

## 【調査報告】

## し尿処理施設焼却炉のばいじん排出に関する事例について

Notes Report on The Emission of Ash from Incinerators of Night Soil Treatment Facilities

印藤 彰\*

Akira INTO\*

## 1. はじめに

大気汚染防止法が平成10年4月に改正され、ばいじんの排出規制において標準酸素濃度補正の適用猶予の撤廃や基準値の強化が行われている。し尿処理施設においては、し渣や汚泥を焼却するための焼却炉が設置されており、その焼却炉については規模が極く小さい施設に設置されるものを除いては大気汚染防止法に基づく廃棄物焼却炉に該当し、今回の強化された基準値の適用を受けることになる。

しかし、し尿処理施設の焼却炉からの排ガス中のばいじん排出状況については、これまでにまとまった報告がなく、現状のばいじん排出状況や規制強化への対応策などが明確にされていない状況にある。

そこで、当センターで行ったし尿処理施設の性能検査時における測定結果を基に施設の処理方式別、集じん器の型式別等のばいじんの排出状況を整理するとともに、今後の規制強化に対する既設設備の対応について考察を試みる。

## 2. し尿処理施設の焼却炉におけるばいじんの規制基準

し尿処理施設の焼却炉は、火格子面積が2 m<sup>2</sup>以上若しくは焼却能力が200kg/h以上の場合には大気汚染防止法に基づく廃棄物焼却炉に該当し、表1に示す規制基準が適用されることになる。

表1 廃棄物焼却炉に係るばいじんの排出基準

(単位: g/m<sup>3</sup>N)

廃棄物の処理能力	新設 (特別排出基準も同じ)	既 設		備 考
	H10.7~	~H12.3	H12.4~	
4 t/h 以上	0.04	0.15	0.08	酸素 12%換算値 (H10.7より適用)
2 t/h~4 t/h 未満	0.08	0.50	0.15	
2 t/h 未満	0.15	0.50	0.25	

## 3. 調査対象施設の概要

## 1) 処理方式と焼却炉能力

施設としては、これまでに当センターで行ったし尿処理施設の性能検査の内、平成元年以降を調査対象とした。処理方式別の施設数は表2に示すとおり標準脱窒素処理施設(標脱): 8施設、高負荷脱窒素処理施設(高負荷): 8施設、膜分離

高負荷脱窒素処理施設(膜分離): 11施設の計27施設である。これらの施設の平均規模は標脱: 120kl/日、高負荷: 77kl/日、膜分離: 77kl/日である。

また、焼却炉能力については、標脱と膜分離に1ヶ所ずつ2,000kg/hを越えるものがあるが、それ以外は2,000kg/h未満の小規模焼却炉である。特に、高負荷では小規模焼却炉が多く見られる。

\* (財)日本環境衛生センター西日本支局環境工学部  
Dept. of Environmental Engineering, West Branch, JESC

表 2 処理方式別施設概要

処理方式	試料数	施設規模(kl/日)			焼却炉能力(kg/h)		
		平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値
標 脱	8	120	350	15	1,035	3,594	120
高負荷	8	77	150	11	573	1,065	190
膜分離	11	77	150	25	965	2,100	233
全 体	27	90	350	11	870	3,594	120

表 3 処理方式別焼却炉、集じん器の型式

(箇所)

処理方式	焼却炉			集じん器の型式				
	円形炉*	流動床炉	計	サイクロン	マルチ	EP	バグ	計
標 脱	6	2	8	1	5	2		8
高負荷	8		8	2	6			8
膜分離	7	4	11		8	2	1	11
全 体	21	6	27	3	19	4	1	27

\*円形炉：単段式攪拌装置付円形炉

2) 焼却炉と集じん器の型式

調査対象施設の焼却炉と集じん器の型式は表3のとおりである。焼却炉の型式では、円形炉が各方式とも採用されており、その割合は全体の80%程度となっている。残りは流動床炉であり、膜分離での採用が比較的多い。

また、集じん器の型式では、マルチサイクロン(マルチ)が各方式に採用されており、その割合は全体の70%程度を占めている。集じん性能が高い電気集じん器(EP)やバグフィルタ(バグ)の採用は少ない。

