

エ)鉛、亜鉛、銅の抽出特性

(ア)鉛の抽出特性

- ・精製水抽出では、抽出率は0～12%と低い。
- ・塩酸抽出では、抽出率は3～100%と広く分布し、飛灰の種類に依存した。
- ・硫酸抽出では、抽出率は1～30%と低い。

(イ)亜鉛の抽出特性

- ・精製水抽出では、抽出率は0～19%と低い。
- ・塩酸抽出では、pH 1の抽出条件において抽出率は73～100%と高い。
- ・硫酸抽出では、pH 1の抽出条件において抽出率は54～100%と高い。

(ウ)銅の抽出特性

- ・精製水抽出では、抽出率は0～4%と低い。
- ・塩酸抽出では、抽出率は1～100%と広く分布し、飛灰の種類に依存した。
- ・硫酸抽出では、抽出率は1～94%と広く分布し、飛灰の種類に依存した。

エ. 酸添加量

抽出試験では、6規定に調製した塩酸液、硫酸液により混合液pHを3、1に調整した。塩酸抽出における酸量と調整pHの関係を図4.1.12に示し、硫酸抽出における酸量と調整pHの関係を図4.1.13に示す。

また、飛灰が含む消石灰が酸を消費することから、塩酸抽出における酸量とカルシウム含有量の関係を図4.1.14に示し、硫酸抽出における酸量とカルシウム含有量の関係を図4.1.15に示す。

図4.1.12～4.1.15から酸添加量について、次の知見を得た。

- ・酸添加量は飛灰の種類に大きく依存した。
- ・カルシウム含有量が多いほど酸添加量は多くなる傾向にあった。

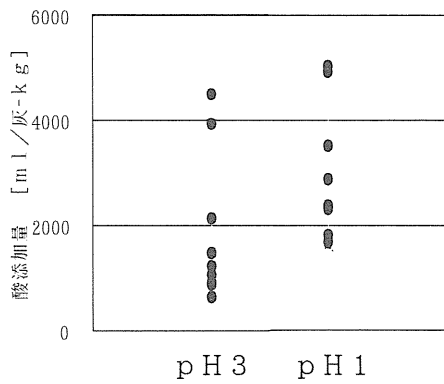


図 4.1.12 塩酸抽出における酸量と pH

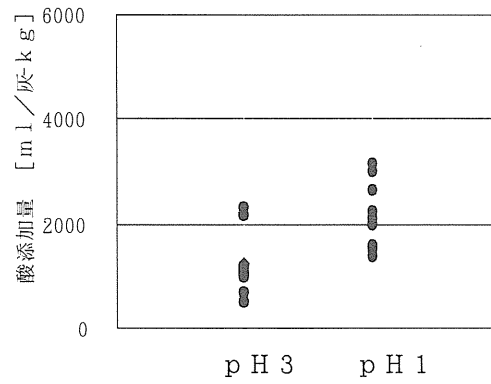


図 4.1.13 硫酸抽出における酸量と pH

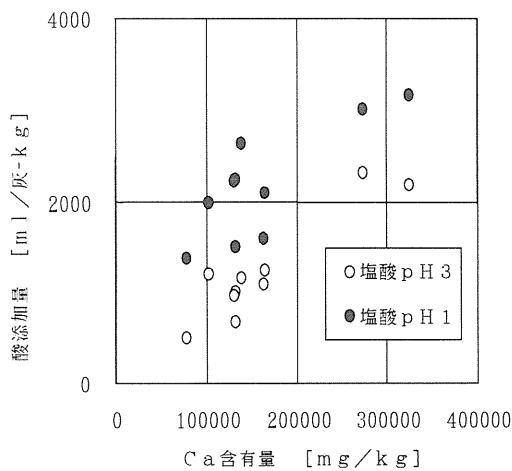


図 4.1.14 塩酸抽出における酸量と Ca 含有量

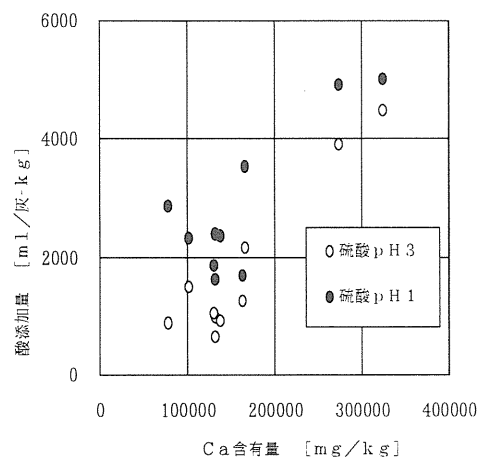


図 4.1.15 硫酸抽出における酸量と Ca 含有量

オ. 残渣量

精製水抽出、塩酸抽出、硫酸抽出の各抽出試験において発生した残渣量の分布を図 4.1.16 に示す。

また、塩酸抽出におけるカルシウム含有量と残渣量の関係を図 4.1.17 に示し、硫酸抽出におけるカルシウム含有量と残渣量の関係を図 4.1.18 に示す。図 4.1.12～4.1.18 から、つぎの知見を得た。

