

非カンガイ期における中山間地域の河川水質

猪迫耕二*・吉田 勲*

The River Water Quality in the Hilled Rural Area during the Non - Irrigation Period

Koji INOSAKO* and Isao YOSHIDA*

In Japan, paddy fields have been reclaimed positively for a long time. Now they are seen everywhere, for example, in water area reclamation fields, basins among the mountains, etc. Therefore it can't be ignored that paddy fields have a great influence on the regional water environment. The hilled rural areas are not exceptions too. Recently it is insisted on keeping the regional water environment in the hilled rural areas, since their high worth as environmental resources are estimated.

Thus, in this paper, the river water quality (concentrations of COD, N, P) in the hilled rural areas during the non-irrigation period is analysed to clear the characteristics, since it is a kind of the regional water environment and a background of the river water quality.

As a result, the cleared points are as follows :

(1) COD, T-N and $\text{NO}_2\text{-N}$ have a trend of seasonal variations. (2) $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ and $\text{NH}_4\text{-N}$ account for 69%, 0.3% and 3.3% of T-N, respectively. (3) The correlation coefficients between T-N and Inorganic N, T-N and $\text{NO}_3\text{-N}$, T-P and $\text{PO}_4\text{-N}$ are 0.903, 0.897 and 0.790, respectively. (4) The statistical distributions of COD, T-N, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, T-P and $\text{PO}_4\text{-P}$ are all log-normal distributions.

序 論

わが国では古来より水田開発が積極的に行われてきた。その結果、現在では干拓地から山間部にいたる様々な地域で水田を見ることができる。このことは、地域水環境の保全を考えると、水田との関係を正確にとらえる必要があることを意味している。それは河川上流部に位置する中山間地域においても例外ではない。

中山間地域では河川沿岸の利用可能な土地のかなりの部分が水田化されていると考えられる。しかしその規模は一般に小さく、そのため、本地域の水田群と河川水質とを関連づけた研究はほとんど行われていない。

近年、中山間地域における豊かな自然環境を環境資源として見直し、その積極的な活用と保全が叫ばれるようになってきた。このような背景のもとでは、環境資源の一つである河川水質の現状を把握することが必要となる。

*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

その際、水田との関係を軽視することはできない。

河川水質と水田との関係を明らかにするには、まず、そのバックグラウンドとなる非カンガイ期における河川水質の特徴を把握する必要がある。そこで、本研究では中山間地域で沿岸に水田群を有する河川を対象に、非カンガイ期における河川水質を測定した。ここでは、有機物、窒素、リンに関する河川水質の特徴について報告する。

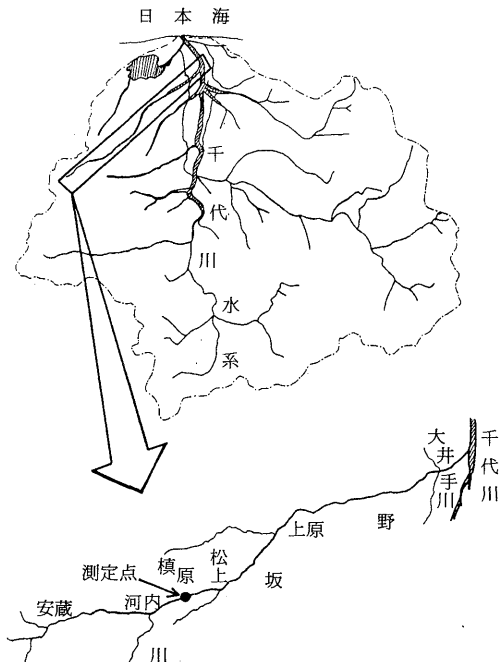
調査の概要

1. 調査対象河川

本研究では中山間地域で営まれている水田農業と河川水質との関係を定量的に把握することを目的としている。したがって、調査対象には、沿岸に工場等の汚濁源が存在せず、かつ上流域まで水田が展開している河川が望ましい。

