

雨水の地下浸透に関する研究 (その2)

—各種雨水排水の水質と流出特性—

嶋 津 暉 之 和 波 一 夫

要 旨

住宅地総合雨水排水、高速道路雨水排水、工場屋根雨水排水の水質変化と流出特性について調査を行った結果、次のことが明らかになった。

- ① 無降雨日が続いた場合、住宅地雨水排水や高速道路雨水排水のBOD、CODは50~100mg/ℓ、屋根雨水排水は30mg/ℓ前後まで上昇することがある。しかし、雨水排水の大半は濃度が低く、住宅地、高速道路の場合は全試料の6~7割がBOD 5 mg/ℓ未満、COD10mg/ℓ未満、屋根の場合は約8割がBOD 4 mg/ℓ未満、COD8mg/ℓ未満であった。
- ② 屋根雨水排水のBOD等の流出負荷密度は予想外に大きく、BOD、COD、T-Nは住宅地の11%~24%、高速道路の17%~25%、NO_x-Nは住宅地の37%、高速道路の62%もあった。その主な汚濁源は大気汚染降下物である。
- ③ 無降雨日が続いた場合は水量で2~3割の初期流出雨水排水が、BOD等の流出負荷量の6~7割を占めることが多く、初期雨水排水を排除する方法の検討が必要である。
- ④ 雨水排水の地下浸透で、地下水の方へ移行する可能性があるのは、溶解性有機物質とNO_x-Nおよび親水性の化学物質である。このうち、NO_x-Nは濃度が低いので、地下水の硝酸性窒素汚染を引き起こすことはないと考えられる。
- ⑤ 雨水排水によるSS流出負荷密度の年間推定値は住宅地雨水排水が集水面積1㎡あたり86g、高速道路雨水排水が36gであり、SSの供給量が大きい。地下浸透させる場合は浸透施設に堆積するSSを適宜排除する維持管理が必要である。

キーワード：雨水排水、地下浸透、住宅地、地下水汚染、高速道路

Study on Ground Infiltration of Rainwater (II)

—Characteristic of Quality and Runoff of Various Rain Drainage—

Teruyuki Shimazu and Kazuo Wanami

Summary

By investigating the change of runoff volume and quality of rain drainage from general residential area, the expressway and the factory roof, the following results were clarified.

- (1) Majority of the rain drainage samples showed low quality value. 60-70% of all samples of the residential area and the expressway were having BOD and COD less than 5 mg/ℓ and 10mg/ℓ respectively. Moreover, 80% of all samples of the roof were less than 2mg/ℓ and 8mg/ℓ in BOD and COD respectively.
- (2) The runoff load density of the substances such as BOD of the roof rain drainage was unexpectedly

high. The main pollution source was substances descended from air pollution.

(3) The initial runoff of rain drainage which makes up 20-30% of the total volume of water, often accounted for 60-70% of the outflow load of the substances such as BOD, when there was no rain for some days continuously. So, it is necessary to examine the method of excluding the initial rain drainage.

(4) It is dissolved organic substances, NOx - N and hydrophilic chemical substances that contain the possibility of polluting the underground water in case of infiltrating rain drainage.

(5) When infiltrating rain drainage to underground, the maintenance is necessary to exclude SS properly which piles up in the infiltration facilities, because the amount of SS supplied by rain drainage is considerable.

Keywords : rain drainage, ground infiltration, residential area, underground water pollution, expressway

1 はじめに

雨水の地下浸透は、①湧水の保全と復活、②大雨時の流出抑制による氾濫の防止、③合流式下水道の雨水吐き室からの流出汚濁物量の削減、④水道原水としての地下水への涵養などの効果があるので、積極的に推進する必要がある。浸透の効果をより大きくしていくためには、住宅等の屋根雨水に加え、敷地雨水排水や道路雨水排水なども地下浸透の対象にすることが望ましい。しかし、これらの雨水排水は水質上の問題があり、安易な地下浸透の拡大は地下水汚染等を引き起こす心配がある。

これらの雨水排水の地下浸透を推進するためには、その水質変化と流出特性を把握して、地下浸透を行った場合の問題点と地下水汚染の防止のためにとるべき対策を明確にする必要がある。

今回、このことを目的として、前報¹⁾に引き続いて、住宅地総合雨水排水の夏期の調査、幹線道路排水の秋冬期・夏期の調査、工場屋根雨水排水の秋冬期の調査を実施した。流量計測装置で雨水排水の流出量の変化を計測するとともに、自動採水器で雨水排水を採取して水質変化を把握した。その調査と解析の結果を報告する。

2 方法

(1) 計測の対象と期間

計測の対象とした雨水排水は①住宅地の総合雨水排水、②幹線道路の雨水排水、③屋根雨水排水である。屋根雨水も対象にしたのは、各種雨水排水の対照として、雨水そのものの汚れ度を知る必要があると考えたからである。それぞれの雨水排水の計測期間は、1994年度の調査¹⁾も含めると、表1のとおりである。各計測対象の位置図を図1に示す。

表1 計測対象の雨水排水

観測の対象	集水面積	計測期間
①三鷹市新川団地の住宅地総合雨水排水	25000 m ²	94年11月～95年 4月 95年 8月
②調布インター近くの中央高速道路の雨水排水	204 m ²	95年11月～96年 3月 96年 8月～ 9月
③三鷹市内のN電気機械工場の屋根雨水排水	4140 m ²	96年11月～97年 3月

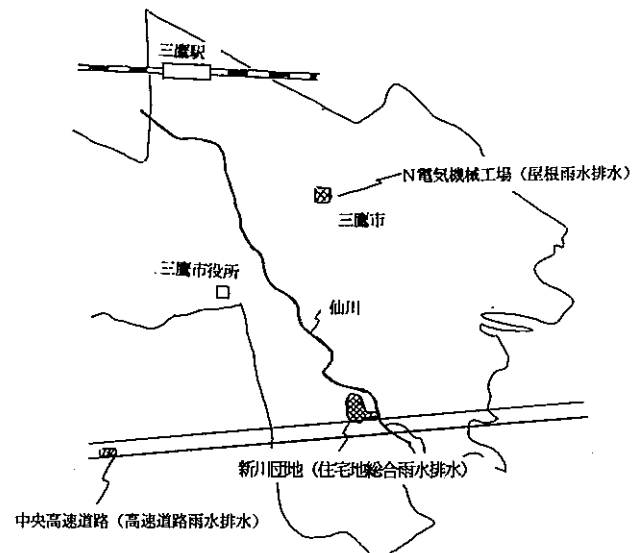
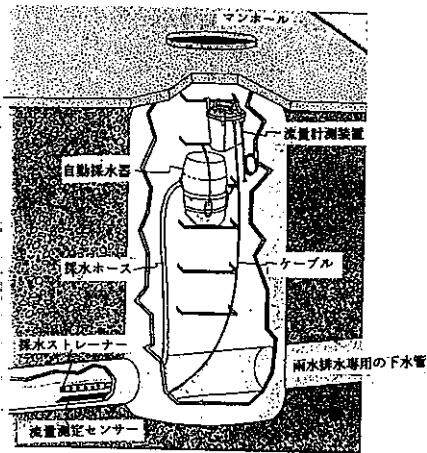
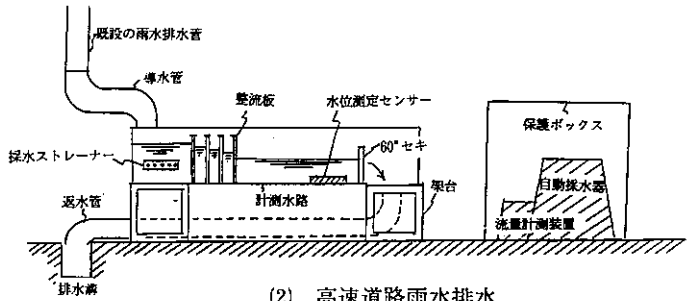


