

# 上葦生川における降雨時流出について

渡辺賢介・邑岡和昭  
門田治幸

## 1. はじめに

公共用水域の水質管理を行う場合、従来は主に晴天時の汚濁排出を対象として、排出源の水質規制や汚濁解析を行ってきた。しかし、最近各地で問題となっている閉鎖性水域の富栄養化現象や、ダム湖の濁水の問題を考える場合、これとは別に一時的に大量の汚濁負荷の流入する降雨時の汚濁流出を把握する必要がある。このことについては、現在まで流出モデルを含め種々の研究<sup>1), 2), 3), 4)</sup>されており、その影響の大きさを示す例として、海老瀬<sup>5)</sup>は霞ヶ浦流入河川における降雨時の流出負荷量が平常時年間負荷の20~130%に相当し、平常時汚濁レベルが低い河川ほどその寄与率が高いことを指摘し、落合<sup>6)</sup>は斐伊川において、全りんが1降雨で平水時の400日分にも相当する量が流出することを報告した。しかしながら、これらの流出は、流域特性、降雨特性に大きく依存し、決定的なモデルが示されていないのが現状である。

当県においてもいくつかのダム湖で淡水赤潮現象が問題となり、環境庁の委託を受け永瀬ダム湖で1980年から3年間にわたって環境調査を行ったが<sup>7), 8), 9), 10)</sup>、ダム湖の物質循環に降雨時流出が大きなウェートを占めていることが推定された。本報告は永瀬ダム湖の栄養塩供給を把握する目的で行ったもので、当ダム湖流入河川の上葦生川における降雨時流出について1983年7月と9月に3回にわたって調査をおこなった結果である。

## 2. 調査方法

### 2.1. 調査地点

調査河川の上葦生川は図1に示した。この河川は、高知県の中部を流れる一級河川物部川の支川で、四国山地に源を發し永瀬ダムに流入する流路延長22.7kmの中河川である。今回調査地点とした安丸水位観測所から上流の流域特性を表1に示したが、流域面積は92.0km<sup>2</sup>で流域の90%以上を山林が占め、流域中の汚濁排出源としては流域人口606人を有するのみで他に特

筆できるようなものはなかった。調査地点の1983年における日平均水量の中央値(平水量)は13.3m<sup>3</sup>/秒で、この年に行った定期調査時(19回)の水質(中央値)<sup>11)</sup>は、COD 0.5mg/l以下、SS 1mg/l、全窒素(T-N) 0.14mg/l、全りん(T-P) 0.009mg/lであった。

### 3 2.2. 調査日および分析方法

調査は1983年7月4日~6日、9月19日~21日、9月25日~9月30日の3回にわたって行い、降り始めか

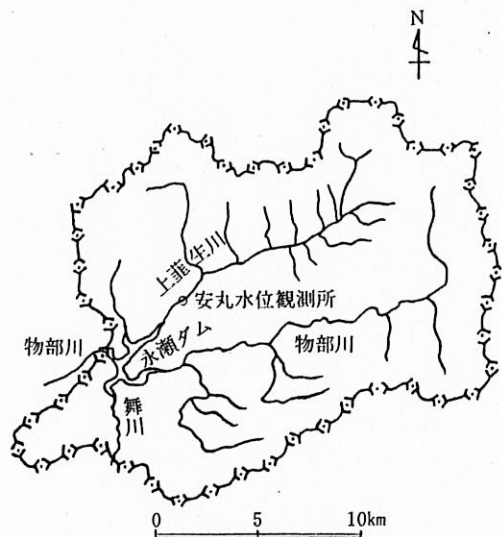


図1 調査地点図

表1 上葦生川の流域特性

	流域面積	山林面積	耕地面積	流域人口	特定事業所数
上葦生川	92.0km <sup>2</sup>	83.7km <sup>2</sup>	1.2km <sup>2</sup>	606人	0

ら出水後水質が安定するまでを1調査とし、採水は出水の規模によって1時間から6時間間隔で行った。

水質の分析方法は、SSは環境庁告示による方法、T-Nはアルカリ性過硫酸カリウム分解—Cd-Cu還元法、T-Pは過硫酸カリウム分解—モリブデン酸アン

モニウム—アスコルビン酸発色法, アンモニア態窒素 ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) はインドフェノール法, 硝酸態窒素 ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) は Cd-Cu 還元法, 亜硝酸態窒素 ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) はナフチルエチレンジアミンによる方法, リン酸態りん ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) は JIS K 0102 による方法, 全有機態炭素 (TOC) は無機態炭素 (IC) を除去後 TC 計を用いシリンジ注入法によって行った. また, 溶存態無機窒素 (DIN) は  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$  の合計とした.

