



臺灣西南部嘉義牛埔地區常見的早更新世魚類耳石

Common early Pleistocene fish otoliths from Niubu in Chia-Yi County, southwestern Taiwan

林千翔¹、王良傑²、王嘉祥³、張至維^{4,5*}

Chien-Hsiang Lin¹, Liang-Chieh Wang², Chia-Hsiang Wang³, Chih-Wei Chang^{4,5*}

摘要：魚類耳石形態學長久以來被應用於古魚類系統分類、生物地層、古生物地理等研究上。在臺灣，儘管一些已知的上新世及更新世海洋地層富有魚類耳石化石，卻從未有系統性的研究報告。本研究首次描述了臺灣西南部嘉義縣八掌溪旁之早更新世六重溪層中，由業餘化石收集者採自沉積物表面的化石耳石，經比對國立海洋生物博物館典藏之現生魚類耳石標本，分類鑑定以重建古魚類群聚構造。石首魚科和天竺鯛科的耳石是最常見的分類群；其中小黃魚耳石的出現表明其於早更新世的分布較現今更為普遍。本研究提供臺灣西南部相關地層中常見大型耳石的識別指南，提升本地古生物學的研究，並作為未來相關研究工作的開端。

關鍵字：古魚類、六重溪層、小黃魚、分類學、古生物地理

Abstract: Fossil otolith assemblages have been reported from many regions of the world to interpret regional paleoecology and to reconstruct paleobiogeography. Studies from the western Pacific region, however, remain scarce. Despite a few known Plio-Pleistocene localities yielding fossil otoliths, a systematic study on such fossil assemblages has never been carried out in Taiwan. Common otoliths of early Pleistocene Liuchungchi Formation (1.22-

1 東海大學熱帶生態學與生物多樣性研究中心 (Center for Tropical Ecology and Biodiversity, Tunghai University, Taichung, Taiwan)

2 臺南市自然史暨化石研究協會 (Association of Natural History and Fossil Research of Tainan City, Tainan, Taiwan)

3 板橋社區大學 (Community College of Banciao, Taipei, Taiwan)

4 國立海洋生物博物館 (National Museum of Marine Biology and Aquarium, Pingtung, Taiwan)

5 國立東華大學海洋生物研究所 (Graduate Institute of Marine Biology, National Dong Hwa University, Pingtung, Taiwan)

*通訊作者 (Corresponding author) , Email: changcw@nmma.gov.tw

1.95 Ma) along Bazhang River from Niubu in Chiayi County, southwestern Taiwan were described for the first time. Otoliths were collected from the surface of sediments by amateur fossil collectors. The recent otolith collection of Taiwan, deposited at the National Museum of Marine Biology and Aquarium, allows a well-comparable identification of fossil otoliths with great confidence. The otoliths of Sciaenidae and Apogonidae were the commonest taxa. The occurrence of *Larimichthys polyactis* otoliths indicates a more pervasive distribution of the fish than it is today. This paper is intended as a guide to the recognition of common large otoliths in the field, and the emphasis is firmly on promoting local paleontological work. A more detailed systematic description together with other localities will be dealt with in the forthcoming research.

Keywords: Fossil fish, Liuchungchi Formation, *Larimichthys polyactis*, Taxonomy, Paleobiogeography

前言

魚類耳石是位於硬骨魚類內耳中的碳酸鈣結晶，為硬骨魚類協調平衡以及聽覺的感受器。左右內耳各有三顆耳石存在於膜性迷路系統中（圖1），分別為礫石（lapillus）、矢狀石或稱扁平石（sagitta）與星狀石（asteriscus）；礫石與水中平衡較有關，後兩者主要則與聽覺有關（Degens et al., 1969; Lowenstein, 1971）。除了少數骨鰾魚類，矢狀石為三顆耳石中最大者，而相對於星狀石或是礫石亦具有最多的分類特徵，因此耳石的研究與標本典藏皆以矢狀石為主，一般（包含本文）所謂魚耳石多指矢狀石。

耳石的外部形態與魚類的親緣演化歷史有關（Nolf, 1985, 2013），因此不同分類群（物種）的耳石其形態也就不同，此分類群專一性便能作為分類鑑定魚類的依據。耳石形態的特性已被普遍應用在魚類學及各個不同的領域，諸如現生魚類系統分類（余和沈, 1987; Nolf, 1993; See et al., 2016）、魚食性生物如某些魚類、鳥類、鰭腳類和鯨豚等之胃內容物、食糞或排遺魚類組成分析（e.g. Murie and Lavigne, 1985; Barrett et al., 1990; Neves et al., 2012）、考古遺址魚類組成判定（e.g. Lin et al., 2013）及重建化石魚類群聚（e.g. Lin et al., 2015, 2017a, 2017b）等相關研究。在古生物學的研究上，利用耳石的形

態重建古魚類群聚構造則有超過130年的研究歷史 (Koken, 1884)，隨著現生魚類耳石典藏標本數量的增加，鑑定比對化石耳石的正確性已大幅提升，如今已有超過1400個化石耳石物種被正式命名 (Nolf, 2013)。此外，耳石是海洋沉積物中數量豐富的魚類遺骸，因時空分布上相當廣泛，其化石紀錄對於硬骨魚類的古生物地理、生物地層和親緣演化等研究議題有相當大的學術潛力 (Nolf, 1995)。近年來有關耳石埋藏學的研究，已證實海底沉積物內的耳石能夠準確反映當代地區性的魚類群落 (Schwarzahns, 2013)，因此，由分析鑑定化石耳石，我們能夠重建一個包含了物種組成及豐度的特定時空魚類群聚 (Lin et al., 2016, 2017c, 2018)。

在臺灣地區，雖有不少上新世及更新世的海相地層出產化石耳石 (林, 2010b)，目前並無任何正式研究文獻；事實上，相較於發展歷史悠久的歐洲地區，化石耳石的研究在西太平洋地區仍非常缺乏。本研究旨在描述臺灣西南部嘉義縣牛埔地區常見的早更新世魚類耳石，藉由紀錄本地化石標本提升區域性古生物學的研究。

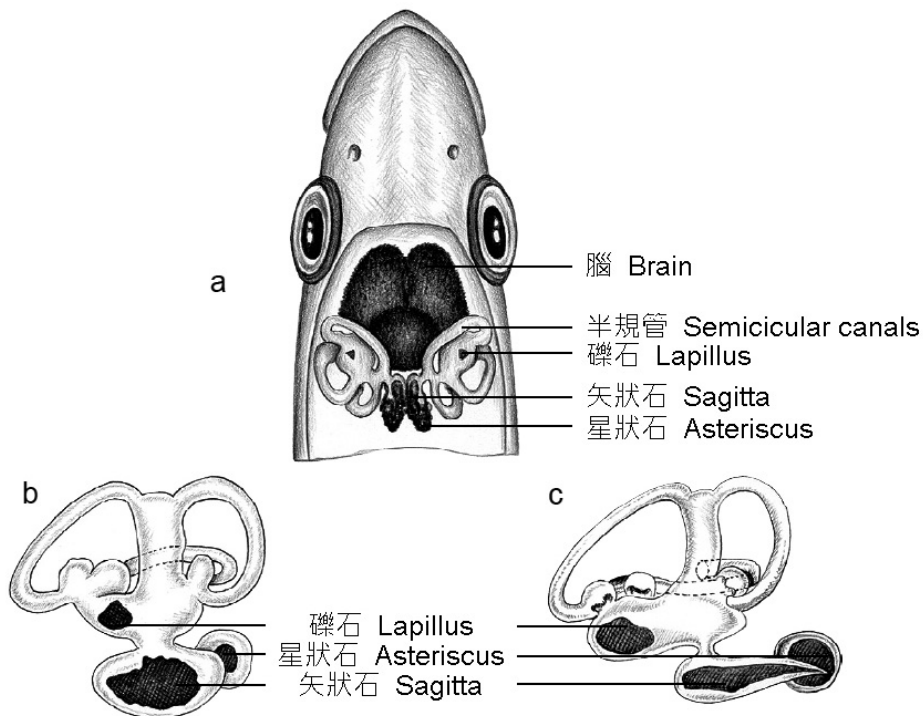


圖1.耳石在魚頭顱內 (a) 以及內耳內 (b及c) 的位置。b，硬骨魚內耳；c，骨鰾魚內耳。修改自 Lin and Chang (2012)。

Fig1. Otoliths in the fish skull (a) and in the fish inner ear (b and c). b, inner ear of a generalized teleost; c, inner ear of an Ostariophysan fish. Modified after Lin and Chang (2012).

