

黒部川の水質とトリハロメタン (I)

河 川 解 析

中山 和好 中西 成子 日野 隆信 成富 武治
小室 芳洵 菊池 幸子 吉田 豊

Relationship between the Water Quality and Trihalomethanes in Kurobe River
Analysis of Kurobe River

Kazuyoshi NAKAYAMA, Shigeko NAKANISI, Takanobu HINO,
Takeharu NARITOMI, Yoshinobu KOMURO, Sachiko KIKUCHI
and Yutaka YOSHIDA

Summary

Kurobe river was considered concerning investigation of relationship between water quality and THM. Conclusions reached in this study were as follows.

The quality of water changed greatly at season. From March to July, water volume increased due to rice crop and therefore Total Nitrogen in the water was low concentration by dilution. However COD, TOC were high concentration because organic substances (such as Humic substance) were dissolved in the water from paddy field soil.

From August to February, the river had characteristic of lake because detention time became long by water volume decreased. Consequently, water quality was polluted by eutrophication.

Through the year, organic substances as THM precursors were observed in the river.

From calculation of pollution load, pollution sources of BOD, COD, SS were non-fecal drainage, and Total Nitrogen sources were stockbreeding, agriculture and night-soil treatment facility.

I はじめに

一河川における水質とトリハロメタンの関係を調べるため、モデル河川を黒部川に選び、水質調査を著者らは行って来た¹⁾。ここでは、その黒部川について利水状況から見た水量面および、水質調査の中から水質汚濁項目を選び水質面から、また、とりまく流域の汚濁負荷量の面から考察した。

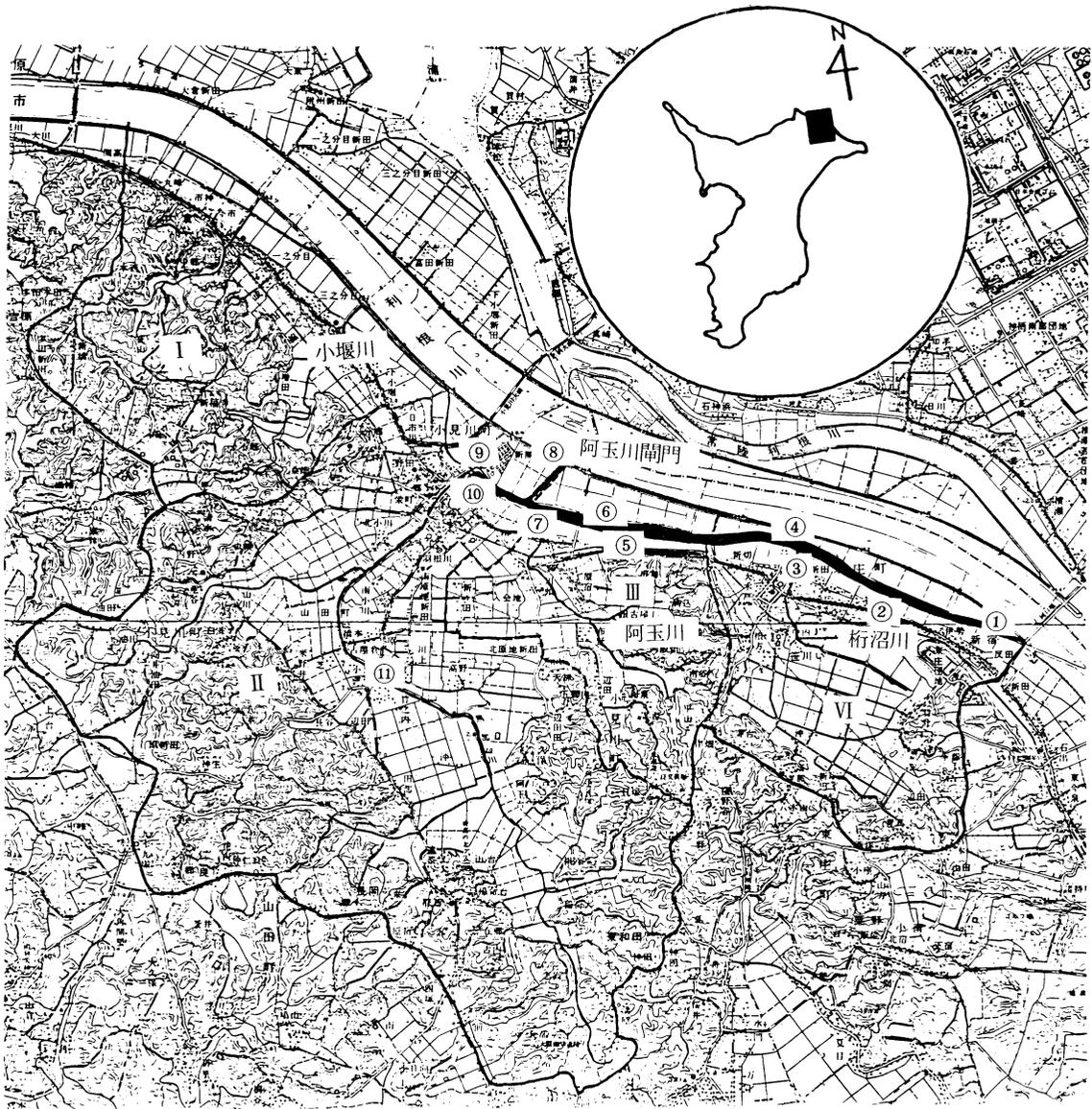
黒部川は、県北に位置し、全長約18km、流域面積95.8 km²の小河川である。図-1を見るとわかる様に、東庄町の台地に源を発し、山田町の水田地帯、小見川町の中心部を抜け(地図上No.10地点)、急に河川巾を広げ、東庄町の黒部川水門より利根川に合流する。支川としては、小堀川、阿玉川、桁沼川、清水川がある。(ここでは、

