

河川の自浄化作用に関する研究

II 埴見川の自浄化係数について

吉田 勲*・安井敏員*

平成4年6月30日受付

Studies on the Self Purification of Rivers

II On the Hanami River

Isao YOSHIDA* and Toshikazu YASUI*

The quality of the river water was getting clearer as it was running down in the old time. But, recently, it is getting dirty because the much more load of water pollution which is discharged from the households and the industries, transcends the capacity of self purification of the river. The authors tried some field tests to know the self purification of the Hanami river into which the effluent from the rural sewerage plant is discharged. The self purification is expressed by the self purification coefficient k . It can be found from this research that the coefficient of BOD is the biggest among the obtained self purification coefficients, the coefficients of COD, T-N, T-P being the second, the third and the last, respectively. In other words, the required distances to reduce the substrate concentration to one-tenth of that at starting point are 1.5km in BOD, 3.46km in T-N and 4.17km in T-P, respectively. Then, it is very important to try discharging less pollution matters into the receiving water in our daily life.

緒 言

河川にはもともと汚染物質が流入しても一定量以下であれば浄化する作用（自浄化作用）があり少々の汚濁物質が流入しても水環境や生活環境に直接影響を与えることがなかった。しかし、現在では河川の浄化能力を越える汚染負荷量が排出されるために、下流に行くに従って

益々水質の悪化が見られるようになった。農村に於いても生活の都市化及び農業形態の変化により同様の事が起こりつつある。またその様な河川水を農業用水として利用することによる農業生産の低下や農村の水環境の悪化が引き起こされている。

そこで本研究では河川の水質の改善や汚濁防止を目的として、河川の水質浄化能力を調査検討した。

* 鳥取大学農学部農林総合科学科生存環境科学講座

* *Department of Environmental Science, Faculty of Agriculture, Tottori University*

自 浄 化 作 用

我が国の諺に「三尺流れて水清し」というのがある。自浄化作用を経験的に表現した言葉である。

自浄化作用とは、河川に有機廃水が流入しても、河水が流下する間に水がきれいになるという現象を指す。

自浄化作用は次の三つの作用から成っている²⁾。

- (1) 物理的浄化…汚染物質の運搬、希釈、拡散、沈澱などによる浄化
- (2) 化学的浄化…汚染物質の酸化、還元、吸着、凝集などによる浄化
- (3) 生物学的浄化…汚染物質の生物による除去、分解による浄化

この自浄化作用の能力や機構を明らかにすることは、都市下水や産業廃水をできる限り経済的に処分すること、公共用水の水質汚濁を科学的に防止し、衛生、産業に与える害を除去すること、同時にそれを活用することなどに極めて重要である。

河川、湖沼、海域等の水域で生物学的分解、沈澱、吸着等により汚濁物質は時間的に減少していく。自浄化作用の尺度として用いられる自浄化係数は、その減少の速度を指し、その減少は指数関数で近似され、(1)式で表される³⁾。

$$L = L_0 \cdot 10^{-(k_1 + k_3)t} \dots\dots\dots(1)$$

- L : 汚濁物質の濃度 (mg/ℓ)
- L₀ : 距離 0 における汚濁物質の濃度 (mg/ℓ)
- k₁ : 脱酸素係数 (1/day)
- k₃ : 吸着、沈澱による除去係数 (1/day)
- t : 時間 (day)

自然河川ではk₁とk₃を合わせた結果しか測定できないことが多く、k=k₁+k₃として河川の自浄化係数を表現することになる。

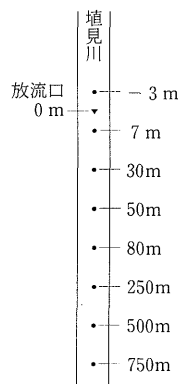
実 験 方 法

1. 埴見川に於ける水質調査

鳥取県東郷町の埴見集落を流れる埴見川に於いて、他からの水の流入あるいは分流の無い区間で上流から汚濁物質（本実験では東郷町埴見処理施設からの放流水）を流し、上流から下流にかけて採水を行い、諸々の物質濃度の変化を追跡し、自浄化係数を求めた。

