

9. 塵埃の可搬式分別装置の開発

国土交通省 関東地方整備局 関東技術事務所 機械課 保坂 賢二
 ○村上 大幹
 日本下水道事業団 東日本設計センター 機械設計課 弓削 竹志

1. 開発目的

路面清掃で発生する塵埃は地域により差異はあるものの、土砂、落ち葉・枯れ草等自然ゴミ、缶・ビン・ペットボトル等で構成され、およそ80%（質量比）は土砂で占められている。このことから、塵埃回収物全体が廃棄物として処理されていたものを、土砂と廃棄物に分別できれば、土砂は発生土として有効活用が可能となり、廃棄物の容積・質量が大幅に軽減されて、処分費の縮減が可能となる。

そこで、平成17年度から2ヶ年を掛けて、処分費の縮減を図ることを目的として、可搬式の塵埃分別装置の開発を行った。図-1に可搬式塵埃分別装置の概念を示す。

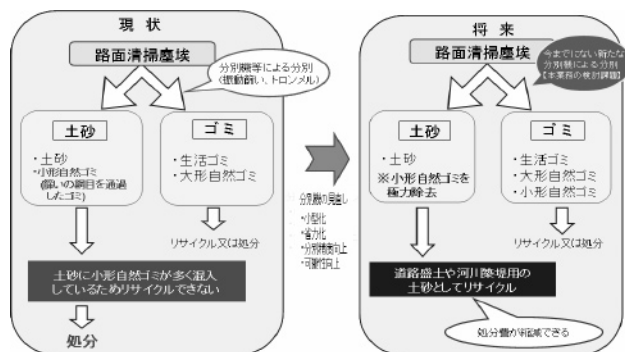


図-1 可搬式の塵埃分別装置開発の概念

2 開発概要

開発の全体計画フローを図-2に示す。

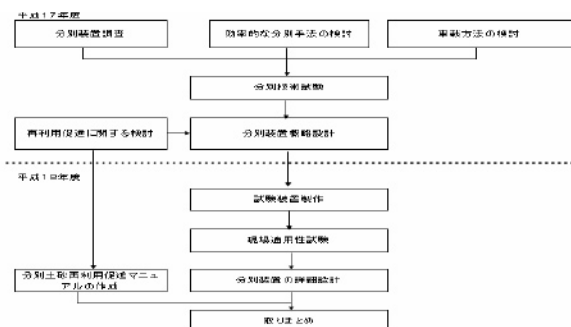


図-2 開発の全体計画フロー

2. 1 分別作業の実態調査

関東地方整備局管内における路面清掃塵埃の分別作業の実態について既存の分別装置及び分別状況の現場調査を行った。

2. 1. 1 分別装置調査

分別方法の調査結果について以下に4例を示す。

a) 事例1

振動式スクリーンを用いて、土砂とゴミに分別している。

b) 事例2

多段式ロールスクリーンが設置され、塵埃を土砂・落葉類・雑ゴミ・缶・ビン類・ガラ・コンクリート塊類に分別可能であるが、装置規模が大きく土砂の純度を高める分別には適していない。

c) 事例3

路面清掃車からダンプトラックに移す過程で、ダンプ荷台に張ったネットをスクリーンとして、清掃車からの排出でネット上に残った粗大ゴミを人力で拾い寄せる分別方法を行っていた。

d) 事例4

トロンメルを使用している。分別作業は土砂とゴミに分別し、ゴミの中のレキは人力で除去している。トロンメルは目詰まりの進行が顕著で運転可能時間は1～2時間が限度であった。

