

ソルト・サイエンス・シンポジウム 2023 「海水資源の利用・その歴史そして未来」 開催について

去る10月13日(金)に、KKRホテル東京(東京都千代田区)11階白鳥の間において、「ソルト・サイエンス・シンポジウム2023」を開催するとともにzoomウェビナーで配信しました。

当財団では2003年(平成15年)から、塩に関する科学的な情報を提供する本シンポジウムを毎年開催しており、今年「海水資源の利用・その歴史そして未来」をテーマに、第一線でご活躍の3名の先生方にご講演いただきました。

当日は、塩事業関係者、一般企業・大学関係者、一般の方々など、オンラインを含めると約110名が参加しました。冒頭挨拶にて、当財団の川北力理事長が財団の事業概要とこれまでのシンポジウムの実施内容と今回の講演3題についての紹介があり、その後講演に移りました。



ソルト・サイエンス・シンポジウム 2023 テーマ



川北力理事長挨拶

各講演に対しては様々な質問があり、改めて今回の講演に対する関心の高さが伺えました。

各講演の概要はと講演後に取り交わされた質疑応答は以下の通りです。なお、本シンポジウムの講演要旨を当Webサイトのシンポジウムのページで公開しております。ご参考となさってください。

講演－1

塩を中心とした海水利用の歴史

党 弘之

日本塩工業会 技術部長

座長：滝山 博志

東京農工大学大学院
教授



党 弘之 先生

概要

人類が、海水を利用してきた歴史を、塩を中心に
ご講演いただきました。塩は生命の維持や食料の保
存に必要な物質であり、人類は様々な方法で採取し

てきました。19世紀以降、塩はソーダ工業の原料と
して重要な役割を果たし、化学薬品の製造にも利用
されてきました。講演では、海水と塩を分けて紹介
していただき、その利用用途や将来性について最新
のデータを交えて分かりやすく紹介いただきました。

質疑応答



滝山博志 先生

【滝山】党さん、どうもありがとうございました。海水と塩を
分けてご紹介していただき、その利用用途や将来性につ
いて最新のデータを交えてご講演頂きました。

それでは質疑応答に移りたいと思います。まずオンラ
インから一つ質問があります。代読します。「塩加工にお
いてフランスが盛んな理由は何でしょうか？」この質問は
おそらく途中で出てきたフランスがソーダ工業における
塩消費量が多いデータに関するものだと思います。

【党】その時代はヨーロッパではフランスが大国でしたし、
化学分野でも研究者や開発者が多く活躍していました。
そのため塩を使ったさまざまな産業が存在していたのだ
と思います。

現在の状況は詳しくは分かりませんが、当時の資料によ
ると、ドイツやフランスやイギリスなど、ソーダ工業が発展
した時期には化学の分野でさまざまな技術が進歩したと
記されています。

【滝山】どうもありがとうございました。オンラインでご質問
頂いた方、ご納得いただけましたでしょうか？それでは
会場からの質問をお願いします。

【質問者】貴重な講演をありがとうございました。最後に

融氷雪用の塩の使用についてお話しくさりましたが、一つ伺いたいことがあります。近年温暖化で雪が減っているというイメージがありますが、グラフで見せていただいた融氷用塩の消費量は季節によって変動はありますが、全体的に右肩上がりに増加しているように見えました。この傾向の背景には何か理由があるのでしょうか？

【党】その点については私も詳しくは知りませんが、聞いた話では豪雪が増えているということです。気候変動の影響で雪が降る時は非常に多く降るということで、その時に急遽塩を納入してほしいという依頼があるそうです。平均的には雪が減っているかもしれませんが、局地的には雪が多くなっているということなのだと思います。その結果、融氷用塩の消費量も増えているのではないのでしょうか。

【質問者】なるほど、ありがとうございました。

【滝山】はい、それでは次の質問をお願いします。

【質問者】初歩的な質問で恐縮ですが、最後の部分で今後の海水・塩の新たな用途や発展の可能性についてお話しくさりましたが、環境や資源、ナトリウムや塩素などに関して、具体的にどのようなことが期待されているのでしょうか？もし可能でしたら、実現性や重要性の度合いを示していただけると助かります。

【党】途中でご紹介した溶存資源や海底資源、エネルギーなどはまだ検討段階のものです。また、このあとの講演ではナトリウムやマグネシウムなどの金属元素を海水から回収する研究発表もあります。これらの分野はまだ発展途上ですが、私の講演でもそれらについて少し触れさせていただきました。

