赤泥の顔料化とその適性*

Utilization of Red Mud as a Red-Colored
Pigment and its Characteristics

山田 則 行**
Noriyuki YAMADA

広 末 英 晴**
Hideharu HIROSUE

1. 緒 言

赤泥はバイヤー法によってアルミナを抽出する際の抽出残渣であり、酸化鉄、チタン、アルミナおよびケイ酸アルミニウム・ナトリウム（ソーダライト）などから成る物質である。赤泥には多種の成分が比較的少量ずつ含有されているので、どの成分に着目してもその特性を十分利用できず、またこれらの成分をそれぞれ分離して利用するには経済的に困難である。ところで、赤泥は赤かっ色の微粒子から成っており、物体の表面を隠べいすることができる物質である。したがって、赤泥は塗料用の顔料としての特性を備えていると見なされる。

ここでは、赤泥けん濁液の分散・分級特性を調べ、さらにいくつかの処理を加えた赤泥粉体について、顔料試験を行い、赤泥が塗料用顔料としてどのような性能・適性をもつかを調べたので、その結果を報告する。

2. 試 料

実験に用いた試料はM社から排出されている赤泥で、これを $-25\mu\text{m}$ にふるい分け、さらに十分に水洗したものである。これの性質を Table 1 に示す。

赤泥よりつくられた顔料と比較するための顔料とし

て、日本弁柄工業㈱より提供された、iron oxide R-72を使用した。ビヒクルは、流動点および流動特性の測定にはアマニ油を用い、顔料試験には煮アマニ油を用いた。

3. 実験方法

3.1 分散・分級

赤泥は粉碎工程を経て排出されているので、人工的に得られるベンガラ等の顔料に比較すると、広い粒度分布をもつ不規則な形状の粒子である。そこで、赤泥を顔料として使用するためには、ある適当な粒径で分級して微小な粒子群とする必要がある。

赤泥は酸化物とくに酸化鉄を多く含有しているため、その特性はベンガラと類似の傾向を示す。つまり水けん濁液中で示す等電点は7付近にあり、アルカリ側でその表面は $-$ 電位を帯び、酸性側で $+$ 電位となる。また水洗された赤泥はそのpHが約10のアルカリ性を示すためにある程度の分散性を示すようになる¹⁾。

しかし、赤泥を十分に分散させるには分散剤が必要である。一般に酸化物はヘキサメタリン酸ナトリウム(NaHMP)の0.2%溶液中でよく分散することが知られており、筆者らもこれを採用した。

Table 1 水洗赤泥の化学成分と物理的性質

Ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
9.17	7.52	19.19	47.30	8.32	3.81	0.32	4.32	0.32	100.27

Density g/cm ³	Specific surface area m ² /g	pH	Electric conductivity $\mu\text{V}/\text{cm}$ (30 wt%)
3.47	14.3	10.1	600

昭和56年3月5日受付

*粉体工学会昭和55年度秋期研究発表会(昭和55年10月東京)

通産省工業技術院九州工業技術試験所 佐賀県鳥栖市宿町

TEL 09428-2-5161

Table 2 各顔料とその処理工程

Pigment	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8
Process								
Non-treatment								
Classification	*	*	*	*	*	*	*	
Treatment with acid				*	*	*	*	
Calcination (900°C)		*	*		*	*	*	
Washing			*			*		
Modification on surface							*	
								iron oxide R-72

* means the process made on red mud. For example, P2 is the pigment which was classified and calcined at 900°C.

