



圖 1：凡走過必留下痕跡：圖片上的腳印是飛行後的烏鴉（翅膀羽毛的印記）及雪中貂。

動物足跡

在戶外活動中，尋找動物足跡能誘發學生的偵探能力及對刑事偵查學的興趣。許多動物不容易被發現，需要非常努力才能找到，有些動物很害羞，有些只在黃昏或是夜間出現。雖然如此，透過他們的足跡，還是能被發現。

學習行動宗旨

- 動物足跡是動物存在的明顯訊息，學習認識動物足跡。
- 具有害羞特性野生動物的觀察重點和敏感度。
- 從追蹤足跡者的生活方式獲得結論。
- 瞭解動物足跡以及棲息地間的關聯性。

綜覽活動

A 1 尋找野獸的足跡

野獸足跡識讀、生態學關聯性

A 2 樹皮上的啃食痕

小蠹蟲、蠹蟲的成長、生態學關聯性

A 3 森林生態圈中的小蠹蟲

學術性研究建議、處理相互衝突的物種

A 4 榛果上的啃食痕

啃食痕識讀、生態學關聯性

A 5 食糞的研究

哺乳動物的骨頭、被捕食動物食物範圍



圖 2：雪地裡的歐洲野兔足跡



圖 3：雪地裡的貂足跡

動物足跡具有多樣性，其形成的成因是因為哺乳動物、鳥類及昆蟲的活動性。透過動物留下的足跡，可以歸納不同動物的形態特徵與行為，特別的是，動物啃食痕會長時間留在果實上，這提供識別優點，而且能辨識出是什麼動物留下。

本章節將從以下的四個部分介紹，如何從戶外活動，尋找動物留下的證據：

第一部分 雪地中野獸腳印

第二部分 樹皮上的啃食痕

第三部分 榛果上的啃食痕

第四部分 食糞

活動宗旨

- 發現並確認野獸腳印。
- 認識足跡、利用棲息地及選擇食物的關聯性。

第一部分 雪地中野獸腳印

雪地中的動物足跡是很有吸引力的，可以說是大自然有生機的標誌。當人類靠近動物時，多數的動物會藏起來或逃跑。

有些動物只在黃昏或是晚上活動，不過只要透過足跡就能輕易的發現牠們。凡走過必留下痕跡，足跡說明動物留下來的歷史，同時也會洩露留下足跡者的生活方式。雪地裡的動物足跡較明顯，並可以讓人類長時間追蹤動物足跡，藉此獲得更多動物活動性的訊息。

1.1 雪地中野獸的足跡之專業資訊

識讀足跡的美

腳印與足跡

一個個的足印可稱為**腳印**，何時是發現腳印最好的時間，就是在柔軟的土地或新降雪的雪地。動物會依其腳的大小、重量、身型以及移動的方式留下明顯的蹤跡。動物腳印的距離就是提供牠們行動速率的蛛絲馬跡，牠們的體重就會透過腳印的深淺表示。

在冬天發現的動物腳印皆是哺乳類動物，不過，**蹠行動物**、**趾行動物**及**蹄行動物**的腳印分別有很大的不同。蹠行及趾行動物的腳稱為爪，包括食肉哺乳動物、齧齒動物、兔及食蟲目。蹠行動物是以腳掌為印（松鼠、獾），趾行動物是以趾及腳掌上的肉墊為印（貓、狐、狗）。

至於有蹄類動物（偶蹄目及奇蹄目動物）會藉由蹄保護其尾巴。蹄行動物的腳印是成對（狗、紅鹿、野豬）或不成對（馬）。鳥爪的爪印是四趾，因此可長時間追蹤。水棲性鳥類的腳印，包括四趾及蹼。

這些不斷向前走且排列整齊的腳印，就是足跡。紅鹿、狗、獾、野豬的**足跡**；兔、松鼠、或如貂、狐、獾等食肉哺乳類動物的**足跡**都是不同。

足跡圖

西方狗不論是慢走或是快跑時，牠的後腳或多或少會在前腳的腳步內，因此形成二個相互交疊的腳印，即前腳與後腳印。當狗在逃跑時，牠呈跳躍式，由後腳在前腳前方飛行，而前腳就會在後腳後方，當牠們跑越遠則越快。

狐的足跡圖很有特色，一般的小跑步，狐前腳及後腳會互相交錯，就像筆直的接連在一起，因此形成似珍珠串一樣的足跡圖。



圖 6：狗啃食雲杉樹，咬食的常是兩兩成對的矮樹。



圖 4：左起：蹄行動物腳印（偶蹄動物，如狗）、趾行動物腳印（狗）、蹠行動物腳印（松鼠）

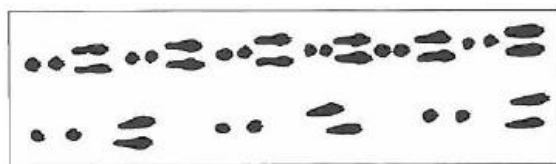


圖 5：野兔的足跡圖：一般行走（上）以及逃跑（下）

兔的走路方式只在二種情況，跳或是逃跑時。其特色是「兔子跳躍」，不同種常會混淆在一起。兔子是用較長的後腳置於較短前腳前。

松鼠也是具有與兔子相似的動作。

還有**貂**，貂在向前跳躍時，前腳放在後腳的位置。在足跡上，只出現二對緊臨的腳印，因此稱為「偶跳躍」。

足跡說明，動物選擇食物及空間利用

足跡不僅透露動物的出現痕跡，而透過足跡也能獲得動物的生活方式、食物的選擇、及空間的使用。在缺乏食物來源的冬天，食草動物（如狗與兔）的足跡會集中在最後一次獲得食物的來源處。在沒有雪



圖 7：在森林旁的動物足跡

的地方，動物會去尋找稀疏、乾掉的青草並避開雪地覆蓋著的嫩芽與新苗，不過，狗卻偏愛這些地方。在嚴冬，動物覓食也會避開樹皮的地方。

狗偏好在知名的健行道路出現，而且會走上很長一段，目的是為了滿足牠的食物需求。松鼠的足跡多半只在樹林中的地上發現，主要是因為牠們要尋找在秋天收藏的榛果。老鼠的足跡大部分是短的，而且有很好的掩蓋性，通常會距離牠們的排泄物近，牠們必須提防許多的天敵。有一個規則是「越大的動物，其活動範圍越大。」

例如狐及貂等食肉性動物因為食物需求，當看到獵物時就會跟蹤牠們，因此食肉性動物的足跡常會和老鼠或齧齒動物一同出現。狗與貓的足跡可在住宅區內或附近發現。沿著農田或森林道路也能發現狗的足跡（因為人們會去遛狗）。

動物足跡及野生動物的保護

野生動物的足跡是牠們尋找食物或社會溝通的證明。若動物逃跑足跡被掌握，在人類的

干擾破壞的案例會增加，這令人擔心動物生存環境。野生動物成功的生存能力意謂著，猶如冬天對動物而言是走在稜線上的生與死。食物的量是剛剛好的，而且每次額外的干擾就會消耗動物大量的能量。位於特別高處的雪屋所帶來的干擾，對動物而言是種生命威脅，在急遽缺乏食物來源，牠們從深雪地要逃跑時，需要很大的能量消耗量。

