



給同學的話

親愛的同學，你好：

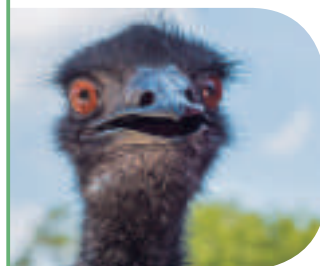
自然科學領域的內容，包含了生物、理化和地球科學等科目，融合而成的一門課程。

在學習自然科學的過程中，我們希望你除了學得基本的科學知識之外，更能夠隨時保持著好奇的探究精神、多面向的思考與假設、強化邏輯推理的能力、培養動手做的實作技能，最重要的是能夠將知識內化為解決問題的能力。

本書的編排方式，是依照人與自然交互作用的觀點，介紹生活於其間的生物（包括自己），及其共同的生命現象。

課本中除了有課文詳盡的說明外，還有精美豐富的圖片，以圖輔文的呈現方式，如此能讓你學習起來更有效率，且藉由圖像化的學習，也讓你更容易理解課程內容；為了讓你方便閱讀，在課文中特別以**關鍵字**標示，讓你能夠更迅速而正確地獲知學習重點。相信以上種種貼心的設計，會讓你對於自然科學的學習更有興趣，並且有所獲益。

編者謹識



目次

國中自然1下

符號使用說明 4
重點整理 197
重要名詞索引 202
解答 209

1

生殖

1-1 細胞的分裂	8
1-2 無性生殖	13
1-3 有性生殖	17
實驗1-1 蛋的觀察	22
實驗1-2 花的觀察	25

2

遺傳

2-1 遺傳、染色體與基因	36
實驗2-1 模擬孟德爾豌豆實驗	40
2-2 人類的遺傳	44
實驗2-2 人類的性別遺傳	47
2-3 突變與遺傳疾病	48
2-4 生物技術	51
實驗一點靈	56

3

生物的演化與分類

3-1 化石與演化	66
3-2 生物的分類	70
實驗3-1 檢索表的認識與應用	76
3-3 原核、原生生物及菌物界	78
3-4 植物界	85
實驗3-2 蕨類植物的觀察	92
3-5 動物界	93
實驗一點靈	109



4

生物與環境

4-1 族群、群集與演替	120
實驗4-1 族群個體數的調查	123
4-2 生物間的互動關係	126
4-3 生態系	130
4-4 生態系的類型	142
實驗一點靈	150

5

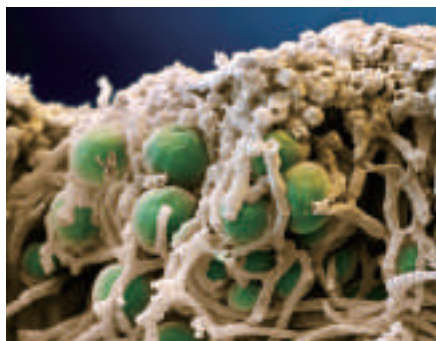
環境保護與生態平衡

5-1 生物多樣性	156
5-2 生物多樣性面臨的危機	160
5-3 保育與生態平衡	169

跨

跨科主題

地球的過去、現在與未來	182
-------------	-----



符號

使用說明

課堂學習

探究提問

可和同學一起討論和探究，進行深入的科學研究。

隨堂筆記

整理課程重點，並有系統的記錄下來。

例題 1-1

藉由解題過程，驗證自己上課中所學的內容是否正確。

課程延伸

課程補充

課內知識的補充說明，讓你學習更全面。

延伸補充

課外知識的延伸學習，讓你增廣見聞。

生物 In my life

生活中會面對的問題，請試著找出問題的成因並處理它。

跨科主題

一個嶄新的單元，透過主題式課程將生物、理化、地科結合起來，讓你在快樂的探索中，與大自然做最親密的接觸。

科學
素養實作
學習重點
整理**科學** STORY

與課程相關的重要科學發展，學習科學家對於該現象的觀察、發現與研究。

實 驗

與同學分組進行實驗，觀察、記錄並討論實驗結果。

圖解 **point**

集結本章的內容精要，複習時可一目了然。

科學家 日誌

認識一些著名的科學家，學習他們追求科學本質的態度。

探討活動

教室中直接進行活動，體驗、觀察並討論活動現象。

**實驗一點靈**

實驗與探討活動的摘要整理，幫你複習實驗精華。

科學 大事記

選錄科學新知或時事議題等延伸性文章，幫你成為一個新新人類。

探究任務
MISSION 0

著重於科學探究歷程，在操作與探索體驗過程中獲得發現問題、歸納、推理、解決問題以及自我學習的能力。

重 點整理

條列＋表格整理，讓你快速複習各章重點。

1 生殖

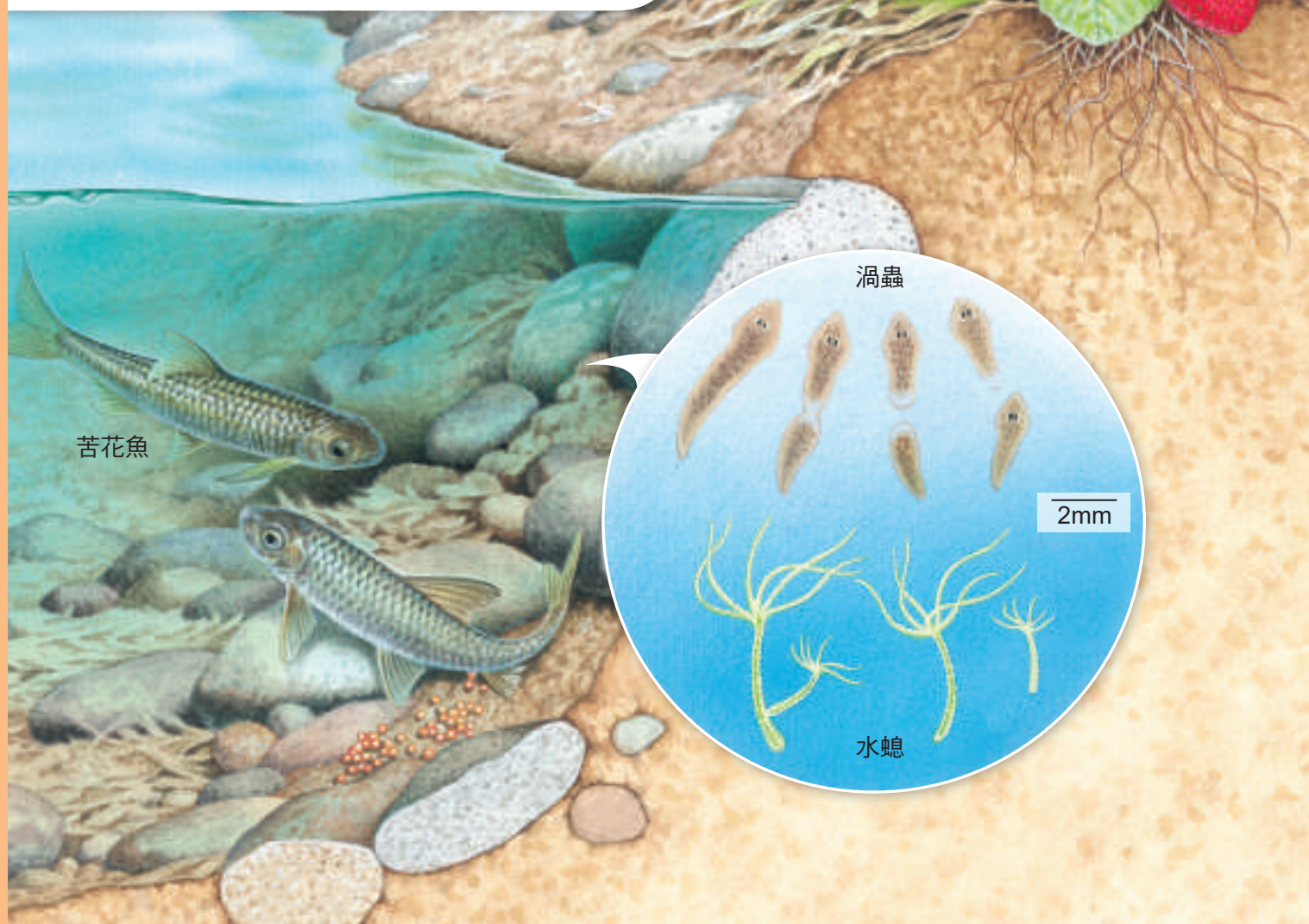
1-1 細胞的分裂

1-2 無性生殖

1-3 有性生殖

生殖是生物重要的生命現象，為了延續物種，生物會不停繁殖出新的個體。因此，雖然個體的生命有限，族群依然能夠生生不息。

探究提問 生殖出下一代的方法有很多種，例如：人類都是由父母親結合所誕生的。你能從圖中分辨出哪些生物產生新個體的方式需要有父母，哪些不需要嗎？



豐香草莓

苦花魚

渦蟲

水螅

2mm

孟宗竹

臺灣土雞



黴菌

10µm

細菌

2µm

1-1 細胞的分裂

延伸補充

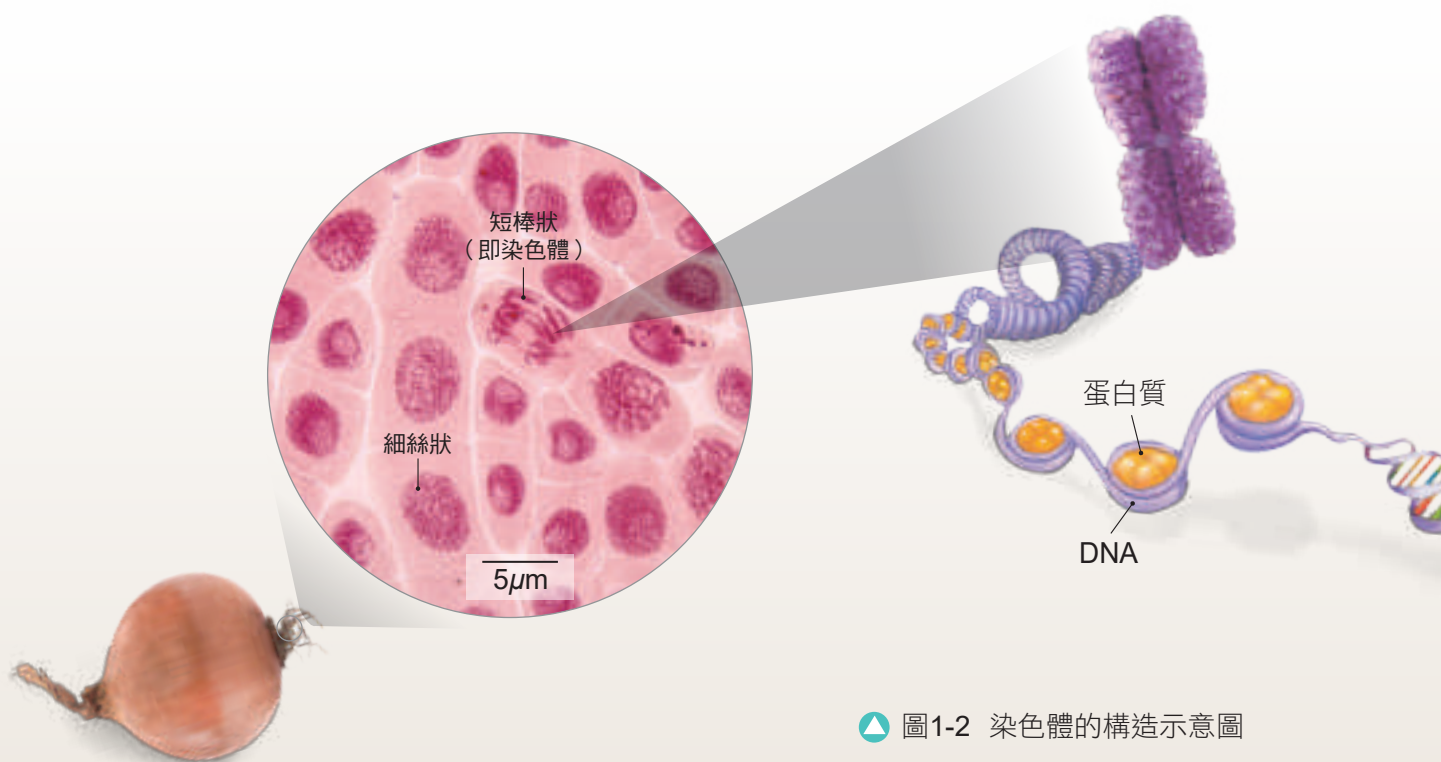
不同細胞的分裂能力

多細胞生物在不同部位的生長與發育各不相同，因此細胞分裂的頻率也會不同，例如：人的皮膚細胞在一生當中會頻繁的進行分裂；肝臟細胞則保留分裂能力，以利需要時修補受傷組織。而某些已特化的細胞，如神經和肌肉細胞，在人體發育成熟後便不會再進行分裂了。

生物體是由細胞所構成，當身體發育成長、組織更新修補，或是新個體產生時，細胞都必須進行分裂以產生新細胞。同時，細胞內的遺傳物質在分裂的過程中，外觀也會發生明顯的變化。

1 染色體

遺傳物質控制生物的遺傳特徵，平時呈細絲狀，但在細胞要進行分裂前，會濃縮成為短棒狀，即**染色體**（圖1-1）。染色體是由**DNA**（去氧核糖核酸）與蛋白質所組成，其中DNA攜帶遺傳訊息，蛋白質則可讓長長的DNA有規則的纏繞起來（圖1-2）。



▲ 圖1-1 洋蔥根尖細胞的遺傳物質

▲ 圖1-2 染色體的構造示意圖

同種生物細胞內的染色體數目通常是固定的，例如：人類的體細胞有46條染色體，果蠅的體細胞有8條染色體，豌豆的體細胞有14條染色體（表1-1）。體細胞中的染色體通常兩兩成對，其中一條來自父親、另一條來自母親，這些成對的染色體具有相似的大小及形狀，稱為**同源染色體**。

■表1-1 各種生物的染色體

生物	人	果蠅	大猩猩	雞	豌豆	蘿蔔	甘藍
染色體數	46條	8條	48條	78條	14條	18條	18條
染色體對數	23對	4對	24對	39對	7對	9對	9對

果蠅染色體示意圖



豌豆染色體示意圖



課程補充

體細胞與生殖細胞

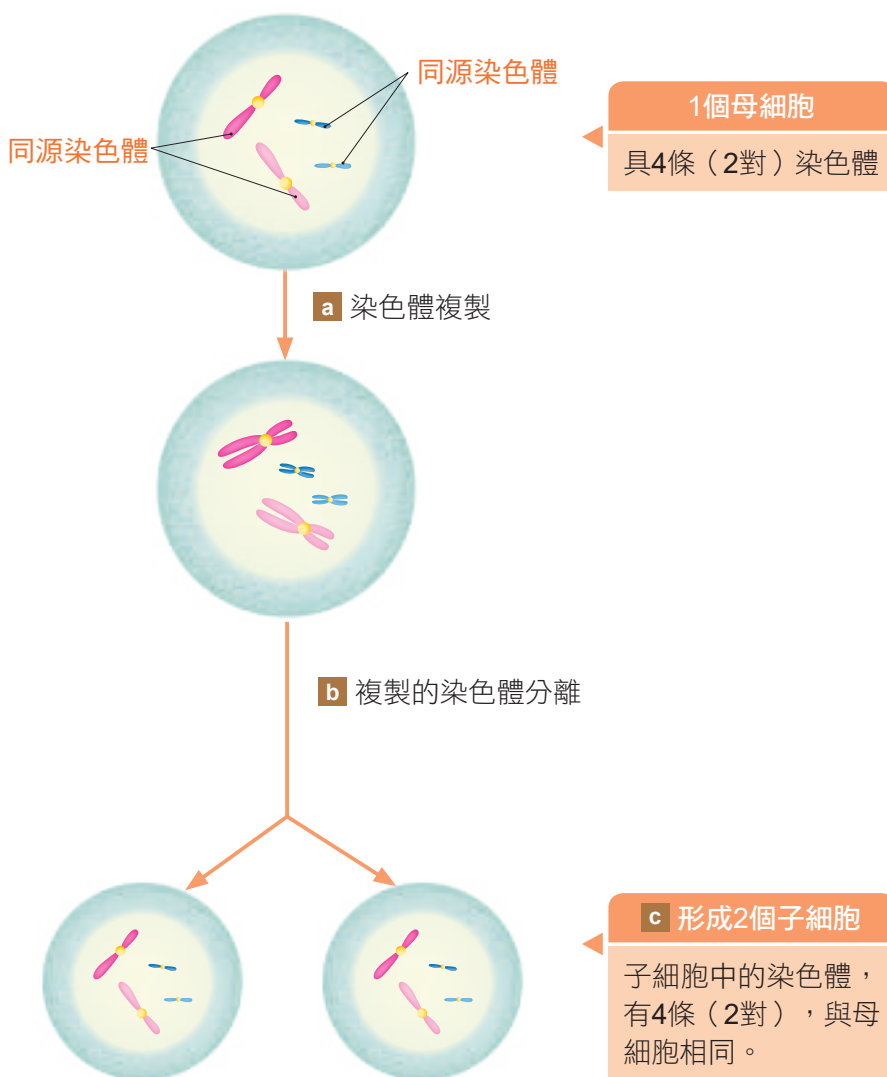
體細胞為多細胞生物體除了生殖細胞外的其他細胞，例如：人的皮膚細胞、植物的表皮細胞等；而生殖細胞則是與生殖有關的細胞，例如：人的精子與卵細胞。



2 細胞分裂與減數分裂

細胞分裂是一種細胞進行分裂後，產生兩個相同細胞的過程，其中進行分裂的細胞稱為母細胞，完成分裂後會產生兩個子細胞。

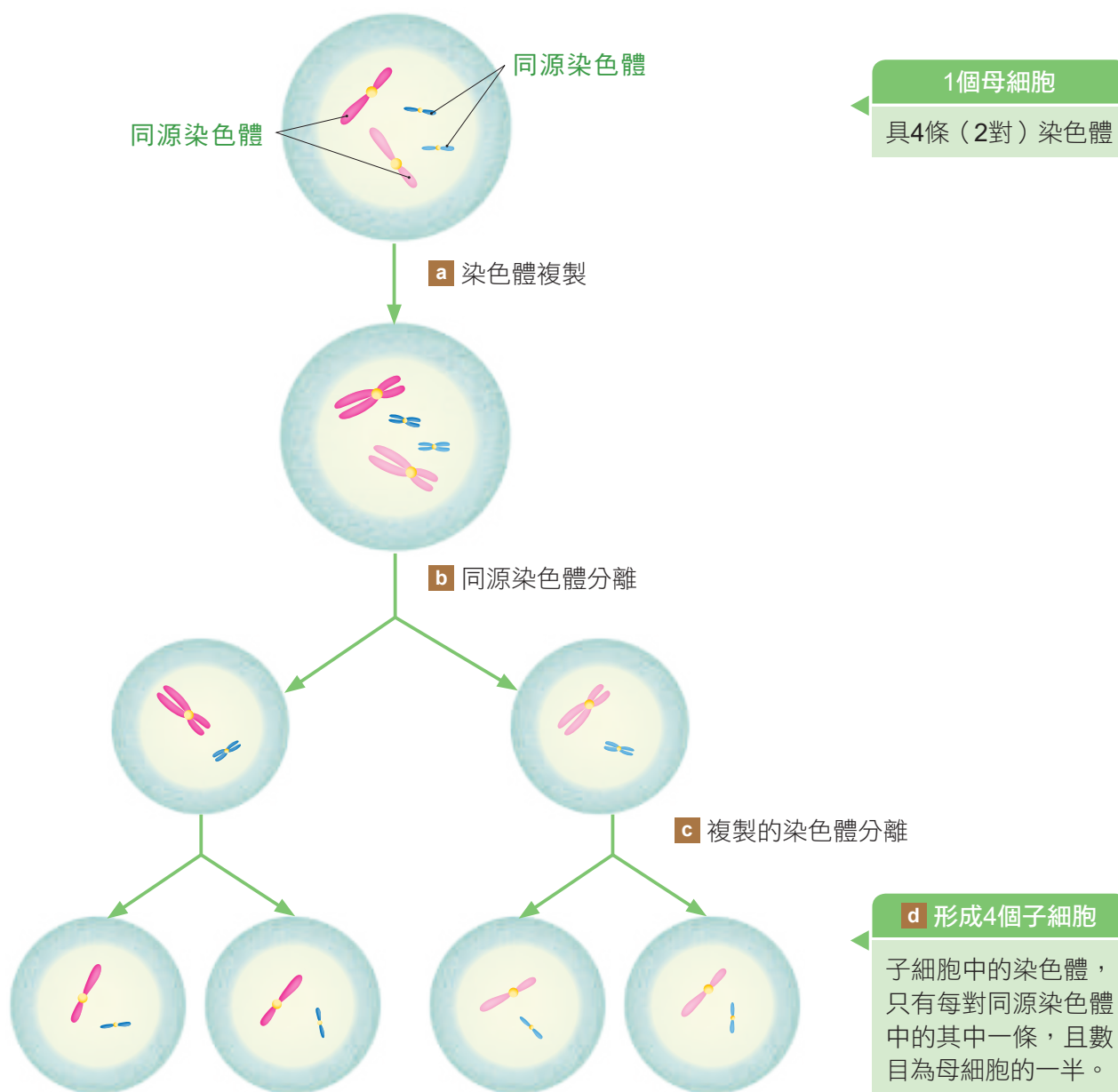
在細胞分裂之前，染色體會先完成複製（圖1-3a）。當開始進行分裂時，複製的染色體會分離（圖1-3b），分別往母細胞的兩端移動，最後分裂為兩個子細胞（圖1-3c）。由於染色體先經過複製後再分離，所以產生的兩個子細胞與原來的母細胞含有相同數目的染色體。



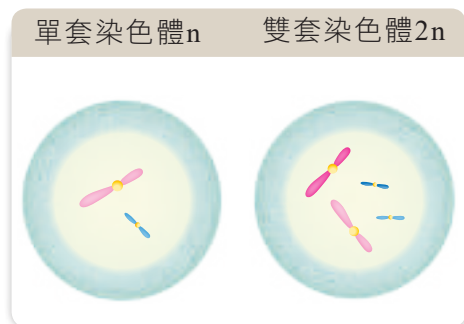
▲ 圖1-3 細胞分裂過程示意圖

減數分裂是一種可讓染色體數目減半的分裂方式，進行減數分裂之前，母細胞的染色體先複製一次（圖1-4a），接著第一次分裂使同源染色體分離（圖1-4b），第二次分裂則使複製的染色體分離（圖1-4c），最後形成四個子細胞（圖1-4d），每個子細胞中的染色體數目為母細胞的一半，且只有每對同源染色體的其中一條。

- 5 生物進行減數分裂多與有性生殖有關，如動物產生精子與卵前需先經過減數分裂，使精子與卵的染色體數目減半，於是當精卵結合後，新個體的細胞內染色體數目便會與親代相同。

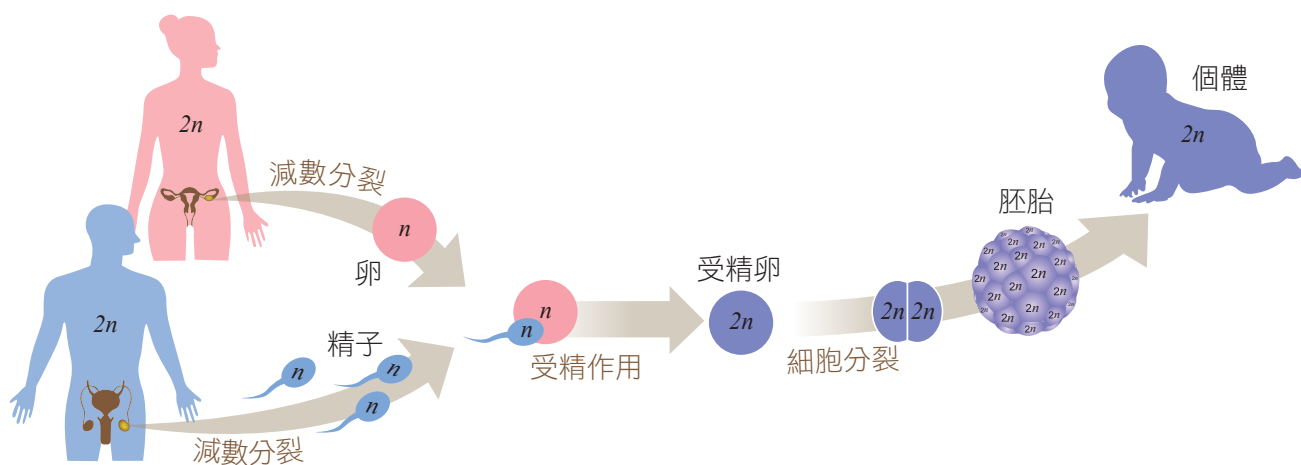


▲ 圖1-4 減數分裂過程示意圖



▲ 圖1-5 單套與雙套染色體

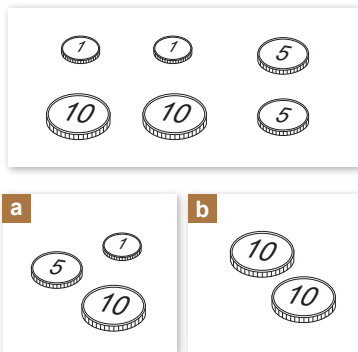
減數分裂產生的子細胞，所含染色體只有母細胞內每對同源染色體的其中一條，稱為**單套染色體**(n)，當具有單套染色體的精子和卵結合後，會成為具有**雙套染色體**($2n$)的受精卵(圖1-5)。以人為例，精子和卵各只有23條不成對的單套染色體；精子和卵結合後的受精卵，又恢復為46條成對的雙套染色體，之後經由細胞分裂發育成的新個體，其細胞亦具有雙套染色體(圖1-6)。



▲ 圖1-6 人類的有性生殖中，細胞內染色體套數的變化情形 ($2n=46$ 條染色體， $n=23$ 條染色體)

探究提問

取10元、5元、1元硬幣各2枚，假設此6枚硬幣代表3對雙套染色體。想一想，圖a和圖b何者屬於雙套染色體，何者又屬於單套染色體呢？



隨堂筆記

試比較人類細胞的分裂與減數分裂過程。

	細胞分裂	減數分裂
染色體複製次數		
細胞進行分裂的次數		
分裂後子細胞數		
子細胞染色體數目	46條	

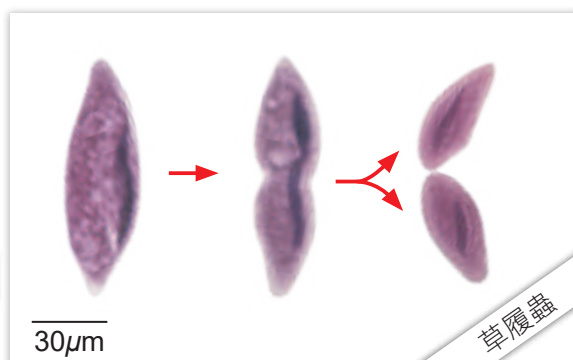
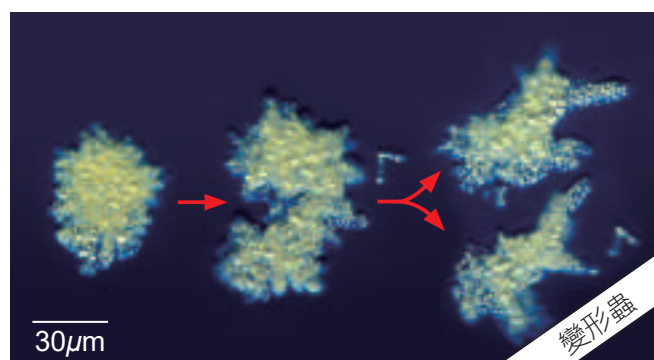
1-2 無性生殖

有些生物在生殖過程中，無須經過精卵結合便可產生新個體，此種生殖方式稱為**無性生殖**。有哪些生物會進行無性生殖？這樣的生殖方式對生物有什麼好處與壞處呢？

- 5 在自然的環境下，無性生殖的方式主要包括：分裂生殖、斷裂生殖、出芽生殖、孢子繁殖和營養器官繁殖等。

分裂生殖

大多數的單細胞生物可以藉由細胞分裂產生兩個大小相近的新個體，這種生殖方式稱為**分裂生殖**，例如：變形蟲與草履蟲等。

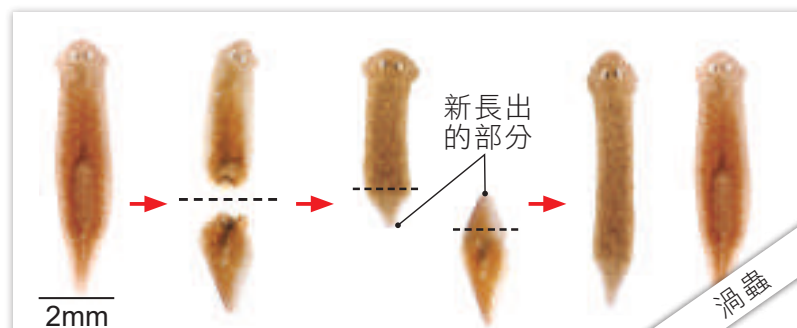


斷裂生殖

有些多細胞生物，在身體斷裂後，裂片可以發育成為新個體，此種生殖方式稱為**斷裂生殖**，例如：渦蟲與海星等。

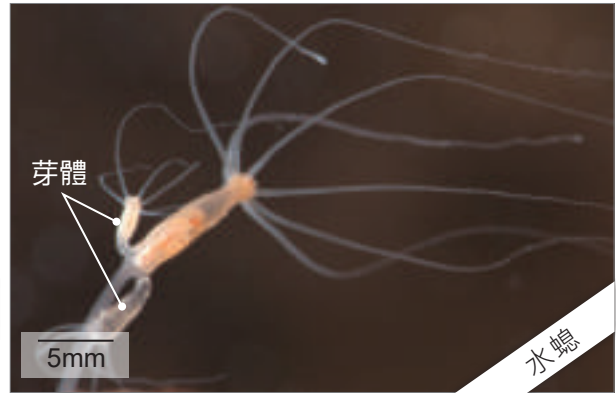
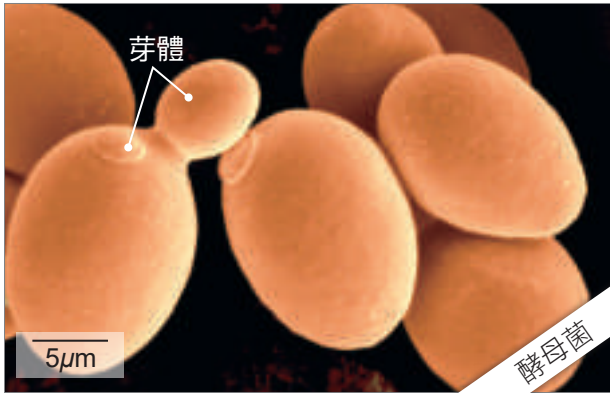


渦蟲斷裂生殖



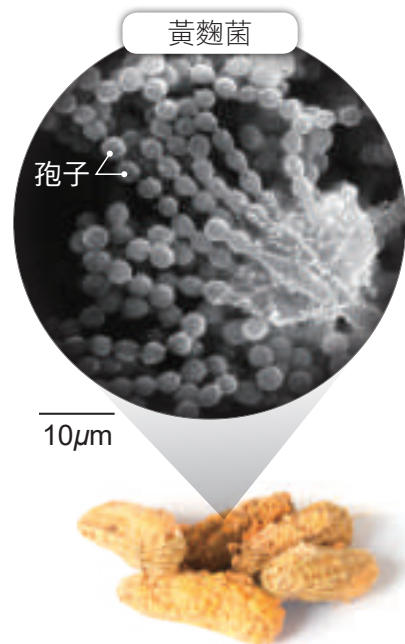
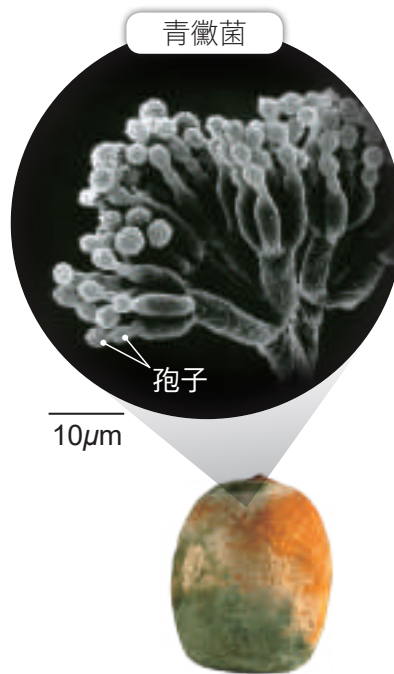
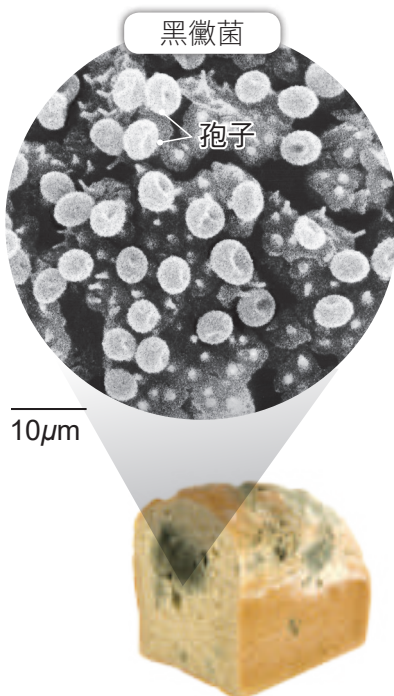
出芽生殖

有些生物可以從體側長出芽體，芽體長大脫離母體後，即成為獨立的新個體，這種生殖方式稱為**出芽生殖**，例如：酵母菌與水螅。



孢子繁殖

有些生物可以產生大量的孢子，當孢子散播到適當的地點，即能萌發成為新個體，這種生殖方式稱為**孢子繁殖**，例如：黑黴菌、青黴菌與黃麴菌。



營養器官繁殖

許多植物可以利用根、莖、葉等營養器官來進行繁殖，稱為**營養器官繁殖**，例如：番薯的塊根、馬鈴薯的塊莖、草莓的匍匐莖，以及落地生根的葉片，都可以用來繁殖新的個體。



延伸補充

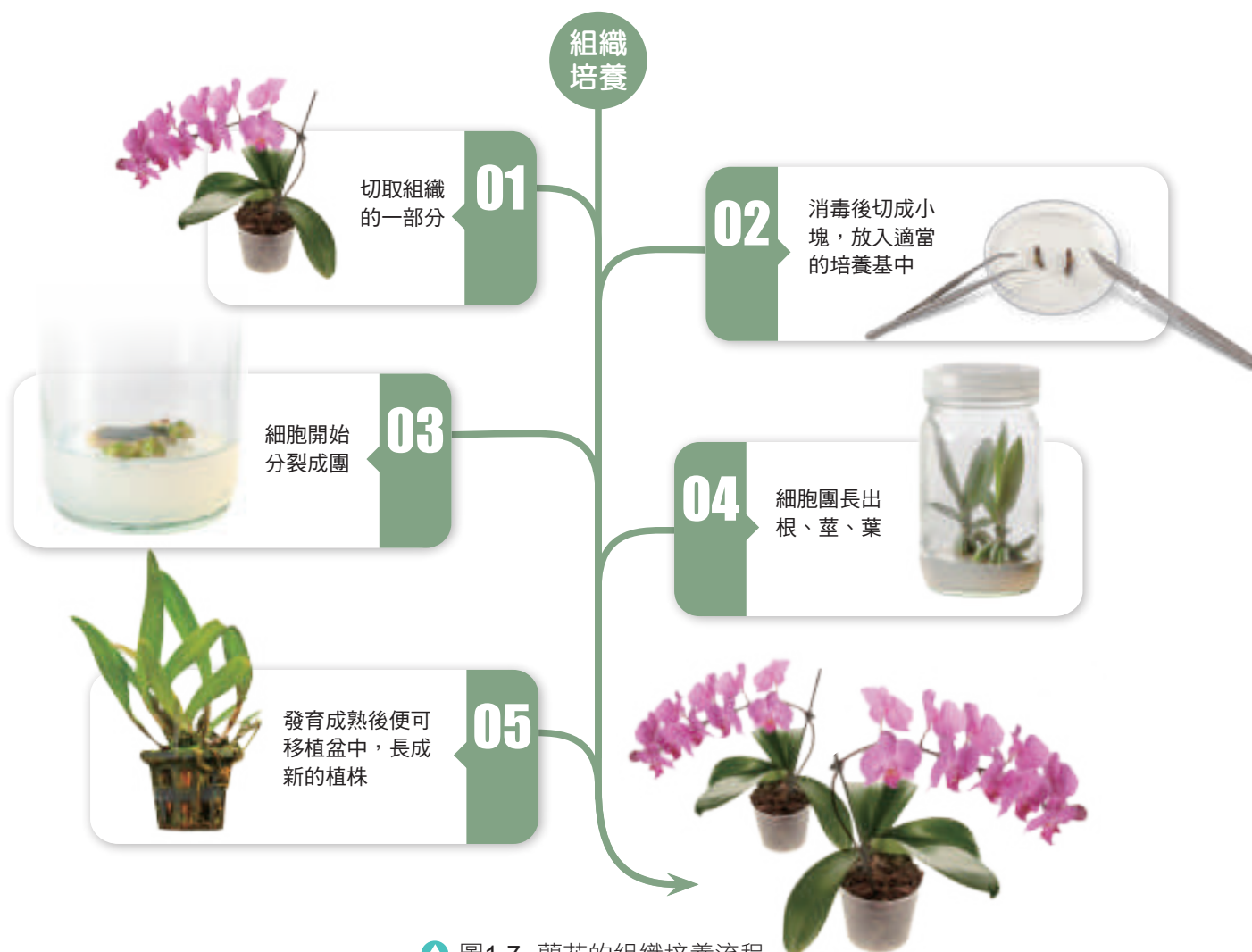
扦插

扦插是利用營養器官繁殖的原理，採取一段莖或葉，插入土壤中，使其生根發芽，以取得完整保留原植物特點的後代植株。由於扦插操作簡單，又可以快速繁殖後代，所以成為農藝和園藝界的主要繁殖技術之一。



植物除了營養器官繁殖外，還可以利用人為的方式取出植物的部分組織，放入無菌的培養基中，並添加適當的營養物質與激素以刺激生長，便可繁殖出大量具有相同遺傳物質的後代，這種技術稱為**組織培養**，例如：金線蓮與蘭花多以此種方式大量繁殖（圖1-7）。

無性生殖的方式對於生物品種的延續上有優點也有缺點，由於不須經過精子與卵的結合，所以產生的後代可以完整保存親代的特性，在作物培育與品種保存上，具有重要的意義。但也由於無性生殖後代的遺傳特徵均相同，所以一旦遭遇環境改變，就可能無法適應而集體滅亡。

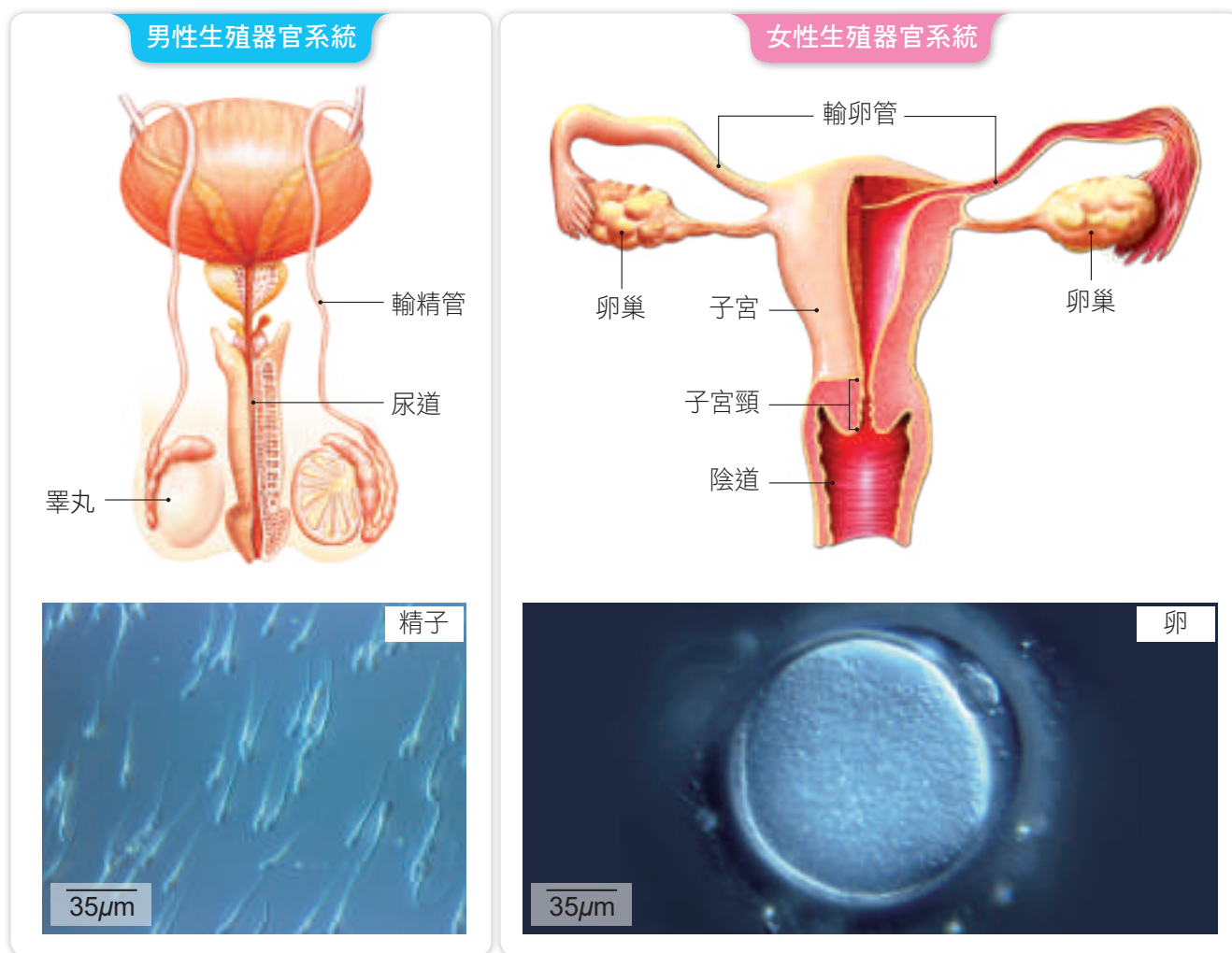


▲ 圖1-7 蘭花的組織培養流程

1-3 有性生殖

生物行有性生殖與無性生殖的差異是什麼？對於生物來說，進行有性生殖又有什麼益處呢？

有性生殖須經由**配子**的結合以產生新個體，配子通常有雌雄之分，且外形並不相同。以人類為例，男性產生的雄配子為精子，外形呈蝌蚪狀，頭部具有細胞核，尾部則為運動構造，以利其在液體中游動，是由睪丸所製造，成熟後由輸精管經尿道排出（圖1-8）。女性產生的雌配子為卵，外形呈圓球狀，體積比精子大很多，是由卵巢所製造（圖1-9）。



▲ 圖1-8 人類男性生殖器官系統與配子

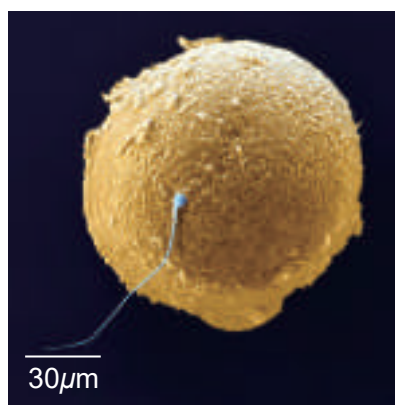
▲ 圖1-9 人類女性生殖器官系統與配子

精子與卵結合的過程稱為**受精作用**（圖1-10），此過程通常會發生於女性的輸卵管前端。受精卵會經過多次細胞分裂形成胚胎，並逐漸移向子宮，著床埋入子宮內壁（圖1-11），繼續發育為胎兒。

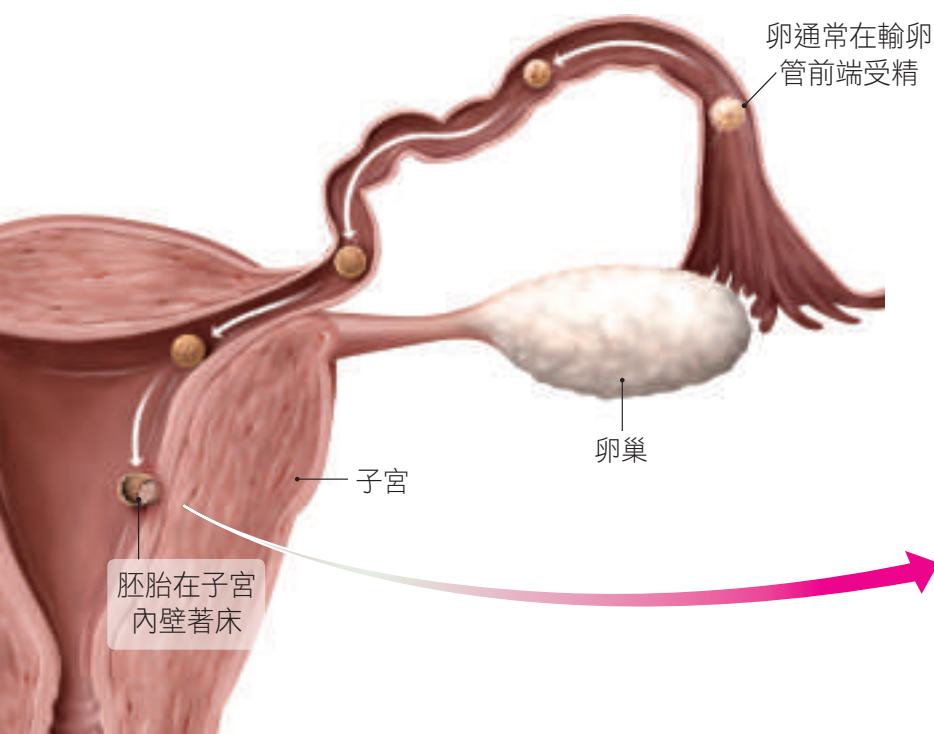
- 5 胎兒藉由**臍帶**與**胎盤**從母體獲得氧氣與養分，並排出二氧化碳與其他廢物；另外，胎兒會被包在**羊膜**內，羊膜內的**羊水**可減少外力的震動以保護胎兒（圖1-12）。由受精至嬰兒出生約需38~40週，當出生剪斷臍帶後，嬰兒便需自行呼吸，並藉著吸食母親分泌的乳汁獲得營養。

10 有性生殖的特色

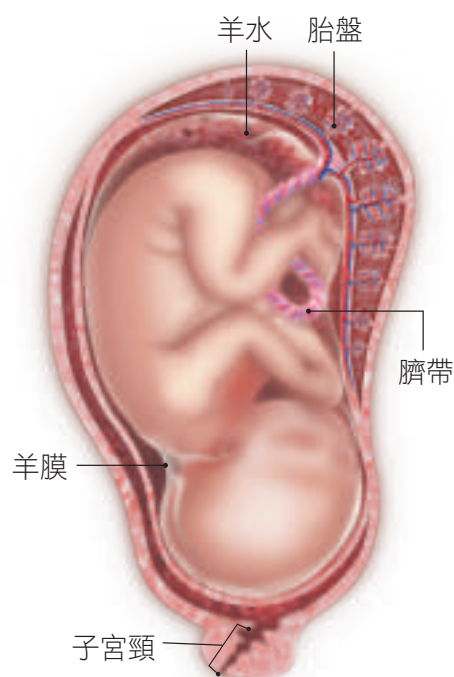
藉由有性生殖產生的子代，其遺傳物質是來自父親與母親雙方產生的配子重新組合，因此每個子代的遺傳物質都不會與親代完全相同，而子代的遺傳組合多樣性愈高，愈有利於物種存活於不斷變動的自然環境。



▲ 圖1-10 受精作用



▲ 圖1-11 著床過程示意圖



▲ 圖1-12 母體與胎兒

1 動物的有性生殖

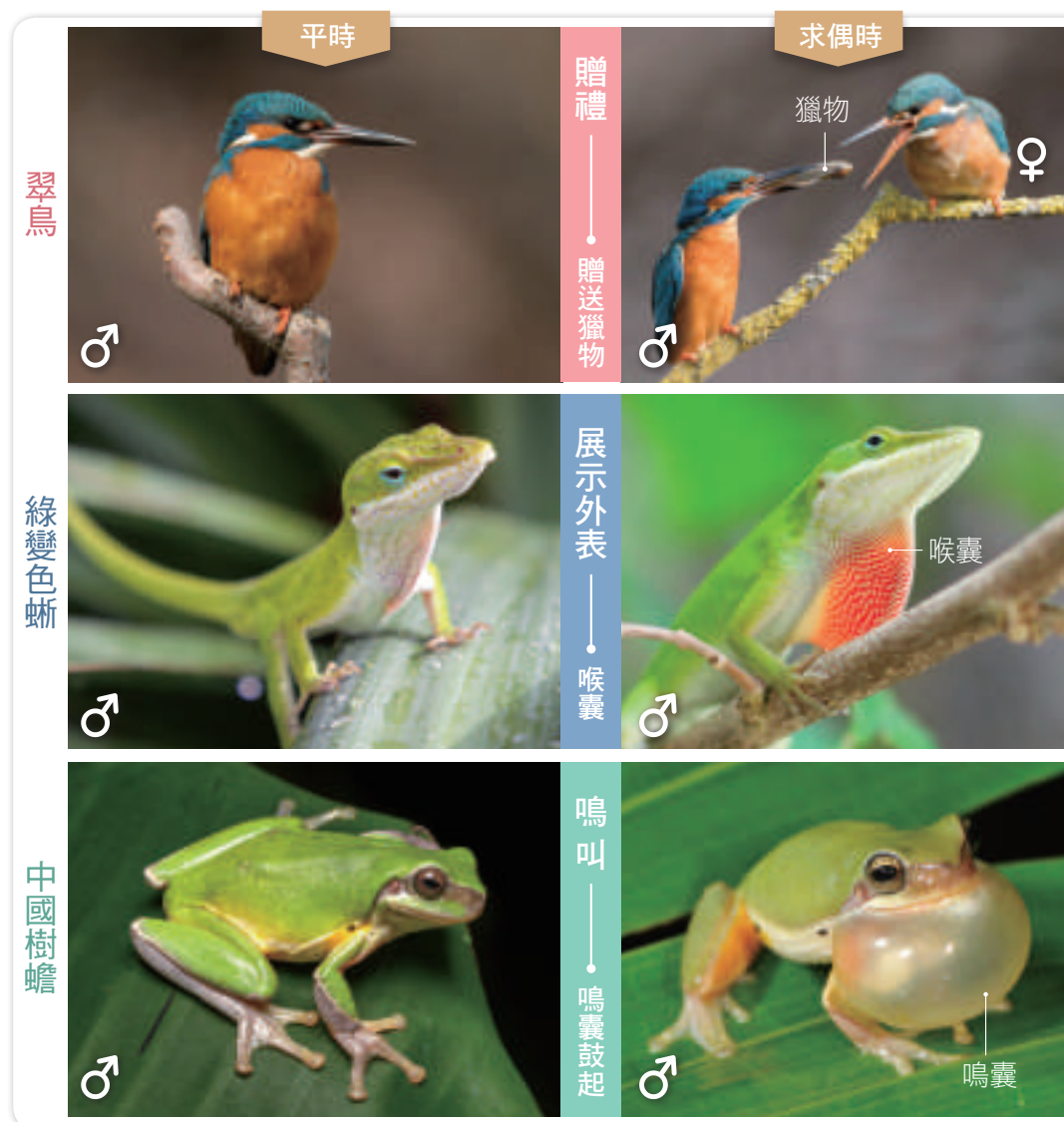
動物為了繁殖後代，會有**生殖行為**，完整的生殖行為包括求偶、交配、護卵與育幼等，以確保物種的延續。

求偶行為

- 5 有些動物為了吸引同種的異性，在生殖季節會表現出特定的求偶行為，例如：贈禮、展示外表或鳴叫等（圖1-13），以達到配子結合、繁殖後代的目的。

探究提問

動物的求偶行為非常多元，你能舉出與課本不一樣的例子嗎？請查詢相關資料，和同學分享看看。



◀ 圖1-13 求偶行為

體外受精與體內受精

動物依受精作用的場所可分為體外受精與體內受精。

體外受精的動物常生活於水中，雄性與雌性會直接在水中釋出精子與卵，並結合形成受精卵，如大多數珊瑚、魚類與兩生類等（圖 1-14a）。

體內受精的動物，雄性會透過交配行為將精子送入雌性體內，使精子與卵在雌性體內結合，如昆蟲、爬蟲類、鳥類與哺乳類等（圖 1-14b～d）。

一般來說，行體外受精的動物因為受精機率較低，且子代存活率也偏低，故必須儘量在同時、同地產出大量雌雄配子，以提高受精成功的機率，增加子代的存活數量；而行體內受精的動物則因受精機率及子代的存活率皆較高，通常較體外受精的動物產卵數少。

