

# 臺灣魚類耳石典藏

張至維<sup>1,2\*</sup>、朱永淳<sup>1,2</sup>、程紫芸<sup>2</sup>、林千翔<sup>1</sup>、鄭少茵<sup>1</sup>、江偉全<sup>3\*\*</sup>、李匡悌<sup>4\*\*\*</sup>

<sup>1</sup> 國立海洋生物博物館

<sup>2</sup> 國立東華大學海洋生物多樣性及演化研究所

<sup>3</sup> 水產試驗所東部海洋生物研究中心

<sup>4</sup> 中央研究院歷史語言研究所

計畫名稱：臺灣魚類耳石典藏

執行單位：國立海洋生物博物館

## 摘要

耳石是硬骨魚類協調運動平衡及聽覺的巖石結晶體。除了是生命史及環境的記錄器外，耳石形態具有種的專一性，可當做魚種的鑑定依據，廣泛被應用在系統分類、漁業生物、攝食生態、古生物及考古學等研究領域。臺灣魚類的物種數超過 3,000 種，本研究逐年完備包含影像及描述之「臺灣魚類耳石典藏 (<http://oto.nmmba.gov.tw/>)」網頁建置。截至目前為止，資料庫中計有 28 目 165 科 1,039 種共 1,492 筆資料，涵蓋珊瑚礁 (30 科 382 種)、沿岸域 (60 科 361 種)、深海區 (52 科 158 種)、大洋區 (14 科 72 種)、潮間帶 (4 科 39 種) 及淡水水域 (5 科 27 種) 等臺灣常見魚類耳石。應用此資料庫於現生魚類系統分類學之研究，本計劃已完成臺灣珊瑚礁區常見的 28 屬 94 種隆頭魚科魚類 (Labridae) 之耳石形態學研究，及透過其耳石輪廓形狀參數及縱溝特徵比例之分析，探討耳石形態與系統分類及棲地類型之關聯性。而在考古學之研究應用方面，本計劃完成臺南科學園區考古遺址中之耳石魚種鑑定，其中最常見的耳石組成為石首魚科 (Sciaenidae) 及海鯰科 (Ariidae)；另由聚落遺址漁獲之石鱸屬魚類 (*Pomadasy*) 耳石之種類組成與體型估算，提供古群聚及古漁業研究之重要參考資訊。本計劃未來將開拓南中國海鄰近海域國家之採集合作，齊備臺灣魚類耳石典藏，並作為後續進行印度西太平洋地區魚類耳石典藏之基礎。並將結合國內耳石典藏的相關成果，共同與全球耳石典藏資料庫進行資料互享與連結，以擴大數位典藏公開閱覽及接軌國際之成效。

**關鍵字：**耳石、形態學、魚類系統分類、考古學、數位典藏

---

\* 通訊作者 Email: changcw@nmmba.gov.tw

\*\* 共同通訊作者 Email: wcchiang@mail.tfrin.gov.tw

\*\*\* 共同通訊作者 Email: kuang@asihp.net

## 一、前言

耳石 (Otolith)，一種由碳酸鈣與有機基質交互形成的霰石結晶體，是硬骨魚類協調運動平衡及聽覺的感受器之一，依其存在魚類內耳膜性迷路系統中的位置可區分為三對，即礫石 (Lapillus)、扁平石 (Sagitta) 與星狀石 (Asteriscus) (Degens et al., 1969; Lowenstein, 1971)。耳石是時間及環境的記錄器，受到外在因子 (如光週期及水溫變化) 及內在因子 (如生理條件及新陳代謝率) 等調控而形成規律性的輪紋，常被用來解析魚類的年 (日) 齡及成長。源自外在水體環境，經由魚鰓或腸道吸收進入血液及內淋巴系統，然後才沉積在耳石上的元素組成，是魚類洄游模式、棲息環境歷程以及系群判別的重要依據 (Campana and Neilson, 1985; Campana, 1999)。

