

1. 土地利用形態別流出負荷量の把握

湖沼や内湾など閉鎖性水域における水質汚濁や富栄養化現象の抑制のための流入負荷量削減対策には、土地利用形態別流出負荷量の正確な把握が必要である。一般には、個々の調査をもとに各種負荷の排出負荷量原単位から積み上げて、実則負荷量とのチェックによって流達率で調整した流出負荷量の算定手法の用いられることが多い。降雨を介して流出する特性を有する市街地、山林、畑地、水田などの面源負荷からの排出負荷量原単位や流達率は種々提案されているものの、その数値はかなり異なっている。もともと面源負荷の排出負荷量原単位は、その面源の立地する水文・気象・地形・地質・地被状態や種々の人間活動などの環境条件で大きく異なる性格を有しており、広域を対象とする場合、統計的な平均量として取り扱わざるを得ない。

ここでは、従来からの積み上げ方式による流出負荷量の算定方式とは逆に、多くの河川において実測された流出負荷量と、それぞれの河川流域の土地利用形態別面積をもとに、その統計的な回帰分析によって、排出負荷量に流域率を加味された形で各土地利用形態別の流出負荷量原単位の算定を試みることにする。この算定法では用いた観測値がどのような性質のデータ構成であるかによって、解釈の意義まで左右されることになるため、対象河川の流域内土地利用構成や観測頻度や観測時刻などの観測方法を十分吟味し取扱いをしなければならぬ。

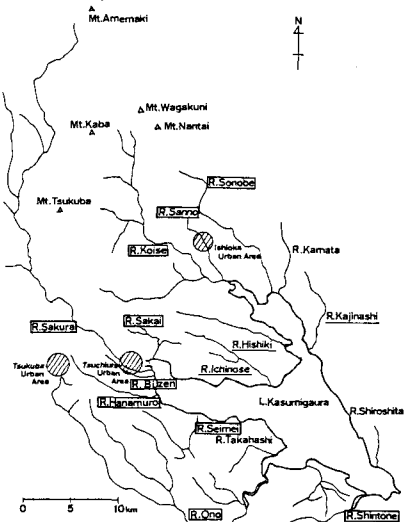
2. 解析対象の地域特性

解析対象とするのは図-1に示す霞ヶ浦西浦流域(流域面積1391.8 km²)の流入河川である。河川流出負荷量の調査データは、流域面積では西浦全流域の4分の3強を占め、流出負荷量ではさらに大きなウエイトを占める主要10河川における毎週1回の頻度で1年間の定時観測値、この10河川に次いで重要な3河川を加えた13河川の晴天時24時間観測値、および、湖岸部で小さな排水路を通じてあるいは直接湖へ流出する残流域を除いたほぼ全ての流入河川を含む24河川の同日観測値である。個々の河川流域内の土地利用形態別面積が明らかなのは、茨城県の調査資料によれば18河川であり、上記の調査河川グループごとの流域内土地利用形態別面積比率を表-1に示す。霞ヶ浦流域内では、山地は北西部の筑波山系に限定でき、大半は台地や低地であるため水田・畑地・市街地の面積比率が大きく、林地でも桜川・恋瀬川・園部川流域以外は平地林が多く、高くても丘陵地程度である。

実際の解析では、表-1においていずれの河川グループともハス田と水面(水辺地を含む)の面積比率が他と比べて小さいので無視して、木田、畑地(樹園地を含む)、林地(草地を含む)、市街地の4つで流域が構成されているとして、4つの土地利用形態別面積比率に再配分したものをを用いた。また、河川ごとの流域規模の大きさの相違による解析への影響をなくするため、各河川の水質項目ごとの流出負荷量をその流域面積で除した比流出負荷量を解析に用いることにする。

表-1 土地利用形態別面積比率

河川グループ	面積	ハス田	水田	畑地	林地	市街地	水面
10河川	1053.3 ^{km²}	0.6	27.4	23.8	31.4	14.5	2.3%
13河川	1135.7 ^{km²}	0.6	27.1	24.5	31.4	14.2	2.2%
18河川	1193.9 ^{km²}	0.6	26.8	24.6	31.3	14.5	2.2%
残流域	197.9 ^{km²}	4.6	38.5	15.7	19.9	9.7	11.6%
西浦流域	1391.8 ^{km²}	1.2	28.5	23.4	29.7	13.8	3.5%