- ・残渣量は、塩酸 pH 1 < 塩酸 pH 3 < 精製水 < 硫酸 pH 3 < 硫酸 pH 1 の順に多くなった。
- ・残渣量は、塩酸抽出では元の飛灰量の約半分以下となったが、硫酸抽出

では飛灰量の約半分以上から等量の範囲にあった。

- ・塩酸抽出では、pH 3に較べpH 1の方が残渣量は少なかった。また、カルシウム含有量の多い方が残渣量は少なくなった。これは、カルシウムが塩化カルシウム CaCl_2 として溶解したことによると思われる。
- ・硫酸抽出では、pH 3に較べpH 1の方が残渣量は多かった。また、カルシウム含有量の多い方が残渣量は多くなる傾向にあった。これは、カルシウムが硫酸カルシウム CaSO_4 として析出したことによると思われる。

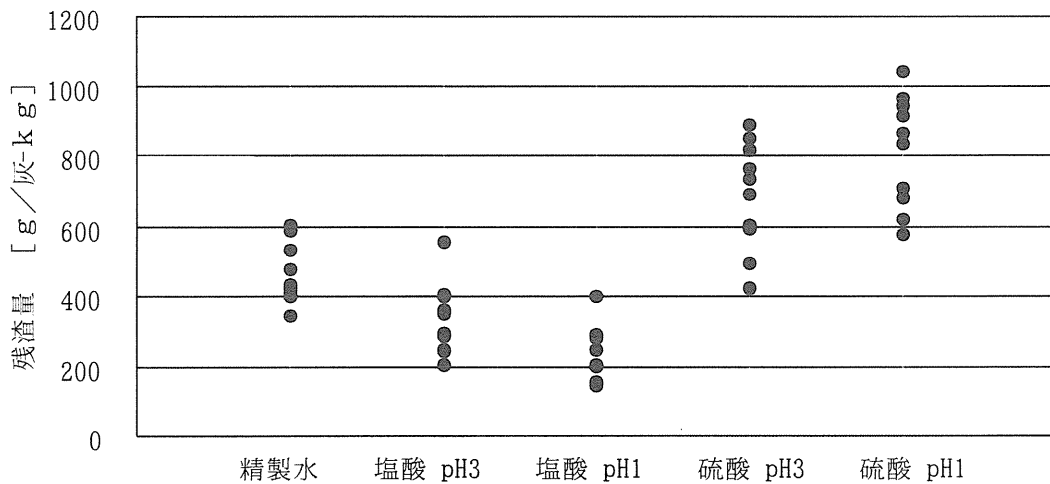


図 4.1.16 精製水、塩酸、硫酸抽出における残渣量の分布

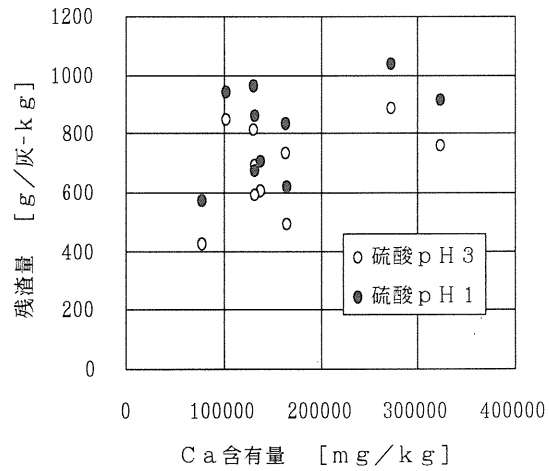
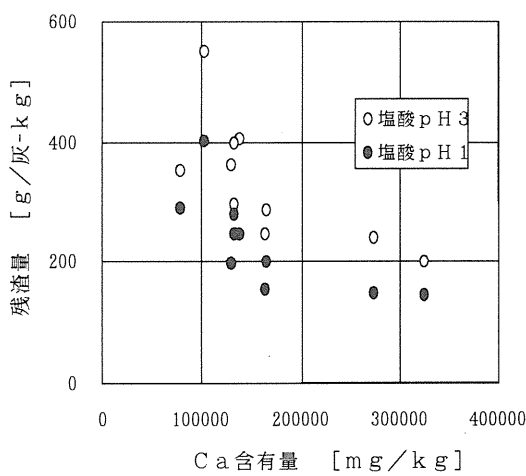


図 4.1.17 塩酸抽出におけるCa量と残渣量 図 4.1.18 硫酸抽出におけるCa量と残渣量

(5)まとめ

① 飛灰の含有特性

ア. 鉛、亜鉛、銅の含有特性

- ・亜鉛の含有量が鉛、銅に較べ多い。

イ. カルシウム、ナトリウム、カリウム、塩素の含有特性

- ・カルシウム、塩素の含有量は、広い範囲に分布した。消石灰噴霧の条件に依存したと予想される。

表4.1.20 含有量の分布

元素	単位	最小値	～	平均値	～	最大値
Pb	mg/kg	934	～	4,760	～	10,000
Zn	mg/kg	2,160	～	11,600	～	32,200
Cu	mg/kg	670	～	3180	～	12,700
Ca	%	7.8	～	16.4	～	32.4
Na	%	2.6	～	5.4	～	10.0
K	%	1.9	～	4.9	～	8.2
Cl	%	3.5	～	13.7	～	25.1

