

雨水浸透ますの水質調査
A Water Examination for the Percolation Well

東京都土木技術研究所 正員 小川 進
同 上 山本弥四郎

1. まえがき

東京都建設局では、総合的な治水事業として、既に都内92カ所に雨水浸透ますを設置した（図-1）。雨水浸透ますには、縦型（72カ所）と横型（20カ所）があり、それらの基礎資料を得るために、調査ならびに基礎的実験を行なった。この結果、明らかになった水質面での諸問題について述べる。

まず、雨水浸透ますの水質を決定する路面堆積物について、粒度分布および化学分析を行なった。次に、雨水浸透ますの入口に相当する街渠ますについて、堆積物の種類と重量比等を全地点で調べた。同時に、雨水浸透ますの目詰りと水質汚染を防ぐために設けたゴミ除去フィルターと特殊フィルターについて、全地点で汚染と浸透速度を求めた。

また、フィルター通過後の雨水の水質と底質について、22地点で化学分析をした。最後に、フィルター材の基礎的な特性を知るために、水質実験を行なった。

以上の調査と実験から、雨水浸透ますは、技術的に改良する必要のあることがわかった。

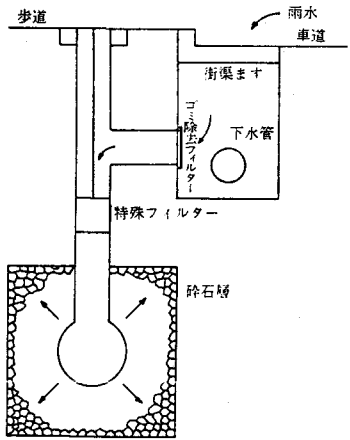


図-1 雨水浸透ますの構造 横型

2. 路面堆積物調査

雨水浸透ますにとって、浸透層の目詰りと地下水汚染が問題となるが、特に車道から集水する場合、路面堆積物中に含まれる集金属等の不純物が混入するため、汚染はきわめて重大である。

路面堆積物は、歩道からの土砂や草葉に加えて、工場等の降下ばいじん、アスファルトコンクリート屑、自動車のタイヤ屑および排出物等からなる。

(1)調査および実験方法

幹線道路（環状6号線、駒沢通り）上の堆積物を採取し、試料とした。試料は、110℃において24時間、乾燥させた後、一部を粒度分析に、一部を化学分析にかけた。

化学分析は、熱硝酸により、溶解処理したものと、沸騰水にて溶解処理したものとを、適当な濃度に希釈し、原子吸光分析とノルマルヘキサン抽出を行なった。

(2)結果および考察

目黒川流域の中目黒付近の路面堆積物の分析結果を表-1に示す。表中の東京都の平均値は、浅見らの結果である。硝酸処理したものを、路面堆積物中の不純物濃度とし、沸騰水処理したものを、そのうちの水溶成分とした。いずれも、路面堆積物の乾燥重量あたりの重量濃度（mg/dry kg）を単位としている。

なお、ノルマルヘキサン抽出物は、1976ppm(mg/dry kg)に達し、アスファルト様の濃褐色であった。

表-1 路面堆積物の分析（単位：ppm）									
	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	
東京都の平均値	40.1	431	3.31%	47.7	205	689	2.38	415	
中目黒付近	19.6	41.6	—	15.4	72	31.6	0.8	980	
水 溶 成 分	0.1	0.6	4.4	0.2	1.6	0.4	0	0.2	
水溶成分の割合	0.5%	1.4	—	1.3	2.2	1.3	0	0.02	

この結果から、中目黒付近の路面堆積物中には、降下ばいじんとアスファルト屑が多量に含まれていることが推定されるが、その多くは水に不溶であり、水に溶解するのは、そのうちの2.2%以下にすぎないことが判明した。

