

玉山

國家公園內高山

生態系哺乳類動物的保育

◎ 林良恭／私立東海大學生物系教授

人為開發大幅的改變了自然地景（nature landscape）的結構與外貌，在土地開發變遷的過程中，野生生物所棲息的原始連續而完整的棲息環境，因道路地、都市等人工環境的分隔而支離破碎，此一過程稱為棲地破碎化（fragmentation）。野生生物因棲地的損失以致族群量減少，而殘存於破碎棲地中的野生生物族群因環境的隔離，猶如棲息於遙遙相隔的島嶼上，致使族群間發生個體散佈或基因交流的機率降低；部分殘存的島嶼化族群因棲地面積小，品質低劣，而族群面臨生存競爭的壓力倍增，族群動態的變化可能呈現劇烈的震盪，或因棲地的承載量（carrying capacity）極低，使得這些島嶼化的小族群直接面對絕滅的命運。棲地破碎化正是造成全球物多樣性快速消失的原因之一。

遺傳多樣性是生物多樣性的重要組成部分，近年來分子生物學之技術發展，提供了物種遺傳多樣性研究的重要工具，而所謂遺傳標記（genetic marker），乃以此對物種的系統學和生態學之問題提供相當明確的解答。物種絕滅是生物演化的過程，但其絕滅卻因人類活動的關係，其速率加速，在中生代恐龍稱霸時，估計平均每年僅 1-3 種絕滅，但近代則每年以 1000 種絕滅的速率進行。目前全世界近 50% 脊椎動物的種類被列為易受傷害物種（threatened species）（IUCN, 1996）。以台灣為例，日據時代僅論及梅花鹿族群尚存於東部山區，但光復後，梅花鹿即自野外絕滅。目前依保育法被列為瀕危動物之名錄，包括有黑熊、狐蝠、水獺及雲豹四種。另一方面，Kerr & Currie(1995)曾以人口數、GNP 收入、保護區大小、農作地面積、出生率及 CO₂ 排放量等因子來探討影響 90 個國家地區之瀕危哺乳類與鳥類之關係，發現人口密度最相關、保護區域大小更與哺乳類呈相關。保育遺傳提供由遺傳學來探究或降低物種絕滅的危機，Frankham et al. (2000)提出下列有關保育遺傳學之議題：

- （一）近親交配在生殖與存活上有害的影響（近交衰退）
- （二）遺傳多樣性與環境變化反應演化的能力喪失
- （三）族群的破碎化與基因交流的減少
- （四）隨機過程（基因漂變）高過天擇成為主要演化過程
- （五）累積與喪失（清除）有害的突變
- （六）飼育的遺傳適應與它不利於重新引種的成功影響
- （七）解答分類上的不確定性
- （八）定義種內的經營管理單位
- （九）利用分子遺傳的分析來了解種的生物學對保育的重要性

(十) 遠親交配的結果有時發生適應有害的影響（遠交衰退）

由於分子技術的進展，上述量化分析遺傳變異才得以實行。近年十餘年來，生態學家採用了等位基因酶（allozyme）、隨機增幅多型性 DNA（randomly amplified polymorphic DNA, RAPD）、微衛星 DNA（microsatellite DNA）等分子標記，研究野生生物族群遺傳結構受殘存棲地大小、形狀、隔離程度及棲地與周遭環境交互作用等因素之影響。

台灣的面積雖然不大，但地理位置特別，介於古北(Palaeartic)與東方(Orinetal)南北兩大生物地理區的交界處，在過去的地質歷史中，又曾多次和亞洲大陸相連。台灣的地形本複雜，中央山脈南北全長雖僅約 350 公里，卻擁有許多海拔高度在 3000 公尺以上的高山，因此擁有相當高歧異度的生物相。高山為台灣十分特殊的生態系，此生態系的生存環境，相對而言也較為嚴酷，劇烈的溫度變化，經常性的強風和強烈的紫外線照射等，形成較短暫的生物可活動期，考驗著生物生存適應的能力，這樣的環境是探討生物演化的良好場所。此外，由於棲息於各山系的生物族群，彼此間的交互作用也較為不易，所以在探討棲地島嶼化的保育研究中具有指標的功用。

