



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	担体投入型窒素・りん同時除去法（気泡・固体粒子を含む固気液3相流解析法の検討）
Author(s)	石川, 英之; 栃久保, 英二; 北村, 輝明 他
Description	第8回衛生工学シンポジウム（平成12年11月16日（木）-17日（金） 北海道大学学術交流会館） . 7 水処理 3 . 7-4
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 8, 272-277
Issue Date	2000-11-01
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/7249">https://hdl.handle.net/2115/7249</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	8-7-4_p272-277.pdf



7-4

## 担体投入型窒素・りん同時除去法

(気泡・固体粒子を含む固気液3相流解析法の検討)

石川英之、栃久保英二、北村輝明、沢井賢司、佐久間博司、西脇正人 (㈱荏原製作所)  
後藤正典、石井正治 (㈱荏原総合研究所)

### 1. はじめに

近年、東京湾や大阪湾など大都会の沿岸海域、湖や沼などの閉鎖性水域において富栄養化が進み、アオコ、赤潮の発生の原因になるなど、その障害が多岐にわたることから深刻な社会問題となっている。このため下水道においても富栄養化の原因となる窒素・りんの除去が求められている。

窒素・りんを下水処理場で生物学的処理を用いて除去する方法として、嫌気-無酸素-好気法が用いられてきた。しかしながら、この方法では反応タンクの容量が標準活性汚泥法の2倍程度必要となる。当社では、好気タンクに微生物付着固定化担体を投入し、微生物濃度を高めることにより、標準活性汚泥法と同程度の反応タンク容量で窒素・りんを同時除去できる画期的な処理システムであるバイオエルグを開発している。

本報では、バイオエルグ担体を含む好気タンク内の流動状態及び担体濃度分布が解析可能な固気液3相流解析法を開発し、模型実験によりモデルの妥当性を検証した。さらに実機規模の処理場を想定(以下で想定実機と呼ぶ)して曝気攪拌方式(全面曝気式と水中エアレータ式)による好気タンク内の流動状態および担体濃度分布を計算し比較した結果について報告する。

### 2. バイオエルグとは

バイオエルグは担体投入型活性汚泥法の1つであり、図1に示すように好気タンク内に担体を投入している点が特徴である。バイオエルグに投入する担体は新しく開発された材料であり、親水性ゲルを直径3~5mm、比重0.95~1.10の球状に整形したものであり、図2に示すように微生物を固定化できる。

好気タンクの散気装置としては全面曝気式と水中エアレータ式があるが、当社では担体を消耗しないように改良した水中エアレータを採用している。水中エアレータは酸素溶解効率の高い省エネルギー機器であり、曝気風量、曝気動力の削減に有効である。さらに、その強力な攪拌力により担体の偏りを抑制している。また散気装置のメンテナンスにおいて、水中エアレータの場合は槽内の水抜きが不要となる。

