

焼却灰を使用したブロック等からの重金属等の溶出について

福岡市環境局 高木信紘 田中 衛
○山崎敏隆

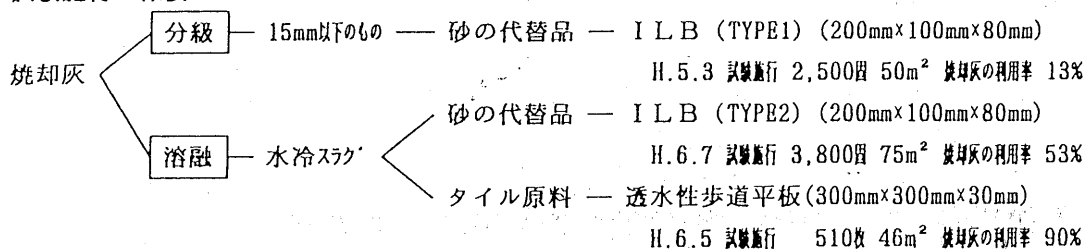
1. はじめに

都市ごみの焼却処理に伴って発生する焼却灰は、その殆どが埋立処分されているが、最終処分場の用地確保は今後ますます困難になることが予想されている。焼却灰は市の埋立処分廃棄物の約半分を占めていることから、埋立場の延命化を図るために焼却灰の有効利用を図らなければならない。

有効利用にあたっては、排出量に見合う大量で、しかも安定した需要が確保できる建築、土木資材を目標としている。技術的には焼却灰を原姿のまま利用する方法と熔融処理した水冷スラグを利用する方法の両方について検討し、焼却灰やスラグを骨材代替品として使用したインターロッキングブロック（以下ILB）及びタイルの原料とした透水性歩道平板（以下平板）を試作し、強度等の物性と溶出試験等をクリアーしたので、小規模ながら試験施行している。

試験施工では長期的な耐久試験と合わせて雨水による長期的な影響、特に重金属等の流出を2年以上に亘って調査し継続している。

2. 試験施行の概要



ILB及び平板の材料配合比と物性を下の表に示した。

単位体積当たりのkg

種類	配合	水 (W)	セメント (C)	細骨材 (S)	粗骨材 (G)	焼却灰	スラグ	AE 剤	キレート 剤	曲げ強度 kg/cm ²
通常品		90	420	1,100	650	—	—	3.2	—	66
ILB TYPE1		92	424	770	656	322	—	3.2	0.4	54
ILB TYPE2		102	423	—	677	—	1,344	2.5	—	50

透水性歩道平板の配合比			透水性歩道平板の物性				
水冷スラグ %	無機系ハイン ター %	有機系成形助剤 %	吸水率 %	曲げ強度 kgf/cm ²	曲げ破壊荷重 N/cm	磨耗減量 g	透水係数 cm/sec
90	10	2~3	9.8~10.4	50~57	290~370	0.05~0.09	0.01~0.02

3. 調査方法

焼却灰やスラグは鉛等の重金属を含有しているので、使用製品の環境への影響を判定する方法として「金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める総理府令」の埋立基準に準じて判断する溶出試験の方法と雨水による長期的な影響を見るため、試験施工区の雨水浸透水を回収して水質調査する方法で行った。

(1) ILB

○溶出試験 焼却灰、スラグ、試作のILB及び比較のため既存品のILBについて重金属9項目の含有成分と製品の安全性として鉛等の6項目の溶出試験（環境庁告示13号）を行った。

○降雨による長期的洗い出し試験 長期的には酸性雨等による重金属の流出も考えられるので、焼却灰

入りILB (TYPE1) と試験施工区の底部の一部にシートを敷き浸透雨水を回収する集水区 (2m×1m, 100個) を設けて毎月1回水質を調べている。集水区の地下砂に海砂を使用したためその影響と区別するため、ILB (TYPE1) だけのものの曝露台 (1m×1m, 50個) を施工場所横に置き、同じように雨水を回収し水質を調べた。ILB (TYPE2) のものはスラグを使用したため流出は無いものと判断した。

(2) 透水性歩道平板

○浸せきによる試験 スラグ及び平板は13号の溶出試験ばかりでなく、酸性雨を想定して低いpH2.5の液 (蒸留水を塩酸で調整したもの) に同重量比で一昼夜浸せきして重金属9項目アルカリ金属及びアルカリ土類金属4項目、陰イオン3項目の流出を調べた。

○降雨による長期的洗い出し試験 長期的には酸性雨等による平板からの重金属の流出を見るためILBと同じように集水区を設けた。また一部に下地砂の代替としてスラグを利用したため、下地に山砂を利用した区とスラグを使用した2つの集水区を設けて、その雨水を回収して平板とスラグ両方からの重金属9項目と陰イオン3項目の流出を調べた。

なお、試験に使用したスラグ及び平板は製鉄メーカーの協力の基に、西部工場 (ストーカー式) の焼却灰を塩基度 (CaO/SiO₂) 1に調整し、コークスベットの溶融炉で水冷スラグとした。このスラグに無機バインダー等を合わせて窯業メーカーの窯で1,100℃3時間焼成して平板を製作した。

4. 調査結果

(1) ILB

焼却灰等の重金属含有量を表-1に、その溶出試験結果を表-2に示した。焼却灰にはかなりの重金属が含まれ、特にPbが溶出試験で埋立基準値の0.3mg/ℓあったため、利用にあたってキレート剤を添加する必要があった。製品としたILBではこの基準値を満足していた。長期的な雨水の影響を表-3に示した。2年以上経過した今でもFe以外の重金属の流出は見られ無い。Cl⁻、SO₄²⁻は初期の段階では数百mg/ℓの濃度で流出したが、半年を過ぎると数十mg/ℓまで低下したので、特に問題は無いと考えられる。この陰イオン流出の2/3が下地の海砂のもので1/3がILBからの流出であった。