図一： 葎ヶ浦（西浦）流入河川

3. 解析方法と問題点

2.で示したように、霞ヶ浦への流域負荷特性として、水田・畑地・林地・市街地等の面源負荷のウエイトが高いことが明らかである。それゆえ、流入河川を通じて湖へ流入する負荷が、これらの土地利用形態別負荷の寄与として、排出負荷量に流達率も含まれた流出負荷量原単位でどの程度説明がつけられるかを検討し、面源負荷の排出原単位との関係を比較することにする。ここで最も問題となる点は、用いる観測データが降雨を介して流出する特性を有する面源負荷からの流出負荷量をどの程度反映したデータであるか、および、晴天時の流出負荷量で大きなウエイトを占める工場排水・生活排水などの点源負荷の取り扱い方である。したがって、原則として、

(1)降雨時流出負荷量の観測値を一部に含んだ定時的かつ長期間の観測データを用いる。

(2)工場排水の河川流出負荷量への影響の大きな河川は解析対象から除く。

(3)生活排水は市街地負荷の一部として市街地面積比率で表現できるものとする。

(4)畜産排水はその80%が農地還元処分であるため農耕地(水田・畑地)の面積比率で代表できるとする。

(5)河川の流域規模の相違による影響を少なくするために流出負荷量を流域面積で除した比流出負荷量を用いる。

解析手法は多重線形回帰方程式を用い、解析対象水質項目はT-N、T-P、T-COD、 Cl^- 、 NH_4^+-N 、 $NO_2^- -N$ 、 $NO_3^- -N$ 、 $PO_4^{3-}-P$ などである。 x_{ij} 、……、 x_{nij} は水質項目jについての単位面積当りの各土地利用形態別流出負荷量(したがって流出負荷量原単位)とし、 a_{ij} 、……、 a_{nij} は各土地利用形態別面積比率とすると、河川iにおける水質項目jについての比流出負荷量 b_{ij} は次式で表わされる。一般に、各水質項目ごとに解析する。

$$a_{1i} \cdot x_{1ij} + a_{2i} \cdot x_{2ij} + \dots + a_{ni} \cdot x_{nij} = b_{ij}$$

4. 解析結果とその検討

降雨時流出負荷量の観測値を不十分ながら一部に含む1年間52回の毎週1回定時観測の10河川グループについて、工場排水の河川流出負荷量への影響が無視できる河川のための5河川、その枠をゆるめて6河川、さらに枠をゆるめて7河川の場合についての多重回帰分析結果を表-2に示す。林地(草地を含む)は、いずれの水質項目においても負で0に近い回帰係数を示したため、 $x_{lij} = 0$ として、水田・畑地・市街地の土地利用形態を用いた。

表-2 多重回帰分析結果 (単位: g/km²・sec)

河川	土地利用形態	T-N	T-P	T-COD	Cl^-	SS	NH_4^+-N	$NO_2^- -N$	$NO_3^- -N$	$PO_4^{3-}-P$
5河川	水田	0.072	0.0029	0.037	0.35	-0.10	-0.032	0.001	0.045	0.003
	畑地	0.026	-0.0104	-0.035	0.07	0.72	0.028	-0.003	0.050	-0.008
	市街地	0.114	0.0325	0.445	1.01	0.75	0.031	0.011	-0.016	0.018
	Y	0.987	0.979	0.984	0.997	0.918	0.948	0.996	0.969	0.985
6河川	水田	0.076	0.0037	0.059	0.42	-0.16	-0.029	0.002	0.043	0.003
	畑地	0.035	-0.0088	0.010	0.21	0.60	0.034	-0.002	0.046	-0.007
	市街地	0.109	0.0316	0.420	0.93	0.82	0.027	0.010	-0.014	0.017
	Y	0.987	0.976	0.974	0.985	0.910	0.931	0.967	0.971	0.979
7河川	水田	0.022	0.0070	0.089	0.18	0.004	-0.024	0.002	0.001	0.004
	畑地	0.062	-0.0105	-0.006	0.33	0.512	0.031	-0.002	0.068	-0.007
	市街地	0.152	0.0289	0.396	1.13	0.685	0.023	0.010	0.020	0.016
	Y	0.954	0.968	0.976	0.974	0.905	0.925	0.974	0.848	0.979

表-2より、一挙に負の回帰係数となっているものがあるものの、大まかな各土地利用形態別流出負荷量原単位を知ることができる。工場排水の影響の大きな河川を追加すると、重相関係数が低下するほか回帰係数がかかり変動する。これは10河川全部での解析結果ではむしろのこと、同日調査の18河川についての解析結果でも同様であり、表-2では5・6河川の場合の解析例が妥当と考えられる。水田の流出負荷量原単位は、水田群としての評価の場合には他の研究結果や、農耕地部分のウエイトが高い河川流域での観測結果からも支持される値である。市街地に関しては、生活排水を含めた流出負荷量原単位であるため、下水道の普及した河川流域では雨水流出の関係も含めて異なった値になろう。