### 3. 結果と考察

#### 3.1. 降雨時の出水と水質について

3回にわたる調査結果の降雨強度, 流量, 各水質濃度を経時変化のグラフとして図2, 3, 4に示した.

7月4日～6日の調査は5日未明から夕方にかけて78mmの雨量があったもので, この降雨によるピーク流量は7月5日12:00に39.6 $\text{m}^3/\text{秒}$ が観察され, 7月5日の流量はこの年の日流量の96%値に相当した. 出水のピークは降雨ピークと1～2時間程度ずれて観察され, 各水質濃度はほぼこれに伴って高くなり, ピーク

時の各水質濃度は SS 21.5 $\text{mg}/\text{l}$ , TOC 1.90 $\text{mg}/\text{l}$ , T-N 0.31 $\text{mg}/\text{l}$ , T-P 0.037 $\text{mg}/\text{l}$ であった.

9月19日～21日の調査は19日夕方から降り始め, 20日未明にかけ43mmの雨量があったもので, この降雨によるピーク流量は9月20日9:00に5.2 $\text{m}^3/\text{秒}$ が観察されたのみで, 9月20日の流量はこの年の日流量の33%値に過ぎず, 水質も目立ったピークがみられなかった. これは先行して濁水が続いたため初期雨がほとんど浸透したことによると考えられた.

9月25日～30日の調査は台風10号の影響により, 9月25日から28日まで断続的に合計302mmの雨量があったもので, この降雨によるピーク流量は9月28日17:00に208.5 $\text{m}^3/\text{秒}$ が観測され, 9月28日の流量は1日流量としてこの年の最高値であった. この降雨による流出波形をみると9月25日から26日にかけての合計60mmの雨量では目立った出水はなく, 9月27日10:00から1時間あたり25mmの雨量があつてから急激に増水を始め, 以後雨量に対応して流量のピークがみられた. この出水による水質変化をみると採水時間の間隔が6時間程度と長く, 変動を充分にとらえきれなかった可能

