

## ◆ 報文 ◆

# 汚濁河川における流出汚濁物質の観測

竹歳健治\* 田中宏明\*\* 小森行也\*\*\* 白崎亮\*\*\*\*

## 1. はじめに

有機物による水質汚濁状況を表す水質指標であるBOD(生物化学的酸素要求量)やCOD(化学的酸素要求量)に関する環境基準の達成状況は、河川については改善されつつあるものの、湖沼については低い達成率で推移しており、水質改善が進んでいない状況にある。

従来から、河川や湖沼等の公共用水域の水質保全及び改善を目的として、下水道をはじめとした水質保全施設の整備が精力的に進められている。このような水質保全対策により効果的に水質改善を図るために、流域から流出する汚濁物質の量、すなわち汚濁負荷量を正確に把握し、精度の高い水質汚濁解析を行って、的確な水質保全対策を計画・実施する必要がある。

しかしながら、汚濁負荷の流出特性は晴天時と降雨時では大きく異なる。晴天時は生活系や産業系の排水といった点的に分布する汚濁源(点源)からの排出が主である。それに対し、降雨時は点源からの汚濁負荷に加え、都市域や農地、林地等の面的に広がる汚濁源(面源)に堆積あるいは残存していた汚濁物質も洗い流され、流出する汚濁負荷量が増大する。このため、流出する汚濁負荷量を正確に把握し、精度の高い解析を行うためには、降雨時も含めた広範囲な観測が必要となってくる。特に湖沼等の閉鎖性水域へ汚濁負荷が流出する場合は、汚濁物質が蓄積されるため、さらに長期間、継続的に流出する汚濁負荷量を把握する必要がある。

そこで降雨時も含め、汚濁負荷流出の実態を正確に把握する目的で、全国で最も水質汚濁が進行している湖沼である手賀沼(千葉県)の流入汚濁河川を対象として、継続的に汚濁負荷量調査を行っている。<sup>1),2),3)</sup> 本稿では今までに行った調査結果について報告する。

## 2. 調査方法

### 2.1 対象河川

手賀沼の流入河川の一つである大津川を対象に

Observation of Runoff Pollutant Loadings in the Polluted River

調査を行った。この手賀沼周辺の概略図を図-1に示す。手賀沼は周辺の都市化により水質汚濁が進行し、近年では毎年のように全国の湖沼中で最も高いCOD値を記録している。

大津川での現地観測は地点Aの大津川本川中下流部と本川下流部に流入している地点Bの名戸ヶ谷排水路末流部、地点Cの増尾排水路末流部の合計3地点で行った。

なお、観測を3地点で行っているのは、地点Yの中沼橋付近にある河川直接浄化施設の取水用ラバー堰によって背水が生じるため、その影響が及ばない地点まで移動し、さらに出来る限り流域全体からの負荷量を把握するために、下流側の支川においても観測点を設けたためである。

