

東京湾への出水時水質負荷特性と湾内水質への影響

東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻
東京理科大学理工学部土木工学科
TOTOインフォム(株)
三菱重工業(株)

学生員 ○ 滝岡 健太郎
正会員 二瓶 泰雄
非会員 坂井 文子
非会員 重田 京助

1. 序論

東京湾をはじめ多くの重要内湾では、富栄養化問題を解消すべく、6 次わたる水質総量規制により汚濁負荷削減対策が進められている。その結果、原単位法による陸域負荷解析結果によると、東京湾への総汚濁負荷量はここ 25 年間で COD は 52%、T-N は 32%、T-P は 53%削減されたことになっているが、東京湾では未だに COD や窒素 N、リン P の経年変化特性は概ね横ばい傾向であり、夏期に見られる貧酸素水塊の規模や存在期間は拡大傾向である¹⁾。原単位法では非正常性が強く高負荷となる出水時負荷が精緻には考慮されないため、この解析結果には疑問が多い。さらに出水時負荷が湾内水質環境に及ぼす影響を具体的に示した例は少ない。著者らは、2006 年度より主要流入河川の出水時水質負荷調査を開始し、全負荷の年間平均値に対する出水時の寄与率が 30~60%と大きく²⁾、流入負荷の経年変化は年間値では減少傾向であるが夏季には横ばい傾向であること³⁾を明らかにした。しかしながら、近年頻発しているゲリラ豪雨時など降雨パターンによる水質負荷特性の変化や出水が湾内水質環境にどのように影響するかは不明である。本研究では、東京湾主要流入河川における出水時水質負荷調査を継続し、出水時の水質負荷特性や出水が内湾水質環境に及ぼす影響を明らかにする。具体的には、2008 年 8 月に発生したゲリラ豪雨時の水質負荷特性、出水時負荷特性をより正確に加味した東京湾流域の汚濁負荷量解析、近年で最もインパクトが大きい台風 0709 号出水後の東京湾の水質環境変化、について検討する。

2. 研究方法

(1) 観測対象河川及び現地調査の概要

研究対象の江戸川、荒川、多摩川、中川、隅田川、小櫃川の位置と観測点を図1に示す。出水時に採水観測を行う地点としては、江戸川・野田橋（+39km）、荒川・笹目橋（+29km）、多摩川・田園調布堰（+13km）、中川・八条橋（+27km）、隅田川・白髭橋（+10km）、小櫃川・富川橋（+14km）である。採水観測を行うために自動採水機（6712型ポータブルウォーターサンプラー、TeledyneISCO社製）を全河川に設置した。この観測を早い地点で2006年6月から開始し、現在でも継続している。採水観測のイベント数は全部で11であり、2008年度では流域の平地部に集中的に生じた8月豪雨（2008/8/29～31）の1イベントである。

(2) 解析データ及び汚濁負荷解析方法

海域環境の解析データとして海域の公共用水域データを用い、その地点は図1に示す通りである。測定項目はT-COD、全窒素（T-N）、全リン（T-P）、DO等であり、解析対象期間は1994～2008年の15年間である。また、東京湾流域からの流入負荷量算定法としては二瓶ら³⁾に基づいており、汚濁負荷量 L と流量 Q の相関式中の係数見直し（多摩川、江戸川、荒川、中川、隅田川）、小櫃川・小糸川・養老川の流量及び L - Q 式の作成、懸濁態・溶存態成分の算出などを変更した。

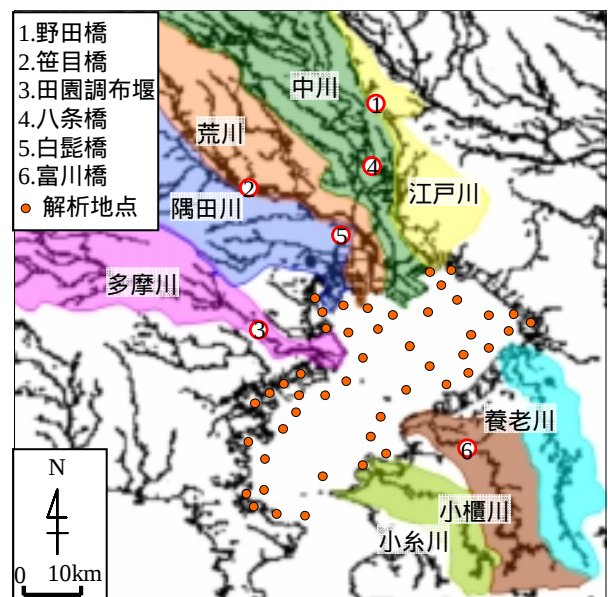


図1 各河川における観測地点及び湾内解析地点

3. 結果と考察

(1)ゲリラ豪雨時における水質負荷特性

2008年度に多発したゲリラ豪雨時の水質負荷の特徴を抽出するために、多摩川・田園調布堰において戦後4番目の水位を記録した08年8月豪雨におけるT-CODフラックスと流量のヒステリシスを図2に示す。比較のために、山地部（小河内）で総雨量700mm，時間最大雨量53mmを記録し台風0709号時の結果を示す。08年8月豪雨では山地部は

キーワード：水質負荷，東京湾，富栄養化，ゲリラ豪雨， L - Q 式

連絡先 : 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL : 04-7124-1501 (内線 4031) FAX : 04-7123-9766

