

台灣東北部海岸下部鼻頭層(二鬮層) 之生痕化石族羣與沈積環境

陳文山¹

節 要

臺灣東北部海岸晚期中新世—早期上新世鼻頭層(二鬮層)經詳細的生痕化石及沈積構造之研究,係在一以潮汐作用為主的外潮間帶至內次潮帶之沈積環境所造成者。沈積構造以交錯層、魚骨狀交錯層、波狀層紋與壓扁構造為主,間夾有受生物擾動之砂岩。

生痕化石一般相當豐富,共計發現有 17 屬、21 種: *Colichnus anguineus*、*Cylindrichnus concentricus*、*fecal pellet*、*Gyrochorte comosa*、*Ophiomorpha nodosa*、*Palaeophycus heberti*、*Protovirgularia ichnosp.*、*Rhizocorallium irregulare*、*Rosselia ichnosp.*、*Scolicia ichnosp.*、*Skolithos ichnosp.*、*Skolithos linearis*、*Spongiomorpha ichnosp.*、*Spongiomorpha saxonica*、*Schaubcylindrichnus coronus*、*Teichichnus ichnosp.*、*Teichichnus restus*、*Thalassinoides suevicus*、*Thalassinoides paradoxicus*、*Tibikoia ichnosp.* 與 *Stelloglyphus abeli*。這些化石可分為三個族群, *Ophiomorpha* 族群、*Teichichnus* 族群及 *Gyrochorte* 族群;前者屬於 *Skolithos* 生痕相,後二者屬予 *Cruziana* 生痕相。下部鼻頭層常以 *Ophiomorpha* 族群與 *Teichichnus* 族群交互出現為共生痕相之特徵。

一、引 言

鼻頭層為王(Wang, 1953)於東北海岸,鼻頭角一帶地質調查時所定名,整合於大埔層之上,時代為早期上新世,層位相當於上部桂竹林層(十六分頁岩與魚藤坪砂岩)。有關鼻頭層的研究尚有郭(1982)之碩士論文,討論沈積環境。王(1983, 1984)報導鼻頭層之糞石化石(*Tibikoia ichnosp.*)及星狀生痕化石(暫訂為 *Haentzschelinia* (?) *ichnosp.*)等,但尚未有詳細檢討北部早期上新世地層之沈積環境者。臺灣目前有關生痕化石學的研究,僅限於生痕化石的分類報導者為多,尚未見利用生痕化石的特性與意義深入地探討與環境之關係。故筆者試以生痕化石與沈積

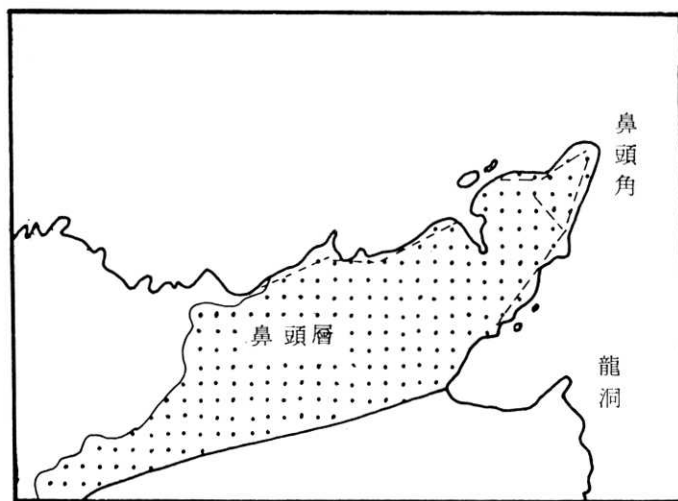
1.國立臺灣大學地質學系(Department of Geology, National Taiwan University)

學的研究來探討下部鼻頭層的古環境意義。

爲了解全段岩相特性，首先建立一完整的下部鼻頭層之地層柱，然後配合沈積學與生痕化石的研究，以明瞭當時的沈積環境。因爲生物行爲是最直接反應當時的環境特性，且生痕化石皆爲原地形成 (*in situ*) 的化石，一旦經過搬運則立即破壞，所以要了解沈積環境，生痕化石的研究是不可或缺的。

二、沈積構造

本層出露於鼻頭角海岸一帶 (圖一)，沿海岸出露之總厚度約 260 公尺 (圖二)。岩相以青灰色塊狀砂岩爲主，其間並夾有部分的砂頁岩層與頁岩層。塊狀砂岩的岩相分爲兩種型態。一，具有沈積構造之砂岩。以薄層交錯層、魚骨狀交錯層 (*herringbone*，圖版 I-2) 與壓扁構造 (*flaser structure*，圖版 I-5) 等沈積構造。砂岩只受少部分的生物作用。二，不具任何沈積構造之砂岩。呈厚層狀，層理不明顯。由於受生物強烈擾動作用 (*bioturbation*，圖版 I-1)，使得原有的沈積構造破壞無遺。以上兩種砂岩的內部構造顯然不同。



圖一 鼻頭層之分布圖 (Wang, 1953) 與野外製作地層剖面之路線 (虛線)

第一類型砂岩一般爲較高能量環境下的沈積物。交錯層是此類型砂岩中常見的沈積構造。單層交錯層厚度約 30 至 40 公分。此種薄層交錯層有時呈魚骨狀交錯層，並經常與壓扁構造與波紋砂岩 (*ripple lamination*) 伴隨出現。魚骨狀交錯層與波紋砂岩經常由潮汐作用所沈積而成 (Klein, 1970; Kristian and Eriksson, 1975)

), 是在潮間帶 (intertidal zone) 最常出現的沈積構造。此是全段下部鼻頭層砂岩最顯見的岩相, 其砂岩的粒徑屬中粒至細粒, 含有多量的基質 (matrix); 淘選度並非良好。

厚層交錯層在鼻頭層為數不多, 單層厚度約 50 至 100 公分, 主由粗砂與礫石以及少部分生物碎屑物所組成。在此剖面最上部約有 10 公尺以上的白色砂岩, 岩相與大埔層之砂岩層類似, 具有大型交錯層, 其淘選度較薄層交錯層良好。此大型交錯層構造 (如圖版 I - 3) 形成於經常受波浪作用之環境, 如內次潮帶 (inner subtidal zone)。小型交錯層、魚骨狀交錯層與波紋砂岩的組合岩相屬予潮間帶 (intertidal zone) 或可能至內次潮帶之環境。

第二類型砂岩因受強烈的生物擾動作用, 無法利用沈積構造探討環境意義, 因此僅能利用生物作用的特性來分析原有的環境意義。此種岩相將留於生痕化石一節中討論。

其次為砂頁岩互層相與頁岩相。薄層砂岩的厚度可從 10 公分至 0.2 公分: 其沈積構造有平行層紋 (厚度: 10 至 0.2 公分) 與波狀構造 (wavy structure, 厚度: 3 至 1 公分, 圖版 I - 4)。砂頁岩互層相一般只受輕微的生物作用, 原來沈積構造尚保存相當完整。