2. 調査時期、場所及び方法

採水は7月1日、9月10日、10月24日の3回、集落排水の処理水が埴見川に放流される放流口の上下流に於いて、流心（最も流れの速い所）で採水を行った。採水位



第 1 図 採水位置

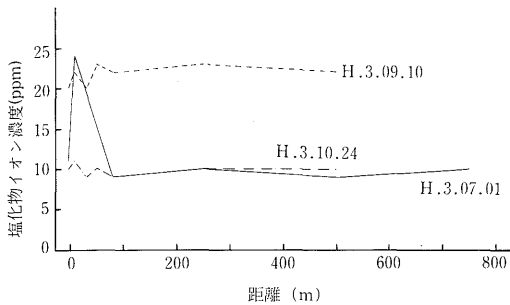
置は放流口の上流3m(-3m)、以下、下流の7、30、50、80、250、500、750mの地点であった。ただし、30、50mにおいては9月と10月のみ、750mにおいては7月のみ採水した。(第1図)

調査項目は水温、流量、pH、EC、DO、BOD、COD、T-N(全窒素)、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、Org.-N(有機態窒素)、T-P(全リン)、Cl(塩化物イオン)であった。

3. 東郷町埴見処理施設について

農村に於いては都市化が進む一方で、下水道整備は都市部に比べて立ち遅れの状態にある。そのために農業用水の水質汚濁が、農業生産、集落の生活環境等に悪影響を及ぼすことがある。東郷町埴見集落でも、農業用水・生活環境の保全を総合的に実施するために、昭和58年度より農村総合整備モデル事業中の集落排水事業に着手して排水処理施設を実施し、昭和61年10月共用を開始した。その事業計画の概要は次の通りである³⁾。

- ① 計画処理対象人口
一般住民：44戸、220人
- ② 処理対象汚水
し尿・家庭雑排水合併汚水
- ③ 計画汚水量
220(人)×330(ℓ/day)=72.6(m³/day)
- ④ 計画水質
流入水質：BOD 182ppm
SS 182ppm
T-N 39ppm
処理水質：BOD 20ppm(除去率89%)
(目標) SS 30ppm(除去率83.5%)
T-N 20ppm(除去率48.7%)



第2図 塩化物イオン濃度の変化

⑤ 処理方式

回転円板法

⑥ 敷地

16.7 (m) × 30 (m) = 501 (m²)

4. データの処理方法について

河川で自浄化係数を求める時、放流する汚染物質と河川水が十分に混合されていることを確認することが大切である。なぜなら、上流部に於いてたまたま物質濃度の薄いところや濃いところで採水を行うと、河川の自浄化能力を実際より低く、あるいは高く評価する事になるからである。

Cl (塩化物イオン) は水中の塩化物中の塩素イオン量を表し、主に下水、し尿、温泉、海水から供給され、吸着や化学変化を受けにくい保存性物質である。一般に河川では大きく値が変化するとは考えられないので流速などを求める目的でトレーサとして用いられることもある。

本実験では、塩化物イオンのこのような特性を利用して自浄化係数を求める際に使えるデータの範囲を決定した。

(第2図)

- (1) 7月については、塩化物イオンの濃度が7mでかなり大きな値を示しているが、80m以降多少の上下動があるものの安定している。80~750mの範囲で自浄化係数を求めた。
- (2) 9月については、濃度が7mで少し大きな値となっていた。30~250mの範囲で自浄化係数を求めた。
- (3) 10月については、濃度に多少の上下動があるもののほぼ一定であり、7~250mの範囲で自浄化係数を求めた。

実験結果

1. 埴見川に於ける調査結果

1) 各水質項目について

(1) pH

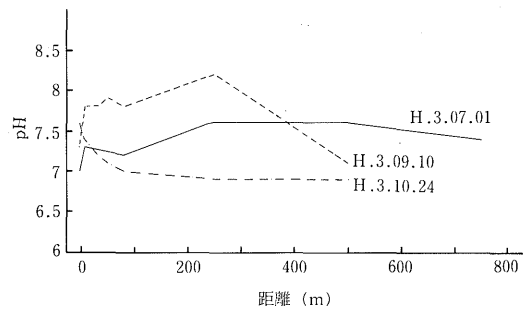
7月と10月については農業用水基準、環境基準ともに満たしていた。9月については農業用水基準を大きく越えていた。3回の実験を通して流下距離に対する関係は規則性がなく解らなかった。(第3図)

