

所属・氏名	下水道水質課 内藤 純一郎、佐々木 史、竹村 伸一
発表名称	神奈川水再生センターにおけるネットワーク送水の開始に伴う水処理状況の変化と対応について
ジャンル	水処理

1 はじめに

神奈川水再生センター（以下、神奈川）では、東京湾への放流水の汚濁負荷を削減するため、処理設備の更新時に、高度処理化を順次進めている。現在では、全5系列中3系列（1、4、6系）までが高度処理化を完了しており、令和元年度からは5系について高度処理方式への更新工事を実施中である（図1）。

一方で、高度処理法設備は、同容量の標準法設備と比較して処理可能な下水量が減少するが、神奈川には、不足分を補うための水処理施設の増設用地がないという問題があった。そこで、敷地に余裕があった北部第二水再生センター（以下、北二）に水処理施設を増設し、既設幹線内に送水管を新設することで、処理しきれなくなる下水を送水する、「ネットワーク（NW）送水」が計画された。神奈川から北二へのNW送水は平成30年12月から開始している。

2 神奈川～北二間ネットワーク送水の概要

神奈川から北二への下水の送水は、北部汚泥資源化センターへの送泥管が敷設されている千若末広幹線内に新たに断面径700mmの送水管を新設し、送水しており、830～2,350m³/時の範囲でサイフォン形式により送水を行っている（図2）。また、NW送水量（日量）は、平成30（2018）年の開始時には試験送水として23,800m³/日を、その後、更新工事に伴う5系の休止に合わせて令和元（2019）年11月から40,000m³/日を送水している。NW送水量は、試験送水時には一日を通して等量を送水（1,000m³/時）していたが、流量調節弁によって時間当たりの量を設定可能であるため、送水量の増量時に、過去の晴天時における流入下水量の時間変動の実績を基に、時間当たりNW送水量の設定値を設定した（表1）。

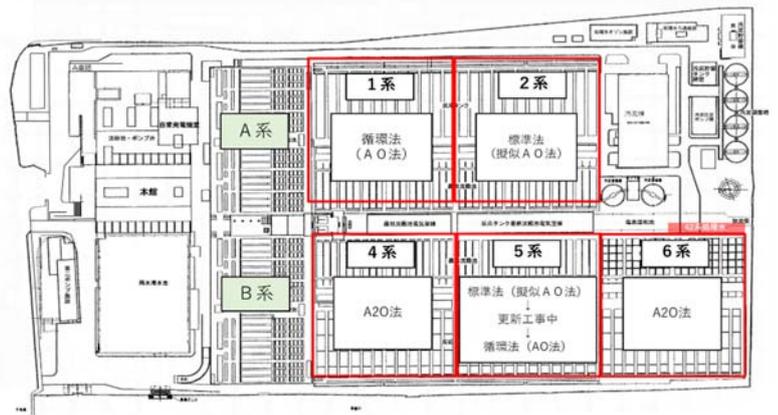


図1 神奈川水再生センター水処理系列

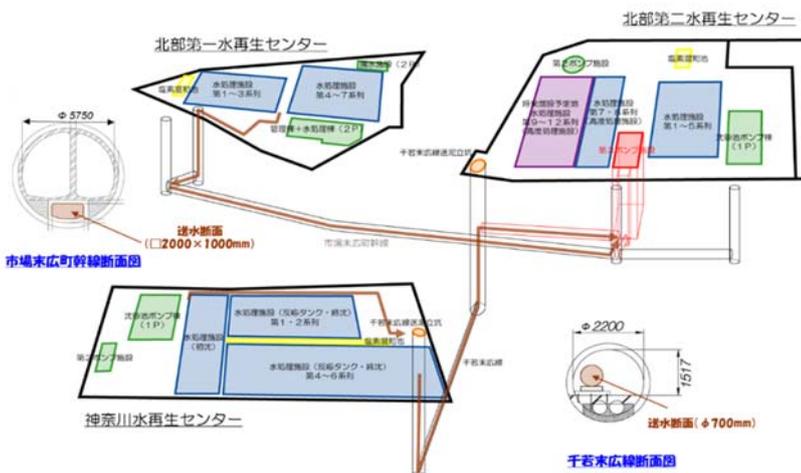


図2 水再生センター間送水ネットワーク概要図

表1 時間当たりネットワーク送水量 (40,000m³/時送水時)

時間	NW送水量 (m ³ /h)		時間	NW送水量 (m ³ /h)	
1:00	1,070	2350	13:00	1,050	1800
2:00	1,070	2350	14:00	1,050	2000
3:00	980	1650	15:00	980	2000
4:00	980	830	16:00	980	1500
5:00	850	830	17:00	950	830
6:00	850	830	18:00	950	830
7:00	830	830	19:00	1,000	830
8:00	830	830	20:00	1,000	1800
9:00	1,000	1800	21:00	1,050	2000
10:00	1,000	2350	22:00	1,050	2350
11:00	1,050	2350	23:00	1,090	2350
12:00	1,050	2350	24:00	1,090	2350
			合計	23800	40000

