



AI技術を応用した汚水処理全流程 最適化システム

Dr. Tao Su (蘇 涛)

新興市場事業開発マネージャー



コンテンツ

- 処理システム最適化（TSO）の概要
- 精密曝気システム
- スマート炭素注入システム
- リン除去用スマート試薬注入システム
- スマート活性汚泥除去システム

汚水自動化管理の進化

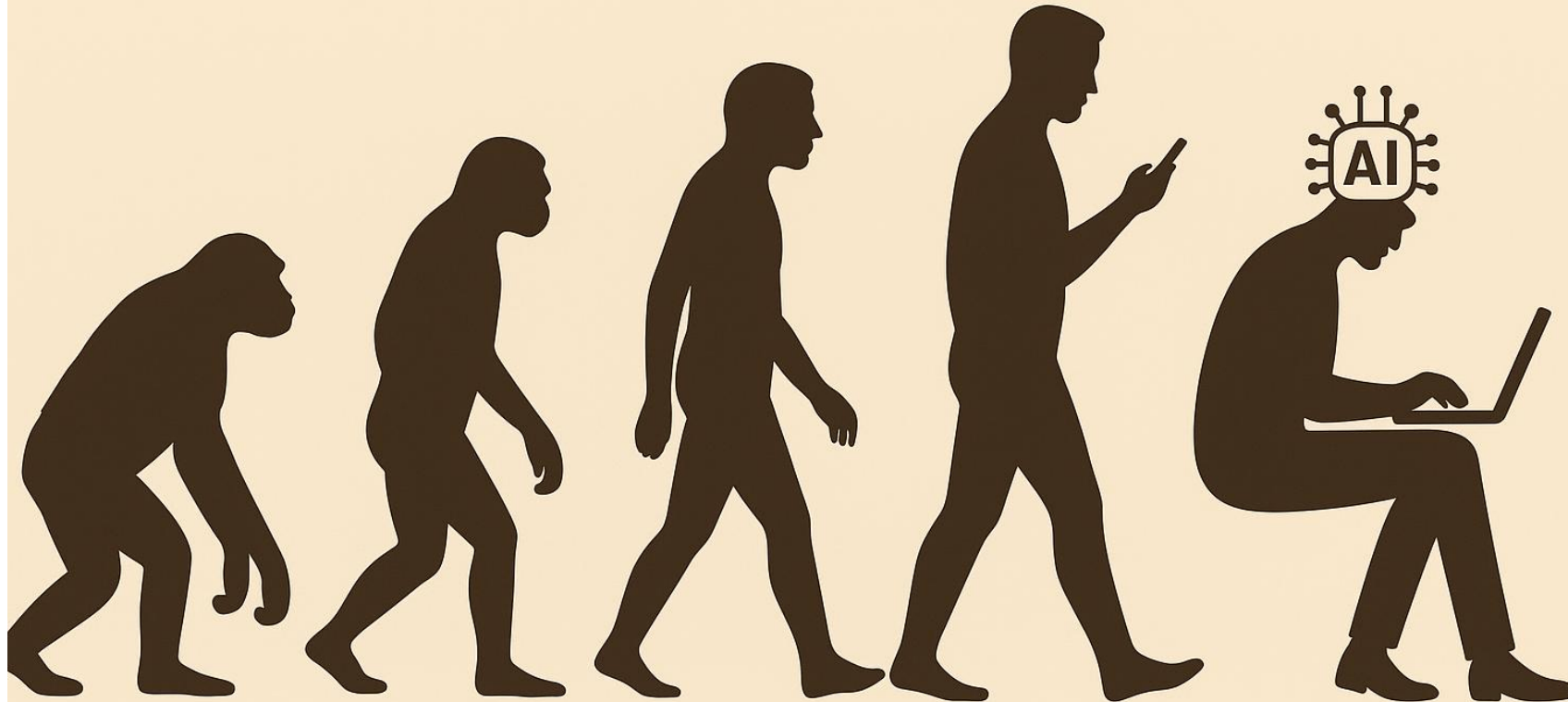
1900年代～1950年代
手動運転期
Manual Operation Era

1960年代～1970年代
計装・基礎自動化期
Instrumentation and
Basic Automation Era

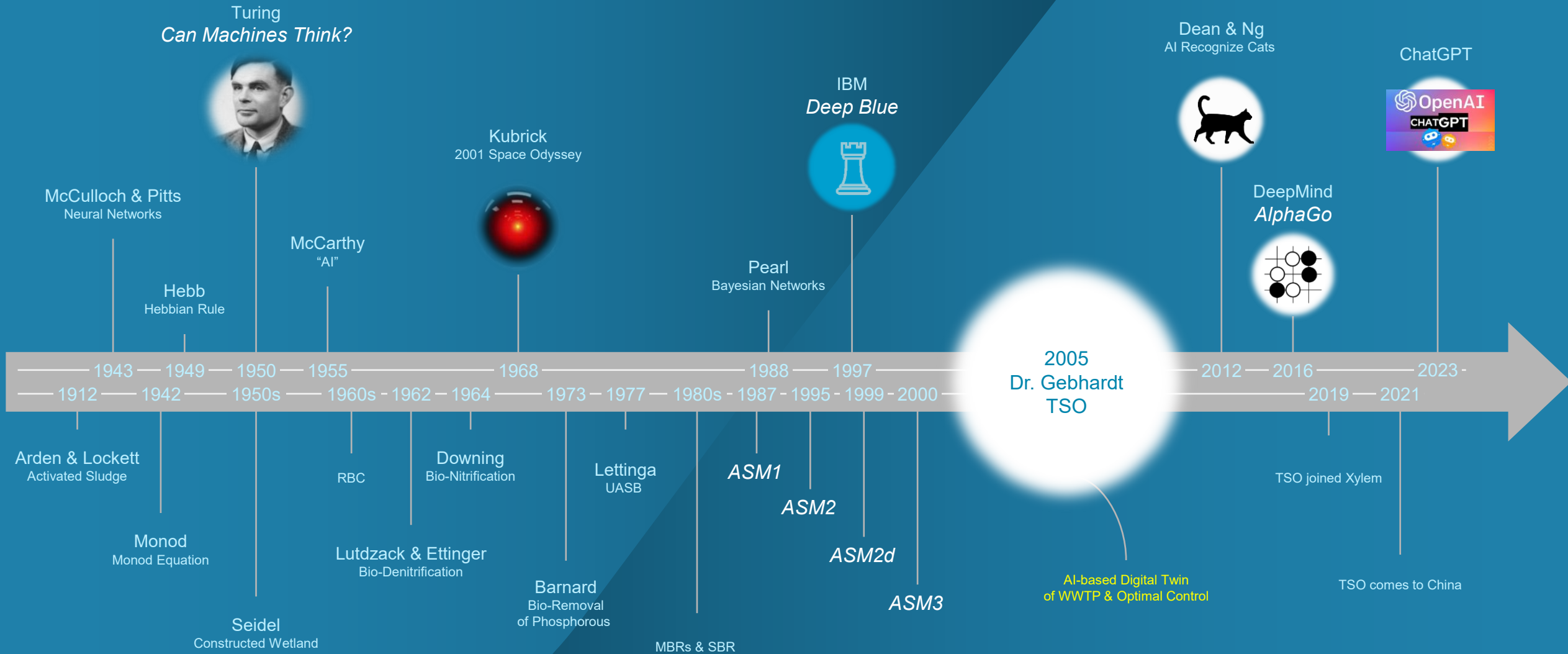
1980年代～1990年代
コンピュータ・SCADA期
Computer and SCADA Era

2000年代～2010年代
モデル・インテリジェント制御期
Model-based and Intelligent
Control Era

2020年代～現在
デジタルツイン・AI時代
Digital Twin and AI Era

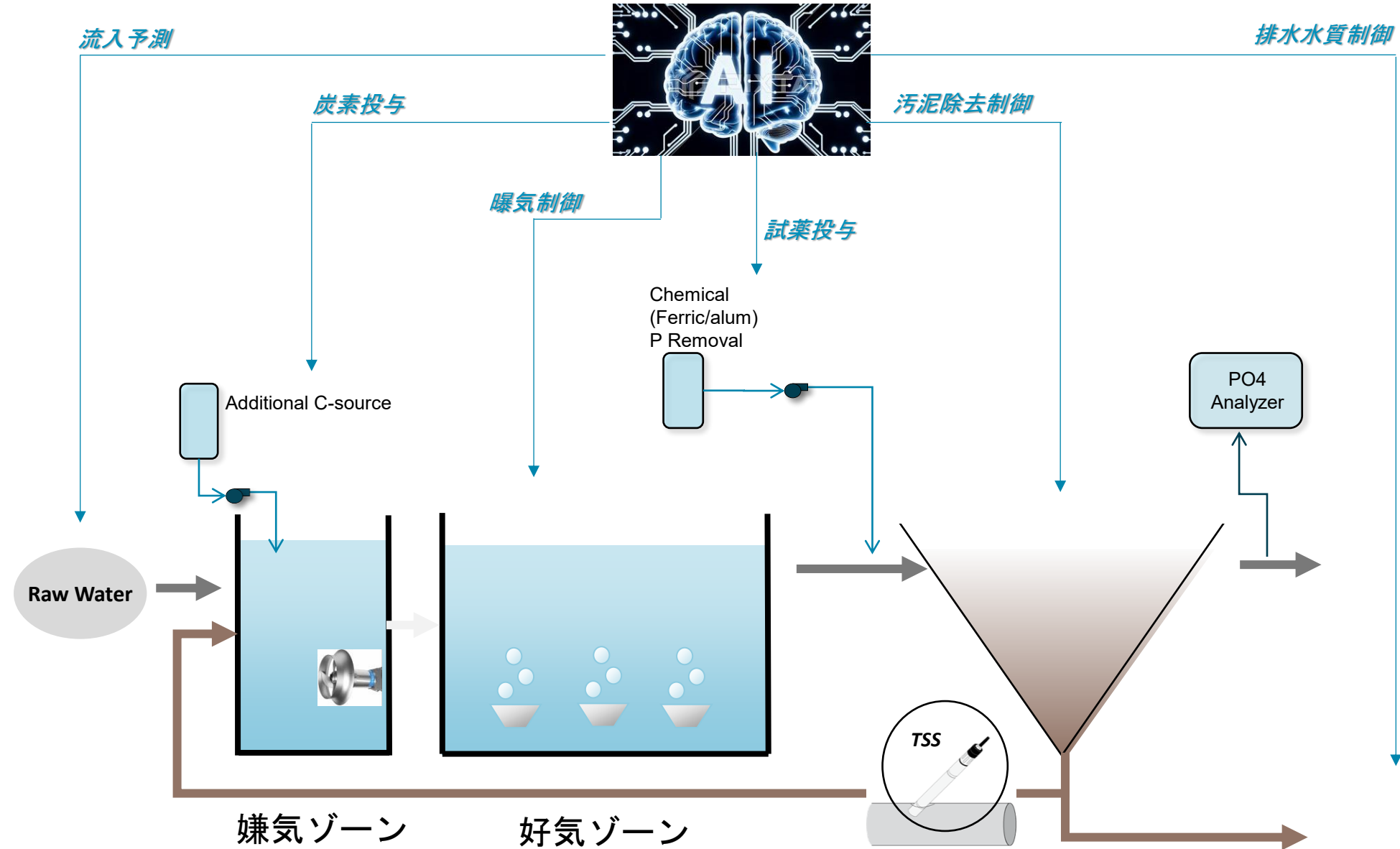


AIベースのシミュレーションと最適化



Treatment System Optimization (TSO)

