

# 雨水浸透施設の土壌浄化と地下水への影響 Water Purification and Contamination for Rainfall Infiltration

東京都土木技術研究所○正 員 小 川 進  
同 上 正 員 和 泉 清  
東京都公害研究所 小野塚春吉

## 1. はじめに

東京都建設局では、総合治水事業の一環として、流出抑制のための雨水浸透施設を試験的に神田川、目黒川、野川、残堀川、鶴見川の各流域の公園と車道の既設集水ますに対して、下水管と分流する構造で、合計92カ所設置した。

雨水浸透施設は、大別して、縦型（浸透井、直径200mm、深さ5～10m）と横型（浸透トレンチ、碎石量5m<sup>3</sup>ないし2.4m<sup>3</sup>）とがあるが（図1）、今までの調査の中で、浸透能や水質の面から縦型よりも横型の方が有力であることが判明している。

ところで、雨水浸透施設については、しばしば地下水かん養が強調されるが、反面、地下水への水質的影響についてはあまり触れられていない。しかしながら、地下水汚染の恐れは多分にあり、しかもその詳細は全く不明といってよい状況にある。

そこで、縦型と横型の浸透施設について、雨水による汚濁負荷の機構を解明するために、詳細な水質調査を行なった。また、水質汚染の防止のためのフィルター開発も同時に行なった。

ここでは、そうした調査結果を示し、報告としたい。

## 2. 特殊フィルターと水質

### 2-1 特殊フィルター

都市部における雨水は、さまざまな汚染源により汚染されており、特に路面排水は路上の土砂をはじめ、降下ばいじん、排気ガス等により強く汚染されている。したがって、直接、地下に流入させる構造の雨水浸透施設は、地下水汚染だけでなく、浸透部での目詰りによる維持管理上の問題も生じてくる。

そのためには雨水をフィルターを通して、浮遊物を除去する構造が必要となる。東京都土木技術研究所

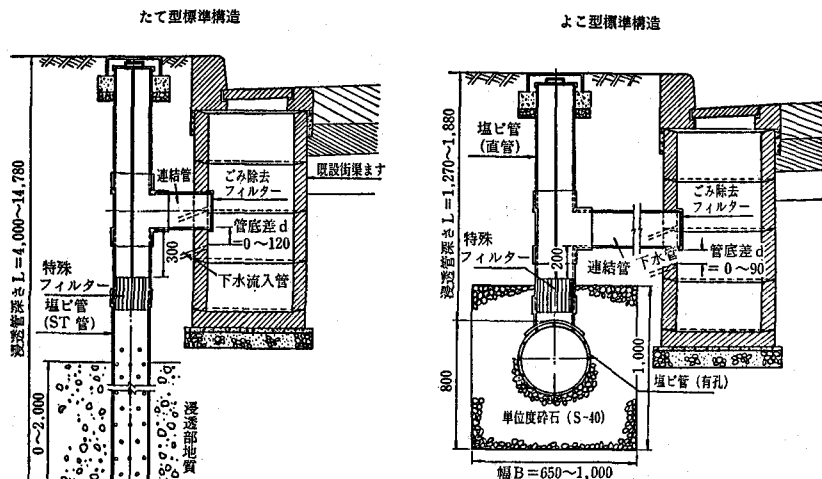


図1 「縦型」「横型」標準構造図

では、こうした機能をもつ“特殊フィルター”等も開発した。

実用化された特殊フィルターには、大別して3種類のものがある(図2)。Ⅰ型は、円筒形のケースの中に、ポリエステル製の不織布をポリエチレン製のネットと互層状にしたもので、主として、葉のような粗大なゴミを除去することを目的とする。Ⅱ型は肉厚のある円筒形ケースの中に、ポリ塩化ビニリデン製のマットを重ね、下層には活性炭の袋を敷いたもので、目詰りの軽減と水質の向上をはかったものである。Ⅲ型は、フィルター面を円筒状とし、面積の拡大をはかり、さらに内部には活性炭を充てんし、より、目詰りの軽減、透水性及び水質の向上をめざしたものである。

これらについて、水質との関連を調査した。また、下水管と分流通管との管底差の水質への影響も調べた。

## 2-2 分析方法

92地点中、58地点を選び、降雨直後の、街渠ます及び特殊フィルター通過後の雨水を採取し、主として「工場排水試験方法」(JISK0102-1981)に準拠して、分析を行なった。