厚約 10 公分左右的平行層紋砂岩為高能量水流作用下之產物, 似受強勁的潮汐, 波浪或暴風作用 (Reading, 1982, p.252)。厚約 1 至 5 公釐的平行層紋粉砂岩 (flat silt layers) 偶具起伏狀 (undulatory) 紋理, 兩者均呈粉砂條紋及泥條紋 (silt-and mud-streaks), 雷汀 (Reading, 1982) 認為係由懸浮的物質沈積而成。具有這些條紋的泥岩的存在指示一平常為低能量的環境。

三、生痕化石記述

Cochlichnus Hitchcock 1858

Cochlichnus anguineus Hitchcock 1858

圖版 II - 1

S 型彎曲之匍匐痕。痕寬約 1 公釐。經常出現在複理相砂岩 (flysch facies) 上 (Moore, 1975) 或在粉砂岩或交錯層砂岩之上 (Allen and Christopher, 1984)。本層發現於波狀紋層之薄層砂岩底部。為一存在於低能量環境下的匍匐痕。

Cylindrichnus Howard 1966

Cylindrichnus concentricus Howard 1966

圖版 II - 3

弧狀的圓錐型長管。截面呈圓型或橢圓型，管徑約 10—30 公釐。圖管呈同心圓狀，很少分叉。管內物質爲泥，粉砂或細砂 (McCarthy, 1979)。一般出現在砂岩之中，存在於臨濱相環境 (Brian and Banton, 1983)。作者亦認爲其最常出現環境大約從上部臨濱相至上部遠濱相。此一生痕化石見於鼻頭層中兩種類型砂岩之上部約 30 公分之內，與層面呈垂直或斜交關係。爲一居住與攝食構造 (Frey and Howard, 1985)。

fecal pellet

圖版 II—5

線團狀的砂質排泄物，呈不規則圈狀且互相重疊。線狀排泄物寬約 1—2 公釐。常見於薄層砂岩之上。存在環境可能從潮間帶至次潮帶。

Gyrochorte Heer 1865

Gyrochorte comosa Heer 1865

圖版 II—2

寬約 1—2 公釐；呈髮辮狀的匍匐痕，常呈直線型或微弧型的彎曲紋且不同的痕跡常互相重疊。存在於砂岩之上，平行層面，偶而潛入砂層中 (Heinberg and Birkelund, 1984)。常出現於多含有機質的細砂岩層之波痕上 (Fürsich, 1974)。通常出現於薄層砂岩之波痕表面，爲一低能量環境下之生物匍匐痕或覓食痕。

Ophiomorpha Lundgren 1891

Ophiomorpha nodosa Lundgren 1891

圖版 III—2

與層面垂直或斜交的圓管，經常無分叉。管徑約 1.5—2.5 公分，亦可寬至 10 公分。管壁有圓型或橢圓型的泥團作爲壁襯。深度可達 1 公尺 (Moore, 1975)。經常產於淘選度良好的砂岩中 (Heinberg, 1970)。一般認爲是海相環境的指標，特別在濱海帶 (littoral zone) 或次濱海帶 (sublittoral zone) 最易出現 (Moore, 1975; Howard, 1972; Howard and Scott, 1983; Howard and Frey, 1984)。但是河道、三角洲砂層或在瀉湖中暴風時所沈積的砂層亦可發現 (Diane, 1984)。故此生痕也可產於淡水環境之中 (Merrill, 1984)。此生痕爲以食懸浮物或獵食爲生之生物的居住與攝食構造。珂然 (Curran, 1985) 認爲其管壁上的泥質壁襯在缺乏食物時可作爲食物。分叉少者主要產於臨濱帶或較高能量之環境，分叉愈多則產於遠濱帶 (offshore) 或低能量環境 (Frey and Howard, 1985)。此生痕化石產於本層具有交錯層或魚骨狀交錯層的砂岩中，直徑寬約 1—2 公

分，常群聚出現。

Palaeophycus Hall 1847

Palaeophycus heberti Saporta 1872

圖版 III—6

平滑的管壁，管壁厚約 1 公釐，管壁由生物分泌的碳酸鈣物質所膠結成。圓管呈直線或弧型，斜交層面，管徑約 3—5 公釐，無分叉。產出的環境較為寬泛，一般出現在低能量環境 (Frey and Howard, 1985)。鼻頭層中出現於受生物強烈擾動的砂岩中。存在環境可從臨濱帶至遠濱帶。

Protovirgularia ichnosp. M'Coy 1850

圖版 II—4

龍骨狀 (keel-like) 的匍匐痕，寬約 2—3 公釐。呈直線或微弧型，中央軸兩側呈對稱，產於薄層砂岩之上。

Rhizocorallium Zenker 1836

Rhizocorallium irregulare Mager 1954

圖版 II—6

U型管，有時呈弧狀。無分叉。管徑寬約 1 公分。通常存在於底質面下 20 公分之內，為以食沈積物為生的生物之居住構造 (Heinberg and Birkelund, 1984; Pickerill and Harland, 1984)。通常存在於灰色頁岩或生物擾動強烈的砂岩中 (Allen and Christopher, 1984)。於鼻頭層中之產狀亦然。

Rosselin ichnosp. Dahmer 1937

圖版 IV—4, 5

弧型之圓錐長管，斜交層面，上部管徑寬約 2—10 公分。無壁襯，管壁呈不平整狀或平滑狀兩種。管內充填泥質沈積物且呈同心圓狀，中心有一圓型砂管。斜管常與層面斜交 30 度 (Moore, 1975)。圓錐管向下沿伸可達 40 公分。為一種居住與攝食構造。

Skolithos Haldemann 1840

圖版 IV—1, 2, 3

Skolithos linearis Haldemann 1840

圖版 IV—2, 3

垂直或微傾斜的直管，管徑約 2—5 公釐，長度可達 20 公分。管壁非常明顯，砂粒膠結而成或部分的泥質或有機質 (Curran, 1985) 或由粗粒的生物碎屑所膠結 (Curran, 1984)。經常大量出現在同一岩層中。為一居住構造 (Chamberlain and Clark, 1973; Richard and Robert, 1985)。通常出現於潮汐帶至臨濱帶環境 (Robert and Robert, 1982; Richard and Berg, 1985)。一般 *Skolithos ichnosp.* 是不具有管壁或是只有極薄層的泥質壁襯。

Spongeliomorpha Saporta 1887

Spongeliomorpha saxonica Geinitz 1842

圖版 III—1, V—1

平行於層理呈網狀分布。型態與 *Thalassinoides ichnosp.* 非常相似，但其有圓型或橢圓型的泥質壁襯 (Fürsich, 1974)。圓管直徑約 1—2 公分。部分管內有新月型匍匐痕。網狀面積可達 2 平方公尺。為食懸浮物，沈積物或獵食者的居住構造，存在於高能量水流的環境 (Fürsich, 1974)。在鼻頭層出現於具有交錯層理的砂岩中。福瑞與荷渥 (Frey and Howard, 1985) 將此稱為 *Thalassinoides suevicus*。