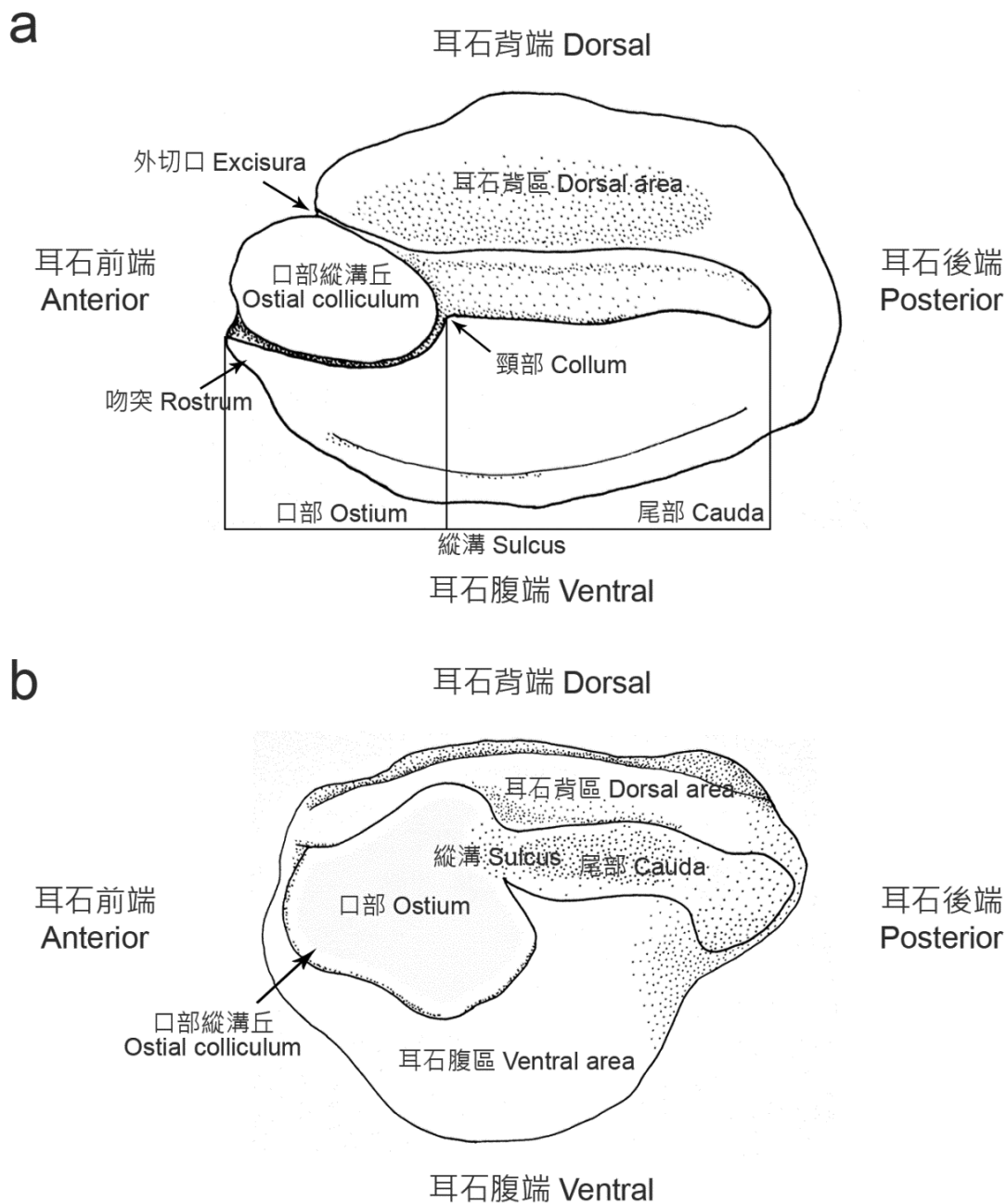


圖2.魚類耳石內側面各部位構造的名稱。以日本發光鯛 (a) 以及白姑魚 (b) 耳石為例。

Fig2. Otoliths of *Acropoma japonicum* (a) and *Pennahia* sp. (b) showing morphological nomenclatures of the inner face.

材料方法

化石標本採集

化石材料取自嘉義縣牛埔地區，番路鄉觸口村之八掌溪旁（圖3）。本研究描述之常見化石耳石標本皆直接採集自化石層露頭表面，並未進行沉積物篩洗、揀選等步驟，故以一般耳石的大小來說屬大型耳石（多大於0.5公分）。依據經濟部中央地質調查所之集水區地形及地質資料庫（經濟部中央地質調查所，2018）及採集地岩性，耳石標本層位為早更新世之六重溪層（圖4），但因表層採集方式，目前無法得知各標本來自六重溪層內的何處。依據古地磁及微體化石的定年結果顯示，曾文溪剖面的六重溪層上界約為122萬年（1.22 Ma）、下界約為195萬年（1.95 Ma）（Chen et al., 2001），本文便以此定年結果為基準。除魚類耳石，採集地另有豐富的化石螃蟹、鯊魚牙、貝類、藤壺（鯨虱）等生物化石。化石耳石採集者為薛文吉先生及王良傑先生，薛先生採集的標本目前部分典藏於嘉義市市立博物館，部分經由王嘉祥先生提供本研究。目前本研究之化石耳石標本皆典藏於國立海洋生物博物館。



圖3.臺灣西南部化石耳石採集地（實心圓）位置圖。

Fig3. Map showing location (solid circle) where the fossil otoliths were collected in southwestern Taiwan.

