

<研究発表>

雨水対策施設の堆積物中の多環芳香族炭化水素類および重金属類の調査

○山下洋正, 尾崎正明

独立行政法人土木研究所 材料地盤研究グループ(リサイクル)

概要

雨水対策施設の堆積物中における多環芳香族炭化水素類(PAHs)および重金属類の存在実態を調査した結果, PAHs については, ビオトープ化して堆積物を除去していない期間が長く, 集水域面積/施設面積比が大きい雨水調整池の方が3~4環のPAHsをより高濃度に蓄積しており, ビオトープ化によるPAHsの分解が促進されていないと考えられた。浸透マスでは主として屋根排水のみ流入しているマスの堆積物のPAHs濃度が最も高く, 屋根への大気降下物由来の負荷が主体であるためと考えられた。重金属類については, MnおよびCoは自然由来と考えられ, 雨水調整池ではZnが多かった。浸透マスではPb, Zn, Cr, NiおよびCuが周辺土壌よりも高濃度で地点間の濃度差が大きいことから人為汚染由来と考えられた。特に屋根排水および屋根・街路排水が主として流入しているマスの堆積物において高濃度であった。

キーワード: 雨水調整池, 雨水浸透マス, 多環芳香族炭化水素類, 重金属類, 堆積物

1. はじめに

多環芳香族炭化水素類(Polycyclic aromatic hydrocarbons, 以下, PAHs)は, 発生量が多い残留性有機汚染物質であり, 我が国の広範囲の水域の底泥において汚染が確認されている。また, 重金属類は, Pb 等について土壌環境基準が制定され, Zn について水生生物に関する環境基準が制定されている。都市域の流出雨水には, 屋根・路面等に堆積した塵芥などに由来するこれらの環境汚染物質が存在しており, 雨水調整池や浸透マス等の雨水対策施設による流出抑制が河川流域への流出負荷を削減する可能性がある反面, 地下浸透や堆積土砂の移動等を通じて新たな汚染源となる可能性もある。このため, 本研究では, 雨水対策施設の堆積物中における多環芳香族炭化水素類および重金属類の存在実態を調査した。

2. 調査方法

調査は, 都市河川流域として雨水対策施設の整備が進められている鶴見川流域にて実施した。雨水調整池については横浜市青葉区に位置する黒須田2号雨水調整池および大場第三雨水調整池(横浜市環境創造局管理), 浸透マスについては横浜市都築区に位置する住宅団地の浸透マス4ヶ所および周辺土壌2ヶ所(対照)の調査を行った。調査対象流域および調査地点について Fig.1 に示す。また, 各調査地点の概要を雨水調整池について Table 1 に²⁾, 浸透マスおよび周辺土壌について Table 2 にそれぞれ示す。

