

226 ばい焼灰の土木資材化技術の開発

Development of reuse technology of roasted ash for the construction materials

○中川 武志(三重大学) 井上 吉一(三重中央開発) 松村 豪(川島工業)
正 奥野 敏(三菱重工) 山本 洋民(三菱重工) 仙波 範明(三菱重工)

Takeshi NAKAGAWA, Mie University, Kamihamacyo 1515, Tsu
Yoshikazu INOUE, Mie Central Development, LTD
Tuyoshi MATSUMURA, Kawashima Industry, LTD.
Satoshi OKUNO, Mitsubishi Heavy Industries, LTD.
Hirotami YAMAMOTO, Mitsubishi Heavy Industries, LTD.
Noriaki SEMBA, Mitsubishi Heavy Industries, LTD.

We developed the new technology for ash treatment, ash roasting. This method is more economical and easier of maintenance than ash melting. This paper describes the outline of reuse technic of roasted ash for the construction materials, for example, aggregate. We find that roasted ash have a good points in support strength and handling. Using this material, we can make a strong paved street. The recycle material from roasted ash, we call Koka 21, is already applied for a lot of road constructions in Mie prefecture.

Key Word : Roasting Furnace, Aggregate, Ash, Leaching of heavy metals, Road construction

1 はじめに

近年、最終処分地の逼迫から、焼却灰の再利用、資源化が求められている。このような背景から、筆者らは、より安価でメンテナンスに優れた資源化技術として、廃棄物焼却灰の焙焼技術を開発した⁽¹⁾。この技術によって得られる焙焼灰を、再利用すべく実施した路盤材への適用試験の結果および灰中 Pb 含有量低減試験の結果について報告する。

2 焙焼の特徴

焙焼とは、焼却灰を融点以下の温度に加熱することにより、溶融することなく、ダイオキシンを分解するとともに、重金属のうち溶出しやすい塩化物形態のものを揮散させる技術である。

灰を溶融温度以上でスラグ化する溶融炉に比べて、灰の処理コストが廉価であるメリットをもつ。本研究における路盤材適用試験の供試料には、三重中央開発(株)の焙焼炉で処理された焼却灰を用いた。

3 路盤材への適用試験

3.1 製造方法

供試料である焙焼灰の概観を図1に示す。



図1 焙焼灰概観

本リサイクル路盤材料の製造方法は、次のようなものである。

焙焼灰に骨材(碎石等)を加え、少量の加水を行いながら攪拌する。灰と骨材の容積比は 2:1 程度で、骨材は、混合後の材料が適切な粒度分布となるようなものを加える。適切な加水と攪拌を行うことにより、材料は扱いやすい粒状性を帯びるとともに、飛散しにくくなる。本材料の土質的特性(土質試験結果)を表1に示す。

本材料は、道路の下層路盤または上層路盤として使用できる(図2)。また、もちろん駐車場や工場敷地等の路盤として使用することが可能である。

表1 焙焼灰混合路盤材料の土質的特性

試験項目	内容	結果
粒度試験	れき分	54%
	砂分	36%
	シルト・粘土分	10%
締固め	最大乾燥密度	1.803 g/cm ³
	最適含水比	12.7%
修正 CBR		150



図2 路盤施工状況

3.2 路盤材料としての特性

本材料および締固めによって硬化した状態のサンプルを図 3 に示す。

この路盤材料は、以下の長所をもつ。

- ① 締固め(転圧)により硬化し、(時間経過とともに支持力が増加し、)高い支持力が得られる。
- ② 締固めなければ、硬化は始まらず、保管可能である。
- ③ 雨天時にも施工可能であり、支持強度が得られる。
- ④ 従来の碎石による路盤形成と同様に、敷き均し、転圧作業が可能である。

また、リサイクルの面から、次の 2 点が挙げられる。

- ⑤ 灰の使用比率が大きく、大量にリサイクル使用することができる。
- ⑥ 固化した路盤も再リサイクル性をもち(コンクリートのようにはならないため)、碎石や盛土等への転用が可能である。

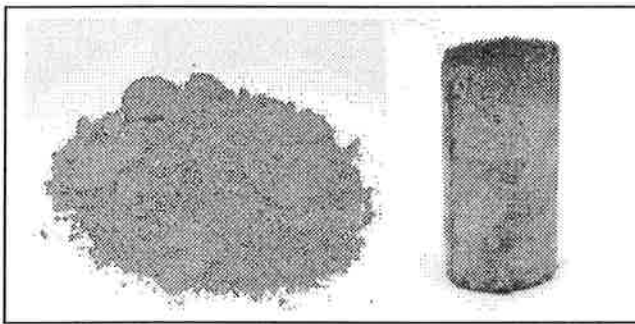


図3 焙焼灰混合路盤材料と固化状態サンプル

本材料は、締固めによって硬化し、高い支持力が得られる。表 2 に、平板載荷試験による路盤支持力の測定結果(経時変化)を示す。また、図 4 に試験の状況を示す。

支持力は、締固め直後から、すでに碎石による従来路盤を上回っている。その後、1 週間程度で大きく上昇し、1~2 週間程度で安定する。この経時変化の状況は、初期の締固め条件、気温、含水比等の影響を受けるが、従来路盤の 2 倍程度、またはそれ以上の支持力が得られる傾向は一定している。