2. 1. 2 路面清掃塵埃の性状

a) 分別土砂の性状

塵埃を分別した内訳を表-1に示すが、約4%の有機物（落葉や枯れ枝等）が含まれている。また、現場で採

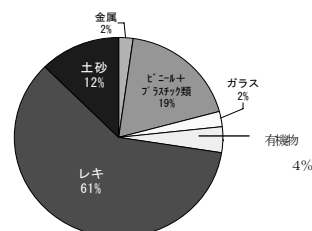
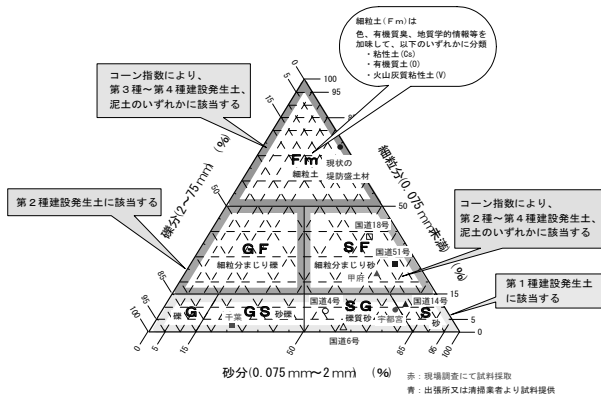


表-1 分別後ゴミ内訳

取した分別土砂の粒度分析結果を図－3に示す。



図－3 分別土砂の粒度分析結果

3. 1 分別装置基本能力

3. 1. 1 分別土砂の土質目標

分別土砂を、埋め戻し・盛土として再利用する場合、「発生土利用基準」が適用される。この基準では、コーン指数と土質材料の工学的分類体系を指標とし、第1種～第4種及び泥土に区分される。分別土砂の性状は図－3から第2種建設発生土に属し、適用用途として工作物の埋め戻し・土木構造物の裏込め・道路用盛土（路床・路体）に利用可能である。しかし、現状の分別土砂には、落葉や草木等の小型自然ゴミが多く混入し、再利用への弊害となっており極力小型自然ゴミの混入が少ないものとする必要がある。

3. 1. 2 分別装置の可搬性目標

- 分別装置は、以下の理由から可搬式とする。
- ・ 塵埃回収量により、装置を事務所あるいは出張所間でローテーションすることで稼働率が向上する。
 - ・ 装置の設置箇所を選択することで、長距離運搬の必要性が少なくなる。

なお、装置の移設にあたっては、クレーン付トラックのみで一連の作業（分解、積込、運搬、荷下、組立）を行えるものとする。

3. 1. 3 処理能力

事務所単位とした場合の処理能力を求めた。

日当り処理量（ $\text{m}^3/\text{日}$ ）

$$= \text{年間塵埃回収量（}\text{m}^3\text{）} / \text{年間運転日数（日）}$$

$$= 3,424 / 250 = 13.7 \text{ m}^3/\text{日}$$

$$\text{年間塵埃回収量：} 3,424 \text{ m}^3$$

（Y国道事務所 H15年度実績）

年間運転日数：250日（土日祝日除く）

時間当り処理量（ m^3/h ）

$$= \text{日当り処理量（}\text{m}^3/\text{日）} / \text{日運転時間（h/日）}$$

$$= 13.7 / 7.5 = 1.8 \text{ m}^3/\text{h}$$

日運転時間：7.5 h/日

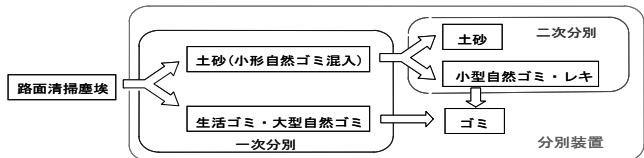
※路面清掃車の運転日当り運転時間準用

時間当り処理能力は1.8 m^3/h とする。

3. 1. 4 適用性のある分別技術

a) 分別装置の構想及び分別技術

現在使用している分別装置では、土砂に未分別の小型自然ゴミが混入しているものの、大半の大型ゴミが分別出来ていると評価した。現状の分別装置を一次分別として適用し、さらに二次分別で土砂に混入している小型自然ゴミを除去する2段階の分別処理を主たる構想とした。道路清掃塵埃の分別装置構想図を図－4に示す。



図－4 道路清掃塵埃分別装置の構想

b) 分別技術と適用性

一次分別装置に適応する技術として、篩装置（トロンメル、振動式、強震式）は従来より建設分野での実績が多い。ロールスクリーンは、装置が重く高価であることから建設分野での実績は少なかったが、近年ダム等での使用実績がある。

