

# 雄物川下流部の水質変動とその評価について

— 秋 期 の 変 動 特 性 —

羽 田 守 夫

Water Quality Fluctuation and its Estimation in the Omono River

— Fluctuation Character in Autumn —

Morio HANEDA

(昭和50年10月31日受理)

## 1. 緒 言

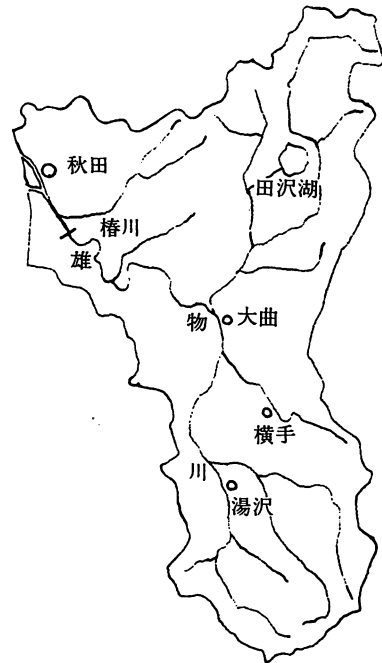
公共用水域の水質保全という立場から水質汚濁が注目され、その量及び質が全国的に計測され出して来ている。が、主に技術的問題から、水質モニター等の連続測定装置が設置されても、そのデータが、そのまま正確な値として採用され得る段階には達していないのが現状であろう。

公共用水域を取巻く流域の汚濁負荷量の現状や将来の都市化に伴う負荷量の増大及びそれを処理する際の許容負荷量の算定等にとって、日々変化する水質の測定はその基礎であり、正確なデータと特性の把握が要求されている。

著者らは、雄物川の水質汚濁負荷量と自浄作用について検討し、雄物川の水質には、自然汚濁量がかなり含まれる可能性があることを報告した。本稿では、特に秋期に1ヵ月間水質の連続測定を行ない、水質変動の特性及び水質と自然的汚濁に影響すると考えられる水文、気象データとの関係について検討を行った結果を報告する。

## 2. 調査方法

採水地点は、雄物川流域下流部の椿川地点で、これを図一に示した。採水期間は、昭和49年10月14日～11月12日までの1ヶ月間で、毎日正午±1時間以内に流心から採水した。現場に於て気温、水温、水位の測定、DOの固定等を行なった。その他の水質項目は、濁度、PH、総酸度、総アルカリ度、総硬度、Ca硬度、Mg硬度、Clイオン、COD(Mn)、SS、BOD、溶解性BOD等である。SSはメンブランフィルターを用いて濾過し、溶解性BODはこの濾過液についてのBODである。又、河川水の自浄能力を検討するために、脱酸素恒数の



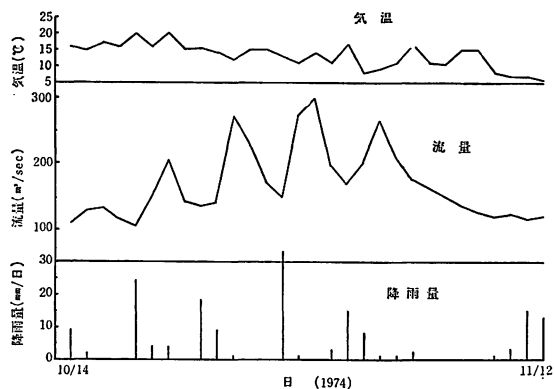
図一 雄物川流域

測定や常時マグネットで攪拌を行なったBODも測定した。分析法は、上水試験方法によった。なお流量は、測定した水位を、建設省で定めた椿川地点のH-Q曲線式に代入することにより求めた。

## 3. 水質変動の特性

### 3.1 流量、降雨量及び気温

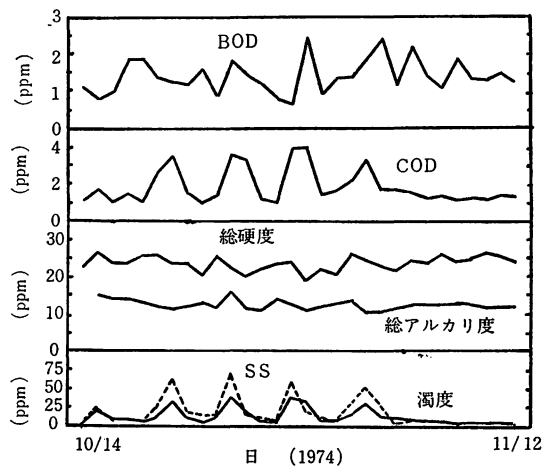
図二に、調査期間内の流量、降雨量及び気温の変化を示した。雄物川流域には、計15カ所の観測所が存在す



