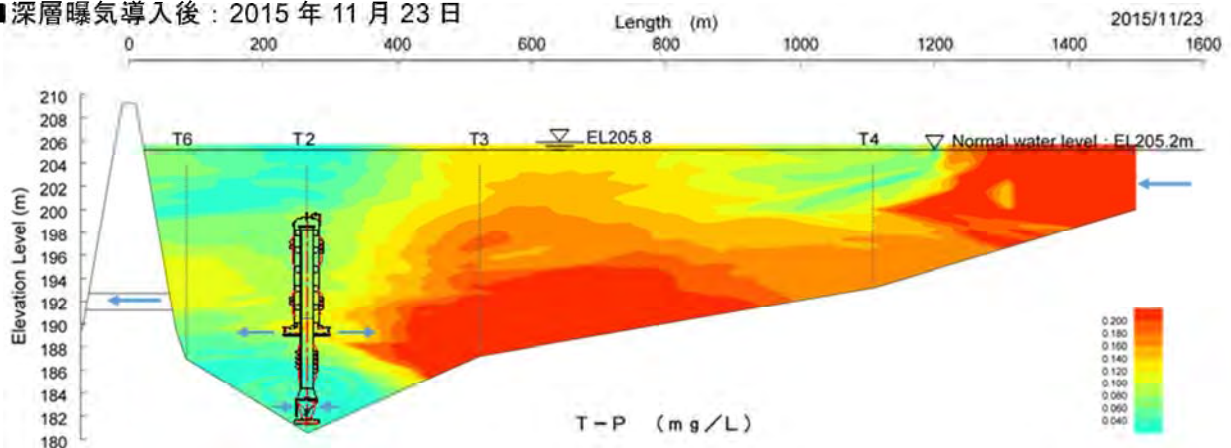


図 4.21 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化 (T-P)

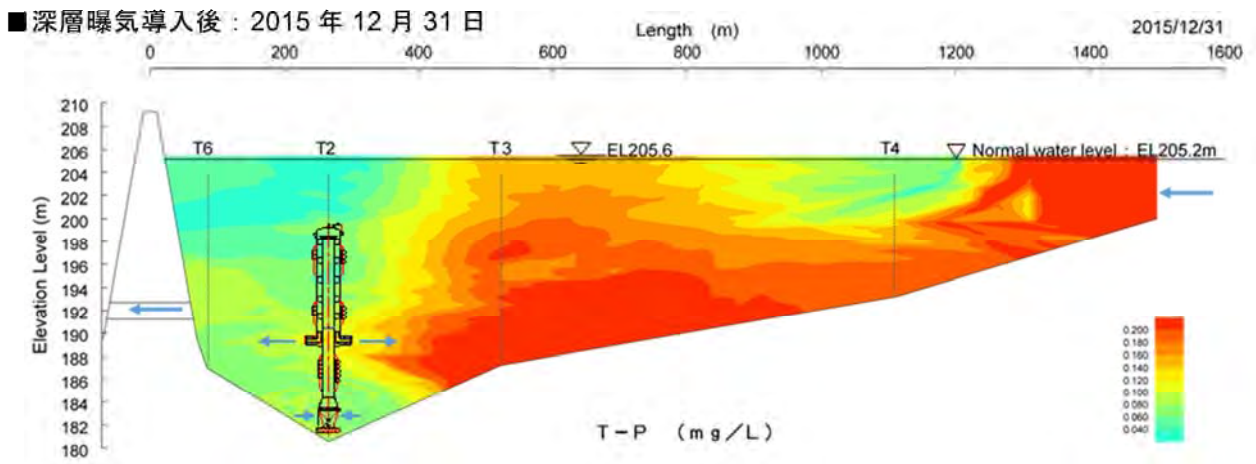
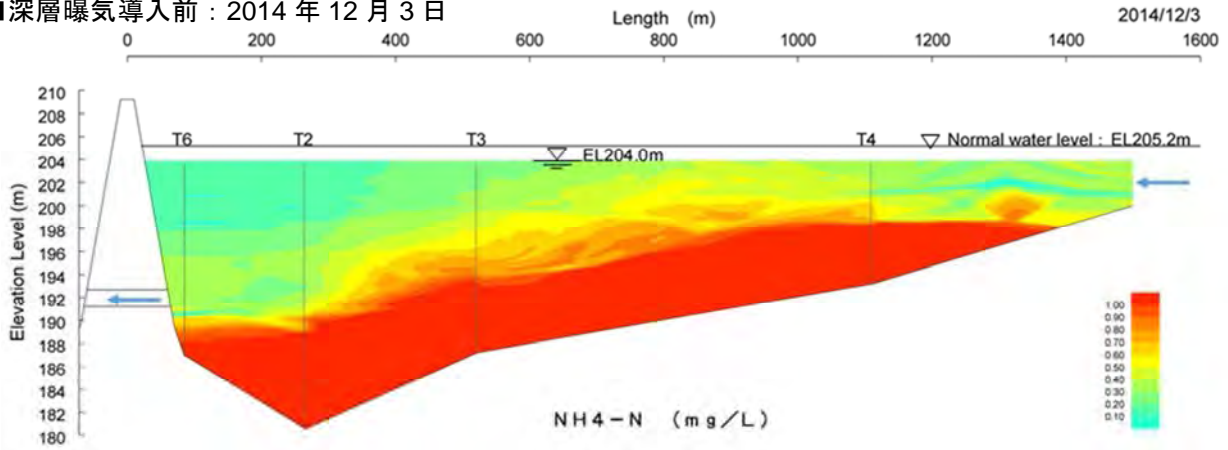
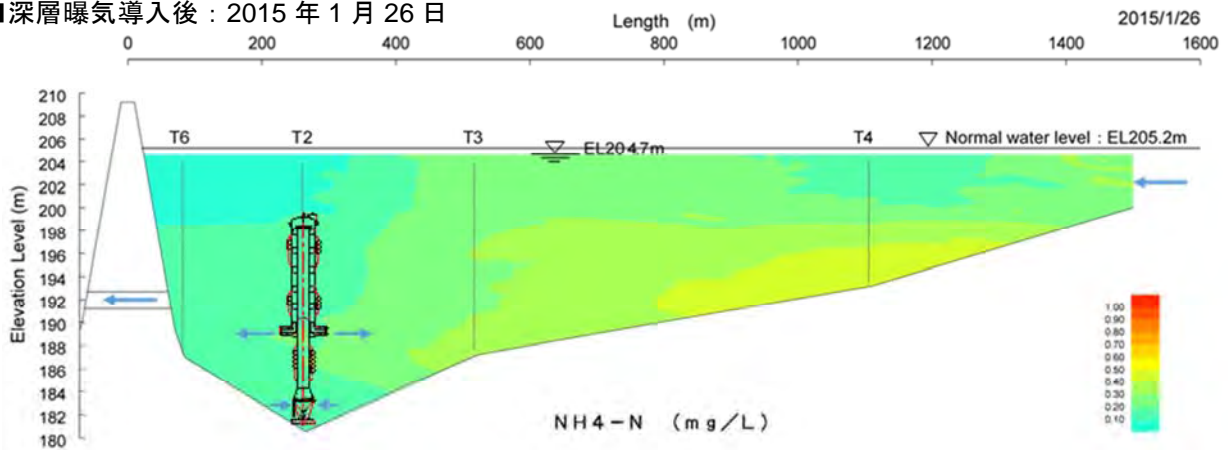


図 4.22 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化 (T-P)

