

2023 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中（職）組 成果報告表單

題目名稱：布贏剪刀？海扁蟲的捕蟹行為

一、摘要：

於潮間帶觀察到大盤扁蟲會捕食具堅硬外殼的甲殼類動物，我們決定主動探究為何身形柔軟的大盤扁蟲能成功制伏攻擊性強的甲殼類動物。在蒐集資料後，我們選擇以實驗驗證文獻中對大盤扁蟲會分泌麻痺性毒素的推論。我們自行採集並養殖野生大盤扁蟲，以長時間攝影確認大其為甲殼類動物的機會性掠食者，而捕食行為可劃分為攻擊、捕食與消化三階段，且會伸出咽部入侵甲殼類外殼。以創意發想出食物染色技術，確認大盤扁蟲為機會性食腐生物。最終透過豐年蝦實驗分析出大盤扁蟲的黏液具高黏著度，能有效降低獵物活動力、提高捕食成功機率，但不具麻痺性，與過往文獻推論不同。實驗過程中發現黑殼蝦可做為替代食餌，有望發展扁蟲室內長期養殖的可能，進一步為台灣本土海洋生物科學帶來貢獻。

二、探究題目與動機

在一次潮間帶的生態旅遊中，我們意外目睹了大盤扁蟲成功捕食小型螃蟹的場景，並深受震撼。因為身體柔軟、輕薄的扁蟲就如同石頭剪刀布遊戲中的布一般，而擁有堅硬外殼及大螯的螃蟹就彷彿剪刀，在遊戲中，布總會輸給剪刀，但在自然界中，我們卻見證了布贏剪刀的場面！這使我們禁不住好奇到底大盤扁蟲是如何制服攻擊性強且具堅硬外殼的甲殼類動物？到底牠擁有什麼秘密武器？如此獨特的食性還有哪些不為人知的奧妙？在強烈好奇心的驅使下，我們決定著手探究大盤扁蟲的捕食行為，解答內心對生物科學的疑問。

三、探究目的與假設

在觀察到大盤扁蟲捕食甲殼類生物的驚人舉動後，感興趣的我們自行蒐集資料嘗試解答疑惑，其中，我們在一篇文獻 (Jie, 2017) 中閱讀到以下推論：

「由於獵物被吃掉時皆未進行有效掙扎，推論大盤扁蟲在捕食獵物時可能釋放了**麻醉性分泌物**。」

然而，未經實作驗證的推論無法滿足我們的好奇心，因此我們決定主動探究大盤扁蟲的捕食行為，驗證大盤扁蟲是否真的如文獻推論般會分泌麻痺性物質攻擊獵物？還是有其他攻擊構造的輔助？此外另一篇文獻 (Teng et.al, 2022) 中說明了扁形動物蚘蛭的捕食行為具有攻擊、捕食與消化三階段，這也使我們思考同為扁形動物的大盤扁蟲是否也具有三階段捕食行為？在經過初步實驗後，我們列出了幾點假設準備進行深入探究。

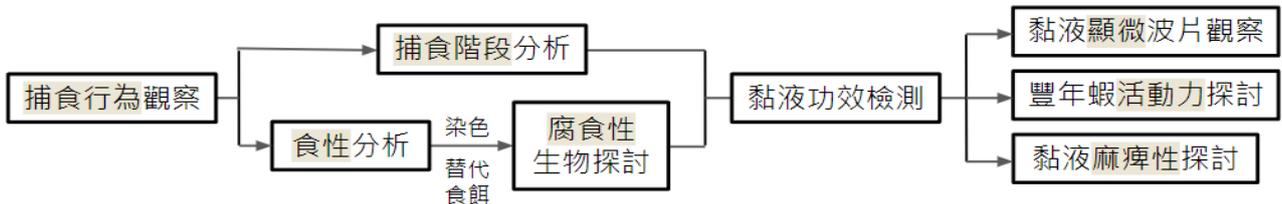
探究目的與假設如下：

- 目的：一、探討大盤扁蟲的捕食行為是否也可分為**攻擊**、**捕食**與**消化**三階段。
二、探討大盤扁蟲的**食性範圍**與**可能食用物種**。
三、了解大盤扁蟲如何**捕食具堅硬外殼的甲殼類動物**。

