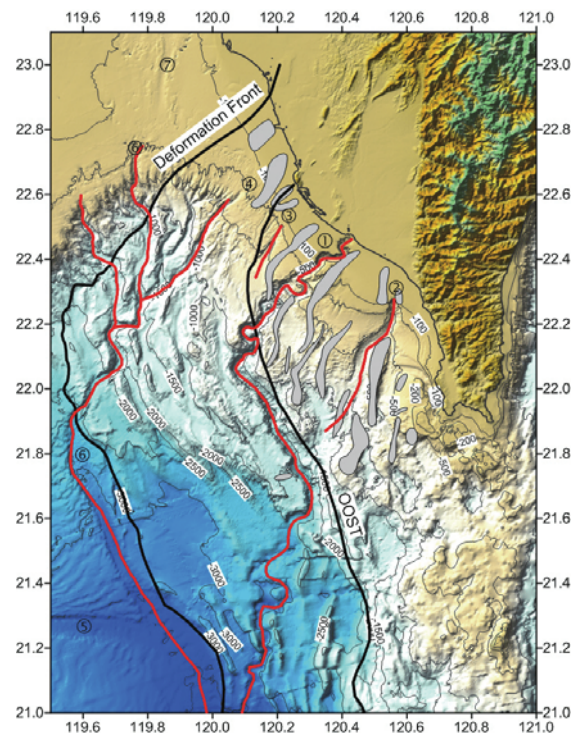


## 壹、計畫題目

探討不同海底峽谷地形對大型底棲生物之數量與多樣性的影響

## 貳、摘要

海底峽谷的地貌特徵使其具有獨特的物理性擾動，而峽谷內的生物多樣性、生態組成與生物豐富度也因此受到影響。全球約有 9000 個海底峽谷，其中只有 120 個連接陸上河流。在台灣西南海域的六個海底峽谷中（圖一），高屏峽谷向上連接源自玉山的高屏溪，陡峭地形造成的內潮擾動、地震與大量降雨引發的海底濁流有別於其他峽谷中的擾動環境。過去研究普遍認為海底峽谷中大量有機物質的匯集應會使其成為生物量的熱點，然而 Liao et al. (2020) 指出，高屏峽谷中的生物量反而因受到擾動影響而較低落。因此，我們想比較高屏海底峽谷與其他峽谷內的生態差異，基於航程規劃考量，我們選擇了高雄海底峽谷。



（圖一）台灣西南海域的海底峽谷，取自 (Su et al., 2018)。

我們期以大型底棲生物（ $\geq 300 \mu\text{m}$ ）為研究對象，從生物數量與多樣性兩個面向比較高雄、高屏峽谷與高屏斜坡的生態差異。其中，考量到實驗的可行性並參考前人研究後，我們選擇以線蟲為指標生物，觀察峽谷內外的線蟲身體長寬比、頰部型態與尾部型態，藉此觀察何種型態特徵會受益於峽谷內的擾動環境。

## 參、研究目標

1. 計算並比較兩個峽谷與高屏斜坡中的大型底棲生物（ $\geq 300 \mu\text{m}$ ）數量。
2. 以線蟲為指標生物，觀察並比較兩個峽谷與高屏斜坡中的線蟲型態多樣性。

## 肆、研究方法

### 船上作業

註：船上作業參考 (Liao et al., 2017)，實驗室作業參考 (Gunton et al., 2014, 2016)

1. 到達採樣點之經緯座標後，以單音束水深測量儀檢測當地水深，若深度在  $400 \pm 100$  m 的範圍內，則進行採樣；否則便微調航程。

註： $400 \pm 100$  m 的誤差範圍參考自 (Liao et al., 2017) 的測站水深。

2. 到達採樣點時先下放 Shipek 採泥器，確認底質夠軟後再下放多管岩心。

註：此部分有寫信詢問江秉屹技術員（詳見附錄 [1]）。技術員告知若欲使用多管岩心或重力岩心採樣器則必須先下放 Shipek 採泥器確認底質。

3. 在每個採樣點下放多管岩心採集器（若無法使用多管岩心，則以重力岩心代替）。

註：考量到採樣量，我們欲分析海底表面 0-15 cm 的沉積物，故選擇使用岩心採樣器。但若岩心採樣器無法使用、採樣失敗或者作業時間過長，則可改用 Shipek 採泥器。

4. 先用  $5 \mu\text{m}$  的篩網過濾海水。

5. 取得岩心後，將 0-15 cm 的岩心用步驟 (4) 中過濾後的海水沖過  $300 \mu\text{m}$  的篩網。

註：生物學上定義大型底棲生物 (macrofauna) 為體型  $\geq 300 \mu\text{m}$  者，此部分有寫信詢問廖健翔博士（詳見附錄 [1]）。博士建議因多數線蟲體型偏小，使用  $300 \mu\text{m}$  的篩子可能會使線蟲樣本個體數偏少，所以應儘可能增加採樣的量。

