

安藤 晴夫 川井 利雄 牧 秀明* 木幡 邦男* 越川 海*

(*国立環境研究所)

水質モニタリングは、従来、主に平常時の水質汚濁状況の把握を目的に、水質の安定した晴天日を基本として実施されてきた。このため東京湾についても、洪水時の水質汚濁状況については、これまで十分に把握されていないのが現状である。こうした背景から、都内周辺で大雨が降った直後に、東京都内湾部で汚濁物質の拡散状況や時間変化について調査を行った。その結果について報告する。

2 調査方法

2.1 汚濁拡散状況調査

2002 年 10 月 1 日から 2 日の未明にかけて、台風 21 号が関東地方に上陸し、10 月 1 日に東京では約 60 mm/日の降雨があった。その影響について水質調査を行った。図 1 に調査前後の降水量（気象庁東京）と潮位（東京灯標）を示す。調査は 10 月 3 日、4 日に、それぞれ 1 回ずつ、図 2 に示す荒川河口（B1）～風の塔（A）と京浜運河～東京灯標（B25）の 2 測線上に設けた地点で行った。荒川河口域では、10 月 3 日は、9:45～13:10、4 日は 8:40～10:55 に、両日とも沖合（A）→河口部（B1）の順に 6 地点で行った。塩分、水温、溶存酸素濃度、濁度は、測器により鉛直分布を観測した。溶存性栄養塩及び溶存性有機炭素は、同時多層採水器¹⁾により水深間隔約 1～1.5 m で採取した約 70 点の海水試料を実験室に持ち帰り、ろ過（0.8 μ m）

m) の後、自動分析器で測定した。また、表層水については、糞便性大腸菌、各種懸濁性物質、動植物プランクトン、細菌数も測定した。

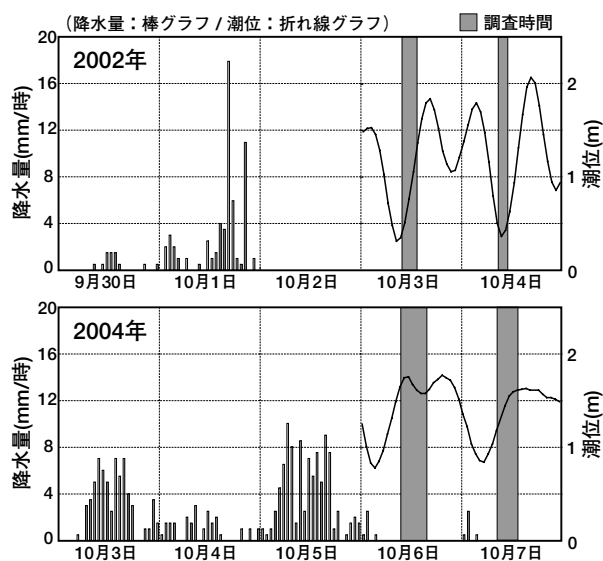


図 1 調査前後の降水量と潮位

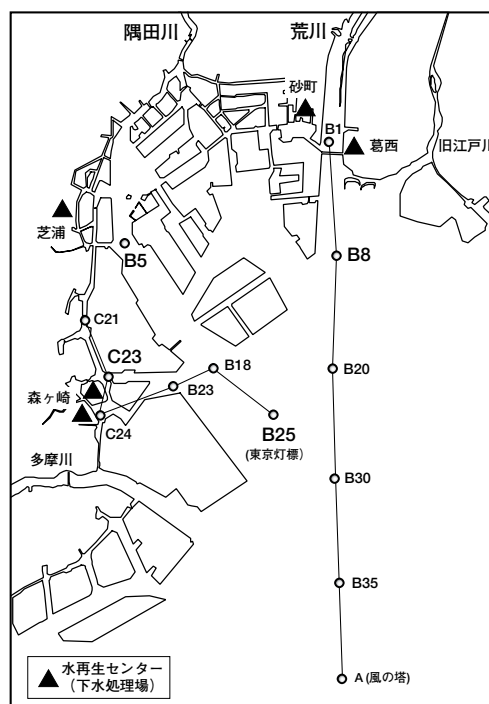


図2 調査地点図

2.2 水質時間変動特性調査

2004年10月3、4、5日に、東京では3日間にわたり66、22、97mm/日の降雨が続いた(図1)。その翌日の10月6日、7日に東京都内湾部で水質調査を行った。降雨後の水質の変化を調べるため、図2の荒川河口(B8)、東京灯標(B25)、隅田川河口(B5)、京浜運河(C23)の各地点で2日間に計7回、採水・観測を反復した。