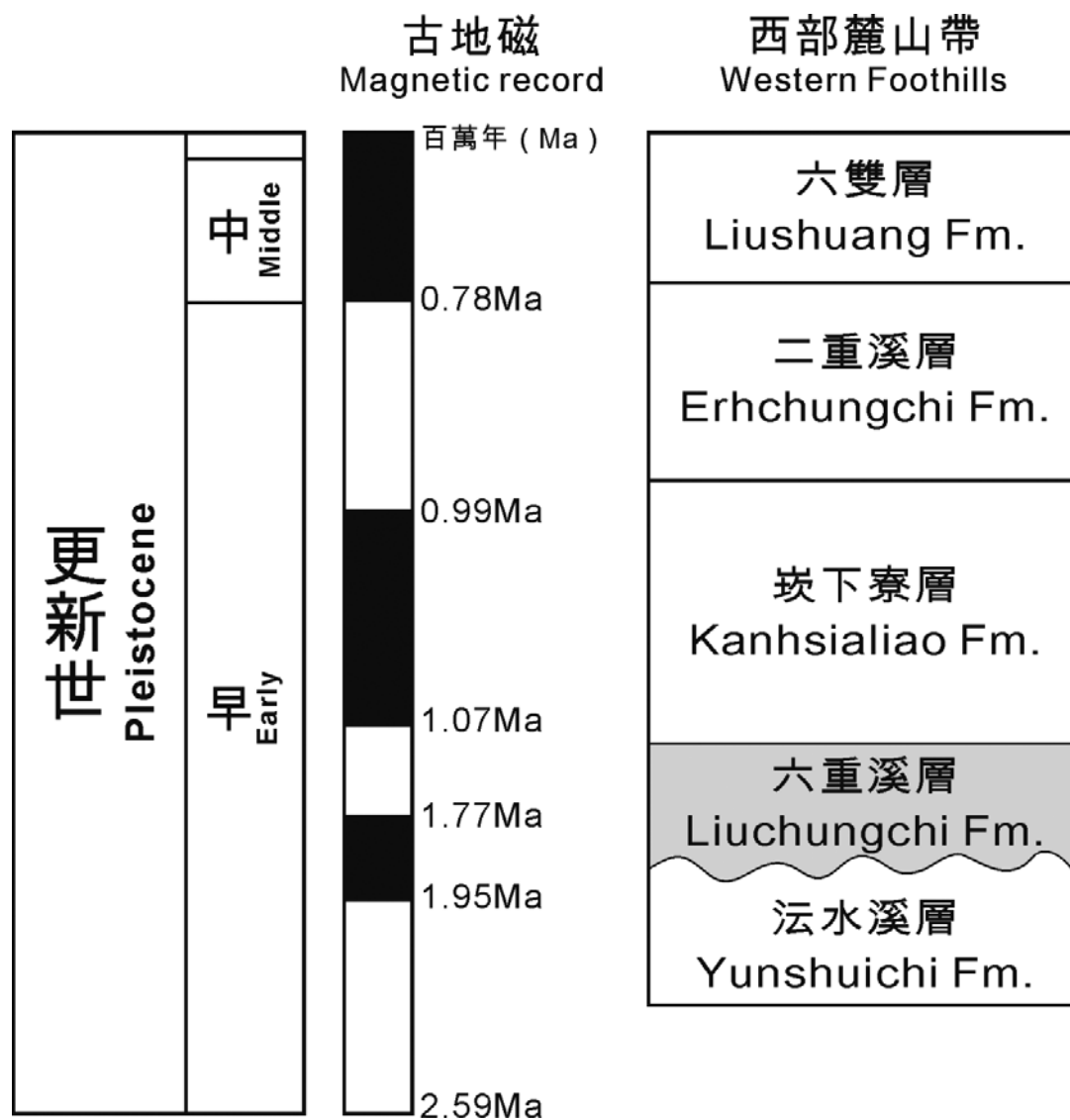


圖4.臺灣嘉義地區麓山帶地層系統和時代對比。本研究之化石層以灰色表示。修改自Chen et al. (2001)，洪和謝 (2007)。

Fig4. Pleistocene stratigraphy in the foothills of Chia-Yi region, Taiwan. The studied fossil formation is indicated in gray. Modified after Chen et al. (2001), Horng and Shea (2007).

耳石標本典藏及鑑定

化石耳石標本之鑑定準確性完全仰賴現生魚類耳石標本的比對資料，因此絕對有必要建立完整的魚類耳石資料庫。大多數魚類的分布具有地域性，所以化石產地對應之區域性比對資料特別重要 (Ohe, 1985; Iizuka and Katayama, 2008; Lin and Chang, 2012)。

在科技部數位典藏與數位學習國家型科技計畫的支持下，臺灣現生魚類耳石標本以國立海洋生物博物館典藏最為豐富且多樣，目前已超過5400筆千個物種以上的標本量，其魚體檢證標本之數位影像與後設資料整合於臺灣魚類耳石典藏網頁（Otolith Atlas of Taiwan Fishes, <http://oto.nmmba.gov.tw/>；張等，2012），並與臺灣魚類資料庫（The Fish Database of Taiwan, <http://fishdb.sinica.edu.tw/>；邵，2018）以及全球最多耳石影像之AFORO網站（<http://www.cmima.csic.es/aforo/>；Lombarte et al., 2006）進行資料互享與連結。此魚類耳石資料庫即為臺灣化石耳石分類鑑定提供了最重要的比對依據。

耳石各部位名稱及特徵

在比較並描述不同耳石的形態前，需先將耳石標本的正反面、上下位態標準化，耳石的前端對應魚體頭部、後端為魚體尾部，背端及腹端則分別為魚體的背部與腹部。耳石靠近魚體軸的一面簡稱為內側面（inner face, internal face或medial face），因接觸魚類的第八對腦神經，有特定且穩定的表面結構和形態特徵，在研究描述上最為重要，本研究耳石標本照便是以內側面呈現（見圖版）。相對的，耳石靠近魚體表的另一面簡稱外側面（outer face或lateral face），其形態常常會因為環境、成長階段有明顯的差異，因此一般不對其進行特徵描述。典型的耳石相對於魚體來說外形上呈現側扁，而絕大部分耳石的長度大於耳石的高度，耳石的高度又大於耳石的厚度。觀察耳石厚度時可將耳石直立，由耳石腹端向背端檢視，此觀測面稱為腹緣面（ventral view），本研究針對耳石厚度較厚之標本另外拍攝了腹緣面（見圖版）。耳石內側面各個部位構造的名稱（圖2）在國外已有詳盡的定義（Nolf, 1985; Smale et al., 1995; Tuset et al., 2008），由於臺灣耳石形態學研究較少（林，2010b），本研究定義以下耳石各部位中文名稱：

耳石前端（Anterior）：朝向魚體頭部的一端。

耳石後端（Posterior）：朝向魚體尾部的一端。

耳石背端（Dorsal）：朝向魚體背部的一端。

耳石腹端（Ventral）：朝向魚體腹部的一端。

耳石背區（Dorsal area）：耳石背緣與縱溝（Sulcus）之間的區域，此區域向下凹陷則形成背凹（Dorsal depression）。

耳石腹區（Ventral area）：耳石腹緣與縱溝（Sulcus）之間的區域，此區域較少有向下凹陷的情形。

吻突 (Rosturm)：耳石最前端，位於外切口 (Excisura) 之下明顯向前延伸的部位。若無外切口則不存在。

外切口 (Excisura)：縱溝延伸至耳石前緣的開口上，向內凹陷 (缺刻) 的構造，外切口常使耳石前緣的曲線不連續。縱溝若無延伸至前緣，則無外切口。

縱溝 (Sulcus)：沿耳石前後端並靠近耳石中央的一凹陷溝狀構造，一般可再分為口部 (Ostium) 與尾部 (Cauda) 兩個部位。縱溝是耳石與聽覺神經感覺細胞的連接處，也是耳石具有的共同構造，其形狀、深度與面積因分類群有很高的多樣性。

口部 (Ostium)：縱溝的前部，位於頸部 (Collum) 前端的縱溝構造。在不同魚類其發育的狀況有相當大的差異，有些並不具備與尾部的區隔，有些會延伸至耳石前緣形成開口。

尾部 (Cauda)：縱溝的後部，位於頸部後端的縱溝構造。如同口部，不同魚類發育的狀況也有相當大的差異，有些亦會延伸至耳石後緣形成開口。

頸部 (Collum)：縱溝寬度收縮的部位，通常在較靠近耳石前端或中央的位置可觀察到。

縱溝丘 (Colliculum)：縱溝中隆起抬升的結構，其表面通常平整如高原。不同魚類類群其數目各異，亦有不具者，但一般僅口部一個或是口尾部各一個 (詳見 Lin and Chang, 2012)。位在口部者稱口部縱溝丘 (Ostial colliculum)，尾部者稱尾部縱溝丘 (Caudal colliculum)。

