

以微型電腦掃描技術重建國寶化石 3 D 影像

1.3 億年前台灣溝葉菊石復活記

文·圖 簡至暉／探探研究所

1957年本公司於嘉南平原區域探勘，在雲林縣四湖鄉附近鑽探的北港二號井，將近 1,700 公尺深處所鑽取直徑不到 5 公分的岩心中，夾藏了一枚長徑約 4.7 公分、形體大致完好的菊石個體。無法以視覺引導的鑽井過程中，能幾乎正中紅心般採集到位於地下深處的大化石標本，何其幸運！

1957 油井鑽探，數億年前化石現身 阿蒙神之石揭密中生代古海洋生態

菊石化石雖然常見於中生代海相地層中，然而，台灣本島的中生代地層僅出露於中央山脈東翼，且已歷經變質作用，其中僅見零星的溝鞭藻類微體化石，未曾發現也難以保存菊石這般的大化石。因此，這不但是首度在台灣發現的中生代化石，也對當時既有的地質認知投下一枚震撼彈：台灣西部的新生代地層往往厚逾 3,000 公尺，地處平原的鑽井卻在不到 1,700 公尺的深度便鑽遇中生代地層。如今已是台灣地質界常識的「北港基盤高區」，其埋藏地底已久的奧秘，在此中生代化石作為鐵證的啟示之下，自此被揭露。

菊石是怎樣的一群生物呢？它們是出現於古生代後期至中生代的頭足綱軟體動物，距今約 4 億年的泥盆紀時由鸚鵡螺演化而來，在 2 億到 6,600 萬年前的侏羅紀與白堊紀期間達到鼎盛，它們迅速地演化出多種形態的殼體與生態，是中生代海洋中最主要的中低階掠食者，但沒能熬過白堊紀結束時的大滅絕，與大型爬行動物（恐龍、翼龍、



圖 1 台灣溝葉菊石元件標本（圖左，筆者攝）與林朝榮教授繪製之殼體復原圖（圖右）。

魚龍、蛇頸龍、滄龍等）一同驟然退出生命史的舞台。

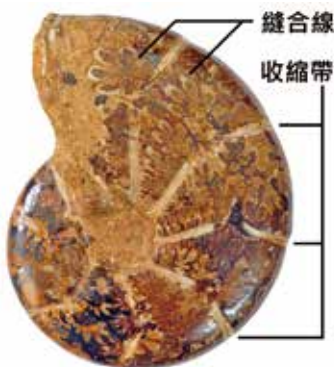
菊石具有霰石材質的薄殼，而現生的頭足綱中唯一具有外殼的，便是被視為活化石的鸚鵡螺類，但古生物學家依據演化的過程和一些化石佐證，認為現代與菊石最近似的反而是蛸亞綱，也就是章魚、魷魚、透抽、花枝、烏賊這一類不具硬質外殼的類群。

拜其殼體所賜，這些帶殼頭足綱的遺骸形成大量而美麗的化石，成了見證其輝煌過往的遺跡，有些是五彩斑斕的貝殼，有些則是具有蜿蜒而繁複縫合線的內膜，少數標本則兩者兼備，這些化石常帶著菊花般的螺圈與菊葉似的縫合線紋樣，因而得名「菊石」。

西方世界因其典型外觀形蜷曲的公羊角，命名取材自埃及神話中以公羊為象徵的阿蒙神（Ammon），而命名為 Ammonites（意為「阿蒙神之石」），許多菊石學名的屬名便是以 *-ceras*（希臘文的「角」）作為後綴。菊石精美別致的造型，不但深得化石收藏家與鑑賞家的青睞，在科學家

圖 2

地中海溝葉菊石的內膜標本。內膜化石為充填殼內氣室的沉積物或次生礦物所形成之鑄模；縫合線即分隔氣室的隔壁與外殼的接合處。



的鑽研與巧思之下，這些海神的號角更吹奏出深邃悠遠的古老傳說，地質學界利用為數可觀的菊石化石作為鑑別中生代地層的指標，古生物學家則透過它們而得以探究億萬年前的海洋生態。

台日學者一甲子時光研究解密 唯一珍稀標本不宜破壞性分析

嘉南平原井下採得的該枚菊石標本，在發現當年便委託台灣大學地質系林朝榮教授進行鑑定，初步判識形似歐洲常見的晚侏羅世物種「地中海溝葉菊石」，而以後者之近緣種暫名為 *Holcophylloceras aff. H. mediterraneum*。1974年，在日本九州大學松本達郎教授的建議之下，由林教授與當時任職於本公司的黃敦友博士命名為「台灣溝葉菊石 (*Holcophylloceras taiwanum* Lin et Hunang 1974)」。