調査項目や方法は、汚濁拡散状況調査と同様に行った。

3 調査結果

3.1 水質汚濁物質の拡散状況

3.1.1 糞便性大腸菌

図3は、2002年10月3日、4日に京浜運河周辺と荒川河口に設定した測線上の各地点で測定した糞便性大腸菌数を示したものである。

未処理下水に由来すると考えられる糞便性大腸菌数は、各地点とも10月3日には $10^2 \sim 10^3/\text{ml}$ 強の高い値を示したが、翌日の4日には、 $10^1 \sim 10^2/\text{ml}$ のレベルにまで低下した。このことから、未処理下水の流入量は、この間に減少したと考えられる。一方、地点間で菌数を比較すると、3日には、下水のポンプ排水場や処理場の放流口に近い運河部のC21、C24、C23の値が、内湾部にあるその他の地点に比べて高かったが、4日には、全地点とも値が、平時に観測されるレベルまで低下した。

3.1.2 浮遊懸濁物質

図4は、10月3日、4日の各地点における浮遊懸濁物質質量(SS)とその組成をグラフに表したものである。SSについては、各地点とも、平時に比べて高い値を示した。運河部では10月3日のC24の値が特に高い。その原因としては、海老取川を通じて流入する多摩川の濁水の影響と考えられる。また、荒川河口では、3日のB1以外は、両日とも河口部から沖合部にかけて次第に濃度が低下し、河川から流入した多量の懸濁物質が沈降・拡散によって減少したと考えられる。

図4のSS中の炭素(C)の割合を見ると、運河部のC24では、他の地点に比べて著しく値が小さい。したがって、この地点の懸濁成分は、速い流れで河床等から巻き上げられた土壌粒子などの無機成分が多かったことを示している。荒川河口域の測線上の地点(B1～

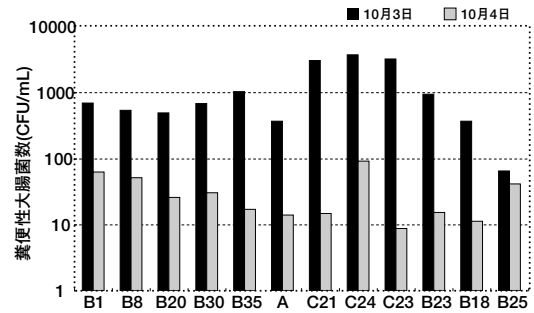


図3 地点による糞便性大腸菌数の変化

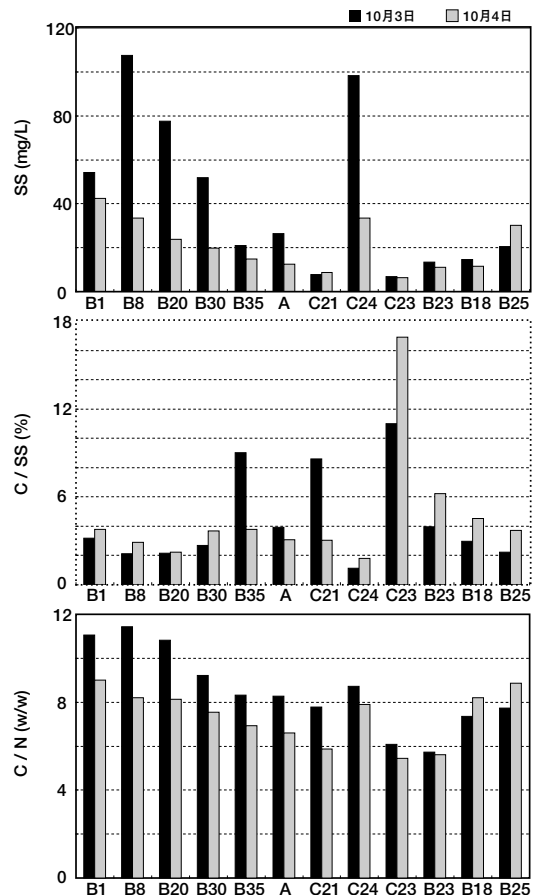


図4 地点によるSS量およびその組成変化

A) では、B8でSSが最も高いが、Cの割合が小さいことから、この地点の懸濁物質も土壌粒子などが主成分になっていると考えられる。また、大雨で流入した河川水中の土壌粒子など比重の大きい成分が、流下にもたない途中で沈降除去されるため、B35では、SS中に占めるデトリタスなどの有機成分の割合が大きくなっていると推定される。

