



通 識 教 育

全球暖化及氣候變遷 對於生存環境之影響

助理教授 李文龍、教授 蔡震寰、助理教授 丁建太
林俊成、洪丞輝、助教 王進源

提 要

近年來氣候型災害的強度和頻率遽增，乃是因為溫室氣體使地球逸散至太空的能量減少，而導致全球暖化。全球暖化又在地球的氣候中造成壓力，更進一步導致氣候的變遷。然而，在大氣中溫室氣體的含量以二氧化碳為最大量，所以對氣候變遷的影響也最大。本文將探討全球暖化及氣候變遷對於生活環境的影響及衝擊。

壹、前言

人類最早關心氣候是為了了解它怎樣作用於人，影響人的情緒和身體健康。直至十九世紀末，用純物理方法研究氣候逐漸成為主流，這門科學開始為社會所用。人們藉助氣候學提供的氣候平均值圖表以及極端氣候的性質、類別和發生頻率來制定計劃。直至今日，研究氣候對生態和社會系統的影響被認為更為重要的一個議題。如今的氣候研究者往往不再與世隔絕，反而成為了宣傳家，為生動地描繪出未來的圖景，指出未來人類和社會的生存狀態將岌岌可危，以之警醒世人。【註1】

最近這幾年陸續出現高溫破表、熱浪與颱風的頻率及強度增強、劇烈降水以及

註1 尼科·斯特爾(Nico Stehr) 漢斯·馮·斯多赫(Hans Von Storch) 著;李理譯, 2005, 氣候、天氣與人類:天氣和我們的生活, 晨新出版有限公司。



乾旱地區增加。此等氣候異常的現象影響著人類的生活，並且造成生命、財產及經濟的損失。現代的科學認為這幾年的極端氣候跟地球暖化所造成的氣候變遷絕對有關。

氣候變遷不是單一科學而是一門跨領域科學，並且會影響到生活在地球上的每一個生命，然而這個議題不是少數科學家去研究、執行就可以解決的問題。為了保護地球的環境及所有物種的生存空間，每個人都需要了解全球氣候變遷的原因及影響，尤其是國家的重大決策及建設規劃時都要將其列入重要的考慮因素。

「我絕不會讓你們這一代和未來的世代，生活在一個已無可救藥的受詛星球！」，這是美國總統歐巴馬於2013年6月25日在喬治城大學「氣候變遷」的露天論壇中提出「未來的能源安全戰略」。他表示，作為全球最大經濟體和第二大碳排放國，美國未來將秉持著經濟增長與地球保育兼顧的原則，採用更多節能方針，減少汙染能源、轉向綠能經濟、提升硬體抗災能力，並領導國際間這場對抗氣候變遷的戰鬥。【註2】

世界氣象組織秘書長賈侯 (Michel Jarraud) 發布年度氣候報告時說：「2013年許多極端事件與我們預期是人類引發的氣候變遷結果相符，我們觀察到降雨量變多、高溫加劇、風暴增加造成更嚴重損害以及海平面上升導致沿岸地區淹水，海燕颱風重創菲律賓就是明證」。世界氣象組織也提到澳洲去年氣溫升破新高紀錄指出，如果人類沒有排放溫室氣體，這種狀況「幾乎不可能發生」。【註3】

氣候變遷是全球暖化引起的現象。地球歷史上出現許多次暖化與冷卻的自然週期循環，「智人」的興起便可歸因於一萬一千多年前最後一次冰河期的結束。然而科學家擔心的是「人為全球暖化」：人類將數十億年來埋藏在地底下、含碳量豐富的礦石提煉出來並燃燒使用，每年排放出數十億公噸的二氧化碳。二氧化碳(CO₂)是「溫室氣體」的其中一種，它將太陽的熱能包覆在大氣層中，讓熱量無法散逸至外太空。因此地表溫度趨於暖化，破壞了地球微妙的氣候系統，導致全球氣候的變遷，讓極端氣候發生的頻率及強度增加。【註4】