- 假設：一、大盤扁蟲會以**毒素麻痺獵物**後再開始食用。
二、大盤扁蟲會分泌**黏液固定獵物**防止其脫困，其黏液可能含有**毒性**。
三、大盤扁蟲會以**柔軟龐大的身軀覆蓋獵物**，使獵物無處可逃。
四、大盤扁蟲具有**其他的攻擊構造**可入侵甲殼類動物之外殼。

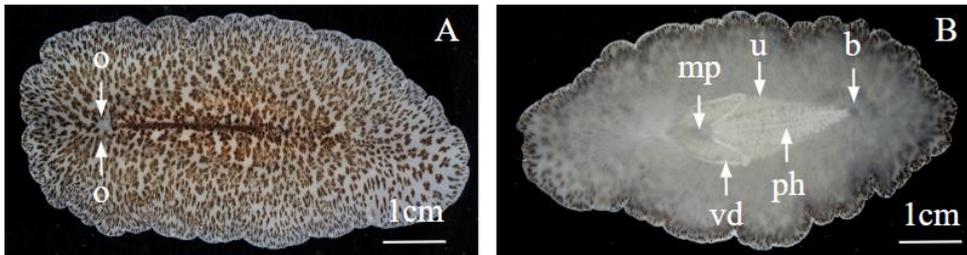
四、探究方法與驗證步驟

壹、探究架構圖



貳、大盤扁蟲 (*Ilyella gigas*) 的基本介紹

大盤扁蟲身形扁平，呈橢圓狀，自由伸縮時可拉伸至長條狀。背面多呈灰白色，密布深褐色及黑色的小斑點，腹面則為透明偏淺色，可透視看見背面斑點。成體體長最大可達約 10 公分 (圖一)。

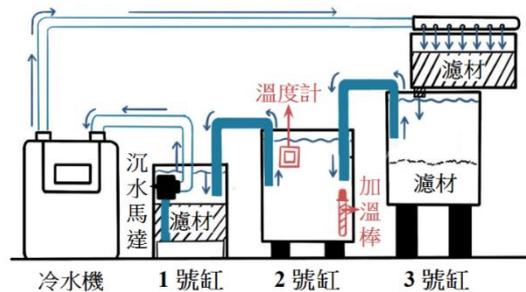


圖一 A 大盤扁蟲背面觀：眼點(o)；B 大盤扁蟲腹面觀：子宮(u)、咽部(ph)、腦(b)、雄孔(mp)、輸精管(vd)

參、探究步驟與結果

一、大盤扁蟲的採集、飼養與觀察

我們從野生環境採集大盤扁蟲，並養殖於自行設計的飼養缸內 (圖二)。海水鹽度維持在 32‰-34‰，溫度控制在 24-26 度，並定期清理排泄物、食物殘渣及加入硝化菌維持水質。



圖二 飼養缸示意圖

二、大盤扁蟲的捕食過程

大盤扁蟲的捕食行為和過往研究的扁形動物一樣可區分為三階段嗎？為了釐清疑惑，我們在飼養缸旁架設攝影裝置，藉由長時間攝影完整記錄大盤扁蟲的捕食行為，最後再進行大量影片分析。最終，我們發現大盤扁蟲的捕食行為確實可劃分成以下三階段：

(一) 攻擊期

大盤扁蟲多捕食移動迅速的獵物，例如螃蟹、寄居蟹和槍蝦等，具明顯的攻擊期。當感知到獵物，大盤扁蟲會**迅速展開追擊**。而較為特殊的是大盤扁蟲會分泌大量透明無色的黏液，再擴展身軀將獵物包覆制伏。

