ディッカイト, セリサイトおよび石英 に対するCa^{a)}の吸着*

松岡 功¹ 野澤 美樹²

[UDC 541, 183; 552, 525]

Ca Adsorption on Dickite, Sericite and Quartz

by Isao MATSUOKA¹ and Miki NOZAWA²

The adsorption characteristics of Ca²⁺, Na⁺ and K⁺ on H-form dickite (a two-layer clay), mainly below pH10, were studied. The results were compared with those for H-form sericite (a non-expanding three-layer clay) and quartz.

The Ca adsorption in the region of weakly acid to neutral pH decreased in the order sericite > dickite > quartz. The Ca adsorption on dickite was more strongly hindered by K⁺ than by Na⁺; whereas for quartz, the effect of these monovalent cations was similar. The saturation adsorption of Ca on dickite increased with pH; on sericite it was constant over the pH range below 10. The negative zeta potential of dickite was reversed at high Ca concentration; as for sericite, the charge reversal was not observed.

The above results show that the mechanism of Ca adsorption on dickite involves some specific interaction in addition to the simple electrostatic one with the negative surface charge and to the exchange reaction with H⁺ which is considered to be the dominant mechanism of the adsorption on sericite.

*The term 'Ca' stands for all the Ca species in the system, including, for example, [Ca(OH)]⁺.

KEY WORDS: Dickite, Sericite, Quartz, Ca Adsorption, Alkaline Titration, ζ -potential

- (1. Prof., Dr., Faculty of Engineering, Tohoku University.)
- (2. Graduate Student, Faculty of Engineering, Tohoku University.)

1. 緒 言

大きな陽イオン交換能を有し、同形置換による層面の負電荷の存在が明らかであるとされるモンモリロナイトやイライト¹⁾に比べて、カオリン鉱物は陽イオン交換容量(CEC)の値が小さく、その陽イオン吸着の機構について不明な点が多い。カオリン鉱物では端面のbroken bondにおいてのみ吸着が起こるという解説²⁾があるが、SchofieldとSamson³⁾はカオリン鉱物の層面における負電荷の存在を主張し、van Olphen⁴⁾はカオリナイトの層面における陽イオン交換を提唱している。さらにFerrisとJepson⁴⁾およびThompsonとHayward⁵⁾は、カオリナイトの表面が鉱物から溶出したコロイド状のアルミノ珪酸塩で被覆されることにより異質の表面状態を呈することを示唆している。吉川らはカオリン鉱物の一種であるディッカイトと赤鉄鉱⁶⁾、およびディッカイトと石英⁷⁾の浮選分離の研究において、中性pHでのディッカイトの選択的Ca活性化が可能であることを示し、その原因としてディッカイト

における層面での陽イオン交換によるCaの吸着をあげている。

本研究においては、このような中性pH付近における粘土鉱物の選択的Ca活性化の可能性をさらに明確にする目的で、ディッカイトにおけるCaの吸着特性について検討した。その際とくに石英との相違点を明らかにすること、またイライト型鉱物のセリサイトと比較することも試みた。

2. 実験試料および方法

本研究に用いたディッカイト、セリサイトおよび石英試料の産地、粒度およびN₂ガスBET法による比表面積を表1に示す。ディッカイトおよび石英試料については、吉川⁷⁾がCaの吸着実験に用いた試料と同一のものをを用いた。セリサイトについても、他の試料と同様の方法で調製した。粘土試料はいずれも水素化されていると考えられる。以下、実験方法を簡単に示す。

Ca, Na⁺, K⁺の吸着実験: 適当な濃度に調整した各陽イオンの

Table 1 List of the minerals studied.

sample	deposit	particle size (μ m)	BET surface area (m^2/g)
dickite	Sengsan (Korea)	-2	29.4
sericite	Kabutotsuchi (Fukushima pref.)	-2	21.5
quartz	Shiraiwa (Fukushima pref.)	-0.86	17.0

* 1989年8月30日受付 11月8日受理 昭和63年度日本鉱業会春季大会および平成元年度資源・素材学会春季大会にて一部発表

a) 本研究の条件では水溶液中の主要なCa化学種はCa²⁺であると思われるが、[Ca(OH)]⁺ などの化学種の存在も考慮して、Caと表記する。Na, Kについては全て1価イオンとして存在すると考えられるので、Na⁺, K⁺と表記する。

1. 正会員 工博 東北大学教授 工学部資源工学科

2. 学生会員 東北大学大学院学生 工学研究科

キーワード: ディッカイト, セリサイト, 石英, Ca吸着, アルカリ滴定, ゼータ電位

Fig. 1 Effect of pH on Ca adsorption on dickite, sericite and quartz in the presence of 1×10^{-2} mol/l NaCl.