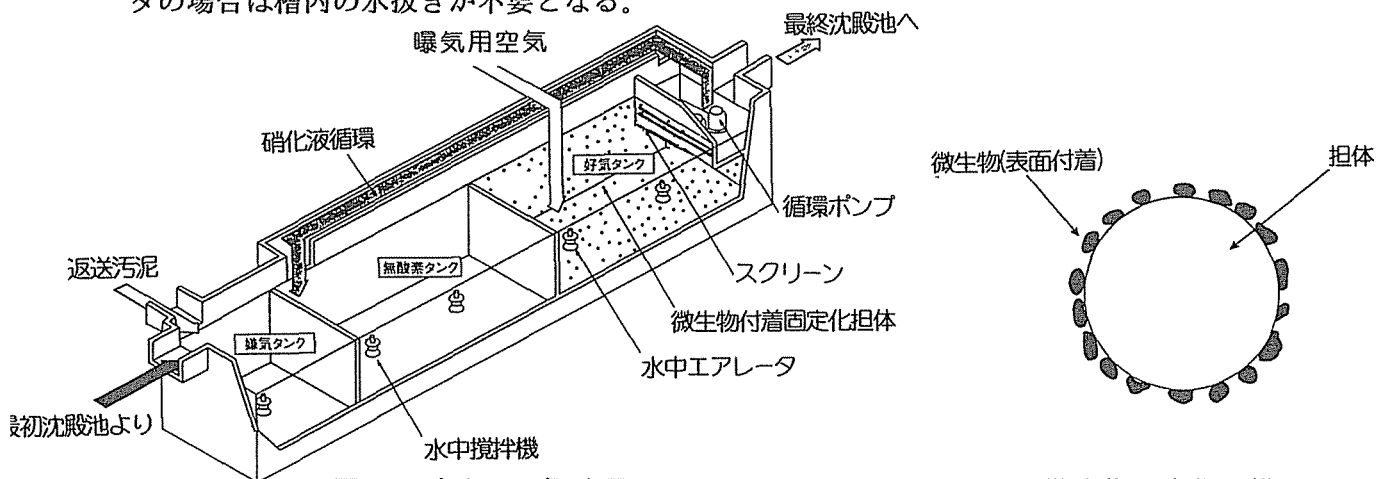


図1 反応タンク概略図

図2 微生物固定化の模式図

### 3. 検討方法

#### 3.1 計算ソフト

担体を含み、散気管や水中エアレータで曝気する好気タンク内の流れ及び担体の分布の解析は、固気液 3 相流の流れ解析となるが、固気液 3 相流の流れ解析は非常に複雑で、現在の市販の流れ解析ソフトでは十分に対応できない。そこで、汎用流れ解析ソフト STAR-CD を変更することにより、このような固気液 3 相流の流れ解析に対応できるよう開発した。

#### 3.2 模型実験槽について

上記ソフトの計算結果の妥当性を検証するため想定実機の約 5 分の 1 の模型実験槽による実験を行った。図 3.1 に全面曝気式、図 4.1 水中エアレータ式の模型実験装置を示す。全面曝気式は散気面の位置及び配管の関係から水槽底面を 80mm 上げている。

本実験槽では、電磁流量計にて槽内の流速を測定し、円筒状容器( $\phi 104\text{mm} \times 150\text{mmH}$ )にて担体を捕捉して担体の容積率を求めた。図中●印が流速測定位置、○印が担体測定位置である。

#### 3.3 計算及び実験対象、解析条件

計算及び実験対象、解析条件を表 1 に示す。(1)好気タンクの大きさで分けると 1)想定実機の約 5 分の 1 の模型実験槽の場合、2)想定実機の場合がある。また、(2)曝気攪拌方式で分けると、1)全面曝気式と 2)水中エアレータ式の場合がある。

模型実験槽の流れの設定条件は、想定実機の使用条件を基本として、全て断面積あたりの処理水流速、及び断面積あたりの曝気量が同じ場合を基本設定条件とした。今回の実験及び計算による解析では、担体は直径 4.0mm、比重 1.02、総平均担体容積率 0.1(実容積)とした。

表 1 計算及び実験対象、解析条件

解析対象	大きさ	処理水量 $\text{m}^3/\text{h}$	曝気量 $\text{m}^3/\text{h}$	エアレータ水 量 $\text{m}^3/\text{h}/\text{台}$	実験	計算	形状図番
全面 曝気式	実験槽	60	90	—	※	※	図 3.1
	想定実機	1476	1674	—		※	図 5.1
エア レータ式	実験槽	60	90	3.12、3 台	※	※	図 4.1
	想定実機	1476	1674	64、3 台		※	図 6.1

