

# 修正 Bardenpho 法第二無酸素槽脱窒促進 のための添加基質について

水再生水質課 坂本俊彦  
吉澤明子

## 1 はじめに

現在、南部汚泥資源化センター（南部 SRC）からの汚泥処理系返流水は、循環脱窒処理施設に改造された金沢水再生センター（金沢 WTC）第一系列水処理施設で処理されている。その循環脱窒処理水は金沢 WTC の流入幹線に送水され、流入下水とともに標準処理された後に放流されている。しかし、循環脱窒処理水の窒素（主として NO<sub>3</sub>-N）、りんが高いため、標準処理水の窒素、りんを引き上げる要因ともなっている。

このため、南部 SRC に窒素、りんのさらなる除去向上を目的とした修正 Bardenpho 法の汚泥処理系返流水処理施設の建設が計画されている。汚泥処理系返流水はアンモニア性窒素（NH<sub>4</sub>-N）が高く、第一好気槽での硝化促進運転の結果、第一好気槽から第二無酸素槽へ流入する硝酸性窒素（NO<sub>3</sub>-N）が高くなるため、第二無酸素槽に有機物（基質）を添加し、脱窒を促進させる計画となっている。添加基質としては最初沈殿池汚泥（生污泥）、金沢 WTC 濃縮生污泥（調整汚泥）、遠心濃縮分離液の沈殿流出水（CF 濃縮分離液上澄水）が考えられている。

そこで、第二無酸素槽での効率的な脱窒達成のための添加基質およびその添加率について検討したので報告する。

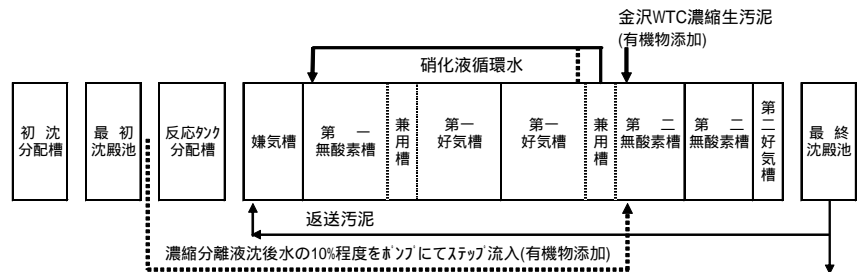
## 2 分離液の性状および処理施設概要 2-1 分離液水量・水質 および目標処理水質

表-1 に供用開始時（H.21）の各分離液の予測水量・水質、目標処理水質を示す。CF 濃縮分離液は総合分離液量の 70% を占め、SS、COD、BOD が高い特徴がある。CF 脱水分離液、VP 脱水分離液は各々、総合分離液量の 10%、20% を占め、NH<sub>4</sub>-N が高い特徴がある。総合分離液最初沈殿池流出水の SS、BOD、NH<sub>4</sub>-N、T-P は各々 500、840、180、57mg/l と予測され、目標処理水質（当面）の全窒素（T-N）、全りん（T-P）は各々 30、20mg/l である。

表-1 供用開始時の分離液水量・水質

	量 (m <sup>3</sup> /d)	SS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)
濃縮分離液	10,060	1700	1100	2100	80	275	75
CF 分離液	1,570	150	180	80	530	560	72
VP 分離液	3,120	250	170	70	330	370	45
総合分離液	14,750	1220	800	1450	180	326	68
総合分離液最初沈殿池流出水	14,750	500	500	840	180	240	57
目標分離液処理水質(当面)	-	200	100	200	-	30	20

図-1 南部汚泥資源化センター 汚泥処理返流水処理施設 概略図



## 2-2 処理施設概略及び設計諸元

図-1 に処理施設概略図、表-2 に設計諸元を示す。

処理方式は Bardenpho 法に嫌気槽を付加し、さらに第二無酸素槽に分離液の最初沈殿池流出水等の基質添加を行う修正 Bardenpho 法である。

第二無酸素槽の滞留時間（HRT）は 8.9hr である。

## 3 検討内容

### 3-1 供試試料

第二無酸素槽への添加基質として生污泥、調整汚泥、CF 濃縮分離液上澄水を脱窒実験に用いた。また、活性汚泥は金沢 WTC 第一系列水処理施設の循環脱窒処理好気槽出口の活性汚泥（NO<sub>3</sub>-N：50～60mg/l）を用いた。