塩化物溶液 100 ml に鉱物試料の一定量を投入し、25℃で2時間マグネチックスターラーでかくはんした。電解質濃度が小さい範囲では分離した上澄液中の各陽イオンの濃度を原子吸光法で測定し、初濃度との差から吸着量を算出した。電解質濃度の大きい範囲では吸引濾過により分離したケーキをアセトンで洗浄、乾燥後所定量を 1 mol/l HCl に投入し、溶離してくる各陽イオン量を原子吸光法で測定し吸着量を算出した。

電位差滴定：所定量の鉱物試料を懸濁させた 120 ml の電解質溶液を 25℃でかくはんしながら、 1×10^{-1} mol/l NaOH で滴定した。滴定中は常に懸濁液中に脱酸素した N_2 ガスを吹き込んだ。

ζ-電位測定：固体濃度 0.02 % で、顕微鏡電気泳動法により粒子の易動度を測定し、Smoluchowski の式により ζ-電位を算出した。

Fig. 2 Adsorption isotherms of Ca on dickite at pH 5, 7 and 10.

Fig. 3 Adsorption isotherms of Na^+ on dickite at pH 5, 7 and 10.

3. 実験結果および考察

3.1 Caの吸着におよぼす諸因子の影響

(1) Caの吸着におよぼすpHの影響 粘土鉱物に対する陽イオンの吸着におよぼすpHの影響としては主に2つが考えられる。一つは端面のbroken bondへの H^+ 、 OH^- の吸着平衡におよぼす影響であり、これは石英など他の単純酸化鉱物と同様に考えることができる。もう一つは層面における交換性陽イオンとしての H^+ の他の陽イオンとの交換平衡

(M: a given cation with valence n)

におよぼす影響である。

図1は、ディッカイト、セリサイトおよび石英について $CaCl_2$ 初濃度 5×10^{-4} mol/l におけるCa化学種の吸着量をpHの関数として表したものである。支持電解質として、NaClを 1×10^{-2} mol/l になるように加えている。吸着量は単位面積当たりで示し、各鉱物の比表面積の違いを考慮して、系の鉱物表面積が等しくなるように、鉱物ごとに固体濃度を調整している。

pH 11 以上ではどの鉱物も系に存在するCaをほぼ100%吸着しており、pHが低下するにつれて吸着量が減少してくるが、その傾向は石英において最も顕著であり、セリサイト、ディッカイトに対しては比較的緩慢で、とくにセリサイトは中性pHまではほぼ100%吸着している。これは石英のbroken bondによる電荷密度がpHの影響を強く受けるのに対して、セリサイトやディッカイトがpHに依存しない負電荷を有することを示している。しかし粘土鉱物においてもpHが5以下になると吸着量が大きく減少するのは、溶液中に多量の H^+ が存在するようになり、(1)式の平衡が左側に偏るためと考えられる。

Fig. 4 Adsorption isotherms of Ca on sericite at pH 5, 7 and 10.

Fig. 5 Adsorption isotherms of Na^+ on sericite at pH 5, 7 and 10.

Fig. 6 Effect of pH on adsorption of various cations on dickite and sericite at high cation concentrations.

