

# 多段ステップ流入式硝化脱窒法における 均等流入に配慮した流路構造について

公益財団法人愛知水と緑の公社 ○藁科 亮 丸山 司  
中日本建設コンサルタント株式会社 中根 進

## 1. はじめに

下水処理場の運転管理では、汚水、汚泥、空気等を各所において、適切な量に分配する必要がある。施設能力を十分に発揮し、安定した放流水質を得るためには、その量の把握、調整が容易にできる必要がある。重要な箇所や調整が困難な箇所については、流量計などの計測器を設置し、バルブなどの開度を自動制御するような設備を設置するよう設計し、建設している。また、コスト等の観点からすべての箇所にこのような設備を設置することができないので、把握、調整が容易と思われる箇所については、そのような設備を省いている。しかし、実際の施設ではこのような把握、調整が容易と思われる（計測器の設置を省いている）箇所において、想定した通りに汚水等が流れていない施設の事例がしばしば見受けられている。そのような施設では、実際に適切な量に分配する調整に苦慮している。現場では流れに偏りができてきていることは分かっているが、具体的な量の把握ができず、平時に比べ大きく流量が異なるような場合に流量分配が大きく偏り、処理に影響を及ぼすこともある。

本報告では、この状況を具体的に数値化して整理することにより「見える化」し、今後の管理と建設に反映させることを目的として、今回は一つの手段として数値計算モデルを用いて流れ解析を行い、考察することとした。

## 2. 調査対象施設の概要と数値計算の水路モデル

### 2.1 調査対象施設

今回調査対象とした施設は、愛知県内のある浄化センターの3段ステップ流入式硝化脱窒法のステップ水路であり、処理能力が10,200m<sup>3</sup>/日の施設である。反応槽への汚水の分配は、放流水質に大きく影響する最も基本となる調整であり、最も重要な管理対象である。この施設は各段の脱窒槽に均等分配することを想定して建設されている。しかし、目視でも流れに偏りがあることが分かっており、均等分配調整に苦慮している。

### 2.2 数値計算水路モデル

ステップ流入水路の数値計算モデルを作成し、現場調査での分配割合の結果を、流れ解析のパラメータ（動粘性係数 $\nu$ ）に反映させた。この計算モデルを用いて、各段の脱窒槽への流入水量の割合を定量的に把握し、均等流入に配慮した流路構造を検討するツールとする。今回の流れ解析は、二次元有限要素法により行い、Freefem++ver. 3.29<sup>1)</sup>を使用した。数値計算を行うモデルとなる最初沈殿池(以下初沈と略記する)2池から反応槽1池への流入水路の

