

異常渇水時の汚濁物堆積・流出シミュレーション

Pollutant Accumulation-Runoff Simulations During Extraordinary Water Shortage

山田 淳* 市木 敦之* 行 政信** 前田 耕平**
Kiyoshi YAMADA* Atsushi ICHIKI* Masanobu YUKI** Kohei MAEDA**

ABSTRACT : The objectives of this study are to simulate the behavior of pollutants in an urban area, and to estimate the effect in 1994 water shortage on pollutant runoff. The simulations using the series of precipitation data of 1994 as a drought year and 1988 as a normal year were done by the pollutant accumulation-runoff model which was developed from the data of pollutants' behavior in urban areas observed continuously in 1993 and 1994.

As a result of the simulations, these following things are cleared. (1)The amount of annual runoff pollutant load is not so small compared to the small precipitation of 1994. (2)The behavior of pollutants in 1994 which accumulated during summer and ran off at a stretch by a large storm in the middle of September was shown. (3)Road cleaning during dry periods can decrease pollutants which run off into the public water area during a storm event.

In the result, some available knowledge for the environmental management of water in urban areas has been obtained.

KEYWORDS : water shortage, diffuse pollution, road cleaning, simulation, precipitation

1. はじめに

1994年の異常渇水によって夏期の琵琶湖の水は陸域からの流入が大幅に減り、表層水の懸濁分がなくなったため数十年前の透明度と水質をよみがえらせた。しかし、その後の大降雨によって堆積物が一気に琵琶湖へ流入した。本研究グループでは、かねてより大気由来汚濁物としての降水含有物および晴天時降下物の実測、道路面を中心に都市不浸透面での堆積物の挙動を連続的に把握し、その結果を用いて都市域での大気由来汚濁物供給モデル式、路面堆積汚濁物供給モデル式を提案してきた。¹⁾²⁾ 本報では平水年(1988年)、渇水年(1994年)の降水量系列による年間シミュレーション計算を行い、比較検討した。また、晴天時における道路面の清掃効果についての検討も行った。

2. モデル式の説明

(1)大気由来汚濁物供給モデル

1994年度を含む過去の調査結果(草津市:32サンプル)より、降水含有負荷については、降水量と降水水質の関係による(1)式で近似を行い、晴天時降下物負荷については経過日数と降下物負荷量の関係による(2)式で近似を行った。パラメータは検討項目(TR, COD, TOC, T-N, T-P)ごとに決定した。決定したパラメータを表-1に示す。

* 立命館大学理工学部

**立命館大学大学院理工学研究科

Department of Civil and Environmental Systems Engineering, RITSUMEIKAN Univ.

表-1 大気由来汚濁物供給モデルパラメーター一覧

	降水含有負荷			晴天時降下物負荷		
	a	b	R ²	c	d	R ²
TR	17.596	0.0192	0.14	95.414	0.0300	0.06
COD	2.805	0.0352	0.29	6.263	0.0121	0.02
TOC	2.353	0.0089	0.09	17.944	0.0880	0.22
T-N	2.616	0.0408	0.29	9.096	0.0446	0.35
T-P	0.040	0.0075	0.02	0.113	0.0210	0.10

R² ; 決定係数

$$C = a \cdot e^{-b \cdot R} \cdots \cdots (1)$$

C: 降水水質値(mg/l), R: 降水量(mm), a, b: 係数

$$S = c \cdot e^{-d \cdot T} \cdots \cdots (2)$$

S: 降下物負荷量(mg/m²/日), T: 経過日数(日), c, d: 係数

(2)道路面堆積汚濁物挙動モデル

晴天時堆積量の増加については極限量と経過日数を用いて(3)式で表現した。また、降雨時の流出負荷量については現存量と降水量を用いて(4)式で表現した。負荷の検討項目としては、堆積物量、有機物量、T-N、T-Pをとりあげ、粒径を考慮して、DT(粒径2000μm以下)とDS(粒径75μm以下)の両方を検討した。パラメータは、データの豊富な住居専用地域の路面についてのみ示す。ここで(3)式の極限堆積物量(Su)及び堆積速度係数(Kt)は1994年、1995年に草津市で行った継続調査結果より決定した。(4)式の流出速度係数(Kr)は1990年～1995年に京都市および草津市で行った降雨前後の調査データを(3)式により補正を行い決定した。諸元の一覧を表-2に示す。

$$S = S_u \cdot (1 - e^{-K_t \cdot T}) \cdots \cdots (3)$$

S: 堆積現存量(mg/m²), Su: 極限堆積物量(mg/m²), T: 堆積ゼロからの経過日数(日), Kt: 堆積速度係数(1/日)

$$L = S \cdot (1 - e^{-K_r \cdot R}) \cdots \cdots (4)$$

L: 負荷流出量(mg/m²), S: 堆積現存量(mg/m²), R: 降水量(mm/日), Kr: 流出速度係数(日/mm)