清水川は黒部川上流部分に含めた。) 黒部川は、No.10地点付近を境にし、上流部と下流部に分ける事が出来る。上流部は、河川巾もそれほど広くなく流れもあるが、下流部は巾が100m以上もあり、冬期は流れも少なく、むしろ湖沼としての特質を持つ。

河川流域の環境を表-1に示した。(ブロックに分けたのは、後で汚濁負荷量を算出するためである。)流域面積の45.1% (43.2km²)を水田が、16.7% (16.0km²)を畑が占めるという農村地帯である。また、この地方は養豚が盛んで、1983年に26,942頭が数えられ、主に台地で飼育されている。

II 利水状況とその収支

黒部川の利水状況は、水道用水(通年)と農業用水(灌漑期、3/10~8/31)に利用されている。水道用水は、No.1地点付近で取水され、主に流域外にて使用される。



国土地理院発行5万分1図「八日市場」潮来」

表-1 流域の構成

ブロック	I		II		III		IV		計
面積 (km ²)	18.7	19.5 (%)	52.0	54.3 (%)	11.2	11.7 (%)	13.9	14.5 (%)	95.8
人口 (人)	7125	15.6	25360	55.6	3612	7.9	9544	20.9	45641
水田 (ha)	1007.6	23.3	2155	49.8	474.4	11.0	686.7	15.9	4323.7
畑 (ha)	229.5	14.3	1019.2	63.6	137.3	8.6	217.5	13.6	1603.5
山林 (ha)	372.4	16.4	1654.5	73.0	111.8	4.9	128.5	5.7	2267.2
牛 (頭)	71	7.1	538	53.4	231	22.9	167	16.6	1007
豚 (頭)	4852	18.0	14979	55.6	890	3.3	6221	23.1	26942
人口密度 (人/km ²)	381		488		323		687		476

(銚子、東総地区) 農業用水としての利用は、黒部川の利水で大きな比重を占める。この地方は、太平洋岸近く、海水の逆流による水田の塩害が多くあったため、農

業用水確保は大きな問題であった。しかし、この問題も河口堰の建設により、逆流の防止をはかり解決された。この農業用水の利水のため、灌漑期には、阿玉川閘門を

通じて利根川より導水し、黒部川の水位を非灌漑期より20cm高める操作を行い、取水が行われる。この様にして下流部より、大利根農業用水として流域外(干潟, 光町, 八日市場市等)へ導水する他、上流部の小見川町, 山田町の水田地帯へも送られる。また、3支川のいずれもが、農業用水として取水され、付近の水田で利用される。

以上の様な状況の中、黒部川の下流部を1つの貯水池と考え、水量の収支を計ったのが図-2である。半月ごとに集計し、その日平均水量をプロットしたものである。流出部分中、順流とあるのは、黒部川水門を通じ利根川へ流れた量である。流入部分中の利根川からの流入量、大利根農業用水量、以上の量は、毎日の計測値から求めた。図中、排水とあるのは、人の日常活動より生じるもので、汚濁負荷計算より算出したものである。自流とは、下流部に流入する黒部川上流、3支川より流入する量で、河川水量そのものである。この量は、流出量-(利根川からの流入量+排水)より算出した。

図の様に、その水量は利水状況により、灌漑期、非灌漑期と、きわだった変化を示す。5月から6月における、流入、流出量を見ると、その収支が逆転する部分が生じる。5月上旬においては、流入量が流出量より $300 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{日}$ と、6月上旬には逆に、流出量が $250 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{日}$

上まわる。これは、下流部から上流部水田への導水、そして水田からの排水量を示していると思われる。この流域内水田の水の動きは複雑であり、取水量、排水量の把握は難しく、今回は省略した。そのため、灌漑期の自流量は算出出来なかった。

下流部への自流量は、10~2月の平均値で $167 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{日}$ であり、図の様に9・10月に多く、冬場にかけて減少し、降雨量に比例する。同図に、滞留日数を示した。これは、下流部の容積(灌漑期 $2148 \times 10^3 \text{ m}^3$, 非灌漑期 $1931 \times 10^3 \text{ m}^3$)を、流出量で除して求めた。灌漑期、水の動きの大きい時は2~3日(最低2日)、冬場は10日以上(最高17.9日)であった。この滞留日数から、下流部が湖沼化する事がうかがわれ、季節による水質の変化に大きな影響を与える原因となっている。

