

# 担体投入型修正バーデンフォ法の実用化研究

茨城県土木部都市局下水道課係長 三好 隆

## 1 背景

霞ヶ浦は富栄養化現象による水質汚濁が進行しており，COD，T-N，T-Pなどの環境基準を達成できない状況が続いている。このような状況に対して，茨城県では，現在，凝集剤併用型循環式硝化脱窒法や嫌気-無酸素-好気法（A<sub>2</sub>O法）などによって窒素・リンの高度処理を実施しているが，下水処理レベルの一層の高度化が必要である。

また，現在，導入している窒素・リン除去法は，硝化槽にて完全硝化を図るために標準活性汚泥法と比較して長いHRT（水理学的滞留時間）を要し，HRTの短縮化，省スペース・省エネルギーなどの課題が残されている。

担体投入型修正バーデンフォ法は，これまでの窒素・リン除去法の処理レベルを上回り，尚且つ省スペース・省エネルギーなどに配慮したシステムとして期待されることから，茨城県では実用化研究を財団法人下水道新技術推進機構との共同研究として行ってきた。

表1 実用化までの工程

検討項目	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20
(1) 目標水質の検討	←→													
(2) 処理方式の検討	←→													
(3) 1 <sup>st</sup> 10 <sup>th</sup> プラント設計条件の検討	←→													
(4) " 実験計画の検討		←→												
(5) " 設計		←→												
(6) " 建設工事		←→												
(7) " 実験・データ解析			←→		←→									
(8) モデル設計・実施への適用評価					←→									
(9) 本施設(境川左岸系列)基本設計						←→	←→							
(10) 実施設(1系列)改造の設計条件の検討						←→								
(11) " 実験計画の検討						←→								
(12) " 改造設計						←→								
(13) " 改造工事							←→							
(14) " 実験・データ解析							←→	←→						
(15) 本施設(境川左岸系列)設計諸元の検討								←→						
(16) " 認可設計									←→					
(17) " 詳細設計									←→					
(18) " 建設工事										←→				
(19) " 供用開始														←→

## 2 担体投入型修正バーデンフォ法の概要

本処理方式の目標水質及びフローを，表2及び図1に示す。

生物学的処理プロセスは，担体を好気槽に投入した嫌気-無酸素-好気法（A<sub>2</sub>O法）の後段に，無酸素槽 並びに再曝気槽を設置したプロセスで，状況に応じて無酸素槽 にメタノールなど水素供与体を添加する。リン除去については生物学的リン除

去を基本とするが、必要に応じて支援システムとして凝集剤を添加する。さらに、最終沈殿池の後段には急速ろ過を設置する。

表2 目標水質（年間平均値）

水質項目	処理場 流入水質 (夏期)	処理場 流入水質 (冬期)	目標水質 (mg/L)		設定の考え方
			終沈流出 水	砂ろ過水	
T-N	36	41	4.5	3.0	技術的に達成可能な水質レベル で、霞ヶ浦に流入する非汚濁河川の 水質レベル
T-P	4.5	5	0.4	0.2	
BOD	270	310	3.5	2.0	霞ヶ浦浄化センターの現況放流水 質レベル
COD	100	120	8.2	8.0	
S S	160	170	5.0	2.0	

