

3. 結果

3.1 實驗材料觀察

石蓴科藻類在全台灣的海岸全年皆有分佈，常多種混生，繁盛期常在冬春之際。有些種類混生會有隨季節轉換彼此消長的情形發生。實驗中使用的石蓴為片葉狀，藻體由兩層細胞構成，基部以盤狀固著器附著岩石上（圖一）。

3.2 以尿素及溫度控制 pH 的磷酸鈣沈積

3.2.1 掃描式電子顯微鏡與外加能量分散光譜儀的觀察

在一般人工海水的鈉離子濃度，以硝酸鈣為鈣離子來源的條件下，觀察石蓴切面，發現大量沈積團塊附著於藻體表面，內部卻未有沈積發生（圖二）。以氯化鈣為鈣離子來源的樣品，則可發現沈積顆粒沿著細胞壁、內部皺縮的細胞膜輪廓發生（圖三）。當人工海水的鈉離子濃度從 0.528M 降低到 0.206M，鎂離子濃度從 0.053M 降低到 0.030M 時，不論鈣離子來源為硝酸鈣或氯化鈣，都有大量結晶顆粒沿著細胞構造出現（圖四、五）。以外加能量分散光譜儀觀察其元素分佈，發現四組實驗的沈積皆為磷鈣礦物。另外發現溶液鈉離子濃度降低時，鎂訊號會伴隨著礦物沈積大量出現。

3.2.3 穿透式電子顯微鏡的觀察


觀察當人工海水的鈉離子濃度 0.206M 且鎂離子濃度 0.0296M 兩組藻體內部沈積顯著的實驗組別。兩組實驗皆有礦物顆粒沿著細胞壁出現，而且密集的出現在兩層細胞之間（圖六、八）。在硝酸鈣為鈣離子來源的組別中礦物顆粒直徑一般在 550nm 到 950nm 之間，有些較小的顆粒直徑僅有 400nm 左右（圖六），而氯化鈣作為鈣離子來源的組別中礦物顆粒略小，直徑一般在 450nm 到 600nm 之間，有些較小的顆粒直徑僅有 250nm 左右（圖八）。將兩組實驗的皺縮胞器放大觀察（圖七、九），可發現在硝酸鈣為鈣離子來源的組別細胞膜上覆蓋了一層約

500nm 厚的礦物沈積，而氯化鈣作為鈣離子來源的組別其細胞膜上的礦物沈積仍以顆粒的形態出現。

3.3 鎂、鈉離子比例不同下的磷酸鈣沈積

3.3.1 掃描式電子顯微鏡與外加能量分散光譜儀的觀察

觀察沈積系統中含鎂的 6 個實驗組別的元素分佈，發現藻體內部鈣、磷及鎂的訊號位置與沈積顆粒的分佈一致（圖十~十五）。鈉鎂比例為 16：1、8：1 及 2：1 的實驗組石莖切面元素分佈觀察中，可以發現藻體外部的沈積團塊上磷、鈣訊號相當密集，鎂的訊號卻未在該處顯著增加，但藻體內鎂的訊號再度與磷鈣的訊號分佈一致（圖十、十一、十三），顯示藻體表面的鎂可能在脫水包埋過程中流失。若將圖十~十五中磷的點狀分佈結果訊號以影像處理軟體（Image-Pro Plus 4.5）計算各圖細胞內部單位面積（100px × 100px）點數目，得到其訊號分佈密度如下：



$\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$	NaCl (M)	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (M)	細胞內磷訊號分佈密度
只有鈉離子	0.556	0	—
16	0.495	0.031	8.79
8	0.445	0.056	4.15
4	0.371	0.093	14.35
2	0.278	0.139	8.54
1	0.186	0.186	9.11
只有鎂離子	0	0.278	8.21

從上表可發現只有在鎂離子不存在的條件下，磷鈣礦物顆粒沈積才不發生於細胞內（圖十），在鎂離子濃度為 0.093M，鈉鎂離子濃度比例為 4：1 時內部沈積最顯著。

3.4 以碳酸及溫度控制 pH 值下的磷酸鈣沈積

3.4.1 掃描式電子顯微鏡與外加能量分散光譜儀的觀察

將石莖置於以碳酸及溫度控制 pH 值之磷酸鈣沈積系統中 3 天後，可以看見磷鈣礦物沈積開始出現於藻體內部（圖十七），7 天後觀察藻體切面的元素分佈，磷鈣礦物沈積的量明顯增加，磷鈣礦物沈積均沿著細胞構造發生。鎂的訊號雖大量出現，卻未見鎂的訊號明確的分佈於細胞結構之上（圖十八）。

3.4.2 穿透式電子顯微鏡的觀察

將石莖置於碳酸及溫度控制 pH 值之磷酸鈣沈積系統中 3 天後，磷鈣礦物顆粒開始大量填塞於胞器，於藻體外壁及兩層細胞之間有一些顆粒出現（圖十九），這些礦物顆粒呈方礫狀，直徑都在 50nm 以下（圖二十一）。細胞內未被礦物顆粒填充的部份佈滿了長約 250nm~300nm 的網狀排列細絲狀結晶，胞器間也可發現類似但尺寸略小的結晶，長度約 100nm（圖二十）。到第 7 天後，沈積顆粒數目並未明顯增加（圖二十二），部分礦物顆粒尺寸成長至 150nm 左右，形態仍為方礫狀，較小的網狀細絲結晶消失消失，只留下尺寸約 250nm~300nm 的絲狀結晶（圖二十三）。