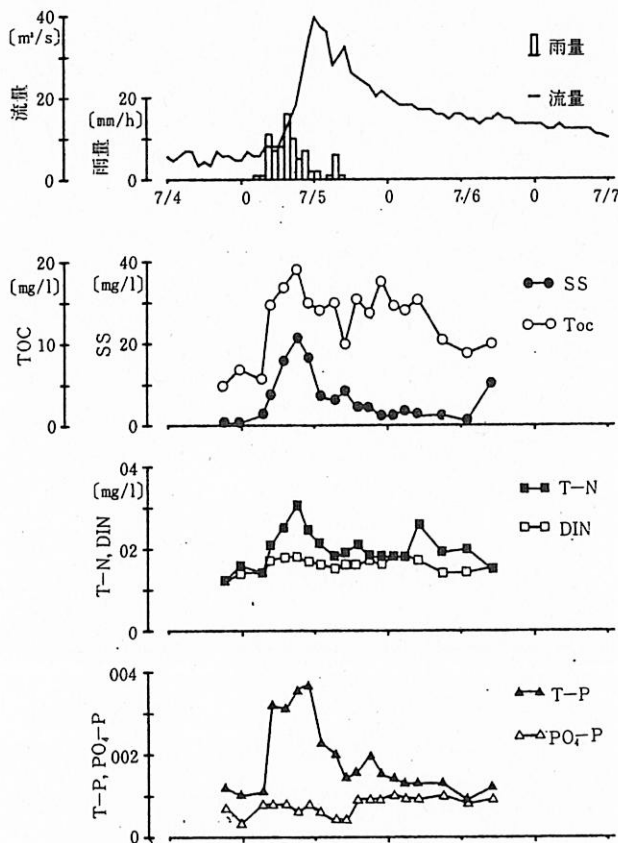


図2 1983年7月4日～6日における雨量流量水質の経時変化

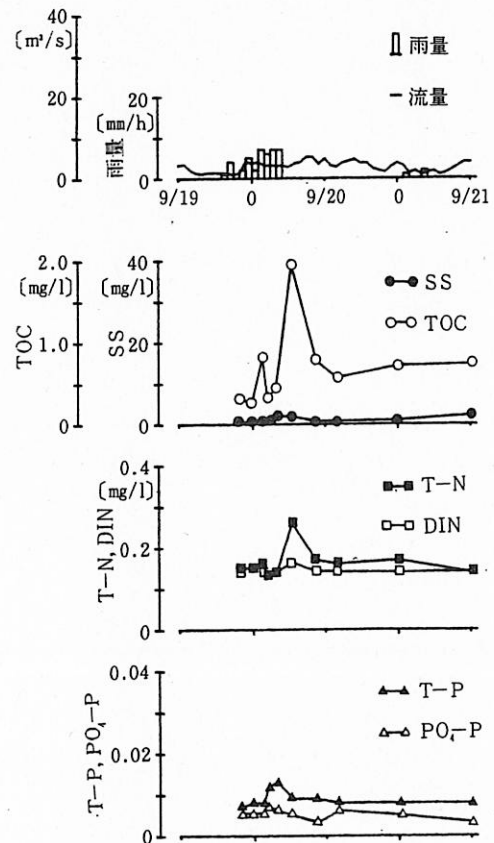


図3 1983年9月19日～21日における雨量, 流量, 水質の経時変化

性も考えられたが、DIN、PO<sub>4</sub>-Pを除いて流量変化とよく一致した。この降雨による水質のピークはSS 485mg/l、TOC 10.1mg/l、T-N 0.48mg/l、T-P 0.441mg/lで、SSについては平水時の485倍、T-Pは49倍にもなったのに対しT-Nの濃度変化は1.5倍と比較的少なかった。

3回の調査からは上韭生川においては時間雨量5mm程度の雨では日立った出水は認められず、水質もほとんど変化することがなかった。また、水質について今回の調査結果からは極端なファーストフラッシュが認められなかった。これらの理由として、流域の殆どが山林等のため浸透面積が大きいことと、平水時水質が良好なため河床が汚濁されていないことが考えられた。

水質の項目別にはSS、TOC、T-P濃度は流量の増大に伴って大きく変化したが、DIN、PO<sub>4</sub>-P濃度は平水時とほとんど差がなく、これらが濁水中の懸濁物に由来すると推定された。

### 3.2. 降雨時の汚濁流出負荷について

今回の3回の調査によって得られたデータからSS、TOC、T-N、T-Pについて、流量と負荷量の関係を両対数グラフにプロットし、(1)式への回帰式、相関係数とともに図5に示した。

$$L = a \cdot Q^n \dots\dots(1)$$

L = 負荷量 (g/秒)

Q = 流量 (m<sup>3</sup>/秒)

この図から、各負荷量とも広い流量範囲で直線性を示し、相関係数0.950~0.989を得、上韭生川については(1)式を利用し、流量を変数として負荷量の把握が可能と考えられた。

この結果は海老瀬<sup>12)</sup>、山口<sup>1)</sup>らが先行晴天日数等による河道及び流域への堆積等を考慮したモデルを提案したのに比べ簡単なモデルで出水時の流出を表すことができたが、その理由として、先に述べたように流域は山林がほとんどのため不透水面が少なく、人為的な堆積物の急激な流出を考えなくてもよいことと、河床自体にも堆積が少なく流出が単純化されたためと考え

