

國立臺灣大學理學院地質科學學系

碩士論文

Department of Geosciences

College of Science

National Taiwan University

Master Thesis

臺灣劍齒象屬分類芻議及其生物地理意義

A Revise of Classification of *Stegodon* of Taiwan and its
Biogeographical Implication



吳允心

Yun-Hsin Wu

指導教授：魏國彥 博士

Advisor: Kuo-Yen Wei, Ph.D.

中華民國 98 年 7 月

July, 2009

致謝

感謝學識淵博的**魏國彥教授**在研究學習的過程中對我的諸多指導點化，為本研究出錢出力。

感謝神通廣大的**張鈞翔老師**，對本研究一路相挺，聯繫標本持有者、引介專業學者、共同野外調查，殷殷提攜，一切支持，學生銘感五內、不勝感激。

感謝**陳文山教授**、**劉平妹教授**及**謝英宗博士**對本論文提出許多批評指正，使本研究在科學邏輯、學術思維與資料佐證方面更趨完備。感謝**劉平妹教授**與中央研究院歷史語言研究所**林淑芬博士**指導孢粉計量分析方法，並提供所需設備。感謝孢粉與古環境實驗室**李政益**協助孢粉採集工作。

感謝大地博物館慷慨的**陳濟堂陳館長與館長夫人**。感謝其慷慨提供許多標本進行量測與比對，使台灣的劍齒象的組成與型態變異範圍的研究更趨完善，其所提供標本包括新亞種的副模標本。

感謝**菜寮博物館**的諸多配合，並且提供新亞種的模式標本。

感謝**侯立仁先生**慷慨提供許多標本，其中包括新亞種的副模標本，使本研究得以順利進行。

感謝台灣博物館**方建能博士**，在借用台灣博物館研究標本的申請與協調方面諸多出力。

感謝中央地質調查所**謝凱旋組長**，在研究期間帶領研究人員進行菜寮地區哺乳動物產出地點與層位的野外探勘。

感謝台南菜寮的**萬忠風先生**，帶領研究人員至新亞種的模式標本採集地點進行野外調查

感謝**王良傑先生**多次帶領研究相關人員實地走訪野外地點，進行調查與採集。

感謝台中縣**李天德先生**，提供中臺灣地區化石採集地點與科博館標本館藏相關資訊。

感謝北京古脊椎與古人類研究所的**祈國琴研究員**，在作者造訪北京期間，慷慨借調蒐藏庫標本，協助蒐集相關珍貴文獻，並提供本研究重要比對標本與中國相關研究資訊。

感謝日本大阪市立自然史博物館**樽野博幸研究員**，在台訪問期間對種類鑑定與比較方面提供諸多意見與討論。

感謝**吳宛真女士**在研究期間給予的支持，尤其是協助日本文獻的翻譯。

感謝台大地質系微體古生物實驗室**黃致展**、**陳怡綺**、**陳姿彤**、**林荷雅**、**賴永翔**、**陳貞吟**、**莊智凱**、**羅立**，不論在研究期間或論文寫作階段，持續支持與鼓勵本研究之進行，分享與提供相關文獻，和作者互相討論砥礪，提供多維思考，對論文切磋琢磨。其中有為青年**黃致展**、**刻苦耐勞賴永翔**、**陳貞吟**、**莊智凱**、**羅立**更參與了研究初期的野外調查、採集工作。感謝**鄭郁豫女士**協助各類報帳與經費申請事宜。

目錄

致謝	I
中文摘要	V
Abstract	VII
略稱	1
I. 標本蒐藏地	1
II. 標本敘述	1
III. 大地座標系統	2
緒論	3
I. 劍齒象的演化與分佈	3
II. 前人研究所鑑定台灣劍齒象種屬	5
III. 台灣劍齒象發現地點與地層紀錄	7
Terminology and Parameters	12
形質參數測量結果	15
Species Identification	17
I. new subspecies of <i>S. elephantoides</i>	17
II. Revision of species identification	24
III. The uncertainty of the <i>S. aurorae</i> record in Taiwan	27
討論	32
I. <i>S. e. taiwanicus</i> 起源與播遷的兩種假說	32
II. 台灣的劍齒象的播遷	38
參考文獻	41
附錄一	49
附錄二	52

表目錄

Table 1. Comparative morphological characters of three species of <i>Stegodon</i> from China.....	23
Table 2. The measurement range of <i>S. miensis</i> and <i>S. aurorae</i> from Japan.....	24



圖目錄

圖一、 <i>Stegodon</i> 和 <i>Stegolophodon</i> 的兩種不同支序分類觀點	3
圖二、台中地區劍齒象發現紀錄地點	9
Fig. 3. Terminology and biometric parameters used to describe <i>Stegodon</i> deciduous premolar and molar	12
圖四、台灣劍齒象頰齒化石形質參數測量結果比較	15
Fig. 5. The geological map of Chochen area and the occurrence location of <i>S. e. taiwanicus</i> holotype	19
Fig. 6. Holotype of <i>S. e. taiwanicus</i> , TLFM-E0025	29
Fig. 7. <i>Stegodon</i> molar NTU-001 and NTUG010-F000589	30
Fig. 8. <i>Stegodon</i> molar NTM-I04016B and NTM-I04031	31
圖九、東亞地區劍齒象世系演變的兩種假說	33
圖十、晚上新世到更新世東亞地區劍齒象的分佈和播遷路徑	34
圖十一、東亞地區劍齒象生存年代範圍	35
圖十二、晚上新世以來全球海水面變化與南中國海的區域海水面變 化	37

中文摘要

「左鎮動物群」是台灣一個極富盛名的更新世哺乳動物群。劍齒象 (*Stegodon*) 是左鎮動物群中的一個成員，在台中與台南地區皆有發現。所發現的劍齒象化石在台中地區分佈於卓蘭層到頭嵛山層，而台南地區的劍齒象化石則集中於崎頂層。卓蘭層的頂界被認為落在哈拉米諾事件 (Jaramillo Event) 底部，而崎頂層則主要屬於布倫期 (Brunhes Epoch)，因此劍齒象應該是先棲息在台灣中部，而後向南擴展。

台灣的劍齒象曾被鑑定出三個種：分別是曙光劍齒象 (*Stegodon aurorae*)、東方劍齒象 (*S. orientalis*)、獨特劍齒象 (*S. insignis*)。除了以上這些種之外，台灣的劍齒象還有一個新亞種：*S. elephantoides taiwanicus*。這是一個介於類象劍齒象 (*S. elephantoides*) 與師氏劍齒象 (*S. zdanskyi*) 之間的中間型，一類體型大而白齒特徵原始的劍齒象。這個亞種的模式標本發現於崎頂層過嶺段，時間上為中更新世。這個亞種可能是來自中國的類象劍齒象或師氏劍齒象的後裔，以台灣作為棲息避難所，原始性的特徵持續保存。

之前鑑定為獨特劍齒象的標本目前已佚失而無法重新檢視。另外，經由型態上的比較與檢視，之前定為曙光劍齒象的兩件標本重新鑑定為東方劍齒象。另一件被鑑定為曙光劍齒象的標本，雖然具有非常相似於日本的曙光劍齒象的特徵，但是因為太過於破碎，無法建立確切的鑑定。因此，並沒有可靠的證據顯示台灣曾有曙光劍齒象存在。

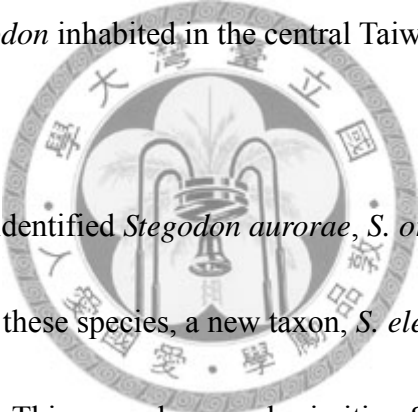
台灣所發現的劍齒象化石可明確的鑑定出兩個物種：類象劍齒象台灣亞種 (*S. e. taiwanicus*) 和東方劍齒象。類象劍齒象與東方劍齒象俱為主要生存於中國南方的物種，且東方劍齒象為更新世大熊貓—劍齒象動物群 (*Ailuropoda-Stegodon* fauna) 典型成員。連同過去所發現的中國犀牛早坂亞種 (*Rhinoceros sinensis hayasaka*)，台灣的劍齒象等大型哺乳動物應自中國南方播遷而來。

關鍵字：左鎮動物群、更新世、類象劍齒象、曙光劍齒象、東方劍齒象、台灣



Abstract

“Chochen Fauna” is one of the most famous mammal fossil faunas in Taiwan during Pleistocene. *Stegodon* fossils from “Chochen Fauna” have been discovered from Taichung and Tainan areas. The *Stegodon* fossils in Taichung distribute from Cholan Formation to Toukeshan Formation while the fossils from Tainan are all from Chiting Formation. Since the top of Cholan Formation mainly is positioned at about the bottom of the Jaramillo Event, whereas the Chiting Formation mainly belongs to Brunhes Epoch, apparently the *Stegodon* inhabited in the central Taiwan and then expanded to southern area.



Previous studies have identified *Stegodon aurorae*, *S. orientalis*, and *S. insignis* from Taiwan. In addition to these species, a new taxon, *S. elephantoides taiwanicus*, has been identified in this study. This was a large and primitive *Stegodon* intermediate between *S. zdanskyi* and *S. elephantoides*. It was found from the Kuoling Member of the Chiting Formation of the middle Pleistocene in age. This newly recognized taxon is considered as a descendant emigrant dispersed from China and became a relic member of the primitive *S. elephantoides* survived in Taiwan refugia.

The specimens of *S. insignis* are missing and can not be reexamined. Two of the specimens previously identified as *S. aurorae* are now revised to be *S. orientalis* by morphological comparisons. Although another specimen identified as *S. aurorae* has

characters similar to *S. aurorae* in Japan, it is actually too fragmental to assure such a taxonomic designation. Hence, there is no solid evidence for the existence of *S. aurorae* in Taiwan.

In summary, Two *Stegodon* species can be identified from Taiwan materials. They are *S. elephantoides taiwanicus* and *S. orientalis*. *S. elephantoides* and *S. orientalis* mainly distributed in southern China and the latter species is known as a member of the Pleistocene *Ailuropoda-Stegodon* fauna. Together with previously discovered *Rhinoceros sinensis hayasaka*, *Stegodon* and other associated large mammals in Taiwan are likely to come from southern China during early to middle Pleistocene.

Keyword: Chochen Fauna, Pleistocene, *Stegodon elephantoides*, *Stegodon aurorae*, *Stegodon orientalis*, Taiwan



III. 大地座標系統

TWD67: 採用 1967 年之大地參考橢球體 (GRS67) 為台灣地區平面基準，大地基準點為南投縣埔里虎子山一等三角點，高程基準以基隆驗潮站鎖定平均海面為依據，並假設虎子山原點大地起伏為零，即假設選用的參考橢球面與大地水準面在該點一致 (葉怡成，1999)。

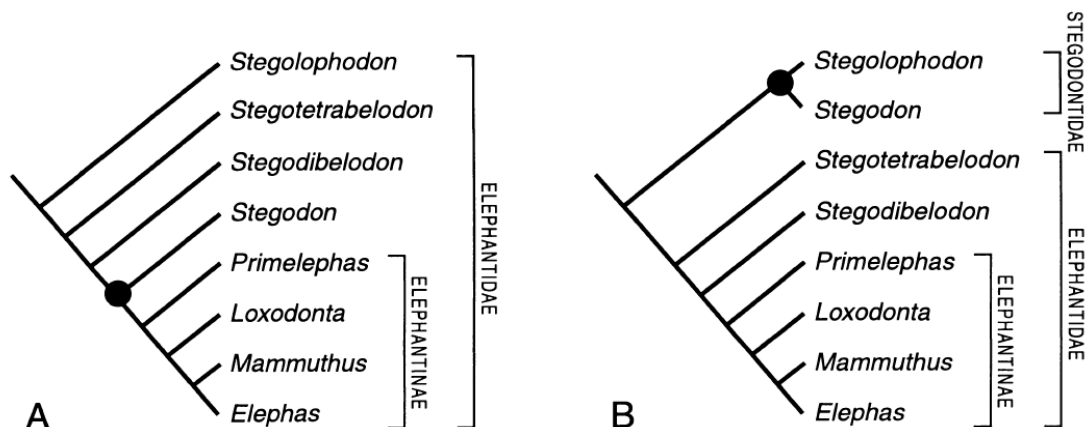


緒論

I. 劍齒象的演化與分佈

劍齒象屬 (*Stegodon*) 是在上新世與更新世時廣泛分佈於亞洲地區的一種長鼻目動物 (Proboscidea)，得名於其具有屋脊般構造的白齒 (*Stego*: roof; *odon*: teeth)，和劍脊齒象屬 (*Stegolophodon*) 同屬於劍齒象科 (Stegodontidae) (Shoshani, 1998; Shoshani and Tassy, 2005)，但也有認為 *Stegodon* 和 *Stegolophodon* 應置於真象科 (Elephantidae) 中的意見 (Kalb *et al.*, 1996)。

Kalb *et al.* (1996) 認為 *Stegodon* 和 *Stegolophodon* 皆應屬於真象科，但是認為兩者屬於旁系群 (paraphyletic group) (圖一、A.)。Shoshani (1996)、Saegusa (1996) 和 Saegusa *et al.* (2005) 都認為 *Stegodon* 和 *Stegolophodon* 屬於單系群 (monophyletic group)，兩者皆屬於劍齒象科 (圖一、B.)。Shoshani (1996) 和 Saegusa (1996) 認為 Kalb *et al.* (1996) 所考慮的嵌齒象 (Gomphotheriidae) 成員與分析使用的形質特徵太少，因此將 *Stegodon* 與 *Stegolophodon* 分開到不同的分類單位的結果有可議之處。另外，Taruno (1985) 將 *Stegolophodon* 歸為嵌齒象科 (Gomphotheriidae) 的一員，而 *Stegodon* 仍屬於劍齒象科。



圖一、*Stegodon* 和 *Stegolophodon* 的兩種不同支序分類觀點。A. Kalb *et al.* (1996) 的觀點，認為兩者屬於真象科 (Elephantidae) 中的不同旁系群。B. Shoshani (1996) 和 Saegusa (1996) 的觀點，認為兩者同屬於劍齒象科 (Stegodontidae)，為單系群 (取自 Sanders, 1999)。

基於對牙齒型態的研究，早期曾有意見認為真象類起源自劍齒象類，提出真象類牙齒的構造與功能型態上的特化是起源於劍齒象類。松本（1924）提出 *Parastegodon*，以其具有高齒冠與排列緊密的齒脊等特徵，與真象類相似，認為真象類可能起源於此（Matsumoto, 1929）。*Parastegodon* 被 Taruno（1991b）歸為 *Stegodon* 的同物異名，而 *Parastegodon* 中成員與真象科的相似性則是不具有相同起源的同型構造（Saegusa, 1987）。Maglio（1973）指出劍齒象的白齒具有扁長的齒脊谷（transverse valley），齒脊由小齒柱（pillar）並排而成，缺乏谷間齒柱（intravalley column）和中軸褶曲（median folding），型態過於特化而與真象類有所區別，因此提出劍齒象（Stegodontidae，包括 *Stegodon* 與 *Stegolophodon*）並非真象類的祖先，而是乳齒象（Mammutidae）的一個分支。

Tassy（1982）認為劍齒象科（包括 *Stegodon* 和 *Stegolophodon*）和乳齒象不具有共同衍徵，並非乳齒象科的成員，而是和嵌齒象科（Gomphotheriidae）更為接近。基於對舌骨構造的研究，Shoshani（1986）也支持這樣的結果。Saegusa（1996）提出對於乳齒象科與 *Stegolophodon* 的頰齒咀嚼面與咀嚼動作的意見，認為由頰齒咀嚼面所顯示的咀嚼動作來看，乳齒象科和 *Stegolophodon* 雖然都在頰齒構造呈現缺乏齒中柱（central conule）與齒脊特性（lophodonty），但這樣的構造在兩者具有不同的功能意義，因此也支持 Tassy 的意見，認為 *Stegolophodon* 和乳齒象科沒有系統發生的關係。

