

土 木 研 究 所 資 料

公共事業における試験施工のための他産業再生

資材試験評価マニュアル案

平成11年9月

建設省土木研究所材料施工部

新 材 料 開 発 研 究 官

Copyright © (1999) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

公共事業における試験施工のための他産業再生 資材試験評価マニュアル案

土木研究所 材料施工部

新材料開発研究官

猪 熊 明

要 旨

環境保全、資源の有効利用、処分地の不足などから各製品・資材はその生産、利用、廃棄の流れに再生利用を取込んで循環系を構築しようとしている。そうした努力にもかかわらず各製品・資材の循環系で処理できない他産業再生資材を公共事業に適用することは、今後循環系社会を形成する上で重要な課題である。本マニュアル案は、当面の他産業再生資材の利用促進のために品質・利用の試験評価方法を取りまとめたものである。

キーワード：リサイクル、再生資材、品質、試験評価、公共事業

公共事業におけるリサイクル材利用の技術・品質に関する検討委員会委員名簿

(平成11年7月1日現在 順不同、敬称略)

座 長	猪熊 明	建設省土木研究所材料施工部 新材料開発研究官
委 員	中杉 修身	環境庁国立環境研究所化学環境部 部長
"	坂本 宏	前通商産業省工業技術院資源環境総合技術研究所 首席研究官 (平成11年3月まで)
"	綱島 群	通商産業省工業技術院資源環境総合研究所 素材資源部長 (平成11年4月から)
"	長谷川直司	建設省建築研究所第二研究部 材料環境研究室長
"	藤原 宣夫	建設省土木研究所環境部 緑化生態研究室長
"	尾崎 正明	前建設省土木研究所下水道部 汚泥研究室長 (平成11年3月まで)
"	森田 弘昭	建設省土木研究所下水道部 汚泥研究室長 (平成11年4月から)
"	池田 拓哉	建設省土木研究所道路部 舗装研究室長
"	大下 武志	建設省土木研究所材料施工部 施工研究室長
"	三木 博史	建設省土木研究所材料施工部 土質研究室長
"	明嵐 政司	建設省土木研究所材料施工部 化学研究室長
"	河野 広隆	建設省土木研究所材料施工部 コンクリート研究室長

建設省	前田 陽一	建設省大臣官房 大臣官房技術調査室 事業評価調査官
"	片脇 清士	建設省土木研究所材料施工部 部長

事務局	坂本 浩行	財団法人土木研究センター技術研究所調査試験二部 部長
"	大久保健治	財団法人先端建設技術センター企画部 参事 (平成11年3月まで)

目 次

	頁
第1編 共通事項	3
1. 総 説	3
1.1 目 的	3
1.2 適用範囲	3
1.3 用語の定義	3
2. 再生資材の品質と適用	10
2.1 品質	10
2.2 環境安全性	10
2.3 適用	11
3. マニュアル案の構成	15
3.1 マニュアル案と参考資料の考え方	15
3.2 マニュアル案の章の構成	15
4. 今後の課題	16
第2編 個別再生資材のマニュアル案	17
1. 一般廃棄物、一般焼却灰	19
1.1 熔融固化処理	19
1.1.1 舗装の路盤材料への適用	23
1.1.2 アスファルト舗装の表基層用骨材への適用	29
1.1.3 コンクリート用骨材（現場施工コンクリート）への適用	32
1.1.4 コンクリート用骨材（コンクリート工場製品）への適用	36
2. 一般焼却灰と下水汚泥の混合物	40
2.1 焼結粉碎セメント化処理	40
2.1.1 コンクリート工場製品への適用	41
3. 下水汚泥	47
3.1 熔融固化処理	47
3.1.1 舗装の路盤材料への適用	49
3.1.2 アスファルト舗装の表基層用骨材への適用	51
3.1.3 コンクリート用骨材（現場施工コンクリート）への適用	51
3.1.4 コンクリート用骨材（コンクリート工場製品）への適用	53
4. 石炭灰	55
4.1 熔融固化処理	55
4.1.1 工場製品（ブロック等）への適用	57

5. ガラス	58
5.1 粉砕処理	58
5.1.1 舗装の路盤材料への適用	61
5.1.2 アスファルト舗装の表層用骨材への適用	62
5.1.3 樹脂系舗装の表層用骨材への適用	66
5.1.4 インターロッキングブロック用骨材への適用	68
5.2 粉砕焼成処理	69
5.2.1 建築資材（タイル・ブロック）への適用	69
6. 古紙	72
6.1 粉砕熱圧処理	72
6.1.1 コンクリート型枠への適用	72
7. 木材	75
7.1 粉砕処理	75
7.1.1 マルチング材・クッション材への適用	77
第3編 個別再生資材マニュアル案参考資料	81
1. 一般焼却灰	84
1.1 焼結・焼成固化処理	84
1.1.1 舗装の路盤材料への適用	85
1.2 熔融固化処理	88
1.2.1 埋戻し材への適用	88
2. 一般焼却灰と下水汚泥の混合物	91
2.1 焼結粉砕セメント化処理	91
2.1.1 現場施工コンクリートへの適用	94
3. 下水汚泥	97
3.1 焼却焼成固化処理	97
3.1.1 舗装の路盤材料への適用	98
3.1.2 工場製品への適用	98
4. 石炭灰	102
4.1 粉砕処理	103
4.1.1 アスファルト舗装用フィラーへの適用	103
4.2 セメント固化処理	105
5. ゴム（廃タイヤ）	106
5.1 粉砕処理、ゴム再生処理	106
5.1.1 アスファルト舗装用骨材（添加材）への適用	107
5.1.2 工場製品（ブロック等）への適用	110
6. プラスチック	111

6.1 粉砕処理, プラスチック再生処理	111
6.1.1 アスファルト舗装用改質材への適用	112
6.1.2 アスファルト舗装用骨材への適用	113
6.1.3 工場製品(擬木、杭)への適用	115
第4編 付属資料	117
1. 土壌の汚染に係る環境基準について(環境庁告示第46号、平成3年8月)	119
環境庁環境法令研究会編集、中央法規出版:環境六法、平成10年版	
2. 一般廃棄物の熔融固化物の再生利用の実施の促進について	125
厚生省「生衛発第508号」、平成10年3月	
3. 建設事業における他産業リサイクル材の実態調査アンケート	131
4. 再生資材に対する「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」の適用について	143
ー有価物と廃棄物の区別ー	
5. JIS K 0060 産業廃棄物のサンプリング方法	147
(財)日本規格協会発行(平成9年5月31日 第6刷)	

第1編 共通事項

1. 総 説

本マニュアル案は、平成10年7月31日に発足した「公共事業におけるリサイクル材利用の技術・品質に関する検討委員会」の6回にわたる委員会での検討・審議を経てとりまとめられたものである。

1.1 目 的

本マニュアル案は、資源の有効利用や環境保全を促進するために、建設工事以外から発生する他産業の再生資材を公共事業の試験工事に受け入れる場合の、個別再生資材の試験評価利用技術を取りまとめたものである。他産業再生資材を用いる場合には構造物に要求される性能を満足するために必要な品質を確保し、環境面での安全性、繰返し再生利用性に留意する必要があるが、本マニュアル案はそのための試験評価方法を具体化した。

この分野の研究は最近始まったものが多く十分な技術的蓄積に欠ける。したがって、本マニュアル案は、現時点で技術・品質面において課題の少ない再生資材の試験施工を適切に行い、資源の有効利用等に資すると同時に、計測等により技術的な蓄積を図ることを目的としている。

1.2 適用範囲

建設省所管の直轄事業において、他産業再生資材等を試験施工に利用する場合に適用する。本マニュアルは文献などを基に他産業再生資材の特に環境安全性に力点を置いてまとめられている。環境安全性以外の構造的な安全性等については現場技術者の判断に負う所も多い。また、環境安全性についても未解明な点も多くあるので、施工に当り試験計測を行うこと、適用先として当面の間は比較的重要度の低い構造物とすることなどの配慮をする場合に用いる。なお、不明な点は「公共事業におけるリサイクル材利用の技術・品質に関する検討委員会」の土木研究所の担当委員に問い合わせることとする。

本マニュアル案は、技術・品質面で課題の少ない再生資材の試験施工を行い計測等により技術的な蓄積を図るためのものであるから、既に法令等により品質基準が定められている場合や試験評価方法、流通経路が定められている場合には適用しない。

1.3 用語の定義・説明

(1) 第1編共通事項

・再生資材

再生資材とは、再生資源のうち再生資源化施設等で製造されて再生利用できる資材をいう。ここでいう再生資材は、原則として「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」（昭和45年法律第137号）で定義する「廃棄物」は含まないものとする。

・再生資源

再生資源とは、一度使用されもしくは使用されずに収集・廃棄された物品、もしくは副産物のうち有用であって原材料として利用できるもの、もしくは利用できる可能性のあるものをいう。

- ・ 新材

新材とは、使用する資材のうち再生資材以外の新しい原材料をいう。

- ・ 副産物

副産物とは、土木建築工事、製品の製造等に伴い副次的に得られた物品をいう。

- ・ 建設産業再生資材

建設産業再生資材とは、建設工事から発生する再生資源を原料とする再生資材をいう。

- ・ 他産業再生資材

他産業再生資材とは、建設工事以外から発生する再生資源を原料とする再生資材をいう。

- ・ 繰返し再生利用性

繰返し再生利用性とは、建設事業の資材として利用した、他産業再生資材が利用後の解体等の建設工事に伴い建設副産物として発生した際に、これを建設産業再生資材として繰返し利用する際の性状をいう。

- ・ 環境安全性

開発行為による土、生物などの環境に及ぼす影響が、人の健康を保護し生活環境を保全するのに支障のない性質をいう。

- ・ 土壌の汚染に係る環境基準

環境基本法（平成5年法律第91号）第16条第1項による土壌の汚染に係る環境上の条件につき、人の健康を保護し、および生活環境を保全するうえで維持することが望ましい基準として、溶出試験における25成分の環境上の条件（溶出基準）を定めている基準をいう。

- ・ 溶出試験

固形物質中に含まれる有害成分を、一定の条件で溶出させ定量する試験をいう。

- (2) 第2編個別再生資材マニュアル案

- 1) 焼却灰・下水汚泥

- ・ 下水汚泥焼却灰

下水汚泥焼却灰は、下水汚泥を脱水し焼却して得られた灰のことである。大別すると石灰系焼却灰と高分子系焼却灰があり、前者は焼却の前プロセスである脱水時に消石灰、塩化第二鉄等の凝集剤を添加したものである。後者は、脱水前に高分子系凝集剤を添加したものである。

- ・ 一般焼却灰

清掃工場等の焼却炉から排出される一般廃棄物の焼却灰をいう。

- 2) ガラス・古紙・木材

- ・ ガラスカレット

ガラスびん等を分別して細かく砕き粒度選別したものをいう。

- ・ 古紙

一度使用された紙あるいは製紙メーカーから出荷された後、再生利用する目的で回収された紙をい

う。未使用の紙でも不要となって印刷、製本工場等から回収されれば古紙に含まれる。

- ・ **パーク堆肥**

パーク堆肥は樹皮に鶏糞や尿素などの窒素源を添加して発酵腐熟させたものである。樹皮（水分40～50％）1 tあたり50kg程度の鶏糞と硫酸あるいは尿素を10～20kg混ぜ、水分を50～60％にしてコンポスト化している。

- ・ **マルチング材**

土壌の保温、乾燥防止、防草、侵食防止などのために、パーク、わら、ビニルシートなどの各種資材で土壌表面を被覆する方法をマルチングといい、これらの資材をマルチング材と呼ぶ。

- ・ **リターナブルびん**

一升びんやビールびん、牛乳びんなど、繰り返し使用されるガラスびんをいう。生きびんともいう。

- ・ **ワンウェイびん**

一度使っただけで使い捨てにされるガラスびんをいう。

3) 溶融固化、焼結等

- ・ **溶融スラグ**

一般には、金属の溶融プロセスで生成する非金属物質（鉍滓）あるいは溶接部に生じる非金属物質をいう。ここでいう溶融スラグは再生資源を溶融炉で溶融した時の融液を冷却して得られ、冷却方法により水砕スラグ、空冷スラグ等に分類される。

- ・ **水砕スラグ**

融液を水中に投入することにより得られるガラス質で細粒状のスラグをいう。

- ・ **空冷スラグ**

融液をそのまま放冷することによって得られるスラグをいう。なお、放冷時の温度コントロールを行い、結晶化を高めた徐冷スラグもある。

- ・ **ガラス質スラグ**

融液を急速に冷却すると、凝固点に達しても特に異常な体積変化を起こさずに冷却されて、過冷却液体となる。この過冷却液体がある温度（ガラス転移点）まで冷却され、結晶化しないまま硬化してガラス状態の固体になったスラグをいう。

- ・ **結晶化スラグ**

融液をゆっくり冷却すると、融点で融液は固化し結晶体となる。理想的な結晶では原子はどこまでも規則的に配列している。結晶化スラグは、融液を温度制御しながら徐冷することにより得られるスラグをいう。

- ・ **残灰**

ストーカ式焼却などにおいて火格子下に残った灰をいう。

- ・ **焼結**

粉体を融点以下あるいは一部液相を生じる温度に加熱した場合に、焼き締まってある程度の強度

を持つ固体になる現象をいう。

- ・焼成

原材料を成形したものを焼結させることをいう。ここでは、焼結品（一次製品）を原材料として、それに添加剤を加え成形し、炉で焼結させることをいう。

- ・飛灰

廃棄物等の焼却の際に排ガスとともに移動して集塵機等に捕集される細かい灰をいう。

- ・焼結粉碎セメント

都市ごみ焼却灰を主原料とし、下水汚泥等の都市型総合廃棄物や石灰石などの天然原料を用いて成分調整した調合原料を、回転窯等によって1,300℃以上で焼成し、得られた半熔融状態の焼結物（クリンカー）に石膏などを加えて冷却粉碎して製造されたセメントをいう。

- ・焼却残渣熔融方式

ごみの焼却処理によって排出される残渣（焼却灰、飛灰）を、燃料の燃焼熱や電気から得られた熱エネルギー等により、概ね1,200℃以上の高熱条件下で無機物を熔融する方式をいう。

- ・ガス化熔融方式

ごみを熱分解し、発生ガスを燃焼するとともに、灰、不燃物等を熔融する機能を有する熔融方式をいう。熱分解と熔融を一体で行う方式と分離して行う方式がある。

- ・回転式表面熔融炉

燃焼加熱熔融方式の一種であり、灰は回転式の外筒と内筒からなる炉本体の外筒と内筒の間に供給され、バーナーによる燃焼によって灰の内側表面を熔融させる炉をいう。外筒が回転することで灰は炉の全周から供給され、炉体を保護する断熱材の役割も果たす。

- ・反射式表面熔融炉

反射式表面熔融炉は、バーナーで炉内温度を1,400～1,450℃で加熱昇温し、炉内の焼却残渣を表面から熔融する炉をいう。

- ・輻射式表面熔融炉

輻射式表面熔融炉は、バーナーを使用してその輻射熱を利用して炉内温度を1,400～1,500℃に昇温し、炉内の焼却残渣を表面から熔融する炉をいう。

- ・旋回流式熔融炉

旋回流式熔融炉は、上部より旋回熔融部、スラグ分離部、スラグ拔出部で構成され、旋回熔融部において流動床飛灰を1次空気とともに旋回を与えて炉内に吹き込み、バーナー（ブタンガス）により瞬時に加熱熔融（飛灰温度より約100℃高温）し、2次空気を吹き込み、フローパターン、燃焼特性をコントロールする炉をいう。

- ・ロータリーキルン式熔融炉

ロータリーキルン式熔融炉は、バーナーで灯油等を燃焼させ、ロータリーキルン内に定量供給された焼却残渣を輻射および揮発効果で加熱熔融する炉をいう。

- ・コークスベッド式熔融炉

コークスベッド式溶融炉は、上部から焼却残渣と共にコークス、石灰石を投入し、コークスの燃焼熱により焼却残渣を溶融する方式の炉をいう。

- ・交流アーク式溶融炉

交流アーク式溶融炉は炉上部の電極に電圧を加え、炉底部のベースメタルの間に高温(3,000～5,000℃)のアークプラズマを生成し、このエネルギーで1,500℃程度に加熱し、ベースメタル上の焼却残渣を溶融する炉をいう。

- ・交流電気抵抗式溶融炉

交流電気抵抗式溶融炉は、炉上部の電極に交流電圧をかけ、焼却残渣の溶融スラグに電流を流す。溶融スラグが電気抵抗体となり、電気抵抗熱(ジュール熱)を発生させ、その熱で約1,500℃に溶融スラグを保持し、溶融スラグ上層焼却灰等(カバリング灰)を輻射熱、熱伝導で溶融する炉をいう。

- ・直流電気抵抗式溶融炉

直流電気抵抗式溶融炉は、炉上部にある一本の電極と炉底の導電性耐火物を介してベースメタル間に直流電圧を加え、焼却残渣の溶融スラグに電流を流し、溶融スラグ自体の電気抵抗熱により焼却残渣を溶融する炉をいう。

- ・プラズマ式溶融炉

電気エネルギーにより作動ガスを高温・高密度のプラズマ化し、被溶融物(灰)を溶融する炉をいう。プラズマの発生方式(交流方式、直流方式)やプラズマトーチの材質(銅、黒鉛)あるいは通電方式などの異なった数種の炉形式がある。

- ・誘導式溶融炉

鉄鋼用の誘導炉を応用したもので、本体は耐火物製の炉体と誘導コイルから構成される。誘導コイルに低周波電流を通電すると電磁誘導作用で炉内の導電体(鉄銑やメタル)にジュール熱が発生する。この伝導体と被溶融物(灰)を接触させ溶融する炉をいう。

- ・シャフト炉式ガス化溶融炉

ごみの乾燥・熱分解から溶融までをシャフト炉と呼ばれる円筒縦型の炉本体で行い、熱分解ガスを燃焼室で燃焼させる方式の炉をいう。

- ・キルン式ガス化溶融炉

回転ドラム(ロータリーキルン)を用いてごみを熱分解し、発生した熱分解ガスとチャー(未燃の炭素分)の燃焼によってチャー中の灰分を別の溶融炉で溶融する方式の炉をいう。

- ・流動床式ガス化溶融炉

流動床炉を用いてごみを熱分解し発生した熱分解ガスとチャーの燃焼によってチャー中の灰分を別の溶融炉で溶融する方式の炉をいう。

4) 道路

- ・アスファルト舗装要綱

アスファルト舗装に関する材料・設計・施工の標準をまとめたもの。アスファルト舗装を設計、

施工するための技術的指針である。社団法人日本道路協会より発行され、建設省事業で一般に用いられる。

・セメントコンクリート舗装要綱

コンクリート舗装に関する材料・設計・施工の標準をまとめたもの。コンクリート舗装を設計、施工するための技術的指針である。社団法人日本道路協会より発行され、建設省事業で一般に用いられる。

・簡易舗装要綱

アスファルト舗装要綱によらない簡易な構造の舗装で、通常、表層および路盤から構成され、表層の厚さが一般に3~4cm程度の簡易舗装を設計施工するための技術的指針である。社団法人日本道路協会より発行され、建設省事業で一般に用いられる。

・インターロッキングブロック

インターロッキングブロック舗装用のブロックで、高振動加圧即時脱型方式によって製造されるコンクリート製のブロックをいう。このブロックは、路盤上にクッション砂を置いて敷設し、目地に砂を充填して施工される。隣り合うブロックのかみ合いによって荷重を分散する機能を有しており、かみ合い効果を得るために、側面に波形を設けたものが一般的であるが、ストレートのタイプのものもある。

・改質材

重交通道路の流動対策などアスファルト舗装の性質を向上させるためにアスファルト舗装に添加する材料をいう。改質材には、ゴム、熱可塑性エラストマーなどがあり、添加されたアスファルトを改質アスファルトという。

・下層路盤

舗装の路盤が二種類以上の層で構成されるときの下部の層をいう。

・上層路盤

舗装の路盤が二種類以上の層で構成されるときの上部の層をいう。上層路盤はアスファルト舗装の表層・基層あるいはコンクリート舗装版の下にあり、作用する応力も下層路盤に比べて大きい。

・締固め度

路床、路盤から基層、表層までの各層の施工に際して材料を締め固める程度を表す度合いをいう。通常、基準密度に対する百分率であらわす。

・修正CBR

路盤に用いる碎石や砂利、砂など粒状材料の強度を表す指標で、JIS A 1211に示す方法に準じて3層に分けて各層92回の突固めで求めたときの、最大乾燥密度に対する所要の締固め度に相当するCBRをいう。締固め度は通常3層92回突固め時の乾燥密度の95%とする。

・等値換算係数

アスファルト舗装を構成する各層に適用される材料、工法ごとに、層厚1cmが強度的に表層基層用加熱アスファルト混合物の厚さ何cmに相当するかを示す値をいう。

5) コンクリート、地盤

・エポキシ樹脂塗装鉄筋

静電粉体塗装法を用いてエポキシ樹脂塗装を施した鉄筋をいう。

・メーソンリー工事

コンクリートブロック工事、れんが工事、石工事などの組積工事を総称していう。さらに組積以外に敷き並べあるいは張りなどの工法も含まれる。

6) その他

・表乾比重

表面乾燥状態の骨材の質量を同じ容積の水の質量で除した値をいう。

・吸水率

吸水飽和した骨材中の水の質量と固体部分の質量の比をいう。一般に百分率で表す。

・再生ゴム

加硫ゴムを物理的または化学的に処理して再び粘着性と可塑性とを与え、原料ゴムや未加硫ゴム生地と同様の目的に利用できるようにしたものという。またこのような状態にすることを加硫ゴムを再生するという。

2. 再生資材の品質と適用

他産業再生資材受入れにあたっては、品質、環境安全、経済性、供給量等の条件を満たす必要がある。このうち、品質と環境安全性の基本的な考え方を以下に示す。

2.1 品質

他産業再生資材を用いる場合には、構造物に要求される性能を満足するために必要な品質を確保することが必要である。また、他産業再生資材の利用にあたっては、環境面での安全性、繰返し再生利用性に留意する。

資材の品質については、通例環境安全性は品質の一種として含まれると考えられる。しかし、再生資材の場合、環境安全性に影響を及ぼす物質が混入されている可能性があるため、第2編、第3編で個別資材の「試験評価方法」を記述する際にはまず「環境安全性」について、次に「(その他の)品質」について別々に記述している。

また、第2編、第3編の「(その他の)品質」については従来から用いられている基準類を「準用する」という記述方法を多用しているが、これは現行基準類を用いて問題がないという意味ではない。本来ならば構造上の安全性・耐久性等の評価は、再生資材にはそれ固有の方法を採用しなければならないことが多い。例えば建設副産物のコンクリート再生骨材は、通常骨材の品質基準とは部分的に異なる基準を用いる必要があることがわかっている。本マニュアルではこうした構造上の安全性等については一部未解明なところもあり、現場技術者は十分注意しなければならない。

2.2 環境安全性

(1) 試験方法

再生資材の環境安全性の評価基準としては、含有量と溶出量による方法がある。含有物の中には含有するが溶出しない成分がある。このため「土壌の汚染に係る環境基準」などは溶出量による基準を用いている。したがって、現状では再生資材を使用する場合の環境安全性の基準は再生資材が使用される状態での溶出量を基準にすることを原則とする。

再生資材の環境安全性についての一般的な基準は現在定められていない。しかし、厚生省が一般廃棄物の焼却灰溶融スラグの再生利用について通達（一般廃棄物の溶融固化物の再生利用の実施の促進について、平成10年3月26日、生衛発第508号）を行っている。また、環境庁審議会で審議（第17回廃棄物部会、平成10年6月22日）している。これらの状況によれば、1,200℃以上で溶融固化した廃棄物溶融スラグについての溶出基準は「土壌の汚染に係る環境基準」（平成3年8月23日、環境庁告示第46号）の数値を用い、溶出成分はカドミウム、鉛、六価クロム、砒素、総水銀およびセレンの6項目としている。溶融スラグ以外の材料についても安全サイドを考えて再生資材自体が土壌の環境基準を満足しなければならないという考え方が示されているが、環境への影響のおそれのより少ない条件・利用形態の場合、その基準については、別途検討することとされている。

有機材料（ゴム廃タイヤ、廃プラスチック等）については、近年、環境ホルモン等の問題もあるが、現在のところこれらに関する安全性確認の公的な基準が定められていない。次善の策として、確認試験は「土壌の汚染に係る環境基準」の溶出試験を必要に応じて行う。

（2）試験の頻度

再生資材を利用する場合、定期的に溶出試験を行いその適合性を確認する。試験頻度は、定まったものではなく、今後の課題である。一般的な動向として、再生資材の利用が行われている期間中は1ヵ月に1回程度溶出試験を行うこと、再生資材の利用に先立ち利用前1年間程度の溶出試験結果を製造者に提出してもらうことなどで、安全性の確認を行うことが望ましい。

（3）再生資材の使用過程における評価の時期

再生資材の環境安全性は、再生資材原料の流通もしくは使用過程のできるだけ上流側で確認する。これを用いた製品（混合物等）については、原料の安全性が確認されていれば原則として行わなくてもよい。原料では確認できないような製品の場合、例えば焼結粉砕セメントをコンクリート工場製品に使用する場合では、セメントモルタルの固化体や工場製品で試験を行う。この場合には、製品になる過程などを考慮の上適用条件を限定する。

（4）地域的環境条件の違いと試験方法

「土壌の汚染に係る環境基準」での、溶出条件はpH5.8～6.3で行うこととしている。したがって、適用する箇所の環境条件がpH5.8程度以下の酸性環境において使用する場合や酸性雨の影響を受ける場合などは、その場所の環境条件に応じて溶出試験を行い安全性を確認する必要がある。

（5）事前・事後処理

試験施工を行なう際には、あらかじめ適用する箇所が「土壌の汚染に係る環境基準」を満足しているかを調べておかなければならない。これにより、事後に重金属が検出された場合に再生資材に起因するか否かを確認することができる。また、pHについても同様に事前に調査し、調査結果を（4）に従い試験方法に反映させる。

事後においては、将来的な繰返し再生利用の可能性も考え、管理者は記録を保存しておく必要がある。

2.3 適用

各種再生資材の技術開発状況や使用実態等の現状を調査し、技術の概要を整理したものが表－1である。再生資材の適用に当たって一般的に留意する事項を以下に述べる。

再生資材は原料に廃棄物を用いることから、新材に比較して高価か低品質かである場合が多い。こうした条件下で再生資材の利用を進めることを品質の面から考えると「適用先の調整」という方法が有力であることがわかる。例えば表－1の一般焼却灰と下水汚泥をセメント化した速硬型セメントは、塩分含有量が多く新材と同等の品質ではないが、無筋コンクリートに限定して用いることにより構造上使用可能となる。また路盤材としての品質を確保できない再生資材は、盛土材に用いるなどの方法が考えられる。

経済性との関連では、再生資材が新材に比べて高付加価値を有している場合がある点に留意する。例えば、ガラスカレットをアスファルト舗装の表層骨材として用いると、光の反射率が高いことから夜間の道路線形などの視認性が良くなる。また木くず等を粉砕・熱圧処理した板を型枠として用いると自然木材のものより耐久性が良くなり繰り返し使用回数が増えることなどが報告されている。こうした場合、経済性の比較に際して付加価値を勘案する必要がある。付加価値の内容によっては、再生資材の価格が新材よりも高価であっても利用できると考えられる。

いずれにせよ技術情報が少ない場合には適用先としてより重要度の低い構造物を選定することに留意する。

表-1 再生資材の適用

No.	再生資材原材料	適用箇所	施工例 ^{※2}		利用にあたっての主な注意事項
	処理方法		国	県	
1	一般焼却灰	・舗装の路盤材 ・アスファルト舗装用骨材 ・コンクリート用骨材（埋め戻し材）^{※1}	7	32	・現状では、実績が少ないので交通量区分の少ない道路舗装に用いられている ・現状では、1,200℃以上で熔融したものをを用いている。 ・繰り返し再生利用の視点からさらに検討を要する。このため配合率の上限を定めることが多い。 ・アスファルト舗装の骨材として用いる場合は、アスファルトとはく離の問題から、混合量は10%以下にすることが望ましい。 ・舗装の路盤材等では大量に使うので材料の供給性を確保する必要がある。 ・埋め戻し材に使用する場合は、地下水位に注意する必要がある。
	熔融固化処理（焼結焼成処理） ^{※1}				
2	一般焼却灰＋下水汚泥の混合物	・焼結粉碎セメント工場製品（現場施工）^{※1} ・その他	-	-	・速硬型セメントは、施工条件によっては、硬化時間調整のために凝結遅延剤を用いる。 ・現場打設コンクリートでは、環境安全性に配慮する必要がある。 ・速硬型セメントは、塩化物イオンが「コンクリートの総量規制」以上含有しているので無鉄コンクリートに限定する必要がある。
	焼結粉碎処理				
3	下水汚泥	・舗装の路盤材 ・アスファルト舗装用骨材 ・コンクリート用骨材	2	36	・一般焼却灰と再生資材原材料は異なるが、熔融あるいは焼結したものの製品は、ほぼ同様に考えてもよいと思われる。
	熔融固化処理（焼結粉碎処理） ^{※1}				
4	石炭灰	・コンクリート工場製品等（アスファルト舗装用フィラー）^{※1}	4	4	・熔融および焼結処理については、国内では技術開発段階である。 ・石炭灰は比較的 안전한材料ということで、各種の使われ方が各分野で検討されているが、重金属溶出の点から環境安全性にさらに配慮する必要がある。 ・原産地の炭種により石炭灰の品質に差異がある。
	熔融固化処理（セメント固化処理） ^{※1} （粉碎処理） ^{※1}				
5	ガラスカレット	・路盤材 ・アスファルト舗装用骨材 ・樹脂系舗装用骨材	8	32	・ガラスカレットを舗装の表層材に用いると光を反射するので交通安全に寄与する。 ・繰り返し再生利用の視点からさらに検討を要する。このため配合率の上限を定めることが多い。 ・アスファルト舗装の骨材として用いる場合は、アスファルトとはく離の問題から、混合量は10%以下にすることが望ましい。
	粉碎処理 粉碎焼成処理				

6	ゴム（廃タイヤ） （粉砕処理） ^{注1}	（アスファルト舗装用骨材） ^{注1} （工場製品） ^{注1}	5	17	・廃タイヤのゴムチップを表層骨材に用いると路面の凍結抑制効果が得られる。 ・繰返し再生利用の観点からさらに検討を要する。 ・現在、公的な環境安全性試験がない。 ・プラント混合時の混合物の臭気が発生することが懸念される。
7	古紙 粉砕熱圧処理	・コンクリート型枠	3	3	・鋼製型枠と比較して耐久性（転用回数）は良くない。 ・コンクリート型枠として、形状寸法の精度が要求される重要構造物には使わない。
8	木材 粉砕処理	・マルチング材	-	7	・原材料は自然に由来するものなので、中間処理等で添加材等を加えなければ安全である。 ・建築廃材は防腐剤などが処理されているので安全性に懸念がある。 ・マルチング材として使う場合は、火災等に注意する必要がある。 ・性能評価に関する評価基準の設定が課題である。
9	廃プラスチック ^{注1} （粉砕処理） ^{注1}	（アスファルト舗装用改質材） ^{注1} （アスファルト舗装用骨材） ^{注1} （工場製品） ^{注1}	1	4	・熱可塑性樹脂などをアスファルトに溶解して使う場合は、性能アップになる。この場合樹脂の選別が必要となる。 ・樹脂等の有機物は無機物に比べて耐候性が劣る。自然に曝露されるような箇所では用いたものの繰返し再生利用については、力学的安全性の面から制約を受ける。 ・各種の樹脂が混在している状況では、品質にばらつきがあり、使い難いので分別して使う必要がある。 ・高温加熱時の有毒ガスの発生が懸念される。

注1）（ ）内は個別再生資材マニュアル案参考資料（第3編参照）

注2）平成10年度の建設省アンケートによる施工例の数

3. マニュアル案の構成

3.1 マニュアル案と参考資料の考え方

他産業再生資材を利用する時、特に注意を要するのは、再生資材を用いることによって二次公害を引き起こさないようにするという環境安全性である。その他の品質特性は、その特性にあった適用先を探すことなどにより解決される場合が多い。現在のところ再生資材の環境安全性に関する水準については明確に定まったものはない。しかし厚生省からの一般焼却灰溶融スラグの再生利用に関する平成10年3月の通達があるので、それを参考により安全側を考えて当面土壌の環境基準を準用するのが妥当と考えられる。

現時点での課題は、環境安全性の試験を複数回行った場合、ほとんど基準を満足するが、数%不合格になるなどの再生資材に対する確率的な評価基準が定まっていないことにある。

このため本マニュアルでは、以下のように区分した編の構成とした。第1編は共通事項を記述し、第2編は環境安全上より信頼性の高い再生資材を記述した。環境安全性の判断については、環境安全性に関する試験だけでなく、

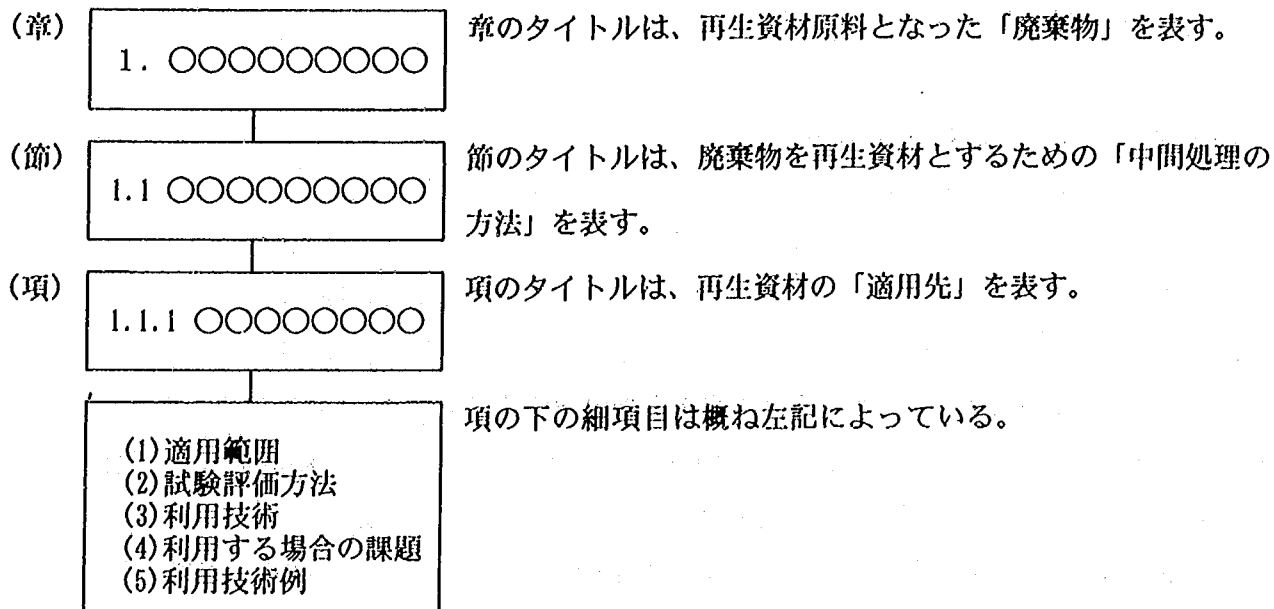
- ① 経験的・理論的に溶出しにくい再生処理を施した場合（例、厚生省より通達されている溶融固化処理）
- ② 源廃棄物の環境安全面での有害性が少ない場合（例、自然由来で重金属汚染等がない木・紙等、安定型最終処分材料であるガラス等）

などを条件にし、条件に合う信頼性の高い再生資材を第2編のマニュアル案とした。第3編マニュアル案参考資料には、現時点で上記の条件に該当しない再生資材について記述した。こうした再生資材を、環境安全性に十分留意して試験施工を行い今後の技術改良のために計測データを得ることは有益であるからである。

今後、データの集積を図り、利用できる再生資材の枠を広げる方向でさらに、検討を進めて行きたい。特にデータを集積し統計的確率的評価方法の検討等を行う。2～3年後を目途に検討結果と社会・技術動向を踏まえ、第3編マニュアル案参考資料の資材を第2編マニュアル案に移すなどの見直しを行う。

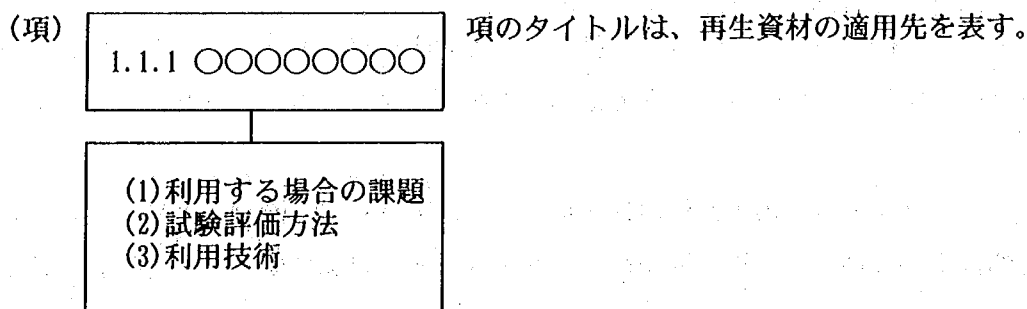
3.2 マニュアルの章の構成

本マニュアル案では個別の再生資材の記述事項は、第2編で各再生資材ごと、図-1のような構成と内容で記述することとしている。ただし、個々の再生資材によって技術の熟成度合いが異なるので、部分的に細項目の内容を記述していないものもある。マニュアルの記述構成を図-1に示す。



図－1 マニュアルの章構成と内容

一方、第2編のマニュアル案と第3編の参考資料では、項以下の記述構成が異なる。参考資料では、章、節、項については同様に記述しているが、項以下の記述事項については図－2による。マニュアルとの違いは、項以下における適用範囲の削除、利用する場合の課題を最初に入れたことである。



図－2 参考資料の章の記述方法

4. 今後の課題

本マニュアルは、技術の熟成度や環境安全性、利用実績等を考慮してまとめたものであるが、実際の工事にもとづく知見からまとめたものではなく、主に既往の文献や利用実績などをもとにしている。今後試験施工などを行って技術の完成度を高めて行く必要がある。また、他産業再生資材の全体を把握していない部分もあるので、今後さらに調査検討を行う必要がある。

第2編 個別再生資材マニュアル案

1. 一般廃棄物, 一般焼却灰

一般廃棄物のごみ排出量は年間 5,069 万 t である（平成 7 年度実績）。そのうち直接焼却処理された割合は約 76 % であり、焼却施設は 1,880 施設（着工ベース）が整備されている。

焼却処理により発生する焼却灰（都市ごみ焼却灰）は年間約 606 万 t が発生し、現状ではそのほとんどが埋め立て処分されている。

1.1 熔融固化処理

(1) 処理の概要

1) 熔融固化処理

一般廃棄物は中間処理として焼却処理を行なった後、その結果排出される焼却残渣について、最終処分場へ埋立処分されるのが通常であった。しかし現在使用している最終処分場の残余容量が少なくなる一方で、周辺環境の汚染の問題等から新たな用地の確保も困難となりつつある。こうした中で焼却残渣の減容化、無害化さらには有効利用の目的で、熔融固化処理への取り組みが進められている。

熔融固化処理は、廃棄物を概ね 1,200 °C 以上の高温の条件下で融液の状態とした後、何らかの方法で冷却し、固形物にする処理である。焼却処理に比べ、さらに高温を利用することにより、揮発分の分離、熔融による体積の減少と均質化を図る処理方法と位置づけることができる。熔融固化物には通常スラグとメタルが含まれるが、大半を占めるスラグは、 SiO_2 、 CaO 、 Al_2O_3 を主成分とする物質である。

冷却方法によりスラグは、大きく水砕スラグと空冷スラグに大別される。水砕スラグは、水と直接接触させることで急冷する方法であり、ガラス質で細粒状または砂状であることを特徴とする。一方、空冷スラグは、結晶化を目的として大気中で放冷したスラグで、塊状であることを特徴とする。特に、冷却速度を遅くし結晶化が進んだ塊状スラグを徐冷スラグと呼ぶが、ここでは空冷スラグに含めて整理する。

空冷スラグの生産過程で冷却を十分ゆっくりとし塩基度を適切に保つと結晶化が完全に進んだ外観が玄武岩等の火成岩のような結晶質スラグができる。空冷スラグでも制御が十分でないと結晶化せずガラス質スラグとなる。

図-1-1 に熔融固化処理方式の分類を示す。

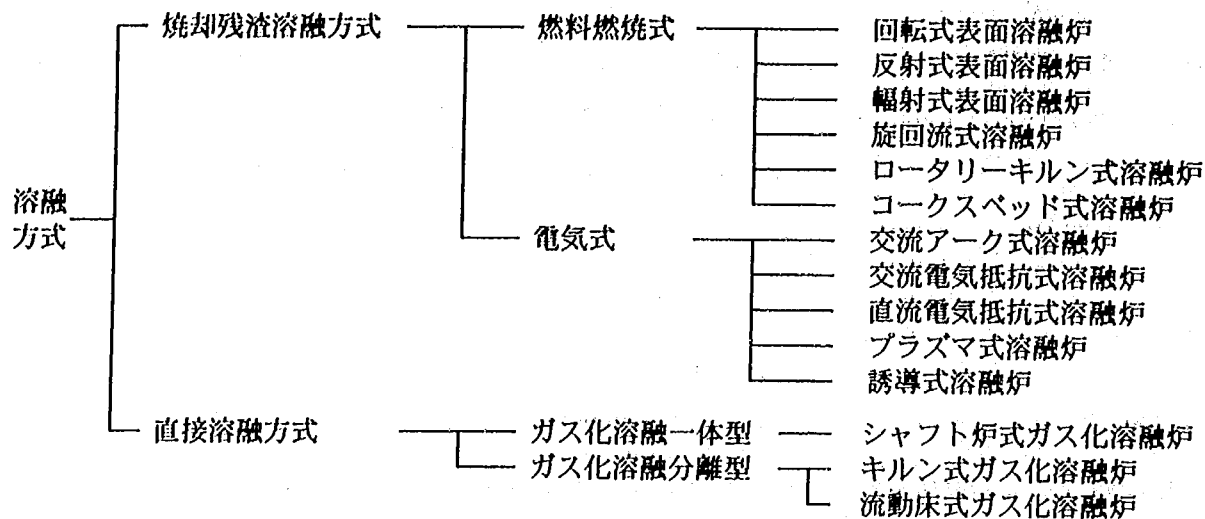


図-1-1 溶融固化処理方式の分類

溶融固化処理方式は、廃棄物を焼却してからその焼却残渣を溶融する方法と廃棄物を直接溶融する方法に大別される。前者の焼却残渣溶融方式は、灯油やコークス等の燃料を燃焼してその熱で溶融する燃料燃焼方式と電気から得られた熱エネルギーにより溶融する電気方式に区分される。一方、後者の廃棄物を直接溶融する方式は、ガス化溶融方式と呼ばれ廃棄物中の有機物をガス化し、無機物を溶融する方式である。ガス化と溶融を一つの炉で行う方式と分離した炉で行う方式がある。

(2) 物理化学的性質

1) 焼却灰の性状・組成

焼却灰の組成は、製品特性に影響を与え、溶融スラグ化に際しては、スラグの性状に影響を与える重要な要素である。

焼却灰の組成例は、東京都の報告から引用すると表-1-1 に示すとおりである。主灰（炉下に堆積する灰）の主成分は、ガラス質の成分である二酸化珪素（ SiO_2 ）、酸化カルシウム（ CaO ）、酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）である。飛灰（集塵機に捕捉される灰）の主成分は酸化カルシウム（ CaO ）で、次いで二酸化珪素（ SiO_2 ）である。主灰に比較して有害ガス除去装置などで使用する生石灰や消石灰に起因し、塩化物（ Cl ）の割合が高くなっている。

表-1-1 主灰および飛灰の組成例

項 目		主灰単独		飛灰単独	
		水 冷	空 冷	水 冷	空 冷
成 分	SiO ₂ (%)	36.1 ~ 57.2	35 ~ 49.4	30.5 ~ 35.4	19 ~ 48.4
	Al ₂ O ₃ (%)	15.3 ~ 26.6	16.2 ~ 26.8	18.3 ~ 18.7	7.3 ~ 18.4
	CaO(%)	10.4 ~ 32.49	13.1 ~ 22	27.1 ~ 37.5	27.7 ~ 41.8
	Fe ₂ O ₃ (%)	0.71 ~ 10.2	< 0.01 ~ 13	0.37 ~ 5.41	0.61 ~ 10.4
	MgO(%)	1.3 ~ 5.22	3.07 ~ 4.5	4.37 ~ 5.5	1.99 ~ 5.5
	Na ₂ O(%)	2.66 ~ 7.8	2.9 ~ 7.13	0.38 ~ 3.74	0.27 ~ 3.3
	K ₂ O(%)	0.57 ~ 1.7	0.48 ~ 2.8	0.12 ~ 1.7	0.14 ~ 1.5
	Cu(%)	0.02 ~ 0.09	< 0.01 ~ 1.4	0.02 ~ 0.16	< 0.01 ~ 0.03
	Pb(%)	< 0.01 ~ 0.06	0.0042 ~ 0.022	0.0008 ~ 0.04	0.0005 ~ 0.03
	Zn(%)	0.01 ~ 0.67	< 0.01 ~ 0.15	0.04 ~ 0.15	0.01 ~ 0.55
	Cl(%)	0.03 ~ 1.1	< 0.1 ~ 0.4	0.002 ~ 0.64	0.15 ~ 8.6
微 量 成 分	Cd(mg/kg)	< 0.005 ~ 5	< 5	< 0.4	< 0.001 ~ 5.51
	As(mg/kg)	< 0.5 ~ 10	< 0.05 ~ 3.4	< 0.5	< 0.001 ~ 1.45
	Hg(mg/kg)	< 0.005 ~ 0.5	< 0.01 ~ 0.072	< 0.01	< 0.01 ~ 0.43

「特別管理廃棄物の処理技術に関する調査報告：東京都」より作成

2) スラグの物理化学的性質

水砕スラグ、空冷スラグの物理性状例を(1)に示す。

水砕スラグに関する物理性状は下記のとおりである。表乾比重は、2.7程度であり、天然砂の一般値 2.6 ~ 2.7 に比較してやや重く、吸水率は平均値 1.0 %で天然砂の値 1.5 ~ 2.5 %より低く緻密である。すりへり減量値は平均 37 %でアスファルト舗装要綱の上層路盤材の規格値 50 %以下を満足している。修正 CBR 値は平均で 19 %であり、単独ではアスファルト舗装要綱の下層路盤材の規格値 20 %以上を満足しない場合がある。

空冷スラグはデータが少なく、徐冷スラグも含めて整理してあるがその物理性状は下記のとおりである。表乾比重は 2.8 で、天然砂の一般値 2.6 ~ 2.7 に比較してやや重く、吸水率は平均値 1.1 %で天然砂の値 1.5 ~ 2.5 %より低く緻密である。すりへり減量値は平均 26 %でアスファルト舗装要綱の上層路盤材の規格値 50 %以下を満足している。修正 CBR 値は平均で 54 %であり、アスファルト舗装要綱の下層路盤材の規格値 20 %以上を十分満足している。

表- 1-2 水砕スラグ、空冷スラグの物理性状例

	水 砕	空 冷
	平 均	平 均
見掛け比重	2.74	
表乾比重	2.73	2.8
絶乾比重	2.70	2.8
単位容積質量 (kg/l)	1.51	1.7
吸水率 (%)	1.03	1.1
実積率 (%)	60.5	54.8
安定性 (%)	5.08	0.6
洗い試験 (%)	1.3	0.2
時次減り減り減量 (%)	37.3	25.7
最大乾燥密度 (t/m ³)	1.71	2.4
最適含水比 (%)	9.2	2.5
修正 CBR (%)	19.3	53.8

水砕スラグの粒度分布例を図-1-2 に示す。

水砕スラグは細骨材の粒度分布範囲より粗く、粒径 0.6mm 以下の細粒分が少ない。

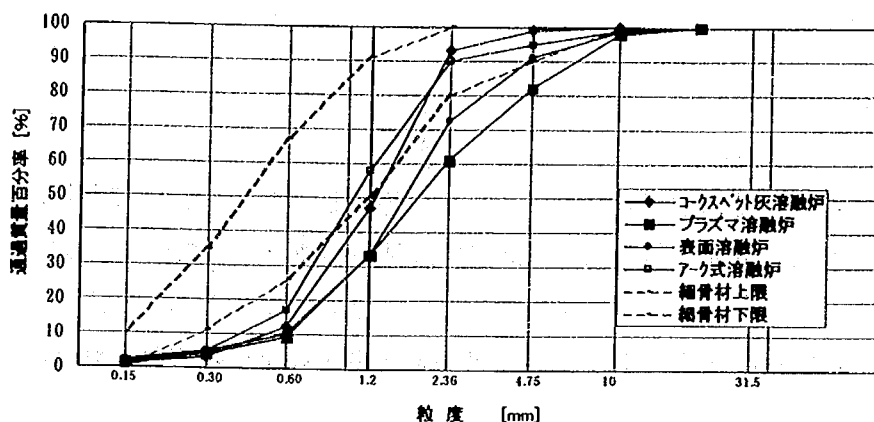


図-1-2 水砕スラグの粒度分布例

水砕スラグ、空冷スラグ（徐冷スラグを含む。）の化学組成例を表-1-3 に示す。スラグの主成分は SiO₂、CaO、Al₂O₃ からなり合計で約 80 % を占めている。その構成比率は処理対象物の成分および添加材（塩基度調整材）の有無に依存すると考えられる。

