明ばん法による赤泥からのアルミニウム回収*

江島 辰彦**・嶋影 和宣**・星 政義**

Recovery of aluminum from red mud in an alum process*

UDC 669.713 : 669.053

Tatsuhiko EJIMA**, Kazuyoshi SHIMAKAGE** and Masayoshi HOSHI

Red mud was treated with ammonium bisulfate at 400° to 450°C to form a double salt of ammonium aluminum sulfate soluble in water. Aluminum and iron were leached in sulfuric acid after sulfatizing roasting. Ammonium alum was crystallized out of the leaching solution containing iron. The optimum conditions for yielding ammonium alum in the leaching solution are: pH 1.7, the concentration degree 3/4 and the addition of ammonium sulfate 4.8 equivalent. The high purity ammonium alum is predominantly crystallized if the reducing agent is added into the leaching solution. The final recovery of aluminum from red mud can exceed about 77%. A flow sheet is also proposed for treating red mud by the use of ammonium sulfate as a solvent.

(Received May 8, 1978)

1. 緒 言

パイヤー法によるアルミナ製造において、ボーキサイト鉱をアルカリ処理しアルミン酸ナトリウムとしてアルミナを抽出する際に生成する赤泥にはアルミナをはじめとする有価成分が含まれている¹⁾。従来その大部分が埋立、貯泥または海洋投入などによつて処理されているが^{2), 3)}、近年省資源の見地から赤泥の有効利用の確立が切望され、その処理法に関する研究報告が多く発表された^{2), 4)~6)}。しかし赤泥はアルカリ成分を含む赤褐色泥状酸化物で化学成分が一定でないこと、含水量が多いことなどのため大量処理の可能な経済的利用法は見出されていないのが現状のようである。

以上の観点から著者らは赤泥中の有価成分を分離回収する一つの試みとして、硫酸アンモニウムを溶媒に使用して赤泥中のナトリウムおよびアルミニウムを回収する実験を行ない、両成分とも80%以上回収することが可能であることを見出した^{7), 8)}。しかし浸出液には若干鉄イオンも残存し、回収するアルミニウムの純度について問題が認められたので、本研究では浸出液中の鉄を残留させた状態でアルミニウムを結晶として優先的に晶出する明ばん法を適用し、回収するアルミニウムの純度の向上を目的とする実験を行なった。本論文はそれらの結果について報告するものである。

2. 試 料

試料にはオーストラリア産ボーキサイト鉱をアルカリ処理した際に生成した赤泥を使用した。乾燥した赤泥の化学分析結果を **Table 1** に示す。アルミナおよび酸化鉄の含有量は22.5%および32.0%程度である。X線分析によればその鉱物組成はアルミノケイ酸ナトリウムとヘマタイトを主体とし、それにゲーサイト、石英などが混合したものである。アルミノケイ酸ナトリウムの組成式は種々報告⁹⁾ されているが、本実験ではアルミナの組成がほぼネフリエンと同じで、その水和物であることから $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ なる組成式を採用した。

また明ばん法工程に使用した試料液の調整は次の通りである。赤泥を110°C, 8 hr 乾燥し、磁性ボールミルで粉砕後、-100 meshに整粒し、これを20 g秤量して硫酸アンモニウムを赤泥中のアルミナに応じてモル比1:6の割合で添加し、450°C, 4 hr 硫酸化焙焼を行ない、アルミニウムおよび鉄のアンモニウム複塩を生成する。次にこの生成物を硫酸濃度0.1 mol/l, 温度100°C, 酸素分

Table 1 Chemical analysis of sample.

Elements	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	TiO_2	Na_2O
wt%	31.98	22.45	17.25	4.08	12.08

* 日本鉱業会昭和53年度春期大会に一部発表した。

** 東北大学工学部 (仙台市)。Faculty of Engineering, University of Tohoku (Sendai)。

圧10kg/cm²、攪拌速度300 rpm の一定条件下で浸出し、アルミニウムおよび鉄を溶出した。以上の処理をして得た浸出液を明ばん法工程における試料溶液に使用した。