Stegolophodon 一般認為是劍齒象科中較原始的成員，可能是劍齒象科成員演化的源頭（Saegusa, 1996; van den Bergh, 1999）。Taruno（1985）認為在地層的觀點上，*Stegolophodon* 和 *Stegodon* 為同時出現，因此 *Stegolophodon* 不會是 *Stegodon* 的祖先，但是他提出 *Eostegodon* Yabe, 1950 具有介於丘狀齒（bunodont）和脊狀齒（lophodont）間的白齒，而地層分佈位於下部到中部中新統，因此 *Eostegodon* 可為 *Stegodon* 的祖先。然而，Saegusa（1996）將 *Eostegodon* 也歸入 *Stegolophodon* 中，並且整理了各地劍齒象科成員的地質時代紀錄，

Stegolophodon 的紀錄還是老於 *Stegodon*，最老的 *Stegolophodon* 紀錄可溯及早到中中新世的泰國。劍齒象的分佈主要在亞洲地區，包括中國、日本、印度、中南半島與東南亞地區。在非洲和中東地區也有少數分佈，在歐洲和南北美洲則完全沒有紀錄 (Saegusa, 1996; van den Bergh, 1999)。Maglio (1973) 將非洲的劍齒象重新整理後僅剩 *S. kaisensis* 一種。Sander (1999) 報導了一件來自非洲肯亞的 *Stegodon* 化石，根據其產出層 ^{40}K - ^{40}Ar 定年的結果，年代約為 6.5 Ma。這樣的年代其實早於亞洲的 *Stegodon*，但 Saegusa *et al.* (2005) 提出在中國雲南與泰國發現的具有原始型態的劍齒象化石，屬於晚中新世，形態與時代上都可為 *Stegolophodon* 與 *Stegodon* 的中介。加上劍齒象在亞洲地區的蓬勃發展，尤其在中國南部、東南亞到印度一帶，物種分化程度高，從分佈地域上考量，可能以中國南部為 *Stegodon* 的輻射演化中心 (Saegusa, 1996)。

II. 前人研究所鑑定台灣劍齒象種屬

早期早坂一郎曾對台灣發現的劍齒象屬化石進行描述並鑑定出 *S. sinensis*, *S. cf. sinensis*, *S. orientalis*, *S. cf. orientalis* 和 *S. insignis* (Hayasaka, 1930; Hayasaka, 1933b; Hayasaka, 1942)。Shikama *et al.* (1975) 將 Hayasaka (1942) 鑑定為 *S. orientalis* 的一個標本重新鑑定為 *S. sinensis*，即為本研究 NTUG-F8082。Otsuka (1984) 則認為此標本在齒冠寬度、齒冠高程度 (hypsodonty)、齒脊乳突數、白堊質發育程度方面近似於 *S. orientalis*。Shikama *et al.* (1975) 也將 Hayasaka (1942) 鑑定為 *S. sinensis* 的一個產於大坑的標本重新鑑定為 *S. akashiensis* (NTUG 010-F000589)。另有一個產於新化地區烏占湖的層位不明的標本 (NTUG-001) (Hayasaka, 1933b; Otsuka, 1984) 原先被鑑定為 *S. cf. sinensis* (Hayasaka, 1942)，Shikama *et al.* (1975) 則認為這件標本是 *S. aurorae*。國立台灣博物館館藏另有一件劍齒象標本曾進行種屬鑑定的研究。謝英宗與張鈞翔 (2007) 報導了國立台灣博物館館藏的一件劍齒象標本

(NTM-I04016B)，基於過去 Shikama *et al.* (1975)所報導的劍齒象種屬實際上僅包括 *S. orientalis* 和 *S. aurorae*，根據齒脊數與齒脊乳突數將之鑑定為 *S. aurorae*。

早坂一郎當初報導為 *S. insignis* 的標本一件產於台中大坑，一件產於豐原下南坑 (Hayasaka, 1942)。產於台中大坑的標本原應存於台灣大學地質科學系，然而在 Shikama *et al.* (1975)的研究中即因遺失而無法檢視 (Otsuka, 1984)，這件標本目前已佚失。產於豐原下南坑的標本缺乏圖片與標本敘述 (Hayasaka, 1942; Otsuka, 1984)，無法確定標本。因此，本研究對於過去所報導 *S. insignis* 的標本無法進行種屬鑑定或標本型態敘述比較等相關研究。

S. akashiensis 已被認為是 *S. aurorae* 的同物異名 (Saegusa, 1989; Saegusa, 1996; Taruno, 1972)。Taruno (1972)提出在日本的半高齒冠 (subhypsodont) 的劍齒象化石可能都屬於同一物種，即 *S. aurorae*。*S. aurorae* 是日本特有種的劍齒象 (Saegusa, 1996; Saegusa *et al.*, 2005)，因島嶼矮化 (island dwarfism) 而有較小體型，具有半高齒冠，在鼻骨上方有窄小下凹 (epifrontal nasal fossa) (Saegusa, 1987; 1996)。頭骨的型態研究認為 *S. aurorae* 與上新世分佈於中國北方與日本的 *S. zdanskyi* 有很近的親緣關係 (Saegusa, 1987)，和 *S. zdanskyi* 相比，*S. aurorae* 體型縮小了近二分之一，肩高約 2 公尺 (Konishi, 2000; Saegusa, 1996)。*S. aurorae* 在 2.5 Ma 到 3 Ma 之間，因島嶼隔離，由日本大型的劍齒象 *S. miensis* 演化出來 (Konishi and Takahashi, 1999; Saegusa, 1987; Saegusa, 1996; Takahashi and Namatsu, 2000)。日本大型的劍齒象原先皆被定為 *S. shinshuensis* (Taruno, 1991a)，後來由於命名先行權被更改為 *S. miensis* (Saegusa *et al.*, 2005; Taru and Kohno, 2002)。*S. miensis* 形態和親緣接近於 *S. zdanskyi*，可能在早上新世由中國北方的 *S. zdanskyi* 播遷到日本而種化興起 (Saegusa *et al.*, 2005; Taruno, 1991a)。日本大型劍齒象的紀錄最老可溯至 5 Ma (Taruno, 1999)，但早期的大型劍齒象仍相當原始而與 *S. zdanskyi* 相近，確切鑑定為 *S. miensis* 的紀錄出現

在約 4 Ma (Saegusa *et al.*, 2005; Taruno, 1999)，由海平面升降與大陸地區的劍齒象紀錄觀之，Saegusa *et al.* (2005) 認為不能排除 *S. miensis* 並非由與大陸地區的隔絕形成的可能性，有可能在中國沿海地帶發生 *S. zdanskyi* 到 *S. miensis* 的演化推移。

S. sinensis 和 *S. orientalis* 是另外兩種前人鑑定出的台灣產劍齒象。然而，*S. sinensis* 和 *S. orientalis* 是否為同物異名尚有爭議 (Takai, 1939)。Saegusa (1996) 認為由於 *S. sinensis* 的模式標本 (Holotype) 是一個第三前臼齒的破片，難以被鑑定，加上中國和日本地區發現的「*S. sinensis*」標本皆屬於 *S. orientalis*，*S. sinensis* 這個學名應僅指涉其命名的模式標本。*S. orientalis* 是中到晚更新世最廣為分佈的劍齒象 (Schepartz *et al.*, 2005; van den Bergh, 1999)，主要棲息於中國南方，屬於華南地區大熊貓—劍齒象動物群 (*Ailuropoda-Stegodon* fauna) 的典型成員。除了大陸地區 (如中國、中南半島)，這個物種也成功地在島嶼間移棲擴散，包括北至日本，南至印尼諸島皆可見其蹤跡 (宗冠福, 1995; Tougard, 2001; Taruno, 1991a)。由於目前缺乏對 *S. orientalis* 頭骨形態進行的系譜研究，關於其起源與親緣關係，還不能確定。但是由臼齒形態構造來看，Young (1938) 描述並命名的 *S. preorientalis* 相近於 *S. orientalis* (周明鎮與張玉萍, 1974; Saegusa, 1987)，可能是 *S. orientalis* 的祖先 (Young, 1938)。Saegusa (1996) 和 Saegusa *et al.* (2005) 認為 *S. preorientalis* 的模式標本和 *S. orientalis* 沒有明顯差異，應歸併為 *S. orientalis*，但在中國廣西柳城巨猿洞所報導並鑑定為 *S. preorientalis* 的化石確實呈現較原始的劍齒象的形態。宗冠福 (1995) 則認為 *S. preorientalis* 的模式標本可鑑定為 *S. elephantoides*，並且將巫山、雲南元謀與廣西的部份劍齒象化石皆歸入 *S. elephantoides*，他認為由頰齒形態和生存時代來看，從中國北方的 *S. zdanskyi*、南方的 *S. elephantoides* 到 *S. orientalis* 之間存在密切的系譜演化關係。

III. 台灣劍齒象發現地點與地層紀錄

台灣曾發現劍齒象的地點主要在台灣中部與台南地區。台灣中部地區包括：(1) 台中縣豐原下南坑 (Hayasaka, 1942; 林朝榮, 1952)、(2) 台中縣東勢水井子 (Hayasaka, 1942)、(3) 台中縣東勢趙厝 (李, 2009, 私人通訊)、(4) 台中市大坑 (Hayasaka, 1933a)、(5) 南投縣中寮鄉東勢閣 (Otsuka, 1984)。台南地區包括：(1) 台南縣新化烏占湖 (Hayasaka, 1942; Hayasaka, 1933b)、(2) 台南縣左鎮過嶺 (Hayasaka, 1933b)、(3) 台南縣左鎮牛糞坑 (Otsuka, 1984)、(4) 台南縣關廟五甲 (Otsuka, 1984)。

對於劍齒象化石出產地點大多缺乏詳細的相關地質記述，從地點上來看 (圖二)，台中縣豐原下南坑在中央地質調查所出版五萬分之一地質圖—國姓圖幅中，位於卓蘭層，處於河川上游地帶，Hayasaka (1933a) 與林朝榮 (1952) 皆提及由東勢劉永祥先生所提供劍齒象化石產於此地泥岩。因此可以推論，產於豐原下南坑的劍齒象化石來自於卓蘭層。台中縣東勢水井子位於新社西南方，台中縣東勢趙厝位於大甲溪與大安溪之間，地質圖上亦屬卓蘭層 (圖二)。此地發現之劍齒象化石標本目前為國立自然科學博物館館藏 (NMNS 003617-F003770)，根據提供者李天德先生所述，此標本產於地層露頭 (李, 2009, 私人通訊)。鄰近趙厝之大安溪上游流經東方的錦水頁岩等更老岩層，在這些區域缺乏哺乳動物化石產出紀錄，因此產於趙厝之標本可以推論來自卓蘭層。

早坂一郎 (Hayasaka, 1933a) 所紀錄台中大坑的劍齒象屬化石 (NTUG 010-F000589、NTUG-F8082) 產出地點在大坑溪最上游左岸一個支谷的斜面。這個斜面的露頭下部為含有流木的泥岩，泥岩上方是約 3 公尺的砂岩出露，推測化石乃由此斜面中崩落出來。此區域在楊志成 (1997) 的研究中，以岩性地層對比的方式，劃入卓蘭層內。羅偉等 (1999) 則將此大坑溪上游地區劃為頭嵛山層香山相 (圖二)。因為卓蘭層與頭嵛山層為整合接觸且是漸變關係，卓

台南縣發現劍齒象化石的地點大致在左鎮到龍崎、關廟一帶地區。地層分佈包括崎頂層的過嶺段與大坑尾段（何信昌等人，2005）。台南縣新化烏占湖採集的劍齒象標本沒有確切的產出層位，是在河床底部的礫石中撿拾而得（Hayasaka, 1933b; Hayasaka, 1942; Otsuka, 1984; Shikama *et al.*, 1975），後來被 Shikama *et al.*（1975）鑑定為 *S. aurorae*（NTUG-001）。台南縣左鎮鄉過嶺的劍齒象化石（TLFM-E0025）採集於菜寮溪在澄山吊橋南側一支流小溪谷中，斜面的崩積物上。斜面旁的露頭下部為青灰色泥質粉砂岩，上部為黃色砂岩間夾沙頁互層，推測化石由此露頭中崩落出來。在牛糞坑附近採集的劍齒象化石被鑑定為 *S. sinensis*，產於粗顆粒砂岩層中（Otsuka, 1984）。關廟五甲有一層青灰色到黃色的頁岩和砂岩，產出包括 *Stegodon*、*Elephas*、*Bison*、*Cervus* 等哺乳動物化石（Kaneko, 1941; Otsuka, 1984）。

台南縣產出化石的這些地區大致在新化丘陵一帶，是為台灣更新世哺乳動物化石的重要產區。*Cervus*、*Sus*、*Stegodon*、*Mammuthus* 等哺乳動物化石都有在左鎮新化丘陵地區的發現紀錄（陳光祖，2000; Qi *et al.*, 1999），被稱為左鎮動物群（陳光祖，2000; Qi *et al.*, 1999）。左鎮動物群是屬於早更新世到中更新世在台灣本島的化石群集，而左鎮地區則是其中主要的化石產出地點（陳光祖，2000）。Shikama *et al.*（1975）和 Otsuka（1984）報導這些化石集中在上部崎頂層出現，即為現今崎頂層過嶺段與大坑尾段。根據超微化石的生物地層研究結果，崎頂層落在 NN19 超微化石帶中的 *Pseudoemiliana lacunosa* 亞帶（洪崇勝與謝凱旋，2007），但在崎頂層中並沒有發現 *P. lacunosa* 的末現面，因為到了崎頂層上部的大坑尾段，進入陸相沈積環境，不利於超微化石保存（謝凱旋，1991）。在地磁紀錄方面，在古亭坑層的最上部有發現 Jaramillo 頂界的紀錄（Horng *et al.*, 1998; 洪崇勝與謝凱旋，2007），而從內崗林到大坑尾之間找到正向磁極的紀錄，指示為 Brunhes 期（洪崇勝，2009，私人通訊）。Jaramillo 時間為 1.07~0.99 Ma，Brunhes 期為 0.78 Ma 至今（Berggren *et al.*, 1995）。磁生物

地層紀錄提供一個台南的劍齒象化石產出的時代區段，劍齒象產出實際含括的年代可能比這個時代區段更窄。台南的劍齒象化石年代範圍落在 0.78~0.46 Ma 之間。

雖然台灣劍齒象化石的確切年代尚未可知，基於磁地層研究的結果，台灣中部的劍齒象化石從 Jaramillo 底部以下的卓蘭層開始出現。南部的劍齒象化石產出的過嶺段和大坑尾段都是在 Jaramillo 頂界以上，甚至是 Bruhnes 期中。因此，劍齒象較早開始在台灣中部棲息，之後才擴展到台南地區。

本研究中檢視了包括博物館、大學收藏與私人搜藏的台灣劍齒象化石，其中包括已被報導過的標本，試圖重新鑑定與建立台灣劍齒象的種屬藍圖，並且透過與鄰近地區劍齒象類群的物種比較、分佈與年代範圍，討論台灣的劍齒象屬生物地理歷史。

由於國際動物命名規約 (International Code of Zoological Nomenclature, ICZN) 建議在「發表的新分類單元的鑑別特徵，應以動物學中在國際上廣泛使用的語言為之」(ICZN, 1999)。因此本文在新亞種發表與物種鑑定的部份以英文闡述之，並為配合其對形態的敘述與比較，測量參數與構造名稱一併以英文闡述。