この条件を満たす河川として鳥取市郊外を流れる野坂川を対象河川に選定した。

第1図に示したとおり、野坂川は千代川水系に属する支川である。高山（標高1,054m）に水源を発しており、河川延長22.6km、流域面積50km²の規模を有している。沿岸の土地は農地、集落、林地となっており、最上流部の安蔵には市営の公園がある。農地の大部分は水田であり、



第1図 野坂川の概要

河川上流部の河内地区より下流側ではほ場整備はほぼ完了している。河内地区から松上地区にかけては傾斜地水田が展開している。中流部にあたる上原地区を中心とした流域でいくぶん開けた水田地帯が広がり、大井手川との合流部付近から平野部の水田地帯となっている。

調査地点は傾斜地水田群の中央部に位置する横原の取水堰とした。

2. 測定項目

測定項目は水温、溶存酸素 (DO)、化学的酸素消費量 (COD)、全窒素 (T-N)、アンモニア態窒素 (NH₄-N)、亜硝酸態窒素 (NO₂-N)、硝酸態窒素 (NO₃-N)、全リン (T-P)、リン酸態リン (PO₄-P)、電気伝導度 (EC)、浮遊物質 (SS)、pHである。これらのうち、水温、DO、pH、ECは現地において堀場製水質チェッカーを用いて測定し、その他の項目については採水後、実験室内で定量した。CODは100℃過マンガン酸カリウム法で定量した。窒素・リンはJIS K 0101に準拠したセントラル科学製の富栄養計を用いて定量した。SSはガラスフィルター法に依った。

降水量は、松上地区の小学校内に設置された鳥取県土木部管轄の無線観測所で記録されたデータを使用させて頂いた。

3. 調査期間および頻度

水田におけるカンガイ期は一般に5～9月といわれている。それ以外の時期、すなわち10～4月までが非カンガイ期となる。本研究では、完全に非カンガイ期となった1993年10月下旬より測定を開始した。測定は毎週1回の定時観測を基本とした。ただし、測定開始時の11月4日～12月4日までは集中観測期とし、毎日採水分析を行った。なお、定時観測は現在も継続しているが、ここでは1994年4月28日までのデータについて解析を行った。

測定結果と考察

ここでは、全測定項目の中から特にCOD、T-N、NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N、T-P、PO₄-Pの測定結果を示し、考察を加える。

1. 時系列データからみた特徴

第2図(a)に定時観測の結果を、(b)に集中観測の結果を示した。定時観測の結果から各項目の長期的な変化を知ることができ、集中観測の結果から短期的な変化の傾向を知ることができる。特に、降雨との関係は集中観測の結果によく現れている。