6. 將過濾後的沉積物放置於一個 5 L 塑膠桶中。

7. 將桶中的沉積物浸泡在 5% 的福馬林中。

註：我們曾考慮以 70% 乙醇取代 5% 福馬林作為保存樣本的用途，此部分有致信江秉屹技術員（詳見附錄 [1]）。技術員告知使用高濃度的乙醇會導致樣本脫水，影響線蟲型態的觀察，故我們最後仍參考 (Liao et al., 2017) 選用 5% 福馬林。

### 實驗室作業

1. 將樣本從福馬林中取出並置於  $300 \mu\text{m}$  的篩網上，再以清水沖洗。

2. 將沖洗後的樣本轉移到 70% 的乙醇中。

註：觀察前先用乙醇處理樣本可消除樣本上的福馬林，避免操作時觸碰到福馬林，確保實驗安全；樣本浸泡在乙醇中的時間不要太久以避免樣本脫水。

3. 將部分樣本取出並放置於解剖顯微鏡下計算大型底棲生物的數目。

4. 在顯微鏡下用細針挑出沉積物中的線蟲，將其置於甘油中。

註：將線蟲放置於甘油中可使其保濕，且能消除載玻片間的氣泡，具保存功效；同時，甘油的折射率能使具高透明度的線蟲樣本在光學顯微鏡下更清楚，有利觀察。

5. 將線蟲安置在載玻片上，以蓋玻片覆蓋後用石蠟密封後以複式顯微鏡觀察。

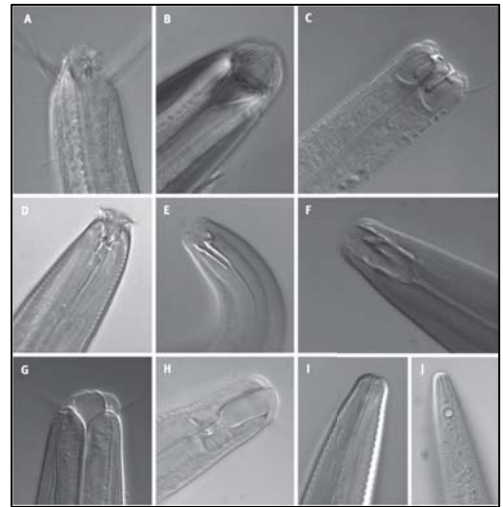
## 線蟲型態的分類依據

### 壹、蟲體長寬比

線蟲的蟲體長寬比與其行動能力與速度相關，Schratzberger et al. (2006) 將線蟲身體長 / 寬之比值 ( $l/w$ ) 分為三個區間：矮胖 ( $l/w < 18$ )、纖細 ( $18 < l/w < 72$ ) 與狹長 ( $l/w > 72$ )，並推論身型較狹長 ( $l/w$  較大者) 之行動速率愈快，在擾動環境中存活機率較高。

### 貳、頰部型態與攝食習性 (Liao et al., 2020)

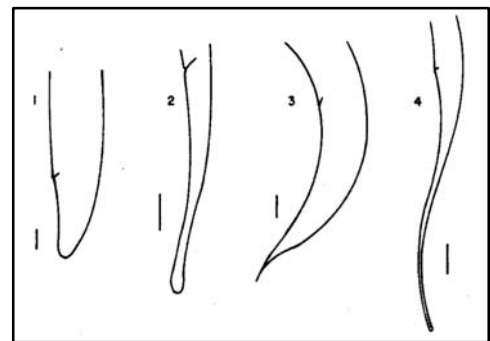
1. 選擇性攝食沉積物者 (selective deposit feeder; group 1A)：無頰腔或頰腔幾乎不可見 (I、J)，透過食道吸取細菌與小型有機顆粒為食物。
2. 非選擇性攝食沉積物者 (non-selective deposit feeder; group 1B)：頰腔較大且呈錐狀或柱狀而不帶刺 (G、H、F)，主要食物來源為大型有機顆粒。
3. 表層沉積物攝食者 (epistrate feeder; group 2A)：頰腔內具有類似牙齒的構造 (D、E)，以牙齒刮取海底表層沉積物為食物來源。
4. 掠食者 (predators; group 2B)：頰腔內有類似顎骨、頷骨的構造 (A、B、C)，獵食小型無脊椎動物。



