

2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

題目名稱：臺灣仙后水母捕食黏液中卡西體的發現

一、摘要

仙后水母 *Cassiopea andromeda*，常以傘頂朝下附著於水體底部，較少隨著水流游動。本次研究中，我們發現仙后水母在攝食時感測到水體擾動後會釋放黏液。在黏液中，我們發現特殊構造卡西體 (Cassiosomes)，由水母泡狀附肢末端的囊狀結構釋出，並將此構造的中文化名稱命名為卡西體囊。卡西體 (Cassiosomes)，為刺絲囊與水母體內共生蟲黃藻所構成的胞狀結構，具有毒性，接觸目標獵物後能在 30(±10) 秒內使其死亡，因此可推斷其能讓仙后水母有效的進行攝食。

二、探究題目與動機

我們的組員曾經與家人同遊高雄林園海洋濕地公園，因此認識了仙后水母 *Cassiopea andromeda* 此種台灣西南部沿海的特殊水母。仙后水母俗稱倒立水母、朝天水母，和絕大多數人既定印象中的水母不同，並不會隨波逐流，而是以口面與相對較短的口腕朝上、傘頂朝下，多數時候以棲息在紅樹林濕地、淺潟湖等水體底部的地面，不易隨著水流四處遊動。據我們所知，隨著水流移動的水母如常見的海月水母能夠在漂流過程中透過激發刺絲胞中的刺絲進行捕食。而相對的，我們也因此而好奇，總是附著於水體底部的仙后水母是否具有另類的捕食機制？這也成為我們開始養殖仙后水母並觀察的起因。

在我們觀察仙后水母的這段期間，我們發現水中總是充滿著大量黏液，若將手放進飼養水母的養殖缸中，皮膚表面總會隱隱刺痛。此外，我們同時觀察到仙后水母在攝食過程中會分泌大量的黏液包覆獵物。因此，我們想要深入探討黏液的成分與其在仙后水母的攝食過程中扮演的具體角色。

三、探究目的與假設

目的

- (一) 分析並觀察仙后水母釋放黏液的行為
- (二) 分析並觀察黏液中之卡西體
- (三) 紀錄仙后水母之攝食行為

假設

- (一) 分泌黏液為仙后水母在攝食作用中關鍵之行為
- (二) 黏液中含有卡西體，能夠殺死獵物，讓仙后水母有效攝食

名詞定義：卡西體 (Cassiosomes)

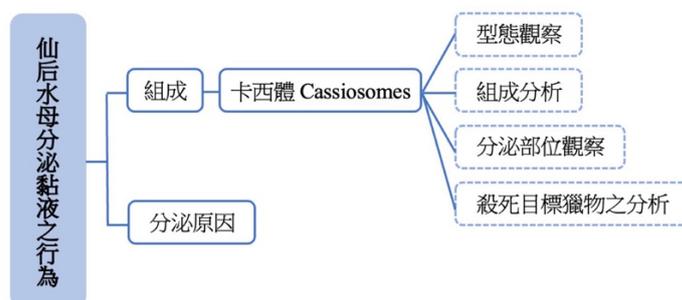
此物質首次被發表於 Cassiosomes are stinging-cell structures in the mucus of the upside-down jellyfish *Cassiopea xamachana* (Cheryl L. Ames *et,al.* 2020) 此篇論文中，在此研究中，我們將 Cassiosomes 之中文名稱命名為卡西體。

四、探究方法與驗證步驟

一、研究設備與器材：

仙后水母、豐年蝦、複式顯微鏡、解剖顯微鏡、倒置式顯微鏡、相機、汞燈、滴管

二、研究架構



圖（一）研究架構圖

三、仙后水母分泌黏液之行為分析

（一）實驗一：捕食過程中黏液分泌之機率分析

在養殖過程中觀察到仙后水母在餵食過程中分泌黏液的現象後，我們取八隻水母重複進行五次實驗，觀察他們是否在每次捕食過程中皆有分泌黏液之現象。我們以有觀察到黏液之分泌、無明顯觀察到分泌黏液之證據記錄數據後，以機率量化其分泌黏液的行為。

表（一）水母在餵食後是否分泌黏液：○為有觀察到黏液之分泌，X為無明顯證據

組別 次數	A	B	C	D	E	F	G	H
一	○	○	○	○	×	×	○	○
二	○	○	×	○	○	○	○	○
三	○	○	○	○	○	○	○	○
四	○	○	○	○	○	○	○	○
五	○	○	○	○	○	○	○	○

