

(4) 小排水区からの年間総流出負荷量の推定に関する一考察

ESTIMATION OF ANNUAL POLLUTANT LOADINGS FROM SMALL DRAINAGE AREAS

渡部 春樹* , 小森 行也*

Haruki WATANABE*, Kohya KOMORI*

ABSTRACT; Pollutant loadings in dry and wet weathers are observed at Tokiwa and Daini drainage areas that are residential districts. They are 21.3 ha and 1900 inhabitants, 90 ha and 8500 inhabitants, respectively.

The characteristics of pollutant flux are affected by rainfall and rainfall intensity. It is indicated in this study that annual pollutant loadings could be estimated using these equations.

For BOD, D-COD_{Mn}, TN, D-TN, TP, D-TP

$$L = 365 \cdot L_D + \frac{R_1 \cdot f_1 \cdot C_1}{100} + \frac{R_2 \cdot f_2 \cdot C_2}{100}$$

For SS, COD_{Mn}

$$L = 365 \cdot L_D + \frac{R_1 \cdot f_1 \cdot C_1}{100} + \Sigma a \cdot 10^b \cdot R_{pn} / A$$

L : Annual pollutant loading (kg/ha·y)

L_D: Pollutant loading in dry weather day (kg/ha·d)

R₁, R₂: Yearly accumulated rainfall for less than 20 mm rainfall and for more than 21 mm rainfall, respectively (mm/y)

f₁, f₂: Average rate of runoff for less than 20 mm rainfall and for more than 21 mm rainfall, respectively

C₁, C₂: Average water quality for less than 20 mm rainfall and for more than 21 mm rainfall, respectively (mg/l)

R_{pn}: Peak rainfall intensity in nth rain of more than 21 mm rainfall (mm/hr)

A : Drainage area (ha), a, b: Constant

KEYWORDS; Runoff, Pollutant loading, Nutrients, Drainage

1. はじめに

千葉県手賀沼は全国主要湖沼の中で最も汚濁の著しい沼として知られており、環境庁の調査によればその環境基準点におけるCODは57年度25mg/lである。このような手賀沼の汚濁の進行をいとめるため、その周辺では下水道及び終末処理場の建設が進められている。このような施策の実施によって、栄養塩負荷がどの程度削減され、その削減によって手賀沼の水質がどのように改善されていくかを予測・評価するために、土木研究所では数年来調査を進めているところである。

手賀沼は我孫子市南側に位置する本手賀沼と白井町北側の南部手賀沼に分かれているが、調査は本手賀沼のみを対象として実施した(以下、手賀沼という場合には本手賀沼をさす)。手賀沼へ流入する主要な河川としては大堀川、大津川、染井入落があり、特に大堀川と大津川から流入する汚濁負荷が、手賀沼へ流入する汚濁負荷のかかなりの部分を占めるとされている。しかし、手賀沼へ直接汚水などを排出している流域が千葉県の調査資料¹⁾から推計すると1577ha(手賀沼の流域面積は9276ha)あり、これらの区域からどの程

* 建設省土木研究所 Public Works Research Institute, Ministry of Construction

度の汚濁負荷が排出されているかはほとんど明らかにされていない。このため、手賀沼へ直接汚水を排出している2区域を選定し、これらの区域からの晴天時及び雨天時流出負荷量を測定した。本報告はこれらの調査結果と気象庁のアメダス観測網の降水量データとを組み合わせ、年間総流出負荷量をマクロ的に算出する方法について検討したものである。

2. 調査区域の概要

調査は我孫子市常盤排水区と柏市大堀川右岸第2排水区（以下、それぞれ常盤排水区、第2排水区と呼ぶ。）で行った。両区域の概要は以下のようなものである（図-1参照）。



Fig. 1 Drainage areas of Tokiwa and Daini

2.1 常盤排水区

この排水区は面積2.134a、人口1,900人、630世帯（昭和57年度推計）である。この内、44aが開発された大規模団地の一部になっており、この団地のみ下水道の供用がなされている。その普及率は56年度43%、57年度46%、58年度46%である。

土地利用形態をみると、一般住宅地区48%、中高層住宅地区6%、文教地区9%、公園、林地、畑地、空地の合計24%、道路13%である。

2.2 第2排水区

この排水区は面積9.04a、人口8,500人、世帯数2,800世帯（昭和57年度推計）である。土地利用形態は一般住宅地区42%、中層住宅地区3%、商業地区4%、文教地区4%、公園、林地、畑地、空地の合計33%、道路11%、その他3%である。下水道普及率は55年度0%、56年度28%、57年度46%、58年度57%である。