Scolicia ichnosp. Quatrefages 1849

圖版 III—3, 5

兩側對稱呈長帶狀，平行於層理。寬約 3—4 公分。呈三瓣或兩瓣，有一中央軸寬約 1 公分。兩側有對稱的平行橫紋呈鰓狀構造。本層之 *Scolicia* 全出現於具交錯層之砂岩內部。呈曲蜿蜒狀之長帶，分兩瓣 (圖版 III—3)，剖面呈心型 (圖版 III—5)，直徑寬約 2—3 公分。群聚出現於砂岩內部。此生痕極相似於博利與阿斯果得 (Bromley and Asgaard, 1975) 報導由一種海胆 (*Echinocardium cordatum*) 所造成的痕跡，此種海胆通常潛入砂層下 15 公分深處活動，存在於潮間帶環境。於博利與阿斯果得 (Bromley and Asgaard, 1975) 一文中並未命名此生痕為 *Scolicia ichnosp.*，但其圖版 3, 4, 5, 6 中的生痕構造與 *Scolicia ichnosp.* 極為相似。本層所發現的 *Scolicia ichnosp.* 是唯一潛入砂層內部攝食者所遺留痕跡，而一般在遠濱部環境所發現者皆為在底質面上之攝食構造。

Teichichnus Seilacher 1955

Teichichnus restus Seilacher 1955

圖版 V—4

通常無分叉呈香蕉狀之弧型構造 (Baldwin, 1977)。長軸方向平行層面，充填物呈雁行排列之板狀構造。產生此生痕之生物的活動範圍一般在底質面表層附近，必

須與底質面維持一定之深度 (Ekdale, 1977)。係由食沈積物的生物所形成 (Douglas, 1985)，常見於低能量環境中 (Fürsich, 1975)。於鼻頭層中皆存在於生物擾動強烈的砂岩內，指示環境大約在臨濱帶至中遠濱帶 (middle offshore zone) 之環境。

Thalassinoides Ehrenberg 1944

Thalassinoides suevius Rieth 1932

圖版 V-3

圓型分叉管呈三度空間分布，野外所見者常只呈平行於層理的分叉狀結構，少部分連接垂直的豎管。圓管直徑約 1 - 3 公分。分叉構造可至三級次之分叉，叉角呈銳角。平滑的管壁無壁襖。為生物之攝食與居住構造。活動深度可達 60 - 90 公分 (Curran and Frey, 1977)。內部沈積物常由上層物質所充填。

Thalassinoides paradoxica Woodward 1830

圖版 V-2

從分散至密集狀之三度空間立體網狀結構。分叉常呈 Y 型、T 型或 H 型。無壁襖，管上經常有爬痕。主要特徵是由豎管與橫管組合成網狀構造 (Frey and Howard, 1985)。管徑寬約 2 - 3 公分，同一構造內之管徑大小不一，經常存在於頁岩層內。

Schaubcylindrichnus Uirich 1910

Schaubcylindrichnus coronus Howard 1966

圖版 III-4

由數個 *Palaeophycus heberti* 單管聚結而成。呈弧型斜管，管壁皆由碳酸鈣質所膠結而成。沒有分叉亦無相交之型態 (Frey and Howard, 1981; Curran, 1985)。聚集的管數從 2 至 18 個，通常為 3 至 5 個。此為一食沈積物或懸浮物的生物之群聚居住構造 (Frey and Howard, 1981)。一般存在低能量的環境，常與 *Palaeophycus heberti* 共同出現。在鼻頭層常見於生物擾動強烈的砂岩內部。

Stelloglyphus Vyalov 1964

Stelloglyphus abeli Vyalov 1964

像薔薇花 (rosette-like)，約有 25 支之放射狀分枝，直徑約 7 公分。王 (1984) 於鼻頭層中發現星狀生痕化石暫訂為 *Haentzschelinia ichnosp.*。作者認為應訂正為 *Stelloglyphus abeli*。其發現的星狀生痕共有 20 支左右之放射狀分枝。而 *Haentzschelinia ichnosp.* 定義上應只有 6 至 10 枝放射狀分枝。

四、生痕化石族羣與化石相

本層的生痕化石產出非常豐富，共發現 17 屬 21 種的海相生痕化石如下：*Cochlichnus anguineus*、*Cylindrichnus concentricus*、fecal pellet、*Gyrochorte comosa*、*Ophiomorpha nodosa*、*Palaeophycus heberti*、*Protovirgularia ichnosp.*、*Rhizocorallium irregulare*、*Rosselia ichnosp.*、*Scolicia ichnosp.*、*Skolithos ichnosp.*、*Skolithos linearis*、*Spongiomorpha ichnosp.*、*Spongiomorpha saxonica*、*Schaubcylindrichnus coronus*、*Teichichnus ichnosp.*、*Teichichnus rectus*、*Thalassinoides paradoxicus*、*Thalassinoides suevicus*、*Tibikoia ichnosp.*、*Stelloglyphus abeli*。

此 17 屬海相生痕化石可分為三種族群。以下列出各族群中主要的生痕化石。(一) *Ophiomorpha nodosa*—*Spongiomorpha saxonica*—*Skolithos ichnosp.*—*Scolicia ichnosp.*—*Cylindrichnus concentricus*。以下簡稱 *Ophiomorpha* 族群。(二) *Palaeophycus heberti*—*Teichichnus rectus*—*Rosselia ichnosp.*—*Schaubcylindrichnus coronus*—*Cylindrichnus concentricus*。以下簡稱 *Teichichnus* 族群。(三) *Gyrochorte comosa*—fecal pellet。以下簡稱 *Gyrochorte* 族群。

形成以上三種生痕化石族群的原先生物間具有明顯的行為差異，而各族群所存在的岩相亦各有所相異。此即本文中討論的主要目的：利用生痕化石族群特性與岩相特徵的關係，以解釋古沈積環境的意義。

Ophiomorpha 族群

Ophiomorpha 族群中主要的生痕化石有 *Ophiomorpha nodosa*、*Spongiomorpha ichnosp.*、*Spongiomorpha saxonica*、*Thalassinoides suevicus*、*Rosselia ichnosp.*、*Scolicia ichnosp.*、*Skolithos linearis* 與 *Skolithos ichnosp.*。*Ophiomorpha nodosa*、*Spongiomorpha ichnosp.*、*Skolithos ichnosp.*、與 *Skolithos linearis* 都是存在於經常性高能量環境中的生痕，為食懸浮物質為生的生物所造成。大部分存在於砂層之表層 30 至 50 公分之內，但 *Spongiomorpha saxonica* 可深至 1 公尺處活動 (Ager and Wallace, 1970; Moore, 1975)。此一族群生痕絕大部分呈垂直或斜交的豎管，獨 *Spongiomorpha saxonica*、*Thalassinoides suevicus* 與 *Scolicia ichnosp.* 則經常群集出現在交錯層的砂岩內部，此三者是以食沈積物為生的生物所造成。*Spongiomorpha saxonica* 與 *Thalassinoides suevicus* 見於含泥質較豐富的砂岩的層面中，呈分叉狀平面結構分布，可能是腹足類生物的居住與攝食構造。*Scolicia ichnosp.* 多見於砂岩

