

# トリメトキシフェニルシラン修飾LiAlO<sub>2</sub>ナノ粒子添加 中性子検出用プラスチックシンチレータの開発

Development of plastic scintillators loaded with trimethoxyphenylsilane modified

LiAlO<sub>2</sub> nanoparticle-for neutron detection

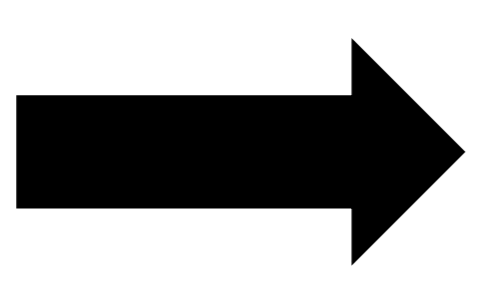
1. 静岡大学 ○塚原悠久<sup>1</sup>, 越水正典<sup>1</sup>

## プラスチックシンチレータによる中性子検出

### 中性子検出器

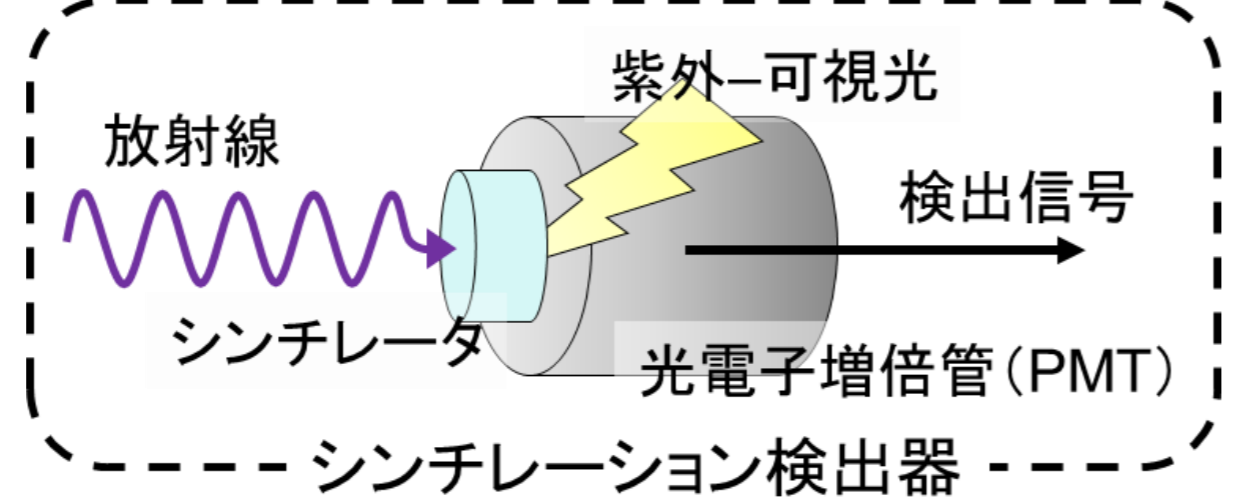
従来の検出器

<sup>3</sup>He 比例計数管  
<sup>10</sup>BF<sub>3</sub> 比例計数管  
・資源不足  
・高い生産コスト  
・長い不感時間



新たな中性子検出器

シンチレーション検出器



プラスチックシンチレータ

中性子検出に求められる性能  
・短い減衰時間  
・低い生産コスト, 大型化容易  
・低密度かつ低い実効原子番号

## LiAlO<sub>2</sub>ナノ粒子を選択した理由

LiAlO<sub>2</sub>

- ・Liが持つ高いQ値(Q=4.78MeV)  
n+<sup>6</sup>Li→α(2.05 MeV)+<sup>3</sup>H(2.73 MeV)
- ・高い中性子相互作用確率
- ・低密度(2.61g/cm<sup>3</sup>)かつ低い実効原子番号
- ・潮解性がなく安定

