

ベトナムにおける排水処理の 高度化・省コスト対応制御システムの普及 事業

平成30年9月25日

公益財団法人 国際科学振興財団

有限会社 エイ・エル・エス (ALS)

株式会社 日水コン

(1)事業概要

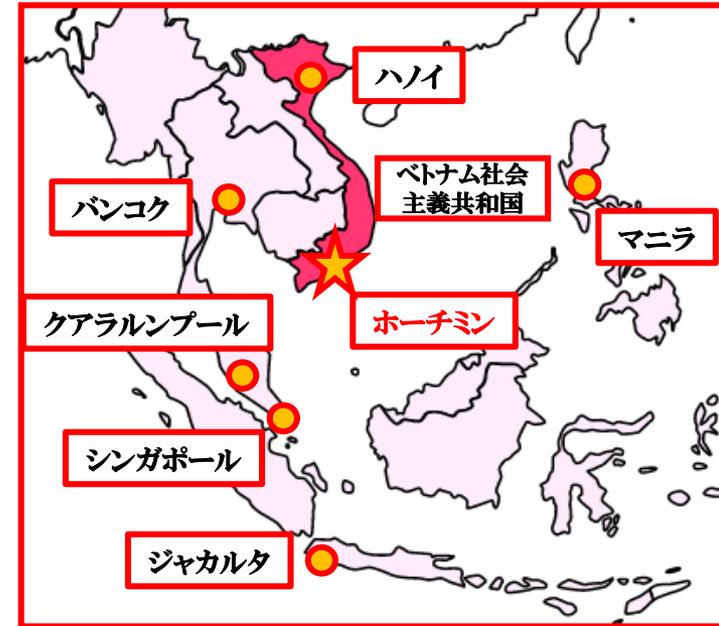
- **実施する国/地域** : **ベトナム社会主義共和国 ホーチミン市近郊**
- **実施目的**: ベトナム国は経済発展により水質汚濁が進行しており、排水処理施設整備が急務であるが、運転・維持管理費が足かせで、進捗が停滞している。本事業では、生活/産業系の有機性排水処理における**省エネと処理機能向上を同時に実現達成可能な生物反応制御システムを汎用化させ水環境改善への貢献**を目的とする。
- **実施内容**: FS調査においては、雨季・乾季の原水特性・処理特性を把握すると共に運転管理手法や運転コストを明らかにし、**適用技術をベトナムに最適化させる条件を求める**。実証試験では、本技術を適用した排水処理施設を実際に稼働し、処理能・汚泥特性を明らかにし、**運転コスト削減効率を検証**する。取得データより、現地適正価格を算出し、**価格帯に応じたビジネスモデルを構築**する。
- **適用する技術**: **AOSDシステム(自動酸素供給装置; Automatic Oxygen Supply Device)**
- **期待される成果**:
 - 富栄養化の原因となる窒素等を効率的に除去し**水環境への負荷低減**
 - 簡易自動制御運転で**原水の質的・量的変動に対応可能**で処理能安定
 - 生物処理に必要な酸素量の**最適曝気**により、**電力コストの抑制が可能**
 - 有機性排水処理曝気動力料削減により**温室効果ガスCO₂等発生抑制**
- **ビジネスモデルの概要**:
 - ① 新規/処理機能不足既存施設等の改善汎用化
 - ② 本技術導入コスト抑制のレンタルビジネス化
 - ③ 本技術の組み込まれた新規設備の販売整備加速

(2) 事業実施地域の状況・課題、モデル事業実施までの経緯

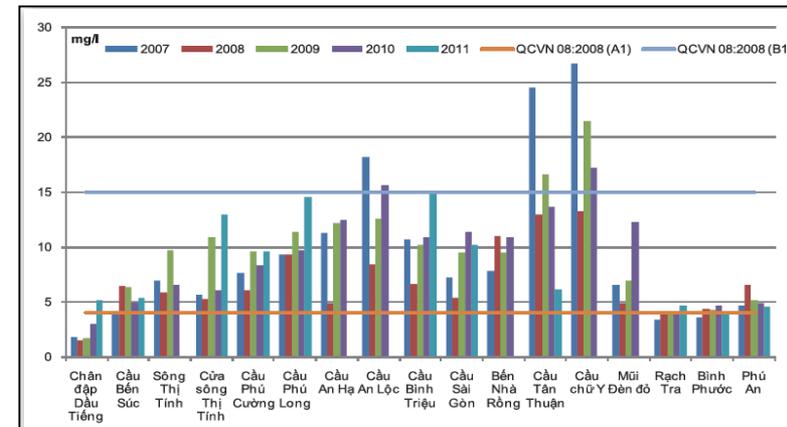
◎ 1985年の**ドイモイ(刷新)政策**の導入以後、ベトナム社会主義共和国の経済成長は著しく、**GDP成長率は、5%以上**を維持している。特に、ASEANの地理的中心に位置する商都ホーチミン市は、他の加盟主要都市と同様に著しい経済発展を遂げている。

◎ この地域では、**我が国からの投資・進出も増加傾向**にあり、この**成長の一端**を担っている。

◎ 一方、これらの経済発展は、**急激な産業化や人口集中**を引き起し、大量に発生する排水は適切に処理されず、**水質汚濁を加速**させている。未だ河川や運河と密接な関わりを持って生活する周辺住民に対しては、**健康被害が顕在化**しており、**ベトナム政府として、早急な健全化対応が迫られている。**

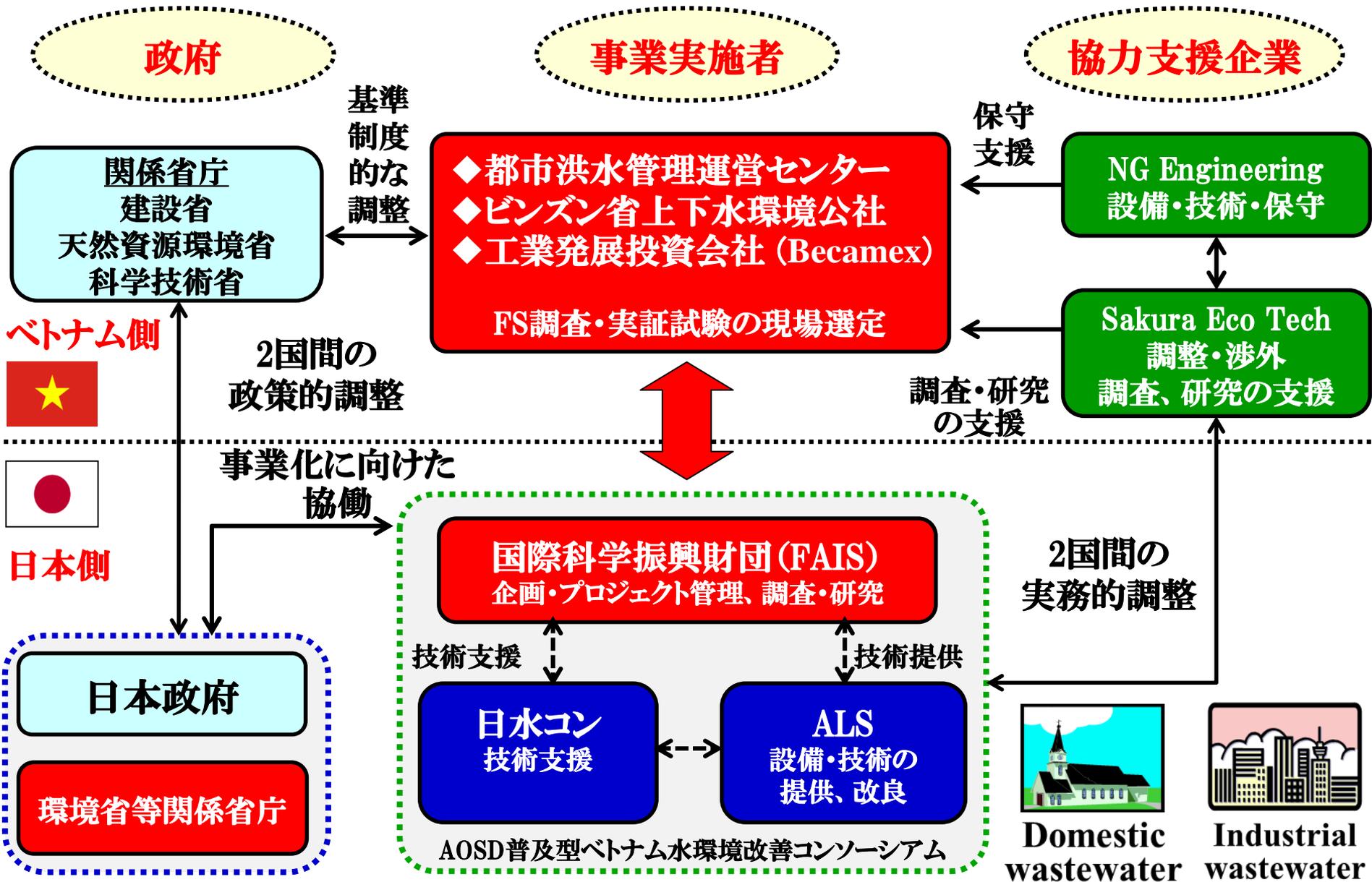


河川で漁を営む周辺住民 ヨドミに集まるゴミやホテイアオイ



サイゴン川のBOD濃度
(国家環境報告書2012より)

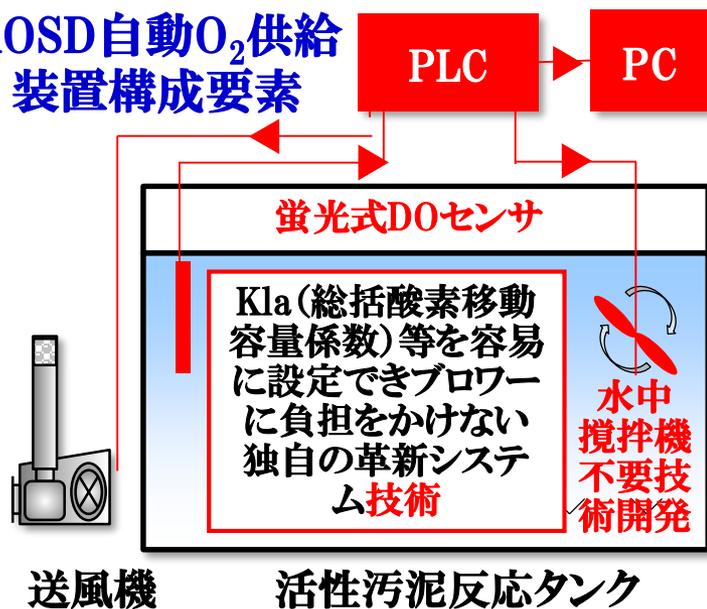
(3) 事業実施体制・関係機関



(4) 導入技術の概要

生物学的排水処理において、**有機物除去、窒素の硝化、内生呼吸等で必要とされる酸素量**を、制御データ(水温、溶存酸素(DO)等)から算出し、**ブロワのON-OFFを自動制御**することで、必要最小限の酸素量のみを供給する**最適化制御システム**で、我が国で閉鎖性水域の**窒素等の対策技術**として開発され**有機性排水処理施設等で実績がある**。近年、本システムの中核技術としての**蛍光式DOセンサ(LDO)**開発導入によりメンテナンスフリーで制御データが安定しAOSD制御能力の著しい向上に繋がって来ている。

