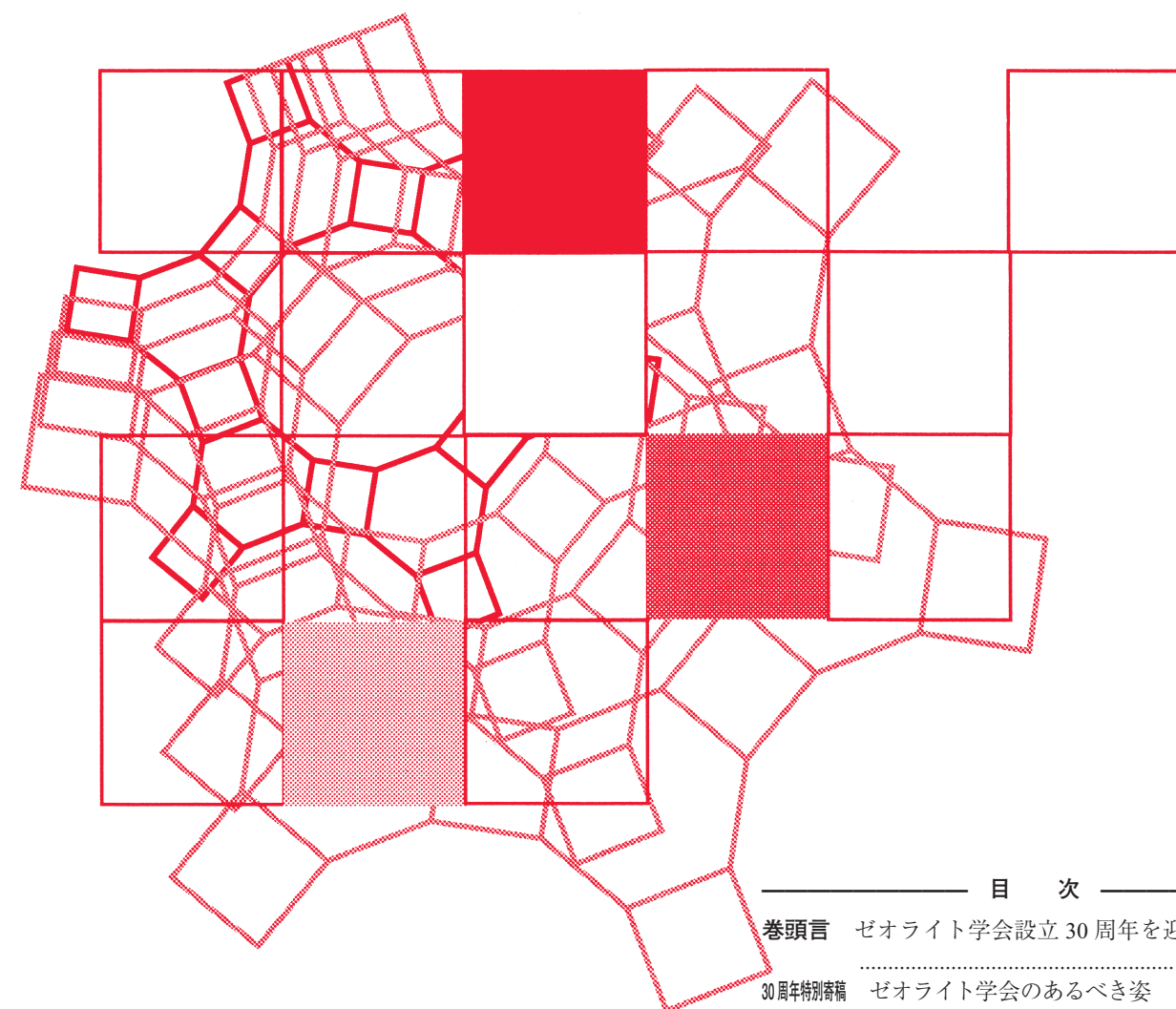


ゼオライト学会30周年

Vol.30  
No.1  
2013

ゼオライト

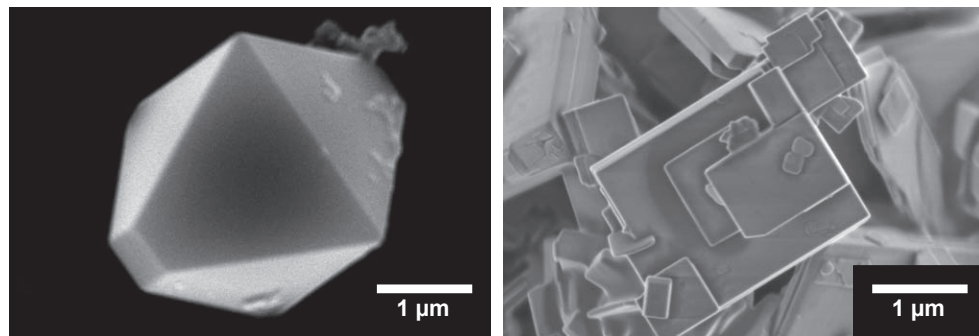


## 目次

|                           |                                |    |
|---------------------------|--------------------------------|----|
| 巻頭言                       | ゼオライト学会設立 30 周年を迎えて            |    |
|                           | ..... 馬場俊秀 ...                 | 1  |
| 30 周年特別寄稿                 | ゼオライト学会のあるべき姿                  |    |
|                           | ..... 丹羽 幹 ...                 | 2  |
| 30 周年特別寄稿                 | 「ゼオライト研究発表会」の私史                |    |
|                           | ..... 難波征太郎 ...                | 4  |
| 30 周年特別寄稿                 | ゼオライトこの 10 年 .....             | 7  |
| 30 周年特別寄稿                 | ..... 中野雅雄 ...                 | 12 |
| 解 説                       | ヘテロ配位種の導入による新規シリケート物質の創製 ..... | 14 |
|                           | ..... 山本勝俊・池田卓史 ...            | 14 |
| ゼオゼオ                      | 高専でのゼオライトの研究 .....             | 22 |
|                           | ..... 加藤正直 ...                 | 22 |
| 平成 24・25 年度理事会および総会 ..... |                                | 27 |

レポート (32) お知らせ (34) 会則 (37)  
投稿規定 (39) 法人会員名簿 (41)

ゼオライト学会  
Japan Association of Zeolite



新規結晶構造を持つストロンチウム含有シリケート物質 AES-18（左）と AES-19（右）の SEM 像

（写真提供：北九州市立大学 山本勝俊，産業技術総合研究所 池田卓史）

## ゼオライト／ZEORAITO（Zeolite）

Vol. 30, No. 1 平成25年3月7日発行

発 行 ゼオライト学会

〒101-0032 東京都千代田区岩本町1-6-7 宮沢ビル601

Tel. 03-5821-7120 Fax. 03-5821-7439

e-mail: sec@zeo-japan.com

（連絡はFaxまたはe-mailにてお願いいたします。）

URL <http://www.jaz-online.org>

印 刷 株式会社 国際文献社

## 《 巻頭言 》

## ゼオライト学会設立30周年を迎えて

東京工業大学大学院

馬場俊秀（ゼオライト学会 会長）



ゼオライト研究会の設立は1984年1月11日です。ゼオライト研究会が発足してから、その後ゼオライト学会と名称を変えましたが、2013年で創立30周年を迎えました。こうした大きな節目に会長を仰せつかり、大きな責任を感じています。

学会が設立されたとき、私はまだ大学院学生でしたので設立の詳しい経緯などはわかりませんが、国際ゼオライト会議を日本で開催するために、その受け皿として設立されたと聞き及んでいます。当時はまだ、日本で国際会議を開催する経験が少なかったため、会議の開催に携わった多くの方々には相当のご苦労があったものと思われます。大学はもとより多くの企業の諸先輩方のご努力により、1986年に国際ゼオライト会議が開催されました。この会議が京王プラザホテルで行なわれたことを、私は今でも鮮明に覚えております。この会議をきっかけに、日本独自の国際会議として第1回のCMPCが上智大学の図書館会議室で開催され、その後名称をZMPCと変えながらも、3年ごとに開催されるようになりました。今ではこの会議が名実ともに国際会議として認知されるようになり、2012年には前ゼオライト学会会長の佐野先生をChairmanとして、ZMPCが広島で開催されたことは記憶に新しいことです。ゼオライト学会は小さい学会でありながら、このように日本独自の国際会議を開催できることは、ゼオライト学会の会員一人一人の底力の高さを示していると思われます。

ゼオライト学会の活動は先に述べましたZMPC主催のほか、年4冊のゼオライト誌発行、そして毎年、秋に行なわれるゼオライト研究発表会、更にはゼオライト夏の学校とゼオライトフォーラムの開催が中心です。これらの活動にはゼオライトを合い言葉に大学や国立の研究所の方々ばかりでなく、企業の方々も含めいろいろな方が集っております。その方々の研究分野は、地質学、鉱物学、構造化学、合

成化学や結晶化学などの基礎から、触媒、吸着剤、イオン交換体、ナノ機能材料まで幅広いものです。このような異なる研究分野で活躍する人と人のつながりが、ゼオライト学会を他の学会にないPOWERをもった集団にしています。

ゼオライト学会の大きな活動の一つであるゼオライト研究発表会は、学会が研究成果の発表の場であることは誰もが認めることです。この学会発表について私が学生であったころ、本会の会長をされた小野先生がよくいわれていたことを思い出します。それは学会は人の研究成果を聞く場でもあるけれども、もっと重要なことは「他の人の研究に対する他の人の質問を聞くこと」だ、ということです。また、さらに他の人の討論には自分の知らなかった考えが詰まっている、とも言われたことを記憶しています。

今年度から会長をお引き受けする訳ですが、学会の運営は皆様のご意見、ご協力なくしてはどうやっても進めていくことができません。学会が創立して30年の時が経過して時代が変わっても、ゼオライトを合い言葉に集まったゼオライト学会会員の人と人とのつながりは、新しいものを生み出す原動力であり、学会を通じた研究交流の意義は何ら変わることはないと確信しております。

ゼオライト学会は数年前に財政問題で窮地に立たされましたが、ゼオライト学会会員の皆様の並々なご努力によって、安定した財政状態で学会運営が行なえる状態になりました。しかし、会員の減少や厳しい社会情勢等、学会を取り巻く環境はなお厳しいものがあります。こんなときにこそ会員の方々の英知を結集して、ゼオライト学会の次の一步を踏み出そうではありませんか。私も学会のその一步のために微力ながら全力を尽す所存でおりますので、会員の皆様からの忌憚のないご意見、ご要望をお願いする次第です。宜しくお願い致します。

## 《30周年特別寄稿》

## ゼオライト学会のあるべき姿

丹羽 幹

鳥取大名誉教授

研究テーマの関係で、ゼオライト研究会・学会の活動には深く関わってきた。この学会の行事である毎年の研究発表会には欠席した記憶がない。3年ごとに開催される国際会議ZMPCのすべてに参加したはずで、2006年の米子の会議ではChair personを仰せつかった。また国際ゼオライト学会にも、1983年のネバダ州リノの学会(6IZC)から始まって一昨年のイタリアのソレント(16IZC)での学会までのほとんどすべてに参加し、研究発表してきた。一度だけ出られなかったことがあるが、これは大学を移った1992年のことで、研究室がないに等しい状態だったので、学会どころでなかったのである。おかげで、大勢の知り合いが内外にできた。したがって、「もうおわりです」と簡単には言えそうにない。もう少しだけは続けることを認めてもらいたい。写真は、2001年フランスのモンペリエで開かれた12IZCのときのもので、これは闘牛かなにかを見学しているときのものであるが、詳しいことは記憶にない。私の右隣に、乾先生、その横が難波先生、また左隣はW. Hölderich教授である。他にもよく見ると知り合いがいる。乾先生はお亡くなりになったが、ほかの方々元気だろうか。もう一枚はそのときのパンケットのときのもので、東ソーの板橋さん、豊橋の堤先生、Francois Fajulaが見られる。なおついでながら、FrancoisはそのときのChair personだが、Postdocと一緒にやった仲間である。

小野先生に代わって事務局を担当したのは、1999年であり、これが2005年まで続いた。皆さんはどう思われるか知らないが、私にはこれがそれほどの負担ではなかった。もちろん、片田先生の協力も大きかったが、なんとかこなしてきたつもりである。あまり厳密に考えると、こういう作業は困難になるように思う。その意味からすると、やや適当なところで妥協し、仕事を進めてしまう私の性格はこの仕

事にあっていたのかもしれない。いくつかの失敗をしたことは当然あり、一年目は収支のバランスがどうしてもとれなかった。そこで、監査の先生にお詫びして許していただいた。なお、大きなお金のロスがあったのではないので、ご安心いただきたい。それ以降は毎月決算を行い、収支を合わせるようにした。またお金のからむことなので、二人が別々に見ることを習慣づけた。あるときは理事会の開催をすっかり忘れてしまったことがある。やむなくメール会議としたが、かえてそのほうが良かったと言われた。いまならSkype会議だのなんだのといろいろな方法があるように思う。まだほかにもあるが、やめておく。

この学会の最大のポイントはZMPCの開催であると思うので、これについて述べてみたい。会員数が350人程度で、法人会員が35社程度の規模の学会ではあるが、この学会は国際会議を3年に一度開催している。東京で開催された第7回IZCが終わったあと、この先どうするべきかという会議があり、せめてアジアの皆さんに集まってもらい規模の国際会議ができればいいとして始めたのだったが、いつのまにか立派な国際会議として認知されるようになった。このおかげで、日本のゼオライト研究者は世界の多くの人々と強い絆で結ばれるようになった。国際ゼオライト学会、ヨーロッパのFEZA、それに日本のZMPCの三つが三年に一度の周期で学会を開いているので、毎年ゼオライトの分野の国際会議があり、多くの研究者がこれらに参加している。その一角を占めている学会を運営している意義は非常に大きい。

学会開催の一番重要なことは学術上の運営が的確に行われることであるが、それをサポートする経営的な背景にも目を向けねばならない。これがしっかりとしていないと、危なくて学会を開催することが

できないからである。財政が破たんしたら、主催者がこれを負担するというのでは、学術上の活動ではなくなる。その観点からすると、ゼオライト学会には国際交流基金という先人の積み上げてこられた大きな遺産があり、経済的な心配が少ない。この基金をもとにして、できるだけ長いあいだ国際会議ZMPCを開催していただきたいと切に願っている。これがこの学会の最大の使命であることを忘れてはいけない。

ゼオライト学会の経営的なことについて、私見をのべておく。この学会がゼオライト研究会とっていたころは、法人会員がおおく、誠に潤沢な予算であったのだが、徐々にその状況が悪化し、予算がぎりぎりまでに追い込まれるようになってきた。最近の予算は、いろいろな努力で好転しているので、関係者の努力に敬意を表したい。私が事務局をやっていたときには、なんとかこれを維持するべく、いくつかの手をうった。そのひとつが、毎年一月に行われていた理事会を廃止し、総会を研究発表会に移行したことである。これで総会・理事会経費を浮かせることに成功した。われわれがやってきた事務局作

業をどこかの大学で引き受けてくれるとよかったが、これは誰からも手が挙がらず今の体制になっている。このやり方は経費がややかさむことになるので、あまり望ましくなかった。ただし、誰もが学務で多忙であることはよく承知しており、やむを得ないかもしれないと思った。事務局を他に委託するのであれば、もうこれしかないと私があるときの理事会で提案した最後の一手は「ゼオライト」を電子化し、紙媒体の「ゼオライト」を廃止することだった。これを実施すれば当然この学会は大丈夫であると確信した。なにしろ、「ゼオライト」の印刷と配布でほとんどの予算が消費されているのである。しかし、この提案は時期尚早だったらしく、大勢の賛成をえられず、ボツになった。しかし、規模が圧倒的におおきな触媒学会が2013年から学会誌の電子化を実施することになっている。私はこれにも少し関与したが、意外にも反対が強く出なかった。「ゼオライト」の電子化は学会運営上の大きな変更であるが、経営的には効果的な措置であるので、一考に値する。





## 《30周年特別寄稿》

## 「ゼオライト研究発表会」の私史

難波征太郎

東京工業大学資源化学研究所

「ゼオライト学会」の前身である「ゼオライト研究会」が設立されたのは1984年の1月である。2年後の1986年8月に日本で開催される7th International Zeolite conference (7IZC) の受け皿機関として、小泉会長（阪大産研）、飯島副会長（東大理）、富永副会長（東大工）の下に設立された。（以降も所属は当時のもの）設立の経緯は小野先生、八嶋先生（東工大理工）の20周年特別寄稿（ゼオライト, Vol. 20, No. 1）に詳しく述べられているが、学会として育てていこうというよりは、7IZCに関する情報の発信源、および実質的な寄付の受け皿としての機能が当時最も重要であった。そんなわけで初年度に行った研究会の主催事業といえるものは、設立総会と記念講演会の開催、および4回のニュースレター発行だけであった。当時の筆者の観察によれば、7IZCと研究会の主な実行部隊は、適切かつセンスのよい方針を打ち出す富永先生を御輿として担いだ小野先生と八嶋先生であり、当時まだ助教授であったにもかかわらず、車の両輪として強力に実務をこなされていたように見受けられた。

詳しい経緯は忘れたが、当時八嶋研の助手であった筆者は研究発表会を開催してはどうかと提案したところ、趣旨には賛成であるが小野先生も八嶋先生も手一杯であるので、手助けはするが実務は任せるとのことであった。そこで、天然ゼオライトの専門家である歌田實先生（東大総合研究資料館）にも実行委員をお願いし、「第1回ゼオライト研究発表会」を開催することを決め、1985年11月に上智大学で開催する旨を「ゼオライト」Vol. 2, No. 1に予告、No. 2には開催要領（含発表募集要項）を掲載した。当時瀬川先生（上智大理工）は多くの学会の講演会などの世話をされており、その実行力を当てにして実行委員に加わっていただいた。

研究発表会の開催に際し、名前を「ゼオライト研

究発表会」とした。他の学会の会期、および発表募集締め切りが定期的に接近しないように、さらに発表形式も特色を持たせることに留意し、開催は11月の下旬、講演は2件の特別講演、総合研究発表、一般研究発表の3種とし、研究発表の時間も他学会より長めに設定した。総合研究発表（成果のある程度まとまっている研究を総合したもの。したがって、既発表の研究成果であっても、それらをまとめたものであればよい。）という発表形式は研究会独特のものと思う。なお、現在も当初定めた多くの点は概ね引き継がれており、会告についてもWeb上での研究発表申し込みになったため変えたところを除くと、筆者の作文が現在までもかなり生き残っているのは、生みの親として何となくうれしい。