② 飛灰の抽出特性

ア. 精製水による抽出

- ・鉛、亜鉛、銅の抽出率は、20%以下と低い。
- ・鉛、亜鉛、銅の抽出率は、抽出液pHに依存した。抽出液pHは消石灰噴霧の条件に関わると思われる。

イ. 塩酸による抽出

- ・亜鉛の抽出率は、pH1抽出で70%以上と高い。
- ・鉛、銅の抽出率は、飛灰の種類により幅広く分布した。
- ・鉛、銅の抽出率は、多くの飛灰ではpH1の条件において70%以上であった。

ウ. 硫酸による抽出

- ・亜鉛の抽出率は、pH1抽出で50%以上であった。
- ・鉛の抽出率は、30%以下と低い。難溶性の硫酸鉛 $PbSO_4$ が生成したと予想される。

- ・銅の抽出率は、飛灰の種類により幅広く分布した。
- ・銅の抽出率は、多くの飛灰ではpH1の条件においては60%以上であった。

表4.1.21 抽出率の分布 [%]

抽出条件		Pb 最小値～平均～最大値	Zn 最小値～平均～最大値	Cu 最小値～平均～最大値
精製水		0～ 3～ 12	0～ 3～ 19	0～ 1～ 4
塩酸	pH3	3～28～ 89	33～52～ 81	1～46～ 75
	pH1	10～68～100	73～84～100	2～68～100
硫酸	pH3	1～ 7～ 24	40～57～ 87	1～50～ 79
	pH1	1～10～ 30	54～81～100	1～68～ 94

③ 抽出における酸添加量と残渣量

ア. 酸添加量

- ・カルシウム含有量が多いほど酸添加量が多くなった。未反応消石灰に起因したと予想される。

イ. 残渣量

- ・残渣量は塩酸pH1<塩酸pH3<精製水<硫酸pH3<硫酸pH1の順に多くなった。
- ・硫酸抽出では、硫酸カルシウムCaSO₄の生成により、残渣量が多くなったと予想される。

表4.1.22 酸添加量と残渣量

抽出条件		酸添加量 [ml/灰 kg] 最小値～平均～最大値	残渣量 [g/灰 kg] 最小値～平均～最大値
精製水		—	350～ 470～ 610
塩酸	pH3	500～ 1,200～ 2,300	200～ 340～ 550
	pH1	1,400～ 2,200～ 3,200	140～ 230～ 400
硫酸	pH3	600～ 1,800～ 4,500	420～ 690～ 890
	pH1	1,600～ 2,900～ 5,000	580～ 810～ 1,040

4) 重金属資源としての評価

(1) 評価方法

前述[4.1.2 2)]で調査した実証炉の溶融飛灰性状調査結果(表4.1.1)と、本項[4.1.2 3)]で実施した溶融飛灰の重金属抽出基礎試験の中間結果6社分(試料名:A、B、C、I、J、L)を日本鋳業協会に提出し、非鉄製錬業界から飛灰性状から判断される重金属資源としての評価を受けた。

(2) 評価概略

非鉄製錬業界3社から評価を得られた評価内容は概略以下の通りである。

① 原灰について

ア. 直接製錬工程に入れられる品質ではない。

- ・塩素分が高い。
- ・金属の濃度が低い。

イ. 中間処理工程を経て製錬工程に入れられるものも見受けられるが、規制等に適合して受入が可能とした場合でも、基本的には逆有償になるものと思われる。

- ・濃縮を妨げる成分(ケイ素、アルミニウム、カルシウム)の濃度が高い。

② 重金属抽出基礎試験のコメント

ア. 重金属抽出基礎試験の結果から、抽出物はある程度の金属濃度は予想できる。しかし、抽出物の物性、品位等や、ケイ素、アルミニウムの挙動についてのデータが無く、抽出基礎試験のデータだけでは重金属資源としての判断はできない。

イ. 受入条件は抽出物の金属含有濃度で判断したい。

なお、後述する重金属回収試験についても、試験結果を非鉄製錬業界(日本鋳業協会)に提示して、回収物について重金属資源としての評価を行なう。

(3) 評価例

評価を行なったP社から得た各飛灰毎の評価を表4.1.23に示す。

表 4.1.23 各飛灰毎の重金属資源評価 (P社から得た評価)