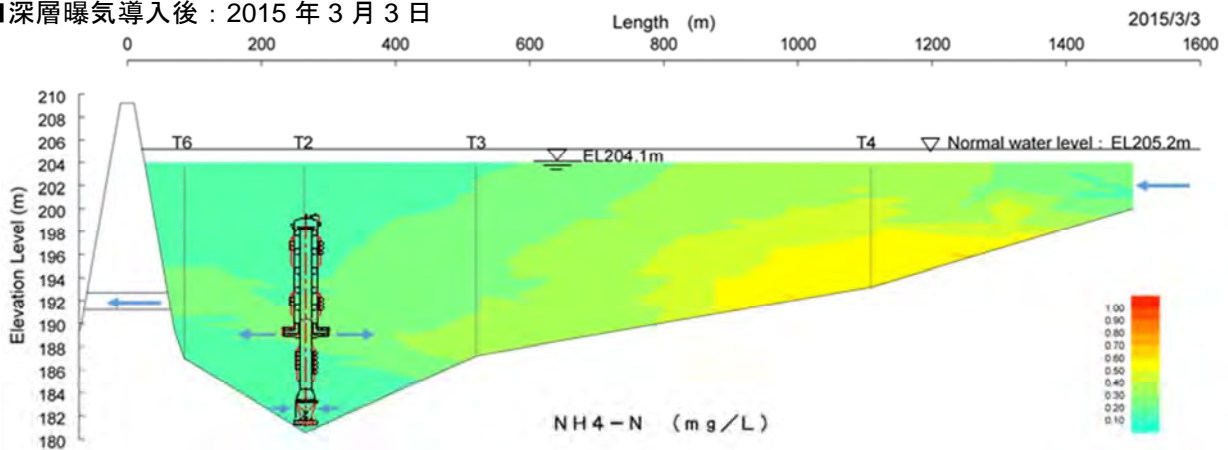
■ 深層曝気導入前：2014年12月3日



■ 深層曝気導入後：2015年1月26日



■ 深層曝気導入後：2015年3月3日



■ 深層曝気導入後：2015年3月24日

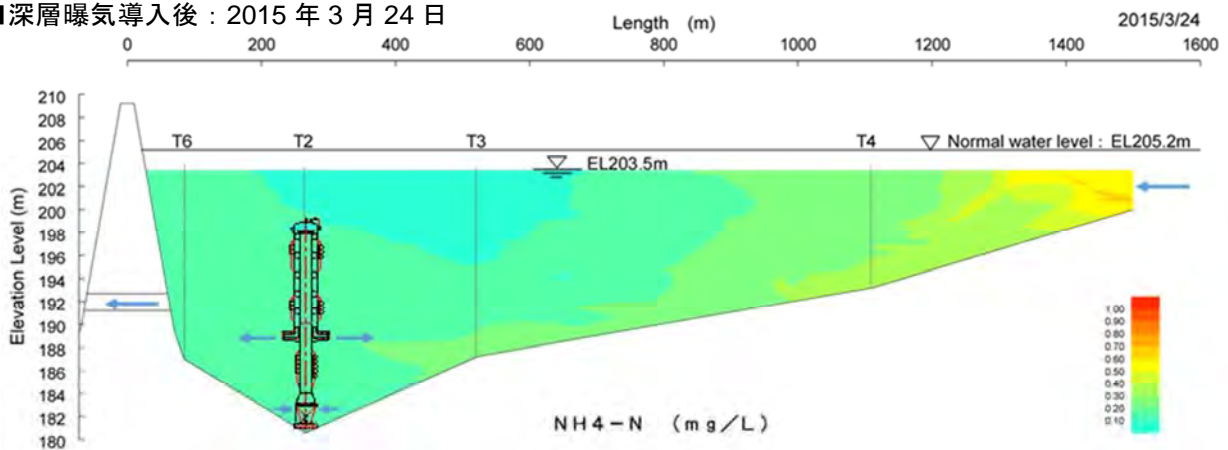
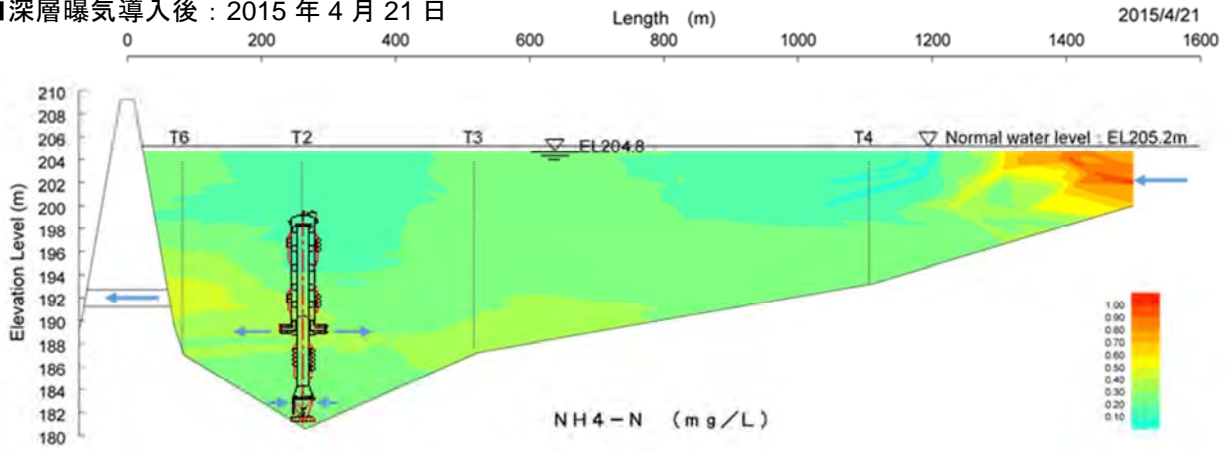
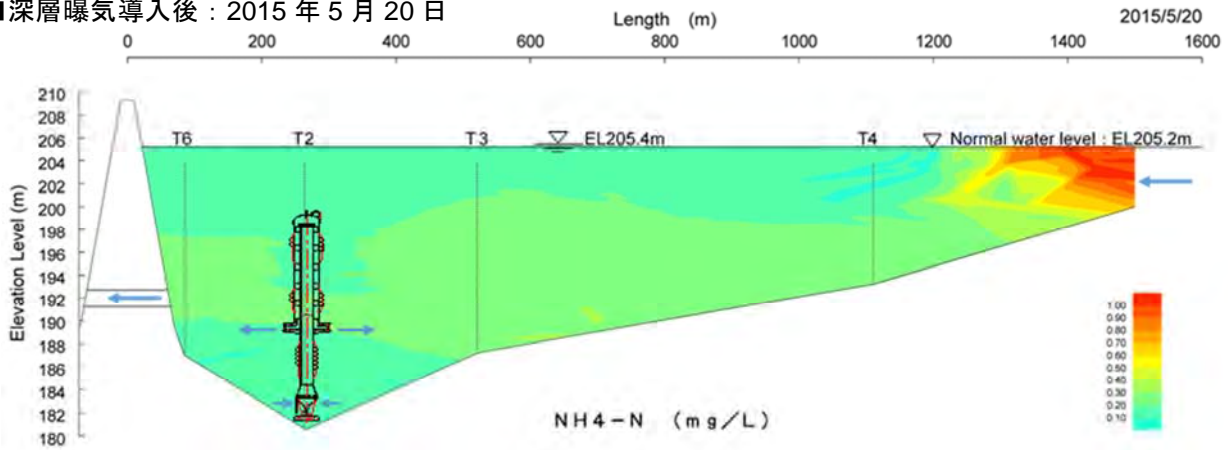


図 4.23 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化 (NH4-N)

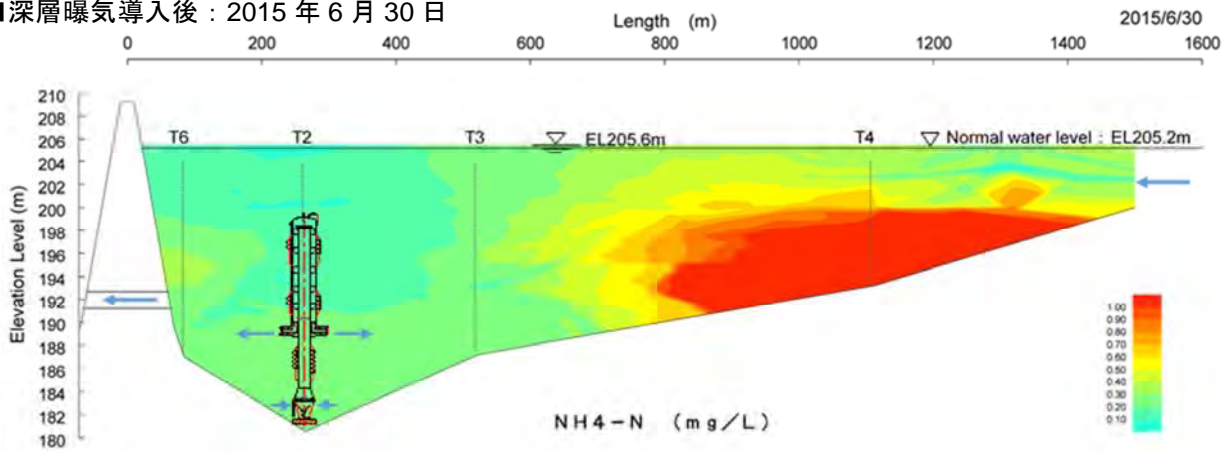
■ 深層曝気導入後：2015年4月21日



■ 深層曝気導入後：2015年5月20日



■ 深層曝気導入後：2015年6月30日



■ 深層曝気導入後：2015年7月23日

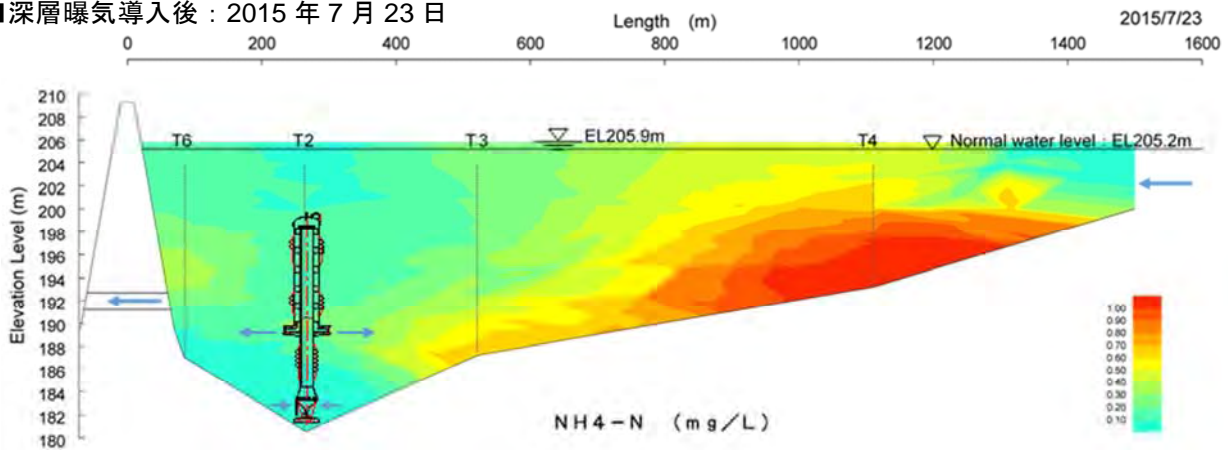
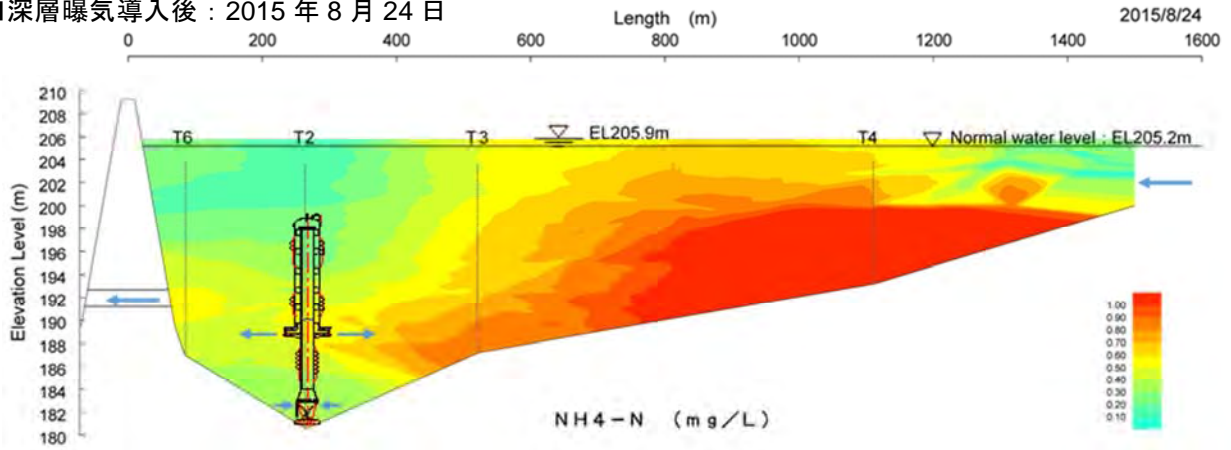
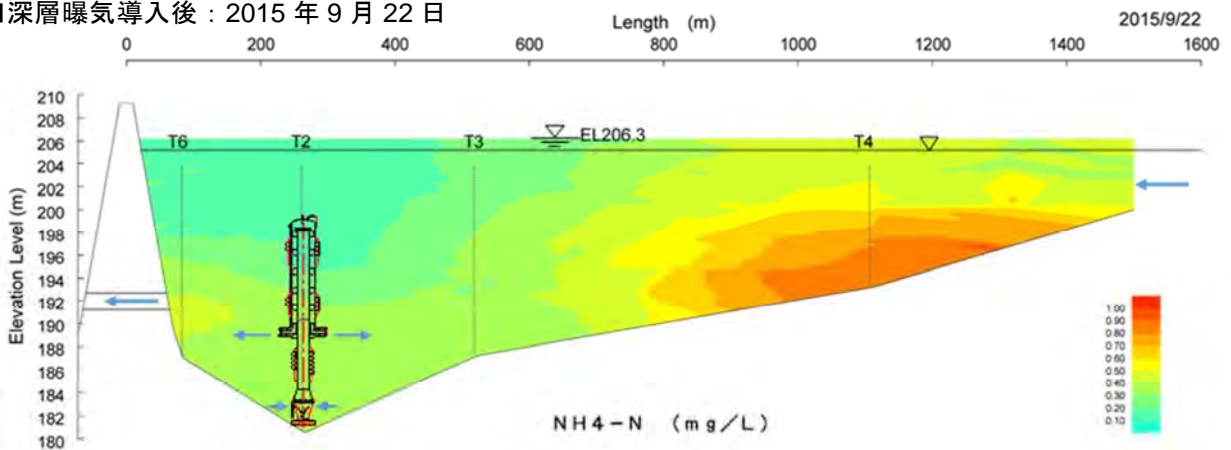


