

余剰汚泥の削減とりん回収を組み込んだ生物処理の実証試験プラント

荒川 清美* 須山 晃延**
市原 昭** 田中 俊博**

An Energy-saving Advanced Wastewater Treatment Verification-Test Plant including Excess Sludge Reduction and Phosphorus Recovery being demonstrated at EXPO 2005 Aichi Japan

by Kiyomi ARAKAWA, Terunobu SUYAMA, Akira ICHIHARA, & Toshihiro TANAKA

A demonstration of an advanced wastewater treatment plant is underway at the EXPO 2005 site as the final phase of NEDO's (New Energy and industrial Technology Development Organization) Energy-saving Wastewater Treatment Technology Development Project. The processes at this plant include biological treatment consisting of ozonation for sludge reduction and phosphorus removal, advanced treatment by advanced oxidation, and advanced treatment by ozonation. The following article introduces the principles of biological treatment process, ozonation for sludge reduction and phosphorus removal, developed by the authors, as well as the verification-test plant.

Keywords: Sludge reduction, Ozone, Phosphorus recovery, Anaerobic-anoxic-oxidation process, Biological phosphorus removal, Biological nitrogen removal, Hydroxy apatite phosphate, BOD removal, Experimental facility, EXPO 2005 AICHI JAPAN

1. はじめに

2001年度からNEDO（独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）の「省エネルギー型廃水処理技術開発」プロジェクトが開始され、2004年度から2005年度にかけて本プロジェクトの最終段階として二つのサイトで実証試験が進められている。筆者らはその中の「高濃度オゾンを用いた汚泥減容化とりん回収を組み込んだ生物処理プロセス」を担当しており、この3月25日から開催の「愛・地球博」長久手日本館裏に設置されているプラントで実証試験を行っている（図1）。施設全景を写真1にプラントの全景を写真2に示す。このプラントはNEDOとの共同研究プラントであり（1）オゾンを用いた汚泥減容化とりん回収を組み込んだ生物処理、（2）促進酸化を用いた高度処理、（3）オゾン酸化を用いた高度処理の三つのプロセスを組み合わせたものである。本報では、オゾンを用いた汚泥減容化とりん回収を



図1 万博会場地図
Fig. 1 EXPO site map

組み込んだ生物処理の処理原理及び実証試験プラントについて紹介する。

2. 開発目的

生活廃水等の有機性廃水中には有機物のほかにりん、窒素が含まれている。現在、有機性廃水の処理は活性汚泥処理が採用されているが、この処理では微生物菌体（タンパク質、りんなどを含む）からなる余剰汚泥が発

* 環境事業カンパニー 環境システム事業部 水環境開発室 応用技術グループ

** 同 同 上・下水道技術室
地域資源循環技術グループ

** 同 事業戦略・管理統括 特許室 工学博士



05-109 01/208

写真1 施設全景

Photo 1 General view of plant

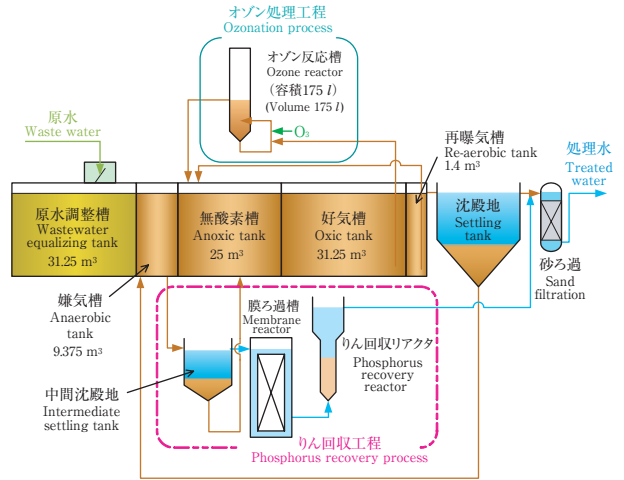
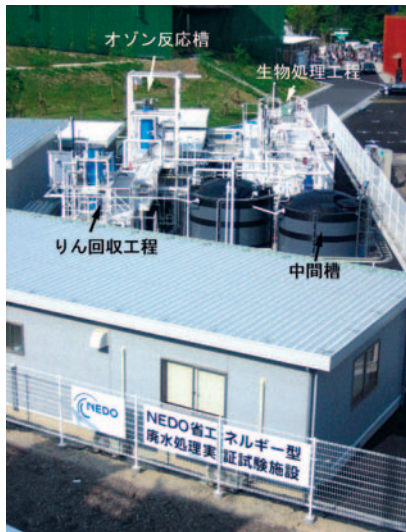


