

3. 予備試験

3-1. 電気炉による熔融試験

電気炉による予備試験によって、熔融物の比表面積と消費電力の関係を調べた。写真-3.1.1～3.1.4に使用した電気炉、熔融サンプル（非アスベストケイ酸カルシウム保温材）の状況、熔融後の状況を示す。図-3.3.1は横軸に比表面積、縦軸に消費電力をとり両者の関係をみたものである。ここで、消費電力は、熔融炉内にとつぽと熔融サンプルを設置して1500℃まで昇温した場合の消費電力から、とつぽのみを熔融炉内に設置して1500℃まで昇温した場合の消費電力を引いた値で定義した。

全容積が同じ保温材では、大塊(10×10×5cm)よりも小塊(2.5cm 立方)の方が消費電力は少なくなっている。しかし、より小さく(1cm 立方)、かさ容積が大きくなると、限られた電気炉内容積に占める熔融物の割合が大きく、積み上げられた保温材片の外側には電気炉の熱エネルギーが直接伝わるのに対し、内側には伝わりにくい状態が生じ消費電力はかえって増えている。

本技術開発では、重油バーナ式表面熔融炉の利用を想定している。表面熔融炉は、バーナで加熱された部分から熔融排出される。大塊ばかりだと熔融完了前に排出されてしまう懸念があり、あまり微小片化してかさ容積が増しすぎると、単位時間当たりの処理容積が増え燃料消費量増大が懸念される。

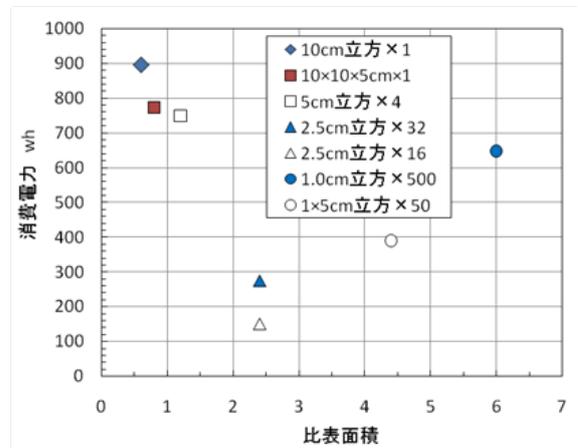


図-3.1.1 電気炉熔融試験結果



写真-3.1.1 電気炉



2.5cm 立方×16



1cm 立方×500

写真-3.1.2 サンプル
ケイ酸カルシウム保温材



除熱後の状態

縮退途中でガラス質固化、
原形を留めている



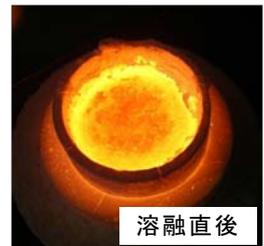
除熱後の状態

完全熔融し多孔質のつぽ
に浸透、ガラス化して固化



熔融直後

写真-3.1.3 1350℃
熔融後の状態



熔融直後

写真-3.1.4 1500℃
熔融後の状態

3-2. 破碎機の選定試験

1) 破碎機の種別と特徴

本技術開発で想定するアスベスト等に該当する無害化処理物を表-3.2.1に示す。

このなかで石綿含有保温材、断熱材などは、50N/cm²程度の圧縮強度があり、厚さ5cm~10cm、数十cm程度の大きさで除去されているため、破碎処理による溶融効率化が求められている。一方、石綿含有建材を含めて、ほとんどの荷姿は二重ビニル袋梱包であり、除去工事で使用したビニルシート類やマスク、保護衣なども含めると、多量のビニル類の破碎処理も必要となっている。そのため、破碎機には固形物の破碎と軟質プラスチック・ビニル類の破碎を同時に処理できる性能が求められる。

