

# 下水汚泥の集約処理における窒素、りん、 硫黄の物質収支

横浜市 松枝英一郎  
○石川 将二  
宮下 茂昭

## 1. はじめに

横浜市では平成8年度末に下水道普及率が98%に達し、発生する下水汚泥量も多くなってきている。汚泥の性状も生活環境や食生活に起因して変化が見られ、特に下水汚泥中の有機物の比率は年々高くなってきており、これに伴って汚泥の濃縮性も年々低下する傾向にあり、送泥量の増大を招いている。汚泥集約処理は下水汚泥を効率的に処理できる一方、水処理に与える影響も大きく、汚泥の集約処理を適正に行うためには、汚泥処理過程での物質収支を把握することが重要である。

横浜市では北部および南部汚泥処理センターの2個所で集約処理を行っており、北部汚泥処理センターは横浜市の北部方面の5つの下水処理場の汚泥を集約処理している。汚泥集約処理からの返流水は3処理場に返送しているが、返送先の処理水中の窒素・りん濃度の上昇や、反応タンクへの還元性物質の流入等の種々の問題が派生している。

そこで、効率的な汚泥の集約処理および汚泥処理返流水の処理等の基礎的な知見を得るため、窒素・りん等の物質収支を調査した。また、下水管渠等の施設設備の腐食や悪臭物質の発生や焼却過程でのSO<sub>x</sub>の発生原因となる硫黄の挙動についても調査を行い、興味ある知見を得たので報告する。

## 2. 北部汚泥処理センターの概要

送泥汚泥は一旦受泥槽に貯留され、遠心濃縮し消化槽に投入される。消化汚泥は脱水後に焼却処分される。遠心濃縮機・遠心脱水機からの分離液は返流水として3処理場に返送される。また、洗煙排水および各処理場から集められた沈砂・し査を洗浄した排水は北部第二下水処理場にのみ返送される。

## 3. 調査方法

対象期間は平成8年度の一年間で、処理量は年間の平均値、濃度は年四回の汚泥精密試験と下水精密試験の分析値の平均である。北部第二下水処理場における硫黄の濃度は冬季下水精密試験の分析値である。また、消化ガス硫化水素濃度は年間を通しての平均値である。全窒素、アンモニア性窒素、全りんは下水試験法、硫黄の分析は重量法(エシユカ法)で行った。全窒素、アンモニア性窒素、全りん、硫黄の収支は1日あたりの量(t)であらわし、比率は汚泥処理系では濃縮機供給汚泥を、下水処理系では流入下水を100%とした相対比率である。

送泥場名	送泥量(t/日)	T-N	NH <sub>4</sub> -N	りん	硫黄
都 筑	1270 17%	1100 1.4	90 0.11	280 0.36	
港 北	1140 15%	1200 1.4	76 0.09	280 0.32	
北 1	1080 14%	1800 1.7	87 0.07	320 0.34	
北 2	820 11%	1200 0.98	52 0.04	210 0.17	190 0.18
神奈川	3140 42%	980 3.0	85 0.27	170 0.53	

濃縮機供給汚泥	T-N	NH <sub>4</sub> -N	りん	硫黄
8140 t/日	1000 8.10	97 0.79	190 1.50	130 1.10

濃縮汚泥	T-N	NH <sub>4</sub> -N	りん	硫黄
2140 t/日	5.80 0.30	140 0.9	510 1.10	340 0.73

消化汚泥	T-N	NH <sub>4</sub> -N	りん	硫黄
2150 t/日	5.40 0.7	240 3.04	1.00 0.7	0.84 0.58

汚泥ケーキ	T-N	NH <sub>4</sub> -N	りん	硫黄
290 t/日	12000 3.50	1.00 0.7	2500 0.72	

焼却排ガス	硫黄
0.017 t/日	1.0

濃縮機分離液	T-N	NH <sub>4</sub> -N	りん	硫黄
8180 t/日	2.30 0.48	78 0.34	55 0.20	22 0.18

消化ガス(H <sub>2</sub> S)	硫黄
49800 t/日	0.05 4.5

脱水分離液	T-N	NH <sub>4</sub> -N	りん	硫黄
2140 t/日	1000 2.10	990 2.10	54 0.12	0.7 0.01

洗煙排水	T-N	NH <sub>4</sub> -N	りん	硫黄
3350 t/日	0.17 2.1	48 1.9	2.4 0.5	100 0.34

洗煙排水中の排ガス洗滌排水分	T-N	NH <sub>4</sub> -N	りん	硫黄
104 t/日	0.015 0.2	0.011 1.4	0.0005 0.02	0.11 10