分析項目としては、水質は、PH、SS、BOD、COD、大腸菌群数、油分、鉄、マンガン、亜鉛、クロム、銅、ヒ素、カドミウム、水銀、鉛、フッ素、シアン、有機リン、フェノール、硝酸性窒素、有機塩素化合物、陰イオン界面活性剤であり、底質は、油分、鉄、マンガン、亜鉛、クロム、銅、ヒ素、カドミウム、水銀、鉛である。

## 2-3 結果と考察

特殊フィルター通過後の流入水の水質の全般的な特徴としては、鉄、マンガン、亜鉛がやや高く、概ね、河川の水質に近いものであった。底質(沈着物)は、既設集水ます内の底質と同様のものであり、重金属濃度の高い土壌である。これらは、水には不溶で、ただちに影響はないものの、注意を要する。

特殊フィルターと水質の関係を表1に示す。

Ⅰ型、Ⅱ型、Ⅲ型の順に、水質の向上が見られる。Ⅲ型の場合、BOD値が2 ppm以下を示す地点が2カ所あった。水質汚染が問題となる地点については、これらの使用によって、ある程度、汚染が避けられると考えられる。

下水管と分流通管との管底差は、初期雨水を除外して、毎時10mm以上の降雨のみを、浸透させるために、標準構造では3cmとなっている。そこで、下水管と分流通管との管底差と水質との関係をみたのが、図3である。

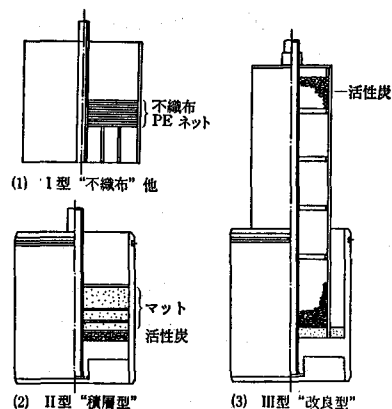


図2 特殊フィルター構造図

表1 特殊フィルターと水質(単位mg/l)

|     | 街ぎよます | I型  | II型 | III型 |
|-----|-------|-----|-----|------|
| BOD | 59    | 34  | 10  | 8    |
| COD | 282   | 116 | 8   | 26   |
| SS  | 1700  | 540 | 86  | 147  |
| 油分  | 4     | 14  | 1   | —    |
| 鉄   | 130   | 17  | 7.4 | 0.4  |
| 地点数 | 3     | 38  | 11  | 6    |

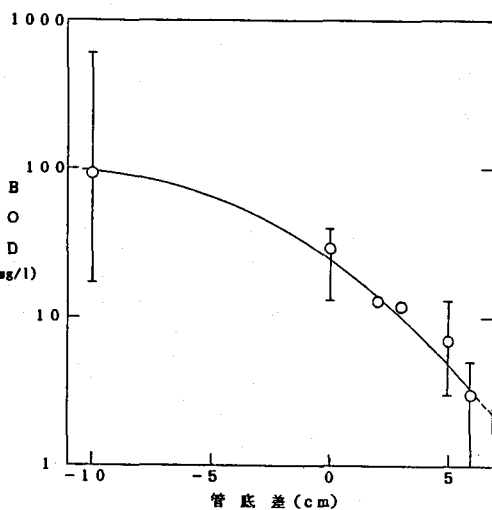


図3 管底差とBOD

管底差が増加するにつれて、BOD値の低下が見られる。管底差が6 cm以上では、水質の向上は止まる。また、管底差が3 cm付近でBOD値が10 ppm程度であることがわかる。

すなわち、標準構造では、BOD値で10 ppm程度が期待される。

水質は、一般には、雨水浸透施設の周辺環境に強く依存するが、特に、ゴミ処理場やゴミ集配所、建設現場、ガソリンスタンド等が汚染源となっている。

3. 極微量有機物分析

3-1 地下水への影響

たて型の場合、雨水を直接、帯水層に注入させるため、水質調査を行い、地下水への影響を調べることが必要である。今までのところ、重金属、特に水銀、カドミウム、鉛に関しては、仮りに飲用しても、人体に著しい障害を及ぼすほどの濃度は含まれていないが、多環芳香族等の炭化水素については、現在、全く不明である。

そこで、いかなる炭化水素が、どの程度含まれているか、たて型について調査した。定量的には、多環芳香族の代表であるベンゾ(a)ピレンを分析し、定性的には、分子量400以下の炭化水素を同定した。