図 4.24 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化(NH4-N)

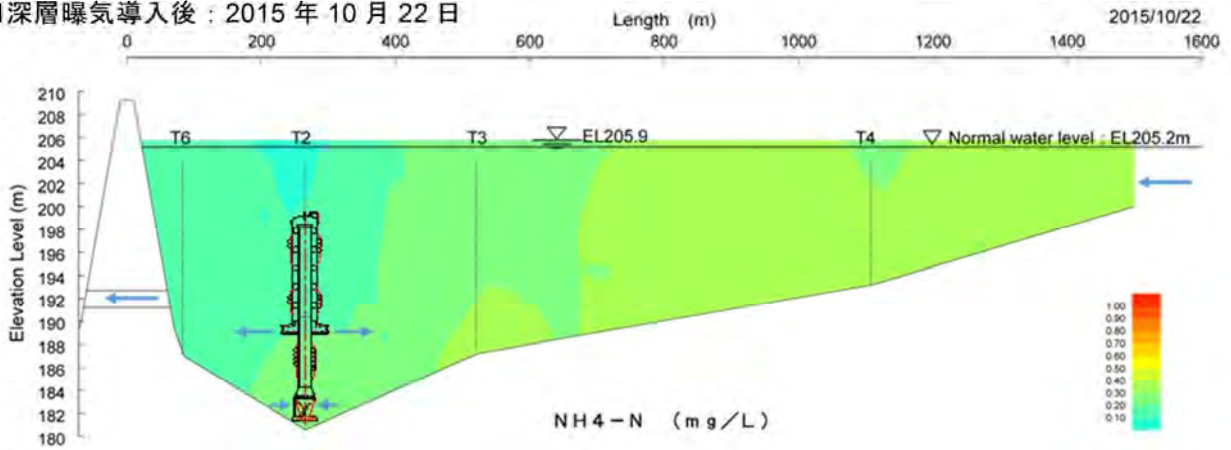
■ 深層曝気導入後：2015年8月24日



■ 深層曝気導入後：2015年9月22日



■ 深層曝気導入後：2015年10月22日



■ 深層曝気導入後：2015年11月23日

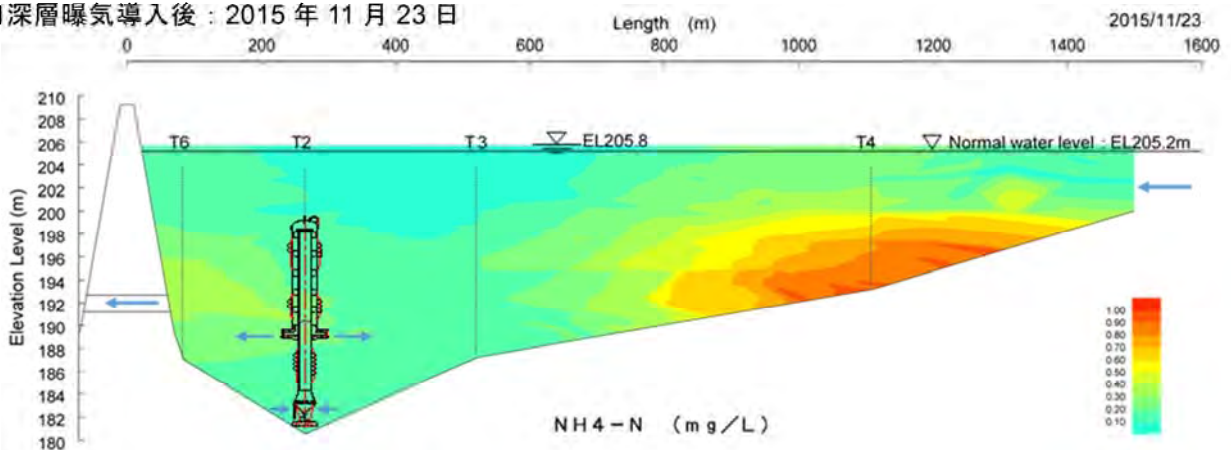


図 4.25 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化 (NH4-N)

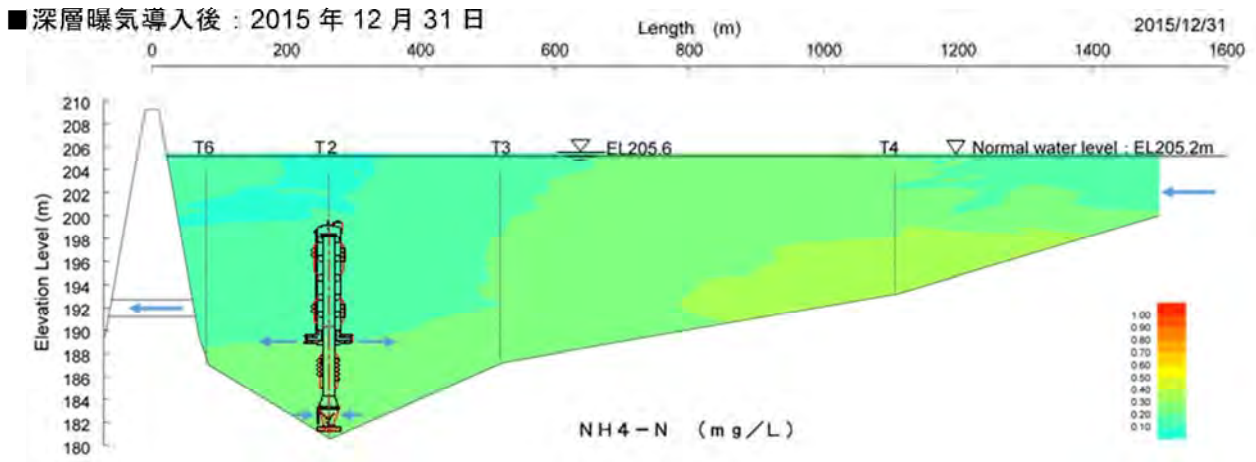
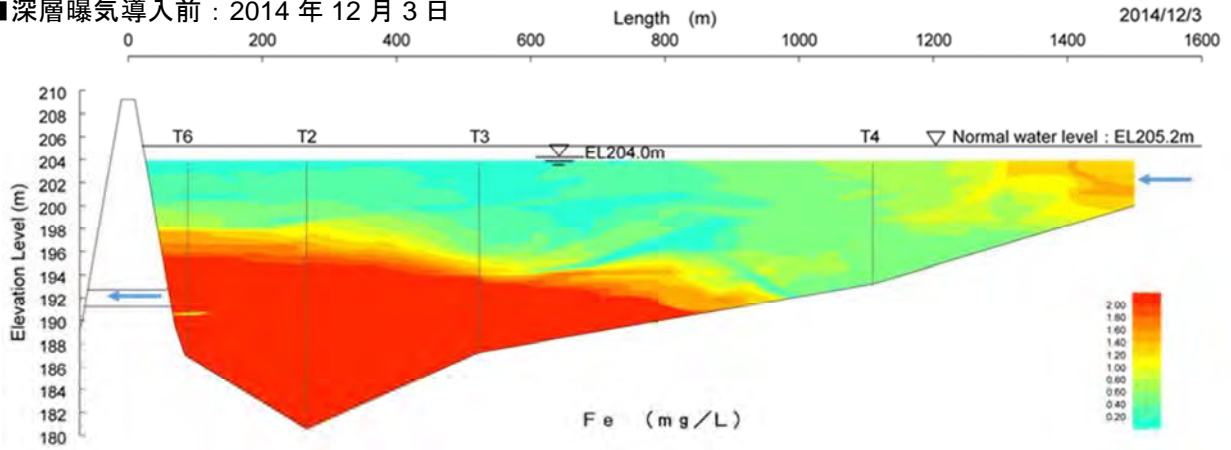
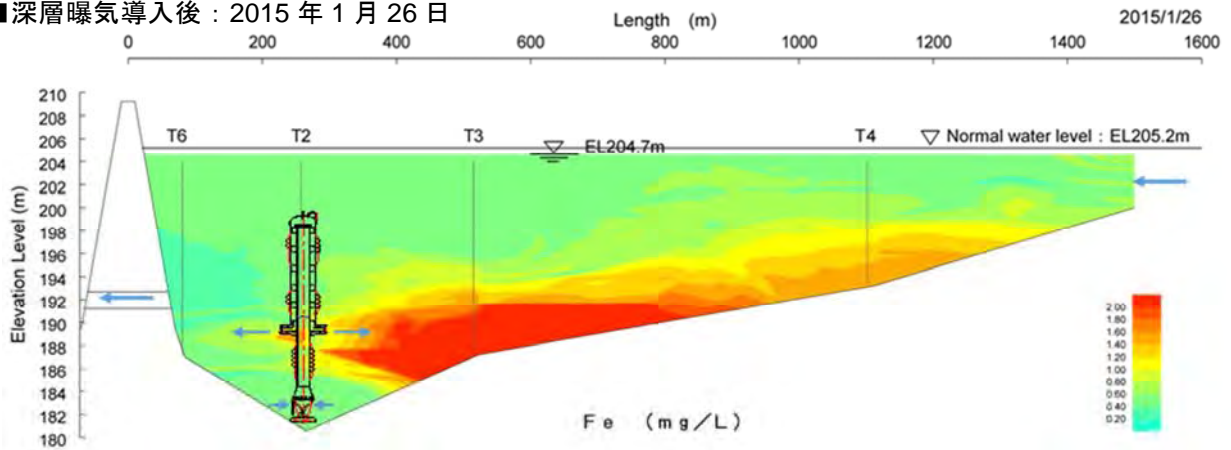