広い粒度範囲を有する微粒子群を高い精度で分級する操作として湿式沈降分級や向流型の水ひが用いられる^{2), 3)}。大山ら⁴⁾は広い粒度範囲を有する粒子群のけん濁液中における各粒子の沈降速度 u を理論的に解析し次式で示した。

$$u = u_s \cdot \phi(c_0, D_c) \quad \dots\dots(1)$$

(1)式は、微粒子群を分級する際、粒子の沈降速度 u_s が初濃度 c_0 と注目粒子径以下の粒子群の割合 D_c との関数によって補正されることを示している。したがって赤泥から微粒子群を分離回収する場合、粒子の沈降速度に及ぼすスラリーの初濃度および粒度分布の影響を調べなければならない。これを島津製作所製の比重天秤式粒度分析器 (RS-1000) を用いて調べた。分級装置を Fig. 1 に示す。ここでは粗大粒子の混入を避けるため、吸込みノズルの降下速度 (約 10 cm/min) は液面の降下速度と等しくした。そして、回収液中の赤泥量 R を乾燥させて求め、これと仕込み赤泥量 W_s とから回収率 (R/W_s) を算出した。本装置は次節に述べる 2 μm 以下の赤泥を回収するためにも用いられた。

Fig. 1 分級装置

3.2 赤泥の顔料化

分級された赤泥はベンガラに比較すれば、顔料として備えておくべきいくつかの特性においてかなり劣質のものである。すなわち、ベンガラは着色力が強く、日光、空気、酸、アルカリ、熱に対する安定性が大きい。したがって赤泥をベンガラと同等な顔料として使用し得るまでに品質を向上させる必要がある。

赤泥の顔料化工程と得られる顔料との組合せを Table 2 に示すように考え、これらの各処理工程について述べる。

(i)無処理とは、工場排出の赤泥をそのまま使用するので、筆者らはこの赤泥がセメント・コンクリートなどの着色混和剤として使用可能であることを報告した⁵⁾。

(ii)分級工程は、赤泥中の微粒子群を回収するもので、ここではその分離粒径を 2 μm に設定した。これは、顔料試験法に定められている分散性測定において、グラインドメータの検出下限が 10 μm であるため、単独の粒子径としては 10 μm 以下が適当と考えられるからである。

(iii)化学的処理工程は、赤泥がソーダライト鉱物を含含有しており、これが化学的に不安定なため、これを取除く工程であって、その処理方法は前報⁶⁾に示した。この処理には洗浄工程が含まれている。この処理を経ることにより、赤泥は酸化物主体となり、その pH は中性を示すようになる。

(iv)熱処理工程は、赤泥顔料が塗料化されるとき工程あるいは使用条件によってメカノケミカル反応や光・熱により生ずる劣化を避けるためのものである。

(v)表面改質工程は、赤泥顔料表面を親油化するためのもので、次のように処理された⁷⁾。すなわち、①試料 (P5が使用された) 30 g を 500 ml の水にけん濁させ、

FeCl₃により粒子表面を+に変え、分散させる。このときスラリーの pH は約 3 であり、粒子はよく分散ようになる。②次に陰イオン界面活性剤⁹⁾（ラウリル硫酸ナトリウム）を投入して凝結させる。このとき表面に吸着された界面活性剤の配向により粒子は親油性となる。

(-)ベンガラは、赤泥顔料を評価するための基準の顔料であって、iron oxide R-72 を用いた。

3.3 赤泥のアマニ油中での流動特性

赤泥顔料が塗料として使用されるとき、どのような挙動を示すかを予測する手段の一つとして、顔料アマニ油系の流動点と流動特性を求めた。

流動点はビヒクル中の顔料の分散性を示す実用的で有効な方法とされており、顔料ペーストを一種の臨界状態に達するまでに要したビヒクル量で示すものである⁹⁾。この状態は粒体をかき混ぜながらビヒクルを滴下し、混合物がスパーテルから自重で流れ始めるときの顔料体積濃度（PVC）として表わされた。

流動特性は、回転二重円筒型粘度計（内筒 28 mmφ×70 mm, 外筒 30 mmφ）を用いてえられるせん断速度と見掛け粘度の関係として表わされた。流動特性を求める時には、あらかじめ顔料はアマニ油とともにポットミル（140 mmφ）に入れられ、1 時間混合・分散された。このとき顔料体積濃度は 5 % および 15 % であった。