東京都内湾部の底質調査結果によれば、この水域では、沖合部の底質中のCODや強熱減量などの値が河口部に比べて高く、底層水が貧酸素化しやすい。赤潮プランクトンの沈降・堆積のほかに、洪水時に供給される多量の懸濁有機成分がこれらの地点で沈降・堆積

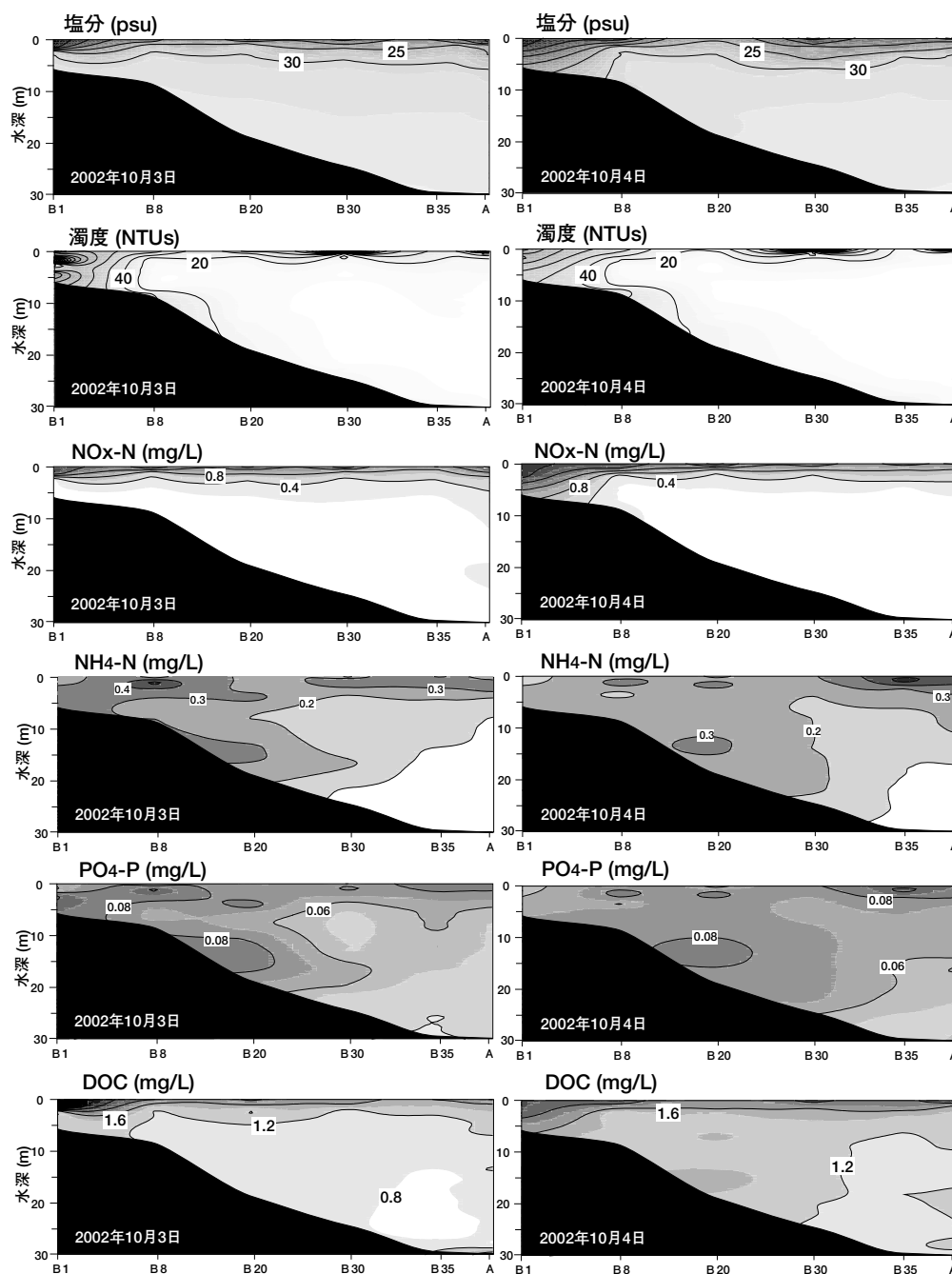


図5 降雨後における荒川河口部 (B1) ～沖合部 (A) の水質鉛直断面分布

しやすいこともその原因のひとつになっていると推定される。

また、C/N 比については、河口部 (B1) から沖合部 (A) に進むにしたがって、値が小さくなる傾向が認められる。組成による沈降速度の差や流下に伴う質的变化などが原因として考えられるが、今後、更に検討が必要な事項である。

3.1.3 荒川河口の水質の鉛直構造

10月3日、4日に荒川河口域6地点で観測された水深1～1.5m間隔の水質データを用いてスプライン補

間法により地点間の濃度を推定し、水質鉛直断面分布図を作成した (図5)。各図の左端 (B1) が荒川の葛西橋直上、右端 (A) が風の塔に相当する。低塩分の層は、海面から1～2mで、水深5mでは塩分が30を超え、非常に安定した成層構造が形成されている。すなわち、河川から流入した淡水は、ほとんど上下混合せずに、海面を覆うように沖合部のA地点まで拡散したことを示している。濁度は、河口部では上下層に差が無いが、B8付近から沖では、塩分等同様にごく表層だけ値が高くなっている。硝酸+亜硝酸性窒素