AOSD自動O₂供給
装置構成要素



AOSDシステム導入のメリット

- ① 生物学的硝化・脱窒最適制御による**窒素/有機物質等の処理能向上**
- ② 生物反応の全自動制御による**原水変動への追従・処理機能安定化と高度処理化、維持管理の容易化**
- ③ 生物処理反応に必要な最小限空気供給による**曝気コスト効率的削減**
- ④ 生物処理に必要な消費電力エネルギー削減による**CO₂発生抑制**
- ⑤ 有機性排水処理既存施設への付加設置による**初期投資コスト削減**



太陽光
大気CO₂
窒素等高度含有処理水

悪臭
魚類の斃死
景観の悪化

アオコ/赤潮発生
水質汚濁加速

既設処理 AOSDシステム導入施設



AOSD

窒素等高度除去された処理水

水環境健全創造再生
:汚濁物質発生ポテンシャルを大幅低下

(4) 導入技術の概要

水処理法における自動制御方式使用電力削減高度化技術

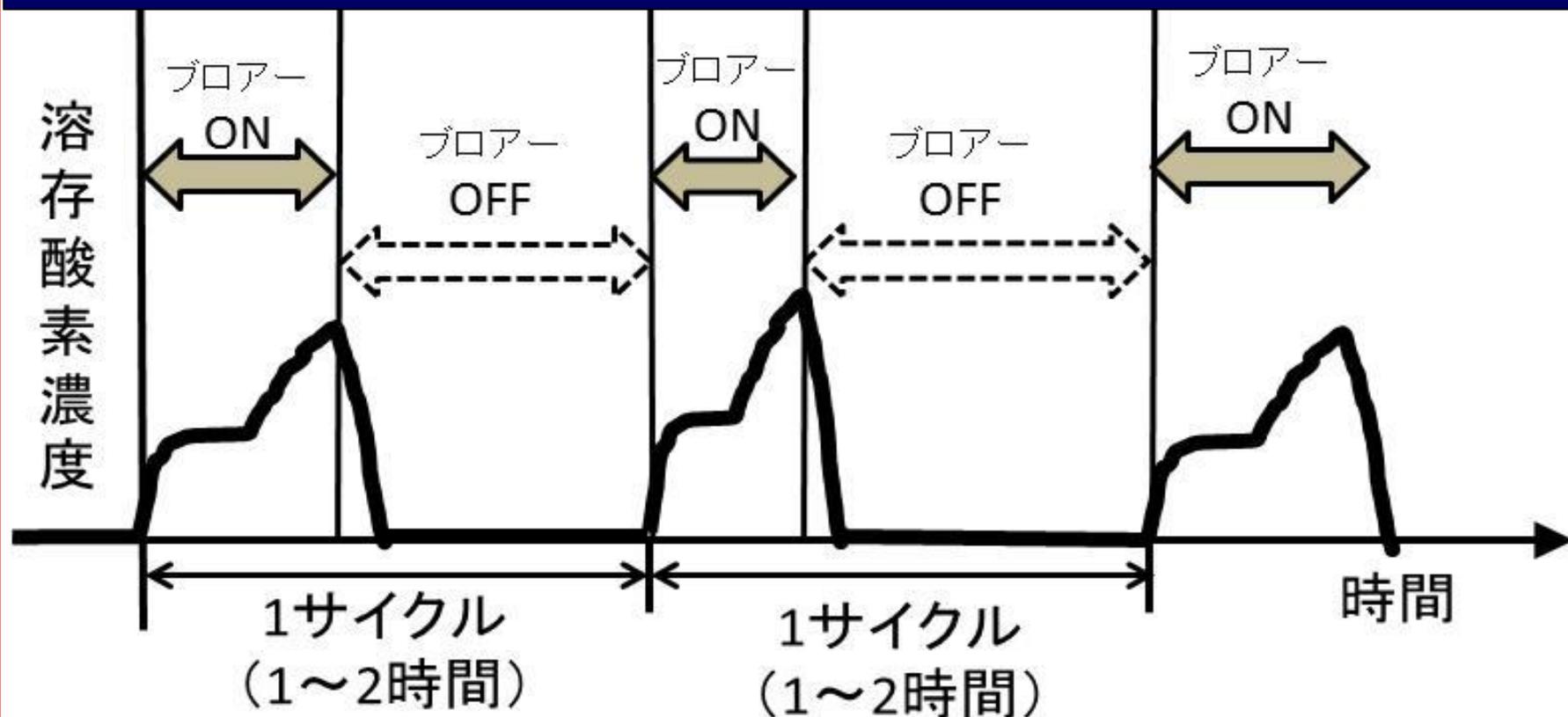
DOシステム制御項目	制 御 概 要
◎ AOSDシステム制御法	酸素の必要とされる量を、制御データ(水温、DO等)から算出して、ブロワを自動制御することで、必要最小限の酸素量のみ供給する制御システム
◎ DO、ORP、NH ₄ -N等システム制御法	DO、ORP(酸化還元電位)、NH ₄ -N等の計測値を基に、ブロワ風量を調整する制御システム
◎ NADHシステム制御法	活性汚泥微生物の呼吸反応に係る補酵素NADHを指標として、送風量制御を行うもので、NADHを測定するセンサーと送風制御で構成される制御システム
◎ 間欠曝気システム制御法	単純に、ブロワをタイマー等により間欠的に運転する簡易制御システム
◎ AOシステム制御法／2点間DOシステム制御法	酸素の必要とされる量を、DO計を2か所設置して酸素の消費量を自動演算して、酸素の濃度勾配を基に必要酸素量を供給する制御システム

(4) 導入技術の概要

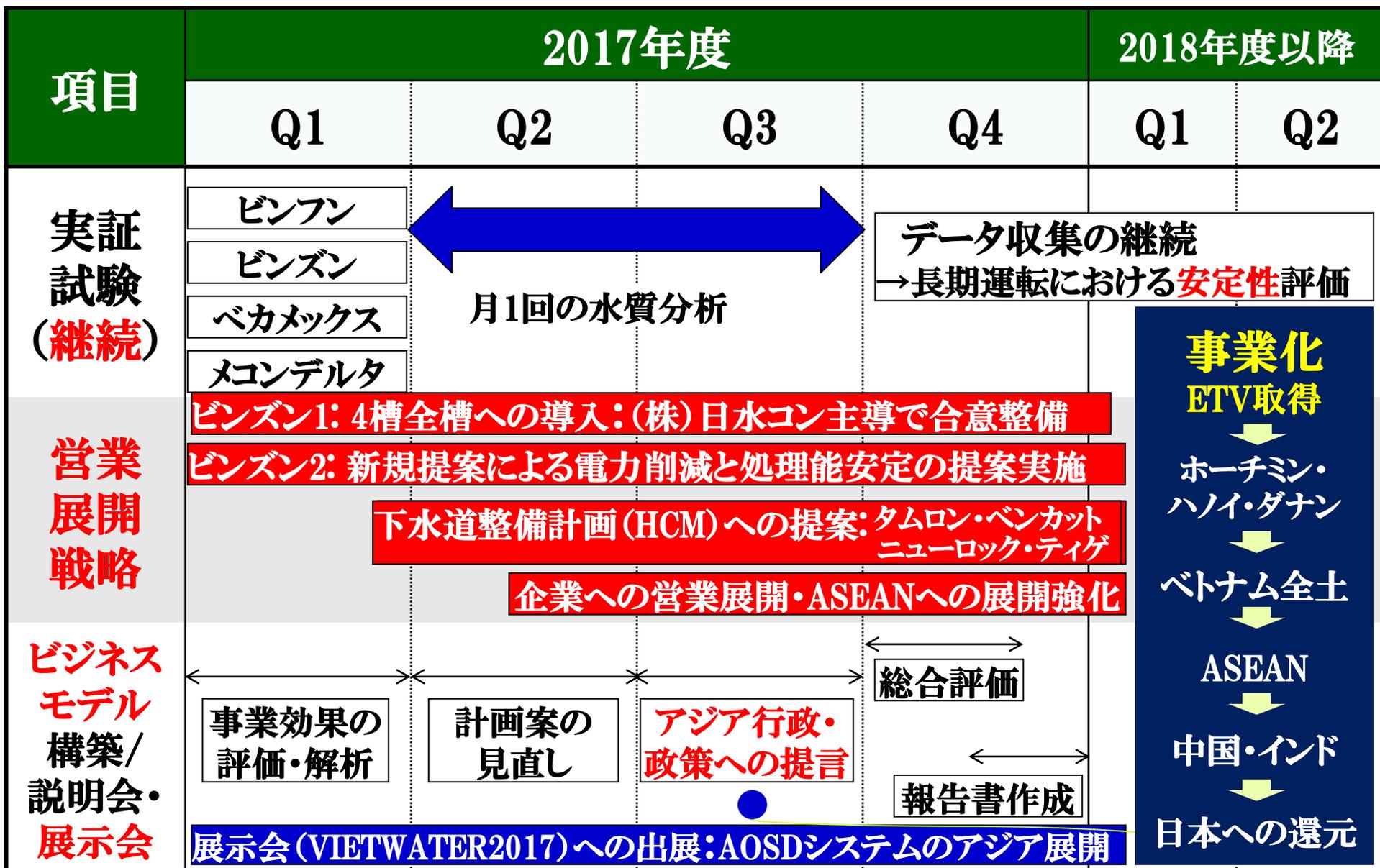
AOSDシステムのブローア制御：溶存酸素の動態パターン

◎ 本事業導入技術：**AOSD**（自動酸素供給装置; Automatic Oxygen Supply Device)システム

DOの上昇等ラインの勾配をもとに硝化・脱窒速度などの数式の係数を自動的に決定して必要な酸素供給量を順次計算して精度高く確定する。



(5) 事業実施工程



(6) FS調査/水環境改善効果実証試験の実施内容

生活系排水の回分式処理施設解析評価

トゥーザウモット Thu Dau Mot 下水処理場 (ビンズン省)



