

《解 説》

天然ゼオライト利用研究の動向

野 田 修 司

島根県立工業技術センター

天然ゼオライト利用研究にあたり、その品質評価上重要な値である CEC の正確な測定法を提案し、測定条件等を検討した。その結果、従来法ではクリノプロチロライトの CEC は不正確であることが認められた。また、天然ゼオライトを工業利用するとき不都合となりうる不純物を除去し高純度化天然ゼオライトを得ることを試み、島根県産クリノプロチロライトにおいて純度92%のものを作製することに成功した。これは、不純物として含有されていたモンモリロナイトの膨潤作用が粒子の解膠を促進したことが要因であった。次に、昨年イタリアで開催された第5回天然ゼオライト国際会議での興味を持った利用研究を8例紹介し、今後の利用研究の方向性について考察した。一つは、工業または建設材料の原料として再検討することであり、国内では未研究であるゼオライトのポズラン活性の利用研究であり、もう一つはゼオライトの大きな陽イオン交換能を利用し、水の浄化、廃棄物の安定化及び環境改善に関する利用研究への展開が望まれた。

1. はじめに

国内で天然ゼオライトが開発されてからおおよそ半世紀が過ぎる。「古くて新しい資源」と呼ばれたこの鉱物ももはや「新しい」とは呼び難くなってきた。周知のように天然ゼオライトは多くの特質を有し、これを利用した用途が種々提案されてきた。そして、多くの研究者と天然ゼオライトメーカーの方々の長い年月をかけた努力による実証実験の結果、最近になってようやく世に知れ渡る産業資源として認められるようになってきたように思える。

今年の春、国内の天然ゼオライトメーカーを会員とするゼオライト工業会の総会において講演を依頼され、その際メーカーの方々と情報交換する機会を持たせていただいた。不景気のおおりもあって、ゼオライト業界においても多少意気消沈の感は否めなかったが、開発から半世紀たった今でも天然ゼオライトにたいする夢と期待が業界の方々のビジネスの原動力になっていることを強く感じた。さて、筆者の研究所では1974年頃に島根県産ゼオライトの埋蔵量の調査を早急に行い、以来ゼオライトを県の有用資源と評価し、メーカーの指導、品質評価法の確立、工業分野での有効利用研究等を行ってきた。しかし、その用途開発にはゼオライトの特質が種々に渡るため、地質学、鉱物学、化学、物理学、生物学、農学等の多くの知識が要求される。つまり、ゼ

オライトの用途開発は多分野の専門家の人々との情報及び技術交流を基盤とすることが不可欠であり、昨今の旺盛な異業種交流の流れの中で、新たな展開が開始できるよう努力しまた願うところである。

天然ゼオライトの産状、特性および利用については本誌においてすでに詳細かつ明解な解説^{1~4)}がなされており、本稿では筆者達がこれまで行ってきた天然ゼオライト利用研究の一部と最近の動向について述べてみることにする。

2. 天然ゼオライトの陽イオン交換容量測定法⁵⁾

CEC は天然ゼオライトの品質評価上最も重要な値である。この測定方法はショーレンベルジャー氏法が一般的であるが、筆者の経験によると、この方法は0.5mm以下の微粒子試料をカラムに充填してろ過操作を行うため、目づまりが生ずることが多く、再現性の悪い方法である。そこで、新たに開発した CEC 測定法について紹介する。

2.1 試料及び実験方法

実験に供した試料は、島根県産ゼオライトの中でも特に硬質である長久クリノプロチロライト、天河内モルデナイトの両試料、及びこれらをほぼ100% Na 置換した試料と Na 型モルデナイトを50%程度 Mg 置換した Mg 型モルデナイトである。

