

Introductory Biodiversity
Fall Semester, 2006
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 丁宗蘇助理教授 (33665263, ding@ntu.edu.tw)

Course website: <http://Ceiba.ntu.edu.tw/951biod>

Date	Topics
SEP. 22	課程介紹、生物多樣性之概念與背景
SEP. 29	地球古環境、生物演化歷史、與現今生物之系統分類
OCT. 6	中秋節
OCT. 13	生物種概念與生物之種化 (上課教室更動)
OCT. 20	物種多樣性之空間分佈
OCT. 27	生物多樣性之維持機制
NOV. 2	陸域環境與生態系多樣性
NOV. 10	水域環境與生態系多樣性
NOV. 17	期中考
NOV. 24	臺灣之環境、物種多樣性、與生態系多樣性 (繳交報告一)
DEC. 1	全球生物多樣性之威脅與現況
DEC. 8	生物多樣性之實用價值與道德訴求
DEC. 15	生物多樣性、生物技術、及生物財產權
DEC. 22	生物多樣性之保育措施
DEC. 29	國際保育法規、組織、與政策
JAN. 5	台灣生物多樣性之研究與保育(繳交報告二)
JAN. 12	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%。報告繳交時間底限見於課程大綱。
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”,只要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。
7. 同學報告內容,若是直接擷取網頁資料,報告成績為零分。
8. 報告本文長度以二千至三千字為大概的期望範圍。
9. 評分以報告之內涵優劣為標準,不鼓勵言之無物、大而不當。
10. 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,考試採閉書方式作答。
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!)
- 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)、溫壁鏗(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. 1996. Biodiversity: a biology of numbers and difference.
- 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. 1996. Evolution.

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; includes 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包含二種性質、三個層級、與二個概念。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)，二個概念為歧異度與豐富度(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)三個層面。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)三個層面上的變異。

- 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。

- 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)

$$R_3 = S / \sqrt{N}$$

- 所以，richness 的概念是樣本中種類數量的多寡，必要時可加入樣本數量之參數加以調整。

- Examples of diversity indices:

Shannon-Wiener Diversity Index (Shannon and Weaver 1949)

$$D_1 = - \sum (P_i \cdot \ln(P_i)) \text{ or } D_1 = - \sum (n_i / N) \cdot \ln(n_i / N)$$

Simpson's Diversity Index (Simpson 1949)

$$D_2 = \sum P_i^2 \text{ or } D_2 = \sum (n_i / N)^2$$

- 所以，diversity 的概念是樣本中種類的歧異程度，包括種類的數量與均勻度。亦即， $diversity = f(\text{richness, evenness})$ 。
- Examples of evenness indices:
 - Hurlbert Evenness Index (Hurlbert 1971)
$$E_1 = D / D_{max} \quad \text{or} \quad E_1 = (D - D_{min}) / (D_{max} - D_{min})$$
 - Pielou's Evenness Index (Pielou 1975,1977)
$$E_2 = E_1 / \ln(S)$$
- 所以，evenness 的概念是樣本中各種類的均勻程度。均勻度最高的狀況，乃是樣本中各種類之數量相等。
- 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。無豐度資料即無法算 evenness，亦無辦法計算 diversity。
- 實際上，豐度資料相當難取得，而且 Shannon-Wiener Diversity Index 與 Simpson's Diversity Index 等指標所代表之生物意義亦多有疑問，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。

<http://www.biodiv.org/world/parties.asp>

- “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、及生態系功能健全等面向。從某單一物種或棲地為著眼點來做保育工作，常常是勉強保了一個但卻失去好幾個。若就整體之生物多樣性為著眼點，則常常是事半功倍，而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)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 113 種鳥類與 83 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)
- 全球熱帶雨林之物種絕種速度，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 seemanii* 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 seemanii* 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。或至 <http://preserve.coa.gov.tw/download/biodiversity/1.PDF> 下載

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://bc.zo.ntu.edu.tw/cbd/index.htm>

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

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。



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
	Palaeozoic 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		1830	2400
Azoic	Archean Hadean	Precambrian 前寒武紀	2100	4500

(二) 同位素定時法

- 岩層與化石之地質年代，可由測量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，例如鉀 (^{87}Rb) 與銦 (^{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)內之鉀-銦濃度比，比較新生岩石(或生物)內之鉀-銦濃度比，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 為子元素個數， 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
鉀銨法	鉀 ^{87}Rb	銨 ^{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。直到西元一九一二年，德國氣象學家華格那(A. Weagner)提出大陸漂移說，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，由液態的岩石(岩漿)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	勞拉西亞大陸向北飄移、南北美洲分離
	Triassic 三疊紀	245	氣候乾旱、海平面下降
Palaeozoic 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，剛瓦納大陸與勞拉西亞大陸慢慢靠攏。於二疊紀時成為一個超級的大陸塊，盤古大陸(Pangaea)。此時地球上的陸地與海洋(稱為 Panthalassa)，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。在侏羅紀時，盤古大陸開始分裂，勞拉西亞大陸向北飄移，並與剛瓦納大陸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。
- 白堊紀時，勞拉西亞大陸與剛瓦納大陸完全分離，於中間地帶形成一個古地中海海道(Tethyan Seaway)。同時勞拉西亞大陸與剛瓦納大陸本身也開始分裂，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、但是目前僅能依靠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
Palaeozoic 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。

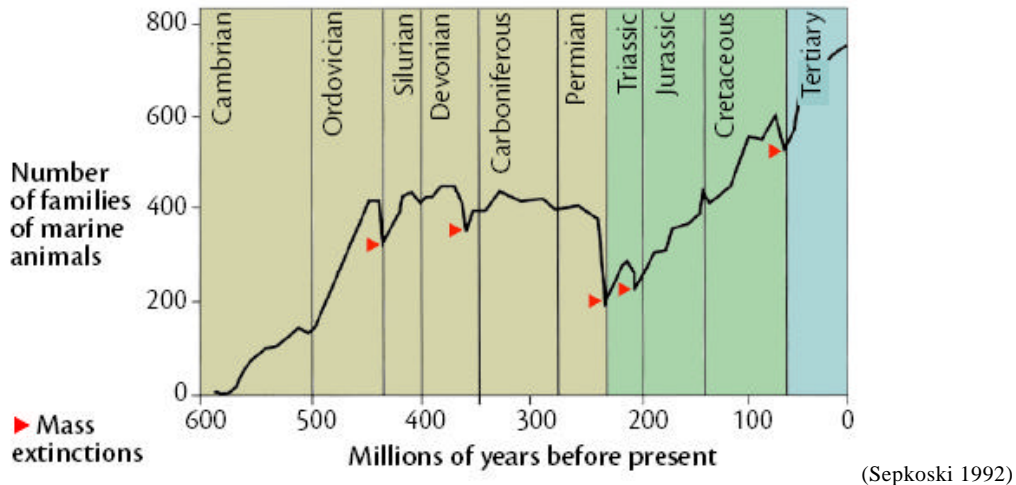
· 寒武紀岩石內的化石數量及種類暴增，生物五界(或六界)內主要的門(phyla)於寒武紀絕大部份已出現相關之化石。

