

降雨流出抑制浸透施設に流入する懸濁物

Muddy Material Flowing into Runoff Control Infiltration Facility

吉本俊裕・海野仁・・・下家時洋・・・

by Toshihiro YOSHIMOTO, Hitoshi UMINO and Tokihiro SHIMOYA

Infiltration facilities are often settled for runoff control in urban areas. Because they have several special characteristics that the setting area is small, the ground surface is useful and they supply groundwater. But the function of infiltration facility is decreased by runoff water with muddy material. In this research, gathering runoff water of roof, parking lot, turf ground and bare ground and dropping material on roof, we estimated muddy material flowing into runoff control infiltration pit and trench.

Keywords: infiltration facility, muddy material, runoff controll, urban area

1. まえがき

大都市及びその周辺地域では、土地が高度に利用され、同一規模の降雨であっても、自然や田園状態の土地に比較して、ピーク流出量が大きくなったり早くなったりする。このような地域では、洪水に対する安全性を高めるため河川の改修だけでなく、流域に治水施設を設置したり、浸水に関する情報を公表したりなど、総合的な治水対策が実施される。このような対策のうち、浸透施設による降雨の流出抑制は、限られた土地でも設置が可能なこと、個人レベルでの設置が可能なこと、治水だけでなく地下水かん養などの諸機能を備えていることなど、いろいろな優れた面が評価されて、総合的な治水対策の有力メニューの一つとして実施されてきている。

浸透施設は、地盤の持つ浸透機能を生かすことにより降雨を地盤に浸透させ、河川等への流出を抑制しようという施設であるが、降雨と共に運び込まれる土砂等の懸濁物により、施設及び施設の設置地盤が目詰まりを起こし、その結果浸透機能が大きく低減し、所定の流出抑制効果が得られないことも考えられる。浸透施設に流入する懸濁物については、その施設の基本的な性能を左右するものでありながら、従来、その実態について十分把握されているとは言い難く、調査されたものでも、その調査結果の属性が不明確で一般的な適用が難しいものがほとんどである。本調査は、浸透施設に流入し目詰まりの原因と考えられる懸濁物につ

* 正会員 工修 建設省土木研究所総合治水研究室長 (茨城県つくば市旭一番)

** 正会員 建設省土木研究所総合治水研究室研究員 (同上)

*** 建設省土木研究所総合治水研究室研究員 (同上)

いて、現地で降雨流出水の採水と屋根への降下物の採取を行い、その試料を分析し、流入する懸濁物の量を推定したものである。

2. 降雨流出水に含まれる懸濁物調査

本調査は、様々な土地利用形態からの降雨時の流出水を現地で直接採水し、これに含まれる懸濁物の濃度、粒径を分析し、降雨時に浸透施設に流入する懸濁物の特性を求めたものである。

2. 1 降雨流出水の採水

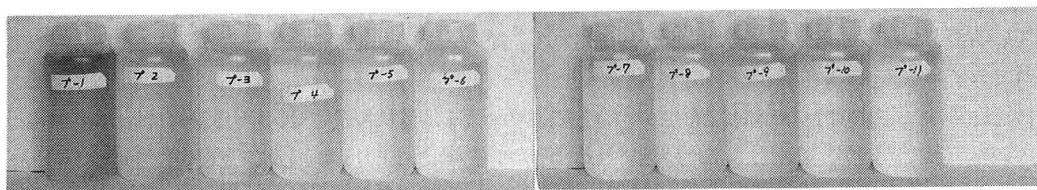
降雨流出水の採水は、雨の降り始めから降り終わりまでのそれぞれの段階において実施する必要があることなど、採水管理が非常に難しいため、採水の容易さ等を考えて職員が機動的に動ける土木研究所構内で実施した。採水地点は、その集水流域の土地利用の違いによる懸濁物の流出形態の違いを想定して、①プレハブ屋根の雨樋、②コンクリート屋根の雨樋、③駐車場の集水ます、④野球場の集水ます（主に芝地、主に裸地）の4地点を選定した。

降雨流出水の採水は、表－1に示すように1989年12月から1990年 9月にかけて合計4降雨について実施した。採水は各降雨全地点で実施するように努めたが、降雨強度が弱いと地点によってはあまり流出水がなく、採水を実施できなかったものもある。採水時刻や採水間隔は、流出開始時刻や流出量が地点により異なることから不揃いになっているが、