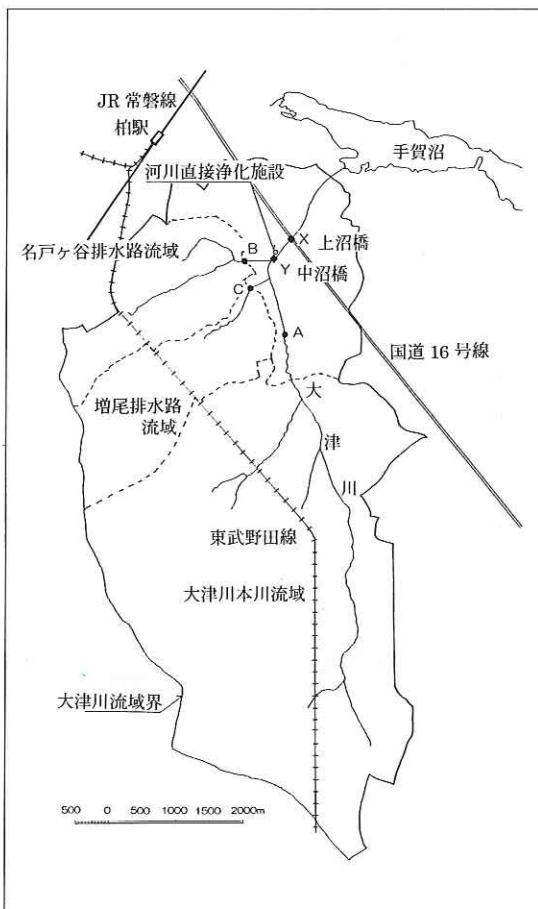


図-1 大津川流域図

## 2.2 調査方法

### 2.2.1 水位・流量観測

水位観測は、各観測地点に千葉県が設置している自記式水位計により5分間隔で水位を記録した。また流量については別途、流量の実測調査を行い、その結果から作成した水位流量(H-Q)曲線を用いて、流量を算出した。

なお、降雨量に関しては、気象庁の我孫子観測所の観測データを利用している。

### 2.2.2 採水

流量観測と同じ地点で、晴天時には1時間間隔で24時間連続採水を行い、降雨時には降雨状況に応じて数分～数時間間隔で連続採水を行った。なお、採水手段は、晴天時には手採水及び自動採水器で採水し、降雨時には自動採水器を雨量計と組み合わせて、降雨開始時より連続採水した。

### 2.2.3 水質分析

採取した試料を持ち帰り、生物化学的酸素要求量(BOD<sub>5</sub>)、過マンガン酸カリウムによる化学的酸素要求量(COD<sub>Mn</sub>)、浮遊物質量(SS)、総窒素(T-N)及び無機態窒素(NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N)、総リン(T-P)、オルトリン酸態リン(PO<sub>4</sub>-P)の各項目について、河川水質試験方法(案)<sup>4)</sup>に基づき、分析を行った。

## 3. 調査結果

### 3.1 調査流域の状況

大津川流域は手賀沼(手賀川、下手賀沼を含まない)の流域面積の約40%を占め、流域人口については、平成6年度末現在で手賀沼全体の約47%を占めており、同じく流域面積で約34%、人口で約42%を占める大堀川流域と合わせ、手賀沼に対する大きな汚濁源となっている<sup>5)</sup>。

調査の対象とした大津川流域の平成6年度末現在の人口、流域面積や土地利用等の流域フレームは表-1の通りである。また、各観測地点流域毎の土地利用比率を図-2に、汚水処理状況について図-3に示した。

なお、本調査に用いた流域フレーム等は千葉県の資料<sup>5)</sup>による。ただし、これらの流域フレームは平成6年度末現在の集計値であり、データ収集・整理の関係上、実流域での観測データと調査時期が異なり、調査時における実際の流域フレームは若干変化していることに留意する必要がある。

各流域の特徴は以下の通りである。

表-1 大津川流域フレーム(H6年度末)<sup>5)</sup>

ブロック名	大津川 本川	名戸ヶ谷 排水路	増尾 排水路	大津川 流域全体
流域面積(ha)	2,400	437	424	3,698
土地利用				
市街地	48.08	79.39	67.89	55.69
面積比率 (%)	5.72	0.00	0.78	6.19
水田	36.53	11.85	16.50	28.30
畑地・雑地	9.67	8.76	14.85	9.81
林地				
流域人口(人)	109,537	36,493	25,421	196,123
汚水処理				
下水道	20.09	75.05	15.10	38.19
形態別				
合併浄化槽	12.52	1.65	29.02	11.15
人口比率 (%)	50.77	19.37	51.41	39.86
単独浄化槽				
し尿くみ取り	16.62	3.93	4.47	10.81