4. 実験結果および考察

4.1 分級

Fig. 2 は前述の粒度分析器を用いて種々のスラリー濃度における粒度分布を測定した結果である。Fig. 3 は Fig. 1 に示される実験装置を用いて、スラリー初濃度 10 wt% のもとで 25 μm, 10 μm, 4 μm および 2 μm で分級したものの粒度分布である。Figs. 2 と 3 の結果より、赤泥から顔料としての微粒子群を回収する場合、スラリー初濃度を 10 wt% 程度としても、(1)式における u_s

Fig.2 粒度分布におよぼす粒子濃度の影響

Fig.3 分級赤泥の粒度分布

に及ぼす c_0 の影響をあまり考慮しなくてもよいと言える。つまり $u = u_s$ と近似できる。

回分式沈降分級法においては、上澄液を抜きとり、分離粒径以下の粒子群を回収する際、理論的回収量 R は次式で与えられる。

$$\frac{R}{W_s} = \frac{h}{H} \left\{ D_c - \frac{1}{u_c} \int_0^{D_c} u \cdot dD \right\} \quad \dots\dots(2)$$

また、 n 回デカンテーションしたときの部分分離効率 r は次式で与えられる²⁾。

$$r = \left\{ 1 - \frac{h}{H} \left(1 - \frac{u}{u_c} \right) \right\}^n \quad \dots\dots(3)$$

(3)式は沈降開始時に h 面より下に存在する分離粒径 $\{ (d_c, u_c, D_c) \}$ の形で表現する}より小さい、ある粒子群 (d_i, u_i, D_A) と沈降時間中に h 面を通過するある粒子群 (d_i, u_i, D_B) との合計 $(D_A + D_B)$ の D_i (d_i 以下の粒子の重量割合) に対する割合を示している。今、 $d_i/d_c = 0.5$ の粒子に着目して、 $n = 2$ のとき D_i の 90% を回収、つまり $r = 0.1$ とすると、その分級操作条件は $h/H = 0.91$ で与えられる。

そこで、この条件のもとで(2)式を計算し、あわせて実験値との比較を試みる。

Fig. 4 の粒度分布曲線から、 $-25 \mu\text{m}$ 赤泥の粒度分布は対数正規分布で近似されることがわかる。つまり積算粒度割合 D は次式で表わされる。

$$D = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^w \exp\left(-\frac{w^2}{2}\right) dw \quad \dots\dots(4)$$

ここで、 $w = (\log d - \log d_0)/\sigma$ 、 d_0 は幾何平均径であり、 σ は幾何標準偏差である。Fig. 4 から $d_0 = 1.15 \mu\text{m}$ 、 $\sigma = 0.58$ である。(2)式と(4)式から次式がえられ

Table 3 分級による微粒子群の回収

Cut diameter μm	D_c %	$(R_1/W_s)_{\text{cal}}$ %	$(R_1/W_s)_{\text{obs}}$ %	$(R_2/W_s)_{\text{obs}}$ %	$(R_2/W_s)_{\text{obs}}/D_c$ %
1	48	39.0	35.8	40.9	85.4
2	66	55.0	52.4	58.8	89.1
4	82	70.3	66.7	74.2	90.5
10	95	83.9	76.9	84.7	89.2

(R_1/W_s) : Overall recovery of fine due to classification of one time

(R_2/W_s) : Overall recovery of fine due to classification of two times

$(R_2/W_s)/D_c$: Recovery of fine of less than cut diameter due to classification of two times

Fig.4 25 μm 分級赤泥の粒度分布

Fig.5 ζ 電位および吸着量と、分散剤の種類および濃度との関係

る。

$$\frac{R}{W_s} = \frac{h}{H} \left\{ D_c - \frac{1}{u_c} \int_{-\infty}^{w_c} u \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{w^2}{2}\right) dw \right\} \quad \dots\dots(5)$$

ここで $u = kd^2$, $u_c = kd_c^2$, $d = d_0 e^{2.3w\sigma}$ であるから、(5)式は次のように変形される。

$$\frac{R}{W_s} = \frac{h}{H} \left\{ D_c - \exp(-4.6w_c\sigma) \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{w_c} \exp(4.6w\sigma - 0.5w^2) dw \right\} \quad \dots\dots(6)$$