本実験で行った CEC 測定の原理はショーレンベ

ルジャー氏法に準じているが、操作において改良を加え、次のように行った。

試料を粉砕して12~48 meshに整粒し、水で洗浄して微細粒子を除き100℃で乾燥する。これを飽和塩化アンモニウム溶液の入ったデシケータに放置して水分量を一定にする。この試料0.5 gを精秤し、200 ml三角フラスコに入れ、1 N酢酸アンモニウム(AcONH_4)溶液を100 ml加え、シリコンゴムで栓をする。この三角フラスコは室温での実験時には時々攪拌を行う。また、三角フラスコを乾燥器に入れて80℃雰囲気中で反応させる時は、加温により栓が飛ばないように熱湯であらかじめ三角フラスコを加温したのち栓をし、攪拌は行わない。一定時間浸漬の後、試料の損失のないように上澄を捨て、試料を50 mlの80%メチルアルコールで4回洗浄した後、蒸留水を用いて300 ml キュルダールフラスコに移し入れ、10%塩化カリウム(KCl)溶液を100 ml加える。一定時間浸漬の後、水蒸気蒸留法と滴定により、アンモニウムイオン量を測定し、CECを求める。以後この方法を浸漬法によるCEC測定法と呼ぶことにする。

2.2 酢酸アンモニウム溶液の浸漬時間

秤量された試料は1 N AcONH_4 溶液の浸漬により NH_4^+ を完全に飽和しなければならない。このための最短浸漬時間を知るため、 NH_4^+ 吸着量の時間変化を測定した。その結果を図1に示した。クリノプチロライトは、1日で飽和量1.52 meq/gの80%を置換するが、その後完全に飽和するにはかなりの日数を要する。Na型クリノプチロライトにおいては、

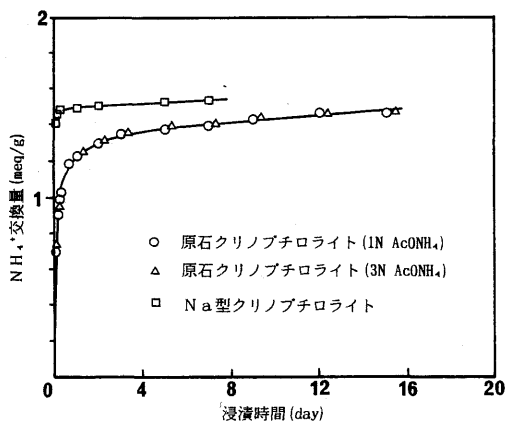


図1 原石及びNa型クリノプチロライトの酢酸アンモニウム溶液の浸漬時間と NH_4^+ 交換量の関係(室温)

長久クリノプチロライトよりもかなり迅速に NH_4^+ を交換するが、7日間浸漬の後にもかかわらずに交換量の増大が見られ、完全には飽和していない。次に、長久クリノプチロライトに対し浸漬を80℃雰囲気で行った結果、 NH_4^+ の交換量は、1時間で飽和量1.53 meq/gの83%、7時間で98%に達し、1日で完全に飽和した。また、天河内モルデナイト及びNa型、Mg型モルデナイトに対し、室温で浸漬を行った結果、 NH_4^+ が飽和に至るまでの時間は、天河内モルデナイトで1日、Na型で5時間、Mg型で1日といずれの型においても室温におけるクリノプチロライトの場合より迅速に飽和に達した。

2.3 10%塩化カリウム溶液の浸漬時間

AcONH_4 溶液で NH_4^+ 交換した試料は、10% KCl溶液で K^+ 置換することによって完全に NH_4^+ を放出しなければならない。この最短浸漬時間を求めるため、各々の NH_4^+ 飽和試料を用い、 NH_4^+ 放出量の時間変化を測定した。その結果モルデナイト、クリノプチロライト共に1時間の10% KCl溶液の浸漬で完全に NH_4^+ を放出した。

2.4 1N酢酸アンモニウム溶液の浸漬時間と各交換性陽イオン放出量の関係

この実験は、室温において長久クリノプチロライトについてのみ行った。経時的に1 N AcONH_4 溶液の上澄液の一部を採取し、交換性陽イオン(EC)である Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} の濃度を原子吸光光度法によって測定し、これらと浸漬時間との関係を調べた。