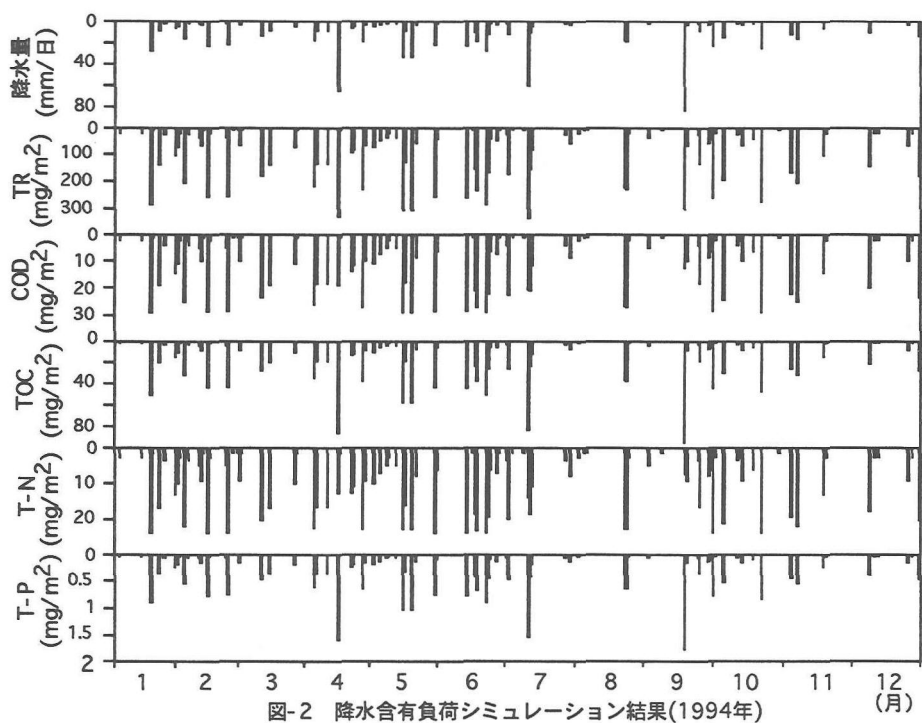
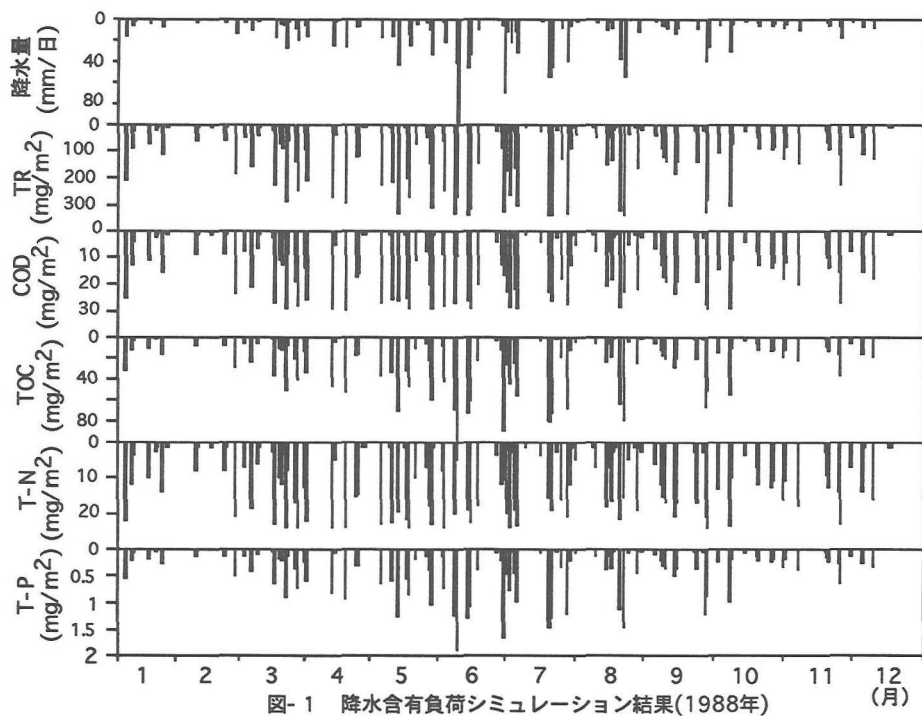
表-2 道路面堆積汚濁物挙動モデルパラメータ等一覧 ()内は決定係数