二次分別装置に該当する分別技術は、気流選別が主流であるが、被分別物の水分量・粒子径・密度等に制限があり、適用性のある装置は現存しない。

機械選別の種類及びそれらの組合せとして表－2に示す分別技術を考えた。

表－2 二次分別装置として適応性のある分別技術

分別技術	概要
反発式分別	土砂を壁面に衝突させ、反発の差で小型自然ゴミと土砂を分ける。
振動分別	振動で土砂表面に小型自然ゴミを浮き出させる。浮き出させるだけなので、そのゴミを除去する技術との組合せになる。
タイン方式	土砂に混入している小型自然ゴミをタイン（爪）で掻き出す。
振動分別＋気流分別	振動で土砂表面に小型自然ゴミを浮き出させ、それを風力で飛ばす。小型自然ゴミのみを効率的に飛ばすことができる。
振動分別＋タイン方式	振動で土砂表面に小型自然ゴミを浮き出させ、それをタイン（爪）で掻き出す。小型自然ゴミのみを効率的に掻き出すことができる。

c) 分別技術と試験結果

一次分別装置の要素試験結果を表－3に、二次分別装置の要素試験結果を表－4に示す。

表－3 一次分別装置試験結果

分別技術	試験結果・考察	評価
トロンメル	・分別能力はゴミの含有量に影響を受けた。・試験機には送り機能が無いため、処理能力は全体的に小さくなった。(φ1,000mm:2.6~5.0m ³ /h, φ1,500mm:6.0m ³ /h)・一次分別としては良好であり、外径1,000mm×全長2,000mmの試験機が有望である。	◎
ロールスクリーン	・小型自然ゴミの除去は不可能であった。・生活ゴミが少ない塵埃に限っては、小型化や操作性、目詰まりが無い点でトロンメルよりも実用性が高い。生活ゴミが多い場合は、攪拌不足のために分別性能が低下すると考えられる。・トロンメルの様に、篩の見開きを自由に交換して調整出来ない点が問題	×

表－4 二次分別装置試験結果

分別技術	試験結果・考察	評価
反発式分別	・分別は出来なかった。また、壁面に土砂の付着が発生した。	×
振動分別	・振動によって上にゴミ層下に土砂層の形で成層した。・3.5Hz付近におお粒現象が見られ分別性が非常に高まった。・市販の振動スクリーン等は共振点で設計されるため約1.5Hzが上限である。・搬送手段のみでなく低速搬送では土砂と小型自然ゴミの分離手段としても有効であった。	○
タイン方式	・砂を多く含む土砂の場合、自然ゴミと一緒に土砂まで掻き出され、分別は不十分であった。	△
振動分別+気流分別	・土砂の巻上り風速は粒子径によって変化したため、土砂に対しては分別風速の決定は不可能・砂粒(径3mm)の飛散によって分別が不十分・吸水木屑と土砂の密度差が小さく分別が不十分	×
振動分別+タイン方式(バースクリーン方式)	・土砂の分別状況は良好であった。・不具合の発生はなかった。	◎

試験結果から、一次・二次の分別方式は以下のとおりとした。

- ・一次分別装置(トロンメル)

現行機械の問題(目詰まり)に対しては、スクレーパー装着で解決できる。

- ・二次分別装置(振動コンベア+バースクリーン)

土砂の観察上、殆ど目的を達成したと考えられる。

3.2 効率的な分別手法の検討

上記の調査の結果、路面清掃作業の実態調査及び塵埃の性状調査等を実施し分別装置に必要な基本能力を決定した。

また、既存技術の適用性について検討及び要素試験を実施し、一次分別技術の決定及び二次分別技術の考察を行った。

決定した試験装置の仕様を表－5に示す。

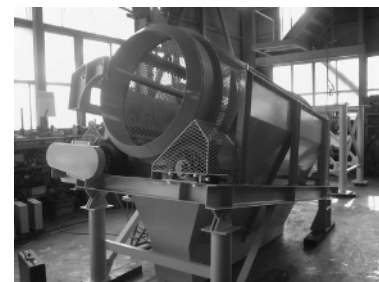
表－5 試験装置仕様

項目	仕様
処理対象物	路面清掃塵埃
処理能力	1.8m ³ /h以上
土砂の分別精度	第2種建設発生土以上
システム形式	可搬式
一次分別装置	パンチングメタル式トロンメル
二次分別装置	振動コンベア+多重振動バースクリーン

