

伍、以永續發展為考量的「人與環境」的課程規劃

(國立台灣大學 地理環境資源學系 王鑫教授、林孟龍博士生)

一、前言

現代科學的發展和擷取空間資訊的技術進步，使人類對認識地球有了新的看法：「地球是一個整體，地球各部分之間的相互作用緊密聯繫，構成了有機的地球系統。該系統中的任何一部分發生變化，都會對地球系統產生影響；反之整個地球系統的微小變化，也會對局部地區產生不同程度的影響」。

這種在地球系統內各部分之間、部分與整體之間的相互作用和影響，構成了現代地球系統科學的基礎，也是目前推行的全球變化研究計畫的理論依據。地球系統科學 (Earth System Science) 主要在研究大氣圈、海洋圈、地圈、生物圈及人文圈的相互關係。

本課程規劃為「地球系統科學學程」的低階課程，也就是希望成為接觸地球系統科學學程的入門課程，其目的在於讓學生對地球系統科學有整體性的認識與瞭解，並期待透過豐富、全方位的內容，引起學生的興趣。

課程針對地球系統科學進行介紹，談到宇宙的生成，認識地球形成的歷史與環境，帶到人類文化在地球上的起落，並融入環境哲學與目前全球性的環境問題，最後分別談到人與大氣圈、水圈、地圈與生物圈的互動。由於在大學中選修本學程的學生本身有自己的主修學科，因此本課程在地球系統科學學程中扮演的角色在於引導學生逐漸透過這門課程進入地球系統科學學程所要引介的概念，對於其他非地球科學相關學科的學生來說，本課程尤具意義。對於地球科學相關學科的學生來說，本課程也能引領地球科學相關學科的學生跳離傳

統科學以「化約論」觀點思考的窠臼，改以「整體論」的觀點思考目前地球系統遭遇的問題與困難。科學家的人文關懷，也是本課程的重點之一。

二、課程回顧與討論

地球科學探討人類居住的地球與其形態、運轉、組成、構造、活動、歷史及其位於宇宙中的概況，通常是以分科的方式探討相關問題，例如從大氣科學、水文學、地質學、地理學、地形學、生態學等等不同的學科進行研究與分析。以成功大學地球科學系為例，其主要課程內容包含著「地球科學教育課程」、「岩石、礦物、地球化學及其應用」、「古生物、地層、沈積學」、「構造地質學、工程地質學、水文及環境地質學」、「地球物理學及其應用」等五大部分。

生活要從環境中獲取食物、能源，所以勢必要關心居住的周遭環境狀況，因而會對環境知識產生需求，例如地理學、氣象學、海洋學、水文學、地質學、生態學等等。地球系統科學是從傳統的地球科學演變而來，研究大氣圈、海洋圈、地圈、生物圈及人文圈的相互關係，並希望能結合各科的知識促進人類福祉，達成永續發展的目標。地球系統指由大氣圈、水圈、岩石圈和生物圈（包括人類）組成的有機整體。地球系統科學研究組成地球系統的這些子系統之間的相互關係與相互作用中運轉的機制，瞭解地球系統變化的規律和控制這些變化的原理，期待能為全球環境變化預測建立科學基礎，並為地球系統的管理提供科學依據。

前述學科隨著研究的進展與深入，發展出屬於各個學科的理論、研究方法與關心的研究重點。但是這樣的方式卻對瞭解地球的整體特性有著缺憾。因此，美國地球系統科學委員會 (Earth System Science Committee) 在 1988 年出版的《地球系統科學》中提出地球系統科學的想法和概念。為了因應「全球變遷」，地球系統科學希望能以不同於傳統（以化約論觀點發展各個地科相關學科分別探討環境問題）的方式，以整體的觀點處理地球系統內不同子系統之間的關係。

本課程的目的在於串連「人」與「環境」，據以建立全民邁向二十一世紀永續發展需具備的地球系統科學知識。基於地球系統科學的研究範疇，本課程主要的研討內容為人類與「大氣圈」、「地圈」、「海洋圈」以及「生物圈」之間的相互影響——包括應用地理學中關於「資源利用」及「環境影響」兩個層面，探討的角度包含人文圈的價值觀、歷史、社會、經濟、教育、政治等；同時，也包含從地理景觀的歷史變遷追溯「文化—環境—歷史的互動」。

