放流水の衛生化学的研究 (第5報¹⁾)

感潮河川の衛生化学的基礎研究 (その3)

感潮域外における河川水質と水位および水温の関係について

佐谷戸安好, 仲田 典子, 西条 達也, 岡崎 政智, 北条 典子
茨城県衛生研究所²⁾

Hygienic and Chemical Studies on Effluent Water. V.¹⁾
Fundamental Studies on Tidal Cycle of River. (No. 3).
Relation between River Water Qualities and Water Level
or Water Temperature on the Outside of Tidal Cycle

YASUYOSHII SAYATO, MICHIKO NAKATA, TATSUYA SAJO,
MASATOSHI OKAZAKI, and NORIKO HOJO
Ibaraki Prefectural Institute of Health²⁾

(Received January 12, 1968)

Two sampling stations which are 10 km and 50 km distant from the estuary of a tidal river (The River Naka) were prepared. The contents of samples taken at the stations were analysed 22 times from May 1964 to Feb. 1966.

The relation between the contents in the river water and geographical features, and between water temperatures were investigated.

The following results are obtained.

1. Under the same atmospheric condition, the turbidity and suspended solid in the river water among the mountains are more variable than those at the plain, since the year. On the other hand, the concentration of Cl ion and BOD value in the river water at the plain are more variable than those among the mountains. It is supposed that the component in the river water are influenced by circumstances of the river basin.
2. The suspended solid and turbidity in the river water are related to the water level. The dissolving oxygen content in the river water has correlation to the water temperature.

ま え が き

河川の溶存成分と水位または水温との関係は、河川の水質汚濁または水質保全対策を検討する場合、重要な要素となるが、河川の水質に関係を有する降雨については、わが国のごとく気象変化が激しく、河川流路延長が短い処では、降水量から関係づけることは難しい。したがって短区間の河川流域で降雨と水質汚染度とを感覚的

に関連づける傾向が多い。

河川の水と溶存成分の関係については、わずかに石狩川支流豊平川³⁾、北上川支流雫石川⁴⁾、渡良瀬川⁵⁾などの報告をみとめるにすぎない。著者等⁶⁾はすでに那珂川の河川流域変化による水質汚染の実体を明らかにしたが、さらに同河川の感潮現象をうけない地点に定点を設け、1964年5月より1966年2月まで22回にわたり調査を行な

1) 第4報：佐谷戸安好, 仲田典子, 岡崎政智, 西条達也, 北条典子, 衛生化学, **14**, 18 (1968).
2) Location: Atago-cho, Mito, Ibarakiken (水戸市愛宕町)
3) 高倉英太郎, 北海工試, **136**, 1 (1954).
4) 後藤道夫, 日化, **78**, 1241 (1957).
5) 山県 登, 水道協会誌, **236**, 34 (1954).
6) 根津尚光, 佐谷戸安好, 衛生化学, **5**, 15 (1958).

い、主として河川水質成分と地域差、水位および水温の
関係について研究を行なったので報告する。

実験方法

1. 調査地点 Fig. 1 のごとく河口約 15 km (採水地点 A) および 50 km (採水地点 B) の地点に定点を設けた。

2. 採水方法 調査地点の兩岸に鉄ポールをたて、これを鉄ロープで直線的に結び、その中央部に舟を固定し、毎月 1 回中心点で 1/3 h の水深における河川水を、北原式採水器を用いて定点採水を行なった。

x.....indicate a station

Fig. 1. Sampling Stations

試験方法

a) 分析方法

試料は日本薬学会協定飲料水試験法、同下水試験法および American Public Health Association Standard methods Water and Waste Water に準拠して分析を行なった。

b) 水位の測定

水位は調査地点にある建設省常陸太田工事事務所所管の栃木県烏山町川堀自記水位計および水戸市国田自記水位計の記録によった。

c) 降水量の測定

降水量は宇都宮および水戸気象台の測定資料を用いた。

試験結果

1. 降水量の検討

河川の水位は降雨、霜、霧、雪などを含めた降水量に支配されるため、宇都宮および水戸における採水当日および採水当日を含めた採水前 3 日間の平均降水量を示すと Fig. 2 のごとくである。すなわち採水前 3 日間の平均降水量で特に目立つのは、40 年 5 月宇都宮および水戸

