

# 重金属不溶化下水汚泥焼却灰入り アスファルト混合物について

大矢昌樹<sup>(※)</sup> 松本昌之<sup>(※※)</sup>  
山本幸人<sup>(※※※)</sup>

## 1. はじめに

近年、下水道は快適な生活環境の確保に不可欠な施設として、自然環境の保全と人々の生活環境の改善を目的に年々普及率が高まった。その結果、汚泥の量も増加する一方である。

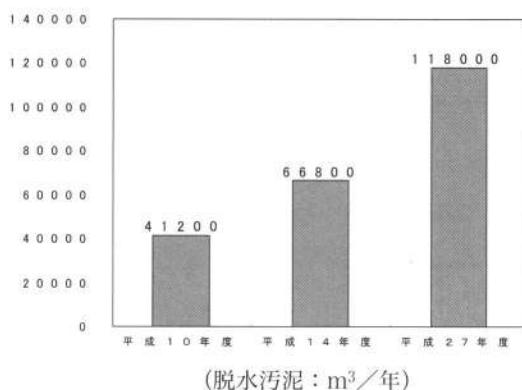


図1 石川県全体の下水汚泥発生量

下水汚泥を処理する過程で、焼却処理することが減量化に有効な手段として考えられているが、焼却処理した際に発生する下水汚泥焼却灰は、重金属類による環境安全面の問題等により有効利用がなされず、埋立場で最終処分されているのが現状である。しかし、埋立場の残余年数もわずかとなってきていることから、下水汚泥焼却灰の有効利用が急務となってきた。

そこで、下水汚泥焼却灰の性状が、アスファルト混合物に用いるフィラーとほぼ同等であることから、下水汚泥焼却灰をフィラーの一部とし、下水汚泥焼却灰中の重

金属類を不溶化（安定処理）させた重金属不溶化下水汚泥焼却灰入りアスファルト混合物（以下、リビルドアスコン）として実用化することによって、資源循環型社会に寄与できると考えた。

表1 下水汚泥焼却灰の基本性状

項目	一般的なフィラー	下水汚泥焼却灰	目標値
ふるい目 過 600 $\mu$ mm	100	100	100
過 300 $\mu$ mm	100	98.7	---
質 150 $\mu$ mm	94.9	85.9	90~100
量 75 $\mu$ mm	80.2	53.8	70~100
密度試験	2.710	2.530	---
フロー試験	26~32	115.0	50以下

## 2. リビルドアスコン実用化の課題

### 2. 1 下水汚泥焼却灰の環境安全面と品質面

#### 2. 1. 1 下水汚泥焼却灰の重金属不溶化処理

下水汚泥焼却灰の環境安全面に対する評価は、溶出試験を実施し、環境省の定める「土壤の汚染に係る環境基準」を満足するか否かを基に評価する。溶出試験の結果、ヒ素、セレンが基準値をオーバーしていることが分かった。

そこで、これらの重金属の溶出を防ぐため、研究・開発を重ね、下水汚泥焼却灰とキレート剤（薬剤）を混練する「キレート処理」技術を確立した。処理後の下水汚泥焼却灰（以下、重金属不溶化焼却灰）は、全項目において基準値以下であり、環境安全面を確保している。

また、溶出試験とともに、リサイクル材料の環境安全面の評価基準とされる、有害物の含有量による評価方法

(※) 株式会社 生産部 生産係長

(※※) " 生産部 工場長

(※※※) " 総務部 企画課係長

(2)

表2 下水汚泥焼却灰の溶出試験結果

分析項目	基準値	測定値	分析項目	基準値	測定値
カドウミウム	0.01	<0.001	1,2-ジクロロエタン	0.004	<0.0004
シアノ化合物	不検出	不検出	1,1-ジクロロエチレン	0.02	<0.002
有機りん化合物	不検出	不検出	シス1,2-ジクロロエチレン	0.04	<0.004
鉛	0.01	<0.005	1,1,1-トリクロロエタン	1.00	<0.0005
六価クロム化合物	0.05	<0.01	1,1,2-トリクロロエタン	0.006	<0.0006
ヒ素	0.01	0.04	1,3-ジクロロプロパン	0.002	<0.0002
水銀	0.0005	<0.0005	ベンゼン	0.01	<0.001
アルキル水銀	不検出	不検出	四塩化炭素	0.002	<0.0002
トリクロロエチレン	0.03	<0.002	シマジン	0.003	<0.0003
チオベンカルブ	0.02	<0.002	ジクロロメタン	0.02	<0.002
テトラクロロエチレン	0.01	<0.0005	セレン	0.01	0.28
チウラム	0.006	<0.0006	PCB	不検出	不検出
基準値：土壤の汚染に係る環境基準値(mg/l)					