表-3.2.1 技術開発成果で無害化処理を想定する廃石綿等

区分	内容物	荷姿	主な成分
廃石綿	吹付石綿	二重ビニル袋梱包	ロックウール、ひる石、パーライト、ビニル、石綿
	石綿含有保温材、断熱材、耐火被覆材	同上	石綿、珪藻土、パーライト、ケイ酸カルシウム、セメント、ビニル
	除去工事で石綿付着したビニルシート、保護衣、手袋、マスクなど	同上	ビニル、プラスチック、石綿
	集じん装置で収集された石綿を含む粉じん	同上	粉じん、ビニル、石綿
	集じん装置のフィルタ、マスクなど	同上	プラスチック、ビニル、石綿
石綿含有建材	石綿含有成形板	パント纏 二重ビニル袋梱包	セメント、ケイ酸カルシウム、パーライト、石膏、木毛、ビニル、石綿
	石綿含有ビニルタイル	同上	ビニル、石綿

表-3.2.2 に主な破碎機の種別と特徴を示す。

表-3.2.2 技術開発成果で無害化処理を想定する廃石綿等

種別	機構	特徴
ハンマー方式 破碎機	対象物を「たたき割る」様に破碎する破碎方式。衝撃式、高速回転式とも呼ばれる。	木材、コンクリート、プリント基板など多途に対応。粉塵発生が多く、軟質対象物には不向き。
1軸 破碎機	回転刃に対象物を押付て削り取る破碎方式。排出口のスクリーン穴サイズや形状で粒度調整可能。	プラスチック、木材、紙類の処理に多数の実績。固定刃と多数の回転刃を持つ。
1軸せん断 破碎機	回転するせん断刃と固定刃で剥ぎ取るように破碎する方式。スクリーン穴サイズで粒度調整可能。	1軸破碎機と同様。
2軸 破碎機	はさみで切る様に破碎する方式。破碎後のサイズは刃幅とフック間隔で決まる。1軸破碎機の前処理での利用もある。	大量処理・粗破碎に対応。書籍や紙管の処理での実績。粉塵発生が抑えられるが、スクリーンを持たないので粒度調整は困難。
4軸 破碎機	破碎室内の4軸の回転刃が互いに噛合い、2軸破碎機同様にはさみで切る様に破碎。1軸破碎機同様にスクリーン穴サイズになるまで循環破碎。スクリーン穴サイズで粒度調整可能。	1台で2軸破碎機+1軸破碎機の作業に対応。低速回転であり粉塵発生も少ない。廃棄物処理や分離改修等に多数の実績。破碎機価格が高価。

2) 破碎試験

電気炉による熔融試験の結果、保温材を破碎して小塊にし、比表面積を大きくすることで熔融効率を上げることができること、ただしあまり微小化（粉体化）して、かさ容積を増すと単位時間当たりの処理容積が増え、かえって燃料消費量増大の可能性があることが判明した。また、破碎機は保温材などの比較的硬質な固形物の破碎と軟質プラスチック・ビニル類のように変形する物の破碎を同時に処理できる性能が求められる。そこで、非アスベスト含有保温材や、ビニルシートをビニル袋詰した破碎試験用サンプルを作製し、各種破碎機での破碎試験を実施した。

写真-3.2.1 に 1 軸破碎機の概要と破碎試験結果を示す。保温材、ビニル類共に十分破碎され所定能力(1t/h)も満足した。しかし保温材の大半は微細塊や粉体化しており、破碎時の粉じん発生が非常に多い。試験後、歯の取り付け部などに粉体化した保温材の付着が確認されたが、スクリーン部分への破碎ビニル片の残存はあまりみられなかった。

写真-3.2.2 に 1 軸せん断破碎機の概要と破碎試験結果を示す。ビニル破碎片は、1 軸破碎機と比較してやや長い(30cm 程度)ものが見られたが、保温材、ビニル類共に十分破碎され所定能力(1t/h)も満足した。破碎時の粉じん発生は 1 軸破碎機と同様であった。試験後、粉体化した保温材の付着などは確認されず、スクリーン部分への破碎ビニル片の残存もなかった。