表-1-3 水砕スラグ、空冷スラグの化学組成例

	全 体 平 均	水 砕		空 冷	
		最 大	最 小	最 大	最 小
SiO ₂ (%)	37.3	53.7	23.0	50.0	16.3
CaO (%)	24.6	45.0	16.5	28.9	13.1
Al ₂ O ₃ (%)	17.2	21.2	14.9	24.7	8.8
Fe ₂ O ₃ (%)	6.1	16.7	1.6	13.0	3.1
TiO ₂ (%)	1.2	1.5	0.8	1.6	1.0
MgO (%)	2.6	3.5	1.7	5.0	2.0
Na ₂ O (%)	3.5	4.5	0.6	7.0	0.6
K ₂ O (%)	0.9	1.5	0.2	0.5	0.1

水砕スラグの重金属含有量例を表-1-2 に示す。

スラグ中の重金属含有量は処理対象物の成分および溶融炉の形式や処理条件（温度、雰囲気等）に依存すると考えられ、変動幅が大きい。

表-1-2 水砕スラグの重金属含有量例

	最 大	最 小		最 大	最 小
Hg (mg/kg)	0.0707	< 0.001	As (mg/kg)	100	0.402
Cd (mg/kg)	0.53	< 0.5	B (mg/kg)	1,800	29.9
Pb (mg/kg)	440	7.8	Mo (mg/kg)	86	< 1
Cu (mg/kg)	2,300	26.8	Ni (mg/kg)	110	< 10
Zn (mg/kg)	5,870	15.4	Sb (mg/kg)	100	< 0.5
Cr (mg/kg)	1,300	1.7	Se (mg/kg)	38	< 0.1

参考文献

- 1) (財) 廃棄物研究財団：スラグの有効利用マニュアル（一般廃棄物の溶融固化物の再生利用に関する指針解説）、1999 年

1.1.1 舗装の路盤材料への適用

(1) 適用範囲

本項は、一般廃棄物またはその焼却灰の溶融スラグを用いて道路舗装の路盤の設計、施工を行う場合に適用する。

路盤材料に用いる溶融スラグは、後述の安全性基準に適合するものでなければならない。溶融スラグは、路盤材料としてのこれまでの使用実績は数少ないが、砂状の水砕スラグは単体で下層路盤に、クラッシャーラン等の他材料と配合して下層路盤および上層路盤に適用されており、塊状の空冷あるいは徐冷スラグは単体もしくは再生路盤材等の他材料と配合して、下層路盤および上層路盤に適用されている。

また、これらが使用された道路舗装の設計交通量区分はいずれも B 交通以下である。

したがって、溶融スラグを、安定処理路盤として適用する場合や、C 交通以上に適用するに当たっては、実績を参考にするか試験施工を実施するなどによって判断するとよい。

(2) 試験評価方法

1) 環境安全性基準と試験方法

① 溶出基準

溶出基準は、「一般廃棄物の溶融固化物の再生利用の実施の促進について（平成 10 年 3 月 26 日厚生省通達、生衛発第 508 号）」に従い表-1-3 のとおりとする。

表-1-3 溶融スラグの溶出基準

対象物質	溶 出 基 準
カドミウム	0.01 mg/l 以下
鉛	0.01 mg/l 以下
六価クロム	0.05 mg/l 以下
砒素	0.01 mg/l 以下
総水銀	0.0005 mg/l 以下
セレン	0.01 mg/l 以下

厚生省通達,生衛発 508 号より作成

1,200℃以上に高温溶融する過程でダイオキシン類やPCB等は分解するので、溶融スラグの溶出基準の対象物質はカドミウム、鉛、六価クロム、砒素、総水銀およびセレンの6項目としている。表-1-3は土壌の汚染に係る環境基準（環境庁告示第46号）に基づいているが、将来環境基準が変わった場合には新しい環境基準に基づいて表-1-3を見直すこととする（環境庁では、表-1-5にダイオキシン、フッ素、ホウ素を追加することを検討しているので注意する）。

② 溶出試験方法

溶出試験方法は、「土壌の汚染に係わる環境基準について（平成3年8月23日環境庁告示第46号）」の別表の測定方法の欄に掲げる方法による。

なお、環境安全性に万全を期するため、pHの低い領域の水（酸性水、例えば火山性の酸性水）と接するような箇所の路盤へ溶融スラグを適用する場合は、溶出試験の条件を変えて安全性の確認を行わなければならない。

③ 安全性の管理

i) 品質管理

路盤材料に再利用しようとする溶融スラグの製造者は、対象となる溶融スラグが前述の溶出基準に適合することを保証するために、「JIS K 0060 産業廃棄物のサンプリング方法」を参考に一定のロット毎に溶出試験を実施し、その品質試験結果を記録、保存するものとする。

ロットの大きさは、今後の課題であるが、当面1ヶ月間の製造量かあるいは平均性状が同一と考えられる一定量かのいずれか少ない方を1ロットとする。

なお、前述のように溶融スラグは他材料と配合して路盤材料に用いられることがあり、この場合は混合物を対象に溶出試験を行うことも考えられるが、安全を期するため溶融スラグ単体での貯蔵や輸送等における安全性を勘案し、溶融スラグそのものを試料としてその製造者が溶出試験を行うものとする。

ii) 品質表示

溶融スラグの製造者は、路盤材料に再利用する溶融スラグを出荷する場合は、表-1-3の品質基準に適合していることを確認し、表-1-4の所定の事項を記載した品質表示に関する事項を添付し、諸元を明らかにすると同時に品質を保証しなければならない。

表-1-4 安全性の品質表示に関する記載事項

番号	記 載 事 項
①	種類
②	製造者名
③	製造工場名
④	製造年月または出荷年月日
⑤	ロット番号
⑥	数量
⑦	品質保証表示 (カドミウム 0.01mg/l 以下,鉛 0.01mg/l 以下,などの表-1-3にある項目の品質保証を表示する。)
⑧	その他 (粒度,物理性状,溶出試験結果など)

iii)検査

安全性の検査には、製造者の出荷検査と発注者の受入れ検査がある。製造者の出荷検査について、品質管理と別に第3者機関による検査を行い計量証明書を提出する。発注者の受入れ検査について、発注者の溶出試験による検査をどの程度の頻度で行うかについては今後の課題である。当面試験施工においては、施工の適当な時期に溶融スラグについて第3者機関に委託し、抜き取りで溶出試験を実施し、安全性を確認する。この場合、試料の採取は原則として「JIS K 0060 産業廃棄物のサンプリング方法」に準ずる。

2) 品質基準と試験方法

① 品質基準

溶融スラグを用いた路盤材料の品質基準は、適用する「道路舗装の種類」と、下層路盤または上層路盤といった「使用位置」および粒状路盤または各安定処理路盤といった「工法、材料」とに応じて、アスファルト舗装要綱、セメントコンクリート舗装要綱ならびに簡易舗装要綱等の該当する路盤材の品質規定を準用するとよい。

溶融スラグをアスファルトコンクリート再生骨材等と混合して所要の品質が得られるように調整した再生路盤材については、プラント再生舗装技術指針に示される品質規定を準用するとよい。これらの品質基準の概要は、表-1-5、表-1-6に示すとおりとなる。

表-1-5 下層路盤材の品質規格

工法、材料	修正 CBR%	一軸圧縮強さ MPa (kgf/cm ²)	PI
粒状路盤クラッシャーなど	20 以上 ^{注1)}	—	6 以下 ^{注2)}
セメント安定処理 ^{注3)}	—	材令 7 日、1.0 (10)	—
石灰安定処理 ^{注3)}	—	材令 10 日、0.7 (7) ^{注4)}	—

注 1) 簡易舗装では 10 以上 注 2) 同前 9 以上 注 3) 簡易舗装にはなし

注4) セメントコンクリート舗装では 0.5(5)

なお、クラッシャーは所定の粒度が必要。また安定処理に用いる骨材は修正 CBR10%以上かつPI (塑性指数) がセメントで9以下、石灰では6～18が望ましい。

表-1-6 上層路盤材の品質規格

工法、材料	修正 CBR %	一軸圧縮強さ MPa (kgf/cm ²)	マニール安定度 kN (kgf)	その他の品質
粒度調整碎石	80 以上 ^{注1)}	—	—	PI 4 以下
加熱アスファルト安定処理	—	—	3.43 (350) 以上	70-値 10 ～ 40 空隙率 3 ～ 12%
セメント安定処理	—	材令 7 日 ^{注2)} 2.9 (30)	—	—
石灰安定処理	—	材令 10 日 ^{注3)} 1.0 (10)	—	—

注1) 簡易舗装では 60 以上

注2) 簡易舗装では 2.5 (25)、セメントコンクリート舗装では 2.0 (20)

注3) 簡易舗装では 0.7 (7)

なお、上層路盤として用いる骨材はすりへり減量が 50%以下。そして、粒度調整碎石は所定の粒度が必要。また、安定処理に用いる骨材は、修正 CBR20%以上 (アスファルトを除く)、PI 9 以下 (石灰では 6～18) かつ最大粒径 40mm 以下が望ましい。

路盤材料に用いる溶融スラグは、比重、吸水量、粒度および外観形状等の、素材としての基本性状が安定していることが望ましい。したがって、路盤材料に用いる溶融スラグが、多量の鉄分を含む場合は錆の発生や比重、ひいては締固め密度のバラツキを生じる原因となるので、事前に適切な磁選処理を行うものとする。また、水砕スラグの中で針状物を含むものやガラス片のように鋭い稜角に富むガラス質の空冷スラグなどは、運搬や施工などの作業における安全性の確保、偏平や亀裂の残存防止、締固めにくいなどの施工性の改善を勘案し、それぞれ適合する破砕機等によって粒度の調整を兼ね針状物の除去や角取り (丸味付けとも呼ばれる) を行うものとする。結晶質空冷スラグは外見も石のようになっておりこのようなことはない。



写真-1-1 針状物を含む水砕スラグの例



写真-1-2 鋭利な稜角に富むガラス質の空冷スラグの例

② 品質試験方法、表示

品質基準に定められた品質項目の試験方法は、舗装試験法便覧に示される方法によるとよい。

素材としての熔融スラグの基本性状のうち、比重、吸水量の試験方法は、同様に舗装試験法便覧によればよいが、鉄分や針状物あるいは鋭利な稜角の粒子の試験評価方法には定められたものがない。これらについては、例えば表-1-7のような試験評価方法（案）が考えられる。

これらの品質については、表-1-5、表-1-6、表-1-7について満足する旨等の品質表示を行う。

表-1-7 熔融スラグの鉄分、針状物等に対する試験評価方法（案）の例

品質項目	試験評価方法（案）	摘 要
鉄分	磁着物量の測定	一定磁力の磁石による（700ガウス）
	発錆試験	水浸試験または屋外曝露試験
水砕スラグの針状物	顕微鏡観察（写真）	スケールを入れる
	粒形判定実積率の測定	舗装試験法便覧による
ガラス質の空冷スラグの鋭利な粒子	外観形状の観察（写真）	スケールを入れる
	粒形判定実積率の測定	舗装試験法便覧による

(3) 利用技術

1) 設計

熔融スラグを用いた路盤の設計は、アスファルト舗装要綱、セメントコンクリート舗装要綱および簡易舗装要綱等に示される方法と手順に準じて行うとよい。

しかし、現在はいつでもどこでも所要の品質のものを所要量入手できるとは限らないので、設計に先立っては、熔融スラグを用いた路盤材料の入手先を含め、溶出試験結果を含む品質、生産能力、運搬距離等の材料調査を行っておくとよい。

アスファルト舗装の路盤の設計に当たっては、溶融スラグを用いた路盤材料の品質基準に相応した等値換算係数を使用するとよいが、前述のように使用実績は、設計交通量B以下の粒状路盤材、粒度調整路盤材に限られているので、これら以外の条件で使用する場合は、試験舗装を行うなどによって確認するとよい。

なお、安全性の確保のため、溶融スラグを用いた路盤材料を酸性水と接するような箇所へ使用する場合は、予め当該溶融スラグの製造者と協議し、必要に応じて溶出試験の条件を変えて安全性の確認を行わなければならない。

2) 施工

溶融スラグを用いた路盤の施工は、路盤工法に応じアスファルト舗装要綱等々に示される方法と手順に準じて行うとよい。角取りをした空冷スラグでも、鉄輪ローラの転圧などによって表面部分の粒子が破碎され、鋭利な稜角が露出することがある。このような場合は、早めにその上の層を施工するなどの安全への配慮が望まれる。

施工者は、溶融スラグを用いた路盤材料の受け渡しに当たっては送り状を受け取り、溶出試験結果等内容を確認したうえ、施工図面とともに発注者に提出しなければならない。

3) 繰返し再生利用と処分

溶融スラグを用いた路盤を構築した場合、発注者は施工場所の平面図、断面図、数量表等の設計図書を、溶融スラグを用いた路盤材料の送り状および施工図面とともに保存し、当該路盤材の繰返し再生利用や処分に際して利用できるように備えるものとする。送り状および施工図面は工事施工者に提出を求め入手する。

溶融スラグを用いた路盤材料の繰返し再生利用や処分を行うに当たっては、発注者は使用時の設計図書等の内容を確認のうえ、溶融スラグの製造者と相談、協議して適正な方法や手順を策定するとよい。

(4) 利用する場合の課題

当該スラグの発生量は、1施設当たり大略10～数10t/日と比較的少量かつ定量であり、増産することはできない。したがって総需要は膨大で受け入れ容量はあるが、逆に個々の需要がスポット的かつ変動の大きい路盤材に対して、安定した需給関係を保つことが課題となる。

(5) 利用技術例

以下の文献に利用された例が記載されている。

- 1) (財)廃棄物研究財団、スリムウェイスト推進研究総合報告書、平成7年3月、PP101～110
- 2) 西沢他、灰溶融スラグを用いた試験舗装、第14回日本道路会議論文集、昭和54年10月、PP209～210
- 3) 中村他、灰溶融スラグの道路用路盤材適性評価、第9回廃棄物学会研究発表会講演論文集、'98.10、PP433～435
- 4) 根本他、骨材としての溶融スラグ、第9回廃棄物学会研究発表会講演論文集、'98.10、PP436～439
- 5) 泊瀬川他、都市ゴミ焼却灰溶融スラグの路盤材への適用、第22回日本道路会議論文集、平成9年10月、PP660～661

1.1.2 アスファルト舗装の表基層用骨材への適用

(1) 適用範囲

本項は、一般廃棄物またはその焼却灰の溶融スラグを用いて、アスファルト舗装の表・基層の設計・施工を行う場合に適用する。

溶融スラグには、塊状の空冷スラグおよび徐冷スラグと砂状の水砕スラグがあり、空冷および徐冷スラグは粗骨材の粒径に適合するため、アスファルト混合物用骨材として利用する場合は粗骨材、細骨材の代替となる。また、水砕スラグの最大粒径は 5mm 程度であるので、細骨材の一部と置き換えることができる。

空冷スラグをアスファルト混合物の粗骨材として利用した例もあるが、一般には細骨材の粒度に適合する水砕スラグの利用例が多い。水砕スラグは、アスファルト混合物の細骨材として、粗砂、細砂あるいは砕砂の代替えとして利用できる可能性が大きい。

溶融スラグをアスファルト舗装の表層・基層混合物の骨材として適用する事例が増えてきているが、現状では試験施工の位置付けでの適用であり、長期耐久性に関する確認データは十分とは言えない。また、過去に適用された道路の設計交通量区分は、C交通以下である。

なお、溶融スラグは原則として 1,200℃以上の温度で溶融し、冷却固化されたものに限定することとする。

(2) 試験評価方法

1) 環境安全性基準と試験方法

1.1.1(2) 1)に準ずる。

2) 品質基準と試験方法

① 品質基準

イ) 加熱アスファルト混合物用骨材としての品質基準

溶融スラグを加熱アスファルト混合物の粗骨材あるいは細骨材として用いる場合は、適用する道路舗装の種類に応じて、アスファルト舗装要綱あるいは簡易舗装要綱等の該当する骨材の品質規格を準用する。

なお、溶融スラグが多量の鉄分を含む場合は、錆の発生や比重のバラツキを生じる原因となるので事前に磁選処理を行うものとする。また、針状のものや、ガラス片のような鋭い稜角に富む溶融スラグは、作業安全面や粒径および粒度の改善を目的として、適合する破碎装置により針状物の除去や角取りを行うものとする。

ロ) 加熱アスファルト混合物としての品質基準

溶融スラグを用いた加熱アスファルト混合物の品質規格は、適用する道路舗装の種類に応じて、アスファルト舗装要綱あるいは簡易舗装要綱等の該当するアスファルト混合物の規格を準用する。アスファルト舗装要綱のマーシャル安定度試験に対する各混合物の基準値を表-1-8に示す。

表-1-8 マーシャル安定度試験に対する基準値

混合物の種類		① 粗粒度 アスファルト 混合物 (20)	② 密粒度 アスファルト 混合物 (20)(13)	③ 細粒度 キヤップ アスファルト 混合物 (13)	④ 密粒度 キヤップ アスファルト 混合物 (13)	⑤ 密粒度 アスファルト 混合物 (20F)(13F)	⑥ 細粒度 キヤップ アスファルト 混合物 (13F)	⑦ 細粒度 アスファルト 混合物 (13F)	⑧ 密粒度 キヤップ アスファルト 混合物 (13F)	⑨ 開粒度 アスファルト 混合物 (13)
突固め 回数	C 交通 以上	75				50				75
	B 交通 以下	50								50
空隙率 (%)		3 ~ 7	3 ~ 6		3 ~ 7	3 ~ 5		2 ~ 5	3 ~ 5	—
飽和度 (%)		65 ~ 85	70 ~ 85		65 ~ 85	75 ~ 85		75 ~ 90	75 ~ 85	—
安定度 (kN (kgf))		4.90 (500) 以上	4.90 (500) [7.35 (750)] 以上	4.90 (500) 以上			3.43 (350) 以上		4.90 (500) 以上	3.43 (350) 以上
70-値 (1/100cm)		20 ~ 40						20 ~ 80	20 ~ 40	

[注] (1)積雪寒冷地域の場合や、C交通であっても流動によるわだち掘れのおそれが少ないところでは突固め回数を50回とする。

(2) [] 内はC交通以上で突固め回数を75回とする場合の基準値を示す。

(3)水の影響を受けやすいと思われる混合物またはそのような箇所に舗設される混合物は、次式で求めた残留安定度が75%以上であることが望ましい。

残留安定度(%)=(60℃、48時間水浸後の安定度(kN)/標準安定度(kN))×100

溶融スラグの混入量が多くなると、マーシャル安定度および動的安定度が低下し、剥離度が高くなる傾向を示すことから、スラグ添加量とアスファルト混合物の安定性および耐水性の関係を検討の上、スラグ配合率を判定する必要がある。また、溶融スラグとアスファルト付着性が懸念される場合は、水浸マーシャル試験または水浸ホイールトラッキング試験等により溶融スラグの許容配合率を判定する必要がある。

② 品質試験方法、表示

品質基準に定められた品質項目の各試験方法は、舗装試験法便覧((社)日本道路協会)に示される試験方法によるものとする。

加熱アスファルト混合物としての品質については、表-1-8について満足する旨の品質表示を行う。

(3) 利用技術

1) 設計

① 溶融スラグを表層・基層用アスファルト混合物として利用する場合は、原則として設計交通量がC区分以下の道路に適用する。

溶融スラグをアスファルト舗装の表層・基層に適用した事例が増えているとはいえ、現状では試験施工としての事例であり、また重交通道路への適用例がないため、当面設計交通量はC交通区分までとした。C交通以外に適用する場合には十分な試験を行ってから適用する。

② 溶融スラグのアスファルト舗装への適用事例によると、長期的耐久性に関する確認データは少ないが、施工初期あるいは供用後数ヶ月の調査結果では一般混合物と供用状況に遜色がみられないことから、溶融スラグを用いたアスファルト混合物の等値換算係数は1.0とする。

③ 溶融スラグの混入量が増加すると、マーシャル安定度、動的安定度およびはく離抵抗性が低くなるため、これまでの調査結果を踏まえて、スラグ添加量は全骨材量に対して10%以下で使

用するものとする。

- ④ 溶融スラグの使用に際しては、所要量入手可能かどうか調べるとともに、所要の品質基準を満足しているかなどの、品質性能、生産能力、運搬距離等についての材料使用計画をたてておくとい。

2) 施 工

溶融スラグを用いた加熱アスファルト混合物の施工は、一般の加熱アスファルト混合物と同様であり、施工方法は、アスファルト舗装要綱に示される方法を準用して行うものとする。

溶融スラグを使用したアスファルト舗装は試験施工段階であり、使用材料、配合設計および施工実態は工事記録として残すことを原則とする。

なお、施工時および施工後の調査項目としては、イ)路面の平坦性、ロ)横断形状（わだち掘れ）、ハ)すべり抵抗値、ニ)ひびわれ率、ホ)路面観察などがある。

3) 繰返し再生利用および処分

アスファルト舗装は「再生資源の利用の促進に関する法律（リサイクル法）」の指定副産物にアスファルトコンクリート塊として指定され、再生利用が望まれており、溶融スラグを使用したアスファルト混合物も繰返し使用されることを前提とする必要がある。

このため、発注者は使用材料調書（溶融スラグの送り状を含む）、配合設計書および施工図面等の工事記録を保存し、繰返し再生利用および処分に際して利用できるよう備えておくものとする。

また、溶融スラグを用いたアスファルト混合物の繰返し再生利用や処分を行うに当たっては、発注者は使用時の設計図書等の内容を確認のうえ、溶融スラグの製造者と相談、協議して適正な方法や手順を策定するとよい。

(4) 利用する場合の課題

- ① 溶融スラグをアスファルト舗装の表・基層用を使用する場合は、環境上、問題のない安全管理（溶融スラグの品質管理、製造管理基準等）を保障する必要がある。
- ② 重金属の溶出に関する環境安全性基準の確認、鉄分の除去あるいは針状スラグや鋭利なガラス塊状のものを取除くなど、環境安全性には十分留意する必要がある。
- ③ 溶融スラグの需要バランスを考えた安定供給が必要である。
- ④ 繰返し再生利用が可能かどうかの検証が必要である。

(5) 利用技術例

以下の文献に利用された例が記載されている。

- 1)大井、金子：大宮市における溶融スラグのアスファルト混合物への利用、舗装、Vol32,NO4(1997)
- 2)黒田、下田：溶融スラグのアスファルト混合物用細骨材への再利用に関する検討、第22回日本道路会議論文集(1997)
- 3)佐沢、佐武：都市ゴミ溶融スラグ入りアスファルト混合物の実路への適用、第22回日本道路会議論文集(1997)

- 4) 福満、鈴木：ごみ焼却灰溶融スラグのアスファルト混合物への利用、道路建設、1996.8
- 5) 田村、福満、鈴木：ごみ焼却灰溶融スラグのアスコンへの利用、第21回日本道路会議論文集(1995)
- 6) 片石、中沢、荻原：溶融スラグ砂の舗装材料への利用について、第21回日本道路会議論文集(1995)
- 7) 佐伯他：都市ごみ焼却灰の再資源化(4)―溶融化および溶融スラグのアスファルト骨材への利用―、第8回廃棄物学会研究発表論文集(1997)
- 8) 西原他：都市ごみ溶融スラグのアスファルト骨材への利用、第20回全国都市清掃研究発表会論文集(1999)

1.1.3 コンクリート用骨材（現場施工コンクリート）への適用

(1) 適用範囲

本項は一般廃棄物またはその焼却灰および飛灰を1,200℃以上の温度で溶融し、これを冷却することによって得られるスラグ（以下 溶融スラグ）をコンクリート用細骨材として用いる場合について適用する。この場合、溶融スラグの品質は焼却灰の組成や溶融方式・冷却方式等により異なる。品質によっては、溶融スラグ中の塩素、アルカリの影響、また、含有する金属類とアルカリまたは水との反応によるセメント硬化体の膨張などの懸念があるが、北辻ら^{4), 5)}は、品質および使用方法について提案したうえで、コンクリート用骨材としての利用の可能性は高いとしている。

しかし、現時点では十分に使用実績があるわけではない。したがって、実用に供するコンクリートの要求特性、適用構造物の種類および環境条件等に応じて、当該骨材を用いたコンクリートの品質を試験によって事前に確認しなければならない。また、当該コンクリートの当面の用途としては、側溝、道路付属物基礎、捨てコンクリート等の、高い強度・耐久性が要求されない構築物へ適用する。

粗骨材としての適用については、溶融スラグは冷却条件によってはガラス質のものがあリ、スラグ内部に微細なクラックが生じて割れやすく脆いこと、また、コンクリートとしての耐久性に関する知見が得られていないことから除外したが、粗骨材としての利用を妨げるものではない。

(2) 試験評価方法

1) 環境安全性基準と試験方法

① 溶出基準

1.1.1(2) 1)①に準ずる。

② 溶出試験方法

「土壌の汚染に係る環境基準について（平成3年8月23日 環境庁告示第46号）」の別表の測定方法に準拠する。なお、コンクリート用細骨材として使用される場合、溶融スラグ表面がセメント水和物（セメント硬化体）によって覆われるため、溶融スラグからの重金属等の溶出は抑制される。したがって、コンクリート硬化体の破砕物を試料として評価してもよいと考えられるが、溶融スラグ細骨材の輸送や貯蔵における安全性をも考慮して、細骨材として用いる形態のものを試料として溶出試験を実施するものとする。

③ 安全性の管理

安全性の管理は、基本的に 1.1.1 (2) 1) ③を準用する。

生コン工場から出荷されるコンクリートは、種々の配合のコンクリートを交互に出荷したり、ある期間において数度にわたって出荷したりすること、すなわち、同一種類のコンクリートを特定の期間に連続して出荷することは少ない。したがって、溶融スラグ細骨材を使用する場合についても一回の入荷量あるいは入荷頻度は当該コンクリートの使用量、施工状況等の違いによって大きく変動することが容易に推測されるので、溶融スラグ細骨材のロットの大きさは、当該細骨材の使用量、使用期間などを考慮して定める。

2) 品質基準と試験方法

① 品質基準

コンクリート用溶融スラグ細骨材は、コンクリートの品質に悪影響を及ぼす物質を有害量を含んではならない。

また、溶融スラグの性状は焼却灰の組成や溶融方式・冷却方式等により異なるため、コンクリートの要求特性、適用構造物の種類および環境条件等に応じて、その品質試験項目と品質基準を定める必要がある。一般の場合には、「JIS A 5005コンクリート用砕石および砕砂」に示される砕砂の規定を目安にするとよい。この場合、溶融スラグ細骨材の粒度分布は、他の骨材と混合して用いる場合は混合したものが所定の粒度分布を満足すればよい。

なお、北辻ら⁵⁾は、溶融スラグをコンクリート用細骨材として利用するための品質および使用方法について、当面のガイドラインとして以下のことを提案している。

表-1-9 溶融スラグのコンクリート用細骨材への利用ガイドライン

項 目	品質目標値	備 考
環境安全性	重金属の溶出量は土壤環境基準以下	環境庁告示 46 号による試験
金属鉄含有量	1 % 以下	・コンクリートの汚れ防止 ・磁選機により除去
粒 度	概ね 2.5mm 以下	脆弱部分の低減と粒度調整
モルタルの膨張試験値	2 % 以下	・JSCE-F522-1994 による試験 ・アルミニウム含有によるコンクリートの膨張
スラグの置換率	天然砂と混合して使用。 置換率は概ね 50 % 以下。	ブリージング低減

北辻,藤居：ごみ溶融スラグを細骨材として用いたコンクリートの性質、農業土木学会論文集、第 2000 号、平成 11 年 4 月より作成

上記の提案を参考にし、また、コンクリートの要求特性を勘案して当該コンクリートの試験を実施し、品質を確認したうえで、側溝、道路付属物基礎、重力式擁壁、法枠、捨てコンクリート等の、高い強度・

耐久性が要求されない構築物等へ適用するのが好ましい。また、溶融スラグ細骨材の普及を図るために、当該コンクリートの基礎物性の他、耐久性に関する試験を実施するなどして技術データを蓄積し、その後の適用に備えることが望ましい。

② 品質試験方法、表示

溶融スラグ細骨材の品質試験は表-1-10に示す試験方法を準用する。

これらの品質については、「JIS A 5005 コンクリート用碎石および砕砂」に示される碎石の規定を満足する旨の品質表示を行う。

表-1-10 溶融スラグ細骨材の試験項目および試験方法

試験項目	試験方法
絶乾比重	JIS A 1109
吸水率	JIS A 1109
安定性	JIS A 1122
洗い試験で失われる量	JIS A 1103

(3) 利用技術

1) 設計

溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートの設計は、当該コンクリートの適用構造物に応じて土木学会「コンクリート標準示方書」または日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5鉄筋コンクリート工事」の規定に準ずる。

一般的に溶融スラグ細骨材は、形状が角張っているため単位水量が多くなること、また、溶融スラグ細骨材の混入率の増加に伴ってブリーディング量は増大し、強度は低下する傾向にあるので、天然骨材の一部を溶融スラグ細骨材で置換して用いるのがよい。溶融スラグ細骨材の置換率は、既往の事例によると50%程度であるが、試し練り等により、フレッシュコンクリートの性状および硬化コンクリートの物性を確認するなどして、溶融スラグ細骨材の置換率を定めるとよい。

2) 施工

溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートの施工は、当該コンクリートの適用構造物に応じて土木学会「コンクリート標準示方書」または日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5鉄筋コンクリート工事」の規定に準ずる。

施工後の安全性の確認、または繰返し再生利用等の際の資料とするために、溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートの施工者は、当該コンクリートの施工場所の平面図、断面図、打設数量等が明示された施工記録書を作成し、正施工記録書を発注者が、控施工記録書を施工者および溶融スラグ細骨材製造者が保管しておくこととよい。なお、施工記録書には、溶融スラグ細骨材製造者の発行する試験成績書および当該コンクリートの製造者の発行するコンクリートの使用材料・配合・試験成績書を添付しておくこととよい。

なお、現時点では、溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートは、施工実績が少ないことにより施工上の問題・課題（表面仕上げ性、ポンプ圧送性等）が把握できていない。したがって、施工条件・方法を考慮したうえで、構造物の環境条件や要求性能に応じたコンクリートの品質試験を事前に実施し、確認すると

よい。

3) 繰返し再生利用および処分

発注者は、施工された溶融スラグ細骨材コンクリートを他の用途への利用、繰返し再生利用・加工、あるいは撤去処分等を行う場合は、当初の施工記録書をもとに、繰返し再生利用または処分等につき、その具体的な方法および手順について溶融スラグ細骨材製造者と協議するとよい。この協議には、必要に応じて当該コンクリートの施工者、製造者が協力するものとする。

(4) 利用する場合の課題

溶融スラグ細骨材を多量に使用しようとする場合、生コンへの利用が有望と考えられるが、JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」には使用できる骨材の規格があるため、溶融スラグ細骨材を用いた生コンクリートはJIS規格外として活用できるのみである。JIS規格外としての用途もかなりの需要があろうが、特定の地域、時期などの制約があったり、あるいは需要量の変動が大きいなどの理由から、汎用材料以外の材料（ここでは溶融スラグ細骨材）をストックする敷地・設備がなかったり、骨材サイロ・計量装置等を含めたパッチャープラント設備面での対応ができないのが実状である。

また、溶融スラグ細骨材の品質面においても、焼却灰の組成や溶融方式・冷却方式等により化学成分および物理的性質が異なるため、普及を促進するためには用途に応じた品質のランク分けも必要と考えられる。しかし、品種が多くなることおよび用途が設定されることは、当該コンクリートの供給者（生コン製造者）の立場からは、上述と同様の理由から普及の阻害要因となろう。品質のランク分けをしない場合には、一般的にはその品質基準は厳しくなり、特定の溶融スラグ（高品質／過剰品質の溶融スラグ）だけが品質基準を満たすだけとなりやすく、有効利用の観点からは好ましくない。

いずれにしろ、種々の溶融スラグについて、化学成分および物理的性質と耐久性を含めたコンクリートの品質との関係を把握することが必要であり、それを基に例えば「JIS A 5011コンクリート用スラグ骨材」と同種の規格を策定することが、普及を促進するうえで必要と考えられる。

(5) 利用技術例

以下の文献に利用された例が記載されている。

- 1) 千葉県環境部：千葉県溶融スラグ有効利用研究会報告「骨材としての溶融スラグ」一、平成10年3月
- 2) 千葉県環境部生活環境課：千葉県溶融スラグ利用促進について、都市清掃、Vol.51, No.227, 平成10年12月

参考文献

- 1) 千葉県：千葉県溶融スラグ利用促進指針、平成8年3月
- 2) 白子：溶融スラグの特性と有効利用について、「講習会テキスト：ごみ焼却灰溶融スラグ有効利用における安全基準・利用基準の動向と品質向上策」、平成9年6月20日
- 3) 端山：焼却灰溶融スラグの有効利用マニュアルについて、都市清掃、第51巻、第227号、平成10年12月
- 4) 北辻、藤居：ごみ焼却灰溶融スラグのコンクリート用細骨材への適用に関する基礎的研究、農業土木学会論文集、第200号、平成11年4月

- 5) 北辻、藤居：ごみ溶融スラグを細骨材として用いたコンクリートの性質，農業土木学会論文集，第200号、平成11年4月
- 6) 東京都清掃局：焼却灰溶融スラグの有効利用マニュアル
- 7) 埼玉県環境生活部廃棄物対策課：溶融スラグ有効利用指針
- 8) (財) 廃棄物研究財団：焼却灰の適正な処理および有効利用に関する研究 平成8年度報告書，平成9年3月

1.1.4 コンクリート用骨材（コンクリート工場製品）への適用

(1) 適用範囲

本項は一般廃棄物およびその焼却灰を1,200℃以上の温度で溶融し、これを冷却することによって得られるスラグ（以下 溶融スラグ）をコンクリート工場製品用細骨材として用いる場合、建築物周辺および建築敷地の広場、歩行系道路、通過交通の少ない生活系道路などに用いるインターロッキングブロックとして用いる場合について適用する。

適用可能なコンクリート工場製品の例は以下に示すとおりであるが、当該コンクリート製品のJISおよび関連規格を満足し、安全性が確認されれば、これを適用できる。

- ① 道路用製品（舗装用平板、道路用RC側溝、コンクリート境界ブロック等）
- ② 土止め用および護岸用製品（コンクリート積みブロック等）
- ③ コンクリート擬木等景観用製品
- ④ インターロッキングブロック

(2) 試験評価方法

1) 環境安全性基準と試験方法

① 溶出基準

1.1.1(2) 1)①に準ずる。

② 溶出試験方法

「土壌の汚染に係る環境基準について（平成3年8月23日 環境庁告示第46号）」の別表の測定方法に準拠する。なお、コンクリート工場製品用細骨材として使用される場合、溶融スラグ表面がセメント水和物（セメント硬化体）によって覆われるため、溶融スラグからの重金属等の溶出は抑制される。したがって、コンクリート工場製品の破砕物を試料として評価してもよいと考えられるが、溶融スラグ細骨材の輸送や貯蔵における安全性をも考慮して、細骨材として用いる形態のものを試料として溶出試験を実施するものとする。

③ 安全性の管理

安全性の管理は、基本的に1.1.1(2) 1)③を準用する。

2) 品質基準と試験方法

① 品質基準

コンクリート工場製品用溶融スラグ細骨材は、コンクリートの品質に悪影響を及ぼす物質を有害量含ん

ではない。

なお、溶融スラグの性状は焼却灰の組成や溶融方式・冷却方式等により異なるため、適用するコンクリート工場製品の要求特性および環境条件等に応じて、その品質試験項目と品質基準を定める必要がある。一般の場合には、「JIS A 5005コンクリート用碎石および砕砂」に示される砕砂の規定を目安にし、天然骨材の内割りで溶融スラグ細骨材を使用し、当該コンクリート工場製品のJISの規定を満足することとする。インターロッキングブロックへ適用する場合の品質は、建築学会「建築工事標準仕様書・同解説JASS 7 メーソナリー工事」の規定を目安とするのがよい。

溶融スラグ細骨材の置換率は、使用する溶融スラグ細骨材の品質および適用するコンクリート工場製品によって異なるが、通常は20～50％程度の場合が多い。既往の資料を参考にするとともに、事前の試験によって溶融スラグ細骨材の置換率を定めるとよい。

なお、現時点では、溶融スラグ細骨材の塩素、アルカリ、金属類の含有量等とコンクリートの品質との関係についての調査が十分でないので、その後の適用に有用な資料を蓄積する目的で、当該コンクリート工場製品の基礎物性の他、耐久性に関する試験を実施しておくのが望ましい。

② 品質試験方法、表示

溶融スラグ細骨材の品質試験は表-1-11に示す試験方法を準用する。インターロッキングブロックの品質試験はJASS 7 M-101やインターロッキングブロック協会の品質規格によるのがよい。

これらの品質については、当該コンクリート工場製品の品質規格を満足する旨の品質表示を行う。

表-1-11 溶融スラグ細骨材の試験項目および試験方法

試験項目	試験方法
絶乾比重	JIS A 1109
吸水率	JIS A 1109
安定性	JIS A 1122
洗い試験で失われる量	JIS A 1103

(3) 利用技術

1) 設計

溶融スラグ細骨材を用いたコンクリート製品の設計は、当該コンクリート製品のJISの規定に準ずる。

2) 施工

溶融スラグ細骨材を用いたコンクリート製品の施工は、当該コンクリート製品の施工要領に従うものとする。

施工後の安全性の確認、または繰返し再生利用等の際の資料とするために、溶融スラグ細骨材を用いたコンクリート工場製品の施工者は、当該コンクリート工場製品の施工場所の平面図、断面図、敷設数量等が明示された施工記録書を作成し、正施工記録書を発注者が保管し、控施工記録書を施工者、当該コンクリート工場製品の製造者および溶融スラグ細骨材製造者が保管しておくこととよい。なお、施工記録書には、溶融スラグ細骨材製造者の発行する試験成績書および当該コンクリート工場製品の製造者の発行するコン

クリート工場製品の使用材料・配合・試験成績書等を添付しておくといよい。

3) 繰返し再生利用および処分

発注者は、施工された溶融スラグ細骨材コンクリート製品の他の用途への利用、繰返し再生利用・加工、あるいは撤去処分等を行う場合は、その具体的な方法について溶融スラグ細骨材製造者と協議するとよい。この協議には、必要に応じて当該コンクリート製品の施工者、製造者が協力するものとする。

(4) 利用する場合の課題

溶融スラグの品質は焼却灰の組成や溶融方式・冷却方式等により異なり、溶融スラグ中の塩素、アルカリの影響、また、含有する金属類とアルカリまたは水との反応によるセメント硬化体の膨張などが懸念されるが、それらへの対処として北辻ら^{6), 7)}は溶融スラグ骨材の品質および使用方法について提案したうえで、コンクリート用骨材としての利用の可能性は高いとしている。インターロッキングブロックについては数例の適用例が報告されている。しかしながら、上述の影響等について十分に使用実績があるわけではないので、事前の品質確認により適用が可能と判断された場合についても、以後の適用（普及）の参考に資する目的で、可能な範囲で試験項目や試験頻度を多くするなどして、溶融スラグの品質と当該コンクリート工場製品の性状との関係等のデータを蓄積しておくことが望まれる。

(5) 利用技術例

以下の文献に利用された例が記載されている。

- 1) 千葉県環境部：千葉県溶融スラグ有効利用研究会報告「骨材としての溶融スラグ」、平成10年3月
- 2) 白子他：焼却灰溶融スラグの有効利用について「透水性インターロッキングブロックの敷設」、平成4年度東京都清掃研究所研究報告、平成4年
- 3) 千葉県環境部生活環境課：千葉県溶融スラグ利用促進について、都市清掃、Vol. 51, No. 227, 平成10年12月

参考文献

- 1) 千葉県：千葉県溶融スラグ利用促進指針、平成8年3月
- 2) 原：溶融スラグの性状と有効利用への課題と解決策、「講習会テキスト：ごみ焼却灰溶融スラグ有効利用における安全基準・利用基準の動向と品質向上策」、平成9年6月20日
- 3) 山本：東海市における灰溶融処理施設の稼動状況について、都市清掃、第51巻、第227号、平成10年12月
- 4) 端山：焼却灰溶融スラグの有効利用マニュアルについて、都市清掃、第51巻、第227号、平成10年12月
- 5) 石川：ごみ処理の最先端プラント技術と灰溶融、発行所：(株)日報、1997. 5. 28
- 6) 北辻、藤居：ごみ焼却灰溶融スラグのコンクリート用細骨材への適用に関する基礎的研究、農業土木学会論文集、第200号、平成11年4月
- 7) 北辻、藤居：ごみ溶融スラグを細骨材として用いたコンクリートの性質、農業土木学会論文集、第200号、平成11年4月
- 8) 北辻、浜岡、吉田：ごみ溶融スラグのコンクリート二次製品への適用に関する研究、平成10年度東北支部研究

発表会,土木学会,平成11年3月

9)東京都清掃局:焼却灰溶融スラグの有効利用マニュアル,

10)船橋市:焼却灰再生品利用技術指針,平成8年3月

11)埼玉県環境生活部廃棄物対策課:溶融スラグ有効利用指針

12)(財)廃棄物研究財団:焼却灰の適正な処理および有効利用に関する研究 平成8年度報告書,
平成9年3月

2. 一般焼却灰と下水汚泥の混合物

原料となる一般焼却灰と下水汚泥の現状については、1.一般廃棄物、一般焼却灰と3.下水汚泥の冒頭に記述する。本章では、これらを焼結粉砕して新しいセメントを再生資材として使用する場合を取り扱う。本再生資材については、現時点ではまだ実績が少ないので、生産管理ができて環境安全上もより安全であるコンクリート工場製品をマニュアル案とし、現場施工での適用はマニュアル案参考資料とした。

2.1 焼結粉砕セメント化処理（第3編 2. 2.1 を参照のこと）

(1) 処理の概要

焼結粉砕セメントは、製品1tにつきセメントクリンカー主原料として都市ごみ焼却灰0.5t、下水汚泥0.3tに生石灰系添加剤などを調合したものであり、調合原料を約1,350℃で焼成し、焼結したクリンカーを粉砕して製造された新しいセメントである。焼結粉砕セメントの製造は、基本的にポルトランドセメントの製造と同様な工程で構成される。

① 原料工程

焼結粉砕セメントの調合原料は、都市ごみ焼却灰(以下、焼却灰と称す)に下水汚泥や石灰石などの天然原料を混合して水硬性鉱物が生成するように化学成分を調整したものである。原料工程では、蛍光X線分析法によって化学成分が管理される。

② 焼成工程

化学成分を調整した調合原料を焼成窯(キルン)を用いて約1,350℃で焼成して、焼成度の管理下でクリンカーを製造する。

③ 仕上げ工程

焼成工程で製造したクリンカーを粉砕機により粉砕し、せっこうと混合し、粉末度とせっこう混合量を管理してセメントに仕上げる。クリンカーおよび焼結粉砕セメントを定期的に採取し、粉末度、化学成分を測定・分析し管理する。

④ 重金属回収工程

バグフィルターで回収されたキルンダストは、水と混合され、鉛(Pb)を主体とした鉛産物および銅(Cu)を主体とした銅産物に固液分離、回収される。その他の重金属類もいずれかの産物に入り、精練所へ山元還元される。

(2) 物理化学的性質

焼結粉砕セメントは、その特徴によって二種類に大別される。

① 普通型焼結粉砕セメント

都市ごみ焼却灰に含まれる塩素成分をセメントの製造過程で脱塩素化させて塩化物イオン量を0.1%以下としたセメントであり、普通ポルトランドセメントと同様な性質を有する。

$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 含有量は普通ポルトランドセメントよりも多い。三酸化硫黄含有量は普通ポルトランドセメントよりも多いが、JIS R 5210-1997 超早強ポルトランドセメントやASTM C-150-97 aにあるタイプⅢの上限値4.5%以下であり、安定である。

セメントの物理的性質は普通ポルトランドセメント（JIS R 5210-1997）に適合するが、塩化物イオン量は規格上限値である 0.02 %（200ppm）よりも多い。塩化物含有量の少ない骨材や練混ぜ水などの使用材料を選定することによってコンクリート中の塩化物イオン量を 0.3kg/m^3 （JIS A 5308-1998 の規制値）以下にすることができる。

本セメントの塩化物イオンの基準値が 0.1 % 以下となっているが上限値で製造された場合は、コンクリートの配合によってはセメント自体で 0.3kg/m^3 を越えてしまうことがあるので、セメント中の塩化物イオン量を頻繁に測定するなど注意する必要がある。通常塩化物イオン量の平均値は 0.05 % 程度であるから、セメントの品質管理が適正に行われていれば、セメント量が特に多い配合以外は 0.3kg/m^3 を越えることはない。

また、組成上は三酸化硫黄が普通ポルトランドセメントの規格 3.0 % 以下と比べて 4.5 % 以下と大きいため早期強度が高くなる特徴を有する。

② 速硬型焼結粉砕セメント

都市ごみ焼却灰に含まれる塩素成分をクリンカー鉱物（ $11\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCl}_2$ ）として固定化した速硬性を有するセメントであり、0.5 ~ 1.1 % の塩化物イオンを含む。凝結始発時間は 8 分程度と短く、可使時間の調整にはオキシカルボン酸系の遅延剤が使用される。練り混ぜ後、数時間で強度を発現し、材齢 1 日、3 日の圧縮強さは早強ポルトランドセメントと同様である。塩化物イオンが多く鉄筋に影響があるので、用途は無筋コンクリートの分野に限定される。

2.1.1 コンクリート工場製品への適用

(1) 適用範囲

本項は、焼結粉砕セメント（普通型、速硬型）をコンクリート工場製品へ利用するに当たって基本的な設計および施工上、特に必要とする事項について示したものである。

普通型粉砕焼結セメントならびに速硬型粉砕焼結セメントをコンクリート工場製品に適用するに当たっては、含有塩素量の影響について考慮を要するものがあり、大別すれば表-2-1 に示すコンクリート製品の構造によって適用の可否を分類する。表-2-1 に基づき想定した焼結粉砕セメントの用途について、本文に示されていない事項については、JIS 規格、「土木学会コンクリート標準示方書」および土木研究所資料「省エネセメントの利用技術の開発に関する報告書—研究成果および利用技術マニュアル（案）—」による。焼結粉砕セメントは、現時点では十分に使用実績があるわけではない。したがって、実用に供するコンクリートの要求特性、適用構造物の種類および環境条件等に応じて、セメントを用いたコンクリートの品質を試験によって事前に確認しなければならない。また、当該コンクリートの当面の用途としては、表 2-1 の構造物の中でも高い強度・耐久性が要求されない重要性の低い構造物へ適用する。

表-2-1 コンクリート製品の構造による分類に従った適用の可否（○：適用可能、×：適用不可）

セメントの種類	分類	無筋コンクリート	鉄筋コンクリート	プレストレストコンクリート		適用例
				プレテンション	ポストテンション	
普通型焼結粉砕セメント		○	○	×	×	注1)
速硬型焼結粉砕セメント		○	×	×	×	注2)

注1) 普通型焼結粉砕セメントは、以下に示したコンクリート製品の内、当面プレストレストコンクリート製品については適用範囲外とする。

①道路用製品（舗装用平版、道路用RC側溝、コンクリート境界ブロックなど）、②上下水道および灌漑排水用製品（RCボックスカルバート、RC排水溝など）、③土止め用および護岸用製品（コンクリート積みブロック、RCL型擁壁など）、④その他（軌道スラブ、コンクリート擬木など）

注2) 速硬型焼結粉砕セメントは含有塩素量が多く、以下のいずれも無筋コンクリートに限る。

① 道路用製品（舗装用コンクリート平板、コンクリートL型、コンクリート境界ブロック、インターロッキングブロックなど）、② 土止め用および護岸製品（コンクリート積みブロックなど）、③ その他（消波ブロックなど）

(2) 試験評価方法

1) 環境安全基準と試験方法

① 溶出基準

1.1.1(2) 1)①に準ずる。

② 溶出試験方法

「土壌の汚染に係る環境基準について（平成3年8月23日 環境庁告示第46号）」の別表の判定方法に準拠する。コンクリート製品の場合、その使用状態が粉砕焼結セメントの硬化体であるため、溶出に対する安全性の確認は普通型および速硬型いずれもセメントコンクリート硬化体で溶出試験を実施し、その安全性を確認する。溶出試験に使用する試験体は、セメントコンクリート硬化体の粉砕物に代わって、JIS R 5201に規定される材齢28日のモルタル試験体を用いて溶出試験を実施し、その安全性を確認してもよい。

③ 安全性の管理

コンクリートの適用範囲、用途などを考慮し、必要に応じて、コンクリートまたはモルタル（JIS R 5201に規定される材齢28日のモルタル）の溶出試験を行うこととする。品質表示、検査については、基本的に1.1.1(2) 1)③に準ずる。