試料採取方法は, 雨水調整池では流入部付近および中心付近の湛水していない2点で表層より0~10cm程度の範囲の試料を採取して等量混合したものを代表的な性状の試

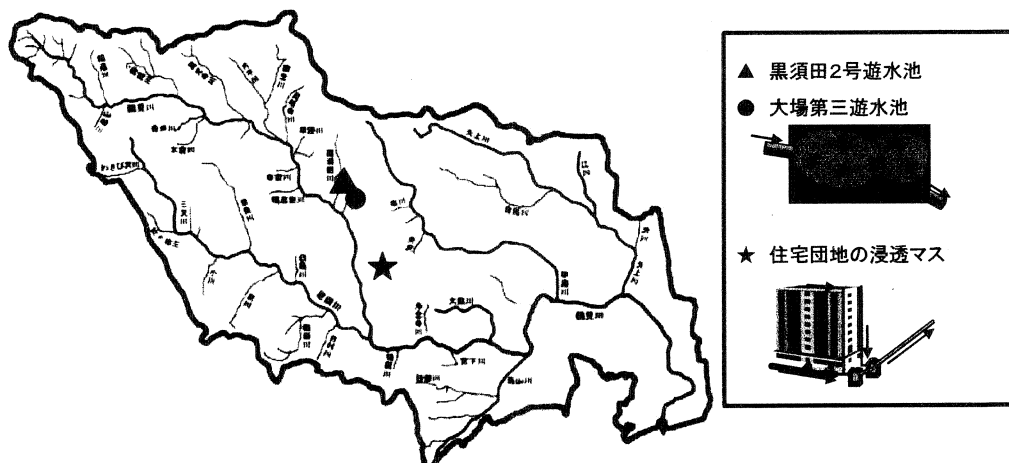


Fig.1 調査対象流域および調査地点¹⁾

Table 1 雨水調整池の概要²⁾

	集水域の 状況	面積 (m ²)	貯留量 (m ³)	集水域面積 (10 ⁴ m ²)	ビオトープ期間 (year)
黒須田2号(A)	住宅地	2,649	9,095	10.25	2.4
大場第三(B)	住宅地	1,249	2,371	9.32	11.8

Table 2 浸透マスおよび周辺土壌の概要

	集水域など	マス径 (mm)	マス深さ (cm)	堆積厚 (cm)
マス C	屋根・街路側溝	500 φ	89	30
マス D	屋根	600 φ	136	10
マス E	屋根・街路側溝(植え込みあり)	500 φ	88	10-20
マス F	透水性舗装の街路面	700 φ	125	5
土壌 G	マス E・F 付近の緑地の表層土壌試料			
土壌 H	マス C・D 付近の緑地の表層土壌試料			

料とみなして、PAHs分析用に1L(ガラス容器)、重金属類分析用に500mL(ポリ容器)それぞれ採取した。浸透マスではマス内の堆積物を3L程度採取してバット上でよく混合したものを同様に採取した。

分析方法は、重金属類については、試料を硝酸にてマイクロウェーブ分解後にICP-MS(高周波誘導結合プラズマ質量分析装置、Thermo Electron ㈱製 X-SERIES X7CCT)を用いてCr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn および Pb を測定した。PAHs については、試料をアルカリ分解後にヘキササンで液液抽出・精製してGC-MS(ガスクロマトグラフ質量分析計、Agilent Technologies 社 6890 Plus ガスクロマトグラフシステムおよび Agilent Technologies 社 5973 Network MSD)を用いてUSEPA 指定の16種を測定した。また、一般項目として、強熱減量、TOC、N および Black Carbon(スス状または元素状炭素、375℃で24時間加熱後にCN計で測定、以下BC)を測定した。

3. 結果および考察

雨水調整池の堆積物におけるPAHsの調査結果についてFig. 2(a)に示す。これより、ビオトープ化して堆積物を除去していない期間が長く(11.8年)、集水域面積/施設面積比が大きい(約75倍)雨水調整池B(大場第三)の方が、期間が短く(2.4年)、集水域面積/施設面積比が小さい(約39倍)雨水調整池A(黒須田2号)よりもPAHsが高濃度であった。また、雨水調整池Bでは、環数3のフェナントレンおよび環数4のPAHsの存在比率が高く、逆に雨水調整池Aでは環数5~6のPAHsの存在比率が高かった。一般に環数3~4のPAHsは環数5~6のものに比べて環境中でより分解されやすいとされていることから、長期間堆積している雨水調整池Bで環数3~4のPAHsが高い比率で存在することは、これらのPAHsが最近も高い割合で流入し続けていることを示唆

するものと考えられる。PAHsの主要な発生源の一つとして自動車排ガスがあげられるが、雨水調整池Bは東名高速道路や国道246号線などの交通量の多い主要幹線により近い位置にあることから、これらの自動車排ガス由来のPAHs(特に環数が少ないPAHs)が主要な負荷源ではないかと推定された。

一方、一般にPAHsは有機物に吸着して存在するとされているが、Fig. 2(b)に示すとおり、PAHsが高濃度であった雨水調整池Bの方が有機物濃度(強熱減量・TOC)が低かった。この理由として、雨水調整池Bでは長期間のビオトープ化により有機物の分解が進んでいることも考えられるが、PAHs発生源の不完全燃焼生成物の指標としてのBC(スス状炭素)の濃度も低いことから、無機的な土砂の流入割合が高いことによるものではないかと考えられた。また、長期間のビオトープ化でもPAHsの分解が促進されていない理由については、PAHsは光分解および好気条件下での生物分解を受けると考えられているが、雨水調整池の堆積物は表層より下の部分が嫌気化して黒色を呈しており、また、植生で覆われて光が表層にも十分に届かないため、これらの分解機構が働きにくいのではないかと推察された。

