

灰溶融スラグ入りアスファルト舗装道路における 表面流出水中重金属の挙動（その2）

池田 広数 梅澤 浩二* 白子 定治
（*世田谷清掃工場）

要 旨

5%灰溶融スラグ入りアスファルト舗装道路試験区における雨水表流水中の重金属類の挙動を調査した。その結果、スラグ入りアスファルト舗装された部分とされていない部分で重金属濃度を比較した場合、両者の間に有意な差は見られなかった。

キーワード：溶融スラグ、重金属、アスファルト舗装

1 はじめに

東京23区内で発生する一般廃棄物について、可燃ごみは現在全量が焼却処理され、その焼却灰は中央防波堤外側処分場及び新海面埋立処分場に埋立てられている。一方、不燃ごみについては、破碎・減容処理された後、鉄・アルミニウム・ガラスが選別され、残さの一部は大田第二清掃工場で焼却処理され、残りは新海面及び中央防波堤外側埋立処分場に埋立処分されている。

大田第二清掃工場では、焼却灰を約1200度以上の高温で溶融した後水中で冷却し、ガラス状のスラグにする灰溶融処理を行っている。東京都では最終処分場の延命化と安定化のため、平成18年度までに23区の清掃工場から排出される焼却灰の全量溶融を達成することとしており（東京スリムプラン21）、平成18年度末までに、清掃工場敷地内などに新たに灰溶融施設が7ヶ所整備される予定である。焼却処理によってごみの体積は約1/20になるが、焼却灰を溶融して溶融スラグにすることにより、さらに容積は焼却灰の約1/2になり、重金属が溶出しにくくなり、ダイオキシン類もほとんどが分解される。

溶融スラグは新たな資源としての活用が期待されており、特に骨材としての利用が有望と言われている。溶融スラグ骨材の環境安全上の目標基準値は、土壤の

汚染に係る環境基準値と同等である。この厳しい条件に対応するため、近年溶融スラグの質は向上している。こうした状況を背景に、首都圏の自治体で生産されている溶融スラグ骨材の多くは、安価とはいえ有価で取引され、枯渇傾向にある天然骨材の代替材として活用され始めている。しかし溶融スラグ骨材は、一般の資材として認められているとは言い難い状態にあり、歩道用インターロッキングブロックなど、ごく狭い範囲でしか利用されていない。しかし都市部のひっ迫した最終処分場の事情や限りある天然資源の保護を考慮すると、有用物としてのより広範囲での認知とその活用が今後の課題となる。

このような動きを受けて、平成11年度よりアスファルト舗装の表層材骨材の一部を溶融スラグに置換し、比較的交通量の多い都道に敷設してスラグ活用の有効性を検討している。この舗装では、舗装強度等について特に問題のないことが確認されている¹⁻²⁾。しかし、アスファルト舗装された路面は、法律などで指定された溶出試験の条件と比べてはるかに過酷な条件にさらされているため、有害重金属などの環境中への溶出が懸念される。そこで、スラグを用いたアスファルト舗装表面を流れた雨水を採取し、試料中の有害重金属類濃度を測定し、その結果を以前に報告した³⁾。本報告は、その第2報である。

2 調査、測定方法

(1) 試料採取地点

試験舗装は、東京都文京区の主要地方道環状3号線(319号)言問通りの、文京区弥生1丁目地内から同区2丁目地内の言問通りと本郷通りの交差点付近で行われた。平成11年3月に、幅は道路幅で、長さ400mにわたって舗装が行われた。この400m区間を80mごとに5区間に分割し、溶融スラグ含有アスファルトの使用区間と未使用区間を交互に配置してある(図1)。この地点の交通量は、大型車が1日1000~3000台である。図1のA区、C区、E区においては、いずれも大田第二清掃工場の灰溶融施設で製造された溶融スラグをアスファルト舗装骨材として使用した改質Ⅱ型アスファルト舗装が行われた。スラグ含有率は様々な性状調査の結果から、骨材の5%に使用することになった(表1)。一方B区、D区は溶融スラグを使用していない改質Ⅱ型アスファルト舗装が行われた。試料の採取は、このうち本郷通り交差点側からの4区間(A区、B区、C区、D区)について行った。