3.3 試験装置の設計、製作

a) 一次分別装置

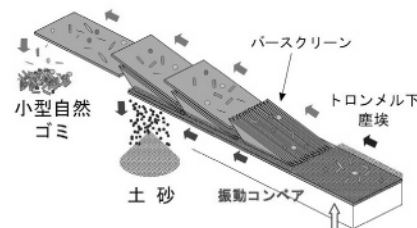
トロンメルに最適なパンチングメタル孔径を選定する目的で試験を行った。孔径



18mmでは投入回数が増大した反面、塵埃の分別精度は向上した。写真-1 トロンメル外観。孔径25mm, 36mmでは投入回数が減少したが塵埃の分別精度は低下した。分別能力と分別精度はトレードオフの関係にあるが塵埃投入回数の増大はトロンメルの大型化を招く。また、現場調査において20mmの網がトロンメルに使用されており、ほぼ良好な分別状態であることから、分別能力と分別精度の関係も考慮し、孔径25mmが妥当と考えた。要素試験結果からトロンメル直径φ1,000mm、有効長2,000mm、傾斜角は5~10°の範囲で調整可能な構造とした。トロンメルの外観を写真-1に示す。

b) 二次分別装置

二次分別装置は、振動コンベア及び多重バースクリーンで構成される。また、効



率よく分別物の図-5 二次分別装置構造受渡しを行うため、二次分別装置は一次分別装置のシュート直下に配置することとした。

装置の構造を図-5に示す。

c) 塵埃ホッパー

塵埃の引き出し方式について検討を行い、塵埃ホッパーから連続的に安定した速度によって塵埃を引き出す方法として、底側からスクリュウコンベアで引き出す

方法では、アーチングやスクリュウコンベヤの共回りにより土砂が引き出せないことが要素実験の結果より想定された。(図-6)

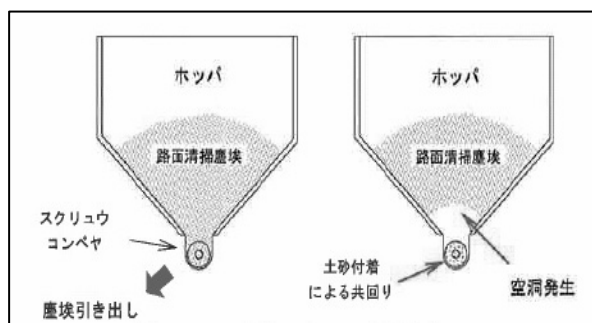


図-6 スクリュウコンベア方式
対策として、ホッパ内の塵埃表面から順次掻寄せてベルトコンベアに供給する方式(図-7)を考案した。

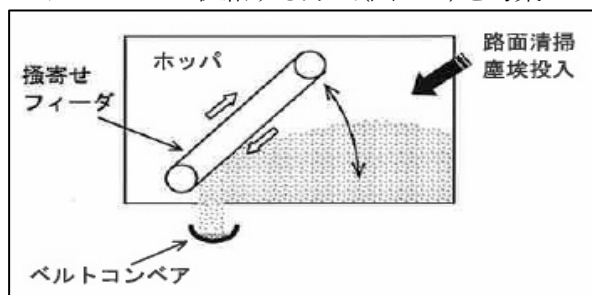


図-7 ベルトコンベアに供給する方式

3. 4 試験装置の製作仮設

試験装置を製作し現場適用性試験場所であるC国道事務所車両基地内に仮設した。(写真-2)