之內部爲平行層面的攝食構造。博利與阿斯果得 (Bromley and Asgaard, 1975) 認爲是海胆的攝食構造。高能量環境下，一般生物不易在底質面上生存。故大部分生物都居住於底質表層內以食懸浮物或獵食爲生，一部分以食底質面下的沈積物爲生。這些生物的存在百分率視沈積物的粒度大小而定，沈積物愈粗食懸浮物的生物愈多；反之，沈積物愈細以食沈積物的生物愈多 (Reading, 1982)。鼻頭層中交錯層構造岩相的砂岩淘選度不佳，基質中含有部分泥質沈積物，因此可造成部分生物潛入砂層內攝食。在經常性高能量的沈積環境，沈積作用與侵蝕作用速率快速，生物不易在此種不穩定的底質面生存，即使生物在表面上活動，所遺留的痕跡不易保存；所以在經常性高能量環境下所遺留下來的生痕族群皆以攝食懸浮物與居住構造爲主，生痕型態特徵爲垂直或斜交的豎管並有壁襯。荷渥 (Howard, 1972) 與福瑞 (Frey, 1984) 均認爲在此種環境下生痕種類少而數量豐富。第一類型砂岩中存在的六屬生痕產狀皆以群聚性之型態存在。從以上 *Ophiomorpha* 族群的種屬與特徵來看，上述沈積環境應該歸入謝拉克 (Seilacher, 1967) 所分類的 *Skolithos* 生痕相。依生痕化石相與沈積相的關係，此環境應屬於一受潮汐作用影響爲主的上部臨濱帶環境 (upper shoreface; 或相當於內次潮帶)。此帶生物主要以食懸浮物爲生。但在此一高能量環境，其水流營力隨深度變深而漸弱，沈積物淘選度亦愈差，有機質反而愈豐富，食沈積物爲生的生物隨之增加。荷渥 (Howard, 1972) 認爲在上部臨濱帶環境 (或內次潮帶) 中生痕以直管狀的攝食構造爲主，至下部臨濱帶 (或外次潮帶) 則食懸浮物與食沈積物的生痕各半。

Teichichnus 族群

Teichichnus 族群主要的生痕化石以 *Teichichnus rectus*、*Teichichnus ichnosp.*、*Palaeophycus heberti*、*Cylindrichnus concentricus*、*Schaubcylindrichnus coronus*、*Rosselia ichnosp.* 爲主，而少部分的 *Skolithos ichnosp.*、*Rhizocorallium irregulare* 爲副。此一生痕族群皆以食沈積物的生物所造成之攝食構造。*Teichichnus* 族群所存在的岩相是不具任何沈積構造。原有的沈積構造因受到生物強烈的擾動作用而完全被破壞無遺。*Teichichnus rectus*、*Palaeophycus heberti*、*Cylindrichnus concentricus*、*Schaubcylindrichnus coronus*、*Rosselia ichnosp.* 與 *Rhizocorallium irregulare* 等都是存在於低能量環境中的生痕。處於低能量且穩定的環境下食物供給來源非常有限，平常靜水時期唯一食物來源爲底質面的有機質沈積物，存在的生痕則以食沈積物的攝食構造爲主。生痕型態特徵爲平行或斜交於層理、薄層或無壁襯；種類豐富而種量少。鼻頭層中受生物擾動的砂岩經常可連續厚達 5 公尺。一般生物在底質面上活動的深度僅限於 20 公分左右，因一般距底質面 20 公分以下常爲缺氧環境；生物不易在此環境活動。且 *Teichichnus*

rectus、*Palaeophycus heberti*、*Cylindrichnus concentricus*、*Schaubcylindrichnus coronus*、*Rosselia ichnosp.* 與 *Rhizocorallium irregulare* 此五種生痕皆是存在於底質面附近約 30 公分之內活動的生痕。而鼻頭層中常有厚 1 公尺以上的砂岩受生物擾動。此種現象是由於沈積速率慢於生物擾動速率，使生物有足夠時間持續地將每次沈積下來的沈積物擾動，才可能造成厚數公尺的砂岩完全受生物擾動。所以 *Teichichnus* 族群是存在於一穩定且沈積速率低的環境。此族群大部分是攝食與居住的構造，生痕種類豐富但數量少，依謝拉克 (Seilacher, 1967) 的分類屬予 *Cruziana* 生痕相。此種生物擾動強烈的環境大部分出現於下部臨濱帶至上部遠濱帶 (upper offshore) 的環境 (Davies *et al.*, 1971; Howard, 1979; Howard and Frey, 1984)。

Gyrochorte 族群

Gyrochorte 族群中的生痕化石數量非常少，存在的岩相是砂頁岩互層。生物活動跡象不明顯，只限於底質面附近活動，少部分潛入底質面之下，所以大部分的沈積構造保存完整。生痕化石計有 *Gyrochorte comosa*、*Cochlichnus anguineus*、*Protovirgularia ichnosp.*、*Thalassinordes paradoxicus* 與 *Teichichnus rectus*。*Gyrochorte comosa*、*Thalassinoides paradoxicus* 與 *Teichichnus rectus* 是食沈積物的攝食構造；*Protovirgularia ichnosp.* 與 *Cochlichnus anguineus* 是匍匐痕跡。依據如此少數的生痕化石作為生痕相的分類則是比較牽強。但以目前僅有四種生痕化石特徵分析結果顯示 *Gyrochorte* 族群應屬予 *Cruziana* 生痕相。

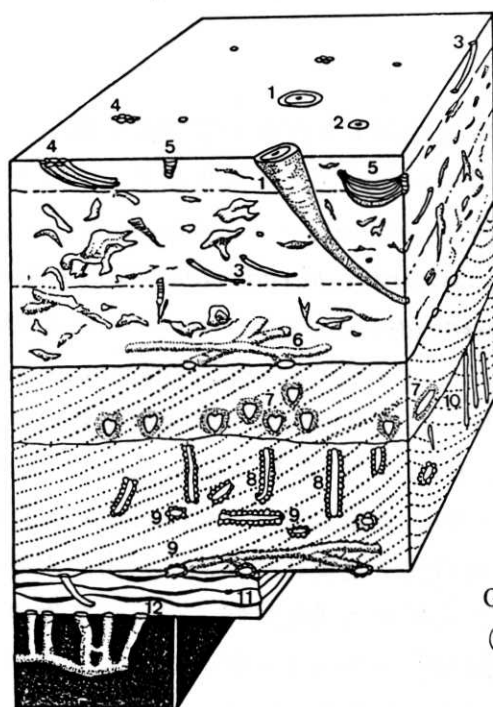
從以上三種生痕化石族群的研究，顯示鼻頭層是屬予 *Cruziana* 生痕相與 *Skolithos* 生痕相交交互變化的環境。造成如此交互變化的原因可能由於水流能量變化所影響。長期高能量環境之下沈積物顆粒較粗，淘選度良好，泥質沈積物少。因沈積作用與侵蝕作用迅速變化，生物大部分以食懸浮物為生，所造成的生痕皆以垂直或斜交的豎管為主，生痕相則屬予 *Skolithos* 生痕相 (Seilacher, 1967; Frey and Seilacher, 1980; Frey, 1984)。如處於常時波浪影響低限以下的環境，沈積物顆粒則較細，淘選度差，泥質沈積物較多；生物以食沈積物，懸浮物或獵食為生。生物可在底質面上下活動，生痕大部分為平行或斜交層面的型態存在，種類豐富而種量較少，此環境應屬予 *Cruziana* 生痕相。

