カルサイトとディッカイトの浮選分離*

佐藤 敏人¹ 中澤 廣²

[UDC 622.765]

Fundamental Study on the Separation of Calcite and Dickite with Sodium Oleate

by Hayato SATO¹ and Hiroshi NAKAZAWA²

Flotation behavior of calcite and dickite, alone and 1:1 mixture, was investigated by a laboratory Denver type flotator at a pH 10.5 using sodium oleate as a collector and sodium silicate as a depressant with the intention of separating calcite from dickite.

Both calcite and dickite were negatively charged and therefore neither heterocoagulation nor slime coating took place at an alkaline pH.

The following results were obtained.

- 1) In the case of coarse particles system of both calcite and dickite fairly good floatability of calcite was obtained, but for fine particles no satisfactory results were obtained.
- 2) Selective flotation of calcite from dickite at an alkaline pH 10.5 might be explained by the following reasons, hydrophobic flocs of calcite were formed as the result of the increased adsorption of oleate ions on calcite surface and the addition of sodium silicate prevented slime coating.
- 3) Adsorption isotherm of sodium oleate on the surface of calcite and dickite was expressed by the Freundlich type isotherm and the oleate adsorbed on calcite surface forming a multimolecular layer at a high concentration.

KEY WORDS: Fine Particle Flotation, Separation, Calcite and Dickite, Sodium Oleate

- (1. Assoc. Prof., Faculty of Engineering, IWATE University.)
- (2. Research Assoc., Dr., Faculty of Engineering, IWATE University.)

1. 緒 言

カルサイト鉱山の選鉱廃棄物はカルサイトの他に珪酸質脈石を含み、建材材料等への利用ができず廃棄されている。脈石類を除去してカルサイトの有効利用を計ることは選鉱の分野に課せられた課題の一つである。特に珪酸質脈石が粘土の場合は、粘土の特殊性のために、カルサイトとの浮選分離が非常に困難になる。

この観点から、本研究においては、粘土としてディッカイトを選び、カルサイトとディッカイトの浮選分離に関する基礎的研究を行った。本報告では、浮選分離における構成鉱物粒度の影響、捕収剤、抑制剤の効果等について検討した結果を報告する。

2. 実験試料および方法

実験に供したカルサイトは福島県八基鉱山産のもので CaCO_3 として97.78%、ディッカイトは広島県勝光鉱山産のもので CaCO_3 0.47%、 SiO_2 42.5%、 Al_2O_3 40.0%であり、それぞれの試料とも塊鉱を粉碎後、65meshから400meshまでの試料は湿式法により

ふるい分けし、100~200meshのものを細粒とし、水ヒにより得た $-10\mu\text{m}$ (重量平均粒径 $2\mu\text{m}$)を微粒とした。各々の試料は湿式高磁力磁選機により脱鉄したのち蒸留水中に保存した。ゼータ電位の測定は微粒を用い顕微鏡式電気泳動法により求めた。

浮選は200ml容量のデンバー型FW浮選機を用い、インペラ回転数4250rpmで5分間攪拌することにより条件付与後、空気を導入して行った。単独試料の浮選の場合は、パルプ濃度5%とし、捕収剤にドデシルアンモニウム酢酸塩(以下、DAAと略す)、またはオレイン酸ナトリウム(以下、NaOlと略す)を用い、分散剤として珪酸ナトリウム(以下、 Na_2SiO_3 と略す)を使用した。混合試料の場合は単独試料の浮選結果の良好な条件のもとで浮選の2段処理を試みた。その浮選フローシートを図1に示す。浮選後の

図1 カルサイト・ディッカイトの混合試料についての2段浮選のフローシート

* 1987年3月15日受付 9月16日受理 昭和63年度資源・素材関係学協会合同秋季大会にて一部発表

1. 正会員 岩手大学助教授 工学部資源開発工学科

2. 正会員 工博 岩手大学助手 工学部資源開発工学科

キーワード: 微粒子浮選, 分離, カルサイトとディッカイト, オレイン酸ソーダ

図2 カルサイトとディッカイトのゼータ電位とpHの関係

浮鉱，沈鉱をろ過，乾燥，秤量し，JIS-R 5202 のポルトランドセメント分析法に準じて CaCO_3 品位を求めた。

吸着実験は，次の手順で行った。100ml のビーカーに -400mesh の試料 (BET 法による比表面積はカルサイトで $4.3 \times 10^4 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，ディッカイトで $3.1 \times 10^5 \text{ cm}^2/\text{g}$ である。) を浮選条件と対応する 5 % 濃度となるように投入し，所定量の NaOH および Na_2SiO_3 を加えて超音波洗浄器にて均一分散系とし pH を調整後 60 分マグネチックスターで攪拌し，その後懸濁液を遠心分離し上澄液の NaOH 濃度をナイルブルーを用いた分光光度法¹⁾により測定し，この測定濃度と初濃度との差をもって吸着量を求めた。また，吸着量は次に述べる示差熱法によっても測定し，両測定結果を比較した。