從台灣的生物地理觀之，本島可分為高山及低地兩生物地理區，北方植物地理區及古北區的動物多分布於台灣的高海拔山區，目前已知這些北方區系的物種是在冰河南進時期播遷來台，當氣候變暖，冰河北退後，這些物種便只能侷限分布於台灣較高海拔地區，台灣的山椒魚、櫻花鉤吻鮭及高山小黃鼠狼皆是類似的代表性物種；而低海拔則多為熱帶地理區系的生物。雖然，台灣高海拔地區的環境對於許多在冰河期播遷而來的生物而言，是個避難所，但因山高、谷深的地域隔離而促成物種特化，使這些物種多半成為珍貴稀有種，一旦環境改變時，尤其是人為的干擾，常使得這些物種在應付環境變化的能力不足，而增高滅絕的危機，台灣櫻花鉤吻鮭即是一例。今日，生物多樣性的保存是國內外保育工作的重心所在，而台灣的山地生態體系是本土物種多樣性薈聚的熱點(hot spot)，且玉山國家公園位居於本土生物多樣性保育與研究的重要位置。國家公園成立後，在物種與棲地保育，已發揮實質之效力，但在遺傳保育的資料收集上卻仍顯貧乏。生物的遺傳多樣性是生物多樣性的三個組成部分之一，是物種和生態系統多樣性的重要基礎；而遺傳多樣性的豐富程度，又決定了物種對環境變化的適應能力與演化的潛力。

玉山國家公園所處範圍涵蓋了中央山脈的心臟地帶，區內 3000 公尺以上的高山林立，谿壑深谷密佈，此等複雜的自然地理切割，塑造了島嶼化的棲地分佈，對於棲息於園區內的動物族群而言，必然導致了演化上深遠的影響，而極為值得深入探討因高山溪谷形成的



棲地隔離，所導致遺傳結構變異的研究。回顧過往玉山國家公園的保育研究計畫有關野生動物部分，大都以中、大型野生動物的分佈調查為主，對於小型哺乳動物的調查研究仍屬缺乏，更且，有關棲地島嶼化對野生動物族群遺傳結構影響的探討依然闕如。以保育的長久觀點而言，為保存園區內野生動物族群的長久續存，避免地域性小族群(small local population)因人為的干擾、隔離而導致族群內的遺傳歧異度下降，終至滅絕，探討族群間的遺傳變異情形成為必要的研究課題，國外有關道路對野生動物族群的影響，已有諸多研究可資參考 (Alexander and Waters 2000, Gerlach and Musolf 2000)，而本土的研究仍待開展。

小型哺乳類因散佈能力(dispersal ability)有限，更易於遭受棲地島嶼化的影響，使得棲息於各山系的族群間產生遺傳分化。因此，研究、比較園區內各山系間小型哺乳類的族群遺傳結構，將可瞭解一物種不同族群間受高山深谷之自然地理隔離所產生遺傳分化的程度，而掌握研究區內野生動物族群遺傳變異的現況，若研究中發現遺傳歧異度低的族群，探討造成該族群遺傳歧異度低落的原因為自然地理分隔，抑或人為干擾致使棲地破碎化所致，進而提供園區長遠經營管理的參考依據。玉山國家公園山區內的哺乳動物選擇鼠科動物內森鼠(*Apodemus semotus*)、高山白腹鼠(*Niviventer culturatus*)及高山田鼠(*Microtus kikuchii*)三物種，取其個體內的組織，抽取 DNA 分析後，利用粒腺體 DNA (mitochondrial DNA, MtDNA) 內控制區 (control region) 部份遺傳標記，比較不同高山地區彼此間的遺傳變異。粒線體 DNA 為雙股的環狀分子，為母系遺傳，因此可將其視為一單套分子(simple haploid molecule)，不受遺傳重組之影響。哺乳類動物的粒線體 DNA 大小約為 16~18 kb。由於粒線體 DNA 的修補機制(repair mechanism)不完善(Gray, 1989)，其平均演化速率為核基因體的 10~15 倍。而其中的控制區域(control region)的位置介於 phenylalanine tRNA ($tRNA^{Phe}$)與 proline tRNA ($tRNA^{Pro}$)之間，是粒線體 DNA 在複製及轉錄時主要的調控區域。控制區域為一 non-coding region，容易累積變異，為粒線體 DNA 中演化最快、最多變異的部分，故為一理想的遺傳標記(genetic marker)，適合用於研究相近物種間或同種內族群間之親緣關係研究 (Baker, 2000)。

