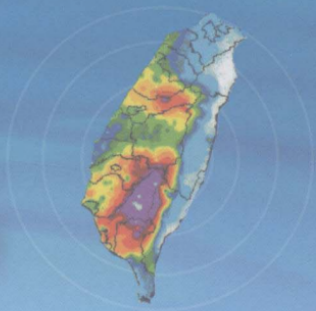


國立臺灣大學
新百家學堂講座 ②

氣候變遷

對臺灣總體安全之衝擊



主持人：陳泰然

主講人：陳泰然・葉俊榮・李清勝・紀水上・黃金山・吳約西・盧虎生・蕭代基
梁啟源・王運銘・王根樹・蕭慧娟・李培芬・湯曉虞・陳勁甫・胡瑞舟・童慶斌
陳亮全・許晃雄・郭翊玉・蔡長泰・陳聰富・劉宗勇・包宗和・蘇起

國立臺灣大學新百家學堂講座 ㉔

氣候變遷對臺灣總體安全之衝擊

主 編：柯慶明

總 監：項潔

執行編輯：王茹萊

助理編輯：黃心怡、王慧婷、徐薇雅

美術編輯：陳思辰

發行人：李嗣涔

發行所：國立臺灣大學

出版者：國立臺灣大學出版中心

法律顧問：賴文智律師

印 製：辰皓國際出版製作有限公司

出版年月：2012年8月

版 次：初版

定 價：新臺幣3600元(家用版)

新臺幣8000元(公播版)

展售處：10617 臺北市大安區羅斯福路四段1號

電 話：+886-2-2365-9286

傳 真：+886-2-2363-6905

水源校區：10087 臺北市中正區思源街18號(澄思樓)

電 話：+886-2-3366-3991~3

傳 真：+886-2-3366-9986

e-mail: ntuprs@ntu.edu.tw

<http://www.press.ntu.edu.tw>

國家網路書店

國家書店松江門市

臺北市10485松江路209號一樓

電話：(02) 2518-0207

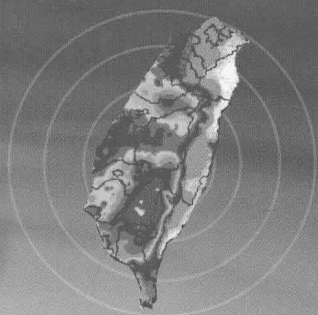
網址：<http://www.govbooks.com.tw>

GPN：4510101710

著作權所有・翻印必究

氣候變遷

對臺灣總體安全之衝擊



主持人：陳泰然

主講人：陳泰然・葉俊榮・李清勝・紀水上・黃金山・吳約西・盧虎生・蕭代基
梁啟源・王運銘・王根樹・蕭慧娟・李培芬・湯曉虞・陳勁甫・胡瑞舟・童慶斌
陳亮全・許晃雄・郭翊玉・蔡長泰・陳聰富・劉宗勇・包宗和・蘇起

新百家學堂



臺大出版中心
NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY PRESS

「臺大新百家學堂」的緣起與宗旨

臺大新百家學堂執行長 柯慶明

進入廿一世紀，迎接世界的並不是千禧盛景，反而是氣候異常，環境破壞，天災頻傳；國際社會上，雖然冷戰結束，但文明衝突愈烈，政治在日益多元中，亦因政出多方，在合縱連橫裡，益發陷入机陞；經貿則在全球化之餘，更因市場相連，金融流通秒速，牽扯推絆，危機重重，竟達「海嘯」規模；加以糧食、用水、能源及各種物產的失衡與短缺；人類的集體命運可謂已至存亡續絕關頭。有識之士不能不引以為憂，而必須共相激勉，殫精竭智，圖謀長策。

當此變局，知識不能只以專深為自足；關懷亦不能僅以眼前而自限。尤其民智漸開，所有因應之道，不能不求取社會共識，方能有效推行。因而敦請飽學深思之士，以其精深專業知識為基礎，共同研議文明的真正意義，探討當今人類所遭逢的共同危機，不論在遵循的價值規範或採行的具體措施，都應有所闡發，有所建言。是以臺大李嗣汾校長在教育部的一次會議中，提出利用當今網路之足以傳輸影音多媒體資訊而又全球同步無遠弗屆的特點，於正式的學科學制之外，籌設足以分享知識與凝聚智慧的「新百家學堂」之構想，立即獲得與會者之贊同；終於有「臺大新百家學堂」之設立。