耳石的外部形態具有魚種的專一性，已被廣泛應用在現生魚類系統分類 (Yu and Shen, 1987; Smith, 1992, Tuset et al., 2006; Uiblein et al., 2008)、魚食性生物如某些魚類、鳥類、鰭腳類和鯨豚之胃內容物、食糞或排遺組成分析 (Murie and Lavigne, 1985; Jobling and Breiby, 1986; Barrett et al., 1990; Cottrell et al., 1996; Wang, 2003)、化石魚類群聚種類鑑定 (Fitch, 1967; Nolf 1985, 1995) 及考古遺址魚類組成判定 (Butler, 1988; Gordon, 1993; Weisler, 1993) 等相關研究。

全球的魚類物種數估計至少超過31,000種，除了全球分布的魚種外，大多數魚種的分布具有地域性。因此國際上進行魚類耳石系統收集及形態描述的研究，皆以涵蓋地區性海域的代表性或常見種類為主，如白令海、阿拉斯加灣及貝德福海 (Morrow, 1977; 1979)、日本的162科550種 (Ohe 1985, Iizuka and Katayama, 2008)、東北大西洋 (Härkönen, 1986)、南極 (Hecht, 1987; Williams and McElowney, 1990)、南非的181科972種 (Smale et al., 1995)、印度太平洋的998種 (Rivaton and Bourret 1999)、東北太平洋 (Harvey et al., 2000)、阿根廷 (Volpedo and Echeverria 2000)、西北大西洋的97科288種 (Campana, 2004)、澳洲的68科141種 (Furlani et al., 2007)、西地中海、北大西洋及東中大西洋的99科348種魚類 (Tuset et al., 2008) 及臺灣東北部海域 (林, 2010) 等。印度西太平洋海域的魚種多樣性及特有性極高，而臺灣魚類的總數超過3,000種 (Shao, 2012)，顯見本海域魚類耳石系統典藏建置及其相關研究之必要性。

## 二、計畫緣由及網頁資料庫建置

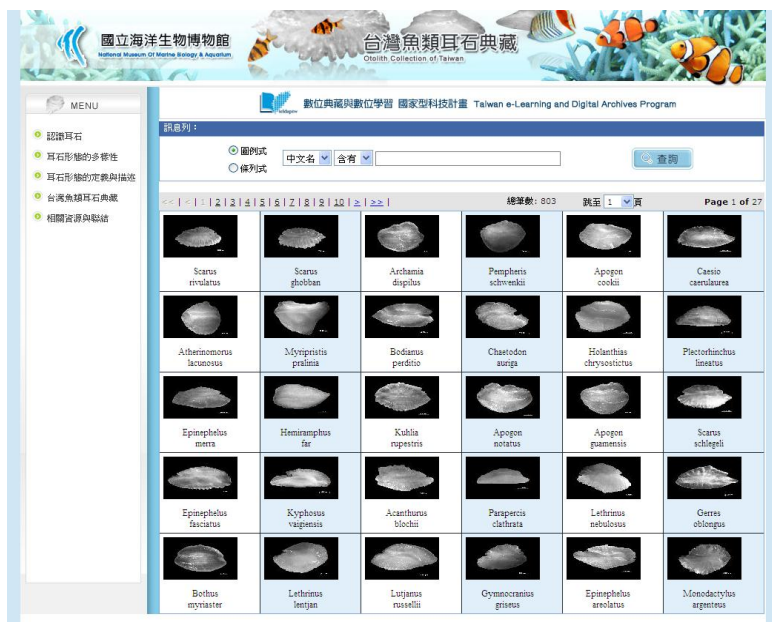
在國科會人文處數位典藏與數位學習國家型計畫，以及國立海洋生物博物館標本典藏之共同支持下，「臺灣魚類耳石典藏」於計畫第一年度 (2009年8月至2010年7月) 完成400種魚類耳石之數位典藏，並建置完成相關公開網頁提供查詢。計劃第二年度 (2010年8月至2011年7月)，除了本館持續的魚類標本採集經費支持之外，藉由水產試驗所東部海洋生物研究中心的共同協助，以該研究中心過去進行東部海域魚類多樣性調查所記錄之超過133科737種的魚類為基礎，大幅提升臺灣魚類耳石典藏的東部海域涵蓋性，並另外再增加400種魚類耳石之數位典藏。計畫第三年度 (2011年8月至2012年12月)，除了持續累計典藏至1,000種魚類耳石之總目標外，亦透過中央研究院歷史語言研究所的共同參與，將歷年來自臺南科學園區考古遺址中所發掘出土之耳石標本，與本計劃已完成之現生魚類耳石形態資料庫比對，鑑定超過600筆以上之遺址耳石標本。

