

広瀬川の自浄作用

東北大学 工学部 正員 松本順一郎
東北大学 工学部 正員 我妻貞男

1. はじめに

日本の河川は工場廃水、都市下水などによって汚染されることがかなり多くなってきており、しかもこれらの汚染は複雑化の傾向を示している。広瀬川においてもこれまで検出されなかった重金属が検出されたとの報告がある。広瀬川の自浄作用調査は昭和43年度にも行っているが、このときは広瀬橋から下流約4kmの間で行ったが、今回は牛越橋から三橋までの約11kmの間で行い、河川の自浄作用を検討してみた。

2. 調査方法

調査区間は図に示したように牛越橋から三橋までの約11kmの間とし、9ヶ所の地点で採水を行い、また、下水および工場廃水の採水は13ヶ所の地点で行った。調査は昭和48年10月13日の6時10分～14時45分の間で行い、採水時刻は15分前、定時、15分後に各々採水を行った。

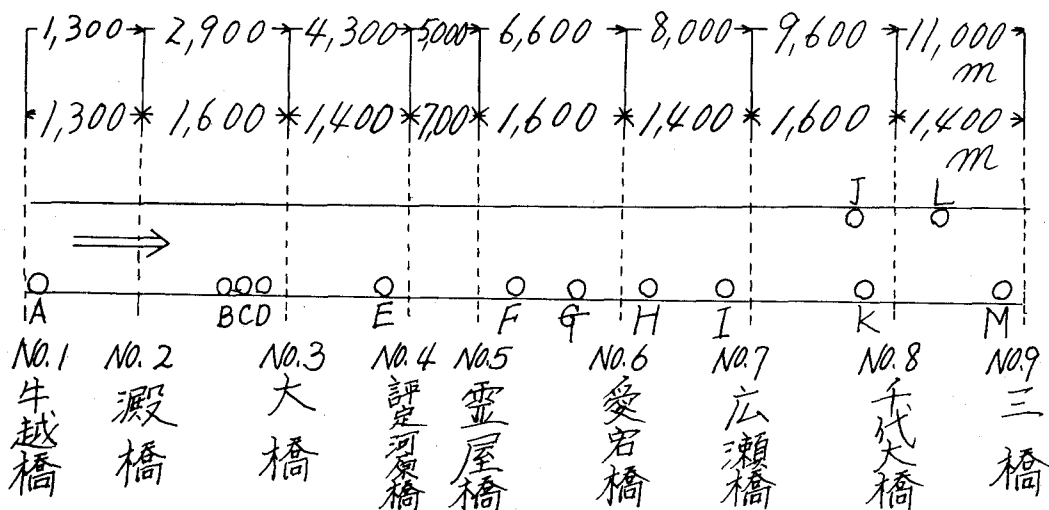
河川の分析項目は水温、pH、濁度、塩素イオン、溶存酸素、アルカリ度、アンモニア性窒素、浮遊物質、COD、BOD、溶解性BODおよび脱酸素係数である。

3. 調査結果

3-1 河川水の結果

pH値は中庄付近の値を示した。前回(昭和43年度)と比較してみると、千代大橋(No.8地点)付近そのpH値がかなり落ちついてきた。濁度は前回に最高値400mg/lという高いものであったが今回は著しく減少していることが示された。塩素イオンは下流に行くほど若干増大する傾向を示し、前回はNo.8付近で塩素イオンが60mg/lとかなり高いものであった。アンモニア性窒素および浮遊物質は前回と比較してみると広瀬橋以降全ての地点で減少し