(1) 定時観測

これによると、CODは10～12月にやや小さく、平均

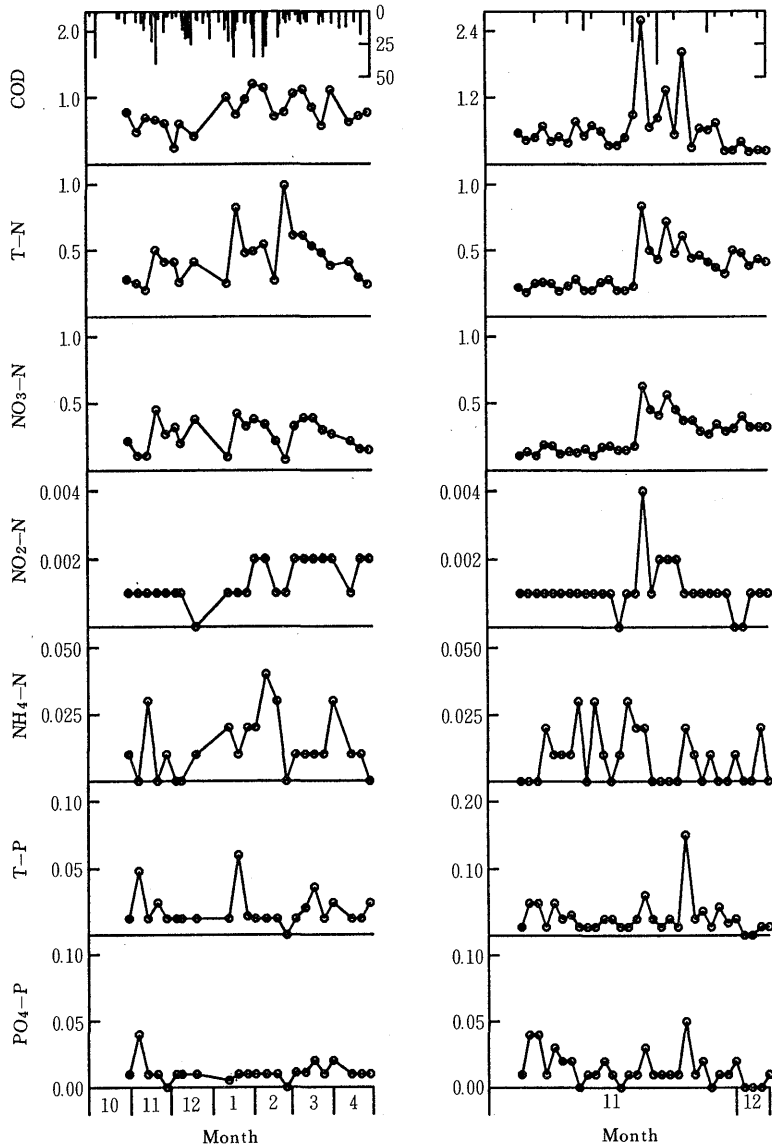
的にみて0.6mg/l程度であった。それに対し、1月以降はやや大きくなり、約1.0mg/l程度の値を示していた。

T-Nも同様に10~12月までは平均が約0.3mg/lであるのに対し、1月以降は平均で約0.5mg/l程度となっている。この傾向はNO₂-Nにもわずかに認められる。そ

れに対し、NO₃-N、NH₄-N、T-P、PO₄-Pにはそのような長期的な変化の傾向は認められなかった。

(2) 集中観測

NO₂-Nを除いて、いずれも降雨に鋭敏に反応している。その反応は2つのグループに分けられる。第1のグ



(a) 定時観測

(b) 集中観測

第2図 各水質項目の経日変動

* 単位は全てmg/l

ループは降雨の発生によって濃度が一時的に増加し、降雨終了後、速やかに発生前の濃度に戻るものである。このグループに属するものに COD, $\text{NH}_4\text{-N}$, T-P, $\text{PO}_4\text{-P}$ がある。それに対し、T-N, $\text{NO}_3\text{-N}$ のグループは、降雨の発生で上昇した濃度が発生前の濃度まで下がるのに時間を要する。同様な現象が、森林からの流出水を対象とした研究¹⁾においても報告されている。

ところで、T-Nには、有機態窒素のほか無機態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$)が含まれている。したがって、その濃度変化の傾向にはこれら無機態窒素の変化の傾向も現れているはずである。しかし、 $\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{NO}_2\text{-N}$ がT-Nに占める割合は平均でそれぞれ3.3, 0.3%に過ぎず、その影響は小さい。それに対し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は平均で69%を占めており、 $\text{NO}_3\text{-N}$ がT-Nの変化傾向に多大な影響をあたえていることを伺わせる。

2. 全データからみた特徴

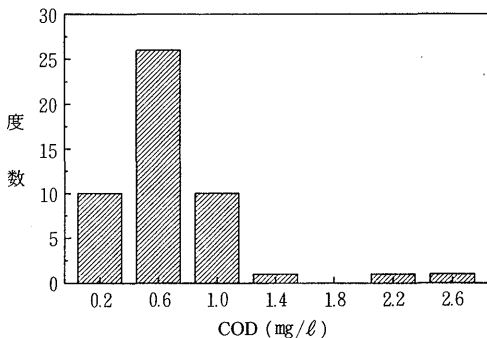
次に、全データについて統計的解析を試み、その特徴について考察を加えた。

(1) COD

第3図にCODのヒストグラムを作成した。これによると最頻値は0.4~0.8mg/lの階級にあり、測定値は小さな階級に集中している。そのため算術平均値と幾何平均値を求めるとそれぞれ0.72, 0.62mg/lとなり、やや幾何平均の方が小さくなる。そこで、CODは対数正規分布に従っていると仮定し、CODの累積相対度数を対数確率紙にプロットしたものが第4図である。図より測定値はほぼ直線に乗っており、CODの母集団は対数正規分布に従っていると判断できる。この母集団の平均、すなわち、母平均は図の非超過確率50%に相当する濃度であり、0.36mg/lであった。