(2) EC

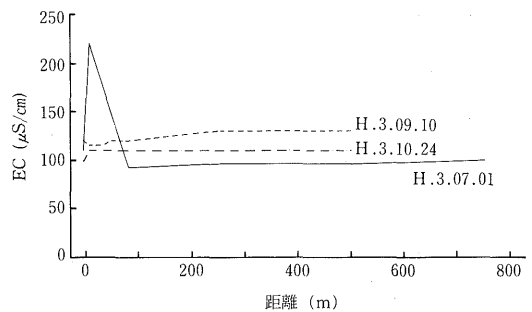
3回の実験を通して110μS/cm前後の値を示し、基準値を満たしていた。流下距離によって影響を受けなかった。(第4図)

(3) DO

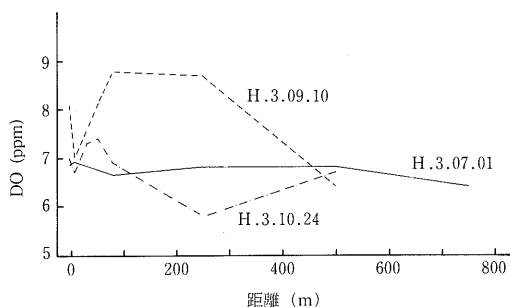
DOはきれいな川では7~10ppm前後含まれている。有機物が増えると、消費されて減るため水質汚染を示す指標となる。放流口の付近で減少しており少し流れると元に戻っていく。さらに流れていくと上流部3m地点より水質が悪くなる場所があるが、その理由については今回の実験では確かめられなかった。(第5図)