縱溝脊 (Collicular crest)：靠近縱溝腹緣細長的突起構造，構造如脊 (詳見 Lin and Chang, 2012)。只有特定的魚類類群具有此特徵，除鱈形目魚類或可發現於頸部外，縱溝脊僅可在尾部縱溝腹緣觀察到 (Nolf, 2013)。

縱溝邊緣 (Cristae)：依背腹端又可分為縱溝背緣 (Crista superior) 及縱溝腹緣 (Crista inferior) (詳見 Lin and Chang, 2012)。

化石耳石標本拍攝

耳石標本的處理、高解析度影像之數位拍攝及測量，以解剖顯微鏡 (Discovery V20, ZEISS) 及影像擷取系統 (AxioCam ICc3, ZEISS) 拍攝耳石的內側面及腹緣面照片，再以照片疊圖技術及影像處理軟體 (Photoshop CS5) 後呈現。

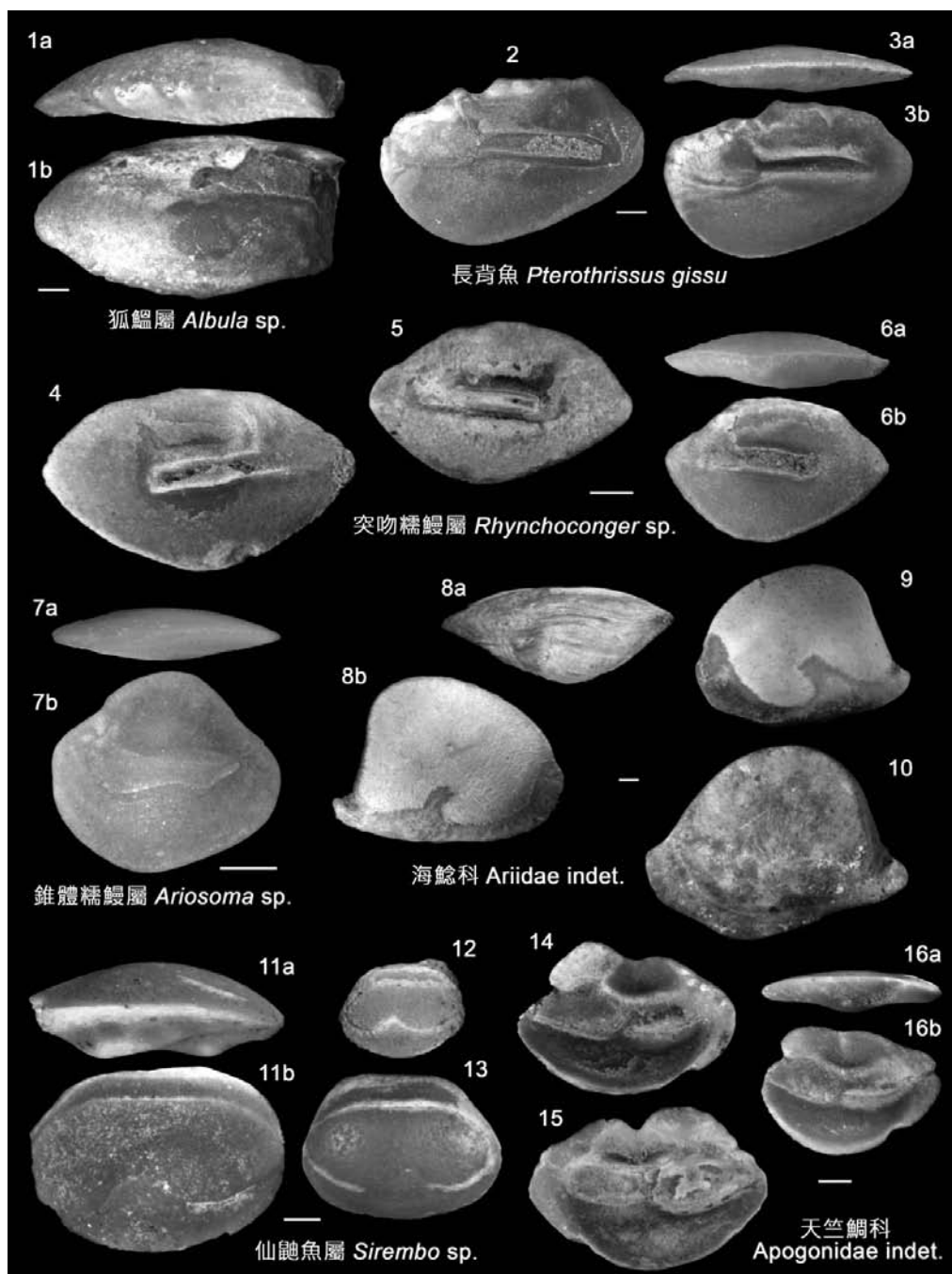
結果

本研究描述513顆採集自嘉義牛埔地區六重溪層常見的化石耳石，經分類鑑定，分屬於13科22個分類群（表1），其中累計超過90%全部化石耳石標本數量者，依序為石首魚科386顆（75.2%）、天竺鯛科51顆（9.9%）、糯鰻科23顆（4.5%）及發光鯛科18顆（3.5%）。各分類群化石耳石標本照如圖版1至圖版3所示，其形態簡述如下：

表1. 本研究描述之臺灣西南部嘉義牛埔地區常見的早更新世魚類耳石及其數量。

Table 1. Common early Pleistocene fish otoliths from Niubu in Chia-Yi County, southwestern Taiwan, with number of described specimens.

科名	分類單元	薛文吉採集	王良傑採集	圖版位置
Family	Taxon	Leg. W.-J. Xue	Leg. L.-C. Wang	Iconography
狐鯉科 Albulidae	狐鯉屬 <i>Albula</i> sp.	-	1	Pl. 1-1
	長背魚 <i>Pterothrissus gissu</i>	1	1	Pl. 1-2&3
糯鰻科 Congridae	突吻糯鰻屬 <i>Rhynchoconger</i> sp.	1	20	Pl. 1-4&5&6
	錐體糯鰻屬 <i>Ariosoma</i> sp.	-	2	Pl. 1-7
海鯰科 Ariidae	海鯰科未定種屬 Ariidae indet.	8	6	Pl. 1-8&9&10
鮨科 Ophidiidae	仙鮨魚屬 <i>Sirembo</i> sp.	1	4	Pl. 1-11&12&13
天竺鯛科 Apogonidae	天竺鯛科未定種屬 Apogonidae indet.	1	50	Pl. 1-14&15&16
蝦虎科 Gobiidae	蝦虎科未定種屬 Gobiidae indet.	-	3	Pl. 2-1&2
膳科 Uranoscopidae	膳屬 <i>Uranoscopus</i> sp.	2	1	Pl. 2-3&4
發光鯛科 Acropomatidae	日本發光鯛 <i>Acropoma japonicum</i>	1	17	Pl. 2-5&6
石鱸科 Haemulidae	星雞魚 <i>Pomadasys kaakan</i>	1	-	Pl. 2-7
赤刀魚科 Cepolidae	赤刀魚屬 <i>Cepola</i> sp.	-	1	Pl. 2-8
石首魚科 Sciaenidae	黑姑魚屬 <i>Atrobucca</i> sp.	6	8	Pl. 2-9
	棘頭梅童魚 <i>Collichthys lucidus</i>	-	1	Pl. 2-10
	叫姑魚屬 <i>Johnius</i> sp.	-	6	Pl. 2-12
	大黃魚 <i>Larimichthys crocea</i>	20	2	Pl. 3-1&2
	小黃魚 <i>Larimichthys polyactis</i>	28	5	Pl. 3-3&4&5
	鯧 <i>Miichthys miuy</i>	3	3	Pl. 3-6&7
	黃姑魚 <i>Nibea albiflora</i>	-	1	Pl. 3-8
	白姑魚屬 <i>Pennahia</i> sp.	153	150	Pl. 3-10&11&12
沙鯪科 Sillaginidae	沙鯪屬 <i>Sillago</i> sp.	-	2	Pl. 3-9
鯛科 Sparidae	鯛科未定種屬 Sparidae indet.	1	2	Pl. 2-11
	合計 Total	227	286	



圖版1.臺灣西南部嘉義牛埔地區常見的早更新世魚類耳石。a：腹緣面，b：內側面，其餘標本皆以內側面呈現，比例尺為1 mm。

Plate 1. Common early Pleistocene fish otoliths from Niubu in Chia-Yi County, southwestern Taiwan. Images are inner views unless otherwise indicated. a: ventral view; b: inner view. Scale bars = 1 mm.