示差熱法は，示差熱天秤で測定試料と標準試料 (捕収剤を吸着していない試料) を酸素雰囲気中で加熱すると捕収剤が燃焼し示差熱曲線に発熱ピークが現れ，この発熱ピーク面積が捕収剤量に比例することを利用した方法で，直接粒子表面の捕収剤吸着量を測定できる利点がある。既にこの方法でオレイン酸ナトリウムを 0.02～0.16 mg の範囲で定量でき，ピーク面積のかわりにピーク高さをを用いても測定できることを報告した²⁾。なお，示差熱天秤は理学製 TG-DTA 標準型を用いた。

3. 実験結果と考察

3.1 ディッカイトおよびカルサイトのゼータ電位と pH の関係

浮選分離に先立ち，両鉱物の界面動電的性状を知ることが重要であるので，カルサイトとディッカイトのゼータ電位を測定した。結果を図 2 に示す。図からゼータ電位が零となる pH 値 (等電点) はカルサイトで約 8.7，ディッカイトのそれは約 3.7 に認められる。ゼータ電位は等電点よりアルカリ性側では負の値，酸性側では正の値を示し，pH 3.7～8.7 の領域においては，カルサイトとディッカイトは反対符号の電位を持つことになる。従って静電的相互作用

図3 カルサイトとディッカイトの浮鉱率 (単独試料浮選) に及ぼす粒度の影響

図4 カルサイトとディッカイトの浮鉱率 (単独試料浮選) に及ぼす粒度の影響

用の観点からは，この領域において陽イオン捕収剤を用いるとディッカイトが浮遊し，陰イオン捕収剤を用いるとカルサイトが選択的に浮遊することが予想される。

図 3 は，pH 8.0³⁾において陽イオン捕収剤 DAA の添加量 500 g/t ($1 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$) なる条件のもとで種々の粒度のディッカイトとカルサイトを用い，それぞれ単独試料に対する浮選試験を行った結果を示したものである。図から明らかなようにカルサイトの粒度が 150 mesh より小さくなるにつれて急激に浮鉱率が上昇し，200～400 mesh で 90 % 以上となり，以後幾分減少の傾向を示し，粒度の微粒化にともない両鉱物の分離が困難になることがわかる。カルサイトの場合は，65～150 mesh の粒径で 20 % ほどの浮鉱率にとどまるのは，単位表面積当りの捕収剤量が過剰になり，2 分子層吸着が起こり，カルサイト表面が親水化するためと考えられる。

3.2 オレイン酸ナトリウムによるカルサイトの浮選

a) 単独試料に対する浮選 次に pH 8 付近で陰イオン捕収剤 NaOH の添加量を 1 kg/t ($1.64 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$) として両鉱物の粒度別の単独浮選を行った結果を図 4 に示す。図からカルサイトは 150 mesh 以下の粒径では 80 % 以上の浮鉱率となるが，粗粒において浮鉱率が低くなるのは，DAA の場合と同様に，捕収剤の 2 分子吸着が起こり，表面が親水化するためではないかと思われる。一方，ディッカイトは粒度に関係なく約 20 % ほどの浮鉱率となり混合試料についての浮選の場合，DAA に比較して粒度の細かい方では浮選分離成績は向上すると思われるが，しかし満足すべき結果は得られなかった。オレイン酸イオン ($\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COO}^-$) はカルシウム塩鉱物表面に化学吸着性を示すので，カルシウムに対する選択性は向上するが，十分な分離成績を得るためにはディッカイトに対する抑制作用を検討する必要がある，次の実験を行った。