返流水(北1)	T-N	NH <sub>4</sub> -N	りん	硫黄
3290 t/日	470 1.50	260 0.88	53 0.17	28 0.09

返流水(北2)	T-N	NH <sub>4</sub> -N	りん	硫黄
2870 t/日	1.30 0.75	1.30 0.9	0.15 0.10	0.07 0.1

返流水(神奈川)	T-N	NH <sub>4</sub> -N	りん	硫黄
3670 t/日	1.70 0.7	260 1.29	53 0.19	28 0.1

沈砂し査洗浄水	T-N	NH <sub>4</sub> -N	りん	硫黄
3040 t/日	0.049 0.9	0.008 1.0	0.017 1.1	0.058 5.3

洗煙排水	T-N	NH <sub>4</sub> -N	りん	硫黄
3350 t/日	0.17 2.1	48 1.9	2.4 0.5	100 0.34

沈砂し査洗浄水	T-N	NH <sub>4</sub> -N	りん	硫黄
3040 t/日	0.049 0.9	0.008 1.0	0.017 1.1	0.058 5.3

洗煙排水	T-N	NH <sub>4</sub> -N	りん	硫黄
3350 t/日	0.17 2.1	48 1.9	2.4 0.5	100 0.34

洗煙排水	T-N	NH <sub>4</sub> -N	りん	硫黄
3350 t/日	0.17 2.1	48 1.9	2.4 0.5	100 0.34

図-1 汚泥処理の全窒素、アンモニア性窒素、全りん、硫黄の収支

## 4. 結果と考察

### (1) 北部汚泥処理センターの物質収支

図-1に北部汚泥処理センターの物質収支を示す。供給汚泥量の各処理場の占める割合は神奈川が最も高く、以下都筑、港北、北1、北2の順である。

#### ①全窒素の物質収支

汚泥の濃縮過程において28%が濃縮機分離液として分離され、69%が消化の過程に送られる。消化タンクではわずかに減少し、脱水過程では26%が脱水分離液に移行し、濃縮分離液とともに57%が下水処理系へ返送されている。汚泥ケーキへは43%が残り、このうち汚泥乾燥機で2.1%が洗煙排水に移行し、残りは焼却されている。

#### ②アンモニア性窒素の収支

汚泥の濃縮過程において61%が分離され、38%が消化の過程へ送られる。消化タンクでは、有機性窒素が分解されアンモニア性窒素に変わるため304%に増加している。脱水過程では、その9割近くの266%が脱水分離液に移行し、濃縮機分離液とともに329%が下水処理系に戻されている。汚泥ケーキに残った38%のうち半分(19%)は汚泥ケーキ乾燥機で洗煙排水に移行し、下水処理系に戻されるとともに、半分は焼却されている。

#### ③りんの収支

汚泥の濃縮過程において23%が分離され、73%が消化過程に送られる。脱水過程で8%が分離され濃縮機分離液とともに35%が下水処理系に返送されている。汚泥ケーキ中に残ったりんの洗煙排水への移行はほとんどなく、ほぼ全量が焼却灰中に残留していると考えられる。

#### ④硫黄の収支

汚泥の濃縮過程において18%が分離され、消化の過程には66%が送られる。消化タンクでは消化ガスへ4.5%が移行し脱硫塔で硫黄として除去される。脱水分離液への移行は0.9%と小さく、焼却過程で洗煙排水に31%が移行し、返流水とともに合計55%が下水処理系に戻されている。

