

〔報告〕

雨天時水質調査結果について（２） —雨天時における運河部の水質変化—

安藤 晴夫 和波 一夫 石井 真理奈 竹内 健*

(*東京都環境局自然環境部)

1 はじめに

近年、都内運河の周辺地域では、再開発により高層マンションやオフィスビルが次々と建設され¹⁾、例えば港区では、1995年に比べて2008年には人口が約1.46に増加するとともに、昼間の流入人口も増え、昼間人口は夜間人口の約5倍（2005年）にもなることが報告されている²⁾。また再開発に伴い運河の護岸には親水施設の整備が進められ、多くの人々が憩いの場として利用し、運河の水を目にする機会が増えている。しかし運河の水質は全般的に有機汚濁が進み、底層水の貧酸素化や悪臭の発生などが問題になっている。

ここでは、2007～2009年度に東京都環境局が実施した雨天時水質汚濁状況調査のうち、重点的に調査が行われた高浜運河における雨天時の水質変動について検討した結果を報告する。

2 調査方法

2.1 調査地点

調査地点周辺の地図を図1に示す。高浜運河は、延長約2km、幅約60m、水深2.5～4.5mの水路で、北端は高浜西運河、南端は目黒川と天王洲南運河に接しており、都港湾局の運河ルネッサンス推進地域に指定され、両岸には親水テラスが整備されている。また、この運河は、芝浦水再生センターの処理水（平成20年度の高級処理水量は60万 m^3 /日）の放流先に当たり、浜路橋直下の放流口からは東系処理水、新港南橋直下の2つの放流口からは本系処理水が常時流入しているため、その水質は下水処理水の影響を強く受けている。2007年度及び2008年度は、浜路橋、新港南橋、御楯橋で、2009年度は、五色橋、浜路橋、新港南橋において調査が行われた。

2.2 降雨の状況

高浜運河では計8回の調査が行われた。このうち2008年3月3日の調査は、雨天時との比較のために晴天時に行われた。図2に、晴天時以外の7回の調査時における降

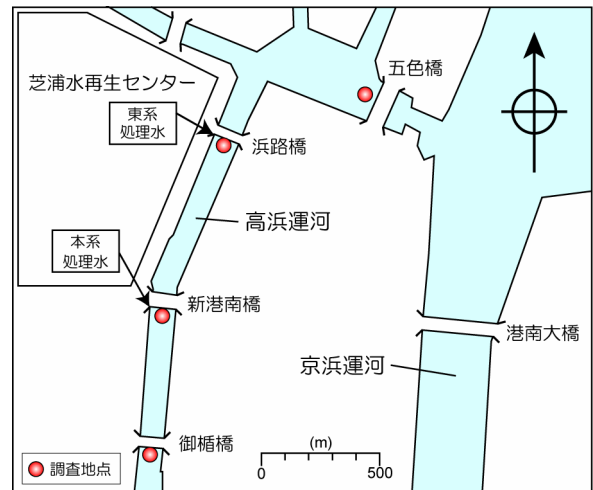


図1 高浜運河の調査地点

雨状況を示す。横軸は時間で、棒グラフは気象庁のアメダス羽田の10分間降水量の時間的推移を表している。また、折れ線グラフは降雨開始時からの積算降水量の変化である。▲の記号は、調査地点付近の放流口から降雨の影響で越流が開始される前に採水を行った時点を示し、黄色の範囲は、越流開始から調査終了までの期間を表している。

図2に示すように7回の調査のうち強雨（1時間降水量10mm以上）のケースが2回あった。1回目は③で示す2008年2月26日の場合で、降雨は短時間に集中し、10分間降水量は最大で3.0mmを記録した。2回目は、⑥の2009年11月11日の場合で、7回の調査中で最も積算降水量が多く、調査終了時点で52mmに達し、その後も降雨が続いて最終的には90mm近い値に達した。また10分間降水量も最大で5.5mmを記録した。それ以外の5回の調査日（弱雨と記す）は、10分間降水量で0.5～1.0mmの雨が継続する状況であった。