由上表數據可統整出，於 40 次實驗中，共有 37 次觀察到黏液分泌之現象，機率為 92.5%。而無明顯觀察到黏液分泌之證據的三次實驗不排除為實驗之人為誤差。因此可證實分泌黏液是仙后水母在捕食過程中關鍵性的行為。

（二）實驗二：黏液分泌之原因探討

此實驗探討了可能造成水母分泌黏液之原因。在養殖水母期間，我們曾觀察到仙后水母除了在攝食過程中會有分泌黏液之行為，在受到環境變動與刺激時亦會有此現象。因此，我們設計了三組實驗以探討黏液分泌之原因。三組之實驗條件分別為餵食豐年蝦的 A 組、以滴管擠水擾動水體的 B 組、及靜置在水中作為對照組的 C 組。在觀察並記錄是否有產生黏液後，以產生黏液之機率量化在不同情境下仙后水母分泌黏液之行為。

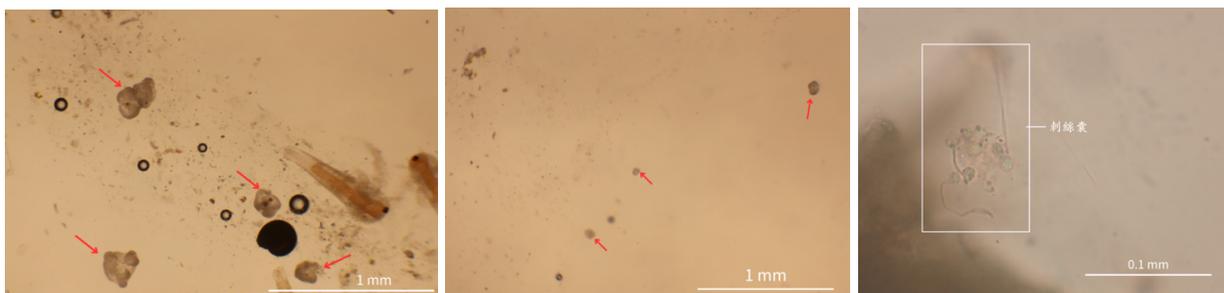
表（二）A、B、C 三組中仙后水母分泌黏液之情形

組別 次數	A 組 餵食豐年蝦	B 組 擾動水體	C 組 靜置
一	○	○	×
二	○	○	×
三	○	○	×
四	○	○	×
五	×	○	×
六	○	×	×

從表中可見，餵食豐年蝦的 A 組及以滴管擠水擾動水體的 B 組產生黏液之機率皆為 83.3%，而將水母靜置的 C 組的機率則為 0%。且其中餵食豐年蝦的組別其黏液包覆著豐年蝦，可證實其具有捕食之功能。而以滴管擾動水體的組別也同時產生了組織液，我們因此推測水母產生組織液的原因是由個體附近海水之擾動造成，水母在感知到水體擾動後便會分泌黏液以捕食附近之獵物或自我防禦。

(三) 實驗三：黏液成分之探討

根據實驗二，我們了解到仙后水母在攝食過程中及受到水體擾動之後皆有分泌黏液之行為。因此我們分別將餵食豐年蝦的 A 組、以滴管擠水擾動水體的 B 組所分泌之黏液製成玻片標本，以複式顯微鏡觀察。在 A 組的玻片標本中 (圖二)，可觀察到攝食過程所分泌之黏液中含有共生蟲黃藻、刺絲囊、水中雜質 (如未孵化之蝦殼)、浮游生物、已死亡之豐年蝦、及符合文獻中所述之不規則形體卡西體 (Cheryl L. Ames *et al.* 2020)。在與論文原作者聯繫確認後，證實台灣在地的仙后水母 *Cassiopea andromeda* 所分泌之黏液亦具有此物質。在 B 組的玻片標本中 (圖四)，可觀察到受到水體擾動所分泌之黏液中含有共生蟲黃藻、刺絲囊、水中雜質、浮游生物、及卡西體等物質。