図一 流量, 降雨量, 気温の変化

る。下流部に位置する椿川地点の水質に与える水文及び気象の影響については、実際には複雑なメカニズムにより各々が様々な形で影響し合っていると考えられ、一概に表現するのは困難であるが、ここではモデル化して簡単に考え、流域内の当日の降雨量及び気温の平均値が全体として一様に影響しているものとした。降雪については、本調査の最終日に平均8.60cmの本格的な降雪があったが、期間内の水質には影響しないものと考え考慮していない。

この期間の降雨は、前半から中旬にかけて4~5日毎に4回あり、最大約33mm/日であった。又、後半にも弱干の降雨が見られるなど雨の多いシーズンであった。これに対応して流量も大きく4回の増減を示し、その最大値は、約300m³/secであった。椿川地点の流量から見れば、それ程大きな値ではないが、降雨、流量共に周期的増減をくり返したのが特徴と言えよう。気温は、最高20.2°Cから徐々に低下し、最低5.7°Cを示した。

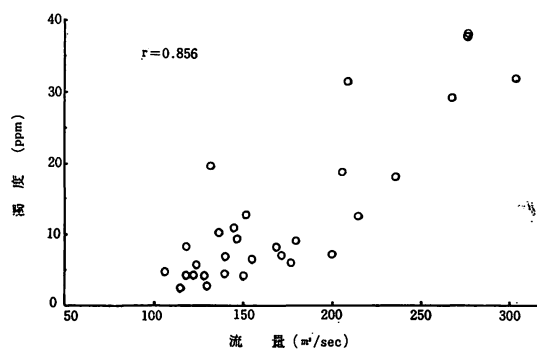


図一 水質の日変動

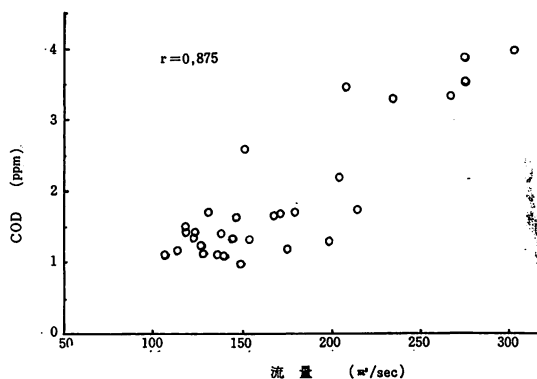
### 3.2 水質変動と流量との関係

図一3に、主要な水質項目について、その日変動を示した。これによると、濁度、SS及びCODは、降雨や流量とよく対応して増減し、明確な相関関係が認められた。これに対し総硬度、Ca硬度、総アルカリ度等は、降雨があり流量が増加すると逆に減少する負の相関の傾向を示した。又BODやClイオンは、人為的汚濁による影響の強い項目であるが、流量等との対応関係はあまり認められない。

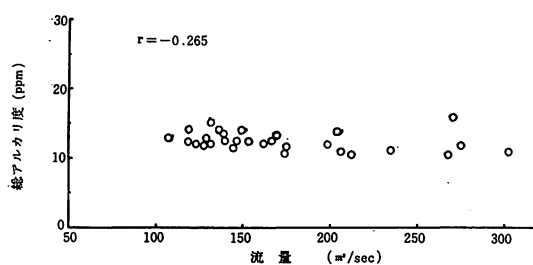
次に図一4~9には、濁度、COD、総アルカリ度、総硬度、Clイオン及びBODについて流量との関係を示した。日変動から予想されるように、濁度、CODは、