図1に第1回から昨年開催の第28回までの開催地、講演数と参加者数（第3回と第18回は不明）を示す。第1回の講演件数は59件、参加者数は240名であった。第1回目にしてはまずまずの結果だと思うが、研究発表も参加者数もできるだけ多くしようと思い、直接的または間接的な依頼であっても、あるいは口頭でのまたは電話での依頼であっても、実行委員は総力をあげて取り組んだと記憶している。さらに、企業からの発表が多いと企業からの参加者が多くなるという因果関係を頼りに、多くの企業に発表を依頼した。お蔭で企業から14件の研究発表があった。参加者が発表件数の割に多いのは、このせいもあったであろう。また、企業からの参加者を多くすることは、ゼオライトに注目してもらえることにつながり、7IZCを盛り上げるためにも重要と考えていた。

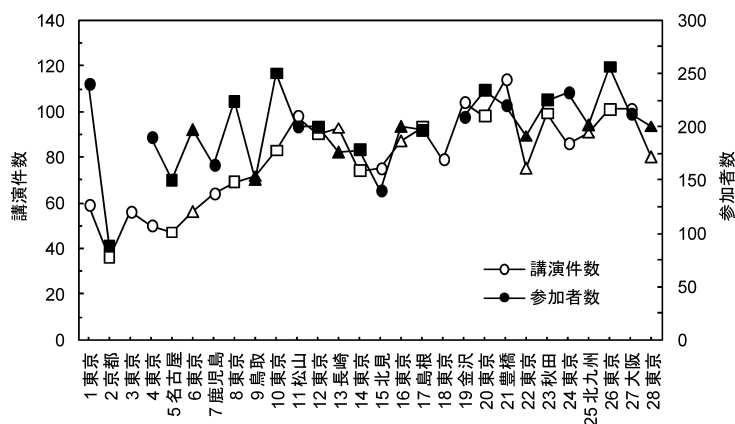
第2回は乾先生（京大工）が実行委員を引き受けてくれた。8月に7IZCを開催した直後の11月開催であることから、講演件数は36件、参加者数は88名と激減してしまった。ゼオライト研究会はいわば

7IZCを盛り上げるために設立されたという色彩が強く、7IZCを成功裏に終えるに当たってその機能を十分発揮したが、研究発表会まで手が回らなかったというのが実情であったと思う。7IZCの成功により、ゼオライト研究会には70社を超す団体会員、および多くの研究者、技術者が参集したことから、研究会の継続は当然のことという趨勢になった。筆者は、研究会を続けていくためには研究発表会は必須のものであると考え、軌道に乗せるまでは実行委員を努める決心をした。そんなわけで、第3回から第11回を除く第12回まで実行委員を務めた。図1に示すように、第12回での講演件数は約90件、参加者数約は200名に達し、当初の目標が達成できたと思い、これで実行委員を卒業させてもらった。なお、この規模は現在とほぼ同じである。第3回と第4回は連続東京で開催したが、それ以降は現在でも習慣になっているように、地方と東京とで交互に開催している。第18回までに東京では10回開催したが、瀬川先生のお世話で上智大で6回、菊池先生、松方先生（早大理工）のお世話で早大で4回開催した。このような先生方の献身的なサービスもこの研究発表会を定着させるための礎であったことはいまでもない。なお、第20回以降は6回連続で「タワーホール船堀」である。蛇足かもしれないが、現在までに4回以上実行委員を務めて研究発表会を支えた先生方は、筆者の調べでは瀬川先生、辰巳先生（東大工）、山崎先生（早大理工）、馬場先生（東工大総理工）、小松先生（東工大理）、および筆者である。

図1から、大まかな講演件数は11回までは増加し、その後は飽和状態に近づいていくように見える。一方参加者数は、第10回までは地方開催の時には少なくなる傾向があったが、第10回以降ではそのような傾向は見られないし、変動も小さい。ZMPC（1990年はCMPC）開催の影響を見てみると、第22回以降は講演件数、参加者数共に減る傾向にある。一方、IZC開催の影響は、第2回を除きほとんど認められない。

第1回から第10回までの研究発表会では、触媒に関する発表が平均して22.6件、合成に関する発表が8.5件であった。一方、第19回から第28回においては、触媒に関する発表が20.7件、合成に関する発表は34.5件であり、合成に関する研究発表が大幅に増えたことがわかる。（件数は筆者が主観的に数えたものであり、数える人によって異なることは当然あるが、大きくは違わないと思う。）初期の頃とは異なり、メソポーラス材料やゼオライト膜の合成についての研究が盛んになったこともあるが、ゼオライトそのものの合成に関する研究が我が国でも盛んになってきたことを反映しているのだと思う。ちなみに、第9回まではA会場における発表は主に触媒に関するものであったが、第10回からはA会場で合成に関する研究発表が主に行われ、現在でも続けられている。なお、第10回ではまだ触媒に関する発表の方が多かったのに、なぜ触媒がA会場を明け渡したかは記憶にないが、おそらく研究会の将来を見越し、合成を優遇するためであったと思う。

現在研究発表会は三つのパラレルセッションで行



ゼオライト研究発表会の回数と開催都市

図1 ゼオライト研究発表会の開催都市、講演件数と参加者数（三角はZMPC開催年、四角はIZC開催年）

われているが、当初は二つのパラレルセッションで行われていた。第9回を除いて、第8回から3セッション制になり、現在に引き継がれている。3セッション制になると当初のプログラム（二段組みで、通常の記事と同様に追い込んで記載）が見にくくなったためか、第11回の「ゼオライト」に掲載するプログラムからは、見開きで3セッションが並行して見られる現在の形になった。なお、第13回から3回はプログラムをカラー台紙に印刷して、その存在をわかりやすくしていたが、プログラムを「ゼオライト」の真ん中のページに据えなければいけな

いことや経費がかかるためか、それ以降は現在のようになった。

以上「ゼオライト研究発表会」の筆者から見た歴史を、筆者の記憶と会誌から得られるデータを基に述べてきた。71歳という筆者の歳のせいもあり、記憶と思っていることが妄想、あるいは願望であった可能性がある。その場合は歳に免じてご容赦願いたい。本稿がこれからのゼオライト研究発表会の発展に少しでも役に立つのであればありがたいことである。



## 《30周年特別寄稿》

## ゼオライトこの10年

舘上 渕

日揮触媒化成株式会社

## 1. 初めに

無機材料、有機材料、金属材料を含めて種々の材料が地球上に存在する中で、ゼオライトほどの多機能性を有している単一材料は他に類がない。ゼオライトは、その特徴的な物理構造から優れた分子篩機能を示し、化学的な特徴から優れたイオン交換機能や吸脱着機能そして触媒機能を示す。これらの機能はさまざまな分野で利用されており、具体例としては、分子篩機能を利用したガス分離用途、イオン交換機能や吸脱着機能を利用した排水/排ガス浄化やガス乾燥用途、固体酸機能に基づく触媒用途などが挙げられる。そして、この多機能性からゼオライト発見後約250年経つ現在も、時代の技術的要請や社会的要請に応え得る有力な材料の一つとしてゼオライトは活用され積極的な研究が広く進められている。とりわけこの10年は、激しく変貌する時代の要請を背景に、新しいゼオライト構造体の合成研究、用途展開の研究、そしてゼオライトのキャラクター化研究のいずれの分野でも研究が一層拡大したように思われる。

図1には、International Zeolite Association (IZA) のホームページ情報を基に、この10年間のIZAデータベース登録ゼオライト構造体数の推移を示すが、

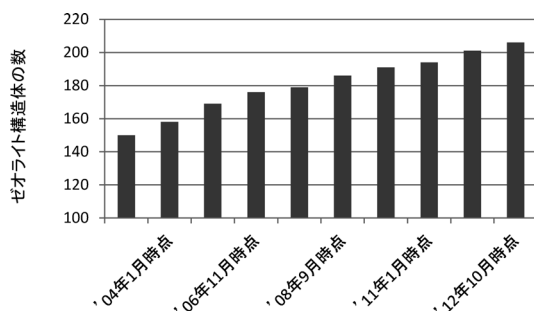


図1 ゼオライト構造体の経年増加

新しい構造体が直線的に毎年増加しておりゼオライト合成研究が継続して積極的に進められていることがわかる。2002年に150種あったゼオライトはこの10年間に更に56種増えて2012年10月時点で206種に至っている。

ここで、2002年当時のゼオライト合成そして用途展開の話題の幾つかを上げると、石油精製や石油化学そして有機合成化学の分野ではTS-1およびSilicalite-1を用いたカプロラクタム合成反応（硫酸アンモニウムが副生しないグリーンケミストリー）、MCM-22を用いたクメン合成反応、ZSM-5を利用した異性化や脱蠟プロセス、SAPO-34を利用したMTO（methanol to olefin）などがある。環境関係で見ると、 $\beta$ 型ゼオライトやZSM-5を利用した自動車排ガス浄化（排ガス中の $\text{NO}_x$ 還元や炭化水素低減）、ETS-4（チタノシリケート）による空気分離（窒素分離）、A型ゼオライトによるバイオマス等用途の分離膜などであろう。ゼオライトの合成方法としては短時間で均質性の高いゼオライトを得るためのマイクロ波を利用した合成方法、短時間でプロセス簡略化かつ高Si/Al比化が容易なドライゲルコンバージョンなども話題を集めた。

ゼオライトのキャラクター化について見ると、10年前頃は、高分解能電子顕微鏡（HREM）を含むSEM/TEM等電子顕微鏡やNMRの高性能化、該分析機器の測定技術向上によるゼオライト骨格構造や化学構造の解析が進み、コンピュータグラフィックスによる骨格モデルの可視化が進歩して、ゼオライト構造のキャラクター化が進展した。また、ゼオライトは固体酸触媒として広く用いられていることから、固体酸特性を明らかにする目的でアンモニア昇温脱離法（アンモニアTPD）やアンモニア吸着熱測定法（アンモニアカロリーメーター）による固体酸量や強度の解析が従来と同様に

進められた。ゼオライトの比表面積/細孔容量/細孔径などの細孔構造もゼオライトの特性を把握する上で重要であり解説や総説が成されている<sup>1)</sup>。

一方、この10年は、地球温暖化、新興国の想定以上の経済成長、シェールガス革命そして環境破壊(排気ガスや放射性物質の拡散問題)などの時代背景からゼオライトへの期待が以前にも増して拡大した。

ここでは、ALPOやSAPO等の非ゼオライト系多孔体(ゼオライト類縁化合物)を含めてゼオライトと称し、この10年のゼオライト合成研究や用途開発研究そしてキャラクタリゼーション研究の概要を以下に簡単に述べる。

## 2. 新規ゼオライト構造体の合成研究

微結晶ゼオライト(ナノゼオライト)、ナノコンポジットのゼオライト、階層構造ゼオライト、キラル性を有するゼオライト、大孔径ゼオライト、高SARゼオライト、層状ゼオライトなどがその構造的特徴およびバイモーダルな化学的特性から話題を集め、また、合成方法としてのSDAフリー化そしてモルフォロジーの制御などが注目を集めて研究開発が広く進められた。

微結晶ゼオライトについて、ミクロンサイズの粒子であるゼオライトをサブミクロン以下のサイズにすればイオン交換特性、吸着特性、触媒反応特性などが向上することは容易に推測されることから、ナノゼオライトの合成研究が広く行われている<sup>2)</sup>。多くは、希薄溶液中で結晶核を合成したのちに結晶成長させるオーソドックスな合成プロセスの中で結晶成長を抑制してナノゼオライトを得る、いわゆるボトムアップ法であり、ナノ化を成すために構造規定剤(テンプレート)として高価な有機物を用いる方法であった。一方、ゼオライトを微粉碎してナノゼオライト化する技術<sup>3)</sup>があり、近年は、ゼオライトを微粉碎した後にテンプレートを用いないで再結晶化し高結晶性ナノゼオライトを得るトップダウン法も注目を集めている<sup>4)</sup>。有機テンプレートを使わずに100 nm以下の径のゼオライトナノ粒子を得ることのできるトップダウン法は大量生産性が要求される工業生産プロセスとして期待される技術であろう。

ナノコンポジットゼオライトとしてのコアシェル

型、カプセル型ゼオライトについては、例えばY型ゼオライトをMCM-41で被覆したカプセル構造ゼオライト<sup>5)</sup>、Co/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>をβ型ゼオライトで被覆したカプセル構造ゼオライト<sup>6)</sup>、核と表層のSARが異なるコアシェル型MFIゼオライト<sup>7)</sup>など多種多様な材料が合成されており、その構造的異特性および化学的バイモーダル性からの興味が尽きないしこれらの応用展開が期待されている。シェル側に分子篩効果を付与してコア部のゼオライトに目的成分のみを送り副反応の抑制や反応選択性を向上させる、ゼオライト結晶表面を不活性層で被覆しゼオライト外表面での副反応を抑制する、2段反応機構系においてシェル側のゼオライトで第1段の反応を行いコア側の非晶質担持触媒で第2段の反応を完結させる、などの設計された反応経路を提供して反応効率を向上させ得る技術である。

階層構造ゼオライトの一つは、ミクロ孔からメソ孔、マクロ孔に至るヒエラルキカル細孔構造(階層型細孔構造)を有するゼオライトであり、ナノコンポジットゼオライトと類似の用途が期待できるもので、既存のゼオライト触媒では得られない生成物選択性を有することも報告されている<sup>8)</sup>。

キラル性を有するゼオライトも話題を提供している。テンプレートの最適化などによりキラル性を持ったロッド状メソポーラスシリカ(AMS)が合成されており<sup>9)</sup>、左旋性や右旋性を利用した不斉分離等への用途展開が期待されるものであろう。また、ゼオライト合成におけるSDAフリー化は工業生産における価格/排水/生産性等に解を与える合成方法として常に話題であり多方面で研究が実施されているし<sup>10)</sup>、ゼオライトを出発原料にして異種ゼオライト化するゼオライト転換も興味のある研究である<sup>11)</sup>。

## 3. ゼオライトの用途展開

この10年の世界的なテーマとして、地球温暖化、新興国の予想以上の経済成長、シェールガス革命そして放射性物質の拡散問題などがあげられるしグリーンケミストリーや医療/福祉/健康も継続している話題であり、これらすべてにゼオライト技術が展開されている。

地球温暖化対策の主な課題はCO<sub>2</sub>の削減であり、CO<sub>2</sub>分離回収(CCS: Carbon Capture and Storage)が

地球規模の技術課題になっている。CO<sub>2</sub>の分離回収技術としてはアミン等による化学吸収法が主流であるが回収後工程でのCO<sub>2</sub>解離に伴うエネルギー損失が主な課題であり、これに対してアミノ基を配位させたMCM-41やMSU-H等が開発されている。アミノ基をCO<sub>2</sub>吸着のホストにするもので、CO<sub>2</sub>回収後工程のCO<sub>2</sub>解離エネルギー損失が低いために省エネルギー（低CO<sub>2</sub>発生）技術として注目されている<sup>12)</sup>。CO<sub>2</sub>分離膜も開発されている。液相化学吸収法やゼオライトでの吸着法/吸収法は基本的にバッチ反応であること、吸収剤/吸着剤を再生する工程/設備が必要であること、その運転のためのエネルギー損失があること、などの課題を有するが、膜分離はガス中のCO<sub>2</sub>を膜分離する連続プロセスであることから再生工程が不要で、CO<sub>2</sub>の分離除去と吸収剤/吸着剤の再生エネルギーが不要である。このCO<sub>2</sub>分離膜としてFAUやSAPO-34などのゼオライト膜が開発されている<sup>13)</sup>。また、CO<sub>2</sub>削減を目的とした再生可能エネルギー開発スキームの一つとして、バイオマスからエタノールを得て、これをZSM-5やSAPO-34などでプロピレン等の石油化学原料にする研究も盛んである<sup>14)</sup>。参考までに、米国でのバイオエタノール生産量と、バイオエタノールに絡むゼオライトのUS Patent登録数の経年推移を図2に示すが、バイオエタノール生産量に比例してゼオライト研究が活発化していることが登録特許数からも判る。

新興国の予想以上の経済成長は合成樹脂/合成繊維等の石油化学製品の需要増、その原料であるプロピレンの逼迫をもたらし、プロピレン増産を目的にした技術開発を強く後押ししている。ZSM-5を用いたプロピレン増産用石油精製触媒やそのプロセスが開発/実証化されつつあるし、近年実用化されたも

のもある。

シェールガス革命については、原油価格の高止まりとシェールガス採掘技術の進歩により米国でのシェールガス商業生産が急拡大し、石油精製および石油化学のスキームを大きく変えつつある（いわゆるシェールガス革命）。その一例がベンゼンやブタジエン（合成ゴムの原料）の需給バランスの逼迫である。ベンゼンやブタジエンは主にエチレン設備（ナフサクラッカー）の副産品という位置づけであったが、米国ではエチレン設備の原料がナフサからシェールガスへ転換しつつあり、エチレン設備原料の軽質化によって副産品であるベンゼンやブタジエン収率が低下し、その需給が逼迫している。この解決にゼオライトが寄与できると思われる。

医療分野へのゼオライト技術の展開も引き続き進められておりLi-X型ゼオライト等の利用展開が進んでいるようである。酸素と窒素の四極子モーメント差による平衡吸着量の違いを利用した空気分離であり、深冷分離法のような大規模設備と異なり、室温で簡単に利用できるコンパクトな家庭用低コスト装置（酸素供給装置）としての用途展開がなされている。また、抗菌用途として銀担持のゼオライトがある。銀イオンがバクテリアのチオール基を固定化してバクテリアの繁殖を防ぐため、該ゼオライトは日曜雑貨品や医療介護の世界に利用されている。ドラッグデリバリーの研究も話題性がある。薬剤成分を、体内該当箇所の酵素で切断できるようにゼオライトに担持する技術で、特定の臓器や器官だけをターゲットとした薬剤投与スキームである<sup>15)</sup>。リンカーに調和するゼオライト、あるいはゼオライトに調和するリンカーの設計が鍵である。

