

論 文

都内河川におけるN-BOD測定 (その3)
 ——隅田川、荒川及び江戸川のN-BOD測定結果——

津久井 公 昭 山 崎 正 夫

要 旨

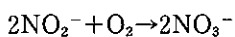
N-BODに関して、隅田川 (新河岸川を含む)、荒川及び江戸川の実態調査を行った。その結果、次のことが判明した。

- ① 河川水中に下水処理水の占める比率が高い新河岸川と隅田川では、硝化寄与率 (BOD中のN-BODの比率) が高く、志茂橋で26～59% (年平均44%)、小台橋で28～55% (年平均38%) であった。
- ② 硝化寄与率を河川別に比較すると、隅田川、荒川、江戸川の順に低くなる。
- ③ N-BOD測定と並行して、アンモニア濃度の経時的变化を分析した。これによって、硝化の進行状況とN-BOD出現の様相が確認できた。

1 はじめに

BOD (生物化学的酸素要求量) は、水質汚濁の指標として、一般の人にもよく知られている。通常、BODは、有機物による水の汚れを表すとされているが、実際には有機物だけでなく、アンモニアも関係し、時にはアンモニアに由来する部分が有機物に由来する部分をしのぐこともある。このことは専門分野の人々を除き、一般には意外に知られていない。

BODは、水中に溶存する酸素 (DO) の消費量として測定される。水中の有機物は、細菌によって分解される。この時DOを消費するが、このDO消費量がBODとなる。同様に水中のアンモニアは、硝化菌の働きで、亜硝酸を経て硝酸まで酸化 (硝化という) される。硝化反応のDO消費量もBODとして算定される。



上式によれば、アンモニア (NH₄-N) 1 mg/l が亜硝酸 (NO₂-N) まで硝化される過程でDOを3.43mg/l消費し、更に亜硝酸 (NO₂-N) から硝酸 (NO₃-N) まで硝化される過程でDOを1.14mg/l消費する。したがって、アンモニア 1 mg/l が硝酸まで完全に硝化されたとすると、その時のDO消費は、BOD4.57mg/lに相当する。仮にアンモニア濃度が2.2mg/lであれば、BODで10mg/lになり、これは環境基準E類型の最大値に相当

する (表1参照)。以下、BODの内容の中で、有機物に由来する部分をC-BODとし、アンモニアに由来する部分をN-BODとする。

従来、河川水のBOD測定に際しては、硝化菌の増殖速度が遅いことなどから、N-BODを考慮する必要はほ

表1 環境基準値 (BOD)

項目	B O D
AA	1 mg/l以下
A	2 mg/l以下
B	3 mg/l以下
C	5 mg/l以下
D	8 mg/l以下
E	10 mg/l以下

とんどないとされていた。しかし、硝化菌は、廃水処理過程において増加する。したがって、下水処理水の占める割合が多くなっている現在の都市河川では硝化が起こりやすくなっていると考えられる。いくつかの河川のN-BOD測定の結果¹⁾をみれば、BOD中に、無視しえない量のN-BODが存在する可能性があることは明らかである。河川等公共用水域の水質測定は頻繁に行われているが、N-BODは、ほとんど測定されていない。筆者らは、都内河川における硝化問題を把握するための基礎資料として、既に多摩川のN-BODの調査結果等について報告²⁾した。ここでは、隅田川、荒川および江戸川でのN-BOD調査の結果について報告する。

2 調査方法及び分析方法

(1) 調査河川

調査河川は、多摩川を除いた都内の大河川として、隅田川、荒川および江戸川とした。新河岸川は、隅田川の最上部から流入し、隅田川の上流部とも見なせるので、隅田川に加えた。調査地点は隅田川（新河岸川を含む）が5地点、荒川が2地点、江戸川が3地点である。

1) 隅田川

- St. 1 (新河岸川) 芝宮橋 (環境基準類型指定E)
- St. 2 (新河岸川) 志茂橋 (E)
- St. 3 岩淵水門 (D)
- St. 4 小台橋 (D)
- St. 5 両国橋 (D)

2) 荒川

- St. 1 新荒川大橋 (D)
- St. 2 葛西橋 (D)

3) 江戸川

- St. 1 新葛飾橋 (A)
- St. 2 江戸川水門 (B)
- St. 3 浦安橋 (C)

(2) 調査期間及び回数

1991年10月から1992年8月までの期間に、隅田川については7回、荒川および江戸川については3回調査を行った。

(3) 分析方法

ア BOD、N-BOD、C-BOD：工場排水試験方法 (JIS K 0102)³⁾による。BOD測定と並行して、N-アリルチオ尿素 (ATU) を添加して硝化を抑制したBODす