2) 品質基準と試験方法

① 品質基準

表-2-1に示した普通型および速硬型焼結粉砕セメントをコンクリート製品に利用する場合、その品質基準は、それぞれのコンクリート製品のJISなど、関連規格を準用するものとする。ただし、品質基準がJISなどの公的規格による規定のないコンクリート製品については、それを製造しているメーカーの社内規格（評定などの認定を受けた資料で品質基準が明確に明文されているものなど）に準拠するものとする。具体例を表-2-2に示す。

表-2-2 品質基準一覧

種類	参照基準
舗装用コンクリート平板	JIS A 5304
コンクリートL型	JIS A 5306
コンクリート境界ブロック	JIS A 5307
インターロッキングブロック	・建築学会 JASS7 M101 ・インターロッキングブロック協会
コンクリート積みブロック	JIS A 5323
鉄筋コンクリートU型	JIS A 5305
道路用鉄筋コンクリート側溝	JIS A 5345
ボックスカルバート、擁壁	土木学会、道路協会
その他コンクリート製品	各種製品に対する規格・基準

② 品質試験方法、表示

普通型および速硬型焼結粉砕セメントをコンクリート製品のセメントとして利用する場合、その品質確認は表-2-2 に示した規格の定める試験方法に準拠して行う。

これらの品質については、表-2-2 について満足する旨の品質表示を行う。

(3) 利用技術

1) 普通型焼結粉砕セメント

普通型焼結粉砕セメントをコンクリート製品に利用する場合の設計・施工は、当該コンクリートの適用構造物に応じて、土木学会「コンクリート標準示方書」などの規定に準ずる。

① 設計

普通型焼結粉砕セメントをコンクリート製品に利用する場合の設計は、土木学会「コンクリート標準示方書」の規定、当該製品毎の設計規準などに準ずる。設計の基準に関する具体例を表-2-3 に示す。

表-2-3 設計基準参照表

種類	参照基準
舗装用コンクリート平板	JIS A 5304
コンクリートL型、鉄筋コンクリートL型	JIS A 5306
コンクリート境界ブロック	JIS A 5307
インターロッキングブロック	・建築学会 JASS7 M101 ・インターロッキングブロック協会
コンクリート積みブロック	JIS A 5323
鉄筋コンクリートU型	JIS A 5305
道路用鉄筋コンクリート側溝	JIS A 5345
ボックスカルバート、擁壁	土木学会、道路協会

② 施工

普通型焼結粉砕セメントをコンクリート製品に利用する場合の施工は、表-2-4 に示す当該製品毎の設計および施工基準などに従うものとする。

セメント中の塩化物イオン含有量については2.1(2)を参考にする。

表-2-4 施工基準参照表

用途	製品例	参照基準
道路用製品	道路用RC側溝	土木工事共通仕様書
建築用製品	インターロッキングブロック	インターロッキングブロック舗装設計施工要領

③ 繰返し再生利用および処分

使用者は、施工された普通型焼結粉砕セメントを用いたコンクリート製品の他の用途への利用、繰返し再生利用・加工、あるいは撤去処分を行う場合は、その具体的な方法について普通型焼結粉砕セメント製造者と協議しなければならない。この協議には、必要に応じて当該コンクリート製品の施工者、製造者が協力するものとする。

2) 速硬型

速硬型焼結粉砕セメントをコンクリート工場製品のセメントとして利用した場合の設計・施工は、土木学会「コンクリート標準示方書」および土木研究所「省エネセメントの利用技術の開発に関する報告書－研究成果および利用技術マニュアル（案）－」などの規定に準ずる。

① 設計

速硬型焼結粉砕セメントをコンクリート製品に利用する場合の設計は、土木学会「コンクリート標準示方書」の規定、当該製品毎の設計規準などに準ずる。特に、設計上検討が必要と考えられる項目を下記に示すとともに、設計の基準に関する具体例を表-2-5に示す。

- ・製造者のセメント試験成績表による品質の事前承認などを付記する。
- ・各々の対象コンクリート製品の規格・基準を満たす設計が必要となる。
- ・原則無筋コンクリートに使用するが、鉄筋コンクリートに使用する場合、鉄筋の発錆について十分な措置を講じる必要がある。

表-2-5 設計基準参照表

種類	参照規格
舗装用コンクリート平板	JIS A 5304
コンクリートL型	JIS A 5306
コンクリート境界ブロック	JIS A 5307
インターロッキングブロック	・建築学会 JASS7 M101 ・インターロッキングブロック協会
コンクリート積みブロック	JIS A 5323

注) コンクリートL型には適用できるが鉄筋コンクリートL型は除く

② 施工

速硬型焼結粉砕セメントをコンクリート製品に利用する場合の施工は、表-2-6に示す当該製品毎の設計および施工基準などに準ずる。

表-2-6 施工基準参照表

用途	製品例	参照規格
道路用製品	舗装用コンクリート平板	土木工事共通仕様書
建築用製品	インターロッキングブロック	インターロッキングブロック舗装設計施工要領

③ 繰返し再生利用および処分

発注者は、施工された速硬型焼結粉砕セメントを用いたコンクリート製品の他の用途への利用、繰返し再生利用・加工、あるいは撤去処分を行う場合は、その具体的な方法について速硬型焼結粉砕セメント製造者と協議しなければならない。この協議には、必要に応じて当該コンクリート製品の施工者、製造者が協力するものとする。

(4) 利用する場合の課題

普通型および速硬型焼結粉砕セメントをコンクリート製品に利用する場合の課題について、普通型、速硬型各々について以下に示す。

1) 普通型焼結粉砕セメント

普通型焼結粉砕セメントは、塩素イオン量が JIS で定められたポルトランドセメントの上限値(0.02%)より多い。このためコンクリート中の塩化物イオン量を JIS の規格値以下にするのに塩化物含有率の少ない骨材や水を用いる必要がある。また普通ポルトランドセメントに近い性状を示すが、色が普通セメントと若干異なるため、色合いを要求されるコンクリート製品に顔料を添加する場合には、その添加量について試し練りするなどにより検討が必要である。

2) 速硬型焼結粉砕セメント

速硬型焼結粉砕セメントは、普通ポルトランドセメントに比べ、凝結性能および含有塩素量が異なるため、これらに関係すると思われる以下の項目についての検討が必要である。

- ① 速硬型焼結粉砕セメントは塩素含有量が多いので、原則無筋コンクリートに使用する。鉄筋コンクリートに使用する場合には、高炉スラグ微粉末などのコンクリート用混和材を混合して、コンクリート中の塩素イオン量を規定値以下にすることやエポキシ塗装鉄筋を使用するなどの鉄筋の発錆を防止する手立てを十分に講じ、試験等で効果を確認することを必要とする。
- ② 速硬型焼結粉砕セメントの凝結時間が速いため、凝結遅延剤を使用し、コンクリート成型時の可使用時間を確保する必要がある。凝結調整剤の効果は温度によっても異なり、また強度発現性にも影響するので、試験練りによってその添加量を定めることが必要である。
- ③ 凝結調整剤は、練り混ぜ水によく溶かして使用することが必要である。
- ④ コンクリートの練り混ぜにおける材料の投入順序は一般のコンクリートと異なる。骨材とセメントを投入して空練りを行う方法の場合には速硬型焼結粉砕セメントは初期の水和反応が活発なので、骨材の表面水とセメントが水和して所要のスランプが得られないことがある。したがって、速硬型焼結粉砕セメントの練混ぜは、骨材の投入後に凝結調整剤を溶かした練り混ぜ水を投入して攪拌した後セメントを投入する方法とする。

(5) 利用技術例

普通型および速硬型焼成粉砕セメントをコンクリート工場製品へ利用した例として、以下の施工実績がある。

1) 普通型焼結粉砕セメントの利用例

現在、流し込み製品（道路用鉄筋コンクリート側溝、コンクリートL型、擁壁）、即脱製品（空洞ブロック、インターロッキングブロック、積みブロック）など幅広くコンクリート工場製品について実施中である。

2) 速硬型焼結粉砕セメントの利用例

① 流し込み無筋ブロック

② インターロッキングブロック

③ 積みブロック

参考文献

- 1) 横山、滋、平尾 宙、土田良明、長野健一、「都市ゴミ焼却灰を主原料としたセメントの石膏量及および粉末度」、セメント技術年報（投稿中）、1999.
- 2) 横山、滋、平尾 宙、土田良明、長野健一、「都市ゴミ焼却灰を主原料としたセメントクリンカーに及ぼすC Iの影響」、セメント技術年報（投稿中）、1999.
- 3) 横山、滋、中野 卓、土田良明、長野健一、「都市ゴミ焼却灰を主原料としたセメントクリンカーに及ぼすP₂O₅の影響」、セメント技術年報（投稿中）、1999.
- 4) T.Shimoda, S.Yokoyama, Eco-cement : A new portland cement to solve municipal and industrial waste problems, International Congress University of Dundee (投稿中).
- 5) 建設省、「平成9年度(第51回)建設省技術研究会、省資源・省エネルギー型建設技術の適用性に関する調査」、建設省大臣官房技術調査室、Oct.1998、pp.8-7～8-9.
- 6) 寺田 剛、坂本浩行、「省エネセメント、その利用技術の開発」、セメント・コンクリート、No.614、Jan.1998、pp.41～49.
- 7) 横山 滋、「エコセメントコンクリートとその性能」、セメント・コンクリート、No.611、Jan.1998、pp.50～54.
- 8) 長塩靖祐、横山 滋、関野一男、山下裕毅、「都市ゴミ焼却灰を原料としたセメントを用いた蒸気養生コンクリートの基礎的研究」、土木学会第53回年次学術講演会講演梗概集、第5部、Oct.1998、pp.694～695.
- 9) 山下裕毅、横山 滋、関野一男、長塩靖祐、「都市ゴミ焼却灰を原料としたセメントを用いた消波ブロックへの適用に関する検討」、土木学会第53回年次学術講演会講演梗概集、第5部、Oct.1998、pp.696～697.

3. 下水汚泥

下水道の維持管理上、放流水の維持管理と並び、下水の発生汚泥を適正に処理処分することは最も大きな課題である。

平成8年度では、下水道普及率は55%で、2,374千 m^3 の下水汚泥の処分をしている。表-3-1に示すように汚泥処分量は横ばいないしは微増で推移しているが、これは、焼却処理による処分量の増加が影響しており、下水道の普及や生活水準の向上に伴い、今後ますます汚泥の発生は増大するものと予想される。

表-3-1 下水道の普及と発生汚泥処分

年度	平成5年	平成6年	平成7年	平成8年
下水道普及率(%)	49	51	54	55
処理水量(百万 m^3 /年)	11,551	10,833	10,725	11,705
汚泥処分量(千 m^3 /年)	2,307	2,572	2,569	2,374

「日本の下水道H5～H10」より作成

表-3-2 下水汚泥の処分状況(平成8年度：処分時体積ベース) 単位(千 m^3)

処分形態	陸上埋立	海面埋立	有効利用	その他	計
脱水ケーキ	776	247	527	60	1,610
焼却灰	102	146	101	12	361
乾燥汚泥	14	0	165	10	189
消化・濃縮汚泥	0	0	0	214	214
計	892	393	793	296	2,374

「日本の下水道H10」より作成

下水汚泥の処分形態別内訳は表-3-2に示すように55%が陸上・海面の埋立処分であり(体積ベース)、33%が建設資材利用や農地還元等の有効利用である。汚泥の有効利用の割合は依然として低く、全有効利用量は約793千 m^3 である。

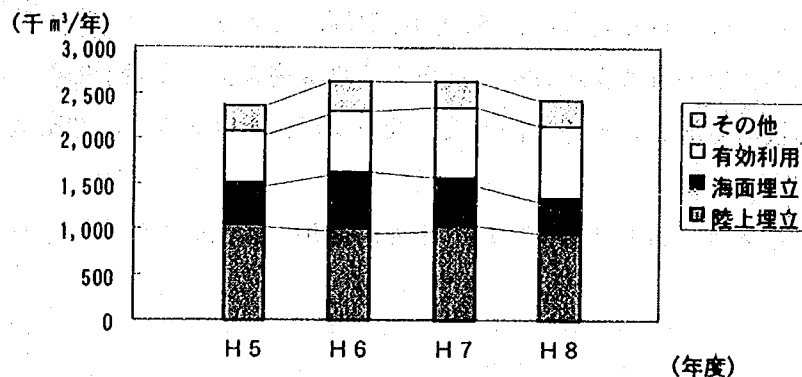


図-3-1 下水汚泥の処理方法別処理量の推移

「日本の下水道H5～H10」より作成

下水汚泥の成分例を表-3-3に示す。下水汚泥は有機物を豊富に含んでおり、この中には窒素、リンなどの肥料としての効果がある成分が含まれている。こうした下水汚泥の特性を利用して、農地や緑地へ有機肥料あるいは土壌改良材として用いられてきている。また、下水汚泥の無機成分に着目し、これを建設資材として利用することが可能である。

表-3-3 下水汚泥の成分例

水分 %	固形分 %	固形分の成分						
		可燃分 %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	P ₂ O ₅ %	Cl %
80	20	63	15	7	3	3	6	0.3

下水汚泥の処理後の形態は、主として、乾燥汚泥、脱水汚泥、汚泥焼却灰および溶融スラグに分かれる。再生利用の観点からみると、主として、乾燥汚泥、脱水汚泥は緑農地利用され、セメント原料化向けの脱水汚泥、汚泥焼却灰および溶融スラグが建設資材として利用される。一方焼却や溶融した場合、重量比でみると脱水汚泥を 100 とした場合に焼却灰、溶融スラグはともに 5 となり、1/20 の減量化がはかれる。これを容量でみると、脱水汚泥に対して焼却灰では 1/10 ～ 1/16、溶融スラグでは 1/30 の減容化となる。

下水汚泥の性状は、下水処理場の処理方法、脱水方法、凝集剤等の種類により違いがある。下水汚泥の有効利用にあたっては、処理方法や処理形態別に成分性状に違いがあることから、季節変動による性状の差異、下水汚泥の肥効成分の基準、有害重金属の溶出基準、汚泥脱水ケーキの薬剤調質剤の種類による性状の違い、また、凝集剤別の汚泥焼却灰の性状の違い、セメント原料化の汚泥リンの含有量、溶融にあたっての塩基度調整等に留意し、資源化にあたって要求される基準をクリアする汚泥の調整が必要である。

3.1 溶融固化処理

(1) 処理の概要

下水汚泥の処理は、汚泥中に含まれる有機物等の安定化と減量化が基本とされる。安定化には焼却と消化の処理が有効であるのに対し、減量化には焼却とともに溶融固化による効果も大きい。現状では、最終安定化形態から見ると、焼却または脱水処理後、埋め立てられているものが約 7 割を占める。しかし都市部など埋立地の確保が困難な場合や、焼却処理のみでは減容効果が十分でない大都市や広域処理事業等のように、大量の下水汚泥処理が行われる場合に、溶融固化処理が導入され始めている。

下水汚泥の溶融は汚泥固形物中の有機物が分解したあとの無機物をより高温で融解し、その融液を冷却し固化物（スラグ）とする技術である。冷却方法によりスラグは、水砕スラグ、空冷スラグに分けられるのは一般廃棄物の場合と同様である。

下水汚泥処理に適用される溶融プロセスとしては、表面溶融炉、旋回溶融炉、コークスベッド式溶融炉が挙げられる。

(2) 物理化学的性質

スラグの絶乾比重および表乾比重は概ね 2.5 ～ 3.0 であり、碎石なみの比重と考えられる。また冷却方法により絶乾比重の値は若干異なり、空冷スラグの方が水砕スラグよりやや大きな値となる傾向がある。

表-3-4 に下水汚泥溶融スラグの化学組成例を示す。

表-3-4 下水汚泥溶融スラグの化学組成例

(含有重量割合；%)

処理場名	A	B	C	D	E	F	G	H	下水道事業団データ	
									高分子系	石灰系
測定数	6	2	7	4	1	1	7	7	24	22
SiO ₂	46.0	41.1	43.8	26.6	27.5	43.9	34.1	15.8	40.7	22.3
Al ₂ O ₃	14.2	13.5	31.2	10.6	10.8	3.5	19.8	14.8	14.8	8.1
Fe ₂ O ₃	7.75	7.50	7.12	2.85	7.25	10.7	13.5	6.50	9.6	15.7
CaO	15.9	6.66	3.90	63.6	21.2	0.81	10.9	23.6	8.2	40.1
MgO	1.89	2.52	1.77	3.33	2.00	0.46	2.34	2.76	3.0	2.8
P ₂ O ₅	4.67	10.5	1.09	-	-	-	11.1	4.22	13.0	4.9
CaO/SiO ₂	0.43	0.16	0.09	2.39	0.02	0.02	0.32	1.49	0.20	1.80

下水汚泥資源利用協議会：下水汚泥の建設資材利用マニュアル（案），1991 年版

参考文献

1) 下水汚泥資源利用協議会：下水汚泥の建設資材利用マニュアル（案），1991 年版

3.1.1 舗装の路盤材料への適用

溶融スラグを路盤材として利用する場合は、利用用途に応じた性状を有しているものを利用する。

(1) 適用範囲

下水汚泥焼却灰の溶融スラグを路盤材として利用する場合、利用用途に応じた試験を実施し、その適用の可否を判断する必要がある。

当該溶融スラグを舗装用路盤材として用いる場合、実績では設計交通量がA交通の下層路盤および上層路盤であった。なお、基準を満たせば過去の事例等を参考としてそれ以上の交通区分での適用も可能である。

また、安全性の観点から、溶融スラグは原則として 1,200℃以上の温度で溶融し、冷却固化したものと

(2) 試験評価方法

1) 環境安全性基準と試験方法

1.1.1(2) 1)に準ずる。

2) 品質基準と試験方法

1.1.1(2) 2)に準ずる。

(3) 利用技術

アスファルト舗装要綱およびセメントコンクリート舗装要綱等を準用する。

1) 設計

溶融スラグを用いた路盤の設計は、アスファルト舗装要綱、セメントコンクリート舗装要綱および簡易舗装要綱等に示される方法と手順に準じて行う。

溶融スラグは現在、所要の品質の物が常時入手できるとは限らないので、設計にあたっては、入手先、

材料供給能力、運搬距離および溶出試験結果による安全性の確認等を行う必要がある。

2) 施工

溶融スラグを用いた路盤の施工は、路盤工法に応じアスファルト舗装要綱等示される方法と手順に準じて行う。

① 溶融スラグを単体で使用する場合

溶融スラグを単体で路盤材として使用する場合は、JIS A 5001 の基準を満足する必要がある。しかし、現在、一般に用いられている水砕スラグや空冷スラグでは修正 CBR の値を満たさない場合が多い。また、実際の施工においても、これらのスラグは表面がガラス質であることから、締固め性能が悪くなる場合が多い。なお、施工性の問題については、融液を徐冷する等の方法により結晶化スラグとすることで碎石と同等の表面性状のものが製造可能であり、単体での利用に適していると考えられる。

② 溶融スラグを混合材として利用する場合

前記の単体では基準を満たさない場合には、クラッシャラン等の他の適切な材料を混合し、調整することにより使用することができる。

3) 繰返し再生利用および処分

溶融スラグを用いた路盤を構築した場合、表層のように頻繁に再生利用を行うことはないので繰返し再生利用面の優先度は低い。しかし、発注者は施工場所の平面図、断面図、数量表等の設計図書を溶融スラグの送り状および施工図面と共に保存し、当該路盤材の繰返し再生利用や処分に際して利用できるように備えるものとする。送り状および施工図面は工事施工者に提出を求め入手する。溶融スラグを用いた路盤材料の繰返し再生利用や処分を行うにあたっては、発注者は使用時の設計図書等の内容を確認の上、利用・処分の方法や手順を策定し、溶融スラグの製造者と協議し確認するとよい。

(4) 利用する場合の課題

下水汚泥溶融スラグは、処理場流入下水の水質の変動、天候、溶融炉における各種負荷条件等の変動要因により変化し、これが、物理特性にも影響を及ぼすと考えられる。また、溶融方式や冷却方式等によってもその性状が変化する。したがって、利用しようとする下水汚泥溶融スラグの諸特性をその都度把握すると共に、ある一定のロットを定めて溶融スラグの品質試験を実施する必要がある。

(5) 利用技術例

- 1) 単体での利用室内試験例（滋賀県）
- 2) 単体での路盤材としての試験施工例（大阪府）
- 3) クラッシャラン（C-40）との混合による下層路盤への利用例（富山県）
- 4) クラッシャラン（C-30）との混合による修正 CBR の改善例（滋賀県）
- 5) 公道での試験施工による石灰系焼却灰との混合による施工性の改善例（大阪府）
- 6) セメントおよび焼却灰との混合による修正 CBR の改善例（川崎市）

3.1.2 アスファルト舗装の表基層用骨材への適用

1.1.2 アスファルト舗装の表基層用骨材への適用に同じ。ただし、下水汚泥溶融スラグに関しては次のような報告がなされているが、事例報告であり平均的な特性か否かについては今後さらに調査研究する必要がある。試験施工に当っては十分に事前の供試体試験等を行う。

水冷スラグ：吸水量が大きいためアスファルト混合物への使用は不適である。

空冷スラグ：すりへり減量が大きいため、アスファルト混合物への使用は不適である。また空冷スラグの結晶化については結晶化スラグを製造している所が少なく、量的な問題がある。

参考文献

- 1) 増田隆司：溶融スラグの再資源化技術、汚泥研究年報、1988
- 2) 大嶋吉雄：下水汚泥の溶融システム 下水汚泥溶融スラグの有効利用、下水道協会誌、vol.26、No.307、1989/12

3.1.3 コンクリート用骨材（現場施工コンクリート）への適用

(1) 適用範囲

下水汚泥溶融スラグをコンクリート骨材として利用する場合、安全性の観点から、原則として1,200℃以上の温度で溶融し、冷却固化したものに適用する。

(2) 試験評価方法

溶融スラグをコンクリート骨材として利用する場合は、利用用途に応じた性状を有していることを確認し使用する。

1) 環境安全性基準と試験方法

1.1.1(2) 1)に準ずる。

2) 品質基準と試験方法

① 品質基準

下水汚泥溶融スラグをコンクリート骨材として利用する場合、その品質基準は、「JIS A 5005コンクリート用碎石および砕砂」の規格を準用するものとする。

② 品質試験方法、表示

下水汚泥溶融スラグをコンクリート骨材として利用する場合、その品質確認のため表-3-5に示す試験方法に準拠して行う。

これらの品質については、「JIS A 5005コンクリート用碎石および砕砂」の規定を満足する旨の品質表示を行う。

表-3-5 溶融スラグのコンクリート細・粗骨材としての試験項目および試験方法

試験項目	試験方法
絶乾比重	JIS A 1109, 1110
吸水率	JIS A 1109, 1110
洗い試験損失量	JIS A 1103
すりへり減量	JIS A 1121
安定性	JIS A 1122
粒形判定実積率	JIS A 1104
粗粒率	JIS A 1102
粒度	JIS A 1102

(3) 利用技術

下水汚泥溶融スラグを用いたコンクリートの設計・施工は、当該コンクリートの適用構造物に応じて、土木学会「コンクリート標準示方書」または建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事」の規定に準ずる。

1) 設計

溶融スラグ特有の性状が設計上配慮を要するものかを検討する。製造者の品質保証等による安全性および品質の事前承認等を付記する。

2) 施工

下水汚泥溶融スラグ単体で(2) 2)の品質を満足する場合は、単体で利用することができる。単体で(2) 2)の基準を満たさない場合には、適切な材料と混合して使用することができる。

3) 繰返し再生利用および処分

発注者は、施工された溶融スラグ細骨材コンクリート製品の他の用途への利用、繰返し再生利用・加工、あるいは撤去処分等を行う場合は、その具体的な方法について溶融スラグ細骨材製造者と協議するとよい。この協議には、必要に応じて当該コンクリート製品の施工者、製造者が協力するものとする。

(4) 利用する場合の課題

下水汚泥溶融スラグの品質は、溶融方式、冷却方式や下水汚泥の処理方式、季節変動等により異なる。したがって、利用しようとする下水汚泥溶融スラグの諸特性をその都度把握すると共に、ある一定のロットを定めて溶融スラグの品質試験を実施する必要がある。さらに、これらのデータを蓄積することが、今後の利用の普及に関して必要と考えられる。

(5) 利用技術例

- 1)水砕スラグを細骨材として利用した場合のスラグ混入率とコンクリート強度の調査例（富山県）
- 2)コンクリート骨材としての評価（滋賀県）
- 3)スラグ混入率とコンクリート強度の試験例（千葉市）
- 4)コンクリート骨材（遠心力鉄筋コンクリート管骨材）としての評価例（大阪市）
- 5)川砂との混合利用によるコンクリート強度の調査例（東京都）

参考文献

- 1) 下水汚泥資源利用協議会；下水汚泥の建設資材利用マニュアル（案）、1991年版、建設省都市局下水道部監修
- 2) 草下直樹、田中正道；大阪市 コンクリート用骨材に利用、水道公論、1990.3

3.1.4 コンクリート用骨材（コンクリート工場製品）への適用

(1) 適用範囲

下水汚泥溶融スラグを各種コンクリート工場製品の原材料として利用する場合に適用する。
コンクリート工場製品としては次に挙げるもの等が考えられる。

- ① インターロッキングブロック（建築学会 JASS7M101、インターロッキングブロック協会）
- ② 汚水枡
- ③ コンクリート境界ブロック（JIS A 5307）
- ④ 舗装用コンクリート平板（JIS A 5304）
- ⑤ 遠心力鉄筋コンクリート管（JIS A 5303）
- ⑥ コンクリートL型および鉄筋コンクリートL型（JIS A 5306）
- ⑦ 透水性ブロック

また、下水汚泥溶融スラグを成型品として利用した例としては、次に挙げるものがある。

- ① 定形成型結晶化物
- ② 装飾品

(2) 試験評価方法

1) 環境安全性基準と試験方法

1.1.1(2) 1)に準ずる。

2) 品質基準と試験方法

1.1.4(2) 2)に準ずる。

(3) 利用技術

1.1.4(3)に準ずる。

(4) 利用する場合の課題

1.1.4(4)に準ずる。

(5) 利用技術例

- 1) インターロッキングブロックへの利用例（富山県）
- 2) コンクリート境界ブロックへの利用例（富山県）
- 3) 舗装用コンクリート平板への利用例（川崎市）
- 4) 遠心力鉄筋コンクリート管への利用例（大阪市）
- 5) スラグ成型品への利用例（東京都）
- 6) 透水性ブロック（東京都）

7) ヒューム管骨材への利用例（滋賀県）

参考文献

- 1) 下水汚泥資源利用協議会；下水汚泥の建設資材利用マニュアル（案）、1991年版、建設省都市局下水道部監修
- 2) 富澤千里；東京都の新技术紹介＜第3回＞下水汚泥を利用した透水性ブロックの製造技術、月刊下水道、Vol.17、No.4、pp.50-53
- 3) 平尾吉一；下水汚泥有効利用の現状と課題、水道公論第29巻、第12号、pp.49-52

4. 石炭灰

石炭灰の年間発生量は720万t（平成8年度）でそのうち電気事業者からは約530万t、一般事業者からは約190万tである。表-4-1における石炭灰発生・利用量推移からもわかるように今後大幅な増加が見込まれており、石炭火力の発電量は平成18年（2006）には平成8年度の1.8倍が見込まれている。

表-4-1 石炭灰発生・利用量推移 (単位：千t)

		平成6年度	平成7年度	平成8年度
発生量	電気事業	4,725	5,149	5,297
	一般産業	1,801	1,974	1,920
	計	6,526	7,123	7,217
内訳	利用量	4,215	4,782	5,061
	(%)	(64.6)	(67.1)	(70.1)
	処分量	2,311	2,341	2,156

(財) 石炭利用総合センター：全国石炭灰実態調査より作成

4.1 溶融固化処理

(1) 処理の概要

日本国内における石炭灰の溶融固化実績は、諸外国の場合や国内における一般焼却灰や下水汚泥などと比較すると非常に少ない。溶融固化処理は、1,300～1,400℃の高温下で溶融状態にし、何らかの方法で冷却し、固形物にする処理である。焼却処理に比べ、さらに高温を利用することにより、揮発分の分離、溶融による体積減少と均質化が図れる。溶融固化物には通常スラグとメタルが含まれるが、大半をしめるスラグは、 SiO_2 , CaO , Al_2O_3 を主成分とする物質である（(2) 参照）。スラグは、冷却方法により水砕スラグ、空冷スラグに分けられる。

(2) 物理化学的性質

日本国内における石炭灰溶融化の実績が少ないため、ここでは主としてドイツにおける石炭灰溶融化スラグの物理化学的性質を述べる。表-4-2にドイツ炭石炭灰スラグの組成を示す。これは、ドイツ玄武岩質溶岩とほぼ同じ組成を有している。

表-4-2 ドイツ炭石炭灰スラグの組成

成分	スラグ（ドイツ炭） 含有量(%)
SiO ₂	45 ~ 55
CaO	2 ~ 6.5
Al ₂ O ₃	24 ~ 31
Fe ₂ O ₃	3 ~ 10
Na ₂ O	0.4 ~ 0.5
K ₂ O ₂	3 ~ 5
MgO	1.1 ~ 3
PbO	≤ 0.1
TiO ₂	0.9 ~ 1.2
MnO	0.1 ~ 0.2
ZnO	0.1 ~ 0.3
SO ₃	0.3 ~ 0.7
Cl	< 0.01
その他	3 ~ 3.5

表-4-3 は、ドイツスラグタップボイラ（灰溶融ボイラ）から発生するスラグの土質工学的特性を示したものである。

石炭灰溶融スラグ（ドイツ炭）の特徴は以下のとおりである。

- ・ ガラス状の物質になっている。
- ・ 形状は 0 ~ 10mm の粒状で、鋭利な角を持った平たい粒子である。
- ・ 化学的には中性で、環境に悪影響を与えない。
- ・ わずかな比率のセメントを加えて、適当に調整されたスラグは、高い圧縮性を有する（8N/mm²）ため高耐荷重性を示す。
- ・ 生成したまま堆積されたスラグは高い透水性をもつ（表-4-3参照）。
- ・ 石灰あるいはセメントと化学的に反応して化合する。
- ・ 機械的荷重を受けると粒子はあらかじめ与えられている応力面に沿って破壊する。衝撃式ミルを用いて破碎すると六面体の応力から開放された安定な粒子が得られる。
- ・ スラグは屋外での集積、中間貯蔵が可能である。

表-4-3 スラグの土質工学的特性

土粒子密度	2.4 ~ 2.6
締固め密度	1.3 ~ 1.5kg/cm ³
透水係数	2 ~ 3 × 10 ³ m/s

4.1.1 工場製品（ブロック等）への適用

(1) 適用範囲

ドイツでは石炭灰溶融スラグは、歩道の敷石、ブロック、広い用地の埋立て材、コンクリートブロック、家の屋根材、家の庭の敷石、埋め戻し砂利材などの用途で有効利用されている。しかし、日本では当面埋め戻し材以外の用途を優先して考える。(1.1、3.1参照)

(2) 試験評価方法

1) 環境安全性基準と試験方法

1.1.1(2) 1)に準ずる。

2) 品質基準と試験方法

3.1.3(2) 2)に準ずる。

(3) 利用技術

1) 設計

石炭灰溶融スラグを用いた土木資材の設計は、適用用途に応じて土木学会「コンクリート標準示方書」または建築学会「建築工事標準示方書」等の規定に準ずる。

石炭灰溶融スラグは、日本国内での使用実績が少なく、所用の品質のものを入手できるとは限らないので、設計に当たっては、入手先、供給能力および溶出試験結果による安全性の確認等を行う必要がある。

2) 施工

石炭灰溶融スラグを用いた土木資材の施工は、適用用途に応じて土木学会「コンクリート標準示方書」または建築学会「建築工事標準示方書」等に示される方法と手順に準じて行う。

3) 繰返し再生利用および処分

発注者は、施工された石炭灰溶融スラグによる土木資材のほかの用途への利用、繰返し再生利用あるいは撤去処分等を行う場合は、その具体的な方法について溶融スラグ製造者と協議するとよい。この協議には、必要に応じて当該土木資材の施工者、製造者が協力するものとする。

(4) 利用する場合の課題

石炭灰溶融スラグの有効利用は、ドイツ等では種々の土木資材に適用されているが、日本国内では一部土木用骨材に関して研究中である。

(5) 利用技術例

ドイツの例であるが、上述の適用例と同じ。

参考文献

- 1) (社)土木学会；石炭灰の土木材料としての利用技術の現状と展望－埋立、盛土、地盤改良－、1990、4
- 2) BVK 社技術資料；A Granulate with many possibilities (steag)
- 3) Von K.-H.Puch、W.vom Berg；Nebenprodukte aus kohlebefeuernten Kraftwerken、VGB-Kraftwerkstechnik、1997、Helt 7

5. ガラス

ガラスくずは、主として建物解体により発生する窓ガラスくず、ガラス製造工程で発生するくず、不良品、卸・小売業で発生する使用済みの容器である。

1995 年のガラス製品の国内生産量は、表-5-1に示すようにガラスびんが最も多く、次いで建物および車両の窓ガラスなどに使用される板ガラス、テレビのブラウン管、蛍光灯、電球などに使用されるガラス、FRP製品などに使用されるガラス繊維があり、合計 551 万tである。

表-5-1 ガラス製品の生産量（1995 年）

品 目	生産量（千 t）	比率（％）
(1) 板ガラス	1,562	28.4
(2) ガラス繊維	553	10.0
(3) ガラス基礎製品 （電子管、電球用、光学用その他）	934	17.0
(4) 理化学・医学用ガラス	11	0.2
(5) ガラスびん（容器類）	2,233	40.5
(6) 台所用品・食卓用品 （コップ・皿・鉢・その他）	109	2.0
(7) 花瓶、灰皿	12	0.2
(8) その他のガラス製品	96	1.7
合 計	5,510	100.0

ガラスびんリサイクル促進協議会資料より作成

これらのガラス製品のうち、最も多く再利用されているのはガラスびんであるが、無色、茶色のガラスびんの大部分はカレットにして、再びガラスびんに利用されているが、緑、黒色などのびんは生産ロットが小さいために再利用が進んでいない。このためガラスびん以外の用途としてタイル・ブロック、超軽量骨材、アスファルト舗装の骨材などに開発・実用化されている。

建物用および車両のガラス窓などに使用される板ガラスについては、工場でガラス窓などの製品を製造する際に発生する端材については、破碎され、カレットとしてガラスメーカーで再利用されているが、窓ガラスとして使用されたものについては、回収されていない。しかし、最近では建物の解体時に発生する窓ガラスくずをタイル・ブロックの原料に使用したり、テレビ、パソコンのブラウン管や蛍光灯を回収し、ガラスを取り外し、再利用することが進められている。また、自動車の窓ガラスについてもシュレッダーダストよりの回収が一部始められ、解体時に取り外し、再利用する検討も進められている。

5.1 粉碎処理

ガラスカレットは、ガラスびんを分別して細かく碎き粒度選別したものをいうが、ガラスの原料として

利用されるほか、建築材料、土木材料、工業用品など多方面に活用されている。

日本ガラスびん協会のデータ（図-5-1 ガラスびん生産量とカレット利用率を参照）によれば、ガラスカレットの利用率は年々増加していて 1998 年には 74 % 程度までになっている。省資源、省エネルギー化やゴミの減量化のためには、大量にガラスカレットを使用する用途の開発が大きな社会的ニーズであり、近年ではガラスカレットを舗装材料へ利用する方法が検討され、各種の利用方法が実施されている。

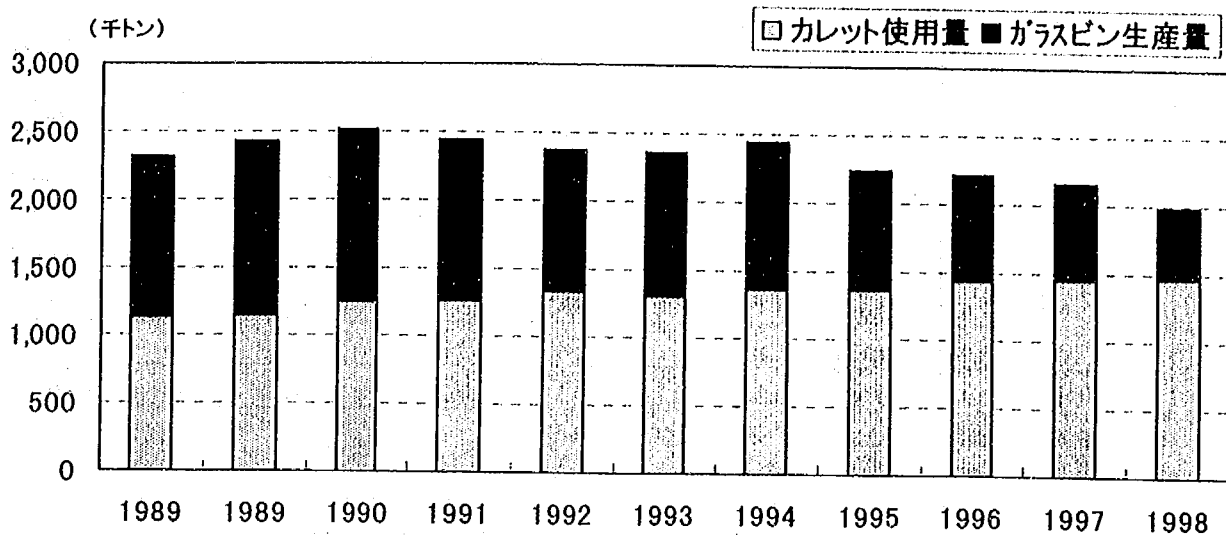


図-5-1 ガラスびんの生産量とガラスカレット利用率

(1) 処理の概要

ガラスびんを破碎して粒度選別するガラスカレット粉碎システムの一例を以下に示す。

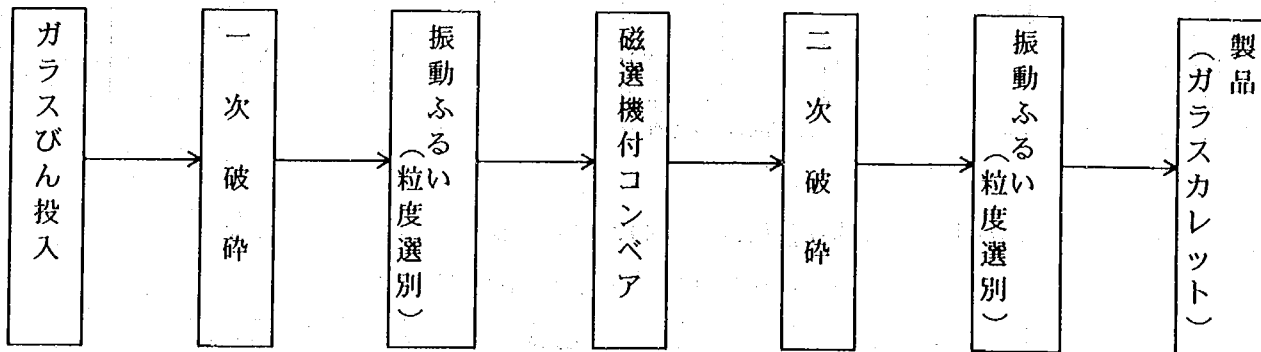


図-5-2 ガラスカレット粉碎システムの一例

(2) 物理化学的性質

ガラスびんと板ガラスの組成および物性を表-5-2および表-5-3に示す。これらは組成、物性値ともほぼ同様であるが、ガラスびんの、無色以外の色カレット（茶、緑、青、黒）は板ガラスに使用できない。また無色の板ガラスは無色のガラスびんより不純物が多いため、そのカレットはガラスびんの原料には使用

できないなどの制約があり、ガラスびんと板ガラスの間に互換性がない。

表-5-2 ガラスびんおよび板ガラスの組成（色別）

成分	ガラスびん					板ガラス			
	黒色 (透明)	茶色	緑色	青色	無色	70-ト 無色 (透明)	型板ガラス 無色 (透明)	熱線吸収 ブルー	熱線吸収 ブロンズ
SiO ₂	72.83	71.40	71.53	71.34	70.87	71.10	71.80	71.40	71.21
Al ₂ O ₃	1.83	2.43	2.20	2.23	2.30	1.47	1.58	1.47	1.47
Fe ₂ O ₃	0.03	0.24	0.11	0.15	0.16	0.07	0.07	0.37	0.18
TiO ₂	0.01	0.03	0.02	-	0.01	0.03	0.04	0.03	0.03
CaO	11.00	10.47	10.67	10.17	11.10	8.91	10.32	8.85	8.84
MgO	0.11	0.37	0.30	0.83	0.22	4.04	2.47	3.75	3.91
Na ₂ O	12.63	13.67	13.43	13.30	13.33	13.10	12.40	13.30	13.33
K ₂ O	0.96	1.17	1.10	1.11	1.40	0.83	0.84	0.86	0.79
SON	0.21	0.08	0.24	0.17	0.21	0.24	0.24	0.20	0.26

日本硝子製品工業会編「ガラス組成データブック(1991年版)」より作成

表-5-3 ガラスびんおよび板ガラスの物性値（色別）

成分	ガラスびん					板ガラス			
	黒色 (透明)	茶色	緑色	青色	無色	70-ト 無色 (透明)	型板ガラス 無色 (透明)	熱線吸収 ブルー	熱線吸収 ブロンズ
軟化点 (℃)	730	718	725	724	726	734	738	729	730
徐冷点 (℃)	568	558	563	563	564	549	554	545	545
熱膨張係数 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	88	92	91	90	92	91	91	90	90

日本硝子製品工業会編「ガラス組成データブック(1991年版)」より作成

また、ガラスカレットの代表的な物性値は表-5-4のとおりである。

表-5-4 ガラスカレットの代表的な物性値

項目	特性値
比重	2.45 ～ 2.55 程度
吸水率	0 ～ 0.3%程度
粒度	碎石5号, 6号, 7号の粒径が多い
すりへり量	40 ～ 50 %程度
安定性	0.2 %程度

ガラスびんのリサイクルシステムとしては、洗って繰り返し使用するリターナブルびんと、砕いて新しいガラスびんの原料として再利用するワンウェイびんに分けられるが、それぞれ有効な資源として活用されている。ガラスカレットは、ガラスびんを分別して細かく砕き粒度選別したものをいうが、ガラスの原料として利用されるほか、建築材料、土木材料、工業用品など多方面に活用されている。

5.1.1 舗装の路盤材料への適用

ガラスカレットを舗装の路盤材料として使用した事例は少なく、国内外を通じて数例しか報告されていない。また、これらの使用例も構内道路などでの試験施工的な位置付けで実施しており、施工性・耐久性・経済性など舗装材料としての評価は今後の課題である。しかし、表層用骨材として用いる場合に比較して、繰返し再生利用性やアスファルトからのはく離などの技術的な課題がないという利点を有している。

我国の構内舗装における試験施工結果では、カレット：粒調碎石＝50:50の路盤材が、一般の路盤材料と同程度の耐久性を有しているとの報告例がある（3ヶ月経過後まで）。また、アメリカ・テキサス州では、ガラスびんと他の路盤用岩石をクラッシングし路盤材料として施工した結果、運搬用トラックのタイヤの損傷もなく良好であったとの文献もあるが、詳細は不明である。

東京都が江東区内で行った、空き瓶を細かく砕いたガラスカレットを路盤材に再利用する試験施工例を図-5-1に示す。厚さ30cmの路盤のうち、厚さ15cmの下層部分にRC-40とガラスカレットを混合し、路盤の上に厚さ10cmのアスファルトコンクリートを敷き均した。碎石中のガラスカレットの割合を15%、50%と変えた路盤、ガラスカレット100%に11kg/m²のセメントを混合する配合にした路盤を施工した。路盤材とは別に、埋め戻し用の砂として利用する方法でも施工した。約2年間にわたって効果を検証する予定である。技術が確立すればガラスカレットのなかでも、再利用できない緑色瓶の資源化につながる。

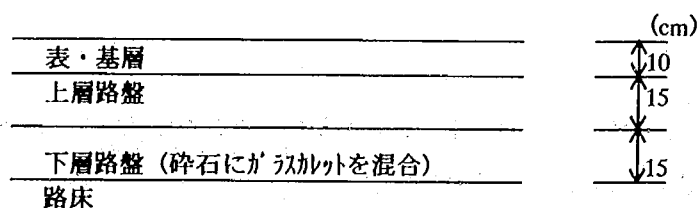


図-5-1 ガラスカレットを使用した路盤の試験施工例

したがって、(1)適用範囲、(2)試験評価方法、(3)利用技術、(4)利用する場合の課題に関する整理は、上記試験施工あるいは今後行われる試験施工の結果を待って定めることとする。

参考文献

- 1) ガラスびんリサイクリング推進連合：ガラスびんリサイクリングに関する統計資料(1998)
- 2) (財)クリーンジャパンセンター：廃棄物等用途拡大実施事業報告書(道路舗装用骨材としてガラスびんカレット用途開発)，1996.3
- 3) 柴田、斎藤：コンクリート廃材の有効利用に関する実験的研究(その 3)，第 30 回土質工学研究発表会 (1995)

5.1.2 アスファルト舗装の表層用骨材への適用

(1) 適用範囲

本項は、ガラスカレットをアスファルト混合物の骨材として使用する場合の設計、施工に関する事項を記述する。

ガラスカレット入りアスファルト混合物は、ガラスカレットが有する反射特性（光が当たると反射する）を生かして表層に施工されることが多い。路面が光を反射するのでドライバや歩行者の視認性が向上するため、夜間の道路や照明の少ない山間部道路、見通しの悪い交差点などでは、ドライバや通行者に安全上の注意を喚起するとともに、ライトアップされた街路空間では景観にマッチした舗装としても施工されている。

これらの混合物を使用した舗装は、一般的に車道部に使用されるケースが多く、設計交通量区分ではB交通量以下の事例が多いが、耐流動対策を講じることによって重交通道路（実績ではC交通）でも使用可能であり、必要に応じて試験施工を実施し適用の判断をする。

(2) 試験評価方法

1) 環境安全性基準と試験方法

1.1.1(2) 1)に準ずる。

2) 品質基準と試験方法

① 品質基準

ガラスカレットを用いたアスファルト混合物の品質基準は、適用する道路舗装の種類に応じてアスファルト舗装要綱、簡易舗装要綱等の品質規格を準用する。なお、稜角性に富むガラスカレットが含まれる材料については、アスファルト混合物製造や舗設時の作業安全性を勘案して、カレット製造時に適切な破碎機の使用や角とりする工程の検討などをする。

② 品質試験方法、表示

品質基準に定められた品質項目の試験方法は、舗装試験法便覧に示されるそれぞれの方法によるとよい。

これらの品質については、各品質項目を満足する旨の品質表示を行う。

(3) 利用技術

① 設計

ガラスカレットを用いたアスファルト混合物の設計は、アスファルト舗装要綱、簡易舗装要綱等に表示される方法と手順に準じて行うとよい。

代表的なガラスカレット入りアスファルト混合物の性状例を表-5-5に示す。

表-5-5 カレット使用混合物の配合および性状例

配合種別		標準	A-1	A-2	B-1	B-2
骨材 配合 比率 (%)	砕石 6 号	37.5	32.5	27.5	37.5	37.5
	砕石 7 号	20.0	15.0	10.0	20.0	20.0
	粗 砂	32.0	32.0	32.0	20.0	10.0
	細 砂	5.0	5.0	5.0	6.5	6.5
	石 粉	5.5	5.5	5.5	6.0	6.0
	カレット 13.2 ~ 4.75mm	-	5.0	10.0	-	-
	カレット 4.75 ~ 2.36mm	-	5.0	10.0	-	-
	カレット 2.36mm 以下	-	-	-	10.0	20.0
最適As量 (%)		6.4	6.4	6.3	6.1	5.9
マ-シャル密度 (g/cm ³)		2.338	2.342	2.322	2.344	2.341
空隙率 (%)		4.5	3.7	4.1	4.1	3.9
飽和度 (%)		76.2	79.6	77.5	77.0	77.3
安定度 (kN)		11.5	12.1	10.3	10.9	9.4
フロー値 (1/100 cm)		30	30	27	29	26
残留安定度 (%)		95.8	94.4	86.0	94.2	89.5
動的安定度 (回/mm)		490	320	-	320	-
すべり抵抗値 (BPN)	研磨前	63	70	57	58	60
	研磨後	57	53	53	51	51
反射率 (%)	研磨前	5.19	4.83	5.11	5.33	4.99
	研磨後	4.98	4.89	5.12	4.92	4.67

カレット骨材は、特に剥離抵抗性に劣るので十分注意する必要がある（静的剥離試験では 50 %を超える場合もある）。必要に応じて剥離防止剤を使用する。表-5-5の例にも示すように、ガラスカレット混入率が大きくなるほど剥離抵抗性（残留安定度）は小さくなっており、アスファルト混合物やカレットの種類、カレット粒径にもよるが、10 %程度が上限である（これ以上の混入では、アスファルト混合物特性の所要基準値を満足できない場合がある）。

供用後のガラスカレット入りアスファルト舗装について、追跡調査を行った例を表-5-6に示す（C交通路線）。路面観察結果では、供用 2 年以降にガラス骨材の若干の飛散が認められたが、路面の性状は一般舗装（密粒）と大差ない。路面の反射効果や視認性は 4 年経過した状態でも良好な機能を維持している。しかし、今後ともガラス骨材の飛散には注意する必要がある。