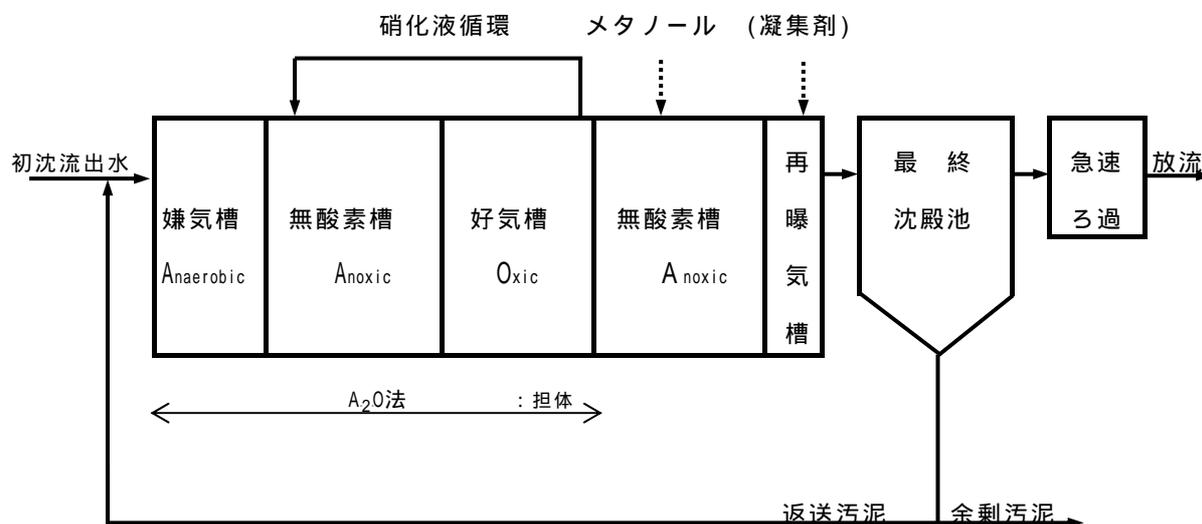


図1 担体投入型修正バーデンフォ法のフロー

### 3 パイロットプラント実験

担体投入型修正バーデンフォ法の実用化に向けてパイロットプラントを霞ヶ浦浄化センター内に設置し、平成9～10年度にかけて実験を行った。本実験では、実用化について一定の知見が得られたが、実際の施設規模における担体の適応性などスケールアップして確認すべき事項がいくつか考えられた。このため、霞ヶ浦浄化センターのNo.4池を平成13年度に担体投入型修正バーデンフォ法に改造し、平成14年度から実証実験を行っている。改造にあたってはパイロットプラント実験の結果から得られた設計諸元等を用いて設計を行った。

実規模実験施設の設計一覧を表3に、担体投入の効果を表4に示す。好気槽滞留時間を7.5時間から3.0時間に短縮することができ、その結果好気槽容量を約60%削減することができた。また、同様の敷地条件の場合処理水量は5850m<sup>3</sup>と計算され、約35%処理水量を増加させることができた。

表3 実規模実験施設の設計諸元

項目	設計諸元	
	冬期	夏期
日最大汚水量	7,890m <sup>3</sup> /d	9,338m <sup>3</sup> /d
MLSS	2,500mg/L	
返送比	0.5	
硝化液循環比	2.0	
硝化担体	包括固定化担体	
硝化担体添加率	7.6%	

表4 担体投入効果

項目	好気槽 滞留時間	好気槽 必要容 量	反応槽 滞留時間	処理水 量
単位	時間	M3	時間	m3
担体投入 あり	3.0	961	12.9	7,890
担体投入 なし	7.5	2,403	17.4	5,850

#### 4 実施設実証実験

平成14年4月11～12日に種汚泥投入後、4月17～19日に担体投入を行った。その後、段階的に処理水量を増加させて馴致を行った後、RUN1～RUN4の実験を行った。冬期実験であるRUN4ではメタノールを約5mg-メノール/L-原水量の添加率で添加した。

各RUNにおける反応槽流入水質と終沈流水質を表5に示した。

実施設実証実験の目的は次のとおりであり、それぞれに関し得られた知見を以下に取りまとめた。

処理性能の検証（実施設、年間連続実験での検証）

設計面での検証（冬期の脱窒速度の把握、メタノール添加効果の把握）

運転管理面での検証（担体に関する管理、スクリーンに関する管理等の検証）

##### 4.1 処理性能の検証

実証実験のRUN1の処理状況は良好であり、各水質項目ともに終沈流出水の処理目標値を達成できていた。また、槽内の窒素濃度状況を見ても、好気槽での完全硝化、第一無酸素槽での完全脱窒、第二無酸素槽での良好な脱窒を確保できており、りん濃度状況を見ても良好なりん放出とりん摂取を維持できていた。