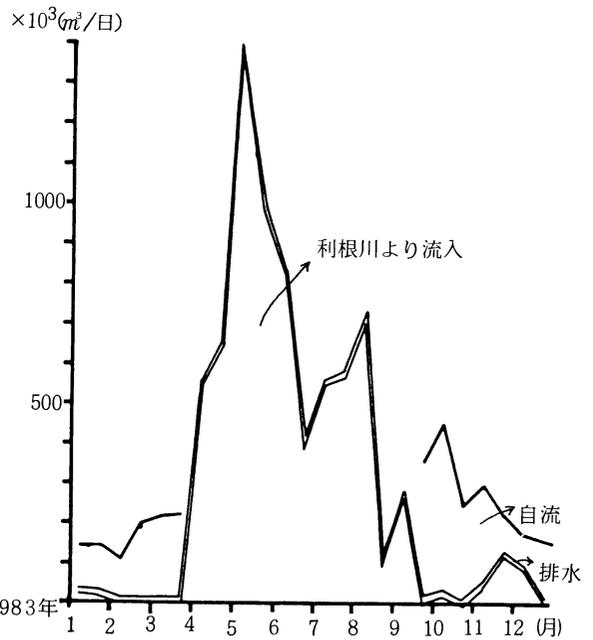


図-2(2) 流入量

III 水質の変化

1983年、各季節に行った水質の測定結果のうち、水質汚濁項目について考察した。採水地点のNo.は、図-1に同じ。上流よりNo.11は、山田町の水田地帯の中であり、台地上には、人家が散在し、養豚が行われている。No.10は、小見川町の人口集中地帯の端にあたり、生活排水の流入の影響が大きい地点である。下流部の採水地点は、No.6, 4(いずれも橋), 1である。他に、各支川からの流入部、小堀川No.9, 阿玉川No.7, 桁沼川No.3, 阿玉川開門No.8となっている。

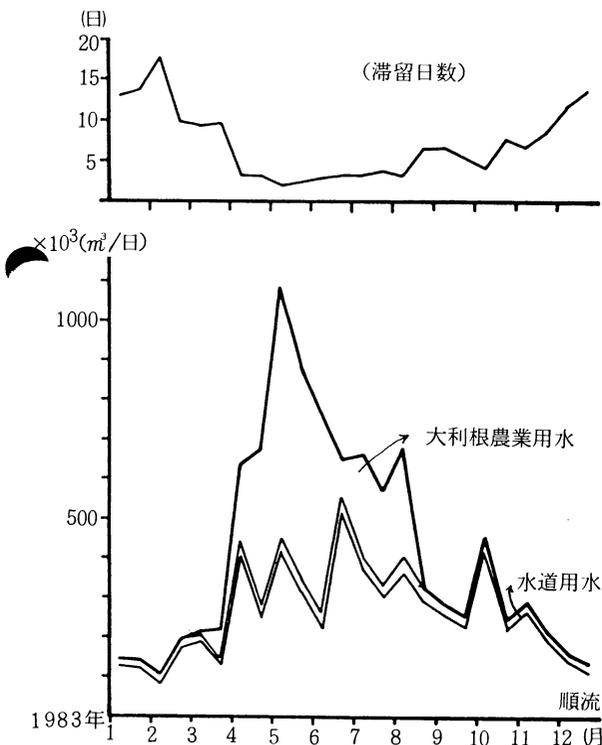


図-2(1) 流出量と滞留日数

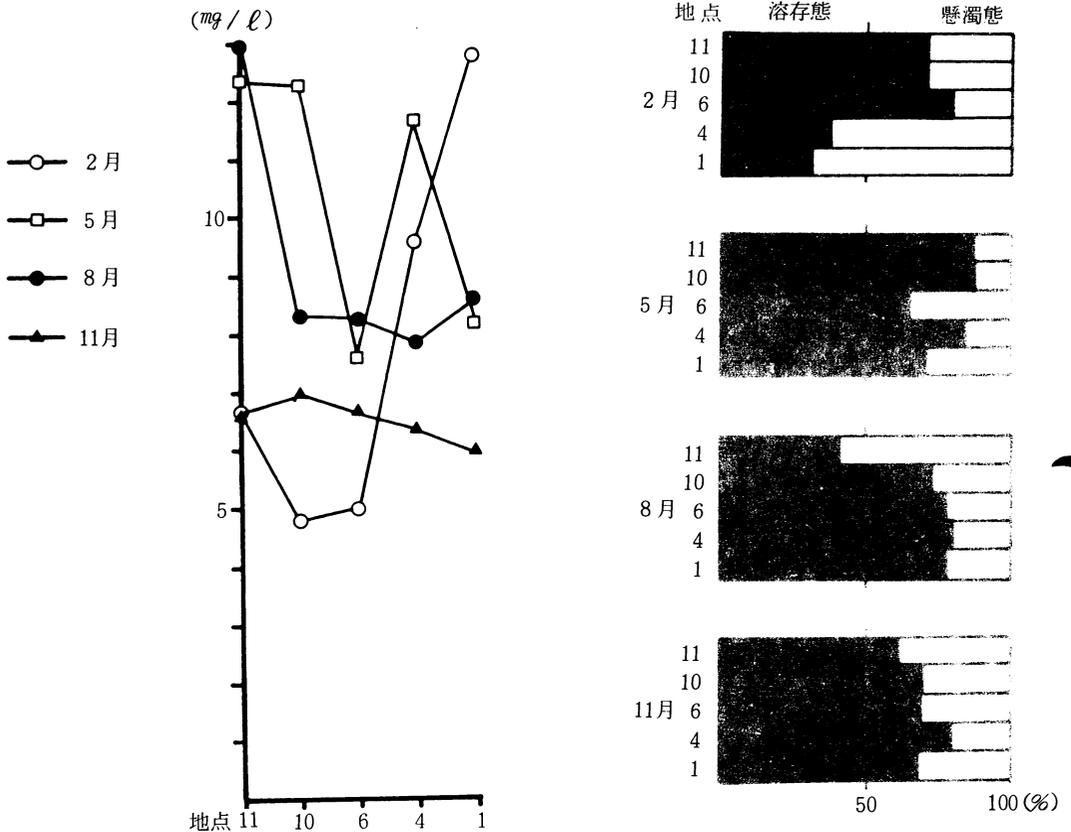


図-3 T-CODの変化

水質測定結果から、先に千葉県環境部の定点観測結果でも公表されているごとく、上流部は中汚染水域、下流部は弱汚染水域であり、汚濁が見られる河川である。T-Nだけを見ても、農林省で示されている、望ましい農業用水の水質 1 mg/l を、上まわっている状態である。