(圖二) 複式顯微鏡下的線蟲頰部型態  
取自 (Moens et al., 1970)。

### 參、尾部形狀

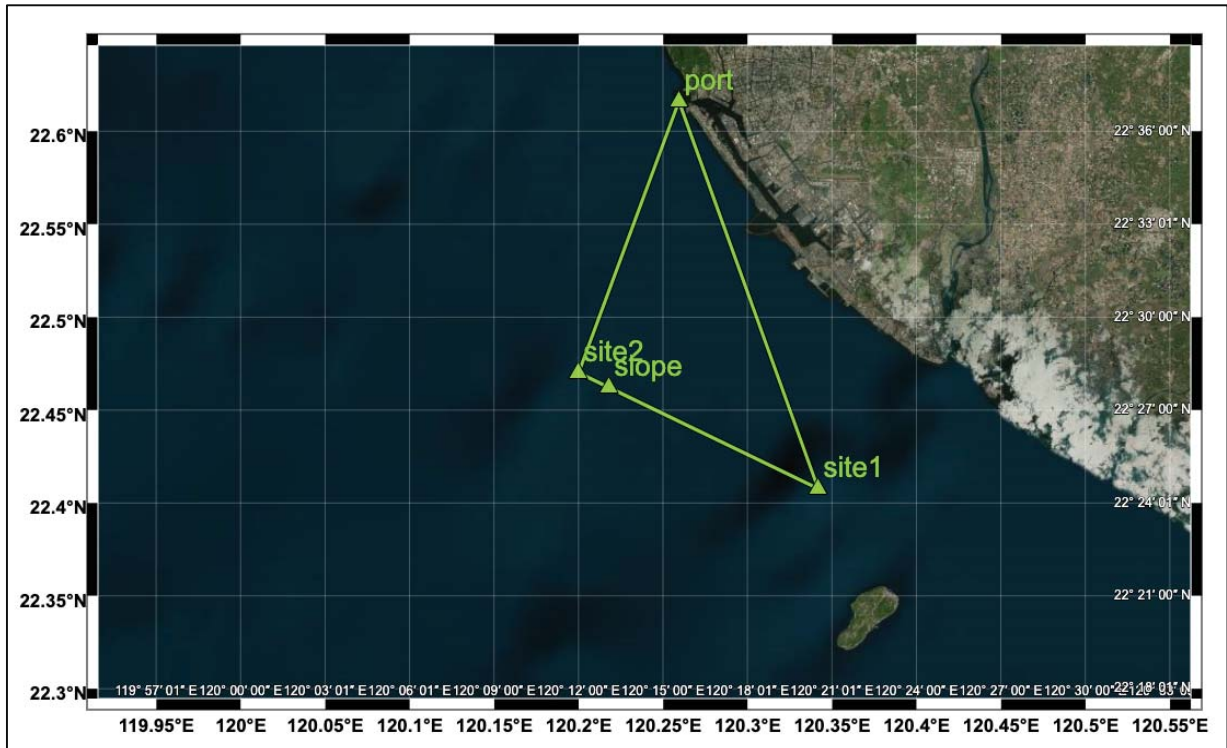
Gunton et al. (2016) 將線蟲的尾部型態分類為 (1) 短小圓潤、(2) 桿狀、(3) 錐狀與 (4) 狹長絲狀等四種，並在其中發現桿狀與狹長絲狀尾部的線蟲在峽谷環境中較有優勢 (圖三)。Gunton et al. (2016) 推測是因為這兩種尾部型態可以使用尾部移動到較深層的沉積物底下，可避免受到峽谷內的海流造成的再懸浮作用影響；其尾腺分泌的黏液也可助其附著在沉積顆粒上。