貳、全球暖化形成之原因及對有機生物之影響

一、溫室效應：

從太陽傳遞到地球的能量當中，大約30%被雲等物質反射回太空，其餘約

註2 資料來源:台灣醒報,網址: <http://tw.news.yahoo.com/歐巴馬-對付暖化-必需採取行動-030200369.html>

註3 資料來源:法新社,網址: <http://tw.news.yahoo.com/報告-天災與人為氣候變遷結果相符-133503884.html>

註4 資料來源:大紀元/科技新聞,網址: <http://www.epochtimes.com/b5/5/7/5/n975597.htm>

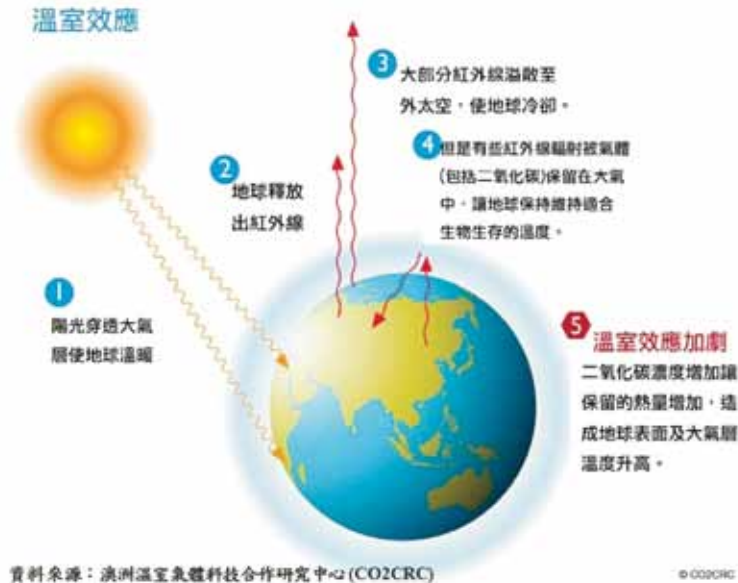


圖1. 溫室效應。【註5】

70%順利到達大氣層及地面。地球吸取太陽能後則以紅外線方式將能量輻射出去，其中大部分的能量輻射到宇宙中，但有部分則被大氣中的溫室氣體所吸收，因而造成地球暖化，這就是所謂的溫室效應。大氣中可吸收地球釋放出之紅外線輻射的氣體，稱為溫室氣體。當此種氣體濃度增加，會降低地球向太空釋放紅外線的輻射率，減少能量逸散至太空，所累積的能量促使低層大氣和地表溫度升高，如圖1所示。【註5】由於累積的能量被滯留在地球內，導致大氣的溫度上升，使大氣中能容納更多的水蒸氣。造成颱風的威力加大、夏天屢創高溫、熱浪更加頻繁，而乾季和雨季的強度和頻率也將改變，造成更多乾旱與洪災。

常見的溫室氣體種類包括有：二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亞氮(N₂O)、氫氟碳化物(HFCs)、六氟化硫(SF₆)、水蒸氣(H₂O)及臭氧(O₃)等。以上所提之中的二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、氫氟碳化物、六氟化硫等六種氣體皆為京都議定書列入減量管制的對象。【註6】溫室氣體中因為二氧化碳在大氣中的含量較多，所以佔全球升溫貢獻的百分比約為55%。【註7】

二、有機生物與二氧化碳之關係：

註5 資料來源：澳洲溫室氣體科技合作研究中心及行政院環境保護署，網址：<http://ccs.gov2.tw/node/5>

註6 張泉湧著，2011，全球氣候變遷-危機與轉機，五南圖書出版股份有限公司。

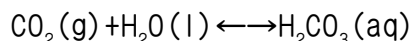
註7 資料來源：環境資訊中心，網址：<http://e-info.org.tw/column/eccpda/2004/ec04052501.htm>



在廣闊的太陽系中，只有地球上才有各種的植物和動物在繁盛地生長著。地球是太陽系中唯一有生命的行星，這基本上是確切無疑的。在地球軌道內側旋轉著的金星（九大行星中，與地球最近的行星），平均氣溫高達470°C，這的確是一個灼熱的世界，在金屬鉛皆可熔化的溫度下，實在不是像地球這樣動植物可以生存的環境。而在地球軌道外側的火星，平均氣溫為-40°C。與金星相反，它出乎意料地寒冷。由於水全都結成冰，人類當然不能生存，其他生物也不可能生存下去。圍繞地球旋轉的月球，在朝向太陽的一面，溫度為120°C，而背向太陽的一面則為-120°C，存在著驚人的溫度差。當然，在月球表面的任何地方都看不到生命體的影子。在太陽系中，只有我們所居住的地球，才有適於生物活動的溫度，這要歸功於溫室效應作用恰到好處。然而，二氧化碳等溫室氣體的濃度，如果更多一些或者更少一些的話，則地球氣候就會變得完全不同。【註8】