· 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。



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 為其他無法分類的原生生物。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, Protocista, 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 Protocista，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 比較細菌的核糖體(ribosome)內的核糖核酸(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)。其做法主要為摒棄表徵分類原則，避免 polyphyletic(多源系)與 paraphyletic(駢源系)的分類結果。Chromista 包括具有不同葉綠素及葉綠體位置的藻類，以及一些已喪失光合作用功能原本被分為真菌的生物。

The traditional arrangement	Kingdom Animalia Kingdom Plantae
Three kingdoms (Haeckel 1894)	Kingdom Protista Kingdom Plantae Kingdom Animalia
Four kingdoms (Copeland 1938)	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 Eucarya Kingdom Protista Kingdom Animalia Kingdom Fungi Kingdom Plantae
Six kingdoms (Cavalier-Smith 1998)	Superkingdom Prokaryota Kingdom Bacteria Superkingdom Eukaryota Kingdom Protozoa Kingdom Animalia Kingdom Fungi Kingdom Plantae Kingdom Chromista

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 archaeobacteria)(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、或藍細菌)。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，最大的可長到一百公尺長。
- 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)。

課後指定作業：無

課後建議閱讀：

- 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)
- 幾個關於分類系統的優質網站。
<http://www.eti.uva.nl/Database/WBD/paper/Paper.html>
<http://tolweb.org/tree/phylogeny.html>

書面報告之可能題目：

- 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？



- 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。

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。目前的分類學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。
- 辨別 Taxonomy, systematics, classification, nomenclature 的意義與差別。

- 目前的系統分類學由林奈氏所創。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，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 morisonicola*。屬名為名詞，必須大寫。種小名為形容詞，必須小寫。

- 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。

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

(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。
- Homology: character shared by a set of species and present in their common ancestor. Compared with *Analogy*.
- Derived homology: homology that first evolved in the common ancestor of a set of species and is unique to those species. Compared with *Ancestral homology*.
- Ancestral homology: homology that evolved before the common ancestor of a set of species, and is present in other species outside that set of species. Compared with *Derived homology*.
- Analogy: Character shared by a set of species but not present in their common ancestor. A convergently evolved character. Compared with *Homology*.
- Monophyletic group: set of species containing a common ancestor and all of its descendants.
- Paraphyletic group: 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.

- Polyphyletic group: set of species descended from more than one common ancestor.
- phenetic、cladistic, and evolutionary schools 之間的差別。

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

二、物種的概念 species concepts

- 『物種』(species)的概念有很多種。舉例而言，包括 phenetic species concept (morphological species concept)(表型種概念)、biological species concept (生物種概念)、recognition species concept (認知種概念)、ecological species concept (生態種概念)、cladistic species concept (phylogenetic species concept)(演化種概念)。沒有一個物種概念可以適用於所有的生物。不過，目前以 phenetic species concept、biological species concept、cladistic species concept 三個種概念最為分類學家所普遍運用。
- 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。

- cladistic species concept (phylogenetic 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)。
- phenetic 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, 以及地域分隔的不同生物群, 必須要去猜想其碰面後會不會有生殖隔離。
- cladistic species concept, 演化種概念, 可以用來定義所有演化過程上的物種。但是, 如果就目前的生物來做分類, 演化種概念缺乏一個明確的操作形定義與做法。

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 polyploidy (多倍體)。
- polyploidy 即某種生物的體細胞擁有超過二套的染色體 polyploidy 可分成二種，Autopolyploidy (同源多倍體)，是同種的生物由於減數分裂發生錯誤，造成子代之染色體數目為三倍、四倍。若子代仍具生殖能力，便有機會成為一個新種。Allopolyploidy (異源多倍體)，是不同種的生物偶然雜交後，子代之染色體數目與親源種不同。
- polyploidy 在植物界很普遍，據估計顯花植物有三分之一以上的物種為多倍體。同屬的植物種類，其染色數目常常都是互為倍數。但 polyploidy 在動物界則不多見，且多出現於無脊椎動物。

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，也沒有一個中央登錄系統，因此目前並沒有一個固定的數字。
- 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。
- 目前全球已命名物種總數，合理的估計是約在一百五十萬種到一百七十萬種之間。

(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 99% 以上的鳥類可能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 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生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)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，是最需要瞭解的生物種類。

Literature cited:

- Erwin, T. 1982. Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species. *Coleopterists' Bulletin* 36:74-75.
- 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.
- Heywood, V.H. 1995. *Global Bioversity Assesment*. Published for the United Nations Environment Programme, Cambridge University Press, UK.

課後指定作業：

無

課後建議閱讀：

- 美國國家公共電視台電視節目，演化論(evolution)關於物種起源的資料。
<http://www.pbs.org/wgbh/evolution/darwin/origin/index.html>

書面報告之可能題目：

- 台灣的烏頭翁(*Pycnonotus taivanus*)與白頭翁(*P. sinensis*)傳統上被認為是二個不同的生物種，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?



第四回 物種多樣性之空間分佈

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

一、 生物種的空間分佈

- 沒有任何二種生物的空間分佈範圍會是完全相同的。
- 生物種的分佈範圍圖，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 主要用在生物分佈資訊不足，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佈資訊充足的情形。
- 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，生物的空間分佈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。
- 生物種的空間分佈，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(即'基礎棲位', fundamental niche)。生物性因素(如生物間的競爭、捕食、互利共生等作用，以及生物的散佈能力，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(即'現實棲位', realized niche)。

二、 物種多樣性分佈的基本概念

(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。嵌套式設計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。非嵌套式設計表示空間單元之間，不具有面積重疊的關係。
- 不管嵌套式或非嵌套式設計，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。

$$S = c A^z \quad \text{或} \quad \log(S) = \log(c) + z \log(A)$$

S: 物種豐富度 A: 面積大小 c: 迴歸常數 z 值界於 0 與 1 之間

- 一般而言，非嵌套式設計的物種-面積關係，其 z 值較大。嵌套式設計的物種-面積關係，其 z 值較小。

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

- 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(多樣度)代表一個群落(community)或群叢(association)內的種豐富度。beta diversity(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(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.
$$\text{多樣度} = \frac{\text{多樣度}}{\text{多樣度}} \quad \text{多樣度} = \text{多樣度} \times \text{多樣度}$$
- Robert Whittaker 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。 多樣度代表某一均質棲地中的種多樣度。 多樣度為包含多類棲地之某一地景的種多樣度。 epsilon diversity(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。 多樣度為地景內之棲地類型間的差別多樣度, 即 多樣度之間的差異。 delta diversity(多樣度)則為區域內之地景間的差別多樣度, 即 多樣度之間的差異。
- 邱祈榮老師及吳海音老師的文章中有對這些多樣度的介紹
<http://preserve.coa.gov.tw/download/biodiversity/15.PDF>
http://bc.zo.ntu.edu.tw/conf_200109/01.htm
- 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。

Literature cited:

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

Whittaker, R. H. (1977) Species diversity in land communities. Evol. Biol. 10:1-67.