(6) FS調査/水環境改善効果実証試験の実施内容

生活排水系の公共下水施設の解析評価

ビンファン

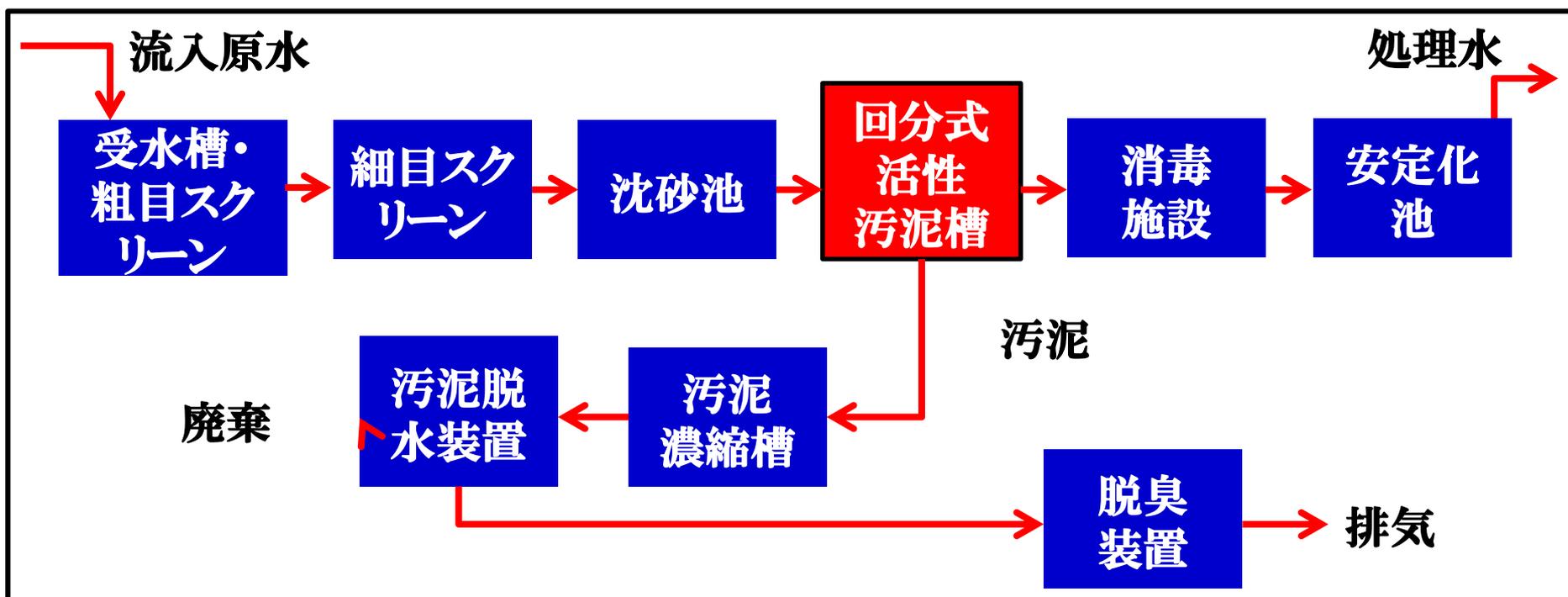
ホーチミン

Binh Hung下水処理場 (Ho Chi Minh市)



ビンズン下水処理施設フローシート

- 処理方式: **修正回分式高度活性汚泥法** (連続流入)
- 計画水量: 17,000 m³/day
- 実水量: 7,174 m³/day (2015年平均)
- 処理フロー



(6) FS調査/水環境改善効果実証試験の実施内容

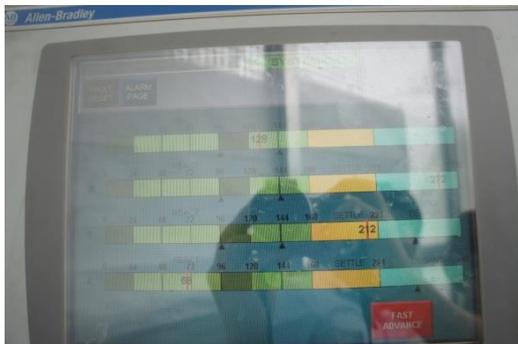


**BINH DUONG : Thu Dau Mot 下水処理場のSBR
(連続流入回分式高度処理活性汚泥法)**

回分式高度既設活性汚泥槽オペレーションの詳細

「①②③④の既設方式にAOSD:LDO蛍光電極設置による検証評価」

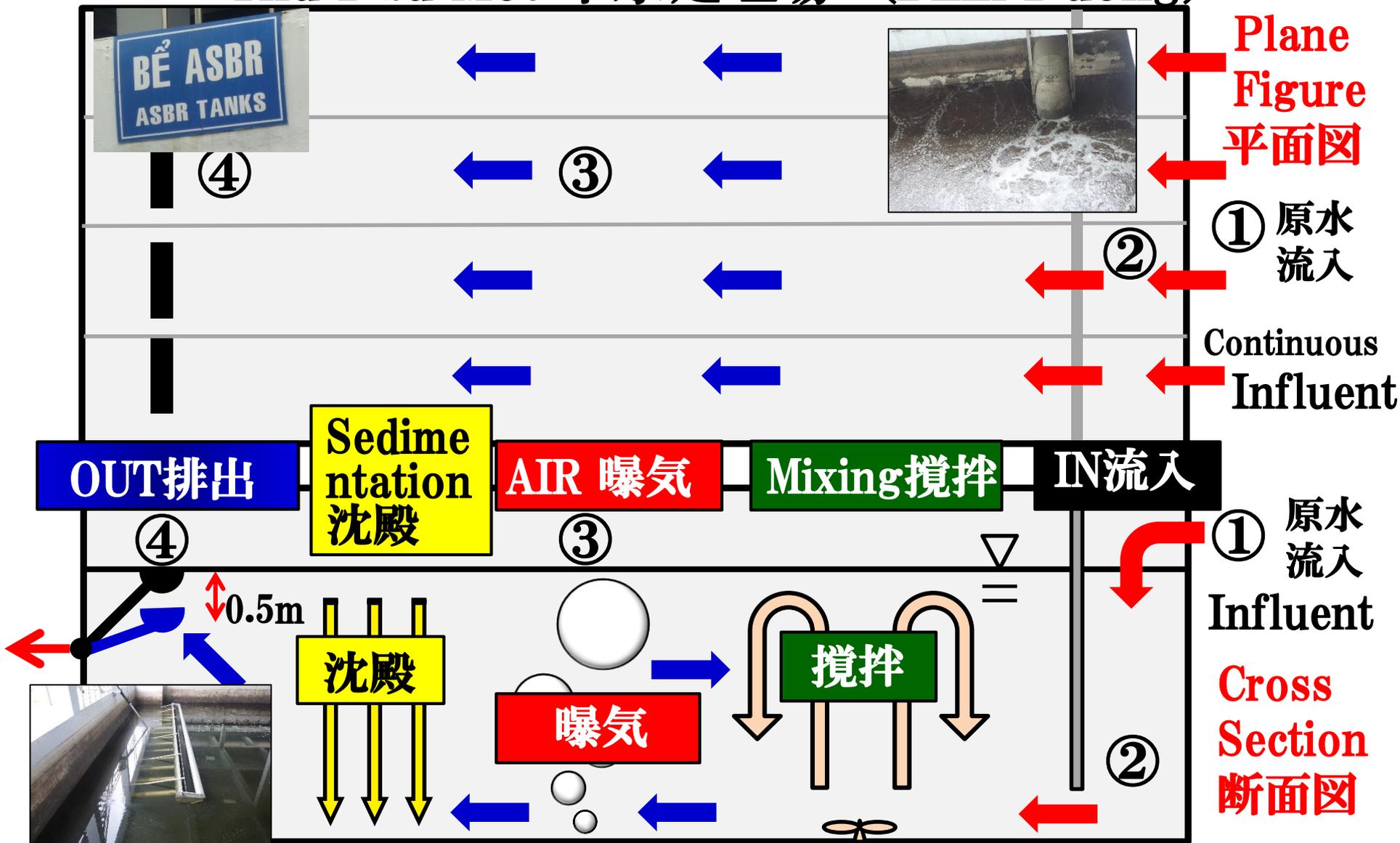
- ① 沈砂池からの原水は、各系列に連続流入
- ② 流入した原水は、隔壁で仕切られた槽に滞留後に、底部の連絡口より処理槽へ移送
- ③ 処理槽では、**攪拌・曝気・沈殿・上澄水排出**の4工程がタイマー制御にて、自動運転
- ④ 排水アームを水面から0.5m下げて、処理水排出



攪拌	曝気	攪拌	曝気	沈殿	上澄水排出
攪拌24分	曝気72分	攪拌24分	曝気48分	沈殿53分	排出67分
合計 288分 (4.8時間)					5サイクル/日

(6) FS調査/水環境改善効果実証試験の実施内容

Thu Dau Mot 下水処理場 (Binh Duong)



