偽古生物臭角
和埃迪卡拉建築的生存：
基因組與結構的重新評估
一個被錯誤分類的原動物

作者：Ashley Gjovik, B.S., J.D. (ashleymgjovik@protonmail.com)| **日期**：2025 年 6 月 16 日

翻譯：DeepL 翻譯

摘要：

本研究提出基因組與形態學證據，挑戰將*假珠*綠菌分類為陸生真菌的觀點，並支持將其識別為古代海洋元古代的代表。本研究使用擴展的 BLAST 配對管道和 REBLAST，找出了*假珠綠菌*與基底海洋分類群，包括海綿類 (Porifera)、網綱動物和單細胞全動物之間的高置信度基因組配對。

比對結果持續超過 1,750 個鹼基對，同一性 >85%，E 值為零，顯示出深層的進化保存而非趨同的相似性。最強烈的吻合出現在去骨刺海綿類 (*Axinella, Geodia*) 和鈣質海綿類 (Clathrinida)，顯示出三軸的棘粒排列，以及捕食性鞭毛蟲類 (*Tunicaraptor*)，顯示出超過 2,116 個基對的 87% 相同性。

形態分析進一步證明*假珠綠藻*顯示出與真菌生物學不符的特徵：三縱向對稱性、富含錳的生物礦化、水凝膠支撐的模組結構，以及類似海洋壓力反應訊號的揮發性化學物質，而非陸生孢子散播。這些特徵與埃迪卡拉化石形態一致，並顯示了一種早於兩棲動物模式系統的基於支架的發育邏輯。

基於這些基因組與結構上的證據，我們建議將 *Pseudocolus* 重新歸類為 *Tribrachia fusiformis* (Demospongiae, incertae sedis)，並引入臨時支系 *Triquadrozoa*，其定義為對稱的形態發生與礦物-有機支架的形成。這一支系代表了前兩棲動物身體結構邏輯的活檔案，提供了對早期後脊椎動物演化和祖先發育結構持續存在的新觀點。

關鍵字

假珠綠藻；三裂體動物；三裂體對稱；模組化身體計劃；長讀BLAST比對；REBLAST；支架形態發生；埃迪卡拉生物群；多孔動物；蛛形動物；變形動物；蝸形鞭毛蟲；MCP框架；前白垩纪的发展；矿物支架；生物矿化；锰凝胶；形态动力学逻辑；深度同源性；隐性基因组信号；以发现为导向的基因组学；非经典体图；进化生物信息学。

引用：

Gjøvik, Ashley M. "The *Pseudocolus* Stinkhorn and the Survival of Ediacaran Architecture：一個被錯誤分類的原動物的基因組與結構再評估"。 *The Journal of Decolonized Ecology and Evolution* 1, no.DOI 10.5281/zenodo.15675088

專案資料：

期刊：https://osf.io/ur79d/ DOI 10.17605/OSF.IO/UR79D

第一期資料：https://osf.io/69whf/ DOI 10.17605/OSF.IO/69WHF

目錄

簡介 3

分類學背景： *Pseudocolus* 的案例。 3

研究方法 3

資料集建構與序列篩選 3

分子工程架構 3

MEEF 邏輯引擎：交互推論 4

REBLAST 協定與序列涵蓋範圍 4

比對的限制與方法的合理性 4

基因組結果：同源簇與鷹架邏輯 4

基底海洋體系的支架同源性 5

形態與結構相關性 7

解剖學與生態學上的異常情況 7

揮發性有機化合物 (VOC)：壞死生物信號 7

發展的相似性 8

生物礦化機制 8

進化的意義：三縱軸形態形成與深層支架系 9

建議重新分類：三棘藻 (Demospongiae incertae sedis) 10

結論 10

資料提供 11

鳴謝 11

參考文獻 11

附錄 A：BLAST 結果摘要 18

附錄 B：*偽小球*使其工作。 23

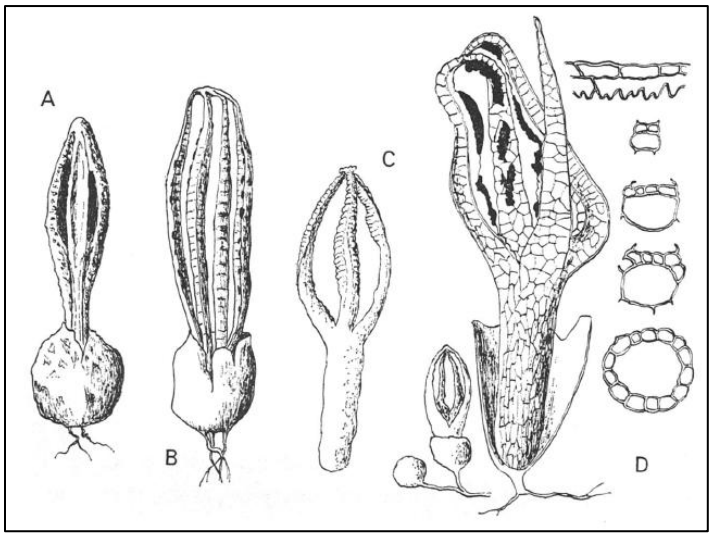
附錄 C：形態圖像 23

簡介

傳統上稱為 *Pseudocolus fusiformis* 的生物，是臭角菌科 (Phallaceae) 的成員之一，長期以來被歸類為一種陸生的吸食真菌，以其不尋常的形態和刺激性的揮發性氣體排放而聞名。然而，經過長時間的基因組分析與結構比較研究，發現*假珠綠菌*與基底海洋元動物及前元動物系（包括海綿（Porifera）、網綱動物與單細胞真核生物）有顯著的同源關係。這些發現挑戰了目前*假朱古力*的分類位置，並提出了它代表埃迪卡拉（Ediacaran）級多細胞生命的現存世系的可能性。

本研究整合了延伸序列基因組配對、生物礦化模式、發育觀察和形態比較，以重新評估*假珠龍*是具有保守的前兩棲動物體表特徵的海洋模組生物。我們使用 REBLAST 和長對位框架來偵測遠距離類群的結構保守區域 (Gjøvik, A.M., 2025)，並與三乳海綿支架、網棲動物的身體模組和單細胞原生動物的形態進行高置信度的對位。這些排列持續超過 1,800 個碱基對，同一性 ≥85%，E 值為零。

這些資料顯示，*假珠綠*包含了一個由保守的形態發育結構所定義的品系，這個保守的形態發育結構植根於遞歸的支架構造、礦物-有機界面以及對環境的反應能力。本論文提出，這種生物（在此以暫定名稱 *Tribrachia fusiformis* (Demospongiae, incertae sedis) 重新評估）提供了一個活生生的模型，可用來研究以支架為基礎的多細胞性、模組繼承，以及跨越地質時間的早期發展邏輯的持續性。



Pseudocolus fusiformis (Dring, 1980).

分類學背景：*Pseudocolus* 的案例。

*假珠*綠屬於*絨毛科*，其特點在於其緊實、分枝的子體，從一個絨毛「卵」出現，並迅速擴大成一個通常由三到四個直立臂組成的結構。這些臂在基部融合，向上分叉，有時形成鬆散的拱形或開放式框架，穀粒沿內表面沉積。(Dring 1980）。

鮮豔的顏色（通常是橙色、紅色或粉紅色）結合黏液狀、有臭味的菌褶，使其被歸類為臭角真菌（Stinkhorn fungi）。人們普遍認為這種氣味是為了吸引昆蟲，尤其是蒼蠅，以幫助孢子散播。(Dring 1980）。

從生態學的角度來看，*假小球真菌*被描述為遷移性真菌，常見於營養豐富的基底，例如腐爛的木材、堆肥和花園覆蓋物。果體通常在降雨後和潮濕的環境中出現，而且是短暫性的（在出現後一、兩天內崩解）。

此屬常見於人為改變的景觀中，包括都市公園、園藝花圃和堆肥，顯示此屬偏好高有機物、受干擾的環境。

在低地沿海森林、花園土壤、火山富集地形和半城市覆蓋環境中，都有 *Pseudocolus* 種的記錄，常見於濕度波動、有機物質積聚和間歇性干擾的地區。它特別常見於遮蔽的林中空地、木屑堆和園藝花圃，這些地方的基質鬆散且腐蝕活躍。也有報告指出，它也會出現在潮汐森林邊緣、洪泛平原棲息地和受干擾的路邊，尤其是在亞熱帶和溫帶氣候。

研究方法

資料集建構與序列篩選

為了評估基底真核生物的演化面貌，我們收集了DNA 基因序列的資料集。 序列來自於高通量相似性搜尋的結果，其配對指標包括配對長度 (bp)、比特分數 (bit score)、同一性百分比 (percent identity) 以及每個命中記錄的 E 值 (E-value)。

鑑於目前序列資料庫的缺口（尤其是早期分化的真核生物），沒有觀察到的類群被解釋為未取樣或無法解決，而非不存在。孤兒序列和長分支離群序列會保留在 輔助資料集中，以便日後在放寬參數或替代標記下進行分析。

分子工程架構

為了將探討性排列正式化為進化假設，本文開發了進化事實推論的分子工程架構 (MEEF)。此模型允許將配對所得的關係表達為基於邏輯的祖先陳述，特別是在涉及分類不足或形態模糊的分類群的情況下。

主要操作定義

- **分子事實 (Molecular Fact)**：一個一致可重複的高置信度序列比對（≥1500 bp、≥70% 同一性、≥1800

位元分數、E 值 = 0），而非由於雜訊或收斂。

- **垂直祖先信號 (VAS)**：連結兩個遠親分類群的分子事實，意味著繼承自共同的祖先。
- **祖先模組 (Ancestral Module)**：在不同品系中發現的基因或結構域，可能來自早期的多細胞工具組（例如 MCPs）。

MEEF 邏輯引擎：交互推論

一旦建立了分子事實 (Molecular Facts)，就會套用反式邏輯模型：

1. 如果 Rel(A, B) 和 Rel(B, C)，推斷 Rel(A, C)
2. 如果 A 和 C 分屬不同的分類學群，但 rel(A, C) 得到支持，則提出分類學調和假設 (TRH)：
    - A 和 C 可能屬於同一個祖先支系，但因形態而被錯誤分類
    - 或者，A 和 C 共用一個在其他世系中遺失的深層祖先模組。

此架構對於詮釋支架驅動的分類群之間的關係特別有用，在這些分類群中，基於樹的模型會因為不規則的分化或遺失中間體而失敗。

REBLAST 協定與序列涵蓋範圍

在發表時，NIH 和 ENA 列出了 18 *條假小珠菌*的序列，除了一條之外，其他的都不超過 908 bp：

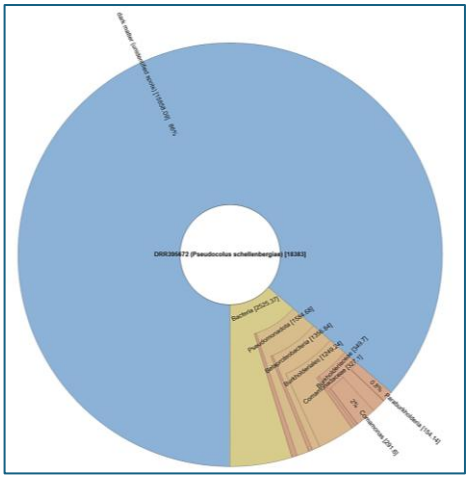
- **AF026623.1** (1773 bp, Harvard, 1997)，用作主要的 REBLAST 查詢。

此序列也使用 REBLAST 對 core_nt、nt_euk、nt_others、nt_virus 及 nt_prok 進行分析。值得注意的是：

- 病毒資料庫有 77 個匹配結果，包括一個與白斑綜合症病毒 (White Spot Syndrome Virus) 的強配對結果 (bit score = 895, E = 0)。
- nt_prok 與古生菌 (*Hyperthermus*) 和細菌 (*如假單胞菌*、*芽孢桿菌*、*藍細胞菌*) 匹配。

另外的 2024 個菌根資料集（SAMD00515458）列出了 *Pseudocolus schellenbergiae*，其中 86.26% 的「暗物質」序列未被指定，13.74% 的序列為細菌。