(2) 試料の採取地点と採取方法

試料の採取地点については、各試験区間にある3~4つの雨水浸透ますのうちの1つを選んだ。また、A区

およびB区では、反対側車線においても試料を採取した(試料採取地点は図1のA、B、C、Dと反対側車線のA'、B')。また、それぞれの地点の浸透ますの寸法に合わせたプラスチック製漏斗を作成した(図2)。試料採水ピンは破損等の恐れがあるため、ガラス瓶は使用しなかった。ピンの口の部分にシリコン栓をつけ、漏斗下部と採水ピンの間をビニールチューブでつないだ。採取ピンを浸透ます底部に置き、漏斗は浸透ます上部にはめた。浸透ますに流れ込んだ雨水表流水は漏斗からチューブを通して採水ピンにたまる(舗装断面図と漏斗の位置を図3に示した)。初期雨水を採取するため、シリコン栓にY字管を取り付け、ピンが水で満たされた後、水が入らないようにした。また、降雨があった後はできるだけ早く試料の採取を行うようにした。作成したプラスチック製漏斗の上部は浸透ますの形に合わせて4角形にしてあるが、4角形の4辺のうち道路側の1辺を除いた残り3辺については途中を切断し、角だけを残した。切断された3辺の方向からの雨水の流入を防ぎ、道路側からの雨水を主に採取するためにこのような形とした。

(3) 試料の採取頻度

試料の採取はA、B、C、Dの4地点について平成12年7月から12月にかけて、合計6回行った(10月26日のAについては採取できなかった)。また、平成13年3月にはA、B両区間の反対側車線について3回試料採取を行った。結局、AとB両地点で合計9回、CとDで6回、A'とB'で3回試料採取した。

(4) 測定方法

雨水表流水についてpH、電気伝導度、重金属類濃度を測定した。重金属類についてはJIS K0102に準拠して硝酸処理を行い、ICP-MS法(誘導結合プラズマ発光

表1 試験舗装の配合割合

焼却灰溶融スラグアスファルト混合物	割合 (%)	改質アスファルトⅡ型混合物(スラグ無し)	割合 (%)
6号砕石	39.0	6号砕石	39.0
7号砕石	18.0	7号砕石	18.0
焼却灰溶融スラグ	5.0	焼却灰溶融スラグ	-
砕砂	15.0	砕砂	14.0
スクリーニングス	5.0	スクリーニングス	11.0
細目砂	14.0	細目砂	14.0
石粉	4.0	石粉	4.0
合計	100.0	合計	100.0

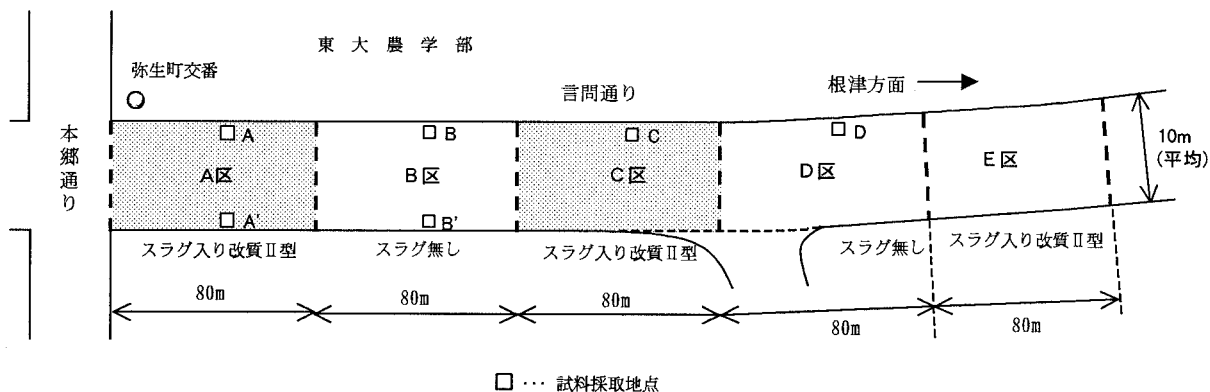


図1 試験舗装および試料採取地点の概略図

分光質量分析法)で測定した。また雨水表流水試料を5Cろ紙でろ過した試料についても、重金属類濃度を測定した。

ICP-MS装置：アジレントテクノロジー社製
Agilent-4500

3 結果

pH、電気伝導度、重金属類濃度の測定結果について表2に示した。重金属類についてはろ過あり(5Cろ紙でろ過)試料とろ過なし試料のデータの両方測定した。結果の比較には、トータル重金属量で比較するためろ過なし試料の結果を用いた。