卵生與胎生

一般而言，動物依照胚胎發育的場所可分為卵生動物與胎生動物。

卵生動物的胚胎在母體外發育，所需的養分由卵供應。魚類與兩生類的卵多產於水中（圖1-14a），不具外殼以利受精與發育。爬蟲類與鳥類的受精卵多產在陸地上（圖1-14b、c），具有外殼以保護胚胎。

胎生動物的胚胎會留在母體內發育，大多由母體獲得發育生長所需的養分。大多數的哺乳類都屬於胎生動物（圖1-14d）。

延伸補充

假交配

蛙類屬於體外受精，但許多蛙類在繁殖時會有類似交配的行為，雄蛙會利用前肢抱住並刺激雌蛙腹部，以促進雌蛙排卵，並同時將精子排出，讓精卵在體外受精。由於此過程中，雄蛙並未將精子直接送入雌蛙體內，故稱為假交配。



體外受精

卵生

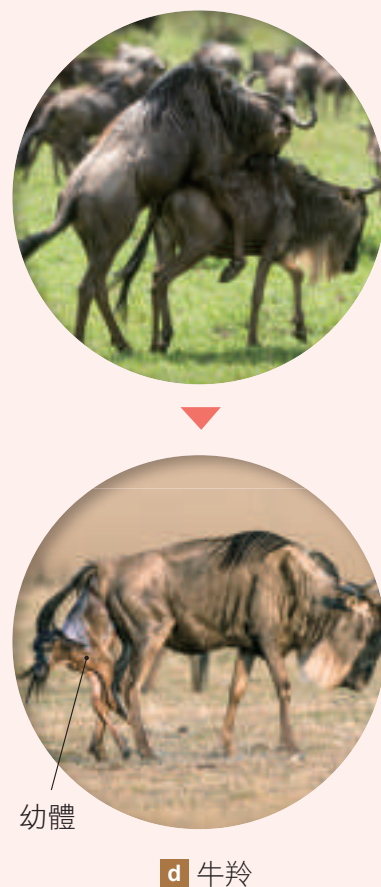


體內受精

卵生



胎生



▲ 圖1-14 受精場所與胚胎發育場所

實驗
1-1

蛋的觀察



目的 藉由觀察雞蛋，了解卵細胞與其他相關構造。

步驟

- 1** 觀察雞蛋的外形，找到鈍端，用剪刀輕敲鈍端，敲出裂紋。



- 2** 用鑷子小心的將敲碎的外殼剝去，觀察氣室。



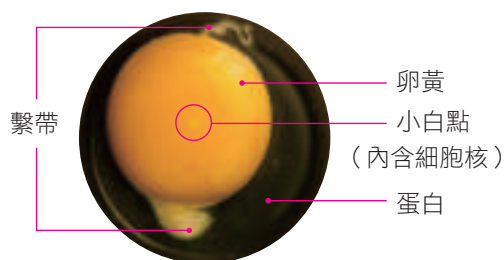
⚠ 注意不要弄破下方的殼膜。

- 3** 剪掉氣室上方與下方的殼膜，將殼膜內的內容物輕輕倒入燒杯中。



⚠ 注意不要弄破卵黃。

- 4** 仔細觀察繫帶、蛋白、卵黃與卵黃上面的小白點等構造。



⚠ 可在深色的桌面上更好觀察。

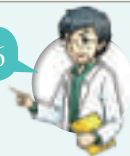
問題與討論

- 根據步驟 **4** 的結果，一個雞蛋中所具有的各種構造，何者屬於卵細胞？
- 蛋白、卵黃、繫帶與蛋殼分別具有何種功能？
- 市場上買到的雞蛋是否能孵出小雞？小白點中染色體套數會是單套還是雙套？與受精的雞蛋有什麼差異？

探究提問

觀察冰箱裡貯藏較久的雞蛋與剛買到的新鮮雞蛋，比較看看兩者的氣室大小有什麼差異？並想想看造成此結果的可能原因為何？

相關實驗重點，請見 P56



育幼行為

- 有些動物產生子代後，會有**育幼行為**，是指動物照護幼體至能獨立生存的行為，以增加子代存活的機率。一般來說，子代數目愈少的動物，對於子代的照顧愈周全，
- 5 例如：鳥類會築巢、孵卵、育雛（圖1-15）；哺乳動物除了在胎兒出生後，會以哺乳的方式撫育幼兒之外，大多還會以胎生的方式，從胚胎期便完善的保護與照顧子代（圖1-16）。



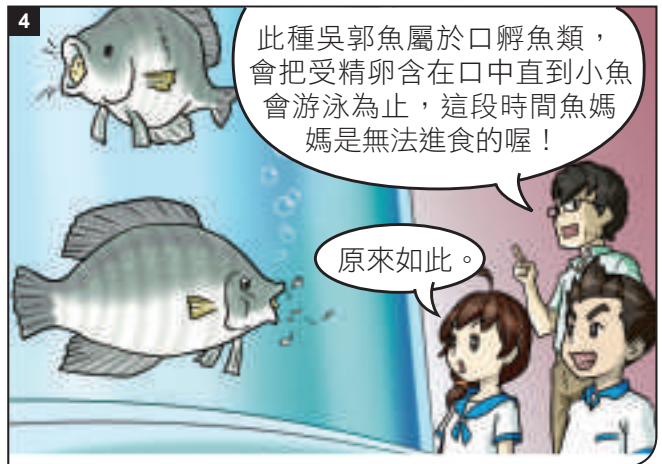
▲ 圖1-15 鳥類的育雛行為



▲ 圖1-16 哺乳動物的哺乳行為



生物 In my life



吳郭魚的生殖

- ① 根據上文，請你判斷此種吳郭魚屬於有性生殖還是無性生殖？
- ② 魚媽媽將受精卵含在嘴裡的可能目的是什麼？

探究提問

海龜媽媽到了生殖季，會爬到沙灘上產卵，平均一窩可以產下上百顆卵；另外，猛禽類的遊隼一窩卻只產下3～4個蛋。海龜與遊隼產卵的數量差異如此之大，但海龜並沒有因為產卵數多而數目大增，想一想，什麼原因造成這樣的結果呢？



2 開花植物的有性生殖

動物的有性生殖是靠精卵受精後，由受精卵發育成新個體。那麼植物的有性生殖是如何進行呢？以會開花的植物為例，花是它們的生殖器官之一，精與卵會在其中發育，讓我們先來研究一下花朵的構造吧！

實驗 1-2 花的觀察



目的 了解花朵的外形與雄蕊、雌蕊等構造。

實驗說明

- 花托：位於花朵基部的膨大部位，能夠承托花的其他構造。
- 萼片：位於花朵最外側，通常為綠色，亦可能與花瓣形態相似。
- 花瓣：位在萼片內側，顏色有許多種，多具香味。
- 雄蕊：位於花瓣內側，有柱狀花絲與頂端膨大的花藥，花藥中具有花粉。
- 雌蕊：位於花的正中央，頂端為柱頭，基部為膨大的子房。
- 胚珠：位於子房中，受精後可發育成種子。

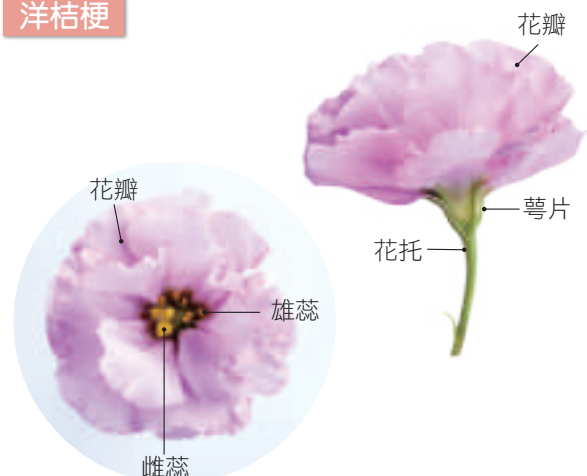
器材

- 1 花（百合、洋桔梗）1朵
- 2 滴管1支
- 3 牙籤1支
- 4 載玻片1片
- 5 蓋玻片1片
- 6 複式顯微鏡1臺
- 7 刀片1把
- 8 放大鏡1把（或解剖顯微鏡1臺）

百合



洋桔梗



步驟

- 1** 取一朵盛開的花，仔細觀察各部位構造。



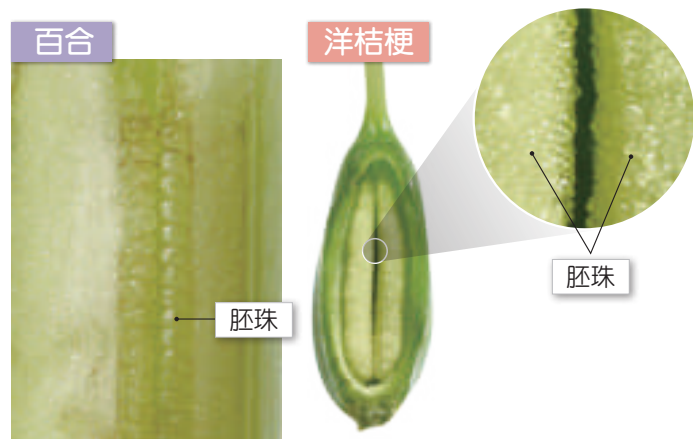
- 2** 在載玻片上滴一滴水，用牙籤在雄蕊上沾取花粉放入水滴中，蓋上蓋玻片，置於複式顯微鏡下觀察，並畫出觀察結果。



- 3** 摘除萼片、花瓣和雄蕊，留下雌蕊，將子房縱向切開。



- 4** 用放大鏡（或解剖顯微鏡）觀察內部胚珠，並畫出胚珠排列的方式。



問題與討論

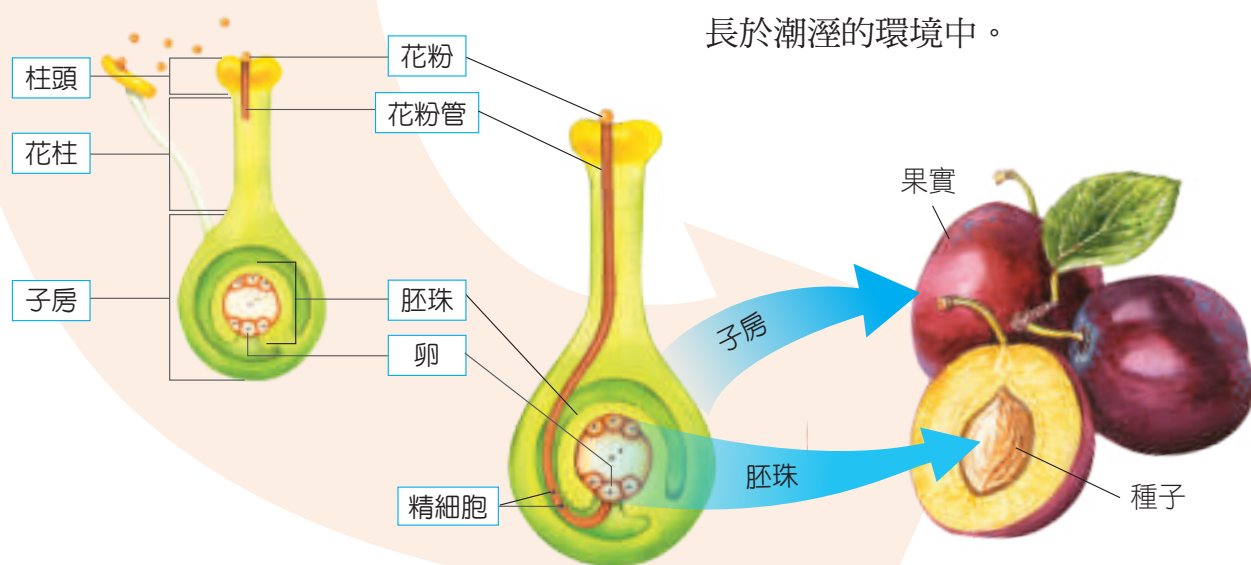
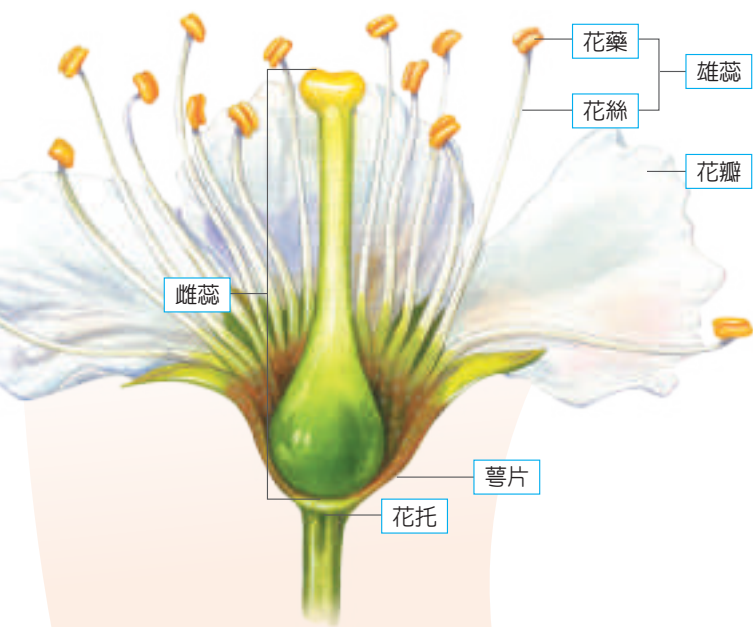
1. 花朵構造中，萼片、花瓣、雄蕊與雌蕊在植物的生殖上，扮演什麼角色呢？
2. 你所觀察的子房中大約有幾個胚珠呢？想想看，這朵花最多可以結出多少顆種子呢？

相關實驗重點，請見 P56



探究提問

花的外形與特性變化很大，有的花色鮮豔，有的樣式樸素，有的花香撲鼻，有的臭氣沖天。請挑選一朵你喜歡的花，判斷此花的外形特徵（例如：花的大小、顏色、香味、雄蕊與雌蕊的形態等）與生殖方式之間的關聯？

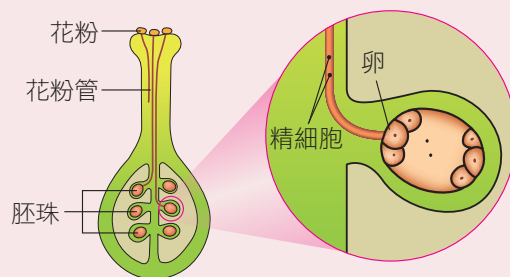


▲ 圖1-17 開花植物有性生殖示意圖
(以單胚珠植物李為例)

課程補充

單胚珠與多胚珠

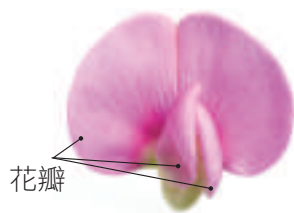
有些果實中只有一粒種子，有些種子卻很多，這是由於不同開花植物的子房裡，胚珠數目的不同。如果子房裡只有單個胚珠，將來子房發育而成的果實裡只會有一顆種子，例如：李子。如果有多個胚珠，將來果實裡就會有多個種子，例如：西瓜。因此果實裡種子的數目，取決於子房裡受精的胚珠數目。



多胚珠植物有性生殖示意圖

花由外到內通常包括了**萼片**、**花瓣**、**雄蕊**與**雌蕊**四個部分，下方由**花托**支撐。雄蕊頂端的花藥可以產生大量花粉，當花粉藉由風或昆蟲等動物傳播，落到雌蕊的柱頭上，這個過程稱為**授粉**。授粉後，花粉會萌發出**花粉管**，花粉中的精細胞經由花粉管向下延伸進入**子房**的**胚珠**內，與卵完成受精後，胚珠會發育成種子，子房會發育為果實（圖1-17）。花粉管是適應陸地生存的重要構造，而不具花粉管的植物，其精卵結合仍需藉由水為媒介，因此多生長於潮溼的環境中。

a 豌豆最內側花瓣緊密閉合



b 當雌蕊成熟時，花柱常會碰到已產生花粉的雄蕊，完成自花授粉

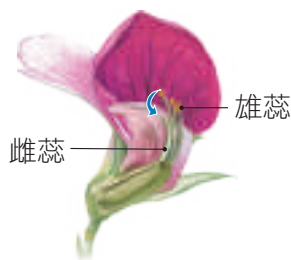


圖1-18 豌豆自花授粉示意圖

花粉傳遞的方式

當雄蕊的花粉傳到同一朵花或同一株其他花朵的雌蕊柱頭上，稱為**自花授粉**，例如：豌豆在授粉期時，花瓣會將雄蕊與雌蕊包覆在一起，使同一朵花內的花粉傳至柱頭上，而不會被外來花粉所干擾（圖1-18）。若花粉傳遞至不同株的柱頭上，與其他個體進行遺傳物質交流，則稱為**異花授粉**，可以增加子代的多樣性。

由於植物不像動物可以移動，進行有性生殖時常需要借助外力，才能讓花粉從雄蕊傳遞至雌蕊上，而不同的傳粉模式，會反應在花的結構上。透過非生物媒介傳粉的模式以風媒花較為常見，花通常較小且缺少花蜜，花藥與柱頭多伸出花外，柱頭常呈羽毛狀以抓取空中飄飛的花粉（圖1-19a）；而以生物媒介傳粉的模式可依傳粉者的種類分為蟲媒花、鳥媒花與蝙蝠媒花等，花色一般較為鮮艷，且常有花蜜吸引傳粉者（圖1-19b）。許多植物的傳粉兼具以上兩種模式。

a 風媒花



b 蟲媒花



圖1-19 不同的傳粉媒介

探究提問

臺灣最常見的花為風媒花與蟲媒花，請同學觀察，下列兩種花分別是哪一種呢？並說說看你判斷的依據為何？



玉米雄花



玉米雌花



牡丹

果實的功能

由子房發育而來的果實，常發展出特殊的構造，除了具有保護種子的功能，同時也可協助種子傳播，以達到擴張族群分布等目的（圖1-20）。

a 蒼耳（羊帶來）果實具倒鉤，藉動物傳播種子



b 鳳仙花果實成熟後，藉彈力傳播種子



c 椰子果實堅硬且中空，藉水力傳播種子



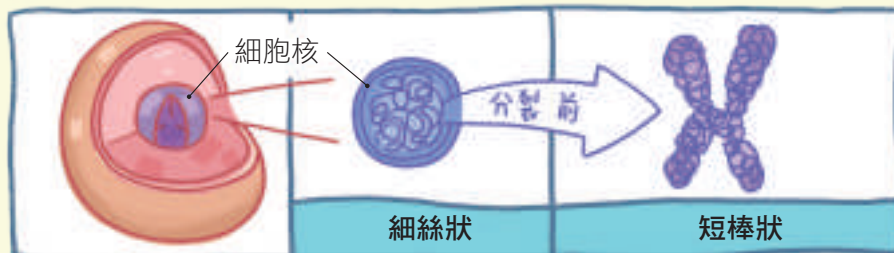
d 蒲公英果實具有冠毛，藉風力傳播種子



圖1-20 各式植物的果實

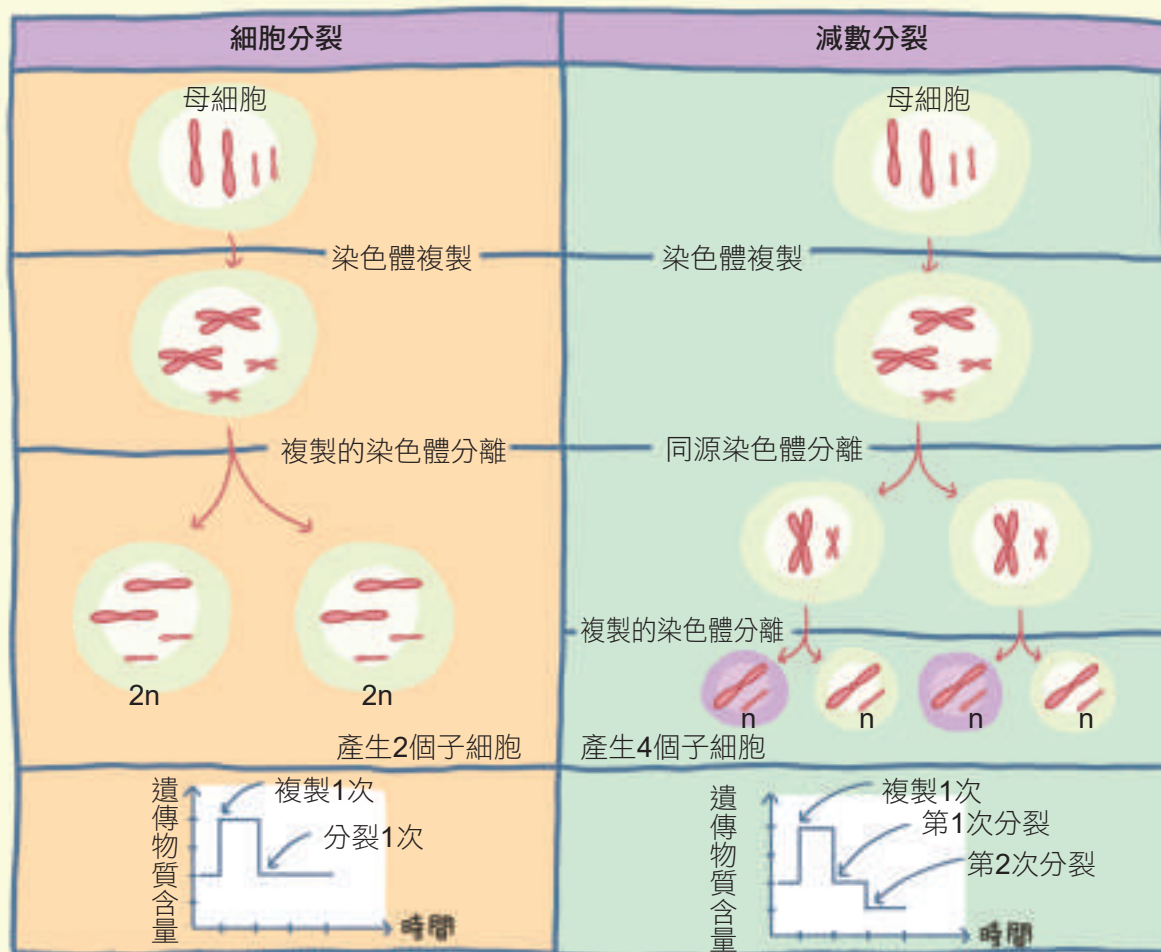
細胞的分裂

- 染色體位於細胞中，為生物體的遺傳物質。



- 每種生物體細胞中的染色體數目通常是固定的，且多兩兩成對，成對染色體大小、形狀相似，稱為**同源染色體**。

細胞分裂與減數分裂的比較：



生物繁殖後代的方式可分為：

- 無性生殖：由親代直接產生新的個體，不涉及配子的生成與結合。
- 有性生殖：須經由配子（精與卵）的結合，重新組成產生後代。

無性生殖

分裂生殖 藉細胞分裂產生2個大小相近的新個體



斷裂生殖 身體斷裂後，裂片再發育為新個體



出芽生殖 體側長出芽體，脫離母體後成為新個體



孢子繁殖 產生孢子散播到適當的地點，萌發為新個體



營養器官繁殖 利用根、莖、葉等器官繁殖成為新個體



組織培養 取植物部分組織，添加適當物質成為新個體



- 經由無性生殖產生的子代，可以完整保存親代的特性。

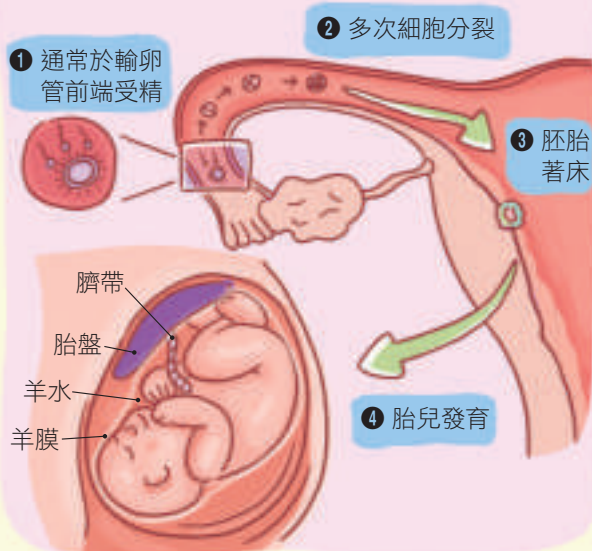
有性生殖

- 有性生殖可增加子代遺傳多樣性，利於物種適應變動的環境。
- 依受精的位置可區分為體外受精與體內受精。
- 受精卵的發育方式：

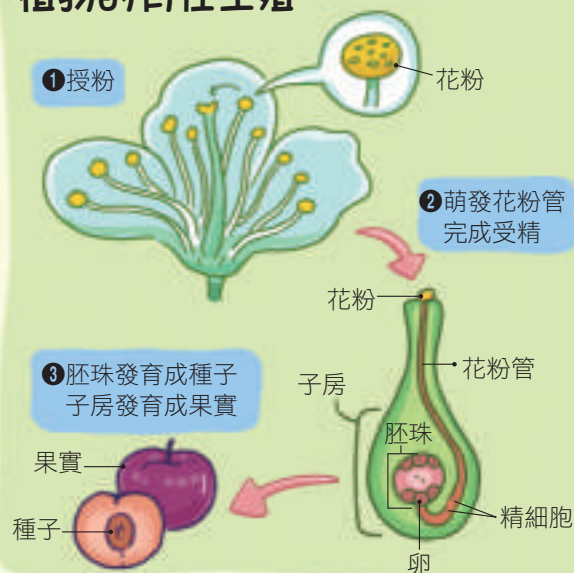
種類	卵生		胎生
發育場所	母體外		母體內
受精方式	體外受精	體內受精	體內受精*
舉例	多數魚類、兩生類	多數爬蟲類、鳥類	多數哺乳類

*自然狀態下

人類的生殖



植物的有性生殖



歷史上第一個試管嬰兒

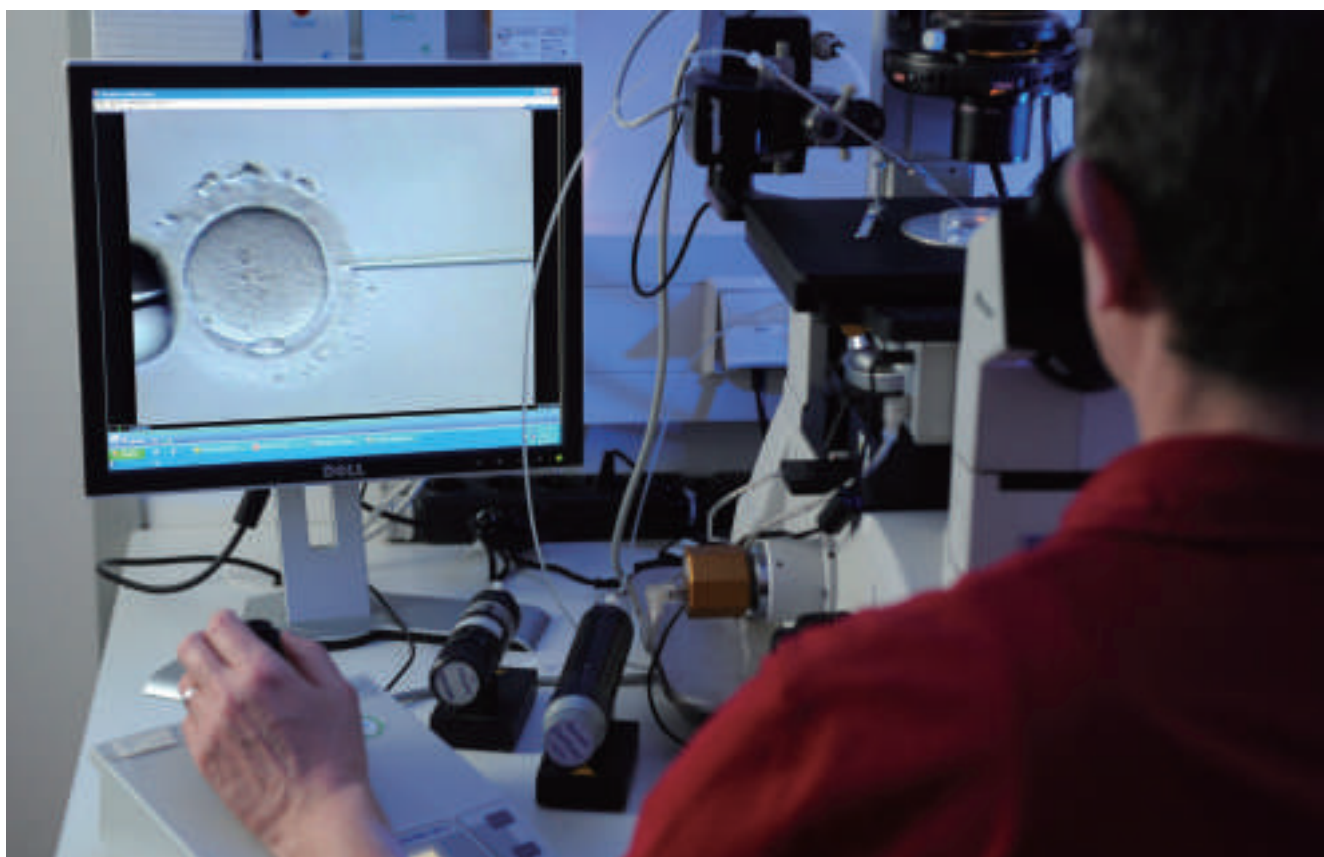
西元1978年的夏天，一名誕生於英國的小女嬰震驚了全世界——露薏斯·布朗，是全球第一名利用胚胎植入方式所產下的試管嬰兒。試管嬰兒並不是在試管裡長大，而是在試管（嚴格來說是培養皿）內受精，是從母體取出卵，放在培養皿後再加入精子，等受精卵分裂並發育為早期胚胎之後，再轉移至母親的子宮內繼續生長到成熟再產出。布朗太太由於輸卵管阻塞的問題，嘗試了九年始終未能懷孕，後來開始接受這個當時還屬於實驗性質的治療，才終於生下露薏斯。羅伯特·愛德華



▲布朗夫婦、剛出生的露薏斯與愛德華醫師

便是當初協助布朗夫婦的醫師，而他也因此一成就獲得西元2010年諾貝爾生物醫學獎。

曾經有人擔心試管嬰兒會有健康上的問題，但隨著露薏斯正常的長大並結婚生子，這一切的疑問盡皆煙消雲散。



▲技術員進行單一精子卵質內顯微注射技術

四十年後的今天，全世界已有超過數百萬名的試管嬰兒，而這項技術仍持續蓬勃發展當中。針對一些試管嬰兒體外受精技術都難以成功受精的夫婦，而發展出「單一精子卵質內顯微注射」技術，是利用人工的方式，將單一精子確實注入到卵，能夠增加精卵在體外的受精成功率。

不孕的夫婦想要擁有自己的小孩，過程中除了要忍受治療的身體不適，心理也會承受著極大的壓力，而試管嬰兒技術提供了他們一線希望。正如愛德華醫師的諾貝爾得獎頌詞中說：「不孕不僅是一個醫療問題，也會帶來精神創傷。」愛德華醫師治療的不只是人們的身體，也治癒了許多不孕夫婦們的心。



▲培養皿中的受精卵，在環境穩定的培養箱中可發育成早期胚胎

請同學們依上述內容，回答下列問題：

1. 試管嬰兒分別於何處受精與發育？

試管嬰兒分別在_____受精，_____發育

() 2. 關於試管嬰兒技術的描述，下列何者正確？

- (A) 是一種無性生殖的方式
- (B) 不需要經過懷孕的階段
- (C) 是藉由體外受精的方式產生子代
- (D) 可以解決所有不孕症的問題

3. 試管嬰兒是在培養皿中受精，之後必須移回子宮內繼續發育。想一想，為什麼胚胎無法在培養皿中繼續發育？胚胎發育的過程中需要什麼呢？

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2 遺傳

2-1 遺傳、染色體與基因

2-2 人類的遺傳

2-3 突變與遺傳疾病

2-4 生物技術

我們都是爸爸與媽媽「愛的結晶」，你是否觀察到，我們與父母之間，不管在相貌與個性上都有許多的相似之處，為什麼我們會繼承父母身上的特質呢？是體內什麼神祕的物質在調控嗎？

探究提問

觀察本圖，猜猜這些可愛的混血小狗是誰的小孩？你是依據什麼來判斷的呢？



品系犬
黃金獵犬
Golden Retriever

品系犬
臘腸犬
Dachshund

品系犬
吉娃娃
Chihuahua

混血種

(+)
Chiweenie

品系犬
哈士奇
Husky

混血種

(+)
Pitsky

品系犬
鬆獅犬
Chow Chow

品系犬
比特犬
Pit Bull

混血種

(+)
Chusky

混血種

(+)
Golden Dox



2-1 遺傳、染色體與基因

人類很早就注意到生物的親代與子代之間，具有一定程度的相似性，但對於背後的遺傳原理並沒有深入的了解。直到一百多年前，科學家開始進行有系統的研究，才
5 逐步揭開了遺傳現象的神祕面紗。

同種生物的不同個體間，可能會有不同的構造表現，稱為**性狀**，例如：人類的頭髮顏色這個性狀，其中又有金色、黑色、棕色等不同類型的**表徵**（圖2-1）。但有的性狀由外觀上無法直接觀察，必須進一步檢測才能確知，例
10 如：人類的ABO血型。生物的性狀能透過生殖傳遞給子代，這種現象稱為**遺傳**。



▲ 圖2-1 人的髮色有金色、黑色、棕色等



▲ 圖2-2 孟德爾

1 孟德爾的遺傳實驗

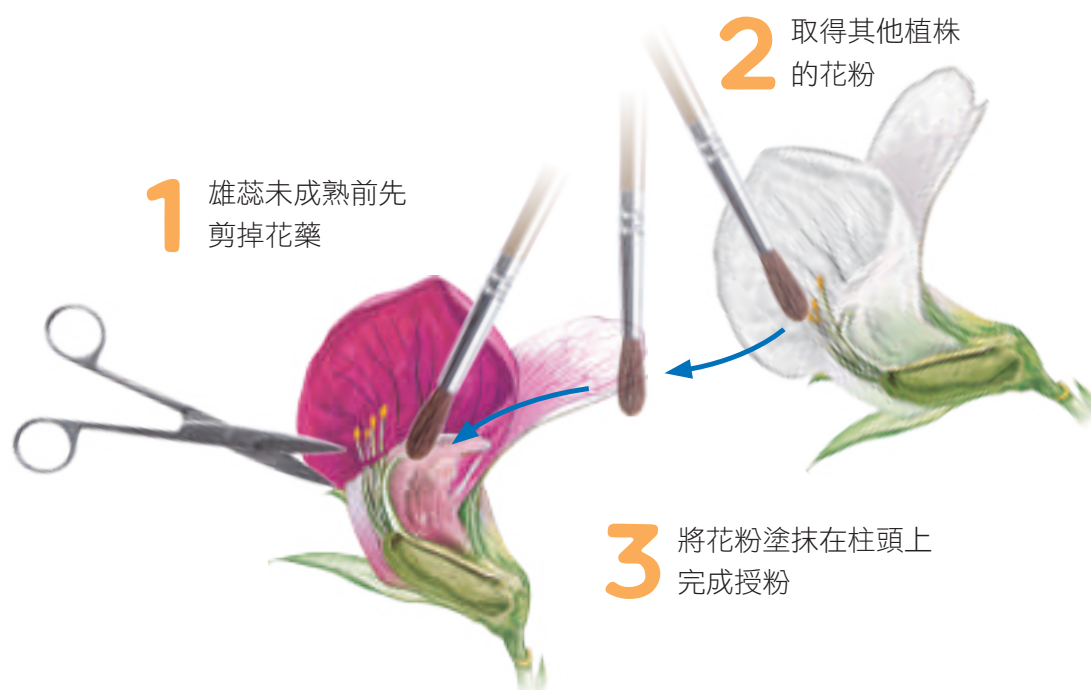
孟德爾（Gregor Johann Mendel，1822～1884）（圖
2-2）是最早提出基本遺傳原理的學者，因此被尊稱為
15 「遺傳學之父」。

當時人們為了培育出顏色美麗的花朵，已經有了性狀會傳遞給下一代的觀念，孟德爾觀察到這個現象後，想要了解性狀傳遞的規則，因此在修道院的後院進行了豌豆的培育與研究。

孟德爾認為，豌豆的生長期短並具有多個成對表徵的穩定性狀，很適合用於遺傳原理的研究上（表2-1），且豌豆為**自花授粉**，因此不會被外來的花粉所干擾。進行實驗時，可以透過**人工授粉**讓相對表徵的豌豆配對產生後代（圖2-3）。

■表2-1 豌豆的許多性狀都具有成對的表徵

性狀	種子形狀	種子顏色	豆莢形狀	豆莢顏色	花朵顏色	花朵位置	莖的長度
表徵	 圓	 黃	 膨脹	 綠	 紫	 腋生	 高
	 皺	 綠	 皺縮	 黃	 白	 頂生	 矮



▲圖2-3 人工授粉示意圖



孟德爾遺傳實驗

〔實驗流程與結果〕

以豌豆莖的長度性狀為例，孟德爾利用產生高莖與矮莖的豌豆植株進行研究。

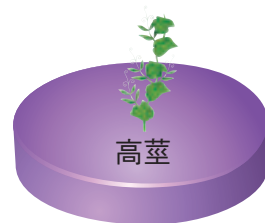
1 純品系親代 P

孟德爾先將高莖與矮莖豌豆植株分開栽種，讓其分別自花授粉，只留下與親代表徵相同的子代，子代再進行自花授粉。經過數代的培養，如果子代與親代持續維持相同的表徵，便是純品系。

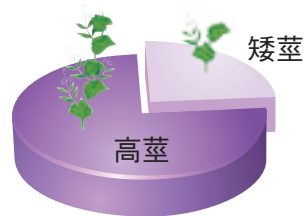
自花授粉



人工授粉



自花授粉



2 第一子代 F₁

以純品系的高莖豌豆植株與矮莖豌豆植株作為親代（P），進行人工授粉，發現第一子代（F₁）的表徵全為高莖。

3 第二子代 F₂

第一子代的高莖豌豆植株自花授粉，產生眾多的第二子代（F₂）中，高莖與矮莖產生的個數分別為787與277，表徵比例約為3：1。

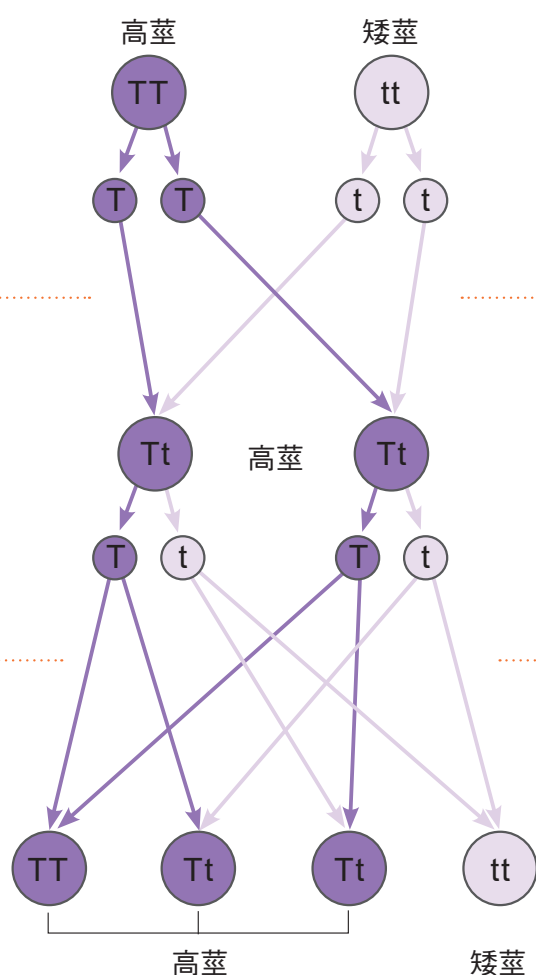
F₂ 表徵

高莖：矮莖
3：1



〔實驗結果分析〕

孟德爾推測，表徵應是由一對遺傳因子所控制，而純品系的豌豆植株應具有一對相同的遺傳因子。



F₂ 遺傳因子組合

TT	:	Tt	:	tt
1	:	2	:	1

❶ 第一子代全為高莖，但自花授粉後的第二子代卻再度出現矮莖，因此孟德爾認為高莖的表徵為**顯性**，矮莖為**隱性**。為方便表示，以英文字母大寫代表顯性遺傳因子，小寫代表隱性遺傳因子。因此純品系親代中，高莖的遺傳因子為TT，矮莖為tt。

❷ 第一子代從高莖親代得到一個T遺傳因子，從矮莖親代得到一個t遺傳因子，因此其遺傳因子的組合為Tt，表徵都為高莖。

❸ 而自花授粉後的第二子代遺傳因子的可能組合有三種：TT、Tt及tt，其比例為1：2：1。莖的表徵為高莖與矮莖兩種，比例為3:1。也就是說，當遺傳因子的組合為TT或Tt時表徵為高莖，而遺傳因子的組合為tt時，則為矮莖。



實驗
2-1模擬孟德爾豌豆
實驗

器材

- ① 卡片4張
- ② 簽字筆

目的

藉由模擬孟德爾的豌豆實驗過程，認識遺傳因子如何傳遞給子代，進而了解遺傳學的基本法則。

步驟

一、模擬親代人工授粉產生第一子代

- 1 五人一小組，其中兩人扮演親代角色，兩人為第一子代，一人為第二子代。其中一親代的兩張卡片上均為T（代表純品系高莖豌豆），另一親代的兩張卡片上均為t（代表純品系矮莖豌豆）。



- 2 其中一位第一子代各從親代隨機取一張卡片，將兩張卡片上的英文字母組合記錄下來，將卡片還回親代，另一個第一子代重複步驟2。



二、模擬第一子代自花授粉產生第二子代

- 3 兩位第一子代手中拿著步驟2記錄的英文字母組合卡片，將卡片左右任意交換，第二子代再各從兩位第一子代取一張卡片。



- 4 將卡片上英文字母組合記錄下來，再將抽到的卡片分別還給原本的第一子代，重複此步驟16次。

- 5 收集各組數據，計算全班數據中第二子代遺傳因子組合和表徵的比例。

問題與討論

1. 活動中，一位親代為何只能傳一張卡片給子代？
2. 比較小組與全班第二子代的統計結果，何者較為可信？
3. 為何本活動中子代由親代手中抽取卡片時不能看到上面所寫的字母？

相關實驗重點，請見 P57



探究提問

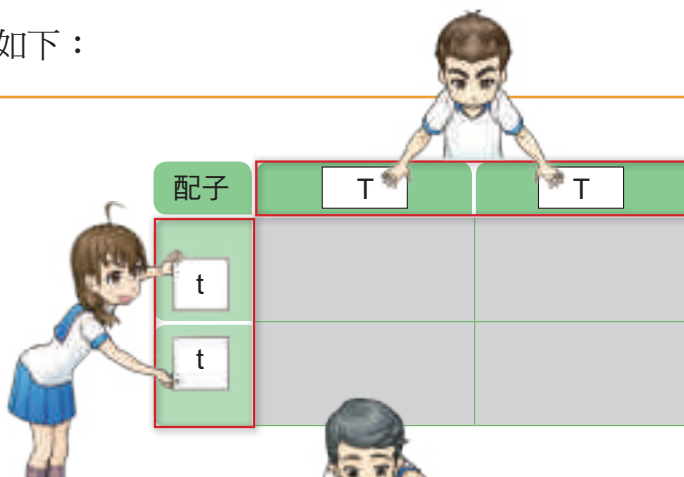
豌豆花色有紫花與白花兩種表徵，已知紫花為顯性，想想看，要如何藉由實驗來確認某株紫花豌豆的遺傳因子組合為PP或Pp？寫出你的實驗設計。

2 棋盤方格法

為了解親代與子代之間的遺傳情形，我們常使用簡便的**棋盤方格法**來協助推算，分析如下：

親代
(P)

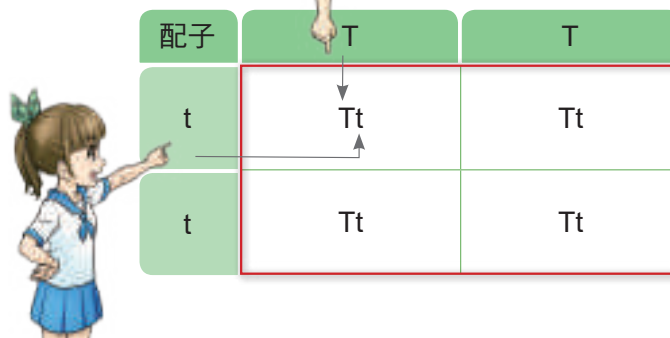
親代的遺傳因子組合分別為TT及tt，TT親代產生T配子，tt的親代產生t的配子，分別填入表格內的上列與左欄中。



配子	T	T
t		
t		

第一子代
(F₁)

兩者授粉以TT × tt表示，將配子的遺傳因子T與t進行組合，則第一子代的遺傳因子組合均為Tt，表徵均為高莖。



配子	T	T
t	Tt	Tt
t	Tt	Tt

第二子代
(F₂)

請仿照上述的方式，將第一子代的配子填入表格內的上列及左欄中，接著推算孟德爾實驗中第二子代的遺傳因子組合，並填入右方的棋盤方格中。

配子		

填完表可知道，自花授粉後的第二子代遺傳因子組合有TT、Tt及tt三種，比例為1：2：1。表徵則有高莖與矮莖兩種，其比例為3：1。



3 染色體與基因

孟德爾利用豌豆實驗歸納出遺傳的基本原理，說明了一對遺傳因子組合能控制表徵並且會代代相傳。現代科學家將控制表徵的基本單位稱為**基因**（Gene），是位於染色體上特定的DNA片段。

基因在代代相傳的過程中，可能會發生變異，因此同一基因可能會有多種不同的形式，進而使性狀產生不同的表現，例如：控制豌豆莖的性狀的基因有高莖（T）與矮莖（t）兩種形式；對於具有雙套染色體的生物而言，這不同的基因形式通常位於同源染色體的相對位置上，我們稱為**等位基因**（Allele），也就是孟德爾所謂的遺傳因子（圖2-4a）。

等位基因的組合稱為**基因型**（圖2-4b），而其控制的表徵則稱為**表現型**，例如：豌豆基因型為TT和Tt者，其表現型為高莖，而基因型為tt者，其表現型為矮莖（圖2-4c）。

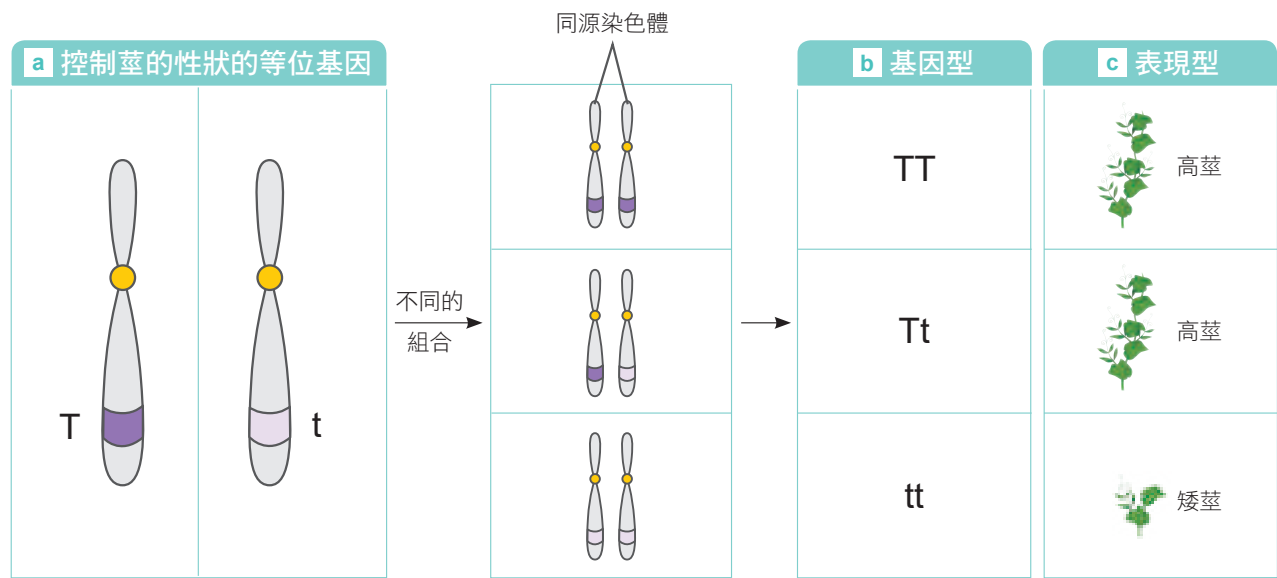


圖2-4 等位基因、基因型與表現型的相互關係

生物行減數分裂形成配子的過程中，成對的同源染色體會分開到不同配子中，等位基因也隨著同源染色體分開，因此每個配子僅會帶有成對等位基因中的一個。

- 5 有性生殖時，因為雌、雄配子的結合，等位基因又恢復為成對（圖2-5）。

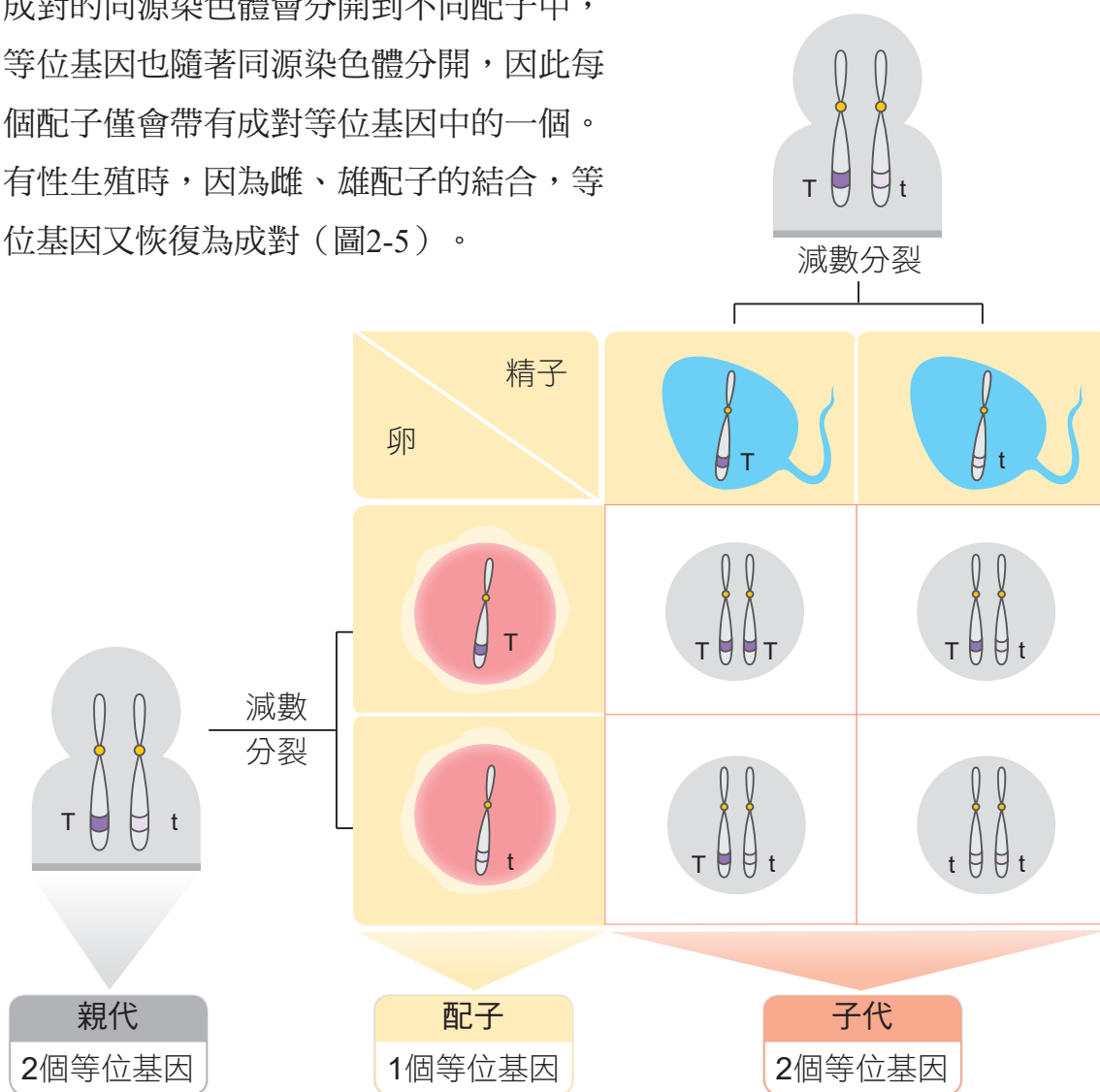


圖2-5 親代的等位基因會經由配子遺傳給子代

例題 2-1

有關基因與等位基因的敘述，下列何者為非？

- (A) 基因是位於染色體上特定的DNA片段
- (B) 一對等位基因通常位於同源染色體的相對位置上
- (C) 同一基因只會有一種形式
- (D) 一對等位基因的組合可共同決定某一表徵