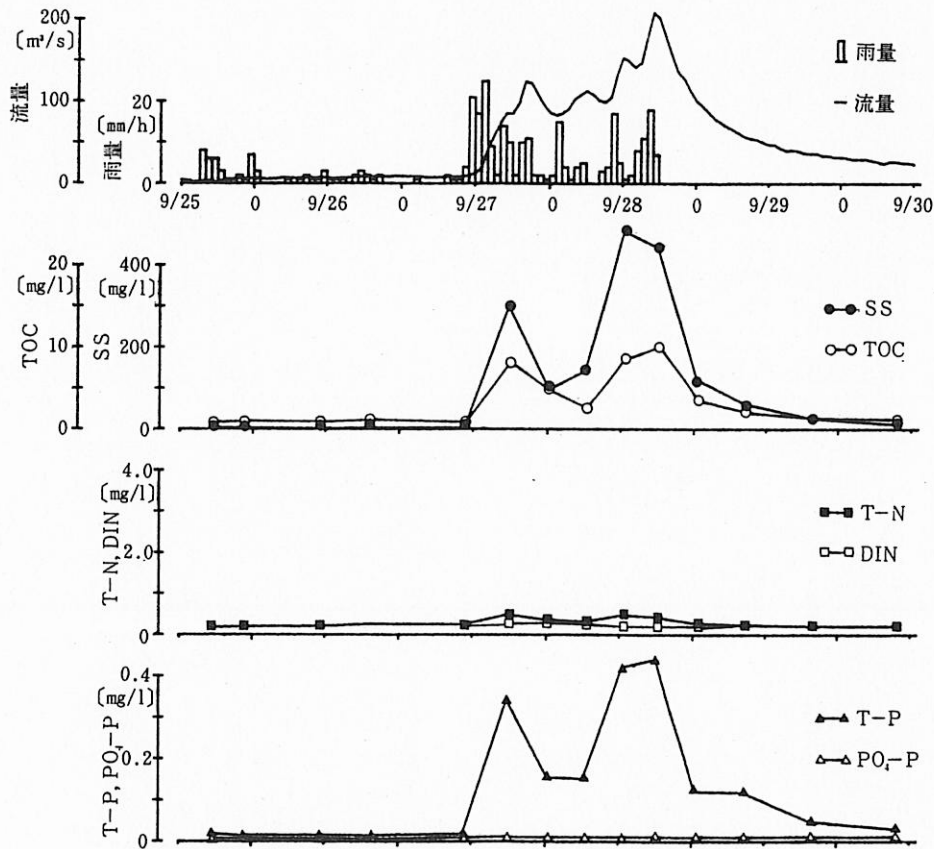


図4 1983年9月25日~30日における雨量、流量、水質の経時変化

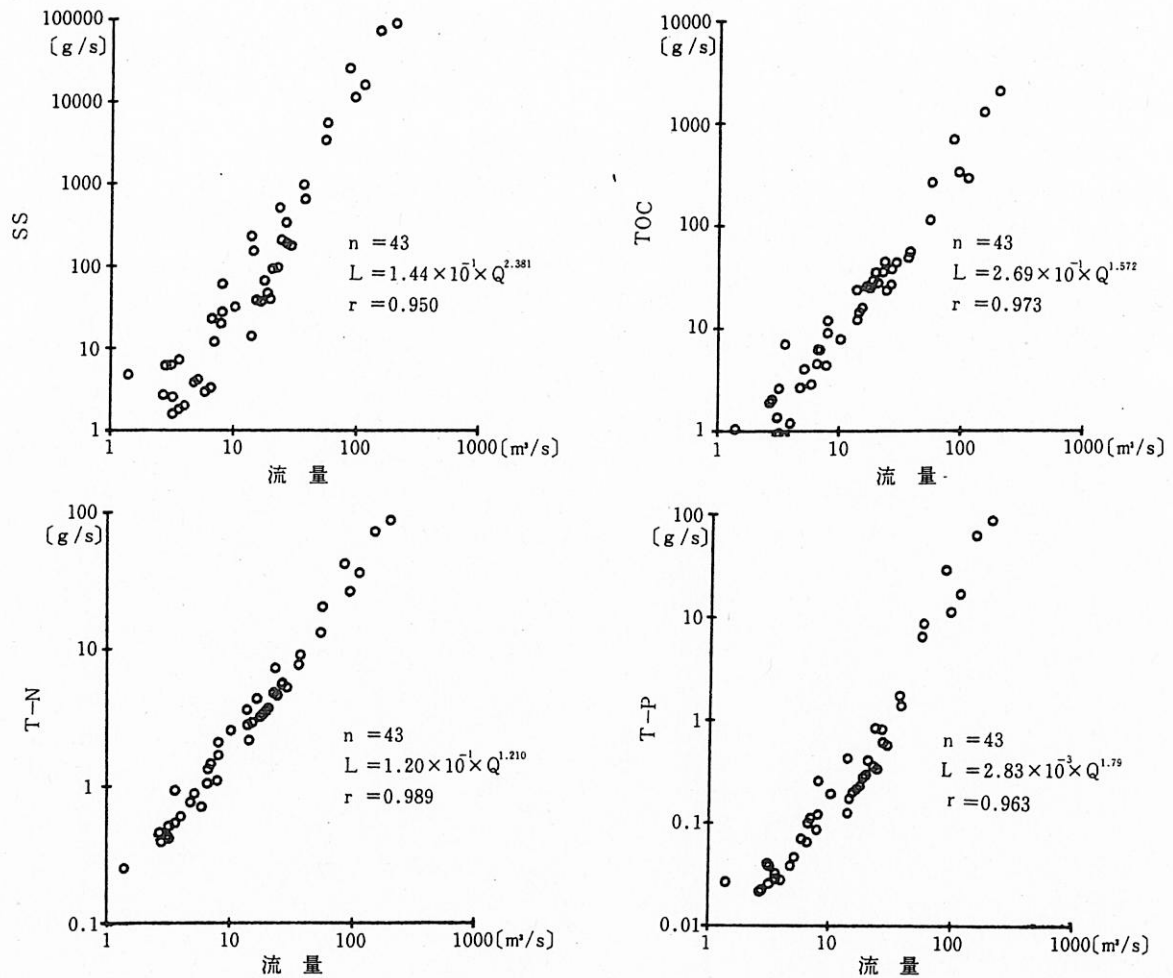


図5 流量と流出負荷量との関係

られた。

今回得られた結果から、上韭生川流域からの汚濁流出に占める降雨時流出の大きさを表すため、この年の1年間の平水時流出との比較をして表2に示した。この表から、7月5日からの出水は降り始めから2日間で、流量については平水時の8日分、SS 57日分、T-N 12日分、T-Pは17日分の流出があり、9月25日からの出水では5日間に、流量については63日分、SS 13,573日分、T-N 157日分、T-P 1,585日分にも相当する流出があった。これらの結果から、降雨時流出がダム湖の物質循環に占める比重の大きさはある程度推察できたが、これがダム湖の栄養供給に及ぼす影響については、大きな出水が水位調整によって一部放水することや、瞬間的な流入濁水のほとんどが短時間に沈降するといった報告<sup>13)</sup>もあり、今後の調査が必要と思われた。

表2 平水時流出と降雨時流出の比較

調査日	流量 (千 $m^3$ )	SS (kg)	TOC (kg)	T-N (kg)	T-P (kg)
平水時* (/日)	359	359	—	50.2	3.23
1983年9月4日 21:00 ~ 9月6日 18:00	2952	20397	3924	602.1	56.03
1983年9月19日 23:00 ~ 9月20日 23:00	327	396	263	54.7	2.88
1983年9月25日 19:00 ~ 9月30日 18:00	22554	4872820	117493	7860.9	5119.18

\* 平水時流出の算定は、1983年の平水流量 (359 $m^3$ ) と、この年の定期調査時 (19日) の水質中央値を掛けた。

#### 4. ま と め

上韭生川水系において1983年7月、9月に計3回の降雨時流出調査を行い、次のような結果を得た。

1) 上韭生川においては、時間雨量 5 mm 程度では目立った出水はなく、初期雨によるファーストフラッシュも顕著でなかった。

2) 流量と水質の関係については、降雨による出水に伴って SS, TOC, T-P 濃度は高くなったのに対し、DIN, PO<sub>4</sub>-P 濃度はほとんど変化がなく、これらの物質が濁水中の懸濁物質によると考えられた。