採水地点, 区間距離, 追加距離



ていることが示された。COD値はNa.1(牛越橋)からNa.9(三橋)まで下流に行くにしたがい徐々に増大する傾向がみられた。BOD値はNa.9地点の229 mg/lが最高でNa.2とNa.8地点でのBOD値が下っているのが見られる。特にNa.8地点でのBOD値は前回12 mg/lであったものが今回は、108 mg/lまで減少したのが注目される。前回と比較するとNa.8付近より下流の水質の向上は目を見はるものがあると考えられた。溶解性BOD値は前回と比較すると低めであった。しかし、Na.1~Na.9のいずれの地点においてもBOD値より溶解性BOD値が高かった。脱酸素係数はNa.1, Na.3, Na.7およびNa.9の4地点で採水し、傾斜法によって K_1 を求めた。 K_1 の値は、Na.1で0.068/day, Na.3で0.090/day, Na.7で0.056/day およびNa.9で0.084/dayであった。 K_1 の値は、廃水成分、履歴、BOD値によって異なると言われているが、本調査の値を見ると、Na.3とNa.9はNa.1とNa.7よりやや高い値を示している。この理由として、Na.3とNa.9は共に履歴が新しいということが考えられる。また、前回と比較して、 K_1 の値が低いのは、BOD値の低下に影響があると思われる。

3-2 下水および廃水の結果

採水箇所は図に示したようにA-Mの13ヶ所で行った。pH値はA地点で9.9であったほかは中性付近であった。濁度は前回丁地点で15,000 mg/lと非常に高い値を示したが、今回は最高82 mg/lと著しく低いものであった。COD値、BOD値ともC地点とF地点で比較的高い値を示した。前回の丁地点のCOD値、BOD値は約550 mg/lと3,500 mg/lであり、今回は4.5 mg/lと36 mg/lであった。この結果より今回は前回とくらべると廃水水質が著しく改善されたことが認められた。

4. BOD収支の解析

(1) BOD負荷量

$$BOD \text{ 負荷量} = (BOD \text{ 濃度}) \times (\text{流量})$$

BOD負荷量は増減を伴いながら流下していくということが分かる。また、廃水による流入負荷量としては、I(木流橋)とL(Y乳業)によるものが目立った。

(2) BOD減少係数(K_r)

ここでいうBOD減少係数(K_r)とは、河川水中での脱酸素係数の意味である。

$$L_b = L_a e^{-K_r t} + \sum L_i e^{-K_r t_i}$$

ここで L_i : 最終BOD K_i : BOD減少係数(脱酸素係数)

t : 流下時間

添字a, bは区間の上流端と下流端を示す。

添字iは区間内における廃水流入を示す。

最終BOD(L)は、実測のBOD₅と実測および仮定された K_1 (実験室での脱酸素係数)を用いて、下式によって求めた。

$$L = \frac{BOD_5}{1 - 10^{-5K_1}}$$

(3) 再曝気係数(K_2)

再曝気係数は水理条件によって決まるとされているので、

河川水水質

採水地点 No.	pH	濁度 mg/l	COD mg/l	BOD mg/l	流量 m ³ /sec
1	7.08	11.5	5.77	1.42	2.35
2	7.38	12.0	5.80	1.25	2.50
3	7.3	7.8	6.02	1.91	2.65
4	7.42	6.0	6.01	1.81	2.75
5	7.3	4.7	6.02	1.73	2.85
6	7.34	5.4	6.76	1.84	3.00
7	7.43	8.3	7.01	2.13	3.10
8	7.7	5.6	7.66	1.08	3.25
9	7.21	8.9	8.13	2.29	3.40

廃水水質

採水地点	pH	濁度 mg/l	COD mg/l	BOD mg/l	排水量 m ³ /sec
A	9.9	50	28.58	73.62	0.45
B	6.7	41	23.51	70.02	12.0
C	7.1	60	36.38	97.72	6.0
D	7.3	40	10.10	13.50	30.0
E	7.1	14	21.10	21.59	45.0
F	7.3	82	85.5	98.68	12.0
G	7.2	38	17.1	4.83	30.0
H	7.2	22	24.2	14.76	13.0
I	7.5	19	21.6	36.76	150.0
J	7.2	6	4.5	3.63	70.0
K	6.7	6	5.2	7.17	20.0
L	7.3	73	46.3	70.71	75.0
M	6.9	31	12.1	7.04	50.0