図2 実証試験プラントフロー

Fig. 2 Flow diagram of verification-test plant



05-109 02/208

写真2 実証プラント全景

Photo 2 Verification-test plant

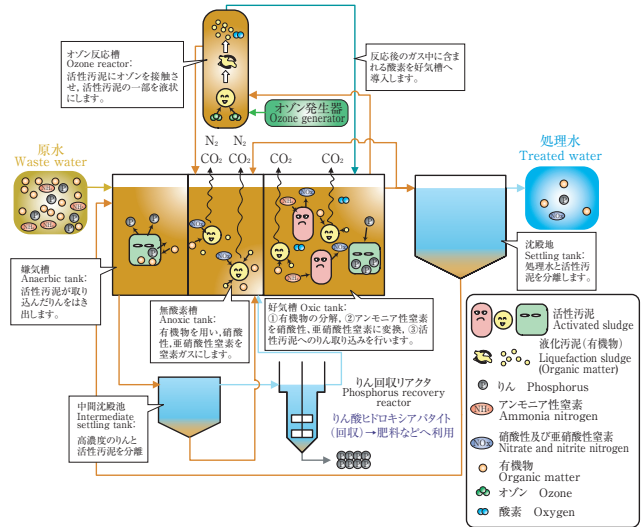


図3 処理全体の原理

Fig. 3 Theory of treatment

生する。発生した余剰汚泥は脱水・乾燥・焼却されその焼却灰は埋め立て処分されている。しかし、近年、省エネルギー型の廃水処理でしかも余剰汚泥の発生がほとんどない廃水処理技術が要望されている。更に、将来は枯渇するといわれているりんを回収する技術も望まれている。

本開発では次の3点を満足する生物処理プロセスの確立を目的としている。

①従来の生物処理プロセスに対し、余剰汚泥発生量を90%削減する。

②廃水中のりんを回収する。

③オゾン反応槽からの排ガス中に含まれる酸素（酸素濃度約90%）を生物処理の酸素源として有効利用する。

3. 処理フローと原理

3-1 全体の処理フロー

全体の処理フローを図2に、原理を模式的に表したものを図3に示す。この生物処理プロセスは、りん蓄積細菌、脱窒菌、硝化菌などのバクテリアの存在下でBOD、窒素、りんを同時に除去できる嫌気-無酸素-好気法を採用している。嫌気槽では、活性汚泥中のりん蓄積細菌が好気槽で取り込んだりんを放出するために、溶解性り

ん濃度は原水より高くなる。無酸素槽へは好気槽の混合液の一部が循環液として投入されており、この好気槽混合液中に含まれる硝酸性窒素、亜硝酸性窒素を窒素ガスに変化する脱窒が進行する。好気槽では、①有機物の分解、②アンモニア性窒素を硝酸性窒素、亜硝酸性窒素へ変換する硝化、③活性汚泥中のりん蓄積細菌によるりんの取り込みが行われる。

従来プロセスでは、りんは活性汚泥中の微生物に取り込まれる。このりんを取り込んだ活性汚泥の一部を余剰汚泥として生物処理系外に排出することによりりんは除去されていた。開発プロセスは余剰汚泥が発生しないため、余剰汚泥中に取り込まれて系外に排出していたりんは物質収支上、処理水側へ流出し、りん除去が不十分となる。そこで、嫌気槽の混合液を中間沈殿池でりん濃度の高い上澄液と汚泥とに分離し、上澄液中のりんを化学的にHAP（りん酸ヒドロキシアパタイト）として回収する方式を採用している。

3-2 オゾンによる汚泥減容化の原理

従来の生物処理プロセスではBODの分解過程で余剰汚泥が発生する。

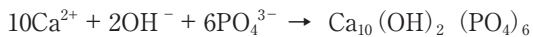
オゾンを用いた活性汚泥処理の汚泥減容化は、①液化工程と②生物処理工程の二つの工程からなる。

①液化工程では、活性汚泥の一部をオゾン処理することで、汚泥の一部が溶解性の基質になる。

②生物処理工程では、「オゾン処理により液化した基質」と「原水中のBOD」が二酸化炭素と水に分解されると同時に活性汚泥の増殖が行われる。余剰汚泥発生相当分を液化すると、生物処理工程で余剰汚泥は分解され、余剰汚泥の発生量は実質的に0となる。