浸透マスの堆積物におけるPAHsについては、Fig. 3(a)に示すとおり、16種PAHsの総濃度として1.4~5.0mg/kg-dryであり、東京都内の道路側溝堆積物の報告値10~15.5(mgPAHs/kg粒子状物質)³⁾と比較してやや低めであった。主として屋根排水のみが流入しているマスDの堆積物の方が、屋根・街路排水が流入するマスC、屋根・街路排水に加えて周辺土壌の流入も多いマスEおよび透水性舗装面からの流入のみのマスFよりも全般的に高濃度であり、周辺土壌G・Hはより低濃度であった。屋根より流出する環境汚染物質は大気からの降下物が主体であるためPAHs濃度が高く、街路面や周辺土壌では土砂等と混ざり濃度が低下していると考えられた。また、堆積物量とPAHs濃度の

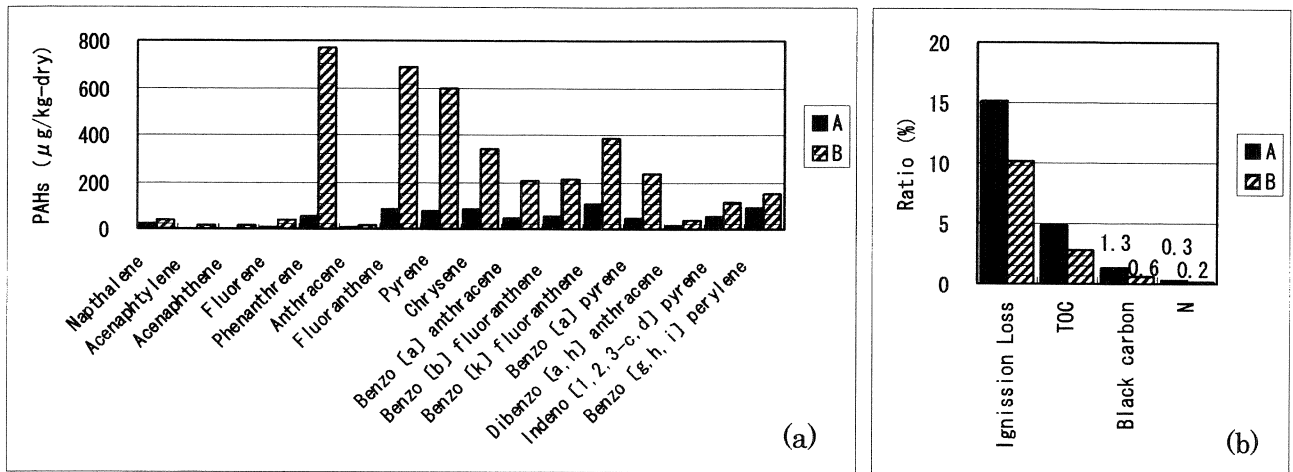


Fig. 2 雨水調整池堆積物中の(a)PAHs濃度, (b)有機物等の濃度

積より PAHs 堆積量を算出して比較すると、全般的にマスCが最大であるが、マスDも同程度に大であり、マスFが最小となった。団地内の街路は自動車交通量が少ないことおよび透水性舗装により街路面からマスFへの流入が少ないことから、PAHs 負荷が少なくなっているものと考えられた。Fig. 3(b)に示すとおり、PAHs が吸着されやすい有機物の濃度(強熱減量・TOC)については、マスFで低い以外は、マスおよび周辺土壌でほぼ同程度であったが、浸透マスとしてはマスDが最も高い値であった。PAHs の発生源の不完全燃焼由来生成物の指標としてのBC(スス状炭素)の濃度はマスDの堆積物において最も高かった。

重金属類の調査結果としては、雨水調整池では、Fig.4に示すとおり、存在量の多いものは Mn および Zn であったが、浸透マスの調査結果で後述するとおり、Mn は自然由来と考えられた。ピオトープ化して堆積物を除去していない期間が短く集水域面積/施設面積比が小さい雨水調整池Aの方が、期間が長く集水域面積/施設面積比が大きい雨水調整池Bより全般にやや高濃度の傾向であったが大差なかった。雨水調整池Bの方が高濃度であったPAHsの場合と異なり、雨水調整池AおよびBで重金属類濃度が同程度であった理由