五、結 論

露出於臺灣東北角的鼻頭層下部地層，厚約 260 公尺，主由一些砂岩與砂頁岩互層所組成；除了受生物擾動作用無沈積構造的砂岩外，其他砂岩和砂頁岩互層常具有

交錯層，魚骨狀交錯層，壓扁構造，波狀構造與波層構造。

具交錯層構造的砂岩是處於經常性高能量環境下所沈積者。所產生痕化石為上述的 *Ophiomorpha* 族群，屬於 *Skolithos* 生痕相（圖三）；環境大致為外潮間帶至內次潮帶（前濱帶至上部臨濱帶）。另外有由魚骨狀交錯層，壓扁構造，波狀構造或波層構造組成之砂頁岩互層，為一間歇性能量變化環境下之產物，此岩相通常僅含極少量的生痕可統稱 *Gyrochorte* 族群，屬於 *Cruziana* 生痕相（圖三），為潮間帶至上部次潮帶中較低能量的環境。另一岩相為生物擾動強烈而無沈積構造之砂岩，所產生痕化石為上述的 *Teichichnus* 族群，屬於 *Cruziana* 生痕相（圖三），為一常時較低能量之外次潮帶（下部臨濱部）之沈積物。



Teichichnus 族群
(Cruziana 生痕相)

Ophiomorpha 族群
(Skolithos 生痕相)

Gyrochorte 族群
(Cruziana 生痕相)

1. Rosselia ichnosp.
2. Cyllindrichnus concentricus
3. Palaeophycus heberti
4. Schaubcyllindrichnus coronus
5. Teichichnus rectus
6. Thalassinoides suevicus
7. Scolicia ichnosp.
8. Ophiomorpha nodosa
9. Spongeliomorpha saxonica
10. Skolithos ichnosp.
11. Gyrochorte comosa
12. Thalassinoides paradoxica

圖三 生痕化石族群與沈積岩相之關係簡意圖

從圖二之地層剖面分析, *Ophiomorpha* 與 *Teichichnus* 族群經常交互變化出現, 顯示此地區之沈積環境中之水流能量狀況有高低交互變化之情形, 蓋正常天氣沈低限面 (fairweather wave base) 之上的環境為一經常性高能量環境, 故所產生之生痕族群為 *Skolithos* 生痕相, 而低限面之下則為長期間低能量之平靜環境, 形成之生痕族群為 *Cruziana* 生痕相。但在長時期中正常天氣波低限面可能隨地形, 水流或海水面等變動的影響而產生深度上下變化, 因而形成此 *Cruziana* 與 *Skolithos* 生痕相交互出現之現象。

引用文獻

- 王家慶 (1983) 臺灣北部鼻頭角上新世二鬮層所產糞石簡記。地質, 第六卷, 第2期, 第45-50頁。
- 王家慶 (1984) 臺灣新第三紀三種星狀生痕化石。地質, 第五卷, 第1~2期, 第7~10頁。
- 郭鎰紋 (1982) 臺灣東北角海岸南雅里至鼻頭角三峽群之潮汐岩及古沈積環境研究。國立臺灣大學地質學研究所碩士論文, 共59頁。
- Ager, C. V. and Wallace, C. (1970) The distribution and significance of trace fossils in the uppermost Jurassic rocks of the Boulonnais, Northern France: In: Crimes, and Harper J. C. (eds): Trace Fossils, Geol. J. Spec. Issue 3, p. 1-18.
- Allen, W. A. and Maples, C. G. (1984) Trace-fossil distribution across a marine-to-nomarine gradient in the Pennsylvanian of Southwestern Indiana: Jour. Paleont., vol. 58, no. 2, p. 448-466.
- Baldwin, C. T. (1977) The stratigraphy and facies associations of trace fossils in some Cambrian and Ordovician rocks of northwestern Spain, In: Crimes, T. P. and Harper, J. C. (eds): Trace Fossils 2, Geol. J. Spec. Issue 9, p. 9-40.
- Brain, R. T. and Banton, M. J. (1983) Paleozoic trace fossils, the Kufra Basin, Libya: Jour. Paleont., vol. 57, no. 3, p. 447-460.
- Bromley, R. G. and Asgaard, U. (1975) Sediment structures produced by a spatangoid echinoid: a problem of preservation: Bull. Geol. Soc. Denmark, vol. 24, p. 261-281.
- Chamberlain, C. K. and Clark, D. L. (1973) Trace fossils and conodonts as evidence for deep-water deposits in the Oquirrh Basin of Central Utah: Jour. Paleont., vol. 47, no. 4, p. 663-682.
- Curran, H. A. (1984) Ichnology of Pleistocene carbonates on San Salvador, Bahamas: Jour. Paleont., vol. 58, no. 2, p. 312-321.
- (1985) The trace fossil assemblage of a Cretaceous nearshore environment: Englishtown Formation of Delaware U.S.A., Spec. Publ. Soc. econ. Paleont. Miner., no. 35, p. 261-276.

- Curran, H. A. and Frey, R. W. (1977) Pleistocene trace fossils from north Carolina (U.S.A.) and their Holocene analogues. *In*. Crimes, T. P. and Harper, J. C. (eds): Trace Fossils 2, Geol. J. Spec. Issue 9, p. 139-162.
- Davies, D. K., Ethridge, F. G. and Berg, R. R. (1971) Recongnition of barrier environments: Bull. Am. Ass. Petrol. Geol., vol. 55, p. 550-565.
- Diane, L. K. (1984) Trace fossil from marginal-marine facies of the Spring Canyon Member, Blackhawk Formation (Upper Cretaceous), East-Central Utah: Jour. Paleont., vol. 58, no. 2, p. 529-541.
- Douglas, W. J. (1985) Trace fossils and depositional environments of Upper Devonian Black Shales, East-Central Kentucky, U.S.A.: Spec. Publ. Soc. econ. Paleont, Miner., no. 35, p. 279-298.
- Ekdale, A. A. (1977) Abyssal trace fossils in worldwide Deep Sea Drilling Project cores, *In*. Crimes, T. P. and Harper, J. C. (eds): Trace Fossils 2, Geol. J. Issue 9, p. 163-182.
- Fursich, F. T. (1974) Corallian (Upper Jurassic) trace fossils from England and Normandy: Stuttgarter Beitr. Naturk., Ser. B, Nr. 13, p. 1-52.
- Frey, R. W., Curran, H. A. and Pemberton, S. G. (1984) Tracemarking activies crabs and their environmental significance: The ichnogenus *Psilonichnus*: Jour. Paleont., vo.. 58, no. 2, p. 333-350.
- Frey, R. W. and Seilacher, A. (1980) Uniformity in marine invertebrate ichnology: *Lethaia*, vol. 13, p. 183-207.
- Frey, R. W. and Howard, J. D. (1981) *Conichnus* and *Schaubcylindrichnus*: Redefined trace fossils from the Upper Cretaceous of the Western Interior: Jour. Paleont., vol. 55, no. 4, p. 800-804.
- (1985) Upper Cretaceous trace fossils, Book Cliffs of Utah: a field guide: Soc, econ. Paleont. Miner., midyear meeting, Golden, Colorado, Guidebook for Field Trip 10, p. 115-152.
- Heinberg, C. (1970) Some Jurassic trace fossils from Jameson Land (East Greenland), *In*. Crimes, T. P. and Harper, J. C. (eds): Trace Fossils, Geol. J. Spec. Issue 3, p. 227-234.
- Heinberg, C. and Birkelund, T. (1984) Trace-fossil assemblages and basin evolution of the Vardekloft Formation (Middle Jurassic, Central East Greenland): Jour. Paleont., vol. 58, no. 2, p. 362-397.
- Howard, J. D. (1972) Trace fossils as criteria for recognizing shorelines in stratigraphic record, *In*. Rigby, J. K. and Hamblin, W. K. (eds): Recognition of Ancient Sedimentary Environments, Spec. Publ. Soc. econ, Paleont, Miner., vol. 16, p. 215-225.
- (1979) Sedimentary structures of "High-Energy" beach-to-offshore sequence: Bull. Am. Ass. Petrol. Geol., vol. 63, p. 468-469.

