



## よみがえるか 播磨のローカル線

グラビア

乗って残そう!

播磨のローカル線



減便・廃線問題に揺れるローカル線の再生を真剣に考える  
近江鉄道線の取組を参考として 土井 勉 9

播磨のローカル線 その歴史とこれから 道谷 卓 14

鍛冶屋線をなくした町からの言伝 小嶋 明 19

播磨のローカル線の鉄道遺産を楽しむ 鈴木敬二 23

JRローカル線の維持・

利用促進に向けて 吉栖雅人、青田 亮 27

播磨のローカル線ってヴェンテージ!?

趣ある鉄道車両たち 長沼隆之 31

ローカル線に乗って

姫新線 列車に乗って、城と会う旅 36

播但線「国境」を越え、生野と竹田を訪ねる 42

加古川線 清流加古川とともに二〇年 47

北条鉄道 話題の「キハ40形」に会い、鶴野飛行場跡の戦争遺跡巡り 52

神戸電鉄 歴史やアートに触れ、ワインやコーヒーを楽しむ満喫路線 57

智頭急行智頭線 急行と普通列車を乗り継いで「なんか、ええ旅」 63

スケッチ探訪

栗生駅 JR加古川線

(北条鉄道、神戸電鉄) 伊藤太一 68



播磨史新評伝

黄金の革命児―赤松円心と「太平記」(10) 中元孝迪 70

BANCU L I N T E R V I E W

ガレリアアーツ&ティー店主

龍野アートプロジェクト事務局 井上美佳さん 76

光の国から 76

ゼオライト、その抗菌性の謎に迫る

理由は、銀の特異な電子状態に 武藤邦生 80

播磨人物伝

松岡五兄弟(7) 七男・松岡静雄 井上 舞 84

サハナナの夜は更けて

その10 希望の塔 尾崎美紀 88

こんなんで勘弁してください 76

生きてる限り 鄭 義信 90

はりま風物詩〜「季節の歴史 余話」

ちよーさ! 秋空突く、やったい。 小坂通泰 93

文化ガイド 兵庫県立考古博物館

秋季特別展 駅家発掘!

播磨から見た古代日本の交通史 94

ひめじ文化掲示板 24

姫路城「世界遺産」30年

西国押さえの軍事要塞から、市民の城に 96

首長インタビュー

姫路市長 清元秀泰さん 98

バックナンバーの紹介 100

はりま昭和レトロ散歩

JR加古川駅南側(加古川市) 101

BANCU L P L A Z A 104

はりまの妖怪に

何かようかい?(7) 井上ミノル 105

はりま昆虫フォークロア

ギンヤンマ 相坂耕作 110



# 光の国から

播磨科学公園都市・研究最前線 ⑦⑥

◎武藤邦生

## ゼオライト、その抗菌性の謎に迫る 理由は、銀の特異な電子状態に

### 安くて多用途な鉱物

ゼオライトという鉱物がある。  
ホームセンターの園芸コーナーを  
のぞけば大きな袋が積まれているこ  
とがあるし、インターネットでも簡  
単に手に入る。二十<sup>キ</sup>で三千円ほど  
と値段も安い。暮らしに身近な鉱物  
といえるだろう。

用途は多岐にわたる。たとえば土  
壌改良。土に混ぜることで、肥料を  
保持する力を高め、根腐れを防ぐこ  
とができる。優れた吸湿性能も持つ  
ており、猫の砂として用いれば、お  
しっこを効果的に吸収できる。  
放射性元素の吸着という役割もあ  
る。福島第一原発事故によって排出  
された、高濃度の放射性物質を含む  
汚染水から、セシウムを取り除くの

に使われているのも、このゼオライ  
トなのだ。  
歴史的にみれば、発見されたのは  
十八世紀なかば、一七五六年のこと  
スウェーデンの鉱物学者がアイスラ  
ンドで見つけたとされる。二十世紀  
に入ると、化学合成によって人工的  
に製造する方法が確立された。ただ、  
こうしたゼオライトの働きはそれよ  
りずっと昔から知られていて、二〇

〇〇年前の古代マヤ文明の遺跡から  
も、水の浄化に用いられていた痕跡  
が見つかっているという。  
そして現代、用途の幅はさらに広  
がっている。  
ゼオライトは、ナトリウムやアル  
ミニウム、ケイ素、酸素といったあ  
りふれた元素でできた物質である。  
このナトリウムを別の元素に置き換  
えることで、新たな性質を生み出す

ことができる。

たとえば、ナトリウムを銀に置き換えると、ゼオライトは抗菌作用を手に入れる。バクテリアを死滅させるのだ。その置換は難しいことではなくて、ゼオライトを硝酸銀の水溶液の中につけておくだけでいい。もともと値段の安いものを、手間のからぬ方法でつくるのだから、抗菌剤としてのゼオライトはコストが低い。特に途上国においては、感染症抑制に大きな力を発揮しているという。