一方、焼却炉と集じん器の組み合わせは表4のとおりであり、円形炉にはマルチが採用されるケースが多く、その割合は90%程度に達している。これに対し流動床炉ではEPの採用が最も多く、その他は1例ずつである。

表 4 焼却炉型式と集じん方式の関係

(箇所)

焼却炉型式	サイクロン	マルチ	EP	バグ	計
円形炉	2	18	1		21
流動床炉	1	1	3	1	6
計	3	19	4	1	27

3) 焼却物の内容

ばいじん測定時の焼却物の内容は表5に示すとおりであり、し渣+乾燥汚泥の焼却が各方式とも最も多く、次いで膜分離におけるし渣の専焼とし渣+脱水汚泥の焼却がそれぞれ3例ずつである。

表 5 処理方式別焼却対象物の内容

(箇所)

処理方式	焼却物の内容			計
	し渣のみ*	し渣+脱水汚泥	し渣+乾燥汚泥	
標 脱	0	1	7	8
高負荷	1	1	6	8
膜分離	3	3	5	11
全 体	4	5	18	27

\*汚泥は乾燥又はコンポスト化により資源化

4. ばいじん測定結果

し尿処理施設の焼却炉の排ガス中のばいじん濃度については、施設の処理方式や集じん器の型式、焼却物との係わりが深いため、処理方式別、集じん器の型式別及び焼却物の相違によるばいじん測定結果を以下に示す。

## 1) 処理方式別のばいじん測定結果

処理方式別のばいじん測定結果は、表6のとおりであり、標脱については8施設中、1施設が現基準値(0.5g/m<sup>3</sup>N[O<sub>2</sub>12%換算値])を上回っているが、これを除くと今後の既設焼却炉(2t/h未満)の強化基準値(0.25g/m<sup>3</sup>N[O<sub>2</sub>12%換算値]、以下同様)に対し満足する結果となっている。

また、高負荷の測定結果については、一部、O<sub>2</sub>12%換算値の不明な施設があるが、既設焼却炉の現基準値及び今後の強化基準値に対し満足する結

果となっている。

一方、膜分離の測定結果については、平均値で他の2方式に比べ3倍程度の上昇が見られ、強化基準値を上回る結果となっている。

## 2) 集じん器の型式別のばいじん測定結果

集じん器の型式別のばいじん測定結果は表7に示すとおりであり、12%換算値の平均値はサイクロンで0.25g/m<sup>3</sup>N、マルチで0.23g/m<sup>3</sup>N、EPで0.16g/m<sup>3</sup>N、バグで0.01g/m<sup>3</sup>Nとなっており、集じん器の性能に即した結果が得られている。

表6 処理方式別のばいじん測定結果

処理方式	ばいじん [12%換算前] (g/m <sup>3</sup> N)				ばいじん [12%換算値] (g/m <sup>3</sup> N)			
	試料数	平均値	最大値	最小値	試料数	平均値	最大値	最小値
標脱[全体]	8	0.08	0.35	0.01	8	0.13	0.51	0.01
[サイクロンを除く]	7	0.04	0.073	0.01	7	0.07	0.13	0.01
高負荷	8	0.07	0.2	0.005	7	0.10	0.21	0.03
膜分離	11	0.13	0.4	0.01	11	0.34	0.59	0.01
全体	27	0.10	0.4	0.01	26	0.21	0.59	0.01

\* 定量下限以下は定量下限値 (0.01g/m<sup>3</sup>N) にて集計

表7 集じん器型式別のばいじん測定結果

処理方式	ばいじん [12%換算前] (g/m <sup>3</sup> N)				ばいじん [12%換算値] (g/m <sup>3</sup> N)			
	試料数	平均値	最大値	最小値	試料数	平均値	最大値	最小値
サイクロン	3	0.16	0.35	0.05	3	0.25	0.51	0.09
マルチサイクロン	19	0.10	0.4	0.005	18	0.23	0.59	0.01
電気集塵器	4	0.05	0.14	0.01	4	0.16	0.53	0.01
バグフィルター	1	0.01	—	—	1	0.01	—	—
全体	27	0.10	0.35	0.005	26	0.21	0.59	0.01