3. 実験装置および方法

3.1 硫酸化焙焼工程

赤泥の硫酸化焙焼の実験に用いた装置および試料セルは著者らが前に報告⁷⁾したものを使用した。反応管は外径45 mmの透明石英製で、温度はアルメルクロメル熱電対を試料セル上部の反応管中に挿入してSCR電圧調整器で制御し、±2℃の精度で測定した。キャリアガスには市販のN₂ガスを脱水、脱酸して用いた。また試料セルは外径30 mmの透明石英製で試料が約60 gまで入るように製作した。硫酸化焙焼の順序は既報⁷⁾と同様なので省略する。なお硫酸化焙焼は温度450℃、時間4 hr、N₂ガス流量200 ml/minの一定条件下で行なつた。

3.2 浸出工程

浸出実験にはすでに報告¹⁰⁾した18-8ステンレス鋼製のオートクレープを使用した。このオートクレープは容積1 l、最大加圧力200kg/cm²、最高使用温度300℃の誘導回転攪拌式のものである。使用にあたってはSCR電圧調整器を取り付けて温度を±1℃の精度で測定し、またオートクレープ容器の腐食を防止するため外径88 mmのテフロン製円筒容器を内装した。浸出実験はまずオートクレープに浸出液600 mlを封入し、温度を70℃まで上げ、オートクレープに取り付けた試料充填セルから焙焼生成物を浸出液中に圧入する。次にオートクレープ内の空気を酸素ガスで置換し、所定の実験温度まで上げ反応を開始する。反応の経過は一定時間毎にオートクレープの試料採取管から試料液を採取し、溶出したアルミニウムを原子吸光法および鉄をスルホサリチル酸を指示薬に用いた比色分析法によって定量した。

3.3 明ばん法工程

浸出液中の鉄を分離するためにアルミニウムを結晶として優先的に晶出させる明ばん法工程の実験順序は次の通りである。浸出後に得られた溶液を400 ml採取して所定量に濃縮し、この試料液中のアルミニウム量に対して硫酸アンモニウムを各当量添加し、温度80℃まで上げて溶解する。次に冷却後アンモニア水および硫酸溶液でpHを調節して結晶母液とし、温度15℃、5 hrの条件で明ばん結晶を晶出した。なお20%硫酸アンモニウム水溶液を用いて生成した結晶中の付着物を取り除いた。分析は結晶生成後の溶液および明ばん結晶生成物について行ない、アルミニウム、ナトリウムは原子吸光法¹¹⁾、鉄は比色分析法によって定量した。

Fig. 1 Leaching curves of red mud sulfatized at 450°C.

4. 実験結果および考察

4.1 浸出時間曲線

浸出工程における硫酸化焙焼反応生成物からのアルミニウムおよび鉄の溶出変化を知るため、濃度の異なる硫酸浸出液およびアンモニア浸出液を用いて、アルミニウムおよび鉄溶出の時間変化について調べた。硫酸浸出はアルミニウムの溶出を高める目的で行ない、アンモニア浸出は鉄の溶出を低下させる目的で行なつた。得られた結果をFig. 1に示す。縦軸のアルミニウムおよび鉄の浸出率は試料に使用した赤泥中の両成分の含有量を基準として百分率で示した。硫酸浸出の場合、アルミニウム浸出率はいずれの濃度でも時間の経過とともに次第に増加し、硫酸濃度0.2 mol/lの浸出では浸出時間1 hrでほぼ100%のアルミニウムが回収される。またアンモニア浸出の場合、浸出時間の経過によるアルミニウム浸出率の変化は少なく、回収率も70%程度である。他方鉄の溶出は両浸出液とも浸出時間の経過にしたがい漸次低下する傾向を示す。特にアンモニア濃度0.5 mol/l、時間4 hrの条件で約5%まで低下する。この結果からアルミニウムの浸出率を向上させるには硫酸浸出が有効であるが、鉄の溶出を防ぐにはアンモニア浸出が有効であることがわかる。またアンモニア浸出ではアルミニウムおよび鉄の両成分とも硫酸浸出に比べて浸出率が各浸出時間で低いが、これは溶出したアルミニウムおよび鉄が加水分解を起しやすく、塩基性硫酸塩として沈殿するからである。

以上によりアルミニウムの浸出率が高く、比較的鉄の溶出が少ない0.1 mol/l硫酸浸出によって得た浸出液を

明ばん法工程で使用することにした。このときの赤泥からのアルミニウム浸出率は浸出時間 4 hr 経過後 90.5%，鉄の浸出率は26.4%，ナトリウムの浸出率は68.0%であった。