3. 調査方法

晴天時調査は常盤排水区で56年度4回、57年度3回、58年度2回実施した。同様に第2排水区では、55年度3回、56年度2回、57年度3回、58年度2回である。流量は各回ごとに測定しており、断面測定と1時間ごとに浮子または流速計で流速を測定し、流量を算出した。流量観測時には採水を行い、水温とPHについては現場で、その他の水質項目については分析室に持ち帰り分析した。

雨天時調査は常盤排水区で56年度6回、57年度3回、58年度3回実施した。同様に第2排水区では、57年度1回、58年度7回である。流量観測は水位を見ながら15～30間隔で行った。また、水質測定用試料は5～10分間隔で採水した。

4. 調査結果及び考察

4.1 晴天時流出負荷量

調査対象となる両排水区はいずれも住宅地区を中心に構成されているので、その流量パターンは人間の生活サイクルにはほぼ一致している(図-2 参照)。

表-1 は常盤排水区及び第2排水区の晴天時負荷量を示している。なお、第2排水区で55年度と56年度の有機物負荷量が逆転しているのは、55年度が夏季に晴天時観測を実施しているのに対して、56年度では下水道普及の効果をできるだけ見込むため冬季のみに晴天時観測しており、この排水区では夏季の方が冬季に比べて晴天時の汚濁負荷量がかなり小さくなるためである。夏季の晴天時流出負荷量が冬季に比べて小さくなるのは、夏季に降雨が多く、晴天時に蓄積した汚濁物が降雨によって流出し、晴天時汚濁物が蓄積し易くなること、水温が高く生物学的分解を受け易くなること、などの理由によるものであろう。なお、表-1の常盤排水区の窒素について、2月、3月の観測データを除いているのは、原因不明であるがこの時期の測定値が他の時期に比べて異常に大きいためである。

4.2 雨天時における汚濁物流出特性

市街化区域から雨天時に流出する流量と汚濁負荷量の関係は出水における増水時と減水時では異なり、例えば横軸に濃度又は負荷量をとると両者の関係は時計廻りのループを描くことが知られている。また、先行する出水があると、後ろの出水時の負荷量はそれが無い場合に比較して少ないこと、逆に長期間出水が無かった後の出水時には多くの汚濁物が流出することなども知られている。

また、流出流量と流水負荷量の関係について山口ら²⁾は汚濁負荷を流送する能力に着目した「流送能力」型モデルと汚濁負荷ポテンシャルをも考慮した「流送能力・供給関連」型モデルを用いて検討している。これ

らのモデルはひと雨における汚濁物流出パターンをかなりシミュレートできるが、このモデルを用いるためには非常に密な流量、あるいは降水量データが必要である。

海老瀬³⁾は有効雨量から流出負荷量を推定する方法より、さらに精度を上げるため有効雨量を実質的な降雨継続時間で除した平均有効降雨強度による流出負荷量の推定方法を提案している。

有効雨量と流出負荷量の間にはかなり相関のあることが知られているが、必ずしも十分な精度が得られているとは言い難い。その理由の1つとしては、流量ピークがひと雨に何回かある場合に、それらの流量ピークにそれ程差がないと、最初の流量ピーク時に汚濁物のほとんどが流出してしまう傾向がみ

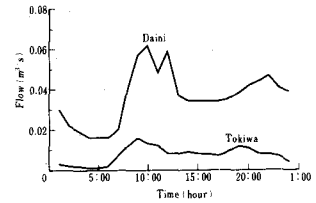


Fig. 2 Variation of flow in dry weather day at Tokiwa and Daini areas

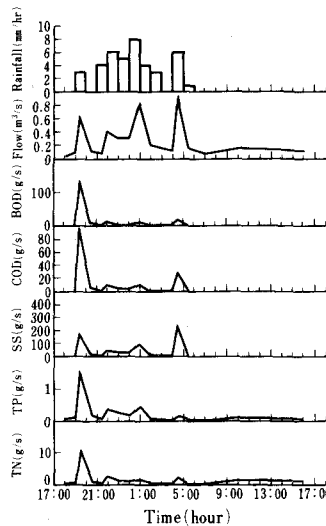
Tab. 1 Pollutant loadings in dry weather day at Tokiwa and Daini areas