写真-3.2.3 に 2 軸破碎機の概要と破碎試験結果を示す。保温材は、粉じん発生も少なく小塊に破碎され所定能力(1t/h)も満足したが、スクリーンを持たないので、ビニル類は短冊状に破碎され、ビニルシートなどは数 m にもなり、かさ容積が増すため搬送上の問題がある。破碎試験プラントでもベルトコンベアからあふれ出す状況であった。

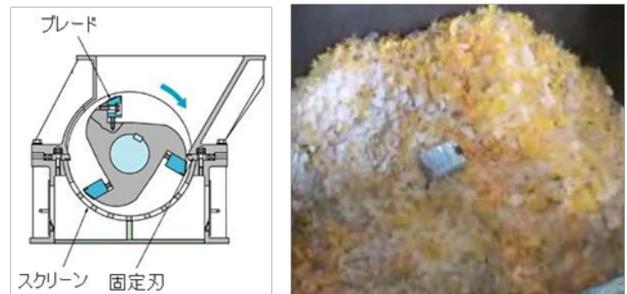
写真-3.2.4 に 4 軸破碎機の概要と破碎試験結果を示す。保温材は、粉じん発生も少なく小塊に破碎され所定能力(1t/h)も満足した。スクリーンを持つので、ビニルシート等のビニル類も微小片に破碎された。試験後、粉体化した保温材の付着などは確認されなかったが、スクリーン部分に破碎したビニル片が比較的多くみられた。



a. 破碎機概観

b. 破碎物状況

写真-3.2.1 1 軸破碎機での破碎試験



a. 破碎機概観

b. 破碎物状況

写真-3.2.2 1 軸せん断破碎機での破碎試験



a. 破碎機概観

b. 破碎物状況

写真-3.2.3 2 軸破碎機での破碎試験



a. 破碎機概観

b. 破碎物状況

写真-3.2.4 4 軸破碎機での破碎試験

3) 破碎機の選定

破碎試験結果を受けた各種破碎機の選定結果を、表-3.2.3、表-3.2.4 および図-3.2.1 に示す。表は破碎試験を実施した各メーカーのよりヒアリングした、本件技術開発に適用する破碎機の仕様、見積価格、補修部品価格などの情報と、5年間の補修費用、人工数を算定したものである。破碎対象物が、アスベストを含有する保温材等であるため、一般的な破碎機利用とはいくつかの点で異なる部分がある。

1) 歯の消耗が早いと想定される。

- (ア) ガラス系の材質を含む素材の破碎実績では歯の消耗が早い。(1軸破碎機)
- (イ) アスベストは耐摩耗材でも使用されているので、より歯の消耗が早いと想定される。
- (ウ) 破碎機を耐摩耗処理仕様とした方がよい。

2) 補修作業には、アスベスト除去工事相当の防護処置が必要

- (ア) 破碎後の破碎機内は、保温材の破碎粉じんの飛散や付着が想定される。これは、アスベストの除去工事現場と同様の状況である。
- (イ) 歯の点検、交換などの保守作業やトラブル解消のため破碎機を確認する作業は、アスベストの除去工事現場と同様の防護処置(防護衣、防護マスク着用、防護区画の設置)が必要。

ここで、2軸破碎機はビニール類の破砕片が短冊状になり、かさ容積が非常に増大するため搬送方法、溶融炉への投入方法に難があるため、詳細検討から外した。歯の消耗に関しては、1軸破碎機と1軸せん断破碎機メーカーより指摘を受けたが、4軸破碎機は歯の回転速度が遅いことと連続して歯で削り取るような状況が生じないので、摩耗の影響は少ないとの指摘であった。