實際上，溫室效應在地球以外的其他行星上也可以看到。金星和火星有時又稱為“地球型行星”，這類行星和地球一樣，其大氣中也含有溫室氣體。火星上的大氣壓約為地球大氣壓的百分之一，但是其主要的大氣成分是二氧化碳。而金星的大氣壓約為地球的90倍，而且大部分氣體是二氧化碳，溫室效應的劇烈程度是地球無法比擬的。因此，金星非常之熱，氣溫高達470°C。【註8】

地球初期時被稱為岩漿海洋，整個地球處於岩漿模樣的熔融狀態。那時候，由於其大氣中大量的二氧化碳和水蒸氣，所以導致地球曾經與金星有類似失控的溫室效應狀態。但是，地球並沒有變成像金星的情況；因為，當水蒸氣超過其臨界狀態後，它就變成液態水（雨）而降落到地面上，於是逐漸形成海洋，而後大氣中的二氧化碳溶解於水中，其反應式如下：



慢慢的地球開始降溫，漸漸的開始產生原始的有機生物體（如藍綠藻、珊瑚等海洋生物），這些有機生物體開始吸收大氣中的二氧化碳，並將二氧化碳合成形成石灰質骨骼，然後在海底堆積起來，即成為石灰岩。目前地球上存在的無數石灰岩，都是這樣形成的。正是由於海洋中微小生物的這種不停的作用下，大氣中的二氧化碳才逐漸降低，讓地球成為唯一在太陽系中具有有機生命的行星。但實際上，如果將地球上石灰岩中的碳轉變成二氧化碳的話，其量將無比龐大。假若沒有海洋和生物作用的話，那麼即使到現在，也將有數量驚人

註8 田中正著；石廣玉、李昌明譯，1995，地球在變暖，明文書局股份有限公司。



的二氧化碳殘留在地球大氣中。【註8】

近幾年來，大氣中二氧化碳濃度突破新高，新的科學研究發現，氣候變遷可能對上萬種物種產生毀滅性的影響，常見、珍稀或瀕危物種都難逃一劫。科學家預測，本世紀內可能有1/3的常見陸上動物因氣候變遷而大幅減少。氣候變遷造成的棲息地變化可能危害超過一半的植物物種。生態系統崩壞將會對農業、空氣品質、乾淨水源和旅遊業造成經濟上的衝擊。科學家警告，若再不有效減少溫室氣體排放，2100年全球平均氣溫將比工業化前還要高攝氏4度以上，屆時將對上萬種物種產生毀滅性的影響，常見、珍稀和瀕危物種都難逃一劫。據估計，全世界57%的植物和34%的動物將會失去超過一半的棲息地。【註9】

參、全球暖化及氣候變遷會對生存環境的影響

全球暖化及氣候變遷會造成疾病的影響、糧食產量改變、環境品質的影響、生態系統的影響、航空安全之衝擊。接下來將針對這些項目探討全球暖化及氣候變遷如何影響我們的生存環境。

一、全球暖化及氣候變遷對疾病的影響：由於氣候變遷導致環境溫度逐漸升高，可能會刺激微生物、細菌及病毒的生長和繁殖，使得微生物的數量和過敏原的濃度增加，而病原體也可能出現突變種情形，造成許多傳染病或非傳病的流行。

【註10】

（一）蟲媒傳染疾病：

溫度及水源對蚊蟲的生長和蟲媒傳染疾病都是重要的因素，尤其是對傳播瘧疾、登革熱等疾病之病媒蚊。這些傳染疾病的病媒蚊需要水源來產卵、孵化、發育，而成蚊的生存也需要足夠的濕度。較溫暖的天氣能促使病媒蚊提早孵化，並且縮短在病媒體內病原成熟的時間。蟲媒傳染疾病的發生需具備以下幾個條件，(1)需具有病媒、中間宿主和宿主的存在；(2)需有適合病媒蚊生長的環境狀況(包括溫度和濕度)；(3)人口族群的反應性及病媒對宿主的叮咬率。全球暖化對病媒蟲發育繁殖的影響，包括加速病媒蟲的生長發育並縮短生長發育的時間、縮減病媒蛻皮次數及蟲齡、縮短病媒冬眠期、病媒分布改變、縮短吸血間隔並增加吸血次數與頻率，以及增加病原體和病媒之活性等。【註10】