冬季的所有休閒活動應在指定的場域進行，讓動物對於這些人類使用的環境熟知而牠們會去避開。

如此，動物就不會不必要的被驚嚇以及自牠們的棲息地被驅趕出來。

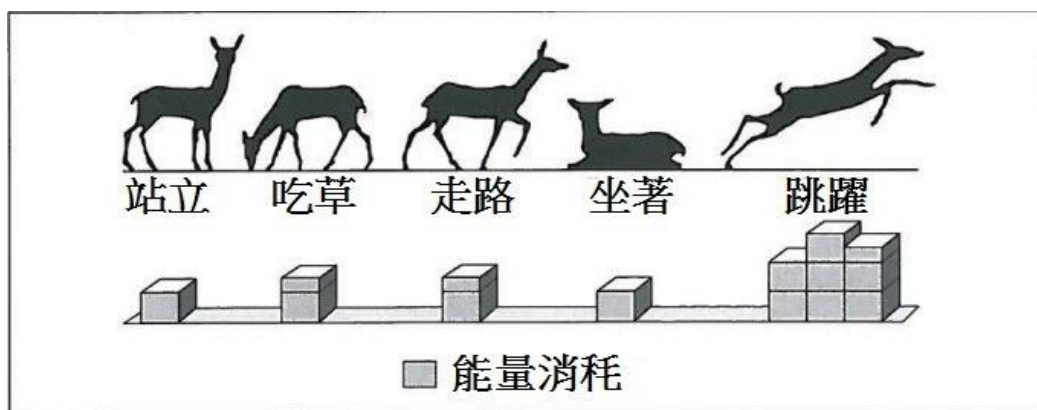


圖 8：狗的能量消耗圖，依牠的活動力而異。（資料來源：Schweizerische Dokumentationsstelle für Wildforschung, Zürich）

參考文獻

Richarz, K. (2006):

動物足跡。Ulmer Verlag, Stuttgart.

附有動物足跡一覽表及樣本，這是很好、簡便的足跡指南。

Lang, A. (2008):

動物的足跡。BLV Buchverlag, München.

很好、簡便的足跡指南。

Bergenholtz, B. (2004):

哪個動物跑到這裡？Kosmos Verlag.

一本有趣尋找足跡書籍，以動物足跡原圖尺寸呈現。

Dahlstöm, P. u. P. Bang (2009):

動物足跡，第三版。BLV Buchverlag. ISBN-13 978-3-8354-

精美腳印、啃食痕、糞便、食糞、巢、隱藏及其他的痕跡。一目瞭然的圖鑑顯示每種痕跡並附有圖說。容易透過圖表更容易辨識。

網址

www.naturdetektive.de/2008/Tierspurenmemory

www.walderlebnispfad-freising.de/images/tierspuren

在 *Freisinger* 森林生活動物的啃食野果痕及足跡訊息。

1.2 安全性的注意事項

在冬天進行尋找動物足跡活動是比較沒有問題的。因為此時沒有任何的蜚威脅，且野生動物也不會直接的被干擾。不過，在活動時，不要碰觸動物的排泄物！特別是指狐（寄生多包條蟲）及貂。

在活動中，不要碰觸動物的糞便。在野外觀察活動前，師長要叮嚀學生相關注意事項，絕對不能接觸到糞便。



圖 9：狐與貂糞便的尾端多數呈現螺旋狀。本圖所示是狐糞便，長 8-10 公分、寬 2 公分。糞便帶有濃烈氣味且常在高處發現（樹樁、鼯鼠土丘等）。糞便的顏色是依其攝食食物而異，從黑色到灰白色的變化。

1.3 活動

活動 1

尋找野獸的足跡

這個活動可以與河狸章節搭配進行，河狸足跡活動 A 1「河狸足跡圖」。

活動的專業背景

要發覺野獸足跡最佳的時間是在冬天**新降雪**時，因此，活動計畫的時間通常很短，大部分的足跡還會與其他痕跡一同出現，如糞便及植物或果實的啃食痕（特別是食草性動物狍與兔）。在野外常見的有蹄類動物足跡是狍，若腳印有肉墊則是狗與貓（會在人類住宅區、道路出現），以及狐狸、兔和松鼠。比較小的足跡是鼠類及鳥類，需要仔細的尋找才看得到，或是在樹叢中發現。

足跡與動物的棲息地和其食物來源是有關的。在沒有降雪的**陽光充足及和煦處**，有許多食物的地方則會發現很多的足跡。被雪覆蓋的樹叢長出的嫩芽可以吸引食草性動物覓食。跟著牠們的足跡就容易找到牠們的食物。牠們偏好植被豐富的地方，其足跡也出現在空曠地找到的新食物來源。只有在較大樹叢的周圍可以找到松鼠（在地上找牠們貯藏過冬的食物）。老鼠的足跡會受到良好的掩護或是可在樹叢發現，通常足跡的終點是鼠洞前。

實作

- 在實作前進行**探勘**，目的是找尋那些地方是陽光充足且有樹叢處。
- 對學生進行活動內容說明：什麼是痕跡？痕跡會以什麼形式出現（如啃食痕、腳印、糞、巢）？
- 最佳的實作時機是**新降雪後的數個小時內**（最好是介於降雪及足跡活動的晚上）。
- 參考附錄 A 1_1 及附錄 A 1_2 雪地常見動物足跡的圖鑑。
- 學生分組實作的任務分配：
 - 在空地尋找足跡：分組報告任務要說明，在那兒發現了足跡，而這又是那些動物留下的。
 - 跟蹤足跡：需要長時間跟蹤的是狍、兔、狐的足跡，同時一併觀察記下所有的觀

季節：12 月、1-2 月

級別：小學、國中

執行：容易

活動宗旨

- 發現及辨識動物腳步足跡
- 足跡、棲息地及食物間關聯性的認識

準備材料

- 附錄 A 1_1 雪地常見動物足跡圖鑑：動物的腳印及附錄 A 1_2 雪地常見動物足跡圖鑑：動物足跡圖
- 一張白紙（DIN A4）、板夾、筆、尖狀工具、橡皮擦
- 數位相機
- 保暖的冬天衣著



圖 10：在開始戶外找尋足跡活動時，可以在雪地上放置半顆蘋果，吸引鳥鵲覓食。

察（食物、休息位子、糞便）

- 在紙上畫下不同的痕跡。
- 在這個階段後，學生會被要求，只要展示至今還沒有被介紹過的足跡即可。在空地上發現的有趣足跡最終要與全部組別一同尋找。
- **秘訣：**在雪深處短跑可明確知悉動物被干擾及能量消耗的關聯性。

秘訣：長時期跟著動物的腳步走，走久了易消磨學生的好奇，而放棄活動，最好是師生一同進行。據經驗顯示，邊找邊展示發現物可以讓活動進行較不無趣。



圖 11：野兔糞便

結論：勿在冬季干擾野生動物。

- 複習：將足跡透過數位相片或圖片展覽。

觀察秘訣：

- 狗足跡：冬天食物（闊葉樹嫩芽、針葉樹嫩芽；雄狗痕跡）、糞便（黑色，形如小咖啡豆）、休息處（似盆形）。

- 兔足跡：冬天食物（草、樹叢新發的嫩芽、齧咬闊葉樹近樹根的樹皮及吃草）、休息處（似盆形但尺寸比狗的略小）、糞便（圓形、充滿纖維）。

- 松鼠足跡：足跡開始及結束都是在樹木、掘土痕跡（尋找被藏起來的榛果）、榛果外殼（在榛果外殼尖處有咬痕）、雲杉毬果及新發嫩芽上的大量齧咬痕。

- 狐狸足跡：常伴隨著老鼠足跡及小型齧齒動物足跡一起（兔）。再觀察一陣子，可以發現狐穴（距離足跡 0.5-1 km 處）。

第二部分 樹皮上的啃食痕

無所不在的是秘密隱藏在樹皮內側的昆蟲痕跡。讓這些痕跡形成精緻圖案的肇事者是「小蠹蟲」。儘管小蠹蟲大小有限，牠們卻也能在大型的樹木完成任務，最有名的是雲杉八齒小蠹蟲，其只有 5 mm 卻能快速繁殖。