Terminology and Parameters

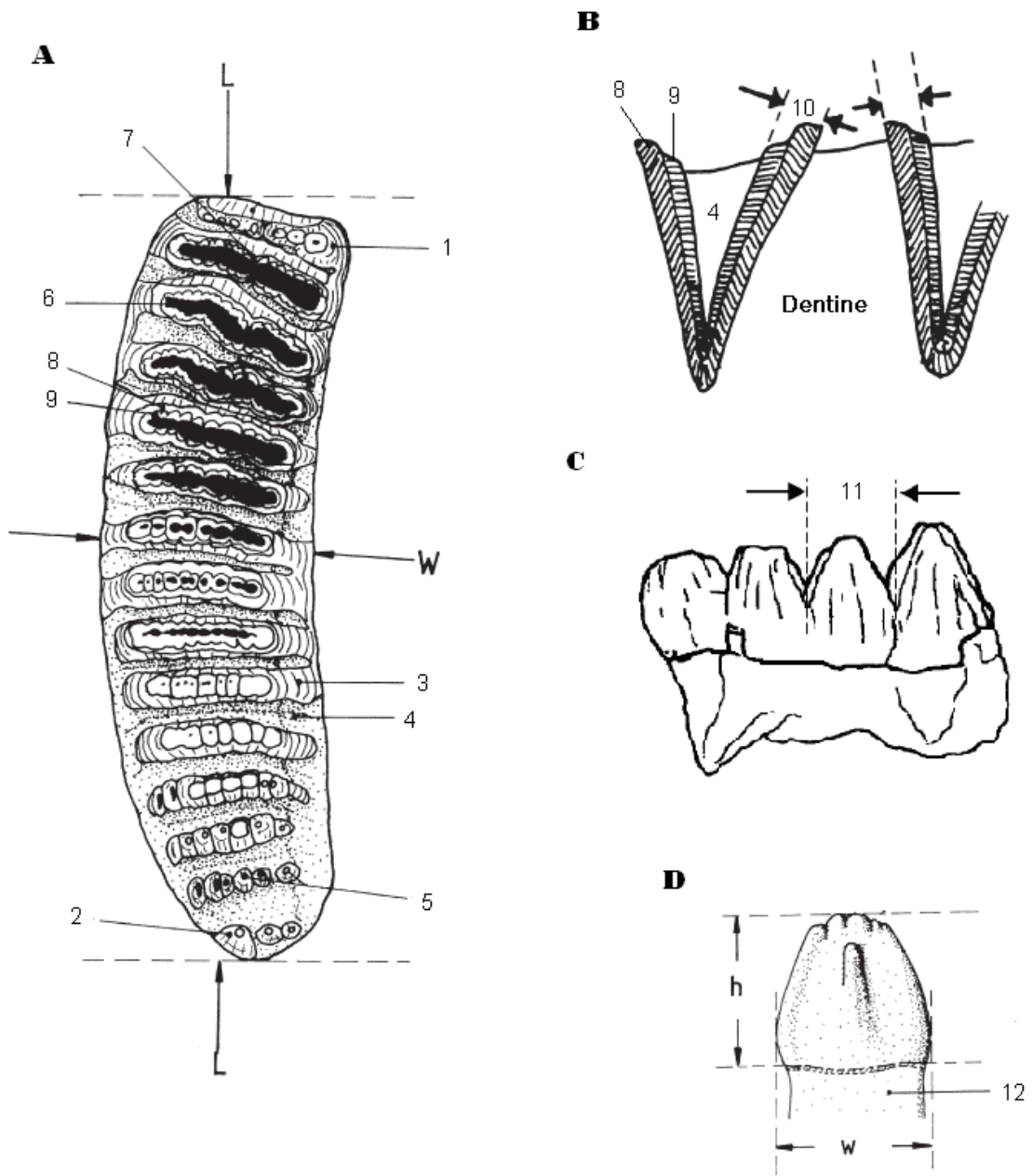


Fig. 3. Terminology and biometric parameters used to describe *Stegodon* deciduous premolar and molar. Modified from van den Bergh (1999) and Schepartz *et al.* (2005).

N = Ridge number. “x” indicates the halfridge in the medial or distal end of molar.

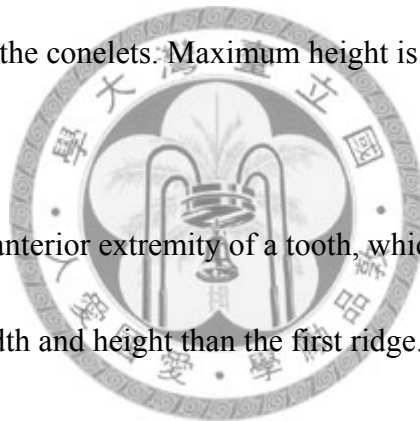
L = maximum length, measured along the longitudinal axis of the teeth.

W = maximum width, measured on the width ridge of the teeth, along the longitudinal axis of the ridge.

w = width of individual ridge, measured along the longitudinal axis of the ridge.

h = height of individual ridge, measured vertically from the crown base to the apex of the conelets.

H = maximum height, measured on the highest unworn ridge, vertically from the crown base to the apex of the conelets. Maximum height is only given from unworn ridges.



1 = anterior halfridge. At anterior extremity of a tooth, which is sharing root with the first ridge and has less width and height than the first ridge.

2 = posterior halfridge. At posterior extremity of a tooth, sharing root with the last ridge and has less width and height than the last ridge.

3 = deciduous premolar or molar ridges.

4 = transverse valley filled with cement.

5 = conelets or mammillae of ridge. Tassy (1996) referred the term “conelet” to the subdivision cusp of each main cusp and Saegusa (2005) identified mammillae as “small round structure seen on the submit of the loph(id). This structure is brought out by the subdivision of cusps or conelets.” However, some authors, such as Schepartz *et*

al. (2005), used the term “conelets number” to indicate the count of this structure. In this article, the usage of the term follows Schepartz *et al.* (2005).

6 = dentine

7 = median cleft or median sulcus.

8 = outer enamel.

9 = inner enamel.

10 = ET, enamel thickness. ET is measured perpendicular to the enamel surfaces of ridges. In broken ridges, ET can be obtained from vertical broken enamel surface. At

least 10 measurement of ET would be made on a specimen. The mean of the 10 measurement will be used to represent the ET of the specimen.

11 = ridge width on lateral side. Both buccal and lingual sides are taken.

12 = root.

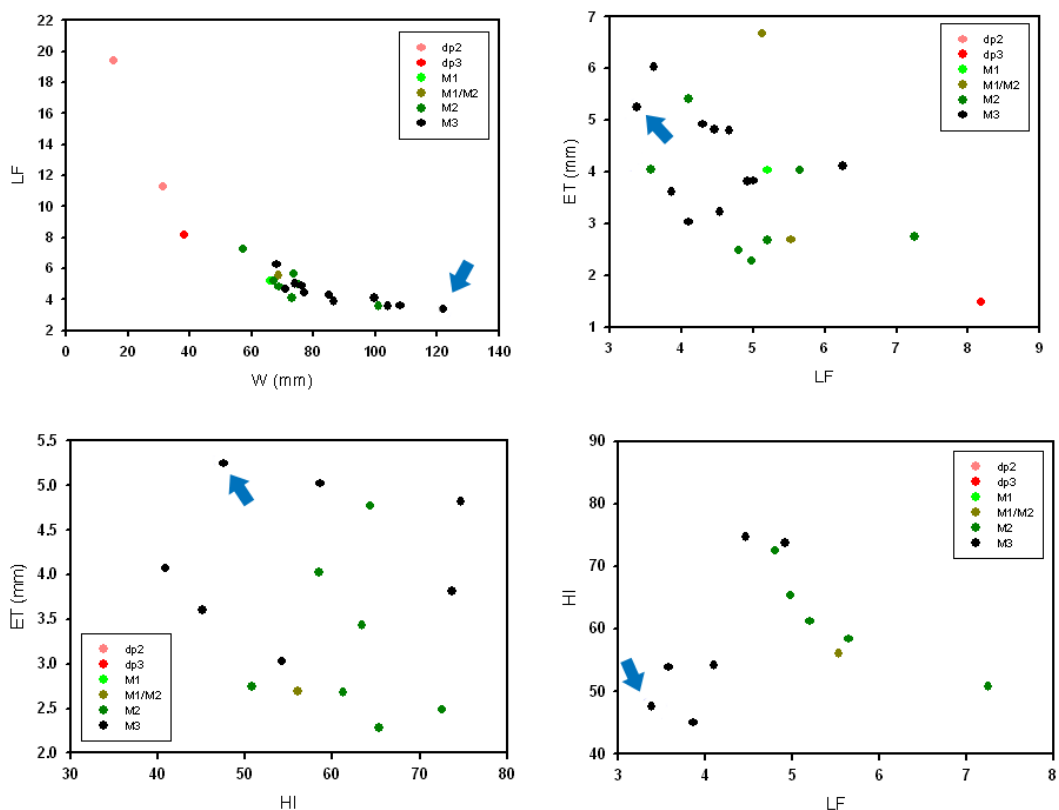
LF = Lamella Frequency, defined as the number of the ridges occurring in 100 mm.

The distances of two valley separating more than 3 ridges are taken on buccal, lingual, and occlusal surfaces. If the distance measured from buccal, lingual, and occlusal surface is “ d_b ”, “ d_l ”, and “ d_o ”, respectively, and the number of the ridges is “ n ”,

$$LF = \frac{\frac{n}{d_b} + \frac{n}{d_l} + \frac{n}{d_o}}{3} \times 100$$

HI = Hypsodonty index, represented by H/W for the whole tooth, and h/w for a single ridge.

形質參數測量結果



圖四、台灣劍齒象頰齒化石形質參數測量結果比較。*S. e. taiwanicus* 的模式標本以藍色箭頭標示。

以台灣的劍齒象頰齒化石的各形質參數測量數據作圖結果如圖四，數據如附錄一。由於在所有樣本中，有部份因為太過破碎而無法測量到所有參數，或者種類鑑定無法確定，針對物種或齒序 (teeth class) 進行分群都因為樣本數太少，不具統計上的顯著意義。然而從部份參數的兩兩比較作圖中可以發現，LF 和 W 具有相關性，W 愈高有愈高的 LF，在比較小的齒序的標本傾向有比較小的 W，LF 也較低。這個情形在前白齒與白齒之間比較明顯，即前白齒相較於白齒具有較小的 W 和較高的 LF。但在白齒的三個齒序彼此之間都有出現相近的 W 和 LF，例如在 W 為 70 mm 左右，有出現 LF 相近的第一到第三白齒標本。在白齒的測量結果中 W 最小，LF 最高的是屬於第二白齒的標本；W 最大，LF 最低的是屬於第三白齒的標本，且即為本研究所提出 *S. e. taiwanicus* 的模式標本

(TLFM-E0025)。這是因為 LF 定義為 100 mm 中出現的齒板（脊）數，因此對於一個頰齒所測得的 LF，可能受到齒脊數目和頰齒大小的影響。在頰齒齒脊數目一樣的情形下，較小的頰齒會有較高的 LF。W 是一項反應頰齒大小的參數，齒序較小的頰齒大小也小，W 低而具有較高的 LF。

在 ET 和 LF、ET 和 HI 的比較中，參數之間沒有相關。雖然 ET 較小的都是齒序較小的標本，但在第三白齒的 ET 分佈範圍中也有出現第二白齒的標本點。在 ET 與 LF 的作圖中，ET 最高點是 TLFM-En001 標本。這件標本的咀嚼面磨蝕尚淺，琺瑯質的磨蝕圈（enamel loop）尚未完整呈現，但是頰側和舌側都有破裂，ET 即量測自此破裂面，從破裂面量取的 ET 值通常會高於咀嚼面的測量值，因為不受磨蝕角度與量測時的估計的影響。從 ET 來看，這件標本可能屬第三白齒之列，然而由其破裂面推估，W 不會高於測量值太多，其範圍仍屬於第一或第二白齒的可能性較大。*S. e. taiwanicus* 模式標本（TLFM-E0025）在這兩張圖中都偏於左上方，即具有較高的 ET 與較低的 LF 和 HI，顯示原始性的特質。

在 HI 和 LF 的作圖中，標本點似乎可以分為三群，左下角一群僅有四個點，全為第三白齒，包含三個 *S. orientalis* 的標本（LFMM-010-2、NTM-I04016B、NTUG-002）與 *S. e. taiwanicus* 模式標本（TLFM-E0025），顯示低 HI 低 LF 的皆是第三白齒，但並沒有專屬於某一物種。最右邊僅一第二白齒標本

（LFMM-002），分佈於中間的標本點則包括不同齒序的標本，這兩群標本點之間的間隔可能是因為可以同時呈現這兩項參數的標本太少而造成。在另外三圖中，標本點在 LF 上的分佈頗為連續，在此圖中卻產生間隔，因為有部份標本可以測得 LF，但無法提供 HI。此圖中標本點的分群效果可能是因標本數量小所產生的結果，在標本量增加的情況下，標本點的間隔可能被填補。

Species Identification

I. new subspecies of *S. elephantoides*

Order PROBOSCIDEA Illiger 1811

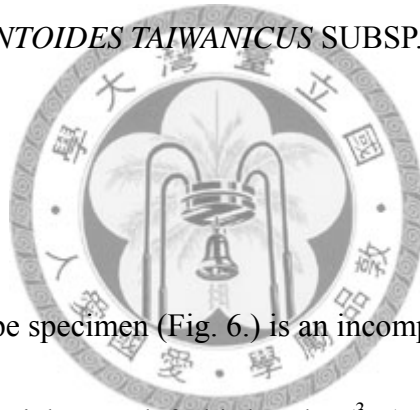
Superfamily ELEPHANTOIDEA Gray 1821

Family STEGODONTDAE Osborn 1918

Genus *STEGODON* Falconer 1857

Species *STEGODON ELEPHANTOIDES* Clift 1828

STEGODON ELEPHANTOIDES TAIWANICUS SUBSP. NOV.



A. Holotype

The designated type specimen (Fig. 6.) is an incomplete skull with upper right third molar (M^3) and partial upper left third molar (3M). The 3M has only 4 worn ridges preserved, and the M^3 has all 9 ridges preserved. This specimen was found from Guoling area of Chochen Townside, Tainan County, southwest Taiwan by a local collector, Mr. Jhong-Fong Wan. It is now deposited in Ts'ai-liao Fossil Museum of Tainan County (TLFM-E0025).

B. Paratype

LFMM-003 and HPC-003

C. Etymology

The new subspecies name “*taiwanicus*” formed by combination of “taiwan” + “-icus”. Taiwan infer to the geological area of the fossil occurrence. -icus is the Latin suffix added to noun to forming adjective meaning “belonging to”.

D. Occurrence

All the specimens identified as *S. e. taiwanicus* was discovered from Sinhua area. The occurrence of LFMM-003 and HPC-003 can only be allocated to Sinhua area by the owners. No further details of the location are available. Only the holotype has been tracked back to the place of discovery. The holotype was found at TWD67 (187697, 2548588). It is in the Guoling area of Chochen, about 3.5 km south of TLFM. Along provincial highway Tai-20, from TLFM toward east, turn right into South-171-1, and turn left at the entrance of a trail at TWD67 (187478, 2549125). Turn right into a creek at TWD67 (187514, 2549211) and the fossil was found from the upstream site separately. According to the collector, the first time the broken cranium with the left molar was found in the bottom of the outcrop next to the creek. The outcrop showed a massive gray mudstone at the lower part. The upper part was yellow sandstone with thin layer of silt-sand stone and iron-rich sandstone in it. Judged by the angular state of its roundness, the holotype could not

be transported for long distance, it may fall from the outcrop on the side. The broken right molar was found further downstream in a later day, and match with the specimen found earlier.

