Introductory Biodiversity

Fall Semester, 2011

Handouts

by

Tzung-Su Ding

School of Forestry and Resource Conservation

National Taiwan University

生物多樣性概論 Introductory Biodiversity (3 學分)

Course No.: **605 39400**

Time: **Friday, 9:10 - 12:10** Place: **林一教室**

Instructor: 森林系 丁宗蘇 (33665263, ding@ntu.edu.tw)

Course website: https://ceiba.ntu.edu.tw/001biodiversity

Date	Topics
Sep. 16	課程介紹、生物多樣性之概念與背景
Sep. 23	地球古環境、生物演化歷史、與現今生物之系統分類
Sep. 30	生物種概念與生物之種化
Oct. 7	物種多樣性之空間分佈
Oct. 14	生物多樣性之維持機制、島嶼生物多樣性
Oct. 21	陸域環境與生態系多樣性
Oct. 28	水域環境與生態系多樣性 (繳交報告一)
Nov. 4	期中考
Nov. 11	臺灣之環境、物種多樣性、與生態系多樣性
Nov. 18	全球生物多樣性之威脅與現況
Nov. 25	生物多樣性之實用價值與道德訴求
Dec. 2	生物技術、生物財產權、及生物多樣性保育
Dec. 9	生物多樣性之保育措施
Dec. 16	生物多樣性之保育措施
Dec. 23	國際保育法規、組織、與政策
Dec. 30	台灣生物多樣性之研究與保育(繳交報告二)
Jan. 6	期末考

分數評量: 期中考(30%)、期末考(30%)、書面報告(二次)(40%)。

上課教材: 本課程沒有指定教科書，老師會提供講義，但是深切希望同學多閱讀參考書籍。

專 題 報 告 說 明

1. 專題報告共二次，以書面方式繳交，每次佔總成績 20%。繳交時間底限見課程大綱。
2. 每週上課時，老師會提議一至多個可能之報告題目，並解釋方向。
3. 報告題目可由學生自行擬訂，鼓勵「多樣化」與「獨特性」，與生物多樣性有關皆可。
4. 報告題目及方向構想，歡迎與老師討論。
5. 鼓勵同學廣徵博取參考資料，然資料出處必需於報告內「完整」註明。
6. 同學報告內容，應是在吸收參考資料內容後，以自己的方式重新表達。報告文字若與參考資料文字雷同度過高，將視為抄襲。報告若是直接擷取網頁資料，成績零分。
7. 報告本文長度以二千至三千字為大概的期望範圍。
8. 評分以報告之內涵優劣為標準，不鼓勵言之無物、大而不當。
9. 報告若有遲交，每隔一週成績減半一次。

期 中 與 期 末 考 試 說 明

1. 期中考與期末考之考試內容不重複。
2. 考試內容以實際授課內容及課後指定作業為主，考試採閉書方式做答。
3. 試題採是非題、選擇題、填空題、與簡答題等型式。

優秀的中文參考書籍 (狂推!)

趙榮台. 2003. 生命聚寶盆. 幼獅文化事業 ($320). (在地作者，本土案例，推推推!)

董景生等. 2008. 上課了!生物多樣性 1. 林務局. ($200)

王茹涵等. 2009. 上課了!生物多樣性 2, 3. 林務局. ($200)

金恆鑣(譯). 1997. 繽紛的生命: 造訪基因庫的燦爛國度(Wilson, E.O. 著). 天下文化. ($400)

唐嘉慧(譯). 2005. 演化: 一個觀念的勝利(Zimmer, C. 著). 時報文化. ($790)

陳立人(譯). 2000. 生物多樣性 (Dobson, A.P. 著). 遠哲科學教育基金會. ($560)

楊玉齡(譯). 1997. 大自然的獵人 (Wilson, E.O. 著). 天下文化. ($380)

楊玉齡(譯). 2002. 生物圈的未來 (Wilson, E.O. 著). 天下文化. ($300)

趙榮台(譯). 1997. 保育生物學 : 探討稀有性和多樣性的科學 (Soulé, M.E. 著) 國立編譯館.

楊登旭(上)、溫壁錞(下) (譯). 2003. 多多鳥之歌 — 滅絕年代的鳥嶼生物地理誌(上、下) (Quammen, D. 著). 胡桃木出版. ($380 each)

Excellent Books in English

Brown, J. & M. Lomolino. 2005. Biogeography, 3rd ed.

Gaston, K. J. & J. I. Spicer. 1998. Biodiversity: an introduction.

Lévêque, C. & J-C. Mounolou. 2003. Biodiversity.

Perlman, D. & G. Adelson. 1997. Biodiversity: exploring values and priorities in conservation.

Ridley, M. 2004. Evolution. 3rd ed.

第一回　生物多樣性之概念與定義

一、生物多樣性概念之涵義與背景

(一) 生物多樣性的字面定義

- 生物多樣性之英文原字為’**biodiversity**’或 ‘**biological diversity**’。

- ’biodiversity’與 ‘biological diversity’這二字互通。 ‘biological diversity’這詞出現時間較早，一開始泛指地球上所有動物、植物、真菌、及微生物之物種種類。‘biodiversity’ 這一詞於 1986 年首度出現，原意是將原有的 ‘biological diversity’ 這一詞縮寫成為一個較為簡潔之名詞。1986 年在一研討會中被共同採納並約定為主要用法。之後’biodiversity’此字遠比 ‘biological diversity’普遍。

- biodiversity 或 biological diversity 這二個詞，目前台灣普遍翻譯為「生物多樣性」。中國大陸亦同。亦有「生物歧異度」或「生命多樣性」之中譯。

- ”Biological diversity refers to the variety and variability of among living organisms and the ecological complexes in which they occur. Diversity can be defined as different items and their relative frequency. For biological diversity, these items are organized at many levels, ranging from complete ecosystems, to the chemical structures that are molecular basis of heredity. Thus, the term encompasses different ecosystems, species, genes, and their relative abundance.” Office of Technological Assessment, 1987. Technologies to Maintain Biological Diversity.

- ”’Biological diversity’ means the variability among living organisms from all sources including, *inter alia*, terrestrial, marine and other aquatic ecosystems and the ecological complexes of which they are part; this includes diversity within species, between species and of ecosystems”. Chapter 2 in Convention on Biological Diversity, 1992.

- The variety of organisms considered at all levels, from genetic variants belonging to same species through arrays of species to arrays of genera, families, and still higher taxonomic levels; include the variety of ecosystems, which

comprise both the communities of organisms within particular habitats and the physical conditions under which they live. E. O. Wilson, 1992. The Diversity of Life.

- ”The term ‘biodiversity’ is indeed commonly used to describe the number, variety, and variability of living organisms. This very broad usage, embracing many different parameters, is essentially a synonym of ‘life on earth’. … It has become widespread to define biodiversity in terms of genes, species, and ecosystems, corresponding to three fundamentally and hierarchically related levels of biological organisms.” World Conservation Monitoring Centre, 1992. Global Biodiversity: Status of the Earth’s Living Resources.

- ”Biodiversity: the variety of living organisms considered at all levels of organization, including the genetic, species, and the higher taxonomical levels, and the variety of habitats and ecosystems, as well as the processes occurring therein.” Meffe, G.K and CR Carroll, 1997, Principles of Conservation Biology, 2nd edition.

- General definition: **all the variety of life on earth**.

(二) 生物多樣性概念的進一步解構

- 由以上定義，可以看出生物多樣性這概念可以解構為一個整體、二種性質、三個層級、與二個角度。一個整體是指所有生命與其所賴以生存的環境，是一個環環相扣的整體，不可分割。二種性質為變異與可變異性(**variety & variability**)，三個層級為生態多樣性、種類多樣性、與基因多樣性(**ecological, organismal, and genetic diversity**)，二個角度為歧異度與豐富度(diversity and richness)。

- 變異與可變異性的分別，例如基因變異與基因突變能力、生物物種數量與物種之種化能力、或生態系內之生物組成與其能量與物質循環機制。變異只是表象，可變異性才是變異的背後驅動力量。

- 生物多樣性之所以常被分成三個層次：基因多樣性、種類多樣性、與生態系多樣性，乃是因為生命實體與機制之所有變異可以粗略區分為基因多樣性、種類多樣性、與生態多樣性 (genetic, organismal, and ecological diversity) 三個面向。而基因(genes)、物種(species)、及生態系(ecosystems)則一般被認為可以相當簡潔地表示基因多樣性、種類多樣性、與生態多樣性 (genetic,

organismal, and ecological diversity)這三個面向上的變異。

- Three levels of organization: genetic, organismal, and ecological diversity.

Elements of biodiversity. (After Heywood & Baste 1995)

Ecological diversity	Genetic diversity	Organismal diversity
Biomes		Kingdoms
Bioregions		Phyla
Landscapes		Families
Ecosystems		Genera
Habitats		Species
Niches		Subspecies
Populations	Populations	Populations
	Individuals	Individuals
	Chromosomes	
	Genes	
	Nucleotides	

- 生物多樣性並不完全等於基因多樣性、物種多樣性、及生態系多樣性。生物多樣性是指生命現象中所有的變異。基因、物種、及生態系這三個層次，只是生命現象中的三個非常重要的層次。

(三)多樣性的量化概念

- 多樣性可有三種量化之概念：豐富度(**richness**)、歧異度(**heterogeneity**)(or **diversity**)、與均勻度(**evenness**)。各種概念有很多很多不同之算法，以下列舉一些常見之算法。

- Examples of richness indices:

Whoever's Richness Index

$R_1 = S$

Margalef's Richness Index (Margalef 1958)

$R_2 = (S - 1)/ \ln(N)$

Mehinick's Richness Index (Mehinick 1964)

$R_3 = S / \mathrm{sqrt}(N)$

- 所以，豐富度(**richness**)這個指標的概念，主要是樣本中種類數量的多寡。但是，樣本的個體數量會大幅地影響樣本的種類數量。因此，在樣本數量差距懸殊時，可加入樣本數量之參數加以調整。

- 請勿混淆 richness 與 **abundance** 這二個量化概念。richness 與 abundance 有

時同被翻譯為「豐富度」或是「豐度」，但是意義有所差異。**Species richness** 是指物種數量的多寡，**Species abundance** 是指某物種其個體數量的多寡。

- 歧異度(heterogeneity or diversity)是一個常用且常被誤用的一個指標。雖然在機率上有其意義，但是其生物意義並不明朗。加上歧異度的英文，heterogeneity 與 diversity 經常混用，因此常造成混淆。

- Examples of diversity indices:

  Shannon-Wiener Diversity Index (Shannon and Weaver 1949)

  $D_1 = -\Sigma(P_i \cdot \ln(P_i))$ or $D_1 = -\Sigma((n_i / N) \cdot \ln(n_i / N))$

  Simpson's Diversity Index (Simpson 1949)

  $D_2 = \Sigma\ Pi^2$ or $D_2 = \Sigma\ (n_i / N)^2$

- Shannon-Wiener diversity index 又稱為 Shannon diversity index，其實就是資訊理論(Information theory)內的 communication entropy，是生態學家借用資訊科學的一個數學指標。此歧異度指標為 Claude Shannon (1919-2001)與 Norbert Wiener 於 1948 年所創，但該文章卻刊印於 Shannon 與 Warren Weaver 於 1949 年所合著的一本書中，因此常被錯表為 Shannon- Weaver diversity index。

- Shannon diversity index 原用來表示一段訊息內的不確定性(uncertainty)，被生態學家用來數量化群聚(community)中種類的歧異程度。這個指標會同時受到種類數量(豐富度)與種類的數量分布(均勻度)所影響。亦即，diversity = *f* (richness, evenness)。一個群聚內如果種類越多(豐富度越高)，Shannon diversity index 就越高；不同種類的數量越均勻一致，Shannon diversity index 就越高。

- Simpson's diversity index，就原本的算法($D_2 = \Sigma\ Pi^2$)，代表自一個群聚中取出二個不同個體，這二個個體同屬一個種類的機率。可是，一個群聚內如果種類越歧異，這個指標值反而越低。為矯正此問題，Simpson's diversity index 衍生的算法是($1 - D_2$)或($1 / D_2$)。如此算法，以 "1 –D" 或 "1 / D" 代表。

- Examples of evenness indices:

  Hurlbert Evenness Index (Hurlbert 1971)

  $E_1 = D_1 / D_{1\,max}$ or $E_1 = (D_1 - D_{1\,min}) / (D_{1\,max} - D_{1\,min})$

  Pielou's Evenness Index (Pielou 1975,1977)

  $E_2 = E_1 / \ln(S)$

- evenness 的概念是樣本中各種類其數量之均勻程度。均勻度最高的狀況，乃是樣本中各種類之數量相等。Hurlbert Evenness Index 算式中的 $D_{1\,max}$ 即是在樣本中各種類數量相等的情況下所算出的 Shannon-Wiener Diversity Index。

- 計算 evenness 的先決條件是，要知道樣本中各種類的絕對豐度或相對豐度(**absolute or relative abundance**)。無豐度資料即無法算 evenness，亦無法計算 diversity。

- 實際上，生物的豐度資料常常難以正確計算，而且 Shannon-Wiener diversity index 與 Simpson's diversity index 等指標又同時受到豐富度與均勻度的影響。歧異度高，不一定代表豐富度就高，或均勻度就一定高。所以多樣性這一概念常常僅用豐富度(richness)代表，而且常常沒有加入樣本數量予以調整。

二、生物多樣性概念之背景

(一) 生物多樣性概念之形成

- 生物多樣性此概念之形成，主要是由於地球上各生態系、物種、及基因資源目前正在迅速消失中。

- 生物多樣性，不論在國外與台灣島內，由二十年前沒沒無聞之名詞，轉變為現在的熱門流行話題，主要原因在於：(1)承接並整合原來已進行數十年之生態保育、野生動植物保育、及環境保護等思潮與運動之能量；(2) 開發生物多樣性在如經濟、文化、科學、生態、教育、美學、倫理等方面之價值，以培養生物多樣性保育工作之推行利基；(3)得益於 1992 年在巴西里約熱內盧所召開的聯合國環境與開發大會(地球高峰會)，會中世界政治領袖簽署生物多樣性公約(**Convention on Biological Diversity**)，使生物多樣性成功引起全球注意。

- 「訂定《生物多樣性公約》最主要的目的就是要透過締約國的努力，來推動並落實公約的三大目標：保育生物多樣性；永續利用其組成；及公平合理的分享由於利用生物多樣性遺傳資源所產生的利益。」 ---台灣生物多樣性國家報告。

- 以台灣為例，生態保育工作諸如保護區與國家公園之設立，野生動植物保

育諸如櫻花鉤吻鮭、台灣穗花杉之保護與復育，環境保護諸如污染防治等。各方面領域之工作者會願意捐棄本位主義，來共同推行生物多樣性保育工作，主要原因在於生命現象與機制是複雜、相互影響、且難以分割的。例如明星物種之保育，乍看來看是在物種及族群之層面，但成功之保育工作必須要注意其遺傳變異性、棲地完整、生態系功能健全、環境污染、在地民眾的保護意識等面向。從某單一物種或棲地為著眼點來做保育工作，常常是勉強保了一種但卻失去好幾種。若就整體之生物多樣性為著眼點，則常常是事半功倍，可以得到較佳的整體性效果。

(二) 人口成長與資源過耗

- 地球上各生態系、物種、及基因資源迅速流失的主要原因，是在於近數百年來人類族群以及所耗用資源的爆炸性成長。

- 第一個人科動物約出現於四百萬年前，智人(*Homo sapiens*)約出現於五十萬年前。

- 當人類最初發明出「農業」時，大約西元前八千年前，全球人口估計為二百萬至二千萬；當時，某些靈長類如狒狒，全球數目便比人類為多(Cohen 1995)。

- 農業之發明，使人類數目迅速增加，人口成長速度約為農業發明前之十倍到 千倍；到西元元年，全球人口估計為二億至三億之間，約為現在印尼人口總數(Cohen 1995)。

- 到西元 1500 年，開始地理大探索時，全球人口估計為四億至五億之間；幾乎需要一千五百年來加倍，當初之人口年增率遠小於 0.1% (Cohen 1995)。

- 西元 1730 年，全球人口估計為七億。西元 1820 年，全球人口估計為十億。之後便迅速成長。現在全球人口超過六十億。1950 年至今，全球人口年增率約為農業發明前之一萬倍(Cohen 1995)。

- 目前全球婦女平均生育子女數約為 2.6。若要保持人口零成長，理論上平均生育子女數必須降為 2.1。若現在全球婦女平均生育子女數立刻降為 2.1，而且一直保持這數字，那 2050 年全球人口估計為 77 億，2150 年變為 85 億，然後保持穩定。若全球婦女平均生育子女數降為 2.2，全球人口仍會繼續飆升，2050 年全球人口估計將為 125 億(Wilson 1999)。

- 過去四百年間，約有八百億的人科動物出生，總共活了二兆一千六百億年的時間。約有 28%的總存活時間是西元 1750 年到現在，20%的總存活時間是西元 1900 年到現在，13%的總存活時間是西元 1950 年到現在；雖然二十世紀僅佔人類(人科動物)歷史的 0.00025，但佔了 20%的人類總存活時間 (Cohen 1995）。

- 五百年前，全球總年生產毛額(GDP, Gross Domestic Product)經換算為西元 1990 年之幣值，約為二千四百億美元，比台灣 1990 年總生產毛額略低，人均生產毛額則約為 565 美元。二十世紀末期之經濟規模(GDP)約為西元 1500 年之 120 倍，人均生產毛額約為西元 1500 年之九倍，人口總數約為西元 1500 年之 13 倍，大部份成長是於西元 1820 年之後 (Maddison 1995）。

- 在二十世紀這一百年內(1900-2000 A.D.)，人類所耗用的能源總量，是之前一千年(900-1900 A.D.) 人類所耗用的能源總量的十倍以上 (McNeill 2000）。

- 全球人類目前所直接進食部分(素食部分)，一年消耗 10 億噸左右之糧食；全球人類目前所飼養之家禽家畜(肉食部分)，一年消耗 20 億噸左右之植物生長量；全球人類目前為建材及造紙所砍伐之木材，一年約佔 10 億噸之植物生長量；全球人類目前為燃料需求所砍伐之木材，一年亦約佔 10 億噸之植物生長量 (Pimm 2001）。

- 雖然人類每年僅直接或間接利用 50 億噸之植物生長量，但全球人類目前城市與道路所佔面積，每年約可生產 30 億噸之植物生長量。加上，全球農田一年約有 260 億噸之植物生長量，但只有其中 30 億為人類所直接利用，其餘 230 億噸多棄置田中。總計，人類一年消耗 330 億噸之植物生長量，約佔全球陸地每年植物生長量(1320 億噸)之四分之一(Pimm 2001）。

(三) 生物多樣性之消失

- 生物多樣性之消失速度，以生態系多樣性最容易推估，物種多樣性次之，而基因多樣性則是最難推估，而且幾乎沒有辦法有一全觀性的估計。

- 生態系多樣性消失速度之推估，牽涉到生態系的定義、分界、與分類問題，以及生物群落的演替問題，常常會有不一致之估計。

- 目前，以溼地與森林生態系消失速度最快。以森林為例，到 1980 年代末期為止，全球有四分之三的原始森林、二分之一的雨林已被摧毀(原用詞為 destroyed，或應說是已被改變或是干擾)(Wilson 1999）。

- 物種多樣性之消失速度，目前紀錄最完整的紀錄是鳥類與哺乳類。自 1600 年至今，已知約有 132 種鳥類與 89 種哺乳類完全消失。但這數字是被明顯低估，因為很多物種在科學家發現之前便已滅種。

- 物種多樣性之消失速度，除少數種類(如鳥類與哺乳類)有較完整之紀錄外，其餘多是經由間接之推估而來。目前大多估計，是計算各種生態系面積之變化，藉由種類-面積關係(**species-area relationship**) 推估。

$$S = C \cdot A^Z \quad \text{or} \quad \log(S) = \log(C) + z \log(A)$$

- 全球物種數估計：13,630,000 -- an educated guess。*Global Biodiversity Assessment* (UNEP 1995)

- 1988 年後之研究認為，目前生物物種絕種速率約在 1% 至 10% 之間(以每十年為單位)，平均的絕種速率約為 6% (Wilson 1999）。

- 雖然地球上所曾經出現過的物種，其中有 98%已經絕種，但是目前之物種絕種速度過大。以哺乳類為例，人類文明出現前，平均每一千年會有一種哺乳類絕種，但在過去四百年，平均每 16 年有一種哺乳類絕種，約為背景絕種速度(background extinct rate)之五十倍 (World Conservation Monitoring Centre 1992）。

- 全球熱帶雨林之物種絕種速度，推估約為每年五萬種，或每天一百四十種 (Wilson 1992）。

- Terry Erwin *et al.* (1991)有名且極具爭議性之外插法研究。他於巴拿馬以殺蟲劑燻殺 *Luehea seemannii* 樹冠上所有甲蟲，共約採集得到 1100 種，他認為其中 160 種只生存於 *Luehea seemannii*。甲蟲佔昆蟲總種數之 40%，故估計只生存於 *Luehea seemannii* 樹冠上的昆蟲約 400 種，若於樹冠生存之昆蟲種數為地面及地底之二倍，則只生存於 *Luehea seemannii* 的昆蟲約 600 種。熱帶雨林之樹種約為五萬種，假設以上推估方式合理，熱帶雨林約有三千萬種昆蟲。現今每年約有 300 種熱帶樹種絕種，假設其推估方式正確，每年熱帶雨林有十八萬種昆蟲絕種，一天約五百種。

(四) 生物多樣性流失之原因

- 地球上生物多樣性迅速流失的主要終極原因，是近數百年來人類族群以及所耗用資源的爆炸性成長。而生物多樣性迅速流失的近程原因，主要是棲地減少與破壞、棲地破碎、外來種、過度獵捕、與環境劣化。

- 以美國為例，據估計所有之瀕臨絕種動植物中，有 88%物種之威脅原因是棲地減少與破碎，46%威脅原因是外來種，20%為環境污染，14%為過度獵捕，2%為疾病(Wilcore et al. 1998)。

- 棲地減少與破壞、棲地破碎、外來種、過度獵捕、與環境劣化，對生物多樣性流失的詳細機制，將於討論生物多樣性之保育措施時一併介紹。

課後指定作業：

- 研讀金恆鑣老師之「生物多樣性保育概念的形成」一文。該文章可於課程網址取得。

課後建議閱讀：

- 研讀生物多樣性公約(Convention on Biological Diversity)(可於課程網址取得)。或至

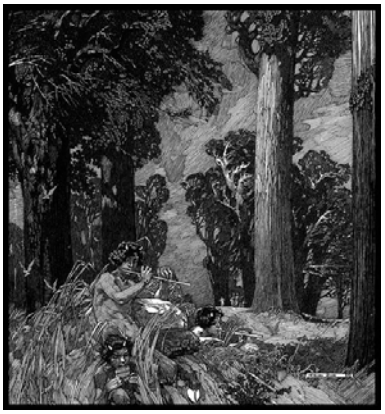
  http://www.biodiv.org/convention/articles.asp

  http://wildmic.npust.edu.tw/sasala/biolodivesty.htm

書面報告之可能題目：

- 至圖書館挑選八至十本以'biodiversity'、'biological diversity'、或「生物多樣性」為標題之書籍，就其目錄，分析每本書之內容異同及其篇幅長短。
  註:內容可依個人意見先予以分類，例如內容是理論科學、應用科學、或社會科學？或是分類學、演化生物學、遺傳學、生物地理學、保育生物學、生態學、哲學、法律、農業技術、文學等等層面。

- 我喜歡針筆畫。如果你也喜歡針筆畫，畫一幅你心目中的「生物多樣性」吧！並附一個簡短的說明。如果畫的好，就會成為明年這門課講義的封面圖畫。



我的想法與意見:

第二回 地球古環境、生物演化歷史、與生物之系統分類

一、 地球古環境

(一) 地質年代

- 地球目前估計約於 46 億年前生成。

- 在地質時代中，由大到小共分為 **Eon**(元)、**Era**(代)、**Period**(紀)、**Epoch**(世)等單位。其區分主要是由岩層中化石種類做為主要依據。

- 較近的地質時代，由於岩石保存較完整，化石資料較多，故地質時代區分越詳細。

- 地質時代中的元、代、紀之列表。

Eon (元)	Era (代)	Period (紀)	持續時間 (百萬年)	開始時間 (百萬年)
Phanerozoic 顯生元	**Cenozoic 新生代**	**Quaternary 第四紀**	1.6	1.6
		Tertiary 第三紀	63.4	65
	Mesozoic 中生代	**Cretaceous 白堊紀**	75	140
		Jurassic 侏羅紀	70	210
		Triassic 三疊紀	35	245
	Paleozoic 古生代	**Permian 二疊紀**	45	290
		Carboniferous 石炭紀	75	365
		Devonian 泥盆紀	48	413
		Silurian 志留紀	28	441
		Ordovician 奧陶紀	63	504
		Cambrian 寒武紀	66	570
Proterozoic	Proterozoic	**Precambrian 前寒武紀**	1830	2400
Azoic	Archaean Hadean		2100	4500

(二) 放射活性定時法(**radioactive dating**)

- 這些地質時代，在早期是由岩石中的化石相來標示，並沒有確切的時間範圍。岩層與化石之精確年代，到發明放射活性定時法後，才能準確估計。

- 岩層與化石之地質年代，可由測量放射性同位素濃度而予以較精準之估計。其原理為放射性元素會隨時間而衰變為同位素，例如銣 (^{87}Rb) 與鍶

(^{87}Sr)，每四百八十六億年，有一半的 ^{87}Rb 原子會衰變為 ^{87}Sr。藉由待測岩層(或化石)內之銣-鍶濃度比，比較新生岩石(或生物)內之銣-鍶濃度比，即可得出待測物之絕對年代。

- 放射性同位素定時法之公式

  $N=N_0(1/2)^{t/T}$

  N 為母元素個數，N_0 為原來母元素個數，T 為半衰期，t 經過的時間。

- 選擇作為測定時間年代的放射性同位素時，需考慮 下列幾項條件: (1)必須是要在生物體或岩層內常見的元素， (2)半衰期長度適當，(3)母子元素皆不會逸散。

- 常用來測定時間的放射性同位素及其半衰期。

鈾鉛法	鈾 ^{238}U	鉛 ^{206}Pb	44 億年
鈾鉛法	鈾 ^{235}U	鉛 ^{207}Pb	7 億年
釷鉛法	釷 ^{232}Th	鉛 ^{208}Pb	139 億年
銣鍶法	銣 ^{87}Rb	鍶 ^{87}Sr	486 億年
鉀氬法	鉀 ^{40}K	氬 ^{40}Ar	13 億年
碳 14 法	碳 ^{14}C	氮 ^{14}N	5730 年

(三) 大陸漂移與板塊運動

- 早期地理學家、地質學家、生物學家雖認為海平面會上下移動，但皆認為大陸是固定不動的。直到西元 1912 年，德國氣象學家華格那(A . Weagner)提出大陸漂移說(**continental drift theory**)，主張現代大陸在古代都曾連在一起，此大陸到中生代時開始分裂向四周動，而形成新的海域。

- 大陸漂移說在二十世紀早期並不被廣泛接受，直至 1960 年代由於古地磁、古氣候、古地質、古生物方面之研究，許多科學家提出板塊運動說，大陸漂移說才被廣為接受。

- 板塊運動說(**tectonic movement**)主要大意是：地球表面有一層約一百公里深的岩石圈，由冷卻而堅硬的岩石所構成。而岩石圈之下則是軟流圈，由具有塑性的岩石所構成。岩石圈實際上是浮在軟流圈之上，因而會隨軟流圈內的對流運動，分成好多個板塊而做緩慢的移動。

- 板塊運動，不僅造成地球上陸地與海洋於過去幾十億年間一直變動，同時帶動地球上氣候、與生物多樣性之持續變化。

(四) 地球古地理與古氣候

- 地球誕生(46 億年前)後到 39 億年前稱為超古代(Hadean)。在這個時代裡，地表有旺盛的火山噴發，融熔的岩漿充斥整個地球表面，但隨著火山活動噴出的水汽，降下大量豪雨，使得地球表面慢慢冷卻下來。 39 億年前到 24 億年前為太古代(Archaean)，在這一段時期內，地表依然是到處有火山活動，但是大雨使地表的溫度慢慢下降，同時漸漸地聚集為大海，形成生命的溫床。

- 早期地球大氣層之氧氣濃度相當低。於 20 億年前大氣內氧氣開始增加，至 15 億年前氧氣濃度接近現在濃度，至泥盆紀則與現在濃度一致，21%。 大氣內氧氣的增加很有可能與早期生物(如藍綠藻)開始行光合作用有關。

- 在寒武紀與奧陶紀時，地球大部分為溫和的氣候，海水溫暖，適合珊瑚礁、藻礁、海綿及貝類之生長。

- 地質年代中古地理與古氣候之重要記事。

Era (代)	Period (紀)	開始時間 (百萬年)	古地理與古氣候重要事件
Cenozoic 新生代	Quaternary 第四紀	1.6	冰河週期反覆出現
	Tertiary 第三紀	65	非洲與印度接上歐亞大陸、喜馬拉雅山形成
Mesozoic 中生代	Cretaceous 白堊紀	140	勞拉西亞大陸與剛瓦納大陸分離、且本身也開始各自分裂
	Jurassic 侏羅紀	210	勞拉西亞大陸向北漂移、南北美洲分離
	Triassic 三疊紀	245	氣候乾旱、海平面下降
Paleozoic 古生代	Permian 二疊紀	290	地球表面分為盤古大陸與古海洋二部分
	Carboniferous 石炭紀	365	氣候溫暖濕潤
	Devonian 泥盆紀	413	大氣內氧氣濃度為 21%
	Silurian 志留紀	441	澳洲與格陵蘭皆位於赤道附近
	Ordovician 奧陶紀	504	陸地大多位於南半球或赤道地區
	Cambrian 寒武紀	570	剛瓦納大陸
	Precambrian 前寒武紀	4500	海洋形成、大氣成分改變

- 於志留紀及泥盆紀時，陸地大多位於南半球，形成一個較為完整之大陸，剛瓦納大陸(**Gondwanaland**)。剛瓦納大陸包括現在之南美洲、非洲、馬達加斯加、印度次大陸、澳洲、紐西蘭、與南極大陸。同時北邊也有一些陸塊，形成後來的勞拉西亞大陸(**Laurasia**)。

- 石炭紀時，Gondwanaland 與 Laurasia 慢慢靠攏。於二疊紀時成為一個超級的大陸塊，**Pangaea** (盤古大陸)。此時地球上的海洋(稱為 **Panthalassa**)與陸地，各自都是相互連接，海洋生物與陸地生物可自由移動沒有隔離。

- 中生代初期三疊紀時，全球各地大多乾旱，與古生代的濕潤狀況不同。在侏儸紀時，Pangaea 開始分裂，Laurasia 向北漂移，並與 Gondwanaland 之間形成一個古地中海(Tethys)。由於陸地之分裂的氣候之多樣化，造成陸地上的植物與動物的快速種化及多樣化。

- 白堊(ㄊㄟˋ)紀時，Laurasia 與 Gondwanaland 完全分離，於中間地帶形成一個古地中海海道(Tethyan Seaway)。同時 Laurasia 與 Gondwanaland 本身也開始分裂，慢慢形成現代大陸的雛形。

二、 生物演化歷史

(一) 生物演化的過程

- 生物之定義為(1)可自我複製(經由有性或無性生殖)、(2)可與外界進行物質交換、(3)有保持體內恆定機制的物體。生物之生成，必須先要有可自我複製的化學分子先生成。目前認為最早生成之可自我複製化學分子，可能是 RNA。藉由 RNA 的自我複製，並與複雜的蛋白質分子配合，而逐漸形成生命。

- 對過去生物多樣性的了解，都是經由化石而來。但是化石之形成具有選擇性。年代越久遠者，岩層越不易保存。同時不具有硬物體(如外殼或骨骼)之生物體，越難形成化石。例如化石種中有 95%是海棲動物，但是目前動植物的物種有 85%生活在陸地。化石是不完美、但是目前不得不依賴之生物多樣性歷史紀錄。

- 目前最簡單之生物型式，為原核細胞生物(**prokaryotes**)，不具有胞器(organelle)，沒有細胞核。目前已知最老的化石，為具有纖毛之單細胞原核

生物，出現於三十五億年前所生成之岩石中。該岩層(Achean Apex Chert)位於西澳，為目前已知可能含有化石的最老岩層。實際上生命的生成應早於三十五億年前(Schopf 1993)。

- 真核細胞生物(**eukaryotes**)為較複雜之生命型式，具有細胞核，同時具有胞器。目前已知最老的真核細胞生物化石，出現於十八億年前。由原核細胞生物演化為真核細胞生物，其過程約佔了地球上生物演化過程之一半時間。

- 地質年代中生物多樣性重要記事。

Era (代)	Period (紀)	開始時間 (百萬年)	生物多樣性重要事件
Cenozoic 新生代	Quaternary 第四紀	1.6	人類出現
	Tertiary 第三紀	65	被子植物、授粉昆蟲、哺乳動物與鳥類大幅多樣化
Mesozoic 中生代	Cretaceous 白堊紀	140	被子植物出現、爬蟲類及許多無脊椎動物於白堊紀末期滅絕
	Jurassic 侏羅紀	210	裸子植物與爬蟲類稱霸、鳥類出現
	Triassic 三疊紀	245	裸子植物興起、爬蟲類大幅多樣化、哺乳類出現
Paleozoic 古生代	Permian 二疊紀	290	許多海洋無脊椎動物於二疊紀末期滅絕、爬蟲類與昆蟲興起
	Carboniferous 石炭紀	365	維管束植物形成高大廣泛的森林、兩生類稱霸、爬蟲類出現
	Devonian 泥盆紀	413	硬骨魚類大幅多樣化、兩生類與昆蟲出現
	Silurian 志留紀	441	維管束植物與節肢動物進佔陸地
	Ordovician 奧陶紀	504	脊椎動物出現
	Cambrian 寒武紀	570	寒武紀大發生
	Precambrian 前寒武紀	4500	生命生成、真核細胞出現、多細胞生物出現

- 多細胞生物皆為真核細胞生物，目前已知最老的多細胞生物化石為多細胞藻類，約出現於十四億年前。

- 寒武紀岩石內的化石數量及種類暴增，生物五界(或六界)內主要的門(phyla)於寒武紀絕大部份已出現相關之化石。

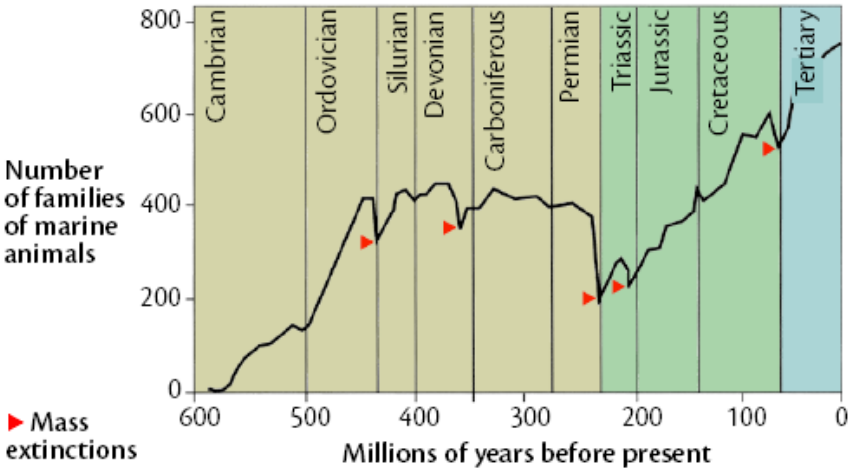
- 維管束植物約於奧陶紀(Ordovician)中期或志留紀(Silurian)初期出現，由於

其發展出陸地生存所需要的抗乾及導水構造，於陸地上迅速擴展。

(二) 生物大滅絕

- 一般而言，生物會自我變化，造成生物多樣化隨時間而增加。生物多樣化的速度，一開始相當緩慢，於寒武紀之後則比較快速。

- 然而，在地球歷史中，有五段時間生物物種經歷大規模的物種滅絕(**mass extinction**)。五次生物大滅絕中，以二億四千五百萬年前，二疊紀至三疊紀之間的大滅絕最為顯著，估計當時約有 76%至 96%的生物物種滅絕。最為人所知的是,六千五百萬年前白堊紀至第三紀之間的大滅絕。估計約有 50%的生物種滅絕，其中包括恐龍與許多其他生物。



(Sepkoski 1992)

三、 生物的二界、三界、四界、五界、六界系統

- 自亞里斯多德(Aristotle, 384-322 BC)到十九世紀中葉，這二千多年間，生物學家都將生物分成植物與動物二類。按照亞里斯多德的定義，植物為所有根植於土壤、沒有非常固定的形狀、可以將無機質轉化為有機質(光合作用)的所有生物。動物為除植物外其他所有生物，能自由移動、形狀固定、而且需要從其他生物獲取有機質(異營作用)維生。此為人類只能以肉眼觀察的情況下，對陸域生物所做的分類。

- 林奈氏(Carolus Linnaeus, 1707-1788 AD)在創立生物的系統分類階層時，將生物分成植物界(Kingdom Plantae)與動物界(Kingdom Animalia)二個界，此為生物之二界系統。

- 隨著光學顯微鏡的發明，陸續發現許多微小生物(Hooke, 1635-1703 AD) (van Leeuwenhoek 1632-1723 AD)，並不能歸類於原來的植物動物雙界中。加上達爾文的天擇論漸漸為生物學家所接受，按照達爾文的理論，植物與動物應有一個共同始祖，但是植物與動物之間差異太大，很難說其一為其他之始祖，因而需要一個新的生物界。

- 海格爾(Ernst Haeckel)於 1866 年提出生物的三界系統，Kingdoms Protista, Plantae, Animalia。多出一個新的界，原生生物界(Kingdom Protista)。海格爾對原生生物的定義是，所有組織沒有明顯分化的生物，包括所有的單細胞生物及一些多細胞生物。海格爾將原生生物更進一步分為 atypical protists, protozoa, protophyta。Protozoa 與 protophyta 為分別具有動物、植物特徵的原生生物，atypical protists 為其他不具有動植物特徵、難以分類的原生生物。細胞核之有無，並非海格爾的分類重點。

- Herbert Copeland 於 1938 年提出生物的四界系統，Kingdoms Monera, Protoctista, Plantae, Animalia。多出一個新的界，Kingdom Monera 包括所有不具細胞核的單細胞生物，即原核生物(prokaryotes)，如細菌與藍綠藻。另一個 界，Kingdom Protoctista，則包括所有無法歸類於植物界與動物界的真核生物。

- Robert Whittaker 於 1957 年提出生物的五界系統，將 Fungi 自原生生物界中獨立出來，五界為 Kingdoms Monera, Protista, Plantae, Fungi, Animalia。Monera(原核生物界)包括所有原核生物。Protista (原生生物界)為單細胞的真核生物。多細胞的真核生物則依營養方式分為 Fungi(真菌界)(或菌物界) 、Plantae(植物界)、Animalia(動物界)。植物界行自營作用(光合作用)，動物界行異營作用(消化作用)，Fungi 行腐營作用(吸收作用)。

- 隨著電子顯微鏡的發明，及分子生物學的進展，生物學家對細胞及胞器的細微構造、新陳代謝過程、及細菌的種類，瞭解增加。真核生物，目前一般認為是由原核生物共生所演化而來的。且原核生物與真核生物間差別極大，因此 Margulis 提議將 Whittaker 的生物五界分為原核域(Domain Prokarya)與真核域(Domain Eukarya)。真核域包括 Protista, Plantae, Fungi, Animalia。

- Woese 比較細菌的核醣體(ribosome)內的核醣核酸(rRNA)序列，認為原核生物應該再細分為不同的二個域，Domain Eubacteria(真細菌域), Domain Archaea(古細菌域)。Archaea 包括一些產甲烷的厭氧細菌、嗜鹽菌（Halophiles）與嗜熱菌(Thermo-acidophiles)。據此，因而提出生物的六界系統，Kingdoms Archaea, Eubacteria, Protista, Plantae, Fungi, Animalia。

- Cavalier-Smith 於 1998 年提出另外一套生物界分類。他將生物分為原核生物與真核生物二個超界(Superkingdom)。Cavalier-Smith 認為細菌結構上的差異應比 rRNA 序列更重要，所以原核生物超界只有一個界，Kingdom Bacteria。真核生物超界內，Cavalier-Smith 則分成五個界，Kingdoms Protozoa, Animalia, Fungi, Plantae, Chromista，新增 Chromista(原藻界)。Chromista 包括具有不同葉綠素及葉綠體位置的原始藻類，以及一些已喪失光合作用功能、原本被分為真菌的較原始生物。其做法摒棄表徵分類原則，避免多源群與駢源群的分類結果。(註：表徵分類原則、多源群與駢源群會在第三回說明)

The traditional arrangement	Kingdom Animalia Kingdom Plantae
Three kingdoms (Haeckel 1894)	Kingdom Protista Kingdom Plantae Kingdom Animalia
Four kingdoms (Copeland1938)	Kingdom Monera Kingdom Protoctista Kingdom Plantae Kingdom Animalia
Five Kingdoms (Whittaker 1957)	Kingdom Monera Kingdom Protista Kingdom Plantae Kingdom Fungi Kingdom Animalia
Two domains, five kingdoms (Margulis 1988-1996)	Domain Prokarya Kingdom Bacteria Domain Eukarya Kingdom Protista Kingdom Fungi Kingdom Plantae Kingdom Animalia
Three domains, six kingdoms (Woese 1977)	Domain Eubacteria Kingdom Eubacteria Domain Archaea Kingdom Archaea Domain Eukarya Kingdom Protista Kingdom Animalia Kingdom Fungi Kingdom Plantae
Six kingdoms (Cavalier-Smith 1998)	Superkingdom Prokaryota Kingdom Bacteria Superkingdom Eukaryota Kingdom Protozoa Kingdom Chromista Kingdom Animalia Kingdom Fungi Kingdom Plantae

Literature cited:

Cavalier-Smith, T. 1998. A revised six-kingdom system of life. *Biol. Rev.* 73: 203-266.