2.3 採水および現場測定

越流開始前の時点で1回目の採水・測定を行ない、その後、放流口から降雨の影響とみられる越流が確認された時点から、最初は10分間隔、その後は20分、30分と間

隔を広げて採水・測定を行なった。得られた試料は冷暗所保存し、調査終了後に実験室に持ち帰ってCODやSS、大腸菌群数、窒素・りん等について分析を行った。

3 調査結果

3.1 高浜運河の晴天時の水質

表1は、2007～2008年度の公共用水域水質測定結果から求めた高浜運河御楯橋上層の各水質項目の平均値と75%値で、晴天時の平均的な状況を示すと考えられる。また表2には、2008年度の芝浦水再生センターの東系および本系の沈殿下水および処理水の平均水質を示す³⁾。なお、沈殿下水の水質は、雨天時の簡易処理水の水質に近いと考えられる。

表1によれば、塩分は約11(psu)で、外洋水の塩分を35(psu)と仮定すると、淡水の混入率は約70%と計算され、晴天時でも淡水の影響を強く受けていることが示唆される。

CODの平均値は10mg/Lを超え、表2の東系処理水に近い濃度レベルを示している。

全窒素(T-N)、全りん(T-P)は、海域IV類型におけるT-N：1mg/L、T-P：0.09mg/Lの環境基準値に比べてそれぞれ13倍、9倍、表2の本系処理水と比較すると70%、50%の濃度レベルになっている。

無機態窒素についてみると、アンモニア性窒素(NH₄-N)、亜硝酸性窒素(NO₂-N)、硝酸性窒素(NO₃-N)の平均値は、それぞれ6.38mg/L、2.19mg/L、2.86mg/Lで、構成比に直すと、56%、19%、25%となる。これは、表2から計算される本系処理水の場合(57%、26%、17%)と似た構成比になっている。

リン酸性りん(PO₄-P)の平均値は、約0.6mg/LでT-Pと同様に、本系処理水の約50%の濃度レベルになっている。

これらの水質の特徴は、御楯橋の水質が晴天時に芝浦水再生センターの本系処理水の影響を強く受けていることを示唆している。

3.2 雨天時の水質

3.2.1 降雨状況による水質の比較

運河における調査では、河川の場合と異なり、雨天時の流入汚濁の影響を負荷量としてとらえることは難しい。このため、雨天時と晴天時の水質汚濁物質濃度を比較することによって影響を評価した。

図3は、降雨状況の異なる7回の調査(①～⑦)と晴

表1 高浜運河における晴天時の水質状況(御楯橋)

項目	平均値	75%値
塩分 (psu)	11.31	14.38
COD (mg/L)	10.5	11.3
SS (mg/L)	2.1	2.3
T-N (mg/L)	13.20	15.60
T-P (mg/L)	0.771	0.878
NH ₄ -N (mg/L)	6.38	9.16
NO ₂ -N (mg/L)	2.19	2.93
NO ₃ -N (mg/L)	2.86	3.60
PO ₄ -P (mg/L)	0.621	0.742

注) 2007～2008年度の測定結果を集計

表2 芝浦水再生センターの処理水質(2008年度)

項目	東系		本系	
	沈殿下水	処理水	沈殿下水	処理水
COD (mg/L)	58	10	64	16
SS (mg/L)	33	2	39	5
T-N (mg/L)	36.3	16.5	36	19.8
NH ₄ -N (mg/L)	28.2	2.9	26.1	10.3
NO ₂ -N (mg/L)	<0.1	0.9	<0.1	4.7
NO ₃ -N (mg/L)	<0.1	12.1	<0.1	3.2
Org-N (mg/L)	7.9	0.6	9.7	1.6
T-P (mg/L)	3.6	0.4	4.8	1.5
PO ₄ -P (mg/L)	2.2	0.3	3.1	1.2