隨著松本達郎等人在同一井位與鄰近井位發現更多軟體動物化石，以及黃廷章博士在微體化石分析方面的進展，埋藏台灣溝葉菊石的地層所屬年代，從原先推測的晚侏羅世，修正為距今約 1 億 2,500 萬至 1 億 1,300 萬年的早白堊世阿卜宜期 (Aptian)。松本教授之後重新審視此標本，並認為它的形態與阿卜宜期的高加索溝葉菊石頗為相似，而將其歸類為「高加索溝葉菊石台灣亞種 (*Holcophylloceras caucasicum taiwanum*)」。

這件絕無僅有的標本極為珍稀，要再取得同物種化石個體的機會也微乎其微，無可替代的標本

不適合從事破壞性的分析，因而收藏在本公司探採研究所多年，靜待更先進的非破壞性分析技術問世後，可再進行前人難以從事的觀察與研究。

微型電腦斷層掃描 3D 影像重建 長 7 公分寬 6.4 公分菊石復活了

如今，微型電腦斷層掃描 (micro computed tomography ; Micro CT) 技術已臻成熟與普及，正適用於需要以非破壞性方式觀察包覆在岩體中的化石標本，其所重建的三維透視影像可任意地翻轉、縮放、切片，更給予古生物學研究便利的觀察手段與嶄新的視野。因此，在本所石油地質組丁信修組長的協助與台大地質科學系林日白副教授引薦之下，2021 年底我們將此寶貴的菊石標本委託台達電子工業公司進行微型電腦斷層掃描，獲得了前所未見的立體透視影像，使我們得以一窺前人單憑標本外觀無法觀察到的細節，而能更深入透澈的瞭解台灣溝葉菊石的形貌。

藉由立體透視影像，我們觀察到最外側隔壁／縫合線位置、內部層圈及殼體破片形態，加上近年來國外也發現不少保存狀況特別優異的標本，使古生物學家得以恢復菊石的生理構造，這些資

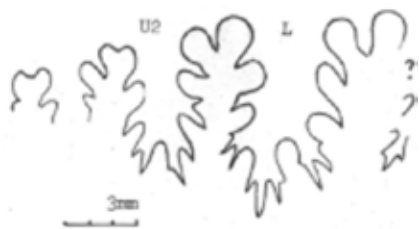


圖 3

松本達郎教授所描繪 (上圖) 與筆者拍攝 (下圖) 的台灣溝葉菊石縫合線。



圖 4 經微型電腦斷層掃描之台灣溝葉菊石標本剖面影像，由於歷經深埋，地層重壓下，標本有壓扁與碎裂等變形現象。（感謝台達電子工業公司協助掃描與提供資料）

訊都提供了重建台灣溝葉菊石形貌的線索，例如：

- **完整的殼體尺寸：**菊石標本的最終房室（即軀體所在的「住室」）往往破損而未保留為化石，台灣溝葉菊石的外圈也被岩心取樣的管柱所截切。完整殼體大小可藉由重建住室來推算，而前人研究指出，中生代葉菊石類的住室大小可以最外側隔壁的位置作為起點向外再旋繞約 3/4 圈來推估。因此，確定標本的最外側隔壁位置，就可以重建該個體完整外殼的可能尺寸。重建後，台灣溝葉菊石含住室的殼體長約 7 公分，寬約 6.4 公分。
- **殼體表面的構造：**許多菊石物種都具有肋條狀的殼飾或內壁起伏。台灣溝葉菊石標本表面可觀察到內膜上存在肋條狀構造（在每個收縮帶之間各有 8 條），而立體透視影像所揭示的破片則表明，外殼上可能也存在間距相若的肋條狀殼飾。
- **軟軀體的形貌：**菊石的軟軀體部分鮮少形成化石，其真實形態與運動模式大多類比自現生頭足綱，與殼體形態的流體動力學模擬等研究來推測的。近年來發現某些菊石物種具有墨囊或觸腕冠，因此菊石的軟軀體形態可能與蛸亞綱的十腕目較為相似。藉由體管的位置，可知菊石在腹側具有虹管，藉其噴射水流來前進與導向。