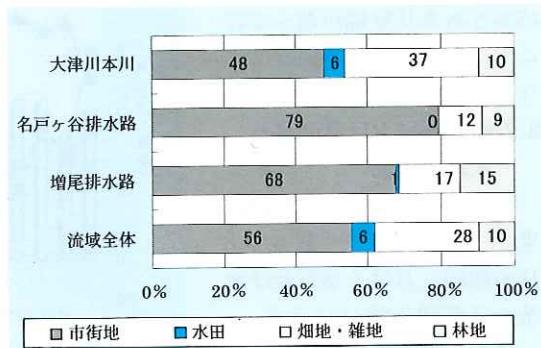


図-2 各観測流域毎の土地利用比率<sup>5)</sup>

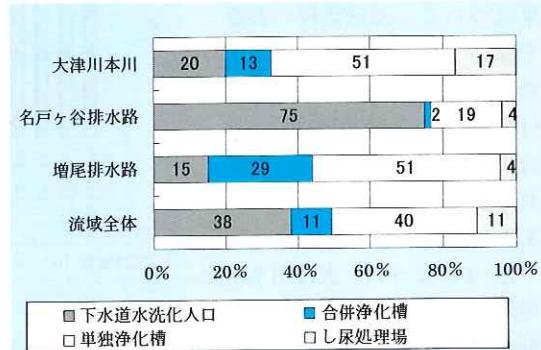


図-3 各観測流域毎の汚水処理形態別人口比率<sup>5)</sup>

#### (1) 大津川本川流域

調査を行った3流域のうち、流域面積が一番大きく、流域内人口も多い。土地利用は半分弱が市街地で、残りは農地や林地で占められている。汚水の処理形態は下水道が約20%、し尿くみ取りが約17%、残りが浄化槽となっている。

#### (2) 名戸ヶ谷排水路流域

流域面積は増尾排水路流域とほぼ同規模で、大津川本川流域の1/5程度である。土地利用は約8割が市街地のため、流域の人口密度は高い。

汚水処理の形態は、下水道が約75%を占めており、他の流域に比べ下水道整備が進んでいる。

### (3) 増尾排水路流域

流域面積は名戸ヶ谷排水路流域とほぼ同規模であるが、市街地面積の比率が名戸ヶ谷排水路流域より小さく、流域人口は2/3程度となっている。汚水処理形態は下水道が約15%とあまり整備が進んでおらず、8割以上は浄化槽により処理されている。

### 3.2 晴天時における流量と

#### 水質の状況

晴天時における通日観測結果の一例として、平成8年8月の観測における水質及び流量の日変動を図-4に示す。

また、晴天時に行った3回の調査(平成8年8月、平成9年11月、平成10年1月)結果について、流域規模の影響を除いて比較しやすくするために単位面積当たりの日流量(比流量)と日流出負荷量(比流出負荷量)、加重平均した水質を表-2にまとめた。