項目	飛灰受入 (可:○ 否:×)			抽出物 サプル受入	受入条件等
	有償	無償	逆有償		
A	原灰	×	×	○	但し、法的、社会的手続きが可能との前提 金属含有濃度により判断したい
	抽出物				
B	原灰	×	×	○	但し、法的、社会的手続きが可能との前提 金属含有濃度により判断したい
	抽出物				
C	原灰	×	×	○	但し、法的、社会的手続きが可能との前提 金属含有濃度により判断したい
	抽出物				
D	原灰	×	×	○	但し、法的、社会的手続きが可能との前提 金属含有濃度により判断したい
	抽出物				
E	原灰	×	×	○	但し、法的、社会的手続きが可能との前提 金属含有濃度により判断したい
	抽出物				
F	原灰	×	×	○	但し、法的、社会的手続きが可能との前提 金属含有濃度により判断したい
	抽出物	—	—	—	
G	原灰	×	×	○	但し、法的、社会的手続きが可能との前提 金属含有濃度により判断したい
	抽出物				
H	原灰	×	×	○	但し、法的、社会的手続きが可能との前提 金属含有濃度により判断したい
	抽出物	—	—	—	
I	原灰	×	×	○	但し、法的、社会的手続きが可能との前提 金属含有濃度により判断したい
	抽出物				
J	原灰	×	×	○	但し、法的、社会的手続きが可能との前提 金属含有濃度により判断したい
	抽出物				
K	原灰	×	×	○	但し、法的、社会的手続きが可能との前提 金属含有濃度により判断したい
	抽出物				
L	原灰	×	×	○	但し、法的、社会的手続きが可能との前提 金属含有濃度により判断したい
	抽出物				
	総合				

注：重金属抽出基礎試験は中間結果 6 社分 (A、B、C、I、J、L) のみ提出

(4)まとめ

溶融飛灰性状調査結果と重金属抽出基礎試験結果を、非鉄製錬業界（日本鋳業協会）に提示し、重金属資源としての評価を受けた。

評価結果は以下の通りであった。

- ① 原灰は、何れの飛灰も塩素分が高く、重金属の濃度が低いため、直接製錬工程に入れられる品質ではない。濃縮を妨げる成分（ケイ素、アルミニウム、カルシウム）の濃度が高いため、逆有償になる。
- ② 抽出物は、中間処理工程を経て製錬工程に入れられるものも見受けられ、重金属抽出基礎試験結果からある程度の金属濃度は予想できるが、回収物の物性、品位等や珪素、アルミニウム挙動についてのデータが無く、溶融飛灰性状調査結果からは重金属資源としての評価は判断できない。抽出物の受入条件は、金属含有濃度で判断される。

なお、飛灰中のダイオキシン類や有害成分等の含有量について別途検討する必要がある。

4.1.3 重金属回収試験

1) 研究目的

本研究は、次世代型ごみ焼却処理施設に発生する溶融飛灰を対象として、高濃度に含有する鉛、亜鉛等の有用金属類を化学的処理により濃縮・分離回収するとともに、回収試料を非鉄金属製錬メーカーが保有するプロセスの原料として評価し、山元還元による資源化を図る上での基礎的調査・検討を実施する。

2) 重金属回収試験

(1) 供試試料

回収試験に使用した溶融飛灰は、表4.1.24に示す3試料とした。

表4.1.24 供試溶融飛灰

サンプル	ガス化方式	排ガス処理	飛灰集じん機	飛灰採取位置
A-0	流動床ガス化溶融方式	消石灰無添加	バグフィルタ	同左
B-0	キルンガス化溶融方式	NO.2バグフィルタ 前に消石灰添加	NO.1+NO.2 バグフィルタ	NO.1バグフィルタ
C-0	シャフト炉ガス化溶融方式	消石灰添加	バグフィルタ	同左

それぞれの溶融飛灰性状の分析結果を表4.1.25に示す。

溶融飛灰の特徴は以下のようである。

- ・灰種によりその順位が異なるものの重金属類として亜鉛、鉛及び銅が多く含まれる。
- ・その他の元素では塩素、カルシウム、ナトリウム及びカリウムの含有率が高く、これらの合計は30～50%に達する。

表 4.1.25 溶融飛灰組成

サンプル記号	単位	A-0	B-0	C-0
Si	%	4.58	12.0	4.22
Ca	%	14.35	13.0	17.99
Al	%	3.41	5.9	3.17
Fe	%	0.67	1.8	0.57
K	%	7.63	4.4	4.83
Na	%	8.70	4.9	4.90
P	%	0.76	1.1	0.42
Mg	%	0.99	1.8	1.02
S	%	6.19	1.5	2.0
Cl	%	18.50	12.0	22.80
Pb	mg/kg	2,200	11,000	7,800
T-Cr	mg/kg	380	1,100	142
Cu	mg/kg	8,500	2,300	1,300
Zn	mg/kg	11,800	10,000	24,200
Cd	mg/kg	50	4.1	200
As	mg/kg	11.7	5.4	31.8
F	mg/kg	1,100	1,700	851
Hg	mg/kg	2.2	0.5	14.1
Se	mg/kg	2.5	<0.1	<0.1
Sn	mg/kg	1,100	90	586
Sb	mg/kg	900	22	173
水分	%W.B	2.05	0.43	6.63

(2)適用プロセス

重金属類回収試験に適用したプロセスは、湿式製錬処理に属するものである。処理フローは、塩酸により溶融飛灰を溶解し、溶液pHを所定（pH=0.1以下）にする。この後、カ性ソーダを添加し、pHを上げてゆき、所定のpHに2段階で調整する。