2-2 人類的遺傳

1 ABO血型遺傳

人類的血型可以分成A型、B型、AB型及O型等四種，而決定人類ABO血型的基因有 I^A 、 I^B 及 i 三種等位基因，其中 I^A 和 I^B 為顯性， i 為隱性。基因型為 $I^A I^A$ 或 $I^A i$ 者，其表現型為A型； $I^B I^B$ 或 $I^B i$ 者為B型； $I^A I^B$ 者，兩個等位基因均為顯性，為AB型； ii 者兩個等位基因均為隱性，為O型（圖2-6）。

	I^A	I^B	i	基因型	表現型
I^A	$I^A I^A$	$I^A I^B$	$I^A i$	$I^A I^A$ 、 $I^A i$	A型
I^B	$I^A I^B$	$I^B I^B$	$I^B i$	$I^B I^B$ 、 $I^B i$	B型
i	$I^A i$	$I^B i$	ii	$I^A I^B$	AB型
				ii	O型

圖2-6 人類的ABO血型

控制人類ABO血型的等位基因有三種，而人類只有雙套染色體，所以每個人身上僅會有其中兩種等位基因。

探究提問

調查自己的血型，你的基因型可能有哪幾種組合呢？並試著列出父母的血型可能有哪幾種？

例題 2-2

人的血型是由 I^A 、 I^B 與 i 三種等位基因所控制，小明的血型是AB型，下列敘述何者正確？

- (A) 小明的父母其中有一個可能為O型
- (B) 小明的父母其中一定有一個為AB型
- (C) 小明的基因型為 $I^A I^B$
- (D) 小明的基因型的組合方式可能有兩種



2 性別遺傳

人類的體細胞中含有23對同源染色體，其中有一對能決定性別，稱為**性染色體**，其他的22對則稱為**體染色體**。性染色體有兩種不同的形式，較長的是X染色體、較短的是Y染色體；女性有兩條X染色體，男性有X染色體及Y染色體各一條（圖2-7）。

人體經減數分裂形成配子時，各對同源染色體會分離，所以卵含有22條體染色體與1條X染色體（22+X），精子則含有22條體染色體，以及X或Y染色體的其中一條（22+X或22+Y）。當卵和具有X染色體的精子結合，會生下女孩；而卵和具有Y染色體的精子結合，則會生下男孩（圖2-8）。

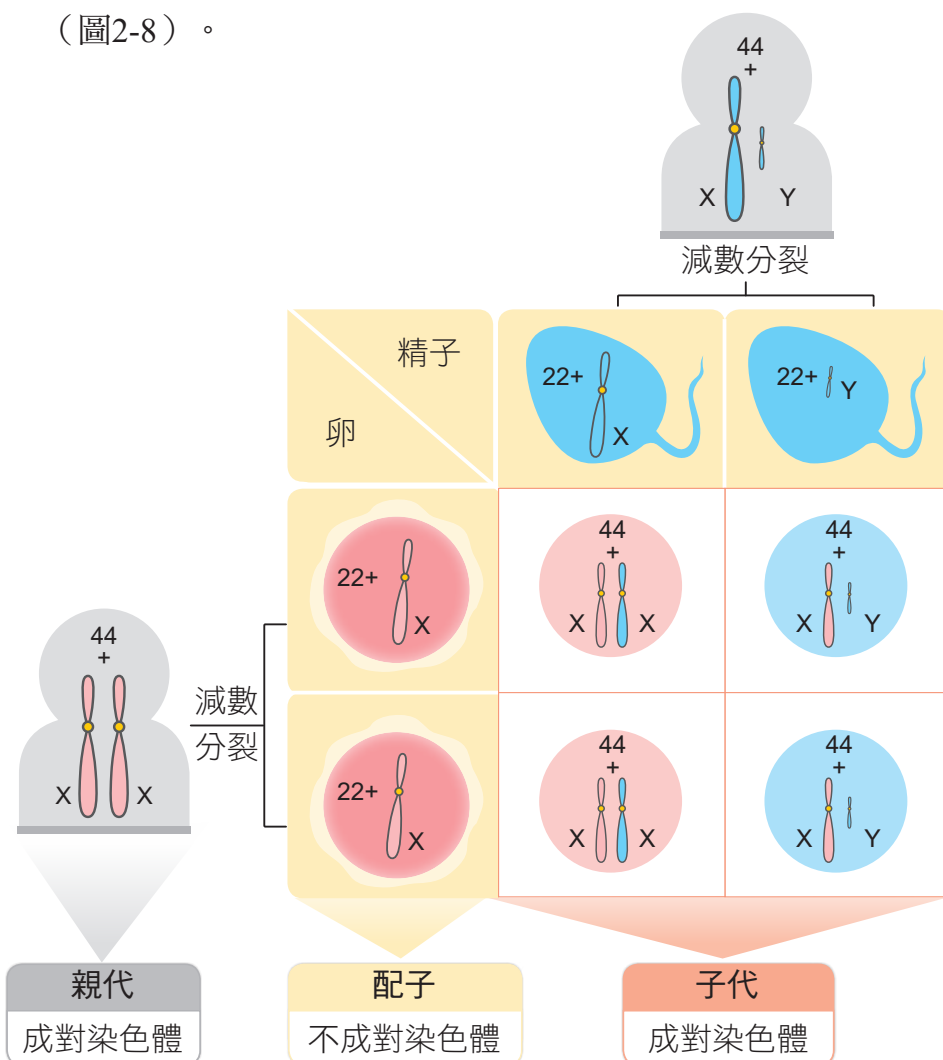
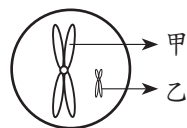


圖2-7 人類女性與男性的染色體

圖2-8 人類的性別遺傳

例題 2-3

小華透過顯微鏡的觀察及攝影，看到自己分裂中的皮膚細胞，該細胞內有一對性染色體如右圖所示，甲、乙各為其中一條染色體，則下列敘述何者錯誤？



- (A) 小華為男性 (B) 甲來自母親的遺傳，而乙來自父親
(C) 小華的腦細胞缺乏甲、乙染色體 (D) 小華的精子不會同時具有甲、乙染色體



生物 In my life



鱷魚的性別

- 鱷魚孵化為公與母的溫度區間大約分別為多少呢？請由書籍或網站蒐集相關資料（請註明資料來源）。
- 鱷魚的性別由溫度決定，而人類的性別卻無法隨溫度而改變，是什麼原因造成這樣的差異呢？

實驗
2-2

人類的性別遺傳



目的 利用卡片代表父親和母親的性染色體，藉此了解人類性別遺傳的機制與機率。

步驟

- 1** 兩人一組，分別扮演父親與母親，母親取兩張寫上X的紅色卡片，代表XX性染色體；父親取兩張分別寫上X與Y的藍色卡片，代表XY性染色體。



- 2** 父母親雙方將手中卡片左右任意的交換，之後互相選出對方其中一張卡片。



- 3** 將選出的兩張卡片組合記錄下來，還回對方後，重複步驟**2**三次，代表共生四個小孩。

- 4** 收集各組的數據，計算全班所組合出男生和女生的數目，並記錄下來。

問題與討論

1. 男孩的X染色體及Y染色體分別是由父親及母親的哪一方所獲得？
2. 生男生女的機會，理論上均為二分之一，各組生男生女的比例與全班相比，何者與理論值較為接近？

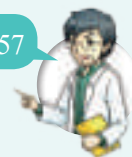
器材

- 1 紅色卡片2張
- 2 藍色卡片2張
- 3 簽字筆

探究提問

請自行查詢資料後寫出與人類性別決定方式不同的另一種生物，並說明此種生物的性別決定方式。

相關實驗重點，請見 P57



2-3 突變與遺傳疾病

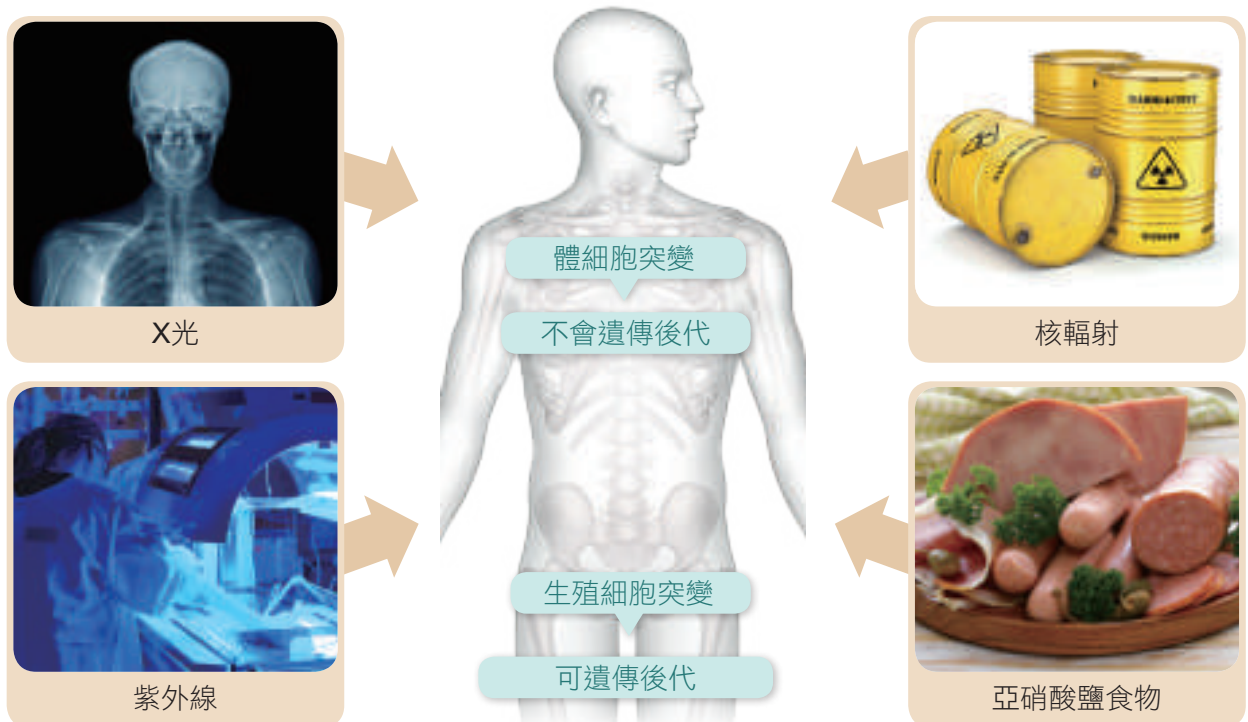
1 突變



▲ 圖2-9 正常翅果蠅（上）
與無翅果蠅下（下）

細胞內原有的遺傳物質產生變異的現象，稱為**突變**。突變可能發生在體細胞中，也可能發生在生殖細胞中。發生在體細胞中的突變，不會遺傳給後代；而發生在生殖細胞中的突變，則可能遺傳給後代。在自然情況下，基因發生突變的機率很低，且突變造成的表徵通常對生物體有害，例如：果蠅的無翅（圖2-9）使果蠅無法飛行。雖然有利的突變較少，但卻是造成生物演化的重要基礎。

突變也可能會受到某些因素誘導而使發生的機率增加，例如：照射過量的X光、核輻射和紫外線，或是過量攝取添加亞硝酸鹽的食物（圖2-10），以及感染某些病毒等，所以要儘量避免接觸會誘導突變的因子。



▲ 圖2-10 可能誘導突變發生的因素

2 人類的遺傳疾病種類

人類的疾病有些與遺傳有關，稱為**遺傳性疾病**。遺傳性疾病的種類繁多，可能會致命、出現異常的表徵或是影響智力發展，但有些透過患者的努力或適當的教育，往往也能有良好的表現（圖2-11）。有些遺傳疾病可能會讓患者造成不便，需要社會給予適當的尊重、關懷與協助。遺傳性疾病產生的原因，可能是遺傳到親代異常的等位基因，或是染色體的數目異常。



▲ 圖2-11 美國的白化症患者獲得2020東京帕奧女子200公尺個人混合游泳銀牌

異常的等位基因

10 異常的等位基因大多為隱性，因此通常同時具有兩個異常等位基因的個體，才會表現出疾病的症狀。以白化症為例，患者必須分別由親代各得到一個隱性的異常等位基因，才會表現出白化症（圖2-12）。

15 若是由顯性的異常等位基因造成的疾病，子代只要遺傳到一個顯性的異常等位基因，就會表現出疾病的症狀，如軟骨發育不全症（圖2-13）。

隱性



▲ 圖2-12 白化症患者（右）缺乏黑色素，眼睛、皮膚及毛髮顏色較淡

顯性



▲ 圖2-13 軟骨發育不全症的患者（左）身高較一般人矮

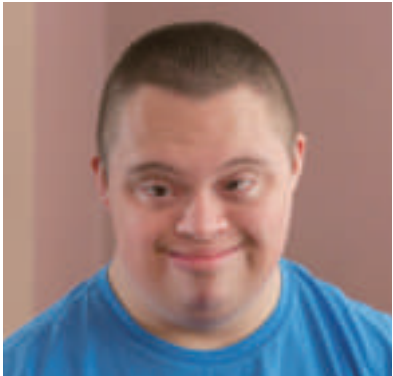


圖2-14 唐氏症患者會有特殊的臉部特徵

課程補充

唐氏症

唐氏症通常是額外多出一條第21號染色體所造成的結果，因此每個體細胞會有47條染色體。目前研究得知，唐氏症的發生機率會隨著母親的生育年齡而增加，但其中的關連性還未清楚。



▲唐氏症（左）與一般人（右）在第21對染色體的差異

染色體數目異常

父母親在形成配子的過程中，當精子或卵的染色體數目出現異常，會造成子女的遺傳性疾病。染色體數目異常的胎兒多數在懷孕過程中便會死亡，即使能夠順利存活，亦會出現異常的症狀，例如：具有47條染色體的唐氏症患者，新生兒體型較小，並具有特殊的臉部特徵（圖2-14）。

3 遺傳疾病的諮詢

遺傳疾病的諮詢是為了處理家庭中遺傳疾病的相關問題，由民眾提供個人病史、家族病史及產前各項檢查資料，尋求醫生建議的諮詢過程。目前各大醫院多設有遺傳諮詢的相關門診，在保障隱私的環境中，醫生會根據疾病的發生率及遺傳方式，提供民眾診斷、治療及生育的參考意見。另外，經由新生兒篩檢可及早發現新生兒是否罹患遺傳疾病，以便儘早加以治療，使疾病帶來的傷害降至最低。

隨堂筆記

試填寫以下遺傳性疾病的成因

遺傳性疾病	成因
白化症	
軟骨發育不全症	
唐氏症	

2-4 生物技術

生物技術是藉由人為的方法，調控生物細胞或利用其代謝物質，以製造產品與改善人類生活品質的科學技術。人類長久以來便會利用微生物來製作食品或增進食品的营养價值（圖2-15）；近年來由於逐漸了解遺傳機制，可處理許多以往不易解決的問題，例如：透過DNA的分析，能夠提供刑事鑑定上的參考，或是推論親緣關係的遠近。目前常見的生物技術還包括育種、複製動物及基因轉殖等。

圖2-15 利用微生物而製成的食品



課程補充

DNA分析

全世界70幾億人中，沒有任兩個人的DNA排序是完全相同的（同卵雙胞胎除外）。DNA存在於人體的細胞中，透過專業的技術，可將細胞中的DNA萃取並進行比對。透過此分析，可做到身分鑑識、親緣關係鑑定和追溯祖源的各項目的。

1 育種

育種是人類將動、植物的特定品系加以栽培、飼養或改良，以符合人類需求的技術。傳統的育種方式是透過對動植物長期培植，逐漸選出適合人類需求的品系（圖 2-16）；現代的育種方式則是以人為方式改變物種的遺傳組成，更能快速選到適合人類需求的品系，例如科學家能誘導生物發生突變產生新表徵，再從中選擇並培育出需要的生物品系。



▲ 圖2-16 人類培育出的生物品系

2 複製動物

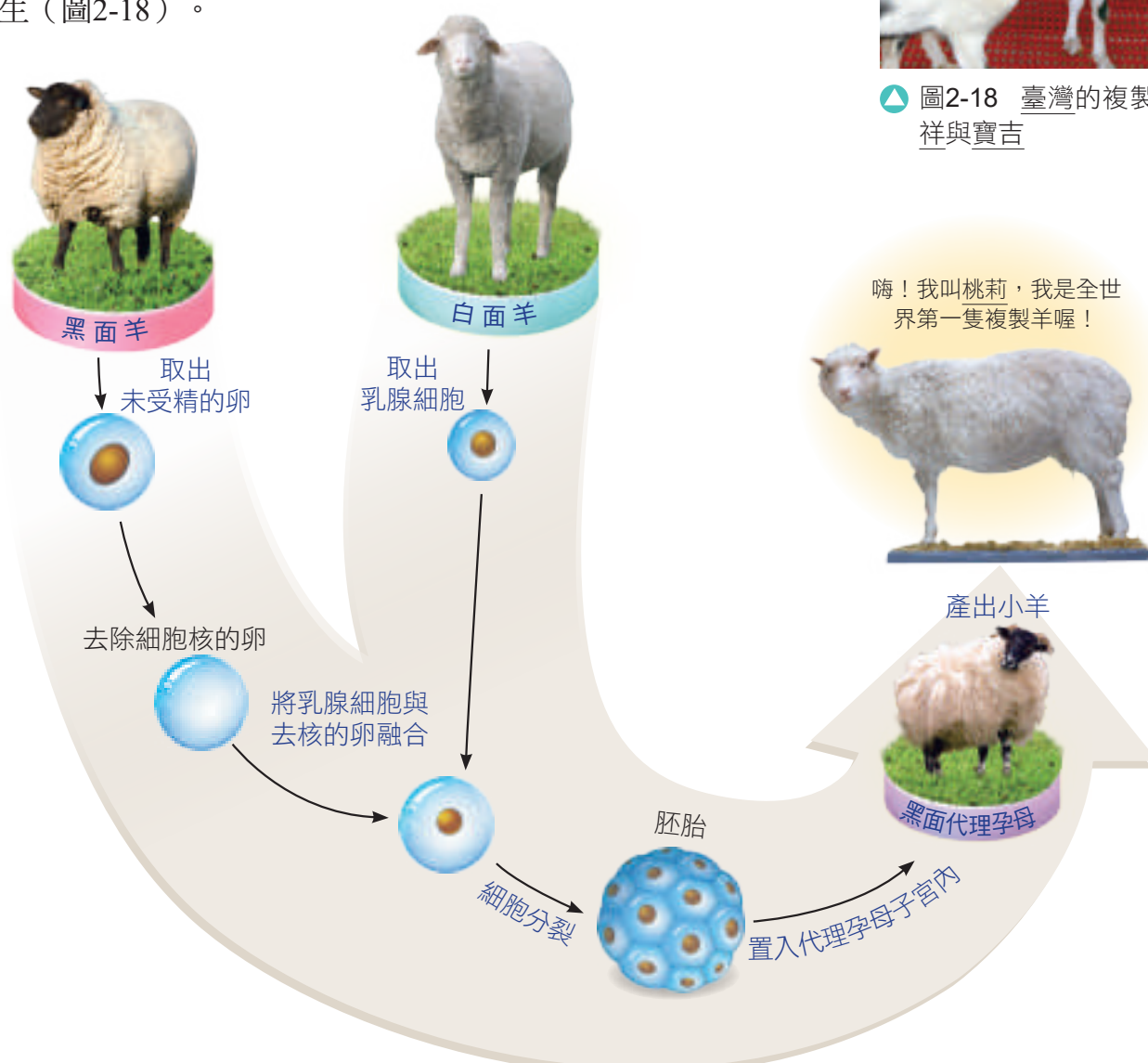
西元1996年，研究人員將白面母羊的乳腺細胞與黑面母羊的去核卵細胞融合，經由培育成胚胎後，再將此胚胎移植入另一隻黑面母羊的子宮內，成熟後順利發育並誕生出一隻白面小母羊，取名為桃莉（Dolly）。經由DNA的比對，證實桃莉的遺傳物質，和提供乳腺細胞核的白面母羊完全一樣（圖2-17）。隨後，世界各國借鏡桃莉羊的研究，陸續發展出各種複製動物。臺灣也在西元2001年研究出第一頭複製牛畜寶，而複製豬與複製羊的技術也陸續誕生（圖2-18）。

探究提問

複製動物的過程，是屬於有性生殖或是無性生殖？是體內受精還是體外受精？



▲ 圖2-18 臺灣的複製羊：寶祥與寶吉



▲ 圖2-17 桃莉羊複製過程示意圖

3 基因轉殖技術

基因轉殖技術是將特定基因片段分離出來，植入到其他生物細胞內的技術，會使生物表現出新性狀。經過基因轉殖技術後產生的生物稱為**基因改造生物**，例如：臺灣的蔡懷楨教授與國家實驗研究院的研究人員，將水母綠色螢光基因片段，分別轉殖到魚和老鼠中，產生螢光魚和螢光鼠（圖2-19a、b）。運用此技術也能使生物產生可讓人類利用的物質，例如：將人類製造胰島素的基因，轉殖到細菌或酵母菌中，以製造出治療人類糖尿病的胰島素。利用基因改造生物再經加工而製成的食品稱為**基因改造食品**，例如：黃金米含胡蘿蔔素，食用後可在人體內轉化成維生素A，以解決貧困地區人民的維生素A缺乏症（圖2-19c）。



▲ 圖2-19 透過基因轉殖技術而產生的基因改造生物與食品

生物技術的發展可以帶給人類利益，但也有許多未知的隱憂，例如：轉殖抗蟲基因至農作物中，可以減少殺蟲劑的使用並增加作物產量；但轉殖基因一旦流入野外，可能會對自然環境造成衝擊而影響生態。因此生物技術的發展需兼顧實驗與環境倫理，事先充分評估並持續謹慎的監控管理，才能在享受科技帶來的利益之外，避免發生無法預期的後遺症。

延伸補充

基因改造生物的隱憂

地廣人稀的農業大國因大面積種植經濟作物，耕種都採機械作業，並以大量噴灑除草劑的方式去除雜草，但有些草本作物，如：大豆，玉米等，會被除草劑殺死，因此農藥廠商將抗除草劑的基因轉殖入作物中，這樣噴灑除草劑便不會對作物造成傷害，但容易造成噴灑除草劑過量而汙染環境，並產生對除草劑有抗藥性的雜草，這樣的基因改造作物占全球基改作物的75%，是環境汙染的一大隱憂。



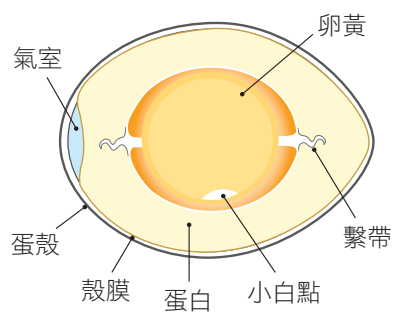


實驗一點靈

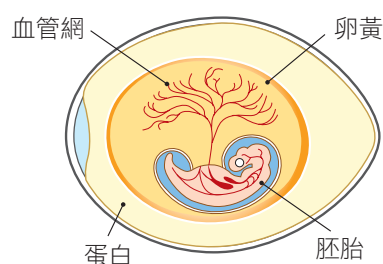
第一章

實驗 1-1 蛋的觀察

1. 透過觀察雞蛋了解卵的構造。
2. 一般市售雞蛋未受精，染色體為單套，而有受精的雞蛋染色體為雙套，小白點會發育為胚胎，並發展出放射狀分布的血管網，胚胎會利用卵黃中的養分持續發育為個體。



市售蛋



受精蛋

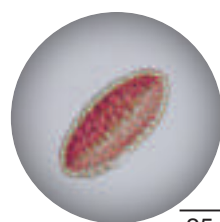
實驗 1-2 花的觀察

1. 一朵花由外向內的構造大致為花托、萼片、花瓣、雄蕊與雌蕊。
2. 花的顏色與香味可以吸引鳥類或昆蟲前來，以達到傳播花粉的目的。因此如果是蟲媒花，通常會有豔麗的顏色或是濃郁的香味；若是風媒花，花朵通常細小色淺，且不具香味。
3. 不同種類的花，花粉粒會有獨特的外形。

百合



胚珠

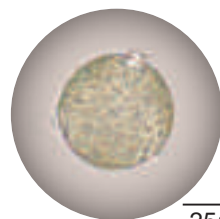


花粉粒

25μm



洋桔梗



25μm



第二章

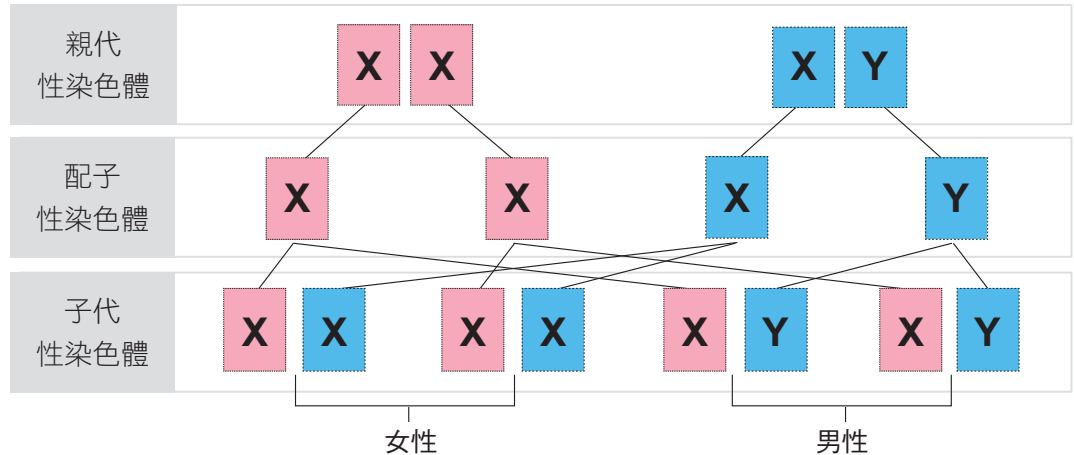
實驗 2-1 模擬孟德爾豌豆實驗

- 1. 活動中卡片代表染色體，上面的字母代表等位基因，每人拿到兩張卡片代表成對的同源染色體。
- 2. 有性生殖時，成對的同源染色體經由減數分裂，只有一條染色體進入配子中，配子結合後產生子代，染色體又恢復為成對。
- 3. 由實驗可知，孟德爾所稱的「遺傳因子」即為「等位基因」，「遺傳因子的組合」則為「基因型」。

親代	T T t t
第1子代	T t
第2子代	T T T t t t
基因型	1 : 2 : 1
表現型	高莖 : 矮莖 = 3 : 1

實驗 2-2 人類的性別遺傳

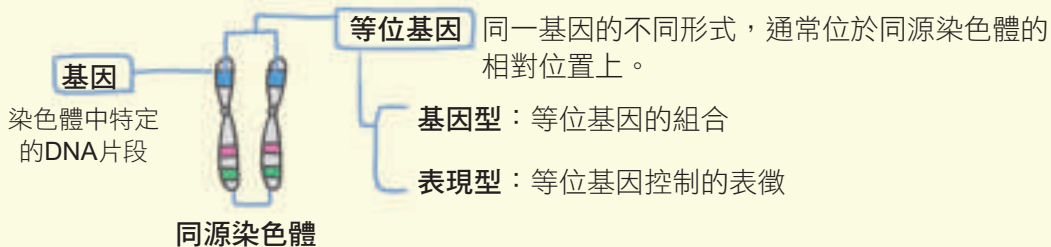
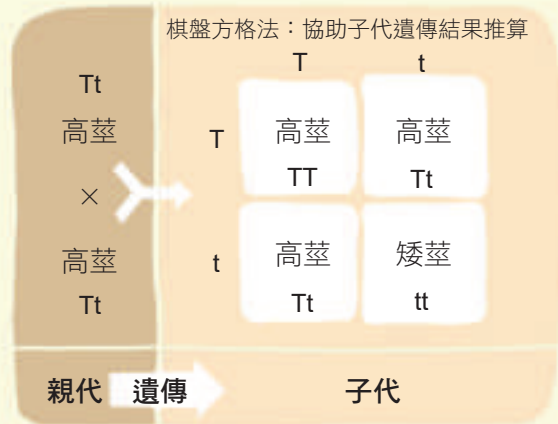
- 1. 人類性別主要由性染色體決定，男性為XY，女性為XX。
- 2. 人類的男性染色體中，Y染色體由父親遺傳而來，X染色體由母親遺傳而來。
- 3. 理論上，生男生女的機會各半，但統計數據愈少，愈可能產生愈大的誤差；數據愈多，所計算出來的比例會愈接近於理論值。



遺傳、染色體與基因

- 孟德爾為最早提出基本遺傳原理的學者，被尊稱為「遺傳學之父」。
- 生物的性狀具有不同的表徵，可透過生殖的方式，從親代遺傳給子代。
- 遺傳因子有顯性與隱性之別，當顯性與隱性的遺傳因子組合在一起時，會表現出顯性的表徵。

	遺傳因子	表徵
顯性	TT、Tt	高莖
隱性	tt	矮莖



人類的遺傳

ABO血型

血型（性狀）	A	B	AB	O
基因型	$I^A I^A$ $I^A i$	$I^B I^B$ $I^B i$	$I^A I^B$	ii

→控制人類血型的等位基因有3種： I^A 、 I^B 、 i

顯性 隱性

性別遺傳

人類有23對染色體
其中一對為性染色體
其餘為體染色體



→表示方式
女性：XX、男性：XY

突變與遺傳疾病

突變的特點

- 任何細胞內基因都可能發生突變



- 若發生在生殖細胞：可能經由有性生殖遺傳給後代



自然突變

發生機率低，且表現出的性狀通常對生物體有害，但能產生新的表徵。



誘導突變

利用人為誘導的方式可增加突變機率：

照射過量X光、核輻射、紫外線



攝取過量亞硝酸鹽



感染某些病毒



遺傳性疾病

等位基因異常

隱性（大多數情況）ex：白化症

顯性 ex：軟骨發育不全症

染色體數目異常

ex：唐氏症



遺傳疾病的諮詢：透過個人、家族病史與產前檢查資料，尋求醫生建議諮詢的過程。



生物技術

育種

篩選出人類需要的生物品系



複製動物



基因轉殖技術

讓生物表現新的性狀





西元2017年諾貝爾生理醫學獎得主：楊恩Michael W. Young（左）、羅斯巴希Michael Rosbash（中）、霍爾Jeffrey C. Hall（右）

生理時鐘的奧秘

西元2017年諾貝爾生理醫學獎頒給了三位科學家，他們以果蠅為材料，發現果蠅的生理時鐘乃是透過多個主要的基因所調控，進而對動物生理時鐘的研究產生突破性的影響。

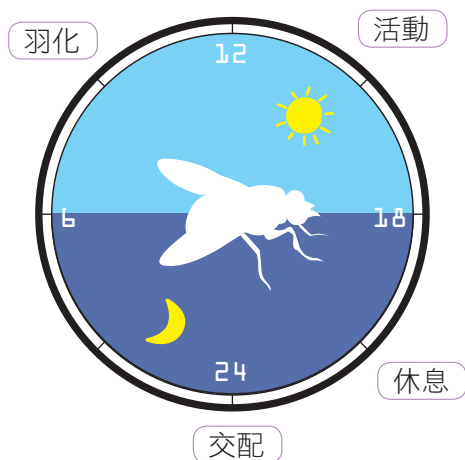
科學家很久前就發現一件很有趣的事：如果讓老鼠、倉鼠這類夜行動物，永遠的生活在黑暗裡，完全不給這些實驗動物光照，老鼠、倉鼠的作息還是大約以24小時為週期，就像是動物體內有一個小小的時鐘一樣。為了解這種生理時鐘的調控機制，科學家選擇了易於培養的果蠅作為研究材料，他們先使用化學藥品誘發果蠅產生突變，找出了生理時鐘表現型發生突變的三種果蠅：一種沒有節律，一種節律周期加快到19小時，一種節律變慢到28小時，利用這三種突變果蠅經過多年研究後，終於從果蠅身上陸續分離出幾個有關

生理時鐘的基因。這些基因製造出的蛋白質會隨日夜周期性變化，白天這些蛋白質會在細胞內累積，到晚上則進行分解而減少，進而調控全身的生理運作，產生日夜節律的變化。更重要的是，果蠅的生理時鐘機制同樣出現在其他多細胞生物身上，也包括人類。

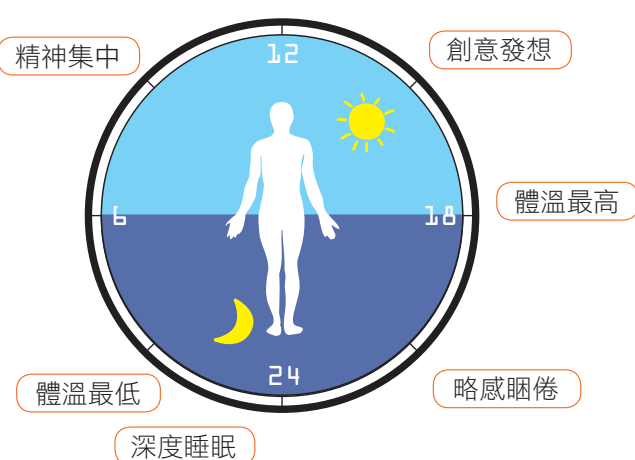
近幾年的研究也發現，這些生理時鐘基因的表現會受到某些外在環境的影響，例如：由臺灣搭飛機到美國紐約，剛開始會有時差的情況發生，這是因為體內生理時鐘尚未調整過來，但是多待個幾天後就能重新適應新的日夜節律。



果蠅的生理時鐘



人類的生理時鐘



請同學們依上述內容，回答下列問題：

1. 請判斷下列敘述，對的打○，錯的打×

- () 人類活動並無日夜節律
- () 基因與環境會共同影響節律
- () 生理時鐘無法調整
- () 所有體細胞與生殖細胞都有生理時鐘基因

() 2. 有關使用化學藥品誘發果蠅產生突變的相關敘述，下列何者錯誤？

- (A) 突變出來的果蠅多數是不健康的
- (B) 表現型出現改變的果蠅應有基因突變發生
- (C) 基因發生突變的果蠅不一定會出現表現型的改變
- (D) 使用化學藥品就能誘發生理時鐘基因的突變

3. 試著舉例在日常生活中，哪些活動可能會造成生理時鐘混亂？對你的作息會造成哪些影響？

.....

.....

.....

.....



關於

1866~1945

出生：美國 肯塔基州

職業：

於約翰霍普金斯大學獲得博士學位
後來進入哥倫比亞大學任教



成就：

- ① 確認染色體是基因的載體
- ② 發現性染色體及性聯遺傳
- ③ 西元1933年獲諾貝爾生理醫學獎



湯瑪士·摩根——任職於哥倫比亞大學

3月，1904年

我才不信物種改變是由微小變化累積而成的呢！

#黑特達爾文 #黑特孟德爾



湯瑪士·摩根 我錯了，我向社會大眾道歉

讚 · 回覆 · 1910年



湯瑪士·摩根——在果蠅室

4月，1910年

今天有人對我翻白眼！

#苦守寒窯2年



湯瑪士·摩根——覺得厲害

12月，1933年

感謝諾貝爾獎肯定我的研究

#果蠅的性聯遺傳#孟大哥是對的

博士畢業後，摩根進入哥倫比亞大學任教，並創立了果蠅研究室。當時的摩根並不相信達爾文演化論與孟德爾的遺傳理論，他相信物種的進化必定是由大突變直接產生新物種，不可能是由小的變異累積遺傳而成。



果蠅研究室前兩年並沒有任何有價值的發現，直到有一天摩根發現了一隻白眼雄果蠅，他非常驚喜。

摩根的果蠅實驗

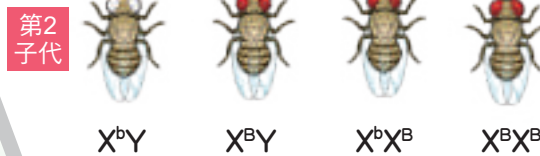
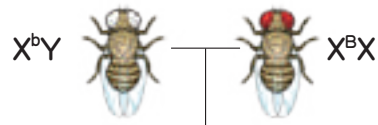
實驗結果與孟德爾的理論完全相同，摩根終於相信孟德爾的理論。

相信了吧

孟大哥是對的

竟然只有雄的是白眼

摩根所發表的「果蠅的性聯遺傳」於西元1933年獲頒諾貝爾生理醫學獎。



結果第2子代中白眼果蠅與紅眼果蠅的數量比為1:3。

讓雄性白眼果蠅和雌性紅眼果蠅交配，產下的第1子代都是紅眼。再把第1子代的雌紅眼果蠅與雄紅眼果蠅交配，產下第2子代。

摩根最後發現了果蠅的性染色體並推測控制果蠅眼睛顏色的基因位於X染色體上。

原來~兇手就是你

果蠅的染色體

X Y

摩根又發現，所有的白眼果蠅都是雄蟲，且只有一半的雄蟲為白眼，摩根認為果蠅的眼睛顏色應該與性別有關。

X光

摩根指導的學生馬勒研究誘導果蠅突變的方法，開創出新的遺傳學實驗道路，深深的影響了後來的科學家。

3 生物的演化與分類

3-1 化石與演化

3-2 生物的分類

3-3 原核、原生生物及菌物界

3-4 植物界

3-5 動物界

在觀察許多生物時，我們常發現生物的構造與其功能有密切的關聯，但令人吃驚的是，經過生物學家研究，發現許多外表及習性差異很大的生物，在某些構造上竟存在著極大的相似性！請觀察圖中各種動物的前肢骨骼後，試著在人類手的骨骼上，著上相對應的顏色。

探究提問

生物的構造與功能具有密切的關聯，隨著時間流逝，有些構造可能產生變化。想想看，圖中這些動物之間，可能有什麼關係呢？



蝙蝠

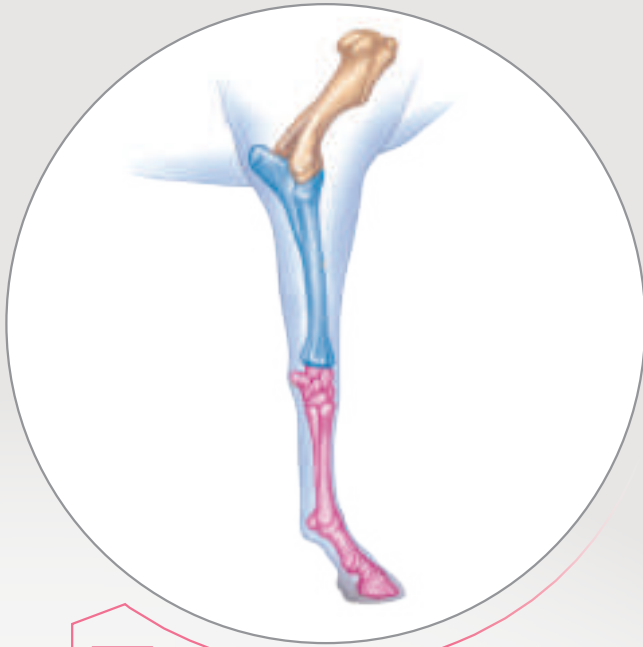
前肢型態：可飛行的膜狀翅



海豚

前肢型態：可游泳的槳狀胸鰭





馬

前肢型態：可奔跑的前肢



人

前肢型態：可抓握與製造器具的上肢



貓

前肢型態：敏捷的前肢



3-1 化石與演化

恐龍是許多人喜愛的生物，雖然沒有人看過真正的恐龍，但許多展覽、書籍和電影等，都詳細描繪出各種恐龍的樣貌與習性，讓我們對牠們的認識不亞於現今的其他生物。然而，我們是如何得知有關恐龍的各項資訊呢？

1 什麼是化石

化石是古生物經過漫長時間留下的遺骸或其活動所留下的遺跡。遺骸化石包括保留在岩層中的生物其較堅硬的部位，例如：恐龍骨骼與三葉蟲外殼；或是在特殊環境中完整保存的生物遺骸，例如：極地封存的長毛象化石、琥珀中的昆蟲化石等（圖3-1）。遺跡化石則包括生物的糞便、腳印及爬痕等（圖3-2）。

圖3-1 古生物的遺骸化石

遺骸
化石



岩層中的恐龍化石



極地封存的
長毛象化石



岩層中的三葉蟲化石

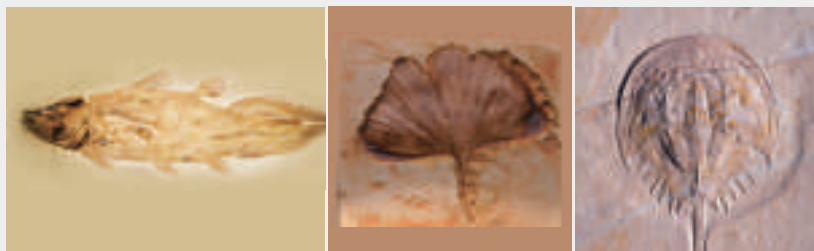


琥珀中的昆蟲化石

延伸補充

活化石

有些生物在經過漫長歲月之後，身體構造及外貌仍與其遠古時代的祖先相似，且由其祖先所演化出的其他物種多已滅絕，這一類生物，被稱為活化石，例如：腔棘魚、銀杏和鱉等。



腔棘魚

銀杏

鱉



圖3-2 古生物的遺跡化石

遺跡化石



恐龍糞便化石



恐龍腳印化石



三葉蟲爬痕化石

2 從化石得到的資訊

現代生物與其古代祖先的差異經由代代累積而形成，科學家將這種逐漸改變的過程稱為**演化**。研究古生物化石，可讓我們知道地球上生物出現、消失及演變的情形，
5 有助於生物演化過程的研究，也可以獲得古生物的形態、構造與環境變遷等相關的資訊。

► 圖3-3 古代馬與現代馬前肢的腳趾

▼ 圖3-4 環境改變與馬的演化

相關課程，請見 P184



前肢腳趾 森林

四趾

三趾

牙齒構造 吃嫩葉



齒冠



齒面



齒冠



齒面



約5000萬年前



約3000萬年前

以馬的化石為例，科學家在北美洲不同年代的岩層中，分別挖掘到許多馬的化石，由這些化石推論：馬在演化的過程中，體型由小變大；前肢的腳趾由適合在森林活動的四趾，演化為三趾，最後變成適合在草原快速奔跑的單趾（圖3-3）；牙齒的構造也由適合吃嫩葉的形式，演化為適合磨碎青草的形式（圖3-4）。

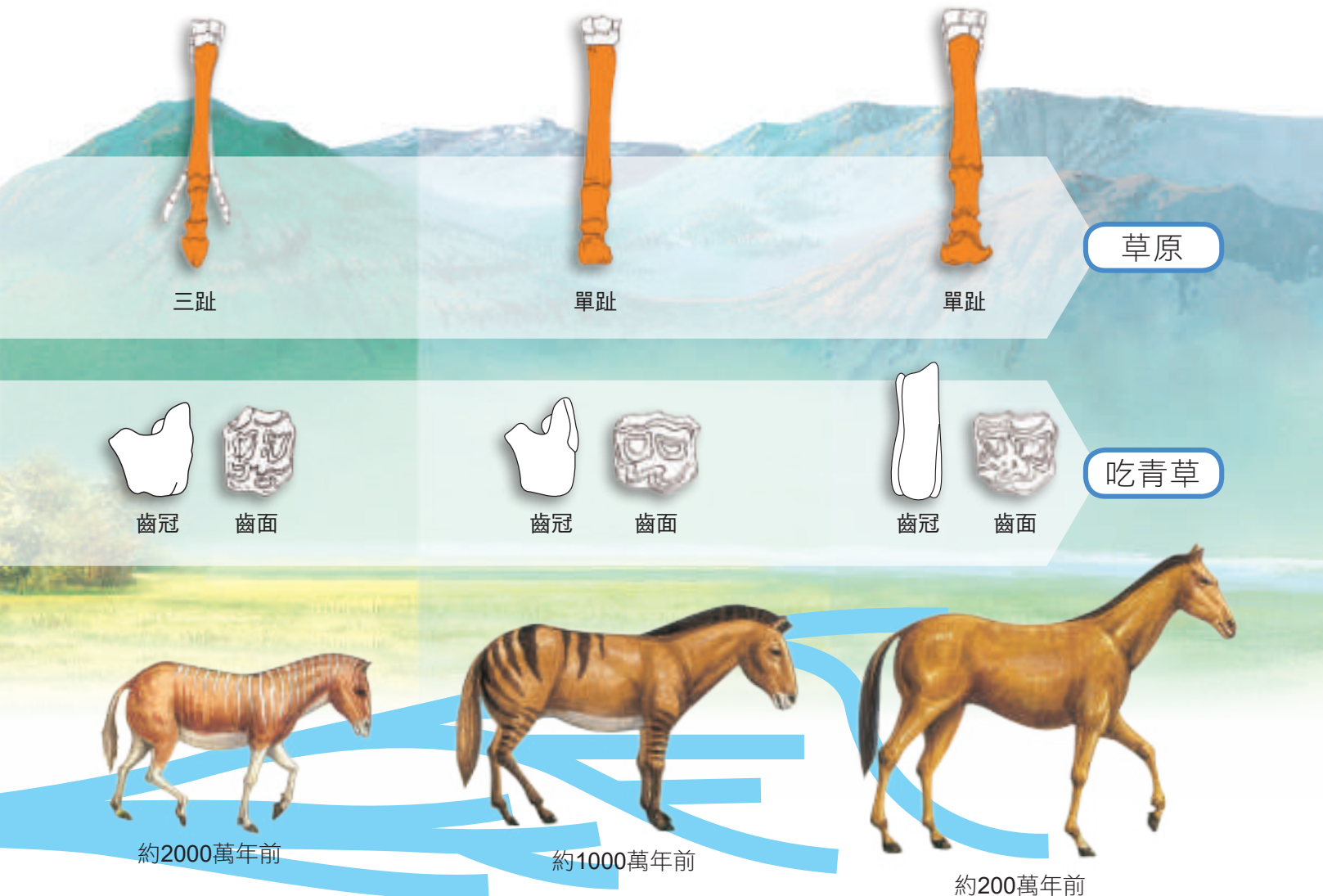


▲ 圖3-5 墾丁國家公園多處可見由珊瑚礁構成的地形

探究提問

若在某一海底岩層中，發現到大量蕨類植物的化石，這代表什麼意義呢？

生物都有其適合的生存環境，藉由各地發現的化石種類，可推測該地區古代可能的生存環境，以墾丁國家公園為例，由於在山上發現許多珊瑚礁的化石，便可推測該地區在古代原本是在海洋中，經過地層的變動，才逐漸隆起成為陸地（圖3-5）。



3-2 生物的分類

我們的生活周遭常常可以看到各式各樣的花草、昆蟲、魚蝦等生物，要如何有系統的認識這些形形色色的生物呢？

1 俗名與學名

- 5 海洋中的明星生物鯨鯊，又稱為豆腐鯊，英文名為whale shark（圖3-6），這些因地域或語言的不同而形成的名稱都是它的俗名，同樣的生物有時會有不同的俗名，不一樣的生物卻可能有相同的俗名（圖3-7）。俗名有時會產生誤解，因此科學家為了便於研究與溝通，需要一套國際通用的命名方法。



▲ 圖3-6 鯨鯊、豆腐鯊、whale shark都是指同一種生物



▲ 圖3-7 俗名相同的不同種生物

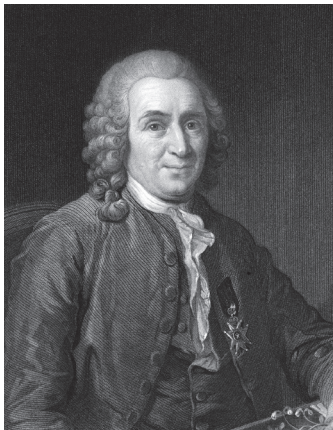


圖3-8 林奈

現代科學家使用源自於瑞典科學家林奈（Carolus Linnaeus，1707～1778）（圖3-8）採用的**二名法**為生物命名，此名稱即為該生物的**學名**。學名主要由兩個斜體的拉丁文組成，第一個字是「屬名」，為名詞，表示該生物的分類名稱，第一個字母必須大寫；第二個字是「種小名」，為形容詞，用來描述其產地、特徵或其他意義，全部採用小寫（表3-1）。學名不但國際通用，還能說明生物的分類地位與親緣關係（圖3-9）。

表3-1 學名的組成

	屬名（名詞）	種小名（形容詞）
學名	<i>Macaca</i>	<i>cyclopis</i>
中文名	臺灣獼猴	

屬名相同，種小名不同，親緣關係近



Macaca
獼猴

cyclopis
圓臉的

Macaca
獼猴

fuscata
暗色的

屬名不同，種小名相同，親緣關係遠



Tricyrtis
油點草

formosana
臺灣的

Pnoepyga
鷓眉

formosana
臺灣的

圖3-9 學名能呈現生物的分類地位與關係

2 生物的分類

科學家根據生物形態構造和生理功能的不同，將現今地球上的生物作分類，而「種」是分類的基本單位。一般來說，雌雄個體在自然狀況下，可以產生具有生殖能力的後代，這是判斷生物是否為同一物種的重要依據。例如：斑馬和驢雖能交配並生下斑馬驢，但斑馬驢不具生殖能力，所以斑馬和驢屬於不同種（圖3-10）。

探究提問

自然界中，動物的雜交種的案例極少，主要多為人為雜交種，想想看，人為雜交種存在的目的為何？

延伸補充

獅虎與虎獅

獅（*Panthera leo*）與虎（*Panthera tigris*）在自然狀況下無法進行交配繁殖，但利用人為的方式可讓雄獅子與雌老虎交配，生下的子代稱為「獅虎」（如圖）；若讓雄老虎與雌獅子交配，則產生的子代稱為「虎獅」，兩者均具有親代的部分特徵，如身上有條紋、雄性具鬃毛。



平原斑馬（*Equus quagga*）



非洲野驢（*Equus africanus*）

斑馬驢



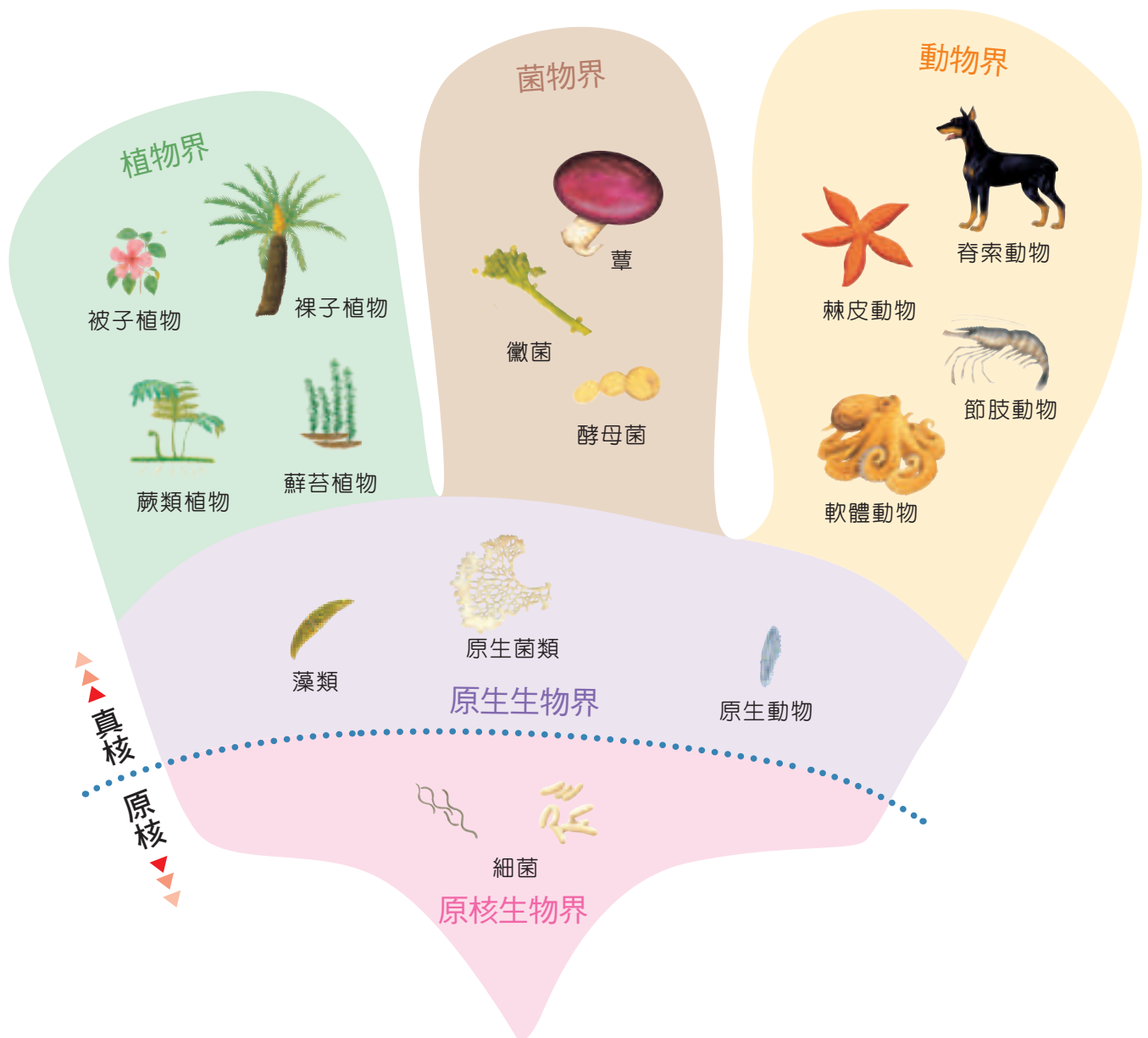
圖3-10 不同種的生物交配會產生不具生殖能力的後代

科學家進行生物分類時，先將親緣關係較接近的「種」歸為同一「屬」，相似的「屬」再歸成同一「科」，依此類推，如此訂定出界、門、綱、目、科、屬、種等七個主要分類階層。在七個分類階層中的「界」是最高的單位，所包含的生物種類最多，但生物間的親緣關係相差最遠；而「種」則是分類階層中最低的單位，其生物間的親緣關係也最接近（圖3-11）。