(1) pH

年間を通じ、A、C(スラグ含む)、D(スラグ無し)は測定値が安定しており、いずれも最大値と最小値の差は1.12以下であった。一方B(スラグ無し)は、最大値と最小値の差が6.34と大きかった。11月21日の12.13という値を除いても差は2.82と大きかった。12.13と高い値を示した時は、ミキサー車等工事用車両が駐車しており、コンクリートの破片様のものが漏斗内に落下していたので、その影響があった可能性もある。

(2) 電気伝導度

電気伝導度もpHと同様に、Bのみ最大値と最小値の差が大きく、特に11月21日の3210 $\mu\text{S}/\text{cm}$ が高い値であった。10~11月の測定値は他の時期と比べると若干高い傾向にあるようである。

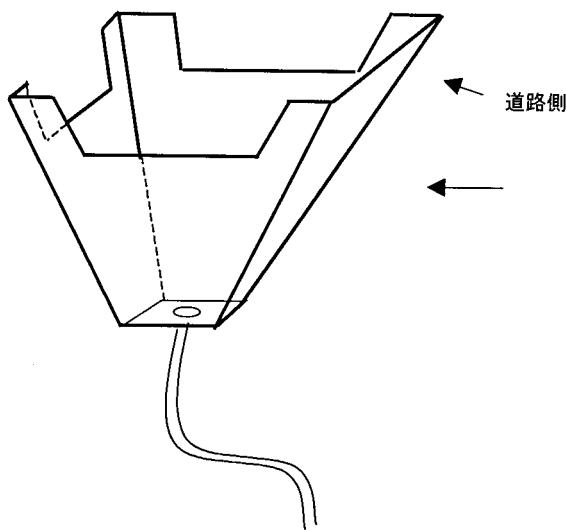


図2 試料採取用漏斗

(3) 季節の影響

いずれの項目も、年間を通しての傾向としては、10~11月頃採取した試料が他の時期の試料に比べて濃度が若干高い傾向にあるようである。時間とともに徐々に濃度が減少してゆくといった傾向は見られなかった。例として鉛の濃度の変化を図4に示した。

(4) 反対側車線との比較

平成13年3月にはA、Bに対しA'、B'という道路の反対側車線の雨水表流水について調査した。3回の調査の結果、いずれの項目についても両車線の間に差が認められなかった。

(5) pHおよび電気伝導度と重金属類濃度の関係

pHと重金属類濃度の関係については、はっきりした相関は見られなかった。また電気伝導度と重金属類についても同様であった。一方、重金属類濃度について、試料を5Cろ紙でろ過して測定した値を、ろ過していない試料について測定した値で割って100をかけた値をここでは透過率と呼ぶ。透過率は雨水中に溶存している

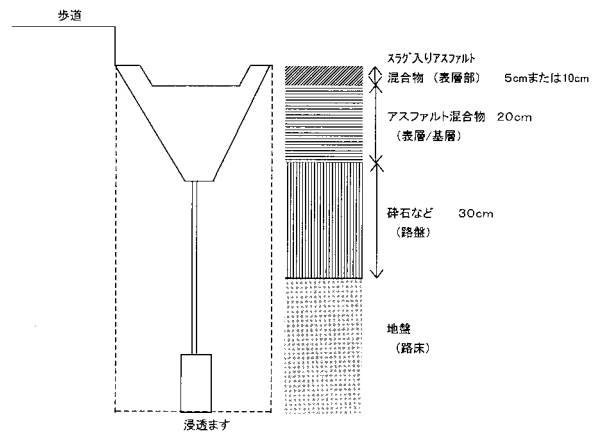


図3 舗装断面図

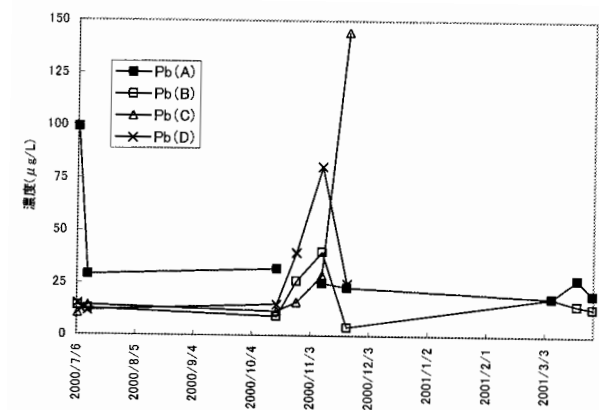


図4 鉛濃度の変化(A、B、C、D)

