

# 雨水地下浸透の評価に関する研究（その2）

## －雨水浸透の汚染防止策と汚濁物質流出抑制効果の検討－

嶋津暉之 和波一夫

### 要 旨

住宅団地雨水排水の調査を実施し、汚濁雨水排水の排除方法と雨水地下浸透の汚濁物質流出抑制効果について検討を行った。その結果、次のことが明らかになった。

- (1) 汚濁雨水排水を地下浸透の対象から排除するため、COD等の濃度上昇を自動的に検知する指標として電気伝導度、水位、濁度の三つを比較検討したところ、濁度がCOD等の動きに最もよく対応していた。
- (2) 濁度を連続計測し、濁度25度以上の雨水排水を排除して地下浸透を行う場合の効果を試算したところ、70%の浸透量を確保した上でCODの負荷量を85%削減することが可能であった。
- (3) 調査対象の住宅団地では新たに雨水の地下浸透が実施されたので、地下浸透の汚濁物質流出抑制効果を知るため、地下浸透実施前の1994年度と今回の調査データを比較したところ、雨水排水のCOD、BOD、T-N、T-Pは5～7割の低減がみられた。

キーワード 雨水排水、地下浸透、浸透ます、濁度、電気伝導度

### 1 はじめに

東京をはじめ、多くの都市は自地域内に降った雨水の大半を川や海に流出させている。この雨水流出量は水道使用量に匹敵するほど大きく、これからの都市のあり方として、大量の雨水を捨てている現状を改善していく必要がある。すなわち、東京都水循環マスタープランに記されているように、川や海に流出している雨水を極力、地下に浸透させて地下水を涵養し、地下水の利用促進と湧水の復活を図ることが必要である。

ただし、雨水地下浸透の推進で留意すべきことがある。それは地下浸透に伴う地下水汚染の懸念である。雨水排水の人為的な地下浸透は浸透ますなどの浸透施設を用いる。自然の雨水浸透は地表面に降り注いだ雨水がそのまま地下に浸透するのに対して、人為的な浸透の場合は広い面積の雨水排水を集水して浸透ますに流入させるため、大量の雨水排水が浸透ます直下の土壌を通過する。浸透ますの面積を集水域の1/100とすれば、その直下の土壌層には自然浸透の100倍の量の雨水排水が通過することになり、土壌層の浄化能を超える

ことが心配される。その点で、雨水排水の人為的な地下浸透においては汚濁濃度の高い雨水排水をできるだけ排除する方法を導入することが望ましく、その排除方法の検討が必要である。今回、この検討を行うため、三鷹市の住宅団地を対象として住宅地雨水排水の継続調査を行った。

調査対象の住宅団地は低層住宅から高層住宅への建て替えに伴って雨水浸透施設を導入したところである。雨水の地下浸透は地表面にある種々の物質の洗い出しを抑制し、雨水排水の水質を改善する効果があるとされている。同団地については1994年度に調査を行ったことがあり、その当時の調査結果と今回の調査結果を比較すれば、地下浸透実施に伴う水質改善効果を知ることができる。そこで、今回の調査データを用いて雨水地下浸透の水質改善効果についても検討を行った。これらの検討結果を報告する。

### 2 方法

- (1) 調査対象

三鷹市の都市基盤整備公団・新川団地を調査対象とし、その雨水排水が仙川に流出する雨水管に計測採水装置を設置した。雨水管の集水面積は約 30700㎡である。新川団地は、低層住宅から高層住宅への建て替え工事が順次行われており、その際に、雨水浸透施設が設置されてきている。ただし、集水面積の約38%は建て替え工事中であり、2000年度は遺跡発掘調査が行われていた。完成部分では建物と団地内公園などに浸透ますと浸透トレンチが設置され、駐車場は透水性舗装が導入さ

