

LB膜の自己再構築による 有機無機層状ペロブスカイト膜作成法の開発

Intercalated formation of two dimensional
perovskites in organic Langmuir-Blodgett films

プロジェクト代表者：本多善太郎（理工学研究科）

■ 研究の目的

超薄膜作成法の一つとしてLB(Langmuir-Blodgett)法がある。LB法は水面上に展開された不溶性単分子膜を基板上に移し取る方法であり、分子レベルでの製膜が可能である。一方、LB膜の層間に無機層が入り込んだ構造を持つ有機無機層状ペロブスカイト物質は、高効率発光や2次元磁性などの無機層の2次元構造に由来した特異な物性を示すことが知られており、薄型ディスプレイなどの発光材料等への応用も期待される。

本プロジェクトでは、LB膜と有機無機層状ペロブスカイト物質の構造上の類似性に着目し、LB膜へ無機イオンをインターカレートする新たな有機無機複合ペロブスカイト膜作成法の確立を目的に研究を行った。

■ LB膜とは？

親水基と疎水基を併せ持った両親媒性分子(せっけん分子)を水面上に展開すると、親水基が下を向き、自発的に分子の向きが揃う。この現象を利用して水面上に向きの揃った単分子膜を作り、それを基板に写し取る方法。

この方法を用いると、分子レベルで膜の厚さが制御された高品質の有機薄膜を作ることができる。

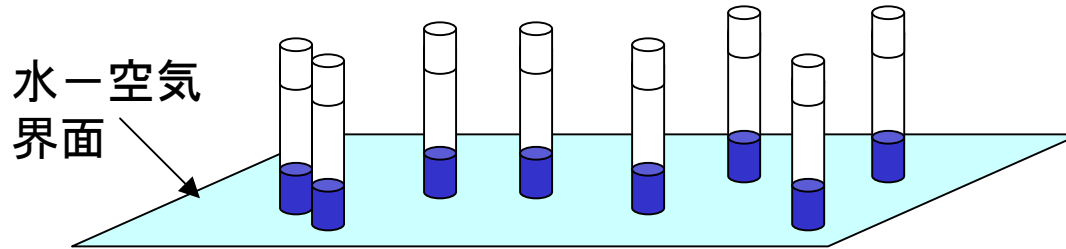


疎水基(アルキル基など)

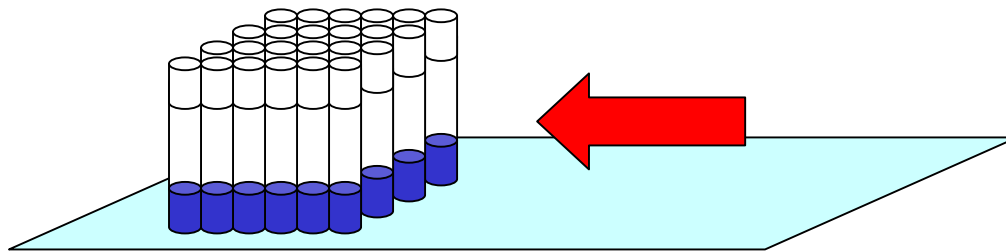
親水基(-OH、-NH₂など)

両親媒性分子
(せっけん分子)