	Tokiwa		Daini		
	Ave.*	1980	1981	1982	1983
Flow	27.9	40.4	32.3	32.2	28.2
BOD	1310	1710	2330	2050	1210
COD	790	1190	1360	928	788
D-COD	521	727	779	541	528
D-TOC	555	731	894	422	410
SS	1380	1510	1790	1410	1090
TP	60.7	111	71.8	57.4	38.3
D-TP	47.9	76.0	60.0	34.5	21.8
D-OP	41.8	61.4	47.8	27.2	20.0
TN	385**	581	499	441	342
D-TN	341**	469	468	342	322
NH ₄ -N	176**	301	321	235	228
NO ₃ -N	108**	80.1	54.7	26.4	59.4
NO ₂ -N	16.2**	19.6	20.3	27.9	12.9
KN	261**	479	424	386	269
D-KN	217**	369	393	297	249

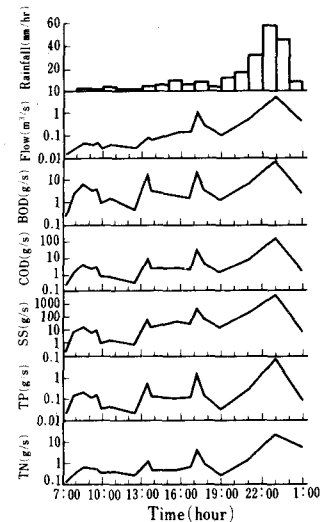
m³/ha day or g/ha day

* Average of 1981-1983

** Average except data of Feb. and March



Daini area, observed 10/19/1982
(a)



Tokiwa area, observed 10/22/1981
(b)

Fig. 3 Pollutograph observed at Tokiwa and Daini areas

られるためである。この傾向はSSについてあまり顕著でないが、BOD、COD、TN、TPについてみられる（図-3(a)参照）。しかし、最初の流量ピークに比べてそれよりもかなり大きなピークが続く場合には、さらに汚濁物が流出する傾向が認められる。その1例を図-3(b)に示す。

以上のことから、かなり降水量の多いひと雨では、ひと雨当りのピーク流量とひと雨当りの流出負荷量の間には相関のあることが予想された。

4.3 年間総流出負荷量の推定

4.3.1 流出率、及びピーク降雨強度とピーク流量

本調査における降水量データは気象庁のアメダスと呼ばれる観測システムの1つである我孫子市自動観測所のデータを利用した。この観測網で得られる最も密度の高い情報は1時間降水量である。

1降雨におけるピーク降雨強度

（1降雨当りの最も強い時間降水量、RP）とピーク流量（1降雨当りの最大流量、QP）および降水量（mm）

と総流出量（ m^3 ）にはかなりの相関があることが予想される。これらの関係を示したのが図-4である。RPが10 mm/hr程度までは両者に高い相関のあることがわかる。なお同図において、総流出量は晴天時流量を差し引いて求めているが、QPは晴天時流量に比べてはるかに大きいのでその補正をしていない。

降水量50mm以下の降雨において、個々の降雨から求めた流出率の平均は常盤排水区が0.32、第2排水区が0.33であった。降水量50mm以下の降雨については降水量と流出率に相関が認められるが、降水量50mm以上における両者の関係については、あまり明らかにされていない。吉野ら⁴⁾は全国流出試験地で観測された50mm程度以上の降水量について両者の関係を調べ、降雨量が大きくなるにつれて流出率も大きくなる傾向があること、流出率の平均は0.5、最頻度は0.6であることを示している。ちなみに降水量221mmの時に観測された流出率は1.14で、比較的小さな降雨で観測された流出率0.32に比べてはるかに大きな値となっている。なお、ここで流出率が1を越える値になったのは、常盤排水区と我孫子自動観測所が約2km離れており、降雨の地域性の影響があったのではないかと考えられること、常盤排水区末端から手賀沼までは約200mの排水路区間があり、この周囲は田畑に利用されているが、この時のピーク降雨強度が59mm/hrであったことを考慮すると、この区間で周囲の田畑から雨水が流入してきた恐れがあること、降水量221mm、ピーク降雨強度59mm/hrという異常な条件下での観測だったため、通常の観測に比べて測定誤差の大きくなった可能性のあること、などの理由が挙げられる。