※印が模型実験あるいは計算を行ったところである。

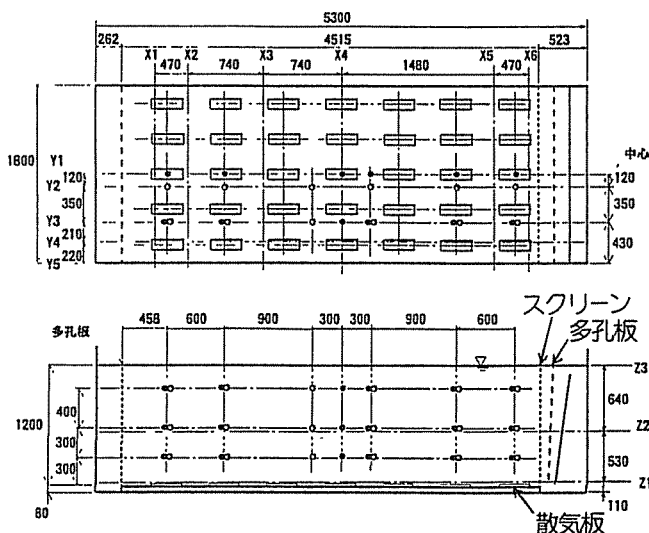


図 3.1 全面曝気式実験槽概略図

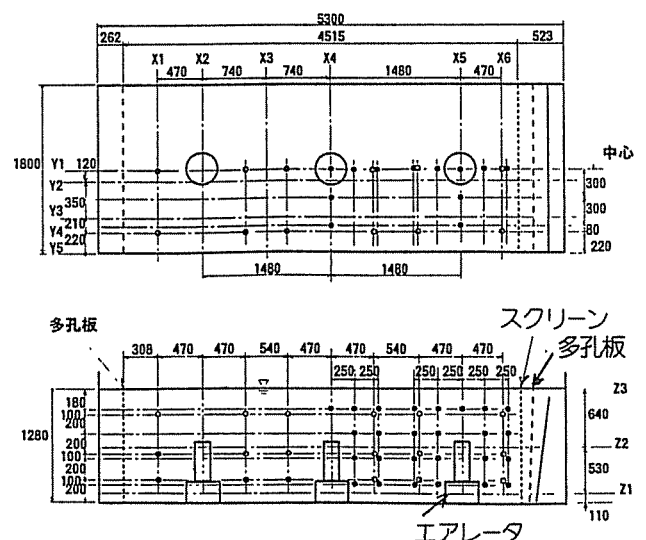


図 4.1 水中エアレータ式実験槽概略図

## 4. 結果及び考察

### 4.1 模型実験結果と計算結果について

#### (1) 全面曝気式の場合

##### 1) 流速分布

流速分布を図 3.2 に示す。図には速度ベクトルの平均値を矢印で、各方向の速度変動量の標準偏差値を矢印の先端の楕円で示した。散気板の上方ではほぼ上昇流になり、流入側多孔板近傍と流出側スクリーン近傍に、槽の水面で槽の外向きに、槽の底面で槽の内向きに流れるような大きな渦が発生した。これは、流入側多孔板と流出側スクリーン間には気泡がたくさん存在するため、気泡による流体の上昇力が大きく、一方、流入側多孔板より上流側、及び流出側スクリーン下流側には散気板を設置していないので、この領域には気泡がほとんどなくなり、気泡による流体の上昇力がほとんどない。この流体の上昇力の差によって、大きな渦ができると考えられる。