Krona (SAMD00515458)：



比對的限制與方法的合理性

雖然 BLASTn 在偵測局部序列相似性方面表現優異，但它缺乏演化模型，不適合放置支架分歧或分類學上異常的生物。以樹狀結構為基礎的方法 (例如 NCBI BLAST Tree Viewer) 未能解析整個資料集的拓樸結構，主要是因為：

1. **序列長度限制**：~1800 bp 具有資訊性，但對於深度分支模型來說並不足夠。
2. **跨領域的匹配概況**：點擊跨越原生動物、基底動物和全生動物，超出了鄰接工具的範圍。
3. **遺失的中間體**：許多相關世系已經滅絕或測序不足，影響了穩定的節點解析度。

這些限制證明我們的鷹架邏輯方法是正確的。高置信度的比對 (E = 0, bit score >1800, >1750 bp) 被解釋為結構上的親緣事件，而非分類學上的位置。每個這樣的配對都代表一個獨特的演化線索，即使沒有更廣泛的系統演化綜述，也應該予以發表和探究。

基因組結果：同源簇與鷹架邏輯

傳統上以 BLAST 為基礎的分類學分類方法，目的是找出與新序列最接近的已知配對。雖然這種方法對 特性良好的支系內的生物很有效，但是當應用在與已建立的門類有深度差異的分類群時，這種方法就會失效。*假珠龍*就是這個限制的例證：它的高比例未注釋的基因組內容導致它無法被歸類到單一的品系中。

為了解決這個問題，本文採用了多向量比對策略。與其尋求單一的分類學分類，本文評估了代表遠親生物之間保守結構特徵的高可信度排列。重點從分類學上的接近性轉移到結構上的邏輯：一條形態發生的主線結合了模組化、輻射或支架驅動出現的生物，包括海

綿、網棲動物和單細胞真核生物。

最高匹配度

物種	Len.	位元	Id.	E-Val.
Axinella sp. (*Demospongiae*、*多孔類*)	1812	1825	85.4	0
	1811	1831	85.5	0
	1808	1834	85.5	0
	1802	1964	85.0	0
	1796	1973	85.1	0
Colpophyllia sp.* & *Favia sp. (*Hexacorallia*, *Cnidria*)	1858	1710	80.6	0
	1824	1810	82.6	0
Chrysaora sp.*、*Atolla sp.*及 *Mastigias sp.*、*Nausithoe sp. *(Scyphozoa, Cnidaria) (絲囊類)*	1794	1982	85.2	0
	1808	1882	83.8	0
	1793	1970	84.9	0
	1780	1984	85.2	0
鞘翅目 (*Calcarea*、*多孔類*)	1787	1997	85.5	0
	1787	2024	85.8	0
	1787	2002	85.5	0
	1787	2002	85.5	0
	1788	2000	85.6	0

本文著重於結合高同一性、長度及與相關類群結構一致性的排列。下表總結了超過 1750 bp、位元分數高於 1800、E 值為 0 的代表性結果，這些標準與深層同源性一致，而非隨機或重複的結構域相似性。

在一個品系中出現多個命中點的情況下，會選擇具有代表性的中點來反映相關分類群的結構連續性。這可以避免過度強調數值極端，並強調模組層級的進化連貫性。

符合這些標準的序列匹配點被歸類為五個主要的支架親和性群組。

基底海洋體系的支架同源性

多孔動物：Calcarea (Clathrinida, Leucosolenida)

鈣化海綿目（Clathrinida）是一種鈣化海綿目，以 120° 對稱性的三乳酸纖維（triactine spicules）為特點。這些匹配結果顯示出長對位結果 (長達 1791 bp)，比特分數 >2000，同一性百分比達 85.8%。

這些生物一致的三乳酸對稱性（三方結構邏輯的直接礦物體現），支持了*假珠綠*共有負責空間定向和礦物支架部署的調控或結構域的觀點。類似的排列也被記錄到 Leucosolenida，一個具有自由浮動的骨架矩陣和早期骨骼可塑性的目。

這些結果顯示，*假珠綠藻*可能保留了與海綿孢子軸生成有關的祖先編碼，特別是那些與三重體幾何形狀和空間模式化礦化有關的編碼。

多孔類蝦紅綱 (*Axinella*, *Geodia*)

在此類別中，*Axinella* 海綿屬產生了最長的連續排列（高達 1973 bp），同一性百分比約為 85.5%。值得注意的是，其中一個可信度最高的吻合對象來自於 *Axinella* 物種，該物種呈現三點擴張形態，其主要身體裂片從中央軸對稱地展開。這個吻合點是序列邏輯與結構邏輯的結合點：由基因組直接比對所支持的三方形態發育表型。

這些特徵在 *Axinellid* 海綿（以其管道系統、支架可塑性和三維礦物架構而聞名）中的出現，進一步支持了*假珠綠藻*與這個品系之間深層、垂直繼承的形態發育邏輯。

同樣地，像 *Geodia barretti 之類*的去螺旋藻使用硬質細胞介導的棘突生成與細胞質鞘與 ECM 沉積系統，這些系統可能類似地引導著*假珠綠藻*的葉片礦化。*Geodia* 與 *Pseudocolus* 也有很強的匹配性。

蛇綱：Anthozoa (*Favia*, *Colpophyllia*, *Xenia*)

在無脊椎動物，特別是葉狀石珊瑚和海葵中發現了多個長排列（1858-1960 bp，約 85.2% 的同一性）。

雖然無脊椎動物通常呈現輻射對稱性，但許多物種顯示出圍繞三重或四重結構中心的裂片排列，特別是在觸手出現和內部中軸模式上。

在具有固定骨架的石珊瑚中，有規則的四裂或六裂礦化平面的存在，可能反映了更古老的三重支架邏輯的重複迭代，而這種模式與*假珠綠藻*能夠在不破壞其基本身體平面的情況下，多變地表現出三裂或四裂的形式是一致的。

蛇綱：鞘蟲目 *絲囊類* (*Chrysaora*, *Cephea*, *Atolla*, *Nausithoe*)

在 Scyphozoan Medusae 中，發現了與 Rhizostomeae 和 Coronatae 的高置信度對應序列，這兩個大體水母品系都有以流動為媒介的觸手位置和裂片鐘狀結構。序列匹配度接近 1984 bp，一致性達 85.2%。這些生物通常利用輻射狀的葉片來協調水流，以利於覓食和推進--這與*假珠水母*利用活躍的葉片泵送系統來調節其手臂表

面的流體運動相似。

利用裂片來操控水流梯度的功能，強化了以空腔為基礎的流體動力學，以及擴散優化表面面積的共同支架邏輯。

原生動物支架系統：模組化與葉狀單細胞真核生物

*假珠狀動物*的 BLAST 比對結果顯示，與單細胞真核生物有明顯的高置信度匹配群組，特別是在 Holozoa、Filasterea 和 Choanoflagellata 中的支架生成類囊藻類和鞭毛原生動物。這些生物雖然在分類學上各有不同，但都有共同的核心結構行為：透過流體動力、睫狀流或以膜為基礎的支架，從中央或莖狀體部署模組化延伸。

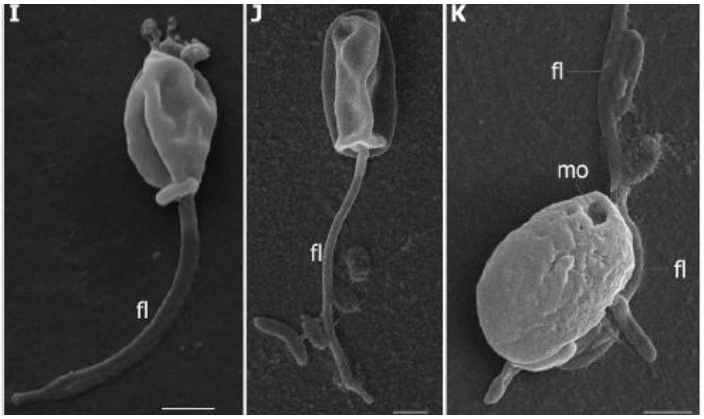
在這一組中，排列長度持續超過 1775 個基對，位元分數介於 1930 到 2116 之間，同一性百分比介於 84% 到 87.2% 之間。E 值普遍為 0.0，證實這些並非低複雜度的假象，而是統計學上有意義的基因組親和關係。

最強的結果包括

物種	長度	位元分數	Id. 編號	E 值
奇利亞豬	1795	1910	86.3	0
鱷魚大	1789	2002	85.5	0
	1789	1988	85.2	0
溝溝龍	1785	2006	87.2	0
	1782	2116	86.9	0
Corallochytrium limacisporum	1784	1968	85.4	0
越南豬	1783	1957	85.1	0
Savillea micropora	1778	1961	85.1	0
鱷魚鱷魚	1778	1958	85.1	0

最引人注目的比對結果之一來自 *Tunicaraptor，這是*一種捕食性鞭毛蟲，產生了 2116 bp 的比對結果，同一性為 87.2%，E 值為 0：

- *Tunicaraptor unikontum* (Holozoa)：1785 bp (87.2%) 和 1782 bp (86.9%) 的兩條排列，位元分數 >2000
- *Pigoraptor vietnamica* (Filasterea)：1783 bp, 85.1% 同一性
- *Corallochytrium limacisporum* (Teretosporea)：1784 bp，85.4% 同一性



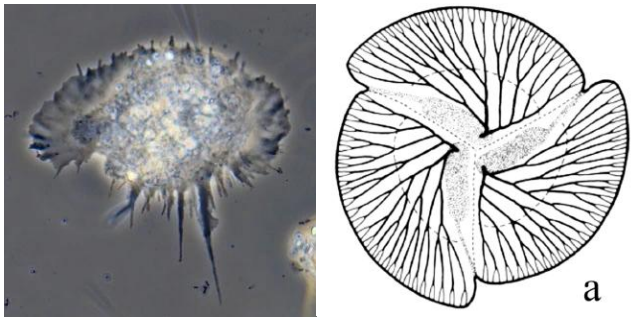
Tunicaraptor unikontum，「具有後鞭毛的細胞」與「前端有小斷裂的囊」。(Tikhonenkov, 2020）。

這些較不知名的品系是動物與真菌的基底。其中許多都有流體捕食行為、黏著莖的形成或細胞骨骼驅動的出現。*Tunicaraptor* 的重複出現，尤其是 87.2% 的同一性與 2116 bp 的長度，標誌著它在結構上與基因上的重要匹配。它支持了*假珠龍*可能保留了古老的單細胞支架結構域的結論，而這些結構域現在被部署在多細胞結構中。

由於喬安鞭毛蟲是已知動物最接近的單細胞近親，因此它們的吻合也是非常重要的。從結構上來看，它們通常會表達三部分的衣領複合體、矽籃支架以及對稱的纖毛餵食流。與這些生物匹配的深度與廣度，強烈暗示了*假珠寶*是一個模組化的 腳架體，其出現邏輯與前網囊動物的架構是連續的。

其他強匹配的生物包括

- *Flabellula* (1882 bp, 76.9%)
- *Pompholyxophrys punicea* (1778 bp, 85.0%)



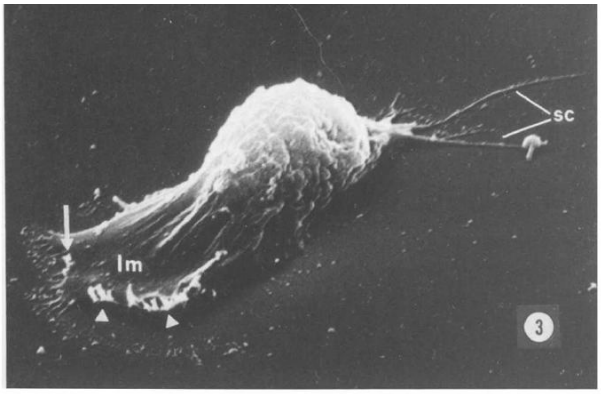
Flabellula sp.「標本有一些長的曳生細絲」。Criloo，荷蘭。Microworld (2019)；*Albumares brunsae* (具有滑翔運動的三軸化石，三軸與 *Flabellula* 相似)。(Ivantsov, A., 2021）。

合起來看，這組排列形成了一個有凝聚力的信號：*假珠綠*在基因上隸屬於葉狀與支架式單細胞真核生物的

深層世系，特別是那些從中央體型圖中透過三方或放射狀出現的真核生物。這些關係顯示*假珠綠*保留了共享支架基因組的功能元素，這些基因組在以組織為基礎的發育程序之前就已存在，並透過流體、礦物和膜的限制來構成結構。