- **外殼顏色：**某些葉菊石類的外殼具有黑色素所呈現的條帶狀花紋，可如迷彩般隱蔽它們的身影，以避免掠食者攻擊。此外，霰石質殼體可產生虹彩般的結構色。台灣溝葉菊石也可能具有類似的花紋與光澤。

溝葉菊石啟發地質知識革新 主題展覽可望掀起科研浪潮

台灣溝葉菊石的奇蹟式發現，不但在上世紀的油氣探勘史寫下傳奇的一頁，更啟發了台灣地下地質知識的重大革新。其化石標本獨一無二的稀缺性，渾然天成地兼具繁複與簡約的造型，及所承載億萬年幽遠歲月的科學事實與詩意，都觸動著有識者的知性趣味與審美意識。此件化石珍寶已正式納入本公司探採科技展示館的典藏，相關的主題展覽也正密切規劃中。重現江湖的台灣溝葉菊石，又將掀起怎樣的科研浪潮呢？且讓我們拭目以待！

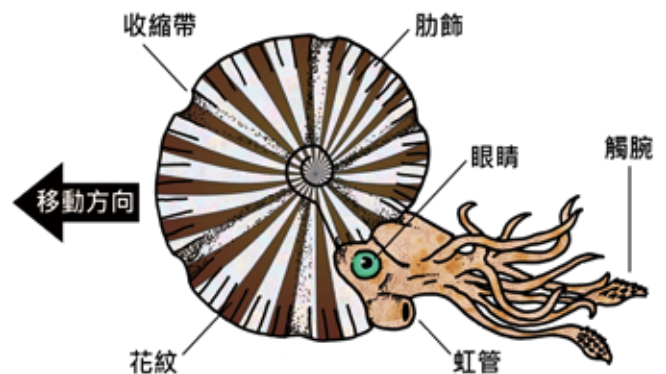


圖 5 台灣溝葉菊石想像復原圖。（作者繪圖）

註：參考文獻(1)林朝榮(1958)臺灣新發現的侏羅紀菊石化石，鑛冶，第3卷，第2期，第62-64頁。(2)金開英(1957)嘉義雲林濱海平原區初期石油探勘述要，臺煤，第45期，第15-24頁。(3)Doguzhaeva L.A., Mapes, R.H., Summesberger, H., and Mutvei, H. (2007) The Preservation of Body Tissues, Shell, and Mandibles in the Ceratitid Ammonoid *Austrotetrachyceras* (Late Triassic), Austria. in Landman et al. (eds.) *Cephalopods Present and Past: New Insights and Fresh Perspectives*, pp. 221-238.(4)Joly, B. and Baudouin, C. (2006) Découverte récente de deux Phylloceratidae colorés appartenant au genre *Adabofoloceras* Joly, 1977. Hypothèses sur le lien entre style de coloration de la coquille et mode de vie. *Bulletin de la Société Géologique de France*, Vol. 177, No. 1, pp. 51-59. (5)Lin, C.C. (1961) On the occurrence of Jurassic ammonite newly found in Taiwan, China. *Acta Geologica Taiwanica*, Science Reports of the National Taiwan University, No. 9, pp. 79-81. (6)Lin, C.C. and Huang, T.Y. (1974) A new name for the ammonite fossil from Peikang, Yunlin, Taiwan. *Acta Geologica Taiwanica*, Science Reports of the National Taiwan University, No. 17, p. 37. (7)Matusmoto, T. (1979) Restudy of a phylloceratid ammonite from Peikang, Taiwan. *Petroleum Geology of Taiwan*, No. 16, pp. 51-57. (8)Matusmoto, T., Hayami, I., and Hashimoto, W. (1965) Some molluscan fossils from the buried Cretaceous of western Taiwan. *Petroleum Geology of Taiwan*, No. 4, pp. 1-24. (9)Parker, A.R. (2000) 515 million years of structural colour. *Journal of Optics A: Pure and Applied Optics*, No. 2, R15-R28. (10)Smith, C. P. A., Landman, N. H., Bardin, J., and Kruta, I. (2021) New evidence from exceptionally "well-preserved" specimens sheds light on the structure of the ammonite brachial crown. *Scientific Reports*, (2021) 11:11862. (11)Westermann, G.E.G. (1996) Ammonoid life and habitat. in Landman et al. (eds.) *Ammonoid Paleobiology*, pp. 608-707.