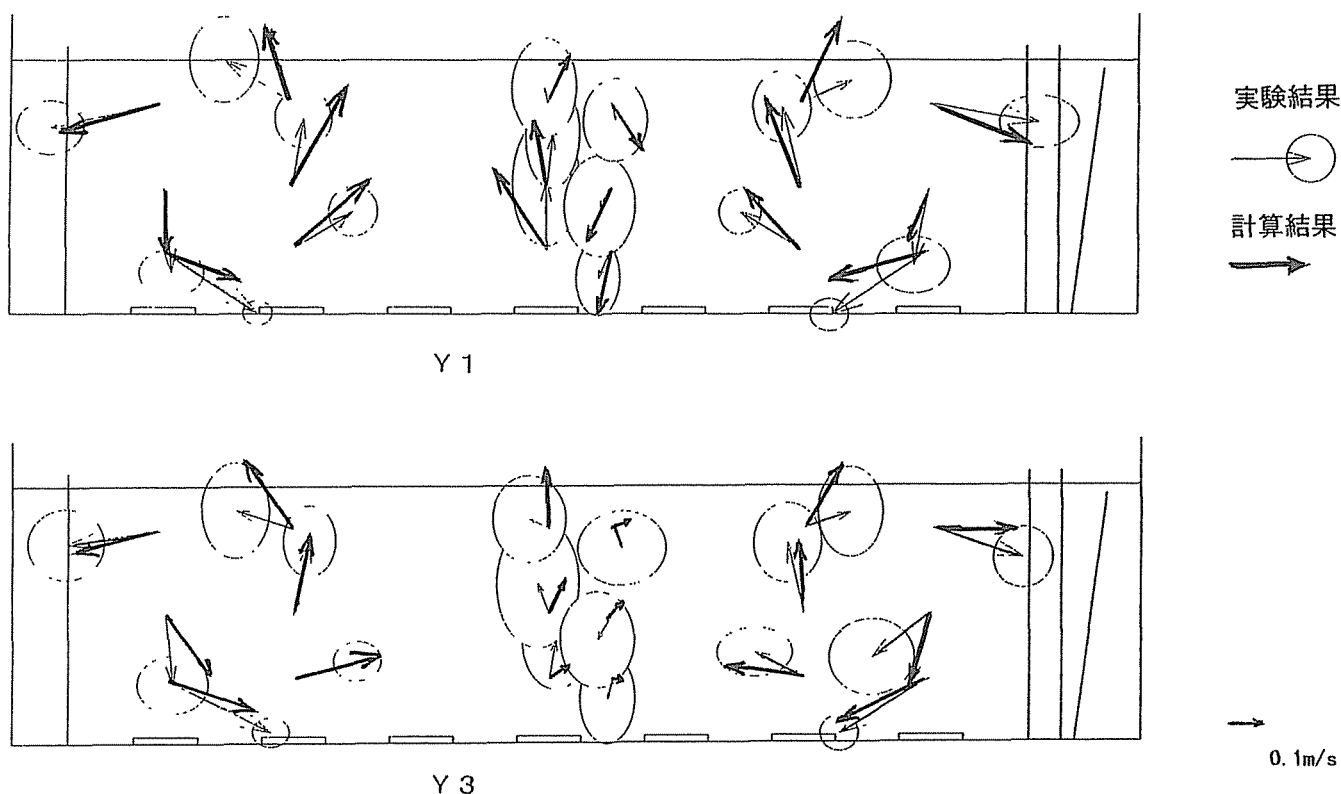


図 3.2 速度ベクトルの実験結果と計算結果の比較  
(実験槽全面曝気式、処理水量  $60\text{m}^3/\text{h}$ 、曝気量  $90\text{m}^3/\text{h}$ 、Y1、Y3 断面)

##### 2) 担体容積率分布

担体容積率分布を図 3.3 に示す。実験、計算とも分布は全ての処理水量で、流入側多孔板近傍で低くなり、流入側多孔板からほぼ  $3.5\text{m}$  の位置で最大になった。上流側から下流側へ流れる処理水によって担体が槽下流へ運ばれるため、下流に行くほど担体容積率は増加するが、下流側スクリーン近傍で担体容積率が下がっている。これは前述したスクリーン近傍の渦のため、槽の水面近傍の担体容積率が低い流体がスクリーン側に流れ、槽の底面近傍の担体容積率が高い流体が槽内側に寄せられるためと考えられる。また、槽の水面より底面に近いほど担体容積

率は高くなった。これは、担体の比重が水より重い担体が下方に落ちて底に溜まろうとするためと考えられる。槽中央鉛直断面の中央高さで比較すると、担体容積率は  $X=0.5\text{m}$  で実験値 0.08、計算値 0.07 となり、 $X=3.5\text{m}$  で実験値、計算値とも 0.15 となり、実験結果と計算結果はよく一致した。