3 ネットワーク送水開始後の水処理への影響

(1) 処理水量

NW 送水開始前後における水処理系列への流入下水水量及び処理水量の推移を図3上に、各系列の処理水量の推移を図3下に示す。試験送水を開始した平成30(2018)年12月以降、総処理水量は減少傾向にある。令和元(2019)年11月にNW送水量の増量及び5系の水処理を停止してからは、処理水量の変動が小さくなっている。各処理系列の水量の変動をみると、送水開始時は、5系における水量の変動が大きかったが、5系停止後は、標準法の系列である2系の水量変動が大きくなっている。また、5系の停止後に簡易処理水量が増加する傾向がみられるが、これは、5系の処理水量分の不足を補うためにNW送水量を増量しているものの、降雨等による流入下水水量の増加時には、5系の処理可能な時間最大下水水量(約4,400m³/時)がNW送水の時間最大量(2,350m³/時)を上回ってしまうことが要因のひとつであると思われる。そのため、5系の更新が完了した後は、簡易処理水の流出頻度も減少すると考えられる。

(2) 処理水質

NW 送水開始前後の全窒素(T-N)及び全りん(T-P)の推移を図4に示す。NW送水の開始後、B系についてみると良好な処理状況が維持されており、5系停止後(2019年11月～)は、B系列は高度処理法のみとなったが、排水基準はもとより、計画放流水質(東京湾側 T-N:16mg/L、T-P:1.4mg/L)未満で推移している。一方で、A系列をみると、T-N、T-Pともに処理が不安定であり、5系停止後は特にその傾向が強い。

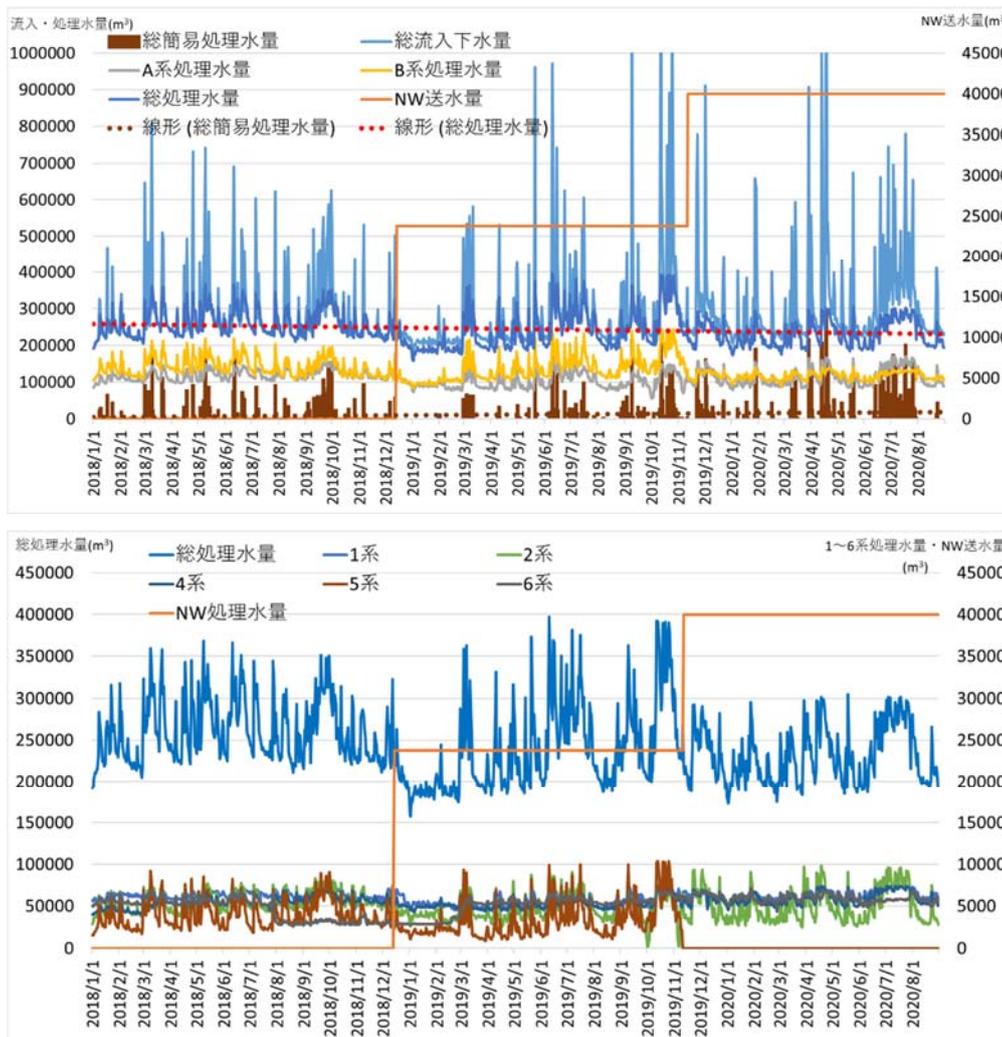


図3 ネットワーク送水開始前後における流入下水水量、処理水量の推移
(上：流入下水水量・高級処理水量・簡易処理水量、下：各系列の処理水量)