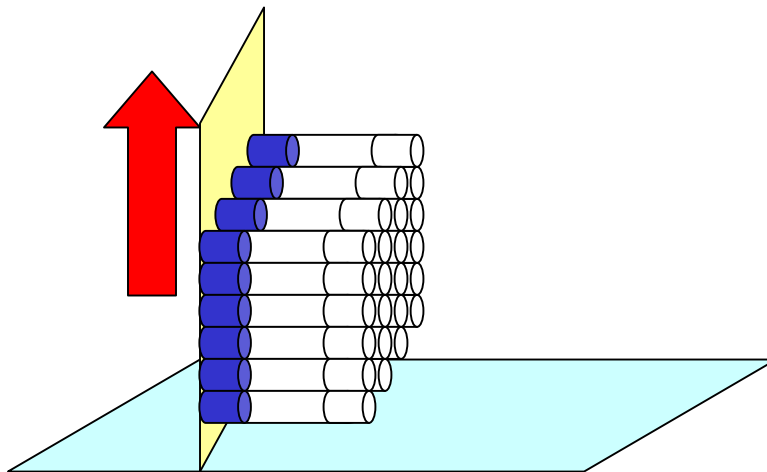
LB法による有機薄膜の作成



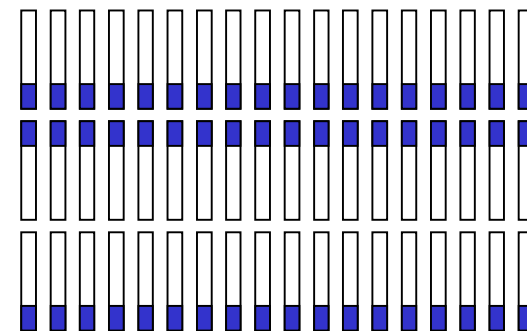
両親媒性分子を
水面上に展開



バリアにより
分子を掃き寄せる。