したがって、路面堆積物中の重金属類が雨水により地下水に混入した場合に、ただちに問題となる水質汚

染に結びつくことはないといえる。しかし、長期的には、微量の汚染が継続するので、何らかの解決をはかる必要があるだろう。

3. 街渠ます調査

(1)調査方法

都内92カ所の雨水浸透ますと連絡する街渠ますの堆積物調査を実施した。全地点の街渠ますに対して、堆積物の種類と重量比、堆積厚さを調べた。

(2)結果および考察

表-2に示すように、土砂と草葉がほとんどを占めている。区部の神田川、目黒川流域では、土砂がそれぞれ85.8%、70.0%と大部分を占めており、三多摩の野川、残堀川、鶴見川流域では、土砂と草葉が半々であり、また公園の場合、砂が6割を越えており、堆積状況は、3つのパターンに大別できる。

このような地域差は、雨水浸透ますを設計する場合、特にフィルター材の選定にあたっては、十分、配慮する必要がある。

また、堆積物の厚さは、平均して、目黒川、残堀川流域では、1～9cmであり、神田川野川流域では、10～19cmであり、鶴見川流域では、20～29cmと最も厚かった。こうした堆積物の厚さの違いが、都市化の進行に伴う、土砂の流出の減少が反映しているとすれば、このことも、設計に配慮されねばならないだろう。

4. 特殊フィルター目詰り調査

街渠ますからの雨水は、雨水浸透ますの目詰りと地下水汚染とを生じさせるので、フィルターにより、土砂等の流入を防いでいる。街渠ますの堆積物調査の項で判明したように、雨水によって運ばれる堆積物は、土砂と草葉と考えてよく、雨水浸透ますは、まずゴミ除去フィルター（5mmメッシュのポリプロピレン製のネット）で草葉等を除去し、さらに特殊フィルターによって、細粒の土砂を除去する構造となっている。

ここでは、そうしたフィルターの効果が現実に機能しているかどうかを調査した。

(1)調査方法

街渠ますと雨水浸透ますをつなぐ連結管の入口にあるゴミ除去フィルターの目詰り状況を目視により観察、調査した。また、浸透管内を吊下げられている特殊フィルターの目詰り状況を同様に目視により観察し、注水して、その通過時間から浸透速度を求め、さらに重量の経時変化も測定した。

(2)結果および考察

ゴミ除去フィルターは、目黒川、野川、残堀川流域では、平均して、わずかにゴミが付着している程度であるが、神田川、鶴見川流域では、ややゴミが付着している。いずれも、目詰りにはいたっていないが、ゴミの付着量は、街渠ます内の堆積状況を反映しているようである。

特殊フィルターは、目視による観察では、ゴミ除去フィルターと同様の傾向を示し、街渠ます内の堆積状況をやはり反映しているようである。

表-3に特殊フィルターの重量変化と浸透速度を示すが、地域差もあるが、フィルター材に強く依存している。

特殊フィルターの効果を端的に示す重量の増加は、不織布、麻布、スポンジ、コークス、ナイロン、マット、ネットの順であり、この順に土砂の除去の効果があるといえる。

浸透速度は、重量の増加とともに目詰りにより、急速に落ちるが、平均すると、大きい方から、コークス、

表-2 街渠ます内堆積物の構成

流域	種類	土	草葉	紙	ビニール	他
神田川流域		85.4	4.5	0.9	0.6	8.2
目黒川流域		70.0	14.1	0.6	2.7	12.6
野川流域		46.8	43.8	1.0	0.5	7.9
残堀川流域		65.5	22.3	4.1	1.2	6.9
鶴見川流域		34.1	58.3	0	0.1	7.5

表-3 特殊フィルターの重量変化と浸透速度

流域	種類	数	重量	浸透速度(平均) L/分
神田川流域	不織布	7	96	0.01～18.6 (1.9)
	マット	19	16	1.1～126 (37.5)
目黒川流域	不織布	4	47	0.12～198 (32.6)
	スポンジ	20	69	3.5～90 (12.9)
野川流域	不織布	11	205	0.03～40 (6.0)
	コークス	7	54	60～240 (176)
残堀川流域	不織布	5	400	0～13.9 (10.4)
	スポンジ	4	3	0.28～6.3 (2.4)
	麻	2	75	80～240 (174)
鶴見川流域	ネット	1	0	48～240 (96)
	不織布	8	239	0.1～30 (10.2)
鶴見川流域	ナイロン	4	33	11～240 (153)