在不同的知識背景及分類依據下，對生物分類的結果可能會有所不同。西元1969年，美國生物學家懷塔克（Robert Whittaker，1920～1980）依據生物的細胞構造及營養方式等特徵，將生物分為五界，包含原核生物界、原生生物界、菌物界、植物界和動物界（圖3-12）。

- 5 依據細胞是否具有細胞核，可將生物分類成原核生物和真核生物兩大群。五界生物中，除了原核生物界外，其他的生物皆具有細胞核，統稱為真核生物。



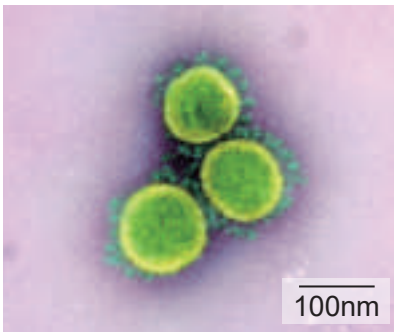
▲ 圖3-12 五界分類系統（本圖未依真實比例繪製）

病毒

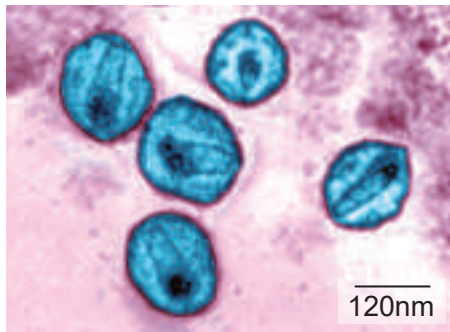
病毒的構造簡單，非常微小，無法用肉眼觀察得到，大多必須以電子顯微鏡觀察。病毒主要由蛋白質的外殼和遺傳物質所組成（圖3-13），不具有細胞構造，且缺少代謝作用所需的酵素，故必須在活細胞中才能代謝增殖，為介於生物與非生物之間的物質，因此無法被歸類於五界生物中。

病毒與人類的許多疾病有關，例如：新冠肺炎（COVID-19）、愛滋病(AIDS)、登革熱與流行性感冒等都是由病毒所引起（圖3-14）。

a 新型冠狀病毒



b 人類免疫缺乏病毒

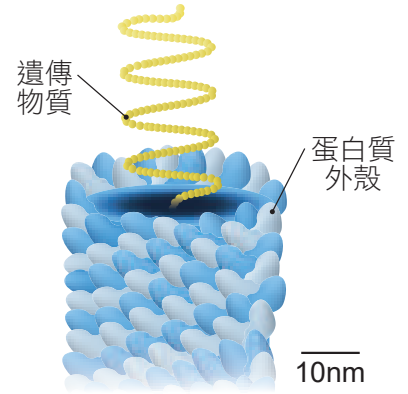


▲ 圖3-14 引起疾病的病毒

例題 3-1

下列關於病毒的敘述，何者錯誤？

- (A) 病毒與細菌同界
- (B) 病毒非常微小，大多需要用電子顯微鏡觀察
- (C) 病毒必須寄生在活的細胞內，才能表現生命現象中的代謝和增殖
- (D) 近年來開始在全世界流行的新冠肺炎（COVID-19）是病毒所引起的



▲ 圖3-13 病毒的構造示意圖（以人類最早發現的菸草鑲嵌病毒為例）

課程補充

新型冠狀病毒(SARS-CoV-2)

西元2019年12月在中國武漢發生的肺炎群聚，其病原體為新型冠狀病毒(SARS-CoV-2)，世界衛生組織將新型冠狀病毒所引發的疾病稱為COVID-19（Coronavirus Disease-2019）。

人類免疫缺乏病毒(HIV)

人類免疫缺乏病毒（Human Immunodeficiency Virus，縮寫為HIV）會破壞人體的免疫系統，而出現一連串感染症狀，因此又稱為「後天免疫缺乏症候群（俗稱愛滋病）」（Acquired Immune Deficiency Syndrome，簡稱AIDS），最終會導致死亡。

實驗
3-1

檢索表的認識與應用

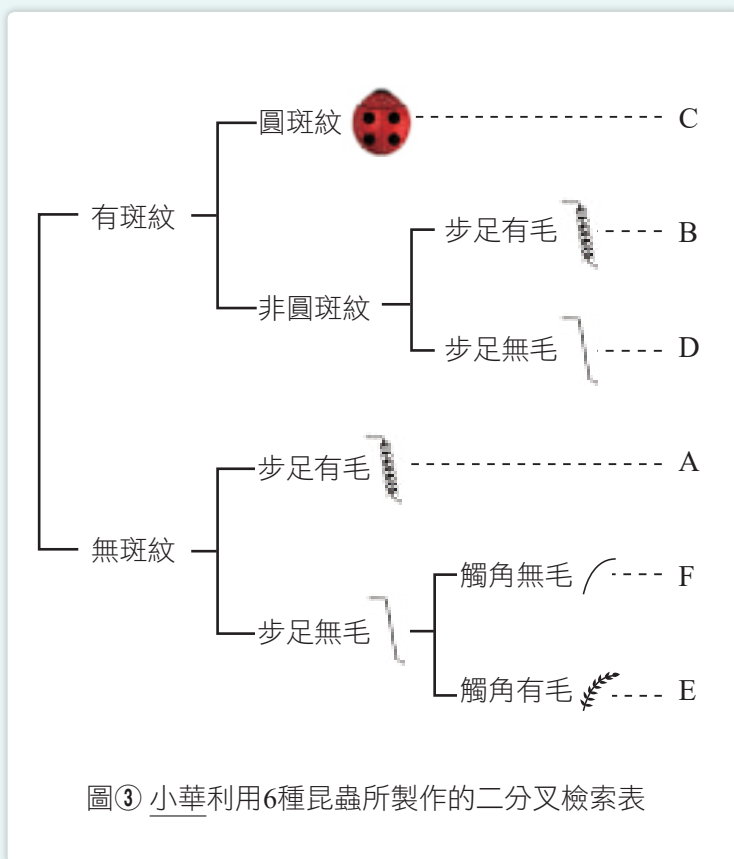
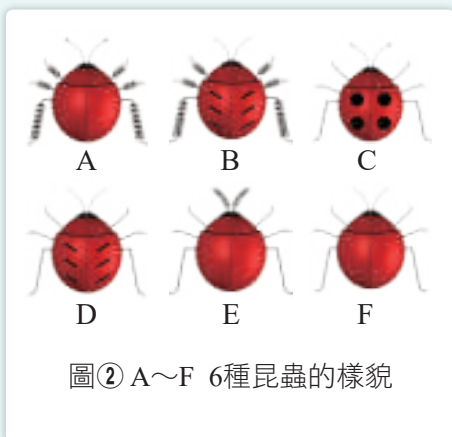
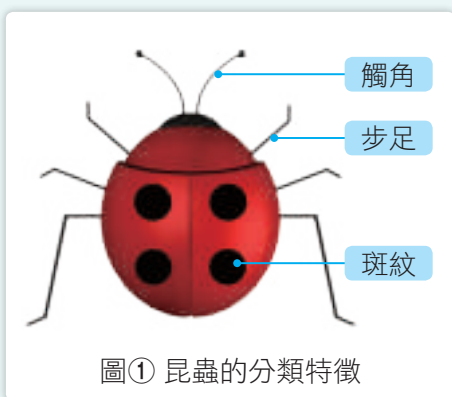


目的

了解二分叉檢索表的製作，能應用簡易的檢索表來鑑定生物，並學習製作二分叉檢索表（請搭配活動紀錄簿後附件）。

實驗說明

1. 科學家常利用二分叉檢索表來鑑定生物種類，依據生物的某一形態、構造特徵之不同，利用二分法將一群生物先分成兩群，以此原則再將各群生物依序細分至所有種類均被分開為止。
2. 昆蟲的身體可分為頭、胸、腹三部分，頭部有觸角，胸部具有三對步足（圖①）。
3. 小華取出附件標號A～F的6種昆蟲（圖②），仔細觀察各種昆蟲的特徵後，完成了一個二分叉檢索表（圖③）。



步驟

- 1 請各組從附件取出編號為甲和乙的2種昆蟲。利用小華所製作的檢索表（圖③）檢索甲昆蟲和乙昆蟲，記錄檢索結果，並比對甲、乙昆蟲與檢索結果（A～F昆蟲）的各部分構造是否相同？



甲



乙

- 2 請各組將甲、乙兩種昆蟲及附件中剩餘的4種昆蟲（編號丙～己）取出，根據觸角、步足、身體形狀或斑紋等特徵分類，完成一個檢索表。



丙



丁



戊



己

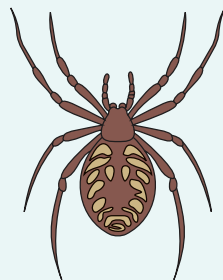
- 3 各組將完成的檢索表畫在黑板上，比較每一個檢索表有無不同。

問題與討論

1. 從小華的檢索表中，可知小華依某一標準將6種昆蟲分為兩群，一群為B、C、D，另一群為A、E、F。試從小華的檢索表找出其分類的依據為何？
2. 步驟 1 中，若你檢索後的結果與小華的昆蟲不同，可能的原因為何？
3. 請比較步驟 3 中全班各組所製作出來的檢索表是否相同？如果不同，可能的原因為何？

探究提問

如果我們要利用圖③小華所製作的檢索表來檢索右圖的生物，結果如何？你如何解釋？



相關實驗重點，請見 P108



3-3 原核、原生生物及菌物界

1 原核生物界

原核生物是目前所知地球上最原始的生物，其細胞體積微小，具有細胞壁，細胞內的遺傳物質沒有被膜包圍，因此未形成細胞核的構造，常見的各種細菌就是屬於原核生物。

細菌的種類繁多，有些細菌會導致疾病，例如：感染肺炎鏈球菌（圖3-15）會引起肺炎，感染梅毒螺旋體（圖3-16）會引起梅毒；有些則對人體有益，例如：利用乳酸桿菌（圖3-17）所製作的乳酸食品可幫助人體的消化，且能抑制壞菌的生長；部分細菌可將動、植物的遺骸分解，有助於物質的循環利用。

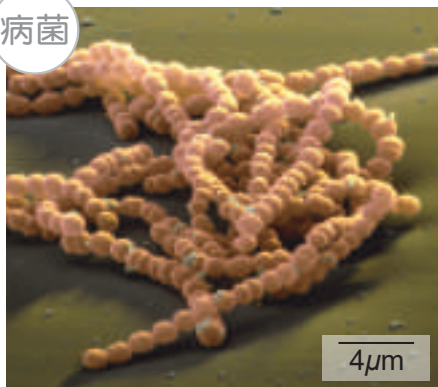
延伸補充

發現細菌的人

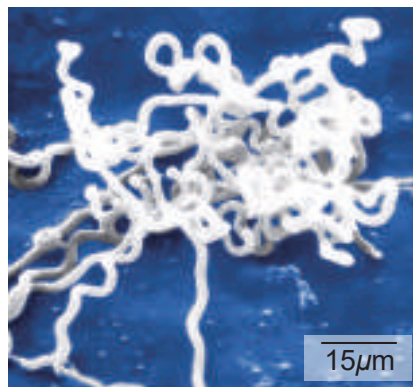
西元1676年荷蘭科學家雷文霍克（Antonie van Leeuwenhoek，1632～1723）用自製顯微鏡發現細菌，是第一個發現細菌的人。



病菌



▲ 圖3-15 肺炎鏈球菌



▲ 圖3-16 梅毒螺旋體

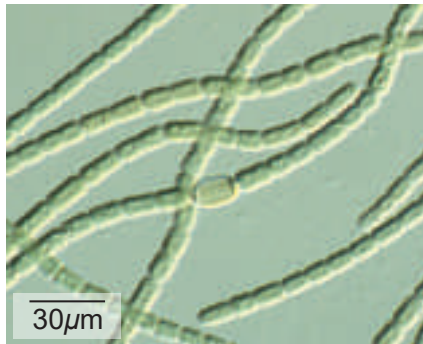
益菌



▲ 圖3-17 乳酸桿菌

此外，一些細菌含有葉綠素及其他色素，多呈現藍綠色，故稱為**藍菌**（藍綠菌或藍綠藻）能進行光合作用製造養分獲得能量，如念球藻、螺旋藻（圖3-18）。

a 念球藻



b 螺旋藻

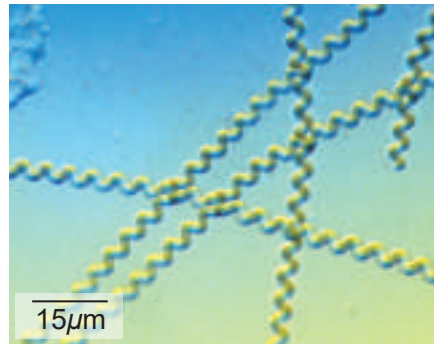


圖3-18 藍菌



生物 In my life



1



2



3



4



優格

① 請問為什麼優格是有益健康的食品？請由書籍或網站蒐集相關資料。

② 為什麼鮮乳放在室溫幾天後，會變得酸臭而不能食用？

2 原生生物界

原生生物是真核生物中構造簡單的一群，大多為單細胞，依據獲得養分的方式，可將原生生物分為原生菌類、原生動物及藻類等三大類。

原生菌類

原生菌類不具葉綠素，無法自行製造養分，養分必須在體外分解後，再行吸收，例如：生長在樹皮或枯葉上的黏菌（圖3-19）。

a 可緩慢移動的形態



b 繁殖期的形態

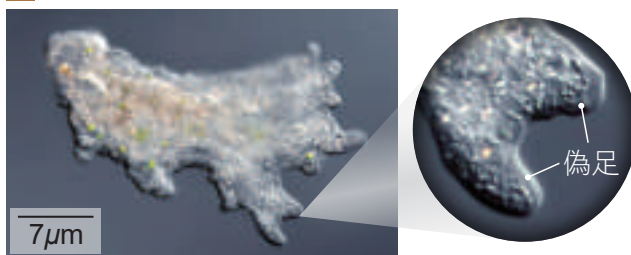


▲ 圖3-19 黏菌為原生菌類

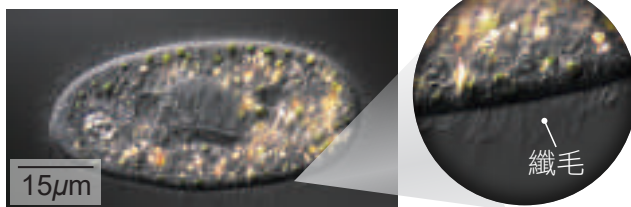
原生動物

原生動物多不具葉綠體，缺乏細胞壁，有些具特殊的運動構造可以運動，例如：變形蟲具有偽足、草履蟲具有纖毛，而錐蟲則利用鞭毛運動（圖3-20）；當錐蟲寄生於人體的血液中時，會引起昏睡病。

a 變形蟲利用偽足運動



b 草履蟲利用纖毛運動



c 錐蟲利用鞭毛運動

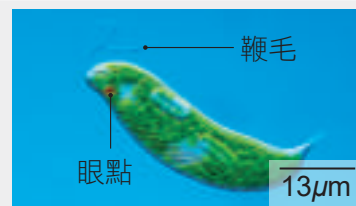


▲ 圖3-20 原生動物

延伸補充

眼蟲

眼蟲有紅色眼點可以感光，可利用鞭毛運動，眼蟲雖然缺乏細胞壁，但有葉綠體可行光合作用製造養分獲得能量，是介於原生動物與藻類之間的原生生物。



藻類

藻類具有細胞壁和葉綠體，可行光合作用。不同藻類的個體形態、大小、顏色差異頗大，許多種藻類是以單細胞方式存在，例如：新月藻和矽藻（圖3-21）。

a 新月藻



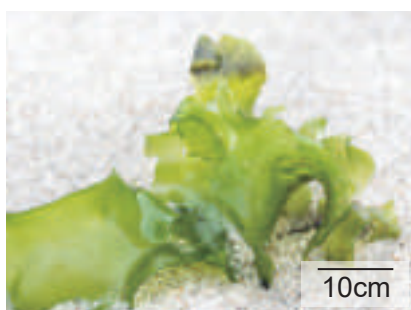
b 矽藻



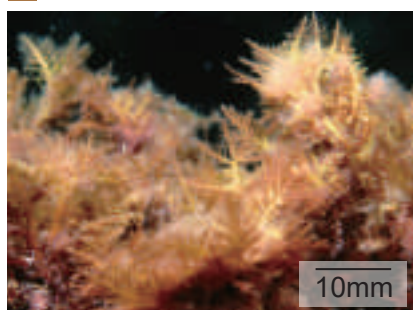
圖3-21 單細胞藻類

大型的多細胞藻類（圖3-22），其細胞間彼此具有分工合作的現象，例如：石蓴^{モチノキ}、石花菜和昆布；石花菜為提煉洋菜（又稱為瓊脂，日文稱為寒天）的原料之一，而昆布就是我們常吃的海帶。

a 石蓴



b 石花菜



c 昆布



圖3-22 多細胞藻類與其製品

3 菌物界

菌物界的生物通稱為**真菌**，具有細胞壁，缺乏葉綠體，須從外界獲得養分。常見的有酵母菌、黴菌及蕈類三類。

酵母菌

酵母菌為單細胞生物（圖3-23），多為橢圓形，主要行出芽生殖。在無氧時，可進行發酵作用，產生酒精及二氧化碳，因此人們常利用酵母菌來釀酒及製作麵包。



▲ 圖3-23 酵母菌

黴菌

黴菌為多細胞生物，具有菌絲，多為絲狀，以孢子繁殖，常生長在溫暖潮溼的環境中。有些黴菌會引起疾病，例如：人類的足癬（香港腳）是由黴菌感染皮膚所造成；有些黴菌常造成食物或物品發霉，例如：使麵包發霉的黑黴菌（圖3-24a）。此外，有些黴菌可用來提煉抗生素，以供醫療用途，青黴素（即盤尼西林）就是由青黴菌提煉出來的（圖3-24b）。

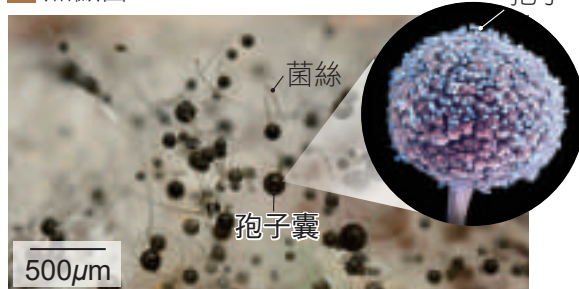


黑黴菌

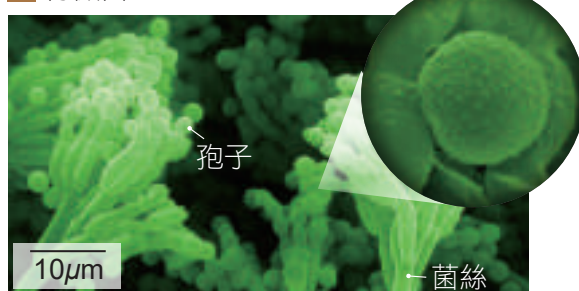


青黴菌

a 黑黴菌



b 青黴菌



▲ 圖3-24 黴菌



相關課程，請見 P116

蕈類

蕈類為多細胞生物，多為傘狀，以孢子繁殖，常生長在潮溼的土壤或腐木上。在日常生活中食用的香菇、木耳和竹蓀都是蕈類（圖3-25a~c）。另外，部分蕈類還被人類用來作為藥材，例如：靈芝（圖3-25d）及牛樟芝。

少數蕈類具有毒性（圖3-25e）。若誤食有毒的蕈，嚴重者會導致死亡，故不宜採食不明的野生蕈類。

a 香菇



b 木耳



c 竹蓀



d 靈芝



e 毒蠅傘



▲ 圖3-25 蕈類

隨堂筆記

酵母菌、黴菌與蕈類的比較

	葉綠素	細胞壁	多／單細胞生物	主要生殖方式	外形
酵母菌			單細胞		
黴菌		有		孢子繁殖	多為絲狀
蕈類	無		多細胞		

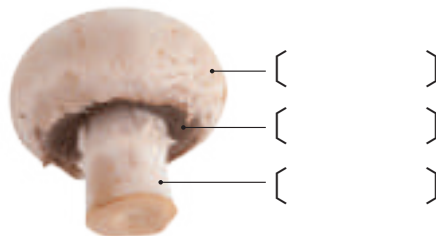
探討活動



◆ 3-1 蕈類的孢子印

香菇、洋菇、金針菇、杏鮑菇等在餐桌上常見的菇都是蕈類的成員，主要構造可分為傘狀的**蕈傘**與長短粗細不一的**蕈柄**，蕈傘內側有一道道的**蕈褶**。現在讓我們好好來觀察蕈類構造，並了解孢子位於何處。

1. 取洋菇一朵，觀察洋菇的外觀構造，並將構造名稱填寫在右方空格中。



2. 將中央之蕈柄完全摘除，並將擋住蕈褶的部分清除，讓蕈褶完全露出。

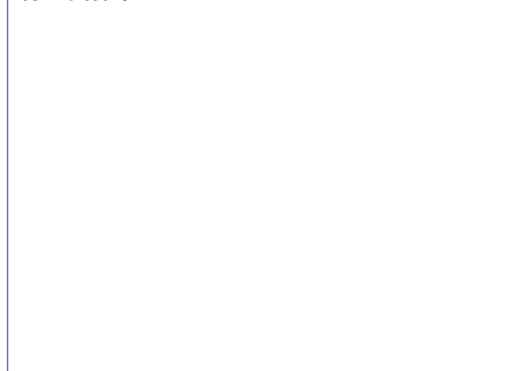


3. 在培養皿上蓋及底部各放一張濾紙，上蓋的濾紙以水噴溼，底部的濾紙放上蕈傘，蓋上上蓋，靜置1～2天。



4. 打開培養皿，輕輕將蕈傘取出，即得到孢子印，在右方空白處畫下或貼上你的孢子印。

你的結果

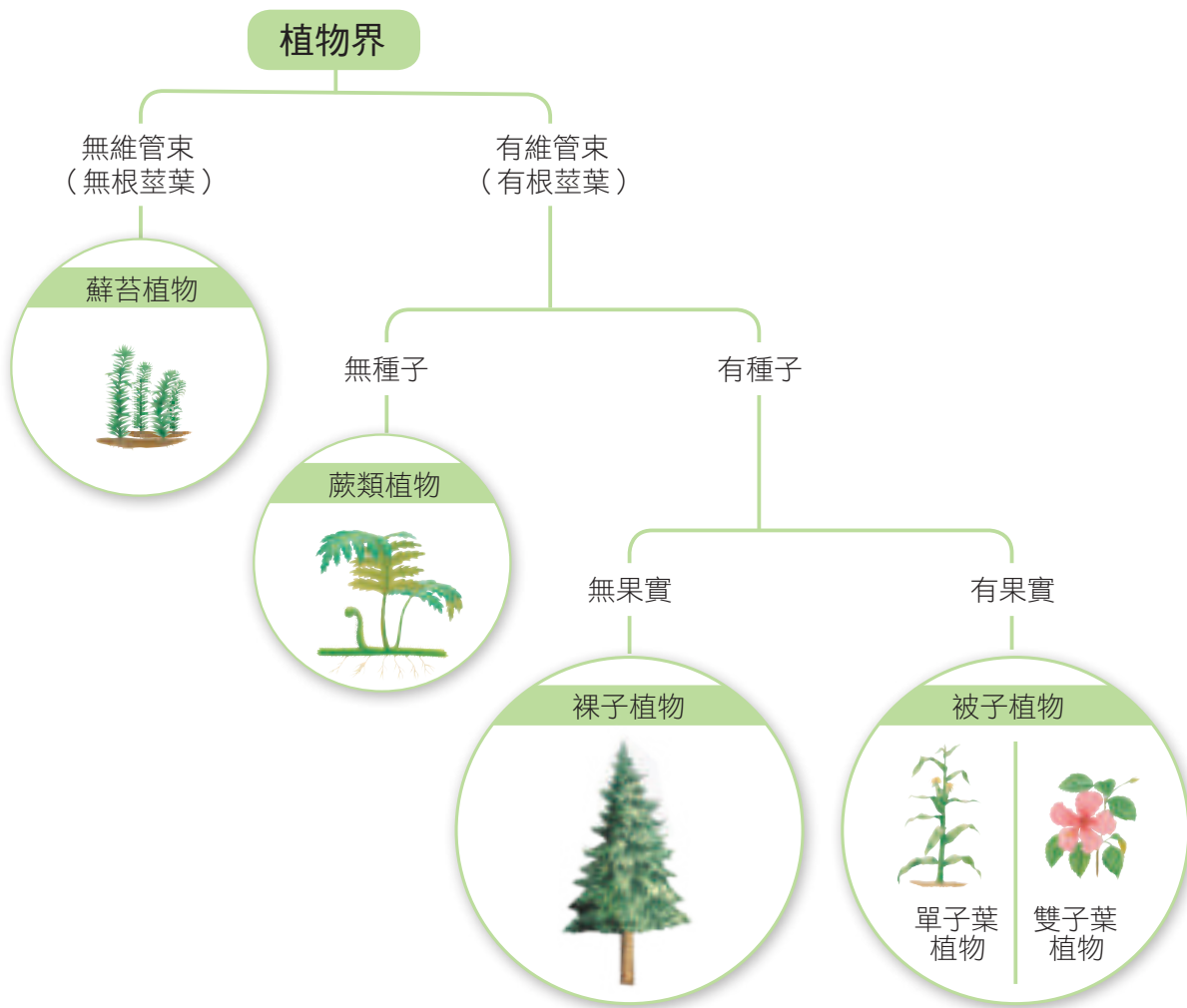


◆ 想一想

1. 你所得到的孢子印會是什麼形狀？想想看這是為什麼？
.....
2. 本活動取蕈傘半開的洋菇，而不是蕈傘未打開或完全打開的洋菇，其可能的原因為何？
.....

3-4 植物界

植物界的成員皆為多細胞生物，具有細胞壁，且大多含有葉綠體可行光合作用。科學家依據是否具有維管束的構造而將植物分為**無維管束植物**與**維管束植物**，而維管束植物則依是否產生種子，又分為蕨類植物和種子植物，後者依種子受保護的程度不同，可分為裸子植物和被子植物兩大類（圖3-26）。



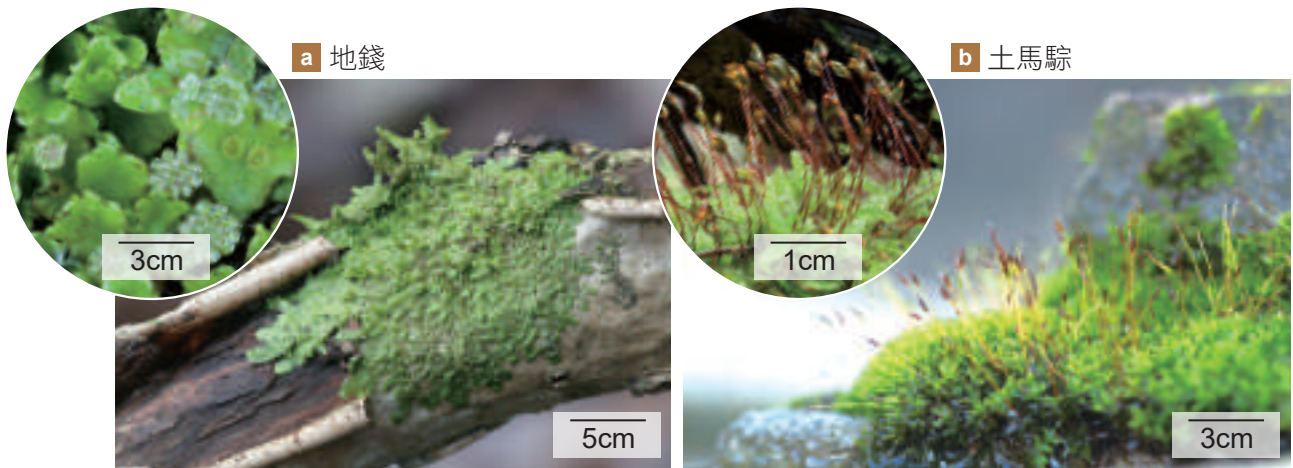
▲ 圖3-26 植物界的分類（本圖未依真實比例繪製）

1 無維管束植物

無維管束植物一般生長於潮溼的環境中，此類植物尚未發展出維管束，且沒有真正的根、莖、葉，例如：蘚苔植物。

蘚苔植物

- 5 **蘚苔植物**是最早出現在陸地的植物，體表具有角質層，可防止水分散失，但由於缺少維管束支撐，水分與養分運送較慢，因此個體通常較為矮小，常見的蘚苔植物有地錢和土馬騮（圖3-27、28）。



▲ 圖3-27 常見的蘚苔植物



▲ 圖3-28 蘚苔植物無維管束，與維管束植物相比較為矮小

2 維管束植物

維管束植物具有根、莖、葉等構造，包括**蕨類植物**和**種子植物**。

蕨類植物

多數蕨類的莖埋在地下，稱為地下莖；蕨類的幼葉呈捲旋狀，成熟葉片多為羽狀複葉。有些葉片背面可見許多孢子囊堆，孢子囊堆是由孢子囊聚集而成，囊內的孢子成熟後將會散出（圖3-29），於適宜的環境中萌發生長，經不同時期的變化，長成新個體。

圖3-29 蕨類植物的構造



課程補充

蘇苔與蕨類植物的生長環境

由於蘇苔植物與蕨類植物不具花粉管，進行有性生殖時，精子和卵需要以水為媒介才能完成受精作用，因此需生長在潮溼有水的環境中。

蕨類多生長在潮溼的地方，通常個體不大，只有少數蕨類具有直立且高大的莖，如筆筒樹，目前人類所使用的煤炭，大多是古代高大的蕨類死亡後，長時間深埋於地層中所形成的。有些蕨類的嫩葉可供食用，例如：鳥巢蕨⁵（又稱山蘇花），而臺灣特有的臺灣水韭，全世界僅分布於陽明山的夢幻湖中（圖3-30）。



▶ 圖3-30 常見的蕨類植物與其孢子囊堆

種子植物

有些維管束植物以種子繁殖，稱為種子植物，種子植物授粉時會產生花粉管，因此受精作用不須以水為媒介。根據種子是否有被包覆於果實內，可將種子植物分為裸子植物和被子植物（圖3-31）。

a 裸子植物種子裸露在外

b 被子植物種子包覆於果實內



▲ 圖3-31 種子植物

裸子植物

10 **裸子植物**的有性生殖器官為毬果，毬果有雌雄之分，由鱗片組成，成熟的雄毬果會產生花粉，雌毬果內則有裸露的胚珠（圖3-32a）。花粉藉由風傳播至雌毬果上，胚珠受精後會發育為種子，種子缺乏果實保護而裸露；有些裸子植物的種子有翅，可隨風傳播（圖3-32b）。

a 裸子植物的生殖器官



b 胚珠受精發育成種子



▲ 圖3-32 裸子植物的生殖

裸子植物的種類很多，例如：常用於庭園造景的蘇鐵、產生的油脂可以防蟲害的紅檜、種子可供食用的銀杏，臺灣特有的臺灣二葉松等，都是和人類生活有密切關係的裸子植物（圖3-33）。



▲ 圖3-33 常見的裸子植物

被子植物

被子植物的種子被包覆於果實內，因為會開花，故又稱為**開花植物**。花是被子植物的有性生殖器官，受精後可形成果實和種子，種子具有子葉的構造，依據子葉的數目，可將被子植物分為**單子葉植物**和**雙子葉植物**兩大類（表3-1）。

單子葉

單子葉植物的種子具有一枚子葉，花瓣數目為三的倍數，其葉脈通常為平行脈，莖內的維管束呈散生狀排列。

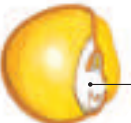


雙子葉

雙子葉植物的種子有二枚子葉，花瓣數目為四或五的倍數，其葉脈通常為網狀脈，莖內的維管束呈環狀排列。



表3-1 單子葉植物與雙子葉植物特徵的比較

	子葉數	花	葉	莖
單子葉植物	 子葉1枚	 花瓣為3的倍數	 葉脈多為平行脈	 維管束散生狀排列
雙子葉植物	 子葉2枚	 花瓣為4或5的倍數	 葉脈多為網狀脈	 維管束環狀排列

5 被子植物常可供人類食用或觀賞，例如：玉米、紅豆和油菜都是餐桌上常見的佳餚；而孤挺花、百合、油桐花以及櫻花則具有美麗的花朵可供人類欣賞。

實驗 3-2

蕨類植物的觀察



目的 觀察蕨類植物的外部形態、孢子囊堆的排列方式，以及孢子囊與孢子的構造。

步驟

1 觀察蕨類的外部形態，將各部位名稱填在活動紀錄簿上。

2 取一片具有孢子囊堆的葉片，觀察並繪出其孢子囊堆的排列情形。



3 用鑷子夾取一個孢子囊堆，放在載玻片上，加一滴水，用鑷子將孢子囊堆壓散後蓋上蓋玻片，製成玻片標本。



4 將玻片標本置於複式顯微鏡下，觀察孢子囊和孢子，將其畫在活動紀錄簿上。



5 另取一棵不同種的蕨類植物，重覆步驟**1**～**4**，觀察並繪出孢子囊堆的排列情形。

器材

- ① 蕨類植物2種
- ② 滴管1支
- ③ 複式顯微鏡1臺
- ④ 載玻片1片
- ⑤ 蓋玻片1片
- ⑥ 鑷子1支

問題與討論

1. 蕨類的幼葉和成熟葉外形有何不同？
2. 採集不同種類的蕨類植物，比較兩者外表有何差異？

相關實驗重點，請見 P110



探究提問

你所觀察的蕨類下表皮都可以找到孢子囊堆嗎？觀察其他的蕨類葉背或查一查相關資料，蕨類的所有葉片是否都會長出孢子囊堆的構造？

3-5 動物界

動物界的生物均為多細胞生物，缺乏細胞壁和葉綠體，必須經由攝食以獲得大部分所需的養分。動物界中的生物種類繁多，常見的分類包括：刺絲胞動物門、扁形動物門、軟體動物門、環節動物門、節肢動物門、棘皮動物門與脊索動物門等（圖3-34）。



▲ 圖3-34 動物界常見的分類（本圖未依真實比例繪製）

刺絲胞動物門

刺絲胞動物皆生活在水中，口的周圍有許多觸手，觸手具有刺絲胞，其作用為防禦及協助捕食。常見的有水螅、水母、珊瑚和海葵等（圖3-35）。

a 水螅



c 珊瑚蟲



d 海葵

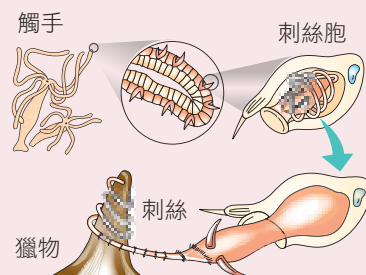


▲ 圖3-35 刺絲胞動物

課程補充

刺絲胞

刺絲胞內具有刺絲囊，內有緊密捲繞的刺絲，在攻擊時刺絲會翻出伸展，將毒液注入獵物體內。



扁形動物門

扁形動物的身體扁平，利用擴散作用運送氣體及養分，例如：渦蟲、中華肝吸蟲等（圖3-36）。渦蟲生活於乾淨的溪流中，具有很強的再生能力；中華肝吸蟲會寄生於人體，引起疾病。

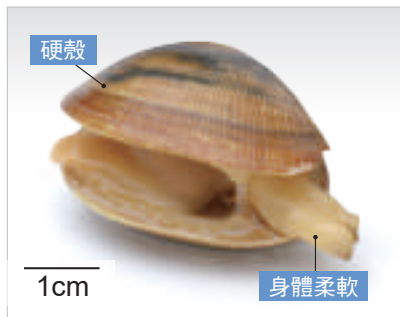
圖3-36 扁形動物



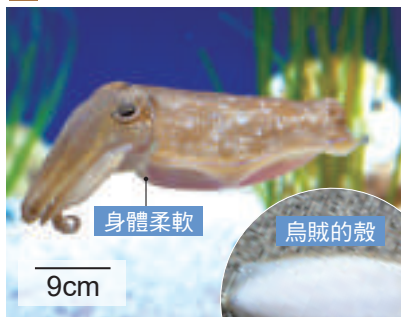
軟體動物門

軟體動物的身體柔軟，有些具有堅硬的外殼，可以保護身體。軟體動物外殼的形態眾多，例如：蝸牛的外殼呈螺旋狀、文蛤具兩片外殼、烏賊的殼藏在背面的皮膚下，章魚的殼則已完全退化（圖3-37）。

b 文蛤



c 烏賊



d 章魚



圖3-37 軟體動物

環節動物門

環節動物的身體分節、細長且柔軟，每個體節外形都很相似，例如：水蛭與蚯蚓（圖3-38）。

a 水蛭



b 蚯蚓

▲ 圖3-38 環節動物

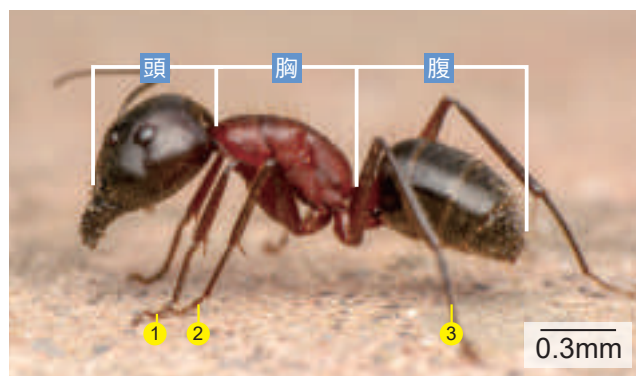
節肢動物門

節肢動物是動物界中種類最多的一門，身體及附肢均有分節。體表具有外骨骼，以保護身體並防止水分散失，但在發育過程中會妨礙生長，必須蛻去外骨骼（蛻皮），身體才會逐漸長大（圖3-39），常見的有昆蟲、蜘蛛、蝦和蟹等。

昆蟲是陸地上最普遍的節肢動物，身體分為頭、胸、腹三部分，在胸部具有三對步足（圖3-40）。



▲ 圖3-39 蟬蛻去外骨骼



▶ 圖3-40 昆蟲的構造

a 蝴蝶是有翅的昆蟲



b 衣魚是無翅的昆蟲



圖3-41 昆蟲

大部分昆蟲具有翅膀能夠飛行，例如：蝴蝶（圖3-41a）、蚊、蠅；但也有些昆蟲沒有翅膀，無法飛行，例如：衣魚（圖3-41b）。

蜘蛛、蝦、蟹的身體可分為頭胸部與腹部。蜘蛛具有四對步足，有些蜘蛛會結網，用以捕食獵物（圖3-42）。蝦、蟹具有五對步足，第一對步足常膨大成為螯足，用以捕食和禦敵（圖3-43、44）。

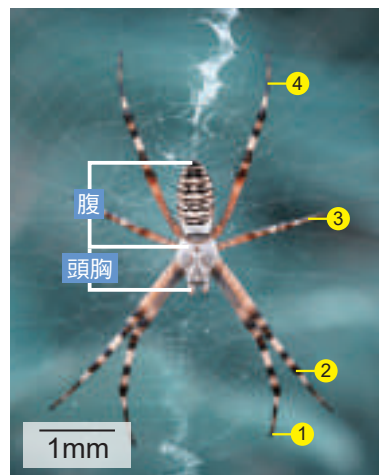


圖3-42 蜘蛛

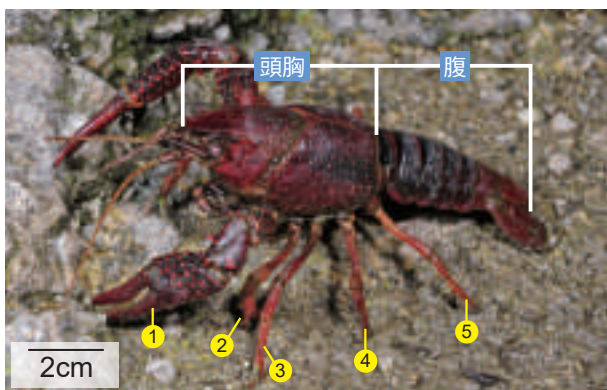


圖3-43 螯蝦

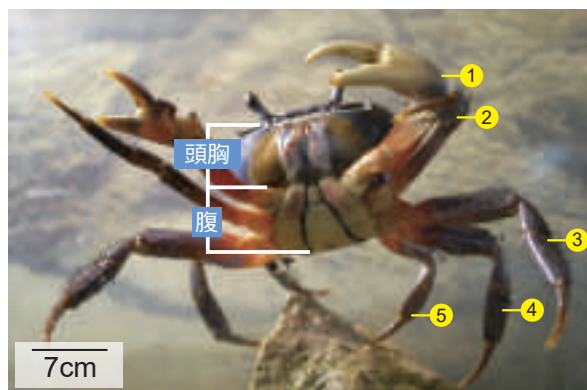


圖3-44 螃蟹

探究提問

請觀察右方兩種生物，你覺得牠們是屬於節肢動物的昆蟲、蜘蛛、蝦或蟹呢？請說明你的依據。（可查詢相關資料）



螞蟻



蟻蛛

棘皮動物門

棘皮動物生活於海中，多具有棘，有防禦和運動的功能；管足亦是其重要的特徵，可協助攝食和運動，常見的棘皮動物有海星、海膽和海参等（圖3-45）。

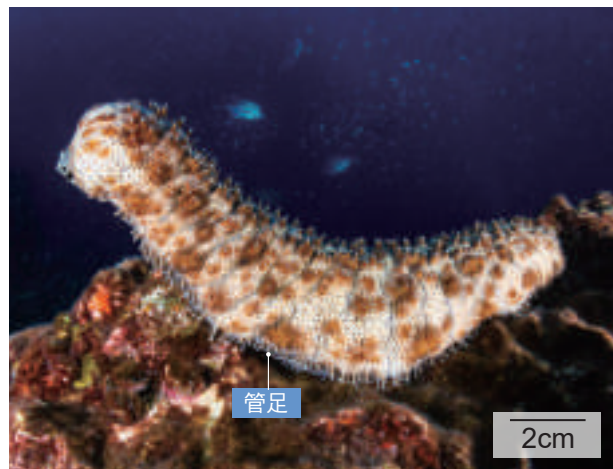
a 海星



b 海膽



c 海参（棘已退化）



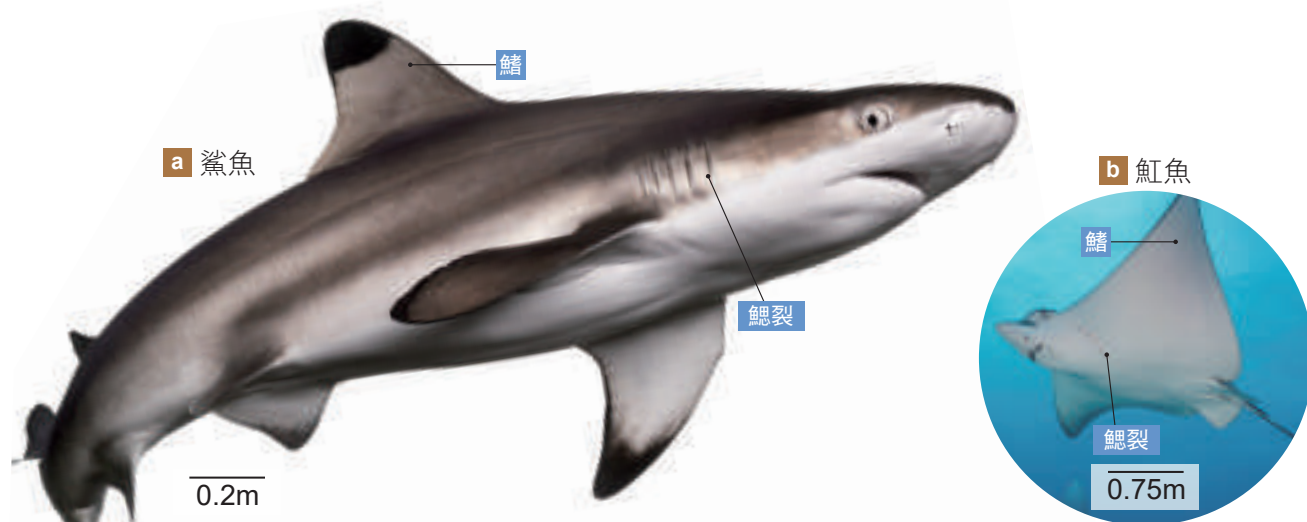
▲ 圖3-45 棘皮動物

脊索動物門

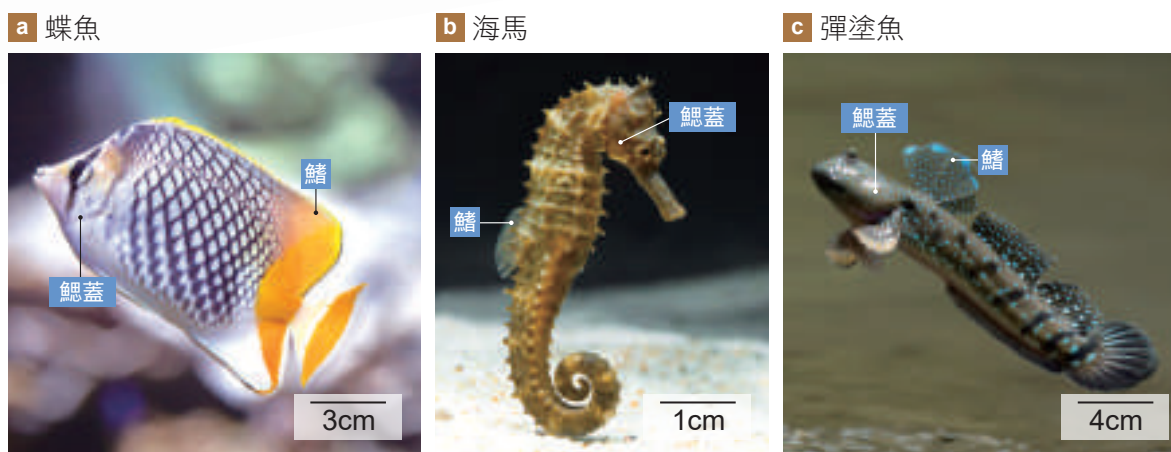
脊索動物中具有脊椎骨者稱為脊椎動物，包括魚類、兩生類、爬蟲類、鳥類與哺乳類等。

魚類

魚類生活於水中，具有鰭，可協助運動及控制運動方向，體表通常有鱗片，大多用鰓呼吸，根據骨骼的質地可分為軟骨魚及硬骨魚。軟骨魚主要生活於海中，具有鰓裂，最具代表性的是鯊魚和魷魚（圖3-46）。硬骨魚的數量和種類很多，鰓的外側大多有鰓蓋保護，例如：鯉魚、虱目魚與蝶魚等；而海馬和彈塗魚則是外形較為特殊的硬骨魚（圖3-47）。



▲ 圖3-46 軟骨魚



▲ 圖3-47 硬骨魚

| 兩生類 |

兩生類的幼體生活在水中，用鰓呼吸；成體多用肺呼吸，雖可生活於陸地，但皮膚無法有效防止體內水分的散失，且繁殖時需行體外受精，因此兩生類必須生活在潮溼有水的環境中。常見的有蛙類、山椒魚與蠑螈（圖3-48）。

a 樹蛙



b 山椒魚



c 蠑螈



圖3-48 兩生類

| 爬蟲類 |

爬蟲類的體表具有鱗片或骨板，可以防止體內水分的散失；行體內受精，不需將卵產於水中，且卵具有外殼保護，因此比兩生類更能適應乾燥的陸地。龜、鱷魚、蛇和蜥蜴等皆屬於爬蟲類（圖3-49）。

a 具有鱗片或骨板



b 鱗片可防止水分散失



c 不需產卵於水中



d 透過交配行體內受精



▲ 圖3-49 爬蟲類

| 鳥類 |

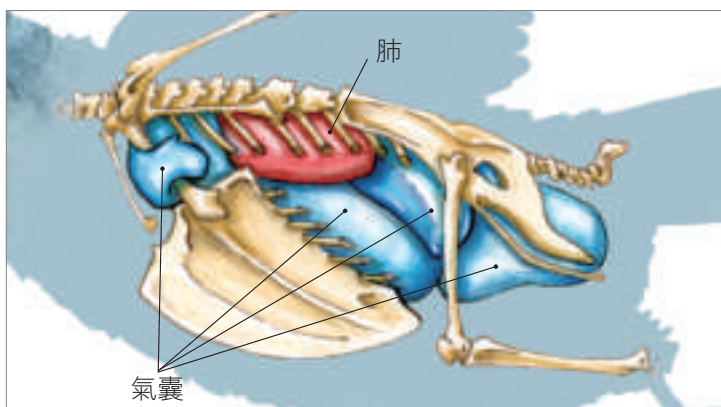
鳥類的體表覆有羽毛，前肢特化為翅膀（圖3-50a），骨骼中空（圖3-50b）、質輕而堅硬，並且由肺向外延伸出許多氣囊（圖3-50c），這些構造皆有助於飛行；鳥類的視力銳利，具有瞬膜（圖3-50d），可以保護眼睛。鳥類的種類很多，包括：老鷹、鸚鵡與企鵝等。



b 骨骼中空



c 氣囊



d 瞬膜

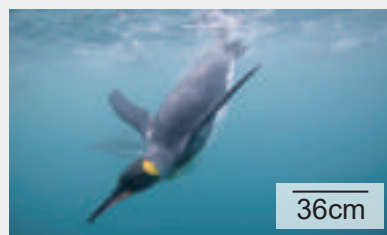


▲ 圖3-50 鳥類的特徵

延伸補充

無法飛翔的鳥類

有些鳥類長期適應環境，前肢演化成不具飛行能力，例如：企鵝在水中覓食，槳狀的前肢適合游泳；鴛鴦靠強壯擅跑の後肢躲避天敵，前肢只剩平衡與保溫功能等。



| 哺乳類 |

哺乳類具有乳腺，母體可以分泌乳汁餵哺幼體；體表有毛髮（圖3-51）。少數哺乳動物為卵生，大部分則為胎生。



▲ 圖3-51 哺乳類的特徵

卵生

卵生哺乳類的胚胎具有硬殼保護，幼體孵出後由母體分泌乳汁餵哺，目前僅存的有鴨嘴獸和針鼯（圖3-52）。



▲ 圖3-52 卵生哺乳類

胎生

胎生哺乳類具有胎盤，其中有袋類的胎盤較不發達，胎兒尚未發育完全便產出，因此必須留在母體的育兒袋中，吸食乳汁繼續發育，如袋鼠及無尾熊。而大部分的哺乳動物胎盤發達，胎兒在母體內充分發育後才產出，包括能飛行的蝙蝠、棲息於水中的鯨豚（圖3-53）以及生活於陸地上的獼猴等。

胎盤不發達



胎盤發達



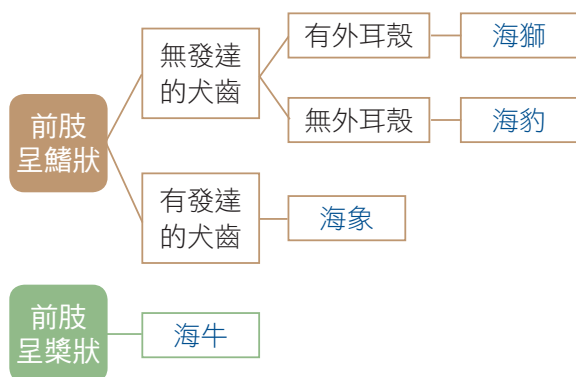
▲ 圖3-53 胎生哺乳類

探討活動

3-2 海洋哺乳動物的分類挑戰



海豹、海獅、海牛與海象都是生活於水中的哺乳類動物，身體都是呈流線的橢圓形，四肢則演化成鰭狀或槳狀，所以乍看之下不容易區別。阿翰為了區分牠們，找了這4種動物的照片與了解特徵，發現雖然外形很像，但其實還是有一些差異的，最後他做了一個簡易的檢索表，如下：



已知右邊4張動物照片的動物D是海牛，請你利用阿翰做的檢索表，並依下列步驟找出其他3張動物的名稱：

1. 已知海象有著兩隻長長的犬齒，猶如生活在陸地上的大象，根據檢索表，試判斷圖A～C中哪一隻是海象？
2. 圖A與圖B中，紅色的位置是耳朵，請以此特徵區分兩圖分別是什麼動物？