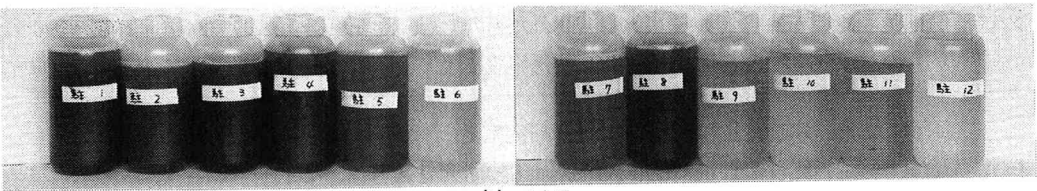
基本的には、降り始めの初期流出水を採水するように努め、流出開始直後は10～30分間隔、その後は1～2時間間隔とした。また、流出量が降雨強度や集水流域の状態や大きさによって異なるため、採水1回分の継続時間は特に定めず、分析に必要な量（2.5ℓ程度）が得られる長さとした。写真－1に採水した試料の一部を示す。試料は採水した順序で並べている。

表－1 採水降雨と採水地点

降雨No	降 雨 日	採 水 地 点				
		プレハブ 屋 根	コンクリート 屋 根	駐車場	主に芝地	主に裸地
降雨1	1989.12.24～12.25	○	○	－	○	－
降雨2	1990.3.2	○	○	－	－	－
降雨3	1990.8.9～8.10	○	○	○	○	○
降雨4	1990.9.19～9.20	○	○	○	○	○



(a) プレハブ屋根



(b) 駐車場

写真－1 採水試料（降雨3）

2. 2 降雨流出水に含まれる懸濁物の分析

(a) 懸濁物の分析項目及び方法

懸濁物の物理的な分析項目としては、濃度と粒度分布とした。浸透施設の浸透能力の低下は、その施設に持続的に流入する懸濁物の累計値と関係すると思われるが、濃度は浸透施設に流入する降雨流出水の量と合わせて、浸透施設に流入するであろう懸濁物の累計値に換算することができる。また、浸透施設に流入する懸濁物の粒径と浸透施設のフィルターなり地盤の土粒子の粒径との相対的な関係によって、浸透能力の低下の傾向が異なることが考えられ、この意味から懸濁物の粒度分布についても調査した。

懸濁物の濃度については、基本的には採水試料を蒸発・乾燥させた残留物の重量を求めることによって測定したが、大まかな粒径ごと（ $1\mu\text{m}$ 未満、 $1\mu\text{m}$ 以上 2mm 未満、 2mm 以上）の濃度についても測定している。また、粒度分布については、懸濁物の粒径が大から小まで広範囲に分布しており、また試料の絶対量も少なく一般に行われている沈降法等による測定が困難であることから、 1mm 以上の粒径についてはフルイ分けで、 $1\mu\text{m}$ 以上 1mm 未満については顕微鏡法により測定した。フルイ分けは重量百分率、顕微鏡法は体積百分率で求められるが、土木研究所構内の数カ所の土粒子の比重試験では、どれも2.7程度であったので、採取した流出水中の懸濁物をすべて土粒子と仮定し、体積百分率により全体の粒度分布を求めた。