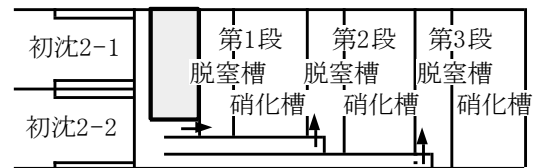


図-1 初沈から反応槽への流路概略平面図

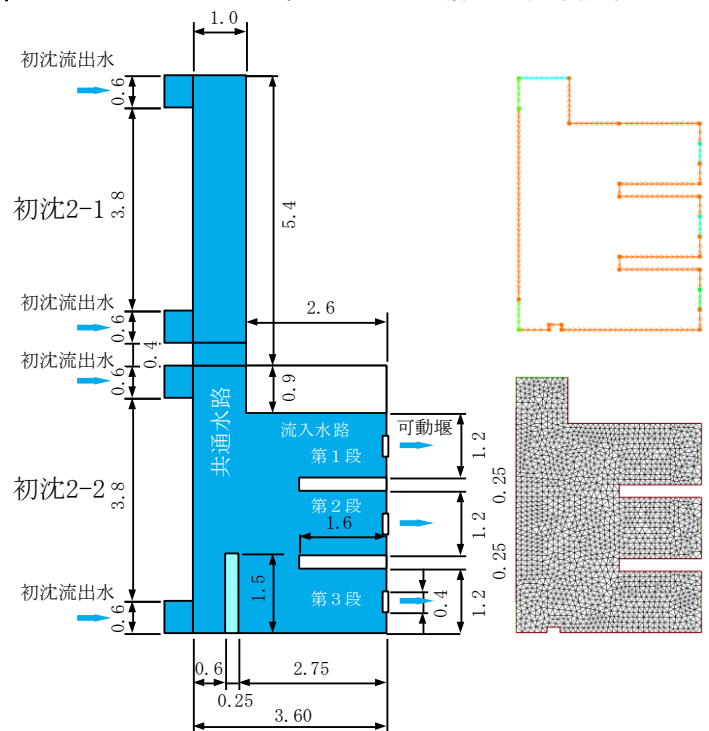


図-2 流入水路の各部寸法とメッシュ図

今回の流れ解析は、二次元有限要素法により行い、Freefem++ver. 3.29<sup>1)</sup>を使用した。数値計算を行うモデルとなる最初沈殿池(以下初沈と略記する)2池から反応槽1池への流入水路の

平面モデルを図-1に示す。

共通水路と流入水路部の各部平面寸法と数値計算モデルを図-2に示す。あわせて解析に使用する有限要素法のメッシュの分割状況を示す。なお、初沈2-2池出口の阻流壁は、水面下約10cm没し、水路底からは50cm隙間のある構造となっている。

### 3. 数値解析

#### 3.1 分配割合の現場調査と数値解析

現場調査では、堰開度を調整しない（全ての堰を開度200mm）状態で調査した。このときの流入水量は12,000m<sup>3</sup>/日であった。各段の流入水量を直接計測できる設備がないため、分配割合は各段のMLSSと返送率等から計算にて求めた。調査結果は、第1段：第2段：第3段＝0.25：0.31：0.44であった。第1段への流入割合が小さく、第3段への流入割合が一番大きい結果となった。

数値解析では、初沈2-1池分の流入は共通水路から流入しているものとして計算した。現場調査の分配状況を用いて、共通水路、初沈流出水路の流速の机上の水理計算から設定し、動粘性係数 $\nu$ と初沈2-2池出口の阻流壁の長さをパラメータとし、トライアル計算にて現場調査時の分配割合に近づけるようキャリブレーションを行った。

表-1 流入量別数値計算結果

反応槽流入(1槽当たり)		16,800 m <sup>3</sup> /日 0.194 m <sup>3</sup> /sec			12,000 m <sup>3</sup> /日 0.139 m <sup>3</sup> /sec			6,000 m <sup>3</sup> /日 0.069 m <sup>3</sup> /sec			
ステップ 水路名	位置		初沈水路流出流速 0.925 m/sec			初沈水路流出流速 0.828 m/sec			初沈水路流出流速 0.657 m/sec		
	x m	y m	流速 v m/sec	反応槽流入 q m <sup>3</sup> /sec/ml	分配割合	流速 v m/sec	反応槽流入 q m <sup>3</sup> /sec/ml	分配割合	流速 v m/sec	反応槽流入 q m <sup>3</sup> /sec/ml	分配割合
第1段	3.6	3.3	0.00	—	—	0.00	—	—	0.00	—	—
	3.6	3.4	0.64	—	—	0.56	—	—	0.44	—	—
	3.6	3.5	0.93	0.24	0.26	0.82	0.21	0.26	0.63	0.17	0.26
	3.6	3.6	0.81	—	—	0.72	—	—	0.59	—	—
	3.6	3.7	0.00	—	—	0.00	—	—	0.00	—	—
第2段	3.6	1.85	0.00	—	—	0.00	—	—	0.00	—	—
	3.6	1.95	0.83	—	—	0.74	—	—	0.60	—	—
	3.6	2.05	1.12	0.30	0.33	0.99	0.27	0.33	0.78	0.21	0.33
	3.6	2.15	1.04	—	—	0.93	—	—	0.72	—	—
	3.6	2.25	0.00	—	—	0.00	—	—	0.00	—	—
第3段	3.6	0.4	0.00	—	—	0.00	—	—	0.00	—	—
	3.6	0.5	1.27	—	—	1.14	—	—	0.89	—	—
	3.6	0.6	1.30	0.36	0.40	1.16	0.32	0.40	0.91	0.26	0.40
	3.6	0.7	1.06	—	—	0.94	—	—	0.75	—	—
	3.6	0.8	0.00	—	—	0.00	—	—	0.00	—	—
		計	0.90	1.00		0.80	1.00		0.63	1.00	