図一 濁度



図一 C O D



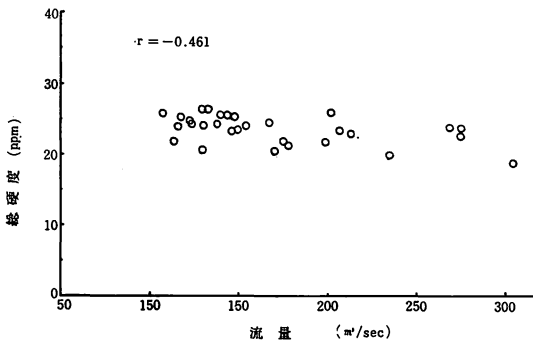
図一 総アルカリ度

表一 各 水 質 の 平 均 値

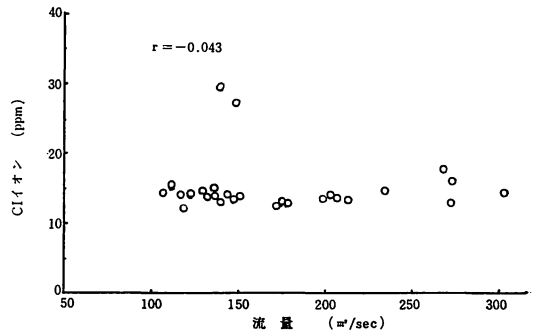
	AVERAGE	MAX	MIN	VARIANCE	STAND—DE
気 温 (°C)	13.2	20.2	5.7	14.3	3.78
水 温 (°C)	11.4	15.5	5.2	6.82	2.61
流 量 (m <sup>3</sup> /S)	171.0	303.1	107.4	2857.7	53.5
濁 度 (ppm)	12.3	38.0	1.85	112.0	10.6
PH	7.18	7.45	6.73	0.0194	0.139
総 酸 度 (ppm)	4.35	15.5	0.96	11.0	3.31
総アルカリ度 (ppm)	13.1	29.5	10.6	10.8	3.28
総 硬 度 (ppm)	23.6	26.5	19.0	3.82	1.95
Ca 硬 度 (ppm)	13.5	16.3	9.50	3.55	1.88
Mg 硬 度 (ppm)	10.1	13.4	6.40	2.83	1.68
Cl イオン (ppm)	15.1	28.4	12.6	12.4	3.52
S S (ppm)	18.0	70.2	1.20	374.4	18.6
D O (ppm)	10.2	11.7	9.08	0.639	0.799
B O D (ppm)	1.40	2.41	0.63	0.208	0.456
C O D (ppm)	1.88	4.01	1.01	0.860	0.927
溶解性 BOD (ppm)	1.42	3.59	0.00	0.670	0.818
攪拌 B O D (ppm)	1.61	3.60	0.557	0.451	0.671

流量の増加と共に直線的あるいは曲線的に上昇し、総アルカリ度、総硬度については、同じく微小ながら漸減し、又 Cl イオン、BODについては、ほとんど一定かバラツク傾向を示している。以上の結果は、データ数の不足や流量範囲が狭いことなどから限定して考えなければならないが、一応一般的な傾向を裏付け、これを示しているものと思われる。水質物質の流出には、降雨の河川への流出と同様に、表面流出、中間流出及び浸透流出等の流出機構の差異があると考えられる。各水質項目がどのような機構によるものかの検討は、データ不足や流出機構の分離の困難さ等の理由により難しいことであるが、流量等との対応関係から一応の定性的傾向を把握することは可能であり重要であろう。

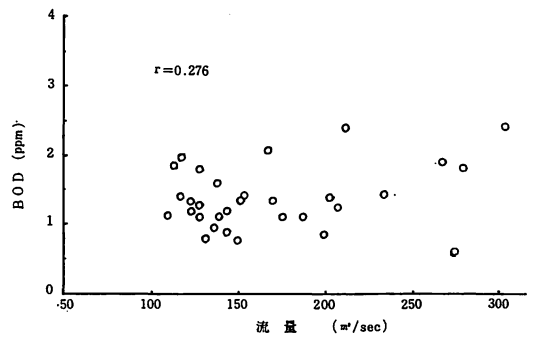
表一には、各水質項目の平均値、最大値、最小値、分散及び標準偏差をまとめて示した。



図一 総 硬 度



図一 8 Cl イオン



図一 9 B O D

4. 水質の評価

4.1 回帰式と基本的考え方

河川の流域は広大であり、その下流端に近い地点の水質に対する諸要因の影響を一概に論ずることは不可能に近い。そこで、流域を一つのブラックボックスと考え、アウトプットとしての水質を考えることにした。インプットとしては、流域の自然汚濁を表わす指標とし、水質を直接規定する流量、短期的には表面流出を示すと思われる降雨量及び融雪、蒸発や生物化学的酸化作用に影響を与える気温の三つを選んだ。この三変数は、各水質項目に様々に異なった形で影響し、中にはある変数を無視できるものも含まれるが、各水質相互の比較のために、ここではあえて変数の選択は行なわず、同一の方法により比較検討を行なった。用いた重回帰式は次の通りである。