4.2 初期 pH の影響

明ばん法工程では硫酸アンモニウムを一定量添加し、浸出液中に鉄を残存させた状態でアルミニウムをアンモニウム明ばんとして晶出させ、それを回収することを目的にしている。明ばんは一般に $M^I Al (SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ 型の複塩で表わすことができる。ここで M^I に 1 価の金属を含み、その 1 価金属の種類によつてアンモニウム明ばん、ナトリウム明ばんなどと呼ばれている。本実験の試料液にはアルミニウムの他に鉄およびナトリウムの各イオンが存在しているから、次の(1)式～(4)式の各明ばん結晶が生成するものと考えられる。

(1)式～(4)式の各明ばんは全部同形で通常正八面体に結晶し、互に混晶をつくる。しかし各明ばんの水に対する溶解度が同一温度で異なり、適当な結晶化条件下では(1)式で示したアンモニウム明ばんの晶出が優先的に進行するものと考えられる。

試料液に硫酸アンモニウムを 1.6 および 4.8 当量添加し、結晶母液の初期 pH を 0.5～3.5 の範囲で変えて晶出した明ばん結晶のアルミニウムおよび鉄の混晶状態について調べた。その結果を Fig. 2 に示す。アルミニウムおよび鉄の回収率は試料に用いた赤泥中のアルミニウム含有量、鉄含有量を基準として生成した明ばん中のアルミニウム量と鉄量の百分率で示した。添加した硫酸アンモニウムのグラム当量数は試料液中のアルミニウム量に対応して(1)式にしたがつて決定し、濃縮度 $\frac{1}{2}$ および $\frac{1}{4}$ の値は400mlの試料液を200 ml, 300 mlにそれぞれ濃縮した場合を示す。硫酸アンモニウム1.6当量を添加した場合に晶出した明ばんのアルミニウム回収率は pH 0.5～1.8 の範囲で増加し、pH 1.8 以上ではほぼ一定値を示す。他方結晶中の鉄の回収率は pH 0.5～1.0 の範囲で急激に減少し、pH 1.0 以上の場合には変化が小さい。pH 1.0 におけるアルミニウム回収率は約60%で、鉄の回収率は2%程度である。また硫酸アンモニウム 4.8 当量添加した場合、アルミニウム回収率は pH が高くなるにしたがい漸次減少し、pH 3 付近では約55%まで低下する。

Fig. 2 Effect of pH on the recoveries of Al and Fe.

Fig. 3 Effect of the ammonium sulfate concentration on the recoveries of Al and Fe.

鉄の混晶量は pH の増加とともに減少し、pH 3.0～3.5 の範囲で最小となり、明ばん中の鉄含量は 1.0%まで低下する。このことは結晶母液中の pH が増加するにしたがい溶出した鉄の加水分解が進行し、塩基性硫酸鉄を形

Table 2 Theoretical recovery of ammonium alum in leaching solution.

Al ₂ (SO ₄) ₃ in solution (g)	(NH ₄) ₂ SO ₄ (equivalent)	Colling temperature		
		5°C (%)	10°C (%)	15°C (%)
16.1	1.6	96.0	95.1	92.6
16.1	3.2	97.1	95.9	94.7
16.1	4.8	97.6	97.6	96.3
16.1	6.4	97.6	97.6	96.3

成して沈殿するために明ばん結晶中に混入する割合が少なくなるからであると推察される。

4.3 硫酸アンモニウム添加量の影響

反応式からわかるように明ばん結晶の生成には硫酸アンモニウム濃度が影響を与える。濃縮度を $\frac{1}{2}$ および $\frac{3}{4}$ とし、硫酸アンモニウムの添加量を0.8から8.0当量まで変えて、明ばんのアルミニウム回収率と鉄の混晶について調べた。その結果を **Fig. 3** に示す。硫酸アンモニウム0.8~3.2当量の範囲ではアルミニウム回収率は急激に増加し、それ以上の添加量では増加の程度が少ない。他方鉄の混晶量も硫酸アンモニウム添加量が多くなるにつれて次第に増加する。しかし鉄の増加量はアルミニウムの増加と比べて少ない。アルミニウムの回収率を高めるためには硫酸アンモニウムを多量添加しなければならないが、これは硫酸アンモニウムがアンモニウム明ばんの晶出に有効に使用されていないからである。**Table 2** は結晶母液中のアルミニウムが(1)式にしたがつてアンモニウム明ばんを生成した場合の理論回収率を有森¹²⁾が報告した各濃度の硫酸アンモニウム水溶液における明ばんの溶解度のデータから計算によつて求め、硫酸アンモニウムの添加量と冷却温度の関係で示したものである。**Table 2** の計算値と本実験の結果とを比較すると、硫酸アンモニウム 1.6当量、冷却温度15°Cの条件では理論回収率が92.6%であるが、本実験の結果では約60%と低い回収率を示し、硫酸アンモニウム 6.4 当量では理論回収率が96.3%であるが、実験では72%と低い回収率を示す。このことは添加した硫酸アンモニウムがアンモニウム鉄明ばんの生成によつても消費されることを示している。