三、課程內容簡介

(一) 地球系統科學簡介

地球系統科學 (Earth System Science, ESS) 是一門在系統與次系統間相互影響的科學，共同組成地球。針對地球不同圈的研究——氣圈、生物圈、岩石圈、水圈，並研究不同圈之間的交互影響與彼此之間的影響，瞭解它們的演育史與這些系統現在正在運作的功能。因為跨越了原本學科的分界，所以對於新生代的學生而言這是一個絕佳的機會，可以學習如何以系統的觀點思考，尤其是人類與其他系統與它們之間的互動。本質上，屬於「系統研究取向」，研究物理、生物與人類等地球組

成成分的交互影響，特別強調維繫地球上生命的過程與功能。

將地質、大氣、化學、生物與其他科學觀點的動態互動加以整合，用來解釋星球歷史與其和社會之間的關係。這樣的整合方式擴大到基礎與應用科學，同樣地也擴大到自然與社會科學。地球系統科學研究水圈、生物圈、氣圈與岩石圈的交互影響。關注的重點在於這些部分的交互影響，而非這些圈本身具有的特性，研究方法藉由系統動態評估，將這些交互影響視為構成一個「動態的內連結系統」。

(二) 宇宙的生成 (開天闢地)---太空物理、天文學

在地球形成之前，宇宙中有許多物質繞著太陽轉。這些物質互相撞擊，形成了原始的地球，當時地球還是炙熱的火球，慢慢開始由外往內冷卻，在表面逐漸形成薄薄的硬殼——地殼。從地球內部噴出大量氣體，其中帶著大量的水蒸氣，這些水蒸氣形成一圈包圍在地球外圍的大氣層，地球本身的大小有足夠的引力將大氣層拉住，所以地球才会有得天獨厚的大氣環境。大氣層形成之後就開始降雨，形成原始的海洋。

大約在 38 億年前左右，在海洋中出現地球上最早的生命體。約在 25 億年前，第一批會行光合作用的植物出現在海洋中。此後逐漸演化出越來越複雜的生命體，例如在兩億五千萬年到六千五百萬年前，是恐龍橫行地球的時期，距今大約十萬年前，人類才出現。

(三) 認識地球環境---地質學 / 地球科學

地質學在探討關於地球的組成物質、內部構造、外部特徵、彼此的相互作用和演變歷史。從十九世紀的三十四十年代起，地質學才開始比較有具體的方法來累積人們對於地

球及其演變規律的知識。在到 20 世紀，以地球為對象，不同角度與觀點的地球相關學科的學科，除地質學外，地理學、海洋科學、大氣科學、水文科學、地球物理學與地球化學等都發展起來，形成了比較完整的地球科學體系，而地質學可以算是整個地球科學體系的基礎學科。

地球從形成以來，經歷了約 46 億年的長時期演變，有複雜的物理、化學與生物作用，也受到地球外各種天體的影響。當人類出現之後，人類逐漸成為一種不同於以往生物作用的營力。為了求生存與發展，努力適應和改變鄰近居住的環境，越來越大量地從環境中提取資源藉以維持人類的的生活。

因此，觀察、研究、善用地球系統的特性，對於人類而言是非常重要的。不然，「皮之不存，毛將焉附」？不是嗎？

(四) 觀台北市立天文科學教育館

透過安排台北市立天文科學教育館的這次行程，引導學生使用天文科學教育館的設備體驗天體運行的規律、地球的形成、地球與其他星球之間的關係、地球在太陽系中的角色、太陽系跟宇宙之間的關係。

例如由「立體劇場」的立體電影機，配合精心規劃的寬大銀幕，208 位階梯式座椅等設備，戴上立體眼鏡，可感受到三度空間的臨場感。此外劇場採用立體音響裝置，讓觀看影片者彷彿親歷其境。例如「IMAX DOME」，又稱為「全天域電影」，可以用 360 度全天域的方式體驗自然美景或學習科學知識，打破以往只能欣賞平面電影、沒有身歷其境感覺的缺憾。天文科學教育館採用的全天域電影放映系統以及星象模擬系統，以 180 度半球型銀幕、45 度傾斜座椅加上立體音響效果，讓觀看影片者有如置身宇宙星空之中。星象儀可投影多