4.3.2 降水量と雨天時流出水の平均濃度との関係

図-5は常盤排水区における降水量と主要な水質項目の平均濃度との関係を示したものである（ここで、平均濃度とは流量加重平均濃度のことである）。同図から以下のことがわかる。

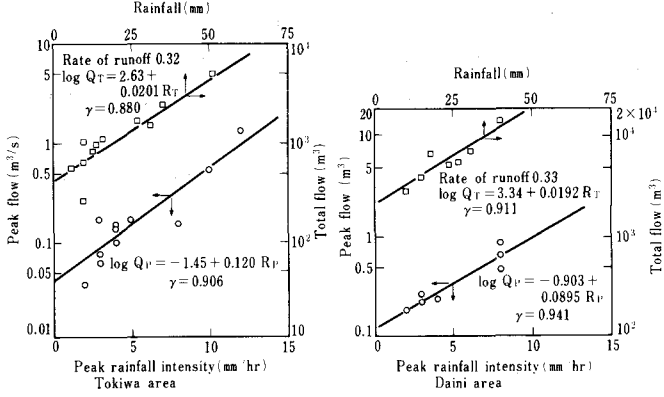


Fig. 4 Relationship between peak rainfall intensity and peak flow, and between rainfall and total flow

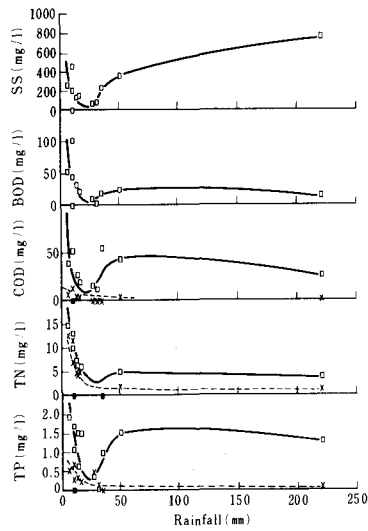


Fig. 5 Relationship between rainfall and weighted average concentration of pollutants in one rain at Tokiwa area
□: Total, ×: Dissolved

- 先行晴天日数などの影響として顕在化するファーストフラッシュによる汚濁負荷が雨天時平均濃度に影響するのは1降雨当りの降水量が20mm 以下の場合である。
- 溶解性物質については降水量が大きくなると、その平均濃度が低下する傾向にある。
- COD, BOD, TN, TP は降水量が大きくなっても、平均濃度はあまり低下しない。
- SS はある程度以上に降水量が大きくなっても、平均濃度は高くなる傾向がみられる。

表-2 は晴天時及び雨天時の平均水質（平均濃度の平均）を示したものである。SS と COD の雨天時平均水質は晴天時平均水質に比べて同程度以上の濃度である。データ数は少ないが、このことは両者の負荷が人為系よりも自然系に由来し、ほぼ無限に供給されることを示している。溶解性成分は雨水による希釈効果はたらいっており、人為的及び自然的負荷の蓄積は小さいといえる。BOD, TN, TP の3項目については、SS 及びCOD のグループと溶解性成分のグループのほぼ中間的挙動を示しており、降水量が21mm 以上になってもその濃度は晴天時平均水質の $\frac{1}{4}$ ～ $\frac{1}{2}$ 程度まで低下するにとどまっている。なお、同表において雨天時平均水質は晴天時寄与分を差し引いており、さらに、常盤排水区のD-TNとTNは2月と3月のデータを除いて算出した。原因は明らかでないが、2月と3月の $\text{NH}_4\text{-N}$ の値が他の月に比べて異常に高くなるためである。また、第2排水区は下水道整備が年々進行しているので晴天時平均水質については昭和58年度のデータのみを示した。

Tab. 2 Mean values of water quality in dry and wet weathers

Tokiwa area unit: mg/l				Daini area unit: mg/l			
	Dry weather	Rainfall in wet weather			Dry weather	Rainfall in wet weather	
		≤20mm (7 Data)	≥21mm (5 Data)			≤20mm (3 Data)	≥21mm (4 Data)
SS	55.1	197	309	SS	38.7	132	106
D-COD	18.7	6.40	1.06	D-COD	18.7	1.40	1.30
COD	28.5	37.6	30.7	COD	27.9	19.8	21.3
BOD	47.0	41.5	14.8	BOD	42.9	16.8	16.1
D-TN	12.8	6.49	1.07	D-TN	11.4	1.53	2.10
TN	14.4	8.26	3.03	TN	12.1	2.13	3.20
D-TP	1.71	0.35	0.14	D-TP	0.88	0	0
TP	2.18	1.20	0.85	TP	1.36	0.65	0.43