3-2 実験方法

交通量の多い幹線道路（環状6号,同7号,同8号都道246号線）に設置されている5本の縦型について、路面堆積物（粉じん）、街渠ます内沈殿物、浸透管内水、同沈殿物（底泥）を採取し、化学分析した。

ベンゾ(a)ピレンについては、薄層クロマトグラフィを用いて、同定、定量した（定量限界30 ppm）。

また、炭化水素については、ガスクロマトグラフィ・質量分析器を使用した。

3-3 結果と考察

ベンゾ(a)ピレンの定量結果を表2に示す。路面堆積物、街渠ます内沈殿物、浸透管内沈殿物の中に、それぞれ～1940、320～2820、250～1600 ng/g、さらに、No.5地点では浸透管内水に260 ng/g含まれていた。

汚染経路を断定することはできないが、ベンゾ(a)ピレンは大気中の粉じんないしは自動車の排気ガス中に多く含まれているので、路面堆積物に付着し、それが雨水により街渠ますさらには浸透管内に流入した可能性がある。

ところで、ベンゾ(a)ピレンが他の地点で検出されず、No.5

表3 極微量炭化水素のGC-MS分析結果

| 分子量 | 成 分 名              |
|-----|--------------------|
| 106 | キシレン               |
| 120 | イソプロピルベンゼン         |
| 120 | n-プロピルベンゼン         |
| 128 | ナフタレン              |
| 132 | ジメチルスチレン           |
| 134 | ジエチルベンゼン           |
| 164 | ?                  |
| 166 | ?                  |
| 198 | テトラデカン             |
| 210 | ?                  |
| 212 | ?                  |
| 220 | ?                  |
| 220 | 2,8 ジブチル 4メチルフェノール |
| 226 | ヘキサデカン             |
| 240 | ヘプタデカン             |
| 254 | オクタデカン             |
| 268 | ノナデカン              |
| 278 | フタル酸ジブチル           |
| 282 | エイコサン              |
| 296 | ヘンエイコサン            |
| 310 | ドコサン               |
| 324 | トリコサン              |
| 338 | テトラコサン             |
| 366 | ?                  |
| 390 | フタル酸ジエチルヘキシル       |

表2 ベンゾ(a)ピレンの分析結果(単位ng/g)

| 種類 \ 地点   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5   |
|-----------|------|------|------|------|-----|
| 路面堆積物     | ND   | 1220 | 1150 | 1940 | *   |
| 街きよます内沈殿物 | 710  | 320  | 2820 | 1930 | *   |
| 浸透管内沈殿物   | 1210 | 460  | 1600 | 250  | *   |
| 浸透管内水     | ND   | ND   | ND   | ND   | 260 |

\*ピーク分離不十分のため定量できず。

地点でのみ検出された原因は、上記の汚染経路だけでは考えられない。№1～4地点とも大気の汚染状況も自動車の交通量も同規模であり、むしろ№5地点（府中市多磨町）の方が交通量が少なく汚染されにくい状況にあった。しかしながら同地点には、某事業所が隣接し、常に洗浄水が街渠ます内に流入し、さらに下水管とたて型の分流管との管底差が10cmであり、汚水が下水には流れず、全量、たて型の浸透管に流入する構造になっている。このことが、№5地点が汚染された一因であるかもしれない。

したがって、雨水浸透施設には、下水等の汚水が流入しない構造とし、さらに周辺環境をも考慮に入れる必要がある。

次に、№4地点における極微量炭化水素のガスクロマトグラフィ・質量分析の結果を表3に示す。№4地点（世田谷区船橋1丁目）は環状8号線に面している。

この結果、浸透管内水には、極微量の、キシレン、プロピルベンゼン等の芳香族炭化水素、炭素数が14から24までの脂肪族、2環のナフタリン、フタル酸類、ジブチルメチルフェノール（酸化防止剤）等の炭化水素が含まれていることが判明した。

これらの定量ならびに汚染経路の究明が、今後の課題である。

4. 土壌浄化

4-1 地下水かん養

雨水浸透施設は、流出抑制のみならず、地下水かん養の点でも注目されている。特に拡水型に分類される浸透トレンチ（横型）は、土壌浄化により水質面でも問題ないとされている。