は、自動車交通に伴う排ガスおよび路面堆積物等が重金属類の発生源の一つとされているが、遠方の交通量が多い主要幹線で発生し環境中を長距離移動して到達する量よりも、近傍で発生して流入する量の方が多く、近傍がともに住宅地で類似していたためではないかと考えられた。

浸透マスでは、Fig. 5 に示すとおり、Pb, Zn, Cr, Ni および Cu は、地点間で濃度差が大きく、周辺土壌よりもマス堆積物の方が高濃度の傾向が見られることから、人為的な汚染由来と考えられた。Co および Mn は、地点間で濃度差が少なく、周辺土壌にそれぞれ同等および同等以上の濃度で含まれていることから、自然由来と考えられた。東京都の市街化された住宅区域の浸透マス堆積物の重金属濃度(mg/kg-dry)が Cr:7~143, Mn:383~1009, Co:9~31, Ni:10~84, Cu:51~316, Zn:288~1974, Pb:24~230 との報告⁴⁾と比較して、本調査結果はほぼ同レベルと考えられた。屋根排水のみ流入しているマスDおよび屋根・街路排水が流入しているマスCの堆積物の方が、屋根・街路排水に加えて周辺土壌の流入も多いマスEや透水性舗装面からの流入のみのマスFよりも全般的に高濃度であったことから、屋根排水および街路排水由来の重金属類がマス堆積物へ蓄積