放射性物質の吸着剤としてのゼオライトは、セシウムやストロンチウムの分子径とゼオライト細孔径の調和を利用した吸着分離でありモルデナイト等で既に実用化されているものだが2011年の大惨事でゼオライトが再び注目を浴びている<sup>16)</sup>。

#### 4. ゼオライトのキャラクタリゼーション

ゼオライト内の物質拡散に関する研究（本報ではゼオライトのキャラクタリゼーションというカテゴリーで扱う）は、細孔内拡散が見かけの反応速度に影響しゼオライト設計および反応設計（プロセス設計）に影響を与えるので重要である。この研究は主

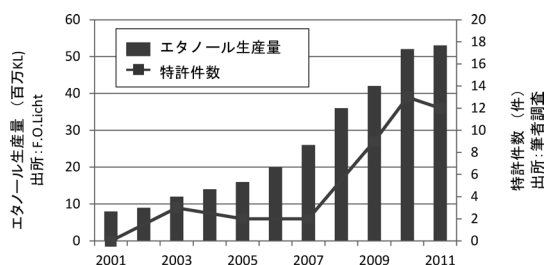


図2 米国におけるバイオエタノール生産量とバイオエタノールに絡むゼオライトのUS Patent登録数

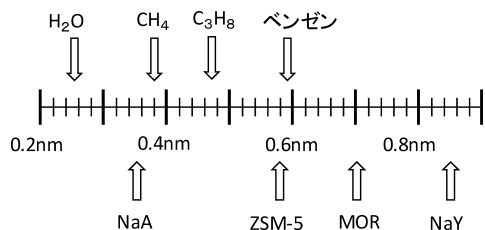


図3 ゼオライトの細孔径と分子径

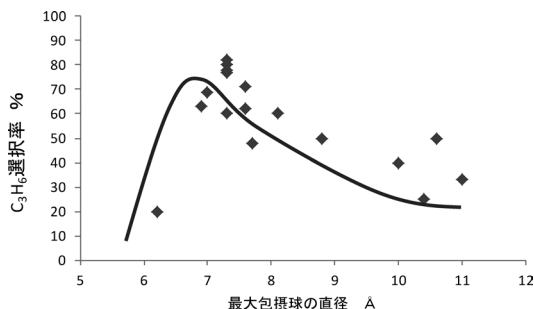
に気相系で行われており液相系での研究は十分とは言えなかったが、近年は液相系での研究も進展しており石油精製や石油化学工業用触媒の設計への展開や、同プロセスの改良／開発面から更なる研究進捗を期待している<sup>17)</sup>。

改めて述べるまでもないが、ゼオライト細孔径とゲスト側の分子径は図3に例示するとおりであり、ゼオライトナノ細孔内へのゲスト分子の拡散、特に液相の拡散はゼオライトの用途開発において非常に重要な因子である。

例えば、触媒用途のゼオライトとして最も使用量が多い石油精製用接触分解触媒（FCC触媒）は、その原料が常圧残油（いわゆる重油）であり、その細孔内拡散が見かけの反応速度に影響を及ぼすことから、メソ孔の重要性が議論されゼオライトへのメソ孔付与が進められてきた<sup>18)</sup>。そして反応速度論等の面からも研究が進められ、例えば、液相系ではゼオライトの細孔径が拡散分子の径よりも2～3倍大きい領域では、拡散分子は細孔壁に吸着した分子との立体障害を強く受けること、細孔表面と親和性の高い溶媒は拡散物質の吸着量や拡散係数に影響を与えることなどが示されており、ゼオライト設計やプロセス設計に示唆を与えるものと思われる。ゼオライトの細孔空洞容積とエチレンからのプロピレン合成反応におけるプロピレン選択性についての報告（図4）も興味深い<sup>19)</sup>。

細孔の空洞に対する最大球の直径 $D_i$ とプロピレン選択率の関係を8員環ゼオライト触媒について調べた研究である。

ゼオライトの反応場については、ゼオライト結晶内部や外表面の固体酸特性（酸量や酸強度分布など）、イオン交換基の影響などに未だ研究の余地が多く残されている。その中で、固体酸については、酸点の強度や量の正確な定量化が進められており、Y型ゼオライトの固体酸については、ゼオライト骨

図4 8員環ゼオライト触媒によるエチレン転化反応におけるプロピレン選択率に及ぼす $D_i$ の影響<sup>19)</sup>

格のアルミニウムに由来するブレンステッド酸点強度が結晶構造によってほぼ決まり、結晶学的な位置によって決まっている、とするところまで進歩し、Y型ゼオライトの設計/合成/修飾に新たな指針を与えたキャラクターゼーション技術であると考えられる<sup>20)</sup>。

## 5. 終わりに

冒頭に記載したとおり、ゼオライトが発見されて約250年を経過した現在も、その多機能性、新規な構造体合成の可能性、そして多機能性発現機構の奥深さのゆえに、ゼオライトは今も多くの研究者に課題を与え続け、時代の要請にそった新しい様々な話題を提供している。そして、これから先も今まで以上の研究課題や話題そして解を提供してくれる材料であろうし、その支援をゼオライト誌に期待するところである。

最後に、ゼオライトに係る各方面・各研究機関の先生方や企業等の研究者の方々を前にして浅学の徒が斯なる稚拙な文章を記したこと心よりご容赦願いたし、間違い等々をご指摘いただくと幸甚である。

## 文 献

- 1) 松本明彦, 触媒, **54** (1), 58 (2012).
- 2) Tago, T., Nishi, M., Kouno, Y., Masuda, T., *Chem. Lett.*, **33**, 1040 (2004).
- 3) 関 浩幸, 触媒, **48** (4), 259 (2006).
- 4) 脇原 徹, 多々見純一, ゼオライト, **28** (4), 131 (2011).
- 5) Watabe, M., Kuroda, K., Ushio, M., Ogasawara M., Nakata S. Haruyama T., *J. Jpn. Petrol. Inst.*, **55** (5), 332 (2012).
- 6) Li, X., He, J., Meng, M., Yoneyama, Y., Tsubaki, N., *J. Catal.*, **265**, 26 (2009).
- 7) 特開2012-116723.
- 8) 特開2010-89034.

- 9) 横井俊之, 辰巳 敬, 触媒, **50** (3), 257 (2008).
- 10) 上村佳大, 伊與木健太, 板橋慶治, 下嶋 敦, 大久保達也, ゼオライト研究発表会講演予稿集, Vol. 27, 11 (2011).
- 11) 板倉正也, 近江靖則, 井出裕介, 定金正洋, 佐野庸治, ゼオライト, **27** (3), 74 (2010).
- 12) 東 芝, [http://www.toshiba.co.jp/about/press/2009\\_09/pr\\_j2901.htm](http://www.toshiba.co.jp/about/press/2009_09/pr_j2901.htm)
- 13) 特開2012-066242.
- 14) 本田一則, *Petrotech*, **32** (6), 392 (2009).
- 15) Kaushik, P., Sarah, A., William, R. D., Ali, C., Ying-Wei, Y., Jeffrey, I. Z., Fraser, S. J., *J. Am. Chem. Soc.*, **130**, 2382 (2008).
- 16) 横森慶信, 西 宏二, *Mater Integr.*, **25** (5), 17 (2012).
- 17) 中坂佑太, 多湖輝興, 増田隆夫, ゼオライト, **28** (2), (2011).
- 18) 長野茂之, 第14回日揮触媒化成技術発表会予稿集, 3-1 (2009).
- 19) 馬場俊秀, *Petrotech*, **34** (12), 856 (2011).
- 20) 奥山 和, 富山卓也, 森下奈美, 片田直伸, 丹羽 幹, *109<sup>th</sup> CATSJ Meeting Abstracts*, Vol. 54, No. 2 A 07, 114 (2012).



## 《30周年特別寄稿》

## ゼオライトとともに30年

中野雅雄

東ソー株式会社 高機能材料事業部

ゼオライト学会30周年にあたり、編集委員会より寄稿を求められた。東ソーがゼオライト学会の前身であるゼオライト研究会の設立準備が始まった1983年から本会へ関与させていただいたことが所以であろう。設立の経緯などは本誌の10周年あるいは20周年特別寄稿で諸先輩方が記述されているので、ここでは私とゼオライト学会との関わりを振り返るとともに、この10年間でゼオライト産業界に起こった大きな変化を概観してみたい。

初めてゼオライトを耳にしたのは大学研究室に所属された1980年である。私自身の卒論テーマはフィッシャートロピッシュ反応用高性能触媒開発、修論テーマは粘土層間化合物触媒によるメタノールからのオレフィン合成(MTO)反応であり、直接ゼオライトを扱ってはいなかったが、生成物の選択性制御の面でゼオライトには敵わなかった。この時は、粘土層間化合物の対照としてゼオライトに関する文献をよく読んだ(と記憶している)。

学生時代に縁があって東ソーを知り、1983年に入社した。入社以来23年間は研究所でゼオライトの研究開発に携わり、2006年以降は本社でゼオライトの事業企画および営業に携わっており、幸にも不幸にもゼオライトとの縁が続いている。私もゼオライトを直接扱い始めてから30年。そのお蔭で、ゼオライト学会の活動にも黎明期から幾度か参画させていただいている。

まず、本会が主催するゼオライト研究発表会の第1回(上智大, 1985)、第2回(京大会館, 1986)で口頭発表、第13回(長崎大, 1997)で口頭発表と連名発表、第15回(北見大, 1999)で連名発表、第16回(早大, 2000)で連名発表2件およびZMPC2000(仙台)で口頭発表と連名発表2件を行っている。件数としては決して十分とは言えないし、発表時期にもムラがあるが、企業研究の成果をどこ

まで社外発表するか、学会発表に耐えうる内容にできるかを苦慮しながらの結果である。企業研究にも基礎研究と応用研究が混在するが、応用研究の場合、顧客や競合との関係から対外発表が制限されることは否めない。

また、本誌のVol. 6, No. 4 (1989)には「第8回国際ゼオライト会議報告」を執筆させていただいた。第8回IZCは東京大会に次ぎアムステルダムで開催されたが、これが私にとって海外での国際会議への初参加であり、初の海外出張であった。語学力が儘ならず右も左も分からない地ではあったが、事前に会議報告の執筆を依頼されたことで目的意識を持って会議に臨めたのはとても有難かった。なお、2002年から5年間編集委員、2008年から3年間企画委員を仰せつかったが、委員会活動にほとんど貢献できておらず、誠に心苦しい限りである。

ここで、この10年間で起こったゼオライト産業界にとって極めて大きな変化を2つ挙げてみたい。1つは、洗剤ビルダー用ゼオライトの国内生産の停止である。最大時には内製分も含め6社で約16万5千トン/年の生産能力を有していたが、価格低下により海外生産へのシフトや輸入品への切替えが進み、2008年には国内生産はほぼゼロとなったようである。もう1つは、自動車排ガス浄化触媒分野でのゼオライトの使用の本格化を挙げることができよう。特に、日米欧でディーゼル車の排ガス規制が強化されるにつれ、ゼオライトを使用した触媒の需要が拡大する中、ゼオライトメーカー各社の能力増強および更なる能増計画の発表が相次いでいる。自動車触媒分野でのゼオライトの利用研究に火を点けたのは、岩本正和先生(現東京工業大学)が1986年に発表されたCu-ZSM-5によるNOの直接分解のご研究だと言っても過言ではないであろう。その後、国内外の数多くの研究機関で、様々な触媒系・シス

テムが検討され、今日の自動車触媒分野でのゼオライト使用の定着に至っている。

ゼオライトの最大の特徴は多様性であろう。結晶構造と組成の組合せを考えれば可能性は無限である。今後も、更なる環境対策技術や省エネ技術、あるいは、シェールガス革命を背景に、エネルギー

源・炭素源の多様化も進むであろうが、ゼオライトはこれらの革新的プロセス・システムのキーマテリアルとなり得る材料であり、ゼオライトのサイエンスの深化とともに応用分野の更なる拡大を期待する。

## 《 解 説 》

## ヘテロ配位種の導入による新規シリケート物質の創製

山本勝俊\*・池田卓史\*\*

\*北九州市立大学国際環境工学部

\*\*産業技術総合研究所コンパクト化学システム研究センター

4配位以外の配位数をとるアルカリ土類金属を骨格導入することにより、新規構造を有するシリケート物質を合成した。目的生成物は、固体出発物質を遊星ボールミルで粉碎して調製した前駆体を塩基性水溶液中で水熱処理することにより得た。前駆体の固体NMR測定から、出発物質は単に微細化されているだけでなく、メカノケミカル反応により複合体を形成していることが示唆された。生成物はシリケートレイヤーが6配位あるいは7配位をとるアルカリ土類金属原子により架橋された構造をとっており、そのいくつかはマイクロ孔を有する多孔性物質であった。これらの多孔性物質は水分子を可逆的に吸脱着し、イオン交換可能な骨格外カチオンを有するなど、ゼオライトと同様の物性を示すことがわかった。

キーワード：ヘテロ配位，アルカリ土類金属，粉末X線構造解析，メカノケミカル反応，層状シリケート

## 1. はじめに

新しい機能の賦与<sup>1-3)</sup>や新規構造物質の創製<sup>4-6)</sup>を目的とした、シリケート骨格へのヘテロ金属元素導入は、これまでに数多く行われている。多くの場合、骨格を構成するケイ素原子を同型置換する形で、正四面体型4配位構造をとるヘテロ原子が骨格導入されているが、Engelhardの研究者らにより合成された多孔質チタノシリケートETS-4およびETS-10<sup>7,8)</sup>の場合は、4配位のケイ素、チタン原子とともに、6配位をとるチタン原子が骨格内に導入されているという興味深い構造を有している。このような4配位以外の配位構造をもつヘテロ金属、すなわちヘテロ配位金属を骨格にもつ物質は、International Zeolite Associationからは「ゼオライト」

とはみなされない<sup>9)</sup>。しかし見方を変えれば、だからこそヘテロ配位金属の導入は、「ゼオライト」では実現できない新奇な骨格構造の構築が期待できる有望なアプローチだともいえる。

ヘテロ配位金属種を骨格にもつシリケート物質は決して珍しいものではなく、前述のETS-4, ETS-10以外にもいくつもの物質が報告されている。天然鉱物では、6配位カルシウムを骨格として持つRhodesite ( $\text{KHCa}_2\text{Si}_8\text{O}_{19} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )<sup>10)</sup>や、同じく6配位のイットリウムを含有するMontregianite ( $\text{Na}_4\text{K}_2\text{Y}_2\text{Si}_{16}\text{O}_{38} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )<sup>11,12)</sup>などが知られている。RochaらはMontregianiteの同型物質であるAV-1<sup>13)</sup>や、その骨格にユーロピウムやテルビウムのようなランタノイドを導入した物質 ( $\text{Na}_4\text{K}_2\text{Ln}_2\text{Si}_{16}\text{O}_{38} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ )<sup>14,15)</sup>の合成について報告している。アルカリ土類金属を含有するシリケートでは、Rhodesiteに類似した結晶構造をもつカルシウム含有シリケートCAS-1 ( $\text{K}_4\text{Ca}_4\text{Si}_{16}\text{O}_{38} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ )<sup>16)</sup>や、ストロンチウム含有シリケートAMH-3 ( $\text{Na}_8\text{Sr}_8\text{Si}_{32}\text{O}_{76} \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ )<sup>17)</sup>などが合成されており、その構造も解明されている。

我々もカルシウムやストロンチウムなどのアルカリ土類金属をヘテロ配位金属種として用い、それらを骨格導入することにより新規結晶性シリケート物

受理日：2013年1月7日

\*〒808-0135 北九州市若松区ひびきの1-1

北九州市立大学国際環境工学部

E-mail: katz@kitakyu-u.ac.jp

\*\*〒983-8551 仙台市宮城野区苦竹4-2-1

産業技術総合研究所コンパクト化学システム研究センター

E-mail: takuji-ikeda@aist.go.jp

Copyright © 2013 Japan Zeolite Association All Rights Reserved.