#### 3.2.1 流量

図-4のように、大津川本川と増尾排水路では昼夜で流量の変動が見られたが、名戸ヶ谷排水路では他の2地点に比べて流量の日変動が小さかった。

名戸ヶ谷排水路流域は他の流域に比べ、下水道整備が進んでおり、下水処理場で処理された汚水は流域外へ放流されていることから、汚水の流出経路が河川から

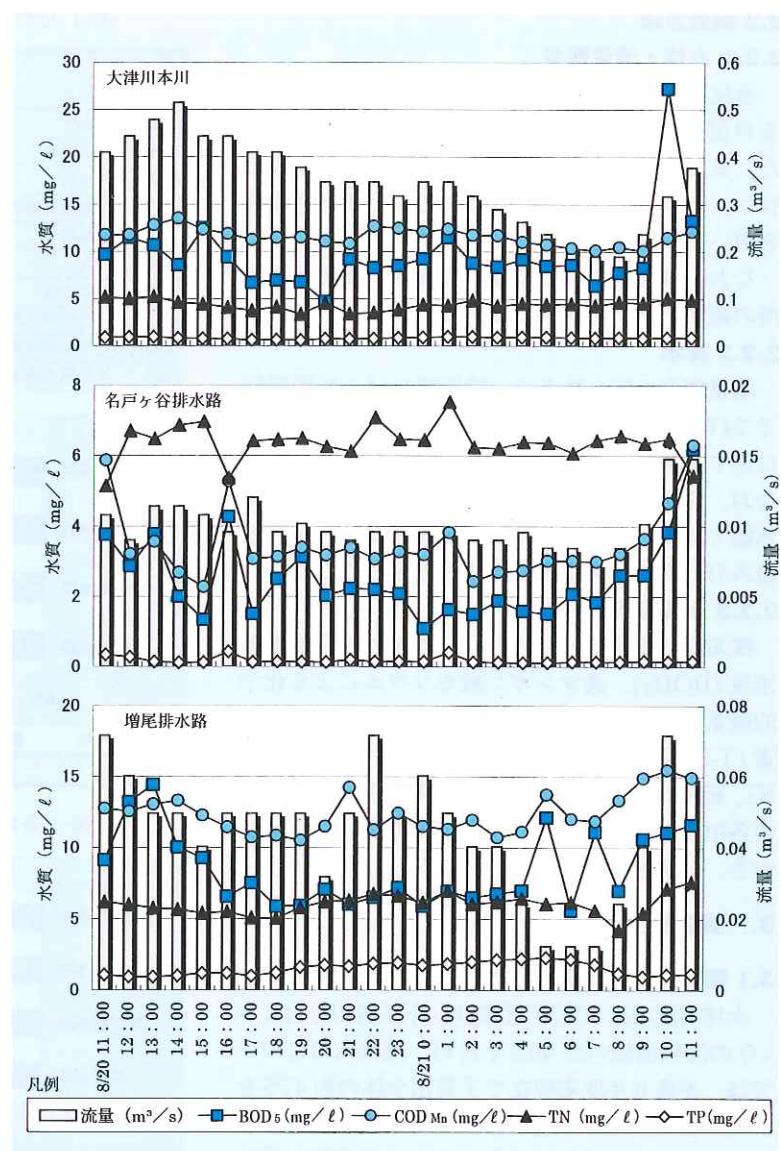


図-4 晴天時の水量・水質の日変動 (H8.8.20-21)

表-2 晴天時調査結果

調査時期	調査流域	比流量 (m <sup>3</sup> /day/ha)	比流出負荷量 (g/day/ha)				加重平均水質 (mg/l)			
			BOD <sub>5</sub>	COD <sub>Mn</sub>	TN	TP	BOD <sub>5</sub>	COD <sub>Mn</sub>	TN	TP
H8.8	大津川本川	17.1	166.2	200.4	75.0	14.3	9.7	11.7	4.4	0.8
	名戸ヶ谷排水路	11.9	30.1	42.0	75.9	2.1	2.5	3.5	6.4	0.2
	増尾排水路	19.6	166.8	244.6	119.9	28.1	8.5	12.5	6.1	1.4
	3 流域合計	16.8	148.0	184.9	81.0	14.5	8.8	11.0	4.8	0.9
H9.11	大津川本川	11.4	102.3	146.7	94.1	15.6	9.0	12.9	8.3	1.4
	名戸ヶ谷排水路	12.6	147.8	140.4	78.0	11.8	11.7	11.1	6.2	0.9
	増尾排水路	26.7	210.6	310.6	234.1	42.1	7.9	11.6	8.8	1.6
	3 流域合計	13.6	122.5	167.2	110.2	18.5	9.0	12.3	8.1	1.4
H10.1	大津川本川	18.4	257.9	241.1	248.0	19.8	14.0	13.1	13.5	1.1
	名戸ヶ谷排水路	18.4	168.0	158.0	133.4	11.5	9.1	8.5	7.3	0.6
	増尾排水路	32.2	320.6	346.6	482.8	40.0	9.9	10.8	15.0	1.2
	3 流域合計	20.2	254.0	243.4	263.2	21.3	12.6	12.1	13.0	1.1

下水道へ移ってきていていることが示唆された。

次に、平成9年度における各月の晴天時平均日流量の変化を図-5に示した。なお、比較しやすいように、流量は流域面積で除した比流量で表している。

大津川本川では6月～8月の期間の流量が大幅に増加しているが、他の2地点では若干変化している程度であった。これら的原因として、大津川本川流域は他の流域に比べ、水田や畑地といった農地の比率が高いため、農業系取排水の影響等が考えられる。また、名戸ヶ谷排水路流域と増尾排水路流域においては、流域面積や土地利用が比較的似ているにもかかわらず、単位面積当たりの流出水量が大きく異なり、名戸ヶ谷排水路では増尾排水路の半分から2/3程度であった。これらの流域では汚水処理形態が異なり、特に名戸ヶ谷排水路流域では、増尾排水路流域に比べ、下水道整備が非常に進んでいる。そのため、名戸ヶ谷排水路流域では増尾排水路流域よりも、流域から排出される汚水のうち、下水道を経由する水量が多くなっていると推測される。