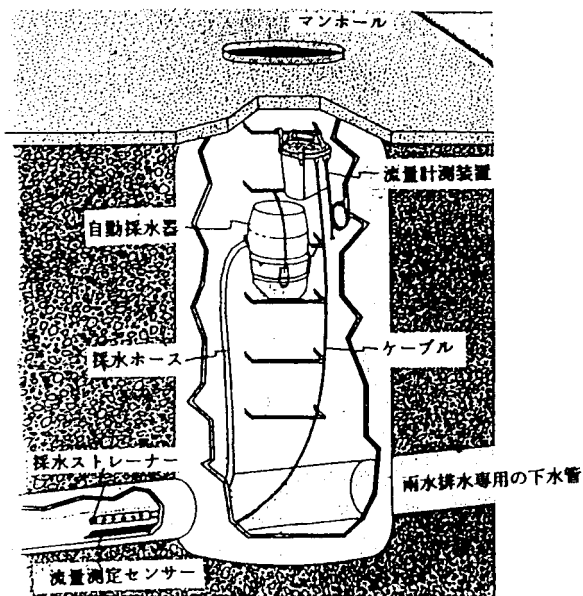


図1 雨水排水の流量計測と自動採取

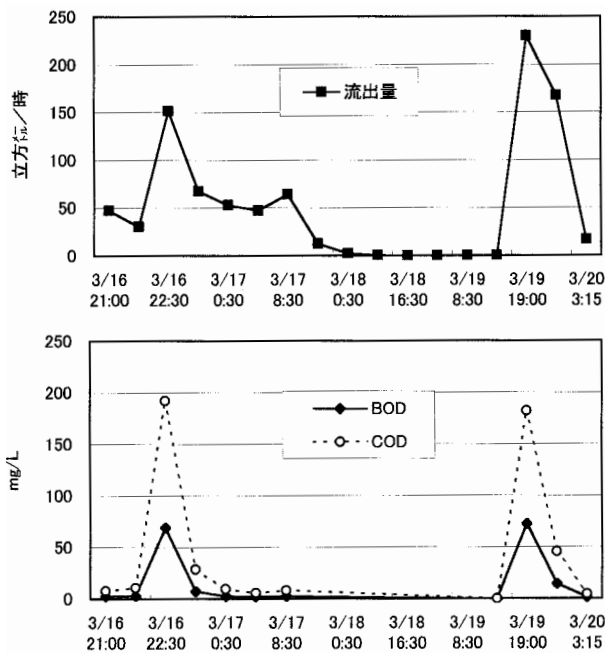


図2 住宅地雨水排水の水質変化の調査例 (1995年)

れている。ただし、団地内の車道、機械式の2階建て駐車場、団地を通り抜ける市道などは浸透が行われていない。浸透部分の面積割合は5割程度と推測される。

(2) 調査方法

図1のとおり、雨水管のマンホール内に流量計測装置と自動採水器を懸下させ、流量センサーと採水ホース先端のストレーナーを雨水管の底部に固定した。更に、今回は電気伝導度と水位を連続測定する機器も雨水管に取り付けた。流量計測装置は30分おきに計測を行い、降雨によって一定値以上の水位と流量が計測されれば、自動採水器に対して採水の指示を出す仕組みになっている。降雨の翌日、現地に行って採水器内の採水試料を回収するとともに、流量計測装置と電気伝導度・水位連続測定器の記録データを携帯用パソコンに転送した。

また、降水量を把握するため、三鷹市役所第二庁舎の屋上に雨量計を設置した。

(3) 調査期間

2000年8月～2001年3月。ただし、計測装置の故障のため、採水できなかった期間を含む。

(4) 分析項目

採水試料については次の水質項目を分析した。

ア 有機物質

BOD、COD、SS、溶解性TOC(全有機態炭素)、濁度

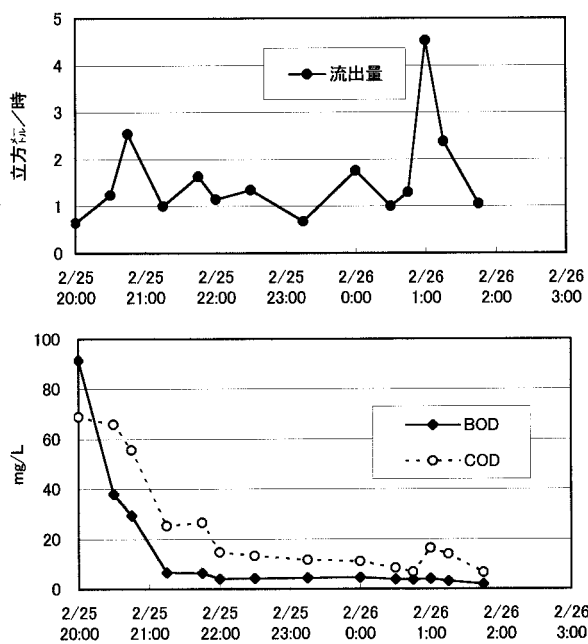


図3 高速道路雨水排水の水質変化の調査例 (1996年)