三、物種多樣度在不同環境狀況上的分佈

(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(peninsulas effect)與島嶼效應(islands 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 peninsulas 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，有許多明顯的分佈傾向。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

狀分佈(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佈，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佈，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，是否其空間分佈是否相關性大，是在保育生物多樣性時，需要了解的問題。
- 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相關性。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。
- 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，其熱點的空間相關性也是很低。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。

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 in press.*

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。

<http://preserve.coa.gov.tw/download/biodiversity/15.PDF>

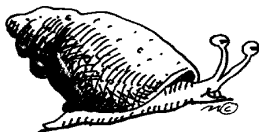
http://bc.zo.ntu.edu.tw/conf_200109/01.htm

書面報告之可能題目：

- 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



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，其分佈形式並不一致。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 25 個 (Brown & Lomolino 1998)。解釋窄尺度植物物種多樣度的理論，據計算也超過一百個。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。

· 解釋物種多樣度分佈不均的理論，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(niche)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 會增加其在其中一部份棲位 a 之競爭力，物種 B 會增加其在其中一部份棲位 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，如果環境因素分佈變化大且不均勻，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(初級生產量大增)，藻類的物種多樣度一般也會降低 (plankton paradox)。

- 物種多樣度在生產量梯度上呈駝峰式分佈的背後原因與機制，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程度，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，認為如果一個地區的存在時間越長，則該地區內的生物種化情形就越有可能發生，因此物種多樣度增加。生態時間理論，則認為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佈。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，一般空間異質性會比較高，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，特有種生物特別高的原因。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佈現象。

· 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. 1998. *Biogeography*: 2nd 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：

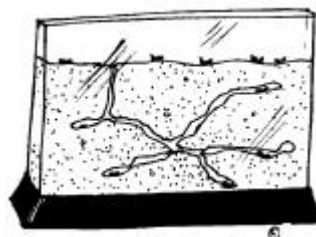
無

課後建議閱讀：

Brown, J. H. and M. V. Lomolino. 1998. 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(例如家中花園、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。



第六回 地球之環境與生態系多樣性

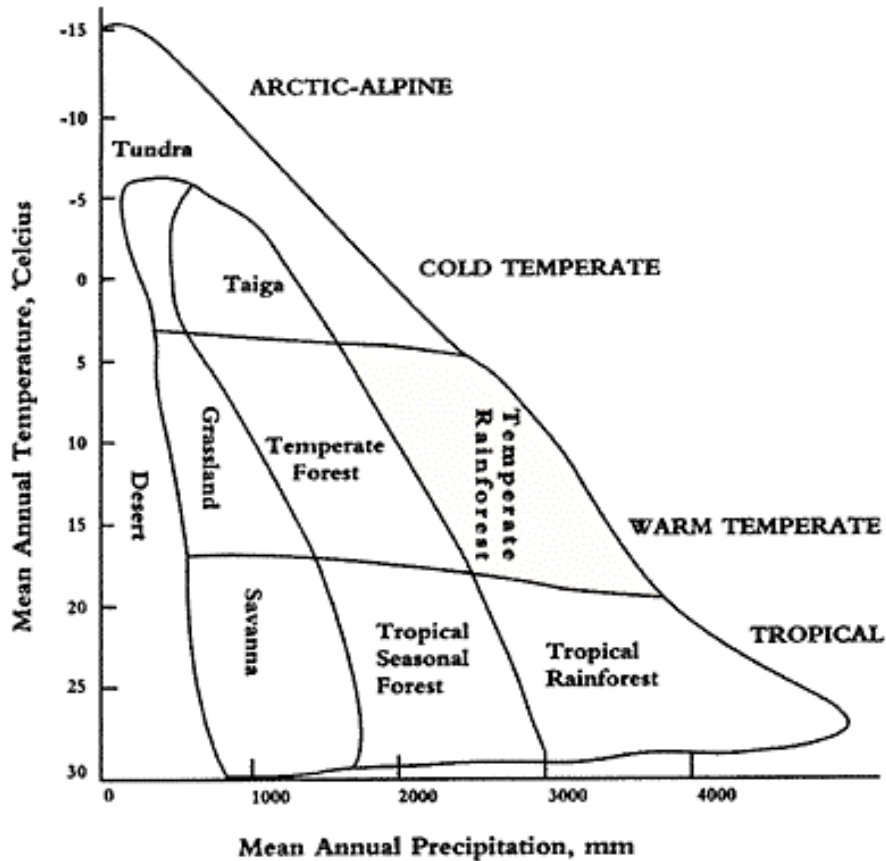
- 本週介紹地球之氣候變異，及伴隨氣候變異所形成的陸域生物群落區系之分佈、結構、與特色。下週則簡單介紹地球的水域生物群落區系，並觀看參考影片，The Blue Planet。



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°)。冬至時，太陽直射南回歸線(南緯 23.5°)。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)。

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



二、 陸域生態系

(一) 熱帶雨林 (tropical rain forest)

- 熱帶雨林橫跨赤道二側，由三大地理區組成：東南亞、西非洲、與中南美洲。大部分的熱帶雨林分佈在南北緯 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佈。
- 熱帶雨林分佈的地區，終年溫暖多雨。其條件為月均溫變化小，且全年雨量分佈均勻。其平均溫度約在 20° 到 27° 之間，年降雨量一般界於 2500 - 5000 mm 之間。

- 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) 熱帶旱林(tropical dry forests)

- 熱帶旱林大約分佈在南北緯 10°至 25°之間。其分佈地區，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。
- 熱帶旱林其分佈地區，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。但其雨量分佈不均勻，有明顯的乾濕季，雨量集中於一年內的某段時間。
- 熱帶旱林的土壤酸鹼度偏酸，但較熱帶雨林為高。其土壤內營養也較熱帶雨林為高。但是每年不均勻分佈的豪雨造成土壤容易沖蝕。
- 熱帶旱林的喬木高度與平均降水量有很大關係。生長較高的樹，一般分佈在較濕的地區。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佈不同，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。熱帶旱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)