Copland, H. F. 1956. *The classification of lower organisms*. Pacific Books, Palo Alto.

Haeckel, E. 1894. Generelle Phylogenie der Protisten. *Systematische Phylogenie*, vol.1. Berlin.

Margulis 1996. Archaeal-eubacterial mergers in the origin of Eukarya: Phylogenetic classification of life. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 93: 1071-1076.

Whittaker, R.H. 1969. New Concepts of Kingdoms of Organisms. *Science* 163: 150-160.

Woese, C.R., Kandler, O., and Wheelis, M.L. 1990. Towards a natural system of organisms: Proposal for the domains Archaea, Bacteria and Eucarya. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 87: 4576-4579.

四、 生物各界

- 如前所述，生物內的系統分類有許多種不同的看法。不過，目前以 Whittaker 的五界系統，及 Woese 的六界系統最為普遍。以下將以 Woese 的六界系統，簡單介紹生物六界。

- Kingdom **Archaea** (或 archaebacteria)(古細菌界) 由於其遺傳結構與其他原核生物相差很多，因而有些生物學家將其獨立為一個生物界，或是生物域。古細菌界是最古老的生物之一，約出現在三十億年前，生活在如火山、熱泉、硫磺孔等很極端的環境。

- Kingdom **Eubacteria** (真細菌界) 為非古細菌界的原核生物，也是最古老的生物之一，包括細菌(bacteria)、與 cyanobacteria (藍綠藻、藍綠菌、或氰細菌)。細菌於地球各處無所不在，每個人體內的細菌數目，一般約在數兆。cyanobacteria 為目前已知最早可行光合作用的生物。由於其約於二十億年前大量繁生，造成大氣成分改變，促進生物的歧異演化。除行異營作用的細菌及光合作用的藍綠藻外，有些 Eubacteria 可行固氮作用，如 Rhizobia (根瘤菌)。有些 Eubacteria 可由無機化學物質產生能量，如 **Chemoautotroph**(化學自營菌)。

- Kingdom **Protista** (原生生物界)，為所有無法歸類於植物界、菌物界、與動物界的真核生物。包括可自由移動、掠食性的原生動物(protozoa)，如阿米巴原蟲(amoebas)；也包括無法自由移動、行光合作用的各種藻類；也有能包含二類特性，具鞭毛、可自由移動、行光合作用、也可行掠食的裸藻(*Euglenophyta*)，或稱眼蟲(*Euglanida*)。一些藻類為多細胞生物，最大的可長到 100 公尺長。

- Kingdom **Fungi** (真菌界或菌物界)，為以孢子繁殖、行吸收作用(**absorption**)、細胞壁具幾丁質或甲殼素(chitin or chitosan)、不行光合作用的真核生物。吸收作用為生物分泌酵素，將環境中的營養物分解為可吸收的營養物，然後利用擴散或主動運輸將營養送入身體。真菌包括菇類、黴菌、酵母菌等等。

- Kingdom **Plantae** (植物界)，為具有纖維素的細胞壁、可行光合作用的多細胞真核生物。植物界絕大部分生存於陸地，其下各門的分類仍難有定論，但是一般可依維管束的有無，先分為苔蘚植物(**Bryophytes**)與維管束植物(**vascular plants**)。維管束植物再依種子之有無，分為蕨類植物與種子植物。種子植物再依花之有無，分為裸子植物(**Gymnosperms**)與被子植物(**Angiosperms**)。被子植物可再依子葉的數目，分為雙子葉植物(**dicotyledons**)與單子葉植物(**monocotyledons**)。

- Kingdom **Animalia** (動物界)，為行消化作用(**digestion**)、不具細胞壁、不行光合作用的多細胞真核生物。消化作用為生物將營養物攝入體內，然後再分泌酵素消化營養。其下各門的分類仍無定論，但是一般可依身體對稱方式，先分為輻射對稱的輻射動物(Radiata)，二側對稱的動物又分為無體腔(**acoelomates**)、假體腔(**pseudocoelomates**)、與真體腔動物(**coelomates**)。真體腔動物再依胚孔(blastopore)發育為口或肛門，分為原口動物(**protostomes**)與後口動物(**deuterostomes**)。

<u>課後指定作業</u>：無

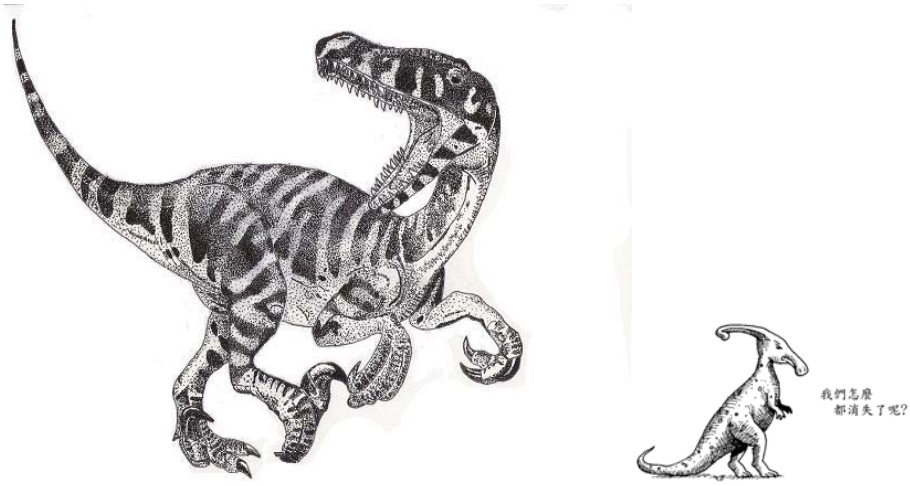
<u>課後建議閱讀</u>：

- 美國國家公共電視台電視節目，演化論(evolution)之相關網上資料。
  http://www.pbs.org/wgbh/evolution/ (入口網頁)
  http://www.pbs.org/wgbh/evolution/change/deeptime/index.html (超超推)
- Virtual Fossil Museum (包含地質歷史、古生物、演化生物學、化石等)
  http://www.fossilmuseum.net/
- 分類系統的優質網站。
  http://tolweb.org/tree/phylogeny.html
  http://en.wikipedia.org/wiki/Scientific_classification
- 拜訪國立台灣博物館土銀展示館(襄陽路 25 號)(生命的史詩－與演化共舞)
  http://www.ntm.gov.tw/tw/public/public.aspx?no=441

<u>書面報告之可能題目</u>：

- 介紹世界上任何一類你有興趣之生物的分類狀況。例如生物界全球松科植物(Pinaceae)的分類，兩生類(Amphibian) 的分類等等。

- 恐龍是中生代稱霸的動物，但是約於六千五百萬年前突然消失。目前有那些假說提出來解釋恐龍的消失？每個假說目前有那些證據？



留白不是為了乾淨，是為了更多思考與領悟：

第三回　生物種概念與生物的種化

- 地球上的生命，科學界認為是由幾十億年前最簡單的單細胞生物，由一連串的分支演化過程，造成現在多采多姿的生物種類。這堂課將簡單介紹分類學及演化生物學的概念、種的概念、種化的機制、與物種總數。

一、　分類學與演化生物學

(一) 分類學的概念

- 分類學(**taxonomy**)是一門將多樣的生物予以分門別類，並給予名稱的一門學科。taxonomy 包含分類、命名和鑑定等工作。

- 系統學或系統分類學(**systematics**)，是將所有生物以系統階層的方式予以定位，並希望由此系統階層的方式，反映出生物祖源與衍生的演化歷史。

- 請辨別 **Taxonomy, systematics, classification, nomenclature** 的意義與差別。

- 目前分類學所用的二名法(**bino<u>mial</u> nomenclature** or **bino<u>minal</u> nomenclature**)及分類階層系統(**hierarchical system**)，是由林奈氏(Carl von Linné, *Carolus Linnaeus*)所創。生物分類的基礎單位是『種』(species)。每個種由二個拉丁文化的字所組成(**binomen**)，第一個字為屬名(**genus name**)，第二個字為種小名(**species epithet**)。例如智人的學名為 *Homo sapiens*，台灣雲杉的學名為 *Picea morrisonicola*。屬名為名詞，字首必須大寫。種小名為形容詞，字首必須小寫(即使該種小名是由地名或人名所轉變而來)。

- 為了形容及稱呼動物亞種，**動物**的學名會有三名，每個亞種由三個拉丁文化的字所組成，第一個字為屬名，第二個字為種小名，第三個字為亞種小名(**subspecies epithet**)。亞種小名與種小名相同者，即是所謂的「指名亞種」或「具名亞種」(**nominate subspecies**)。

- 為了稱呼植物種內的各式變異，**植物**的學名有種下名稱(infraspecific names)，包含亞種(subspecies, **subsp.**)、變種(varietas, **var.**)、亞變種(subvarietas, **subvar.**)、型(forma, **f.**)、栽培變種(cultivarietas, **cv.**)等等。例如 *Chamaecyparis obtusa* var. *formosana*。

- 請注意，學名是拉丁文化(Latinized)的名字，不是拉丁文(Latin)，拉丁人如果現在復活，也看不懂很多學名。承襲拉丁語系的語法，形容詞(種小名)必須放在其所形容的名詞(屬名)之後，同時，名詞與形容詞都有陰性(feminine)、陽性(masculine)、中性(neuter)之分。也由於學名是拉丁文化的名字，因此屬名、種小名、亞種小名都習慣以斜寫方式標示之。

- 目前生物的命名法，主要依生物類群分為植物、動物、及微生物三大區塊。植物與真菌的命名法，由國際植物分類學會(International Association for Plant Taxonomy, IAPT)所出版的「國際植物命名法規」(International Code of Botanical Nomenclature, ICBN)所規範。動物的命名法，由國際動物學命名委員會(International Commission on Zoological Nomenclature)所出版的「國際動物命名法規」(International Code of Zoological Nomenclature, ICZN)所規範。細菌、原生生物、及古細菌的命名法，則由 International Code of Nomenclature of Bacteria (ICNB) 所規範。而病毒由於其構造及種的定義迥異於其他生物，因此病毒的分類系統並非採用二名法。

- ICBN 與 ICZN 的規範有少許出入，動植物學者的習慣也有一些差別。例如植物學名無法接受屬名與種小名同字(tautonym)，但動物學名可以接受，如喜鵲(*Pica pica*)、翻車魚(*Mola mola*)。植物學名習慣包含命名者(常常縮寫命名者姓氏、且不包含命名年代)，例如 *Chamaecyparis obtusa* Sieb. & Zucc. var. *formosana* (Hayata) Rehder。但是動物學名則常不需要列出命名者與命名年代；只有在專業分類文獻內，才包含原始命名者姓氏全名與命名年代，例如 *Passer montanus* (Linnaeus, 1758)、*Passer montanus saturatus* Stejneger, 1885。

- 目前的系統分類階層由林奈氏所創，主要包括 **kingdom, phylum, class, order, family, genus, species**。在這些主要層級之外，尚有其他的中間層級，例如 subfamily, superorder, infraphylum 等等。這些層級，除了種以外，都是人為的單位，都是人類為了方便整理歸納而創造出來的集合名稱，並沒有一個絕對的操作定義。

	智人	台灣雲杉
Kingdom	*Animalia*	*Plantae*
Phylum	*Chordata*	*Spermatophyta*
Class	*Mammalia*	*Dicotyledoneae*
Order	*Primates*	*Coniferales*
Family	*Hominidae*	*Pinaceae*
Genus	*Homo*	*Picea*
Species epithet	*sapiens*	*morrisonicola*

(二) 分類學的做法

- 生物分類目前的做法有二個原則、三個學派。二個原則是 phenetic principle 與 phylogenetic principle。三個學派是 phenetic, cladistic, and evolutionary schools。

- **Phenetic classification principle** (表徵分類原則) 不計較生物的演化親緣關係，而**只以生物形態構造的相似程度**來分類生物。**Phenetic school** (**phenetics**) (表徵分類學派)為秉持表徵分類原則的分類學做法及分類學家。

- **Phylogenetic classification principle** (親源分類原則)不計較生物形態構造的相似程度，而**只以生物的演化親緣關係**來分類生物。**Cladistic school** (**cladistics**)(支序分類學派) 為秉持支序分類原則的分類學做法及分類學家。

- **Evolutionary school** (演化分類學派) 為同時秉持表徵分類原則與支序分類原則的分類學做法及分類學家。

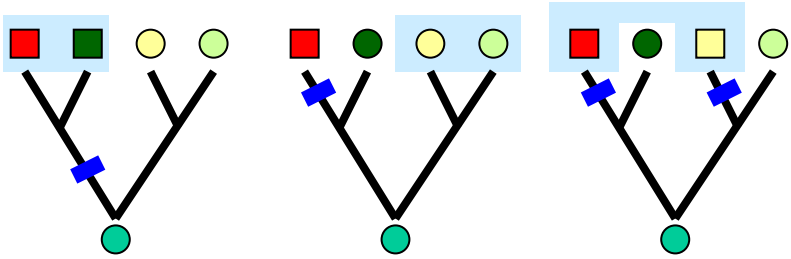
- 生物有眾多特徵，如果某群生物具有某個相似的特徵，這特徵的相似性可能是因為 **homology**(同源性)或是 **analogy**(類似性)。homology 是遺傳自同源祖先；analogy 是由趨同演化(**convergent evolution**)所造成。homology 又分為 **derived homolog**y 及 **ancestral homology**。derived homology 是只有這群生物才具有這特徵；ancestral homology 是除了這群生物外，其他生物也具有這同源特徵。

- Homology: character shared by a set of taxa and inherited from a common ancestor. Compared with *Analogy*.

- Derived homology: homology that first evolved in the common ancestor of a set of taxa and is unique to those taxa. Compared with *Ancestral homology*.

- Ancestral homology: homology that evolved before the common ancestor of a set of taxa, and is present in other taxa outside that set of taxa. Compared with *Derived homology*.

- Analogy: character shared by a set of taxa due to convergent evolution, not common ancestry. Compared with *Homology*.



- derived homology 的例子就如同鳥類的羽毛特徵，只有鳥類才具有這特徵。ancestral homology 的例子就如同爬蟲類具有殼的蛋，不只爬蟲類具有殼蛋，鳥類與鴨嘴獸也具有這特徵。analogy 就如同蝙蝠、鳥類、翼手龍都具有翅膀的特徵，但是他們的翅膀是因趨同演化而分別產生的。

- 生物可以用不同的方式來排列組合，如果將這些排列組合以生物間的親源關係(**phylogeny**)來評判，將有三類可能：**monophyletic group**(單源群)、**paraphyletic group**(駢源群)、及 **polyphyletic group**(多源群)。

- <u>Monophyletic group</u>: **set of species containing a common ancestor and all of its descendants.**

- <u>Paraphyletic group</u>: **set of species containing an ancestral species together with some, but not all, of its descendants.** (The species included in the group are those that have continued to resemble the ancestor; the excluded species have evolved rapidly and no longer resemble their ancestor).

- <u>Polyphyletic group</u>: **set of species whose last common ancestor is not a member of the group**.

- monophyletic group 的例子就如同所有的鳥類(鳥綱)，都來自同一祖源，這祖源所有的後代都被涵蓋在鳥綱。paraphyletic group 的例子就如同所有的爬蟲類(爬蟲綱)，都來自同一祖源，但是這祖源所有的後代並沒有都被涵蓋在爬蟲綱(鳥類並沒有被納進來)。polyphyletic groups 的例子就如同鳥類與哺乳類等溫血動物的組合，他們的最近共同祖源(amniota 羊膜動物)並沒有被納進來。

- 生物分類的三個學派，主要差異是其認定標準不一樣。cladistic school 僅使用 derived homology 的證據，僅能接受 monophyletic group 作為分類的依據。evolutionary school 除了 derived homology 與 monophyletic group 外，也能接受 ancestral homology 的證據與 paraphyletic group 的作法，但無法接受

analogy 的證據與 ployphyletic group 的作法。phenetic school 以生物形態構造的相似性來分類，不去追究親源關係，在這樣的作法下有可能納入 analogy 的證據或做出 ployphyletic group 的分類結果。

- phenetic、cladistic, and evolutionary schools 之間的差別。

	Groups recognized			Characters used		
				Homology		Analogies
Classification	Monophyletic	Paraphyletic	Polyphyletic	Derived	Ancestral	
Phenetic	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Evolutionary	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No
Cladistic	Yes	No	No	Yes	No	No

二、 物種的概念 species concepts

- 『物種』(species)是一個很簡單常見的概念，但是人類對物種的概念卻有很大的差異性，而且彼此之間又有很大重疊而不互斥。物種的概念有很多，舉例而言，包括 typological species concept(模式種概念)、 morphological species concept(型態種概念)、biological species concept (生物種概念)、recognition species concept (認知種概念)、ecological species concept (生態種概念)、evolutionary species concept (演化種概念)、phylogenetic species concept (親緣種概念)。沒有一個物種概念可以適用於所有的生物。不過，以 morphological species concept、biological species concept、phylogenetic species concept 三個物種概念最為分類學家所普遍運用。

- **typological species concept**，模式種概念，認為『物種』是一群型態構造一致，且與其他種有可察覺差異的生物。模式種概念是演化生物學理論興起前的主要想法，認為世界上的物種數是固定的，物種不會變化也不會演化，物種內的變異是不完美的增生所造成。每種生物都有一個理想的「型」或「模」(type)，能完善體現這個種的型態。這想法與每個種要有模式標本(**type specimen**)與屬(genus)要指定一個模式種(**type species**)的概念類似。

- **morphological species concept**，型態種概念，也可稱之為 phenetic species concept(表型種概念)，定義『物種』是一群型態構造彼此類似、而且與其他群有顯著差異的生物個體(sufficiently phenetically similar to one another)。

- **biological species concept** ，生物種概念，定義『物種』是一群可以互相交配的生物個體。不同的種之間具有各種的生殖隔離機制，以避免基因的有效交流。

- **recognition species concept**，認知種概念，定義『物種』是一群具有一個共同且特定的交配對象認知概念(a shared specific mate recognition system)的生物個體。同種生物之間，會互相認定為可繁殖的對象。

- **ecological species concept**，生態種概念，定義『物種』是一群專化適應同一生態棲位(niche)的生物個體。同樣型態的生物個體，可能因宿主不同或因競爭互斥而有資源上的區分。

- **evolutionary species concept**，演化種概念，定義『物種』是在演化親源分支樹上，結點到結點之間的生物個體(members of an evolutionary linkage between two branch point)。換句話說，在現存生物中，如果二群生物已走向分歧演化的不歸路，就可以依此物種概念，將其分為不同物種。

- **phylogenetic species concept**，親緣種概念，是一個越來越受到重視的物種概念。其定義『物種』是共享祖先特徵但卻又能個別地被區分之最小群組之生物體(a group of organisms that shares an ancestor and are in a lineage that maintains its integrity and has sufficiently clear divergence respect to other lineages through both time and space)。phylogenetic species concept 並不接受亞種或是變種，分類上可明確被區分的族群就可視為是一個物種。

- morphological species concept 的弱點在於缺乏一個合理的哲學基礎，而且在實際做法上沒有一個客觀標準，在物種的決定判斷上，容易因人而異，流於主觀武斷。

- biological species concept 重點在於互相交配(interbreeding)、生殖隔離(reproductive isolation)、基因交流(gene flow)。由於生物種與生物種之間缺乏有效的基因交流，因而造成生物種之間型態上的不同。

- 生殖隔離的機制可以有下列幾項(Dobzhansky 1970)。

  Pre-mating isolation mechanisms

  (a) ecological or habitat isolation　繁殖棲地不重疊
  (b) seasonal or temporal isolation　繁殖時間不重疊
  (c) sexual isolation　互相看不對眼
  (d) mechanical isolation　生殖器官的構造不能配合
  (e) isolation by different pollinators 授粉者不同
  (f) gametic isolation　配子不能結合

  Post-mating isolation mechanisms

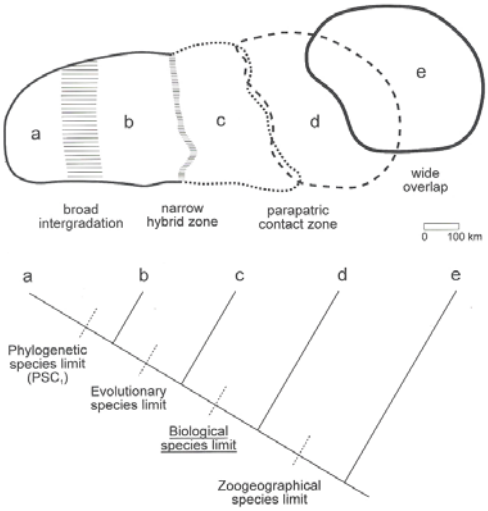
  (g) **hybrid inviability** 子代不能存活

(h) **hybrid sterility** 子代不能生育

(i) **hybrid breakdown** 後代存活率或生育能力大幅降低

- biological species concept 仍是目前最主流也是最廣為應用的物種概念。但其弱點在於許多生物並不適用此物種概念，例如行無性生殖的生物，或不同植物物種可雜交形成一個全新的物種(**polyploidy**)。還有許多的生殖隔離機制並不容易被確認，例如地域分隔的不同生物群，雖然現今有繁殖棲地上的生殖隔離，但是若考慮未來的氣候變遷，我們就得要猜想其碰面後會不會有其他的生殖隔離機制。

- phylogenetic species concept，親緣種概念，可以用來定義所有演化過程上的物種，而且符合目前系統分類學的潮流走向。但是，如果就目前的生物來做分類，親緣種概念仍缺乏一個明確易行的定義與做法。而且 phylogenetic species concept 並不接受「亞種」或「變種」，如果全面採用親緣種概念，世界的物種數將會暴增。



- biological species concept, evolutionary species concept, phylogenetic species concept 這三個物種概念的標準寬鬆不一。biological species concept 標準較嚴謹，並不接受物種間達成有效基因交流的雜交。evolutionary species concept 標準寬鬆一點，可以接受物種間小幅度的雜交與基因交流；即使有基因交流，但是這二個族群已走向分歧演化的不歸路(如大陸畫眉與台灣畫眉)。phylogenetic species concept 標準最寬鬆，可以接受物種間較大幅度的雜交與基因交流。

- phylogenetic species concept 可以說是二個族群已經開始分歧演化；evolutionary species concept 可以說是二個族群已經有不小分歧演化了，但仍有部分基因交流；biological species concept 可以說是二個族群已經完全分歧演化，不具有效的基因交流了。

- 分類學者對界定物種的理念本來就有所差異。有些人認為只要有些顯著差異，即可區分為不同種(**split**)，這是在意差異性的 splitter (細分學者)。有些人則認為這些差異應視為種下的不同地理區域或族群間之正常變異(**lump**)，這是在意相似性的 lumper (粗分學者)。加上分類的證據可以是型態、遺傳、分布、生態地位、行為等層面，資料的獲得、採用、解讀常常因人而異。因此分類學者常常意見紛歧，爭議不斷。生物的分類地位，隨著研究工具的更新、佐證資料的累積、與分類理念的演化，也自然隨時間而多有改變。

三、 種化(speciation)

- 種化，是一個全新物種的形成。延續 biological species concept 的概念，種化可以定義為一群可以互相交配的生物個體，裂分為二群以上群內可互相交配、但群間有生殖隔離的生物個體。

- 種化的過程可分為三種類型，**allopatric speciation**(異域種化)、**sympatric speciation**(同域種化)、與 **parapatric speciation**(鄰域種化)三種。

- allopatric speciation(異域種化)是指二個族群在地理上有完全隔離的情況下，造成種化。sympatric speciation(同域種化) 是指二個族群在地理上有重疊的情況下，造成種化。parapatric speciation(鄰域種化) 是指二個族群在地理上有相鄰連續的情況下，造成種化。

- allopatric speciation 可能是物種種化最主要的情況。因地理隔離而分開的二個族群，由基因漂流(**gene drift**)，經過一段時間後，便能產生有效的變異，即使在地理隔離消失後重新碰面，仍有生殖隔離的障礙。

- parapatric speciation 可以發生在某一物種的分佈範圍內，因二端的族群無法有效進行基因交流，造成基因有相當大的變異，而逐漸造成種化的現象。

- allopatric speciation 與 parapatric speciation 在族群數量小、世代時間短、或生物行動或播散能力弱的情況下，會加速其種化過程。

- sympatric speciation 有幾種可能的途徑。第一、生物可能發展出多種不同型態的個體，同一型態的個體傾向與同一型態的個體交配，造成不同型態的生物群之間沒有基因交流，逐漸造成種化的現象。第二、宿主或棲地的改變，造成生活於不同宿主或棲地的生物個體之間缺乏基因交流，逐漸造成

種化的現象。另外，有一類特別的同域種化現象，因為染色體數目發生變化，導致在短暫時間內形成新種，這就是多倍體種化(**polyploid speciation**)，由 **polyploidy** (多倍體)所造成的種化。

- polyploidy 即某種生物的體細胞擁有超過二套的染色體。多倍體種化可分成二種，**Autopolyploidy** (同源多倍體)是染色體來自同一物種，**Allopolyploidy** (異源多倍體)是染色體來自不同物種。

- 多倍體種化在植物界並不罕見，同屬的植物種類，其染色體數目常常都有倍數或加成關係。Wood 等人(2009)估計 15%的顯花植物種化及 31%的蕨類植物種化是因多倍體種化所造成。但 polyploidy 在動物界則不多見。

- 多倍體植物常常體型較為厚圓巨大，葉、花、果實常常較為寬大，因此在農業育種中，常常以物理或化學方式，人為誘導植物產生多倍體的栽培種。例如三倍體(triploid)的香蕉、蘋果、無子西瓜，四倍體(tetraploid)的棉花、馬鈴薯、花生，六倍體(hexaploid)的燕麥、奇異果、黑麥，八倍體(octaploid)的草莓、甘蔗、大理花。

四、 物種數目

(一) 已命名之物種

- 已命名之物種，定義為以林奈氏二名法所取名、且已明確描述並發表之生物種。雖然所有已命名之物種，已在一或多本書籍期刊文獻上記載，但是由於生物種繁多，持續有新物種被發現或被命名，而且有同物異名(**synonyms**)的困擾，以及分類學者之間的意見紛歧，因此並不會有一個固定的數字。

- E. O. Wilson and F. M. Peter 於 1988 年所做的估計為一百四十萬種。但在當時期，也有人(N. M. Collins)估計到一百九十萬種。目前一年約有一萬三千種「新種」被命名(Wilson 1999)。因此到二十世紀末時，E. O. Wilson 估計約有一百五十萬種。

- 聯合國環境署(The United Nations Environment Programme, UNEP, 1995)委託約八百位生物學家，分門別類地估計地球上之生物種數目(Global Biodiversity Assessment)(GBA)。所估計出的已命名物種總數為一百七十五萬種。但是其中有不少同種異名的重複記數，因此必須還要減掉大約 10%的物種數。

- 隨著新物種的發現與命名，目前全球已命名物種總數，合理的估計是約在一百七十萬種到一百九十萬種之間。

(二) 地球上生物種總數

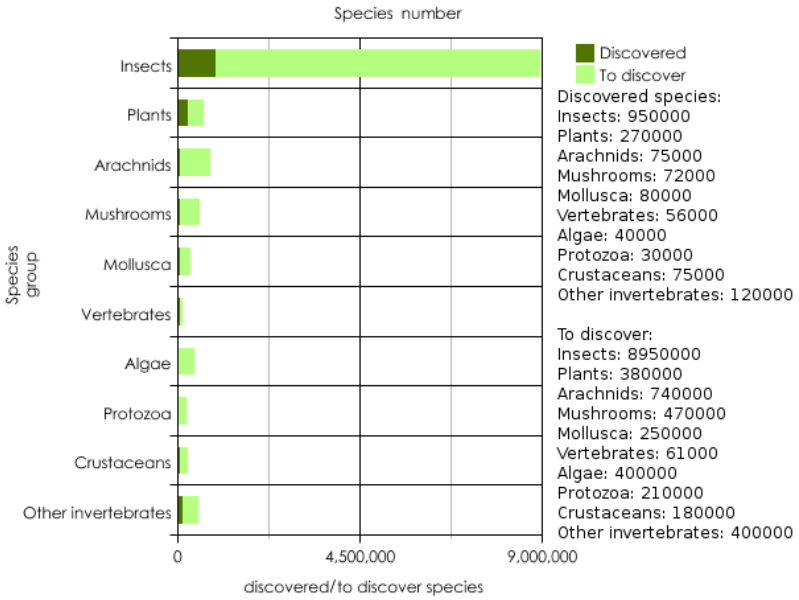
- 地球上現生的生物種總數，是一個非常難以估計的數字。人類對不同生物群的瞭解相差非常大。例如應該有 99%以上的鳥類已被人類發現且命名，雜色藻門(Chromophyta)(如矽藻)可能只有 1.5%被人類命名。

- 目前有許多估計地球生物種總數的研究(如 Erwin 1982)，其中大多利用物種-面積關係(**species-area relationship**)，以外插法(extrapolation)估計。其估計結果相差甚大，且其估算基礎多有瑕疵，因此目前在討論地球生物種總數時，多是引用聯合國環境署的估計。

- UNEP 於 1995 年所做的 GBA 中，除估計每一類生物的已命名生物種數目外，也對地球上每一類生物的物種總數做最大值與最小值的估計。GBA 所得到的最小與最大估計值是 3,635,000 與 111,655,000，之間相差三十倍。但是其中昆蟲的最大值部分可能過於高估，因此 GBA 對全球物種數的最後估計(或該說猜測吧)是 13,620,000。

Kingdoms	Described species	Estimated total species	Described %
Bacteria	4,000	1,000,000	0.4%
Protista	80,000	600,000	13.3%
Animalia	1,320,000	10,600,000	12.5%
Insects	840,000	8,000,000	10.5%
vertebrates	46,500	50,000	93.0%
Fungi	70,000	1,500,000	4.7%
Plantae	270,000	300,000	90.0%
TOTAL	1,744,000	Ca.14,000,000	12.5%

- 目前生物探索與命名的工作，重點區域在土壤、海洋、與熱帶雨林林冠層，重點生物為節肢動物、細菌、真菌、線蟲(nematodes)、以及藻類。其中，昆蟲約佔所有種的一半以上，但現在約只有一成的昆蟲物種被命名，是最需要研究命名的生物類群(昆蟲系同學請加油)。



Literature cited:

Erwin, T. 1982. Tropical forests: their richness in Coleptera and other arthropod species. *Coleopterists' Bulletin* 36:74-75.

Heywood, V. H. 1995. *Global Bioversity Assessment*.Published for the United Nations Environment Programme, Cambridge University Press, UK.

Wilson, E. O. and F. M. Peter. 1988. *Biodiversity*. National Academy of Science, Washington D. C., USA.

Wilson, E. O. 1999. *The diversity of life*. Norton. New York, USA.

Wood, T. E., N. Takebayashi, M. S. Barker, I. Mayrose, P. B. Greenspoon, and L. H. Rieseberg. 2009. The frequency of polyploid speciation in vascular plants. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 33: 13875-13879.

課後指定作業：

無

課後建議閱讀：

• 關於分類原則、命名原則、物種起源的網頁。

http://taibif.org.tw/informatics/?p=316 (邵廣昭老師的中文說明，推)

http://www.yaw.com.tw/sts/2009data/06/06-3.pdf(賴伯琦老師說明「物種概念」)

http://anthro.palomar.edu/animal/default.htm

http://iczn.org/

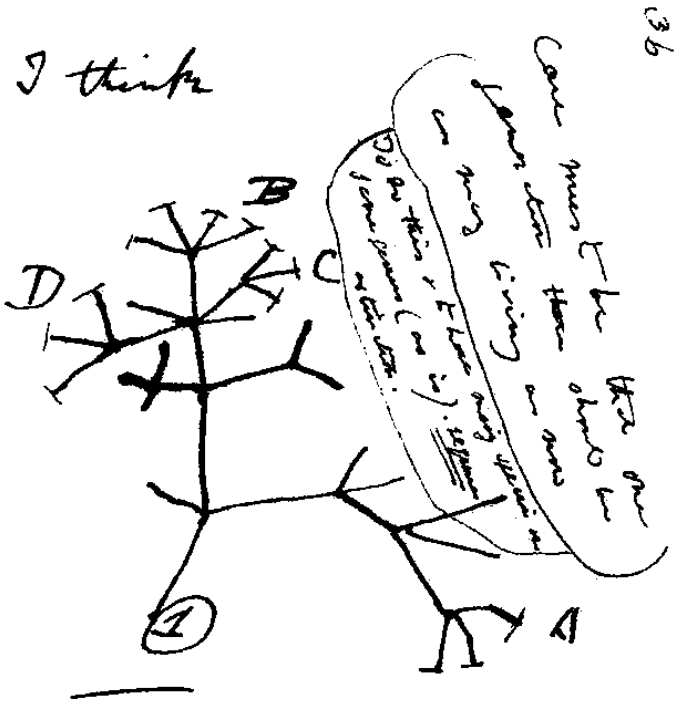
http://www.bgbm.fu-berlin.de/iapt/nomenclature/code/

http://www.catalogueoflife.org/

<u>書面報告之可能題目</u>：

- 台灣的烏頭翁(*Pycnonotus taivanus*)與白頭翁(*P. sinesis*)傳統上被認為是二個不同的物種，而烏頭翁是台灣特有種。請問這樣的做法，其背後的物種概念是什麼?有怎樣的證據支持?

- 目前動物、植物、及細菌的命名法規都有些不同，是在哪些地方不同呢?你可以研讀並比對二三個命名法規，並介紹其間異同嗎?