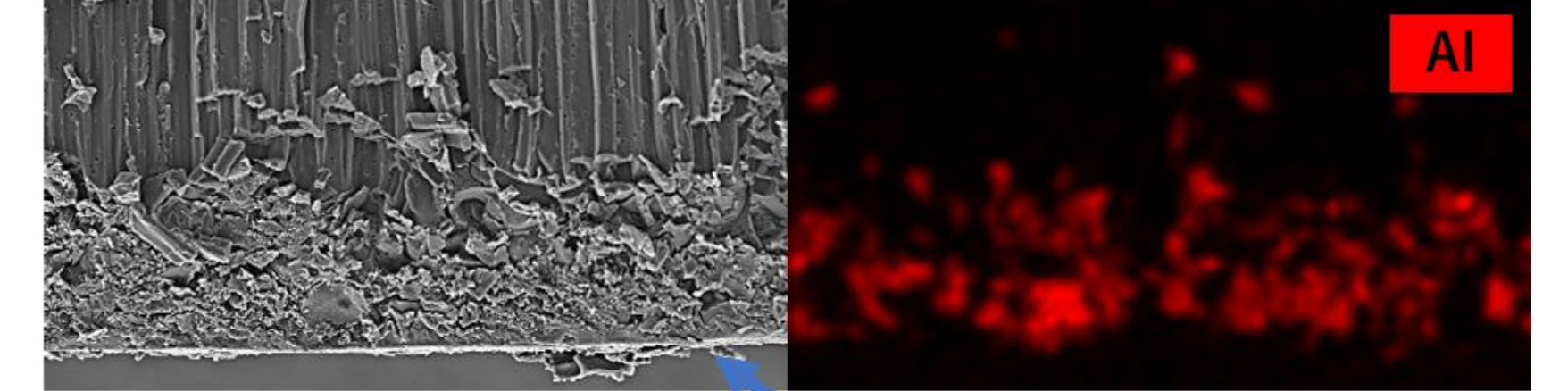
ナノ粒子

- ・シンチレーションの障害の抑制
- ・粒子サイズがα粒子や<sup>3</sup>Hの飛程より短い
- ・溶解度の制限なしにPSへ添加可能

LiAlO<sub>2</sub>-PSの課題

- ・ナノ粒子添加による発光量の低下
- ・ナノ粒子がPS下部に凝集

LiAlO<sub>2</sub>ナノ粒子添加PSのSEM像



合成時下面

本研究の目的

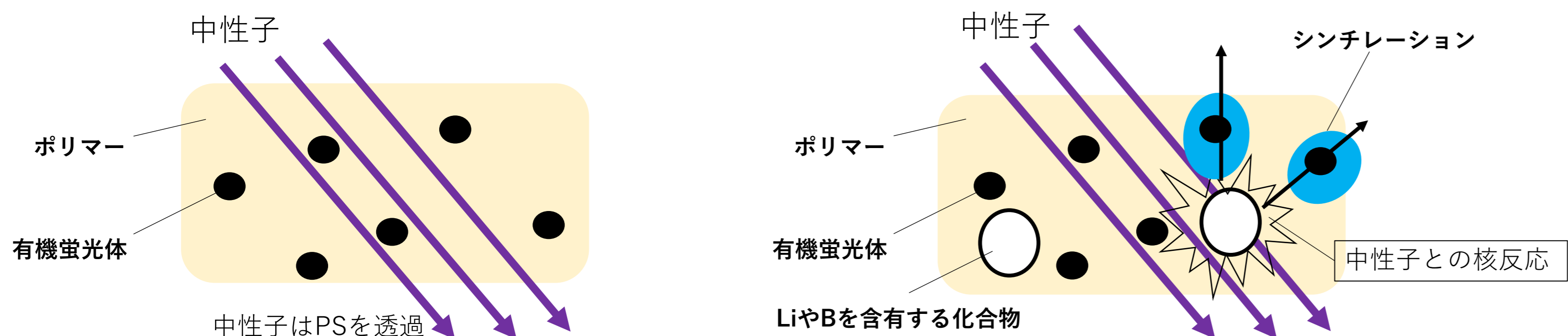
プラスチックシンチレータ内のナノ粒子の分散性の向上を目指す

## プラスチックシンチレータ(PS)：ポリマー＋有機蛍光体

- ・無機シンチレータより発光量が低い
- ・熱中性子検出能がほとんどない

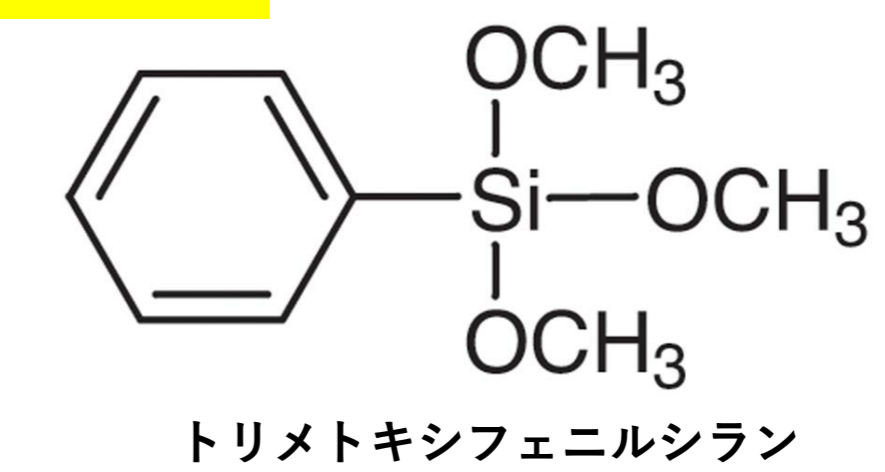
PSに中性子検出能の付与  
-中性子と核反応を起こすLiやBなどを含む化合物を添加し、  
中性子検出効率を高める

中性子を照射した際のPSの様子



LiAlO<sub>2</sub>ナノ粒子をPSに添加し中性子検出能の付与に成功

LiAlO<sub>2</sub>ナノ粒子に  
トリメトキシフェニルシラン  
でシランカップリング



LiAlO<sub>2</sub>表面と共有結合をつくり、表面を有機修飾



## 実験方法

### LiAlO<sub>2</sub>ナノ粒子合成および有機修飾

Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(<sup>6</sup>Li-95 atom%)  
Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>・9H<sub>2</sub>O(99.99%)  
エチレンジアミン四酢酸  
クエン酸