(6)式による計算値と実験値を Table 3 に示す。表よ

り計算値 $(R_1/W_s)_{\text{cal}}$ は実験値をよく近似しているのがわかる。また、同じ操作条件のもとに、2回のデカンテーションを行ったときの回収率から、 D_c の約90%を回収していることがわかる。そして、 $d_c = 2 \mu\text{m}$ を採用すれば、-25 μm 赤泥中の約60%が顔料として回収可能であって、これは赤泥が赤色系顔料としての大きな資源であることを意味している。

以上の実験は、分散剤として NaHMP を使用して行なわれたものであるが、現状では顔料工業において合成界面活性剤が使用されている。そこで、その1つとして酸化鉄に対し高い分散能をもつとされる^{10,11)}。ナフタリンスルホン酸ホルマリン縮合物 [(Al-NSF) 花王石鹼:

Fig. 6 沈積比容と分散剤の種類および濃度との関係

Fig. 7 無処理および処理赤泥の性質

デモール NL] を選び、その赤泥およびベンガラに対する吸着能および電位を NaHMP を用いた場合のそれと比較した。この結果を Fig. 5 に示す。ここで Al-NSF の濃度 (mol/l) はモノマー単位で表わし、NaHMP は、 $(\text{NaPO}_3)_6$ をモル分子量とした。同図より、NaHMP あるいは AL-NSF が添加されたけん濁液において、赤泥の示す電位および吸着能はほぼ同一であることがわかる。さらに、赤泥、ベンガラ、酸化鉄¹⁰⁾の吸着能および電位が、Al-NSF の濃度に対して、ほぼ同じ傾向を示すことから、これら三者の表面状態は、およそ同じであることも推察される。Fig. 6 は分散剤添加後 3 日間静置した赤泥の沈積比容と分散剤濃度との関係である。いずれの分散剤ともその濃度が 0.1% 付近で分散効果をよ

く発揮していることがわかる。Al-NSF の分散性は Figs. 5 と 6 から NaHMP と同等として取扱えることがわかるが、さらに粒度分布測定の結果も NaHMP の場合と一致した。したがって Al-NSF は赤泥に対する分散剤として適当であると判断される。そこで赤泥から顔料を回収する際の分散媒には Al-NSF の 0.1% 溶液が使用された。

4.2 化学処理

前報⁶⁾ に述べた方法によって処理された赤泥の酸・アルカリ雰囲気中における挙動は Fig. 7 に示すように、ベンガラと同様となり、化学的に安定化されたことがわかる。これに対して無処理および熱処理赤泥はソーダライトの酸との反応のため挙動が異なる。無処理と熱処理との挙動の違いから、熱処理によりソーダライトがいくぶん変化しているのがわかる。

4.3 熱処理

赤泥に含まれるソーダライトは次の化学式で表現される。

そして、化学分析の結果、 $n_1 \div 2$ 、 $n_2 \div 4.6$ であった⁶⁾。つまりソーダライトは成分的にゼオライトとほとんど同様であるが、ゼオライトのような明確な構造をもたないことが X 線分析により知られている¹²⁾。ソーダライトは約 25% の水分を含有している。残りの赤泥中には酸化水酸化鉄の存在が考えられ、これは熱的に不安定である。Fig. 8 にゲーサイト、マグネタイト、ボーキサイト中の鉄および赤泥の加熱による変化を示している。針状の黄色酸化鉄 ($\alpha\text{-FeO}(\text{OH})$) は 280°C 付近で脱水し、針状のヘマタイトになり、立方状の黒色酸化鉄 (Fe_3O_4) は 600°C 付近で赤色のヘマタイトに変化する。一方ボーキサイト中の鉄は 950°C 付近でヘマタイトに変る¹²⁾。そして赤泥は 200°C 付近で吸着水分が取