次に、RUN2においては処理水量がやや多いものの概ね設定条件での運転ができていた。処理水質もRUN1に引き続き良好であった。なお、RUN2の途中、第二無酸素槽におけるスカムの大量発生が確認され、スクラム対策を講じたこともRUN2の特徴であった。

更に、RUN3についても処理目標の達成を確認できている。最後に、冬期の実験であるRUN4においては、メタノール添加を行うことでCODを除き処理目標を達成できていた。RUN4のCODは、S-CODはこれまでのRUNと比べても遜色ない濃度であることから、粒子性CODが原因で処理目標値を超えてしまったものと考えられる。

処理目標は年間平均値で設定していることを考慮し、本実証実験の目的の一つである「処理性能の検証（処理目標の達成）」は達成できたといえる。

##### 4.2 設計面での検証

実規模実験施設の設計の際はパイロットプラント実験のデータ数が少なかったため高度処理施設設計マニュアル（案）の脱窒速度式を利用したが、実施設実証実験によりデータ数が倍増したため、これらの実験結果から得られる脱窒速度式を用いて無酸素槽容量を設計することが可能となり、槽配分の最適化を図ることができるよう

なった。

また、メタノール添加による脱窒速度向上効果についても、回分試験と実施設実証実験において把握することができ、回分試験ではメタノール添加率 1mg/L あたりの脱窒速度上昇速度は約 0.07mg-N/g-SS・h であるとの知見が得られた。しかし、実施設実証実験ではメタノール添加率 5mg/L 条件で脱窒速度は約 0.1mg-N/g-SS・h(メタノール 1mg/L では約 0.02mg-N/g-SS・h の上昇)しか上昇していなかったことから、実施設では添加量に余裕をもつことが必要であることが分かった。なお、原因としては、循環水に伴う担体好気槽からの DO 供給による有機物の消費が影響している可能性が考えられた。

#### 4.3 運転管理面での検証

パイロットプラント実験では把握できなかった次の点を検証することができた。

好気槽における担体の攪拌は良好であり、担体分布がほぼ均一であること。

担体の摩耗が約 1 年間で 0.4%程度であること。

担体分離スクリーンの特別な管理は不要であること。スカムが多量に発生した場合、散気によるスカム破碎と角落し開放によるスカム流出が有効な対策であり、常時散水を行うことでスカム発生を抑制することができること。

表 5 実施設実証実験の水質測定結果

単位：mg/L

		馴致期間	RUN1	RUN2	RUN3	メタノール 馴致期間	RUN4	年平均	設計・目標		
									春・秋	夏	冬
T-N	反応槽流入水	24	23	21	24	25	24	23	27	25	29
	終沈出口水	2.1	2.0	1.5	2.6	2.0	1.9	2.0	4.5	4.5	4.5
T-P	反応槽流入水	2.7	2.6	2.5	2.8	2.8	2.7	2.6	3.7	3.4	3.9
	終沈出口水	0.08	0.08	0.14	0.16	0.17	0.16	0.15	0.4	0.4	0.4
BOD	反応槽流入水	81	79	81	82	89	97	89	150	131	171
	終沈出口水	1.8	2.0	1.8	1.9	1.8	2.0	1.9	3.5	3.5	3.5
COD	反応槽流入水	48	46	45	46	50	52	49	54	49	58
	終沈出口水	7.8	7.6	7.8	8.0	8.2	8.3	8.1	8.2	8.2	8.2
SS	反応槽流入水	39	41	44	40	38	41	42	46	45	47
	終沈出口水	1.5	1.3	3.5	3.3	4.1	4.8	3.9	5.0	5.0	5.0

#### 5 今後の問題点

担体投入型修正バーデンフォ法については、平成 14 年度までの研究で実用化が図られたものと考えているが、実規模実験施設は、目標水質達成を第 1 目的とした余裕をもった条件で運転していることから、平成 15 年度は、硝化液循環量の低減、好気槽空気倍率の最適化など、目標水質が達成可能で、かつ省エネルギーに配慮した運転条件の検討を行っている。