狐鱧目 *Albuliformes*狐鱧科 *Albulidae*狐鱧屬 *Albula* sp.

(圖版1-1)

耳石子彈形；前端圓鈍，後端截平。耳石厚，內外兩側皆外凸，但前後端皆向外側面曲折（圖版1-1a）。縱溝在口部前段很淺，至後段變深，在縱溝尾部深陷並向耳石外側面曲折。縱溝尾部向耳石腹端強烈彎曲，並與口部約成直角。

長背魚屬 *Pterothrissus*長背魚 *Pterothrissus gissu* Hilgendorf, 1877

(圖版1-2&3)

耳石橢圓形，但耳石腹區前端較後端深，故腹緣向前端歪斜。縱溝明顯，口部呈圓形，幾乎由縱溝丘佔滿。縱溝尾部水平平直，較口部深，至末端由縱溝背緣向縱溝腹緣微微收縮。縱溝頸部收縮明顯。

鰻形目 *Anguilliformes*糯鰻科 *Congridae*突吻糯鰻屬 *Rhynchoconger* sp.

(圖版1-4&5&6)

耳石橢圓形，耳石中央較前後兩端高（寬），前後兩端則尖銳。耳石厚（圖版1-6a），縱溝明顯，幾乎由縱溝丘佔滿。縱溝口部的前端背、腹緣皆不明顯，但其在靠近頸部的縱溝背緣，有一縱溝通道通向耳石的背緣。縱溝尾部平直並向耳石腹端傾斜，縱溝頸部則無明顯的收縮。耳石背區常有凹陷形成背凹。

錐體糯鰻屬 *Ariosoma* sp.

(圖版1-7)

耳石約呈圓形，耳石中央很高，形成很寬的背腹兩區。耳石縱溝明顯，但是很淺，幾乎由縱溝丘佔滿。縱溝口部很寬，其前端如突吻糯鰻屬之耳石（圖版1-4&5&6），亦

有一縱溝通道通向耳石的背緣，但此通道位置在縱溝口部背緣的最前端。縱溝尾部很短，末端由腹緣向背緣收縮。縱溝頸部位置約在耳石中央，縱溝腹緣明顯收縮處。

鯰形目 Siluriformes

海鯰科 Ariidae

海鯰科（未定種屬）Ariidae indet.

（圖版1-8&9&10）

在此描述之海鯰科耳石皆為礫石而非矢狀石。耳石蛤形，非常厚實且外凸如凸透鏡，但外側面遠較內側面外凸（圖版1-8a）。耳石腹緣後端去有一棘向後端突出。

魷魚目 Ophidiiformes

魷魚科 Ophidiidae

仙魷魚屬 *Sirembo* sp.

（圖版1-11&12&13）

耳石橢圓形至梯形，背緣較腹緣短，背緣前方或可見一向上隆起（圖版1-12）。耳石非常厚實，內側面較外側面外凸，外側面常有不規則隆起（圖版1-11a）。耳石縱溝邊緣明顯，但是很淺，縱溝位於耳石中央並佔據耳石大部分之面積。縱溝口部較尾部稍長，背緣由口部至尾部呈平滑曲線，腹緣則在頸部有明顯收縮。

鈎魚目 Kurtiformes

天竺鯛科 Apogonidae

天竺鯛科（未定種屬）Apogonidae indet.

（圖版1-14&15&16）

耳石約呈橢圓形，其背緣前端較後端高，且中央常有一凹陷。耳石前端吻突明顯，或有外切口，後端圓鈍。耳石縱溝邊緣明顯，口部尾部約為兩相接之橢圓形；口部幾乎由一縱溝丘佔滿；尾部則較口部稍短稍窄，且稍深，或有縱溝脊在縱溝腹緣。耳石背區常有凹陷形成扇形背凹。

鰕虎目Gobiiformes

鰕虎科Gobiidae

鰕虎科（未定種屬）Gobiidae indet.

（圖版2-1&2）

耳石約呈長方形，但其背緣後端向後向上延伸許多，背緣因而明顯長於腹緣。背緣不規則，腹緣則水平平直，並與前後緣約成直角。耳石縱溝邊緣明顯，口部約呈一矢字形，尾部則較口部短且窄，短棒狀，或有縱溝脊在縱溝腹緣。耳石背區有凹陷形成扇形背凹。

鱧鱒目Trachiniformes

鱧科Uranoscopidae

鱧屬*Uranoscopus* sp.

（圖版2-3&4）

耳石橢圓形，邊緣光滑。形體厚實，內側面外凸如凸透鏡，外側面腹緣較背緣厚，中央則稍薄（圖版2-3a）。縱溝明顯，幾乎由縱溝丘佔滿，其外形細長，前端微微彎曲向上，但口尾部並無明顯區隔。縱溝最前端並無對外之開口。耳石背區有一大凹陷形成背凹。林（2010a）曾對本科魚類現生耳石有詳細的描述。