在這個排列群中，絨毛鞭毛蟲的衣領邏輯、葉狀假節機械和鞭毛蟲的柄狀出現的匯合，驗證了*三方*體框架的一個關鍵假說：三方體的形態形成來自於真核生物支架系統的重複繼承，現在整合到一個持久的多細胞系中。

三方或輻射對稱行為在絨毛鞭毛蟲、絲鞭毛蟲和葉狀變形阿米巴中的重現，表明 MCP 的核心功能邏輯 - 即葉從集中式支架出現、空間對稱性維持、礦物或多醣模板化 - 在單細胞層級已經開始運作。



*Clathrina.*海綿 「細胞在多醣基底上展開，大的薄片基底顯示出微小的尖峰和褶皺」。x6800.(Gaino, E., et al, 1993）。

事實上，*假珠綠*在序列和結構上都與十多種這類原生動物一致，這支持了 MMCP 代表一種保守的物質和基因組架構的觀點，這種物質和基因組架構在過渡到多細胞性的過程中一直存在。(Gjøvik, 2025）。因此，*假朱古力*是 MCP 結構被保留並發展，而非被覆寫的一個世系的典範，提供了一個罕見的活生生的窗口，讓我們了解構成早期元祖類出現的過渡邏輯。

形態與結構相關性

將假珠寶重新詮釋為冠突、海洋、模組化生物

解剖學與生態學上的異常情況

長期以來被歸類為臭角菌科（Phallaceae）的假珠菌屬（*Pseudocolus*），在形態、生化與發育上所展現的一系列特徵，與其在陸生真菌世系中的定位有著根本性的衝突。比較證據反而支持將其重新詮釋為一種模組化的海洋元古代動物，有可能代表目前佔據陸地邊緣的基底支架形成支系的隱蔽倖存者。

*假珠綠藻的*子體來自於一個類似海綿顆粒（gemules）或網棲動物鱗囊（planulae）的渦囊（volva-like cyst）。它的垂直臂是中空、多孔和室狀的，在結構上類似於己內螺旋體海綿的含水層系統，或是殖腔網棲動物的胃血管管道。根瘤顯示礦化鞘與角狀結晶，在形態上與刺胞形成組織一致。這些結構特徵顯示，*假珠綠藻*保留了祖先的海洋形態發育邏輯，現在則在陸地的限制下運用。

揮發性有機化合物 (VOC)：壞死生物信號

對*假珠*綠菌揮發性排放物的研究（Kakumyan et al.成熟階段會釋放出含硫化合物，例如二甲基三硫化物 (DMTS) 和 4-甲基苯酚，但缺乏真菌揮發性有機化合物連鎖反應中典型的 C8 醇和酮。這些排放物在萌芽後達到峰值，顯示有內部調節的生化觸發因素。

這些化合物的功能並非像真菌模型所假設的吸引昆蟲散播孢子，而是類似海洋海綿、網棲動物和鱗藻使用的壓力誘發死亡信號，以啟動微生物循環、阻止捕食，並回復到單細胞生存狀態。它們的作用可能是生態性的，而非生殖性的，構成適合水環境的調節性死亡生物模組的一部分。

還原硫化合物的大量存在顯示新陳代謝的路徑與化石養殖或化自養的新陳代謝一致，其中錳與鐵在厭氧呼吸中作為電子供應者或輔助因數。典型的真菌揮發物如醇、醛和酯幾乎不存在（Zhang et al.）

這些化合物是在蛇漿化系統中茁壯成長的厭氧微生物群所不可或缺的，進一步加強了這些陸地新生物與地殼深層生命形式之間的生態相似性。

*假珠綠藻*的 VOC 產生是受到發育調控的，在卵的階段並不存在，只有在形態擴展時才會開始產生。這與海洋再生系統一致，而非真菌孢子。假定的「孢子」可能是類似海綿古細胞、網棲幼蟲或胎生動物繁殖體的單細胞模組，透過陸地和真菌學的鏡頭來解讀。

在目前的陸地環境中，*偽小球藻*的完全出現與 VOC 排放似乎適得其反。在海洋條件下，揮發性有機化合物（VOC）混合體可能會協調高效率的生態過渡至單細胞生存，但現在卻成為陸生昆蟲（蒼蠅、甲蟲）的吸引劑，這些昆蟲會寄生在生物體內，而不是讓生物體再生。

這種信號詮釋的顛倒，強調了*假珠綠藻*的生化邏輯很可能是適應於水下微生物與化學動態，而非空中散播的生物學。事實上，這種生物可能在其出現過程中失敗了--啟動了一種生化死亡模式，本來是為了水生腐爛

和恢復，但卻引發了乾燥陸地生態系統的開發。

這種重新詮釋顯示，*假珠綠藻*是一個隱蔽的海洋元動物品系，在生態邊緣化的過程中存活下來，可能是因為在高濕度的陸地區域（例如雨林、地膜床）採用類似真菌的休眠與萌生策略。它可能代表一個曾經完全水生的模組支系的殘存片段，由於與陸生真菌的性狀重疊而被誤讀。

發展的相似性

*假珠綠菌*的子實體從類似囊殼或表皮的渦狀結構中出現，類似於海洋的靜止階段或幼蟲包膜（如網棲動物的鱗囊或海綿的寶石）。成熟體的垂直臂是中空、海綿狀與室狀的，模仿玻璃海綿（Hexactinellida）的含水管道系統與某些殖腔網棲動物的胃血管系統。

內部的腦蓋結構呈現假實體組織結構，讓人聯想到海綿的實體基質，其中的功能區塊是透過最小的組織分化而出現的。*假珠綠藻*的渦囊、鰓囊和中空裂片與海綿的墊片、管狀系統和內襯絨毛細胞的腔室非常相似。這些對應關係顯示，它們有共同的組織。

根狀體常被假設為餵食的菌絲，表現出生物礦化的鞘和可溶解於 KOH 的角狀結晶，顯示出海綿刺狀體中常見的矽酸鹽或方解石類似物的存在。與陸生真菌菌絲相比，這些結構更符合無柄海洋無脊椎動物的結構元素 (Abbamondi et al. 2021)。

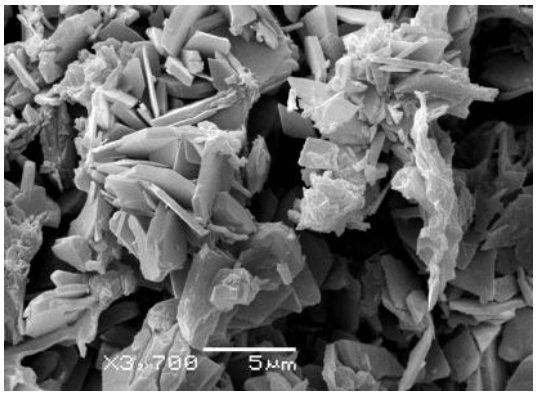
生物礦化機制

這種生物的手臂深深地滲入了錳 - 一種具有獨特氧化還原特性的金屬，與熱液和沉積系統有著長期的關聯。在非平衡條件下，錳沉澱物，尤其是錳氧化物常以樹枝狀、放射狀或三軸狀形態生長。

相關分類群 (例如 *Clathrus ruber*、*Phallus impudicus* 及 *Clathrus archeri*) 的定量檢測顯示，錳含量高達 1900 mg/kg，鐵含量也相對升高 (Stijve, 1997; Schmitt, 1977)。在這些生物中，錳似乎支援萌芽與液化過程中的酵素活性與膠相轉換，包括錳過氧化酶與漆酶的產生 (Kuhar 等人，2016)。

這些礦物模式在天然*「化學花園」*中被廣泛觀察到，其中金屬鹽被引入富含鹼性矽酸鹽的溶液中，會自發地自我組織成枝狀管和扇形（Cartwright 等人，2002；Barge 等人，2015）。這樣的礦物樹枝狀結構不只是美麗那麼簡單，它們是合乎邏輯的結構。它們產生於各種限制：離子擴散的方式、pH 漸層的形成方式，以及成長中的晶體如何使周圍空間變形。 最重要的是，這些系統不需要生物指令。它們會在生長過程中編碼自己的模式。

在現代的通風口生態系統中，微生物群落和無脊椎動物利用錳來形成骨架、介導氧化還原反應，以及製造反應性或防禦性表面（Tebo 等人，2005 年）。相同的材料（錳氧化物）會形成薄薄的黑色表面凝膠，就像在這個生物的手臂上看到的一樣。這些結構可能同時扮演支架與信號傳輸介面的角色。



Pseudocolus garciae，「被水晶覆蓋的根莖」（Sulzbacher, M.; 2013年）

在這種生物中，它的礦物相似乎是嵌入在多醣基質中 - 很可能類似於海藻酸、甲殼素或其他已知來自海綿和軟身海洋動物的糖胺聚醣。這些生物凝膠可結合金屬離子、調整局部硬度，並建立具有動態行為能力的水凝膠架構。

多醣體在生物礦化過程中被廣泛地用作模板和緩衝劑。它們會減緩晶體生長、引導其方向，並產生許多無脊椎動物骨骼中的軟硬梯度（Weiner 和 Dove，2003 年）。在這種情況下，軟分形臂可能代表一種有生命的複合物：部分海綿、部分礦物、部分軟機器人。它們的柔軟性、分形性以及錳含量，都顯示出對回饋敏感的形狀生成--一種不是由細胞驅動，而是由材料驅動的形狀記憶。

Pseudocolus 的掃描電子顯微鏡顯示根莖和菌絲表面的結晶結塊（Sulzbacher, 2013; Mykchaylova, 2022），結構上類似於 Calcarea 和 Demospongiae 中硬化細胞形成的 spicules。

在海綿中，螺旋體是透過蛋白質介導的礦物聚集在中央有機軸絲周圍而形成的 - 這一過程可能在*假珠綠藻*中被共用或重新表達。

這導致一個激進但連貫的命題：形態先於遺傳。在核酸編碼發育之前，遞歸形態（三縱叉、分枝、泵狀）已經透過化學與機械回饋穩定下來。在這個模型中

- 最早的天體是礦物凝膠系統，能夠維持和改變其形狀。

- 三軸性並不是進化的怪胎，而是流動與穩定的解決方案。
- 只有在形態已經穩定且可重複之後，遺傳性才會出現。

這裡所介紹的生物體，擁有豐富的錳手臂、從三向轉四向的轉換，以及深海出現的行為，可能就是這樣一個系統的後代。或許更準確的說，它是一種以現代形式保留並重新啟動這些深層物質邏輯的生物。

它邀請我們重新思考體型演化的假設。並非所有的形態都是基因遺傳的。有些形態仍可能像以前一樣，來自於物質與流動的固有邏輯，以及塑造自身的遞迴幾何圖形。

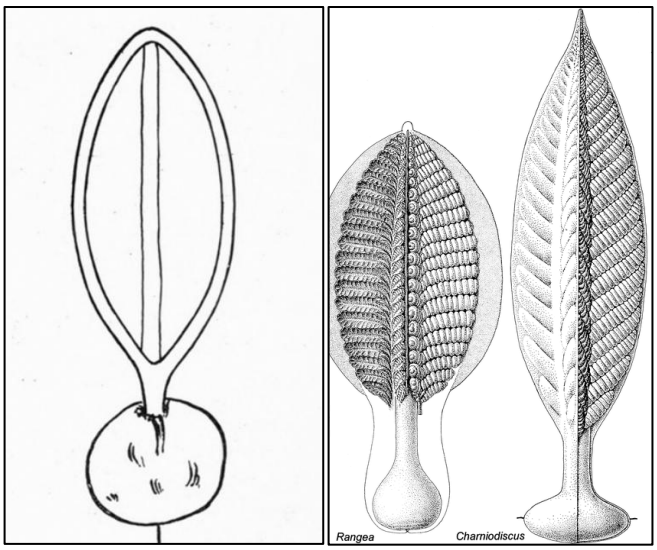
進化的意義：三縱軸形態形成與深層支架系

生命透過許多機制建立身體。在現代動物中，大部分的發育都是由遺傳指令、調節基因串聯及組織層組織所引導。但是這些系統都是由更簡單、更實體的架構演化而來，在遺傳分段出現之前，這些架構透過支架、梯度和回饋來塑造形態。*假珠龍*提供了令人信服的證據，證明這種支架驅動的世系持續存在。