麻布、ナイロン、ネット、マット、スポンジ、不織布の順になる。また浸透速度の低下は、不織布、マット、スポンジ、ナイロン、ネット、麻布、コークスの順である。

さらに、天然繊維の麻布や脱脂綿は、水分による膨潤のためか、損傷しており、耐久性のないことを示している。

不織布を使用するにあたって、注意すべきことは、孔径が200 μ m程度なので、それ以下の細粒分の除去と、礫等の粗粒分の除去とを、他のフィルター材と組合せたり、円筒形フィルターのように構造的に目詰りのしにくいものにしたたり、工夫が必要である。

また、浸透速度が毎分10ℓ以下になった場合は、ただちに交換する必要がある。

5. 水質・底質調査

既に述べたように、街渠ます内には、多くの有害物質を含んだ土砂や草葉が流入して、堆積している。既設の2種類のフィルターは、ある程度の除去をするが、微粒子はどうしても通過してしまう。

しかし、その通過した微粒子こそが、目詰りの原因となる粘土・シルト分であり、地下水汚染をもたらす降下ばいじんであるから、問題は深刻である。

ここでは、特殊フィルターを通過した水質と沈泥について、化学分析と粒度分析を行ない、既設の雨水浸透ますの汚染の状況を調査した。

(1) 実験方法

特殊フィルター通過後の雨水を採水ビンに採取し、ただちに、雨水と沈泥とに分離し、化学分析した。また、沈泥については、粒度分析もした。

化学分析は、主として「工場排水試験方法」(JISK 0102-1981)によった。

水質については、健康項目として、シアン、有機リン、有機塩素を、生活環境項目として、pH、生物化学的酸素消費量(BOD)、浮遊物(SS)、溶存酸素量(DO)、大腸菌群数を、一般項目として、ノルマルヘキサン抽出物、フェノール類、銅、亜鉛、溶解性鉄を定量した。

底質については、カドミウム、鉛、6価クロム、ヒ素、総水銀を定量した。

さらに、路面堆積物、特殊フィルター堆積物(フィルター堆積物(フィルター除去分)、浸透管内堆積物(フィルター通過分、底質分))については、粒度分析をした。

(2) 結果と考察

化学分析の結果、フィルター材による差は少なく、むしろ地域性に依存している。すなわち、神田川、目黒河流域の区部と、野川、残堀川、鶴見川流域の三多摩とで、明瞭に汚染のパターンが分れる。

区部では、有機物や重金属による化学的汚染がひどく、三多摩では逆に、大腸菌群数に代表される生物学的汚染が著しい。

測定した全地点で、水道原水基準も環境基準も満足しない。浮遊物(SS)は、平均697ppmと高く、また、生物化学的酸素消費量(BOD)は平均27ppm、化学的酸素消費量(COD)も平均154ppm、大腸菌群数にいたっては、平均 6.1×10^7 と、下水並みの汚染状況である。

恐らく、降雨時には、街渠ます内がかくはんされて、泥流状で雨水浸透ますに流入するか、あるいは下水管が一時的に閉塞して、文字通り、下水が流入したりしているのであろう。いずれにせよ、雨水浸透ますの構造を抜本的に改良する必要がある。

その他、ノルマルヘキサン抽出物が平均7.7ppmと高く、アスファルト屑の混入をうかがわせる。

底質に関しては、ほぼ、多摩川の中流、下流の底質並みである。しかし、一部には、目黒区中町2丁目や新宿区下落合4丁目のように、重金属による強度の汚染底質もあった。

目視による観察と化学分析による汚染の判定とは、必ずしも一致しない。目視による汚染が認められても、区部では、自動車や工場等からの重金属や炭化水素によるものであろうし、三多摩では、緑地からの土砂の