なわちC-BODを測定する。BOD値からC-BOD値を差引き、N-BOD値とする。ATUの作用はアンモニアから亜硝酸への硝化を阻害することであり、最初から存在している亜硝酸の硝化によるDO消費分は、C-BODに含まれることになるが、亜硝酸は通常少量なので、この分については無視することにした。

イ 窒素化合物：アンモニア性窒素 (NH₄-N)、亜硝酸性窒素 (NO₂-N) 及び硝酸性窒素 (NO₃-N) についてはGF/Cでろ過した後、全窒素 (T-N) についてはペルオキシ二硫酸カリウム分解した後、いずれもオートアナライザーによる自動分析法で分析した。なお、NH₄-N、NO₂-N及びNO₃-Nの合計を無機性窒素 (I-N) とした。

ウ pH、DO、COD、SS：工場排水試験方法による。

エ リン化合物：りん酸性りん (PO₄-P) についてはGF/Cでろ過した後、全りん (T-P) についてはペルオキシ二硫酸カリウム分解した後、いずれもオートアナライザーによる自動分析法で分析した。

オ 電気伝導率：電気伝導率計で測定した。

(4) アンモニア等の変化実験方法

アンモニア等の窒素化合物の変化を次の方法で検討した。すなわち、300ml共栓三角フラスコに、検水200mlを採り、密栓して、遮光した20℃恒温槽中に静置する。経時的に、攪拌することなく検水の上層より3mlを採り、アンモニア等窒素化合物を分析する。

この方法は、フラスコの中に空気層があり、採水の度に開栓する点がBOD測定操作と異なるが、BOD測定中のアンモニア等窒素化合物の変化を簡便に把握することができる。

3 結果と考察

調査結果を、隅田川（新河岸川を含む）については表2①～⑤に、荒川については表3①～②に、江戸川については表4①～③に示す。

(1) 河川のN-BOD

新河岸川・隅田川の流域には、新河岸処理場、小台処理場、三河島処理場等多数の下水処理場があり、これらの処理場の処理水の流入により、河川水中に占める下水処理水の割合が非常に高い。両国橋において、その割合は39%とされる⁴⁾。

図1に新河岸川の志茂橋の水質の年間変化を示す。

表 2 ① St-1 芝宮橋

項目	日時	回							平均
		1	2	3	4	5	6	7	
		1991.10.3 10:10	1991.11.21 10:10	1992.1.23 10:00	1992.3.4 9:55	1992.5.13 10:05	1992.7.16 10:20	1992.8.7 10:00	
BOD	mg/l	3.5	5.7	9.2	11.8	6.8	9.8	4.7	7.4
N-BOD	mg/l	1.4	3.4	5.4	5.7	3.5	6.3	2.9	4.1
C-BOD	mg/l	2.1	2.3	3.8	6.1	3.3	3.5	1.8	3.3
NH4-N	mg/l	0.90	1.85	9.80	10.1	3.16	1.40	1.52	4.10
NO2-N	mg/l	0.12	0.24	0.19	0.33	0.25	0.13	0.18	0.21
NO3-N	mg/l	6.69	6.75	3.01	4.35	3.41	3.36	3.63	4.46
I-N	mg/l	7.71	8.84	13.0	14.8	6.82	4.89	5.33	8.77
T-N	mg/l	8.29	9.42	14.5	15.7	7.75	5.80	6.00	9.64
水温	°C	20.8	13.6	11.4	11.2	17.1	21.1	24.8	17.1
pH		6.9	7.0	7.2	7.2	7.1	6.9	7.1	7.1
DO	mg/l	7.0	8.0	7.8	5.7	7.1	5.4	5.8	6.7
COD	mg/l	5.7	4.8	8.5	9.8	6.5	7.4	4.4	6.7
SS	mg/l	42.4	14.6	9.2	13.8	16.0	75.0	22.0	27.6
PO4-P	mg/l	0.13	0.21	0.68	0.57	0.36	0.14	0.23	0.33
T-P	mg/l	0.29	0.33	0.91	0.80	0.54	0.33	0.34	0.51
電気伝導率	uS/cm	308	358	516	528	327	233	312	369
硝化率	%	40	60	59	48	51	64	62	55
硝化率	%	34	40	12	12	24	98	42	38