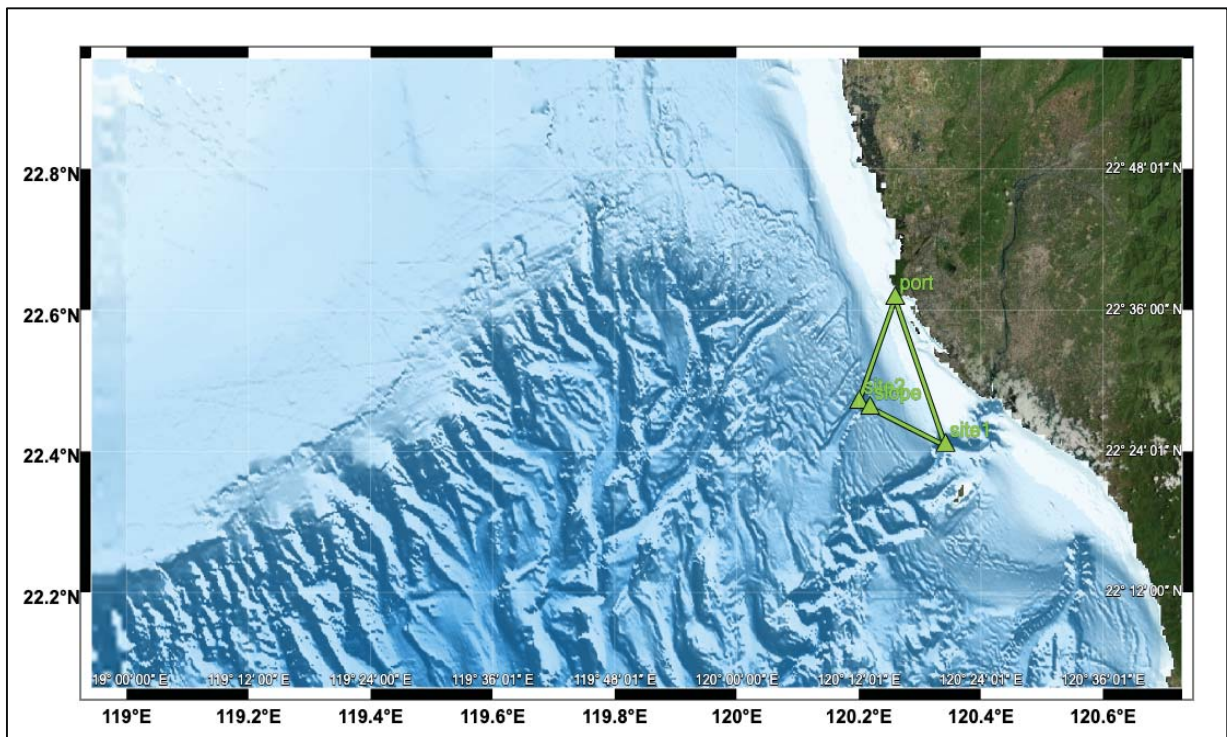
(圖三) 線蟲尾部型態示意圖  
取自 (Thistle et al., 1995)。

註：由於線蟲的攝食習性與其體型關聯性較高，故此特徵易被篩網的選擇所影響。例如 Gunton et al. (2016) 選擇 500  $\mu\text{m}$  之篩網，發現族群佔比最高者為掠食者 (2B)，而 Liao et al. (2020) 選用 40  $\mu\text{m}$  之篩網，結果顯示族群佔比者最高為非選擇性攝食沉積物者 (1B)。為盡可能避免誤差，我們以測量蟲體長寬比為主要指標，藉此探討線蟲行動能力與其在峽谷中的生存機率之關聯。

