

講演－3

「塩のなかで結晶を育てる ～フラックス法による結晶材料イノベーション
:信大クリスタル～」

講演者: 手嶋 勝弥 信州大学 卓越教授

座長: 滝山 博志 東京農工大学大学院 教授

《質疑応答》

●質問1

【質問者】

大変貴重なご講演ありがとうございました。途中のカチオン交換体のところで、ミネラル分を残したまま重金属だけを選択的に除去できるというところで、大変興味深くお話を聞かせていただきました。これはもしかしてこの今回のカチオン交換体を海水だとか、例えば濃縮かん水のようにもっと濃いところで、その中での重金属の除去などにも使えるのかなと思いました。ただ、そのときにナトリウムイオンや塩化物イオンなどの塩濃度が非常に濃くなるので、その辺がもしかしたら除去性能に悪影響を与えることもあるのではないかという点が気になったのですけれども、その点に関して知見があれば教えていただければと思います。

【手嶋】

ありがとうございます。今、資源回収について新しく研究をスタートさせています。実際に海水濃度程度ではNaClは悪さをしないということは分かっています。われわれの材料というのは、いったん重金属イオンを捕まえた後、高濃度食塩水で洗うとリサイクルできます。これはイオン交換樹脂と同じような考え方で、ナトリウムイオンともう1回置き換えることができるためです。ただ、海水濃度程度であればその影響はないということまでわかっています。

現在、希少金属イオンを海水などから選択的に取ることをスタートさせています。アフリカで使っているときも、通常イオン交換樹脂だと長期間は活用できないと考えています。なぜかというと、通常の水中にはおっしゃるとおり、カルシウム、ナトリウム、マグネシウムのようなミネラル成分がたくさん入っており、そちらを取ってしまうと、それで容量を満たしてしまい、重金属の鉛イオンであったり、カドミウムイオンであったり、除去したくてもできなくなります。われわれがアフリカに持っていった結晶材料は150 kgぐらいで、1日3000Lの水を作って、10～15年間ぐらいは使用できるのではないかと考えた設計でした。ただし、フッ化物イオン濃度はかなり濃度が高

いため、10年や20年も持たず、1カ月単位、2カ月単位でリフレッシュしなければならない計算でした。基本イオン交換体のため、塩化物イオンと置き換えればいいと考えて進めていました。

そういう意味ではおっしゃるとおり資源回収というところで、これがうまく使えるのではないかと
いうアクションを今始めています。今日はデータをお見せできないのですが、そこは重要なポイントだと思っています。

【質問者】

ありがとうございます。

●質問2

【滝山】

他にいかがでしょうか。先生、途中でレシピという話が出てきて、レシピの中に冷却速度が入っていたのですけれども、フラックス法の中では、そこもレシピとしては大事なポイントになってくるのですか。

【手嶋】

非常に重要です。というのは、シリコンの単結晶を作るときには、加熱して融液を作って冷やすときの冷却速度がとても重要です。われわれのフラックス法では、溶液の中から結晶核を作って、先ほど来、二人の先生方が発表されているように、結晶核を作って成長させて、実際にものになります。そのときにどのぐらいのサイズにしたい、どういう形にしたいということを、コントロールするときの冷却速度が、実はとても重要で、加熱の速度も重要ですし、保持する温度も重要ですし、冷却する速度も重要になります。全て用途に応じて最適化してあげることが非常に重要になってきます。

【滝山】

そうすると最後に出てきた先生がロボティクスを使ったところも、何かそのあたりを自動的にやる
といい塩梅の結晶が見つかるというイメージなのでしょうか。

【手嶋】

そうですね。今日は全然話せなかったのですが、ロボティクスと一緒にアプリを作っています。データ駆動のアプリを作っていて、先代の先生から私がラボを引き継いで、現在10万点ほどの生データを持っています。それを使って仮想実験空間を作っています。データ駆動型の実験空間です。皆さん多分想像できないと思うのですが、億を超えて兆の世界の実験空間ができます。人間では決して実験できない環境をデータ駆動型実験という世界では作り上げ

ています。仮想空間を作っています。その仮想空間の中から最適なレシピを選ぶことを今始めています。X線回折で同定するXRDパターンやSEM画像などは、測定しなくても自動で描ける世界が出来上がり始めています。AIによって、全く研究の世界は変わってきている環境です。最適化などもとても楽になっています。

【滝山】

なるほど、ありがとうございます。

会場の方からいかがでしょうか。どうぞ。

●質問3

【質問者】

本当に大変興味深いお話ありがとうございます。すごく細かいところかもしれないのですが、唯一見せていただいた数値が載っていたレシピのところ、小数第3位ぐらいまでお示しされていたと思うのですが、あれは小数第3位が変わるぐらいでも、出てくるものの組成は変わってしまうものなのですか。

【手嶋】

ありがとうございます。非常に重要なポイントで、その領域が変わるものと変わらないものがあります。例えば、アパタイトを作るときには、非常に大きな差があったので、お見せしました。ただし、ロボティクスで実施すると多少の遊びが出てきます。それはやはり重要なポイントですね。目的物質ができる・できないということはないのですが、副生成物などに影響がでます。

【質問者】

変わるとしたら、AIを使って複数通りやるというのはすごくいいなと思いました。

【手嶋】

そうですね。今はAIを使って、その仮想実験空間の中で選んだ実験条件でXRDを描き、副産物があるか・ないかなどを確認することを始めています。われわれの学生は、物質化学科という化学系の学科に所属していますが、配属後、4年生で最初に学ぶのはPythonです。Pythonで実験計画法を実行します。しかし、最近ではPythonを使えなくても機械学習できるぐらいChatGPTが発達しています。専門知識がなくても、最適化や実験条件はつくることができます。良いのか悪いのか分かりませんが、ここまで進んでいるということは事実だと思います。

【質問者】

ありがとうございます。

●質問4

【滝山】

他にいかがでしょうか。先生はレマンダ村でかなりアグレッシブな活動をされていると思うのですが、最初に出てくる原水自体は地下水から、自分たちで井戸を掘っているという状況ですか。

【手嶋】

あれは山から湧き出てくる水です。レマンダ村のある1カ所に非常に小さいのですが、池みたいな状態で水が湧き出ている地域があって、そこから4カ所に配管を引いています。これは、タンザニア政府が実施しています。そのうちの1カ所で、われわれは実証してきました。この地の水は安全に飲用できるとはいいいがたい水です。多量のフッ化物イオンを含んでいるからです。そのため、このような水環境を何とかしようというアクションをしています。

【滝山】

ありがとうございます。他にいかがですか。多分まだまだお聞きしたいことはたくさんあるかもしれませんが、ちょうど時間となりましたので、手嶋先生、本当に今日はありがとうございました。