表 2 ② St-2 志茂橋

項目	日時	回							平均
		1	2	3	4	5	6	7	
		1991.10.3 11:00	1991.11.21 11:20	1992.1.23 10:50	1992.3.4 10:55	1992.5.13 11:05	1992.7.16 11:25	1992.8.7 11:15	
BOD	mg/l	3.1	5.9	6.8	7.7	5.5	8.9	3.9	6.0
N-BOD	mg/l	0.8	3.5	2.9	3.1	2.2	5.1	1.8	2.8
C-BOD	mg/l	2.3	2.4	3.9	4.6	3.3	3.8	2.1	3.2
NH4-N	mg/l	1.54	3.42	8.82	10.2	5.36	2.50	3.62	5.03
NO2-N	mg/l	0.15	0.27	0.20	0.24	0.30	0.17	0.25	0.23
NO3-N	mg/l	6.47	6.42	3.74	2.72	3.50	2.33	3.44	4.09
I-N	mg/l	8.16	10.1	12.6	13.1	9.16	5.00	7.31	9.35
T-N	mg/l	8.91	10.8	13.6	14.1	0.51	6.03	8.22	8.88
水温	°C	21.0	14.1	11.3	12.3	18.6	22.2	25.9	17.9
pH		6.9	7.0	7.2	7.2	7.0	7.0	7.0	7.0
DO	mg/l	5.4	7.8	7.3	6.6	5.4	5.2	4.3	6.0
COD	mg/l	5.9	5.8	8.5	9.6	7.3	7.9	6.0	7.3
SS	mg/l	27.2	12.5	25.8	29.4	8.4	82.5	28.0	30.5
PO4-P	mg/l	0.13	0.33	0.53	0.42	0.54	0.20	0.35	0.36
T-P	mg/l	0.25	0.44	0.77	0.68	0.70	0.44	0.51	0.54
電気伝導率	uS/cm	341	402	503	511	395	216	363	390
硝化率	%	26	59	43	40	40	57	46	44
硝化率	%	11	22	7	7	9	45	11	16

表 2 ③ St-3 岩淵水門

項目	日時	回							平均
		1	2	3	4	5	6	7	
		1991.10.3 11:25	1991.11.21 11:35	1992.1.23 11:05	1992.3.4 11:05	1992.5.13 11:25	1992.7.16 11:35	1992.8.7 11:25	
BOD	mg/l	1.7	5.1	4.9	4.2	6.1	3.1	3.5	4.1
N-BOD	mg/l	0.2	2.8	1.0	0.5	2.4	1.4	1.7	1.4
C-BOD	mg/l	1.5	2.3	3.9	3.7	3.7	1.7	1.8	2.7
NH4-N	mg/l	0.13	4.22	5.72	9.90	6.60	0.26	4.80	4.52
NO2-N	mg/l	0.03	0.27	0.17	0.23	0.30	0.06	0.23	0.18
NO3-N	mg/l	2.52	6.37	2.99	2.21	3.46	1.92	3.20	3.24
I-N	mg/l	2.88	10.9	8.88	12.3	10.4	2.24	8.23	7.94
T-N	mg/l	2.85	11.9	9.48	12.5	11.3	2.70	9.08	8.54
水温	°C	21.1	14.5	8.7	11.2	18.6	21.3	26.2	17.4
pH		7.4	7.1	7.2	7.2	7.0	7.2	7.0	7.1
DO	mg/l	7.8	7.7	7.7	5.8	5.0	7.0	4.2	6.4
COD	mg/l	4.1	6.3	7.7	8.6	8.6	6.3	6.8	6.9
SS	mg/l	57.2	11.0	19.6	21.4	25.6	168.0	39.8	48.9
PO4-P	mg/l	0.03	0.36	0.28	0.26	0.60	0.04	0.43	0.29
T-P	mg/l	0.11	0.52	0.50	0.59	0.82	0.20	0.67	0.49
電気伝導率	uS/cm	185	455	621	5120	432	154	382	1050
硝化率	%	12	55	20	12	39	45	49	33
硝化率	%	34	15	4	1	8	118	8	27

BODは3.1~8.9mg/l (年平均6.0mg/l) まで変動している。その中でN-BODは0.8~5.1mg/l (年平均2.8mg/l) を占めるが、硝化寄与率 (BOD中のN-BODの比率) をみると、26~59% (年平均44%) と常に高い値を示す。また、図2に隅田川の小台橋での年間変化を示す。BODは2.4~8.8mg/l (年平均4.4mg/l) で、その中でN-BODは0.8~4.8mg/l (年平均1.8mg/l) である。硝化寄与率は28~55% (年平均38%) で、常に高値である。これらの地点の硝化寄与率の高さをみれば、BODを有機物だけと受け取ることは誤りで、アンモニアの存在を認識せずには、正しいBODの評価ができないことは明

