

資料

太田川河口域の水質変動特性に関する研究〔Ⅲ〕

—降雨時の水質及び負荷量—

中富 文雄 橋本 敏子

Studies on the Fluctuation Characteristics of Water Quality
in the Estuary of Ohta River. III.

-Water Quality and Load during Storm Runoff-

FUMIO NAKATOMI, TOSHIKO HASHIMOTO

(Received Sept. 30, 1994)

緒 言

広島湾奥部では夏場透明度の低下や赤潮発生等の富栄養化による水質汚濁が進行している[1]. このことの原因は陸域から流入する汚濁物質であるが、その内容は工場、事業場及び生活排水等からなる点源負荷と、降雨により地表面や堆積物が侵蝕あるいは洗い出されて発生する汚濁物質からなる面源負荷に大別できる。海老瀬によって降雨時の汚濁物質負荷量が晴天時にもと比べて大きいため、正確な把握が重要であると指摘されて[2]以来、本県でもいくつか降雨時負荷量調査が行われてきた。田口[3]、三滝[4]らがそれぞれ二河川、黒瀬川において、橋本[5]が太田川の広島市内上流部の戸坂で調査し同様のことを確認してきた。

広島湾への汚濁物質負荷量を算定するにあたっては、太田川の降雨時負荷量の把握が不可欠となってくる。そこで今回、洪水時に広島湾に対して最も負荷量が多い太田川放水路（以下放水路という）河口[6]で、降雨時通日調査を行い負荷量を把握したので報告する。また、同じく降雨時に広島湾内に流入した汚濁物質が、流入直後にどのような挙動するかを把握する目的で、浮標追跡による水質調査を行ったのであわせてその結果を報告する。

調査方法

通日の水質調査は、放水路河口部(図1中のSt.1)で1989年7月13日と1990年7月3日の10時30分から22時30分に行った。干潮と満潮時刻は前者で11時1分

と18時14分、後者で12時26分と19時17分であった。この間5回流速を水深50cm毎に、塩分、栄養塩類及びSSを1~2m毎に測定した。当日は流速が速かったため、バンドーン採水器や現場測定器に補助の塩ビパイプとロープを装着して調査水深が正確になるようにした。

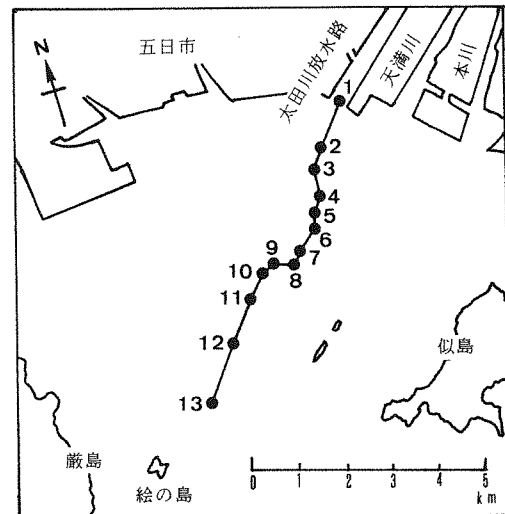


図1 太田川放水路河口域の水質調査地点
●：浮標追跡による水質調査地点(1991.7.5)

浮標追跡による水質調査は1991年7月5日に行った。10時5分に図1のSt.1へ浮標を投入した後St.13へ達した13時40分まで約3時間半それを追跡し、その間浮標脇で15~30分毎に塩分と栄養塩類を1層(水深0m)あるいは3層(水深0,1,5m)測定した。当日は干潮が8時54分満潮が15時7分であった。浮標はステンレス棒の立方体(各辺1m)へ対角線に布を十字型に張り、四隅に浮子を取り付けられている。塩分、

SS及び栄養塩類の測定方法は前報[7, 8]のとおりであり、河川水の流速はアレック電子製 ACM-200PC型電磁流速計で測定した。

結 果

1. 通日の水質調査

表1左列に1989年7月13日の調査前の太田川流量、降水量を示す。4日前から降水が続いたため、流量は3日前から約200m³/secに増水し当日は610m³/secに達していた。図2に塩分、流速の鉛直方向の変化を示す。両者は全く反対のパターンで成層を形成しており、洪水時でも河川水と海水が密度差によって混じり合わない様子がみられた。水深0m層の流速は10時30分に特に大きくその後は1/2以下に下がり一定となった。満潮時である18時30分の塩分成層の乱れは海水が

