

II-380 流域からの流出負荷量の降水負荷量による評価

国立公害研究所 水質土壌環境部 正員 海老瀬潜一

1. 降水負荷量による評価の意義

流域から河川を通じて流出する汚濁物質の長期間の流出負荷量の大きさあるいは流出負荷量原単位は、期間ごと、かつ、流域ごとに異なるものである。期間や流域ごとに異なる原因は、期間降水量の違いであり、流域の水利用や土地利用形態の変化であり、個々の負荷排出源の排出負荷量の変化であろう。流域がいずれの土地利用形態の場合でも、共通のベース負荷、あるいは、バックグラウンド負荷として大気からの降下物負荷がある。大気からの降下物負荷は、近年の大気汚染や酸性雨との関連調査から、細長く横たわる日本列島でその質的・量的変化とその分布状態が明らかにされつつある。また一方では、降雨を介して流出する特性を有する面源負荷があり、大気からの降下物負荷は降水量等に左右される面源負荷の一部を構成している。したがって、各流域からの汚濁物質の年間を通じた流出負荷量を、降水負荷量との比較で捉えて、それ以上の自然的かつ人為的な負荷の大きさを評価することは意義あることと考える。ここで、降水負荷量に限定して降下塵を含めないのは、河川流量と降水量の密接な関係を考慮したことと、降下塵が降水と比べて交通量や飛散花粉量の影響のように測定点や測定方法によって局所的な分布特性を示すことが多いからである。

2. 河川上流部流域と調査の概要

河川上流部に位置する山地流域は、河川の水源地として降水から河川水への水質発現の場である。山地流域からの汚濁物質の流出負荷量は、人為的な汚濁が少なく自然的な汚濁負荷量とされ、その下流側流域での人為的な汚濁物質の流出負荷量の比較対象として重要な位置を占める。それゆえ、河川上流部の山地流域と一部に農耕地を含む山地流域を対象として、その年間流出負荷量を降水負荷量との比較から評価を行い、河川下流端での全流域を対象とした年間流出負荷量との比較検討を行うことにする。

調査対象とした河川流域は、霞ヶ浦に流入する恋瀬川支流川又川の上流部に位置する大作沢、寺山沢、小桜川であり、いずれも筑波山系を水源とし、互いに流域を接する小河川流域である。大作沢（流域面積 3.11 km²）と小桜川（同2.36 km²）は、河床勾配の大きな溪流河川で、観測地点を設けた山地から里へ出た地点付近にわずかの人家と水田が存在する流域である。寺山沢（同 6.31 km²）は上流部に山地、中・下流部に畑地と水田があり、人家が散在する小河川流域である。河川の晴天時流出負荷量調査は、1984年 5月～1987年 4月の3年間に、原則として毎月 1回以上の頻度で、3 河川とも同日に調査を行った。観測回数は、最初の 1年間で19回、次の 1年間で37回、最後の 1年間で22回であった。このほかに、降雨時流出負荷量調査も併せて実施したが、その調査データはこの解析には含めていない。降水負荷量調査は、3河川観測地点近くのAMeDAS柿岡観測所に感雨器を付けた自動開閉降水採取装置を設置したほか、国立公害研究所屋上で各降雨毎の降水採取も併せて行った。

3. 調査結果とその検討

3 年間の降水の水質濃度を各降水の荷重平均値として表-1に示す。柿岡での自動開閉降雨採取装置は太陽電池発電とバッテリーの組合せを電源としたが、長雨期と厳冬期には採取が不十分となり、その降水負荷量は参考値にとどめた。国立公害研究所屋上での観測値は、1985年 6月～1986年 5月の 1年間で C O D、N O₃-N および N O₂-N を除いた測定項目で 3年間の最大値となった。N a と K も最初は分析していたが、1mg/l未満の低濃度である場合がほとんどであり、炎光光度計の分析精度との関係から分析を取り止めた。N H₄-N、N O₃-N、C O D(Mn) および S O₄ の濃度が、上記 3河川の水質濃度の平均値と比較し得る大きさであり、他の測定項目では河川水質濃度より1オーダー以上小さな値となっている。

各河川の 3年間平均の流出負荷量原単位を降水負荷量とともに表-2に示す。これらは、晴天時流出調査の

表-1 降水の水質濃度の平均値 (mg/l)