図 4.26 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化(NH₄-N)

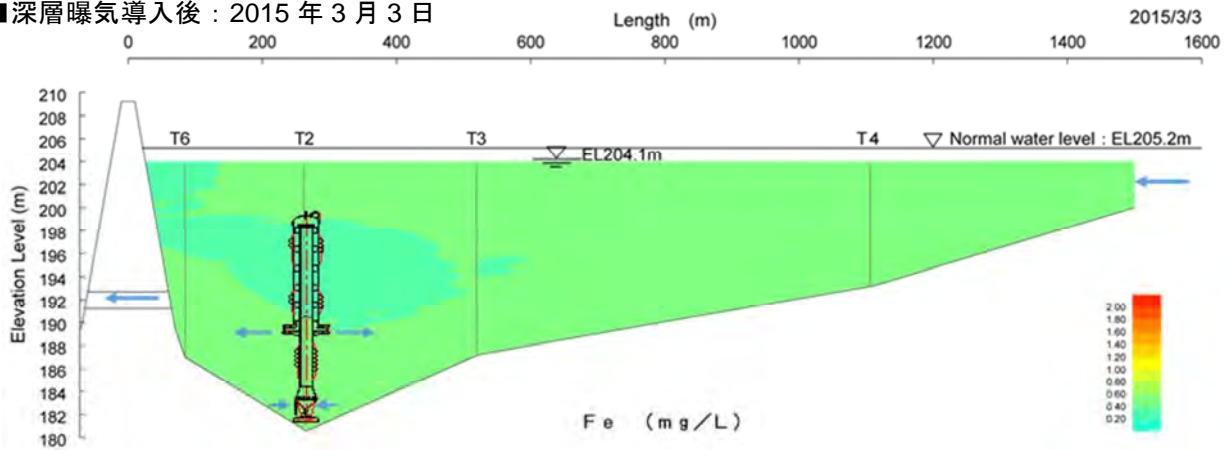
■ 深層曝気導入前：2014年12月3日



■ 深層曝気導入後：2015年1月26日



■ 深層曝気導入後：2015年3月3日



■ 深層曝気導入後：2015年3月24日

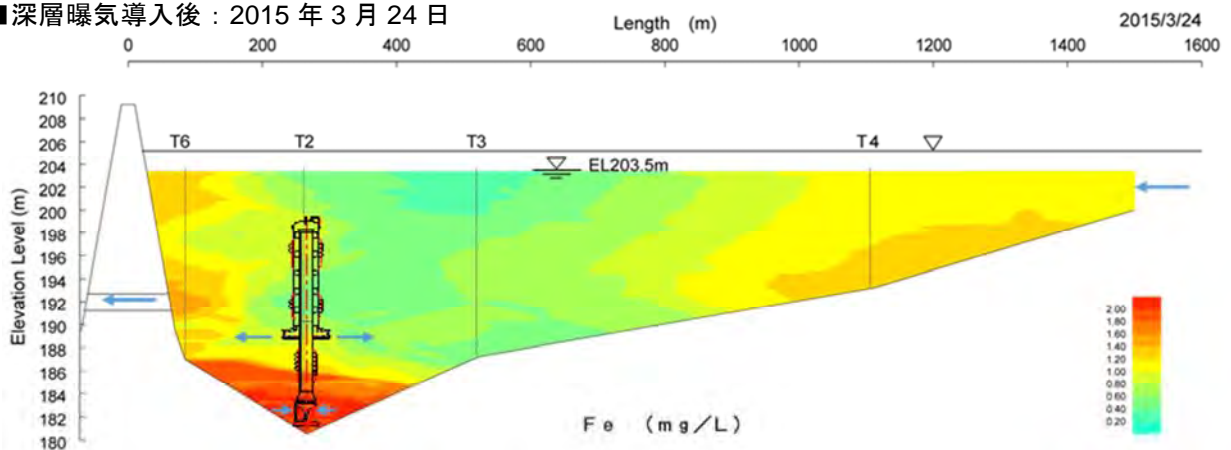
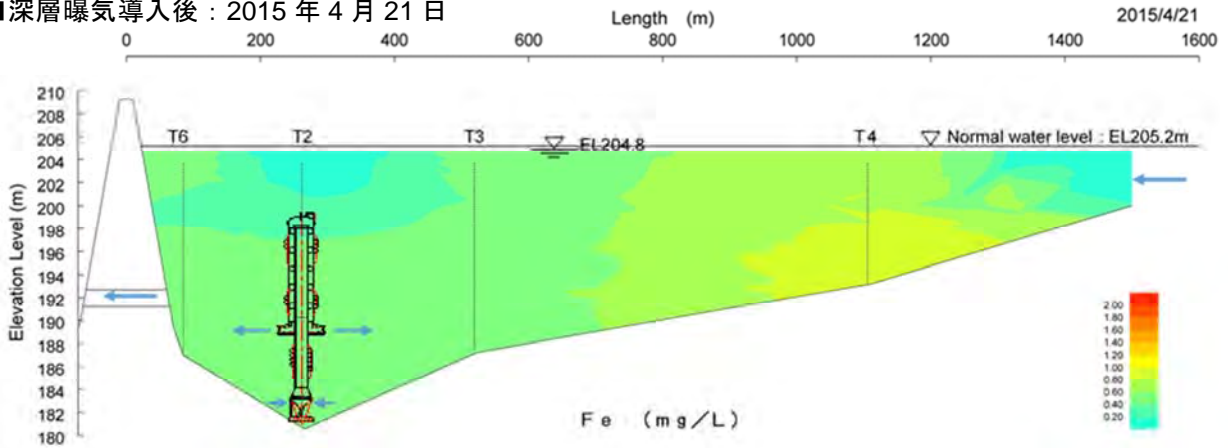
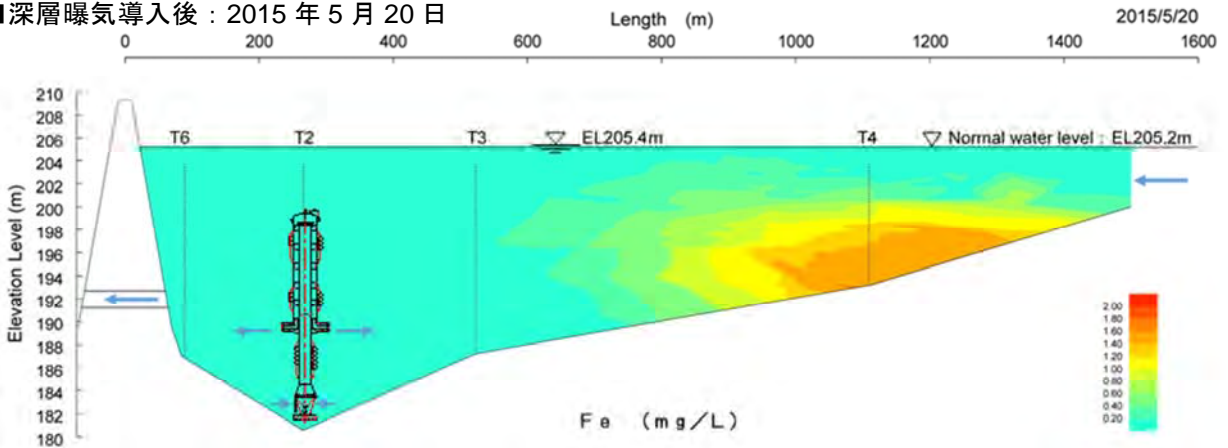


図 4.27 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化(Fe)