設立之初，以其兼具體制內外，加以庶務冗雜，恐非一般飽受研究、教學等評鑑壓力之專職教員所能額外負擔，適逢本人屆齡退休，且曾擔任過與此相關之各項行政工作，因而委以「臺大新百家學堂」執行長職責。幾度向李校長請益，終於決定「新百家學堂」之演講，應先行在校內公開實施，若有主題相關者則邀請主持教授，開設為全校之通識課程，未後製前先列臺大開放課程網，加字幕剪輯後製完成，除繼續掛網上，亦將製成 DVD，出版紙本專書。專場之演講，雖未出以課程型態，亦將集合於適當名目下，掛於網上，製成 DVD，出版紙本選集。

學堂講論重點，則暫定：一為研議文明真諦，以「價值」體系之分疏融會為省思重點；一為歸納尖端科學新知，形成世界更為精細周密之新圖象，以益發精確的認知，作為眾人思維的基礎；一為探索當今人類危機，以掌握癥結，提出有效「因應」之擬議為其要務。前兩者為人文與世界之「體」的立本；後者則為經世以致治之「用」的踐行，略近先賢所謂：「通經致用」之意；或西哲所謂：「目的理性」、「認知理性」與「工具理性」之交相為用。

但是不論是「目的理性」、「認知理性」或「工具理性」之闡發，或者社會各種領域之實踐，人文美藝之創造，終究都與研發創制者或經營領導者之人格與獻身息息相關，因而孟子所謂：「友天下之善士」與「尚友古人」正是我們薰習文化，提昇精神，攜手齊登文明發皇之世界的關鍵。文天祥生於末滅亂世遂有「哲人日已遠，典型在夙昔」之嚮往，雖合「尚友古人」之意，其實未達「友天下之善士」之要義。當今眾途並進，學術文化甚至社會實踐亦分科日益細密，我們不虞未見濟濟之多士，反而是因資訊爆炸，學識壁立淵隔，而多少才德卓異或貢獻深遠之人士，他們的獨具之睿見與偉大之人格，往往受囿於專業之一域，終於未能充分發揮他們令人「景行行止」的影響，而成為社會共仰之典範。「天下之善士」未為社會所知所仰，他們的精彩人格未成眾人的感召；尤其當此知識脫離智慧而非人格化，人們所日常接觸的盡是充斥媒體上的或者怪異負面或者浮淺譁眾之人物形象。真亦不免要令人興范仲淹所謂：「噫！微斯人，吾誰與歸？」的深歎。因而，表彰典範人物，讓他們的言行作為與貢獻為我們所熟知，讓他們人格的光輝照耀我們的社會與世界，而成為我們所景仰而認同取法的對象，亦是「新百家學堂」所當推行的課題之一。

簡而言之，「臺大新百家學堂」將以1, 探討當代議題，2, 傳揚研發新知，3, 闡發文化價值，4, 表彰典範人物為規劃的方向，我們將慎選主題，努力執行，以期發揮「學堂」應具的傳揚文明與廣播光輝的影響力量。

2012 年於臺大水源校區
澄思樓 308 室

柯慶明

風起雲湧誰先知

國立臺灣大學學術副校長 陳泰然

近年來全球暖化與氣候變遷問題日益嚴重，對人類生活和生態環境造成巨大威脅，世界各國紛紛將氣候變遷視為非傳統安全領域中之重大議題。1988年成立聯合國跨政府氣候變遷專家小組(Intergovernmental Panel on Climate Change；IPCC)，並於2007年公布氣候變遷第四次評估報告(AR4)，指出過去100年全球平均溫度上升0.74℃，且增溫之幅度將會持續增加，熱浪、乾旱及豪大雨等極端氣候之強度與頻率皆有增加之趨勢，對各國之生態環境、社會經濟、衛生防疫及糧食安全等議題將造成重大衝擊。並提出各國政府須從「減量」（指二氧化碳）及「調適」（指政策）兩個層面著手，對氣候變遷作策略規劃。顯然，氣候變遷所帶來對生活之影響與對全球之衝擊已無可避免，須地球村成員共同承擔，亦為當前國際社會須共同面對的重大挑戰。