$$y = lX_1 + mX_2 + nX_3 + C \quad (1)$$

ここで  $y$  : 各水質項目

$X_1$  : 影響流量

$X_2$  : 影響降雨量

$X_3$  : 影響気温

$l, m, n$  : 偏回帰係数

$C$  : 定数

各変数と水質との係り合いの中には、水質物質の流達時間と相応するある時間的な巾があると考えられる。即ち、ある日の各水質に与えるその何日か前の期間に渡る影響を考慮し、これをその期間の各水質に対する影響係数と呼んで、回帰式の中に導入した。流量に関しては、次の通りである。

$$X_{1i} = \sum_{i=i-a}^i \alpha_i \cdot x_{ii} \quad (2)$$

$$\text{ただし } \sum_{i=i-a}^i \alpha_i = 1.0 \quad (3)$$

ここで  $X_{1i}$  :  $i$  日の影響流量

$x_{ii}$  :  $i$  日の流量

$\alpha_i$  :  $i$  日に対応する各水質の流量に関する影響係数

$a$  : 影響日数

影響日数を決めるには、各水質と各変数との相互相関係数を求め、その値からまず3~6日程度の影響日数を決定し、(3)式に示すように全体として1.0になるように相互相関係数に比例して係数を決めた。又降雨量及び気温についても同様に処理した。

次に、(1)式を一般化するために、求められた影響流量、影響降雨量、影響気温及び水質を、平均値が0で分

数が1.0になるように標準化した。水質を例にとると次の通りである。

$$Y_i = (y_i - \bar{y}) / \sigma_y \quad (4)$$

ここで  $Y_i$  :  $i$  日の標準化した水質

$y_i$  :  $i$  日の水質

$\bar{y}$  : 水質の平均値

$\sigma_y$  : 水質の標準偏差

影響流量等の三変数についても同様に処理した。

結果については、偏回帰係数、重相関係数、残差の標準偏差及び変動係数等から、各変数の水質への寄与の度合や全体としての追随性等を比較検討した。残差の標準偏差と変動係数は、次に示す通りである。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - y_i)^2}{N}} \quad (5)$$

ここで  $\sigma$  : 残差の標準偏差

$Y_i$  :  $i$  日の水質評価値

$y_i$  :  $i$  日の水質

$N$  : データ数

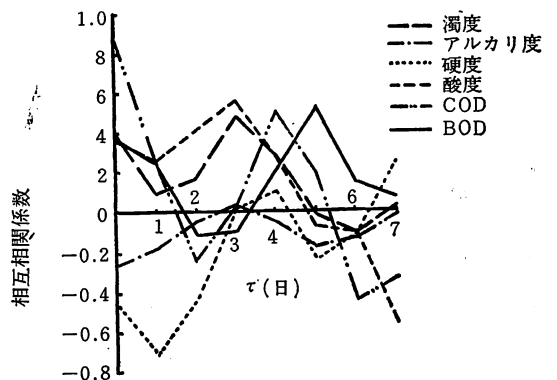
$$CU = \frac{\sigma}{\bar{Y}} \times 100 \quad (6)$$

ここで  $CU$  : 変動係数

$\bar{Y}$  : 水質評価値の平均値

4.2 結果と考察

流量と各水質項目との相互相関の一例を図一〇に示した。これによると、各水質とも3~5日周期で相関が強く表われているが、これは3-1で述べたように、この期間の降雨が3~5日毎にありこれが影響しているためであろう。水質によっては、当日の流量よりも何日か前の流量により強く影響を受けているものもあり、又その日数も水質により異なり、この物理的な意味は明確ではないが、興味ある点である。相互相関係数を基に算出した影響係数の一例を表一に示した。