活動宗旨

- 在森林生態系統內小蠹蟲及其角色的認識



圖 12：樹皮內側小蠹蟲的生長及繁殖坑道圖（雲杉樹上的小蠹蟲）



圖 13：利用樹木生長及繁殖的小蠹蟲坑道圖（在山毛櫸上的硬木小蠹蟲）

II.1 樹皮上的啃食痕之專業資訊

對多數昆蟲物種而言，樹木是其棲息地及食物來源。昆蟲綱的鞘翅目包括各種甲蟲，特別是吉丁蟲、天牛及小蠹蟲等，偏好以樹幹的韌皮部為棲息場所。牠們啃食樹皮及樹身並留下特別的痕跡。相較於外型好看的吉丁蟲與天牛，小蠹蟲的好處是隨處可見，連外行人也能找到牠的存在。小蠹蟲的痕跡很明顯的可以區別，不同種類小蠹蟲的啃食痕圖各異。以上的章節將基於此，介紹不同的小蠹蟲。

小蠹蟲

小蠹蟲科下分三個亞科，包括小蠹亞科（*Scolytidae*）、海小蠹亞科（*Hylesininae*）及齒小蠹科亞科（*Ipinae*）。在中歐，約有 120 種不同的小蠹蟲、大小約 1-10 mm，身體呈圓滾柱狀，而顏色從淺棕色到棕黑色。小蠹

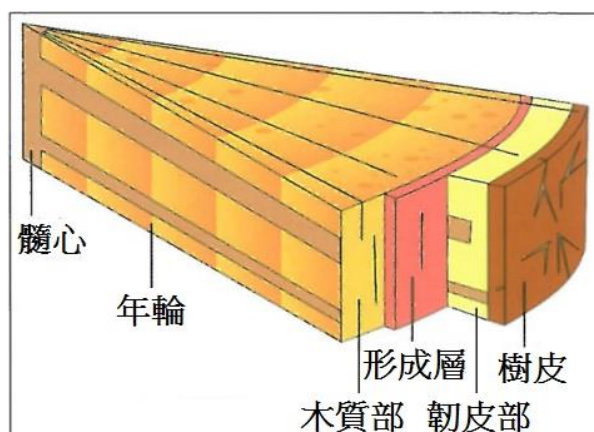


圖 14：五年松樹樹幹橫斷面圖

蟲是典型寄宿在木本植物內，在每種的中歐樹種皆能發現小蠹蟲。與其他昆蟲相比，小蠹蟲花很長的時間在繁衍其生命，在啃食的樹皮內形成特別的孵化坑道系統。這使得觀察小蠹蟲變得很有趣。

以樹皮為家的小蠹蟲

以樹皮為家的小蠹蟲棲息於韌皮部與邊材間，牠們不會進入樹幹的深層。牠們直接的食物來自養分充足的形成層與韌皮部的維管束細胞。牠們的繁殖系統限於樹皮與木質部。這類型的棲息於針葉樹林與闊葉樹林的小蠹蟲是有不同的。至於以木為家的小蠹蟲，如上的分別則沒有一定需要。為了區別兩種覓食類型，也能從小蠹蟲拋下的樹屑粉的顏色區別。以樹皮為家的小蠹蟲所留下的樹屑粉是褐色，而以木為家的小蠹蟲留下的**樹屑粉**，剛開始是**褐色**，之後則會變成**白色**。

大部分以樹皮為家的小蠹蟲是以萎凋的樹為宿主（次要寄生），這種物種具有高度群體性以攻擊健康的樹木，直到牠們可以棲息。這種物種稱為**主要寄生**，牠們對於中歐瀕危物種有經濟觀點。

以木為家的小蠹蟲

以木為家的小蠹蟲係以樹幹為棲息空間。牠們與蟲道真菌共生，真菌存在於牠們的孵化坑道，然而這些真菌（**Ambrosia**）卻會斷絕樹木的養分。在孵化系統的坑道上形成真菌並規律性擴散，藉此小蠹蟲獲得養分。一般而言，每一以木為家的小蠹蟲有其自有的蟲道真菌種類，並與真菌共生。雌性小蠹蟲藉由其身體特殊的開口構造，運送真菌進入其孵化系統內，以啃食木材繁衍真菌，如此，小蠹蟲就能為自己及後代獲得重要的養分。因為健康的樹木在潮濕環境下，適合真菌生長，而以木為家的小蠹蟲就生活在萎凋、將死或已死亡的樹，這樣的模式稱為**次要侵蝕**。

以樹皮為家小蠹蟲的坑道圖

以樹皮為家小蠹蟲很有其特色，而且從外向看只能看見其通氣孔。最簡單的方式是小蠹蟲以入口洞為一個居住空間並擴散。雌小蠹蟲利用這個房間產卵，產下的卵會一顆顆或是一小堆的方式放在房間的壁上。依產卵的形式不同，幼蟲攝食的方式也不同，由分別的**幼蟲坑道**攝食或是在家族坑道內共同攝食。至於其他以樹皮為家的小蠹蟲，雌蟲會將卵產在母坑道，而這個母坑道起點在入口孔洞，而沿著樹幹纖維的方向形成（**長坑道**）或以纖維方向的橫向形成（**橫坑道**）。雄蠹蟲只與一隻雌蠹蟲交配（一夫一妻制），因此其繁殖方式只在一條或二條母坑道。若許多的雌蠹蟲與雄蠹蟲交配，則其繁殖方式會選在二條或是更多條的母坑道，而母坑道的開始都是在同一個空間。這個空間就可以稱為**主臥室**，這是由雄蠹蟲打造的，再與不同的雌蠹蟲交配所用。



圖 14：雲杉樹皮上，雲杉八齒小蠹蟲的通氣孔。

幼蟲坑道的走向是與每一母坑道呈垂直狀，長坑道是以木質纖維的方向呈橫向，而橫坑道就是與纖維呈同方向。幼蟲坑道的寬度會依幼蟲逐漸成為成蟲而變寬，並會塞著幼屬的糞便，坑道的終點是**蛹室**，幼蟲會在此結蛹休息後成為成蟲。蛹室的位置通常不會與幼蟲坑道在同一層。在成長過程的最後，蠹蟲會從通氣孔洞離開孵化巢穴。為了獲得充足的氧氣，雌蠹蟲會停留在通氣孔。此外，樹皮表面也會有年輕蠹蟲的成蟲通氣孔。



圖 15：以木質為食的蠹蟲在通氣孔上（闊葉樹小蠹蟲）。

成長及世代交換

小蠹蟲就像所有甲蟲類的昆蟲一樣，屬於完全變態（**Metamorphose**）。從卵到幼蟲，再經過許多的幼蟲階段後結蛹，最後脫蛹成為成蟲。依物種不同，小蠹蟲在一年可以有一代、二代或是更多世代。小蠹蟲的成長期取決於天氣及氣溫。在乾燥、溫暖的時間，世代是最多的。成蟲產卵後仍持續孵化，稱為同胞育雛。小蠹蟲物種的世代及同胞愈多，則在一年內蠹蟲的數量急遽增加許多，基於這樣的因素，在天時地利人和的那一年，**數量會大量增加**。