図1 計測対象の位置図

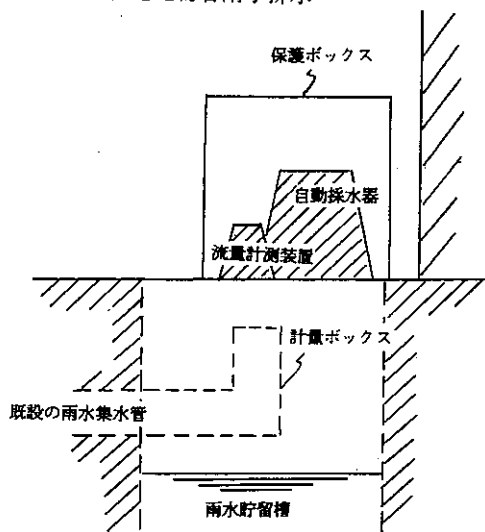
①の計測装置の設置場所は三鷹市内の分流式下水道における雨水排水専用の下水管で、その集水域は一戸建て住宅および低層集合住宅の地区である。この下水管には住宅の屋根雨水の他に、住宅の敷地、生活道路、小公園等の雨水排水が合わさって流下し、仙川に放流される。
②の設置場所は調布インター付近の中央高速道路の片側



(1) 住宅地総合雨水排水



(2) 高速道路雨水排水



(3) 屋根雨水排水

図2 計測の方法

車線長さ17m、幅員12mを集水域とする雨水排水管の出口である。その集水域付近の分離帯には緑地がない。ただし、この周辺の高速道路は勾配がほとんどないところであるので、集水域以外の道路雨水排水が流下することがあり、その中に緑地帯の排水が混入する可能性がある。③の対象とした三鷹市内の電気機械工場は、屋根雨水排水を貯留して水洗便所等に利用しているのので、その雨水貯留槽の流入管に計測装置を設置した。

(2) 計測の方法

上記三種類の雨水排水それぞれの計測装置の設置図を図2(1)~(3)に示す。住宅地総合雨水排水については雨水排水専用の下水管から仙川に流出する手前のマンホールの下に流量計測装置と自動採水器を設置し、下水管の底に流量計測センサーと採水ストレーナーを取り付けた。この流量計測装置は雨のない時も15分おきに流量を計測し、記録し続ける。ある程度の降雨があって、流量が設

定値を超えると、流量計測装置から自動採水器に対して採水の指示が出て採水が行われる。降雨後に現場に赴き、自動採水器の中の採水試料を回収するとともに、流量計測装置の中の流量データを携帯用パソコンに転送した。

高速道路雨水排水については高架の高速道路の下にある日本道路公団用地のフェンス内に計測装置と自動採水器を設置した。高速道路から降りてきた雨水排水管の出口を、三角堰を用いた計測水路に導き、そこに計測センサーと採水ストレーナーを取り付けた。

屋根雨水排水については、雨水貯留槽内に入る雨水排水管の出口に同図(3)の計量ボックスを取り付け、その中に計測センサーと採水ストレーナーを固定した。流量の計測はいずれも水位からの換算で、住宅地排水は円形下水道のマニングの公式、高速道路排水は三角堰の公式を適用し、屋根排水は、計量ボックスにおける水位と流量の関係を実験時に実測してその関係式を用いた。

また、降水量については住宅地総合雨水排水と中央高速道路雨水排水の計測期間中は三鷹市役所第2庁舎の屋上に、屋根雨水排水の計測期間中は当該工場の屋上に雨量計を設置して計測を行った。

(3) 分析の方法

回収した雨水排水の試料はJISに準じて、次の項目を分析した。

BOD、COD、SS、溶解性TOC、T-N、溶解性T-N、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、T-P、溶解性T-P、PO₄-P、Fe、Mn、Zn、Cu、Pb、Cd、Cr

また、排ガス由来の代表的な化学物質としてベンゾ(a)ピレン等の多環芳香族炭化水素(PAH)を取り上げ、次の方法で分析した。試料を残農用アセトン洗浄済ガラス繊維ろ紙でろ過し、次にそのろ紙から残農用ヘキサンで超音波抽出して窒素ガスパージしたものを残農用アセトニトリルに再溶解した。その溶液をHPLC 島津LC10Aに注入した。HPLCの条件は移動相 CH₃CN:H₂O=9:1、液量 0.2 ml/分、カラム 島津STR ODS-II 2φ×15 mm、カラム温度 35℃、蛍光波長 410 nm、励起波長 295 nmである。

3 結果及び考察

(1) 各雨水排水の流出特性

図3～6に住宅地総合雨水排水、高速道路雨水排水、屋根雨水排水それぞれについての代表的な計測例を示す。いずれの雨水排水とも、初期流出水のBOD、COD、T-N、T-P、溶解性TOC、SSの濃度が高く、その後は次第に低下していく。しかし、降雨が続いて流出量が増加すると、その流出量のピークに対応して新たに各水質項目のピークが形成される。初期流出水の濃度の高さはその直前までの降雨の状況と雨水排水それぞれの特性によって変わる。図3、4、6の例はいずれも2～3週間、大きな降雨がなかった後の降雨によるものであり、このような場合はBOD、CODを例にとると、住宅地排水や高速道路排水は50～100 mg/l、屋根排水は30 mg/l前後まで上昇することがある。図5の例は約1週間前に大きな降雨があった場合であるので、高速道路の初期流出水のBOD、CODは10～25 mg/lにとどまっている。

高速道路排水、屋根排水の場合、図4～6において流出量の増加で新たに形成されるピーク濃度の高さは上述の初期流出水の濃度よりかなり小さいが、一方、図3の

住宅地排水の場合は初期濃度より小さいとはいえ、やや大きなピークが形成されている。このように、高速道路や屋根は表面の形状が単純なため、表面の汚濁物質の大半が初期降雨で洗い流されるのに対して、住宅地排水は、地表面の形状が複雑であるので、初期降雨だけでは流出せず、流出量が増加する度に繰り返し流出する特徴がある。

(2) 雨水排水の水質

ア 有機物質と窒素、りん

表2～4に住宅地雨水排水、高速道路雨水排水、屋根雨水排水それぞれの各水質項目の平均値、中位数、90%水質値(小さい方から並べて90%の順位に当たる値)、最大値を、図7～9にこれらの雨水排水それぞれの各水質項目の頻度分布を示す。平均値は単純平均値と、流出量による加重平均値の両方を示した

単純平均値をみると、BODは住宅地 7.3 mg/l、高速道路 8.7 mg/l、屋根 4.0 mg/l、CODは住宅地 17 mg/l、高速道路 7.6 mg/l、屋根 7.5 mg/l、T-Nは住宅地 2.7 mg/l、高速道路 4.1 mg/l、屋根 1.6 mg/l、T-Pは住宅地 0.27 mg/l、高速道路 0.11 mg/l、屋根 0.02 mg/lである。

多摩地域の地下水への涵養源の一つと考えられている多摩川中流部(日野橋)の1995年度の平均水質をみると、BOD 3.5 mg/l、COD 5.5 mg/l、T-N 5.1 mg/l、T-P 0.47 mg/lであり、それと比べると、雨水排水のBOD、CODは高く、とりわけCODが高い。住宅地や高速道路は後述するように、土壌流出によるCODの上昇があるが、一方、屋根雨水排水のCODは主として大気汚染降下物に起因するものであり、その影響には予想外に大きい値である。

各雨水排水のT-N、T-Pは日野橋より値が小さく、とりわけ、屋根雨水排水のT-Pはきわめて低濃度である。屋根雨水排水のT-Nの大半はNO_x-Nであり、大気中の窒素酸化降下物の影響を示している。住宅地雨水排水、高速道路雨水排水の場合はこれにNH₄-Nが加わる。特に高速道路はNH₄-NがNO_x-Nの約2倍もある。アンモニウムイオンは三元触媒装備ガソリン車の排気に含まれ、ディーゼルエンジン車の排気には含まれていないことが明らかにされているので²⁾、高速道路のNH₄-Nはガソリン車の影響によるものと考えられる。