濃縮過程における硫黄の不明分16%は、全窒素の3%やアンモニア性窒素の1%、りんの4%に比べ極端に多くなっている。図-2に濃縮過程前後での固形物量の比率の季節変動を示した。冬季の硫黄のその比率が低くなっており、濃縮過程で硫黄がガス化して系外へ出ていると考えられる。これは、冬季に遠心濃縮機棟内の土壌脱臭設備の効率が低下していることとよく一致し、ガス化した硫黄が脱臭設備に障害を起していると推測される。図-3に供給汚泥の固形物量の季節変動を示した。硫黄は冬から春にかけて多く、夏と秋が少ない。夏から秋の気温の高い時期は、送泥管内や受泥槽での滞留の間に硫黄がガス化し硫化水素等として系外へ出るが、逆に気温の低い冬から春にかけてはそのまま汚泥の処理過程に投入されているものと思われる。図-4に消化ガス量と消化ガス脱硫塔入口での硫化水素濃度の季節変動を示す。硫化水素濃度は冬に増加しており、消化の過程でも硫黄が多く系外へ出るという現象が見られる。

焼却排ガスとして1.6%が系外へ出ているが、内訳は焼却炉4炉中、炭酸カルシウム吸収型(2炉)が1.5%、排ガス洗浄型(2炉)が0.1%である。

比率(濃縮汚泥(t)/供給汚泥(t))

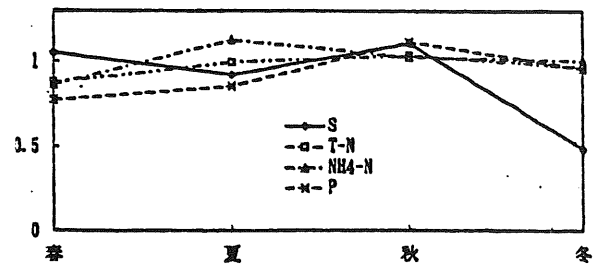


図-2 濃縮汚泥と供給汚泥の固形物の比率

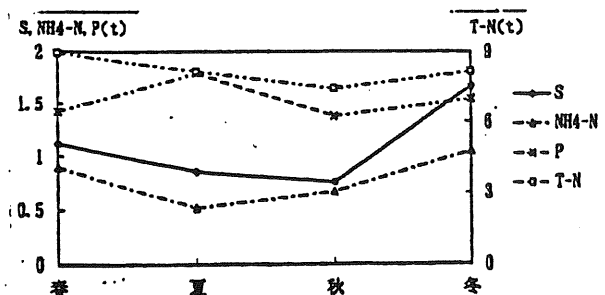


図-3 供給汚泥の固形物量の季節変動

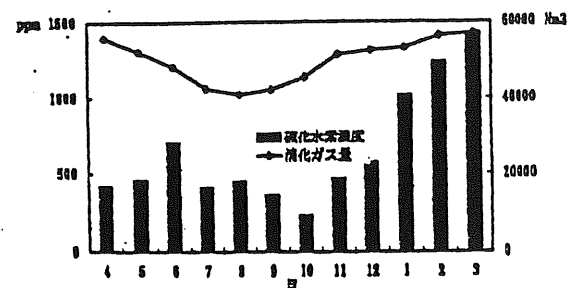


図-4 消化ガス量と消化ガス硫化水素濃度

(2) 北部第二下水処理場の物質収支

図-5に北部第二下水処理場の物質収支を示す。汚泥処理センターからは、沈砂池に沈砂・し渣洗浄水と汚泥洗浄水が流入し、着水井に返流水と洗煙排水が流入している。最初沈殿池の引抜き汚泥（余剰汚泥を含む）は調整槽を経て汚泥処理センターへ送られ、調整槽分離液は沈砂池に返送されている。余剰汚泥は着水井に流入する。最初沈殿池流出水は一部は簡易処理水となるが、大部分は反応タンクで生物処理され最終沈殿池を経て放流されている。

流入下水（沈砂し渣洗浄水を除く）に対する汚泥系からの流入負荷は、T-Nで約80%、NH<sub>4</sub>-Nで約80%、硫黄が約50%となっている。最初沈殿池から調整槽を経由して汚泥系に戻る量は、T-Nで約50%、りんで約80%、硫黄で約9%である。NH<sub>4</sub>-Nはほとんど除去されていない。反応タンクではT-Nの約40%、NH<sub>4</sub>-Nの約170%、りんの約40%が除去されているが、硫黄はほとんど除去されず放流されている。