### 3-2 脱窒実験

トールピーカー（1,000ml）に循環脱窒処理好気槽出口の活性汚泥（反応タンク流入量 + 返送率 50%）を採り、添

表-2 設計諸元

最初沈殿池		
水面積負荷 (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d)	有効水深 (m)	流出水 SS (mg/l)
15	4.0	500
反応タンク		
MLSS (mg/l)	返送率 (%)	循環率 (%)
3,000	50	350
滞留時間 (hr)		
嫌気槽	第一無酸素槽	第一好気槽
5.0	7.9	28.3
第二無酸素槽	第二好気槽	全槽
8.9	2.4	52.5
最終沈殿池		
水面積負荷 (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d)	有効水深 (m)	
10	4.0	

加基質を反応タンク流入量に対して所定の添加率になるように添加した。攪拌はマグネチックスターラーを用いて緩やかに攪拌し、NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、PO<sub>4</sub>-P等の経時変化を調査した。また、循環脱室処理好気槽出口の活性汚泥のみの攪拌（添加率0%）を対照とした。生汚泥の添加率は0.5、1.5、3.0、5.0%、調整汚泥では0.5、1.0、1.5、2.0、2.5%、CF濃縮分離液上澄水では5、10、15、20、25、30、45%について調査した。

## 4 結果及び考察

### 4-1 生汚泥

図-2 に生汚泥を添加基質とした脱室状況を示す。

図-2 の生汚泥 SS、COD、BOD は各々15,700、4,730、10,300mg/l である。対照では2hr まではほとんど NO<sub>3</sub>-N の減少はなく、その後、NO<sub>3</sub>-N が直線的に減少した内生脱室が進行し、脱室速度は0.40mgN/g-ss.hr であった。生汚泥添加の脱室状況では、いずれの添加率でもほぼ直線的に減少する結果が得られた。通常、基質添加の脱室では

脱室初期（0～1hr）に易分解性基質による NO<sub>3</sub>-N の顕著な減少が見られるが、図-2 ではその傾向は見られなかった。脱室速度は添加率が高くなる程、早くなり、各々0.43、0.57、0.69、0.78mgN/g-ss.hr であった。

生汚泥添加由来の NH<sub>4</sub>-N は、脱室初期は0mg/l であったが、経過時間とともに微増し、10hr 後では4mg/l 程度まで上昇した。PO<sub>4</sub>-P は活性汚泥からの放出等による上昇はほとんど見られず、4mg/l 程度で一定であった。

図-2 の結果より、分離液処理水質の当面の T-N 目標水質 30mg/l を安定して満足する生汚泥の添加率は5.0%以上必要と判断できる。しかし、5.0%以上の添加では生汚泥 SS による MLSS 増加は少なくとも500mg/l 以上になり、反応タンク MLSS:3,000mg/l の運転では余剰汚泥の増加にともなう実質の活性汚泥量が減少することになり、その結果、完全硝化のための SRT の確保が難しい状況になると考えられる。

さらに、生汚泥の添加では土砂分等も反応タンクに流入するため、反応タンク底部に徐々に土砂が堆積していくことが予測されるとともに、さらに機械攪拌装置の故障の誘発等、設備への影響も懸念される。

### 4-2 調整汚泥

図-3 に調整汚泥を添加基質とした脱室状況を示す。

図-3 の調整汚泥 SS、COD、BOD は各々15,200、8,420、12,800mg/l である。

対照の脱室速度は0.47mgN/g-ss.hr であった。

調整汚泥添加の脱室状況では、生汚泥では見られなかった脱室初期（0～1hr）の易分解性基質による NO<sub>3</sub>-N の顕著な減少が見られ、その後、対照の脱室速度とほぼ同じに、直線的に減少する結果が得られた。0～10hr の脱室速度は各々0.48、0.51、

0.58mgN/g-ss.hr であった。調整汚泥添加由来の NH<sub>4</sub>-N は、脱室初期は1mg/l であったが、経過時間とともに微増し、10hr 後では4mg/l 程度まで上昇した。PO<sub>4</sub>-P は3mg/l 程度で生汚泥添加と同様、変化は見られなかった。