両段階とも回収対象重金属を硫化物として沈殿生成させるイオウ源として、水硫化ソーダ（NaHS）を加え、対象とする重金属の硫化物を生成し、回収す

るものである。

なお、沈殿形成を容易にするため各工程では凝集剤を添加する。

回収後の排水は、さらにカ性ソーダを加え中和処理する。

図4.1.19に概略フローを示す。

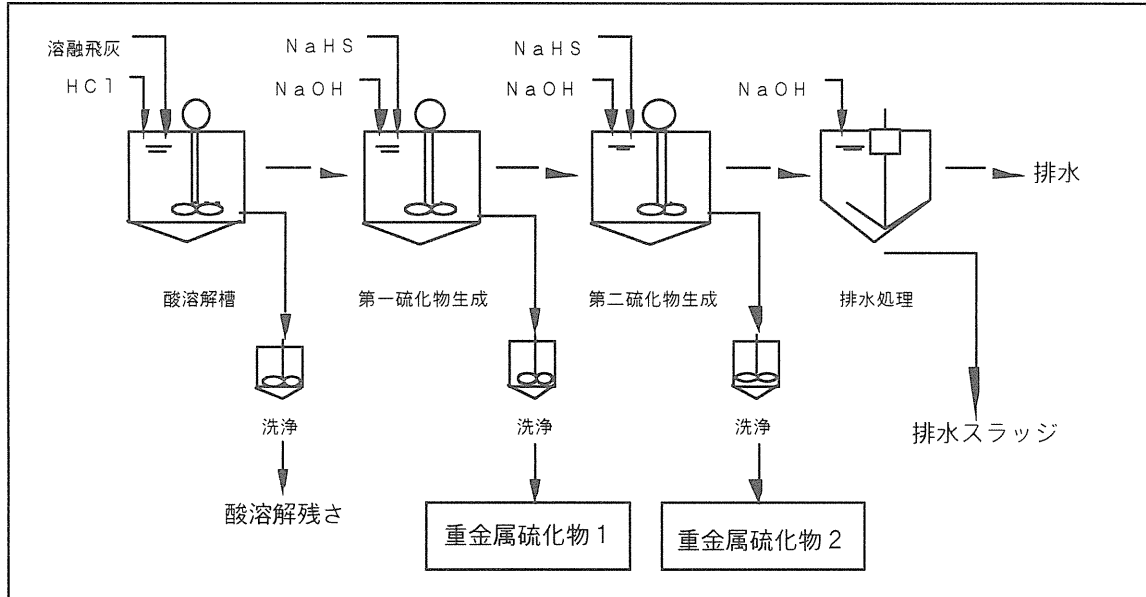


図4.1.19 溶融飛灰の重金属分離回収プロセスフロー

(3)分離目的金属

分析対象である3種の重金属類（亜鉛、鉛、銅）を2段階で回収するフローを想定しており、各灰の含有量より両段階での分離目的金属は表4.1.26とした。

原料溶融飛灰の溶解液pHを上昇させて行くに従い、銅、鉛、亜鉛の順に沈殿回収物が得られるので、銅の含有量の高いA-0灰では、一段目で銅を分離回収目標とし、二段目では鉛と亜鉛を同時に回収するものとした。B-0灰及びC-0灰は、銅の含有量が低いため、銅は一段目で鉛と共に回収、二段目で亜鉛のみを回収することとした。

表 4.1.26 分離目的金属

サンプル名	一段目分離	二段目分離
A-0	Cu	Pb+Zn
B-0	Cu+Pb	Zn
C-0	Cu+Pb	Zn

(4)試験用薬剤

試験に使用した薬剤は次のものである。

- ・塩酸 (HCl) 濃度：3規定 (市販の12規定品を希釈)
- ・カ性ソーダ(NaOH) 濃度：25% (市販固体 NaOH を蒸留水に溶解し、所定濃度とした)
- ・水硫化ソーダ (NaHS) 濃度：30% (同上)
- ・凝集剤 濃度：1,000ppm (固体を溶解) 酸溶解から排水処理工程まで全ての工程で使用
主成分：ポリアクリルアミド系 (白色粒状)
- ・ポリ塩化アルミニウム 濃度：10% (購入品をそのまま使用)

(5)試験条件

各溶融飛灰ごとの酸溶解の条件 (塩酸濃度) は、溶解液 pH を見ながら決定した。第一及び第二硫化物生成、排水処理の各工程の条件も、分離 pH 条件等の予備検討を行った上で試験を実施した。表 4.1.27 に試験時の薬剤添加量等の実績を示す。

各工程別に説明を加える。

・酸溶解工程

溶融飛灰と溶解液 (水+塩酸) の固液比は、1/7～1/10 とする。

溶解後の溶液 pH は各灰とも 0.1 以下となるように塩酸 (3規定) と水の割合は灰毎に別途検討の上決めた。溶解残渣は、凝集剤を添加し、沈殿として回収する。

・硫化物生成工程

第一硫化物生成：酸溶解の上澄み液pHを表4.1.27に示す目標pHになるようカ性ソーダを添加し、調整する。

その後、硫化物生成用に水硫化ソーダを回収対象金属の液中濃度を参考に添加、硫化物を生成させる。

次に凝集剤を添加し、沈殿として回収する。

第二硫化物生成：第一硫化物生成工程の上澄み液pHをカ性ソーダにて調整する。

以下の操作は第一硫化物生成工程と同様。

・排水処理工程

第二硫化物生成工程の上澄み液にカ性ソーダを添加し、溶液pHを7付近に調整する。所定量のポリ塩化アルミニウムを添加し、pHが変動（低下）の場合、再度pHを7付近に調整する。最後に凝集剤を添加し、形成された固形分はスラッジとして沈降させ、回収し分析した。