小蠹蟲的生態意義

小蠹蟲是自然森林生態系統中最基本的組成部分。牠們的生態意義在於導致樹木裂開，同時是許多其他動物的食物來源。小蠹蟲是樹木的**第一個宿主**，牠利用將死或已死的樹作為養分的有機體。小蠹蟲運用本身的孵化系統腐蝕其要居住的無生命樹木。以木質為食蠹蟲物種的孵化系統會在樹幹上，製造深度約 **10 cm**，以利真菌直接進入破壞樹。樹木的第一階段分解，若沒有小蠹蟲的侵襲，則會很明顯的慢。

小蠹蟲大量的增加會危害健康的樹木（主要侵蝕），會帶來大面積森林破壞。在天然的森林生態系統中，在發生害蟲事件後，重新種植主要樹木樹種，例如樺樹、松樹。

小蠹蟲的天敵可分為三類型：疾病感染者、以蠹蟲為食的天敵（鳴禽科、鞘翅目、短角亞目科及其他）和寄生蟲（最後會導致宿主死亡）。總而言之，自然界的天敵的影響有限，群體動態地繁衍是無法避免及不會結束的。

為了避免大面積森林遭破壞並基於為人類保留森林多樣性功能，現代的林業致力於對抗大量增加的小蠹蟲。孵化好後，蠹蟲就會離開樹木，如此對樹木而言就沒有風險，還能讓牠們的天敵（主要是啄木鳥）留在森林內。

近自然林業及小蠹蟲的繁殖

造林可以減少小蠹蟲為森林帶來的持續性危險。基於此，一個現代化的造林有以下的目標：

- 藉由闊葉林豐富的混合林建立多樣化、物種豐富的森林
- 符合標準樹木物種選擇
- 以自然的方式讓樹林年輕化
- 避免濫伐並改善森林結構

- 生態正確的森林邊緣形成及照護
- 綜合性的森林保護

若森林的林相是符合當地、物種及結構豐富，則能從森林生態系統的天然食物循環。附有動植物多樣性的森林系統在面對小蠹蟲蟲害時能更穩定的處理。

參考文獻

Beat Wermliinger, Beat Forster, Jean D. Godet (2007):

小蠹蟲。所有林業重要的樹皮和木材育種者。Ulmer Verlag. Stuttg.

針對欲深入瞭解小蠹蟲者，本書附有精美插圖，並介紹 17 種重要的小蠹蟲種類。

AID (Hrsg.):

監視和對抗針葉樹上的樹皮甲蟲。Heft 1015/2008.

重要小蠹蟲的農業訊息服務說明書，附有孵化圖供識別。價格實惠。

聯繫人

每一行政區食品、農業及林業辦公室（食農林辦，AELF）的聯絡訊息和諮詢。請聯繫環境教育負責人，其很樂意提供相關資訊，同時也願意參與活動的執行。相對單位的地址訊息，可以在巴伐利亞邦林業管理網頁查詢

<http://www.forst.bayern.de/amt/>。與小蠹蟲有關的訊息及現況可以在森林暨林業機構（LWF），地址 Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising；電話 08161/71-4881 或是直接在 LWF 網頁上取得 <http://www.lwf.bayern.de/>。

II.2 活動

活動 2

樹皮上的啃食痕

專業背景

在巴伐利亞邦的森林中，以雲杉為主要樹種的種植面積約 44%，樹上可以發現許多以樹皮或木為寄主的小蠹蟲。二個重要的物種是雲杉八齒小蠹蟲(*Ips typographus*)與六齒雲杉樹皮甲蟲(*Pityogenes chalcographus*)，這二種物種是以樹皮為寄主，且能同時在相同的樹出現。有趣的是這兩物種的生態位是依樹皮厚度：長約 4.2-5.5 mm 的雲杉八齒小蠹蟲棲息在樹幹樹皮較厚的地方，較小的是六齒雲杉樹皮甲蟲，身長約 1.8-2 mm，棲息在樹皮較薄的樹幹、樹冠、樹枝及年輕的樹。

雲杉八齒小蠹蟲數量能一直不斷的増加且能對樹木進行主要攻擊，蠹蟲一年可以有三代，以同胞交配方式繁衍。目前在巴伐利亞國家公園森林出現的森林破壞，就是由於蠹蟲大量繁殖造成的問題。蠹蟲繁殖帶來樹林的生態危機自 1990 年暴風破壞後形成，且至今還沒有解決。

實作

- 與環境教育有關的食品、農業與林業部的官方連絡人取得連繫（地址請參考本書最後的附錄 F）
- 在戶外採集活動前勘察場地及找合適的雲杉和白蠟樹
- 夏天是最好尋找活的幼蟲和蠹蟲的時間，而咬食痕則是整年都找得到
- 學生的任務：
 - 開始：小蠹蟲有多大？
 - 雲杉八齒小蠹蟲製造的樹皮樹屑，可在雲杉樹幹的底部找到並描述發掘過程。
 - 將雲杉樹殘枝或倒伐樹的樹皮掀起，在樹皮內側依啃食痕尋找。
 - 畫下啃食圖並記下蠹蟲的名字
 - 將樹皮放在淺色背景下，計算蟲的孔洞。
 - 用放大鏡觀察孵化系統，和不同的發展階段（成蟲、幼蟲、卵）
 - 辨別通氣孔、活動空間、母坑道及幼蟲坑道
 - 觀察在蠹蟲樹覓食的鳥類物種

季節：9 月、3-8 月

級別：小學、國中

執行：容易

活動宗旨

- 發現及分類樹皮上的啃食痕
- 蠹蟲與其孵化系統認識及分辨
- 昆蟲的發展，從卵到成蟲的一生
- 在森林生態系統中，小蠹蟲的生態角色，及其對森林的意義

準備材料

- 附錄 A 2_1 至 A 2_2 雲杉八齒小蠹蟲、六齒雲杉樹皮小蠹蟲及白蠟樹蠹蟲
- 放大鏡
- 皮尺（三角尺）
- 一張白紙（DIN A4）、板夾、筆、尖狀工具、橡皮擦
- 數位相機

。制定教學海報及舉辦展覽



雲杉八齒小蠹蟲：中間是母坑道以及兩側的幼蟲坑道。蠹蟲成蟲呈深黑褐色而長度是 4-5.5 mm。



六齒雲杉樹皮小蠹蟲：坑道是 3-6 星狀坑道，呈輻射狀。長度直到 6 cm。幼蟲坑道常是不規則狀，分散在母坑道兩側。成蟲呈黑色，只有 1.5-3 mm 長，其翅膀是亮紅褐色。



白蠟海小蠹蟲：受蠹蟲攻擊白蠟樹樹幹邊材上的小型多彩蠹蟲母坑道（雙條橫向）。

活動 3

森林生態系統中的小蠹蟲

專業背景

自然保護及森林業代表間討論，雲杉八齒小蠹蟲的大規模傳播通常被視為是自然過程，且不受干擾的進行。從非本地物種的雲杉樹而言，自然過程的說法在「非自然」森林視為是很重要的，就如在德國是從森林使用歷史的典型而論。人類帶來的影響是形成氣候變遷帶來的問題，就像是大規模繁殖還是自然過程。森林中不受干擾的結果及其功能提供許多問題，而這些是高級階段學生可以處理的問題。