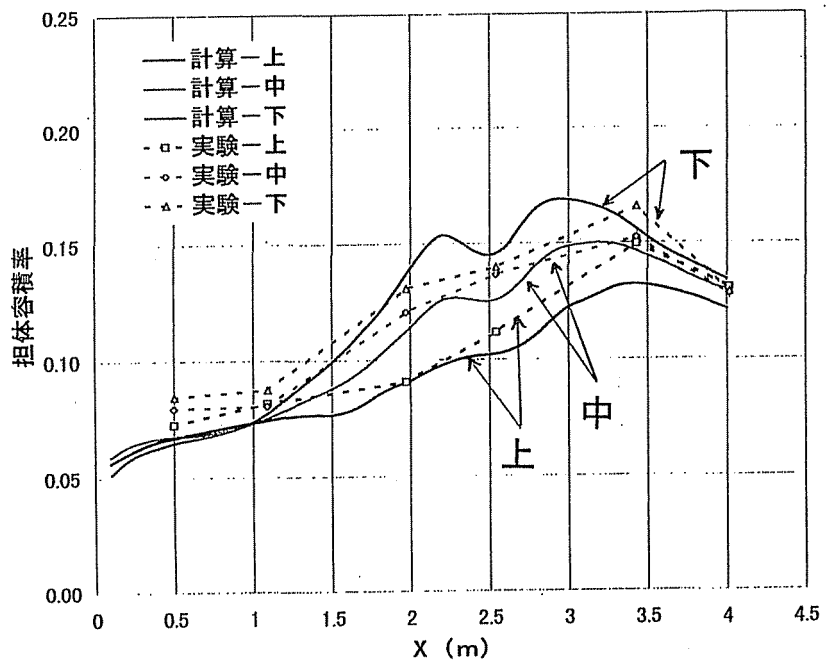


図 3.3 担体容積率分布の実験結果と計算結果の比較(実験槽全面曝気式)

## (2) 水中エアレータ式の場合

### 1) 流速分布

流速分布を図 4.2 に示す。エアレータの場合、かなり複雑な流れになっているが、これはエアレータ吐き出し口からの噴流同士の干渉や気泡による流れとの干渉によるものと考えられる。