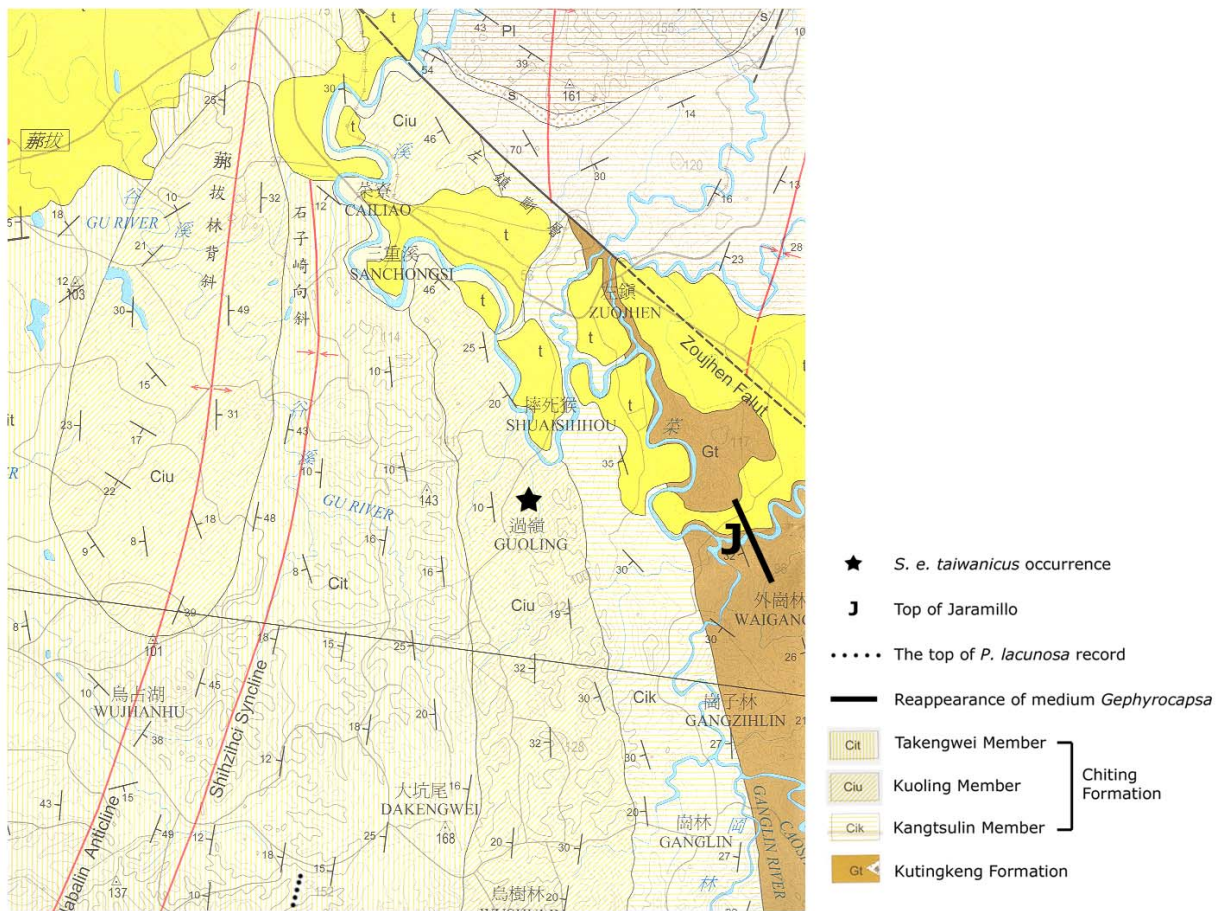


Fig. 5. The geological map of Chochen shows the area and the occurrence location of *S. e. taiwanicus* holotype. The related magnetic and nannoplankton record is also present (modified from Ho *et al.*, 2005).

E. Stratigraphy and age

The site of the type specimen locates in the Kuoling Member of Chiting Formation (Fig. 5.). Kuoling Member has been found upper than the top of

Jaramillo and locate in Brunhes which has the bottom age 0.78 Ma (Horng *et al.*, 1998; Horng, 2009, personal communicate). The nannoplankton record place Kuoling Member in *P. lacunosa* Zone of NN19 (Horng *et al.*, 1998; Horng and Shea, 2007) which has the top age 0.46 Ma. Therefore, the possible age for the type specimen is 0.78 ~ 0.46 Ma in the Middle Pleistocene.

F. Description

A large and primitive *Stegodon* has comparative wide molar and small ET. The type specimen (TLFM-E0025) has 4 ridges of M^3 , almost complete 3M , and partial cranium (maxilla and palatine) preserved. The alveolus of the prior tooth is still shown which indicates the completeness the ridge of the mesial side of the 3M . The 1st and 2nd ridges of both molar are worn to very low crown and show the rectangular abrasion patten. The cement is filled less than 1/2 of the valleys between the used ridges but well developed between the unworn ridges of 3M . In fact, the ridges posterior to the 6th ridges of the 3M are covered by cement. Significant median sulcus is shown on the 1st to the 4th ridges on both M^3 and 3M . On 3rd and 4th ridge of 3M , minor clefts are shown on the buccal side and separate each ridge to 3 parts.

The ridge-crest formula is 9x in the complete 3M . The maximum width of the

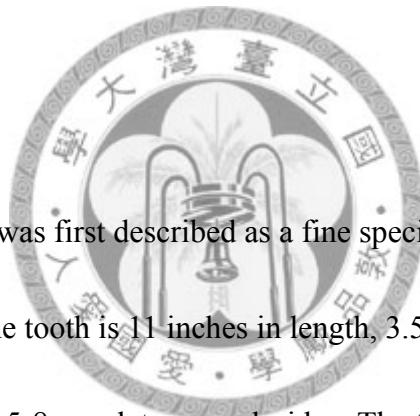
molar is 122 mm. The molars are low-crowned with HI = 47.5. The enamel thickness is 5.25 mm. The LF is around 3.4. Because the posterior ridges of M^3 are covered in cement, the measurement and observation of the 7th to 9th ridges can hardly been done. The division of conelet is pretty developed. The conelet number of the exposed ridges are 9-10. The crown length of M^3 is 113+ mm, the maximum crown width is 120 mm at the 2nd ridge, the ridge frequency in 100 mm is 3.3, and the enamel thickness is 4.22. For measurement data, see Appendix A.

G. Diagnosis

S. elephantoides was first described as a fine specimen of lower jaw from the left bank of Irawadi. The tooth is 11 inches in length, 3.5 inches in width, having no less than 10 ridges, and 5-8 conelets on each ridge. The teeth class had not been decided, but judging from the cavity behind the tooth, it may not be an third molar.

It was published earlier than the genus *Stegodon* being proposed, so the comparisons were made to *Mastodon* (Clift, 1828).

Young (1938) named a new species, *S. preorientalis*, for a specimen from Papu, Kwangsi, southern China. This species then found from Kwangsi Liucheng *Gigantopithecus* cave and other site of southern China (Chow and Zhang, 1974; Saegusa *et al.*, 2005). Saegusa (1996) and Saegusa *et al.* (2005) suggested that the



holotype of this species is too fragmental to be distinguished from *S. orientalis*.

However, he also mentioned that those specimens from Liucheng *Gigantopithecus* cave represent some primitive *Stegodon*. Zong (1995) revised the holotype of *S. preorientalis* to *S. elephantoides*, and put it between *S. zdanskyi* and *S. orientalis*.

The holotype of *S. e. taiwanicus* represents a form of molar structure between *S. zdanskyi* and *S. elephantoides* (Table 1.). From the point of view of the size of the molar, the width of the molar is fall in the range of the width of *S. zdanskyi*'s molar. *S. e. taiwanicus* differ from *S. zdanskyi* in having small ET, high LF, high cement cover, and strong enamel folding. Moreover, the *S. zdanskyi* from northern China usually has ridge number less than 8. Some *S. zdanskyi* specimen from Yushe Basin has only 7 ridges (Saegusa *et al.*, 2005). Only few cases of *S. zdanskyi* have ridge number up to 9, including a specimen from Baoshan, Yunan (Zong, 1995) and a specimen from Jiangsu (Liu and Yin, 1997). The Jiangsu specimen has been identified as *S. chiai* (Chow and Zhai, 1962; Liu and Yin, 1997), a species considered as a synonym of *S. zdanskyi* (Zong, 1995). Another opinion on species identification of the Jiangsu specimen allocates it to *S. miensis* (Saegusa *et al.*, 2005). The existence of the species *S. chiai* remains controversial.

Table 1. Comparative morphological characters of three species of *Stegodon* from China (modified from Zong, 1995). The measurements are taken from the third molars.

	<i>S. zdanskyi</i>	<i>S. elephantoides</i>	<i>S. orientalis</i>
Body size	Extremely large	Moderately large	Moderately to dwarfish
N	M2: 5 M3: 7-8	M2:6 M3: 9-10	M2:8 M3:10-13
Conelet #	≤9	10	≥10
LF	2-3	3-3.5	3.5-4
ET (mm)	6-5	4-3	3
Enamel folding	Weak	Strong	Very strong
Median cleft	Present in anterior ridges	Present in the 1 st ridge	Present in the 1 st ridge

S. elephantoides usually have median sulcus only on 1st to 2nd ridges. *S. e. taiwanicus* has ridge formula, conelets number, HI, LF, and enamel folding consistent with *S. elephantoides*. However, *S. e. taiwanicus* has strong median sulcus on anterior 4 ridges. Also, *S. e. taiwanicus* has enamel thickness range between *S. zdanskyi* and *S. elephantoides*.

S. e. taiwanicus is also morphologically alike to *S. miensis* (Aiba *et al.*, 2006; Matsumoto, 1941; Taru and Kohno, 2002; Taruno, 1985; Taruno, 1991a), an intermediate species between *S. zdanskyi* and *S. aurorae* in Japan. However, *S. miensis* has thicker enamel thickness than *S. e. taiwanicus*. Moreover, the youngest record of *S. miensis* was found in Yaoroshi Formation which has been dated to 2.93±0.19 Ma by fission track analysis of the tuff layer just beneath the

fossil-bearing bed in Japan (Aiba *et al.*, 2006). The oldest possible age for *S. e.*

taiwanicus is about 1 My latter than the youngest record of *S. miensis*.

Table 2. The measurement range of *S. miensis* and *S. aurorae* from Japan (Taruno, 1991b). The measurements are taken from the third molars. The upper number is for the upper third molar and the lower number is for the lower third molar.

	<i>S. miensis</i>	<i>S. aurorae</i>
N	x8(x7x) ~ x9x	x11x ~ x13x
	x9(x8x) ~ x9x	x12x ~ x13x
W (mm)	106 ~ 130 ±	79 ~ 107
	95 ~ 129	76 ~ 93
H (mm)	55 ~ 63	50 ~ 74
	60 ~ 65	50 ~ 73
HI	50 ~ 57	60 ~ 87
	50 ~ 57	60 ~ 84
LF	2.5 ~ 3	4 ~ 6
	3	4.5 ~ 6.5
ET (mm)	6 ~ 8	3.0 ~ 4.3
max. Conelet Number per Ridge	8 ~ 11	8 ~ 12

II. Revision of species identification

Stegodon orientalis Owen, 1870

Stegodon akashiensis Shikama *et al.*, 1975. Science reports of the Yokohama

National University. Section II, Biological and geological sciences,

22:28-29, Pl. 1, fig. 4-5

Stegodon aurorae Shieh and Chang, 2007. Journal of the National Taiwan
Museum, 60(1):36-37, fig. 1

See Appendix A. for measurement data of the specimens.

NTUG010-F000589 (Fig. 7.) was described and identified to *S. akashiensis* (Shikama *et al.*, 1975). This species is considered to be the synonym of *S. aurorae*. *S. aurorae* was diagnosed as a dwarf species has greatly high crown and extremely high LF (Matsumoto, 1918; Matsumoto, 1929). The ridges are so compressed in this species that the transverse valleys between ridges are sharp V-shaped to Y-shaped (Matsumoto, 1929). NTUG010-F00589 is an incomplete molar with the distal end preserved. The concaved distal end of root indicates the compression by posterior tooth. W of this specimen infer to a molar, but it is hard to discriminate M1 and M2. The low ET and high LF could be explained by the tooth class. Because LF is determined by two factors including ridge number and the size of teeth (Lister and Sher, 2001), smaller teeth tend to have higher LF. From the two molar of TLFM-E0015, it is clear that the prior teeth have higher LF than the later ones (Appendix A). The W, conelet number and enamel folding are fit with the descriptions of the variation of both *S. aurorae* and *S. orientalis*. However,

NTUF010-F000589 lack of extremely high crown and the transverse valley are not very compacted. This specimen should be a prior molar of *S. orientalis*.

NTM-I04016B (Fig. 8.) has been identified as *S. aurorae* by Shieh and Chang (2007). It is a replica. Although the origin specimen has been long missing,

NTM-I04031 (Fig. 8.) deposited in the same institution should be the same species.

Unfortunately, the detailed information of the location and occurrence of both

specimens are not available. Shieh and Chang (2007) reported NTM-I04016B was

from Sinhua, Chochen area, Tainan. The geological time range of the *Stegodon* from

this area is at the end of that of *S. aurorae*. The discrimination of NTU-I04016B

from *S. orientalis* was that the specimen has less ridge numbers and less conelets on each ridge than *S. orientalis* do (Shieh and Chang, 2007). However, the specimen is

not completely preserved. It only preserved 9 ridges and the loss of ridges can not

be estimated. In *S. orientalis*, the well division of conelet is truly an important

characteristic, yet the conelet number varies from specimen to specimen (Taruno,

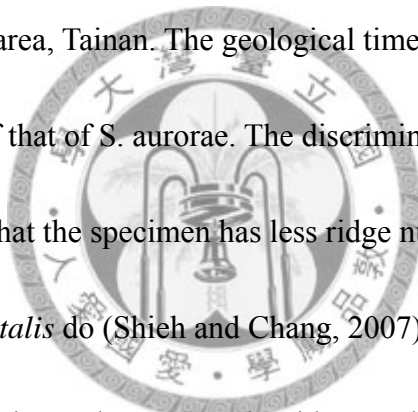
1991a; Zong, 1995). Besides, only 3 ridges at posterior preserved all the conelet.

The conelet number counted may not be the maximum of the conelet number on

each ridge.

Both NTM-I04016B and NTM-I04031 strongly curved (Fig. 8.). The

measurement of LF and the abrasion pattern could be influenced by this character.



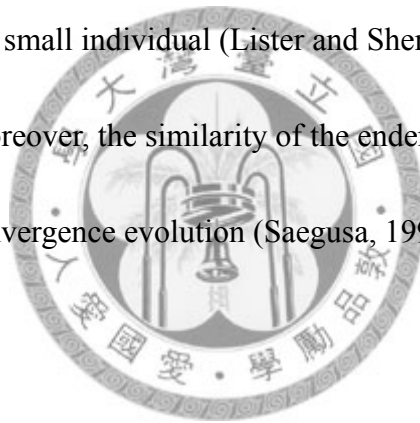
Both of them are the third molar for that the width of individual ridges decrease post ward. The measurement of LF, H, and HI of NTM-I04016 is obviously against the measurement range of these parameters of *S. aurorae*. NTM-I04016 may not present the maximum crown height and conelet number of the molar because of the abrasion of ridges, but LF would not affect by this factor. The low LF of NTM-I04016 and the wide valley discriminated it from *S. aurorae*. The measurements of all parameters are consistent with *S. orientalis*.

In NTM-I04031, the measurements actually fall in the range of *S. aurorae* (Taruno, 1991b). However, those measurements fall in the range of *S. orientalis* as well. Only HI is a little higher than the reported range of *S. orientalis*. However, this index of NTM-I04031 is close to other specimens in this study which can be clearly identified as *S. orientalis*, such as LFMM-007. The outer enamel has distinct wrinkle line on the vertical surface of the crown. The strongly curved property, cement filled in transverse valley, and the wrinkle on outer enamel consistent with the description of *S. orientalis* (Owen, 1870; Zong, 1995).

III. The uncertainty of the *S. aurorae* record in Taiwan

Shikama *et al.*, (1975) reported another specimen of *S. aurorae* (Shikama *et al.*, 1975. p. 30-31, Pl. 1, fig. 6-7). Of all the specimens examined in this study,

NTUG-001 (Fig. 7.) is the only one showing very high LF (5.65) and compressed parallel ridges as *S. aurorae*. However, this specimen is an incomplete molar lacking both anterior and posterior end and the top of ridges. Only 5 and half ridge is preserved. The teeth class can not be identified for NTUF-001. Also, the H, HI, and conelet number can not gain from this specimen. The cement fills high in the compressed narrow transverse valley. The enamel thickness is 4.03. With the absent information, it is hard to identify this broken piece to *S. aurorae* (Saegusa, 1991). High LF could indicate small individual (Lister and Sher, 2001), such as small or young *S. orientalis*. Moreover, the similarity of the endemic Japanese *Stegodon* might be a result of convergence evolution (Saegusa, 1996).