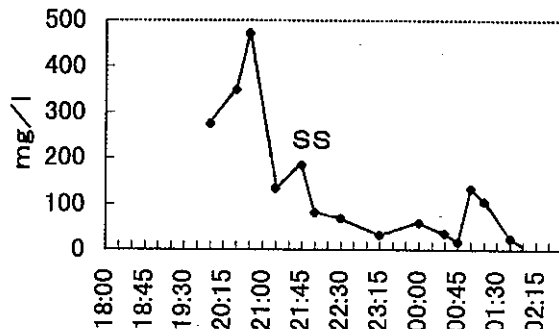
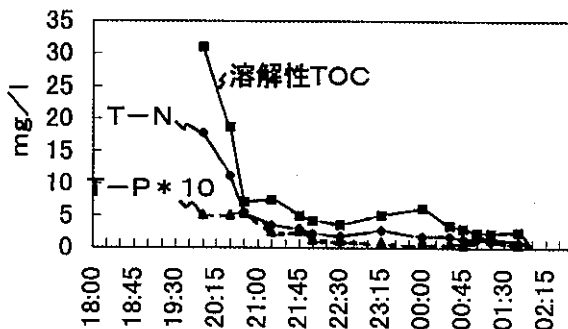
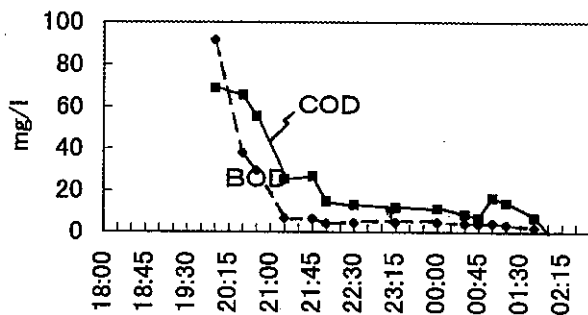
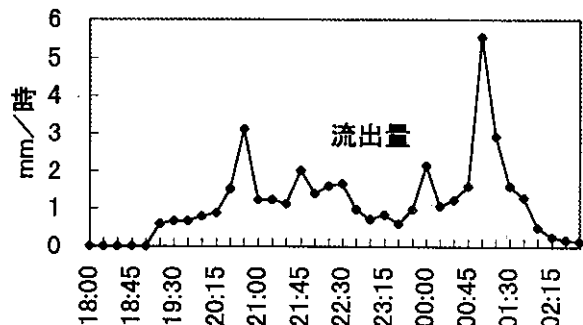
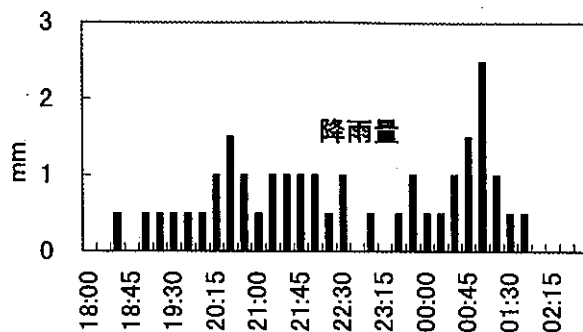
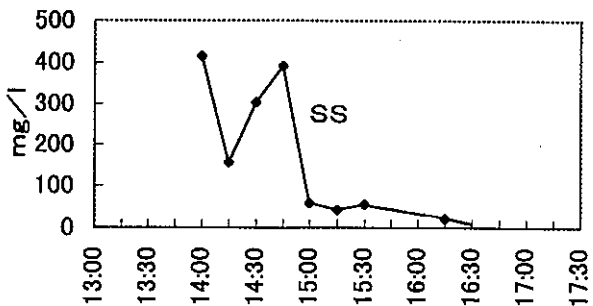
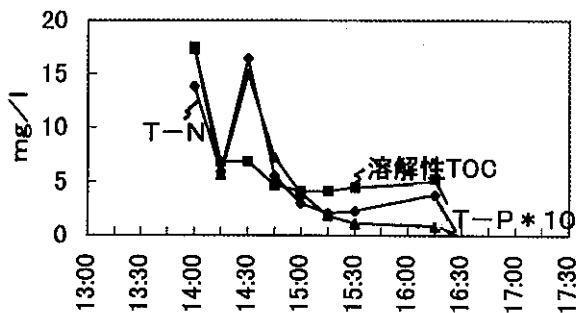
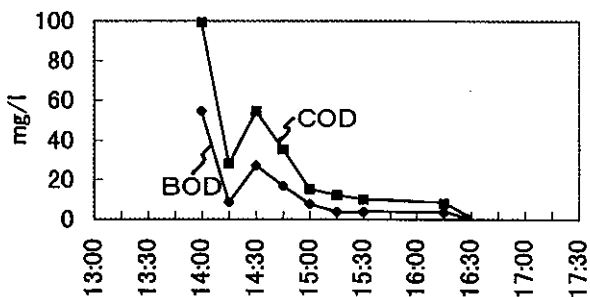
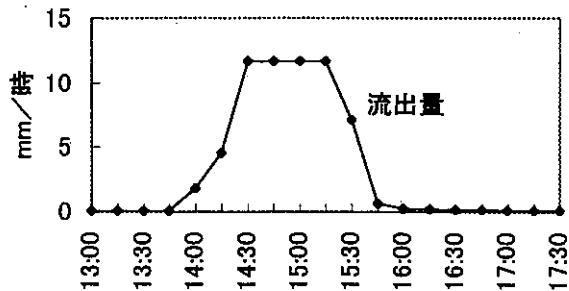
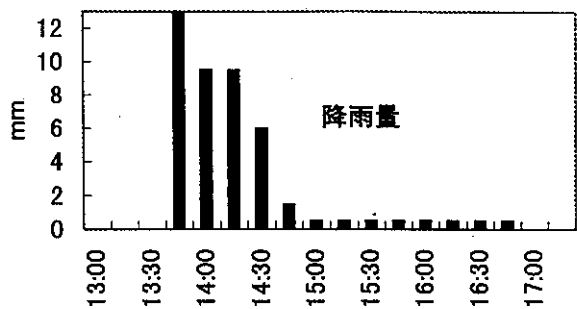


図3 住宅地総合雨水排水の計測例 (1995.8.22)

図4 高速道路雨水排水の計測例1 (1996.2.25-26)

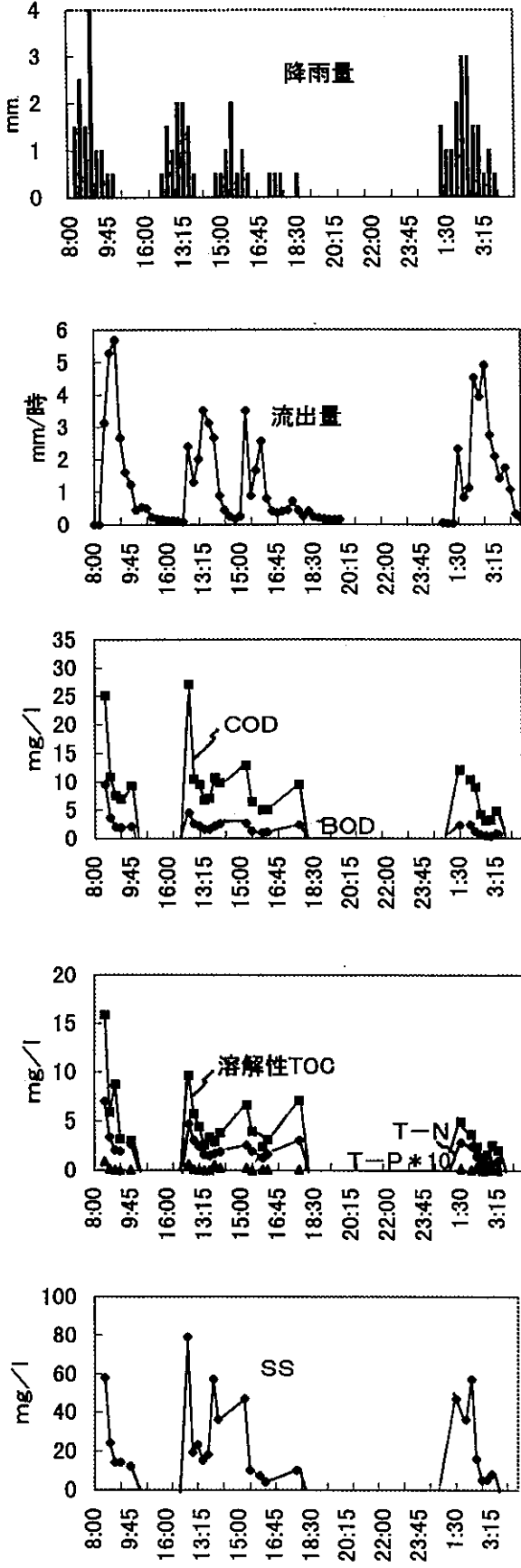


図5 高速道路雨水排水の計測例2 (1996.9.9-10)