質を合成することを試みた。しかし、ゼオライト様物質の合成に対して一般的に用いられる手法、すなわちシリカ源とヘテロ金属源を含む水性ゲルを水酸化イオンあるいはフッ化物イオン存在下で水熱合成するという手法を、アルカリ土類金属含有シリケートの合成に適用するには問題がある。このような合成条件下ではアルカリ土類金属は水酸化物あるいはフッ化物の難溶性沈殿を作り、ケイ素との複合物質を形成させるのが難しいのである。それでは前述した既報の合成物ではどのようにこの問題を克服しているかという点、水酸化物がある程度溶解するような比較的高い合成温度で水熱処理することによりケイ素との複合物質を得ているのである。例えば AV-1 は 230℃ で、AMH-3 は 200℃、CAS-1 は 220℃ でそれぞれ水熱合成している。一方、我々はメカノケミカル反応を利用することによりこの問題の克服を試みた。メカノケミカル反応については本誌 24 号の解説<sup>18)</sup>を参照していただきたいが、簡単に言えば機械的なエネルギーを加えることにより促進される固相化学反応である。単純で力任せな反応のように見えるが、それだけに様々な固体物質に適用可能であり、簡単な操作で実行可能であることがこの反応の利点である。我々はすでにこのメカノケミカル反応をゼオライト合成に適用し、安価な原料から、簡単な操作で、再現性良くチタノシリケート型ゼオライトを合成できることを報告<sup>19-22)</sup>している。

## 2. アルカリ土類金属含有シリケートの合成

本研究では、アルカリ土類金属水酸化物とヒュームドシリカを出発物質とし、これらと窒化ケイ素製粉砕ボールを、同じく窒化ケイ素製の粉砕容器に入れ、遊星ボールミルにより高速で粉砕させることにより前駆体を調製した。この前駆体をアルカリ金属水酸化物水溶液中、150℃で7日間水熱処理して最終生成物を得た(図1)。アルカリ土類金属を含有した前駆体からこれまでに得られた物質の粉末XRDパターンを図2に示す。骨格導入するアルカリ土類金属種や、水熱合成時に加えるアルカリ金属種により生成相が変化し、様々な物質が得られることがわかる。未知物質のうち、粉末X線構造解析により構造が決定された物質の結晶構造図を図3に示す。なお粉末XRDによる構造解析の詳細は文献23を参照されたい。また結晶構造図は可視化プログラ

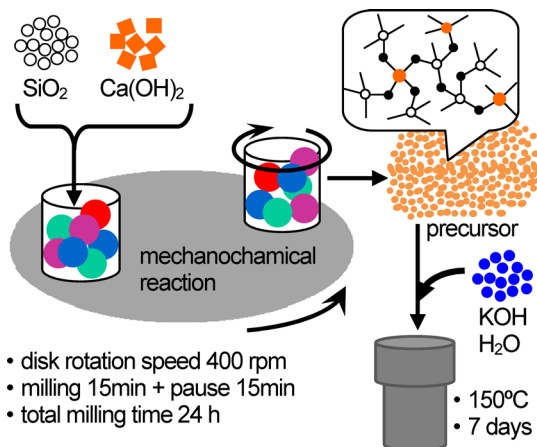


図1 メカノケミカル反応を利用した、アルカリ土類金属含有シリケート物質の合成スキーム

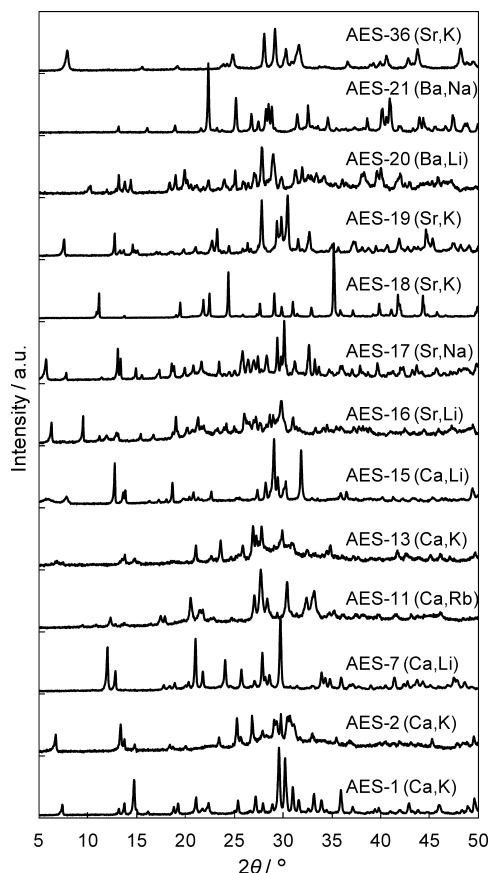


図2 メカノケミカル法により合成したアルカリ土類金属含有シリケート物質のXRDパターン

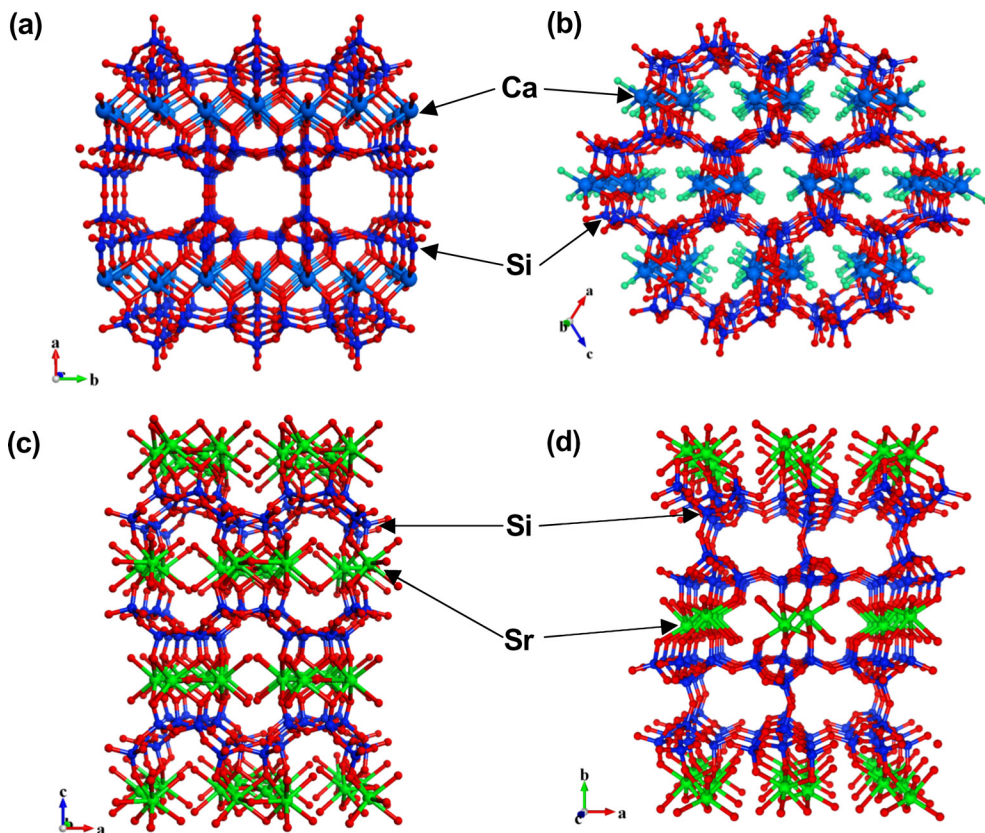


図3 X線構造解析により結晶構造が決定されたアルカリ土類金属含有シリケート物質  
(a) AES-1, (b) AES-7, (c) AES-18, (d) AES-19

ムVESTA<sup>24)</sup>を用いて作成した。

カルシウム含有シリケートAES-1<sup>25)</sup>は前述のCAS-1と同型の物質であり、Ca/Si=0.20~0.30程度のモル比をもつ前駆体を水酸化カリウム水溶液中、150℃で水熱合成することにより得られる物質である。このAES-1は2次元8員環細孔をもつ多孔性物質であり、多孔性シリケートレイヤーの層間に6配位カルシウム原子が位置している(図3a)。この細孔内に水分子が吸着し、またその吸脱着が可逆的なものであることが確認されたが、より大きな分子径をもつ窒素についてはマイクロ孔への吸着は見られなかった。二酸化炭素分子も細孔内への吸着が見られるが、その吸着等温線を得るには1500秒以上という長い吸着平衡時間が必要であることから、AES-1の細孔径は二酸化炭素の分子径(0.31 nm)と同程度だと考えられる。

AES-1と同じ前駆体を水酸化ナトリウム水溶液中

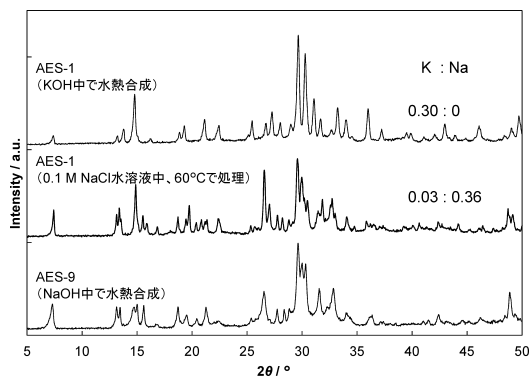


図4 カリウムまたはナトリウムを骨格外カチオンとして持つカルシウム含有シリケート物質のXRDパターン

で水熱処理すると、AES-1とは異なるXRDパターンを示す物質AES-9が得られるが、AES-9とAES-1は同じトポロジーをもち、対称性が異なるために異なるXRDパターンを示すことがわかった(図4)。



また、AES-1を塩化ナトリウム水溶液中で処理することによりAES-9が、AES-9を塩化カリウム水溶液中で処理することによりAES-1が得られることがわかっており、KとNaは互いにイオン交換可能であることも見いだされた。このように、2次元酸素8員環をもつAES-1は、水分子を可逆的に吸脱着し、イオン交換可能な骨格外カチオンを有しているという、ゼオライトと同様の物性を有することがわかる。

ストロンチウム含有シリケートAES-19<sup>26)</sup>(図3d)は、カルシウムの代わりにストロンチウムを用いた以外はAES-1と同じ合成条件で得られる物質である。結晶構造解析により、この物質は新規構造物質であり、6配位ストロンチウムがシリケート層を架橋した構造をとることが確かめられた。同じく新規構造物質であるAES-18<sup>27)</sup>(図3c)がほぼ同じ合成条件で得られるが、AES-18を単一相として得るのは難しく、多くの場合AES-19との混合物として得られ、AES-19のみができてしまうことも多い。なお、AES-18では、7配位のストロンチウムからなるSr<sub>4</sub>O<sub>17</sub>のクラスターのレイヤーがあり、それがシリケートレイヤーを架橋した結晶構造をとっている。

AES-19のカリウムはルビジウムとイオン交換可能であるが、ナトリウムとはイオン交換できなかった。興味深いことに、AES-19の前駆体をルビジウ

ム存在下で水熱処理するとAES-19が得られるが、(イオン交換されない)ナトリウムの存在下で水熱処理してもAES-19は得られなかった。ちなみに、ナトリウム存在下で結晶化する物質AES-17は前述のAMH-3と同型の化合物である。AES-19も、AES-1と同様の吸着挙動を見せるが、二酸化炭素分子の吸着挙動から考えると、細孔径はAES-1よりやや大きいと考えられる。

最大エントロピー法(MEM)により得られたAES-19の電子密度分布図を図5に示す。この電子

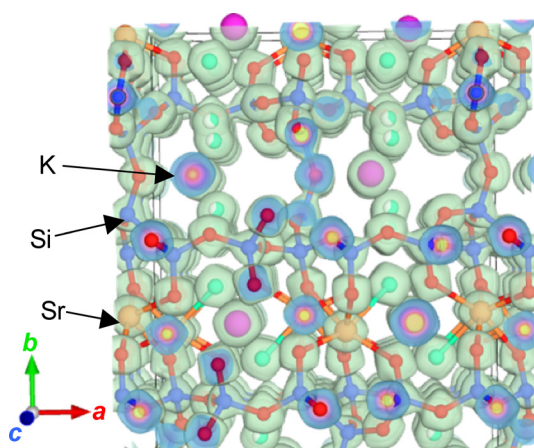


図5 MEM解析により得られたAES-19の電子密度分布図(等電位面は0.6 e/Å<sup>2</sup>)

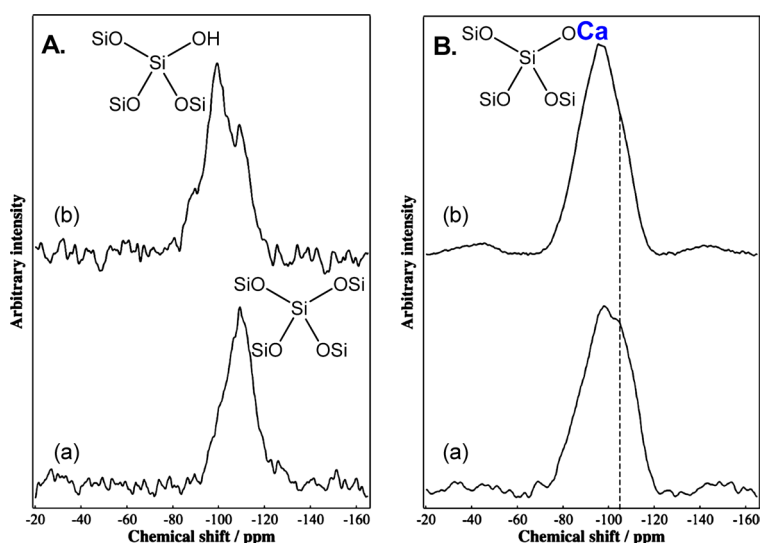


図6 メカノケミカル反応前後の前駆体の固体NMRスペクトル

A. メカノケミカル反応前およびB. 反応後の物質の (a) MAS, (b) CP/MAS NMR スペクトル

密度分布から結合の共有結合性に関する情報が得られ、共通結合性の強いケイ素原子と酸素原子の間には一様に電子が分布していることがわかる。一方、カリウムの周囲の電子分布は球形をしており、カリウムカチオンが骨格とイオン結合していることが示唆される。ストロンチウムと酸素の結合の場合は、ストロンチウムの電子密度分布に異方性が現れていることから、完全なイオン性ではなく、共有結合とイオン結合の中間の性質をもつと考えられる。このことは、ストロンチウムはカリウムのようにイオン交換できないが、塩基性水溶液での処理により、炭酸ストロンチウムとして析出するという実験事実と矛盾しない。

### 3. メカノケミカル反応の効果

さて、この合成で気になるのが、メカノケミカル反応により前駆体にどのような変化が起こっているのかということである。図6にAES-1の前駆体の $^{29}\text{Si}$  MAS NMR スペクトルを示す。メカノケミカル反応前の前駆体のMASスペクトル（図6A. a）では $Q^4$ 種に帰属されるピークが $-109$  ppmに見られる。 $Q^3$ 種はほとんど無いように見えるが、CP/MASスペクトルでは $\text{Si}(\text{OSi})_3\text{OH}$ に起因するシグナルが強調され、 $-99$  ppmに大きなピークが見られた。一方、

メカノケミカル反応後の前駆体では、MASスペクトル（図6B. a）では、 $-105$  ppmに見える $Q^4$ ピークとともに、 $-98$  ppmにもピークが見られた。しかしこのピークはCPによってそう大きくは強められておらず（図6B. b）、CP/MASスペクトルでも $Q^4$ ピークがショルダーピークとして見られている。ここから、 $-98$  ppmのピークは $\text{Si}(\text{OSi})_3\text{OH}$ ではなく、 $\text{Si}(\text{OSi})_3\text{OCa}$ からの寄与が大きいと考えられる。つまり、メカノケミカル反応過程では出発物質それぞれの微粒子化が起こるだけでなく、互いに反

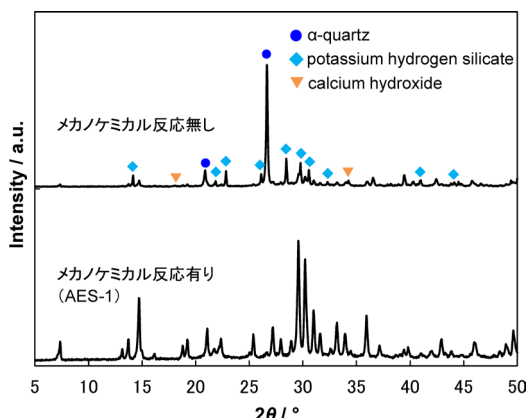


図7 メカノケミカル反応の有無が最終生成物に与える影響

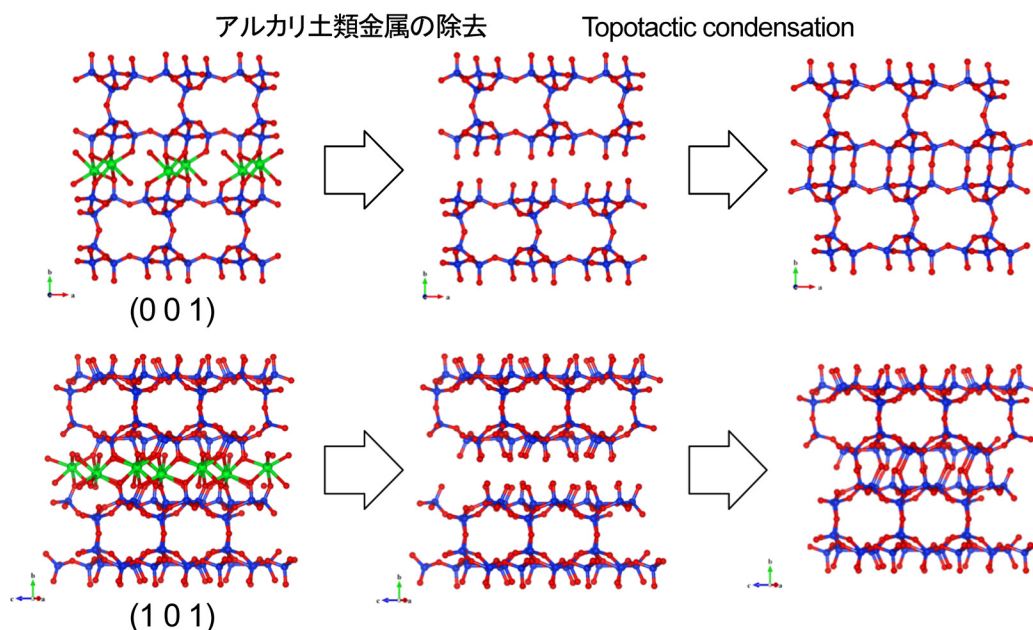


図8 AES-19をゼオライトへの変換する仮想的なルート

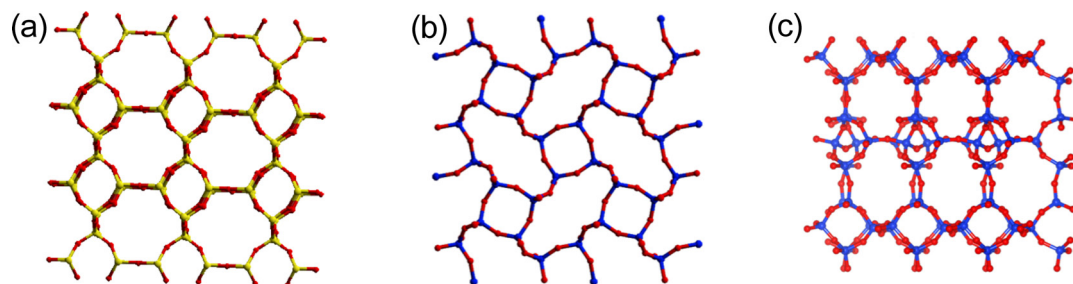


図9 アルカリ土類金属含有シリケート物質のシリケート層の構造図  
(a) AES-1 [1 0 0], (b) AES-18 [0 0 1], (c) AES-19 [0 1 2]

応・固溶した物質へと変換されていると考えられる。実際、メカノケミカル反応を経ない出発物質混合物を同じ条件で水熱処理するとケイ酸化合物と水酸化カルシウムの混合物が得られ（図7）、ここからも高速粉碎による前駆体調製過程で、物理的な変化だけでなく、化学的な変化が起こったことが示唆される。