Then between A & B. Various
lev of relation. C & B. The
first gradation, B & D
rather greater distinction
Then genus would have
formed. – Bearing relation

第四回　物種多樣性之空間分布

- 地球上的物種，其分布形式並不一致。因此，物種多樣性在地球上的分布，也不是一致的。這堂課介紹物種多樣性在地球上的分布現象，形成物種多樣性分布不均的背後原因與維持機制，則將於下週探討。

一、 生物種的空間分布

- 沒有任何二種生物的空間分布範圍會是完全相同的。

- 生物種的分布範圍圖，可以分為 outline maps(界線圖)、dot maps(點狀圖) 、與 contour maps(等值線圖)三種基本的圖形形式。outline maps 為最常見之形式。dot maps 主要用在生物分布資訊不足，以博物館收集資料為主要資料來源的情形下。contour maps 則主要應用在生物分布資訊充足的情形。

- Hutchinson's **Multi-dimensional Niche Concept**
  生態棲位之多軸空間概念(Hutchinson 1957)
  Niche as "multi-dimensional space or hyper-volume in which the different axes or dimensions represent different environmental variables".
  就某些程度而言，生物的空間分布可以視為這個概念的具體呈現。不同的空間，代表不同環境因素的組合，影響生物是否能在該空間生存。

- 生物種的空間分布，受到很多非生物與生物性的因素所共同影響。非生物因素(如溫度、雨量、光照週期等)決定了生物的基本適存生長空間，這即是所謂的 **fundamental niche** (基礎生態棲位)。生物性因素(如生物間的競爭、捕食、互利共生等作用，以及生物的散布能力(dispersal ability)，則在基本適存生長空間內，進一步決定生物的實際適存生長空間，這即是所謂的 **realized niche** (現實生態棲位)。

二、 物種多樣性分布的基本概念

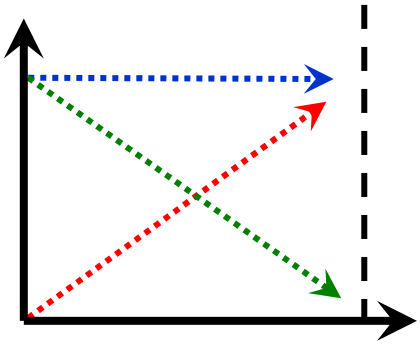
(一) 尺度的概念

- 尺度(scale)是探討生物或生態現象時，一個很重要的先決考慮因素。在尺度不同的情形下，大自然的現象與機制，常常會有所不同。

- 尺度分為下列三個要素：**extent**(範圍)、**resolution**(解析力)、**grain**(分析顆粒)。就空間尺度而言，extent 表示所探討現象的全體地理範圍。resolution 表示所探討現象的變異最小單位，在這最小單位內，假設所觀察的事物都是均質的，在單位內沒有任何空間變異。grain 表示分析的單位。

- 就變方分析(ANOVA)的概念與術語而言，extent(E)與 resolution(R)決定了所有的空間變異(spatial variance)(SV)。SV = c (E/R)。

- 在實際分析應用上， grain 應該大於 resolution，不然不具任何意義。 Grain 的大小決定了空間的區內變異(within-block variance)與區間變異(between-block variance)的分配。



(二) species-area relationship 物種-面積關係

- 面積越大，其內所包含之物種數目便越大，此為 **species-area relationship** (物種-面積關係)。

- 物種-面積關係可分為 **nested design**(嵌套式設計)與 **un-nested design** (非嵌套式設計)二種。nested design 表示空間單元之間有面積重疊的關係，面積較小的單元完全包含在面積較大的單元之內。un-nested design 表示空間單元之間，不具有面積重疊的關係。

- 不管是 nested design 或 un-nested design，自然實際觀察所得到物種-面積關係大多是呈指數函數形式。
  $\mathbf{S = c \cdot A^z}$ 或 $\mathbf{\log(S) = \log(c) + z \log(A)}$
  S: 物種豐富度 A: 面積大小 c: 迴歸常數 z 值介於 0 與 1 之間

- 一般而言，非嵌套式設計的物種-面積關係，其 z 值較小。嵌套式設計的物種-面積關係，其 z 值較大。在大自然中，z 值多位在 0.15 與 0.35 之間。

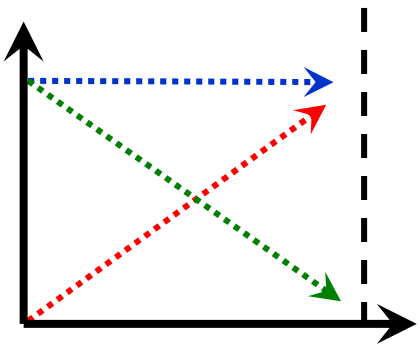
(三) alpha, beta, and gamma diversity of Whittaker(1960, 1977)

- Robert Whittaker 於 1960 年首度以尺度來區分物種多樣度。他以美國加州 Siskiyou 山的植群為例，將植物群落的物種多樣度分為三個階層：alpha diversity、beta diversity、gamma diversity。**alpha diversity**(α 多樣度)代表一個群落(community)或群叢(association)內的種豐富度。**beta diversity**(β 多樣度)代表那些群落或群叢之間的種豐富度變化程度。**gamma diversity**(γ 多樣度)代表多個群落(community)或群叢(association)內的總種豐富度。

- alpha diversity 與 gamma diversity 屬於所謂的 **inventory diversity**(調查多樣度)，即實際上調查取樣所得到的種豐富度。alpha diversity 與 gamma diversity 之間的差別，在於其空間範圍不同。beta diversity 是屬於所謂的 **differentiation diversity** (差別多樣度)，即調查取樣單位間種豐富度的差別大小程度。

- 如果套用上述的尺度分三要素 extent、resolution、grain，然後以種多樣度為空間變異，把 grain 當成所取樣或觀察的群落單位；那 gamma diversity 代表 extent 內的所有變異，alpha diversity 代表 grain 之內的變異，beta diversity 代表 grain 之間的變異。

- 若以數學程式的概念來看 alpha, beta, and gamma diversity。
  β 多樣度 = γ 多樣度 / α 多樣度　　γ 多樣度 = α 多樣度 × β 多樣度



- Robert Whitaker 在 1960 年的原本定義，並沒有提及 alpha、beta、gamma diversity 的實際空間尺度應該是多大，僅是提出物種多樣度可以用空間尺度來分割的概念。

- Robert Whittaker 在 1977 年，將 alpha、beta、gamma diversity 的概念進一步發展，並套用棲地(habitat)、群落(community)、地景(landscape)的概念，對每個階層物種多樣度的空間尺度做更細緻之分類。他將 inventory diversity 擴大為 point diversity、alpha diversity、gamma diversity、與 epsilon diversity。differentiation diversity 則擴大為 pattern diversity、beta diversity、與 delta diversity。

- **point diversity**(點多樣度)代表某一微棲地或取樣點的種多樣度。α 多樣度代表某一均質棲地中的種多樣度。γ 多樣度為包含多類棲地之某一地景的種多樣度。**epsilon diversity**(ε 多樣度)為由地景組成之區域中的種多樣度。**pattern diversity**(樣式多樣度)為某一均質棲地內各取樣點間的差別多樣度，即點多樣度之間的差異。β 多樣度為地景內之棲地類型間的差別多樣度，即 α 多樣度之間的差異。**delta diversity**(δ 多樣度)則為區域內之地景間的差別多樣度，即 γ 多樣度之間的差異。

- 棲地(habitat)、群落(community)、地景(landscape)這些概念的定義並不明確，且其區分標準也不一致。因此，在實際應用上，Robert Whittaker(1977)這些擴大的物種多樣度分類有其困難。

<u>Literature cited</u>:

Whittaker, R. H. (1960) Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs* 30:279-338.

Whittaker, R. H. (1977) Species diversity in land communities. *Evolutionary Biology* 10:1-67.

三、 物種多樣度在不同環境狀況上的分布

(一) 隔離效應(**isolation effect**)

- 隔離程度越大的地理單位，其物種豐富度越低，此為隔離效應。隔離程度可以是距離遠近或障礙強度。半島效應(**peninsula effect**)與島嶼效應(**island effect**)，為較常提起的隔離效應。

- 在陸域生態系，半島上的物種多樣度，常較大陸本體的物種多樣度為低；且半島遠端的物種多樣度,常較半島基部的物種多樣度為低,此為 peninsula effect(半島效應)。在海域生態系的海灣，也可觀察到類似現象，稱為 bay effect(海灣效應)。

- 島嶼上的物種多樣度，常常比相鄰大陸的物種多樣度為低，此為 island effect(島嶼效應)。而且，距離大陸越遠的島嶼，其物種多樣度越低。

(二) 環境梯度(environmental gradients)

- 物種多樣度在許多環境梯度上，有許多明顯的分布傾向。以下介紹一些常被提及的物種豐富度梯度現象。

- 就全球或是洲的範圍來看，物種多樣度多是在熱帶最高，然後往南北二極遞減，此為物種多樣度之緯度梯度(**latitudinal gradient**)。除了少數的生物分類群外，絕大部分的生物分類群都可觀察到此緯度梯度。

- 就同一個山脈或山系來看，物種多樣度常是在低海拔最高，然後往山頂遞減，此為物種多樣度之海拔梯度(**elevational gradient or altitudinal gradient**)。但有研究發現有許多例外。物種多樣度在海拔梯度上常是駝峰狀分布(**hump-shaped relation**)(Rahbek 1995)。

- 在海洋生態系，物種多樣度常是在海水表面最高，然後往海底遞減，此為物種多樣度之深度梯度(depth gradient)。

- 早期生物學家多認為，生產量越高的地方，物種多樣度越高。但是最近幾十年，越來越多的研究指出物種多樣度在生產量梯度上是呈駝峰式分布，即物種多樣度在中度的生產量下最高。

- 無論就那種生態系來看，干擾(**disturbance**)(例如林火)的強度越大，或干擾越頻繁,則其內的物種多樣度越低,此為物種多樣度之干擾梯度(disturbance gradient)。

- 與干擾梯度形似、說法完全不同、容易混淆的另一個現象是中度干擾假說(**intermediate disturbance hypothesis**)。其意指物種多樣度在干擾梯度上呈駝峰式分布，即物種多樣度在中度的干擾程度下越高。此中度干擾假說與前述物種多樣度之干擾梯度並不違斥，其差別只在於空間單位與干擾的尺度大小不同。

(三) 不同分類群物種多樣度的空間關聯性

- 人類對地球大部分之生物物種了解不多，而且其中很大一部份尚未為人類所命名，而且這情況在短期之內不大可能改變。因此，不同分類群的物種多樣度，其空間分布是否相關性大，是在保育生物多樣性時，需要了解的問題。如果有所謂的生物多樣性熱點(**biodiversity hotspots**)，在這些熱點投注需要的經費與人力，才會擴大保育效果。

- 研究報告顯示，不同分類群的整體物種多樣度熱點，其空間相關性並不高。而且只有在比較廣大的空間尺度（如全球到洲域之尺度），空間相關性才會比較好；當空間尺度狹窄到保護區的實際面積時（如數百至數萬平方公里），不同分類群之物種多樣度熱點，則只有相當低的空間重疊度。一個地區若某一類生物較豐富(例如鳥類)，並不代表其他類生物(例如哺乳動物、昆蟲、植物)也會比較豐富(Grenyer *et al.* 2006)。

- 研究報告也顯示，同一分類群的整體物種多樣度、瀕危物種(endangered species)之多樣度、稀有物種(rare species)之多樣度，其熱點的空間重疊度也是很低。換句話說，一個地區若具有較多的物種豐富度，並不代表這地方就會有較多的瀕危物種與稀有物種(Orme *et al.* 2005)。

- 這些研究顯示，生物多樣性保育並沒有萬靈丹，生物多樣性熱點並不是 silver bullet (中文可以解釋為法寶或殺手鐧)。全球生物多樣性保育並沒有捷徑，未來只能多方調查、因地制宜、多管齊下。

References:

Orme, C.D.L. *et al.* 2005. Global hotspots of species richness are not congruent with endemism or threat. *Nature* 436: 1016-1019.

Grenyer, R. *et al.* 2006. The global distribution and conservation of rare and threatened vertebrates. *Nature* 444: 93-96.

課後指定作業：

無

課後建議閱讀：

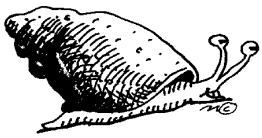
Gaston, K. J. and J. I. Spicer. 1998. *Biodiversity: an introduction.* 一書之第三章，mapping biodiversity (pages43-75) 。該書總圖有藏。

<u>書面報告之可能題目</u>：

- 物種-面積關係，其數學函數中的 z 值，影響到物種豐富度對面積的增加速度。在應用層次上，其影響更是廣泛，例如 z 值大小便會影響到自然保留區面積應該多大的問題。這 z 值的範圍大概如何？其與環境狀況或棲地有何關聯？

可參考書籍:

Rosenzweig, M. L. 1995. *Species diversity in space and time*. Cambridge Univ. Press



I think

第五回　物種多樣性之維持機制

- 如上週所介紹，地球上的物種多樣度，其分布形式並不一致。這堂課介紹物種多樣度的背後原因與維持機制。

一、物種多樣度理論

- 科學認為，任何自然所觀察到的事物現象(**pattern**)皆有其原因。這些原因(**process**)，對該事物的影響可能不是直接的，原因與現象之間的因果鏈我們稱之為機制(**mechanism**)。

- 解釋物種多樣度分布現象的理論，跟生物多樣性一樣，多元且歧異。例如，解釋物種多樣度在緯度梯度上分布現象的理論，據計算便超過 30 個(Brown &Lomolino 2005)。解釋窄尺度植物物種多樣度的理論，據計算也超過 100 個。這堂課無法一一介紹這些假說與理論，只介紹一些廣被接受、常被提起的理論。

- 任何一個時間空間下的物種多樣度，可以看做是一個蓄水池，由三個開關所共同決定。這三個開關為局部絕種、物種遷入、與新種產生。局部絕種會減少該時空範圍內的物種多樣度。物種遷入、與新種產生會增加該時空範圍內的物種多樣度。任何一個試圖解釋物種多樣度高低的理論，其原因都必須要能改變這三個開關中的至少一個開關。

- 物種多樣度的分布現象、背後原因、與維持機制皆是與尺度息息相關。不同的觀察尺度，常常會觀察到不同的現象。且物種多樣度的背後原因與維持機制常常也是作用在不同的時空尺度，或者在不同的尺度就會有不同的反應。

- 解釋物種多樣度分布不均的理論，依照其假設之不同，可先分為平衡型理論與非平衡型理論二類。平衡型理論，假設一個時空下的生物已完全發揮潛力。亦即可用資源已被生物所有效利用，生物群集是飽和的，因而生物多樣度是呈動態平衡的穩定狀態。非平衡型理論，假設大自然中有許許多多的干擾，使生物無法完全發揮潛力。亦即可用資源並未被生物所有效利用，生物群集是不飽和的，因而生物多樣度是尚未達成平衡的不穩定狀態。

二、平衡型理論

(一) 競爭互斥原理 (**competitive exclusion principle**)

- 接續上週所述之生態棲位之多軸空間概念(Multi-dimensional Niche Concept) (Hutchinson 1957)，競爭互斥原理為，在同一時間空間情況下，生態棲位完全相同的二個物種無法共存(complete competitors cannot co-exist)。二個物種如果生態棲位完全相同，表示二者使用同一棲地或食物，二者之間是完全競爭情形。在此情形下，理論上結果只有二種；一為其中一物種完全勝出，另一物種局部絕種；二為其中一物種改變習性，移轉生態棲位，造成和平共存。

- 很明顯的，生物種間的競爭互斥會降低某一時空範圍下的物種多樣度。因此如果可以降低生物種間的競爭互斥，則理論上會降低物種的局部絕種，因而增加物種多樣度。

- 生物種間的競爭，如果原有的生態棲位夠大，常常會造成生物種生態棲位的區隔與專化(**niche differentiation and specialization**)。例如原有二物種 A 與 B 都可生存於棲位 ab 之內，但為避免全面競爭導致某一物種絕種，物種 A 可能會增加在其中一部份棲位 a 之競爭力，物種 B 可能會增加在另外一部份棲位 b 之競爭力，造成棲位 a 多為物種 A 所佔據，棲位 b 多為物種 B 所佔據。在這種資源豐富下，適度的生物種競爭反而會造成物種多樣度的增加。

(二)競爭理論(**competition theory**)

- 競爭理論(Dobzhansky 1950)，認為在生物種類比較多的地方，生物種間的競爭比較激烈，因而促成生物其生態棲位的專一化，造成物種多樣度增加。

- 此理論是在很早之前便被提出，用來解釋物種多樣度為何在熱帶最高，寒帶最低。但是此理論的問題是所謂的「無謂重複」(tautology)。意即此理論無法解釋為何原本熱帶物種多樣度便比較高。

(三) 空間異質度理論 (**spatial heterogeneity theory**)

- 空間異質度理論(MacArthur and MacArthur 1961)，認為環境空間配置越複

雜，所能提供的生態棲位也越多，能容納的生物種類也越多，因而造成物種多樣度增加。其對物種多樣度增加的機制，在於生態棲位越多，越能避免因生物種間競爭所造成的局部絕種，同時也可增加生物種的種化(speciation)。

- 定義生態棲位的環境軸，可以是生物性或非生物性。就森林植群而言，生育地的海拔高度、土壤、坡向、坡度、溼度、溫度、光度等等環境因子，如果空間配置比較複雜，則一般而言，植物種類多樣度便會比較高。就森林動物而言，如果森林之植物種類多樣度比較高，或枝葉空間異質度(**foliage height diversity**)比較高，則一般而言，動物種類多樣度也會比較高。

- 空間異質度理論，對植物及動物的影響並不同。其主要差別在於動物會動，植物不會動。動物可以主動移動到適合的生態棲位內，因此生態棲位增加所能降低的生物種間競爭，並不如植物大。所以，空間異質度理論對植物的影響比較大。

- 空間異質度理論，一開始提出時是針對不同棲地間結構的比較，空間範圍較小。但是也可以將空間範圍放大，將此空間異質度理論應用到地景鑲嵌體間的比較。在一個陸地生態系的區域理，如果環境因素分布變化大且不均勻，地景(landscape)的類型一般會越多，或其配置越複雜，則其內的種類多樣度也會比較高。

(四) 生產量限制理論(**productivity limitation theory**)

- 生物生存都需要能量。地球上絕大部分生物能量，都是由植物行光合作用，將太陽輻射能轉化為化學能。如果沒有光合作用，地球絕大部分生物都不能生存。生產量限制理論(Hutchinson 1959)，認為一個時空下的初級生產量越高，物種多樣度會比較高。

- 生產量限制理論，對物種多樣度有二個可能的增加機制。其中一個機制(Hutchinson 1959)是生產量越高，則每一種生物所能夠利用的能量比較高，生物之族群數量便會比較多，因此比較不容易局部絕種。另外一個機制(MacArthur 1972)是，生產量越高，則每一種生物的生態棲位就可以比較窄，因此可以容納比較多的物種。

- 雖然生產量限制理論，乍看之下頗為合情合理。但是，在比較狹窄的空間尺度下(local or regional scales)，野外實際研究常常發現許多例外。例如沼

澤及溼地的生產量很高，但是物種多樣度一般卻不高。草地如果施肥增加初級生產量，則植物物種多樣度一般反而會下降。同樣情形也發生在湖泊，湖泊的優養化(**eutrophication**)(初級生產量大增)，藻類的物種多樣度一般也會降低，此稱之為 **plankton paradox** (藻類弔詭)。

- 物種多樣度在生產量梯度上呈駝峰式分布的背後原因與機制，也就是為何物種多樣度常在生產量高到某一個程度後會降低，目前有許多假說。可能的機制包括，生產量高到一個程度後 (1)會降低空間異質度(Tilman 1988)、(2)會增加生物物種間的競爭、(3)形成某一超級物種獨占大部分的資源，因而造成物種多樣度下降。但是這些假說並不能完全解釋觀察到的現象，目前科學界對此問題並無定論。

(五)適合度理論 (**favorableness theory**)

- 適合度理論(Terborgh 1973)，認為在大氣溫度接近體溫的環境下，物種多樣度會比較高。此理論精神類似於生產力限制理論，主要應用於恆溫動物在熱帶與寒帶等緯度或海拔差異上的比較。其機制是，恆溫動物需要耗費能量來維持體溫，在越接近體溫的環境下，所需要耗費的能量就越少，因此有更多的能量來生存與繁殖，因此物種多樣度會比較高。另外一個機制，就是在較熱的區域，生物壽命一般比較短，因此同一段時間內的世代數目較高，種化的機會比較大。

(六)面積理論 (**area theory**)

- 呼應上週所介紹之物種-面積關係，面積理論(Terborgh 1973)認為一個地區如果面積越大，其內的總物種多樣度也會越高。這情形可發生在熱帶與寒帶間之比較、大島與小島間之比較、大棲地與小棲地間之比較。其機制包括(1) 面積越大，生物之族群數量便會比較多，因此比較不容易局部絕種；(2) 面積越大，裡面的棲地類型或生態棲位數量就會比較多，因而可容納的生物種類會比較多；(3) 面積越大，異域種化(allopatric speciation) 與鄰域種化(parapatric speciation)(見第三回講義)就越有可能發生，比較容易產生新種。

- 除了上面所介紹之物種-面積關係之外，二個面積不等的區域內，如果我們隨機各取出一個相同面積的小塊區域；從大面積區域所取出的小塊，比從小面積區域所取出的小塊，物種多樣度常常也會比較高。這種情形主要是由於援助效應(**rescue effect**)，亦即一個小塊區域如果位在面積越大的島嶼，其旁相同或類似的棲地也一般會比較多比較大。如果小塊區域裡面的

某一物種族群數量降低到快要絕種時，原居住於鄰近區域的個體比較容易遷入，拯救此物種免於局部絕種。或者小塊區域的某一物種局部絕種，鄰近區域的個體也比較容易遷入，使該物種在該區域重新立足。

(七)氣候穩定度理論 (**climatic stability theory**)

- 氣候穩定度理論(Fisher 1960)，認為在氣候越穩定的地區，物種多樣度會比較高。其機制主要有下列三種。第一，如果環境的氣候越不穩定，則生物所能利用的資源也常常是不穩定，因此造成局部絕種情形增加。第二，環境的氣候如果越不穩定，造成生物的種化情形減少，因而物種多樣度降低。第三，環境如果變動劇烈，生物必須增加對環境變動的忍耐限度，同時擴大食物範圍，生態棲位擴張，因而所能容納的生物種類比較少。

三、非平衡型理論

(一)環境之干擾、群集的平衡、與生態棲位的飽和

- 大自然中存在著各式各樣、各種時空尺度的干擾(如火災、颱風、地震、水災、冰河、旱災、崩塌等等)。這些干擾，如果就較窄較短的空間時間尺度來看，因為會造成生物的局部絕種，因此對物種多樣度而言，都是負面的影響。有關物種多樣度的非平衡型理論，都是假設干擾的強度太大或干擾的頻度太高，因而使群集無法達到平衡的理想狀況。也就是說，有過強過多的干擾，使某一時空下的生物無法發揮其潛能，生態棲位並沒有達到飽和，也使物種多樣度沒有達到應有的水準。

(二)時間理論(**time theory**)

- 時間理論(Fisher 1960)，認為一個地區如果存在時間越長，則物種多樣度比較高。在其機制方面，可分為二種(Pianka 1966)，一種為演化時間理論(**evolutionary time theory**)，另一種為生態時間理論(**ecological time theory**)。演化時間理論認為，生物種化需要時間，如果一個地區的存在時間越長，則該地區就越有可能發生生物種化，因此物種多樣度增加。生態時間理論則認為，拓殖新棲地也需要時間，如果一個地區在新生或經過干擾後的存在時間越長，該地區外的生物就越有可能遷入並定殖於該區域，因此物種多樣度增加。演化時間理論的機制是經由增加種化機會，生態時間理論的機制是經由增加遷入機會。

- 時間理論，原本提出時，是用來解釋物種多樣度在緯度梯度上的分布。其認為由於冰河進退的關係，緯度越低的地區冰河退縮的時間越早，造成物種多樣度較高。緯度越高的地區冰河退縮的時間越晚，造成物種多樣度較低。

- 生態時間理論，也可以應用於植物群落或生物群集的演替過程(**succession**)。植物群落，在經過干擾之後，物種多樣度常常是最低，然後如果沒有干擾，物種多樣度則隨時間增加而增加。演替時間較長，一般空間異質度會比較高，初級生產量也會比較高。除此之外，演替時間較長增加物種遷入機會(即生態時間理論)，也是其中一個可能原因。

(三)隔離理論(**isolation theory**)

- 隔離理論，認為一個地區如果隔離程度越高，則物種多樣度比較低。其機制主要是(1) 隔離程度較高地區的生物物種，援助效應比較不易發揮，生物物種比較容易絕種；(2) 隔離程度較高地區的生物若局部絕種後，其他地區的物種比較難遷入，填補其生態棲位。這二種機制，第一個是作用於生物的絕種，第二個是作用於生物的遷入，二方面機制都會降低物種多樣度。

- 然而，一個地區如果隔離程度越高，基因交流受阻，生物也就越容易發生種化現象。這也就是為何島嶼或大陸上隔離程度很高的地區，特有種生物特別多的原因。這個機制作用於生物的新種產生，會增加物種多樣度。但是，一般來說，這新種產生對物種多樣度的增加效應，遠遠比不上前述局部絕種增加與生物遷入減少對物種多樣度的減少效應。因此，隔離程度越高的地區，物種多樣度一般還是比較低。

(四)捕食理論(**predation theory**)

- 捕食理論(Paine 1966)，認為一個地區內的生物，如果有比較多種的捕食者能適度控制其族群數量，使這些被取食的生物不至於過度繁殖而導致全面的種間競爭，而能夠和平相處，如此這些被取食生物的物種多樣度會因而增加。

- 捕食理論主要應用在小區域及短時間的範圍內。尺度如果較廣，便難以應用。同時此捕食理論無法解釋為何捕食者會比較多種，同樣有無謂重複(tautology)的問題。

(五)中度干擾假說(**intermediate disturbance hypothesis**)

- 中度干擾假說，認為一個地區內，如果干擾過多或過少，都會使物種多樣度降低，只有在中度的干擾頻度下，物種多樣度才會最高。其機制在於適度的干擾會造成該區域內並存有不同的演替時期的棲地，造成棲地種類增加，空間異質度增加，因而物種多樣度增加。

- 中度干擾假說，與前述第三節第一點的干擾作用並不違斥。其間之差別在於所觀察之空間尺度與干擾之空間尺度不同。若干擾之空間範圍大於所觀察現象之空間範圍，則適用於干擾作用的解釋。如果干擾之空間範圍遠小於所觀察現象之空間範圍，則適用於中度干擾假說的解釋。

四、島嶼生物地理理論

- 島嶼生物地理的平衡理論(**equilibrium theory of island biogeography**)，在生物多樣性保育工作上，是一個相當重要的基礎理論。此理論由 Robert H. MacArthur 及 Edward O. Wilson 於 1963 年所提出，並於 1967 年之專書中完整介紹。

- 島嶼生物地理理論(之後簡稱為 IBT)，是就動態平衡的角度，來看一個地理島或棲息島內物種多樣性的多寡。其認為影響島內物種多樣性的二個主要變因為，島嶼的面積大小及島嶼的隔離狀況。此即為綜合第四回所提過之物種-面積關係(**species-area relationship**)、及物種-隔離關係(**species-isolation relationship**)二種關係的一個平衡理論。

- 物種-面積關係(species-area relationship)為島嶼面積越大，其內所包含之物種數目便越大的一個現象。IBT 認為生物之絕種率為這個現象的作用機制。即島嶼面積越大，生物物種越不容易絕種，所以其內所包含之物種數目便越大。物種-隔離關係(species-isolation relationship) 為島嶼隔離程度越大，其內所包含之物種數目便越小的一個現象。IBT 認為生物之遷入率為這個現象的作用機制，即島嶼距離大陸越近，生物物種越容易遷入，所以其內所包含之物種數目便越大。IBT 便是統合島嶼的面積大小及隔離狀況這二個變因，經由生物之絕種與遷入這二個機制，所共同建構的一個平衡性理論。其特色是不考慮每個島嶼的個別特質(如歷史、生產量、形狀、棲地類型等)，只以二個變因來解釋島嶼的物種數目。

- IBT 在生物多樣性保育工作上，尤其在保護區數量、大小、距離的規劃上，是一個相當重要的基礎理論。雖然說其在理論上有許多優點，應用上也非常廣泛，但是也有許多缺點如下:
  1. 物種滅絕及遷入的速率曲線函數與係數並不固定，所以不易做數量式的預測。
  2. 物種滅絕及遷入速率並非是獨立不相干的二個事件，而是可能會互相影響的。
  3. 對不同的地區、時期、生物種類而言，物種滅絕及遷入的速率曲線可能差很多。
  4. 隔離程度也會影響生物滅絕速率(**rescue effect**)。
  5. 面積大小也會影響生物遷入速率(**target effect**)。
  6. 島嶼生物之遷入來源不是只有大陸。
  7. 沒有考慮島嶼內生物之種化。
  8. 小面積島嶼常常不依循物種－面積關係。

五、*Coda*

- 在以前，生物學家認為既然物種多樣性的現象相當一致，物種多樣性的原因也應該要只有少數幾個。但是生物學家發現物種多樣性的現象相當複雜，而且隨時空尺度不同有很大改變。而生物學家對物種多樣性的可能成因，提出的理論越來越多，其機制也越來越複雜。但是，絕大部分這方面之科學家認為，物種多樣性的成因應該也是多元性的，也就是說，不是只有少數幾個原因便可以完全解釋物種多樣性的分布現象。

- 雖然現在生物學家仍無法對物種多樣性的成因，做出一個完整且全面的解釋理論系統。但是，今天所介紹的所有理論仍是有相當大程度的證據支持。在實際上從事生物多樣性保育、生態系經營管理、保育生物學、與保護區劃設等等應用工作時，這些理論仍是現在主要的科學依據。

Literature cited

Brown, J. H. and M. V. Lomolino. 2005. *Biogeography*: 3rd edition. Sinauer, Sunderland.

Connell, J. H. and E. Orias. 1964. The ecological regulation of species diversity. *American Naturalist* 98: 399-414.

Dobzhansky, T. 1950. Evolution in the tropics. *American Naturalist* 14:64-81.

Fischer, A. G. 1960. Latitudinal variations in organic diversity. *Evolution* 14:64-81.

Whittaker, R. H. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monograph* 30:279-338.

Hutchinson, G. E. 1959. Homage to Santa Rosalia, or why are there so many kinds of animals? *American Naturalist* 93: 145-159.

MacArthur, R. H. 1972. *Geographical Ecology: patterns in the distribution of species*. Harper & Row. New York.

MacArthur, R. H. and J. W. MacArthur. 1961. On bird species diversity. *Ecology* 42: 594-598.

MacArthur R. H. & E. O. Wilson. 1963. An equilibrium theory of insular zoogeography. *Evolution* 17:373-387.

MacArthur, R. H. and E. O. Wilson. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press. Princeton.

Paine, R. T. 1966. Food web complexity and species diversity. *American Naturalist* 100:65-75.

Pianka, E. R. 1966. Latitudinal gradients in species diversity: a review of the concepts. *American Naturalist* 100:33-46.

Rosenzweig, M. L. 1995. *Species diversity in space and time*. Cambridge University Press. Cambridge.

Terborgh, J. 1977. Bird species diversity on an Andean elevation gradient. *Ecology* 58: 1007-1019.

Tilman, D. 1988. *Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities*. Princeton University Press, Princeton.

課後指定作業：

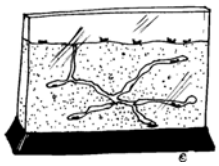
無

課後建議閱讀：

Brown, J. H. and M. V. Lomolino. 2005. Biogeography 一書之第十三、十四、十五章。

書面報告之可能題目：

• 就你身邊可以觀察到的生物群集(例如家中花圃、水族缸、台大農場、黑森林等)，觀察其物種多樣性為時間或空間的變化，評估今天所介紹的物種多樣性理論，看看可不可以解釋你所觀察到的現象。



I think

第六回　島嶼生物多樣性

- 這裡所定義的島嶼，包含所有的地理島嶼，可以如新幾內亞那樣的大大島、如台灣般的不大不小島、或是如龜山島這樣的小小島。這回所介紹的原則，也適用於受隔離的棲地島。

- 島嶼佔陸地面積的六分之一。台灣是個島嶼，高度的人為開發與棲地破壞，也在台灣造就了很多的棲地島。棲地破碎化所造成的棲地隔離，讓島嶼生態學的現象與理論，在生物多樣性保育與棲地經營，有更高的重要性。

- 島嶼生態學的現象與理論，或許可以適用在人類社會上。但是，這些現象與理論，只能當成是人類社會科學的假說，請勿自動對號入座。生態現象對這些理論的支持，不應該當成這些理論適用於人類社會的證據。

- 島嶼的面積大小與隔離程度，會影響島嶼生物的許多層面，包含族群遺傳結構、族群動態、生理生態、行為生態、生物種間關係、及物種多樣性等等。

一、島嶼生物的族群遺傳

- 島嶼無可避免的宿命是，隔離。

- 島嶼因受到隔離，生物的遷入與遷出會受到限制。

- 島嶼可分為全新生成的島嶼，與舊陸塊的地理割裂。新生島嶼如海底火山爆發所生成的島嶼，例如印尼的 Krakatoa 島。舊陸塊的地理割裂，就如台灣一樣，在過去曾與其他陸塊連結。

- 新生島嶼內的物種，幾乎都是由其他地方所遷入，因此播遷能力較高的物種才比較有機會遷入且建立族群。舊陸塊割裂所造成的島嶼，可以包含原有陸塊的生物物種。

- 舊陸塊割裂成島嶼後，原先連續分布的生物物種，會因地理隔離的生成，而成為多個隔離的族群，而逐漸產生異域種化(allopatric speciation)。這樣子的現象，稱之為 **vicariance** (分割分化)。

- 由陸塊分割的島嶼，由於生物遷入與遷出受限，個體競爭程度較低，因而容易保存古老基因。島嶼隔離程度越高，越容易保存古老基因。例如馬達加斯加的狐猴(lemur)、紐西蘭的奇異鳥(Kiwi）。

- 島嶼由於生物遷入與遷出受限，基因交流受限，加上生物族群量較低，容易近親交配，造成遺傳結構較單調。島嶼面積越小，遺傳結構一般越單調。

- 如果島嶼的生物物種是由島外遷入而拓殖成功，其族群遺傳結構會受到當初拓殖少數個體的大幅影響，遺傳變異性較低，此稱之為「奠基者效應」(**founder effect**）。

- 島嶼由於生物遷入與遷出受限，與島外的基因交流受阻，加上族群數量常常較小，族群遺傳結構較容易飄變，或是受到天擇壓力而產生專化現象。因此，島嶼上的生物較容易發生種化現象。隔離程度越高，隔離時間越長，就越容易產生特有種。隔離時間很長的島嶼，甚至可以發展出特有屬或特有科。

二、島嶼生物的適應與族群生態

- 由於個別島嶼所受到的天擇壓力多異於大陸，島嶼生物的體型常常會異於大陸上的姐妹種或是同種生物。就動物而言，有些動物體型會更加巨大，此為 **island gigantism** (島嶼巨型化)，例如加拉巴哥群島(Galapagos)的象龜(Giant Tortoises)、印尼科摩多島的科摩多龍(Komodo Dragon)。也有些島嶼動物，有些動物體型會更加嬌小，此為 **insular dwarfism** (島嶼微型化)，例如印尼峇里島的峇里虎(Balinese Tiger)、印尼 Flores 島的哈比人(Hobbit People)。一般而言，鳥類與爬蟲類較容易發生 island gigantism，哺乳類較容易發生 insular dwarfism。

- 如果某些島嶼隔離程度很高，島嶼的植物在適應島嶼環境後，由於沒有適合拓展的新棲地，因此其種子的播遷能力常常會下降。一些動物的播遷能力也會下降，例如加拉巴哥群島的 Flightless Cormorant，飛行能力就退化了。

- 島嶼由於面積受限，生物族群量較低，造成物種較易受到災難性事件而局部滅絕。面積越小，生物越容易滅絕。

- 島嶼由於面積受限，生物移動受阻，造成物種不易遷入。隔離程度越高，物種就越不易遷入。

- 島嶼由於生物族群量較低，物種較易局部滅絕，造成整體物種較少。島嶼面積越小、隔離程度越高，物種就越少。

- 島嶼的隔離程度越高，物種就越少，而且較容易形成特有種。在二個機制拉扯下，隔離程度很高的島嶼，特有種生物比例會特別高。

三、島嶼生物的種間關係

- 島嶼由於整體種類較少，加上生物遷入不易，造成物種間競爭關係(**inter-specific competition**)較緩和。面積越小、隔離程度越高，種間競爭程度更低。

- 島嶼由於整體種類較少，種間競爭較不劇烈，造成其內的物種會伸展其生態棲位，使其在島嶼上的生態棲位，比在大陸上的生態棲位更加寬闊，這就是所謂的生態釋放效應(**ecological release effect**)。面積越小、隔離程度越高，生態釋放效應更明顯。

- 島嶼由於較難遷入、物種較少，一個物種一旦拓殖成功，常常可以擁有寬廣且多樣的生態棲位，因此有時在外型上會產生輻射性地快速演化，以適應多樣的生存環境，此稱之為 **adaptive radiation**(適應輻射)。經典的例子如加拉巴哥群島(Galapagos)的達爾文雀(Darwin Finches)。

- 島嶼由於整體種類較少，種間競爭不劇烈，造成物種的族群密度常常較高。島嶼的種類越少，生物族群的單位密度常常越高。

- 島嶼由於種間競爭並不劇烈，加上遺傳結構大多單調，造成物種應變能力低，競爭力低。島嶼的種類越少、地理狀況越隔離，生物競爭力常常越低。

- 島嶼由於整體種類較少，整體生物數量也不高，造成食物網較扁平，營養階層(**trophic level**)較少，缺乏大型掠食動物。島嶼的面積越小、地理狀況越隔離，食物網越扁平。

- 由於島嶼的食物網較扁平，整體種類較少，植物抵抗植食動物的機制

(anti-herbivore defense)常常退化或消失，動物逃避掠食性動物的行為(anti-predator defense)也常常退化或消失。

- 島嶼由於整體種類較少，物種應變能力低、競爭力低，造成外來種容易入侵。由於沒有天擇演化的互動，有些種類甚至不認識外來掠食性動物(如貓、鼠)，因而快速地被捕食而絕種。一般而言，島嶼的種類越少、地理狀況越隔離，抵抗外來種屠城的能力越低。

- 島嶼生物由於分布範圍受限，族群數量較低、基因變異較低，因此更容易受到人為擾動而絕種。人類所帶來的擾動，以外來種及棲地流失的威脅最大。

四、島嶼生物地理理論

- 島嶼生物地理的平衡理論(equilibrium theory of island biogeography)，在生物多樣性保育工作上，是一個相當重要的基礎理論。此理論由 Robert H. MacArthur 及 Edward O. Wilson 於 1963 年所提出，並於 1967 年之專書中完整介紹。

- 島嶼生物地理理論(之後簡稱為 IBT)，是就動態平衡的角度，來看一個地理島或棲息島內物種多樣性的多寡。其認為影響島內物種多樣性的二個主要變因為，島嶼的面積大小及島嶼的隔離狀況。此即為綜合第四回所提過之物種-面積關係(species-area relationship)、及物種-隔離關係(species-isolation relationship)二種關係的一個平衡理論。

- 物種-面積關係(species-area relationship)為島嶼面積越大，其內所包含之物種數目便越大的一個現象。IBT 認為生物之絕種率為這個現象的作用機制。即島嶼面積越大，生物物種越不容易絕種，所以其內所包含之物種數目便越大。物種-隔離關係(species-isolation relationship) 為島嶼隔離程度越大，其內所包含之物種數目便越小的一個現象。IBT 認為生物之遷入率為這個現象的作用機制，即島嶼距離大陸越近，生物物種越容易遷入，所以其內所包含之物種數目便越大。IBT 便是統合島嶼的面積大小及隔離狀況這二個變因，經由生物之絕種與遷入這二個機制，所共同建構的一個平衡性理論。其特色是不考慮每個島嶼的個別特質(如歷史、生產量、形狀、棲地類型等)，只以二個變因來解釋島嶼的物種數目。

- IBT 的要義，可以歸納為下列八點。
  1. The biota on an island endures constant turnover in species composition.
  2. The species richness on an island is increased by immigration and decreased by local extinction.
  3. The extinction rate increases with species richness.
  4. The immigration rate decreases with species richness.
  5. The immigration rate and extinction rate together reach an equilibrium of species richness on a given island.
  6. Besides number of species, the immigration rate is also affected by degree of isolation of the island.
  7 Besides number of species, the extinction rate is also affected by size of area of the island.
  8. Therefore, area and isolation together determine the equilibrium of species richness on a given island.