・蒸留水を加え1 h超音波洗浄  
・塩酸でpH10.3の溶液へ

LiAlO<sub>2</sub>

90°Cで72 h攪拌

トリメトキシフェニルシラン

有機修飾  
LiAlO<sub>2</sub>



白色粉末

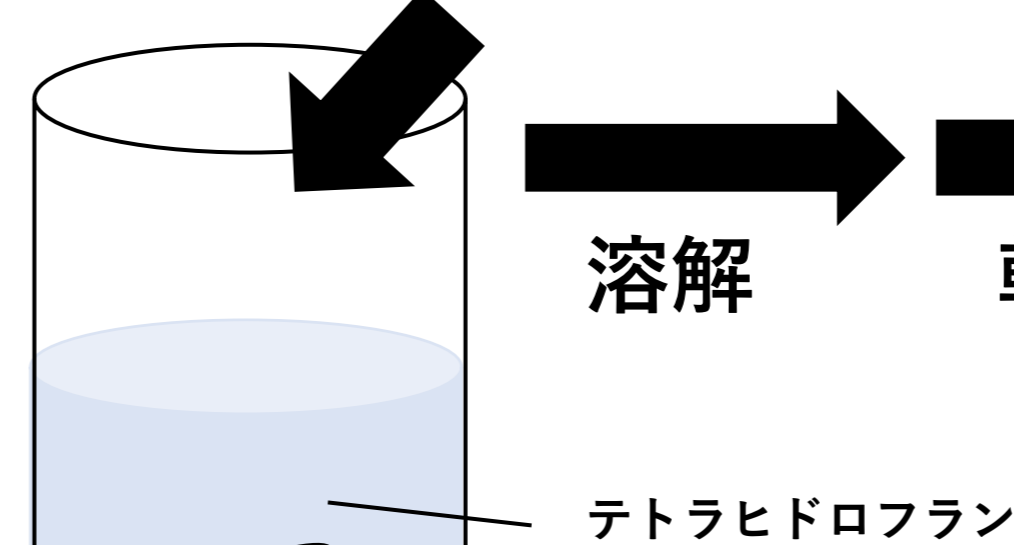
### プラスチックシンチレータの合成

DPO-POPOP(80:1)  
10 mol%