3-3 HAP法によるりん回収の原理

HAP 晶析法のりん除去機構を模式的に図4に示す。りんを含有する液に必要な応じてカルシウムイオン(Ca²⁺)と水酸化物イオン(OH⁻)を添加すると、脱りん剤の表面で次のような晶析反応が進み、液中のりんが除去される。



4. 万博会場の実証試験プラントの概要と構成

(1) オゾンによる汚泥減容化とりん回収を組み込んだ生物処理の実証試験プラントは、Ⅰ生物処理工程、Ⅱオゾン処理工程、Ⅲりん回収工程の三つの工程からなる。

写真2の右奥の白い四角形及び円筒形のタンクがⅠ生物処理工程である。生物処理槽の容量を表1に示す。原水最大処理水量は62.5 m³/dである。生物処理工程の処

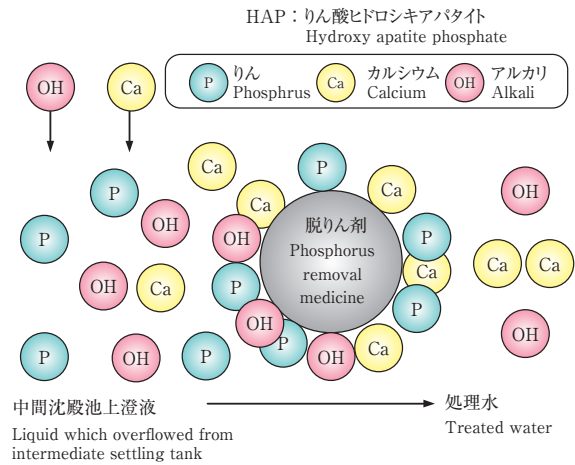


図4 りん回収リアクタでのりん除去機構
 Fig. 4 Phosphorus removal mechanism of phosphorus recovery reactor

表1 生物処理槽の容量
 Table 1 Tank volume of biological treatment process

槽 Tank	容量 Volume
原水調整槽 Waste water equalizing tank	31.25 m ³
嫌気槽 Anaerobic tank	9.375 m ³
無酸素槽 Anoxic tank	25 m ³
好気槽 Oxic tank	31.25 m ³



写真3 砂ろ過塔
 Photo 3 Sand filtration

05-109 03/208

表2 原水水質計画値及び処理水水質目標値

Table 2 Design quality of waste water and target quality of treated water

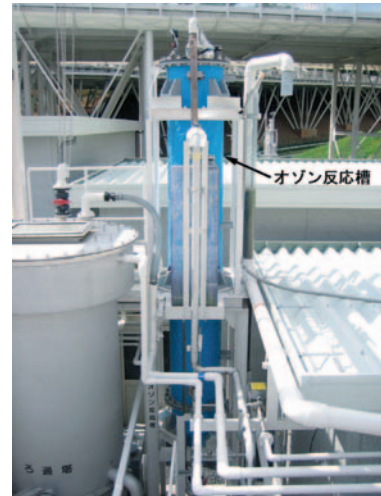
		原水水質計画値 Design quality of waste water	処理水水質目標値 Target quality of treated water
BOD	(mg/l)	200	<20
SS	(mg/l)	140	<20
窒素 Nitrogen	(mg/l)	25	<10
りん Phosphorus	(mg/l)	5	<1

理水は更に砂ろ過処理（写真3）され、写真2の右手前にある中間槽（黒とグレーのタンク）に貯留される。この生物処理及び砂ろ過処理後の水が後段の高度処理（オゾン処理，りん回収）の原水となる。原水水質計画値及び処理水水質目標値を表2に示す。

写真2の左手奥がⅡオゾン処理工程のオゾン反応槽（奥の青いカラム）である。オゾン反応槽を写真4に示す。オゾン発生器及びオゾンモニタはオゾン反応槽奥に見える白い屋根の建物内に設置してある。

Ⅲりん回収工程（写真2の左手前）は、沈殿地、膜ろ過槽及びりん回収リアクタ（手前の青いカラム）からなる。

後段の二つの高度処理を経た最終処理水は、長久手日本館に中水として送水し、光触媒を利用した屋根への散水、トイレ用水などに利用されている。



05-109 04/208

写真4 オゾン反応槽
Photo 4 Ozone reactor

5. おわりに

現在、プラントはほぼ計画どおりの負荷で運転を行い約1箇月が経過したところである。今後、データの蓄積を行い本プロセスの有効性を実証し、運転状況とあわせて本誌で報告する予定である。

最後に、本プロジェクトはNEDOとの共同研究であり、プラントの紹介を快くご許可くださったNEDOに感謝する。