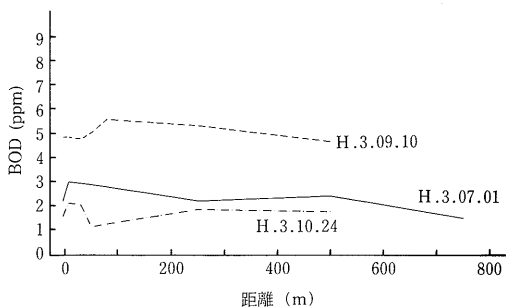
第3図 pHの変化



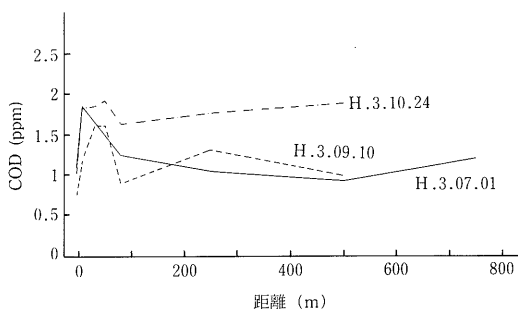
第4図 ECの変化



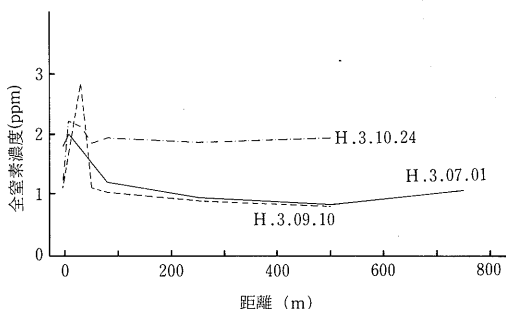
第5図 DOの変化



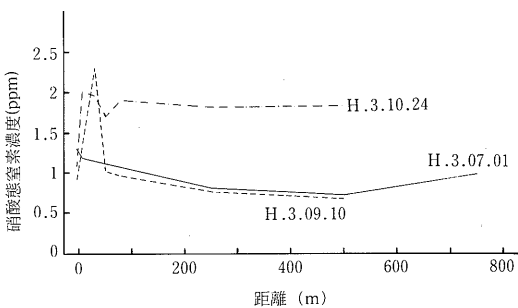
第6図 BODの変化



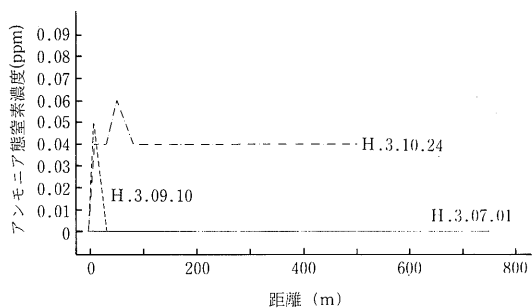
第7図 CODの変化



第8図 全窒素濃度の変化



第9図 アンモニア態窒素濃度の変化



第10図 硝酸態窒素濃度の変化

(4) Cl

7月と10月については10ppm前後であったが、9月については20ppmと高かった。

(5) BOD

7月と9月については上流部に対して下流部で水の流下による自浄化作用が認められた。9月については上流部で浄化でなくBODの増加が認められた。この理由は解らなかつた。(第6図)

(6) COD

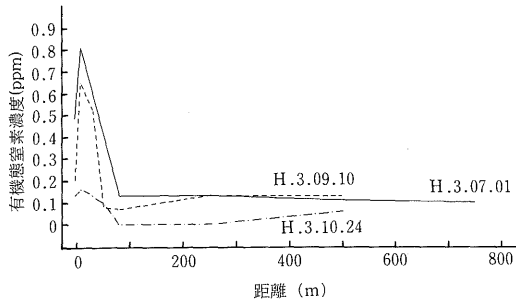
3回の実験を通して流下距離による変化の規則性は認められなかつたが、値はほぼ1~2ppmの間にあった。

(第7図)

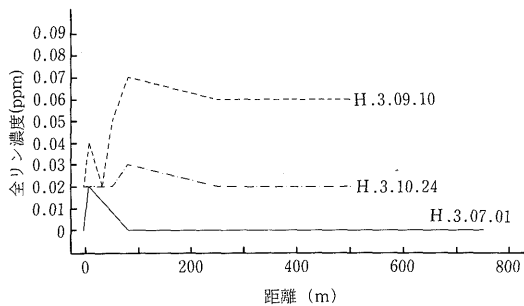
(7) T-N

全窒素は無機態窒素と有機態窒素の総和である。3回の実験を通して自浄化作用がみられた。(第8図)

(8) $\text{NH}_4\text{-N}$



第11図 有機態窒素濃度の変化



第12図 全リン濃度の変化

流下距離によってほとんど変化しなかった。(第9図)

(9) NO₂-N

3回の実験を通して測定されなかった。

(10) NO₃-N

3回の実験を通して1ppm前後であった。9月を除いてほとんど距離に対する変化はみられなかった。(第10図)

(11) Org.-N

10月については0.1ppm位であったが、7月と9月については0.65, 0.81ppmと高い値もあった。3回の実験を通して水の流下によってかなり浄化されることが解った。全窒素浄化のほとんどが有機態窒素によるところが大きかった。(第11図)

(12) T-P

7月については放流口付近でしか測定されなかった。9月については0.06ppm前後と高かった。10月については0.01ppm前後であった。流下距離によってほとんど変化を受けなかった。(第12図)

2. 自浄化係数

河川の自浄化作用は(1)式にしたがって進行することが知られている。横軸に時間・縦軸に汚染物質濃度の減少

率を片対数グラフにプロットするとその傾きが自浄化係数kの値を示すこととなる。そのようにして、水質調査結果をもとにBOD, COD, T-N, T-P, Org.-Nについて各自浄化係数を求めると第1表のような結果が得られた。

(1) BODの自浄化係数

自浄化係数はk=2.76, 0.99, 1.43とかなりばらつきがあった。実測値と近似式相関係数はそれぞれr=0.75, 0.72, 0.99とかなりの相関があった。

自浄化作用は物理的浄化に負う部分が大きいと思われるが化学的浄化, 生物学的浄化もある。BODの方がCODより生物によって除去され易く、従って自浄化係数はBODの方が大きい値になると考えられる。7月と10月については推測どおりであったが9月については逆の結果が得られた。理由については今回の実験では解らなかった。

(2) CODの自浄化係数

自浄化係数はk=0.26, 1.65, 0.77とかなりばらつきがあり、相関係数はr=0.14, 0.27, 0.88であった。

(3) T-Nの自浄化係数

k=0.60, 2.68, 0.66という結果が得られた。9月の自浄化係数が飛び抜けて大きいものとなっている。水質調査結果を見ると9月が他の2回と比べて硝酸態窒素の減少が大きかった。しかし先ほども述べたように、このような距離に於ける自浄化作用は物理的浄化が中心となるはずであり少し減少が大きすぎるように思われる。そこで異常値として排除することとした。相関係数は、r=0.10, 0.97, 0.45であった。