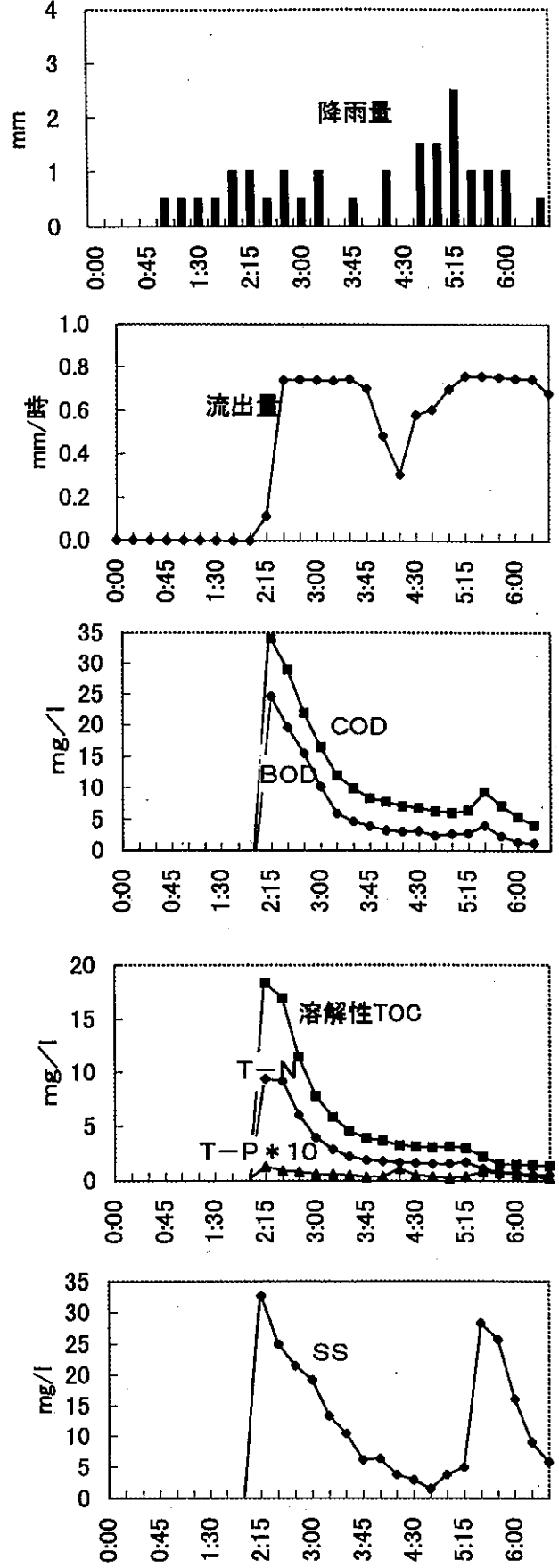


図6 屋根雨水排水の計測例 (1997.3.15)

図7～9の頻度分布をみると、いずれも、濃度の低い試料数が圧倒的に多く、一部の高濃度試料が平均値を引き上げている。BODとCODを例にとると、住宅地と高速道路の場合は全試料の6～7割がBOD 5 mg/ℓ未満、COD 10 mg/ℓ未満、屋根の場合は約8割がBOD 4 mg/ℓ未満、COD 8 mg/ℓ未満である。

イ 重金属類とPAH

表5に住宅地雨水排水、高速道路雨水排水の重金属類の分析結果を示す。平均値は排水基準に対して十分に低い値であり、90%水質値も高速道路のPb以外は排水基準を大幅に下回っている。高速道路のPbの90%水質値は排水基準 0.1 mg/ℓに等しく、試料の1割が排水基準を越えた。その最高値は0.23 mg/ℓであった。

高速道路雨水排水の一部の試料について多環芳香族炭化水素 (PAH) を分析した結果を表6に示す。各種PAHの最高濃度はベンゾ(a)ピレンの27 ng/ℓであり、ベンゾ(a)ピレンの平均は18 ng/ℓであった。3.5 t小型貨物車1台のベンゾ(a)ピレン排出量の報告値³⁾3.5 μg/kmを使うと、高速道路雨水排水1 m³に含まれているベンゾ(a)ピレンは、3.5 t小型貨物車1台の5 km走行分の排出量に相当する。

ウ 濃度を上昇させる要因

上述のように、雨水排水の大半はBOD等の濃度が比較的低いが、初期降雨時や流出量ピーク時には水質濃度が大きく上昇することがある。住宅地雨水排水、高速道路雨水排水の水質濃度が上昇した時の試料は土壌で混濁した外観を呈することが多かった。高速道路の集水域には緑地帯がなく、本来は土壌が入ることはないが、この付近の高速道路は勾配がほとんどないため、遠く離れた緑地帯の土壌が混入したものと考えられる。

住宅地や道路緑地帯の表面土壌の流入でSSが増加し、それによってCOD等の上昇が引き起こされたと考えて、主として土壌成分を表すSSとBOD、COD、T-Nとの相関関係をみたのが、図10、11である。いずれもSSとの相関は或る程度みられ、SSが各水質項目の上昇に寄与している。しかし、図10の住宅地雨水排水においてSSとの関係が明瞭なのはCODであって、BOD、T-NはSS以外の要因で濃度が上昇することがしばしばある。図11の高速道路雨水排水においてもSSとの相関が最も高いのはCODであり、BODやT-Nとは相関が低い。しかし、そのCODも住宅地雨水排水と比べると、バラツキが大きく、高速道

表2 住宅地総合雨水排水 (n=123)

(mg/ℓ)

	BOD	COD	SS	溶解性 TOC	T-N	NH ₄ -N	NO _x -N	T-P
単純平均値	7.3	16.8	70	4.3	2.7	0.4	1.1	0.27
加重平均値	9.8	25.5	189	4.7	4.6	0.8	1.9	0.41
中位数	3.4	9.2	33	3.4	1.7	0.2	0.7	0.13
90%水質値	16.8	28.7	210	8.6	5.4	1.0	2.3	0.70
最大値	72.8	192	431	17.5	16.4	4.2	7.1	2.10

表3 高速道路雨水排水 (n=146~152)

(mg/ℓ)

	BOD	COD	SS	溶解性 TOC	T-N	NH ₄ -N	NO _x -N	T-P
単純平均値	8.7	7.6	67	7.6	4.1	2.2	0.9	0.11
加重平均値	4.4	11.4	68	5.7	2.9	1.4	0.8	0.10
中位数	4.4	6.0	37	5.5	3.0	1.5	0.6	0.07
90%水質値	21.5	10.1	149	16.4	8.3	4.5	1.9	0.25
最大値	91.6	32.3	502	37.5	17.9	16.0	6.6	0.68

表4 屋根雨水排水 (n=73~124)

(mg/ℓ)

	BOD	COD	SS	溶解性 TOC	T-N	NH ₄ -N	NO _x -N	T-P
単純平均値	4.0	7.5	6	3.9	1.6	0.2	1.0	0.02
加重平均値	2.5	4.9	7	4.0	1.6	0.2	1.0	0.03
中位数	2.2	5.7	4	3.0	1.0	0.2	0.6	0.01
90%水質値	10.2	16.5	17	8.4	3.9	0.4	2.4	0.06
最大値	24.6	34.1	51	19.3	9.4	1.1	6.0	0.18