143mmしか降らなかったが、都市部(東京)では総雨量290mm、時間最大雨量58.5mmが観測された。両出水イベント共に、同一流量において増水期のT-CODフラックスが減水期よりも大きいという濃度先行型のヒステリシスが見られるがそのループは台風0709号時の方が大きい。また08年8月豪雨では流量と共にT-COD負荷は指数的に増加するが、その増加率が高流量時では小さい。このように山地域に大雨が降った台風時と都市域に生じたゲリラ豪雨時では流量ピークは同じでも水質負荷特性は大きく異なる。山地域では“半無限”に汚濁物質が蓄積しているが、不浸透面で覆われる都市域では汚濁物質は“有限”であり、降雨が大きくなると流出する汚濁物質量は減少し、結果としてゲリラ豪雨時には台風時ほど水質負荷量は増加しない。

(2) 大出水時の環境インパクト

台風0709号時のような大出水時における河川からの東京湾への環境インパクトを示すために、後述する湾内のDOに直接影響を与える有機物輸送量(VSSフラックス)の経年変化を図3に示す。ここでは懸濁態COD(P-COD)フラックスとP-CODと有機物量に相当する揮発性浮遊物質濃度VSSの相関式から求めた。有機物輸送量は、低水時では経年的に減少しているが、出水時には出水イベントに合わせて大きく増減しており、台風0709号時を含む2007年の値も大きい。この台風時の総輸送量は6.1万tonであり、これは0.5年分(年間値として大出水が無い2002~2006年の平均値を採用)となり、大出水時には大量の有機物が非常に短い期間(9日間)で輸送されたことが示された。

(3) 大出水が湾内水質環境に及ぼす影響

多量の陸域起源物質が東京湾に流入した台風0709号大出水が湾内水質環境に及ぼす影響を調べるために、出水直後(9月)とその一ヶ月後(10月)における底層DOの空間コンターを図4に示す。ここでは、比較のため大出水の無い2002~2006年における9・10月の平年値も示す。平年値としては、9月には荒川河口付近に貧酸素水塊(DO<2mg/l)が形成されているが、10月には完全に解消される。一方、2007年では、大出水直後(9月)において湾奥部に貧酸素水塊が集中し、その濃度レベルは平年値より低い。さらに、10月においても貧酸素水塊が存在しており、それらは出水による多量の有機物が堆積したと思われる荒川や多摩川の河口付近に出現している。これは、出水により鉛直成層が強化されて上層からのDO供給が減少すると共に、底層に堆積した陸域起源の有機物を分解するのに大量のDOが消費されたためである。さらに、底層におけるDOとT-Pの相関を調べた結果、平年値(2002~2006年平均)は9月にはDOの減少と共にT-Pが増加する、という溶出の特徴が見られるが、10月にはその様子は確認できない。一方、2007年では、9・10月共に、DOとT-Pは概ね逆相関となっており、台風0709号大出水時の環境インパクトにより、貧酸素水塊の拡大・長期化に加えて、栄養塩溶出量の増加を引き起こしていることが示された。

参考文献: 1) 安藤ら: 東京環境科学研究所年報, pp.141-150, 2005.

2) 坂井ら: 水工学論文集, Vol.52, pp.1117-1122, 2008.

3) 二瓶ら: 海岸工学論文集, Vol.55, No.2, pp.1226-1230, 2008.

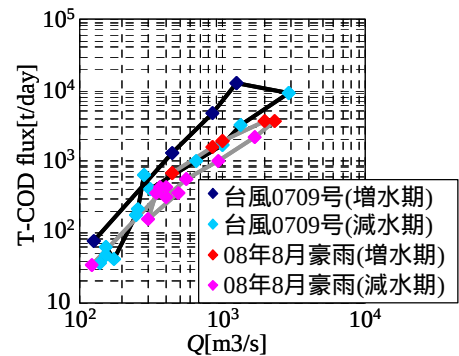


図2 T-COD フラックスと流量Qのヒステリシス (多摩川, 台風0709号と0808豪雨イベント)

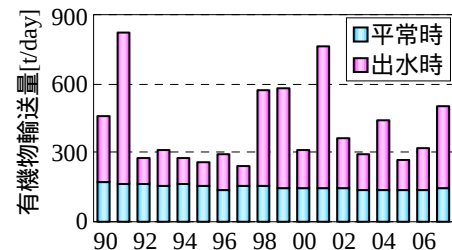


図3 河川経由の有機物輸送量の経年変化

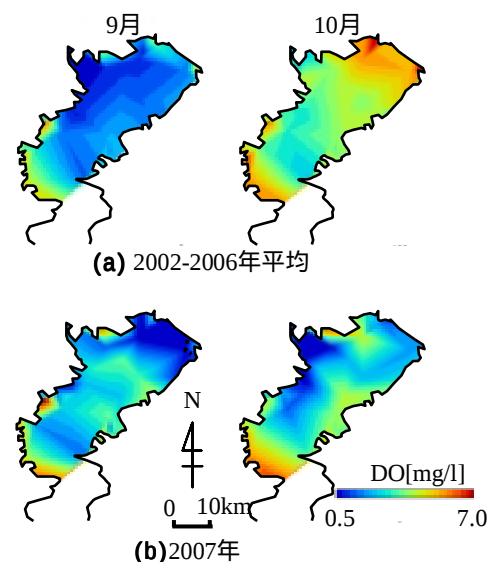


図4 底層DOの空間コンター

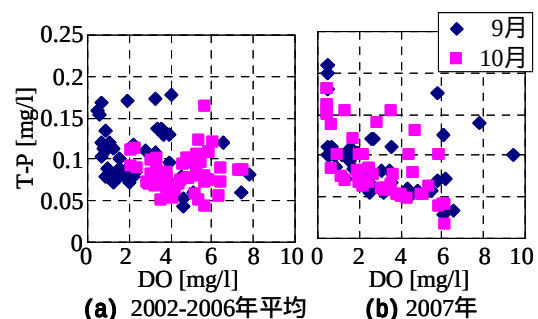


図5 湾内底層のT-PとDOの相関(下層)