らかである。なお、小台橋の11月調査結果で、アンモニア濃度は4.80mg/l であり、完全に硝化されれば、この分からのBODは21.9mg/l になるが、実際に得られたN-BODは1.4mg/l であり、硝化率 (存在するアンモニアの中で、実際に硝化されたアンモニアの割合。ここでは、 $\{N-BOD / (4.57 \times NH_4-N)\} \times 100$ を硝化率とした。亜硝酸分については、通常少量なので省略した。) は6%である。同様に7月の調査結果では、アンモニア濃度は1.70mg/l であり、N-BODの最大値は7.8mg/l になりうるが、このとき得られたN-BODは4.8mg/l であり、硝化率は62%である。

表2④ St-4 小台橋

項目	日時	1	2	3	4	5	6	7	平均
		1991.10.3 12:30	1991.11.21 12:40	1992.1.23 12:20	1992.3.4 12:20	1992.5.13 12:45	1992.7.16 12:55	1992.8.7 12:40	
BOD	mg/l	3.1	3.0	5.9	4.0	3.8	8.8	2.4	4.4
N-BOD	mg/l	1.0	1.4	2.5	1.1	1.1	4.8	0.8	1.8
C-BOD	mg/l	2.1	1.6	3.4	2.9	2.7	4.0	1.6	2.6
NH4-N	mg/l	1.59	4.80	10.9	13.5	6.12	1.70	4.65	6.17
NO2-N	mg/l	0.11	0.29	0.18	0.19	0.27	0.12	0.22	0.20
NO3-N	mg/l	4.95	5.74	3.33	2.29	2.87	2.01	3.33	3.50
I-N	mg/l	6.65	10.8	14.4	16.0	9.26	3.83	8.20	9.87
T-N	mg/l	7.27	11.8	15.6	16.6	10.4	4.99	9.06	10.8
水温	℃	21.4	14.9	11.4	12.5	18.7	21.9	26.3	18.2
pH		6.9	7.1	7.2	7.2	6.9	7.0	7.0	7.1
DO	mg/l	5.6	7.1	5.9	5.1	3.3	5.2	3.4	5.1
COD	mg/l	6.2	6.9	10.7	9.8	7.6	9.4	5.9	8.1
SS	mg/l	58.4	31.4	36.6	17.6	24.3	163.0	21.6	50.4
PO4-P	mg/l	0.12	0.25	0.49	0.66	0.42	0.11	0.30	0.34
T-P	mg/l	0.26	0.45	0.88	0.93	0.65	0.41	0.48	0.58
電気伝導率	μS/cm	300	583	723	3110	389	198	388	813
硝化寄与率	%	32	47	42	28	29	55	33	38
硝化率	%	14	6	5	2	4	62	4	14

表2⑤ St-5 両国橋

項目	日時	1	2	3	4	5	6	7	平均
		1991.10.3 13:15	1991.11.21 13:35	1992.1.23 13:00	1992.3.4 13:05	1992.5.13 14:00	1992.7.16 14:10	1992.8.7 13:35	
BOD	mg/l	3.9	1.1	1.9	2.5	1.6	7.5	1.7	2.9
N-BOD	mg/l	1.3	0.2	0.3	0.9	0.2	2.5	0.3	0.8
C-BOD	mg/l	2.6	0.9	1.6	1.6	1.4	5.0	1.4	2.1
NH4-N	mg/l	0.91	3.29	8.00	8.84	3.84	2.18	3.61	4.38
NO2-N	mg/l	0.16	0.24	0.35	0.28	0.27	0.18	0.27	0.25
NO3-N	mg/l	3.56	2.09	2.08	1.76	1.37	1.95	2.59	2.20
I-N	mg/l	4.63	5.62	10.4	10.9	5.48	4.31	6.47	6.83
T-N	mg/l	5.21	5.82	10.3	10.9	5.39	5.60	6.78	7.14
水温	℃	21.4	16.8	11.4	12.5	18.7	22.2	26.0	18.4
pH		6.8	7.4	7.3	7.3	7.2	7.0	7.1	7.1
DO	mg/l	4.0	6.4	6.7	6.0	4.6	3.1	4.1	5.0
COD	mg/l	5.8	5.0	6.8	7.1	4.9	7.9	4.9	6.1
SS	mg/l	21.0	26.5	16.2	22.8	6.5	82.7	4.7	25.8
PO4-P	mg/l	0.09	0.20	0.36	0.46	0.26	0.12	0.38	0.27
T-P	mg/l	0.19	0.31	0.56	0.63	0.39	0.39	0.48	0.42
電気伝導率	μS/cm	665	30500	18200	22700	28500	241	15300	16600
塩分			18.4	11.9	13.4	17.0		9.6	14.1
硝化寄与率	%	33	18	16	36	13	33	18	24
硝化率	%	31	1	1	2	1	25	2	9