玉山國家公園園區內研究樣區的包括有：1.塔塔加位於台灣中部新中橫公路的最高點，行政區屬於南投和嘉義兩縣分界嶺線；地目編定目為國有林，分屬台大實驗林和社營林區和嘉義林區管理處阿里山林區，民國七十四年劃入玉山國家公園轄區範圍。鄰近東埔山和鹿林山原始森林開始於 1939~1942 年砍伐，至 1955 年東埔山含塔塔加地區林木均已砍伐殆盡，殘存原始森林有：雲杉林及鐵杉林，現存台灣二葉松於 1968 年變更林相所植，三森

林個別面積約為 40~50 公頃。因伐木開發淋到有楠梓仙溪林道、玉山林道，及觀光交通所開闢之新中橫公路。兩次森林大火發生於 1963 及 1993 年，造成森林與玉山箭竹、高山芒草原相接的森林邊際。**2.關山**海拔 3666 公尺，為南台首嶽，遠觀呈金字塔型，氣勢磅礴，尤其圍繞主峰四周之支稜與山峰均較其矮上一截，亦顯得出類拔萃。主峰頂成南北走向之峽瘦脊，布滿著低矮箭竹，峰頂附近山坡避風處則佈滿著冷杉林；關山周圍乃保原始狀態。圓峰山屋位於玉山主峰南脊樑 3752 公尺的圓峰東側凹地上。**3.秀姑巒山**海拔 3860 公尺，是僅次於玉山和雪山的台灣第三高山，也是中央山脈的最高峰。秀姑巒山峰頂周圍林相完整，依海拔的升高，台灣杉、雲杉、冷杉、森氏杜鵑、玉山圓柏、玉山箭竹等依次出現，尤其在山凹避風之谷地有一片玉山圓柏的喬木林是為罕見之植物景觀，迎風處則多為玉山箭竹被覆。

以鄰近相連法(Neighbor-joining)所做出之森鼠在各地之 MtDNA 控制區域(control region)的序列並無分區表現，各地之遺傳距離也都保持在 0.91 至 1.30%，由於本種採集樣點較多，因此就本種之分佈隨地理遠近，發現其遺傳距離呈現拉大之正相關。高山白腹鼠之親緣關係樹出現關山與能高山一群，關山又與北大武山一群），似乎呈現關山之族群遺傳基因介於南北大武山與北能高山之相混和，其兩之遺傳距離為 2.04-2.35%。高山田鼠本種之 DNA 序列，明顯分出四群，各群的 bootstrap 值可信度皆高。從兩個地域的遺傳距離而言，由 3.0.%至 4.8.%，顯示高山田鼠在各山系間已形成基因分化現象。合歡山與能高山之間距離較近，形成另一群，而塔塔加與關山則亦屬於另一群系，就此四區之地理距離位置而言，亦是如此。就粒腺體 DNA 控制區之序列分析結果，台灣高山田鼠在本研究院之樣區皆呈現獨立分群現象，遺傳距離平均在 4%以上，在玉山國家公園園區內的塔塔加與關山的族群亦是。Oshida et al. (2001)曾對日本各地間飛鼠之遺傳距離進行分析，同樣使用 MtDNA 的控制區為標定分子，發現日本飛鼠亞種間之遺傳距離亦皆在 4%左右。由於台灣高山田鼠之主要分佈為 2500 公尺以上，因此各峰之高山田鼠之基因機會相對受到山脈阻隔影響較大，嚴格說來，各地之田鼠族群正朝向亞種分化之地位前進，從四個地區之粒腺體 DNA 序列，計算出單倍基因型(haplotype)及其多樣指數，核甘酸多樣性及基因分化指數，很明顯看出各地之間 F_{st} 相當高，通常 F_{st} 值大於 0.25 即屬於高度遺傳分化。另外，從基因交流係數(N_m)來看，皆低於 0.25 顯示各地彼此交流機會很低。高山田鼠受到山脈阻隔效應相當明顯，台灣地區所謂高山田鼠(mountain island)分佈型已完全成立，亞種分化地位值得深入探討。另一方面，台灣森鼠則應分佈於 1200 至 3800 公尺，因此各山區之森鼠遺傳交流機會為較大