伍、路徑規劃與申請作業海域地圖（以下使用 C-plan 完成）



(圖四) 測站規劃地圖 (C-plan 中底圖為 Bing Map)。



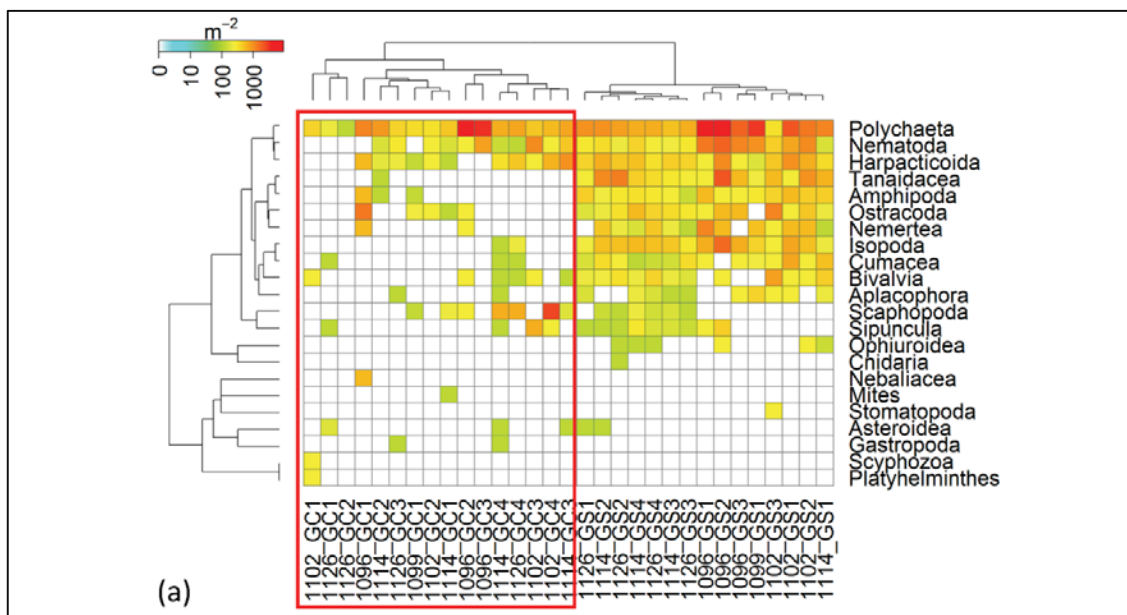
(圖五) 測站規劃地圖 (C-plan 中底圖為 ODB 水深圖)。

## 規劃測站之經緯度

(表格一) 規劃測站之航行順序、測站代號、經緯度與估計水深。

位置	順序	測站	經度	緯度	水深
高雄港	0	port	120.2615	22.6171	
高屏海底峽谷	1	site 1	120.3418	22.4078	462 m
高屏大陸斜坡	2	slope	120.2180	22.4619	150 m
高雄海底峽谷	3	site 2	120.2000	22.4700	400 ± 100 m

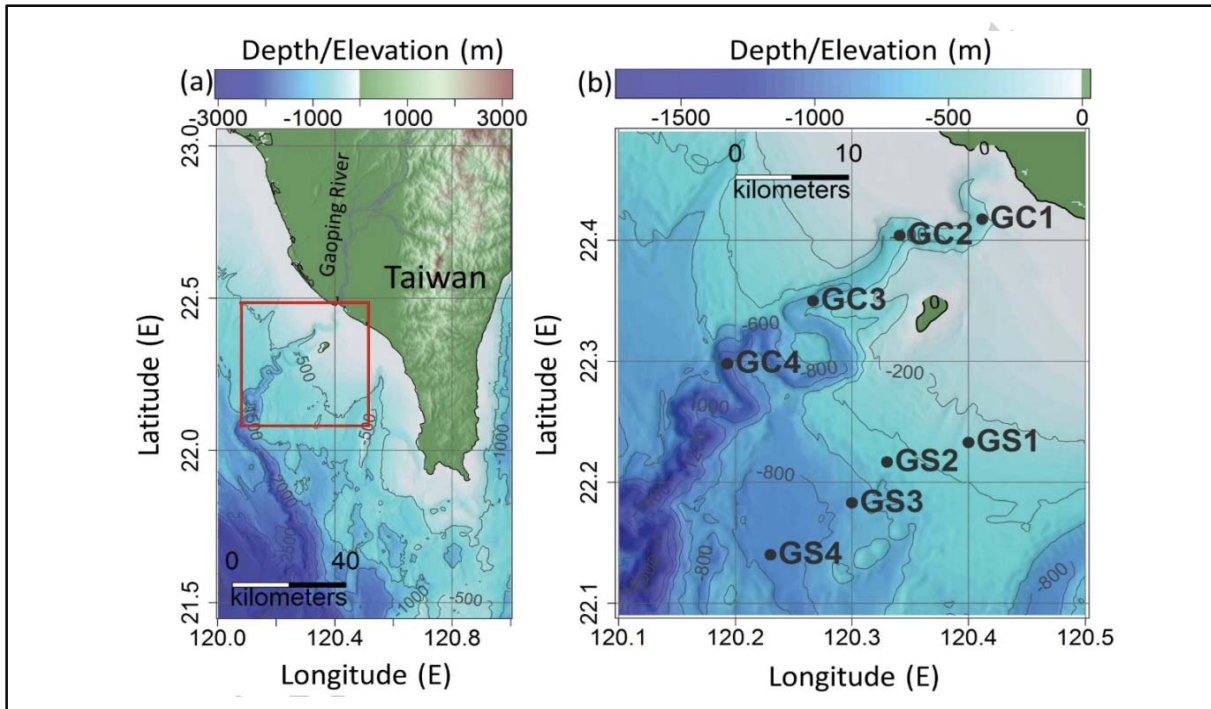
為避免採樣量過少或大型底棲生物中線蟲數量不足等情況發生，我們參考了 (Liao et al., 2017) 文中大型底棲生物數量與分類後發現，若僅採水深約 200 m (Cruise 1102, 1126, 1096, 1099 測站 GC1) 的底泥，則樣本中線蟲動物門 (Nematoda) 之生物數量不足的可能性極高 (圖六)。