表 3 ① St-1 新荒川大橋

項目	日時	1	2	3	平均
		1991.9.5 11:45	1992.2.20 10:30	1992.6.10 10:30	
BOD	mg/l	4.4	4.0	3.6	4.0
N-BOD	mg/l	1.4	0.3	1.2	1.0
C-BOD	mg/l	3.0	3.7	2.4	3.0
NH4-N	mg/l	2.08	6.29	2.46	3.61
NO2-N	mg/l	0.18	0.30	0.15	0.21
NO3-N	mg/l	2.76	2.62	2.16	2.51
I-N	mg/l	5.02	9.21	4.77	6.33
T-N	mg/l	5.76	9.89	5.36	7.00
水温	℃	25.7	5.5	21.3	17.5
pH		7.1	7.2	7.0	7.1
DO	mg/l	5.2	6.2	4.8	5.4
COD	mg/l	5.3	7.4	6.0	6.2
SS	mg/l	22.8	19.7	19.3	20.6
PO4-P	mg/l	0.17	0.25	0.17	0.20
T-P	mg/l	0.28	0.43	0.28	0.33
電気伝導率	uS/cm	285	2770	281	1110
硝化寄与率	%	32	8	33	24
硝化率	%	15	1	11	9

表 4 ① St-1 新葛飾橋

項目	日時	1	2	3	平均
		1991.9.5 13:30	1992.2.20 12:25	1992.6.10 12:45	
BOD	mg/l	0.6	2.5	1.5	1.5
N-BOD	mg/l	0.0	0.3	0.5	0.3
C-BOD	mg/l	0.6	2.2	1.0	1.3
NH4-N	mg/l	0.06	0.61	0.27	0.31
NO2-N	mg/l	0.00	0.07	0.02	0.03
NO3-N	mg/l	2.30	2.77	1.81	2.29
I-N	mg/l	2.36	3.45	2.10	2.64
T-N	mg/l	2.52	3.61	2.25	2.79
水温	℃	25.4	7.9	20.2	17.8
pH		7.2	7.4	7.1	7.2
DO	mg/l	7.7	10.2	7.1	8.3
COD	mg/l	3.3	3.7	4.1	3.7
SS	mg/l	42.3	6.6	33.3	27.4
PO4-P	mg/l	0.03	0.08	0.03	0.05
T-P	mg/l	0.09	0.18	0.12	0.13
電気伝導率	uS/cm	176	272	157	202
硝化寄与率	%	0	12	33	15
硝化率	%	0	11	41	17

表 3 ② St-2 葛西橋

項目	日時	1	2	3	平均
		1991.9.5 14:45	1992.2.20 13:50	1992.6.10 14:10	
BOD	mg/l	2.2	3.2	1.3	2.2
N-BOD	mg/l	0.1	0.4	0.0	0.2
C-BOD	mg/l	2.1	2.8	1.3	2.1
NH4-N	mg/l	0.61	5.94	1.51	2.69
NO2-N	mg/l	0.06	0.21	0.14	0.14
NO3-N	mg/l	0.92	1.65	1.19	1.25
I-N	mg/l	1.59	7.80	2.84	4.08
T-N	mg/l	2.20	8.26	3.13	4.53
水温	℃	27.1	10.0	22.4	19.8
pH		7.9	7.2	7.2	7.4
DO	mg/l	6.2	4.6	4.5	5.1
COD	mg/l	3.8	6.5	5.0	5.1
SS	mg/l	14.7	14.0	8.7	12.5
PO4-P	mg/l	0.09	0.22	0.11	0.14
T-P	mg/l	0.15	0.38	0.18	0.17
電気伝導率	uS/cm	29800	15500	6850	17400
塩分		17.7	9.8	3.8	10.4
硝化寄与率	%	5	13	0	6
硝化率	%	4	1	0	2

表 4 ② St-2 江戸川水門

項目	日時	1	2	3	平均
		1991.9.5 13:55	1992.2.20 12:55	1992.6.10 13:20	
BOD	mg/l	1.0	2.6	1.4	1.7
N-BOD	mg/l	0.0	0.0	0.3	0.1
C-BOD	mg/l	1.0	2.6	1.1	1.6
NH4-N	mg/l	0.17	1.57	0.22	0.65
NO2-N	mg/l	0.01	0.11	0.03	0.05
NO3-N	mg/l	2.25	2.32	1.85	2.14
I-N	mg/l	2.43	4.00	2.10	2.84
T-N	mg/l	2.59	4.11	2.28	2.99
水温	℃	25.6	8.6	20.1	18.1
pH		7.3	7.4	7.2	7.3
DO	mg/l	7.4	9.5	6.9	7.9
COD	mg/l	3.0	5.5	3.7	4.1
SS	mg/l	14.4	8.6	11.2	11.4
PO4-P	mg/l	0.05	0.08	0.04	0.06
T-P	mg/l	0.10	0.19	0.10	0.13
電気伝導率	uS/cm	186	5720	189	2030
硝化寄与率	%	0	0	21	7
硝化率	%	0	0	30	10