且可能，森鼠的基因分化乃不明顯。

未來對高海拔生物之保育應朝向避免切割，小族群分化之經營策略，尤其是玉山國家公園為台灣地區擁有最多山脈，即最多高山島嶼的環境，如何減少人為干擾而降低高山島嶼的形成之經營管理是值得重視的課題。



玉山國家公園高山生態系 哺乳動物的保育

Mammal Conservation of High Mountain Ecosystem in Yusan National Park, Taiwan

東海大學生物系
林良恭

生物多樣性保育



動物群與植物群也是各國傳統資產的一部份，是以某個特定時間和地點為中心，歷經數百萬年演化之產物，因此絕對有理由和語言、文化一樣，是一國的大事。———

Edward O. Wilson

玉山國家公園所處範圍涵蓋了中央山脈的心臟地帶，區內3000公尺以上的高山林立，豁壑深谷密佈，此等複雜的自然地理塑造了多樣化的棲地分佈，對於棲息於園區內的哺乳動物而言，必然有其演化與生態的影響，而在面臨環境的變遷時，動物的保育將該是如何呢？



History of Mammalian Species Discovery in Taiwan

- Swinhoe (1862) : 斯文豪 (英國駐高雄領事)
- Kuroda (1940) : 黑田長禮 (日本貴族)
- Jones (1971) : 研究員 (台北美國海軍第二醫學研究單位)
- Lin and Lee (1997) : 東海與台大

在皚皚高聳的玉山
深山裡分佈著
我們尚不知的
稀罕
哺乳動物





表 1. 台灣哺乳類種類發現變化

	Swinhoe (1862)	Swinhoe (1870)	Aoki (1913)	Kuroda (1952)	林良恭 (1982)	林良恭、李玲玲 (未出版資料)
食蟲目	1	3	5	7	8	9
翼手目	2	3	8	19*	16	29
靈長目	1	1	1	1	1	1
兔形目	1	1	1	1	1	1
鱗甲目		1	1	1	1	1
嚙齒目	4	13	15	21*	19	19
食肉目	6	9	11	11*	10	11
偶蹄目	5	5	5	5	5	5
總 數	20	36	47	66	61	76
*一些種類存在之記載存疑						