遡上して河川水との混合が起こったことを示している。

放水路の流量と大量の河川水の流入がみられた表層部(水深0,1m層の平均値)の水質経時変化を図3に示す。放水路の流量は実測流量と河口断面積から求めた。SSは指数曲線に従って減少していき、懸濁物質の流入が終息していく状態を示していたのに対して、塩分は満潮時にやや高くなったが終日0.3‰以下の低い状態で推移した。PON, POPはSSと同じパターンで減少していった。DINは終日ほとんど変化しなかったが、PO₄-Pは10時30分に0.030mg/lと高かったのを除いて0.019mg/l前後で推移した。NO₃-Nは通日0.4mg/l前後で推移したのに対して、NH₄-NはPO₄-Pと類似したパターンで変化した。NH₄-N, PO₄-Pの減少パターンはSS, PON及びPOPのパターンとはやや異なっていた。

表1 太田川の流量及び降水量

通 日 調 査			浮 標 調 査		
年 月 日	流量 ¹⁾ (m ³ /sec)	降水量 ²⁾ (mm)	年 月 日	流量 ¹⁾ (m ³ /sec)	降水量 ²⁾ (mm)
1989. 7. 1	43	0.0	1991. 6. 21	96	0.0
2	39	9.0	22	77	—
3	49	1.0	23	73	3.0
4	45	—	24	85	1.0
5	35	—	25	87	7.0
6	33	—	26	91	0.0
7	29	—	27	77	4.5
8	21	3.5	28	81	1.0
9	90	36.5	29	87	11.5
10	232	14.5	30	134	14.5
11	190	20.0	7. 1	282	50.0
12	202	52.5	2	324	5.0
13*	609	45.0	3	209	—
			4	562	153.0
			5*	1014	26.5

*: 調査日 0.0: 0.5mm以下の降水 —: 無降雨
 1) 矢口第一流量観測所における日平均流量[9].
 2) 広島地方気象台の観測結果[10].

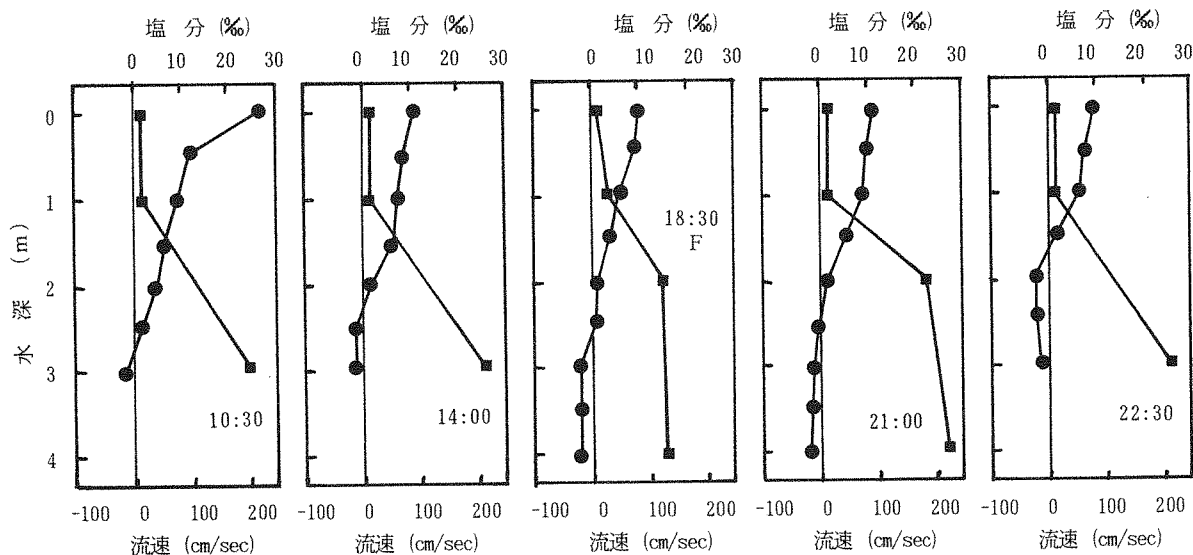


図2 太田川放水路河口における塩分及び流速の鉛直分布(1989.7.13)