#### 4. ゼオライトへの変換

本研究で得られた物質の結晶構造（図3）を見ると、シリケートレイヤーの層間にヘテロ配位アルカリ土類金属原子が位置し、レイヤーを架橋する構造を共通してとっていることがわかる。もしこれらの物質からアルカリ土類金属原子を取り除き、残ったシリケートレイヤーをそのまま縮合させることができれば、これまでにない新たな構造をもつゼオライトを構築することができる。例として、AES-19で想定される構造変換について図8に示す。この場合、ストロンチウムの除去により $c$ 軸方向にも8員環細孔が現れ、3次元8員環ゼオライトへと変換されることになる。本研究で得られた物質には、層を貫く方向に細孔が存在するシリケート層をもつものがあり（図9）、このような変換を施したゼオライトあるいは完全剥離によるシリケート層単独での使用が可能となればおもしろい。

このような構造類似性に基づくゼオライトへの構造変換については、Jeongらも彼らが合成したAMH-3に対して提案<sup>17)</sup>しているが、未だ実現されていない。我々も、弱酸あるいは温水による処理によりストロンチウムが除去できることまでは確認できたが、層状シリケートの構造を保ったまま縮合させることには成功していない。しかし層状シリケ

ートの層間へのゲスト物質の導入・交換や、ゼオライトへの変換についてはすでに多くの研究がなされており、今後の反応条件の詳細な検討により、この新たなゼオライト合成ルートも実現できると期待している。

#### 5. 最後に

メカノケミカル反応を利用した、アルカリ土類金属含有シリケート物質の合成手法について簡単に解説した。新しい多孔体合成手法を開発できたこと、そしてその手法を用いることにより様々な未知物質を得ることができたことは大きな成果だと考えているが、未だこの手法の利点を十分に生かした合成ができていないのではないかと考えている。本手法の重要な利点のひとつは、様々な出発物質に対して、その均質化過程と結晶化過程を明確に分けることができるということである。水溶性の出発物質であれば、その水溶液から均質な水性ゲルを得て前駆体とすることができるが、難溶性の出発物質の場合（例えばETS-10やAV-1のように）水熱処理時に溶解・均質化と結晶化を同条件下で進行させなければならなかった。しかしメカノケミカル反応により固溶させた前駆体を用いれば、溶解条件に縛られることなく、自由に結晶化条件を選択することができる。これにより、細孔容積の大きな多孔性物質の結晶化に有利だと考えられる、より低温での水熱合成が実行可能となるなど、新規多孔性物質の結晶化の可能性を大きく拡張することが可能となる。未だそのような物質合成は実現できていないが、本手法による今後の実現を期待している。

## 謝 辞

本研究の一部は(財)福岡県産業・科学技術振興財団IST研究FS事業および(独)日本学術振興会科学研究費助成事業(基盤B 24360335)の助成を受けて行われたものである。シリカ源として用いたAerosil200は日本アエロジル株式会社から提供を受けた。本研究中の固体NMRの一部を岐阜大学近江准教授に測定していただいた。この場を借りて深くお礼を申し上げる。

## 文 献

- 1) M. Taramasso, G. Perego, B. Notari, *U.S. Patent*, 4,410,501 (1983).
- 2) A. Corma, L. T. Nemeth, M. Renz, S. Valencia, *Nature*, **412**, 423 (2001).
- 3) S. H. Park, P. Daniels, H. Gies, *Micropor. Mesopor. Mater.*, **37**, 129 (2000).
- 4) M. J. Annen, M. E. Davis, J. B. Higgins, J. L. Schlenker, *Chem. Commun.*, 1175 (1991).
- 5) A. K. Cheetham, H. Fjellvåg, T. E. Gier, K. Kongshaug, K. P. Lillerud, G. D. Stucky, *Stud. Surf. Sci. Catal.* **135**, 158 (2001).
- 6) H. Li, O. M. Yaghi, *J. Am. Chem. Soc.*, **120**, 10569 (1998).
- 7) S. Kuznicki, *US Patent*, **4**, 853, 202 (1989).
- 8) M. W. Anderson, O. Terasaki, T. Ohsuna, A. Philippou, S. P. MacKay, A. Ferreira, J. Rocha, S. Lidin, *Nature*, **367**, 347 (1994).
- 9) Ch Baerlocher, L. B. McCusker, D. H. Olson, *Atlas of Zeolite Framework Types*, 6th revised edition, Elsevier, Amsterdam, p. 371 (2007).
- 10) E. D. Mountain, *Mineral. Mag.*, **31**, 607 (1957).
- 11) G. Y. Chao, *Can. Mineral.*, **16**, 561 (1978).
- 12) S. Ghose, P.K. Sen Gupta, C. F. Campana, *Am. Mineral.*, **72**, 365 (1987).
- 13) J. Rocha, P. Ferreira, Z. Lin, P. Brandão, A. Ferreira, J.D. Pedrosa de Jesus, *J. Phys. Chem. B*, **102**, 4739 (1998).
- 14) J. Rocha, P. Ferreira, L. D. Carlos, A. Ferreira, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **39**, 3276 (2000).
- 15) D. Ananias, A. Ferreira, J. Rocha, P. Ferreira, J. P. Rainho, C. Morais, L.D. Carlos, *J. Am. Chem. Soc.*, **123**, 5735 (2001).
- 16) J. L. Jordá, S. Prokic, L. B. McCusker, Ch. Baerlocher, C. F. Xue, J. C. Dong, *R. Chimie*, **8**, 331 (2005).
- 17) K.-K. Jeong, S. Nair, T. Vogt, L. C. Dickinson, M. Tsapatsis, *Nature Mater.*, **2**, 53 (2002).
- 18) 山本勝俊, ゼオライト, **24** (2), 43 (2007).
- 19) K. Yamamoto, S. E. Borjas Garcia, F. Saito, A. Muramatsu, *Chem. Lett.*, **35** (6), 570 (2006).
- 20) S. E. Borjas Garcia, K. Yamamoto, F. Saito, A. Muramatsu, *J. Jpn. Petrol. Inst.*, **50** (1), 53 (2007).
- 21) K. Yamamoto, S. E. Borjas Garcia, A. Muramatsu, *Micropor. Mesopor. Mater.*, **101**, 90 (2007).
- 22) S. E. Borjas Garcia, K. Yamamoto, A. Muramatsu, *J. Mater. Sci.*, **43** (7), 2367 (2008).
- 23) 池田卓史, 「粉末X線解析の実際(第2版)」, 中井 泉・泉 富士夫編著, 朝倉書店(2009), 第12章2節, pp. 201-220.
- 24) K. Momma, F. Izumi, *J. Appl. Crystallogr.*, **44**, 1272 (2011).
- 25) K. Yamamoto, T. Ikeda, C. Ideta, M. Yasuda, *Cryst. Growth Des.*, **12**, 1354 (2012).
- 26) K. Yamamoto, T. Ikeda, C. Ideta, *Micropor. Mesopor. Mater.*, **10.1016/j.micromeso.2013.01.004** (2013).
- 27) T. Ikeda, C. Ideta, K. Yamamoto, *Z. Kristallogr.*, **10.1524/zkri.2013.1591** (2013).

# Synthesis of Novel Structures of Silicates by Introducing Hetero-Coordinated Species

Katsutoshi Yamamoto\* and Takuji Ikeda\*\*

\*Faculty of Environmental Engineering, The University of Kitakyushu

\*\*Research Center for Compact Chemical System, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

A series of novel silicate materials has been successfully synthesized by introducing hetero-coordinated alkaline-earth metal atoms into the framework. Several unknown silicate materials were obtained by the hydrothermal treatment of precursors prepared through the high-speed grinding of solid parent materials. The solid-state NMR measurements of the precursor demonstrated that the parent materials were allowed to react mechanochemically through the grinding to give a composite material. The synthesized materials commonly had framework structures composed of silicate layers and intralayer hetero-coordinated atoms, and some of them were proved to have novel crystalline porous structures. Although the obtained materials are not regarded as “zeolite” because of the presence of hetero-coordinated species, they reversibly adsorb/desorb water molecules and have exchangeable extraframework cations just like zeolites.

Key words: hetero-coordination, alkaline-earth metal, powder X-ray structural analysis, mechanochemical reaction, layered silicate

Copyright © 2013 Japan Zeolite Association All Rights Reserved.



## 《 ゼオゼオ 》

## 高専でのゼオライトの研究

加藤正直

前長岡工業高等専門学校

## 0. はじめに

2002年に国立長岡工業高等専門学校に転任し、2012年3月に定年を迎えたために、10年間住んだ長岡の住まいを引き払って実家に引き上げてきました。実家に戻ってから落ち着く間もなく、ゼオライト編集委員会から高専での教育・ゼオライト研究について書くように要請がありました。

高専は高等教育機関ではあっても、研究機関というよりは教育機関としての役割に重きを置いており、この点が大学と異なる点の一つだと思います。ここでは、高専に於ける教育・研究体制についてお話しするとともに、高専で行ってきた自分の研究の概要をお話したいと思います。ただし、最初にお断りしておきますが、私がここに記すのはあくまでも私が勤務していた高専についてのものであって、その他の高専に一般に通用するかと問われるといささか心もとないものであることを最初にお断りしておきます。

## 1. 高専の教育体制

長岡高専は1962年（昭和37年）に設立され、2012年は設立50周年の記念の年でした。これを記念して、長岡高専では記念行事として6月に中学生を招いた講演会と祝賀パーティーが催されました。設立年に入学した学生は2012年で丁度65歳となることから、卒業して国立大学に勤めた人もほとんどが定年を迎えることだと思います。

私が高専に転任したときには、全国に国立高専は50数校だったと記憶していますが、同一県内にあった工業高専と商船高専や電波高専が合併した結果、現在では40数高専になっています。これらの高専の中で化学関係の学科のある高専は25高専ほどで、

年度毎の化学関係学科の学生数は全国で約1000人です。高専の本科は5学年ですから、全国で化学関係の現役高専生は5000人ほどになります。したがってこの50年で卒業した化学関係の高専生の数はざっと数えて25万人となります。これに加えて現在ではほとんどの高専で本科卒業生にさらに2年間の教育を行う専攻科が設けられています。

## 1.1 本科

高専の1年生には、中学の卒業生（15歳）が入学してきます。これらの学生に5年間の教育を施して、準学士として社会に送り出すのが高専の役割です。この制度を本科といっています。

講義は大体1日90分の講義が4コマ計画されています。「講義」といっても、低学年のときは年齢が高校生と同じということもあり、高校の授業に準じた講義がなされており、「授業」という色彩が強いものが多くあります。そのためか、低学年の講義を担当する教員は「学生」を「生徒」と呼び、「講義」を「授業」と呼んでいるようです。しかし、テキストは高校で使われているものを使用し、それに沿った講義を行うとは限らず、教員が独自の講義を行なうこともあるようです。基本的に高専は大学の入試（編入試験とは別）のことは念頭にありませんので、ここで行われる講義は非常に自由度の高いものになっています。たとえば、英語にしても、いわゆる受験を意識した講義ではなく、その代わりにTOEICの点数を重視した講義やPCを使ったインタラクティブ型の独習システムであるe-learningを取り入れた“授業”がなされています。

専門科目の講義は2年生から始まりますが生物学と分析化学の2科目だけで、そのほかに演習と学生実験があります。専門科目の講義は3年生から本格的に始まり、5年生になると卒業研究を行います。

受理日：2013年1月10日

E-mail: thomas-92561177@hotmail.co.jp

学生実験は1年生からほぼ間断なく5年生まで続きます。普通高校では実験の時間が非常に少ないとのことですが、高専は実学重視ですので、体で化学を覚えるという姿勢が今でも実践されています。

高専の入学試験は推薦入試と学力入試の2段階です。全入学定員の40%まで推薦入試で、残りの60%が学力入試を経て入学してきます。近年特別推薦制度ができて、県レベルの理科研究発表で優秀な成績を収めた生徒を各学科若干名ずつ受け入れています。志願倍率は学科によって異なりますが、高専全体で平均して2倍弱です。物質工学科の志願倍率は他学科と比較して高い部類に入りますが、これは物質工学科の生物コースに女子学生の応募が多いことが一因です。ほかの学科では電子制御工学科の志願倍率が高いですが、この理由としてはロボコンの影響が考えられます。この2つの学科が志願倍率の平均値を上げています。

最近の新聞報道によれば、新潟県では10年前後で15歳人口が4千人ほど、率にすると2割程度減少するとのこと。高校のクラス数に換算すると100クラスほどになります。このため、新潟県では高校の統合が行われています。これは優秀な生徒を全県下から集めることが難しくなったことを意味します。さらに一昨年度は、高校の授業料無償化が行われましたが、高専は無償にはなりません。高校と違い、高専に入学すると授業料を支払わなければならないことになります。15歳人口の減少と、授業料の支払いという状況は、高専にとっては向かい風となります。このようななかで学生を確保することは大変です。推薦制度は学生の確保には役立ちますが、レベルの低下が伴う危険があります。

高専が今後どうするかが注目に値します。推薦制度を維持するのか、やめるのか。いずれにせよ、高専は浮沈をかけた賭けに出ざるを得ない状況です。

上記の通常の入試の他に、高校から本科4年次への編入制度もあります。当初は工業高校生を念頭に入れた制度であったようですが、現在では普通高校からの学生も受け入れています。

本科を卒業すると高専生には3つの進路が用意されています。ひとつは就職です。長岡高専物質工学科では20%から25%くらいが就職します。20%が第2の進路である専攻科に進学します。残りの55%から60%が全国の大学に編入していきます。全国の

高専では平均50%ほどが進学をしているようです。ここ数年は専攻科への進学希望が増えています。これは、就職を考えた場合、大学4年から就職するよりも専攻科から就職するほうが有利と学生が捉えているためです。実際にこれまで専攻科卒業生で、進路未決定の学生がいたことがないという実績によるものと思いますが、仮に就職に失敗しても大学院の拡充により、大学院の進学先に困らないというのも一因かもしれません。

## 1.2 専攻科

専攻科の定員は本科の1割です。したがって物質工学科では4名でした。この定員を充足するために推薦入試と学力入試が行われるのですが、希望者の少なかった初期を除いて、現在では推薦される人数は定員の1.5倍から2倍に増えています。

専攻科の教育内容は、大学院の修士課程のようなものであると思って間違いなさそうです。もちろん、学制が違いますので、そのままというわけには行きません。しかし、講義は、いわゆる特論的なものがほとんどです。専攻科の卒業研究も行われます。終了すると、学士の学位が与えられる資格を得ますが、学位は高専では与えることができません。そこで、学生は、卒業研究をもとにした学修成果レポートを大学評価・学位授与機構に提出して、そのレポートに基づいた筆記試験を受け、この試験に合格した場合に、大学評価・学位授与機構から学位が与えられます。時にはこの試験に不合格になる学生がいます。しかし、学位授与機構から不合格の理由が明らかにされることはないため、その原因を教育に生かすことができないという不都合があります。こうしたことから、高専としては、独自で学位が出せるようになることが望ましいのですが、そのためにはさまざまな条件をクリアしなければならないことから、私は簡単には実現しないと思っています。

## 1.3 ゆとり教育/絶対評価の影響と高専の社会的地位

さて、私が高専に転任した2002年ごろから、教育界からは実施前から問題点が指摘されていた「ゆとり教育」が開始されました。このとき、高専はゆとり教育の外にあるために、その影響が少ないことが指摘されていました。

そのゆとり教育を実際に受けた生徒たちが高専に入学するようになってみると、高専にも大きな影響が出ているようです。たとえば中学校での数学の学習内容は確実に減少しました。この結果、どこまで中学で習ったかいちいち確認をし、習っていない場合は説明をしながら授業をしなければならなくなり、以前より授業の進行が遅くなったように思います。

その上、学生の知識欲の減退が気になります。昨今の学生のなかには、知識は与えられるものであって、自ら増やすものではないと思うものが多くなってきたような気がします。

そんな状況ですが、リーマンショック以後の不景気の時代にあっても、高専に対する求人は着実にあります。一般の大学生に人気がある有名企業からの求人もあり、実際に就職していく学生がいます。しかし、高専卒業生が研究職に従事する機会は少なく、多くは生産現場に配属されているようです。

就職に当たって企業が学生に求める資質は、ゆとり教育前後で変わろうはずありません。従って、高専が社会の要求に沿った学生を送り出すという責務には同じです。ゆとり教育世代の学生を受けいれても、この社会的責任を果たすためには、これまでより多くの教育を施さなければならないという状況にあるのです。

## 2. 高専の研究体制

最初にお断りしておきますが、研究は高専での義務ではないそうです。それは、いわゆる「事業仕分け」の狙上に高専が乗せられそうになった折、国会答弁で、高専の役割は研究ではなく、教育だとはっきり述べられたことから明らかです。また、国立大学、国立高専が法人化するときに、ほとんどの国立大学で教員の勤務形態が裁量労働時間制に移行しましたが、高専ではそうはならず、変形労働時間制となったことで分かります。このような状況の中で高専での研究が行われています。従って、高専では大学のように研究業績をとにかく言われることは少ないようです。この点は研究のテーマの設定に自由度が大きいという都合のよい面もあります。

以下には、まず高専における研究条件を概観し、その後私が高専で行ったわずかな研究について簡単に述べようと思います。

### 2.1 研究室・実験装置

研究用に与えられている部屋は、教授・准教授の研究室（約20 m<sup>2</sup>）と実験室（約54 m<sup>2</sup>）が各1部屋です。この実験室で平均して5年生の学生が3人、専攻科1人が実験をしています。前任の大学時代の実験室と比べて圧倒的に狭く、高専が研究主体と考えられていないためかと思ってしまう。

測定装置の一部は共同実験室に置かれています。学科独自の設備としては粉末X線回折装置、ガスクロマトグラフ、熱測定装置、紫外可視分光光度計、赤外分光光度計、原子吸光分光計がありますが、大学に比べて種類は少なく、あっても性能が十分でないものが多くあります。

学生は4年生後期から研究室に配属されます。4年生では「創造実験」という科目名で毎週1日の午後が当てられます。5年になると卒業研究が時間割に入ってきます。しかし、卒業研究に割かれる時間は前期で1週間のうち1日の午後、後期でも3日の午後程度で、大学に比べて圧倒的に少ない時間割になっています。