処理システム最適化



TSO制御パネル



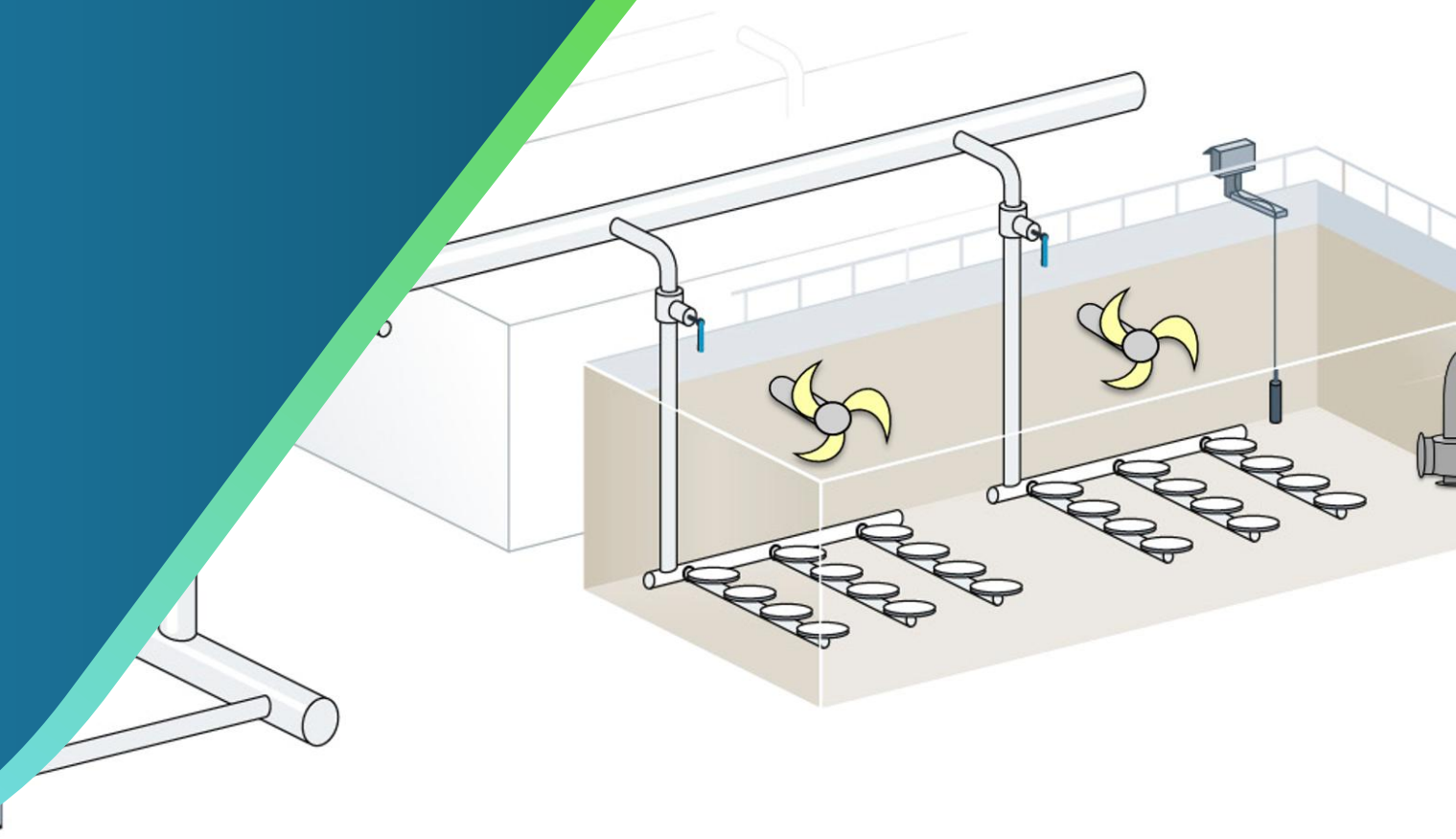
生成AI統合



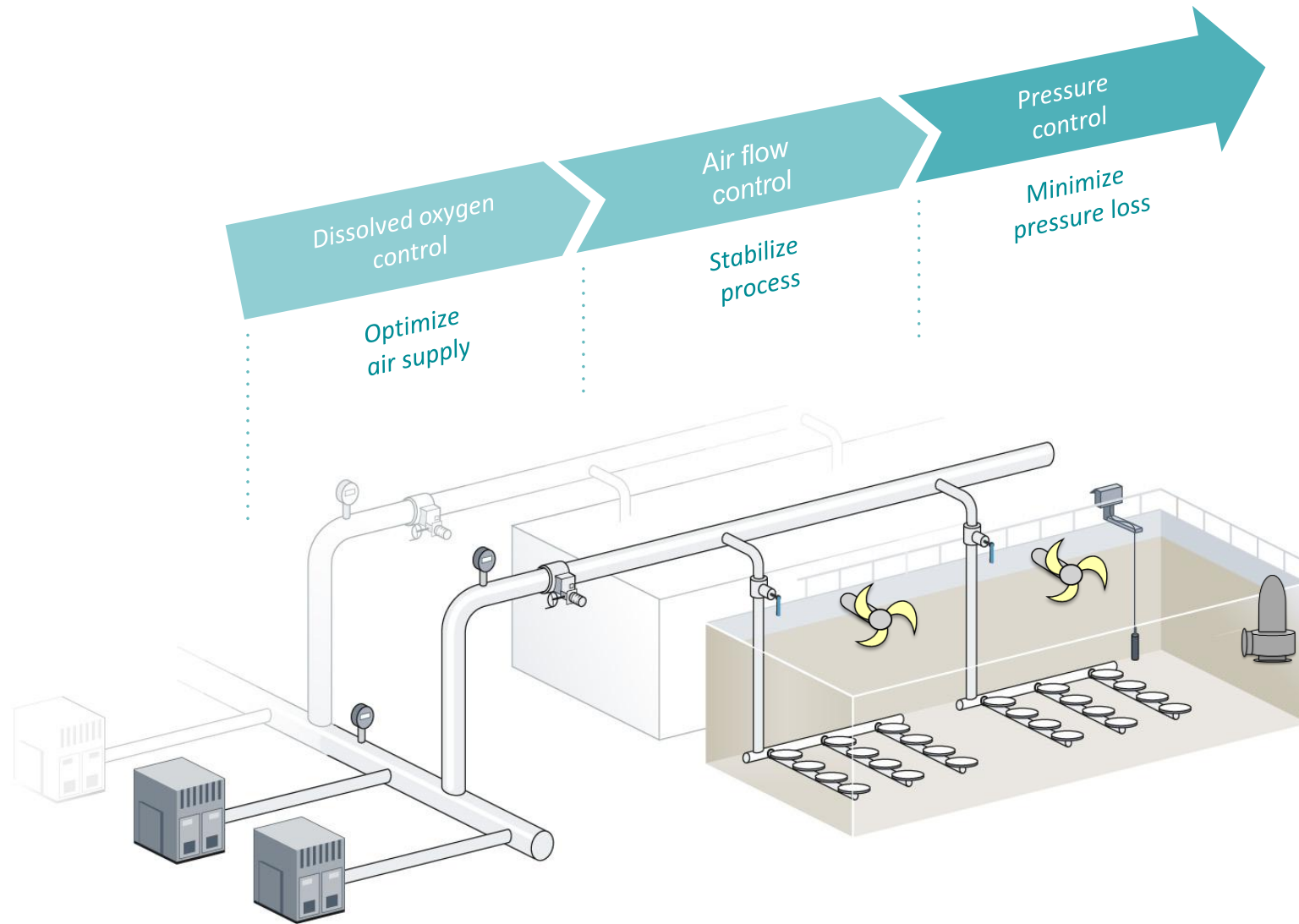
xylem

精密曝気システム

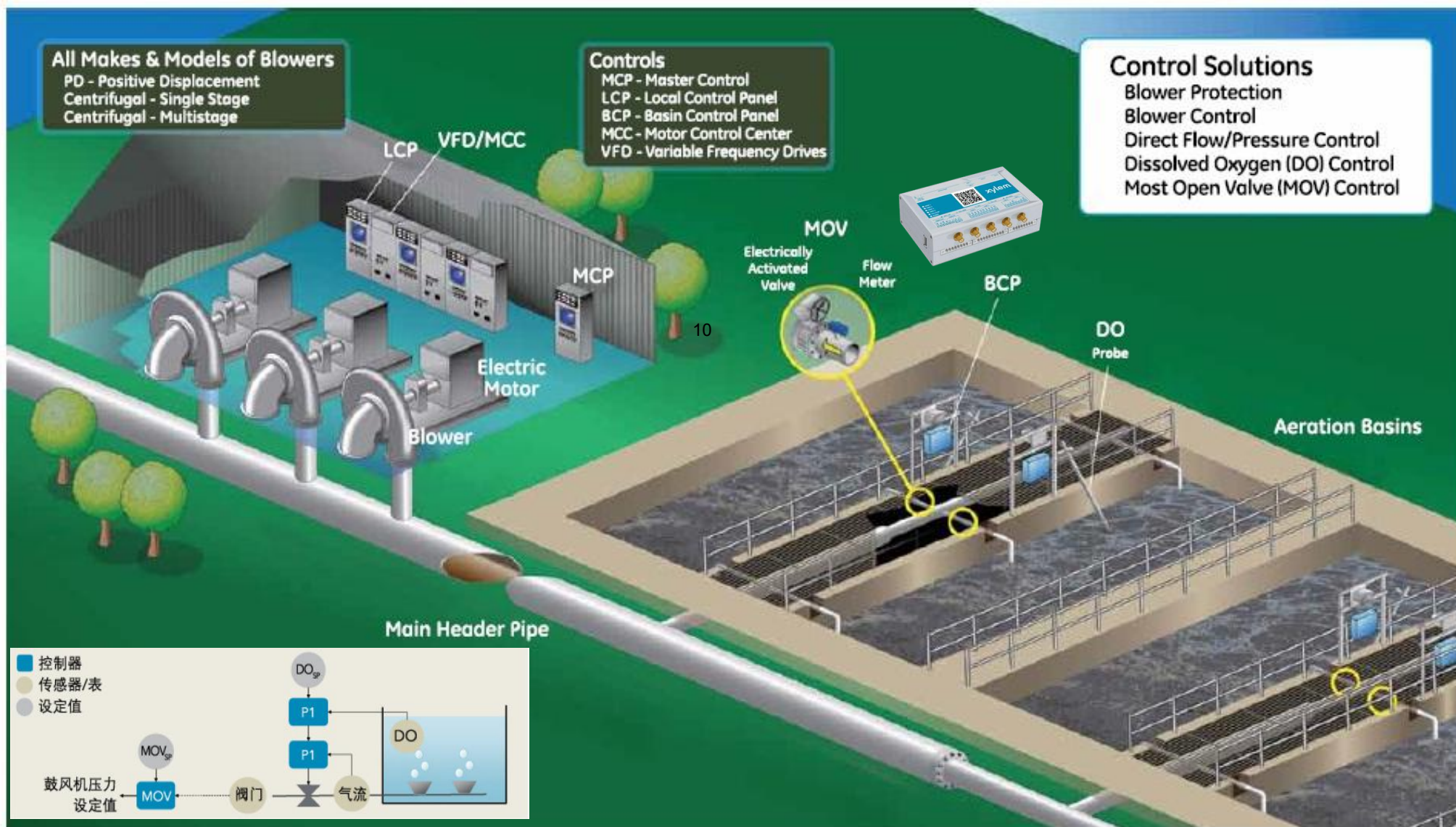
システムサブモジュール



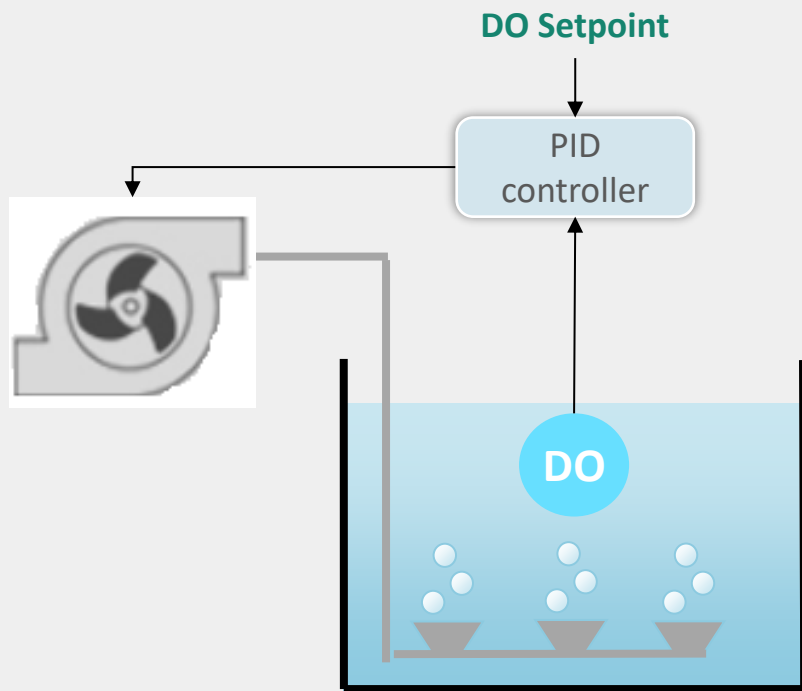
精密曝気制御