上澄み液は排水として分析に供した。

なお、回収した酸溶解残渣、第一及び第二硫化物は、含水状態のものを上水にて2～3回洗浄した後、分析に供した。

表4.1.27 試験条件と薬剤使用量

工 程	条件と結果	単 位	溶融飛灰サンプル名		
			A-0	B-0	C-0
酸溶解工程	溶融飛灰	g	1000	1000	1000
	HCl (12N)	ml	1667	1900	1140
	水	ml	8333	9500	5700
	固/液	—	1/10	1/11.4	1/6.84
	溶解後pH	—	0	0	0
第一硫化物生成工程	目標pH	—	0.4	1	1
	NaOH(25%) 添加量	ml	1145	960	576
	NaHS(30%) 添加量	ml	45.9	57.6	15.7
第二硫化物生成工程	目標pH	—	2.5	3	3
	NaOH(25%) 添加量	ml	350	215	117
	NaHS(30%) 添加量	ml	94.2	73.6	103.7
排水処理工程	目標pH	—	7	7	7
	NaOH(25%) 添加量	ml	395	525	260

3) 試験結果

(1)物質収支

3種類の溶融飛灰の分離回収試験における各工程の回収物量を表4.1.28に示す。

表4.1.28 試験回収物量

工 程	回収物	単 位	溶融飛灰サンプル名		
			A-0	B-0	C-0
酸溶解工程	溶解残渣回収量	g	229	251	136
第一硫化物生成工程	第一硫化物回収量	g	32	20	9
第二硫化物生成工程	第二硫化物回収量	g	33	349	153
排水処理工程	排水スラッジ回収量	g	276	194	150
	排水	ml	8750	6200	4490

酸溶解、第一、第二硫化物生成工程回収物の供試灰量 (1,000g) に対する回収比率を図 4.1.20 に示す。排水スラッジは塩類含有率が高く、同図では省略した。

第一、第二硫化物の回収物量は、溶融飛灰中の回収目的金属の濃度と酸溶解段階におけるこれらの溶解率に依存する。

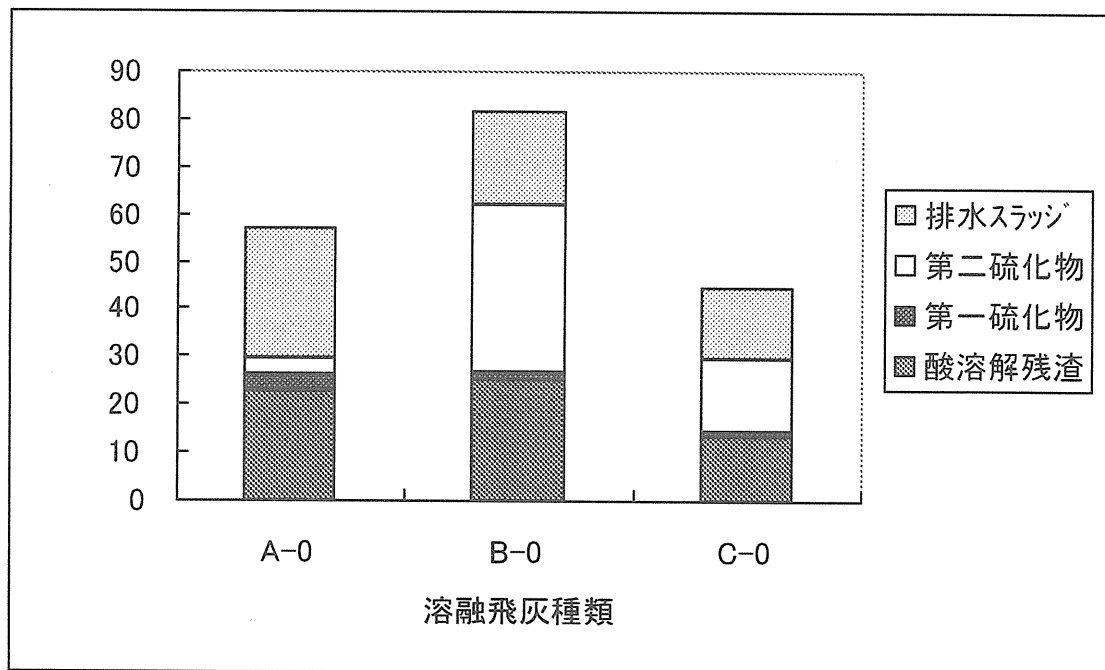


図 4.1.20 供試飛灰に対する回収率

(2)成分分析結果

3種類の溶融飛灰の試験による固体回収物(酸溶解残渣、第一、第二硫化物、排水スラッジ)中の各成分含有量及び排水の各成分濃度を表 4.1.29 に示す。

排水スラッジを除く、他の3回収物は固液分離後、混入する可溶性塩類除去のため、水洗浄した後、分析に供したが、一部の回収物では塩素の含有量が高く、洗浄が不十分であったと見られる。洗浄を更に行えば、分離対象とした重金属類の割合は相対的に増加するため、回収物品位の向上が図れる。

