

Ⅶ-272

琵琶湖流入河川の水質負荷量算定

正員 (株)日本上下水道設計 石橋 大二郎

正員 摂南大学 海老瀬 潜一

1. はじめに

湖への総流入負荷量の実態把握は、富栄養化の現状打開への鍵を握る流入負荷量削減対策とも直結する関心事である。しかし、広大な集水域をもつ湖に流入する河川の数はかなりになるため、各河川ごとの綿密な観測データを得るのは困難である。そこで、本研究は流入河川数が100を超える琵琶湖において入手可能なデータにより、TN、TP、T-CODの1年間の琵琶湖総流入負荷量の算定を行った。

総流入負荷量の推定に、原単位による手法があるが、これは降雨時における流出負荷量への配慮に欠けている。降雨時には、晴天時と比べて流出負荷量が増加し、降雨状況によっては数オーダーも高くなり、降雨時の流出分は期間総流出負荷量の内大きなウェイトを占める。したがって、降雨時分と晴天時分の流出負荷量を別々に取り扱う必要がある。ここでは、1年間の琵琶湖総流入負荷量の推定法として、晴天時流出分の負荷量を晴天時における実態調査結果より、降雨時流出分の負荷量を回帰モデルより求めて、両者を合算して総流入負荷量とする方法によった。

2. 琵琶湖流入河川の晴天時流入負荷量

調査は、1997年5月30日・7月26日・11月8日のそれぞれ1日間に主要河川について計3回実施して季節的な変動を考慮した。調査対象河川は、琵琶湖流入河川が一級河川だけでも125河川にのぼるため、採水・流量測定を全流入河川において実施するのが困難であるので、流域面積が3km²以上の河川を対象とした。また、それ以外の河川についても、調査当日に流量が大きく流出負荷量として無視できないと思われる河川についても調査を行っている。調査河川数は5月30日調査で68河川、7月26日調査で67河川、11月8日調査で66河川であった。これだけでは琵琶湖流入河川の半数にやや欠けるが、調査対象河川の全計流域面積は、琵琶湖全流域面積(3,174km²)の約80%を占める。

3回の調査より得た負荷量を、地域別に合計して表-1に示す。負荷量が流量に強く依存する性質により、北湖東岸からの流入負荷量は全ての水質項目で南湖・北湖西岸からの流入量を上回った。ちなみに、水質濃度では、各地域ごとの平均値で、市街地河川の多い南湖が高濃度になり、北湖東岸、北湖西岸の順に濃度は小さくなる。その比率は、T-CODで1:0.9:0.4、TNで1:0.8:0.3、TPで1:0.6:0.3であった。

表-1から、晴天時の1時点の値を年間当たりに換算しての晴天時分の流出負荷量をとした(表-2)。なお、調査対象外の残流域からの流入量を補完するために、各調査における河川の合計流域面積と琵琶湖全流域面積との比率を、各調査から得た合計負荷量に乗じている。

3. 降雨時分の流出負荷量算定モデル

琵琶湖に流入するすべての河川において、降雨時流出調査を実施するのはほぼ不可能である。そこで回帰モデルを使用して降雨時流出分の負荷量推定を試みた。モデルは、河川一般に共通する降雨時流出特性を見だし、比較的入手しやすいデータをもとに降雨時流出負荷量を算定することを基礎としている。ここではモデルとして、晴天時分の流出量を差し引いて、降雨時分の流出量だけを算定するモ

表-1 地域別の合計負荷量

	流量 (m ³ /s)	TN (g/s)	TP (g/s)	T-COD (g/s)
南 5月30日	2.48	3.29	0.68	12.10
南 7月26日	5.47	8.43	0.95	26.82
湖 11月8日	1.33	2.12	0.12	2.95
平均	3.40	5.28	0.54	14.89
北 5月30日	17.60	9.88	1.10	33.37
湖 7月26日	20.33	12.83	1.31	43.56
西 11月8日	6.01	2.64	0.15	5.73
岸 平均	13.17	7.74	0.73	24.65
北 5月30日	34.80	38.51	4.55	132.92
湖 7月26日	77.44	98.56	7.82	281.80
東 11月8日	13.84	15.60	0.76	29.00
岸 平均	45.64	57.10	4.29	155.40

表-2 晴天時分の流出負荷量

	流量 (億m ³ /年)	TN (t/年)	TP (t/年)	T-COD (t/年)
5月30日	20.84	1963	240	6776
7月26日	39.43	4578	385	13453
11月8日	9.45	908	46.2	1681
平均	23.24	2483	224	7303