(6) FS調査/水環境改善効果実証試験の実施内容

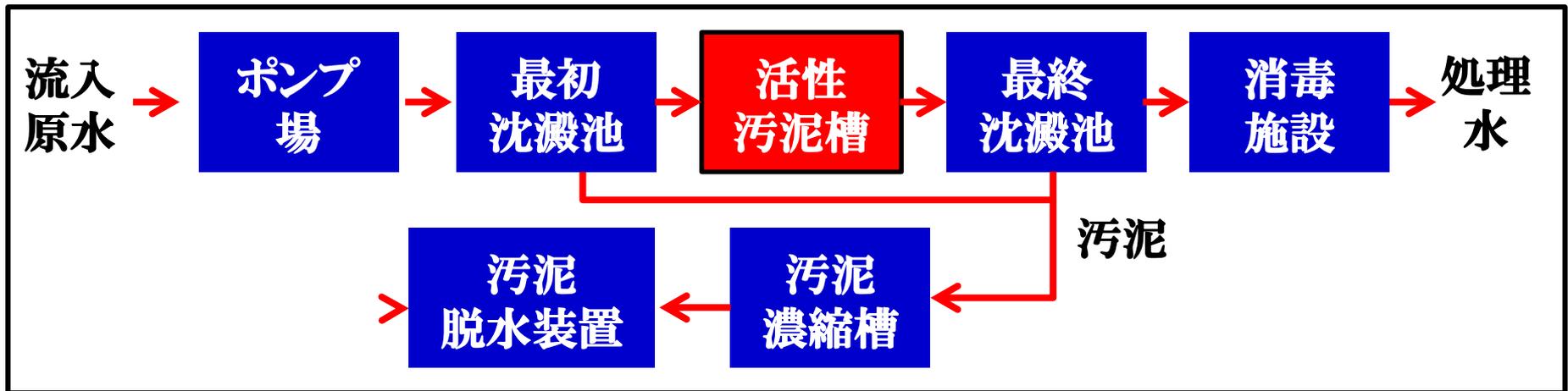


**BINH DUONG : Thu Dau Mot下水処理場のSBR
(回分式高度活性汚泥法) 上澄み水引き抜き装置**

ビンファン下水処理場

生物処理方式：滞留時間短縮修正活性汚泥法

- 計画水量：141,000 m³/day
- 実水量：145,214 m³/day (2015年平均)
- 処理フロー



(6) FS調査/水環境改善効果実証試験の実施内容

10系列

J I H G F E D C B A

最初沈澱池

H27年度に新技術開発したブローに負担のない攪拌機不要の微曝気方式の採用で大規模等では確実な最適運転対応が可能

活性汚泥槽1系列4槽

AOSDシステムの低濃度・低負荷対応の有効性の確認

最終沈澱池

最初沈澱池

10系列

HRT:39分

水面積負荷:

108m³/m²/day

活性汚泥槽

長さ28m

幅 10.5m

深さ 5.5m

10系列・4分割

HRT:2.76時間

最終沈澱池

10系列

HRT:1.63時間

水面積負荷:

52m³/m²/day

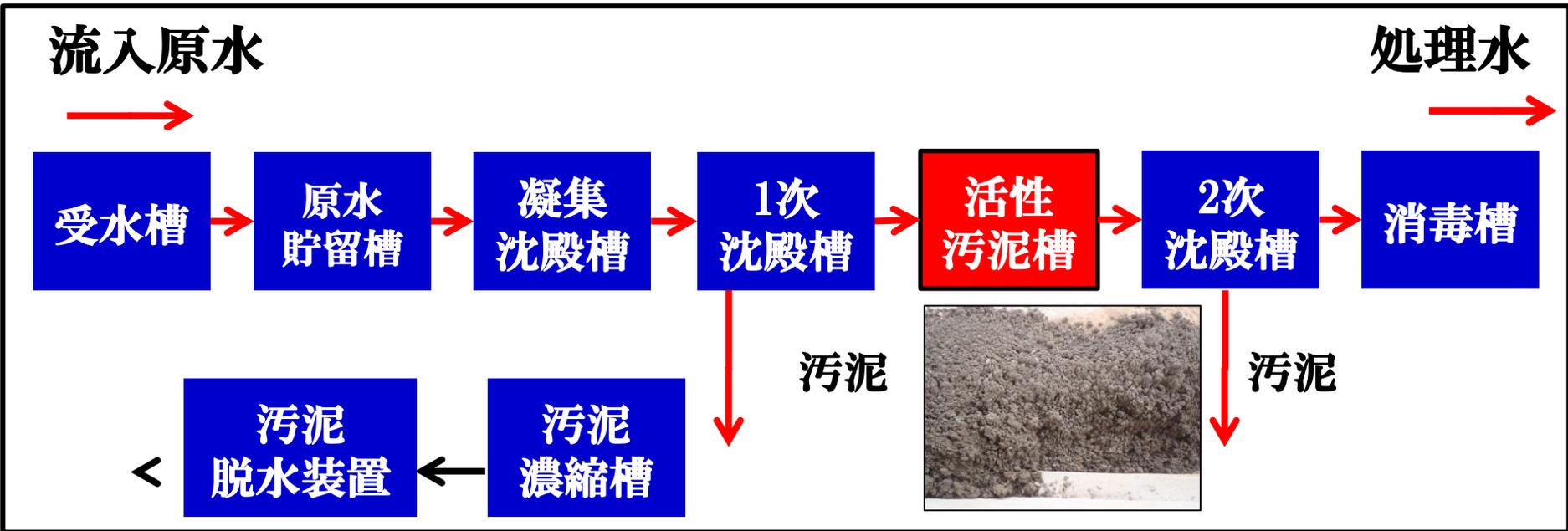
(6) FS調査/水環境改善効果実証試験の実施内容

AOSDシステムの中核となる蛍光式溶存酸素(LDO)計の適用



ベカメックス工業団地処理施設

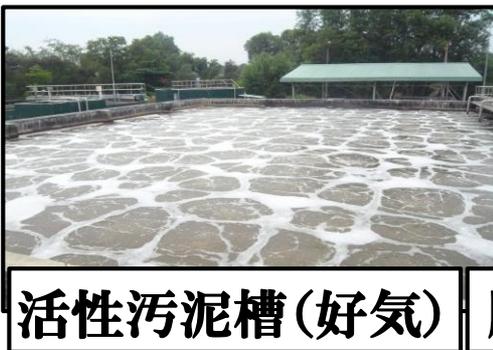
- 処理方式：凝集沈殿+嫌気好気活性汚泥法



原水貯留槽



薬剤タンク



活性汚泥槽(好気)



