

# 六ヶ所研だより



ようこそ

# 材料の世界へ

日常を支える資源確保のヒントが〈核融合〉に



ねえねえプラズマ博士、核融合炉発電の実現に向けて、  
とっても色々な研究がされているんだよね。  
もしかして、意外と身近なものの研究もあるのかな？

おお、よい質問じゃな、エネギューンちゃん。  
それじゃあ、今回はリチウムとベリリウムのお話をしよう



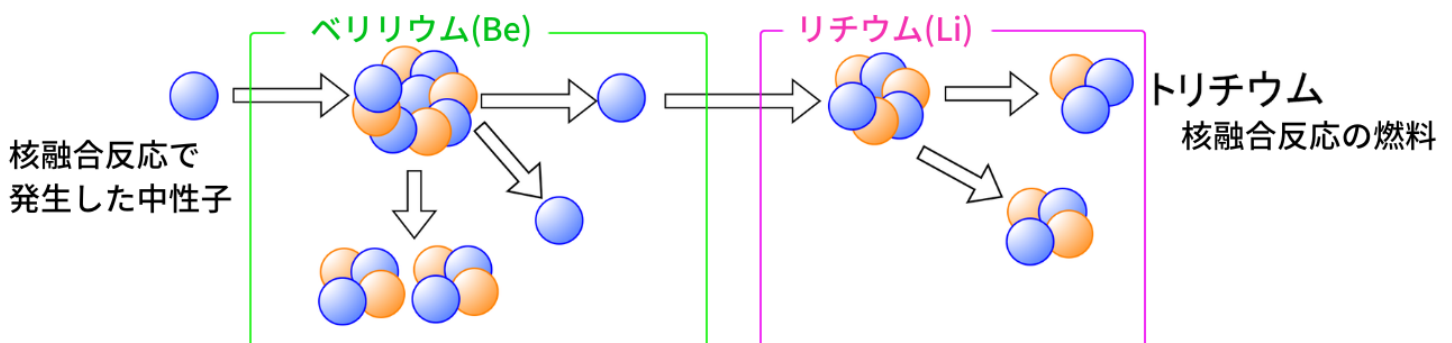
リチウムって、電気自動車やスマートフォンのバッテリー  
にも使われていて、最近は特に需要があるんだよね。  
ベリリウムは…う～ん、どんな物質なの？

