

### 3. 實驗結果

#### 3.1 pH 值的提升與磷酸鈣的溶解度：

在本實驗中，我們將尿素溶解於礦化溶液中，利用其遇熱分解的特性來緩慢地提升 pH 值，圖一是不同的礦化天數所測得 pH 值變化情形，pH 值從開始的 pH3.9 緩慢地提升，直到第 8 天的 pH7.1 後趨於平緩。圖二則是在不同的 pH 值下所測得磷酸及鈣離子的濃度，可以發現 pH 值的提升的確造成磷酸鈣的濃度降低，使得磷酸鈣因為過飽和的狀態而沈積下來。

#### 3.2 一次沈積：

圖三是海葵身體橫切面 SEM 圖，我們無法在 SEM 圖下看到清楚的細胞輪廓，但可約略地看到兩層的細胞結構，這兩層細胞裡面佈滿了和海葵共生的蟲黃藻，為了確定是否有磷酸鈣的沈積，我針對了這個區域作了 EDX-全能譜圖的觀察，圖四是 EDX-全能譜圖的結果，我們可以看到磷、鎂、鈣還有氯的訊號，然後針對磷、鎂、鈣這三個元素進行元素分佈圖分析(圖五)，可以發現這三種元素主要是沿著海葵體細胞的輪廓分布，進而證明了磷酸鈣在海葵細胞內的存在。往海葵更裡層去觀察，同樣地，針對共生藻類的圖形元素分佈圖分析(圖六)可以看到大量磷和鈣的訊號分布在藻體內部，而圖七是單顆的共生藻的元素分佈圖分析。

TEM 的觀察：圖八中間橢圓形的結構為共生藻類，我們可以在它的內部和外部都發現圓形的黑色小顆粒。由於沒有規則性的形狀，我們認為它是非結相的磷酸鈣沈積。拿來和圖九對照組作比較，共生藻類外部模糊的區域是海葵體本身的細胞，在這些海葵細胞組織中我們也可以發現很多黑色的小顆粒。圖十是海葵細胞的放大圖，我們可以看到礦物顆粒分布在海葵細胞中。

#### 3.3 礦化時間對於礦化程度的影響：

從圖十一我們可以看到礦化時間對於礦化程度的影響，X 軸是礦化的時間，而 Y 軸是礦化的程度，礦化程度的計算方式是以礦化形成的磷灰石( $\text{Ca}_4(\text{PO}_4)_3\text{X}_2$ )

的重量除以海葵的乾重所得到的重量百分比，磷灰石的重量是由磷的重量經由磷灰石的分子量計算出來。可以看到礦化的程度隨著時間增加，直到第 7 天後增加的趨勢趨於平緩，這樣的趨勢和磷酸鈣的溶解度(圖二)相同，因此礦物顆粒於海葵身體內部沈積的情形是因為 pH 值的變化(圖一)所導致的溶解度改變而引起的。

### 3.4 重覆沈積：

圖十二是重覆沈積四次的海葵 SEM 圖，可以明顯發現白色圖樣和只進行一次沈積反應的結果比較起來有明顯大量的提升，相同區域的 EDX 全能譜圖(圖十三)可以發現鈣和磷的訊號明顯提升了許多，鈣、鎂、磷的元素分佈圖分析(圖十四)也和這些白色圖樣有位置重疊的現象，因此我們判定這些白色的圖樣就是沈積的磷酸鈣。

圖十五是海葵重覆沈積四次的 TEM 圖，可以看磷酸鈣所形成的礦物顆粒大約佔了細胞體積的 70%，這些正方形和近似圓形的礦物顆粒分布在共生藻(圖十六)以及細胞組織的內外。整個細胞被磷酸鈣礦化的情形更為顯著。

圖十七是重覆礦化的次數對於海葵被礦化的程度所作的圖。X 軸是礦化的次數，而 Y 軸是礦化的程度，礦化程度的計算方式是以礦化形成的磷灰石 ( $\text{Ca}_4(\text{PO}_4)_3\text{X}_2$ ) 的重量除以海葵的乾重所得到的重量百分比，磷灰石的重量是由磷的重量經由磷灰石的分子量計算出來。由圖中我們可以發現重覆礦化的次數的確會影響海葵被礦化的程度。經歷一次礦化的海葵只能偵測到些微量的磷酸鈣礦化的提升，只比不被礦化的海葵多了三倍，但在重覆礦化的結果發現大量的磷酸鈣，會大量提升礦化的程度到 50 倍-300 倍。因此重覆礦化有可能是當時形成磷酸鈣化石的重要因素之一。

### 3.5 鎂離子效應：

圖十八是以不同鎂離子的濃度對於磷酸鈣礦化情形所作的圖，x 軸是不同鎂離子濃度，而 y 軸是海葵受礦化的程度，礦化程度的計算方式是以礦化形成的磷灰石( $\text{Ca}_4(\text{PO}_4)_3\text{X}_2$ )的重量除以珊瑚體的乾重所得到的重量百分比，磷灰石的重量是由磷的重量經由磷灰石的分子量計算出來。可以發現鎂離子的濃度在大於 0.15M 的時候，礦化的情形有顯著提高。最佳的礦化濃度可能是 0.15M 的鎂離子濃度。