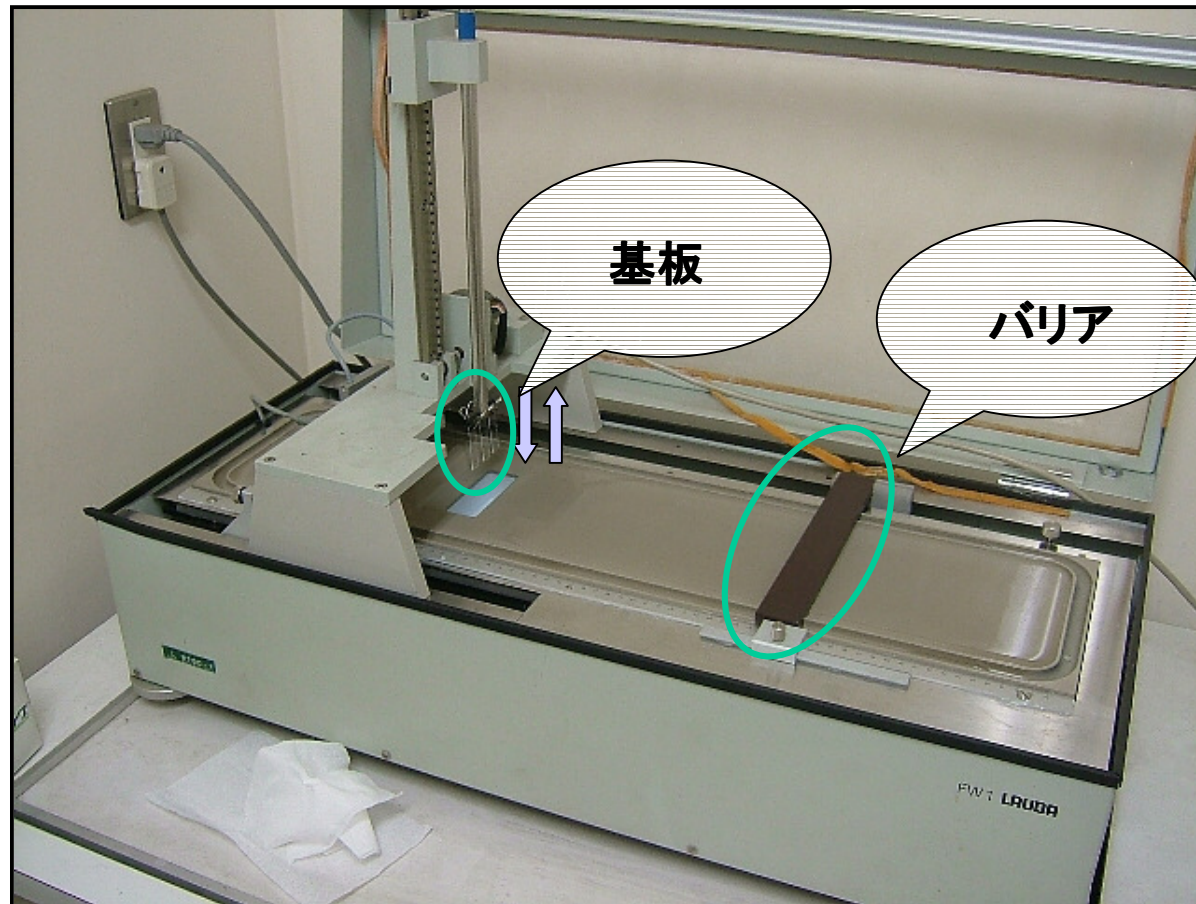


基板にLB膜を移し取る。

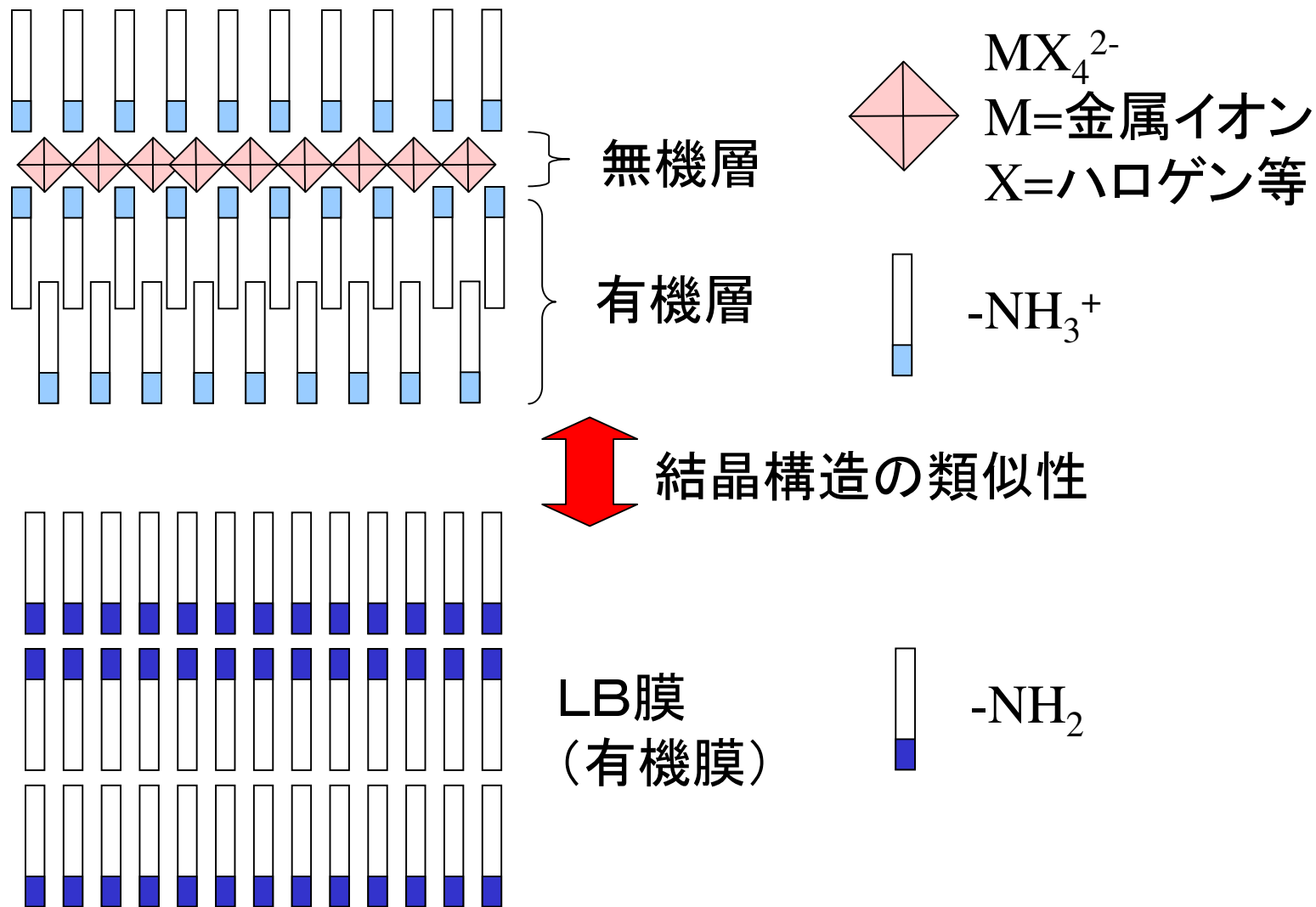


基板に累積された有機薄膜
の結晶構造 (LB膜Y膜)