4.3.3 年間流出負荷量の算出

年間総流出負荷量の算出にあたっては、個々の降雨における汚濁流出パターンが予測できなくても、全体としても最も実状に近い値を算出できることが望ましい。これまでの調査で汚濁物質の流出特性と降雨パターンによっていくつかのグループに分類することにより、年間総流出負荷量の推定が比較的容易に可能な方法を見い出した。

即ち、晴天時負荷量については各季節ごとに観測を行い、その1日当りの平均負荷量を求め、年間の晴天時流出負荷量を求める。降水量20mm 以下については、降水量の大小をとりまぜて数回の雨天時観測を行い、流出負荷量と総流出量（いずれも晴天時の負荷量と流出量の補正を行う。）から平均濃度、さらには平均水質を求める。また、降水量と総流出量から平均的な流出率を求め、降水量20mm 以下の降雨についての年間降水量を算出する。これらの平均水質、平均的流出率、および年間降水量から降水量20mm 以下の降雨時に流出する年間負荷量を算出する。降水量21mm 以上においても、SS とCOD を除く項目については降水量20mm 以下の雨天時の場合とほぼ同様の考え方で求められる。しかし、SS とCOD については流量と流出負荷量あるいは降水量と流出負荷量の相関式を用いて年間流出負荷量を求める。晴天時および雨天時流出負荷量の和を年間総流出負荷量とする。

1) 晴天時流出負荷量の算出

数回の晴天時負荷量調査により、流出負荷量の平均を算出し、その値に365 を乗じる。

$$L_0 = 365 \cdot L_D \quad (1) \quad L_0 : \text{晴天時年間総流出負荷量 (kg/ha} \cdot \text{y)}$$

$$L_D : \text{晴天時1日当りの流出負荷量の平均 (kg/ha} \cdot \text{d)}$$

2) 1降雨の降水量が20mm 以下の雨天時流出負荷量の算出

降水量が20mm 以下の場合には先行晴天日数などの影響により、その流出負荷量は大きく変動するため、ピーク流量と流出負荷量、などの相関を求めることは困難である。従って、平均水質(C_1)と平均流出率(f_1)を実測し、次式によって年間流出負荷量(L_1)を求める。

$$L_1 = \frac{R_1 \cdot f_1 \cdot C_1}{100} \quad (2)$$

L_1 : 降水量 20 mm 以下で流出する年間負荷量 ($kg/ha \cdot y$)

R_1 : 降水量 20 mm 以下の年間積算降水量 (mm/y)

f_1 : 降水量 20 mm 以下における平均流出率

C_1 : 降水量 20 mm 以下における平均水質 (mg/ℓ)

この場合、流出率はほぼ一定と仮定できるので、誤差は平均水質の設定にかかってくる。

3) 1 降雨の降水量が 21 mm 以上の雨天時流出負荷量の算出

溶解性成分は図-5 からも明らかのように、絶対値が低く、変動巾も小さいので、降水量によらずその平均濃度はほぼ一定と仮定できるので、それを平均することによって平均水質 (C_2) を算出する。次に流出率は実測あるいは文献などからその平均的な値を決定し、次式から年間流出負荷量 (L_2) を求める。

$$L_2 = \frac{R_2 \cdot f_2 \cdot C_2}{100} \quad (3)$$

L_2 : 降水量 21 mm 以上で流出する年間負荷量 ($kg/ha \cdot y$)

R_2 : 降水量 21 mm 以上の年間積算降水量 (mm/y)

f_2 : 降水量 21 mm 以上における平均流出率

C_2 : 降水量 21 mm 以上における平均水質 (mg/ℓ)

SS・COD については、1 降雨当りの流出負荷量を流量の関数として表わすいくつかの経験モデルを仮定し、その比較を行った。

$$L_{31} = a \cdot Q_T^b \quad (4)$$

L_{31}, L_{32}, L_{33} : 降水量 21 mm 以上の 1 降雨当りの流出負荷量 (kg)