### 3.2.2 水質

図-4のように各地点ともBOD<sub>5</sub>に関しては大きく変動している。また、他の水質項目について、大津川本川では日変動はあまり見られなかった。表-2に示した各調査における流量加重平均水質濃度では、灌漑期である平成8年8月の調査と非灌漑期に行った平成9年11月、平成10年1月の調査結果を比較すると、各流域とも非灌漑期に窒素、リンといった栄養塩類の項目について水質の悪化が見られた。特に大津川本川及び増尾排水路ではTNの急激な上昇が見られ、逆に名戸ヶ谷排水路ではTPやBOD<sub>5</sub>、COD<sub>Mn</sub>について、水質の悪化が顕著であった。

### 3.2.3 流出負荷量

図-4に示すように、各地点とも流量変動の方が水質変動に比べて日変動の度合が大きいため、流出負荷量は流量と同様な変動傾向を示した。また、表-2に示した3回の調査について、大津川本川ではTNを除き、水質にあまり変化がないため、流量に応じて流出負荷量が増減していた。名戸ヶ谷排水路及び増尾排水路では灌漑期である平成8年

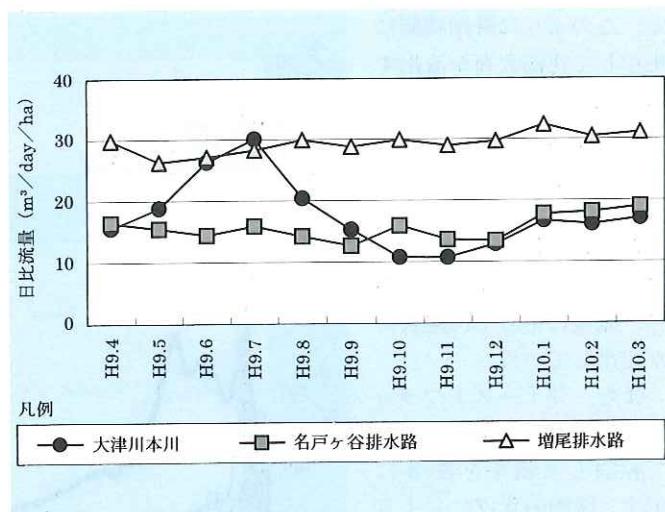


図-5 晴天時における月平均日比流量の状況

8月の調査に比べ、非灌漑期の平成9年11月、平成10年1月の流量や水質が上昇し、それに伴い、全ての水質項目について、流出負荷量の大幅な増大が認められた。

調査時期による水量の変化は、先述したように農業系取排水の影響が考えられるが、名戸ヶ谷排水路や増尾排水路における水質の上昇は、それほど農地の面積が大きくなないことから農業用水の影響とは考えにくく、工場排水等で、不定期に排出されている点源負荷があるのではないかと考えられる。

### 3.3 降雨時における流量と水質の状況

降雨時に実施した連続観測結果について以下に述べる。また、観測結果の一例として、平成9年5月に行なった観測での水質及び流量の変化を図-6に示す。

#### 3.3.1 流量

名戸ヶ谷排水路と増尾排水路では降雨開始直後から急激に流量が増加し、降雨が収まると急激に減少していたが、大津川本川では、流域面積が他の2地点よりも大きく、流達時間も長くなるため、流量増加の度合が比較的緩やかで、長時間にわたり流量の増加が継続している。

#### 3.3.2 水質

各地点各水質項目とも降雨初期の流量ピーク時に濃度が高く、平水時の数十倍から数百倍程度の濃度に達していた。しかしながら、それ以降は流量が増減しても、濃度はほぼ一定であった。