表2 pH、電気伝導度、重金属類濃度 測定結果

単位: 電気伝導度 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 重金属類 $\mu\text{g}/\text{L}$

試料採取日	項目	スラグ有り		スラグ無し		スラグ有り		スラグ無し	
		A	A'ろ過	B	B'ろ過	C	C'ろ過	D	D'ろ過
7月6日	pH	6.98		7.05		6.9		6.92	
	電気伝導度	280		110.5		238		159.2	
	アルミニウム	13378	194	1688	31.0	695	428	1528	82.0
	クロム	38	1.3	8.0	0.0	4.9	1.8	5.8	1.3
	マンガン	220	71.3	62.0	13.8	68.5	53.7	65.4	43.9
	銅	149	33.7	33.4	10.6	39.3	28.7	35.4	21.9
	亜鉛	1482	226	274	54.5	256	211	459	185
7月11日	pH	7.23		5.79		6.48		6.79	
	電気伝導度	238		364		160.7		102	
	アルミニウム	5139	392	2269	609.0	1459	392	1539	117.0
	クロム	16	2.0	5.7	3.8	6.0	2.2	7.1	1.8
	マンガン	91	46.9	219.3	0.9	79.0	62.2	43.7	43.8
	銅	72	25.9	43.6	28.2	42.4	21.2	37.2	22.5
	亜鉛	380	74	533	468.9	235	126	281	182
10月16日	pH	6.53		7.52		6.69		6.5	
	電気伝導度	175		1990		501		273	
	アルミニウム	2752	0	835	233.0	1423	0	1636	0.0
	クロム	11	0.7	5.1	3.2	7.4	2.9	6.8	1.5
	マンガン	82	25.2	147.9	96.2	144.9	117.5	80.6	55.5
	銅	51	18.3	40.7	13.8	95.8	42.6	46.1	20.6
	亜鉛	408	0	272	137.0	296	15	444	48
10月26日	pH	7.54		7.23		6.92		7.14	
	電気伝導度	197.7		104.7		309		305	
	アルミニウム	4017	0	4401	0.0	3121	0	8763	0.0
	クロム	11	1.5	13.4	1.5	11.2	2.7	28.0	1.5
	マンガン	109	21.8	90.9	1.6	213.9	24.8	203.9	47.3
	銅	35	10.1	51.3	14.8	71.0	27.0	121.0	26.3
	亜鉛	345	46	310	48.3	391	23	763	127
11月8日	pH	6.79		12.13		7.15		6.85	
	電気伝導度	728		3210		201		543	
	アルミニウム	5542	441	1884	262.0	24697	298	740	1018.0
	クロム	12	3.1	201.9	193.4	56.0	1.8	11.9	6.0
	マンガン	114	62.5	51.6	2.3	435.9	107.0	18.3	71.8
	銅	61	28.3	26.4	19.1	252.0	45.0	79.1	38.8
	亜鉛	325	121	18	3.7	1171	82	101	217
11月21日	pH	7.54		7.23		6.92		7.14	
	電気伝導度	197.7		104.7		309		305	
	アルミニウム	4017	0	4401	0.0	3121	0	8763	0.0
	クロム	11	1.5	13.4	1.5	11.2	2.7	28.0	1.5
	マンガン	109	21.8	90.9	1.6	213.9	24.8	203.9	47.3
	銅	35	10.1	51.3	14.8	71.0	27.0	121.0	26.3
	亜鉛	345	46	310	48.3	391	23	763	127
3月6日	pH	6.83		7.08		6.9		7.18	
	電気伝導度	349		388		370		172	
	アルミニウム	3086	116	2834	24.0	5588	87	2344	470.0
	クロム	8	3.7	9.4	2.8	15.8	2.8	7.5	3.3
	マンガン	76	48.2	91.3	50.0	126.1	57.5	56.8	28.7
	銅	64	38.1	70.7	45.5	96.1	52.4	28.5	16.0
	亜鉛	203	106	213	80.3	324	120	189	75
3月19日	pH	7.65		7.61		7.13		7.35	
	電気伝導度	309		1403		658		457	
	アルミニウム	3650	1528	2537	242.0	5663	1223	4085	798.0
	クロム	11	4.6	28.5	21.9	14.4	4.6	13.2	6.2
	マンガン	98	38.1	122.2	67.7	161.2	112.3	109.2	71.7
	銅	69	34.2	107.3	74.7	139.3	92.6	84.5	63.0
	亜鉛	338	318	195	114.6	369	205	333	200
3月27日	pH	6.95		6.82		6.84		6.63	
	電気伝導度	444		403		124		295	
	アルミニウム	2730	0	2014	1609.0	1062	0	1625	0.0
	クロム	10	4.5	7.3	3.2	5.0	1.0	7.7	2.5
	マンガン	95	66.4	69.7	47.5	41.0	23.3	52.3	29.8
	銅	73	38.9	62.7	33.1	32.0	22.9	40.8	24.9
	亜鉛	254	0	127	314.0	139	0	217	0
3月27日	pH	7.54		7.23		6.92		7.14	
	電気伝導度	197.7		104.7		309		305	
	アルミニウム	4017	0	4401	0.0	3121	0	8763	0.0
	クロム	11	1.5	13.4	1.5	11.2	2.7	28.0	1.5
	マンガン	109	21.8	90.9	1.6	213.9	24.8	203.9	47.3
	銅	35	10.1	51.3	14.8	71.0	27.0	121.0	26.3
	亜鉛	345	46	310	48.3	391	23	763	127
3月27日	pH	6.79		12.13		7.15		6.85	
	電気伝導度	728		3210		201		543	
	アルミニウム	5542	441	1884	262.0	24697	298	740	1018.0
	クロム	12	3.1	201.9	193.4	56.0	1.8	11.9	6.0
	マンガン	114	62.5	51.6	2.3	435.9	107.0	18.3	71.8
	銅	61	28.3	26.4	19.1	252.0	45.0	79.1	38.8
	亜鉛	325	121	18	3.7	1171	82	101	217
3月27日	pH	7.54		7.23		6.92		7.14	
	電気伝導度	197.7		104.7		309		305	
	アルミニウム	4017	0	4401	0.0	3121	0	8763	0.0
	クロム	11	1.5	13.4	1.5	11.2	2.7	28.0	1.5
	マンガン	109	21.8	90.9	1.6	213.9	24.8	203.9	47.3
	銅	35	10.1	51.3	14.8	71.0	27.0	121.0	26.3
	亜鉛	345	46	310	48.3	391	23	763	127