高級階段學生科學性任務主題的建議

建議的主題

- 1) 解說大量繁殖小蠹蟲對森林功能影響的後果。
- 2) 大量繁殖小蠹蟲在國家公園（例如哈茨國家公園、巴伐利亞森林國家公園）保護的目的。
- 3) 在巴伐利亞小蠹蟲的管理及在研究領域實現的可能性。
- 4) 依據不同的社會群體關心程度的研究領域，針對小蠹蟲主題提出討論說明。
- 5) 研究領域中，在地的情況總結分析以及不同利益情況的權衡。
- 6) 調查在其他歐盟及北美國家小蠹蟲問題，以及分析與巴伐利亞的不同。
- 7) 文獻調查：在巴伐利亞選定領域中，小蠹蟲大量增加，以改變意見及政策決定的影響。

季節：9 月、5-8 月

級別：高中

執行：困難

活動宗旨

- 在森林生態系統，分類小蠹蟲的生態角色
- 確定在森林領域內，樹木遭小蠹蟲破壞及衝擊的程度，並評估各種森林的功能危害。
- 針對出現的問題進行了解、評估及接收進行溝通，以制定必要的行動及可能的解決方案
- 將小蠹蟲視為有爭議物種的個人看法。

第三部分 榛果上的啃食痕

III.1 榛果上的啃食痕之專業背景

榛果剩下的果核是時常在住宅區可以發現的動物痕跡。有趣的是，動物啃食榛果有不同策略，如何將硬殼撥開。**松鼠**使用下頷在榛果尖處咬一個小的裂縫，再將下門牙藏在後面。然而，榛果就這樣被松鼠用似鑿子狀的門牙開成二半。牠利用兩個下顎半部達到如槓桿效果。

老鼠的力氣比較小，齧咬撥開果核需要很費力。透過不同的咬食痕區別真的老鼠

（鼠科，例如小林姬鼠與黃頸鼠）和堤岸田鼠（田鼠亞科，主要是堤岸田鼠）。有長長腿的**小林姬鼠**用腿固定榛果，以下門牙從內往外將榛果咬開，以便榛果外側形成一個圓圈狀且可以看見完整的上牙咬食痕。**堤岸田鼠**用較短的前腿，緊緊地將榛果抱在身體，再用下門牙由外向內啃咬，如此外殼上看不出啃食痕。

啄木鳥和**松鴉**用嘴喙啄果實外殼，此外，也在樹皮上找適合的位置或利用樹枝夾住榛果。此以方式稱為「啄木鳥工」，在樹下可以收集到殘留的榛果核。

有愈多榛果樹，時常就會發現愈多不同的榛果啃食痕。榛果的養分基礎視食用者的棲息地品質。有愈好的養分，就有愈多過冬的松鼠、老鼠、啄木鳥及松鴉。在食物鏈中，食肉目、貓頭鷹及鷹都能直接從榛果受惠。



圖 16：松鼠正在打開榛果



圖 17：榛果剖面，啄木鳥（左）、松鼠（右）

III.2 活動

活動 4

榛果上的啃食痕

實作

- 在戶外採集活動前勘察場地
- 戶外活動的最佳時間是秋天開始直到降雪時以及積雪融化的早春。又或是，學生們可以在住家附近尋找榛果的痕跡並將榛果帶回家研究。
- 與冬天貯糧有關，學生可以將榛果放在碗中並回收有啃食痕的榛果。
- 參考附錄 A 4_1 榛果上的啃食痕，向學生講授最重要的啃食痕。

季節：10-11 月、3-4 月

級別：小學、國中

執行：容易

活動宗旨

- 發現及分類榛果啃食痕
- 榛果的糧食來源及動物棲息地品質關聯性的認識

準備材料

- 附錄 A 4_1 榛果上的啃食痕
- 放大鏡
- （如果有的話）運用松鼠的頭骨、老鼠的頭骨說明動物的門牙

第四部分 食糞

對學生而言，最有趣的是研究貓頭鷹的食糞。最初，對於這一團含有毛髮的東西到底是什麼還不知道，還不知道在這些細毛堆與骨骼堆中有什麼。為了揭開神秘面紗並識別這些貓頭鷹的獵物是以下行程的動機。

IV.1 專業資訊：什麼是食糞

對貓頭鷹而言，昆蟲的毛髮、羽毛、骨頭、牙齒、喙、爪及殼是無法消化成為養分的部分。這些無法消化的部分，貓頭鷹會在牠的胃中擠壓著，直到成為丸狀，再從鳥嘴吐出來，這就是「唾丸」。

有很多鳥類都有唾丸，並不一直總是食糞。普通翠鳥的唾丸以魚刺為主。紅背伯勞鳥的唾丸以昆蟲的外殼為主。以哺乳類動物及鳥類為食的鳥類，產生的食糞，也是唾丸，這類鳥類是貓頭鷹及鷹形目，另外鸛科、鷺科及鴉科亦是。

貓頭鷹的食糞及鷹形目的食糞有明顯的不同：

鷹形目的食糞中，可以完全看不到或只有少部分獵物的骨骼。

因為貓頭鷹擁有較少的強烈胃酸消化，對於最小型的骨頭（例如脊柱的椎骨）則是混合在食糞中吐出。理論上也有可能，整個骨頭一根不少的就在食糞內。基於此，就學生戶外活動採集而言，**貓頭鷹的食糞是最適合的教案**。

要如何找到貓頭鷹的食糞，與其喜歡停留及棲息的地方有關。因此，倉鴉這類的貓頭鷹的食糞會在其建立在建築物的鳥巢內或附近找到（主要是在農舍、穀倉、教堂尖塔、城堡的閣樓可以發現）。灰林鴉及長耳鴉的食糞在原野樹林，偏好棲息在針葉樹深處或是森林邊。除了分開的食糞獨立採集外，也能發現較大量的食糞。

部分長耳鴉在冬天時會進行冬眠，因此牠們偏好棲息在針葉林深處。長耳鴉集中睡覺的地方也能在村落或花園中間發現，有時候還會維持超過數年。如此在尋找食糞時特別收穫豐富，因為在此可以一次發現 20-40 個食糞（甚至有時還會有 200 個！）。若要不費力尋找，可以在長耳鴉的巢穴及附近發現，因為自幼鴉能飛時，很早就會離開巢穴了。



圖 18：倉鴉獵補田鼠。之後進食的殘餘物與骨頭和其他難以消化的遺體一起重新出現為食糞。

活動宗旨

- 食糞視為是貓頭鷹的痕跡及認識鷹形目鳥類。
- 肉食性動物的食物光譜與棲息地品質關聯性的認識。

參考文獻

B. Wandke, O. Müller:

在倉鵚食糞中的脊椎動物。Bestimmungsschlüssel zur Gewölleuntersuchung. Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung

研究倉鵚食糞的生物檢索表附有圖鑑，適合中等教育第二階段程度。

März, R., (1987):

Gewöll- und Rumpfungskunde. 3. Auflage. Akademie-Verlag, Berlin..

本書除了列出齧齒動物及鳥類骨骼的生物檢索表外，還有爬行動物及魚類的特別標誌。只是黑白印刷。更大部分是專注於羽毛識別。

Mebs, T. u. W. Scherzinger (2000):

歐洲的貓頭鷹。Biologie, Kennzeichen, Bestände. Kosmos Verlag Stuttgart.