有機修飾LiAlO<sub>2</sub>  
5-25 wt%

溶解

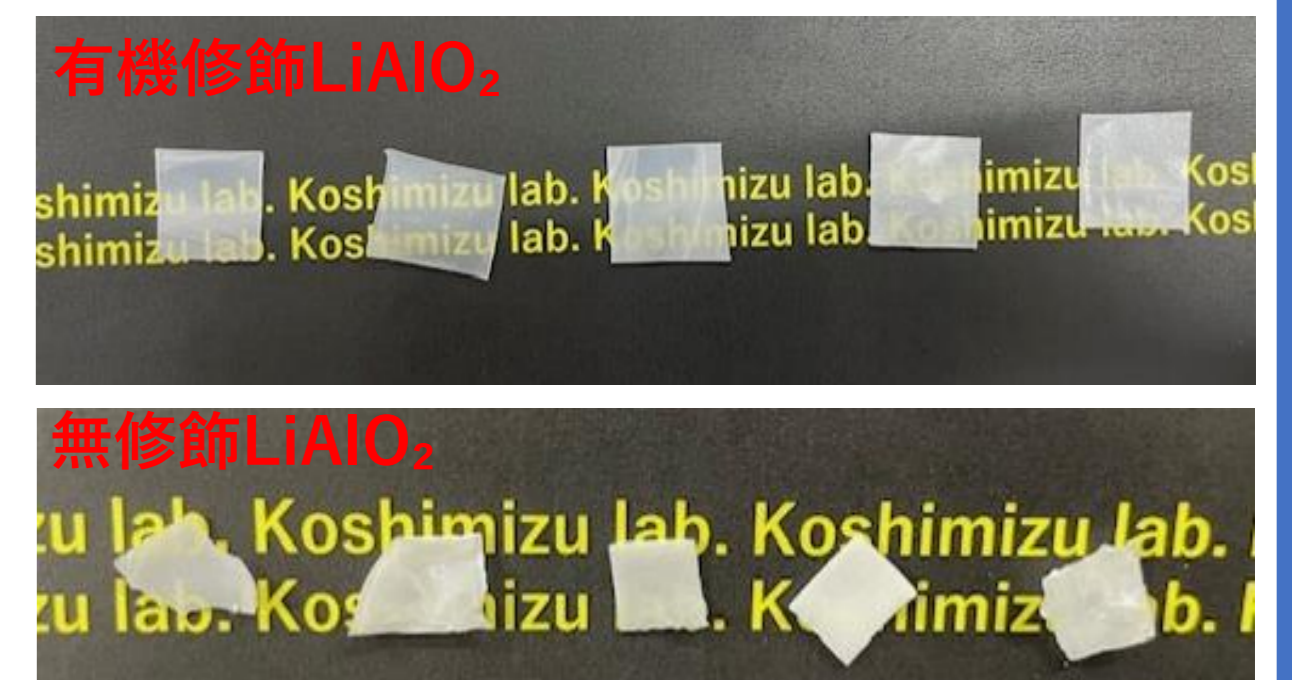
乾燥



テトラヒドロフラン

ポリスチレン

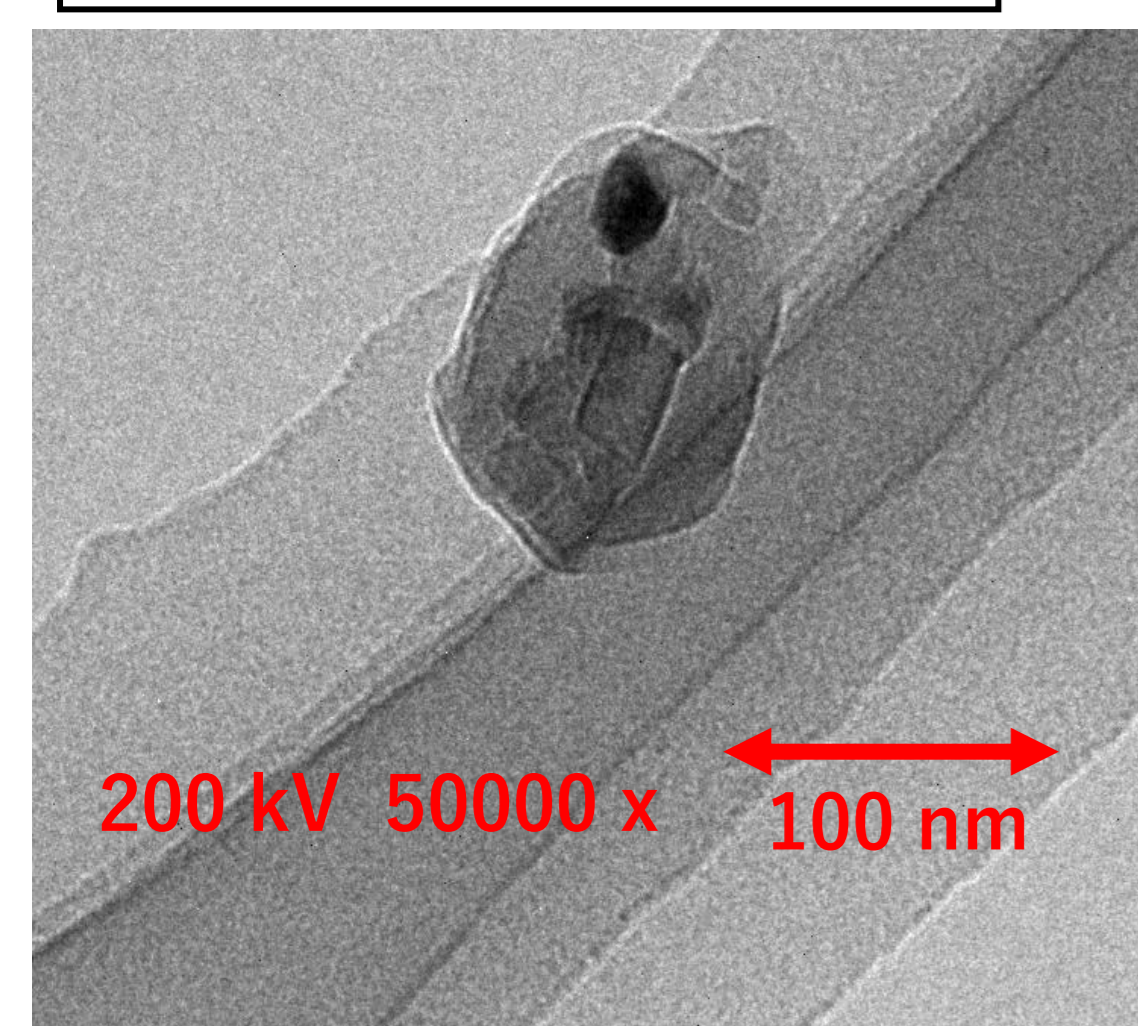
### 有機修飾LiAlO<sub>2</sub>添加PS



LiAlO<sub>2</sub>添加量 5 wt% 10 wt% 15 wt% 20 wt% 25 wt%