■: 塩分 ●: 流速 F: 満潮時間

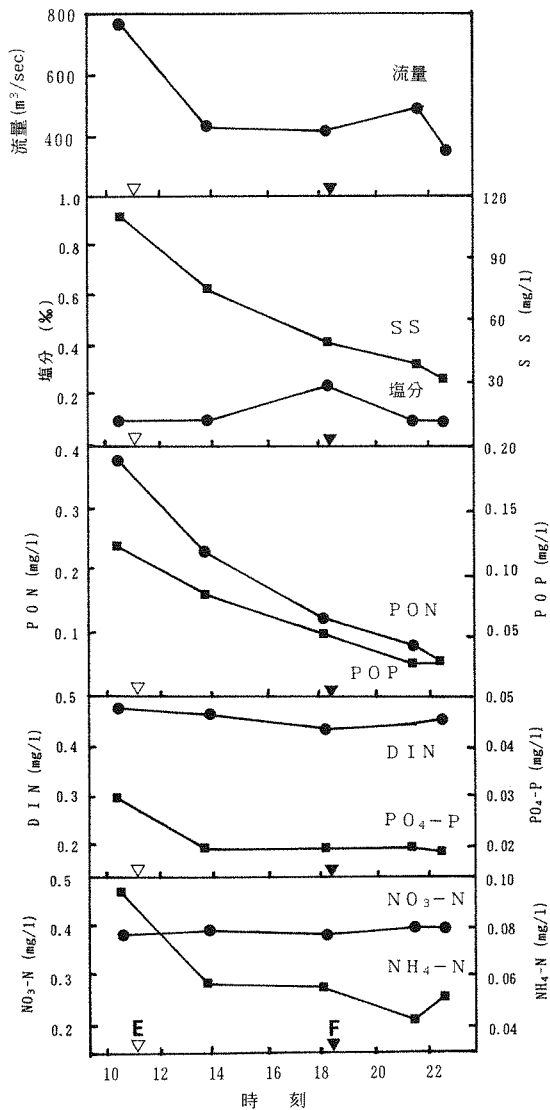


図3 太田川放水路河口における流量と表層部(水深0,1m層の平均値)の水質経時変化(1989.7.13)
E:干潮 F:満潮

2. 浮標追跡による水質調査

2.1 浮標の移動経路及び塩分の経時変化

浮標の移動経路を図1に示し表1右列に調査前の太田川流量, 降水量を示す. 6日前から7月3日を除いて降水が続いたため流量は4日前から連日200m³/secを超えており, 前日の150mmという特に大量の降水によって当日は流量は1,000m³/secまで達していた. その影響により広島湾には広範囲に大量の濁水が流入していた. 浮標は3時間半で概して放水路延長線上を河口から7kmの地点まで移動した. 調査は上げ潮時に行われたが, 浮標は陸の方へ押し戻されることはなくつぎつぎに流入してくる河川水とともに移動したようにみられる. 図4に層別の塩分の経時変化を示す. 0, 1m層の塩分はSt.6を除き3%前後の差を保ったまま, 沖合部に向かって高くなっていった. 1m層の塩分はSt.3で既に4%台であったのに対して, 0m層ではSt.13でもまだ2%台であった. 5m層の塩分は特に傾向がなく13~15%の範囲で一定していた.

2.2 栄養塩類濃度と塩分の関係

つぎに河川水と海水との混合過程における栄養塩類の挙動をみるため, 塩分の変化がみられた0, 1m層の結果について塩分対栄養塩類の散布図を作製した. 図5にPON, POPと塩分の関係を表す散布図を示すが, 全体的な分布は両者とも類似していた. PON, POPはSt.1の1m層で最高値を示し, ついでSt.1の0m層, St.2の0m層と下がっていったが, この間塩分は変化しなかった. それに対してSt.2以後塩分は高くなっていったがPON, POPにはほとんど変化がみられなかった.