- IBT 在生物多樣性保育工作上，尤其在保護區數量、大小、距離的規劃上，是一個相當重要的基礎理論。雖然說其在理論上有許多優點，應用上也非常廣泛，但是也有許多缺點如下:
  1. 物種滅絕及遷入的速率曲線函數與係數並不固定，所以不易做數量式的預測。
  2. 物種滅絕及遷入速率並非是獨立不相干的二個事件，而是可能會互相影響的。
  3. 對不同的地區、時期、生物種類而言，物種滅絕及遷入的速率曲線可能差很多。
  4. 隔離程度也會影響生物滅絕速率(rescue effect)。
  5. 面積大小也會影響生物遷入速率(target effect)。
  6. 島嶼生物之遷入來源不是只有大陸。
  7. 沒有考慮島嶼內生物之種化。
  8. 小面積島嶼常常不依循物種－面積關係。

- 島嶼！有美麗也有哀愁。身為一個島民，我們應該：
  保持島嶼的特有度！
  增加島嶼的適應度！
  護衛整體的多樣性！

課後指定作業：

無

課後建議閱讀：

Whittaker, R. J. and J. M. Fernández-Palacios. 2007. *Island biogeography: ecology, evolution, and conservation*. Oxford University Press. (Google Book 可得)

MacArthur, R. H. and E. O. Wilson. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press. Princeton.

Losos, J. B. and R. E. Ricklefs. 2009. *The theory of island biogeography revisited*. Princeton University Press. Princeton.

Wallace, A. R. 1881. *Island life*. (Google Book 可得)

書面報告之可能題目：

- 介紹一個島嶼或群島的生物相。可以介紹其物種組成、特有性、威脅、與保育。

第七回　地球之環境與生態系多樣性

- 本週介紹地球之氣候變異，及伴隨氣候變異所形成的陸域生物群落區系之分布、結構、與特色。下週則簡單介紹地球的水域生物群落區系，並觀看參考影片，The Blue Planet。

一、 地球之氣候變異

- 太陽之加熱作用不均，是地球氣候變異的主因。此不均勻加熱作用帶動了地球上大氣環流及降水量之地區性變化。

- 地球地表及大氣的溫度主要受太陽輻射能所操縱。地球為一略呈橢圓形之球體，於太陽光直射之地區，所接受之輻射能最高。地球自轉之主軸並非垂直於其繞行太陽之軌道面，而是成偏離垂直面 23.5°的傾斜角度。

- 地球此 23.5°的傾斜角度並不隨地球公轉改變，因此南北半球所接受之太陽能，有季節上的差異。春分及秋分時，太陽直射赤道。夏至時，太陽直射北回歸線(北緯 23.5°)(Tropic of Cancer)。冬至時，太陽直射南回歸線(南緯 23.5°)(Tropic of Capricorn)。由於此太陽入射角度上之變化，造成北緯 23.5°及南緯 23.5°之間的地區(即所謂熱帶)，所接受之太陽輻射能最高，然後隨向二極移動而遞減。同時，也造成熱帶在溫度及晝長的季節差異最小，向二極移動則差異變大。

- 地表之加熱作用驅動了大氣的環流，並影響了降雨之類型。空氣由於受熱不一，在赤道南北各有三類大氣環流圈(atmosphere circulation cell)。在赤道附近由於受到太陽的加熱最強，空氣受熱後帶著水氣膨脹上升。此暖濕氣團上升後變冷，水氣凝結下雨後，分向南北移動，於南北緯 30°附近下沉。此一乾冷氣團之下沉，造成全球南北緯 30°附近的沙漠氣候。此氣團下沉後向南北移動並抽取水氣，造成溫帶的潮濕氣候，然後約於南北緯 60°附近上升後再向南北移動，形成另一個大氣環流圈。

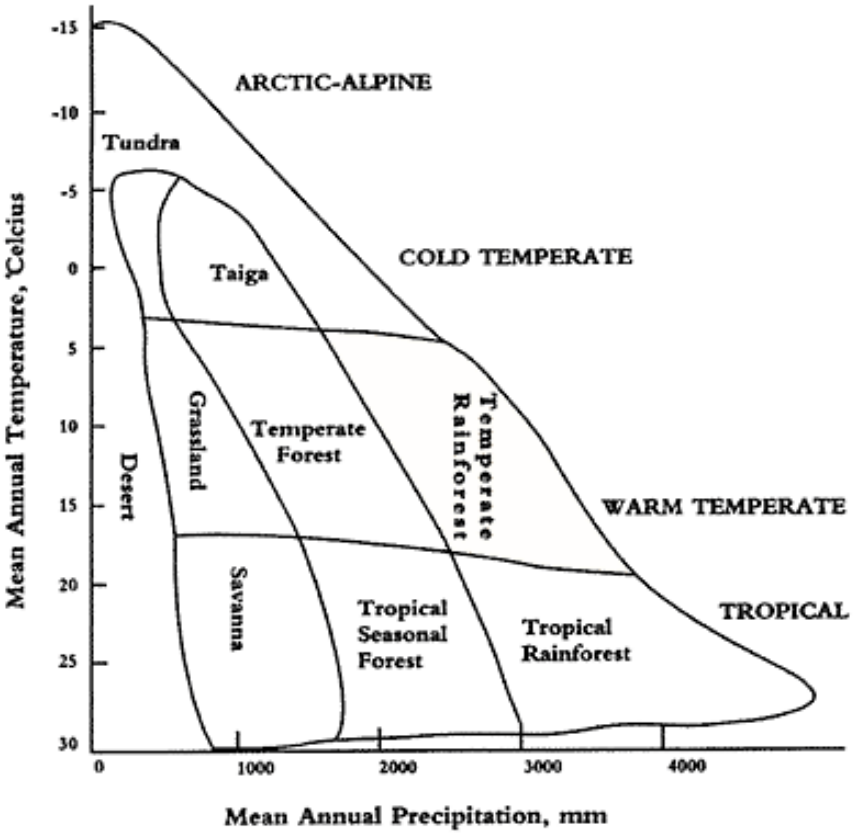
- 但是由於地球由西向東自轉所引發的柯氏力效應(Coriolis effect)，地球表面之大氣並非是全然是往正北與正南二個方向直線移動。柯氏力效應造成北半球的風在其風徑方向上向右偏，南半球的風在其風徑方向上向左偏。在北半球 0°至 30°間造成東北季風(northeast trades)，南半球 0°至 30°間則造成東南季風(southeast trades)。在 30°至 60°之間則造成西風(westerlies)，60°

至二極之間則造成極地東風(polar easterlies)。

- 由於太陽入射角度會隨季節而變化，因此陸地與海洋所得到的輻射能，也會隨季節而變化，緯度越高變化越劇烈。這些輻射能的季節變化，也會連帶造成風向的季節變化，使得之前所說的大氣環流圈產生季節位移。這樣風向隨季節而變化的現象，或是隨季節而變化方向的風，稱之為 monsoon(季風)。例如台灣冬季受東北季風影響，夏季受西南氣流影響。Monsoon 若是將海洋的濕熱水氣吹向陸地，會造成季節性的雨季。

- 風所挾帶的水氣，會隨著地形的影響，而使降水量的空間分布不均勻。由於山脈阻擋，水氣隨氣流上升，逐漸凝縮為水滴或冰雪，而在降落在山脈面風(windward)的這一面，或稱之為迎風坡(windward side)。山脈背風的這一面，或稱之為背風坡(leeward side)，會因為水氣多在迎風坡降下，而較為乾燥。像這樣水氣被山脈阻隔，背風坡降水較少的現象，稱之為 rain shadow effect (雨影效應)。山脈越高，rain shadow effect 越顯著。

- 大氣溫度與降水量，為主宰陸地生態系構造組成與分布的最大影響變因。下圖為年均溫與年降水量，與地球上天然生物群落區系(biomes)分布之簡圖(Whittaker 1975)。



二、 陸域生態系

(一) 熱帶雨林 (tropical rain forest)

- 熱帶雨林橫跨赤道，有三個主要區塊：東南亞、西非洲、與中南美洲的雨林。大部分的熱帶雨林分布在南北緯 10°之內。除此之外，包括中美洲及墨西哥、巴西東南部、馬達加斯加東部、印度東南部、澳洲東北部亦有熱帶雨林分布。

- 熱帶雨林分布的地區，終年溫暖多雨。其條件為月均溫變化小，且全年雨量分布均勻。其平均溫度約在 20°到 27°之間，年降雨量一般介於 2500 - 5000 mm 之間，而且每個月的降水量至少有 100 mm。

- 熱帶雨林之大量雨量，使土壤內營養容易淋失。且溫暖、潮濕的雨林氣候加速分解作用，使土壤有機物含量偏低。因此雨林的土壤往往貧瘠、偏酸性、淺薄、有機物低。大部分的營養物都是留在於生命組織內，而非在土壤中。

- 熱帶雨林中的優勢生物為喬木，一般雨林平均高度為 40 m，但是也可高到 80 m。雨林中生物物種繁多，一公頃熱帶雨林內樹種可能高達 300 種，附生植物與攀緣植物幾乎無所不在，大部分植物都是依靠動物授粉。而動物種類多樣性亦是相當高，其中很大一部份為樹棲性，且很多尚未被科學家所描述。

(二)熱帶季風林(tropical seasonal forests)

- 熱帶季風林大約分布在南北緯 10°至 25°之間。其分布地區，包括熱帶雨林的南北側、亞馬遜雨林的南北方、印度半島、中南半島、及澳洲北部。

- 熱帶季風林其分布地區，終年溫暖，平均溫度約在 20°到 30°之間，年降雨量一般界於 1500 - 3000 mm 之間。但其雨量分布不均勻，有明顯的乾濕季，雨量集中於一年內的某段時間。

- 熱帶季風林的土壤酸鹼度偏酸，但酸鹼值還是較熱帶雨林高。其土壤內營養也較熱帶雨林為高。但是每年不均勻分布的豪雨造成土壤容易沖蝕。

- 熱帶季風林的喬木高度與平均降水量有很大關係。生長較高的樹，一般分布在較濕的地區。較乾旱的地區，樹木一般生長較為矮小。另外視其年平均降水量與雨量分布不同，樹葉之更新也會有所不同。最乾之地區，所有樹木可能旱季時均會落葉。但在較濕的地區，則可能有一半以上的樹木會保持常綠。熱帶季風林植物的授粉與播種，有很大部分也是依靠動物進行。而動物方面，由於乾濕季的季節變化，動物常常發展出季節遷移的行為。

(三) 熱帶疏林草原 (tropical savannas)

- 疏林草原大部分分布在南北緯 10°至 20°之間，常常是分布在熱帶季風林與沙漠之間。其溫度與熱帶雨林及熱帶季風林相差不多，但年平均雨量更少，約在 300-1800 mm 之間。其分布地區，包括最有名之東非與中非地區、以及澳洲北部、南美洲、中亞等地。

- 疏林草原由於年平均雨量少，季節性乾旱明顯，因此“火變”相當容易發生，保持草原中點綴些許喬木的地景形式。

- 疏林草原由於喬木稀少，因此生物分布是呈較為二度空間的形式。疏林草原的最大注意焦點是，漫遊性動物族群(如斑馬、長頸鹿、羚羊、象、獅等)。這些動物會隨降雨量變化及食物供應而遷移。另外頻繁之火燒，使疏林草原的樹種多具有耐火性，不受小火的影響。

(四) 沙漠(Desert)

- 沙漠約佔全球陸地面積之 20%。全球有二個環帶狀的沙漠，分別分布在南緯與北緯 30°左右。此二環帶的地理位置，相當於赤道上升氣流散盡水份後下沉之位置。一般沙漠之年均降水量約在 300 mm 以下。除此南北緯 30°地帶之外，尚有亞洲內陸的戈壁沙漠(Gobi)及北美洲山脈背風面的大盆地沙漠(The Great Basin)，還有一些分布於大陸西岸雖然高緯寒冷但是雨量稀少的地方。

- 各個沙漠的環境條件差異極大。地球地表上所紀錄之最高溫度(>56℃)，皆是於沙漠地區所紀錄。但是戈壁沙漠的年均溫度可低至接近 0℃，月均溫可低至-20℃。基本上，若是在大部分期間降水量小於蒸發量(evaporation)及植物蒸散量(transpiration)的總和時，便會形成沙漠。

- 因為沙漠之雨量少，且生物之作用小，因此土壤之變化受到土壤基質之影響相當大。

- 為適應沙漠之乾旱氣候，生物特化出許多策略來因應。植物常常發展出密生絨毛之葉、小葉、只有雨時才長葉、在乾旱期間葉片脫落、乾脆無葉(如仙人掌)、或以種子休眠避開乾旱等等策略。動物方面則以行為、生理、及型態等等方式避免環境極端狀況。

(五)溫帶林地與灌叢地 (temperate woodland and shrubland)

- 溫帶林地與灌叢地分布在南極洲之外的所有其他大陸洲，尤其是在地中海附近及在北美洲西部分布最廣。此外也分布在智利中部、澳洲西南角、與非洲西南角。此處之林地(woodland)意指喬木樹冠層相連(與 savanna 相比)，但林內喬木並無層式分化(與 forest 相比)。

- 溫帶林地與灌叢地所分布之地區，夏乾熱，冬濕冷但少霜雪，是所謂的地中海型氣候(Mediterranean climate)。

- 溫帶林地與灌叢地的土壤肥力多半不高，且以結構脆弱著稱。乾熱之夏季容易造成火變，加上之後冬季伴隨之豪雨，常常造成土壤沖蝕。

- 溫帶林地與灌叢地的生物，為適應夏乾熱冬濕冷的氣候，也特化出許多策略。例如喬木多有厚實的樹皮，以防火變。草本植物多在冷濕之冬春季生長，以逃避夏季乾旱與火害。

(六)溫帶草原 (temperate grassland)

- 溫帶草原主要分布於歐亞大陸、北美洲中西部、南美洲之彭巴草原(Pampa)、及紐西蘭等地。溫帶草原之年降水量介於 500 至 1200 mm 之間，但與地中海型氣候相反的是，最大降水發生於生長高峰期的夏季。

- 溫帶草原的土壤育自多樣的基質。最好的 溫帶草原土壤乃為深厚、帶鹼性或中性、肥沃、且含有大量有機物。溫帶草原的土壤及氣候特性是穀物之最佳生育地。其中以北美洲及歐亞大陸之高草原黑土壤，最為人所稱著。

- 溫帶草原的植生幾乎全是草本植群(herbaceous vegetation)。草原之植物高度可從耐旱的短草原(5 cm 高)，到較濕的高草原(>200 cm 高)。禾草類(grasses)與闊葉草類(forbs)的根系形成緊密的腐草層網，足可抵擋樹木的入侵。動物方面，有群集性的草食動物，如野馬、美洲野牛、及岔角羚羊等動物。

(七)溫帶林 (temperate forest)

- 溫帶林位於南北緯 30°至 55°之間，但多位於緯度 40°至 50°之間。溫帶林主要分布於北半球的亞、歐、北美三洲。亞洲分布於日本、華東、韓國、及西伯利亞東部。歐洲分布於則從東歐向西延伸至英倫群島，斯勘地維亞半島(Scandinavian Peninsula)向南至伊比利半島(Iberian Peninsula)。北美洲則分布於大西洋岸西至中西部大草原、及北加州至阿拉斯加的太平洋岸。南半球之溫帶林則分布於智利南部、紐西蘭與澳洲南部。

- 溫帶林分布在溫度不太極端、年降水量 800 mm 以上之地方。有些地方雨量可超過 3000 mm，則形成所謂的溫帶雨林(temperate rainforest)。溫帶林之四季氣候變化分明，冬季可有三至四個月左右。溫帶林的主要優勢植群為落葉喬木林，在冬季氣候較嚴酷及夏季較少雨之地區，溫帶林植群則以針葉林居多。

- 溫帶林之土壤多肥沃。最肥沃的土壤分布在落葉林下，呈中性或微酸性，含豐富的有機質與無機營養。針葉林則生育在較貧瘠及較酸的土壤。一般而言，落葉林中的營養循環較針葉林快上許多。

- 溫帶林之物種多樣度比熱帶雨林低，但是溫帶林之生物量卻與熱帶雨林相差無幾，或者有時候更高。與熱帶雨林相同的是，溫帶林亦有垂直複層結構，可分為草本層、灌木層、林下喬木層、樹冠層(canopy)等。但是附生植物與攀緣植物則較熱帶雨林為少。

(八)北寒林 (boreal forest or taiga)

- 北寒林佔全球陸地面積之 11%，分布於北半球(boreal 在希臘文原意為”北”)。範圍從斯堪地維亞、經蘇俄、越西伯利亞、迄阿拉斯加中部、而橫過加拿大中部全境。緯度範圍約在北緯 50°至 65°之間。

- 北寒林分布之地區，冬季漫長，夏季苦短。如 Verkhoyansk(西伯利亞中部)，冬溫約-70℃，但夏溫仍可達 30℃，年溫差可達 100℃。由於低溫長冬，因此蒸發散量低，旱季及火變不常發生，林下常常是沼澤或鬆軟的濕土。

- 北寒林的土壤肥力低，土壤薄而性酸。低溫與低酸鹼度使植物枯落物的分解作用慢，土壤形成速度慢。因此，營養多固定在地表之植物枯落物層中。同時，表土層相當淺薄，大部分喬木之根系也形成一淺薄的密網，直接由

地表腐質層吸收營養。

- 北寒林的優勢植群為針葉林，例如雲杉(spruce)、冷杉(fir)、落葉松(tamarack)等。北寒林中的物種多樣度低。例如，北寒林中無藤本植物，附生植物也僅限於地衣與槲寄生(mistletoe)。北寒林植物皆靠風媒授粉，少有漿果。

(九)凍原 (tundra)

- 凍原佔據北極圈內大部分的土地，分布於斯堪地維亞最北端、橫越蘇俄、穿過西伯利亞北邊、迄阿拉斯加與加拿大之北部。緯度範圍約在北緯 65° 至 80°之間。

- 凍原的氣候特徵為冷而乾，但氣溫不如北寒林般極端。凍原的冬季不會如北寒林那麼冷，夏季也不會那麼暖，因此冬溫較不酷寒可是夏季短暫。凍原之年降水量差異大，從 200 mm 到 1000 mm 都有。但是由於年均溫很低，所以降水量大於蒸發散量，夏天相當潮濕。

- 在凍原，由於氣溫低、土壤發育慢。由於分解作用慢，有機物聚集成泥炭土(peat)與腐質層(humus)。每年夏天表土冰雪會融解，但是其下有一層數公尺深的永凍層(permafrost layer)。此種每年結冰與融化交替，造成凍原特別的土壤形式。

- 開闊的凍原地景，主要為多年生草本植物(尤其是禾草類、莎草類、苔蘚類、地衣類)的塊狀構造所構成。凍原雖然物種多樣度很低，但是每年在短暫的夏季，昆蟲的數量相當驚人，且來此繁殖的鳥類數量也相當多。

(十)山脈

- 雖然說山脈並不是一個特有的生物群落區系，但是由於高度變化造成環境之變化，因此山脈具有獨特之環境條件與生物群聚。山脈多由地殼運動及火山活動所造成，所以山脈多集中在這類地質過程進行之地區。

- 山脈之氣溫，一般是由低處向高處遞減。雨量隨高度之變化則相當歧異。中緯度的山脈，海拔較高則降水量較多，海拔較低則較少。極圈山脈，則高海拔降水量較少，低海拔較多。在大部分低緯度地區，降水量隨海拔遞增到中海拔，然後向上遞減。

- 山脈之土壤由於地形陡峭，山脈土壤多排水良好，土層多淺薄，容易受到

沖蝕作用影響。此外，風經常將土粒或有機物從山下帶到山上，或由山上帶向山下。此對土壤之形成有很大的影響。

- 伴隨山脈海拔高度增減的環境因子變化，常常類似於沿緯度上環境因子的變化，因此山坡上生物群落的遞變變化，常類似於沿緯度上的生物群落區系變化。且由於山脈的隔離效果，山脈常常成為一些特別生物的庇護所，而且山脈常演化出特有的物種或基因庫。

Reference:
本回講義之大部分內容，為下列書籍內章節之精簡內容。

王立志等譯. 2002. 生態學：概念與應用. McGraw-Hill. 第二章.

Molles, M. C. 2002. Ecology: concepts and applications. 2nd edition. McGraw-Hill.

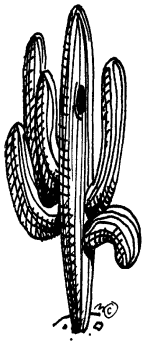
課後指定作業：無

課後建議閱讀:

王立志等譯. 2002. 生態學：概念與應用. McGraw-Hill. 第二章.

書面報告之可能題目:

就一個你所熟悉或感興趣的生物群落區系，介紹其內之物種組成、生物特性、或生態作用等等你有興趣之課題。



第八回　地球之水域生態系

- 本週扼要介紹地球主要的水域生態系。

一、 地球之水文循環

- 雖然人類居住於陸地，而且我們所居住的星球也叫做「地球」。但是這個星球 71%的表面面積是覆蓋著水。生命也源自於水域。欲瞭解地球之生物多樣性，水域生態系是不可或缺的一環。

- 生物圈內的水並非靜態地分布著，而是具有動態交換之水文循環(**hydrological cycle**)。各個水環境(如海洋、湖泊、河流、冰河、甚至生物體)都是水文循環中的蓄水體(reservoirs)，水不停的以降水(**precipitation**)、逕流(**runoff**)、蒸發(**evaporation**)、滲透、蒸散(**transpiration**)等等方式進出每一個蓄水體。

- 每個蓄水體的更換時間(turnover time)，是指其水量全部重新輪換一次所需的時間。大氣中的水，約每九天更換一次。河水的更換時間，約為 12 天至 20 天。湖水的更換時間，視湖泊的深度、面積、和排水速度，可從數天至數百年之久。而全世界最大的水體，海洋，其更換時間則約需要 3100 年。

二、 海洋生態系

- 全球海洋面積有 3.6 億平方公里，蓄水量 14 億立方公里，佔地球上總水量的 97%，主要分布在三大海洋盆地: 太平洋、大西洋、與印度洋。海洋平均深度約為 4000 公尺，最深的馬里亞納海溝(the Marianas)，深度超過一萬公尺。

- 照射到海上的太陽輻射能，有 80%在約海面十公尺內就被吸收。絕大部分的紅外線與紫外線在幾公尺內便被吸收了。可見光中的藍光因為比較不容易被海水所吸收，因此看起來海水的基礎色是藍色的。

- 世界上絕大部分之生物能量，都是直接或間接由植物行光合作用而來。但是在深海，卻有一生物群聚型式，其生物能量來源卻截然不同。這些生物群聚位在深海海床之熱泉旁，藉由微生物之化合作用(**chemosynthesis**)，對

熱泉所湧出的高能物質，進行化學分解以獲得能量，而形成一個完全不需要太陽輻射能之生物群聚。

- 由於海水溫度差、鹽度差、風吹等因素，造成海洋之洋流(**current**)現象。溫度鹽度的差異，會造成海水密度的差異，造成水團移動，為溫鹽環流(**thermohaline circulation**)。風會吹動海水表面，進而推動海水造成水團移動，為風生海流(**wind-driven circulation**)。洋流傳輸營養鹽、熱量、生物至位置不一的海洋，不僅改變海洋中的物理化學環境及海洋生物的分布，同時也會改變陸地的氣候。

- 海洋的初級生產量，主要受到太陽輻射能及營養鹽的限制。在垂直層次上，由於太陽輻射能很容易被水吸收，海洋之光合作用只發生於受到光照的水層(稱之為透光帶, **euphotic zone**)。在水平層次上，受到營養鹽的限制，光合作用及生物多聚集在沿岸區。遠洋區(**pelagic zone**)受到營養鹽的限制，其實光合作用速率與沙漠類似，除了少數湧升流(**upwelling**)外，生物密度相當低。

- 由於風力推動表層海水，造成較冷、較重的底層海水必須向上層補充，造成湧升流。湧升流往往將底層海水的營養鹽，帶到溫度光度較高、但是營養鹽缺乏的海水表層，造成光合作用旺盛，生物量大增。世界上大約 25%的海洋漁獲來自於僅佔海水表面 5%的五大湧升流地區。

- 珊瑚礁只分布於南北緯 30°之間的近海溫暖海域，通氣良好，氧氣充足。珊瑚礁最適合的海水溫度通常介於 25℃至 29℃之間，所能忍受之最低溫約為 18℃至 20℃，水溫超過 30℃則多會致命。對鹽度之耐受力也相當低，海水鹽度若低於 2.7%，珊瑚即會死亡。

- 珊瑚礁可依其形式構造，分為裙礁(**fringing reefs**)、堡礁(**barrier reefs**)、與環礁(**atolls**)。裙礁緊鄰大陸或島嶼之岸邊。堡礁分布在大洋與潟湖(**lagoon**)之間，可離岸相當遠，如澳洲之大堡礁可離岸二千公里。環礁點綴在熱帶太平洋與印度洋，由自海面下向上生長之珊瑚形成。

- 珊瑚礁是海洋裡的熱帶雨林，生物多樣性相當高，其初級生產量超過熱帶雨林。然而不論在珊瑚礁與熱帶雨林，其生存環境內之營養鹽卻是相當貧乏。因此可知，營養鹽濃度並非一定是生物多樣性或初級生產量的重要因子，生態系內的作用效率(如營養鹽循環)，及生物間的交互關係(如互利共生)多寡，可能才是重要因素。

- 珊瑚礁由於初級生產量高、棲地結構的空間異質度大，加上環境也相當穩定，因此生物多樣性相當高。但是珊瑚礁生態系所受威脅相當大，沈積物污染、廢棄物污染、非法漁業(炸魚、毒魚、底拖網等)、和遊憩活動都會造成很大的破壞，海水溫度的些微上升也會造成珊瑚白化(**coral bleaching**)。由於所受威脅壓力大，加上珊瑚礁成長緩慢，受到擾動後不易重建，珊瑚礁是最需保護的海洋生態系。

- 溫帶之近海海域，常常形成海藻森林。其冬季溫度可能低於 10℃，夏季水溫只略高於 20℃。海藻森林也只生長於通氣良好、氧氣充足的海域。但是與珊瑚礁不同的是，海藻森林對海水鹽度變化的耐受力相當好。海藻森林可長得相當高，有些褐海藻森林，其高度可大於 50 公尺。

- 海洋是相連的巨大水體，本身就會有所流動，加上水平性的環境差異並不大，因此生物幾乎都是廣域性分布，很少有狹布種或是小範圍內的特有種。陸域棲地及淡水棲地由於較為隔離，生物移動又受限，較容易產生狹布種或是小範圍內的特有種。

三、 河口域、鹽沼、與紅樹林生態系

- 河口域(**estuary**)分布在河海交界處。鹽沼(**salt marsh**)與紅樹林(**mangrove forests**)則密集在砂質海岸或河流出口處。鹽沼之優勢種植物為草本植物，主要分布於溫帶與寒帶。而紅樹林主要為木本植物構成，不耐霜害，主要分布於熱帶及亞熱帶。

- 河口域、鹽沼、與紅樹林都在海岸地帶，屬於所謂的潮間帶(**intertidal zone**)(littoral zone)。所生存的環境，受一天二次的潮汐影響，水流、溫度、鹽度、及溶氧量變化相當大，生物必須要因應一天之中變化相當大之環境，做出許多型態、生理、與行為上之適應。例如植物進入可阻絕大部分的鹽分進入，或是可主動將鹽分排出體外。

- 潮汐是海面受天體引力所引發的週期性水面升降現象。海面上升最高時，稱為滿潮(high water)；海面下降至最低時，稱為乾潮(low water)；滿潮與乾潮之海面高度差稱為潮差(**tidal range**)。朔望後一二日，潮差最大，稱大潮(**spring tide**)。在上下弦附近，潮差最小，稱小潮(**neap tide**)。

- 潮汐在地球上不同位置並不是完全一樣。依照每天乾滿潮的次數與規模大小，潮汐可分為一天兩次漲退潮明顯的半日潮、一天只出現一次漲退潮的

全日潮、與介於兩者之間的混合潮三種類型。以台灣為例，台灣西部及東部沿海的半日潮較顯著，東北部沿海是全日潮和半日潮影響各占一半的混合潮，而西南沿海則是以全日潮為主的混合潮。

- 河口域的水分鹽度受到河水流量、潮汐、及地形的影響，而有很大變化。河流流量及水位會受到潮汐影響的河段，稱為感潮河段。河流所帶來的陸源營養鹽，在遭遇鹹水後，因鹽度上升造成溶解度下降，便沉積於底部或懸浮於水體之中。這些營養鹽進而孕育大量的浮游生物，提高初級及次級生產力。

- 河口域、鹽沼、與紅樹林內的植物物種多樣性一般相當低，種類相當少，但是其初級生產量卻非常高。雖然如此，河口域、鹽沼、與紅樹林由於棲地結構的空間異質度大，是許多水生動物幼體的培育場所。

- 潮間帶受到浸潤於海水及暴露於空氣的時間比例，會隨所在高度而有很大不同，因此潮間帶的物種分布常常有很明顯的分區現象(zonation of species)。即使是陸生植物種類相當少的鹽沼與紅樹林，也常可看到隨高度些微差異所造成的分區現象。

四、 河流生態系

- 地球上的水分僅約有 2.75%是以淡水形式出現，其中又有 2.05%是在二極冰帽及冰河中，0.68%是以地下水型式出現，出現在湖泊與河流的淡水只有 0.011%。淡水生態系依水流與水深，可分為流水(lotic)生態系與靜水(lentic)生態系。

- 河流的特徵是流動不停的水域。河流是典型的動態生態系(dynamic ecosystem)，與其他生態系相比，河流生態系內的物質與能量流動，可以說是最快速的。也由於其受其他生態系影響甚大，自我穩定能力低，也是典型的非平衡生態系(non-equilibrium ecosystem)。

- 河流依其物理環境，一般常分為深潭(pools)、急流(runs)、與淺灘(riffles)。河道的兩邊為濱岸帶(**riparian zone**)，是河流生態系與其濱臨之陸地生態系之間的過渡帶。

- 河流由上游至下游，無論是物理、化學、生物方面的特徵，都是呈連續改變的特質，並沒有截然改變的生態推移帶(**ecotone**)存在。

- 河流的上游，一般是以濱臨之陸地生態系所流入的枝葉及粗粒有機物(coarse particulate organic matter, CPOM)為主要能量來源。河流上游的初級生產者不多，是典型的分解者食物鏈，食物鏈底部是分解植物枝葉或收集粗粒有機物的碎食者(shredder)生物，生產低於消費(Production/Respiration < 1)。到了河流的中游後，由於河面較寬廣，接受陽光較多，而且上游的粗粒有機物多已分解為微粒有機物(fine particulate organic matter, FPOM)，因此藻類與水生植物大量生長，生產者食物鏈佔優勢，生產高於消費(P/R > 1)，刮食藻類的牧食者(grazers)與收集或濾食微粒有機物的採集者(collectors)佔優勢。到了河流下游，河道更寬更深，水流量增加但流速變慢，由於泥沙等懸浮物使陽光不易透過河水，初級生產者減少，生產又再度低於消費(P/R < 1)，採集者佔優勢。這樣子河川的生物相與生態機制沿河而改變的現象，稱之為 **river continuum concept**(河流續動觀念)。

五、 湖沼生態系

- 湖泊是內陸窪地中不與海洋相聯的靜止水體，可以是因冰河切蝕、山崩堵塞、火山口、河道遷徙、流水岩溶、泥沙沉積等等原因而造成。就地球歷史而言，湖泊只是暫時性存在的水體，會因泥沙淤積而慢慢陸化。研究陸地上水域的科學稱為 **Limnology**(湖沼學)。

- 湖泊可以依位置分成三個部份。靠近岸邊、水深淺、光線可到達底部的部份為沿岸區(littoral zone)。較遠離岸邊、光線可達底部的水體範圍稱為透光層(photic zone)。陽光無法穿透的深度以下則是深水區(profundal zone)。在透光層與深水區之間有個補償光度深度，在此光合作用所提供的氧與呼吸作用所消耗的氧達到平衡。

- 湖泊依照其營養鹽濃度，可分為貧養(**oligotrophic**)、中養(mesotrophic)、優養(**eutrophic**)湖泊。貧養湖泊營養鹽濃度低(尤其是氮與磷)，湖水表面積對體積比常常比較小，藻類密度低，水質清澈，在陽光下顯現藍色。中養湖泊具有中度的營養鹽、藻類密度、及清澈度。優養湖泊營養鹽濃度高，湖水表面積對體積比常常比較大。湖泊在演替過程中，本身就會因為營養累積及泥沙淤積而慢慢優養化(**eutropication**)。但是人類也可能因為農業用水或都市污水，帶給湖泊大量的營養鹽，使得藻類在短時間內大量繁殖，造成所謂的藻華(**algae bloom**)。藻類若快速大量繁殖，也會因此大量死亡，這些藻類在腐爛分解的過程中，在極端狀況下會耗盡水中的氧氣，使得湖泊中的其他動物隨之窒息而死亡。

六、 水域生態系的威脅與保護

- 相對於陸域生態系，資源過度利用對水域生態系的威脅更大。水域生態系常包含多個社群或國家，內部不容易明確界分，所以產權不易私有化。資源共享，但共管機制缺乏或成效不彰，造成成員爭先恐後地收穫利用，不思永續經營。這就是典型的 **the tragedy of the commons** (公有的悲劇)，一項為人人可取得的開放資源，從另一個角度而言，就是沒有任何人擁有絕對所有權的資源，我不拿人家也會拿，下場常常是資源很快被消耗殆盡。

- 海納百川，捲走一切哀愁到不知名的遠方，共有空間加上共管機制不彰，造成水域生態系的污染問題，比陸域更加嚴重與難以管制(空氣污染、溫室氣體也是)。這又是另一個層面的 **the tragedy of the commons**。

- 就食物資源的角度來看，相對於農林牧業，漁業有幾項根本性的差異。第一，除了養殖漁業，捕撈漁業基本上是大規模捕捉野生動物做為食物來源，並不是農業栽培活動。第二，漁業捕撈對象，常常是食物鏈高層的生物，與農業栽培植物、畜牧業多栽培初級消費者相比，漁業有巨額的能量浪費。第三，在族群數量大減、個體體型快縮的情況下，需求量不變，反而造成販售價格上升，深化資源過度利用的動機。雖然漁業資源有眾多替代品，但是政府與消費者卻不思將利用的壓力轉移到其他替代物種，持續追逐消費酷炫物種，直至許多漁業資源清盤式地崩潰。第四，在利用陸域野生動物時，大多可以針對所要獵捕的物種，但是漁業捕撈卻不容易縮小捕撈對象，造成有很多的漁業混獲(**bycatch**)，造成資源浪費。

- 海洋生態系的保護，遠遠不及陸域生態系的保護。全世界大約有 13%的陸地面積被規劃為保護區，但是截至 2010 年，僅有 1.17%的海洋劃設為保護區。

<u>課後指定作業</u>：

邵廣昭。海鮮指南(台灣版)。http://fishdb.sinica.edu.tw/chi/seafoodguide.php

(很多時候罪惡是無知所造成，而不是故意的行為。)

<u>課後建議閱讀</u>：

拜訪國立海洋生物博物館 (http://www.nmmba.gov.tw)

觀看「地球海洋全紀錄」影片(The Blue Planet) (總圖與老師有 DVD)

觀看「魚線的盡頭」影片(The end of the line) (總圖與老師有 DVD 與電子書)

王立志等譯. 2002. 生態學：概念與應用. McGraw-Hill.第三章.
Molles, M. C. 2006. Ecology: concepts and applications. 4th edition. McGraw-Hill.