(2) Caの吸着におよぼすCa濃度の影響 図2～図5はディッカイトとセリサイトに対する、pH 5, 7および10におけるCaおよびNa⁺の吸着等温線である。Caの吸着量の単位はequiv./m²を用いている。Caの吸着実験においては、支持電解質は加えていないがpH調整にNaOHを用いたため、少量のNa⁺が共存している。しかし後述のように粘土鉱物に対するCaの吸着におよぼすNa⁺の影響は小さく、本実験におけるCa濃度範囲においては問題はないと考えられる。ディッカイトに対しては、CaはpHによって異なる飽和吸着量を有し、pHが大きいほど飽和吸着量は大きい。ディッカイトに対するNa⁺の吸着はpH10およびpH7においては高濃度において飽和に達するが、pH5ではこの実験の濃度範囲内では飽和しない。一方セリサイトに対しては、Ca, Na⁺の吸着量は低いpHにおいては濃度の影響を受け、とくにNa⁺の吸着ではそれが顕著であるが、高濃度においてはCa, Na⁺ともにいずれのpHにおいてもほぼ同じ当量の吸着量を示す。従って、セリサイトに対するCaおよびNa⁺の吸着は、主に水素化処理により層面に吸着していたH⁺との交換吸着と考えてよい。H⁺は親和性が強く交換されにくいとされているが¹⁾、この場合もCaでは比較的低いpH、低いCa濃度で、吸着したH⁺をほぼ全て交換することができるが、Na⁺ではpHおよびNa⁺濃度をかなり高くしなければH⁺を全て交換できないことが示されている。ディッカイトにおいても、少なくとも一部は層面におけるH⁺とCa, Na⁺の交換吸着が行われていると考えられるが、pHやイオンの種類によって異なる飽和吸着量を有するという事は、端面のbroken bondの寄与も大きく、またイオンの種類や価数によって吸着サイトが限定される可能性がある。またBollandら⁸⁾はカオリナイト表面の電荷分布モデルを提案し、カオリナイト表面にもpHに依存しない負電荷が存在するが、低いpHにおいては鉱物から溶出したAlがK⁺やNa⁺の吸着を妨げるとしており、溶出Alの挙動を含む機構も考えられる。

(3) Caの飽和吸着量におよぼすpHの影響 ディッカイトとセリサイトに対して飽和吸着すると考えられるCa濃度における吸着量のpH変化を示したのが図6である。比較のために、それと同じ当量濃度におけるNa⁺, K⁺の吸着量もあわせて示す。Caの吸着では、Ca(OH)₂の沈殿による影響を避けるため測定pH範囲を11以下とした。またセリサイトにおいては1 mol/l HCl中への結晶内部からのKの溶出が無視できず、ここでは測定を行わないことにした。

ディッカイトに対する飽和吸着量はCa, Na⁺, K⁺でそれぞれ異なり、またpHの影響を強く受けることがわかる。pHが低いほど

Na⁺とK⁺の飽和吸着量の差は大きい。K⁺の飽和吸着量はpH 7～pH 10においてはほぼ一定の値をとる。Na⁺の飽和吸着量も中性付近で一定になる傾向にあるが、K⁺ほど明確ではない。pH 11以上においてはNa⁺とK⁺の飽和吸着量の差はほとんどなく、飽和吸着量はpHとともに増大する。これらのことは、K⁺およびNa⁺のH⁺との交換吸着が酸性領域ではpHの上昇とともに増加するが中性以上のpH領域ではそれ以上進行せず、端面のbroken bondにおいて増大する負電荷に対する対イオンとしてのK⁺, Na⁺の吸着が増大することを表しているものと解釈される。Caの吸着量は本実験のpH領域では常にK⁺およびNa⁺の吸着量よりも大きく、とくに中性以上で吸着量は常にpHとともに増大し、1価イオンとの差が大きくなる。これよりCaはNa⁺, K⁺とは異なる機構で吸着すると考えられる。

一方セリサイトにおいては、pH 4～pH 10の広い範囲にわたって飽和吸着量はCa, Na⁺ともにほぼ一定の値を示す。Na⁺の吸着量はpH 12においても一定値を保つが、Caの吸着量はpH 10.5以上で急に上昇を始める。これらの結果はセリサイトに対する陽イオンの吸着が主にH⁺との交換吸着によるものであることを裏付けているものである。なおpH 10.5以上でのCa吸着量の増加はヒドロキソ錯体[Ca(OH)]⁺の生成による特異な吸着にもとづくものと考えられる。以上の結果から、ディッカイトへのCaの吸着にはセリサイトへのそれと異なった機構が含まれるものと推察される。