表 4 ③ St-3 浦安橋

項目	日時	1	2	3	平均
		1991.9.5 14:25	1992.2.20 13:25	1992.6.10 13:50	
BOD	mg/l	1.2	2.9	2.0	2.0
N-BOD	mg/l	0.2	0.2	0.1	0.2
C-BOD	mg/l	1.0	2.7	1.9	1.9
NH4-N	mg/l	0.24	2.46	0.46	1.05
NO2-N	mg/l	0.01	0.18	0.05	0.08
NO3-N	mg/l	2.18	1.71	1.92	1.94
I-N	mg/l	2.43	4.35	2.43	3.07
T-N	mg/l	2.63	4.65	2.68	3.32
水温	℃	25.9	9.6	20.6	18.7
pH		7.2	7.4	7.2	7.2
DO	mg/l	6.8	8.3	6.4	7.2
COD	mg/l	3.5	4.7	4.1	4.1
SS	mg/l	22.3	7.4	19.3	16.3
PO4-P	mg/l	0.04	0.09	0.05	0.06
T-P	mg/l	0.09	0.19	0.13	0.14
電気伝導率	uS/cm	6760	16800	215	7930
塩分		—	10.7	—	—
硝化寄与率	%	17	7	5	10
硝化率	%	18	2	5	8

荒川と江戸川については、硝化寄与率は、隅田川よりは低い、BOD中に無視しえない量のN-BODが存在することは明らかである。

荒川について、新荒川大橋で硝化寄与率をみると、8~33% (年平均24%) である。また、江戸川は、都内では比較的清浄な水域であり、新葛飾橋の下流の金町地点に水道水源の取水点を有す。新葛飾橋での硝化寄与率をみると、BODが0.6~2.5mg/lと低いため誤差が大きくなるが、測定値からそのまま算出すると0~33% (年平均15%) となる。

海水の影響を受ける河川の下流側の地点では、上流側と比較して硝化寄与率、硝化率が低い傾向が見られた。隅田川の上流側の小台橋での硝化寄与率は平均38%、硝化率は平均14%であるが、下流側の両国橋ではそれぞれ24%と9%と低くなっている。

