

大阪科学・大学記者クラブ 御中
(同時提供先：文部科学記者会、科学記者会)



2023年6月19日
大阪公立大学

高性能な全固体電池実現の鍵！ 高いイオン伝導性を示す固体電解質の作製に成功

<ポイント>

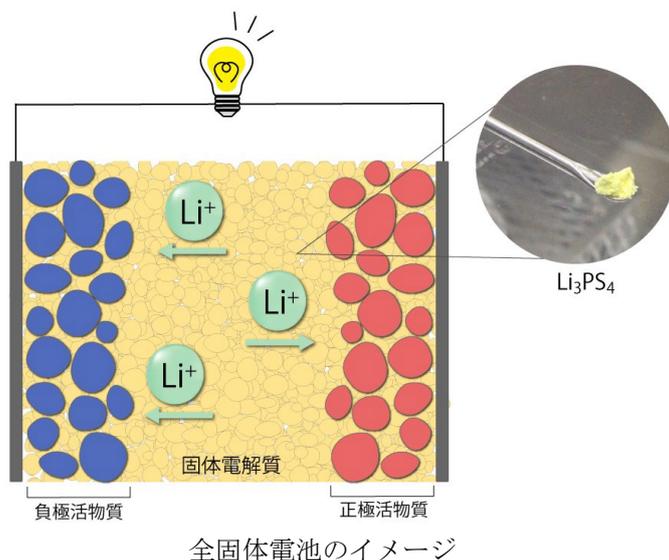
- ◇全固体電池の高性能化には、液体電解質と同等の高イオン伝導性を示す固体電解質が必要。
- ◇材料となるガラス (Li_3PS_4) を結晶化させる際の昇温速度に着目。
- ◇これまで不可能であった、 Li_3PS_4 の高温相の室温安定化に初めて成功。

<概要>

全固体電池は、リチウムイオン電池などの液体電解質を用いる電池に比べ、安全性や出力、寿命などの面で、より高性能な電池として実用化が期待されています。全固体電池では、電解質中のイオン移動により機能しますが、イオンは固体中では動きにくいいため、液体電解質と同じように固体中をリチウムイオンが高速に移動できる、高いイオン伝導性を示す固体電解質開発が必要です。

大阪公立大学大学院 工学研究科の木村 拓哉氏¹、稲岡 嵩晃氏²、井澤 遼氏²、中野 匠氏²、保手浜 千絵研究員、作田 敦准教授、辰巳砂 昌弘学長、林 晃敏教授らの研究グループは、ガラスを1分間に約400°C上昇させるスピードで急速に加熱し、結晶化させることで、これまで実現が困難であった、**高いイオン伝導性を示す Li_3PS_4 の高温相 ($\alpha\text{-Li}_3\text{PS}_4$) を、室温で安定化させることに世界で初めて成功**しました。本成果により、より高性能な全固体電池の材料開発への貢献が期待されます。

本研究成果は、米国化学会が刊行する国際学術雑誌「Journal of the American Chemical Society」のオンライン速報版に6月21日に掲載されました。



全固体電池のイメージ

固体電解質の材料である Li_3PS_4 は、温度によって結晶構造が異なります。高温時の結晶構造（高温相）では、一般的に高いイオン伝導性を示しますが、 Li_3PS_4 では高温相の室温安定化が実現できていませんでした。約20年に渡る、全固体電池材料開発の成果です。



林 晃敏教授

1…大阪府立大学大学院工学研究科 博士後期課程修了

2…大阪府立大学大学院工学研究科 博士前期課程修了

<研究の背景>

持続可能な社会の実現に向け、全固体リチウム電池は高い安全性とエネルギー密度を兼ね備えた次世代蓄電デバイスとして期待されています。全固体電池の実現には、固体中をリチウムイオンが高速に移動できる固体電解質材料が必要不可欠です。

代表的な固体電解質である Li_3PS_4 には、温度によって異なる 3 種類の結晶構造（高温安定相から α 相、 β 相、 γ 相）と、熱力学的非平衡相であるガラスの、大きく分けて 4 種類の固体状態が存在します。イオン伝導体では一般的に、より高い温度で熱力学的に安定な結晶構造が、ほかの構造と比べて高いイオン伝導性を示すことが知られており、 Li_3PS_4 においても高温相である α 相は高いイオン伝導性が期待できます。しかし、これまで室温において固体として取り扱うことができたのは、低温相と中温相、ガラスの 3 種類で、 $\alpha\text{-Li}_3\text{PS}_4$ の室温安定化は実現していませんでした。