(二) 捕食期

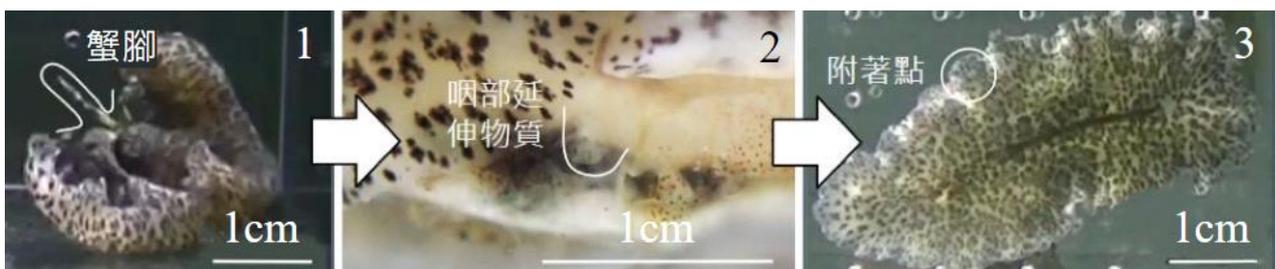
獵物已停止掙扎移動但仍未死亡，此時大盤扁蟲將整個獵物**徹底包裹**並以**扭轉**方式送往咽部準備消化。其中，分析影片發現捕食期時大盤扁蟲會將咽部伸出入侵甲殼類動物的外殼，推論其可能為攻擊構造之一。

(三) 消化期

當大盤扁蟲進入消化期時，身體會平貼於地且**靜止不動**，開始將食物從咽部運送至消化道各分支。其身體外圍輪廓會出現許多**附著點**，用於協助固定。當消化期結束時，大盤扁蟲會將甲殼類生物的外殼留在原處後離開。

大盤扁蟲的完整捕食過程(如圖三)

1. 面對移動迅速的獵物進行有效且快速的追擊，過程中會分泌透明黏液。
2. 將獵物以身體包裹並送往消化處，過程中會伸出細長的咽部入侵獵物外殼。
3. 開始消化後平貼於地並靜止不動，身體周遭產生附著點協助固定。



圖三 大盤扁蟲之捕食過程：1 攻擊期：大盤扁蟲捕螃蟹；2 捕食期：伸出咽部；3 消化期：產生附著點

二、大盤扁蟲的食性探討

大盤扁蟲的相關研究極為稀少，僅能透過文獻 (Jie, 2013) 得知其會捕食四種甲殼類動物，分別為絨毛仿银杏蟹、粗糙酋婦蟹、鈍額曲毛蟹與敏捷槍蝦 (表一)。因此，為了更了解大盤扁蟲的野外食性、擴大其食性範圍並找尋合適的室內長期養殖方法，我們設計了如下的食性實驗：

首先，將扁蟲靜置於隔離盒中 24 小時，確保其為空腹狀態，接著投餵一種扁蟲可能食用的物種，間隔一天後觀察扁蟲是否食用。如未食用，則改投餵另一種扁蟲已知會食用的

物種，如仍未食用，則代表扁蟲食慾可能受其他因素影響，此次投餵不記錄。最終彙整為食性記錄表（表二）。

表一 已知大盤扁蟲食用物種（資料來源：Jie, 2013）

科	屬與種
Xanthidae	<i>Actaeodes tomentosa</i>
Eriphiidae	<i>Eriphia scabricula</i>
Majidae	<i>Composcia retusa</i>
Alpheidae	<i>Alpheus strenuus</i>

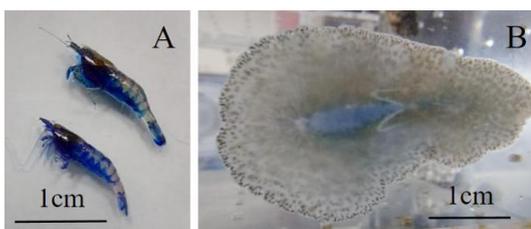
表二 大盤扁蟲食性記錄表

科	種名	食物狀態	進行實驗之扁蟲	捕食次數
匙指蝦科 (Atyidae)	<i>Neocaridina denticulata</i>	死體	2	2
		活體	2	2
扇蟹科 (Xanthidae)	<i>Leptodius sanguineus</i>	活體	1	1
槍蝦科 (Alpheidae)	未辨別	活體	2	2
寄居蟹科 (Paguridae)	未辨別	活體	3	3

小結：經食性實驗，確認大盤扁蟲至少會食用六科以上的甲殼類動物（包含已知食用物種），包含黑殼蝦、肉球皺蟹和槍蝦等，其中黑殼蝦 (*Neocaridina denticulata*) 為首次發現會食用的物種，而且容易於日常中取得（如水族館）。