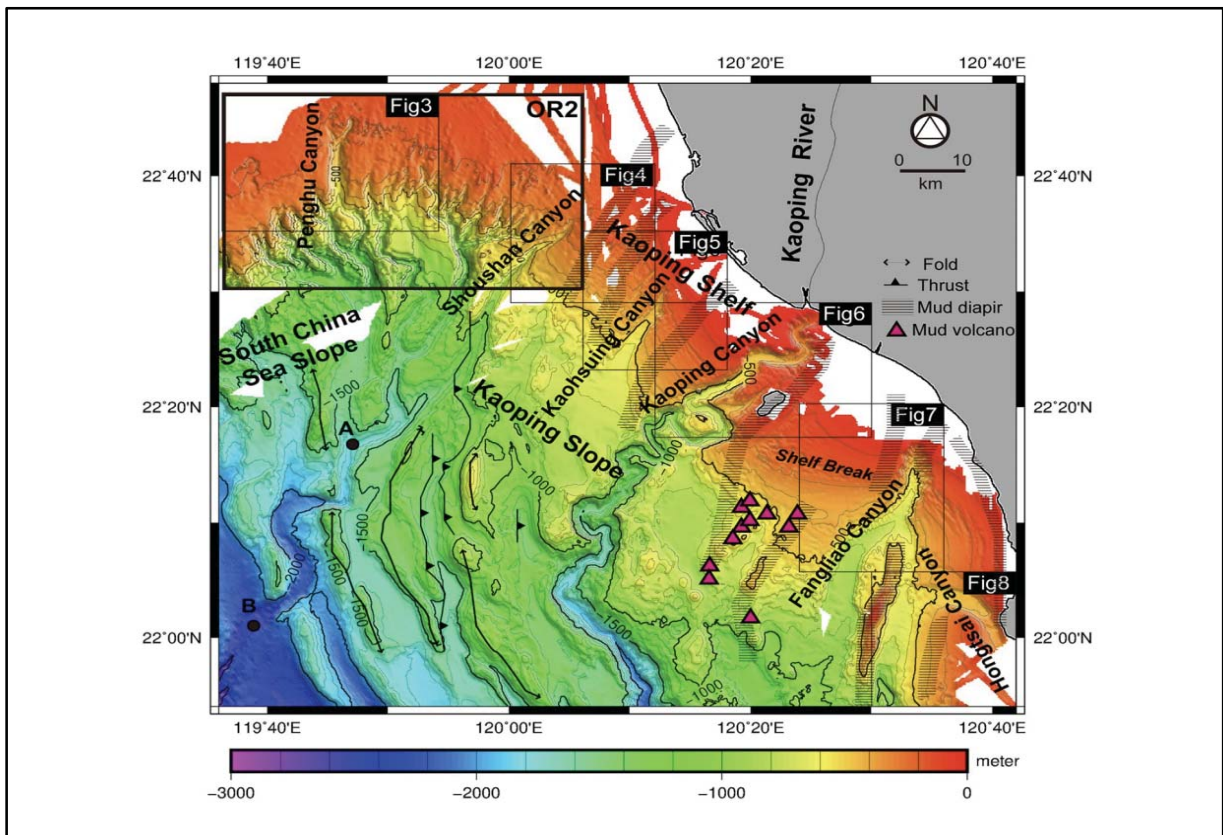
(圖六) Liao et al. (2017) 在不同測站中採集到不同種類的大型底棲生物之生物密度圖。

(圖六) 顯示水深較深的峽谷中 (測站 GC2 400 m、GC3 600m、GC4 800 m) 採到的線蟲樣本數偏高，基於航程的考量，我們選擇分析峽谷內水深約 400 m 處之底泥。

高屏海底峽谷的測站經緯度參考 (Liao et al., 2017) 文中測站 Cruise 1096 GC2 之座標 (圖七)。由於我們並未找到高雄峽谷中前人研究過深度 400 m 的精確經緯度，所以我們從 (Chiang et al., 2020) 文中的多音東海底掃描圖推估高雄峽谷中深度 400 m 的位置 (圖八)。考量到航程規劃因素，選擇鄰近高雄峽谷的斜坡作為採樣點，並用 (圖八) 推估其深度。



(圖七) Liao et al. (2017) 的測站規劃地圖。



(圖八) 台灣西南海域多音束地形掃描圖，取自 (Chiang et al., 2020)。

## 作業項目

註：詢問江秉崕技術員後，以 0.7 m/s 之速率推估多管或重力岩心之作業時間。

(表格二) 航程規劃與作業項目。

測站	船速	航時 (hr)	作業時間 (min)	作業項目
port				
site 1	10.0	1.3	40	多管岩心下放約 400 m 採集底泥
slope	10.0	0.8	40	
site 2	10.0	0.1	15	多管岩心下放約 150 m 採集底泥
port	10.0	0.9		

總航時：4.7 小時

註：關於航程協調，若其他組別需要，我們可以接受用其他海底峽谷（例如枋寮峽谷或壽山峽谷）取代設置於高雄峽谷的測站，以配合其航程。

## 陸、預期成果

### 大型底棲生物數量之預期結果

理論上，海底峽谷是陸源及海源沉積物向海盆輸出大量有機物質的主要通道，為峽谷內的生物提供豐富的食物來源，故整體生物數量應會多於周遭的大陸斜坡 (Fernandez-Arcaya et al., 2017)。