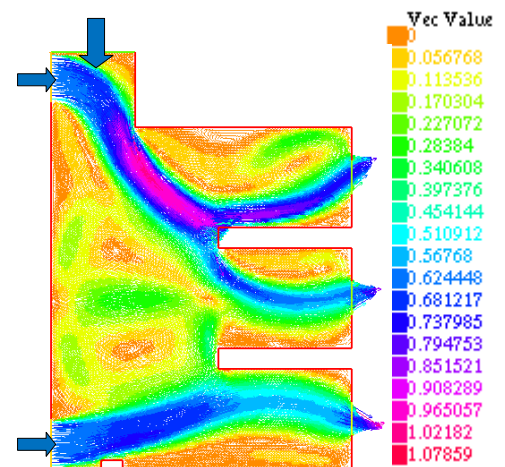


図-3 共通水路の流速ベクトル図  
(6,000 m<sup>3</sup>/日)

#### 3.2 流入量別の数値解析結果

流入量別の数値計算解析結果を表-1に示し、一例として6,000 m<sup>3</sup>/日の流速ベクトルを図-3に示す。

流入量を3ケース変化させて数値計算したが、流量変動による分配割合に変化がなかった。この結果は現場の管理者の印象とは若干異なるものの、流路構造を変化させたときの流れ解析をするツールとしては有効であると判断し、これを用いることとした。

#### 3.3 改善策の検討

実際の現場では、第3段の堰を他より50mm程度上げて、均等分配になるように調整している。次にこのモデルを用いて、可動堰の開度差での調整をすることなく、水路構造で均等化を図る方法を検討する。

##### 3.3.1 共通水路に障害物、詰物を配置

流れの中に障害物、詰物を配置し、流れの方向を変えることにより、各段への流入割合の均等化を図る。第1段への流入割合を増加させることを目的に、図-4に示す第1段流入水路付近に障害物を

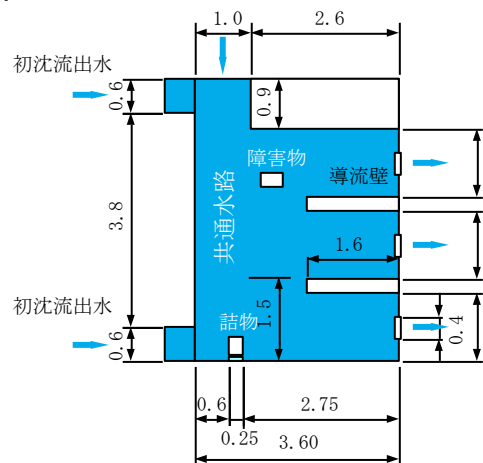


図-4 障害物、詰物の配置

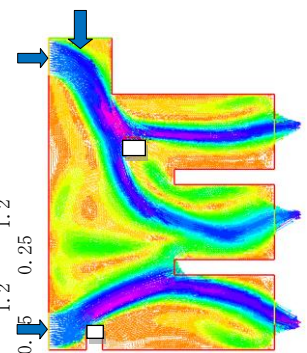


図-5 障害物・詰物設置時の流速ベクトル図例

配置する。また、第3段への流入割合を減少させることを目的に共通水路の阻流壁下部に詰物を配置する。この解析結果の流速ベクトルの一例を図-5に示す。障害物の位置、詰物の長さによる分配割合を図-6に示す。これらを配置することは、均等分配に有効な方法であると考えられる。

### 3.2.2 共通水路幅を広く設定

既設の実施設に適用することは現実的でないが、共通水路幅を広く設定し、流速を小さくすることにより、流入水路での速度水頭を均一にし、分配の均等化を図る方法を示す。図-7に示すa断面における設定流速は下の通りである。