なお、表 2 は、バージン碎石を加えた RM-30 という仕様についての結果であるが、再生碎石を加えた仕様、熔融スラグを加えた仕様についての試験も行っており、これらも、RM-30 と同程度の路盤の支持強度が得られている。

表 2 締固め後の路盤支持力の経時変化

路盤締固め機種		圧縮強度 (kg/cm ²)		
		施工直後	15hr 後	1 週間後
焙焼灰 混合試料 (RM-30)	コンパクト	33.2	54.2	64.1
	4tローラ	31.5	58.9	72.1
	10tローラ	34.3	63.1	82.2
粒調碎石 (M-30)	4tローラ	26.4	←	←
	10tローラ	28.6	←	←

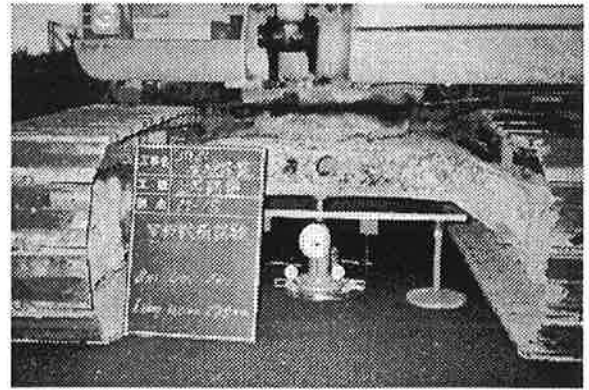


図 4 平板載荷試験による路盤支持力測定

3.3 安全性の評価

本材料を使用した路盤形成に関して、材料自身の溶出試験を定期的に行い、安全性を確認しているほか、施工時の周辺環境に対する影響の確認も行った。

表 3 は、溶出試験結果の例である。また、施工区間側溝における水質の継続調査も実施している。調査において、問題となる水質状況は認められなかった。また、植生への影響調査も実施した(図 5)。この調査でも、とくに問題となる状況は見られなかった。

これらの結果から、本路盤材料(商品名:コカ21)は、性能、安全性等が評価され、昨年 9 月に三重県認定リサイクル製品(名称:コカ21 RM-30)として登録され、着実に施工実績を伸ばしつつある。

表3 溶出試験結果(環告 46号)

項目	結果	土壤環境基準
Hg	<0.0005	<0.0005
Cd	<0.01	<0.01
Pb	<0.01	<0.01
Cr ⁶⁺	<0.01	<0.05
As	<0.001	<0.01
シアン	<0.05	<0.01
Se	<0.001	<0.01

(単位:mg/L)

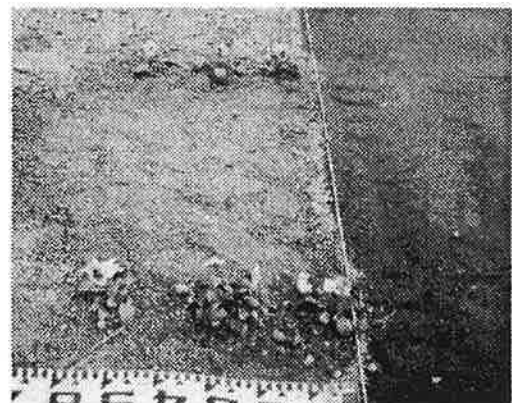


図5 植生試験による影響評価

3.4 高強度路盤のもつ可能性

道路の路盤は、通常、粒度調整砕石を用いて、形成され、敷き均しの後、締め固めを行うが、コンクリートのように強度を発揮できるものではない。これは道路建設の経済的理由および掘返しやすさを確保するものと考えられるが、路盤が弱いと道路表層も傷みやすく、定期的な舗装(修復)工事が必要となる。

本材料による路盤は、リサイクル製品でありながら高強度であるため、道路が傷みにくく、

① 同じ強度なら、道路の構造を簡素化できる。

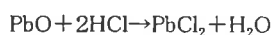
② 保守が低減され、維持コストが低減される。

と考えられ、性能面でも有望な商品と言える。

また、本材料は、必要に応じてさらに支持強度を高く設定することも可能である。さらに、加える骨材に再生砕石、熔融スラグ等をも使用でき、道路(路盤から表層)をリサイクル品のみで建設できる可能性を持つとともに、コスト低減などへの幅広い対応が可能と考えている。