(4) Caの吸着におよぼす共存イオンの影響 図7は、中性付近のpHにおける、ディッカイトに対するCaの吸着等温線を1×10⁻² mol/l NaClおよび1×10⁻² mol/l KCl共存下の場合において比較したものである。ディッカイトに対するCaの吸着は共存イオンの種類によって著しく影響を受け、Na⁺が共存するときよりもK⁺が共存するときの方が著しく妨げられることがわかる。

Fig. 7 Effect of Na⁺ and K⁺ on Ca adsorption on dickite in neutral pH region.

Fig. 8 Effect of Na⁺ and K⁺ on Ca adsorption on quartz in neutral pH region.

Fig. 9 Effect of Na^+ concentration on Ca adsorption on dickite. Sample surface area: $147 \text{ m}^2/100 \text{ ml}$ of solution.

Fig. 10 Effect of K^+ concentration on Ca adsorption on dickite. Sample surface area: $147 \text{ m}^2/100 \text{ ml}$ of solution.

セリサイトに対するCaの吸着も同様に K^+ の存在によって妨げられるが、詳細は省略する。一方石英に対するCaの吸着等温線は、図8に示すように、NaCl溶液中とKCl溶液中ではよく一致している。石英に対しては、 Na^+ と K^+ は同じ1価イオンとして、Caの吸着におよぼす作用には差がないが、粘土鉱物に対しては1価イオンでも K^+ は親和性が大きく、Caの吸着を妨げる。粘土鉱物に対する K^+ の親和性は多くの研究において認められており、Kの脱水とイオン半径の大きさが層面の酸素原子の配列の空間に適合することがその理由としてあげられている⁹⁾。

図9は、一定量のCaに Na^+ が共存する系において、共存 Na^+ 濃度とCaおよび Na^+ のディッカイトに対する吸着量の関係を表したものである。また図10は、一定量のCaに K^+ が共存する系について図9と同様の関係を表している。これらの図より、 Na^+ の共存によるCa吸着量の減少は K^+ 共存の場合に比べて少なく、逆に K^+ の吸着は Na^+ の吸着に比べてCa共存の影響を受けにくいことがわかる。

3.2 種々の電解質溶液中でのディッカイト、セリサイトおよび石英に対する H^+ 、 OH^- の吸着

図11は $1 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$ NaCl中にディッカイト、セリサイトおよび石英粒子を懸濁させた系の、 $1 \times 10^{-1} \text{ mol/l}$ NaOHによる滴定曲線である。系の鉱物表面積が等しくなるように固体濃度を調整している。横軸は鉱物の単位面積当りの塩基の添加量で表している。セリサイトおよびディッカイトの酸性度は石英に比べて非常に大きく、pHを5から7まで上昇させるのに、多量のNaOHを要する。このことは、水素化された粘土鉱物から多量の H^+ が Na^+ と交換して溶液中に放出されるのに対し、石英においては主にbroken bondへの H^+ の吸着(OH^- の脱着)が行われ、その量は弱酸性から中性においては少ないためと解釈される。

水素粘土の滴定による酸性度の測定¹⁰⁾は広く行われている一方、赤鉄鉱¹¹⁾、ルチル¹²⁾、シリカゾル¹³⁾などについては滴定により電荷零点(pzc)や表面電荷密度等の知見が得られている。ここでは種々の濃度のNaCl、KCl、 CaCl_2 溶液に粘土鉱物および石英を懸濁させた系において滴定実験を行い、その結果を($\Gamma_{\text{H}^+} - \Gamma_{\text{OH}^-}$)で表し比較することを試みた。しかし石英や粘土鉱物においてはpzcがpH2-3付近であり⁷⁾、その付近における測定精度は良くない。図11より、セリサイト、ディッカイトにおいては、弱酸性から中性付近におけるpH変化は主に交換性 H^+ の吸脱着に支配されると推察されるが、 $1 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ NaClに一定量のセリサイトおよびディッカイトをそれぞれ懸濁させた自然pHにおいて Na^+ 吸着量を測定したところこれらの値は非常に小さく、ゆえにこの溶液条件において交換される H^+ の量は非常に少ないと考えられる。そこ

Fig. 11 Titration curves for dickite, sericite and quartz.