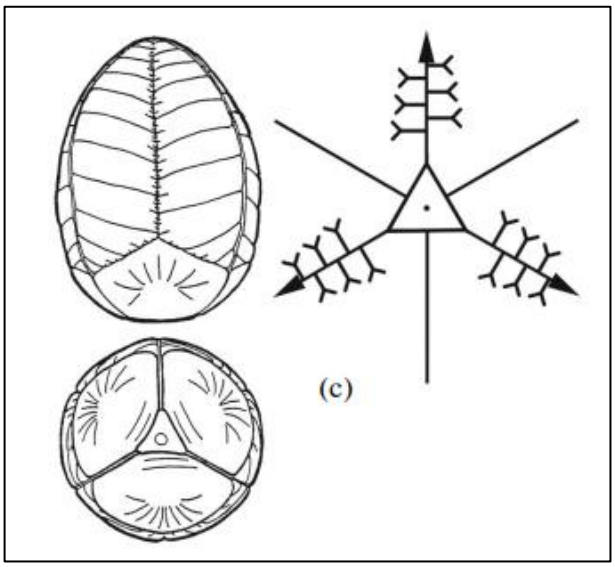
*偽濃縮蘑菇*序列的長讀取BLAST比對結果顯示，基底元古類和含支架的原生動物之間存在高置信度的匹配。在這些高置信度的結果中，三葉和鱗架組織的身體計劃一致地再次出現，這支持了一個早於兩翼類輻射的形態發生系的存在。本文將這個世系命名為 *Triquadrozoa*：一個由三方出現邏輯、模組化遞迴和支架驅動的發展所統一的族群。

一些最令人信服的匹配涉及到鈣質海綿（Calcarea），特別是 *Clathrina* spp.，它們的內部骨架是由三內酯和四內酯以精確的 120° 對稱排列的骨架組成的（Wörheide 2012）。這些骨刺界定了輻射結構軸線，並構成水流系統支架，有效地扮演早期形態發育調節器的角色。同樣地，在像 *Axinella 之類*的底膜海藻中，身體的擴張通常會沿著三個遞回的生長前沿發生，與底層的棘粒對稱對齊 (Uriz et al. 2003)。

在出現六線細刺的地方，尤其是在六線細刺綱中，它們通常是由三內酯基的遞歸加倍所造成，而非獨立的形態創新，加強了三重支架作為發展模板的首要地位 (Uriz et al. 2003)。



假珠子。繪圖。Lloyd C. G. 1907；*Rangea* 與 *Charniodiscus*。埃迪卡拉生物群。(Dzik, J., 2003）。



Ventogyrus chistyakovi (Ivantsov and Zakrevskaya, 2020).

在 *Obelia dichotoma* 與 *O. longissima* 等殖棲性水螅類中，櫛水母類的匹配度最高，這些殖棲性水螅類透過三方出芽與輻射狀的息肉排列，形成模組化的殖群 (Buss 與 Burch 1989)。這些聚落的胃動物與動物動物模組具有獨立輻射領域的功能，顯示其潛在的形態發育邏輯是模組化而非固定的，而且可能反映出與兩側性無關的古代身體計劃邏輯。

重要的匹配物還包括浮游原生動物（如 *Flabellula*），以其裸露的機器形態改變而聞名，從緩慢移動時的扁平膨大或網狀形態，到快速移動時或在特定條件下的近圓柱形單足形態。(Adl, S.M., 2013）。這些裂片由胞質-凝膠回饋系統穩定，並可表達持續的空間圖案化（Smirnov 和 Goodkov，2007 年）。

它們出現在對齊結果中，意味著對稱穩定域的保存可能早於多細胞性，支持了三縱軸邏輯首先作為物理約束解決方案而出現，後來成為模組化多細胞形式的支架的想法。

三軸對稱在現生動物中並不常見，但在埃迪卡拉化石（如 *Tribrachidium*、*Albumares* 和 *Anfesta*）中卻有很好的記載 (Ivantsov & Zakrevskaya, 2020)。這些生物與 *Pseudocolus* 一樣，都顯示出放射狀分佈的裂片、集中的柄或室，而且沒有兩翼分節的跡象。這些形態似乎使用遞回的葉片圖案，可能是用來調節流動或分散機械壓力。

Pseudocolus 代表了埃迪卡拉生物群的直接活體成員。這個說法是基於結構形態、支架出現、生物邏輯和長閱讀基因組配對，*假珠線*符合定義埃迪卡拉生物體架構的標準：三向模組對稱、基於支架的形態生成、非兩棲類的出現邏輯，以及不受現代發育分段限制的遞迴圖案形成。它是早於兩棲動物身體結構的代表。

*假朱古力*並不是模仿早期的生命，而是保留早期的生命。它的結構、基因組與礦物邏輯提供了一個罕見、現存的形態發生支架例子，比現代發育路徑還要古老。這一世系並沒有演化出新的策略，而是透過模組化的邏輯和物質回饋，保存了一個能夠承受地質時間的功能性身體計劃。

建議重新分類：三棘藻 (Demospongiae incertae sedis)

基因組、形態和生物化學證據的匯聚，支持將目前已知的*假小珠菌（Pseudocolus*）從陸生的玄細胞菌類（Basidiomycota）重新分類為海洋的半知菌目（Demospongiae）。我們提出了新的組合 *Tribrachia fusiformis* (comb. nov.)，反映了該生物的三軸形態及在現存的 Demospongiae 內建立了一個新屬。

基因組證據為海綿的親緣關係提供了最明確的支持。與 *Axinella* 物種的對應持續超過 1800 bp，同一性超過 85%，E 值為零，是整個資料集中匹配度最高的一些。其他高置信度的 與 *Geodia barretti*、*Ectyoplasia ferox* 以及其他海綠藻的比對強化了這個模式。這些序列的相似性橫跨了可能涉及以支架為基礎的形態發生的調控區域，暗示了基底半囊藻特有的發育機器的深度保存。

從形態上來看，*Tribrachia fusiformis* 展現出海綿組織的界定特徵：一個多孔、模組化的身體計畫，圍繞著有機支架、假arenchymatic 組織架構以及生物礦化結構元素而建立。沒有真正的器官，結合室狀內部結構與礦物-有機複合材料的存在，符合基底海綿的身體結構，而非任何已知的真菌形態。定義 *Tribrachia 屬的* Triradial 出現模式代表了 Demospongiae 內一個獨特的結構特徵。

正式命名法：

- **Kingdom**：動物綱
- **門**：多孔類
- **類別**：多孔菌目(Demospongiae)
- **目:** *無脊椎動物*
- **科**：*三足類*
- **屬**：*三棘藻* (*Pseudocolus fusiformis*)

將其歸入Demospongiae *incertae sedis*既承認了其明顯的海綿親緣關係，也承認了其不尋常的特徵，這些特徵排除了歸入現有目類的可能性。此分類提供了一個繼續研究的框架，同時糾正了陸生真菌的基本錯位。

不在位（incertae sedis）的定義適當地反映了我們目前的理解，即強烈的海綿關係是顯而易見的，但在 Demospongiae 內的精確系統發育位置需要額外的研究。

這次重新分類將 *Tribrachia fusiformis* 定義為代表早期分化的海綿系，其保留了其他現代海綿群中模糊的祖先特徵，為最古老的元動物門的演化歷史提供了獨特的見解。

結論

Pseudocolus 的發現與分析迫使我們重新評估長期以來對於體型演化、多細胞出現以及已知生物結構邊界的假設。透過高置信度的基因組配對、礦物形態發生分析，以及與現存和已滅絕生物的結構比較，本文提出*偽*小珠並非只是分類學上的異類，而是前兩棲動物形態發生的物質和遺傳檔案。

多項生物證據顯示這些分類群與深層生物圈的生命策略一致。礦物濃度遠遠超過典型的真菌，並與海洋內石和噴口生物一致。硫化氫和硫醇的排放顯示出厭氧、金屬驅動的新陳代謝途徑。水壓加壓反映了深層生物圈生物膜和噴口群落用來調節內部化學梯度的生物力學策略。

這些適應性與深海及岩底生態系特有的高壓、缺氧、富金屬環境中的生存相一致。在這些生物身上觀察到的快速成熟與崩解週期，與在陸地表面環境中的持續生命是不相容的。它反映了新陳代謝的末期排出：從原來的次表層棲息地分散或緊急出現機制的生理遺留物。

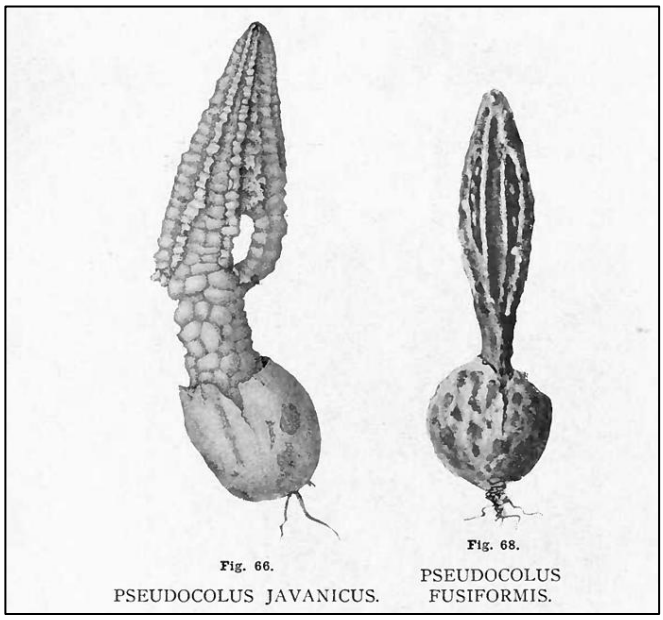
在自然深層生物圈的環境中，這種加壓與膨脹會促進孔隙定殖或透過礦物基質分散，允許新的岩石微環境定殖（Staudigel　等人，2008）。然而，當意外接觸到富含氧氣的表面條件時，這些機制就會失效，導致內部儲備快速耗盡、揮發性有機化合物排放以及組織崩解。

它的三對稱到四對稱的對稱性、分葉支架的出現以及富含錳的多醣基質，使它完全處於一個比現代動物門更古老的發展傳統中。這些證據揭示了跨越數十億年的連續性與持續性的鷹架邏輯，其編碼並非在標準基因中，而是在模組幾何、礦物化學與回饋介導的出現中。

所提出的 *Triquadrozoa* 支系重塑了我們對多細胞祖先的理解。它*將假朱古力*定位為產生埃迪卡拉三放射形態（*Tribrachidium*, *Albumares*, and *Rangea*）的同一建築系的活後代，並將其與基底海綿、葉狀變形蟲及其他生物實質地聯繫起來。

總的來說，這些資料與模型顯示，現代發育生物學遮蔽了-而非取代了-更深層的形態發生秩序。這個秩序不是理論性的。它以凝膠與金屬、流動與曲線、反饋與遞迴為支架，而且仍然活著，從海底或土壤中冒出，提醒我們生命並非始於基因組。它始於形式。

這項研究強調了長對位比較框架與形態邏輯作為經典系統遺傳學補充工具的價值，尤其是在面對斷代生物時。



Pseudocolus (Lloyd, C.G. 1909).

資料提供

所有參考序列均可透過 NIH/NCBI 及 ENA 資料庫公開取得。自訂資料庫的 FASTA 檔案和完整序列列表，以及方法論文件，都是 OSF 資料庫內的補充資料。這些資料集可透過開放式科學架構 (Open Science Framework, OSF) 免費取得，網址為 DOI 10.17605/OSF.IO/69WHF。

鳴謝

作者構思了本研究、發展了理論框架並進行了所有分析。本研究未獲得任何外部資助，並使用個人獲得的資源進行。

作者感謝分子生物學家 GPT、學者 GPT 及 Claude AI 在本研究過程中，在手稿準備、資料詮釋討論及研究發展上所提供的協助。

參考文獻

Abbamondi, G.R., et al. "Volatile Organic Compounds of Irciniidae Species from the Mediterranean Sea." 海洋藥物 19, no.*Marine Drugs* 19, no：500.