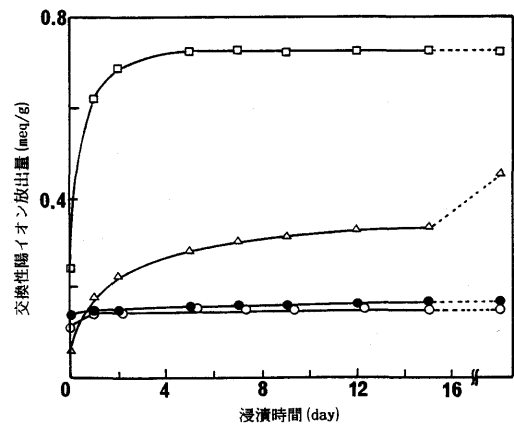


図2 原石クリノプチロライトの1N酢酸アンモニウム溶液の浸漬時間と各交換性陽イオン放出量の関係(室温)

● Na^+ ○ K^+ △ Mg^{2+} □ Ca^{2+}

その結果を図2に示した。図の右端の値は80℃雰囲気中で試料を4日間1N AcONH₄溶液に浸漬した上澄液を測定したもので、全ECが完全に放出された時の値である。Na⁺、K⁺においては数時間ではほぼ完全に放出された。これに対し、Ca²⁺は1時間で34%、1日で85%まで放出されたが、残る15%が放出されるにはさらに4日を要した。Mg²⁺は1時間で14%しか放出されず、1日では40%、15日間浸漬させても75%しか放出されなかった。

2.5 CEC及びECの測定結果

各試料のCEC及びECの測定値を表1, 2に示す。ショーレンベルジャー氏法においては溶液の浸漬時間を1N AcONH₄溶液を1日、80%メチルアルコールを5時間、10% KCl溶液を7時間と設定した。また、浸漬法においては1N AcONH₄溶液の浸漬は80℃雰囲気で行い、浸漬時間は1日とし、10% KCl溶液の浸漬は室温で行い、浸漬時間は1時間とした。この結果より、ECとしてCa²⁺、Mg²⁺(特にMg²⁺)の含有量の多いクリノプロチロライトでは、従来のCEC測定法であるショーレンベルジャー氏法を用いると低いCEC値となる知見を得た。

3. 天然ゼオライトの高純度化⁶⁾

天然ゼオライトはゼオライト以外の不純物を含有しておりその種類も量も産地により異なり、同一産地の産品でも品質のばらつきがあること等により、工業的用途等の高付加価値の利用には、いささか敬遠されそうな側面を有していることもまた否めない事実である。よって、天然ゼオライトの不純物を除去し、その機能を向上させ、同時に品質の安定化を図ることができれば、天然ゼオライトを高付加価値の用途で利用することの可能性が開けると思われる。次に、筆者らが試みた天然ゼオライトの高純度化研究結果について述べることにする。

天然ゼオライトに含有される不純物は、一般に長石、石英などの硬質の鉱物と、モンモリロナイト、ガラス質などの軟質の鉱物であり、ゼオライトはこの中間程度の硬度を有すると推定される。このような観点から、天然ゼオライトは粉砕方法の検討によって、ゼオライトの選択粉砕が可能ではないかと考えた。

3.1 湿式ボールミル粉砕による高純度化実験

供試ゼオライトは島根県産天河内モルデナイト及び五十猛クリノプロチロライトである。前者は粒度0.5~1.0mm、後者は3~5mmのものを水洗により

表1 浸漬法及びSchollenberger法による各試料のCEC

試料	CEC (meq/g)	
	浸漬法	Schollenberger法
長久クリノプロチロライト	1.52	1.21
Na型クリノプロチロライト	1.53	1.49
天河内モルデナイト	1.61	1.62
Na型モルデナイト	1.73	1.72
Mg型モルデナイト	1.69	1.67

表2 各試料の交換性陽イオン組成

試料	EC (meq/g)			
	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
長久クリノプロチロライト	0.168	0.147	0.723	0.454
Na型クリノプロチロライト	1.414	0.013	0.023	0.041
天河内モルデナイト	0.678	0.068	0.778	0.056
Na型モルデナイト	1.712	0.009	ND	ND
Mg型モルデナイト	0.800	ND	ND	0.970