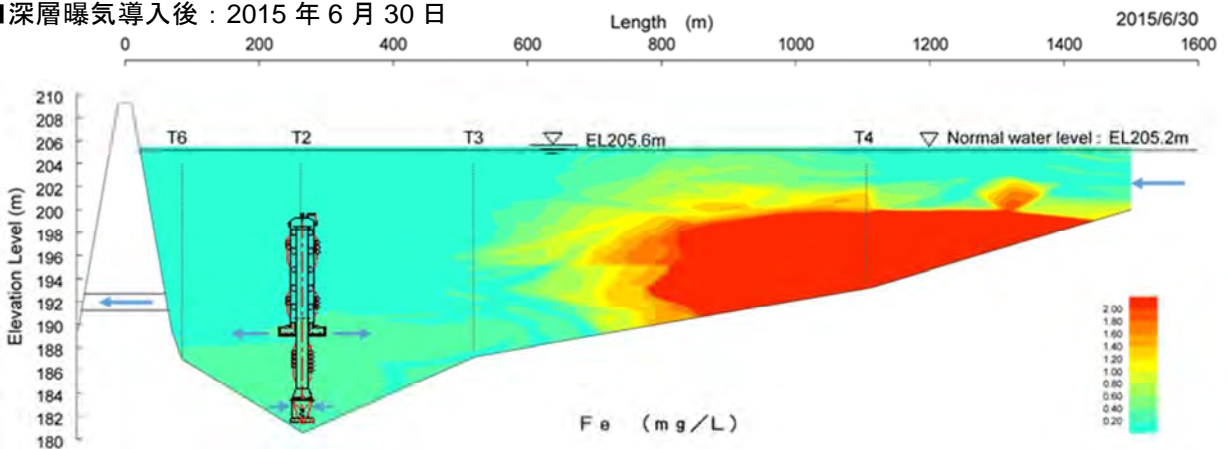
■ 深層曝気導入後：2015年4月21日



■ 深層曝気導入後：2015年5月20日



■ 深層曝気導入後：2015年6月30日



■ 深層曝気導入後：2015年7月23日

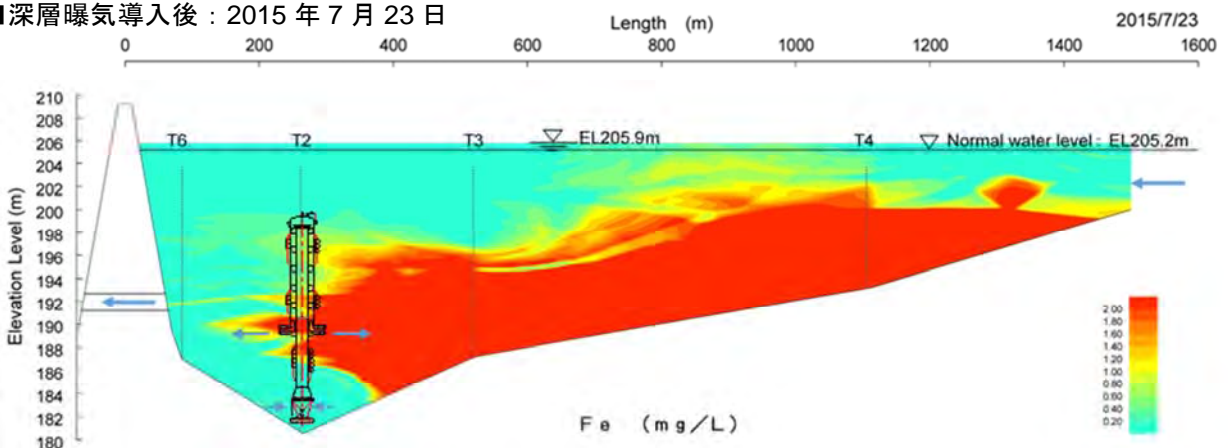
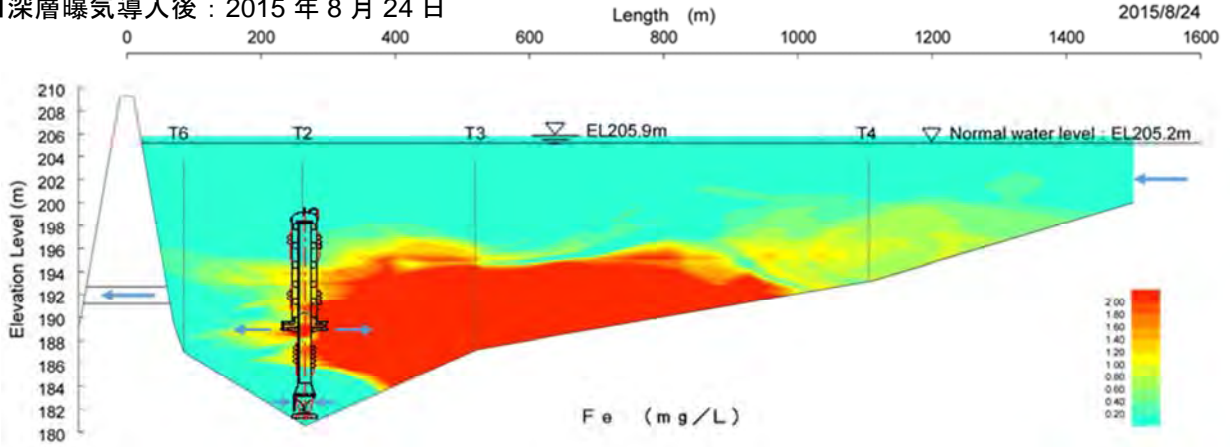
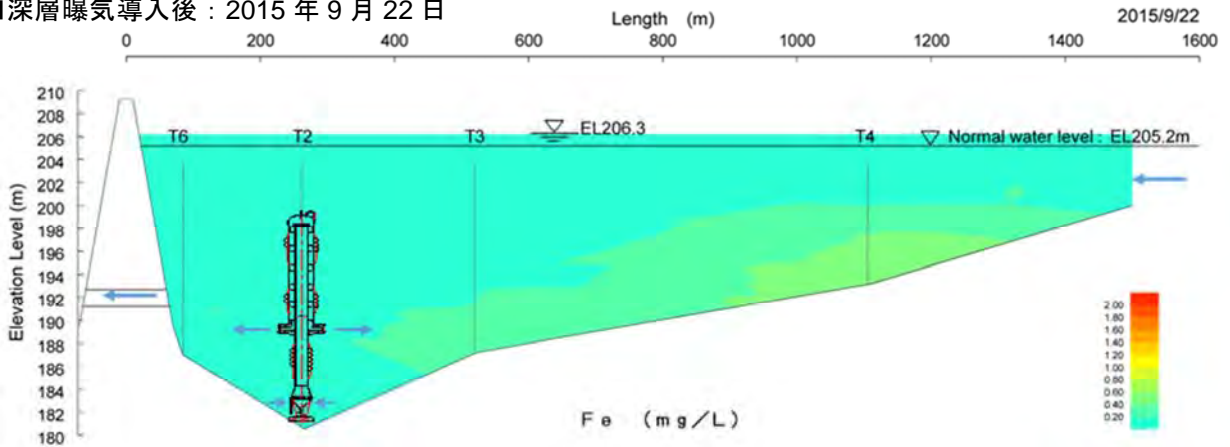


図 4.28 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化(Fe)

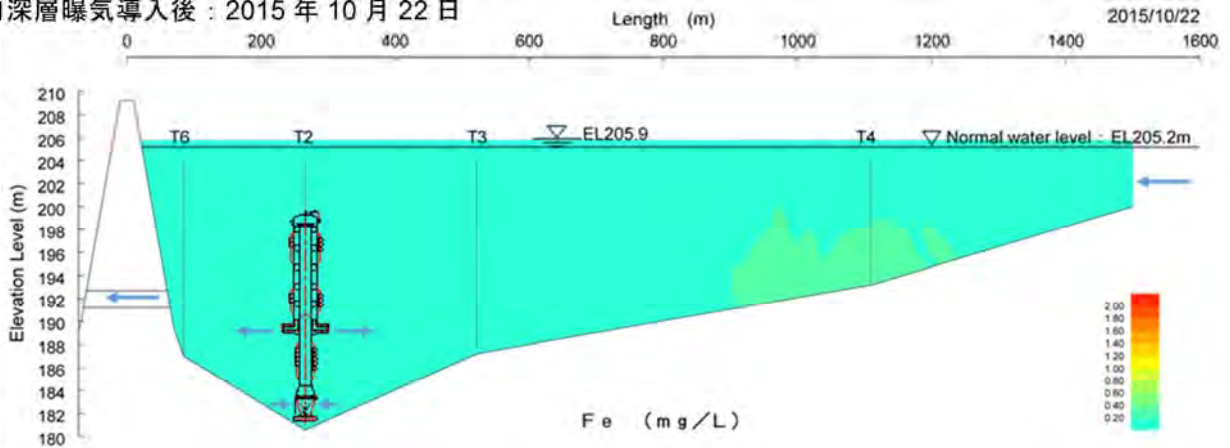
■ 深層曝気導入後：2015年8月24日



■ 深層曝気導入後：2015年9月22日



■ 深層曝気導入後：2015年10月22日



■ 深層曝気導入後：2015年11月23日

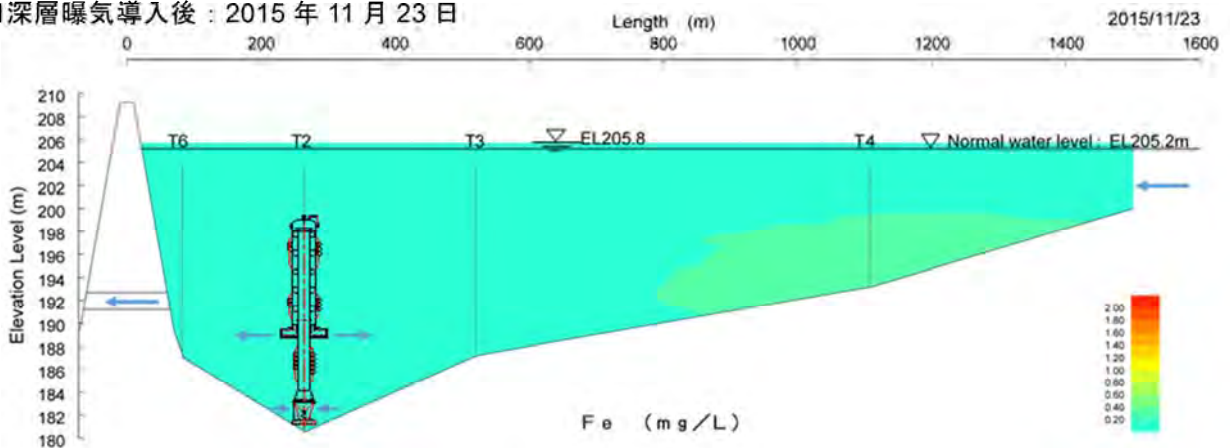


図 4.29 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化(Fe)