(2) 窒素成分

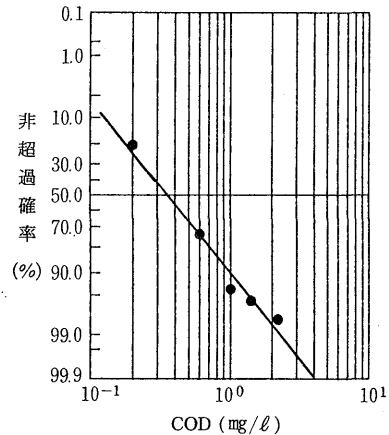
窒素成分(T-N, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$)の



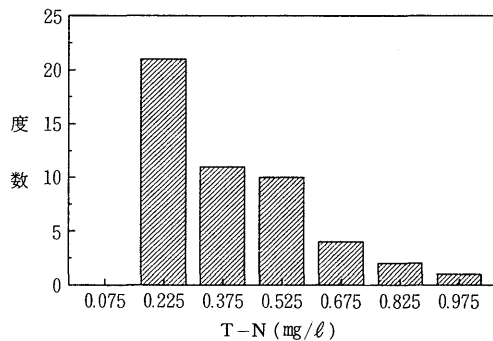
第3図 CODのヒストグラム

ヒストグラムを第5, 6, 7, 8図に示した。

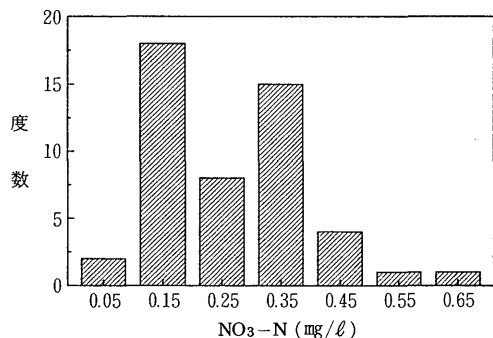
T-Nは0.15~0.30mg/lの階級に最頻値があり、それより大きな濃度の出現頻度は単調に減少している。累積相対度数を対数確率紙にプロットすると第9図が得られ、T-Nの母集団が対数正規分布に従うことがわかる。そ



