

# 20 嫌気・硝化内生脱窒法と嫌気・無酸素好気法による窒素・りん同時除去実験

横浜市 本橋 孝行

◎ 藪内 章二

## 1. まえがき

環境基本法の制定や海域における窒素、りん的环境基準の設定等、水環境に対する社会的な関心が高まっております。下水処理においても富栄養化の原因となる窒素、りんの除去等、より高度な処理が求められるようになってきた。

本市では生物学的高度処理法である嫌気・無酸素好気法と嫌気・硝化内生脱窒法について検討し、いくつかの知見が得られたので報告する。

## 2. 実験方法

### (1) 実験装置の概要

実験装置の概略を図-1に、仕様を表-1に示す。

反応槽全容積が1.05m<sup>3</sup>のパイロットプラントを2系列用い、1系列を嫌気・無酸素好気法(A<sub>2</sub>O法と略す)、他の1系列を嫌気・硝化内生脱窒法(AOAO法と略す)として運転し、実験を行った。なお反応槽は6分割されており、両法とも嫌気槽を全体の1/6、無酸素槽2/6、好気槽3/6の容積配分とした。

### (2) 実験条件

実験は反応時間を10、8、6時間の3段階に変化(Run1、2、3)させて行った。

供試原水は中部下水処理場の最初沈殿池流出水を用い、1日1回原水槽に貯留してあらかじめ濃度を均一化し、一定流量で反応槽に送水した。A<sub>2</sub>O法は第6槽で、AOAO法は第3槽でDO制御を行ない、DO設定値は両法とも1mg/lとした。

主な運転状況を表-2に示す。

## 3. 実験結果および考察

実験の結果を表-3に示す。

### (1) 有機物除去

流入水質は実験期間中の平均値でBOD64mg/l、COD37mg/l、SS28mg/l、TN2.2mg/lとほぼ一定であった。各Run通して

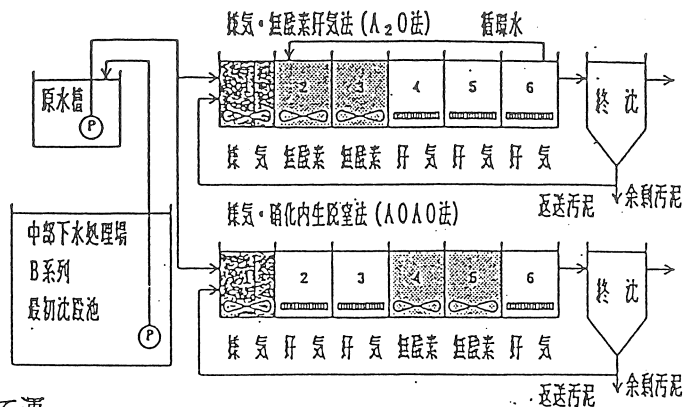


図-1 実験装置概略

表-1 実験装置仕様

施設	仕様
原水槽	2 m <sup>3</sup> × 3槽
反応槽	600 mm L × 450 mm W × 1000 mm D × 6槽 = 1.05 m <sup>3</sup>
最終沈殿池	600 Φ × 1500 mm H = 0.22 m <sup>3</sup>

表-2 運転状況

項目	単位	Run 1		Run 2		Run 3	
		A2O法	AOAO法	A2O法	AOAO法	A2O法	AOAO法
流入水量	m <sup>3</sup> /d	2.5	2.5	3.3	3.2	4.2	4.2
循環率	%	100	----	100	----	100	----
返送率	%	50	50	50	50	50	50
嫌気時間	h r	1.7	1.7	1.3	1.3	1.0	1.0
無酸素時間	h r	3.3	3.3	2.7	2.7	2.0	2.0
好気時間	h r	5.0	5.0	4.0	4.0	3.0	3.0
M L S S	mg/l	2600	2700	2700	2600	2700	2600
水温	℃	19	19	18	18	16	17
TN/SS法	g/kg・d	20	20	24	25	34	36
BOD/SS法	kg/kg・d	0.07	0.06	0.06	0.06	0.11	0.11
S R T	日	27.6	25.4	15.8	18.5	11.0	13.7

実験期間 Run1: '93.10/12~10/29 Run2: 11/1~11/19  
Run3: 11/22~12/10

両法とも処理は良好でありBOD 92%、COD 80%、SS 85%と高い除去率を示した。但し、負荷の上昇したRun 3では処理水BODが10mg/lを越える場合もあった。

表-3 実験結果

項目	Run 1			Run 2			Run 3		
	原水	A2O法	AOAO法	原水	A2O法	AOAO法	原水	A2O法	AOAO法
BOD	70	3.5(94)	2.3(97)	50	2.1(96)	2.4(95)	73	9.9(87)	11(85)
COD	33	7.5(77)	6.5(80)	38	6.8(82)	7.0(80)	41	7.8(81)	7.9(81)
SS	24	5.6(75)	3.4(85)	32	3.9(87)	3.1(89)	29	3.8(86)	3.8(86)
T-N	21	5.8(72)	5.7(72)	21	7.2(64)	6.0(70)	24	9.4(60)	8.4(65)
NH4-N	14	0.1(99)	0.2(99)	13	0.1(99)	0.3(98)	15	2.2(87)	3.8(77)
NO3-N	0.1	5.3	4.6	0.3	5.9	4.9	0.2	5.2	2.5
T-P	2.2	0.2(90)	0.2(90)	2.2	0.4(80)	0.7(62)	2.4	0.2(92)	0.2(91)