(b) 懸濁物の分析結果

採水した降雨のうち、降雨3について、降雨強度及び懸濁物濃度の経時変化を示したのが図-1である。なお、図には採水時間帯も合わせて表示しているが、

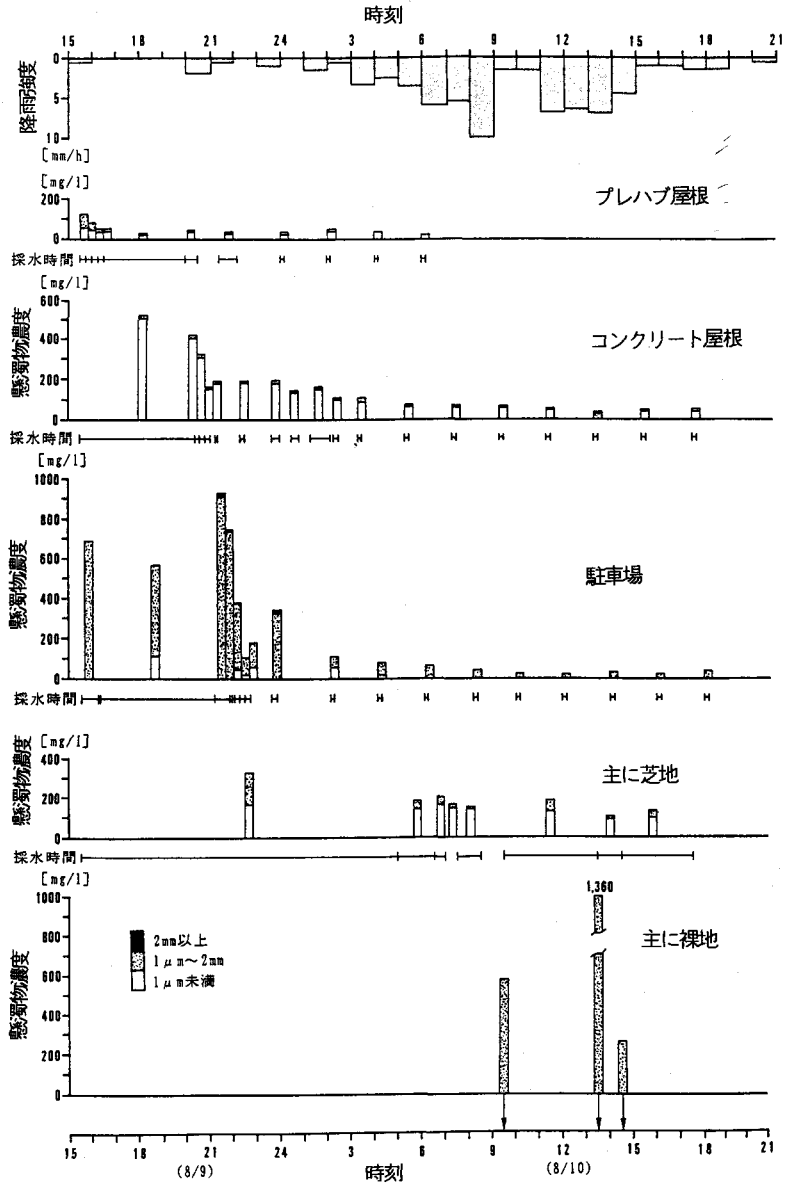


図-1 降雨強度と懸濁物濃度の経時変化 (降雨3)

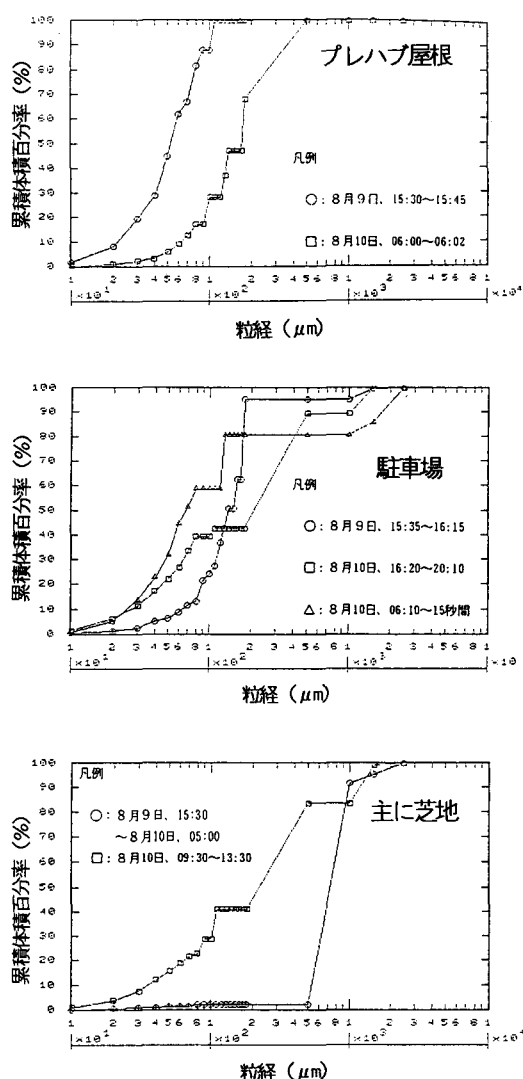
濃度の棒グラフの棒幅を一定の大きさと描いているため、必ずしも濃度の棒グラフの位置は採水時間帯と一致していない。

降雨3は1990年8月9日～10日のもので、雨は9日の15時30分から降り始めたものの30分ほどで小降りとなった。しかし、この雨によってプレハブ屋根や駐車場においては、懸濁物の流出がみられている。16時から20時までの4時間は、雨は少しずつ降っていたが雨量計では感知していない。次に雨量計が降雨を感知したのは20時45分からである。このとき、駐車場で比較的粒径の大きい懸濁物の流出がみられ、濃度は全粒径の合計値で100～1000mg/lとなっている。この降雨に対するプレハブ屋根の濃度は30～40mg/lで、最初の降雨による流出濃度より低下していて、駐車場のそれが逆に増加しているのと対比的である。プレハブ屋根のように降雨や屋根の堆積物がストレートに流出しやすいと考えられるものについては、降雨の早い段階で懸濁物が流出してしまうものと考えられる。一方、主に芝地では、この段階でもまだ十分な流出水が得られていない。