\* 定量下限以下は定量下限値 (0.01g/m<sup>3</sup>N) にて集計

## 3) 処理方式と集じん器の型式別のばいじん濃度の関係

処理方式と集じん器の型式別のばいじん濃度の関係を示すと次のとおりとなる(図1)。

① 標脱については、流動床炉とサイクロンを組み合わせたケースに今後の強化基準値を上回る場合があるが、これ以外の円形炉とマルチ又はEPを組み合わせたケース、流動床炉とEPを組み合わせたケースはいずれも強化基準値を満足する結果が得られている。

② 高負荷については、焼却炉の型式が円形炉のみであるが、集じん器の型式を問わず強化基準値を満足する結果が得られている。

③ 膜分離でのばいじん濃度は集じん器にバグを採用しているケース以外はいずれも高濃度となっており、強化基準値に対する適合率は円形炉とマルチを組み合わせたケースで30%程度、流動床炉とEPを組み合わせたケースで50%程度となっており、標脱や高負荷に比べマルチでの適合率がかなり低い状況となっている。

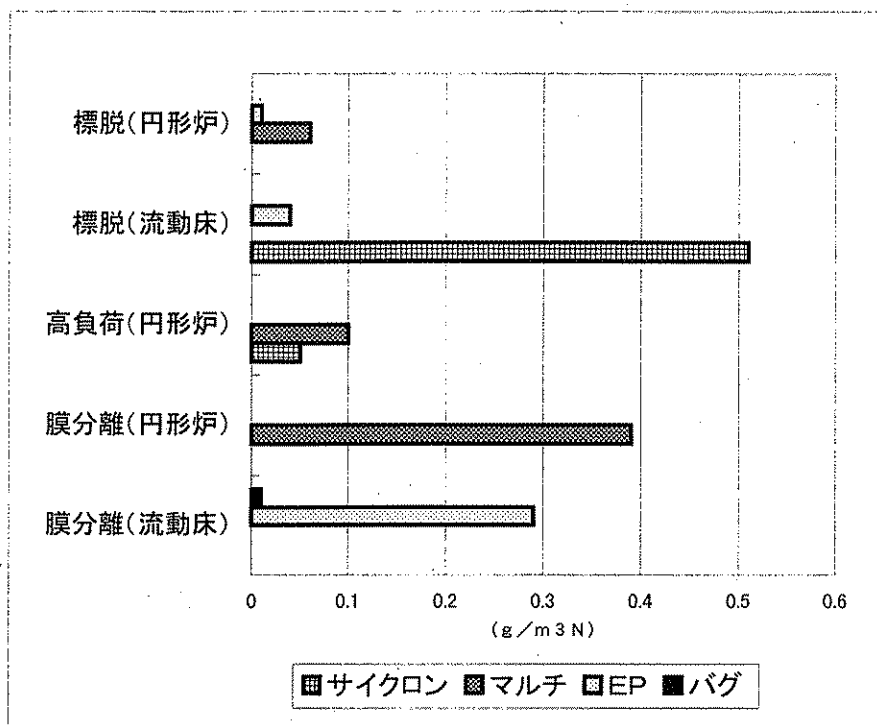


図1 処理方式と集じん器型式別のばいじん濃度

表8 焼却物の相違によるばいじん測定結果

(単位: g/m³N [12%換算値])

焼却物 処理方式	し渣専焼				し渣+脱水汚泥				し渣+乾燥汚泥			
	試料数	平均値	最大	最小	試料数	平均値	最大	最小	試料数	平均値	最大	最小
標 脱	—	—	—	—	1	0.51	—	—	7	0.07	0.13	0.01
高負荷	1	0.21	—	—	1	0.02	—	—	5	0.10	0.15	0.03
膜分離	3	0.53	0.6	0.4	3	0.19	0.53	0.01	5	0.31	0.45	0.16
全 体	4	0.45	0.6	0.21	5	0.22	0.53	0.01	17	0.15	0.45	0.01