同様にDIN, PO₄-Pに関する散布図を図6に示すが, 前者は混合の過程でほとんど変化しなかったのに対し

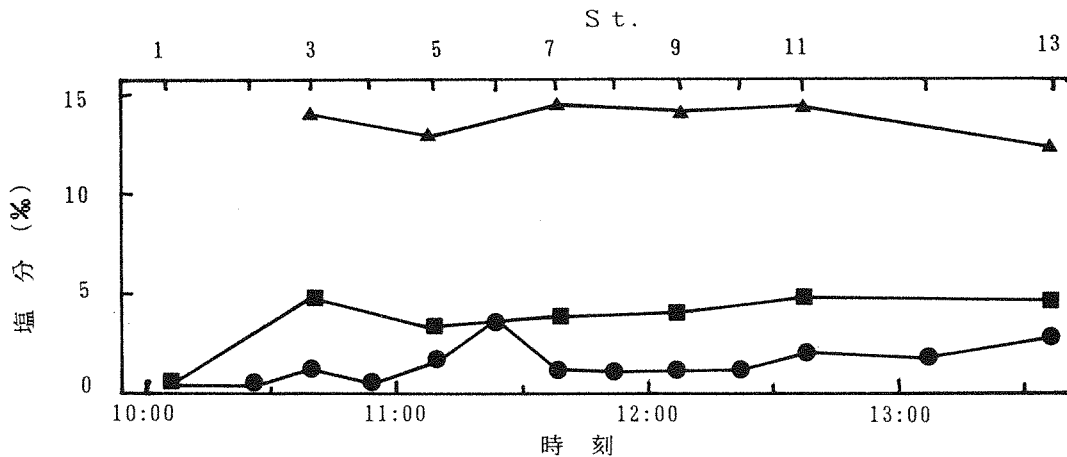


図4 太田川放水路河口域における層別の塩分経時変化(1991.7.5)
●: 0m層 ■: 1m層 ▲: 5m層

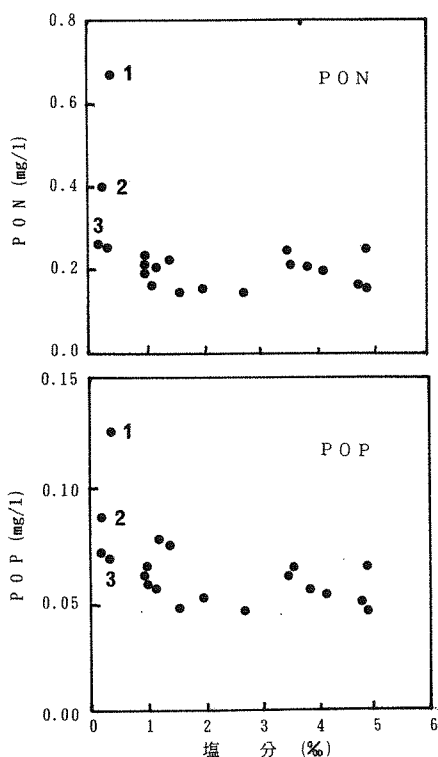


図5 太田川放水路河口域の表層部(水深0,1m層)における塩分とPON及びPOPの関係(1991.7.5)
1: St.1(1m層) 2: St.1(0m層) 3: St.2(0m層)

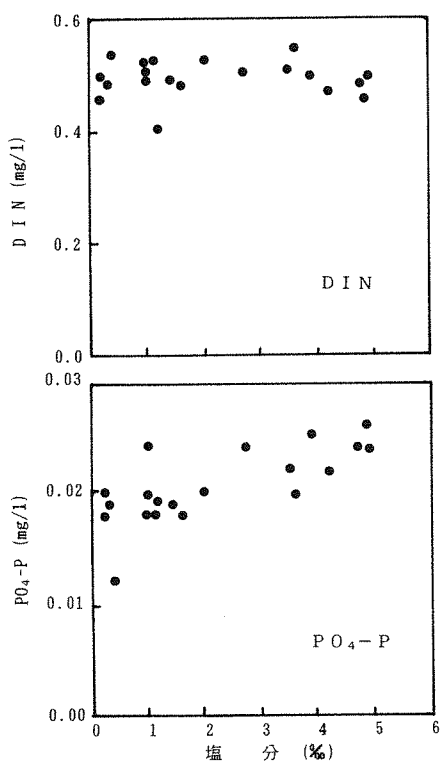


図6 太田川放水路河口域の表層部(水深0,1m層)における塩分とDIN及びPO₄-Pの関係(1991.7.5)