表-5-6 供用後の路面性状例

項 目	ガラスカレット入り舗装		密粒度 アスファルト混合物 (13)	
	建設時	4 年度	建設時	4 年後
縦断形状 σ (mm)	1.8	1.97	—	—
横断形状 (mm)	1 ~ 2	2 ~ 4	—	—
B P N	58.4	60.7	62.0	64.0
動摩擦係数 (μ)	20 km/h	0.56	0.67	0.60
	40 km/h	0.51	0.62	0.54
	60 km/h	0.47	0.60	0.50

② 施工

アスファルトプラントにおけるガラスカレットの投入方法は、ミキサへ直接投入する場合やリサイクルプラントの「間接加熱方式」を利用してミキサへ投入する方法などが多く使用されている。この他にも通常の骨材と同様に、ドライヤや振動フルイを通過させる「直接加熱方式」も利用されているので、参考までに上記 2 方法の概要を表-5-7に示した。

表-5-7 カレットの投入方法による得失

種別	間接加熱方式	直接加熱方式
投入方法	カレットを常温のままミキサに計量投入し、高温材との熱交換により加温乾燥させ混合物とする。	一般の骨材と一緒にドライヤを通して加熱乾燥させて振動ふるいで分級されたものを計量混合する。
利点	1) 一般の混合物とカレット使用混合物との製造切り替えが容易に行える。 2) カレット投入量の管理を確実にできる。 3) 再生骨材の投入装置を利用できる。 4) 再生骨材投入装置を用いることにより、都市型に多いサイロ式骨材貯蔵のプラントでも対応できる。	1) ドライヤを通して加熱乾燥するため多少含水比が高くても支障ない。また、多量の投入にも対応できる。 2) 振動ふるいにより分級されるので粒径の大きなガラス片はオーバーサイズとして除去される。 3) コールドホッパ式骨材供給設備であればこれを利用できる。
欠点	1) カレットの含水比が高い場合や多量の投入には無理がある。 2) カレットをミキサに直接投入するため、粒径の大きいガラス片が混入していた場合そのまま混合物に入ってしまう。	1) 一般混合物とカレット使用混合物との製造切り替えを行う場合、ストックされた加熱骨材を完全に抜取らなければならない、効率が悪い。 2) カレット使用混合物の製造開始時は、投入量がばらつく可能性があり、これを防ぐためには安定するまで加熱骨材を抜取ってやればよいが、この骨材は一般用に使えない。

ガラスカレット入り混合物の施工は、一般のアスファルト舗装と同様に、アスファルトフィニッシャ、ロードローラ、タイヤローラなどで行う。アスファルト舗装要綱等示される方法や手順に準じて行うとよい。

また、この混合物の特長としてロードローラによる転圧作業時に、混合物中のカレットが粉碎され細粒

化する懸念があるが、これまでの施工例では、このような現象はほとんど認められなかったとしている。
さらに供用後の路面では、走行車両によってカレットが飛散することにも注意する必要がある。

③ 繰返し再生利用および処分

繰返し再生利用に関しては、試験施工や実路での検証が今後の課題である。

(4) 利用する場合の課題

- ① ガラスカレット使用量を道路舗装の分野で増大させるには、カレットとアスファルトがはく離しやすい傾向にあるので、はく離を抑制する方法を検討しなければならない。
- ② ガラスカレットが走行車両によって飛散しないような、把握力のあるバインダの検討が必要である。
前項のはく離を抑制出来る改善効果も期待できる。
- ③ 当該舗装の長期耐久性や反射機能の長期間の変化、繰返しリサイクルの可能性等。

(5) 利用技術例

以下の文献に利用された例が記載されている。

- 1)内山、池崎、飯田：ガラス入り合材の性状および試験舗装，第20回日本道路会議論文集（1993）
- 2)湯川、井山、下田：ガラスびんカレットのアスファルト舗装への再利用，舗装（1997.4）
- 3)内山、池崎、永島：ガラス入りアスファルト舗装の長期供用性，舗装(1998.10)
- 4)岡本、針谷、口分田：ガラスカレット入りアスファルト混合物の反射特性，舗装(1999.3)

参考文献

- 1)竹下、野瀬、関、佐野：光反射型舗装の施工事例について，土木学会第49回年次学術講演会（1994）
- 2)古川、藤林：廃ガラス骨材入りアスファルト混合物の性状，第21回日本道路会議論文集（1995）
- 3)阿部、吉田：破碎ガラスを利用したアスファルト舗装施工事例，第21回日本道路会議論文集（1995）
- 4)島村、中田、守田：最終処分場におけるガラス廃材のアスファルト舗装への適用例，第21回日本道路会議論文集（1995）
- 5)大道、藤井、打田：ガラス系リサイクル骨材を用いた加熱混合物についての一考察，第22回日本道路会議論文集（1997）
- 6)市川、金城、佐々木：ガラス廃材混入アスコンの性状について，第22回日本道路会議論文集（1997）
- 7)今井、増井、樋山：ガラス粒混入アスファルト混合物に関する2,3の検討，第22回日本道路会議論文集（1997）
- 8)肉丸、半田、田中：ガラス系不燃物のアスファルト舗装への再利用，第22回日本道路会議論文集（1997）
- 9)井山、下田：ガラスびんのアスファルト舗装への再利用，第22回日本道路会議論文集（1997）
- 10)岡本、針谷、口分田：廃ガラス入りアスファルト混合物の施工事例，第22回日本道路会議論文集（1997）
- 11)内山、池崎、永島：ガラス入り舗装の長期供用性とその再生の可能性について，第22回日本道路会議論文集（1997）
- 12)谷越、杉本、奥村：硝子屑を利用したアスファルト舗装，第22回日本道路会議論文集（1997）

5.1.3 樹脂系舗装の表層用骨材への適用

(1) 適用範囲

ガラスカレット入り樹脂系混合物（骨材の一部あるいは全部にカレットを用いたポリマー系舗装材）を、歩行者系舗装として使用する場合は設計、施工に関する事項に適用する。

(2) 試験評価方法

1) 環境安全性基準と試験方法

1.1.1(2)1)に準ずる。使用するポリマーなどの材料についても同様とする。

2) 品質基準と試験方法

ガラスカレットを用いたポリマー系舗装材の品質基準は、適用する道路の種類によってアスファルト舗装要綱や「歩行者系ポリマー舗装材料：推奨規格および施工要領」（平成5年、ポリマー舗装材料協会）等の品質規格を準用する。また使用するポリマーなどの材料については、JIS等に規定される品質規格を満足する旨の品質表示を行う。

また、品質基準に定められた品質項目の試験方法は、舗装試験法便覧や前記「歩行者系ポリマー舗装材料：推奨規格および施工要領」に示されるそれぞれの方法に順じて行うとよい。ポリマー系舗装材料に関する品質規格の例（歩行者系ポリマー舗装材料：推奨規格および施工要領、平成5年・ポリマー舗装材料協会）を表-5-8に示す。

表-5-8 ポリマー系舗装材料 性能規格（案）

項目	促進対候性	すべり抵抗性 (BPN値)		接着性 (接着強さ) (N/cm ²)	耐摩耗性 (摩耗量) (mg)	透水性 (透水係数) (cm/sec)
		湿潤	乾燥			
舗装の種類						
樹脂モルタル舗装	良 好	45 <	(65 <)	100 <または 下地破砕	1,000 >	...
天然玉砂利舗装	良 好	45 <	(65 <)	100 <または 下地破砕	1,000 >	1 × 10 ⁻² <

注) * : Vialit付着試験結果による。

… : 舗装材料自体その性能を有していないため、または測定困難なため設定せず。

— : 置き敷きタイプのため設定せず。

() : すべり抵抗については、乾燥面を参考値とする。

また、ガラスカレット入りポリマー舗装材料の物理性状測定例を表-5-9に示す。

表-5-9 ポリマー舗装材の物性例

特 性 項 目	特 性 値	備 考
曲げ強度	8.6 (M P a)	JIS A 5209-1994
圧縮強度	29.2 (M P a)	
すべり抵抗	95 ~ 98 (dry) 49 ~ 54 (wet)	ASTM E-303 ASTM E-303
透水係数	2.0×10^{-2} cm/sec	JIS A 1218 に準拠
耐摩耗性	0.011 g	JIS A5209-1994

(3) 利用技術

1) 設計

ガラスカレットを用いたポリマー舗装の設計は、アスファルト舗装要綱等示される方法と手順に準じて行うとよい。

またポリマー舗装は、材料の色合いを生かし景観にマッチした舗装が施工可能であり、この特性を発揮できるような配慮も必要である。排水性舗装などの機能性舗装として利用される場合もある。

使用するポリマーについては、所用の品質規格を満足するだけでなく、舗装用材料として利用する場合は、耐久性や耐候性などに優れたものを選定する必要がある。

2) 施工

施工は人力によるものが多く施工規模は小さいものの、ポリマーの飛散や臭気等に関しては周辺環境への十分な配慮が必要である。また、養生期間中の保全に関しても注意する必要がある。

3) 繰返し再生利用および処分

繰返し再生の利用に関しては今後の検討課題である。

(4) 利用する場合の課題

園路や歩道等に施工されることが多く、歩行者とくに幼児や高齢者が転んだ場合などの安全性を確保する必要がある。ガラス骨材の破砕面を丸く加工したり、路面にトップコートを散布するなど歩行者に対する配慮が必要である。

(5) 利用技術例

以下の文献に利用された例が記載されている。

1) 兵藤、伊藤：廃ガラスを利用した舗装，第 21 回日本道路会議論文集(1995)

2) 永淵、藤村、吉村：廃ガラスびん等を利用した反射型景観透水性舗装の検討，第 22 回日本道路会議論文集(1997)

3) 廣田、小野田、永瀬：高輝度反射型舗装の現場適用例－視認性向上－，第 22 回日本道路会議論文集(1997)

4) 大道、宇藤、小佐々：ガラス系再生資材を用いた樹脂舗装について，第 22 回日本道路会議論文集(1997)

5) 吉村：廃ガラスびんの舗装への適用例，第 22 回日本道路会議論文集(1997)

6) 難波、吉村：廃ガラスびんカレットを使用した薄層カラー樹脂モルタル舗装，舗装（1998.5）

5.1.4 インターロッキングブロック用骨材への適用

(1) 適用範囲

本項はガラスカレットをインターロッキングブロック用骨材として使用する場合に適用する。

(2) 試験評価方法

1) 環境安全性基準と試験方法

1.1.1(2) 1) に準ずる。

2) 品質基準と試験方法

ガラスカレットを用いたインターロッキングブロックの品質基準は、建築学会 JASS7M101 やインターロッキングブロック協会が発行するインターロッキングブロック舗装設計施工要領（車道編）に準じる。このうち、インターロッキングブロック協会の品質および寸法の規格を表-5-10、表-5-11 に示す。

表-5-10 インターロッキングブロックの強度および透水係数

種類	曲げ強度	透水係数
普通インターロッキングブロック	4.9N/mm ²	——
透水性インターロッキングブロック	2.9N/mm ²	1 × 10 ⁻² cm/sec 以上

表-5-11 寸法の許容差

種類	長さ	幅	厚さ
普通インターロッキングブロック	± 3mm	± 3mm	± 3mm
透水性インターロッキングブロック			+ 5mm, - 1mm

(3) 利用技術マニュアル

1) 設計

ガラスカレットを用いたインターロッキングブロック舗装の設計は、通常のインターロッキングブロック舗装と同様の手順で行うとよい。

2) 施工

施工は、通常のインターロッキングブロック舗装と同様の手順で行うとよい。

3) 繰返し再生および処分

ブロック自体が破損していない場合には、そのまま再利用が可能である。また、透水性ブロックの透水性が低下した場合には、高圧水による洗浄を行うとよい。破損したブロックについては、破碎して再度ブロック用の材料にする、あるいは路盤材に混合して利用する方法が考えられる。

(4) 利用する場合の課題

ガラスカレットは、セメントモルタルとの付着性の良くない材料なので、規格を満足するブロックの製

造には、ガラスカレットの量を制限するかポリマーコンクリートを使用することが必要である。ポリマーコンクリートを用いた場合には、通常のインターロッキングブロックより製造費用が価格が高くなる。

ガラスを表面に出し光を反射させることで意匠性をもたせることができる。逆に、ガラスを表面に出したくない場合には、表面の仕上げにガラスカレットを使用しない通常のモルタルを用いればよい。なお、表面にガラスを出す場合には、歩行者の転んだ際の安全を確保するために、ガラスカレットは破砕面を丸く加工したものをを用いることが必要である。

(5) 利用技術例

東京都内の道路舗装工事で 250m²、神奈川県内の団地内外構工事に 7,000m² の使用例がある。

5.2 粉砕焼成処理

(1) 処理の概要

再生ごみカレットを原料とする「ガラス再資源化タイル・ブロック」の製造プロセスは以下のとおりである。

① 粉砕プロセス

カレットは洗浄工程を経由し粉砕機により所定の粒度に粉砕される。この工程までは前記 5.1 に同じである。これを、設定された色調整を行ない原料としての粉末ガラスとなる。この粉末ガラスと粘土・粘結剤を各原料タンクから自動秤量して、所定量とし、混合ミキサにより均一に混合し杯土（成型できる土）とする。

② 成型プロセス

混合された杯土の流動性を管理し、高圧プレス機で所要寸法の金型に充填したのち、加圧成型する。

③ 焼成プロセス

成型されたタイルを耐火物セッターに移載したのち、ローラハースキルンによって焼成する。焼成温度は約 1,000℃で、変形・亀裂等が生じないように炉内温度領域を区分して管理する。

(2) 物理化学的性質

ガラスカレット原料の物理化学的性質は、前記 5.1 (2)に同じである。

5.2.1 建築資材（タイル、ブロック）への適用

(1) 適用範囲

① タイル製品

タイルには壁用と床用の商品があるが、どのメーカーも現状はビルや住宅の屋外の仕上げ材として使用する外装壁タイル、ビル周囲の外構床や住宅の玄関ポーチを装う外装床タイルのみを扱っている。

② ブロック製品

ブロックは砂伏せ施工となり、主にモルタルを下層に敷いて貼付けるタイル製品よりも施工性が良好とされている。大規模建築の周囲の床舗装や、公園・舗道など比較的広い面積に使われることが多い。

(2) 試験評価方法

1) 環境安全性基準と試験方法

① 溶出基準

ガラス再資源化タイルは、一般廃棄物の廃ガラスを原料とするため薬品のびんは含まれない。また、原料であるガラスの組成には微量の重金属が含まれる場合もあるので、廃ガラスびんを粉砕したものの溶出試験を行い安全性を確認した後、再生資材として利用する。ガラスカレットの溶出基準は 1.1.1(2) 1) ①を準用する。

② 溶出試験方法

1.1.1(2) 1) ②を準用する。

③ 安全性の管理

建築用のタイル、ブロックへの利用を図るガラスカレットの製造者は、当該資材が前記の溶出試験に適合することを確認する。また、これを利用しようとするものは、製造者より計量証明書等の提出を受け安全性を確認する。さらに、必要に応じて抜取り検査を行い安全性を確認する。サンプルの採取等は、JIS K 0060「産業廃棄物のサンプリング方法」に準ずる。

2) 品質基準と試験方法

① 品質基準

ガラス再資源化タイルの物性値（他建材との比較）の例を表-5-12 に、組成を表-5-13 に示す。

表-5-12 ガラス再資源化タイル「物性値（他建材との比較）」の例

物性値	ガラス再資源化タイル ¹⁾	磁器質タイル	石器質タイル	コンクリート
吸水性	1.5 %	1 %	5 %	15 %
曲げ強度	20.6N/mm ² (210kgf/cm ²)	19.6N/mm ² (200kgf/cm ²)	14.7N/mm ² (150kgf/cm ²)	4.9N/mm ² (50kgf/cm ²)
摩耗減量	0.04g	0.04 ~ 0.08g	0.04 ~ 0.09g	
すべり抵抗性	77 ~ 97 BPN	35 ~ 60 BPN	45 ~ 70 BPN	60 ~ 80 BPN
耐薬品性	酸・アルカリ 3 % 異常なし	酸・アルカリ 3 % 異常なし	酸・アルカリ 3 % 異常なし	
凍結融解性	300 サイクル 異常なし	10 サイクル 異常なし	10 サイクル 異常なし	
かさ比重	2.32	2.2 ~ 2.4	2.1 ~ 2.3	2.2 ~ 2.4

(注) 1) 試験方法は、JIS A 5209 陶磁器質タイルに準じる。

2) BPN：英国式のポータブルすべり試験器。

表-5-13 ガラス再資源化タイルの一例「組成（重量％）」

成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
含有量	65 - 70	10 - 20	1.0 - 2.0	5.0 - 7.0	1.0 - 2.0	1.0 - 2.0	7.0 - 9.0

その他の特性としては、以下のとおりである。

施工安全性は、粉砕、焼成工程において鋭利な部分が無くなるため、施工時の安全性は磁器質タイルや煉瓦と同等である。意匠性は粉砕・調整の工程にて粒度、カレットの色を管理することで磁器質タイル同等の意匠性の自由度を確保している。耐候性は磁器質タイルと同等である。耐火性は建築基準法第2条9号の不燃材料には煉瓦、ガラスなどが含まれていて、物性値からもこれらと同等の耐火性能を保持するものと推測される。

② 品質試験方法、表示

ガラス再資源化タイルについては、JIS A 5209 陶磁器質タイルの試験に準じて品質を確認する。

これらの品質については、各品質項目を満足する旨の品質表示を行う。

(3) 利用技術

1) 設計

ガラス再資源化タイルは、類似の他のタイル建材と同等の物性を示すことから、同様の使い方ができる。

2) 施工

ガラス再資源化タイルは、約 1,000℃の温度で焼成したもので、JIS A 5209 陶磁器質タイルと材質も類似していることから、同様の施工を行う。

3) 繰返し再生利用および処分

工場内等での繰返し再生利用は、すでに実施されており技術的には確立されている。しかし製品としての繰返し再生利用性はまだ実績はなく、今後の課題である。

(4) 利用する場合の課題

① 競合製品との価格差（ブロックは輸入レンガと競合し、壁タイルは新材から作られる製品が非常に安価である）。

② カレット価格の安定化およびコストダウン。

③ カレットの品質の安定化（破碎技術、ガラスの色の選別、異物の除去等）。

④ カレット供給システムの構築（廃ガラス収集の安定化。再生資材製造工場への安定供給するシステムの構築）。

(5) 利用技術例

平成9年度の実績では、タイル・舗装材をまとめたカレットの利用量は約4万トン。カレットのリサイクル量は全体で75万トンなのでその利用率は5.3%である（ガラスびんリサイクル促進協議会データ）。

参考文献

1) 社団法人建築研究振興協会：廃ガラスを再利用した建築材料の評価手法に関する調査報告書、平成11年3月

6. 古紙

古紙の再利用率は53.8%（1996年）である。古紙の再生利用には、製紙原料としての利用と製紙原料以外利用として包装資材、土木・建設資材、農業資材などがある。製紙原料以外で利用される古紙の量は、現状では製紙原料として利用される量の1%程度である。この方面は現在製品化されたりあるいは開発が進められており、今後再生利用を進めることが重要である。

6.1 粉砕熱圧処理

製紙原料以外に古紙を利用する割合は再生利用の1%程度であるが、その中でも主な用途は固形燃料が多い（製紙以外の再利用の約37%、1996年、古紙再生促進センター）。熱圧成形による再生処理はまだ少ない（約5%）。

(1) 処理の概要

古紙の解繊方法には、湿式解繊と乾式解繊がある。コンクリート型枠への利用する場合の乾式解繊による熱圧成形のボードの製造方法を図-6-1に示す。

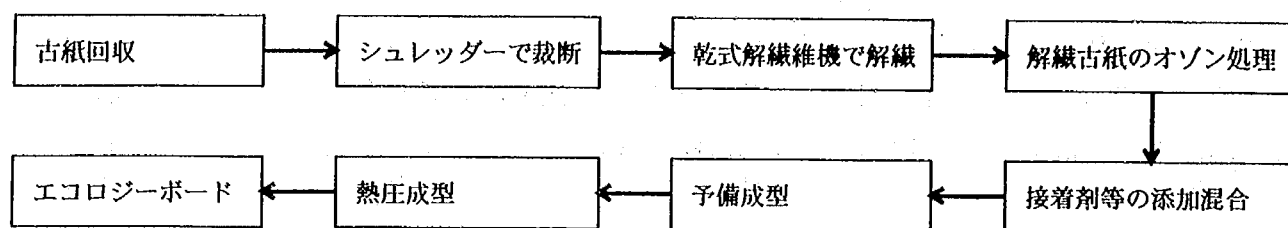


図-6-1 古紙ボードの製造工程例

(2) 物理化学的性質

古紙の解繊方法には、湿式と乾式があるが、機械的に解繊する乾式方法による古紙の基本性状は表-6-1に示すとおりであり、一般に使用されている植物繊維とほぼ類似している。

表-6-1 古紙の基本性状

項 目	単 位	古 紙	植物繊維
比 重	g / cm^3	1.55	1.52
最長繊維長	μm	600	5,000
平均繊維長	μm	300	1,100
平均繊維幅	μm	45	45

参考文献

1) (財)クリーン・ジャパンセンター編：最新リサイクルキーワード第3版

6.1.1 コンクリート型枠への適用

(1) 適用範囲

本項は古紙を原材料として製造されるパネルをコンクリート用型枠として用いる場合について適用する。この場合、パネルの原材料として、古紙に廃プラスチックや各種繊維を配合したもので、コンクリート用型枠としての性能が確認されたものも、その適用に含める。

(2) 試験評価方法

評価項目、試験・調査方法および確認項目は表-6-2に示すとおりである。

表-6-2 評価項目、試験・調査方法および確認項目

評価項目	試験・調査名	主な試験・調査方法
パネルの力学特性	1) 剛性試験 2) 曲げ耐力試験	JIS A 8652金属製型枠パネル 曲げ耐力試験
せき板の耐久性	1) 吸水率試験 2) 吸水厚さ 膨張率試験 3) 湿潤時の曲げ強さ試験 4) 耐アルカリ性試験	JIS A 5905繊維板 JIS A 5905繊維板 JIS A 5905繊維板に準拠 JASコンクリート型枠用合板の日本農林規格
型枠の加工性	1) 釘引き抜き 耐力試験 2) 切断・孔開 時間調査	釘 (N45) をその長さの1/2まで板面に垂直に打ち込み、最大引き抜き耐力を測定丸ノコ、電動ドリルによる製品の切断、孔開けを行う
型枠の施工性	1) 現場調査 2) 仕上がり調査	現場において、合板性型枠に使用する器具類が同様に使えることを確認する 古紙利用再生コンクリート型枠を用いてコンクリートを打ち込み、材齢7日後、型枠を外してコンクリート面を調査する

「エコバル・パネル」、技術審査証明報告書、平成9年7月より作成

① 品質管理規格値

古紙利用再生コンクリート型枠の管理規格値を表-6-3に示す。

表-6-3 古紙利用再生コンクリート型枠の管理規格値

項目	単位	規格値	試験方法
曲げ特性 載荷点下のたわみ量	mm	5.0以下	・ JIS A 8652金属製型枠パネル ・ 供試体形状：長さ 1800 × 幅 900 × 高さ 72 (板厚 12 + さん木 60) mm ・ 載荷方法：2 点支持 2 点載荷、支間長 900mm、3 等分載荷、荷重 10kN/m
吸水率	%	5.0以下	JIS A 5905繊維板
吸水厚さ膨張率	%	1.0以下	JIS A 5905繊維板
湿潤時曲げ強さ ¹⁾	N/mm ²	13.0以上	JIS A 5905繊維板に準拠
耐アルカリ性	—	軽微な変色のみ ²⁾	JAS コンクリート用型枠用合板の日本農林規格

1) 浸漬時間は、20℃の水中に3時間

2) 軽微な変色のみであり、膨れ、はがれ、著しいつやの変化はない

「エコバル・パネル」、技術審査証明報告書、平成9年7月より作成

(3) 利用技術

① 設計

表-6-2に示した「評価項目、試験・調査方法および確認項目」により、コンクリート用型枠としての品質を満足するように設計するとよい。

② 施工

型枠の組立て、設置、解体は、合板製型枠の場合と同等の作業性を有していることを確かめて施工するのがよい。

③ 繰返し再生利用および処分

古紙利用再生コンクリート用型枠を他の用途への利用、再々利用・加工、あるいは撤去処分等を行う場合は、当該型枠の製造者と協議するとよい。

(4) 利用する場合の課題

使用実績が十分でないので、当該型枠の転用可能回数が明らかになっていない場合が多い。型枠の転用回数は力学特性、耐久性の他、そり、表面の平滑度等について、事前に確認することが必要である。

(5) 利用技術例

以下の文献に利用された例が記載されている。

- 1) (財)土木研究センター：木製合板を使用しないコンクリート用型枠「エコバル・パネル」、有限会社三和建材依頼の技術審査証明報告書、平成9年7月

7. 木材

本マニュアルで対象とする木材としては、道路、公園、工場等の緑地の維持管理に伴って発生する剪定枝葉、倒伏・枯損樹木や製材所・パルプ会社等から発生する木片、樹皮(バーク)等が該当する。また開発および建設工事に伴って発生する伐採樹木の幹、枝葉、根株等が利用可能である。

但し、ここでは建設工事に伴って発生する建設廃材は対象としない。本マニュアルで準用できるところもあるが、特に建設廃材は、自然由来の木材と異なり、防腐剤など化学薬品を含んでいることがある点に注意しなければならない。

以下、各木質材料について概略を述べる。

① 剪定枝葉

剪定枝葉とは街路樹や公園、工場等の剪定作業によって発生する枝、梢、茎葉をいう。これらは樹木の種類(樹種)、また同じ樹種でも発生時期(夏期剪定と冬期剪定の二期)によって材質が変化し、後述の処理過程や利用後の耐久性に影響を与えるが、木材としては比較的分解しやすく、堆肥化に適した材料である。

② 倒伏・枯損樹木

老衰、生育不良、自然災害、人為的要因により、倒伏したり、枯死した樹木等をいう。幹質な材料になりやすいため、分解性は難であり堆肥化にはあまり適していない。

③ 樹皮(バーク)

スギ、ヒノキ等の針葉樹やクヌギ、コナラ等の広葉樹の樹皮でバーク堆肥の原料として有名である。

④ 伐採樹木・根株

開発・建設工事に伴って発生する木材で、幹・枝・葉・根があるが、分解しにくい幹、根は堆肥化に時間がかかる。

木材は廃棄物として処分される場合は、管理型廃棄物とされている。これは木材は嫌气的条件では腐敗分解するためである。このため木材の再生利用に当たっては、好气的な条件で用いることに留意する(7.2.1参照)。

7.1 粉砕処理

木材を再利用する際には、表-7-1に示すように各用途に応じて粉砕・チップ化し、用いる。

表-7-1 各木材の用途と必要な処理工程

用 途	利用形態	必要な処理工程	各発生材の利用難易性*					
			剪定 枝葉	倒伏・枯損 樹木		樹 皮	伐採樹木	
				枝・葉	幹・根		枝・葉	幹・根
マルチング材	チップ材	粉碎・チップ化	○	○	△	○	○	△
クッション材	チップ材	粉碎・チップ化	△	△	○	○	△	○
土壌改良資材	堆肥化物	粉碎・チップ化→堆肥化	○	○	△	○	○	△
のり面吹付	堆肥化物	粉碎・チップ化→堆肥化→副資材混合	○	○	△	○	○	△
緑化基材	チップ材	粉碎・チップ化→副資材と混合	△	△	△	△	△	△
*：○適している △あまり適していない								

(1) 処理の概要

1) 粉碎・チップ化処理

木材を粉碎してチップ化するには、一般に表-7-2 に示すような粉碎機を用いる。

表-7-2 一般的な大型粉碎機の区分

移動式/定置式	代表的な区分
移動式 (比較的移動がしやすいもの)	①タブグラインダー ②その他の移動式大型シュレッダー(横型破碎機) ③移動式大型チップパー
定置(固定)式 (1ヶ所に固定して使用することが前提のもの)	④多軸破碎機 ⑤ハンマーシュレッダー ⑥チップパーシュレッダー

① タブグラインダー

根のような大きな木材でも破碎が可能で、生成するチップ粒径は粗め(篩い目によるが概ね 10cm 程度)であるが、大量に処理できる点が大きな利点である。

② その他の移動式大型シュレッダー(横型破碎機)

大型の根などは前処理(小割破碎)が必要となる。破碎時にチップの飛散が少ない点が利点である。チップ粒径はタブグラインダーとほぼ同じである。

③ 移動式大型チップパー

粉碎の対象は枝葉や 20cm 程度の幹までで、大型の幹や根の破碎には向いていない。チップ粒径は数 cm である。

④ 多軸破碎機

チップ粒度は粗いので、堆肥化原料にするためにはさらに二次粉碎(細粉碎)が必要となる。

⑤ ハンマーシュレッダー

根などの大型破砕物には不向きだが、生成するチップ材の粒度は細かく、堆肥化に適した材料ができる。

⑥ チッパーシュレッダー

根などの大型破砕物には不向きだが、生成するチップ材の粒度が細かく、堆肥化に適した材料ができる。

(2) 物理化学的性質

① チップ材

チップ材は、木材の材質にもよるが、概ね表-7-3 のような性質を示す。

表-7-3 チップ材の材質例

比 重	0.35 前後
粒 度	細粒チップ：0～25mm 粗粒チップ：100mm 前後(ふるい目により多少変動)

7.1.1 マルチング材・クッション材への適用

(1) 適用範囲

粉碎処理したチップ材は公園緑地、造成のり面等におけるマルチング材、園路、広場等、遊器具周辺のクッション材として適用可能である。特にマルチング材は一般にウッドチップマルチングと呼ばれ、利用は現在全国で数万 m³ 程度ある。既製のマルチング材と同様、雑草繁茂抑制、土壌乾燥防止、踏圧緩和等の効果に加え、有機質材料であることから土壌への養分供給、物理性の改善等の効果としても注目されている。

① マルチング材

雑草繁茂抑制、土壌乾燥防止等を目的とし、公園緑地、造成のり面植栽地、道路(街路)の植栽地を被覆するマルチング材として適用する。

② クッション材

児童が安全に遊ぶようにするため、アスレチック広場や公園の遊器具周辺に敷設し、クッション材として適用する。

(2) 試験評価方法

原材料が金属等を含む産業廃棄物でないため、環境面では安全であろうと現段階では判断されるが、原木が生育した土地が汚染されている場合、重金属の溶出の可能性があるので、試験施工の際はデータ蓄積の面から 1.1.1(2)1)に準ずる試験を行うことが望ましい。安全性の基準以外では、材質の評価として、チップ材の材質(樹種や部位)や粉碎粒度の問題がある。これらはエロージョン、飛散、耐久性等に影響するが、現段階では試験研究、施工事例が少ないため、評価基準を設定するに至っていない。粒度に関しては、マルチング材は径 30mm 以下が望ましく、クッション材は径 100～200mm 以上になると怪我をする危険性がある。

(3) 利用技術

これらの利用に関する公的機関による施工方法は現在検討段階にあるといえる。各事業者が現場の状況に合わせ、個々に対応している。主な施工事例によれば、各対象地に 10cm 前後の厚さで敷設している例が多い。ただし、クッション材の場合は利用が頻繁で消耗が激しいため、約 15cm 程度とやや厚めに敷設し、毎年補充することが多い。

(4) 利用する場合の課題

チップ材の敷設における未確認の課題として下記の事項が挙げられる。

① マルチング材

i. 安全性

イ) タバコの吸殻による火災発生の危険性

剪定枝葉等の木質なチップ材では生じにくいですが、スギ、ヒノキの樹皮等の繊維質なものについては炎焼性がある。これらの防災処理剤にはリン酸塩が使われる。

ロ) 害虫(不快害虫、農業害虫)、植物病害菌の異常発生の有無

ハ) 発酵熱、通気不良、窒素飢餓等による樹木生育への悪影響

実際にこれらの問題が生じ、樹木が枯損した報告例はないが、生育が不良になることが考えられるため、これらの発生の有無について確認することが重要である。

ii. 耐久性

粒度、敷設厚によりチップ材の飛散・雨水による流出(チップが浮いて流れる)が発生しやすくなるため、これらの防止対策と設計基準が検討課題となる。

また、チップ材の原料が枝葉の場合、数年で分解・腐植化する傾向があり、永続的な効果を期待する場合には、数年に一度の補給が必要となる。これに関連した材質と分解に関する試験研究が望まれる。

iii. マルチング効果の検証

既製のマルチング資材と比較して、雑草抑止、乾燥防止等本来のマルチング効果の検証が今後必要である。

② クッション材(公園の園路、広場、遊具周辺への適用)

i. 安全性

イ) タバコの吸殻による火災発生の危険性(危険性は低い)

ロ) 害虫(不快害虫、農業害虫)の異常発生の有無

ハ) ガラス・金属類・ササ・竹等混入物の除去

二) 粗大チップ材によるささくれ(粒度調整)

ii. 安定性・耐久性

① マルチング材と同じ

(5) 利用技術例

以下の文献に利用された例が記載されている。

- 1) 高橋一輔・荻野淳司・高橋美紀：スモールスケールによる緑のリサイクル，平成9年度日本造園学会 関東支部大会研究・報告発表要旨第15号(1997)
- 2) 荻野淳司：緑のリサイクル（枝葉木粉碎工法）について，緑化の新素材・新技術，(社)道路緑化保全協会 関東支部自主調査委員会編（1993）
- 3) 内丸年雄・吉田好男：エコロードは緑のリサイクルから，ハイウェイ技術 No.5(1996)
- 4) 高橋一輔・荻野淳司・藤井英二郎：造園樹木の管理における剪定枝葉重量とそのチップ化について，日本造園学会関東支部大会研究・報告発表要旨集第7号(1989)
- 5) 奥水肇・吉田博宣編：緑を創る植栽基盤－その整備手法と適応事例－，植物発生材の利用，ソフトサイエンス社（1998）
- 6) 亀山章・三沢彰・近藤三雄・奥水肇編：最先端の緑化技術，リサイクル緑化，ソフトサイエンス社（1989）
- 7) アゴラ造園(株)：植物性発生材の有効利用に資するチップ敷きならしの効果に関する調査報告書(1995)
- 8) 藤崎健一郎・勝野武彦・長谷川秀三・村中重仁・鈴木良治：ウッドチップマルチングの分解について，第28回日本緑化工学会研究発表会研究発表要旨集（1997）

第3編 個別再生資材マニュアル案参考資料

他産業再生資材を利用する時、最も注意を要するのは、再生資材を用いることによって二次公害を引き起こさないようにするという環境安全性である。その他の品質特性は、その特性にあった用途を探すことなどにより解決される場合が多い。現在のところ再生資材の環境安全性に関する水準については明確に定まったものはない。しかし厚生省からの一般焼却灰溶融スラグの再生利用に関する平成 10 年 3 月の通達があるので、それを参考により安全側を考えて当面土壌の環境基準を準用するのが妥当と考えられる。

現時点での課題は、環境安全性の試験を複数行った場合、ほとんど基準を満足するが、数%不合格になるなどの再生資材に対する確率的な評価基準が定まっていないことにある。

このため本マニュアルでは、環境安全性に関する試験だけでなく、

1. 経験的・理論的に溶出しにくい再生処理を施した場合（例、厚生省より通達がでている溶融固化処理）
2. 源廃棄物の有害性が少ない場合（例、自然由来で重金属汚染等がない木・紙等、安定型最終処分材料であるガラス等）

などを参考にし、文献調査などから環境保全上より信頼性の高い再生資材をマニュアル本文に記述することとした。現時点で上記の条件に該当しない再生資材についても、環境安全性に十分留意して試験施工を行い、今後の技術改良のために計測データを得ることは有益であるので、それらを参考資料としてとりまとめた。

今後、データ集積を図り、利用できる再生資材の枠を広げる方向でさらに、検討を進めて行きたい。特にデータを集積し統計的確率的評価方法の検討等を行う。2～3年後を目途に検討結果と社会・技術動向を踏まえ、参考資料の資材を本マニュアルに移すなどの見直しを行う。

1. 一般焼却灰

1.1 焼結・焼成固化処理

(1) 処理の概要

焼結固化処理は、焼却灰および飛灰に添加剤を混合し、焼結炉にて 1,050℃ から 1,200℃ 位の高温で焼き固めて焼却灰再生骨材に製造する方法である。また焼成固化処理は、再生骨材を破砕、分級した粒度調整品に添加材を混合し、ブロックを成形、焼成炉で 1,100℃ 位の温度で焼く方法を言う。溶融固化との違いは、主にプロセスの温度の差にある。これらの方法によれば、固体粒子が加熱によって互いに融解固着し、さらに付随して起こる収縮、緻密化、再結晶等により強度発現した固化物を製造できる。焼結・焼成の製造工程のフローを図-1-1 に示す。

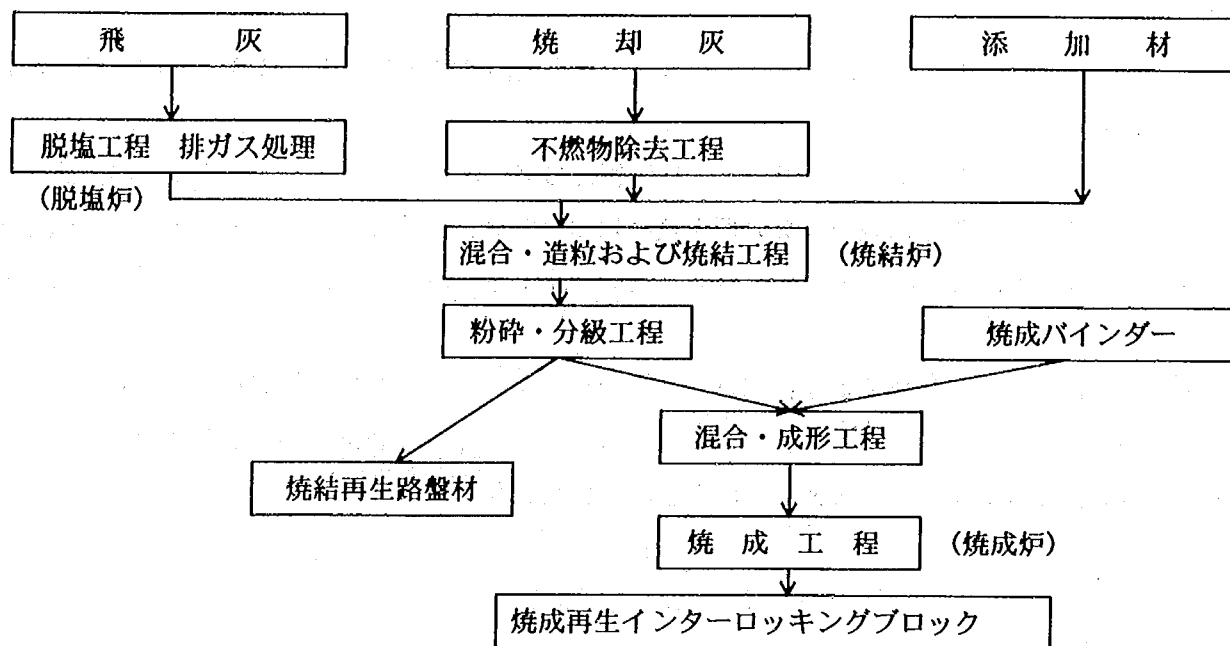


図-1-1 焼結・焼成の製造工程フロー

(2) 物理化学的性質

焼却灰の焼結固化物の外形寸法の一例を表-1-1 に示す。

表-1-1 外形寸法例

形 状	寸 法 (mm)
円 柱 (造粒)	直 径 10、 長 さ 20
直方体 (造形)	長 さ 250、 幅 100、 厚 さ 40

焼却灰の焼結固化物の物理性状例を表-1-2 に示す。

表-1-2 物理性状例

	平 均 値
硬度(木屋式硬度計 kgf)	67.0
表 乾 比 重	2.13
吸 水 率 (%)	15.6

船橋市、焼却灰再生利用技術指針(案) 1996 より作成

焼却灰の焼結固化物の溶出試験結果の一例を表-1-3 に示す。

表-1-3 溶出試験結果例

	単 位	細 粒 品	未破砕品
アルキル水銀	mg/l	< 0.0005	< 0.0005
総水銀	mg/l	< 0.0005	< 0.0005
Cd	mg/l	< 0.001	< 0.001
Pb	mg/l	< 0.01	< 0.01
有機リン	mg/l	< 0.005	< 0.005
Cr ⁶⁺	mg/l	0.03	< 0.01
As	mg/l	< 0.005	< 0.005
CN	mg/l	< 0.03	< 0.03
PCB	mg/l	< 0.0005	< 0.0005
トリクロロイソ	mg/l	< 0.008	< 0.008
テトラクロロイソ	mg/l	< 0.002	< 0.002
Cl	mg/l	14	5.3
Cu	mg/l	< 0.01	< 0.01
Zn	mg/l	< 0.01	< 0.01
F	mg/l	0.2	< 0.07
Se	mg/l	< 0.001	< 0.001
pH	—	9.5 (27℃)	8.8 (27℃)

船橋市、焼却灰再生利用技術指針(案) 1996 より作成

参考文献

1) 船橋市：焼却灰再生利用技術指針(案)、1996

1.1.1 舗装の路盤材料への適用

(1) 利用する場合の課題

- ① 「一般廃棄物の熔融固化物の再生利用の促進について」厚生省通達によると一般廃棄物の熔融固化に係わるカドミウム、鉛、六価クロム、砒素、総水銀、セレンの6項目の溶出基準は、1,200℃以上の熔融固化物に限定されている。

焼結路盤材とは、一般廃棄物の焼却灰および飛灰を原材料として、添加材を加え、1,050～1,200℃程度で焼き固めたものであり、焼結温度のバラツキを考慮すると熔融固化物と同等と考えにくい。

したがって、重金属等の溶出の可能性は溶融スラグよりも高いと考えられ、これに対する対処が必要となるので参考資料とした。

- ② 現在予定されている焼結・焼成品を製造する焼却灰再資源化施設は、平成 11 年 4 月稼働予定の船橋市の一施設のみである。

焼結・焼成品を年間 4,300 t 製造し、300 t は焼成品として工場製品に使用、残り 4,000 t が焼結路盤材とする予定である。年間の製造量からみると船橋市の単独工事で消化できると思われるが、全国的には溶融固化への移行が難しい状況の市町村が数多くあり、焼却灰再資源化施設の導入の可能性はある。

- ③ 焼結路盤材を単体のみで使用する場合、焼却灰の種別、焼結方法により物理性状の変化が大きく、天然骨材と同等であるという評価は難しい。

ただし、焼結路盤材と再生路盤材（粒度調整碎石）との混合等の処置により下層路盤材への適用も可能であるが、新材と再生路盤材および焼結路盤材との価格比較が必要となる。

(2) 試験評価方法

1) 環境安全性基準と試験方法

① 溶出基準

第 2 編 1.1.1 (2) 1) ① に準ずる。

② 溶出試験方法

第 2 編 1.1.1 (2) 1) ② に準ずる。

③ 安全性の確認

焼結路盤材の製造者は、定期的に溶出試験を行い、溶出基準への適合性を確認する必要がある。特に稼働当初においては、焼結物に係るデータが十分に集積していないことから、月に 1 回溶出試験を行うこととする。試験に用いる材料のサンプリングは、第 2 編 1.1.1 (2) 1) ③ を参照する。

焼結路盤材の製造者は、焼結路盤材の使用された場所、平面図、断面図、数量、溶出試験結果および出荷伝票を一定期間保管し、必要に応じて提示しなければならない。

一般に路盤材の使用量は、季節変動が大きいので、焼結路盤材の製造者は、使用者の要望に応じて速やかに焼結路盤材を提供できるようにするため、屋根、排水設備を備えたストック場の設置および飛散防止等の処置が必要である。

焼結路盤材の性状は、一般焼却灰の組成、すなわち焼却する都市ごみの組成や焼結・焼成炉の形式等により異なる。そのため、品質管理は、ごみの収集形態、排出状況および季節的な変動等を考慮すると、定期的に溶出試験で確認することが望ましい。また、新規稼働時は運転時間および操作等も不慣れなため、試験頻度を増した方が良い。

2) 品質基準と試験方法

① 品質基準

焼結路盤材を下層路盤に用いる時の品質基準を表-1-4 に示す。

表-1-4 焼結下層路盤材の品質基準

項 目	品 質 基 準								
粒 度	ふるい目の開き(mm) 粒度範囲(mm)		ふるいを通るものの質量百分率 (%)						
	呼び名		37.5	31.5	26.5	19.0	13.2	4.75	2.36
	焼結・焼成 路盤材	30 ～ 0	100	95 ～ 100	—	55 ～ 85	—	15 ～ 45	5 ～ 30
		20 ～ 0			100	95 ～ 100	60 ～ 90	20 ～ 50	10 ～ 35
塑性指数	6 以下 (突固め試験後)								
修正 C B R	20 % 以上								

アスファルト舗装要綱では、碎石を用いた下層路盤材（粒状路盤材）の品質規格として粒度、塑性指数、修正 C B R が規定されている。船橋市の焼結路盤材は、表乾比重と硬度が小さく吸水率が大きいという特徴を有するが、焼成ブロックを破碎分級した再生路盤材の室内試験結果（財団法人 廃棄物研究財団 平成 9 年 3 月「焼却灰の適正な処理および有効利用に関する研究 平成 8 年度報告書」）では、下層路盤材の規格に満足することが報告されている。

本基準値は、アスファルト舗装要綱の下層路盤材の規格を準用している。

② 品質試験方法、表示

焼結焼成路盤材の品質試験方法は、「舗装試験法便覧」社団法人 日本道路協会 昭和 63 年 11 月の 2-2-1 道路碎石（路盤用、JIS A5001 準拠）による。

下層路盤および路盤材として使用する焼結再生路盤材の粒度範囲は、クラッシャーラン C-30、C-20 に準拠する。

これらの品質については、表-1-4 について各品質項目を満足する旨の品質表示を行う。

(3) 利用技術

① 設計

焼結路盤材を用いた一般車道 L 交通、A 交通舗装の下層路盤および歩行者系道路舗装の路盤設計については、「アスファルト舗装要綱」の下層路盤の基準に従うものとする。（表-1-5）

表-1-5 焼結路盤材の等値換算係数

使用する位置	工 法・材 料	品 質 規 格	等値換算係数
下 層 路 盤	クラッシャーラン	修正 C B R 30% 以上	0.25
	鉄鋼スラグ、砂など	修正 C B R 20% 以上 30% 未満	0.20

新たに焼結再生路盤用プラントが設置された場合、その焼結路盤材が修正 C B R 値 30 % 以上であれば、等値換算係数は 0.25 を使用してもよい。

② 施工

焼結路盤材を用いた一般車道交通、A交通舗装の下層路盤および歩行者系道路舗装の路盤の施工、施工管理と検査は「アスファルト舗装要綱」ならびに「セメントコンクリート舗装要綱」の粒状路盤材の基準に従うものとする。

下層路盤と路盤の締固めにあたり、施工条件に適合した締固め機種を選定や、締固め回数の決定および含水比調整を行わなければならない。特に一般車道の下層路盤の場合、実施工に先立ち現場締固め試験を実施し、締固め度が93%以上を確保しなければならない。

③ 繰返し再生利用および処分

現在使用している焼結路盤材を撤去し、他の場所等への繰返し再生利用、あるいは撤去処分する場合は具体的な方法について製造者と協議しなければならない。

使用者は、理由の如何を問わず、現在使用されている場所から焼結路盤材を撤去する必要がある場合、遅滞なく製造者にその旨を連絡したうえで、その撤去された焼結路盤材の事後の取り扱いについて両方で協議しなければならない。

(4) 利用技術例

以下の文献に利用された例が記載されている。

- 1) 村田、岡村、村沢：船橋市における都市ごみ焼却灰の再資源化と再生品利用技術指針（案） 舗装（1997. 4）

参考文献

- 1) 船橋市：焼却灰再生品利用技術指針（案） 平成8年3月
- 2) 財団法人廃棄物研究財団：焼却灰の適正な処理および有効利用に関する研究、平成8年度報告書、平成9年3月
- 3) 神奈川県：焼却灰有効利用等調査事業報告書 平成8年3月
- 4) 船橋市：焼却灰再生品利用技術資料（案）平成10年8月

1.2 溶融固化処理

(1) 処理の概要

第2編 1.1 溶融固化処理に同じ。

(2) 物理化学的性質

第2編 1.1 溶融固化処理に同じ。

1.2.1 埋戻し材への利用

(1) 利用する場合の課題

- ① 溶融固化処理されたスラグでも、希にはあるが炉の種類や溶融方法により重金属が溶出すること

がある。このため二次公害には十分注意する必要があるが、埋戻し材は舗装やコンクリートの骨材と異なり、地下水と接する確率が高く一層の注意が必要となるので参考資料とした。

② 水砕スラグは砂状であるため、単体での利用あるいは砂との混合による利用のどちらでも使用可能である。ただし、スラグ単体で使用する場合は締固め度が小さい傾向があるため注意する。

③ 空冷スラグおよび徐冷スラグは塊状であるため、適切な破砕機で破砕し砂状にする必要がある。砂状に加工すれば、単体での利用と砂との混合による利用のどちらでも使用可能である。