\* 定量下限以下は定量下限値 [0.01g/m³N] にて集計

表9 焼却物と集じん器の組み合わせ件数

(箇所)

焼却物 処理方式	し渣専焼			し渣+脱水汚泥			し渣+乾燥汚泥		
	マルチ	EP	バグ	マルチ	EP	バグ	マルチ	EP	バグ
標 脱	—	—	—	1	—	—	5	2	—
高負荷	1	—	—	1	—	—	5	—	—
膜分離	3	—	—	—	2	1	5	—	—

\* マルチにはサイクロンを含む

4) 焼却物の相違によるばいじん測定結果

焼却物の相違によるばいじんの測定結果は表8に示すとおりであり、試料数に違いがあるが、し渣専焼時のばいじん濃度が高い傾向が伺える。これは膜分離でのし渣専焼時とし渣+乾燥汚泥混焼時のばいじん濃度が、それぞれ0.53g/m³N、

0.31g/m³Nとなっていることからわかる。

一方、膜分離以外の2方式ではし渣と乾燥汚泥の混焼が大半であり、集じん器には概ねマルチを採用しているが、ばいじん測定結果は強化基準値を満足する結果が得られている(表9)。

## 5. ばいじん排出量についての考察

し尿処理施設の焼却炉における焼却物はし渣と汚泥に大別されるため、この両者の発生量や性状がばいじん排出量に影響を与える要因について以下に考察する。

### 1) し渣の発生量と性状

し渣は収集し尿等から除去されたプラスチック類や繊維類などが主体であり、通常、夾雑物と呼ばれている。その除去方法としては、処理方式により相違が見られ、標脱や高負荷の場合にはし尿中の夾雑物を破砕機により20mm以下<sup>1)</sup>に切断した後、1mm目のスクリーンにより除去し、その除去されたし渣をスクリープレスにより脱水する方式が採用されている。この結果、形状は1～20mm程度の大きさで、水分は60%程度となる。

これに対し、膜分離では膜の閉塞防止を図るために、し尿中の夾雑物を微細目スクリーン(0.7mm<sup>2)</sup>)や、上記の1mm目のスクリーンの後に遠心分離機を設置して除去する方式が採用されている。この結果、形状は他の2方式に比べて細くなり、発生量も多くなる。また、水分は遠心分離機の有無により60～80%程度に変動することになる。

これらのことから、膜分離での焼却物としては形状の細小化や水分の変動などが特徴として揚げられ、この特徴が燃焼時の排ガス中の粉じんに影響を及ぼすものと予測され、表8に示したし渣専焼時の高負荷と膜分離のばいじん濃度の相違を裏付ける要因とも考えられる。

### 2) 汚泥の発生量と性状

し尿処理汚泥は生物処理汚泥と凝集分離汚泥とに区分され、このうち前者は処理対象し尿の性状や処理水のSS濃度に左右されるが、後者は処理方式による相違がなく、その発生量は単位し尿当たりの固形物換算値で2kg/k<sup>3)</sup>とされている。この点から膜分離では前処理工程に高効率型の夾雑物除去装置を設置しているため、他の2方式に比べ処理対象し尿の性状が希薄となり汚泥発生量が少なくなるものと考えられる。

一方、し尿処理汚泥の焼却時の性状は脱水後直接焼却する場合と、脱水後乾燥して焼却する場合

で異なる。このうち、脱水後直接焼却する場合は、脱水機の機種により汚泥の水分が75～85%程度となっている。また、汚泥を乾燥して焼却する場合には、汚泥の性状が自然可能な水分(30%以下)となっている。

この汚泥の性状の相違がばいじん濃度に及ぼす影響については不明であるが、上記のし渣と混焼する場合には、膜分離では他の2方式に比べし渣量が多く、その性状のばらつきも大きくなることからばいじん発生量の変動が生じやすいものと考えられる。

## 6. ばいじん規制強化への対応

し尿処理施設の焼却炉から発生するばいじんについては、焼却物の内容や性状により発生量が相違し、また変動が生じやすいものと考えられるため、各施設ごとの排出条件に適した対策を講じることになるが、ここでは維持管理を主体とする対応と集じん器の設置又は改善を図る対応に分けて以下に述べる。