<u>書面報告之可能題目</u>：

• 研究全世界某種漁業(如鮪釣業、捕鯨業、海龜)的歷史與現況，報導其主要漁場、捕撈方式、相關管制、主要捕撈國家、漁獲量變化，並評論其是否符合永續利用原則。

I think

第九回　臺灣之物種多樣性與生態系多樣性

- 本週介紹台灣之生態系多樣性與物種多樣性。下週起，將開始介紹生物多樣性在應用層次的議題。

一、 台灣之非生物環境

(一) 古地理與古氣候

- 台灣島全域原本皆位於海面以下，其位於歐亞板塊與菲律賓板塊交界處，因為該二板塊推擠隆起，大約於五百萬年前，升出海面形成島嶼。目前歐亞板塊與菲律賓板塊仍持續運動，台灣仍持續向上提昇中。

- 台灣與歐亞大陸之間的台灣海峽，目前最窄處約 130 公里，海水水平面若下降 70 公尺，台灣海峽即會中斷。目前一般認為更新世(**Pleistocene**)時，冰河變遷引起全球海平面升降。最嚴重時，海平面可比目前之海平面低 160 公尺。因此台灣與歐亞大陸曾經有相當頻繁且相當長的陸橋連接。過去二十五萬年內，可能約有 33%的時間，台灣與歐亞大陸連接。最後一次連接可能持續到一萬二千年前。

- 冰河變遷不僅引起全球海平面升降，也造成全球氣候大幅震盪。目前地球是處於比較溫暖之冰河退縮期。在過去數百萬年的時間，一般而言，氣溫大部分較現在為低。

- 由土壤層花粉相分析，可推知過去的植群與氣候狀態。根據 Tsukada (1966, 1967)在日月潭(海拔約 750 公尺)所做的，發現過去之植群與現在相差非常大。在六萬年前至五萬年前(大理冰河期極盛時期)，日月潭的優勢樹種是一些寒帶樹種如鐵杉(***Tsuga***)、雲杉(***Picea***)、冷杉(***Abies***)、二葉松與華山松(***Pinus***)、以及 *Symplocos*(灰木)。在五萬年前至一萬年前主要是涼溫帶樹種(如 *Quercus*、*Salix*、*Alnus*、*Ulmus*、*Carpinus*)佔優勢。一萬年前植群快速改變，之後至今主要是由亞熱帶及暖溫帶樹種(如 *Quercus*、*Castanopsis*、*Mallotus*、*Trema*)佔優勢。

- 根據土壤層花粉分析，可推估台灣之古氣候(Tsukada 1966, 1967)。在六萬年前至五萬年前，氣溫約比現在低 8℃至 11℃，冬季台灣平地氣溫可能低於冰點。五萬年前至一萬年前，氣溫約比現在低 0℃至 8℃。一萬年前氣溫

便與現在差不多。在八千年前至四千年前，氣溫甚至比現在高 2℃至 3℃。

- 由台灣高山(如南湖大山及雪山)之一些冰斗及圈谷遺跡，也可印證台灣以前也是有冰河分布，同時氣溫較目前為低。

- 過去幾百萬年來的冰河變遷、氣候變化、與陸橋連接，造成台灣與歐亞大陸之間生物的交流。許多歐亞大陸之溫帶或寒帶生物物種播遷至台灣後，雖然氣候變遷、陸橋消失，但是台灣之高山仍能提供其生存之理想場所，因而留存於台灣之高山上。中國大陸東南部沒有高山，這些物種無法於該處生存，因而造成這些物種在亞洲之不連續分佈。

(二) 台灣島之地理

- 台灣島之陸地面積為 35,759.5 平方公里，島嶼南北長約 380 公里，東西寬約 140 公里。另外還有澎湖列島與許多附屬島嶼。這些島嶼大多為火山活動所造成，如澎湖、基隆嶼、花瓶嶼、棉花嶼、彭佳嶼、龜山島、綠島、蘭嶼、小蘭嶼。由珊瑚礁所造成之島嶼只有小琉球。

- 台灣之地形特色為山多山高。全島平原僅約佔三分之一，大多位於西部。山脈多成北北東-南南西走向，由東向西有海岸山脈、中央山脈、玉山山脈、雪山山脈、阿里山山脈等主要山脈。另外島嶼北端亦有火山活動形成之大屯山系。全島面積在海拔五百公尺以上佔 48%，一千公尺以上佔 32%，二千公尺以上佔 12%。三千公尺以上山峰有數百座，其中以玉山主峰海拔高度 3952 公尺最高。

- 由於台灣山高且集中於島嶼內部，河流呈放射狀分佈。最長之濁水溪，長度僅 186.4 公里。但河流多半陡急，如蘭陽溪之平均比例僅為 1:21。

(三) 台灣之氣候

- 台灣位於亞熱帶，氣候溫暖，除山脈所造成的氣溫變異之外，少有霜雪。平地年均溫約在 22℃(基隆)至 25℃(恆春)之間，平地七月月均溫約在 28℃至 29℃之間，一月月均溫約在 16℃至 19℃之間。

- 台灣山地隨海拔高度增加，大氣溫度隨之減少。一般向上爬升 100 公尺，氣溫約減少 0.6℃。

- 此向上 100 公尺氣溫減少 0.6℃的溫度垂直遞減率，隨地區不同而有差異。

同一海拔高度山地之氣溫，在台灣南北兩端偏低，在中部內部山區則較高。此一現象與大山塊加熱效應有關。

- 台灣位於北太平洋西部，由於氣流及洋流帶來濕暖水氣，終年氣候潮濕，平均年降水量為 2510 公厘。台灣年均降水量最高為基隆之火燒寮，年降水量可達 6700 公厘。年均降水量最低在雲林、嘉義沿海，年降水量約僅 1000 公厘。

- 台灣之降水量隨地域、海拔高度等變化。夏季西南季風與颱風所帶來之降水量於海拔上的分布高峰，約位於海拔二千公尺左右。造成海拔二千公尺處夏季降水量最高，然後向海拔梯度二端遞減。冬季東北季風所帶來之降水量於海拔上的分布高峰，約位於三百至四百公尺。

- 夏季西南季風盛行、風力溫和，在炎日下，容易生對流性陣雨，為中南部帶來大量雨水，因此夏季的南部為雨季。北部夏季降雨量略少，但仍是雨季。夏季的中南部地區，降水多為地方性的雷陣雨或是颱風帶來的豪雨，降雨強度較大。

- 由於東北季風之水氣高度甚低，因此大部分水氣為山脈所阻隔，降於北部與東部。造成台灣西部與南部冬季為乾季，東部與北部冬季仍有相當大之降水量。冬季北部的雨季，下的是連續性陰雨，降雨強度小。東部海岸、花蓮以南地區，東北季風方向和海岸走向平行，冬季天氣陰沉但雨量不多。西海岸平原地帶，冬季之雨量極少。

- 東北季風帶來水氣之影響帶，約可依台灣東北部二千公尺之等高線為界。此線之東北側為終年多雨之氣候，西南側為典型之夏雨氣候，冬季有明顯之乾季。

- 台灣位於北太平洋西緣，夏天容易受到颱風之影響。台灣每年平均受颱風侵襲約 3.5 次，八月最多，七月、九月次之。颱風所帶來之雨量相當可觀，最大記錄為一小時 300 公厘，一日 1672 公厘。颱風所帶來之強風，最高紀錄為每秒 74.7 公尺(蘭嶼)。颱風所帶來之強風豪雨，對陸域自然生態系造成重大干擾，對人類性命財產也常常產生危害。但其所帶來之充沛雨量，對全年雨量佔有重要地位。

(四) 台灣之土壤

- 以地質構造而言，本島之岩石有變質岩、沈積岩、與火成岩。變質岩約占

二分之一，為中央山脈主體。沈積岩約占近二分之一，分佈於西部丘陵台地、平原、東部溪谷、及海岸山脈。火成岩約有 20 餘平方公里，分佈於大屯火山群及基隆火山群。

- 台灣由於地質構造複雜、岩石種類複雜、地區性之氣溫與雨量變異極大、地形崎嶇多變，植被多樣性亦高，因此所形成的土壤種類也相當多。按照美國農業部(USDA 1975)的土壤分類系統，世界上的十二個土綱，台灣除冰凍土之外，另外十一個土綱，於台灣都有出現。

- 台灣因受板塊擠壓，地震頻繁，為地殼脆弱的地帶，加上山地陡峭，平均坡度 14 度 40 分，及不定期之豪雨，造成山區土壤沖蝕嚴重。

(五) 台灣之氣候分區

- 蘇鴻傑老師(1985)分析台灣 155 個氣象測候站之觀測資料，將台灣分為十一個氣候區。主要區分變因是年雨量、冬雨量、及乾季長度。這十一個氣候區包括東北近海區、東北內陸區、蘭嶼區、東區北段、東區南段、西北近海區、西北內陸區、中西部近海區、中西部內陸區、西南區、及東南區。

- 東北近海區、東北內陸區、與蘭嶼區，屬於恆濕型氣候，其餘為程度不等之夏雨集中氣候。

- 東北近海區與東北內陸區，年降水量雖然變異很大，但是季間降水量分布相當均勻。冬季之降水量甚至可以大於夏季之降水量。其中近海區降水量又高於內陸區。東區北段與東區南段的氣候界於恆濕型氣候與夏雨集中氣候之間。東區的氣候特徵為十月降水量相當高，四月降水量比較少。東區南段之降水量較北段為少。

- 西北近海區與西北內陸區氣候特徵，為受到山脈阻隔，冬季降水量較低，夏季之降水量亦不高。西北內陸區由於海拔較高，比較容易攔截水氣，因此降水量較西北近海區高，乾季亦較短。

- 中西部近海區與中西部內陸區氣候特徵，為受到山脈阻隔，冬季降水量很少，年降水量主要受夏季西南季風所帶來之水氣。內陸區較高，比較容易攔截水氣，因此降水量較近海區高。

- 西南區之氣候特徵，為冬季降水量很低，由於地形走向，夏季西南季風所帶來之降水量相當高。除此之外，冬天則有四個月至五個月的乾季。東南

區由於氣象測候站很少，所以難以確定其氣候型態。不過由於地形走向關係，東南區不僅受到西南季風之影響，亦受到東北季風之影響，氣候異於西南區。

二、 台灣之陸域生態系多樣性

- 台灣陸域生態系最大之特色，是在其劇烈之海拔梯度所造成的眾多陸域生態系。全島近 4000 公尺的海拔高度落差，使台灣同時具備熱帶、亞熱帶、溫帶、寒帶各種氣候類型。這種地理特性所帶來的寬幅氣候變異，造成植物群落的大幅變異。從高海拔的箭竹、杜鵑與刺柏等低矮灌叢，到針葉林、針闊混合林、闊葉林、熱帶季風林等原本應該跨越數十度緯度、數千公里的林相變化，以垂直立體的分布型式，濃縮在台灣這個小島。

(一) 森林生態系

- 影響台灣之森林生態系分布之環境因子相當多，首先是如上面所述，季風與地形造成台灣東北部為恆濕型氣候，其他則為夏雨型氣候。除此之外，一個非常明顯之變因為海拔高度所帶來溫度、雨量、溼度、與風速上之變化。此外由小範圍之地形變化，如坡向、坡度，所帶來之溼度變化，也造成森林生態系之分布不一。

- 一般而言，台灣之森林界線大約位在海拔 3600 公尺左右。在此森林界線之上，屬於高山寒原之植群，年均溫約在 5℃以下。其中以玉山圓柏(***Juniperus*** *squamata*)與玉山杜鵑(*Rhododendron pseudochrysanthum*)灌叢最佔優勢。在若干避風土壤豐厚之處，玉山圓柏會形成相當高大密集之森林。

- 台灣海拔 3600 公尺以下地區，原生植群主要是各類型之森林。海拔 2500 公尺以上之地區，主要是以針葉林為主。海拔較高之針葉林(約為海拔 3100-3600 公尺)，為冷杉(***Abies*** *kawakamii*)所構成之純林，海拔較低之針葉林(約為海拔 2500-3100 公尺)，多為鐵杉(***Tsuga*** *chinensis*)所構成的純林，少數與雲杉(***Picea*** *morrisonicola*)構成混合林。

- 海拔 2500 公尺以下之地區，主要是以闊葉林為主，但在海拔 2600 至 1800 公尺之地區，常常是多種樹種所組成之針闊葉混合林。針葉樹以紅檜(*Chamaecyparis formosanensis*)、扁柏(*Chamaecyparis obtusa*)、雲杉、鐵杉、台灣杉(*Taiwania*)等為主，構成最上層的樹冠層。但此針葉樹構成的樹冠層

常常並沒有鬱閉，而留下相當多空間與光量給較下層之闊葉樹。

- 海拔 1500 至 2500 公尺之間的闊葉林，以殼斗科樹木最為大宗，構成所謂的櫟林帶(***Quercus* zone**)。櫟林帶另可依優勢樹種與林下植被組成，分成上層櫟林帶 (2000 至 2500 公尺)與下層櫟林帶 (1500 至 2000 公尺)。上層櫟林帶優勢樹種如森氏櫟(*Cyclobalanopsis morii*)、狹葉高山櫟(*Cyc. stenophylloides*) 、昆欄樹(*Trochodendron aralioides*)、長尾柯(*Castanopsis carlesii*)等。下層櫟林帶優勢樹種如錐果櫟(*Cyc. longinux*)、赤皮(*Cyc. gilva*)等。上層櫟林帶地表植物以玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis*)為主，下層櫟林帶地表植物種類較為複雜眾多，以各種蕨類佔優勢。

- 海拔 500 至 1500 公尺之間，氣候溼潤溫暖，年均溫 17～23℃，森林組成以常綠闊葉樹為主，多為樟科之楨楠屬及殼斗科之槠屬，構成所謂的楠槠林帶(***Machilus-Castanopsis* Zone**)。主要代表植物有日本楨楠、大葉楠、台灣雅楠、南投黃肉楠、山香圓、卡氏槠、川上氏槠、火燒栲、木荷、筆筒樹等。

- 海拔 500 公尺以下之平地或山坡地，年雨量變化頗大，一般於 1000–4000 公釐之間，年均溫在 23℃以上。植物組成主要以桑科的榕屬與樟科之楨楠屬為主，構成所謂的榕楠林帶(***Ficus-Machilus* Zone**)。由於此地帶人口集中，開發迅速，除了東部少數地區，殘存的原生植被已不多，主要的代表性植物有構樹、牛奶榕、稜果榕、澀葉榕、小葉桑、香楠、大葉楠、朴樹、茄苳、青剛櫟等。

台灣中部山地垂直帶譜之植群帶及溫度範圍 (Su 1984)

altitudinal zone 高度帶	vegetation zone 植群帶	alt.（m） 海拔高度	tm（℃） 年均溫度	wi（℃） 溫量指數	equivalent climate 相當氣候帶
Alpine 高山帶	Alpine vegetation 高山植群帶	＞3,600	＜5	＜12	subarctic 亞寒帶
Subalpine 亞高山帶	Abies zone 冷杉林帶	3,100-3,600	5-8	12-36	cold-temperate 冷溫帶
Upper montane 山地上層帶	Tsuga-Picea zone 鐵杉雲杉林帶	2,500-3,100	8-11	36-72	cool-temperate 涼溫帶
Montane 山地帶	Quercus (upper) zone 櫟林帶（上層） Quercus (lower) zone 櫟林帶（下層）	2,000-2,500 1,500-2,000	11-14 14-17	72-108 108-144	temperate 溫帶 warm-temperate 暖溫帶
Submontane 山地下層帶	Machilus-Castanopsis zone 楠槠林帶	500-1,500	17-23	144-216	subtropical 亞熱帶
Foothill 山麓帶	Ficus-Machilus zone 榕楠林帶	＜500	＞23	＞216	tropical 熱帶

- 此外台灣山區有許多微地形，常常造成土壤較為乾燥，林火好生，因而生成不同之乾生植群形式。這些微地形，例如南面坡(山陽)受光照輻射量較大，或陡峭之山壁常常土壤層過薄，含水力不足。

- 這些乾生植群，如高山箭竹草原、二葉松林、栓皮櫟林、赤楊林等等，也隨海拔與土壤溼度不同而分布各異。

- 此外，由於濱海地區風大，在雨量較少之處，常出現界於森林與草原之間之疏林(savanna)，樹木矮小零落，如北港溪與大安溪之間之西海岸、恆春半島局部海岸地區等，植被多以禾本科與莎草科為優勢，散生其間之樹木多黃槿、榕樹、島榕、刺桐、苦檻藍、草海桐、林投等。

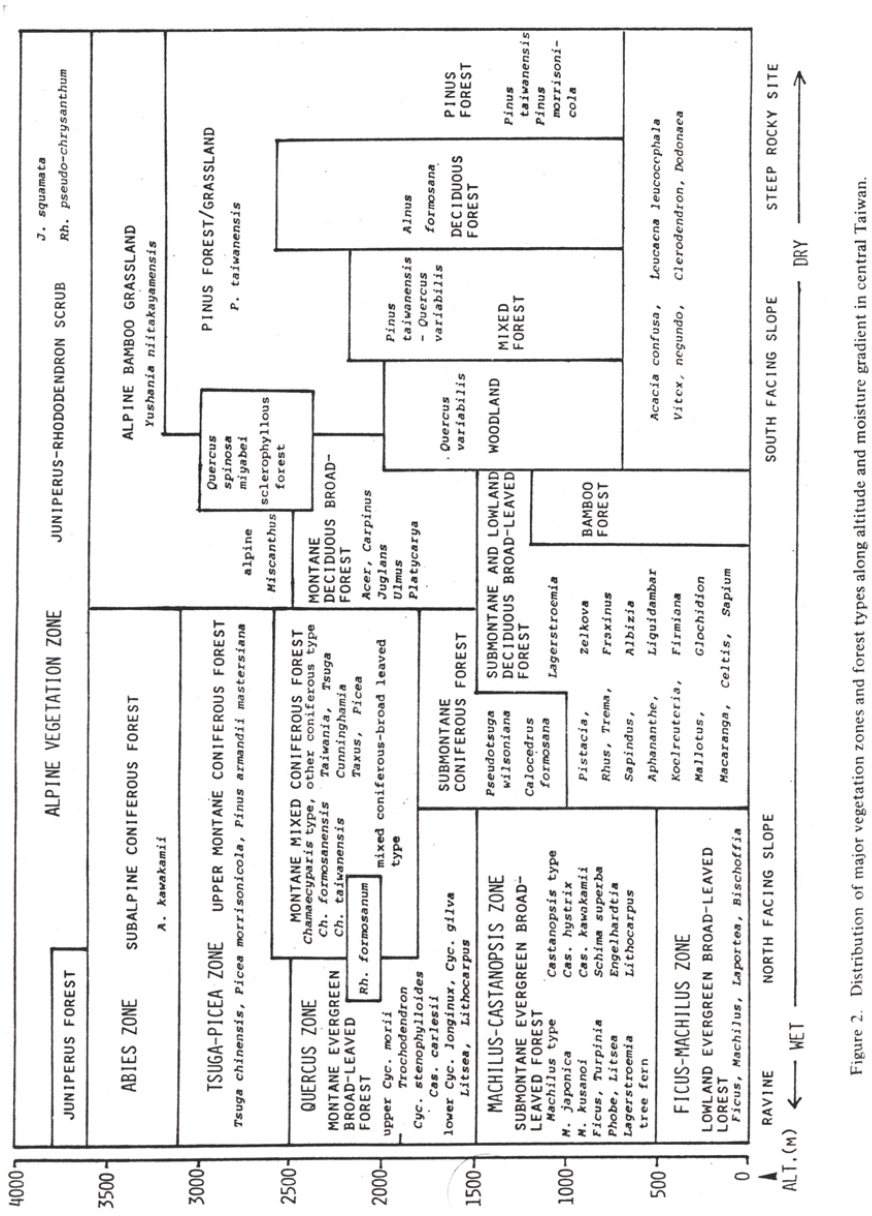


Figure 2. Distribution of major vegetation zones and forest types along altitude and moisture gradient in central Taiwan.

(二) 溼地生態系

- 臺灣海岸線長，較具規模的沼澤大都位於海岸及河口區，依植物的組成可概分為草澤(marsh)及林澤(swamp)。典型草澤包括無尾港、蘭陽溪口、大甲溪口、鰲鼓、四草等地，優勢植物有蘆葦(*Phragmites communis*)、鹽地鼠尾粟(*Sporobolus virginicus*)、鹹草(*Cyperus malaccensis*)等。林澤則以紅樹林為代表，包含淡水河口、新豐、好美寮、四草、東港等地，植物以海茄冬(*Avicennia marina*)、水筆仔(*Kandelia candel*)、五梨跤(*Rhizophora mucronata*)等為主。

- 由於沿岸及河口區，河水及海水帶來大量的有機養分，孕育無數的浮游生物，並滋養豐富且多樣的魚、蝦、貝類及底棲生物，因而吸引許多水鳥前來覓食棲息，因此沼澤是生產量最大的生態系之一。常見的動物如招潮蟹(*Uca* spp.)、彈塗魚(*Boleophthalmus pectinirostris*)、各式貝類等，水鳥則以鷸鴴類、鷺類及雁鴨類為主。

(三) 湖泊生態系

- 臺灣缺少天然大型湖泊，僅有在高山山區有由山谷盆地積水而成的小水體，如大、小鬼湖、七彩湖、鴛鴦湖、翠峰湖、白石池及雪山翠池等。這些高山湖泊和其他水域及水體都不相連，且位於溪流的源頭，故生物很難遷移進入，生物種類少是臺灣高山湖泊在生態上的一大特色。

- 臺灣高山湖泊主要的動物相為水生昆蟲、蛙類等。動物有雁鴨科的鴛鴦(*Aix galericulata*)、綠頭鴨(*Anas platyrhynchos*) 及棲息於鄰近森林的山羌(*Muntiacus reevesi micrurus*)、水鹿(*Cervus unicolor swinhoei*)等。

- 臺灣高山湖泊之植物資源，較具特色者有夢幻湖的臺灣水韭(*Isoetes taiwanensis*)、鴛鴦湖的東亞黑三稜(*Sparganium fallax*)等。此二者可能是由水鳥的攜帶而擴散分布到這兩片水域，故植物靠著動物的遷移而散播， 是高山區小型湖泊的特色。

- 此外，由於社經發展需求而人工建構之水壩、水塘及湖泊散佈臺灣各地，除發揮原規劃之儲水、發電等功能外，常配合經營養殖漁業，因此人工湖泊生態系統優勢生物族群常以外來引進魚種為主。

(四) 溪流生態系

- 臺灣河川流短湍急，並因山勢陡峭，降雨量充沛，在高山地區由於河川侵蝕的作用很強，常切割出許多斷崖瀑布，在下游地區則因堆積作用，有河口沙洲的形成。

- 臺灣河川生物種類隨溪流的上下游而不同。山區上游常見的魚類種類有臺灣馬口魚(*Zacco barbata*)、臺灣石(魚賓)(*Acrossocheilus paradoxus*)、高身鰟魚(*Varicorhinus alticorpus*)等，水生昆蟲以蜻蛉目(*Odonata*)、石蠅(*Neoperla* spp.)等為主，這些生物必須生活在水質清澈、溶氧度高的溪流，因此被視為監測河川健康程度的生物指標。溪流下游常由於森林、山坡地開發及不當的污染，水庫與攔沙壩的興建改變溪流原來的特性，造成許多溪流生物因此面臨滅絕的危機。

(五) 海洋生態系

- 臺灣本島與大陸之間的海峽深度都在 200 公尺以內，大部份區域其水深不及 100 公尺。

- 臺灣東側緊鄰菲律賓板塊，受其擠壓之影響，海床離岸不到十公里即驟降至 1,000 公尺，在數十公里的短距離內就續降至 3,000 至 5,000 公尺，故東西兩岸的海洋環境相差極鉅。西岸有許多平原、砂洲、淺灘、潟湖、砂丘和海埔地等地形，而東岸則為聳直的岩石崖岸。

- 臺灣之海洋生態系可分為大海區(open ocean)以及沿岸區(coastal area)二類。大海區各種生態因子在一年四季都相當穩定，沿岸區則因受潮汐的升降影響，在水溫、鹽度及乾旱程度的變化很大。

- 由於黑潮(**Kuroshio**)暖流流經臺灣海域，孕育許多海洋浮游生物，造成本島周圍有不少漁場，而豐富的魚類資源更吸引了大型的海洋哺乳動物迴游到本島附近，形成生物多樣化的大海區生態系。而臺灣島四周環海，各地海岸線地形與地理等環境不一，形成礁岸、岩岸、沙岸、泥岸等海岸及珊瑚礁地形，其生物量亦相當豐富，據調查資料顯示，臺灣海洋生物種類佔全球海洋生物物種的 1/10。

- 黑潮主流由南向北通過臺灣東邊，因宜蘭外邊之蘇澳海脊阻隔，流經彭佳嶼後彎曲朝東北向流去，為我國近海漁業帶來鮪、鰹、旗、鬼頭刀等大洋暖水性之中表層魚種。另一支流經巴士海峽進入臺灣海峽北上，秋冬有南向的大陸沿岸流流入臺灣海峽，在沿岸交衝形成明顯的潮境區，也帶來東海、黃海之暖溫性洄游魚種。

三、 台灣之物種多樣性

- 台灣身為一個大陸性島嶼，物種多樣性不可避免具有三項特質。第一，生物種類之組成與相鄰之歐亞大陸之生物種類組成息息相關。大部分生物皆經由歐亞大陸播遷而來。歐亞大陸歷來之生物相(**biota**)為台灣現今生物相之母體。第二，由於島嶼之隔離特質，生物容易絕種，使得台灣之物種多樣性，較相鄰亞洲環境類似之地區為低。第三，由於島嶼之隔離特質，促進基因隔離，使得台灣具有許多特有種或特有亞種。

- 台灣已命名之植物種類中，苔蘚植物約 1,500 種，維管束植物約有 4,200 種，其中被子植物約 3,600 種，裸子植物 28 種。真菌類約有 5,500 種。

- 台灣之動物種類概估有 150,000 種(Peter H. Raven)。已發現哺乳動物 70 種、鳥類 468 種、爬蟲類 82 種、兩棲類 32 種、魚類約 2,500 種、淡水魚類約 150 種、珊瑚約 250 種、貝類約 3,000 種、甲殼綱 642 種、已命名昆蟲約有 17,600 種、其中蝴蝶約 400 種。

- 台灣之生物物種，隨著調查研究的進行尚陸續增加中。

- 台灣之生物物種中，特有種與特有亞種的比率相當高。植物的特有種特有亞種比率約為四分之一，動物中的特有種特有亞種比率約為三分之一。其中以昆蟲及裸子植物的比例最高。

<u>Reference 同時也是課後建議閱讀</u>

Su, H. J. 1984. Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan(I): analysis of the variations on climatic factors. Quarterly Journal of Chinese Forestry 17: 1-14.

Su, H. J. 1984. Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan(II): altitudinal vegetation zones in relation to temperature gradient. Quarterly Journal of Chinese Forestry 17: 57-73.

Su, H. J. 1985. Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan (III): a scheme of geographical climate regions. Quarterly Journal of Chinese Forestry 18: 33-44.

Tsukada, M. 1966. Late Pleistocene vegetation and climate in Taiwan (Formosa). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **55**:543-548.

Tsukada, M. 1967. Vegetation in subtropical Formosa during the Pleistocene and the Holocene. *Paleogeography, paleoclimatology, paleoecology* **3**:29-48.
行政院農業委員會. 1999. 台灣生物多樣性國家報告.

課後指定作業：

無

書面報告之可能題目：

- 研究台灣任何二個氣象測候站之全年觀測資料，比較其間氣溫與降水量之異同，並探討不同環境因素可能所造成之影響。氣象觀測資料可從中央氣象局下載，或由圖書館所藏之氣候資料年報獲得。

- 台灣任何一類生物的種類多樣性。例如台灣的蕨類、豆科植物、淡水魚、或蛇類等。

- 台灣任何一類生態系內的生物多樣性。譬如台灣檜木林內的植物相與動物相。

I think

第十回　全球生物多樣性之威脅與現況

• 本週我們要探討一個沉重的問題，全球生物多樣性的流失。下週則介紹生物多樣性之實用價值與道德訴求。

一、 萬物之靈與萬物之煞

• 地球上各生態系、物種、及基因資源目前正迅速流失的主要終極原因，是因為有一種物種，*Homo sapiens*，擁有其他物種所無與倫比的力量，而且近數百年來這個物種的族群及其所耗用資源是呈爆炸性的成長。

• 第一個人科動物約出現於四百萬年前，智人(*Homo sapiens*)約出現於五十萬年前。當人類最初發明出'農業'時，大約西元前八千年前，全球人口估計為二百萬至二千萬。農業之發明，使人類數目迅速增加，人口成長速度約為農業發明前之十倍到 千倍。到西元元年，全球人口估計為二億至三億之間，約為現在印尼人口總數 (Cohen 1995)。

• 到西元 1500 年，開始地理大探索時，全球人口估計為四億至五億之間。幾乎需要一千五百年來加倍，當初之人口年增率遠小於 0.1%。西元 1730 年，全球人口估計為七億。西元 1820 年，全球人口估計為十億。之後便迅速成長。現在全球人口超過六十億。1950 年至今，全球人口年增率約為農業發明前之一萬倍。

• 目前全球婦女平均生育子女數約為 2.6。若要保持人口零成長，理論上平均生育子女數必須降為 2.1。若現在全球婦女平均生育子女數立刻降為 2.1，而且一直保持這數字，那 2050 年全球人口估計為七十七億，2150 年變為八十五億，然後保持穩定。若全球婦女平均生育子女數降為 2.2，全球人口仍會繼續飆升，2050 年全球人口估計將為一百二十五億。

• 過去四百年間，約有八百億的人科動物出生，總共活了二兆一千六百億年的時間。約有 28%的總存活時間是西元 1750 年到現在，20%的總存活時間是西元 1900 年到現在，13%的總存活時間是西元 1950 年到現在。雖然二十世紀僅佔人類(人科動物)歷史的 0.00025，但佔了 20%的人類總存活時間 (Cohen 1995)。

• 五百年前，全球總年生產毛額(GDP, Gross Domestic Product)經換算為西元

1990 年之幣值，約為二千四百億美元，比台灣 1990 年總生產毛額略低，人均生產毛額則約為 565 美元。二十世紀末期之經濟規模(GDP)約為西元 1500 年之一百二十倍，人均生產毛額約為西元 1500 年之九倍，人口總數約為西元 1500 年之十三倍，大部份成長是於西元 1820 年之後 (Maddison 1995)。

- 在二十世紀這一百年內(1900-2000 A.D.)，人類所耗用的能源總量，是之前一千年(900-1900 A.D.) 人類所耗用的能源總量的十倍以上 (McNeill 2000)。

- 全球人類目前所直接進食部分(素食部分)，一年消耗十億噸左右之糧食。全球人類目前所飼養之家禽家畜(肉食部分)，一年消耗二十億噸左右之植物生長量。全球人類目前為建材及造紙所砍伐之木材，一年約佔十億噸之植物生長量。全球人類目前為燃料需求所砍伐之木材，一年亦約佔十億噸之植物生長量(Pimm 2001)。

- 雖然人類每年僅直接或間接利用五十億噸之植物生長量，但全球人類目前城市與道路所佔面積，每年約可生產三十億噸之植物生長量。加上，全球農田一年約有二百六十億噸之植物生長量，但只有其中三十億為人類所直接利用，其餘二百三十億噸大多棄置田中。總計，人類一年消耗三百三十億噸之植物生長量，約佔全球陸地每年植物生長量(一千三百二十億噸)之四分之一 (Pimm 2001)。

二、 生物多樣性消失速度與幅度

- 生物多樣性之消失速度，以生態系多樣性最容易推估，物種多樣性次之，而基因多樣性則是最難推估，而且幾乎沒有辦法有一全觀性的估計。

- 生態系多樣性消失速度之推估，牽涉到生態系的定義、分界、與分類問題，以及生物群落的演替問題，常常會有不一致之估計。

- 目前，以溼地與森林生態系消失速度最快。以森林為例，到 1980 年代末期為止，全球有四分之三的原始森林、二分之一的雨林已被摧毀(原用詞為 destroyed) (或應說是已被改變或是干擾) (Wilson 1999)。

- 全球物種數估計：13,630,000 (an educated guess) *Global Biodiversity Assessment* (UNEP 1995)。

- 物種多樣性之消失速度，目前紀錄最完整的紀錄是鳥類與哺乳類。自 1600 年至今，已知約有 103 種鳥類與 83 種哺乳類完全消失。但這數字可能被低估，因為很多物種可能在科學家發現之前便已滅種。

- 雖然地球上所曾經出現過的物種，其中有 98%已經絕種，但是目前之物種絕種速度過大。以哺乳類為例，人類文明出現前，平均每一千年會有一種哺乳類絕種，但在過去四百年，平均每十六年有一種哺乳類絕種，約為背景絕種速度(**background extinct rate**)之五十倍 (World Conservation Monitoring Centre 1992)。

- 1988 年後之研究(Wilson 1999)認為，目前生物物種絕種速率約在 1% 至 10% 之間(以每十年為單位)，平均的絕種速率約為 6%。

- 物種多樣性之消失速度，除少數種類(如鳥類與哺乳類)有較完整之紀錄外，其餘多是經由間接之推估而來。目前大多估計，是計算各種生態系面積之變化，藉由種類-面積關係(species-area relationship) 推估。

$$S = C \cdot A^{Z} \quad \text{or} \quad \log(S) = \log(C) + z \log(A)$$

- 物種-面積關係中的 z 值，在實證資料中多位於 0.15 至 0.35 之間。環保人士按此來推，如果一個棲息地 75%的面積遭到破壞，則應會有約 30%的物種絕種，如果破壞區域面積達 90%，則應會有約 50%的物種絕種。如果熱帶雨林以每年約二十五萬公畝的速度持續消失，那在未來二十五年內會有 4-8%的熱帶森林生物物種滅絕，在非洲與亞洲地區物種分別以每十年 1-2% 及 2-5%的速度持續滅絕。若估計目前地球總生物物種數為五百萬種，分佈於熱帶森林的物種約佔 50-90%，那平均每天約有 10-38 個物種消失。

- Terry Erwin *et al.* (1991)有名且極具爭議性之外插法研究。他於巴拿馬以殺蟲劑燻殺 *Luehea seemannii* 樹冠上所有甲蟲，共約採集得到 1100 種，他認為其中 160 種只生存於 *Luehea seemannii*。甲蟲佔昆蟲總種數之 40%，故估計只生存於 *Luehea seemannii* 樹冠上的昆蟲約 400 種，若於樹冠生存之昆蟲種數為地面及地底之二倍，則只生存於 *Luehea seemannii* 的昆蟲約 600 種。熱帶雨林之樹種約為五萬種，假設以上推估方式合理，熱帶雨林約有三千萬種昆蟲。現今每年約有 300 種熱帶樹種絕種，假設其推估方式正確，每年熱帶雨林有十八萬種昆蟲絕種，一天約五百種。

三、 生物多樣性流失之原因

- 生物多樣性迅速流失的近程原因，主要是棲地減少與破壞、棲地破碎、外來種、過度獵捕、與環境劣化這五類原因。

- 人類由於農業、商業、工業、住宅等需要，大量且大幅改變天然棲地成為農田、牧地、城市、建地等等土地類型。許多野生動植物常常並無法生存在這些人類所主控的環境，只能生存在天然的棲地。因此，棲地減少常常造成生物的滅絕。

- 人類對各類生態系的減少與破壞，雖然程度不一，但是目前地球上所有的生態系都不可避免地受到人類的負面影響。其中以森林、紅樹林、濕地、珊瑚礁、溫帶草原等生態系所受到的破壞最大，關注也最多。全球主要的陸域生態系中，除了沙漠生態系與凍原生態系及高山生態系，因為人類生活不易，因此所受到的破壞較少。其餘所有的生態系都已經受到人類相當深遠的負面影響。

- 陸域生態系中，以熱帶雨林受到的關注最多。其背後原因之一是熱帶地區文明發展較慢，因此仍保留相當多完整且原始的森林。文明發展已久的地區，如歐洲與亞洲的溫帶地區，其森林早就受到破壞，現在已難有原始、完整的森林。即便是北美洲，在短短數百年內，原始森林仍遭到快速的破壞。但是，更重要的另一個原因是，熱帶雨林的物種特別豐富，破壞熱帶雨林所造成的生物多樣性流失，遠遠比其他陸域生態系來的高。

- 森林的消失速度，最精確的測量方式是直接現地測量繪圖，或以遙測資料加以判斷。但是直接現地繪圖測量需要大量人力，無法在廣大範圍下進行。遙測資料也有資料品質與判斷標準上的問題。因此目前對某些地區與國家的森林消失速度有相當大的爭議。舉例來說，聯合國農糧組織所得到的統計資料顯示，在 1990 年到 1995 年，奈吉利亞(Nigeria)的年平均森林消失速度是 0.7%。但 Norman Mayer (1989)估計 1990 年奈吉利亞的年森林消失速度是 14.3%，相差非常大。

- 人類由於公路、溝渠、及種種其他人為設施之建設，造成原本面積已大量縮減的天然棲地更形破碎，稱之為棲地破碎化(**habitat fragmentation**)。棲地破碎化造成棲地區塊間生物不容易互相補充，棲地區塊內的生物族群比較容易絕種。因此，整體性的棲地破碎化會導致生物物種減少。

- 所謂的邊緣效應(**edge effects**)，是指棲地邊緣由於擁有不同的棲地類型，因此常常擁有較多的物種。在棲地經營理論中，邊緣效應原本被認為對生物多樣性是有益的。但由於天然棲地日異破碎，在棲地邊緣由於微棲地環

境常常大不相同，而且各項生物種間作用較易發生(例如捕食、寄生)，造成物種死亡率較高，這樣的現象被稱之為生態陷阱效應(**ecological trap effect**)。或者，有些物種並不適應邊緣環境(內部物種)(**interior species**)，這些內部物種常常是重點保育物種，因此邊緣效應目前常被認為有害於生物多樣性。

- 道路上快速或慢速移動的車輛，常常會擊中或輾過道路上的動物而導致死亡，此稱之為 **roadkill**(動物車禍)。roadkill 不僅造成動物死亡，也常會造成車輛損傷，放大道路對棲地破碎化的影響。roadkill 造成的影響相當龐大，以美國為例，Merritt Clifton 估計每年有四千萬隻松鼠與三十五萬隻鹿命喪輪下。興建圍籬或是動物廊道(animal corridors)可以減緩 roadkill 的影響。

- 在棲地日益減少與破碎化的情況下，有關 **meta-population**(關聯族群)的研究也就日漸重要。所謂 meta-population 是指 ”a set of partially isolated populations belonging to the same species and the different populations are able to exchange individuals and recolonize sites in which the species has recently become extinct”.