また、水砕スラグと同様に、スラグ単体で使用する場合は締固め度を向上させる面から、砂あるいは土砂との混合使用を検討する必要がある。

④ 溶融スラグが多量の鉄分を含む場合は、錆の流出や比重等の品質のバラツキを生じる原因となるため、事前に磁選処理を行うものとする。

⑤ 埋戻し材に求められる品質特性は、下記のものがあり、溶融スラグを使用する場合（単体利用あるいは混合利用）にもその検討が必要である。

イ)圧縮性が小さいこと。

供用後に埋設構造物との隙間や段差の発生を防ぐため、圧縮性の小さい材料を使用しなければならない。したがって十分締め固める必要がある。

ロ)埋設物に悪影響を与えない。

埋戻し材には最大粒径に関する基準がある。これは、埋設物へ与える損傷を防止するためであり、使用にあたっては各機関の最大粒径に関する基準を確認しなければならない。

ハ)所定の支持力が得られ、施工性が良いこと。

一般に埋設物近傍は締め固めにくく、また適用箇所によっては路床・路盤と同等の支持力を要求される場合もあるため、使用場所に応じた材料を選定する必要がある。

ニ)外力の作用により変形あるいは流出しにくいこと。

上載荷重や地下水などにより、埋戻し材が変形あるいは流失しないように現地の諸条件を検討する。必要によっては土質改良等を検討する。

(2) 利用技術例

利用技術例を表-1-6に示す。

表-1-6 溶融スラグの埋戻し材への利用例

用 途	埋戻し材(1)	埋戻し材(2)	埋戻し材(3)
実施主体	東京都	我孫子市	松山市
処理対象物	焼却灰（ストーカ）	焼却灰・飛灰（スト-カ）	焼却灰・飛灰（スト-カ）
溶融炉形式	アーク式	固定式表面溶融	プラズマ式
スラグの種類	水砕スラグ	水砕スラグ	水砕スラグ
利用量(t)	2,000（平成7年度）	370（平成7年度）	5,122（平成7年度）
利用方法	そのまま利用	山砂 50%、スラグ 50% のものを水道工事、 下水道工事に使用	
混入率	100 %	50%	
主な利用先	中央防波堤処分場	我孫子市水道局、 下水道課	
利用段階	試験的利用		
問題点	スラグ単体では転圧が利かないため、路床改良材として利用するには土砂とスラグを混入する必要がある（例：土砂とスラグを3対1）。 スラグをそのまま使用する場合、針状スラグが作業性を悪くしている。		水砕スラグのため、砂等と比較して強度が劣る。
備 考		埋戻し材	最終処分場の覆土

（財）廃棄物研究財団「焼却灰の適正な処理および有効利用に関する研究」、平成8年度報告書（資料編）より作成

参考文献

- 1) （財）廃棄物研究財団：焼却灰の適正な処理および有効利用に関する研究、平成8年度報告書（資料編）、平成9年9月

2. 一般焼却灰と下水汚泥の混合物

2.1 焼結粉碎セメント化处理

(1) 処理の概要

1) 焼結粉碎セメント

焼結粉碎セメントは、製品 1t につきセメントクリンカー主原料として都市ごみ焼却灰や下水汚泥などの都市型総合廃棄物を 0.5t 以上使用したセメントであり、調合原料を約 1,350℃で焼成し、焼結したクリンカーを粉碎して製造された新しいセメントである。

焼結粉碎セメントは、その特徴によって二種類に大別される。

① 普通型焼結粉碎セメント

都市ごみ焼却灰に含まれる塩素成分をセメントの製造過程で脱塩素化させて塩素イオン量を 0.1%以下としたセメントである。塩素イオン量は JIS R 5210-1997 規格上限値の 0.02 % (200ppm) 以下よりもやや多いが、塩化物含有量の少ない骨材や練混ぜ水などの使用材料を選定することによって、コンクリート中の塩素イオン量を 300g/m³ (JIS A 5308-1998 の規制値) 以下にすることができ、未だ用途実績は少ないものの鉄筋を含む一般の鉄筋コンクリートの分野に使用できる。

② 速硬型焼結粉碎セメント

都市ごみ焼却灰に含まれる塩素成分をクリンカー鉱物として固定化した速硬性を有するセメントであり、0.5 ～ 1.1 %の塩素イオンを含む。用途は無筋コンクリートの分野に限定される。可使時間の調整には、オキシカルボン酸系の遅延剤が使用される。

2) 処理方法の概要（製造方法の概要）

焼結粉碎セメントの製造は、基本的にポルトランドセメントの製造と同様な工程で構成される。その工程の概要を図-2-1 に示す。

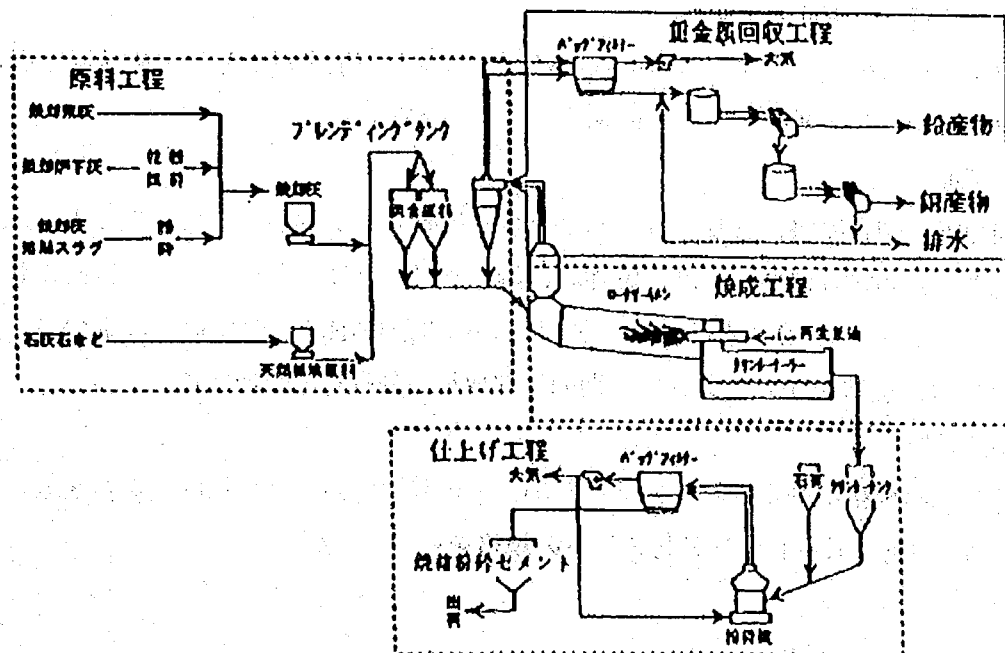


図-2-1 焼結粉碎セメントの製造工程

①原料工程

焼結粉砕セメントの調合原料は、都市ごみ焼却灰(以下、焼却灰と称す)に石灰石などの天然原料を混合して水硬性鉱物が生成するように化学成分を調整したものである。原料工程では、蛍光 X 線分析法によって化学成分が管理される。

②焼成工程

化学成分を調整した調合原料を焼成窯(キルン)を用いて約 1350℃で焼成して、焼成度の管理下でクリンカーを製造する。

③仕上げ工程

焼成工程で製造したクリンカーを粉砕機により粉砕し、せっこうと混合し、粉末度とせっこう混合量を管理してセメントに仕上げる。

④重金属回収工程

バグフィルターで回収されたキルンダストは、水と混合され、鉛(Pb)を主体とした鉛産物および銅(Cu)を主体とした銅産物に固液分離、回収される。その他の重金属類もいずれかの産物に入り、精練所へ山元還元されるため、焼結粉砕セメントの製造工程は完全リサイクルシステムである。

3) 工程および品質管理 (工程における品質管理)

① 原材料の管理

焼結粉砕セメントの製造に使用する原材料には、原料工程での焼却灰、下水汚泥、石灰石などの補填原料、仕上げ工程で添加するせっこうがある。それらの原材料を、定期的(1回/1日)に試料を採取し、水分、粒度および化学成分を測定・分析して管理する。

② 工程監視および工程検査(品質検査/管理)

工程検査では、各工程から調合原料、クリンカーおよび焼結粉砕セメントを定期的に採取し、粉末度、化学成分を測定・分析し管理する。

各工程を構成する装置の運転状況や装置の状態は、セメントの生産量や品質に直接影響を及ぼすため、運転状況や装置の状態を示す運転データを監視する。

③ 重金属の管理

重金属は、焼却灰、調合原料、クリンカーおよび焼結粉砕セメントの含有量を管理する。管理項目として、鉛(Pb)と総クロム(T-Cr)については、焼却灰、調合原料、クリンカーおよび焼結粉砕セメントを、またカドミウム(Cd)、シアン(CN)、六価クロム(Cr⁶⁺)、総水銀(T-Hg)、銅(Cu)、砒素(As)、セレン(Se)、亜鉛(Zn)については、焼結粉砕セメントを定期的に採取し、分析して管理する。

(2) 物理化学的性質

焼結粉砕セメントの規格は制定されていないため、その基準値および平均的な性質を表-2-1に示す。基準値はJIS R 5210 - 1997 ポルトランドセメントの規格を参考とした。

表-2-1 焼結粉砕セメントの品質と物理化学的性質

品 質		速 硬 型		普 通 型	
		平均値	基準値	平均値	基準値
密度 (g/cm ³)		3.13	—	3.17	—
比表面積 (cm ² /g)		4,300	2,500 以上	4,250	2,500 以上
凝 結	始発 h:m	0:08	0:03 以上	2:30	1:00 以上
	終結 h:m	0:20	0:60 以下	4:00	10:00 以下
安定性 (1)	パット法	良		良	—
	ルシャテリエ法 (mm)	10 以下	10 以下	10 以下	10 以下
圧縮強さ (N/mm ²)	1d	26	15.0 以上	—	—
	3d	32	22.5 以上	25	12.5 以上
	7d	35	25.0 以上	35	22.5 以上
	28d	48	32.5 以上	53	42.5 以上
水和熱 (J/g)	7d	—	—	—	—
	28d	—	—	—	—
酸化マグネシウム %		1.7	5.0 以下	1.7	5.0 以下
三酸化硫黄 %		8.8	10.0 以下	3.7	4.5 以下
強熱減量 %		0.8	3.0 以下	0.5	3.0 以下
全アルカリ % (2)		0.7	0.75 以下	0.5	0.75 以下
塩化物イオン % (3)		0.8	1.4 以下	0.05	0.1 以下

注 (1) 安定性の測定は、JIS R 5201 の本体のパット法または同規格の附属書のルシャテリエ法による。

(2) アルカリ (%) は、化学分析の結果から、次式により算出し、JIS Z 8401 によって小数点以下 2 けたに丸める。

$$\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} = \text{Na}_2\text{O} + 0.658\text{K}_2\text{O}$$

ここに、 $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ ：焼結粉砕セメント中の全アルカリ含有率 (%)

Na_2O ：焼結粉砕セメント中の酸化ナトリウムの含有率 (%)

K_2O ：焼結粉砕セメント中の酸化カリウムの含有率 (%)

(3) 測定は、JIS R 5202 の塩素の定量方法による。

以下に、焼結粉砕セメントの性質の特徴的な事項を示す。

塩化物イオンは、速硬型では塩素含有クリンカー鉱物である $11\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCl}_2$ として固定しているので、含有量として 0.8 % 程度含まれる。普通型ではクリンカー中の塩化物イオンは焼成過程でクリンカーから脱塩されるので、平均的には 0.05 % と JIS R 5210-1997 の規格上限値 0.02% よりも多いが、ENV197 (ヨーロッパ予備規格) の基準値 0.1% を参考に設定した。したがって、塩化物含有量の少ない骨材や練混ぜ水などの使用材料を選定することによってコンクリート中の塩化物イオン量を 0.3kg/m^3 (JIS A 5308-1998 の規制値) 以下にすることができる。

ただし、本セメントの塩化物イオンの基準値が 0.1 % 以下となっているが上限値で製造された場合は、コンクリートの配合によってはセメント自体で 0.3kg/m^3 を越えてしまうことがあるので、セメント中の塩化物イオン量を頻繁に測定するなど注意する必要がある。通常塩化物イオン量の平均値は 0.05 % 程度であるから、セメントの品質管理が適正に行われていればセメント量が特に多い配合以外は 0.3kg/m^3 を越えることはない。

また、組成上は三酸化硫黄が普通ポルトランドセメントの規格 3.0 % 以下と比べて 4.5 % 以下と大きいため早期強度が高くなる特徴を有する。

なお、クリンカーの原料として用いられる都市ごみ焼却灰はダイオキシンを含むことが懸念されるが、クリンカー焼成段階で分解され、安全であることが確認されている。

2.1.1 現場施工コンクリートへの適用

(1) 利用する場合の課題

① コンクリート工場製品の場合、硬化終了後の製品については環境安全上の信頼性が高いのでマニュアルとしたが、現場施工のコンクリートとして使用する場合には、実績が少ないことから参考資料とした。焼結粉砕セメントは、現時点では十分に使用実績があるわけではない。したがって、実用に供するコンクリートの要求特性、適用構造物の種類および環境条件等に応じて、コンクリートの品質を試験によって事前に確認しなければならない。

② 都市ゴミ焼却灰や下水汚泥などの産業廃棄物には、重金属が含有されている。そのため、それを主原料として製造された焼結粉砕セメントクリンカーからの重金属の溶出が懸念される。また、速硬型焼結粉砕セメントは、都市ごみ焼却灰に含まれる塩素成分をクリンカー鉱物として固定化した速硬性を有するセメントであり、0.5 ~ 1.1 % の塩素を含むため、用途は無筋コンクリートの分野に限定される。

(2) 試験評価方法

1) 環境安全性基準と試験方法

第2編1.1.1(2) 1) に準ずる。

都市ゴミ焼却灰や下水汚泥などの産業廃棄物には、重金属が含有されている。そのため、それを主原料として製造された焼結粉砕セメントクリンカーからの重金属の溶出が懸念される。現場施工コンクリートに焼結粉砕セメントを用いる場合には、焼結粉砕コンクリートの打設時における安全性を考慮する必要がある。このため普通型および速硬型のいずれも、焼結粉砕セメントを試料として溶出試験を実施し、その安全性を確認する。

コンクリートの適用範囲、用途などを考慮し、必要に応じて焼結粉砕セメント、コンクリートまたはモルタル (JIS R 5201 に規定される材齢 28 日のモルタル) の溶出試験を行うこととする。環境安全性の表示については第2編 1.1.1(2) 1) ③ を準用する。

2) 品質基準と試験方法

① 普通型焼結粉砕セメントを用いたコンクリートの品質

表-2-1 に示した普通型焼結粉砕セメントを用いたコンクリートは、土木学会「コンクリート標準示方書」「施工編」2 章に規定に適合するコンクリートと同程度に、品質のばらつきが少なく、所要のワーカビリティ、強度、耐久性、水密性、ひび割れ抵抗性および鋼材を保護する性能などを持つものとする。

② 速硬型焼結粉砕セメントを用いたコンクリートの品質

表-2-1 に示した速硬型焼結粉砕セメントを用いたコンクリートは、建設省土木研究所資料「省エネセメントの利用技術の開発に関する報告書」省エネセメント利用技術マニュアル（案）に述べられているように、所要の強度、耐久性、水密性、作業に適するワーカビリティをもち、品質のばらつきが少ないものとする。

③ 試験方法、表示

焼結粉砕セメントを用いたコンクリートの品質試験方法は、土木学会「コンクリート標準示方書」「施工編」13 章の規定によるものとする。

これらの品質については、各品質項目を満足する旨の品質表示を行う。

(3) 利用技術

1) 設計・施工

焼結粉砕セメントを用いたコンクリートの設計・施工は、土木学会「コンクリート標準示方書」の規定によるものとする。設計および施工上、特に必要とする事項については、建設省土木研究所資料「省エネセメントの利用技術の開発に関する報告書」に記載されている省エネセメント利用技術マニュアル（案）に従うものとする。

セメント中の塩化物イオン含有量については 2.1 (2) を参考にする。

2) 繰返し再生利用および処分

発注者は、現在施工された焼結粉砕セメントコンクリートの他用途への利用、繰返し再生利用・加工、あるいは撤去処分などを行う場合は、その具体的な方法について焼結粉砕セメントの製造者と協議しなければならない。この協議には、必要に応じて当該コンクリートの施工者、製造者が協力するものとする。

(4) 利用技術例

レディーミクストコンクリート工場において製造した焼結粉砕セメントを用いたコンクリートの利用例として、以下の施工実績がある。

① 普通型焼結セメントの利用例

1) 建設省朝霧環境材料研究施設における横断側溝、縦溝、門、塀（静岡県、平成 11 年 3 月）

② 速硬型焼結粉砕セメントの利用例

1) 環境整備事業工場内境界工（愛知県、平成 9 年 9、10 月）

2) 骨材置き場のヤード（愛知県、平成 9 年 5 月）

3) レディーミクストコンクリート工場で製造した消波ブロック（愛知県三河港務所、平成 10 年 3 月）

参考資料

- 1) 横山 滋、平尾 宙、土田良明、長野健一、「都市ゴミ焼却灰を主原料にしたセメントの石膏量および粉末度」、セメント技術年報（投稿中）、1999.
- 2) 横山 滋、平尾 宙、土田良明、長野健一、「都市ゴミ焼却灰を主原料にしたセメントクリンカーに及ぼすC₁の影響」、セメント技術年報（投稿中）、1999.
- 3) 横山 滋、中野 卓、土田良明、長野健一、「都市ゴミ焼却灰を主原料にしたセメントクリンカーに及ぼすP₂O₅の影響」、セメント技術年報（投稿中）、1999.
- 4) T.Shimoda, S.Yokoyama, Eco-cement : A new portland cement to solve municipal and industrial waste problems, International Congress University of Dundee1（投稿中）
- 5) 建設省、「平成9年度（第51回）建設省技術研究会、省資源・省エネルギー型建設技術の適用に関する調査」、建設省大臣官房技術調査室、1998.11、pp.87～89.
- 6) 寺田 剛、坂本浩行、「省エネセメント、その利用技術の開発」、セメント・コンクリート、No.614、1998.1、pp.41～49.
- 7) 横山 滋、「エコセメントコンクリートとその性能」、セメント・コンクリート、No.611、1998.1、pp.50～54.
- 8) 長塩靖祐、横山 滋、関野一男、山下裕毅、「都市ゴミ焼却灰を原料としたセメントを用いた蒸気養生コンクリートの基礎的研究」、土木学会第53回年次学術講演会概要集、第5部、1998.8、pp.694～695
- 9) 山下裕毅、横山 滋、関野一男、長塩靖祐、「都市ゴミ焼却灰を原料としたセメントを用いた消波ブロックへの適用に関する検討」、土木学会第53回年次学術講演会概要集、第5部、1998.8、pp.696～697
- 10) 山下裕毅、横山 滋、関野一男、長塩靖祐、渋谷 和俊、「都市ゴミ焼却灰を主原料とした普通型セメントを用いたコンクリートの物性に及ぼすC₃A量の影響」、土木学会第54回年次学術講演会概要集、1999

3. 下水汚泥

3.1 焼却焼成固化処理

下水汚泥焼却灰は、脱水した下水汚泥を焼却炉で800℃程度で燃焼することにより、汚泥中の水分が蒸発し、有機分が燃焼した後に残存する無機分であり、脱水時に添加する凝集剤の種類により、高分子系焼却灰と石灰系焼却灰に大別される。ここでは、高分子系焼却灰をコンクリート工場製品、焼成工場製品として利用する場合の標準的な技術および利用方法を示す。

(1) 処理の概要

高分子系焼却灰の処理方法は、以下の3方法がある。

- ① 脱水前に高分子凝集剤を添加した後脱水し、焼却して灰とするもの。
- ② 熱処理後脱水し、焼却して灰とするもの。
- ③ ①、②項で示した脱水汚泥と消石灰、塩化第二鉄等の凝集剤を添加した後脱水した汚泥とを混合して焼成したもの。

これらの高分子系焼却灰は、 SiO_2 として質量比で 20 ～ 50%程度のけい素を含んでおり、粘土等の代わりとして、ブロック、タイル、レンガ等の工場製品をはじめとする各種用途への利用が進められている。

(2) 物理化学的性質

高分子系焼却灰を建設資材として利用する場合、比重、粒度分布、含水率、強熱減量等の物理的特性や組成その他の化学的特性も把握し、適切な資材化方法を選択することが望ましい。

① 比重

比重は焼却灰の組成や化学構造と関係しており、例えば石灰系焼却灰は高分子系焼却灰に比べ一般的に大きく、また焼却灰中に未燃の有機物が含まれている場合は比重が小さくなる。高分子系焼却灰の比重は、通常 2.5 ～ 3.0 程度の場合が多い。

② 粒度分布

高分子系焼却灰の粒度は、焼成あるいは熔融により固結化しない限り、団粒化の程度によって差異が生じるものと考えられる。

コンクリート工場製品に使用する場合、この団粒化がセメント、細骨材との均一な混合の妨げとなることがある。また、焼成工場製品として使用する場合、粒度は成形性、焼成品の強度、焼成温度、収縮率等に影響を与えるので、通常は破碎による粒度調整が必要となる場合が多い。

③ 含水率

含水率とは、物質の全質量に対して含まれる水の質量割合を百分率で表したもので、下水試験法に準じて行うものとする。

焼却直後の吸湿等による影響を受けていない灰（以下、乾灰という）および加湿後の灰の含水率を測定した例では、乾灰は概ね 0 % であり、加湿後では 30 ～ 40 % 程度のものが多かった。焼成工場製品として利用する場合、焼却灰に水分があると成形体に亀裂が入る等の障害になる。特に、乾式加圧成形の場合は焼却灰中の水分の影響を受けやすいので注意を要する。

④ 強熱減量

強熱減量とは、乾燥固形物を約 600℃で加熱して減少する質量割合を百分率で表したものであり、下水試験法に準じて行うものとする。

乾灰の強熱減量は通常 1%以下であるが、焼成工場製品への利用では強熱減量が大きくなると焼成物に割れが生じる等の障害となることが多い。

⑤ 示差熱分析

示差熱分析は、焼却灰を昇温して行く時の相対的な熱的变化を測定するものであり、これによって焼成時に生じる物理的、化学的な反応、変化を推定出来る。焼成過程の制御を行う際には非常に有効である。

⑥ 熱膨張収縮率

焼却灰を焼成工場製品として利用する時に、焼成に伴う収縮率、焼成工程の焼成温度決定等に重要な性状である。

⑦ 化学成分分析

高分子系焼却灰に含まれるけい素、カルシウム等の化学成分含有量は、製品の製造工程や性状に影響を及ぼすことがあるので、化学成分分析を行ってその成分を把握することが望ましい。

高分子系焼却灰の組成の一例を以下に示すが、けい素含有率は SiO_2 として 20～50%程度、カルシウムは CaO として 10%程度以下、アルミニウム、鉄、リンはそれぞれ Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 P_2O_5 として 10%程度である。

(3) 物理化学的特性の変動

高分子系焼却灰の物理的、化学的特性は、焼却灰の成分組成の季節的な変動や焼却炉の運転条件等により変動することがあるので、その変動範囲を把握しておくことが望ましい。

有効利用時の製品の信頼性を高めるためには、この変動要因と範囲を把握し、品質管理を行うことが重要である。この変動要因としては、処理場流入下水の質の変動、水処理条件および脱水条件、天候（とくに雨水による影響）、焼却温度、焼却炉における各種負荷条件のようなものが考えられる。

3.1.1 舗装の路盤材料への適用

下水汚泥焼却焼成固化物（とくに石灰系）で、十分管理して製造されたものは路盤材として使用できる。これらを路盤材として利用するには、利用箇所ごとに強度等の判定項目と利用可否の判定基準が異なるため、目的に従った試験を行うことが望ましい。

(1) 利用する場合の課題

下水汚泥焼却焼成固化物を利用した路盤の実績は少ないので一般道路に適用する場合には、交通条件があまり厳しくない所を対象に、下水汚泥の必要量が確保出来る（生産量、供給量、運搬距離、運搬経路など）ことを確認して試験的に取り組んでいくと良い。

(2) 試験評価方法

第2編1.1.1(2)に準ずる。

3.1.2 工場製品への適用

(1) 利用する場合の課題

下水汚泥焼却灰を工場製品へ適用する場合は、以下のような課題や問題点などがある。

- 1) 焼却灰を用いて製造した各種工場製品を建設資材として利用する際には、供給可能量と需要量を十分把握し、利用計画を決定する必要がある。
- 2) 焼却灰を用いた工場製品を利用する場合は、利用先別に定められた技術基準等によらなければならないが、製品の物理性状等を調査してその品質を管理するとともに、変動範囲を把握しておくことが必要である。
- 3) 焼却灰を使用した工場製品を利用する際は、利用方法、利用先に応じた保管方法を講じる必要がある。

(2) 利用技術

1) コンクリート工場製品

① インターロッキングブロックとして利用

焼却灰をインターロッキングブロックとして利用する場合、その種類は普通インターロッキングブロック、透水性インターロッキングブロック、植生用インターロッキングブロック等に分類することができる。これらは利用用途別に定められた規格値等を満足していなければならない。また、製造する方法についてもそれぞれの用途に見合った方法を決定する必要がある。

神戸市におけるインターロッキングブロックの利用例では、ブロックは2層型普通インターロッキングブロックで、形状はS型とN型、厚さはいずれも 80 mmであり、焼却灰は基層部の細骨材として使用して混合率は9%を標準としている。

② その他の工場製品としての利用

焼却灰を利用したその他の工場製品としては、コンクリート境界ブロック、舗装用コンクリート平板、遠心力鉄筋コンクリート管、汚水枳等がある。これらの工場製品を製造する場合は、利用用途別に定められた規格値等を満足していなければならない（JIS A 5307「コンクリート境界ブロック」、JIS A 5304「舗装用コンクリート平板」、JIS A 5303「遠心力鉄筋コンクリート管」、JIS A 5306「コンクリートL形および鉄筋コンクリートL形」を参照のこと）。また製品を製造する場合は、それぞれの用途に見合った製造方法を決定する必要がある。

2) 焼成工場製品

① タイルとしての利用

焼却灰をタイルとして利用する場合、内装タイル、外装タイル、床タイル、モザイクタイル等で利用されている。これらは、それぞれの利用用途に定められた規格値等を満足していなければならない。

焼却灰を用いてタイルを製造する場合、それぞれの用途に見合った製造方法を決定する必要がある。焼却灰を用いたタイルの一般的な製造フロー例を図-3-1に示す。

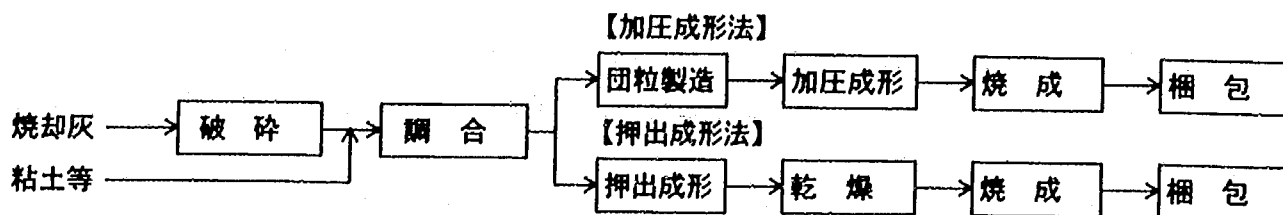


図-3-1 タイルの製造フロー

名古屋市では磁器質タイルとして利用しており、原材料は焼却灰と粘土で、焼却灰の混合割合は1～12%としている。これらは下水道の建設事業において利用されており、建屋の外装タイル、玄関の床タイル、風呂の壁タイルなどに使用されている。

② 普通レンガとしての利用

焼却灰を普通レンガとして利用する場合、その種類は品質により2種、3種、4種等に分類されるが、それぞれ種別毎に定められた規格値を満足していなければならない（JIS R 1250「普通レンガ」の特性、寸法等に関する規格を参照のこと）。

また普通レンガを製造する場合、それぞれの用途に見合った製造方法を決定する必要がある。横浜市の例では、焼却灰（質量比で10%）と配合粘土を混合したものを、普通レンガとしての利用した事例が報告されている。

③ インターロッキングレンガとしての利用

インターロッキングレンガは、焼却灰単体を原料として加圧成形し焼成したものをいう。焼却灰を用いたインターロッキングレンガを製造する場合、普通インターロッキングブロックの規格に準ずるものとする。またその際、焼却灰の性状や用途に見合った製造方法を決定する必要がある。

東京都における焼却灰を原料としたインターロッキングレンガの品質例を表-3-1に示す。

表-3-1 焼却灰を原料にしたインターロッキングレンガの品質規格例

項目	種別	焼却灰を原料にした インターロッキングレンガ	J I S規格レンガ	市販の インターロッキングレンガ
①耐摩耗性		0.02～0.028 g	0.1 g : JIS A 5209	0.01～0.1 g
②すべり抵抗 D R Y W E T		130～147 85～100		70以上 50以上
③曲げ強さ		35.3～46.1(M P a)		9.6～18.4(M P a)
④圧縮強さ		158～192(M P a)	29.4(MPa)以上 普通レンガ	35～123(M P a)
⑤吸水率		0.07～0.09 %	10%以下 普通レンガ	0.5～8.5 %
⑥寸法規格			長さ ± 5 mm 幅 3 mm 厚さ ± 2.5 mm以内	長さ ± 5 mm 幅 3 mm 厚さ ± 2.5 mm以内

注) 市販のインターロッキングレンガの品質は、3社の最大、最小値を示す。

④ 透水性ブロックとしての利用

透水性ブロックは、焼却灰を骨材、粘土および水とともに加圧成型し、焼成したものをいう。焼却灰を用いた透水性ブロックを製造する場合、透水性インターロッキングブロックの規格に準ずるものとする。

その際には、焼却灰の性状や用途に見合った製造方法を決定する必要がある。名古屋市における透水性ブロックの利用例では、原材料は骨材と粘土および水に焼却灰を約 50 % の割合で調合混練し、15 ～ 20MPa 程度で加圧成形した後、1,100℃程度で焼成、製造している。

⑤ 陶管としての利用

焼却灰を利用した陶管としては、直陶管、枝付き陶管がある。焼却灰を用いた陶管を製造する場合、利用用途に定められた規格値等を満足していなければならない。

またその際には、それぞれの用途に見合った製造方法を決定する必要がある。

⑥ 軽量骨材としての利用

軽量骨材は、焼却灰を主原料として粉碎、加湿混練して造粒した後、高温で焼成した軽量の骨材である。焼却灰を用いて軽量骨材を製造する場合、それぞれの利用用途において定められている規格に準ずるものとする。

焼却灰を用いて軽量骨材を製造する場合、焼却灰の性状や用途に見合った製造方法を決定する必要がある。

(3) 利用技術例

以下の文献に利用された例が記載されている。

- 1) 下水汚泥資源利用協議会：下水汚泥の建設資材利用マニュアル(案)，1991 年版

4. 石炭灰

(1) 物理化学的性質

1) 物理的性状

石炭灰の物理的特性は、炭種や燃焼方法によって大きく異なる。表-4-1に石炭灰の物理特性の例を示す。

表-4-1 石炭灰の物理特性

	ボトムアッシュ	フライアッシュ	シンダーアッシュ
粒子形状	角張った不規則形	球形	
比重	1.7 ~ 2.0	2.0 ~ 2.3	1.9 ~ 2.1
粒度分布	砂分 (50 ~ 70%) 粗粒	細粒分 (50 ~ 95%) 微粒	細粒
比表面積(cm ² /g)		3.24 ~ 6.26	1.30 ~ 2.10

2) 微粉炭燃焼灰の化学的性状

石炭灰の鉱物組性は、昇温過程によって変化することが知られている。微粉炭フライアッシュ中には、石英のほかに赤鉄鉱、磁鉄鉱、ムライト、硬石膏などの中温生成鉱物が残存しており、斜長石なども観察される。石炭灰の化学的主成分は、SiO₂ および Al₂O₃ であり、両者で全体の 80 ~ 90% を占める。表-4-2 に微粉炭燃焼灰の化学特性を示す。

表-4-2 微粉炭燃焼灰の化学特性と微量成分の溶出特性

		試料数	最大値	最小値	平均値	備考
化学 特 性	湿分(AR, wt.%)	80	4.6	0.2	0.9	JIS A 6201
	強熱減量(AR, wt.%)	138	30.5	0.1	4.96	
	SiO ₂ (AR, wt.%)	6	67.22	45.90	58.6	
	SiO ₂ (wt.%)	138	76.90	44.50	58.76	JIS M 8815
	Al ₂ O ₃	138	36.11	0.81	17.00	
	Fe ₂ O ₃	138	35.10	0.89	12.84	
	CaO	138	11.7	0.00	3.58	
	F-CaO	2	1.51	0.00	0.76	
	MgO	138	2.97	0.08	1.05	
	Na ₂ O	80	2.62	0.00	0.47	
	K ₂ O	80	3.12	0.06	0.96	
	SO ₃	128	1.5	0.00	0.30	
溶 出 特 性	R-Hg (mg/ℓ)	85	0	0	0	環告 46 号
	Cd	81	0.01	0	0.0001	
	Pb	85	0.28	0	0.0176	
	O-P	85	0	0	0	
	Cr ⁶⁺	85	0.28	0	0.042	
	As	85	0.17	0	0.0242	
	CN	85	0.19	0	0.0047	
	PCB	85	0	0	0	
	Se	41	0.16	0	0.039	

細田；微粉炭燃焼灰の基礎特性の分類とその評価、石炭灰有効利用シンポジウム講演集、平成 10 年 5 月より作成

石炭灰中の可溶性成分は、数%程度であり、その主たるものは、カルシウムイオン、マグネシウムイオ

ン、ナトリウムイオン、カリウムイオンである。微粉炭石炭灰からの溶出物の性質は、石炭の物理化学的性質と土、水の性質に支配されるため、その性状を的確に予見することはむずかしい。

表-4-2に、微粉炭燃焼灰の重金属等の微量化学成分溶出量を示す。表-4-2によれば、溶出成分中の有害物質としては、As、Cd、Pb、Cr⁶⁺等の重金属類が検出されるが、これは、石炭灰表面に多く存在するようであり、石炭灰を使用する場合、前もって洗浄処理すれば溶出率を低下できると考えられる。また、溶出量は溶液の濃度に大きく影響されるので、周囲の水環境には留意する必要がある。

3) 工学的性質

石炭灰の工学的性質を表-4-3にまとめて示す。

表-4-3 石炭灰の工学的性質

	圧縮性 圧縮率 (%)	締固め特性	透水性 透水係数 (cm/sec)	凍上性	液状化
フライアッシュ	1.8	砂に近い。最適含水	$10^{-7} \sim 10^{-4}$	しやすい	未固化の飽和
クリンカアッシュ	1.4	比以上で急に泥ねい 化する場合がある	5×10^{-2}	よく排水す れば低い	状態では可能 性大

4.1 粉砕処理

(1) 処理の概要

フィラーにするために、ボトムアッシュ（クリンカアッシュ）を粉砕する。

4.1.1 アスファルト舗装用フィラーへの適用

(1) 利用する場合の課題

石炭灰をアスファルトフィラーに適用することについては、路盤材も含め、古くから研究が行われているが、最も大きな課題となる事項は、重金属を含む有害物質の溶出基準を常にクリアさせるという点になる。このための対処が必要となるので参考資料とした。アスファルト混合物によって溶出が妨げられると思われるが、試験施工を行う場合には十分な室内試験と現地での計測が必要である。

さらに、アスファルトフィラーの適用という点について考えると、石炭灰は石粉と比べて粒子形状が球形で粒径が小さいという特徴からマーシャル安定度試験においては、密度が大きい、空隙率が小さい、飽和度が大きいといった傾向が現れ、最適アスファルト量が、石粉を使用した場合に比べて少なめとなる。この点についての検討が今後の課題になるものと考えられる。

(2) 試験評価方法

1) 環境安全性基準と試験方法

第2編1.1.1(2) 1)に準ずる。

2) 品質基準と試験方法

① 品質基準

アスファルトフィラー材料としての品質管理基準としては、アスファルト舗装要綱の規格を満足するとともに配合試験、力学試験を行って品質基準のチェックを行う必要がある。

② 品質試験方法、表示

アスファルトフィラー材料としての品質を管理するための試験方法は、表-4-4に示すとおりである。これらの品質については、表-4-4について満足する旨の品質表示を行う。

表-4-4 アスファルトフィラー材料としての品質試験方法

項目	試験方法
基本性状	比重、水分、PI、加熱変質 70-試験、吸水膨張 剥離試験
配合試験	マッシュ安定度試験 (かさ密度、安定度、70-値、空隙率、飽和度)
アスファルト 混合物の 性状試験	繰返し曲げ試験 (疲労抵抗)
	ホイールラッキング試験 (流動抵抗)
	スパイクパリング試験 (摩耗抵抗)
	水浸ホイールラッキング試験 (剥離抵抗)

(3) 利用技術

① 設計

石炭灰をフィラーとするアスファルト混合物の配合設計は、(2)品質基準と試験方法で示されるように、基本的にアスファルト舗装要綱に従うものとする。

配合における注意点として、石炭灰の比重が小さいので比重補正を行うこと等があげられる。

② 施工

施工に関しても基本的にアスファルト舗装要綱に従うものとする。

施工上の注意点としては、施工規模に見合う十分な量の石炭灰の確保と品質を維持させる貯蔵法を検討しなければならない。

③ 繰返し再生利用および処分

繰返し再生利用に関しては、十分な検査と性能確認を再度行う必要がある。

(4) 利用技術例

アスファルトフィラーの適用実績を、下記表-4-5に示す。

表-4-5 アスファルトフィラーへの適用実績例

発生場所	下関 国内炭灰	竹原 国内炭灰	竹原 国内炭灰	新宇部 海外炭灰	磯子 国内炭灰	松島 海外炭灰
工種	私道新設	市道新設	私道新設	私道新設	町道新設	私道新設
施工年月	1982.1	1982.12	1982.10 ~ 1983.1	1983.3	1984.4 ~ 8	1985.12
地域	広島	広島	広島	香川	福島	沖縄

参考文献

- 1) 日本フライアッシュ協会；石炭灰とその利用について（主に道路材料として）、1987,4
- 2) 日本フライアッシュ協会；石炭灰を道路舗装用材料として利用するための調査研究報告書、1987,4
- 3) 日本フライアッシュ協会；同上技術マニュアル、1987,4
- 4) (社) 土木学会；石炭灰の土木材料としての利用技術の現状と展望－埋立、盛土、地盤改良－、1990,4
- 5) BVK 社技術資料；A Granulate with many possibilities (steag)
- 6) Von K.-H.Puch, W.vom Berg；Nebenprodukte aus kohlebefeuchten Kraftwerken, VGB-Kraftwerkstechnik, 1997, Helt 7

4.2 セメント固化処理

石炭灰のフライアッシュはセメント混和材として用いられることが多い。この場合、重金属はコンクリートに封じ込められるが、セメント固化処理はそれとは異なる別の処理方法である。焼却灰を安定化処理する方法を大別すると、熔融固化のような熱処理とセメント固化や薬剤処理のような化学的処理がある。セメント固化処理は石炭灰に数%のセメントを添加、粒状に固化させる方法で、熔融に比較して処理コストは低いものの重金属溶出に関する長期安定性は劣るとされている¹⁾。

石炭灰をセメント固化処理する場合、従来石炭灰の内でも集塵装置から排出されるフライアッシュ（飛灰）に対して用いられることが多かった。しかし、燃焼の際揮発した重金属微粒子は集塵装置の低温部で捕捉されることが多い。このため、フライアッシュは一般にはボトムアッシュよりも重金属の含有が多いとされている。例えば、一般焼却灰ではフライアッシュはボトムアッシュの3～12倍の重金属を含有するといわれている²⁾。

今後のさらなる技術開発が待たれるところであるが、現時点では上記のことから石炭灰フライアッシュをセメント固化処理で公共事業に試験適用する場合には、十分な事前事後の室内試験と現地での計測が必要である。

参考資料

- 1) 廃棄物学会、廃棄物ハンドブック、997p、平成9年
- 2) 久保田 宏 他、廃棄物工学、56p、培風館、1993

5. ゴム（廃タイヤ）

廃タイヤの利用のためのリサイクル処理技術には、下記の5種類の方法がある（表-5-1）。①～③は加工利用、④は熱利用ともいわれる。1996年のリサイクル率は91%である（リサイクルキーワード、（財）クリーンジャパンセンター編）。

表-5-1 タイヤのリサイクル方法

リサイクル方法	形 態	主 用 途
①マテリアルリサイクル a. オープン 材料ごとに分解・分別して、他の製品の材料として使用する。	ゴム粉	鉄道用軌道バッド、畜産用マット、工事保護用マット、ゴム弾性舗装材（ゴルフ場歩径路、テニスコート、陸上競技場、遊歩道ジョギングコース）、ゴムブロック、凍結防止舗装材、透水性舗装材、消しゴム等。
	再生ゴム	ベルト、ホース、ゴム板、工事用ゴム製品
b. クローズド：材料ごとに分解、分別し同一製品の材料に再利用する	ゴム粉 再生ゴム	農業用タイヤ等のゴムコンパウンド等。
②プロダクトリサイクル 再生処理をして、製品の長寿命化を図る。	原形のまま	再生タイヤ
③ケミカルリサイクル 熱分解、化学分解によって低分子の材料等に還元する	ガス、カーボンブロック、活性炭	燃料、配合剤、吸着剤等
④サーマルリサイクル 熱エネルギー利用をする	カット、原形	セメント製造用燃料、金属精錬用燃料、ボイラー、発電等。
⑤原形利用（他に転用する）	原形のまま	防眩材、魚礁、土留め、遊戯具等

タイヤリサイクルブックより作成

5.1 粉砕処理、ゴム再生処理

(1) 処理の概要

① 粉砕処理（ゴム粉）

ゴム粉の生産は、一般的には常温における機械破砕が主流であるが、液体窒素で冷凍してから破砕する冷凍粉砕法も実用化されている。その他には超高压水を用いる方式や、二軸スクリュートタイプ押出機を用いて粉砕する方式等の実用化も海外で検討されている。

冷凍粉砕によるゴム粉は、粒子を小さくすることが出来る（0.1 mm程度まで）という特徴を有するものの、コストが高くつく欠点があり、あまり広くは用いられていない。

② ゴム再生処理（再生ゴム）

再生ゴムは、廃タイヤを破砕（粗破砕→細砕）し、繊維、スチールワイヤー等ゴム粉以外のものを除去した後、再生剤（有機ジサルファイド、エステル酸等）とオイル（アロマチック油等）を混合、加熱し、ロールでシート状にして生産される。スチールタイヤが主流となった現在では、原料となる廃タイヤはスチールタイヤをビード付のまま切断し、粗砕クラッカーロールに投入しているため、スチールを完全に除去する必要がある。

(2) 物理化学的性質

① ゴム粉

ゴム粉の規格は、(社) 日本ゴム協会標準規格(SRIS 0002)に制定されている。

② 再生ゴム

再生ゴムの物性は、原料となる廃ゴムの種類によって異なる。

5.1.1 アスファルト舗装用骨材（添加材）への適用

(1) 利用する場合の課題

現在高分子有機材料系の再生資材については環境保全上の基準はない。無機、金属系では土壌の環境基準が一つの判断基準と考えられるが、これはゴムやプラスチックのような高分子有機材を想定していない。したがって、これら再生資材の使用に当たってはこうした観点からの考え方の整理が必要となるので参考資料とした。

ゴム粒子を道路舗装材に利用する場合には、経年劣化に加え粉末ゴムの飛散、降雨などによる流出等の2次公害の問題が予想される。また、廃タイヤの種類によっては、ゴムから化学物質が溶脱する可能性があり、これらによる環境汚染が懸念される。

ゴム入りアスファルト混合物を繰返し再生利用する場合、ドライヤによる加熱等高温混合により有毒ガスが発生する危険があること、および現場で異臭を放つことがあるため、ゴムの溶解温度を超えて使用する場合には注意が必要である。

廃タイヤを粉砕したゴム粒子は、舗装用骨材として凍結抑制舗装、多孔質弾性舗装および歩道用弾性舗装等へ適用される。以下各々について課題を記述する。

① 凍結抑制舗装への適用（ゴムチップ添加舗装）

ゴム粒子をアスファルト混合物に適用した凍結抑制舗装であり、表面にできた薄い氷層の上を車両が走行する際、ゴム粒子とタイヤの相互作用によりゴム粒子の上面および周囲の氷が破碎され、路面を露出させる機能を持つ舗装である。

この舗装機能は、走行車両の荷重によって氷結層を破壊する物理作用であり、効果を求めるにはある程度の交通量が必要となる。したがって、適用箇所の選定は留意する必要がある。また、耐久性向上の面から、使用バインダーは改質アスファルトを使用する。

② 多孔質弾性舗装への適用

粒状またはファイバー状のゴム（可能な限り廃棄タイヤのゴムを使用する）とウレタン樹脂で接合した多孔質な舗装材料で、騒音低減効果を主目的とした弾性舗装として適用される。また、透水機能も有する舗装である。直径1～2mmのファイバー状のゴムチップをウレタン樹脂で固めた混合物（空隙率 35%）を舗装走行実験場で試験施工した結果では、排水性舗装に比べて騒音低減率が著しく改善される結果となっている。

課題としては、施工は幅1m×1m、厚さ2～5cmのブロックを工場製作し、舗装路面に貼り付けて行っているためコストが高いこと、実路での舗装材料としての耐久性、すべり摩擦係数が低くなることから自動車の走行性能に与える影響などについての検討が必要である。

③ 歩道用弾性舗装への適用

歩行者系舗装として、表-5-2に示す開発条件のもとで常温型の透水弾性舗装が開発された。ゴムチップは廃タイヤを粉砕したもので、粒径5～2.5 mmおよび2.5～0 mmの2種類を使用している。バインダーは、省エネルギー、経済性、耐久性、交通開放時間を考慮して、反応型の改質アスファルト乳剤を使用している。

透水性、弾力性は概ね確保されるが、ゴムチップの長期的耐久性の向上、低温施工時の可使用時間など検討課題が残されている。

表-5-2 透水弾性舗装の開発条件

項 目	条 件
材 料	・ リサイクリングゴムチップを使用 ・ アスファルト系舗装
施 工	・ 機械化施工が可能で、通常の施工体制で施工可能
品 質 (機能)	・ 弾力性 ・ 透水性 ・ 耐久性

(2) 凍結抑制舗装の試験評価方法

本項では、施工実績の多い凍結抑制舗装（ゴムチップ添加舗装）について記述する。

1) 品質基準と試験方法

① 品質基準

骨材およびフィラーは、「アスファルト舗装要綱」(社)日本道路協会に示される品質のものを使用する。

アスファルトは、「アスファルト舗装要綱」に示す改質アスファルトⅠ型およびⅡ型と同様の性状を有するものを使用することを標準とする。

ゴム粒子は次の粒径のものを使用する。(表-5-3)

表-5-3 ゴム粒子の粒径

ふるい目	通過重量百分率
13.2 mm	100 %
4.75 mm	95 ～ 100 %
2.36 mm	30 ～ 50 %
0.60 mm	5 ～ 15 %

② 品質試験方法、表示

骨材、フィラー、改質アスファルトおよびゴム粒子の品質を確認するための試験方法は、「舗装試験法便覧」(社)日本道路協会に示される方法によるものとする。

これらの品質については、各品質項目を満足する旨の品質表示を行う。

(3) 利用技術

1) 設計

混合物の骨材粒度は、表-5-4に示す最大粒径 20 mmおよび 13 mmの2種類があり、施工厚さ等を考慮して選定する。

表-5-4 ゴムチップ添加混合物の骨材粒度

ふるい目	最大粒径 20 mm	最大粒径 13 mm
26.5 mm	100	—
19.0 mm	88 ~ 100	100
13.2 mm	70 ~ 90	80 ~ 100
4.75 mm	25 ~ 50	35 ~ 60
2.36 mm	22 ~ 45	
600 μ m	16 ~ 30	
300 μ m	12 ~ 25	
150 μ m	9 ~ 18	
75 μ m	6 ~ 12	

ゴムチップ添加混合物の配合設計手順を図-5-1に示す。混合物は通常のアスファルト混合物とは異なりマーシャル安定度による評価は困難であるため、マーシャル安定度試験は実施せず、空隙率等から設計アスファルト量を求める。

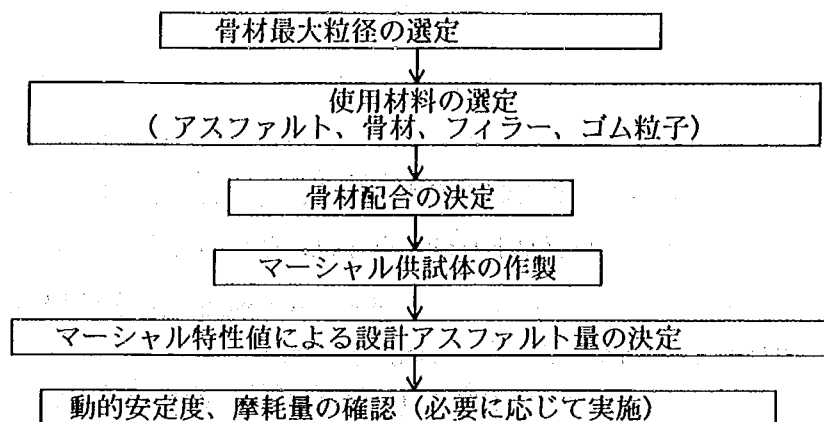


図-5-1 配合設計手順 (ゴムチップ添加舗装の例)