【質問者】ご回答ありがとうございました。

【滝山】他に質問はありませんか？皆さんが考えている間に、私から一つ質問させてください。医薬用の塩の消費量についてですが、私は医薬品の結晶に関する研究をしています。人工透析に使われるような物質は消費量が右肩上がりに増えていると聞きましたが、医薬用の塩は普段の食塩とは違う製法や成分を持っているのでしょうか？例えば特定のイオンを除去したり、添加したりする必要があったり、特別な性質を持たせるために工夫するとか、そういうことがあるのでしょうか？

【党】食用の塩は消化器を通過しますから、その消化管の中で吸収されたり排出されたりします。しかし、医療用

の塩は、血管やその他の部位に直接注入されることがあります。そのため、医療用の塩は、日本薬局方という基準に従って製造されなければなりません。薬局方では、製造場所の清潔さや取り扱い方法、製造方法、成分分析などが食用よりも厳しく規定されています。

【滝山】人工透析を受けている患者数はここ最近増加しているという話を聞きました。そのことが医薬用の需要の伸びにシンクロしているように思いました。

【党】多分、そうだと思います。

【滝山】はい。その他いかがでしょうか？ご質問をお願いします。

【質問者】よろしく申し上げます。途中で淡水化の話がありましたね。水の生産能力について教えてください。現在、水は非常に重要な資源で、今後もさらに重要なファクターになっていくと思います。生産能力が今上回っているということは、淡水化プラントが過剰な状態なののでしょうか？生産量は能力に対してどのぐらいの割合になっているのでしょうか？

【党】私も詳細には知りませんが、まず生産設備をきちんと整備する必要があります。また、この数値は累計値なので、古くて使えなくなったものも含まれています。実際には動かないものもあると思います。それからもう一つは需要が無いときは淡水化を行う意味がありません。需要があって初めて淡水化プラントが稼働します。それともう一つはメンテナンスもかなり大変です。海水を原料にして膜で淡水を作るプロセスは非常に複雑であるため、稼働率が低い可能性があります。このような理由から、生産能力を示す統計値は実際の生産量を反映していないかもしれません。正確に把握することは難しいでしょう。

【質問者】有難うございました。

【滝山】他に質問はありませんか？世界では岩塩から塩を作る国もありますが、日本では蒸発法で海水から塩を作っています。日本の製塩技術は高度であると思いますが、世界に向けて技術提供されているという話は聞きません。日本の製塩技術は世界に向けてどのように展開しているのでしょうか？

【党】私はその分野に詳しくありませんが、淡水化の話聞いたときに興味深いことがありました。淡水化を行うと、副生成物として濃縮海水ができます。この濃縮海水をそのまま海に戻すことは環境に悪影響を与える可能性が

あります。しかし、この濃縮海水から塩を作ることができれば、水も塩も同時に生産できるということになります。このようなコンビナートプラントの開発や利用が検討されていると聞きました。ただし、需要とコストのバランスが難しいので、実現するかどうかはわかりません。将来、廃水

の規制が厳しくなれば、この技術が有効になる可能性もあります。

【滝山】わかりました。終了の時間になりました。党様、今日はご講演ありがとうございました。もう一度拍手をお願いします。

講演－2

ナトリウムイオン電池の現状と可能性

山田 淳夫

東京大学大学院 教授

座長：斎藤 恭一

千葉大学名誉教授



山田淳夫 先生

概要

ナトリウムイオン電池は、リチウムイオン電池の駆動原理をそのままに、電気の運び手をナトリウムイオンに置換した電池であり、ナトリウムは地殻中に豊富に存在することから、低コスト・省希少資源

の電池として期待されています。ナトリウムイオン電池の実用化に向けての課題は、高性能・安定性・安全性・耐久性を兼ね備えた極材料の開発や製造技術の改善であることを、実験データを交えて分かりやすく紹介いただきました。

質疑応答



斎藤恭一 先生

【斎藤】先生、ありがとうございました。とても興味深くお聴きました。

それでは、まず、私から一つ、化学工学の視点からリサ

イクルについてお聞きします。今日はその話題には触れられませんでした。EV車が中国で廃棄・放置されているという話があります。先生のリチウム電池ではコバルトやニッケルが必要ではなく、リチウム、リン、鉄となり、リサイクルの需要が減るように思います。それでもリンは肥料にもなるので、無駄にするわけにはいかずリサイクルはされると思いますが、ナトリウム電池になるとナトリウム、鉄、硫黄だけなので、もっと捨てやすくなってしまいます。リサイクルの観点からナトリウム電池を先生はどうお考えですか？中国の状況も踏まえてお願いします。

【山田】ありがとうございます。リサイクルに関する議論は、今日は問題を単純化するために省略しましたが、元素戦略を進める一方で、リサイクルを経済的に成り立たせることも大切だと思います。リサイクルにはいろんなレベルがありまして、単体元素まで戻す高度なリサイクルから、電池の材料として再利用する低度なリサイクルと色々な方法があります。各元素の価値や需要などによって