- 疏林草原大部分分佈在南北緯 10°至 20°之間，常常是分佈在熱帶旱林與沙漠之間。其溫度與熱帶雨林及熱帶旱林相差不多，但年平均雨量更少，約在 300-1800 mm 之間。其分佈地區，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，因此生物分佈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，分別分佈在南緯與北緯 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)，還有一些分佈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 °C)，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 °C，月均溫可低至-20 °C。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、在乾旱期間才有葉、乾脆無葉、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、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、且含有大量之有機物。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，斯勘地維亞半島向南至伊比利半島。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%，分佈於北半球(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。
- 北寒林分佈之地區，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，分佈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。極圈山脈與若干熱帶之山脈，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。



第七回 地球之水域生態系

- 記得！下星期要期中考，不要忘了準時出席。

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，水域生態系之不可或缺的一環。
- 生物圈內的水並非靜態分布著，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、蒸發、滲透、蒸散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 13 億立方公里，主要分佈在三大海洋盆地: 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、風吹等因素，造成海洋之洋流現象。洋流(Current)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佈，同時也會改變陸地的氣候。
- 受到太陽輻射能的限制，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)。但是受到營養鹽的限制，光合作用及生物多聚集在沿岸區。遠洋區(pelagic zone)其實光合作用速率與沙漠類似，除了少數湧升流(upwelling)外，生物數量相當低。
- 珊瑚礁只分佈於南北緯 30°之間的近海溫暖海域，通氣良好，氧氣充足。珊瑚礁所在海水平均溫度通常介於 23 至 25 之間，所能忍受之最低溫約為 18 至 20 ，水溫超過 29 則多會致命。對鹽度之耐受力也相當低，海水鹽度若低於 27%，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。堡礁分佈在大洋與瀉湖(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。其初級生產量甚至超過熱帶雨林。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。
- 於溫帶之近海海域，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。海藻森林可長的相當高，有些褐海藻森林，其高度可大於 50 公尺。

三、 河口域、鹽沼、與紅樹林生態系

- 河口域(estuary)分佈在河海交界處。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，主要分佈於溫帶與寒帶。而紅樹林主要為木本植物構成，不耐霜害，主要

分佈於熱帶及亞熱帶。

- 河口域、鹽沼、與紅樹林所生存的環境，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。
- 河口域、鹽沼、與紅樹林內的生物物種多樣性一般相當低，但是其初級生產量卻非常高。此外河口域、鹽沼、與紅樹林也是許多陸生與水生生物幼體的培育場所。

四、 河流生態系

- 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)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生物。河流的中游，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，因此藻類與水生植物大量生長，生產者食物鏈佔優勢。

課後指定作業：無

課後建議閱讀：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. 第三章.

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

McGraw-Hill.

第八回 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，其位於歐亞版塊與菲律賓版塊交界處，因為該二版塊推擠隆起，大約於五百萬年前，升出海面形成島嶼。目前歐亞版塊與菲律賓版塊仍持續運動，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 17% 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 °C，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 °C。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佈，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，年降水量約僅一千公厘。
- 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，以垂直立體的分佈型式，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佈之環境因子相當多，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佈不一。
- 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 morisonicola*)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 formosensis*)、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，多為樟科之槿楠屬及殼斗科之槭屬，構成所謂的槿楠林帶(*Machilus-Castanopsis Zone*)。主要代表植物有日本槿楠、大葉楠、台灣雅楠、南投黃肉楠、山香圓、卡氏槭、川上氏槭、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槿楠屬為主，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 (°C) 年均溫度	wi (mm) 雨量指數	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)	2,000-2,500	11-14	72-108	temperate 溫帶
	Quercus (lower) zone 櫟林帶(下層)	1,500-2,000	14-17	108-144	warm-temperate 暖溫帶
Submontane 山地下層帶	Machilus-Castanopsis zone 槿楠林帶	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。