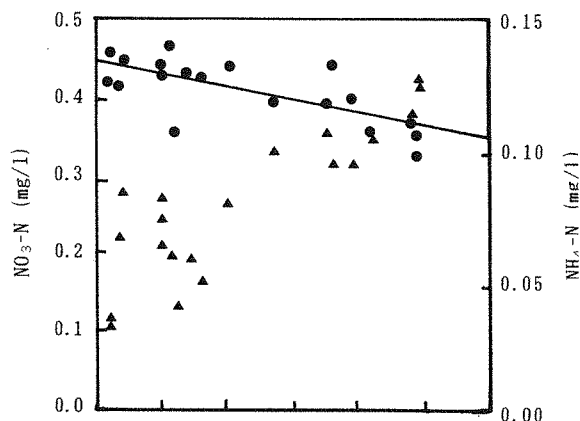


図7 太田川放水路河口域の表層部(水深0,1m層)における塩分とNO₃-N及びNH₄-Nの関係(1991.7.5)
●: NO₃-N ▲: NH₄-N 回帰直線: $y = -0.016x + 0.45$ ($r = -0.71$, significant at $p < 0.01$)

て後者は高くなっていった。つぎにNO₃-N, NH₄-Nに関する散布図を図7に示す。前者は右下がりの直線の周囲に分布し保存性の挙動を示し、回帰直線の傾きから塩分が1%上昇すると濃度が0.016mg/l低下するように対応していた。また回帰直線の切片から河川水中のNO₃-N濃度は0.45mg/lとなるが、これは図3で流入水中のNO₃-N濃度が通日一定して0.40mg/lであったことと一致していた。一方NH₄-Nは混合過程で高くなっていきPO₄-Pと同様の傾向を示した。

考 察

1. 降雨時の河口域における栄養塩類の挙動

降雨時に流入した汚濁物質が広島湾の水質に与える影響をみるため、表2で広島湾湾中部における降雨時と晴天時の表層部(水深0, 1m層の平均値)の水質を比較した。降雨時の水質はSt.13の測定値を、晴天時の水質は1987年の5月から9月に月1回St.11付近の調査結果を用いた[11]。降雨時にはPOPは約2倍高くなっており降水による影響が伺われるが、PONは違いがみられなかった。NO₃-N, NH₄-N及びPO₄-Pは約3倍以上高くなっており、これらが河川水とともに供給されたことがわかる。

PON, POPと塩分の散布図から、これらが河口周辺の狭い範囲で急速に底層へ沈降していく様子が伺える。また河川水と海水との混合過程でNO₃-Nは保存性の傾向を示したが、NH₄-NとPO₄-Pは濃度が高くなっていき変化パターンに違いがみられた。このこと

は通日調査でも前者が通日一定で変化しなかったのに対して、後者は調査開始時に高く以後減少して一定となるという経時変化を示したことも類似している。

表2 降雨時及び晴天時の広島湾湾央部における水質

	NO ₃ -N (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	PON (mg/l)	POP (mg/l)
降雨時 ¹⁾	0.38	0.105	0.024	0.16	0.048
晴天時 ²⁾	0.03	0.038	<0.003	0.17	0.025

1) 浮標調査におけるSt.13の水深0, 1m層の平均値。

2) 1987年5月から9月の広島湾中央表層部の測定値(0, 1m層の平均値) [11].

2. 降雨時の汚濁物質流入負荷量

通日調査日の太田川全体から広島湾へ流入する汚濁物質の負荷量を算出した。河川水流入量は放水路河口の実測流量、河口断面積及び降雨時の放水路と他の5河川の流量比率[6]から求めた。また汚濁物質の平均濃度は、放水路河口の実測値に水深50cm毎の流速を加味した加重平均値を用いた。結果は1日当たりの負荷量に換算して晴天時の負荷量とともに表3に示した。1990年7月3日の調査前は1週間前から降雨が続き前日には62mmの降雨があり、流量も5日前から150から290m³/secと増水しており当日は460m³/secであった[9, 10]。晴天時の負荷量は1987年と1988年の5月から7月にかけて、太田川が6河川に分派する直前の戸坂で行った調査で得られた平均値である[5].