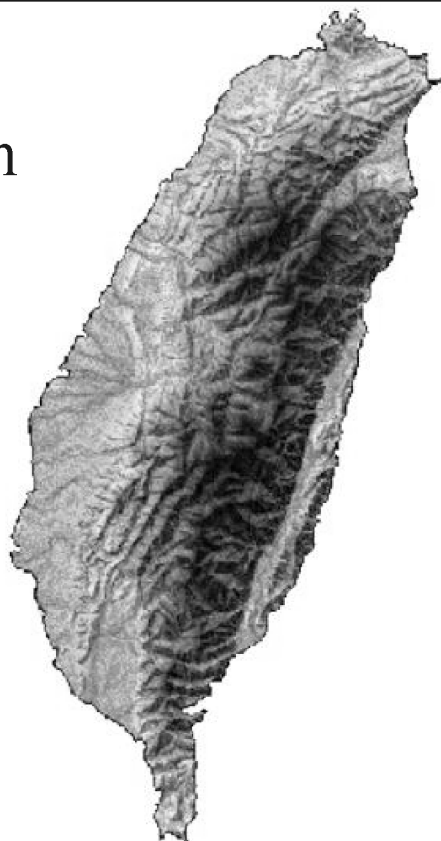
哺乳類多樣性特性

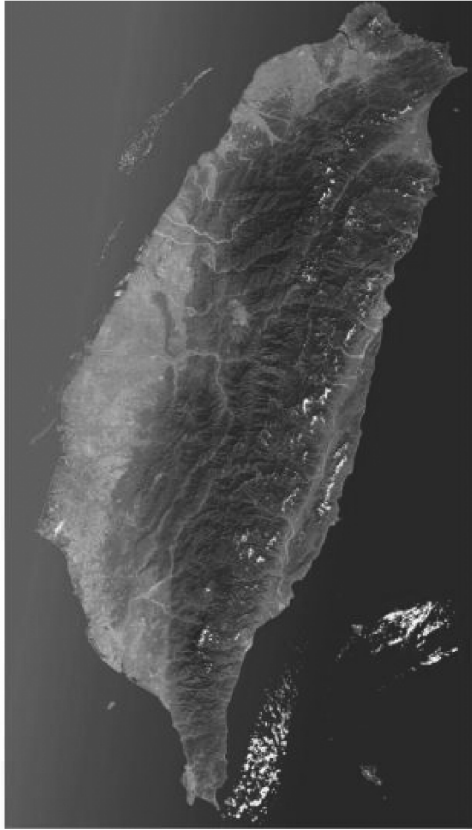
- 每單位面積所含物種數高
- 特有物種都半分佈於高山地區
- 無特殊屬
- 小型哺乳類如鼯鼠、蝙蝠及老鼠居多



Taiwan

- 形成時間約三百萬年
- 第四紀冰河期與大陸相連或分離多次





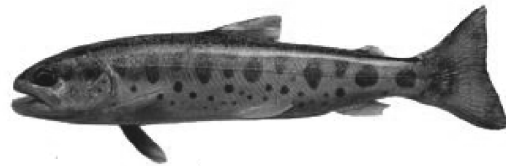
台灣可謂是個高山島
五替公尺以上地形佔
三分之二
三千公尺以上高山
連綿上百座



台灣的山椒魚、櫻花鉤吻鮭及高山小黃鼠狼、皆被認為是北方區系的吻種是在冰河南進時期播遷來台，所以台灣高海拔地區的環境對於許多在冰河期播遷而來的生物而言，是個避難所。