Fig. 8 ゲーサイト、マグネタイト、ボーキサイトおよび赤泥の加熱特性

Table 4 顔料—アミニ油系の流動点

Pigment	No dispersing agent		1 wt% dispersing agent (Span 80)	
	PVC(%)	Oil absorption(ml/100 g)	PVC(%)	Oil absorption (ml/100 g)
P1	11.0	225	13.0	186
P3	12.8	163	17.9	109
P4	10.0	226	10.7	208
P5	13.2	143	18.5	96
P7	13.9	135	16.4	111
P8	15.0	111	22.3	68

除かれ、400°Cで結合水の7割、1,000°Cで9割の水分が取除かれる¹³⁾。また1,000°C付近から変態と焼結が始まり、その色も赤かっ色から黒色へと変化する。つまり赤泥中の鉄の形態はゲーサイトまたはマグネタイトのような単純な形ではなく、いくつかの形態が混然一体となっていると考えられる。そこで、ここでは焼結と変態を避け、十分に脱水するために熱処理温度を900°Cに設定した。加熱後放冷された赤泥は洗浄されるか、あるいはそのまま次の処理が施された。赤泥を900°Cに熱処理したとき離散する水分量を次のように考え、実験値と比較した。すなわち、赤泥単位質量あたりの水分量を M_R 、ソーダライトについて M_s 、酸処理赤泥について M_t としたとき次式が成立すると仮定する。

$$(a+b)M_R = aM_s + bM_t \quad \dots\dots(8)$$

$$a+b=1$$

M 赤泥の場合、 $a=0.24$ 、 $b=0.76$ である。 M_s はソーダライトの分離が困難なため直接確認することはできないが、その化学成分をゼオライトと同一と見なせるので、合成ゼオライト(和光純薬工業のA-3)について赤泥と同一条件のもとで焼成を行い、加熱減量として18.7%を得た。一方、 M_t は5.4%、 M_R は8.9%(赤泥の強熱減量は9.2%)であった。よってこれらの数値を(8)式に代入すると、 $M_s=20\%$ が得られ、これはゼオライトの18.7%とはほぼ一致している

4.4 赤泥のアミニ油中での流動特性

赤泥を顔料とする油性ペイントをつくらうとする場合は親水性固体 S_w —親油性液体 L_o 系であり、ベンガラにおいても同様である。 S_w — L_o 系はその表面の水のため凝集(水が液体架橋剤として作用する)を起こすので分散剤の添加が必要になる。このような分散系はW/O型エマルジョンに対応されるところから、HLBの小さい界面活性剤を用いれば分散の向上を図ることができ、ここではソルビタンモノオレート(スパン80, HLB=4.3)を使用し、その効果を調べた。

Pigment	Key	
	normal	Span 80
P1	●	●
P3		○
P4	▲	△
P5	△	△
P7	+	
P8	□	□

PVC=5%
Concentration of Span 80=3%

Fig.9 各種顔料—アミニ油系の流動特性(PVC=5%)

まず、流動点の測定結果(Table 4)によれば、P8のベンガラが最も高い流動点を示しており、ついでP7の親油処理された赤泥の順である。よってP8, P7はよくアミニ油となじむ顔料であることがわかる。そしてスパン80が添加されたものではP8が最も高く、ついでP5, P3, P7の順である。これらから、ベンガラ、親油処理された赤泥および熱処理された赤泥はビヒクルに比較的よくなじむ顔料となっていて、スパン80もこれらの顔料に対してはその効果をよく発揮していることがわかる。

つぎに、流動特性の測定結果をFigs. 9と10に示し

Table 5 顔料試験結果

Pigment	Water solubility mg/5 g	pH	Oil absorption ml/100 g	CPVC %	Density g/cm ³	Covering power m ² /g	Dispersing μm
P1	75.0	9.5	40	41.0	3.60	2.44	10
P2	62.5	10.3	—	—	—	—	—
P3	38.4	9.8	40	37.3	4.20	1.95	10
P4	25.7	6.7	31	44.5	4.03	1.62	10
P5	14.9	7.1	33	39.7	4.60	1.61	10
P6	14.2	—	—	—	—	—	—
P7	—	6.7	25	46.5	4.60	1.93	10
P8	18.2	6.2	20	49.5	5.10	2.19	10