降雨時(1989年7月13日)のSSの負荷量は晴天時の230日分相当と特に多くなった。これは降雨により山林、田畑、河岸及び河床が侵食されたり河床堆積物が掃流されて大量の土砂が流入したことを示している。またTPの負荷量は晴天時の56日分、TNは19日分に

相当していたが、TPの増加率がTNに比較して3倍大きかった。このことはリンが土壌粒子へ吸着する作用や土壌成分と難溶解性の塩を形成する性質を持つことにより、TPでみるとTNに比較して土壌中に固定され易いこと[12]に起因している。これらの土壌中に固定された懸濁態リンが降雨により侵食掃流され河川水中に流入したものと考えられる。TOCの負荷量は晴天時36日分相当とTN、TPの中間のレベルであった。1990年7月3日は1989年調査と比較して、河川水量は1/2であり、各負荷量はTNで1/2、TP及びTOCで1/4、SSで1/8となっていたが、SSが特に大きくTPがTNより大きいという負荷量の傾向は一致していた。

要 約

降雨時の河口域において、通日及び浮標追跡による水質調査を行った結果以下のことがわかった。

- (1) 河川水量が多い時でも、河口部では河川水と海水が混じり合わず上下二層をなした。
- (2) 河口へ流入する汚濁物質濃度は3つのパターンで経時変化した。SS, PON, POPは指数曲線に従って減少し、NH₄-N, PO₄-Pはそれらとはやや異なるパターンでやはり減少傾向を示した。それに対してNO₃-Nはほとんど経時変化を示さなかった。
- (3) 降雨時に河口域に供給された栄養塩類の挙動には3つのパターンがあった。PON, POPは河口周囲の極めて狭い範囲に急速に沈降堆積する様子がみられた。NO₃-Nは混合拡散過程で保存性の挙動をした。NH₄-N, PO₄-Pは水塊の移動に従って濃度が高くなっていった。
- (4) 降雨時の汚濁物質負荷量を晴天時のものと比較した。太田川流量が600, 460m³/sec前後に増加した

表3 降雨時と晴天時の太田川からの汚濁物質流入負荷量及び河川水流入量

調査年月日	TN (t/day)	TP (t/day)	TOC (t/day)	SS (t/day)	河川水流入量 (10 ⁶ m ³ /day)
降雨時 ¹⁾					
1989.7.13	51(19)	6.7(56)	360(36)	4800(230)	66(14)
1990.7.3	25(9.3)	1.8(15)	86(8.7)	620(30)	32(7.1)
晴天時 ²⁾	2.7	0.12	9.9	21	4.6

負荷量は太田川全体から広島湾への流入量として推定した。括弧内の数値は(降雨時負荷量)/(晴天時負荷量)を示す。

1) 通日調査日の推定値。

2) 太田川が広島市内で分流する直前の戸坂における推定値[5].

場合の負荷量はそれぞれ、TNで19, 9.3日分, TPで56, 15日分, TOCで36, 8.7日分, SSで230, 30日分相当であった。

参考文献

- [1] 広島県県民生活部, 平成6年版環境白書, 74-92 (1994).
- [2] 海老瀬潜一, 環境技術, 9, 277-285 (1980).
- [3] 田口哲, 広島県環境センター研究報告, 5, 58-61 (1983).
- [4] 三滝尊幸, 同上, 10, 1-7 (1988).
- [5] 橋本敏子, 井澤博文, 中富文雄, 全国公害研究会誌, 15, 17-23 (1990).
- [6] 平野敏行, 杉本隆成, 伊藤喜代志, 「環境科学」研究報告書B-204-R01-2, 25-38 (1984).
- [7] 中富文雄, 広島県環境センター研究報告, 11, 21-29 (1991).
- [8] 中富文雄, 同上, 11, 30-38 (1991).
- [9] 日本河川協会, 第42, 43, 44回流量年表, (1991, 1992, 1993).
- [10] (財)日本気象協会広島支部, 平成1, 2, 3年広島県気象月報 (1989, 1990, 1991).
- [11] 中富文雄, 未発表.
- [12] 國松孝男, 菅原正孝, 都市の水環境の創造, 技法堂出版, 東京 (1988), 146-152, 209-211.