キーワード：年間総流入負荷量、琵琶湖、晴天時分、降雨時分

連絡先：〒572 寝屋川市池田中町17-8 摂南大学 工学部 土木工学科 TEL:0720-39-9307 FAX:0720-38-6599

デル $[\Sigma L_{net}/A = a \cdot (\Sigma Q_{net}/A)^n]$ を用いる。ここで、 ΣL_{net} と ΣQ_{net} はそれぞれ降雨時流出分の累加流出負荷量と累加流出流量であり、 A は流域面積、 a は係数、 n は指数である。したがって、降雨時流出分の観測時間が降雨の直接流出期間に当たれば、降雨時流出分の総流量 ΣQ_{net} を流域面積 A で除した $\Sigma Q_{net}/A$ は有効雨量に相当する。過去、海老瀬によって $\Sigma L_{net}/A$ と $\Sigma Q_{net}/A$ との関係が各水質項目において、両対数紙上である一定の幅を持った範囲内に分布することが明らかになっている。これにより、回帰式を求めれば、有効雨量から降雨時分の流出負荷量を推定することができる。

回帰式を得るために、本研究では淀川水系天野川において降雨時流出調査を7回実施し、それらの結果と前述の海老瀬による降雨時流出調査の結果を比較した（図-1）。天野川調査より得た結果は、図に示された範囲内にほぼ入っており、これにより回帰式を求めた（表-3）。

4. 降雨の選定

表-3の回帰式から、ある平均的な1年間の琵琶湖降雨時分の流入負荷量を算定するために、降雨構成の選定をした。琵琶湖周辺にはAMEDASの降雨観測所が9カ所あり、その中で彦根気象台の降雨量が9地点の平均値に近く、代表して用いた。また、彦根の最近100年間の平均年間降水量は1672mmであり、年間降水量が1683mmであった1995年度は平均的な降雨があった年とみなし、1995年度の彦根のAMEDASデータを使用した。降雨は、8時間以上降雨量が0が継続すれば別個の降雨とし、表-4のように降雨を分類した。

表-4 降雨の分類（1995年度 彦根気象台のアメダスより）

降水量範囲 mm	194	142	81~90	51~60	41~50	31~40	21~30	16~20	11~15	6~10	1~5	全降雨
降雨回数	1	1	2	3	2	4	8	7	16	15	61	120
合計降雨量 mm	194	142	166	169	95	139	212	122	202	116	126	1683
平均降雨量 mm	194	142	83	56	48	35	27	17	13	8	2	14

一般に有効雨量は、ひと雨降るの降雨量の大きさや先行降雨の規模、また先行晴天期間等によって左右されるが、ここでは有効雨量にしたがって、直接流出の流出率がどの降雨の場合も一定の仮定を置くことにし、直接流出による流出率を35%、30%、25%、20%と4段階に設定した。また、計算を簡略化するために、雨量は表-4の各降雨量グループごとの平均降雨量で代表して計算を行い、後で降雨回数を乗じることとし、10mm以下の降雨については、降雨量が小さいことと、たとえ降雨強度が大きくても平均的な有効雨量は3mm未満となり、降雨時流出負荷量としての影響は小さく、晴天時流出負荷量の変動範囲に入る程度であるとして、降雨時流出分として取り扱わないことにした。

5. 結果

推定した晴天時分と降雨時分の流出負荷量を合算して年間総流出負荷量とし、表-5に算定値を示す。TPおよびT-CODでは、降雨時分の流出負荷量が年間の総流出負荷量の中で大きなウェイトを占めた。TNでは、晴天時分と降雨時分が同程度であった。今回の算定値は、推定方法の違う他の研究の推定値とかなり異なる結果となっている。更に算定精度を上げるには、精度の高い流量及び負荷量の調査の積み重ねが必要である。

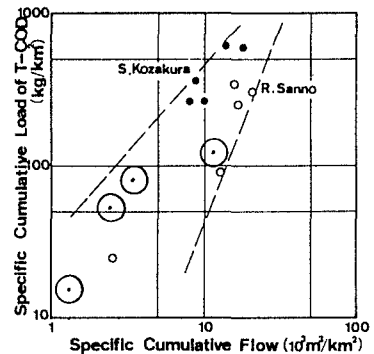


図-1 比累加流量(有効雨量)と比累加負荷量の関係(T-COD)

表-3 降雨時流出負荷量算定に用いた回帰モデル式

T-COD	$\Sigma L_{net}/A = 5.37 \cdot (\Sigma Q_{net}/A)^{1.113}$
TN	$\Sigma L_{net}/A = 1.80 \cdot (\Sigma Q_{net}/A)^{1.00}$
TP	$\Sigma L_{net}/A = 0.51 \cdot (\Sigma Q_{net}/A)^{1.13}$

表-5 琵琶湖への総流入負荷量

TN				
晴天時流出分	2483 (t/年)			
直接流出率	35%	30%	25%	20%
降雨時流出分	2898	2484	2070	1656
年間総流出負荷量(t/年)	5381	4967	4553	4139
TP				
晴天時流出分	224 (t/年)			
直接流出率	35%	30%	25%	20%
降雨時流出分	2922	2455	1998	1553
年間総流出負荷量(t/年)	3146	2679	2222	1777
T-COD				
晴天時流出分	7303 (t/年)			
直接流出率	35%	30%	25%	20%
降雨時流出分	26045	21938	17909	13971
年間総流出負荷量(t/年)	33348	29241	25212	21274

調査には滋賀県立大学の國松

孝男・須戸幹氏の御協力を得た。