4.4 濃縮の影響

Table 3 Effect of the concentration degree on the recoveries of Al and Fe.

Concentration degree	Recovery of Al (%)	Recovery of Fe (%)
1/4	38.5	1.7
1/2	59.8	2.7
3/5	68.8	3.9
3/4	80.4	10.2

試料液の濃縮が明ばんの晶出にどの程度影響するかを知るため、硫酸アンモニウム添加量1.6当量とし、濃縮度を $\frac{1}{4}$ から $\frac{3}{4}$ の範囲で変えてアルミニウム回収率および鉄の混晶変化について調べた。その結果を **Table 3** に示す。濃縮によつてアルミニウムの濃度が高い溶液ほどアルミニウム回収率は著しく増加し、濃縮度 $\frac{3}{4}$ の場合は回収率が約80%と高い値を示し、**Table 2** に示した同一条件における理論回収率92.6%に近づく。また結晶中の鉄含有量も溶液の濃縮度が高いほど増加する傾向を示す。このことは濃縮によつて結晶母液中の両成分のアンモニウム明ばんの溶解量が減少し、晶出する明ばん量が増加するからである。

4.5 還元剤添加の影響

以上の実験からアルミニウム回収率の高い処理条件では明ばん中への鉄の混晶量が多い傾向があることがわかった。そこで鉄の明ばん中への混入を防ぐために、結晶母液に還元剤を添加して明ばんを晶出する実験を行なった。還元剤にはL-アスコルビン酸 2 gを用いた。濃縮度 $\frac{3}{4}$ の結晶母液に還元剤を添加し、続いて1.6~4.6当量の硫酸アンモニウムを添加した。結晶母液の初期 pH は1.7と1.8に調節し、15°Cで5 hr冷却して明ばん結晶を晶出させた。得られた結果を **Table 4** に示す。還元剤を添加しない場合には鉄の混晶量が10.2%と高いが、還元剤を添加すると1.0%と急激に低下する。またアルミニウム回収率は硫酸アンモニウム添加量0.8~3.2当量の範囲では約70%程度であるが、4.8当量に増すと約77%まで増加する。還元剤の添加によつて鉄の結晶への混入量が減少する原因は次のように考えられる。Latimer¹⁸⁾ の熱力学的データを用いて計算した Fe³⁺-Fe₂O₃-H₂O 系および Fe²⁺-FeO-H₂O系の状態図からわかるように、各 pH

Table 4 Effect of the addition of reducing agent on the recoveries of Al, Fe and Na.

Reducing agent	(NH ₄) ₂ SO ₄ (equivalent)	pH	Recovery of Al (%)	Recovery of Fe (%)	Recovery of Na (%)
No agent	1.6	1.8	80.4	10.2	57.3
L-ascorbic acid	0.8	1.5	73.8	2.1	0.2
	1.6	1.7	71.5	1.0	0.2
	3.2	1.7	71.0	1.1	0.8
	4.8	1.8	77.1	0.2	0.4

における Fe^{3+} イオンと Fe^{2+} イオンの安定領域を比較すると、本実験の pH 範囲では Fe^{3+} イオンよりも Fe^{2+} イオンの方が安定であり、そのため Fe^{2+} イオンは溶液中に残存し、明ばん結晶中に混入し難いからであると推定される。また還元剤を添加すると鉄は $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 組成の複塩を形成する可能性があるが、この複塩は(1)式で示したアンモニウム明ばんとは結晶形が異なり、結晶母液中に晶出し難いからであるとも考えられる。

4.6 回収した明ばんの純度

試料液に含まれる有効成分はアルミニウム、ナトリウムおよび鉄である。ナトリウムはすでに報告⁷⁾したように硫酸化焙焼工程前に回収可能であるので、不純物を鉄のみと考え、結晶明ばん中のアルミニウムおよび鉄から計算によつて Fe_2O_3 と Al_2O_3 の重量比を求めると、その値は本法によつて得られるアルミナの純度を表わす一つのパラメータになるものと考えられる。**Fig. 4** は $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$

Fig. 4 A plot of the weight ratio of Fe_2O_3 to Al_2O_3 vs pH.