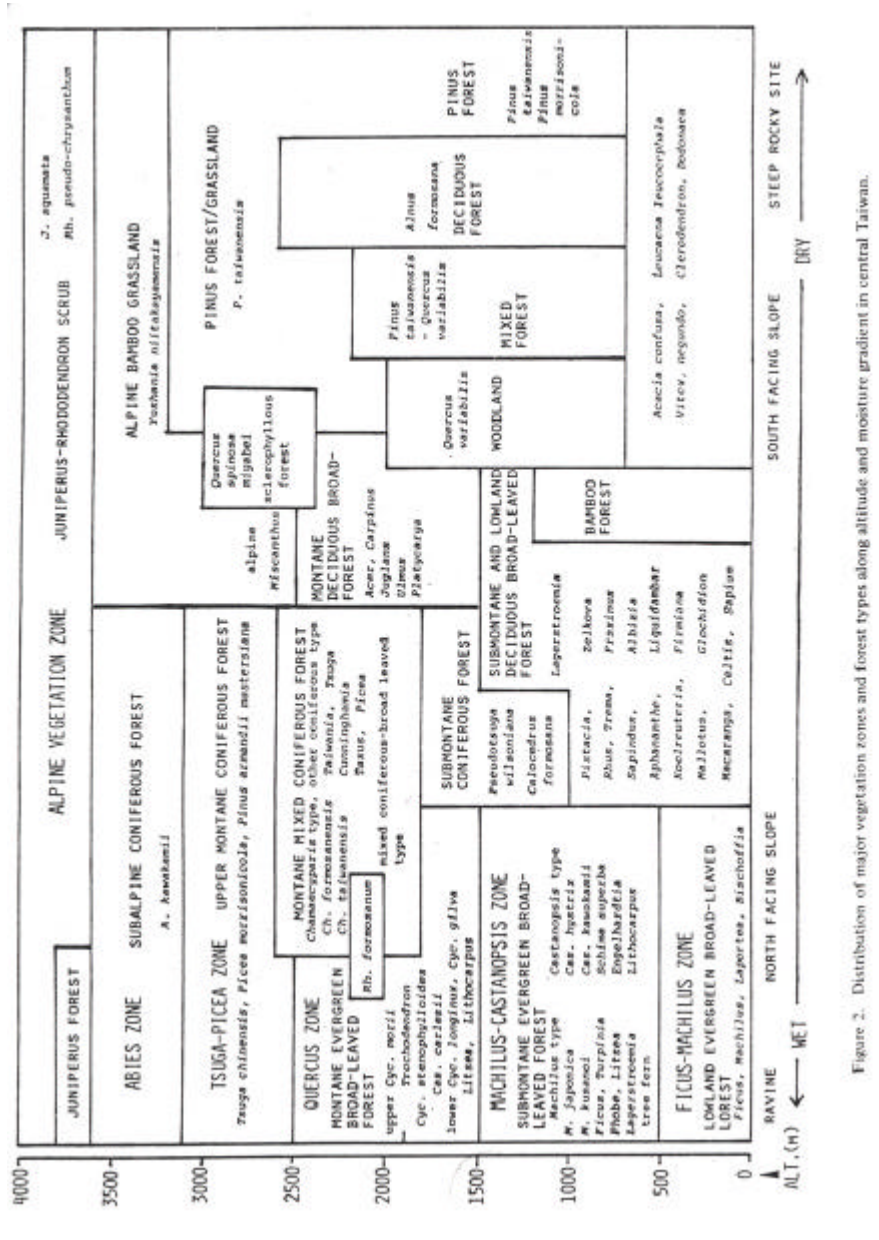


Figure 2. Distribution of major vegetation zones and forest types along altitude and moisture gradient in central Taiwan.

(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，水鳥則以鷗行鳥類、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大水體，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 micrinus*)、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*)、臺灣石賓(*Acrossocheilus paradoxus*)、高身固魚(*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一般在 200 公尺以內，大部份區域水深不及 70 公尺。
- 臺灣東側緊鄰菲律賓版塊，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、鯉、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、黃海之暖溫性迴游魚種。

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。

Reference 同時也是課後建議閱讀

- 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.

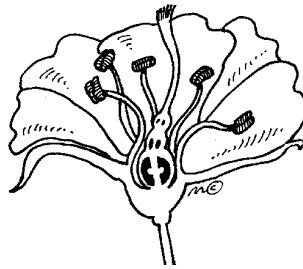
行政院農業委員會. 1999. 台灣生物多樣性國家報告.

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。
- 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。



第九回 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(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，在非洲與亞洲地區度種分別以每十年 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消失。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，或者有些物種並不適應邊緣環境(內部物種)(interior species)，因此邊緣效應目前常被認為有害於生物多樣性。

- 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，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。
- 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^oC。雖然在沒有人類以前的第四紀(Quaternary)，地球也是有大氣溫度鉅幅變動的冰河週期。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^oC 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^oC，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

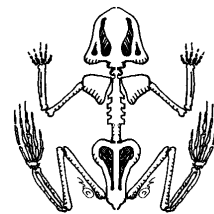
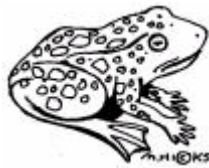
human beings, the only species has morals, want to face (tsd).

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。



第十回 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，因此人類必需保育生物多樣性，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病蟲害，但是化學藥劑有許多副作用，而且也並非完全有效。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、生物耕法等農法因運而起。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。

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，最近的研究，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)草原的研究最為人所知與引用(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。

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://preserve.coa.gov.tw/download/biodiversity/9.PDF>
<http://e-info.org.tw/issue/biotech/2001/issue-biotech01010301.htm>

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.
廖與周(2001) “生物多樣性對於生態系統功能的影響” 正文與回應。
<http://nr.stic.gov.tw/ejournal/NSCM/v29n2/Embag/81-90.pdf>
<http://nr.stic.gov.tw/ejournal/NSCM/v29n5/Embag/392-395.pdf>
<http://nr.stic.gov.tw/ejournal/NSCM/v29n5/Embag/395-396.pdf>

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。



第十一回 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、生物種源、與遺傳資源

- 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、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。
- 生物種源的取得，常常也會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。
- 生物種源的保存與取得，更是影響全球經濟活動的興衰。例如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。
- 生物種源的取得與利用，目前仍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。生物種源的爭議，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。

二、 生物多樣性公約中的遺傳資源與生物技術

- 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。以下節錄生物多樣性公約中有關遺傳資源與生物技術方面的條文。
- 第二條條文定義一些有關遺傳資源與生物技術的名詞。

Article 2. Use of Terms

For the purposes of this Convention:

"Biological resources" includes genetic resources, organisms or parts thereof, populations, or any other biotic component of ecosystems with actual or potential use or value for humanity.

"Biotechnology" means any technological application that uses biological systems, living organisms, or derivatives thereof, to make or modify products or processes for specific use.

"Country of origin of genetic resources" means the country which possesses those genetic resources in *in-situ* conditions.

"Country providing genetic resources" means the country supplying genetic resources collected from *in-situ* sources, including populations of both wild and domesticated species, or taken from *ex-situ* sources, which may or may not have originated in that country.

"Domesticated or cultivated species" means species in which the evolutionary process has been influenced by humans to meet their needs.

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

"Genetic material" means any material of plant, animal, microbial or other origin containing functional units of heredity.

"Genetic resources" means genetic material of actual or potential value.

"*In-situ* conditions" means conditions where genetic resources exist within ecosystems and natural habitats, and, in the case of domesticated or cultivated species, in the surroundings where they have developed their distinctive

properties.

"*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.

(中譯)

第 2 條 用語

為本公約的目的：

“生物資源”是指對人類具有實際或潛在用途或價值的遺傳資源、生物體或其部分、生物群體、或生態系統中任何其他生物組成部分。

“生物技術”是指使用生物系統、生物體或其衍生物的任何技術應用，以制作或改變產品或過程以供特定用途。

“遺傳資源的原產國”是指擁有處於原產地境地的遺傳資源的國家。

“提供遺傳資源的國家”是指供應遺傳資源的國家，此種遺傳資源可能是取自原地來源，包括野生物種和馴化物種的群體，或取自移地保護來源，不論是否原產於該國。

“馴化或培植物種”是指人類為滿足自身需要而影響了其演化進程的物種。

“移地保護”是指將生物多樣性的組成部分移到它們的自然環境之外進行保護。

“遺傳材料”是指來自植物、動物、微生物或其他來源的任何含有遺傳功能單位的材料。

“遺傳資源”是指具有實際或潛在價值的遺傳材料。

“原地條件”是指遺傳資源生存於生態系統和自然生境之內的條件；對於馴化或培植物種而言，其環境是指它們在其中發展出其明顯特性的環境。

“就地保護”是指保護生態系統和自然生境以及維持和恢復物種在其自然環境中有生存力的群體；對於馴化和培植物種而言，其環境是指它們在其中發展出其明顯特性的環境。

· 生物多樣性公約第十五條條文，為遺傳資源利用與利益分享的相關規定。

Article 15. Access to Genetic Resources

1. Recognizing the sovereign rights of States over their natural resources, the authority to determine access to genetic resources rests with the national governments and is subject to national legislation.
2. Each Contracting Party shall endeavour to create conditions to facilitate access to genetic resources for environmentally sound uses by other Contracting Parties and not to impose restrictions that run counter to the objectives of this Convention.