2) 施工

ゴム粒子は、骨材投入後ドライミキシング時に投入する。ゴム粒子の投入は、通常はビニール袋に入っているの、袋ごとミキサーの開口部から投入する。

施工は、基本的に通常のアスファルト舗装と同様である。ただし、混合物には弾力性を有するゴム粒子が混入しているため、転圧には十分な注意が必要である。

(4) 利用技術例

以下の文献に利用された例が記載されている。

- 1) 吉井, 香川, 光谷: ゴム粒子混入型低騒音舗装の多機能性とその評価, 第 22 回日本道路会議論文集 (1997)
- 2) 大橋, 浜口, 谷口: ルビット舗装の凍結抑制メカニズムについて, 第 20 回日本道路会議論文集 (1993)
- 3) 稲葉, 勝俣: 東北地方における凍結抑制舗装 (ルビット舗装) の供用性, 第 20 回日本道路会議論文集 (1993)
- 4) 栗木, 増田, 帆苅: 使用済みタイヤを混入したアスファルト舗装の粘弾性挙動と混合物性状に関して, 第

21 回日本道路会議論文集(1995)

- 5)毛利,口分田,藤野: 廃タイヤチップを利用したアスファルト混合物の施工事例,第 21 日本道路会議論文集(1995)
- 6)谷口,稲葉,大橋: 粒状ゴム系凍結抑制舗装のメカニズムと効果,道路建設(1995.7.1)
- 7)田口,帆刈,原: 使用済みタイヤのアスファルト混合物への利用, 舗装 30-3(1995)
- 8)明嵐,久保: 多孔質弾性舗装の耐久性と騒音低減量—基礎的測定による特性把握,土木学会第 49 回年次学術講演会(1994)
- 9)長溝,藤井,西本,武田: 常温型透水性弾性舗装の開発,舗装 31-4(1996)
- 10)永井,森,飯田: 歩道用透水性弾性舗装,第 19 回日本道路会議論文集(1991)
- 11)神永,平井,堀: 自然色弾性透水性舗装,第 22 回日本道路会議論文集(1997)
- 12) (社) 日本自動車タイヤ協会: タイヤリサイクルハンドブック(1996)

5.1.2 工場製品（ブロック等）への適用

(1) 利用する場合の課題

廃タイヤを工場製品あるいはブロック等の工場製品へ利用する場合の処理方法にはマテリアルリサイクルとプロダクトリサイクルがある。それら利用形態の長所、短所および利用する場合の課題を表-5-5に示す。マテリアルリサイクルおよびプロダクトリサイクルは、在来品と比べてコストが割高であり、コスト面と品質面で競争力が低下している。したがって、新規用途の開発と生産効率の向上によるコストダウンがない限り、廃タイヤリサイクル品の需要拡大は困難と言える。

表-5-5 工場製品として利用する場合の課題

利用方法		長 所	短 所	課 題 等
マテリアルリサイクル	再生ゴム	・コンパウンドの加工性改良 ・ゴムとして再利用	・物性低下が大きい ・コストメリットはない	・高速性能を要求されるタイヤへの利用は、技術的に困難。 ・加工性を生かしたタイヤ以外への適用は可。
	ゴム粉	・ゴムの弾性が活用可能 ・多様な形状に加工可能	・ゴム配合物としては物性低下大 ・コストが高い	・コスト次第では需要拡大可能性有り。 ・表面改質処理技術が開発されれば用途拡大可能である。
プロダクトリサイクル	更生タイヤ	・タイヤとして再利用 ・コストメリットがある	・需要増期待薄い	・乗用車用更生タイヤは販売が難しい環境にある。

タイヤリサイクルハンドブックより作成

(2) 利用技術例

廃タイヤのソフト感、耐久性能、防振・防音性能、吸音性等を生かした利用技術例として以下のものがある。再生ゴムを原料とした製品としてタイヤ、コンベアベルトなどが、ゴム粉を原料とした製品としてスラブマット、屋内床材などがある。

6. プラスチック

プラスチックには熱可塑性プラスチックと熱硬化性プラスチックがあり、表-6-1 に示すようにそれぞれプラスチックの種類によって種々の用途に用いられている。

表-6-1 プラスチックの種類と主な用途

区分	プラスチック名	主な用途
熱可塑性 プラスチック	ポリエチレンテレフタレート	ペットボトル、テープ、フィルム
	高密度ポリエチレン	灯油缶、びん、網
	ポリ塩化ビニル	卵パック、ラップ
	低密度ポリエチレン	ポリ袋、通信ケーブル、ふた
	ポリプロピレン	浴槽、自動車部品、注射器
	ポリスチレン	キャビネット、トレイ、おもちゃ
	その他の熱可塑性プラスチック	ボールペンの軸、看板、ほ乳びん
熱硬化性	熱硬化性プラスチック	ボタン、食器、ヨットの本体

※熱可塑性プラスチック：熱を加えると柔らかくなるプラスチック

熱硬化性プラスチック：熱を加えると硬くなるプラスチック

中村三郎「リサイクルのしくみ」((株)日本実業出版)より作成

廃プラスチックは大別すると、産業系の廃プラスチックと一般廃棄物として排出される廃プラスチックに分類される。量的には一般廃棄物として家庭ゴミの中に混じって排出される廃プラスチックの方がはるかに多く、また処理、処分についての問題も多い。そのためゴミの減量化、資源化の観点からゴミ中のプラスチックを分別し、リサイクルすることが社会的にも重要視されてきた。しかしゴミの中より分別したプラスチックのリサイクルは、各種プラスチックが混合し、また複合材もあり、食品残渣などによる汚れもあるため、技術的には可能であっても経済性や用途開発にも難しさがある。

産業系廃プラスチックの場合は、比較的種類別に分別出来るためリサイクルし易いが、廃プラスチックの排出時の状態によって対応する技術再生システムも異なってくる。そのため、経済的な回収システムが重要であり、どのような種類の、どのような形態の廃プラスチックか、どんな状態で(水や油、金属などの異物の付着混入状態)、どの位の量が回収できるかの検討が必要である。

参考文献

- 1) 中村三郎：入門ビジュアルエコロジー「リサイクルのしくみ」日本実業出版社(1998.9)

6.1 粉砕処理、プラスチック再生処理

(1) 処理の概要

廃プラスチックのリサイクル技術を示すと以下のとおりである。

1) マテリアルリサイクル

① 単純再生（材料再生）、粉砕処理

主として加工段階で発生する良質の廃プラスチック（くずや余剰材料、成形不良品など樹脂別に仕分けができ、また色別の仕分けもできるもの）を原料として再生ペレット、顆粒などにして成形原料とする。熱可塑性プラスチックを対象として行われている。産業廃棄物系の廃プラスチックが主体である。

② 複合再生（製品再生）、溶融再生処理

製造、加工、流通過程から排出される廃プラスチックのうち単純再生に適さないものを原料として、これらを溶融固化して棒や杭その他製品を直接生産する。ポリエチレン（PE）、ポリプロピレン（PP）、ポリスチレン（PS）等熱可塑性プラスチックを樹脂別に破碎し、一定の混合比で配合した後、溶融混練して製品を成形する。棒、杭、板や、土木建設資材、包装運搬資材、農漁業資材等がつけられている。

2) ケミカルリサイクル

熱分解や解重合によりモノマーやオリゴマー（ポリマー重合の中間体）に戻す技術である。アクリル樹脂（PMMA）、ポリエステルは早くからモノマー回収が行われており、ポリアミドについてもプロセス開発が行われ、またポリウレタンも原理的にはケミカルリサイクルが可能で研究されている。

3) サーマルリサイクル

再生利用に向かない廃プラスチックを単に焼却処理するのではなく、重油、石炭の代替燃料とする技術であり、燃焼で発生する熱エネルギーを、蒸気あるいは電力に変えて利用する技術である。

本マニュアルでは1)のマテリアルリサイクルの①、②を対象とする。

(2) 物理化学的性質

販売包装、流通包装、自動車、電気・電子製品、建設資材などに使用された後排出された廃プラスチックは、屋外、屋内の使用環境により劣化の程度に違いがあるが、一般に元のプラスチックに比べ一部の物性において付着性がでるなどのため、洗浄しても元と同様の利用は難しいなどの問題がある。また、建設関係で使用されている壁紙、タイルカーペットは紙や繊維が張り合わされており、自動車、電気・電子製品に使用された場合には金属部品がインサートされていたり、ボルト締めされているので、これら異種材料との分離が必要であり、表面が塗装されている場合には塗膜の混入により物性の低下が生じるので、これらの分離が必要となる。

しかし、単一のプラスチックとして分離された場合には、物理的・化学的性状は元のプラスチックに対し一部の物性が低下しているとはいえ、元のプラスチックと同様の性状を有しているといえる。

6.1.1 アスファルト舗装用改質材への適用

(1) 利用する場合の課題

① アスファルト混合物製造時に、かなりの高温で混合処理されるため、プラスチック混入の再生混合

物の特性あるいは分解による有毒ガス発生等の事前の調査検討が必要である。

- ② 廃プラスチックのうち、産業系のものは種類別に分別回収できるものが多いが、一般系のものは多種で性質・外観が類似のものも多く、アスファルトと混合溶融するときに一部のものが変質をきたす可能性が多い。

このような点から、廃プラスチックを粉砕しアスファルトに溶融させ、バインダー改質材としての利用は使用量の面から制限される可能性がある。

- ③ 初期のアスファルト改質材は主にゴムを使用しており、ひび割れや摩耗の防止を主目的としてきた。近年は耐流動性の向上の面から熱可塑性樹脂あるいは熱硬化性樹脂等の改質材など樹脂性を強くもつポリマーが次第に使われるようになってきている。

しかし、樹脂性の強いものは耐流動性向上には効果があるが、反面、脆く、ひび割れが入りやすい欠点がみられる。このような事情から、ゴムとプラスチックの中間的存在である熱可塑性エラストマー（TR）が、大量に使用されるようになった。熱可塑性樹脂混入の改質アスファルトはEVAやEEA使用品が相当量の実績を有するが、改質材原料として新規の熱可塑性樹脂を採用する場合は、アスファルトや骨材との相溶性、親和性、低温脆性等についてゴムやTRの場合以上に慎重に検討する必要がある、廃プラスチック類の使用時も同様である。

- ④ FRP微粉末と熱可塑性プラスチックを混合したアスファルトのバインダー性状試験結果によると、熱可塑性プラスチックは混合時には融けているものの、冷却後アスファルトと分離してしまうものが多い。種類によっては全く溶解せず、バインダーの性状に変化のないものもみられる。

また、混合物性状による試験結果によると、FRP粉末とゴム粉末を加えたものは締固め密度あるいはマーシャル安定度が低下する傾向がある。

(2) 利用技術例

以下の文献に利用された例が記載されている。

- 1)日本改質アスファルト協会・技術委員会：廃プラスチックの状況と舗装用途への利用調査（その1）、改質アスファルト、NO.3、1994
- 2)日本改質アスファルト協会・技術委員会：廃プラスチックの状況と舗装用途への利用調査（その2）、改質アスファルト、NO.4、1995
- 3)西村、坂本：再生プラスチック、再生ゴムを混合したアスファルトおよび混合物の試験、土木学会第50回年次学術講演会、平成7年9月
- 4)鎌田、稲葉、山田：プラスチック粒入りアスファルト混合物のレオロジー的性質、土木学会第49回年次学術講演会、平成6年9月

6.1.2 アスファルト舗装用骨材への適用

(1) 利用する場合の課題

- ① プラスチック入り混合物を再生利用する場合、ドライヤによる加熱等、高温混合となるため有毒ガスが発生する危険があり、使用上注意が必要である。

② プラスチック骨材を使用する場合、舗装の強度不足が懸念されることから、プラスチック骨材の添加量は、要求される性能と強度のバランスを考慮して、補強材や硬化剤等を添加することも検討する必要がある。

③ 種々の廃プラスチックのペレット、粉末または砕石状のものを使用したアスファルト混合物の例によると、アスファルト量が決定できない、あるいは添加効果のみられないケースがあるので注意が必要である。

現状では、廃プラスチックを5mm程度に粉砕し、骨材の一部とすることにより、種類によっては有効利用の可能性があるが、供用性調査も含めて検討が必要である。

④ 一般にプラスチック類は紫外線に弱く、そのため道路表面部は劣化によりひび割れや脆弱化が起こりやすい。このため、プラスチックを表層に使用するには十分な配慮が必要である。

⑤ プラスチック粒子混入の場合は、プラスチックの部分的溶解によるアスファルト性状への影響を考慮する必要がある。プラスチックの軟化点は120～130℃程度であり、プラスチック粒子を含む再生骨材の加熱時には相当部分が溶解し、アスファルト物性に与える影響が大きい。また、混合、施工工程にも影響を与える場合がある。

⑥ 現場での試験施工結果によると、平坦性は良好であるが、通常のアスファルト混合物の場合に比べ、少し光沢がない。また若干敷均し時に重く、転圧時にヘアクラックが生じやすい等の現象の見られるものがあり、施工性および仕上がり性の面からの検討が必要である。

⑦ 廃プラスチックを骨材として使用する場合、破碎したり、また粒状に加工するなどの費用がかかり、市販材料よりかなり高いコストとなる。加工費の低コスト化および発生量と社会的ニーズを考慮した対応が必要である。

(2) 利用技術例

以下の文献に利用された例が記載されている。

- 1) 日本改質アスファルト協会・技術委員会：廃プラスチックの状況と舗装用途への利用調査（その1）、改質アスファルト、NO.3、1994
- 2) 日本改質アスファルト協会・技術委員会：廃プラスチックの状況と舗装用途への利用調査（その2）、改質アスファルト、NO.4、1995
- 3) 西崎、坂本、新田：廃FRPを利用したアスファルトの物性試験、第22回日本道路会議論文集（1997）
- 4) 松島、光谷、片岡：廃プラスチック骨材混入アスファルト混合物の性状、第21回日本道路会議論文集（1995）
- 5) 穴戸、横引、坂本：廃プラスチック入り舗装の追跡調査事例、第22回日本道路会議論文集（1997）
- 6) 山田、和田、光谷：廃プラスチック骨材混入アスファルト舗装の供用性状について、第22回日本道路会議論文集（1997）
- 7) 鎌田、山田：プラスチックアスファルト混合物の動的安定度と疲労破壊回数、第21回日本道路会議論文集（1995）
- 8) 穴戸、坂本、横引：廃プラスチックのアスファルト混合物への利用、第21回日本道路会議論文集

(1995)

9) 光谷：廃プラスチックの舗装材料の実用化に向けて、道路建設、1996.8.1

10) 山田、稲葉：廃プラスチックのアスファルト混合物用材料としての利用、舗装、Vol29、NO.7、1994

11) 菅原、坂本、松下：廃プラスチックのアスファルト混合物への利用、道路建設、1997.9

6.1.3 工場製品（擬木、杭）への適用

(1) 利用する場合の課題

現在高分子有機材料系の再生資材については環境保全上の基準はない。無機、金属系では土壌の環境基準が一つの判断基準と考えられるが、これはゴムやプラスチックのような有機材を想定していない。したがって、これら再生資材を土壌、地下水などと接する条件で使用するに当たってはこうした観点からの考え方の整理が必要となる。

廃プラスチックからの再生製品は、土木資材を中心に多くの種類の製品が造られている。これらの製品の多くは木材やコンクリート製品と競合しているが、代替品としてプラスチックの特徴を生かして使用され需要を伸ばしてきている。中には廃プラスチックからの独特の製品も多くある。しかし、プラスチックは木材やコンクリートと物性が全く異なること、またプラスチックも種類毎に物性が異なる点に注意する。

(2) 利用技術例

利用技術例を表-6-2に示す。

参考文献

- 1) 廃棄物処理・再資源化技術ハンドブック編集委員会編：廃棄物処理・再資源化技術ハンドブック、建設産業調査会（1993.5）

表-6-2 廃プラスチックの再生製品

用 途	用 途 種 類
土木建設用資材 区画整理用 道路建設および維持用 住宅建設用 公園緑地用 ゲム、空港、土壌改良用	測量杭、境界杭、地下埋設管標識杭、土止杭、工事杭、集水柵、測量杭、すて杭、距離標、法面傾斜地保護柵、土止杭・板、種子土納袋止め杭、コンクリート格子杭、路肩注意標識、視線誘導標識、道路マット、街路樹支柱、ステップ 汚水柵、通風パネル、マンホールの蓋、土台用基礎パッキング、壁材、屋根下地材、厚物シート、階段マット 集水柵、人止め柵、階段用資材、ベンチ、フェンス、遊技施設、ウォーターボット、防砂板、標識杭、擬木、ゴルフ場OB杭、ロードマット、境界杭、花壇縁、プランター 境界杭、湛水線標識、測量杭、排水パイプ、灌水パイプ、土地改良地区標示杭、騒音対策地区標示杭
地籍調査用資材	国土調査図根点杭、筆界基準杭(官官、官民、民民・杭)測量杭、すて杭、仮杭
農林水産用資材 林野、牧場用 ハウス、果樹園用 農地用 漁業用	営林標識杭、境界杭、警戒標識、案内標識、牧場電柵、畜舎用資材 ハウス用止杭、支柱、一輪車用バケット、かけや、支柱、ハンマー、ポリ鉢、配線用止杭、支柱用止杭、盆栽棚、盆栽回転台 あぜシート、U字溝、土止板・杭 魚礁、たこつぼ、かき養殖用杭、シラ材、いけす、養殖用えさ箱
電力・電電用資材 地下埋設及一般配管用 電柱・鉄塔用 計器用	ケーブル保護板、埋設管用まくら木、埋設管標識、ケーブル用トラフ、ヒューム管埋設架台、延線ローラー、防草板 鉄塔防護柵、電柱保護板、巡視路階段用資材、電柱用埋設位置標示杭 計器取付板、保安器板、防止パネルおよびその部材、屋外用分電箱、断熱パネル
ガス・水道用資材 地下埋設及地下配管用 計器用 プロパンボンベ用	引込位置標識、埋設位置標識(白色)、マンホール蓋 メーターボックス、計器据付位置標識、量水器、クリーンルームパネル ボンベ置台、運搬車荷台保護板、充電所用床緩衝板
鉄道資材 軌道標識用 道路踏切用	距離標、こう配標、曲線標、伏び標、境界標、てい減標、車両接触限界標、雪かき車警標 踏切用添え木、踏切板取付部材、踏切侵入禁止板
運搬車両用 トラック用 船舶用	荷台取付スペーサー(シャーシ緩衝材)、車止め、耕耘機尾輪、荷台保護板、L字側溝用ステップ 防舷材

廃棄物処理・再資源化ハンドブックより作成

第4編 付属資料

1. 土壌の汚染に係る環境基準について（環境庁告示第46号、平成3年8月）
環境庁環境法令研究会編集、中央法規出版：環境六法、平成10年版
2. 一般廃棄物の熔融固化物の再生利用の実施の促進について
厚生省「生衛発第508号」、平成10年3月
3. 建設事業における他産業リサイクル材の実態調査アンケート
4. 再生資材に対する「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」の適用について
一有価物と廃棄物の区別一
5. J I S K 0060 -1992 産業廃棄物のサンプリング方法
(財)日本規格協会発行（平成9年5月31日第6刷）

1. 土壤の汚染に係る環境基準について（環境庁告示第46号、平成3年8月）
環境庁環境法令研究会編集、中央法規出版：環境六法、平成10年版

土壌の汚染に係る環境基準について

〔平成 3・8・23
環 告 46〕

改正 平 5 環告 19・平 6 環告 5・環告 25・平 7 環告 19

公害対策基本法（昭和 42 年法律第 132 号）第 9 条の規定に基づく土壌の汚染に係る環境基準について次のとおり告示する。

環境基本法（平成 5 年法律第 91 号）第 16 条第 1 項による土壌の汚染に係る環境上の条件につき、人の健康を保護し、及び生活環境を保全するうえで維持することが望ましい基準（以下「環境基準」という。）並びにその達成期間等は、次のとおりとする。

第 1 環境基準

- 1 環境基準は、別表の項目の欄に掲げる項目ごとに、同表の環境上の条件の欄に掲げるとおりとする。
- 2 1 の環境基準は、別表の項目の欄に掲げる項目ごとに、当該項目に係る土壌の汚染の状況を的確に把握することができると思われる場所において、同表の測定方法の欄に掲げる方法により測定した場合における測定値によるものとする。
- 3 1 の環境基準は、汚染がもっぱら自然的原因によることが明らかであると認められる場所及び原材料の堆積場、廃棄物の埋立地その他の別表の項目の欄に掲げる項目に係る物質の利用又は処分を目的として現にこれらを集積している施設に係る土壌については、適用しない。

第 2 環境基準の達成期間等

環境基準に適合しない土壌については、汚染の程度や広がり、影響の態様等に応じて可及的速やかにその達成維持に努めるものとする。

なお、環境基準を早期に達成するとが見込まれない場合にあっては、土壌の汚染に起因する環境影響を防止するために必要な措置を講ずるものとする。

別 表

項 目	環境上の条件	測 定 方 法
カドミウム	検液 1L につき 0.01mg 以下であり、かつ、農用地においては、米 1kg につき 1mg 未満であること。	環境上の条件のうち、検液中濃度に係るものにあつては、日本工業規格 K0102（以下「規格」という。）55 に定める方法又は昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号付表 1 に掲げる方法、農用地に係るものにあつては、昭和 46 年 6 月農林省令第 47 号に定める方法
全シアン	検液中に検出されないこと。	規格 38 に定める方法（規格 38.1.1 に定める方法を除く。）
有機燐	検液中に検出されないこと。	昭和 49 年 9 月環境庁告示第 64 号付表 1 に掲げる方法又は規格 31.1 に定める方法のうちガスクロマトグラフ法以外のもの（メチルジメトンにあつては、昭和 49 年 9 月環境庁告示第 64 号付表 2 に掲げる方法）
鉛	検液 1L につき 0.01 mg 以下であること。	規格 54 に定める方法又は昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号付表 1 に掲げる方法

六価クロム	検液 1L につき 0.05 mg 以下であること。	規格 65.2 に定める方法又は昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号付表 1 に掲げる方法
砒素	検液 1L につき 0.01 mg 以下であり、かつ、農用地（田に限る。）においては、土壌 1kg につき 15 mg 未満であること。	環境上の条件のうち、検液中濃度に係るものにあつては、規格 61 に定める方法又は昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号付表 2 に掲げる方法、農用地に係るものにあつては、昭和 50 年 4 月総理府令、第 31 号に定める方法
総水銀	検液 1L につき 0.0005mg 以下であること。	昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号付表 3 に掲げる方法
アルキル水銀	検液中に検出されないこと。	昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号付表 4 及び昭和 49 年 9 月環境庁告示第 64 号付表 4 に掲げる方法
PCB	検液中に検出されないこと。	昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号付表 5 に掲げる方法
銅	農用地（田に限る。）において、土壌 1kg につき 125 mg 未満であること。	昭和 47 年 10 月総理府令第 66 号に定める方法
ジクロロメタン	検液 1L につき 0.02mg 以下であること。	日本工業規格 K0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 に定める方法
四塩化炭素	検液 1L につき 0.002mg 以下であること。	日本工業規格 K0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
1, 2-ジクロロエタン	検液 1L につき 0.004mg 以下であること。	日本工業規格 K0125 の 5.1、5.2、5.3.1 又は 5.3.2 に定める方法
1, 1-ジクロロエチレン	検液 1L につき 0.002mg 以下であること。	日本工業規格 K0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 に定める方法
シス-1, 2-ジクロロエチレン	検液 1L につき 0.004mg 以下であること。	日本工業規格 K0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 に定める方法
1, 1, 1-トリクロロエタン	検液 1L につき 1 mg 以下であること。	日本工業規格 K0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
1, 1, 2-トリクロロエタン	検液 1L につき 0.006mg 以下であること。	日本工業規格 K0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
トリクロロエチレン	検液 1L につき 0.03mg 以下であること。	日本工業規格 K0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
テトラクロロエチレン	検液 1L につき 0.01mg 以下であること。	日本工業規格 K0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
1, 3-ジクロロプロペン	検液 1L につき 0.002mg 以下であること。	日本工業規格 K0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.1 に定める方法
チウラム	検液 1L につき 0.006mg 以下であること。	昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号付表 6 に掲げる方法
シマジン	検液 1L につき 0.003mg 以下であること。	昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号付表 7 の第 1 又は第 2 に掲げる方法
チオベンカルブ	検液 1L につき 0.02mg 以下であること。	昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号付表 7 の第 1 又は第 2 に掲げる方法
ベンゼン	検液 1L につき 0.01mg 以下であること。	日本工業規格 K0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 に定める方法
セレン	検液 1L につき 0.01mg 以下であること。	規格 67.2 に定める方法又は昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号付表 2 に掲げる方法

備考

1 環境上の条件のうち検液中濃度に係るものにあつては付表に定める方法により検液を作成し、これを用いて測定を行うものとする。

- 2 カドミウム、鉛、六価クロム、砒素、総水銀及びセレンに係る環境上の条件のうち検液中濃度に係る値にあっては、汚染土壌が地下水面から離れており、かつ、原状において当該地下水中のこれらの物質の濃度がそれぞれ地下水 1 L につき 0.01 mg、0.01 mg、0.05 mg、0.01 mg、0.0005 mg 及び 0.01 mg を超えていない場合には、それぞれ検液 1 L につき 0.03 mg、0.03 mg、0.15 mg、0.03 mg、0.0015 mg、及び 0.03 mg、とする。
- 3 「検液中に検出されないこと」とは、測定方法の欄に掲げる方法により測定した場合において、その結果が当該方法の定量限界を下回ることをいう。
- 4 有機磷とは、パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトン及び EPN をいう。

付 表

検液は、次の方法により作成するものとする。

- 1 カドミウム、全シアン、鉛、六価クロム、砒素、総水銀、アルキル水銀、PCB 及びセレンについては、次の方法による。
- (1) 採取した土壌の取扱い
採取した土壌はガラス製容器又は判定の対象とする物質が吸着しない容器に収める。試験は土壌採取後直ちに行う。試験を直ちに行えない場合には、暗所に保存し、できるだけ速やかに試験を行う。
- (2) 試料の作成
採取した土壌を風乾し、中小礫、木片等を除き、土塊、団粒を粗砕した後、非金属製の 2 mm の目のふるいを通過させて得た土壌を十分混合する。
- (3) 試料液の調製
試料（単位 g）と溶媒（純水に塩酸を加え、水素イオン濃度指数が 5.8 以上 6.3 以下となるようにしたもの）（単位 ml）とを重量体積比 10% の割合で混合し、かつ、その混合液が 500 ml 以上となるようにする。
- (4) 溶出
調製した試料液を常温（おおむね 20℃）常圧（おおむね 1 気圧）で振とう機（あらかじめ振とう回数を毎分約 200 回に、振とう幅を 4 cm 以上 5 cm 以下に調整したもの）を用いて、6 時間連続して振とうする。
- (5) 検液の作成
(1) から (4) の操作を行って得られた試料液を 10 分から 30 分程度静置後、毎分約 3,000 回転で 20 分間遠心分離した後の上澄み液を孔径 0.45 μ m のメンブランフィルターでろ過してろ液を取り、定量を必要な量を正確に計って、これを検液とする。
- 2 ジクロロメタソ、四塩化炭素、1, 2-ジクロロエタン、1, 1-ジクロロエチレン、シス-1, 2-ジクロロエチレン、1, 1, 1-トリクロロエタン、1, 1, 2-トリクロロエタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、1, 3-ジクロロプロペン及びベンゼンについては、次の方法による。
- (1) 採取した土壌の取扱い
これらの物質は揮発性が高いので、採取した土壌は密封できるガラス製容器又は測定の対象とする物質が吸着しない容器に空けきが残らないように収める。試験は土壌採取後直ちに行う。試験を直ちに行えない場合には、4℃ 以下の冷暗所に保存し、できるだけ速やかに試験を行う。ただし、1, 3-ジクロロプロペンに係る土壌にあっては、冷凍保存するものとする。
- (2) 試料の作成
採取した土壌からおおむね粒径 5 mm を超える中小礫、木片等を除く。
- (3) 試料液の調製
あらかじめかくはん子を入れたねじ口付三角フラスコに試料（単位 g）と溶媒（純水に塩酸を加え、水素イオン濃度指数が 5.8 以上 6.3 以下となるようにしたもの）（単位 ml）とを重量体積比 10% の割合となるようにとり（注 1）（注 2）、速やかに密栓する。このとき、混合液が 500 ml 以上となるようにし、かつ、混合液に対するねじ口付三角フラスコのヘッドスペースができるだけ少なくなるようにする。

(4) 溶出

調製した試料液を常温（おおむね 20℃）常圧（おおむね 1 気圧）に保ちマグネチックスターラーで 4 時間連続してかくはんする（注 3）。

(5) 検液の作成

(1) から (4) の操作を行って得られた試料液を 10 分から 30 分程度静置後、ガラス製注射筒に静かに吸い取り、孔径 0.45 μm のメンブランフィルターを装着したろ紙ホルダー（用いるメンブランフィルターの直径に適合するものであってステンレス製又はこれと同等以上の材質によるもの）を接続して注射筒の内筒を押し、空気及び始めの数 ml を排出し、次に共栓付試験管にろ液を分取し、定量に必要な量を正確に計り取って、これを検液とする（注 4）。

(注 1) 使用するねじ口付三角フラスコに使用するかくはん子を入れ質量を測定する。これに水を満たして密栓し、その質量を測定する。前後の質量の差からねじ口付三角フラスコの空げき容量（単位 ml）を求める。一度空げき容量を測定しておけば同一容器及び同一かくはん子を用いることとすれば毎回測定する必要はなく、2 回目以降はその空げき容量を用いてよい。

(注 2) 試料 1 g 当たり体積 (ml) を測定し、(注 1) により求めた空げき容量からヘッドスペースを残さないように加える水の量を調整してもよい。

(注 3) 試料と水が均一に混じってかくはんされるようマグネチックスターラーを調整すること。また、試料液が発熱しないようにすること。

(注 4) ろ液の分取後測定までの操作中、測定の対象とする物質が損失しないように注意すること。

3 有機リン、チウラム、シマジン及びチオベンカルブについては、次の方法による。

(1) 採取した土壌の取扱い

採取した土壌はガラス製容器又は測定の対象とする物質が吸着しない容器に収める。試験は土壌採取後直ちに行う。試験を直ちに行えない場合には、凍結保存し、できるだけ速やかに試験を行う。

(2) 試料の作成

採取した土壌を風乾し、中小礫、木片等を除き、土塊、団粒を粗砕した後、非金属製の 2 mm の目のふるいを通して得た土壌を十分混合する。

(3) 試料液の調製

試料（単位 g）と溶媒溶媒（純水に塩酸を加え、水素イオン濃度指数が 5.8 以上 6.3 以下となるようにしたもの）（単位 ml）とを重量体積比 10% の割合で混合し、かつ、その混合液が 1,000 ml 以上となるようにする。

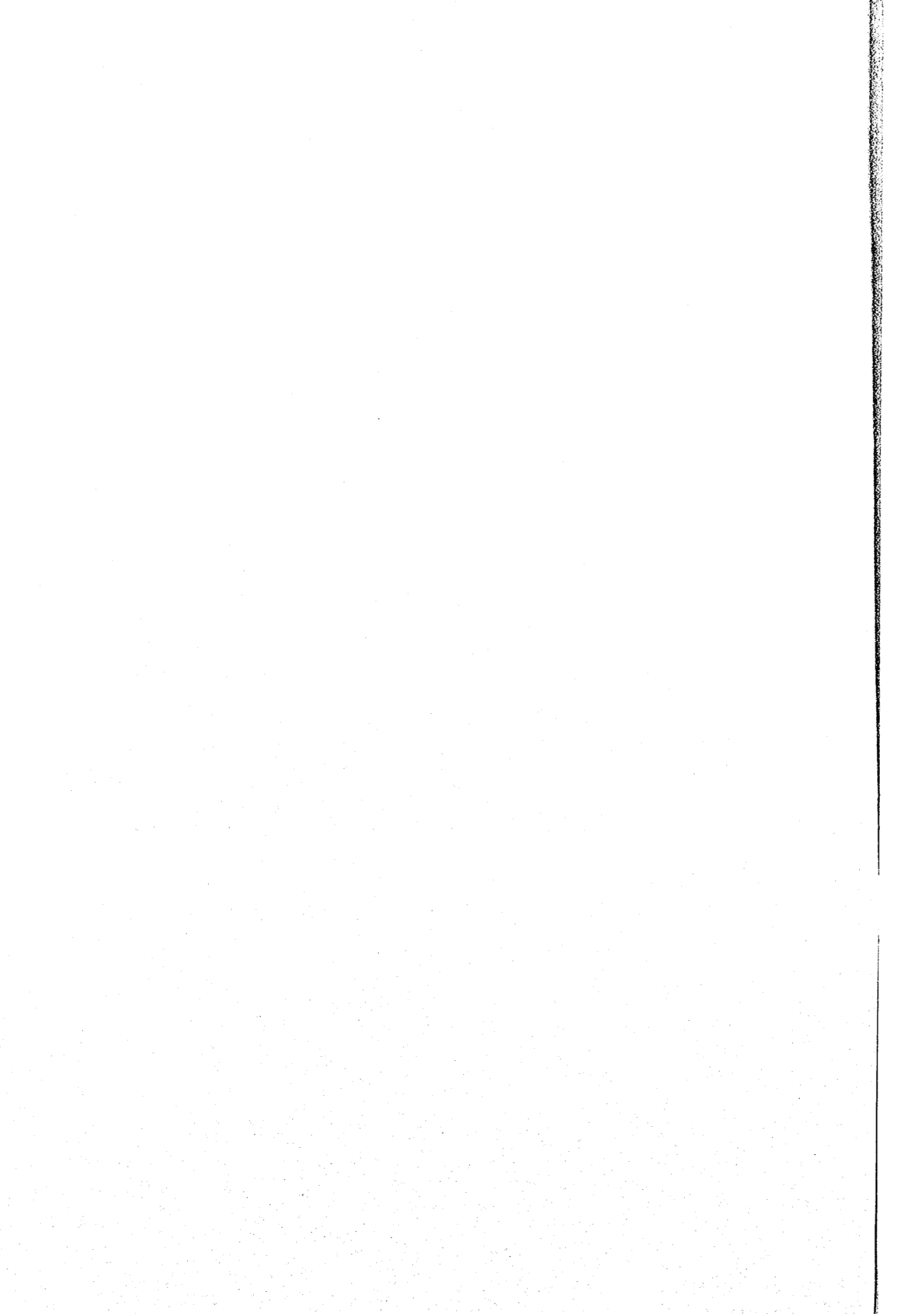
(4) 溶出

調製した試料液を常温（おおむね 20℃）常圧（おおむね 1 気圧）で振とう機（あらかじめ振とう回数を毎分約 200 回に、振とう幅を 4 cm 以上 5 cm 以下に調整したもの）を用いて、6 時間連続して振とうする。

(5) 検液の作成

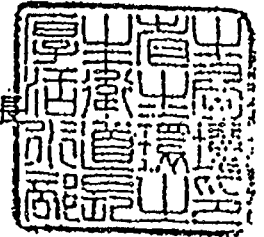
(1) から (4) の操作を行って得られた試料液を 10 分から 30 分程度静置後、毎分約 3,000 回転で 20 分間遠心分離した後の上澄み液を孔径 0.45 μm のメンブランフィルターでろ過してろ液を取り、定量を必要な量を正確に計って、これを検液とする。

2. 一般廃棄物の溶融固化物の再生利用の実施の促進について
厚生省「生衛発第508号」、平成10年3月



各都道府県知事・政令市市長 殿

厚生省生活衛生局水道環境部長



一般廃棄物の溶融固化物の再生利用の実施の促進について

一般廃棄物の高温による溶融固化については、1200℃以上の温度でダイオキシン類を分解し、その削減に有効であるとともに、廃棄物の減容化に資するものである。また、溶融固化により得られた固化物（いわゆる溶融スラグ）は路盤材やコンクリート用骨材などに利用することも可能であり、この場合には、最終処分場の延命化に一層効果的である。

こうしたことから、一般廃棄物の溶融固化については、かねてより、「ごみ処理に係るダイオキシン類の削減対策」（平成9年1月28日付け衛環第21号）等により、ごみ焼却施設の新設に当たっては原則として溶融固化施設等を設置するなど、その実施の促進について貴管下市町村に対する指導方お願いしてきたところである。

一般廃棄物の溶融固化については、今後、さらにその実施を促進する必要があるが、とりわけ、溶融固化物の有効かつ適正な利用を促進していくことが望まれるところである。

溶融固化物の有効かつ適正な利用を促進していくためには、再生の段階において、その利用についても十分留意してこれを行うことが重要である。

このため、今般、別添のとおり、溶融固化物の再生利用の観点も含め、一般廃棄物の溶融固化の実施に当たり遵守することが望ましい事項を示した指針を定めたので、貴職におかれては、下記事項にも留意のうえ、本指針に基づく適正な再生利用の実施の促進が図られるよう、貴管下市町村を指導されたい。

記

市町村が溶融固化した溶融固化物であって、別添の「一般廃棄物の溶融固化物の再生利用に関する指針」中の溶融固化物に係る目標基準に適合するもの（以下「目標基準適合溶融固化物」という。）につき、市町村が自ら発注した公共建設工事において利用される場合には、当該利用は廃棄物の処分に該当するものではないとして差し支えないこと。ただし、この場合、市町村においては、溶融固化物の利用に関する内容を施工条件として設計図書に明示するなど、溶融固化物の適正な利用について十分な配慮を行うこと。

一般廃棄物の溶融固化物の再生利用に関する指針

1. 趣旨

溶融固化とは、燃焼熱や電気から得られた熱エネルギー等により、焼却灰等の廃棄物を加熱し、超高温条件下で有機物を燃焼、ガス化させるとともに、無機物を溶融した後、冷却してガラス質の固化物（以下「溶融固化物」という。）とする技術であり、重金属の溶出防止及びダイオキシン類の分解・削減に極めて有効である。

溶融固化物については、その品質が確保されれば、路盤材やコンクリート用骨材等に利用することが可能であり、その利用を適切に進めることは、最終処分場の延命化を図るうえでも極めて重要である。

しかしながら、焼却灰等は鉛等を含有することから、生活環境への不安が溶融固化物の適正な利用を阻害する一因にもなっている。また、溶融固化物の安定的な利用先が確保されないことが、溶融固化の実施が進まない要因ともなっている。

このため、本指針は、生活環境の保全の観点から、溶融固化物の利用についても十分留意しつつ、一般廃棄物の溶融固化の実施に当たり遵守することが望ましい事項を定め、これに基づく溶融固化物の適正な再生利用の実施に資することを目的とする。

2. 溶融固化物の用途

溶融固化物の用途としては、以下のようなものが考えられる。

- (1) 路盤材（路床材、下層路盤材、上層路盤材等）
- (2) コンクリート用骨材、アスファルト混合物用骨材
- (3) 埋め戻し材
- (4) コンクリート二次製品用材料（歩道用ブロック、空洞ブロック、透水性ブロック等）等

3. 溶融固化物に係る目標基準

溶融固化の実施に当たっては、再生により得られる溶融固化物の利用についても十分留意することが重要であり、その利用により土壌や地下水の汚染等を生じることのないよう、その安全性が確実に確保されなければならない。

このため、生活環境の保全の観点から、溶融固化を行うに当たり満たすことが望まれる基準として、溶融固化物に係る目標基準を定めるものとする。

一般廃棄物の溶融固化物に係る目標基準は、カドミウム、鉛、六価クロム、砒素、総水銀、セレンの6項目とし、これらの項目に係る溶出基準は下表のとおりとする。

一般廃棄物の溶融固化物に係る目標基準

項目	溶出基準
カドミウム	0.01mg/l以下
鉛	0.01mg/l以下
六価クロム	0.05mg/l以下
砒素	0.01mg/l以下
総水銀	0.0005mg/l以下
セレン	0.01mg/l以下

（備考）溶出試験の方法は、「土壌の汚染に係る環境基準について」（平成3年環境庁告示第46号）に定める方法によるものとする。

一般廃棄物の溶融固化物については、ガラス質で飛散のおそれがなく、また、再生の過程で1200℃以上の高温条件下に置かれ有機物が分解されるため、「土壌の汚染に係る環境基準について」（平成3年環境庁告示第46号）の別表に掲げる25項目のうちこれらの6項目について測定すれば足るものと考えられる。

また、利用に当たっては、用途に応じて、強度、耐久性、品質等の規格を満たす必要がある。

なお、今回定めた目標基準は、土壌の汚染に係る環境基準と同レベルであり、これを満たせば各種の用途に用いられた場合にあっても十分に安全と考えられるものである。今後、溶融固化物の製品としての規格等が定められた場合や用途がさらに拡大された場合等にあっては、用途に応じた見直しを検討するものとする。

4. 再生に関し、遵守すべき留意事項

- (1) 溶融については、あらかじめ対象となる廃棄物の溶融点を計測のうえで、溶融炉内の温度を概ね1200℃以上の高温条件下に保つことにより行うこと。
- (2) 溶融に伴い生じるばいじんについては、セメント固化等により無害化すること。
- (3) 溶融固化物の冷却を水冷方式により行う場合には、冷却水の温度、pH、水量、水質等を適切に管理するとともに、冷却水の適正な処理を行うこと。
- (4) 排ガスについては、バグフィルター等の高度の機能を有する排ガス処理設備により処理すること。
- (5) 再生された溶融固化物については、定期的に溶出試験を行うことにより、溶融固化物に係る基準への適合性を確認すること。特に、溶融設備の稼働当初においては、再生された溶融固化物に係るデータが十分に集積していないことから、少なくとも月に1回は溶出試験を行うこと。
- (6) 溶融固化物の品質を安定させるため、焼却灰とばいじんの割合を均一化するなど、廃棄物の成分に留意すること。
- (7) 溶融固化物の安定的な利用先の確保に努め、適正な保管量を超えることのないよう留意すること。また、溶融固化物の利用先の確保については、土木部局等の関係部局とも密接な連携を図ること。

3. 建設事業における他産業リサイクル材の実態調査アンケート

建設事業における他産業リサイクル材の実態調査アンケート

1. 調査概要

「試験施工のための他産業再生資材試験評価マニュアル案」を作成するため、利用実績や利用する場合の運用方法の実態についてアンケート調査を行った。

2. アンケート調査の種類

アンケート調査は、以下の3種類である。

①他産業リサイクル材利用の実態調査アンケート（その1） ー利用実態ー

平成10年8月に建設省の直轄事業、北海道開発庁、沖縄開発庁、都道府県等の建設工事に、他産業リサイクル材が過去の実績（概ね平成7～10年度）としてどのように活用されているかの現状を把握するためにアンケートを行い、その実態を把握した。

②他産業リサイクル材利用の実態調査アンケート（その2） ーパイロット事業ー

平成10年10月に、建設省の直轄事業を対象に、11年度の他産業リサイクル材に関するパイロット事業の予定を把握することを目的に、アンケート調査（その2）を実施しその後ヒアリング等で修正を行った。

③他産業リサイクル材利用の実態調査アンケート（その3） ー運用方法ー

平成10年12月に、上記アンケート調査（その1）をもとに、その中から建設省の直轄事業、北海道開発庁、沖縄開発庁を選び、他産業再生資材が現場で実際に使用される場合にどのような運用方法で適用されているかの実態を把握することを目的に、アンケート調査（その3）を実施した。

3. アンケート調査結果

①他産業リサイクル材利用の実態調査アンケート（その1） ー利用実態ー

- ・建設省の直轄事業、北海道開発庁、沖縄開発庁、都道府県等におけるリサイクル材の利用件数の総数を別紙ー1に示す。
- ・アンケート送付先とリサイクル材の施工実績の一覧を、別紙ー2に示す。

②他産業リサイクル材利用の実態調査アンケート（その2） ーパイロット事業ー

- ・修正後の11年度のリサイクル材に関するパイロット事業予定を、別紙ー3に示す。

③他産業リサイクル材利用の実態調査アンケート（その3） ー運用方法ー

- ・リサイクル材利用における施工実績38件の運用方法のアンケート調査結果を別紙ー4に示す。

他産業リサイクル材利用の実態調査アンケート（その 1）

ー利用実態ー

建設省の各地方建設局、北海道開発庁、沖縄開発庁、都道府県等のリサイクル材の利用件数は下記のとおりである。

（1）建設省の各地方建設局、北海道開発庁及び沖縄開発庁のリサイクル材の利用件数

	北海道	建設省								沖縄	計
	開発庁	東北	関東	北陸	中部	近畿	中国	四国	九州	開発庁	
利用件数	3	7	3	4	4	0	4	6	5	2	38

（2）都道府県等のリサイクル材の利用件数

	都道府県他										計
	北海道	東北	関東	北陸	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄	
利用件数	1	6	117	6	—	—	9	—	11	—	150

注）— は未調査を示す。

なお、上記（1）建設省の各地方建設局、北海道開発庁及び沖縄開発庁のリサイクル材の利用件数 38 の内訳は別紙ー 2 のとおりである。

他産業リサイクル材利用の実態調査アンケート(その1)
—利用実態—

アンケート送付先とリサイクル材の施工実績一覧

No.	送付先	リサイクル前の対象物	処理	リサイクル材の使用用途
1	稚内港湾建設事務所 第1工事課	古タイヤ		ケーン用マット
2	網走開発建設部 網走農業事務所	貝殻		暗渠排水の疎水材
3	室蘭開発建設部 苫小牧港湾建設事務所	石炭灰		浚渫土の改良材
4	青森工事事務所 工務第二課	フェロニッケルスラグ	熔融スラグを冷却処理	路床材料
5	青森工事事務所 道路管理第二課	石炭灰	ファイバービーズ	耐流動舗装添加材
6	秋田工事事務所 道路管理第二課	ホタテ貝殻	固形化(二次製品)	ホタテタイル
7	秋田工事事務所 工務第一課	ホタテ貝殻	固形化(二次製品)	ホタテタイル
8	酒田工事事務所 工務第二課	ペットボトル	粉碎後凝固	遮光フェンス
9	長井ダム工事事務所 工事課	生ごみ	堆肥	厚層基材吹付工の基盤材
10	郡山国道工事事務所 管理課	石炭灰	ファイバービーズ	耐流動舗装添加材
11	渡良瀬川工事事務所 務第二課	古紙		化粧型枠
12	北首都国道工事事務所	下水汚泥	成形焼成	ILB舗装
13	国営常陸海浜公園工事 事務所工務課	下水汚泥	発酵コンポスト化	微生物土壌改良材
14	新潟国道工事事務所 黒埼維持出張所	一般ごみ焼却灰	熔融スラグ二次製品	インターロッキングブロック
15	富山工事事務所 道路管理第二課	発泡スチロール屑	破碎屑化	落石クッション材
16	富山工事事務所 道路管理第二課	廃タイヤ	粉碎または破碎	表層用合材
17	松本砂防工事事務所 環境対策課	廃泥	プレス成形、焼成	インターロッキングブロック
18	中部技術事務所 調査試験課	石炭灰	固化処理	舗装用路盤材
19	中部技術事務所 調査試験課	生コンスラッジ		舗装用路盤材
20	中部技術事務所	古紙、廃プラ	粉碎、混合、加圧成型	型枠
21	中部地建技術管理課	建設汚泥	セラミック原料に混合	電線保護管
22	倉吉工事事務所 道路管理課	古新聞	そのまま3枚重ね	植樹枠の草抑え
23	松江国道工事事務所 管理第二課	ガラスビン	破碎	歩道カラー舗装
24	三次工事事務所 三次出張所	ガラスビン	特殊破碎機による破碎	河川名表示板
25	三次工事事務所 三次国道出張所	ガラスビン	破碎	アスファルト合材
26	徳島工事事務所 交通対策課	磁器質タイル	粉碎、焼成	外構ブロック
27	香川工事事務所 工務第二課	磁器質タイル	粉碎、焼成	歩道用ブロック
28	香川工事事務所 工務第二課	廃タイヤ	ゴムチップ	カラー透水弾性舗装
29	松山工事事務所 工務第二課	石炭灰	石膏、消石灰、水で固体化	石炭灰固化体
30	松山工事事務所 工務第二課	石炭灰		細骨材
31	土佐国道工事事務所 工務課	一般ごみ焼却灰	熔融スラグ	歩道平板ブロック
32	海の中道海浜公園工事 事務所	古タイヤ	ファイバー状、着色加工	園路舗装
33	長崎工事事務所 道路管理第二課	ガラス	粉碎、ガラスチップ	アスファルト合材
34	熊本工事事務所 道路管理第二課	ガラスビン	ガラスカレット	アスファルト合材細骨材
35	鹿児島国道工事事務所 道路管理第二課	廃タイヤ	コンクリートを詰める	RTブロック
36	佐伯工事事務所 工務第二課	ウレタンパンパー、プラ食器	二次製品	モルタル吹付け用ラスパーサー
37	沖縄総合事務局南部国道事務所 工務課	ガラスビン		舗装用骨材
38	沖縄総合事務局北部国道事務所 工務課	ガラスビンカレット		アスファルト舗装骨材