Addadi, Lia, and Steve Weiner.「生物礦化的控制與設計原則」。*Angewandte Chemie International Edition* 36, no.5 (1997):432-44.

Adl, Sina M et al.「真核生物的修訂分類」。*The Journal of eukaryotic microbiology* vol. 59,5 (2012)：429-93.

Altschul, S.F. et al. (1990) Basic local alignment search tool.*J. Mol.*215:403-410

Altschul, S.F. et al. (1997) Gapped BLAST and PSI-BLAST. *核酸研究* 25:3389-3402

Alvarez, B.、Van Soest, Rob W.M., and Rützler, Klaus.1998.A Revision of the *Axinellidae* (Porifera: Demospongiae) of the Central-West Atlantic Region.*Smithsonian Contributions to Zoology,* 598.

Alvarez, Belinda & Hooper, John.(2002).Family Axinellidae Carter, 1875.10.1007/978-1-4615-0747-5_80.

Anderson, O.R. "Amoebozoan Lobose Amoebae (Tubulinea, Flabellinea, and Others)." 《原生動物手冊》。*Handbook of the Protists.*Springer.(2017).

Andreeva, A., & Murzin, A. G. (2010)。蛋白質的結構分類與結構基因組學：從折疊到功能。*結構生物學的最新觀點*, 20(3), 399-408.

Archibald, J.M., Simpson, A.G.B., Slamovits, C.H. (eds.).*原生動物手冊*》。(2017).第二版。Springer.

Ball, Philip.*The Self-Made Tapestry：自然界的模式形成*》。牛津：牛津大學出版社，1999 年。

Barge, Laura M., et al. "From Chemical Gardens to Chemobrionics：自組無機結構在前生物化學中的作用"。*Chemical Reviews* 115, no. 16 (2015): 8652-70.

Blanton, R. L. (1976).*Pseudocolus fusiformis,* new to North Carolina.Mycologia 68: 1235-1239.

Boardman, R.S., Cheetham, A.H., and Rowell, A.J. 1987.*Fossil Invertebrates.*Blackwell Scientific Publications.

Bor Chiellini, Carole et al. "Molecular phylogeny of Demospongiae: implications for classification and scenarios of character evolution." 分子系統學與演化 vol.*Molecular phylogenetics and evolution* vol. 32,3 (2004)：823-37.

Botha, Tory L., and Diego C. García-Bellido."A New Species of the Iconic Triradial Ediacaran Genus Tribrachidium from Nilpena Ediacara National Park, Flinders Ranges (South Australia).*Journal of Paleontology* 98, no：1-12.

Botha, Tory L., Droser, Mary L., García-Bellido, Diego C., and Sherratt, Emma.2024.Morphometric investigation of Tribrachidium from Nilpena Ediacara National Park, South Australia.*Palaeontologia Electronica,* 27(2): a36.

Botting, J.P., Zhang, Y. & Muir, L.A. Discovery of missing link between demosponges and hexactinellids confirms palaeontological model of sponge evolution.*Sci Rep* **7**, 5286 (2017).

Botting, J.P, and Muir, L.A. 2018.早期海綿演化：A review and phylogenetic framework.*Palaeoworld*: 27, pp.Boury-Esnault, Nicole & Manuel, Michaël & Vacelet, Jean.(2002).Order Clathrinida Hartman, 1958.

Brusca, R.C., and Brusca, G.J. 2002.*無脊椎動物第二版。*Sinauer Associates Inc.Publishers, Sunderland MA.936 pp.

Burk, W.R. Pseduocolus Javanicus in Connecticut and its Distribution in the United States.*Myxcotaxon*, Vol. III, No. 3, pp.

Burk, W. R., Flegler, S. L., & Hess, W. M. (1982).Clathraceae and Phallaceae (Gasteromycetes) Spores 的超微結構研究。*Mycologia*, *74*(1), 166-168.

Bukry, David, 1976, "Cenozoic Silicoflagellate and Coccolith Stratigraphy, South Atlantic Ocean, Deep Sea Drilling Project Leg 36," *Deep Sea Drilling Project Initial Reports*, Vol. 35, pp.

Buss, Leo W., and James B. Burch."Modular Body Plan of Colonial Hydrozoans：分支邏輯與 *Obelia* 的多肉分化"。*Biological Bulletin* 176, no：149-60.

Cárdenas, Paco & Rapp, Hans & Klitgaard, Anne & Best, M. & Thollesson, Mikael & Tendal, Ole.(2013).大西洋北極地區 Geodia 物種 (Porifera, Demospongiae, Tetractinellida) 的分類學、生物地理學與 DNA 條碼。林奈學會動物學雜誌》。169.

Cartwright, Julyan H. E., et al. 「化學花園」。*膠體與界面科學期刊*》256，第 2 期 (2002)：351-59.

Colman, Samuel.Nature's Harmonic Unity (1912)。

Cooke, W.B. and Nyland, G., Clathraceae in California, Madroño.第 16 卷。No. 2. (April 1961). pp33-42。

Croce, Gianluca 等人，「來自海洋海綿的矽膠囊的結構特性」。*Biophysical journal* vol. 86,1 Pt 1 (2004)：526-34.

Dohrmann, Martin 等人. 「玻璃纖維海綿 (porifera, hexactinellida) 的系統發育與演化」.57,3 (2008)：388-405.

Dohrmann, M., Kelley, C., Kelly, M. *et al.* An integrative systematic framework helps to reconstruct skeletal evolution of glass sponges (Porifera, Hexactinellida).*Front Zool* **14**, 18 (2017).

Doolittle, W. F. (1999).系統發生分類與普遍樹。*Science*, 284(5423), 2124-2129.

Dring, D.M. Contributions towards a Rational Arrangement of the Clathraceae.*Kew Bulletin,* vol. 35, no.(1980).

Droser, M.L. & Gehling, J.G. The advent of animals：The view from the Ediacaran, *Proc.Natl.*112 (16) 4865-4870, (2015).

Drozdov, Anatoliy L., Lyudmila A. Zemnukhova, Alexandr E. Panasenko, Nataliya V. Polyakova, Arseniy B. Slobodyuk, Alexandr Yu.Ustinov, Nina A. Didenko, and Sergey A. Tyurin.2021.「海綿中的矽化合物」 *應用科學* 11，第 14 期：6587。

Dunn, Frances S 等人. 「埃迪卡拉發育生物學」.*Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society* vol. 93,2 (2018)。

Dyková, I., et al. (2009).Phylogeny of Flabellulidae (Amoebozoa: Leptomyxida) inferred from SSU rDNA sequences of the type strain of Flabellula citata Schaeffer, 1926 and newly isolated strains of marine amoebae.*Folia parasitologica.*55.256-64.

Dzik, Jerzy."Anatomical Information Content in the Ediacaran Fossils and Their Possible Zoological Affinities," *Integrative and Comparative Biology* 43(1), 114-126, (1 February 2003).

Ehrlich, Hermann 等人，"Silactins and Structural Diversity of Biosilica in Sponges"。*Biomimetics (Basel, Switzerland)* vol. 9,7 393.2024 年 6 月 27 日。

Ereskovsky, Alexander.(2010).*海綿的比較胚胎學》*。Springer.

Evans, Scott D 等人.「Ediacara 宏化石的發育過程」。*Proceedings.生物科學* vol. 288,1945 (2021): 20203055.

Finnerty, John.(2003).中生代軸向模式化的起源：雙邊對稱有多古老？*發展生物學國際期刊》*。47.523-9.

Flegler, S. L., & Hooper, G. R. (1980).*Mutinus Caninus* 的超微結構與發育以及八孔基膜的出現。*Mycologia*, *72*(5), 1001-1014.

Fortunato, S., Adamski, M., Ramos, O. *et* al. Calcisponges have a ParaHox gene and dynamic expression of dispersed NK homeobox genes.*Nature* **514**, 620-623 (2014)。

Franchini, F., and M. Steinke."Quantification of DMS Production in Aiptasia sp., a Model Organism for Coral Symbiosis." 生物地理科学 14, no.*Biogeosciences* 14, no. 13 (2017)：3015-25.

Fries, N., and D. Starr.Phallaceae: A Developmental Cascade." 「Phallaceae 的揮發性物質排放：發展的連鎖作用」。*Mycologia* 114, no. 2 (2022): 245-59.

Gabaldón, T., & Koonin, E. V. (2013)。基因正交的功能和進化意義。*Nature Reviews Genetics*, 14(5), 360-366。

Gaino, E, and G Magnino."Dissociated cells of the calcareous sponge clathrina: a model for investigating cell adhesion and cell motility in vitro".*顯微鏡研究 and technique* vol. 44,4 (1999)：279-92.

Gaino, E., et al., Morphological responses of dissociated sponge cells to different organic substrata*, Tissue and Cell,* Volume 25, Issue 3, June 1993, Pages 333-341.

Gast, R.J. "Centrohelida and Other Heliozoan-Like Protists." 《原生動物手冊》。*原生動物手冊》*。Springer.(2017).

Gehling, James G., and Mary L. Droser."Reconstruction of the Ediacaran Metazoan *Tribrachidium heraldicum*, from a Tri-Radial Fossil." 古生物學 43, no.*古生物學* 43, no.3 (2000):427-56.

Gjøvik, A. (2025a).廣泛的人類/虹彩蟲基因序列重疊：簡訊。*非殖民地生態與進化期刊》，* 1(1)。https://doi.org/10.5281/zenodo.15596204。

Gjovik, A. M. (2025b).多重多細胞原型框架：矽基生物礦化與早期真核生物多樣化。*非殖民化生態學與進化期刊》，* 1(1)。https://doi.org/10.5281/zenodo.15622349。

Gjøvik, A. M. (2025c).文章：A Recursive Strategy for Deep Homology Discovery in Genetic Sequence Alignment. *非殖民地生態與進化期刊》，* 1(1)。https://doi.org/10.5281/zenodo.15628144

Grahovac, M., et al. "Temporal Emission Patterns of VOCs in Stinkhorn Fungi." (臭角菌中揮發性有機化合物的時間排放模式)。*化學生態學雜誌* 46 (2020): 1023-38。

Genikhovich, G. and Technau, U.; On the evolution of bilaterality.*發展* 2017 年 10 月 1 日；144 (19)：3392-3404.

Gros, R., et al. "Concentrations of Dissolved DMS, MeSH and Related Compounds in North Atlantic Waters." Gros, R., et al.*Biogeosciences* 20 (2023)：145-60

Hall, C. M. S., et al. (2018)：The short-lived but successful tri-radial body plan: a view from the Ediacaran of *Australia*, *Australian Journal of Earth Sciences.*

Hartman, W.D. (1981).矽在海綿中的形態與分佈。In：Simpson, T.L., Volcani, B.E. (eds) Silicon and Siliceous Structures in Biological Systems。Springer, New York, NY.

Harvey, Thomas H P. "Carbonaceous preservation of Cambrian hexactinellid sponge spicules." 《寒武紀六角海綿棘皮的碳質保存》。*Biology letters* vol. 6,6 (2010)：834-7. doi:10.1098/rsbl.2010.0377

Hibbett, D S等人.「從核糖體DNA序列推斷有褶蘑菇和馬鞭草的進化」。*Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* vol. 94,22 (1997)：12002-6.

Hibbett, David.(2001).同型基枝孢菌的木材腐朽機制、交配系統與底物範圍之間的特性相關性分析。*系統生物學*。50.215-242.

Hooper, J.N.A. & van Soest, R.W.M. (Eds.) 2002.Systema Porifera: a guide to the classification of Sponges.Kluwer Academic/Plenum Publishers：New York, NY (USA).

Hooper, John.(1999).Calcarea from the Great Barrier Reef.1: Cryptic Calcinea from Heron Island and Wistari Reef (Capricorn-Bunker Group).Memoirs of the Queensland Museum.43.859-892.

Hoyal Cuthill, Jennifer F, and Simon Conway Morris."Fractal branching organizations of Ediacaran rangeomorph fronds reveal a lost Proterozoic body plan." "埃迪卡拉(Ediacaran)海生動物葉片的分形分支組織揭示了失落的新生代身體計劃。*Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* vol.

111,36 (2014)：13122-6.

Isaeva, Valeria V., and Nickolay V. Kasyanov.2021.*"對稱* 13, no. 2: 160.