図 5 には pH 8.0 において NaOH を捕収剤として用いた場合の種々の粒度のカルサイトとディッカイトそれぞれ単独試料に対する浮選結果を示した。なお，この場合ディッカイトの浮遊を抑制するため Na_2SiO_3 を併用した。図から明らかなように Na_2SiO_3 500 g/t 添加ではディッカイトは 100～200 mesh まではほとんど浮遊せず，それ以下の粒度では約 10 % ほどの浮鉱率であるが， Na_2SiO_3 の添加量を 2 倍にすることによって浮鉱率はほとんど認められなくなる。この条件においてもカルサイトの浮鉱率は低下せず，カルサイトの選択的浮選分離が期待できるので次に混合試料について浮選を行った。

b) 混合試料に対する浮選 両鉱物のゼータ電位の符号が反対である pH 8.0 付近における混合試料についての浮選分離の結果を図 6 に示した。図から明らかなように粗粒同士の場合は浮鉱の

a) カルサイトの酸溶解性を考慮して pH 8 を選んだ。

図5 カルサイトとディッカイトの浮選率（単独試料浮選）に及ぼす粒度の影響

図6 カルサイト・ディッカイト混合試料浮選に及ぼす粒度の影響（混合比は各粒度とも重量比で1:1）

CaCO₃品位は90%ほどであり、微粒になるにつれ浮選品位は低下の傾向を示し対称的に沈鉱中のCaCO₃品位が緩やかに上昇している。また、ディッカイトの抑制剤としてNa₂SiO₃の効果は単独試料浮選にみられるほどではなかった。これはカルサイトから溶出するカルシウムイオンがディッカイトに吸着し、ディッカイトの活性化が進行したため³⁾、と微粒になるにつれてカルサイトとディッカイトとの異種凝集が起こったためと考えられる。

図7は両鉱物のゼータ電位がともに負であるpH 10.5においてディッカイト微粒の重量を一定としカルサイトの粒度組成を変化させた混合試料浮選を行った結果である。図には示していないがディッカイトが細粒（100~200mesh）の場合はカルサイトの粒度に無関係に浮選のCaCO₃品位は95%以上の値となり浮選分離は良好であった。しかし、ディッカイト微粒の場合、カルサイト微粒の割合が多くなるにつれてカルサイトの浮選率、浮選品位は漸次低下し、対称的に沈鉱中のCaCO₃品位、ディッカイトの浮選率が増加する傾向を示す。臼井ら⁴⁾は、捕収剤としてDAAを用いた場合、ヘマタイトとシリカとの混合懸濁液からの脱珪浮選において沈鉱となるヘマタイトが微粒になると脱珪浮選が困難になると述べている。本実験の場合も沈鉱とすべきディッカイトが微粒になるとカルサイトの分離性が低下する傾向がみられ、沈鉱となる鉱物粒度が重要な影響を有することがわかる。しかし、ディッカイトが微粒でもカルサイトの微粒成分が少ない範囲では、分離性は比較的良好である。これは、ヘマタイト-シリカ系と異なる点で、その相違はカルサイトの場合には捕収剤オレイン酸イオンが化学吸着によりカルサイトを選択的に疎水化しているためと考え

られる。

Somasundaran⁵⁾は水中でのカルサイトに対するオレイン酸と殿粉の吸着をゼータ電位と吸着量測定により検討しており、その中でカルサイトの等電点より酸性側ではオレイン酸イオンはカルサイト表面に静電的相互作用に基づき吸着し、ヘミミセルを形成するが、等電点よりアルカリ側では化学吸着が支配的となることを報告している。また、Fuerstenauら⁶⁾は、種々の長さの炭化水素を有する脂肪酸とスルホン酸によるカルサイトの浮選について検討し捕収剤カルシウム塩の溶解度測定および赤外吸収スペクトル測定の結果からpH9.7付近における脂肪酸ならびにスルホン酸のカルサイトへの吸着は次のように表面における炭酸イオンと捕収剤イオンとの交換吸着によるものと解釈している。

ただし、RCOO⁻、RSO₃⁻はそれぞれ脂肪酸イオン、スルホン酸イオンを示す。pH 10 付近においてカルサイトとディッカイトのゼータ電位はともに負であり、静電的反発力の結果両者の凝集は避けられ、またディッカイトの負のゼータ電位がカルサイトのそれより大であり、静電的反発力によりディッカイトへのRCOO⁻イオンの吸着が妨げられ、化学吸着によるカルサイトの選択的疎水化が可能であると考えられる。同様な考えから佐藤ら⁷⁾は、アルカリ溶液中においてNaOlにより人工ゲーサイトとカオリナイトの混合物からゲーサイトを浮選分離する場合、両鉱物が比較粗粒の時は良好な分離は可能であるが、粒子が細くなると分離成績が悪くなり、特に両者が2 μm以下の微粒子に対しては異種凝集が起こり、分離が困難になることを示している。