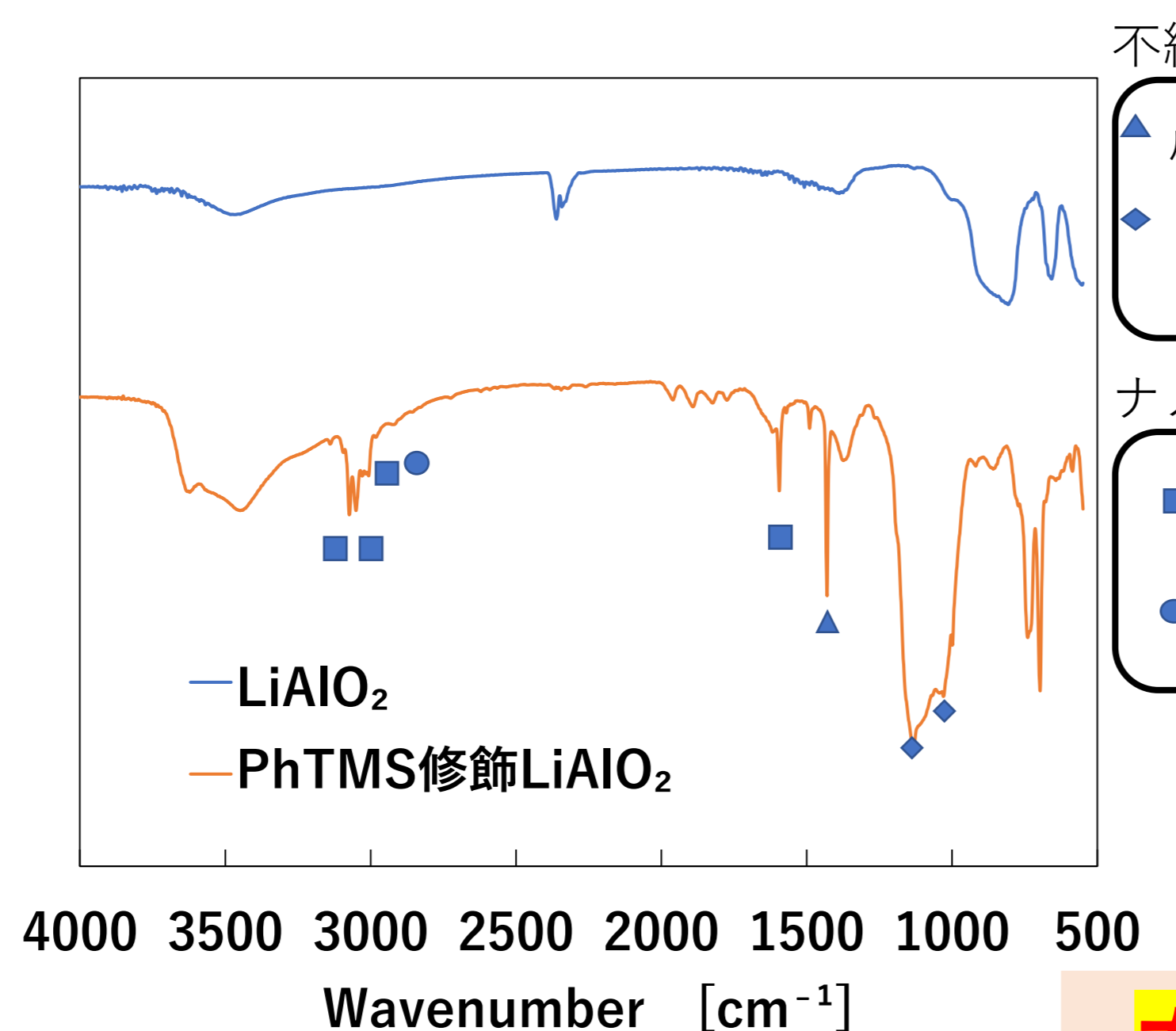
## 結果

### ナノ粒子TEM像



100 nmほどの大きさ  
粒子の形状：回転楕円体

### FT-IR



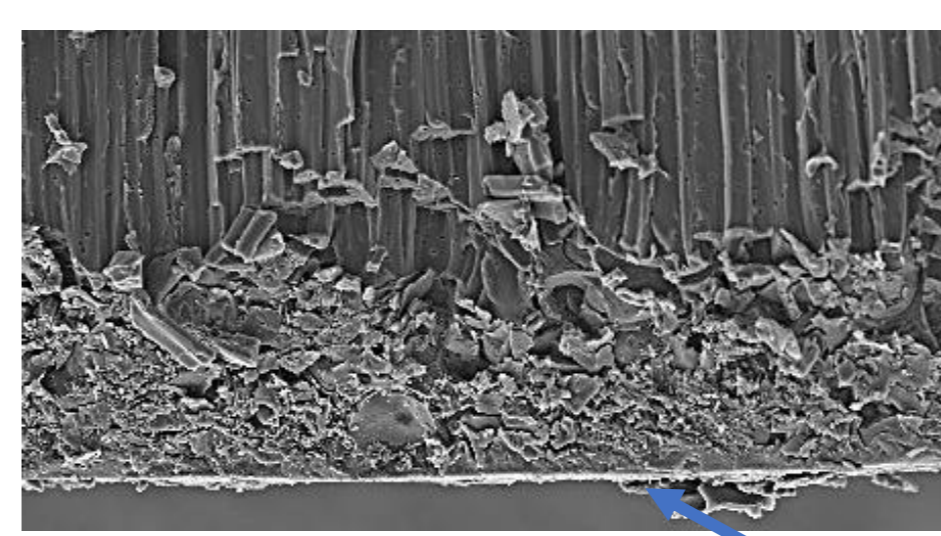
不純物  
▲炭素塩の汚染  
◆有機シラン前駆体である生成物の高分子シロキサン