本学のLB膜累積装置 (Lauda社製)



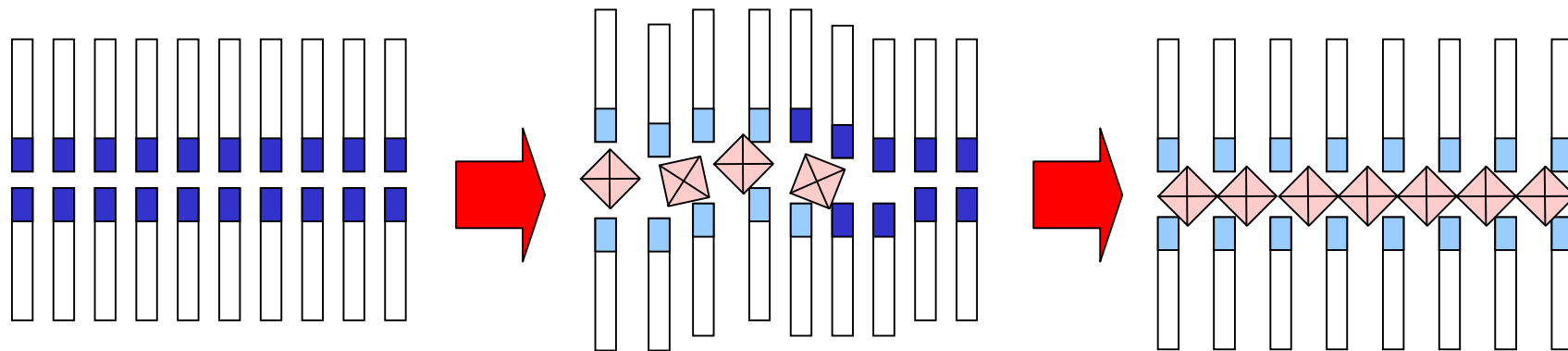
■ 有機無機層状ペロブスカイトとは？



無機層の種類により2次元半導体、2次元磁性体などの性質を示す

■ 無機層インターカレーションによる薄膜作成法