達八千顆星星，比肉眼可見的還要多，置身在滿天星斗的模擬夜空下，使學生對宇宙天體及自然界有更深入的認識。

(五) 地球歷史與地球環境變遷——地球科學

1992 年 6 月，來自全球一百二十幾個國家的元首與代表在巴西里約召開地球高峰會議，將全球環境議題推到國際政治的舞臺，使人類對於環境議題的關注邁入新的紀元。早在 1972 年聯合國就在瑞典斯德哥爾摩舉行了「聯合國人類環境會議」，並發布著名的聯合國人類環境會議宣言。

為了因應全球變遷，1986 年世界科學聯盟 (ICSU) 提出國際地圈 - 生物圈研究計畫 (IGBP)，共含有十個核心計畫，希望瞭解地球環境的自然變化，掌握人類對生物圈、地圈及大氣圈的影響。「全球變遷」指的是全球環境的變遷，例如氣候、陸地及海洋生物的生產力、大氣化學成份、水資源及生態系統等等的改變。造成這些改變的原因可能來自於自然因素或人為因素。

(六) 古文明衰落與環境變遷、環境考古學

人類文明從原始的採集漁獵文明、農牧文明開始，逐漸演變出來。隨著人類文明在兩河流域、黃河流域與尼羅河流域的興起與隕落，人類文明也逐漸累積、演變。人類的生存需要依賴著環境資源，但在生產過程中也伴隨著過度利用，造成土地退化的問題。隨著工業革命的到來，人類迎接了最輝煌的工業文明，但是在此同時地球也因此而傷痕累累。例如黃河中游的黃土高原，早在兩千多年前的秦朝之前森林覆蓋率超過 50%，秦漢以後由於農業的大規模開發，森林受到嚴重的破壞。此後，自然環境的惡化與農林牧業的衰退成為一種惡性循環。



面對古文明的衰落，我們必須從中學習到一些歷史的教訓。破壞生態環境進而獲取利益的行？無異於自我毀滅。古文明的歷史教訓替我們敲響了警鐘，希望能透過古文明的例子，讓我們不要重蹈覆轍。

(七) 歷史事件與地球環境變遷

歷史事件與地球環境變遷之間存在著相關性，例如中世紀氣候曾經十分暖和，北大西洋海面上的海冰減少，維京人得以發展航海技術，稱霸歐洲，甚至曾經殖民格陵蘭。但是13世紀後長達數百年的小冰河期改變了這樣的狀況。溫度下降造成北大西洋再度冰封，阻礙了北歐與格陵蘭之間的通道，終結了維京人的霸業。除了改變維京人海上霸業之外，居住在格陵蘭的維京人也因為氣候變遷使得農業崩潰，出現糧食不足的問題。

所以歷史事件確是一面清晰的銅鏡，告訴我們殷鑑不遠。曾經因為氣候的變遷而造成一個民族的興起與衰落，未來是否也會重演歷史？維京人、哥倫布、東西貿易、愛爾蘭飢荒與移民潮等例子警戒我們，必須要謹慎面對地球系統的變化。

(八) 環境哲學及自然思想的演進

在環境哲學與及自然思想演進的部分蒐羅了十五個部分作為上課討論的內容：

1. 宗教哲學中的人與環境；
2. 西方環境哲學；
3. 印地安人的環境哲學；
4. 愛默生選讀；
5. 梭羅選讀；
6. 繆爾選讀；
7. 李奧波德選讀；
8. 卡森選讀；

9. 中國古代先賢的環境哲學；
10. 史耐德選讀；
11. 物理學家、生物學家的環境哲學與自然觀；
12. 蓋婭 (Gaia) 假說；
13. 深層生態學 (Deep Ecology)；
14. 生物區理論 (Bioregionalism)；
15. 生態婦女思潮 (Ecofeminism)