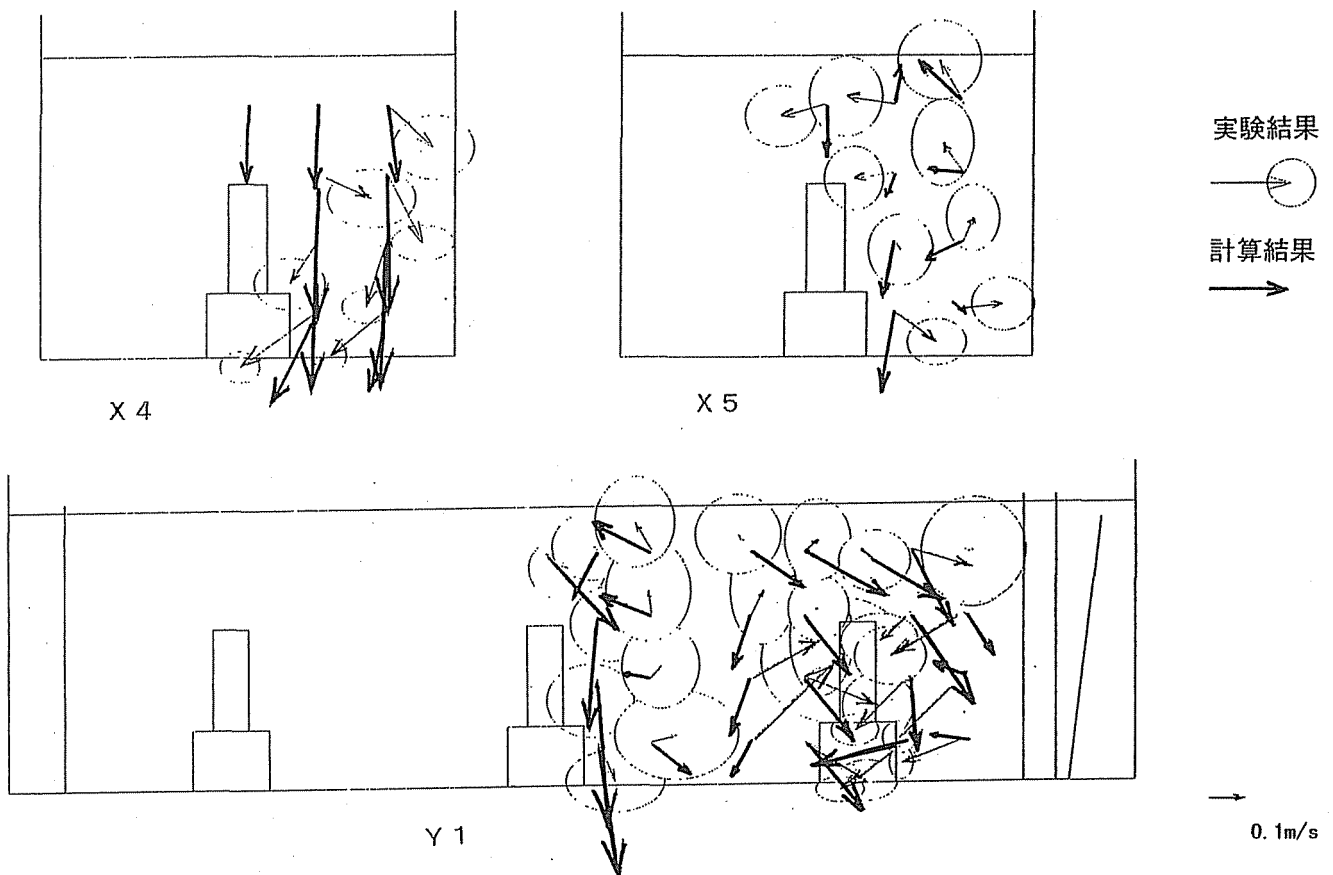


図 4.2 速度ベクトルの実験結果と計算結果の比較

(実験槽水中エアレータ式、処理水量  $60\text{m}^3/\text{h}$ 、曝気量  $90\text{m}^3/\text{h}$ 、Y1、X4、X5 断面)

## 2) 担体容積率分布

水中エアレータ式の時の担体容積分布を図 4.3 に示す。実験、計算とも下流側ほど担体容積率が高くなる傾向が見られた。

槽中央鉛直断面の中央高さで比較すると、担体容積率は  $X=0.5\text{m}$  で実験値、計算値とも 0.08、 $X=4\text{m}$  で実験値 0.15、計算値  $X=0.12$  となり、スクリーン側で計算結果は、実験結果より少し小さな値となったが、傾向はよく一致した。

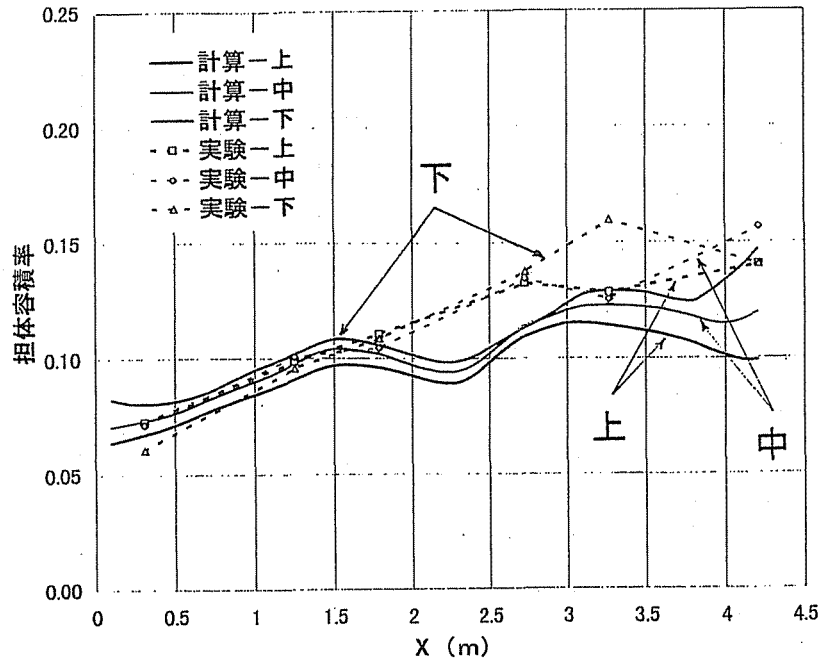


図 4.3 担体容積率分布の実験結果と計算結果の比較  
(実験槽水中エアレータ式)