場所	期間	降水量	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	Inorg-N	PO ₄ -P	Cl	COD	SiO ₂	SO ₄	Ca	Mg	pH
国公研	'84 6月-'85 5月	807mm	0.331	0.005	0.236	0.572	0.003	1.28	2.18	0.06	1.69	0.23	0.12	3.5≦pH≦6.1
	'85 6月-'86 5月	1,388	0.531	0.006	0.314	0.850	0.027	1.73	1.56	0.24	2.44	0.42	0.22	3.2≦pH≦5.6
	'86 6月-'87 5月	1,111	0.381	0.007	0.351	0.739	0.011	1.45	2.02	0.05	1.53	0.15	0.08	3.0≦pH≦7.0
	'84 6月-'87 5月	3,292	0.431	0.006	0.307	0.745	0.016	1.53	1.87	0.13	1.95	0.28	0.15	3.0≦pH≦7.0
神岡	'85 3月-'87 3月	1,599	0.348	0.004	0.282	0.634	0.002	1.17	1.86	0.07	1.25	0.12	0.07	3.5≦pH≦5.5

表-2 晴天時流出の流出負荷量原単位(kg/km²・y)

河川	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	DTN	TN	PO ₄ -P	DTP	TP	D-COD	T-COD	Cl	SO ₄	SiO ₂	Ca	Mg	Na	K
大作沢	46.6	9	1,750	1,820	1,940	21	26	81	1,720	4,260	7,100	5,480	19,000	5,680	3,140	5,480	1,010
寺山沢	93.0	20	2,300	2,470	2,650	33	45	137	2,550	5,500	10,500	10,400	23,700	12,640	4,300	8,940	1,900
小桜川	43.4	6	1,650	1,880	1,830	26	31	76	1,660	4,700	6,000	4,820	17,445	3,470	1,930	5,250	1,180
降水負荷	470	6	340			18				2,050	1,680	2,140	143	307	165		
恋瀬川	214	11	872		1,420	46		123		2,500	6,660						

値であり、降雨時流出負荷量の補正を行えば、懸濁態成分を含むTN、TPおよびT-CODは表-2の値の数十%増しとなる。またこれら小河川での流出負荷量の日間変動は小さいが、昼間時の調査のため人為的な汚濁の影響が現れる寺山沢では、PO₄-P、ClおよびT-COD等の日間平均値は表-2の値よりわずかに小さ目となることから推定できる。流域からの流出負荷量原単位で、降水負荷量より小さいのはNH₄-Nだけで、PO₄-Pが降水負荷量より少し大きい程度であることが目立つ。T-CODが降水負荷量の2~2.5倍と両者の差が小さく、Inorg-Nが2~4.5倍、SO₄が2.5~5倍と大気汚染を反映する水質項目の両者の差は小さい。Ca、MgおよびSiO₂の流出負荷量原単位と降水負荷量の差は大きく、NaやKは降水が低濃度であるため両者の差はさらに開くことになる。Clは流域がかなり内陸部にあるため降水は低濃度で、流域からの流出負荷量原単位は人為的な汚濁を反映して両者の差はかなり大きくなる。

これら3河川が次々と合流して川又川となり、さらに恋瀬川本川へ合流するがその恋瀬川本川下流部の恋瀬橋（流域面積151.5km²）では、1978年6月~1980年5月の2年間に毎週1回定時で104回の流出負荷量調査を行っている。観測年に6年前後の違いはあるけれども、これらの流域でその6年間に汚濁負荷発生源に特に大きな変化はなかったのも、同一河川の上流部と下流部の流域からの流出負荷量原単位の比較が可能である。表-2の最下段に1979年6月~1980年5月の1年間（年間降水量1,332mm）の恋瀬川下流部の流出負荷量原単位を示している。これから、TN、TPおよびT-CODは河川上流部の山地流域ですでに下流部より少し小さい程度原単位となっている。NH₄-Nは下流部で大きく、NO₃-Nが下流部で小さい。Clも上流部と下流部でほぼ同程度の値となっている。恋瀬川流域の土地利用形態は、上流部が山地、中・下流部が樹園地・畑地・水田の農耕地であり、人為的な汚濁負荷が面的な広がり分布している結果であろう。

4. おわりに

流域からの年間流出負荷量は、年間降水量に大きく左右されるだけでなく、降水負荷量の影響も受ける。各流域への入力負荷として共通で、大きさの異なるベース負荷、あるいは、バックグラウンド負荷とでも称すべき降水負荷量で、流域ごと、かつ、年ごとに異なる流域の流出負荷量原単位を比較して評価を行った。このような負荷の取り扱い方は、流域内での物質循環や負荷量収支を考える上で重要なことであろう。一例とした霞ヶ浦流域の恋瀬川上流部と本流全部での流出負荷量原単位は、その土地利用形態の特性から、あまり大きな差異はなく、Inorg-N、PO₄-P、T-COD、SO₄の降水負荷量原単位の2~5倍程度であった。