- Howard, J. D. and Scott, R. M. (1983) Comparison of Pleistocene and Holocene barrier island beach-to-offshore sequence, Georgia and Northeast Florida coast U.S.A.: Sed. Geol. vol. 34, p. 167-183.
- Howard, J. D. and Frey, R. W. (1984) Characteristic trace fossils in nearshore-to-offshore sequence, Upper Cretaceous of east central Utah: Can. Jour. Earth Sci. vol. 21, p. 200-219.
- Klein, G. de V. (1970) Tidal origin of a Precambrian Quartzite the Lower Fine-grained Quartzite (Middle Dalradian) of Islay, Scotland: Jour. Sed. Petrol., vol. 40, p. 973-985.
- McCarthy, B. (1979) Trace fossils from a Permian shoreface-foreshore environment, Eastern Australia: Jour. Paleont., vol. 53, no. 2, p. 345-366.
- Moore, R. C. (1975) Treatise on Invertebrate Paleontology: part W, Boulder, Colorado, and Lawrence, Kansas., 269 p.
- Pickerill, R. K.; Fillion, D. and Harland, T. L. (1984) Middle Ordovician trace fossils in carbonates of the Trenton Group between Montreal and Quebec City, ST. Lawrence Lowland, Eastern Canada: Jour. Paleont., vol. 58, no. 2, p. 416-439.
- Reading, H. G. (1982) Shallow siliciclastic seas, In: Reading, H. G. (ed): Sedimentary Environments and Facies, p. 207-258.
- Richard, E. T. and Berg, T. M. (1985) Interpretation of bivalve trace fossils in fluvial beds of the Basal Catskill Formation (Late Devonian), Eastern U.S.A.: Spec. Publ. Soc. econ. Paleont. Miner., no. 35, p. 3-12.
- Robert, D. M. (1984) *Ophiomorpha* and other nomarine trace fossils from the Eocene Ione Formation, California: Jour. Paleont., vol. 58, no.2, p. 542-549.
- Seilacher, A. (1967) Bathymetry of trace fossils: Marine Geology, vol. 5, p. 413-428.
- Soegaard, K. and Eriksson, K. A. (1985) Evidence of tide, storm and wave interaction on a Precambrian siliciclastic shelf: The 1700 m.y. Ortega Group. New Mexico: Jour. Sed. Petrol., vol. 55, no. 5, p. 672-684.
- Wang, Y. (1953) Geology of the Chinkuashih and Chiufen districts, Taipeih sien, Taiwan: Acta. Geol. Taiwanica, no. 5, p. 47-64.

TRACE FOSSILS AND DEPOSITIONAL ENVIRONMENT
OF THE LOWER PITOU FORMATION,
NORTHEASTERN COAST, TAIWAN

W. S. Chen

Abstract: Study of trace fossils and sedimentary structures of the lower part of the Pitou Formation in the northeastern coast of Taiwan, indicates that it was deposited in the intertidal to subtidal zone where tidal current dominates. The commonly observed sedimentary structures are cross bedding, herring bone cross-bedding, flaser-bedding and wavy-bedding. Some intensely bioturbated sandstones are however structureless. Twenty-one trace fossil species representing seventeen genera occur in this sequence, including *Cochlichnus anguineus*, *Cylindrichnus concentricus*, *Gyrochorte comosa*, *Ophiomorpha nodosa*, *Palaeophycus heberti*, *Protovirgularia ichnosp.*, *Rhizocorallium irregulare*, *Rosselia ichnosp.*, *Scolicia ichnosp.*, *Skolithos ichnosp.*, *Skolithos linearis*, *Spongeliomorpha ichnosp.*, *Spongeliomorpha saxonica*, *Schaubcylindrichnus coronus*, *Teichichnus ichnosp.*, *Teichichnus restus*, *Thalassinoides suevicus*, *Thalassinoides Paradoxicus*, *Tibikoia ichnosp.*, *Stelloglyphus abeli* and fecal pellet. They can be divided into the high-energy *Ophiomorpha* association and the low-energy *Teichichnus* and *Gyrochorte* associations. The *Ophiomorpha* association including *Ophiomorpha nodosa*, *Spongeliomorpha ichnosp.*, *Spongeliomorpha saxonica*, *Thalassinoides suevicus*, *Rosselia ichnosp.*, *Scolicia ichnosp.*, *Skolithos ichnosp.*, *Skolithos linearis*, belongs to *Skolithos* ichnofacies. The *Teichichnus* association including *Teichichnus ichnosp.*, *Teichichnus restus*, *Palaeophycus heberti*, *Cylindrichnus concentricus*, *Schaubcylindrichnus coronus*, *Rosselia ichnosp.*, *Skolithos ichnosp.*, *Rhizocorallium irregulare*, belongs to *Cruziana* ichnofacies. The *Gyrochorte* association includes *Gyrochorte comosa*, *Cochlichnus anguineus*, *Protovirgularia ichnosp.*, *Thalassinoides Paradoxicus* and *Teichichnus restus*. These associations usually occur in alternation. In summary, the environment under which the lower part of the Pitou Formation was deposited is characterized by the fluctuation of energy condition which may be related to the variations of the fairweather base.