Isaeva, V.V.; Karetin, Y.A.; Chernyshev, A.V.; Shkuratov, D.Y. *Fractals and Chaos in Biological Morphogenesis*; Dalnauka：符拉迪沃斯托克，俄羅斯，2004 年。

Ivantsov, Andrey & Zakrevskaya, Maria.(2021).Trilobozoa, Precambrian Tri-Radial Organisms.*古生物學期刊。* 55.727-741.

Ivantsov, Andrey & Zakrevskaya, Maria.(2020).Vendobionta（前寒武紀晚期的元古宙）的對稱性。*Paleontological Journal,* 2021, Vol. 55, No. 7, pp.

Jurkowska, A., Świerczewska-Gładysz, E., and Kowalik Filipowicz, S.: The role of siliceous sponges in pre-Eocene marine Si cycle from the perspective of rock mineralogy, *EGUsphere* [preprint].

Kakumyan, P., Suwannarach, N., Kumla, J., Saichana, N., Lumyong, S., & Matsui, K. (2020)。臭角菌子實體形成不同階段的揮發性*有機*化合物測定。*Mycoscience*， 61(2), 65-70.

Karlin, S. & Altschul, S.F. (1990) Methods for assessing statistical significance of molecular sequence features.*PNAS* 87:2264-2268.

Karunarathne, Krishan & de Croos, Dileepa.(2020).斯里蘭卡首次記錄到三種表皮水母，並重新描述了Marivagia Galil和Gershwin屬，2010年（網綱：鞘蟲目：Rhizostomeae：表皮水母科）。Sri Lanka Journal of Aquatic Sciences.25.45-55.

Klautau, M.; Valentine, C. (2003)."Revision of the genus *Clathrina* (Porifera: Calcarea)" (PDF).*Zoological Journal of the Linnean Society*.**139**: 1-62.

Klautau, M. et al.*Zoological Journal of the Linnean Society,* 2022, 194 (3), pp.671-725.

Koonin, E.V. (2005) Orthologs, paralogs, and evolutionary genomics.*Annu.Rev. Genet.*39:309-338.

Kopp, Christophe 等人 (2005) "Calcareous sponge biomineralization: ultrastructural and compositional heterogeneity of spicules in Leuconia johnstoni." 結構生物學雜誌第 17 卷。*Journal of structural biology* vol. 173,1 (2011)：99-109.

Kouchinsky, Artem & Bengtson, Stefan & Feng, Weimin & Kutygin, Ruslan & Val'kov, Anatolij.(2009).下寒武紀化石 Anabaritids：親緣關係、出現與系統學。7. 241-298.7. 241-298.

Kuhar, Francisco 等人. 「純培養中四個 Geastrum (Geastrales) 分離物中錳過氧化物酶和其他外酶的檢測」。*Revista Argentina de microbiologia* vol. 48,4 (2016): 274-278.

Kükenthal, W. "Handbook of Zoology：雜項無脊椎動物"。Andreas Schmidt-Rhaesa 編輯。De Gruyter.(2019).

Kuo, M. (2021, August).*Pseudocolus fusiformis*.取自 *MushroomExpert.Com* 網站：http://www.mushroomexpert.com/pseudocolus_fusiformis.html。

Kuo, M. *Herbarium Record for 07142102, Pseudocolus fusiformis,* Collection Date：July 14, 2021, Retrieved from the *MushroomExpert.Com* Web site: https://www.mushroomexpert.com/herbarium/recordview.pl?1921071402

Kuo, M. *Herbarium Record for 09231101, Pseudocolus fusiformis,* Collection Date：September 23, 2011, Retrieved from the *MushroomExpert.Com* Web site: https://www.mushroomexpert.com/herbarium/recordview.pl?1911092301

Lanna, Emilio & Rossi, Andre & Cavalcanti, Fernanda & Hajdu, Eduardo.(2007).Calcareous sponges from São Paulo State, Brazil (Porifera: Calcarea: Calcinea) with the description of two new species.*Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*.87.1553 -

Larroux, C., Fahey, B., Liubicich, D., Hinman, V.F., Gauthier, M., Gongora, M., Wörheide, G., Leys, S.P., Degnan, B.M. 2006.海綿轉錄因子基因的發育表達：元動物多細胞性起源的啟示。*進化與發展* 8(2)：50-173.

Lavrov DV, Diaz MC, Maldonado M, Morrow CC, Perez T, Pomponi SA, et al. (2023) Phylomitogenomics bolsters the high-level classification of Demospongiae (phylum Porifera).PLoS ONE 18(12): e0287281

Leys, S.P. 2003.海綿幼蟲與六線纖維幼蟲棘突發生的比較研究。*顯微鏡研究與技術* 62:300-311。

Leys, Sally P et al. 「海綿」。*Current biology :* 15,4 (2005)：R114-5.

Leys SP, Riesgo A. (2012).*上皮，元祖類的進化新知。*實驗動物學期刊 B 部分：分子與發育演化，318(6), 438-447.

Leys, S.P. 2003.合胞組織對於六端螺旋體在元古界的地位的意義。*整合與比較生物學* 43:19-27.

劉慧娟 & 程志飛 & 謝姣.(2024).食用菌生長和成熟過程中揮發性化合物驅動特殊氣味的形成。食品化學：X. 22.101288.

Lloyd, C.G. 1907.Mycological Notes 28.*C. G. Lloyd 的真*

*菌學著作*2(28):349-364

Lloyd, C. G. 1907."The Phalloids of Australasia.*Mycological writings of C. G. Lloyd* 2, 1-24.

Lloyd, C.G. 1909."Synopsis of the Known Phalloids," *Mycological writings of C. G. Lloyd.*(Sept. 1909).

Lloyd, C.G. 1910.Mycological Notes 34.*C. G. Lloyd 的真菌學著作*（1910 年 2 月）。

Łukowiak (Lukowiak), Magdalena & Pisera, Andrzej & Schlogl, Jan. (2014).來自維也納盆地晚期早中新世（斯洛伐克中部帕拉泰西）的海底海綿。*Paläontologische Zeitschrift.*88.

Łukowiak M. Utilizing sponge spicules in taxonomic, ecological, and environmental reconstructions: a review.PeerJ.2020 Dec 18;8: e10601. Doi: 10.7717/peerj.10601.PMID: 33384908; PMCID: PMC7751429.

Łukowiak, Magdalena 等人. 「海綿棘皮的術語」*.Journal of morphology* vol. 283,12 (2022): 1517-1545.

Maldonado, M., Beazley, L., López-Acosta, M., Kenchington, E., Casault, B., Hanz, U. and Mienis, F. (2021), Massive silicon utilization facilitated by a benthic-pelagic coupled feedback sustains deep-sea sponge aggregations.Limnol Oceanogr, 66: 366-391.

Maldonado, Manuel.(2006).海綿幼蟲的生態學。Canadian Journal of Zoology.84.175-194.10.1139/Z05-177.

Manuel, Michaël.「元古脊椎動物體表對稱性與極性的早期演化」。*Comptes rendus biologies* vol. 332,2-3 (2009)：184-209.Stewart, A.A., and M. Stoff.「Petrosia ficiformis 的深海海綿揮發性有機化合物特性」。*海洋化學* 235 (2023)：104133.

Martindale, Mark & Finnerty, John & Henry, Jonathan.(2002).Radiata and the evolutionary origins of the bilaterian body plan. 分子系統學與演化。*分子系統發育學與進化*。24.358-65.

Mcilroy, Duncan & Dufour, Suzanne & Taylor, Rod & Nicholls, Robert.(2021).共生在大型生物群首次殖民海底中的作用：最古老埃迪卡拉生物群（加拿大紐芬蘭）的啟示。*生物系統*。205.

McCartney, Kevin and Sherwood W. Wise, Jr., 1990, "Cenozoic Silicoflagellates and Ebridians from ODP Leg 113: Biostratigraphy and Notes on Morphologic Variability," *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results,* Vol. 113, pp.

McCartney, Kevin, Sherwood W. Wise, Jr., David M. Harwood, and Rainer Gersonde, 1990, "Enigmatic Lower Albian Silicoflagellates from ODP Site 693：Silicoflagellata Order 的前身？"*Proceedings of the Ocean* Drilling *Program, Scientific Results,* Vol. 113, pp.

McInerney, James O, and Mary J O'Connell."進化發育生物學：鬼魂位點出現"。*Nature* vol. 514,7524 (2014)：570-1.

Melanda, Gislaine C S et al. "An Overview of 24 Years of Molecular *Phylogenetic* Studies in *Phallales* (*Basidiomycota*) With Notes on Systematics, Geographic Distribution, Lifestyle, and Edibility." (「24年*Phallales*(*Basidiomycota*)分子系統學研究總覽」)。12 689374.2021 年 7 月 9 日。

Miller, O. and Miller, H.; *Gasteromycetes：Morphological and Developmental Features, with Keys to the Orders, Families, and Genera,* Mad River Press (1988).

Molinari, Clarissa & Morandini, André & Collins, Allen.(2023).A morphological review of the jellyfish genus Nausithoe Klliker, 1853 (Nausithoideae, Coronatae, Scyphozoa, Cnidaria).Zootaxa.5336.001-032.

Molinari, Clarissa & Maronna, Maximiliano & Morandini, André.(2020).來自巴西海岸的 Nausithoe werneri (Scyphozoa, Coronatae, Nausithoidae) 的新記錄，以及 Nausithoe maculata 的新同義 推出以加速生物多樣性研究。ZooKeys.984.1-21.

Müller, W. E. G., Jinhe Li, Schröder, H. C., Li Qiao, and Xiaohong Wang：硅質海綿（Porifera; Hexactinellida and Demospongiae）的獨特骨架，在原生代首先從 Urmetazoa 進化而來：回顧，Biogeosciences，4，219-232，2007。

Müller WEG, Schröder HC, Wiens M, Schloßmacher U, Brandt D. (2007).*矽酸鹽介導的矽聚合。FEBS Letters,* 580(4), 704-712.4

Mykchaylova, Oksana & Lomberg, Margarita & Tsapko, Sofiia & Красінько, Вікторія.(2022).文化 Clathrus Archeri (Phallaceae, Basidiomycota) 的形態特徵。*波蘭自然科學期刊*。36.283-298.

Nikšić, M., I. Hadzic, and M. Glisic (2004)."Phallus impudicus 是真菌學上的巨人嗎？*Mycologist* 18 (1)：21-22.

Parihar, Virendra & Chouhan, Hukma & Kumar, Pawan & Harsh, Anshul. (2023).來自印度西部 Marwar 超群的埃迪卡拉生物（Trilobozoan (Tribrachidium and Albumares) Ediacaran organisms）。第 124 卷。485-490.

Pearson, W. R. (2013)。序列相似性（「同源性」）搜索簡介。*Current Protocols in Bioinformatics*, 42(1), 3.1.1-3.1.8.

Philippe, H. et al. (2017) Pitfalls in supermatrix

phylogenomics.*歐洲分類學雜誌* 283:1-25.

Pickett J., 2002.Order Heteractinida Hinde, 1887.In：Hooper J.N.A., Van Soest R.W.M., Willenz P. (eds) Systema Porifera.Springer, Boston, MA.

Pine, E.M., Hibbett, D.S., Donoghue, M.J. Phylogenetic relationships of cantharelloid and clavarioid Homobasidiomycetes based on mitochondrial and nuclear rDNA sequences.*Mycologia*, 91(6), 1999, pp.

Plese, Bruna et al. "Mitochondrial evolution in the Demospongiae (Porifera)：系統演化、分歧時間與基因組生物學"。*Molecular phylogenetics and evolution* vol. 155 (2021)：107011.

Pudil, Frantisek & R., Uvíra & Janda, Václav.(2014).Stinkhorn (Phallus impudicus L. ex Pers.) 不同生長階段的化合物。*歐洲科學期刊》*。10.163-171.

Rapp, H. T. The first record of the genus of the *Leucascus* Dendy, 1892 (Porifera, Calcarea, Calcinea) from the Atlantic Ocean, with description of *Leucascus lobatus* sp.- Steenstrupia 28 (2)：119-127.丹麥哥本哈根。2004 年 12 月

Rapp, H.T., Janussen, D., and Tendal, O.S. 2011.來自南極洲威德爾海深淵和水底深度的 Clacareous 海綿。Deep-Sea Research II: 58, 58-67.