3. For the purpose of this Convention, the genetic resources being provided by a Contracting Party, as referred to in this Article and Articles 16 and 19, are only those that are provided by Contracting Parties that are countries of origin of such resources or by the Parties that have acquired the genetic resources in accordance with this Convention.
4. Access, where granted, shall be on mutually agreed terms and subject to the provisions of this Article.
5. Access to genetic resources shall be subject to prior informed consent of the Contracting Party providing such resources, unless otherwise determined by that Party.
6. Each Contracting Party shall endeavour to develop and carry out scientific research based on genetic resources provided by other Contracting Parties with the full participation of, and where possible in, such Contracting Parties.
7. Each Contracting Party shall take legislative, administrative or policy measures, as appropriate, and in accordance with Articles 16 and 19 and, where necessary, through the financial mechanism established by Articles 20 and 21 with the aim of sharing in a fair and equitable way the results of research and development and the benefits arising from the commercial and other utilization of genetic resources with the Contracting Party providing such resources. Such sharing shall be upon mutually agreed terms.

(中譯)

第 15 條 遺傳資源的取得

1. 確認各國對其自然資源擁有的主權權利，因而可否取得遺傳資源的決定權屬於國家政府，並依照國家法律行使。
2. 每一締約國應致力創造條件，便利其他締約國取得遺傳資源用於無害環境的用途，不對這種取得施加違背本公約目標的限制。
3. 為本公約的目的，本條以及第 16 和第 19 條所指締約國提供的遺傳資源僅限於這種資源原產國的締約國或按照本公約取得該資源的締約國所提供的遺傳資源。
4. 取得經批准後，應按照共同商定的條件並遵照本條的規定進行。
5. 遺傳資源的取得須經提供這種資源的締約國事先知情同意，除非該締約國另有決定。
6. 每一締約國使用其他締約國提供的遺傳資源從事開發和進行科學研究時，應力求這些締約國充分參與，並於可能時在這些締約國境內進行。
7. 每一締約國應按照第 16 和 19 條，並於必要時利用第 20 和 21 條設立的財務機制，酌情採取立法、行政或政策性措施，以期與提供遺傳資源的締約國公平分享研究和開發此種資源的成果以及商業和其他方面利用此種

資源所獲得的利益。這種分享應按照共同商定的條件。

Article 16. Access to and Transfer of technology

1. Each Contracting Party, recognizing that technology includes biotechnology, and that both access to and transfer of technology among Contracting Parties are essential elements for the attainment of the objectives of this Convention, undertakes subject to the provisions of this Article to provide and/or facilitate access for and transfer to other Contracting Parties of technologies that are relevant to the conservation and sustainable use of biological diversity or make use of genetic resources and do not cause significant damage to the environment.
2. Access to and transfer of technology referred to in paragraph 1 above to developing countries shall be provided and/or facilitated under fair and most favourable terms, including on concessional and preferential terms where mutually agreed, and, where necessary, in accordance with the financial mechanism established by Articles 20 and 21. In the case of technology subject to patents and other intellectual property rights, such access and transfer shall be provided on terms which recognize and are consistent with the adequate and effective protection of intellectual property rights. The application of this paragraph shall be consistent with paragraphs 3, 4 and 5 below.
3. Each Contracting Party shall take legislative, administrative or policy measures, as appropriate, with the aim that Contracting Parties, in particular those that are developing countries, which provide genetic resources are provided access to and transfer of technology which makes use of those resources, on mutually agreed terms, including technology protected by patents and other intellectual property rights, where necessary, through the provisions of Articles 20 and 21 and in accordance with international law and consistent with paragraphs 4 and 5 below.
4. Each Contracting Party shall take legislative, administrative or policy measures, as appropriate, with the aim that the private sector facilitates access to, joint development and transfer of technology referred to in paragraph 1 above for the benefit of both governmental institutions and the private sector of developing countries and in this regard shall abide by the obligations included in paragraphs 1, 2 and 3 above.
5. The Contracting Parties, recognizing that patents and other intellectual property rights may have an influence on the implementation of this Convention, shall cooperate in this regard subject to national legislation and international law in order to ensure that such rights are supportive of and do not run counter to its objectives.

(中譯)

第 16 條 技術的取得和轉讓

1. 每一締約國認識到技術包括生物技術，且締約國之間技術的取得和轉讓均為實現本公約目標必不可少的要素，因此承諾遵照本條規定向其他締約國提供或轉讓有關生物多樣性保護持久使用的技術或利用遺傳資源而不對環境造成重大損害的技術。
2. 以上第 1 款所指技術的取得和向發展中國家轉讓，應按公平和最有利條件提供或給予便利，包括共同商定時，按減讓和優惠條件提供或給予便利，並於必要時按照第 20 和 21 條設立的財務機制。此種技術屬於專利和其他知識產權的範圍時，這種取得和轉讓所根據的條件應承認且符合知識產權的充分有效保護。本款的應用應符合以下第 3、4 和 5 款的規定。
3. 每一締約國應酌情採取立法、行政或政策措施，以期根據共同商定的條件向提供遺傳資源的締約國，特別是其中的發展中國家，提供利用這些遺傳資源的技術和轉讓此種技術，其中包括受到專利和其他知識產權保護的技術，必要時通過第 20 條和第 21 條的規定，遵照國際法，以符合以下第 4 和 5 款規定的方式進行。
4. 每一締約國應酌情採取立法、行政或政策措施，以期私營部門為第 1 款所指技術的取得、共同開發和轉讓提供便利，以惠益於發展中國家的政府機構和私營部門，並在這方面遵守以上第 1、2 和 3 款規定的義務。
5. 締約國認識到專利和其他知識產權可能影響到本公約的實施，因而應在這方面遵照國家立法和國際法進行合作，以確保此種權利有助於而不違反本公約的目標。

三、 生物財產權

- 專利制度是以一定的年限給予發明者專賣之權利，是一個鼓勵工業發明，促進人類進步的設計。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，不符保護要件，不應受到保障。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原的流通。反之藥用等植物較富地域特殊性，雙邊協定就足以解決。

- 在多邊系統下的作物種原，簽約國應免費或低費地提供其他簽約國。當然得到種原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，物種原始提供國可獲得一定比例之權利金。
- 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原始菌類(Archaea)，尤其是嗜熱菌(thermophilus)。熟悉現代生物技術的人，都承認 PCR(Polymerase Chain Reaction)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嗜熱菌所分離出的，現今每年該酵素與 PCR 相關周邊市場供應值已達十數億美元。