關於貓頭鷹的訊息，包括生態、危險及保護。以淺顯易懂文字和插圖說明。

網址

www.eulenmanie.de/inhalt.html?/Inhalt/body_inhalt.html

貓頭鷹訊息。精美貓頭鷹食糞插圖。

連絡人

有關倉鵚和其他貓頭鷹物種量的訊息，請與當地地鳥類專家聯繫。亦可透過聯邦鳥類保育辦公室連繫（地址請見本書附錄 I）。

IV.2 處理食糞的注意事項

處理動物的食糞可能會有感染漢他病毒的風險。從感染風險來看，貓頭鷹的胃酸有限，因此以下的重點是在**教案準備**時要嚴格注意的。

- 以(一次性)手套採集食糞，將食糞放在可以密封的塑膠袋內。避免直接接觸。
- 若發生食糞變色了，將手上的昆蟲幼蟲先放在冷凍庫暫時先冰起來。
- 讓新鮮且略潮濕的食糞乾燥，放在室溫 **14 天**。若不要置放那麼久，可以利用烤箱（或乾燥箱）以 **150-200°C 短暫加熱**，經過高溫殺菌後，就不會有感染風險（BOSCH Vogelwate 46, 2008: S. 55-58）。

IV 3. 活動



圖 19：隨著第一個頭顱的出土，對於食糞研究的興趣就提高。

活動 5

食糞研究

活動的專業背景

貓頭鷹將其獵物連皮膚和毛髮都一同吞食，再將無法消化的剩餘部分吐出來。鶴、蒼鷺、海鷗、烏鴉以及小型的鳴禽鳥類等的食糞內容物，幾乎沒有毛髮、很容易可以分解，然而這對貓頭鷹食糞痕跡的尋找卻不那麼的恰當。

對貓頭鷹而言，當牠們在消化時不能干擾牠們進食獵物骨頭。而且，小型的骨頭是完好如初的不會成為囊中物。可以透過貓頭鷹的食糞區別其以什麼獵物為食，重要的證明是頭顱。此外也能區別是那一種鼠類，是真的老鼠（鼠類，例如小林姬鼠、黃頸鼠）、田鼠(普通田鼠)、鼯鼠或是鳴禽。

實作

- 連絡鳥類專家（請見本書附錄 I）
- 參考圖鑑 A 5_1 分類食糞
- 處理食糞的方式（請見 IV.2 注意事項）
- 食糞要放在溫水泡數分鐘後，再用鑷子以及錐子小心翼翼將骨頭分開。
- 用鑷子及錐子輔助拉開食糞
- 發現的骨頭請參考圖鑑 A 5_2 分類

季節：全年

級別：小學、國中

執行：容易

活動宗旨

- 辨識食糞是貓頭鷹的痕跡
- 檢視食糞剖析貓頭鷹的獵物食物
- 食糞與貓頭鷹食物鏈關聯性的認識

準備材料

- 貓頭鷹食糞（最好是倉鴉的食糞）
- 鑷子、錐子、玻璃碗或塑膠碗
- 附錄 A 5_1 食糞圖鑑及附錄 A 5_2 食糞中骨骸圖鑑
- 紙箱（深色背景）以及膠（熱溶膠槍）

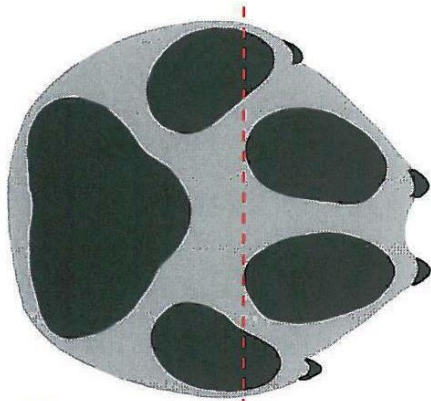


圖 20：骨頭及骨骸展覽顯示這些骨頭經過整理後的成果。

- 記錄下每個食繭（會發現新的頭骨的驚人成果）
- 不同動物群體骨頭部位計算
- 盡可能將完整的骨骸黏在一起放在同一箱子（請見附錄 A 5_2 背面）
- 在箱子中的食繭展示，若可能也在展示櫃中放置倉鴉

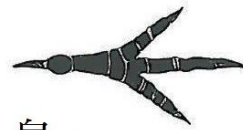
附錄 A 1_1

雪地常見動物足跡：動物的腳印及足跡圖 I



狗

約 6 cm (依品種不同而異，具有多變性)

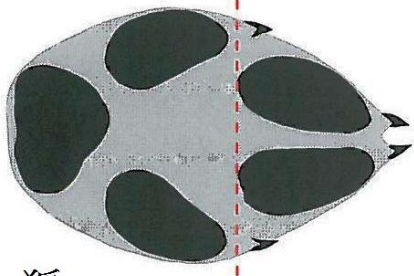


鳥

從約 3 cm 到數倍大，
依鳥類的物種而異



鳥



狐

約 5 cm



狐（跟著走）



狐（逃跑）



家貓

約 3 cm



家貓（快走）



石貂

約 3.5 cm



石貂（行走）



石貂（雙足）



動物腳印圖說

狗

狗的足印中，**爪印**很明顯。介於二個外趾中間的二趾占了 $1/3-1/4$ 空間，且窄化空間。依狗的品種約長 2.5-12 cm。

狐

不同於狗的足印，狐的前面二趾很明顯地在外趾**前方**，以此**加大**空間。足印長 5 cm、寬 3-4 cm。

家貓

家貓的足印中**不包括**爪印。足印除了有腳掌外，還有 4 個趾印。長度約 3 cm。

貂

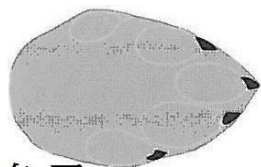
貂的足印中，**第五趾（最內趾）是較小的**，足長 3.5（前足）-4 cm（後足）。最常見是**雙足印**，有時也會三足印。

鳥

鳥的足印是**四趾**，是為了長期行進的目的。鳥爪的大小有很大的差異，從 3 cm（鳴禽鳥類）至 7.5 cm（雉雞），而再大型一點則如鷺科。水鳥則是留下蹼印。

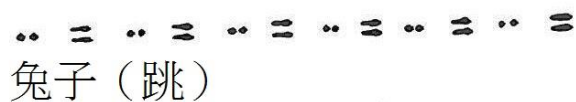
附錄 A1_2

雪地常見動物足跡：動物的腳印及足跡圖 II



兔子

約 4 cm



兔子（跳）



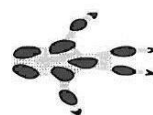
兔子（逃）



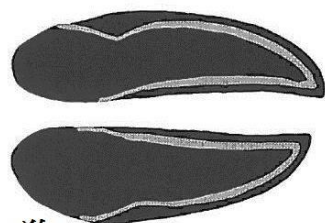
歐亞紅松鼠

老鼠

（大型）



老鼠



狗

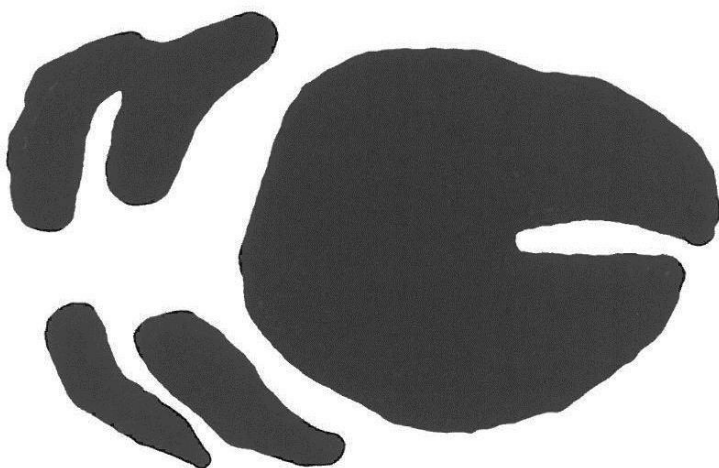
約 4.5 cm



狗（走）



狗（逃）



野豬

約 10 cm



野豬（逃）



野豬（走）



動物腳印圖說

兔

兔腳印的特色是 **T 型**，前方有二個比較大的腳印（後腿）以及後方有二個較小的腳印（前腿）。

松鼠

松鼠腳印的特色是 **V 型**，前方有二個比較大的腳印（後腿）以及後方有二個較小的腳印（前腿）。在跳躍時就是**四足**。後腳長度是 3-5 cm，松鼠的尾巴**不會**留下痕跡。