Q_T : 1 降雨当りの総流出量 (m^3)

$$L_{32} = a \cdot Q_P^b \quad (5)$$

Q_P : 1 降雨当りのピーク流量 (m^3/S)

R_P : 1 降雨当りのピーク降雨強度 (mm/hr)

$$L_{33} = a \cdot 10^{b \cdot R_P} \quad (6)$$

a, b : 定数

(5) 式のモデルは 1 降雨当りの流出負荷量がピーク流量によって決定されると仮定したものである。

(6) 式のモデルはピーク降雨強度とピーク流量に高い相関があることに基づいている。(6) 式のモデルはアメダス観測網を利用すれば、1 時間降水量データが容易に入手できるので、最も実用の可能性が高いモデルである。

(4), (5), (6) 式のモデルを常盤排水区と第 2 排水区に適用した結果をそれぞれ図-6 と図-7 に示す。相関係数をみるとモデル(5)が最も大きく、総流出量と流出負荷量の相関よりもピーク流量と流出負荷との相関の方が良い傾向がみられる。モデル(6)も比較的良好な相関を示しており、実用の可能性の高いこのモデルを使って降水量 21 mm 以上の雨天時年間流出負荷量

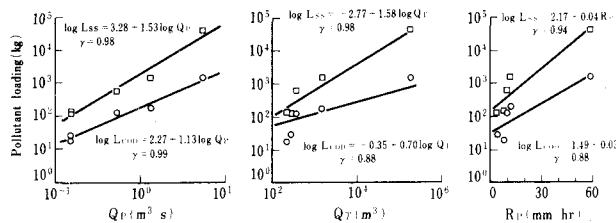


Fig. 6 Correlation between pollutant loadings and flow or rainfall in wet weather (more than 21 mm rainfall) at Tokiwa area
□: SS loading (L_{ss}), ○: COD loading (L_{cod})
 γ : Correlation coefficient

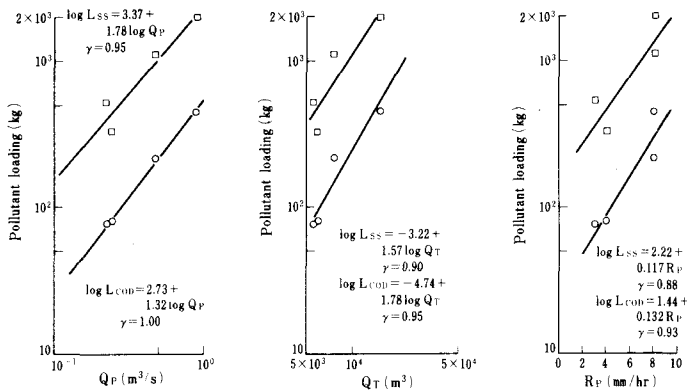


Fig. 7 Correlation between pollutant loadings and flow or rainfall in wet weather (more than 21 mm rainfall) at Daini area
□: SS loading (L_{ss}), ○: COD loading (L_{cod}), γ : Correlation coefficient

(L₃)は次式のように求められる。

$$L_3 = \Sigma L_{33} / A = \Sigma a \cdot 10^{b \cdot R_{pn}} / A \quad (7)$$

R_{pn} : n 番目の降雨の R_p (mm/hr)

A : 排水区面積 (ha)

a, b : 定数

BOD, TN, TP の流出負荷量と1降雨のピーク流量とは表-3に示したような高い相関がある。従って、この相関式あるいはピーク降雨強度と流出負荷量の相関式を用いてL₃を求めることができる。しかし、表-2から明らかなように、BOD, TN, TPの降水量21mm以上における平均水質は晴天時平均水質に比べてかなり低濃度であること、図-5から明らかなように降水量21mm以上では平均濃度が比較的一定していることなどから、(3)式を用いてL₂を算出することも可能と考えられる。

4) 年間総流出負荷量の算出

年間総流出負荷量(L)は表-4の降水量データを入力することにより次式で算出できる。

BOD, D-COD, TN, D-TN, TP, D-TPについて

$$L = L_0 + L_1 + L_2$$

$$= 365 \cdot L_D + \frac{R_1 \cdot f_1 \cdot C_1}{100} + \frac{R_2 \cdot f_2 \cdot C_2}{100} \quad (8)$$