- 人類在利用生物資源時，常常會有意或無意竭澤而漁(**over-exploitation**)，造成許多生物種絕種。著名的例子如美國之旅鴿(passenger pigeon)。旅鴿估計原來總數量在三十億至五十億隻之間，是美國東部數量最多的鳥類，佔美國東部所有鳥類個體的一半以上。，但 1840 年代鐵路開通後，數量巨幅下降，1900 年便完全自野外消失，最後一隻活體於 1914 年在動物園死去。其消失原因除棲地消失、棲地破碎化之外，美國人無限制的玩樂性獵捕也是重要原因。其餘因為過度獵捕所造成的生物絕種或是瀕臨絕種的例子，還有印度洋的多多鳥(Dodo)、台灣的梅花鹿、加勒比海的海龜、北美的野牛、以及歐亞的虎、豹、狼、犀牛、大貓熊等等罄竹難書的例子。

- 動物，尤其是脊椎動物，特別容易受到人類過度利用而導致絕種。主要原因是動物需要較大的生活空間、需要較大的最小可存活族群(**minimum viable population**)、而且對環境的變動較為敏感。

- **minimum viable population** (**MVP**) 按照 Global Biodiversity Assessment 的定義是指”The smallest isolated population having a good chance of surviving for a given number of years despite the foreseeable effects of demographic, environmental, and genetic events and natural catastrophes”。亦即在考慮族群結構、環境變化、遺傳變異、以及自然災難的可預見影響下，一個隔離生

物族群能夠以某一機率在某一段時間內存活所需要的族群數量。一般而言，MVP 的標準是在一千年的時間內有 99%的機會存活。

- 生物族群越小，絕種機率越大，主要是因為遺傳單一化(**genetic loss**)、族群結構變動(**demographic variability**)、及自然災難(**natural catastrophes**)所構成的交織火網。

- 生物族群的等位基因(**Allele**)的頻率，代代之間會有非方向性的隨機波動現象，這稱為遺傳漂變(**genetic drift**)。族群越小，遺傳漂變程度越大。當某對偶基因的頻率在某代成為 0 或 100%時，這就是所謂的基因純合型(**homozygosity**)，這對偶基因就會喪失了變異性。族群越小，越容易喪失基因變異性。

- 小族群常常有很嚴重的近親交配，導致基因同質性過高，造成該族群個體的適存度(**fitness**)及活力(vigor)下降，此稱之為近交衰退(**inbreeding depression**)。族群越小，近交衰退程度越大。

- 小族群即使後來族群變大，但是其遺傳基因仍是來自當出小族群的少數個體，遺傳變異性仍然不高且不易改善，這稱之為基因瓶頸效應(**genetic bottleneck effect**)。

- 族群結構特質會受族群大小的影響，例如小族群的性比(**sex ratio**)、繁殖成功率(**reproductive successes**)、死亡率(**mortality**)，在短時間內就很容易有大變動(**demographic variability**)，進而導致滅亡。族群越小，族群結構變動程度越大。

- 大自然常常會有沒有規律性的不預期災難(**natural catastrophes**) (如海嘯、火山爆發、疫病等等)，伴隨前述的近交衰退與族群結構問題，這些自然災難常常可以完全摧毀小族群，導致絕種。

- 由於人類主動引入或無意傳播，造成許多生物種類拓殖至非其固有分佈範圍之內，即所謂外來種(**alien species, exotic species**)、非本土種(**non-native species, non-indigenous species**)、侵略種(**invasive species**)、或引進種(**introduced species**)。外來種雖然常常會增加一地的物種多樣性或者是農業生產。但是由於外來種常常會與原有物種產生競爭或掠食關係，造成許多原有物種絕種，因而使整體的生物多樣性降低。

- 外來種經由競爭或掠食作用使本土生物絕種的例子罄竹難書，如非洲的維

多利亞湖原本是世界上淡水魚種類最豐富的地區之一，但為增加當地漁獲量，未經仔細評估後便引入尼羅河鱸魚(吳郭魚類)，使得當地至少有二百種魚類絕種。

- 除了造成本土生物絕種，外來種也常常造成經濟嚴重損失。台灣的外來危害種相當多，吳郭魚、福壽螺、布袋蓮、小花蔓澤蘭、松材線蟲、牛蛙等都是頭痛問題。外來種引進原因包括農業生產、貿易行為、觀賞娛樂、生物防治、自行偷渡、科學研究等等。在台灣，由於宗教信仰，放生造孽是另一個獨特問題。

- 人類對環境及其他生物所造成的污染是全方位的，包括空氣污染、水污染、土壤污染、土壤流失、光污染、及噪音污染等等。即便是在南極洲、北極洋等人煙不至的地區，人類污染仍是無所不在。

- 人類所製造的許多化學物，如農藥、肥料、工業等等用途，常造成環境的污染與劣化，並使得一些生物種類滅絕。例如 DDT 的大量施用，經由生物濃縮作用(**biological concentration, biological magnification**)，使得生物體內的化學毒物較環境背景濃度為高，且會隨食物鏈的傳達，使得食物鏈較頂端的生物體內化學毒物濃度更高。這不僅造成許多生物種類滅絕或瀕臨絕種，也使得全球食物鏈的最頂端物種，*Homo sapiens*，自食惡果。

- 目前地球大氣內的二氧化碳以每年增加 1-2%的速度不斷蓄積。按此速度，大約五十年就會使大氣內二氧化碳濃度倍增，由於溫室效應(**greenhouse effect**)可能會使全世界平均溫度增加 1-4℃。雖然在沒有人類以前的第四紀(Quaternary)，地球也是有大氣溫度巨幅變動的冰河週期。但是現在因人類二氧化碳增加所可能造成的全球暖化速度，約是過去第四紀冰河週期溫度變化速度的的一百倍。

- 大氣溫度上 1℃變化，代表著沿著緯度上 90-160 公里的溫度變化。換句話說大氣溫度增加 1℃，植物就必須及時往南或北拓殖 90-160 公里，以避免絕種。以目前全球暖化估計速度來看，這代表樹木必須以每世紀 500 公里或每天 14 公尺。這太難為樹木了，因為由第四紀(Quaternary)土壤花粉研究指出，歷史上樹木的拓殖速度約為每世紀 10-40 公里，而且會受到湖泊、河川、高山等障礙。

- 上述所提之棲地減少、棲地破碎、過度利用、外來種、與環境污染等五大生物多樣性流失的原因，常常都是一起出現，彼此加成，共同造成生物多樣性的流失。

- Soulé(1991) 將棲地減少、棲地破碎、過度利用、外來種、與環境污染，對陸域生態系內各層次生物多樣性的威脅程度，分為已開發國家及開發中國家作一大致區分。表格中的濃淡程度代表其威脅程度。

(a) 已開發國家

	Genetic & population	Species	Community	Ecosystems
Habitat loss				
Habitat fragmentation				
Overexploitation				
Exotic species				
Pollution				

(b) 開發中國家

	Genetic & population	Species	Community	Ecosystems
Habitat loss				
Habitat fragmentation				
Over-exploitation				
Exotic species				
Pollution				

- 以美國為例，據估計所有之瀕臨絕種動植物中，有 88%物種之主要威脅原因是棲地減少與破碎，46%主要威脅原因是外來種，20%為環境污染，14%為過度獵捕，2%為疾病 (Wilcore et al. 1998)。

Coda

- Are some conservation biologists crying wolves? Do they over-estimate or exaggerate the loss of biodiversity? Are most of the species on Earth facing a doomed day? Well, I am not sure. However, I am very sure that the current speed of biodiversity loss is unprecedentedly higher than those historic periods without *Homo sapiens*. The situation that a single species drives many other species onto brink of extinction had never happened to the biota of Earth.

Nevertheless, we have observed that many over-expanding populations and species have driven themselves into extinction. This is the last scenario we human beings, the only species has morals, want to face (tsd).

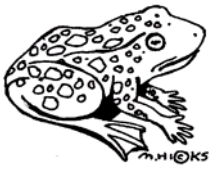
課後指定作業：

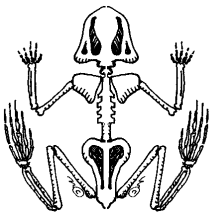
- 無。
- 但是老師真的很希望同學能抽空來關心世界上生物多樣性流失的現況。
- 很多書很多網頁都可以，例如趙榮台(著)生命聚寶盆、金恆鑣(譯)繽紛的生命、陳立人(譯)生物多樣性，等等等等。

書面報告之可能題目：

- 介紹任何一種已絕種物種或瀕臨絕種物種的歷史背景、瀕危原因、減少過程、及現況，這有太多太多罄竹難書的例子了。

- 介紹任何一種外來種對原生生物群、生態系、農業生產、或經濟活動，所造成的影響，正面影響或負面影響都可以。





I think

第十一回 生物多樣性之價值、功能、與道德訴求

- 本週我們要探討一個「見仁見智」的問題，生物多樣性之價值。所謂的「見仁見智」，就是這個問題沒有標準答案，但是由這個問題可以看出每一個人的「仁」與「智」。

一、 有關生物多樣性之道德與倫理訴求

- 科學家們都相信，自然界中的任何事物、都可以用科學的精神與方法，來界定其範圍並評估其變化。雖然說，科學家們可能無法一下子就能夠正確了解所要探討的事物。但是，主流的想法是，不管自然界中的現象與機制多麼複雜，但是真相只有一個。假以時日心血，科學家們前仆後繼，總是可以慢慢逼近自然真相。

- 可是，自然界中任何事物的「價值」與「功能」，則是多元而複雜的。以不同的價值系統來評斷同一樣事物的功能，可能會得出正負相反的結論。

- 所以說，科學家可以去逼近自然界任何一件事物或作用的真相，但是這事物的功能（好或壞，多好或多壞），視其著眼點，與其所秉持的價值系統，可能眾說紛紜，而且隨時間而演變。

- 傳統上，人類對地球環境、生物、及資源的對待方式，是以人類利益做為中心出發點，此即人本主義(**anthropo-centrism**)。此觀點認為人類對自然環境沒有道德關係，人類對待其他生物及資源的最高指導原則，是在於謀求人類的最高可能利益。

- 人本主義，可以用舊約創世紀篇的下列一段話，作為代表例子。

And God said, Let us make man in our image, after our likeness: and let them have dominion over the fish of the sea, and over the fowl of the air, and over the cattle, and over all the earth, and over every creeping thing that creepth upon the earth. [Genesis 1:26¶, King James Version]
So God created man in his *own* image, in the image of God created he him; male and female created he them. [Genesis 1:27¶]
And God blessed them, and God said unto them, Be fruitful, and multiply, and replenish the earth, and subdue it: and have dominion over the fish of the sea, and

over every living thing that moveth upon the earth. [Genesis 1:28¶]

- 近百年來，另一個相對的觀點漸漸興起。此觀點是以所有生命個體與生態體系的整體健全性為中心出發點，即生本主義(**bio-centrism** or **eco-centrism**)。此觀點認為人類與其他生命皆為平等，並具有相等的道德關係存在，同時人類需要尊重並保存自然生態體系內互動互依的複雜關係網。

- 生本主義，可以用 Aldo Leopold 在 **Land Ethic**(1949)中的一段話，作為代表例子。

  "The land ethic simply enlarges the boundaries of the community to include soils, waters, plants, and animals, or collectively: the land"
  "In short, a land ethic changes the role of *Homo sapiens* from conqueror of the land community to plain member and citizen of it. It simply respect for his fellow-members, and also respect for the community as such."

- 人本主義與生本主義之差別，是許許多多關於生物多樣性、自然保育、環境保護上議題，眾多爭議背後之癥結。許多保育與開發之間的爭議，其實最終癥結，便在於其所秉持的是人本主義或是生本主義。許多自許為"保育人士"之間的意見分歧，也是源出於其所秉持之中心思想是人本主義或是生本主義。

- 人本主義與生本主義，何者是正確? 何者是錯誤? 這問題，不是我丁宗蘇所能、也不是我丁宗蘇所願提供一個專制答案的問題。這問題之答案，如宗教之取捨，(我認為)存於每個人的主觀價值觀念。

- 但是，人本主義可以簡單區分為二類，狹義人本主義、與廣義人本主義。廣義人本主義，就全球所有人類的長期利益與永續發展為出發點，謀求全體人類的長期利益。狹義人本主義，以少數人類的短期利益為出發點，追求短期或狹域的人類利益。就人類普世道德而言，無疑問的，狹義人本主義應是被揚棄，廣義人本主義應是被推廣的。

- 廣義人本主義與生本主義，雖然並非全然相等，但也並非是全然對立的二個概念與價值。在人類族群穩定、無戰無爭、衣食無缺的理想情況下，廣義人本主義與生本主義，是相當可能契合並存的。

- 廣義人本主義，是進行生物多樣性保育的現實工作層次時，最主要的中心

思想。例如，生物多樣性公約(**Convention on Biological Diversity**)，開宗明義的第一章，便闡明生物多樣性公約之目標，在於(1) 保育生物多樣性、(2) 永續利用生物多樣性之各式各樣資源、及(3)公平合理分享其所產生的利益。

Article 1. Objectives

The objectives of this Convention, to be pursued in accordance with its relevant provisions, are the conservation of biological diversity, the sustainable use of its components and the fair and equitable sharing of the benefits arising out of the utilization of genetic resources, including by appropriate access to genetic resources and by appropriate transfer of relevant technologies, taking into account all rights over those resources and to technologies, and by appropriate funding.

(中譯) 本公約的目標是按照本公約有關條款從事保護生物多樣性、持久使用其組 成部分以及公平合理分享由利用遺傳資源而產生的惠益；實現手段包括遺傳資 源的適當取得及有關技術的適當轉讓，但需顧及對這些資源和技術的一切權利 ，以及提供適當資金。

- 廣義人本主義，不僅是生物多樣性公約的中心思想，也是在從事其他環境保護、生態保育、自然資源利用上公共行政部門的主要思想歸依。當保育成為一個公共議題，由於群眾經濟水平不一、價值觀念各異，很難依照生本主義的思維來制定政策，但廣義人本主義會是大部分民眾所能接受的最小公約數。

二、 生物多樣性之實用價值

- 99%地球上曾出現之生物物種已經絕種，現在活著的物種，遲早也要絕種。那為什麼我們還要辛辛苦苦保育生物多樣性呢？站在生本主義的立場，人類與其他生命平等，因此人類必須保育生物多樣性，盡量減少、或減低、或減緩因人類活動所造成的物種絕種。站在廣義人本主義的立場，生物多樣性對全球所有人類的長期利益與永續發展，具有關鍵的角色，因此人類必需保育生物多樣性。

- 生物多樣性之價值，可分為二種：一為可以經濟價值衡量之實用價值，另一為難以經濟價值衡量之公益功能。

- 生物多樣性之實用價值，可包含許多層次，如糧食生產、醫藥保健、工業原料、病蟲害防治、漁獵收穫、及生態觀光等等。

- 在全世界二十五萬種的維管束植物中，約有三千種被認為是可食用，其中大約有二百種已被人類馴化成為食物來源。目前全球有超過 90%的植物性糧食，僅靠約 20 種植物供應，而其中的玉米、稻米、小麥更提供了全人類 50%以上的熱量。

- 雖然人類所食用的植物，僅佔全球所有植物之一小部分，但是全球野生的植物物種或品種(variety)，可以提供一個相當龐大之基因庫，經由增加其產量、病蟲抵抗力、或環境耐受力，來改善人類之培育品種。

- 每個植物本身即為一個複雜的化學工廠，除了以不同型式儲藏養分外，還具有許許多多不同的植物鹼及二次代謝產物。其種類之繁多與結構之複雜，足以讓化學家們瞠目結舌。但目前科學家們僅檢視約五千種開花植物的植物鹼，已知結構的植物鹼也不過萬餘種。

- 全球 25 萬種維管束植物中，大約有 70%位於熱帶雨林區內。如何從上千百萬的植物成分中，找出我們可以使用的？此時即需經由世代居於山林中的原住民與古民族所擁有的豐富經驗與智慧，幫助科學家們從中快速篩選出對農業或工業有巨大價值的新品種，或是有用的化學物質，以增加未來糧食的供應，提供新藥與更環保的工業材料，及作為基因工程等生物技術有用性狀的來源。因此，野生植物、微生物、與動物的醫藥潛力，是未來極具潛力之範疇。

- 許許多多之工業原料，都是直接由生物資源而來，例如建材、纖維、染料、樹脂、膠合劑、橡膠、油脂、香水等等。單以木材而言，全球每年約砍伐三百八十萬立方米之木材，1989 年全球木材之外銷額約為美元六十億 (WCMC 1992)。

- 雖然說化學藥劑可以用來防治植物物病蟲害，但是化學藥劑有許多副作用，而且也並非完然有效。如美國在 1945-1989 年間，農藥使用量增加了十倍，雖然糧食增產許多，但是病蟲雜草之害仍無法根除，病蟲害所造成的作物減產程度，反由 7%增加到 13%。農藥的大量使用，消滅了不少病蟲雜草，但是也催生了許多超級病蟲或超級雜草，同時也大幅降低整體之生物多樣性。因此，有機農業、自然農法、生物耕法等農法應運而起。而生物多樣性，對其中的病蟲雜草防治，具有關鍵的角色。

- 漁獵收穫傳統上便是以永續利用為原則，盡量避免如台灣梅花鹿過度獵捕而滅絕之情形發生。保育生物多樣性，可以確保漁獵資源的永續收穫。

- 生態旅遊(**ecotourism**)是全球快速發展之新興行業之一。生態旅遊雖然有許多定義，但是其中一個普遍接受的定義為「到未受人為干擾或污染的自然區域進行特別目的之研究、讚賞及享受風景、野生動植物及文化之旅行 」(Ceballos-Lascurain 1992) 。生物多樣性與文化多樣性，可以說是生態旅遊中不可或缺的組成元素。

- 經濟價值是以供需法則來衡量其市場價值，但是生物多樣性有許多有供給有需求、但卻是沒有市場價值的功能。你願意花多少錢換來新鮮的空氣？乾淨的飲水？或滿山的綠意？這些生物多樣性的公益功能，常常被視為理所當然、本應存在、但是不需代價的服務。只有在當這些服務消失時，人類才會在意、珍惜這些功能的存在。

三、 生物多樣性之生態功能

- 自古希臘文明以降，博物學家與生態學家大多認為大自然是平衡的，生物之間會互相制衡，由於多方力量衝銷相抵，大自然的物理、化學、生物性質會有趨近於恆定狀態的傾向。這想法導致多樣性會增加穩定性(diversity-stability hypothesis) (多樣性與穩定性假說)(MacArthur 1955)這個概念。

- 多樣性與穩定性假說，其有一個相當普遍的衍生假說，即物種多樣性與群聚穩定性假說(species diversity and community stability hypothesis)。這假說提議，一個地區內的所有生物(群聚)，如果種類越多，那麼其間的交互作用應該越多，應該使群聚內的各族群更容易平衡，而使群聚的穩定性越高。如果生物種類減少，那麼群聚內的交互作用減少，變得比較不容易平衡，因而穩定性降低。

- 物種多樣性與群聚穩定性假說在早期並未被嚴格檢視與驗證，但卻被生態學家普遍接受。但是這個假說在 1970 年代，許多模式推擬及野外實證的研究發現，食物網內的物種多樣性增加，反而會**降低物種族群豐度的穩定性**。因此，物種多樣性未必會增加群聚內族群豐度的穩定性。因此，多樣性與穩定性假說，在 1980 年代後便較少被生態學家所提起。

- 在 1990 年代，一個新的衍生假說被提出，即物種多樣性與生態系作用穩定性(Species diversity and ecosystem function hypothesis)(簡稱 SDEF 假說)。此一 SDEF 假說分為幾個層面；第一，生物對生態系內的各種作用(如光合作用、養分循環、)具有關鍵角色；第二，生物多樣性增加，會**增加生態系內各種作用的效率**；第三，生物多樣性會**增加生態系內各種作用的穩定性**。

- 主要研究焦點，是在於生物多樣性是否與生態系作用的效率與穩定性成正比？如果有正相關關係，那之間是怎樣的數學函數關係？目前關於這二個問題，主要有下列四個假說: (1)原始之多樣性與穩定性假說(**diversity-stability hypothesis**)，係指系統的穩定性與生態系內物種多寡呈線性正比關係；(2)鉚釘假說(**rivet hypothesis**) 則指生物多樣性與生態系功能呈非線性關係，物種的少數消失並不會影響生態系功能之穩定性，當物種大量消失時，才會大幅影響生態系功能之效率與穩定性；(3)冗種假說(**redundancy hypothesis**) 則強調生態系功能與其內之功能群(**functional group**)數量呈線性正比關係，一個物種若消失，相同功能群的其他物種會擴充其功能，只有當同一功能群內物種皆滅絕時，才會影響生態系功能；(4)虛無假說(null hypothesis)則指生物多樣性與生態系功能之間沒有關係。

- 在實際驗證這個 SDEF 假說，必須先考量一個問題，即生物多樣性與生態系作用的效率與穩定性，可能是互為因果。生態學上早已提出生態系的生產量可能會增加物種豐富度(**species-energy hypothesis**)(Hutchinson 1958, Connell and Orians 1964, Wright et al. 1983)，同樣地，環境的穩定度也可能會增加物種豐富度(Climatic stability hypothesis)(Fisher 1960, Connell and Orians 1964) (disturbance hypothesis)(Connell 1978)。因此，生態學上常用的自然實驗手法(natural experiment)便不適用於驗證此假說，必須仰賴室內實驗與田野實驗這二個手法，儘可能固定環境狀況，改變物種豐富度後，觀察生態系作用的反應。

- 室內實驗方面，以 Shahid Naeem 及其同儕之所進行之實驗(Naeem et al. 1994, 1996, Naeem and Li 1997)的影響比較高。田野實驗方面，則以 David Tilman 及其同儕之在美國明尼蘇達州(Minnesota)草原的研究最為人知與引用(Tilman and Downing 1994, Tilman 1996)。二方面之研究均支持 SDEF 假說，即物種豐富度可以增加生態系作用的效率與穩定度。

Coda

- 地球生態系目前仍是全體人類目前的唯一棲所。對所有人類而言，人類社會最為悲哀的一種可能，就是人類現代文明過度改變地球生態系統，而使得地球變得不適於人類生存。生物多樣性流失，所可能帶來的生態系作用

的效率與穩定度降低，便是其中的一個可能機制。世界上許多古文明，如二河文明、馬雅文明、復活島等，其最終原因很有可能是自然資源過度開發利用導致環境劣化。

- 生物多樣性保育，可以說是數十年來環境保護運動與自然保育運動，一個新的集結點與出發點。其特色在於以永續利用的廣義人道主義為出發點，希望藉由訴諸於生物多樣性的經濟價值與公益功能，喚起社會大眾與政府之關切與行動。或許生物多樣性這個學門的實際內容龐雜鬆散，但其最終目標仍是為了我們人類。我們希望能把地球這一個人類唯一棲所維護妥當，使人類儘可能在地球永續生存下去。

課後指定作業：無

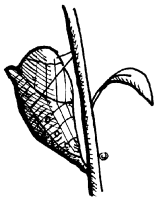
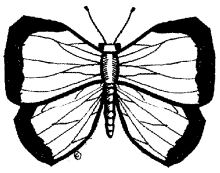
課後建議閱讀：

徐源泰. 1999. 生物多樣性、生物技術與生物產業. 生物多樣性研討會論文集. http://e-info.org.tw/issue/biotech/2001/issue-biotech01010301.htm

書面報告之可能題目：

- 尋找一篇有關自然保育或自然資源經營管理方面爭議的文章，解構其中之論點，區分那些論點。例如，那些論點是科學證據層面的? 那些論點是價值觀念層面的? 那些論點是法律政治層面的? 其中所提到的論點與做法，是屬於生本主義? 狹義人本主義? 還是廣義人本主義?

- 報告生物多樣性在某一層次上實用價值的實例。例如糧食生產、醫藥保健、工業原料、病蟲害防治、漁獵收穫、及生態觀光等方面，生物多樣性可發揮的實用價值與潛力。

I think

第十二回 生物多樣性、生物技術、及生物財產權

- 本週介紹生物多樣性與農業發展、生物技術、及生物財產權的關係。

一、 生物多樣性與人類文明

- 生物之種源，可說是主導了人類文明的發展。人類古文明的起源中心，如二河流域之肥沃月彎(Fertile Crescent)、印度河流域、黃河流域、中美洲馬雅文明、南美洲印加文明，除了具有適當的自然地理環境之外，最重要的就是這些古文明中心也位於原始野生糧食作物的生物多樣性熱點，以及具有適當的家禽家畜可供馴化。

- 生物種源的豐富與否，常常也影響到人類歷史上文明間衝突的結果。生物資源豐富的文明，常常是站在勝利的那一方。

- Jared Diamond 在 1997 年出版一本書「槍炮、病菌與鋼鐵」(Gun, germ, and steel)，詳細說明人類文明如何產生，回答為何歷史是由歐亞民族征服非洲、美洲、澳洲原住民，而不是其他民族征服歐亞。這是人類生態學的一本好書。

- Jared Diamond(1997)的理論是，歐亞民族的成功無關種族優越、無關智力，而是由生物多樣性資源的分布與地理特徵所造成的結果。世界上適合農業栽培的生物，原生分布極不平均，大多在歐亞大陸，造成農業最早出現在歐亞大陸。農業的出現，使得社會人口密度，可由採獵社會(gather-hunter)的每平方公里 0.01-1 人，擴增到農業社會的每平方公里 3-300 人，造成農業社會的優勢與擴張。大量的人口與糧食的儲存，也造成各樣人類文明與疫病的萌發與進展。而歐亞大陸東西廣闊的大面積，又造成農業、技術、疫病在歐亞大陸的傳播與揉合。

二、 生物種源的爭奪與糾紛

- 生物種源的取得，在過去便常常引發人類政治上的紛爭。例如中國漢武帝欲買汗血馬不逞後，派李廣利以數年時間遠征大宛，以求汗血馬的種源。

- 十六世紀後的殖民時代，生物多樣性的分布，也宰制了通商路線與商業利

益，間接決定了國際間的軍事衝突與利益爭奪。生物種源的保存與取得，影響全球經濟活動的興衰。

- 十九世紀巴西經濟的命脈是橡膠樹，但是後來英國人將種子偷出，轉植於馬來西亞，使得東南亞橡膠佔全球產量 90%，巴西的橡膠產業完全垮台，經濟蕭條久不能復。

- 中國的茶葉與茶業，是生物種源與技術轉移的另一個切身例子。茶葉對十九世紀的英國是個很重要的生活必需品，但是在 1850 年代之前，英國及其屬地都不產茶葉，甚至認為紅茶與綠茶是由不同植物物種所製成。那時茶葉主要產自於中國，是中國當時重要的外匯商品。清朝政府禁止茶樹及種子輸出，更禁止售予外國人。然而英屬東印度公司派遣 Robert Fortune(福鈞)(曾到過台灣並命名許多植物)這位植物學家，化裝到中國福建廣東竊取茶樹及種子，與種茶製茶技術。Robert Fortune 走私約二萬多棵各類品種的茶苗，及八位嫻熟種茶、製茶的中國茶農茶工到印度。短期之內，印度的茶葉產量就超過中國。而清朝政府也因為茶葉外銷大量減少，貿易失調，財力大降，種下衰敗滅亡的遠因。

- 生物種源的取得與利用，長久以來是國際間政治經濟上的爭議焦點，而且在分子生物技術興起後，更為人所關注。過去國際強權以軍事及經濟為後盾，硬地強奪或暗地竊取生物種源。目前的國際強權手段或許不如以往強暴，但是仍是挾著科學、技術、立法、市場等優勢，伴隨傳統的軍事及經濟後盾，壓迫其他弱勢國家。

- 生物種源的爭議，目前一般常分為南、北二大陣營。北方國家，多位於北溫帶，科技先進，但是生物多樣性貧乏。南方國家，多位於熱帶或南半球，科技較為落後，但是擁有豐富的生物多樣性。

- 生物種源的爭議，主要在於北方國家在利用南方國家的生物資源(遺傳多樣性及物種多樣性)後，所衍生的利益，常常沒有分享給生物種源的原產國家或當地居民或機構。更而甚之的是，北方國家大多承認植物新品種及新藥的育成也可以享受類似專利的保障。北方國家近年來以其先進的生物技術，積極研究各種作物基因及開發新藥並且申請專利。種源豐富但技術落後的南方國家，自己的生物資源被拿去開發，成為北方國家私人公司的私有財，卻反過頭來必需要向這些公司繳納權利金。

- 因此南方國家與第三世界國家，多年來一直謀求公平的對待，終於在 1991 年達成多數的共識，倡議種源是國家主權。這個共識具體地呈現於一年後

的生物多樣性公約，因此南方國家得以據之在 WTO 智財權的協商中進一步提出相對於先進國的立場。

三、 生物財產權

- 專利(**patent**)是針對新穎、進步、獨創的發明及新設計，經申請並由政府通過審查後所授予的一種專屬權利。在專利權被授予後，未經專利權人的同意，不得對發明進行商業性製造、使用、許諾銷售、銷售或者進口行為。專利制度以一定的年限(一般為 10-20 年)給予發明者專賣之權利，是一個鼓勵智慧發明，促進人類進步的設計。

- 專利權可以針對多種不同的類別與形式，包含製造方法、產品外觀、軟體等等，與生物多樣性較相關的專利權包含農業栽培品種、新藥、生物技術等面向。

- 生物多樣性與生物技術間關係，常被提及的一個例子是黃石國家公園與 PCR。黃石國家公園區域內有許多溫泉、間歇泉、火山噴氣區、及沸沼澤等地熱區。在這些地熱等極域棲地內，棲息為數甚多之嗜極域環境之古菌類(Archaea)，尤其是嗜熱菌(*Thermus* spp.)。熟悉現代生物技術的人，都承認 PCR(**Polymerase Chain Reaction**)(聚合酶連鎖反應)的關鍵及重要性。而 PCR 可運作的關鍵因子之一，即在耐熱性甚高的 Taq DNA polymerase 的供應。Taq DNA polymerase 最早即是來自黃石公園熱溫泉中的一種嗜熱菌(*Thermus aquaticus*)所分離出的，現今每年該酵素與 PCR 相關周邊市場供應值已達數十億美元。

- 農業品種，在過去一百多年內，遭到比物種滅絕更大、更快速、更劇烈的滅絕，而且這是世界各國、不分作物種類都面臨的大問題。聯合國糧農組織(FAO)指出全世界 75%左右的作物品系已經滅絕，每年大約消失 5 萬個品系。美國於 1900 年種植蔬菜品種有 97%已經絕種。FAO 在 2007 年的報告指出，非洲原本約有二十五萬的作物品種，但目前僅存不到 3%。又如臺灣稻米品種在日據初期多達 1679 種，但目前僅有約 200 種。

- 農業品種的快速消失，大幅縮限未來作物育種的來源，農業生產會更加脆弱不穩定。1970 年代末期，東亞地區的稻作遭到草狀矮化病的威脅，如果不予控制，稻米生產將面臨重大危機。科學家們全面搜尋全世界基因銀行所儲存的四萬七千種基因，以求能找出抗病基因。最後，他們在印度一個山谷找到了一種可以阻止這種病原的野生種，從三株稻米品種取得抗病基

因，進而挽救 1970 年代稻米生產危機。

- 種植品種單一化，也代表未來在在疫病防治方面，農業生產會更加脆弱不穩定。愛爾蘭因為種植品種過度專一，1845-1847 年發生的馬鈴薯晚疫病造成大饑荒(The Great Irish Potato Famine)，約有一百萬人餓死，數百萬移民逃往美洲。

- 針對農業品種的專利權，一般而言，工業化國家傾向以植物新品種保護國際聯盟 (UPOV, Union Internationale pour la Protection des Obtentions Vegetales) 於 1991 年所通過的公約作為基礎，對經由現代科學所育成的，具有遺傳均質性的新品種，予以專利權保護。

- 然而第三世界國家及先進國家內的異議團體認為，科學家育種所使用的地方品系，皆是農民歷代的集體智慧的產物。因此科學家以地方品系所育成的新品種不符保護要件，不應受到智慧財產權保障。生物多樣性公約的簽署，使得第三世界國家的主張有了法理的基礎。

- 聯合國農糧組織擬出多邊協定與雙邊協定的概念，將有關糧食、纖維生產的作物與高單價的藥用及觀賞植物加以區分。因糧食與纖維作物為民生所必需，長久以來普遍栽培於世界各地，各處皆有其特殊的種源，相互依賴度高，因此宜用多邊協定來加速種源的流通。反之藥用及觀賞植物，地域特殊性較高，雙邊協定就足以解決。

- 在多邊系統下的作物種源，簽約國應免費或低費地提供其他簽約國。當然得到種源的國家進行商業開發獲利時，也需要適當的回饋。這些概念最後落實到 2001 年簽署的國際農糧植物種源條約，將包括稻、麥、玉米、甘薯、馬鈴薯、茄子、甘藍類、香蕉、柑桔類等的 70 餘種主要農作物納入多邊系統。不過甘蔗、大豆、花生、蕃茄等卻在其外，顯示出國際間國家利益折衝的痕跡。

- 在多邊系統與雙邊系統下的互利條例相當多，其主要精神與內容多與生物多樣性公約相近。先進國家或企業提供經費與技術支援，協助發展中國家或保育單位維護及利用生物多樣性，且若有商品因而產出，物種源始提供國可獲得一定比例之權利金。

- 新藥開發高風險、高獲利，是生物相關專利權中，投資龐大、開發耗時、成功率低、但獲利豐厚的一類生物專利權。農業所提供的食物及相關產品，價格低、替代性高，因此生物專利權所能帶來的利益並不會太高。但是新

藥獨占性高，人們願意以極高代價來獲得影響身體健康及醫療成效的新藥，因此新藥專賣權可以獲得很大利益。也因為 1950 及 1960 年代，由於未經嚴格審查的新藥帶來很多意料外的副作用(如 Thalidomide)，導致歐美大國主管機構(如美國的 FDA, Food and Drug Administration)在新藥上市前，要求非常耗時、嚴格、全面、通過率低的審查過程。

- 以美國為例，依據美國藥物與生產協會(PhRMA)統計顯示，2000 年每個新藥的平均開發費用為 8 億美元。新藥從開發到上市，約需 15-20 年的開發時間。進入實驗室測試篩選的化合物，約只有 0.1%能進入臨床試驗，僅有 0.001%-0.05%能夠成為上市的新藥。即使如此，世界主要大藥廠仍然獲利豐厚，2008 年平均獲利率為 18%。

- 由於新藥開發高風險、高獲利，如何能夠縮小搜索圈及有效篩選，變成是成功關鍵。所謂的生物探勘 (**bioprospecting**)便是尋找具有醫藥價值或其他經濟利益的原生化合物、基因、蛋白質、微生物的一種活動。

- 人類大部分藥劑的來源，是源自各類生物體內。每個生物都是為一個複雜的化學工廠，提供眾多化合物，但是人類目前所知甚少。以植物為例，地球上 22 萬種開花植物中，科學家僅檢視過不到 5,000 種植物的植物鹼。

- 每個民族的傳統醫療知識，都是經過千百年人體試驗後所得到的智慧結晶。在地的生物種源與傳統的相關知識，是提高生物探勘成功率的關鍵。

- 所謂的生物剽竊(**Biopiracy**)是科學家或私人公司，在沒有尊重本土居民傳統知識及生物財產權的情況下，未事先告知，未獲得許可，私自將某種生物資源申請專利權，從而限制其他人，包括原產地本土居民運用該種生物資源。這對於生物原產地及本土居民來說，無異盜竊了他們的生物資源及智慧成果，也限制了他們使用原本屬於大眾、無所謂產權的生物資源。

- 生物剽竊在人類歷史上層出不窮，但是過去並沒有專利權制度。如今專利權制度反過來成為剽竊者的保護傘與獲利依據，造成很多不公不義的爭議。一個有名的例子是印度的苦楝樹(Neem tree, *Azadiracta indica*)。印度苦楝具有防蚊蟲、避孕、清潔牙齒等等多重的功用，印度人稱之為「神聖的樹」(the blessed tree)，數千年來印度人對苦楝樹的使用已成為其文化的一部份。但是，針對苦楝樹的成分和相關利用，1985 至 1998 年間歐美各大藥廠僅在美國便得到約 40 件專利。

四、 生物多樣性公約中的遺傳資源與生物財產權

- 生物多樣性保護的一大現實經濟利益，便是遺傳資源的應用。生物多樣性公約提倡全球保護地球之生物多樣性、共同利用生物多樣性所帶來的利益、但是也要合理與公平的分享這利益。

- 生物多樣性公約中有關遺傳資源與生物技術方面的條文，主要在第二條、第十五條至第二十一條之條文。請同學自行閱讀研習，考試會考。

- 生物多樣性公約，承認生物資源原產國(常常是有資源、無技術、缺資金)擁有該生物資源的主權，避免過去人類歷史中強勢國家或集團剝削弱勢國家的不公不義，而且讓這些原產國有保護該生物資源的動機。

- 生物多樣性公約的精神，在於促進生物資源的有效交流與合理利用，共同為全人類的福祉謀福利。在惠益合理公平分享的原則下，消除阻撓生物資源交流的人為壁壘。

- 生物多樣性公約保障生物資源原產國的主權，不保障過去的剽竊與掠奪，以確保生物資源原產國的利益。生物資源之移轉必須是互相同意的，確保原產國及利用者互蒙其利，共同分享利益。

- 在獲得生物資源的同時，技術先進集團也要幫忙促進生物資源原產國的科技發展，而不是讓南方國家一直扮演原料提供國的角色。

- 德國默克集團(Merck)與哥斯大黎加的國家生物多樣性中心(National Biodiversity Institute, Costa Rica)在 1991 年所簽署的協議(Merck-INBio agreement)，是生物多樣性原產國及利用者互蒙其利的良好範例。哥斯大黎加環境能源部許可 INBio 進行境內生物探勘，探勘費用的 10%用來保育，所得惠益的 50%轉交該部。1991 年 11 月 Merck 與 INBio 簽約，94 年與 96 年續約。Merck 在提供資金給 INBio 成立實驗室，每年分析一定數量的植物、昆蟲以及微生物樣品；INBio 進行樣品萃取，再轉送 Merck 在美國的實驗室。在此期間 INBIO 不得將相同樣品交給其他研發單位。

- 就生物多樣性公約相關條文所顯露的精神，公約秉持對象極大化、時間極大化的 anthropocentrism，公約積極保障開發中國家的利益，並不是工業化國家的打手。同時，終極目的是以經濟利益來增強保育動機，以加強全球生物多樣性的保育。

References

徐源泰. 1999. 生物多樣性、生物技術與生物產業. 生物多樣性研討會論文集.
http://e-info.org.tw/issue/biotech/2001/issue-biotech01010301.htm
郭華仁. 1999. 對於 CBD 國家報告書中有關植物種源部分的一些意見.
http://seed.agron.ntu.edu.tw/germplasm/cbd1.html
郭華仁. 2002. 談新世紀第一個國際條約：國際農糧植物種源條約.
http://seed.agron.ntu.edu.tw/publication/seed-treaty.htm

課後指定作業：

閱讀生物多樣性公約之第二條、第十五條至第二十一條之條文。
http://www.biodiv.org/convention/articles.asp (英文)
http://bc.zo.ntu.edu.tw/cbd/cbd_c.htm (中文)

課後建議閱讀：

台大農藝系郭華仁老師種子研究室的網頁內容
http://seed.agron.ntu.edu.tw

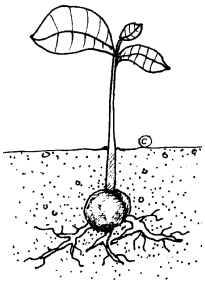
Simpson, R. D. The Price of Biodiversity,
http://www.nap.edu/issues/15.3/simpson.htm

Rose, S. 2008. For all the tea in China: How England stole the world's favorite drink and changed history. Penguin Group USA.