4 Pb 低減方法の検討

前述したように、焙焼とは、重金属のうち溶出しやすい塩化物形態のものを揮散させる技術である。これまでの重金属に関する無害化の基準は、主に溶出に拠っていたが、土壤環境基準の改定に見られるように、今後重金属類の含有量についても考慮していく必要が考えられる。そこで、比較的含有量が多いPbについて、対応しうる技術開発を目的として、塩素を添加し、揮発しやすい塩化物とすることにより、含有量を低減する方法を検討した。



具体的には、以下に示す試験装置により、塩素が存在する雰囲気中で加熱することにより、灰中のPb含有量の変化を調べた。

4.1 試験方法

試験装置を図6に示す。管状電気炉に焼却灰を設置し、約1050℃に加熱した。塩素添加形態は、塩化水素またはトリクロロエチレンとし、加熱前後の焼却灰中のPb含有量を測定した。なお、Pb含有量の測定は、(1)底質調査法と(2)環告19号法の2つの方法により実施した。

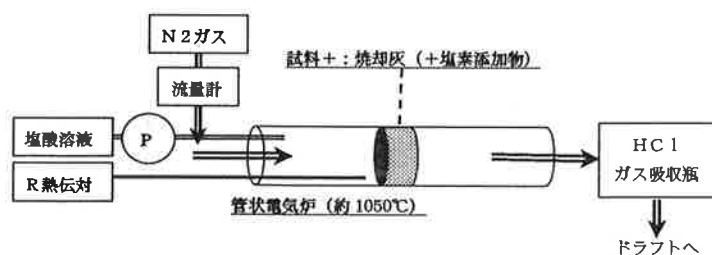


図6 試験装置

4.2 試験結果

図7に試験結果を示す。(含有量の分析方法は底質調査法である。)

塩素添加がない焙焼のみの条件でPbの含有量は778mg/kgから483mg/kgに減少する(Run1)。これは、焼却灰中に元来存在しているPbCl₂が揮発したものと考えられる。また、塩素の添加量が増加するにしたがって、Pb含有量が減少することが明らかとなり、塩素添加によりPbCl₂が生成しているものと推測される。図7に添加した塩素がすべてPbと反応し、含有量低減に寄与したと仮定した場合の理論線を示す。今回の試験では、添加した塩素の約40%がPbと反応していると考えられる。

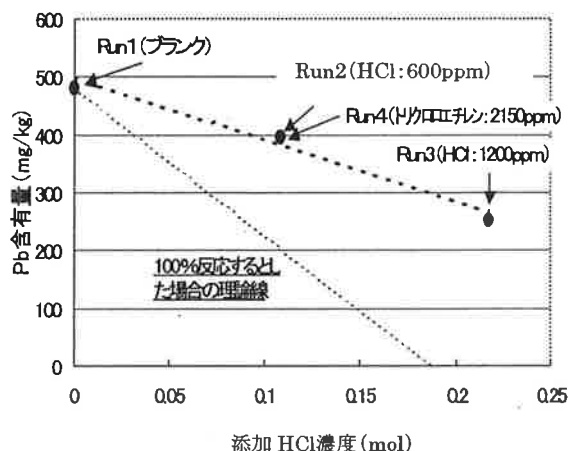


図7 塩素添加試験の結果

加熱処理後の灰中ダイオキシン類の濃度は、どの試料についても土壤環境基準値の1ng-TEQ/g-dry以下となる結果であった。加熱処理前後を比較すると、加熱処理することで大幅に試料中のダイオキシン類を低減させることができた。また、塩素添加によるダイオキシン濃度の差異は認められなかった。

また、底質調査法と環告19号法の結果を、原料灰およびブランクのRun1の分析値と比較すると、

底質調査法 原料灰:778ppm, Run1:483ppm
環告19号法 原料灰:74.8ppm, Run1:11.4ppm

という結果であった。その他の結果もすべて前者の値が大きく、後者は前者の2~10%程度の値であることが明らかとなった。

5 おわりに

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

- (1) 熔融より安価な資源化方法である焙焼炉で処理した灰の用途として、路盤材を検討し、通常の方法よりも強度に優れた材料を開発することに成功した。
- (2) 重金属の溶出等の安全性も確認され、昨年9月より三重県認定リサイクル製品に登録され、実際の道路施工に用いられている。
- (3) 重金属含有量低減方法として、塩素添加を検討し、ラボ試験にてPbの含有量低減効果を確認することができた。

参考文献

- (1) 本多他, 第12回環境工学総合シンポジウム講演論文集, pp236-238 (2002)