脱水装置と脱水汚泥

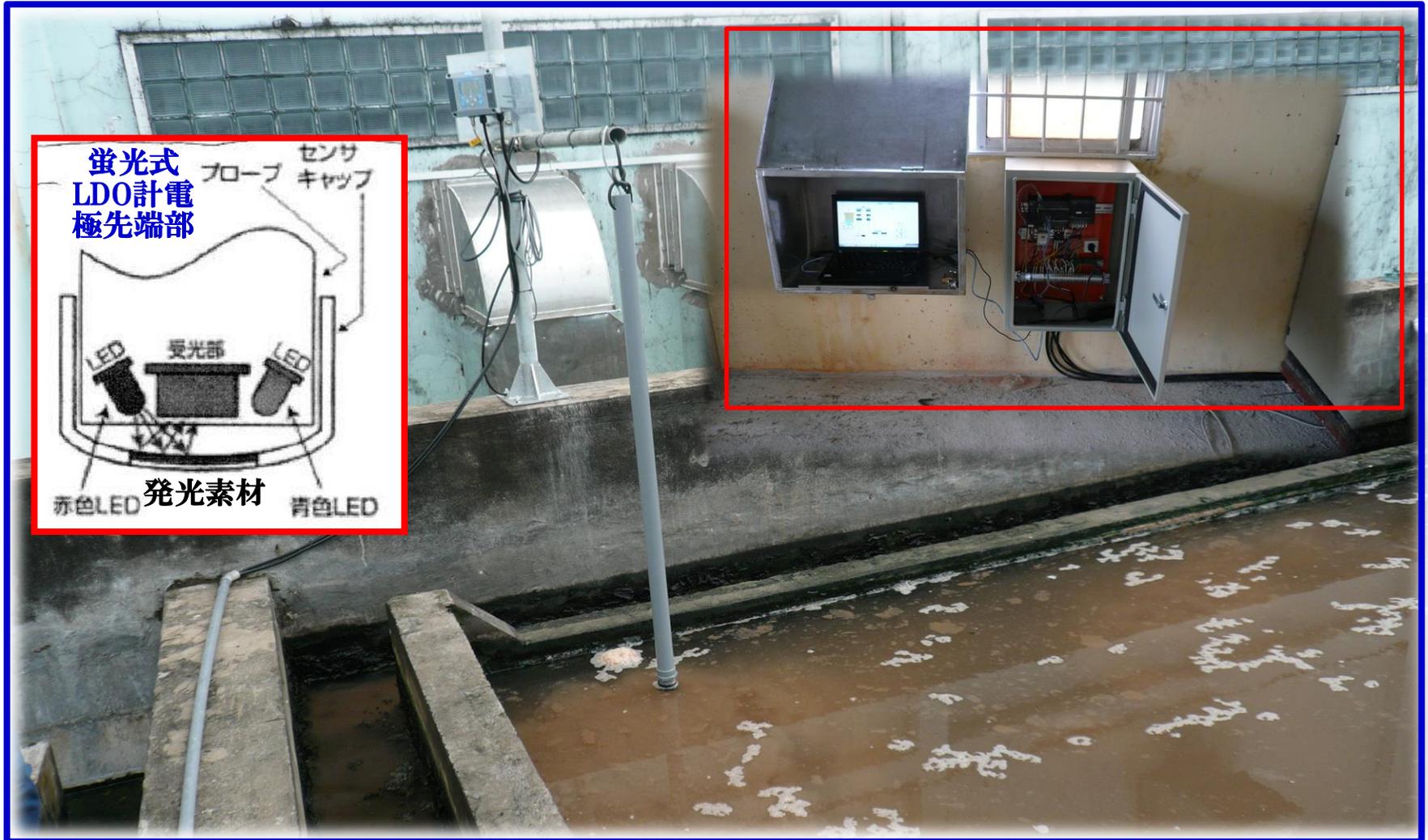
メコンデルタ排水処理施設



AOSDによる
VIETNAM食品加工
工排水処理設置
施設全景

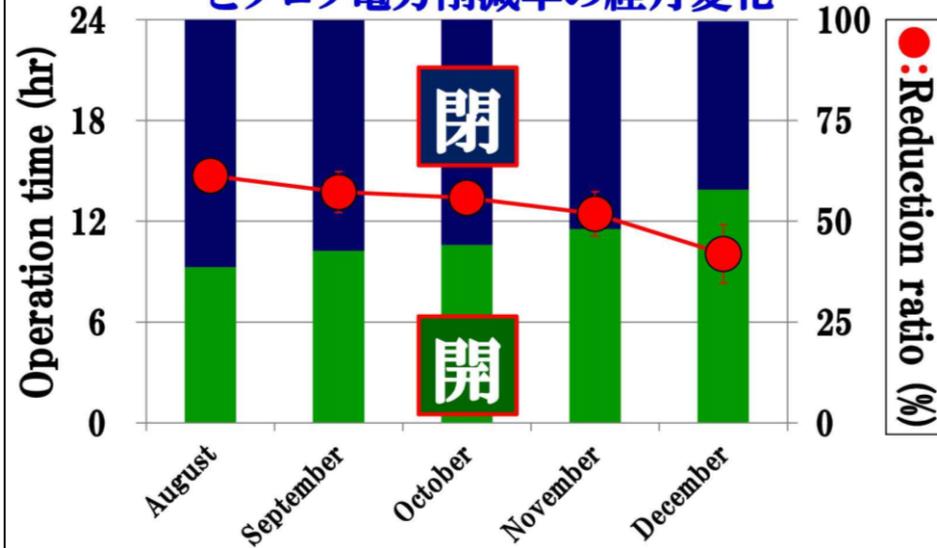


メコンデルタ排水処理施設 LDO蛍光式溶存酸素計設置状況

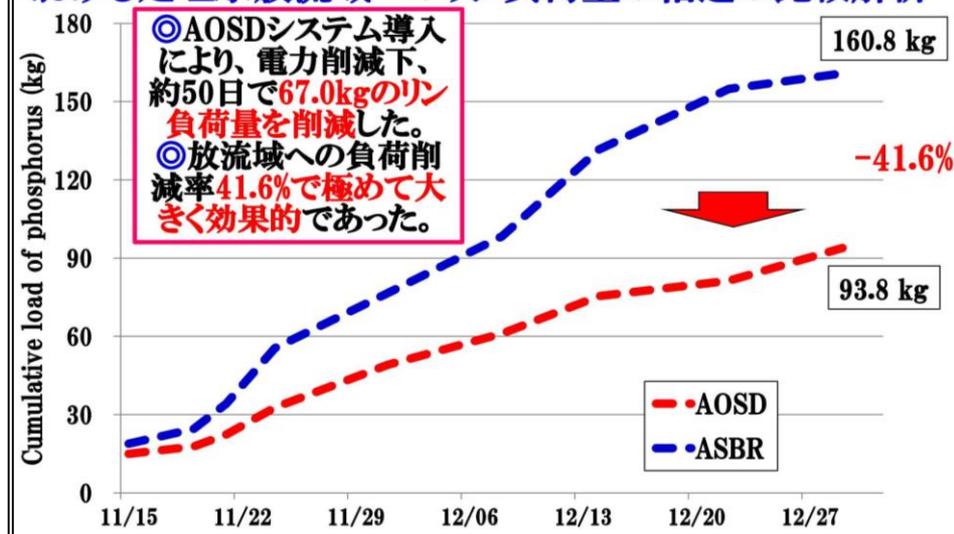


(6) FS調査/水環境改善効果実証試験の実施内容

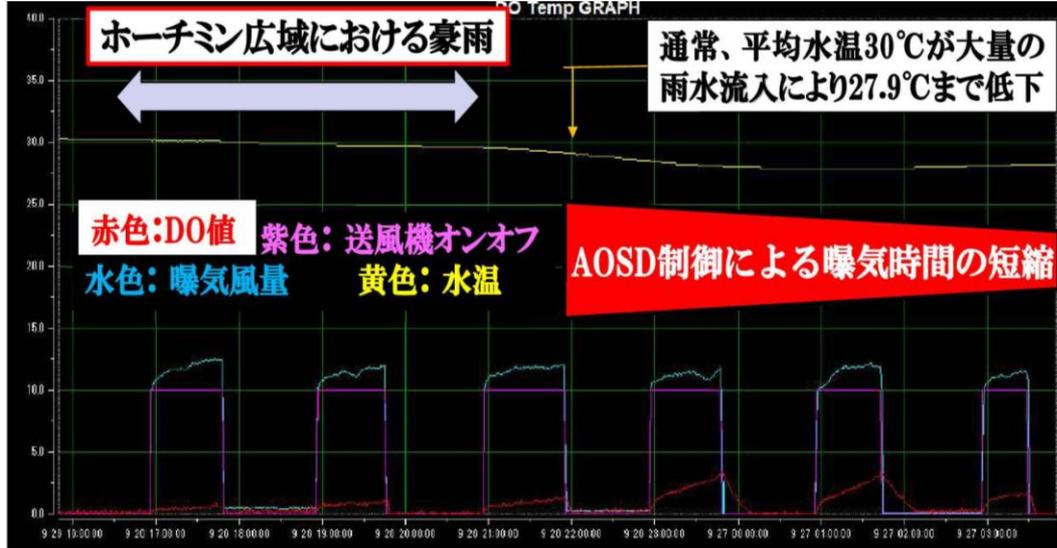
ピンファン処理場におけるバルブ開閉時間の平均値とプロワ電力削減率の経月変化



ピンズン下水処理場のAOSDシステム導入系と対照系における処理水放流域へのリン負荷量の相違の比較解析



豪雨による原水の急激な変化に対する最適制御 (ピンファン)



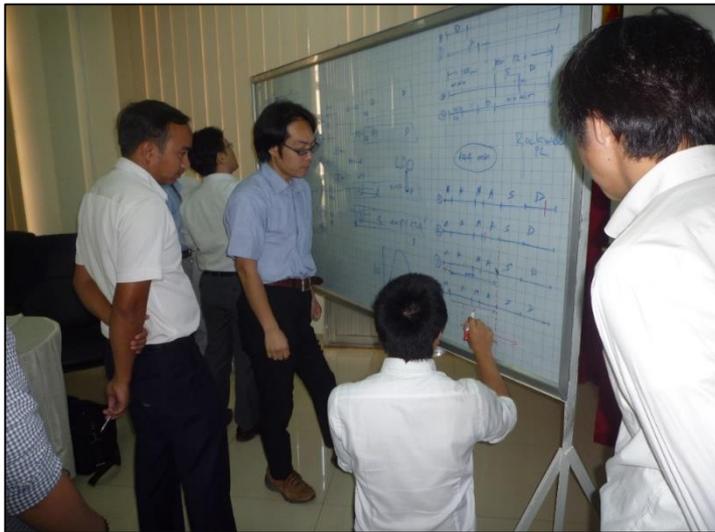
ベトナム南部の既存排水処理施設において、AOSD制御による実証試験が行われた結果、全ての施設において、**電力削減と処理性能向上に伴う水環境への負荷低減**が検証された。同時に、**原水の急激な変化・負荷変動やヒューマンエラー**に対する条件下**最適制御追従**も確認され現場から**高評価**が得られた。

(6) FS調査/水環境改善効果実証試験の実施内容



ベトナム技術者に対する簡易分析・透視度計測等指導状況

(6) FS調査/水環境改善効果実証試験の実施内容



AOSDシステム導入の重要性に対する意見交換と環境教育

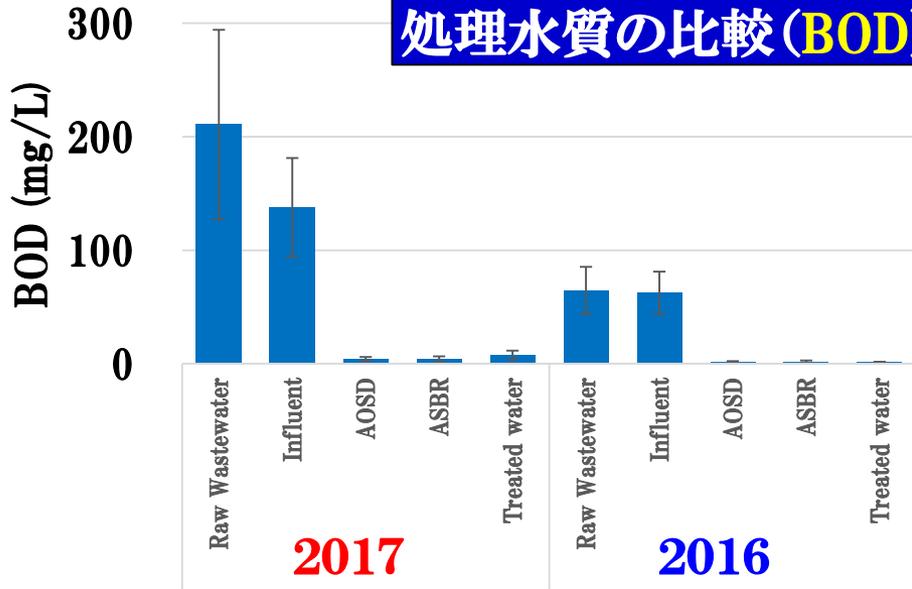
(6) FS調査/水環境改善効果実証試験の実施内容



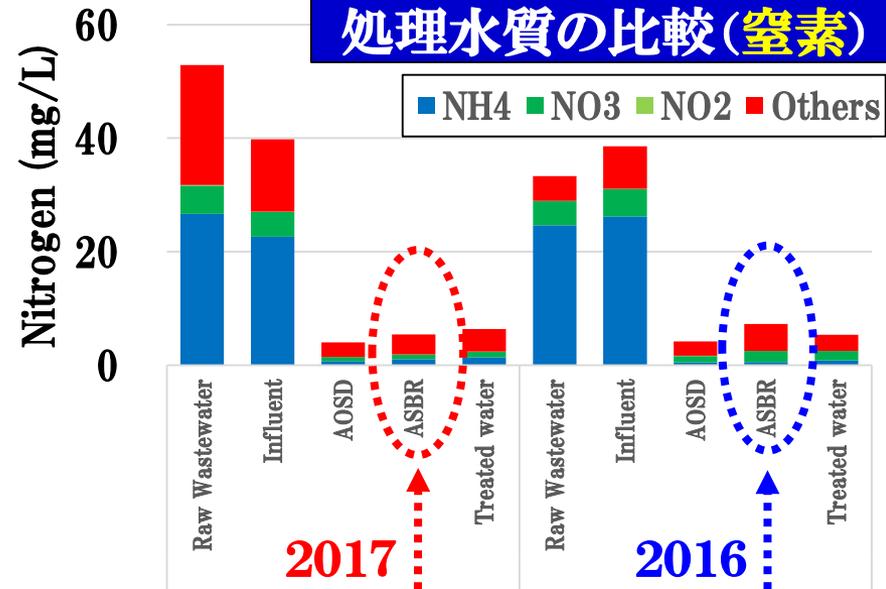
AOSDシステムの中核LDO溶存酸素電極の管理状況指導

(7)これまでの事業実施内容と結果概要 (ピンズン)