指標	堆積量(式(3))				流出量(式(4))	
	Su (mg/m ²)		Kt (1/日)		Kr (日/mm)	
	DT	DS	DT	DS	DT	DS
堆積物量	4876	1405	0.156(0.58)	0.179(0.56)	0.031(0.13)	0.083(0.04)
有機物量	719	271	0.116(0.66)	0.216(0.45)	0.025(0.43)	0.031(0.35)
T-N	10.7	6.1	0.281(0.50)	0.276(0.41)	0.046(0.31)	0.049(0.42)
T-P	2.03	1.67	0.233(0.29)	0.177(0.28)	0.050(0.04)	0.078(0.09)

3. 大気由来汚濁供給シミュレーションの結果

1988年(平水年: 降水量1451mm), 1994年(渇水年: 降水量881mm)の日降水量データを用いてシミュレーション計算を行い、平水年と渇水年の比較を行った。降水含有負荷の結果を図-1(1988年), 図-2(1994年)に示す。晴天時降下物負荷については、晴天日の続く期間、(2)式に従って、負荷量を計算した。その結果を図-3に示す。

まず図-1, 2は日単位の降水量の大きさに支配されていることがわかる。パラメータaは、小降雨のときの降水水質の大きさを表しており、TRからT-Pの順で小さくなる。またパラメータbは降水量の大きさによる減衰性を表しており、COD, T-Nの減衰性が大きい。このため、COD, T-Nでは降水量が一定以上大きくなった場合、負荷量としての頭打ち状態があらわれている。次に図-3では、平水年でみると、晴天時の比率が37%(T-P)から60%(TR, T-N)と指標によるばらつきのあることが分かる。また、晴天時降下物負荷は微増、降水含有負荷は減少しており、とくにともともと降水含有比率の高いT-Pの供給減は大きい。全体的には、渇水年の供給量が10～20%減少しているが、晴天時の割合は逆に10%程度高くなっていることが分かった。



4. 堆積物シミュレーションの結果

堆積、流出モデル式を用いて住居専用地域を対象に平水年の1988年度と対比させながら1994年の流出シミュレーションを行った結果を図-4, 5に示す。現存量をみると平水年は、周期的な降雨により晴天日期間が短いため、現存量が少し増加しては次の降雨で流出する傾向にあるが、渇水年は晴天日期間が長いいため、現存量が大きく増加してから流出する。そのため、一降雨で多くの汚濁物が一気に流出する現象を再現していることになる。

次に、シミュレーション結果を4期間に分け、とくに降水量の少なかった7月10日から9月15日までの約2ヶ月間を1期間とした集計をおこない図-6に示す。1994年は4月から降水量が少なく渇水は秋まで継続したため、年間降水量で平年の60%にとどまった。しかし、年間の流出負荷量でみると、堆積物(懸濁分)で89%、有機物で95%、T-N、T-Pで90%前後となっており、渇水で流出負荷量が減ったとはいえ、その前後の降雨によって大部分の堆積物が流出していたことが分かる。

また、4月1日から7月9日の期間をみると、渇水年の降水量は平水年の67%であるにも関わらず、平均流出量は各汚濁指標とも平水年を上回っている。このことより渇水時における一降雨当たりの流出汚濁負荷量の大きさがうかがえる。また、7月10日から9月15日までの期間では、極端に渇水年の降水量が少なかったが、各汚濁指標の平均流出水質は平水年の3倍程度であったことを示している。しかし、82mmの大降水量となった9月16日の降雨では、堆積物の大半が流出するとともに希釈作用がおこり、平均の流出水質は半分程度になっていたことが推定できた。