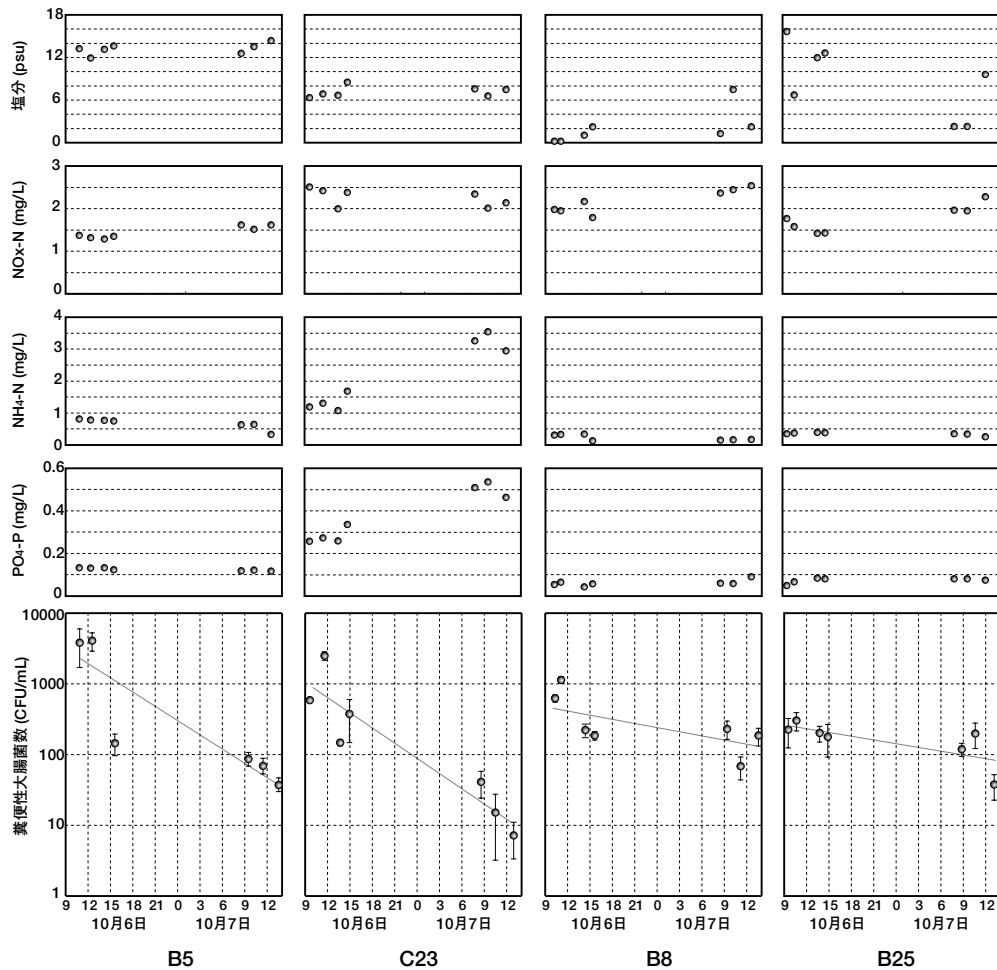


図6 降雨後における荒川河口部 (B1) ～沖合部 (A) の水質鉛直断面分布

(NO_x-N) は、塩分とほぼ等しい濃度分布パターンであることから、その起源が主として河川水に由来すると考えられる。一方、アンモニア性窒素 (NH₄-N) とりん酸性りん (PO₄-P) は、NO_x-N と挙動が異なり、表層のみに高濃度域が出現する傾向は見られず、海底付近でも相対的に濃度の高い水塊が認められ、海底からの溶出の寄与も大きいことを示唆している。また、10月4日の分布では、表層の高濃度域が河口部ではなく、沖合部に認められる。このことは、流入負荷が一時的なもので、それを含む水塊がそのまま沖合まで移流された可能性や、隅田川や多摩川河口の方が濃度が高く、そちらからの水が荒川の沖合で合流し、濃度が高くなった可能性などが考えられる。なお、今回観測された NH₄-N と PO₄-P の濃度レベルは、通常と比べ、極端に高くはない。

溶溶性有機態炭素 (DOC) については、上層から下層に向かって次第に濃度が低下する傾向を示しているが、鉛直方向の濃度勾配は NO_x-N に比べて小さい。

3.2 水質の時間的变化

3.2.1 塩分・栄養塩類

図6は、2004年10月6日～7日に内湾部と運河部の計4地点で、7回反復して行った表層水の測定結果である。この図で横軸は時間、縦軸は水質を表している。

塩分は、中央防波堤内側の B5 より外側の B25 の方が低く変化も大きい。また運河部の C23 よりも内湾部の B8 の方が低い。