Table 5 Effect of the ammonium sulfate concentration on the weight ratio of Fe_2O_3 to Al_2O_3 .

Reducing agent	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (equivalent)	pH	Concentration degree	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$
No agent	1.6	2.5	1/2	0.062
	3.2	2.5	1/2	0.070
	4.8	2.5	1/2	0.074
L-ascorbic acid	1.6	1.7	3/4	0.020
	3.2	1.7	3/4	0.022
	4.8	1.8	3/4	0.003

Al_2O_3 重量比の pH による変化を示したものである。硫酸アンモニウムを 1.6 当量添加した場合、 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ 値は pH 0.5~1.0 の範囲で急激に低下してそれ以上の pH ではほぼ一定値となるが、4.8 当量の硫酸アンモニウム添加量では $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ 値は pH の増加とともに次第に低下し、pH 3 では 0.029 の最小値を示す。この値はアルミナの純度に換算すると約 97.2% となる。以上の結果から回収するアルミニウムの純度を向上するためには初期 pH 3~4 の結晶母液を使用することが適当である。また $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ 値に及ぼす硫酸アンモニウムの添加量の影響を還元剤を添加した場合を含めて **Table 5** に示す。還元剤を添加しない場合、 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ 値は硫酸アンモニウムの量が増加するにしたがい増大し、回収した明ばんの純度が低下する傾向があるが、還元剤を添加した結晶母液では硫酸アンモニウム添加量の増加にしたがい $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ 値は非常に低下し、特に硫酸アンモニウム 4.8 当量、pH 1.8 の条件では 0.003 を示し、これをアルミナの純度に換算すると約 99.7% となる。このときのアルミニウム回収率は約 77% と比較的高い。バイヤー法によつて得られるアルミナの純度は通常 99% 以上とされており、本実験によつて得られたアルミナの純度は十分に高いものであることがわかる。

4.7 X線分析

本実験におけるアルミニウム回収の各工程の反応生成物の形態を知るため、各工程で得られた粉末の X 線分析

A : $\alpha\text{-SiO}_2$ E : $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$
 B : $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ F : $\text{NaAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
 C : $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ G : $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
 D : $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$

Fig. 5 X-ray diffraction patterns of red mud and powder obtained by each process. (Co: K α)

B : α - Fe_2O_3 J : Na_2SO_4
 G : $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ K : $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_2 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
 H : $(\text{H}_2\text{O})\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ L : $(\text{NH}_4)_3\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$
 I : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Fig. 6 X-ray diffraction patterns of the leaching residue and powder obtained by each process. (Co: $\text{K}\alpha$)

Fig. 7 Flow sheet for treating red mud.

を行なった。その結果を Fig. 5 に示す。試料に使用した赤泥粉末の回折図形中にはソーダライトに対応する回折ピークが認められ、また硫酸化焙焼した反応生成物の回折図形中には $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$ ¹⁴⁾ および $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ ¹⁴⁾ の回折線が認められ、赤泥中のソーダライトおよび酸化鉄は硫酸化焙焼により、アルミニウムおよび鉄のアンモニウム複塩を形成することがわかる。これらの反応生成

物を 0.1 mol/l の希硫酸で処理した浸出液を蒸発乾固して得た粉末の回折図形には $\text{NaAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ¹⁵⁾ 組成のアルミニウム硫酸塩の回折線が認められ、本実験の試料液にはアルミニウム、ナトリウムが溶出していることがわかる。硫酸アンモニウム添加量 1.6 当量、濃縮度 1/4 の結晶母液に還元剤を添加して晶出させた明ばん結晶粉末の回折図形には $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$ 組成のアンモニウム明ばんに対応する回折線が認められ、得られたアルミニウムは不純物の少ない明ばんとして晶出することがわかる。次に 0.1 mol/l の硫酸で処理した浸出残渣および明ばんを晶出させた溶液を蒸発乾固して得た粉末の X 線分析を行なった。その結果を Fig. 6 に示す。浸出残渣粉末の回折図形には酸化鉄および塩基性硫酸鉄に対応する回折線が認められる。また還元剤を添加して明ばんを晶出したときの溶液の回折図形にはナトリウムおよび鉄の各硫酸塩の回折線が認められ、これらの成分は溶液中に残存していることがわかる。