四、以食物染色技術確認大盤扁蟲是否為食腐生物

觀察完大盤扁蟲的捕食行為，我們想進一步探討其詳細的食性。為了確保扁蟲有食用我們投餵的食物，我們自行發想出食物染色技術。藉餵食染色，觀察扁蟲消化道是否也有被染色，即可得知扁蟲是否食用此生物。我們以 0.1% 亞甲藍液將黑殼蝦染色（圖四），投餵給大盤扁蟲後計算食用與未食用的數量。



圖四 A 染色後黑殼蝦；B 吃下染色食物後的藍色消化道

表三 扁蟲食用活蝦、死蝦之數量紀錄

	活蝦	死蝦
吃	30	5
不吃	4	4

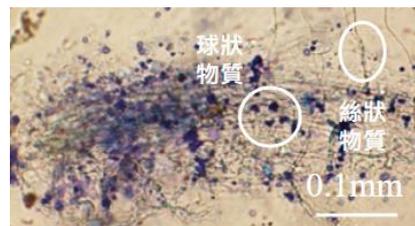
小結：藉由食物染色技術，發現大盤扁蟲和我們原先預計的不同，並不是非食腐性生物，而會願意食用已死亡的黑殼蝦。如表三所示，在共 34 隻活蝦中吃了 30 隻，不過在 9 隻死蝦中僅吃了 5 隻。經卡方檢定後，發現蝦子的死活與扁蟲進食意願的比較達顯著水準 ($p \text{ value} = 0.025$)，表示雖然會捕食死蝦，但相對於死蝦還是吃了比較多活蝦，因此確認大盤扁蟲為機會性食腐生物。這代表其在大部分情況下多食用活體生物，但也能夠為了維生而食用腐食。

五、大盤扁蟲黏液的功效檢測

根據過往文獻推論，大盤扁蟲是藉麻痺性物質來有效攻擊並捕食獵物，因此黏液會不會就是大盤扁蟲得以捕食甲殼類動物的秘密武器呢？為了解黏液的成分、性質以及是否為大盤扁蟲用來攻擊捕食的手法，我們進行了以下實驗：

(一) 顯微觀察

使用水彩筆沾取扁蟲身上的黏液並製成玻片，以亞甲藍染色後置於顯微鏡下，可觀察到兩種不同型態的物質，形狀分別為球狀和絲狀（圖五）。我們初步推測絲狀物質為咽部分泌物，球狀物質則為消化細胞，顯示其並未含有麻痺物質。



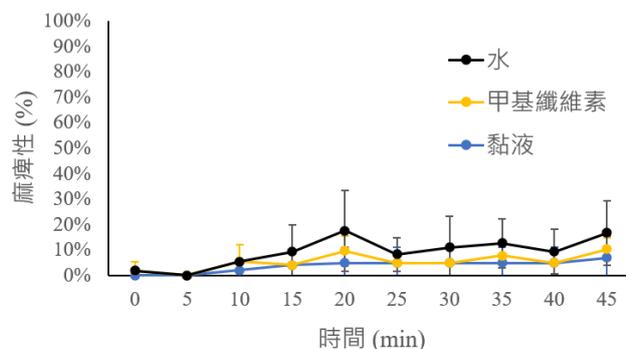
圖五 顯微鏡下的大盤扁蟲黏液

(二) 實驗判定黏液成分與功效

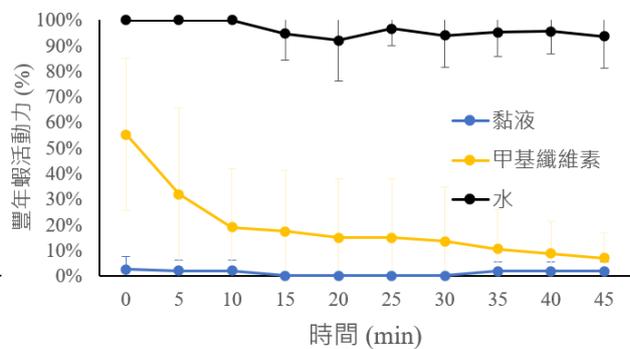
為更深入了解黏液中是否含有麻痺性物質或其他毒性，我們以豐年蝦（另一種甲殼類動物）作為觀察對象，並以水和**甲基纖維素** (Methylcellulose) 作對照組，**扁蟲黏液**為實驗組，觀察豐年蝦接觸此三種物質後一段時間內的麻痺性與活動力的差異。選擇甲基纖維素是因其為常見的**無毒且用於困住水中生物**的物質，水則模擬**正常的豐年蝦**情況。