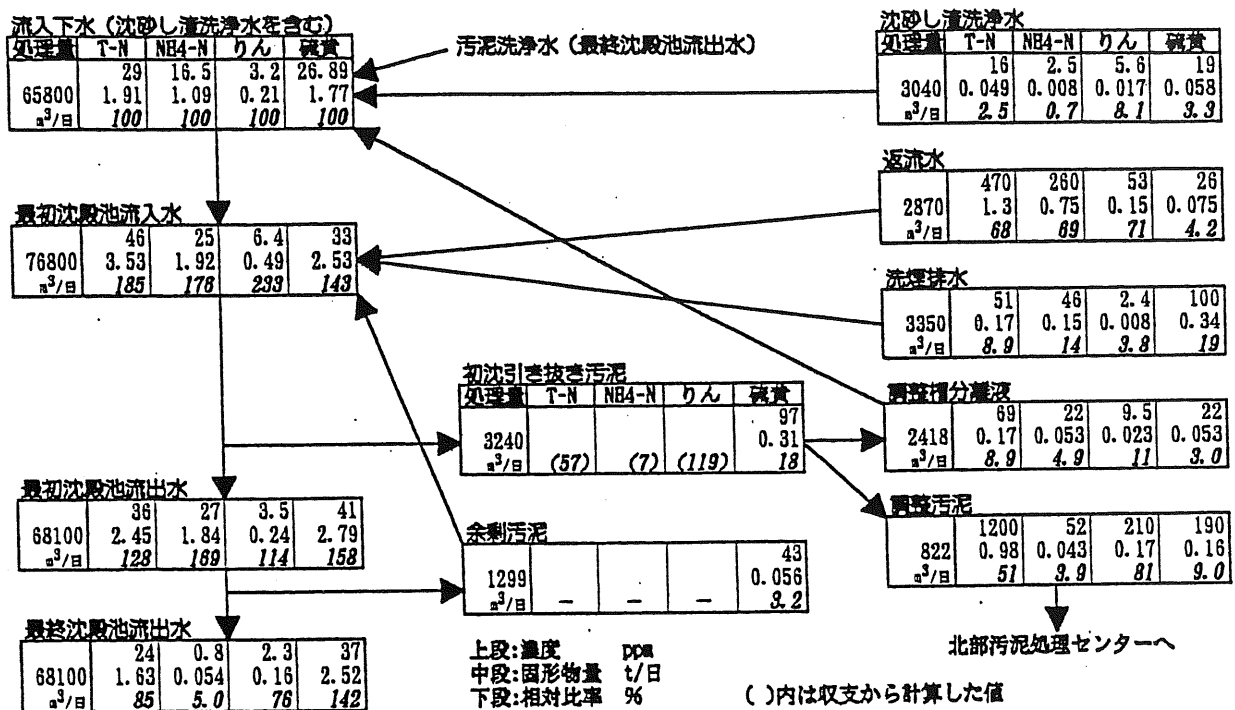


図-5 下水処理の全窒素、アンモニア性窒素、全りん、硫黄の収支

5. 結論

- (1) 冬季は濃縮機供給汚泥中の硫黄が多く、遠心濃縮機棟の土壌脱臭設備の効率の低下と消化ガスの硫化水素濃度の上昇の原因と考えられる。これは、気温が高い時期には送泥管内や受泥槽での滞留中に硫黄がガス化して系外に出るものが、冬季はそのまま汚泥中に残ったためと推測される。逆に、夏季には送泥管内の硫化水素の発生が多く、腐食等を引き起こす原因になっていると推定される。
- (2) 汚泥処理系に入った硫黄は、消化タンクでの硫化水素発生により4.5%、焼却排ガスとして1.6%、焼却灰として44%が系外へ排出される。残りは下水処理系へ送られ、その一部は汚泥系に再度返送されるが大部分は処理水として放流されており、硫黄の処理過程での挙動は、窒素、りんの挙動とは大きく異なっていることがわかった。
- (3) 汚泥処理系からでる排水が下水処理系へ及ぼす影響としては、全窒素、アンモニア性窒素、りんの負荷ではその85%が返流水に由来するが、硫黄では70%以上が洗煙排水（主として還元性物質）に由来している。
- (4) 将来の高度処理（A O法・A 2 O法）の普及により汚泥中のりん濃度が大きく上昇することが予想され、今後、汚泥処理返流水の処理と絡めてりんの効率的な処理対策が必要となる。