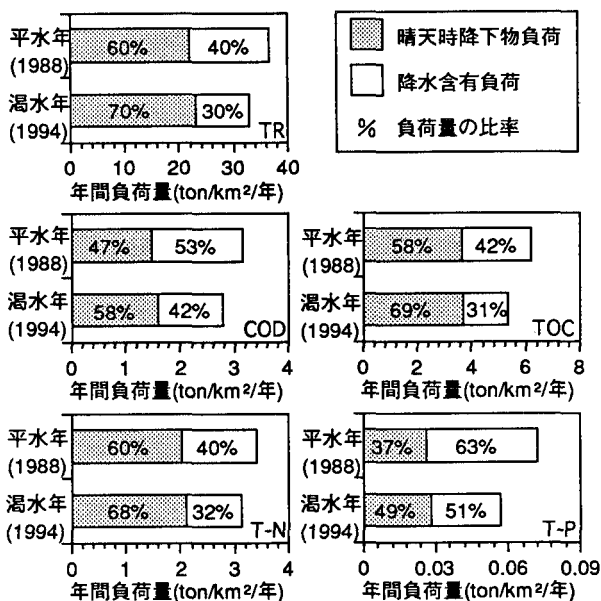


図-3 大気由来汚濁物年間供給負荷量(シミュレーション結果)

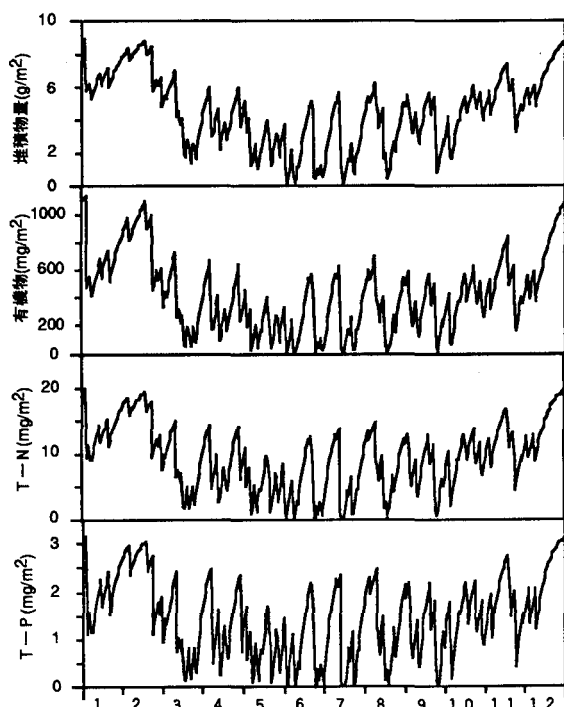


図-4 路面堆積物現存量シミュレーション結果(1988年)(月)

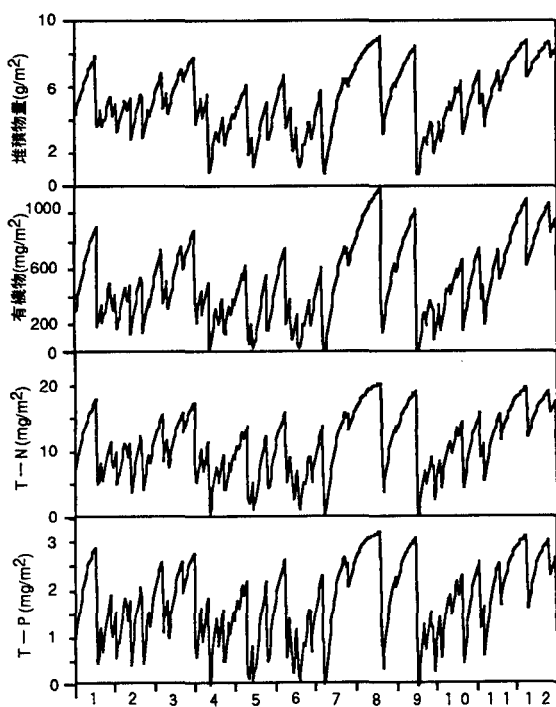


図-5 路面堆積物現存量シミュレーション結果(1994年)(月)

5. 路面清掃効果の検討

晴天の期間に路面清掃を行うことにより、汚濁負荷流出の削減効果が高めることがどの程度可能か検討した。ここでは、幹線道路を対象に週1回清掃することにして、1988年と1994年の年間シミュレーションを行い、年間流出負荷量による比較を行った。ただし、ここでは路面清掃車の清掃除去率を実測にもとづき63%と仮定している。その結果を図-7に示す。この結果から、平水年で週1回の清掃により、47%(有機物量)から17%(T-P)の流出負荷削減が期待できる。渇水年ではこれより除去率が高く、晴天期間が長く続く夏期には、除去率がさらに上がると推測される。しかし、年間流出量の多い1988年で路面清掃による削減効果が低くなることから、降雨予測による清掃実施などの検討も必要であろう。