平成 11 年度他産業再生資材を利用したパイロット工事予定の一覧

記載順：東北、関東、北陸、中部、近畿、四国及び九州地方建設局

NO. 1

NO	地建	担当部署	再生資材	再生資材の用途	工事内容	備 考
1	東北	三陸国道 工事事務所 工務課	・一般焼却灰 (溶融スラグ)	・アスファルト合 材の細骨材	・一般国道 45 号の 修繕工事	・一般国道の情報 Box 設置工事で、Box 設 置の際の保護砂とし て利用
2	東北	青 森 工事事務所	・廃タイヤゴムチップ	・低騒音舗装		・凍結抑制効果を併せ 持った低騒音舗装
3	東北	秋 田 工事事務所	・廃タイヤゴムチップ	・透水性弾性舗装		・歩行者系道路舗装用
4	東北	摺上川ダム 工事事務所	・伐木をチップ化	・リサイクル 平板ブロック (チップ 材を残土、 セメント、焼却灰再 生骨材等と混合)		・歩行者系道路舗装用
5	東北	北上川ダム 統管事務所	・伐木をチップ化	・新舗装工法 (チップ 材をアスファルト 乳剤と混合)		・歩行者系道路舗装用
6	関東	甲 府 工事事務所 工務第二課	・古紙、廃プラスチック	・現場打ちコンクリート 型枠	・一般国道 52 号の 防災工事	・NETIS 登録済みの新技術 ・リサイクル 材を原料とし て二次製品化
7	関東	国営常陸 海浜公園 工事事務所 工務課	・一般焼却灰等 (エコセメント)	・園路舗装または 広場のブロック舗装	・フォレスト植栽 工事	
8	関東	宇都宮国道 工事事務所	・一般焼却灰 (溶融スラグ) ・徐冷スラグ	・歩道舗装の路盤 材		
9	関東	高 崎 工事事務所	・廃タイヤゴムチップ	・インターロッキングブロック		
10	北陸	新潟国道 工事事務所 交通対策課	・廃タイヤ	・歩道舗装の表層 材	・事務所管内歩道 舗装工事	

NO	地建	担当部署	再生資材	再生資材の用途	工事内容	備 考
11	北陸	富 山 工事事務所 工務第二課	・高炭素系スラグ 超硬質人工骨材	・路盤材料	・工事用道路の路 盤材料	・フェロムの製造工程か ら発生する（鋳さい スラグ）を粉砕加工
12	中部	企画部 技術管理課	・生コンスラッグ （廃棄コンクリートから 再利用できる砂 利、上澄水など を除いた残さ物 で、脱水処理さ れたケーキ）	・路盤材料 （再生クラッシュに 生コンスラッグ混合）	・管内工事の路盤 材料	
13	近畿	福 井 工事事務所 道路管理課	・古タイヤ	・落石防止土堤の 法面保護材 （古タイヤに砂を詰 め2m程度に積 み上げる）	・道路法面防災工 事	・リサイクル材料（廃タイヤ） は、別途工事よりの 発生品を使用
14	近畿	京都国道 工事事務所	・下水汚泥 （溶融スラグ）	・舗装材		
15	中国	岡山国道 工事事務所 工務課	・水砕スラグ	・軟弱地盤対策の 道路拡幅工事	・一般国道30号の 道路拡幅工事	
16	中国	国営備北 丘陵公園 工事事務所 工務課	・ガラス廃材 （ガラス瓶を破砕）	・公園内園路舗装 の表層材	・園路舗装工事 ・公園内の自転車 園路の舗装工事	
17	中国	鳥 取 工事事務所	・廃タイヤゴムチップ	・凍結抑制舗装	・バッチ舗装工事	
18	中国	浜 田 工事事務所	・石炭灰		・道路改良工事	
19	四国	土佐国道 工事事務所 管理第二課	・一般焼却灰 （溶融スラグ）	・アスファルト表層混合 物材料	・一般国道32号の 路面維持工事 （歩道舗装）	・高知県でも実験的に 一般焼却灰（溶融ス ラグ）をアスファルト混合物材 料に利用

NO	地建	担当部署	再生資材	再生資材の用途	工事内容	備考
20	九州	川 辺 川 工事事務所 工務第二課	・間伐材 (林業より発生)	・砂防泓の前面の 永久型枠材 (間伐材の表面を 焼き加工) ・環境を配慮し、 薬剤による防塵 処理は行わない	・砂防泓のコンクリート 打設工事 (化粧型枠の代替)	・建設省・林野庁の意 向と周囲の環境景観 を考慮して使用 ・地元加工でコスト削減 と産業の活性化
21	九州	延岡 工事事務所 道路管理課	・廃タイヤ (廃タイヤを冷凍 粉碎してできた 粉末を特殊な バインダを用いシート 状に加熱成形)	・雑草の育成阻害 (透水性除草シ ートは除草作業 箇所に粘着テー プ・固定用ピン で固定させ、日 光を遮断し除草 作業を不要とす るものである)	・一般国道10号の 維持補修工事 (除草工事、道 路法面及び法肩 等に施工)	
22	九州	熊本 工事事務所 事業対策官	・ガラス及び陶器 (クリсталンド)	・コンクリートの 細骨材 (コンクリートを国道の 除草対策張りコン クリート、 $t=10\text{ cm}$ に使用)	・国道の維持工事	・「クリсталンドのコンクリート 細骨材への利用」に 関しては、コンクリートの 強度試験を実施して いる

他産業リサイクル材利用の実態調査アンケート結果(その3)

ー施工実績38件の運用方法ー

1. 本件リサイクル材適用工事について

新技術活用促進システムに基づく			基づかない	計
試験フィールド	パイロット	一般工事		
3	4	6	14	27

2. リサイクル材の指定方法について

特記仕様書に記述	その他	計
18	9	27

3. リサイクル材の積算方法等について

①積算方法

・材料単価

見積り	物価版	その他	計
19	1	7	27

・歩掛

新材と同じ	その他	計
14	10	24

②価格（新材と比べて）

高い	同等	安い	その他	計
10	2	11	2	25

4. リサイクル材の品質について

①品質基準

既成の基準	独自の基準	その他	計
5	5	15	25

②リサイクル材の使用に当たり品質上何か問題がありましたか

回答	件数
なし	23
その他	4

(その他の内容)

リサイクル前の材料	内 容
生ゴミ	検証中
石炭灰	混ざりにくい
石炭灰	地下水位より上に限定
ガラスビンカレット	改質アスファルトを使用しないとDS(Dynamic Stability: 動的安定度と称し、アスファルト混合物の耐流動性を示す指標)が満足しない

5. 施工上あるいは供用後何か問題がありましたか

回 答	件数
なし	19
その他	8

(その他の内容)

リサイクル前の材料	内 容
石炭灰	仕上がり面が粗い
下水汚泥	雑草の繁茂も増える
古紙・廃プラ	合板と比べて5割重い
ガラスピンカレット	一部はげた
ガラスピンカレット	ガラスがはがれる
古タイヤ	色落ちが早い
ガラスピンカレット	飛散防止のため改質Ⅱ型を使用
ガラスピンカレット	未施工

6. 供給量について確認しましたか

回 答	件数
した	14
していない	11
不明	1
する予定	1

7. その他

①今回利用したリサイクル材はどのようにして知りましたか

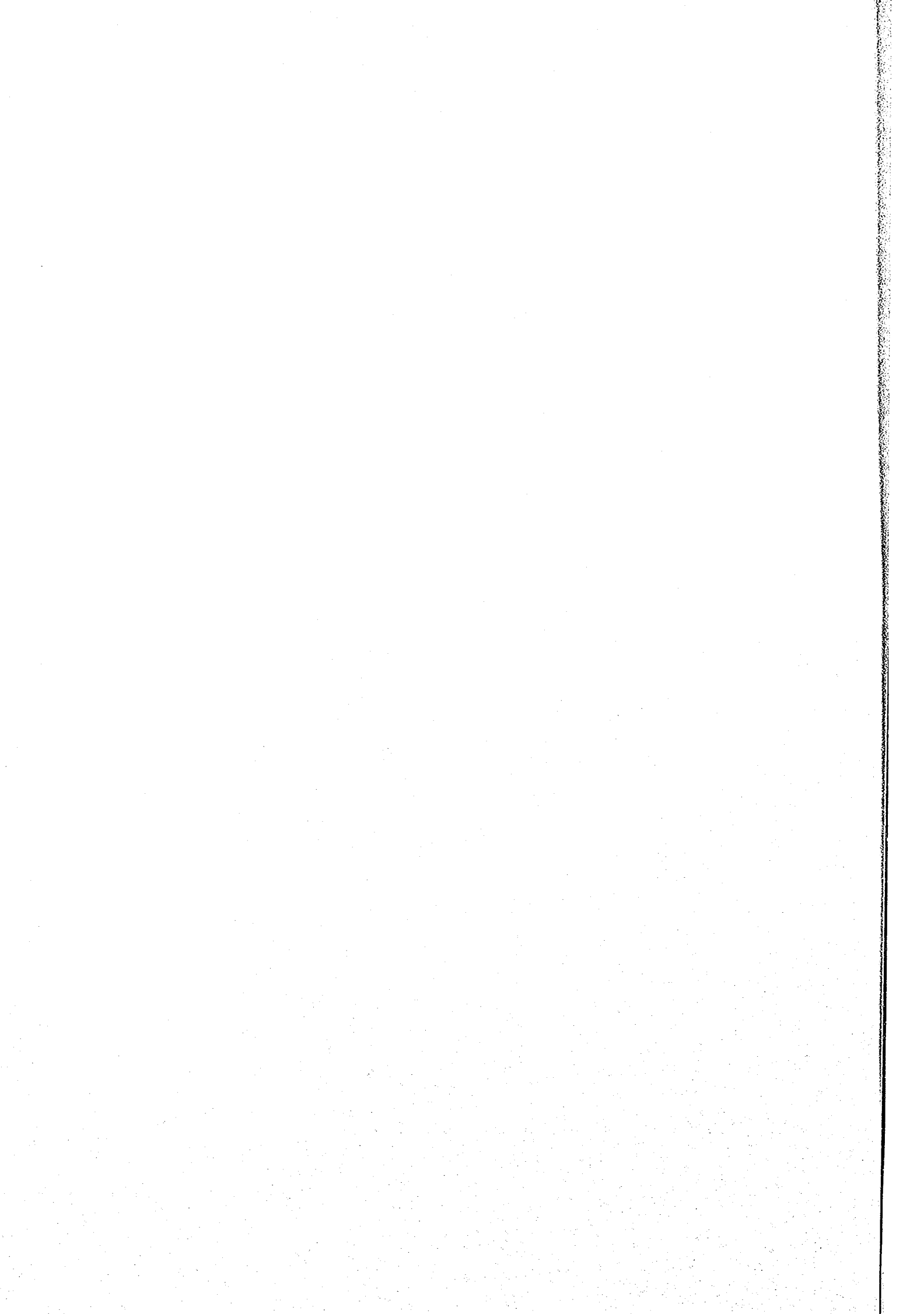
回 答	件数
自治体	3
電力会社営業	1
学識経験者の研究資料	2
業者の営業	5
パンフレット	4
建設省内情報	2
地建指導	1
内部提案	1
実績	1
新建設技術情報ガイド	1
請負業者提案	1
技術事務所からの依頼	1
資材メーカーからの相談で開発	1
阪神大震災の廃材利用情報	1

7. その他

②今後リサイクル材を利用するに当たりどのような情報提供をしてほしいですか

内 容
地区別の供給量、単価、利用実績
画像を用いた材料、施工例の提示
まとまった本
リサイクル材の種類、使用状況についての一元化した情報集
合法的に使用できる資材の種類、供給量、単価
価格、強度
コストの動向、発生量
発生量
電子媒体による情報提供
特許に関する情報
使用用途別の施工事例データベース
利用状況をインターネットか情報誌で
NETISでの事例検索
小冊子または、CD-ROM等で定期的に
利用状況および地域の特性
新技術、新工法の紹介
新材料、新工法の情報誌
官民のリサイクル材に関する意見交換の場を増やしてほしい
積算方法、品質管理、使用実績

4. 再生資材に対する「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」の適用について
ー有価物と廃棄物の区別ー



再生資材に対する「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」の適用について

一有価物、廃棄物の区別一

1. 概 要

「廃棄物の処理及び清掃に関する法律の適用」（以下、廃掃法という）において、廃棄物とは「有償で売却することができないため不要になった物」とされる（厚生省通知、環整第45号、昭和46年）。再生資材が上記により、法律上廃棄物と認定されると、処理に当たり「廃掃法」上の資格が必要になるなどの事態になる。これを避けるには再生資材は法律上「有価物」の条件を備えていることが必要である。

このため、再生資材を建設資材に適用する場合に「廃掃法」に述べられている「有価物」、「廃棄物」の法的な解釈について調査するものである。

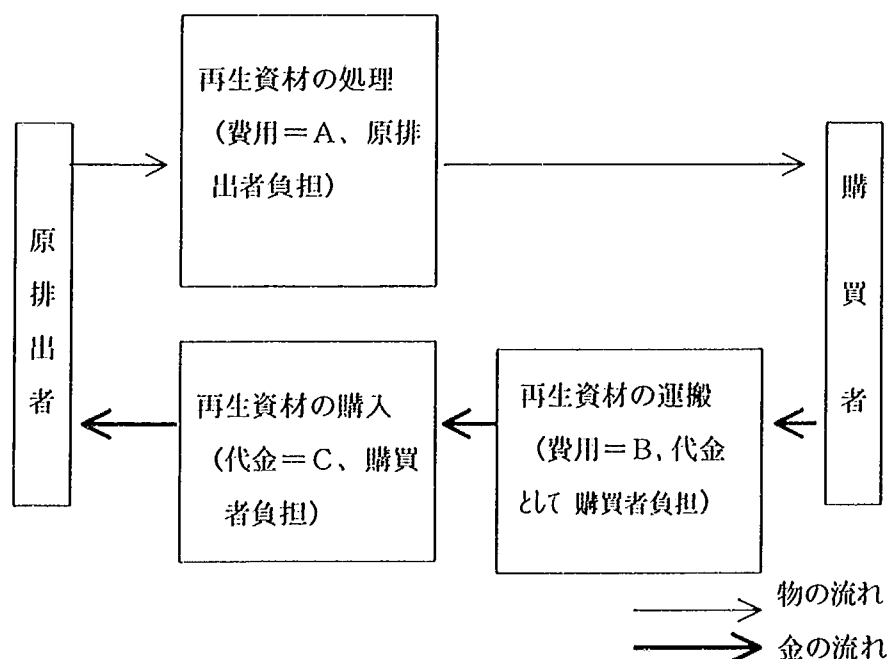
2. 調査方法

調査に当たっては、原排出者、中間処理業者、購買者との関係について、ケーススタディを設けて本件の所掌機関である「厚生省の担当部局」に、平成11年1月12日問い合わせを行った。

3. 調査結果

下記のケースに関して、質問と回答の形で示す。

（1）原排出者が再生資材を直接出す場合：下図において、原排出者が再生資材を処理（製造）し、購買者が運搬費及び再生資材購入費を負担する場合。



（質問－1）

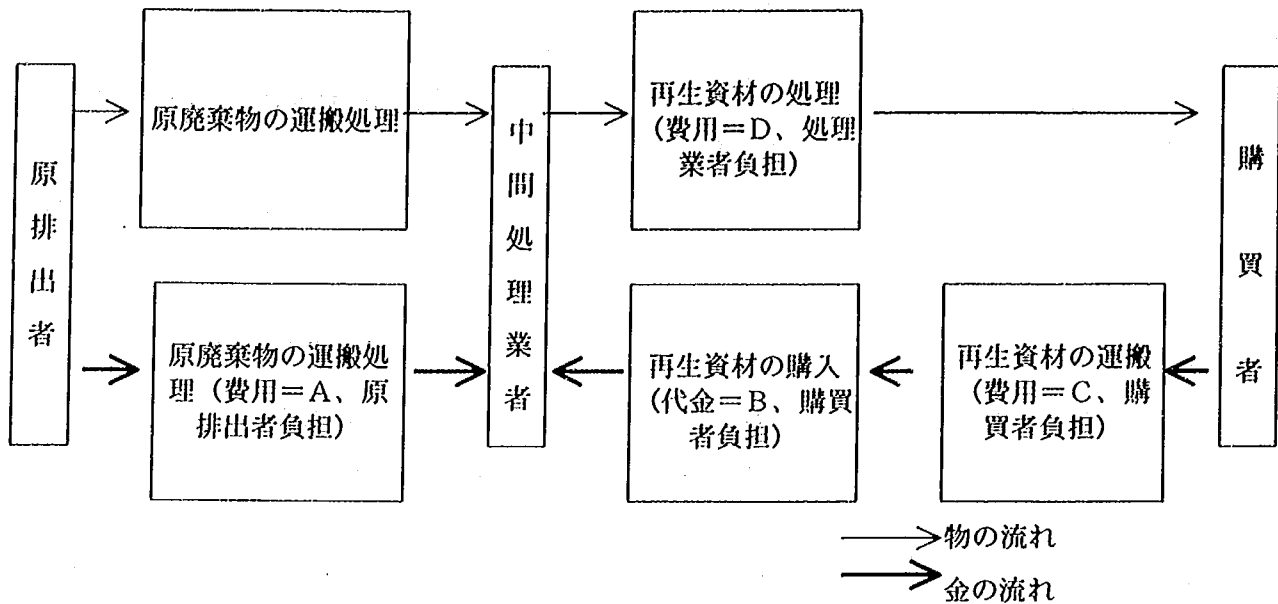
$A > B + C$ である場合、再生資材は有価物となるか廃棄物となるか？

（回 答）

有価物となる。購買者が運搬費と幾分かでも資材代金を負担すれば原排出者と購買者の間の行為は、廃掃法の適用外となる。

(2) 中間処理業者が再生資材を出す場合：下図において、

- 1) ①原排出者が原廃棄物の運搬費用を負担。②それを中間処理業者が再生資材を処理（製造）する。
③そして、購買者が運搬費及び再生資材購入費を負担する場合。
- 2) 原排出者が原廃棄物の処理費用を負担して中間処理業者に処理させる。



(質問-2)

上記の条件で $D < (A + B + C)$ かつ $D > B + C$ である場合、再生資材は有価物となるか廃棄物となるか？

(回答)

有価物となる。中間処理業者と購買者の間の行為は、廃掃法の適用外となる。ただし、原排出者と中間処理業者の間の行為は、廃掃法が適用される。

(3) 上記結果を踏まえて

(質問-3)

購買者が再生資材を利用する際にその運搬費と材料費を負担すれば再生資材は、廃棄物とならないと考えてよいか？

(回答)

廃棄物とならないと考えてよい。

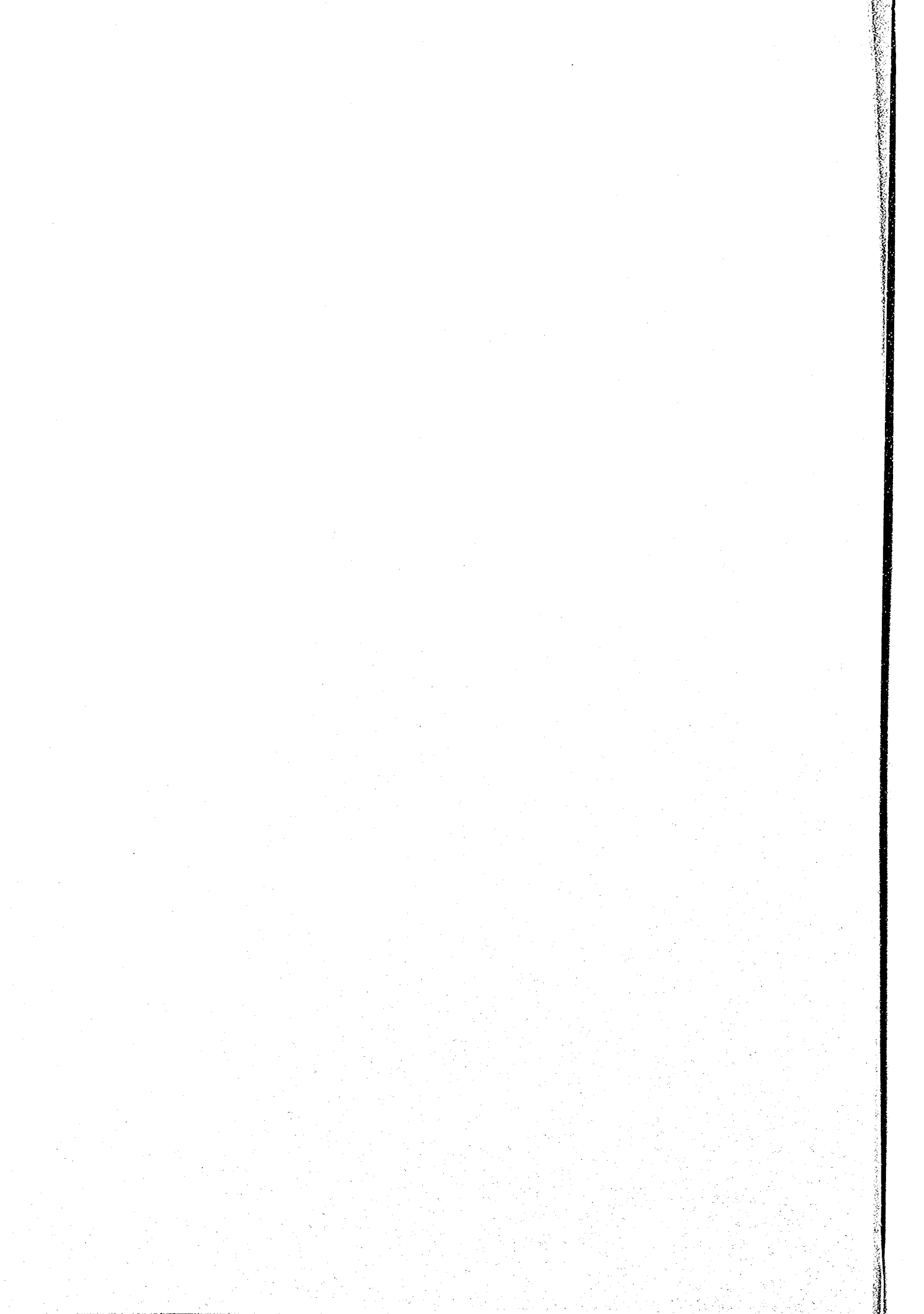
(質問-4)

建設省が発注するとき再生資材の運搬費と材料費を積算上見ていれば再生資材は、廃棄物とならないと考えてよいか？

(回答)

積算上見ることは必要なことだが、積算上見ているだけでなく、受注者が再生資材の購買時に代金（材料費＋運搬費）を支払う等状況を監督するなどが重要である。

5. J I S K 0 0 6 0 -1992 産業廃棄物のサンプリング方法
(財)日本規格協会発行(平成9年5月31日第6刷)



日 本 工 業 規 格

産 業 廃 棄 物 の サ ン プ リ ン グ 方 法

Sampling method of industrial wastes

J I S K 0 0 6 0 - 1 9 9 2

1. 適用範囲 この規格は、産業廃棄物（以下、廃棄物という。）を対象とする各種試験の実施に当たり、ロットの平均性状を決定するために必要なサンプリング方法、試料の縮分方法の一般的事項について規定する。

備考1. この規格でいう産業廃棄物とは、汚泥、鉍さい、廃酸、廃アルカリ、燃えがら、ばいじん、廃棄物をコンクリートで固形化したもの（以下、コンクリート固形化物という。）などをいう。

2. 上記以外の産業廃棄物及び一般廃棄物で形状が類似しているものについても準用できる。

3. この規格の引用規格を、次に示す。

JIS M 8100 粉塊混合物のサンプリング方法通則

JIS Z 8101 品質管理用語

JIS Z 8401 数値の丸め方

JIS Z 8801 標準ふるい

2. 用語の定義 この規格で用いる用語の定義は、JIS Z 8101によるほか、次による。

- (1) ロット 各種の試験を行うときに、ほぼ同一性状・成分とみなせる同一発生源の廃棄物。ロットを構成する廃棄物の量をロットの大きさという。ただし、これらが混合されたものをサンプリングする場合は、混合されたものを全体を1ロットとする。
- (2) 副ロット 必要に応じてロットを適当な量に分けたもの。副ロットを構成する量を副ロットの大きさという。
- (3) インクリメント ロット又は副ロットから試料採取器によって、原則として1動作で採取した単位の廃棄物。インクリメントの量を、インクリメントの大きさという。
- (4) 小口試料 数個のインクリメントを集めた廃棄物。必要に応じてインクリメントを個々に粉砕、縮分した後にこれらを数個集めたものを小口試料ということもある。
- (5) 大口試料 1ロットの平均性状を求めるために1ロットから採取したインクリメント又は小口試料全部を集めたもの。必要に応じて、インクリメントごと又は小口試料ごとに、粉砕、縮分した後に集めたものを大口試料ということもある。

- (6) 縮分 集合体からサンプルをとる場合、集めたサンプルから、徐々に量を減らして測定用試料を作る操作。
- (7) 試料調製 ロットから採取した試料を粉砕、縮分し、又はある液量から一部分をとり、分析試料又は水分測定試料を作製する操作。
- (8) 分析用試料 ロットの成分の平均性状を測定する目的で、採取した試料。
- (9) 水分測定用試料 ロットの平均水分又は固形分質量比を測定する目的で、採取した試料。
- (10) ランダムサンプリング ロットのを構成する廃棄物の単位量が、いずれも同じ確率で試料中に入るように試料をとる方法。
- (11) 系統サンプリング ロットの移動中に量的、時間的又は空間的に、一定間隔で試料を採取する方法。この場合、ロットの大きさを採取個数で除した値未満の整数値をもって採取間隔とする。最初の採取間隔量の中からランダム⁽¹⁾に選び、第1インクリメントを採取し、以後、規定の採取間隔でインクリメントを逐次採取する。

例 系統サンプリングの一例

最大粒度20mmの100tの鉱さいが、コンベヤで運ばれているときには、次のように系統サンプリングを行う。

表2によって30インクリメント以上を採取することが必要である。したがって、インクリメント採取間隔は、

$$\frac{100}{30} = 3.3 \approx 3 \text{ t}$$

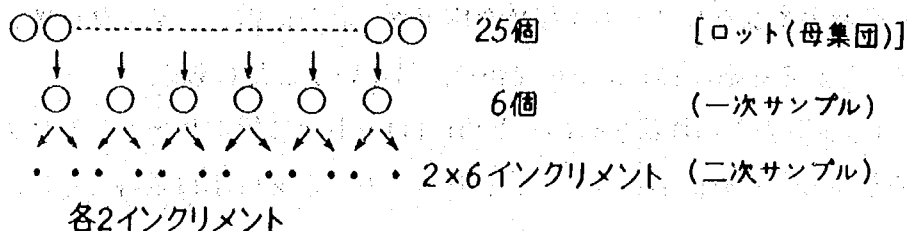
乱数表によって、30の中から一つの線を引き16を得た。したがって、最初のインクリメントを1.6 t目に、以後、3 t間隔で、4.6, 7.6……91.6, 97.6 t目に、それぞれ1インクリメントずつ採取する。この場合には、33インクリメントをとることになる。

注⁽¹⁾ 乱数表などによって決める。

- (12) 二段サンプリング ロットを幾つかの部分（一次サンプリング単位）に分け、まず第一段として、その幾つかの部分をランダムサンプリングし、次に、第二段として、その中からそれぞれ幾つかのインクリメント（二次サンプリング単位）を、ランダムにサンプリングする方法。

例 二段サンプリングの一例（ロットが、多くのトラック、ドラム缶・袋などの容器又はコンクリート固形化物で構成されている場合）（図1参照）

図1 二段サンプリングの一例



ドラム缶に入ったばいじんなどが25個あるときに、表3によって6個のドラム缶をとり、ドラ

ム缶に番号を付け、乱数表を用いて、1, 3, 11, 13, 19, 25が得られれば、その番号のドラム缶を一次サンプリング単位として抜きとる。次に、抜きとった6ドラム缶から、表1によって15ml以上のスコップを用いて、ランダムに2インクリメントずつ計12インクリメントを採取する。

- (13) **層別サンプリング** ロットを幾つかの副ロット（層）に分け、それぞれの副ロットからインクリメントをランダムサンプリングする方法。通常、層の大きさ（量）に比例してサンプリングする。これを層別比例サンプリングという。

例 層別サンプリングの一例 5 tトラックと、3 tトラックに、計8 t、1ロットのばいじんが積載されている場合、2台のトラック、すなわち二つの層があることになり、表2によって14インクリメントを採取することが必要である。

5 tトラックからは（表3，備考1. 参照） $14 \times \frac{5}{8} = 8.7 \rightarrow 9$ インクリメント，3 tトラックからは， $14 \times \frac{3}{8} = 5.2 \rightarrow 6$ インクリメント。したがって，5 tトラックからはランダムな場所を深さから15ml以上のスコップを用いて9インクリメント，3 tトラックからは，同様にして6インクリメントを採取し，この15インクリメントを集めて大口試料とする。

- (14) **ストックパイル〔たい（堆）積物〕サンプリング** スtockパイルのランダムな場所，ランダムな深さからインクリメントを採取する方法。
- (15) **容器サンプリング** ロットが，袋，ドラム缶，タンク，その他の容器に入っている場合，それらの容器からインクリメントを採取する方法。この方法は，（18）に準じる。
- (16) **パイプサンプリング** ロットがパイプ，溝などを流れている場合，その落ち口，流れなどからインクリメントを採取する方法。
- (17) **コンベヤサンプリング** ロットがコンベヤで運ばれている場合，コンベヤ上又はその落ち口からインクリメントを採取する方法。ホッパーに入っている場合も，これに準じ，ホッパーから出しながらインクリメントを採取する。
- (18) **車両サンプリング** ロットがトラック又は貨車などに積まれている場合，トラック，貨車などから荷役中にインクリメントを採取する方法。
- (19) **コンクリート固形化物サンプリング** コンクリートを固形化しようとする廃棄物について，試験片を作製し，これをインクリメントとして採取する方法，又はコンクリート固形化物を一次サンプリングし，これを粉碎してインクリメントを採取する方法。
- (20) **船倉サンプリング** ロットが船積みされている場合，荷役中に船倉又は荷役用具からインクリメントを採集する方法。
- (21) **誤差** 測定値と真の値との差。
- (22) **精度** ばらつきの程度。例えば，標準偏差で表す。精密度ということもある。
- (23) **偏り** 測定値の分布の中心（平均値）と真の値との差。
- (24) **最大粒度** ふるい残留率がほぼ5%に相当するふるい目の大きさ。
この規格におけるふるい目の大きさは，原則として，JIS Z 8801 による。
- (25) **試料の兼用** 試料を分割して2種類以上の特性の測定に使用すること。

3. 一般事項

3.1 サンプルング方法の概要 ロットの状況と荷役設備に応じて4.によってサンプルングの種類を定め、インクリメントを採取し、大口試料又は小口試料を作る。次に5.によって試料の縮分を行う。

備考1. サンプルング方法を決定する場合に非常に重要なことは、これまでの経験的、技術的知識である。廃棄物が排出される工程が管理状態にある場合には、サンプルングは簡単になるが、工程のばらつきが大きかったり、ロットの履歴がはっきりしていない場合には、サンプルングは難しいし、慎重を要する。すなわち、サンプルングの前に廃棄物が排出される工程の日常の状況を把握しておくことが大切である。

2. サンプルング精度をよくするには、この規定に示すインクリメント採取個数を増加するか、インクリメントの大きさを大きくするとよい。一般にインクリメントの大きさを大きくするより、採取個数を増加したほうが精度がよくなる。
3. 試料調製の精度をよくするには、固体の場合には、粉砕してなるべく最大粒度を小さくしてからよく混合して、縮分するとよい。

3.2 試料の取扱い

3.2.1 試料容器 採取した試料を入れる容器は、試料の全量が入り、清浄で、丈夫で、かつ確実にふた又は封ができるものでなければならない。特に、汚泥の試料容器としては、サンプルの変質や吸着がない材料を用い、気密なもので水漏れや吸湿性がなく、水分が揮散せず、内面が腐食しないものであること。

備考1. 水分測定用試料容器としては、かます、麻袋、木箱などは不適當である。

2. 汚泥や、廃酸、廃アルカリの場合には、サンプルが変質する可能性があるから、プラスチック製、ガラス製容器などを選定するときには、注意しなければならない。
3. 試料容器からのサンプルング誤差が、かなり大きくなるので、容器から試料を採取する場合には、十分に混合しなければならない。

3.2.2 試料の兼用 採取直後に試験に着手することが可能な場合には、分析用試料を水分測定用試料として兼用することができる。

3.2.3 試料の包装及び表示 調製試料は密封して送付、配布又は保管する。包装には原則として、次の項目を表示する。

- (1) 品名及びロット名
- (2) ロットの大きさ
- (3) 試料採取の場所
- (4) 試料採取の年月日(時刻、天候など)
- (5) 試料番号
- (6) 試料採取責任者名
- (7) 試料採取方法
- (8) 試料調製者氏名

(9) 試料調製の年月日

(10) その他必要事項

3.2.4 試料の送付及び保管

(1) 試料を送付する場合は、試料容器を密封し、容器が破損したり、気密が破れたり、異物が混入したりしないように丈夫な包装をし、3.2.3の試料の表示をする。この場合、表示が損傷しないようにするとともに、同様のラベルを試料容器の中にも入れておくことが望ましい。

試料を保管するときは、原則として密封し、温度、直射光線、水分などの影響のないように保管場所に注意しなければならない。保管中に変質又はガスが発生するおそれのある試料は、速やかに試料調製を行わねばならない。

また、揮発性化学物質を試験対象とする試料については、遮光し、0～10℃に保冷して送付及び保管することが望ましい。

(2) 水分測定用試料は、試料容器に入れて密封して、送付する。

3.2.5 試料取扱い時の注意 試料の採取及び試料の調製に際しては、使用する機械・器具を十分に清掃するなどして、試料に異物が混入することを防ぎ、また、試料が変質しないように注意する。

3.3 安全

(1) 槽、管、マンホール、溝、ピット、タンク、船倉などでサンプリングを行う場合には、酸素欠乏又は硫化水素などの有害ガスに注意して作業すること。

(2) 皮膚を露出しない服装とし、安全帽、安全靴などを着用し、危険防止に努めること。

(3) 試料の送付及び保管中に試料の酸化、爆発などが考えられる試料については、危険のないように安全対策を行い、速やかに各種の廃棄物試験を実施すること。

(4) 試験終了後、試料の廃棄による二次公害を起こさないように配慮すること。

3.4 数値の丸め方 JIS Z 8401による。

4. サンプリング

4.1 サンプリングの種類 ロットの状態に応じて、次のサンプリング方法が考えられる。

4.1.1 スtockパイル【たい(堆)積物】サンプリング

(1) スtockパイルのランダムな場所のランダムな深さからインクリメントを採取する。ランダムに場所を選んで、ボーリング機械で底までボーリングして、その全量を1インクリメントとしてもよい。

(2) インクリメントの採取個数は、表2による。ただし、底までボーリングしてその全量を1インクリメントとした場合は、表2の最小必要個数の $\frac{1}{2}$ でよい。

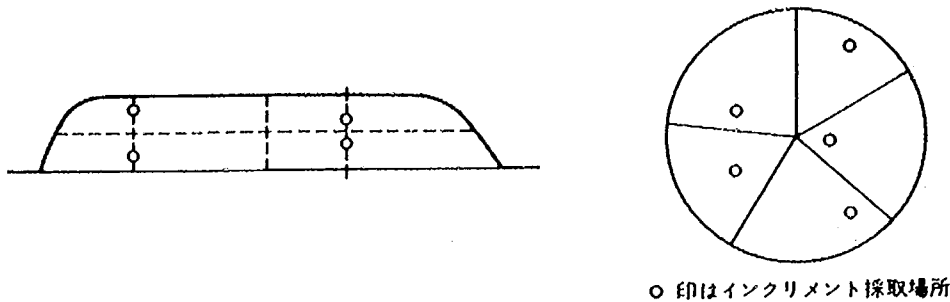
備考1. スtockパイルを場所別、上下別などに層別して、層別比例サンプリングするとよい。

2. 静止状態で、ロットの表面からだけインクリメントを採取した場合には、原則として、ロットの平均性状を代表した試料とは認められない。ただし、やむを得ずこのように採取をした試料はトップサンプルといい、略号(T. P.)を付記しなければならない。

3. 試料をロットの最大粒度に応じた試料採取器を用い、上・中・下の各層のランダムな位置から採取した場合は、略号(T. P.)は付記しなくてもよい。

例 例えば、21の汚泥が山積みされている場合には、次のようにしてインクリメントを採取する。まず、山をほぼ同じ高さになるように平らにする。表2によってインクリメントの最小必要採取個数は10であるから、山の高さが1m以下の場合には、この山を5等分して、その各区分のランダムに選んだ場所から、上層から1個、下層から1個、計 $5 \times 2 = 10$ 個のインクリメントを採取する。(図2参照)

図2 スtockパイルサンプリングの一例



山の高さが1mを超える場合には、例えば、4等分し、各区分のランダムに選んだ場所から、上・中・下層に分け、各層から1個、計 $4 \times 3 = 12$ 個のインクリメントを採取する。

4. スtockパイルのまま採取することは、偏りが入りやすく困難を伴うことが多いから一般的には移動中に、すなわち、stockパイルを作製中に、又は取崩し中に、他のサンプリング方法で採取した方がよい。採取管の使用については、4.2.1の備考4.参照。

4.1.2 容器サンプリング又は車両サンプリング ロットが容器、トラック、貨車、タンクなどに入っている場合、層別サンプリング方法又は二段サンプリング方法によってインクリメントを採取する。

- (1) 原則として、荷役中に新しく現れた面のランダムに定められた位置からインクリメントを採取する。
- (2) 荷役中に、落下中の廃棄物から系統サンプリングによって、インクリメントを採取してもよい。ただし、偏りの入らないように注意し、チェック実験を行っておく。
- (3) 荷役中の荷役用具からインクリメントを採取してもよい。ただし、この場合、どの荷役用具から採取するかは系統サンプリング方法によって決め、その中のランダムな位置からインクリメントをとる。

4.1.3 パイプサンプリング ロットがパイプ、溝などを流れている場合に、その落ち口又は流れから系統サンプリング方法によって、インクリメントを採取する。

備考 パイプ中の廃棄物の流れが乱流になっており、均一と認められる場合には、パイプ中から継続的に流量にほぼ比例して、採取してもよい。

例 幅約1m、深さ50cmの溝を流れている場合 1時間に20インクリメントをとるときに表面に油分が浮いていなければ、断面を上下2層、左右3層、計6層に分けて、各層の中から順次インクリメントをとる。

例えば、さいころを振って、6, 1, 5, 3, 4, 2という順が決まったら、6の中のランダム

な位置から、約200mlの採取瓶で1インクリメントをとる。以後60分/20=3分間隔に1, 5, 3, 4, 2, 6, 1・・・と順次インクリメントをとって行き、計200ml×20=4lの大口試料をとる。

図3 パイプサンプリングの一例

1	3	5
2	4	6

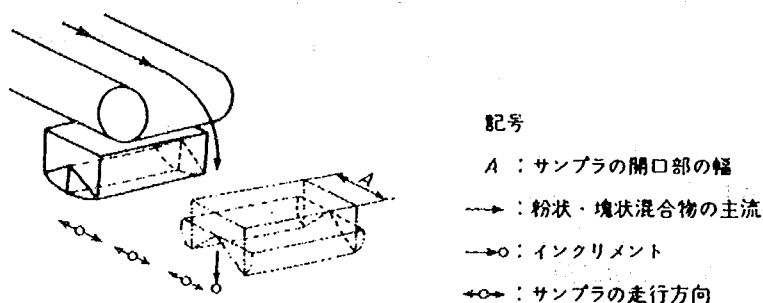
4.1.4 コンベヤサンプリング ロットがコンベヤによって移動しているとき、コンベヤ又はその落ち口から系統サンプリング方法によってインクリメントを採取する。

(1) コンベヤ上の特定の場所（採取箇所指定）又はその落ち口でインクリメントを採取する。

(2) コンベヤの全流幅をインクリメントとして採取する場合は、次による。

(a) 運転中のコンベヤから採取する場合には、その落ち口で落下する廃棄物の全流幅から、試料採取器を(図4参照)用いてインクリメントを採取する。

図4 パイプサンプリングの一例



(b) コンベヤを停止して採取する場合には停止前に採取起点を決め、規定のインクリメントの大きさ以上の量を、コンベヤの長さの方向に沿って、ロットの最大粒度の3倍以上の幅をもって、コンベヤの全流幅にわたって全量を採取する。

(3) コンベヤの全流幅のうちの一部をインクリメントとして採取する場合は、JIS M 8100の附属書6（サンプリングの偏りをチェックする実験方法）によってチェック実験を行い、偏りの入らないことが確認された場合は、ロットの最大粒度に応じた試料採取器を用い、コンベヤ上又はその落ち口から全流幅^(イ)の中のランダムな位置からインクリメントを採取する。

注^(イ) 全流幅とは、コンベヤの移動方向又は落ち口における落下方向に沿ったある長さがあり、かつ、それらの方向にほぼ直角な全断面のことをいう。

4.1.5 コンクリート固形化物サンプリング

(1) 試験片を作成する場合 固形化のときに、系統サンプリング方法によってテストピースを作成し、この試験片をインクリメントとする。

(2) コンクリート固形化物で粉碎容易な場合 コンクリート固形化物を一次サンプリング単位として抜

き取り、これを、それぞれ粉砕・混合し、二段サンプリング方法によって、4.2.1に準じてインクリメントを採取する。

- (3) 大形コンクリート固形化物で粉砕困難な場合 コンクリート固形化物を一次サンプリング単位として抜き取り、そのそれぞれからランダムに5か所の部分を選び、破碎して約100gずつ集め、これを1インクリメントとする。

4.1.6 船倉サンプリング ロットがグラブ、バケット、もっこなどの荷役用具による荷役中に、ハッチ内の荷役直後の位置からインクリメントを採取する。

- (1) 廃棄物をグラブ、バケット、もっこなどの荷役用具を用いて荷役するとき、荷役用具を系統サンプリング方法によって選び、ハッチ内の荷役直後の位置からランダムに1インクリメントを採取する。

備考 荷役した直後の位置からインクリメントを採取することが困難な場合には、その荷役用具の中からランダムにインクリメントを採取してもよい。ただし、その場合には、試料の粒度構成によって偏りが入る危険性があるので、注意が必要である。

4.2 インクリメントの採取方法

4.2.1 固体の場合 インクリメントは、最大粒度に応じた採取用具を用い、機械式又は手動式によって、指定された箇所から1作業動作でほぼ同一質量を採取する。

備考1. インクリメントの大きさは、サンプリングのとき、ほぼ一定となるようにしなければならない。ほぼ一定とは、インクリメントの大きさのばらつきが、変動係数として20%以下であることをいう。

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \times 100$$

ここに、CV：変動係数

S：インクリメントの大きさの標準偏差

$\bar{x}$ ：インクリメントの平均の大きさ

2. ほぼ一定にとれない場合で小口試料又は大口試料にまとめたいときには、個々のインクリメントごとに、必要に応じて粉砕、混合し、これからほぼ同一質量ずつ採取して混合してもよい。
3. 1作業動作で採取することが困難な場合には、指定した1か所から数動作によって規定量を採取してもよい。
4. 粉の場合に、採取管(米のサンプル採取用のさしのようなもの)を用いると、表面の部分だけがよく採取されるから、原則として使用しない方がよい。

4.2.2 液体の場合 (流動的な汚泥や溶さいの場合を含む。)次のいずれかの方法による。

- (1) 原則として移動中(排出、パイプ輸送、積荷中など)に液体の落下口からインクリメントを採取する。溝などからとる場合には、油分の分離などが起こっている可能性があるから、注意しなければならない。

(2) 容器に入っているとき(例：タンク、ドラム缶など)

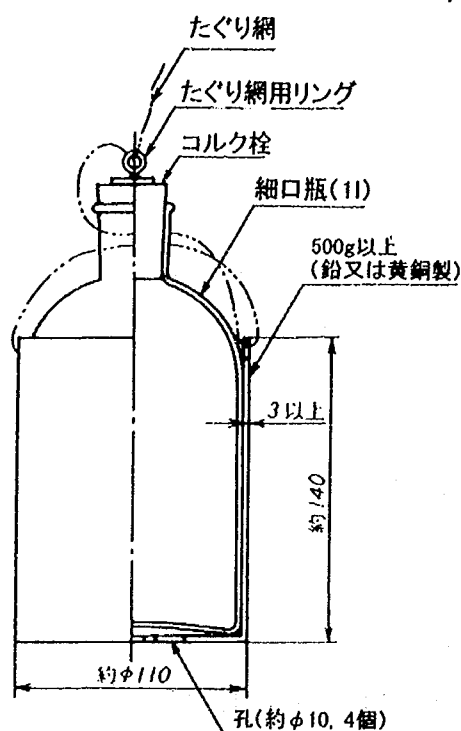
- (a) かき混ぜ、振とうできる場合には、十分に混合して、その均一性を確認してから、細い管を底までゆっくり差し込んで、管の上端を押さえてインクリメントを採取する。
- (b) 2層以上に分離していて、かき混ぜることが出来ない場合には、各層の量に応じて層別比例サンプリングを行う。沈殿が固まっており、それを廃棄しない場合は、採取しなくてよい。
- (c) 大きなタンクに入っている場合には、おもり付きガラス製採取器(図5参照)を用いて、上・中・下・底層などに層別して、層別比例サンプリングによって、インクリメントを採取する。

備考1. 2層以上を別々のロットと考えて採取を行わなければならない場合もある。

- 2. ポンプなどによって、タンクへ送入中又は排出中にはパイプから採取するとよい。

図5 おもり付きガラス製採取器

単位 mm



- 3. おもり付き採取器の栓をしたまま、上・中・下・底層などに、できるだけゆっくり沈め、次にたぐり網を急にしゃくり上げて栓を抜き、液面に気泡が上がってこなくなるまで、その位置に保って採取器を満量にした後、できるだけゆっくり引き上げて試料を採取する。
- (3) 溶さいのとき 溶さい落下口からインクリメントを採取する。流れの途中でとる場合には、流れの上下左右の偏りに注意しなければならない。

備考1. 炉内からとる場合には、特に偏りに注意しなければならない。

- 2. 採取用スプーンは溶さいなどになるべく侵食されないような有害物を含まない材質のものを用いなければならない。
- 3. 鉱さいを水で処理する場合(水さい、散水冷却など)で水によって変質する場合には、溶さいから採取せずに、水で処理したものから4.2.1に準じて採取する。

4.2.3 揮発性化学物質を含む場合 トリクロロエチレンなどを測定しようとする廃棄物の採取は、次に

よる。

(1) 廃棄物の組成・性状及びロットの大きさを目視して、できるだけ平均性状が得られるようなインクリメントを採取する。この場合、インクリメントの大きさはなるべく縮分を行わないですむように定め、また、採取しようとする廃棄物の部位はかくはんしないようにする必要がある。

(2) 採取した試料は運搬中も遮光して、0～10℃に保つとともに、試料の調製までは同様な条件で保管する。

(3) 試料の採取容器は、密閉できるガラス容器とする。

4.2.4 コンクリート固形化物の場合 混練りが十分行われており、性状が均一とみなせるコンクリート固形化物群を1ロットとして、次によって採取を行う。

(1) 試験片を作製する場合

(a) 原則として、固形化するとき、あらかじめコップで、コンクリート混練物をランダムに採取し、型(4.3.4参照)に流し込み、試験片を成形し、これをコンクリート固形化物と同一条件で養生を行う。これを1インクリメントとする。

試験片が作られていない場合には、(2)、(3)による。

(b) 試験片の作製個数(インクリメントの採取個数)は、4.4.2による。

(2) コンクリート固形化物で粉砕容易な場合

(a) 粉砕容易なコンクリート固形化物の場合には、これを一次サンプリング単位と考えて、粉砕して、4.2.1に準じて採取を行う。

(b) コンクリート固形化物の採取個数及びそれぞれを粉砕・混合したものから採取するインクリメントの採取個数は、4.4.2(3)による。

備考 コンクリート固形化物を粉砕したものを全部よく混合してから、インクリメントを採取してもよい。例えば、120個のコンクリート固形化物があるときは、10個を一次サンプリング単位として抜き取り、これを全部破砕してよく混合し、インクリメント縮分方法に準じて、 $2 \times 10 = 20$ 個のインクリメントをとってもよい。

(3) 大形コンクリート固形化物で粉砕困難な場合

(a) 大形コンクリート固形化物で、粉砕困難な場合には、コンクリート固形化物のランダムな5か所を選び、その部分を破砕して約 $100\text{g} \times 5 = 500\text{g}$ を集め、これを1インクリメントとする。

備考 コンクリートで固形化した場合には、固形化後試験の目的に応じて適当期間放置後に試料を調製して、測定を行う。

(b) 固形化物の採取個数は、表3による[表3の備考2.参照]。

4.3 インクリメントの大きさ

4.3.1 固体の場合

(1) 粉状、塊状のとき インクリメントの大きさ(平均体積)は、ロットの最大粒度によって表1に規定する体積以上とする。

表1 最大粒度とインクリメントの大きさ (平均体積)

最大粒度 mm	1	5	10	16	22.4	31.5	40	50	71	100	125	150
インクリメントの 平均体積 ml	約16	約70	約120	約180	約270	約380	約730	約1,600	約3,700	約11,000	約21,000	約35,000

例 最大粒度40mmのロットは、ふるい目の大きさ40mmでふるい分けたとき、ふるい上に残る量が約5%のロットのことで、例えば、インクリメントの大きさを平均約730mlとすればよい。

備考1. インクリメント採取用スコップは、ロットの最大粒度に応じてほぼ一定量ずつとれるように、かつ、採取した廃棄物が側面から脱落しないように設計(付表1、付図1参照)されたものが望ましい。