すでに述べたようにディッカイトの抑制剤としてはNa₂SiO₃が有効である。そこでカルサイトとディッカイトの浮選分離を行ったpH 10.5においてNaOl（1 kg/t = 1.64 × 10⁻⁴ mol/l）の両鉱物に対する吸着量に及ぼすNa₂SiO₃添加量の影響を検討した結果を図8に示す。図から明らかなようにカルサイトへのNaOlの吸着量はNa₂SiO₃の添加量の増加にもかかわらず、ほとんど変化がなく2.8 × 10⁻⁶ mol/gであるが、ディッカイトに対するNaOlの吸着量はNa₂SiO₃添加量の上昇とともに急激に減少している。これ

Cal(f):カルサイト微粒 Dic(f):ディッカイト微粒
Cal(c):カルサイト細粒

図7 微粒ディッカイトとカルサイトの混合試料浮選に対する粒度組成の影響

図8 カルサイトとディッカイトへのNaOL吸着量に及ぼす Na_2SiO_3 添加量の影響

はオレイン酸イオンがカルサイト粒子表面には強く化学吸着されているのに対し、ディッカイトへは珪酸イオンが優先的に吸着してオレイン酸ナトリウムの吸着が妨げられているためと推察される。同図に両鉱物へのNaOL吸着量を示差熱法により測定した結果を(△または▽印で)示したが、ナイルブルー法での測定値とよく一致していることがわかる。

図9にカルサイトとディッカイトに対するpH 10.5におけるNaOLの吸着量と平衡濃度の関係を示した。その結果、ナイルブルー法と示差熱法の測定値はほぼ等しいが、測定可能範囲に相違が認められ、示差熱法の方が低濃度まで測定できる。いずれの場合も吸着量はNaOL平衡濃度に対して直線的に増加しFreundlich型の吸着等温線となる。直線の勾配はディッカイトに比較してカルサイトの方が大きく、NaOLのカルサイトへの吸着量は単分子飽和吸着量($7 \times 10^{-10} \text{ mol/cm}^2$)の10倍程度まで達している。このことは、NaOLが Ca^{2+} イオンとの反応によってCa-Oleateを生成していることを示唆している。水庭ら⁸⁾は方解石、螢石表面へのNaOLの吸着について研究し、螢石に対してはオレイン酸イオ

図9 示差熱法とナイルブルー法によるNaOLの吸着等温線

図10 カルサイトおよびディッカイトの単独試料浮選における浮鉱および沈鉱のNaOL被覆率と浮鉱率との関係(pH 10.5)

ンの吸着は2分子層で飽和するのに対して、方解石にはCa-Oleateの多分子層被膜が生成されることを示しているのに対応している。

図10に、カルサイトとディッカイト(ともに-400 mesh粒度)の単独浮選における浮鉱および沈鉱のNaOLの被覆率と浮鉱率との関係を示した。同図における被覆率は、pH 10.5における浮選実験で得られた浮鉱および沈鉱について示差熱法でNaOL吸着量を測定し、その結果より計算で求めたものである。また、参考のため、NaOL添加量0.1および1.0 kg/tの点を図中に示した。カルサイトについてはNaOLの添加量の増加とともに浮鉱のオレイン酸の被覆率および浮鉱率が増す傾向を示している。カルサイトの場合、NaOL添加量0.1 kg/t($1.64 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$)の時NaOL被覆率8.9%で浮鉱率18%であるが、NaOL添加量を10倍にすると被覆率14.8%、浮鉱率84%に上昇する。一方、沈鉱となったカルサイトはNaOLの添加量に関係なく、NaOL被覆率1.7%程度であった。一方、ディッカイトの場合、NaOL添加量0.1 kg/tで被覆率1.3%、浮鉱率0.9%、10倍添加量である1 kg/t($1.64 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$)で被覆率3.1%、浮鉱率36%となる。カルサイトの場合、36%の浮鉱率を得るには被覆率9.5%を必要とする。これは、ディッカイトに対するNaOLの吸着状態が異なっていることを示唆している。これはカルサイト表面に吸着したNaOLは、炭化水素鎖を溶液側に配向した吸着状態を示さず、Ca-Oleate化合物としてカルサイト表面に不規則に沈積しているためか、化学反応の結果生成したCa-Oleate化合物がカルサイト表面から離脱して、カルサイト表面の疎水化に有効に作用していないこと等がその理由として考えられる。すなわち、両鉱物とも被覆率の増加とともに浮鉱率も上昇しているが、NaOL同量(1 kg/t)添加に対してカルサイトの被覆率はディッカイトのそれに対して約5倍の値を示しており、選択的にカルサイトへの吸着量が多いことが認められる。NaOL 1 kg/tの場合、カルサイト浮鉱率84%に対してディッカイトは36%の浮鉱率を示すので両鉱物の混合試料からディッカイトを沈鉱として分離するには抑制剤の使用が必要となる。そこで以下に Na_2SiO_3 の効果について検討を行った。