イ 窒素・りん

T-N、溶解性T-N、NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>x</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、T-P、溶解性T-P、PO<sub>4</sub>-P

なお、分析の方法については、TOCはTOC計、窒素・りんはオートアナライザーを用い、その他の項目は工場排水試験方法JIS-K0102にしたがって分析を行った。濁度については透過光濁度を測定した。

3 結果と考察

(1) 汚濁雨水排水の排除方法の検討

ア 排除方法

1994年度に住宅地雨水排水の水質経時変化を測定した例を図2に示す。この例では雨水排水のBODとCODに二つの大きなピークがみられる。それぞれ、流出量のピークに対応しており、地表面の汚濁物質が初期降雨だけではなく、流出量の増加に伴ってその都度洗い出されることを示している。これに対し、1995年度に調査した高速道路の場合は地表面の形状が単純であるので、図3のとおり、水質濃度の大きなピークは初期雨水排水にみられ、その後の流出量増加による水質濃度の上昇幅は小さい。

このように、住宅地の場合は地表面の形状が複雑であるため、流出量の増加とともに水質濃度が再上昇する傾向があるので、初期雨水排水だけを排除すればよいということにはならない。汚濁した雨水排水を浸透の対象から除外するためには、水質濃度の上昇を自動的に検知して、浸透ますへの流入を遮断する方法を導入することが必要である。

この水質濃度の上昇を検知する方法として今回は次の三つを検討した。

- ① 電気伝導度
- ② 水位
- ③ 濁度

三つの方法のうち、電気伝導度と水位はメンテナンスなしで1年以上の連続測定ができる機器が市販されており、今回の調査でもその機器を用いて計測した。濁度についてはそのような連続測定ができる機器がなかったので、今回は採取した試料の濁度を実験室内で測定した。

イ 各水質項目の上昇との対応

(ア) 電気伝導度

2001年1～3月における電気伝導度とCOD、T-Nの

経時変化を図4、5に示す。CODやT-Nの濃度上昇に対応して電気伝導度が上昇している時(1月27日)もあるが、全体としてCOD、T-Nの濃度上昇に電気伝導度が対応していないことが多い。特にCODは対応していない。電気伝導度は塩分濃度に関する指標である。それに対して、雨水排水のCODは懸濁物質によるものが多く、塩分と懸濁物質の流出ピークは別の時間帯に生じている。一方、T-NはNH<sub>4</sub>-NやNO<sub>x</sub>-Nという溶解性物質によるものが多く、CODと比較すると、塩分濃度と溶解性物質の流出に或る程度の対応がみられる。

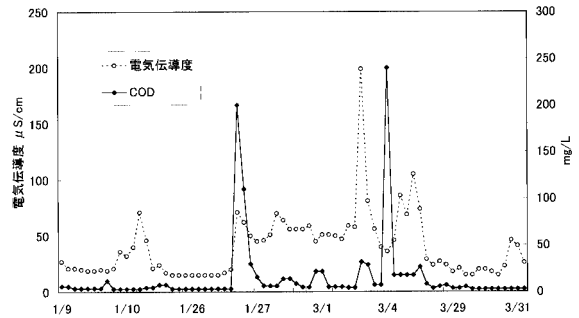


図4 住宅団地雨水排水 電気伝導度とCOD

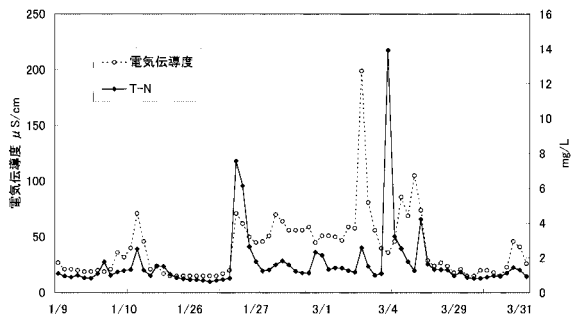


図5 住宅団地雨水排水 電気伝導度とT-N

(イ) 水位

水位とCOD、T-Nの経時変化を図6、7に示す。1月27日と3月4日にみられるCOD、T-Nのピークに水位の上昇が対応している。これは前述のとおり、流出量の増加に伴ってCOD、T-Nの成分の洗い出しが進んだことを示している。しかし、これらの濃度上昇を伴わない水位上昇が多くみられ、水位で汚濁雨水を排除する方法を選択した場合は低濃度の雨水排水も排除してしまう可能性が高く、地下浸透の水量効率の面で問題がある。