鱸目Perciformes

發光鯛科Acropomatidae

日本發光鯛*Acropoma japonicum* Günther, 1859

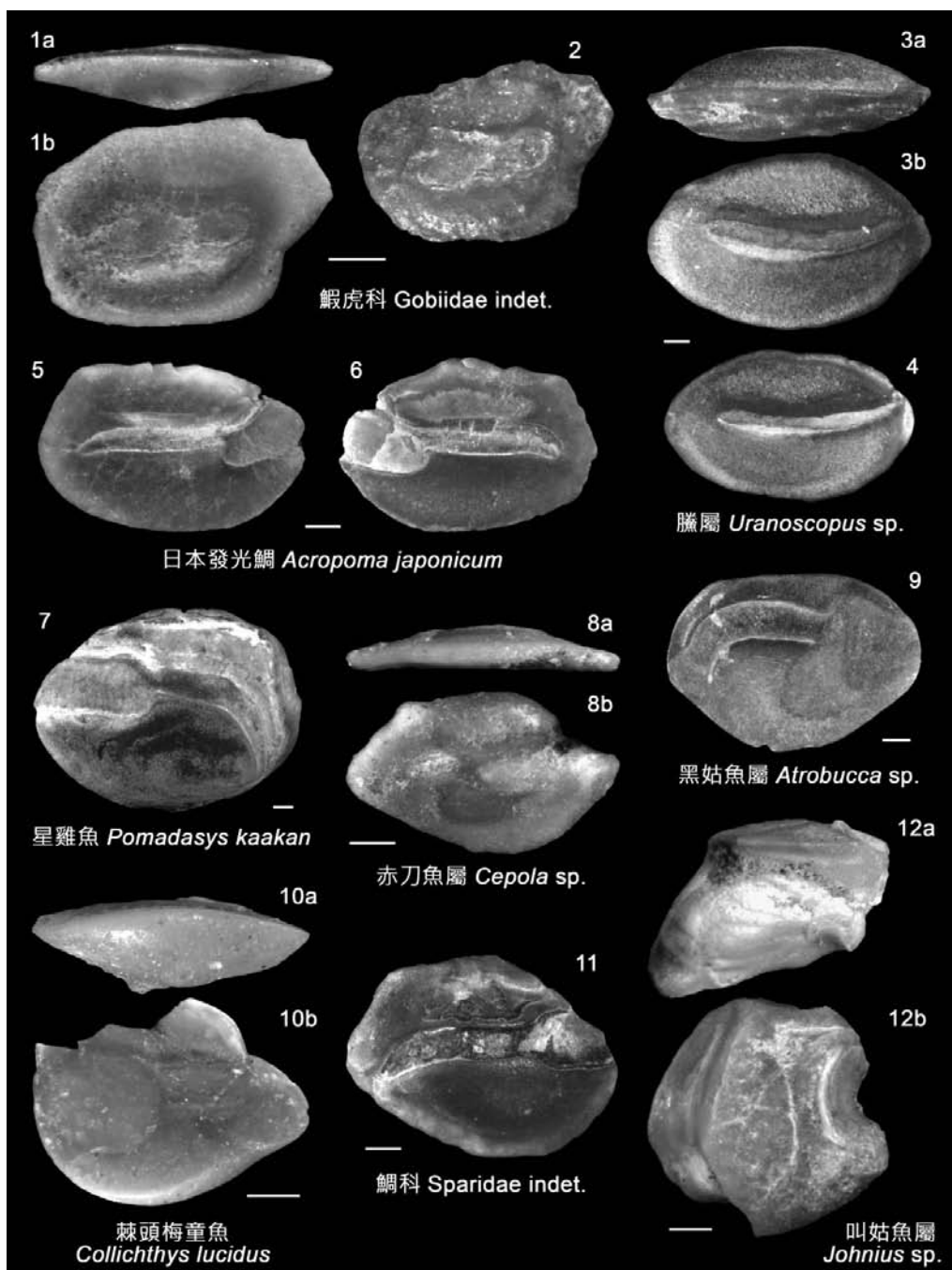
（圖版2-5&6）

耳石約呈橢圓形，背緣後端有一後背角為其特徵，中央常為耳石最高處，腹緣則為平滑曲線。耳石前端具吻突，外切口小。縱溝深而明顯，口部約呈橢圓形，且幾乎由縱溝丘佔滿；尾部則為長條狀，其末端向耳石腹端微彎。耳石背區有一扇形背凹。

石鱸科Haemulidae

星雞魚*Pomadasys kaakan* (Cuvier, 1830)

（圖版2-7）



圖版2.臺灣西南部嘉義牛埔地區常見的早更新世魚類耳石。a：腹緣面，b：內側面，其餘標本皆以內側面呈現，比例尺為1 mm。

Plate 2. Common early Pleistocene fish otoliths from Niubu in Chia-Yi County, southwestern Taiwan. Images are inner views unless otherwise indicated. a: ventral view; b: inner view. Scale bars = 1 mm.

耳石呈橢圓形，邊緣光滑。形體稍厚，內側面外凸，外側面內凹。縱溝深而明顯，口部長橢圓形，且幾乎由縱溝丘佔滿；尾部則為長條狀，約由中央處向耳石腹端強烈彎曲。縱溝頸部明顯收縮。Lin et al. (2013) 曾對本屬現生耳石有詳細的描述。

赤刀魚科Cepolidae

赤刀魚屬*Cepola* sp.

(圖版2-8)

耳石約呈五邊形，前後兩端尖銳；背緣平直，但與前後緣約成120度之夾角，腹緣中央最深並與前後端成約60度之夾角。耳石前端具吻突，外切口不明顯。縱溝明顯，口部長條狀，尾部較小呈三角形，頸部則高起。

刺尾魚目Acanthuriformes

石首魚科Sciaenidae

黑姑魚屬*Atrobucca* sp.

(圖版2-9)

耳石約呈倒三角形，邊緣光滑；背緣平直，腹緣中央最深並與前後端成約60度之夾角。耳石縱溝明顯，約呈一矢字形；口部寬大，由縱溝丘佔滿而較淺，呈三角形，其縱溝腹緣後端向下膨大；尾部則為長條狀，在其長度1/2處向耳石腹緣後端強烈彎曲，尾部末端並膨大為球狀。

梅童魚屬*Collichthys*

棘頭梅童魚*Collichthys lucidus* (Richardson, 1844)

(圖版2-10)

此標本為本研究中棘頭梅童魚的唯一耳石標本，耳石背端約有一半缺失，其現生標本之描述詳見余和沈(1987)。耳石約呈橢圓形，背腹區皆非常寬，背區之寬度亦為本種之特徵。耳石縱溝明顯；口部非常寬大且呈圓形，由縱溝丘佔滿而較淺；尾部前段為長條狀水平平直，後段至末端則膨大為圓形，但較口部者小。

叫姑魚屬 *Johnius* sp.

(圖版2-12)

本研究中所蒐集的叫姑魚屬耳石標本，在耳石後端皆有缺失，其現生標本之描述詳見余和沈（1987）以及Lin and Chang（2012）。耳石約呈三角形，背緣平直，前緣約與背緣成直角，腹緣則歪斜向背緣後方。耳石非常厚實，但內側面水平，主要為外側面之增厚，尤其在其前端。耳石縱溝形態非常特別：口部寬且淺，從背緣延伸至腹緣，口部前端也向外側面延伸；尾部前段為細長條狀，水平平直於耳石背緣附近，尾部至末端則膨大，且中央深陷成錐形。

黃魚屬 *Larimichthys*

大黃魚 *Larimichthys crocea* (Richardson, 1846)

(圖版3-1&2)

耳石約呈長橢圓形，前端圓鈍，後端之末呈尖銳，腹區較背區稍寬。耳石非常厚實，內側面外凸但很薄，其厚度為外側面之增厚。耳石縱溝寬大且形態特別：口部寬且淺，呈圓形；尾部較深，前段長條狀並水平平直，至末端則再膨大並隱約朝向後腹端，約呈圓形，但較口部者小。

小黃魚 *Larimichthys polyactis* (Bleeker, 1877)

(圖版3-3&4&5)