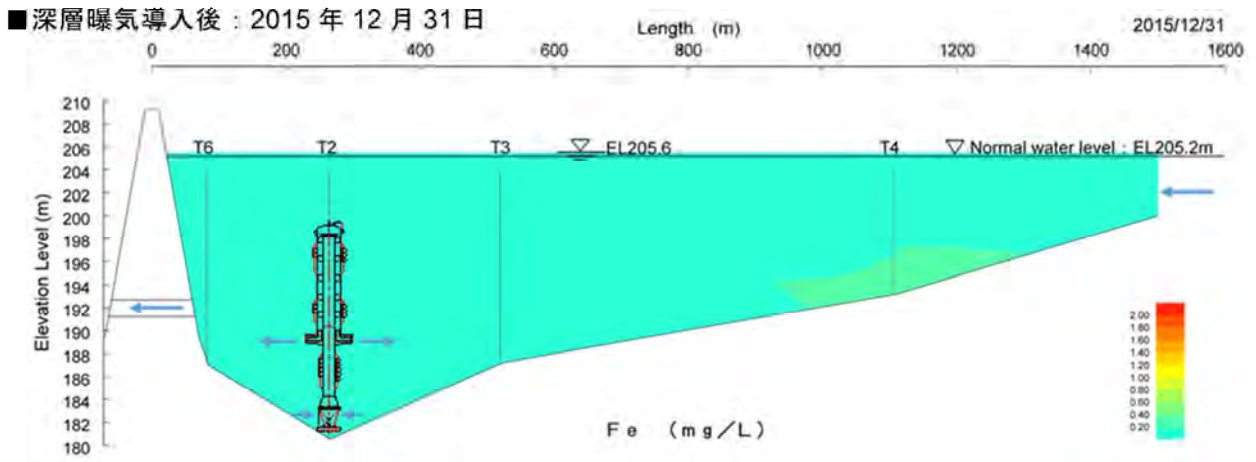
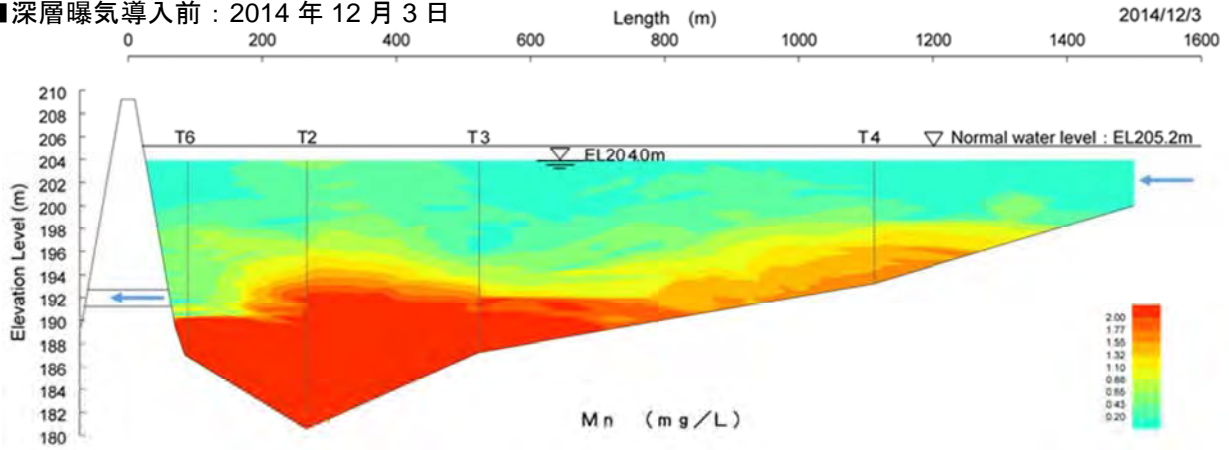
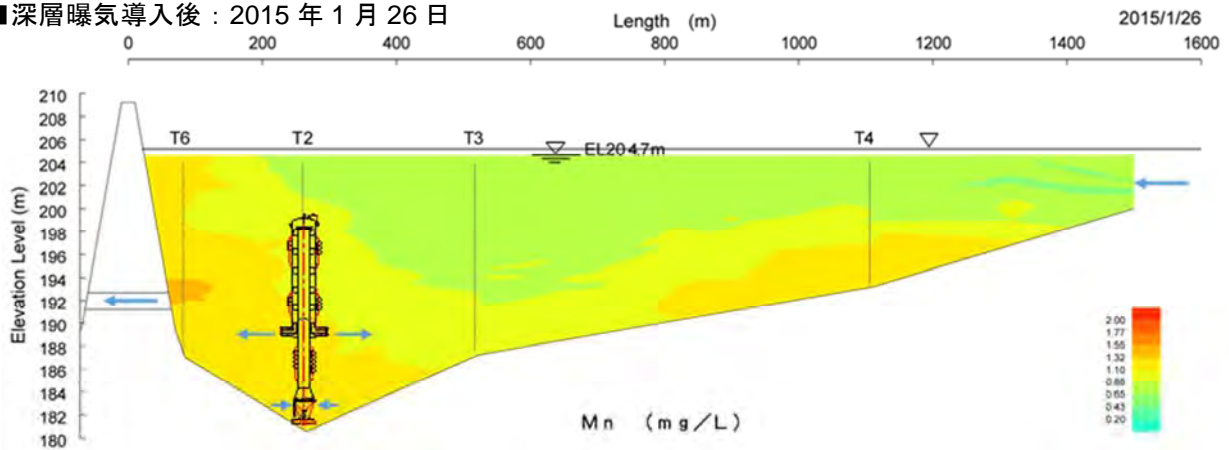


図 4.30 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化(Fe)