### 1) 維持管理上の対応

ばいじんは、し渣や汚泥の焼却時に焼却炉から排出される飛灰やそれらが機器類に堆積したものであることから、その発生量は機器類の清掃やし渣、乾燥汚泥の水分調整、焼却炉の運転条件の適正化等によりある程度は抑制できるものと考えられる。

その具体的な方策としては、次の点が上げられる。

- ① し渣や乾燥汚泥の水分をそれぞれ60%、30%程度に調整する。
- ② 集じん器、熱交換器、脱臭炉等の内部清掃を定期的に行い、堆積飛灰の除去に努める。
- ③ 焼却炉内に焼却灰が通常運転以上に蓄積しないよう灰出し装置の運転の適正化を図る。
- ④ 焼却炉での燃焼空気量や燃焼温度の適正化を図る。

### 2) 集じん器の設置又は改善による対応

一般的な集じん器の性能を型式と粉じん粒度、集じん率との関係でみると、性能によって取り扱う粉じん粒度が異なる。すなわち、粒度が大きい場合には遠心力集じん器が適しており、その集じ

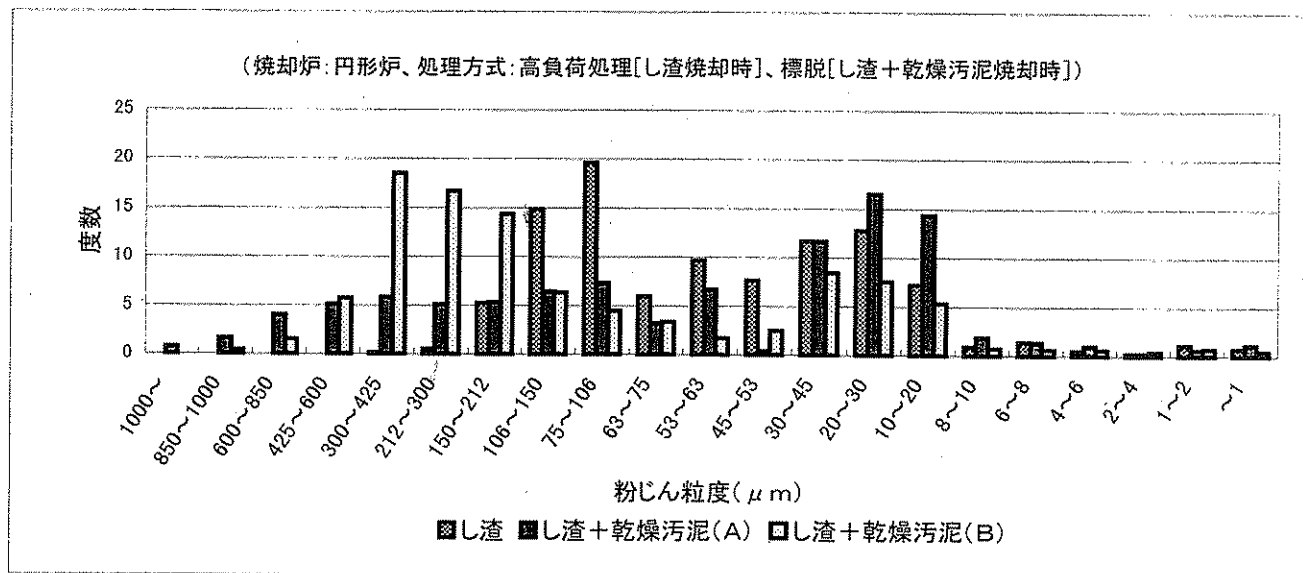
ん率は75~85%<sup>9)</sup>となっている。逆に粒度が小さい場合にはEPやバグが適しており、その集じん率は90%以上<sup>9)</sup>と高率となっている。

このため、マルチで捕捉される粉じんの粒度分布の事例を示すと図2のとおりであり、捕捉される粒度がし渣専焼時とし渣+乾燥汚泥混焼時(2ケース)とも異なっているが、各ケースとも10 $\mu$ m以上の粉じんが捕捉されることは共通している。