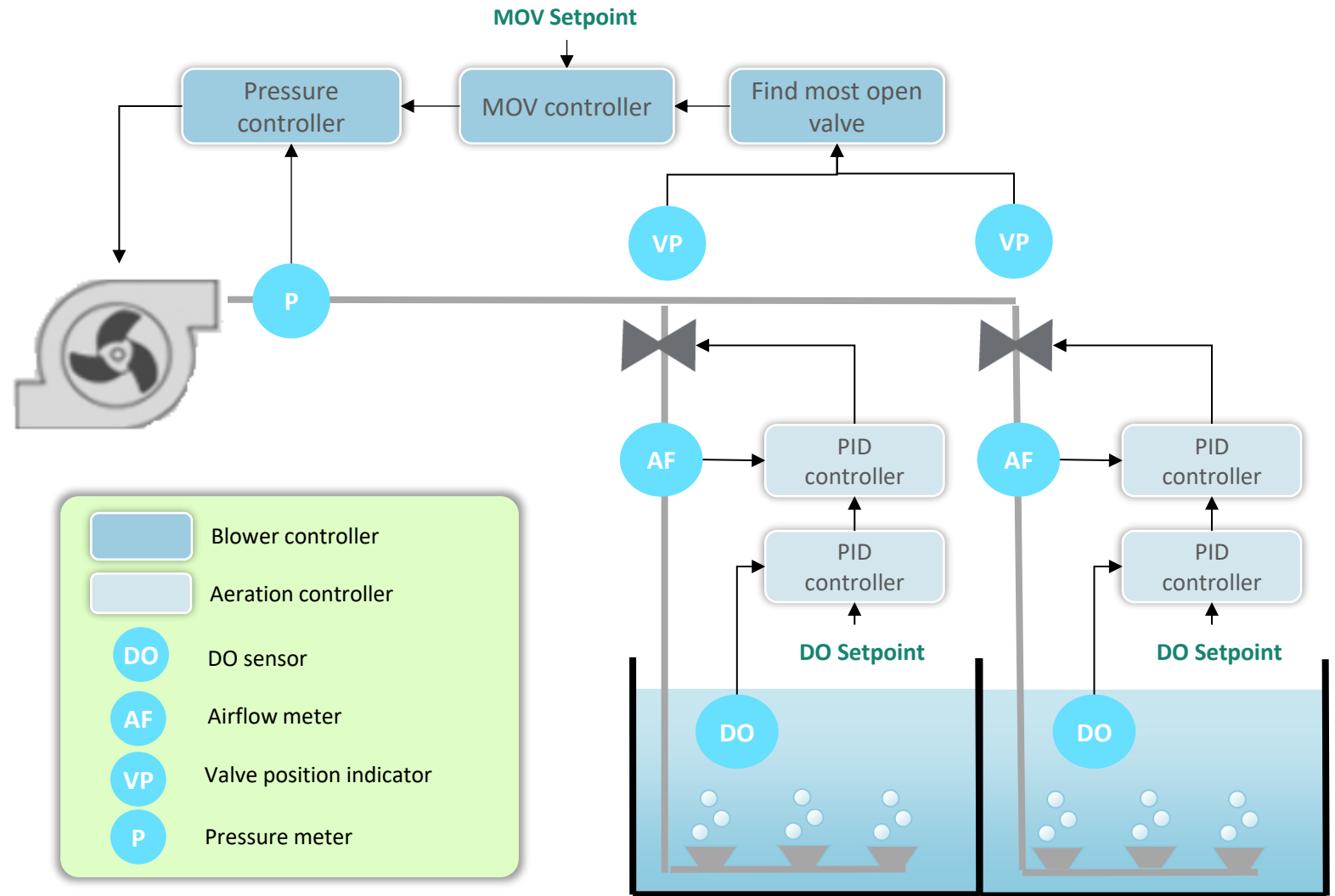
曝气制御



従来



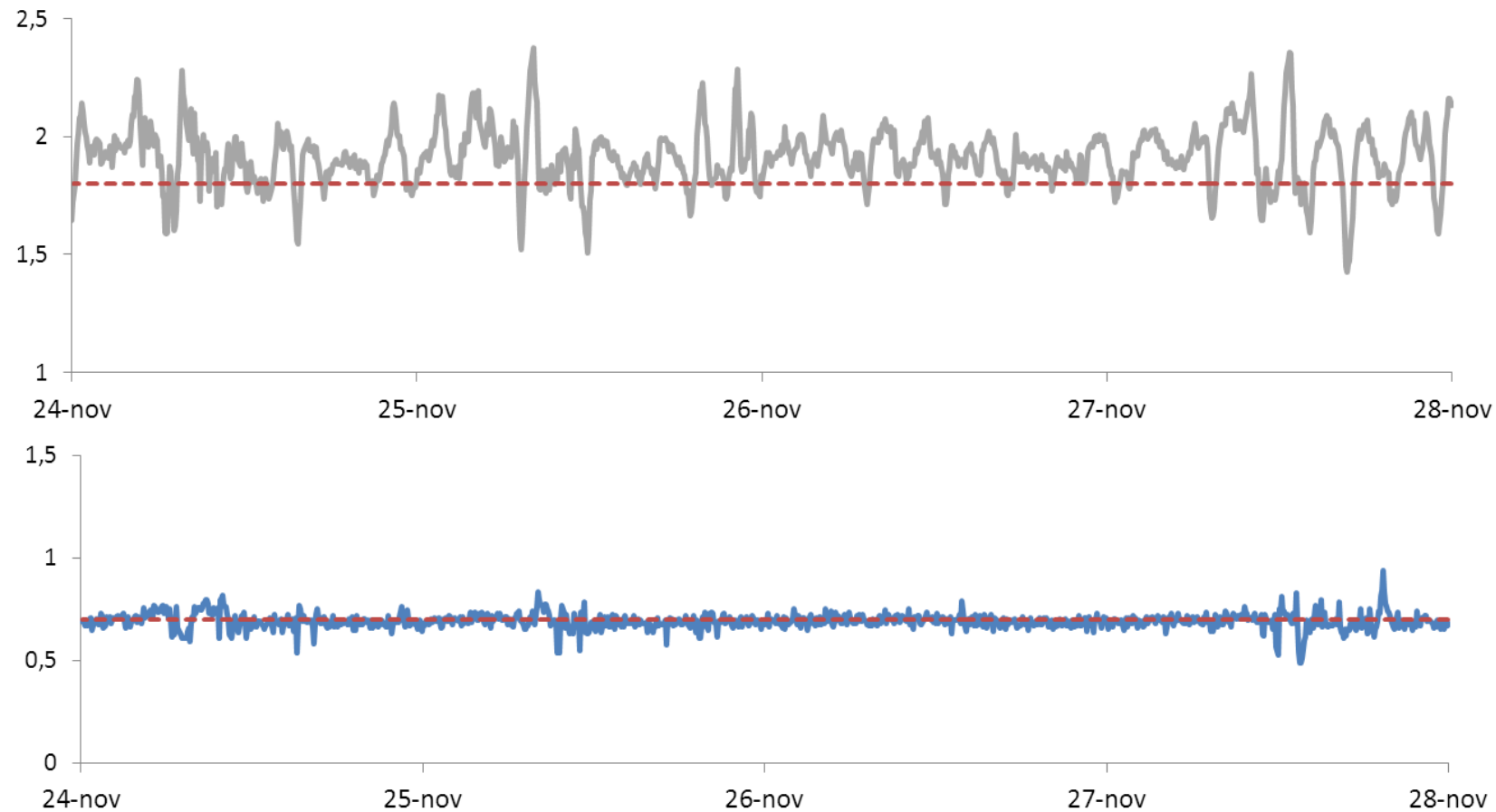
Xylem Aeration Solution



改善されたDO制御の例

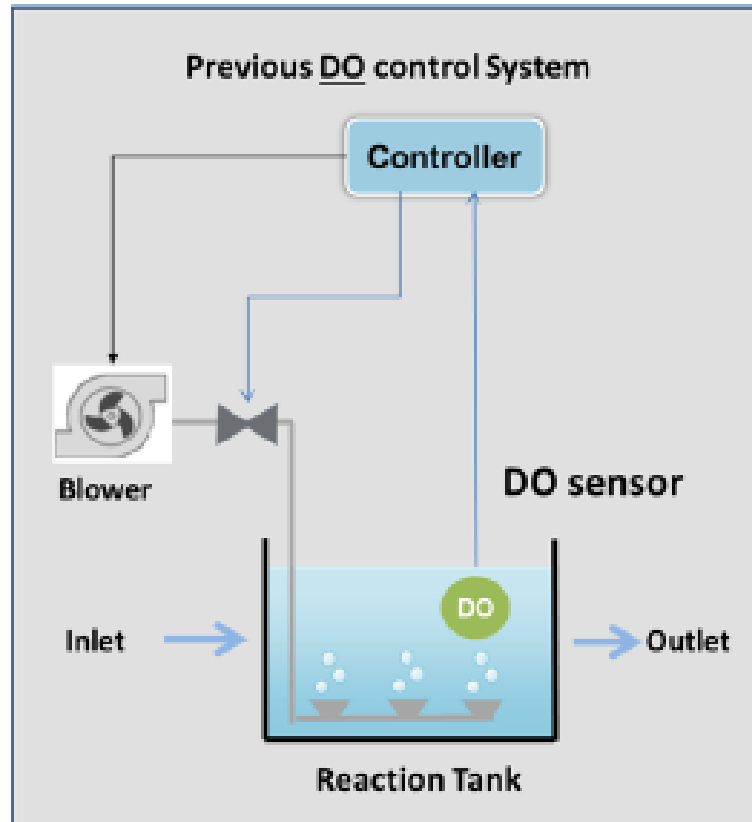
Values from Sternö WWTP, Sweden

スウェーデン・ステルノ下水処理場のデータ

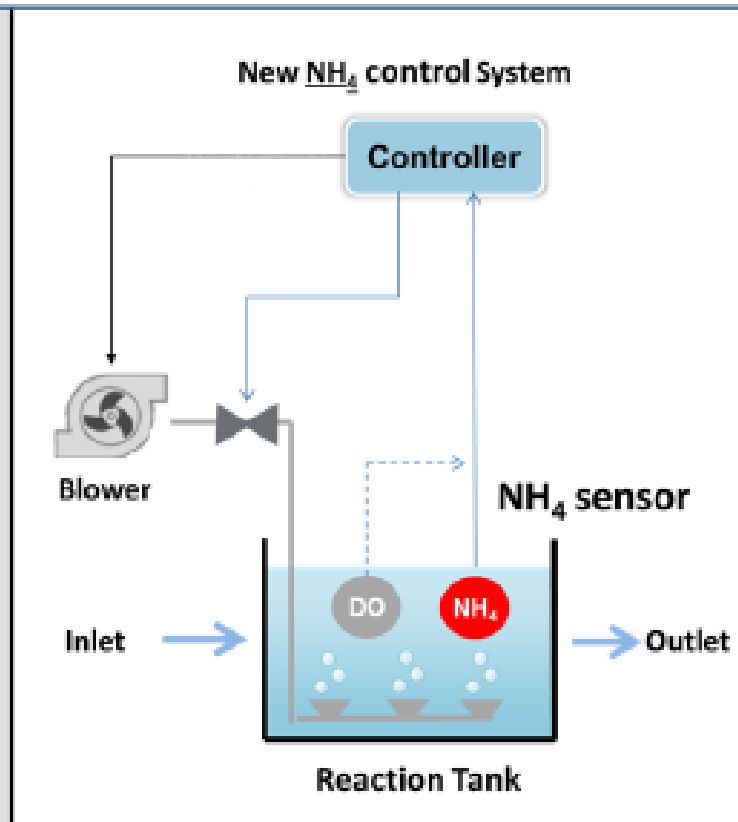