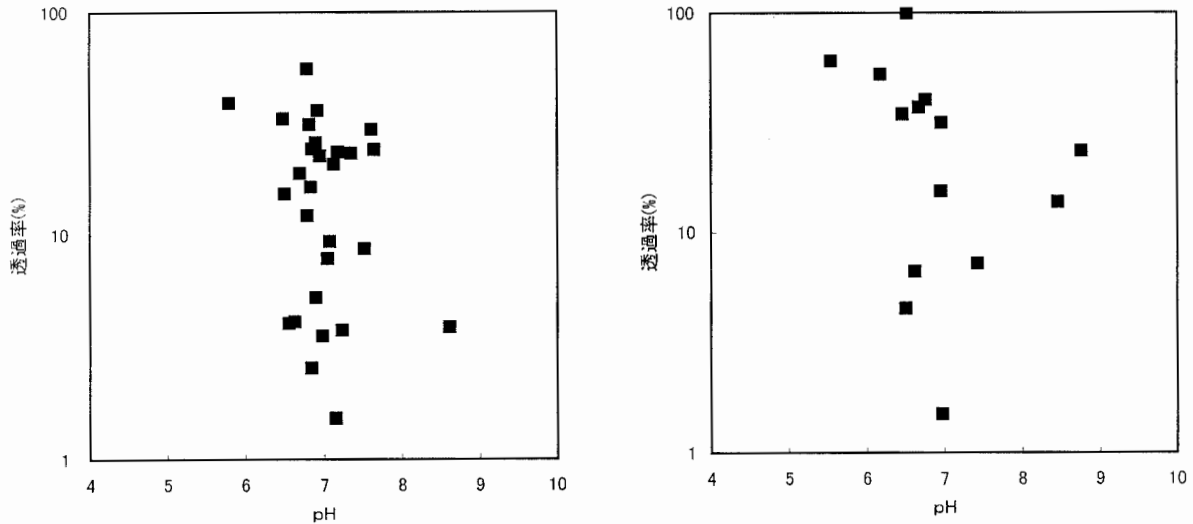


図5 鉛の透過率の比較 (左：昨年度結果 右：平成10年度結果)