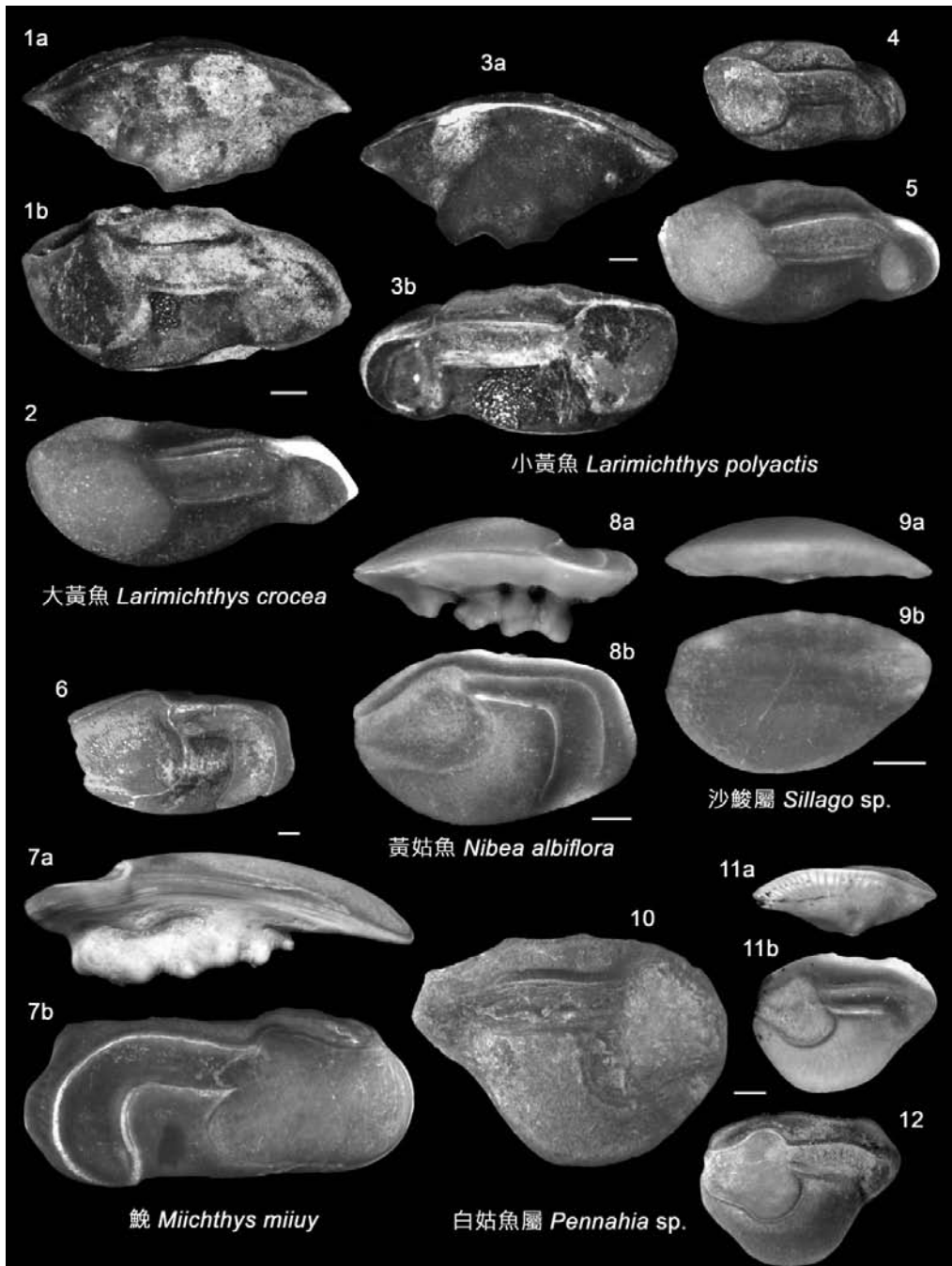
耳石約呈長橢圓形，前端圓鈍，後端之末亦呈圓鈍，腹區較背區稍寬。耳石非常厚實，內側面外凸但很薄，其厚度為外側面之增厚。耳石縱溝寬大且形態特別：口部寬且淺，呈圓形；尾部較深，前段長條狀並水平平直，至末端則再膨大並朝向腹端，約呈圓形，但較口部者小。本種耳石與上述之大黃魚非常相像，差異僅在耳石之末端形態與縱溝末端之角度。

鮠屬 *Miichthys*

鮠 *Miichthys miiuy* (Basilewsky, 1855)

(圖版3-6&7)

耳石呈長方形至長橢圓形，前端圓鈍，後端具個體差異，小個體在後背角後約呈



圖版3.臺灣西南部嘉義牛埔地區常見的早更新世魚類耳石。a：腹緣面，b：內側面，其餘標本皆以內側面呈現，比例尺為1 mm。

Plate 3. Common early Pleistocene fish otoliths from Niubu in Chia-Yi County, southwestern Taiwan. Images are inner views unless otherwise indicated. a: ventral view; b: inner view. Scale bars = 1 mm.

垂直，大個體則較不規則，並在後背角後具一凹陷。背腹緣約為水平平直。耳石非常厚實，內側面外凸，其厚度主要為外側面之不規則增厚。縱溝寬大明顯，口部佔滿耳石前端，並由縱溝丘佔滿而較淺；尾部則為長條狀，在其長度1/2處向耳石腹緣強烈彎曲，末端並朝向耳石前端。

黃姑魚屬 *Nibea*

黃姑魚 *Nibea albiflora* (Richardson, 1846)

(圖版3-8)

耳石呈橢圓形，前端較尖銳，後端則較為平直。耳石厚實，內側面外凸，但其厚度主要為外側面之不規則增厚。縱溝寬大明顯，口部約呈三角形，並由縱溝丘佔滿而較淺；尾部則為長條狀，前段較細並逐漸變寬，在其長度1/2處向耳石腹緣成垂直彎曲，其末端朝向耳石前端。

白姑魚屬 *Pennahia* sp.

(圖版3-10&11&12)

耳石約呈倒三角形，邊緣光滑，背緣平直，腹緣後端具一明顯內凹，其中央最深，並使腹區特別寬大。耳石縱溝明顯，約呈一矢字形；口部寬大，由縱溝丘佔滿而較淺，呈三角形；尾部則為長條狀，其後段向耳石腹緣彎曲，末端並膨大為球狀。

鯛目 Spariformes

沙鯷科 Sillaginidae

沙鯷屬 *Sillago* sp.

(圖版3-9)

耳石呈倒三角形至橢圓形，後端較前端延長，邊緣光滑，背緣平直且長於腹緣。耳石縱溝較不明顯，靠耳石背緣，呈一長條狀；口部稍寬大，尾部前段至2/3則稍窄，其末段又如口部稍寬大。

鯛科 Sparidae

鯛科 (未定種屬) Sparidae indet.

(圖版2-11)

耳石約呈五邊形，背緣前後端各有一角，中央為耳石最高處，腹緣中央最深並與前後端成約60度之夾角。耳石前端具吻突，外切口則很小或無。縱溝深而明顯，口部呈橢圓形，具一大縱溝丘；尾部則為長條狀，其末端向耳石腹端微彎。耳石背區有一明顯凹陷。

討論

嘉義牛埔地區早更新世地層中魚類耳石以石首魚科最為常見，除數量最多外，多樣性也最高，其中又以白姑魚屬的耳石佔絕大多數；其他魚類類群的耳石，除了天竺鯛科外，數量皆不多。儘管如此，多樣性仍涵蓋了13個科別22個分類群（表1）。依據本研究描述之化石耳石組成回推之古魚類群聚結構，可發現其富含底棲性近岸魚類類群，與現今臺灣西南沿岸極為類似，因此可約略推測嘉義牛埔地區在早更新世時期極可能屬於近岸、淺海之沙泥底質環境。但值得注意的是，化石耳石紀錄了為數不少的小黃魚耳石標本，其與現代小黃魚分布緯度更偏北的情形略有不同（邵，2018），表示小黃魚的分布範圍在早更新世時期較現代可能更為廣泛。

本研究描述的化石耳石直接採集自沉積物表層，因而標本主要為肉眼容易發覺之大型耳石，0.5公分以下的標本則很少。大型耳石一般僅侷限於特定的魚類類群，例如石首魚、天竺鯛及海鯰等；除此之外，因耳石長度與魚體長呈現正相關（Lin et al., 2013），從單一種屬來看，大耳石便以成魚為主。另外，標本層位雖判定為早更新世之六重溪層，但地層學上的解析度卻因採集方式而受限。因此，未來的研究目標將採系統性沿地層剖面之採集，並以篩網篩洗過濾沉積物再揀選耳石標本，預期將能排除受研究方法因素而使小型魚類類群及其族群結構自化石紀錄缺失的影響，並提升地層年代的解析度（Nolf, 2013）。