Coughlin Jr., M. D. 1993. Using the Merck-INBio agreement to clarify the Convention on Biological Diversity. Columbia Journal of Transnational Law 31 (2): 337-75.

書面報告之可能題目：

- 說明生物種源在生物技術、農業生產、或醫療保健上的一個應用案例。



I think

第十三回 生物多樣性之保育措施

- 承續第十回之主題，全球生物多樣性的流失，本週介紹生物多樣性之主要保育措施，下回及下下回介紹國際及台灣的保育實況。

一、 生物多樣性的主要保育措施

- 如前所述，生物多樣性迅速流失的近程原因，主要是棲地減少與破壞(**habitat loss**)、棲地破碎(**habitat fragmentation**)、外來種(**invasive species**)、過度獵捕(**over-exploitation**)、與環境劣化(**environmental degradation**)這五類。

- 生物多樣性的保育措施主要分為三大類別：就地保護(***in situ* conservation**)、永續使用資源(**sustainable use of resources**)、及移地保護(***ex situ* conservation**)。生物多樣性公約內對這三個名詞的定義，節錄如下。

- "***In-situ* conservation**" means the conservation of ecosystems and natural habitats and the maintenance and recovery of viable populations of species in their natural surroundings and, in the case of domesticated or cultivated species, in the surroundings where they have developed their distinctive properties.

- "***Ex-situ* conservation**" means the conservation of components of biological diversity outside their natural habitats.

- "**Sustainable use**" means the use of components of biological diversity in a way and at a rate that does not lead to the long-term decline of biological diversity, thereby maintaining its potential to meet the needs and aspirations of present and future generations.

- 有兩個名詞必須要先釐清，**preservation** 與 **conservation**。preservation 台灣一般翻譯為「保護」， conservation 台灣一般翻譯為「保育」。preservation 代表將資源保存、不去利用的做法。conservation 代表將資源以適當的經營方式，達到永續利用的目的。preservation 一般代表不去開發資源、或極低度利用資源。conservation 可以接受資源的利用，但是必須以永續利用為前提。preservation 是 conservation 的經營方式中一個重要選項。

- 就地保護與移地保護之間優先順序，若可以做一選擇，以就地保護為最高優先。保育生物多樣性，以在生物之原生自然棲地及生態系內進行保護為理想。但在原生自然棲地及生態系大幅消失或劣化情況下，移地保護為不得已之選擇。不過，移地保護的長程目標仍是就地保護，在原生棲地下復育生物多樣性，終極目標是解除保護的需要。

- 就地保護中，應該以物種為著眼點？或是以生態系為著眼點呢？自人類開始關注於生物，關注焦點是在生物物種的層級上，多年來保育的焦點也多放在物種層級上。但是近年來保育思維已有了轉變，越來越多人認為保育焦點應放在生態系層級上，因為如果要救一個物種，如果沒有優良棲地環境，那是難以成功的，就算能移地保護、苟延殘喘，也非保育之本意。從保護生態系著手，可連帶保護整體之生物多樣性。

二、 就地保護的對象與地區

- 就地保護中有四個面向，保護對象、保護地區、地區設計、與經營策略。

- 就地保護的對象，有三種選取標準：獨特性、受威脅程度、及利用範圍。一個物種或一類生態系，如果越具有獨特性、受威脅程度越高、以及可被利用的範圍或利益越高，就越有保護的優先權。

- 物種取向的就地保護，常常會關注於幾類物種：keystone species、umbrella species、flagship species。**keystone species**(基石物種)代表某些物種雖然數量並不多，但是其存亡對整個群聚結構或生態系功能具有重要影響。基石物種的消失會改變其棲地的生態結構及功能，因此具有很高的保護優先。**umbrella species**(保護傘物種)代表某些需要大面積特定棲地的物種，保護這些物種，可以連帶保護許多其他共域的物種。**flagship species**(旗艦物種)代表某些物種對一般大眾具有特別之號召力及吸引力，可促進對大眾對保育的關注與投資。

- 旗艦物種，無可諱言地大多是具有魅力的大型脊椎動物(charismatic mega-vertebrate)，如貓熊、朱鷺 (*Nipponia nippon*)(請注意其學名)。主要是因為這類生物對社會大眾的吸引力高，容易訴求炒作。但是旗艦物種並不僅限於脊椎動物，具有魅力的其它生物類群也有成為旗艦物種的潛力，如寬尾鳳蝶(*Agehana maraho*)，一葉蘭(*Pleione formosana*)。

- 保護旗艦物種，並不是單純地只保護這一種生物，保護旗艦物種的主要動

機，是企圖讓旗艦物種扮演著 umbrella species 的角色，裙帶庇護其他物種。例如為保護寬尾鳳蝶而保護台灣檫樹 (*Sassafras randaiense*)。

- 所謂的 **indicator species**(指標物種)，是能敏銳反應生態系健康程度之物種，可適用於生物多樣性的監測工作。但是嚴格來說，指標物種並非是保護的目標。人為保護指標物種，會讓生態系健康程度無法被忠實反映出來，而偏離指標物種的設定目標，反而造成更大的問題。

- 無可諱言地，受公權力保護的物種絕大部分是動物，而且大多是脊椎動物，這讓植物、微生物、無脊椎動物的愛好者常常感到不平。受保護物種會大多是動物(或脊椎動物)的原因有下列幾項：(1)動物種類本來就比植物種類多。(2) 動物較容易吸引鄉民的注意力，也承受更多的公眾關注。(3)動物一般需要較大的族群量才能自然維持。(4)動物對環境變動較為敏感。(5)動物的域外保護成本較高。(6) 動物的復育繁殖技術較難、成本較高。

- 就地保護地區，有二類選取標準，物種取向、及生態系取向。物種取向做法，為一個地區如果有較多需要保護的物種，或是有特別需要保護的物種，就越有保護的優先權。生態系取向做法，為一個地區如果包含了較需要保護的生態系或棲地，則有較高的保護優先權。

- 生物多樣性就地保護的地區，最近有二種常用之選取方法，**hotspot analysis** 與 **gap analysis**。這二種方法有點類似，但又有些差異。

- **hotspot analysis**(熱點分析)在於研究生物物種豐富度的分佈，並找出物種豐富度特別高之地區(熱點)，給於保護的優先地位。這物種生物豐富度特別高之地區可以下列四種物種豐富度之高低來擇定：(1)所有物種(total species)、(2)狹佈物種(或特有種)(endemic species)、(3)稀有物種(rare species)、(4)瀕危物種(endangered species)(Reid 1998)。

- hotspot analysis 只需要物種的分布範圍等相關資訊便可以進行，並不需要物種的棲地偏好資料，也不需要棲地結構的空間圖層。因此 hotspot analysis 簡單易行，適合初步篩選就地保護的優先地區。

- 由於同一分類群的整體物種多樣度、瀕危物種之多樣度、稀有物種之多樣度，其空間相關性並不高；而且不同分類群多樣度熱點的空間相關性也是很低(見第四回講義)。hotspot analysis 原本期望，多樣度熱點的空間重疊度會很高；如此在熱點設立保護區，便可以發揮神奇子彈(silver bullet)的功能。但在發現多樣度熱點空間重疊度低的情況下，空間保護區的設立，必

須依照不同的需求，在仔細調查生物的分布後，依照不同目標設計不同方針，才能有效達成生物多樣性的整體保護。

- **gap analysis**(空隙分析)則是將已知的生物種類的出現資料與植被圖比對，推導出生物與棲地間關係，再藉由此關係預測出目標物種的分布熱點，然後套疊現有的保護區位置，找出應該受到保護而沒有被保護的空隙(gap) 。

- gap analysis 除了需要物種的分布資料外，也需要物種的棲地偏好資料、棲地結構的空間圖層，也需要推導出物種棲地偏好的預測模型。因此 gap analysis 適合在資料齊備、需要完整保護目標物種的狀況。

- IUCN(國際自然及自然資源保育聯盟)(下回會詳細介紹)對保護區(**Protected Area**)有以下定義。 A protected area is a clearly defined geographical space, recognised, dedicated and managed, through legal or other effective means, to achieve the long term conservation of nature with associated ecosystem services and cultural values.

- 保護區該如何設計，就學理上來說，主要是應用保育生物學、地景生態學、島嶼生物地理學、及關聯族群之理論。但是在決策實務上，人口分布、土地價值、人民意願、以及壓力團體的政治施壓，也都是關鍵的變因。

- 保護區設計有下列六項古典原則：(1)大保護區比小保護區好，(2)在總面積相同下，一個大保護區比多個小保護區好，(3)距離近的保護區群比距離遠的保護區群好，(4) 團叢狀的保護區群比線形的保護區群好，(5) 有廊道相連的保護區群比無廊道相連的保護區群好，(6)圓形的保護區比非圓形的保護區好。

- 上述的第二項古典原則曾引起爭辯，即所謂 **SLOSS debate**，**Single Large Or Several Small**。一個大保護區雖然有邊緣效應(edge effect)低、適合需要大面積之物種、管理容易、絕種率較低的理論優點，但是將所有雞蛋放在同一個籃子，除有受強力干擾而全軍覆沒的可能外，也有疾病容易散播、棲地異質度低、優秀地點難以取得的缺點。

- **SLOSS debate** 的解答並不難，說穿了就是要以保護對象的特色與需求來決定，同時還要加上政治、經濟、法律、社會等等層面的考量，並沒有一個絕對的答案。若要保護季節遷移性的物種，就要同時保護乾/溼季或非/繁殖季的棲地。若要保護棲息在溪流的物種，也要同時維持整個集水區的良好狀態。

- 不管保護區的面積是大是小，若要增加所有保護區的整體功能，增加保護區間的連結度(**connectivity**)，及降低鄰近地區的負面影響，也是重要的關鍵。因此在法定保護區外，也要適當地經營鄰近環境，或是設置適當的生態廊道(**corridor**)，以提升保護區的整體效用。

- 在保護區設計上，為因應邊緣效應及管理考量，保護區常予以分區管理(zoning)。UNESCO(聯合國教科文組織)(下回會詳細介紹)的生物圈保留區模型(biosphere reserve model)建議三種不同的分區形式：**core zone** (核心區)、**buffer zone** (緩衝區)、**transition zone** (過渡區)。

- 核心區為保護的重點地區，應受到完全的保護，盡量避免人為的干擾與破壞，但允許科學研究、監測、及當地居民以傳統方式利用資源。緩衝區目的為紓解外界對核心區的破壞與影響，但可以從事不破壞核心區生態完整性的經濟活動，如遊憩活動、森林擇伐等。過渡區則可以允許原有的農業活動及聚落形式，但仍應避免不必要的開發。

- 全世界各國有不同的自然保護區，類別名稱、設立目的、與經營措施也多有不同。IUCN 在 1994 年將全世界的自然保護區，分類成六大類別。世界各國的自然保護區，設立宗旨與經營方式都很高的多樣性，並不是都可以精確地被類比為這六大類之一。

- 第 Ia 類「嚴格的自然保留區」(**Strict Nature Reserve**)：為了科學目的而設立的保護區。具有相當原始的原生環境與生物相，人類造訪應盡量降低，提供一個無人為影響、可供長期監測的對照組。此類如台大實驗林和社營林區的 34-42 林班。

- 第 Ib 類「原野地」(**Wilderness Area**)：為保護未受人類改變的原野而設立。無現代人為設施，由大自然的力量主導，保留供後代子孫體驗的荒野。此類如台灣的大武山自然保留區差可比擬。

- 第 II 類「國家公園」(**National Park**)：主要是為了保護生物物種、生態系、地景，並提供遊憩、教育、研究功能的保護區。劃設的目的有三：(1)為了

現代人和後代子孫而保護生態的完整性、(2)排除抵觸該區劃設目的之開發或佔有行為、(3)提供精神的、科學的、教育的和遊憩的各種機會，這些活動必須和當地環境和文化方面相容。此類如台灣的玉山國家公園。

- 第 III 類「自然紀念區」(**Natural Monument or Feature**)：保育特殊自然特色而設立的保護區。包含一個或多個具有特殊性、代表性、藝術性的自然/人文景物的地區，以及其所生物多樣性及棲地。自然紀念區面積一般並不大，具有相當高的造訪價值。此類如台灣的烏山頂泥火山自然保留區差可比擬。

- 第 IV 類「棲地/物種經營區」(**Habitat/Species Management Area**)：是為了保護特殊物種或棲地而經營的保護區。常常會採取主動、持續的人為介入，以迎合所設定保護的特定物種或棲地的需求。此類如台灣的櫻花鉤吻鮭野生動物保護區。

- 第 V 類「地景/海景保護區」(**Protected Landscape/ Seascape**)：為了保育特殊地景／海景而經營的保護區。因為人類與自然的長久互動，使得某些地方具有特殊的生態、生物、文化、或景觀價值，而人類與自然的互動是維持此特殊性的重要動力。此類如台灣的西拉雅國家風景區差可比擬。

- 第 VI 類「資源管理保護區」(**Protected area with sustainable use of natural resources**)：為了保育具有文化價值及自然資源經營傳統的保護區。一般面積都相當大，大部分地區都在原始狀態，但是部分地區也有符合永續原則地低度利用自然資源。在外來民族尚未入侵台灣前，台灣原住民的傳統領域，可以符合這類保護區的特徵。

- IUCN(1994)這六大類別的保護區，可以下表來區分其經營管理目標。數字 1 代表主要目標，2 代表次要目標，3 代表可能適用的目標，－代表不適用。

經營管理目標	Ia	Ib	II	III	IV	V	VI
科學監測	1	3	2	2	2	2	3
荒野保存	2	1	2	3	3	-	2
保存物種與基因資源	1	2	1	1	1	2	1
維持環境功能	2	1	1	-	1	2	1
保護自然/文化特色	-	-	2	1	3	1	3
旅遊與遊憩	-	2	1	1	3	1	3
教育	-	-	2	2	2	2	3
永續利用自然資源	-	3	3	-	2	2	1
維持傳統文化	-	-	-	-	-	1	2

- IUCN在1990年代曾建議每類生態系至少要有10-15%的面積被劃設為保護區。生物多樣性公約也立下每類生態分區(**Ecoregion**)在 2010 年至少有 10%的面積被劃設為保護區。全世界目前大約有 13%的陸地面積被規劃為保護區，但是各類生態系的受保護程度並不一致，例如僅有約 1%的海洋被劃設為保護區。同時屬於較嚴格保護程度的保護區類別(type I - IV)，其全世界總面積不及所有保護區面積的 50%。

- IUCN 這六大類別保護區，就全世界可被區分的所有保護區，國家公園(23.5%)、資源管理保護區(23.3%)、棲地/物種經營區(15.9%)的總面積最大。保護最嚴格的第 Ia 類及第 Ib 類，總面積僅約有 11%(Chape et al. 2003)。

三、 就地保護的經營措施

- 設置保護區相當辛苦，但是適當經營保護區以達到設定目標卻是更加困難。保護區經營並不只是「把柵欄鎖上、把鑰匙丟掉」那麼簡單。保護區的經營策略可包含許多層面，無法一一說明，在此介紹保護區經營的常見困難，以及幾個常與鄉民有認知落差的經營策略，如自然擾動、生態復育、主動經營、外來物種、與減少過豐本土族群。

- 如何管制保護區的遊客數量與範圍，是個難題。保護區的設置與經營，需要社會大眾的了解與支持。如果完全限制遊客造訪保護區，又會傷害到社會大眾的了解與支持。遊客的管制，主要是依據各個保護區的設立目標及環境的敏感度及耐受度而適當調整。

- 保護區內是否開放資源利用？開放對象與程度為何？也都是難題。完全禁絕資源利用，常常造成在地居民對保護區的敵意與對立。因此，完全禁絕資源利用的保護區並不多，常常會適度開放資源利用的對象與程度，以換取在地社群的合夥保護。

- 保護區內不預期的自然擾動(例如火災、山崩、病蟲害爆發、颱風等等)，在目前保育生物學的經營理念而言，基本上是採取中性、不干預的態度。自然擾動是維持生態系結構與功能的推動力，大幅度阻止自然擾動，反而會影響大自然本身的結構與功能。Therefore, if the disturbance is natural, we will treat it neutrally. 除非自然擾動會危害到保護區的經營目標，才需要有事前的緩衝措施與事後的補救作為。然而，不預防、不阻止、不撲滅自然擾動，對一般鄉民而言，常常是難以接受的失職。

- 就復育生態學(**restoration ecology**)而言，一個棲地或生態系若已經嚴重劣化，依自然力量無法在短時間內復原，而且放任其發展、不採取復育手段(**neglect**)可能會讓棲地或生態系更進一步劣化時，我們必須人為介入，進行棲地復育。

- 復育生態學中， **restoration**, **rehabilitation**, and **replacement** 這幾個名詞的意義與其間差別。

- 生態復育(**ecological restoration**)一般有幾項基本步驟。首先必須要先確定復育目標。到底是要復育某物種族群、還是植群形式、還是生態系功能。不同復育目標會有不同作法，復育目標不明確，就不會有成功的復育作為。其次，要決定復育的策略與手段。第三，要移除造成劣化的驅動因子。移除病因，遠重要於舒緩病症。第四，重建非生物性的環境結構。第五，重建所需要的生物種類。最後，就是耐心等待重建的自然力量。

- 社會大眾有時會否定人為主動復育措施，尤其是對主管機關缺乏信任感時。以公權力進行生態復育時，我們有幾項要時時自省的問題。人為復育目的是什麼?有沒有掛羊頭賣狗肉，以生態復育措施來包裝資源利用作為？人為復育的必要性如何?經費是花在刀口上還是只是要被消化掉？人為復育的效果好嗎? 我們有比大自然做的更好嗎?

- 生態演替的方向，在某些情況下，可能並不是原先保護目標所樂見的，這時經營管理者必須採用主動經營(**active management**)的手段，例如 **prescribed fire**(預防性放火)，以維持某些地區維持在演替初期的狀態。

- 有些受保護生物物種的數量受限，主要是因為其所需要的某些資源有瓶頸限制(例如冬季食物、巢洞、競爭者、掠食者)。如果該物種是保護區的保育標的，為了增加物種的數量，保護區同樣可以考慮採用主動經營的手段，減緩其瓶頸限制，例如投食、設置巢箱、控制競爭者或掠食者。

- 生物多樣性保育的目的，雖然是在於保護生物。但是外來種生物有可能會造成原生物種的滅絕，進而影響整體之生物多樣性。因此雖然有許多民眾

反對，但是生物多樣性保育的原則是，在外來種造成危害之前，儘可能避免引入外來種、及撲殺不必要外來種。

- 原生物種有時也會在保護區內族群數量過多，而威脅其他原生生物的存活。例如在一些小面積的保護區，由於無法支持掠食者(predator)族群，使得一些草食者密度過高，而改變植群的組成。在這種情況下，如果這些數量過多的原生種並不是保護標的，可以考慮採取配額利用或人為移除的經營手段。然而，很多鄉民也難以接受這樣的措施，尤其這些物種是可愛物種時(如鹿、馬)。

- 保護區的經營措施，簡單來說，其精神就是「撥亂反正、模仿自然」。

四、 移地保護

- 移地保護的例子，就如遍佈世界的動物園與植物園，以及各研究機關的種原庫、種子庫。這些移地保護的生物多樣性資源，雖然不容易對生態系多樣性保育做出立即貢獻，但是對物種多樣性、尤其是遺傳多樣性的保護，具有相當重要的功能。世界上有些在野外自然棲地滅絕的生物物種，便是由移地保護的種群，予以復育成功的。熟悉的例子如台灣的梅花鹿、中國的四不像，都是由動物園圈養的種群繁殖而來。而種原庫及種子庫更是現在保存農業栽培物種遺傳多樣性，最重要的一個手段。

- 進行圈養繁殖或是種原保護時，要努力維持血統系譜(**pedigree**)的正確性與全面性。盡量增加圈養個體的遺傳多樣性，避免過度的近親交配。

- 移地保護的受扶植物種，有時因為數量太低，或因種種原因圈養繁殖的成功率不佳(如貓熊)，這時進行人工繁殖(**artificial breeding**)，如人工授精、胚胎移植等等手段，變成是不得不行的昂貴作法。

- 為增加受復育族群的繁殖速度，有時會採取 **double-clutching**(強迫再生)或 **cross-fostering**(代理養母)的手段。double-clutching 是在親代產生一窩子代時，取走子代，以促使親代再生一窩。被取走的子代，常常是由人類或其他物種代行輔育之責(cross-fostering)。

- 在某些問題深重、難以在短期內矯正的地區，移地保護常常也是最後的有效措施。例如紐西蘭在人類移居前沒有原生哺乳類，只有三種蝙蝠與海洋哺乳動物。人類帶來許多的外來種哺乳類(如貓、鼠、狐)後，紐西蘭的原

生鳥類及爬蟲類缺乏與這些外來種的長期演化互動，幾乎沒有逃避掠食的行為，導致大量面臨絕種，而且外來種哺乳類又無法完全控制。因此紐西蘭政府完全清除某些一些小島內的外來種後，捕捉瀕臨絕種物種在主要島嶼的少數僅存個體，再移居(**translocation**)到這些小島。如此，可以暫時避免這些物種迫在眉睫的全面絕種危機，也可以徐圖漸進，把小小島上的個體再拓展到較大的小島。

- 移地保護的最終目標，還是能夠使生物能在野外中獨立存活，將蓄養個體釋出到野外，便是所謂的 **reintroduction**(再引入)。原則上，物種再引入以歷史上的原生棲地為最佳選擇。

- 物種再引入與移居並不容易，許多物種因為野外已少有良好棲地，或是因為人為蓄養而喪失在大自然求生的能力，甚至因為親近人類而慘遭殺害。物種再引入前，要適當訓練野放個體，使其適應野外並在野外存活繁衍。

- 加州禿鷲(California Condor, *Gymnogyps californianus*)是北美洲最大的鳥類，也是移地保護的成功案例。加州禿鷲由於人為獵殺、鉛中毒、與棲地流失，在二十世紀數量快速下降到只有數十隻，而且其分布非常分散。1987 年，保育生物學家將野外僅存的 22 隻加州禿鷲全部捕捉，在洛杉磯及聖地牙哥的動物園進行圈養繁殖。1991 年起，開始將圈養的加州禿鷲再引入到其原生棲地。2011 年有 394 隻加州禿鷲存活，其中有 181 隻野外個體。

- 移地保護的精神，簡單來說，就是「救亡圖存、徐圖再起」。

五、 資源的永續利用

- 生物就是會生，生物是可再生資源(**renewable resource**)。站在人類自私的 anthropocentrism 角度，完全禁絕利用可再生生物資源，是不切實際的。

- 盜獵盜採，是在發展中國家常見、且不易根絕的問題。在消費者需求量不變的情況下，提高物種的保護等級或是保護作為，常常反而提升販售價格，進而增加資源過度利用的動機。台灣的某些保育類昆蟲，就有類似的困擾。列為保育類野生動物後，提高知名度與收集慾，受採集的狀況反而更加嚴重。就生態保育而言，立法與執法並須同時並進。徒有法律規定，卻無落實能力，並不能有效解決問題。

- **the tragedy of the commons** (公有的悲劇)(Hardin 1968)，開放性公共財(**common wealth**)，從另一個角度而言，就是沒有任何人擁有絕對所有權，這項資源的下場就是為人們所消耗殆盡(請見第八回的漁業案例)。我們必須要有一個強而有力的上層治理機關(各級政府與聯合國)，制定相關辦法，管制資源的利用對象、數量、時間等等，來解決相關的問題。老實說，這也是政府存在之一大目的。政府不做，我們又何需奉養這種政府。

- 生態旅遊(**eoctourism**)，是減少資源利用開發、提升在地社群經濟收益、達到保育與在地社群雙贏的一個可能出路(請參見第十一回)。不顧永續原則的資源過度利用，常常都是發生在極度貧窮的地區。生態旅遊的門票與花費，常常可以改善當地居民的經濟收入，並將部分挹注到保育作為。生態旅遊也可以建立在地社群對本土生物及環境的尊崇感，進而建立夥伴關係，共同維護在地生物多樣性及棲地。

- 生態旅遊也有一些需要被注意的可能缺點。首先，在地社群常常無法有效連結到生態旅遊消費端。在賣點設定、廣告行銷、行程設計、接洽連絡等等旅遊環節，在地社群有時無法有效掌握，需要外界協助。其次，也因上述困難，成功或獲利較好的生態旅遊，常常是非在地的外來商業團體或個人所主導，在地居民只能擔任低階勞動工作，挹注到當地社群的生態旅遊收益相當微薄。因此，生態旅遊在規劃初期，大多需要政府相關單位或公益團體的帶領與協助，同時要有在地社群的充分參與及持續主導。最後，大量遊客會對在地社群造成文化污染，轉移原有的文化傳統，這對原住民部落常常影響更大。對此，在地社群也要有充分自覺，要對自己文化有信心，將自己的文化轉化為行銷的賣點。

- 生物產品認證(**certification**)，是推動合理利用資源的有效手段。生物資源的產品，有時是違反永續原則的不環保或違法產物。而且不少消費者其實有意願以較高的代價，來避免購買這些虧心產品、有愧產物，然而消費端卻不容易確認其產地來源及相關管制。若能夠有具有公信力的單位，對符合環保、永續精神的產品提供認證(如同有機食品認證)，對生產者、消費者、及保育都是三贏。

- 木材與紙漿認證制度，是目前較上軌道的產品認證。目前這方面有二大系統為 **FSC** (**Forest Stewardship Council)**與 **PEFC** (**Program for the Endorsement of Forest Certification**)。這兩大驗證體系分別源起於北美洲(FSC)及歐洲(PEFC)，彼此互相競爭抗衡。

- 以 **FSC** 為例，這是一個獨立、非政府、非營利的組織，成立於 1993 年，主要宗旨是要保護全球的森林，推廣良好管理的森林，透過 FSC 所授權的獨立驗證機構，來確保消費者使用的木材和紙張產品絕非來自濫伐、盜伐的原始森林，或是來自對生物多樣性不友善的人工林。

- **FSC** 的主要認證項目為森林管理認證(Forest Management, FM)及監管鏈認證(Chain of custody, COC)二大部份。「永續森林管理證書」(FM)係須發給林區之管理機構；林業機構須保護森林生態、水質、野生生物棲息地和顧及本地族群需要，才能符合嚴格的驗證標準。「產銷監管鏈證書」(CoC)係須發給林業產品之製造者與供應商；確保由木材開採開始，直到製成產品為止均合乎環保標準。

六、 生物多樣性保育的人類變因

- 人類的價值觀念，是影響生物多樣性保育的最大變因。雖然保育的對象是野生物及大自然，但是保育措施是人類的決定，以公權力進行的保育措施，無可避免地要受到社群成員的意見左右。

- 人類對生物多樣性保育的態度，彼此之間差別非常大。不同文化、宗教、性別、收入、職業、年齡、教育的人群，常常有著基本上的差異。

- 教育，藉由提供資訊(information)及體驗(experience)這二項主要媒介，可以有效改變人們的態度。例如，大部分的人都沒去過真正的熱帶雨林，但是藉由充分的資訊，人們大多都認為熱帶雨林是保育的重點區域。而實際到大自然內體驗生物多樣性(如登山、賞鳥)，能帶來人們更大、更深刻的感動與共鳴，進而改變對大自然的態度。

- 生活優裕程度，影響人類對生物多樣性保育的態度。基本生活飽暖堪虞時，很難說服人們為其他生物著想。短期收入都不穩定時，同樣也很難去思考長遠永久的公共利益。對貧窮國家或社群推銷保育觀念時，要好好規劃並說明保育可以帶來的經濟利益。

- 野狼，是一個人們態度觀念轉變的例子。野狼過去是恐懼、邪惡的象徵。但是在遭人類大量撲殺而瀕臨絕種後，造成很多生物群聚的失衡，人們也不想讓大野狼成為童話中的傳說動物，轉而支持野狼的復育與再引入。如今野狼漸漸成為野性、自然的象徵。

- 經濟利益，也是影響生物多樣性保育的一大變因。經濟收益，常常被認為是生態保育的對立面。不過二者之間並非是零和戰爭，經濟利益也可以幫助生物多樣性保育。

- 經濟學認為「資源有限，欲望無窮」，有用、有利益的，分為產品(goods)與服務(services)二個部分。生物多樣性的產品價值，如一片森林提供木材與紙漿，是比較容易理解部分。但是，生物多樣性的服務價值，如一片森林提供淨化空氣水源及精神愉悅，卻是難以計量、或是常被忽略的部份。

- 生物多樣性的產品或服務價值，很多是眼前難以界定的潛在價值。一百年前誰能想到黃石國家公園的嗜熱菌可以帶來 PCR 技術的龐大利益呢？人類社會快速變遷，科學進步快速，誰能料到某種植物可能具有治癒 AIDS 的化合物呢？生物多樣性的未知潛在價值，是保育的一大動機。

- 過度開發的直接經濟利益，常常都挹注到少部分人。然而，過度開發的環境代價或是外部成本(**external costs**)，大多隱而不提或難以評估，而且外部成本常常是由沒有獲得利益的社會大眾來承擔。不只問「可以帶給我們多少利益？」，也要問「我們要付出多大代價？」。搞清楚獲利的對象與付出代價的對象，常常是釐清開發/保育爭議的簡單有效方式。外部成本內部化(**internalization of external costs**)，由利益獲得者負擔責任代價，也是解決開發/保育爭議的正義選擇。

- 消費者的欲望與選擇，也是左右生物多樣性保育的一大變因。在消費需求不變或持續增加的情況下，指責提供產品的供應者是不切實際的偽善。肉食者沒有立場指控屠夫。我們改用環保產品，是可以減緩環境問題。但是更重要的是資源減需、重複使用、與回收(**reduce, reuse, recycle**)的保育 3R，**降低資源依賴才是保育王道**。消費者的自覺，需要被喚起。

- 社會階層的壓迫，是保育生物多樣性時要注意的重點。保育生物多樣性是為了大眾的長久福祉與利益。然而，保育方向的決定與措施的制定，常常是由強勢者、優勢者所主導。承擔犧牲短期利益的群體，卻常常是社會弱勢與底層民眾，這是保育生物多樣性時要避免的不幸。都市民眾與富貴階層，生活地區大多遠離生物多樣性熱點，為了這些人的想像、福祉、或自我贖罪，不應該壓迫到站在生物多樣性保育前線的鄉村居民或原住民之生活與福利。犧牲要帶來補償，限制要伴隨替代。

- 保育，應該要由消費者個人做起。然而，許多工作需要群體來承擔。國際機構、各國政府、非政府組織(**NGOs, , Non-Governmental Organization**)、

企業、社區，都應該負起不同的責任。面對這些團體我們雖然常常會有無力感，但是這些團體並不是我們所無法影響或進入的鐵桶。身為台大學生，不一定每個人未來都是領導者，但是我們視各位是未來的領導者，不要妄自菲薄。

- 面對未來可能是政府保育公僕的各位，以下我提醒幾項政府所應負起的保育角色與任務。第一，**要發展並執行保育政策**。理論上來說，政府有龐大的能力與責任來管制企業及個人的私有利益，以增強放大公眾的共同福祉與利益。雖然政府仍需面對民意代表與利益團體的牽制，各級政府官員仍是最有空間與資源來做好事情的一群人。第二，**以保守、戒慎的態度來經營公有自然資源**。政府是最大的地主，各項決定很容易有長遠廣大的影響。在處理即時窄域問題的日常事務中，思考要長久遠大，不要因短期的態勢，而限制未來長遠發展的格局。生物多樣性保育是如此，森林經營也是如此。第三，**藉由經濟手段來強化保育**。政府可以藉由獎勵或收益來提供個人、社群、或企業的保育誘因，也可以由罰款、增稅等手段來阻止環境破壞與資源的非永續利用。第四，**支持環境研究與教育**。研究與教育是公眾事務，也是解決問題的始終手段。研究能釐清問題、提供答案，教育則能決定社群成員解決問題的態度與做法。以上這四項角色與任務，是非政府難以執行的責任。

- 地球的各國政府間，是最缺乏互信與合作、壓迫與算計最多的一個群我階層。目前世界生物多樣性的很多問題，是因為不健康、不公平的國際關係所造成或深化。以下簡要說明生物多樣性公約內關於保育措施的條文精神。下回將介紹全球保育思潮的歷史脈絡、現況發展、與沉重挑戰。

七、 生物多樣性公約中的保育措施

- 生物多樣性保育，為生物多樣性公約的第一目的，也是其他二個目的的先決條件。也就是說，只有生物多樣性保育工作做好，才能夠去永續利用生物資源，也才能夠去公平互惠地分享生物多樣性所帶來的利益。

- 生物多樣性公約中的保育措施，分為三個部分:查明與監測、就地保護、與移地保護。分別於公約中之第七、八、九條中探討。請同學自行閱讀研習，考試會考。

- 在進行就地保護時，生物多樣性的查明與監測，是最基本且應該先行完成的工作。生物多樣性查明與監測工作若沒做好，則接下來的保護工作將很

難做好。查明與監測對象，包括生物多樣性各層面的組成、可能利用、與威脅因子。這樣的精神，呈現在生物多樣性公約第七條條文中。

- 關於就地保護的生物多樣性公約第八條條文中，有幾項精神值得注意。第一，棲地保育是就地保護的最重要的手段，以保護區系統來保護完整的生態系，才可以保護整體之生物多樣性。第二，關注保護區鄰接地區的經營，使這些週邊地區能增進保護區的保護效果。第三，支持並鼓勵人為主動的棲地復育與族群重建，並非是完全放手不管的管理策略。第四，對基因改造生物(**genetically modified organisms, GMOs**)採取保留的態度，建議對其採取管制手段。第五，主動移除外來種，要防止外來種的引進與建立，控制或消除具有威脅性的外來種。第六，並不反對保護區內的資源利用，但是必須是符合永續使用的前提。第七，尊重並維護原住民及在地社區的傳統生活方式、資源利用方式、及其對生物多樣性的相關知識。第八，國際要對發展中國家提供就地保護的財務和技術援助。

- 關於移地保護的生物多樣性公約第九條條文中，也有幾項精神值得注意。第一，確認移地保護是就地保護的輔助措施，不應本末倒置。第二，移地保護最好是在生物原產國。第三，重建原生地的野外族群，是移地保護的主要目的。第四，移地保護不應傷害原生地的野外族群。

- 就以上生物多樣性公約中的保育措施條文，可以發現幾個特點。第一、生物多樣性的調查與監測，是生物多樣性保育的先行工作。有適當的調查與監測措施，生物多樣性的實際保育工作才會事半功倍。沒有調查與監測措施，保育工作不容易抓到重點而錯失時機。第二、就地保護優於移地保護。移地保護之目的，主要是在補足就地保護工作之不足，不應該喧賓奪主而成為主要的保育工作。第三、生物多樣性的就地保護措施，主要針對生物多樣性流失的主要威脅，同時也強調在地居民的傳統知識與參與投入。

- 物種是一個定義較清楚、調查較容易、且易為社會大眾所了解的概念，因此生物多樣性保育工作的焦點，大多投射在生物物種的保育上。但是，生物多樣性保育，不應該只注重物種多樣性之保育，而應涵蓋遺傳多樣性及生態系多樣性之保育。幾十年來的生物保育實際工作顯示，與其投入心力來拯救幾種少數之明星物種，還不如保護整個棲地與生態系。若棲地保護不好，保育工作也只是費力讓明星物種苟延殘喘，延遲其滅絕時間點。

- 保育物種之概念中，最好擴及預見會有瀕危之虞的物種，故受威脅的物種及生態系都應儘量包含到保育法內。一般而言，當發現某物種呈現瀕危之際，這些物種大多難以挽救了，否則就是要花費極大的代價才能見效。

課後指定作業：

閱讀生物多樣性公約之第七條至第九條之條文。

http://www.biodiv.org/convention/articles.asp (英文)

http://bc.zo.ntu.edu.tw/cbd/cbd_c.htm (中文)

書面報告之可能題目：

- 介紹台灣目前自然保護區的分類系統及現況。可就各類自然保護區的設置目的、經營管理措施、保護目標、相關法律條文、面積大小及分佈等等層面作進一步說明。

- 介紹另外一個你所熟悉的國家，其目前自然保護區的分類系統及現況。特別歡迎外籍生及僑生分享其母國的自然保護區現況。

第十四回 國際保育法規、組織、與政策

- 本週介紹國際的生物多樣性保育現況，包括思想潮流、重要組織、與法規。

一、 國際保育歷史與潮流

- 島上的人，有時因為頻繁貿易活動與移民來往，接觸到多樣的文化與思想，進而見識廣博、心胸開闊。但是，更常見的是，思想封閉、心胸狹窄的島國心態。

- 台灣由於數十年來的外交封閉，無法參加聯合國事務，因而疏離國際保育的脈動與政策。過去二十年內，台灣動輒成為國際抵制的對象，或是有心貢獻國際保育事務，卻又不得其門而入。

- 就保育思想而言，傳統上，東方哲學較偏生本主義(bio-centrism)，西方哲學偏向於人本主義(anthropo-centrism)。

- 東方哲學中的生本主義，可以王陽明的一段話為例。「夫聖人之心，以天地萬物為一體。其視天下之人，無外內遠近。凡有血氣，皆其昆弟赤子之親。莫不欲安全而教養之，以遂其萬物一體之念」(傳習錄卷中 答顧東橋書)。

- 關於生物資源經營管理，孟子有一段廣為傳誦的話。「不違農時，穀不可勝食也。數罟不入洿池，魚鱉不可勝食也。斧斤以時入山林， 材木不可勝用也。穀與魚鱉不可勝食，材木不可勝用，是使民養生喪死無憾也」(孟子 梁惠王上) 。

