



## 水と硫化物固体電解質の反応機構解析

山本 健太郎, 内本 喜晴  
京都大学

キーワード：全固体リチウムイオン電池, 硫化物固体電解質, 軟 X 線吸収分光法

### 1. 背景と研究目的

電気自動車の本格的な普及に向けて、蓄電池のエネルギー密度、パワー密度、高低温特性、安全性、寿命の大幅な向上が求められている。中でも安全性は蓄電池の高エネルギー密度化、大型化に伴い、その問題が顕著となる。蓄電池の安全性を抜本的に改善する方策として、硫化物型全固体電池の開発が進められている。現在開発されている最も高性能な蓄電池であるリチウムイオン二次電池は電解質に可燃性の有機溶媒を用いた液体電解質を用いている。一方、硫化物型全固体電池は電解質に不燃性の硫化物固体電解質を用いているため、高い安全性が期待される。硫化物型全固体電池を実用化する上で課題となるのが、その製造プロセスである。硫化物固体電解質は水と容易に反応し、硫化水素が発生するため、製造プロセスにおいて徹底した水分管理が求められ、製造コストが上昇してしまう。製造コスト削減のためには、水分管理条件の見極めを行う必要があるが、硫化物固体電解質と水との反応機構についての知見は乏しく、水分管理条件の見極めが出ていないのが現状である。硫化物固体電解質と水との反応はルイスの酸塩基反応に引き起こされることが報告されているが[1]、その反応が硫化物固体電解質表面からバルクにかけてどのように伝搬するのかは明らかになっていない。また水と反応すると硫化物固体電解質のイオン伝導度が下がることが報告されているが[2]、反応量とイオン伝導度の定量的な関係は明らかになっていない。これらは水蒸気雰囲気下における硫化物固体電解質の深さの構造変化を捉えることが困難なためである。本課題では水蒸気との反応後における硫化物固体電解質の構造変化を捉えるために X 線吸収分光法を用いる。X 線吸収分光法は測定対象の形状を選ばないため、水と反応し構造が乱れた硫化物固体電解質の解析も可能である。また電子収量法と蛍光収量法を使い分けることによって硫化物固体電解質の深さ方向の電子・局所構造の分析が期待できる。そこで種々の水蒸気雰囲気下で反応させた  $\text{Li}_3\text{PS}_4$  硫化物固体電解質に対して、電子収量法と蛍光収量法の X 線吸収分光測定を行うことで水蒸気雰囲気下での硫化物固体電解質の深さ方向の構造変化を捉え、反応機構を明らかにすることを目的とする。

### 2. 実験内容

$\text{Li}_2\text{S}$ ,  $\text{P}_2\text{S}_5$  を量論比でボールミル混合することで  $\text{Li}_3\text{PS}_4$  を合成した。合成した  $\text{Li}_3\text{PS}_4$  を  $0^\circ\text{C}$  露点の水蒸気雰囲気下で 1 h 暴露した。得られたサンプルをグローブボックス中でトランスファーベッセルに充填し、大気非暴露状態のまま軟 X 線吸収分光測定を行った。測定はあいちシンクロトン光センターの BL6N1 にて S, P K-edge について全電子収量法により行った。

### 3. 結果および考察

Fig.1 に水蒸気暴露前後の  $\text{Li}_3\text{PS}_4$  の S, P K-edge の XANES を示す。S, P K-edge XANES とともに水蒸気暴露前後において変化が見られなかった。変化が見られない原因としては、軟 X 線吸収分光測定が超高真空下で行われているため、 $\text{Li}_3\text{PS}_4$  に吸着した水が測定時に脱離した、あるいは今回の水蒸気暴露条件では XANES に変化が見られる十分に反応が進行していない、という可能性が考えられる。

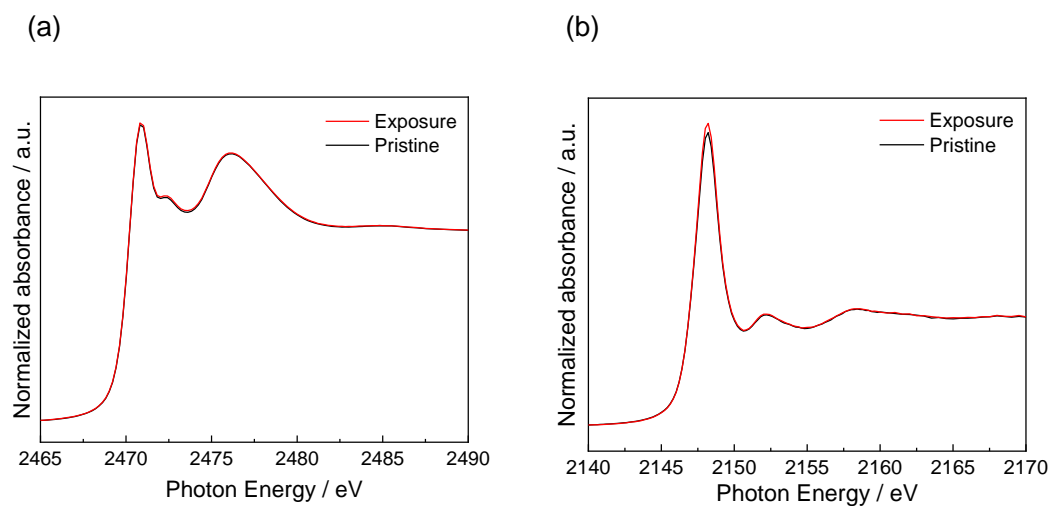


Fig. 1. 水蒸気暴露前後の  $\text{Li}_3\text{PS}_4$  の(a)S  $K$ -edge, (b)P  $K$ -edge XANES

#### 4. 参考文献

1. G. Sahu, et al., and C. Liang, *Energy Environ. Sci.*, 2014, 7, 1053–1058
2. H. Muramatsu, et al., and M. Tatsumisago, *Solid State Ionics* 2011, 182, 116-119.