路の場合はCODもSS以外の要因で濃度が上昇することがある。

前報³⁾で植込みや小公園の土壌のBOD、COD、T-Nを分析し、SSとの比がBODは1/500～1/300、CODは1/13～1/7、T-Nは1/230～1/140であり、CODは土壌成分の流入で大幅に上昇するが、BOD、T-Nはわずかしかな増加しないことを示した。今回のSSとの相関図においても同様な傾向がみられた。

このように、住宅地雨水排水のBOD、T-N、高速道路雨水排水のBOD、COD、T-Nは、土壌とは別の成分の流入によっても濃度上昇が引き起こされている。その流出源としては、住宅地については洗濯排水などの生活系のものが流出して側溝等に有機物質が付着したもの、高速道路については自動車排ガス中の沈積性汚濁物、タイヤの磨耗粉末などが考えられる。

(3) 汚濁物質の流出負荷密度

各雨水排水の流出量と水質の計測結果から、各々の計

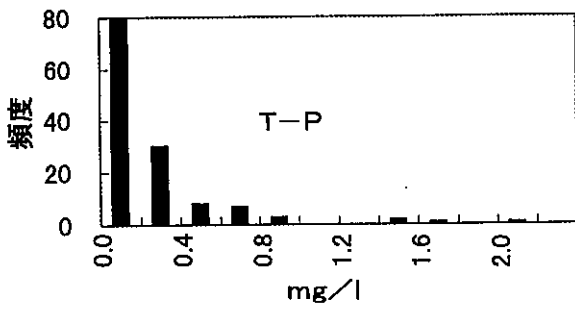
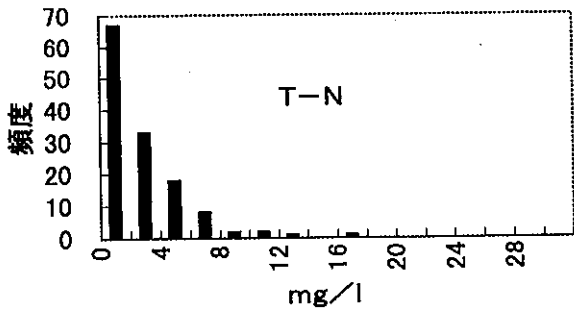
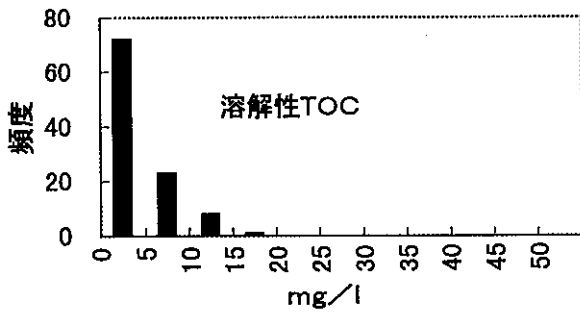
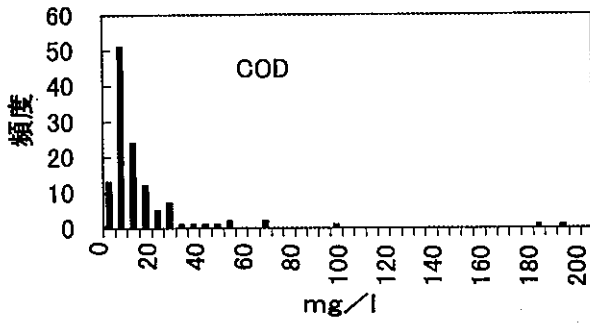
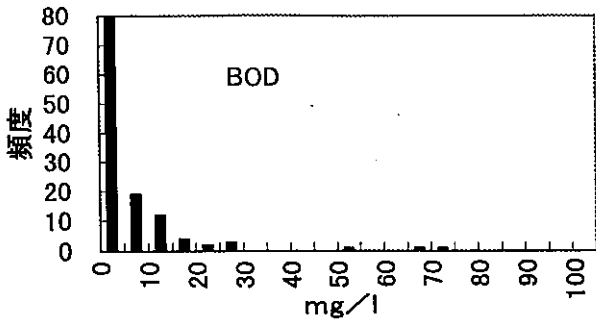


図7 住宅地総合雨水排水の各水質項目の頻度分布

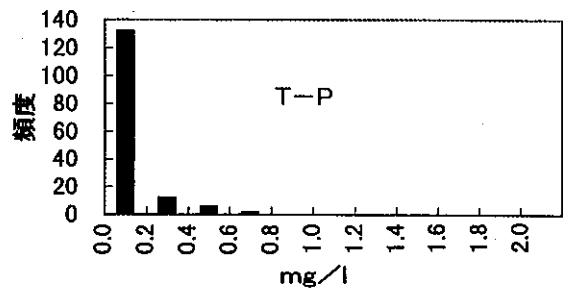
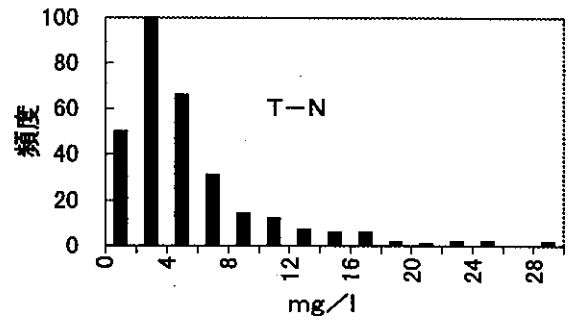
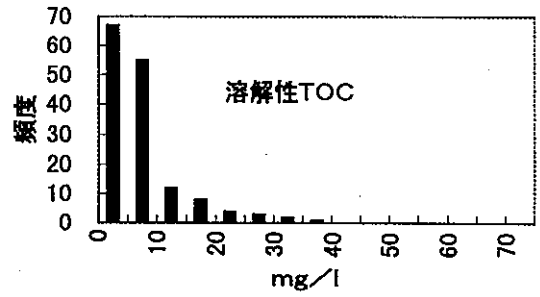
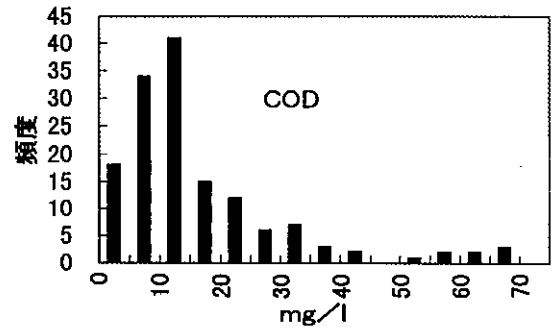
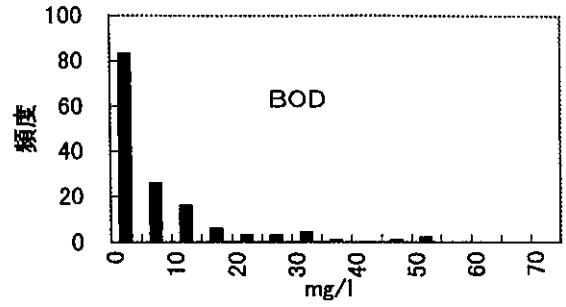