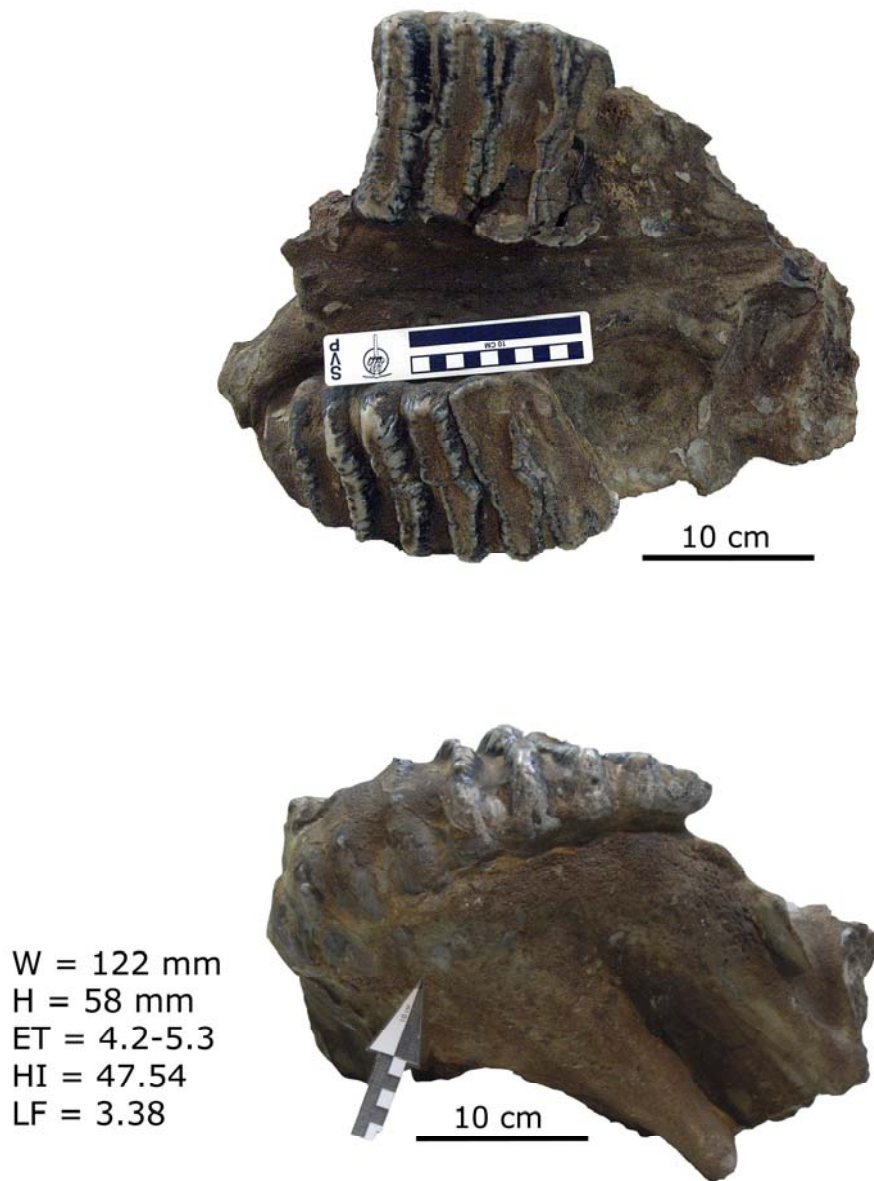


Fig. 6. Holotype of *S. e. taiwanicus*, TLFM-E0025; upper: occlusal view; lower: left buccal view. This specimen preserved part of cranium and an almost complete 3M and partial M^3 . It presents some primitive characteristics such as high ET and distinct median sulcus. This specimen represents a primitive type of *Stegodon* living in Taiwan during Pleistocene.

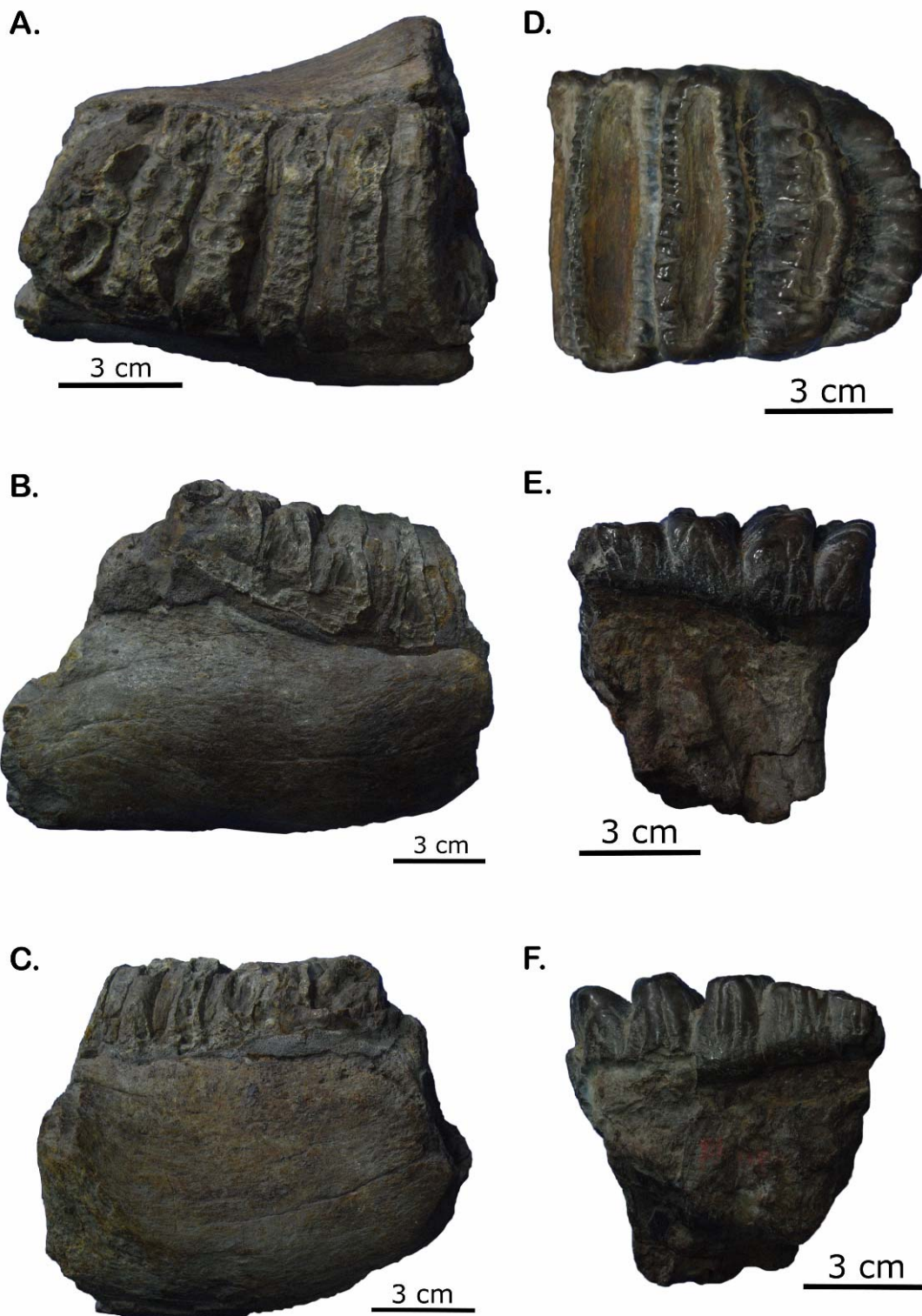


Fig. 7. *Stegodon* molar NTU-001 and NTUG010-F000589. A-C: NTU-001 (A: Occlusal view; B: Lingual view; C: Buccal view). D-E: NTUG010-F000589 (D: Occlusal view; E: Lingual view; F: Buccal view).

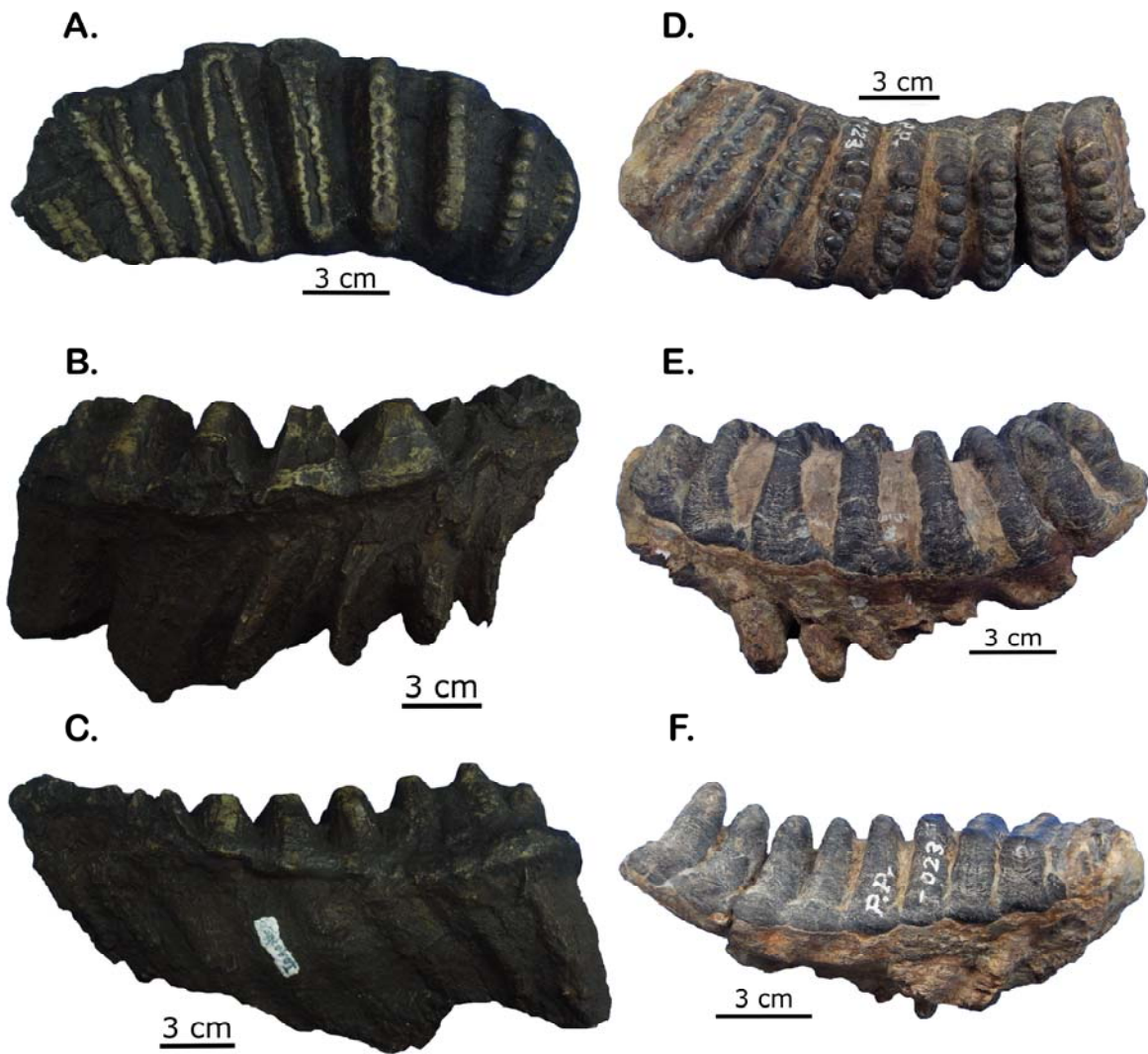


Fig. 8. *Stegodon* molar NTM-I04016B and NTM-I04031. A-C: NTM-I04016B (A: Occlusal view; B: Lingual view; C: Buccal view). D-E: NTM-I04031 (D: Occlusal view; E: Lingual view; F: Buccal view).

