

横浜市の北部下水道センターにおける りんの放流基準達成に向けて

横浜市 新田 邦博
○本橋 孝行
安松 寛

1 はじめに

横浜市では汚泥集約処理を採用しており、市内 11 カ所の水再生センターで発生した下水汚泥を南北 2 つの汚泥資源化センターで集約処理している。集約した汚泥の処理過程で発生する汚泥分離液には、高濃度の窒素・りんが含まれており、専用の処理施設で前処理していたが、その処理水が流入する水再生センターに、過度の窒素・りん負荷がかかってしまっていた。そこで、既存の処理施設を更新し、新たに修正バーデンフォ法を採用した分離液処理施設を立ち上げ、汚泥分離液の処理を開始した。H22 に旧施設(循環脱窒法)から更新された南部では、窒素・りん共に改善が見られ、隣接する水再生センターの放流水質は、横浜市の計画放流水質である全窒素 20 mg/L、全りん 2 mg/L を達成出来る目途が立っている。一方、北部では、H23 に旧施設(A2O 法)から更新した結果、窒素は計画放流水質を達成可能となったが、りんは依然として厳しい状況にある。今回、横浜市の汚泥分離液処理について、現在までの状況を解析し、今後、北部がりんの計画放流水質を達成するまでに必要な凝集剤の使用量について検討したので、報告する。

2 分離液処理施設稼働後の処理状況

(1)窒素処理

分離液処理施設稼働後、南北ともに窒素処理は改善し、隣接の水再生センターへの負荷が大幅に低減した(図.1)。南部は H22 夏の更新から、窒素の処理水質が良好に維持され、旧施設の処理水質である全窒素 46 mg/L に対し、新施設では平均 6.4 mg/L と大幅に改善した。一方、北部は南部の 1 年後に運転を開始し、旧施設では処理水の全窒素は 100 mg/L であったが、H24 以降は平均 36 mg/L と、こちらも改善している。南北どちらも更新により、硝化を妨げないレベルまで BOD 負荷を上げる事が可能となり、窒素処理が安定した。また、修正バーデンフォ法は、A2O 法の後段に無酸素槽と再曝気槽が設置されており、通常のア2O 法より脱窒に優れた構造である。南北とも更新後は、後段の無酸素槽への有機物の添加がなくても、脱窒が十分に進行した。その結果、分離液処理水の NO₃-N は、南北ともに 10 mg/L 以下となり、優れた窒素処理効果が示された。

表.1 分離液処理施設 更新状況

	更新時期	更新施設
北部下水道センター	平成 23 年夏	A2O 法 → 修正バーデンフォ法
南部下水道センター	平成 22 年夏	循環脱窒法 → 修正バーデンフォ法

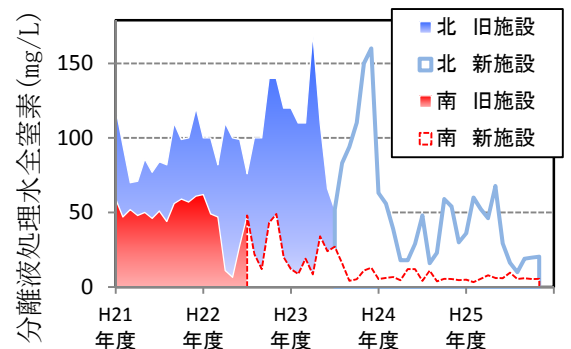


図.1 南北の窒素処理水質の変化

(2)りん処理

南部では、循環脱窒法から修正バーデンフォ法に更新され、嫌気槽が新たに設置された事によって、りん処理についても良い結果が得られた。旧施設では、処理水の全りんは 14 mg/L であったが、新施設では 7.8 mg/L に改善した。一方、北部では、旧施設(A2O 法)の処理と比較して、大きく改善したという結果は出ていない。実際、旧施設の処理水の平均全りんは 34 mg/L であり、新施設では 43 mg/L である。この理由として、旧施

設では隣接する水再生センターの最初沈殿池汚泥を投入しており、夏場は新施設を大きく上回るりん処理を行っていた点が考えられる。新施設ではこの配管は設置されておらず、平均の処理水質だけをみると、りんについては効果を実感しにくい。

しかし、新施設では分離液処理水中の $\text{NO}_3\text{-N}$ が減少したため、冬季の処理が特に大きく安定した。この事は、北部で使用した凝集剤の添加量からもわかる(図.2)。北部では、りん負荷が特に高く、水再生センターの放流水に対するりん含有量の基準となる 5 mg/L を守るため、凝集剤(ポリ塩化アルミニウム、以下 PAC)の添加が行われている。旧施設による処理では、 $4.6 \text{ m}^3/\text{日}$ 使用したが、新施設の稼働以降は冬季の処理が安定し、 $3.1 \text{ m}^3/\text{日}$ に PAC 使用量を抑える事に成功した。

