

エアレーションタンク最適設計のための
酸素移動モデルの提案

平成 27 年度

柴 田 一 栄

主 論 文 要 旨

報告番号	① 乙 第	号	氏 名	柴田 一栄
主 論 文 題 目： エアレーションタンク最適設計のための酸素移動モデルの提案				
<p>(内容の要旨)</p> <p>大気中の二酸化炭素等の温室効果ガス濃度上昇が地球温暖化の原因と考えられている。二酸化炭素排出量を低減するためには、再生可能エネルギーへの転換や、排出された二酸化炭素の回収や貯留などの対策の他に、電力を使用する機器や設備の省エネルギー化や高効率化が最も現実的な対応策である。公共事業では下水処理用電力は日本の消費電力全体の約0.7%を占めており、とくに下水処理場のエアレーション設備での使用電力が大きく、省エネルギー化が期待されている。エアレーション設備は汚水中の微生物に酸素を供給し生物化学的に有機系廃棄物を分解させるために設置されているため、十分な酸素を水中に溶解させるためには大容量の高エネルギー消費の送風装置が必要である。水中への酸素溶解効率を改善できれば空気送風量を削減でき、省エネルギー化が実現できる。</p> <p>近年、気泡を微細化し気液接触面積の拡大によってより高い酸素溶解効率をもつ散気装置の導入が進んでいる。また散気装置の設置位置やエアレーションタンクの形状の改善も行われている。しかしながら、エアレーションタンクの設計方法は従来、経験的な手法に基づいていることが多く、必ずしも最大の酸素溶解効率を得られるように設計されているとは言えない。</p> <p>そこで本研究では、最適なエアレーションタンクを設計するために、エアレーションタンク内の酸素溶解効率の推算法の確立と設計方針の探求を行った。以下に、本論文の構成を示す。</p> <p>第1章では、日本国内の電力事情と下水道との関係を紹介し、省エネルギー化技術について述べている。</p> <p>第2章では、液中へのガス溶解装置として工業的に広く利用されている気泡塔の設計理論を調査し、エアレーションタンク設計への適用について検討を行った。</p> <p>第3章では、自由表面の波や泡沫によるノイズの影響を最小限にできるガイドパルス式液位計を用いた新しいガスホールドアップ測定技術を開発し、広い自由表面をもつ操業装置スケールのエアレーションタンクに適用して実測値を取得した。実測データの相関をとることより、エアレーションタンク内水相を、散気板より上の気泡群が存在する領域と散気板より下のほぼ気泡が存在しない領域の2つの領域に分け、それぞれのガスホールドアップの合計によってエアレーションタンク全体のガスホールドアップを推定できることを示した。</p> <p>第4章では、操業装置スケールのエアレーションタンクへの酸素移動のモデルの適応性を検証した。水相への酸素移動は気泡群からだけでなく、自由界面からも生じるとした気泡—自由界面同時酸素移動モデルを提案しその妥当性を確認した。</p> <p>第5章では、CFDシミュレーションによるガスホールドアップおよび気泡径の推算方法の検討を行った。適切な乱流モデルの使用により実験結果を良好に再現でき、自由界面での酸素移動モデルの改善により、推算精度が向上させた。</p> <p>第6章では、他の形状のタンクへの気泡—自由界面同時酸素移動モデルの適用性を行い、良好に推算できることを確認した。第7章では、以上本論文の成果を総括した。</p>				

SUMMARY OF Ph.D. DISSERTATION

School School of Science for Open and Environmental System	Student Identification Number	SURNAME, First name SHIBATA, Kazue
Title Study on Oxygen Transfer Model to Optimize Aeration Tank Design		
<p>Abstract</p> <p>Increasing concentration of greenhouse effect gas, such as carbon dioxide, in atmosphere be acknowledged as reason of the global warming. To reduce carbon dioxide concentration in the atmosphere, technical correspondences as development of high energy efficiency machines and facilities is the most feasible solution. Saving of energy of aeration tank in sewage treatment plants has been requested, because energy consumption of sewage industry, especially the aeration tank, is the largest in public works of Japan. If oxygen transfer efficiency to sewage was upgraded, saving of energy of the aeration tank would be achieved, because air flow rate would be reduced. The aeration tank have been not always designed for the best oxygen transfer efficiency, because the aeration tank have been almost designed with semi-empirical method. In this study, the estimation method of the oxygen transfer efficiency in an aeration tank was proposed, and a policy of aeration tank design was researched.</p> <p>In the chapter one, the introduction and background of this study were described. In the chapter two, the design method of bubble column was investigated and reviewed applicability for aeration tank design. In the chapter three, a new measurement method of gas holdup was developed and the gas holdup of a plant scale aeration tank were obtained. An estimation method of gas holdup of aeration tank was proposed based on measured gas holdup of the aeration tank. In the chapter four, application of an oxygen transfer model for a plant scale aeration tank was studied. The "Simultaneous oxygen transfer model from bubbles and free surface" was proposed and validated in this study. In the chapter five, estimation method of gas holdup and bubble diameter by using CFD simulation was investigated. The estimated values of total volumetric mass transfer coefficient showed good agreement with measurement value by using a suitable turbulence model. In the chapter six, application of "Simultaneous oxygen transfer model from bubbles and free surface" for the other shapes aeration tank was validated. In the chapter seven, the outcomes of this thesis were summarized.</p>		