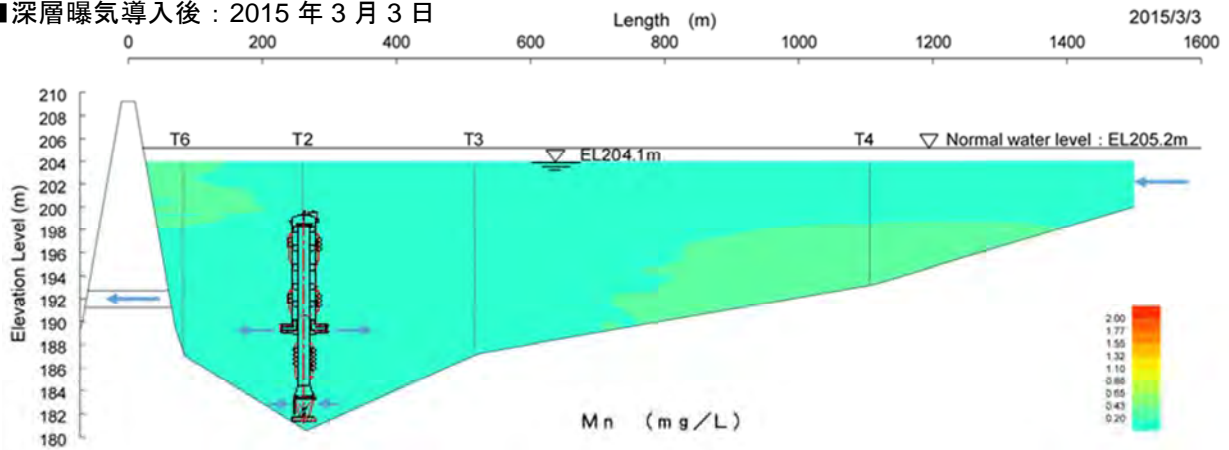
■ 深層曝気導入前：2014年12月3日



■ 深層曝気導入後：2015年1月26日



■ 深層曝気導入後：2015年3月3日



■ 深層曝気導入後：2015年3月24日

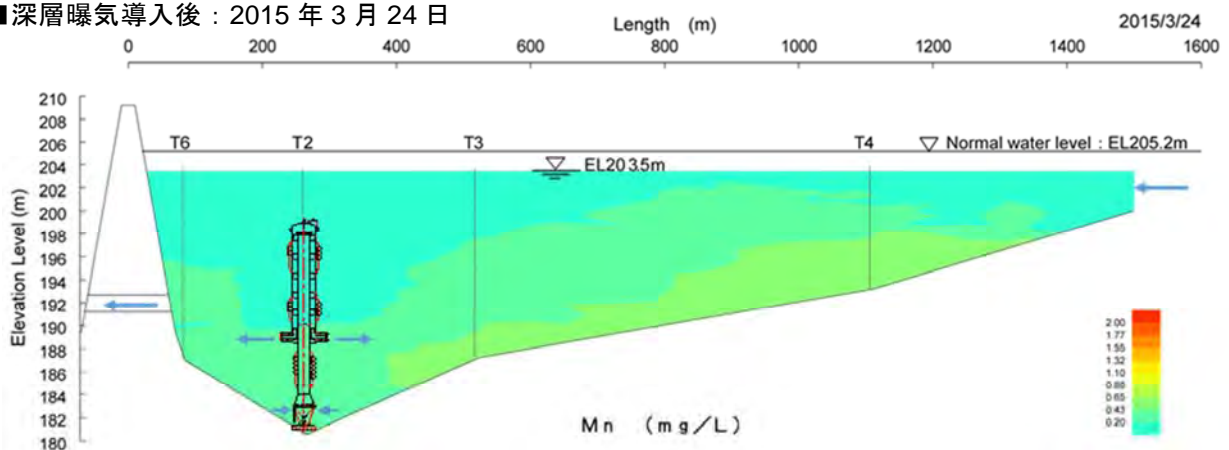
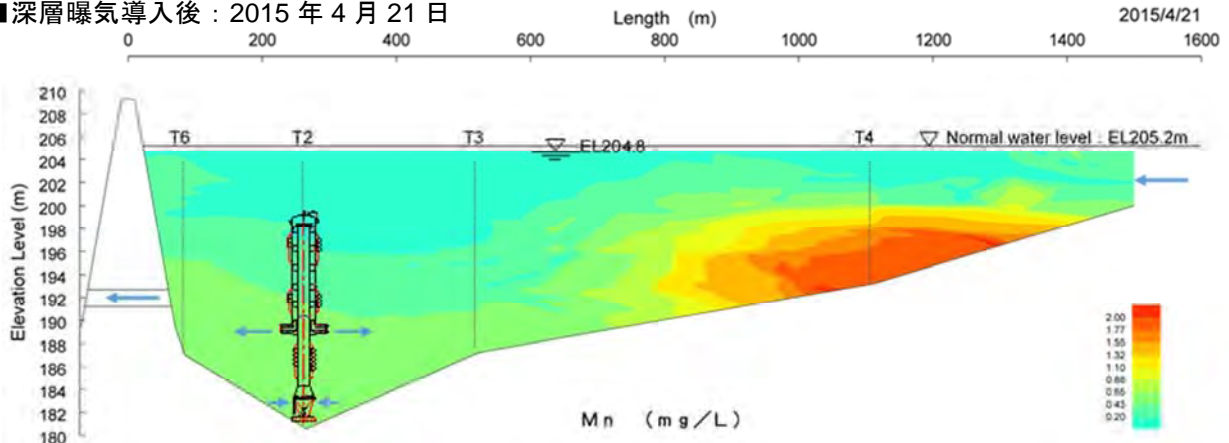
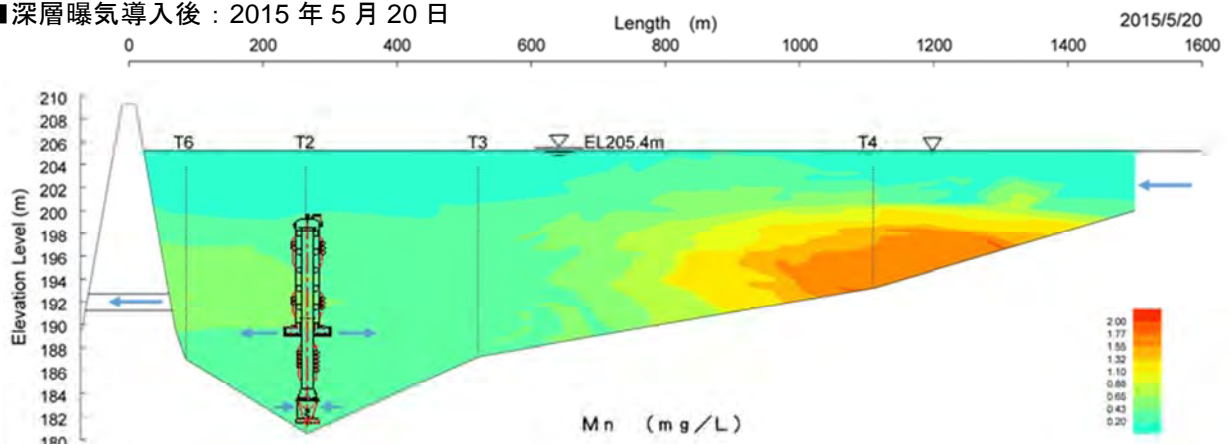


図 4.31 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化(Mn)

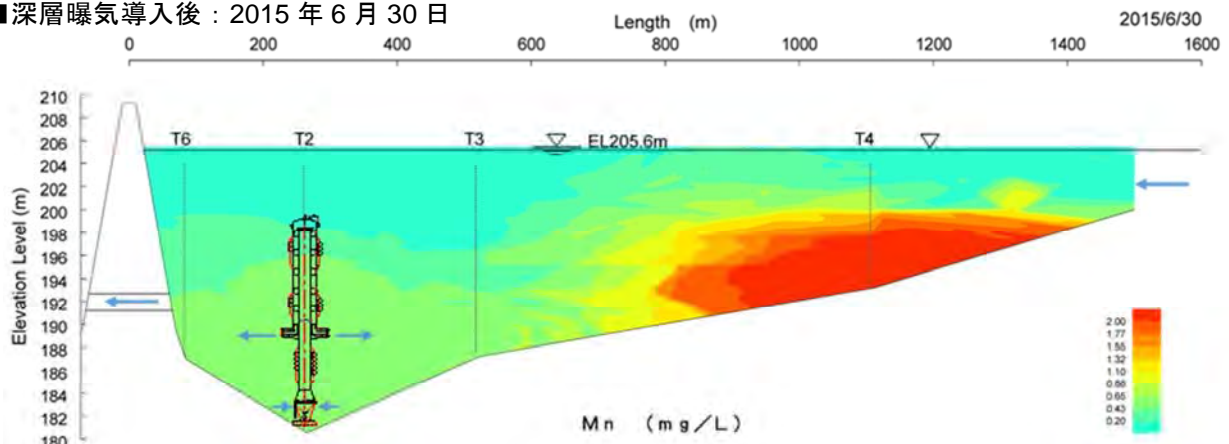
■ 深層曝気導入後：2015年4月21日



■ 深層曝気導入後：2015年5月20日



■ 深層曝気導入後：2015年6月30日



■ 深層曝気導入後：2015年7月23日

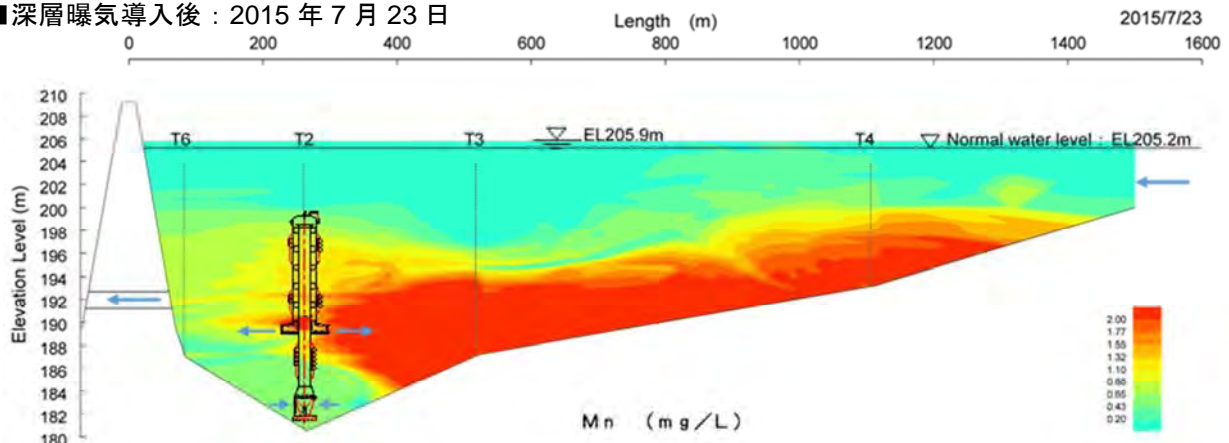


図 4.32 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化(Mn)

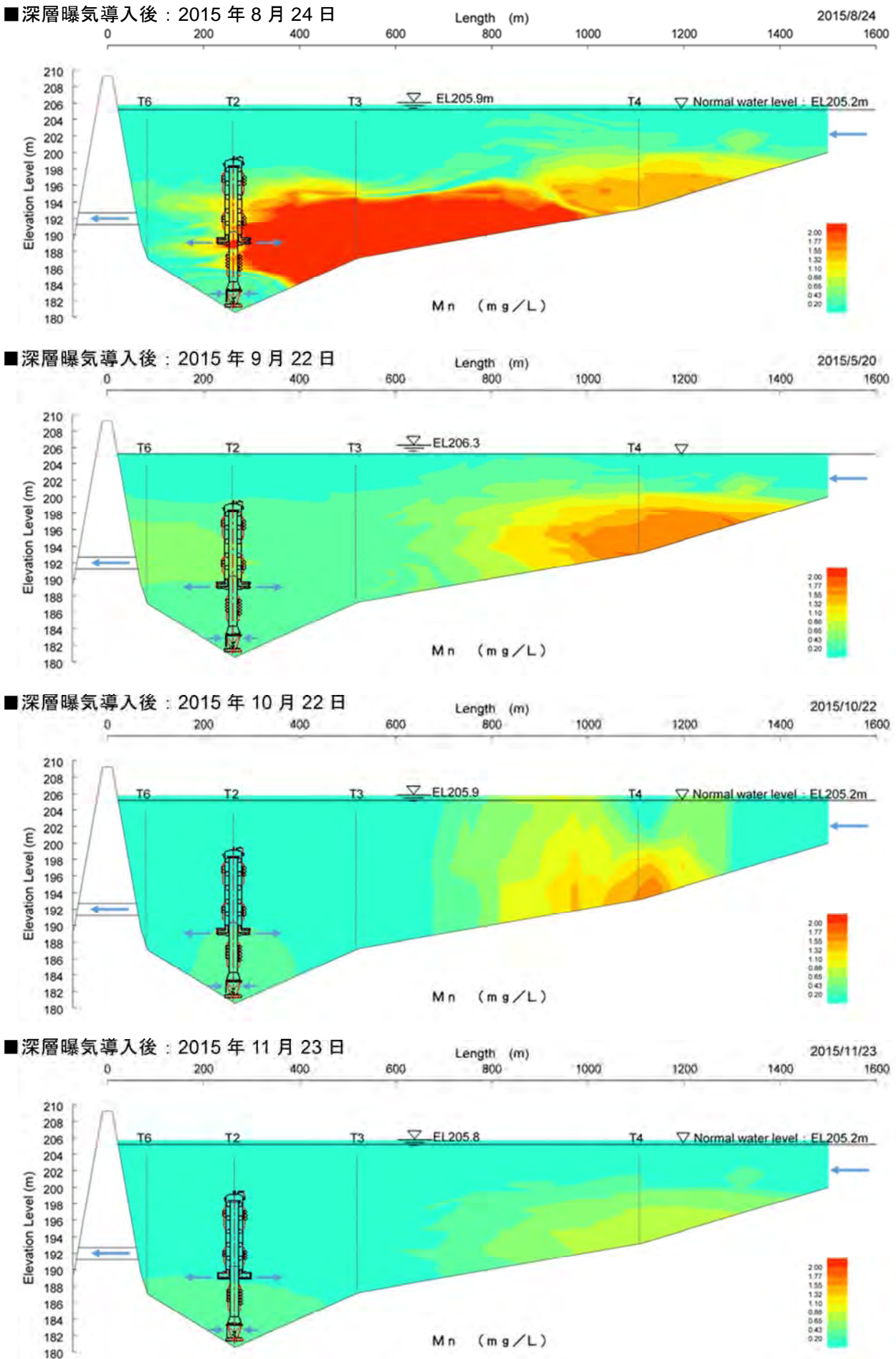


図 4.33 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化(Mn)