ナノ粒子と結合した官能基  
■ C-Hとフェニル環のC-H  
● -OCH<sub>3</sub>

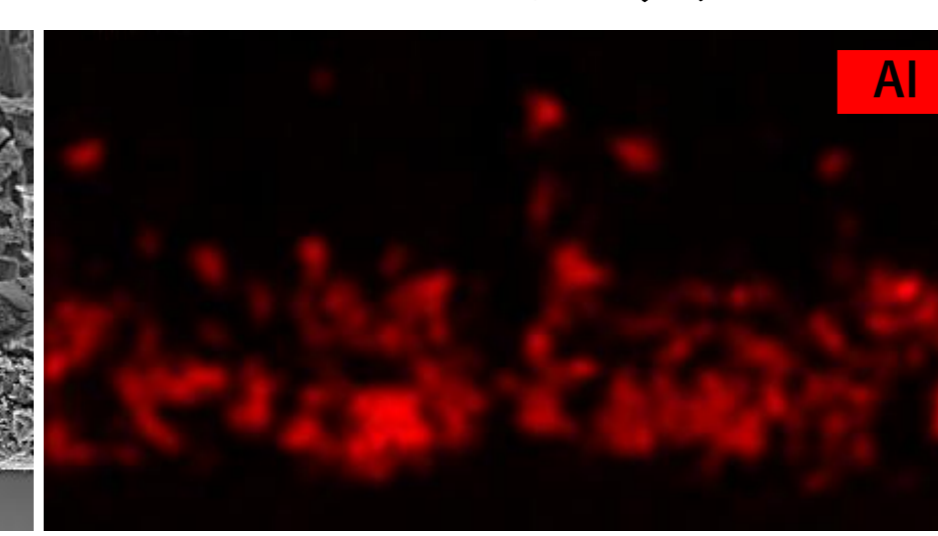
有機修飾成功

### LiAlO<sub>2</sub>添加PSのSEM像

無修飾LiAlO<sub>2</sub> 10 wt% PS

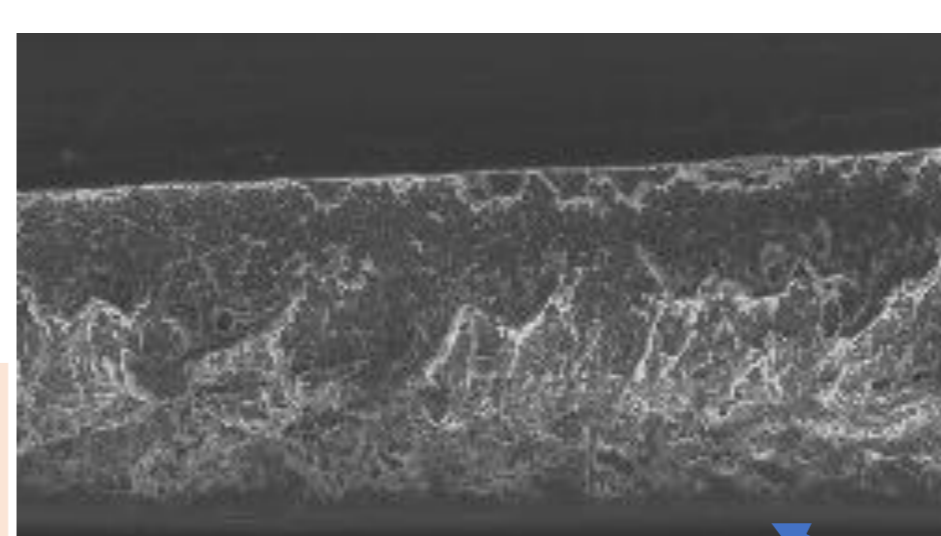


AlのEDSマップ

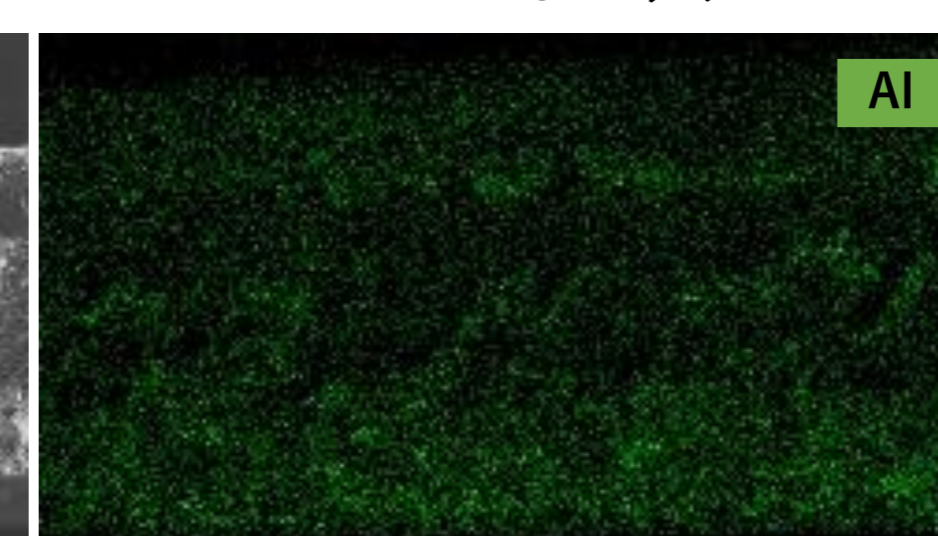


ナノ粒子がPS下部に凝集  
垂直方向に不均一

有機修飾LiAlO<sub>2</sub> 10 wt% PS

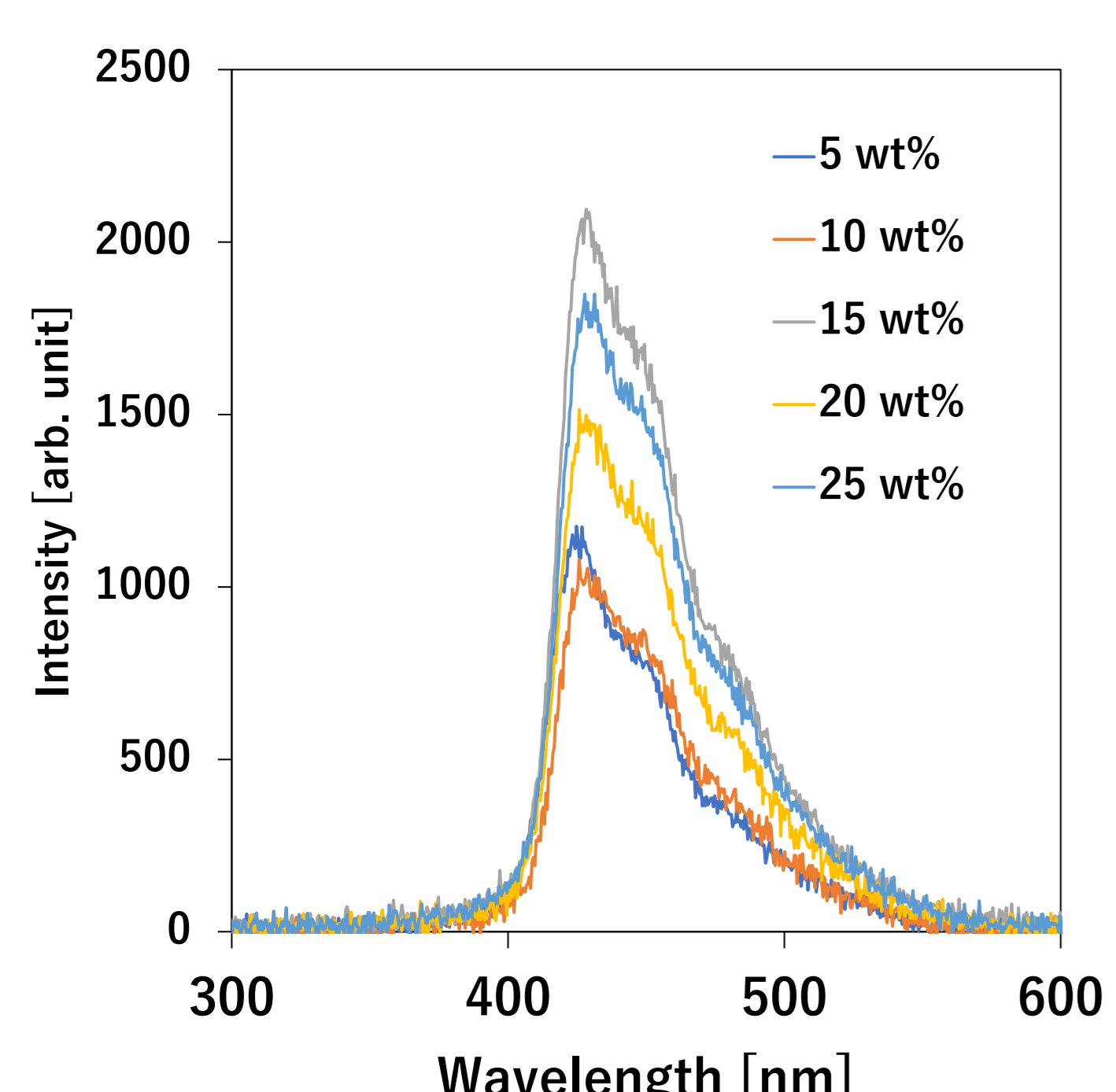


AlのEDSマップ



ナノ粒子がPS全体に分散  