流入によるものであろう。

したがって、雨水浸透ますの設計にあたっては、水質・底質の面からも、周辺の環境に対する配慮が必要である。

6. フィルター材の水質実験

雨水浸透ますには、全て、特殊フィルターが取付けられている。現在のところ、特殊フィルターには、試行錯誤的に、種々フィルター材が充てんされている。

こうしたフィルター材の基本的な物性値を知ることで、合理的にフィルター材を選択することができる。そこで、各フィルター材に対して、粘土・シルト分、金属イオン、および油分を含んだ汚水を注水して、除去される割合を実験的に求めた。

(1) 実験方法

ガラス製のフィルターケースに、既設の特殊フィルターにならって、各種フィルター材を5層（各層厚約1cm）に、ポリプロピレン製のネット（5mmメッシュ）と互い違いに重ねて、注水実験を行なった。

フィルター材としては、マット材（ヘチマ状、約数mm孔径）、スポンジ（約1mm孔径）不織布A（ポリエステル、約0.5mm孔径）、不織布B（ポリエステル、約0.2mm孔径）、脱脂綿、麻布（約5mmメッシュ）、活性炭（塊状と粒状）、イオン交換樹脂、キレート樹脂を選んだ。

泥水として、粘土・シルト分の懸濁液（5000ppm）を注水し、フィルター材によって、浮遊物が除去される割合（除去率）をフィルター材の乾燥重量の増加から求めた。注水速度は、毎分0.003～7ℓ（線速度0.002～6cm/sに相当）の範囲にある。

金属イオンとしては、6価クロム、マンガン、鉄、ニッケル、銅、亜鉛、カドミウム、鉛をそれぞれ1ないし10ppmの水溶液に作成して、注水し、通過した液を原子吸光分析により定量した。注水速度は、毎分0.12～36ℓ（線速度0.1～30cm/sに相当）の範囲である。

油分としては、機械油を純水に15ないし100ppm混合させ、それを活性炭に対して注水し、ノルマルヘキサン抽出で定量した。注水速度は毎分約0.5ℓ（線速度約0.4cm/sに相当）である。

(2) 結果及び考察

1) 泥水注水実験

1層と5層とのそれぞれのフィルター材の乾燥重量の増加から、除去率を求めた。また、純水を通水したときの透水係数を初期透水係数、9ℓの泥水通過後の透水係数を終期透水係数とした。

この結果から、粘土・シルト分の除去には、マット材、麻布は有効でないことがわかる。逆に、脱脂綿は1層で十分であり、5層の必要はない。また、スポンジと不織布Aは積層させることで除去率の向上が期待できる。

さらに除去率が高いと透水係数の低下も著しいこともわかる。

以上から、同一のフィルター材を積層させるより、除去率の低いものから、高いものへと順に積層させてゆくことが、目詰りのない、透水係数の低下のない、高い除去率のフィルターとなることが示唆される。例えば、マット、スポンジ、不織布の順に積層させたフィルターは、目詰りのない、高い除去率のものとなるだろう。

2) 金属イオン注水実験

脱脂綿、麻布、マット材、スポンジ、不織布A、不織布B、活性炭（塊状）、イオン交換樹脂（混合型）に対して、10ppmの6価クロム、マンガン、カドミウム、鉛の各イオンを通水させた。

表-4 粘土・シルト分のろ過率

	1層のろ過率	5層のろ過率	初期透水係数	終期透水係数
脱脂綿	86.2%	88.5%	3.7×10^{-2}	6.9×10^{-3}
麻布	5.4	10.2	2.2	7.6×10^{-1}
スポンジ	60.9	93.0	1.1×10^{-1}	6.0×10^{-3}
不織布	70.7	71.9	2.0×10^{-1}	1.6×10^{-3}

表-5 重金属の定量分析

フィルター材	イオン	Cr ⁶⁺	Mn ²⁺	Cd ²⁺	Pb ²⁺
脱脂綿		0%	6%	0%	16%
麻布		0	17	18	36
マット材		0	0	0	6
スポンジ		0	0	1	0
不織布A		0	21	3	2
不織布B		0	6	6	34
活性炭		6	42	1	58
イオン交換樹脂		98	70	73	45