本計劃使用全電動立體顯微鏡 (ZEISS Discovery V20)，以及電子顯微鏡 (HITACHI S-3500N)，進行高解析度耳石數位化影像之攝製，並依據南非海水魚類耳石圖鑑之耳石特徵定義 (Smale et al. 1995)，進行其外部及細部形態描述。各耳石影像之後設資料計有標本號、學名、中文名、形狀、厚度、中間面、側面、背側邊緣、邊緣形狀、腹側邊緣、後側邊緣、縱溝、縱溝丘、偽縱溝、口部、尾部、口尾部分化、溝頸、上隆脊、下隆脊、背側凹陷、腹側凹陷、吻部、對吻部、開口等描述。耳石及魚體檢證標本 (Voucher specimen) 之實體典藏，可提供日後進行各式耳石形態分析研究，以及魚種分類驗證之標本依據。因此，經影像數位化後之魚類耳石及其魚體檢證標本，亦比照本館標本處理作業流程一併典藏保存。本計劃之耳石數位影像與形態特徵描述，以及魚體檢證標本之數位影像與後設資料，整合於本館臺灣魚類耳石典藏網頁 (Otolith Atlas of Taiwan Fishes, <http://oto.nmmba.gov.tw/>) (圖一)。本資料庫所使用的魚種學名及分類體系完全參照臺灣物種名錄 (Catalogue of Life in Taiwan, TaiBNET, <http://taibnet.sinica.edu.tw/>) 建置，而各式魚類生物生態數位資料也可與臺灣魚類資料庫 (The Fish Database of Taiwan, <http://fishdb.sinica.edu.tw/>) 相互連結。截至目前為止，本計劃資料庫中累計已有 28 目 165 科 1,039 種，共 1,492 筆耳石影像資料，其中涵蓋採集自珊瑚礁區之 30 科 382 種、沿岸域之 60 科 361 種、深海之 52 科 158 種、大洋海域之 14 科 72 種、潮間帶之 4 科 39 種，以及淡水域之 5 科 27 種等臺灣常見魚類耳石。