図8 高速道路雨水排水の各水質項目の頻度分布

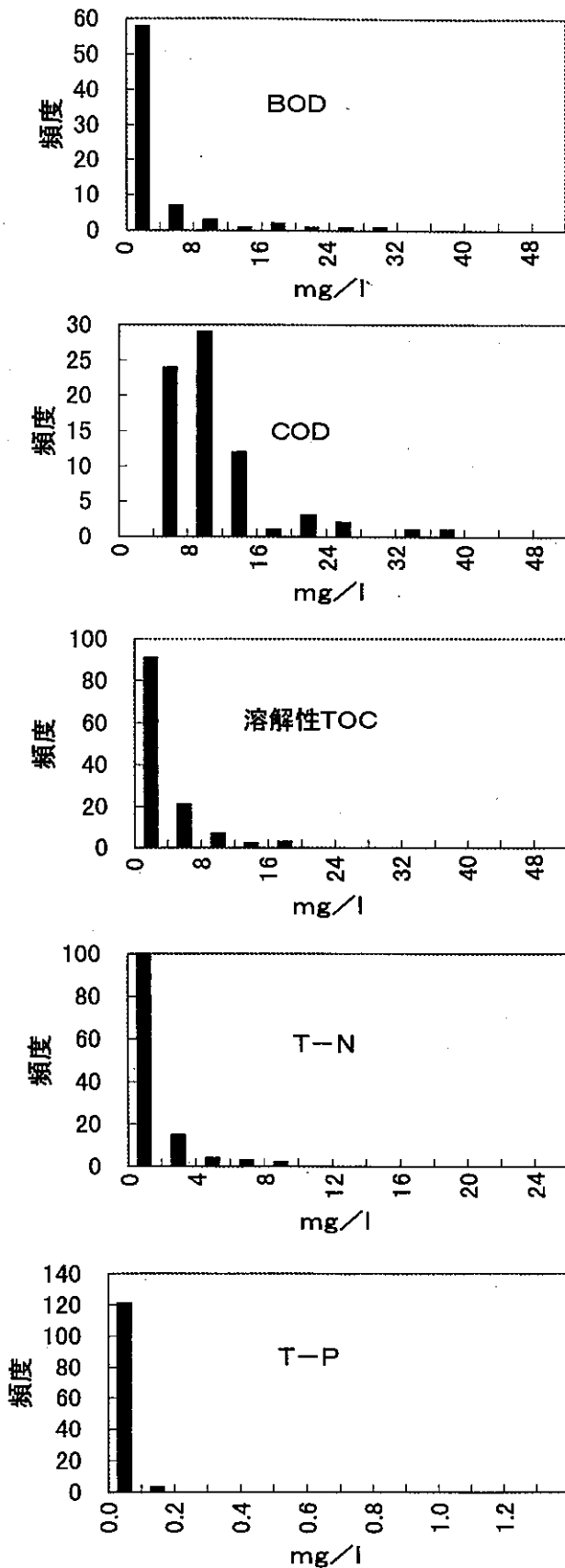


図9 屋根雨水排水の各水質項目の頻度分布

表5 重金属類の分析結果

(単位 mg/ℓ)

		Zn	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn
住宅地総合雨水排水	単純平均値	0.32	0.00	0.03	0.05	0.01	6.26	0.19
	90%水質値	0.74	0.00	0.06	0.09	0.02	12.0	0.36
高速道路雨水排水	単純平均値	1.00	0.00	0.05	0.14	0.01	5.38	0.13
	90%水質値	1.85	0.00	0.10	0.31	0.03	11.9	0.31
排水基準		5	0.1	0.1	3	2	—	—

表6 高速道路雨水排水のPAH分析結果

	ベノ(a)フルオレン (BaA) ng/ℓ	ベノ(k)フルオレン (BaP) ng/ℓ	ベノ(a)ピレン (BaP) ng/ℓ	ベノ(ghi)ピレン (BghiP) ng/ℓ	PAHの総量 ng/ℓ	SS mg/ℓ
96.8.29 ①-⑦	16	24	27	0	67	58
96.9.11 ①-⑥	7	16	20	0	43	34
" ⑦-⑫	6	18	17	0	41	28
" ⑬-⑱	8	14	16	0	38	21
" ⑲-⑳	3	10	10	0	23	21
96.9.17 ①-⑫	16	18	20	0	54	79
平均	9	17	18	0	44	40

(注) ①内の数字は採水番号を示す。なお、PAH計とSSとの相関係数は0.78であった。

測期間における各水質項目の流出負荷量の合計を求め、それを集水面積で除して、集水面積 1 m²あたりの流出負荷密度を計算した。高速道路に関しては本来の集水面積以外の雨水排水が流入しているため、流出率を 85%として降雨量と流出量との関係から逆算して求めた集水面積 390 m²を用いた。その結果を表 7 に示す。

住宅地においては、夏期 1 カ月の BOD、COD の流出負荷密度が秋冬期の約 6 カ月のそれとほぼ同じで、T-N の場合は前者が後者の 2 倍にもなっている。このように住宅地の夏期の流出負荷が大きくなる原因の一つとして、夏期は植物が繁茂することにより、有機物質の流出が多くなることが考えられる。高速道路の場合は夏期に流出負荷が増加する傾向はみられない。

流出負荷量は期間の長さに比例するという仮定を置いて、表 7 から三種類の雨水排水の各水質項目について集水面積 1 m²あたりの 1 年間の流出負荷密度を推定した。その結果を表 8 に示す。

同表において屋根雨水排水の流出負荷密度は住宅地や高速道路と比べれば小さいとはいえ、予想外に大きい負荷密度をもっている。BOD、COD、T-N は住宅地の 11%~24%、高速道路の 17%~25% である。溶解性 TOC は住宅地の 58%、高速道路の 23%、NO_x-N は住宅地の 37%、高速道路の 62% もあり、溶解性 TOC と NO_x-N は屋根排水の比率が高い。屋根排水の主な汚濁源は大気汚染降下物であり、その比率の高さは大気が汚染されていること