レアメタルの一つで、エメラルドを始めとした宝石に  
含まれているのう。航空宇宙産業等で利用されていると  
も言われておるよ。

ただし、状態によっては非常に危険な物質でもあるん  
じゃ。

核融合発電ではリチウムとともに重要な役割を果たす  
物質じゃよ。

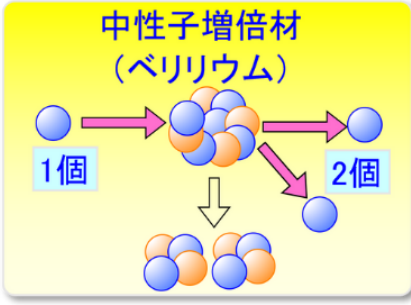
## 今回はこのへんのお話



# MISSION

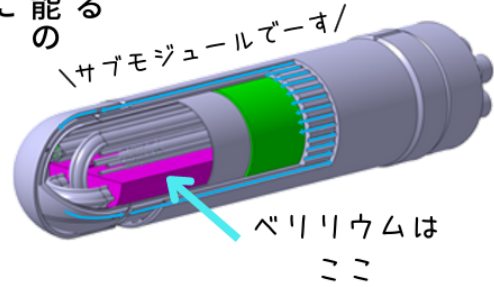
## ベリリウムの安定供給を実現せよ

数が多ければ  
その分効率も良い  
とお考えください



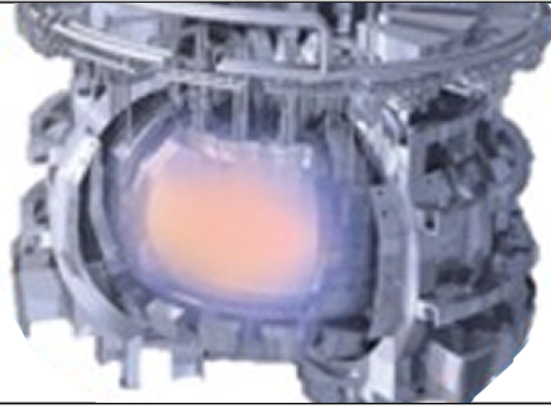
ベリリウムは  
その第一段階である  
中性子の増倍を担当します

要求される  
三つの機能の  
うち一つに  
「トリチウムの生産」  
があります



核融合発電における  
超重要装置  
「ブランケットモジュール」

そこで、  
ベリリウムについて  
どれだけ必要か？  
どこから供給するのか？  
といった調査をしました



原型炉や商用炉では  
ブランケットモジュールが  
プラズマを囲む  
最も内側の壁を構成します

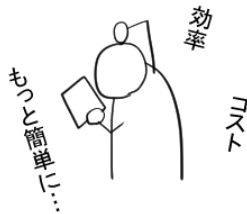


結論

生産量  $300 \text{ t / 年}$  <sup>※1</sup> (ほぼ米国1企業の寡占)  
必要量(推定)  $125 \text{ t / 年}$  (4年で500 t) <sup>※2</sup>

その結果

※1 N. Fujii, "Beryllium resources," in Kinzoku, Mater. Sci. Technol., 86 (10) (2016) 869-876 in Japanese  
※2 Y. Someya et al., "Fusion DEMO reactor design based on nuclear analysis," in Fusion Engineering and Design, Volume 136, Part B, November 2018, Pages 1306-1312



という訳で...



詳しくは  
次ページへ！



ありました  
これです！

常圧・低温、さらにエコ!?

# アルカリ・マイクロ波溶融技術

含まれる不純物（他の元素）によって、同じ元素でも違う宝石になる。ベリリウムを含む代表的な宝石にはエメラルドやアクアマリンが挙げられる。

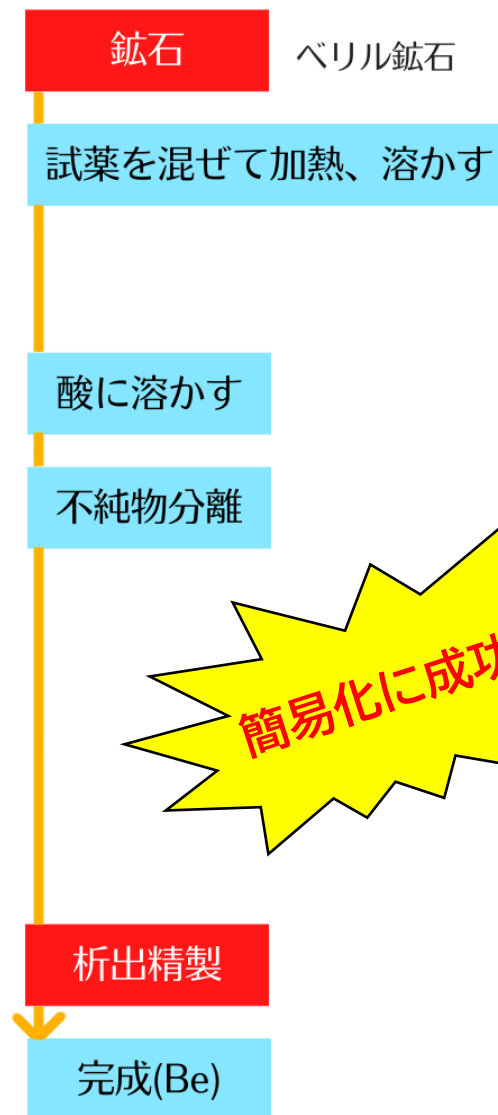
そんなベリリウムだが、単体で手に入れようとすると実はとても面倒くさいし危険な物質なのだ。そこで生み出されたのが、アルカリ・マイクロ波溶融技術だ。

## ベリリウムができるまで

### 従来技術



### アルカリ・マイクロ波溶融技術



※ ○○○○ は危険度の高い粉塵取扱工程

# 新技術のカギは加熱にあり！

アルカリ・マイクロ波溶融技術ではなぜここまで工程の簡略化に成功したのか。その秘訣は、鉍石を加熱する最初の工程にある。ベリリウムは不純物を取り除くのに酸を用いる。しかし鉍石のままでは溶けにくいいため、まず加熱が必要だ。