3 南北間でりん負荷に差が生じる要因

分離液処理施設の更新によって、南部では、計画放流水質のりん濃度 2 mg/L を達成可能な目途が立った。一方、北部の放流水のりん濃度は 3.9 mg/L であり、計画放流水質のおよそ倍である。同じ横浜市内に同等の施設を持つにも関わらず、放流水質では大きく差がついている。この北部の計画放流水質の達成を妨げている要因について検討したところ、興味深い結果が得られた。

りんには、不溶性りん(固形物由来)と溶解性りん(主にりん酸由来)がある。不溶性りんは、沈殿池での沈降や活性汚泥への吸着により容易に除去される。一方、溶解性りん(Dissolved phosphate、以下 D-P)は高度処理施設による嫌気好気サイクルを用いた生物学的りん除去や、PAC などの凝集剤の添加による化学的りん除去が必要となる。この処理しにくい D-P 負荷量に着目すると、南北の差が明らかとなった(図.3)。

まず、北部には生物学的りん除去が可能となる高度処理施設が多く導入されており、高度処理水量が南部の 1.9 倍に及んでいる。そのため、各水再生センターで除去された溶解性りん負荷量も、北部 $820 \text{ kg}/\text{日}$ 、南部 $500 \text{ kg}/\text{日}$ と、北部が 1.6 倍ほど D-P を下水汚泥に吸着除去している。また、南部の受け入れている上水汚泥の影響もあり、汚泥分離液中の溶解性りん負荷量では、北部 $780 \text{ kg}/\text{日}$ 、南部 $320 \text{ kg}/\text{日}$ となり、北部の溶解性りん負荷量が 2.5 倍に差が開いてしまう。

この負荷量に対して、南北の分離液処理施設での D-P 除去量を実績値から計算すると、北部 $350 \text{ kg}/\text{日}$ (PAC による化学的除去量を除くと $270 \text{ kg}/\text{日}$)、南部 $240 \text{ kg}/\text{日}$ となり、北部は南部と同程度の生物学的りん除去を行っている。しかし、汚泥分離液中の D-P 負荷量が大きいため、北部 $430 \text{ kg}/\text{日}$ 、南部 $80 \text{ kg}/\text{日}$ と処理結果では、大きく差がついて見える。分離液処理水は、水再生センターで再処理されるが、溶解性りんの除去能力は、流入下水中の D-P 負荷を除去するだけに留まっている。最終的に、北部下水道センターが放出する全りん量は、 $420 \text{ kg}/\text{日}$ となる。りんの計画放流水質である 2 mg/L を守るためには、放流水量の約 11 万 m^3 から換算して、放出する全りん量を $210 \text{ kg}/\text{日}$ 以下に抑える必要がある。これは、現在放出している全りん量の半減を目指さすことを意味する。一方、南部下水道センターは放水量が 18 万 m^3 であり、北部の 1.6 倍の放水量があるため、りんの計画放流水質を守るためには $350 \text{ kg}/\text{日}$ の放出量が許される。現在の全りんの放出量は、 $250 \text{ kg}/\text{日}$ であり、りんの計画放流水質を守ることが可能となる。上記のことから、南北間で生まれるりん負荷の差は、水再生センターに導入されている高度処理施設と、それに伴い除去される溶解性りん負荷量、南部に流入する上水汚泥、そして流入下水水量、この3つの差により生じていると考えられる。

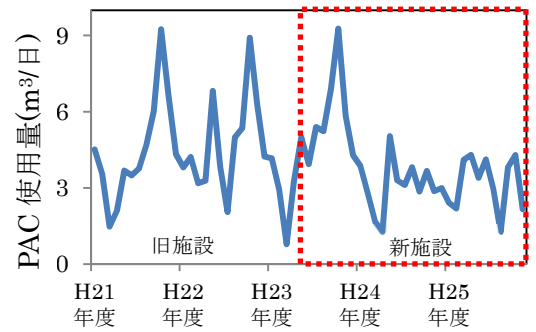


図.2 北の PAC 使用量の变化

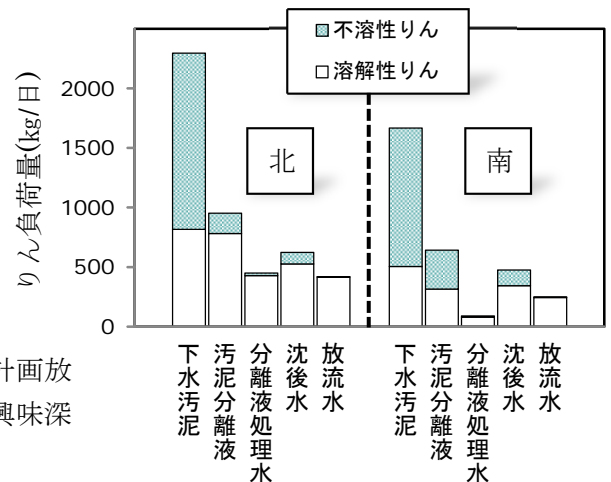


図.3 南北のりん負荷量の内訳

4 計画放流水質達成のための凝集剤使用量

北部は南部と比較して、より多くの溶解性のりん除去が求められるが、既存の施設での運転管理による工夫では限界がある。そこで、計画放流水質を達成するため、PAC 添加により化学的除去を行った場合の PAC 使用量を試算した。薬品による化学的除去は、生物学的除去と比較して高価であるため、りんの計画放流水質を目指しつつも、薬品使用量を少しでも抑える必要がある。そこで、PAC を効果的に利用できる最適な添加位置と添加量を、北部汚泥資源化センターと北部第二水再生センターの各処理工程のサンプルを用いて調査した(図.5)。