3. 5 現場適用性試験

3. 5. 1 供試路面清掃塵埃

以下の塵埃をそれぞれ約2～3m³、計約18m³を搬入し、分別を行った。

- ① 砂分が多い塵埃(首都圏)：1月回収

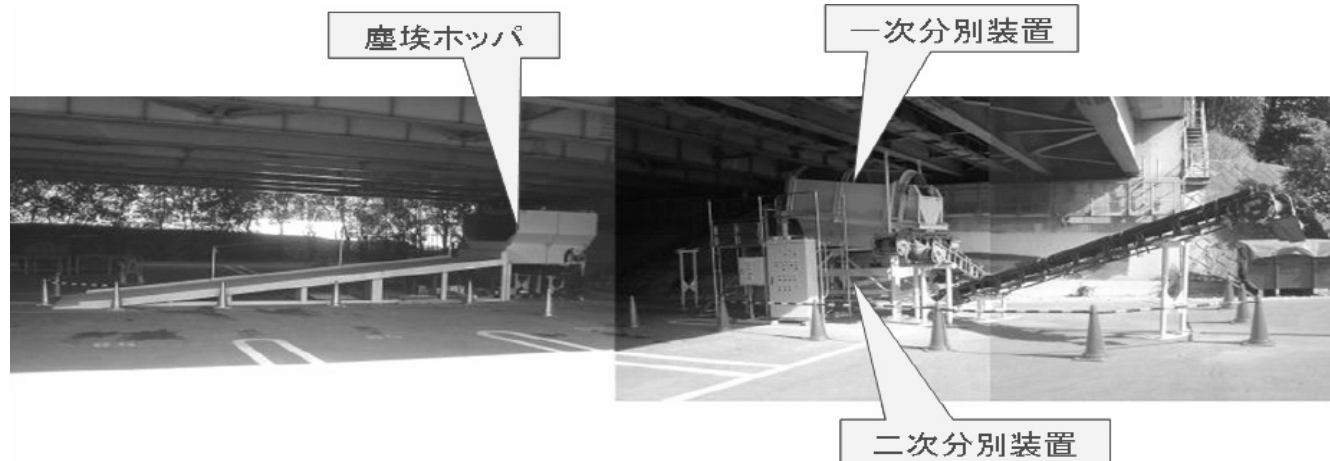


写真-2 試験装置設置状況

- ② 泥分が多い塵埃(地方部)：10月回収, 12月回収, 2月回収

- ③ 中間的な粒度分布の塵埃(地方都市)：11月回収, 1月回収

3. 5. 2 分別精度

回収した塵埃と分別精度の評価について表-6に、分別されたゴミ、土砂の写真を写真3～4に示す。

表-6 供試塵埃と分別精度の評価

供試塵埃の性状		一次分別精度	二次分別精度
砂分が多い [首都圏]	付着性低い	○	○
	付着性高い	○	×
泥分が多い [地方部]	付着性低い	○	○
	付着性高い	○	×
中間的な粒度分布 [地方都市]	付着性低い	○	○
	付着性高い	○	×



写真-3 砂分が多い塵埃(首都圏)

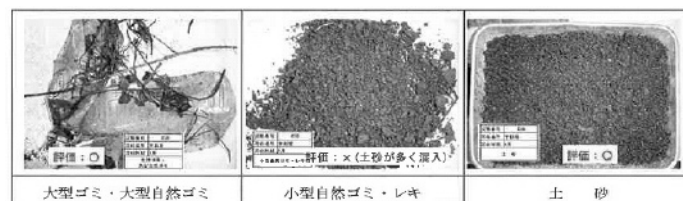


写真-4 中間的な粒度分布の塵埃(地方都市)