従来技術では、2000℃まで加熱して溶けた鉍石を急速冷却することによって、酸に溶けるようにしている。ところが、新技術では粉末状にして試薬を混ぜたのちマイクロ波で加熱、つまりレンジすることによって、250℃程度まで加熱すれば酸に溶けるようになるのだ。



従来技術のイメージ

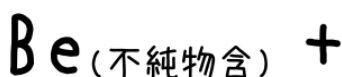
## 加熱のしくみ



+

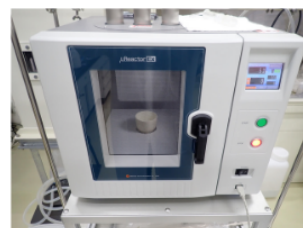


ベリル鉍石を粉末状にし、塩基性試薬（粉末）と混ぜる



※化学反応式は飛ばしても大丈夫です

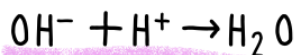
マイクロ波で250℃くらいまで加熱すると…



マイク



これが酸(H<sup>+</sup>)と反応しやすい



酸に溶けやすい状態になる

**⚠ 非常に危険なので絶対に真似しないでください。**

※研究室では何重にも安全対策を講じた上で実験を行っています

# ベリリウムの安定供給へ

## コスト・エネルギーの削減

アルカリ・マイクロ波溶融技術では、加熱温度を2000℃→250℃まで下げること的成功した。加熱温度が低いということは、その分必要なエネルギーは小くなる。さらに、マイクロ波による加熱は対象を直接加熱するため、エネルギー効率も良い。

また、工程の簡易化によってコストの削減も見込まれる。

## 既存のベリリウム需要との共存

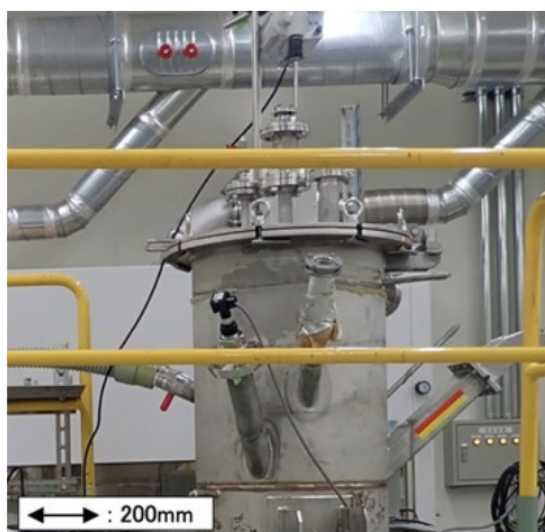
宝石になる鉍石には、極めて高い純度が要求される。

しかし、アルカリ・マイクロ波溶融技術で使用する鉍石のベリリウム純度はそれより低くても問題ないため、これまでは純度の問題で廃棄されていた鉍石を利用できるのだ。

## 今後の発展に向けて

そしてもう一つの利点は、ベリリウム以外の物質にも応用できることだ。鉍石から特定の物質を精製するだけでなく、日常から出るごみから資源を回収する目的でも研究が進んでいる。現在、研究室レベルからプラント規模に拡大することを目標として研究を行っており、試験プラントではリチウムで実験が行われている。