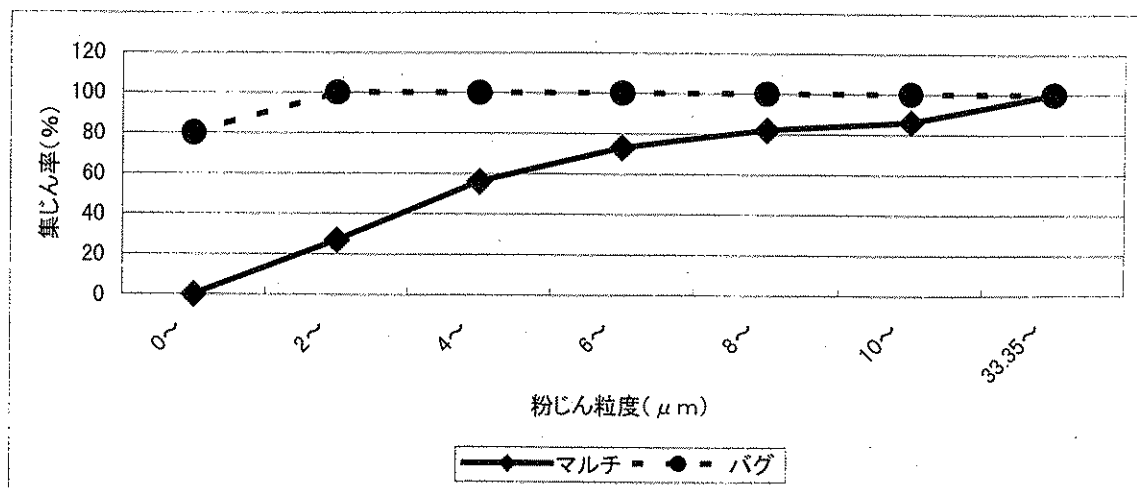
また、し渣と乾燥汚泥の混焼時に排出される粉じんの集じん器での除去性能については、図3に示した事例よりみるとマルチでは10 $\mu$ m以上の粉じんに対しては概ね90%以上の除去効果が期待で

きるが、それより粒度が小さくなると除去効果が直線的に低下する傾向が見られる。これに対しバグでは2 $\mu$ mまでの粉じんの除去が可能であり、それ以下の粒度になると除去効果がやや低下するものと考えられる。

上記のことから、集じん器の設置や改善による対応では、焼却炉から発生するばいじん量と粒度の調査を行い、その調査結果に基づき型式を選定することが必要と考えられる。また、バグなどの高効率型の集じん器を採用する場合には、遠心力集じん器と併用することにより、効率的かつ安定的な除去効果が得られるものと考えられる。



乾燥焼却設備メーカー技術資料を基に作成  
 図2 マルチにおける捕捉粉じんの粒度分布事例



乾燥焼却設備メーカー技術資料を基に作成  
 図3 し尿処理施設焼却炉の集じん器性能事例(し渣+乾燥汚泥混焼時)

## 7. おわりに

## 引用文献

以上、今回の検討に用いた基礎データの数少なく、また、その背景には①性能保証事項を満足するための精度の高い運転管理が行われていること、②設備能力に対する過負荷要因がないこと、③設備の老朽化による機能低下の要因が全くないことなどが、通常の稼働施設とは異なっている。

また、検討資料についても煙突出口での排ガスの測定結果を主体に検討したものであり、焼却炉出口での排ガス中の粉じんの発生状況（濃度、粒度）及び集じん器の型式毎の集じん効率等の調査を実施していない。

このため、今後、これらの調査を行いし尿処理施設の焼却炉からのばいじんの排出状況の詳細な把握と、効率的な集じん器の解明に取り組んでいきたい。

- 1) (社) 全国都市清掃会議：し尿処理施設構造指針解説、1988年版、p78
- 2) 廃棄物処理施設技術管理者等地方ブロック別研修会テキスト し尿処理関係テキスト、平成5年度、p122
- 3) (社) 全国都市清掃会議：し尿処理施設構造指針解説、1988年版、p326
- 4) (社) 全国都市清掃会議：ごみ処理施設構造指針解説、昭和62年、p221