高山小黃鼠狼



櫻花鉤吻鮭



山椒魚



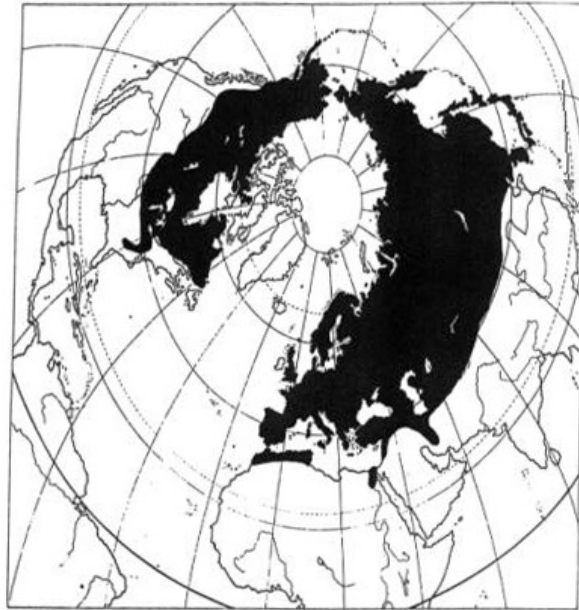


在這一萬二千尺高的山頂上維生的動物實在特別值得憐愛。

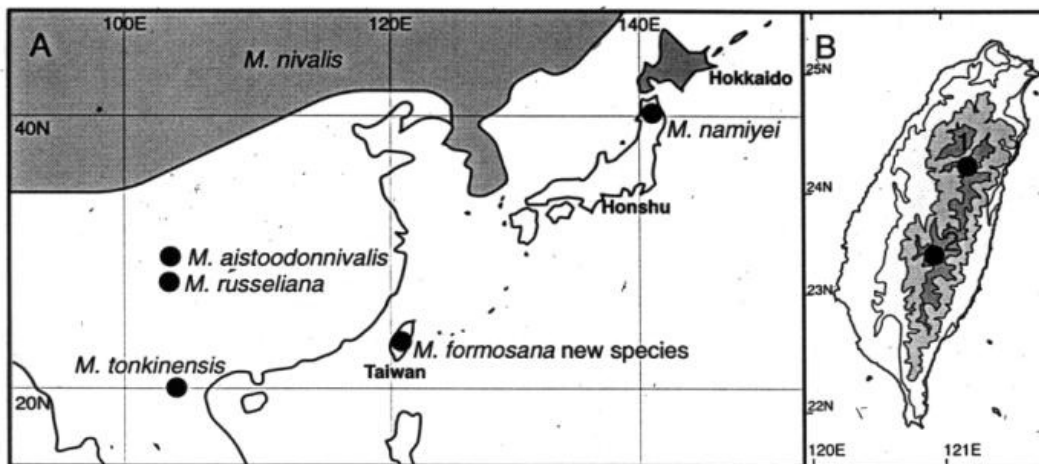