(ウ) 濁度

濁度とCOD、BOD、T-N、T-Pの経時変化の例を

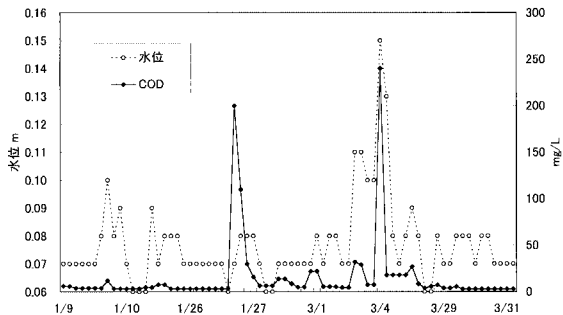


図6 住宅団地雨水排水 水位とCOD

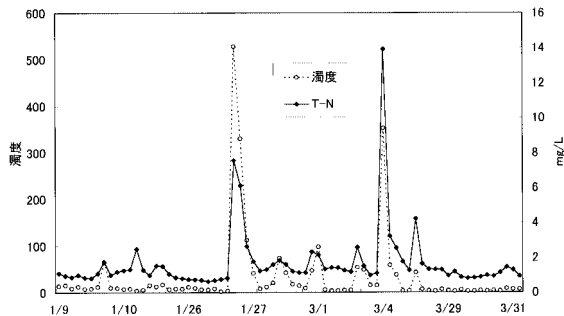


図10 住宅団地雨水排水 濁度とT-N

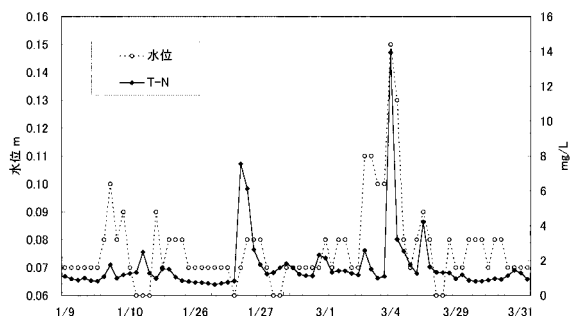


図7 住宅団地雨水排水 水位とT-N

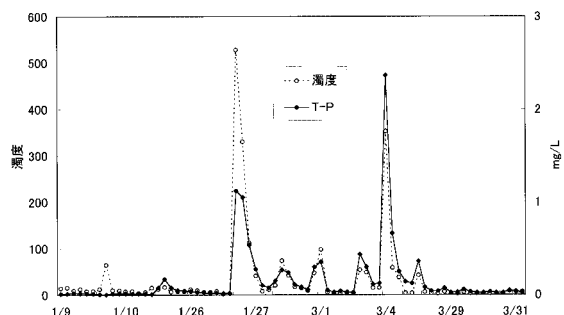


図11 住宅団地雨水排水 濁度とT-P

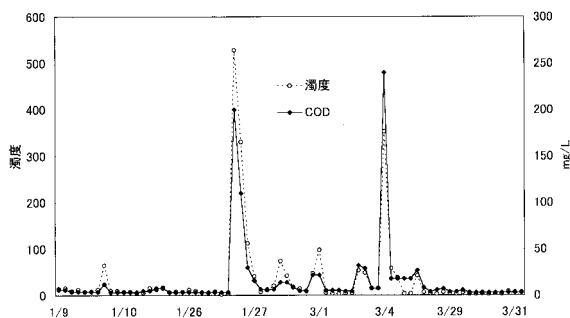


図8 住宅団地雨水排水 濁度とCOD

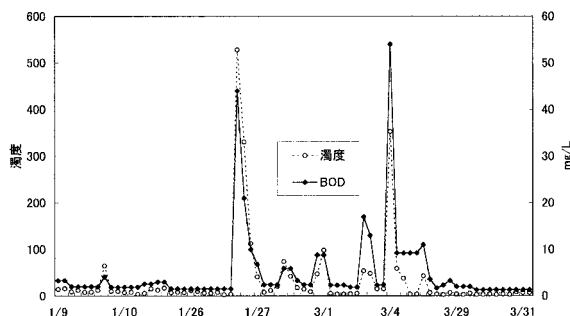


図9 住宅団地雨水排水 濁度とBOD

図8～11に示す。COD、BOD、T-Pのピークが濁度のそれに非常によく対応しており、この三項目は懸濁物質による部分が多いことを物語っている。これに対して、溶解性物質が大半を占めるT-Nの場合はその濃度上昇に濁度が対応していない時がある。しかし、そ