第4図 CODの累積濃度分布



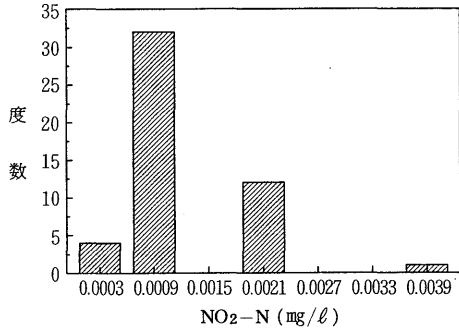
第5図 T-Nのヒストグラム



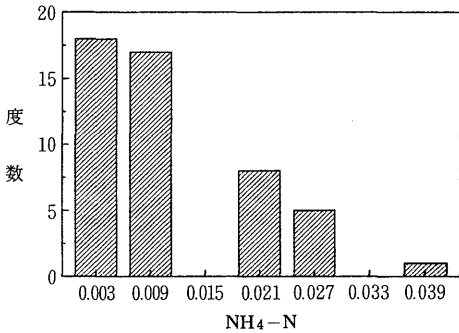
第6図 $\text{NO}_3\text{-N}$ のヒストグラム

の50%濃度は0.27mg/lであった。算術平均値、幾何平均値はそれぞれ0.40, 0.36mg/lであり、50%濃度より1.5, 1.3倍程度大きかった。

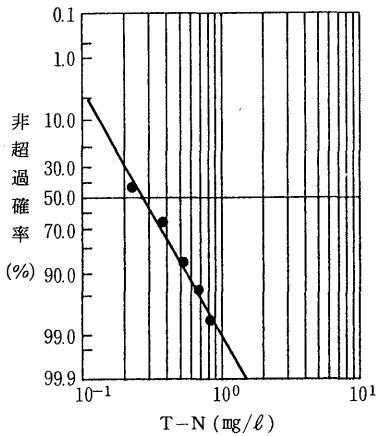
第6図のNO₃-Nをみると、最頻値は0.10~0.20mg/lの階級にあるが、0.30~0.40mg/lの階級でも出現



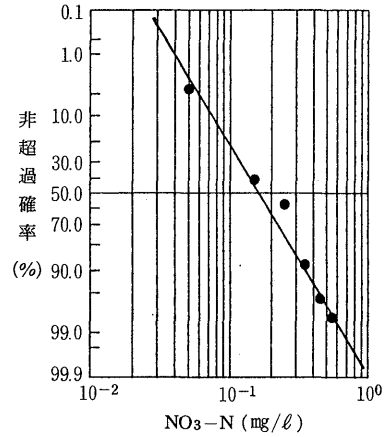
第7図 NO₂-Nのヒストグラム



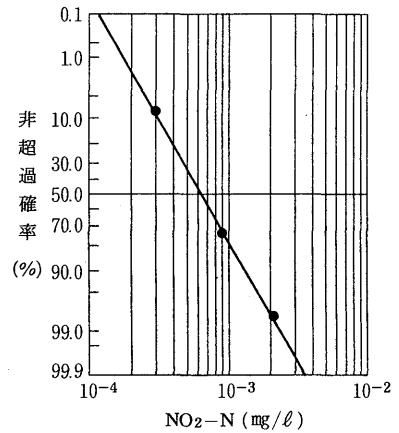
第8図 NH₄-Nのヒストグラム



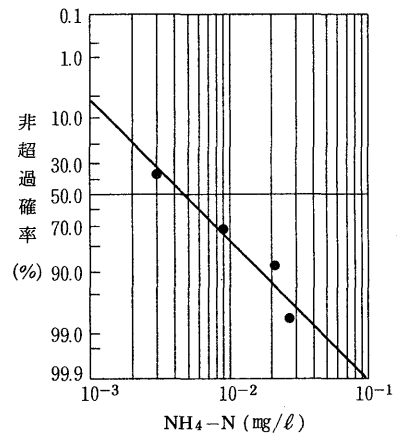
第9図 T-Nの累積濃度分布



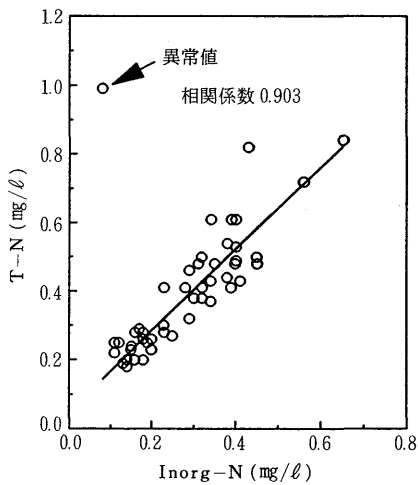
第10図 NO₃-Nの累積濃度分布



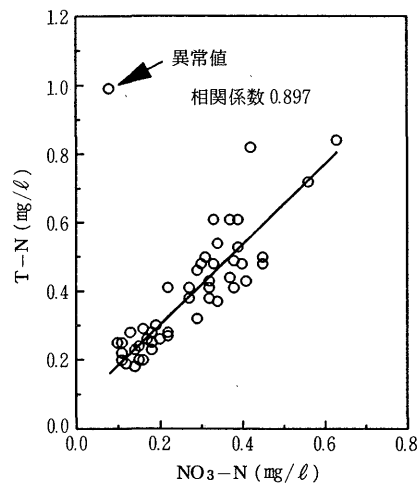
第11図 NO₂-Nの累積濃度分布



第12図 NH₄-Nの累積濃度分布



(a) 無機態窒素



(b) 硝酸態窒素

第13図 T-Nと無機態窒素, 硝酸態窒素の関係

頻度が大きくなっている。その母集団は第10図より対数正規分布に従うと判断できる。その50%濃度が0.16 mg/lを示すのに対し、測定値の算術平均値、幾何平均値はそれぞれ0.27, 0.24 mg/lで50%濃度の1.7, 1.5倍であった。