### 2.2 教員の職務と研究時間

教員には基本的に専門の学科の講義と学生実験と卒業研究の指導が本務として課せられています。そのほか、高専教員にはさまざまな仕事が課せられています。

まず、クラス担任があります。学習以外に学生の生活指導や、保護者との連絡などを担当します。成績不振により単位認定されず、落第しなければならない学生がいる場合、担任は当該学生との面談はもちろん、科目担当教員からの事情の聞き取りや、保護者への説明などの業務が、ほぼ毎年年度末になると発生し、対応に追われることになります。時には進路変更を促すこともあります。

学生寮の宿直は年に数回あります。大学の寮ですと宿直はないのですが、高専は18歳未満の学生がいますので、教員が交代で毎日宿直をします。学生寮は教育寮という位置づけのため、土曜・日曜の昼の日直も教員の仕事として割り当てられています。

クラブの顧問は高専教員の本務ではありませんが、すべての教員が担当することになっています。

その他不定期の仕事としては、高専志望者の拡大のために中学校訪問（新潟県内のすべてと、福島県

会津地方), 小・中学校への出前授業, 街中での高専のデモンストレーション, 入試説明会での保護者との直接面談, 県下各地方での保護者との懇談会などを行います。

### 3. 高専での私の研究

高専では, 大学時代と研究環境が変わったことと学生の事情も考慮して, 以下のような研究を行いました。ここでは3つの研究について記述します。

#### 3.1 骨格におけるAl原子配置 Levine など

ゼオライト骨格におけるAl原子配置は触媒能や吸着能を理解するうえで重要です。自然界にゼオライトは数十種類といわれていますが, それらのうちナトロライトやスコレサイトなどのSi/Al比の小さい(大体1.5以下)ゼオライトはLoewenstein 則の制限により, 一義的に骨格中のAl原子配置が決定されます。しかし, それら以外のゼオライトのAl配置は我々が報告するまで殆ど決定されていませんでした。そこで, この問題を解決しようとして, Tサイトの結合表とLoewenstein則を仮定した推定法を提案したわけです。計算機を使って可能なAl原子配置を探ると, 可能なAl原子配置はごく限られた数しか出てきません。それら数種の可能な配置のどれが実際の配置であるかは, ゼオライトのSi固体NMRスペクトルと比較することによって決定することができます。この方法をアナルサイム, フィリップサイト, グメリナイトなどのSi/Al比が1.5より少し大きなゼオライトに応用し, これらのAl配置を決定しました。さらにSi/Al比の大きな, いわゆるペンタシルゼオライトについては, 高石先生の5員環2Al排除則を手がかりにZSM-5, エピステイルバイト, ヒューランダイトなどに適用し, 実測のNMRなどと矛盾のないAl配置を得ることができました。

高専では, この一連の研究において残されたゼオライトレヴィンについてAl配置の検討を行い, 最終的にたった一つの配置にたどり着くことができました。

また, 新たに合成されたRbを含むゼオライトについても, Al配置の検討を行いました。ここではひとつのAl配置に絞り込むことはできませんでした。このゼオライトは天然には産出されていない

ものです。合成ゼオライトとしてしか知られていないゼオライトはSi/Al比が非常に大きなものがありますが, これらについてはAl配置の自由度がとても大きく, 我々の方法でもAl配置を決定することは現段階では不可能です。実際はかなりランダムなAl原子配置が可能なのかも知れません。

この研究では, 高専生はゼオライト合成を通して研究にかかわることができました。ゼオライトの合成は, 実際に合成物を手にとることができるので達成感があったようです。また, 実測の $^{29}\text{Si}$ -MAS-NMRスペクトルをデコンボリューションしてSi(nOH) ( $n=0-4$ )を決めたうえで, 理論値と計算値が一致するように配置を決めていくのですが, よく一致したときには感激していました。

#### 3.2 層状化合物の合成—EU-19

これは, 産総研の池田卓史博士との共同研究でした。層状化合物のゼオライトへの転換を最終目的に定め, 層状化合物を合成してみようということで開始した研究でした。EU-19は合成に当たって毎分200回転でゲルを攪拌しなければならないと文献に記載されています。研究の当初はこの回転数は無理ですが, 手持ちの水熱合成装置を文字通りフル回転させてみました。しかし, 再現性良くEU-19を得ることができませんでした。そこで回転を早くする代わりに, ゲルにフッ化ナトリウムを加えて合成してみたところこれがうまくいき, それ以後, 再現性良くEU-19を合成できるようになりました。

この研究も, ちょっとした工夫により当初の目的の成果が得られたということで学生も満足感が得られたようです。

#### 3.3 金属錯体を含んだゲルからのゼオライト合成—コバルト骨格置換モルデナイト

最後は, 金属錯体を含んだゲルからのゼオライトの合成の研究です。ゼオライトの合成の際, テンプレートとしてさまざまな4級アミン類が用いられていることはご存知のとおりです。アミン類は1価の陽イオンであることがほとんどですが, そうなら金属錯体でも1価の陽イオンとすることは可能ですから, 何か得られるだろうと見当をつけて合成の実験を行いました。

金属イオンには置換不活性金属イオンであるCo



を用いました。Co化合物は入手しやすいことも選定の理由となりました。錯体を1価の陽イオンとするためには、-1価で3座の配位子が必要ですが、分析化学の分野ではすぐさまPAN,あるいはPARといった試薬が思い浮かびますので、手始めにこれらを配位子として使用して合成を試みましたが、結果は面白味に欠けるものでした。

この状況を打開するにはどうすればいいかをしばらく考えていましたが、生成した錯イオンが大きすぎるのかと思い、なるべく小さな錯体にしたらどうかと、配位子をEDMAに変更して合成したところ、青色のモルデナイトが生成しました。当初、この青色は、細孔内のCo錯体の配位子場が骨格によってmodifyされた結果であろうと考えていました。しかし後に、これはCoが骨格置換した結果であるという情報が池田氏から与えられ、ひとつの成果を挙げられたと思っています。ただし、このゼオライトについては、骨格中のCoの電荷、Coのサイトなど、まだいくつかの疑問が残ったままです。

これまではゼオライトを合成する研究を行ってきたのですが、高専生活の最後にあたって、新たな研究に従事する機会を与えられました。この研究の詳細はいまここで書くことはできませんが、定年後の研究(Peches de Vieillesse)として続けています。

#### 4. 結 語

10年を振り返って見ますと、研究成果としては決して満足のいくものではないかもしれません。しかし、高専は必ずしも研究に適した場所ではなかったことを考えると、良しとすべきなのかもしれません。

高専本来の意義は、優秀な技能者を世に送り出すことであつたのでしょう。しかし高度経済成長期が終焉を迎え、いわばヨーロッパ型の安定社会への移行期のような現在では高専の役割はいったいなんでしょうか。高専は新たなレーゾンデートルを探し出さないと、社会に埋没してしまうように私には感じられます。



## 平成24・25年度理事会および総会

ゼオライト学会の平成24・25年度新旧合同理事会が平成24年11月28日(水)に、総会が平成24年11月29日(木)にタワーホール船堀(東京都江戸川区)にて開催された。

### 平成24・25年度新旧合同理事会

平成24年度理事および平成25年度理事候補者による合同理事会が開催され、以下の議案が審議された。

#### 1. 平成24年度事業報告

山下企画委員長より別掲の事業について報告があり、承認された。

#### 2. 平成24年度会計報告

杉田財務担当理事より別掲の本会の決算について報告があり、承認された。黒田・角田両監事により決算内容が確認済みであることが報告された。

- ・各行事の収支を明確化すべく決算および予算の記載方法を見直した。

#### 3. 平成24年度編集委員会報告

松本編集委員長より「ゼオライト」の出版状況等の報告があった。

- ・平成24年度はVol.28, No.4とVol.29, No.1からNo.4まで発行した。

#### 4. 平成24年度広報委員会報告

南部広報委員長より広告収入獲得、HPの更新および不具合対応について報告があり、承認された。

#### 5. 平成25年度役員改選

役員推薦委員会の報告に基づき、別掲の平成25年度役員候補者および各担当予定を承認し、総会に諮ることとした。

#### 6. 平成25年度事業計画

山下企画委員長より別掲の事業計画案についての提案・説明があり、承認された。

#### 7. 平成25年度予算

杉田財務担当理事より予算案についての説明があり、承認された。

#### 8. 平成25年度広報委員会活動予定

南部広報委員長より、広告収入獲得、HP更新グループの作成について説明があり、承認された。

#### 9. その他

前田庶務理事より、IZA (International Zeolite Association) アンバサダー Dr. Lynn McCusker (ETH-Zurich) がアジアツアーの一環として日本に滞在され(4/21~27)、この間の国内滞在費を国際交流基金より支出したことが報告された。

ZMPC 2012の佐野 chairman より、別掲のZMPC 2012の概要および会計報告があり、承認された。

山下企画委員長より、ZMPC2015の開催予定について説明があった。

### 平成25年度総会

#### 1. 平成24年度事業報告

##### 1.1 第27回ゼオライト研究発表会

第27回実行委員会(実行委員長 野末泰夫(大阪大)、委員 西山憲和(大阪大)、山下弘巳(大阪大)、田中俊輔(関西大))

開催日: 2011年12月1日(木)~2日(金)

場 所: 関西大学100周年記念会館(大阪府吹田市)

協 賛: 化学工学会、触媒学会、石油学会、日本化学会、日本吸着学会、日本膜学会、日本粘土学会(順不同)

特別講演(12月1日)

「柔らかい多孔性結晶(PCP/MOF)の化学と応用」  
北川 進(京都大学)

「バインダーレスゼオライト成形体の創成とエタノールアミン製造への応用」常木英昭((株)日本触媒)

発表件数: 99件(この他特別講演2件)

参加者: (研究発表会) 212名

内訳: 正会員124名、学生59名、非会員13名、  
展示12名、招待4名

##### 1.2 2012年度ゼオライトフォーラム

世話人: 岡本昌樹(東京工業大学)

開催日: 2012年6月15日(金)

場 所: 東京工業大学・大岡山キャンパス・蔵前会館

協 賛: 日本化学会、触媒学会、石油学会、化学工学会、日本粘土学会、日本吸着学会

テーマ：クリーンな未来をつくる環境浄化技術  
プログラム

1. 放射性セシウムで汚染された水環境の回復技術  
竹下健二（東京工業大学）
2. スーパーマイクロ孔シリカの合成とVOC吸着および量子ドット形成への応用  
今井宏明（慶應義塾大学）
3. 低温プラズマとゼオライト触媒の複合システムの特徴とVOC分解への応用  
金 賢夏（産業技術総合研究所）
4. 固体触媒を用いたマイクロ波化学の特徴と問題点  
堀越 智（上智大学）

参加者：69名（講師を含む）

その他：懇親会参加者20名（講師を含む）

### 1.3 第20回ゼオライト夏の学校

世話人：吉武英昭（横浜国大）、脇原 徹（横浜国大）

開催日：2012年8月29日（水）午後～8月31日（金）午後

場 所：山中湖一樹山荘（山梨県南都留郡山中湖村）

協 賛：石油学会、セラミックス協会

後 援：日本化学会、触媒学会、日本吸着学会  
プログラム

〈ゼオライト・多孔体の基礎〉

1. 吸着による細孔構造の解析  
仲井和之（日本ベル(株)）
2. 多孔性物質の酸点の構造解析と利用  
片田直伸（鳥取大）
3. ゼオライト単結晶の合成と構造  
横森慶信（防衛大）

〈最近のトピックス〉

4. 電子顕微鏡による多孔性物質の観察  
阪本康弘（大阪府大）
5. 化学産業における原料多様化とゼオライト触媒の役割、今後の展開  
瀬戸山 亨（(株)三菱化学）

参加者：44名（学生：33名、一般：6名、講師：5名）

### 2. 平成24年度会計報告

p. 31に別掲

### 3. 会員数（2012年9月30日現在）

|          |             |
|----------|-------------|
| 法人会員     | 36社（前年度比+1） |
| 個人会員（国内） | 269名（-7）    |
| 個人会員（国外） | 18名（±0）     |
| 学生会員     | 13名（±0）     |
| 名誉会員     | 2名（±2）      |

今年度は法人会員は減少したが、減少しつつあった個人会員が再び増加した。

### 4. 平成25年度役員（敬称略）

会 長 馬場俊秀（東工大）

副会長 瀬戸山亨（三菱化学）

増田隆夫（北大）\*

理 事 松本明彦（豊橋技科大）「編集委員長」

山下弘巳（阪大）「企画委員長」

杉田啓介（住友化学）「財務委員長」

南部宏暢（太陽化学）「広報」

里川重夫（成蹊大）「庶務理事」

西 宏二（防衛大）「編集」\*

清住嘉道（産総研）「企画」\*

後藤康友（豊田中研）「企画」

中島 昭（日揮触媒化成）「企画」

村松淳司（東北大）「企画」\*

窪田好浩（横浜国大）「企画」\*

小倉 賢（東大）「財務」\*

下嶋 敦（東大）「財務」

壺岐 英（JX日鉱日石エネルギー）「財務」

近江靖則（岐阜大）「広報」

福島利久（東ソー）「広報」

片田直伸（鳥取大）「広報」\*

監 事 角田 隆（旭化成ケミカルズ）

佐野庸治（広島大）

\*印 新任

### 5. 平成25年度事業計画

#### 5.1 第28回ゼオライト研究発表会

・第28回実行委員会（実行委員長 里川重夫（成蹊大学））

・開催日：2012年11月29日（木）～30日（金）

・場所：タワーホール船堀（東京都江戸川区）

・協賛：化学工学会、触媒学会、石油学会、日本イオン交換学会、日本エネルギー学会、日本化学会、日本吸着学会、日本セラミックス協会、日本地質学会、日本粘土学会、日本膜学会、有機合成化学協会（順不同）

## 平成24年度ゼオライト学会決算

| 収入（単位：円）                   | 実 績        | 予 算       | 差 引         |
|----------------------------|------------|-----------|-------------|
| 法人会員会費                     | 3,800,000  | 3,500,000 | 300,000     |
| 個人会員会費                     | 1,295,000  | 1,380,000 | - 85,000    |
| 学生会員会費                     | 22,000     | 26,000    | - 4,000     |
| 研究発表会収入（収支差額：476,111）      | 2,208,000  | 0         | 2,208,000   |
| ゼオライトフォーラム収入（収支差額：104,079） | 380,000    | 0         | 380,000     |
| 夏の学校収入（収支差額：386,556）       | 1,477,000  | 0         | 1,477,000   |
| 預金利息                       | 304        | 100       | 204         |
| 書籍頒布                       | 0          | 0         | 0           |
| 広告収入                       | 373,300    | 272,000   | 101,300     |
| 雑収入                        | 11,154     | 10,000    | 1,154       |
| 前年度繰越金                     | 3,182,718  | 3,182,718 | 0           |
| 合 計                        | 12,749,476 | 8,370,818 | 4,378,658   |
| 支出（単位：円）                   | 実 績        | 予 算       | 差 引         |
| 会誌編集発行、委員会経費               | 1,640,295  | 2,100,000 | - 459,705   |
| 総会開催費                      | 0          | 0         | 0           |
| 研究発表会費用                    | 1,731,889  | 0         | 1,731,889   |
| ゼオライトフォーラム費用               | 275,921    | 0         | 275,921     |
| 夏の学校費用                     | 1,090,444  | 0         | 1,090,444   |
| 研究発表会補助金                   | 400,000    | 400,000   | 400,000     |
| ゼオライトフォーラム補助金              | 300,000    | 300,000   | 300,000     |
| 夏の学校補助金                    | 400,000    | 400,000   | 400,000     |
| 学会出版物の電子化作業保守費             | 92,820     | 100,000   | - 7,180     |
| 事務局経費                      | 1,576,344  | 1,575,000 | 1,344       |
| 交通通信費                      | 101,899    | 150,000   | - 48,101    |
| 理事会経費                      | 88,350     | 100,000   | - 11,650    |
| 企画委員会経費                    | 9,500      | 50,000    | - 40,500    |
| 広報委員会経費                    | 0          | 10,000    | - 10,000    |
| 国際交流基金                     | 0          | 0         | 0           |
| 消耗品費                       | 95,881     | 80,000    | 15,881      |
| 備品費                        | 0          | 0         | 0           |
| 振込手数料                      | 9,696      | 5,000     | 4,696       |
| 書籍購入費                      | 0          | 0         | 0           |
| 予備費                        | 25,200     | 3,100,818 | - 3,075,618 |
| 合 計                        | 7,838,239  | 8,370,818 | - 532,579   |

|        |           |
|--------|-----------|
| 次年度繰越金 | 4,911,237 |
|--------|-----------|

差引は予算から実績を引いたもの。

## 平成24年度国際交流基金決算

| 収入（単位：円）             | 実 績        | 予 算        | 差 引       |
|----------------------|------------|------------|-----------|
| 前年度繰越金               | 15,127,340 | 15,127,340 | 0         |
| 預金利息等                | 2,372      | 1,000      | 1,372     |
| 合 計                  | 15,129,712 | 15,128,340 | 1,372     |
| 支出（単位：円）             | 実績         | 予算         | 差引        |
| 雑費                   | 1,680      | 3,000      | - 1,320   |
| ZMPC2012 事務局へ        | 2,000,000  | 2,000,000  | 0         |
| IZA McCusker 博士国内滞在費 | 137,000    | 0          | 137,000   |
| 次年度繰越金               | 12,991,032 | 13,125,340 | - 134,308 |
| 合 計                  | 15,129,712 | 15,128,340 | 1,372     |

|        |            |
|--------|------------|
| 次年度繰越金 | 12,991,032 |
|--------|------------|

- ・特別講演（11月29日）  
瀬戸山 亨（(株)三菱化学）  
「原料転換触媒／機能性無機材料としてのゼオライトの応用・展開」（11月30日）  
三村 均（東北大）  
「福島原発事故高汚染水処理におけるゼオライトの役割」