れでも、T-Nのピークの過半数に濁度の上昇が対応している。

ウ 濁度によるピークカットの効果

上述のとおり、三つの指標のうち、CODやT-Nなどの濃度上昇に対応した変化がみられるのは濁度であり、濁度を連続計測して、汚濁雨水排水を排除する方法が有望である。

図12、13に濁度とCOD、T-Nとの相関図を示す。濁度とCODとの相関係数は0.94で非常に高く、T-Nとのそれは0.85でやや低い。この図から、雨水排水を地下浸透の対象から排除するレベルとして濁度25程度が望ましいと判断される。そこで、濁度25以上の雨水排水を排除した場合に、浸透ますに流入する汚濁負荷量をどの程度削減できるかを、2001年1～3月の調査データを使って試算した。その結果を表1に示す。

表1 濁度25以上の住宅地雨水排水を排除した場合の浸透ます流入負荷量の削減率

(単位 %)							
	GOD	BOD	SS	T-N	NH4-N	NOX-N	T-P
負荷量削減率	85	78	95	65	36	28	87
	流量						
流量削減率	30						

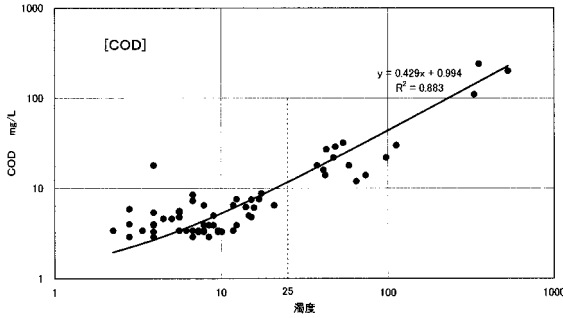


図12 住宅団地雨水排水 濁度とCODの関係

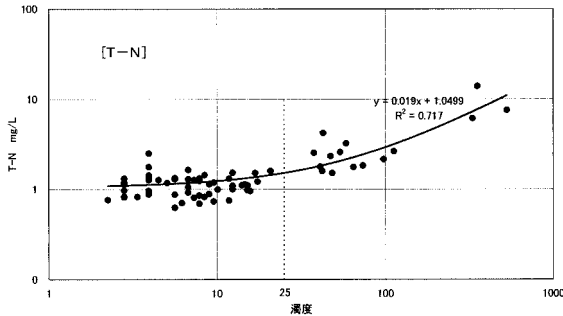


図13 住宅団地雨水排水 濁度とT-Nの関係

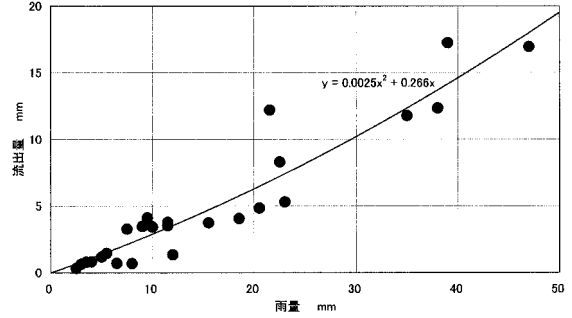


図14 雨量と流出量 建て替え前（雨水浸透なし）

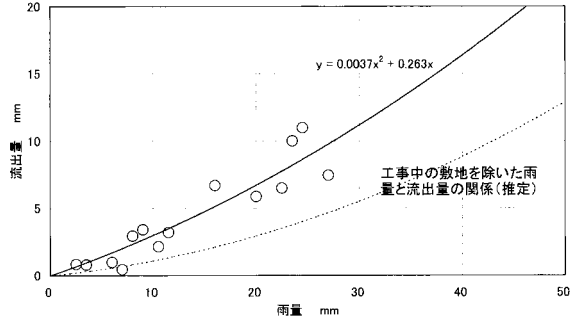


図15 雨量と流出量 建て替え後（雨水浸透実施）

流量の削減率30%に対して、COD、BOD、T-Pの負荷量削減率はそれぞれ85%、78%、87%であり、70%の浸透量を確保した上で汚濁負荷量を大幅に削減することができる。ただし、T-Nの負荷量削減率は65%でやや低い。