## 4.2 想定実機による計算結果

### (1) 全面曝気式の場合

想定実機全面曝気式の槽形状を図 5.1 に示す。また、担体容積率分布の計算結果を図 5.2 に示す。計算によると担体容積率は  $X=20\text{m}$  で 0.22、 $X=1\text{m}$  で 0.05 となり、下流側壁近傍で非常に高くなり、上流側壁近傍で低くなり、大きく偏った。これは実機ではスクリーンが上方についているため、下流側壁近傍で担体を上流側へ運ぶ流れが少なくなったためと考えられる。

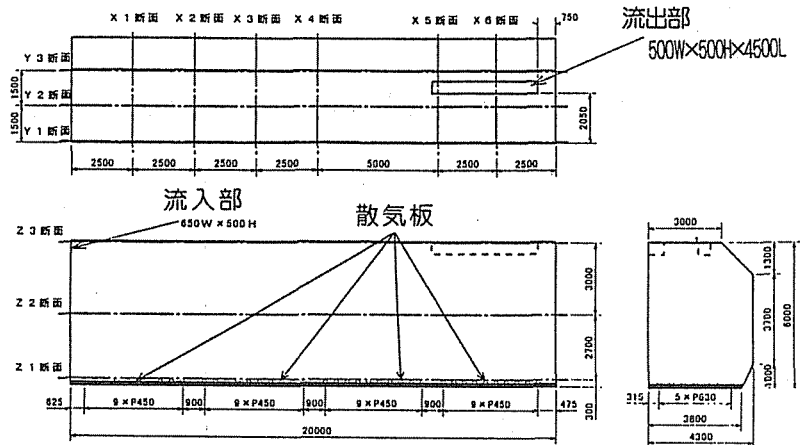


図 5.1 全面曝気式想定実機概略図

### (2) 水中エアレータ式の場合

想定実機水中エアレータ式の槽形状を図 6.1 に示す。また、担体容積率分布の計算結果を図 6.2 に示す。計算によると担体容積率は  $X=20\text{m}$  で 0.12、 $X=1\text{m}$  で 0.06 程度で、下流側壁近傍で若干高くなるが、大きな偏りはなく、全面曝気式に比べてはるかに均一となった。これは想定実機形