狍

最小型的有蹄動物，腳印是 4-5 cm 長以及 3 cm 寬。
有時懸蹄也會印出來。

野豬

野豬的腳印是狍腳印的 2 倍大，依年紀不同長度介於 9-12 cm。
側面的**懸蹄**總是會印出來。

老鼠

前腳是 **4 趾**、後腳是 **5 趾**。常會有**尾巴拖著的痕跡**。
後足長 1-3 cm。

附錄 A 2_1

雲杉上的小蠹蟲：雲杉八齒小蠹蟲

(*Ips typographus*)

- **厚皮樹幹部分**。春天時，主要棲息在倒下的樹（風倒木及受雪影響的倒樹）或貯在倉庫的樹。
- **蠹蟲侵襲的標記**：樹皮上的**通氣孔**及**棕色樹屑鑽粉**，鑽粉也會出現在樹根部分及野地上。**鱗片狀剝落的樹皮**（是啄木鳥以及五子雀尋找甲蟲的鏡子）。
- **樹的病症**：春天時，樹冠會由下往上**變色**，並伴隨著大量的綠色、褐色針葉落下。之後，樹冠呈現綠色，當健康樹受蟲的第二代（第三代）侵襲時常是難以辨別。往往都是等到啄木鳥在砍下的樹皮上尋找蠹蟲坑道時才知。
- **坑道**：1-3 條長且寬的坑道，呈 Y 字型或音叉的造型。接著，雄蠹蟲鑽樹皮並打造一個小房間在其內。母坑道是 6-15 cm 長。
- **蠹蟲**：4.2-5.5 mm 大且是**深褐色**。特色的是在翅膀為蓋的邊緣上方有 **4 個鋸齒**。蠹蟲的生命可達 20 個月。
- **成蟲飛行時間**：四月中／五月初起，當溫度超過 16.5°C 時成蟲。一年可達 3 代。近親繁殖力強，具有大量增加的能力。
- **幼蟲**：1.5-2 週後從卵破殼而出，開始覓食以直角方式鑽出幼蟲坑道。在有利的條件



雲杉八齒小蠹蟲的坑道，圖中有二隻成齡雲杉八齒小蠹蟲正在母坑道內。

雲杉八齒小蠹蟲的幼蟲



雲杉八齒小蠹蟲的通氣孔



雲杉八齒小蠹蟲的坑道繁殖系統（雙坑道形式），幼蟲在子坑道尾端與糞便一同



時，幼蟲時間約 3-4 週，否則還要更長的時間。幼蟲坑道長度是 5-6 cm，且不會互相干擾或交錯，隨著幼蟲尺寸的增加，幼蟲坑道也會變寬。幼蟲坑道的終點是蛹室，就在樹皮的內側。結蛹時間是 1-2 週。

- **結蛹前的蠹蟲**：先是淺褐色，為了成為具有性徵的成齡蟲，蠹蟲會進行成熟覓食，以寄主樹的韌皮部為食或是以鄰近樹木為食。

雲杉上的小蠹蟲：六齒雲杉樹皮小蠹蟲

(*Pityogenes chalcographus*)

- 雲杉樹較薄樹皮的樹幹為其棲息地，樹冠會從上向下變紅。
- **蠹蟲**：長度是 1.8-2 mm。明顯的紅褐色、灰銅色的翅膀、在膜翅邊緣各有 **3 鋸齒**。
- **成蟲飛行時間**：四月起可見成蟲。一年會有二代至三代而且近親也會在這一年內繁殖。
- **孵化圖**：呈括號圖案，由 3-7 條母坑道以**星星狀**呈現。母坑道最長 6 cm、只有 1 mm 寬，坑道彎彎曲曲。幼蟲坑道的路徑走向與母坑道垂直，2-4 cm 長，而終點是藏在樹皮上的蛹室。



六齒雲杉樹皮小蠹蟲的孵化足跡圖



六齒雲杉樹皮小蠹蟲 (*Pityogenes chalcographus*)

附錄 A 2_2

白蠟樹上的小蠹蟲：小型多彩蠹蟲

(*Leperisinus varius*)

- 以**白蠟樹**（也可以是蘋果樹、梨樹、刺槐樹、胡桃樹、榛果樹、楓樹、橡木）**樹皮**為家的蠹蟲。不同樹齡皆可，但蠹蟲偏好在樹幹有**較薄**樹皮的部位，若是老樹，常以樹冠部位的樹皮為寄主。
- **蠹蟲**：長度是 2.5-3.5 mm，外殼是黃褐色的前胸背板及翅膀。
- **成蟲飛行時間**：三月至五月，溫度需在 16°C 以上。一年生長一代。時常是成群大量的侵蝕一棵樹。
- **孵化圖**：橫向二條坑道（括號符號），入口的洞是短、中大小（讓人想起小孩畫正在飛翔的或括號的造型）。母坑道是 6-10 cm 長，其與幼蟲坑道呈正交叉，且皆緊密排列直到 4 cm 長。坑道的厚度就是蟲鑽出來的，終點在邊材上，總是以一個蛹室為結束。母坑道與幼蟲坑道將邊材鑽深，而且從樹幹就能很明顯的識別出來。