ND: 検出限界以下

微粉を除去し、風乾後、五十猛クリノプロチロライトは4~5 meshに再整粒し、天河内モルデナイトはそのまま供試試料とした。

天然ゼオライトの湿式ボールミル粉砕により、一定粒度範囲へのゼオライト結晶の濃縮の可否を調べるため、各種条件でボールミル粉砕を行った。この粉砕スラリーをフルイと遠心分離によって6段階に分級し、重量法によって粒度分布を求めた。各分級産物の純度はCECで評価し、不純物は粉末X線回折(XRD)で定性的に評価した。

ボールミル粉砕条件は磁製ミル容量1 l (外径130 mm, 内径110 mm, 長さ120 mm)、回転数100 rpm (限界回転数の78%)、磁製ボール径2, 3, 4, 5, 10, 17, 30 mm, 水量500 ml, 試料100 g, 粉砕時間20時間とした。

分級粒径は0.4 μm以下, 0.4~2 μm, 2~3.5 μm, 3.5~5 μm, 5~74 μm, 74 μm以上とし、これらを各々、D1, D2, D3, D4, D5, D6とした。

3.2 高純度化実験結果と考察

天河内モルデナイトのボールミル粉砕による高純度化実験の結果は図3に示したように、最もCECが高くなったのは、ボール径2 mmで粉砕したときの0~0.4 mmの粒径のものであり、そのCECは1.48 meq/gであり、収率は15.4%であった。モルデナイト結晶の純品のCECが2.23 meq/gとすれば、この純度は66.4%となる。原試料はCEC 1.25 meq/g

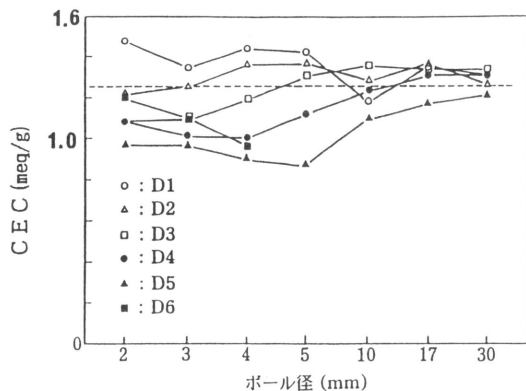


図3 天河内モルデナイトの粉碎ボール径と分級産物のCEC

であるから、この純度は56.1%であり、10.3ポイント純度が向上したという結果になる。これは、モルデナイト結晶の大きさが写真1に見られるように太さおよそ $0.2\mu\text{m}$ 、長さ $10\mu\text{m}$ であることを考慮すれば、 $0\sim 0.4\mu\text{m}$ の粒度範囲に濃集する事は当然の結果である。しかし、XRDの結果からはこの範囲には石英、長石はあまり混入しないものの、相当量のガラス質、及びモンモリロナイトが混入しているため、純度の大幅な向上につながらなかったと考えられる。従って、これらの不純物を除去するためには、さらに浮遊選鉱などの選鉱法を用いる必要がある。

五十猛クリノプチロライトのボールミル粉碎による高純度化実験の結果は図4に示したように、最もCECが高くなったのは、ボールを使用しないでボールミルに試料と水を入れ、20時間回転して得られた粉碎物の粒度 $5\sim 74\mu\text{m}$ の分級産物であり、そのCECは 2.0 meq/g であり、収率は34.1%であった。これはクリノプチロライト結晶の純品がCEC 2.18 meq/g とすれば、純度は91.7%となる。原試料はCEC 1.56 meq/g であるから、この純度は71.6%であり、20.1ポイントも純度が向上しており、高純度クリノプチロライトが得られたといえる。

クリノプチロライト結晶の大きさは写真2より $5\sim 74\mu\text{m}$ の粒度範囲にあることが確認でき、得られた高純度クリノプチロライトのSEM像はクリノプチロライト結晶の集合体であった。 $5\sim 74\mu\text{m}$ の分級産物はボール径 $2\sim 5\text{ mm}$ での粉碎の場合、分布量が5%以下と少なくなっていることから、クリノプチロライト結晶はボールによって粉碎され、より細かい粒度のD2、D3に混入していると考えられる。従って、ボールを使用した場合、高純度クリノプチ