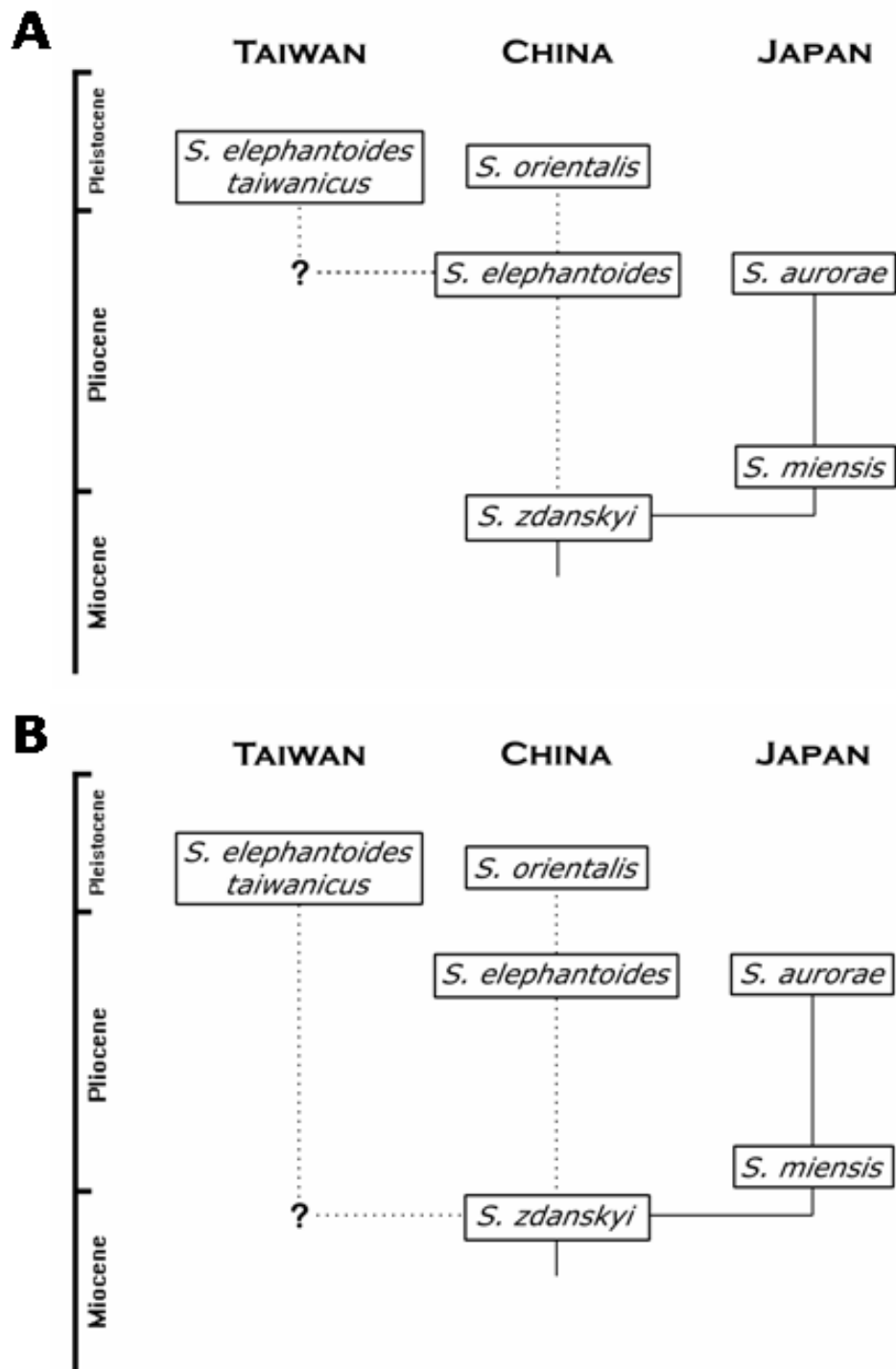
討論

I. *S. e. taiwanicus* 起源與播遷的兩種假說

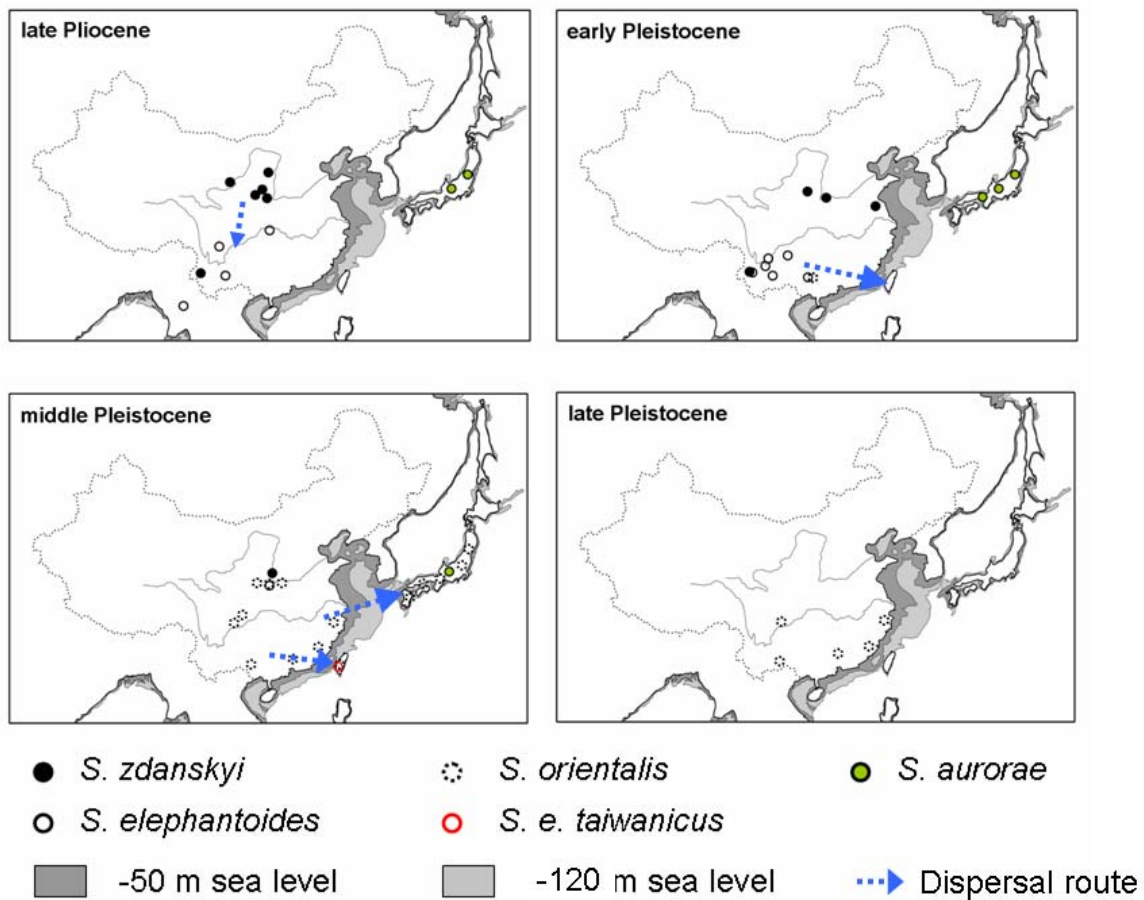
圖九表示在東亞地區以 *S. zdanskyi* 為始的劍齒象物種世系演化。在日本，由 *S. zdanskyi* 演變到 *S. miensis* 再形成 *S. aurorae* (Saegusa *et al.*, 2005; Takahashi and Namatsu, 2000)。這個世系在目前東亞地區研究得最為透徹，除了頰齒的結構外，包括頭骨 (Saegusa, 1987)、下顎 (Konishi and Takahashi, 1999) 以及年代與地區的分佈 (Takahashi and Namatsu, 2000; Taruno, 1999) 都支持這樣的物種演變結果。

在中國地區，Young (1938) 提出 *S. zdanskyi* → *S. preorientalis* → *S. orientalis* 的演化。Saegusa (1987) 認為 *S. orientalis* 和 *S. zdanskyi*、*S. preorientalis* 的白齒構造確實有相似之處。宗冠福 (1995) 認為 Young (1938) 所定的 *S. preorientalis* 其實屬於 *S. elephantoides*，基於頰齒構造與生存年代，認為存在 *S. zdanskyi* → *S. elephantoides* → *S. orientalis* 的世系關係。目前中國的這個劍齒象世系形態上僅有頰齒構造支持，確定性較低，因此圖九中以虛線表示。

台灣地區所發現的這類大型而原始的劍齒象，依據前文鑑定為 *S. elephantoides* 的新亞種：*S. e. taiwanicus*。由於這個亞種形態上介於中國北方的 *S. zdanskyi* 和中國南方的 *S. elephantoides* 之間，關於其起源有兩種可能的假說 (圖九)。假說 A 是認為 *S. e. taiwanicus* 來自 *S. elephantoides*。*S. elephantoides* 主要分佈於中國南方 (圖十)、緬甸、印度以及印尼地區，從晚上新世開始出現，在更新世早、中期紀錄較多 (圖十、圖十一) (宗冠福，1995)。因為 *S. e. taiwanicus* 顯現出較 *S. elephantoides* 原始的特性，在中國地區 *S. zdanskyi* 演化出 *S. elephantoides* 之後，原始的 *S. elephantoides* 播遷到台灣，在其他同種成員趨向體型較小、瑱瑯質較薄的更新世中期，以台灣地區作為棲息避難所，保留了其原始性的特徵。



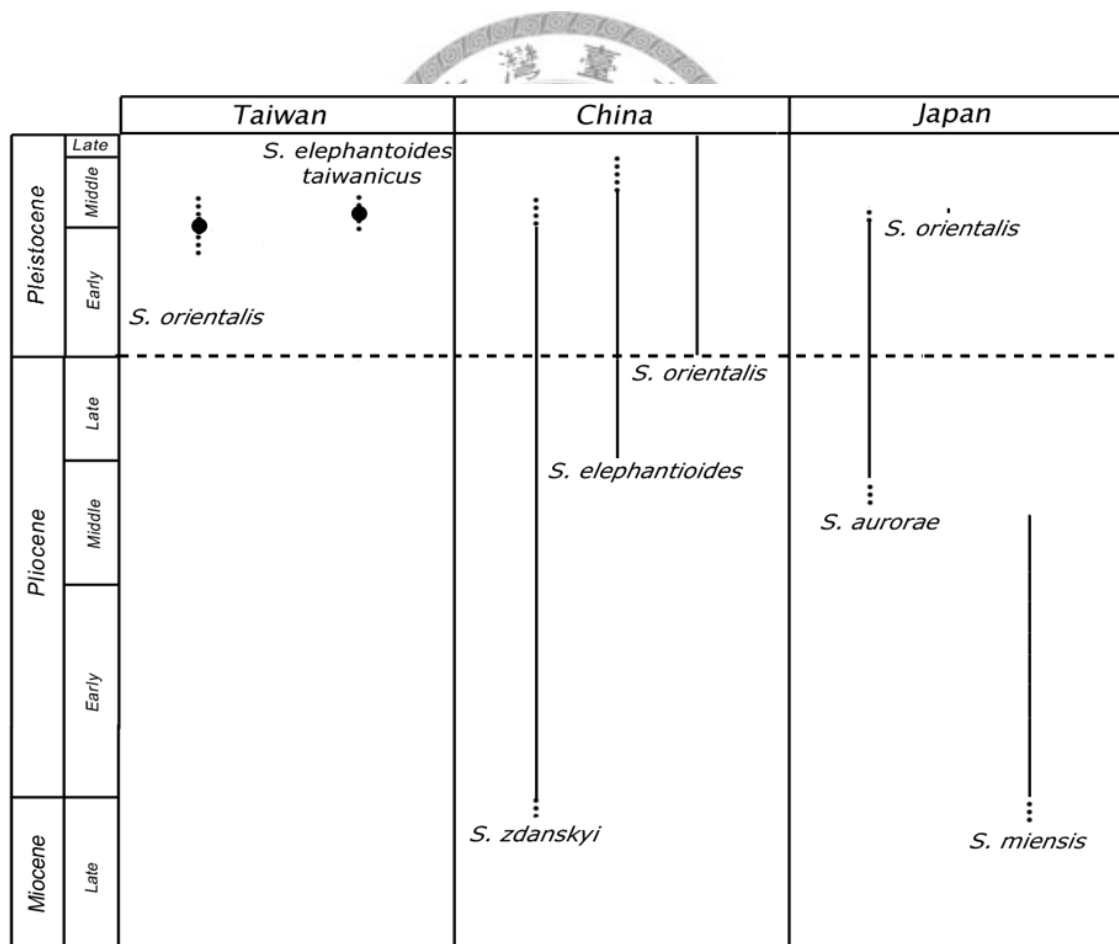
圖九、東亞地區劍齒象世系演變的兩種假說。物種名稱位置表示其初始出現的年代。A 和 B 分別代表 *S. e. taiwanicus* 起源與播遷到台灣的兩種假說。在台灣、中國、日本三地中，僅日本地區的世系經頭骨、下顎等形態檢視，較可確定其世系演變，以實線示之；中國和台灣地區僅有頰齒結構為形態上依據，仍有不確定性，因此皆以虛線表示。



圖十、晚上新世到更新世東亞地區劍齒象的分佈和播遷路徑。-50 公尺與-120 公尺等深線顯示當海水面下降幅度超過 50 公尺時，可能有廣大陸棚出露。出露的陸棚可提供劍齒象播遷的陸橋。

S. e. taiwanicus 在台灣的出現可能有另一種假說。假說 B 認為 *S. e. taiwanicus* 是由 *S. zdanskyi* 形成。*S. zdanskyi* 可能透過陸橋傳播到台灣，後來由於海面上升，島嶼隔離造成 *S. zdanskyi* 逐漸演化成呈現較先進特徵的 *S. e. taiwanicus*。關於這個假說成立的可能性較低的原因有三。其一，台灣沒有 *S. zdanskyi* 發現的紀錄支持這項假說。若是 *S. zdanskyi* 播遷到台灣形成 *S. e. taiwanicus*，*S. zdanskyi* 必曾存活於台灣，但目前化石證據並不支持這項假說。相對而言，在假說 A 中，是先演化出 *S. e. taiwanicus* 形態才遷移到台灣，因此大陸地區應有 *S. e. taiwanicus* 的紀錄。劉冠邦與尹增淮在 1997 報導了江蘇泗洪的一件劍齒象化石，雖然寬度較寬（135 mm），但其所描述齒脊數、齒冠高、

瑤瑯質厚度、齒脊乳突數、白堊質填充、磨蝕後狀態等構造都和 *S. e. taiwanicus* 十分相近。劉冠邦和尹增淮（1997）將其鑑定為 *S. chiai*，但這個學名被認為是 *S. zdanskyi* 的同物異名（Saegusa *et al.*, 2005; 宗冠福, 1995）。Saegusa *et al.* (2005) 認為這件標本並非 *S. zdanskyi*，而是 *S. miensis*，時代上可能在 2.6~1.0 Ma 的範圍內，認為這件標本可能可以指示 *S. zdanskyi* 轉變到 *S. miensis* 的過程發生在中國沿海地區的可能性。如前所述，*S. e. taiwanicus* 形態上和 *S. miensis* 相當符合，而 *S. miensis* 在日本的紀錄最晚到 2.9 Ma (Aiba *et al.*, 2006)，且 *S. miensis* 出現在日本的時間遠早於 2.6 Ma，這件標本作為指示大陸地區具有先於台灣紀錄 *S. e. taiwanicus* 形態的證據可能更為恰當。



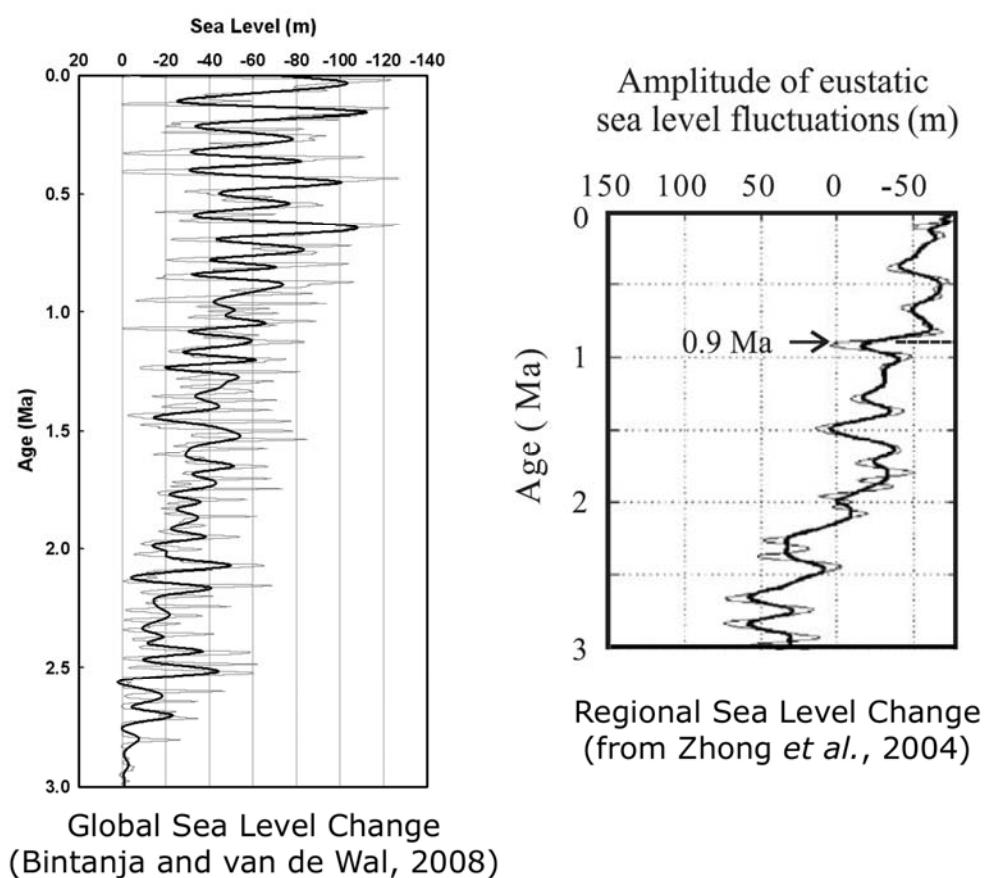
圖十一、東亞地區劍齒象生存年代範圍。虛線表示該物種不確定的年代範圍；實線表示該物種可信的年代範圍。台灣紀錄以虛線表示可能的生存年代範圍，其中原點表示虛線代表的生存年代範圍可能大於該物種確實的生存年代。

其二，*S. zdanskyi* 在中國南方的紀錄很少，且時代較早。*S. zdanskyi* 是主要分佈在中國北方地區的劍齒象代表物種，在中國長江以南僅雲南保山和元謀有紀錄（圖十）。*S. zdanskyi* 主要的興盛時期在早到中上新世，晚上新世到早更新世已逐漸減少（宗冠福，1995），其最晚的紀錄在山西匱河文化遺址（圖十、圖十一），由動物群對比的方式，因為有 *Megaloceros pachyosteus*、*Megaloceros flabellatus*、*Coelodonta* sp. 存在，認為屬於中更新世早期（賈蘭坡，1962），然而 *Saegusa et al.*（2005）認為這個年代仍應存疑。劉平和 Lovile（2007）經由磁感率對比，認為匱河文化遺址至少早於 1.02 Ma，但是因為部份標本破壞，其分析所得磁感率相當短，對比的結果又缺乏其他佐證，對於年代範圍的結論其實尚難定論。台灣中部的劍齒象化石紀錄可溯至 1.02 Ma 以前，雖然台灣中部目前尚無確切鑑定為 *S. e. taiwanicus* 的化石紀錄，但可假設當時對 *S. e. taiwanicus* 播遷來台有可行的通道。若 *S. zdanskyi* 在中更新世的紀錄確實，以年代範圍考慮（圖十一），*S. zdanskyi* 有移棲到台灣的可能，但 *S. zdanskyi* 分佈範圍主要在中國北方，中更新世的長江以南區域已無其紀錄（圖十），若 *S. zdanskyi* 播遷來台形成 *S. e. taiwanicus*，中國南方的 *S. zdanskyi* 紀錄可能較多且年代較晚。