図-3 の結果より、T-N 目標水質を満足する調整汚泥の添加率は生汚泥と同様5.0%以上と推察され、その場合、生汚泥添加と同様、完全硝化のための SRT の確保が難しい状況になると考えられる。また、調整汚泥添加による施設、設備への影響は生汚泥と同様と考えられる。

### 4-3 CF濃縮分離液上澄水

図-4 に CF濃縮分離液上澄水を添加基質とした脱室状況を示す。

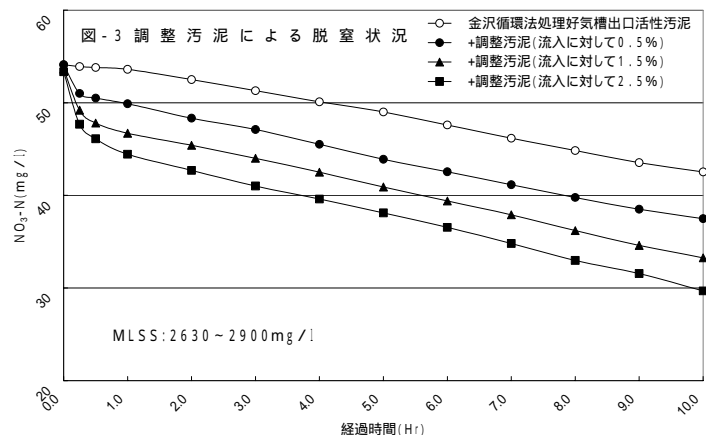
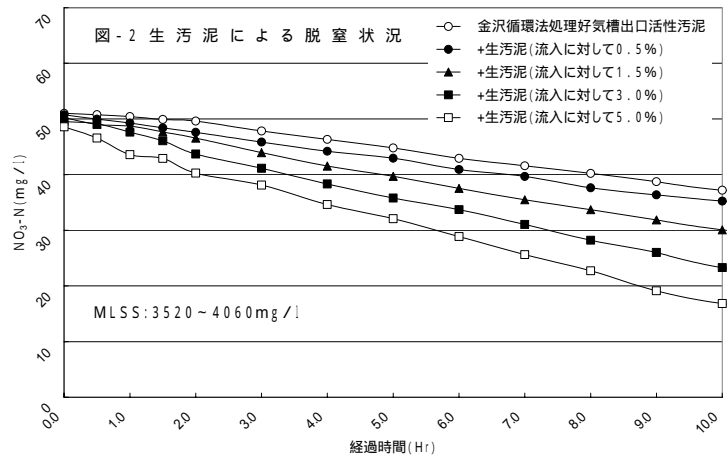


図-4のCF濃縮分離液上澄水SS、COD、BODは各々265、403、912mg/lである。対照の脱窒速度(2~10hr)は0.34mgN/g-ss.hrであった。易分解性基質によるNO<sub>3</sub>-Nの顕著な減少も添加率が高くなるとともにさらに顕著に見られ、また、経過時間1時間以降では、添加率が高いほど遅分解性基質によるNO<sub>3</sub>-Nの減少が加わった脱窒曲線が得られた。

添加基質由来のNH<sub>4</sub>-Nは添加率15%までは初期濃度2~5mg/l程度で10時間後は5mg/l程度の増加があったが、添加率20%以上では初期濃度8~10mg/lに対して、10時間後までその濃度はほとんど変化していなかった。この理由については現在のところ不明である。PO<sub>4</sub>-Pは7mg/l程度で、生汚泥、調整汚泥添加と同様、変化は見られなかった。