我們將三種待測物質分別滴於培養皿中，再以滴管滴入定量豐年蝦。接著將培養皿置於解剖顯微鏡下，觀察固定視野範圍中豐年蝦的活動情形，並每隔五分鐘錄製一次 10 秒的影片，共錄製 10 次（共 45 分鐘）。

麻痺性方面，我們計算待測物質中**未活動（包含未擺動附肢）**的豐年蝦總數，除以待測物質中的豐年蝦總數，即可大概估算待測物質中可能受其影響而被麻痺導致未活動的豐年蝦比率。活動力方面，我們計算視野中**進出待測物質**的豐年蝦總數，除以待測物質中的豐年蝦總數，即可大概估算待測物質困住豐年蝦的比率。以下為我們實驗後的數據：



圖六 不同物質麻痺豐年蝦之效果



圖七 不同物質對豐年蝦活動力之影響

在麻痺性方面，水、甲基纖維素和扁蟲黏液未具顯著差異（圖六），代表扁蟲黏液應不特別具麻痺性。在活動力方面（圖七），豐年蝦在水中活動力最高，在甲基纖維素中的活動力隨時間下降，而在扁蟲黏液中活動力極低，趨近於零。因水不具有黏性，故豐年蝦活動不受限制，甲基纖維素為無毒稠狀物質，會部分限制豐年蝦活動力，但最初仍有機會逃出，而豐年蝦在扁蟲黏液中幾乎無法行動，活動力明顯低於前二者，代表大盤扁蟲所分泌的黏液具有極高黏著度。

小結：大盤扁蟲分泌的黏液具有**極高的黏著度**，可導致豐年蝦活動力顯著下降，但**不含有麻痺功效**。因此和文獻推測不同，大盤扁蟲無法只依靠黏液捕食獵物，僅能以黏液控制獵物行動力，減少其攻擊性與逃跑機會，再用身體包裹獵物，伸出咽部入侵獵物開始進食。

五、結論與生活應用

一、結論：

- (一) 藉實驗確認大盤扁蟲為小型螃蟹、寄居蟹等**甲殼類動物的掠食者**。
- (二) 成功以食物染色技術確認大盤扁蟲為**機會性食腐生物**。
- (三) 確認大盤扁蟲之捕食行為可分為**攻擊、捕食與消化期三階段**。
- (四) 實驗分析大盤扁蟲分泌的黏液具**高黏著度**，能夠有效降低獵物活動力，提高捕食成功機率，但**不具麻痺性**。是以伸出的咽部作為攻擊構造。

二、生活應用：

- (一) 發展扁蟲**室內長期養殖**的可能性：
扁形動物的室內養殖因食物不易取得而難以發展，而本探究中發現黑殼蝦可作為替代食餌，大幅降低飼養的成本，更容易進一步在長期養殖中研究其生活史。
- (二) **染色技術**的成功，可發展針對扁蟲的**野外捉放法**或作為引誘的**食餌**：
實驗發現大盤扁蟲餵食染色食物後，體內消化道會短暫被染成藍色，因此可發展出針對扁蟲的獨特生物追放法，計算其數量或生活範圍。
- (三) 研究扁蟲分泌之黏液開發為**水底黏著劑**的可能性：
未來若持續研究大盤扁蟲的高黏度黏液，極可能開發出可在水中使用的高強度黏著劑。

六、參考資料

- 一、 Jie W. B. , Kuo S.C. , Wu S.C. , Lee K.S.(2013) .Unreported predatory behavior on crustaceans by Ilyella gigas (Schmarda, 1859) (Polycladida: Ilyplanidae), a newly-recorded flatworm from Taiwan
- 二、 Teng C. J. , Su Y. J. , Yeh C. Y. , and Jie W. B. (2022). Predation of Oysters Using an Autonomic Pharynx in the Oyster Leech *Cryptostylochus* sp. (Polycladida: Stylochidae). *Zoological Studies*.