註9 資料來源：環境資訊中心，網址：<http://e-info.org.tw/node/85849>

註10 王京明等著，陳泰然、包宗和主編，2010，全球風險環境的形構-氣候變遷對台灣總體安全的衝擊，財團法人兩岸交流遠景基金會。



瘧疾是經由病媒蚊傳染的疾病，每年有約2億2千萬人感染。英國和美國學者合作的一項研究發現，年均溫較高時，瘧疾便往高海拔處蔓延，年均溫較低時便退回低海拔處。學者們認為這是瘧疾和氣候變遷有關的確切證據。南美和非洲研究首次發現確切證據，年均溫較高時，瘧疾便往高海拔處蔓延。研究中指出，若不增加疾病監控和管制力道，未來全球暖化可能導致非洲和南美洲人口稠密地區瘧疾病例增加。密西根大學蒐集並分析1990年到2005年間哥倫比亞西部，以及1990年到2005年衣索比亞中部安蒂奧基亞省的瘧疾病例記錄。排除蚊蟲控制計畫、抗瘧疾藥物和降雨量波動等其他影響瘧疾病例數的因素，研究發現在氣候溫暖的年度，瘧疾病例發生海拔高度的中位數就增加，氣候較冷的年度則降低，這個結果「非常清楚，除了溫度沒有其他解釋」。^{【註11】}

全球暖化不但導致氣候變遷，也可能改變瘧疾的流行區域。美國密西根大學發現，原本在低海拔生存的瘧疾病媒蚊，因為平均溫度逐漸上升，變成可以到中高海拔的地區生存，如此一來，就會擴大疾病風險區域，而民眾受到瘧疾侵犯的危機也會跟著增加。而根據世界衛生組織統計，2012年大約有207萬人感染瘧疾、63萬人死亡，絕大多數死亡的都是非洲兒童，每年都必須消耗大量資源防範，來避免疫情擴散，不過現在全球平均氣溫都在上升，也讓病媒蚊的生存空間擴張，代表未來將會有更多人受到瘧疾侵襲。^{【註12】}

- (二) 水媒傳染疾病：而在水媒傳染疾病方面，人類可能因為接觸受污染的飲用水、日常用水而遭受感染疾病，而污染的原因可能是因為人類活動所排放之污染物經由氣候變遷導致暴雨而引起。全球暖化所導致的暴雨頻率增加會影響傳染性病媒的傳播，溫度高低也影響病媒的生長及存活率。例如：腹瀉疾病有季節性變化，熱帶地區的腹瀉常在夏日雨季時達到高峰，而水災和乾旱皆會影響環境衛生狀態，增加腸胃道疾病的盛行率，主要原因為全球暖化所導致的豪大雨、日常用水水源遭受污染及缺乏潔淨之飲水所導致。^{【註10】}
- (三) 過敏性疾病：在臺灣地區每三名孩童中就有一名患有過敏性疾病(如氣喘、過敏性鼻炎和異位性濕疹等)，其中罹患氣喘病的比率更是逐年上升。臨床研究顯示，室內的塵 及真菌是最常見的過敏原，氣喘個案中有90%以上對塵 抗原過敏，另外有45%的氣喘孩童對真菌過敏。全球暖化可能會影響室內塵 和真菌的生長，以及花粉之散布，進而導致過敏性疾病的發生。塵 適合在

註11 資料來源：環境資訊中心，網址：<http://e-info.org.tw/node/97932>



高溫且潮濕的環境下生長。由於臺灣地區為高溫又高濕的環境，因此室內塵抗原的濃度極高，並且會隨著季節的變化，因此會受到氣候變遷的影響而導致致氣喘患者增加。【註10】

二、全球暖化及氣候變遷對糧食的影響：

(一) 農業的影響：

氣候變遷也可能會導致糧食短缺、農作物生長不良、食物污染等問題。由於自然環境中的微生物、真菌和昆蟲會因為溫度升高而增加其繁殖率，因此在全球暖化時往往會造成農作物病蟲害的增加，這種氣候變遷的影響在開發中國家將更為嚴重，也較容易因氣候改變而受饑餓之苦。國外研究顯示，全球暖化可能導致嚴重的糧食短缺，甚至出現饑荒問題。【註10】