Reference

- 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原部分的一些意見.
<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十七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>

R. David Simpson, The Price of Biodiversity,

<http://www.nap.edu/issues/15.3/simpson.htm>

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。



第十二回 生物多樣性之保育措施

- 承續上上上週之主題，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，下週起則介紹國內外的保育實況。

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、棲地破碎、外來種、過度獵捕、與環境劣化這五類。
- 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)、資源持久使用(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* conditions" means conditions where genetic resources exist within ecosystems and natural habitats, 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。

- 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。
- 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。這樣的精神，呈現在生物多樣性公約第八條條文中。
- 就地保護中有四個主要重點，保護對象、保護地區、地區設計、與經營策略。
- 就地保護對象，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)代表某個物種其存亡對整個生態系之功能具重要影響。umbrella species(保護傘物種)代表某個物種的保護可連帶保護許多其他共域的物種。flagship species(旗艦物種)代表某個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。除此之外，所謂的 indicator species(指標物種)，可用來代表生態系健康程度之物種，但這指標物種多用於生物多樣性的監測工作中，而非就地保護的關注物種。
- 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。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)，加以保護。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)整體物種、(2)狹佈物種(或特有種)(endemism)、(3)稀有物種、(4)瀕危物種(Reid 1998)。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，推導生物與棲地間關係，再借由此關係預測生物多樣性熱點，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)。
- 由於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。
- 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中，也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。
- 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)。聯合國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 (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。
- 保護區的經營策略可包含許多層面，無法一一說明，這裡僅介紹三個常與公眾有認知落差的三個經營策略，生態復育、主動經營、與外來物種。
- 就復育生態學而言，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，而且不採取復育手段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 這三個名詞的差別。
- 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。
- 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，但是一般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。
- 移地保護的例子，就如遍佈世界的動物園與植物園，以及各學術研究機關的種原庫、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。
- 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，這便牽涉到 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。

二、 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。

Article 7. Identification and Monitoring

Each Contracting Party shall, as far as possible and as appropriate, in particular for the purposes of Articles 8 to 10:

- (a) Identify components of biological diversity important for its conservation and sustainable use having regard to the indicative list of categories set down in Annex I;
- (b) Monitor, through sampling and other techniques, the components of biological diversity identified pursuant to subparagraph (a) above, paying particular attention to those requiring urgent conservation measures and those which offer the greatest potential for sustainable use;
- (c) Identify processes and categories of activities which have or are likely to have significant adverse impacts on the conservation and sustainable use of biological diversity, and monitor their effects through sampling and other techniques; and
- (d) Maintain and organize, by any mechanism, data derived from identification and monitoring activities pursuant to subparagraphs (a), (b) and (c) above.

第 7 條 查明與監測

每一締約國應盡可能並酌情，特別是為了第 8 條至第 10 條的目的：

1. 查明對保護和持久使用生物多樣性至關重要的生物多樣性組成部分，要顧及附件一所載指示性種類清單；
2. 通過抽樣調查和其他技術，監測依照以上 1 項查明的生物多樣性組成部分，要特別注意那些需要採取緊急保護措施以及那些具有最大持久使用潛力的組成部分；
3. 查明對保護和持久使用生物多樣性產生或可能產生重大不利影響的過程和活動種類，並通過抽樣調查和其他技術，監測其影響；
4. 以各種方式維持並整理依照以上 1、2 和 3 項從事查明和監測活動所獲得的數據；

Article 8. In-situ Conservation

Each Contracting Party shall, as far as possible and as appropriate:

- (a) Establish a system of protected areas or areas where special measures need to be taken to conserve biological diversity;
- (b) Develop, where necessary, guidelines for the selection, establishment and management of protected areas or areas where special measures need to be taken to conserve biological diversity;
- (c) Regulate or manage biological resources important for the conservation of biological diversity whether within or outside protected areas, with a view to ensuring their conservation and sustainable use;
- (d) Promote the protection of ecosystems, natural habitats and the maintenance of viable populations of species in natural surroundings;
- (e) Promote environmentally sound and sustainable development in areas adjacent to protected areas with a view to furthering protection of these areas;
- (f) Rehabilitate and restore degraded ecosystems and promote the recovery of threatened species, inter alia, through the development and implementation of plans or other management strategies;
- (g) Establish or maintain means to regulate, manage or control the risks associated with the use and release of living modified organisms resulting from biotechnology which are likely to have adverse environmental impacts that could affect the conservation and sustainable use of biological diversity, taking also into account the risks to human health;
- (h) Prevent the introduction of, control or eradicate those alien species which threaten ecosystems, habitats or species;
- (i) Endeavour to provide the conditions needed for compatibility between present uses and the conservation of biological diversity and the sustainable use of its components;
- (j) Subject to its national legislation, respect, preserve and maintain knowledge, innovations and practices of indigenous and local communities embodying traditional lifestyles relevant for the conservation and sustainable use of biological diversity and promote their wider application with the approval and involvement of the holders of such knowledge, innovations and practices and encourage the equitable sharing of the benefits arising from the utilization of such knowledge, innovations and practices;
- (k) Develop or maintain necessary legislation and/or other regulatory provisions for the protection of threatened species and populations;
- (l) Where a significant adverse effect on biological diversity has been determined pursuant to Article 7, regulate or manage the relevant processes and categories of activities; and

- (m) Cooperate in providing financial and other support for in-situ conservation outlined in subparagraphs (a) to (l) above, particularly to developing countries.

第 8 條 就地保護

每一締約國應盡可能並酌情：

1. 建立保護區系統或需要採取特殊措施以保護生物多樣性的地區；
2. 於必要時，制定準則據以選定、建立和管理保護區或需要採取特殊措施以保護生物多樣性的地區；
3. 管制或管理保護區內外對保護生物多樣性至關重要的生物資源，以確保這些資源得到保護和持久使用；
4. 促進保護生態系統、自然生境和維護自然環境中有生存力的物種群體；
5. 在保護區域的鄰接地區促進無害環境的持久發展以謀增進這些地區的保護；
6. 除其他外，通過制定和實施各項計劃或其他管理戰略，重建和恢復已退化的生態系統，促進受威脅物種的復原；
7. 制定或採取辦法以酌情管制、管理或控制由生物技術改變的活生物體在使用和釋放時可能產生的危險，即可能對環境產生不利影響，從而影響到生物多樣性的保護和持久使用，也要考慮到對人類健康的危險；
8. 防止引進、控制或消除那些威脅到生態系統、生境或物種的外來物種；
9. 設法提供現時的使用與生物多樣性的保護及其組成部分的持久使用彼此相輔相成所需的條件；
10. 依照國家立法，尊重、保存和維持土著和地方社區體現傳統生活方式而與生物多樣性的保護和持久使用相關的知識、創新和做法並促進其廣泛應用，由此等知識、創新和做法的擁有者認可和參與其事並鼓勵公平地分享因利用此等知識、創新和做法而獲得的惠益；
11. 制定或維持必要立法和其他規範性規章，以保護受威脅物種和群體；
12. 在依照第 7 條確定某些過程或活動類別已對生物多樣性造成重大不利影響時，對有關過程和活動類別進行管制或管理；
13. 進行合作，就以上 1 至 12 項所概括的就地保護措施特別向發展中國家提供財務和其他支助。