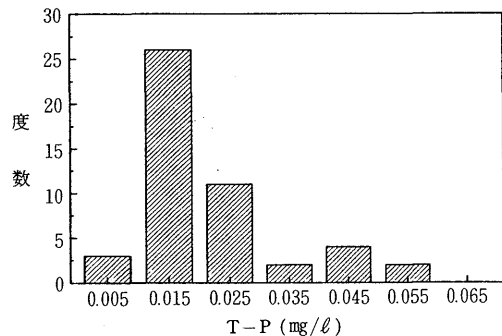
第7図よりNO₂-Nは0.0006~0.0012 mg/lの階級に最頻値がある。算術平均値と幾何平均値はともに0.0012 mg/lとなった。この母集団の分布は第11図より対数正規分布に従うといえる。図より50%濃度は0.0007 mg/lであった。算術平均値および幾何平均値はともに50%濃度の1.4倍となる。

第8図に示したように、NH₄-Nは最小階級の0~0.006 mg/lに最頻値がある。ただし、本研究で用いた富栄養計は1/100桁がNH₄-N濃度の検出限界であるため、最小階級に属する測定値は0.00 mg/lとなる。算術平均値は0.011 mg/l、幾何平均値は0.015 mg/lであった。この母集団は第12図よりほぼ対数正規分布に従っているといえる。50%濃度は0.005 mg/lであり、算術平均値はこの2.2倍、幾何平均値は3倍の大きさであった。

ところで、前述したように水中の窒素成分は無機態窒素(Inorg-N)と有機態窒素(Org-N)とに分けられる。無機態窒素はさらにNO₃-N, NO₂-N, NH₄-Nの3形態をとるので、T-Nは次式で表される。

$$T-N = NO_3-N + NO_2-N + NH_4-N + Org-N \quad (1)$$

ここで、T-NとInorg-NおよびNO₃-Nとの関係を



第14図 T-Pのヒストグラム

第13図(a)(b)に示した。異常値を除いた48個のデータで相関をとった結果、次式で表される回帰直線を得た。

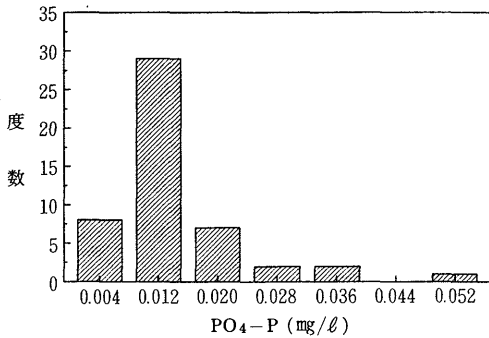
$$(a) [T-N] = 1.189 [Inorg-N] + 0.04689 \quad (2)$$

$$(b) [T-N] = 1.175 [NO_3-N] + 0.06547 \quad (3)$$

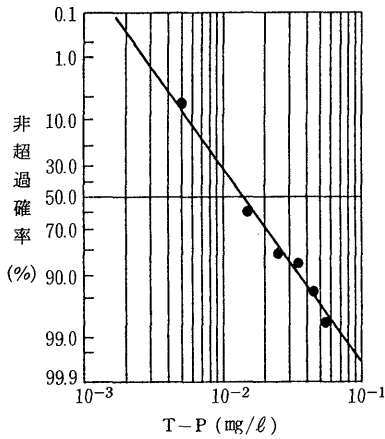
それぞれの相関係数は0.903および0.897と極めて大きく、高い相関関係にあることを示した。このことは、T-NがInorg-NあるいはNO₃-Nから推定されうることを意味している。さらに、NO₃-Nのみでも推定可能であることは、T-Nの変動に与えるNO₃-Nの影響が大きいことを示唆している。