2. 粒度差の大きいものが混合している場合には、表1に示す体積より一段大きな体積のとれるインクリメント採取用具を用いる。

(2) ケーキ状(泥状)のとき 100ml以上の容器などで採取したものを1インクリメントとする。

4.3.2 液体の場合 (流動的な汚泥や溶さいの場合を含む。)100ml以上の容器などで採取したものを1インクリメントとする。

4.3.3 揮発性化学物質を含む場合 4.3.1及び4.3.2による。

4.3.4 コンクリート固形化物の場合 4.2.4(1)(a)の成形に用いる型は直径5cm、高さ10cmの円筒型とする。

4.4 インクリメントの採取個数 インクリメントの採取個数は、次による。

備考 大口試料の量が必要量より少ない場合には、インクリメントの数を増加するか、インクリメントの大きさを大きくして必要量の大口試料を採取する。

4.4.1 ストックパイルサンプリングの場合 インクリメントの採取個数は、表2による。特に問題があると考えられる場合、又は、そのロットに対する予備知識がない場合には、表2の最小必要個数の2倍以上のインクリメントを採取する。

表2 ロットの大きさと1ロットからの採取する
インクリメントの最小必要個数

ロットの大きさ (単位 液体 kl 固体 l)	インクリメントの 最小必要個数
1 未満	6
1 以上 5 未満	10
5 以上 30 未満	14
30 以上 100 未満	20
100 以上 500 未満	30
500 以上 1000 未満	36
1000 以上 5000 未満	50
5000 以上	60

備考 廃棄物が生成又は処理される工程が十分に管理されている場合には、表2に関係なく3~5インクリメントを採取すればよい。

4.4.2 容器サンプリング，車両サンプリング又はコンクリート固形化物サンプリングの場合

- (1) 1容器を1ロットとする場合，原則として表2の最小必要個数の $\frac{1}{2}$ を採取する。
- (2) 2～10容器を1ロットとする場合，各容器から次の式で求めたインクリメントの数を採取する。

$$\overline{ni} = \frac{n}{m}$$

ここに， $\overline{ni}$ ：インクリメントの必要個数

n ：表2による最小必要個数

m ：容器数

ただし， $\overline{ni}$ は少数以下を切り上げた整数値とする。

- (3) 11容器（一次サンプリング単位）以上を1ロットとする場合，第一段として表3に規定する最小必要容器数（一次サンプリング単位）をランダムに選び，第二段として選ばれた各容器（一次サンプリング単位）から各2インクリメントをランダムに採取する。

備考 11容器以上を1ロットとする場合にも，(2)の方法を適用してよい。

表3 最小必要容器数（一次サンプリング）

ロットの全容器数 (一次サンプリング単位)		最小必要容器数 (一次サンプリング単位)
11 以上	20 以下	4
21 以上	30 以下	6
31 以上	50 以下	8
51 以上		10

- 備考1. 容器サンプリング又はトラックサンプリングにおいて，
もし，容器の容量や質量が異なっていれば，例えば，10kg入りと20kg入りがあれば，10kg入りからはインクリメントを各2個，20kg入りからは各4個とるように，容器の大きさに比例してとり，一つの大口試料とする。
2. 大形コンクリートブロックで粉砕困難な場合にインクリメントをとるときは(1)，(2)を適用せず，(3)による。
ロットの大きさが3個以下のときは全ブロックを，4個以上10個以下のときは3個を一次サンプリング単位として抜きとる。

4.4.3 コンベアサンプリング，ハッチサンプリング又はパイプサンプリングの場合

- (1) 1ロットから採取するインクリメントの最小必要個数は，表2による。
- (2) 最小必要個数のインクリメントをとり終わっても引き続き移動が続けられている場合は，途中で打ち切ることなく，所定の量的な等間隔でインクリメントをとり続けなければならない。

備考 系統サンプリングでは，一般的に量的に等間隔でインクリメントを採取するのが原則である。
しかし，時間的に等間隔でインクリメントを採取してもよい。ただし，この場合には，採取

時間間隔を(移動時間)/(インクリメントの最小必要個数)より10%くらい短くする。

例 移動時間300分とみられる4.5トンのロットの場合

表2 $n=10$, $300\text{分}/10=30\text{分}\rightarrow 25\text{分}$

採取時間間隔を25分とする。

4.5 大口試料の作成 4.4によって採取したインクリメントを全部集めて、そのロットに対する大口試料とする(図6参照)。ただし、必要に応じて副ロットごとにインクリメントを集めて小口試料とし、これを更に集めて(この場合、必要に応じて縮分し、副ロットの質量比によって集めて)大口試料としてもよい(図7参照)。

図6 インクリメントを全部集めて大口試料とする場合

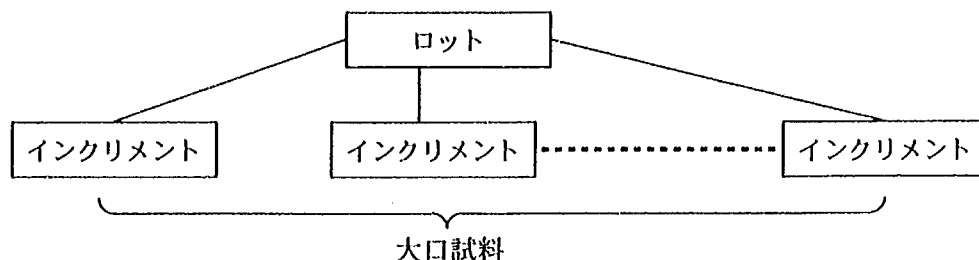
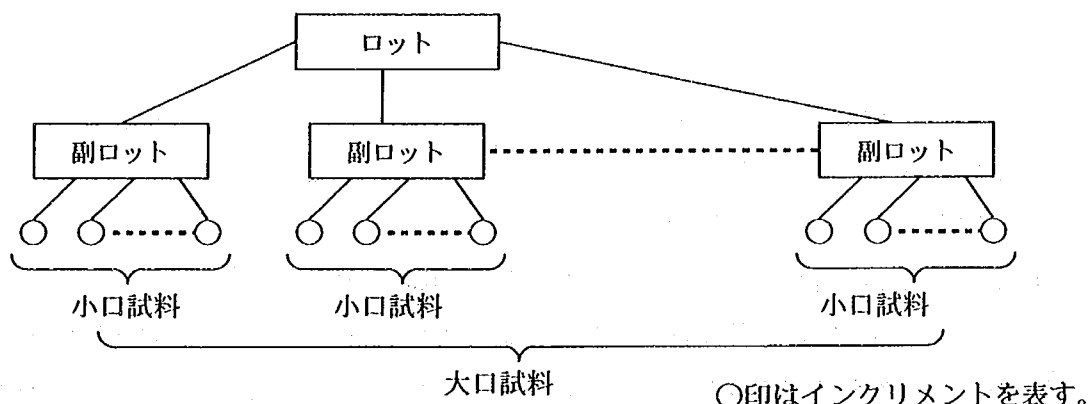


図7 各副ロットごとにインクリメントを集めて小口試料を作り、1ロット分を集めて大口試料とする場合



○印はインクリメントを表す。

4.6 水分測定用試料のサンプリング方法 水分又は固形分質量比を測定する必要がある場合⁽⁹⁾、水分測定用試料は、4.1~4.5による。ただし、大口試料の量が1kg又は3l以下の場合には、インクリメントの大きさを大きくして、大口試料の量が1kg又は3l以上になるようにする。

注⁽⁹⁾ 廃棄物に含まれる水分を測定する場合には附属書によって求める。

5. 試料の縮分方法

5.1 要旨 試料は、4.によって採取したインクリメントごと、小口試料ごと又は大口試料を縮分する。固体の場合には、5.2, 5.3に規定する方法によって粉碎、縮分し、液体及び液中に固形分が懸濁している場合には5.4に規定する方法によって縮分する。揮発性物質の含む場合には、なるべく縮分しないで測定できるような試料を採取することが望ましいが、やむをえず縮分するときには5.5に規定する方法によって縮分する。

備考1. 試料の縮分に当たっては、試料が飛散したり、水分が蒸発したり、又は試料に異物が混入し

たりしないように注意しなければならない。

2. 水分測定用の試料は、縮分、混合などのときに水分が変化して偏りが入りやすいから、縮分回数を少なくして、処理することが必要である。

5.2 粉砕の方法

- (1) 最大粒度5mm以上の粒子を含む資料の粉砕に当たっては、試料の粒度、硬さに適した形式の粉砕機を選ばなければならない。
- (2) 大口試料は、なるべく縮分前に全量を約5mm以下に粉砕しておくといよい。少なくとも約10mm以下に粉砕しておくことが望ましい。

試料中に20mmより大きい粒子を含む場合には、必ず20mm以下に粉砕してから縮分しなければならない。また、粉砕回数は多くとも3段階以下にすることが望ましい。
- (3) 水分測定用試料の粉砕には、水分を飛散させないような構造の粉砕機を用いる。

5.3 固体の場合

5.3.1 縮分方法

- (1) 試料の縮分は次の方法のうち、一つの方法又は幾つかの方法を併用して行う。

- (a) インクリメント縮分方法
- (b) 二分器による方法
- (c) 縮分機による方法

備考1. 円すい四分方法（付図4参照）や交互ショベル方法（付図5参照）も適用できるが、これらは誤差が大きくなりやすい。

2. 試料はよく混合してから縮分を行うこと。

- (2) 縮分は原則として、試料全量通過の粒度が10mm以下の試料で行う。

備考 縮分に使用する機器は、使用前に十分に清掃しなければならない。前回縮分した試料と異なるロットの試料を縮分する場合は、あらかじめ、そのロットから別に採取した適当量の洗い試料を通すことが望ましい。

5.3.2 インクリメント縮分方法

- (1) インクリメント縮分方法を行う場合の試料の粒度と最小の縮分用スコップ、試料の厚さは表4による。

表4 試料の粒度とインクリメント縮分用スコップの大きさ

試料全量通過の粒度	インクリメント縮分用 スコップ番号	スコップの大きさに対応する 広げた試料の厚さ mm
31.5 mm以下	30 D	40～50
22.4 mm 以下	20 D	35～45
16.0 mm 以下	15 D	30～40
10.0 mm 以下	10 D	25～35
5.00 mm 以下	5 D	20～30
2.80 mm 以下	3 D	15～25
1.00 mm 以下	1 D	10～20
250 μ m以下	0.25 D	5～10

備考1. スコップは付表1、付図1参照のこと。

2. 試料全量通過の粒度とは、JIS Z 8801の網ふるいの目の大きさを示す。

3. 表4は最小のスコップを示している。

(2) 縮分を行うインクリメントの数は、総計20個以上とする。

(a) 大口試料については20個以上とする。

(b) 小口試料については10個以上とする。

(c) インクリメント（ロットからの）ごとに縮分するときは、原則として、1ロットから採取したインクリメントの数が20未満の場合は1インクリメントから2個以上、1ロットから採取したインクリメントの数が20以上の場合は、1インクリメントから1個以上とする。

(3) インクリメント縮分を行う場合、例えば、20区分する場合には、次のようにする。（付図2参照）

(a) 試料をよく混合し、吸湿性のない平板上に方形に、表4の厚さに均一に広げる。

(b) これを縦5等分、横4等分する。

(c) 表4に示すスコップで各区分から1個ずつ（各区分内ではランダムに場所を選んで）計20個を集め、これを試料とする。このときスコップは試料層の底部まで差し込んで試料をとらなければならない。

備考1. 縮分後の試料の量が上記の方法で採取した試料の量よりも多量に要求される場合は、インクリメントの大きさを大きくするか、又はインクリメントの数を増加する。

インクリメントの数を増加する場合は、区分の数を増すか、又は1区分からの採取インクリメント数を増すが、各区分からの採取個数は一定でなければならない。

2. インクリメントを採取するとき、当て板を当てて採取することが望ましい。ただし、当て板の使用によって、水分が揮散するおそれのある場合には、使用してはならない（付図2参照）。

5.3.3 二分器による方法

(1) 試料の粒度に応じ、原則として表5に示す号数の二分器を選定する。

表5 粒度と二分器の大きさ

試料全量通過の粒度 mm	二分器の種類	溝の幅 mm
22.4を超え31.5以下	60号	60±1
16.0を超え22.4以下	50号	50±1
10.0を超え16.0以下	30号	30±1
5.00を超え10.0以下	20号	20±1
2.80を超え5.00以下	10号	10±0.5
2.80 mm 以下	6号	6±0.5

(a) 二分器の各号の寸法及び構造については、付図3及び付表2に一例を示す。

(b) 両側斜面の挟む上下の角 θ は、60度以下とする。

(c) 溝の数は偶数個とし、原則として16以上とする。ただし、50号及び30号については12以上とする。

(d) 試料受け器は、二分器の出口にぴったり合い、微粉が飛散しないような構造でなければならない。

(e) 二分器の内面は平滑であって、さびの生じたものを使ってはならない。

(2) 試料を混合して容器に入れ均一に落下させ、試料を2分割して、そのいずれか一方をランダムに選び、試料とする。

(3) 縮分基準は5.3.5による。

5.3.4 縮分機による方法 縮分機は、精度が十分であること及び偏りがないことを確認しておかなければならない。また、縮分の基準は、5.3.5による。

5.3.5 縮分基準 試料全量通過の粒度と縮分後の試料の質量との関係は、原則として表6に示す基準の範囲内で縮分を中止し、試料をさらに粉砕しなければならない。ただし、インクリメント縮分の場合は、5.3.2による。

表6 粒度と縮分基準

試料全量通過の粒度	縮分後の試料の質量 kg		
	大口試料の場合	小口試料の場合	インクリメントごとの場合
31.5 mm以下	280 以上	140 以上	80 以上
22.4 mm 以下	140 以上	70 以上	40 以上
16.0 mm 以下	70 以上	35 以上	20 以上
10.0 mm 以下	35 以上	17 以上	10 以上
5.00 mm 以下	8 以上	4 以上	2.5 以上
2.80 mm 以下	2 以上	1 以上	0.6 以上
1.00 mm 以下	0.5 以上	0.5 以上	0.3 以上
420 μ m以下	0.1 以上	0.1 以上	0.1 以上
250 μ m以下	0.05以上	0.05 以上	0.05 以上

備考1. この表の試料の質量は、試料のかさ密度が1の場合を示す。

2. ある粒度の試料をこの表に示した試料の質量以下に縮分してはならない。

5.4 液体の場合（流動的な汚泥や溶さいの場合を含む。）液を十分に振り混ぜて均一にしてから、必要に応じて11以上の試料2, 3個に縮分する。

備考 油などが入っていて均一化が困難な場合には、分液漏斗などで2層, 3層に分離して、それぞれの体積を測定し、各層ごとに十分に均一化して、その体積に比例して11以上の試料に縮分する。

5.5 揮発性化学物質を含む場合

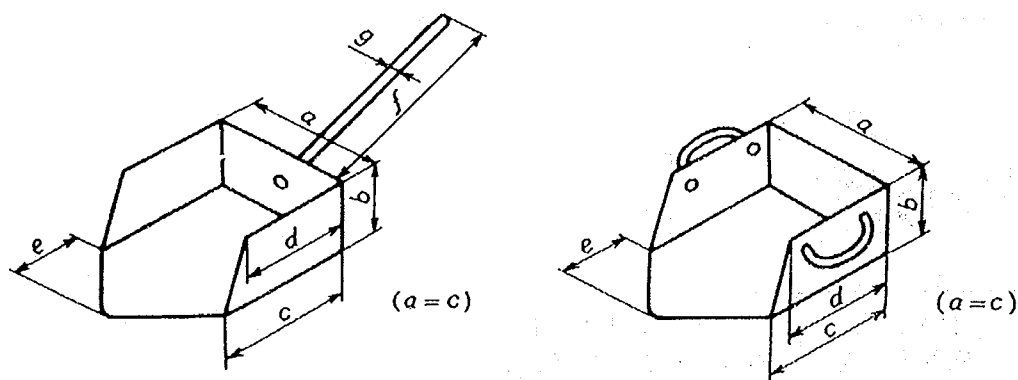
(1) 試料の縮分は、5.3及び5.4に準じるが、測定しようとする化学物質をできるだけ揮発させないように速やかに行う。

(2) 粒径が5mmを超えるものの粉砕も注意深く行って、ふるい分けなどは行わない。

付表1 インクリメント採取用スコップの大きさとロットの最大粒度

スコップ 番号	最大 粒度 mm	寸法 mm								b/c	容量 ml
		a	b	c	d	e	f	g	材料の 厚さ		
150	150	450	190	450	380	170	適宜	適宜	3	0.42	約35,000
125	125	380	160	380	320	150			3	0.42	約21,000
100	100	300	130	300	260	120			3	0.42	約11,000
70	71	200	100	200	170	80			2	0.50	約 3,700
50	50	150	75	150	130	65			2	0.50	約 1,600
40	40	110	65	110	95	50			2	0.59	約 730
30	31.5	90	50	90	80	40			2	0.56	約 380
20	22.4	80	45	80	70	35			2	0.56	約 270
15	16	70	40	70	60	30			2	0.57	約 180
10	10	60	35	60	50	25			1	0.58	約 120
5	5	50	30	50	40	20			1	0.60	約 70
3	2.8	40	25	40	30	15			0.5	0.62	約 35
1	1	30	20	30	25	12			0.5	0.65	約 16
0.25D	0.25	15	10	15	12	0			0.3	0.67	約 2

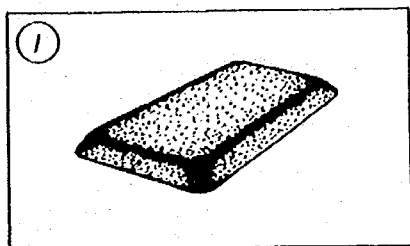
付図1 インクリメント採取用スコップ



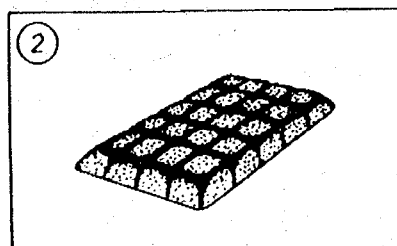
備考 インクリメント縮分用にこれらのスコップを用いるときには、先のないもの (e=0) を用い、スコップの番号の右にDを付ける。

付図2 インクリメント縮分法

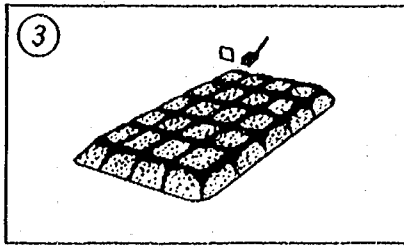
(I) 1コンサインメント1大口試料の場合 (20区分の例)



粉碎した大口試料を本体表4に規定した厚さの長方形に広げる。

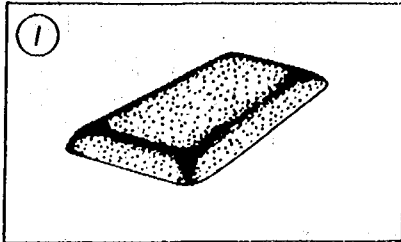


これを20等分する。例えば、縦5等分横4等分。

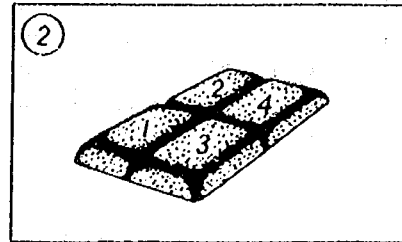


20等分した各区分からランダムにインクリメントスコップを底部まで入れて1杯ずつインクリメントを取り、これを集めて縮分後の試料とする。

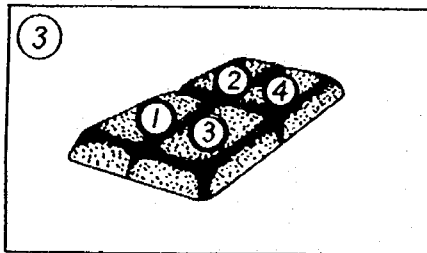
(2) コンサインメントから採取したインクリメントごとの場合 (4区分の例)



粉碎したインクリメントを本体表4に規定した厚さの長方形に広げる。

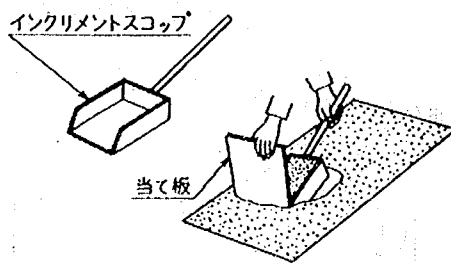


これを4等分する。例えば、縦横各2等分。

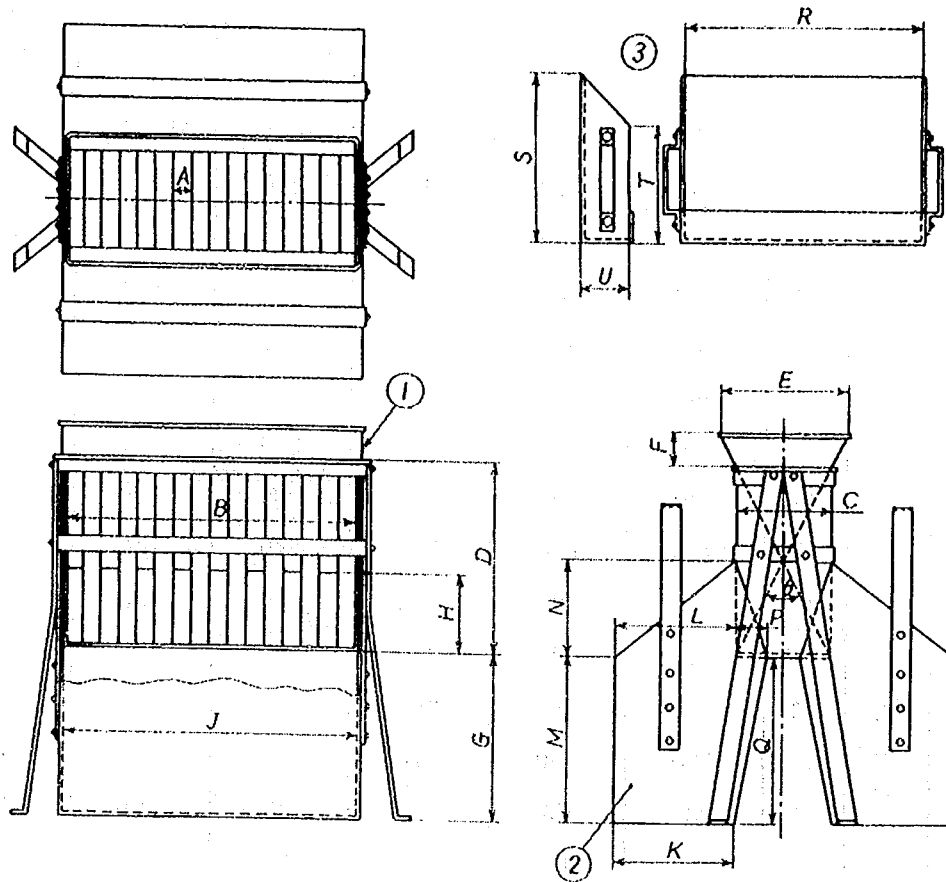


4等分した各区分からランダムにインクリメントスコップを底部まで入れて1杯ずつインクリメントを取り、これを集めて縮分後の試料とする。

(3) 当て板を用いてインクリメントを採取する要領図



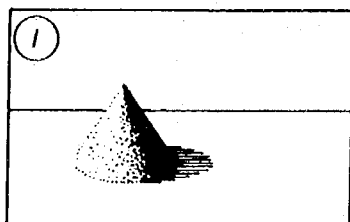
付図3 二分器の形状と寸法



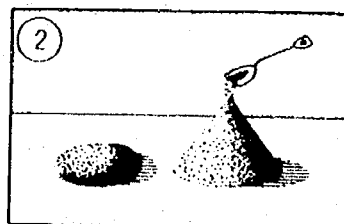
付表2 2分器の寸法

二分器の番号			60	50	30	20	10	6
溝数			12	12	12	16	16	16
寸法 mm	① 二分器本体	A	60±1	50±1	30±1	20±1	10±0.5	6±0.5
		B	760	630	380	346	171	112
		C	300	250	170	105	55	40
		D	600	500	340	210	110	80
		E	360	300	200	135	75	60
		F	60	50	30	30	20	20
		G	340	340	340	210	110	80
		H	230	200	140	85	45	30
		J	770	640	390	360	184	120
		K	240	220	220	140	65	55
	② 試料受器	L	240	220	220	140	65	55
		M	340	340	340	210	110	80
		N	300	250	170	105	55	40
		P	80	75	55	35	20	15
		Q	340	340	340	210	110	80
	③ 試料給鉢容器	R	760	630	380	346	171	112
		S	400	400	300	200	120	80
		T	265	265	200	135	70	45
		U	200	200	150	105	50	35

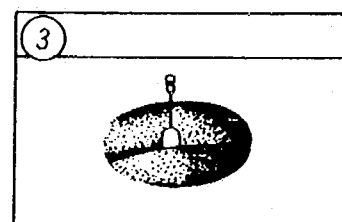
付図4 円すい四分方法



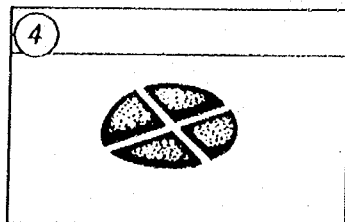
① 粉砕した大口試料を堅い清浄な平面上で円すい形に積み上げる。



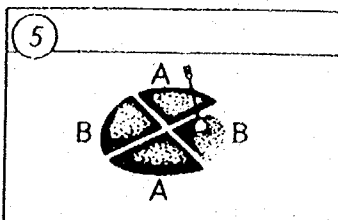
② ①の円すいを平らにし、場所を変えて①の操作を更に1, 2回繰り返す。



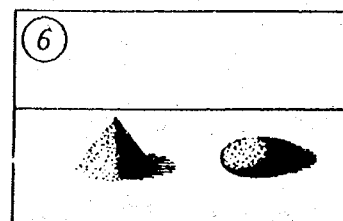
③ 円すいを頂点から垂直に押し下げるようにして平らにし、これを扇形に4等分する。



④ 4等分した試料

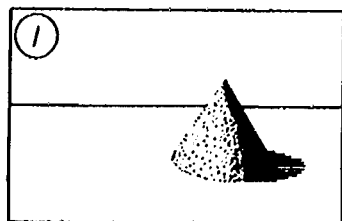


⑤ 対角のA, Aをとり、B, Bを捨てる。

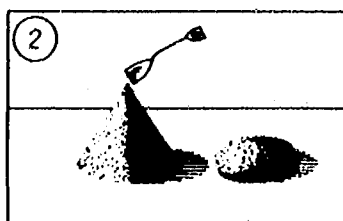


⑥ 半減した試料で①～⑤の操作を繰り返して行う。

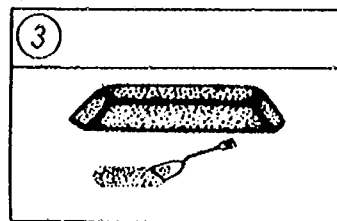
付図5 交互ショベル方法



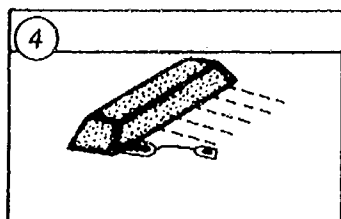
① 粉碎した大口試料を堅い清浄な平面上で円すい形に積み上げる。



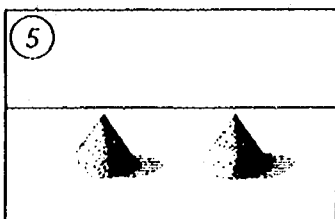
② ①の操作を場所を変えて、更に1回繰り返す。



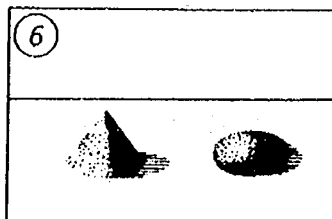
(a) 円すいから1ショベルをとって薄く細長く散布する。
(b) 薄く散布した上に順次重ねて長く山積みにする。



④ 長い山積みの側面から周囲を回りながら1ショベルずつとり、ショベルごと交互に⑤の円すい2個をつくる



⑤ 2個の円すいの一つをとり、他の一つは捨てる。



⑥ 半減した試料で更に①～⑤の操作をを繰り返して行う。

附属書 固形分質量比・水分測定方法

1. 要旨 試料をあらかじめ水浴上で蒸発乾固し、更にこれを105～110℃で恒量となるまで乾燥し、固形分質量比又は水分を算出する。

2. 試料 試料20～100 gを用いる。

3. 装置

(1) 蒸発皿又ははかり瓶 50ml以上の蒸発皿又は底面積が広く高さが低いはかり瓶。

(2) 加熱板又は砂浴

(3) 電気恒温乾燥器 105～110℃に調節できるもの。

(4) はかり 感量0.001 g以下のもの。

4. 操作

(1) 試料を質量 (w_1) 既知の蒸発皿又ははかり瓶に採取し、その質量 (w_2) を正確にはかる。

(2) 加熱板、砂浴上で沸騰しないように蒸発乾固する。

(3) 次に、105～110℃に調節した電気恒温乾燥器中で2時間乾燥する。

(4) 乾燥が終了したならば直ちにふたをして、デシケーター中で30分間放冷してから質量 (w_3) をはかる。

5. 計算 次の式によって固形分質量比 (%) 又は水分 (%) を算出する。

$$X = \frac{w_3 - w_1}{w_2 - w_1} \times 100$$

$$Y = \frac{w_2 - w_3}{w_2 - w_1} \times 100$$

ここに、 X : 固形分質量比 (%)

Y : 水分 (%)

w_1 : 蒸発皿の質量 (g)

w_2 : 蒸発皿及び試料の質量 (g)

w_3 : 乾燥後の蒸発皿及び試料の質量 (g)

産業廃棄物のサンプリング方法 解説

この解説は、本体及び附属書に規定した事柄、並びにこれらに関連した事柄を説明するもので、規格の一部ではない。

1. 制定・改正のいきさつ この規格は、昭和48年度に財団法人 日本環境衛生センターに設けられた“有害物質を含む産業廃棄物のサンプリングの標準化に関する研究会”において原案が作成され、これに基づいて審議された結果、昭和51年(1976)“産業廃棄物のサンプリング方法”として制定されたものである。

原案の表題が示すように、この規格が制定されるに至った直接の動機は、昭和48年に“廃棄物の処理及び清掃に関する法律”に基づき有害物質を含む産業廃棄物に対し処分基準が設定されたため、この判定基準に対する適否試験(すなわち、検定)が全国的に広く行われるようになったところ、試料のサンプリングに対する配慮が欠けていたために誤った結果に導かれる、といったケースがかなり多く見受けられ、サンプリング方法の基準化への要望が各方面から強く出されたことに由来する。しかしながら、直ちに基準化は困難であることから、一応、JISによって規格化し、指針として役立てようということになり、上記研究会がもたれたわけであるが、廃棄物のサンプリングの標準化はそれまでに例がなく、また、対象となる産業廃棄物のばらつきに関する情報などもほとんど存在していない状態であったので、実態調査及び必要な実験を各所で行い、また、JIS M 8 1 0 0-1973(粉塊混合物のサンプリング方法通則)、JIS M 8 8 1 1-1973(石炭類及びコークス類のサンプリング方法並びに全水分、湿分測定方法)、その他関連するJISを参考にして作成したものである。

この規格は制定後14年を経過しているが、この間、産業廃棄物の排出実態の変化も大きく、また、国際標準化機構(ISO)の規格においても改変が行われているため、あらかじめ内容の見直しの必要が生じ、今般、改正の運びとなった。ただし、時間などの制約もあり、今回は実態調査、チェック実験は行わず、産業界から寄せられた情報、又はこの規格を実際に利用している方々の意見などを参考にし、さらに、この規格のベースとなった上記、諸規格の改正の動向などをも考慮して、改正作業が行われた。

なお、この規格は制定当時と異なり、有害物質の検定以外に際しても利用される機会が多くなってきたことから、固形分質量比測定、水分測定、粒度調整など、検定には関連するが一般的なサンプリングとは直接関係のない試料調製方法は、“産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法”(昭和48.2.17 環告13)に記載されているため本体から割愛し、固形分質量比・水分測定方法については附属書に概要を示した。一方、トリクロロエチレンなど、揮発性の高い化学物質を含む産業廃棄物のサンプリング方法を追加した。その他、表現方法や内容の不適切な部分を改めた。

また、改正原案作成に参加した委員会のメンバーは末尾に示すとおりである。

なお、この解説は1976年版JISで第一回研究委員会(故)石川馨委員が執筆されたものを、今回 補筆、一部訂正したものである。

II. 概要 1. は適用範囲, 2. は用語の定義について規定している。

3. はサンプリング方法の概要, 試料の取扱いなどの一般事項を掲げているが, ここで今回 サンプリング時の危険防止のため “安全” に関する事項を追加した。

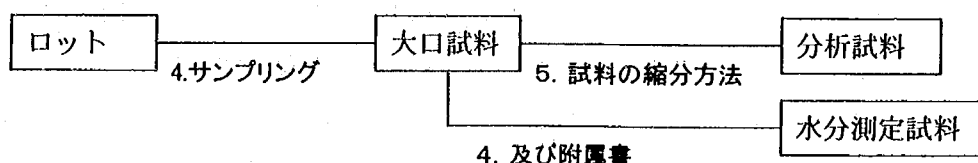
4. はサンプリング方法の選択に当たって必要なサンプリング方法の種類とその特徴が示され, 更に廃棄物の形状ごとにインクリメントの採取方法が述べられている。

また, 汚泥のように水分が変化しやすい試料の場合, 別個に水分測定専用の試料が必要であるが, これについてのサンプリング方法も記されている。

5. は集めたインクリメントの縮分方法が中心となっているが, その前処理としての粉碎方法についても規定している。

ロットからサンプルをとって分析用資材を調製するまでの操作は解説図1のようになる。この際水分や固形分質量比などの水分の測定に必要とする場合は, それがサンプリングとからんで非常に厄介になる。旧規格では, サンプリング方法と水分測定方法及び固形分質量比測定方法は同一規格に入れてあったが, この規格は, 産業廃棄物のサンプリング方法を規定するものであるから, 水分測定方法及び固形分質量比測定方法は本体中から削除し, 附属書に規定した。

解説図1 サンプリングから試料調製の工程



III. 規格使用上の注意 この規格は, 試料の形状によって適切なサンプリング方法を用いる必要がある。そこで, 試料の形状を大別し, それぞれのサンプリングの流れに関連のある章節番号を表示すると解説表1のようになる。

解説表1 サンプリング方法

試料の状態	共通事項	サンプリングの種類	インクリメントの採取方法	インクリメントの大きさ	インクリメントの採取個数	大口試料の作成	水分測定用試料	破碎方法 縮分方法	縮分基準
固体	1,2,3.	4.1.1,4.1.2, 4.1.4,4.1.6	4.2.1	4.3.1(1)	4.4	4.5	4.6	5.1,5.2, 5.3.1~5.3.4	5.3.5
ケーキ状	1,2,3.	4.1.1,4.1.2, 4.1.4	4.2.1	4.3.1(2)	4.4	4.5	4.6	5.1,5.2, 5.3.1,5.3.2	5.3.5
液体	1,2,3.	4.1.2,4.1.3	4.2.2	4.3.2	4.4.2,4.4.3	4.5	4.6	5.1	5.4
揮発性物質	1,2,3.	4.1.1~4.1.4, 4.1.6	4.2.3	4.3.3	4.4	4.5	4.6	5.1,5.2, 5.3.1,5.3.2	5.3.5, 5.4
コンクリート 固化物	1,2,3.	4.1.1,4.1.2, 4.1.5	4.2.1, 4.2.4	4.3.1,4.3.4	4.4.1,4.4.2	4.5	4.6	5.1,5.2, 5.3.1,5.3.2	5.3.5

IV. 条文の解説 特に解説を要するものに限って述べる。

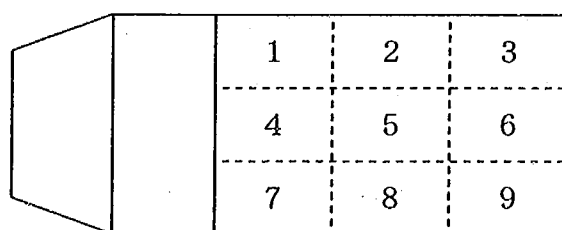
1. 適用範囲 1. 制定・改正のいきさつで述べたように, この規格が制定された主目的は, 有害物質を

含む産業廃棄物の検定試験に先立つサンプリング方法のマニュアル化であったが、それは現在でもほぼ同様であると思われる。したがって、最も多く適用される産業廃棄物は、検定の対象として法に定められている7種類(備考1.に例示)であるが、今後はこれら以外の廃棄物についても試料の採取が必要となる機会が増大することが予想されるので産業廃棄物及び一般廃棄物のうちで、以上の7種類の廃棄物と形状が類似しているものについても準用できるものとした。

2. 用語の定義

- (1) ロット 1ロットとは本来、ほぼ同一性状・成分とみなせる同一発生源の廃棄物を意味するが、やむを得ず、これらが2種類以上混合されたものをサンプリングする場合には、廃棄物の混合体そのものを1ロットとみなさざるを得ない。
- (2) 副ロット 副ロットとは、必要に応じてロットを適当な量に分けたものであるが、(1)のように明らかに異質の廃棄物から構成されている場合、個々の廃棄物を副ロットとみなし、層別サンプリングなどによって代表試料を得ることになる。
- (3) インクリメント この言葉はJISでは以前から日本語として用いられているので、ここでも採用した。固体の場合でも、液体の場合でも、1回の動作で採取した単位量のことで、これを規定数集めたものが大口試料となる。
- (10) ランダムサンプリング 実際にこれを確実に実行するには、困難である場合が多い。乱数表[JIS Z 9031(ランダム採取方法)]を利用すると、現場では工夫して乱数カードなどを作成しておいて用いるとよい。
- (13) 層別サンプリング[例] 5tトラックから9インクリメントをとるには、表面を解説図2のように9等分する。積荷の高さが80cmあるとき、乱数表から、7, 6, 3, 1, 2, 9, 5, 4, 8と出たら、7の位置は表面から、6は10cm下から、3は20cm、1は30cm・・・, 8は80cmすなわち底からインクリメントをとることになる。

解説図2 層別サンプリングの一例



- (24) 最大粒度 粒度は原則として、JIS Z 8801(標準ふるい)の標準ふるいの目の大きさを用いる。廃棄物の種類によって腐食性があるものがあるから、そのときはステンレス鋼製を用いるとよい。

3. 一般事項

3.1 サンプルング方法の概要

- (1) サンプルング方法を決めるためには、その廃棄物のいろいろなばらつき、言い換えると、廃棄物が排出される工程の安定状態を調べなければならない。ところが廃棄物は各種各様であるので、これらすべてに合理的なサンプルング方法を決めることは不可能である。

現状ではサンプルングの経験からいえば、通常はこの規格に規定した方法を用いればよい。

- (2) ロットの大きさが特に大きい場合とか、判定基準に近い値を示すロットの場合で、特に慎重を要する場合には、次に述べるようなサンプルング方法を採用するとよい。

(a) 本体表2及び表3の2倍以上のインクリメント数又は容器数をサンプルングする。

(b) 同じ排出工程からの大きなロットを引き続き数多く取り扱う場合は、20ロット(20ロットが困難な場合には、少なくとも10ロット)について、JIS M 8100附属書5(サンプルングの精度をチェックする実験方法)又は附属書4(二段サンプルングにおける品位変動の調査方法)によって各種変動の標準偏差を求めて、要求される推定精度に応じたサンプルング方法を決める。この場合は、本体の表2、表3及び表4の数値は使用しないことになる。

3.3 安全 酸素欠乏及び硫化水素などの有害ガスによる危険がある場合には、サンプルング前に酸素濃度、有害ガス濃度を検査し、危険のないことを確認した後、サンプルングを行う必要がある。

4. サンプルング

4.2.1 容器サンプルング又は車両サンプルング 層別サンプルングの一例は、2.(13)の解説にも述べてあるが、もう一つの例を述べておこう。

6tトラックから6インクリメントをとるには、表面を6区画に等分して考え、さいころを振って、6, 2, 4, 5, 1, 3と出れば、6と2の区画は上層から、4と5の区画は中層から、1と3の区画は下層から、各1インクリメントずつとればよい。

4.1.3 パイプサンプルング 溶さいの場合には、タップの始めと最後の間には傾向をもっている場合が多いから、インクリメントを1タップ中に系統サンプルングする必要がある。

4.1.5 コンクリート固形化物サンプルング

- (3) 大形コンクリート固形化物で粉碎困難な場合 この場合は、中心部からサンプルをとることは不可能なので、表面上の5か所を選び、そこを粉碎して各100gずつをとり、これを集めて500gを1インクリメントとすればよいことにした。

4.2.1 個体の場合

備考1. インクリメントの大きさがあまりばらつくと、サンプルング誤差が大きくなる。変動係数20%以下という意味は、平均1kgのインクリメントのときに、それを100インクリメントとったときに、平均して95インクリメントが600gから1400gの間($1000 \pm 2g \times 200$)に入っていればよいという意味である。

4. 採取管(パイプ状のさしのようなもの)は粉や汚泥の場合に、差し込んだときに表面の部分

が初めに管に入り、その抵抗によって下層の部分がうまく採取できなくなる場合が多いから、原則として使用しないようにした。

また、水分が多い場合は、インクリメント採取時に水分が逃げるので注意しなければならない。

4.2.3 揮発性化学物質を含む場合

(1) トリクロロエチレンなどを測定しようとする廃棄物のサンプリング及び試料調製は、試験対象物質の揮散に注意しなければならない。そのために、試料はできるだけ縮分を行わなくてもすむようなインクリメントの大きさとし、廃棄物の採取部位をなるべく混ざらないようにサンプリングする必要がある。

(2) 採取試料は試料の変質及び揮散を避けるため、遮光し0～10℃に保冷する必要がある。

(3) 試料の採取容器は、試験対象物質の揮散及び採取容器内面への吸着を防ぐため、密閉できるガラス容器とする。

4.2.4 コンクリート固形化物の場合 十分に養生した方が強度という面からみると安全である。約4週間以上養生した方がよい。

(3) 大型コンクリート固形化物で粉砕困難な場合というのは、経済的にも、技術的にも粉砕困難な場合のことをいう。

4.3 インクリメントの大きさ 表1は日本で非常に多種類の粉塊混合物について実験した結果であるから、廃棄物の場合にも十分用いることができると考えられる。

4.3.1 固体の場合

(2) ケーキ状の場合、一般にその性状がべとべとしていたりして、粒度が測れる状態になく、また、最大粒度も10mm以下と考えられるので、インクリメントの大きさは100mlとした。

また、塊状になってる場合には、10mm以下の粒度にしてサンプリングする必要がある。

4.4 インクリメントの採取個数 表2、表3などは、サンプリングに要求される精度から決めるべきものである。このためには、副ロット内及び間の変動などが分からなければならないが、一般にすべての廃棄物についてこれらの変動を求めることは不可能であるため、今回は、要求精度については、これまでのサンプリング研究における経験から目安として決めてある。したがって、廃棄物が今後 工程から次々と排出される場合には、各工程ごとにチェック実験(JIS M 8100の付属書5を行って、要求精度を満足するように採取個数を変更していくとよい。多くの実験の結果、事実、データに基づいて、将来合理化されるべきであろう。

また、表2の備考に述べたように、工程が安定状態の場合には、採取個数を減らしてもよい。

なお、分析対象の濃度分布が分かり、どのような精度でサンプリングしたいかが明確な場合、サンプリングの最小必要個数を求めることができる。分析対象の濃度分布(確立分布)が複雑な場合には複雑な数値計算が必要となる。最も一般的な正規分布の場合、母集団の平均値 μ の判定において、許容差を δ_μ 、真値が μ_0 に等しくないにもかかわらず“等しくない”と判断する誤りの確率を α 、真値が μ_0 に等しくないにもかかわらず見逃す確率を β 、分析対象のばらつき(標準偏差)を σ とすれば、 δ_μ を検出する

に必要な試料の数 n は、次の式で求められる。

$$n \geq (K_{\frac{\alpha}{2}} + K_b)^2 \left(\frac{\sigma}{\delta_\mu} \right)^2$$

なお、 $K_{\frac{\alpha}{2}}$ は正規分布表から求められる値である。

また、母平均 μ の推定において、信頼率 $1 - \alpha$ の信頼区間の幅を $2 \delta_\mu$ とするために必要な試料数 n は、次の式となる。

$$n \geq (K_{\frac{\alpha}{2}})^2 \left(\frac{\sigma}{\delta_\mu} \right)^2$$

例 廃棄物中の成分 A の濃度は正規分布に従い、ばらつき $\sigma = 2.0$ (ppm) である。母平均 μ についての信頼率 95% の信頼区間の幅を 4.0 (ppm) 以内にするために必要なサンプル数 n は幾つかを次の式で求められる。

$$\begin{aligned} n &\geq (K_{\frac{\alpha}{2}} + K_b)^2 \left(\frac{\sigma}{\delta_\mu} \right)^2 = \left(K_{\frac{0.05}{2}} \right)^2 \left(\frac{2.0}{\frac{4.0}{2}} \right)^2 \\ &= 1.96^2 \times 1^2 \\ &= 3.84 \rightarrow n = 4 \end{aligned}$$

4.4.1 スtockパイルサンプリングの場合 これが最も問題のある複雑なサンプリングであるから、予備知識がない場合には 2 倍以上とるように決めている。しかし、毎回サンプリングして、様子が分かってくれば、採取個数を減らしてもよい。

4.6 水分測定用試料のサンプリング方法 サンプリングで一番難しいのが水分である。水分にはロット内で相当ばらつきが大きいし、サンプリング後、水分が変化しやすいからである。特に、水分の多い汚泥の水分を問題にするときは、特にいろいろの工夫が必要である。

5. 試料の縮分方法 大口試料から、分析試料、水分測定試料を調製するまでの縮分誤差は案外大きいものである。したがって、従来これが比較的いい加減に行われている場合が多いので、この章を十分に精読して、忠実に実行する必要がある。

5.2 粉碎の方法 粉碎機にかけると、もろい部分が先に碎けるが、この度合いを分離破碎性といい、これは粉碎の方式によって異なる。

一般に、分離破碎性と粉碎の方式との関係は、経験的に次のようにいわれている。

分離破碎性	粉碎の方式	例
↑ 小	圧縮形	ジョー、ロールクラッシャーなど
	摩砕形	サンプリングラインダーなど
↓ 大	衝撃形	ディスインテグレーターなど

一般に、もろい部分とそうでない部分とは成分的に異なる場合が多いから、分離破碎性の大きい粉碎方

式を採用すると、粒子間の成分のばらつきが大きくなる可能性があり、ひいては縮分誤差を大きくする懸念がある。試料調製においては、一般に圧縮形のもので粗砕し、摩砕形のもので微粉碎するのが適当である。しかし、一方、摩砕形のものは摩耗その他によって異物の混入のおそれがあるから、通常の硬さの摩砕機を用いてはならない。

また、ディスインテグレーターなどの衝撃形の粉砕機で試料全量を取り出すことが困難な場合には、取り出した部分と残った部分との間に差のあることがあるから、試料の量を多く（1kg以上）しておくことが望ましい。

5.3.1 縮分方法

- (1) (c)備考1.円すい四分方法や交互ショベル方法は作業者が丁寧にやれば、誤差も比較的小さくなる。しかし作業者が適当に行うと誤差は予想以上に大きくなる。縮分方法としては、人間はばらつきの大きいものであるから、誰がやってもできるだけ誤差の小さくなる方法を選ぶべきである。
- (2) 固体の場合には、縮分精度は全量通過の粒度の影響が大きい。したがって、できるだけ粉碎してから縮分する方が、精度はよくなる。

5.3.2 インクリメント縮分方法

- (1) インクリメント縮分方法は、層別サンプリングになるので、混合が不十分でもよい精度が確保でき、割、縮分比も大きく、便利な方法である。しかし、広げた試料の底部までインクリメントが捕れるように5.3.2(3)備考2.にあるように当て板を用いたり、材料の厚さを本体付表1のようにしておくことが重要である。
- (2) インクリメント縮分方法の場合、インクリメント縮分用スコップを試料全量通過の粒度によって選ぶことになっているが、実際に粒度を測定しなくとも、目で見て決めてもよい。安全をみるならば、目で見た粒度より、もう一段大きなスコップを使用すればよい。

5.3.3 二分器による方法 二分器で重要なことは、溝の幅と角 θ は試料が二分器につまらないようにするために、また、溝の数が少ないと精度が悪くなるから、できるだけ付図3に決められたものを使用する必要がある。これは日本だけでなく、ISO国際規格にもなっているものである。

5.3.4 縮分機器による方法 縮分機は、種々考案されているが、一般に使用されているものの一例を解説表2に示す。

解説表2 縮分機の一例

機 種	使用条件	
	適用粒度	縮分比
ロータリーコーン縮分機	20mm以下	15～5
スナイダー縮分機	20mm以下	20～5
スタートバント式縮分機	10mm以下	10
カスケード形縮分機	3mm以下	8
ディストリビュータ形縮分機	5mm以下	6～4
カッター形縮分機	20mm以下	40～5