SS, COD について

$$L = L_0 + L_1 + L_3$$

$$= 365 \cdot L_D + \frac{R_1 \cdot f_1 \cdot C_1}{100} + \Sigma a \cdot 10^{b \cdot R_{pn}} / A \quad (9)$$

L : 年間総流出負荷量 (kg/ha・y)

表-5はその結果の1例を示したものである。ここで、L₂の算出にあたって降水量21mm以上の降雨時のf₂は0.6と仮定した。なお、第2排水区については降水量100mm以上の降雨時観測データがなく、適切な相関式が得られなかったため、L₃は算出しなかった。

SSを除く水質項目については晴天時流出負荷量の占める割合が大きく、それぞれBOD約75%, COD約66%, D-COD約92%, TN約82%, D-TN約87%, TP約76%, D-TP約95%となっており、特に溶解性成分は大部分が晴天時に流出しているといえる。SSは降水量21mm以上の降雨時に流出する割合が50%以上を占めている。

また、下水道普及率が57%に達している第2排水区と、ほとんど下水道整備の進んでいない常盤排水区(大規模団地で発生する汚水の負荷は当初から下水道へ取り込まれている。)について、晴天時流出負荷量と雨天時流出負荷量の割合を比べると、SSとCOD以外の項目でほぼ同程度となっている。

BOD, TN, TPについて表-5では(3)式を用いて21mm以上の降雨時負荷量を算出しているが、常盤排水区を例として21mm以上の降雨時に流出するBODとTPの負荷量を以下の相関式と表-4のデータを用いて算出すると、それぞれ43.2kg/ha・yと35.5kg/ha・yになる。なお、TNについては適切な相関式が得られなかった。これらの値と表-5の21mm以上の降雨時のBODとTPの負荷量を比べると、前

Tab. 3 Correlation between pollutant loadings and peak flow in wet weather (more than 21mm rainfall)

Tokiwa area (5 Data)		
log L _{BOD} = 1.96 + 1.21 log Q _p	γ = 0.97	
log L _{TP} = 0.78 + 1.32 log Q _p	γ = 0.99	
Daini area (4 Data)		
log L _{BOD} = 2.65 + 1.48 log Q _p	γ = 0.95	
log L _{TP} = 0.67 + 0.23 log Q _p	γ = 0.93	
log L _{TN} = 2.00 + 1.69 log Q _p	γ = 0.93	
L _{BOD} , L _{TP} , L _{TN} : Pollutant loading (kg)		
Q _p : Peak flow in one Rain (m ³ /s)		
γ: Correlation coefficient		

Tab. 4 Rainfall pattern around Lake Tega in 1983

	Rainfall ≤20mm	Rainfall>21mm	
		Plan. intensity - Occurency	
Jan. - Dec. in 1983	*531mm Occurency 75 Times	**844mm Occurency 18 Times	3mm/hr - 3 Times 12mm/hr - 1 Time 4mm/hr - 3 Times 13mm/hr - 1 Time 7mm/hr - 2 Times 22mm/hr - 1 Time 8mm/hr - 1 Time 35mm/hr - 1 Time 9mm/hr - 2 Times 45mm/hr - 1 Time 10mm/hr - 1 Time

* Yearly accumulated rainfall for less than 20mm rainfall

** Yearly accumulated rainfall for more than 21mm rainfall

Tab. 5 Annual pollutant loadings of Tokiwa and Daini areas in 1983

Tokiwa area				Daini area					
	Dry weather	Rainfall		Total sum		Dry weather	Rainfall		Total sum
		≤20mm	≥21mm				≤20mm	≥21mm	
SS	504 (26.3)	335 (17.5)	1080 (56.3)	1919	SS	398	92.6	—	—
D-COD	190 (92.1)	10.9 (5.3)	5.4 (2.6)	206.3	D-COD	193 (92.6)	8.8 (4.2)	6.6 (3.2)	208.4
COD	288 (66.0)	63.9 (14.6)	84.6 (19.4)	436.5	COD	288	48.5	—	—
BOD	478 (76.7)	70.5 (11.3)	74.7 (12.0)	623.2	BOD	442 (74.2)	72.1 (16.4)	81.6 (17.3)	595.7
D-TN	124 (88.3)	11.0 (7.8)	5.4 (3.8)	140.4	D-TN	118 (85.5)	9.3 (6.7)	10.7 (7.8)	138
TN	141 (82.8)	14.0 (8.2)	15.3 (9.0)	170.3	TN	125 (81.4)	12.3 (8.0)	16.2 (10.6)	153.5
D-TP	17.5 (93.1)	0.6 (3.1)	0.7 (3.8)	18.8	D-TP	9.1 (100)	0	0	9.1
TP	22.2 (77.8)	2.0 (7.1)	4.3 (15.1)	28.5	TP	14.0 (75.3)	2.4 (12.9)	2.2 (11.8)	18.6

The rate of runoff is assumed 0.32 for less than 20mm rainfall and 0.60 for more than 21mm rainfall.