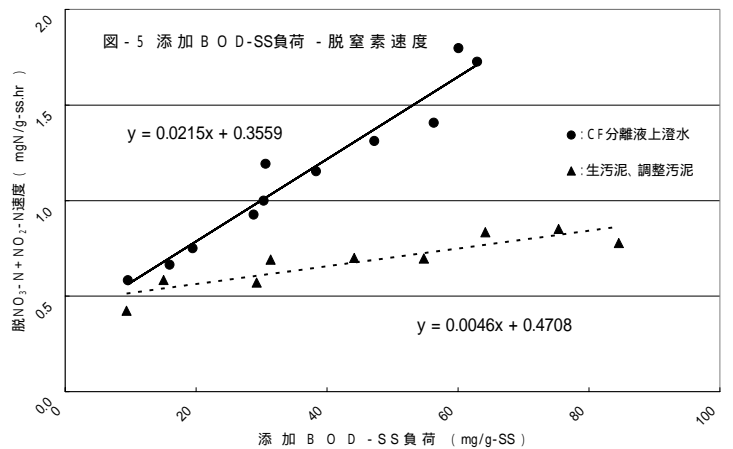
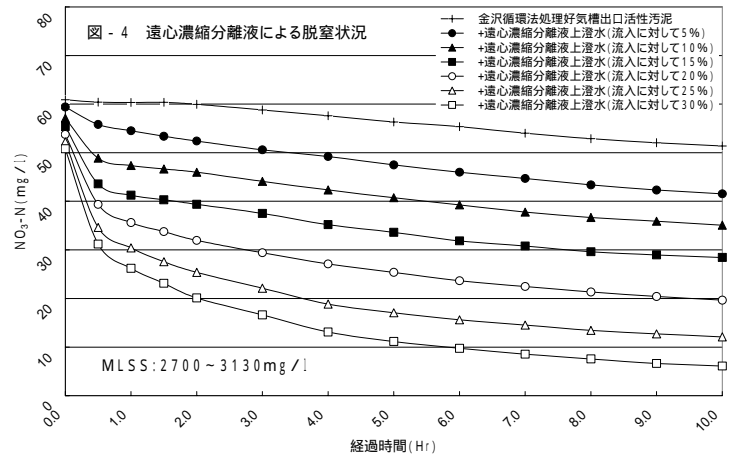
図-4の結果より、T-N目標水質を満足する添加率は添加基質由来のNH<sub>4</sub>-Nを考慮すると、25%以上が必要と判断できる。この場合、添加基質SSが500mg/l程度と低いことから、余剰汚泥の増加も少ないため、MLSSへの影響も少なく、完全硝化のためのSRTも十分確保できると考えられる。

従って、CF濃縮分離液上澄水は第二無酸素槽への脱窒促進のための添加基質として最適と考えられる。

#### 4-4 添加BOD量と脱窒量

図-5に添加基質の違いによる添加BOD-SS負荷と0~10hrの脱窒(NO<sub>3</sub>-N + NO<sub>2</sub>-N)速度を示す。

図-5に示すように生汚泥、調整汚泥を添加するより、CF濃縮分離液上澄水を添加したほうが、はるかに脱窒効率が良いことがわかる。これはCF濃縮分離液上澄水の溶解性BODが他の添加基質に比べて、はるかに高いためであり、溶解性BODが高く、かつ易分解性基質の割合が高い基質が脱窒促進の添加基質として適していると言うことができる。CF濃縮分離液上澄水の添加率25%はBOD-SS負荷40程度に相当し、脱窒速度は1.2mgN/g-ss.hrとなり、脱窒初期のNO<sub>3</sub>-N:50mg/l、MLSS:3,000mg/lでの10hr後のNO<sub>3</sub>-Nは13.5mg/lと推定できる。一方、生汚泥、調整汚泥の添加率5%はBOD-SS負荷100程度に相当し、脱窒速度は0.93mgN/g-ss.hrとなり、同様に10hr後のNO<sub>3</sub>-Nは22.0mg/lと推定できる。



### 5 まとめ

南部SRCに建設予定の窒素、リンの除去向上を目的とした修正Bardenpho法の第二無酸素槽への脱窒促進のための添加基質の選定とその添加率についての検討の結果を以下に示す。

- 1) 第二無酸素槽への脱窒促進のための有機物としては、CF濃縮分離液上澄水が最適と考えられた。
- 2) CF濃縮分離液上澄水の添加率を25%以上とすれば、T-N目標水質のNO<sub>3</sub>-N:30mg/l以下を十分満足することができると考えられた。
- 3) 生汚泥、調整汚泥の添加では添加率を5%以上とすれば、T-N目標水質のNO<sub>3</sub>-N:30mg/l以下を十分満足することができると考えられた。しかし、添加によるMLSSの上昇が大きく、硝化を安定して進めるためのSRTが確保できない可能性が高いと考えられた。
- 4) 基質添加10時間後でもNO<sub>3</sub>-Nの存在下では活性汚泥からのPO<sub>4</sub>-Pの放出は認められなかった。