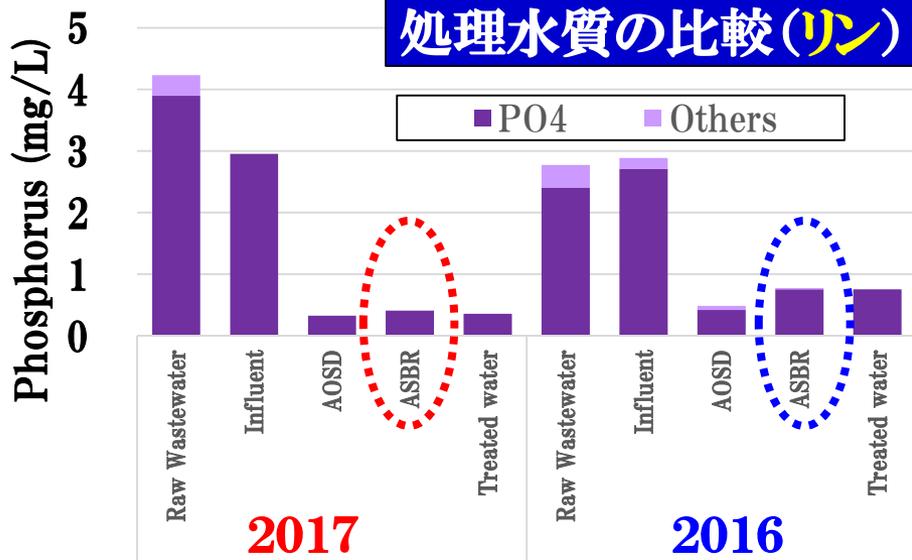
処理水質の比較 (BOD)



処理水質の比較 (窒素)



処理水質の比較 (リン)



ベトナム側でAOSDシステムの制御データに基づきマニュアル設定で運転したことで既存処理槽でも高度性能の確保されることが検証された。

[検証試験における運転条件の最適化]
 重視点を処理水質とした昨年度のプログラムから、より**省エネルギー**を重視したプログラムに変更し、**検証を継続した**。その結果、**省エネルギー**下で、**昨年度と同等以上の浄化能力を維持でき、安定的に処理可能**ことが明らかとなった。

(7)これまでの事業実施内容と結果概要 (ビンズン)

2016年12月: 11,700m³/d

Without AOSD: 488kWh/d, 0.15kWh/m³
Baseline (嫌気好気の高度処理既存方式)

AOSD:
 412kWh/d
 (高濃度モード運転)

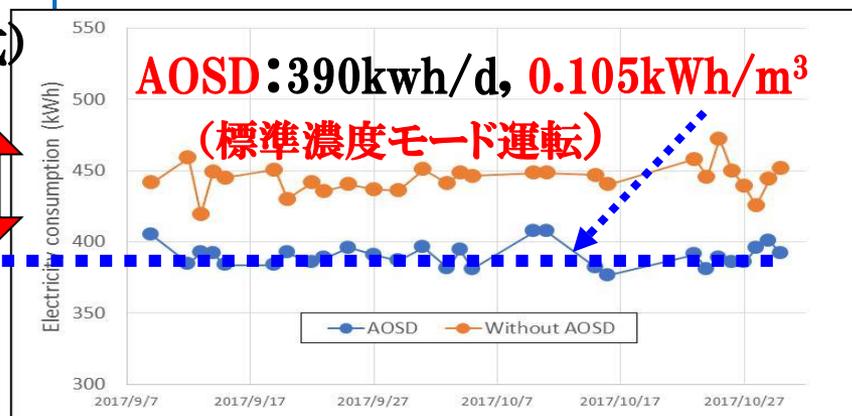
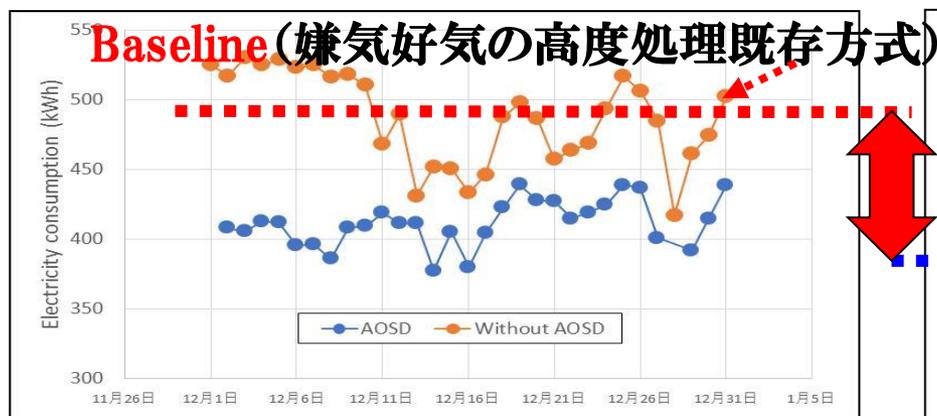
**Reduction
 30%**

2017年9-10月: 13,400m³/d

Without AOSD: 444kWh/d

AOSD:
 390kWh/d, 0.105kWh/m³
 (標準濃度モード運転)

ベトナムで
 AOSDシス
 テムの制御
 データに基
 づきマニュ
 アル設定
 運転



省エネ重視プログラムに変更されたAOSDシステムによる検証試験の結果、**嫌気好気の高度処理既存方式を比較対象**としても、昨年度と比較し、**処理水量増加**でも**電力削減効果30%**が達成された。

曝気槽のDO濃度に基づく解析

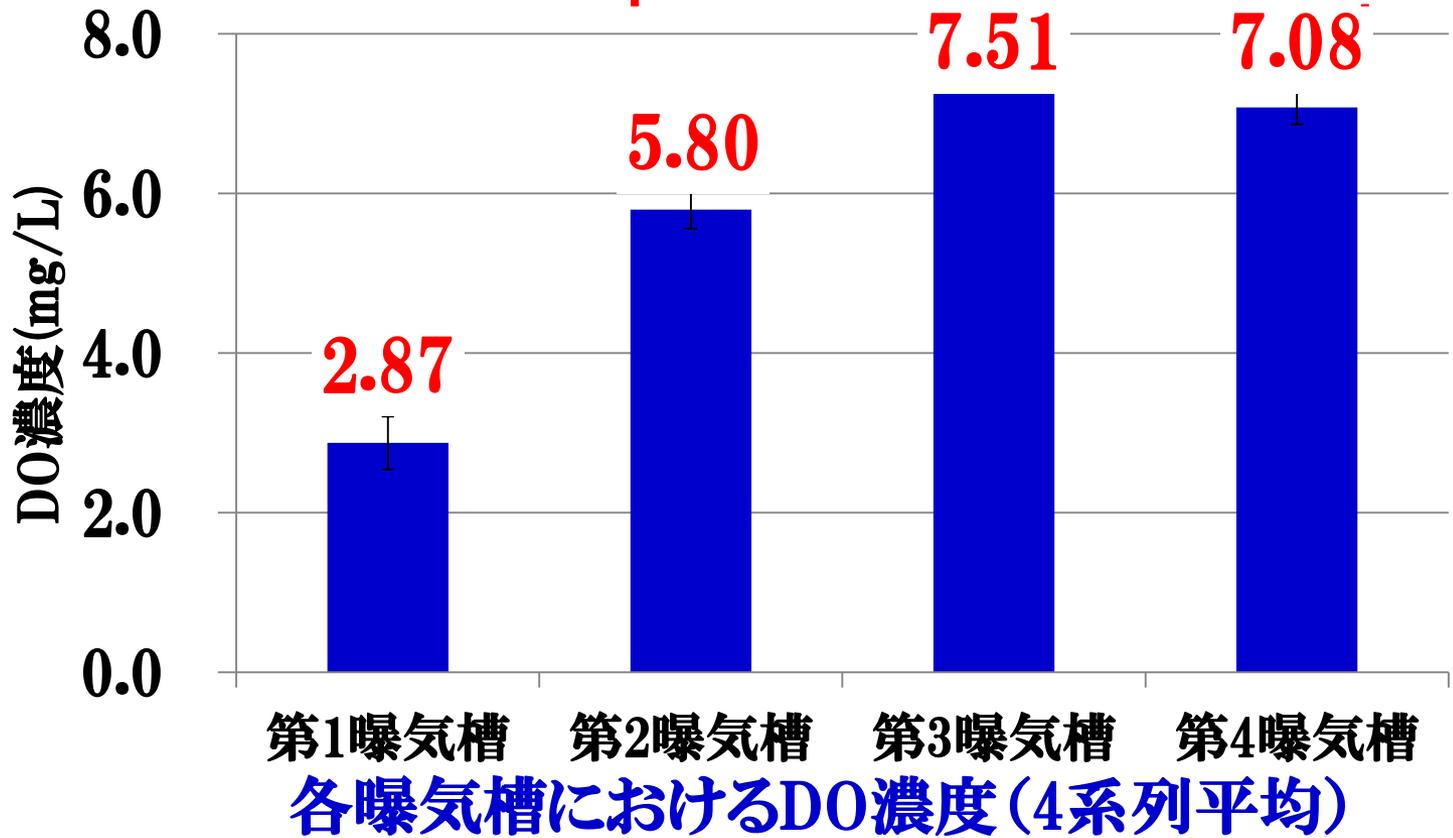
低負荷: 過剰曝気

第1
曝気槽

第2
曝気槽

第3
曝気槽

第4
曝気槽



DO濃度が第2曝気槽以降で5.0以上あり、必要以上に過剰曝気されていることが明らかとなった。AOSDシステム導入による曝気風量削減の可能性が確実視された。

4分割された活性汚泥曝気槽

活性汚泥法の処理能の水質分析に基づく解析

測定項目	原水	I系列処理水	J系列処理水
pH	6-7	5-6	5-6
COD _{Mn}	30-60	0	0
NH ₄ -N	>10	<0.2	<0.2
NO ₃ -N	<0.2	>10	>10
NO ₂ -N	0.005- 0.01	0.01- 0.02	0.01- 0.02