注) ここでの沈殿下水とは、第一沈殿池出口の水を示す。

天時の調査(右端の⑧)における水質項目別・地点別の水質濃度分布で、各調査時に水質がどの程度まで悪化したか(濃度の最大値)を示している。なお①～⑤と⑧の場合の調査地点は浜路橋、新港南橋、御楯橋で、⑥、⑦の場合は、五色橋、浜路橋、新港南橋である。図中の一点鎖線は、表2の晴天時における御楯橋の水質平均値である。ただし、浜路橋や五色橋では、最も強く影響を受ける処理水の系統が異なるため、晴天時の平均水質も異なると考えられる。

CODは、晴天時には3地点とも10mg/L前後の狭い濃度範囲に分布しているが、雨天時の最高濃度は、2倍以上の濃度を示し、特にSSが高い値を記録した③の場合には、浜路橋で約100mg/Lの高濃度が出現している。

SSも、晴天時には濃度変化が小さく、3地点とも表2の平均値よりやや高い濃度レベルに分布しているが、雨天時の場合の濃度最大値は概ね30 mg/L前後まで達し、特に短時間強雨の③の場合には、浜路橋で140mg/Lの高濃度が観測されている。

大腸菌群数(MPN/100mL)は、晴天時でも各地点の菌数は10³を超えている。雨天時の場合には、調査日によ