- 東方哲學雖然較偏向於生本主義，但是知行不能合一，在實際事務上甚少落實。由於龐大的人口壓力，東方社會數千年來飽受飢饉戰禍，生物資源管理甚少有永續經營的作為。

- 現今的國際保育思想潮流，來自於西方社會。然而西方保育思想在最近一二百年方有發展。在工業革命之前，基督教文明秉持人本主義立場，對生物資源強調「主權」與「利用」。

- 工業革命之後，西方社會出現所謂的浪漫生態學(**romantic ecology**)，主張回歸大自然，提倡純淨的鄉野生活。代表人物如愛默生(Ralph Waldo Emerson)、梭羅(Henry David Thoreau)、惠特曼(Walt Whitman)等人。浪漫

生態學並未提出生物資源的永續經營具體措施，他們只是厭倦於工業化文明與機械化生命， 提倡自然、純淨、鄉野的生活與心靈。

- 十九世紀中葉，西方社會開始有生物資源永續經營的具體作為。工業革命使人類對資源的實際需求及開發能力都大幅膨脹，加上全球開發新資源的殖民風潮，使得若干有識之士，組織保育團體並提倡永續經營的具體作為，但其出發點仍是永續利用的人本主義。

- 美國中西部之殖民拓荒者，親眼目睹未遭西方文明破壞的原始壯麗自然，又有感於資源開發與破壞的龐大規模與快速程度，遂希望能保留一些壯麗的自然景觀，讓後人能有機會見證大自然之奇與美。於是，全球第一個國家公園，Yellowstone National Park ，成立於 1874 年。之後歐美諸國紛紛設立國家公園。

- 美國國家公園其管理哲學是保護(preservation)，不利用也不經營自然資源，盡量摒除人類的影響。

- 1892 年，穆爾(John Muir)與朋友成立了一個非政府組織，Sierra Club(原意為山社)。Sierra Club 藉由積極的政治遊說，使政府公部門接受其訴求(例如成立 Yosemite 國家公園)，開啟了近代民間保育**運動**團體之濫觴。

- 1898 年，品修特(Gifford Pinchot)就任美國林務署(**U.S. Forest Service**)署長。他實踐了美國科學林業的精神，以科學方法及科學知識來經營森林及其自然資源。他的就任，使保育精神進入政府公共行政部門，保育成為官方所正式推行的政策。

- 美國林務署其管理哲學是保育(conservation)，因為利用所以要經營自然資源。保育的目的，以 Gifford Pinchot 所言為例，是「在最長的時間內為最多數的人謀求最大的好處」(the greatest good of the greatest number for the longest time)。其精神是不浪費、不殺雞取卵、永續經營、永續利用。

- John Muir 與 Gifford Pinchot 皆是所謂的「保育人士」，但是其路線並不相同。保護主義主張(preservation)，大自然對人類而言，如同是神聖的殿堂，給人類之心靈帶來洗滌的功能，不容人類的侵犯。保育主義(conservation)主張，大自然必須以其是否能夠為人類使用，來決定其存在之價值。

- preservation 與 conservation，何對何錯? 何優何劣? 這問題，如同第十回所述之生本主義與人本主義，見仁見智。這是一個自由的臺大，我不願提供

一個專制答案。不過，可以確定的是，conservation 是政府公共行政與國際保育法規一般所秉持的低限原則。

- 國際保育條約及合作，開始於第一次世界大戰前。二次大戰之間，由於國際氣氛對立，國際保育條約及合作相當稀少。但是第二次世界大戰，由於第一世界趨於統合，對於保育的理念也趨於一致，因此保育大幅國際化，而且聯合國其附屬機構擔(包括 UNESCO, FAO, UNEP)，負起相當重要的角色。

- 1960 年代，歐美國家掀起所謂的環境革命(environmental revolution)，生態、環境、與保育等詞成為家喻戶曉、人人關心的議題。其有下列六項主要形成背景：(1)富裕化的影響、(2)核能的發明與應用、(3) Rachel Carson 與其「寂靜的春天」、(4) 環境災難與公眾警覺、(5) 科學知識之快速發展、(6) 其他社會運動之推波助瀾。

- 1960 年代之前，自然保育運動之訴求重點多在荒野保護與抑制資源浪費。環境革命之後，公共衛生與污染控制成為全民之關注議題。1970 年代起，環境保護成為已開發國家政府施政的重點面向。在人民的關注下，各類型環境保護的政府組織與運動大幅興起，聯合國於 1972 年主導斯德哥爾摩宣言，繼而成立聯合國環境規劃署(UNEP)。各國政府環保機構(如美國環保署, EPA)也大多是在 1970 年代開始運行。

- 1980 年代起，瀕臨絕種動植物之保育、熱帶雨林的保護、及全球環境變遷(如酸雨、全球暖化等)，成為自然保育運動之工作重點。同時已開發國家在其國土境內，開始揚棄只顧商業利益、不顧生態保育的林業經營方式。各種保育運動團體大幅增加，訴求逐漸多樣化，國際合作也更趨緊密。

- 1990 年代起，為保育瀕臨絕種動植物及防止全球氣候變遷，國際通過了生物多樣性公約(Convention on Biological Diversity)及京都議定書(**Kyoto Protocol**)。這二個國際協定具有貧富國家分工合作、產生利益共同分享的精神，但是由於世界目前獨霸(美利堅合眾國)的惡性抵制，其未來發展仍在未定之天。

二、 國際生物多樣性保育組織與條約

- 國際保育組織就像動物園裡的動物，種類繁多、構造不同、或可愛或兇猛、個性相異甚大。以下僅能介紹一些與生物多樣性保育相當重要或能見度高的國際保育組織。

(一) 官方色彩保育組織

- 官方國際保育組織，主要是聯合國下屬之 **UNESCO** (聯合國教科文組織)、**UNFAO** (聯合國農糧組織)、**UNEP** (聯合國環境規劃署)。**IUCN** 為半官方組織，扮演聯合國這些機構之白手套，推動聯合國生物多樣性保育的相關業務。

- IUCN
  國際自然及自然資源保育聯盟
  The International Union for Conservation of Nature and Natural Resources
  IUCN 是由政府機構、非政府組織、研究單位、保育團體等組成的國際性會員組織。1948 年成立，總部設於瑞士。其成立目的主要在促進並鼓勵生物資源之永續利用。到 2002 年 3 月止參加者共有 78 個國家、112 個政府機關、735 個非政府組織，以及一萬多位之專家學者，總計參與者遍及 181 個國家。每 3 年召開會員大會一次。下有受威脅物種、保護區、生態系經營、環境經濟與社會政策、環境法令、教育與溝通等 6 個委員會。與聯合國教科文組織(UNESCO)、聯合國農糧組織(FAO)、聯合國環境計畫組織(UNEP)等關係密切，亦為聯合國保育事務的重要諮詢組織。具體保育成效包括對全世界各主要生態體系及物種之監測、資訊交流、制定世界自然保育策略(World Conservation Strategy)、發表動植物保育紅皮書、協助世界各國及民間保育團體推動保育計畫。1999 年，聯合國會員國授與 IUCN 聯合國大會觀察員的地位。

- IUCN 所出版之保育紅皮書(**Red List of Threatened Species**)，是目前國際評估瀕臨絕種動植物最廣被接受的文件。其將動植物的瀕危程度分為七級：絕滅(**Extinct**)、野外絕滅(**Extinct in the Wild**)、嚴重瀕臨絕滅(**Critically Endangered**) 、瀕臨絕滅(**Endangered**) 、易受害(**Vulnerable**)、近危(**Near Threatened**) 、略需關注(**Least Concern**)。

- **CITES**
  瀕臨絕種野生動植物國際貿易公約組織(華盛頓公約組織)
  The Convention of International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora
  華盛頓公約 1973 年 3 月於美國華盛頓簽約，主要宗旨是管制瀕臨絕種野生動植物之國際貿易。目前已有 126 個國家簽約，會員大會二年一次，由具有投票權之會員國代表、不具投票權之民間團體、贊助者及觀察員參加，行政工作由秘書處負責。各會員國必須成立野生動植物保育的行政管理單

位及科學管理單位，分別處理核發國際貿易的許可證件及研判貿易是否會危及物種的生存。該公約並定期檢討公布附錄一、二、三等保育物種及貿易限制，以作為管理手段。臺灣的三類保育類野生動物，基本上是對應到華盛頓公約組織的附錄一、二、三。

附錄一(**Appendix I**)的物種，為數量極為稀少，族群正面臨絕滅危險之物種。商業性交易應完全被禁止，科學或研究等非商業性買賣，必需先向華盛頓公約組織取得合法之輸出、輸入許可證，由輸出入雙方國家之科學機構證明該物種之流動不致於對該物種之生存產生危害。

附錄二(**Appendix II**)的物種數量稀少，雖尚未有滅種之虞，但如不管制貿易，將來可能有滅種的威脅，因此其交易仍需嚴格限制。其輸出需先向華盛頓公約組織申請輸出許可證，只有輸出國家之科學機構證明其輸出不會為害該物種之生存時才會發給許可證。

附錄三(**Appendix III**)的物種，為公約之各會員國認為其管轄區內物種之貿易需加以管制以免有絕種之虞，並請其他國家共同配合者。從指定國輸入附錄三之物種需先提出指定國的輸出許可，從其他國家輸入附錄三物種則需提出來源證明，俾證明其輸入個體不是來自附錄三物種之指定國家。

凡涉及以上三類野生物之貿易均需有科學管理機構認可，認為其交易不致影響物種之生存，並有妥善之運送及安置設施後，才得由管理機構依相關法規核發進、出口證件，進行合法交易。

(二) 非官方色彩保育組織

- **WWF**

世界自然保護基金會

World Wide Fund For Nature

1961 年由 Julian Huxley 所推動成立，總部設於瑞士，其目的在保護自然資源及永續利用，使人類和自然共存。以前的名稱是世界野生動物基金會(World Wildlife Fund)，1988 年改為現行名稱，它的大貓熊為世界代表標誌，已成為世界保育最具代表性之符號。在全世界有 24 個國家機構、5 個聯盟單位及 26 個計畫辦公室，500 萬名以上常年贊助者，為世界最大的非政府保育組織(**NGO, Non-Governmental Organization**)。已在 130 多個國家推動 5,000 多項保育計畫。該基金會與 IUCN、UNEP、CITES 等保持密切關係，一方面提供保育經費，一方面參與保育策略及工作之協調規劃。

- TRAFFIC International

世界野生物交易調查記錄特別委員會

Trade Record Analysis of Flora and Fauna in Commerce

設立於 1976 年，受 WWF 及 IUCN 的共同監督，為世界上唯一針對野生物

國際交易及利用情形進行追蹤的非政府組織，其調查資料提供 CITES、各國政府及保育團體做為加強管制之參考，以協助落實華盛頓公約的執行。其總部設在英國劍橋世界保育監測中心(World Conservation Monitoring Center，為 IUCN 的分支機構)。在世界野生物貿易頻繁的地區與國家設立了 18 個辦公室，台灣的分支機構，TRAFFIC TAIPEI，成立於 1992 年 10 月。

- Greenpeace International

  綠色和平組織

  成立於 1971 年，總部設在荷蘭阿姆斯特丹，在全世界有 44 個辦公室，分布於 41 個國家，工作人員約一千多人，會員約 250 萬人。其組織像一個企業體，有一位總裁，一位總經理及一個理事會。理事會由分布在各國之辦公室選出代表所組成，每年召開一次理事會，決定預算、活動主題及重要策略。該組織標榜「和平」、「非暴力」，使用靈活策略，特別以海洋環境問題為核心。成員廣泛參加各類環保國際會議，佔據麥克風和攝影鏡頭，將技術性會議炒熱為政治秀。或以小艇或直昇機與開發者進行對峙，呼籲保育之迫切性。其收入來自小額捐款，在全球約有 158 個國家之 500 萬捐助人。

- Birdlife International

  國際鳥類保護聯盟

  原名為國際鳥類保護委員會(International Council of Bird Preservation, ICBP)。總部設於英國劍橋，1994 年 8 月改為現在名稱，係全球性會員制的鳥類保育團體，以維持全世界所有鳥類的多樣性、分布、豐富度及其棲息地，並進而提昇人類生活品質，永續利用自然資源為目標。目前有 50 多個國家或地區會員。中華民國野鳥學會於 1996 年 11 月已加入為該會會員。

- National Audubon Society

  美國奧杜邦學會

  奧杜邦學會為全球最大、最具行動力的環保團體之一。成立於 1886 年，總部設於紐約，有 57 萬會員，518 個分會，9 個地區性辦公室及 6 個州辦公室，在華盛頓特區有一個政府事務中心，而且有 100 多個保護區遍布全美各地。出版有 Audubon，American Birds，Audubon Activist，Audubon Adventures 等刊物，並製作 World of Audubon 電視特別節目。主旨在保護野生動物及其棲息地，提升人類利用土地、水、能源之決策能力，並保護人類生活免受污染、輻射及有毒物質之為害，維護人類福祉及地球之生物多樣性。

- The Nature Conservancy

  美國自然保育協會(TNC)

  成立於1946年，由美國生態學會(Ecological Society of America, ESA)分裂而出，其認為不應死守ESA純學理研究路線，而應積極投入保育的實務工作。TNC認為棲地保育是自然保育最重要也是最有效的手段，因此其特色是積極進行勸募，購置並管理各地值得特別保護的棲地。自1953 年至今，已發展至90 多萬會員，在美洲及太平洋地區共有61 個分支機構。TNC不斷針對各地值得特別保護的生態體系與瀕絕物種進行調查，發表報告及保護計畫，然後透過各種雜誌及媒體呼籲社會各界人士及大企業主捐款。目前TNC及其會員正經營管理1,360 個、面積共有數百萬公頃之保護區，是全世界最大的私有保護區系統。

- Sierra Club

  於 1892 年，由 John Muir 等人於美國加州成立。歷史悠久，組織龐大。多關注於北美地區性議題，經常舉辦戶外活動並從事政治遊說，立場常較其他保育團體更加激進，堅決反對開發案。現有 50 多萬名會員，60 多個分支機構，400 多個地區性小組，出版品有 700 多種，出版總數多達 1,400 萬冊。

(三) 國際保育法規

- **The Stockholm Declaration on the Human Environment**

  斯德哥爾摩宣言

  聯合國在 1972 年於瑞典斯德哥爾摩(Stockholm)召開聯合國人類環境研討會(The United Nations Conference on the Human Environment)，會中共有一百多個國家、四百多個非官方組織參加，並提出斯德哥爾摩宣言。該宣言共有 26 條，包含於下列 5 項重點：

1. **Natural resources should be safeguarded and conserved, the earth's capacity to produce renewable resources should be maintained, and non-renewable resources should be shared.**
2. **Development and environmental concern should go together, and less developed countries should be given every assistance and incentive to promote rational environmental management.**
3. **Each country should establish its own standards of environmental management and exploit resources as they wished but should not endangered other states. There should be international cooperation aiming at improving the environment.**

4. **Pollution should not exceed the capacity of the environment to clean itself, and ocean pollution should be prevented.**
5. **Science, technology, education, and research should all be used to promote environmental protection.**

- **RAMSAR**

國際濕地公約(RAMSAR 公約) **Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat**

正式名稱為「特殊水鳥棲息地國際重要濕地條約」，因為係 1971 年於伊朗拉姆薩爾(Ramsar)簽約，故亦稱為拉姆薩爾條約。條約重點是重視特殊水鳥，加強濕地之保育及適當利用。會員每 3 年召開會員大會一次，會員國必須指定公告國內具生態學、植物學、動物學、水文學上重要意義之濕地，並針對其濕地及水文進行保育及監測管理、研究獎勵、人員訓練等工作。目前已有 96 個簽約國，依規登錄之濕地有 858 個，總面積 54,500 萬公頃，其秘書處設於瑞士之 IUCN 總部。

- **Convention on Biological Diversity (CBD)**

生物多樣性公約

於 1992 年 6 月召開之地球高峰會議中簽署， 1993 年 12 月 29 日生效。 主要目的在於確保生物多樣性的保育、永續利用、及利益分享。但是，很不幸地，全球首霸(USA)拒絕配合，政府雖已簽署，國會卻不願批准。此公約並未被有效落實。

- **United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)**

聯合國氣候變化綱要公約

於 1992 年 6 月簽署， 1994 年 3 月 21 日生效。主要目的在防止氣候系統受到人為干擾，同時使生態系統能夠自然地適應氣候變化、確保糧食生產，免受威脅。公約成員國應共同承擔責任，但責任應考量成員個別狀況而有所差異。本公約並未言明締約國義務，亦未規定實施機制，無法律約束力。締約國應持續召開會議，商討應對措施，控制溫室氣體濃度，並決定實施機制及法律約束。

- **Kyoto Protocol**

京都議定書

此為聯合國氣候變化綱要公約的第三次締約國會議(**Conferences of the Parties, COP**)，於京都召開，1997 年 12 月 11 日簽署。在美國退出、歐盟堅持、小國參與的情況下，於 2005 年 2 月 16 日正式生效。主要內容為管制已開發國家的溫室氣體排放。管制溫室氣體包括二氧化碳(CO_2)、甲烷

(CH_4)、氧化亞氮(N_2O)、氫氟碳化物類(HFC_S)、全氟碳化物(PFC_S)、及六氟化硫(SF_6)。管制目標是在 2008 年至 2012 年間，溫室氣體排放量比 1990 年減少 5.2%，其中歐盟削減 8%、美國 7%、日本 6%。京都議定書發展出市場經濟導向的彈性機制，透過交易、買賣及抵減方式，在成本較低的國家減量，以符合成本效益原則。

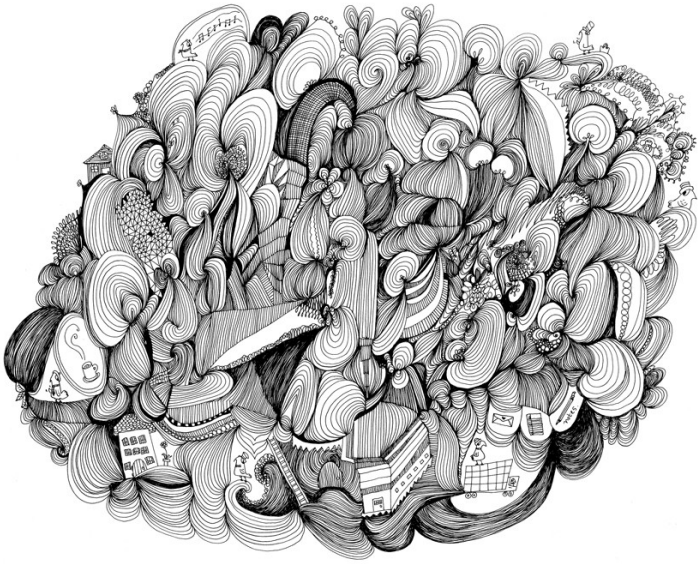
京都議定書必須要至少 55 個工業化國家簽署，簽署國在 1990 年的全球溫室氣體排放量至少達 55%，才能正式生效。雖然全球社會在 2005 年已達到這門檻，正式生效這京都議定書。理論上而言，簽署國可以共同商議，對不配合京都議定書的國家，進行各類制裁措施。很不幸地，是全球獨霸(USA)拒絕配合，世界各國又無意願制裁這惡霸(或該說是有意願、無能力)，京都議定書並沒有被有效落實，已淪為一個宣示立場的嘴砲宣言。溫室氣體排放管制的後續締約國會議仍持續進行中 (如 2007 Vienna COP 13, 2008 Poznań COP 14, 2009 Copenhagen COP 15, 2010 Cancún COP 16, 2011 Durban COP17, …)。但是，在目前國際情勢下，何時地球上的政府能落實溫室氣體減量，仍在未定之天。

<u>參考文獻及課後建議閱讀</u>：

- 彭國棟。國際自然保育組織及公約。
  http://tesri.coa.gov.tw/view.php?catid=461
- 彭國棟。物種瀕危等級及保育優先次序之評估。
  http://www.afasi.gov.tw/public/Data/511151150171.PDF

<u>書面報告之可能題目</u>：

- 介紹世界上某個生態保育組織或國際保育法規。可就各個組織或法規的設置目標、所秉持之精神、重要之推動措施等等層面作進一步說明。



I think

第十五回 台灣生物多樣性之研究與保育

- 這學期課程的最後一週，回到我們所居住的島，台灣及鄰近島嶼，介紹其生物多樣性研究及保育之歷史及現況，還有讓我們一起來思考前景。

一、 台灣生物多樣性的保育歷史

- 保育，conservation，是人類看待資源的角度。最早移民台灣之人類，年代久遠，種族不確定、來源不確定、移入時間不確定。目前已知台灣最早之人類活動遺跡是東海岸史前文化，大約開始於一萬年多前。

- 台灣目前的十四族原住民，就其語言系統而論，皆屬於所謂的南島語族(**Austronesian**)。另外血脈未斷、但文化語言已飄散的西部及北部平原原住民，所謂的平埔十族，也屬於南島語系。南島語族廣泛分布於太平洋及印度洋二萬多個島嶼，而台灣很可能是南島語族遷移的第一站。在台灣而言，南島語族並非同時渡台，至少分五批遷移：最早來的是泰雅族、鄒族，時間大約是距今 6500 年前；最晚的達悟族，則在 500 年前才從菲律賓的巴丹島移居。

- 台灣原住民族，由於大多原屬漁獵社會及農業社會，自然資源之永續利用，是其民族永續生存的必要條件。目前我們推估，台灣原住民族在漢人未入殖之前，其獵捕及採集活動，對台灣生物多樣性之壓力是相當輕微，也沒有任何竭澤而漁行動的證據。

- 台灣生物多樣性之危機，始於十七世紀漢人之大量入侵與墾殖。在此同時，西方力量開始進入台灣，蓬勃之貿易活動加速台灣生物多樣性之利用量。

- 漢人大量入殖，數量超過台灣西部平原之原住民，同時也帶來當時世界最細膩的水利技術，或騙或搶，或賤購或通婚，使西部平原地勢較高之原住民獵採地，大幅轉變成為農耕地。

- 梅花鹿是台灣在荷據時期(1624-1661)及明鄭時期(1662-1683)最重要的貿易商品，主要輸出日本。台灣通史有載，「當是時，土地初闢，森林未伐，麋鹿之屬滿山谷」。其中之麋鹿，主要是台灣梅花鹿。荷蘭人每年輸出鹿皮約五萬張，1638 年創造多達十五萬張的外銷佳績。明鄭時期平均每年輸出約三萬張， 最高達十二萬張。由於過度獵捕，棲地大幅流失，短短一、二百

年內，梅花鹿自台灣西部平原消失，1969 年，台灣東部有最後一筆梅花鹿發現紀錄(是被獵殺的)，之後台灣便無野生梅花鹿之發現紀錄。新近在墾丁才有梅花鹿野放工作。

- 十七世紀起漢人大量入殖後，一、二百年內，台灣平地及丘陵之大多數森林已被砍伐。山區則由於原住民之敵意態度，加上漢人較不喜居住於山區，對非原住民而言，基本上屬於無法進入之地區，仍保存於相當原始之狀況。非原住民力量開始控制山區，始於日本殖民時代(1895-1945)。

- 清廷統治時代，台灣開始生物多樣性之科學調查。漢人雖然長久以來有編修地方方志之傳統，但其有關生物多樣性之內容，大多因循抄襲、語焉不詳、且多鬼怪、無甚參考價值。台灣生物多樣性之科學性調查，始於西方帝國勢力下之探險家及博物學者；甲午戰爭後，由日本博物學者接手。由操漢語人士(河洛、客家、或外省族群)所進行之台灣本土生物多樣性科學調查，始於第二次世界大戰後。

- 日本帝國佔領台灣期間，就生物多樣性利用而言，有幾項重要特徵：(1)以政府力量進行自然資源之大量利用；(2)政府統治力量開始控制台灣山區；(3)台灣山區原住民開始為商業利益而獵採資源。另外，在日本統治勢力之強烈企圖心與嚴密統治下，台灣尚未墾殖之土地，產權劃歸於國家，為國家所擁有。

- 日本帝國佔領台灣期間，就生物多樣性保育而言，也有幾項重要助益：(1)一改西方學者之探險式調查，開始台灣生物多樣性之系統性大規模調查；(2)指定保護區及保護物種；(3)設立研究機構及研究型大學。

- 第二次世界大戰後，國民黨政府統治台灣後，就生物多樣性保育而言，可以分為四段時期：保育黑暗時期(1945-1970)、保育啟蒙時期(1971-1980)、保育萌芽時期(1981-1990)、保育成熟時期(1991-now)。

- 在保育黑暗時期(1945-1970)，國民黨政府心思多在穩固政權及反攻大陸，人民則是努力填飽肚子，民眾自發性參與公眾事務有框架限制。不論政府或人民，資源保育與環境保護的動作與思想，幾近於完全缺乏。雖然開啟了台灣本土生物多樣性的科學性調查研究，但其研究之能量與品質反較日據時代為差。

- 在保育黑暗時期(1945-1970)，台灣也經歷了快速的經濟成長與產業轉型。在 1949 年，每人年均所得是 50 美元，人口總數約七百萬，工業佔生產總

額 18%。1970 年，每人年均所得是 430 美元，人口總數約一千五百萬，工業佔生產總額 35%。但是經濟快速發展，就生物多樣性保育而言，有幾項負面特徵：更加快速地利用自然資源、原始生物棲地大幅流失、而且幾乎沒有污染控制。

- 在保育啟蒙時期(1971-1980)，就生物多樣性保育而言，政府與民間開始有下列幾項變化：第一，生物資源利用與保育開始成為大眾焦點；第二，開始有保育的法源依據；第三，開始設立自然保護區；第四，開始規劃物種保育的具體措施；第五，開始進行生物多樣性調查及保育宣導教育工作；第六，開始有民間保育團體之雛型。

- 就林務局及台灣林業政策而言，1971 至 1972 年是個分水嶺。台灣光復後，立木伐採面積及伐採量逐年攀升，1971 年立木伐採面積達到最高點，16,092 公頃，1972 年立木伐採量達到最高點，1,800,163 m^3，之後逐年下降。1975 年之後，林務局轉向「森林多目標利用與經營」，不以木材生產為主要目的。1975 年，台灣林業政策有三項修正原則：(1)林業之管理經營以國土保安之長遠利益為目標，不以開發森林為財源。(2)保安林區域範圍予以擴大，減少森林採伐，以加強水土保持。(3)國有林地停止放租放領；逐步縮小伐木商之業務。

- 1974 年，林務局依據森林法，設立第一個自然保護區，出雲山保護區。但是實際上自然保護區的現今主要法源，文化資產保存法，於 1981 年方公布實施。

- 經濟的大幅快速發展及人民所得的提高，是生物多樣性保育在 1970 年代起步的重要背景。在 1970 年代，經濟產業已轉型為工業化，並不需完全仰賴自然資源。同時人民所得大幅提高，開始要求生活環境品質，無法忍受惡劣生活環境，同時也關注自然資源的過度利用問題，社會上形成資源永續利用的共識。

- 1980 年代，經濟持續快速發展，提供台灣自然保育工作持續發展並強化之條件。在此保育萌芽時期，就生物多樣性保育而言，政府與民間有下列幾項特色：第一，生物資源利用與保育成為公眾討論焦點；第二，保育的法源依據獲得補強；第三，政府成立專責之自然保育單位，林務局完成任務轉型工作；第四，大幅進行自然保護區的設立；第五，開始出現民眾環境抗爭運動。

- 1981 年，文化資產保存法公布實施，賦予政府設立自然保留區之法源。1986

年，政府公告設立第一批 8 處自然保留區，目前台灣共有 19 處自然保留區。由於文化資產保存法缺乏彈性，未來台灣應該不容易增加自然保留區的劃設。1989 年，野生動物保育法公布實施，賦予政府設立野生動物保護區及野生動物重要棲地之法源，而且在經營上更具彈性，目前台灣共有 17 處野生動物保護區及 34 處野生動物重要棲息環境。

- 國家公園法雖於 1972 年公佈實施，但是負責推動單位，內政部營建署國家公園組，於 1981 年才成立。在營建署之努力下，1984 至 1986 年，墾丁、玉山、陽明山、太魯閣等國家公園相繼成立。1992 年及 1995 年，分別成立雪霸及金門國家公園。2007 年成立東沙環礁國家公園，2009 年成立台江國家公園。目前台灣共有八座國家公園。

- 就林務局及台灣林業政策而言，1989 年是另一個分水嶺，該年林務局由事業機構改制為公務機構。雖然 1975 年之後，林務局已確定「森林多目標利用與經營」的方向，但是由於台灣省林務局仍是個「事業單位」，必須自籌機構財源，在龐大的人事預算下，難以開展森林公益功能上的業務。在 1980 年代後期，在民間壓力下，政府同意於 1989 年將林務局改制為「公務單位」，之後機構財源由政府編列預算支付，林務局才能完成機構轉型之工作。1991 年，行政院通過天然林、保安林、保護區、國家公園及無法復舊造林地區全面禁伐之政策。

- 綜觀台灣近年來所謂的森林運動，有下列三類主要訴求：(1)在法律執行上，林業經營與生產有盜採濫伐、虛偽造假、及徇私舞弊之個案；(2) 在政策規劃上，過去森林經營注重森林之農業生產目標及短期利益，並未積極發揮森林之公益功能及永續經營；(3) 在價值觀念上，認為森林經營採取人本主義(anthropocentrism)之態度是不恰當的，提倡以生本主義(biocentrism)作為面對森林的主要態度。

- 就上述台灣近年森林運動的主要訴求，個人意見如下，供同學參考。法律層次的問題，是不能有藉口的，而且是任何人都必須嚴肅地清理斷絕的。身為森林人，更應該揪出身邊的害群之馬。政策層次的問題，有其歷史背景之不得不然，在 1960 及 1970 年代，全世界森林保育意識皆尚未覺醒；以今非古，並非公平。現代森林人不需擔負過去之包袱，但應具前瞻性，為五十年、一百年後之台灣森林規劃。價值層次的問題，如同之前一回環境倫理所述，見仁見智，但不應壓迫他人接受自己之想法。就台灣木材需求無法減少之情況，木材仰賴進口有以鄰為壑之嫌。在現實官方政策上，biocentrism 之森林經營態度有其困難，而 anthropocentrism 是全球生物多樣性保育及自然資源管理，不得不為的基本態度。森林人的艱難挑戰是，森

林要如何經營才能兼顧生物多樣性保育、災害防治、遊憩育樂、以及林木資源的栽培利用。

- 1990 年代，自然保育工作也趨於成熟。在此保育成熟時期，除了台灣經濟持續發展，提供自然保育之動能外，也伴隨著二項外在背景上的轉變：第一，政府解除戒嚴，民主開放的政治氣氛散播至其他公眾事務領域；第二，台灣遭到強大的國際關注及制裁，迫使台灣加速改變。

- 1990 年代政治轉趨民主的開放氣氛，以及台灣人民命運共同體概念之興起，帶動對本土生物多樣性之關懷。生物多樣性之鄉土教材紛紛出現，關懷在地環境之社區主義興起，生態保育團體大量出現且產生質變。這些都促使生態保育成為全民由下向上的自發性運動，台灣生物多樣性保育進入觀念實踐階段。

- 1990 年代，就生物多樣性保育而言，也是台灣遭到強大的國際關注及制裁的年代。在 1990 年代以前，由於台灣政府退出聯合國，無法參與聯合國相關事務，相關保育單位孤立於國際保育事務之外，難以體察國際保育潮流之改變。另外，台灣經濟雖然數十年持續快速發展，但人民之自然保育觀念及實踐行動卻未同步快速發展，並未善盡國際保育義務。在人民富而無禮、政府遲鈍不察、台灣地位尷尬的狀況下，台灣的生物多樣性保育，在 1990 年代初期，成為國外環保團體及政府的壓力投入重點。

- 在國際強大關注及制裁下，造成台灣政府在 1990 年代通過非常嚴格的法規、積極查緝取締、大力推廣保育教育、並且積極參與且資助國際保育活動，台灣民間保育團體也常以國際輿論作為其訴求重點來施壓政府。另外，媒體開放所帶進之國際訊息，加速生物多樣性保育的資訊交流；同時本土相關研究人才之培養也趨成熟，使得本土生物多樣性之調查與研究，可由國人完全主導，不需仰賴外籍人士。

- 面對屬於各位的二十一世紀，對於台灣生物多樣性保育或者森林規畫，你覺得未來走向是什麼呢？ 這問題現在沒有答案，但是沒有思考的人零分。

二、 台灣生物多樣性的保育現況措施

- 截至 2011 年底，台灣政府生物多樣性保育之相關單位，包括有農委會、內政部、環保署、文建會、經濟部、及交通部。農委會負責文化資產保存法、野生動物保育法、森林法、漁業法等工作。內政部負責國家公園區域及台灣沿海地區之自然生態保育工作。環保署負責有關環境影響評估法、自然保育之規畫、聯繫推動及協調事宜。文建會負責文化資產保存法有關部分。經濟部負責珍貴稀有動植物之進出口業務、水資源之開發與保育工作。交通部負責風景區及風景特定區內之自然生態保育工作。

- 目前就政府之單位體制，自然保育是疊床架屋、多頭馬車，平行相關單位太多。行政院目前正進行組織再造，預計將農委會、內政部、環保署、文建會、經濟部內有關自然保育及水土保持之相關單位，統整在環境資源部之內，預定 2012 年一月正式上路。詳細組織職掌及分工合作，在持續協調角力之後，請大家拭目以待。

- 就棲地保護而言，台灣目前有五類自然保護區。**國家公園**依據國家公園法而設立，目前由內政部營建署所管理。**自然保留區**依據文化資產保存法而設立，主管機關不一，但由於多位於國有林班地內，因此目前多由農委會林務局所管理。**野生動物保護區**及**野生動物重要棲地**，是依據野生動物保育法而設立，主要由農委會林務局所推動設立及負責管理。**國有林自然保護區**依據森林法而設立，由農委會林務局推動設立及負責管理。五類自然保護區，共佔台灣地區面積之 19.5%。

- 國家公園特色是土地廣大、必須分區經營、且兼顧遊憩、同時管理經費人力充裕。自然保留區的任務不一，目的在於生態系或棲地之保護，其不提供遊憩功能，但是並無專責管理單位，而且法規缺乏彈性，不得經營棲地。野生動物保護區及野生動物重要棲地，其特色是專為野生動物保育而設立、棲地管理之法規較具彈性、較具地方管理趨向、及保護與利用之分區管理。國有林自然保護區，其特色是多為植物保育而設立、棲地管理之法規也較具彈性。

- 有關物種保育，行政院農委會已依據野生動物保育法，指定公告約 3,000 種保育類野生動物，包括瀕臨絕種、珍貴稀有、其他應予保育三類，其中大多為脊椎動物，且以哺乳類及鳥類居多。保育類野生動物，依野生動物保育法，不得騷擾、虐待、獵捕、宰殺、買賣、陳列、展示、持有、輸入、輸出或飼養、繁殖，其產製品不得買賣、陳列、展示、持有、輸入、輸出

或加工。最近修訂之名錄於 2009 年四月 1 日起生效。

- 有關物種保育，行政院農委會另外依據文化資產保存法，於 1988 年指定公告 11 種珍貴稀有植物，包括台東蘇鐵、台灣油杉、台灣穗花杉、清水圓柏、蘭嶼羅漢松、台灣水青岡、鐘萼木、烏來杜鵑、紅星杜鵑、南湖柳葉菜、及台灣水韭，禁止非法採取、砍伐、買賣等行為。後經解除 6 種珍貴稀有植物後，2002 年後僅剩台灣油杉、台灣穗花杉、清水圓柏、南湖柳葉菜、台灣水青岡等 5 種珍貴稀有植物。

- 目前有關生物多樣性之政府專責研究單位，主要為農委會下轄之特有生物研究保育中心(2012 年將改名為「生物多樣性研究中心」)及林業試驗所，另外農業試驗所也有相關業務。國科會於 2001 年推動成立生物多樣性學門。另外在各大專院校也多有相關系所，生物多樣性之相關教授及研究員有百位以上。台大於 2001 年成立生物多樣性研究中心，中央研究院亦於 2004 年成立生物多樣性研究中心。

三、 台灣生物多樣性推動方案

- 為因應生物多樣性公約，台灣也進行生物多樣性國家報告，並推動生物多樣性保育。其目的除了宣示生物資源之國家主權外，更希望擴大參與層面，經由不同措施落實台灣生物多樣性保育與永續利用的理想。

- 2001 年，行政院通過生物多樣性推動方案，執行期間自九十年七月起至九十六年十二月止。有下列五點整體目標：(1)保育我國的生物多樣性；(2)永續利用生物及其相關資源；(3)公平合理地分享由生物資源所帶來的惠益；(4)提升大眾維護生物多樣性的意識及知識；(5)參與區域性和全球性合作保育生物多樣性。

- 生物多樣性推動方案之工作實施策略，有下列五大項：(1) 健全推動生物多樣性工作之國家機制；(2) 強化生物多樣性之管理；(3) 加強生物多樣性研究與永續利用；(4) 加強生物多樣性之教育、訓練與落實全民參與；(5) 促進國內、外生物多樣性工作之夥伴關係。

<u>參考文獻及課後建議閱讀</u>：

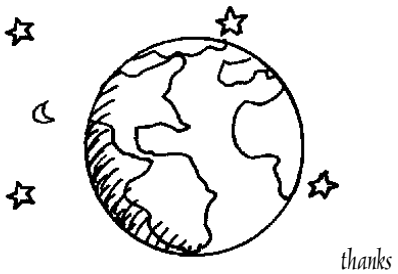
- 白安頤(Patel AD)，林曜松著。吳海音譯。1989。台灣野生動物保育史。農業委員會林業特刊第 20 號。

- 台灣的自然資源與生態資料庫
  http://econgisdw.forest.gov.tw/Download/Books.aspx

Coda

- 感謝同學們一學期來的參與。希望同學期末考順利、寒假快樂充實。除此之外，更希望同學在你這一生，如果只是舉手之勞的話，懇請您為台灣及地球之生物多樣性保育，貢獻一份屬於你自己的心力。我不敢唱高調，要求大家拋頭顱、灑熱血，只敢懇求各位的舉手之勞。我一輩子感恩。

- 我可以行動的舉手之勞：



In varietate concordia