但 Liao et al. (2020) 指出，高屏峽谷因為擾動過強，使擾動對生物數量的負面影響大於沉積作用的正面影響，整體而言，峽谷中的生物數量反而低於高屏斜坡。但由於高雄峽谷中的擾動遠低於高屏峽谷 (Chiang et al., 2020)，所以我們推測其生物數量仍會高於高屏斜坡。

(表格三) 地形擾動、沉積有機物量與底棲生物數量之關聯。

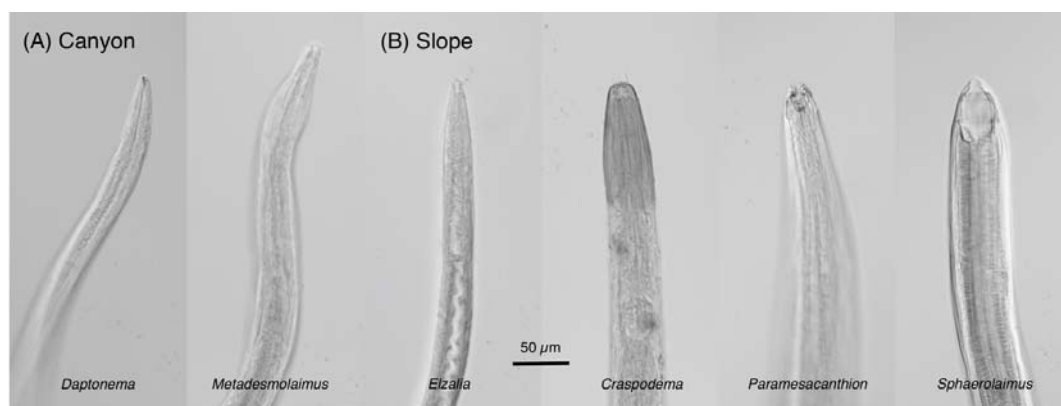
地形	擾動強度	沉積之有機物量	推測整體生物數量
高屏峽谷	過強	豐富	最低
高雄峽谷	適中		高
高屏斜坡		較少	其次低

### 線蟲型態多樣性之預期結果

根據 Chiang et al. (2020)，若某海底峽谷內部的海流的強度可匯集並向海盆輸送沉積物，同時其造成足以維持峽谷地貌的侵蝕作用時，便可將該海底峽谷定義為「活躍」。在台灣西南海域的六個海底峽谷中，Chiang et al. (2020) 發現近年來高雄峽谷嵌入大陸棚的程度逐漸縮減，至 2020 年時約已縮減 1 km 之距離，故推論高雄峽谷內部擾動最微弱，為台灣西南海域最不活躍的海底峽谷，但其擾動強度仍高於高屏斜坡。

同時，高屏海底峽谷屬於高山溪流—海底峽谷系統的一部分，不但具有高輸沙量的特質，也擁有獨特的高能量環境。受到地震與頻繁降雨引發的濁流及複雜地形造成的強烈內潮影響，高屏峽谷內部的物理擾動強度極高。

Liao et al. (2017) 指出，強烈的擾動環境具有「環境篩選」的效果，會過濾掉不適應擾動的個體，進而使適應擾動環境者獲得成長優勢，使峽谷內線蟲型態較單一（圖九）。



(圖九) Liao et al. (2020) 於高屏峽谷與高屏斜坡中觀察到的線蟲頰部型態差異

我們期以三個面向分析線蟲的型態多樣性（詳見實驗室作業）：身體長寬比（與行動能力相關）、頰部型態（與攝食習慣相關）、與尾部型態（與行動能力相關），並觀察峽谷中是否有具某一特徵的生物個體數量明顯高於斜坡之現象發生，並推測擾動強度與多樣性呈負相關。