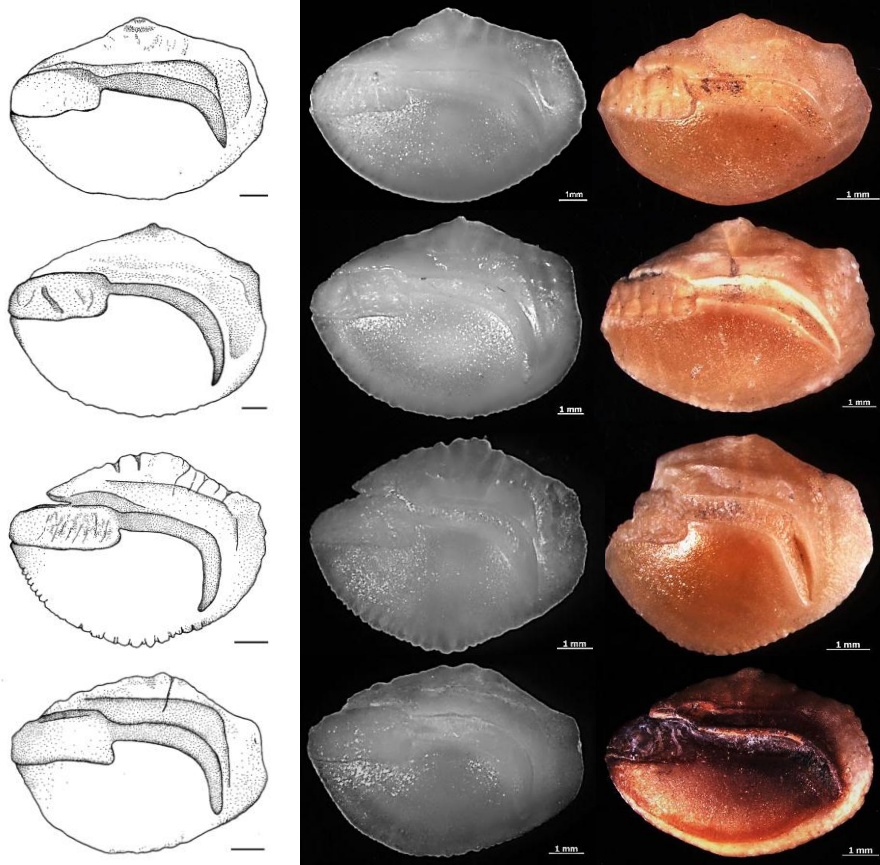
### 三、學術研究應用

應用此耳石資料庫之成果，本計劃分別於現生魚類系統分類以及考古學兩研究範疇，皆已有學術成果產出。在現生魚類耳石部分，本計劃以臺灣珊瑚礁區常見的 28 屬 94 種隆頭魚科 (Labridae) 為材料，進行其耳石輪廓形狀參數及縱溝特徵比例之形態學研究；並將魚種棲地分為珊瑚礁區、海草區與砂泥底質區，以探討耳石形態及棲地類型之關聯。結果顯示隆頭魚的耳石形態多為橢圓形或卵圓形、邊緣平滑程度不一、喙部不發達和多樣的異縱溝形。特定的輪廓形狀參數以及縱溝特徵參數具有顯著的屬間差異，顯示各屬耳石形態不同且多樣化。主成分分析顯示，僅以縱溝參數進行分析並無法有明顯的屬間分群，反而是利用輪廓參數分析能有較佳分群。此結果與過去所認知，耳石輪廓形狀在目及科的層級有較好的辨識性，縱溝特徵則是應用在屬及種的層級之推論，並非完全符合。礁岩區物種的耳石較為長橢圓形、縱溝面積比例較大且尾部較長，砂泥底質區域物種則大多為偏圓形、縱溝面積比例較小且尾部較短的耳石 (程, 2011)。

而在考古學之研究應用方面，本計劃完成臺南科學園區三處考古遺址出土之耳石魚種鑑定，其中以石首魚科 (Sciaenidae) 及海鯰科 (Ariidae) 為最常見之耳石組成。此外，本計劃比對發掘自南關里東遺址之石鱸科 (Haemulidae) 耳石與現生種耳石之形態異同，確認遺址出土耳石包含銀雞魚 (*Pomadasyus argenteus*)、星雞魚 (*P. kaakan*)、斑雞魚 (*P. maculatus*) 及四線雞魚 (*P. quadrilineatus*) 等四種石鱸屬魚類 (圖二)。並利用現生魚種之耳石長度與魚體長及魚體重關係之建立，估算遺址聚落最常漁獲之銀雞魚的體型組成，大多為小於 15 cm 及 60 g 之個體，僅發現一尾體長估算為近 60 cm 的大型個體。透過魚種分布的特性分析以及考古文物之證據支持，本研究提供古代聚落及古代漁業研究之重要參考資訊 (Lin et al. in press)。



圖一、「臺灣魚類耳石典藏 (http://oto.nmmba.gov.tw/)」網頁  
(上) 耳石影像查詢資料庫；(中) 耳石形態特徵描述；(下) 魚體檢證標本資訊



圖二、石鱸屬魚類耳石。(自上至下) 銀雞魚 *Pomadasys argenteus*、星雞魚 *P. kaakan*、斑雞魚 *P. maculatus* 及四線雞魚 *P. quadrilineatus*；(自左至右) 耳石內面形態特徵示意圖、現生耳石及遺址出土耳石

#### 四、未來展望

本計劃完成1,000種臺灣魚類耳石之數位典藏，約佔臺灣產硬骨魚類總魚種數之三分之一。由於臺灣周邊沿近岸與河川流域棲地環境的持續變遷，以及長期在各水域環境下的漁獲利用，已使魚種的採集更加不易。未來有必要規畫及開拓南中國海鄰近海域國家之採集合作，其採獲的標本除了可齊備臺灣魚類耳石典藏缺少的物種外，亦可作為後續進行印度西太平洋地區魚類耳石典藏之基礎。