想一想

1. 根據所學或搜尋資料，判斷體毛是否是這4種海洋動物的共同特徵？
2. 請從檢索表推論海牛和其他3種動物有何特徵是不一樣的？

化石與演化

- 化石包括生物的遺骸與遺跡，是研究生物演變的珍貴資料，也是推測生物演化最直接的證據。



- 經由對化石的研究，可以得知：

1. 古代生物可能的外貌及構造
2. 生物可能的演化歷程
3. 古代生物的生存環境



- 生物的體型和構造，會在漫長的歲月中發生改變，這種改變的過程稱為**演化**。

- 馬的演化：

1. 體型：小→大
2. 前肢腳趾：四趾→三趾→單趾
3. 環境：森林→草原



生物的分類

林奈-二名法

人的學名：

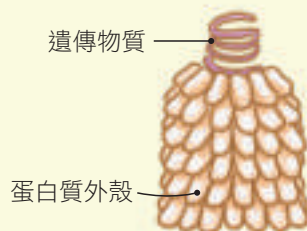
<i>Homo</i>	<i>sapiens</i>
屬名	種小名

名詞：人 形容詞：有智慧的

- 同種的雌雄個體在自然狀況下，可以互相交配並產生具有生殖能力的後代。
- 生物依五界分類，包含原核生物界、原生生物界、菌物界、植物界與動物界。

病毒

- 不具細胞的構造，無法被歸類於五界生物中。
- 需在活細胞才能代謝增殖。



- 生物的分類階層主要可分為七大階層：

	分類階層	生物種類	親緣關係
界	高	多	遠
門			
綱			
目			
科			
屬			
種	低	少	近

原核、原生生物及菌物界

原核生物



- 缺乏核膜，沒有細胞核。
- 有些細菌的細胞內含有葉綠素及其它色素，多呈藍綠色，稱為藍菌，可行光合作用。

原核
真核

原生生物

為真核生物中構造最簡單的。



	原生菌類	原生動物	藻類
葉綠體	×	×	○
營養方式	分解體外食物並吸收之	攝食、寄生	行光合作用

*此表為大部分之情形

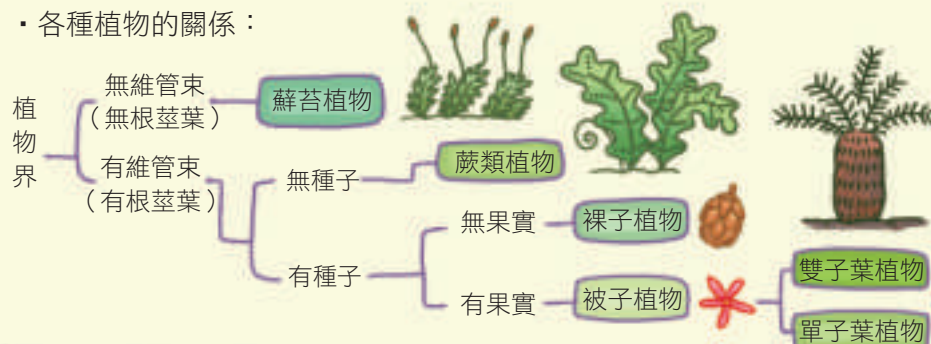
菌物界

- 又稱真菌，具有細胞壁，缺乏葉綠體。
- 常見的真菌：

	酵母菌	黴菌	蕈類
細胞壁	○	○	○
葉綠體	×	×	×
多/單細胞生物	單細胞	多細胞	多細胞
生殖方式	出芽生殖	孢子繁殖	孢子繁殖
外形	橢圓形	絲狀	傘狀

植物界

- 植物界的生物皆為多細胞生物，細胞具有細胞壁，大多含葉綠體，可行光合作用。
- 各種植物的關係：



單雙子葉的差異：

種子的子葉數
花瓣的數目
葉脈的形式
莖內維管束排列方式

動物界

刺絲胞動物門

體表具刺絲胞，可幫助防禦與捕食，此類動物皆生活在水中。



觸手
(具刺絲胞)

扁形動物門

身體扁平，以擴散作用運送氣體與養分。



軟體動物門

身體柔軟，有些具有堅硬外殼以保護身體，外殼的形態眾多。



身體柔軟

環節動物門

身體分節、細長且柔軟，每個體節外形相似。



身體分節

節肢動物門

- 身體及附肢分節，具外骨骼，可依據步足的數目分類。
- 昆蟲的身體分為頭、胸、腹三個部分。



棘皮動物門

表面有棘，管足可協助運動。



脊索動物門：大多為脊椎動物，比較如下表*

魚類	兩生類	爬蟲類	鳥類	哺乳類
用鰓呼吸 	幼體用鰓，成體用肺呼吸 	用肺呼吸 	用肺呼吸 	用肺呼吸
體外受精		體內受精		
卵生				胎生

*此表為大部分之情形



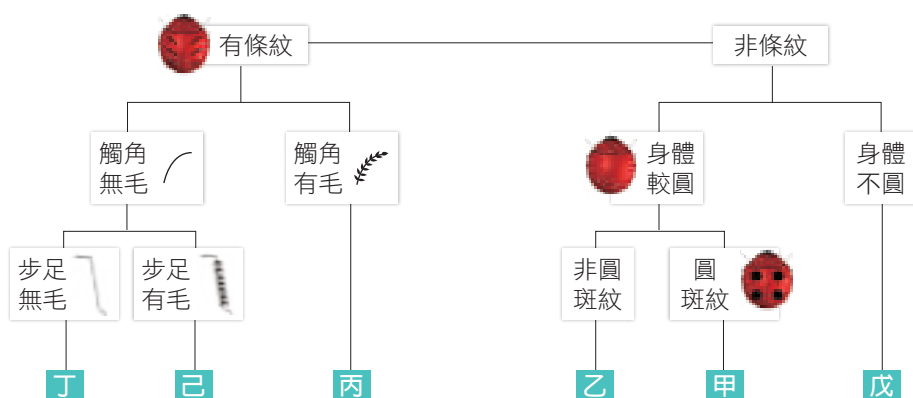
實驗一點靈

第三章

實驗3-1 檢索表的認識與應用

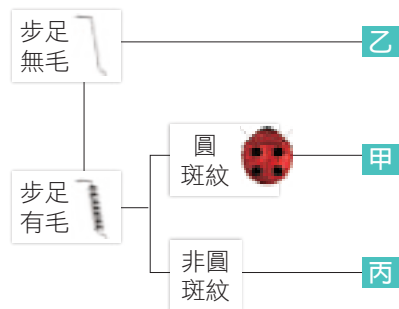
- 二分法是一種將生物分類的方式，使用不同分類依據所製作的檢索表可能會不一樣。分類是人為的結果，因此生物學的分類上要選擇適當的特徵來進行分類，才能有助於判斷生物間的親緣關係。

由甲～己製作的可能檢索表



- 可以依據生物的特徵使用檢索表查出生物的名稱，但其使用是有限制的。例如：若收集的樣本種類數不足，未能掌握足夠的生物特徵，最後製作出的檢索表可能會缺失或遺漏，導致無法檢索出正確的結果。

只由甲、乙、丙製作的可能檢索表



由左圖檢索表檢索昆蟲A～F與丁～己

歸類	檢索結果					
乙	C	D	E	F	丁	戊
甲	無					
丙	A	B	己			

9種昆蟲卻只分成兩類昆蟲，無法反應更明確的結果。



實驗一點靈

探討活動3-1 蕈類的孢子印

1. 可選用蕈傘未張開的洋菇，因為蕈傘已經張開的洋菇，孢子大多已掉落，故結果往往不佳。
2. 本活動需採用可吸水的紙，噴在紙上的水只需讓紙潮溼即可。
3. 孢子有不同的顏色，如洋菇的孢子為褐色，故宜用白色的紙，而香菇的孢子為白色，則應用黑色的紙。



實驗3-2 蕨類植物的觀察

1. 蕨類植物具有根、莖、葉等器官；幼嫩的葉呈捲旋狀，成熟葉多呈羽狀複葉。
2. 有些葉子背面有褐色的孢子囊堆，孢子囊堆的排列方式可作為分類的依據。

假蹄蓋蕨



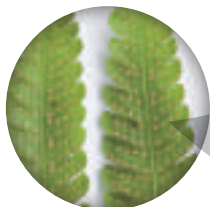
鐵線蕨



鱗蓋鳳尾蕨



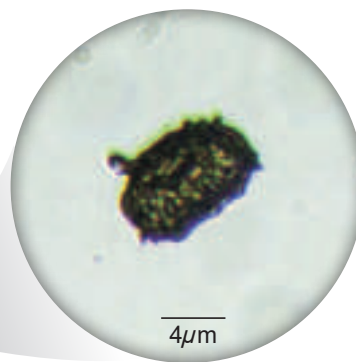
3. 孢子囊堆由許多孢子囊聚集而成，每一個孢子囊中含有許多褐色的孢子。



孢子囊堆



孢子囊



孢子

探討活動3-2 海洋哺乳動物的分類挑戰

1. 依據阿翰的檢索表及步驟的提問，可以分別判斷出圖A是海豹，圖B是海獅，圖C是海象。
2. 哺乳動物的特徵之一為體表有毛髮，因此這4種海洋動物都有此特徵。
3. 從檢索表可知海牛與其他3種動物的差異在前肢的特徵不同，海牛前肢呈槳狀，其他3種動物的前肢呈鰭狀。
4. 生物分類是嚴謹複雜的過程，因此科學家往往需要更多的分類特徵及工具，以鑑定一個未知的生物。若同學對生物分類有興趣，建議可以從特定類群的生物圖鑑著手，先廣泛認識此類生物具有哪些共通的特徵，增加對該類生物的熟悉感，長久下來便能區分此類生物之間特徵上的差異，進而進行更精準的生物分類。

A 斑海豹 (*Phoca largha*)



哺乳綱
食肉目
海豹科
海豹屬

B 紐西蘭海獅 (*Phocarctos hookeri*)



哺乳綱
食肉目
海獅科
紐西蘭海獅屬

C 海象 (*Odobenus rosmarus*)



哺乳綱
食肉目
海象科
海象屬

D 西印度海牛 (*Trichechus manatus*)



哺乳綱
海牛目
海牛科
海牛屬

可行光合作用的動物

一直以來，人們認為動物是無法自行製造養分的，但幾個發現恐怕要翻轉這個被認定已久的觀點了，現在讓我們來了解一下這些特別的發現！

海蛞蝓是海兔科海洋腹足類的統稱，這一類動物屬於軟體動物門，全都生活在海洋中，廣泛分布於三大洋，牠們喜歡生活在水質清澈、海藻叢生的環境中，尤其在熱帶海域的淺海區和珊瑚礁區的種類及數量最多。海蛞蝓的食性相當專一，依食物的種類不同可將食性分為藻食性、肉食性以及雜食性。藻食性的海蛞蝓以海藻為食，有些種類的體色和所吃的藻類顏色有關，例如：吃紅藻的海蛞蝓身體顏色呈玫瑰紅，而以墨角藻作為食物的則呈棕綠色。此外，極少數的藻食性海蛞蝓甚至還會將藻類的葉綠體留在體內，例如：葉羊（*Costasiella kuroshimae*）和綠葉海天牛（*Elysia chlorotica*）。

葉羊的外型像極了小羊，中間兩個黑點很像羊的眼睛，而一對嗅角則很像羊角，體長只有5毫米，生活在日本、印尼

葉羊



以及菲律賓的海域，以吃海藻為生。幼年的葉羊，身體是白色透明的。當牠們吃了海藻之後，便將海藻細胞中的葉綠體，完好的轉移至背部的裸鰓，於是身體才漸漸地變成綠色，最後發育成熟。成熟葉羊體內的葉綠素可以進行光合作用，經由曬太陽便可獲得營養而存活下來，而不用跟其他的動物一樣需要攝食。但是，嚴格來說，葉羊稱不上是可以進行光合作用的動物，因為葉綠體進行光合作用時，需要各種不同的蛋白質，而葉羊體內是無法合成這些蛋白質的；所以，隨著蛋白質被消耗，葉羊就不能再進行光合作用，而必須靠繼續吃海藻才能生存下來。

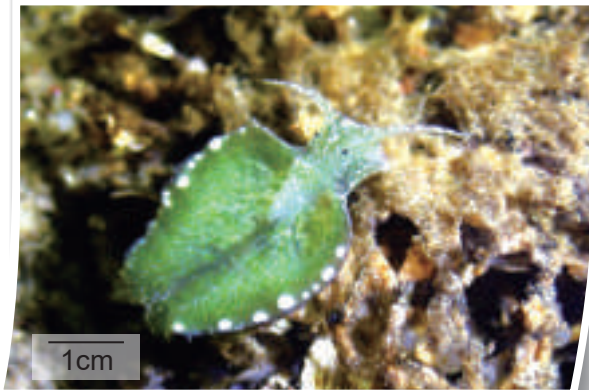
在發現葉羊可以進行光合作用之前，早在西元1970年代，人們就發現綠葉海天牛也具有這個本事，綠葉海天牛可說是人類所發現的第一種可行光合作用的動物。綠葉海天牛生活在美國東岸外海，當有陽光時身體會展開，外形很像葉片，表面有似葉脈的紋路，體長約2.5到5公分。綠葉海天牛攝食黃藻（*Vaucheria litorea*），也和葉羊一樣會盜取藻類的葉綠體，只是不同的是，黃藻DNA上的基因會併入綠葉海天牛的基因組中，如此一來，綠葉海天牛體內的葉綠體才能長時期維持功能。幼年期的綠葉海天牛所攝取的藻類，可在不提



◀海蛞蝓的身體構造

供其他食物的狀況下，讓其存活長達9～10個月。研究團隊更進一步發現，綠葉海天牛不只是單純與藻類的葉綠體共生，由螢光標記追蹤發現：藻類的基因存在於綠葉海天牛的幼體與成體，甚至是生殖細胞中！

綠葉海天牛



▲斑點鈍口螈

其實不僅是葉羊和綠葉海天牛這兩種無脊椎動物可以進行光合作用，有一種稱為斑點鈍口螈 (*Ambystoma maculatum*) 的脊椎動物，其胚胎與一種單細胞藻類共生後，綠色水晶球狀的胚胎也能進行光合作用。

這些發現顛覆了過去對動物營養來源的認知，給我們一些啟示，或許有一天人類也可以像這些動物一樣進行光合作用。

請同學依上述內容，回答下列問題：

- () 1. 下列4種生物中，何者與其他3種的親緣關係最遠？
 (A)海兔 (B)蝸牛 (C)蛞蝓 (D)兔子
- () 2. 葉羊和綠葉海天牛都是適合生長在深海海底的動物。(請答O或X)
3. 由綠葉海天牛獲得養分的方式，人們推翻了「動物一定要從外界獲得養分」的觀點，請根據葉羊和綠葉海天牛的狀況，試著推論如果人類要有進行光合作用的能力，需要具備哪些條件？

.....

.....

.....

.....

.....



關於

1707~1778

出生：瑞典

職業：烏普薩拉大學教授
瑞典科學院創始人之一，以及第一任主席

成就：

- ①西元1735年，出版《自然系統》（Systema Naturae）第1版，書中列出了約六千種植物與四千種動物，也包括人類。至西元1768年，自然系統共編修12版。
- ②西元1753年，出版《植物種誌》（Species Plantarum）
- ③西元1757年，出版《有趣的自然》（De Curiositate Naturali）



林奈——覺得驕傲

1757年

我又有一本新書要發表了，歡迎大家看看《有趣的自然》（De Curiositate Naturali）



林奈——覺得不知何時結束

1768年

《自然系統》又再再再再…有增修版了，這是第12版



約翰·弗雷德里希·格梅林 敬大師，我幫您修改到第13版了
1793年



國際動物命名法委員會 樓上，拍板定案！
1954年

在以前，大家對生物的命名方法並沒有統一，以致於常有雞同鴨講的情況發生，直到一個人的出現……。



這個人名叫林奈，他在取得大學學位後就到處旅行，觀察大自然。



西元1735年，他出版第一本著作《自然系統》，將自然界分為動物界、植物界及礦物界，其下再細分為綱、目、屬、種，建立了實用的人為分類系統，因此林奈被稱為「生物分類學之父」。



他在這書裡也將植物用雄蕊與雌蕊的特徵來分類及命名，為日後二名法奠定了基礎。



原來這朵花的雌蕊長這樣

之後，他在《植物種誌》一書，有系統的採用「二名法」，以拉丁文將植物命名並整理，讓植物學成為一門真正的科學。

鈴蘭在五月開花，那第二個字就描述為majalis



鈴蘭學名 *Convallaria majalis*

<i>Convallaria</i>	<i>majalis</i>
屬名	種小名
鈴蘭	五月的

由於林奈歸納的分類系統與命名原則很實用，很快受到各國生物學家的重視並採用。

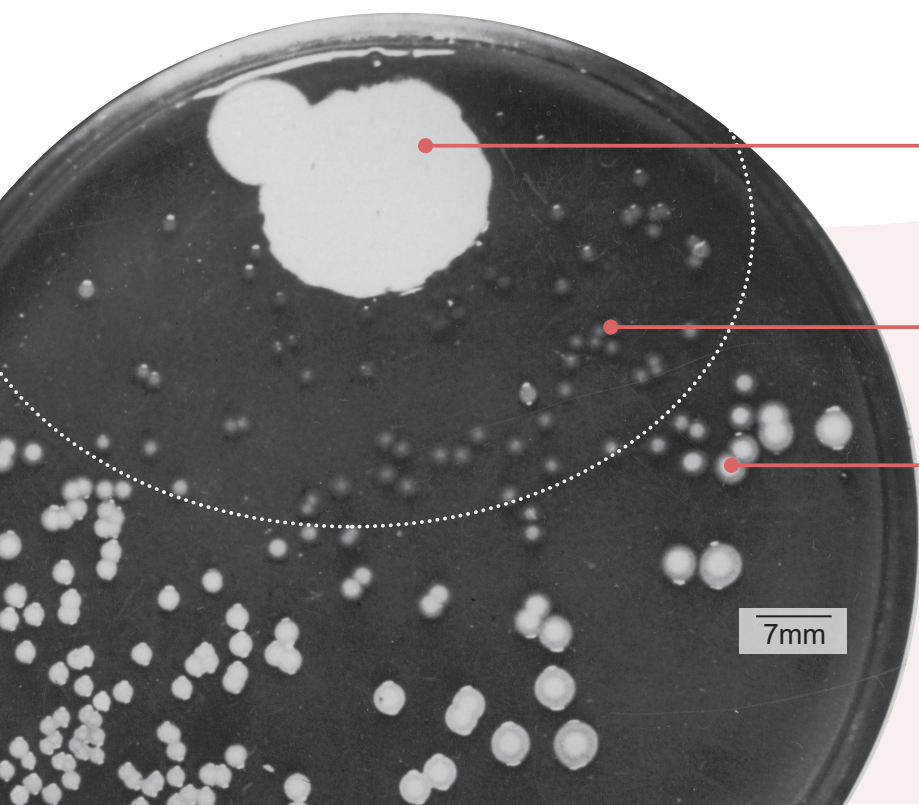
林奈簡直是生物界的牛頓啊，佩服！



瑞典政府也發行了有林奈肖像的鈔票，紀念他的貢獻。

青黴素的發現

西元1928年，弗萊明（Alexander Fleming，1881～1955）為了撰寫葡萄球菌的論文，在實驗室裡培養大量的金黃色葡萄球菌，外出兩個星期後返回實驗室準備清洗器材時，意外發現到有一個長了綠色黴菌的培養皿，周圍卻沒有葡萄球菌生長，放到顯微鏡下觀察，發現細菌在有黴菌的地方都死掉了，弗萊明馬上意識到黴菌可能有殺菌作用，他推測可能是黴菌在生長的時候，會分泌一種阻止葡萄球菌發育的物質，他把這種物質稱為盤尼西林，因為這種黴菌在顯微鏡下看來像刷子，而penicillin的原意是「有細毛的」。後來他又做了許多相關的實驗，由於當時缺乏純化盤尼西林的技術，加上磺胺類藥物是效果極佳的抗菌藥且可以人工合成，因此磺胺類藥物的出現，使得人們對於青黴素的研究發展不再那麼關注，最後弗萊明宣告停止對盤尼西林的研究。



青黴菌

被殺死的葡萄球菌

正常的葡萄球菌

7mm

◀ 弗萊明第一次發現長有青黴菌的培養皿

西元1935年，弗洛里(Howard W. Florey, 1898~1968)和錢恩(Ernst B. Chain, 1906~1979)對弗萊明的報告有興趣，這兩人經過幾年的努力，證實弗萊明的推測，並純化出盤尼西林，在西元1941年由人體實驗證明它的功效。隨後在英 美政府的鼓勵下，錢恩和希特利(Norman Heatley, 1911~2004)找到大規模生產盤尼西林的方法。

西元1944年，英美兩國公開在醫療中使用，西元1945年的諾曼地登陸，美國也應用在戰場上。隨後幾年，盤尼西林的應用遍及全球，改變了人類與傳染病之間生死搏鬥的歷史，人類的平均壽命也得以延長。西元1945年，弗萊明、弗洛里和錢恩三人共同獲得了諾貝爾醫學獎。



▲獲得諾貝爾醫學獎的弗萊明（左二）、錢恩（中）與弗洛里（右一）



4 生物與環境

4-1 族群、群集與演替

4-2 生物間的互動關係

4-3 生態系

4-4 生態系的類型

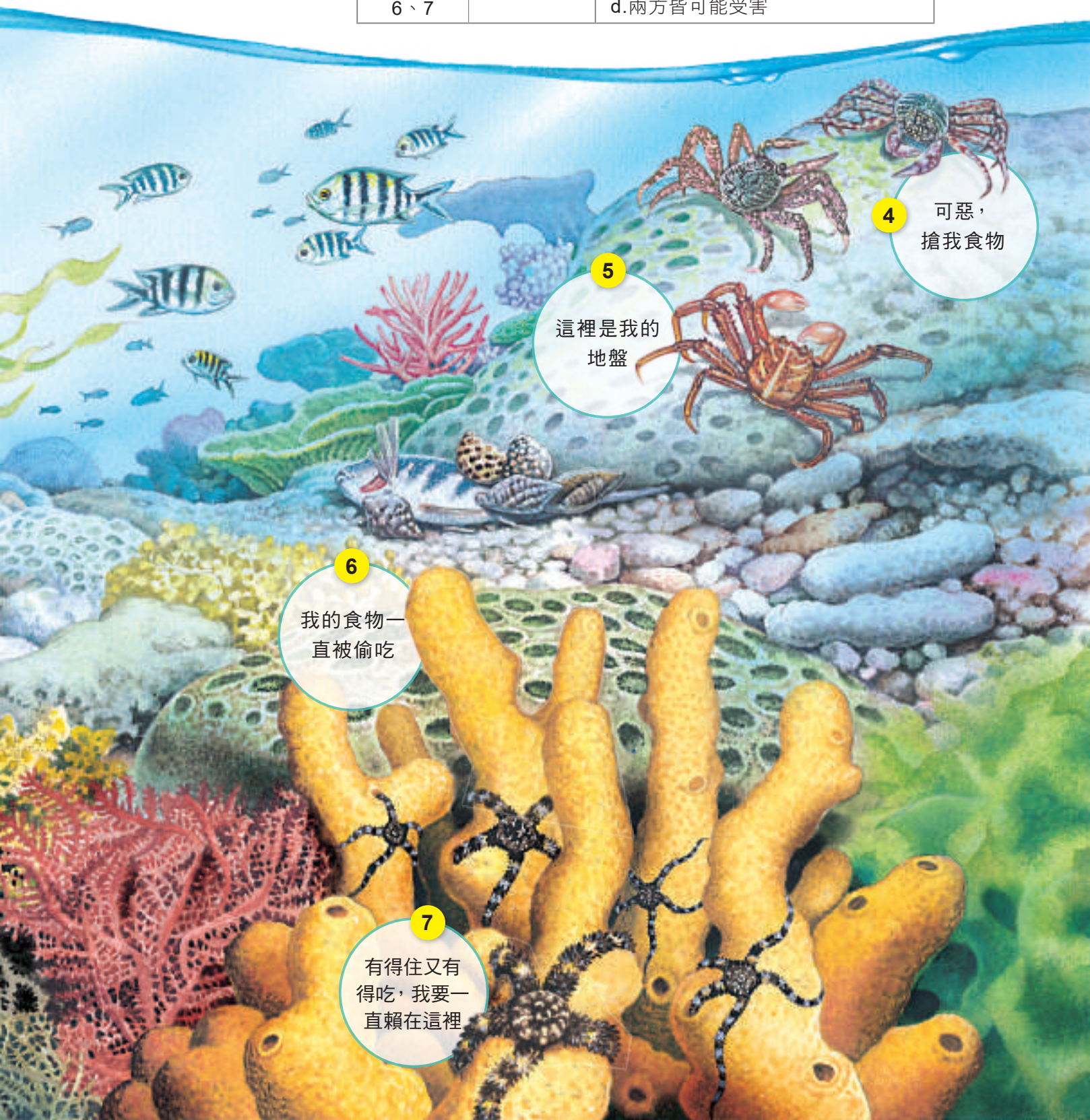
我們學過第三章後，認識了地球上各種多樣的生物，這些生物能獨立生活嗎？同一環境的生物，如果要與周圍的生物「打交道」，牠們會怎麼做呢？觀察畫面中的動物與對話，請推測動物彼此之間的利害關係，並將可能的選項填到右頁上方的表格中。

探究提問

完成表格之後，想一想，你認為生物間為什麼需要互動？有什麼好處或壞處呢？



動物編號	利害關係	選項
1、2		a. 一方得利，一方受害
1、3		b. 一方得利，一方不得利也不受害
4、5		c. 兩方皆得利
6、7		d. 兩方皆可能受害



4

可惡，
搶我食物

5

這裡是我的
地盤

6

我的食物一
直被偷吃

7

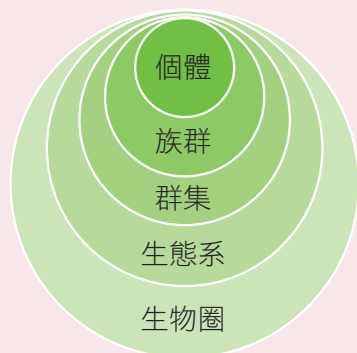
有得住又有
得吃，我要一
直賴在這裡

4-1 族群、群集與演替

課程補充

生物圈的層次

生物圈組成的層次，
由小而大為：



地球能提供生物生存所需的各種條件，在不同環境中所孕育出的生物種類不盡相同，多數生物必須與其他生物共同生活，並且形成族群、群集、生態系與生物圈等不同5的組成層次，進而影響地球生態的穩定。

1 個體、族群與群集

在環境中，可單獨利用資源以維持生存的生物體稱為**個體**（圖4-1a），同一時期、生活在同一地區的所有同種個體，稱為**族群**（圖4-1b），該族群生活的地區為其棲地，例如：蘭嶼椰油部落海岸林的蘭嶼角鴞為一個族群，這片海岸林則是牠們生活的棲地。

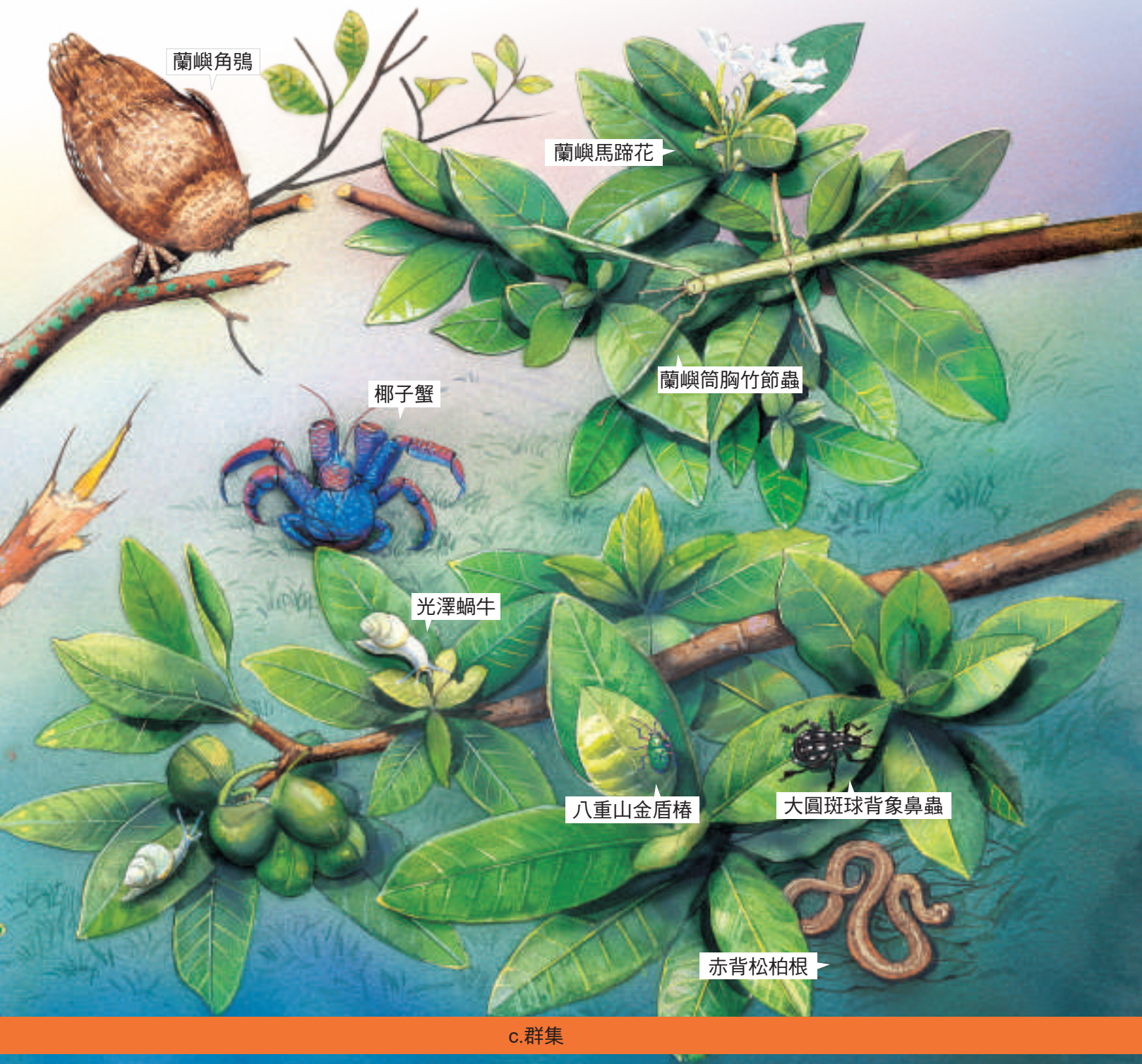
► 圖4-1 蘭嶼椰油部落海岸林蘭嶼角鴞的個體、族群、群集組成

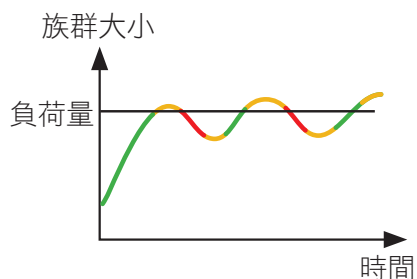
a. 個體

b. 族群



同時期生活在同一棲地上的所有族群稱為**群集**，例如：位於椰油部落的海岸林群集是由許多不同種的生物族群組成（圖4-1c）。





族群變大	$\text{出生} + \text{遷入} > \text{死亡} + \text{遷出}$
族群不變	$\text{出生} + \text{遷入} = \text{死亡} + \text{遷出}$
族群變小	$\text{出生} + \text{遷入} < \text{死亡} + \text{遷出}$

▲ 圖4-2 族群的增減

2 族群的變化

透過族群個體數的調查可以得知某一生物的族群大小，影響族群大小的因素有出生、死亡、遷入和遷出，當個體出生與遷入的數目總和，大於個體死亡與遷出的數目總和時，個體的數目就會增加，族群變大；反之，當個體的數目減少後，族群就會變小（圖4-2）。

環境的資源有限，能供養某一族群的最大數量，就是該環境對此種生物的**負荷量**。若個體的數量超過負荷量時，會加劇個體間的競爭，以降低族群大小。

3 群集的演替

演替或**消長**是指自然環境經歷一段時間，群集的外貌發生改變的過程。群集中，族群的種類、數量與分布，會因生物互動或環境變遷，而隨著時間逐漸改變。如森林在一場大火過後，許多草本植物開始出現，逐漸形成草原群集；接著木本植物也接續生長並漸漸增加，形成以木本植物為主的森林，使該地重新成為一個穩定的群集（圖4-3）。

▼ 圖4-3 森林歷經大火後的演替情形



實驗
4-1

族群個體數的調查



目的 利用直接計數法、樣區法與捉放法估計黑棋的數目，進而了解估算族群個體數的方法。

實驗說明

1. 樣區法：將大樣區畫分為若干面積相同的小樣區，隨機選取數個小樣區，計算每區中個體的數目，求其平均值，依比例推估大樣區中族群的個體數。
2. 捉放法：先捕捉並標記族群中的部分個體，釋回原族群一段時間後，再捕捉同一族群中的部分個體，計算其中有標記的個體數，再依比例推估原族群的個體數。
3. 直接計數法：直接計算族群的個體數。

步驟

一、樣區法

- 1 將方形盒蓋內畫分為若干面積相等的小樣區，並分別給予編號1～12。



- 2 在塑膠罐中裝入約1/3罐黑棋，再將罐中的黑棋散布於方形盒蓋內。



器材

- 1 圍棋一副
- 2 紙籤12張
- 3 有蓋的塑膠罐
(約700mL) 1個
- 4 方形盒蓋或淺盤
(約A3大小) 1個

- 3** 將紙籤分別寫上小樣區編號1～12，第一次隨機抽取1張，點數抽中的小樣區內黑棋的數目，記錄第一次數值 (a_1)。

⚠ 黑棋只能在原處點數，不能移動或取出。

- 4** 第二次隨機抽取3張，分別點數抽中的小樣區內黑棋的數目，求出3個小樣區內黑棋數的平均值 (a_2)。

⚠ 黑棋只能在原處點數，不能移動或取出。

- 5** 第三次隨機抽取5張，分別點數抽中的小樣區內黑棋的數目，求出5個小樣區內黑棋數的平均值 (a_3)。

⚠ 黑棋只能在原處點數，不能移動或取出。

- 6** 利用下列公式計算三次黑棋總數目的估計值。

$$\text{第一次估計值 } (A_1) = a_1 \times 12$$

$$\text{第二次估計值 } (A_2) = a_2 \times 12$$

$$\text{第三次估計值 } (A_3) = a_3 \times 12$$

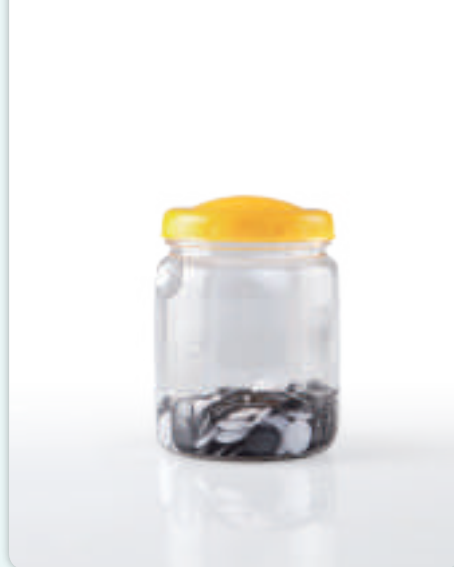
⚠ 完成步驟**6**後，將方形盒蓋中的黑棋全部放回原塑膠罐內備用。

二、捉放法

- 1** 由裝有黑棋的塑膠罐中取出30顆黑棋，另取30顆白棋代表作記號的黑棋，放入塑膠罐。



- 2** 加蓋後充分搖動，使棋子混合均勻。



- 3** 從罐中隨意抓取一些棋子（取樣），計數取樣的黑棋與白棋的數目後，再將棋子放回罐中。重複步驟 **2**～**3** 三次。



- 4** 依下列公式分別計算三次黑棋總數目的估計值（ B_1 、 B_2 、 B_3 ）。

$$\frac{\text{放入白棋總數 (30)}}{\text{黑棋總數的估計值 (} B_1 \text{、} B_2 \text{或} B_3 \text{)}} = \frac{\text{取樣中白棋數目}}{\text{取樣的棋子數目 (黑棋+白棋)}}$$

⚠ 完成步驟 **4** 後，將罐內30顆白棋取出，再將實驗前取出的30顆黑棋放回罐內備用。

三、直接計數法

- 1** 將罐中所有的棋子取出，直接計數黑棋的實際總數（ C ）。

問題與討論

- 樣區法中，理論上取樣的小樣區數目愈多，估計值與實際總數愈接近。比較 A_1 、 A_2 與 A_3 ，何者較接近黑棋的實際總數（ C ）？與理論是否相符？如果不符合，可能的原因為何？
- 捉放法中，估計值 B_1 、 B_2 與 B_3 是否相同？可能原因為何？
- 如果想要調查池塘中吳郭魚的數量，應採用何種方法較適合？為什麼？

探究提問

除了直接計數法、樣區法與捉放法這三種調查族群個數的方法，請試試看自行設計一個估算族群個數的方式，為其命名並簡單說明此方法如何進行。

相關實驗重點，請見 P150



4-2 生物間的互動關係

地球上的生物通常無法單獨存活，多數會與其他生物共同生活，因此生物間就會產生競爭、掠食、寄生和共生等互動關係，以獲得所需的資源。

1 常見的互動關係

競爭

生物為求生存，往往會相互爭奪環境中的食物、生存空間、配偶與陽光等，此種關係稱為**競爭**（圖4-4），競爭可能發生在同種或不同種個體之間。資源需求愈接近的物種，生物間的競爭就會愈激烈。

競爭食物



競爭生存空間



競爭配偶



競爭陽光



圖4-4 競爭

生物取食其他生物的行為，稱為**掠食**（圖4-5）。掠食除了可淘汰老弱殘病的個體外，也防止某些生物過量繁殖，對族群穩定與平衡有極大的作用。

掠食

翠鳥掠食小魚



狐狸獵捕魚



▲ 圖4-5 掠食

一種生物（寄生者）生活在另一種生物（寄主）的體內或體表，以獲得生存所需要的資源，此種關係稱為**寄生**（圖4-6），其中寄生者得利，而寄主受害。

寄生



寄生蜂將卵產在蛾類幼蟲體內

跳蚤寄生在動物身上



▲ 圖4-6 寄生

片利共生

兩種生物共同生活，若其中一種生物得利，而另一種生物不明顯得利或不明顯受害，此種關係稱為**片利共生**（圖4-7）。

鳥巢蕨附生於大樹上



鯽魚吸附在海龜上



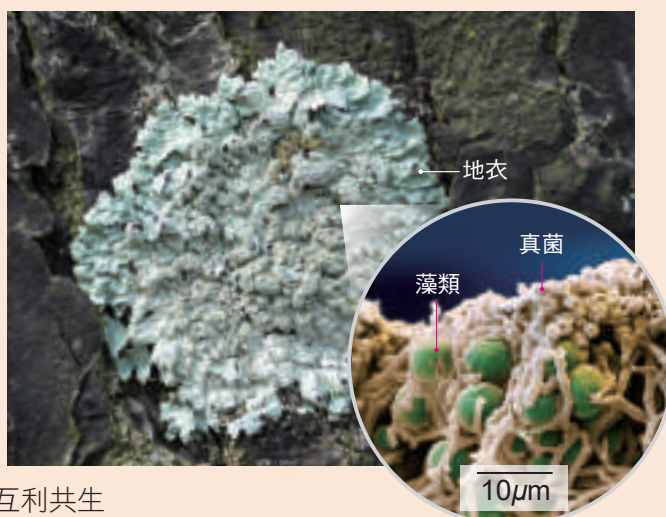
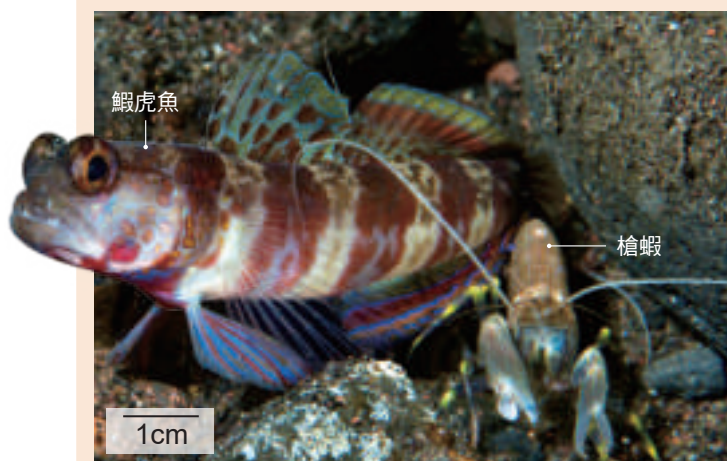
▲ 圖4-7 片利共生

互利共生

兩種生物間彼此互相依賴、雙方皆獲得利益，此種關係稱為**互利共生**（圖4-8）。

- 槍蝦會清理鰕虎魚的巢穴
- 鰕虎魚會警示槍蝦是否有掠食者靠近

- 地衣由藻類或藍菌與真菌組成
- 藻類行光合作用提供真菌養分
- 真菌提供藻類免於受到強烈陽光的傷害



▲ 圖4-8 互利共生

2 生物防治

生物間的互動關係不僅能維持生態平衡，也被科學家運用來控制生物族群的大小，此作法稱為**生物防治**（圖4-9）。

現今生物防治多應用於控制農作物害蟲的數量，以減少會啃食莖葉的蚜蟲、蝶類或蛾類幼蟲等，不僅可以減少農藥的使用，同時也降低了農藥對環境的汙染。

掠食性



a 瓢蟲會掠食蚜蟲，常被用於抑制蚜蟲數量



b 草蛉幼蟲具掠食性且易繁殖，廣泛應用於害蟲的防治



c 鴨子可吃田裡的害蟲、福壽螺與雜草等

寄生性



d 寄生蜂將卵寄生在菜蛾幼蟲中使其死亡



e 黑殭菌寄生在椿象身上使其死亡

▲ 圖4-9 生物防治

4-3 生態系

生態系是由生物群集與其生存環境所組成的體系，包含了**生物因子**及**環境因子**（非生物因子），這兩種因子會互相影響，也影響生態系的穩定。生態系可大可小，其

5 能量的流動與物質的循環須保持穩定的狀態。

1 影響生態系的环境因子

環境因子影響生物的生存與分布，與生態系的類型及平衡息息相關，這些因子包括：陽光、空氣、水和溫度等。

陽光



陽光直接或間接的提供了生物所需的能量，例如：海洋上層光線可以到達的區域，才有藻類的分布。

空氣



空氣中的氧氣參與生物的呼吸作用，二氧化碳則為植物與藻類等行光合作用的原料。空氣流動形成的風，也會影響植物的蒸散、花粉散播與生長等。

水



水是生物生存所必須的物質，例如：雨量稀少的沙漠，生物的種類與數量都相當稀少。

溫度



各種生物都有其適合生活的溫度，因此溫度會影響環境中的生物種類與分布。

環境因子

相互影響

生物因子

2 影響生態系的生物因子

科學家依生物在生態系中所扮演的角色與功能，將生物分為**生產者**、**消費者**與**分解者**。

生產者能行光合作用自行製造生存所需的養分，例如：藍
5 菌、藻類與綠色植物等生物。

消費者透過攝食其他生物，於體內進行消化作用，以獲得生存所需的大部分養分，各種動物均屬於此類。

分解者可以分泌酵素至體外進行分解作用，生物遺體或排泄物等被分解後，分解者可吸收一部分物質，其他的物質則回
10 歸環境中，這類的生物有腐生細菌、原生菌類與真菌。

延伸補充

清除者

有些消費者主要以屍體、排泄物、枯枝落葉等維生，故又被稱為清除者，例如：蛆、禿鷹、馬陸與螞蟻等。



3 能量流動

食物鏈與食物網

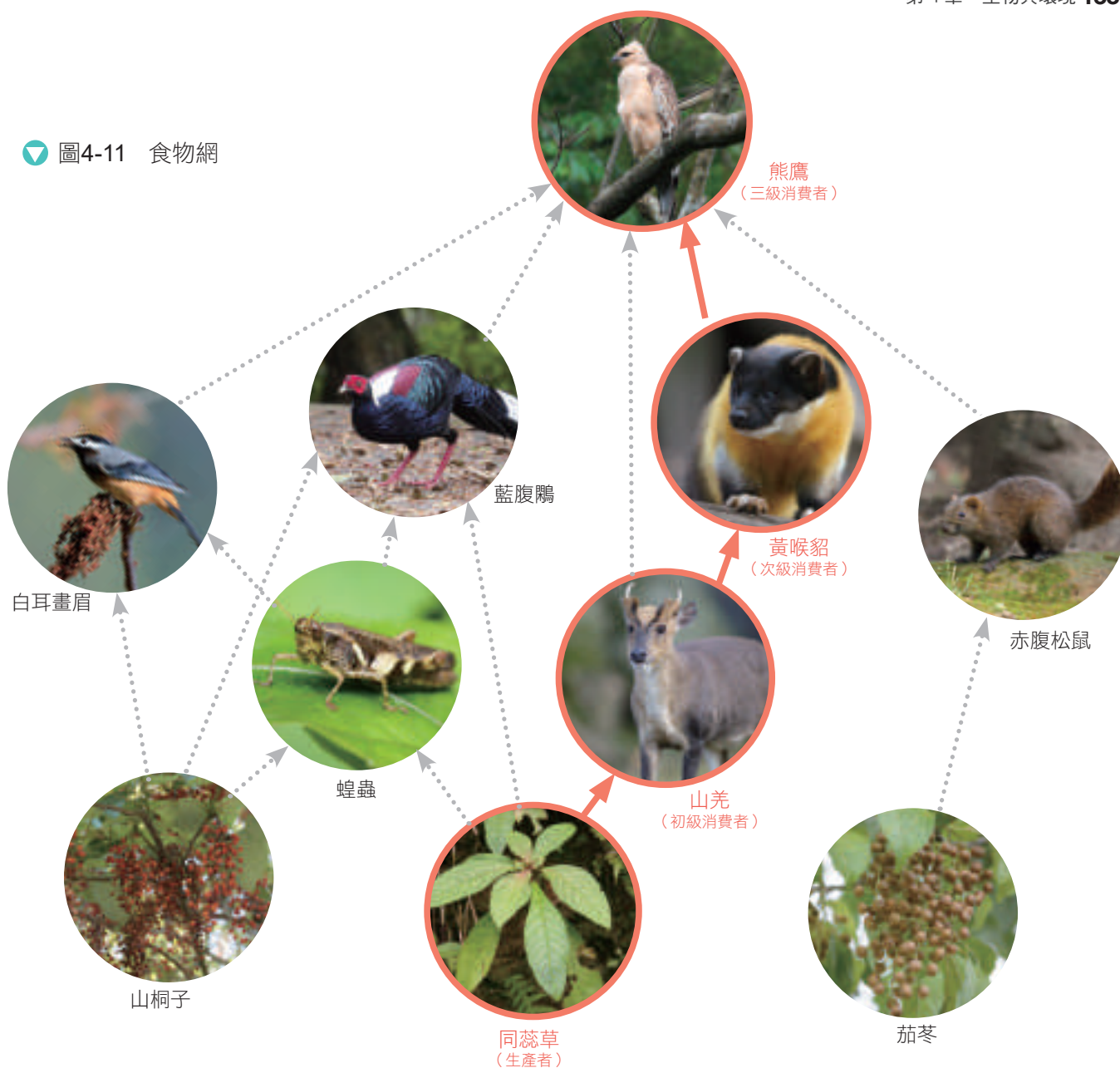
從生產者開始，生物間因攝食關係形成的單向鏈狀路徑，稱為**食物鏈**（圖4-10）。直接以生產者為食的動物，稱為初級消費者；捕食初級消費者的動物，稱為次級消費者；而以次級消費者為食的動物，稱為三級消費者，其餘依序類推。以圖4-10中的食物鏈為例，同蕊草為生產者；山羌吃同蕊草，屬於初級消費者；黃喉貂捕食山羌，為次級消費者；熊鷹獵食黃喉貂，則是三級消費者。

10 自然界中，同一種生產者不會只被一種消費者攝食，而同一種消費者通常也能攝食多種不同的生物，因此可連結成多條不同路徑的食物鏈，彼此交錯形成**食物網**（圖4-11）。



▲ 圖4-10 食物鏈

圖4-11 食物網



生態系中的生物種類愈多，所形成的食物網就愈複雜，消費者可選擇的食物也愈多樣，就不易因某種食物短缺而造成該消費者的數量變動或消失，愈能維持生態系整體的平衡與穩定。

探究提問

根據圖4-11，回答以下問題：

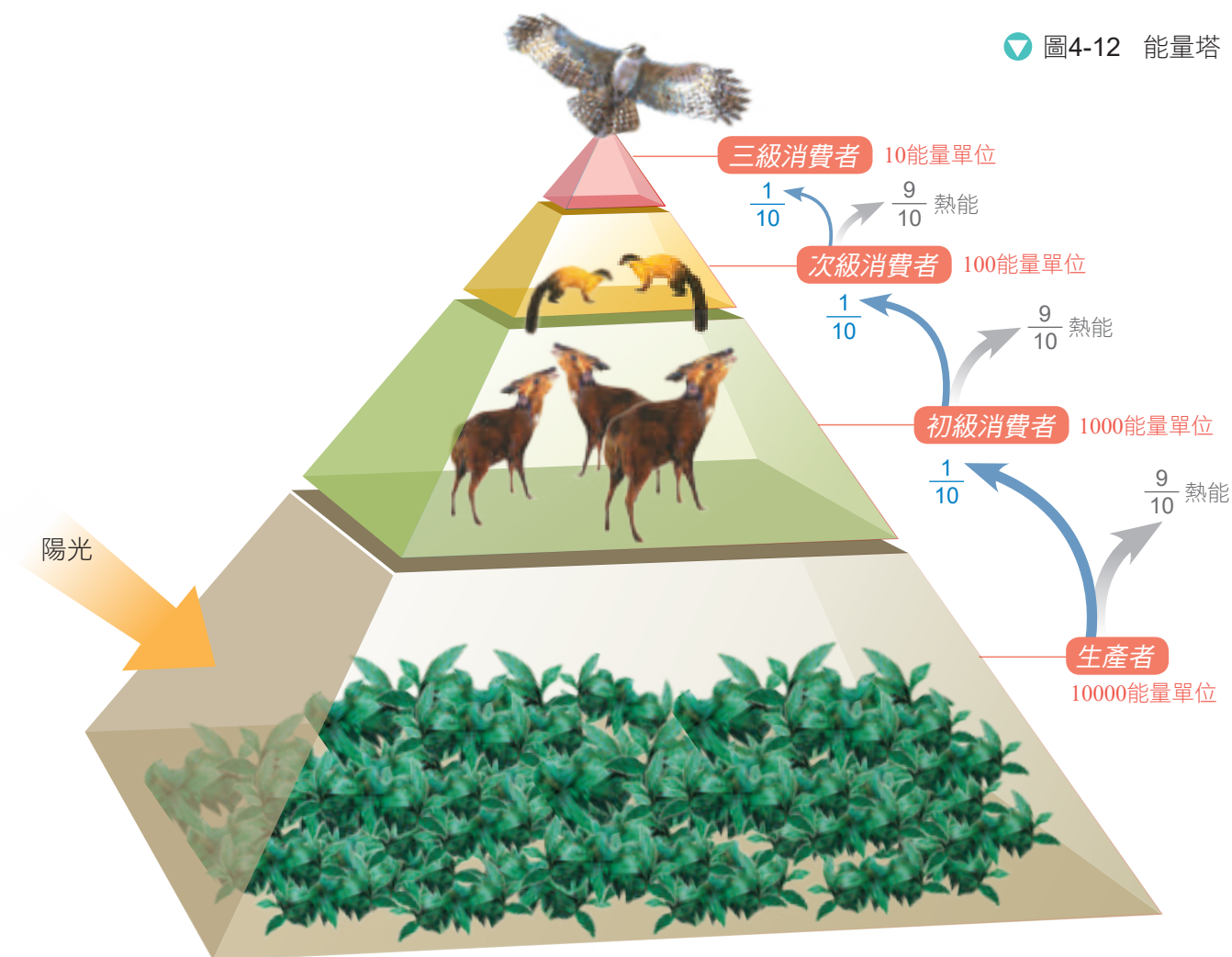
1. 從食物網去除一種或數種生物，對其他生物有何影響？
2. 同一種生物在不同的食物鏈中，所扮演的角色是否相同？

能量塔

食物所含的能量會經由食物鏈傳遞，在傳遞過程中，被攝食者的能量大部分以熱能的形式散失，大約只有 $\frac{1}{10}$ 的能量可以傳遞至攝食者的體內。通常傳至第四、五級消費者時，能量已所剩無幾，因此食物鏈大多不會太長。

生態系中，生產者的總能量必須最多，才有能力養活一定數量的初級消費者，隨著能量層層的傳遞與損耗，各級消費者的總能量也依次遞減，到最高級的消費者時，其總能量最少。因此將各級生物的總能量堆積起來，可繪製成一個下寬上窄的塔狀圖形，稱為**能量塔**（圖4-12）。

圖4-12 能量塔



4 物質循環

除了能量之外，物質也會經由食物鏈在生產者、消費者、分解者之間傳遞，並透過生產者與分解者連結起生物與環境間的循環，以下以碳循環為例。

碳循環

- 5 碳元素在環境與生物間流轉的過程，稱為**碳循環**。當生產者進行光合作用時，能將空氣中的二氧化碳（ CO_2 ）轉換為醣類，再經由攝食進入消費者體內；當生物行呼吸作用及分解者行分解作用時，含碳物質又可轉換成 CO_2 離開生物體，回到自然環境中。光合作用、呼吸作用、分解作用、 CO_2 溶解於水中、含碳物質的沉積作用、燃燒、化石燃料的形成與利用等，共同組成了碳循環（圖4-13）。
- 10