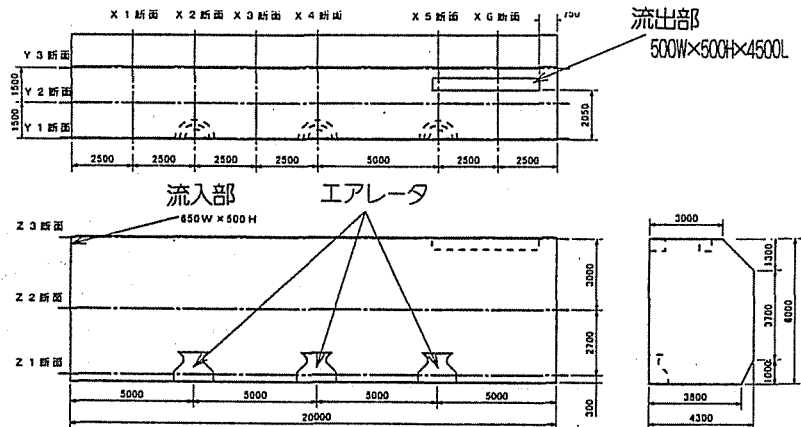


図 6.1 水中エアレータ式想定実機概略図

状ではスクリーンが上方についており、下流側壁近傍で下層部の担体がスクリーンに押しつけられず、しかもエアレータで攪拌されるためと考えられる。

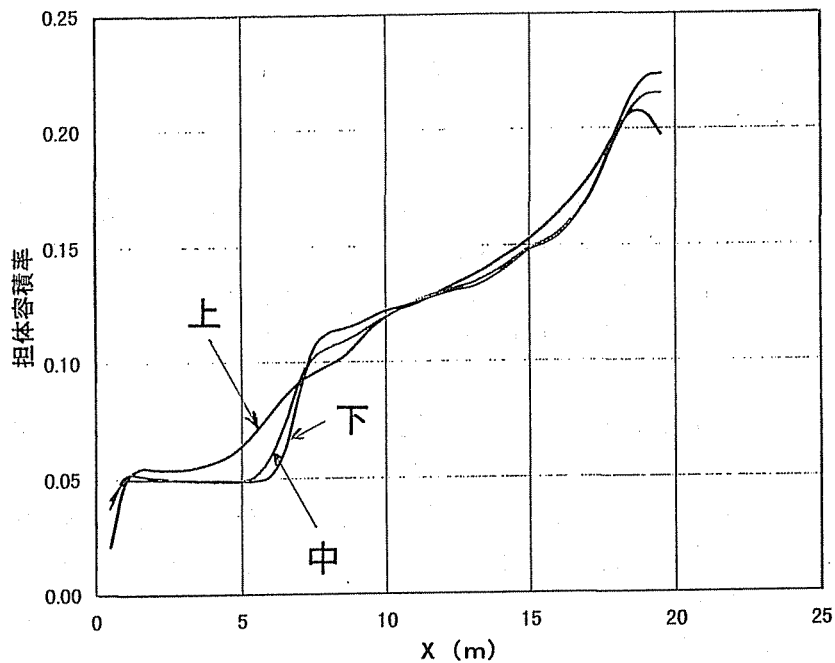


図 5.2 担体容積率分布計算結果

(全面曝気式、処理水量 1476m<sup>3</sup>/h、曝気量 1674m<sup>3</sup>/h、Y1 断面)

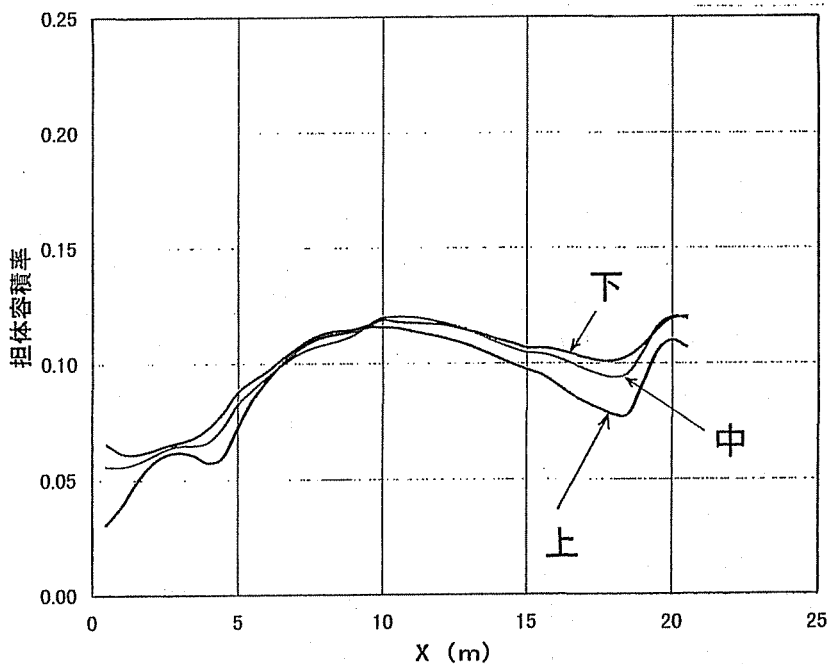


図 6.2 担体容積率分布計算結果

(水中エアレータ式、処理水量 1476m<sup>3</sup>/h、曝気量 1674m<sup>3</sup>/h、Y1 断面)

## 5. まとめ

今回の検討により以下の知見が得られた。

- (1)担体投入型活性汚泥法における好気タンク内の担体の分布を予測するため固気液 3 相流解析法を開発し、模型実験槽を使ってその妥当性を確認できた。
- (2)この解析法による実機規模の計算の結果、水中エアレータ式による曝気攪拌が全面曝気方式に比べて担体濃度分布を均一化できることを定量的に検証することができた。