3) 今回の調査から得られたデータからは、SS, TOC, T-N, T-P の流出負荷量は回帰式  $L = a \cdot Q^n$  で表すことができた。

4) 降雨によって 1 時的に流出する負荷量は非常に大きく、9月25日からの5日間で流量については平水時の63日分、SSは13,573日分、T-N 157日分、T-P 1,585日分にも相当する流出があった。

なお、今後降雨時流出についてより正確に把握するために種々のパターンの降雨についてデータを集める必要があり、また、出水による濁水のダム湖への流入がその後どのように沈降、排出されるかについても調査の必要が考えられた。

#### 謝 辞

本調査にあたり、データの提供をしていただいた高知県永瀬ダム管理事務所の方々に深謝いたします。

#### 文 献

- 1) 山口高志ら：河川の水質・負荷量に関する水文学的研究. 土木学会論文報告集, 第293号, 49-63, 1980.
- 2) 海老瀬潜一ら：市街地河川における降雨時流出負荷量の変化特性. 水質汚濁研究, 2, 33-44, 1979.
- 3) 関根雅彦ら：揖保川のポルトグラフシミュレーション, 衛生工学研究論文集, 22, 103-110, 1986.
- 4) 松浦茂樹ら：土地利用と雨天時汚濁流出に関する一考察, 衛生工学研究論文集, 22, 111-123, 1986.
- 5) 海老瀬潜一ら：陸水域の富栄養化に関する総合研究 (V), 国立公害研究所研究報告, 第21号, 1981.
- 6) 落合久栄ら：斐伊川における出水時の汚濁流出について (I), 用水と廃水, 23, 59-64, 1981.
- 7) 高知県：昭和55年度淡水赤潮対策調査(永瀬ダム)
- 8)     〃     : 昭和56年度     〃
- 9)     〃     : 昭和57年度     〃
- 10) 渡辺賢介ら：永瀬ダム湖における淡水赤潮の研究, 全国公害研究協議会中四国支部第10回水質部会資料, 22-24, 1983.
- 11) 渡辺賢介：1983年調査 (未発表)
- 12) 海老瀬潜一ら：タンクモデルを用いた降雨時流出負荷量解析, 用水と廃水, 21, 46-56, 1979.
- 13) 森田弘昭ら：洪水時に湖に流入する粒子性栄養塩の挙動, 水質汚濁研究, 8, 233-238, 1985.

1) 山口高志ら：河川の水質・負荷量に関する水文学