(表格四) 海底峽谷中擾動強度與線蟲多樣性的關聯。

地形	擾動強度	推測線蟲型態多樣性
高屏峽谷	最強	最低
高雄峽谷	弱	高
高屏斜坡	最弱	最高



## 柒、參考資料

- Alpers, W. (1970, January 1). *Ocean Internal Waves*. SpringerLink. [https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-0-387-36699-9\\_118](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-0-387-36699-9_118).
- Du, Y., Warmick, R., Hua, E., & Gao, S. (PDF) *Ecological functioning of free-living marine nematodes in coastal wetlands: an overview*. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/278186669\\_Ecological\\_functioning\\_of\\_free-living\\_marine\\_nematodes\\_in\\_coastal\\_wetlands\\_an\\_overview](https://www.researchgate.net/publication/278186669_Ecological_functioning_of_free-living_marine_nematodes_in_coastal_wetlands_an_overview).
- Extracting, fixing and mounting nematodes*. Preserving your Nematodes. <http://www.nematodes.org/research/nematodes/fgn/worm/extrafix.html>.
- Fernandez-Arcaya, U., Ramirez-Llodra, E., Aguzzi, J., Allcock, A. L., Davies, J. S., Dissanayake, A., ... Van den Beld, I. M. J. (2017, January 9). *Ecological Role of Submarine Canyons and Need for Canyon Conservation: A Review*. Frontiers. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2017.00005/full>.
- Gunton, L. M., Bett, B. J., Gooday, A. J., Glover, A. G., & Vanreusel, A. (2016, December 16). *Macrofaunal nematodes of the deep Whittard Canyon (NE Atlantic): assemblage characteristics and comparison with polychaetes*. Wiley Online Library. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/maec.12408>.
- Gunton, L. M., Gooday, A. J., Glover, A. G., & Bett, B. J. (2014, December 11). *Macrofaunal abundance and community composition at lower bathyal depths in different branches of the Whittard Canyon and on the adjacent slope (3500 m; NE Atlantic)*. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967063714002143>.
- Harris, P. T., Macmillan-Lawler, M., Rupp, J., & Baker, E. K. (2014, February 4). *Geomorphology of the oceans*. Marine Geology. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025322714000310?via%3Dihub>.
- Liao, J.-X., Chen, G.-M., Chiou, M.-D., Jan, S., & Wei, C.-L. (2017, May 25). *Internal tides affect benthic community structure in an energetic submarine canyon off SW Taiwan*. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967063717300353>.
- Liao, J.-X., Wei, C.-L., & Yasuhara, M. (2020, June 29). *Species and Functional Diversity of Deep-Sea Nematodes in a High Energy Submarine Canyon*. Frontiers. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2020.00591/full#h3>.
- Liu, J. T., Hsu, R. T., Hung, J.-J., Chang, Y.-P., Wang, Y.-H., Rendle-Bühning, R. H., ... Yang, R. J. (2015, October 30). *From the highest to the deepest: The Gaoping River – Gaoping Submarine Canyon dispersal system*. Earth-Science Reviews. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0012825215300581>.

- Moens(UGent), T., & Vincx(UGent), and M. (1970, January 1). *Ecology of free-living marine nematodes*. Universiteit Gent. <https://biblio.ugent.be/publication/4415303>.
- Rowe, G. T. (2011, December 5). *The Exploration of Submarine Canyons and their Benthic Faunal Assemblages\*.: Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, Section B: Biological Sciences*. Cambridge Core. <https://www.cambridge.org/core/journals/proceedings-of-the-royal-society-of-edinburgh-section-b-biological-sciences/article/abs/exploration-of-submarine-canyons-and-their-benthic-faunal-assemblages/0320B9E207BA2461A6E6EC81F9DBA5E0>.
- Schratzberger, M., Warr, K., & Rogers, S. I. (2006, October 27). *Functional diversity of nematode communities in the southwestern North Sea*. Marine Environmental Research. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141113606001930>.
- Su, C., Hsu, S.-T., Hsu, H.-H., Lin, J.-yi, & Dong, J.-J. (1970, January 1). *[PDF] Sedimentological characteristics and seafloor failure offshore SW Taiwan: Semantic Scholar*. undefined. <https://www.semanticscholar.org/paper/Sedimentological-characteristics-and-seafloor-SW-Su-Hsu/4bafd9f8ade2f0e364a6147993aeb2b6ccfbfd09>.
- Submarine canyons*. Blue Habitats. [https://www.bluehabitats.org/?page\\_id=1684](https://www.bluehabitats.org/?page_id=1684).
- 海底峽谷. 臺灣地質知識服務網. <https://twgeoref.moeacgs.gov.tw/GipOpenWeb/wSite/ct?xItem=140867&ctNode=1233&mp=6>.
- 為萬物量身打造的「繁殖策略」(Reproductive Strategies). 為萬物量身打造的「繁殖策略」(Reproductive Strategies) | 科學Online. <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=7353>.
- 陳冠銘. 高屏海底峽谷大型底棲動物群聚結構與環境因子之關係. 臺灣大學海洋研究所學位論文. <https://www.airitilibrary.com/Publication/alDetailedMesh?docid=U0001-1108201618170100#References>.
- 魏志滌. (2017, May 28). 國立臺灣大學海洋研究所 - IONTU. [http://www.oc.ntu.edu.tw/oc\\_new/page.php?p=16803](http://www.oc.ntu.edu.tw/oc_new/page.php?p=16803).
- 黃俊傑. (2001, July). 從高屏峽谷水文之時空變化來探討懸浮物質傳輸的機制. 國立中山大學海洋資源研究所. <http://www2.nsysu.edu.tw/ets486/web/13.pdf>.