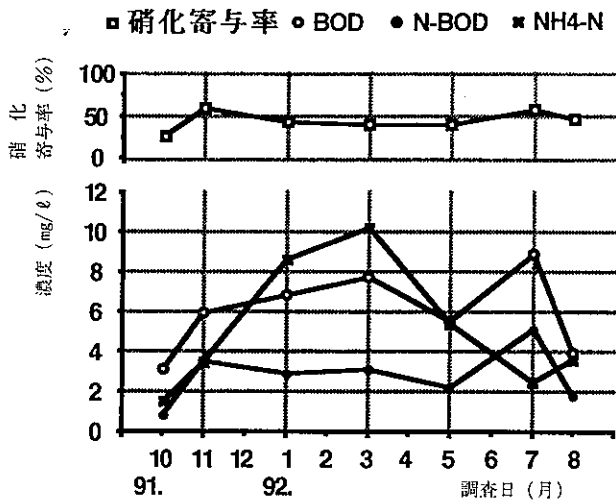


図1 志茂橋の水質

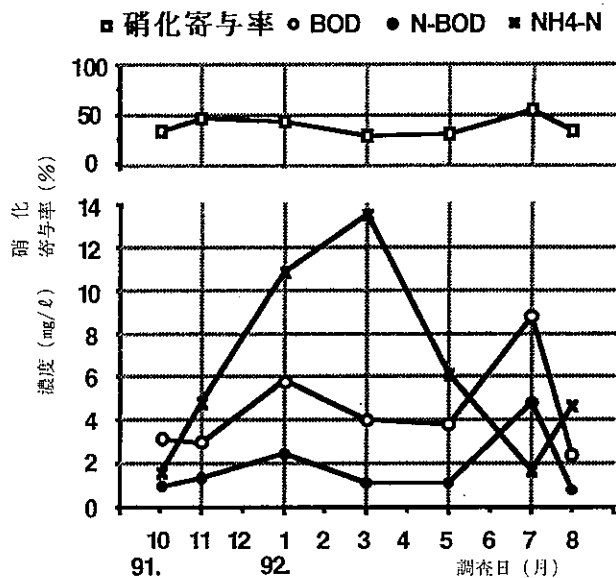


図2 小台橋の水質

(2) アンモニア濃度とN-BOD等の関係

隅田川 (新河岸川を含む) の芝宮橋、志茂橋、小台橋および両国橋の測定結果について、アンモニア濃度に対するN-BOD、硝化寄与率および硝化率の散布図を図3~図5に示す。図3においてアンモニア濃度とN-BODの関係は不明瞭であって (相関係数 $r=0.027$)、アンモニア濃度からN-BODを推定することはできない。これは、後述(3)硝化の進行とその把握で説明するように、BOD測定の日間では、存在するアンモニアの全部は、必ずしも硝化されないために、存在するアンモニアの濃度とN-BODが比例しないためである。図4においてアンモニア濃度と硝化寄与率についても、明瞭な傾向は出ていない (相関係数 $r=-0.139$)。図5のアンモニア濃度と硝化率 (相関係数 $r=-0.543$) については、低濃度るとき硝化率が高い傾向がみられる。これはアンモニアが同量硝化されたとすると、初期濃度が低い方が硝化された割合としては高くなるためと考えられる。

一般的に、硝化反応が進行する条件としては、①アンモニアがあること、②硝化菌が存在すること、③硝化菌が増殖しやすい環境であること、等があげられる。N-BODは、5日目までのアンモニア消費量を示すが、BOD測定条件下で、①と③が満たされれば、N-BODは、アンモニアの初期濃度ではなく、②において、硝化菌の初期存在量に支配されると考えられる。BOD検水中の硝化菌の起源は、排水中に含まれるものと河床で増殖しているものの二つが考えられるが、その実態は明らかでなく、その解明は今後の課題と言える。

(3) 硝化の進行とその把握

N-BODはアンモニアの硝化に由来するので、BOD測定中のアンモニア等の窒素化合物の変化を分析すれば、N-BODに関する状況をより正確に把握することができる。

図6に小台橋試料 (92.1) の分析結果を示す。アンモニアは4日目から減少を始め、11日目にはほとんどなくなる。NH₄-N、NO₂-N及びNO₃-Nを合計したI-Nが常にほとんど一定であることから、この反応は硝化であることが分かる。BODは5日目に培養を終了する。図6において、5日目では、アンモニアは、減少途中であり、それまで減少した部分がN-BODとして測定される。存在するアンモニアの全量が消費されていないので、N-BOD値は、アンモニアの初期濃度に比例しない。なお、