栄養塩のうち、NO_x-N は、4地点とも濃度レベルの差が小さい。これに対して、NH₄-N と PO₄-P は、C23 における値が他の3地点に比べ、高く、特に10月7日には、その差が顕著になっている。C23 は、下水処理場の放流口に近ことから、この2項目については、大雨により発生した未処理の合流下水道越流水の影響を示すと考えられる。

3.2.2 糞便性大腸菌

図6の下段は、糞便性大腸菌数の2日間の変化を示

している。なお、縦軸は対数目盛のため、回帰直線は、指数関数を表している。この図によれば、4地点とも、10月6日に比べて7日には菌数が減少している。ただし、B5とC23の減少速度は、B8とB25に比べて非常に大きい。

一方、他の水質項目の変化と比較すると、B5、C23では、2日間の塩分の変化が小さいのに対して、B8、B25では変化が大きい。しかし、糞便性大腸菌数の減少速度差が生じた理由については、分からなかった。

4 おわりに

今回の洪水時の調査で、以下の結果が得られた。

- ① 大雨直後には、糞便性大腸菌数は合流下水道越流水などにより著しく増加するが、降雨が止み、新たな負荷がなければ急速に減少する。
- ② 洪水時に、河川から多量の浮遊懸濁物質が東京湾に流入し、そのうちの有機成分は沖合まで運ばれる。
- ③ 東京湾に流入するNO_x-Nは、主に河川水起源で、洪水時に東京湾内に多量に負荷されると考えられる。
- ④ NH₄-NとPO₄-Pは、洪水時に合流下水道越流水などから一時的に供給されるが、NO_x-Nと異なり、河川水による希釈効果が働く。また、海底からの溶出の寄与が大きいことも示唆された。(本調査研究は、国立環境研究所と共同で実施した)

引用文献

- 1) 安藤晴夫、山崎正夫：新たな同時多層採水器の開発、水環境学会誌、23(4)、pp.238-242 (2000)。