以上のとおり、濁度を指標として汚濁雨水排水を地下浸透の対象から排除する方法が有望であるが、その方法を導入するためには次の二つの課題を今後検討することが必要である。

- ① メンテナンスをほとんど必要とせずに濁度を連続測定できる測定器の開発
- ② 雨水排水の一部を浸透の対象から自動的に排除する機器の開発

(2) 雨水地下浸透の汚濁物質流出抑制効果の検討

ア 集水域の状況の変化

1994年度に住宅地雨水排水の水質特性を把握するため、新川団地の雨水排水の継続調査を行った。当時の新川団地は庭付きの2階建てテラスハウスであった。その後、全面的な取り壊しがあって、順次、高層住宅が建築されてきている。2000年度に同じ雨水排水管を調査した時点では集水域の38%が未だ工事中で、遺跡発掘調査が行われていた。残りの区域は1999年3月までに順次、完成し、入居がほぼ完了していた。建て替えが終わっ

た地区は雨天時の流出を抑制するため、浸透ます、浸透トレンチ、透水性舗装が導入されている。浸透部分の面積率は5割程度である。この雨水浸透の実施に伴って、雨水排水の水質と流出量にどの程度の変化があったかを知るため、1994年度と2000年度の調査データを比較してみた。

イ 流出量の変化

94年度調査における連続降雨1回ごとの雨量と流出量との関係を図14に示す。流出量は集水面積で除した値で表示した。近似曲線を見ると、雨量20mmの時の流出量は6mmで、流出率は30%であった。

同じく2000年度における雨量と流出量との関係を図15に示す。近似曲線の数字をみると、雨量20mmの時の流出量は6mmで、流出率は30%であり、94年当時とほとんど変わらない結果が得られた。

その理由として、2000年度の調査時点では建て替え工事中の敷地が38%もあり、その部分の流出量が大きかったことが考えられる。この敷地は遺跡発掘調査中だったので、裸地に近い状態であった。掘削した穴に雨水排水がたまるので、それをポンプアップしてタンクに入れ、上澄み水を雨水排水システムに排出していた。この敷地の流出率がどの程度であったかは不明だが、裸地であるから、かなり高い流出率であったと思われる。