#### 3.3.3 流出負荷量

降雨初期の流量増大時に水質が高くなっているが、その際に流出する汚濁負荷が突出して多くなっている。

る。このように降雨初期に集中して汚濁負荷が流出する現象をファーストフラッシュ現象と呼ぶが、3 地点とも現象が認められた。それ以降は水質がほぼ一定となるため、最初の流量ピーク時に比べれば小さいものの、流量に応じて汚濁負荷が流出している。

また、ファーストフラッシュ時の流出負荷量について検討した結果を表-3 に示す。降雨の状況にもよるが、図-6 で示した平成 9 年 5 月の降雨では、その降雨に由来する全流出負荷量のうち、およそ半分から 8 割程度をファーストフラッシュ時の流出負荷成分が占めていた。また観測地点別では、名戸ヶ谷排水路が他の 2 地点に比べて、流出負荷量が大幅に少なかった。

#### 4.まとめと今後の課題

##### 4.1 まとめ

流域の状況が異なる 3 流域で調査を行った結果、下水道整備が進んでいる河川流域では、整備が進んでいない流域に比べ、平水時の河川流量の日変動が小さくなるとともに、流量と流出負荷量ともに減少傾向がみられた。

また、灌漑期・非灌漑期あるいは季節等、時期によ

り平水時の流量及び流出負荷量に大きな違いが見られた。これらの原因として、農地等から不定期に排出される面源負荷の影響に加え、点源負荷にも不定期に排出されるものが存在し、それらも影響していることが示唆された。このことから、晴天時調査であっても、異なる時期に通日調査を実施し、平均的な晴天時負荷を捉える必要があるこ