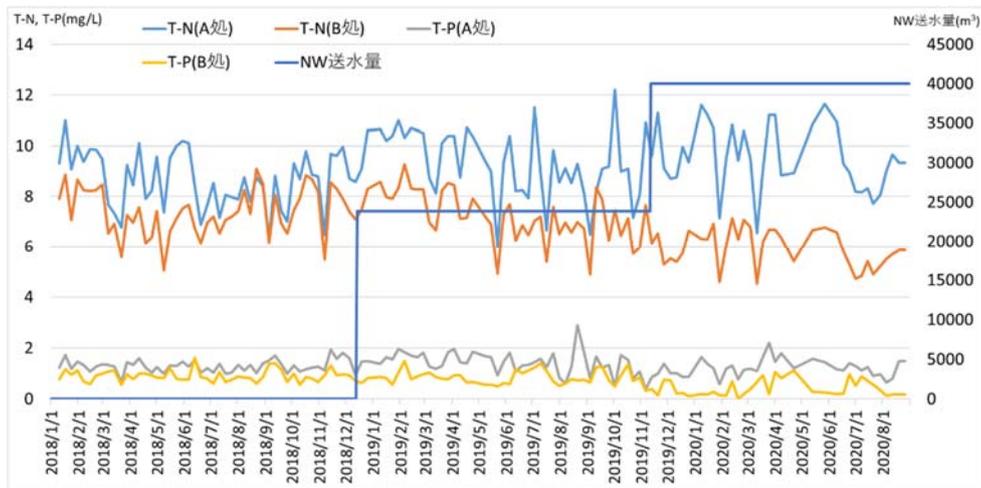


図4 ネットワーク送水開始前後における全窒素、全りん推移

4 水処理安定化のための各種対応

(1) ネットワーク送水開始後の各処理系列への流入水量の減少

表2に、神奈川の計画処理水量を示す。神奈川の平均流入下水量は約270,000m³/日（平成30年度実績）であるが、晴天時はより少なくなり、冬季晴天日には200,000m³/日程度まで減少する。従来水量でも、計画処理水量（日平均）を大きく下回ることが多く、流入下水量が特に少なくなる深夜～早朝の時間帯には標準法系列（2、5系）への流入が無くなる等の問題が起こっていたが、NW送水の開始に伴い、晴天時以外でも流入下水量が不足し、水処理に何らかの影響が出ることが予想された。そのため、各系列への水量の配分を再検討した。ここで、B系列はもともと高度処理系列（4、6系）については可能な限り優先して流入下水量を配分しており、処理水質についても安定していたことと、5系の更新によってB系列は全て高度処理系列となるため、今後もB系列優先で流入下水を配分することが考えられることから、残るA系列、特に高度処理系列である1系について運用方法の検討を行った。

表2 計画処理水量（5系は更新前のもの）

(2) 1系運用方法の検討

神奈川1系の処理方式は循環式脱窒法（AO法）であり、嫌気好気無酸素法（A2O法）である4・6系とは異なり、循環ポンプを持たない代わりに返送汚泥量を多くすることで、窒素処理（脱窒）能を確保している。一方、りん処理については、晴天日の水量減少時に流入下水量が計画処

	日平均(m ³ /日)	日最大(m ³ /日)	時間最大(m ³ /日)
1系	56,000	72,200	105,450
2系	57,300	99,800	145,700
4系	52,600	68,000	99,300
5系	57,300	99,800	145,700
6系	52,600	68,000	99,300
合計	275,800	407,800	595,450
5系停止	218,500	308,000	449,750

理水量に満たず、生物学的りん処理に必要な有機物負荷が十分に得られない場合があること、水量減少時に返送汚泥量が相対的に多くなり、反応タンク前段において嫌気状態が作られない等の要因によって、処理が不安定になっている。これは、NW送水開始以降（2018年12月～）により顕著になる傾向があった。そこで、窒素処理に影響が出ない範囲でりん処理を優先させる運用方法を検討するため、2019年6月末から1系の半分（12系）について返送汚泥量の設定（流入下水量に対する返送汚泥量の割合：返送率）を引き下げ、残る半分（11系）における処理水質との比較を行った。