最適解が変わり、経済性はもちろん大前提ですが、それぞれの材料に対してどのレベルのリサイクルが適切なのかを多角的に考えていく必要があると思います。地域によっても戦略は異なり、中国のように規制が緩いところと日本のように規制が厳しいところではコストも変わってくるでしょうから、システム全体を考慮した最適解を探していくべきだと考えます。

【斎藤】ケミカルリサイクルもあり、リサイクル分野は分類されているので、今後、その中で考えていくことだと思います。ありがとうございました。

【質問者】塩の業界から質問させていただきたいのですが、ナトリウム電池に使うナトリウムはどういうものを供給すればよいのでしょうか。

【山田】私も十分に把握しているわけではないのですが、ナトリウムあるいはリチウムが含まれるべきなのは、プラス側のセラミック材料になります。ですから、基本的にはセラミックスプロセスで最終的には高温で焼成することで酸化物か酸素酸塩の化合物にします。ですから、苛性ソーダの形は当然ありえるでしょうし、リチウムの場合は炭酸リチウムが標準ですから、同様に炭酸ナトリウムも使われるでしょう。海水利用となりますと NaCl を原料にして、溶液プロセスで析出させるプロセス開発も必要かと思えます。様々なオプションがあるのではないかと思います。また本格的に上市してないので、可能性を見ながら選ばれていくことになります。リチウムの場合は水酸化リチウムと炭酸リチウムが標準だと思います。

【質問者】リチウム電池の例で構わないのですが、リチウムの要求として、例えば炭酸リチウムの純度はどのぐらいでしょうか？

【山田】不純物の種類にもよりますが、電池の中で不純物が析出すると内部短絡につながるため、安全性が問題になります。半導体業界ほど純度が絶対に必要とされないことは確かなのですが、金属不純物の核成長につながるようなものが含まれていると大問題になります。私は生産ラインの人間ではないので、具体的には申し上げられないのですが、純度を上げると一気に生産コストも上がってくるので、どこかで折り合いをつけるべきかと思えます。

【質問者】ありがとうございました。

【斎藤】それではオンラインからご質問あります。

『研究者や技術者と一般消費者の考え方は乖離しているように思われます。再生エネルギー社会実現に向けて、今回ご紹介いただいた山田先生の技術を一般消費者に納得させるのには何が必要だと思いますか？』

【山田】難しい問題ですが、一言で言うと「マスコミの良識」しかないと思います。最近では、インターネットで情報拡散してクリック数を多くすると儲けが出るとか、見出しに心躍るようなキーワードを入れると、部数が上がって記者の給料が上がるといった実情があります。我々学者が科学的真実に則って発信するのは、学術論文とか、こういったところでの講演になりますが、圧倒的な量の情報を提示するマスメディアからは、失礼ですけど、質の低い発信ばかりが多くなされます。質の低い記事に対して、情報リテラシーのある人は適切に判断しますが、一般の方の多くは専門知識がなく、その低いリテラシーを利用して利権につなげようとする発信者が多すぎます。この問題に関しては、情報発信側のクオリティと倫理観が問われており、国の品格や実力を映し出す鏡であると思っています。私も困っているところで、電話で取材を受けての一言に対して、記者に都合の良い大量の尾ひれ背びれがついて拡散することもあります。日本は成熟した国家なので、メディアの暴走に対して社会がきちんとブレーキをかけるべきじゃないかなと思います。

【質問者】リチウムイオンも実用化のために、“イオンの入れ物になり得る材料”に関する技術が開発されてきましたが、ナトリウムイオンも同じように電流密度は別として、同じような道を辿るかなと思うのですが、そこに対してリチウムイオンよりもナトリウムイオンには難しい点があるのでしょうか？

【山田】イオン半径が大きくて重量も重くなることとマイナス極側の反応電位が高いことからエネルギー密度では原理的に低くなるという問題点は避けることができません。この点を認めた上で、ナトリウムイオン半径の大きいことは逆手にとって利用していくことができます。リチウム電池では、リチウムと遷移金属のイオン半径が近いのでいい材料が作りにくいところがあります。リチウムと遷移金属が規則正しく並ばないといけないからです。ナトリウムイオンは大きいので、ナトリウムと金属は規則正しく並びやすくなるため、候補材料の数としてはナトリウム電池の方が多くあります。その中で「尖がった材料」があれば、