Article 9. Ex-situ Conservation

Each Contracting Party shall, as far as possible and as appropriate, and predominantly for the purpose of complementing in-situ measures:

- (a) Adopt measures for the ex-situ conservation of components of biological diversity, preferably in the country of origin of such components;
- (b) Establish and maintain facilities for ex-situ conservation of and research on plants, animals and micro-organisms, preferably in the country of origin of genetic resources;

- (c) Adopt measures for the recovery and rehabilitation of threatened species and for their reintroduction into their natural habitats under appropriate conditions;
- (d) Regulate and manage collection of biological resources from natural habitats for ex-situ conservation purposes so as not to threaten ecosystems and in-situ populations of species, except where special temporary ex-situ measures are required under subparagraph (c) above; and
- (e) Cooperate in providing financial and other support for ex-situ conservation outlined in subparagraphs (a) to (d) above and in the establishment and maintenance of ex-situ conservation facilities in developing countries.

第 9 條 移地保護

每一締約國應盡可能並酌情，主要為輔助就地保護措施起見：

1. 最好在生物多樣性組成部分的原產國採取措施移地保護這些組成部分；
2. 最好在遺傳資源原產國建立和維持移地保護及研究植物、動物和微生物的設施；
3. 採取措施以恢復和復興受威脅物種並在適當情況下將這些物種重新引進其自然生境中；
4. 對於為移地保護目的在自然生境中收集生物資源實施管制和管理，以免威脅到生態系統和當地的物種群體，除非根據以上 3 項必須採取臨時性特別移地措施。
5. 進行合作，為以上 1 至 4 項所概括的移地保護措施以及在發展中國家建立和維持移地保護設施提供財務和其他援助。

· 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、且易為設化大眾所了解的概念，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。

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。

第十三回 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，盡量屏除人類的影響。
- 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哲學基礎。

- 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關重要或能見度高

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八級：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)、低危險(Lower Risk)、資料不足(Data Deficient)、未評估(Not Evaluated)。

· 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。附錄一(Appendix I)的物種，為數量極為稀少，可能受貿易影響而有滅種之虞的種類，因此除在特殊情況外應嚴禁商業性的交易。附錄二(Appendix II)的物種為數量稀少，雖尚未有滅種之虞，但如不嚴格管制貿易，將來可能有滅種的威脅，因此其交易仍需嚴格限制。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。凡涉及以上三類野生物之貿易均需有貿易雙方或轉口地國家之科學管理機構認可，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急進，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 endanger 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

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。主要精神在於確保生物多樣性的保育、永續利用、及利益分享。

· KYOTO PROTOCOL

京都議定書

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 38 個已開發國家的溫室氣體排放。管制溫室氣體包括二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亞氮(N₂O)、氫氟碳化物類(HFC_s)、全氟碳化物(PFC_s)、及六氟化硫(SF₆)。管制目標是在 2008 年至 2012 年間，溫室氣體排放量比 1990 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。

參考文獻及課後建議閱讀：

- 彭國棟。國際自然保育組織及公約。

<http://dns.tesri.gov.tw/content6/org-f.htm>

- 彭國棟。物種瀕危等級及保育優先次序之評估。

<http://preserve.coa.gov.tw/download/biodiversity/11.PDF>

書面報告之可能題目：

- 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。

第十四回 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。
- 台灣目前的十三族原住民，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；最晚的雅美族，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上最細膩的水利技術，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，糜鹿之屬滿山谷”。其中之糜鹿，主要是台灣梅花鹿。荷蘭人每年輸出鹿皮約五萬張，至 1638 年多達十五萬張。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(被獵殺)，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)開始指定保護區及保護物種；(3)並開始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 m³，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。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，目前台灣共有16處野生動物保護區及30處野生動物重要棲地。
- 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。目前台灣共有六座國家公園。
- 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)在政策規畫上，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。政策層次的問題，有其歷史背景之不得不然，以今非古，也非公平；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，如同之前環境倫理一回所述，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，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，在現實官方政策上，不得不為的基本態度。
- 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。
- 1990 年代才剛結束，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？

二、 台灣生物多樣性的保育現況措施

- 目前政府生物多樣性保育之相關單位，包括農委會、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、聯繫推動及協調適宜。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。政府多年來有自然保育署或自然保育部之規畫，目前政府改造已進行至最後階段，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，統合成為自然保育署。
- 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。自然保留區特色是任務不一、目的在於生態系或棲地之保護、不提供遊憩功能、但是並無專責管理單位。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 1970 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。
- 有關物種保育，行政院農委會另外依據文化資產保存法，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。
- 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也有百位以上。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

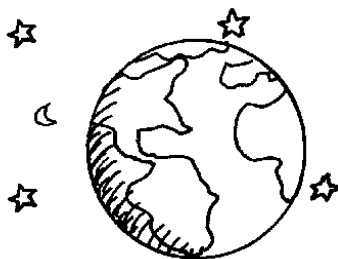
- 為因應生物多樣性公約，台灣也進行生物多樣性國家報告，並推動生物多樣性保育。其目的除了宣示生物資源之國家主權外，更希望擴大參與層面，經由不同措施落實台灣生物多樣性保育與永續利用的理想。
- 2001 年，行政院通過生物多樣性推動方案，執行期間自九十年七月起至九十六年十二月止。有下列五點整體目標：(1)保育我國的生物多樣性；(2)永續利用生物及其相關資源；(3)公平合理地分享由生物資源所帶來的惠益；(4)提升大眾維護生物多樣性的意識及知識；(5)參與區域性和全球性合作保育生物多樣性。
- 生物多樣性推動方案之工作實施策略，有下列五大項：(1)健全推動生物多樣性工作之國家機制；(2)強化生物多樣性之管理；(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。其詳細執行工作項目如附錄文件。

參考文獻及課後建議閱讀：

- 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://econgis.forest.gov.tw/PDF/biodiversity/index.htm>

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。感恩。



thanks