1系における処理水量及び返送汚泥量、11・12系処理水中のりん酸態りん（PO₄-P）濃度の推移を図5に、期間中（2018年1月～2020年2月）のPO₄-P濃度の分析値の平均を表3に示す。12系について見ると、返送率を引き下げて以降、りん処理が改善してきている。また、NW送水量の増量時（2019年11月）には5系停止を同時に行っているため、日間平均で見ると1系全体への流入下水量が増加した結果、流入負荷の不足が改善されていると思われる。以上の結果から、1系においては流入下水量の確保と返送率の抑制が、りん処理能の向上に有効であることが明らかになった。

表3 11・12系におけるりん酸態りん濃度 (mg/L) の推移 (分析値の平均)

	期間	PO ₄ -P濃度(mg/L)	
		11系	12系
NW送水開始前	2018.1~11	0.83	0.69
NW送水 (23,800m ³ /日) 開始	2018.12~2019.6	1.07	1.1
12系返送率変更 (80→60%)	2019.7~10	1.21	0.95
5系停止、NW送水量変更 (23,800→40,000m ³ /日)	2019.11~2020.2	0.97	0.37

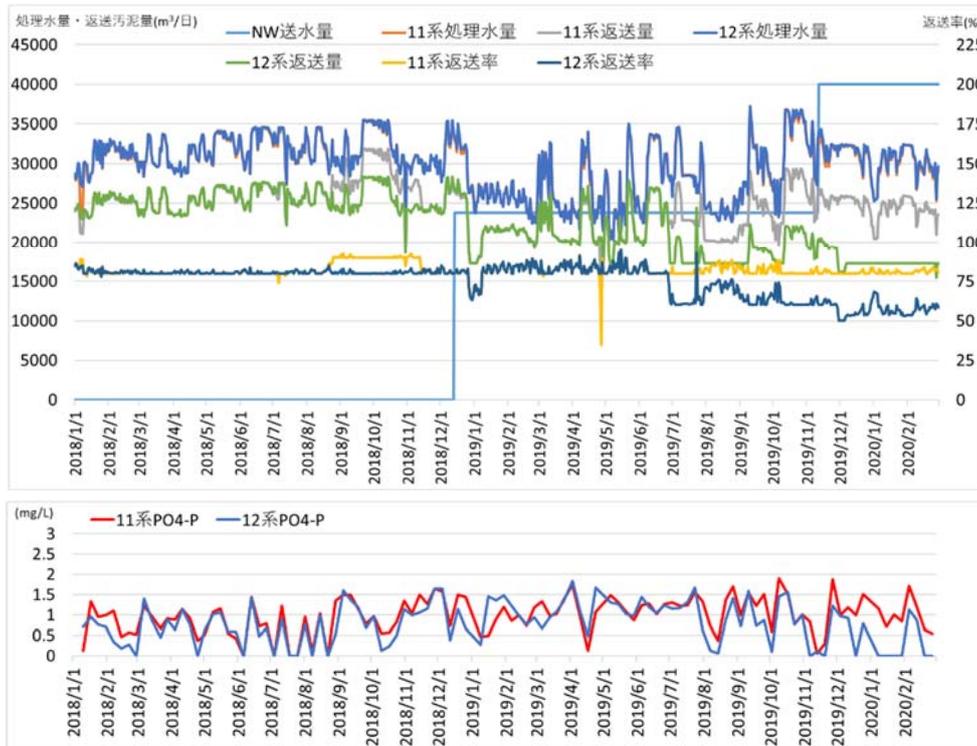


図5 1系における処理水量・返送汚泥量・りん酸態りん濃度の推移
(上：処理水量・返送汚泥量 下：りん酸態りん濃度)

5 今後に向けての課題、検討事項

神奈川におけるNW送水の開始による水処理への影響とその対応について、現段階で処理が不安定であったA系(1系)について、りん処理の改善を目的とした処理調整を実施し、一定の効果が得られた。しかし、返送汚泥量の抑制は、窒素処理に対してはマイナスに作用するほか、降雨等による流入水量の変動で、最終沈殿池における脱窒浮上も起こりやすくなるため、気候、天候に応じて細かな調整が必要となる。また、標準法系列である2系においては、高度処理法系列における処理水量の配分を優先したとき、流入水量の時間変動に対する影響を受けて、晴天時には流入水量の不足により、雨天時は急激な流入水量の増加を受けて、処理水質が不安定となっている。今後、5系の更新工事が完了、復旧したのち、各系列への処理水量の配分を再考する必要があるが、各高度処理法系列への流入水量が少なくなること、2系における水量の変動幅がより多くなることが見込まれる。排水基準を遵守しつつ、安定的な水処理を行うことができるよう、今後も検討を行っていく。