ここでは「村上の式」を用いてその値を求めてみた。 $K_2 = 22.55 \text{ m}^3 \text{ T} \% / \text{H}^2$

ここで m ; maning の粗度係数 V ; 平均流速 H ; 水深

ここでは、 $m = 0.04$ とし、 V および H は各区間毎に決定した。これらのことから、再曝気係数は $1.5 \sim 8.5 (\text{1/日})$ の範囲にあると思われる。

(4) 区間一律の K_r, K_2 を仮定した場合の計測 DO 不足量と実測 DO 不足量との比較

ここでは $K_r = 2.08 (\text{1/日})$, $K_2 = 5.20 (\text{1/日})$ および $K_r = 1.04 (\text{1/日})$, $K_2 = 4.16 (\text{1/日})$ と二通りの仮定を行った。これらのことから、実測データと $K_r = 1.04$, $K_2 = 4.16$ の仮定が比較的良好に対応した。

以上のことを考えると、広瀬川における K_r と K_2 の値は $K_r = 1 \sim 2 (\text{1/日})$, $K_2 = 3 \sim 5 (\text{1/日})$ 前後の値になるのではないかと思われる。

(5) F_{adj} の自浄係数との比較

$$f = \frac{K_2}{K_1} \quad \text{ここで } K_1; \text{脱酸素係数} (\text{1/日}), K_2; \text{再曝気係数}$$

F_{adj} は f の値を次のように分類している。池やよどみ $0.5 \sim 1.0$, 緩やかな河川や大きな湖 $1.0 \sim 1.5$, 緩やかな大河川 $1.5 \sim 2.0$, 普通の流速の大河川 $2.0 \sim 3.0$, 速流の速い河川 $3.0 \sim 5.0$

急流河川や滝 5.0 以上。今、ここで K_1 のかわりに、河川水中の脱酸素係数といわれる K_r を用いてみると、

$f = \frac{K_2}{K_r} = \frac{3 \sim 5}{1 \sim 2} = 1.5 \sim 5$ 程度の値となる。したがって広瀬川の自浄係数としては $f = 2.0 \sim 3.0$ 前後の値を取るものと思われる。

5. おわりに

今回の調査結果から次のことが考えられる。其値は10月としては普通の値を示し、また、これまで広瀬橋下流において高汚濁を示すところがあったが最近では中に近い値を示すようになった。汚濁は過去の資料から広瀬橋下流において廃水の影響で高汚濁を示していたが、今回は前回(昭和43年度)より著しく減少し、地産によって80倍と減少したところがあった。溶存酸素は、 10 mg/l 前後で従来の測定値とほとんど変わらず、したがって、酸素飽和百分率も飽和か過飽和であった。COD値、BOD値はともに下流に行くにしたがって増大する傾向を示した。室内試験から求めた脱酸素係数(K_1)は、No.1, No.3, No.7およびNo.9の各地点での値は0.068, 0.090, 0.056 および0.084/dayであって、河川としては比較的小さい値を示した。また、実際河川から求めた脱酸素係数(K_r)は、 $1.0 \sim 2.0 (\text{1/日})$ 前後、再曝気係数は $3 \sim 5 (\text{1/日})$ 前後、また、自浄係数は $2.0 \sim 3.0$ 前後の値をとるとのことが考えられる。

広瀬川は全体としてはかなり清浄になってきているが、調査区域においてもまだ廃水、下水が河川へ流れており今後の対策が望まれる。廃水水质については広瀬橋より下流において前回にくらべると著しく改善されたことが注目される。しかし、水质の24時間調査によればある地点での夜間のBOD値が日中の2倍以上になることがあり注意する必要があると考えられる。

おわりに、本調査をおこなうにあたり協力いただいた建設省仙台工事事務所の方々、東北大学および東北工業大学土木工学科の学生諸氏に感謝いたします。