- ・懇親会 11月29日（木）

## 5.2 2013ゼオライトフォーラム

開催日：2013年6月26日（水）

会 場：早稲田大学国際会議場（18号館）3階第1会議室

世話人：松方正彦（早大）

## 5.3 第21回ゼオライト夏の学校

開催日：2013年8月29日（木）午後～31日（土）午前

会 場：関西セミナーハウス〈修学院キララ山荘〉（京都市左京区）

世話人：森 浩亮（大阪大）

プログラム（予定）

29日：講演2件、30日：講演2件、ポスター発表、31日：講演1件 ポスター発表

参加者：50名程度

## 5.4（参考）第29回ゼオライト研究発表会

第29回実行委員会（実行委員長 村松淳司（東北大学））

開催日：2013年11月27日（水）～28日（木）

場所：東北大学片平キャンパス さくらホール

## 6. 平成25年度予算

収入（単位 円）

|           |            |
|-----------|------------|
| 法人会員会費    | 3,600,000  |
| 個人会員会費    | 1,345,000  |
| 学生会員会費    | 26,000     |
| 第28回研究発表会 | 1,800,000  |
| 第21回夏の学校  | 1,100,000  |
| 預金利息      | 100        |
| 広告収入      | 272,000    |
| 雑収入       | 10,000     |
| 前年度繰越金    | 4,911,273  |
| 合計        | 13,064,337 |

支出（単位 円）

|                   |            |
|-------------------|------------|
| 会誌編集発行、委員会経費      | 2,100,000  |
| 総会開催費             | 0          |
| 第28回研究発表会         | 1,800,000  |
| 第28回研究発表会補助金      | 400,000    |
| 2013ゼオライトフォーラム補助金 | 300,000    |
| 第21回夏の学校          | 1,100,000  |
| 第21回夏の学校補助金       | 400,000    |
| 学会出版物の電子化作業保守費    | 100,000    |
| 事務局経費             | 1,575,000  |
| 交通通信費             | 110,000    |
| 理事会経費             | 100,000    |
| 企画委員会経費           | 50,000     |
| 広報委員会経費           | 10,000     |
| 消耗品費              | 100,000    |
| 振込手数料             | 10,000     |
| 予備費               | 4,909,337  |
| 合計                | 13,064,337 |

## 平成25年度国際交流基金予算

収入（単位 円）

|               |            |
|---------------|------------|
| 前年度繰越金        | 12,991,032 |
| ZMPC2009事務局から | 3,841,260  |
| 預金利息等         | 1,000      |
| 合計            | 16,833,292 |

支出（単位 円）

|              |            |
|--------------|------------|
| 雑費           | 3,000      |
| ZMPC2015事務局へ | 1,000,000  |
| 次年度繰越金       | 15,830,292 |
| 合計           | 16,833,292 |

## 7. その他

### 7.1 ZMPC2012

概要

コアメンバー：佐野庸治（委員長，広島大），角田 隆（副委員長，旭化成ケミカル），犬丸 啓（総務，広島大），近江靖則（財務，岐阜大），前田和之（プログラム，東京農工大），片田直伸（プ

ログラム、鳥取大)

開催日：2012年7月28日(土)～8月1日(水)

会 場：アステールプラザ（広島県広島市）

主 催：ゼオライト学会・ZMPC2012組織委員会

協賛等：HP (<http://www.zmpc.org>) およびプログラム・アブストラクト集参照

参加者：464名（国内273, 海外191）

◆プレシンポジウム：COOP-INN 京都（Organizer: 大久保達也（東大））

7/26-7/27（参加者71名）

## 会計報告

収入（単位 円）

登録費

|          |           |
|----------|-----------|
| 会員（事前）   | 5,150,000 |
| 会員（前日まで） | 2,340,000 |
| 会員（当日）   | 975,000   |
| 一般（事前）   | 4,235,000 |
| 一般（前日まで） | 2,340,000 |
| 一般（当日）   | 980,000   |
| 学生（事前）   | 2,675,000 |
| 学生（前日まで） | 1,085,000 |
| 学生（当日）   | 320,000   |
| 同伴者      | 220,000   |
| バンケット    | 1,400,000 |

---

小計 21,720,000

展示料

|                 |         |
|-----------------|---------|
| 協賛金             | 955,000 |
| 展示料             | 800,000 |
| 協賛金 (Pre-symp.) | 296,666 |

---

小計 2,051,666

補助金

|               |           |
|---------------|-----------|
| ゼオライト学会国際交流基金 | 3,000,000 |
| 井上科学学術振興財団    | 700,000   |
| 泉科学技術振興財団     | 500,000   |
| 日本化学会中国四国支部   | 100,000   |

---

小計 4,300,000

雑収入

|                  |        |
|------------------|--------|
| Tシャツ             | 9,600  |
| オプションナルツアー       | 25,000 |
| Student Party    | 49,000 |
| 利息               | 1,935  |
| 本                | 5,000  |
| ZMPC2012プレシンポジウム | 17,826 |

---

小計 106,786

---

合計 28,178,452

支出（単位 円）

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| 渡航滞在費補助            | 1,706,848 |
| 登録・旅行業務費           | 4,367,250 |
| 会場借上費              | 3,219,340 |
| 会場運営費              | 2,524,139 |
| 広報費                | 251,895   |
| 資料作成費              | 253,555   |
| 会議費                | 960,914   |
| 事務費                | 7,875     |
| 飲食料費               | 1,659,833 |
| プレシンポジウム補助         | 696,666   |
| Social Program 費   | 8,651,347 |
| Optional Program 費 | 37,530    |

---

合計 24,337,192

## 7.2 ZMPC2015

開催日：2015年6月29日(月)～7月3日(金)

会場：札幌コンベンションセンター (<http://www.sora-scc.jp/>)

組織委員長：増田隆夫（北大）

以上



## 第28回ゼオライト研究発表会報告

防衛大学校 西 宏二

第28回ゼオライト研究発表会が、平成24年11月29日(木)、30日(金)の両日にタワーホール船堀を会場として開催されました。

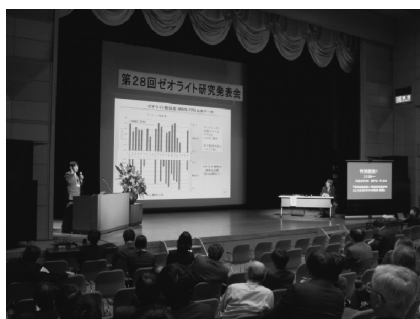
本年も3会場で、総合講演6件、一般講演72件の合計78件の研究発表と2件の特別講演がありました。一般・総合発表の内訳は、合成28件、触媒23件、吸着8件、構造6件、応用8件、修飾1件、イオン交換1件、鉱物学1件、その他2件でした。全国の研究機関や企業から201名(会員119名、非会員20名、学生52名、企業展示7名、招待3名)が参加されました。夏に広島でZMPC 2012が開催されたこともあってか、参加者、発表件数が例年に比べやや少なかったのが残念でしたが、どの会場も活発な質疑応答が行われました。今回はA会場が5階、B会場が4階、C会場が3階と、講演会場がすべて異なるフロアに分散し会場間の移動で苦勞された方も多かったかもしれません。

11月29日の総会に続いて行われた特別講演では、瀬戸山 亨先生((株)三菱化学)が「原料転換触媒／機能性無機材料としてのゼオライトの応用・展開」と題してご講演されました。21世紀の諸環境の変化を受けて、日本の化学産業においてゼオライトに期待される役割、基礎研究も含めた今後のゼオライト開発への期待、方向性について、非常にわかりやすく示していただきました。特別講演の後、会場を2階 福寿に移して開催された懇親会には、82名の方が参加され、馬場俊秀新会長のご挨拶、里川重夫実行委員長長のスピーチの後、元触媒化成工業の西村陽一様の乾杯の音頭によりスタートし、大変賑

やかな会となりました。

翌11月30日に行われた特別講演では、三村 均先生(東北大学)が「福島原発事故高汚染水処理におけるゼオライトの役割」と題してご講演されました。今改めて注目されているゼオライトによる放射性核種とくに放射性Csの選択的分離・除去および安定固化について、これまでの研究成果から今後の高汚染水処理システム構築にかかる課題まで解説していただきました。

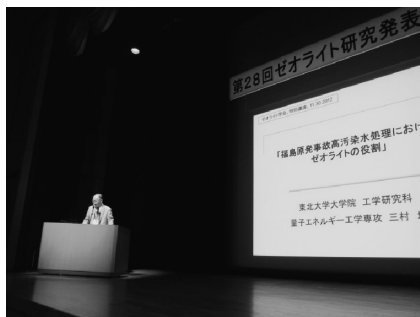
次の第29回研究発表会は、東北大学の村松淳司先生を実行委員長として、東北大学での開催が予定されています。またさまざまな分野の研究発表が聴講できるものと期待しています。最後に、ご講演いただきました講師の先生方、本研究発表会にご参加いただいた皆様、そして本会運営に携わられたすべての方々に御礼を申し上げます。



瀬戸山先生の特別講演



一般講演会場の様子



三村先生の特別講演

## 1st Euro – Asia Zeolite Conference (EAZC2013) 参加報告

横浜国立大学大学院環境情報学府  
佐藤可久

2013年1月20～23日にかけて、標記学会がマカオ（中華人民共和国）の Venetian Macao Resort Hotel において開催されました。今年、特に冷え込みの厳しい日本と異なり、暖かな気候のマカオは過ごしやすく感じられたのではないのでしょうか？

今回初の開催となる EAZC ではアジアを中心とした各国から 100 名ほどの参加者が集まり、特に中国からの参加者が多く見受けられました（日本からの参加者は 6 名）。21～23 日の 3 日間にかけて、Plenary Lecture 6 件、Invited Lecture 12 件、Invited Talk 1 件、Keynote Lecture 12 件、Short Oral 12 件と Poster 発表 50 件が行われました。会場が一つということも相まって、一日当たり 14 人の発表と非常に密度の濃い 3 日間となりました。ただ、発表が長引くことがしばしば見られ、時間を押す格好になることがありました。

発表内容にはゼオライト（類似物質含む）合成から触媒、キャラクターゼーションなど多岐に亘り、特に Metal Organic Framework に関するものが目立って多かったように見受けられました。ポスター発表は 22 日と 23 日の二日間で行われ、一日につき 25 件の発表が行われました。Oral 発表の後に同会場で行われ、1 時間程ではありましたが、活発に議論が交わされました。

また、20 日には Welcome reception, 22 日にはホテル内で Conference Dinner も行われました。筆者は到着が遅く、Welcome reception には参加できませんでしたが、Conference Dinner では料理とお酒、ポルトガル由来と思いきショーなどを楽しみ、交流を行いました。なお、Venetian Macao Resort Hotel はマカオ屈指の人気のリゾートホテルであり、ホテル内に完



備されたカジノやショッピングを楽しまれた方もいらっしゃるのではないのでしょうか。

最終日には Round Table Discussion および Closing Ceremony が行われ、第一回 EAZC の締めとなりました。以上をもちまして参加報告とさせていただきます。

## お知らせ

## 第29回ゼオライト研究発表会

主 催：ゼオライト学会  
 会 期：2013年11月27日(水)～28日(木)  
 会 場：東北大学片平キャンパス（宮城県仙台市青葉区）  
 実行委員長：村松淳司（東北大学）  
 詳細は次号でお知らせします。

## 2013ゼオライトフォーラム

主 催：ゼオライト学会  
 会 期：2013年6月26日(木)  
 会 場：早稲田大学国際会議場（18号館）3階第1会議室  
 世話人：松方正彦（早稲田大学）  
 詳細は学会HPでお知らせします。

International Symposium on Materials  
 Chemistry of Intercalation Compounds”  
 (MCIC2013)

2013年5月12日より仙台において開催される第17回 International Symposium on Intercalation Compoundsに先立ちPre-symposium イベントとしてサテライトミーティング“International Symposium on Materials Chemistry of Intercalation Compounds” (MCIC2013) を5月11日に早稲田大学において開催致します。層間化合物の合成、構造、基礎物性から応用に至る幅広い話題提供と意見交換を目的とします。

ポスターセッションは行いませんが、若手の方に数分間のショートプレゼンテーションセッションの時間を用意し、優秀者にはISIC17における受賞講演（口頭発表）の機会が与えられます。詳細はHPをご覧ください。<http://www.shinshu-u.ac.jp/faculty/engineering/department/chem/waseda.html>

組織委員 小川 誠（早稲田大学）、佐々木高義（NIMS）、岡田友彦（信州大学）

会 場：東京都新宿区西早稲田1-6-1 早稲田大学  
 早稲田キャンパス

日 時：2013年5月11日9:00～18:00

参加登録料：事前登録 一般10,000円, 学生3,000円  
 当日 一般13,000円, 学生5,000円

事前参加登録締め切り：2013年2月10日

要旨締め切り：3月31日

バンケット：開催予定

参加申し込み：氏名、所属、一般／学生の区分、連絡先e-mailと電話番号、発表申込者は要旨を添付ファイルとして添え、ismcic2013@gmail.comあてに申し込んでください。

問合せ先：〒169-8050 東京都新宿区西早稲田1-6-1 早稲田大学教育学部 小川 誠  
 Tel/Fax 03-5286-1511  
 E-mail: makoto@waseda.jp

Post-symposium of ABC-7  
 International Workshop on Green  
 and Sustainable Chemistry  
 グリーン・サステナブル ケミストリー  
 国際ワークショップ（予告）

主 催：(公社)石油学会、(一社)触媒学会  
 協 賛：ゼオライト学会他  
 会 期：2013年5月16日(木) 9:30～17:30  
 会 場：一橋講堂（東京都千代田区一ツ橋2-1-2 学術総合センター2F）  
 交 通：東京メトロ半蔵門線・都営三田線・都営新宿線「神保町駅」A8出口より徒歩4分。  
 東京メトロ東西線「竹橋駅」1b出口より徒歩4分。<http://www.nii.ac.jp/about/access/>  
 趣 旨：

21世紀の人類が直面しているエネルギー・環境問題を解決し、持続可能な社会を築くために、グリーン・サステナブル ケミストリー領域の発展は極めて重要です。触媒化学はエネルギーと資源の消費量の低減、副生成物や廃棄物の発生量の低減、枯渇資源（エネルギー、希少資源）の依存度の低減に貢献するものであり、グリーン・サステナブル

ケミストリー領域の発展に大きく寄与します。そこで、7th International Symposium on Acid-Base Catalysis (ABC-7) のポストシンポジウムとして、下記の要領で触媒化学に関わるグリーン・サステナブルケミストリー国際ワークショップを開催します。最新の研究動向、最先端の情報を共有し、今後の研究指針ならびに将来の展望と目標を明確にすることを本シンポジウムの目的とします。

ワークショッププログラム(案) \*詳細プログラムは4月号会告およびホームページでご確認ください。

(受付開始 9:30)

10:00 開会の挨拶

10:10 招待講演1 Mark E. Davis (Prof., California Institute of Technology, U.S.A.)

11:10 招待講演2 福岡 淳 (北海道大学 触媒化学研究センター長)

11:50 招待講演3 Johannes Lercher (Prof., Technische Universitaet Muenchen, Germany)

昼食

14:00 招待講演4 Stacey I. Zones (Dr., Chevron Energy Technology Company, U.S.A.)

15:00 招待講演5 堂免一成 (東京大学大学院工学系研究科 教授)

15:40 招待講演6 Avelino Corma (Prof., Universidad Politécnica de Valencia, Spain)

16:40 特別講演 辰巳 敬 (東京工業大学理事・副学長)

閉会の挨拶

懇親会 (学生会館210号室) 18:00~

参加申し込み方法: 石油学会ホームページ (URL: <http://www.sekiyu-gakkai.or.jp/>) よりお申込み下さい。

申込み締切り: 5月9日(木)

参加費:

シンポジウム参加費 個人会員10,000円, 維持会員・法人会員の社員15,000円, 学生無料

懇親会費 8,000円

参加費支払い方法: クレジットカード払い, 現金書留, または下記の銀行口座へお振り込みください。郵便振替希望の方には所定の振込用紙を送付します。

三井住友銀行池袋東口支店 (普) 7708349  
口座名 シヤ) セキユガツカイ

問合せ先:

グリーン・サステナブル ケミストリー  
国際ワークショップ実行委員会事務局  
横井俊之 東京工業大学資源化学研究所  
Tel: 045-924-5265  
E-mail: yokoi.t.ab@m.titech.ac.jp

## 日本膜学会第35年会

主 催: 日本膜学会

協 賛: ゼオライト学会他

会 期: 2013年5月20日~21日

開催場所: 早稲田大学西早稲田キャンパス63号館

特別講演: 産業技術総合研究所 原谷賢治/東京女子医科大学 高桑雄一

特別企画: 生体膜と人工膜の研究融合のための相互理解にむけて」

人工膜シンポジウム1「膜による水処理技術を展望するIV」

人工膜シンポジウム2「無機膜が拓く新しいプロセス技術の展望I」

他, 発表多数。

URL: <http://maku-jp.org/>

組織委員長: 広島大学 高野幹久

## 第24回キャタリシススクール

主 催: 一般社団法人触媒学会

共 催 (予定, 順不同): 島津製作所, スペクトリス・マルバーン, 日本電子, 日本分光, 日本ベル, 日立ハイテクノロジーズ, ヘンミ計算尺, マイクロメリティックスジャパン, リガク

協 賛 (予定, 順不同): 日本化学会, 化学工学会, 高分子学会, 色材協会, 石油学会, 電気化学会, 日本イオン交換学会, 日本エネルギー学会, 自動車技術会, 日本機械学会, 日本吸着学会, 日本表面科学会, 日本膜学会, 有機合成化学協会, 粉体工学会, ゼオ

## ライト学会

会 期：平成25年6月17日(月)～21日(金)

会 場：スクーリングは東京大学(本郷キャンパス)山上会館

参加申込締切：5月17日(金)，定員(50名)になり次第

6月17日(月)

1. 触媒反応とは何か(東工大)和田雄二 先生
2. 触媒調製I(千葉大)佐藤智司 先生
3. 触媒調製II(横国大)窪田好浩 先生
4. 吸着と反応速度(東北大)富重圭一 先生

6月18日(火)

1. 触媒反応工学(静岡大)福原長寿 先生
2. キャラクタリゼーション：担持金属触媒  
(産総研)白井誠之 先生
3. キャラクタリゼーション：固体酸・塩基触媒  
(東工大)小松隆之 先生
4. 酸化触媒(東工大)山中一郎 先生

6月19日(水)

キャラクタリゼーション実習(共催分析機器メーカーにおける実習)

6月20日(木)

触媒研究室一日体験(大学の研究室における実習)

6月21日(金)