(3) リン成分

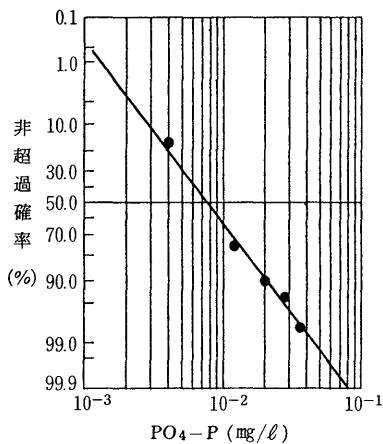
T-P, PO₄-Pのヒストグラムを第14, 15図に示した。どちらも対数正規分布を予想させる形状を示してお



第15図 PO₄-Pのヒストグラム



第16図 T-Pの累積濃度分布



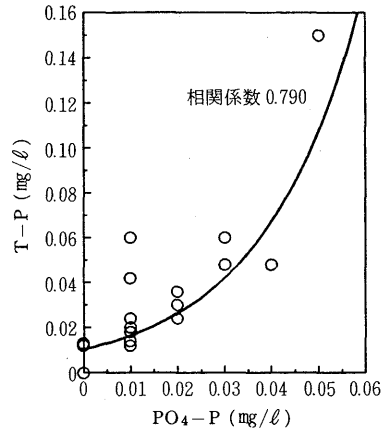
第17図 PO₄-Pの累積濃度分布

り、それぞれの最頻値は0.01~0.02mg/l、0.008~0.016mg/lの階級にあった。算術平均値は0.023mg/lおよび0.0128mg/l、幾何平均値は0.0195mg/lおよび0.013mg/lであった。それぞれの母集団は第16、17図より明らかに対数正規分布に従っており、50%濃度は0.014mg/lおよび0.0076mg/lであった。T-Pでは、算術平均値が50%濃度の1.6倍、幾何平均値が1.4倍であった。同様にPO₄-Pでは、それぞれ1.8倍、1.7倍となった。

T-PとPO₄-Pの関係を第18図に示している。回帰分析の結果、両者の関係は次式で表された。

$$T-P = 0.0102 \exp(47.0 [PO_4-P]) \quad (4)$$

(4)式の相関係数は0.790となり、両者には極めて高い相関が認められた。



第18図 T-PとPO₄-Pとの関係

結 論

本研究では、中山間地域の河川水質と水田との関係を明らかにするために、まず、そのバックグラウンドともいふべき非カンガイ期における河川水質を調査解析し、その特徴の把握を試みた。ここではCOD、窒素成分、リン成分について検討を行った。その結果、

- ① COD, T-N, NO₂-N は時期によって異なる傾向を示す。
- ② NO₂-N 以外は降雨の発生に鋭敏に反応する。
- ③ NO₃-N は降雨終了後、発生前の濃度に戻るのに他の項目よりも時間を要する。
- ④ NO₃-N, NO₂-N, NH₄-N が T-N に占める割合はそれぞれ平均69%, 0.3%, 3.3%である。

⑤ T-Nは、Inorg-NもしくはNO₃-Nから回帰直線を用いて推定可能である。またそれぞれの回帰直線の相関係数は0.903および0.897である。

⑥ ④⑤よりNO₃-NがT-Nに与える影響は極めて大きい。

⑦ T-PはPO₄-Pから指数関数で推定できる。その関数の相関係数は0.790である。

⑧ 各測定項目の母集団は対数正規分布に従うことが明かとなった。

謝 辞

本研究では鳥取県土木部から降水量データを提供して頂いた。また、本研究の一部は平成5年度文部省科学研究費（試験研究B(1)，課題番号05556039）の補助を得て行った。ここに記して謝意を表します。

文 献

- 1) 國松孝男，須戸幹：農土論集，176，35-44（1993）