前述の利水状況の項で、灌漑期、非灌漑期に、水の動きが大きく変化する事を述べたが、それが水質の変化にも、大きく影響している。その特徴は、

(1) 灌漑期：農業用、排水の増大により、非灌漑期に比べ、希釈されるため濃度の低下する項目、反対に上昇する項目が見られる。

(2) 非灌漑期（特に冬場）：滞留日数の増加に伴い、藻類の発生等、富栄養化の現象が、水質に見られる。以下、項目別に述べる。

1. BOD, COD, TOC

主に有機物質質量を示す項目である。図-3、4にCODの変化を示した。T-COD（全COD）は、灌漑期（5月、8月）が、非灌漑期（2月、11月）より高い傾向にある。5月には、水田からの排水が多いと思われる、No. 11地点が最も高く、下流部も、利根川からの流入が多い

のにもかかわらず、高い。No. 6地点で急に低くなるのは、一時的に利根川から大量の流入があったためであろう。さらに、この時期の特徴は、図-4に示す様に、溶存態COD（D-COD, 0.45μ 以下）の存在割合が多い事である。図-6の右に、各支川の変化を示したが、同じく灌漑期に一樣に、D-CODの占める割合が高くなっている。

非灌漑期、2月の変化は、下流に従いT-CODが増加して行く。図-3の懸濁態、溶存態の割合からわかる様に、懸濁態が増加し、No. 1地点で68%にも達する。これは、他の項目、SS, PH, DO, N系態を合せ考えると、藻類の発生が考えられ、その藻類由来のCODと思われる。

図-5にBOD、図-6にTOCの変化を示した。TOC（ 0.45μ 以下）は、CODと同様の挙動を示し、灌漑期に高い値となる。しかし、BODの値は、反対に低い値を示す。

以上から考えられる事は、水田耕作期、水田土壤中に含まれる有機物質が、水田排水と共に河川に流入し、COD, TOCを高めると考えられる。そして、その有機物質は溶解性のものが多く、BODとしては示されない、微生物分解を受けにくい、フミン質等の分子量の大きい