本降雨がピークとなったのは、10日の8時から9時の間で、この1時間に10mmの雨量を記録している。濁質濃度を地点別にみると、コンクリート屋根と駐車場で50mg/l程度であるのに対し、主に芝地では、150mg/l程度と比較的高い値となっている。しかし、このように比較的強い降雨があっても芝地では、前日のわずかな雨で駐車場でみられたような高い濃度の懸濁物の流出は生じていない。主に裸地で流出を確認したのは、降雨開始から18時間経過した9時30分であり、観測地点中一番遅い。裸地での流出が芝地での流出より遅れたのは、裸地にくぼみが有り、そこに初期降雨が貯留されるという観測地点特有の地形的な要因によるものと思われる。しかし、裸地からの流出水の懸濁物濃度は他の地点よりも突出して大きな値となっている。

以上のような懸濁物濃度の経時的变化を全般的にまとめると、次のようになるであろう。流出水の流れる表面の障害物が少ないところほど降雨初期の段階で懸濁物が流出してしまい、以後、降雨強度が大きくなっても懸濁物はふえない。一方、表面の障害物が大きいところでは、多少の降雨ではなかなか懸濁物は流出しないが、一定の降雨強度になると急に大きな濃度の懸濁物が流出するようになる。

採水した流出水の一部については、前述した方法により粒径の体積百分率（図－2）を求めたが、あまり傾向的な特徴はなく、かなりまちまちである。また、粒径100 μ m以上の比較的大きな土粒子が混入すると、その土粒子が小数であっても体積の占める割合は大きいため、この土粒子に影響されて、粒度分布はいびつになる。



図－2 流出水に含まれる懸濁物の粒度分布（降雨3）

3. 屋根への降下物調査

降下物とは、雨水と共にあるいは単独に降下する空気中の混在物である。一般常識的にも、また前章の降雨流出水に含まれる懸濁物調査からもわかるように、屋根からの流出水に含まれる懸濁物は濃度の絶対値が小さく、浸透施設で流出抑制を考える場合には、他の場所に設置されたものと比べて、目詰まりをあまり心配する必要がないことから、最も効果的なものである。また、降雨流出水に含まれる懸濁物調査結果をさらに裏付ける意味もあって、屋根への降下物について調査した。調査は、複数の建物屋上に降下物捕集器を設置して降下物を採取し、採取試料は降雨流出水と同様な方法により分析を行なった。

3. 1 降下物の採取

降下物の量は、周囲の地形的条件や土地利用状況により異なることが予想されるので、それらを考慮して9箇所を選定して捕集器（図-3）を設置した。採取は1989年12月から開始し、9箇所のうち5箇所については1990年4月までの4カ月間、残り4箇所については1990年1月までの12カ月間実施した。捕集器に溜った物質を、1カ月ごとに回収して試料とした。

3. 2 降下物の分析結果

12カ月間採取を実施した4箇所について単位面積当りの降下物量を地点別、月別にまとめたものが図-4である。採取期間中の降下物量を1年間に換算して比較すると、各地点間で多少の差はあるが、際立っているというほどではない。

また、季節的にもあまり特徴はみられないが、冬季の方が夏季に比べて若干多いようである。

4. 浸透施設に流入する懸濁物量の推定

降雨流出水及び降下物の調査により、懸濁物濃度なり単位面積当りの降下物量が求められた。これらのデータを実際の問題に適用するためには、浸透施設にどの程度の懸濁物が累積的に流入するかを推定する必要がある。

まず、降雨流出水の懸濁物調査から得られたデータから、 100m^2 のプレハブ屋根から1年間に流出する懸濁物量を試算してみる。降雨1～4のプレハブ屋根からの懸濁物濃度の平均値は、 $1\mu\text{m}$ 未満 $41.4\text{mg}/\text{l}$ ($=\text{g}/\text{m}^3$)、 $1\mu\text{m}$ 以上 2mm 未満 $10.5\text{mg}/\text{l}$ 、 2mm 以上 $0.1\text{mg}/\text{l}$ となっており、この平均値が試料採