この工事中の敷地の流出率を50%と仮定すれば、図15

建て替え前(雨水浸透なし) 1994年度

建て替え後(雨水浸透実施) 2000年度

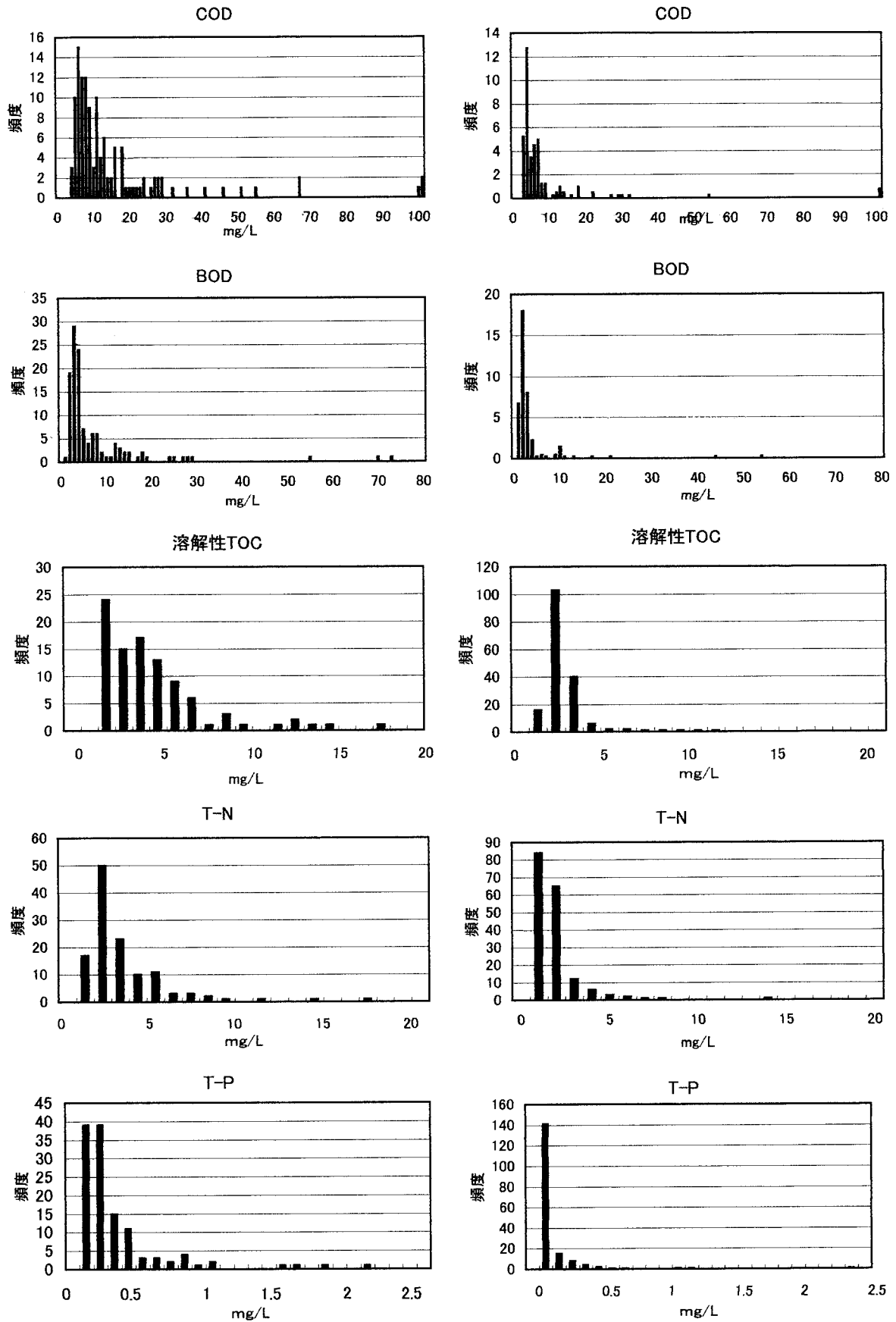


図16 住宅団地の建て替え(雨水地下浸透実施)に伴う雨水排水の水質の変化

表2 住宅団地雨水排水の水質調査結果

			COD	BOD	SS	溶解性TOC	T-N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>x</sub> -N	T-P
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
建て替え前(雨水 地下浸透なし)	調査期間 1994.10-95.8	流量加重平均値	25.5	9.8	189	4.7	4.6	0.77	1.92	0.41
		平均値	16.8	7.3	70	4.3	2.6	0.39	1.08	0.26
		中央値	9.2	3.4	33	3.8	1.7	0.21	0.68	0.12
		75%値	15.7	7.4	74	5.0	3.1	4.16	1.21	0.30
		90%値	28.1	14.6	202	7.6	4.9	0.40	2.20	0.65
		最大値	192.0	72.8	431	14.4	16.4	0.91	7.07	2.10
建て替え後(雨水 地下浸透実施)	調査期間 2000.9-01.3	流量加重平均値	12.1	3.6	96	2.0	1.5	0.13	0.71	0.14
		平均値	10.0	3.2	60	2.3	1.5	0.15	0.85	0.10
		中央値	4.7	1.8	13	1.6	1.1	0.11	0.63	0.04
		75%値	6.5	2.6	28	2.2	1.5	0.19	0.82	0.08
		90%値	14.0	5.9	78	2.9	2.5	0.30	1.11	0.22
		最大値	240.0	54.0	1933	60.4	13.9	0.75	16.56	2.37

の点線に示すとおり、完成した団地の流出率は大幅に小さくなる。雨量20mmの時の流出量は3mmで、流出率は15%に低下する。この仮定が正しければ、雨水浸透の効果で流出率が半分に低下したことになる。