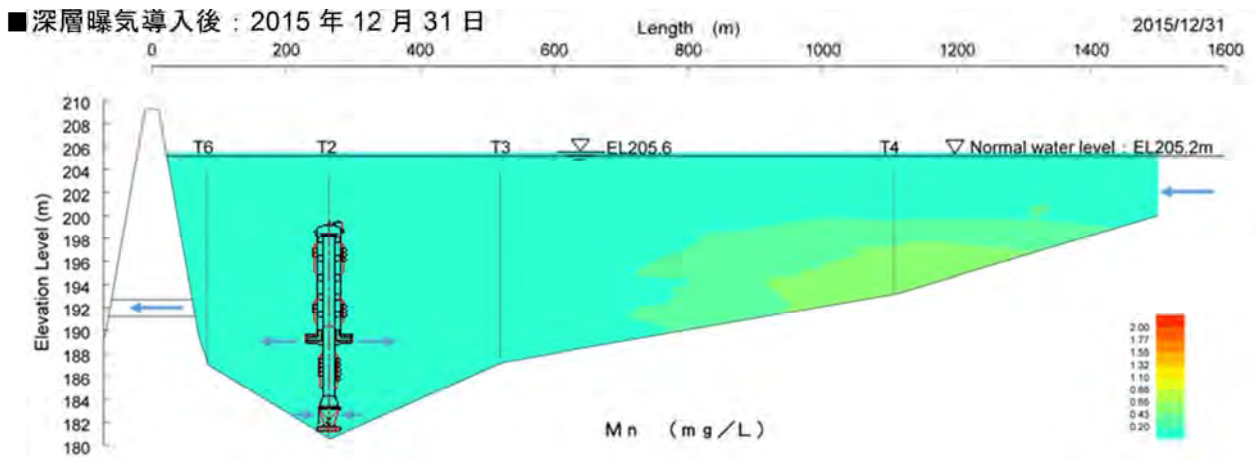
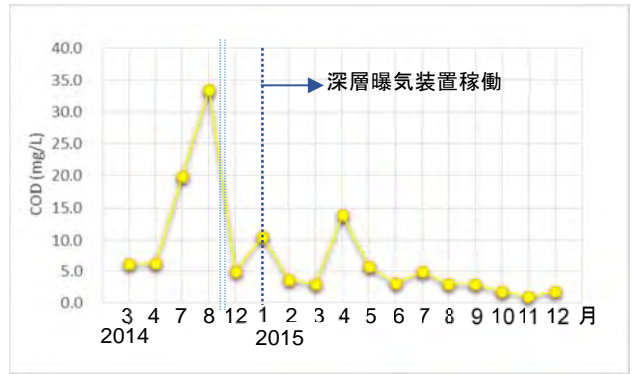
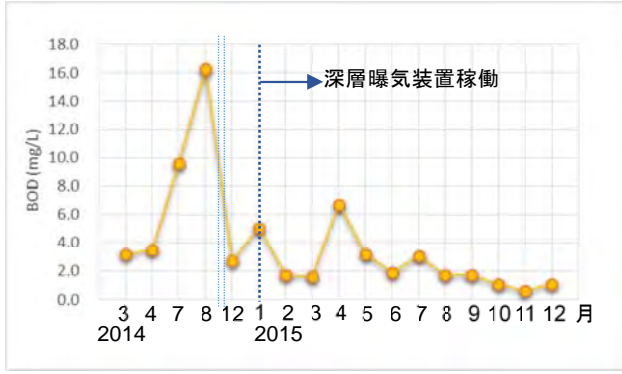
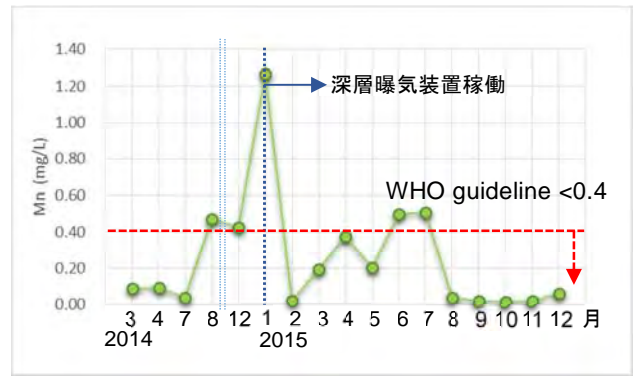
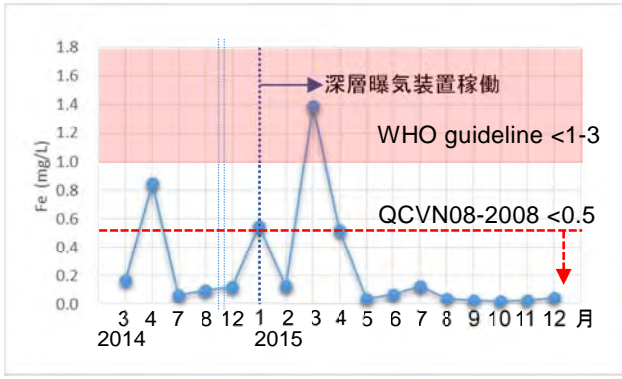
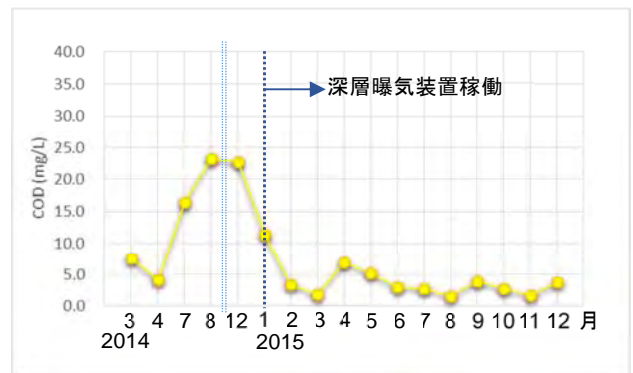
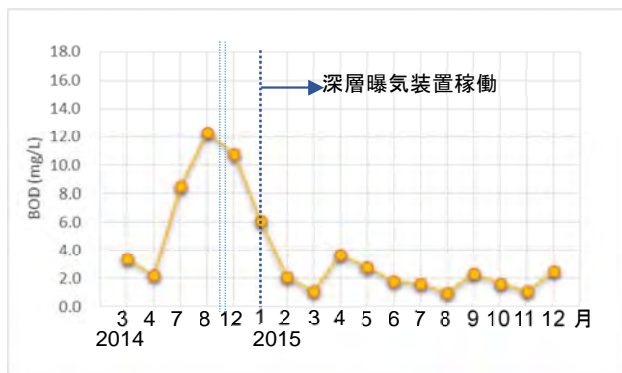
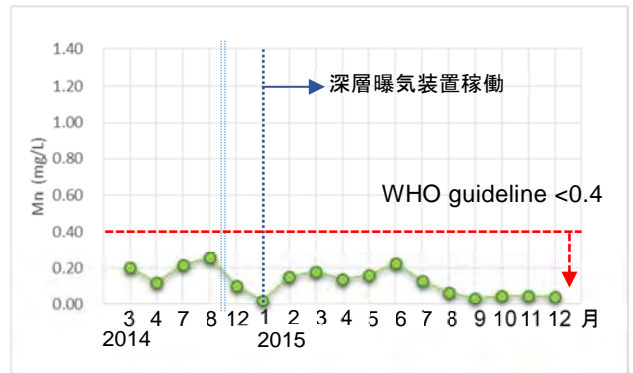
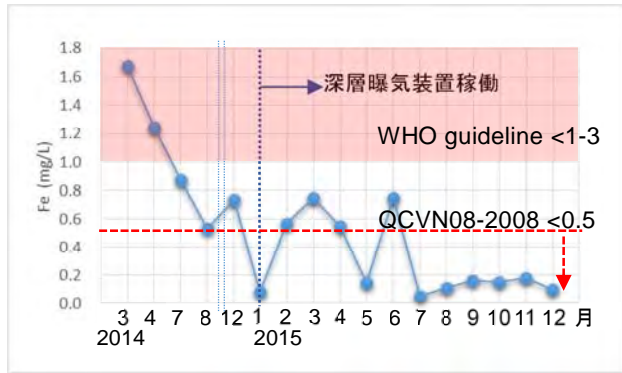


図 4.34 Trong ダム貯水池流下方向の水質鉛直分布の経時変化(Mn)



注) 2015年3月3日の調査結果は、作図上2月として取り扱っている。

図 4.35 Trong ダム下流河川水質調査結果 (調査地点 T1)



注) 2015年3月3日の調査結果は、作図上2月として取り扱っている。

図 4.36 Trong ダム下流河川水質調査結果 (調査地点 T7)