1. 有機薄膜をLB法によって基板の上に累積
2. 金属イオンを含む無機溶液に上記基板を浸漬、
無機層を有機層間にインターカレート



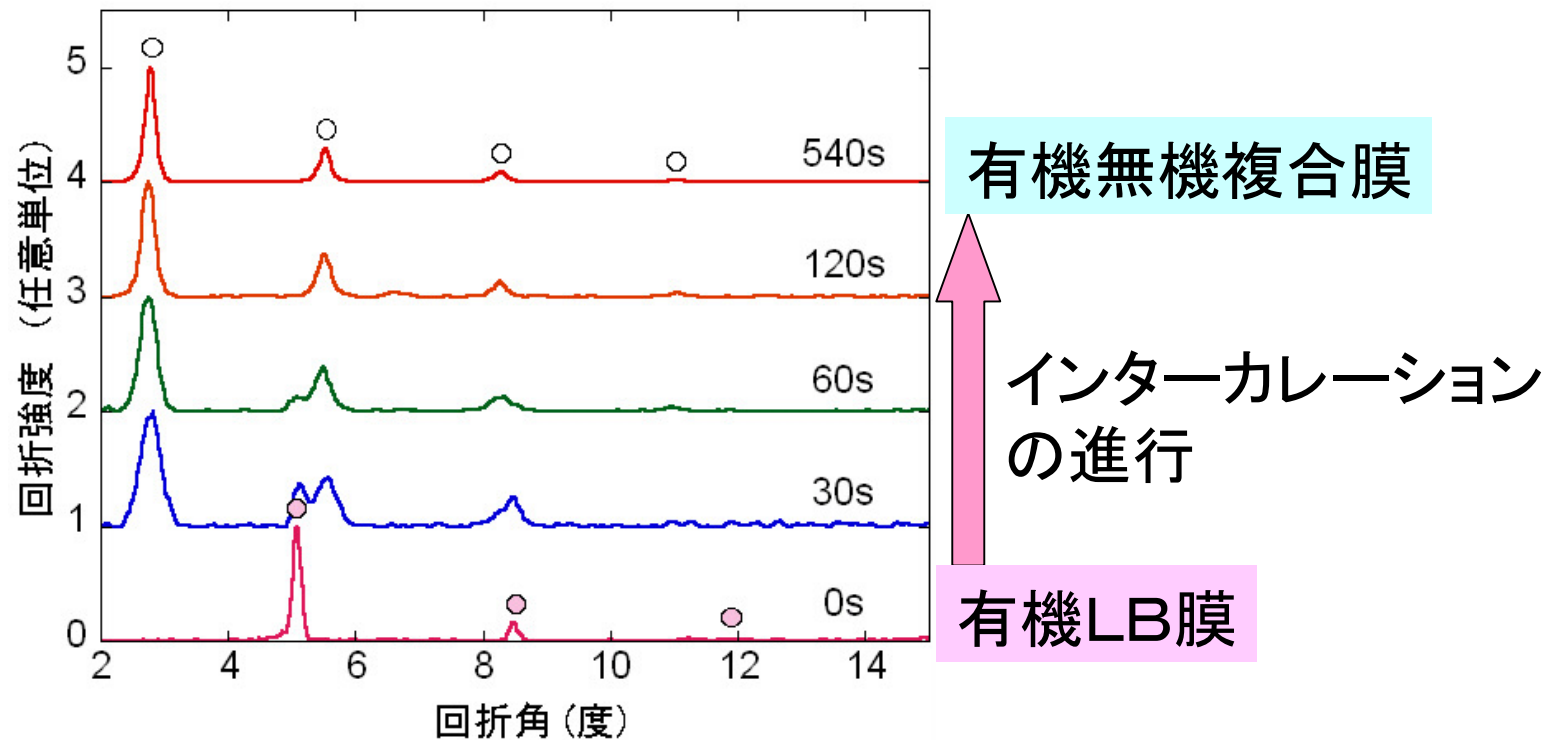
有機薄膜
(LB膜)