-鹿野忠雄, 1931

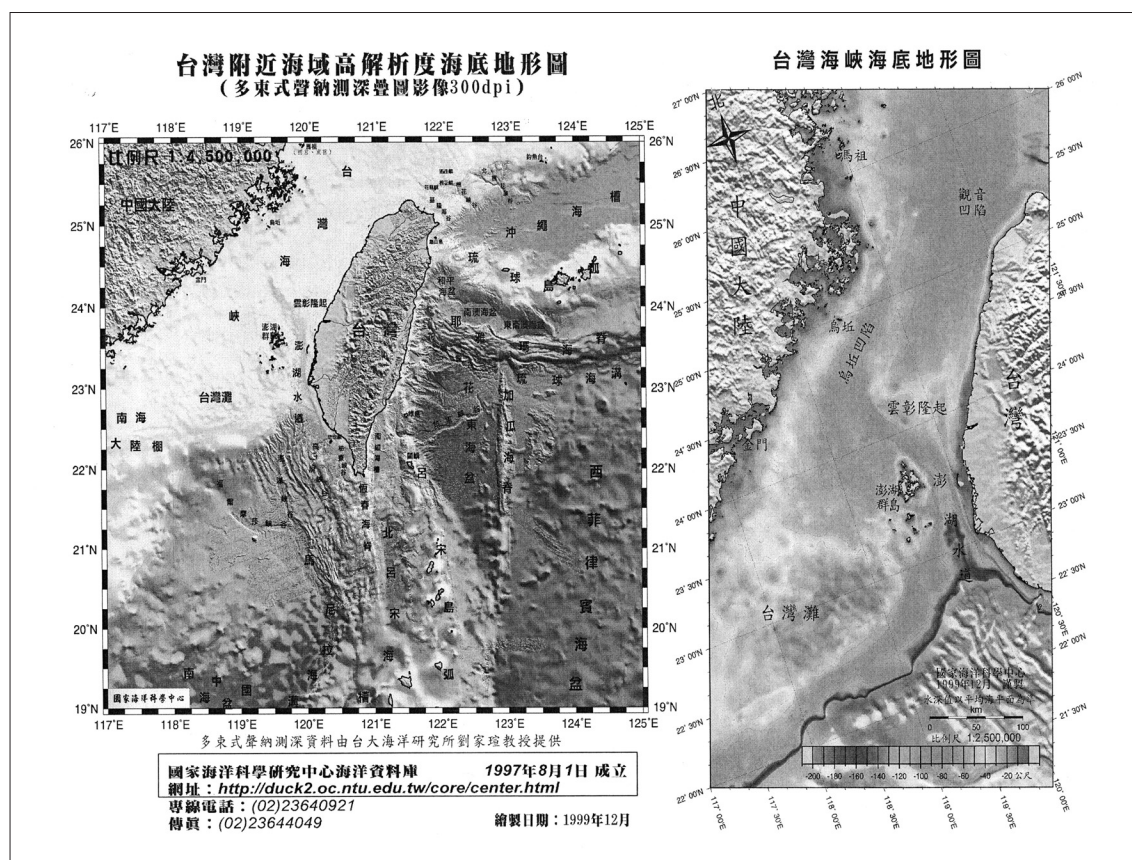
塔塔加高山鼯鼠 新發現種





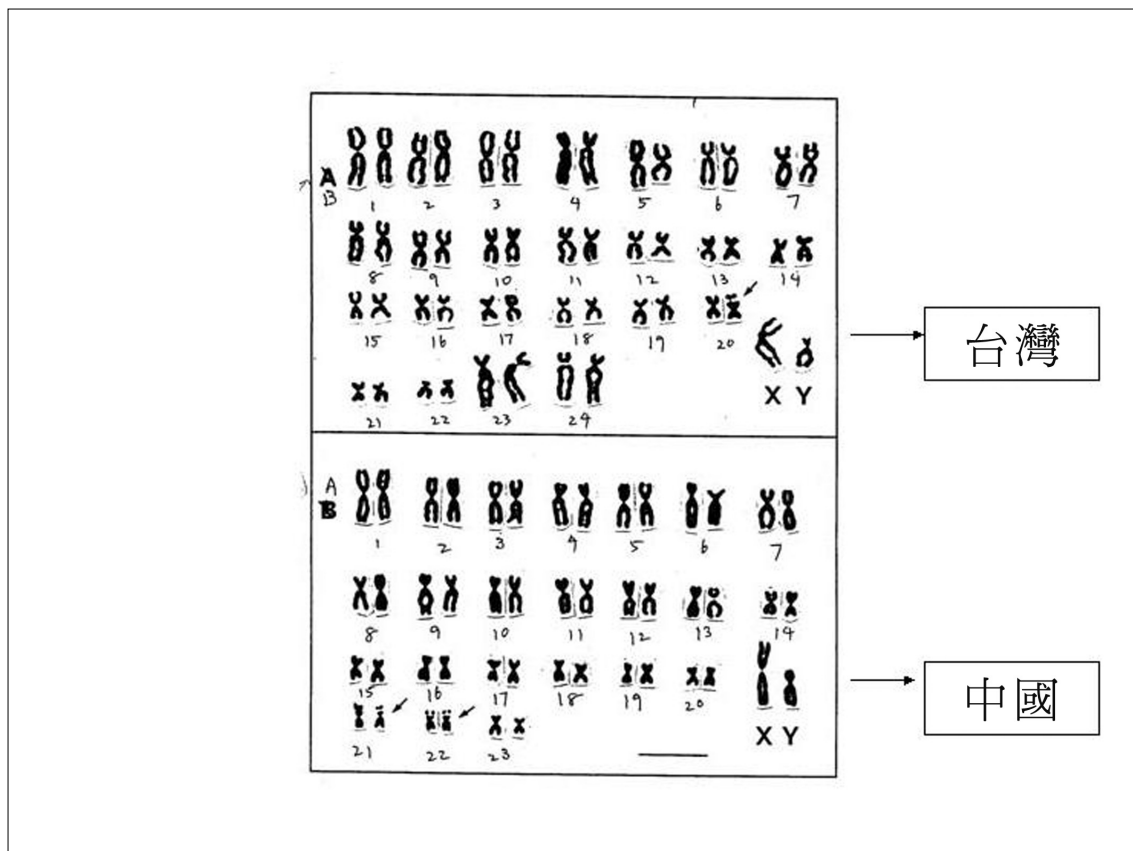