Table 6 各顔料の測色値

Pigment	Y	x	y	Dominant wavelength nm	Excitation purity %
P1	8.89	0.50	0.36	597.5	61.4
P3	8.70	0.53	0.37	596.5	72.2
P4	6.42	0.51	0.37	595.5	67.7
P5	8.35	0.52	0.37	596.0	70.2
P7	8.72	0.52	0.37	596.0	70.0
P8	6.44	0.51	0.35	600.0	60.3

注) Specification of Colours According to the CIE Standard Colorimetric System

Fig.10 赤泥(P5)—アミノ油系, ベンガラ(P8)—アミノ油系の流動特性(PVC=15%)

た。Fig.9によればP7が最もニュートン流動に近いことを示しており、P8はチキソトロピー性が高いことを示している。つまりこれはTable4に示されたこととは矛盾した結果であって、その原因の一つとしては、顔

料—ビヒクル系を混合する際に加えられた機械的分散作用の差ではないかと考えられるが、その詳細はさらに検討されねばならない。Fig.10に示したように、顔料濃度を増しても同様の傾向が見られた。そしてPVC=20%の水中分散系においても同様のことが測定された。よって赤泥はベンガラより流動性に富む顔料であると言える。

4.5 顔料試験

顔料試験をJIS 5101によって行つた。測定結果をTable5に示す。分散性の良い顔料は塗料にしたとき、分散相の平均粒径が小さく、粗大粒子がなく、分散状態が安定で凝集やケーキングを生ずることがないものである。つまりこれはグラインドメータによって測定された分散性の値が低いことであって、Table5の結果によれば、いずれの顔料とも分散性は良好であると言える。

他の項目でベンガラと同等になった顔料はP7のみであって、赤泥からベンガラと同等な顔料を製造するには次の各工程が必要である。すなわち、(1)分級工程、(2)酸処理工程、(3)熱処理工程、(4)親油処理工程である。Table6には各顔料の測色値を示している。赤泥はベンガラとほぼ同じ600nmの主波長をもち、ベンガラよりは黄味がかかっていて、酸処理あるいは熱処理により刺激純度が

向上しているのがわかる。

5. 結 言

以上、赤泥の分散・分級特性および分級された赤泥の顔料化について調べた。その結果、次の結論が得られた。

1. 赤泥の分散に対してはヘキサメタリン酸ナトリウム

と同様にナフタリンスルホン酸ホルマリン縮合物が有効であることがわかった。また分級特性は既往の研究結果を用いておおよそ予測できる。

2. 赤泥からベンガラと同程度の性能をもつ顔料を製造するためには、分級、化学（酸）処理、熱処理、親油処理を行なわなければならないことがわかった。

使 用 記 号

a : 未処理赤泥単位質量あたりのソーダライト量	[—]	M_s : ソーダライト単位質量あたりの水分量	[%]
b : 未処理赤泥単位質量あたりの酸処理赤泥量	[—]	M_t : 酸処理赤泥単位質量あたりの水分量	[%]
c_0 : けん濁液の初濃度	[%]	n : デカンテーションの回数	[—]
CPVC : 臨界顔料体積濃度	[%]	PVC : 顔料体積濃度	[%]
D : 質量基準の積算粒度割合	[—]	R : 分級により回収された質量	[M]
D_e : 分離粒径 d_e 以下の質量割合	[—]	r : 部分分離効率	[—]
D_i : 粒径 d_i 以下の質量割合	[—]	u : 干渉沈降速度	[LT ⁻¹]
d : 粒径	[L]	u_e : 分離粒径 d_e の粒子の自由沈降速度	[LT ⁻¹]
d_e : 分離粒径	[L]	u_s : 自由沈降速度	[LT ⁻¹]
d_0 : 幾何平均径	[L]	W_s : 試料質量	[M]
H : 沈降槽の深さ	[L]	w : $(\log d - \log d_0)/\sigma$	[—]
h : 抜きとられた液の深さ	[L]	w_e : $(\log d_e - \log d_0)/\sigma$	[—]
k : 定数	[L ⁻¹ T ⁻¹]	σ : 幾何標準偏差	[—]
M_R : 赤泥単位質量あたりの水分量	[%]		