また、全般的に回収物中の珪素、カルシウム、アルミニウム等の濃縮を疎外する成分濃度が高く、重金属類の濃度が相対的に低下している。

表 4.1.29 重金属回収試験分析結果一覧表

溶融 飛灰 種類	成分	試料区分					
		酸溶解液	酸溶解残渣	第1硫化物	第2硫化物	排水スラッジ	排水
		mg/L	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/L
A-0	Pb	210	400	33,800	215,000	55	<0.05
	Cu	900	681	168,000	29,600	25	0.13
	Zn	1,000	2,370	67	476,000	1,350	0.01
	Cd	4	<30	<30	5,990	<1	<0.01
	Hg	0.1	0.5	15.1	<0.05	0.5	0.0005
	CL	—	1,100	10,400	2,200	15,100	59,400
	Total-S	—	—	267,000	231,000	14,900	850
	SO4	—	—	262,300	376,100	46,600	2,300
	Si	—	—	2,300	900	111,000	<1
	Ca	—	—	95,500	151,000	21,800	4,900
	Al	—	—	3,500	1,700	147,000	<1
	Na	—	—	400	400	58,300	27,000
	K	—	—	2,000	200	11,200	5,100
	As	—	—	454	107	2	<0.001
B-0	Pb	530	1,590	360,000	652	2.8	<0.05
	Cu	233	241	107,000	100	6.5	0.10
	Zn	535	971	1,410	28,400	2.5	0.01
	Cd	20	25	826	940	7.5	<0.01
	Hg	1.1	8.8	5.0	4.8	7.0	0.0066
	CL	—	49,600	14,000	3,500	139,000	57,800
	Total-S	—	—	109,000	17,900	17,200	460
	SO4	—	—	147,700	6,100	52,300	1,200
	Si	—	—	19,000	320,000	4,700	<1
	Ca	—	—	1,000	4,800	34,300	7,700
	Al	—	—	3,700	40,600	175,000	<1
	Na	—	—	200	9,600	68,200	24,000
	K	—	—	300	3,200	10,400	4,000
	As	—	—	1,440	17	5	<0.001
C-0	Pb	750	3,570	136,000	6,700	38	<0.05
	Cu	153	1,510	56,200	110	7	0.12
	Zn	3,520	16,900	316	164,000	4,790	0.13
	Cd	28	38	290	1,800	10	<0.01
	Hg	0.3	63.6	14.7	16.7	63.5	0.0005
	CL	—	89,800	3,800	6,700	164,000	80,800
	Total-S	—	—	273,000	96,700	10,600	430
	SO4	—	—	50,800	6,100	34,000	880
	Si	—	—	17,600	238,000	7,100	<1
	Ca	—	—	1,600	3,800	62,000	21,000
	Al	—	—	6,300	15,600	16,400	<1
	Na	—	—	1,300	3,200	80,700	24,000
	K	—	—	2,000	1,200	13,000	51,000
	As	—	—	1,120	1	1	<0.001

表4.1.30 回収物中の各成分分配率

原灰	成分	酸溶解残渣 %	第1硫化物 %	第2硫化物 %	排水スラッジ %	排水 %
A-0	Pb	1.11	13.06	85.65	0.18	0.00
	Cu	2.39	82.50	14.99	0.10	0.02
	Zn	3.26	0.01	94.48	2.24	0.00
	Cd	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
	Hg	15.62	64.61	0.00	19.19	0.58
	Total-S	-	30.83	27.50	14.84	26.83
	Si	-	0.24	0.10	99.66	0.00
	Ca	-	5.37	8.75	10.57	75.31
	Al	-	0.27	0.14	99.59	0.00
	Na	-	0.01	0.01	6.38	93.61
	K	-	0.13	0.01	6.47	93.38
As	-	78.06	18.97	2.97	0.00	
B-0	Pb	5.10	91.99	2.91	0.01	0.00
	Cu	2.70	95.65	1.56	0.06	0.03
	Zn	2.39	0.28	97.32	0.00	0.00
	Cd	1.78	4.69	93.12	0.41	0.00
	Hg	40.95	1.86	31.16	25.26	0.76
	Total-S	-	14.92	42.74	22.83	19.51
	Si	-	0.34	98.86	0.81	0.00
	Ca	-	0.04	2.99	11.86	85.11
	Al	-	0.15	29.40	70.45	0.00
	Na	-	0.00	2.03	8.00	89.97
	K	-	0.02	4.00	7.22	88.76
As	-	80.67	16.62	2.72	0.00	
C-0	Pb	17.72	44.67	37.41	0.21	0.00
	Cu	28.15	69.33	2.31	0.14	0.07
	Zn	8.18	0.01	89.26	2.56	0.00
	Cd	1.83	0.92	96.75	0.51	0.00
	Hg	41.46	0.63	12.25	45.65	0.01
	Total-S	-	11.83	71.22	7.65	9.29
	Si	-	0.42	96.75	2.83	0.00
	Ca	-	0.01	0.56	8.93	90.50
	Al	-	1.16	48.68	50.17	0.00
	Na	-	0.01	0.41	10.06	89.53
	K	-	0.01	0.08	0.84	99.07
As	-	97.08	1.47	1.44	0.00	