また、ナトリウムを鉄や銅に置き換えることで、排気ガスを無害化するなど触媒としての働きを持たせることができる。

ゼオライトの生産量は、全世界で年間二百万吨を超えるという。いまや人類の暮らしは、ゼオライト抜きにしては成り立たないといえるのだ。

### 実は「複雑怪奇」

このように多くの働きを持つのに

は、ゼオライトの構造的な特徴に理由がある。それは「穴」があいていることだ。

ゼオライトには数ナノ（百万分の数<sup>ナノメートル</sup>）という、ミクロな穴が無数に存在する。そこに原子や分子を取り込むことができる。穴の大きさ、合成によって操ることができ、狙った原子、分子だけをとらえることもできる。

有用な物質であるので応用面での研究や製品化が進んでいる半面、科学的な性質はわからないところが多いという。銀を含むゼオライトがなぜバクテリアを死滅させるのか、その仕組みもわかっていない。

解明が難しい理由の一つとして、構造が非常に複雑なことが挙げられる。ゼオライトは六百から千数百個の原子で構成されている。たとえば純粋な塩は、塩素とナトリウムという二つの原子だけからできていて、その構造を知るのはたやすい。けれども六百以上ともなると、原子がどのように並んでいるのか、それを特

定することは困難を極めるのだ。

「四十年前近く前にもゼオライトの研究をしたことがありますが、新しい観察方法や分析手法が現れるたびに、ゼオライトの構造は変化しました。いわば複雑怪奇な鉱物だったのです」と熊本大学産業ナノマテリアル研究所特任教授の細川伸也さんは、苦笑いしながら話す。ようするに、よくわかっていなかったのだ。

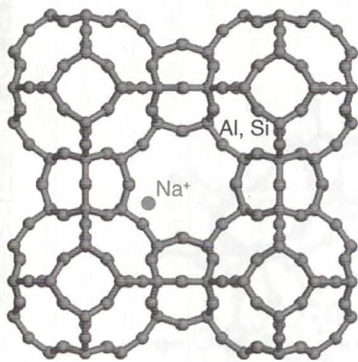
もう一つ、ゼオライトが電気を通さない絶縁体であることも理由という。物質の性質を把握する上で、構

成する原子がどのように結合しているかは重要な情報だが、絶縁体ではその手がかりとなる電子の状態を観察するのが難しい。

構造が明らかとなり、働きの仕組みが明らかとなれば、現在使われているゼオライトより、機能を高めることもできるはずだ。そのために細川さんたちが選んだのが、放射光の利用だった。

### 放射光とシミュレーション

図1  
ゼオライトの構造の概略  
(図版は細川伸也さん提供)



複雑なゼオライトの構造を知るには、エネルギーの高いエックス線がいる。その点、スプリング8の放射光は、世界最高レベルのエネルギーを誇る。結果は期待通りで、多数の原子からなるゼオライトの構造が明らかとなった(図一)。

もう一つの電子状態はどうか。こちら放射光

を用いて観察を試みた。発光分光という「絶縁体の電子状態を観察する唯一の方法」(細川さん)を採用。同じ放射光施設である茨城県つくば市の「フオトンファクトリー」による実験で、これまでわからなかった電子状態の観察にも成功したのだ。

その一方で、グループは理論をもとにしたコンピュータシミュレーションにも挑んだ。するとゼオライトの構造も、電子の状態も、シミュレーション結果と実験結果が見事に一致した。つまり理論計算が実際のゼオライトを、正しく再現していた。理論と実験、その両方から攻めることで、難攻不落なゼオライトを追い詰めるというわけだ。

さて、ゼオライトに抗菌性を持たせるには、構成元素のナトリウムの一部を銀に置き換えることが必要だった。グループは原子を置換したゼオライトの、ナトリウムと銀の様子をシミュレーションで予測した。

ゼオライトは、ケイ素やアルミニウム、酸素が結合し、構造を形づく

っている。それに対して、ナトリウムや銀はこれらの原子と結合をしているのではなく、それらから少し離れた位置に存在していた。ゼオライトはいくつものナノサイズの穴が空いているが、その穴に浮かぶように存在していることが明らかとなった(図2)。

さて、ゼオライトの構造や原子の結合状態は明らかとなったが、話はこちらで終わらない。銀のふるまいについて、興味深いことが示された。シミュレーションによると、銀の電荷が「0・五価」だったのだ(図3)。