The rate of runoff is assumed 0.33 for less than 20mm rainfall and 0.60 for more than 21mm rainfall.

$$\log L_{BOD} = 1.14 + 0.031 R_p \quad r = 0.86$$

$$\log L_{TP} = 0.027 + 0.032 R_p \quad r = 0.94$$

者は後者のそれぞれ58%と83%になる。(3)式を用いる場合には f_2 の決め方,(7)式を用いる場合には特に100mm以上の降雨を含めてどれだけ良い相関式が得られるかという問題が残されている。実際に観測を行う立場からすると、相関式を作成することには非常な困難が伴うので、文献⁴⁾より求めた流出率0.6,あるいはこれまでの観測で得られている50mm以下の降雨時流出率0.32と221mmの降雨時に得られた流出率1.14の平均値0.7程度の値を平均的な流出率と仮定することで、年間総流出負荷量にそれ程大きな誤差を与えることはないものと予想される。

5. まとめ

本報告は手賀沼周辺の2区域から晴天時及び雨天時に流出する負荷量を調べ、この負荷量とアメダス観測網で得られる降水量データとを組み合わせて年間総流出負荷量をマクロ的に推定する方法について検討したものである。その結果を要約すると以下のようである。

- 1) 降水量と雨天時流出水の平均濃度との関係を調べると、ファーストフラッシュによる汚濁負荷が雨天時平均濃度に影響するのは、1降雨の降水量が20mm以下の場合である。
- 2) 溶解性物質の雨天時平均濃度は、降水量が大きくなるにつれて低下する傾向がある。逆に、SSはある程度以上に降水量が大きくなると、平均濃度は高くなる傾向がみられる。BOD, TN, TPは降水量が大きくなるにつれて、平均濃度は低下する傾向にあるが、その絶対値は晴天時平均水質の $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{2}$ にとどまる。CODは降水量が多くなっても晴天時平均水質と同程度の平均濃度である。
- 3) 年間総流出負荷量の推定式は、アメダス観測網で得られる降水量データを有効に活用することを考慮すると次のようになる。

BOD, D-COD, TN, D-TN, TP, D-TPについて

$$L = 365 \cdot L_D + \frac{R_1 \cdot f_1 \cdot C_1}{100} + \frac{R_2 \cdot f_2 \cdot C_2}{100}$$

L : 年間総流出負荷量 (kg/ha・y), L_D : 晴天時1日当りの流出負荷量の平均 (kg/ha・d)

R_1 : 降水量20mm以下の年間積算降水量(mm/y), f_1 : 降水量20mm以下の平均流出率

C_1 : 降水量20mm以下の平均水質(mg/l), R_2 : 降水量21mm以上の年間積算降水量(mm/y)

f_2 : 降水量21mm以上の平均流出率, C_2 : 降水量21mm以上の平均水質(mg/l)

SS, CODについて

$$L = 365 \cdot L_D + \frac{R_1 \cdot f_1 \cdot C_1}{100} + \Sigma a \cdot 10^{\frac{b \cdot R_{pn}}{A}} / A$$

R_{pn} : 降水量21mm以上でn番目の降雨のピーク降雨強度(mm/hr)

A : 排水区面積(ha), b : 定数

参考文献

- 1) 千葉県環境部編「手賀沼水質総合診断結果」, 昭和55年12月
- 2) 山口高志 他「河川の水質・汚濁負荷量に関する研究(II)」, 土木研究所報告154号の1, 1980
- 3) 海老瀬潜一 「霞ヶ浦流入河川の流出負荷量変化とその評価」, 国立公害研究所報告21号, 昭53-54
- 4) 吉野文雄 他「中小河川の流量計画に関する調査」昭和57年度河川事業調査費報告, 土木研究所