Richter, D.J. and Nitsche, F. Choanoflagellatea.*Handbook of the Protists.*Springer.(2017).

Rossi, André Linhares et al. "Crystallographic orientation and concentric layers in spicules of calcareous sponges." Rossi, André Linhares et al.*Journal of structural biology* vol. 196,2 (2016)：164-172.

Ruocco, Nadia 等人.「元分類分析揭示的地中海海綿微生物多樣性」。*Scientific reports* vol. 11,1 21151.2021 年 10 月 27 日。

Schmitt, Johannes & Meisch, Hans-Ulrich & Reinle, Wolfgang.(2014).高等真菌中的重金屬，IV：銀 [Schwermetalle in Hoheren Pilzen, IV: Silber]。*Zeitschrift fur Naturforschung - Section C 生物科學期刊*。33.608-615.

Schuster, A., Vargas, S., Knapp, I.S. *et al.* Divergence times in demosponges (Porifera): first insights from new mitogenomes and the inclusion of fossils in a birth-death clock model.*BMC Evol Biol* **18**, 114 (2018).

Sethmann, I. & Wörheide, G. 結構與鈣質海綿纖維的組成：回顧與結構相關生物礦物的比較。*Micron* 39, 209-228 (2008).

Shabardina, V., Dharamshi, J.E., Ara, P.S. *et al.* Ichthyosporea: a window into the origin of animals.*Commun Biol* **7**, 915 (2024).

Shimizu, K., Nishi, M., Sakate, Y. *et al*.*Nat Commun* **15**, 181 (2024).

Smirnov A. 等人 (2016).Phylogeny and Systematics of Leptomyxid Amoebae (Amoebozoa, Tubulinea, Leptomyxida).*原生動物*。168.220-252.

Smirnov A., et al. (2005)。Lobose Amoebae 的分子系統發育與分類。*原生動物*。156.129-142.

Smirnov A., et al. (2011).A Revised Classification of Naked Lobose Amoebae (Amoebozoa: Lobosa).原生動物。162.545-70.

Staudigel, Hubert & Furnes, Harald & McLoughlin, Nicola & Banerjee, Neil & Connell, Laurie & Templeton, Alexis.(2008).35 億年的玻璃生物變質：火山岩作為微生物生命的基礎？地球科學評論》。89.156-176.

Steffen, K. et al, Whole genome sequence of the deep-sea sponge *Geodia barretti* (Metazoa, Porifera, Demospongiae), *G3 Genes|Genomes|Genetics,* Volume 13, Issue 10, 2023.

Stijve, Tjakko.近距離接觸 Clathrus ruber，格子臭角。*捷克。Mycol.*50 (1), 1997. pp63-70。

Suárez-Moo, P. 等人. 紐卡坦半島 Anchialine 洞穴中的海綿 (Porifera, Demospongiae) 物種多樣性與線粒體 DNA 分析, *bioRxiv* 2024.10.31.621400.

Sukhomlyn, Maryna & Tsvyd, Nadiia & Pasailiuk, M.(2021).Clathrus ruber P. Micheli ex Pers.無性菌絲在體外條件下的形態和生長特性。*Current Research in Environmental & Applied Mycology*.11.333-340.

Sulzbacher, Marcelo & Cortez, Vagner & Baseia, Iuri & Baseia, G. (2013)。在巴西南部重新發現 Pseudocolus garciae。*Mycotaxon*.123.10.5248/123.113.

Tan, Kei Chloe et al. "Complete linear mitochondrial genomes for *Cephea cephea* and *Mastigias albipunctata* (Scyphozoa: Rhizostomeae), with an analysis of phylogenetic relationships." 線粒體 DNA。*線粒體DNA。B 部分，資源*卷 9,11 1544-1548.14 Nov. 2024.

Tang, Q., Wan, B., Yuan, X.等 早期海綿動物的棘突生成和生物礦化。*Nat Commun* **10**, 3348 (2019).

Tebo, Bradley M., et al. "Biogenic Manganese Oxides：特性與形成機制"。*Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 32 (2005)：287-328.

Tikhonenkov, Denis V 等人.「微生物捕食者的新品系增加了重建動物進化起源的複雜性」。*Current biology :* 30,22 (2020): 4500-4509.e5.

Turner, T.L. & Pankey, M.S. (2023) The order Axinellida (Porifera: Demospongiae) in California.*Zootaxa*, 5230 (5),

501-539.

Uriz, María-J et al. "Siliceous spicules and skeleton frameworks in sponges: origin, diversity, ultrastructural patterns, and biological functions." 顯微鏡研究與技術卷。*Microscopy research and technique* vol. 62,4 (2003)：279-99.

Uriz, Maria.(2006).海綿的礦物骨骼生成。Canadian Journal of Zoology-revue Canadienne De Zoologie - CAN J ZOOL.84.322-356.

Van Soest, Rob W M 等人.「全球海綿（多孔動物）的多樣性」。*PloS one* vol. 7,4 (2012): e35105.

Van Soest, Rob.(2015).印尼的石灰質海綿。Zootaxa.3951.1-105.

Venmathi, Maran, B.A.., et al. (2021).西太平洋海蜇野外指南》。海洋與海岸研究中心，Universiti Sains Malaysia。

Voigt, Oliver 等人. "Molecular phylogenetic evaluation of classification and scenarios of character evolution in calcareous sponges (Porifera, Class Calcarea)." PloS one vol. 7,3 (2012: e33417.*PloS one* vol. 7,3 (2012): e33417。

Voigt, Oliver 等人. "Spicule formation in calcareous sponges : Coordinated expression of biomineralization genes and spicule-type specific genes."*Scientific reports* vol. 7 45658.13 Apr. 2017.

Voigt, Oliver 等人. "Carbonic Anhydrases：石灰質海綿生物礦化的古老工具"。*前沿遺傳學》* 第 12 卷 624533。7 Apr. 2021.

Voigt Oliver, Wilde Magdalena V, Fröhlich Thomas, Fradusco Benedetta, Vargas Sergio, Wörheide Gert (2025) Genetic parallels in biomineralization of the calcareous sponge Sycon ciliatum and stony corals *eLife* 14:RP106239

Wang, Xiaohong et al. "The largest Bio-Silica Structure on Earth：深海玻璃 海绵 Monorhaphis chuni 的巨型基部棘粒"。*Evidence-based complementary and alternative medicine: eCAM* vol. 2011 (2011)：540987.

Weiner、Steve 和 Patricia M. Dove。"An Overview of Biomineralization Processes and the Problem of the Vital Effect"。Reviews *in Mineralogy and Geochemistry* 54, no：1-29.

Werner, Eric. (2012).多細胞生物雙邊對稱性的起源、演化與發展。

Wörheide, G et al. "Deep phylogeny and evolution of sponges (phylum Porifera)." (2012).*Advances in marine biology* vol. 61 (2012)：1-78.

Yakar, Semiha & UZUN, Yasin & Kaya, Abdullah.(2019). 對土耳其 Phallales 分佈的貢獻。Anatolian Journal of Botany.3.51-58.10.30616/ajb.593692.

Yun H, Luo C, Chang C, Li L, Reitner J, Zhang X. 2022 獨特寒武紀清江生物群海綿體的適應特化。Proc.R. Soc. B 289: 20220804.

Zhang, Huawei et al. "Bioactive Secondary Metabolites from the Marine Sponge Genus Agelas.".*Marine drugs* vol. 15,11 351.8 Nov. 2017、

Zhao, Mingsheng & Mussini, Giovanni & Li, Yulan & Tang, Feng & Vickers Rich, Patricia & Li, Ming & Chen, Ailin.(2024).(2024).埃迪卡拉江川生物群中的一個推定的三紀大化石. iScience.27.108823.

Ziegler, B., and S. Rietschel.1970.鈣片蟲化石的系統發育關係.Symp.Zool.Zoc.Lond.25: 23-40.

Zillig, W 等人. "Hyperthermus butylicus, a hyperthermophilic sulfur-reducing archaebacterium that ferments peptides." (丁基嗜熱菌，一種發酵肽的嗜熱型硫還原古細菌).*Journal of bacteriology* vol. 172,7 (1990)：3959-65.

附錄 A：BLAST 結果摘要

物種	Tax.	Seq.編號	長度	位元分數	編號	E 值
Onchidoris bilamellata	**海蛞蝓** (Doridacea, Nudibranch, Gastropoda).	AJ224783.1	1887	1289	75.7	0
Flabellula sp.	**阿米巴原蟲** (Elardia, Tubulinea, Amoebozoa)	LC340976.1	1882	1379	76.9	0
Haliommilla capillacea	**放射藻類** (Spumellaria, Polycystinea, Rhizaria)	MT670487.1	1863	1378	77.2	0
石珊瑚	**石珊瑚** (Scleractinia, Hexacorallia, Anthozoa, Cnidaria)	LT631261.1	1858	1710	80.6	0
Hartmannella sp.	**阿米巴原蟲** (Elardia, Tubulinea, Amoebozoa)	EF205324.1	1853	1477	78.4	0
Obelia longissima	**殖**水螅類 (Leptothecata, Hydrozoa, Cnidaria)	KM603469.1	1841	1695	81	0
七孔蟲	**虹吸蟲** (虹吸綱, 水螅目, 鞘絲類)	CM107577.1	1826	1752	82.0	0
石珊瑚	**石珊瑚** (Scleractinia , Hexacorallia, Anthozoa, Cnidaria)	LT631268.1	1824	1810	82.6	0
石珊瑚	**石珊瑚** (Scleractinia, Hexacorallia, Anthozoa, Cnidaria)	LT631269.1	1823	1811	82.5	0
Diploria labyrinthiformis	**石珊瑚** (Scleractinia, Hexacorallia, Anthozoa, Cnidaria)	LT631262.1	1817	1804	82.7	0
Obelia dichotoma	**Colonial Hydrozoan** (Leptothecata , Hydrozoa , Cnidaria)	KX665387.1	1815	1828	82.9	0
Bebryce sp.	**軟珊瑚** (Octocorallia, Anthozoa, Cnidaria)	PP410842.1	1812	1824	82.1	0
Axinella damicornis	**海綿** (Axinellida, Demospongiae, Porifera)	OZ007509.1	1812	1825	85.4	0
Axinella damicornis	**海綿** (Axinellida, Demospongiae , Porifera)	OZ007506.1	1811	1831	85.5	0
Obelia dichotoma	**殖**水螅類 (Leptothecata, Hydrozoa, Cnidaria)	KX665396.1	1810	1822	83	0
Xenia sp.	**軟珊瑚** (Octocorallia , Anthozoa , Cnidaria)	NW_025813507	1809	1851	83.6	0
Ectyoplasia ferox	**海綿** (Axinellida, Demospongiae, Porifera)	EU702415.1	1809	1829	85.4	0
Mastigias albipunctata	**水母** (Rhizostomeae , Scyphozoa , Cnidaria)	PQ647264.1	1808	1882	83.8	0
Bebryce sp.	**軟珊瑚** (Octocorallia, Anthozoa, Cnidaria)	PP410839.1	1808	1872	83.9	0
Gorgonia flabellum	**軟珊瑚** (Octocorallia, Anthozoa, Cnidaria)	PP410861.1	1808	1855	83.6	0
櫛水母	**水母** (根莖類, 鞘蟲科, 構腳類)	PQ647263.1	1807	1898	84	0