図-3.2.1 は、横軸に5年間の保守作業人工、縦軸に本体費用と5年間の補修費用をとって、各種破碎機を比較したものである。補修作業人工は、想定される歯の交換周期によって大幅に異なる。最も交換頻度の多い1軸破碎機では、4回/月の交換作業とアスベスト除去工事相当の防護作業を見込むため、年間264人工、5年間で1230人工を見込んでいる。一方、最も交換頻度の少ない4軸破碎機の補修作業は、1回/年(10人工)、5年間で50人工に過ぎない。

人件費を除く経費では、1軸せん断式破碎機が最も安価であるが、5年間の保守作業人工が300人工と4軸破碎機の6倍になるため、人件費を含めた経費では同等である。保守作業時の安全対策を考えると、作業回数、人員数の少ない4軸破碎機が最も適しているものと判断した。

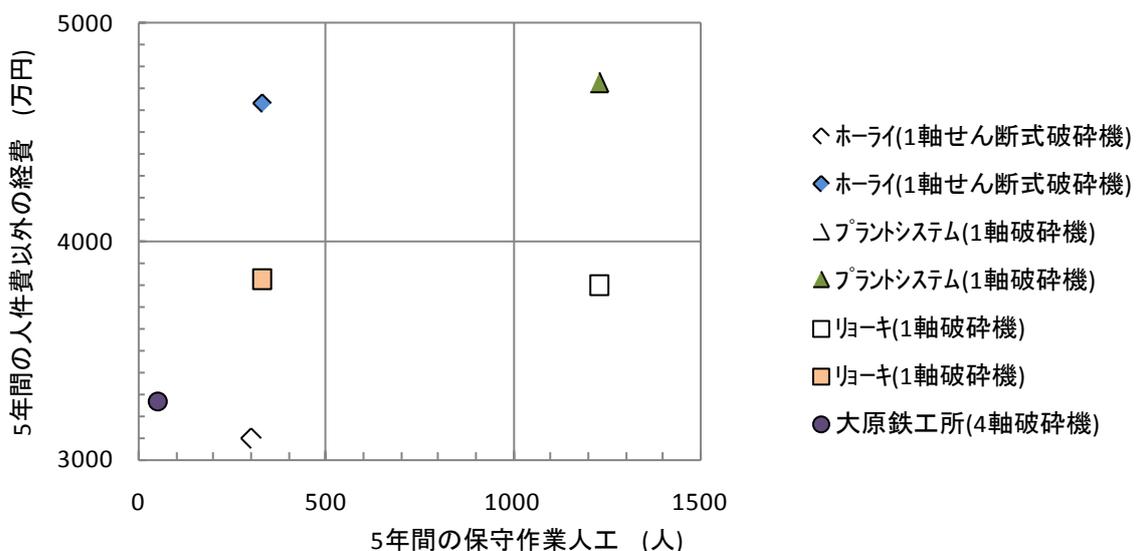


図-3.2.1 各種破碎機の費用と保守人工の比較結果

表-3.3.1 破碎機選定結果（1軸破碎機）

H22.7.26 内田 記

項目	破碎機別					
	一軸破碎機					
メーカー	ホーライ	ホーライ	プラントシステム	プラントシステム	リョーキ	リョーキ
型番	XEH3-6090-75E	XEH3-6090-75E	IC37	IC55	VAZ1100XL-K	VAZ1300
外形寸法	3.3×1.7×3.1	←	2.4×2.4×2.7m	2.7×3.2×3.0m	2.7×1.9×1.1	3.2×2.4×1.5
投入口寸法	600×900mm	←	1200×	1500×	1300×1075	1450×1305
機械重量	8t	←			2.4t	5.5t
原動機	55kW/200V	←	37kW	55kW	37kW/400V	55kW/400V
起動方式						
刃数	18	←	40	40	48	38
回転数(rpm)	40	←	80 or 100	80 or 100	118	132
プッシャー	無し	←	斜めプッシャー	斜めプッシャー	水平プッシャー	水平プッシャー
その他押付装置	無し	←	なし	なし	無し	ブリッジブレイカー
破碎試験	○	←	○	-	○	○
破碎試験時スクリーン	100mm	←			50mm、75mm	70mm
ホド処理能力	1735	←			604	960
混在処理能力	1057	←			619	1379
シート類処理能力	588	←			計測不能	-
本体価格	¥ 19,500,000	¥ 24,000,000	¥ 8,200,000	¥ 14,500,000	¥ 17,500,000	¥ 31,000,000
替刃(回転)価格	¥ 1,044,000	¥ 1,476,000	¥ 232,000	¥ 232,000	¥ 216,000	¥ 266,000
替刃(固定)価格	¥ 460,000	¥ 592,000	¥ 480,000	¥ 480,000	¥ 148,500	¥ 168,000
本体 耐摩諸理費			¥ 1,170,000	¥ 1,170,000	¥ 1,000,000	¥ 1,000,000
刃砥ぎ直し費用一式	¥ 200,000	¥ 300,000	-	-	-	-
ボルト座金費	¥ 35,000	¥ 35,000				
スクリーン費用	¥ 210,000	¥ 500,000	¥ 231,300			
立会検査他費用	¥ 350,000	¥ 350,000	¥ 104,000	¥ 180,000	¥ 850,000	¥ 950,000
運送費	¥ 300,000	¥ 300,000	¥ 240,000	¥ 240,000	¥ 250,000	¥ 250,000
値引き	¥ -3,399,000	¥ -4,253,000	¥ -	¥ -1,750,000	¥ -7,500,000	¥ -13,700,000