重金属類の濃度を示すものと考えられる。以前の報告ではpHと重金属類の透過率には関係があり、雨水の酸性が強い場合に重金属類が溶出しやすくなると報告した。しかし、今回の調査ではそうした傾向は見られなかった。(例：図5 鉛の透過率の比較)

(6) 重金属類濃度の試験区間の比較

1回ごとの測定結果、例えば7月6日試料の測定値を見ると、鉛やクロムに関して明らかにAだけが数値が高く、また7月11日と10月16日についても同様であり、Aが他の測定点より高い傾向にあると思われた。しかし、それ以降この傾向はなくなり、逆にBやDのほうが高い数値を示すこともあった。そこで、試験区間の間に差があるかどうか比較するため、アルミニウム、クロム、マンガン、銅、亜鉛、鉛の各項目の平均値の差についてt検定を行った。危険率5%で判定した結果、AとB、AとC、AとD、BとC、BとD、CとDすべての比較においていずれの項目の差にも有意なものはなかった。前回の報告では一部の区間で有意な差が見られたが、今回はそれがなかった。前回の調査では、AとBの間に差が見られず、AとDの間では項目によっては差が認められた。この舗装現場は、A区、B区は平坦で、C区からD区にかけてはゆるやかな下り坂となっている。したがって、C区の雨水表流水がD区の方に流れてゆく可能性は無いとはいえない。しかし、今回は試料採取用漏斗の3辺の途中を切断し、周囲からの影響(例えばAとBの間でどちらかの区間の雨水表流水がもう一方の雨水と混合するといったこと)を避けている。今回の調査

ではAとBの比較、CとDの比較、AとDの比較、いずれにおいても有意な差は見られなかった。つまり、この舗装現場においては、スラグを含むアスファルト舗装区間とスラグを含まない舗装区間で雨水表流水中の重金属濃度には差がないと考えてよいと思われる。

4 おわりに

今回の調査は平成12年7月から13年3月にかけて行った。その結果、以下のことがわかった。

- (1) 時期による雨水表流水中の重金属類濃度の違いについては、10～11月の時期に採取した試料が他の時期の試料と比べると若干高い傾向にあった。
- (2) 反対側車線との比較をスラグを含むA区と含まないB区について行ったが、差は見られなかった。
- (3) pHや電気伝導度と重金属類濃度の間に相関は見られなかった。また、以前報告したようなpHと透過率の明確な関係は認められなかった。
- (4) スラグを含むアスファルト舗装をした区間とそうでない区間(A区、B区、C区、D区)で雨水表流水中の重金属類濃度を比較した結果、どの区間の項目の平均値にも有意な差は見られなかった。

今回の舗装は5%スラグ含有アスファルト舗装であったが、性状調査などの結果からスラグ混合率を増加した試験舗装も可能と考えられる。また、熔融スラグの有効利用という点からも、今後はスラグ含有率のさらに高い試験舗装が行われる可能性があり、重金属等の溶出について今後も注意を払ってゆく必要がある。

参考文献

- 1) 焼却灰溶融スラグを混合したアスファルト舗装の性状委託調査報告書, 東京都清掃局, (平成11年3月)
- 2) 鈴木勲、武本敏男: 焼却灰溶融スラグのアスファルト混合物への適用, 東京都土木技術研究所年報, pp. 99-106, (1999)
- 3) 梅澤浩二ら: 灰溶融スラグ入りアスファルト舗装道路における表面流出水中重金属の挙動について, 平成10年度東京都清掃研究所研究報告, pp105-109, (1999)

Heavy Metals in Rain Water from the Surface of Asphalt Road including Incineration Ash Molten Slag (II)

Ikeda Hirokazu, Umezawa Kouji* and Shirako Sadaharu

(*Setagaya Incineration Plant)

Summary

Asphalt mixture including 5% of incineration ash molten slag was used experimentally to pave the test road. At the test road, two kinds of area were prepared. One was the area where molten slag was used as a material to pave the road, and the another one was the area where slag was not used. Rain water flow from the surface of the road was respectively collected at the edge of the road by arranging the equipment to collect rain water. We measured the concentration of heavy metals in collected rain water by ICP-MS method. As a result, there was no difference of the concentration of heavy metals between two cases.