で 40 mm を示すのがみられ、その他も両気象台は同様の降水傾向を示している。採水当日降雨のあったのは宇都宮で 39 年 5 月 33 mm、水戸で同年 5 月 20 mm、8 月 50 mm を示すのが顕著であるが、その他の月は上・下流において水質に影響を有する程度に大きい降水量を示さない。

Fig. 2. Average Amount of Precipitation

2. 溶存成分と地域差の関係

山間部 (B) および平野部 (A) の経月測定によって得られた各溶存成分から、その平均値 ($\bar{x}$)、標準偏差 (S) および偏異係数 ($S/\bar{x}$) を求めると TABLE I のごとくである。すなわち平野部 (A)、山間部 (B) 2 点間における年間変動値の差が著しいものは、水位、濁度、浮遊物質量、 Cl^- および BOD である。この結果から水位については平野部 (A) の 0.311 に対し、(B) は 0.683 を示して 2 倍以上の値を与えて、山間部の水位変動の大きいことを示している。また濁度は (B) は (A) に対して約 3 倍、浮遊物質量は約 4 倍の大きな値を与えている。これに反して Cl^- は逆に (A) が (B) よりも約 3 倍高く、また BOD も (A) の 0.753 に対し、(B) は 0.184 で約 6 倍高い年間変動を示している。

3. 水位と溶存成分の関係

河川の溶存成分が降水によって希釈されるため、これら成分の水位に対する相関係数は負の値を示すことは高倉⁹⁾も指摘している。

著者等が分析して得た結果から各溶存成分と水位の関係を測定数 22、危険率 5% とした場合の相関係数 r で求めると TABLE II のごとくになる。すなわち $|r| > 0.43$ が有意であるので山間部 (B) においては浮遊物質量および溶解性物質は正の相関を与え、負の相関を示すものがなく、水位の増加による希釈現象は認められない。また平野部も (B) においては濁度、硫化物が正の相関を与え、また硬度は負の相関を示している。

TABLE I. Average of Contents in the River Water and the Standard Deviation

Exam.	Sampling Station	Average Value $\bar{x}$	Standard Deviation S	Coefficient of Variation $\bar{x}/S$	Exam.	Sampling Station	Average Value $\bar{x}$	Standard Deviation S	Coefficient of Variation $S/\bar{x}$
Water line	B Kobori	1.77	1.210	0.683	NO ₃ -N	A	0.45	0.116	0.257
	A Kunita	2.31	0.720	0.311	SO ₄ ⁻²	B	17.05	5.400	0.316
Water temperature	B	16.31	6.800	0.417		A	17.03	4.460	0.262
	A	17.26	6.860	0.397	Hardness	B	42.20	8.570	0.203
pH	B	7.41	0.860	0.116		A	44.13	6.620	0.150
	A	7.39	0.420	0.056	Sulfide	B	1.07	0.860	0.747
Turbidity	B	2.94	3.640	1.238		A	1.25	0.54	0.258
	A	7.42	2.920	0.393	DO	B	10.42	2.690	0.439
Cl ⁻	B	9.41	2.000	0.212		A	10.38	2.650	0.255
	A	9.19	6.840	0.744	BOD	B	0.76	0.140	0.184
KMnO ₄ Consumption	B	3.32	1.820	0.548		A	1.12	0.844	0.753
	A	4.12	1.740	0.422	Suspended Solids	B	4.87	9.330	1.915
NH ₃ -N	B	0.02	0.020	1.000		A	25.19	11.390	0.452
	A	0.03	0.029	0.966	Dissolved Matter	B	96.00	10.550	0.109
NO ₂ -N	B	0.002	0.001	0.500		A	100.60	16.000	0.159
	A	0.003	0.001	0.333	Residue	B	102.74	33.540	0.326
NO ₃ -N	B	0.50	0.200	0.400		A	123.32	51.310	0.416