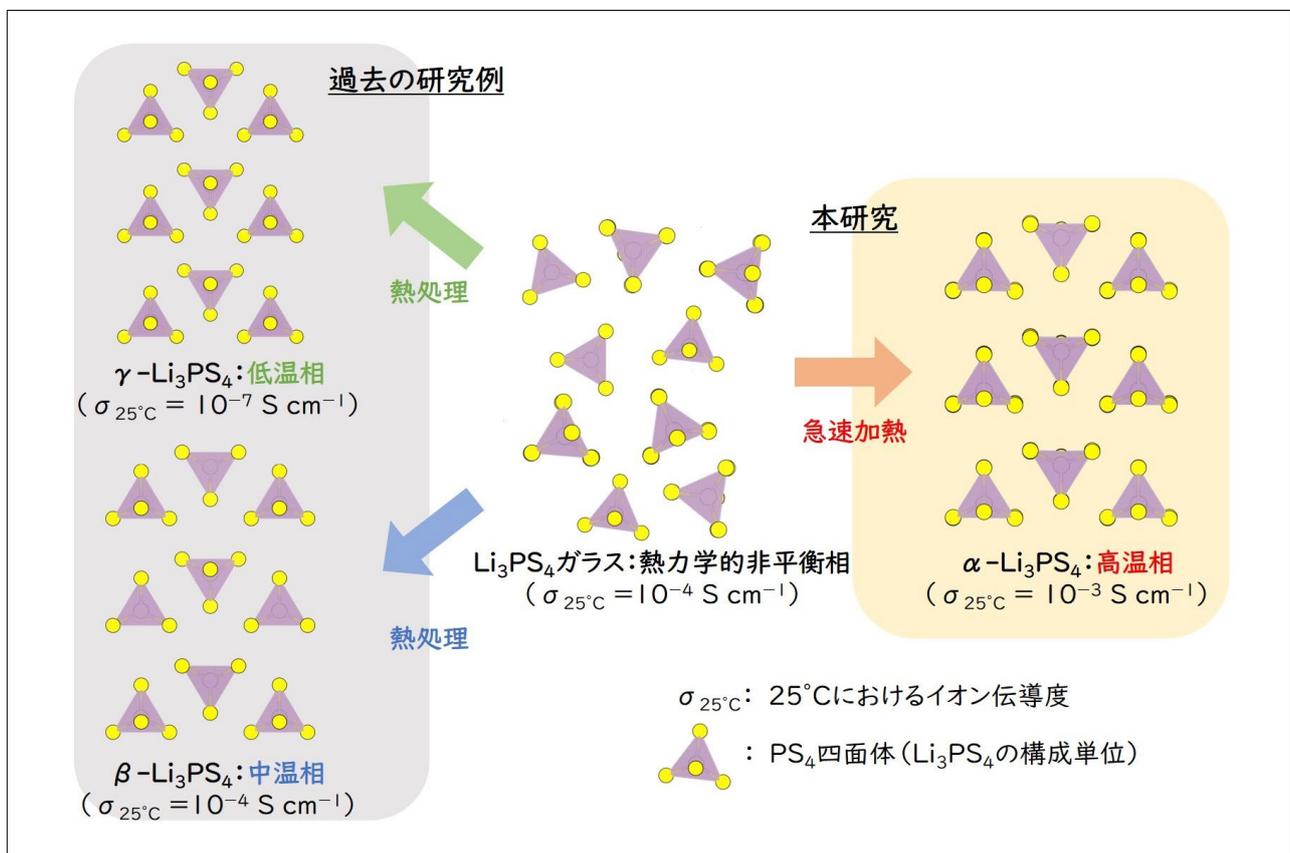
<研究の内容>

本研究では、高温相である $\alpha\text{-Li}_3\text{PS}_4$ を室温で安定化させるために、ガラスを結晶化させる際の熱処理の条件として、目標とする到達温度と保持時間に加えて、昇温速度に着目しました。

1 分間に約 400°C 上昇させるスピードで約 280°C まで急速加熱した後、室温まで急速冷却した Li_3PS_4 では、高温相の結晶構造に対応する特徴的な X 線回折パターンが観測され、世界で初めて高温相 $\alpha\text{-Li}_3\text{PS}_4$ を室温で安定化させることに成功しました。一方、1 分間に約 100°C 上昇させる遅いスピードで、約 280°C まで加熱処理した Li_3PS_4 では、中温相に特徴的なパターンが観測され、熱処理温度が同じ場合でも昇温速度によって結晶構造が異なることがわかりました。

また、高温相である α 相は、 25°C で 10^{-3} S cm^{-1} 程度のイオン伝導性を示し、同組成のガラスや中温相である β 相より約 10 倍、低温相である γ 相より約 10,000 倍、高いイオン伝導性を示すことが明らかになりました。

このことから、ガラスを急速加熱し結晶化させることによって、ほかの結晶構造よりも優れた性能を有する高温相を室温安定化できることを世界で初めて実証しました。



Li_3PS_4 ガラスの結晶構造

<期待される効果・今後の展開>

今回の研究では、ガラスを急速加熱し結晶化させることにより、優れた性能を有する高温相を室温安定化できる効果的な手法を提案しました。これによって、全固体電池向けの固体電解質の材料探索だけでなく、さまざまな機能性材料の研究開発に大きく貢献することが期待されます。

<資金情報>

本研究は、JST ALCA-SPRING (JPMJAL1301) および JSPS 科研費 (JP18H05255、JP19H05816) の支援を受けて行われました。

<掲載誌情報>

【発表雑誌】 Journal of the American Chemical Society (IF = 16.383)

【論文名】 Stabilizing High-Temperature α -Li₃PS₄ by Rapidly Heating the Glass

【著者】 Takuya Kimura, Takeaki Inaoka, Ryo Izawa, Takumi Nakano, Chie Hotehama, Atsushi Sakuda, Masahiro Tatsumisago, Akitoshi Hayashi

【論文 DOI】 <https://doi.org/10.1021/jacs.3c03827>

【研究内容に関する問い合わせ先】

大阪公立大学大学院 工学研究科
物質化学生命系専攻 応用化学分野
教授 林 晃敏 (はやし あきとし)
T E L : 072-254-9331
E-mail : akitoshihayashi@omu.ac.jp

【報道に関する問い合わせ先】

大阪公立大学 広報課
担 当 : 竹内
T E L : 06-6605-3411
E-mail : koho-list@ml.omu.ac.jp