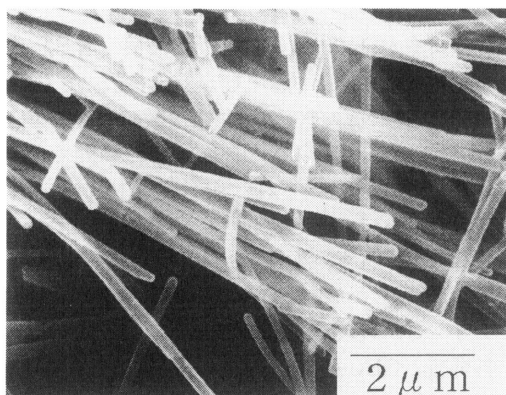


写真1 天河内モルデナイト結晶のSEM像

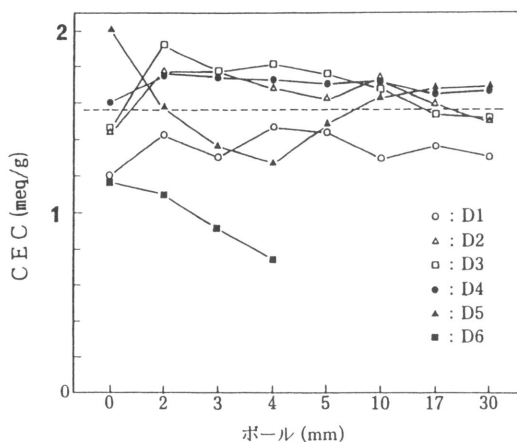


図4 五十猛クリノプチロライトの粉碎ボール径と分級産物のCEC

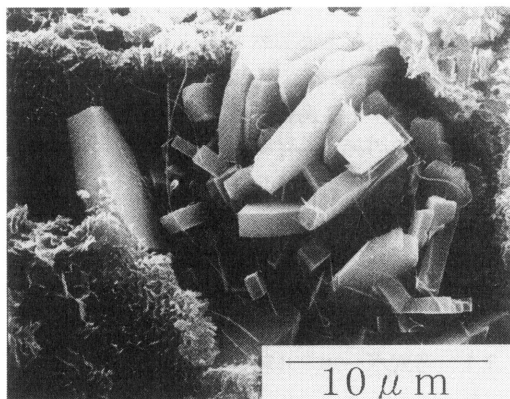


写真2 五十猛クリノプチロライト結晶のSEM像

ロライトが得られなかったのは、ボールが小さい時、クリノプチロライト結晶が粉碎されてしまうことにより、ガラス質、クリストバライト、モンモリロナイトなどの結晶の小さい不純物と混入してしまうためである。一方、ボールが大きいときは大きな粒子の長石が粉碎されて混入してしまうためと考えられる。

さて、ボール無しの時、高純度クリノプチロライトが得られたのは、五十猛クリノプチロライトに含まれているモンモリロナイトの膨潤性のためと考えられる。写真2では、クリノプチロライト結晶をモンモリロナイトと思われる結晶が囲んでいる様子が観察された。また、この試料の薄片偏光顕微鏡写真観測によってクリノプチロライト結晶はモンモリロナイトによって取り囲まれるような形で広くかつ均一に分布していることが確認できた。そして、画像処理解析の結果このモンモリロナイトの含有量は約16%と推定された。

以上のことから、五十猛クリノプチロライトのように、モンモリロナイトの分布が均一で、その含有量が20%近くある天然クリノプチロライトは、水を加えた場合、モンモリロナイトの膨潤作用が粒子の解膠を促進する。これに、振動、回転などの運転を加え、5~74 μ mの分級産物を回収すれば、約35%の収率で純度92%の高純度クリノプチロライトを得ることができることが明らかになった。この高純度化ゼオライトは生産が実用化され、粉末及びペレット状の製品が販売されている。