(4) T-Pの自浄化係数

k=0.63, 0.61という結果が得られた。相関係数はr=0.45, 0.19であった。

(5) Org.-Nの自浄化係数

k=1.61, 5.29とかなりばらつきがあった。

考 察

1. 埴見川に於ける自浄化作用

いまBOD, COD, T-N, T-Pについて起点の濃度が1/10に減少するのに必要な距離を第1表の平均値を使って求めると第2表のような結果が得られる。但しこの結果は流速0.3m/secとして計算したものである。第2表からBODでは1.51km流れれば1/10になるのに対してリンでは4.17km必要なことがわかる。

2. 他の河川との比較

既に発表されている他の河川の自浄化係数 (第3表)

第1表 各項目、各時期における自浄化係数 (k)

	7月	9月	10月	平均値
BOD	2.755	0.992	1.432	1.726
COD	0.255	1.649	0.766	0.890
T-N	0.603	—	0.661	0.632
T-P	**	0.634	0.608	0.621
Org-N	1.614	—	5.289	3.452

注) ** T-Pが検出されなかった。

— 異常値として排除

第2表 各基質濃度が1/10になるまでの距離 (L)

	L (km)
BOD	1.51
COD	2.74
T-N	3.46
T-P	4.17

注) この値は流速0.3(m/s)と仮定した時のものである

第3表 主な河川の自浄化係数 (k)

河川名	k (1/day)	測定者
木曾川	0.24	田辺 (1955)
淀川 (上枚)	0.55	田辺 (1955)
遠賀川	1.85	田辺 (1955)
相模川	0.17, 0.32	水質汚濁防止協会 (1956)
淀川 (枚方)	0.75	岩井 (1960)
石狩川	0.26~0.38	洞沢 (1960)
多摩川**	0.33~0.58	半谷 (1967)
多摩川	0.15~0.63	土屋 (1970)
多摩川*	2.43	(1986)

注) **COD値による値

*Org-N値による値

他はBOD値による値

と埴見川に於ける自浄化係数を比較すると、BODによる自浄化係数は一部に $k=1.85$ と大きいものもあるが、ほとんど $0.15\sim 0.6$ 位で埴見川の $1/5\sim 1/18$ 位であり埴見川の方が圧倒的に大きい。COD, Org.-Nについては1例ずつしかないが埴見川に比べて $2/3$ 位である。

埴見川の自浄化作用はかなり大きいものであったがこれは植生や流量による影響と考えられる。

3. 水環境保全について

農村部の水環境保全を進めるには2つの考え方ができる。1つは河川の自浄化能力を大きくする、つまり清水等で流量を増やすこと、もう一方は河川に流入する前に汚染物質を取り除いてやることである。

結 言

以上のことをまとめると次のようになる。

- (1) 河川の自浄化作用のもっとも大きいのはBODであり、ついでCOD, T-N, T-Pの順となる。すなわち起点の基質濃度が $1/10$ となる距離を求めるとBODについては 1.5km であるのに対してT-Nでは 3.46km (BODの 2.29 倍)、T-Pでは 4.17km (BODの 2.76 倍)である。
 - (2) T-N, T-PはBODと比較して自浄化能力は低い。従って窒素、リンについては特に厳しく負荷量を制限する必要がある。
- 但し、このことはこの河川のこの測定時について言えることであり、季節が変われば(植生が変われば)自浄化能力も変化していくと考えられる。
- (3) 河川の水質を保全するためには河川の自浄化能力に頼るだけでなく、集落排水施設を用いることも有効である。

参 考 文 献

- 1) 國松孝男・村岡浩爾：河川汚濁のモデル解析。技報堂出版、東京 (1989) pp. 101-103
- 2) 手塚泰彦：河川の汚染。築地書館、東京 (1974) pp. 100-102
- 3) 吉田勲：集落排水処理水が環境に与える影響に関する研究 II 東郷町の例。鳥大農研報、43 55-63 (1990)