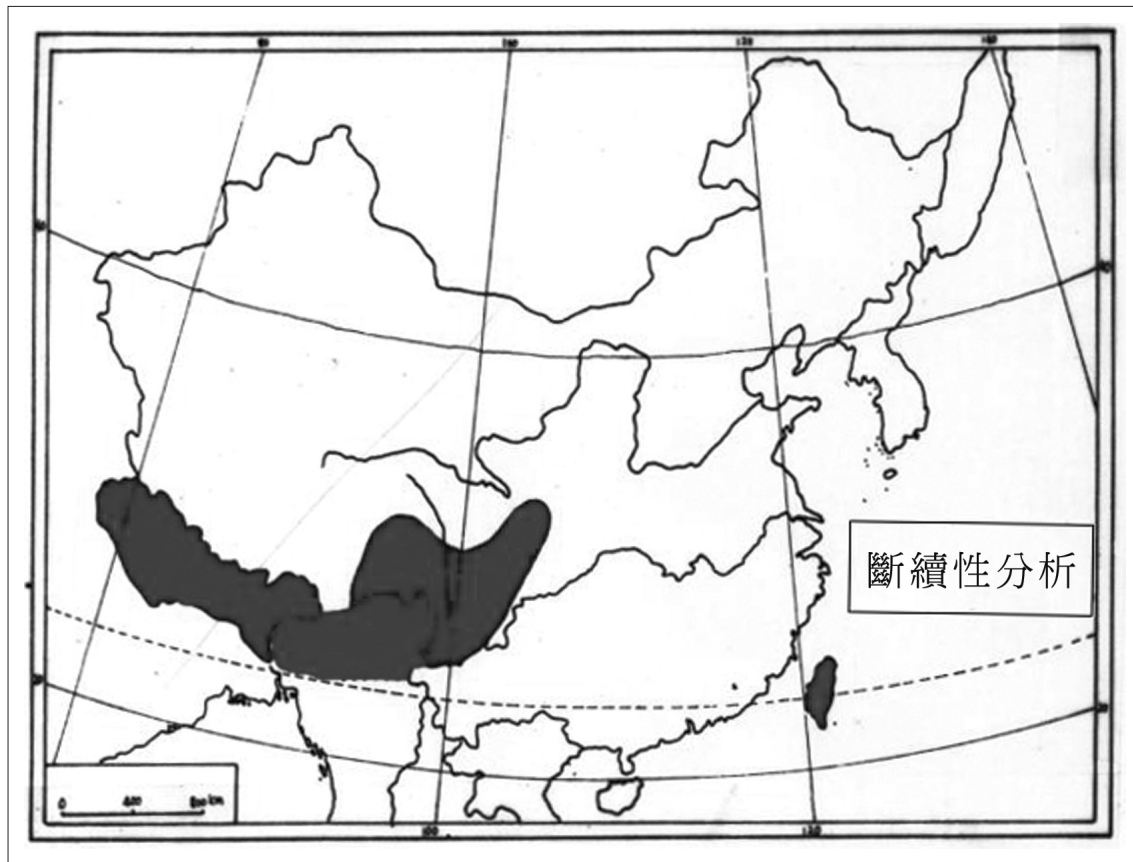
Map 10.8. Weasel (also introduced into New Zealand)





短尾鼯

Anourosorex squamipes yamshinai





Petaurista lena