除了本計劃的成果外，中研院生物多樣性研究中心之「臺灣魚類資料庫」中，另有392筆臺灣魚類耳石之高解析度數位影像（圖三）。未來兩資料庫將進行耳石影像資料之結合，而本計劃網頁也將進行中英文版雙介面的重置，並規劃將整合後之臺灣魚類耳石影像與目前全球典藏最多耳石影像之 AFORO 網站（Anàlisi de FORMes d'Otòlits (Shape Analysis of Fish Otoliths)，<http://www.cmima.csic.es/aforo/>）進行資料互享與連結（Lombarte et al., 2006），以擴大數位典藏公開閱覽及接軌國際之成效。



圖三、「臺灣魚類資料庫 (<http://fishdb.sinica.edu.tw/>)」之耳石數位影像網頁

## 參考文獻

- Barrett, R.T., N. Rov, J. Loen and W.A. Montevecchi. 1990. Diets of shags *Phalacrocorax aristotelis* and cormorants *P. carbo* in Norway and possible implications for gadoid stock recruitment. *Mar Eco Prog Ser* 66: 205-218.
- Butler, V.L.. 1988. Lapita fishing strategies: the faunal evidence. In PV Kirch, TL Hunt(eds) *Archaeology of the Lapita cultural complex: a critical review*. Thomas Burke Memorial Washington State Museum Research Report No. 5. Seattle. p99-115.
- Campana, S.E.. 1999. Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms, and applications. *Mar Ecol Prog Ser* 188: 263-297.
- Campana, S.E.. 2004. *Photographic atlas of fish otoliths of the Northwest Atlantic Ocean*. NRC Research Press, Ottawa, Ontario. 284 pp.
- Campana, S.E. and J.D. Neilson. 1985. Microstructure of fish otoliths. *Can J Fish Aquat Sci* 42: 1014-1032.
- Cottrell, P.E., A.W. Trites and E.H. Miller. 1996. Assessing the use of hard parts in faeces to identify harbour seal prey: results of captive feeding trial. *Can J Zool* 74: 875-880.
- Degens, E.T., W.G. Deuser and R.L. Haedrich. 1969. Molecular structure and composition of fish otoliths. *Mar Biol* 2: 105-113.
- Fitch, J.E.. 1967. The marine fish fauna, based primarily on otoliths, of a lower Pleistocene deposit at San Pedro, California. *Los Angeles County Mus Sci* 128: 1-23.
- Furlani, D., R. Gales and D. Pemberton. 2007. *Otoliths of common Australian temperate fish: A photographic guide*. CSIRO Publishing, Collingwood. 208 pp.