値は平均値、単位はmg/l、( )内は除去率 %

(2) 窒素の除去

処理水中の窒素の経日変化のグラフを図-2に示す。

窒素の除去率は両法とも60~70%を確保し一部を除いて全窒素濃度は10mg/l以下と良好な結果が得られた。A<sub>2</sub>O法はほぼ理論どおりの除去率( $R/(1+R) = 60\%$ )を達成しており、AOAO法ではA<sub>2</sub>O法より処理水の全窒素が常に低くなる傾向が見られた。また、両法ともRunが進むにつれ処理水中の全窒素濃度が上昇した。図-3にBOD/SS負荷に対する全窒素除去率を示す。両法とも多少ばらつきはあるものの負荷の増加に対して除去率がわずかに低下する傾向が見られる。これは発生固形物量の増加に伴うSRTの減少や水温の影響による硝化菌の活性度の低下によりアンモニア性窒素が残存するようになったためと考えられる。Run 3でのASRTはA<sub>2</sub>O法で5.5日、AOAO法で6.8日とRun 1の約半分まで低くなっている。

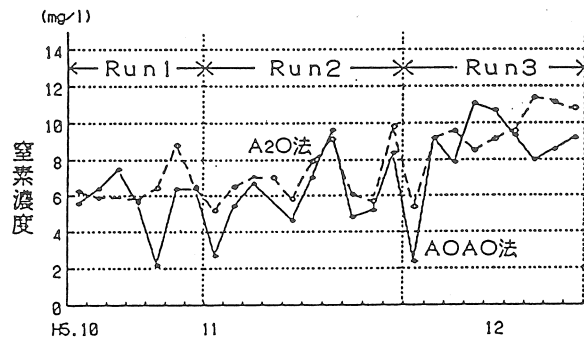


図-2 全窒素の経日変化

応槽内の窒素の代表的な挙動を図4、5に示す。

窒素の除去については両法とも、第1槽では活性汚泥への吸着、および返送汚泥中の硝酸性窒素の脱窒により流入濃度の60%まで減少した。A<sub>2</sub>O法では第2槽での循環水中の硝酸性窒素の脱窒により流入濃度の約40%まで減少する。このとき第2槽ではほぼ完全に脱窒が完了するため、第3槽で脱窒はほとんど起こらなかった。その後第4、5、6槽の硝化槽でRun 1、2ではほぼ完全に硝化が進んだが、Run 3ではアンモニア性窒素が2.2mg/l残存した。なお多少の有機性窒素の増減が、各槽で測定された。またAOAO法では、第2槽で活性汚泥への吸収などにより流入濃度の約50%まで減少するが、Run 2以降は第3槽までに完全硝化できず、アンモニア性窒素が2~8mg/l程度残存した。その後、第4、5槽での脱窒で流入濃度の約75%まで減少するが、第6槽での硝酸性窒素の増加により結果的に約65%の除去率にとどま

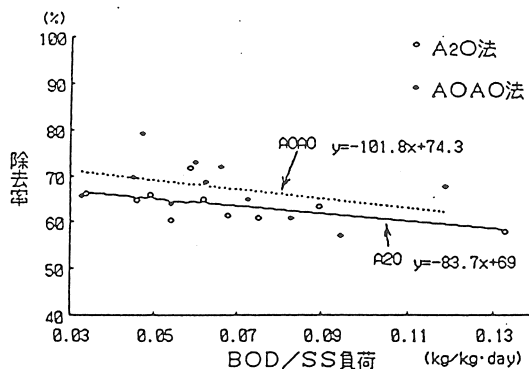


図-3 BOD/SS負荷と窒素除去率との関係

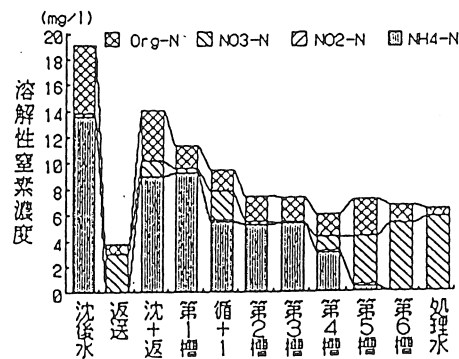


図-4 反応槽内の窒素の挙動 A<sub>2</sub>O法

った。この第6槽の挙動は、活性汚泥と浮遊性有機物からの有機性窒素の遊離とその硝化が原因と考えられる。

### (3) りんの除去

処理水中の全りんの経日変化のグラフを図-6に示す。

りんについては降雨の影響が著しい日(Run 2の第3週、118 mm/day)を除き、両法とも90%以上の高い除去率が得られ、良好な処理が行われた。降雨日には流入基質濃度が低下し、活性汚泥からのりん放出が通常より低い傾向がみられ、好気槽での吸収が低下した。