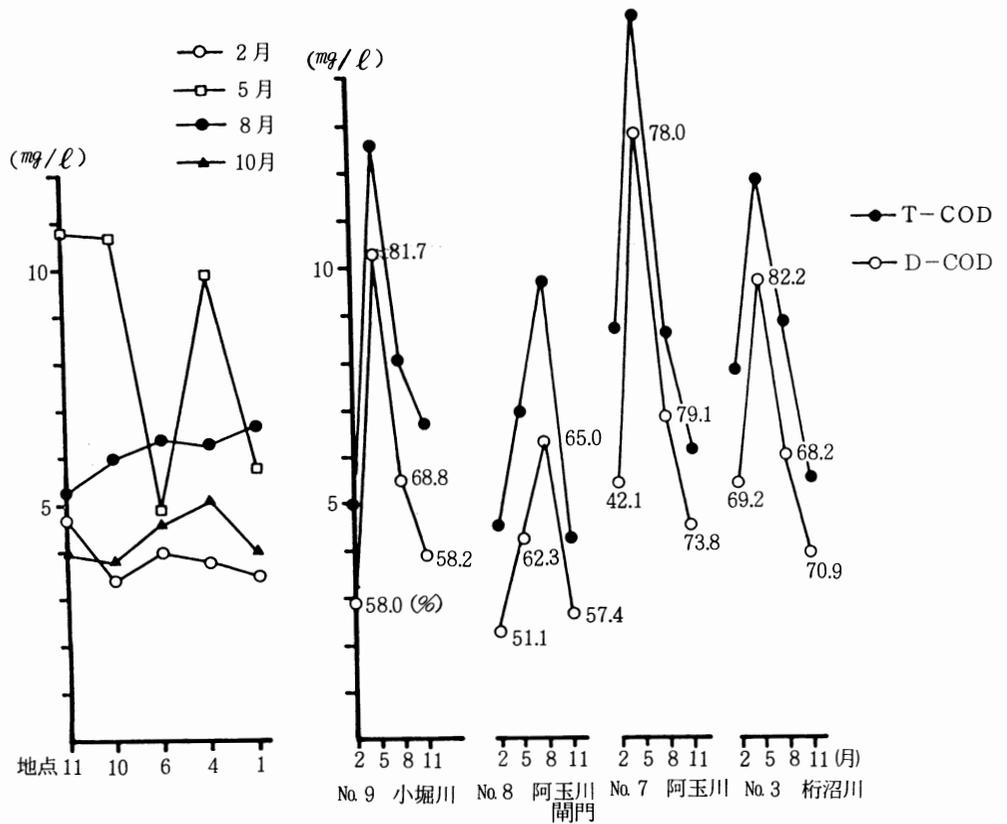


図-4 D-CODの変化

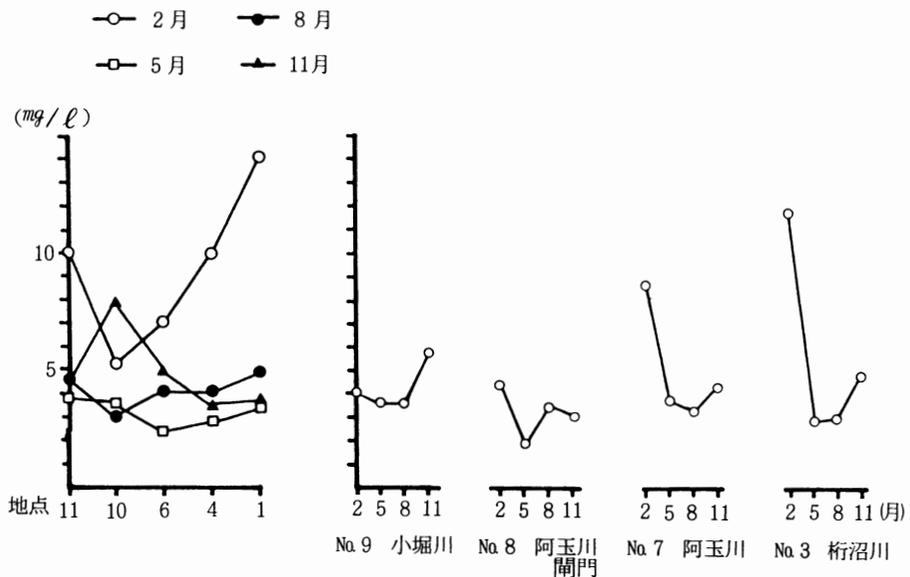


図-5 BODの変化

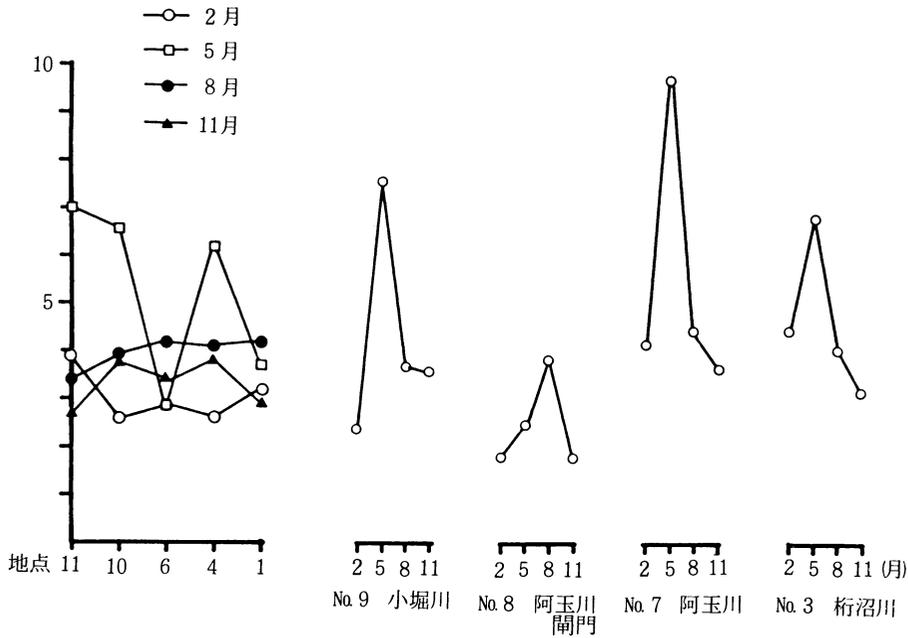


図-6 TOCの変化

化合物である事が予想される。

2. SS, PH, DO

図-7, 8, 9にそれぞれ示した。SSについては, No.11地点, 上流部であり水深も浅く, 降雨などによる底部の洗い出し等により, 変化が大きい。図から上流部で

高く, 中流部で低くなり, 下流部でまた高くなる傾向にある。各項目とも, 2月の変化は特徴的で, SS, PH, DOとも, 下流に従い増加して行く。CODでも示されたが, 藻類の発生, 光合成活動によるPHの上昇, DOの増加を示す²⁾この時期の滞留日数は, 年間で最も長