本研究首次描述臺灣西南部嘉義牛埔地區常見的早更新世魚類耳石，期望藉由紀錄本地化石以提升區域性古生物學的研究深度。此外，透過耳石外部形態定義、化石耳石研究概況及其研究方法的介紹，將有助於中文專用術語的統一及未來研究質量上的標準化。未來將以建立完整的臺灣化石魚類耳石誌為目標，在地區性的研究上可探究古魚類群聚構造之各種變化；在地質時間軸上可比較不同層位的物種組成，分析其所隱含之生

物地層意義；在空間尺度上，則從臺灣拓展至西太平洋地區，比較相同地質年代各地理位置的魚類組成變化，了解過去的魚類分布。

致謝

本研究材料部份來自已故的薛文吉先生，作者們希望謹此感念其長年於嘉義八掌溪河畔採集化石之熱忱與辛勞，並彰顯其於臺灣古生物學研究之貢獻。

參考文獻

- 余立誠、沈世傑。1987。臺灣近海產石首魚科之研究。臺灣省立博物館年刊，30:65-134。
- 林千翔。2010a。宜蘭縣大溪港瞻星魚科魚類耳石的形態研究。國立臺灣博物館學刊，63(2):17-29。
- 林千翔。2010b。臺灣現生與古魚類的耳石形態學研究。國立臺灣大學動物學研究所碩士論文，207頁。
- 邵廣昭。2018。臺灣魚類資料庫。網路電子版<http://fishdb.sinica.edu.tw>。
- 洪崇勝、謝凱旋。2007。臺灣第四紀磁生物地層及蓬萊造山運動事件。經濟部中央地質調查所特刊，第十八號，51-83頁。
- 張至維、朱永淳、程紫芸、林千翔、江偉全、李匡悌。2012。臺灣魚類耳石典藏。臺灣生物多樣性與地質資料庫，數位典藏與數位學習國家型科技計畫「生物與自然主題小組」成果彙編2002~2012成果發表，中央研究院生物多樣性研究中心，183-190頁。
- 經濟部中央地質調查所。2018。集水區地形及地質資料庫。成果查詢系統<http://gwh.moeacgs.gov.tw/gwh/gsb97-2/sys9/>。
- Barrett, R.T., Rov, N., Loen, J. and Montevicchi, W.A. 1990. Diets of shags *Phalacrocorax aristotelis* and cormorants *P. carbo* in Norway and possible implications for gadoid stock recruitment. *Marine Ecology Progress Series*, 66:205-218.
- Chen, W.-S., Ridgway, K.D., Horng, C.-S., Chen, Y.-G., Shea, K.-S. and Yeh, M.-G. 2001. Stratigraphic architecture, magnetostratigraphy, and incised-valley systems of the Pliocene-

- Pleistocene collisional marine foreland basin of Taiwan. *Geological Society of America Bulletin*, 113:1249-1271.
- Degens, E.T., Deuser, W.G. and Haedrich, R.L. 1969. Molecular structure and composition of fish otoliths. *Marine Biology*, 2:105-113.
- Iizuka, K. and Katayama, S. 2008. Otolith morphology of teleost fishes of Japan. *Bulletin of Fisheries Research Agency*, 25:1-222.
- Koken, E. 1884. Ueber Fisch-Otolithen, insbesondere über diejenigen der norddeutschen Oligocän Ablagerungen. *Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft*, 36:500-565.
- Lin, C.-H., Brzobohat, R., Nolf, D. and Girone, A. 2017a. Tortonian teleost otoliths from northern Italy: taxonomic synthesis and stratigraphic significance. *European Journal of Taxonomy*, 322:1-44.
- Lin, C.-H. and Chang, C.-W. 2012. Otolith atlas of Taiwan fishes. National Museum of Marine Biology and Aquarium, Pingtung, Taiwan. 416 pp.
- Lin, C.-H., Chiang, Y.-P., Tuset, V.M., Lombarte, A. and Girone, A. 2018. Late Quaternary to Recent diversity of fish otoliths from the Red Sea, central Mediterranean, and NE Atlantic sea bottoms. *Geobios*, 51: 335-358.
- Lin, C.-H., Girone, A. and Nolf, D. 2015. Tortonian fish otoliths from turbiditic deposits in Northern Italy: Taxonomic and stratigraphic significance. *Geobios*, 48:249-261.
- Lin, C.-H., Girone, A. and Nolf, D. 2016. Fish otolith assemblages from Recent NE Atlantic sea bottoms: A comparative study of palaeoecology. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 446:98-107.
- Lin, C.-H., Li, K.T. and Chang, C.-W. 2013. Identification of Pomadasys species (Pisces, Haemulidae) from an archaeological midden site in Nankuanli East (Taiwan), based on otolith morphology. *Raffles Bulletin of Zoology*, 61(1):293-302.
- Lin, C.-H., Nolf, D., Steurbaut, E. and Girone, A. 2017b. Fish otoliths from the Lutetian of the Aquitaine Basin (SW France), a breakthrough in the knowledge of the European Eocene ichthyofauna. *Journal of Systematic Palaeontology*, 5(11):879-907.
- Lin, C.-H., Taviani, M., Angeletti, L., Girone, A. and Nolf, D. 2017c. Fish otoliths in superficial sediments of the Mediterranean Sea. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 471:134-143.

- Lombarte, A., Chic, Ò., Parisi-Baradad, V., Olivella, R., Piera J. and García-Ladona E. 2006. A web-based environment from shape analysis of fish otoliths. The AFORO database. *Scientia Marina*, 70:147-152.
- Lowenstein, O. 1971. The labyrinth. pp. 207-240. In: W.S. Hoar and D.J. Randall (Eds.), *Fish Physiology*, Vol. V, Academic Press, New York.
- Murie, D.J. and Lavigne, D.M. 1985. Interpretation of otoliths in stomach content analyses of phocid seals: quantifying fish consumption. *Canadian Journal of Zoology*, 64:1152-1157.
- Neves, V., Nolf, D. and Clarke, M. 2012. Spatio-temporal variation in the diet of Cory's shearwater *Calonectris diomedea* in the Azores archipelago, northeast Atlantic. *Deep-Sea Research I*, 70:1-13.
- Nolf, D. 1985. *Otolith Piscium*. Handbook of Paleoichthyology, Vol. 10. Stuttgart, New York: Gustav Fischer. 145 pp.
- Nolf, D. 1993. A survey of Perciform otoliths and their interest for phylogenetic analysis, with an iconographic synopsis of the percoidei. *Bulletin of marine science*, 52(1):220-239.
- Nolf, D. 1995. Studies on fossil otoliths- the state of the art. pp. 513-544. In: D.H. Secor, J.M. Dean and S.E. Campana (Eds.), *Recent developments in Fish Otolith Research*. University of South Carolina Press, Columbia, SC.
- Nolf, D. 2013. *The Diversity of Fish Otoliths, Past and Present*. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Brussels, Belgium. 581 pp.
- Ohe, F. 1985. *Marine fish-otoliths of Japan*. The Senior High School Attached to the Aichi University of Education, Kariya, Japan. 184 pp.
- Schwarzans, W. 2013. Otoliths from dredges in the Gulf of Guinea and off the Azores –an actuo-paleontological case study. *Palaeo Ichthyologica*, 13:7-40.
- See M., Marsham S., Chang C.W., Chong V.C., Sasekumar A., Dhillon S.K. and Loh K.H. 2016. The use of otolith morphometrics in determining the size and species identification of eight mullets (Mugiliformes: Mugilidae) from Malaysia. *Sains Malaysiana*, 45(5): 735-743.
- Smale, M.J., Watson, G. and Hecht, T. 1995. *Otolith atlas of southern African marine fishes*. Ichthyological Monographs of the JLB Smith Institute of Ichthyology. Vol. 1. 253 pp.
- Tuset, V.M., Lombarte, A. and Assis, C.A. 2008. Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Scientia Marina*, 72S1:7-198.