金属イオンの浸透
及び有機層のイオン化

有機無機層状
ペロブスカイト
薄膜

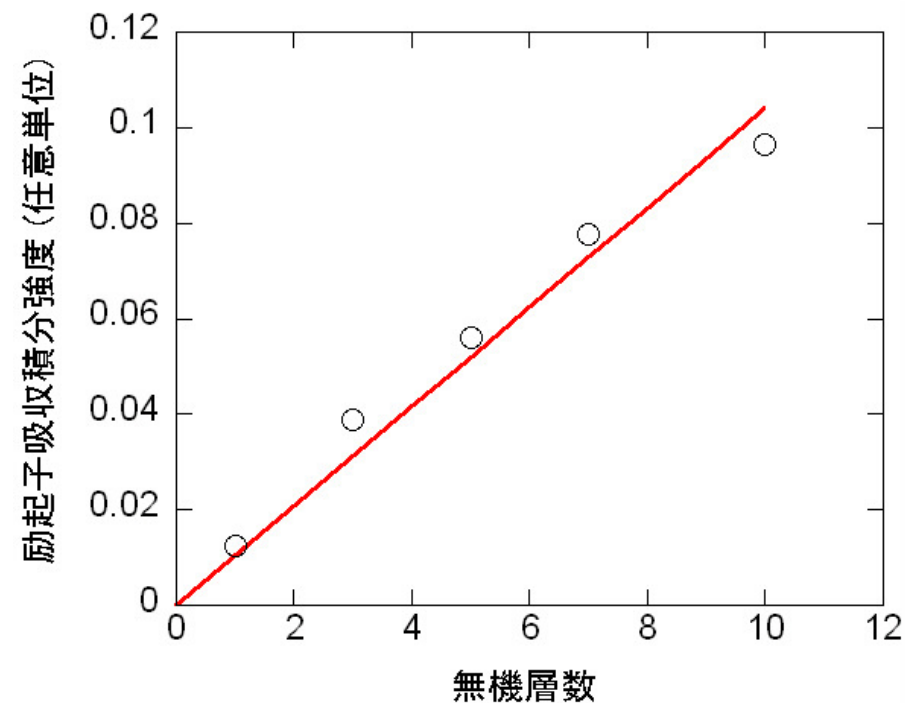
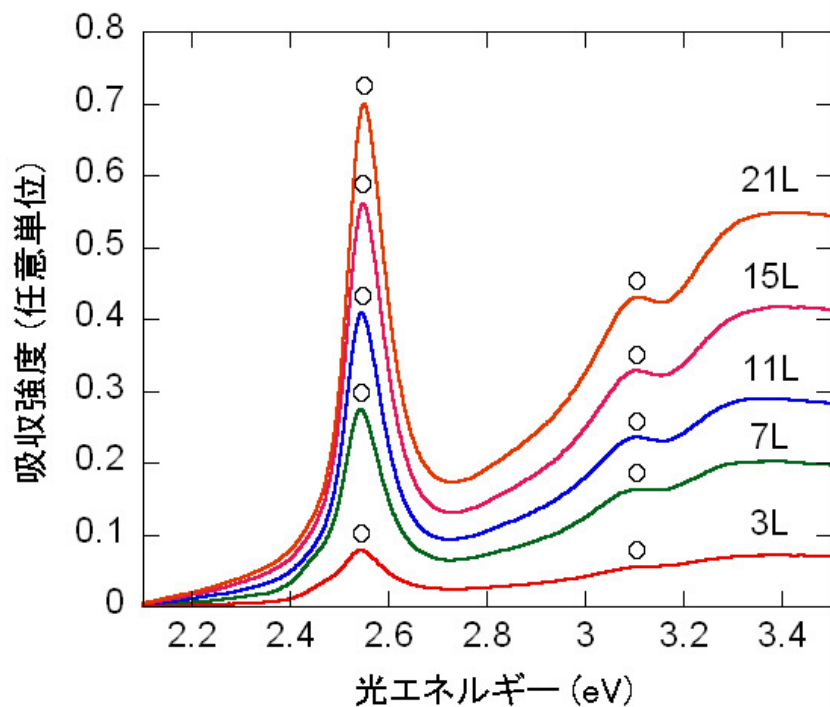
■ 2次元半導体薄膜形成の試み