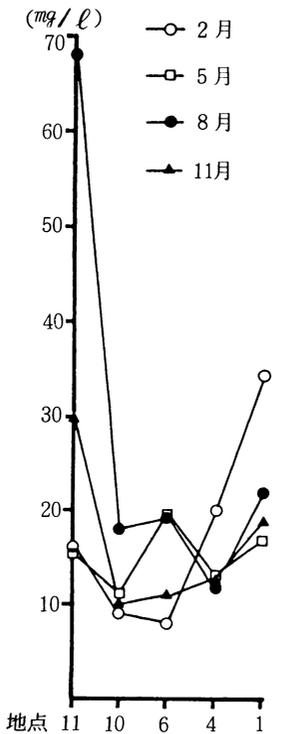


図-7 SSの変化

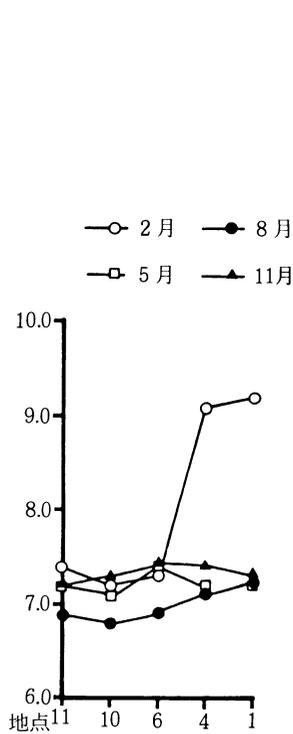


図-8 PHの変化

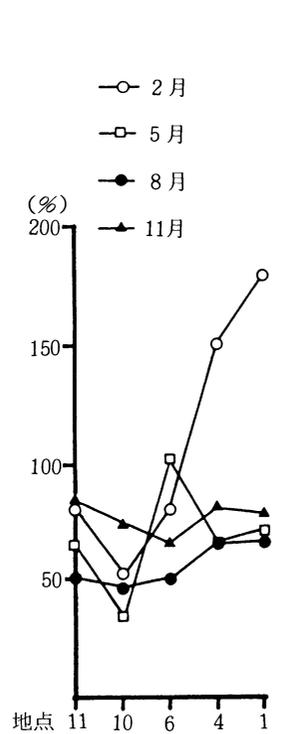


図-9 DO飽和度の変化

黒部川の水質とトリハロメタン (I)

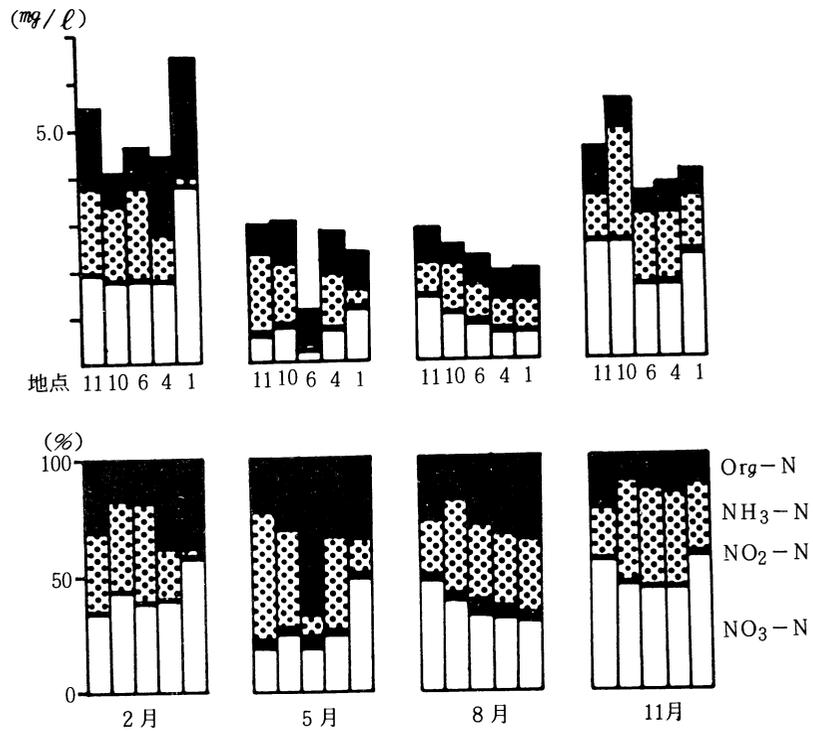


図-10 Nの形態別変化とその割合

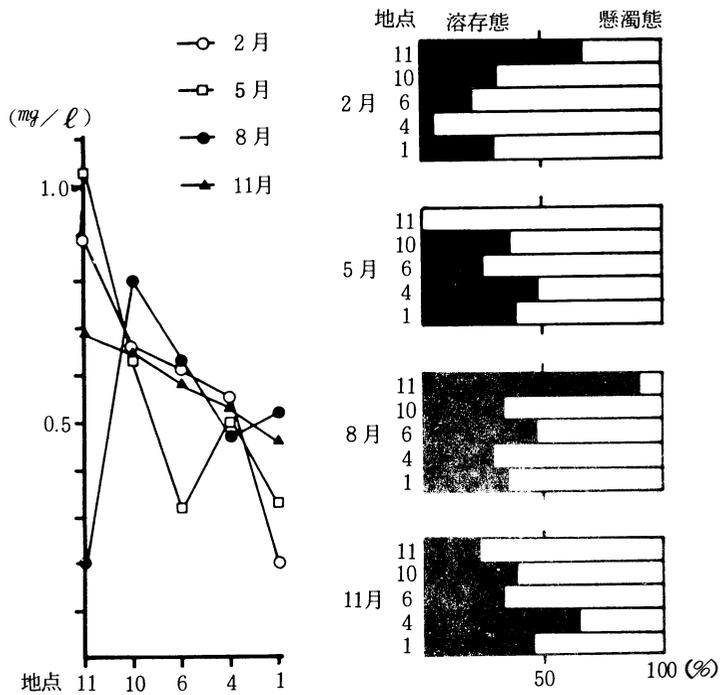


図-11 T-Pの変化

い時であり、約18日である。DOでは、No.10地点で低くなる傾向を示したが、これは小見川町の人口集中地帯から生活排水が流入するためと思われる。

3. T-N, T-P

T-Nは、図-10に示したが、灌漑期に濃度の減少する項目である。形態別に示してあるが、COD, SS, PH, DOと同様に2月に特徴的な変化が見られる。上流から下流に従い、NH₃-Nが酸化されその割合が減少し、NO₃-Nが増加する。そして、藻類の発生につれOrg-N(有機態窒素)が増加する。さらに、Org-Nの懸濁態、溶存態の割合を見ると、No.11地点で懸濁態が22%占めるのに対し、No.1では76.4%と藻類として存在するものが多くなる。