イオン交換樹脂は予想通り、平均72%のイオンを吸着したが、活性炭で平均27%麻布18%と続く。

金属イオンを除去するには、一般的には活性炭とイオン交換樹脂を組合せて行なうが、実際の使用条件によって吸着率が異なるので、さらに詳細な実験を行なった。

活性炭（粒状、2種類）とイオン交換樹脂（強酸性陽イオン交換樹脂）、キレート樹脂（重金属用）に対して、1ないし10ppmの6価クロム、マンガ、鉄、ニッケル、銅、亜鉛、カドミウム、鉛の各イオンの通水実験を行なった。注水速度は、毎分0.5～1ℓ（線速度0.4～0.9 cm/sに相当）である。

濃度による吸着量の差はさほどないが、イオンに対して選択性がある。

吸着率は、活性炭（粒状）は2種とも平均20%、イオン交換樹脂は58%、キレート樹脂は47%であった。前回の実験結果より低かったが、これは、製品の種類、前処理、水温、イオンの種類、注水速度の諸条件が異なるためである。しかし、イオンの完全な除去は、制限のうけた雨水浸透すでは困難である。

3) 油分注水実験

活性炭による機械油の吸着の結果、疎水性の油分に対しては十分機能するといえる。一般に、活性炭は浮遊物と有機物の除去に有効であり、雨水浸透すすにも積極的に採用すべきであろう。

7. 総 括

(1) 要 約

今までの結果と考察の要約を行なう。

1) 路面および街渠ます内堆積物

土砂と草葉が平均90%以上を占めており、不純物として、水に不溶な重金属類とアスファルト屑等が含まれている。

汚染のバターンは3つに大別できる。

すなわち、区部（神田川、目黒川流域）では、土砂が多く（平均70%以上）、不純物として重金属が多く含まれる化学的汚染をうけており、三多摩（野川、残堀川、鶴見川流域）では、土砂と草葉がほぼ半々で、大腸菌群数が多い、生物学的汚染をうけている。

公園では、砂が多く、目詰りと汚染は軽い。

2) 特殊フィルターの目詰り

特殊フィルターの目詰りは、街渠ます内の堆積物の厚さとフィルター材に依存している。現状では、フィルター材として、目詰りしても、不織布を使わざるをえないが、将来的には、維持管理の点でも、フィルター材を含めての特殊フィルターの構造上の改良が必要である。

3) 水質と底質

水質は、全地点でSS、BOD、COD、大腸菌群数ともに高い数値を示し、水道原水基準、環境基準とも満足しない、下水並みの汚染状況にある。

底質は、全地点で重金属を多量に含む、東京都の平均的な土壌汚染並みであるが、一部、安中市並みの高い重金属汚染が認められた。

特殊フィルターは、現状では水質の向上に全く役立ってなく、一部、目詰りによる溢流を起こしており、シーリングの点でも構造的欠陥を露呈している。

4) フィルター材

土砂等の除去には、マット材、スポンジ、不織布等を除去率の順に積層させると、目詰りの少ない、除去率の高いフィルターになると考えられる。

また、水質の向上には、活性炭とイオン交換樹脂を組合わせることで、ある程度はかれると考える。

(2) 結 論

現状では、水質面において、雨水浸透すすは問題があるので、次のような改善を試みるべきであろう。

1) 路面および街渠ます

雨水の水質の劣化は、路面と街渠ますの堆積物によるものであり、路面と街渠ますの清掃こそが、水質の向上につながる。

2) 雨水浸透ます

現状の水質では、地下水汚染は避けられないので、土壌浄化もはかれる横型を主力にすべきである。

さらに、街渠ますの次に沈殿ますを設けたり、雨水浸透ますの入口にあたる連結管を下水管より高い適切な位置にセットする必要がある。

3) 特殊フィルター

既設では、目詰りを起こしやすく、土砂の除去も不十分であるので、抜本的に改良し、大容量で、目詰りの少ない、積層型や円筒型、あるいははらせん型等の改良型フィルター（現在、試験中）に変えてゆく必要がある。