反応槽内の代表的なりんの挙動を図-7に示す。

両法とも第1槽で流入濃度の5倍程度までりん放出が見られた。A<sub>2</sub>O法では循環水による硝酸性窒素の影響により第2槽で少量のりん吸収がみられるが、第4槽までに約90%のりんが除去された。またAOAO法では第2、3槽の好気槽でりんの吸収が行われ、最終的に約90%の除去率を示した。

### (4) 活性汚泥の性状

各Runを通じ活性汚泥1gあたりの窒素およびりんの含有量は両法ともほぼ一定であり、それぞれ約85 mg/g、約30 mg/gであった。また、余剰汚泥として排出される窒素量はA<sub>2</sub>O法が流入の約21%、AOAO法が約16%であり、りんの排出量はA<sub>2</sub>O法で流入の約79%、AOAO法で約64%であった。

各Runの発生固形物量を図-8に示す。

A<sub>2</sub>O法に比べAOAO法は汚泥の増加量が低い傾向がある。AOAO法では第3槽でDO制御を行っているため総風量がA<sub>2</sub>O法よりも多くなっており、有機物の分解が進んだため汚泥中への移行量が減少したものと考えられる。

## 4. おわりに

今回の実験において、嫌気・無酸素好気法、嫌気・硝化内生脱窒法の両方式とも反応時間8時間までなら窒素、りんの除去について良好な結果が得られた。6時間になると両法とも硝化の進行が窒素除去の律速となり、硝化と脱窒のバランスが崩れた。このため、負荷に見合った好気槽および無酸素槽の容量配分を適切にすることが処理安定化への課題といえる。また今後は、低水温期における処理の挙動についても調査していきたい。

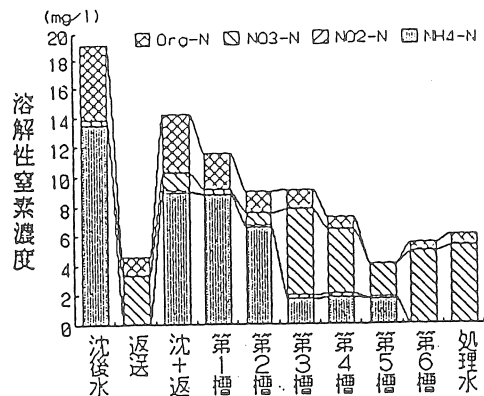


図-5 反応槽内の窒素の挙動 AOA/O法

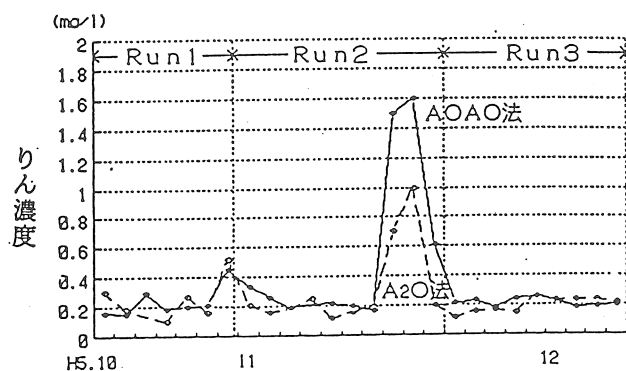


図-6 全りんの経日変化

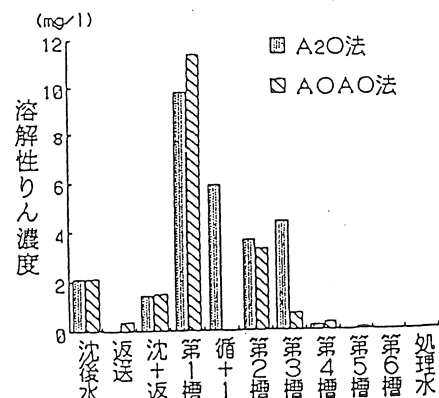


図-7 反応槽内のりんの挙動

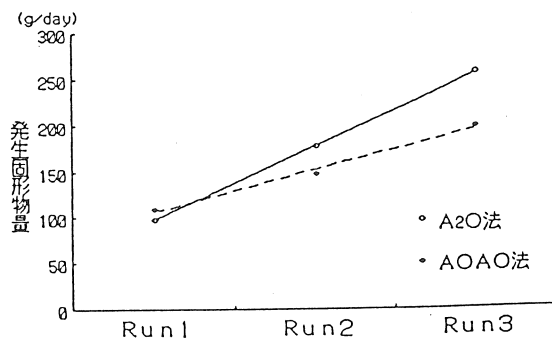


図-8 反応槽汚泥発生量の比較