(九) 全球性環境問題與台灣的环境問題

近二十年來全球環境問題有酸雨、有害廢棄物的越境轉移、熱帶雨林的消失、野生動植物瀕臨滅絕、沙漠化及溫室氣體效應、臭氧層破洞等等問題，建立國際共識，達成國際合作已成為必要且迫切的途徑。除了瞭解全球環境問題之外，也希望說明台灣的環境問題，例如近年來地層下陷、海岸後退、土石流、水災、瀕臨滅絕物種消失、棲地破碎化等問題。藉由呈現環境問題，可反思人類與自然環境之間的互動關係。

(十) 人與大氣圈

從外太空看地球的大氣像是一層薄膜，緊緊貼著地表。來自太陽的紫外線投射至地表，對生物有害，幸好位在高空的臭氧層將絕大部分的紫外線過濾掉。地球大氣的層層屏障讓人類得以免去紫外線照射的傷害，讓人類能夠隨意地在地表上活動，不用擔心天上掉下來的「不速之客」。大氣的最底部藉著空氣的對流與運動，讓熱能與水汽在全球各個角落流動，調節地表的溫度。

自地球形成以來，地球的大氣圈經過長時期漫長的演變才形成目前的狀態，近幾十年來，人類活動劇烈地影響著與人類存活緊密相關的大氣圈，影響自然界的各種循環，也可能

正在改變地球長期演化達成的大氣狀況。所以認識大氣圈的特性非常重要,因為大氣和人類的關係密不可分,必須更深刻關心大氣圈的種種現象與特性,才能進一步分析人與大氣圈之間的互動關係。

(十一) 人與水圈

我們居住的地球表面,覆蓋著非常多的水,一般稱為「水圈」。水所覆蓋的面積約佔地球表面積的 71%。除了海洋之外,還有陸地上的湖泊、河流、冰川以及地下水等。人與水之間的關係密切,因為人類身體有 70%是水組成的,所以水對於人類來說是不可或缺的重要資源。但是因為地球上人口眾多,加上水資源分配不均,造成嚴重的衝突與問題。如何有效保護水資源,合理利用水資源將是未來非常重要的課題。例如,台北在 2002 年春、夏季時嚴重缺水,如果翡翠水庫真的沒有水了,整個大台北地區將面臨嚴重的薛水公共衛生問題、社會問題。

(十二) 人與地圈

沉積岩、火成岩、變質岩三者間的循環作用,要藉著各種地質作用來完成,這些作用包括外營力及內營力作用。前者包括風化、侵蝕和塊體下坡作用,後者包括岩漿活動和地殼變動。這些內營力在地表的表現就是火山爆發、板塊運動、造山運動、造陸運動等。它們代表了物質、能量和作用三者構成的循環體系。

地景保育探討地形、地質景觀的特性,提供環境管理、開發管理、環境影響評估時的參考。保育有價值的地景,可協助我們合理地管理地景資源。地形與地質景觀易受到人為破壞而消失,例如野柳的蕈狀岩與高雄烏山頂的泥火山,如果不適度地維護管理,很可能下一代子孫將無法看到這些美麗的地景。

(十三) 人與生物圈

地球上的生物與其生存的環境,共同構成生物圈。這個範圍包括水域、大氣底層及部分地殼表層組成的區域。也就是說,地球表面的陸地、水中及空中,都有生物生存。例如在七千公尺以上的高空,空氣稀薄、溫度低,也有鳥類飛翔;在更高的高空中,約一萬公尺高處,科學家也曾收集到細菌;在海溝深處也有生物生存。所以在海平面以上和以下各約一萬公尺的地方,都有生物生存。

1992 年 6 月在巴西里約熱內盧舉行的世界高峰會之後,174 個國家簽署了「生物多樣性公約」(The Convention on Biological Diversity)。這是保護生物多樣性的國際公約。它的制訂與生效被視為全球生物多樣性保育的新里程碑。這個公約有下列三個主要目標:

1. 保護生物多樣性。包括保護遺傳、物種與生態系統的多樣化與變異性;
2. 生物多樣性的永續利用;
3. 需要公正與適宜分享利用遺傳資源的益處。

為什麼要關注「生物多樣性保護」的議題呢?因為「生物多樣性」的危機主要是由人類對環境的壓力引起的,造成許多物種的滅絕。這樣的情形持續下去,不久的將來,將危害到人類身上。