圖版說明

圖版 I

1. 強烈生物擾動砂岩。
2. 魚骨狀交錯層。
3. 大型低角度交錯層。
4. 波狀構造 (wavy structure)。
5. 壓扁構造 (flaser structure)。

圖版 II

1. *Cochlichnus anguineus*, 砂岩底部, $\times 1$ 。
2. *Gyrochorte comosa*, 薄層砂岩頂部。
3. *Cylindrichnus concentricus*, 砂岩上部。
4. *Protovirgularia ichnosp.*, 薄層砂岩頂部。
5. fecal pellet, 砂岩內部或頂部。
6. *Rhizocorallium irregulare*, 砂岩上部。

圖版 III

1. *Spongelionorpha ichnosp.*, 砂岩內部。
2. *Ophiomorpha nodosa*, 砂岩上部。
3. *Scolicia ichnosp.*, 砂岩內部。
4. *Schaubcylindrichnus coronus*, 砂岩上部。
5. *Seolicia ichnosp.*, 縱剖面, 砂岩內部。
6. *Paleophycus hebert*, 砂岩上部。

圖版 IV

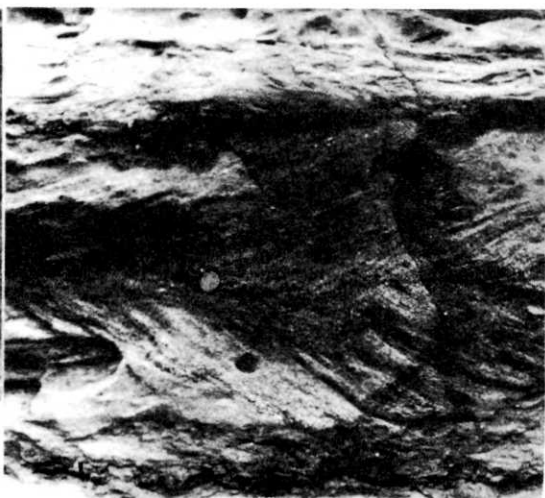
1. *Skolithos ichnosp.*, 砂岩上部。
2. *Skolithos linearis*, 砂岩上部。
3. *Skolithos linearis*, 砂岩內部, $\times 1$ 。
4. *Rosselia ichnosp.*, 縱剖面, 砂岩內部。
5. *Rosselia ichnosp.*, 橫剖面, 砂岩頂部。

圖版 V

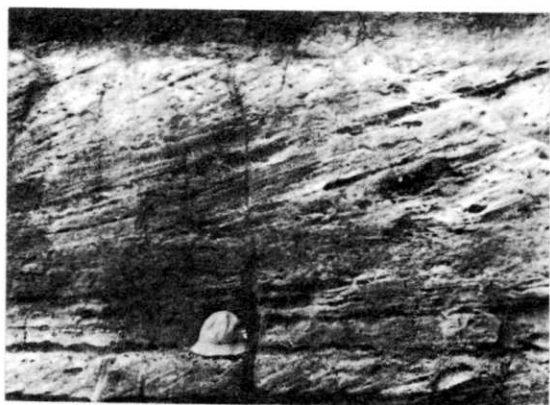
1. *Spongeliomorpha saxonica*, 砂岩與砂岩之間層面。
2. *Thalassinoides paradoxa*, 砂岩與砂岩之間層面。
3. *Thalassinoides suevicus*, 頁岩內部。
4. *Teichichnus rectus*, 砂岩內部。