図-11, T-Pは、灌漑期、非灌漑期ともに、大きな変化はない。上流から下流にかけ低下して行く。ただ、2月の溶存態、懸濁態の存在割合を見ると、Org-Nと同様に、溶存態の割合が減少して行き、懸濁態が増加する。

T-N, T-Pについては、形態別、溶存態、懸濁態の存在割合等、さらに詳しい検討が必要である。T-N,

T-Pは、富栄養化現象を制御する項目である。黒部川では、冬期に富栄養化現象が発生する様に、濃度が高い。夏期においても、滞留日数が長くなれば生ずる恐れもあり、注意を要する項目である。

IV 汚濁負荷の算出

流域内で発生する汚濁負荷量を算出した。算出方法は、発生源を(1) 居住者生活排水、(2) 事業所排水(特定事業場と営業一般、官公署、学校を含んだ、その他の事業所の2つに分けた。)、(3) 農業、(4) 畜産、(5) 自然汚濁、の5つに分け、その原単位、排出率は、千葉県水質保全研究所による算出方法³⁾を用いた。

流域内の各支川ごとに4つのブロックに分け、その構成を先に表-1に示した。居住者生活排水を算出するにあたり、流域内のし尿処理形態割合を見ると、下水道の普及はなく、汲取処理人口41.9%、単独浄化槽人口28.8%、自家処理人口25.2%、雑排水も同時に処理する合併浄化槽人口(50人以上、ブロックVIに1ヶ所)4.1%となっている。合併浄化槽人口以外の雑排水は、未処理のまま河川に流入する事となる。負荷量の算出には、1人あたりの原単位に、各処理形態別排出率を乗じ、算出した。

事業所排水のうち、特定事業場は、県環境部より出されている一覧表より排水量を求めた。流域内には、排水量の大きい工場などは無く、個人的な食品加工会社、クリーニング店など、排水量が2~3 m³/日か、それ以下の

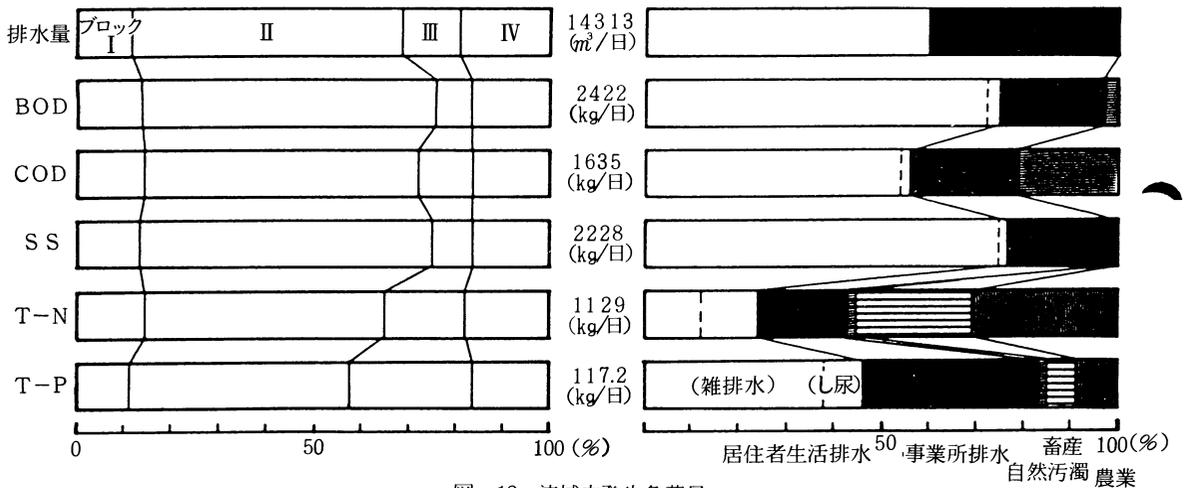


図-12 流域内発生負荷量

ものが大部分である。比較的排水量の大きいものは、3ヶ町し尿処理場850m³/日(No.5地点、ブロックIII)、食肉センター400m³/日(No.2地点、ブロックVI)、病院150m³/日、食品加工会社130, 40, 30 m³/日(いずれもブロックII)である。負荷量は、排水量に実測値のある所はその値を、他は各業種の平均濃度を乗じた。し尿処理場、

食肉センターは、調査で求めた実測値を用いた。

先にも述べたが、この地域では養豚が盛んである。ふん尿は、ほとんどが土壌還元で処理されている。そのため畜産からの負荷は、BOD, SS, CODを除き、T-N, T-Pについて、1頭あたりの原単位に排出率を乗じ算出した。

農業関係のN, Pについては、水田、畑、単位面積あたりの施肥量に面積、排出率を乗じた。

自然系からの汚濁は、BOD, COD, T-N, T-Pについて、原単位に流域面積 (T-N, T-Pについては、水田、畑を除く。) を乗じた。

算出結果を図-12に示した。排水量を見ると、平均 $14 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{日}$ となり、内訳は居住者生活排水が約70%、残りが事業所系である。BODでは、居住者生活排水の占める割合が74.0%と高く、そのうち、先に述べた未処理で流される雑排水の割合は97.1%、BOD全体の71.9%