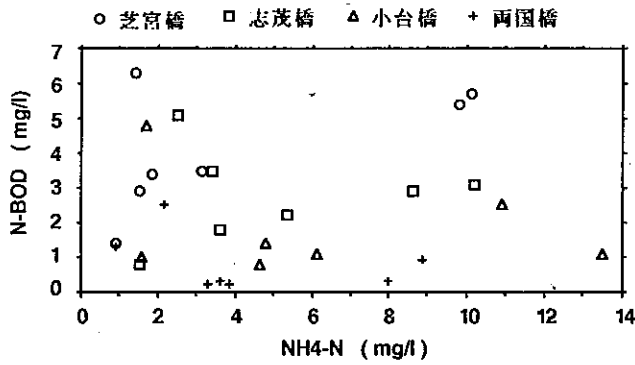


図3 アンモニア濃度とN-BODとの関係

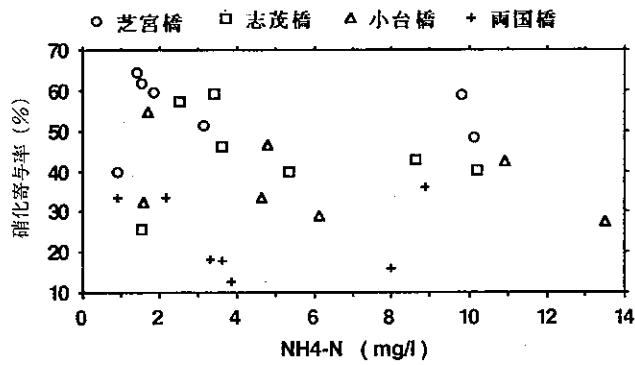


図4 アンモニア濃度と硝化寄与率との関係

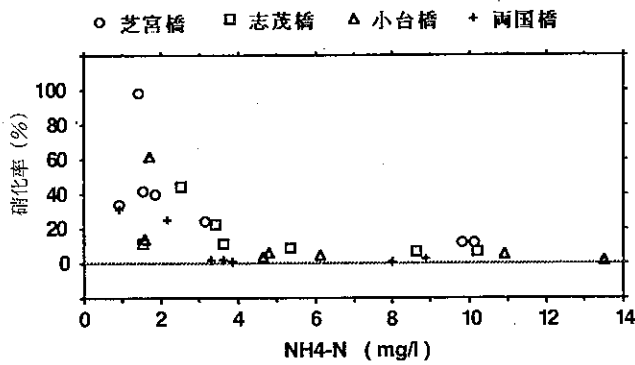


図5 アンモニア濃度と硝化率との関係

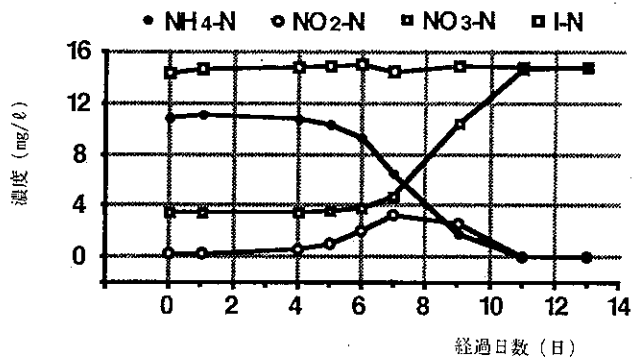


図6 窒素化合物の変化 (小台橋 92.1)

図6において、5日目でのアンモニアの減少量は5%であり、このときのBOD測定値から算出した硝化率も5%で、よく一致している。

BOD測定と並行して、三角フラスコを使って、窒素化合物の変化の様相をみる上記の手法は、方法が簡単でありながら、硝化の進行が明快に把握でき、利用価値が高い。また、培養開始からアンモニアが急速に減少する時期までへの時間の長短は、検水中の初期の硝化菌の存在量に対応するもので、応用として硝化菌量の把握に使用できるものと考えられる。

4 まとめ

河川水のBODについては、硝化菌の増殖速度が遅いことなどから、N-BODはほとんどないとされていた。しかし、下水処理水等処理された排水の流入が多くなっている現在の都市河川では、硝化が起りやすくなっている。都内河川のN-BODに関して隅田川、荒川および江戸川で調査を行い、次の結果を得た。

① 河川水中に下水処理水の占める比率が高い新河岸川と隅田川では、硝化寄与率 (BOD中のN-BODの比率) が高く、志茂橋で26~59% (年平均44%)、小台橋で28~55% (年平均38%) である。

② 硝化寄与率を河川別に比較すると、隅田川、荒川、江戸川の順に低くなる。

③ 海水の影響を受ける各河川の下流側の地点では、上流側と比較して硝化寄与率が低くなる傾向が見られた。

④ 今回のBOD測定においては、硝化が完了していないため、アンモニア濃度から硝化寄与率を推定することはできない。

⑤ N-BOD測定と並行して、アンモニア濃度の経時の変化を分析すれば、N-BOD出現の様相を正しく確認することができる。

⑥ 今後の課題として、河川内での硝化菌の増殖の実態を解明することが必要である。

参考文献

- 1) 柴田次郎、東 義仁：水域におけるBOD構成成分に関する研究 (第2報) 淀川の水質の推移とBOD測定における硝化作用の影響、大阪府公害監視センター所報 調査研究編第6号1983、p.131~140.
- 2) 大沼淳一ら：BOD測定における硝化作用の寄与、

- 愛知県公害調査センター所報第13号1985、p.93~99.
- 3) 津久井公昭、山崎正夫：都内河川におけるN-BOD測定（その1）N-BOD測定について、東京都環境科学研究所年報1991、p.194~196.
- 4) 津久井公昭、山崎正夫：都内河川におけるN-BOD測定（その2）多摩川のN-BOD測定結果、東京都環

境科学研究所年報1992、p.154~161.

- 5) 日本規格協会：日本工業規格 工場排水試験方法（JIS K 0102）、47~51（1986）.
- 6) 東京都環境保全局：東京都水辺環境保全計画、p. 20（1993）.

N-BOD Measurement of Rivers in Tokyo (III)

Determination of N-BOD in the Sumida, the Ara, and the Edo Rivers

Takaaki Tsukui and Masao Yamazaki

(Abstract)

The measurement of N-BOD (Nitrogenous Biochemical Oxygen Demand) for river waters in the Sumida (including the Shingasi), the Ara, and the Edo Rivers was carried out. The following results were obtained.

1. The N-BOD percentage of the BOD was high in the Sumida River, which receives treated sewage water from many facilities. The values were 26~59% (average value per year : 44%) at the Simo Bridge and 28 ~55% (average value per year : 38%) at the Odai Bridge in the Sumida River.
2. The N-BOD percentages of the BOD in the Sumida, the Ara, and the Edo Rivers decreased in this order.
3. The relation of nitrification process to N-BOD value became clear by observations of the changes of ammonia concentration in waters.