図11は、pH 10.5、パルプ濃度2.5%、NaOL添加量1 kg/t($1.64 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$)として Na_2SiO_3 添加量を0から5 kg/tまで変化させて、カルサイトとディッカイトの単独試料浮選を行った場合の浮鉱率および浮鉱と沈鉱のNaOL被覆率を示したものである。図からカルサイトについては Na_2SiO_3 添加量に関係なく被覆率および浮鉱率ともほとんど変化は認められず、被覆率15%、浮鉱率86%前後である。一方、ディッカイトについては被覆率は3%程度と低いものの Na_2SiO_3 の添加量による被覆率の相違は認められないが、浮鉱率は Na_2SiO_3 無添加で44%であるが、4 kg/tの添加で25

図11 カルサイト、ディッカイトの単独試料浮選における浮鉱率および浮鉱と沈鉱のNaOL被覆率に及ぼす Na_2SiO_3 添加量の影響

%に低下する。しかし、それ以上 Na_2SiO_3 を添加しても浮鉱率の低下は認められなかった。

このように Na_2SiO_3 はカルサイトの浮遊性を妨げずにディッカイトを抑制するのに有効であることがわかったが、 Na_2SiO_3 添加量を増やしてもディッカイトを完全に抑制することは困難であった。これは、 Na_2SiO_3 が存在してもNaOLが完全に脱着しないことが原因の一つであるものと考えられる。

図12は、pH 10.5におけるカルサイトとディッカイトのゼータ電位におよぼす Na_2SiO_3 の影響を示したものである。 Na_2SiO_3 添加量の増加とともにカルサイトとディッカイトのゼータ電位はいずれも負の値を増加し、珪酸イオンの吸着を示唆している。この場合、ゼータ電位の変化量はカルサイトの方が大きく、 Na_2SiO_3 添加量4 kg/tまで急激に負の値を増し、その後緩やかに上昇する。Polkinら⁹⁾は、種々の珪酸塩鉱物に対するオレイン酸吸着量におよぼす Na_2SiO_3 の影響をゼータ電位の変化と関連づけて検討し、 Na_2SiO_3 は鉱物表面に吸着することによってそのゼータ電位を変化させ、その電位が零に近いときには、捕収剤吸着量が多く、鉱物は浮遊できるが、ゼータ電位が負に高くなるときには捕収剤の

図12 カルサイトとディッカイトのゼータ電位に及ぼす Na_2SiO_3 添加量の影響

図13 微粒カルサイトと微粒ディッカイトの混合試料浮選に及ぼすNaOL添加量の影響

吸着量が減少し、鉱物は浮遊しなくなることを認めている。

本実験の場合は、前述の図11において、 Na_2SiO_3 添加量が増加してもカルサイトの浮鉱率がほぼ一定で変化しないことを示した。NaOL 1 kg/tの添加では、NaOL表面被覆率は15%程度なので、 Na_2SiO_3 の吸着は阻害されたとしても、なお吸着の余地は十分残されていると考えられる。カルサイトの浮鉱率が一定に保たれているのは吸着したNaOLによる疎水性が珪酸イオンの親水性に勝っていたためと考えられる。

図13は、微粒カルサイトと微粒ディッカイトの混合試料浮選におよぼすNaOL添加量の影響を示したものである。 Na_2SiO_3 の添加量は3 kg/tである。図にみられるようにNaOL添加量が増加するとカルサイトの浮鉱率は増加し、沈鉱のカルサイト品位は対称的に低下するが、浮鉱品位は約75%前後に留まり分離効率は良好とは言えない。この原因の一つとしては、分散している微粒のディッカイトが浮鉱のカルサイトに抱き込まれて浮遊することにあると考えられる。

図14には前図でもっとも良好な結果を得たNaOL添加量1.5 kg/t (2.46×10^{-4} mol/l)の場合における微粒カルサイトと微粒ディッカイトの混合試料浮選の結果におよぼす Na_2SiO_3 添加量の影響を示した。図にみられるように Na_2SiO_3 の添加量の増加とともに浮鉱のカルサイト品位は上昇する傾向を示すが、それとともに沈鉱に混入するカルサイト品位も上昇し実収率の低下をきたして