表3 重金属不溶化下水汚泥焼却灰の溶出試験結果

分析項目	基準値	測定値	分析項目	基準値	測定値
カドウミウム	0.01	<0.001	1,2-ジクロロエタン	0.004	<0.0004
シアノ化合物	不検出	不検出	1,1-ジクロロエチレン	0.02	<0.002
有機りん化合物	不検出	不検出	シス1,2-ジクロロエチレン	0.04	<0.004
鉛	0.01	<0.005	1,1,1-トリクロロエタン	1.00	<0.0005
六価クロム化合物	0.05	<0.01	1,1,2-トリクロロエタン	0.006	<0.0006
ヒ素	0.01	<0.005	1,3-ジクロロプロパン	0.002	<0.0002
水銀	0.0005	<0.0005	ベンゼン	0.01	<0.001
アルキル水銀	不検出	不検出	四塩化炭素	0.002	<0.0002
PCB	不検出	不検出	シマジン	0.003	<0.0003
トリクロロエチレン	0.03	<0.002	ジクロロメタン	0.02	<0.002
チオベンカルブ	0.02	<0.002	セレン	0.01	0.007
テトラクロロエチレン	0.01	<0.0005	フッ素	0.80	0.06
チウラム	0.006	<0.0006	ホウ素	1.00	<0.1
基準値：土壤の汚染に係る環境基準値(mg/l)					

(含有量試験)においても、全項目において基準値以下であり、環境安全面を確保している。

## 2. 1. 2 重金属不溶化焼却灰の品質面

重金属不溶化焼却灰をアスファルト混合物製造時に使用するフィラーの一部とした際の品質面においては、(社)日本道路協会の定めるフィラーとしての品質を十分に満足している。

## 2. 2 リビルドアスコンの品質面

リビルドアスコン、リビルドアスコン(カラー)のマーシャル安定度試験結果により、各特性値において一般のアスファルト混合物と同程度である。

また、高温時におけるアスファルト混合物の耐流動性を評価する指標である動的安定度においても、ホールトラッキング試験の結果、一般の混合物と同様に規格値を満足している。

リビルドアスコン(カラー)においては、焼却灰の地色(茶系色)をカラー合材製造時に用いる顔料(着色材)として活用することにより、高価な顔料の節約が可能となり、コスト縮減となる。

## 2. 3 リビルドアスコンの環境安全面

リビルドアスコンの環境安全面に対する評価は、溶出試験を実施し、環境省の定める「土壤の汚染に係る環境基準」を満足するか否

かを基に評価する。溶出試験の結果、全項目において基準値以下となり、環境安全性に問題ない。

表4 重金属不溶化下水汚泥焼却灰の含有量試験結果

分析項目	基準値	測定値	分析項目	基準値	測定値
カドミウム	150以下	3.4	水銀	15以下	0.02
シアン	50以下	1	セレン	150以下	0.2
鉛	150以下	51	フッ素	4000以下	190
六価クロム	250以下	2	ホウ素	4000以下	22
ヒ素	150以下	14			
基 準 値 : 土壌汚染対策法による基準値(mg/kg)					

表5 重金属不溶化下水汚泥焼却灰入りフィラー

項目 ふるい目	重金属不溶化焼却灰 入りフィラー	目標値
通	600 $\mu$ mm	100
過	300 $\mu$ mm	98.7
質	150 $\mu$ mm	90.5
量	75 $\mu$ mm	76.4
比重試験	2.664	-----
加熱変質性試験	変化なし	変化なし
フロー値	45.3	50以下
浸水膨張率試験	0.0	3以下
剥離抵抗性試験	変化なし	1/4以下
P I	N P	4以下



図2 カラー合材施工直後

### 3. リビルドアスコンの追跡調査結果

#### 3. 1 試験舗装概要

- (1)施工日 : 平成17年5月下旬
- (2)施工場所 : 金沢市円光寺, 観音堂地内
- (3)全施工面積 : 約2500m<sup>2</sup>

表6 マーシャル安定度試験結果

混合物名	OAC (%)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (KN)	フロー値 (cm)
一般的な透水性カラー合材	4.5	1.925	21.8	28.3	3.99	24
リビルドアスコン(カラー) 透水性カラー合材	4.7	1.928	21.4	29.6	3.68	23
規 格 値	—	—	—	3.43以上	20~40	

混合物名	OAC (%)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (KN)	フロー値 (cm)
密粒(13F)再生30%	6.1	2.332	3.8	78.3	12.36	30
リビルドアスコン 【密粒(13F)再生30%】	6.3	2.326	3.7	79.2	11.31	28
規 格 値	—	3~5	75~85	4.90以上	20~40	

表7 ホイールトラッキング試験結果 (回/mm)

混合物名	通常合材	焼却灰入り合材	規格値
密粒度Ac(20F) 改質II型	5250	4410	1500 以上
密粒度Ac(13F) 改質II型	5730	6770	
密粒度Ac(20FH) 改質II型	5730	7590	3000 以上