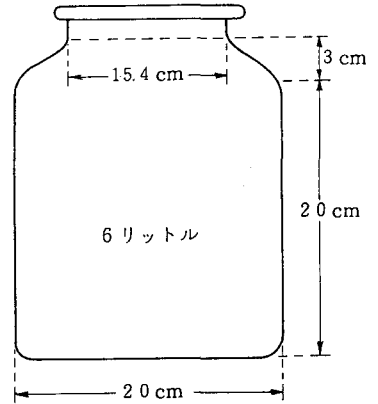
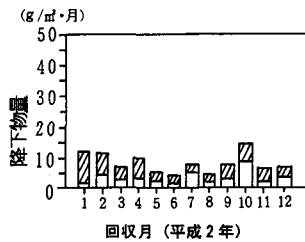
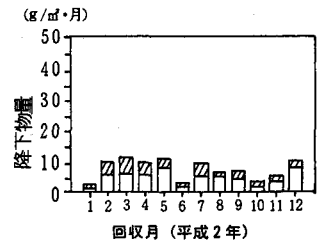


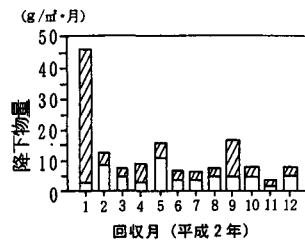
図-3 降下物捕集器



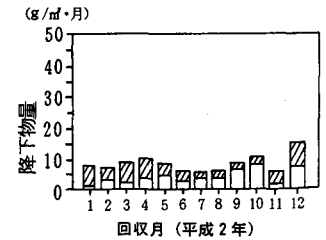
(a) 春日部市、住宅地、2階建



(b) 横浜市、商業地、2階建

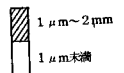


(c) 船橋市、工業地、2階建



(d) つくば市、農地、1階建

図-4 地点別、月別降下物量



取期間のプレハブ屋根流出水懸濁物濃度の経時変化の時間的平均値であると仮定し、この時間的平均値が1年間に降る他の雨についても同じであるとすれば、1年間にプレハブ屋根から流出する懸濁物の量は、「懸濁物濃度×年間降水量」で求められる。水戸地方気象台の1951年から1980年までの30年間の年間降水量の平均値は1,341mmであるから、

$$W = (41.4 + 10.5 + 0.1) \times 1.341 \times 100 = 6,973 \text{ g}$$

となり、土木研究所内では年間約7,000gの懸濁物が100㎡の屋根から流出する試算となる。

一方、降下物調査の9箇所のうち、土木研究所を除く東京近郊8箇所の単位面積当りの降下物量の365日換算値の平均値は、1μm未満42g/㎡、1μm以上2mm未満77g/㎡となっている。降下物調査では一度捕捉されたものはなかなか飛散しないような捕集器を使っており、実際に屋根に溜った降下物とは状況が異なるし、また、屋根に溜った降下物が降雨により全量流出するとは限らない。しかし、このような降下物の詳細な動きは不明であるので、ここでは測定した降下物が降雨により全量流出すると仮定して、降雨流出水の場合と同様にして、1年間に屋根から流出する懸濁物の量を求めると、

$$W = (42 + 77) \times 100 = 11,900 \text{ g}$$

となる。

プレハブ屋根以外の地点の降雨流出水及び土木研究所での降下物の測定値により、同様にして試算した結果もあわせて示すと、表-2のようになる。このような粗い推定ではあるが、オーダー的にかなり一致した結果が得られている。

表-2 100㎡の屋根もしくは敷地から1年間に流出する懸濁物の試算値(g/年)

降雨流出水	プレハブ屋根	6,973
	コンクリート屋根	18,613
	駐車場	29,234
	主に芝地	5,039
降下物	東京近郊平均	11,900
	土木研究所	9,900

注) 主に裸地についてはデータ数が少ないため省略

5. おわりに

最初に述べたように、浸透施設に流入する懸濁物をなるべく実態的に定量化する目的で調査・研究を行った。降雨流出水の採水が全くのお天気任せなど、非常に困難な作業管理を強いられたが、とにかく、いくつかの試料が採取でき、有益なデータが得られたものと考えている。今後このようなデータを使い、浸透施設の浸透能力の低減等について、定量的な把握が必要である。

なお、この調査の実施にあたっては、埼玉県、千葉県、神奈川県から絶大な協力を頂いた。厚く御礼を申し上げます。

<参考文献>

- 1) 吉本俊裕、海野仁、下家時洋、馬場隆司：浸透型施設に流入する濁質調査、土木研究所資料第2975号、1991.3