アンモニア曝気制御システム

従来

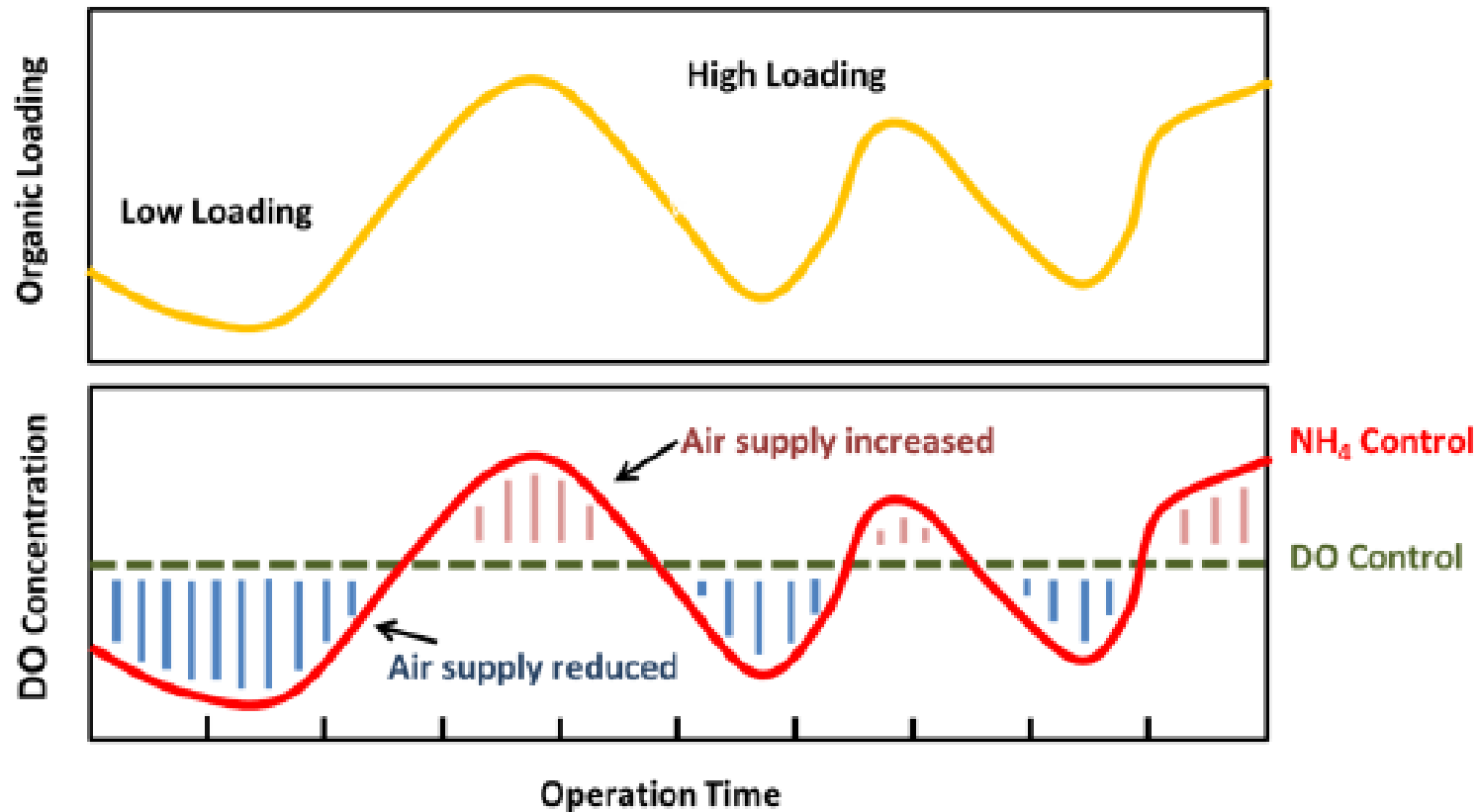


現在

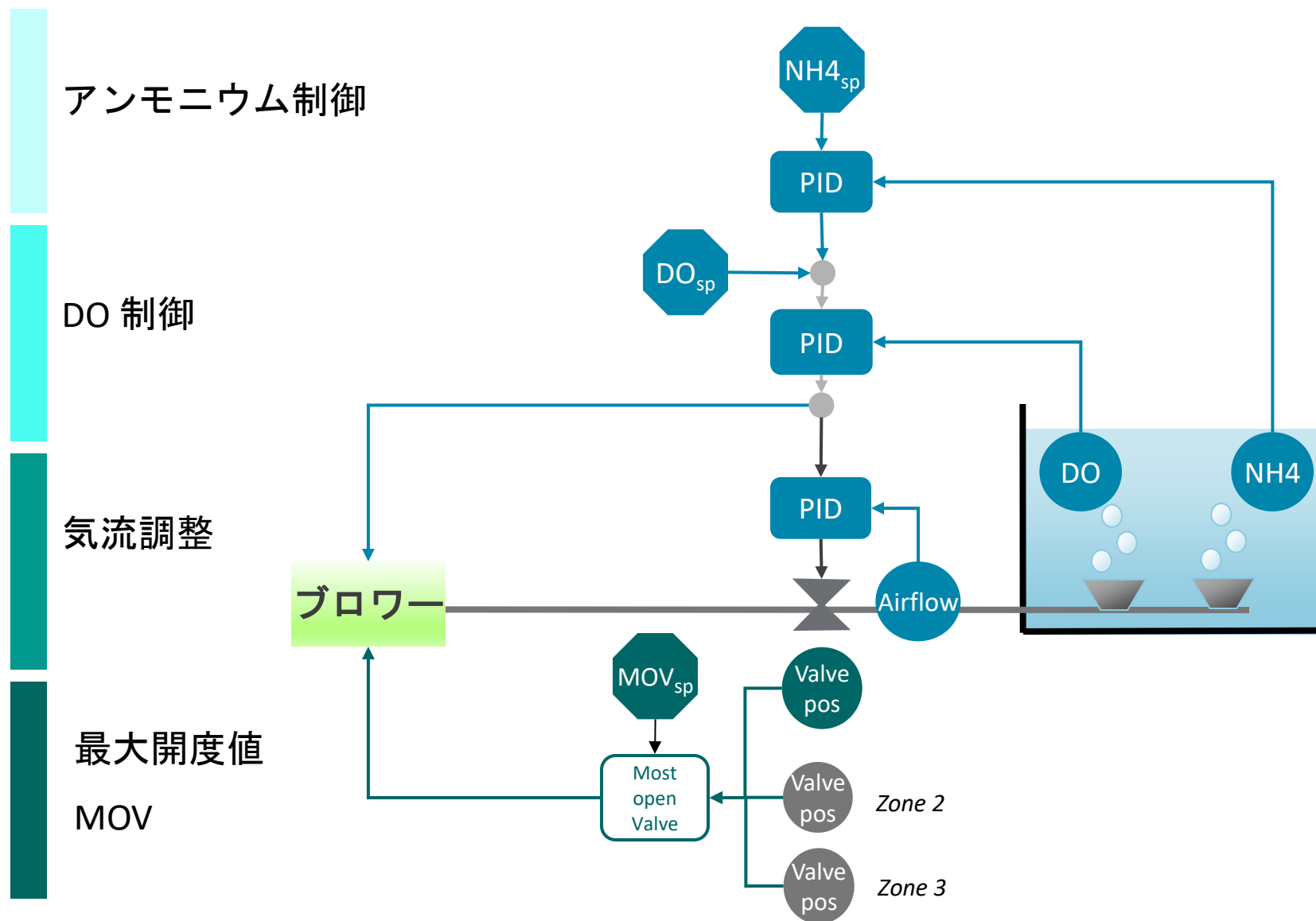


省エネルギーの原理

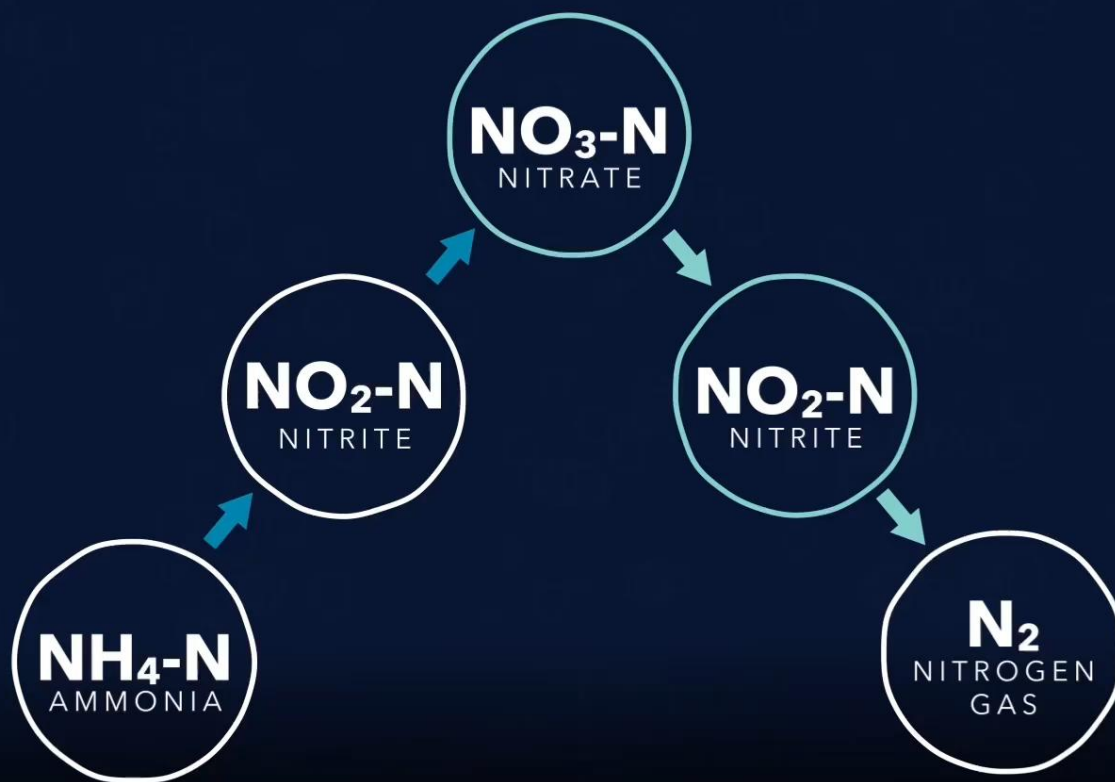
- ❖ アンモニウムを酸素需要を評価するパラメータとして使用すると、曝気槽における実際の酸素需要をより敏感かつ正確に反映することができます。