図14 微粒カルサイトと微粒ディッカイトの混合試料浮選に及ぼす Na_2SiO_3 添加量の影響

いる。

Sun¹⁰⁾は、種々の硫化鉱物に対する石英、方解石、螢石などのスライムコーティングをゼータ電位測定によって検討し、両者のゼータ電位が反対符号の場合、それらのゼータ電位の絶対値が高いときやスライムのゼータ電位の絶対値が低いときにコーティングは顕著であるが、目的鉱物のゼータ電位の絶対値が低く、スライムのそれが高いときにコーティングは軽微であり、また両者のゼータ電位が同符号の場合、その絶対値が高いときスライムコーティングの悪影響は避けられることを報告している。

本実験においても図12にみられるように Na_2SiO_3 の添加量の増加によってゼータ電位が負に高くなり、スライムコーティングや異種凝集を防止するのに役立っているものと考えられるが、まだ十分な効果を発揮するには至らないものと思われる。

4. 結 言

カルサイトとディッカイトの種々の粒度の試料を用い浮選分離に関する研究を行い、次のような結論を得た。

1) ディッカイトが負($\zeta = -42\text{mV}$)、カルサイトが正($\zeta = +10\text{mV}$)に荷電する $\text{pH} = 8.0$ において陽イオン捕収剤ドデシルアンモニウム酢酸塩(DAA)によってディッカイトを浮選除去する場合、沈鉱となるカルサイトが200mesh以下になるとカルサイトが高い浮遊性を示すため分離困難である。一方、陰イオン捕収剤オレイン酸ナトリウム(NaOl)によってカルサイトを浮遊させる場合はDAAを用いた時より選択性は向上するが、良好な分離成績を得ることは困難であった。

2) カルサイトとディッカイトとの異種凝集を避けるためカルサイトとディッカイトがともに負に帯電するアルカリ性側($\text{pH} 10.5$)において NaOl を捕収剤として、ディッカイトの抑制剤に Na_2SiO_3 を用いて浮選分離した場合は、以下のような結論が得られた。

① 両鉱物が細粒の場合は分離が良好である。

② カルサイト微粒、ディッカイト細粒の混合物の分離はほぼ可能である。

③ カルサイト細粒、ディッカイト微粒の混合物、または両鉱物が微粒の時は分離成績が低下する。

すなわち、沈鉱とすべきディッカイトが微粒になると浮選分離が困難となる。

3) カルサイトとディッカイトに対する NaOl の吸着はいずれもFreundlich型吸着等温線となり、カルサイトに対する NaOl の吸着は多分子層を形成する。

4) ディッカイトの抑制剤に用いた Na_2SiO_3 が存在してもカルサイトへの NaOl の吸着量にはほとんど変化が見られないが、ディッカイトへの NaOl の吸着量は Na_2SiO_3 の添加量を増すにつれて急激に減少し、 Na_2SiO_3 のディッカイトへの抑制効果が裏付けられた。

最後に本研究を遂行するにあたり有益なるご助言を賜った東北大学臼井進之助教授に厚く感謝の意を表す。

参 考 文 献

- 1) 水庭哲夫・岩野和・松岡功・堀田祐邦：日本鉱業会誌，93[1072]，435 (1977)
- 2) 中台雅之・佐々木恒・中澤廣・佐藤敏人：資源・素材学会東北支部昭和63年度秋季大会講演要旨集，10，(1988)
- 3) 吉川逸治・野沢美樹・松岡功・下飯坂潤三：資源・素材学会誌，105[4]，311 (1989)
- 4) 臼井進之助・武田進：日本鉱業会誌，99[1148]，915 (1983)
- 5) Somasundaran, P.: Jour. Colloid Interface Sci., 31, 577 (1969)
- 6) Fuerstenau, M.C. and Miller, J.D.: Trans. AIME., 238, 153 (1967)
- 7) 佐藤敏彦・下飯坂潤三：日本鉱業会誌，81[920]，25 (1965)
- 8) 水庭哲夫・堀田祐邦・松岡功：日本鉱業会誌，95[1097]，405 (1979)
- 9) Polkin, S.I. and Najfanow, T.V.: VII Int. Min. Proc. Cong., 307 (1965)
- 10) Sun, S.C.: Trans. AIME, 153, 479 (1943)