4. Zeolite '97 における利用研究事例⁷⁾

昨年9月イタリアのナポリ市沖に浮かぶIschia島で開催された第5回天然ゼオライト国際会議に参加し、世界における利用研究の現状を知る機会を得た。次に、興味を引いた研究事例の概要を紹介する。

(1) 「表面処理ゼオライトによる汚染物質の吸着」(USA)

ゼオライト表面の交換性イオンはヘキサドデシルトリメチルアミンのような高分子第4アミンとイオン交換できる。そして、内部のゼオライト交換サイトはそのまま保持される。その結果、表面は疎水性を呈し、アミンの正荷電のため表面では陰イオン交換が可能となり、この表面処理ゼオライト(SMZ)は水汚染物質の3種(無機陽イオン、無機陰イオン、無極性有機物)を吸着でき、地下浸透のバリア材等の環境応用に有効となる。このSMZは Sr^{2+} 、 Pb^{2+} 、

CrO_4^{2-} 、ベンゼン、トルエン、キシレン、パークロロエチレンを良く保持した。

(2) 「凝集と天然ゼオライトの前処理を具備した浸出排水の処理」(韓国)

韓国における廃棄物埋立地の浸出排水はアンモニア濃度が高く、この流出により、河川水は富栄養化等の悪影響を受けている。通常の活性汚泥法でのこの浸出排水の処理は、高濃度のアンモニアが硝化脱窒を妨害するため有効でない。そこで、塩化鉄と韓国産の clinoptilolite で前処理を行いSSと高濃度のアンモニアを除去して活性汚泥処理をした結果、COD 除去率が向上した。現在、パイロットプラントでゼオライトの再生システムを運転中である。

(3) 「天然ゼオライトによる廃棄物処理場の粘土ライナーの性能向上」(ドイツ)

廃棄物処理場の粘土ライナーに天然ゼオライト(ハンガリー産、スロバキア産、キューバ産、アメリカ産 clinoptilolite)を添加することにより、処理場地下水や土壌から重金属を除去する可能性を検討した。添加率最大9%でライナーの重金属吸着能は Tl^{2+} 、 Cd^{2+} で50倍となり、 Tl^{2+} 5 ppm、 Cd^{2+} 24 ppmの拡散が遅延することが判明した。

(4) 「天然及び合成磁性ゼオライトによる土壌、沈泥からの金属汚染物質の回収」(ロシア)

磁性クリノプチロライト(FC)、磁性合成シャバサイトFKCh)を開発し、土壌中のカチオン性の汚染物質の浄化実験を行った。模擬汚染土壌(ポドゾル及びチェルノーゼム)としてSr、Csを添加したものを用い、これにFC又はFKChを加え、攪拌後永久磁石で分離した。回収率は土壌とFCの重量比(R)に依存し、また土壌種によっても異なる。Srは一般にCsより高回収率であった。実排水中のスラッジからのCu、Cr、Ba、Srの回収率は $R=1$ で2ヶ月間混合の場合、40~70%となった。

(5) 「建設構造物質製造におけるゼオライトの利用」(ロシア)

20~40%含有の低質ゼオライトを利用して建設工業での構造物質を製造することを目的とし、シベリア、極東鉱床のゼオライトを用いてこれらのゼオライト含有混合剤を開発してきた。ゼオライトは高いボゾラン活性を有しセメント、石膏、石灰、マグネシア等のバインダーに混合することにより、優れた結合性を付与した。すなわち、石膏の硬化の遅延、マグネシアの強度と耐水性、収縮性の改善、石灰の強度と耐寒性向上、ポルトランドセメントの改質等

の効果が見られた。また、多孔質耐熱材がゼオライトを添加し、高温で焼成することで作ることができた。しかし、加熱によるゼオライトの挙動は様々であり、高温発泡が行われるには、全体がある程度の粘性を帯びた加熱可塑状態にあり、同時にガス成分の発生があることが必要となる。この条件を満足できるかどうかはゼオライト岩の諸性質に依存した。

(6) 「Clinoptiloliteによる窒素循環に基づく新農業システムの開発」(USA)