曝気制御ロジック



アンモックスシステム



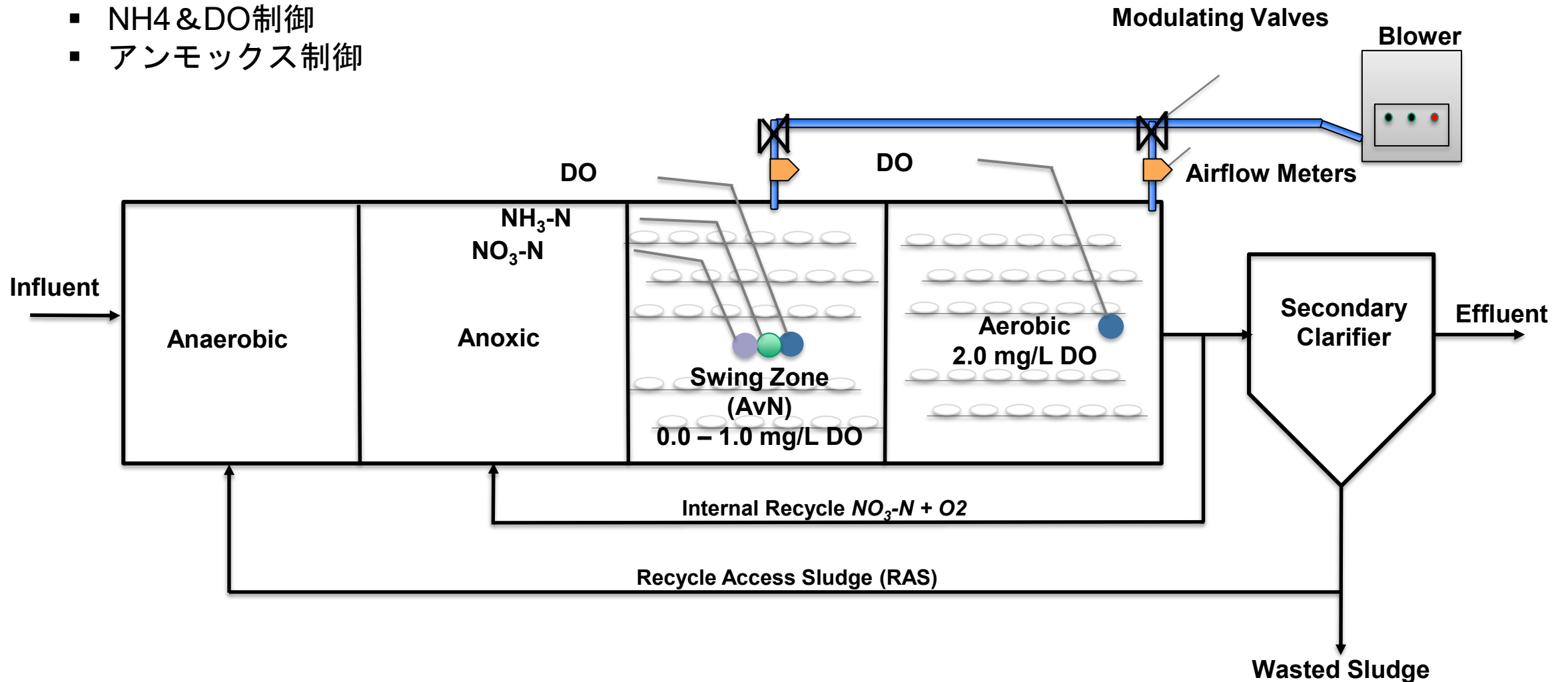
现在，硝化和反硝化过程可以在同一个空间内进行，无需将硝态氮回流到缺氧区。



- ❑ 酸素を25%削減
- ❑ 炭素源を40%削減

水質計器構成

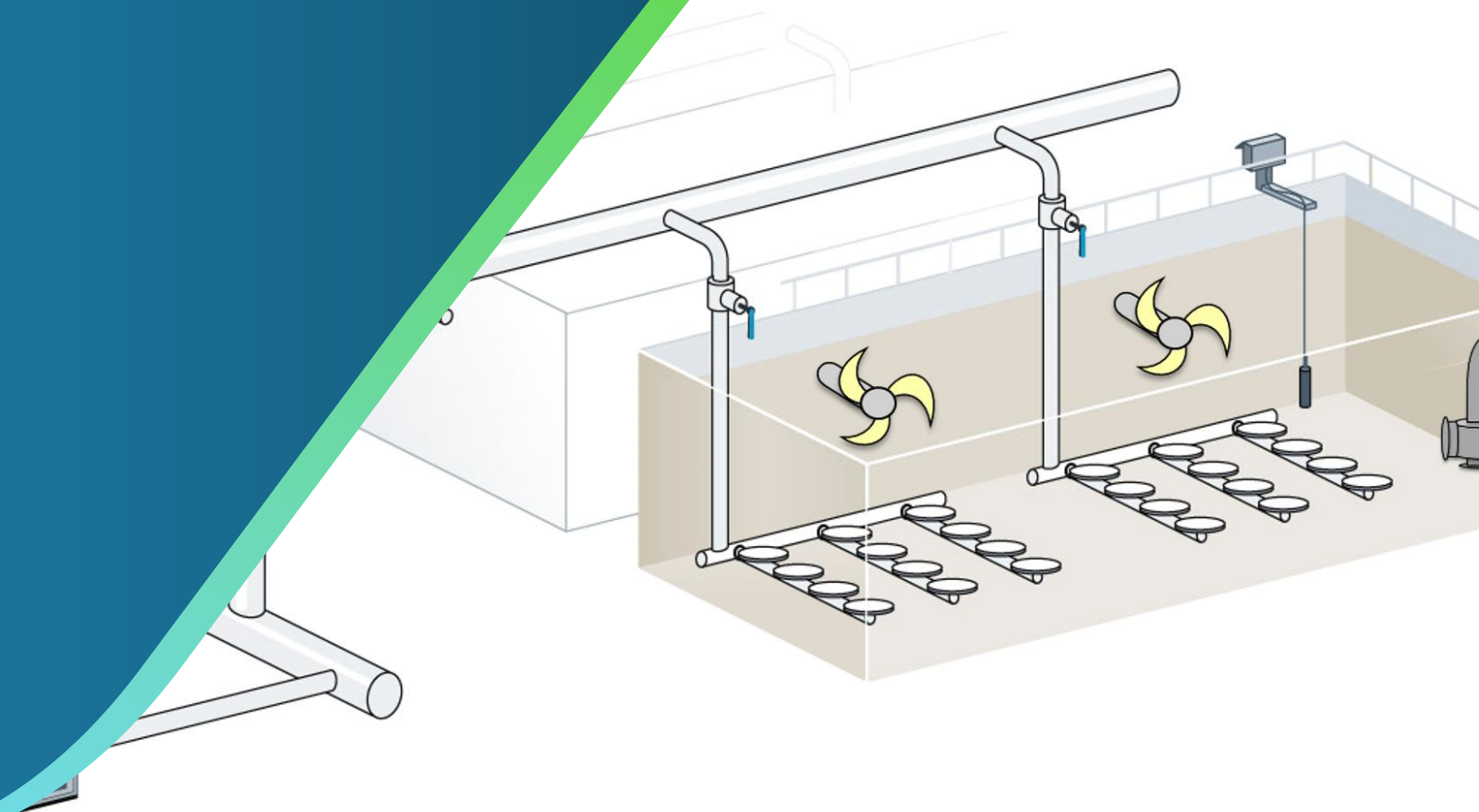
- DO精密制御
- NH_4 & DO制御
- アンモックス制御



xylem

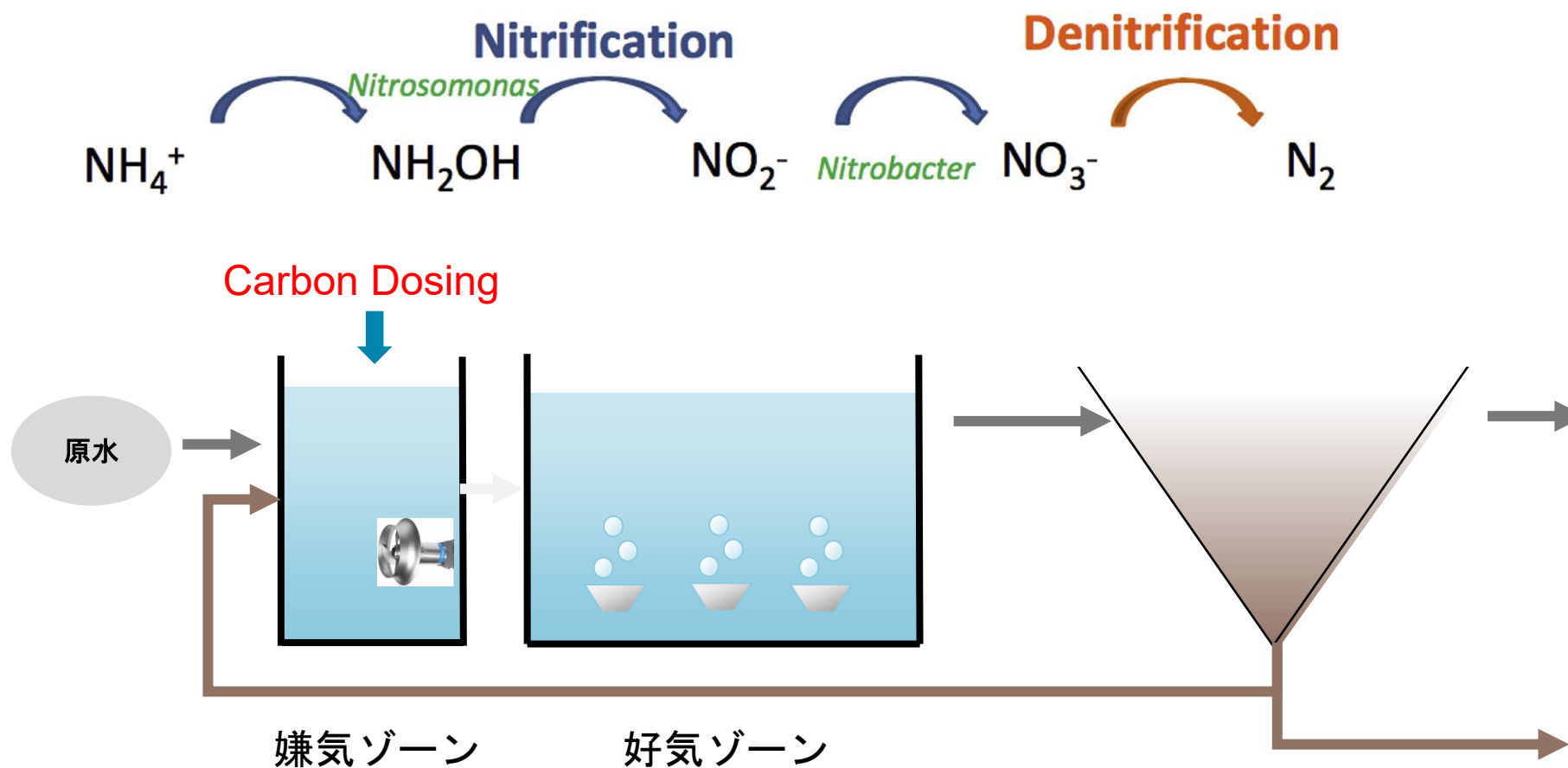
スマート炭素注入システム

システムサブモジュール

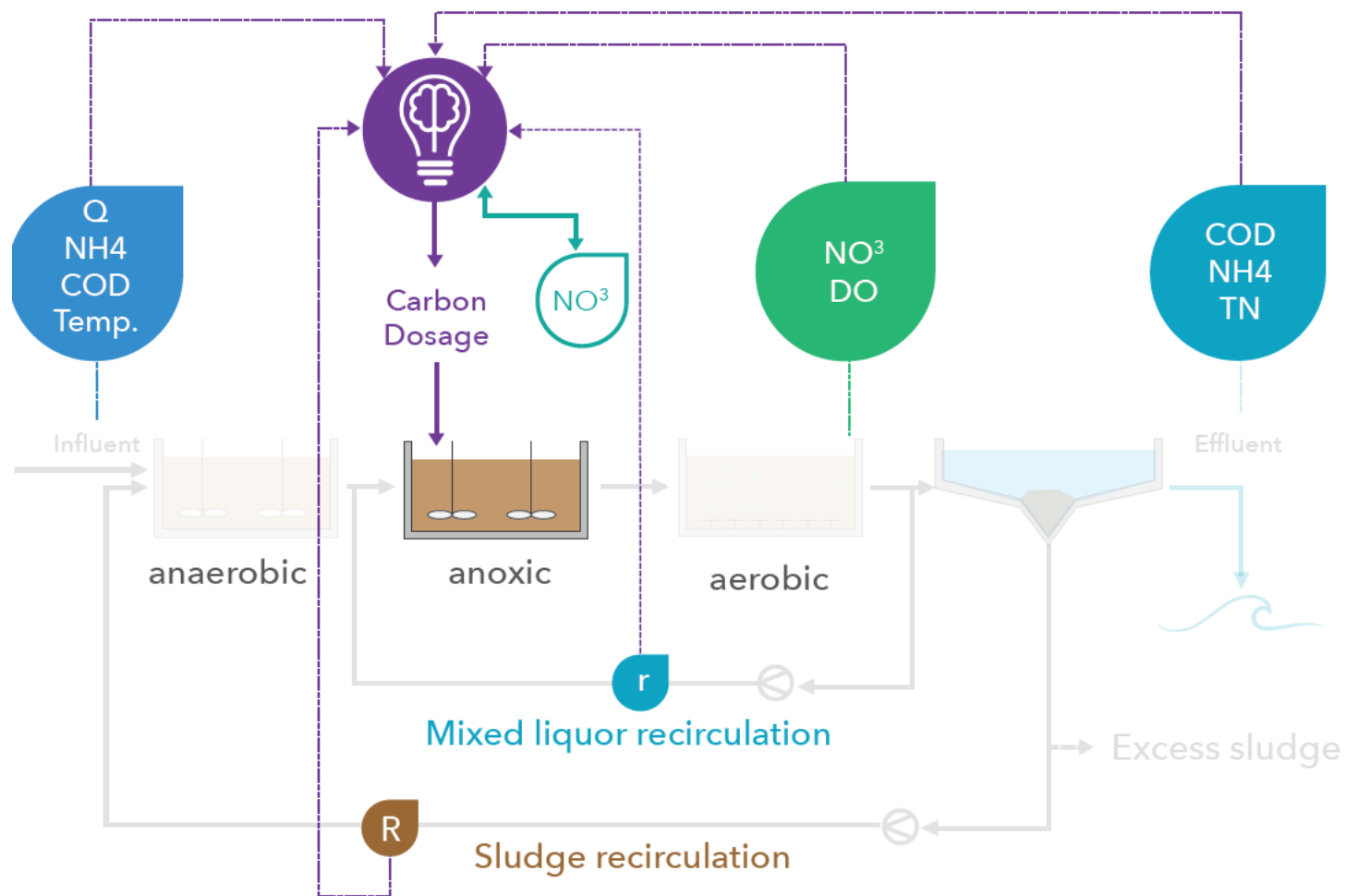


脱窒プロセスで追加の炭素源が必要な理由

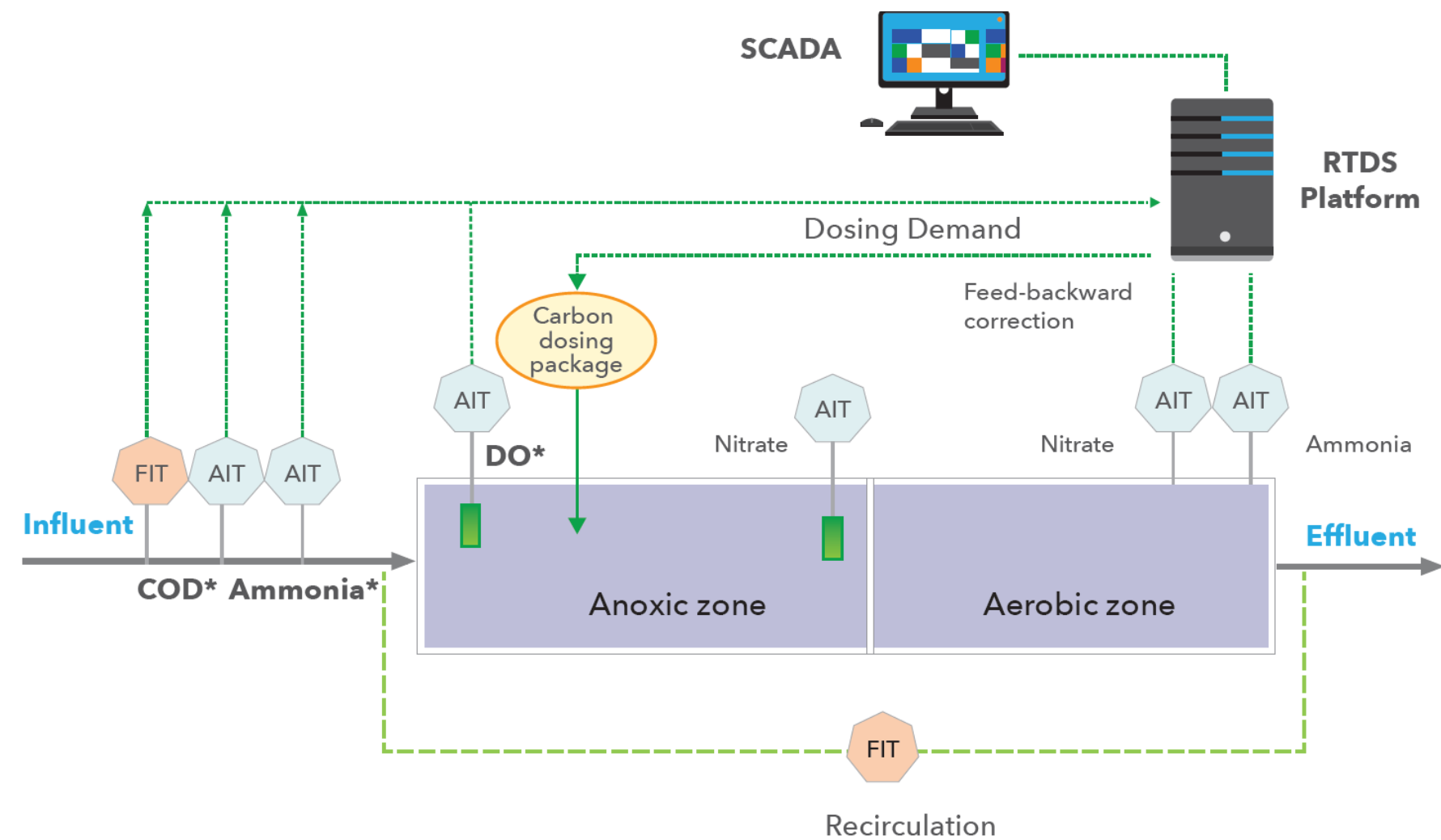
脱窒菌は、硝酸塩（ NO_3 ）を窒素ガス（ N_2 ）に変換するための電子供与体として炭素源を必要とします。