物種	Tax.	Seq.編號	長度	位元分數	編號	E 值
Tubipora musica	**軟珊瑚** (Octocorallia, Anthozoa, Cnidaria)	AF052909.1	1807	1853	83.5	0
Axinella corrugata	**海綿** (Axinellida, Demospongiae, Porifera)	EF092264.1	1807	1827	85.5	0
Plectroninia neocaledoniense	**海綿** (石頭目, 石炭科, 多孔動物)	AM180979.1	1804	1810	85.2	0
Atolla vanhoeffeni	**水母** (Coronatae, Scyphozoa, Cnidaria)	AF100942.1	1803	1868	85.8	0
Axinella damicornis	**海綿** (Axinellida, Demospongiae, Porifera)	OZ007509.1	1803	1957	85	0
Geodia barretti	**海綿** (Tetractinellida) 多孔目, 多孔菌科)	cashth010003473	1803	1831	85.4	0
Axinella damicornis	**海綿** (Axinellida , Demospongiae, Porifera)	OZ178462.1	1802	1964	85	0
Ectyoplasia ferox	**海綿** (Axinellida, Demospongiae, Porifera)	EU702415.1	1802	1955	85	0
	海葵 (Hexacorallia, Anthozoa, Cnidaria)	KF155691.1	1802	1925	84.4	0
Pachycerianthus fimbriatus	**海葵** (Hexacorallia, Anthozoa, Cnidaria)	AF358111.1	1802	1901	84.2	0
Axinella corrugata	**海綿** (Axinellida, Demospongiae, Porifera)	AY737637.1	1800	1948	84.8	0
Axinella polypoides	**海綿** (Axinellida, Demospongiae, Porifera)	U43190.1	1800	1948	84.8	0
Spirastrella sp.	**海綿** (Clionaida, Demospongiae, Porifera)	KX894463.1	1800	1904	84.3	0
Eurypon clavatum	**海綿** (Heteroscleromorpha, Demospongiae, Porifera)	AJ621547.1	1799	1957	84.9	0
海綿	**海綿** (Agelasida) Demospongiae, Porifera)	AY769087.1	1799	1957	84.9	0
Stephanoeca diplocostata	**鞭毛真核生物**（鞭毛藻類）	AF084235.1	1799	1931	84.3	0
Tethya wilhelma	**海綿** (Tethyida, Demospongiae, Porifera)	OX175333.1	1799	1929	84.7	0
Cyanea nozakii	**水母** (Semaeostomeae, Scyphozoa, Cnidaria)	MT813455.1	1799	1915	84.1	0
Geodia barretti	**海綿** (Tetractinellida Demospongiae , Porifera)	cashth010003473	1798	1966	84.9	0
Axinella corrugata	**海綿** (Axinellida, Demospongiae, Porifera)	EF092264.1	1798	1957	85	0
Stephanoeca diplocostata	**鞭毛真核生物** (Choanoflagellata)	AY149899.1	1798	1957	84.7	0
Plectroninia neocaledoniense	**海綿** (Lithonida, Calcarea, Porifera)	AM180979.1	1798	1947	84.5	0
Soleniscus radovani	**海綿** (Clathrinida, Calcarea, Porifera)	AF452017.1	1797	1925	84.4	0
Axinella polypoides	**海綿** (Axinellida, Demospongiae, Porifera)	OZ178462.1	1796	1973	85.1	0
Aurelia sp.	**水母** (Semaeostomeae, Scyphozoa, Cnidaria)	IADZ01000102.1	1796	1937	84.4	0

物種	Tax.	Seq.編號	長度	位元分數	編號	E 值
Tethya californiana	**海綿** (Tethyida, Demospongiae, Porifera)	OZ123596.1	1796	1926	84.6	0
Salpingoeca kvevrii	**鞭毛真核生物** (Choanoflagellata)	EU011930.1	1795	1956	85	0
Pigoraptor chileana	**海綿** (Axinellida, Demospongiae, Porifera)	MF190553.1	1795	1910	86.3	0
海綿	**海綿** (Baerida, Calcarea, Porifera)	AF452026.1	1795	1923	84.6	0
Achramorpha ingolfi	**海綿** (Leucosolenida, Calcarea, Porifera)	MH385157.1	1794	1952	84.8	0
Atolla vanhoeffeni	**水母** (Coronatae , Scyphozoa , Cnidaria)	AF100942.1	1794	1982	85.2	0
老年蝶	**海葵** (Hexacorallia, Anthozoa, Cnidaria)	OX459095.1	1794	1953	85.2	0
Aurelia solida	**水母** (Semaeostomeae, Scyphozoa, Cnidaria)	MZ788653.1	1794	1920	84.1	0
Axinella polypoides	**海綿** (Axinellida, Demospongiae, Porifera)	EF092266.1	1794	1951	84.89	
Achramorpha ingolfi	**海綿** (Leucosolenida, Calcarea, Porifera)	MH385157.1	1794	1952	84.8	0
Chrysaora pacifica	**水母** (Semaeostomeae , Scyphozoa , Cnidaria)	KY212123.1	1793	1970	84.9	0
Echinospongilla brichardi	**淡水海綿** (海綿科, 海綿屬, 多孔動物)	EF095192.1	1792	1954	84.9	0
Cyanea sp.	**水母** (Semaeostomeae, Scyphozoa, Cnidaria)	AF358097.1	1792	1949	84.6	0
鳳蝶 (Viatrix) globulifera	**海葵** (Hexacorallia, Anthozoa, Cnidaria)	KJ483025.1	1792	1940	85.1	0
海葵	**海葵** (Hexacorallia, Anthozoa, Cnidaria)	KJ483012.1	1791	1960	85.2	0
海綿	**海綿** (Baerida, Calcarea, Porifera)	AF182191.1	1791	1939	84.7	0
Leucosolenia sp.	**海綿** (Leucosolenida, Calcarea, Porifera)	AF100945.1	1791	1961	85	0
Edwardsia timida	**海葵** (Hexacorallia, Anthozoa, Cnidaria)	GU473315.1	1791	1952	85.1	0
Chrysaora melanaster	**水母** (Semaeostomeae, Scyphozoa, Cnidaria)	AF358099.1	1791	1938	84.4	0
Sycon ciliatum	**海綿** (Leucosolenida, Calcarea, Porifera)	OZ025892.1	1790	1956	84.9	0
Chrysaora colorata	**水母** (Semaeostomeae, Scyphozoa, Cnidaria)	AF358098.1	1790	1953	84.6	0
Vosmaeropsis sp.	**海綿** (Leucosolenida, Calcarea, Porifera)	AF452018.1	1790	1952	84.9	0
Sycettusa tenuis	**海綿** (Leucosolenida, Calcarea, Porifera)	AM180975.1	1790	1947	84.8	0
Aiptasia insignis	**海葵** (Hexacorallia, Anthozoa, Cnidaria)	AY046885.1	1790	1942	85	0
Sycon ciliatum	**海綿** (Leucosolenida, Calcarea, Porifera)	NC_088643.1	1790	1956	84.9	0

物種	Tax.	Seq.編號	長度	位元分數	編號	E 值
大鰓藻	**鞭毛真核生物** (Choanoflagellata)	AF084234.1	1789	2002	85.5	0
大鰓藻	**鞭毛真核生物** (Choanoflagellata)	DQ059033.1	1789	1988	85.2	0
Grantessa sp.	**海綿** (Leucosolenida, Calcarea, Porifera)	JQ272313.1	1789	1961	84.9	0
	海葵 (Hexacorallia, Anthozoa, Cnidaria)	FJ489437.1	1789	1960	85.2	0
Phyllospongia foliascens	**海綿** (Dictyoceratida, Demospongiae, Porifera)	OZ156448.1	1789	1957	85.1	0
Peachia cylindrica	**海葵** (Hexacorallia, Anthozoa, Cnidaria)	KJ483015.1	1789	1975	85.4	0
Syconessa panicula	**海綿** (Leucosolenida , Calcarea, Porifera)	AM180976.1	1789	1957	84.9	0
Stichopathes sp.	**刺軟珊瑚** (Antipatharia, Hexacorallia, Anthozoa, Cnidaria)	PP410996.1	1789	1955	85	0
Soleneiscus stolonifer	**海綿** (Clathrinida, Calcarea, Porifera)	AM180955.1	1788	2000	85.6	0
海綿	**海綿** (Clathrinida, Calcarea, Porifera)	AM180957.1	1788	1978	85	0
Chrysaora sp.	**水母** (Semaeostomeae, Scyphozoa, Cnidaria)	AY920769.1	1788	1961	84.8	0
Bathypathes sp.	**刺軟珊瑚** (Antipatharia, Hexacorallia, Anthozoa, Cnidaria)	MT318865.1	1788	1957	85	0
Leucascus ap.	**Sponge** (Clathrinida , Calcarea, Porifera)	AM180954.1	1787	2024	85.8	0
Pericharax heteroraphis	**海綿** (殼目，鈣質，多孔動物)	AM180967.1	1787	2002	85.5	0
Leucetta villosa	**海綿** (Clathrinida, Calcarea, Porifera)	AM180966.1	1787	2002	85.5	0
Leucetta sp.	**Sponge** (Clathrinida, Calcarea , Porifera)	AM180964.1	1787	1997	85.5	0
海綿	**海綿** (Clathrinida, Calcarea, Porifera)	AM180965.1	1787	1993	85.3	0
Clathrina sp.	**海綿** (Clathrinida, Calcarea, Porifera)	AM180960.1	1785	1980	85.4	0
溝溝龍	**掠食性鞭毛蟲 原生動物** (Holozoa)	MT611055.1	1785	2006	87.2	0
Clathrina luteoculcitella	**海綿** (Clathrinida, Calcarea, Porifera)	AM180959.1	1785	1967	85.2	0
刺軟珊瑚	**刺軟珊瑚** (Antipatharia, Hexacorallia, Anthozoa, Cnidaria)	PP411001.1	1785	1954	85	0
Corallochytrium limacisporum	**非鞭毛原生動物** (Teretosporea, Holozoa)	L42528.1	1784	1968	85.4	0
越南豬	**等離子真核生物** (Filasterea)	MF190552.1	1783	1957	85.1	0
海綿	**海綿** (Clathrinida, Calcarea, Porifera)	AM180958.1	1783	1983	85.3	0
溝溝龍	**掠食性鞭毛原生動物** (Holozoa)	MT611055.1	1782	2116	86.9	0

物種	Tax.	Seq.編號	長度	位元分數	編號	E 值
Leucetta sp.	**海綿** (Clathrinida, Calcarea, Porifera)	AY737644.1	1782	1989	85.4	0
Korsaranthus sp.	**海葵** (Hexacorallia, Anthozoa, Cnidaria)	KJ483017.1	1782	1960	85.1	0
	海葵 (Hexacorallia, Anthozoa, Cnidaria)	KJ483018.1	1782	1965	85.1	0
Antipathes sp.	**刺軟珊瑚** (Antipatharia, Hexacorallia, Anthozoa, Cnidaria)	LT631294.1	1782	1957	84.9	0
	海葵 (Hexacorallia, Anthozoa, Cnidaria)	LC768581.1	1781	1945	84.8	0
Vaceletia sp.	**海綿** (Dictyoceratida, Demospongiae, Porifera)	EU702425.1	1781	1942	85.1	0
Distichoptilum gracile	**海筆** (Octocorallia, Anthozoa, Cnidaria)	OL741694.1	1781	1942	84.9	0
Parazoanthidae	**Zoanthids** (Hexacorallia, Anthozoa, Cnidaria) 鯡形目	MZ329696.1	1780	1941	84.8	0
Nausithoe werneri	**水母** (Coronatae, Scyphozoa, Cnidaria)	MT603628.1	1780	1984	85.2	0
小孔藻	**鞭毛真核生物** (Choanoflagellata)	EU011928.1	1778	1961	85.1	0
鱷魚 unguiculata	**鞭毛真核生物** (Choanoflagellata)	L10823.1	1778	1958	85.1	0
Pompholyxophrys punicea	**阿米巴原蟲**，帶鱗片的絲狀 (Nucleariid, Holomycota)	MK547175.1	1778	1957	85	0
花冠水母	**水母** (Coronatae, Scyphozoa, Cnidaria)	OM260068.1	1778	1957	85.2	0
鳳眼水母 (Atolla vanhoeffeni)	**水母** (Coronatae, Scyphozoa, Cnidaria)	OM260085.1	1778	1957	85.2	0
Periphylla periphylla	**水母** (珊瑚目, 鞘鰓目, 構腳目)	OM201141.1	1776	1957	85	0
Chrysaora sp.	**水母** (Semaeostomeae, Scyphozoa, Cnidaria)	KY610821.1	1776	1942	84.7	0
Nausithoe werneri	**水母** (Coronatae, Scyphozoa, Cnidaria)	MT603630.1	1775	1980	85.2	0
Periphylla periphylla	**水母** (珊瑚目, 鞘鰓目, 構腳目)	OM201140.1	1775	1955	85	0
海葵 (Heterodactyla hemprichii)	**海葵** (Hexacorallia, Anthozoa, Cnidaria)	KC812194.1	1775	1939	84.8	0

附錄 B：*偽小球*使其工作。

請參閱英文原文。

附錄 C：形態圖像

請參閱英文原文。