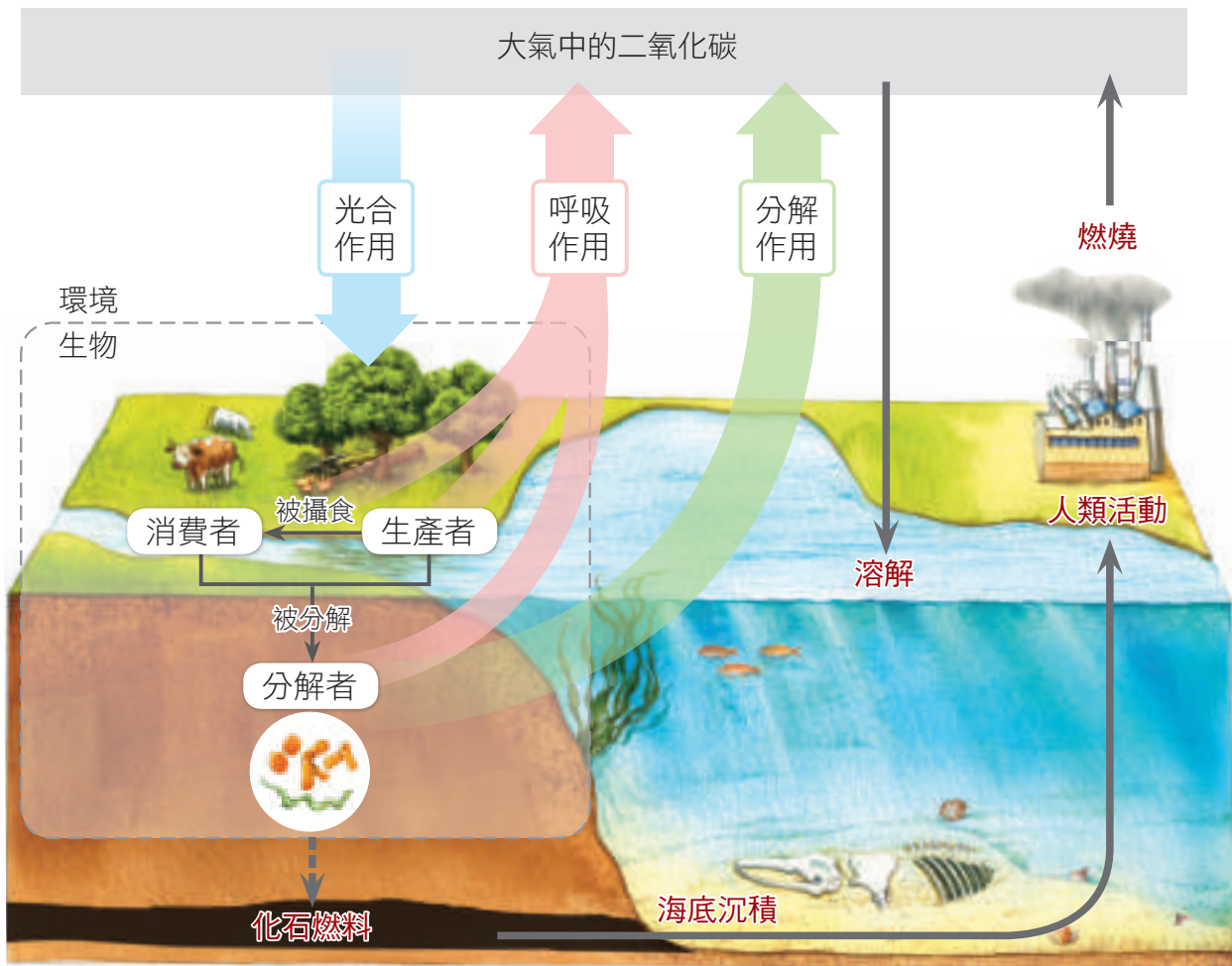


圖4-13 碳循環



相關課程，請見 P196

二十世紀以來，人類大量使用化石燃料，造成大氣中 CO_2 的濃度快速升高，引發碳循環失衡，增強了**溫室效應**，造成全球暖化及氣候變遷的問題日益嚴重，對生態環境產生很大的衝擊。現今減少溫室氣體的排放，已是全球的共識，各國政府莫不致力於
5 節能減碳政策的制定與執行，提倡人們能過著節能、低碳的生活，並鼓勵多種樹以吸收 CO_2 ，減緩暖化對環境的衝擊。



生物 In my life



碳足跡

小提示 碳足跡是指個人、家庭或工廠等人類活動，直接或間接所釋放溫室氣體的數量，通常以 CO_2 為計量單位（公斤）。通常製造 1 公斤紙類約排放 2.9 公斤 CO_2 ；汽車每行駛 1 公里約排放 0.22 公斤 CO_2 ；冷氣機使用 1 小時約排放 0.621 公斤 CO_2 。國內研究指出，1 株 20 年的樹木，每年約可吸收 11~18 公斤 CO_2 。

- ❶ 分享你選購物品時的考量及理由（不考慮商品的優劣）
- ❷ 你認為生活中可做到的減碳作法有哪些？（上網查詢或分享你自己的方式）

探究任務 Mission 0

——生態大調查



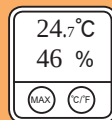
目的：

透過生活環境實際的生態調查，了解環境中生物的種類、數量及其在生態系中所扮演的角色與功能，並比較不同地點的調查結果是否不同，以及討論造成調查結果差異的可能原因。

器材：



5公尺繩子4條



室內外溫溼度計1個



生物圖鑑數本

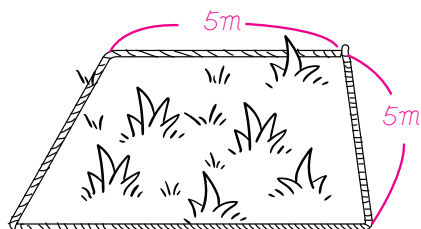


拍照工具1個

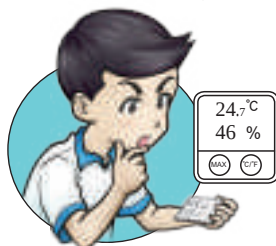


步驟：

1. 全班分三大組，每一大組在校園內選擇一處地區，以4條5公尺的繩子圍出1個約 5×5 平方公尺面積的區域。每大組分2小組，分別在早上（10：00前）與下午（14：00後）時段做樣區的觀察。



2. 記錄樣區中的環境因子：在樣區中，以室內外溫溼度計量測溫度與相對溼度，將數據記錄於下方實驗記錄表1中。



3. 記錄樣區中的生物因子：記錄樣區中的生物種類與數量，並記錄於下頁實驗記錄表2中^{註1}。

註1：對附近的環境、樣區與生物等進行拍照與記錄。不認識的生物，應對其特徵多加拍照，以利事後查詢與鑑定。

註2：活動後，利用圖鑑查詢生物的學名與特徵，並試著分析這些生物在生態系所扮演的角色。



4. 比較小組間不同時段與組別間不同環境的觀察，結果有何不同。

實驗記錄表1

記錄生態調查的環境因子

- (1)日期：_____ (2)時間：_____ (3)天氣：○晴天 ○陰天 ○雨天
 (4)地點：_____ (5)地形：_____ (6)氣溫：_____ °C
 (7)相對溼度：_____ % (8)土壤質地描述：_____

拍下生態調查的周遭環境2-3張(請將照片浮貼於此處)

實驗記錄表 2

記錄生態調查的生物因子——動物

	動物名稱	學名	數量	特徵
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

觀察結果：

動物種數：_____。

拍下生態調查的生物2-3張(請將照片浮貼於此處)。

記錄生態調查的生物因子——植物

	植物名稱	學名	數量	特徵
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

觀察結果：

植物種數：_____。

拍下生態調查的生物2-3張(請將照片浮貼於此處)。



問題與討論

1

根據此次生態調查中的生物，請區分出生產者、消費者與清除者分別為哪些？並繪製出可能形成的食物鏈或食物網。

生產者	消費者	清除者

繪製食物鏈或食物網

2

根據此次生態調查的結果，與其他組比較，你認為你觀察的樣區物種多樣性如何？（請填入觀察的環境與各組觀察到的總物種數）

組別	第一大組	第二大組	第三大組
觀察環境			
時段	早上		
	下午		

3

根據上表資料的整理結果，試著探討各環境因子如何影響物種多樣性？

【延伸思考】

試著想想看，生態調查的資訊，可以作為什麼用途？

可以填上你自己的想法

相關任務重點，請見 P151

老師專欄

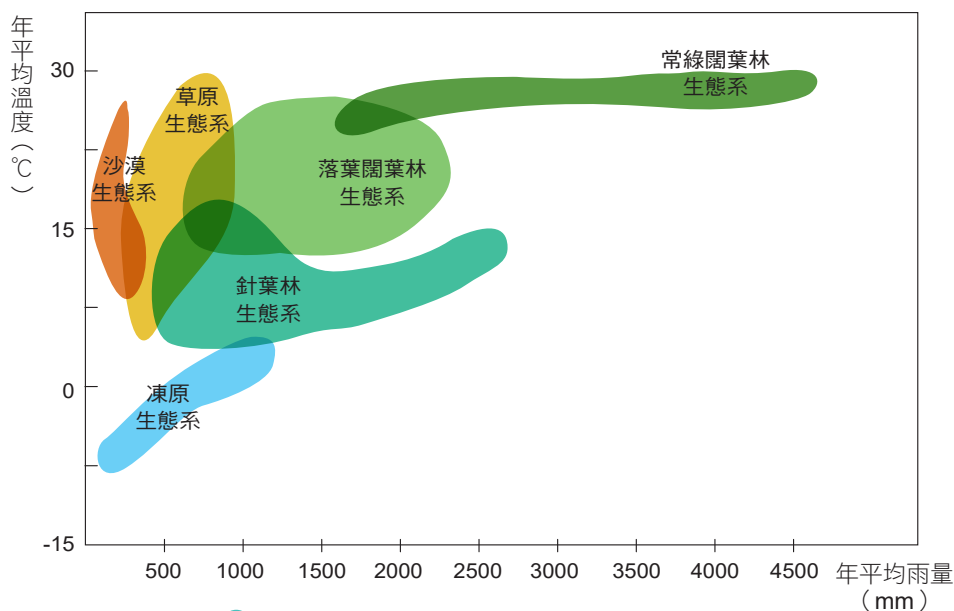
若長期在某地進行生態調查，可設置「永久樣區」，收集連續性的環境資料並進行比較，可了解環境資源的經濟價值與環境保護的相關工作。

4-4 生態系的類型

地球表面由陸地與水組成，其中陸地約占30%，其餘70%由水所覆蓋，故科學家將生物圈分為陸域與水域兩大生態系。依據環境與生物的組成，陸域與水域可分別再細分為數種生態系。

1 陸域生態系

陸域受到光照、雨量、溫度與地形等因素之間交互作用的影響，而有不同的生物組成與分布，可將全球分為凍原生態系、草原生態系、沙漠生態系和森林生態系等10不同類型的生態系。而森林生態系又可因組成的林相不同，分成針葉林、落葉闊葉林與常綠闊葉林等生態系（圖4-14）。



▲ 圖4-14 陸域生態系與溫度、雨量之關係

延伸補充

不同海拔的陸域生態系

有些地區由於海拔高度落差大，溫度及雨量受到海拔差異的影響，會呈現多樣的生態系。例如：我們所居住的臺灣多高山和丘陵，加上四面環海、位於亞熱帶及熱帶交界處，平地溫暖潮溼，形成類似不同緯度的各種生態系。

2 水域生態系

水域依據水中鹽類濃度由低至高，可分為**淡水生態系**、**河口生態系**與**海洋生態系**（圖4-15）；而淡水生態系依水流的速度，可分為**靜水水域**和**流動水域**；海洋生態系占水域生態系的97%，依離岸距離的遠近與水深，可分為**潮間帶**、**淺海區**及**大洋區**。臺灣四面環海、地形多元，加上年雨量可達2500毫米（mm），因此可孕育出各種類型的水域生態系。

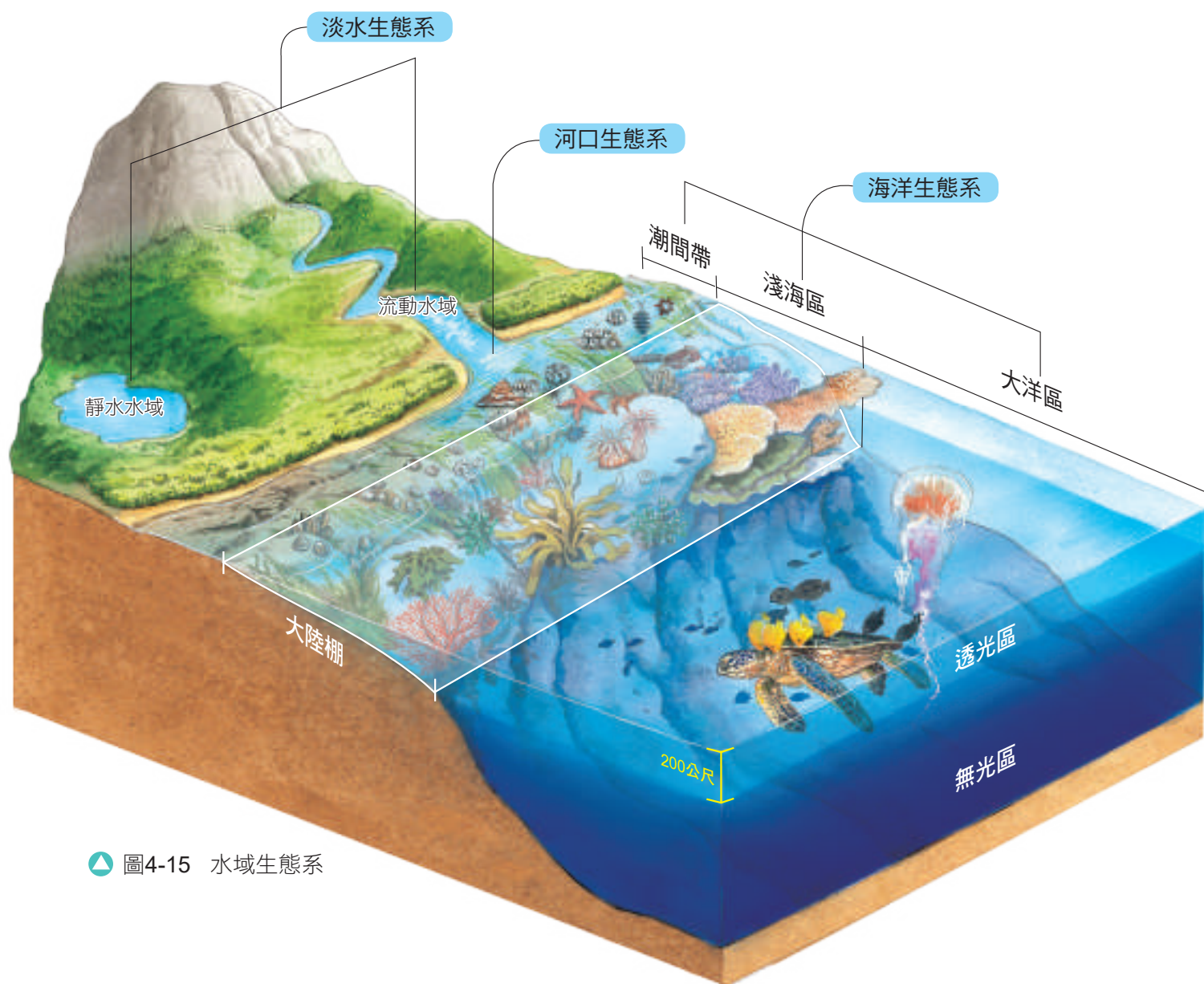


圖4-15 水域生態系

陸域生態系

凍原生態系

溫度極低且降水稀少，許多地表終年有雪覆蓋。因水分受限，以及生長季短，地表多為生長緩慢的地衣（由真菌和藍菌或藻類共生）、蘚苔類與草本植物等，多數哺乳動物有很厚的皮毛與脂肪層，鳥類會避冬而有遷徙行為。



北極熊

草原生態系

降雨量介於森林和沙漠之間，較不適合高大樹木生長，因氣候乾燥，加上常有閃電會引發大火，因此植物多具有完整的根系，在大火過後能迅速的重新生長。有世界上最豐富的哺乳動物群集，動物跟著雨水來源而遷徙。



長頸鹿

沙漠生態系

沙漠生態系雨量稀少，水蒸發旺盛，日夜溫差大，能在此環境中存活的生物種類不多。多肉植物如仙人掌利用肉質莖儲水，根系淺而廣，以收集珍貴的水源。昆蟲外表有非常堅硬的外骨骼以保持水分，小型哺乳動物多穴居以躲避高溫。



長耳狐

森林生態系



馴鹿



白腹鶇



箭毒蛙

· 針葉林生態系

溫度較低，常由一種或少數幾種裸子植物所組成，如松、杉和柏等，樹木形狀呈錐形以抵抗厚重的積雪。氣候寒冷，食物來源較少，因此動物種類不多，兩生類與爬蟲類稀少，哺乳動物多有厚重的毛皮抵抗寒冬。

· 落葉闊葉林生態系

多分布在四季分明的溫帶地區，在秋、冬之際，葉片多會轉為紅色或黃色並掉落，只留下枝幹。在溫帶落葉林的冬季時，部分動物會降低代謝活動以減少熱量散失，有些動物則會遷徙到較溫暖的地區度冬。

· 常綠闊葉林生態系

其中的熱帶雨林終年高溫多雨、日照強烈，樹木種類繁多、生長茂密，蕈類、蘚苔類、蕨類等隨處可見，動物多為樹棲，且具鮮豔的體色，是陸域生態系中生物種類最多的地區。

水域生態系

淡水生態系

・靜水水域

流速慢、溶氧量低，包括湖泊與池塘。湖泊面積大、水深，陽光不易到達湖底，生產者以浮游藻類為主，大型的水生植物僅生長於湖邊；池塘面積小、水淺，陽光可以照到池底，浮游藻類與大型的水生植物遍生各處。常見的消費者有魚、蝦、貝類、昆蟲、青蛙、蛇與水鳥等。

白腹秧雞



・流動水域

流速快、溶氧量高，包括河川與溪流。此處的浮游藻類易被流水帶走，故消費者主要以岸邊植物的枯枝落葉、附著於河底或岩石上的藻類及昆蟲為食。由於水流湍急，生物需有特殊的適應方式才能生存，防止被流水沖走。

爬岩鰍



河口生態系

位於河川與海洋交會之處，此區地勢較為平緩，河水流速減慢，大量的泥沙與有機物質等在此堆積，形成養分充足的環境。受到潮汐與河水的影響，水位會有週期性的升降，形成乾溼、鹽度與溫度變化大的環境，故一般的植物無法在此生存。這裡主要的生產者為耐鹽植物，其枯枝落葉會先被分解成碎屑物，再被消費者所食用，常見的消費者有水鳥、彈塗魚等。

高蹺鴉



海洋生態系

・潮間帶——

位於海陸交界，為海水漲潮和退潮之間的區域。生存在此的生物能獲得充足的陽光與豐富的營養物質，但必須適應潮汐的變化與海浪的衝擊。礁、岩岸地區生物種類豐富，有石蓴、藤壺、螺、蝦、蟹與魚類等。



螃蟹

・淺海區——

為潮間帶以下至水深200公尺以內的地區，其底部稱為大陸棚。此區陽光充足，又有陸地沖刷下來的營養物質，因此生物的種類、數量繁多。有昆布、馬尾藻、珊瑚與魚類等。



小丑魚

・大洋區——

位於淺海區之外，水深超過200公尺的所有海域。上層為透光區，浮游藻類為主要的生產者，有各種魚、蝦、鯨豚等。下層為陽光無法到達的無光區，缺乏能進行光合作用的生產者，消費者大多以上層水域沉降下來的生物殘骸及碎屑為食。



大翅鯨

延伸補充

溼地

溼地是介於陸域及水域之間的地帶，具有涵養水源、淨化水質、補注地下水、調節地表水、提供生物棲息、保護海岸線、觀光與教育等功能，應多加保護。

臺灣國家重要溼地

國際級：2處；國家級：40處；地方級：42處
(2015/03/01內政部 營建署溼地保育綱領)。

國際級 曾文溪口



族群、群集與演替



個體	族群	群集
環境中可單獨利用資源以維持生存的生物體。	同一時期生活在同一地區的所有同種個體，該族群生活的地區稱為棲地。	同一時期生活在同一棲地的所有族群。

- 族群變化：族群的出生、死亡、遷出與遷入的數目會影響族群大小。
- 演替（消長）：自然環境經歷一段時間，群集外貌發生改變的過程。

生物間的互動關係

競爭	掠食	寄生	片利共生	互利共生
				
雙方皆可能受害	一方得利，一方受害	一方得利，一方受害	一方得利， 一方不得利也不受害	雙方皆得利

- 生物防治：利用生物間互動關係來控制有害生物族群的大小。

生態系的類型

陸域生態系

凍原生態系



草原生態系



沙漠生態系



針葉林生態系



落葉闊葉林生態系



常綠闊葉林生態系



水域生態系

淡水生態系



靜水水域：湖泊、池塘

生產者以浮游藻類為主



流動水域：河川

生產者多以固著性藻類為主

生態系

由生物群集與其生存環境所組成的體系。

影響生態系的環境因子

陽光



空氣



水

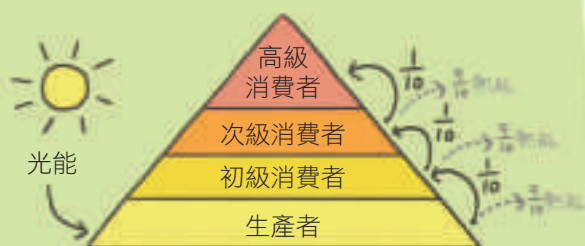


溫度

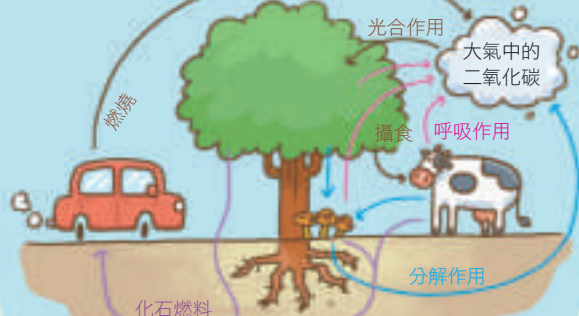


能量塔

被攝食者能量約只有1/10可傳遞至攝食者。



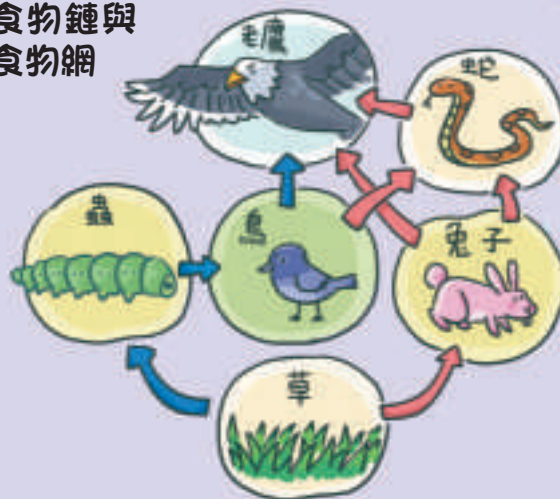
碳循環



影響生態系的生物因子

生產者	消費者	分解者
自營生物	異營生物	異營生物
自行製造生存所需的養分	透過攝食獲得養分	分解生物遺體或排泄物作為養分

食物鏈與食物網



- 食物鏈：從生產者開始的單向鏈狀攝食路徑(→)。
- 食物網：多條食物鏈彼此交錯形成網狀路徑。

河口生態系



沼澤、河口

生產者為浮游藻類與耐鹽植物

	潮間帶	淺海區	大洋區
海洋生態系	滿潮線	乾潮線	
		200m	透光區 無光區
		大陸棚	
	生物須適應潮汐變化與海浪衝擊	生產者與消費者種類、數量多	透光區有藻類為生產者



實驗一點靈

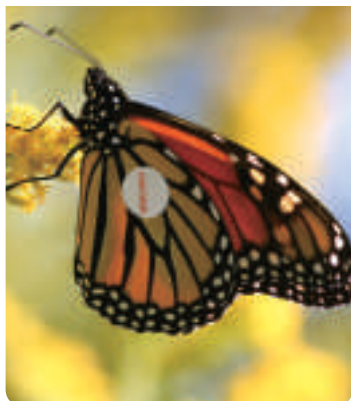
第四章

實驗4-1 族群個體數的調查

1. 樣區法中，理論上取樣的小樣區數目愈多，估計值與實際總數愈接近；若兩者數目差異較大時，原因可能為棋子分布不平均，再加上選取小樣區的數目太少，導致代表性不足，此時估計值的誤差就會變大。
2. 捉放法中，白棋代表被標記的動物，活動中白棋的數目是固定的，理論上取樣棋子的數目愈多，代表性愈夠，誤差就會愈小，估計值會愈接近實際的數目。此外，放入白棋的數目愈多，取樣後估計值的準確性就會愈高。
3. 直接計數法適用於範圍較小的樣區與計數固著性或行動緩慢的物種，此時估算的準確性較高，但對於計數移動性高或善於躲藏隱匿的動物時，則準確性就會變差，此時就必須考慮其他方法。
4. 調查族群個體數時，應考慮該種生物的特性及環境等因素，選用適合的方法。若調查範圍較小，且被調查的生物不會移動，就可以使用直接計數法；若調查移動迅速的動物，直接計數困難，此時宜採用捉放法；若調查範圍較大時，就可以考慮使用樣區法，再根據調查的對象，搭配使用直接計數法或捉放法，如此可達事半功倍之效。

捉放法中常見的標記方法：

蝴蝶 在翅膀上貼貼紙



鹿 在耳朵上打耳標



鳥 在腳上套腳環



探究任務——生態大調查

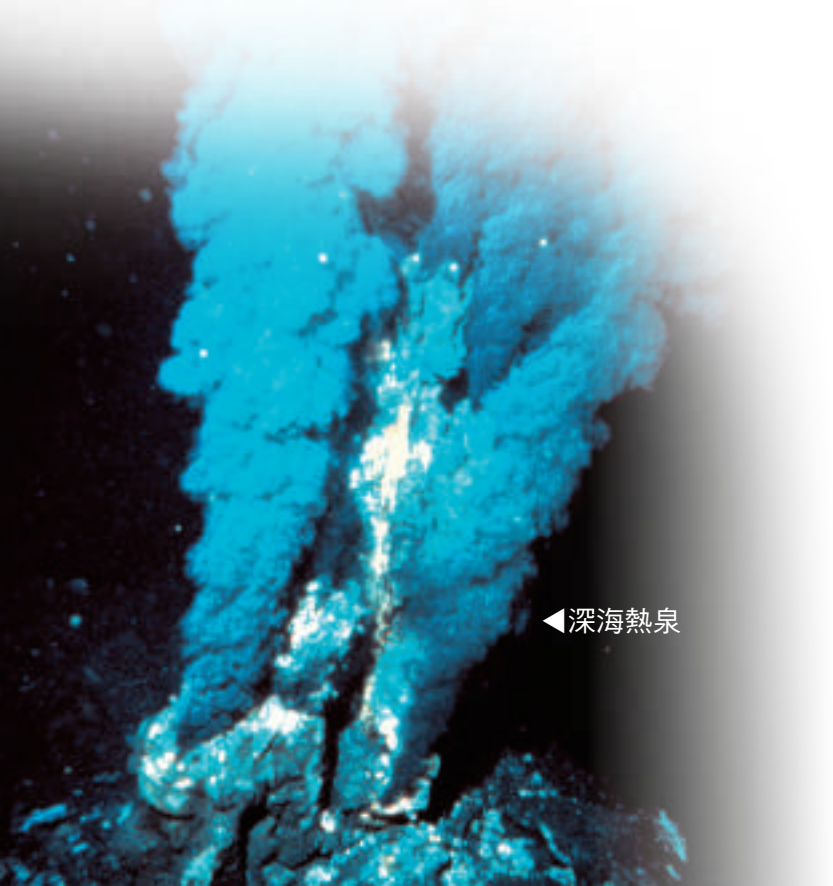
1. 本活動可訓練同學們的觀察、操作、記錄、分析、討論與團隊合作等能力，故調查前的準備、實際的操作與活動後的資料分析、討論，都需要全體的合作來完成。
2. 選擇生態調查的地點首重安全與方便，其次再考量樣區的生物種類與數量。較不合適調查的環境，例如：雜草叢生的地區或有蛇類躲藏，有潛在的危險性；潮溼泥濘的地區易滑倒、受傷；地形陡峭的地區，易墜落。此等有安全疑慮的地區皆不建議同學靠近。
3. 可利用學過的直接計數法、樣區法與捉放法來輔助同學們進行調查，藉此也可印證所學。
4. 活動進行時，可利用數位相機或智慧型手機對調查的樣區及其鄰近的環境進行拍攝與記錄，藉此了解大環境與小樣區之間有何連結及影響。
5. 生物種類繁多，若遇到不認識的生物，可針對生物的外型與特徵等，利用數位相機或智慧型手機進行拍攝與記錄，活動後再利用圖書館的圖鑑或網路資料進行分析、比對，多可得到解答。
6. 調查到的生物中，將植物歸類於生產者，主要以生物的屍體、殘枝碎屑與排泄物為食者，可歸類於清除者，其餘的動物則歸類於消費者。此外，這些生物依其吃或被吃的食性關係，經推論後再繪製成食物鏈或食物網。
7. 環境因子可能影響生物多樣性的情形可能有：
 - (1) 天氣：光照不足、天氣狀況不佳時生物較少。
 - (2) 氣溫：氣溫過高或過低會使生物種類變少。
 - (3) 相對溼度：環境乾燥、缺水會使生物種類減少。
 - (4) 土壤質地：土壤中石塊過多或土質過硬，會影響植物生長，生產者減少，所有生物會較少。
 - (5) 垃圾或污染物過多：汙染到生物的生存環境，會使生物種類下降。
8. 生態調查所得到的資訊，可提供進行環境評估與生態復育的參考資料，生物在某區域的生存情況，可以視為一種檢測環境的指標，一個許多生物無法生存的環境，表示此環境可能被破壞得很嚴重。

失落的生態系—— 熱泉生態系

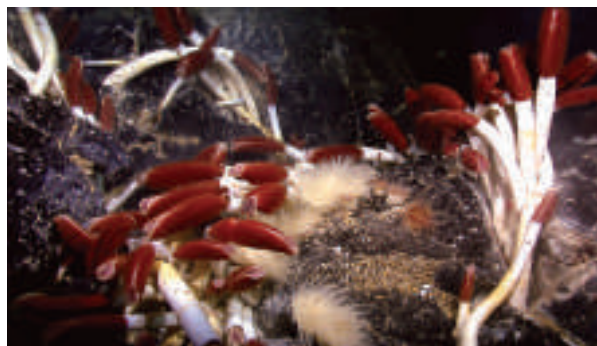
大洋深海區，廣大、黑暗、低溫、壓力大，有內太空之稱。長久以來科學界認為深海底部應貧瘠像沙漠一般，但隨著深海探測技術的進步，這神祕的深海也逐漸被我們所了解。西元1977年深海探測潛水艇於加拉巴哥海域深約2500公尺的海底，發現了多處海底熱泉，這是人類第一次看到深海熱泉噴發的景觀，這一根根像煙囪的熱泉，不斷地湧出高溫、礦物質豐富且具毒性的液體，加上水溫變化劇烈，此惡劣環境，生物應是無法生存。然而科學家發現此處竟有生氣盎然的生物群集，包括紅蛤、海蟹、貽貝、小蝦、章魚、管蟲等，甚至在熱泉區以外的海

底，還有海星、海葵及蠕蟲等，形成了獨特的熱泉生態系。

深海區沒有光合作用的生產者，食物來源多仰賴上層水域沉降下來的屍骸、碎屑，在資源如此貧瘠的深海環境，熱泉生態系是如何維持呢？科學家研究發現在100℃以上的海水中竟然有許多的細菌，其中的硫化菌可利用熱泉口所噴發出來的硫化氫作為能量來源，以合成自身所需的養分，故硫化菌屬於「化學自營細菌」。最奇妙的是那裡還有大片紅白相間的管蟲族群，管蟲沒有消化道，體內卻含有大量的硫化菌，牠們共同生活，管蟲提供硫化菌生活的棲息地、氧氣與硫化氫等，而管蟲所需要的養分則由硫化菌所提供。此外，硫化菌也是紅蛤、貽貝與蝦等生物的食物來源，而蟹類再攝食這些紅蛤、貽貝與蝦等生物，如此也就形成了特殊的食物網。



◀ 深海熱泉



▲ 管蟲

臺灣的龜山島是一座火山島，海面下深10~80公尺的火山熱泉持續噴發出硫磺熱泉與有毒的氣體，海底也布滿了黃色的硫磺，此環境亦是惡劣，物種十分貧乏。近年來科學家陸續發現此處有數量龐大的怪方蟹，這些螃蟹體型很小，約3公分

長，平常躲藏於硫磺礦的縫隙之中。當海流轉弱，熱泉直接向上噴發時，會殺死經過的浮游生物，而這些屍體就會飄落到海床，此時的怪方蟹便會衝出來覓食；而當海流轉強時，浮游生物的屍體隨流水飄散，怪方蟹就會返回縫隙中。此外，這裡還生存著特殊的海葵、珊瑚與貝類等。熱泉生態系究竟還有什麼祕密呢？則有待科學家進一步的探討與研究。



▲龜山島海面可見海底熱泉冒出的氣泡（淺藍色處）

請同學們依上述內容，回答下列問題：

- () 1. 熱泉生態系中的硫化菌與管蟲間的互動關係，應屬於下列哪一種方式？
(A)競爭 (B)寄生
(C)互利共生 (D)片利共生

2. 連連看，請將深海熱泉生態系中的生物與生態系中所扮演的角色用直線相連。

熱泉生態系中的生物	生態系中所扮演的角色
硫化菌	生產者
腐生細菌	初級消費者
管蟲	次級消費者
蟹類	分解者

3. 請完成深海與龜山島熱泉生態系相關資料的比較表格。

	深海熱泉生態系	龜山島熱泉生態系
消費者食物的源頭		
最具代表性的消費者族群		
食物網（複雜或簡單）		

5

環境保護與生態平衡

5-1 生物多樣性

5-2 生物多樣性面臨的危機

5-3 保育與生態平衡

當我們漫步在合歡山的步道時，可以觀賞到許多動植物，其中有很多種類是臺灣的特有種，例如：美麗的火冠戴菊鳥。

火冠戴菊鳥主要棲息於高海拔針葉林或針闊葉混合林中，羽毛色彩鮮豔，以昆蟲為食。雖然火冠戴菊鳥目前尚未面臨絕種的危機，但若是森林持續被破壞，便可能會失去棲地。

探究提問 要讓火冠戴菊鳥快樂無憂的生活，除了保護牠們的棲地之外，我們還能做些什麼呢？



火冠戴菊鳥

Regulus goodfellowi

燕雀目鶯亞科／臺灣特有種／應予保育

特徵
描述

頭部中央橘紅色羽毛似火焰般在黑色羽毛之上，眼周圍與嘴喙呈現黑色，兩頰及腹部為白色，翅膀與尾部為黃色與黑褐色堆疊並在末端帶有白色，身體為亮黃色，腳則是黃褐色。

生態
習性

棲息於高海拔針葉林或針闊葉混合林中，但在冬天的時候會移動至較低海拔的山區，生性活潑，常常成群在樹冠的外緣活動，也會在裡面覓食，常與其他小型鳥類混群，以昆蟲為主食。



5-1 生物多樣性

1 生物多樣性的層次

生物多樣性是指地球上所有生命形式之間的變化性。近年來，科學家提出了生物多樣性的理論，說明了生物多樣性對維持生態系的平衡相當重要。生物多樣性可分為三個層次：**遺傳多樣性**、**物種多樣性**和**生態系多樣性**（圖5-1）。

遺傳多樣性

同種生物的不同個體，具有不同的基因組合，表現出不同的性狀和特徵，稱為遺傳多樣性。例如：人類有不同的血型和膚色，斯文豪氏赤蛙有不同的體色等。

物種多樣性

在一個地區中，生物種類的多寡。生物種類愈多，物種多樣性愈高。以生活在闊葉林中的生物種類為例，其物種多樣性遠高於都市公園的物種多樣性。



烏來杜鵑

生態系多樣性

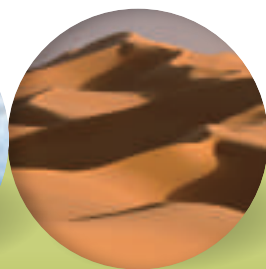
指在一個大的區域範圍內，生態系種類的豐富與否。例如：地球上具有森林、草原、沙漠、極地和海洋等各種生態系。由於不同的生態系可供各種不同生物棲息，故生態系多樣性愈高的地區，其中的物種多樣性也愈高。



草原



極地



沙漠

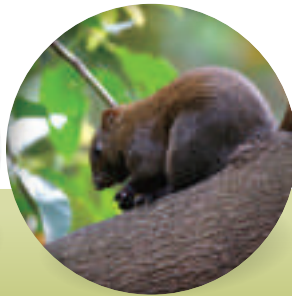
▲ 圖5-1 生物多樣性的三個層次



斯文豪氏赤蛙有不同的體色



雀榕



赤腹松鼠



黃長腳蜂



臺灣紫嘯鵯



斯文豪氏赤蛙



河流



湖泊



針葉林



海洋



闊葉林

2 生物多樣性的重要性

遺傳變異愈高的物種，個體之間存在著較多的遺傳多樣性，對環境的改變便具有較佳的適應能力；物種多樣性愈高，則可構成較複雜的食物網，使生態系更加穩定；而生態系多樣性愈高，能讓更多物種生活其中，同時維繫著物種與遺傳的多樣性。

維持生物多樣性，不但有助於生態的平衡，對人類的生存也極為重要。人類的食、衣、住、行、育、樂等需求，有許多需仰賴各種生物。在食的方面，米飯、蔬果、肉類等皆取自於生物；在衣的方面，棉布取自棉花，絲綢取自蠶絲；有些房屋的建材、家具以木材製成；在某些地區，馬、駱駝是重要的交通工具；而植物園和動物園的設立，則同時具有教育及娛樂的功能（圖5-2）。



▲ 圖5-2 生物多樣性提供的資源

當物種的數量發生明顯變化時，常常會產生連鎖效應。舉例來說，近年來大量蜜蜂不明原因消失，許多農作物無法順利授粉，導致蔬菜、水果減產，不但影響人類的食物來源，有些產業也會受到影響，例如：生產咖啡與製
5 造棉布的產業，其原料咖啡和棉花主要的傳粉者為蜜蜂（圖5-3）；在畜牧業，許多家畜食用的糧草，也由蜜蜂擔任重要的傳粉者。一旦蜜蜂消失了，不僅會影響生態平衡，也會對人類的生活產生極大的衝擊。



▲ 圖5-3 蜜蜂是咖啡和棉花的主要傳粉者

科學家推估，目前地球上的物種每年約有近1000種滅
10 絕，對生物多樣性的維持非常不利。如何降低生物滅絕的速率以維持生物多樣性，已經成為當今各國政府推動保育政策的重要課題。

相關課程，請見 P194



5-2 生物多樣性面臨的危機

要降低生物滅絕的速率以維持生物多樣性，必須先探討造成生物快速滅絕的原因。目前科學家歸納出來的主要原因如下，也有學者稱其為HIPPO困境（The HIPPO 5 dilemma）：

圖5-4 石虎的生存受到棲地破壞的影響



a 石虎疑遭車輛撞傷，倒在路邊草堆無法行動

1 棲地的破壞（Habitat destruction）

人類不當開發，常導致生物棲地破壞，當棲地逐漸減少或破碎化時，會影響原本生存在此棲地內的生物。例如：在中低海拔地區開闢道路及公園，使石虎的生存空間減少，因而瀕臨絕種（圖5-4）。火力發電廠排放大量二氧化碳，增強溫室效應，加速北極冰山融化，北極熊的生存也因此面臨危機。這些例子都提醒我們在進行各項開發之前，應審慎評估其對環境及生物的影響，更應該考量如何改善各項設施，將危害降至最低。

b 苗栗縣 卓蘭鎮石虎公園的開發，影響鄰近石虎潛在棲地





生物 In my life



路殺

- ① 試說明野生動物若經常發生路殺的情形，對生物多樣性會造成什麼影響？
- ② 除了道路之外，還有哪些人工設施會造成生物的死傷？

探究提問

為了解路殺的情形，行政院農業委員會特有生物研究保育中心在2011年8月成立了一個社團：路殺社（臺灣動物路死觀察網 <https://roadkill.tw>），其首要宗旨在於建構生態友善道路以改善野生動物的路殺現象，並希望藉由公民參與「路死動物」記錄，逐步於日常生活中落實生態保育及環境永續的理念。想想看，有哪些做法可以減少野生動物路殺的情形？



課程補充

外來種與外來入侵種

依據世界自然保育聯盟(IUCN)的定義，當物種出現於其自然分布疆界及可擴散範圍之外的地區時，此物種稱為外來種。外來入侵物種則是指已於自然或半自然生態環境中建立一穩定族群，並可能進而威脅原生生物多樣性的外來種。外來入侵種是外來種，但外來種不一定會成為外來入侵種。

2 外來種的引入 (Invasive species)

人類在有意或無意之間常引進外來物種，例如：經由飛機、輪船等交通工具傳輸，或是基於養殖、觀賞、生物防治及科學研究等目的而主動引進。

- 5 由於外來種在新的環境缺少天敵抑制，若再加上繁殖力強，可能會成為外來入侵種，破壞新環境的生態平衡或使原生物種滅絕，也可能造成巨額的經濟損失（圖5-5）。例如：被稱為「綠癌」的小花蔓澤蘭常攀附在其他植物上，使遭覆蓋的植物因缺乏充足日照而死亡；美洲
- 10 牛蛙則會捕食臺灣體型較小的原生蛙類，造成原生蛙類的生存危機；自南美洲引進曾作為飼料的布袋蓮，也因繁殖能力極強，常阻塞生長的水域，影響其他生物的生存；原產於美洲的秋行軍蟲，現在已散播到世界各地，對水稻、玉米等農作物生長的影響很大，成為政府需積極防治的對象，民眾若有發現應立即通報相關單位處理。

圖5-5 臺灣常見的外來種



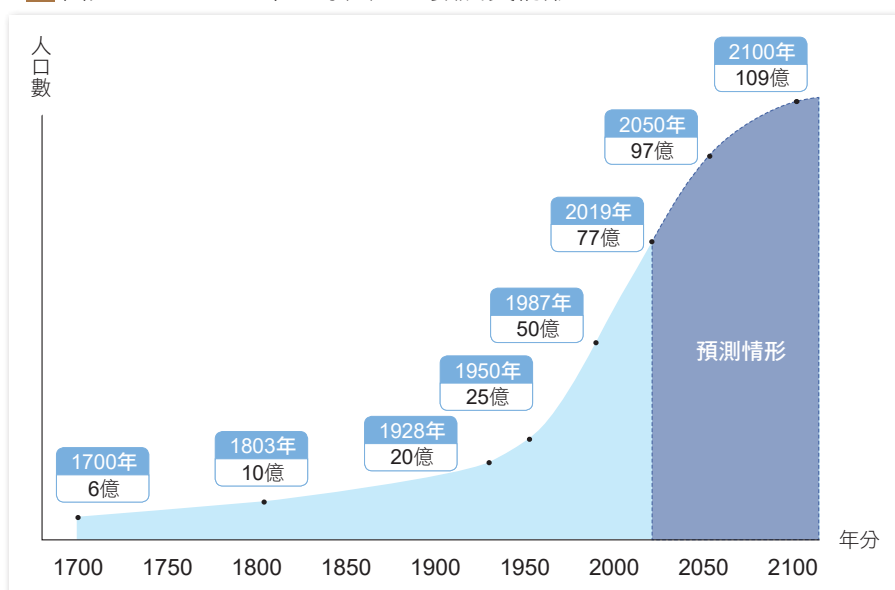
布袋蓮



3 人口問題 (human over - Population)

目前全世界的人口總數已超過70億，根據專家估計，到了西元2050年，全球人口將可能達到100億（圖5-6a），而人口的快速成長加劇了各種污染情況（圖5-6b）；同時，為了使用上的方便，人類更製造出許多無法被環境分解的物質，例如：各種塑膠製品（圖5-6c、d），這些產品已嚴重破壞生態環境，成為全世界必須積極處理的問題。

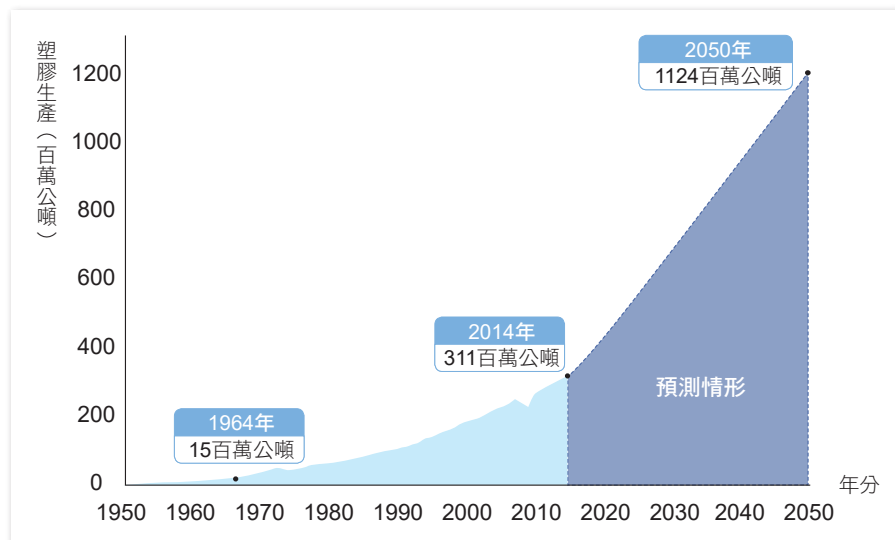
a 西元1700~2100年全球人口總數成長情形



b 車輛密集帶來空氣汙染



c 西元1950~2050全球塑膠生產總數成長情形



d 生活中充斥塑膠用品



圖5-6 因全球人口數成長帶來的各項問題

a 空氣汙染



b 水汙染



c 土壤汙染



▲ 圖5-7 環境汙染

4 環境汙染（Pollution）

人類的活動常會造成各種環境汙染。在空氣汙染方面，汽機車或工廠所排放的廢氣（圖5-7a），可能會引起呼吸道疾病；燃燒塑膠或廢電纜時所產生的戴奧辛，可能導致癌症。工廠若排放含有鎘和汞等重金屬的廢水，會造成水汙染（圖5-7b），影響水中生物的生存；家庭排放的污水中如含有過量的磷化物，會使湖泊和河川產生**優養化**的現象。

此外，垃圾和廚餘等固體廢棄物，若未妥善處理任意丟棄，會滋生病菌及蚊蠅，影響環境衛生與周遭生物的生存，也可能造成土壤汙染（圖5-7c），同時也危害我們的健康。除了垃圾之外，土壤汙染的來源還包括工廠排放含有重金屬的廢水、農民使用的農藥等。受到汙染的土壤無法種植農作物，有毒物質也可能流入地下水，影響飲用水的安全。

課程補充

戴奧辛

戴奧辛（dioxin）是兩百多種含氯化合物的統稱，均具有毒性，易累積於動物體內而不易代謝，被稱為世紀之毒。進入人體時，會刺激皮膚、眼睛及呼吸道，並產生頭痛及噁心等症狀，甚至導致孕婦流產或生出具有缺陷的胎兒。

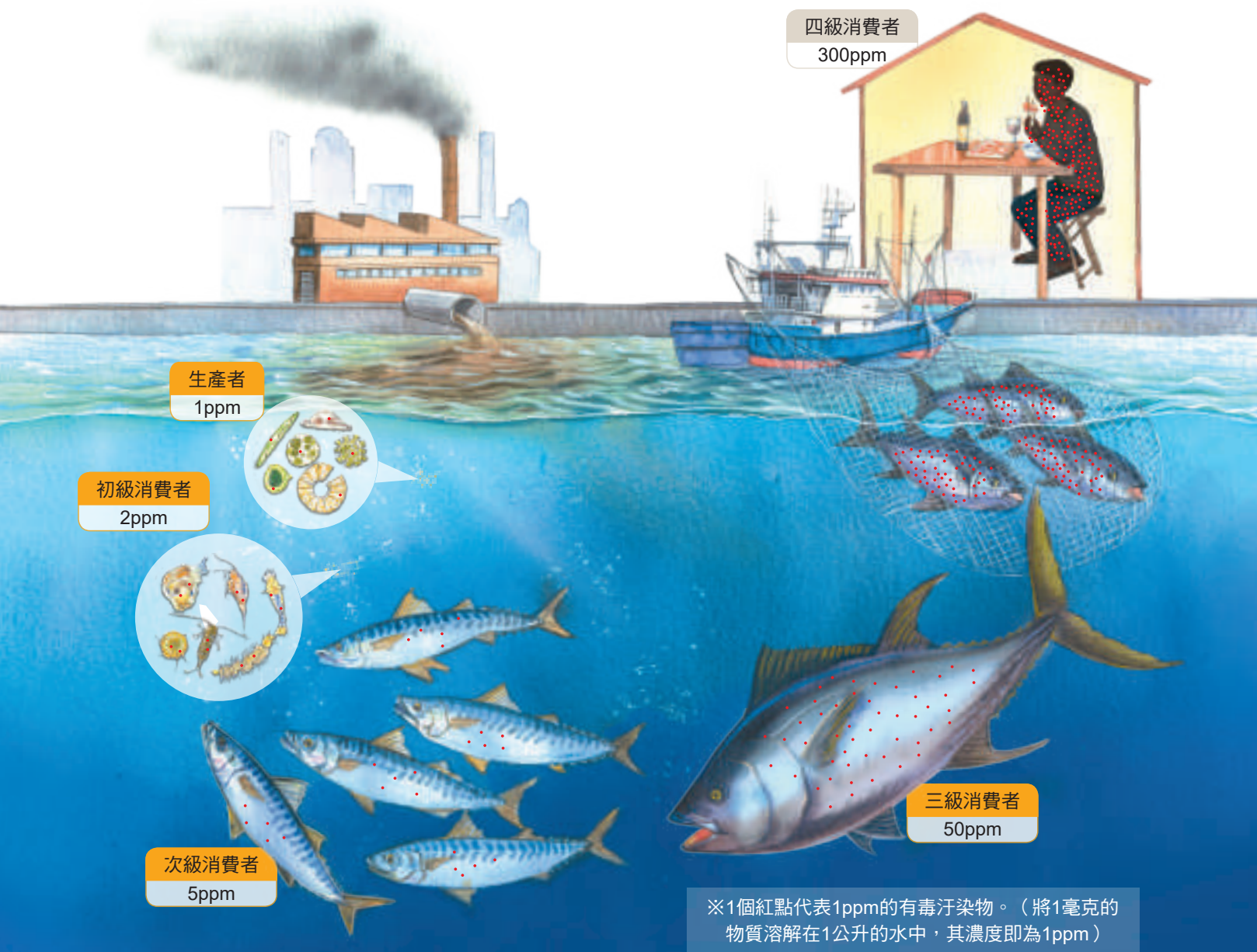
優養化

清潔劑、肥料及動物的排泄物中，常含有磷的化合物，這些成分若流入溪流、湖泊或水庫中，會使水域中的養分愈來愈多，此現象稱為優養化。優養化會造成藻類與浮游生物過度繁殖，而使水中嚴重缺氧，大量的水中生物因而死亡，導致水質混濁並發出惡臭。



有些具有毒性的污染物質，不易被生物體排除，這類物質如果進入生物體內，會隨著食物鏈的傳遞而逐漸累積，愈高級消費者的體內，污染物質的濃度會愈高，此過程稱為**生物放大作用**。以圖5-8為例，假設水中的藻類個體含有1ppm的污染物質，藉由生物放大作用，傳遞到人體中時，可能會累積到數百ppm的濃度，其毒性便會危害到人體的健康。

圖5-8 生物放大作用示意圖



5 資源過度使用 (Overharvesting by hunting and fishing)

有些開發與建設，雖然可以提升生活便利性與經濟效益，但是對於環境卻可能造成衝擊。近年來，人類對自然資源的需求與日俱增，造成資源短缺的現象日益嚴重，例如：過度捕撈海洋資源，造成海洋生物的數量銳減（圖5-9）；過度砍伐樹木，造成森林的面積急遽縮小（圖5-10）。在開發與利用資源時，應有適當的規劃，避免造成資源迅速枯竭，例如：在漁業資源保育方面，可限定捕撈的漁具及方法，實施休漁期以降低魚類捕獲量，設立漁業資源保育區等。對於可循環利用的物品，應落實資源回收，降低資源的消耗。

a 人類濫捕使鮪魚數量逐年下降



b 魚翅的需求造成多種鯊魚走向滅絕



圖5-9 過度捕撈海洋資源



▲ 圖5-10 城市擴張導致巴西西部森林面積急遽縮小

延伸補充

巴拉告 (Palakaw)

在花蓮縣的阿美族 馬太鞍部落族人發展出一種特殊又環保的傳統捕魚法——巴拉告 (Palakaw)。當族人要捕魚時，便會到巴拉告去抓魚，需要多少便抓多少，讓這裡的水產資源可以生生不息。