マイクロ波加熱ベンチ装置



装置提供 マイクロ波化学株式会社

引用元 量研プレス <https://www.qst.go.jp/site/press/20220713.html>

## 増加するリチウム需要

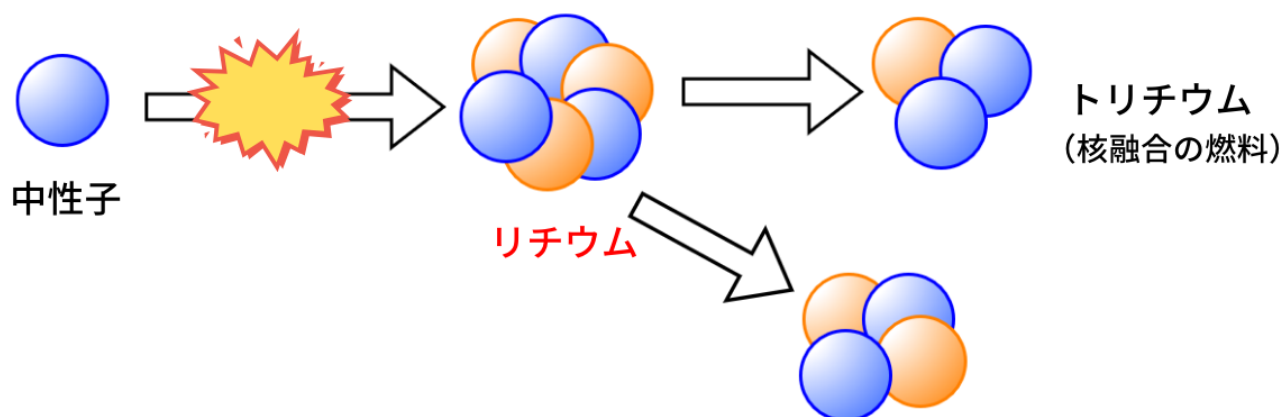
リチウムの用途は、ガラスやグリスの添加剤、電池など多岐に渡る。核融合発電においては、燃料であるトリチウムの生産に利用される。リチウムに中性子をぶつけることで、トリチウムを生成することができるのだ。