付着性の低い塵埃分別精度は良好であるが、含水率が高く付着性の高い塵埃の場合、二次分別装置において目詰まりが発生し、分別精度が悪くなる結果となった。

3. 5. 3 分別能力

分別精度を落とさずに目標値である1.8m³/hを概ねクリアできた。

さらに処理速度を高めた場合は、二次分別装置でオーバーロードとなり、分別精度が著しく低下する結果となった。

3. 5. 4 装置の動作および使用状況

装置の動作及び使用状況を表－7に示す。

表－7 装置の動作及び使用状況

箇所	項目	適用性に 関する評価	不具合の内容
塵埃ホップ、 表面掻寄せフ ィーダ	ホップと車両の干渉	○	4tダンプによる表入では、ダンプのパンパや荷台のアオリとホップが干渉したため、改造を行い解決した。
	定量供給	○	
	供給量制御	○	
	メンテナンス性	○	
一次分別装置	トロンメルの目詰まり	○	
	シュートへのゴミ貼りによる土砂付着対策	－	乗板壁面よりも塵埃が多く付着したが、長時間の運転では自然落下が期待される。(未確認) 本試験では、付着量が少ないので対策効果が発揮されなかった。
	メンテナンス性	○	
二次分別装置	搬送面の塵埃付着	×	付着性の高い塵埃では搬送面に付着した。
	搬送面からの荷こぼれ	○	
	バースクリーンの目詰まり	×	付着性の高い塵埃では目詰まりが発生した。
	メンテナンス性	○	
ベルトコンベア	荷こぼれ	○	
	荷すべり	○	
	ベルトへの塵埃付着	△	付着性の高い塵埃は、ベルトへの塵埃付着や、これらの落下によって、地面の汚れが発生した。
操作盤	操作性	○	
その他	騒音	△	バースクリーン第3案では、やや騒音が大きい
	振動	○	
	粉塵	○	

3. 6 仕様書案作成

現場適用性試験結果を踏まえ、実用機の仕様書案作成を行った。表－8に主要諸元を示す。

表－8 装置の主要諸元

分別処理対象物	関東地整管内 路面清掃塵埃
分別処理能力	1.8m ³ /h以上
分別内容	a. 土砂(ゴミが目視できない程度) 土質目標：第2種建設発生土 b. ゴミ(生活ゴミ、自然ゴミ)
システム形式	可搬式
塵埃ホップ	表面掻寄せフィーダ式塵埃ホップ
一次分別装置	パンチングメタル式トロンメル
二次分別装置	振動コンベア+多重バースクリーン またはロールスクリーン

3. 7 作業歩掛

仮設作業の歩掛を基に作成した分別装置組立歩掛

表－9 分別装置組立歩掛(1箇所当たり)

項目		単位	数量
人員	世話役	人	1.0
	設備機械工	人	1.3
	電工	人	4.0
トラック(クレーン付)運転		h	5.3

を表－9に示す。なお、運転歩掛については、簡単なスイッチ操作で運転可能であることから、運転操作の作業員は計上しないものとした。

3. 8 二次分別装置についての追加試験

多重バースクリーンの目詰まりの問題に対し、目詰まりに強いと考えられるロールスクリーンについて分別精度の確認試験

を行った。

塵埃含水率12.

5%以下の条件に

おいては、良好な分

別性能であり、二次

分別装置として有

効であることが認

められた。(写真－5)



写真－5 ロールスクリーン

また、試験装置からの変更点は以下の通りとなった。

① 塵埃ホップを傾斜させて投入口側を下げ、4tダンプトラック等で塵埃を確実に投入できるようにした。

② 二次分別装置として、振動コンベア+多重バースクリーンの他に、ロールスクリーンを選択肢として追加した。

③ 生活ゴミ、大型自然ゴミ、小型自然ゴミを脱着式コンテナに排出できるようにした。

3. 9 再利用促進に関する検討

分別された土砂(以下「路面清掃発生土」という)について、粒度分析やコーン指数測定の結果、粒度組成が「発生土利用基準」第2種建設発生土以上に適合し、溶出試験および含有試験においても問題はないことを確認した。また、強熱減量の分析結果から、建設発生土として道路盛土や河川築堤等に再利用できる可能性があることから、試験盛土等による信頼性の裏付けが必要となった。

また、さらなる路面清掃発生土の活用案として、J A C I Cが管理する建設副産物及び発生土の情報交換システムに路面清掃発生土の情報を加えて運用することが考えられる。なお、路面清掃発生土をこれらのシステムで活用可能とするためには、時期、場所による発生量の調査を行う必要がある。