ナノ粒子の分散性向上

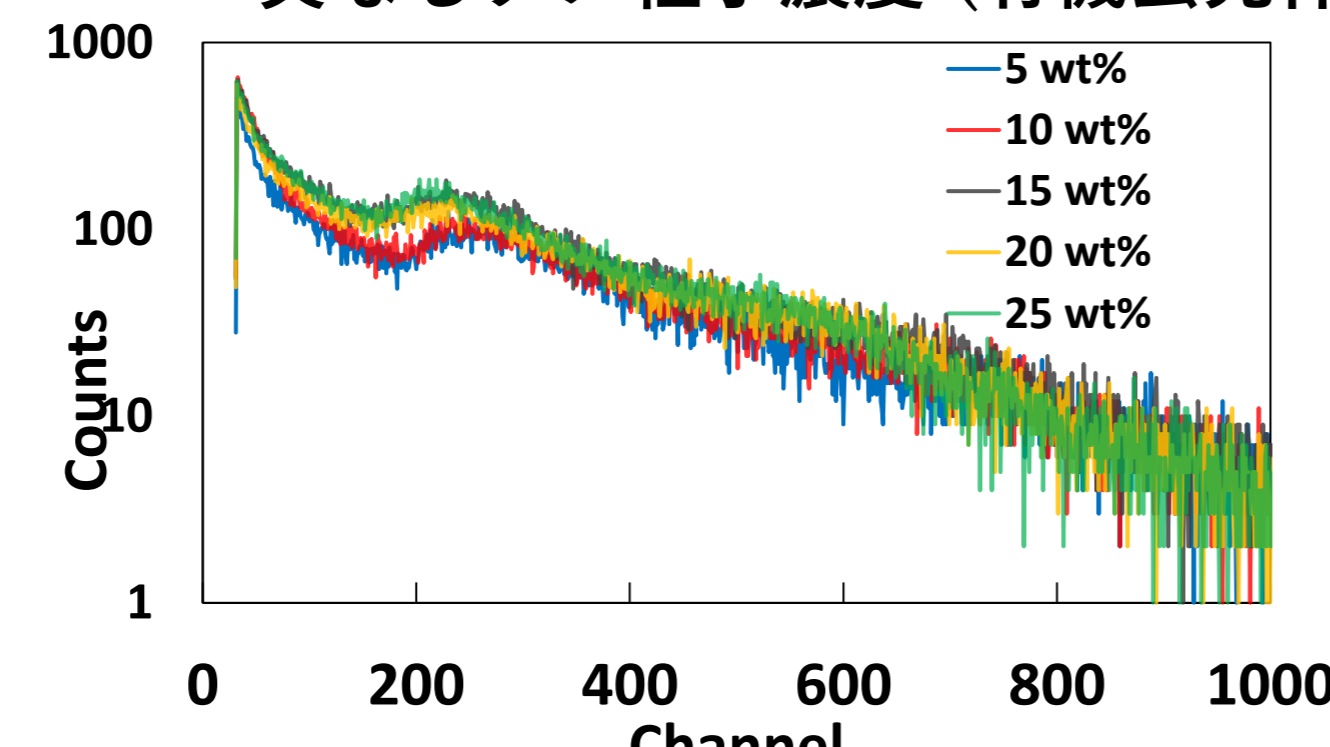
### XRLスペクトル



420 nm付近のピーク：POPOP由来

### 中性子線照射時(<sup>252</sup>Cf)波高スペクトル

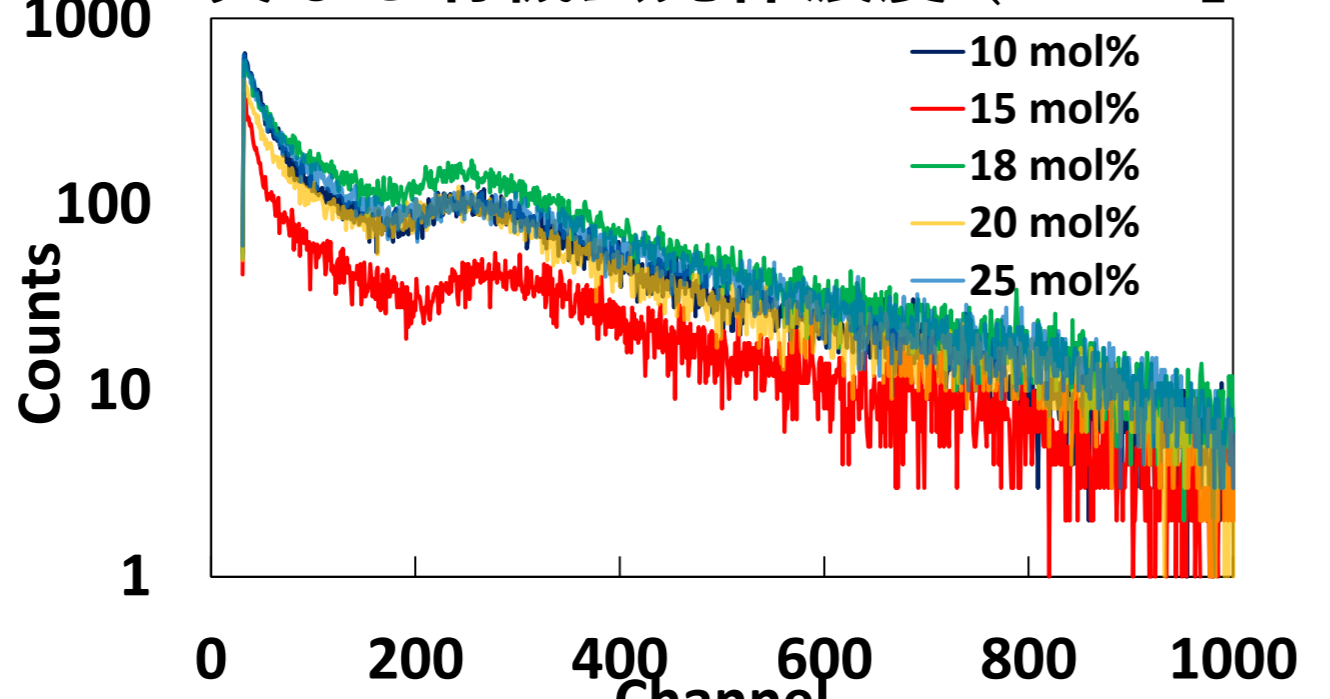
異なるナノ粒子濃度 (有機蛍光体 10 mol%)



Samples	ピークチャンネル	発光量 [photons/neutron]
5 wt%	249	1570
10 wt%	255	1600
15 wt%	235	1480
20 wt%	237	1490
25 wt%	228	1440

ナノ粒子濃度増加に伴い  
中性子検出効率は高まる  
が発光量低下

異なる有機蛍光体濃度 (LiAlO<sub>2</sub> 10 wt%添加)



Samples	ピークチャンネル	発光量 [photons/neutron]
10 mol%	255	1600
15 mol%	288	1810
18 mol%	253	1590
20 mol%	249	1570
25 mol%	251	1580

最大発光量  
1810 photons/neutron  
達成  
18, 20, 25 mol%添加  
試料は、濃度消光により  
発光量低下

### まとめ

・ナノ粒子の有機修飾およびPS内のナノ粒子の分散性向上に成功

Samples	発光量 [photons/neutron]
EJ-254	800
LiAlO <sub>2</sub> -PS	1440-1810

市販の中性子検出用シンチレータである<sup>10</sup>B-loaded PS(EJ-254)よりも  
高い発光量を持つPSの開発に成功