其三，*S. e. taiwanicus* 的臼齒形態與 *S. zdanskyi* 低冠、厚瑱瑯質、褶曲弱而非常不明顯的形態相差甚多，*S. zdanskyi* 到台灣後可能沒有足夠的時間演化出較先進的形態。*S. zdanskyi* 的第三大白齒大多在 8 個齒脊以下，榆社盆地的發現（*Saegusa et al.*, 2005）與甘肅所發現「黃河象」皆是如此（黃河象研究小組，1975），而 *S. e. taiwanicus* 的模式標本則有 9 個齒脊。日本的大型劍齒象從 8 個齒脊演化到 9 個齒脊，時間間隔約為 1 Ma，而從和 *S. zdanskyi* 相似的形態演化成確定為 *S. miensis* 的類型則間隔約 1.5 Ma（*Saegusa et al.*, 2005; Taruno, 1999）。台灣的劍齒象紀錄底界年代雖然無法確定，以 *S. e. taiwanicus* 可能的年代範圍 0.46~0.78 Ma 來看，若往前推算 1 Ma，當時台中和台南地區皆屬於海

相環境，尚在潮下帶或遠濱環境（楊志成，1997；黃能偉，2001）。若 *S. zdanskyi* 有擴散到台灣地區，時間上應該更晚，而 *S. e. taiwanicus* 形態上和 *S. miensis* 相當接近，因此演化的時間較短。然而，在大陸地區的 *Mammuthus trogontherii* 在 1.2 Ma 播遷到西伯利亞，到約 0.7 Ma 時便轉變成原始型的 *M. primigenius*，時間間隔僅 0.5 Ma (Lister *et al.*, 2005)。演化的速率在各物種、地區本不一定，因此不能以此排除假說 B。

基於以上三點，*S. e. taiwanicus* 出現在台灣的起源較可能是假說 A，即 *S. zdanskyi* 在大陸地區演化成原始的 *S. elephantoides*，再播遷到台灣，並且在台灣地區保留其原始性特徵。然而，目前尚未有足夠材料來否定 *S. zdanskyi* 播遷到台灣的可能性，從頰齒構造和生存年代範圍來看，假說 B 的可能性仍不能完全排除。



圖十二、晚上新世以來全球海水面變化與南中國海的區域海水面變化。全球海水面變化來自疊合全球 57 站位的 LR04 紀錄。全球海水面與南中國海海水面在 2 Ma 之後都降到低於現今的海水面。

II. 台灣的劍齒象的播遷

更新世由於氣候冷暖多次震盪變化，海水面隨之升降（圖十二），在冷期下降，暖期上升。台灣和中國大陸間水深頗淺，海平面僅下降 50 公尺即可能形成陸橋（圖十），因此台灣和大陸間可能經常相連。Bintanja 和 van de Wal（2008）利用疊合全球 57 個地點的岩心紀錄的「LR04」 $\delta^{18}\text{O}$ 紀錄（Lisiecki and Raymo, 2005），重建了上新世晚期以來的全球海水面變化（圖十二）。從上新世晚期開始，全球海水面普遍低於現今，到 2 Ma 以後南中國海的區域性海水面變化也低於今日的海水面（Zhong *et al.*, 2004）。進入更新世以後，在全球紀錄中，海水面升降變化幅度變大，且不論在全球或南中國海的區域紀錄，海水面較今日下降的程度也較大，以台灣海峽低淺的水深而言，可多次形成陸橋，這應該是劍齒象播遷到台灣的主要路徑。Van den Bergh *et al.*（2001）也認為哺乳動物遷移到台灣的方式應屬於過濾性路徑（Filter route），即遷移路徑上的棲地局限性較高，只有能夠在這些棲地存活的生物可在兩地間移棲，陸橋即為其可能的表現方式之一（Masini *et al.*, 2008）。基於 Otsuka（1984）的化石紀錄，Van den Bergh *et al.*（2001）認為從上部崎頂層 KU3 到 KU4（何信昌等人（2005）屬於崎頂層過嶺段）有物種增加的現象，KU3 和 KU4 之間可能存在一個陸橋連通事件，可能和 0.8 Ma 的海水面下降相關。然而，依據地磁紀錄，過嶺段全在 Bruhness 期，0.78 Ma 以上（洪崇勝，2009，私人通訊），且 KU3 和 KU4 交界的年代，目前仍無法確定。其次，Otsuka（1984）中所紀錄到 KU4「增加」的物種大部分標本量很小且屬於二次堆積，這些物種是否真的到 KU4 才出現難以確定。日本地區透過長鼻目動物化石紀錄與海水 $\delta^{18}\text{O}$ 紀錄、海底沉積物對比，提出在 MIS16 和 MIS12 各有一次日本與朝鮮半島間的陸橋連接（Yoshikawa *et al.*, 2007）。若欲以台灣的哺乳動物化石紀錄建構台灣與大陸間的陸橋連結歷史，尚須更精細的地層研究與定年工作支持。

台灣目前可確切鑑定出的劍齒象紀錄有二：*S. e. taiwanicus* 和 *S. orientalis*。

這兩種劍齒象都是分佈於中國南方的典型物種（圖十），尤其 *S. orientalis* 更是中到晚更新世在中國華南地區盛極一時的大熊貓—劍齒象動物群

（*Ailuropoda-Stegodon* fauna）的典型成員（馬安成與湯虎良，1992; Schepartz *et al.*, 2005），生存時代可及於約 7800 年前（馬安成與湯虎良，1992）。台灣左鎮地區崎頂層過嶺段（KU4）曾挖掘出相當完整的 *Rinoceros sinensis hayasakai*（Otsuka and Lin, 1984），*S. e. taiwanicus* 的模式標本也在過嶺段發現。*R. sinensis* 亦屬於大熊貓—劍齒象動物群的典型成員，與 *S. orientalis* 共存（Otsuka and Lin, 1984）。在台中地區和台南地區的紀錄中，皆有 *R. s. hayasakai* 和 *S. orientalis* 的化石發現（Otsuka, 1984）。因此台灣的劍齒象化石紀錄乃是屬於大熊貓—劍齒象動物群，顯示更新世時期此動物群由中國南方擴散到台灣島的事件。

大熊貓—劍齒象動物群在更新世時也存在於東南亞地區（Tougaard, 2001）。*S. elephantoides* 和 *S. orientalis* 皆有在印尼地區發現（Tougaard, 2001; van den Bergh, 1999）。另一個可能的台灣的劍齒象播遷路徑是由東南亞地區播遷來台，可能經由離台灣最近的菲律賓移棲到台灣。然而 *S. elephantoides* 和 *S. orientalis* 沒有在菲律賓發現（Reis and Garong, 2001; Tougaard, 2001），且印尼地區發現的 *S. elephantoides* 時代晚於中國雲南的紀錄（宗冠福，1987; van den Bergh, 1999），個體較 *S. e. taiwanicus* 模式標本略小（van den Bergh, 1999）。再加上台灣與菲律賓間的巴士海峽平均深度超過 2000 公尺，即使更新世冰期海水面下降，仍不會有陸橋連通。雖然大象可以游泳的方式渡海，游泳能力頗強，估計最長泳動距離可達 48 公里（Johnson, 1978; 1980），然而以台灣和菲律賓或呂宋群島間的距離，大象幾乎不可能從菲律賓游到台灣。劍齒象在印尼與台灣之間應不存在傳播路徑。印尼地區的 *S. elephantoides* 和 *S. orientalis* 是在更新世海水面下降時期，由中南半島經出露的陸棚（Sunda Shelf）傳播到印尼的（Tougaard, 2001; van den Bergh, 1999; van den Bergh *et al.*, 2001）。

由本研究物種鑑定的結果，台灣的劍齒象物種顯現更新世興盛於中國華南

地區的劍齒象物種成員（圖十）。*S. elephantoides* 在更新世早期即擴展到印尼（van den Bergh, 1999），而 *S. orientalis* 則在中更新世擴展到中國北方（圖九）（Takahashi and Namatsu, 2000），通過 MIS16 時形成的陸橋進入日本（Yoshikawa *et al.*, 2007）。雖然這兩種劍齒象都有擴展到亞洲其他地區，中國華南始終為其主要分佈區域之一。*S. orientalis* 屬於大熊貓—劍齒象動物群的典型成員，加上 *R. s. hayasakai* 在台灣台中與台南地區的發現，台灣的劍齒象可能亦為大熊貓—劍齒象動物群擴張的結果。考慮到 *S. elephantoides* 和 *S. orientalis* 在東南亞地區的分佈以及劍齒象播遷來台可能的傳播方式，台灣的劍齒象應來自中國華南地區，透過早到中更新世時期海水面下降時所形成的陸橋，擴散至台灣。



參考文獻

- 何信昌、謝凱旋、高銘健、陳華玟 (2005) 五萬分之一台灣地質圖及說明書—第五十號，新化圖幅。經濟部中央地質調查所，共 77 頁。
- 林朝榮 (1952) 臺灣一百萬年前之野獸。臺灣風物，第 2 卷，第 1 期，第 2~5+23 頁。
- 宗冠福 (1987) 四川鹽原盆地哺乳類化石及其意義。古脊椎動物學報，第 25 卷，第 2 期，第 137~145 頁。
- 宗冠福 (1995) 中國的劍齒象化石新材料及劍齒象系統分類的回顧。古脊椎動物學報，第 33 卷，第 3 期，第 216~230 頁。
- 周明鎮、張玉萍 (1974) 中國的象化石。科學出版社，共 74 頁，32 圖版。
- 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 18 號，第 51~84 頁。
- 馬安成、湯虎良 (1992) 浙江金華全新世大熊貓—劍齒象動物群的發現及其意義。古脊椎動物學報，第 30 卷，第 4 期，第 295~312 頁。
- 黃河象研究小組 (1975) 黃河象。科學出版社，共 46 頁，20 圖版。
- 黃能偉 (2001) 臺灣西南部更新統 (左鎮地區) 層序地層之初探。國立台灣大學地質學研究所碩士論文。
- 陳光祖 (2000) 試論臺灣各時代的哺乳動物群及其相關問題—臺灣地區動物考古學研究的基礎材料之一 (上篇)。中央研究院歷史語言研究所集刊，第 71 卷，第 1 期，第 129~198 頁。
- 楊志成 (1997) 台灣中部錦水頁岩、卓蘭層與頭嵙山層的沈積環境研究。國立台灣大學地質學研究所碩士論文。
- 葉怡成 (1999) 測量學—21 世紀觀點。東華書局，初版。
- 劉平、Reidar Lovlie (2007) 匱河遺址 6054 地點黃土—古土壤剖面磁性地層學的年代研究。地層學雜誌，第 31 卷，第 3 期，第 240~246 頁。

劉冠邦、尹增淮 (1997) 記蘇北的兩種劍齒象化石。古脊椎動物學報，第 35 卷，第 3 期，第 224~231 頁。

賈蘭坡 (1962) 和邱中郎同志討論匠河遺址的時代。古脊椎動物與古人類，第 6 卷，第 3 期，第 295~298 頁。

謝英宗、張鈞翔 (2007) 國立台灣博物館館藏長鼻目化石在演化上的意義。國立台灣博物館學刊，第 60 卷，第 1 期，第 33~44 頁。

謝凱旋 (1991) 台灣南部新第三紀地層綜合研究—菜寮與半屏山地區地層層序研究。經濟部中央地質調查所八十年年度研究發展專題報告。

羅偉、吳樂群、陳華玟 (1999) 五萬分之一台灣地質圖及說明書—第 25 號，國姓圖幅。經濟部中央地質調查所，共 71 頁。

松本彦七郎. 1924. 日本産ステゴドンの種類(略報). Journal of the Geological Society of Japan, 31(373-374):323-340.

高井冬二. 1939. 本邦新生界産哺乳動物の或ものに就て(其の 1). 地質學雜誌, 46(552):481-489.

AIBA, H., K. BABA, AND M. MATSUKAWA. 2006. *Stegodon miensis* Matsumoto (Proboscidea) from the Pliocene Yaoroshi Formation, Akiruno City, Tokyo, Japan. Bulletin of Tokyo Gakugei University, Natural Sciences, 58:203-206.

BERGGREN, W. A., F. J. HILGEN, C. G. LANGEREIS, D. V. KENT, J. D. OBRADOVICH, I. RAFFI, M. E. RAYMO, AND N. J. SHACKLETON. 1995. Late Neogene chronology: new perspectives in high-resolution stratigraphy. Geological Society of America Bulletin, 107(11):1272-1287.

BINTANJA, R., AND R. S. W. VAN DE WAL. 2008. North American ice sheet dynamics and the onset of 100,000-year glacial cycles. Nature, 454(7206):869-872.

CHOW, M.-C., AND R.-J. ZHAI. 1962. Early Pleistocene Mammals of Chaotung, Yunnan, with Notes on some Chinese Stegodonts. Vertebrata PalAsiatica, 6(2):138-147; plt. I. (in Chinese)

- CHOW, M.-C., AND Y.-P. ZHANG. 1974. Fossil elephants from China. Science Press, Beijing, 1-74 p. (in Chinese)
- CLIFT, W. 1828. On the Fossil Remains of two New Species of *Mastodon*, and of other vertebrated Animals, found on the left Bank of the Irawadi. Transactions of the Geological Society of London, Series 2; vol. 2(3):369-376.
- HAYASAKA, I. 1930. On the occurrence of *Stegodon* in Taiwan. Journal of the Geological Society of Japan, 37(438):113-118.
- HAYASAKA, I. 1933a. The Mammiferous Bed of the Tertiary Formation of Taiwan (Formosa). Taiwan Tigaku Kizi, 4(7-9):51-53. (in Japanese)
- HAYASAKA, I. 1933b. On the Stegodon Fossil in Taiwan. Taiwan Tigaku Kizi, 4(4):25-28. (in Japanese)
- HAYASAKA, I. 1942. On the Occurrence of Mamalian Remains in Taiwan: A Preliminary Summery. Taiwan Tigaku Kizi, 13(4):95-109 (with Plates V-VII).
- HO, H.-C., K.-S. SHEA, M.-C. KAO, AND H.-W. CHEN. 2005. Geologic map and explanatory text of Taiwan scale 1:50,000 — Sheet 25 Kouhsing. Central Geological Survey, MOEA, 77 p. (in Chinese)
- HORNG, C. S., M. TORII, K. S. SHEA, AND S. J. KAO. 1998. Inconsistent magnetic polarities between greigite- and pyrrhotite/magnetite-bearing marine sediments from the Tsailiao-chi section, southwestern Taiwan. Earth and Planetary Science Letters, 164(3-4):467-481.
- HORNG, C.-S., AND K.-S. SHEA. 2007. The Quaternary Magnetobiostratigraphy of Taiwan and Peiglai Orogenic Events. Central Geological Survey Special Publication, 18:51-83. (in Chinese with English abstract)
- INTERNATIONAL COMMISSION OF ZOOLOGICAL NOMENCLATURE. 1999. International Code of Zoological Nomenclature. The International Trust for Zoological Nomenclature, London, 306 p.
- JOHNSON, D. L. 1978. Origin of island mammoths and Quaternary land bridge history of northern channel islands, California. Quaternary Research, 10(2):204-225.