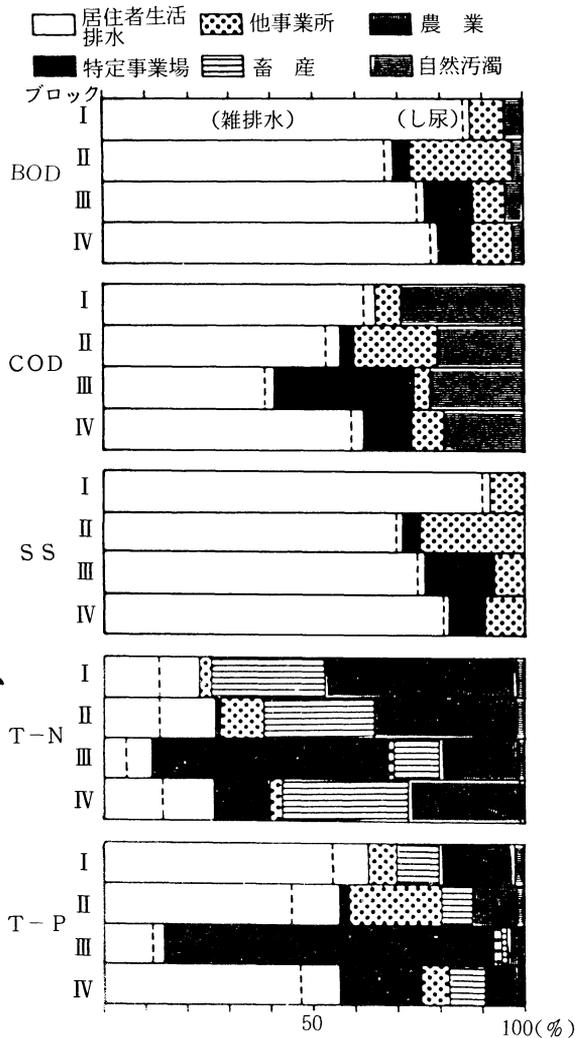


図-13 ブロック別発生負荷構成

に達し、大きな比重を占める。これは、COD, SSについても同様である。

T-Nは、農業31.3%、畜産24.3%、居住者生活排水23.5%、事業所排水18.8%であり、農業、畜産関係から

の排出が多い。

T-Pは、居住者生活排水45.7%、事業所排水37.0%と、両者で約83%を占める。

ブロック別はその排出割合を見ると、T-N, T-Pの割合が、他の項目と違う事がわかる。すなわち、し尿処理場を持つブロックⅢの割合が大きい。図-13の各項目のブロック別発生負荷量を見ると、その特徴がわかる。BOD, COD, SSとも、居住者生活排水の割合が、いずれも高い。しかし、ブロックⅡでは、小見川町の人口集中地帯を含むため、営業一般、公官署などの他事業所排水の割合が他ブロックより多い。CODのブロックⅢにおいて、特定事業場の割合が高いが、これはし尿処理場からのものである。T-N, T-Pも、し尿処理場からの排出が大きく、T-N, T-PのブロックⅢ中に占める割合は、他ブロックと大きく異なる。その割合は、ブロックⅢ中T-N56.5%、T-P78.1%であり、全発生負荷量に対しても9.6%、20.4%という大きい割合である。

V まとめ

黒部川は利水状況により、河川と湖沼の両特質を持つ河川である事がわかった。

水質面においては、灌漑期、非灌漑期、きわだった特徴を示した。灌漑期は農業用、排水の増大による影響が大きく、濃度の低下する項目、BOD, N系、上昇する項目、COD, TOCが見られた。低下する項目は、水量の増加による希釈作用、上昇する項目の原因としては、水田耕作期における土壌中からの溶出が考えられる。非灌漑期においては、冬期、滞留日数の増加に伴い、藻類の発生が見られ、水質の悪化を招きやすい。トリハロメタン生成を考えると見る時、黒部川の水質は、前駆物質となるTOCなどで示される有機物質は、年間を通して高い。そして、特徴的な原因として、灌漑期の水田土壌中からの有機物質、冬期における藻類由来の有機物質があり、トリハロメタン生成に大きく影響する事がうかがわれた。

汚濁負荷の面では、BOD, COD, SSの負荷として、家庭からの雑排水が大きく、T-Nは、畜産、農業、し尿処理場の発生が大きかった。まとまったものとしては、し尿処理場からの排出が大きく、そのことはT-Pにも言える。下水道の整備、三次処理対策が望まれる。本調査にあたり、資料の提供をいただいた、関係市町、水資源開発公団利根川河口堰管理事務所、佐原土木事務所、水質保全研究所、他関係機関の方々に感謝いたします。

文献

- 1) 吉田豊, 菊池幸子, 小室芳洵, 成富武治, 中西成子, 日野隆信, 中山和好: 一河川における水質とトリハロメタン(1), 千葉県衛生研究所報告, 7, 63-68, 1983
- 2) 宇佐見義博, 彦坂治, 吉本健二: 都市河川の流下に伴う水質変化とクロロフィル a との関連性について, 水処理技術Vol.21-11, 29-36: 1980
- 3) 水質汚濁負荷解析方法 千葉県水質保全研究所資料No.31 1981