家畜の畜舎および農場からのアンモニアをクリノプロチロライトでトラップし、これを緩慢窒素放出肥料として施肥することを検討した。その結果、次の事実を確認した。家畜肥料の水溶性 NH_4^+ はクリノプロチロライトの添加で激減し、土壌に施肥時の窒素ロス、硝酸生成が減少できる。クリノプロチロライトの NH_4^+ は可溶性の NH_4^+ と同様、硝化細菌によって硝化される。硫酸と比較し、クリノプロチロライト担持 NH_4^+ の流出、硝化は大幅に減少する。施肥後、石英砂は91%以上の NH_4^+ を1週間で流出したが、クリノプロチロライト担持 NH_4^+ は16%以下の流出であった。植物育成実験ではトウモロコシの生長は硫酸施肥以上であり、窒素の流出はほとんど無く、高い窒素利用効率を示した。

(7) 「ゼオライトによる土壌中の重金属不活性化効果」(ポーランド)

重金属の内でもCdは土壌中で最も速く移動できる事が知られており、植物中に土壌中のCd濃度に比例して取り込まれる毒性の強い金属とされている。このCdをゼオライトを用いて吸着させ植物に移行することを防御する実験を大麦、ビート、細麦、レタスについて行った。温室でポット実験を3年間実施し、用いた土壌は工場地域の汚染土20cmの表層土で、K、P、Nを適量添加し、2%のゼオライト(clinoptilolite, ポーランド産)を加えた。そして、収穫後の植物の灰の分析を行った。その結果、ゼオライト添加により、Cd濃度を大きく減少することができ、ゼオライトの添加によりCdの食物連鎖を減少できる事を究明した。

(8) 「ギリシャ産天然ゼオライトの飼料添加による養豚業における品質への影響」(ギリシャ)

0.8mm以下の北ギリシャ産Caクリノプロチロライトを飼料に6%添加し、豚の肥育度への効果を試験した。44匹の雑種豚を試験区と対照区に分けて125日間飼育した。1日毎に体重、摂取飼料量、皮下脂肪厚さを測り、実験後に屠殺し、総体重、各部位の

重合割合、体長、内臓重量を測定した。その結果、約4%の体重増加、飼料摂取量の減少、食肉収率の増加等の効果が認められた。また、肉質においては水分とタンパク質が各々5.3%、2.05%増加し、脂質の66.1%の減少が見られ、これらは5%の危険率で有意であり、ゼオライト添加により肉質が向上することが判明した。

5. 天然ゼオライト利用研究の行方

初めに記したように天然ゼオライトはようやく世に知れるようには成ってきたが、天然ゼオライト産業と呼ぶにはその規模からして今一步と言うのが現状ではなかろうか。そして、その国内における利用研究も充分とは言いがたい。これは、天然ゼオライト業界の多くが中小企業であり、メーカー自身での研究開発には自ずと限界がある事、また大学及び公設研究機関の研究者側から見れば天然ゼオライトの利用研究には動機として身近にこの様な資源が存在していることが必要条件と成りうる事が理由として考えられる。

ところで、天然ゼオライトはこれまでその保水性、保肥性の特性を生かし主に農業分野で利用されてきており、一般的には鉱物資源と言うより質の良い土壌としてとらえられているように思える。しかし、資源小国のわが国において無尽蔵とも言えるこの鉱物資源をより有効に利用するには工業または建設材料の原料として見つめなおし、これに参入するための技術開発研究を推進する事が必要であろう。例えば、前述のロシアの「建設構造物質製造におけるゼオライトの利用」と言った研究は国内での研究報告ではほとんど見当たらないが、ゼオライトのポゾラン活性等を利用した興味を持てる研究である。もう一つの有望な利用法として環境分野での応用が挙げられる。最近の社会的な環境意識の高揚に伴い法的規制が強化されて行く中、環境技術の進展に加速がかかっている。ゼオライトは鉱物の中で最も大きな陽イオン交換能を有し、またある種の陽イオンには高選択性を示す。この機能を利用し、水の浄化、廃棄物の安定化及び環境改善に関する研究は時流に乗った課題解消の手段となりうるであろう。例えば、水の浄化については4.(2)で述べた埋立場からのアンモニアの除去はその良い例であり、また、中規模の浄化槽排水をゼオライト水路に通過させそのゼオライトの上に植物を育て高効率で窒素、リンの除去が可能である事が報告されている。バイオジオフィ