Fig. 12 $\Delta(\Gamma_{\text{H}^+} - \Gamma_{\text{OH}^-}) - \text{pH}$ relationships for quartz in various electrolyte solutions.

Fig. 13 $\Delta(\Gamma_{\text{H}^+} - \Gamma_{\text{OH}^-}) - \text{pH}$ relationships for dickite in various electrolyte solutions.

でこの状態からNaOHや電解質を加えてpHやイオン強度を変化させたときの H^+ 、 OH^- の吸着量の相対的变化を求めた。これを $\Delta(\Gamma_{\text{H}^+} - \Gamma_{\text{OH}^-})$ で表す。

図12は石英に対する $\Delta(\Gamma_{\text{H}^+} - \Gamma_{\text{OH}^-}) - \text{pH}$ 曲線である。弱酸性

から中性のpH領域における $\Delta(\Gamma_{\text{H}^+} - \Gamma_{\text{OH}^-})$ は非常に小さく、pH 7以上で急に負に高くなる。また、等しいイオン強度($1 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$)で比較すると、 Na^+ 単独系と K^+ 共存系における曲線の形はほとんど一致し、両イオンが石英の表面におよぼす影響には差がないことがわかる。Ca共存系では、曲線は自然pHからpH 6.5の範囲では Na^+ 単独系および K^+ 共存系におけるものとほぼ一致しているが、中性以上のpHでは $\Delta(\Gamma_{\text{H}^+} - \Gamma_{\text{OH}^-})$ の負の値が急に大きくなり、Caが石英表面に強く作用することが示唆される。この理由については、例えばJangとFuerstenau¹²⁾がルチル表面へのアルカリ土類金属の特異吸着の研究において提唱したように、Caが一部脱水和してsurface complexを形成することなどが考えられる。イオン強度の増加によって、 $\Delta(\Gamma_{\text{H}^+} - \Gamma_{\text{OH}^-})$ は負に高くなる。

図13はディッカイトに対する同様の曲線である。石英の場合と異なり、ディッカイトに対する曲線はいずれも自然pH-pH 7での勾配が大きく、吸着していた H^+ がpHの上昇や陽イオン濃度の増加によって交換され溶液中に放出される過程が推察される。この場合 $\Delta(\Gamma_{\text{H}^+} - \Gamma_{\text{OH}^-})$ はイオン強度の増大によって負に高くなるだけでなく、等しいイオン強度においても K^+ 共存系、Ca共存系では Na^+ 単独系に比べて弱酸性における $\Delta(\Gamma_{\text{H}^+} - \Gamma_{\text{OH}^-})$ の負の値および勾配が大きい。これは Na^+ に比べて K^+ やCaが H^+ を交換して吸着する傾向が強いことを示している。アルカリ性領域においては、等しいイオン強度の Na^+ 単独系と K^+ 共存系とで滴定曲線はよく一致するようになるが、これは端面のbroken bondにおける負電荷の寄与分が増大するためと推察される。一方、Ca共存系においては中性以上のpHで $\Delta(\Gamma_{\text{H}^+} - \Gamma_{\text{OH}^-})$ の負の値が急に増大するのが見られるが、これは上述の石英の場合と同様に考えられる。セリサイトについての結果の詳細は省略するが、弱酸性領域における $\Delta(\Gamma_{\text{H}^+} - \Gamma_{\text{OH}^-})$ およびその勾配はディッカイトの場合と比べて非常に大きかった。

3.3 ディッカイト, セリサイトおよび石英の ζ -電位におよぼすCaの影響

図14はディッカイトの ζ -電位のpH変化を、 NaCl , KCl , CaCl_2 等の種々の電解質溶液中において比較したものである。後に示す石英の場合と違って粘土鉱物の泳動速度にはばらつきが多かったが、これは粘土鉱物の粒子が平板状であることと、層面と端面とで電荷分布が異なる¹⁾ことに関係があると思われる。ここでは、測定点を多く取って全体の傾向を見ることにした。

とくにpH3-4において ζ -電位は NaCl 溶液中と KCl 溶液中で逆の符号を示す場合が多く、 K^+ の吸着で ζ -電位がより正の値

Fig. 14 Zeta potential - pH relationships for dickite in various electrolyte solutions.

