

## 轟木川の水質調査結果について（第2報）

吉川信治 松瀬紀子 北島淳二

### 要 旨

第1報で轟木川下流域の水質悪化の原因は下水道終末処理場排水の影響が示唆されたが、詳細調査した結果、排水中のN-BOD（窒素由来のBOD）がその要因になっていることが判明した。

キーワード：BOD、ATU-BOD、N-BOD

### はじめに

前回の調査（第1報）では、今川橋地点の水質悪化の原因が下水道終末処理場（以下「下水処理場」という。）排水に起因することは推測できたが十分解明できなかったため、この原因を明らかにすべく追跡調査を行った。

実際はこの値より高い可能性がある。負荷量は、下水処理場排水が100kg/日、上流部77kg/日、下流部270kg/日であった。下水処理場排水と上流部の負荷量の合計は下流部の負荷量と一致するはずだが、下流部の方がかなり高かった。

### 調査結果

#### 1 水質及び負荷量

水質調査結果と負荷量は、表-1に、また、上流部地点（轟木川・石橋川合流後）と下水処理場排水の合計負荷量と下流部（今川橋）の負荷量は、図-1に示したとおりである。

下水処理場排水の負荷量は平成17年度の日平均排水量を、河川負荷量は、平成18年4月調査時の河川流量を基に算出した。

##### 1.1 BOD

河川水は下水処理場の上流部（轟木川・石橋川合流後）が1.1mg/L、下流部（今川橋）が3.0mg/Lといずれも環境基準値(3mg/L)を満たしていた。下水処理場の排水は6.4mg/Lで、自主検査結果（H17年度年間平均値2.5mg/L）より高かった。排水は塩素滅菌処理をしているので、BOD測定に影響を与える残留塩素（負の妨害）を還元する必要があるが、この処理を省略したため、

表-1 水質調査結果と負荷量

項目	轟木川・石橋川合流後⑤		下水処理場排水		今川橋⑥	
	mg/L	負荷量 kg/day	mg/L	負荷量 kg/day	mg/L	負荷量 kg/day
採水時刻	10:40		10:20		10:10	
気温 (度)	23		23		23	
水温 (度)	20		25		21	
流量 (m <sup>3</sup> /day)	70,000		16,000		89,000	
NH <sub>4</sub> -N	<0.01	0.7	19	300	7.6	680
NO <sub>2</sub> -N	<0.01	0.7	0.69	11	0.19	17
NO <sub>3</sub> -N	1.2	84	0.63	10	0.96	85
T-N	1.5	110	22	350	9.0	800
T-P	0.035	2.5	0.61	9.8	0.28	25
BOD	1.1	77	6.4	100	3.0	270
ATU-BOD	1.1	77	2.1	34	1.3	120
N-BOD	0	0	4.3	69	1.7	150

・採水日：平成18年5月25日

・NH<sub>4</sub>-N及びNO<sub>2</sub>-Nが<0.01mg/Lの場合の負荷量は、0.01mg/Lとして計算

・河川流量：平成18年4月25日調査時の流量

・下水処理場の排水量：H17年度の日平均排水量

・下水処理場排水のBOD値：残留塩素除去前の測定値

・ATU-BOD：アモニア態窒素の硝化作用を抑制して測定したBOD値

・N-BOD：アモニア態窒素の硝化に伴う酸素消費量(BOD-ATU-BOD)