しかし、流出抑制施設の土壌浄化の報告例はなく、実態は不明である。そこで、土中水分計に併設した土壌溶液採水器（図4）を用いて、浸透水を採取し、化学分析を行った。

4-2 実験方法

タンクローリー車（10トン）を使用して、浸透トレンチに毎分100ℓで、約100分間、河川水を連続注入する。注入終了時に、あらかじめ土中水分計と併設した土壌溶液採水器により、浸透水を採取する。浸透状況は土中水分計により確認する（図5）。対照試料として、注入前に土壌水を採取した。注入は合計3回行なった。

水質分析項目は、採水量の制限により、電気伝導度、ナトリウム、カルシウム、クロム、マンガン、鉄、ニッケル、銅、亜鉛、鉛に限った。

4-3 結果と考察

3回の注入試験の結果は、全て同様の傾向を示した。結果の一部を表4に示す。

電気伝導度は、一般に、水中に溶解するカルシウム、マグネシウム、ナトリウム、カリウム等の金属イオンと炭酸水素硫酸、塩素等の陰イオンの濃度を反映する。したがって、浸透水の電気伝導度が土壌を通過するにつれて、しだいに低下してゆく傾向は、上記のイオンが土壌に吸着されてゆく過程を示している。同様の傾向は、ナトリウムと銅の各イオンに

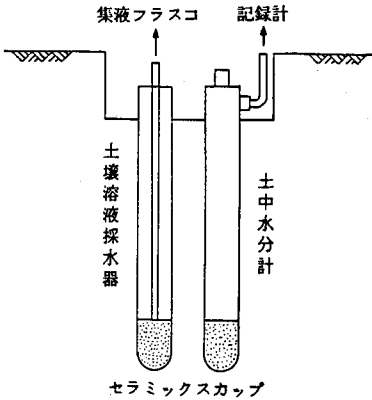


図4 土壌溶液採水器

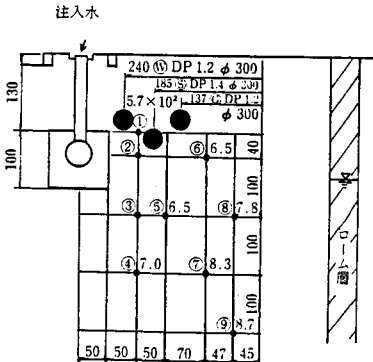


図5 土壌溶液採水位置

も見られる。図 6 には、電気伝導度とナトリウムイオンのトレンチからの距離に対する変化を示している。距離の増加とともに指数関数的に減少している。図中の破線は付近の井戸の電気伝導度 (200 $\mu$ S/cm) を表わしている。約 170 cm で井戸水と同等の水質に変化していることがわかる。

ところが、カルシウム、マンガン、鉄、亜鉛に関しては、こうした減少傾向は見られず、むしろ、注入水 (原水) よりも濃度が増加している。さらに各イオンの最大値も、カルシウム、亜鉛では No. 1、鉄では No. 9、マンガンでは No. 2 と、一定していない。

これは、既に重金属による土壌汚染が先行しており、しかも土壌中に広く分散し、濃度に片寄りが生じていることを意味する。それが、注水により、溶出したものと考えられることができる。

すなわち、浸透トレンチにおいて、雨水に溶解するナトリウム等のイオンは土壌中に吸着され、指数関数的な減少を示すが、カルシウム、マンガン、鉄、亜鉛といった金属イオンは、先行する土壌汚染 (バックグラウンドを含めて) により、逆に溶出し、水質を悪化させる。

なお、クロム、ニッケル、鉛については、いずれも検出

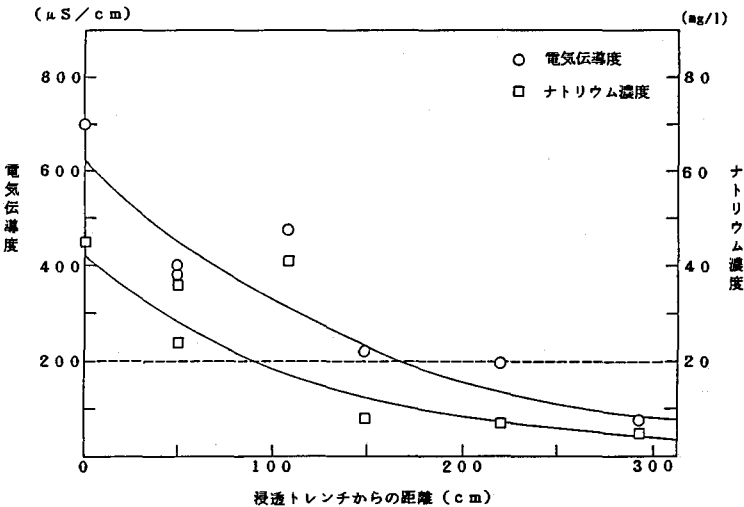


図 6 電気伝導度とナトリウムイオン濃度

表 4 土壌溶液の水質 (溶解分. 単位 mg/l)