圖二 (左)：A 組玻片標本，紅色箭頭處之不規則形體皆為卡西體

圖三 (中)：B 組玻片標本紅色箭頭處之不規則形體皆為卡西體

圖四 (右)：白色方框起來之囊狀結構為隨黏液分泌之刺絲囊

四、仙后水母之卡西體分析

(一) 實驗四：卡西體之型態觀察

為了進一步觀察卡西體的型態，我們將黏液靜置後分離出下沉在底部的卡西體，並製成玻片分別在複式及解剖顯微鏡下觀察，並統整出以下幾點：

1. 型態描述：我們觀察到的仙后水母之卡西體為形狀不規則之多面體胞狀結

構，大小約在 100-300 μm 之間。



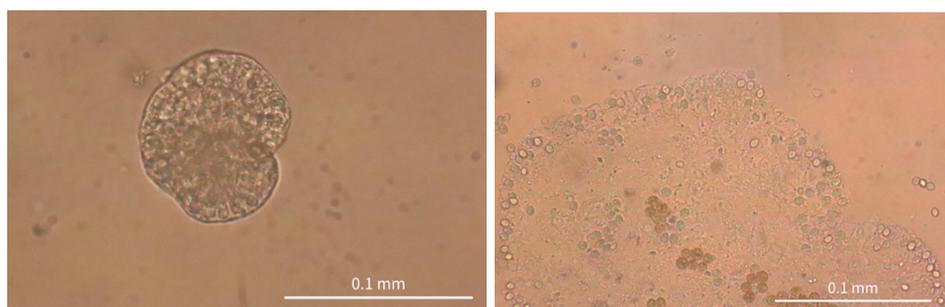
圖五（五）：複式顯微鏡拍攝 - 紅色箭頭處之不規則形體為卡西體

圖六（右）：解剖顯微鏡拍攝 - 途中白色顆粒為卡西體

2. 動態：我們觀察到部分卡西體在無外力的情況下會在水中原地自旋，而部分則靜止不動。

（二）實驗五：卡西體之組成分析

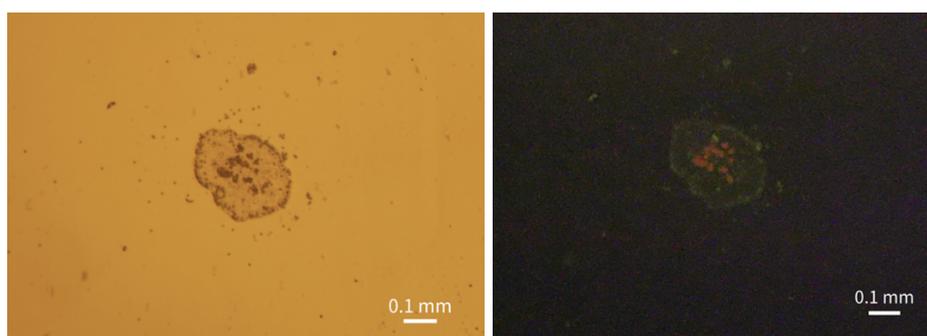
以複式顯微鏡觀察後，我們觀察到卡西體的的基本組成為外膜包裹著諸多刺絲囊，如將（圖七）調整倍率後便可清晰地觀察到刺絲囊型態（圖八）。對照拍攝到水母攝食過程中所釋放之刺絲囊（圖四）後，我們可進一步確認卡西體為由刺絲囊組成的胞狀結構。



圖七（左）：卡西體在複式顯微鏡下之型態

圖八（右）：將卡西體放大後，可見其內部充斥著刺絲囊

此外，我們觀察到卡西體之內部除刺絲囊之外，靠近中央處亦有褐黃色的斑點。因此，我們將卡西體製成玻片至於倒置式顯微鏡下以藍光激發光進行拍攝。從圖中（圖十）觀察到原先為褐黃色的斑點呈現紅色螢光反應，證明其中含有葉綠素。因此，我們推測卡西體內部亦含仙后水母體內之共生蟲黃藻。



圖九（左）：卡西體顯微鏡下以正常光拍攝

圖十（右）：卡西體在顯微鏡下以藍光激發光拍攝，紅色螢光處即為共生藻位置

（三）實驗六：卡西體之分泌部位

在確認實驗中的水母確實有分泌卡西體的現象後，我們沿著黏液向上溯尋其分泌的部位。我們發現在仙后水母的泡狀附肢末端具有白色的囊狀結構，並將其命名為卡西體囊。當水母在攝食過程中或是受到環境刺激時，卡西體會從此囊狀結構中隨著黏液一併釋出，作為捕食或是防禦作用的一環。