見積価格(予備抜き)	¥ 16,751,000	¥ 20,397,000	¥ 8,544,000	¥ 13,170,000	¥ 11,100,000	¥ 18,500,000
見積価格(予備込み)	¥ 18,700,000	¥ 23,300,000	¥ 10,657,300	¥ 15,052,000	¥ 12,464,500	¥ 19,934,000
見積り条件	・テスト同機種 ・予備品込み	・テスト同機種 ・予備品込み ・耐摩処理費込み	・テスト同機種 ・中古(テスト)機 ・耐摩処理費計上	・耐摩処理費計上	・テスト同機種 ・予備品別途 ・耐摩処理費込み	・テスト同機種 (モ-別仕様) ・予備品別途 ・耐摩処理費込み
単年度 試算 維持経費・人工数	◆経費試算 ・刃砥ぎ直し 12回×20万=240万円/年 ・本体表面処理 なし ◆人工試算 ・除染作業 12回×1日×3人=36人工/年 ・刃交換作業 12回×1日×2人=24人工/年	◆経費試算 ・刃砥ぎ直し 12回×30万=360万円/年 ・本体表面処理 1回×100万=100万円/年 ◆人工試算 ・除染作業 12回×1日×3人=36人工/年 ・刃交換作業 12回×1日×2人=24人工/年 ・耐摩処理等 1回×3日×2人=6人工/年	◆経費試算 ・回転刃 40個×12回×0.58万=278万円/年 ・固定刃 1個×6回×48万=288万円/年 ・本体表面処理 1回×117万=117万円/年 ◆人工試算 ・除染作業 4×12回×1日×3人=144人工/年 ・刃交換作業 4×12回×1日×2人=96人工/年 ・耐摩処理等 1回×3日×2人=6人工/年	◆経費試算 ・回転刃 40個×12回×0.58万=278万円/年 ・固定刃 1個×6回×48万=288万円/年 ・本体表面処理 1回×117万=117万円/年 ◆人工試算 ・除染作業 4×12回×1日×3人=144人工/年 ・刃交換作業 4×12回×1日×2人=96人工/年 ・耐摩処理等 1回×3日×2人=6人工/年	◆経費試算 ・回転刃 48個×12回×0.45万=259.2万円/年 ・固定刃 1個×12回×14.85万=178.2万円/年 ・本体表面処理 1回×100万=100万円/年 ◆人工試算 ・除染作業 4×12回×1日×3人=144人工/年 ・刃交換作業 4×12回×1日×2人=96人工/年 ・耐摩処理等 1回×3日×2人=6人工/年	◆経費試算 ・回転刃 38個×3回×0.7万=79.8万円/年 ・固定刃 1個×12回×16.8万=201.6万円/年 ・本体表面処理 1回×100万=100万円/年 ◆人工試算 ・除染作業 12回×1日×3人=36人工/年 ・刃交換作業 12回×1日×2人=24人工/年 ・耐摩処理等 1回×3日×2人=6人工/年
5年間 試算 全 経費・人工数	◆経費 本体：1655万 設置：65万 予備品：175万 維持費：1200万 計：3095万 ◆人工 除染：180人 刃交換：120人 耐摩耗：0人 計：300人工	◆経費 本体：2010万 設置：65万 予備品：260万 維持費：2300万 計：4635万 ◆人工 除染：180人 刃交換：120人 耐摩耗：30人 計：330人工	◆経費 本体：1350万 設置：65万 予備品：0万 維持費：2390万 計：3805万 ◆人工 除染：720人 刃交換：480人 耐摩耗：30人 計：1230人工	◆経費 本体：1275万 設置：42万 予備品：0万 維持費：3415万 計：4732万 ◆人工 除染：720人 刃交換：480人 耐摩耗：30人 計：1230人工	◆経費 本体：1000万 設置：110万 予備品：0万 維持費：2687万 計：3797万 ◆人工 除染：720人 刃交換：480人 耐摩耗：30人 計：1230人工	◆経費 本体：1800万 設置：120万 予備品：0万 維持費：1907万 計：3827万 ◆人工 除染：180人 刃交換：120人 耐摩耗：30人 計：330人工