6. まとめ

異常渇水時の非点源汚濁の実態を、異常渇水時を含むデータを用いて再現し、問題点の指摘と今後の施策の方向について検討した。この結果、大気由来汚濁物については、降水含有負荷が大幅に減少し、逆に晴天時降下物負荷が微増したことが明らかになり、全体では供給が20%程度減少したことが判明した。また、住居専用地域の生活道路における流出負荷量は、降水量の減少ほど減らず、夏期を除いてはむしろ増加しており、年間では平年の90%以上を占めていることが分かった。さらに、幹線道路を対象とした清掃車による削減効果はかなり大きく、渇水年のような晴天日が多い場合には、より有効であることが分かった。今回は、宅地、都市内農地など、都市の陸域全体の非点源汚濁の実態を再現するまでには至らなかった。今後これらの定量化に努めたい。

なお、本研究の遂行にあたって、平成6年度琵琶湖研究所委託研究「都市域地表面堆積汚濁物および降雨時流出負荷量調査」(研究代表者：山田淳)の結果を使用した。

参考文献

- 1) 山田, 中部, 松本, 行(1995):都市不浸透域堆積汚濁物挙動モデルによる路面清掃効果と渇水影響の検討
土木学会第50回年次学術講演会講演概要集, 第2部, pp.996-997
- 2) 山田, 松本, 行, 前田(1996):都市不浸透域堆積汚濁物挙動モデルによる路面清掃効果の検討
土木学会第51回年次学術講演会講演概要集, 第7部, pp.274-275

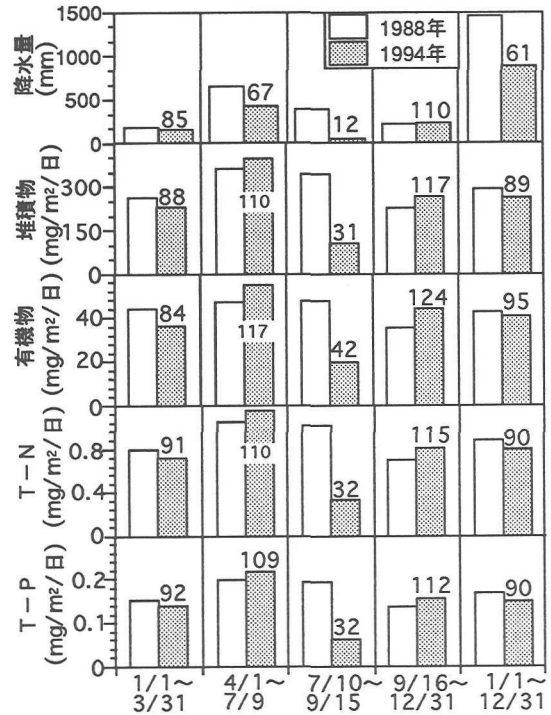


図-6 平均流出汚濁負荷量(住専地域道路面)
(数字は1994/1988比(%))

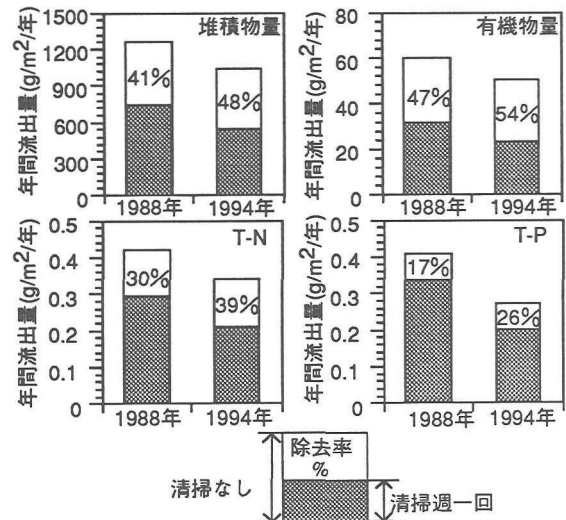


図-7 道路面の清掃効果(幹線道路)