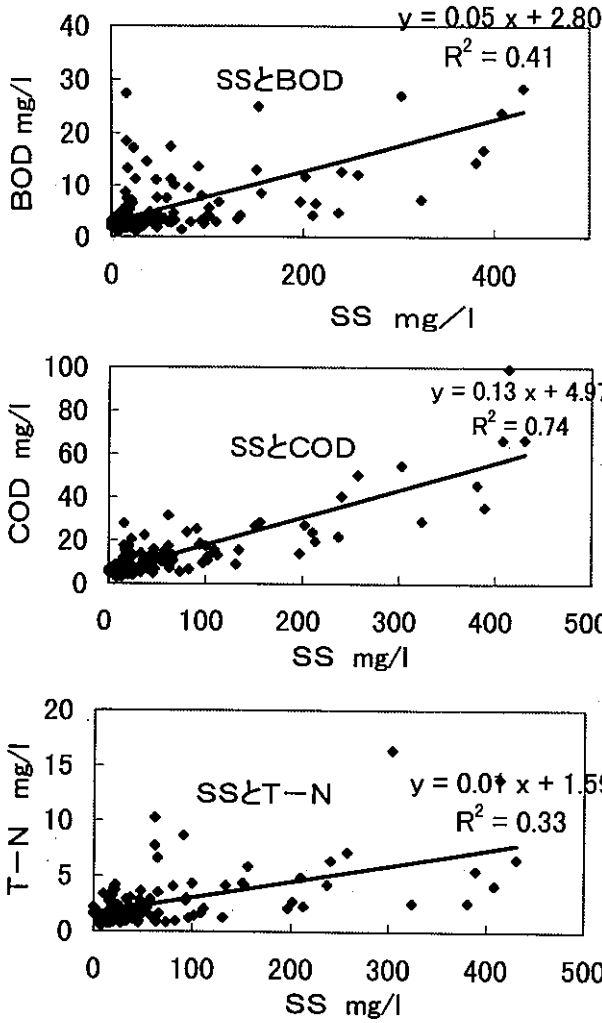


図10 住宅地総合雨水排水のSSと各水質項目との関係

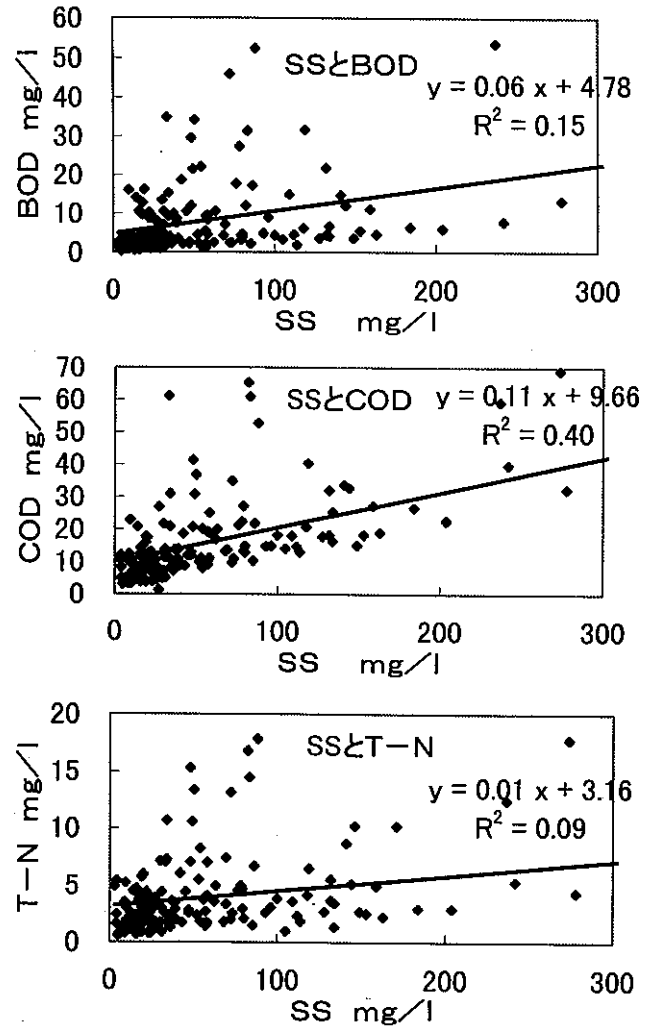


図11 高速道路雨水排水のSSと各水質項目との関係

の現れである。特に、屋根排水のNO_x-Nは窒素酸化降下物によるものであり、それが住宅地や高速道路におけるNO_x-Nの流出源の一つになっている。

屋根雨水排水のT-Nは地域によって差があると思われるが、東京湾流域全域（流域面積 7549 km²）の雨水のT-N負荷密度が同じであると仮定して、雨水が東京湾に供給する窒素負荷量を同表の値で計算すると、約 8 t/日となる。これは、第4次東京湾富栄養化対策指導指針の1999年度の目標負荷量 278 t/日の3%に相当する。

住宅地雨水排水と高速道路雨水排水の流出負荷密度を比較すると、住宅地のBOD、CODは高速道路の1.7~1.8倍もあるが、溶解性TOCは高速道路の方が高く、住宅地の2.5倍もある。T-Nは高速道路が住宅地の1.4倍である。このように、高速道路はBODやCODに比較して溶解性TOC、T-Nが高い特徴がある。

(4) 地下浸透を進めていくための課題

上記の調査結果に基づいて、住宅地総合雨水排水や高速道路雨水排水の地下浸透を進めるための課題を検討する。

ア 初期流出水の対策

無降雨日数が数週間以上続いた後の降雨による初期流出水の汚濁濃度は(1)で見たようにかなり高く、BODやCODが50~100 mg/lに及ぶこともある。濃度ではなく、流出負荷量でも、この初期流出水の突出傾向は同じである。図12~13は、高速道路雨水排水についてBOD等の流出負荷量とその累積比率の経時変化をみたものである。流出が始まってから1~2時間のうちに、BOD、COD負荷量の6~7割が流出していることが分かる。それまでに流出する水量は全体の2~3割であり、この初期流出の2~3割の雨水排水を何らかの方法で排除すれば、浸透施設への流入負荷量を6~7割削減することができ

表 7 各雨水排水の各水質項目の流出負荷密度 (mg/m²)

	計測期間	BOD	COD	SS	溶解性 TOC	T-N	NH ₄ - N	NO _x - N	T-P	流出量 mm	降雨量 mm
住宅地総合雨水排水	94.11 ~95.4	1400	3500	29000	340	270	42	100	34	130	310
	95.8	1100	2900	21000	650	660	110	280	56	120	280
	約 7カ月の計	2500	6400	50000	990	930	152	380	90	250	590
高速道路雨水排水	95.11 ~96.3	1200	2400	13000	1600	850	260	95	19	130	150
	96.8 ~9	260	1200	8200	830	410	160	130	11	160	190
	約 7カ月の計	1460	3600	21200	2430	1260	420	225	30	290	340
屋根雨水排水	96.11 ~97.3 (約 5カ月)	260	510	750	410	160	20	98	3	130	180

表 8 各雨水排水の各水質項目流出負荷密度の年間推定値

	BOD	COD	SS	溶解性 TOC	T-N	NH ₄ - N	NO _x - N	T-P
A. 住宅地総合雨水排水 mg/m ²	4300	11000	86000	1700	1600	260	650	150
B. 高速道路雨水排水 mg/m ²	2500	6200	36000	4200	2200	720	390	51
C. 屋根雨水排水 mg/m ²	620	1200	1800	980	380	48	240	7
C/A %	14	11	2	59	17	19	37	5
C/B %	25	19	5	23	24	7	63	14

る。

初期流出水の排除方法は今後検討すべきことであるが、その方法としては、住宅団地などにある雨水調節池に雨水排水を貯留し、その上澄水のみを浸透施設に導くことや、排水中の電気伝導度又は濁度を自動測定して一定値以上の排水を自動的に排除することなどが考えられる。

イ 地下浸透水の安全性

雨水排水に含まれる汚濁物質は溶解性のものがあるが、懸濁性のものが多い。CODの大半は土壤に由来するものと推測される。懸濁性のものは地下浸透の過程で土壤に捕捉されるので、地下水まで侵入することはない。また、重金属類の濃度は微量である。ただし、Pbは排水基準を多少超えることがあるが、重金属類は土壤に吸着されやすいので、雨水排水の地下浸透が重金属による地下水汚染をもたらすことはまずないと考えられる。高速

道路雨水排水にはPAHが数十ng/ℓ程度で含まれていたが、PAHはSSに吸着されるものであるため、地下に浸透していくことはない。

雨水排水の地下浸透で、地下水の方へ移行する可能性があるのは、溶解性有機物質とNO_x-N（ほとんどNO₃-N）および土壤の間を通過しやすい親水性の化学物質である。NH₄-Nは土壤に吸着された上で酸化され、NO₃-Nに変わる。NO_x-Nの飲料水基準は10 mg/ℓであり、一方、住宅地総合雨水や高速道路排水のNO_x-N+NH₄-Nの加重平均値は2 mg/ℓ程度であるから、雨水排水の地下浸透が地下水のNO₃-N汚染を引き起こすことはないと考えられる。

溶解性有機物質を溶解性TOCで表すと、その加重平均値は住宅地総合雨水排水や高速道路雨水排水が5～6 mg/ℓ、屋根雨水排水が4 mg/ℓであり、また、地下水の涵養源の一つとされる多摩川中流部（日野橋）の1995年

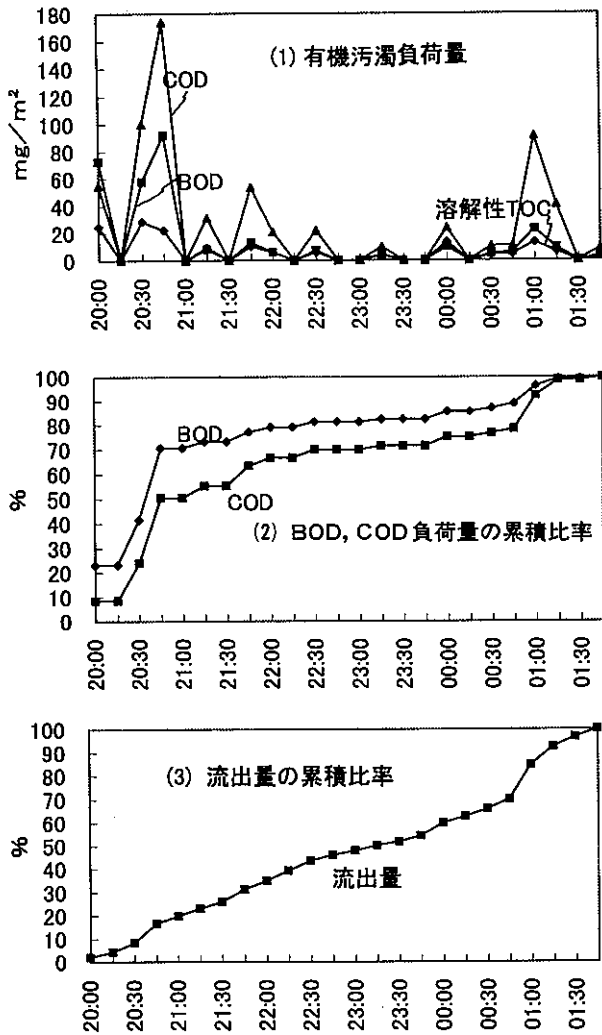


図12 高速道路雨水排水の流出負荷量および負荷量・流出量累積比率の経時変化1 (1996.2.25)