Fig. 15 Zeta potential - pH relationships for sericite in various electrolyte solutions.

Fig. 16 Zeta potential - pH relationships for quartz in various electrolyte solutions.

へ移行すると思われるが、pH 7以上では Na^+ 系における ζ -電位に明確な差異は認められない。しかし比較的濃度の大きいCaの存在下では、ディッカイトの ζ -電位はpH 6以下で明らかに正の値を示す。粘土鉱物の ζ -電位は端面と層面での電気二重層の挙動の複合した形で表されるためその解釈は単純ではないが、上記の結果はCaがディッカイトに特異吸着することを示していると考えられる。

図15はセリサイトの ζ -電位のpH変化を NaCl , CaCl_2 溶液中において比較したものである。 Na^+ 溶液中におけるセリサイトの ζ -電位はとくに中性以上のpHでディッカイトのそれに比べて高い負の値を示す。一方Caの存在下では、セリサイトの ζ -電位は広いpH領域においてほぼ一定の低い負の値を示すようになるが、Ca濃度が増大しても符号の逆転は生じない。吸着実験の結果よりセリサイトにおいては陽イオンの吸着は主に層面の陽イオン交換によって行われることが明らかであるが、その電気二重層の性質は吸着したイオンによって異なると推察される。またセリサイトの電気二重層におよぼすCaの影響はディッカイトに対するものとは異なると思われる。

図16は石英の ζ -電位のpH変化を、図14と同様の種々の電解質溶液中において比較したものである。中性以下のpHにおける石英の ζ -電位は等しい濃度のNaCl溶液中とKCl溶液中ではよく一致している。Caの共存下においては、pH5までは Na^+ 系および K^+ 系とほとんど差がないが、pHが中性以上になると負の値が大きく減少し、Caが石英の電気二重層に強く影響することが示される。

4. 結 論

水素化したディッカイトに対するCaの吸着について、 Na^+ 、 K^+ の吸着との比較、また石英および水素化したセリサイトに対するこれらのイオンの吸着との比較を行った結果をまとめると以下のようになる。

broken bondの負電荷によるものと考えられている石英に対するCaの吸着はpHに強く依存し、pH7以上においてCaは石英表面に強く作用するようになる。また Na^+ あるいは K^+ が共存する場合、Ca吸着におよぼす共存イオンの影響は両者の間で差が認められない。これに対してセリサイトに対するCaの吸着は主として H^+ との交換吸着として起こり、pH4-10の領域においては、Caの飽和吸着量はpHに依存しない。しかし Na^+ の吸着はpHの低いところでは濃度を十分に大きくしなければ飽和に達しない。セリサイトの ζ -電位はCaの存在下では Na^+ の存在によるよりも負の値が低められるが、Ca濃度を高くしても正への逆転は認められない。ディッカイトに対するCaの吸着は、石英に対するよりはpHの影響を受けにくいこと、吸着の際に多くの H^+ を放出すること、 K^+ の共存により吸着が妨げられる（層面の構造が原因）ことなどから、

一部はセリサイトと同じように同形置換にもとづく層面での陽イオン交換によって行われていると考えられる。しかし、Caの存在によってディッカイトの ζ -電位の値は低いpH領域において負から正に逆転し、ディッカイトへのCaの吸着にはセリサイトとは異なった特異な機構が含まれるものと推察される。