當今物種和生態系統受到的威脅是有文字記載歷史以來最大的。這些威脅,實質上,是因為人類對於生物資源的不當利用及管理而引起。人類活動正在破壞歷經數千萬、數億年演化而來的生物群落。很多生態系統的改變都直接與人類活動相關,例如過度捕獵、棲地破壞、棲地破碎化與外來種生物對於本地種生物的衝擊等等,都造成許多物種的族群數量急

遽下降，且有許多物種已瀕危。地球上的物種仍然持續受到龐大、快速滅絕的壓力。

(十四) 國際環境保護公約及重大事件

1972 年，聯合國「人類環境會議」(UN Conference on Human Environment)將工業化與開發中國家集合起來，思索人與自然環境之間的權益關係，這是國際社會首次企圖針對環境問題給予國際性規範。

1990 年初，聯合國設立環境與發展會議 (UN Conference On Environment and Development，簡稱 UNCED)，負責協調及籌備 1992 年的地球高峰會，1992 年 6 月在巴西里約召開地球高峰會議，發表里約宣言，簽署氣候變化綱要公約與生物多樣化公約，並提出森林原則及二十一世紀議程。這個會議希望能謀求各國對環境及發展有著共同的願景與觀點，從全球整體人類的利益擬定發展目標。這些重大的國際環境保護公約與事件，代表著人類對環境的關注，也代表著環境問題已經到了必須謀求地球各個國家共同解決的臨界點。

(十五) 突變說、均變說與蓋婭假說

地球系統科學探討的問題中包括了全球變遷。全球變遷是以突變的方式進行呢？還是會以均變的方式進行？在地質學的發展史中，這種辯論一直存在。本節探討地球系統變遷的上述思考。

(十六) 總結：科學發展與自然環境思想

科學發展史記錄了人類認識環境的變遷。伴隨著的是文明史和物質文明發達的歷程。科學家怎麼看待大自然呢？他們眼中的地球系統是什麼樣的呢？從哲學層面，又是怎麼看待自然環境呢？在這個單元中，希望能做一個總結，談人類在科學發展過程中留下的歷

史，並從自然環境思想來看待人類與環境之間的互動與關係。

四、小結

本課程作為地球系統科學學程的基礎課程，可以提供學生在剛進入本學程時重要的基礎觀念與對於地球系統科學的瞭解與認識，作為儲備學生面對永續發展課題的重要知識基礎。

本課程規劃是以作為地球系統科學的基礎課程為目標，因此在課程內容規劃與設計上，期待能啟發學生對於近二、三十年發展的新學科：「地球系統科學」有一全面性的瞭解。並透過本課程，讓學生能清楚地瞭解傳統地球科學與近二十年來新發展的地球系統科學的差異，並能經由認識地球系統科學的基礎概念，能對人與地球、人與環境之間的關係有更深一層的認識。此外，人類歷史深深受到環境變遷的影響，以此作為鮮活的例證，可強調人與環境之間密不可分的關係。

因此，本課程引導學生瞭解宇宙生成與地球之間的關係，強調地球系統的特性，接著介紹地球的環境與資源，並開始引入人類與地球之間的互動關係。地球是人類生存的空間，而人類在擷取天然資源、維持生命的過程中，創造了文明的發展與衰亡。歷史地理闡述了人與環境之間的互動關係，點出全球性的環境問題何在。最後，分別介紹人與大氣圈、水圈、地圈與生物圈之間的互動關係；並回顧科學發展史與科學家的自然思想。

「永續發展」是台灣邁向未來更美、更好的國民生活必須正視的課題，它牽涉到人們對於環境、生態、社會、政治、經濟等各個不同面向的關注與瞭解。教育是提昇人們對於「永續發展」概念認識最佳的方式，透過「人與環境」這門課程，期待讓學生對於地球的自然規

律有基礎的概念與認識,並且具有「環境哲學」與「自然思想」的入門概念,瞭解人與環境之間的關係。具有這樣的基礎觀念之後,對於人們採取何種行動增進環境資源的永續利用,將有很大的幫助。