TABLE II. Relation between the Contents and Water Level

Sampling Station	Water temperature	pH	Turbidity	Cl ⁻	KMnO ₄ Consumption	NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N
B Kobori	-0.008	-0.028	0.201	-0.134	0.155	-0.025	-0.129	0.120
A Kunita	0.323	-0.313	0.830	-0.342	0.219	0.379	-0.230	0.333
Sampling Station	SO ₄ ^{''}	Hardness	Sulfide	DO	BOD	Suspended Solid	Dissolved matter	Residue
B Kobori	0.059	-0.038	0.053	-0.059	-0.295	0.860	0.877	-0.065
A Kunita	0.019	-0.995	0.570	-0.136	0.078	0.159	0.087	-0.049

number of correlation coefficient is indicated in the square

n=22

n=number examined

ε=0.05

ε=Level of Significance

4. 水温と溶存成分の関係

水温が河川成分の溶存度に与える影響については、測定数22、危険率5%とした場合の相関係数 r を求めると TABLE III のごとくである。すなわち $|r| > 0.43$ が有意であるので山間部(B)において、水温と正の相関を与えるものは過マンガン酸カリウム消費量、NO₃-N、硫化物で、負の相関を与えるものに溶存酸素がある。平野部(A)において水温と正の相関を示すものに pH、濁度、過マンガン酸カリウム消費量、NH₃-N、NO₃-N、硫化物で、負の相関を与えるものに硫酸イオン、溶存酸素および蒸発残留物がある。特に溶存酸素は(A)、(B)の2点ともその値が高く、これを経月測定値と比較すると Fig. 3

のごとくで、水温の高い6月—8月には溶存度は低く、10月から翌年の4月までのいわゆる秋季から冬季の間は高い結果を示す。すなわち溶存酸素は水温に支配されやすい定型的結果を示している。また平野部(A)においては、蒸発残留物が水温と負の相関性をもつ結果を示すが、この関係を実測値で示すと Fig. 4 のごとくで、平野部(A)において、40年2月の冬期において、水温が下降するにもかかわらず逆に、蒸発残留物が増大するのがみられる。そのほか水温との相関係数として絶対値の大きなものは、平野部(A)で過マンガン酸カリウム消費量、NO₃-N、硫化物であり、山間部(B)では溶解性物質である。

TABLE III. Relation between the Contents and Water Temperature

Sampling Station	pH	Turbidity	Cl ⁻	KMnO ₄ Consumption	NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N
B Kobori	0.102	0.082	0.041	0.702	0.257	-0.094	0.711
A Kunita	0.547	0.769	-0.068	0.738	0.491	0.196	0.812

Sampling Station	SO ₄ ²⁻	Hardness	Sulfide	DO	BOD	Suspended Solid	Dissolved matter	Residue
B Kobori	-0.338	0.079	0.701	-0.915	-0.036	0.072	0.617	-0.282
A Kunita	-0.571	0.018	0.731	-0.881	-0.052	0.082	0.035	-0.576

number of correlation coefficient is indicated in the square

n=22

n=number examined

ε=0.05

ε=Level of significance

Correlation coefficient ($|r| > 0.43$) is significant.