参 考 文 献

- 1) van Olphen, H.: An Introduction to Clay Colloid Chemistry (1963), John Wiley & Sons Inc. (New York)
- 2) 高橋 浩: 粘土科学, 4, 34~38, (1964)
- 3) Schofield, R. K. and Samson, H. R.: Discuss. Faraday Soc., 18, 135~145, (1954)
- 4) Ferris, A. P. and Jepson, W. B.: J. Colloid Interface Sci., 51, 245~259, (1975)
- 5) Thompson, D. W. and Hayward, S.: Colloids Surfaces, 28, 315~325, (1987)
- 6) 吉川逸治・松岡 功・下飯坂潤三: 日本鉱業会誌, 102 [1180], 369~373, (1986)
- 7) 吉川逸治・野澤美樹・松岡 功・下飯坂潤三: 資源・素材学会誌 105 [No. 4], 311~314, (1989)
- 8) Bolland, M. D. A., Posner, A. M. and Quirk, J. P.: Clays Clay Minerals, 28, 412~418, (1980)
- 9) 例えば, Swartzen-Allen, S. L. and Matijevic, E.: Chemical Reviews, 74, 385~400, (1974)
- 10) 例えば, Marshall, C. E.: The Physical Chemistry and Mineralogy of Soils, Vol. 1, Soil Materials, (1964), John Wiley and Sons Inc. (New York)
- 11) Parks, G. A., and de Bruyn, P. L.: J. Phys. Chem., 66, 967~972, (1962)
- 12) Jang, H. M. and Fuerstenau, D. W.: Colloids Surfaces, 21, 235~325, (1986)
- 13) Bolt, G. H.: J. Phys. Chem., 61, 1166~1169, (1957)

部門委員会主催・資料お頒けいたします

資源リサイクリング

人類の誕生から数十万年の間が考古学という石器時代ですから、人類は当初から地下資源を利用してきたことになります。そして地下資源の利用率と利用形態の高度化が、文明の足跡といっても過言ではないでしょう。

物質の利用は、再利用という思想を伴うので、資源リサイクリングは人類誕生とともになされてきたと思われます。しかし21世紀を迎えようとする現在、資源リサイクリングは以前より遙かに重大な使命を担うようになっていきます。それは資源多消費により、“地下資源埋蔵量の減少”と“廃棄物による環境汚染”という、人類がかって経験しない深刻な問題が20世紀後半に起こり、これの解決には資源リサイクリングの徹底がまず必要だからです。

資源リサイクリングという技術分野は、資源技術と素材技術の双方にまたがる分野のため、資源リサイクリング技術の発展には、資源技術者・研究者と素材技術者・研究者の緊密な協力が不可欠です。本書は、まさにこのような協力によって生まれたものです。資源リサイクリングを体系的に述べた書物としては、恐らくわが国で最初のものでしょう。

資源リサイクリングは一技術分野また一学問分野として、その存在が確かなものとなりつつあります。この分野の進歩発展、体系化などは今後にまっところが多いのですが、本書はそれに少なからず貢献するものと期待します。その意味で、本書が広く活用されることを願って止みません。 (序文より抜粋)

資源リサイクリングセミナー（昭和63年11月21日開催、主催：資源・素材学会資源リサイクリング部門委員会）のテキストをお頒けします。

内 容

1. 資源リサイクリングに関わる現状と将来
2. 資源リサイクルの概要
3. 資源リサイクリング技術の概要とその適用上の問題点
4. 資源リサイクリングの事例
 4. 1 リサイクル事例の比較分類
 4. 2 適用事例
 - (1) 貴金属, (2) 触媒, (3) めっき・スラッジ,
 - (4) 磁性材料, (5) レアメタル, (6) 電池,
 - (7) オイル・アッシュと石灰灰, (8) 廃車,
 - (9) アルミ缶, (10) ガラス, (11) 古紙,
 - (12) 核燃料, (13) 家電製品, (14) 都市ごみ
5. 資源リサイクリング単位操作技術
 5. 1 物理的単位操作
 - (1) 固固分離, (2) 固液分離, (3) 固気分離 (集じん)
 - (4) 成形; 造粒、その他形状を整える操作
 5. 2 化学的単位操作
 - (1) 乾式処理, (2) 湿式処理

体 裁 : A 4 版 130 頁

定 価 : 3,000 円 (送料 250 円)

申込方法 : ハガキまたは FAX にて、送付先住所 (〒)、氏名、問合せ先等、必要事項をご記入の上、下記宛お申込下さい。請求書を添えて送本します。

申 込 先 : 〒107 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル
(社)資源・素材学会宛 TEL: 03-402-0541 FAX: 03-403-1776