引 用 文 献

- 1) Hirose, H., E. Abe, N. Yamada, and H. Ihara: *Powder Technology*, 27, 2, 197(1980)
- 2) 日高重助: 粉体工学研究会誌, 13, 2, 81 (1976)
- 3) 三輪茂雄, 日高重助: 材料, 21, 225, 108 (1972)
- 4) 大山義年, 吉野善哉: 化学工学, 17, 3, 103 (1953)
- 5) 山田則行, 広末英晴, 横田章: 九州工業技術試験所報告, 25, 25 (1980)
- 6) 横田章, 山田則行: 浮選, 25, 121 (1978)
- 7) 目黒謙次郎: 工業化学雑誌, 58, 905 (1955)
- 8) 小石真純, 角田光雄: “粉体の表面化学” p. 155, 日刊工業新聞社 (1978)
- 9) Patton, T.C.: “Paint Flow and Pigment Dispersion”, John Wiley & Sons, Inc. (1964) “植木憲二監訳: 塗料の流動と顔料分散” (共立出版, 1971)
- 10) Moriyama, N.: *Journal of Colloid and Interface Science*, 50, 1, 80 (1975)
- 11) Moriyama, N.: *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 48, 6, 1713 (1975)
- 12) Shiao, S. J.: “学位論文” p. 24, 東京大学 (1975)
- 13) 三次隆, 石原宗利, 佐藤長生, 堀筋教正, 下村金一郎: 骨材資源, 20, 7 (1974)

Utilization of Red Mud as a Red-colored Pigment and Its Characteristics

by

Noriyuki YAMADA and Hideharu HIROSUE

(Government Industrial Research Institute, Kyushu)

Red mud is a waste from the Bayer process of alumina production. This paper is concerned with the dispersion and classification of red mud in a suspension and the improvements made on classified red mud in order to utilize it as a red-colored pigment. Conclusions derived from this study are as follows.

1. It was found that Na salt of formalin condensate of alkyl (C_{14}) naphthalin sulfonic acid (Al-NSF) as well as sodium-hexa-metaphosphate (NaHMP) was effective as a dispersant to disperse red mud in water. The fraction of recovery in classifying the red mud in a suspension was also found to be estimated approximately by using the equations that have been proposed in the literature.

2. It became clear that a red-colored pigment having essentially the same characteristics as ferric oxide, could be obtained by processing red mud. The process consists of classification, treatment with acid, calcination and modification on the surface of red mud.

List of figures and tables

Fig. 1 Experimental apparatus for classification of red mud

Fig. 2 Effect of solids concentration on particle size distribution

Fig. 3 Particle size distribution of classified red mud

Fig. 4 Particle size distribution of red mud sieved at $25\ \mu\text{m}$

Fig. 5 Effect of kinds and concentrations of dispersant on zeta potential and amount of adsorption

Fig. 6 Effect of kinds and concentrations of dispersant on specific volume of sediment

Fig. 7 Characteristics of non-treated and treated red mud (Suspensions: $5 \times 10^{-3}\text{N}$ NaOH of 200 ml + pigment of 20 g)

Fig. 8 Variation of properties of goethite, magne-

tite, bauxite and red mud with heating temperature

Fig. 9 Effect of surfactant and kinds of pigment on flow properties of pigment-linseed oil systems (PVC = 5%)

Fig. 10 Flow properties of red mud (P5)-linseed oil and iron oxide R-72 -linseed oil systems (PVC = 15%)

Table 1 Chemical compositions and physical properties of red mud

Table 2 Red mud pigments treated with various methods

Table 3 Recovery of fine particles due to classification

Table 4 Flow point of pigment-linseed oil system

Table 5 Test for pigments

Table 6 Coloring value of pigments