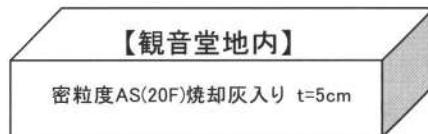
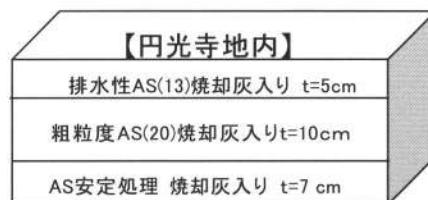


図3 追跡調査区間舗装構成 (円光寺, 観音堂)

(4)全使用合材量 : 約230t (焼却灰使用量は6.3t)

(5)追跡調査面積 : 【観音堂】340m<sup>2</sup> 【円光寺】195m<sup>2</sup>

#### 3. 2 追跡調査結果

本現場における追跡調査は、施工後約1年間、「道路」として供用された状態で、MCI (維持管理指数) 評価

表8 リビルドアスコンの溶出試験結果

分析項目	基準値	測定値	分析項目	基準値	測定値
カドミウム	0.01	<0.001	1,2-ジクロロエタン	0.004	<0.0004
シアン化合物	不検出	不検出	1,1-ジクロロエチレン	0.02	<0.002
有機りん化合物	不検出	不検出	シス1,2-ジクロロエチレン	0.04	<0.004
鉛	0.01	<0.005	1,1,1-トリクロロエタン	1.00	<0.0005
六価クロム化合物	0.05	<0.01	1,1,2-トリクロロエタン	0.006	<0.0006
ヒ素	0.01	<0.005	1,3-ジクロロプロパン	0.002	<0.0002
水銀	0.0005	<0.0005	ベンゼン	0.01	<0.001
アルキル水銀	不検出	不検出	四塩化炭素	0.002	<0.0002
PCB	不検出	不検出	シマジン	0.003	<0.0003
トリクロロエチレン	0.03	<0.002	ジクロロメタン	0.02	<0.002
チオベンカルブ	0.02	<0.002	セレン	0.01	<0.002
デトラクロロエチレン	0.01	<0.0005	フッ素	0.80	<0.05
チウラム	0.006	<0.0006	ホウ素	1.00	<0.1
基 準 値 : 土壌の汚染に係る環境基準値(mg/l)					

によるAS舗装性能試験及びAS舗装溶出試験を実施した。

調査の結果、AS舗装性能試験においては、円光寺及び観音堂とともに8以上と良好な値を示し、また、AS舗装溶出試験においても全項目で基準値以下となり、「道路」としての供用性及び環境安全性に問題はなかった。

#### 4. おわりに

研究・開発してきたキレート処理技術並びにリビルドアスコンは資源循環型社会の構築、石川県環境総合計画

における下水汚泥のリサイクル率の向上にも寄与できると自負している。今後とも品質、安全、コスト面及び「道路」としての供用性評価に配慮し、また重金属不溶化下水汚泥焼却灰の他の建設資材への利用も視野に入れ、取り組んでいきたいと思う。

謝辞：キレート処理技術並びにリビルドアスコン舗装試験施工に御協力頂いた金沢市環境技術顧問、金沢市環境総務課、金沢市企業局ならびに関係各位には改めて敬意を表する次第である。

表9 リビルドアスコンの溶出試験結果

分析項目	単位	基準値	観音堂地内		円光寺地内	
			H17.9.26	H18.2.13	H17.9.21	H18.2.14
カドウミウム	mg/1	0.01	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
シアン	mg/1	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
有機りん	mg/1	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
鉛	mg/1	0.01	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
六価クロム	mg/1	0.05	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
砒素	mg/1	0.01	< 0.005	0.005	< 0.005	0.005
水銀	mg/1	0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
アルキル水銀	mg/1	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
P C B	mg/1	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
ジクロロメタン	mg/1	0.02	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002
四塩化炭素	mg/1	0.002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002
1, 2-ジクロロエタン	mg/1	0.004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004
1, 1-ジクロロエチレン	mg/1	0.02	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002
シス-1, 2-ジクロロエチレン	mg/1	0.04	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004
1, 1, 1-トリクロロエタン	mg/1	1.00	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
1, 1, 2-トリクロロエタン	mg/1	0.006	< 0.0006	< 0.0006	< 0.0006	< 0.0006
トリクロロエチレン	mg/1	0.03	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002
テトラクロロエチレン	mg/1	0.01	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
1, 3-ジクロロプロペン	mg/1	0.002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002
チウラム	mg/1	0.006	< 0.0006	< 0.0006	< 0.0006	< 0.0006
シマジン	mg/1	0.003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003
チオベンカルブ	mg/1	0.02	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002
ベンゼン	mg/1	0.01	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
セレン	mg/1	0.01	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002
ふつ素	mg/1	0.80	0.24	< 0.05	0.15	< 0.05
ほう素	mg/1	1.00	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1

On the asphalt mixture with sewage sludge incinerated ash which stabilized heavy metal

Masaki OYA, Masayuki MATSUMOTO,  
Yukihito YAMAMOTO