共通水路a断面設定流速：

- 共通水路幅 1.0 m の時、0.108 m/sec (16,800 m<sup>3</sup>/日)
- 共通水路幅 1.4 m の時、0.077 m/sec (16,800 m<sup>3</sup>/日)
- 共通水路幅 1.8 m の時、0.060 m/sec (16,800 m<sup>3</sup>/日)

解析結果を図-7、図-8に示す。共通水路幅を広くすると、第1段への流入割合が大きくなった。しかし、均等分配までは表現できなかった。これは、このモデルが初沈2-2池からの流入流速に大きく支配されている結果と考えられる。実施設では、初沈流出水路から共通水路へは、落差のある縁切り状態で水面に落下し、流出するため、このような二次元数値解析モデルでは、この流れをうまく反映できていないことも考えられる。また、阻流壁は水路底から浮き上がった状態であり、これも二次元モデルによる数値解析を難しくしていると思われる。

## 4. まとめ

- ・実施設において、流れに偏りがあることから均等分配に苦慮する事例があることを示した。今回は分かりやすい事例として、反応槽1池の事例を示したが、共通水路から反応槽2池（6分割）以上に分配しているところもあり、より複雑な調整となっているところもある。
- ・流れ（流線）を観察して適切な障害物、詰物を配置することにより、可動堰の開度差の調整なしでの流入割合の均等化を図ることができる可能性を示すことができた。また、流路構造として共通水路の幅を広くし、流速を小さくすることにより、均等化を図れることのできるなどの知見を、数値計算を通じて得ることができた。これらの知見により設計、建設時の少しの配慮で、格段に管理しやすい施設になる可能性があることが示唆された。
- ・今回の二次元解析モデルでは、実施設と分配割合は一致できたが、共通水路上部がスラブになっており流れを観察することができなかった。
- ・今後はさらに現場の状況と整合させるため、実際の詳細な流れの状況を調査し、場合によっては三次元モデルなどを使って精査していくことも考える。そして、具体的な改善策を検討し、現場に活かしていけるようにしたい。

### 【参考文献】

1) F.Hecht : Freefem++ Third Edition, Version 3.29 <http://www.freefem.org/ff++>

【問い合わせ先】(公財)愛知水と緑の公社 下水道部 五条川左岸・新川東部・新川西部下流事業所

E-mail : awg-g-gs@pluto.plala.or.jp 〒485-0074 愛知県小牧市新小木四丁目47番地 Tel : 0568-75-2911

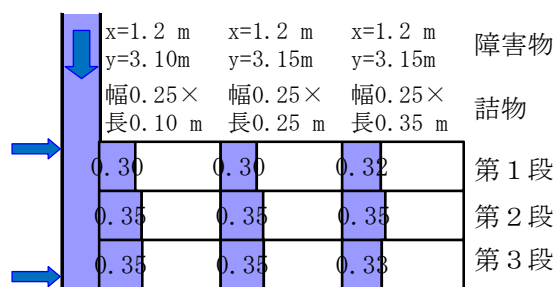


図-6 障害物・詰物の長さによる分配割合

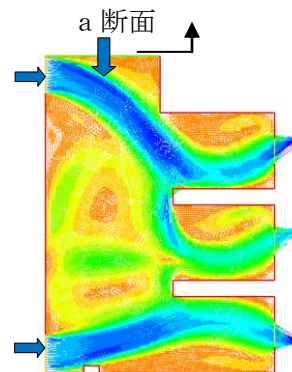


図-7 共通水路幅 (1.4 m) の流速ベクトル図

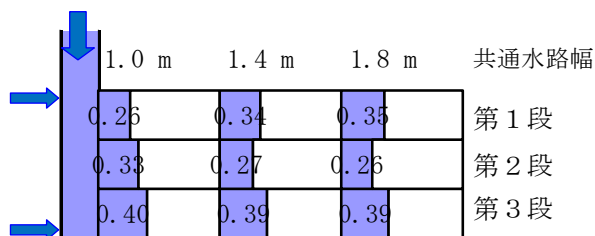


図-8 共通水路幅による分配割合