| 項目<br>地点 | Na   | Ca | Fe  | Zn   | Mn   | Cu   | 電気伝導度<br>( $\mu$ S/cm) |
|----------|------|----|-----|------|------|------|------------------------|
| 原 水      | 46.1 | 25 | 0.5 | 0.07 | 0.02 | 0.05 | 700                    |
| 1        | 23.8 | 80 | 0.1 | 0.09 | 0.03 | 0.03 | 405                    |
| 2        | 36.1 | 50 | 1.1 | ND   | 1.84 | 0.01 | 380                    |
| 4        | 7.9  | 17 | 1.2 | 0.01 | 0.43 | ND   | 220                    |
| 5        | 40.6 | 50 | ND  | 0.04 | 0.70 | 0.01 | 475                    |
| 7        | 6.9  | 12 | 2.0 | ND   | 0.31 | ND   | 195                    |
| 9        | 4.7  | 10 | 2.2 | 0.02 | 0.39 | ND   | 75                     |

表 5 付近の井戸の水質 (杉並区清水 1 丁目)

| 採取日      | 井戸数 | 電気伝導度<br>( $\mu$ S/cm) | 窒素<br>(mg/l) | 塩素<br>(mg/l) | 鉄<br>(mg/l) | 硬度   | COD<br>(mg/l) |
|----------|-----|------------------------|--------------|--------------|-------------|------|---------------|
| 82.1~2   | 36  | 214                    | 8.7          | 28.6         | <0.1        | 65.1 | 1.4           |
| 83.11.28 | 30  | —                      | 6.5          | 19.2         | <0.7        | 0.07 | 70.3          |
| 84.3.18  | 5   | —                      | 4.4          | 23.9         | <0.6        | 0.02 | 63.6          |

されなかった。

## 5. 結論

- (1) 道路雨水の水質は、マンガン、鉄、亜鉛がやや高く、都市河川水の水質に類似している。沈澱物は重金属を含む土壌が大部分である。また水質は周辺環境の影響に鋭敏である。
- (2) 特殊フィルターは、水質向上がはかれるので、汚染環境に対してある程度有効である。
- (3) 分流構造の雨水浸透施設では、下水管と分流管との管底差の増加により、6 cmまでは水質が向上し、3 cm以上でB O D値が10 ppm程度になる。
- (4) 多環芳香族のベンゾ(a)ピレンが某事業所に隣接する浸透井(縦型)より検出されたが、原因の一つの可能性として同事業所の洗浄水が流入する構造にあると考えられる。汚水が流入しないように、構造と周辺環境に留意する必要がある。
- (5) 浸透井の水質には、路面堆積物等から流入したと考えられる極微量の種々の炭化水素が含まれており、今後とも監視してゆかねばならない。
- (6) 雨水浸透トレンチ(横型)の土壌浄化により、水質は井戸水程度に改善されるが、反面、先行する土壌汚染により、カルシウム、マンガン、鉄、亜鉛等の金属イオンは溶出し、水質を悪化させている。

## 【謝辞】

なお、本研究にあたり、東京都公害研究所の小山功、菅邦子、泉川碩雄の各氏、また東京都土木技術研究所の山本弥四郎、土屋十朗、柳澤満の各氏に多大な御協力をいただいたことを記し、ここに謝意を表したい。

## 参考文献

- (1) 小川進、山本弥四郎「雨水浸透ますの水質調査」第29回水理講演会論文集(1984)
- (2) 和泉清他「雨水浸透ますの浸透能・水質等調査報告結果」昭和59年度東京都土木技術研究所年報(1984)

## 【付記】

現在、計画されている雨水浸透施設は、上記の結論等を考慮して、横型(浸透トレンチ)を主力にする、管底差を3 cmにする、周辺環境の悪い地点は不適地とする、等の改善がもりこまれている。