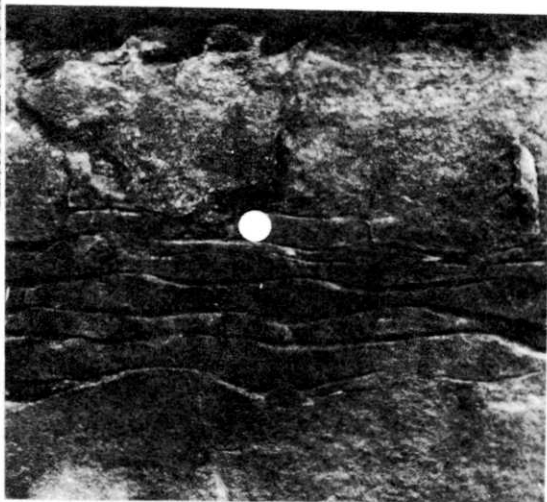
1



2



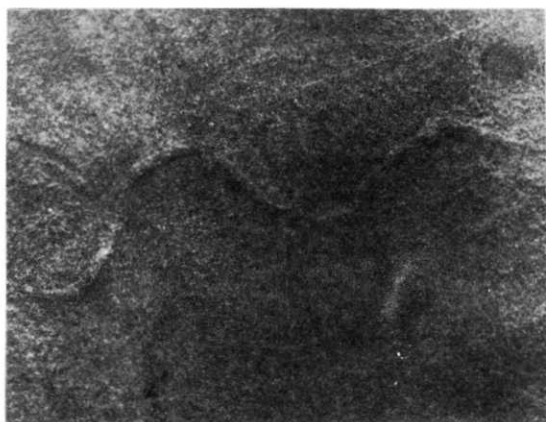
3



5



4



1



2



3



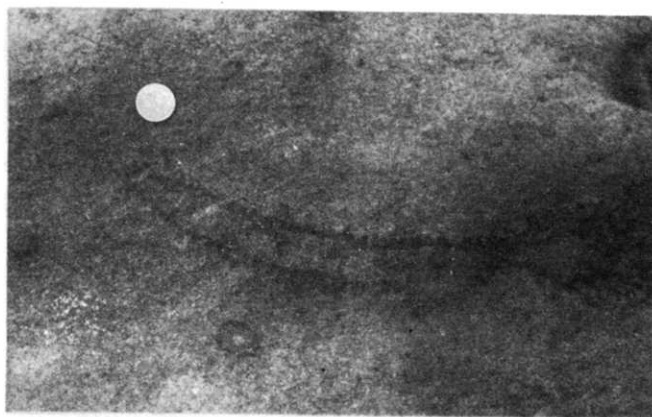
4



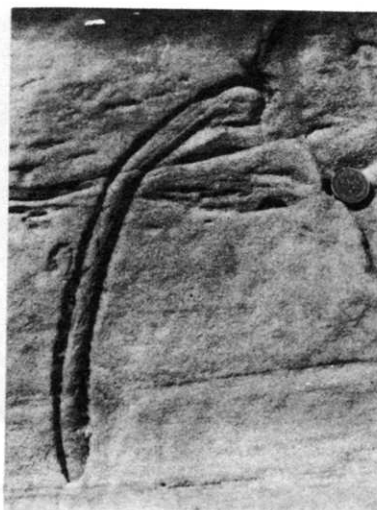
5



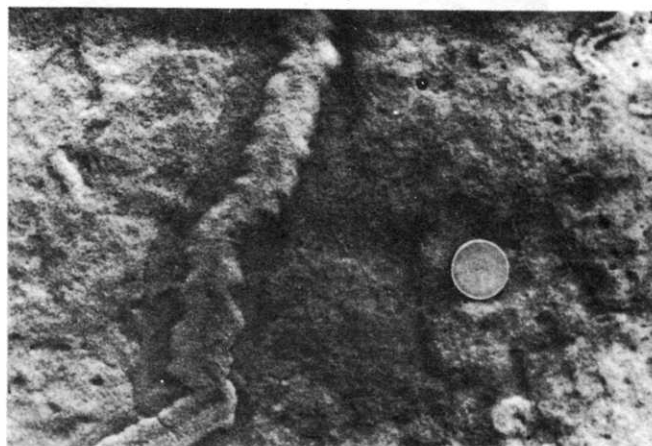
6



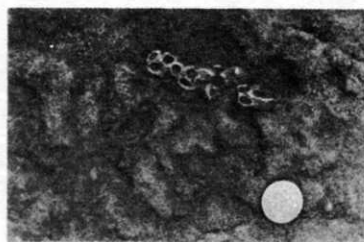
1



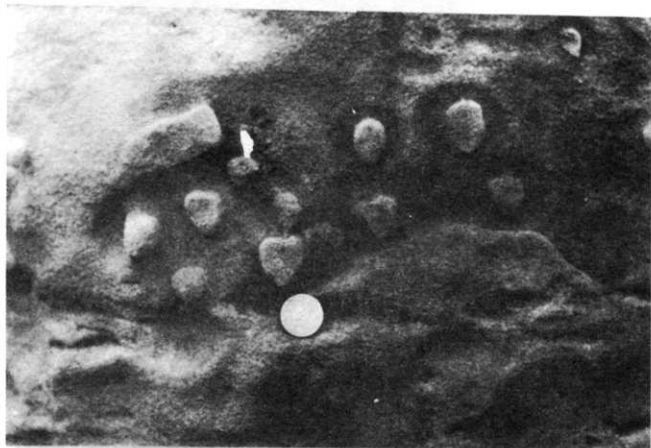
2



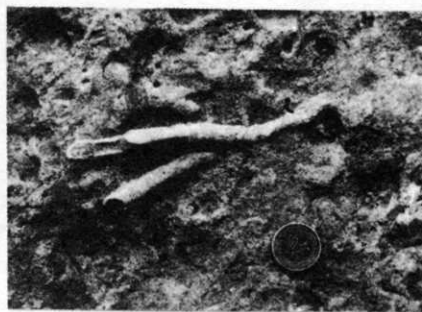
3



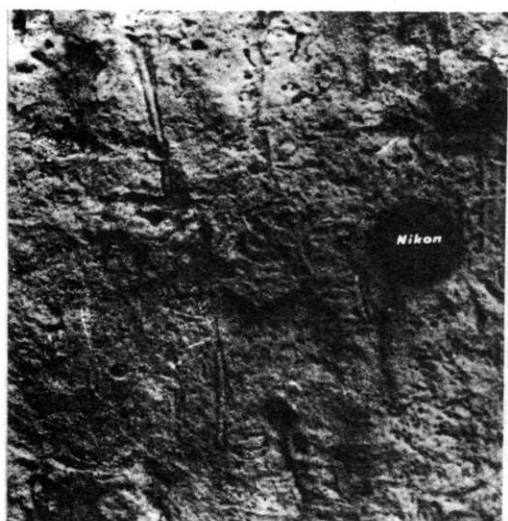
4



5



6



1



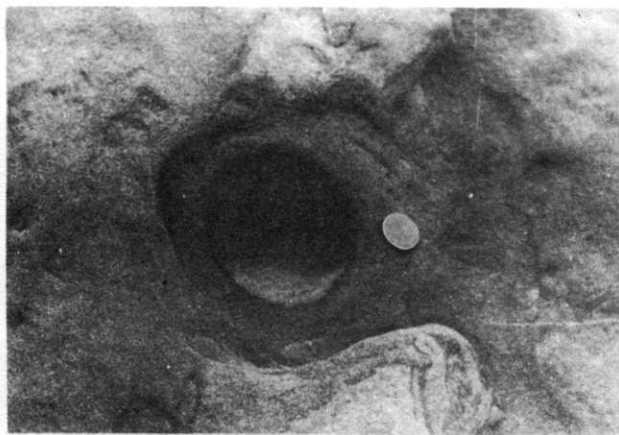
2



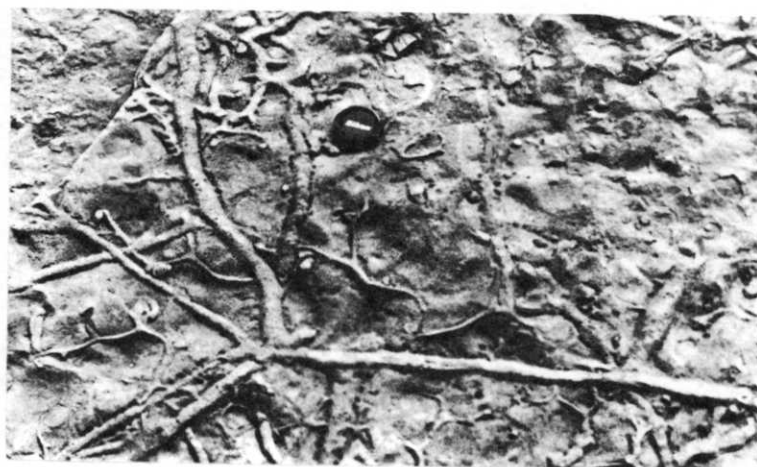
3



4



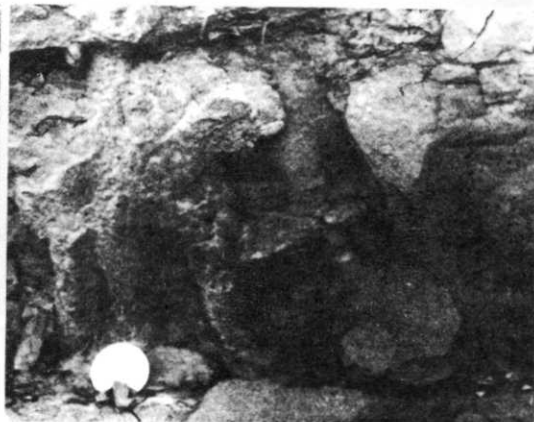
5



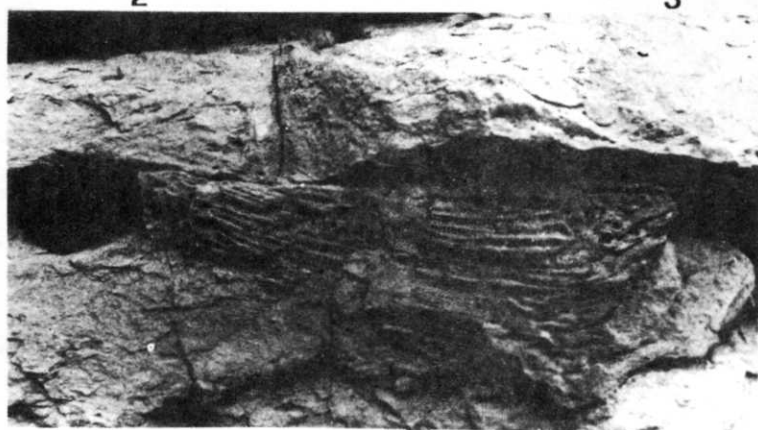
1



2



3



4