ルター⁸⁾と呼ばれるこの方法は、まだゼオライトの果たす詳細な機構は解明されていないが、ベンチスケールでの実証実験が望まれる。廃棄物の安定化については、4.(1), (3), (4)のように汚染物質の地下浸透のバリア材、廃棄物処理場での重金属除去、汚染土壌の浄化等の実用化研究、また、現在国内で問題となっている焼却灰の安全化処理としてゼオライトコンクリートの開発も有用であろう。また、環境改善については水源における窒素濃度の上昇が問題であり、このため4.(6)のようなゼオライトを利用した新農業が有効となりうる。そして、前述のバイオフィルターは河川を直接浄化する可能性を秘めており、また、ゼオライトコンクリートは藻類、コケ等の生物が付着しやすい事が認められていて⁹⁾、環境改善材料としての実用化が待たれる。

6. おわりに

以上述べたように、天然ゼオライトの利用分野はこの数年で確かに変化しつつある。しかし、これを着実に舵取りし社会的に実用化させることは、この資源を背後に有する我々地元の研究者の任務なのであろうが、冒頭に述べたようにこの資源を生かすに

は多くの分野での協力が不可欠である。諸賢の積極的な天然ゼオライト利用研究への参入を切に期待し、御願するものである。

参考文献

- 1) 鳥居一雄；天然ゼオライトについて—鉱物組成、特性および利用—, ゼオライト, Vol.1, No.4, 1-9 (1984).
- 2) 湊 秀雄；ゼオライト(沸石岩)の産状とその利用, ゼオライト, Vol.2, No.3, 1-11 (1985).
- 3) 佐藤徹雄；我が国における天然ゼオライト生産, 利用, 開発の現状, ゼオライト, Vol.4, No.3, 10-16 (1987).
- 4) 後藤逸男；天然ゼオライトの農業利用—ゼオライトの土壌改良効果—, ゼオライト, Vol.7, No.3, 8-16 (1990).
- 5) 野田修司；天然ゼオライトの簡易塩基交換容量測定法, 粘土科学, Vol.20, No.3, 78-82 (1980).
- 6) 野田修司, 後藤光亀, 佐藤敦久, 天然ゼオライトのボールミル粉碎と分級による高純度化, 水道協会誌, Vol.60, No.11, 2-10 (1991).
- 7) Zeolite '97 Program and Abstracts (1997).
- 8) 尾崎保夫, 尾崎秀子, 阿部 薫, 雨谷恵夫, 資源植物・花卉等を利用した生活排水の高度処理, 用水と廃水, Vol.37, No.2, 13-20 (1995).
- 9) 特開平9-183645, 生物易付着コンクリート.

Trend of Use Researches for Natural Zeolites

Shuji NODA

Institute of Industrial Science and Technology, Shimane Prefecture

The accurate measuring method for CEC which is important to evaluate the quality of natural zeolites on the use of them was proposed and examined about some conditions for the method. As the result, it was found that the CEC of clinoptilolite measured by usual method was not correct. Then the purification of natural zeolites was examined by removing impurities which prevent natural zeolites from the use of industry, and in case of clinoptilolite from Shimane prefecture the production of purity 92% zeolite was succeeded. The primary factor was considered that the particle separation was accelerated by expanding action of montomolilonite included as an impurity. Next, introducing the interesting eight use research examples presented in the 5th Conference of Natural Zeolites held in Italy last year, the future direction of use researches for natural zeolites was discussed. One was to give a reconsideration to the use for resources of industry and construction materials, there were few use researches about pozzolan activities of natural zeolites in Japan. Another was the advanced development into the use researches for the water treatment, the waste stabilization and the environmental improvement applying the large cation exchange capacity of natural zeolites.

Key words: Natural zeolites, CEC, Purification, Use researches.