有機層: ステアリルアミン、 無機層: ヨウ化鉛



無機層がインターカレートされる様子をX線回折法によって観測

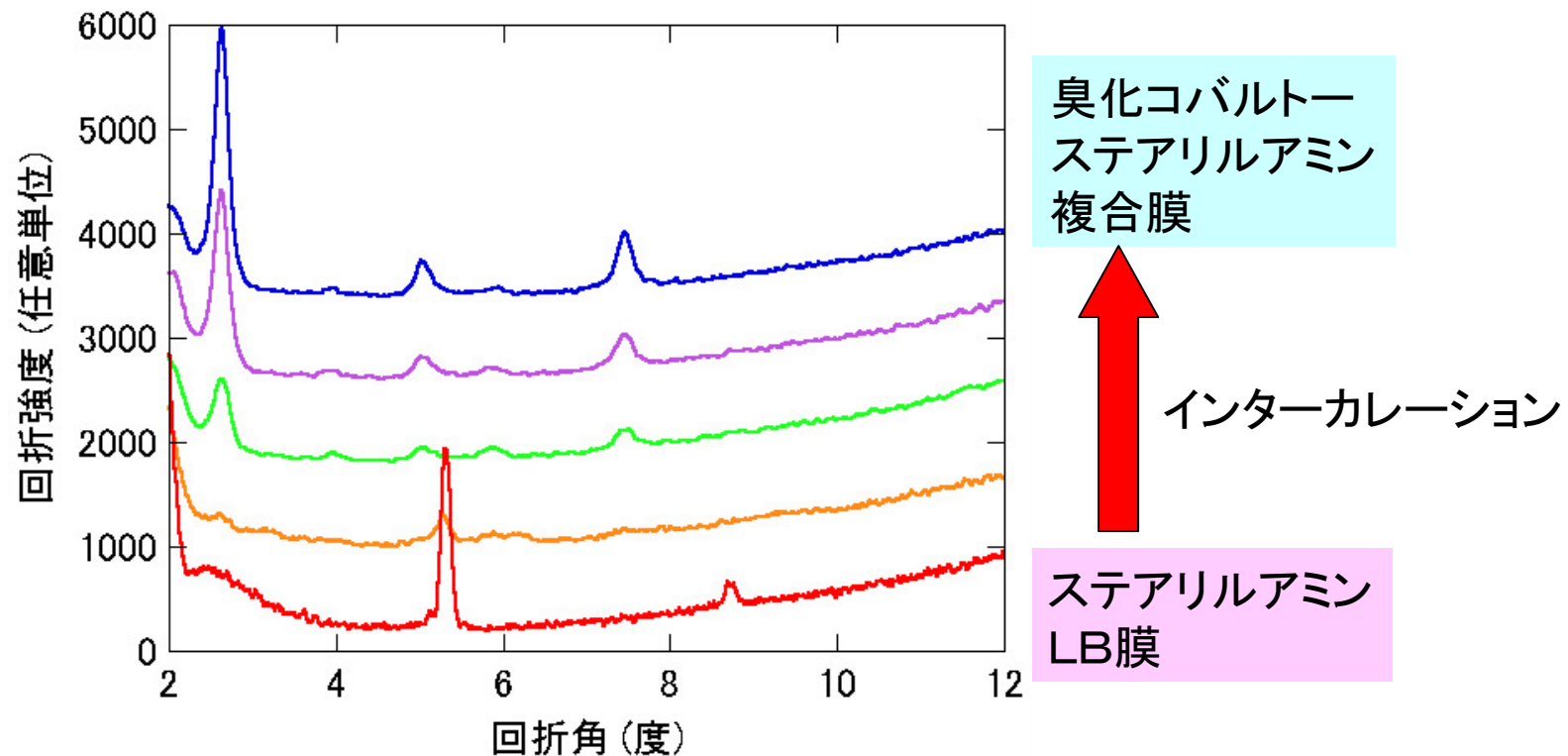
作成したヨウ化鉛-ステアシルアミン 有機無機層状ペロブスカイト膜の層数と光吸収強度の関係