- Gordon, E.A.. 1993. Screen size and differential faunal recovery: a Hawaiian example. *Journal of Field Archaeology* 20: 453-459.
- Härkönen, T.. 1986. Guide to the otoliths of the bony fishes of the Northeast Atlantic. Danbiu ApS, Biological Consultants, Hellerup, Denmark. 256 pp.
- Harvey, J.T., T.R. Loughlin, M.A. Perez, D.S. Oxman. 2000. Relationship between fish size and otolith length for 63 species of fishes from the eastern North Pacific Ocean. NOAA Tech Rep NMFS 150: 1-36.
- Hecht, T.. 1987. A guide to the otoliths of Southern Ocean fishes. *S Afr J Antarct Res* 17(1): 1-87.
- Iizuka, K. and S. Katayama. 2008. Otolith morphology of teleost fishes of Japan. *Bull Fish Res Agen* 25: 1-222.
- Jobling, M. and A. Breiby. 1986. The use and abuse of fish otoliths in studies of feeding habits of marine piscivores. *Sarsia* 71: 265-274
- Lin, C.H., K.T. Li and C.W. Chang (in press). Identification of *Pomadasy* species (Pisces, Haemulidae) from an archaeological midden site in Nankuanli East (Taiwan), based on otolith morphology. *Raffles Bull Zool*.
- Lombarte, A., Ò. Chic, V. Parisi-Baradad, R. Olivella, J. Piera and E. García-Ladona. 2006. A web-based environment from shape analysis of fish otoliths. The AFORO database. *Scientia Marina* 70: 147-152.
- Lowenstein, O. 1971. The labyrinth. In WS Hoar, DJ Randall (eds) *Fish Physiology* Vol. V, Academic Press, New York. p207-240.
- Morrow, J.E.. 1977. Illustrated keys to otoliths of forage fishes of the Gulf of Alaska, Bering Sea and Beaufort Sea. In *Environmental Assessment of the Alaskan Continental Shelf. Outer Continental Shelf Environmental Assessment Program*, Boulder, Colorado, p757-825.
- Morrow, J.E.. 1979. Preliminary keys to otoliths of some adult fishes of the Gulf of Alaska, Bering Sea, and Beaufort Sea. NOAA Tech Rpt NMFS Circ, US Dept Comm No. 420. 33 pp.
- Murie, D.J. and D.M. Lavigne. 1985. Interpretation of otoliths in stomach content analyses of phocid seals: quantifying fish consumption. *Can J Zool* 64: 1152-1157.
- Nolf, D.. 1985. Otolithi piscium. In HP Schultze(ed) *Handbook of Paleichthyology*. Vol. 10. Gustav Fischer Verlag, New York. 145 pp.
- Nolf, D.. 1995. Studies on fossil otoliths- the state of the art. In DH Secor, JM Dean, SE Campana (eds) *Recent developments in Fish Otolith Research*. University of South Carolina Press, Columbia, SC. p513-544.
- Ohe, F.. 1985. Marine fish-otoliths of Japan. The Senior High School Attached to the Aichi University of Education, Kariya, Japan. 184 pp.
- Rivatón, J. and P. Bourret. 1999. Les otolithes des poissons de l'Indo-Pacifique. Nouméa: IRD, II2, 378 pp.
- Shao, K.T.. 2012. Taiwan Fish Database. WWW Web electronic publication. version 2009/1. <http://fishdb.sinica.edu.tw>, (2012-11-16).
- Smale, M.J., G. Watson and T. Hecht. 1995. Otolith atlas of southern African marine fishes. *Ichthyological Monographs of the JLB Smith Institute of Ichthyology*. Vol. 1. 253 pp.
- Smith, M.K.. 1992. Regional differences in otolith morphology of the deep slope red snapper *Etelis carbunculus*. *Can J Fish Aquat Sci* 49: 795-804.
- Tuset, V.M., A. Lombarte and C.A. Assis. 2008. Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central

- eastern Atlantic. *Scientia Marina* 72S1: 7-198.
- Tuset, V.M., P.L. Rosin and A. Lombarte. 2006. Sagittal otolith shape used in the identification of fishes of the genus *Serranus*. *Fish Res* 81: 316-325.
- Uiblein, F, J.G. Nielsen and P.R. Møller. 2008. Systematics of the Ophidiid Genus *Spectrunculus*(Teleostei: Ophidiiformes) with Resurrection of *S. crassus*. *Copeia* 2008(3): 542-551.
- Volpedo, A.V. and D.D. Echeverria. 2000. *Cataloga y claves de otolitos para las identificacion de peces del mar Argentino*. Editorial Dunken, Buenos Aires. 88 pp.
- Wang, M.C.. 2003. Feeding habits, food resource partitioning and guild structure of odontocetes in Taiwanese waters. PhD Dissertation, National Taiwan University, Taipei, 136 pp.
- Weisler, M.I.. 1993. The importance of fish otoliths in Pacific Island archaeofaunal analysis. *New Zealand Journal of Archaeology* 15: 131-159.
- Williams, R. and A. Mceldowney. 1990. A guide to the fish otoliths from waters off the Australian Antarctic Territory, Heard and Macquarie Islands. ANARE Research Notes. No. 75. 173 pp.
- Yu, L.C. and S.C. Shen. 1987. Study on sciaenoid fishes from Taiwan. *Ann Taiwan Mus* 30: 65-134.
- 林千翔 (2010) 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，臺北，207頁。
- 程紫芸 (2011) 臺灣產隆頭魚科魚類耳石形態學研究。國立東華大學海洋生物多樣性及演化研究所碩士論文，屏東，82頁。