制御最適化のデータフロー

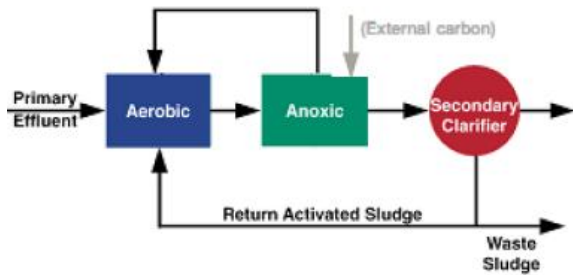


炭素源投与の模式図

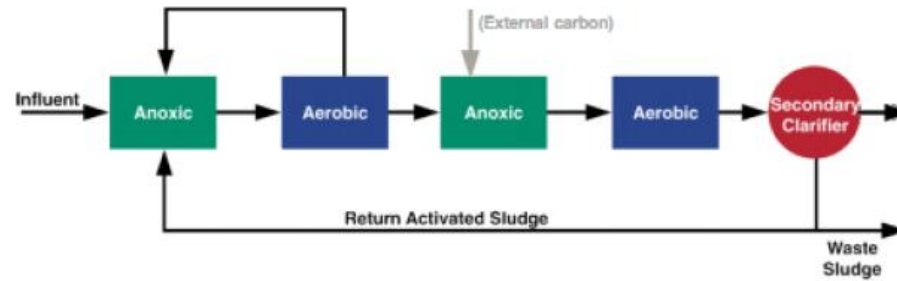


処理場で異なる構成における外部炭素投与

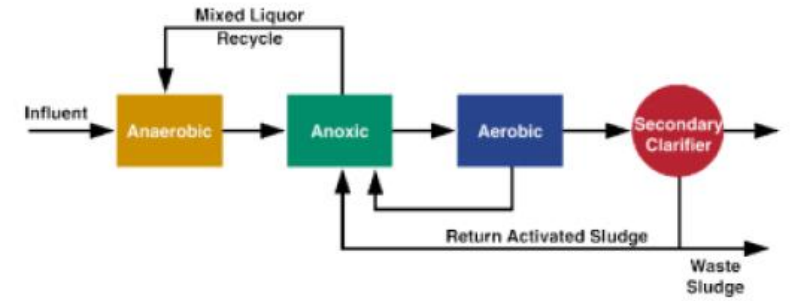
A. Wuhrman (nitrogen removal)



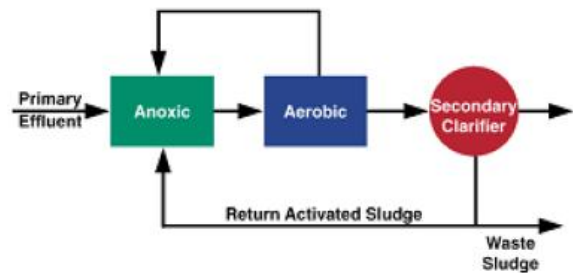
C. Bardenpho (optimized nitrogen removal)



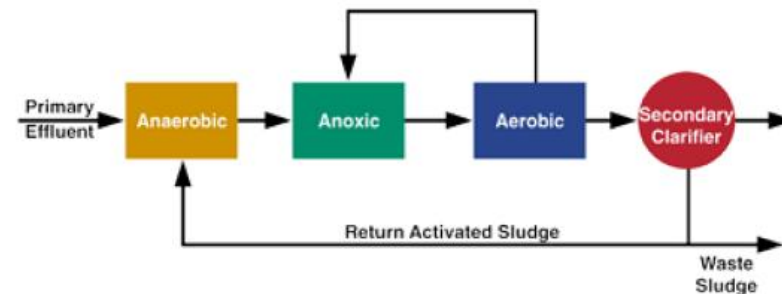
E. UCT (phosphorus and nitrogen removal)



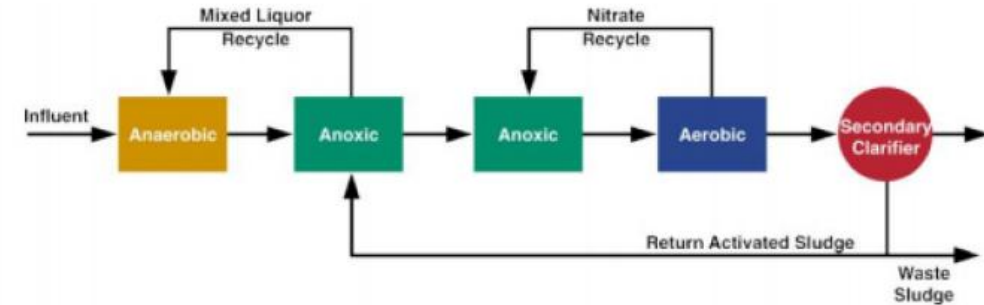
B. Ludzack-Ettinger (nitrogen removal)



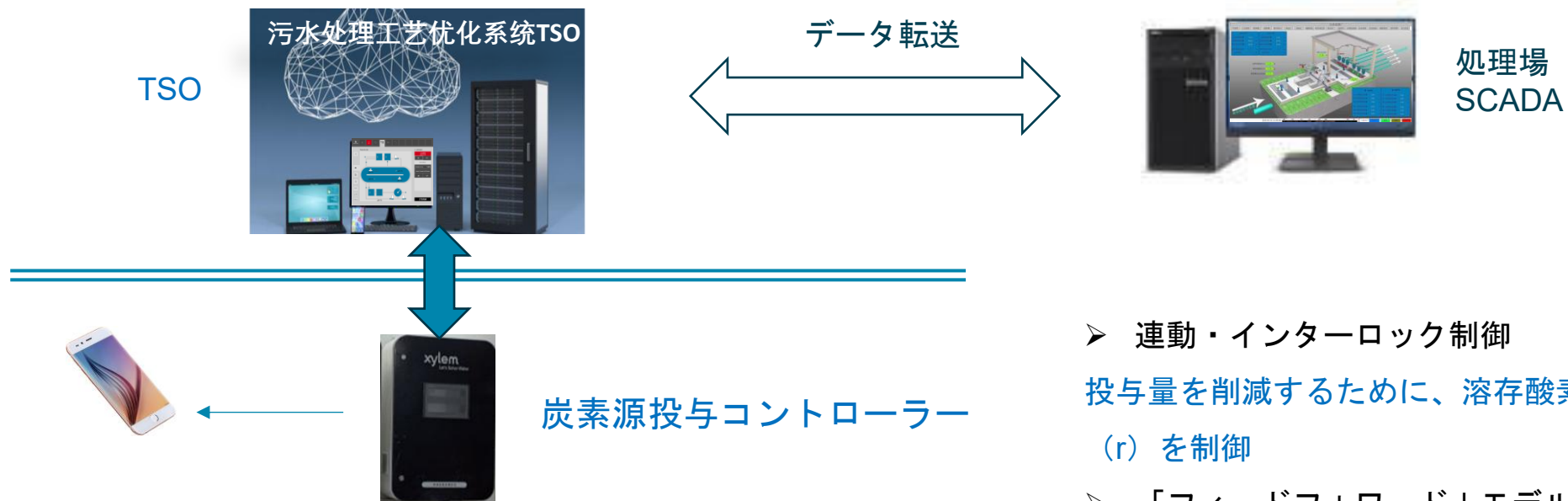
D. A2O (phosphorus and nitrogen removal)



F. Modified UCT (optimized phosphorus and nitrogen removal)



スマート炭素源投与システムの概要



➤ 連動・インターロック制御

投与量を削減するために、溶存酸素（DO）と内部リサイクル比（r）を制御

➤ 「フィードフォワード+モデル+フィードバック」制御：

メカニズム+データ駆動モデルによる精密投与；

➤ オンライン計器データ診断と保守：

FDO 700：長寿命の45度傾斜光源

Nitravis 700：全UVスペクトル、メンテナンス不要



炭素源投与設備



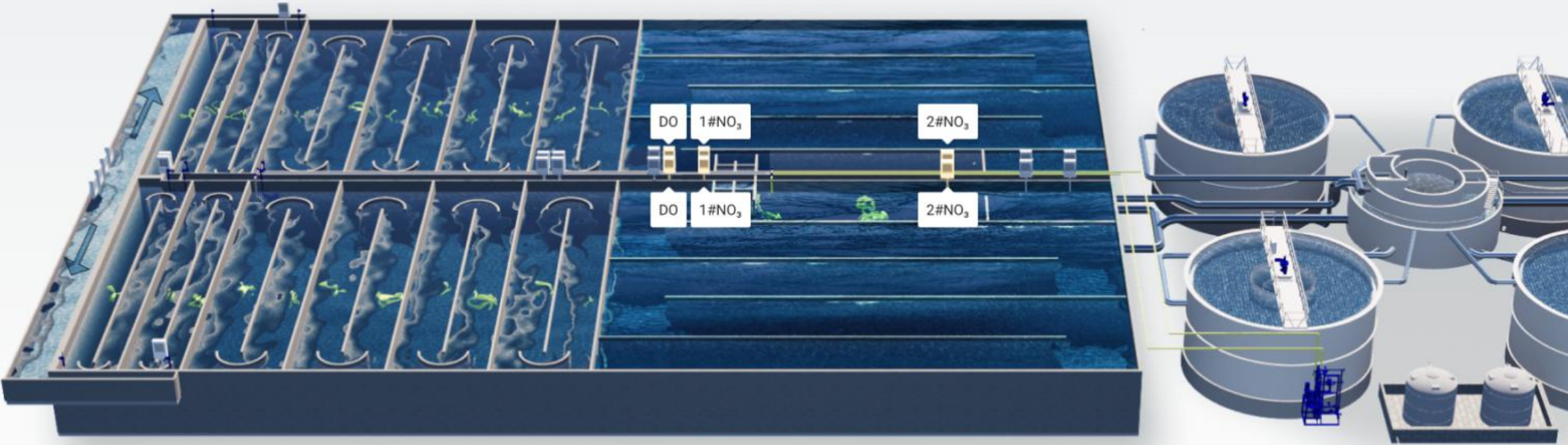
FDO 700



Nitravis 700

天津北塘智能碳源投加系统

生化A1 加药控制状态: 自动
回流控制状态: 手动
模式: 智控(自动)
水量负荷: 59%



进水	
进水COD(mg/L)	217.83
进水氨氮(mg/L)	21.34

出水	
出水COD(mg/L)	14.93
出水氨氮(mg/L)	0.02

	前缺氧池		前好氧池		后缺氧池	后好氧池
生化A1	硝氮(mg/L):0.3	内回流流量(m ³ /h):2800	硝氮(mg/L):8.8	温度(°C):17.4 DO(mg/L):0.28	硝氮(mg/L):6.04	MLSS(mg/L):4237