1. 工業触媒I：不均一系触媒  
(コスモ石油)藤川貴志 先生
2. 工業触媒II：均一系触媒  
(三菱化学)高橋和成 先生
3. 実用触媒の開発  
(東京農工大)山松節男 先生
4. 環境触媒と劣化(成蹊大)里川重夫 先生  
卒業式・卒業証書授与

参加費：80,000円(主催／協賛学会員)，100,000円(一般)，テキスト販売10,000円

申込方法：触媒学会HPより申込書をダウンロードし，下記へメール又はFAXにてお送り下

さい。

問合せ・申込先：菊地隆司(第24回キャタリシススクール運営委員長)

Fax: 03-5841-1167

E-mail: rkikuchi@chemsys.t.u-tokyo.ac.jp

〒113-8656 文京区本郷7-3-1 東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻

## 第57回粘土科学討論会

主 催：日本粘土学会

共 催：資源・素材学会，資源地質学会，ゼオライト学会，地盤工学会，日本化学会，日本火山学会，日本鉱物科学会，日本セラミックス協会，日本セラミックス協会資源・環境関連材料部会，日本第四紀学会，日本地学教育学会，日本地球化学会，日本地質学会，日本土壌肥料学会，日本熱測定学会，日本ペドロロジー学会，農業農村工学会(順不同，予定)

会 期：2013年9月4日(水)～6日(金)

会 場：高知市文化プラザかるぼーと  
詳細はHPをごらんください。

主要日程：参加・講演の申込期間 6月3日(月)～14日(金)

講演要旨送付締切：7月12日(金)

参加登録料(要旨集代込)・懇親会費・見学会費の払込期間6月3日(月)～7月12日(金)

討論会・見学会9月4日(水)～6日(金)

問合せ先：〒780-8520 高知市曙町2丁目5-1

高知大学理学部地球科学教室 中川昌治

Tel: 088-844-8329, Fax: 088-844-8356

E-mail: mnakagaw@kochi-u.ac.jp

<http://www.cssj2.org/>



## ゼオライト学会会則

(1984年1月11日制定, 2007年11月7日改訂)

(名称)

第1条 本会は、ゼオライト学会（英文名：Japan Association of Zeolite, 略称JAZ）という。

(目的)

第2条 本会は、天然および合成ゼオライト（ゼオライト類似の結晶性鉱物、モレキュラーシーブ等を含む）に関する基礎研究および利用技術の一層の発展を図るため、その研究開発に携わるものが一堂に集まり、情報や意見の交換を通じて相互に交流する機会を作ることを目的とする。

(事業)

第3条 本会は、前条の目的を達成するため、次の事業を行なう。

- (1) 研究発表会、講演会、国際シンポジウム、見学会等の開催
- (2) 会誌の発行
- (3) 本分野に関する国内外の学協会との交流

(役員)

第4条 本会に、役員として会長、副会長2名、理事若干名および監事2名を置く。

2. 役員の任期は2年とする。ただし、再任を妨げない。

(総会)

第5条 総会は少なくとも年1回これを開催し、事業報告、決算、事業計画、予算、会則の変更等重要事項を決定するとともに、役員の選任を行う。

(役員の選任および職務)

第6条 役員は、理事会が委嘱した推薦委員会の推薦に基づき、総会において選任するものとする。

2. 会長は、本会を代表し、会の運営に当たる。
3. 副会長は、会長の職務を補佐、代行する。
4. 理事は、会長を補佐し、本会の運営（企画、庶務、財務、編集、広報など）を分掌する。
5. 監事は、本会の財産の状況を監査する。

(理事会)

第7条 本会に理事会を置く。理事会は、会長、副会長および理事をもって構成する。

2. 会長は、必要と認めた場合、理事会を開催することができる。
3. 理事会は、本会の運営に関する大綱を検討し、その結果を総会に提案するものとする。

(委員会)

第8条 本会に企画委員会を置く。

2. 企画委員会は、本会事業の企画および運営を担当する。
3. 企画委員会の組織および運営については別に定める。
4. 委員の任期は2年とする。ただし、再任を妨げない。

第9条 本会に編集委員会を置く。

2. 編集委員会は、会誌の編集および刊行を担当する。
3. 編集委員会の組織および運営については別に定める。
4. 委員の任期は2年とする。ただし、再任を妨げない。

第10条 本会に広報委員会を置く。

2. 広報委員会は、会誌・研究発表会講演予稿集など学会の各種資料のアーカイブ化、およびホームページの維持管理を担当する。
3. 広報委員会の組織および運営については別に定める。
4. 委員の任期は2年とする。ただし、再任を妨げない。

## (会員)

第11条 会員は、本会の趣旨に賛同する個人および法人とする。

個人会員は、氏名および所属を本会に登録する。

法人会員は、代表会員の氏名および所属を1名以上5名以内で本会に登録する。

名誉会員は、ゼオライトの基礎研究、利用技術または本会の発展に特に功績があり、理事会において承認されたものとする。

## (会計)

第12条 本会の経費は、会員が提出する会費によって支弁するものとする。

年会費 1. 個人会員

一般 年額 5,000円

(学生) 年額 2,000円

2. 法人会員 年額 1口 100,000円

2. 本会の事業年度は、毎年10月1日に始まり、

9月30日に終わる。

## (事務局)

第13条 本会の事務局の所在地は下記のとおりとする。

〒101-0032 東京都千代田区岩本町1-6-7

宮沢ビル601 有限会社 オフィス・ソフィエル

Tel: 03-5821-7120, Fax: 03-5821-7439

E-mail: sec@zeo-japan.com

この会則は、昭和59年1月11日より施行する。

改訂 昭和63年 1月20日

改訂 平成 2年 1月18日

改訂 平成 9年 1月24日

改訂 平成10年 4月 1日

改訂 平成17年 1月19日

改訂 平成17年11月21日

改訂 平成18年12月 5日

改訂 平成19年11月 7日

## ゼオライト学会国際交流基金取扱規則

## (名称)

第1条 基金の名称を「ゼオライト学会国際交流基金」(以下「本基金」という)とする。

## (目的)

第2条 本基金は、以下に挙げるゼオライト学会(以下「本会」という)会員の国際交流を促す事業に充当することを目的として設けるものとする。

一 本会が主催する国際会議、国際シンポジウム等

二 本会が共催する国際会議、国際シンポジウム等

三 外国人研究者の招聘等

## (本基金からの支出)

第3条 第2条に該当する事業への本基金からの支出を必要とする場合は、総会で審議承認を受けることとする。複数年度にわたる準備期間を要する事業の場合は、年度毎に総会で承認を受けた金額を支出する。

2) 本会の一般会計に不足が生じる等、真にやむを得ない場合には、第2条の目的によらず本基金の一部をその不足額に充当するために支出できる。

## (本基金への繰入)

第4条 本基金の支出を受けた事業については、事業終了後あるいは年度終了後に事業の決算を行い、剰余金がある場合は、総会で認める金額を本基金に繰り入れることとする。

第5条 本会一般会計から総会で認める金額を本基金に繰り入れることができる。

## (本基金の決算報告・会計監査)

第6条 本基金は、年度毎に決算報告及び会計監査を実施し、総会で承認を受けることとする。

## (変更)

第7条 本規則の改正は総会の承認を得て行う。

附則 本規則は平成22年12月2日より施行する。

## 「ゼオライト」投稿規定および原稿執筆要項

### 投稿論文

1. ゼオライト, メソ多孔体およびこれに関連する研究分野で, 原著論文に限る。
2. 原則, 和文とする。

### 投稿

1. 投稿資格  
投稿者は原則, 本学会個人会員および法人会員の企業に属する者に限る。共著の場合には執筆者に本学会会員が含まれていればよい。
2. 投稿方法および投稿先  
原稿は原則, 電子投稿 (PDF ファイルが望ましい) とする。投稿先は, ゼオライト誌編集委員長宛とし, sec@zeo-japan.com へ送付する。また, 郵送の場合は, 「投稿論文在中」と朱書きし, 下記の住所へ送付する。  
〒101-0032 東京都千代田区岩本町 1-6-7  
宮沢ビル 601 オフィスソフィエル内  
ゼオライト学会事務局 気付  
ゼオライト誌編集委員長 宛

### 著作権

本誌に掲載された論文の著作権はゼオライト学会に帰属する。

### 執筆要領

1. 原稿は, A4 判に横書とする。
2. 本文の行間はダブルスペースとし, 12 ポイントのフォントサイズを用いる。フッターには (ページ数/全ページ数) を入れる。
3. 原稿は以下の順に記載する。
  - (1) 論文題目
  - (2) 著者氏名
  - (3) 所属
  - (4) 投稿責任者の氏名および連絡先 (e-mail が望ましい)
  - (5) 和文要約
  - (6) キーワード (5 つまで)
  - (7) 本文 (緒言, 実験, 結果および考察, 結論等)

### (8) 引用文献

### (9) 表

### (10) 図キャプション

### (11) 図

### (12) 英文要約

4. 引用文献は, 引用順に本文末尾にまとめて, 下記の例にしたがって記す。雑誌略名は既刊を参照する。本文中引用の文献が複数の場合は, 引用箇所右肩に 8), 2, 3), 4-6), 5, 8, 12) のように記す。

#### 1) 雑誌

(洋雑誌) M. E. Davis and R. F. Lobo, *Chem. Mater.*, **4**, 756 (1992).

(和雑誌) 板橋慶治, 笠原泉司, 高石哲男, 日本化学会誌, 318 (1989).

#### 2) 図書

(洋図書) R. M. Barrer, *The Hydrothermal Chemistry of Zeolites*, Academic Press, London (1982).

(和図書) 小野嘉夫, 八嶋建明編, ゼオライトの科学と工学, p. 143, 講談社 (2000).

#### 3) 特許

(外国特許) R. M. Milton, Union Carbide Corporation, US Patent, 2882243 (1959).

(日本特許)\*\*\*, 特開平 18-\*\*\*\*\* (2006).

5. 図ないし表は, 1 ページに 1 つとする。
6. 英文要約には, 論文題目, 著者氏名, 所属, 要約 (200 words 程度), キーワードを英文で記載する。

### その他

1. 掲載が決定した場合, 別途事務局に電子ファイルを提出する。
2. 本誌に掲載された論文については, PDF ファイルを著者に贈呈する。
3. 出版に関わる費用のうち, カラーページ分は著者負担とする。

## ゼオライト誌掲載の記事 (解説・トピックス・ゼオゼオ)のcopyright移譲のお願い

ゼオライト学会

会長 馬場 俊秀

ゼオライト誌に執筆いただきました記事につきましては、Vol. 20／No. 4（2003年12月10日発行）より最新号まで著作権を著者の方から本会に譲渡していただいております。一方、Vol. 1／No. 1（1984年発行）からVol. 20／No. 3までの記事につきましては著作権の譲渡手続きが行われておりません。

現在、ゼオライト学会会員向けのサービスとして会員限定にて、本会ホームページより本誌掲載の記事を閲覧・入手いただけるサービスを行っております。会員限定とはいえ、情報公開が先んじておりまして、著者の皆様の著作権を移譲いただく手続きを行っておりませんでした。本来であれば、創刊号にさかのぼってそれぞれの著者の皆様に対して、著作権移譲の手続きを直接行うことが必要となりますが、記事数が多数であること、また連絡先が不明の著作権者も少なくないことから、上述の手続きを滞りなく進めることは困難であると判断いたしました。

そこで本会では、Vol. 1／No. 1から最新号までの記事の著作権について、理事会の承認も得て、次の手続きで処理することを提案させていただくこととなりました。

1. 本告示を通して、著作権のうちの「複製権」（著作権法第21条）および「公衆送信権」（同23条）の行使に限り、著者から本会に許諾いただくこととお認め頂く。
2. 第1項についてご承諾いただけない著作権者またはご遺族等相続に基づく著作権者（以下、あわせて著作権者）については、2013年3月31日までにその旨を、本会事務局あてに連絡いただく。
3. 著作権者より第1項をお認めいただけない旨の申し出があった記事については、情報公開の対象としない。
4. 著作権者より第1項をお認めいただけない旨の申し出のなかった著作物については、承諾いただけたものとする。

会員各位におかれましては、本件についての情報をすでにゼオライト学会会員（本会前身のゼオライト研究会会員）ではなくなっている方々にも広く伝えてくださいますようご協力をお願いいたします。

## ゼオライト学会法人会員名簿

(平成25年2月現在, 五十音順)

- |                          |                    |
|--------------------------|--------------------|
| 1. 旭化成ケミカルズ(株)           | 20. 千代田化工建設(株)     |
| 2. 出光興産(株)               | 21. 帝人(株)          |
| 3. イビデン(株)               | 22. 東京ガス(株)        |
| 4. (株)インパクト              | 23. 東ソー(株)         |
| 5. 宇部興産(株)               | 24. (株)豊田中央研究所     |
| 6. (株)エア・ウォーター総合開発研究所    | 25. 日揮(株)          |
| 7. エヌ・イー ケムキャット(株)       | 26. 日揮触媒化成(株)      |
| 8. 花王(株)素材開発研究所          | 27. 日揮ユニバーサル(株)研究所 |
| 9. クラリアント触媒(株)           | 28. 日本ガイシ(株)       |
| 10. コスモ石油(株)中央研究所        | 29. 日本ケッチェン(株)     |
| 11. JFEスチール(株)           | 30. 日本ベル(株)        |
| 12. JX日鉱日石エネルギー(株)研究開発本部 | 31. 日立造船(株)        |
| 13. (株)島津製作所             | 32. 富士化学(株)        |
| 14. 昭和電気(株)研究開発センター      | 33. 水澤化学工業(株)      |
| 15. 新東北化学工業(株)           | 34. 三井化学(株)        |
| 16. スペクトリス(株)マルバーン事業部    | 35. 三菱化学(株)        |
| 17. 住友化学(株)              | 36. 三菱レイヨン(株)      |
| 18. 太陽化学(株)              | 37. ユニオン昭和(株)      |
| 19. 太陽日酸(株)              |                    |

### 表紙裏写真の説明

新規結晶構造を持つストロンチウム含有シリケート物質AES-18(左)とAES-19(右)のSEM像

(写真提供: 北九州市立大学 山本勝俊, 産業技術総合研究所 池田卓史)

前駆体合成にメカノケミカル反応を適用することにより, これまでにないシリケート物質を合成した。ストロンチウムはAES-18では7配位種, AES-19では6配位種として, シリケートレイヤーを架橋するかたちで存在している。それぞれの結晶構造についてはp. 16参照。



## 編集後記

本号, Vol. 30/No. 1は, ゼオライト学会30周年ということで, 特別寄稿が4件組まれております。振り返ると, 10周年(1993年, Vol. 10/No. 1), 20周年(2003年, Vol. 20/Nos. 1-4)と節目の年には同様な記念企画が組まれています。その号を読み返すと, ゼオライト学会やゼオライト研究の流れを知ることが出来ます。一読することをお奨めします。冊子表紙デザインについて振り返ると, Vol. 10から一新され, 現在まで利用されています。表紙デザインを変えようという声も出ており, 個人的には慣れ親しんだためか変更しなくてもよいと思っている半分, 次はどのようなデザインになるのか楽しみという自分があります。また, 冊子の大きさも時代の流れでB5版からA4版に変更することも編集委員会で検討されました。カバンに入れて持つにはちょうどよくかつ, 読みやすい大きさということで, 初号から変わらない大きさが維持されています。しかし, いつの間にか冊子体がなくなり, 電子媒体しか残らないことになっているかもしれません。

最後に, 規則性多孔体はゼオライトから始まり, メソポーラス物質, 最近では多孔性配位高分子(PCP, MOF)と広がっており, また10年先にはどのような発展があるのか楽しみです。また, 私も含めて若い世代がその一端を担えるように頑張る必要があるでしょう。(Y. O)

## ゼオライト／ZEORAITO (Zeolite) 編集委員

## 委員長

松本明彦 (豊橋技科大)

## Editor-in-Chief

Akihiko Matsumoto (*Toyohashi University of Technology, Toyohashi*)

## 幹事

西 宏二 (防衛大)

## Managing Editor

Koji Nishi (*National Defense Academy, Yokosuka*)

阿部川弘明 (住友化学)

Hiroaki Abekawa (*Sumitomo Chemical Co., Ltd., Osaka*)

稲垣怜史 (横浜国大)

Satoshi Inagaki (*Yokohama National University, Yokohama*)

牛尾 賢 (日揮触媒化成)

Masaru Ushio (*JGC Catal. Chem. Ltd., Kawasaki*)

遠藤 明 (産総研)

Akira Endo (*AIST, Tsukuba*)

近江靖則 (岐阜大)

Yasunori Oumi (*Gifu University, Gifu*)

小川 宏 (東ソー)

Hiroshi Ogawa (*TOSOH Corp., Shunan*)

里川重夫 (成蹊大)

Shigeo Satokawa (*Seikei University, Musashino*)

杉田修一 (ユニオン昭和)

Shuichi Sugita (*UNION SHOWA K. K., Tokyo*)

富田俊弘 (日本ガイシ)

Toshihiro Tomita (*NGK Insulators, Ltd., Nagoya*)

西山憲和 (大阪大)

Norikazu Nishiyama (*Osaka University, Toyonaka*)

宮治孝行 (エヌ・イー ケムキャット)

Takayuki Miyaji (*N. E. CHEMCAT Corp., Numazu*)

望月 大 (東京工大)

Dai Mochizuki (*Tokyo Institute of Technology, Tokyo*)

山崎淳司 (早稲田大)

Atsushi Yamazaki (*Waseda University, Tokyo*)

涌井顕一 (触媒技術研究組合)

Kenichi Wakui (*REACT, Tokyo*)

## 広告掲載募集

ゼオライト学会広報委員会

本誌「ゼオライト」および本学会ホームページバナーへの有料広告の掲載を行っています。この広告掲載については随時募集を受け付けています。本誌は、ゼオライトやメソ多孔物質をキーワードとして、構造や物性などの基礎研究から触媒などの応用研究まで多くの研究分野にまたがって存在する本会会員を繋ぐ唯一の媒体です。企業の商品のPR等に、ぜひご検討ください。希望される方は下記までお問い合わせください。

《問い合わせ先》

ゼオライト学会事務局

〒101-0032 東京都千代田区岩本町1-6-7 宮沢ビル601

Tel. 03-5821-7120 Fax. 03-5821-7439

E-mail [sec@zeo-japan.com](mailto:sec@zeo-japan.com)