圖十一（左）：在泡狀附肢末端充滿著卡西體的卡西體囊（紅色箭頭處）

圖十二（右）：已經釋出卡西體的卡西體囊（紅色箭頭處）

（四）實驗七：卡西體殺死目標獵物分析

在此實驗中，我們設計了讓一隻豐年蝦碰觸單一卡西體的 A 組（實驗組）與無卡西體的 B 組（對照組），以驗證卡西體是否為仙后水母殺死目標獵物之關鍵。我們一共進行五次實驗，觀察實驗中豐年蝦是否會死亡。實驗結果如下表。

表（三）有無卡西體對於豐年蝦之影響

組別 次數	A 組 有卡西體	B 組 無卡西體
一	死亡	未死亡
二	死亡	未死亡
三	死亡	未死亡
四	死亡	未死亡
五	死亡	未死亡

故從上表中可得知，卡西體為仙后水母捕食之關鍵。而在 A 組（實驗中）我們也觀察到豐年蝦從接觸到卡西體至死亡的過程如下：

1. 豐年蝦游動至卡西體附近
2. 豐年蝦尾部、身體側邊或頭部碰觸到卡西體
3. 豐年蝦試圖掙扎，但力道漸小
4. 豐年蝦身體無法動彈，只剩下前足有抽動的行為
5. 豐年蝦停止移動，死亡

而我們也測量了五次 A 組 (實驗組) 中豐年蝦從接觸卡西體至死亡的時間，結果如表 (四)。由表中可看出，一但豐年蝦接觸到卡西體，在 20 至 40 秒內便會迅速死亡。此外，我們在實驗過程中同時發現單一卡西體可以重複利用並殺死多隻豐年蝦，可見其殺死目標獵物能力十分強大外，亦證明卡西體對水母來說是十分有效的捕食/攻擊方式。

表 (四) 五組實驗中豐年蝦死亡的時間

實驗次數	豐年蝦死亡時間 (秒)
一	30 秒
二	21 秒
三	40 秒
四	22 秒
五	26 秒

五、結論與生活應用

一、結論

實驗結果皆符合我們的假設。注入豐年蝦或擾動水體時，仙后水母有極高機率會產生黏液。可知仙后水母透過感測附近水體擾動，感知到附近有獵物存在，因此分泌出黏液攻擊目標物。且其黏液中含有特殊物質卡西體。其形狀不規則，直徑大約 100-300 μm ，部分具有自旋現象。基本組成為由刺絲囊組成的胞狀結構，並內含水母體內的共生藻(蟲黃藻)。卡西體由水母的泡狀附肢末端的白色囊狀結構釋出，我們將該結構命名為卡西體囊。豐年蝦碰觸到卡西體，約 20-40 秒後，豐年蝦便停止游動(判斷為已死亡)，可得知卡西體能讓仙后水母有效的進行攝食作用。

二、未來展望與應用

目前證實具有卡西體的水母種類仍數量有限，未來可持續研究他種水母的黏液中是否具有此物質，已進一步了解此物質對於水母的重要性。此外，可持續探究仙后水母的攝食行為是否與其所在的潟湖淺灘環境及倒立的生活型態有所關聯。

參考資料

1. 蕭澤民 (2010)。水母繁養殖技術手冊。屏東縣：國立海洋生物博物館。
2. Cheryl L.Ames, Anna M.L. Klompen, Krishna Badhiwala, Kade Muffet, Abigail J. Reft, Mehr Kumar, Jennie D. Janssen, Janna N. Schultzhause, Lauren D.Field, Megan E. Muroski, Nick Bezio, Jacob T. Robinson, Dagmar H. Leary, Paulyn Cartwright, Allen G. Collins, and Gary J.Vora (2020). Cassiosomes are stinging-cell structures in the mucus of the upside-down jellyfish *Cassiopea xamachana*. *Communications Biology*, 67.
3. Larson R.J., (1997) Feeding behaviour of Caribbean Scyphomedusae: *Cassiopea frondosa* (Pallas) and *Cassiopea xamachana* Bigelow. *The Foundation for Scientific Research in the Caribbean Region* 139, 43-54.