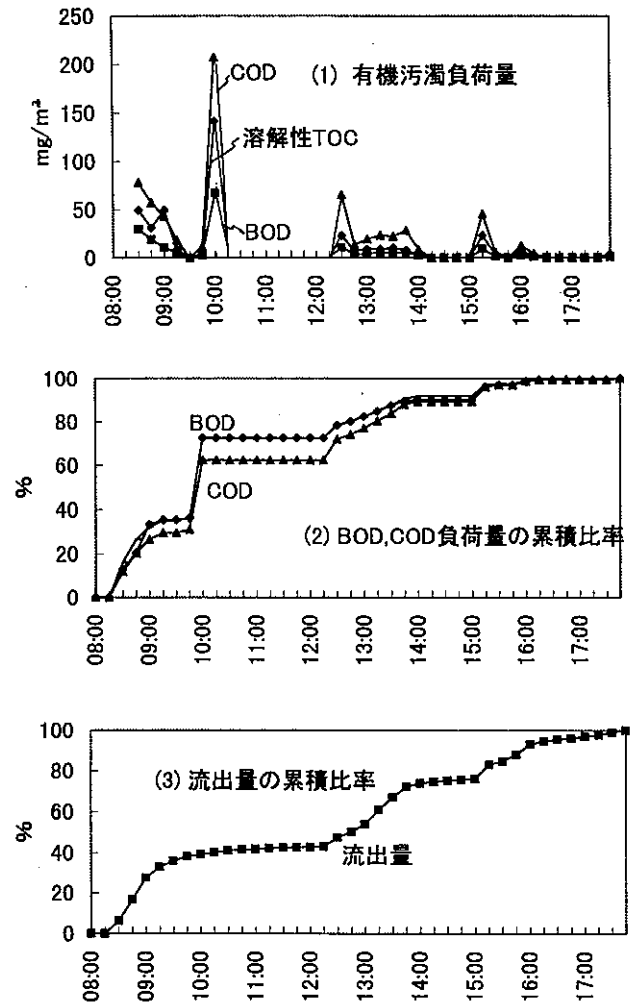


図13 高速道路雨水排水の流出負荷量および負荷量・流出量累積比率の経時変化2 (1996.9.9)

度の平均TOC (ほとんどが溶解性) が 4.8 mg/l であるから、住宅地や高速道路の雨水排水が特段に高いということはない。住宅地の屋根雨水についてはすでに三鷹市内等で浸透マスの設置が進められている。地下浸透させた雨水排水に含まれる溶解性TOCの挙動を今後、明らかにしていく必要はあるが、浸透の過程で分解される可能性は十分にある。

化学物質はきわめて数多くの種類があり、それぞれ特有の挙動をすることもあるので、特定の化学物質を調べるだけではこの問題の解明がむずかしい。雨水排水の地下浸透に伴う化学物質の侵入の可能性は今後の検討課題である。

ウ 浸透施設の維持管理

住宅地総合雨水排水や高速道路雨水排水には土壌を中心とする大量のSSが含まれている。SS流出負荷密度の年間推定値は前出の表 8 に示したように、住宅地雨水排

水が集水面積 1 m^2 あたり 86 g 、高速道路雨水排水が 36 g である。通常の河川の土砂供給量は流域面積 1 m^2 あたり $200 \sim 400 \text{ g}$ とされているから、住宅地はその $1/5 \sim 1/2$ に相当するSSを流出させる。このような雨水排水を地下浸透させれば、当然のことながら、浸透施設が目詰まりを引き起こす。地下浸透施設の浸透面積を集水面積の 0.1% と仮定すれば、住宅地の浸透施設には1年間に浸透面積 1 m^2 あたり 86 kg のSSが堆積する。その堆積物の見かけ比重を 1.5 とすると、1年間で約 6 cm のSS層が形成される。したがって、これらの雨水排水の地下浸透を行う場合は浸透施設に堆積するSSを適宜排除する維持管理が必要である。

4 おわりに

各種雨水排水を地下浸透させる可能性を検討するため、住宅地総合雨水排水、高速道路雨水排水、工場屋根

雨水排水の水質変化と流出特性について調査を行った。その結果、明らかになったことは次のとおりである。

① 無降雨日が続いた後の初期流出水のBOD、CODは、住宅地排水や高速道路排水の場合は50~100 mg/ℓ、屋根排水の場合は30 mg/ℓ前後まで上昇することがある。しかし、雨水排水の大半は濃度が低く、住宅地、高速道路の場合は全試料の6~7割がBOD 5 mg/ℓ未滿、COD 10 mg/ℓ未滿、屋根の場合は約8割がBOD 4 mg/ℓ未滿、COD 8 mg/ℓ未滿であった。

② 単純平均値をみると、BODは住宅地7.3 mg/ℓ、高速道路8.7 mg/ℓ、屋根4.0 mg/ℓ、CODは住宅地17 mg/ℓ、高速道路7.6 mg/ℓ、屋根7.5 mg/ℓ、T-Nは住宅地2.7 mg/ℓ、高速道路4.1 mg/ℓ、屋根1.6 mg/ℓ、T-Pは住宅地0.27 mg/ℓ、高速道路0.11 mg/ℓ、屋根0.02 mg/ℓであった。

③ 高速道路雨水排水のPbの90%水質値が排水基準0.1 mg/ℓに等しい他は、住宅地雨水排水、高速道路雨水排水の重金属類は排水基準に対して十分に低い値であった。

④ 屋根雨水排水のBOD等の流出負荷密度は予想外に大きく、BOD、COD、T-Nは住宅地の11%~24%、高速道路の17%~25%、NO_x-Nは住宅地の37%、高速道路の62%もあった。その主な汚濁源は大気汚染降下物である。

⑤ 無降雨日が続いた場合は水量で2~3割の初期流出雨水排水が、BOD等の流出負荷量の6~7割を占めることが多く、初期雨水排水を排除する方法の検討が必要である。

⑥ 雨水排水の地下浸透で、地下水の方へ移行する可能性があるのは、溶解性有機物質とNO_x-N(ほとんどNO₃-N)および親水性の化学物質である。このうち、NO_x-Nは濃度が低いので、地下水の硝酸性窒素汚染を引き起こすことはないと考えられる。

⑦ 雨水排水によるSS流出負荷密度は住宅地雨水排水が集水面積1㎡あたり86 g、高速道路雨水排水が36 gで、SSの供給量が大きいため、地下浸透させる場合は浸透施設に堆積するSSを適宜排除する維持管理が必要である。

謝辞

本調査を進めるにあたり、住宅地総合雨水排水につい

ては三鷹市建設部下水道課、高速道路雨水排水については日本道路公団東京第三管理局、工場屋根雨水排水については日本無線(株)三鷹工場に多くの便宜をはかっていただいた。また、PAHの分析は当研究所の佐々木裕子氏の協力を得た。以上の関係各位の方々に厚く謝意を表する。

引用文献

- 1) 嶋津暉之ら：雨水の地下浸透に関する研究(その1), 東京都環境科学研究所年報 1995, p.223 ~230.
- 2) 高橋義人ら：自動車排気中のアンモニウム塩の飛散, 第34回大気汚染学会講演要旨集, 1993, p.575.
- 3) 泉川碩雄ら：ディーゼル車からの多環芳香族炭化水素類の排出量調査, 東京都環境科学研究所年報 1995, p.27~34.