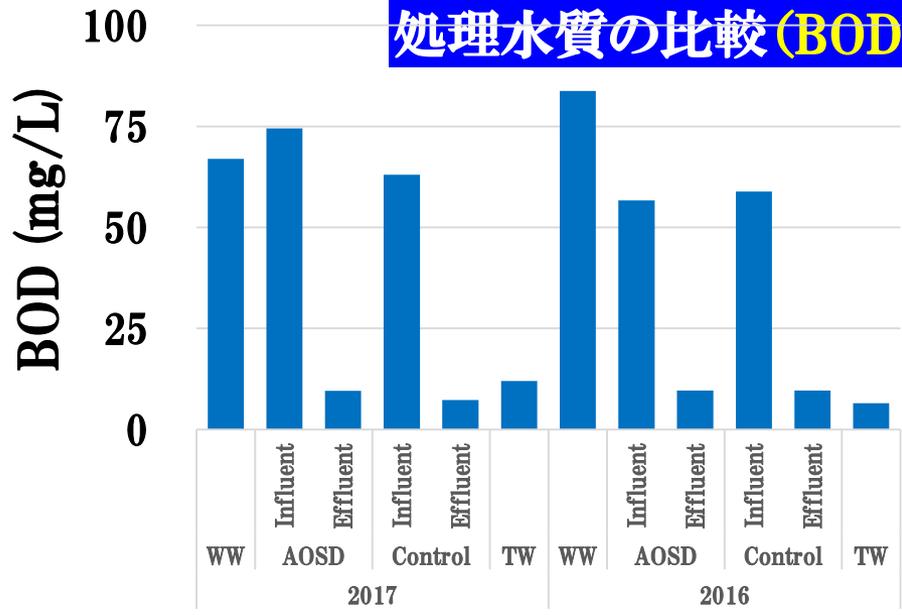
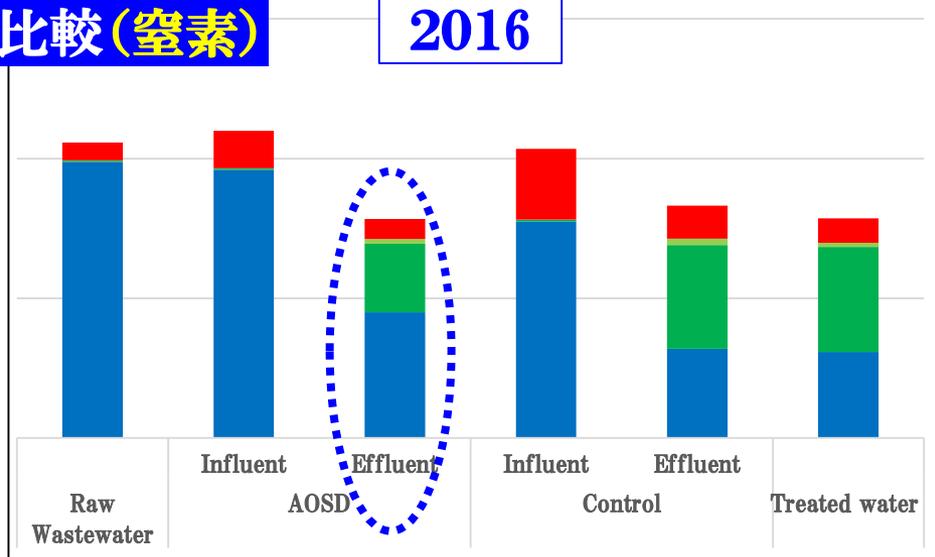
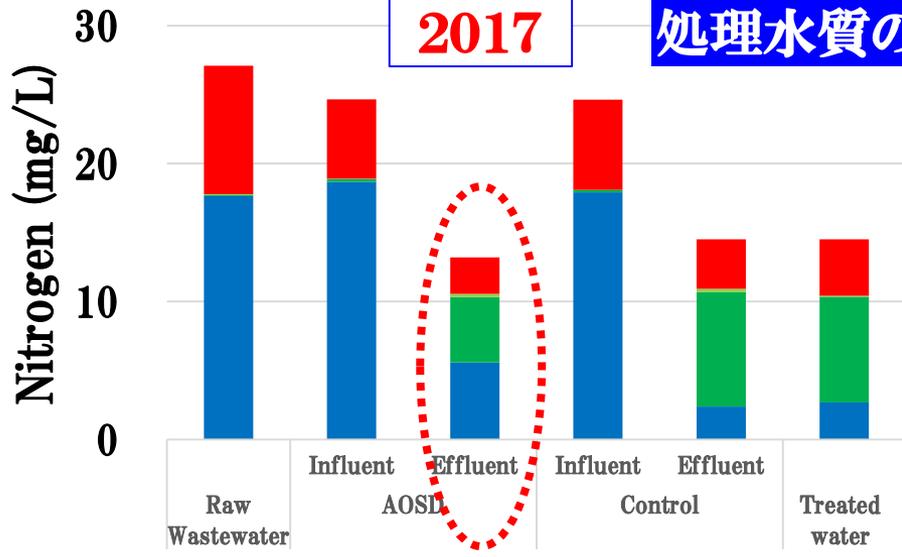
現場測定：pH試験紙と共立理化学研究所
パックテスト等による測定値

CODとNH₄-Nは十分に処理されており、**有機物除去能・硝化能は極めて高いが、NO₃-Nは高濃度で残存する。**この状況から、**AOSD導入により、窒素除去と電力使用量の削減が同時達成**できる可能性が示唆された。



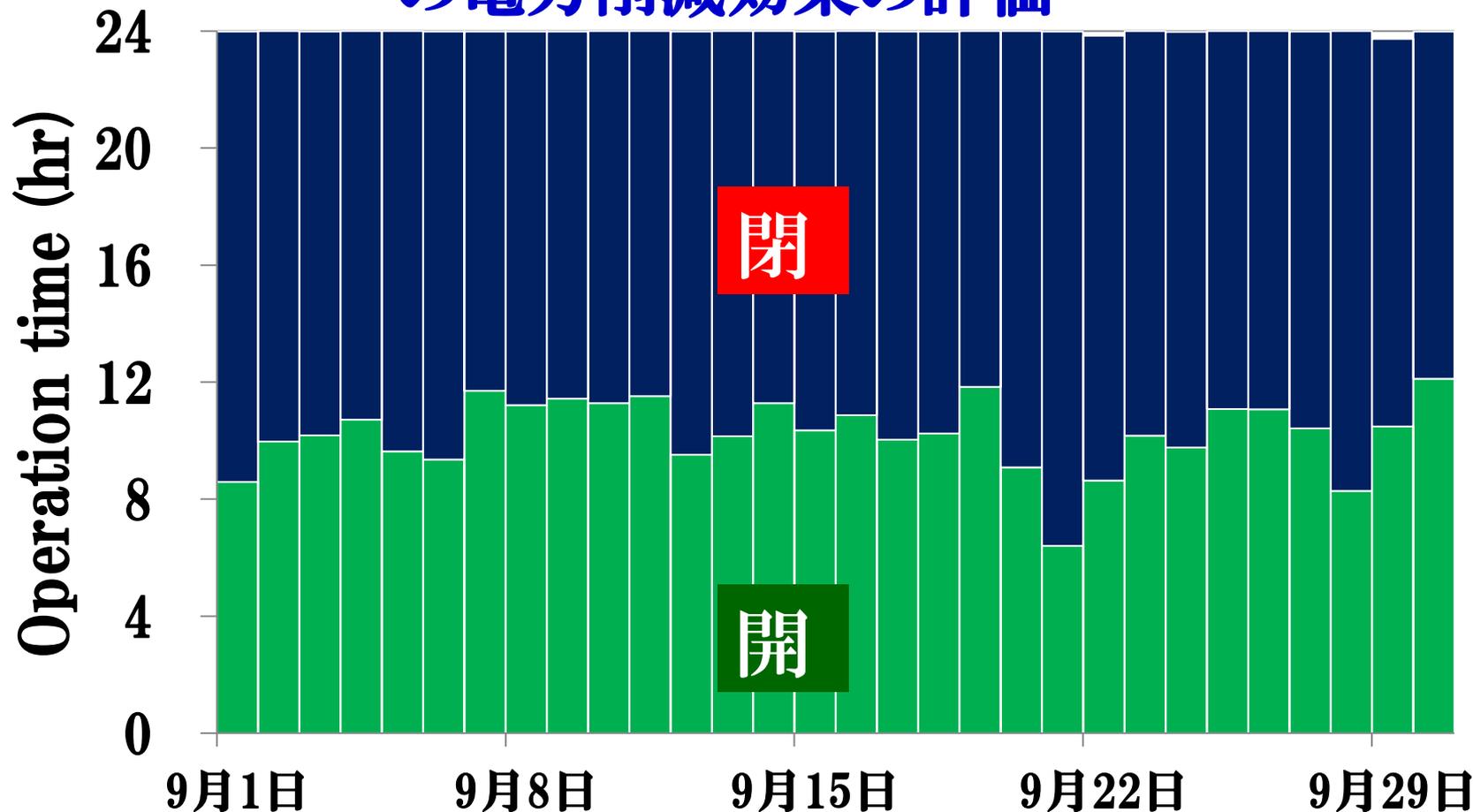
DOの測定結果も踏まえて、**精密分析**を行う施設として選定し解析評価を強化した。

(7)これまでの事業実施内容と結果概要 (ビンフン)