以上の X 線分析結果は各工程における実験結果の評価とよく一致している。

4.8 明ばん法による赤泥処理のプロシード

硫酸アンモニウムを溶媒に用いた赤泥の処理法に対して明ばん法工程を導入した。本実験の各工程をフロシードで表わすと Fig. 7 のように示される。Fig. 7 には硫酸アンモニウムによるナトリウムの浸出結果⁷⁾ についても併せて示してある。最初に乾燥した赤泥からナトリウムを溶出し、その残渣に硫酸アンモニウムを混合して硫酸化焙焼を行ない、アルミニウムのアンモニウム複塩を優先的に生成させる。次に複塩化したアルミニウムを硫酸浸出する。この場合鉄の溶出を防ぐために酸素加圧下のもとで行なう。このときのアルミニウム浸出率は約 90%，鉄は約 20% 程度溶出する。次に固液分離した浸出液から明ばん結晶を晶出させる。この場合浸出液を濃縮し、還元剤を添加して鉄を 2 価に還元し、硫酸アンモニウム添加量 4.8 当量、pH 1.8 の条件で明ばんを生成させる。このときのアルミニウム回収率は 77%，鉄は 0.3%，ナトリウムは 0.4% 程度である。

5. 結 言

赤泥中の有価成分を分離回収する研究の一環として、得られるアルミナの純度を向上するため、硫酸アンモニウムを溶媒に用いた既報の処理工程に明ばん法を導入し、浸出液中の鉄を残存させた状態でアルミニウムをアンモニウム明ばんとして優先的に晶出する実験を行なった。得られた主要な結果は次の通りである。

(1) 浸出液の PH, 硫酸アンモニウム量および濃縮度の各因子が晶出する明ばんのアルミニウム回収率と鉄の混晶する割合に影響を与えるが、いずれの因子の場合も

明ばん結晶中のアルミニウム回収率が増加するにしたがい鉄の混晶度合も増加する傾向を示す。

(2) 明ばん結晶中のアルミニウム回収率にもつとも影響を与える因子は結晶母液の濃縮で、濃縮度の高いほどアルミニウム回収率は増加し、約80%のアルミニウムを回収することが可能である。

(3) 明ばん結晶中の鉄の混晶を防ぐには還元剤の添加が極めて有効で、アルミニウム回収率を低下させずに明ばん結晶の晶出が可能である。

(4) 明ばん結晶生成の最適条件は pH 1.7~1.8, 硫酸アンモニウム添加量 4.8 量、濃縮度 $\frac{1}{4}$ の条件で処理した場合で、そのときのアルミニウム回収率は77.1%, 明ばん結晶の純度は99%以上であつた。

(5) 明ばん法を導入した赤泥処理の想定フロートを示した。

謝 辞

本研究を遂行するに当り、実験に協力された本田技研株式会社、大竹宏幸氏ならびに試料を提供していただいた日本軽金属株式会社に謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 北川：アルミニウム工業, 誠文堂新光社(1963) 76.
- 2) 三次, 石原, 佐藤, 堀筋, 下村：骨材資源 20 (1974), 7.
- 3) 田辺, 明石：日本鋁業会誌, 94 (1978), 8.
- 4) 蕭, 明石：日本鋁業会昭和 50 年度春期大会講演集.
- 5) 吉井, 石村：鉄と鋼 **62**(1976), S387, **63**(1977), S469.
- 6) 横田, 山田：日本鋁業会昭和 52 年度春期大会講演集.
- 7) 江島, 嶋影, 星：軽金属, **27** (1977), 19.
- 8) 江島, 嶋影, 星：軽金属, **27** (1977), 465.
- 9) 森, 石川, 清宮：軽金属, No. 24 (1957), 32.
- 10) K. Shimakage, M. Hoshi and T. Ejima: *Trans. JIM*, **15** (1974), 121.
- 11) 長谷川, 保田：原子吸光分析, 講談社(1972), 154.
- 12) 有森：工業化学雑誌, 6 (1939), 53.
- 13) W. M. Latimer: "Oxidation Potentials," Prentice-Hall. (1961), 39, 221.
- 14) ASTM card: No. 3-0320, No. 3-0035.
- 15) ASTM card: No. 1-0397.