Fig. 3. Retation between Water Temperature and Dissolved Oxygen

Fig. 4. Relation between Water Temperature and Residue

考 察

河川水質と降水量との関係；河川の水質は降水量の量的関係に支配されるが，通常河川の水質は，その調査当

日より，前日または前々日の降水量に影響を受けやすいことは，著者等の経験上からも，また山県等⁵⁾の渡良瀬川の連続調査からも明かであるので，本調査においては，採水当日および採水当日を含めた採水前3日間の平均降水量を Fig. 2 のごとく求めた．この結果から調査期間を通じて，那珂川流域の降水量は宇都宮および水戸気象台の測定値とほぼ一致する．そのため調査地点 (A) および (B) の水質は，ほぼ同一気象条件下の流水と考えることができる．したがって同一気象条件下の河川において，水位と河川溶存成分の比較を求めうると考える．

地域差における河川成分の関係；河川溶存成分の平均値，標準偏差および変異係数から求めた山間部 (B) および平野部 (A) の2点間の年間変動値の著しい特徴は，TABLE I のごとくで，前者は水位が高く，流速が大であるため，土壌または砂利などを含んで流下し，その結果，河川水の濁度および浮遊物質質量が高いことが認められる．これに反して平野部に入ると河川の形状が緩やかになり，農業用水，家庭排水などの混入により，Cl⁻およびBODなどの値が上昇するため，いわゆる汚染指標の差が認められることになると考える．

河川溶存成分と水位との関係；河川溶存成分と水位との関係をみると TABLE II のごとくで，水位と相関するものに山間部では，浮遊物質質量および溶解性物質が正の相関を与え，負の相関を示すものがない．また平野部では濁度，硫化物が正の相関を与え，硬度が負の相関を与え水位と相関関係を示している．

山間部で硬度が負の相関係数を示すことは，後藤⁴⁾が北上川支流雫石川の実験で水位と溶存成分との相関係数を求め，これが負の関係を示すことは，流量の増加により岩石，土壌などと充分反応しなかったためであると推論した結果と一致する．すなわち著者等は降水量の増加

による水位の増大にともない、溶存成分が希釈され、そのため相関係数は負の関係を示すものと考え、また山間部では浮遊物質量、平野部では濁度および硫化物が正の相関を与えるが、これは水位が増大すると、これら成分もまた附随して増加し、降水による流域環境から汚染物が混入する結果を示すものと考え、

河川溶存成分と水温との関係；著者等⁹⁾はすでに、季節的に秋から冬の水温下降期に溶存酸素飽和率が上昇することは指摘した処である。この溶存酸素を経月測定し、推計処理した結果は TABLE III のごとくで、溶存酸素は水温に対して相関係数は負を与えて常識的であり、さきの報告と一致した結果を示している。蒸発残留物は平野部においては、水温と負の相関性をもつ結果を得たが、これは冬期、水温の低い褐水期において、希釈されることがなく、流下するためと考えられ、これは Fig. 3 に示したごとく、水温の下降するにつれて、溶存量が増加することからも明かである。この現象は、後藤⁴⁾が雫石川で得た、温度 18° 以上になると蒸発残留物は急速に上昇するという報告と一致しないが、これは雫石川のごとき積雪地帯と那珂川のごとき積雪のきわめて少い流域環境の相異点が、かかる現象の差を示すものと考え、

結 論

以上の知見をもとにして、つぎのことがみちびきうる考える。

1. 同一気象条件下において、河川は山間部においては、岩石、土砂などを含んで流下するため、平野部に比して年間変動が著しいものは濁度および浮遊物質量であり、また平野部では山間部より年間変動の著しいものは Cl^- 、BOD であり、それぞれ地域的に成分に特長を有するものと考え、

2. 河川において、浮遊物質量、濁度などが水位と正の相関を示すことは、流域環境から降水によって、汚染物質が混入する結果と考える。

3. 河川の溶存酸素は水温に対して相関係数は負の値を示すことは、常識的結果と考える。

謝 辞 本研究は浮田忠之進教授を主任研究員とする“工場排水および都市排水の放流による河川水質の衛生化学的基礎研究”の一部をなすもので、文部省特定研究費ならびに建設省河川水質調査費を使用致しましたことを感謝します。また採水にあたって御協力をいただいた建設省常陸太田工事々務所に厚く感謝致します。