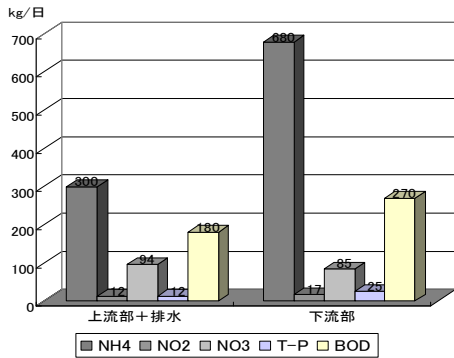


図-1 上流部+下水処理場の負荷量と下流部(今川橋)の負荷量

### 1. 2 窒素

アンモニア態窒素 (NH<sub>4</sub>-N)、亜硝酸態窒素 (NO<sub>2</sub>-N)、硝酸態窒素 (NO<sub>3</sub>-N) は、それぞれ、下水処理場排水が、19mg/L、0.69mg/L、0.63mg/L、上流部が、<0.01mg/L、<0.01mg/L、1.2mg/L、下流部が、7.6mg/L、0.19mg/L、0.96mg/Lであった。各態窒素のうち硝酸態窒素は他の各態窒素と異なり、排水や下流部よりも上流部の方が高かった。アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素の負荷量については、それぞれ、下水処理場排水が、300kg/日、11kg/日、10kg/日、上流部が、0.7kg/日、0.7kg/日、84kg/日、下流部が、680kg/日、17kg/日、85kg/日であった。亜硝酸態窒素と硝酸態窒素については、下水処理場排水と上流部の合計負荷量と下流部の負荷量は大体同じであったが、アンモニア態窒素は、下水処理場排水と上流部の合計300kg/日に対して下流部が680kg/日と2倍以上あった。全窒素 (T-N) についてみると、下水処理場排水、上流部、下流部いずれにおいても各態窒素の合計量と概ね一致していたが、下水処理場排水と上流部の合計量 (460kg/日) は、下流部の負荷量 (800kg/日) とは大きく異なっていた。

### 1. 3 全りん

下水処理場排水は0.61mg/L、上流部0.035mg/L、下流部0.28mg/Lであった。負荷量は、下水処理場排水が9.8kg/日、上流部2.5kg/日、下流部25kg/日で下水処理場排水と上流部の合計より

下流部の方が高かった。

## 2 下水処理場排水の水質と排水量及び負荷量の推移 (自主検査結果より)

過去5年間の下水処理場の排水の水質の推移は、図-2に、排水量、負荷量の推移は図-3に示したとおりである。

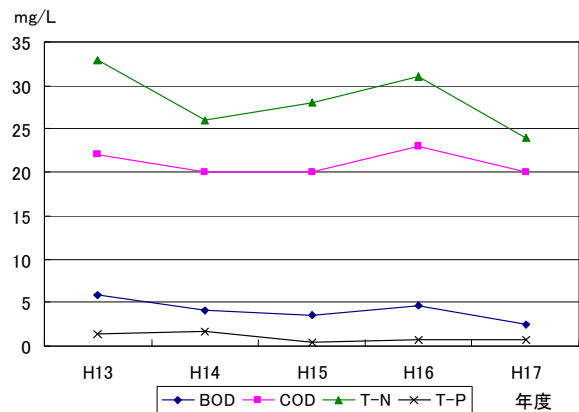


図-2 下水処理場排水の水質の推移

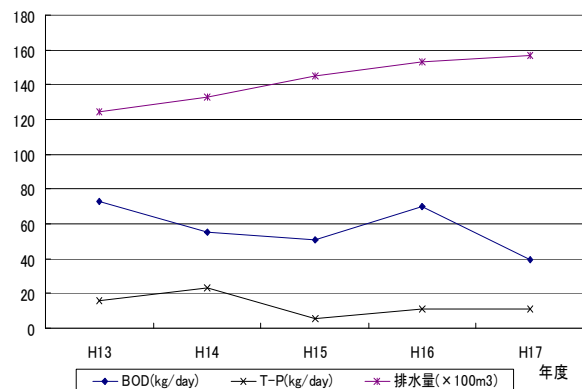


図-3 下水処理場の排水量と負荷量の推移

水質については、CODを除き、BOD、全窒素 (T-N)、全りん (T-P) はいずれも改善傾向にある。排水量については、下水道整備の進捗とともに増加傾向ある。排出負荷量については、排水量は増加しているものの水質が改善されているので概ね横這いとなっている。

## 3 轟木川(今川橋)の水質と降水量

近年の今川橋での水質悪化の原因を調べるため、降水量との関係をグラフにした。(図-4)