(1) 調査方法

図.6 に示した方法で、各試料とも 3~5 回試行を行い、そのりん除去効果を調査した。その結果、PAC 添加量とりん濃度の減少量との間には高い相関が見られ、PAC 添加によるりん除去は添加量から算出出来る事が示唆された。

(2) 調査結果

PAC 添加量から算出したりん除去量を(表.2)に示す。この結果から、効果的な添加位置は、汚泥処理工程①~③と、分離液処理工程⑤~⑦であると推察された。このうち、①、②、⑤は処理を良好に保つために必要となる有機物と一緒に沈殿して失われるため、添加位置としては好ましくない。除去効果は、総じて夾雑物が少なく、りん濃度の高いサンプルほど高い傾向にあった。既設の PAC 添加位置は⑥と⑩であり、除去効果を考えると、水再生センター側での添加となる⑩よりも、上流となる⑥の分離液処理施設側での添加が効果的であることがわかった。次に、計画放流水質達成のために必要となる PAC 量を、この除去効果をもとに算出した。北部の計画放流水質を守るために除去する必要があるりんは 210kg と算出されたため、⑥への添加では、現在の PAC 使用量に加えて 6m³/日が、必要となることが分かった。分離液処理施設では、PAC を 6m³までは影響なく使用できたが、長期間にわたっての使用は、窒素処理への影響が懸念される。処理に影響を与えず、効率が良いと考えられる⑦に新しく添加設備を設けた場合は、現在の使用量に加えて 5.4m³/日が必要となると算出された。

5 まとめ

分離液処理施設の稼働後、南北とも窒素・りんの処理水質は大幅に改善し、北部では、規制値を守るための PAC 使用量を抑える事ができた。南部は計画放流水質を達成可能であるが、北部はりん 2 mg/L の計画放流水質達成までは困難な状況にある。今回、これまでの実績から、現施設で計画放流水質達成までにかかる凝集剤使用量を試算した。今後は、コストパフォーマンスに優れた凝集剤の選定や、凝集沈殿後の沈殿物の回収方法、越流水中の未反応の薬剤の有効利用など、より効率的に計画放流水質を達成する方法を探索していきたい。

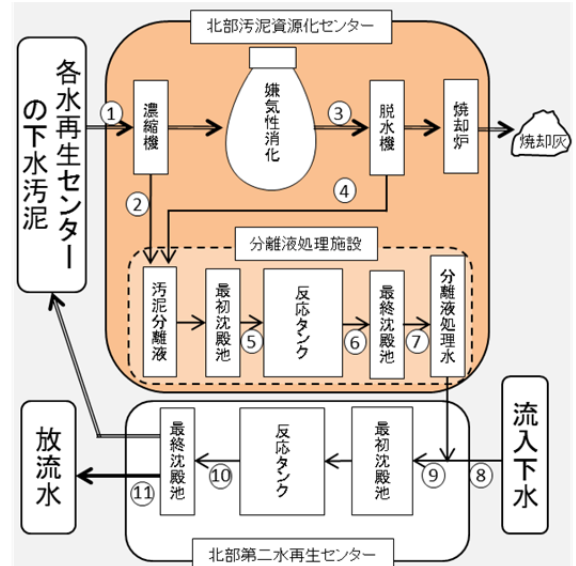


図.5 北部下水道センターの処理工程

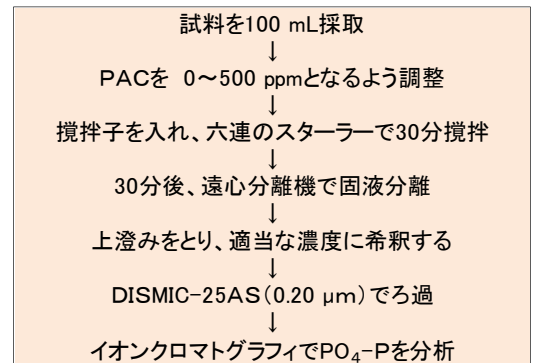


図.6 PAC 添加試験方法

表.2 各処理工程のりん除去効果

①	供給汚泥	P除去量*
②	濃縮分離液	42
③	消化汚泥	34
④	脱水分離液	11
⑤	分離液 流入水	42
⑥	分離液 A T 出口	35
⑦	分離液 処理水	39
⑧	北二 流入水	17
⑨	北二 原水	18
⑩	北二 A T 出口	19
⑪	北二 処理水	13

*PAC 1m³あたりの P 除去量(kg)