電荷とは、原子が持っている電気の量を表す数字である。たとえば食塩水を考えると、そこには一価のナトリウムイオンと一価の塩化物イオンが存在している。

銀でいえば、金属としての銀はゼロ価で、酸化物中では一価である。ふつう、価数は一、二、三と数えられるものなのだ。にもかかわらず、ゼオライト中では0・五価。「電子が、中途半端」に存在している状態

ともいましょうか… 非常に特異な状態です」と細川さんは話す。

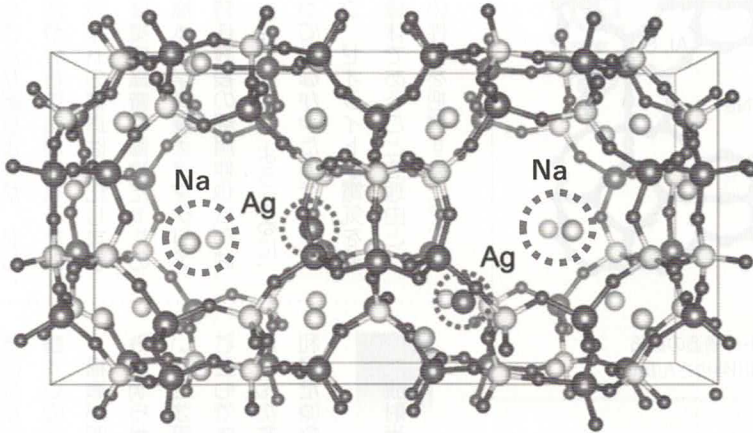


図2 シミュレーションによって得られたゼオライトの原子の結合状態。ナトリウム (Na) が穴の中に浮かんでいることがわかる。銀 (Ag) はほかの原子と近くにあるように見えるが、実は横から眺めると大きく離れている。(細川さん提供の図版を一部改変)

### 不安定な電子

こうした価数が中途半端な原子を、フリーラジカルという。その代表的

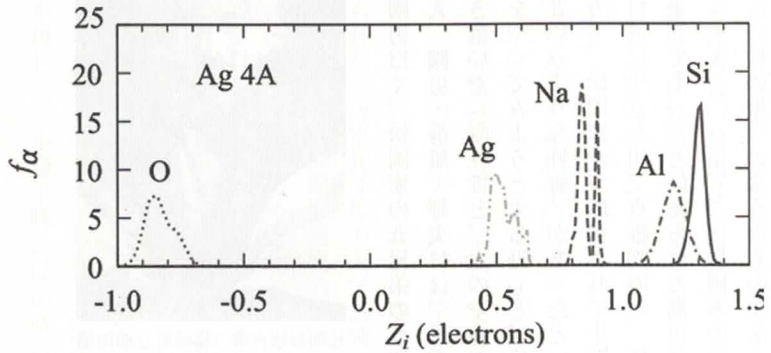


図3 シミュレーションによって得られた原子の価数。銀 (Ag) の価数は 0.5 価となっている。

なものに活性酸素がある。活性酸素は、体内で過剰に産生されると、細胞を傷つけ、がんや心臓病、生活習慣病など多くの病気の原因になる。老化も引き起こす。

フリーラジカルの特徴として、反応性が極めて高いことがあげられる。〇・五価などという電荷の状態は、電子にとつてすわりが悪い。非常に不安定で、なんとか安定した状態になろうとする。安定するためにどうするか。相手から、足りない電子を奪うのだ。

銀を含むゼオライトは、バクテリアから電子を奪う。言葉をかえるとバクテリアを酸化させる。酸化とはすなわち、燃やすこと。バクテリアをやけどさせることで、ゼオライトは抗菌性を発揮するのだ。「これまで明らかになっていなかった抗菌性を発揮するメカニズムが解明されました」と細川さんは話す。

ただ、大きな課題も残っているといる。それはやはり、ゼオライトが巨大であることに由来する。

ゼオライトは六百以上の原子からなる物質だった。こんな大きなものを、一般的なコンピュータでシミュレーションするのは不可能だ。そのため今回は、原子を四分の一の百

五十個に端折って計算することにし、結果を導いた。

「四分の一であっても、ナトリウムの場合などはおおむね正しい結果が得られたと考えられます」と細川さんは話す。一方で電子の状態は、わずかの違いで大きく異なるという。「六百個の原子すべてを含めて計算すれば、〇・五価だった銀の価数も、別の値となる可能性があります」と指摘する。

では、そんなシミュレーションができるのか。できる。「富岳」を使うのだ。神戸市にある日本最速のスーパーコンピュータを駆使すれば、六百個の原子を丸ごと計算できるという。

さらには触媒としてのゼオライトにも視線を向ける。「銀のかわりに鉄や銅を含んだゼオライトの構造、電子状態がどうなっているか、解明を目指しています」

ゼオライトの用途は、今後さらに広がるかもしれない。

(神戸新聞記者)