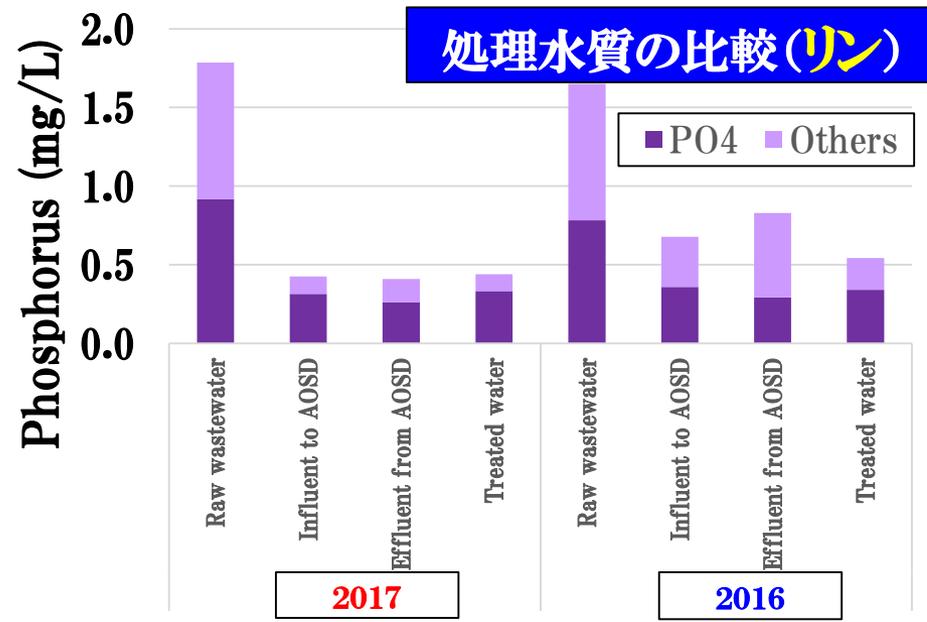
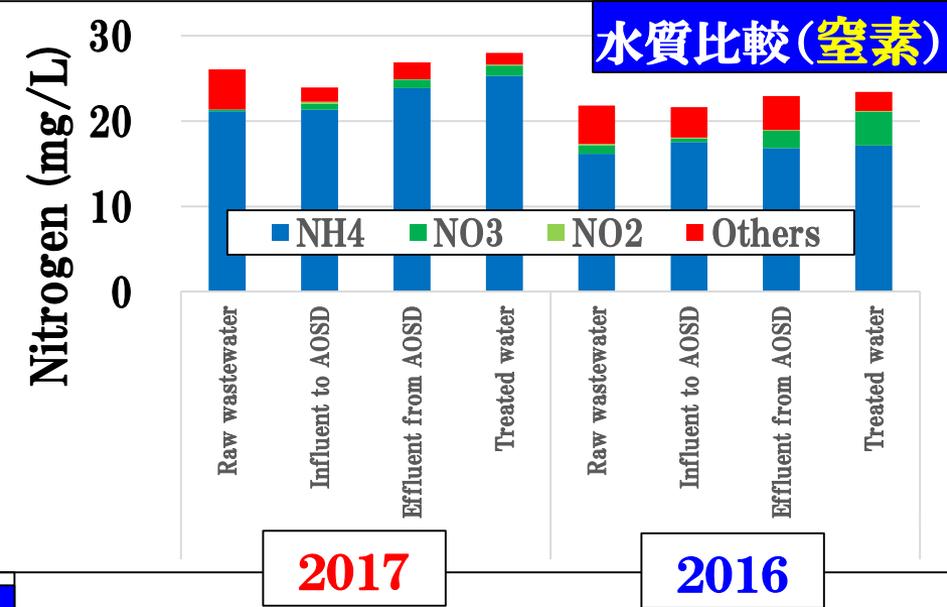
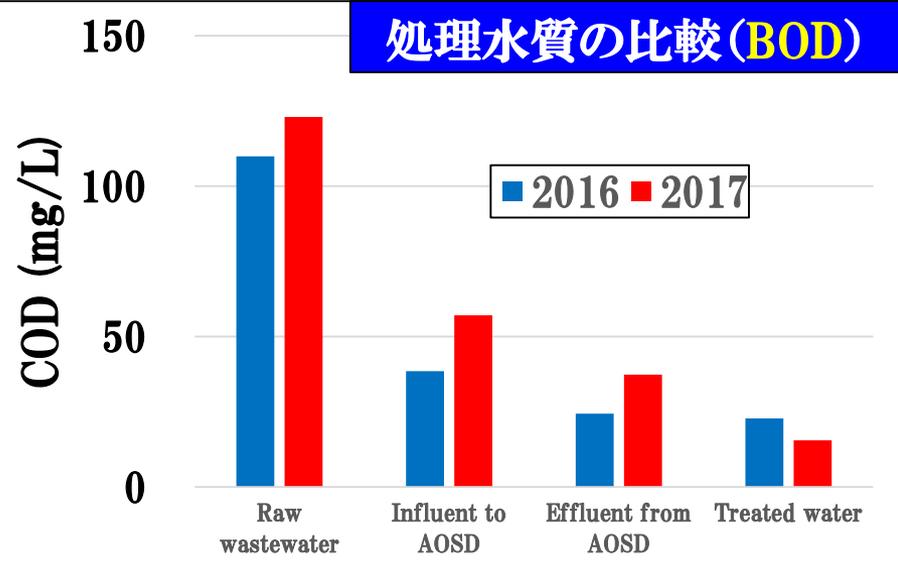
[検証試験における運転条件の最適化]
 嫌気好気のサイクル時間を、昨年度の**2時間から1時間に短縮**し、流入原水の急な変化に対応できるようにした。
 その結果、処理水質は昨年度と同様に**高い水準を示し、長期間安定的に維持**することの可能であることが明らかとなった。

ビンファン下水処理場における送風バルブの開閉時間からの電力削減効果の評価



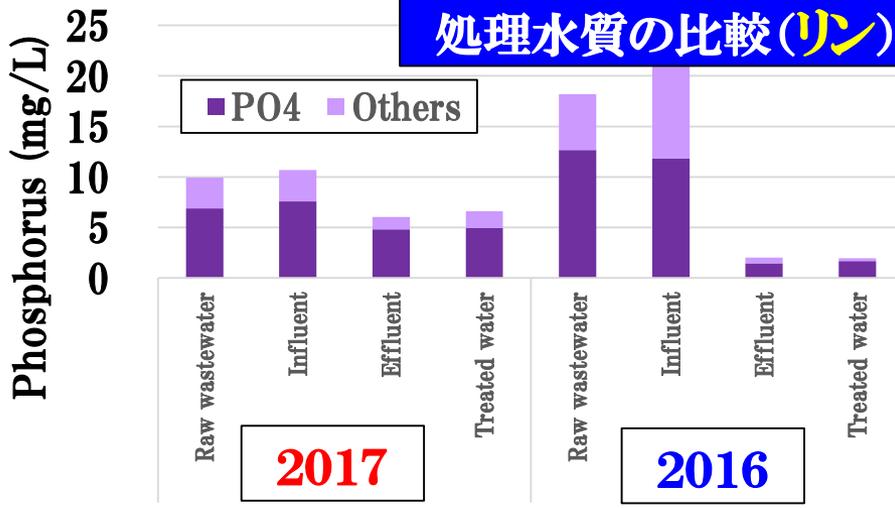
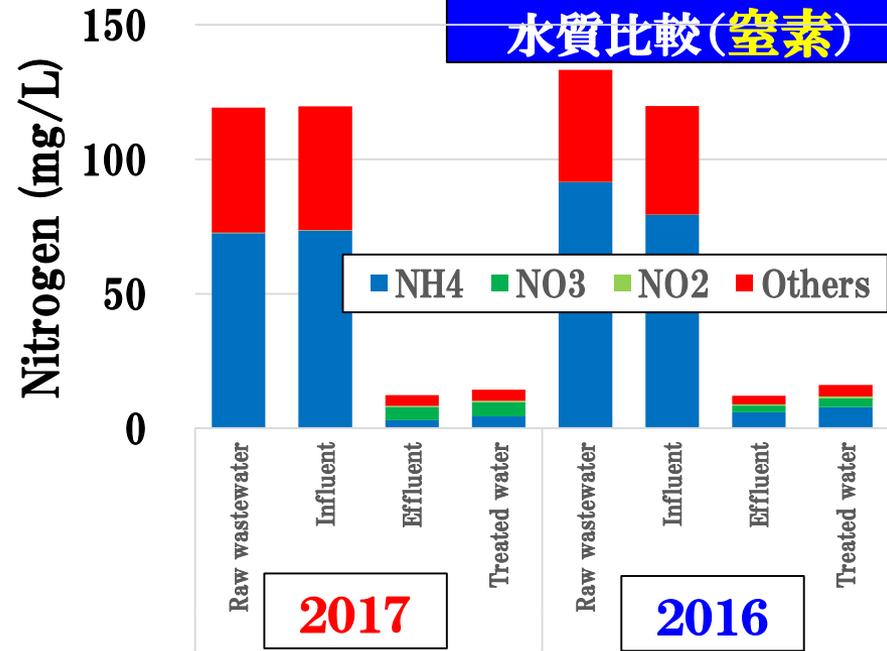
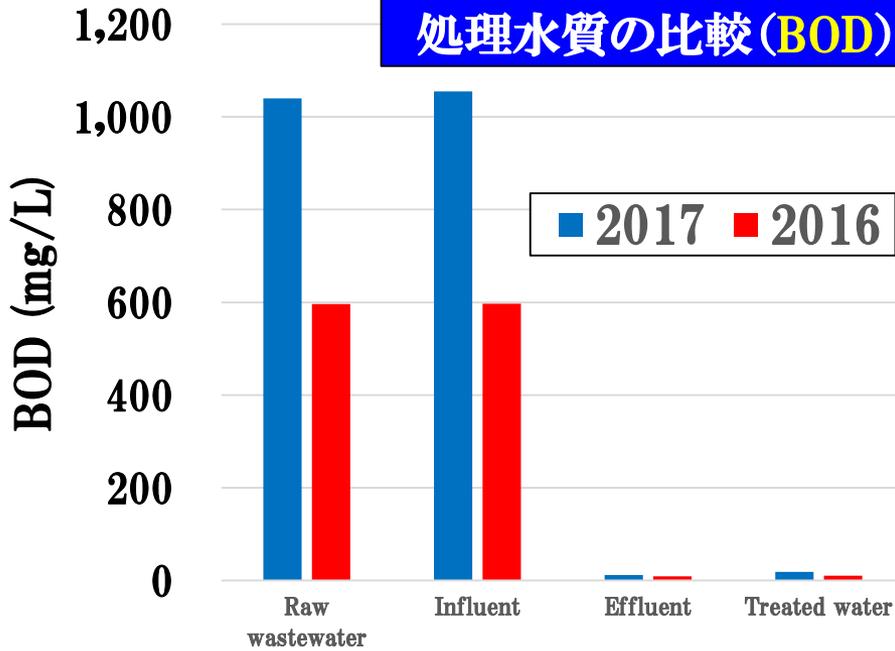
既存システムではブロワを24時間連続運転しているが、AOSDシステム系では、送風バルブの開閉によるシミュレーションを行ったところ、**原水水質の変化に自動追従していること、バルブ開の時間が約60%減の最適条件に制御**されていることが確認された。

(7)これまでの事業実施内容と結果概要 (ベカメックス)



[実証試験における運転条件の最適化]
 平成28年度実証試験から安定して**適切な制御**がなされており、昨年度同様に**良好な処理能が継続的に確認**された。また、DOセンサーに付着するバイオフィームの特性や工業排水を対象とした場合の、維持管理頻度と交換部品に関する情報を得ることが出来た。

(7)これまでの事業実施内容と結果概要 (メコンデルタ)



[実証試験における運転条件の最適化]
 平成26年の設置から、平成28年度の実証試験を経て、長期的に安定した**適切制御**がなされている。本年度の検証試験においても、昨年度同様に**良好な高度処理能**が継続的に確認された。