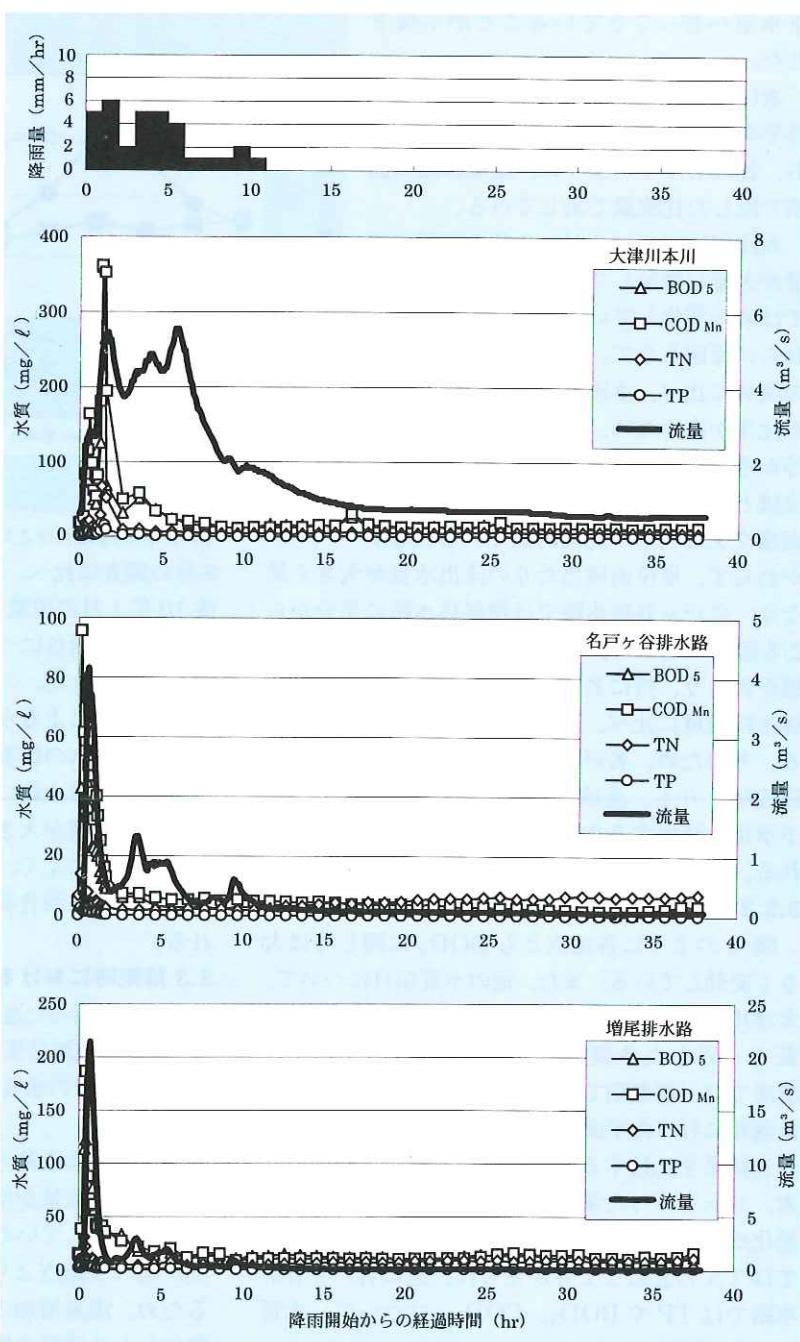


図-6 降雨時の水量・水質の変化 (H9.5.8-10)

表-3 降雨全体に占めるファーストフラッシュの割合

地点名	流量 (%)	汚濁負荷量 (%)			
		BOD <sub>5</sub>	COD <sub>Mn</sub>	TN	TP
大津川本川	18.9	50.7	61.1	60.01	61.71
名戸ヶ谷排水路	37.2	78.4	78.4	58.49	84.39
増尾排水路	57.6	83.4	85.1	74.66	83.72

とが分かった。

さらに、降雨時の観測結果より、流域の土地利用や下水道整備の状況によるファーストフラッシュが降雨時の流出に占める割合の相違など、降雨時の流出特性の違いが明らかになった。

#### 4.2 今後の課題

今後の課題を以下に示す。

##### (1) 流域における水循環の把握

流域の灌漑用水の取排水や上水道の供給水量、下水道での処理水量等、流域における水の流れを把握し、河川の流出水量や水質に対する影響を実証する。

##### (2) 降雨時流出と流域状況との関連性の検討

降雨時における観測データの蓄積を進め、降雨時の流出水量や水質に対して、下水道整備や土地利用等の地域条件が与える影響を解明する。

##### (3) 年間流出量の定量化

年間を通して、どれだけの水量や汚濁物質を公共水域に排出しているかを把握し、下水道整備や土地利用の変化等、流域の変化が対象水域に対して、どのような影響を及ぼすかを総合的な検討を行う。

今後はこれらの課題を中心に、さらに調査を進めていく予定である。

最後に本調査において、観測点の設置や水位データ、資料の提供等、千葉県都市河川課及び東葛飾土木事務所にご協力をいただいた。ここに関係者の方々に厚く御礼申し上げる。

#### 参考文献

- 1) 村上健、渡部春樹、小森行也：閉鎖性水域における栄養塩負荷削減の効果評価に関する調査、土木研究所資料、第 2129 号、pp.197-202, 1984.7
- 2) 高島英二郎、田中宏明、中村栄一：手賀沼流入河川における汚濁負荷量の流出特性および年間負荷量の把握、水環境学会誌、Vol.18, No.4, pp.297-306, 1995.
- 3) 田中宏明、小森行也、横田敏宏、竹歳健治：流域循環系に占める下水道整備効果に関する調査、土木研究所資料、第 3528 号、pp.257-264, 1997.10
- 4) 建設省河川局監修：河川水質試験方法（案）、1997 年版、試験方法編、技報堂出版、1997.12
- 5) 千葉県東葛飾土木事務所：総合浄化対策特定河川事業検討会資料（内部資料）、1996.1
- 6) 國松孝男、村岡浩爾ら：河川汚濁のモデル解析、技報堂出版、1989.

竹歳健治\*



建設省土木研究所下水道部  
水質研究室研究員  
Kenji TAKETOSHI

田中宏明\*\*



同 水質研究室長  
Hiroaki TANAKA

小森行也\*\*\*



同 水質研究室  
主任研究員  
Koya KOMORI

白崎 亮\*\*\*\*



同 水質研究室  
主任研究員  
Makoto SHIRASAKI