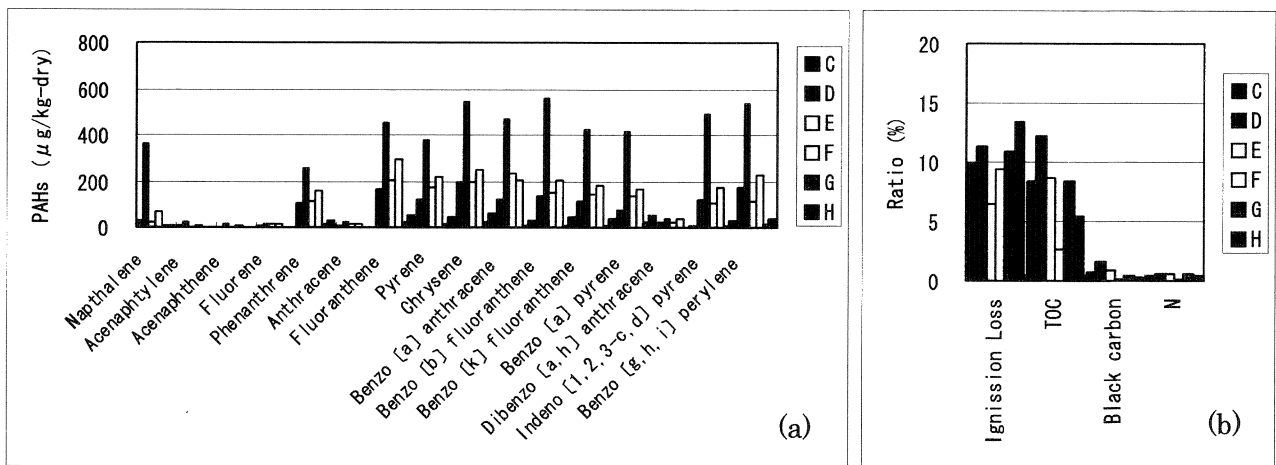


Fig. 3 浸透マス堆積物中の(a)PAHs濃度, (b)有機物等の濃度

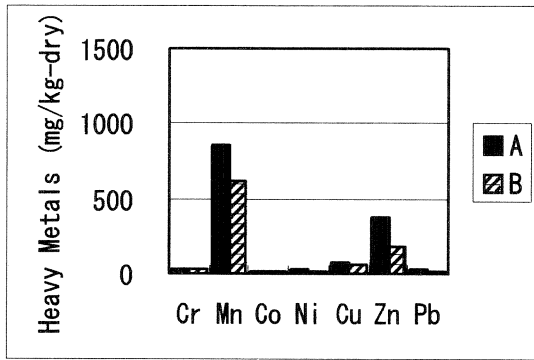


Fig. 4 雨水調整池堆積物中の重金属類濃度

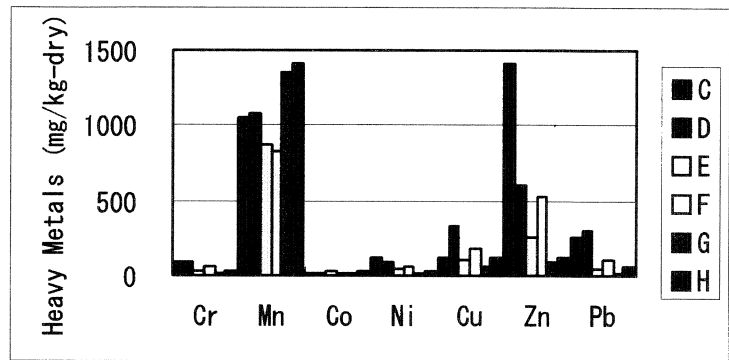


Fig. 5 浸透マス堆積物中の重金属類濃度

していると考えられた。マスCおよびDの堆積物の重金属類濃度は、Cr、Ni および Pb については同等であるが、Zn はマスCの方が、Cu はマスDの方がそれぞれ高く、屋根排水、街路排水でそれぞれ特徴が異なるものと考えられた。マスDの方が全般的に高濃度であった PAHs の場合とは異なり、マスCおよびDでいくつかの重金属類濃度が同等であるのは、屋根への大気降下物と路面発生物の堆積物が同程度の重金属類を含むためと考えられた。

4. 結論

雨水対策施設の堆積物中の PAHs および重金属類の存在実態を調査した結果、雨水調整池および浸透マスどちらについても、堆積物中にこれらの環境汚染物質の蓄積が確認された。

PAHs については、ビオトープ化して堆積物を除去していない期間が長く、集水域面積/施設面積比が大きい雨水調整池の方が3~4環のPAHsをより高濃度に蓄積しており、ビオトープ化によるPAHsの分解が促進されていないと考えられた。浸透マスでは主として屋根排水のみ流入しているマスの堆積物のPAHs濃度が最も高く、屋根への大気降下物由来の負荷が主体であるためと考えられた。PAHsの堆積量としては、屋根排水および屋根・街路排水が主として流入しているマスで最も多く、透水性舗装面からマスへ流出するPAHs量は少ないと考えられた。また、重金属類については、Mn および Co については自然由来と考えられ、それ以外では雨水調整池では Zn が多く、浸透マスでは Pb、Zn、Cr、Ni および Cu が周辺土壌よりも高濃度で地点間の濃度差が

大きいことから人為汚染由来と考えられた。特に屋根排水および屋根・街路排水が主として流入しているマスの堆積物において高濃度であった。

今回の調査により、雨水調整池および浸透マスにおけるPAHsおよび重金属類の蓄積が確認できたことから、堆積物として捕捉された後に除去・分解が行われれば、河川等への流入負荷削減にもつながることが期待できると考えられる。今後は、流域特性も考慮して雨水対策施設におけるPAHsおよび重金属類の挙動を明らかにするとともに、効果的な対策手法についても検討していきたい。

謝辞

本調査にご協力いただいた、国土交通省関東地方整備局京浜河川事務所、横浜市環境創造局および青葉土木事務所をはじめとする多くの関係者の方々に深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 鶴見川流域水マスタープラン, 2004, 鶴見川流域水協議会, p.6の図より改変
- 2) 横浜市青葉土木事務所資料
- 3) ペンシャイら(2002) 自動車排出物, タイヤおよび道路舗装材のPAHsプロファイルとそれらの側溝堆積物中PAHsへの寄与, 環境科学会誌, 15(6), pp.433-442.
- 4) ARYAL et.al.(2005) Speciation of heavy metals in infiltration inlet sediments., pp.71-72, Proceedings of International Workshop on Rainwater and Reclaimed Wastewater for Urban Sustainable Water Use