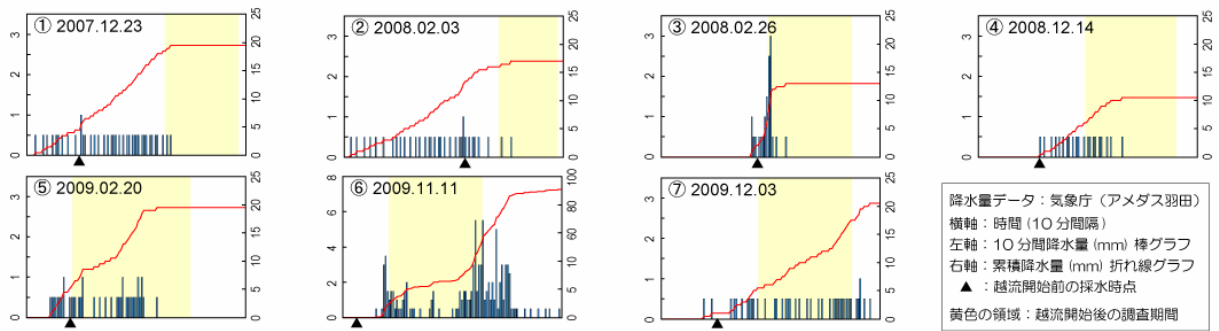


図2 各調査時の降雨状況

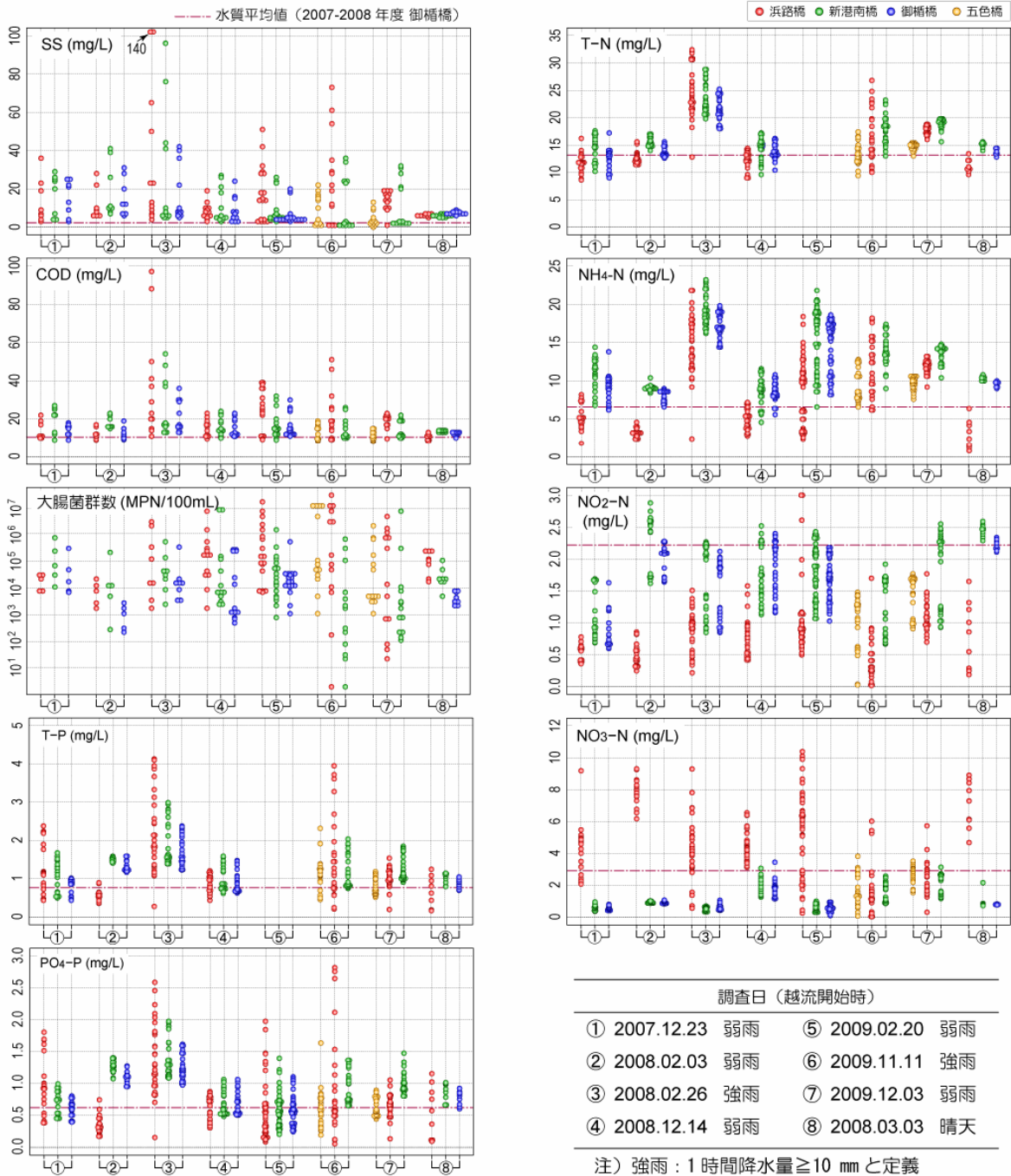


図3 高浜運河の各地点における各調査時の水質項目別濃度分布

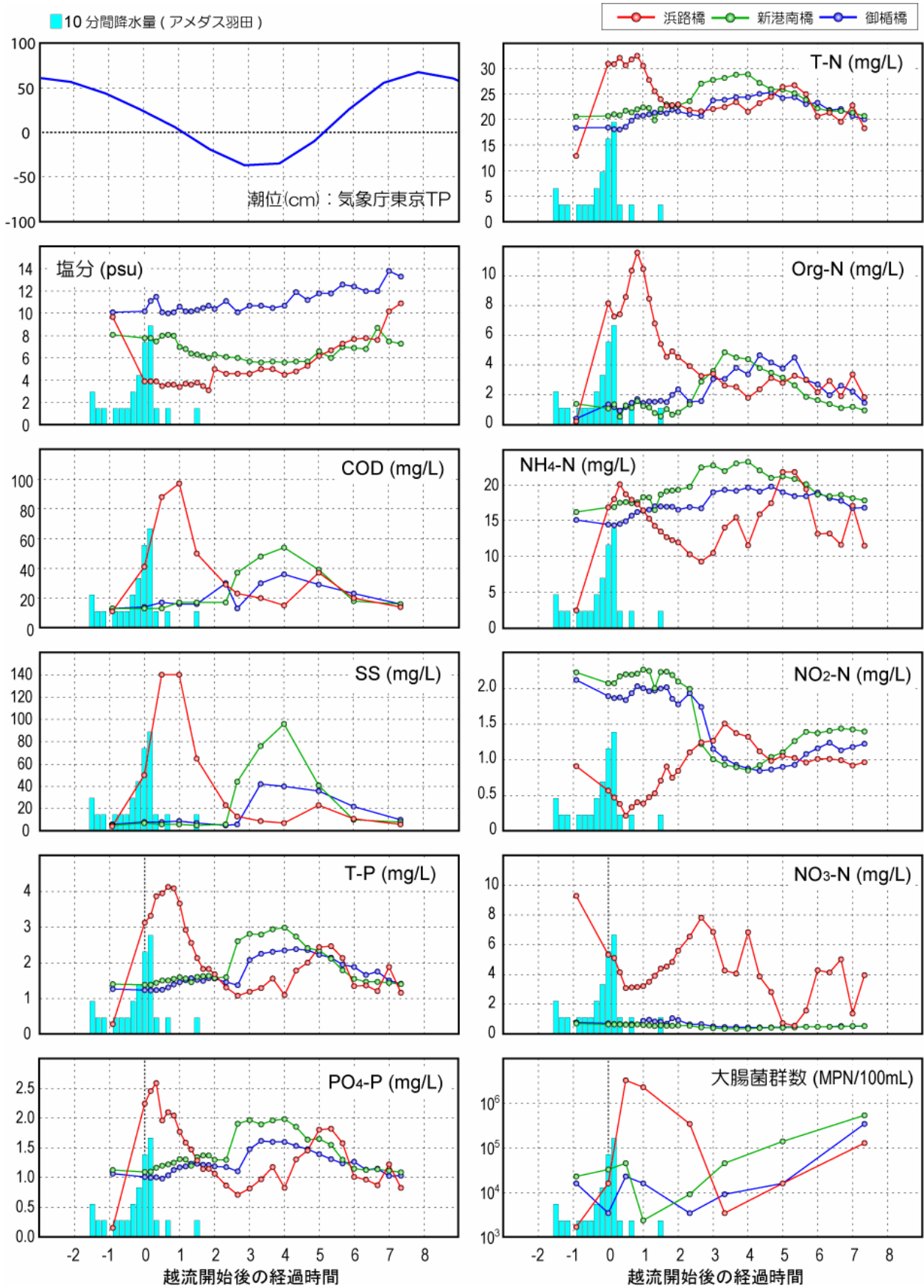


図4 高浜運河における雨天時水質の時系列変化(2008年2月26日)

り挙動が異なり、降水量が最も多かった⑦の場合には、調査期間内に菌数が 10^4 以下から 10^7 を超えるレベルまで大きく変化している。

T-NおよびT-Pは、SSが高濃度を記録した強雨の③、⑦の場合に、高濃度が出現している。一方、弱雨①、②、⑤の降雨状況の場合には、晴天時と比較して濃度分布に大きな差が認められない。

前述のように系統の異なる下水処理水の影響で、浜路橋と新港南橋では、晴天時における形態別窒素や PO_4 -Pの濃度が大きく異なると考えられる。すなわち、浜路橋では NO_3 -Nの濃度が高いのに対して、新港南橋では NH_4 -N、 NO_2 -N、それに PO_4 -Pの濃度が高い。

図3によれば、浜路橋では、晴天時と雨天時とともに NH_4 -N、 NO_2 -N、 NO_3 -Nの濃度変化が大きいのに対して、新港南橋、御楯橋では晴天時には変化が小さい傾向を示している。

NH_4 -Nは、晴天時および弱雨時①、②、④の場合には、他の地点に比べて濃度が低いのに対して、強雨時③の場合の最大値は約22mg/Lで新港南橋の値に近い濃度が出現している。新港南橋と御楯橋でも晴天時に比べて強雨時の濃度の方が高いが、浜路橋に比べて変化は小さい。

NO_2 -Nは、浜路橋では晴天時および雨天時のどちらの場合にも濃度変化が大きいのに対して、新港南橋と御楯橋では、晴天時には高濃度で変化が小さく、雨天時には、それより低濃度側に分布が拡大する。

NO_3 -Nは、浜路橋では晴天時と雨天時のどちらの場合も濃度変化が大きく、強雨の場合、10mg/L前後から0mg/Lに近いレベルまで濃度の変動幅が拡大するのに対して、新港南橋と御楯橋では、低い濃度レベルのまま変化も小さい。