ウ 水質の変化

94年と2000年の調査による雨水排水の水質の頻度分布を図16に示す。COD、BOD、溶解性TOC、T-N、T-Pとも、建て替え後は全体として濃度が大幅に小さくなっている。各水質項目の統計値を比較した結果を表2に示す。流量による加重平均値をみると、CODは25.5mg/Lから12.1mg/Lへ、BODは9.8mg/Lから3.6mg/Lへ、T-Nは4.6mg/Lから1.5mg/Lへ、T-Pは0.41mg/Lから0.14mg/Lへと、5～7割の減少がみられる。

このように、建て替え後の雨水排水の水質濃度は建て替え前の3～5割まで低下しており、大幅な水質改善がなされた。上記(2)イで試算したように建て替え後の流出率が半分に低下したとすれば、建て替え後の汚濁物質の流出量は建て替え前の15～25%まで減少したことになる。

この汚濁物質の流出量減少の理由としては、雨水地下浸透の実施に伴って地表面を通過する水量が少なくなって、地表面にある種々の物質の洗い出し量が減ったこと、建て替えによって住宅周辺の整備が行われ、地表面の状態が変わったことが考えられる。このうち、雨水地下浸透だけの効果がどの程度であったかは明らかではないが、それなりの効果はあったものと思われる。その点で、雨水の地下浸透は地下水涵養という量

的な面だけではなく、雨水排水の水質向上という面でも推進すべきであると考えられる。

4 おわりに

三鷹市の住宅団地を対象として雨水排水の継続調査を実施し、その調査結果を用いて、汚濁雨水排水の排除方法と雨水地下浸透の汚濁物質流出抑制効果について検討を行った。その結果、次のことが明らかになった。

- ① 雨水排水のCOD等の濃度上昇を検知する指標として、電気伝導度、水位、濁度の三つを検討したところ、COD等の濃度上昇に対応した変化がみられるのは濁度であり、濁度を連続計測して、汚濁雨水排水を地下浸透の対象から排除する方法が有望である。
- ② 濁度25度以上の雨水排水を排除して地下浸透を行う場合の効果を試算したところ、70%の浸透量を確保した上でCOD、BOD、T-N、T-Pの負荷量をそれぞれ85%、78%、65%、87%削減することが可能であった。
- ③ 新川団地では建て替えに伴って雨水の地下浸透施設が導入されたので、地下浸透の効果を知るため、1994年度と今回の調査データを比較した。その結果、流出率は30%程度で変化はなかったが、集水域にある工事中の敷地が裸地状態であることを考慮すると、流出率が半減したと推測される。
- ④ 今回の調査による雨水排水の水質濃度を94年度のそれと比較すると、COD、BOD、T-N、T-Pは5～7割の低減がみられた。これは、雨水の地下浸透によ

って地表面の洗い出しが抑制されたことと、建て替えに伴って住宅周辺の整備が行われたことによるものと考えられる。

今回の調査の実施にあたって、三鷹市建設部下水道課の協力を得た。同課の方々に厚く謝意を表す。

#### 参考文献

- 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) 嶋津暉之ら、雨水の地下浸透に関する研究 (その2) 東京都環境科学研究所年報1997、p.256-268
- 3) 嶋津暉之ら、雨水の地下浸透の評価に関する研究 (その1) 東京都環境科学研究所年報2000、p.135-143.

## Evaluation of Underground Infiltration of Rainwater Drainage (2) Pollution Prevention Measure of Rain Drainage Infiltration and Outflow Control Effect of Pollutants by Infiltration

Teruyuki Simazu and Kazuo Wanami

### Summary

We investigated rainwater drainage of a housing complex in order to find out the methods removing polluted rainwater drainage from underground infiltration. Furthermore, we examined the outflow control effect of the pollutants by infiltration. Consequently, the following results were obtained:

- (1) The method to detect the rises of the concentration in COD etc. , by carrying out continuation measurement of the turbidity was effective in eliminating the polluted rainwater drainage from the targets of underground infiltration.
- (2) We conducted a trial calculation of the effects when eliminating rainwater drainage with turbidity degree of 25 or more from the target of underground infiltration. It was possible to cut down COD load amounts by 85% upon securing 70% of infiltration volume.
- (3) As an underground infiltration investigation was being newly carried out in the housing complex we investigated, we compared investigation data of the 1994 fiscal year and this time in order to learn the effects of underground infiltration. COD, BOD, T-N and T-P of rainwater drainage were reduced by 50-70 %.

**Keywords:** rain drainage, underground infiltration, infiltration box, turbidity, electrical conductivity