2次元無機層内に誘起された励起子(発光の元になる現象)による光吸収強度から、無機層の数を1層単位で制御できることを明らかにした。

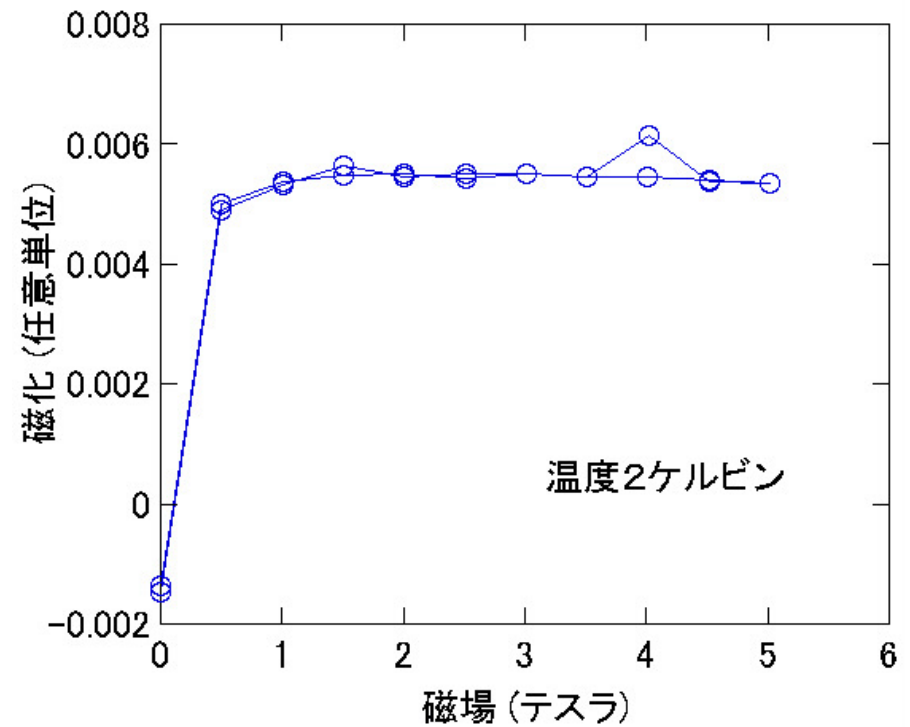
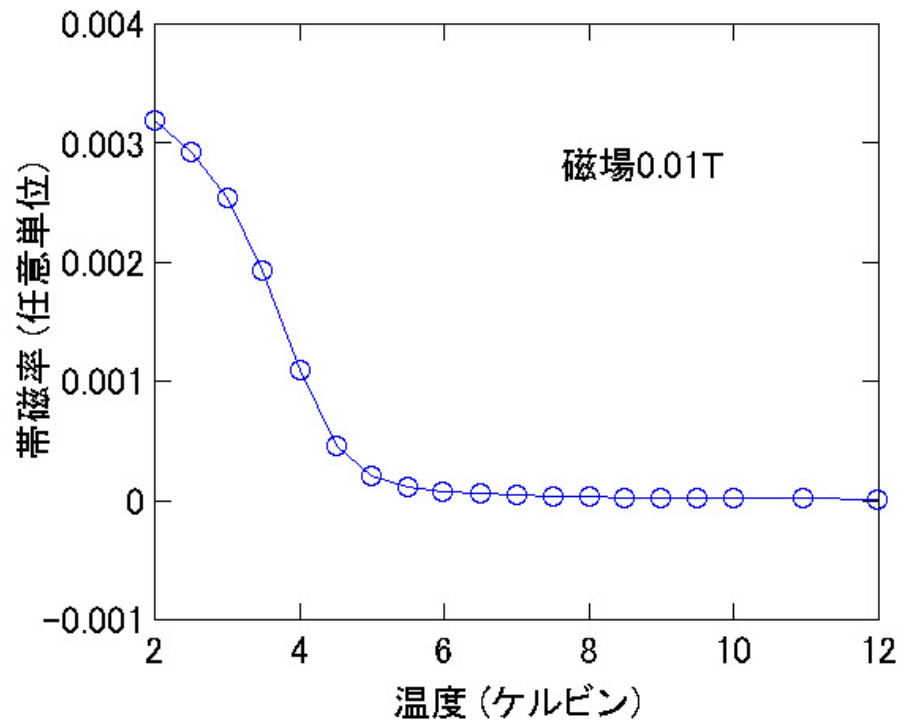
■ 2次元磁性薄膜形成の試み

有機層：ステアリルアミン、 無機層：臭化コバルト



有機層 (ステアリルアミン) に無機層がインターカレートしてゆく様子をX線回折法により観測。

本方法によって作成された2次元磁性体の磁気特性



完全な2次元性のためキュリー温度(強磁性が発現する温度)が極端に低い磁性薄膜が得られた。

■ 研究の発展

現在進行中の研究について紹介します。

有機層の安定化:

有機層に耐熱性を有するポリイミド(高分子)を導入し
有機無機複合膜の熱安定化を図る研究。

金属超薄膜の作成:

無機層の金属イオンを水素還元することにより
有機層に挟まれた金属超薄膜を作成する研究。

■ 本研究の成果

基板上に累積したLB膜を無機イオンを含む水溶液に浸漬することにより、有機膜への金属イオンのインターカレーションが自発的に進行し、高品位な有機無機層状ペロブスカイト膜が得られることを示した。本方法では原料のLB膜の厚さを変えることにより有機無機層状ペロブスカイト膜厚が分子レベルで制御可能である。

2次元半導体薄膜は安定な2次元励起子により室温でのフォトルミネッセンスが観測された。発光材料としての応用が期待される。

2次元磁性薄膜では理想的な2次元性のため自発磁化が生じにくくなる現象が見られた。基礎科学的な興味もたれる。