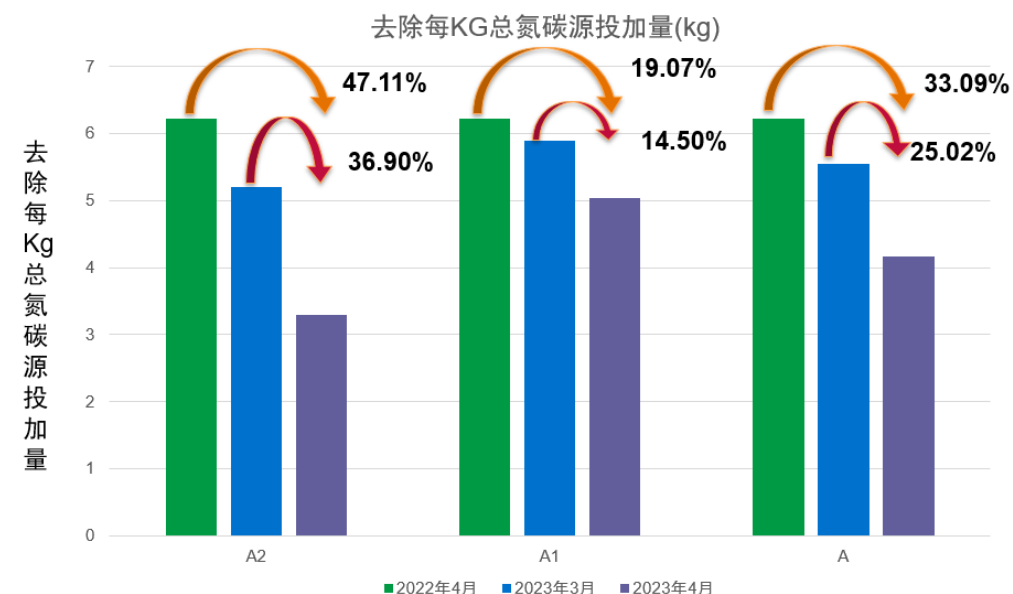
スマート炭素源投与システムの事例研究

天津北塘下水処理場



炭素源削減：+15%
推定炭素排出削減量：年間825トン

A2 全体の炭素削減：前年同期間比で**28.04%**の削減、前回期間比で**22.40%**の削減



xylem

スマートリン除去試薬投与 システム

システムサブモジュール

なぜリン（P）と窒素（N）のモニタリングが重要なのか？

水域の富栄養化：

- リン（P）および窒素（N）化合物は藻類の増殖を促進
- 藻類の死滅 → 無酸素状態の発生

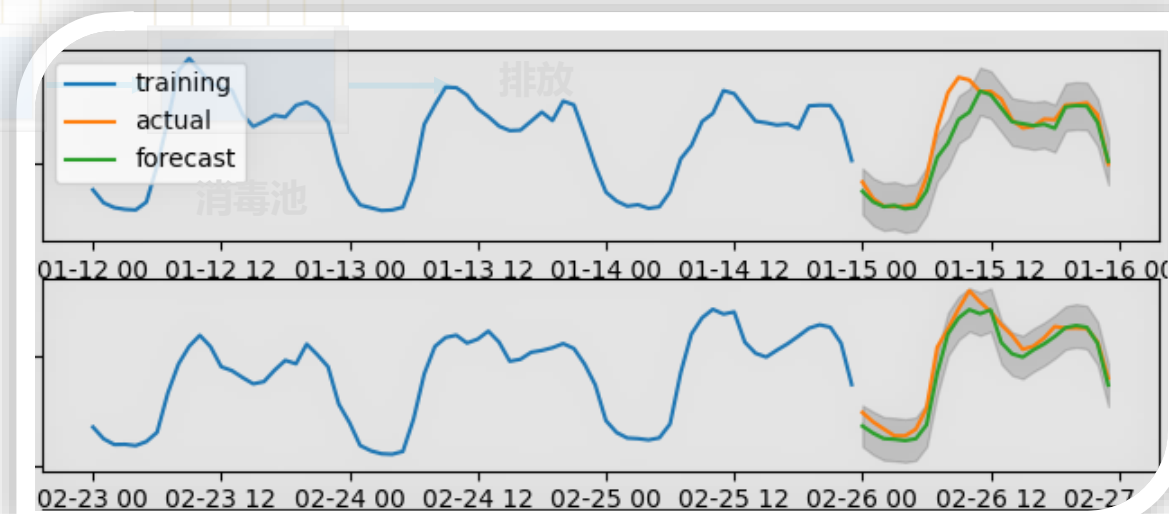
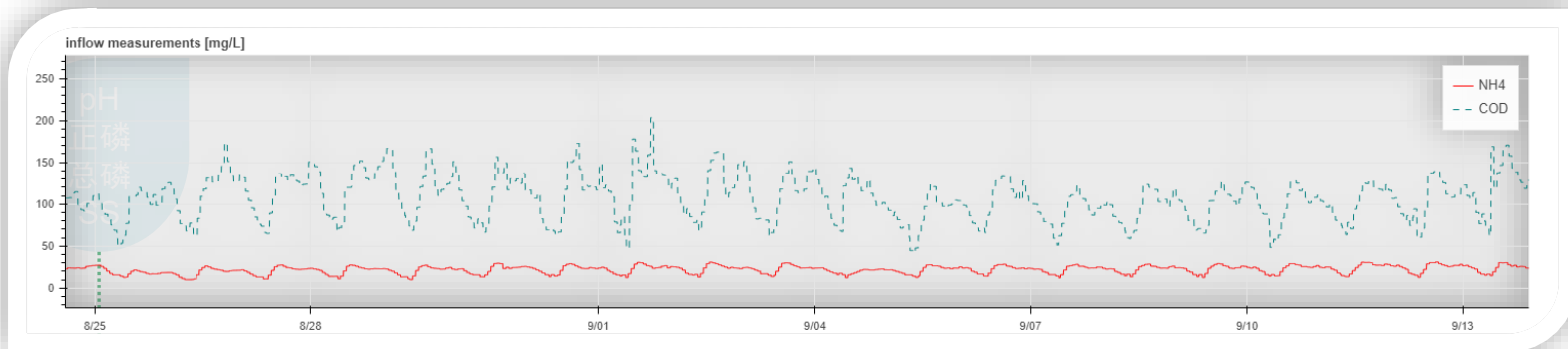
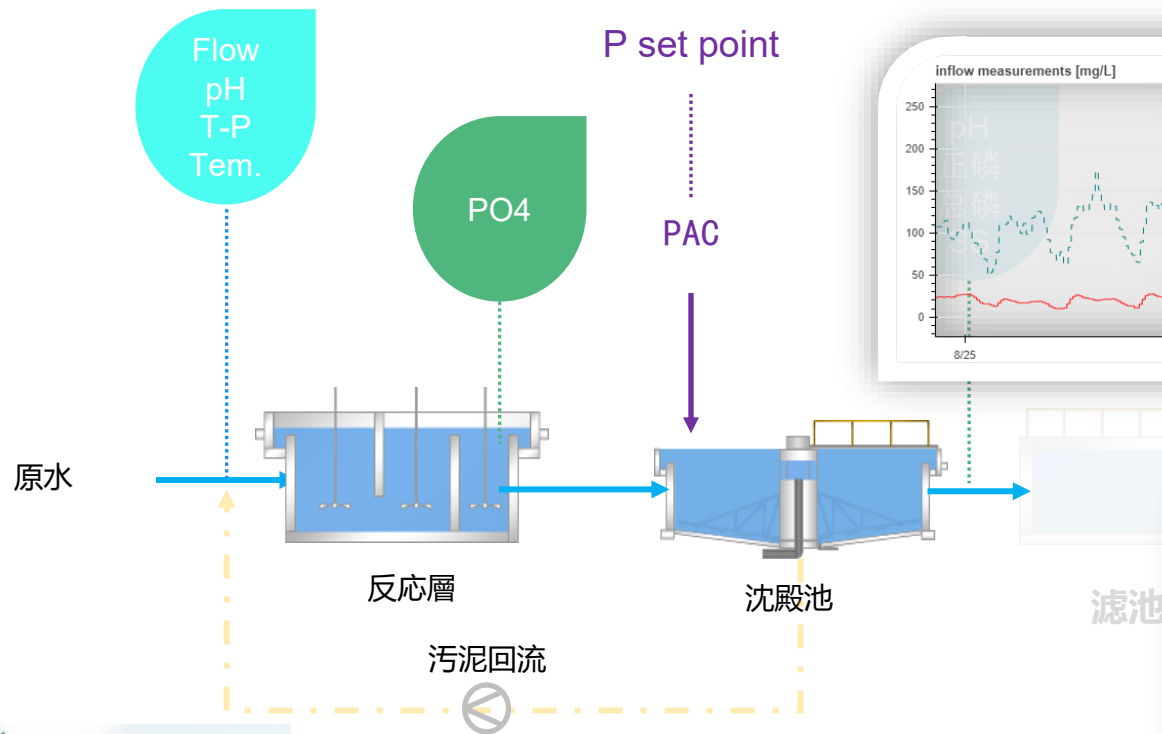
リン酸1gで100gの藻類の増殖が可能となり、酸素150gを消費します。

2012年、韓国では藻類の異常繁殖が深刻で、1000万人以上に水を供給する洛東江（ナクドン川）や漢江（ハン川）に影響を及ぼしています。



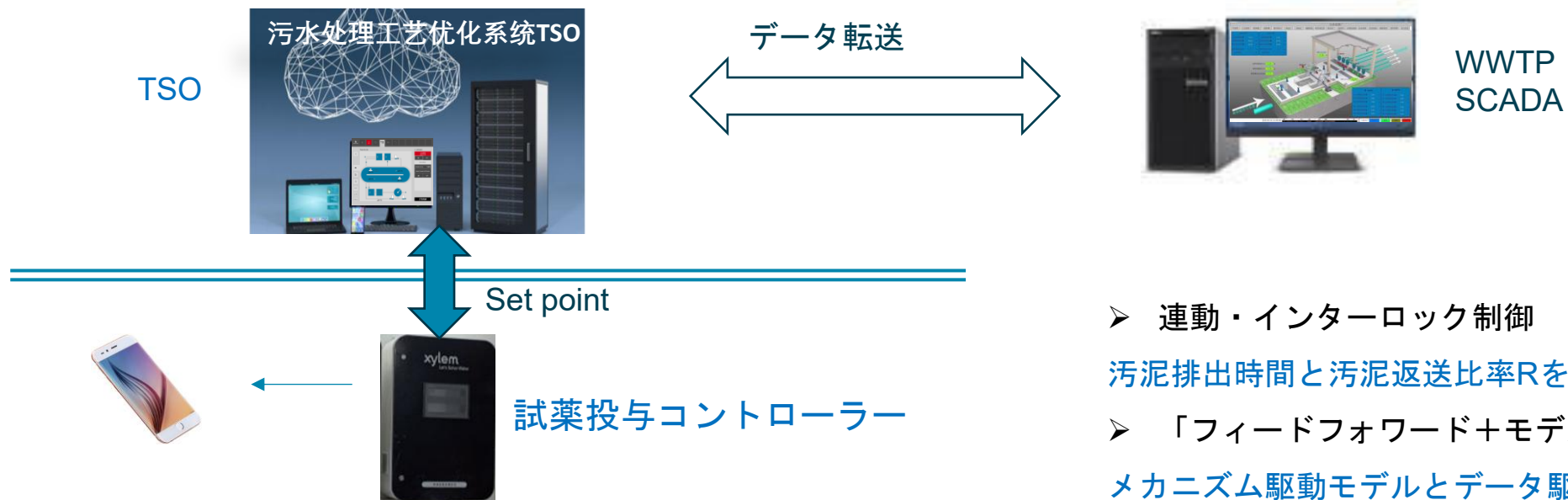
Fig. 1, An algal bloom spreads across South Korea's Nakdong River (Park, S.B., 2012).

スマートリン除去試薬投与システム



- ❖ 生物学的リン除去プロセスモデル
- ❖ 水質変化傾向パターンライブラリ
- ❖ ニューラルネットワークモデル

スマートリン除去試薬投与システム



➤ 連動・インターロック制御

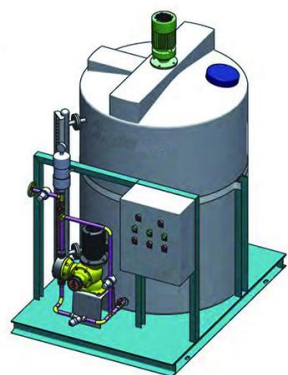
汚泥排出時間と汚泥返送比率Rを設定します。

➤ 「フィードフォワード+モデル+フィードバック」制御：
メカニズム駆動モデルとデータ駆動モデルにより、精密な投与が可能になります。

➤ オンライン計器データ診断と保守:

Visolid 700 : 超音波自動洗浄、消耗品不要

Alyza PO4 : 5分間隔、デュアルチャンネル、試薬使用僅か



炭素源投与設備



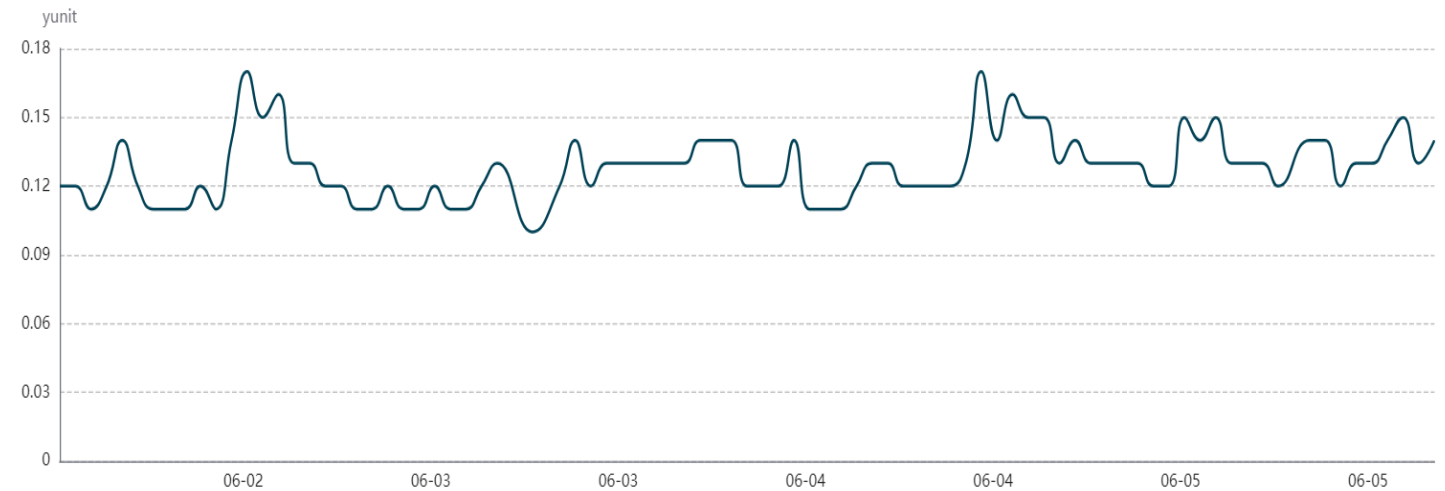
Visolid 700



Alyza IQ PO4

事例研究：瀋陽フェアリーリバー下水処理場

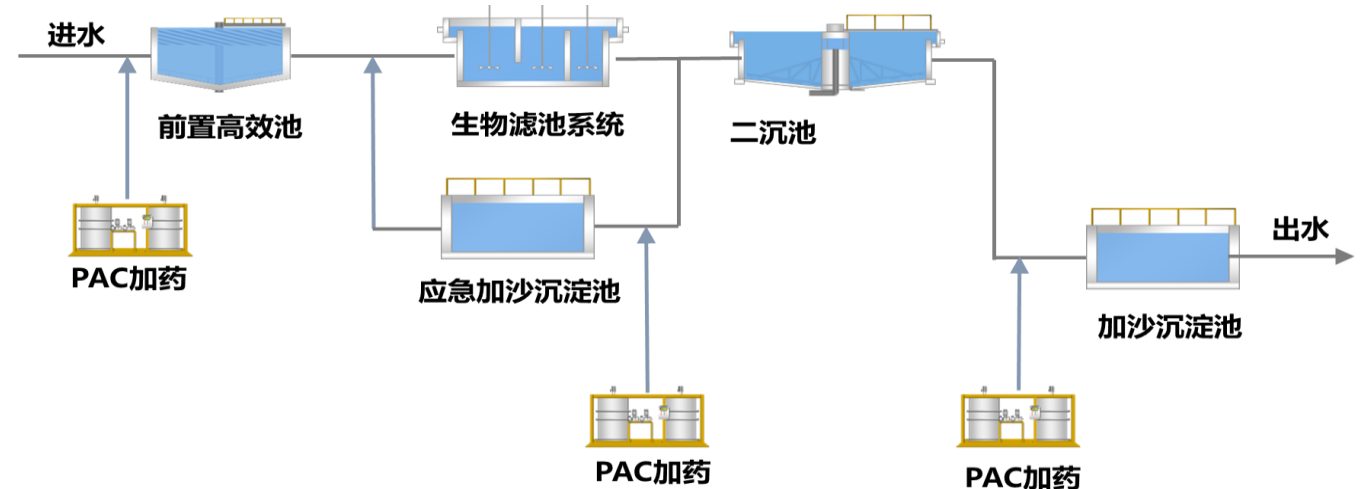
1日あたりの処理能力：400,000トン/日
試薬コスト：年間700万RMB



Operation Results

結果

排水中の全リン変動範囲：目標値 ± 0.03 mg/L
計器保守担当者の技術経験：なし
計器保守周期：3か月以上
保守時間：1回あたり10分以内
PAC削減率：15%以上