巴拉告是由三層結構組成，溪流中的生物會依習性住進各層中，自然而然形成食物鏈，和環境間成為一個穩定的生態系統。



第一層 以細竹枝及棕櫚葉為主，提供大魚穿梭覓食



第二層 以九芎樹枝為主，提供蝦、蟹躲藏



第三層 放置竹筒，提供底棲魚類如泥鰍、土虱棲息



圖5-11 替代能源



a 風力發電

b 太陽能發電

可做為能源的石油、煤炭等化石燃料，需要極長的時間才能形成，由於人類大規模的開採利用，其蘊藏量正快速減少。目前科學家正積極尋求利用風力、太陽能（圖5-11）和生質能等替代能源，來因應化石燃料枯竭的問題。至於核能電廠的興建，雖可紓解電量不足的困境，並減少二氧化碳的排放量，但卻必須面臨核廢料處理與核能電廠的安全管理等種種問題（圖5-12）。



圖5-12 核能發電

5-3 保育與生態平衡

1 保育的重要性

保育是指對生物及其棲地所作的保護、復育或管理等措施。做好保育工作才能保護各物種生存，維護生物多樣性。

- 5 在國際上，愈來愈重視自然生態的保育，許多有關保育的國際規約，已經被陸續制訂及實施，例如：主要目的在保護全球溼地的特別針對水禽棲地之國際重要溼地公約（簡稱拉姆薩公約）；限制國際間野生動、植物不當交易的瀕臨絕種野生動植物國際貿易公約（簡稱華盛頓公約）；致力於維護全球生物多樣性的生物多樣性公約；控制各國溫室氣體排放量的聯合國氣候變遷綱要公約等。這些公約的簽署，說明了保育工作必須跨國合作，是每一位地球公民應盡的責任。
- 10 多樣性的生物多樣性公約；控制各國溫室氣體排放量的聯合國氣候變遷綱要公約等。這些公約的簽署，說明了保育工作必須跨國合作，是每一位地球公民應盡的責任。

而在國內也陸續立法及設立各種保護區，對各種珍貴的動植物加以保護。唯有大家認清保育的重要性，保育工作才能順利推展。

15 利推展。

探究提問

近年來常聽到大氣中的臭氧層產生了破洞，請問：

1. 何謂臭氧層破洞？
2. 如何防止臭氧層產生破洞？
3. 國際上有針對防止臭氧層破洞而制定的規約嗎？

課程補充

拉姆薩公約

（西元1971年簽署）



此公約提供保護溼地生態系及正確使用其資源的架構，供各國及國際合作推展，目前全球已有2300多個具有國際重要性的溼地被列入拉姆薩國際重要溼地名單中。

生物多樣性公約

（西元1992年簽署）



生物多樣性公約的主旨在呼籲人類愛護我們賴以生存的地球，重視生物多樣性的保育，期望能永續並公平合理的分享生物多樣性所產生的利益。

華盛頓公約

（西元1973年簽署）



此公約其主要精神在管制野生動、植物的國際貿易，期望達成野生動、植物的永續利用。

聯合國氣候變遷綱要公約

（西元1992年簽署）



此公約的目的為穩定維持大氣中溫室氣體的濃度，使氣候系統適應氣候變化且不受到人為干擾，同時兼顧糧食生產與經濟發展。

延伸補充

中央山脈保育廊道

林務局於民國89年完成中央山脈保育廊道的建置作業。中央山脈保育廊道藉連接中央山脈地區的高山林地、自然保留區、野生動物保護區、自然保護區及國家公園，成為連綿不絕的綠色廊道。

2 臺灣的保護區

臺灣位居亞熱帶，雨量充沛，氣候溫暖，擁有豐富多樣的生態環境。政府長期推動各種保育工作，依據不同的需求及保育目的訂定相關法律，設立各種保護區，包括自然保留區、自然保護區、野生動物保護區、野生動物重要棲息環境、國家公園及國家自然公園等類型，總計各類型保護區之總面積，約占臺灣陸域面積的五分之一（表5-1、圖5-13、5-14）。

■表5-1 臺灣各種保護區的比較（本表不需背誦）

保護區類型	法律依據	設立主要目的	目前成立數量
自然保留區	文化資產保存法	維護及管理： - 具有代表性的生態體系 - 具有獨特地形地質意義之區域 - 具有基因保存永久觀察、教育研究價值之區域	22
自然保護區	森林法	- 維護具有生態保育價值之原始森林、代表性之地景、林型、特殊之天然湖泊、溪流、沼澤、海岸、沙灘等區域 - 維護保育類野生動物之棲息地或珍貴稀有植物之生育地 - 維護其他經主管機關認定有特別保護必要之地區	6
野生動物保護區	野生動物保育法	保護野生動物及其棲息環境	20
野生動物重要棲息環境			38
國家公園	國家公園法	- 保護國家特有之自然風景、野生動植物及人文史蹟 - 提供國民育樂及研究	9
國家自然公園			1

臺灣主要保護區

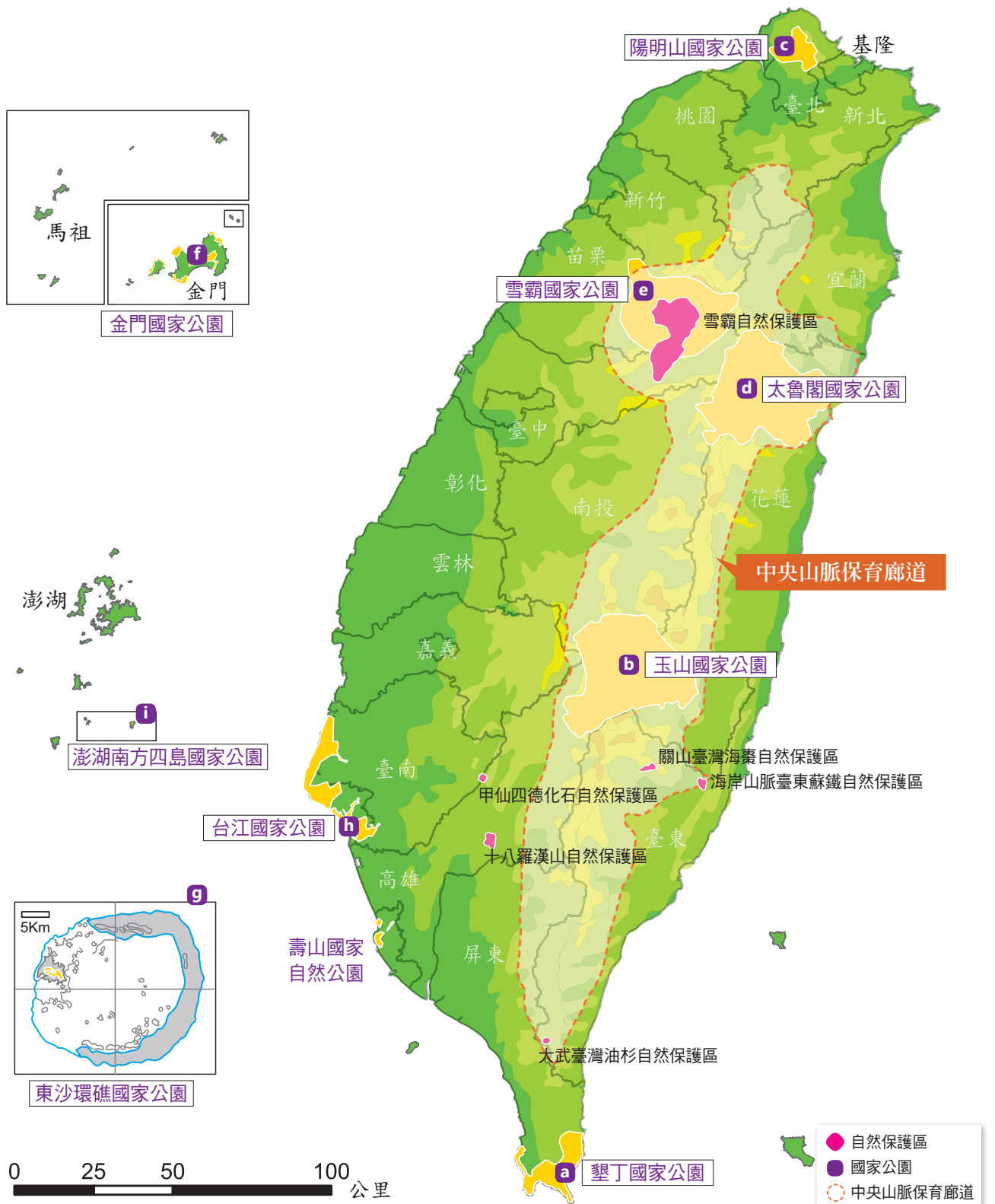


圖5-13 臺灣主要保護區的分布情形



a 墾丁國家公園

成立於民國73年，為我國第一座成立的國家公園，三面臨海，面積同時涵蓋陸域與海域。除了以珊瑚礁為主的海洋生態，墾丁深受東北季風與陸地地形影響，進而孕育出獨特的熱帶海岸林。



c 陽明山國家公園

成立於民國74年，以大屯山火山群為主的特有地貌著稱。由於土壤偏酸性，又受東北季風與盆地地勢影響，故動植物分布與種類有別於其他同緯度地區，夢幻湖中的臺灣水韭更是臺灣特有的水生蕨類。



e 雪霸國家公園

成立於民國81年，地勢富於變化，集高峰、深谷、斷崖與鐘乳石等各種地形於一身。當中也深藏珍貴動植物，七家灣溪的櫻花鉤吻鮭更可說是雪霸之寶。

73年

74年

75年

81年



b 玉山國家公園

成立於民國74年，全區以東北亞最高峰玉山山脈為主軸。園內動植物多樣性極為豐富，內有臺灣黑熊、山羌、帝雉與藍腹鵲等臺灣珍稀物種，而居於森林最底層的山椒魚，更是臺灣歷經冰河時期的活證據。



d 太魯閣國家公園

成立於民國75年，以地殼抬升與立霧溪所侵蝕的大理石峽谷著稱，並且大理岩地質也孕育出獨特的植物面貌，太魯閣繡線菊、太魯閣小米草、太魯閣小蘗等，都是太魯閣僅見的特有種類。

▲ 圖5-14 臺灣的國家公園及國家自然公園成立年表及特色



g 東沙環礁國家公園

成立於民國96年，是由造礁珊瑚歷經約1萬年建造形成，可說是世界級的地景景觀，並且東沙環礁也是南海及臺灣海洋資源的關鍵棲地。



i 澎湖南方四島國家公園

成立於民國103年，主要包括澎湖南方的東嶼坪嶼、西嶼坪嶼、東吉嶼、西吉嶼以及其他附屬島礁。這些島嶼開發程度極低，無論是自然生態、地質環境以及人文史跡等，都保有未經人為破壞的天然景觀。

84年

96年

98年

100年

103年



f 金門國家公園

成立於民國84年，主要特色是823砲戰戰役紀念地與歷史古蹟，並且金門的鳥類密度可說是全臺之冠，其中褐翅鴉鵂、斑翡翠等鳥種，更得在金門這裡才可見到。



h 台江國家公園

成立於民國98年，是唯一具有河海交界溼地生態系的國家公園，各種水鳥、溼地植物與招潮蟹特別豐富多樣，而黑面琵鷺更是台江的主要保育重點。



壽山國家自然公園

首座國家自然公園，成立於民國100年，位於都會區，以高位珊瑚礁石灰岩地形、具有獨特的珊瑚礁植被、著名的臺灣獼猴以及珍貴的史前貝塚遺跡為特色。保育重點為淺山生物多樣性、環境教育、生態旅遊及文史資源永續利用等多方面的效益。

探究提問

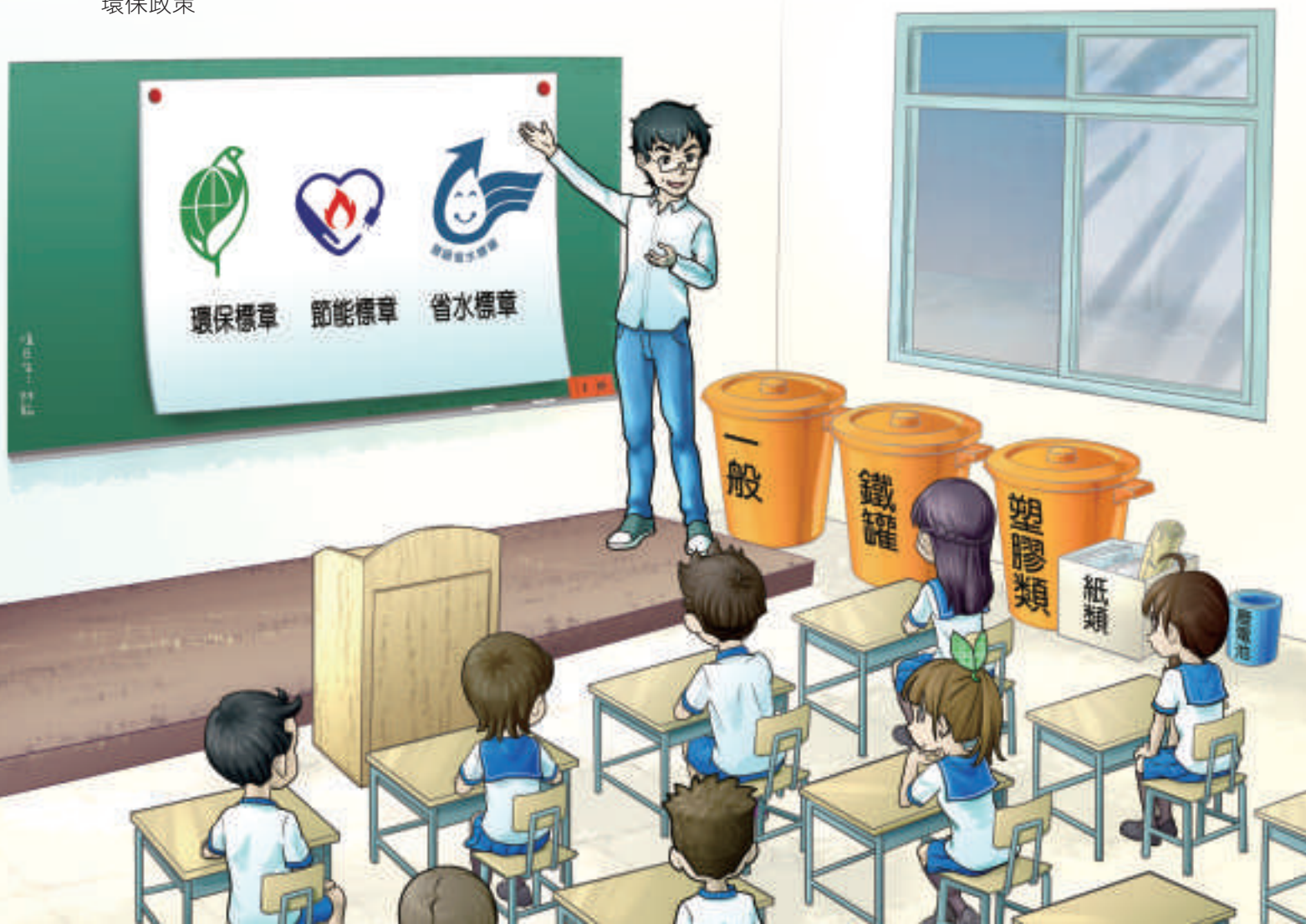
學習過本章後，我們了解環境保護政策對生態環境維護的重要性，但有時為了經濟發展，必須從事某些建設工作。請同學們查閱報章雜誌或上網搜尋：目前有哪些建設可能會對環境造成破壞？這些建設及環保的衝突，是否有妥善的解決方法？

3 環保政策執行與個人環保作為

身為地球村的一員，我們有責任與義務為環境保護盡更多的心力。從政府的政策執行到個人的日常生活，都應該積極落實環境保護。

- 5 為了降低對環境的破壞，政府制定了許多環保政策，包括推動環境教育，提升全民環境素養，健全環境影響評估制度，預防各種開發建設對環境造成危害，修正各項與環保相關的法規，防止空氣、水源等污染繼續惡化，推動綠色消費，減少二氧化碳的排放量等（圖5-15）。上述各
- 10 項政策若能全面推動，對於環境保護將有極大的助益。

圖5-15 能落實在生活中的環保政策



在日常生活中，每個人都可以依照5R的觀念，落實各項環保作為：

1 Reduce（減量）

減少丟棄之垃圾量，例如：物品勿過度包裝、減少塑膠袋的使用等，從源頭開始垃圾減量。

2 Reuse（重複使用）

重複使用容器或產品，例如：自備環保餐具（圖5-16）、環保袋或重複使用塑膠袋，除了可以減少垃圾，也可減少砍伐樹木。

3 Repair（維修）

重視維修保養，延長物品使用壽命，例如：家具及電器用品若是損壞可以修理，而非直接丟棄。

4 Refuse（拒絕）

拒用無環保觀念產品，例如：塑膠吸管易成為海洋動物的殺手，應減少使用。

5 Recycle（回收）

回收使用再生產品，例如：玻璃可回收做成節能磚，成為防火建材。



圖5-16 自備環保餐具



圖5-17 搭乘大眾交通工具



圖5-18 參與淨灘活動

此外，搭乘大眾交通工具，不但能降低能源消耗，同時可減少空氣汙染（圖5-17）；落實垃圾分類及資源回收，並讓資源再利用。上述這些作為，只要我們願意，人人都做得到。若是更多人能投入淨灘、淨山等活動（圖5-18），相信不久後，我們的家園便能恢復往日的美麗樣貌。

相關課程，請見 P195



生物多樣性

生物多樣性的層次

- ・遺傳多樣性
- ・物種多樣性
- ・生態系多樣性



生物多樣性面臨的危機



- ・生物放大作用：有毒性且不易被生物體排除的汙染物，隨著食物鏈的傳遞，累積至較高級消費者的體內。



保育與生態平衡

有關保育的國際規約



臺灣的保護區

· 臺灣擁有豐富多樣的生態環境，政府依不同的需求及法律規範，設立各式保護區：



環保政策執行與個人環保作為



海洋生物的終極殺手

西元2017年元月，某媒體發表的中途島生態影片裡，誤食人類垃圾而死亡的信天翁胃中，赫然出現來自臺南市某夜店的打火機，此畫面一曝光，更加突顯出臺灣海洋垃圾問題的嚴重性。

臺灣四面環海，擁有豐富的海洋資源，但近年來海洋中的垃圾量驟增，海洋生態遭破壞的情形日益嚴重。以臺灣東北角海岸為例，海水中充斥著塑膠袋、漁網、電纜線等各式各樣的垃圾，許多海洋生物因誤食這些垃圾，或是被這些垃圾纏繞而喪失了寶貴的生命。

▼海龜被漁網纏住



▲中途島的信天翁體內充滿大量塑膠垃圾



▲海龜誤食塑膠袋

這些海洋垃圾到底從何而來？除了有部分垃圾是被缺乏公德心的人們丟入海中之外，人類的某些建設或作為，也是造成大量垃圾流入海中的主要原因。舉例來說，位於基隆八斗子的潮境公園，原本是一處垃圾掩埋場，基隆市政府在掩埋場上方覆蓋土壤，改建成潮境公園，成為人們遊玩休憩的景點。但此處因長期受到東北季風及颱風吹襲，位於東北面迎風處的海

堤漸漸崩塌，使得早期掩埋的垃圾逐漸裸露，甚至隨著颱風漂入海水中，嚴重破壞海洋生態環境，影響海洋生物的生存。經過專家評估後，建議政府應儘快進行潮境公園海堤的維修，以免災害持續擴大。同時也呼籲國人都能避免製造海洋垃圾，共同維護海洋生態環境，讓海洋中的生物，都能擁有一個適合生存的美麗家園。

▼基隆八斗子的潮境公園



請同學們依上述內容，回答下列問題：

- () 1. 請依照常識推論，下列何者不是海洋垃圾所帶來的影響？
 (A)破壞海洋生物的棲息環境 (B)影響海洋生物的繁殖場域
 (C)使海洋生物誤食而死亡 (D)提供海洋生物豐富的食物來源
2. 想一想，在日常生活中有哪些作法，可以減少海洋垃圾？

.....

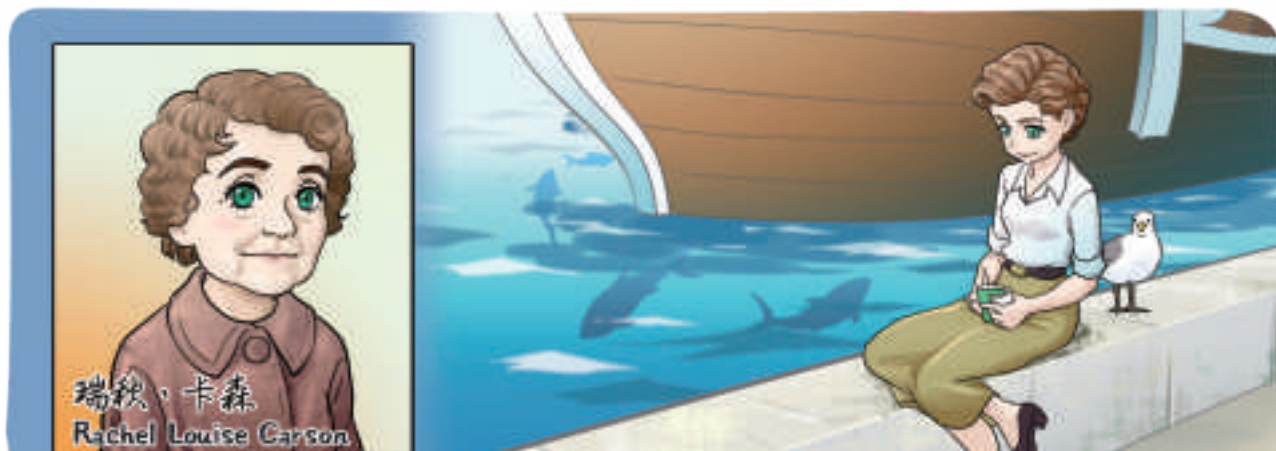
.....

3. 在文章中提到：許多海洋生物因誤食這些垃圾，或是被這些垃圾纏繞而喪失了寶貴的生命。請問海洋生物誤食垃圾後會死亡的原因，可能有哪些？

.....

.....

.....



關於

1907~1964

出生：美國賓夕法尼亞州

職業：

- 海洋生物學家
- 漁業管理局出版物主編
- 作家

成就：

以著作「寂靜的春天」喚起大眾對環境保護議題的關心



瑞秋·卡森——漁業管理局

1936年

終於被錄取了~上工拉!



aaa 終於有女同事了~

讚 · 回覆 · 1936年



瑞秋·卡森——覺得害怕

1958年

我不喜歡我所見到的，但因此對他視而不見絕非好事
#農藥濫用#DDT is bad for me-e-e!



瑞秋·卡森——在哥倫比亞廣播公司

4月，1963年

或許我會被癌症擊倒，但我不會被你們這些化學公司擊倒



西元1957年，麻薩諸塞州一位鳥類保護區的管理員寫給瑞秋·卡森一封信，告訴她農藥滴滴涕 (DDT) 會使鳥類的卵殼變薄，導致鳥類瀕臨絕種。



這世界好安靜啊！

瑞秋·卡森決定要寫一本關懷環境議題並檢討農藥濫用無度的書，於是出版了「寂靜的春天」。

第二次世界大戰結束後，科學家發現新合成的化學物質，可以用來除滅農業雜草害蟲及傳染病害蟲。

這可以拿來殺蚊蟲耶！

美國政府開始大量使用這些化學藥品來除滅病媒蚊等害蟲，開始時確實得到非常好的成果，瘧疾得到了控制，農業害蟲也大量減少。

但是不久之後，害蟲們產生抗藥性捲土重來，這時再使用相同的藥劑已得不到良好的效果，反而造成了食物鏈上層的鳥類、哺乳類等，都因為生物放大作用而被毒害。

這…有…毒……

切！竟然討救兵

給我上，殺牠個片甲不留！

後來人們發現，並不是所有的昆蟲或是雜草都對農作物有害，有些甚至可以抑制其他害蟲達到生物防治的效果。

所有證據都顯示了藥劑的危害！

「寂靜的春天」發表後引起大眾的迴響，但也引起各大化工公司的不滿，她上電視與化工公司的代表進行辯論，更獲得了大眾的認同。

你這個無知的人！

「寂靜的春天」出版後兩年，瑞秋·卡森與世長辭，但她留下來的環保精神已經點燃於大眾的心中。

在魚身上發現DDT殘留

參議員尼爾森呼籲立法禁用DDT

DDT的威脅

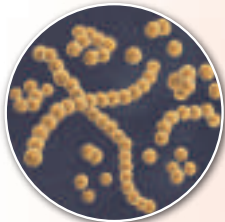


地球的過去、現在與未來

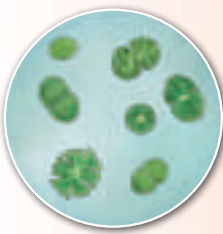
已存在46億年的地球，經過時間的更迭與環境的改變，不斷的有許多生物消逝與出現。演化的生命都十分可貴，而人類是何時出現的呢？讓我們先來看看地球的生命里程碑。

地球誕生，當時地球表面為岩漿，溫度極高，大氣中缺乏氧氣，沒有生物生存。

海洋中原始的單細胞生物出現，形成了最早的生命，科學家推測，它們可能是從太空掉下來，也可能是跟著海底火山的氣泡從海床飄上來。

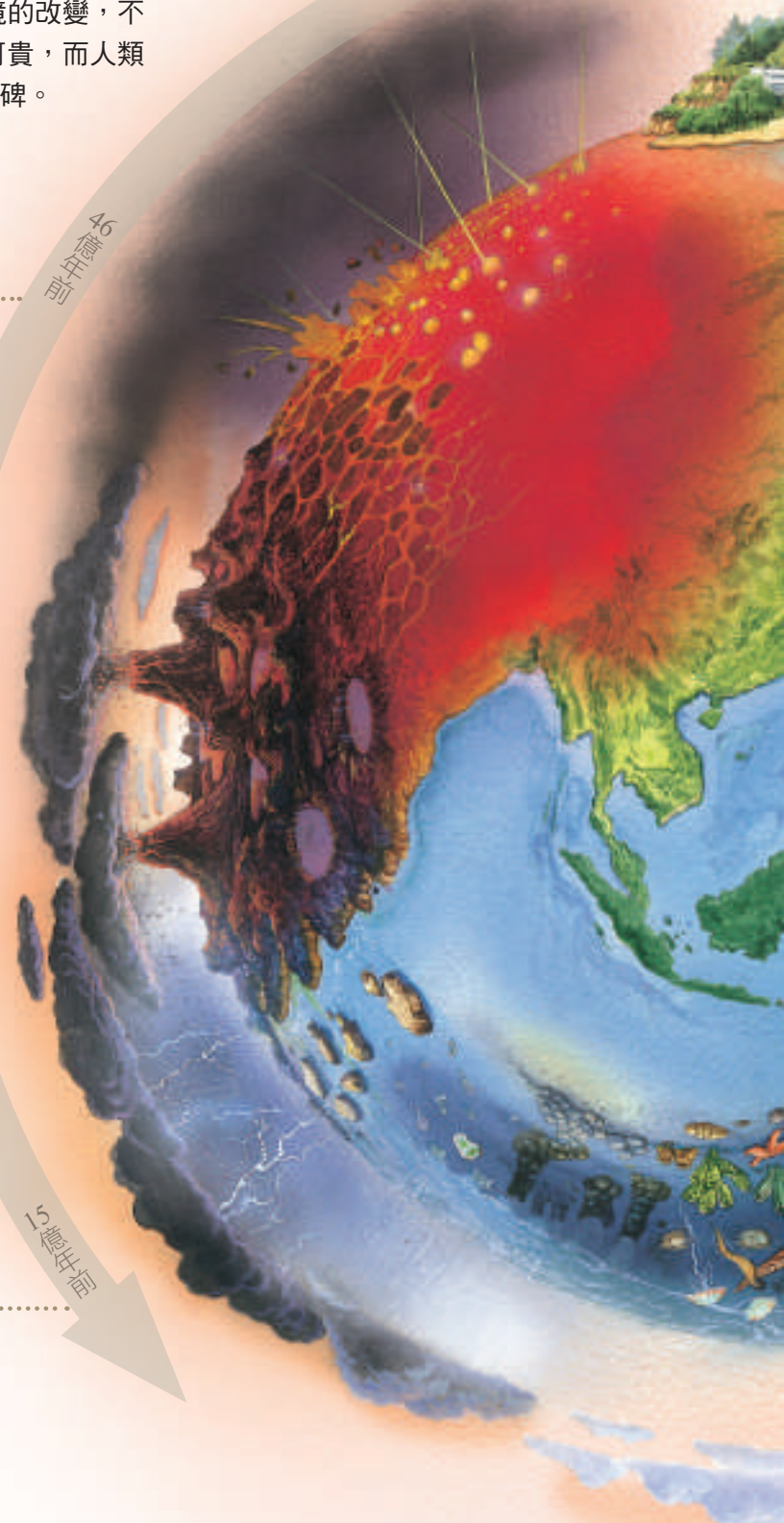


有些細胞開始使用陽光、水、空氣中的氣體幫助自己生長，這些可行光合作用的單細胞生物出現。



當空氣中有了氧氣，有些細胞開始使用氧氣生長、發育，之後多細胞生物出現，並出現有性生殖，引發更快的演化。

46億年前
40億年前
35億年前
12億年前





物種性狀經歷代代相傳，在物種本身，會有各種形式、沒有方向性的演化，然而環境會使適合的物種的生存，不適合的物種則淘汰。在巨大的地球歷史尺度中，會發現地球上大部分的生命在個體構造上，由簡單（單細胞生物）演化到複雜（多細胞生物）；在環境適應上，由水生生物逐漸演化出陸生生物。

人類出現，若把46億年的地球歷史壓縮為一天的時間，人類僅出現了一天中最後約38秒的時間，卻在短時間內，大幅改變地球的環境與生態。

2.3
億年前

像爬蟲類的動物出現，身上具有鱗片且卵帶有殼，有些演化成巨大無比的恐龍，有些演化成可飛行的鳥類，陸地、天空與海中充滿各式生物。

10
億年前

海洋生物愈來愈多，有些會開始搶奪空間、彼此互食，愈長愈大，此時生物開始由海中往陸地發展。





過去 生物的演化

因為地球長時間環境的改變，得以適應環境的物種可能因演化出特殊構造，而有利其生存。

植物



角質層

蘚苔植物

大約4億多年前，初期的植物表皮因具角質層，能減少水分蒸散，適應陸地乾燥的環境。

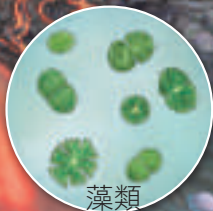
蕨類植物

具有維管束的植物出現，除了可支撐植物體之外，也能提高水分及養分的運輸效率。



維管束

原始的生命



藻類

動物

水生動物

最初的生命出現後，經過很長的時間，慢慢出現多樣的動物，例如：三葉蟲、魚類等水生動物。

昆蟲與兩生類

昆蟲和兩生類先後出現在陸地上。根據化石推測，兩生類的四肢可能是由魚類的胸鰭與腹鰭演化而來。



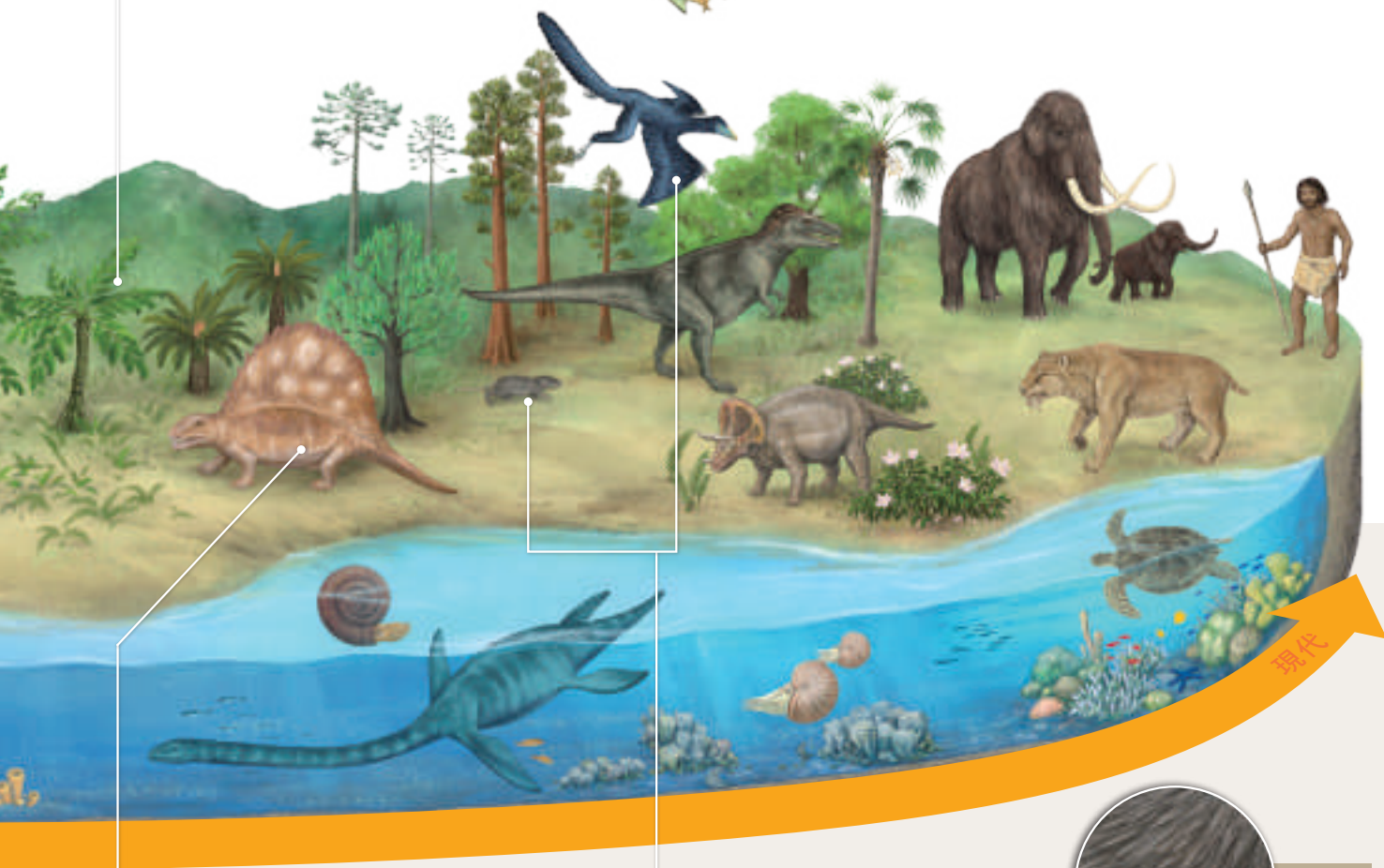


種子植物

具種子的植物演化出來，可以在進行有性生殖時不需以水為媒介，且種子本身更能耐乾旱，成為最具優勢的植物特徵。

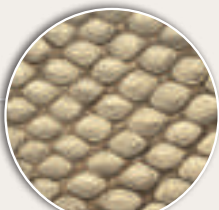


種子



爬蟲類

爬蟲類出現，由於其外表覆有鱗片或骨板，可以防止體表水分散失，因而更適應陸地乾燥的環境。



鱗片

哺乳動物與鳥類

後來，具有毛髮的哺乳類與覆有羽毛的鳥類陸續出現，由於這些動物的體溫能夠保持恆定，其活動較不受環境溫度變化的限制。



毛髮



羽毛



當地球環境大幅改變，導致過半數的物種滅亡，稱為大滅絕。科學家經由研究化石與地層的種種證據後，歸納出地球上的生命曾經歷過五次大滅絕。我們可以探討過去的生物滅絕的原因，比對現代環境是否正處於不利生物生存的條件。

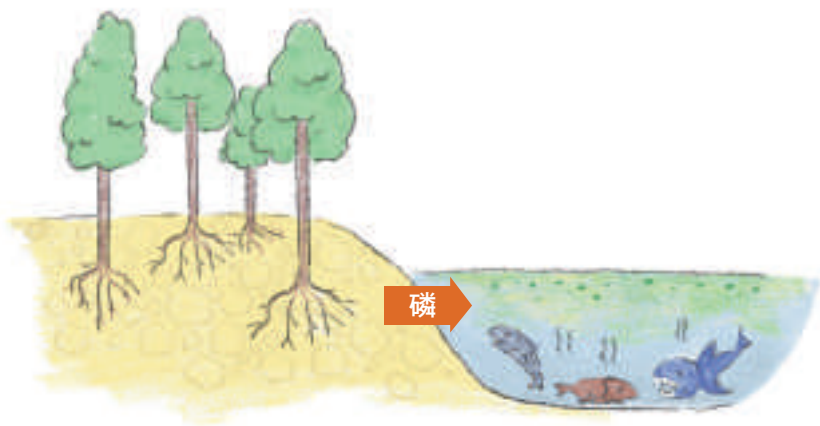
造成生物大滅絕的可能原因

■ 海水優養化

剛演化出的種子植物快速增加，成為優勢物種，其根深入岩石，將磷等礦物質釋放至海水，水中浮游性植物生長速率提高，造成海水優養化，多數海洋生物因缺氧而滅絕。

一起來反思：

現代的清潔用品與肥料也常有許多含磷物質，大量流入水中也會造成環境優養化。



想一想

有什麼實質的作為可以減少人為優養化？

■ 地球暖化

因地層劇烈變動，引發大規模火山噴發，釋放大量二氧化碳等溫室氣體，使地球溫度飆高，二氧化碳也因溶入雨水中而形成酸雨，造成許多陸地、海洋生物死亡。

一起來反思：

現代工廠、各式交通工具也會排出大量二氧化碳，讓地球再度面臨全球暖化的問題。



想一想

現今地球正面臨暖化，你覺得是否有可能會再發生大滅絕的現象？



■ 隕石撞擊

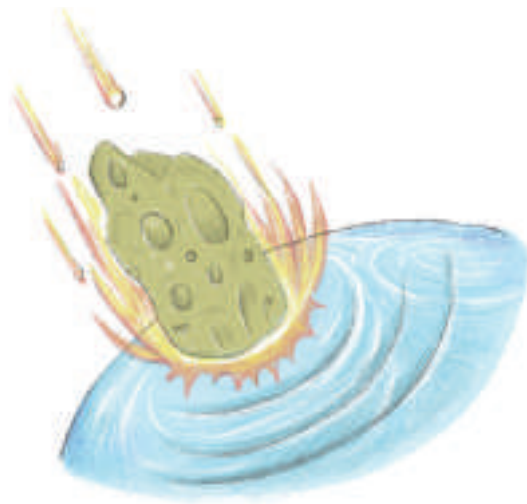
地球遭到寬達10公里以上的隕石撞擊，撞擊點瞬間產生高溫，使鄰近生物死亡，之後引發大地震、海嘯、火山爆發等各式災難席捲而來，使當時優勢物種——恐龍滅絕。

一起來反思：

隨著觀測技術的進步，科學家們多能掌握大部分天體的軌道，10公里以上的隕石更是幾千萬到數億年才有一次。雖然如此，宇宙中仍有許多未知與現今技術無法到達的極限。

想一想

若巨大隕石撞擊地球，沒有人能夠置身事外，你覺得面對全球性的議題，我們應該用什麼態度面對？

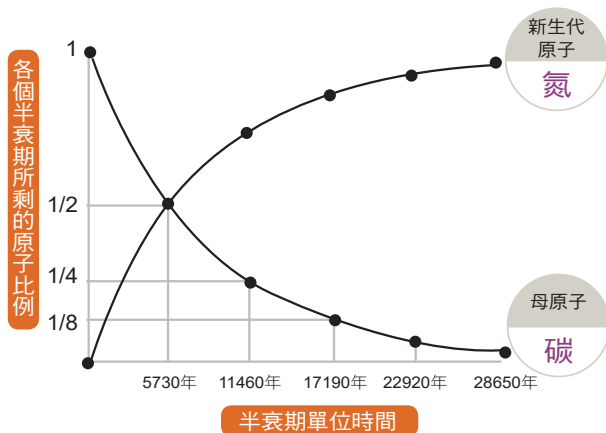


科學家怎麼知道生物滅絕的年代呢？

科學家可從滅絕生物的化石，透過放射性定年法推估年代。

■ 放射性定年法

自然界有一些具放射性的元素，這些元素經過一段時間後，會轉變成另一種不具放射性的元素；放射性元素的含量經轉變而減少一半所需的時間稱為半衰期。例如：放射性的碳會轉變成不具放射性的氮，其半衰期為5730年。由於生物體內都含有放射性的碳，要判斷化石的年齡時，可檢測此化石中所含放射性的碳與不具放射性的氮之比例而推算得知。這種判斷化石年齡的方式，稱為放射性定年法。



想一想

利用放射性定年法，發現找到的海膽化石成分中，放射性碳與氮比例為1：8，請問海膽化石距今約幾年？



除了自然環境的變遷，人類同時也在改變環境，生活在其中的生物長時間與環境交互作用之下，為了成功生存及繁衍，外表可能也跟著改變。讓我們來看看以下胡椒蛾的例子。

胡椒蛾介紹：

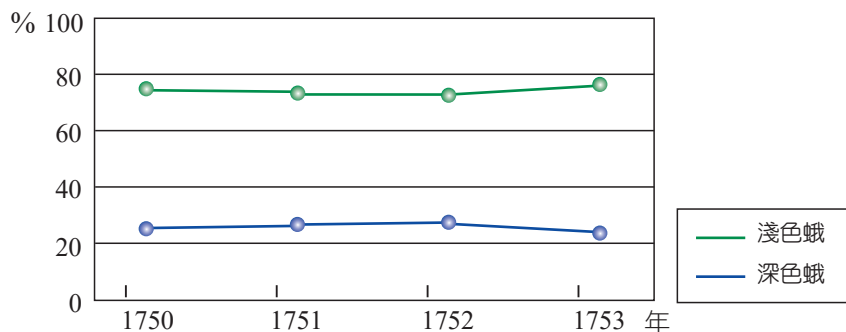
在英國有一種分布很廣的胡椒蛾，這種蛾的體色有的較淺，有的較深，會棲息在樹林的樹幹上，樹幹的顏色也有淺色和深色。

樹林中有一些會捕食胡椒蛾的鳥類，這些鳥類在捕食胡椒蛾時，並不會特別選擇淺色或深色的蛾。



調查 1：

生物學家長期調查某樹林中胡椒蛾的數量，發現淺色蛾的數目一直都比深色蛾多，兩種蛾的比例如圖①所示。



圖①自西元1750～1753年，某樹林中淺色蛾和深色蛾的比例折線圖。

調查 2：

工業革命之後，由於工廠數目大幅增加，排放出許多黑煙，樹林中許多淺色樹的樹幹被染成深色。生物學家再次調查淺色蛾和深色蛾的數量時，得到表①的數據。

	1760年	1761年	1762年	1763年
淺色蛾	708	510	321	137
深色蛾	103	316	540	732

表①自西元1760～1763年，某樹林中淺色蛾和深色蛾的數量。



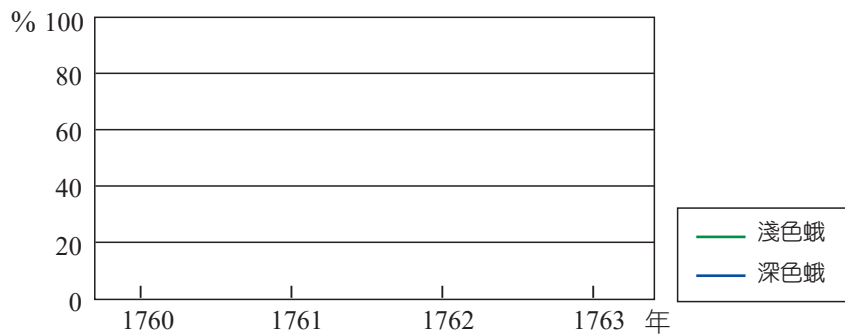
數據統整：

1. 請依據表①中蛾的數量，計算出各年份淺色蛾和深色蛾的比例，填入下表②的空格中。

	1760年	1761年	1762年	1763年
淺色蛾 (%)				
深色蛾 (%)				

表②自西元1760～1763年，某樹林中淺色蛾和深色蛾的比例。

2. 請依據表②，將各年份淺色蛾和深色蛾的比例折線圖繪製於圖②中。



圖②自西元1760～1763年，某樹林中淺色蛾和深色蛾的比例折線圖。

問題與討論：

1 依據本活動的事件說明，工業革命後，深色胡椒蛾的數量大幅增加，主要的原因可能為何？

2 若想恢復原來淺色胡椒蛾較多的情形時，可以採取哪些措施？

從這個例子可以知道，經過長時間的累積，人類活動確實會對環境與生存其中的生物造成很大的影響，而這影響是朝向正面還是負面發展呢？



現在 第六次大滅絕？

滅絕雖然是大自然的一種現象，但是「自然所引起的滅絕」與「人類所導致的滅絕」是不同的。根據科學家研究，人類所導致的物種滅絕速度，已超越物種演化速度，因此人類造成的物種滅絕無法演化出後續的新生物；現今物種滅絕的速率，大約是地球歷史平均滅絕速率的100倍。人類，正在造成地球生物的第六次大滅絕。

因人類而滅絕的動物

這些物種曾經與人類共存，如今我們只能從標本看到牠們了。



多多鳥

（1680年滅絕）

由於不會飛行且不善躲藏，此重達20公斤的鳥類因人類大量捕食而滅絕。



大海雀

（1844年滅絕）

因不會飛行、行走緩慢、不怕人類等特性，被人類以獲取肉、蛋和羽毛大量屠殺。



旅鴿

（1914年滅絕）

因族群內遺傳多樣性較低、被人類大量捕食與棲地喪失而滅絕。



袋狼

（2000年滅絕）

因人類引入外來種——犬，帶來疾病與縮小棲地，且因被認為會殺害人類飼養的牲畜，而遭大量捕殺。



臺灣雲豹

（2013年滅絕）

雲豹對棲息地有廣大性和隱秘性的需求，但因工業發展，森林被大量砍伐，使得族群大量減少。



人類具有發達的大腦及靈巧的雙手，可以創造出種種文明及有利人類生存的環境，但在各種創造及開發的過程中，往往也會造成環境與其他生物極大的傷害。如何善用我們的能力，讓地球上各種生物與環境得以永續發展，是非常重要的課題，也是我們應該努力的目標，唯有如此，才能讓地球永續發展，地球上的生命也才能共存共榮。



野生動物保育名錄

終止滅絕，現在開始！

為了保育國內野生動物，政府列出瀕臨絕種的野生動物名錄，以避免野生動物絕種的情形發生。請查詢名錄中「第Ⅰ級：瀕臨絕種保育類野生動物」，選擇一種動物，並查詢圖鑑，了解此動物遭遇的困境為何？

1. 我選擇的瀕臨絕種動物名稱：_____。
2. 此動物分類為：☐ 哺乳類 ☐ 鳥類 ☐ 爬蟲類 ☐ 兩生類 ☐ 魚類 ☐ 昆蟲
3. 此動物生活於：☐ 陸域 ☐ 水域，_____ 生態系。
4. 此動物基本資料：

大小：

特徵：

食性：

畫下來記錄：

5. 瀕臨絕種因素：

6. 有什麼方式能避免此生物滅絕：



保育類
野生動物圖鑑

想一想

植物也有滅絕現象嗎？請查詢相關資料，說明全球植物物種保存情形，與此情形可能會對動物造成的影響。



雖然人類已經對地球造成了無法挽回的傷害，但改變永遠不嫌遲，我們可以從改善周遭環境開始



臺灣因地勢陡峭，且雨水集中，易發生土石流，此為自然現象，但若任意砍伐山林，將使土石流發生的情況愈頻繁且愈嚴重，是什麼原因造成此現象呢？讓我們用實驗來模擬看看。

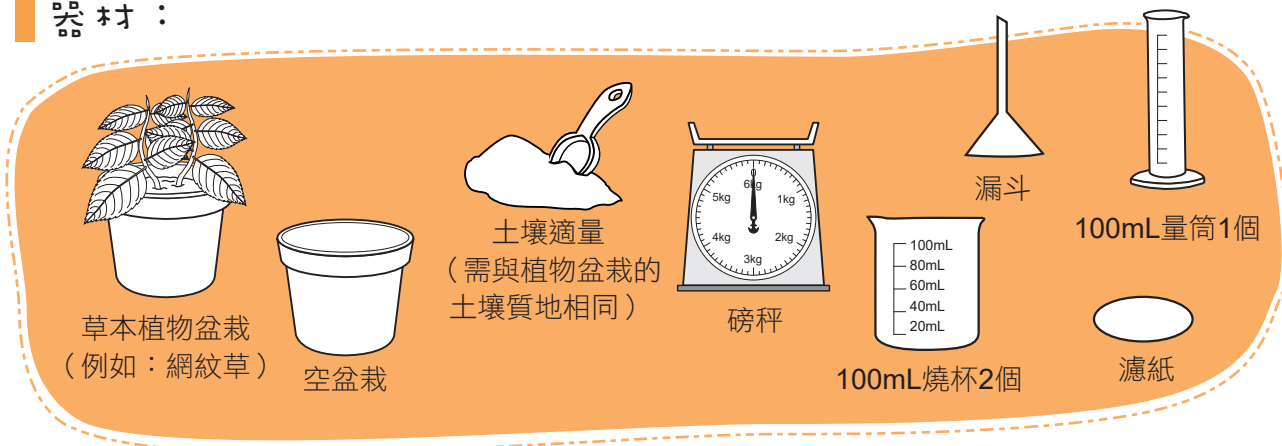


水土保持

目的：

模擬人為濫砍植物的行為，經由實驗測量盆栽植物對水的吸收效果，了解植物對水土保持的重要性及濫砍植物可能造成的結果。

器材：

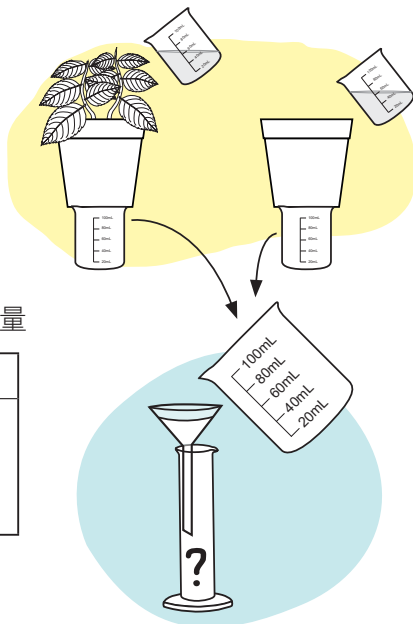
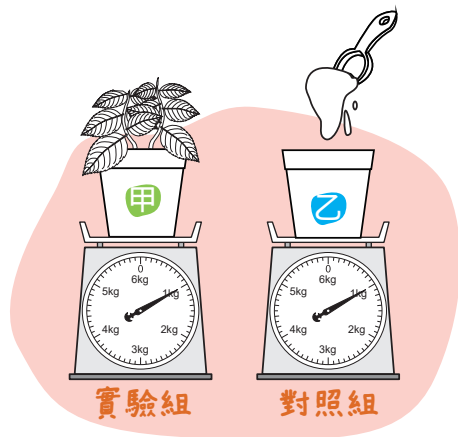




步驟：

1. 植物盆栽標示為甲，另一盆標示為乙。將土壤放入乙盆內至與甲盆等重，並將土壓實至與甲盆土壤高度相同，不種植物，模擬濫砍後土壤的保水程度。
2. 每日按時為甲、乙盆澆水，並適度照光，約1週後進行下列3～5步驟。
3. 甲盆底部架在燒杯上，另一燒杯裝水100mL，將水緩緩倒入甲盆，讓水由盆栽底部的排水孔流入下方的燒杯中。
4. 待水流停止後，取出盆栽下方的燒杯，將燒杯內的水通過濾紙過濾倒入量筒中，測量水量並記錄。
5. 重覆上述3～4的步驟，測量並記錄乙盆排出的水量。