重要網站 (Useful Web Sites) :

國外 :

Earth system Science Education (ESSE):
<http://www.usra.edu/esse>

Columbia University Biosphere 2:
<http://www.bio2.edu>

Columbia Earth Institute:
<http://www.earth.columbia.edu>

NASA: <http://www.nasa.gov>

NASA Earth Science Enterprise:
<http://www.earth.nes.gov>

NASA Education Programs:
<http://www.education.nasa.gov>

地球系統教育聯盟 :
<http://www.cet.edu/essea>

數位地球網站 : <http://www.digitalearth.gov>

地球系統科學教育網站 :
<http://www.esse.ou.edu>

USRA 的地球系統科學教育網站 :
<http://lists.usra.edu/mailman/listinfo/esse>

美國華盛頓大學整合流域模式 :
<http://www.prism.washington.edu>

國內 :

行政院環境保護署 : <http://www.epa.gov.tw>

防災國家科技計畫 :
<http://www.naphm.ntu.edu.tw>

中央大學太空科學暨遙測中心 :

<http://www.scrsr.ncu.edu.tw>

師範大學地球科學系 :
<http://www.geos.ntnu.edu.tw>

師範大學環境教育研究所 :
<http://www.gill.ntnu.edu.tw>

成功大學地球科學系 :
<http://www.ncku.edu.tw/nearth/chinese/cearth.html>

台灣大學全球變遷中心 :
<http://www.gcc.ntu.edu.tw>

參考文獻

王道還、廖月娟譯, 1998。槍砲、病菌、鋼鐵：人類社會的命運，台北：時報。（原著 Diamond, J., 1997）。

田中裕間著，包國光譯，2001。懷特海有機哲學，河北教育出版社。

朱訓等編著，1999。地球科學與可持續發展，北京：中國科學技術出版社。

李奧波原著、吳美貞譯，1998。沙郡年紀，台北：天下文化。

沈清松，1984。解除世界的魔咒——科技對文化的衝擊與展望，商務印書館。

於幼華主編，王俊秀等著，1998。環境與人——自然環境篇，遠流出版公司。

於幼華主編，王俊秀等著，1998。環境與人——環境保護篇，遠流出版公司。

林俊義，1994。科技文明與反省，帕米爾文叢。

金恆鑣，1994。蓋婭：大地之母，台北：天下文化。（原著 1979，1987）。

海森堡著，劉君燦譯，1987。物理學家與自然觀，牛頓出版社。

袁中新全編，2000。環境倫理與科學，巨流。

國際自然保育聯盟 (IUCN)、內政部營建署譯印，1980。世界保育方案。

- 許晃雄、魏國彥，1997。全球環境變遷概論，教育部、臺灣大學全球變遷中心印行。
- 華思文、許強編著，2002。地球系統科學，科學出版社：北京。
- 楊向奎，1996。自然哲學與道德哲學，濟南出版社。
- Archer, A. A., G. W. Lutting, and I. I. Suezko, ed. 1987. Man's Dependence on the Earth: The role of the geosciences in the environment, UNEP and UNESCO.
- Brown, L. R. 1996. The Trends That Are Shaping Our Future, The World Watch Institute. (張靜文、溫蒂雅譯，1996。生命徵象：全球環境趨勢報告，商周文化。)
- Brown, L. R. 1997. State of the World 1997, The World Watch Institute. (胡美岑、沈麗卿譯，1997。世界徵象：全球生態環境調查報告，商周出版)
- Goudie, A., 3rd ed. 1990. The Human Impact: on the Natural Environment. The MIT Press.
- NASA. 1988. Earth System Science: A Closer View.
- Rogers, J. J. W. and P.G. Feiss. 1998. People and the Earth, Cambridge University Press.
- Simmons, I.G., 2nd ed. 1996. Changing the Face of the Earth: Culture, Environment, History, Blackwell.
- UN. 1987. Our Common Future, Oxford University Press.
- Wilkia, L. A. 1981. Civilization through Tools: Education Exhibit at the Museum of Science and Industry, Field Museum: Chicago Illinois.
- Wright, L. A. 1993. Environmental System and Human Impact, Cambridge University Press.