(3)回収対象金属の分配率

前出の表4.1.29より、回収対象とした亜鉛、鉛、銅及び他の成分の分配率を求め、表4.1.30に示す。

A-0灰は第一硫化物で銅、第二硫化物で亜鉛を回収する目標は分配率から見るとほぼ達成できた。但し、鉛が第一硫化物に80%以上移行しているが、分配率から見るとほぼ飛灰からの分離回収を達成できている。

B-0灰は第一硫化物で銅+鉛、第二硫化物で亜鉛を回収する目標は、分配率から見るとほぼ達成できた。

C-0灰は第二硫化物で亜鉛を回収する目標は、分配率から見るとほぼ達成できたが、鉛に関しては酸溶解残渣、第一硫化物、第二硫化物に分散している。また、銅に関しては酸溶解残渣にかなりの割合が移行している。したがって、C-0灰に関しては、酸溶解条件についてより詳細な検討が必要である。

また、B-0、C-0灰の酸溶解残渣には水銀がかなりの割合で移行している。残渣を再熔融処理にてクローズド処理する場合は、Hg等一部成分について更に挙動を把握する必要がある。

4) 回収試験のまとめ

本金属回収試験において、各溶融飛灰とも含有される重金属類（亜鉛、鉛、銅）を高い回収率で分離回収できた。

これら回収物の資源（非鉄金属製錬原料）としての評価は次項に述べるが、回収試験により以下の点が指摘できる。

- ・溶融飛灰の性状により、回収金属量、各金属含有量が変動し、資源化する上で操作条件の把握・設定に留意が必要である。
- ・資源化に際して、回収物の成分濃度や混入をさけたい成分等の条件によっては、操作フローを変える必要があると考える。
- ・残渣は、溶融排ガス処理方式により発生量が大きく異なり、重金属回収を目指す上で発生量を抑制するフロー、薬剤の選定が望ましい。
- ・残液の排水処理は含有金属類、塩類等に留意し、排水スラッジ処理を含めたシステム条件を選定する必要がある。
- ・塩酸による溶融飛灰溶解時に硫化水素の発生が認められ、発生ガスを吸引・処理するとともに、作業環境の維持に留意すべき必要がある。

溶融飛灰からの金属回収は更に詳細条件を把握することにより十分システム構築が可能と考えられ、これらの成果を踏まえた実証的な検討が今後の課題と考えられる。

5) 重金属資源としての評価

(1) 評価方法

前項にて実施した溶融飛灰の重金属回収試験結果（表4.1.29 抜粋）を日本鉱業協会に提出し、非鉄製錬業界から回収物性状から判断される重金属資源としての評価を受けた。

(2) 評価概略

非鉄製錬業界2社から得られた評価内容は概略以下のとおりである。

・A社評価

ア. 非鉄製錬メーカー各社の現有の原料構成で評価は若干異なるが、回収物中の成分で、非鉄原料として考慮可能なものは亜鉛、鉛、銅である。また、有価

となるレベルは各々>50%、>60%、>50%程度である。

イ.この観点から、亜鉛、鉛、銅の濃縮程度が、亜鉛系で最大47.6%～最小2.8%、鉛系で最大36.0%～最小13.6%、銅系で最大16.8%～最小5.6%と精鉱に比べて低く、基本的には逆有償となるものと考えられる。

ウ. 溶融飛灰A-0の第二硫化物は、亜鉛47.6%、鉛21.5%であり、ISP (Imperial Smelting Process) 法の原料として考慮する価値はある。ただし、カルシウム濃度が15.1%と通常の原料の2～3%と比較し非常に高いこと等がマイナスの評価要素となる。

エ. リサイクル原料としては、酸化物、水酸化物、炭酸化物等の非硫化物系で濃縮した方がむしろ供用先が広まる可能性がある。

オ. 塩素に関しては、洗浄により取り扱い可能なレベルまで低減することが可能と判断できるが、処理費用にこのコストを加味することとなる。

・B社評価

ア. 亜鉛、鉛、銅原料として有価となるレベルは各々>50%、>65%、>10程度である。

イ.この観点から、亜鉛、鉛、銅の濃縮程度が、精鉱に比べて低く、基本的には逆有償となるものと考えられる。

ウ. 溶融飛灰A-0の第一硫化物は、銅製錬工場にて有価で引き取り可能である。その際は、当社指定工場への持ち込み渡し及び1ロット当たり1t以上の量が望ましい。

エ. 溶融飛灰B-0の第一硫化物は、銅原料としては鉛、ヒ素の濃度が高いため逆有償の扱いとなる。

オ. 溶融飛灰A-0の第二硫化物は、亜鉛製錬工場にて有価原料として考慮する価値がある。

(3)まとめ

溶融飛灰の重金属回収試験結果を日本鉱業協会に提出し、非鉄製錬業界から回収物性状から判断される重金属資源としての評価を受けた。評価結果は以下のとおりであった。

- ・目的重金属の品位が一部回収物を除けば、有価のリサイクル原料として評価できるレベルにはなく、逆有償の扱いとなる。