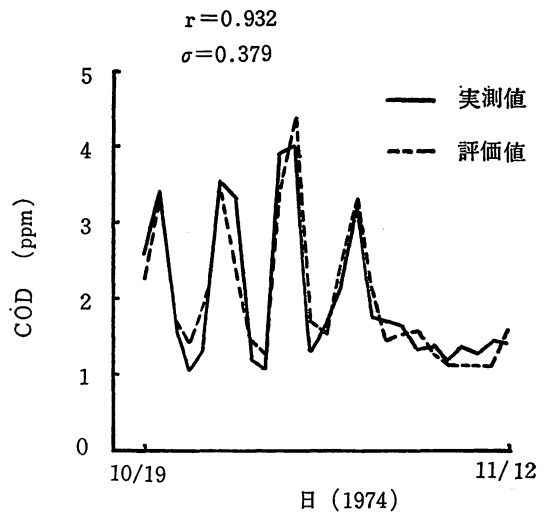
図一〇 水質の流量との相互相関

表一2 流量に関する影響係数

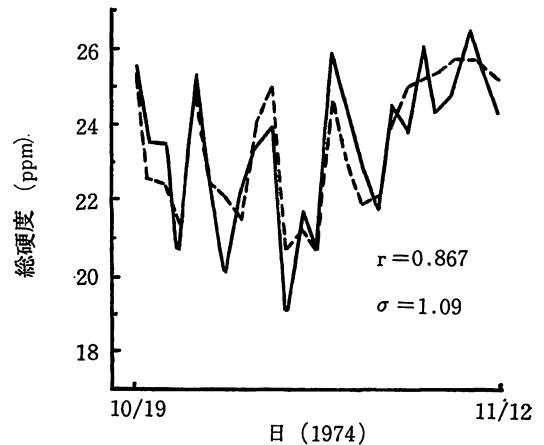
項目	日				
	0	-1	-2	-3	-4
濁度	0.347	0	0	0.411	0.242
C O D	0.538	0.156	0	0	0.306
総硬度	0.286	0.440	0.273	0	0
S S	0.628	0	0	0	0.372
総アルカリ度	0.584	0.416	0	0	0

図一11と12には、C O Dと総硬度についての回帰式への当てはめの結果を示した。両項目共比較的良好く水質変動に対応しており、ピーク値や極小値等への追随性もほぼ妥当なものと思われる。残差の標準偏差もかなり小さく、又重相関係数も比較的高い値を示している。この二項目は、水質物質の流出が、表面流出によるものと流量増大時に負の相関を持つものとの代表と言えるが、相方共流量等の三変数で良く水質を評価できていると思われる。河川の水質評価及び予測への一つの手がかりを与えているものと考えられる。

その他の項目については、偏回帰係数等と共に表一3にまとめて示した。これによると上記二項目及び濁度、S S等を除けば、重相関係数が低く、一致性があまり良くないことを示している。これには、この期間の降雨量や流量変動が激しかったことやデータ数の不足等の理由が考えられ、今後の検討の余地を残している。又各変数の水質への寄与の度合は、各水質により異なりそれぞれの特徴を示している。総じて、流域をブラックボックスと考えた時、自然汚濁の影響の大きい河川については、インプットとして水文、気象データを入れて水質を評価する方法が比較的良好く水質変動に対応しており、有力な一手法となり得ると考えられる。



図一11 C O D の 評 価



図一12 総 硬 度 の 評 価

表一3 各 水 質 の 偏 回 帰 係 数

	l	m	n	c	r	σ	CU
濁度	0.588	-0.195	0.508	$-0.854 \times 10^{-5}$	0.745	0.728	61.9
C O D	0.346	0.648	0.084	$0.575 \times 10^{-5}$	0.932	0.394	1.9
総硬度	-0.164	-0.750	0.016	$0.338 \times 10^{-4}$	0.867	0.544	4.6
S S	0.308	0.445	0.270	$-0.859 \times 10^{-6}$	0.839	0.594	60.2
総アルカリ度	-0.166	0.333	0.151	$0.235 \times 10^{-4}$	0.440	0.980	8.9

## 5. 結 言

雄物川流域について、実際の水質調査データより、水質変動特性及び水質の水文、気象データによる評価について検討を行なった。結果を要約すると次の通りである。

- 1) 水質変動には、水質項目により各々の特徴があり、それらはほぼ三種に大別される水質物質の流出機構によるものと思われる。
- 2) 河川の水質は、直接それを規定する流量のみでなく流域内の降雨量や気温等の影響を強く受けていると考えられる。
- 3) 水文、気象データによる水質の評価に関する手法は、本河川のような自然的汚濁の影響の大きい河川については、有力な一手法と考えられる。

なお、秋期のみでなく融雪期や夏期についての水質の評価も同様検討中である。又本研究の一部は、文部省科学研究費特定研究「水域の水質予知と水質制御」によるものであることを付記する。

## 謝 辞

本稿の調査及び計算の一部については、石黒道弘、泉正雄、中田公司、長門幸郎及び渡部武彦の諸君の援助を得た。ここに記して謝意を表します。又、資料を提供して頂いた建設省秋田工事事務所及び秋田地方気象台の関係諸氏に感謝致します。

## 参 考 文 献

- 1) 羽田守夫：雄物川の汚濁負荷量と自浄作用，秋田高専研究紀要，No.10，1975
- 2) 松本順一郎，羽田守夫：雄物川の汚濁流出量について，第12回下水道研究発表会講演集，1975
- 3) 中田公司，羽田守夫：雄物川の自浄作用，昭和49年度東北支部技術研究発表会講演概要，1975
- 4) 平岡正勝他：団地下水の流入量変動の予測に関する研究，用水と廃水，Vol.17，No.7，1975