

## 插層或層間插入(Intercalation)

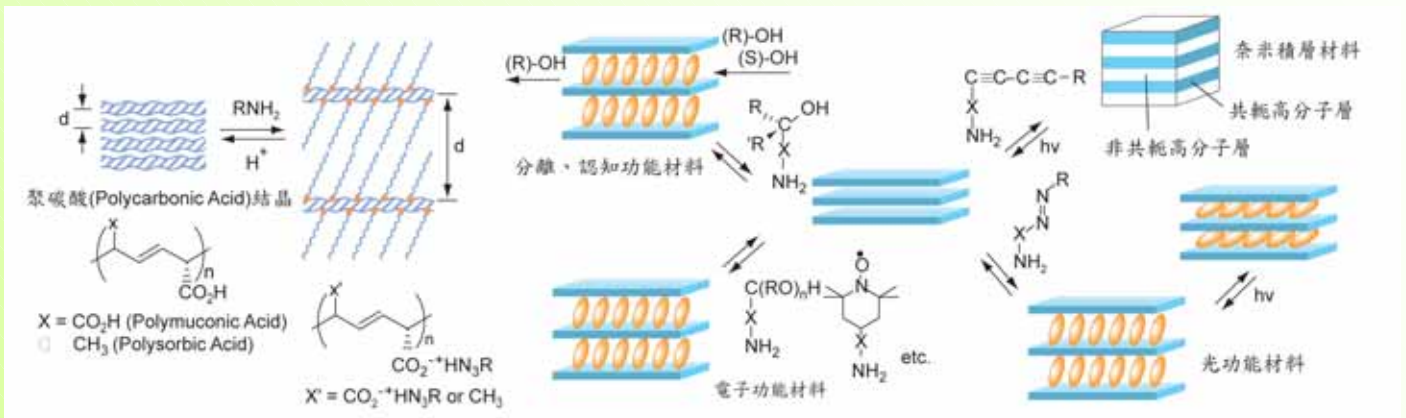
所謂插層(Intercalation)是指二次元層狀物質為主體(Host)之層間，會出現客體(Guest)化合物呈可逆性進出的現象。在不破壞主體的層狀構造下，取入分子、離子等為客體，再因應客體的大小、形態，使層間的距離產生柔軟的變化，是其特徵。插層材料以奈米級的無機/有機複合物質的建構最為有效，在層間吸附或分離、離子交換、反應觸媒、氧化還原、左右迴轉體識別、磁性、光功能等各種領域，經常被應用在能高度控制上述領域之各種反應、構造、功能、物性的複合材料設計上。

一般而言，該主體所用到的層狀物質，大半為無機物質，其層內部分則被區分為不帶電荷的中性石墨、金屬硫族化合物、金屬氧化物，及帶負電荷的蒙脫土(Montmorillonite)等黏土礦物(部份為中性)、矽酸鹽、金屬磷酸鹽、鈮酸鹽、鈦酸鹽等金屬氧化物鹽(如表一)。後者根據所取入於層間多少的陽離子來補足層的負電荷，而仰賴離子交換或靜電相互作用就能結合客體分子。因為鋁碳酸鎂(Hydro-talcite)等的層狀氫氧化物(Layered Double Hydroxide;LDH)在層中帶有正電荷而有陰離子交換能，較易合成，因而最近常被使用。

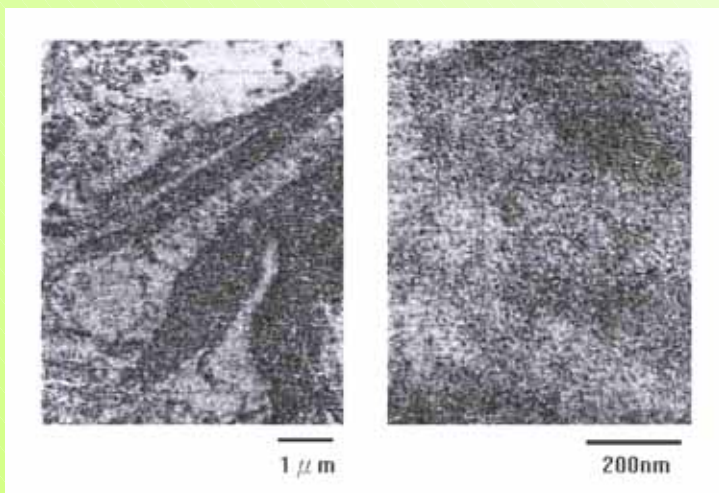
在成為層構造基本框架之功能材料的設計上，層狀無機主體方面係以功能性有機分子的組合系佔壓倒性多數，這是因為它具有很容易自在改變無機主體頑強的層構造(二次元構造)與層間隔的異方性特徵。目前，儘管現有的無機化合物，透過氫結合網或超分子構造、集積型金屬錯合物的綿密設計，縱使是有機化合物或金屬錯合物，都能合成具有支撐層間柱狀構造的層狀嵌入化合物。最近，依固相聚合(Topochemical 聚合)所合成的二烯羧酸(Diene Carboxylic Acid)高分子結晶即被發現有可逆性取入胺(Amine)的情形，這是主/客(Host/Guest)雙方僅以有機化合物而構成有機插層系統的有用例子，因而受到矚目。

表一 插層所用主體化合物的分類

物質	中性	石墨、黏土礦物·矽酸鹽、金屬氧化物、金屬硫族化合物等
	負電荷	黏土礦物·矽酸鹽、金屬磷酸鹽、鈮酸鹽、鈦酸鹽等
	正電荷	層狀氫氧化物(Layered Double Hydroxide;LDH)
金屬錯合物	中性	Cu(pzdc) <sub>2</sub> L、氯冉醯胺(Chloranilate)等
有機結晶		二磺酸精胺酸胍鹽(Disulfonate · guanidinium Salts)、膽酸(Cholic Acid)等
高分子結晶	負電荷	聚己二烯二酸(Polymuconic Acid)結晶、聚山梨酸(Polysorbic Acid)結晶



圖一 發現 Polycarbonic Acid 結晶方向的插層與 Guest 的排列、方向、集積化所帶來的新功能



圖二 插層後奈米銀微粒子分散型高分子的纖維狀組織(左)與微粒子的分散狀態(右)

以己二烯二酸(Muconic Acid)、山梨酸(Sorbic Acid)等二烯羧酸的高分子結晶而言，主體層是利用氫結合使一次元伸展的高分子鏈(以共價聯繫)呈橫方向相互強勁連結，形成堅固的二次元層構造，在嵌入之際若改變氫結合的圖案(Pattern)，朝層間插入胺，就能自在地改變層間隔(圖一)。

根據插層含有官能基的客體胺(Guest Amine)誘導體分子的排列、方向、集積化，期待能發現光反應性、

光響應性、觸媒、導電性、磁性、分離、分子認知等的新功能，並希望目標鎖定在能夠創造出分離·認知材料、光反應性·光響應性材料、電子功能材料，而試製出含有新有機/無機複合材料(圖二)在內之各種形態的功能性高分子結晶。

再者，就向固態物質取入分子這一點而言，其相關物質有沸石、活性碳等多孔性材料，並廣為應用在選擇吸附、分離、離子交換、觸媒等的功能材料方面。在此，與插層的最大不同就是，多孔性材料所利用空間是隧道構造的一次元空間，剛直穩定的構造是其特徵；而相對的，利用二次空間的插層則能發揮構造柔軟的特性並利用之。特別是有機插層，可望朝輕量化、構造設計便利的應用方向發展。