PO_4 -Pは、浜路橋では、晴天時にも濃度変化が大きく、強雨の場合に高濃度が出現する。一方、新港南橋、御楯橋では浜路橋より濃度変化が小さい。

3.2.2 雨天時における水質の時間的変化

図3は、降雨により水質汚濁物質の濃度が流入負荷により上昇したのか、あるいは希釈により低下したのかは示していない。そこで、短時間強雨のため、水質への影響が比較的単純であったと考えられる③の調査結果について各水質項目の時間的変化を図4に示す。

図4によれば、降雨による塩分の低下は、浜路橋が最も顕著であることから、東系放流口からの淡水流入量が

多かったと考えられる。

CODとSSは、よく似たパターンで変化し、浜路橋で先にピークを示した後、新港南橋、御楯橋では約3時間半遅れてピークが観測されている。

大腸菌群数については、越流開始前に最も菌数が少なかった浜路橋でまず急激に菌数が増加した後、干潮時までに菌数が他の地点より低い値まで減少し、その後、緩やかな増加傾向に転じている。これに対して新港南橋では一時的に菌数が減少した後、すぐに緩やかな増加傾向に転じている。このことは、浜路橋付近に多数の大腸菌を含む雨天時排水が流入し、それが潮汐による流向の変化に伴って、次第に周囲に拡散したことを示していると考えられる。

T-NおよびT-Pは、浜路橋における濃度変化が最も大きい。また3地点での濃度変化は、それぞれの地点のSSやCODの濃度変化に良く対応している。

NH_4 -Nは、浜路橋では、降雨により急激に濃度が上昇するのに対し、他の2地点ではこうした変化は認められない。

NO_2 -Nは、越流開始前に浜路橋の濃度は、新港南橋、御楯橋の約1/2で、当初は3地点とも濃度が低下するが、その後、浜路橋では、濃度が上昇し、他の2地点では濃度が低下して、同じ濃度レベルで推移している。

NO_3 -Nは、浜路橋の濃度は、越流前に約9mg/Lで、その後降雨に伴い複雑に上下しながら低下傾向を示しているのに対して、他の2地点では、当初の1mg/L以下の濃度レベルからほとんど変化が認められない。

PO_4 -Pは、降雨に伴い浜路橋では急速に濃度が上昇した後、低下して他の2地点と同じ濃度レベルで推移している。なお、新港南橋と御楯橋の濃度は、T-Pと良く似たパターンで推移し、浜路橋から3時間前後遅れて、ピークを示している。

4 おわりに

今回の調査結果から以下のことが分かった。

- ・高浜運河では、晴天時においても NH_4 -Nや NO_2 -N濃度が非常に高い。
- ・CODやSSの濃度は、降雨により大幅に上昇し、その傾向は浜路橋で最も顕著である。
- ・T-N、T-Pも降雨により濃度が上昇するが、COD、SSに比べて上昇率は低い。ただしCOD、SSの変化に良く対応する

ことから、懸濁態N,Pの寄与が大きいと考えられる。

・無機態窒素のうち $\text{NH}_4\text{-N}$ は、晴天時に比べて強雨時には、どの地点でも高濃度の傾向が認められる。

2000～2009年度の暖候期（6月～10月）の公共用水域水質測定結果によれば、高浜運河御楯橋下層のDOは、その測定回数の86 %が2 mg/L以下で、慢性的に貧酸素状態にあったことを示している。そして、雨天時に流入する懸濁態有機物や $\text{NH}_4\text{-N}$ が、その原因の一つと考えられ、水生生物が生息できる水環境を回復するためには、更なる雨天時汚濁の対策が必要であると考えられる。

謝 辞

本調査は、東京都環境局自然環境部が実施したものであることを記すとともに、関係者の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 安藤晴夫, 和波一夫, 石井真理奈, 竹内健: 雨天時水質調査結果について(1)－雨天時における河川水質の変化－, 東京都環境科学研究所年報2009.
- 2) 東京都: 東京都統計年鑑 平成20年.
- 3) 東京都下水道局: 平成20年度 下水道事業年報.