Process

スマートリン除去試薬投与システム

首页

除SS优化

除磷优化

应急区SS优化

报警管理

药量分析

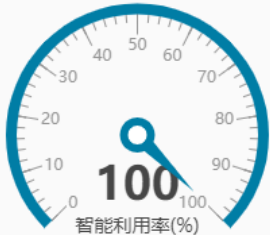
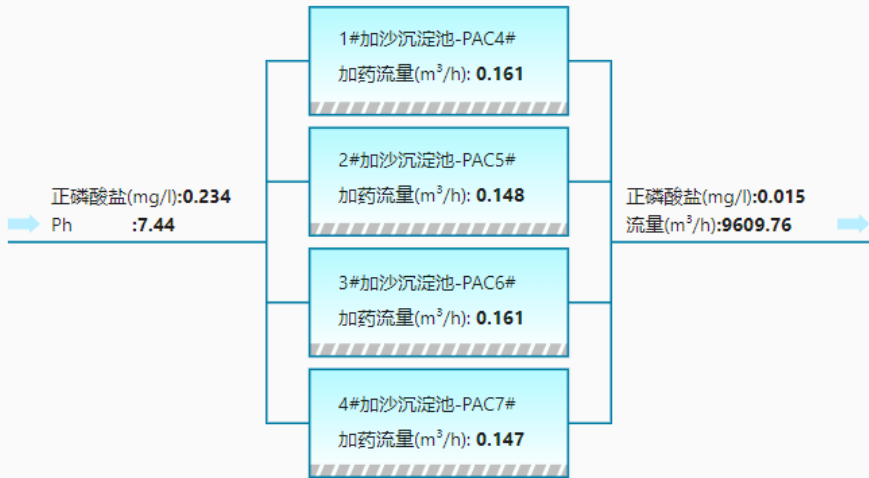
数据分析

用户管理

当前系统状态: 智能

设置

报警值设置



频率(Hz): 15 频率(Hz): 16.9 频率(Hz): 15 频率(Hz): 16.8 频率(Hz): --



PAC6#加药泵

PAC7#加药泵

PAC8#加药泵

PAC9#加药泵

PAC10#加药泵

报警

浏览报警列表

总出水量(m³/h)

9609.76

总加药量(m³)

4877.36

出水总磷(mg/l)

0.207

出水SS(mg/l)

2.93

2024-12-27 09:30:24

高

S3D1期1#出口油度高报警

2024-12-27 06:58:51

高

S3D2期出口油度高报警

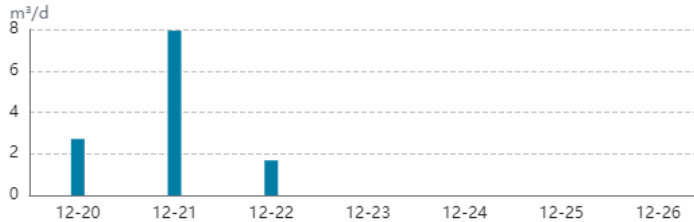
原因及后果

- 加药量过量或仪表故障, 可能导致水质超标风险

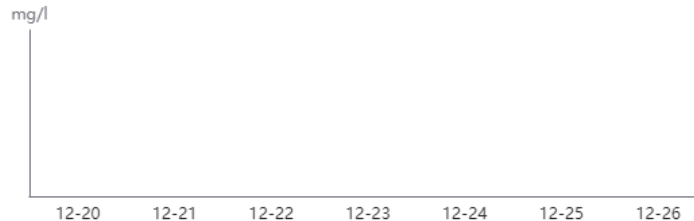
维护建议

- 检查工艺设置参数, 维护仪表

7日加药量



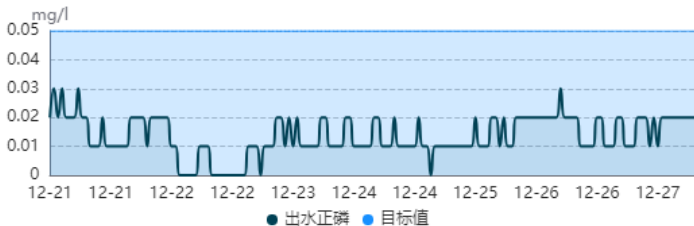
7日单位药耗



7日进出水正磷



目标值和出水正磷对比



xylem

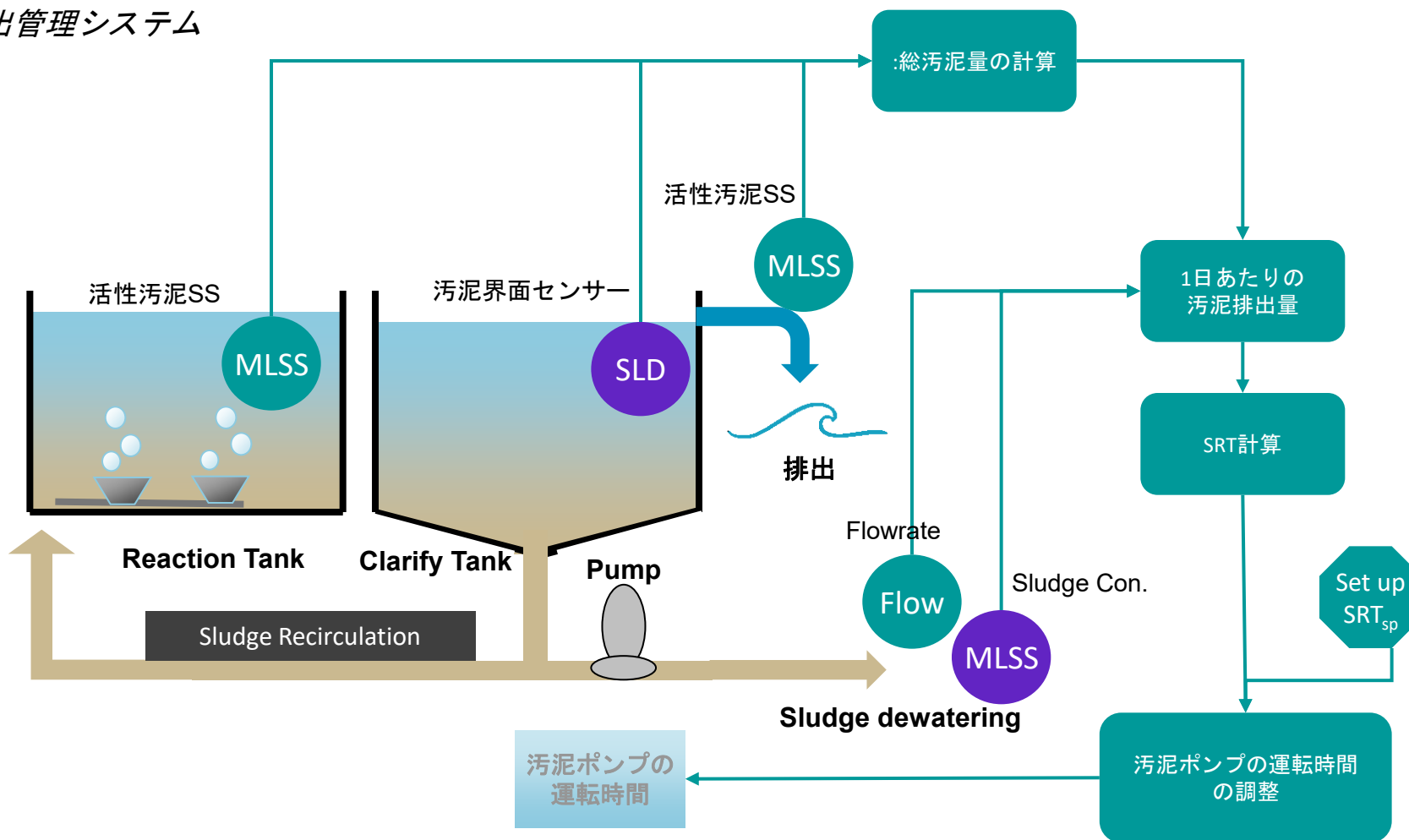
スマート活性汚泥除去システム

システムサブモジュール

スマート汚泥排出管理システム—汚泥滞留時間（SRT）制御（SIMS）



汚泥排出管理システム
(SIMS)



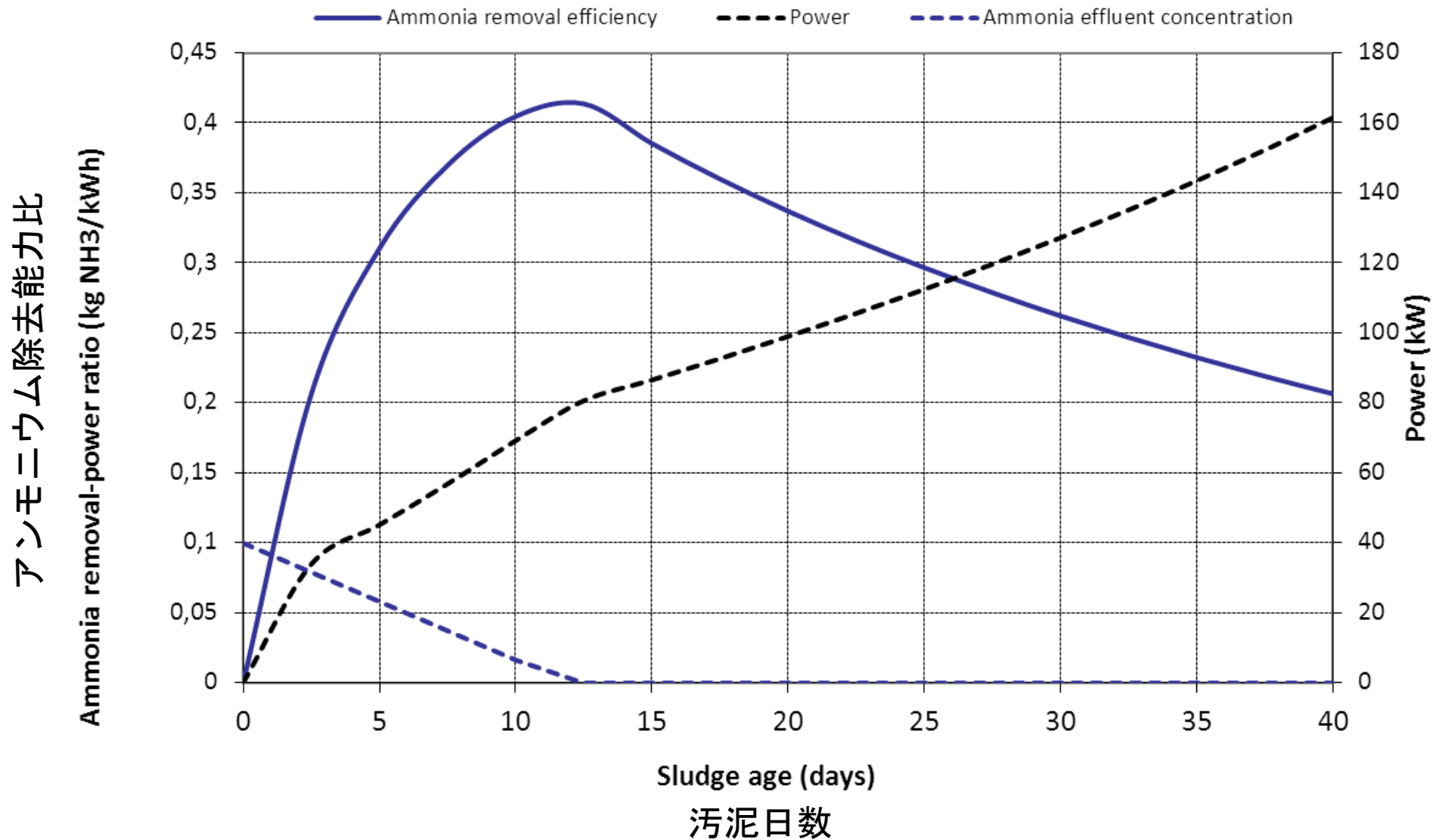
データ転送



Xylem SIMS
コントローラー

汚泥排出管理システムは、設定された汚泥滞留時間（SRT）に基づき自動的に汚泥滞留時間を維持し、自動汚泥排出を最適化するとともに、活性汚泥の確実な沈降特性と連続的な高品質排水を確保します。

ザイレム汚泥除去システム（SIMS）—最適化された性能



おまとめ

- ザイレムTSOシステムは、生成AIを統合することで、下水処理プラント全体をよりスマートに最適化し、電力や薬剤の節約、労働力の削減を実現します。
- ザイレムTSOは総合管理システムとして機能しますが、曝気、炭素投与、試薬投与、汚泥除去システムごとに分離して提供することも可能で、顧客のニーズに応じて柔軟に対応できます。

ご清聴ありがとうございました