- JOHNSON, D. L. 1980. Problem in the land vertebrate zoogeography of certain islands and the swimming power of elephants. *Journal of Biogeography*, 7:385-398.
- KANEKO, S. 1941. Note on the occurrence of mammals in Tainan-syu. *Taiwan Tigaku Kizi*, 12(4):52-58.
- KONISHI, S., AND K. TAKAHASHI. 1999. Mandibular morphology of stegodons from Japan, *Stegodon aurorae* and *Stegodon shinshuensis* (Proboscidea, Mammalia). *Earth Science (Chikyu Kagaku)*, 53:3-18.
- KONISHI, S. 2000. Skeletal restration of *Stegodon aurorae* (Proboscidea, Mammalia) and its feature : case study in the Taga specimen. *Earth Science (Chikyu Kagaku)*, 54(4):268-278.
- LISIECKI, L. E., AND M. E. RAYMO. 2005. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic delta O-18 records. *Paleoceanography*, 20(1).
- LISTER, A. M., AND A. V. SHER. 2001. The origin and evolution of the woolly mammoth. *Science*, 294(5544):1094-1097.
- LISTER, A. M., A. V. SHER, H. VAN ESSEN, AND G. B. WEI. 2005. The pattern and process of mammoth evolution in Eurasia. *Quaternary International*, 126-128:49-64.
- LIU, G.-B., AND Z.-H. YIN. 1997. Two species of *Stegodon* from northern Jiangsu. *Vertebrata Palasiatica*, 35:224-231. (in Chinese with English summary)
- LIU, P., AND R. LOVLIE. 2007. Magnetostratigraphic Age of Pleistocene Loess/Paleosol Sections at Kehe, Shanxi. *Journal of Stratigraphy*, 31(3):240-246. (in Chinese)
- LO, W., L.-C. WU, AND H.-W. CHEN. 1999. Geologic map and explanatory text of Taiwan scale 1:50,000 — Sheet 25 Kouhsing. Central Geological Survey, MOEA, 71 p. (in Chinese)
- MAGLIO, V. J. 1973. Origin and Evolution of the Elephantidae. *Transactions of the American Philosophical Society*, 63(3):1-149.

- MASINI, F., D. PETRUSO, L. BONFIGLIO, AND G. MANGANO. 2008. Origination and extinction patterns of mammals in three central Western Mediterranean islands from the Late Miocene to Quaternary. *Quaternary International*, 182:63-79.
- MATSUMOTO, H. 1918. On a new archetypal fossil elephant from Mt. Tomuro, Kaga. *Science reports of the Tohoku Imperial University. 2nd series, Geology*, 3(2):51-A51
- MATSUMOTO, H. 1929. On *Parastegodon* Matsumoto and its bearing on the descent of earlier elephants. *Science reports of the Tohoku Imperial University. 2nd series, Geology*, 13(1):13-A16.
- MATSUMOTO, H. 1941. On Japanese stegodonts and parastegodonts. *Zoological Magazine (Japan)*, 53(8):385-396. (in Japanese)
- OTSUKA, H. 1984. Stratigraphic position of the Chochen vertebrate fauna of the T'ou'koushan Group in the environs of the Chochen District, southeast Taiwan, with special reference to its geological age. *Quarterly Journal of Taiwan Museum*, 37(1):37-55.
- OTSUKA, H., AND C.-C. LIN. 1984. Fossil Rhinoceros from the T'ou'k'oushan Group in Taiwan. *Journal of Taiwan Museum*, 37(1):1-35.
- OWEN, R. 1870. On Fossil Remains of Mammals found in China. *Quarterly Journal of the Geological Society*, 26(1-2):417-436.
- QI, G.-Q., C.-K. HO, AND C.-H. CHANG. 1999. The Pleistocene Fossil Suids from Chochen, Tainan, Southwestern Taiwan. *Bulletin of the National Museum of Natural Science*, 12:33-40.
- REIS, K. R., AND A. M. GARONG. 2001. Late Quaternary terrestrial vertebrates from Palawan Island, Philippines. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 171(3-4):409-421.
- SAEGUSA, H. 1987. Cranial morphology and phylogeny of the stegodonts. *The Compass*, 64(4):221-243.

- SAEGUSA, H. 1989. Molar structure and taxonomy of east Asian stegodonts., Kyoto University.
- SAEGUSA, H. 1991. *Stegodon* 4. *Stegodon* in the world: its taxonomy and evolution, p. 99-110. In T. Kamei (ed.), Japanese Proboscidean Fossils. Tshukiji-Shokan, Tokyo.
- SAEGUSA, H. 1996. Stegodontidae: evolutionary relationships, p. 178-190. In J. Shoshani, Tassy, P. (ed.), The Proboscidea. Evolution and Palaeoecology of Elephants and Their Relatives. Oxford University Press, Oxford.
- SAEGUSA, H., Y. THASOD, AND B. RATANASTHIEN. 2005. Notes on Asian stegodontids. Quaternary International, 126-128:31-48.
- SANDERS, W. J. 1999. Oldest record of *Stegodon* (Mammalia : Proboscidea). Journal of Vertebrate Paleontology, 19(4):793-797.
- SCHEPARTZ, L. A., S. STOUTAMIRE, AND D. A. BEKKEN. 2005. *Stegodon orientalis* from Panxian Dadong, a Middle Pleistocene archaeological site in Guizhou, South China: taphonomy, population structure and evidence for human interactions. Quaternary International, 126-28:271-282.
- SHIEH, Y.-T., AND C.-H. CHANG. 2007. Study on the Proboscidea Fossils of the National Taiwan Museum. Journal of the National Taiwan Museum, 60(1):33-44. (in Chinese)
- SHIKAMA, T., H. OTSUKA, AND Y. TOMIDA. 1975. Fossil Proboscidea from Taiwan (I). Science reports of the Yokohama National University. Section II, Biological and geological sciences, 22:13-35
- SHOSHANI, J. 1986. On the phylogenetic relationships among Paenungulata and within Elephantidae as demonstrated by molecular and osteological evidence., Wayne State University, 649 p.
- SHOSHANI, J. 1998. Understanding proboscidean evolution: a formidable task. Trends in Ecology and Evolution, 13(12):480-487.
- SHOSHANI, J., AND P. TASSY. 2005. Advances in proboscidean taxonomy &

classification, anatomy & physiology, and ecology & behavior. *Quaternary International*, 126-28:5-20.

TAKAHASHI, K., AND K. NAMATSU. 2000. Origin of the Japanese Proboscidea in the Plio-Pleistocene (<Special issue>Recent Progress in Studies on Japanese Proboscidean Fossils). *Earth Science (Chikyu Kagaku)*, 54(4):257-267

TARU, H., AND N. KOHNO. 2002. Redescription and identification of *Stegodon's* tooth from Akiruno-shi, Tokyo, with a reference to the specific name of the large type *Stegodon* from Pliocene of Japan. *Memoirs of the National Science Museum (Tokyo)*, 38:33-41.

TARUNO, H. 1972. A study on *Stegodon akashiensis* Takai, Kyoto University.

TARUNO, H. 1985. Genus *Stegodon* and genus *Stegolophodon*—their criteria and phylogenetic relation—(Mammalia: Proboscidea). *Bulletin of the Osaka Museum of Natural History*, 38:23-26. (Japanese with English abstract)

TARUNO, H. 1991a. *Stegodon* fossils from Japan, p. 82-99. In T. Kamei (ed.), *Japanese Proboscidean fossils*. TsukijiShokan, Tokyo.

TARUNO, H. 1991b. Systematic revision of genus "*Parastegodon*" from the Japanese Islands (Mammalia: Proboscidea). *Bulletin of the Osaka Museum of Natural History*, 45:5-16.

TARUNO, H. 1999. The stratigraphic positions of Proboscidean fossils from the Pliocene and lower to middle Pleistocene formations of Japanese Islands(<Special issue>Tephrochronology and Plio-Lower Pleistocene in Japan). *Earth Science (Chikyu Kagaku)*, 53(4):258-264. (in Japanese)

TASSY, P. 1982. Les principales dichotomies dans l'histoire des proboscidea (Mammalia): une approche phylogéne'tique. *Geobios Memoire Special*(6):225-245.

TASSY, P. 1996. Dental homologies and nomenclature in the Proboscidea, p. 21-25. In J. Shoshani, Tassy, P. (ed.), *The Proboscidea. Evolution and Palaeoecology of Elephants and Their Relatives*. Oxford University Press, Oxford.

- TOUGARD, C. 2001. Biogeography and migration routes of large mammal faunas in South-East Asia during the Late Middle Pleistocene: focus on the fossil and extant faunas from Thailand. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 168(3-4):337-358.
- VAN DEN BERGH, G. D. 1999. The Late Neogene elephantoid-bearing faunas of Indonesia and their palaeozoogeographic implications; a study of the terrestrial faunal succession of Sulawesi, Flores and Java, including evidence for early hominid dispersal east of Wallace's line. *Scripta Geologica*, 117:1-419.
- VAN DEN BERGH, G. D., J. DE VOS, AND P. Y. SONDAAR. 2001. The Late Quaternary palaeogeography of mammal evolution in the Indonesian Archipelago. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 171(3-4):385-408.
- YOSHIKAWA, S., Y. KAWAMURA, AND H. TARUNO. 2007. Land bridge formation and proboscidean immigration into the Japanese Islands during the Quaternary. *Journal of Geosciences Osaka City University*, 50:1-6.
- YOUNG, C.-C. 1938. A New *Stegodon* from Kwansi. *Bulletin of the Geological Society of China*, 18(3-4):219-224; plt. I.
- ZHONG, G., J. GENG, H. K. WONG, Z. MA, AND N. WU. 2004. A semi-quantitative method for the reconstruction of eustatic sea level history from seismic profiles and its application to the southern South China Sea. *Earth and Planetary Science Letters*, 223:443-459.
- ZONG, G.-F. 1995. On new material of *Stegodon* with recollections of the classification of *Stegodon* in China. *Vertebrata Palasiatica*, 33(3):216-230. (in Chinese with English summary)

附錄 一 (Appendix A.)

Measurements (in mm) data of the *Stegodon* fossils from Taiwan. See section II “Terminology and Parameters” for the measured parameters.

N = Ridge number. “x” indicates the halfridge in the medial or distal end of molar.

TC = Teeth classes.

Conelet # = Conelet number of ridges. “-” shows the variation of conelet number between individual ridges. Only complete ridges which preserved all the conelets were documented.

Taxon	<i>S. orientalis</i>	<i>S. orientalis</i>	<i>S. e. taiwanicus</i>		<i>S. orientalis</i>	<i>S. orientalis</i>
Specimen	LFMM-001	LFMM-002	LFMM-003	LFMM-004	LFMM-006	LFMM-007
Occurrence**	Sinhua	Sinhua	Sinhua	Sinhua	Sinhua	Sinhua
TC	M ²	M ²	M ₂	dp2	₃ M	M ³
N	+4	+5x	+5x	x3	+5x	+9x
L (mm)	91+	85.89+	125+	22.24	112+	174+
W (mm)	67	57.17	73	15.29	71	77
H (mm)	41	29	-	12.08	-	57.5
LF	5.2	7.25	4.1	19.38	4.67	4.465
ET (mm)	2.68	2.74	5.41	-	4.79	4.82
HI	61.19	50.73	-	79.01	-	74.68
Conelet #	-	10-13	-	7-8	-	11-14

Taxon			<i>S. orientalis</i>	<i>S. orientalis</i>	
Specimen	LFMM-008-1	LFMM-008-2	LFMM-010-1	LFMM-010-2	LFMM-011
Occurrence**	Sinhua	Sinhua	Sinhua	Sinhua	Sinhua
TC	M ³	³ M	M ²	M ³	dp ₃
N	+3x	+5x	+5x	x5+	+3x
L (mm)	127+	114+	137+	149+	55.24+
W (mm)	68	74	101	104	38.17
H (mm)	-	-	-	56	-
LF	6.25	5.003	3.58	3.58	8.18
ET (mm)	4.11	3.82	4.04	-	1.49
HI				53.85	
Conelet #				8-11	

Taxon	<i>S. orientalis</i>	<i>S. orientalis</i>	<i>S. e. taiwanicus</i>			
Specimen	HPC-001	HPC-002	HPC-003	HPC-004	HPC-005	HPC-006
Occurrence**	Ts'ai-liao	Ts'ai-liao	Shanbao to Chengshan area	Ts'ai-liao	Ts'ai-liao	Ts'ai-liao
TC	₂ M	₃ M	₃ M	₃ M	₂ M	₂ M
N	x9x	+10x	+4x	+6+	+8	+5+
L (mm)	204	216+	100.06+	118+	165+	103+
W (mm)	75	97+	93	78.5	71.02	74.61
H (mm)	49	41	38	46	45	48
LF	4.98	4.536				
ET (mm)	2.28	3.23	4.07	5.02	3.43	4.77
HI	65.33		40.86	58.60	63.36	64.33
Conelet #	7-10	9	8-9	9-10	7-11	6-9

Taxon	<i>S. e. taiwanicus</i>	<i>S. e. taiwanicus</i>		<i>S. orientalis</i>
Specimen	TLFM-E0025-1	TLFM-E0025-2	TLFM-En001	TLFM-E0015*-1
Occurrence**	Guoling	Guoling	Ts'ai-liao	Yanshuei River
TC	₃ M	₃ M	M ₁ /M ₂	M ₁
N	x9	+4+	+4	+4
L (mm)	243	113+		
W (mm)	122	120	58.36+	65.92
H (mm)	58	-	-	-
LF	3.378	3.31	5.13	5.2
ET (mm)	5.25	4.22	6.67	4.03
HI	47.54			
Conelet #	9-10			

Taxon	<i>S. orientalis</i>	<i>S. orientalis</i>	<i>S. orientalis</i>	<i>S. orientalis</i>	
Specimen	TLFM-E0015*-2	NTM-I04016B	NTM-I04031	NTM-I04482	NTUG-001
Occurrence**	Yanshuei River	Chochen	-	-	Wujhanhu
TC	M ₂	₃ M	M ₃	dp2	M ₂
N	9+	+9	x9+	+3x	6+
L (mm)	190+	219+	193+	33.41+	111+
W (mm)	68.86	86.54	76	31.36	73.61
H (mm)	49.95	39	56	17.05	43
LF	4.8	3.86	4.92	11.26	5.65
ET (mm)	2.49	3.61	3.82	-	4.03
HI	72.54	45.07	73.68	54.37	58.42
Conelet #	8-11	4-9	8-10		

Taxon	<i>S. orientalis</i>	<i>S. orientalis</i>	<i>S. orientalis</i>	
Specimen	NTUG 010-F000589	NTUG-F8202	NTUG-002	NMNS 003617-F003770
Occurrence**	Takeng	Takeng	Dakengwei	Dongshih
TC	¹ M/ ² M	³ M	M ³	₃ M
N	+5x	+4+	+5+	+4+
L (mm)	83.42+	111+	107+	186.5+
W (mm)	68.75	85	99.65	108
H (mm)	38.5	-	54	-
LF	5.53	4.3	4.1	3.62
ET (mm)	2.69	4.92	3.03	6.03
HI	56.00		54.19	
Conelet #	11		10-11	9+

*: TLFM-E0015 is a replica. The original specimen is deposited in NTM. Another replica of the same specimen is deposited in Chao-Ci Hall in the Library of Ming-Dao High School, Taichung County.

** : Most specimens lack of precise and detail records of their occurrence, especially those which are not deposited in museums or university. Therefore, the exact location of the occurrence of some specimens may not be shown in this chart and only the rough area is documented.

附錄 二 (Appendix B.)

Name Comparison

Chengshan	澄山
Chiting Formation	崎頂層
Chochen	左鎮
Cholan Formation	卓蘭層
Dakengwei	大坑尾
Dongshih	東勢
Guoling	過嶺
Jiangsu	江蘇
Kangtzuling Member	岡子林段
Kuoling Member	過嶺段
Kwangsi	廣西
Liucheng	柳城
Papu	八步
Shanbao	山豹
Sinhua	新化
Taichung	台中
Tainan	台南
Taiwan	台灣
Takeng	大坑
Takenwei Member	大坑尾段
Toukeshan Formation	頭嵙山層
Ts'ai-liao	菜寮
Wujhanhu	烏占湖
Yanshuei River	鹽水溪
Yushe	榆社