註：過濾的水包含泥沙，可靜置5～10分鐘再過濾。



結果：

1. 請列出實驗中的變因分別為何？
2. 請寫下甲、乙兩盆的排水量

控制變因 (至少列三項)	
操作變因	
應變變因	

編號	甲	乙
排水量		

問題與討論

- 1 比較甲、乙盆栽所流出的水量，何者較多？請以植物的構造與功能，推論可能的原因。

- 2 若濫砍山坡地的植物，可能會造成怎樣的後果？請說明其原因。

想一想

在山坡地上，種植檳榔樹會比種植樟樹更容易發生土石流，這是什麼原因呢？若要以實驗的方式來做驗證，你會如何做設計？請簡述你的做法。



地球的未來會如何呢？依據科學家的研究報告顯示，人類取用地球資源已經超出自然界可以回復的情形，再不積極行動，發生問題的情況可能會更加頻繁與嚴重。

地球的未來會如何？

大量使用能源



數據顯示，88.6%的二氧化碳來自燃燒化石燃料，包括用來發電、工業、運輸等。

製造對環境不友善的物質



塑膠難以被自然分解，環境中累積愈來愈多的塑膠廢棄物。

大面積森林砍伐

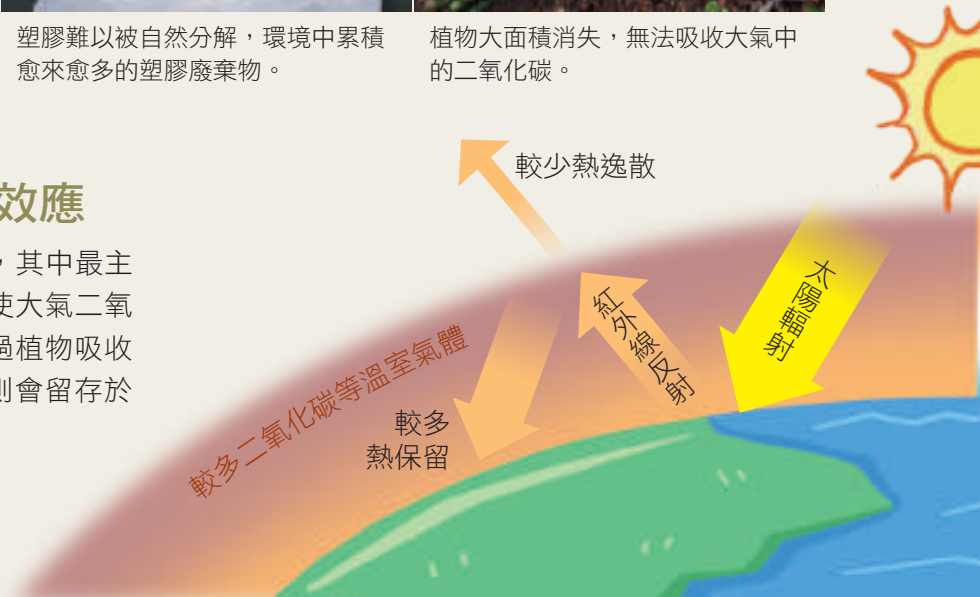


植物大面積消失，無法吸收大氣中的二氧化碳。

人為加劇溫室效應

溫室氣體會保留熱能，其中最主要為二氧化碳。人類活動使大氣二氧化碳增加，若二氧化碳超過植物吸收與溶解於海洋中的速度，則會留存於大氣中，使全球溫度上升。

過多二氧化碳



氣溫升高



溫室效應使全球氣溫升高，發生乾旱、森林大火、海平面上升等頻率增加。

糧食缺乏



因氣候變遷，作物無法生長，將導致全球糧食不足。

疾病散播



生物被迫離開原有的棲地，增加與人類接觸的機會，導致人畜共通傳染病的散播。



若想讓地球恢復平衡與穩定，我們必須做出改變，讓地球恢復原來應有的樣貌，人類也才得以持續在地球上與其他生物和諧共存。

取決於現在的行動

節約用電



臺灣用電主要來自火力發電，節約用電可減少排放二氧化碳

開發替代能源

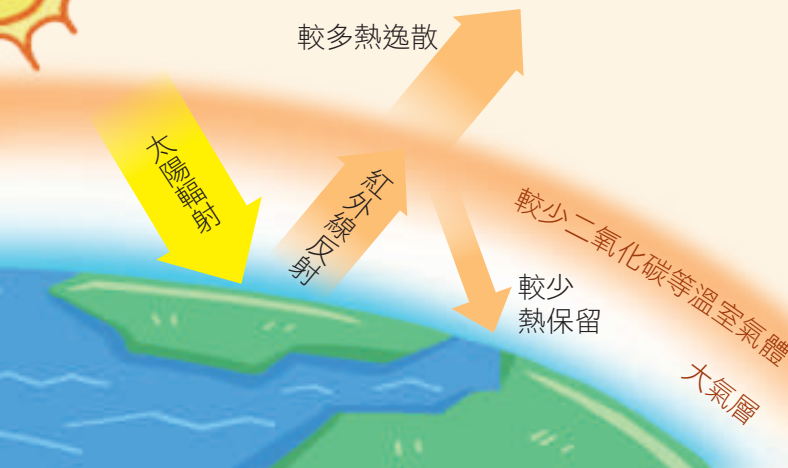


發展減少排放二氧化碳的能源

環境保護



減少開發原生林、關心自然環境與生態議題



自然溫室效應

溫室效應是自然現象，陽光穿過大氣層後被地球表面吸收，適量溫室氣體可以保存熱能，提供生物適宜的溫度；沒有溫室效應，地球可能會變得太過寒冷。因此，如何達成二氧化碳的平衡是很重要課題。

資源充足



健康的生態系



適宜的居住環境



認識了地球的過去，了解現今面臨的問題，並且展望未來，人類對周遭的生物與環境扮演舉足輕重的角色，我們做為地球生命的一份子，是否能夠為地球資源的永續盡一份心力呢？



模擬溫室效應



溫室效應

目的：

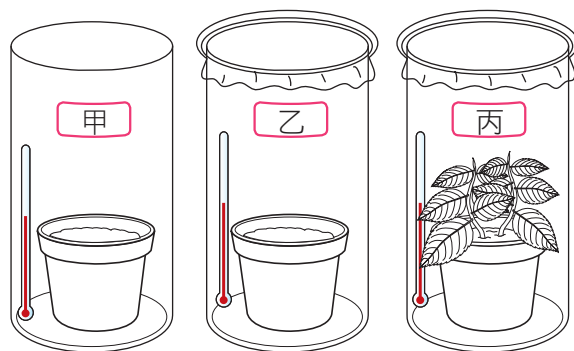
利用封閉空間，模擬溫室效應與溫度的關係，同時尋找可能減少溫室效應的解決方式。

器材：

透明的瓶罐3個、溫度計3支、裝有土的盆栽2個、草本植物盆栽1個、適當大小保鮮膜2張

步驟：

1. 三個透明瓶標示甲、乙、丙，將溫度計貼於壁上或置於中央。
2. 甲、乙兩瓶放入只裝土的盆栽，丙瓶放入有植物的盆栽。
3. 乙、丙兩瓶用保鮮膜封起來。
4. 先將三個透明瓶放至太陽下一天。
5. 第二天有太陽時開始記錄，每5分鐘記錄甲、乙、丙瓶的溫度，記錄8次。



結果：

1. 預測甲、乙、丙瓶何者最後溫度最高？_____ 瓶
2. 實際記錄：

編號	5分	10分	15分	20分	25分	30分	35分	40分
甲瓶								
乙瓶								
丙瓶								

問題與討論

1

甲瓶與乙瓶，何者溫度較高？請以溫室效應的原理，推論可能的原因。

2

乙瓶與丙瓶，何者溫度較高？試從此結果推論植物對於地球大氣的影響。

想一想



你預測的結果是否和實際情形一樣？若不一樣，請推測可能的原因為何？

ch1 重點整理

1-1 細胞的分裂

1. **染色體**位於細胞中，由**DNA**與蛋白質所組成，為生物體的遺傳物質。
2. 每種生物細胞中的染色體數目都是固定的，而且多兩兩成對，成對的染色體大小、形狀相似，稱為**同源染色體**。
3. 細胞分裂與減數分裂：

	染色體複製	分裂次數	產生子細胞數	子細胞染色體數目
細胞分裂	1次	1次	2個	不變
減數分裂	1次	2次	4個	減半

4. 減數分裂產生的子細胞，其中的染色體為母細胞的一半，稱為**單套染色體**（n），當配子結合後，會成為**雙套染色體**（2n）的受精卵。

1-2 無性生殖

1. 無性生殖的方式：

分裂生殖	變形蟲、草履蟲
斷裂生殖	渦蟲、海星
出芽生殖	酵母菌、水螅
孢子繁殖	黑黴菌、青黴菌
營養器官繁殖	番薯塊根、馬鈴薯塊莖、草莓匍匐莖、落地生根的葉
組織培養	蘭花

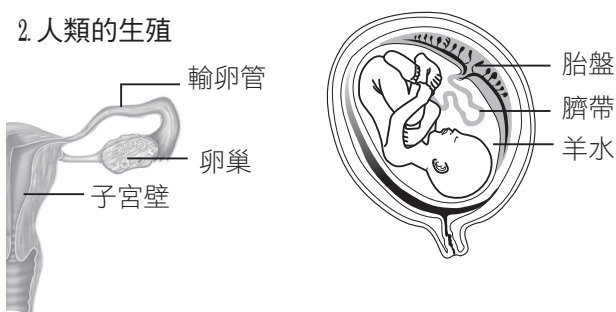
2. 經由無性生殖產生的子代，可以完整保存親代的特性。

1-3 有性生殖

1. 生物繁殖後代的方式：

- **無性生殖**：由親代直接產生新個體，不涉及配子的生成與結合。
- **有性生殖**：須經由配子（精子與卵）的結合，重新組成產生新的子代。

2. 人類的生殖



卵巢	產生雌配子——卵
輸卵管	卵通常於輸卵管前端受精
子宮壁	胚胎著床
臍帶、胎盤	胎兒由此與母親進行物質交換
羊水	減少胎兒震動保護胎兒

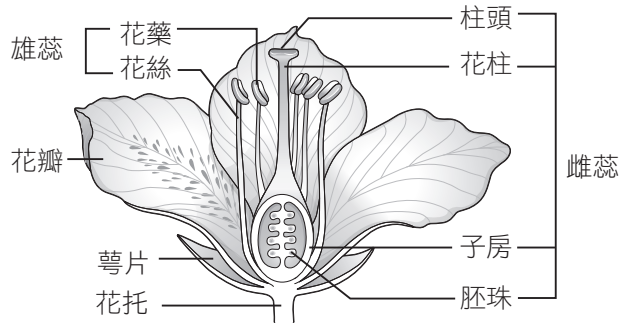
3. 有性生殖可以增加遺傳的多樣性，利於物種適應變動的環境。
4. **生殖行為**：包括求偶、交配、護卵與育幼等。
5. 受精方式：

	體外受精	體內受精
受精場所	母體外	母體內
產卵數量	較多	較少
受精機率	較低	較高
例子	多數珊瑚、魚類、兩生類	昆蟲、鳥類、爬蟲類、哺乳類

6. 胚胎發育方式：

	卵生	胎生
胚胎發育場所	母體外	母體內
例子	卵無殼：魚類、兩生類 卵有殼：爬蟲類、鳥類	多數哺乳類

7. 花的構造：



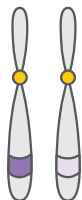
8. 植物的有性生殖過程：

- ①授粉：花粉藉由風、昆蟲等動物傳播，落到雌蕊柱頭上。
- ②受精：花粉中的精細胞萌發花粉管，延伸進入子房的胚珠內，與卵結合成受精卵。
- ③結果：子房發育成果實，胚珠發育成種子。

ch2 重點整理

2-1 遺傳、染色體與基因

1. **性狀**：生物體的構造表現，例如：豌豆莖的高度，此性狀有高莖和矮莖兩種**表徵**。
2. **遺傳**：生物性狀透過生殖傳遞給子代的現象。
3. **孟德爾的遺傳法則**：遺傳因子有顯隱性之別，當顯性與隱性遺傳因子遺傳因子組合在一起時，會表現出顯性遺傳因子所控制的表徵。
4. **基因**：控制表徵的基本單位。
5. 對於具有雙套染色體的生物而言，控制某一性狀的形式通常位於同源染色體的相對位置上，稱為**等位基因**。



6. 等位基因的組合稱為**基因型**，其控制的表徵稱為**表現型**。

2-2 人類的遺傳

1. ABO血型遺傳

表現型	A型	B型	AB型	O型
基因型	$I^A I^A$ 、 $I^A i$	$I^B I^B$ 、 $I^B i$	$I^A I^B$	ii

2. **性別遺傳**：人類體細胞中含23對同源染色體，有1對能決定個體性別的染色體稱為**性染色體**，其餘22對的為**體染色體**。

	男性	女性
體細胞	22對+XY	22對+XX
生殖細胞	22條+X或Y	22條+X

2-3 突變與遺傳疾病

1. **突變**：細胞內原有的遺傳物質產生變異的現象。突變發生在生殖細胞中會遺傳給後代。
 - **自然突變**：發生機率低，且表現的性狀通常對生物體有害
 - **誘導突變**：照射過量X光、核輻射、紫外線、攝取過量亞硝酸鹽、感染某些病毒。
2. 人類遺傳疾病的種類

致病原因	舉例
異常的等位基因	隱性：唐氏症
	顯性：軟骨發育不全症
染色體數目異常	唐氏症（具47條染色體）

3. **遺傳疾病諮詢**：由民眾提供個人、家族病史，產前各項資料，尋求醫生建議以處理家庭中遺傳疾病相關問題的諮詢過程。

2-4 生物技術

1. **生物技術**：藉由人為方法，調控生物細胞或利用其代謝物質，以製造產品與改善人類生活品質的科學技術。

技術	說明
育種	人類將動、植物的特定品種加以栽培、飼養，以符合人類需求的技術。
複製動物	產生與原生物個體相同基因組合的技術。
基因轉殖	將特定基因片段分離出來，植入到其他生物細胞內的技術，使生物表現出新性狀。

ch3 重點整理

3-1化石與演化

1. **化石**：古生物經漫長時間留下的遺骸或其活動所留下的遺跡。
2. **演化**：現代生物與其古代祖先的差異經由代代累積而逐漸改變的過程。

3-2生物的分類

1. **學名**：瑞典科學家林奈採用的二名法為生物命名。學名由兩個斜體的拉丁文組成。

屬名	種小名
• 名詞 • 第一個字大寫 • 表示生物的分類名稱	• 形容詞 • 全部小寫 • 描述生物產地、特徵等

2. 生物分類由高至低，分為七大階層：界、門、綱、目、科、屬、種。
3. 「**種**」是分類的基本單位。
 - 判斷同種生物依據：雌雄個體在自然狀況下可以產生具生殖能力的後代。
4. 科學家依生物的細胞構造與營養方式，將生物分為**五界**。
5. 病毒：
 - 由蛋白質外殼與遺傳物質所組成。
 - 缺少代謝作用需要的酵素。
 - 無法歸類於五界生物中。

3-3原核、原生生物及菌物界

1. 原核生物界

- 構造簡單，無細胞核，例如：細菌。
- **藍菌**：含有色素的細菌，可行光合作用。

2. 原生生物界

- 依獲得養分的方式分類：

種類	原生菌類	原生動物	藻類
葉綠體	無	無	有
營養方式	養分在體外分解再行吸收	攝食、寄生	行光合作用

3. 菌物界：皆有細胞壁，缺乏葉綠體

	酵母菌	黴菌	蕈類
單／多細胞	單細胞	多細胞	多細胞
生殖方式	出芽生殖	孢子繁殖	孢子繁殖
外形	橢圓形	絲狀	傘狀

3-4植物界

1. 植物的分類：

種類	特徵	舉例
蘚苔植物	個體矮小、無維管束。	地錢、土馬騮
蕨類植物	孢子繁殖。	筆筒樹、鳥巢蕨
裸子植物	種子繁殖，於毬果受精，種子裸露。	蘇鐵、紅檜
被子植物	種子繁殖，於花中受精，種子有果實保護，依子葉樹可分為單子葉與雙子葉。	單子葉：射干； 雙子葉：李

2. 單子葉與雙子葉：

	子葉數	花瓣	葉	維管束
單子葉	1枚	3倍數	平行脈	散生狀
雙子葉	2枚	4或5倍數	網狀脈	環狀

3-5動物界

1. 動物界的分類：

種類	特徵
刺絲胞動物門	觸手有刺絲胞，作為防禦與捕食。如：水母、水螅、珊瑚。
扁形動物門	身體扁平，利用擴散作用運送氣體及養分。如：渦蟲、吸蟲。
軟體動物門	身體柔軟，多有外殼保護。如：蝸牛、文蛤、烏賊、章魚（殼退化）。
環節動物門	身體柔軟、分節，每節外形相似。如：蚯蚓、水蛭。
節肢動物門	身體及附肢均分節，有外骨骼。如：昆蟲、蜘蛛、蝦、蟹。
棘皮動物門	多有棘與管足。如：海星、海膽、海參。
脊索動物門	魚類：以鰓呼吸，分為軟骨魚與硬骨魚。 兩生類：幼體用鰓、成體用肺呼吸。 爬蟲類：體表具鱗片或骨板。 鳥類：覆有羽毛、前肢特化為翅膀。 哺乳類：有乳腺與毛髮。

ch4 重點整理

4-1 族群、群集與演替

1. **個體**：環境中可單獨利用資源以維持生存的生物體。
2. **族群**：同一時期生活在同一地區的所有同種個體。
3. **群集**：同一時期生活在同一棲地的所有族群。
4. **負荷量**：環境中供養某一族群的最大數量。
5. **消長（演替）**：自然環境經歷一段時間，群集的外貌發生改變的過程。

4-2 生物間的互動關係

1. 常見的互動關係

關係	生物間的互動
競爭	生物間爭取資源，雙方可能皆受害。
掠食	生物取食其他生物。一方得利、一方受害
寄生	寄生者生活於寄主以獲得資源，一方得利、一方受害。
片利共生	兩種生物共同生活，一方得利，一方不得利也不受害。
互利共生	兩種生物彼此互相依賴，雙方皆得利。

2. **生物防治**：利用生物間互動關係，作為控制生物族群的大小。

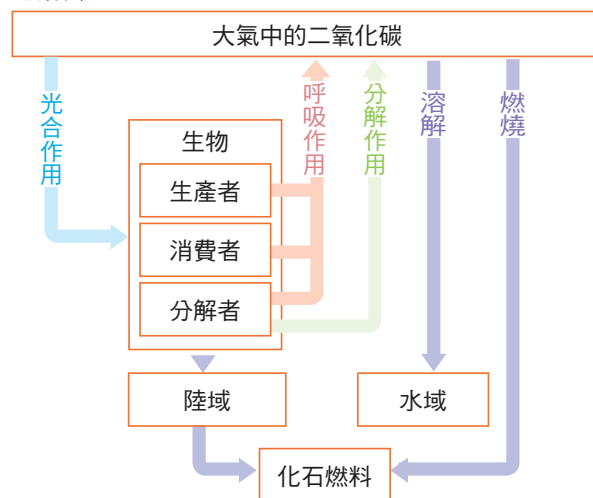
4-3 生態系

1. **環境因子**：陽光、空氣、水、溫度。
2. **生物因子**：

生產者	自行製造生存所需的養分。
消費者	透過攝食獲得養分
分解者	分解生物遺體或排泄物作為養分。

3. **食物鏈**：從生產者開始的單向鏈狀路徑。
4. **食物網**：多條食物鏈彼此交錯形成的網狀路徑。
5. **能量塔**：食物所含的能量經食物鏈傳遞，多數能量在轉移過程會流失，約只有1/10的能量可以到下個階層的生物體內，而形成了下寬上窄的塔狀圖形。

6. 碳循環：



4-4 生態系的類型

1. 地球表面由30%**陸域**與70%**水域**所組成。
2. 陸域生態系依溫度、雨量的不同可分為：

生態系	描述
沙漠生態系	降雨量最少
草原生態系	降雨量介於沙漠與森林
森林生態系	針葉林生態系 溫度較低，氣候寒冷 落葉闊葉林生態系 四季分明 常綠闊葉林生態系 終年高溫多雨

3. 水域生態系依鹽度低至高可分為：

生態系	描述
淡水生態系	鹽度低 靜水水域 ：流速慢、溶氧量低，如：湖泊、池塘。 流動水域 ：流速快、溶氧量高，如：河川、溪流。
河口生態系	位於河川與海洋交界處，鹽度變化大。
海洋生態系	鹽度高 潮間帶 ：海水漲退潮區域 淺海區 ：潮間帶至水深200公尺內的區域，底部為大陸棚。 大洋區 ：淺海區外，水深超過200公尺的所有區域。

ch5 重點整理

5-1 生物多樣性

1. **生物多樣性**：地球上所有生命形式間的變化性。可分三層次。
 - **遺傳多樣性**：同種生物間不同的基因組合，表現不同性狀和特徵。
 - **物種多樣性**：一地區生物種類的多寡。
 - **生態系多樣性**：一大區域內生態系種類的豐富與否。
2. 生物多樣性重要性：
 - ① 有助於生態平衡。
 - ② 人類食衣住行育樂仰賴生物，對人類生存極為重要。

5-2 生物多樣性面臨的危機

1. 棲地破壞：棲地減少與破碎化，影響棲地內的生物。
2. 外來種的引入：若外來種在新環境缺少天敵機制，可能成為外來入侵種，破壞環境平衡。
3. 人口問題：
 - 人口快速成長加劇各種汙染
 - 製造塑膠等無法被環境分解的物質，破壞生態環境。
4. 環境汙染：
 - 空氣汙染：排放廢氣、戴奧辛
 - 水汙染：重金屬廢水、優養化
 - 土壤汙染
 - **生物放大作用**：不易被生物體排除的有毒物質，隨著食物鏈累積至高級消費者體內。
5. 資源過度使用：人類對自然資源需求劇增，使資源短缺、枯竭、生物滅絕。

5-3 保育與生態平衡

1. **保育**：對生物及其棲地所做的保護、復育或管理等措施。
2. 國際公約：

公約	主旨
拉姆薩公約	保護全球溼地
生物多樣性公約	維護全球生物多樣性
華盛頓公約	管理瀕臨絕種野生動植物貿易
聯合國氣候變遷綱要公約	穩定大氣中溫室氣體濃度

3. **臺灣保護區**：政府依據不同需求與保育目的設立保護區。包括：自然保留區、自然保護區、野生動物保護區、野生動物重要棲息環境、國家公園、國家自然公園。
4. 5R環保作為：
 - ① 減量Reduce：減少丟棄的垃圾量。
 - ② 重複使用Reuse：重複使用容器與產品。
 - ③ 維修Repair：延長物品使用壽命。
 - ④ 拒絕Refuse：拒用無環保觀念產品。
 - ⑤ 回收Recycle：回收使用再生產品。

重要名詞索引

第1章 生殖

染色體 (p8)
 DNA (p8)
 同源染色體 (p9)
 細胞分裂 (p10)
 減數分裂 (p11)
 單套染色體 (p12)
 雙套染色體 (p12)
 無性生殖 (p13)
 分裂生殖 (p13)
 斷裂生殖 (p13)
 出芽生殖 (p14)
 孢子繁殖 (p14)
 營養器官繁殖 (p15)
 組織培養 (p16)
 有性生殖 (p17)
 配子 (p17)
 受精作用 (p18)
 臍帶 (p18)
 胎盤 (p18)
 羊膜 (p18)
 羊水 (p18)
 生殖行為 (p19)
 體外受精 (p20)
 體內受精 (p20)
 卵生 (p20)
 胎生 (p20)
 育幼行為 (p23)
 萼片 (p27)
 花瓣 (p27)
 雄蕊 (p27)

雌蕊 (p27)
 花托 (p27)
 授粉 (p27)
 花粉管 (p27)
 子房 (p27)
 胚珠 (p27)
 自花授粉 (p28)
 異花授粉 (p28)

第2章 遺傳

性狀 (p36)
 表徵 (p36)
 遺傳 (p36)
 自花授粉 (p37)
 人工授粉 (p37)
 純品系 (p38)
 顯性 (p39)
 隱性 (p39)
 棋盤方格法 (p41)
 基因 (p42)
 等位基因 (p42)
 基因型 (p42)
 表現型 (p42)
 性染色體 (p45)
 體染色體 (p45)
 突變 (p48)
 遺傳性疾病 (p50)
 遺傳諮詢 (p51)
 生物技術 (p52)
 基因轉殖技術 (p54)
 基因改造生物 (p54)

基因改造食品 (p54)

第3章 生物的演化與分類

化石 (p66)
 演化 (p68)
 二名法 (p71)
 學名 (p71)
 界、門、綱、目、科、屬、種 (p73)
 原核生物界 (p74)
 原生生物界 (p74)
 菌物界 (p74)
 植物界 (p74)
 動物界 (p74)
 原核生物 (p74)
 真核生物 (p74)
 病毒 (p75)
 藍菌 (p79)
 原生菌類 (p80)
 原生動物 (p80)
 藻類 (p81)
 真菌 (p82)
 酵母菌 (p82)
 黴菌 (p82)
 蕈類 (p83)
 無維管束植物 (p85)
 維管束植物 (p85)
 蘚苔植物 (p86)
 蕨類植物 (p87)
 種子植物 (p87)
 裸子植物 (p89)
 被子植物 (p91)

開花植物 (p91)
 單子葉植物 (p91)
 雙子葉植物 (p91)
 刺絲胞動物 (p94)
 扁形動物 (p95)
 軟體動物 (p95)
 環節動物 (p95)
 節肢動物 (p96)
 棘皮動物 (p98)
 脊索動物 (p99)
 魚類 (p99)
 兩生類 (p100)
 爬蟲類 (p101)
 鳥類 (p102)
 哺乳類 (p103)

第4章 生物與環境

個體 (p120)
 族群 (p120)
 棲地 (p120)
 群集 (p121)
 負荷量 (p122)
 演替 (p122)
 消長 (p122)
 競爭 (p126)
 掠食 (p127)
 寄生 (p127)
 片利共生 (p128)
 互利共生 (p128)
 生物防治 (p129)
 生物因子 (p130)
 環境因子 (p130)

生產者 (p131)
 消費者 (p131)
 分解者 (p131)
 食物鏈 (p132)
 食物網 (p132)
 能量塔 (p134)
 碳循環 (p135)
 溫室效應 (p136)
 沙漠生態系 (p142)
 草原生態系 (p142)
 森林生態系 (p142)
 淡水生態系 (p143)
 河口生態系 (p143)
 海洋生態系 (p143)
 靜水水域 (p143)
 流動水域 (p143)
 潮間帶 (p143)
 淺海區 (p143)
 大洋區 (p143)

第5章 環境保護與生態平衡

生物多樣性 (p156)
 遺傳多樣性 (p156)
 物種多樣性 (p156)
 生態系多樣性 (p156)
 外來種 (p162)
 外來入侵種 (p162)
 優養化 (p164)
 生物放大作用 (p165)
 保育 (p169)
 自然保留區 (p170)
 自然保護區 (p170)

野生動物保護區 (p170)
 野生動物重要棲身環境 (p170)
 國家公園 (p170)
 國家自然公園 (p170)
 5R (p175)

圖照來源

第1章 生殖

p8	圖1-1洋蔥	dreamstime提供
	圖1-1根尖細胞	alamy提供
p13	變形蟲	達志有限公司提供
	草履蟲	達志有限公司提供
	海星	nature picture library提供
p14	酵母菌	達志有限公司提供
	水螅	nature picture library提供
	黑黴菌（上）	達志有限公司提供
	黑黴菌（下）	Depositphotos提供
	青黴菌（上）	達志有限公司提供
	青黴菌（下）	達志有限公司提供
	黃麴菌（上）	達志有限公司提供
	黃麴菌（下）	dreamstime提供
p15	番薯	alamy提供
	馬鈴薯	Depositphotos提供
	草莓	alamy提供
	補充資料扦插	dreamstime提供
p16	圖1-7	Depositphotos提供
p17	圖1-8精子	達志有限公司提供
	圖1-9卵子	達志有限公司提供
p18	圖1-10	達志有限公司提供
	圖1-11	達志有限公司提供
p19	圖1-13翠鳥（左）	adobestock提供
	圖1-13翠鳥（右）	adobestock提供
	圖1-13綠變色蜥（左）	adobestock提供
	圖1-13綠變色蜥（右）	adobestock提供
	圖1-13中國樹蟾（左）	alamy提供
	圖1-13中國樹蟾（右）	dreamstime提供
p20	補充資料	alamy提供
p21	圖1-14a小丑魚（左）	nature picture library提供
	圖1-14a小丑魚（右）	adobestock提供
	圖1-14b海龜（上）	nature picture library提供
	圖1-14b海龜（下）	gettyimage提供
	圖1-14c雞（上）	adobestock提供
	圖1-14c雞（下）	adobestock提供
	圖1-14b牛羚（上）	adobestock提供
	圖1-14b牛羚（下）	nature picture library提供
p23	圖1-15	alamy提供
	圖1-16	達志有限公司提供
p24	探究提問海龜	dreamstime提供

	探究提問遊隼	alamy提供
p28	圖1-18	達志有限公司提供
	狗牙根	dreamstime提供
	菊花	adobestock提供
p29	探究提問玉米雄花	Depositphotos提供
	探究提問玉米雌花	dreamstime提供
	探究提問牡丹	Depositphotos提供
	羊帶來	nature picture library提供
	鳳仙花	nature picture library提供
	椰子	nature picture library提供
	蒲公英	Depositphotos提供
p32	科學大事記（上）	alamy提供
	科學大事記（下）	alamy提供
p33	科學大事記	dreamstime提供

第2章 遺傳

p36	圖2-1	gettyimage提供
	圖2-2	alamy提供
p37	表2-1種子形狀圖	Depositphotos提供
	表2-1種子形狀皺	達志有限公司提供
	表2-1豆莢形狀	Depositphotos提供
	表2-1豆莢顏色	Depositphotos提供
	表2-1花朵顏色紫	達志有限公司提供
	表2-1花朵顏色白	Depositphotos提供
p45	圖2-8女性	達志有限公司提供
	圖2-8男性	達志有限公司提供
p48	圖2-9果蠅	王吟勤提供
	圖2-10X光	adobestock提供
	圖2-10紫外線	adobestock提供
	圖2-10核輻射	adobestock提供
	圖2-10亞硝酸鹽食物	dreamstime提供
p49	圖2-11	美聯社提供
	圖2-12	alamy提供
	圖2-13	gettyimage提供
p50	圖2-14	adobestock提供
	補充資料（左）	adobestock提供
	補充資料（右）	adobestock提供
p51	圖2-15啤酒（上）	adobestock提供
	圖2-15啤酒（下）	adobestock提供
	圖2-15麵包（上）	adobestock提供
	圖2-15麵包（下）	adobestock提供

	圖2-15醬油（上）	gettyimage提供
	圖2-15醬油（下）	adobestock提供
	圖2-15優格（上）	adobestock提供
	圖2-15優格（下）	adobestock提供
p52	圖2-16野生灰狼	dreamstime提供
	圖2-16吉娃娃	adobestock提供
	圖2-16哈士奇	adobestock提供
	圖2-16野生甘藍	達志有限公司提供
	圖2-16高麗菜	達志有限公司提供
	圖2-16花椰菜	達志有限公司提供
	圖2-16大頭菜	達志有限公司提供
p53	圖2-17黑面羊	達志有限公司提供
	圖2-17白面羊	達志有限公司提供
	圖2-17桃莉	達志有限公司提供
	圖2-18	聯合圖庫
p54	圖2-19a（上）	Shutterstock提供
	圖2-19a（下）	聯合圖庫
	圖2-19b（上）	聯合圖庫
	圖2-19b（下）	聯合圖庫
	圖2-19c	alamy提供
p55	延伸補充	Depositphotos提供
p60	科學大事記（上）	美聯社提供
	科學大事記（下）	Depositphotos提供

第3章 生物的演化與分類

p66	圖3-1長毛象化石	路透社提供
	圖3-1恐龍化石	adobestock提供
	圖3-1三葉蟲化石	adobestock提供
	圖3-1琥珀化石	達志有限公司提供
P67	延伸補充腔棘魚（上）	Shutterstock提供
	延伸補充腔棘魚（下）	Shutterstock提供
	延伸補充銀杏葉（上）	達志有限公司提供
	延伸補充銀杏葉（下）	Depositphotos提供
	延伸補充鱉（上）	Depositphotos提供
	延伸補充鱉（下）	Depositphotos提供
p67	圖3-2恐龍糞便化石	alamy提供
	圖3-2恐龍腳印化石	Depositphotos提供
	圖3-2三葉蟲爬痕化石	gettyimage提供
P68	圖3-3	達志有限公司提供
P69	圖3-5	dreamstime提供
P70	圖3-6	adobestock提供
	圖3-7a	Depositphotos提供
	圖3-7b	台灣影像圖庫
P71	圖3-8	達志有限公司提供

	圖3-9 臺灣獼猴	alamy提供
	圖3-9 日本獼猴	adobestock提供
	圖3-9 臺灣油點草	莊溪提供
	圖3-9 臺灣鷓眉	dreamstime提供
p82	圖3-10a	alamy提供
	圖3-10b	達志有限公司提供
	圖3-10c	alamy提供
	延伸補充	達志有限公司提供
P73	圖3-20土馬駱	達志有限公司提供
	圖3-20水母	達志有限公司提供
	圖3-20黑眶蟾蜍	Depositphotos提供
	圖3-20虎鯨	達志有限公司提供
	圖3-20棕熊	達志有限公司提供
	圖3-20赤狐	達志有限公司提供
	圖3-20郊狼	達志有限公司提供
	圖3-20灰狼	達志有限公司提供
P75	圖3-13	Depositphotos提供
	圖3-14a	達志有限公司提供
	圖3-14b	達志有限公司提供
P78	圖3-15	達志有限公司提供
	圖3-16	Depositphotos提供
	圖3-17	達志有限公司提供
	延伸補充	alamy提供
P79	圖3-18a	達志有限公司提供
	圖3-18b	達志有限公司提供
P80	圖3-19a	adobestock提供
	圖3-19b	adobestock提供
	圖3-20a	alamy提供
	圖3-20b	達志有限公司提供
	圖3-20c	alamy提供
	延伸補充	達志有限公司提供
p81	圖3-21a	達志有限公司提供
	圖3-21b	達志有限公司提供
	圖3-22a（上）	adobestock提供
	圖3-22a（下）	adobestock提供
	圖3-22b（上）	達志有限公司提供
	圖3-22b（下）	adobestock提供
	圖3-22c（上）	adobestock提供
	圖3-22c（下）	adobestock提供
p82	圖3-23	alamy提供
	圖3-24a黑黴菌	dreamstime提供
	圖3-24a放大	達志有限公司提供
	圖3-24b青黴菌	達志有限公司提供
	圖3-24b放大	達志有限公司提供
p83	圖3-25a	dreamstime提供

p86	圖3-25b	alamy提供	p96	圖3-36中華肝吸蟲	alamy提供	
	圖3-25c	dreamstime提供		圖3-37蝸牛	adobestock提供	
	圖3-25d	Depositphotos提供		圖3-37文蛤	adobestock提供	
	圖3-25e	alamy提供		圖3-37烏賊	達志有限公司提供	
	圖3-27a	adobestock提供		圖3-37烏賊殼	達志有限公司提供	
	圖3-27a放大	alamy提供		圖3-37章魚	達志有限公司提供	
	圖3-27b	dreamstime提供		圖3-38水蛭	alamy提供	
	圖3-27b放大	dreamstime提供		圖3-38蚯蚓	adobestock提供	
p87	圖3-28	alamy提供	圖3-39	dreamstime提供		
	圖3-29幼葉	dreamstime提供	圖3-40	adobestock提供		
p88	圖3-30筆筒樹	adobestock提供	圖3-41a	alamy提供		
	圖3-30筆筒樹孢子囊堆	adobestock提供	圖3-41b	adobestock提供		
	圖3-30鳥巢蕨	alamy提供	圖3-42	dreamstime提供		
	圖3-30鳥巢蕨孢子囊堆	dreamstime提供	圖3-43	adobestock提供		
	圖3-30臺灣水韭	alamy提供	圖3-44	adobestock提供		
	圖3-30臺灣水韭孢子囊堆	許文俊提供	p98	螞蟥	adobestock提供	
	圖3-31a	達志有限公司提供		蟻蛛	gettyimage提供	
	圖3-31b	adobestock提供		圖3-45a	dreamstime提供	
圖3-32	adobestock提供	圖3-45b		dreamstime提供		
p89	圖3-32a雄毬果	alamy提供	圖3-45c	adobestock提供		
	圖3-32a雌毬果	alamy提供	p99	圖3-46a	adobestock提供	
	圖3-32b胚珠受精	adobestock提供		圖3-46b	adobestock提供	
	圖3-32種子	dreamstime提供		圖3-47a	alamy提供	
	圖3-33蘇鐵雄毬果	adobestock提供		圖3-47b	Depositphotos提供	
	圖3-33蘇鐵雌毬果	adobestock提供	圖3-47c	adobestock提供		
	圖3-33蘇鐵	adobestock提供	p100	圖3-48a卵	江志緯提供	
	圖3-33紅檜	台灣影像圖庫提供		圖3-48a蝌蚪	楊胤勛提供	
	圖3-33銀杏種子	adobestock提供		圖3-48a幼體	江志緯提供	
	圖3-33銀杏果仁	adobestock提供		圖3-48a成體	alamy提供	
p90	圖3-33銀杏	adobestock提供	圖3-48b	adobestock提供		
	圖3-33臺灣二葉松	莊溪提供	圖3-48c	dreamstime提供		
	單子葉花果實	dreamstime提供	p101	圖3-49a	adobestock提供	
	單子葉種子	dreamstime提供		圖3-49b	adobestock提供	
	雙子葉花果實	dreamstime提供		圖3-49c	達志有限公司提供	
	雙子葉種子	Depositphotos提供		圖3-49d	adobestock提供	
	p93	圖3-34扁形動物門	Depositphotos提供	p102	圖3-50a	adobestock提供
		圖3-34軟體動物門	Depositphotos提供		圖3-50b	達志有限公司提供
圖3-34環節動物門		Depositphotos提供	圖3-50c		alamy提供	
圖3-34節肢動物門		Depositphotos提供	圖3-50d		nature picture library提供	
圖3-34魚類		Depositphotos提供	延伸補充		adobestock提供	
p94	圖3-35水母	adobestock提供	p103	圖3-51	陳韋民提供	
	圖3-35水螅	gettyimage提供		圖3-52鴨嘴獸	adobestock提供	
	圖3-35珊瑚蟲	alamy提供		圖3-52針鼯	alamy提供	
	圖3-35海葵	adobestock提供		圖3-52針鼯的卵	達志有限公司提供	
p95	圖3-36渦蟲	adobestock提供	p104	圖3-53袋鼠	達志有限公司提供	

	圖3-53無尾熊	達志有限公司提供
	圖3-53蝙蝠	alamy提供
	圖3-53鯨	alamy提供
p104	A	adobestock提供
	A放大	dreamstime提供
	B	dreamstime提供
	B放大	dreamstime提供
	C	adobestock提供
	D	adobestock提供
p112	科學大事紀（上）	dreamstime提供
	科學大事紀（下）	dreamstime提供
p113	科學大事紀（左）	洪清漳提供
	科學大事紀（右）	dreamstime提供
p116	科學STORY	adobestock提供
p117	科學STORY	alamy提供

第4章 生物與環境

p122	圖4-3森林大火	adobestock提供
	圖4-3草本漸增	adobestock提供
	圖4-3草原群集	adobestock提供
	圖4-3木本漸增	adobestock提供
	圖4-3林林群集	adobestock提供
p126	圖4-4競爭食物	adobestock提供
	圖4-4競爭生存空間	adobestock提供
	圖4-4競爭配偶	adobestock提供
	圖4-4競爭陽光	adobestock提供
p127	圖4-5翠鳥	adobestock提供
	圖4-5狐狸	adobestock提供
	圖4-6寄生蜂	gettyimage提供
	圖4-6寄生蜂的蛹	adobestock提供
	圖4-6狗	adobestock提供
	圖4-6跳蚤	adobestock提供
p128	圖4-7鳥巢蕨	adobestock提供
	圖4-7海龜	adobestock提供
	圖4-7鯽魚	adobestock提供
	圖4-8槍蝦鰕虎魚	adobestock提供
	圖4-8地衣	adobestock提供
	圖4-8地衣放大	alamy提供
p129	圖4-9a	達志有限公司提供
	圖4-9b	達志有限公司提供
	圖4-9c	adobestock提供
	圖4-9d	alamy提供
	圖4-9e	alamy提供
p130	陽光	Shutterstock提供
	水	adobestock提供

	溫度	dreamstime提供
p131	生產者山桐子	adobestock提供
	消費者白耳畫眉	dreamstime提供
	分解者真菌	alamy提供
p144	凍原生態系	alamy提供
	北極熊	alamy提供
	草原生態系	adobestock提供
	長頸鹿	Depositphotos提供
	沙漠生態系	adobestock提供
	長耳狐	Depositphotos提供
p145	針葉林生態系	dreamstime提供
	馴鹿	達志有限公司提供
	落葉林生態系	達志有限公司提供
	白腹鸛	達志有限公司提供
	熱帶雨林生態系	Depositphotos提供
	箭毒蛙	Depositphotos提供
p146	靜水水域	達志有限公司提供
	白腹秧雞	達志有限公司提供
	流動水域	達志有限公司提供
	爬岩鰕	達志有限公司提供
	河口生態系	達志有限公司提供
	高翹鴿	達志有限公司提供
p147	潮間帶	達志有限公司提供
	螃蟹	Depositphotos提供
	小丑魚	達志有限公司提供
	大翅鯨	達志有限公司提供
	延伸補充	達志有限公司提供
p150	蝴蝶標記	dreamstime提供
	鹿與耳標	dreamstime提供
	鳥與腳環	dreamstime提供
p152	科學大事記（左）	達志有限公司提供
	科學大事記（右）	alamy提供
p153	科學大事記	達志有限公司提供

第5章 環境保護與生態平衡

p155	火冠戴菊鳥	達志有限公司提供
p156	圖5-1烏來杜鵑	Shutterstock提供
	圖5-1草原	達志有限公司提供
	圖5-1極地	達志有限公司提供
	圖5-1沙漠	達志有限公司提供
p157	圖5-1斯文豪氏赤蛙左	dreamstime提供
	圖5-1斯文豪氏赤蛙中	dreamstime提供
	圖5-1斯文豪氏赤蛙右	dreamstime提供
	圖5-1雀榕	Shutterstock提供

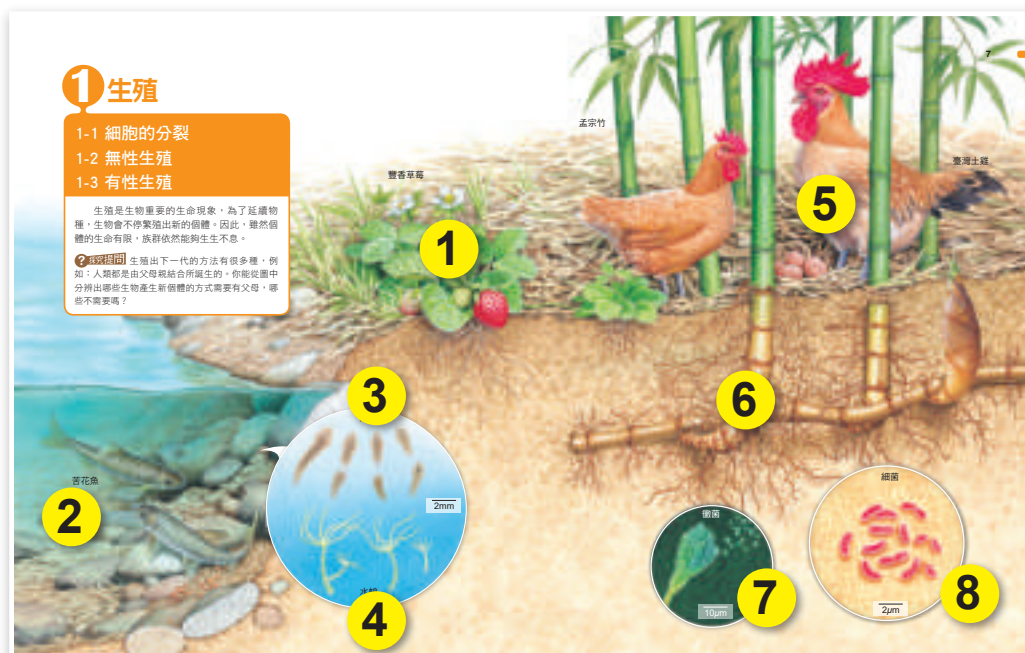
	圖5-1赤腹松鼠	台灣影像圖庫
	圖5-1黃長腳蜂	達志有限公司提供
	圖5-1臺灣紫嘯鸚	台灣影像圖庫
	圖5-1斯文豪氏赤蛙	dreamstime提供
	圖5-1河流	Depositphotos提供
	圖5-1湖泊	Depositphotos提供
	圖5-1針葉林	達志有限公司提供
	圖5-1海洋	Depositphotos提供
	圖5-1闊葉林	台灣影像圖庫
p158	圖5-2食	Shutterstock提供
	圖5-2衣	Depositphotos提供
	圖5-2住	Shutterstock提供
	圖5-2行	Depositphotos提供
	圖5-2育樂	dreamstime提供
p159	圖5-3咖啡	達志有限公司提供
	圖5-3棉花	達志有限公司提供
	圖5-3蜜蜂	Depositphotos提供
p160	圖5-4a	聯合圖庫
	圖5-4b	聯合圖庫
p161	探究提問	林家蔚提供
p162	圖5-5小花蔓澤蘭	alamy提供
	圖5-5小花蔓澤蘭花	Shutterstock提供
	圖5-5牛蛙	達志有限公司提供
	圖5-5秋行軍蟲	alamy提供
	圖5-5布袋蓮	台灣影像圖庫
p163	圖5-6b	聯合圖庫
	圖5-6d	dreamstime提供
p164	圖5-7a	alamy提供
	圖5-7b	alamy提供
	圖5-7c	dreamstime提供
	戴奧辛	聯合圖庫
	優養化	alamy提供
p166	圖5-9a	台灣影像圖庫
	圖5-9b	alamy提供
p167	圖5-10a	達志有限公司提供
	圖5-10b	達志有限公司提供
	延伸補充巴拉告	達志有限公司提供
p168	圖5-11a	達志有限公司提供
	圖5-11b	達志有限公司提供
	圖5-12	達志有限公司提供
p169	拉姆薩公約	Ramsar提供
	華盛頓公約	CITES提供
	生物多樣性公約	CBD提供
	聯合國氣候變遷綱要公約	UNFCCC提供

p172	圖5-14a	達志有限公司提供
	圖5-14b	達志有限公司提供
	圖5-14c	達志有限公司提供
	圖5-14d	達志有限公司提供
	圖5-14e	Shutterstock提供
p173	圖5-14f	達志有限公司提供
	圖5-14g	聯合圖庫
	圖5-14h	達志有限公司提供
	圖5-14i	Shutterstock提供
	壽山國家自然公園	台灣影像圖庫
p175	圖5-17	台灣影像圖庫
	圖5-18	台灣影像圖庫
p178	科學大事記（上）	達志有限公司提供
	科學大事記（左）	達志有限公司提供
	科學大事記（右）	達志有限公司提供
p179	科學大事記	達志有限公司提供

跨科主題 地球的過去、現在與未來

p187	海膽化石	台灣影像圖庫
p190	多多鳥	adobestock提供
	大海雀	達志有限公司提供
	旅鴿	alamy提供
	袋狼	alamy提供
	臺灣雲豹	國立臺灣博物館提供
p194	大量使用能源	adobestock提供
	不友善物質	adobestock提供
	大面積森林砍伐	adobestock提供
	氣溫升高	adobestock提供
	糧食缺乏	adobestock提供
	疾病散播	adobestock提供
p195	節約用電	adobestock提供
	開發替代能源	adobestock提供
	環境保護	adobestock提供
	資源充足	adobestock提供
	健康的生態系	adobestock提供
	適宜的居住環境	adobestock提供

章 首頁解答



第1章 p6~7

- | | | |
|----------------|---------------|---------------|
| ① 雙香草莓 — 不需要父母 | ④ 水螅 — 不需要父母 | ⑦ 青黴菌 — 不需要父母 |
| ② 苦花魚 — 需要父母 | ⑤ 臺灣土雞 — 需要父母 | ⑧ 細菌 — 不需要父母 |
| ③ 渦蟲 — 不需要父母 | ⑥ 孟宗竹 — 不需要父母 | |



第2章 p34~35

- ① 臘腸狗 + 吉娃娃
- ② 哈士奇 + 比特犬
- ③ 哈士奇 + 鬆獅犬
- ④ 臘腸狗 + 黃金獵犬



動物編號	利害關係	選項
1、2	c	a.一方得利，一方受害
1、3	a	b.一方得利，一方不得利也不受害
4、5	d	c.兩方皆得利
6、7	a或b	d.兩方皆可能受害

隨堂筆記

	細胞分裂	減數分裂
染色體複製次數	1	1
細胞進行分裂的次數	1	2
分裂後子細胞數	2	4
子細胞染色體數目	46條	23條

遺傳性疾病	成因
白化症	隱性等位基因異常
軟骨發育不全症	顯性等位基因異常
唐氏症	染色體數目異常

	葉綠體	細胞壁	多／單細胞生物	主要生殖方式	外形
酵母菌	無	有	單細胞	出芽生殖	多為橢圓形
黴菌	無	有	多細胞	孢子繁殖	多為絲狀
蕈類	無	有	多細胞	孢子繁殖	多為傘狀

例題解答

第2章

(C)

(C)

(C)

第3章

(A)

生物 In my life 解答

第1章

1. 第三格漫畫中提到受精卵，由於受精卵是經過受精作用而來，因此是有性生殖。
2. 魚媽媽為了使受精卵不被其他生物取食或遭受其他外力傷害，因此將受精卵含在嘴裡保護。

第2章

1. 鱷魚蛋孵化的溫度介於28~31°C時，就會孵出雌的小鱷魚；如果溫度超過33°C，則會孵出雄的小鱷魚；如果溫度維持在中間的32°C，就會生出一半的雌鱷魚和一半的雄鱷魚。（資料來源：臺北市立圖書館兒童電子圖書館）
2. 人類的性別由性染色體決定，在精子及卵結合後便已確定，因此不會隨溫度而改變。

第3章

1. 優格是鮮乳經發酵後的產物，製作過程中會將蛋白質分解成較小分子，以利人體消化與吸收。其中，乳酸菌在發酵時會將乳糖轉化為乳酸，並產生乳糖分解酵素，可解決乳糖不耐的問題。乳酸還可降低腸道酸鹼值，抑制腐敗菌滋生，使呈現游離狀態的鈣有利腸道吸收，且製作優格的主原料是鮮乳，因此鮮乳的營養，優格通通具備。
2. 我國CNS國家標準定義，鮮乳是以生乳為原料，經「加溫殺菌包裝」後冷藏供飲用的乳汁。由於加溫只是去除大多數的細菌，因此殺菌後冷藏保存很重要，因其營養豐富，離開冷藏後溫度上升，其內的細菌會大量繁殖，並將蛋白質分解成胺基酸與硫化物而變得酸臭，另外細菌代謝過程可能產生毒素，所以變質的鮮乳不能再食用了。

第4章

1. 是否需要、價格是否合理、份量是否足夠、正品或仿冒品、是否有過度包裝與售後服務等。
2. 搭乘大眾交通工具、走路、騎自行車、隨手關燈、購買節能家電、裝設小型太陽能光電發電設備、改善居家辦公環境的通風性、種植綠色植物、減少不必要或一次性的消費行為、使用環保購物袋、垃圾分類、資源回收與推廣低碳生活給親朋好友等。（環境品質文教基金會：隨處可行的減碳行動）

第5章

1. 對於族群數量稀少的野生動物物種（例如：石虎）來說，路殺會造成明顯的族群數量下降，使這個物種產生的後代更為減少，因而無法維持穩定的族群數量，經過一段時間後，物種將可能滅絕。
2. 玻璃窗門會使飛行的鳥類因看不到玻璃而誤撞傷亡、農田周圍防止鳥類進入的圍網會使鳥類或其他動物纏繞在網上而傷亡、路邊三面光的排水溝會使不小心掉落的生物無法脫逃而傷亡、遺失或被丟棄在海中的漁網，可能困住或割傷海洋生物等。

科學大事記

第1章

1. 體外，體內 2. C 3. 胚胎發育需持續有氧氣與養分的供給，因此無法在培養皿中繼續發育，需移入至母體子宮，透過臍帶與胎盤從母體獲得氧氣與養分。

第2章

1. ×，○，×，○ 2. D 3. 同學依實際情形回答

第3章

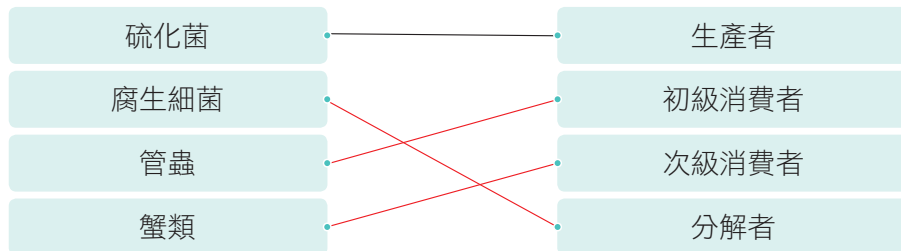
1. D 2. × 3. 由葉羊和綠葉海天牛可知光合作用除了葉綠體外，還需要部分的蛋白質。所以，人體若要進行光合作用，除了細胞需要具有可吸收陽光的葉綠體之外，也需具備合成光合作用所需蛋白質的基因。

第4章

1. C

2. 熱泉生態系中的生物

生態系中所扮演的角色



3.

	深海熱泉生態系	龜山島熱泉生態系
消費者食物的源頭	由硫細菌提供	被熱泉殺死的生物屍體
最具代表性的消費者族群	管蟲	怪方蟹
食物網（複雜或簡單）	複雜	簡單

第5章

1. D
2. 避免使用吸管、免洗筷等不能重覆使用的餐具以減少垃圾量，到海邊不亂丟垃圾，協助進行淨灘活動等。
3. (1)海洋生物誤食垃圾後，由於無法消化垃圾，垃圾堆積在消化道中，使這些生物的消化道沒有空間，因而無法再進食，導致此生物缺少養分而死亡。(2)垃圾中可能含有害物質，導致誤食生物死亡。(3)垃圾可能造成誤食生物的消化道受損，影響消化道功能，導致誤食生物死亡。



看書或寫作業時，應保持35公分以上的閱讀距離。