表-3.3.2 破碎機選定結果（2軸破碎機・4軸破碎機）

H22.7.26 内田 記

項目	二軸破碎機		四軸破碎機	
破碎機種別	二軸破碎機		四軸破碎機	
メーカー	プラントシステム		大原鉄工所	
型番	NC37		SSI Q85	
外形寸法	5.1×1.5×2.6m		4.2×2.2×3.4	
投入口寸法	884×1525mm		1317×1608mm	
機械重量	8t		11.93t	
原動機	37kW×2/200V		90～113kW	
起動方式				
刃数	22		54	
回転数(rpm)	15:12			
プッシャー	無し(オプション)		無し(オプション)	
その他押付装置	無し		無し	
破碎試験	○		○	
破碎試験時スクリーン			65mm	
ホード処理能力			1477	
混在処理能力			557	
シート類処理能力			300	
本体価格	¥ 16,000,000		¥ 18,589,500	
替刃(回転)価格			¥ 2,160,680	
替刃(固定)価格	-		-	
本体 耐摩諸理費	-		-	
刃砥ぎ直し費用一式			¥ 1,260,000	
ボルト座金費			¥ 25,680	
スクリーン費用			¥ 380,000	
立会検査他費用			¥ 500,000	
運送費			¥ 875,000	
値引き			¥ -2,065,500	
見積価格(予備抜き)	¥ 16,000,000		¥ 17,899,000	
見積価格(予備込み)	¥ 16,000,000		¥ 21,725,360	
見積り条件	・テスト同機種, 公表設計価格, 耐摩処理なし, 予備品, 設置費別途			
単年度 試算 維持経費・人工数			◆経費試算 ・回転刃研ぎ直し 2回×126万円 =252万円/年 ◆人工試算 ・除染作業 2回×1日×3人=6人工/年 ・刃交換作業 2回×1日×2人=4人工/年	
5年間 試算 全 経費・人工数			◆経費 本体 : 1652万 設置 : 138万 予備品 : 216万 維持費 : 1260万 計 : 3266万 ◆人工 除 染 : 30人 刃交換 : 20人 耐摩耗 : 0人 計 : 50人工	