そんなリチウムの需要は、近年増加傾向にある。電気自動車や携帯電話の需要拡大に伴い、バッテリーの需要が増えているのだ。

現在リチウムのおもな生産方法は、塩湖かん水からの回収と鉱石からの精製となっている。

効率の向上や新たな供給源の確保など、リチウムの供給を増やすため、様々な研究が行われている。

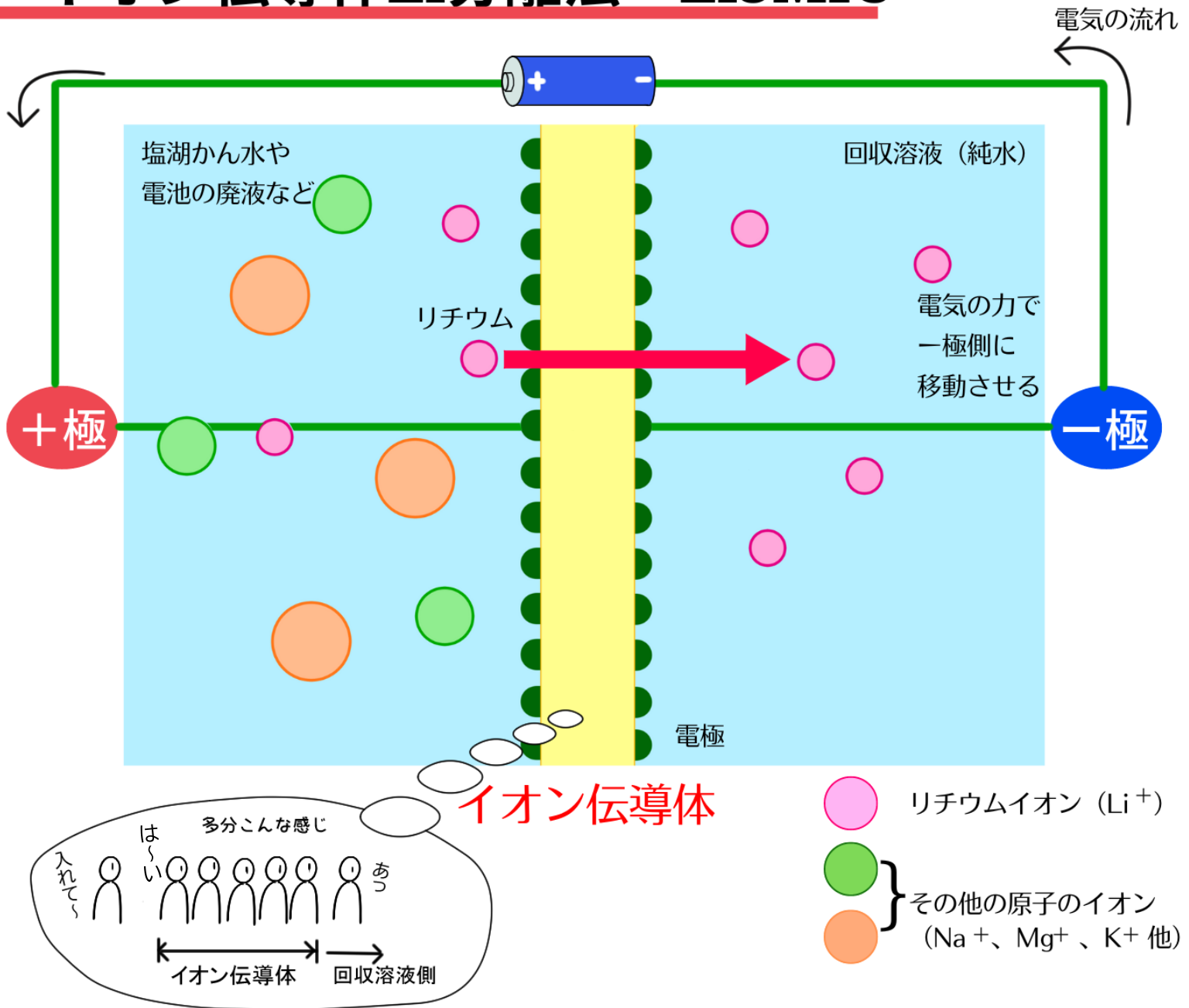
### 核融合発電におけるリチウムの用途



中性子をリチウムにぶつくと、トリチウムとヘリウムが発生する。

ただし、核融合炉で使用されるリチウムは通常のリチウム7ではなく、希少なリチウム6だ。(リチウム7でも出来ないことはないが、非常に効率が悪い上に、せっかく核融合で作ったエネルギーを吸収してしまうのだ)

# イオン伝導体Li分離法 リスミック LiSMIC



Li回収は様々な手法が研究されているが、LiSMICの強みは一度の操作でリチウムの回収が可能な方法な点だ。LiSMICでは、イオン伝導体という膜を使って回収溶液側にリチウムを集める。このイオン伝導体は全固体電池で使用されているものと同じもので、リチウムのみを移動させるため不純物の除去という作業が不要なのだ。

詳しい原理については省略するが、遊園地やイベントの行列のようなイメージでリチウムが回収溶液側へ移動してゆく。

回収溶液側に移動したリチウムは水酸化リチウムとして回収される。その後、核融合炉で必要なリチウム6の抽出が行われる。なお、+極側の液体が強アルカリ性であれば回収効率が劇的に向上することが分かっている。また、リチウム吸着層を用いて、さらに効率を上げることに成功している。

今後は、中性や酸性の原液でも同じLiSMICの手法を使ってリチウムを回収できるよう研究を進めていく。





# 目標は 海水からの回収

---

現在LiSMICでは、主に塩湖かん水や使用済み電池からのリチウム回収について研究している。

電池からの金属回収はこれまでも様々なアプローチが試みられてきたが、回収されるのは主にニッケルやマンガンなどの重金属。リチウムの回収は経済性が悪いとされ、廃棄されていたのだ。

しかしこの大リチウム需要時代。電池の中にあるのに取り出さないのは勿体ない。しかも実現できればリチウムの調達価格を抑えられる可能性もある。

そんな希少なリチウムだが、無尽蔵に存在すると言われている場所がある。

ずばり、海である。

しかし海と言えば海水の量も膨大だ。結果として海水中のリチウム濃度は非常に低く、採算性が悪いため今のところ実用化に至っていないのだ。

LiSMICは海水からのLi回収を最終目標として、日々研究が進められている。

私の口未覚はおいしいですが、  
くれぐれも熊にはお気を付けて…  
(と言おうと思ったらもう雪積もってる件)



Q. 定期発行ではないのですか？

A. 大変申し訳ございません。六ヶ所研だよりは制作者の忙しさに左右されるため、不定期発行となります。

大変長らくお待たせいたしました。第4号です。

今回は六ヶ所研の材料技術についてお届けしました。

ベリリウムは残念ながらマイナー気味ですが、リチウムの名前はよく聞くという方も多いのではないのでしょうか？

核融合炉はあらゆる分野で高度な技術を求められます。そのため、実は意外なところで日常よく耳にするものに通ずる研究もあったりします。通信とか、ロボットとか、スパコンとかetc…

さて、次回は「0から始める核融合篇」最終回。

核融合発電実用化のスタートライン、核融合原型炉のお話です。