かなりリチウム電池に肉薄する可能性もあります。ただ、世界中で十年以上研究されてきましたが、なかなか難しいというのが現状です。

もう一つの利点は、反応速度の早さです。ナトリウムイオンは半径が大きくて、表面電荷密度が低いので、周りとの相互作用が小さくて早く動きやすいからです。そのため、急速充電時などパワーを出す場合にはナトリウムの方が有利です。昨年、中国の CATL という世界最大の電池会社が実用化を発表したナトリウム電池では、リチウム電池とナトリウム電池のハイブリッドで「良いとこどり」をしています。たくさん溜めることはリチウム電池で、パワーを出すのはナトリウム電池でやる、また、低温で動かすときにナトリウム電池でやる仕組みになっています。

このような独自戦略で上市まで見据えている挑戦的な会社の多くは、残念ながら日本企業ではなく中国企業というのが実情です。

ナトリウム電池を社会実装していくためには、一つの側面から見るとネガティブな面も当然ありますけれども、他の側面から見るとポジティブな面も多くあるので、それらをトータルで考えながら最適解を探していく必要があります。

【質問者】はい、ありがとうございます。

【斎藤】ありがとうございました。それでは最後に、山田先生にぜひ頑張っていたいただきたいという願いを込めて拍手で終わりたいと思います。

講演－3

製塩プロセスで濃縮される未利用資源の 高度回収技術の開発

日秋 俊彦 日本大学 上席研究員・非常勤講師

座長：滝山 博志 東京農工大学大学院教授



日秋俊彦 先生

概要

2017年度から2019年度にかけて表題のテーマを目的とした当財団の理工学分野プロジェクト研究

で実施された5つの研究成果とこれらの成果をどのように現行プロセスに組込むのかという将来展望について、実験データを交えて分かりやすく紹介いただきました。

質疑応答



滝山博志 先生

【滝山】日秋先生、ありがとうございました。それでは、会場の方から質疑をお願いしたいと思います。オンラインの方からも質問が一つ届いていますので、まずはそちらから紹介させていただきます。ファインバブルに関する質問ですが、『今回の実験と、今後想定されている実機

の規模の違いについて、どのように考えられているか？』ということです。反応機の大きさが違うと現象も変わる可能性がありますと思いますが、スケールアップはどう考えるかという質問だと思います。

【日秋】私が考えていることをお話します。もちろん、これはあくまで私の見解であり、正しいとは限りません。バブルを作るユニット自体は、広い槽の中に複数設置すれば良いと思います。このような方法は一般的に行われています。海水を浄化するためにマイクロバブル発生機を海中に沈める例もあります。スケールアップに関しては、バブルを作ったりコントロールしたりすることが難しくなるので、限られたスペースでユニットを増やしていくナンバリングアップが最適だと考えます。

【滝山】ナンバリングアップで対応するということですね。ありがとうございます。会場からの質問はありませんか？どうぞ。

【質問者】ファインバブルについて質問させてください。日秋先生のご説明では、ドロマイトにバブルを利用すると、バブル表面のゼータ電位をマイナスにすることで、表

面に強い過飽和を作り、反応を促進するということでした。その場合、カルシウムとマグネシウムでは、カルシウムの方が正帯電が強いと思うので、ファインバブル上にカルシウムが集まりやすいのではないかと思ったのですが、日秋先生のデータでは、ファインバブルを利用するとマグネシウムの比率が上がるという結果でした。これはなぜなのでしょう？もし可能であれば、その理由を教えてください。よろしくお願いします。

【日秋】これは実際にドロマイトを使っている松本先生（日本大学）にお聞きいただくのが良いと思いますが、私なりに考えると、pH の影響や溶解度積の違いなどが関係しているのではないかと思います。pH に関しては、反応場の pH がカルシウムやマグネシウムの沈殿に影響を与える可能性があります。溶解度積に関しては、扱うガスによってバブル表面にどちらが優先的に沈殿するかが変わる可能性があります。

【質問者】ありがとうございました。

【滝山】たぶんプロジェクト研究の成果報告書が公開さ

れているので、参考になるとと思います。まだ質問を受けたいところですが、時間となっております、日秋先生、今日のご講演ありがとうございました。

※)2 つ目の質問に関して、講演後、質問の内容と私の回答を伝え、松本真和先生に確認した結果、以下のコメントを貰いましたのでお知らせします。

【松本】 CaCl_2 水溶液または MgCl_2 水溶液中でのファインバブルのゼータ電位を測定すると、両者共、濃度の増加にともないゼータ電位が 0 に近づき、濃度に対するゼータ電位の依存性はほぼ一致します。これらの実験結果より、微細な気-液界面での Ca^{2+} と Mg^{2+} の濃縮はどちらか一方が優先的ということではなく、競合しているものと考えています。したがって、バルク水溶液中の Mg^{2+} 濃度を増大させると、気-液界面で濃縮される Mg^{2+} の存在割合も高くなるため、バルク水溶液中の Mg^{2+} 濃度の増加に応じて、ドロマイトの Mg/Ca 比が増大するものと考えています。