表-1 焼却灰等の重金属含有量 (μg/g)

項目	T-Hg	Cd	Pb	As	Cu	T-Cr	Zn	Mn	Fe(%)
焼却灰	2.9	3.3	1,200	16	2,100	310	1,800	1,000	11.7
スラグ	<0	10	200	100	1,200	50	900	1,500	7.5
ILB (type1)	<0	2.1	180	<0	32	5	171	-	-
ILB (新製)	<0	1.5	32	3	3	3	110	-	-

表-2 焼却灰等の溶出試験 (環境庁告示13号による方法) (mg/ℓ)

項目	T-Hg	Cd	Pb	As	Cr ⁶⁺	PCB	CN
焼却灰	<0.0005	<0.02	0.3	<0.05	<0.02	<0.0005	<0.1
スラグ	<0.0005	<0.02	<0.1	<0.05	<0.02	<0.0005	<0.1
ILB (type1)	<0.0005	<0.02	<0.1	<0.05	<0.02	<0.0005	<0.1

(2) 透水性歩道平板

表-4に示すように、浸せきでは浸せき水のpHが中性になりスラグや平板が塩基性であることが判った。また、この試験ではT-Cr、Mn、Fe、Alは低濃度であるが流出したが、T-Crについては平板製造時の焼成工程 (1,100℃) 時にCr⁶⁺が生成する可能性が危惧されたが、Cr⁶⁺ではないことを確認した。表-5に示すように試験施工区では1年を経過してもFe以外の重金属の流出は見られない。下地のスラグと山砂の差は全くなかった。SO₄²⁻の流出は平板自体のもので1年過ぎても数百mg/ℓの流出が継続している。この原因は浸

せき試験でNa⁺の流出増加からも判るように平板製造時に約1割添加したNa₂SO₄系の無機バインダーの影響と考えられる。

表-3 ILB集水区の水質結果 (mg/ℓ)

採水日	pH	CuPb MnCr	Cd	Fe	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	採水日	pH	CuPb MnCr	Cd	Fe	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
H5. 4.29	11.5	0.0	0.00	0.6	310	190	11.12	9.5	0.0	0.00	1.3	35	41
5.17	11.9	0.0	0.00	2.5	380	200	H6. 1.14	9.3	0.0	0.00	1.5	5	7
6.17	11.1	0.0	0.00	1.6	250	160	4.16	9.2	0.0	0.00	0.8	21	29
6.29	11.4	0.0	0.00	2.2	300	170	5.11	9.2	0.0	0.00	1.6	17	37
7.05	11.1	0.0	0.00	0.4	140	140	6.10	9.0	0.0	0.00	0.8	10	7
7.19	11.1	0.0	0.00	2.4	30	50	7.08	9.0	0.0	0.00	1.0	5	9
8.05	10.2	0.0	0.00	1.2	100	130	8.10	9.0	0.0	0.00	1.6	11	25
9.06	9.8	0.0	0.00	1.6	150	160	11.11	9.1	0.0	0.00	1.8	23	49
10.01	9.3	0.0	0.00	1.3	15	23	H7. 2.02	9.4	0.0	0.00	1.0	10	23

表-4 浸せき水 (pH2.5) の水質結果 (mg/ℓ)

項目	pH	Cu	Pb	Cd	Cr	Zn	Mn	Fe	Al	As
水冷スラグ	7.8	0.0	0.0	0.00	0.3	0.0	0.0	0.5	0.7	0.00
透水性平板	8.6	0.0	0.0	0.00	0.6	0.2	0.6	2.5	0.5	0.00
項目	T-Hg	Na ⁺	Ca ²⁺	Ka ⁺	Mg ²⁺	項目	Cl ⁻	F ⁻	SO ₄ ²⁻	
水冷スラグ	<0.0005	49	1,200	22	80	スラグ (埋立)	3	0	67	
透水性平板	<0.0005	207	230	8	2	平板 (埋立)	6	0	520	

表-5 透水性歩道平板 (下地スラグ) の集水区の水質結果 (mg/ℓ)

採水日	pH	Cu	Pb	Cd	Cr	Zn	Mn	Fe	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
H6. 6.10	10.8	0.0	0.0	0.00	0.1	0.0	0.3	9.6	31	160
7.08	9.7	0.0	0.0	0.00	0.0	0.1	0.3	9.7	45	150
8.10	8.8	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	1.3	50	230
11.11	8.7	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	1.7	82	520
H7. 3.08	8.7	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	1.5	60	410
6.08	8.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	1.0	43	200

5. まとめ

- ①2年を経過しても、全量の7分の1に焼却灰を利用したILBから重金属の流出は見られない。特に高アルカリでの流出を危惧していたPbについても環境への影響は今のところ無いと考えられる。
- ②平板からはかなりのSO₄²⁻の流出が見られたが、重金属の流出は見られない。SO₄²⁻の溶出は無機系バインダーの一部が未溶融になっているため流出したと考えられる。これは同時に平板の白華の原因でもあった。
- ③下地に使用したスラグからの重金属の溶出も認められなかったため、締め固め度さえ改善できれば、下地砂として十分利用できる。
- ④重金属を含む焼却灰を利用した製品の環境への影響評価の基準として、土壌の汚染に係る環境基準について (環境庁告示46号) の考えもあるので、焼却灰の有効利用を促進するためには早急にこれら製品の安全性の評価基準を設定することが望まれる。