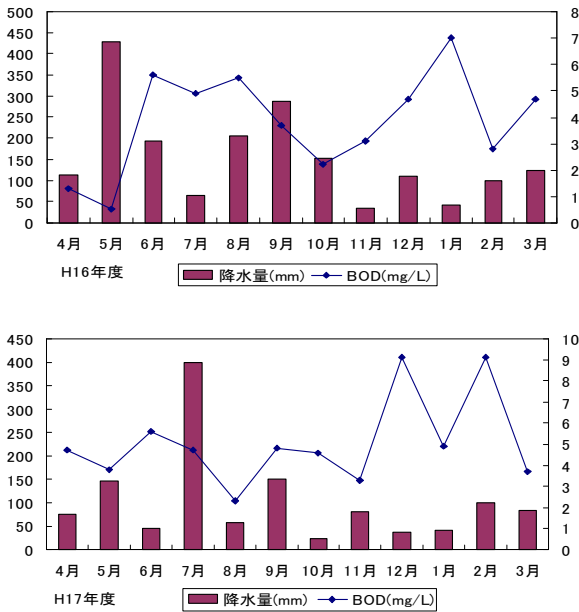


図-4 今川橋の水質と降水量

降水量は、轟木川（真木町）に最も近い福岡気象台久留米市観測データを使用した。このグラフから、降水量が少ない時はBOD値が高くなる場合もあるが明確な傾向は認められない。したがって、降水量が水質悪化の原因になっているとは考えにくい。

考 察

今川橋でのBODは環境基準に適合していたが、下水処理場排水の水質、排水量、河川流量から判断すると高い。また、下水処理場排水と上流部のBODの負荷量の合計量は、下流部(今川橋)の負荷量と計算上一致するはずだが、かなり下流部の方が高く辻褄が合わない。窒素化合物は、河川においては硝化菌の作用によりアンモニア態窒素 (NH<sub>4</sub>-N) から亜硝酸態窒素 (NO<sub>2</sub>-N)、硝酸態窒素 (NO<sub>3</sub>-N) へと分解していくため、硝酸態窒素がアンモニア態窒素や亜硝酸態窒素と比べて高いのは自然であり、上流部で硝酸態窒素が他の各態窒素より高かったのは当然の結果といえる。しかし、下水処理場排水中のアンモニア態窒素は亜硝酸態窒素や硝酸態窒素と比べて突出して高い。これはアンモニ

ア態窒素の硝化菌による分解が十分進んでいないことが考えられる。下水処理場の下流部でもこの影響と考えられアンモニア態窒素が他の各態窒素と比べて高かった。通常下水処理過程における活性汚泥中には、硝化菌が多く存在しアンモニア態窒素を除去しているが、負荷が高い場合等ではアンモニア態窒素は完全に処理しきれない。その結果多量のアンモニア態窒素が河川に排出されることになる。BODとして測定される物質は、①有機物で好気性微生物により分解されるもの、②窒素化合物で硝化菌等によって分解されるもの(アンモニア、亜硝酸塩等)、③水中の溶存酸素を消費する被酸化性物質などである。<sup>1)</sup>したがって、下水処理場排水の放流先下流の今川橋でBOD値が高い要因として、下水処理場から大量に排出されたアンモニア態窒素の硝化に伴う酸素消費量 (N-BOD) によることが考えられる。そこで、アンモニア態窒素の硝化作用を抑制(アリルチオ尿素処理)したBOD (ATU-BOD) の測定を行いN-BODの影響について検討した。結果は図-5に示したとおりである。

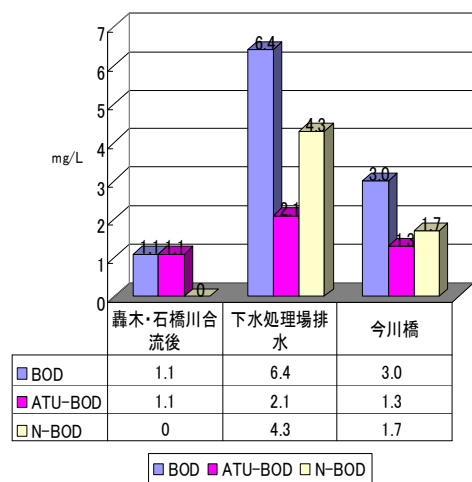


図-5 BODとATU-BOD・N-BOD

ATU-BODは、上流部では1.1mg/L、負荷量77kg/日でアリルチオ尿素処理をせずに測定したBOD値と変わらなかったが、下水処理場排水と下流部ではATU-BODは、それぞれ