農業的發展與氣候有很大的關係，合適的氣候條件可以獲得良好的收成，而颱風、洪水及乾旱則會危害農作物的收成。臺灣地區農業在颱風季節常因強風豪雨造成水稻倒伏、果樹落果、農作物浸水腐爛而導致重大的農業經濟損失，所以台灣的農業跟颱風發生的頻率與強度息息相關。【註10】美國勞倫斯利佛摩國家實驗室氣候學家桑德(Ben Santer)發表一項研究，將熱帶大西洋與太平洋的暖化歸因於人為溫室氣體的增加。初步估計指出，1970年起，全球暖化導致海溫增加了0.6℃，雖然這樣的海溫增加幅度似乎很小，但是卻增加颱風(或颶風)的強度，就像卡崔娜颶風經過墨西哥灣流的時候，海溫只要上升1℃，就能讓颶風的強度整整增加一個等級。熱帶氣旋活動受海溫影響非常大，因此我們能夠推論：全球暖化讓颱風(或颶風)更加強烈。

【註13】然而強度更大、更加頻繁的颱風將會造成臺灣地區農業損失更大。

在全球暖化的影響下，因為氣溫增高可能使得病蟲害及颱風的增加，進而影響到農業產量。因為全球暖化造成海平面上升、地層下陷等結果，將使農業耕地面積縮減，未來可能會面臨糧食短缺、價格高漲的情形。

(二) 漁業的影響：漁業的發展與氣候也有很大的關係。當全球暖化造成的海平面上升現象，可能會破壞海底珊瑚礁及河口之棲息地，使漁獲量減少。而養殖業者受氣候之影響更巨，例如：往年日本九州的博多灣秋冬季節盛產的牡蠣，卻在2007年出現大量牡蠣死亡。經過調查，2007年冬天博多灣的水溫異常的高，平均約攝氏25.4℃，比往年高出2℃，就是這兩度，讓海洋生態改

註12 資料來源：城市廣播，網址：<http://www.城市廣播網.tw/2008/ppgm/pgminfo.php?pid=10747&cid=19&bgcol=>

註13 資料來源：科學人雜誌，網址：<http://sa.ylib.com/MagCont.aspx?Unit=featurearticles&id=1056>



變，且造成當地漁業巨大的經濟損失。博多灣異常的水溫讓牡蠣大量死亡，而且溫暖水溫吸引大量熱帶魚類，更剝奪了原物種的生機。全球暖化造成海平面溫度上升，影響海洋生態系統，導致漁業的重大損失。【註14】

三、全球暖化及氣候變遷對環境品質的影響：

(一) 水資源的影響：

氣候變遷可能對水資源及水質有巨大的影響。水溫上升將提升小型無脊椎動物和微生物的代謝比率，增加厭氧分解的潛能，導致水質惡化之現象。降水強度的增加雖可提高河川流量，但也將導致河川底泥中營養物、殺蟲劑及其他污染物的擾動現象。氣候變遷導致河川流量的大幅變化，在河川流量降低時將導致河川涵容能力(Assimilative Capacity)的減少，使得更難達到現有的水質標準。【註10】

全球暖化引起的海平面上升作用，以及大量抽用地下水的海岸地區容易出現地層下陷現象，因此沿海地區的水源往往會受到海水的入侵而出現鹽化情形，造成淡水匱乏之虞。由於臺灣為一海島，加以西南沿海及屏東地區養殖業抽取地下水之情形極為普遍，沿海地區地下水已出現鹽化之現象，未來必須特別注意海岸區域淡水資源鹽化問題及避免地層繼續下陷。【註10】

(二) 空氣品質的影響：氣候也是影響空氣品質的一個關鍵因素。地表空氣污染物的濃度極易受到氣溫、濕度、風力/風向和降雨等氣象條件的影響而有所改變。【註10】全球暖化也會造成空氣污染物排放濃度的改變。這些排放濃度改變的例子：包括夏季用電量隨著空調使用的頻率增加而增加。然而在潔淨能源技術還未有重大突破之前，人類的主要能源還是使用化石燃料。燃燒石化燃料除了會產生大量的二氧化碳而導致全球暖化加劇之外，還會產生的污染物包括硫與氮之氧化物和微粒等，對空氣品質有相當的影響，且二氧化硫在大氣中會氧化成三氧化硫，而溶於雲層中的水汽，形成足以殺死植物或毀損建築物等之所謂的酸雨。【註15】