小型多彩蠹蟲



受侵蝕白蠟樹樹皮上的蠹蟲通氣孔。



受侵蝕白蠟樹樹枝上的小型多彩蠹蟲母坑道（雙條橫向坑道），可見其將樹的邊材製造出很深的痕跡。



母坑道上的產卵處。



白蠟樹邊材所見之食光樹屑的幼蟲坑道及蛹室。

附錄 A 4_1

榛果上的啃食痕

榛果孔洞的幼蟲

孔洞幾乎呈現圓形，洞口不超過 4 mm，裡面則是有很小的糞便及核果剩下的部分。



真的老鼠（鼠科）

（主要是小林姬鼠和黃頸鼠）

孔洞外部是規律的環狀，留下完整的痕跡，洞緣不規則



堤岸田鼠（田鼠亞科）

（在森林中，主要是堤岸田鼠）

孔洞的外面是光滑且沒有痕跡的，洞緣相當光滑且規律，洞口多位於窄處或是榛果底部。



榛睡鼠

在果核較寬處上，榛睡鼠咬出呈圓形狀的孔洞，這個孔洞的外圈是具有規則的痕跡，就好像是用銼刀鑽開。



歐亞紅松鼠

松鼠會將果核從頂部剖下成二個部分，牠們只啃頂部，接著就果核就裂開，相較於其他年輕的動物而言，沒有經驗的歐亞紅松鼠，則有明顯的痕跡。



啄木鳥

果核的殼上的咬食是不規則、多多少少尖銳的破碎邊緣。啄木鳥使用鳥喙啄擊，因此打開的榛果很少或沒有長長的痕跡。



茶腹鵲

果核的殼是橫向咬碎



附錄 A 5_1

不同的食糞

鷹形目食糞

鷹的消化液可消化獵物的骨頭，在形成食糞時**不存在**或僅有**少部分**無法消化的物質或是不**完整的**骨頭。食糞中大部分是頭髮、羽毛、爪或是殼。

長約 3 cm (雀鷹) 至 10 cm (魚鷹)，寬約 1-5 cm

發現點：在單獨的樹下、森林邊緣以及有發現鳥巢的樹下可以發現鷹形目的食糞。紅隼的食糞也可以在屋簷下找到。



普通鵟食糞



紅隼食糞

鴉形目食糞

鴉的消化液可消化角，卻無法分解骨頭。鴉的食糞中，除了毛髮外，還有很多完好的骨頭。

倉鴉食糞

倉鴉食糞的外部是薄薄的、黑色的、淚滴狀的外層，主要是由骨髓的骨頭形成的。

長約 3-7 cm、寬約 2 cm。

發現點：通常在頂樓上可發現，及貯糧的穀倉及教堂塔可找到。



倉鴉食糞

其他鴉形目的食糞

外層粗糙且表面是不規則的，大部分帶有灰色，很少骨髓骨頭。

長 3-4 cm (縱紋腹小鴉，五月至九月多數食糞有未消化的獵物殼)、約 5-6 cm (灰林鴉、長耳鴉)以及 8 cm (雕鴉)；寬 1-4 cm。

發現點：在森林或田地。例外，縱紋腹小鴉也能在籬笆立柱及建築物（穀倉）發現。



灰林鴉食糞



長耳鴉食糞

鷺科食糞（蒼鷺與大白鷺）

鷺科食糞是牢牢地壓在一起，冬天時，鷺科食糞是由幾乎沒有骨頭的（小鼠）毛髮殘餘物組成。

長可達 8 cm 及 4 cm 厚

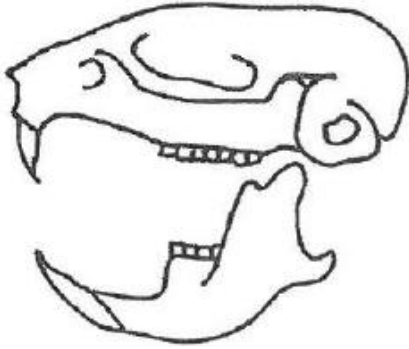
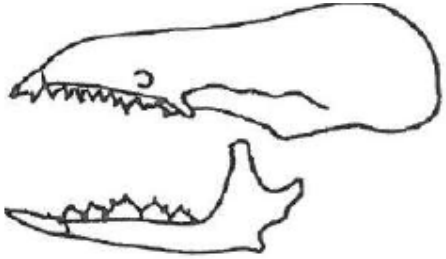
發現點：在冬天的合歡樹下有時候會發現很多食糞。



鷺科食糞

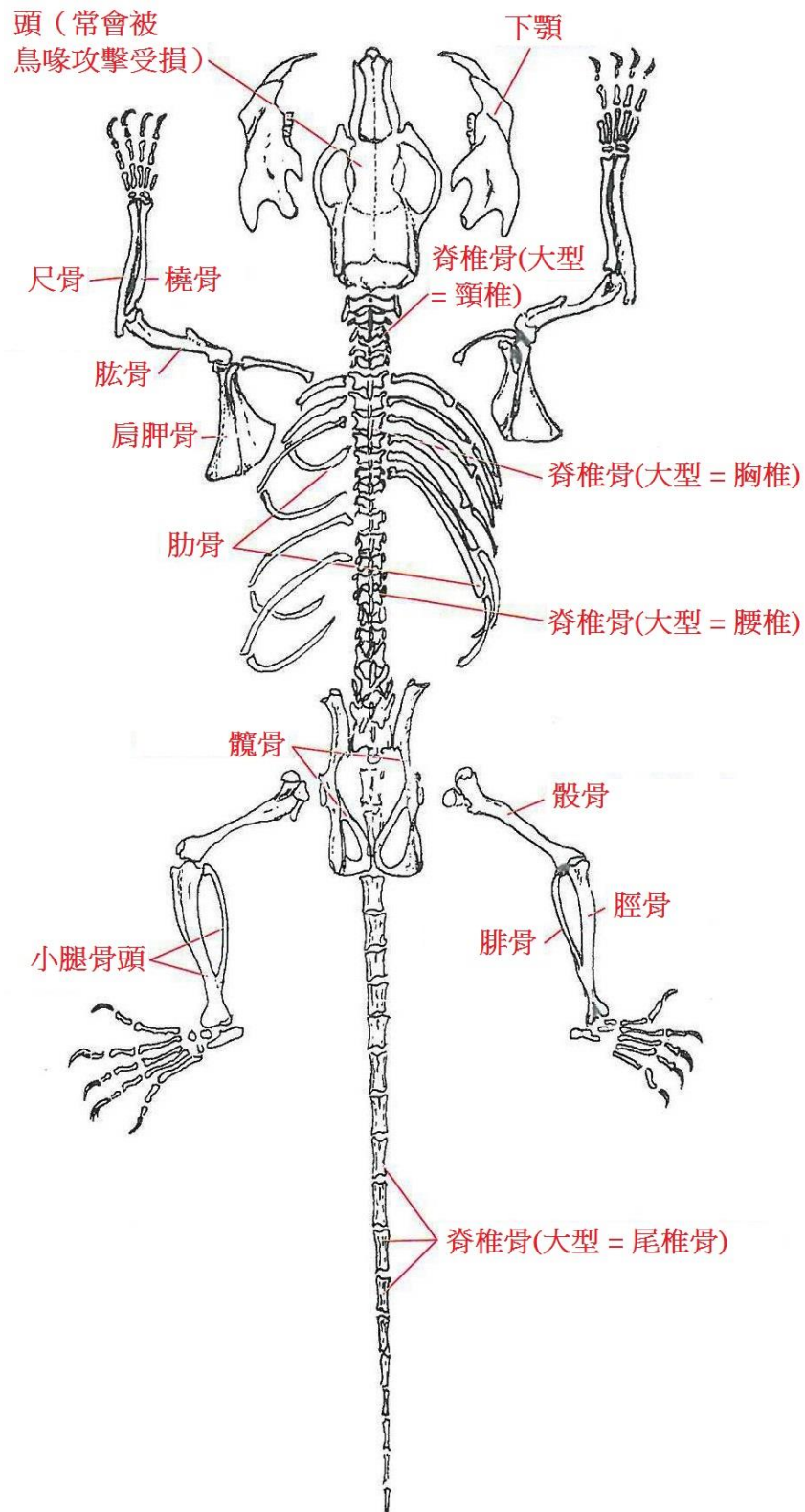
附錄 A5_2

貓頭鷹食鹵中的脊椎動物：頭部構造

動物分類		頭部及顎部	臼齒
齧齒動物	堤岸田鼠 （田鼠亞科） 主要是普通田鼠（空曠地區）、堤岸田鼠（林地）	 上下顎部只有門牙和臼齒	 • 臼齒排列的緊湊、無牙根 • 側面看牙冠是鋸齒狀
	真的老鼠 （鼠科） 主要是小林姬鼠、黃頸鼠、家鼠	 上下顎只有門牙和臼齒	 • 後牙有明顯的牙根 • 側面看牙冠的咬合面呈現圓形
食蟲目	鼯鼠	 上下顎皆有一排牙齒	尖尖的臼齒
鳥類	鳴禽		無齒的長錐形嘴

附錄 A5_2

貓頭鷹食糞中的脊椎動物：老鼠骨骼



(圖片來自德國森林青年組織 Wolfgang Erz, 1979 年出版, 獵物 5/79)