2.1mg/L、負荷量34kg/日、1.3mg/L、負荷量120kg/日とかなりBOD値が下がった。つまり、BODとATU-BODの差分である窒素由来のBOD(N-BOD)がBOD値を押し上げる要因になっていたと考えられる。このATU-BODで負荷量の収支をみてみると、上流部と下水処理場排水の合計量(111kg/日)と下流部の負荷量(120kg/日)がほぼ一致し、BOD負荷量で収支が合わなかったのはこのN-BODの影響だったことが分かった。ただ、アンモニア態窒素や全りん等上流部と下流部の負荷量の収支に大きな相違がある点については、その算定に河川の簡易流量測定値や下水処理場排水量の1年間の日平均値を用いたこと、さらに河川水と下水処理場排水の採取日が同一日でなかったことなどによるものと思われるが明確でない。

### まとめ

今川橋で近年BODが高い原因は、下水処理場排水に起因するものであり、その排水中に多量に存在するアンモニア態窒素の酸素消費量(N-BOD)によるものと考えられる。一方、前回の調査(第1報)で疑問点として残った、下水処理場排水よりもそのすぐ下流河川のBOD値が高いことや自主検査のBOD値と河川の水質から推計した下水処理場排水のBOD値に大きな相違がある点については今回の調査結果では説明できないが、下水処理場の自主検査の方法ではBODが低値となる可能性があること、推計値との比較に実測値ではなく自主検査の年間平均値を用いたこと、1回の河川調査結果をもとに判断したこと等に原因があったのではないと思われる。(ちなみに今回の調査では、今川橋でのBODは排水の実測値より低かった)今川橋でのBODを下げる対応策としては、下水処理場におけるアンモニア態窒素の処理が必要不可欠と考える。下水処理場における窒素、りんの除去率は、図-6に示したとおり過去5年間あまり変化はない。

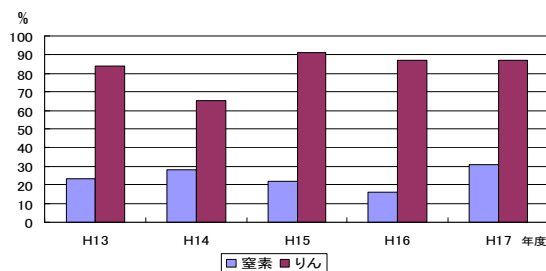


図-6 下水処理場の窒素・りんの除去率

平均除去率は、りんの83%に対して窒素は24%と低い。平成16年度の全国主要12都市の下水処理場放流水の窒素の平均除去率55%と比べてもかなり低い状況である。<sup>2)</sup> 現在、県内の下水処理場で窒素の高度処理設備を整備しているところはないが、轟木川の今川橋地点における水質を継続して環境基準に適合させるためには、下水処理場の排水処理に脱窒素の機能が付加されることが望まれる。

近年、下水道整備の進んだ都市河川ではBODが横這いとなっている。これは河川における下水処理水の占める割合が高いため、つまり、窒素由来のBOD(N-BOD)がその要因となっているといわれており、新たな水環境問題として指摘されている。<sup>3)</sup> 現在、河川の水質汚濁の指標としてのBODは一定の約束事の上に成り立っている方法であるためN-BODも含めた評価となっている。しかし、今後は窒素由来のBOD(N-BOD)の影響をどのように評価するか等、水質指標としての妥当性についての議論も必要ではないかと思われる。

### 参考文献

- 1) 環境分析技術手法 社団法人 日本環境測定分析協会編 しらかば出版
- 2) 環境年報Vol.31(2006年度版) 日本石鹼工業界
- 3) 河川における水質環境向上のための総合対策に関する研究(平成13年11月) 財団法人 河川環境管理財団