四、全球暖化及氣候變遷對生態系統的改變：生態系統內的生物多樣性與其物理環境間複雜的交互作用關係，使生態系統與氣候變化間彼此互相影響。當氣候變遷發生將導致乾淨空氣及充足用水的供應受到影響時，會直接干擾生態系內不同生物相的生存及穩定；當氣候異常導致環境發生變化時，也會直接或間接地

註14 資料來源：環境資訊中心，網址：<http://e-info.org.tw/node/28777>

註15 資料來源：經濟部能源局，網址：<http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=200202&Page=31>



影響生態系統內食物鏈的穩定。當生態系統受到氣候及環境變遷的影響而發生變化時，可觀察到的變化包括動物的異常遷徙、植物開花季節的改變、寒帶地區河川的提早解凍、農業生產力的改變，以及一些天然災害(如颱風、洪水、乾旱等)發生頻率及強度的改變。同樣地，生物及人類的活動所造成的空氣、水污染及地形地貌改變，也會直接或間接地影響大氣組成與氣候狀況，導致生態系統的改變。隨著生存環境的變化，某些類型生物的棲息地將消失，而另一種類型生物的棲息地則可能擴大，不同生物體的生存環境因而發生巨大的變化。在生態系統發生變化時，稀有和瀕臨絕種的物種受到棲息地改變的壓力更大，而非原生物種則可能因氣候變遷而獲益。此將加速生物多樣性的消失。【註10】

五、全球暖化及氣候變遷對航空安全之衝擊：航空業的蓬勃發展讓世界彷彿是地球村，而飛機為目前往返各國之間最常用的交通工具。然而，每當飛機發生空難造成的傷亡往往都是巨大的，所以飛機飛行在大氣中氣流的穩定性將是一個重要因素。英國瑞丁大學與東英吉利大學研究發現，當地球暖化，晴空亂流強度也會增加，預計2050年時，北大西洋上空亂流強度將增強一成到四成，該地區出現亂流頻率，也會增加40%到1.7倍之多，估計每天受影響的班機約600架次，主要是往返歐洲及北美地區的乘客。接著利用電腦模擬計算，發現每年12月至2月是亂流較頻繁月份。研究者威蘭斯表示：如果飛機使用原本航道，我們發現只要氣候變暖，同樣航道的班機在飛行時將更加顛簸。亂流不只影響班機上的乘客服務，每年也造成數百名機組員受傷意外，更使班機延誤或機體受損，損失約1.5億美金(約台幣45億元)。【註16】

肆、結論

全球暖化及氣候變遷對於生存環境中的疾病、糧食、水資源、空氣品質、生態系統及航空安全等影響甚鉅。然而，想要解決全球暖化及氣候變遷產生的這些問題，就必須解決造成全球暖化及氣候變遷的溫室氣體，而大氣中溫室氣體含量最多的為二氧化碳，所以二氧化碳是影響生存環境的重要因素。為了讓未來有良好的生存環境，每個人都需要從節能省碳開始做起。

註16 資料來源：台灣醒報，網址：http://easy.sina.com.tw/news/article_news1747384.html



作者簡介

助理教授 李文龍

學歷：國立雲林科技大學化學工程與材料工程博士。經歷：國立雲林科技大學通識教育中心兼任講師。現職：空軍官校通識教育中心數理組上尉助理教授。

教授 蔡震寰

學歷：陸軍後勤學校35期、中正理工學院應用物理工程系所博士。經歷：空軍官校通識教育中心數理組助理教授、組主任。現職：空軍官校通識教育中心數理組上校教授。

助理教授 丁建太

學歷：空軍官校75期、國防大學中正理工學院兵器系統工程碩士。經歷：飛修官、電戰官、模擬機教官、區隊長、教育行政官、講師。現職：空軍官校通識教育中心數理組中校助理教授。

助理教授 林俊成

學歷：空軍官校85期、國立高雄師範大學物理系碩士。經歷：電子官、區隊長、講師。現職：空軍官校通識教育中心數理組少校助理教授。

助理教授 洪丞輝

學歷：國立中山大學應用數學所博士。經歷：國立海洋科技大學基礎教育中心兼任講師。現職：空軍官校通識教育中心數理組中尉助理教授。

助教 王進源

學歷：空軍航空技術學院技勤士官班85年班。經歷：士官長正規班92年班、AT-3機修護士、補給紀錄士。現職：空軍官校通識教育中心數理組助教。