近年來全球極端氣候事件發生頻率明顯增加，臺灣亦無法幸免，面對氣候變遷與極端災變天氣的發生，臺灣可說是處在全球最脆弱、最敏感區域，極端降雨事件、夏季高溫熱浪、冬季寒流強襲，氣候異常現象等問題一一浮現。2005年世界銀行對全球天然災害熱點風險分析指出，臺灣同時暴露於三項以上天然災害之土地面積及面臨災害人口為73%；兩項以上天然災害之土地面積及面臨災害人口為99%，屬於全世界災害極高風險區域。2011年英國風險評估公司之自然災害風險臉譜「天然災害造成的整體傷害」風險評估結果，臺灣亦被評估為極高風險等級。顯然，極端氣候變異已對臺灣總體安全構成相當大威脅。

本書透過國立臺灣大學所開設「新百家學堂—氣候變遷與對臺灣總體安全的衝擊」課程，針對氣候變遷與風險、氣候變遷之衝擊與影響、氣候變遷之調適與因應以及氣候變遷衍生之相關規範與戰略等面向，邀請相關領域專業學者進行專業領域專題演講，並進行密集師生互動研討，為全程錄音錄影之實況呈現。希望藉助此書之出版，能讓學校師生與社會大眾，了解氣候變遷之科學面及對經濟面和社會面之可能衝擊和影響，並了解適當的「減量」與「調適」政策規劃，將有助於國家社會在未來氣候變遷下之永續發展。

感謝「新百家學堂」執行長柯慶明教授與出版中心所有同仁的精心策劃、努力付出，才使本書得以誕生。

謹識於臺灣大學
大氣科學暨研究所

陳泰然

民國101年7月18日

目錄 CONTENTS

「臺大新百家學堂」的緣起與宗旨	
臺大新百家學堂執行長 柯慶明	II
風起雲湧誰先知	VI
國立臺灣大學學術副校長 陳泰然	
DISC 01	
氣候變遷與全球風險環境的形構	10
主講人：陳泰然教授・臺灣大學大氣科學系	
—— 葉俊榮教授・臺灣大學法律學院	
DISC 02	
劇烈氣候變異與臺灣風險環境的形構	36
主講人：李清勝教授・臺灣大學大氣科學系	
—— 紀水上副局長・中央氣象局	
DISC 03	
氣候變遷對水文環境及國土之衝擊	62
主講人：黃金山顧問・行政院政務顧問	
—— 吳約西副署長・經濟部水利署	
DISC 04	
氣候變遷對經濟產業體系之衝擊	90
主講人：盧虎生教授・臺灣大學生物科技研究所	
—— 蕭代基教授・中央研究院經濟研究所	
DISC 05	
氣候變遷對能源安全之衝擊	114
主講人：梁啟源董事長・中華經濟研究院	
—— 王運銘副局長・經濟部能源局	
DISC 06	
氣候變遷對公共衛生之衝擊	140
主講人：王根樹教授・臺灣大學公共衛生學系	
—— 蕭慧娟參事兼執秘・行政院環保署	
DISC 07	
氣候變遷對自然生態系統之衝擊	172
主講人：李培芬教授・臺灣大學生態學與演化生物學系	
—— 湯曉虞主任・行政院農業委員會特有生物研究保育中心	

DISC 08	
氣候變遷對國防安全之衝擊	204
主講人：陳勁甫教授・元智大學社會暨政策科學系副教授	
—— 胡瑞舟少將・國防大學政戰主任暨政大外交所兼任助理教授	
DISC 09	
氣候變遷對臺灣環境脆弱度之風險評估	232
主講人：童慶斌教授・臺灣大生物環境系統工程學系	
—— 陳亮全教授・臺灣大建築與城鄉研究所	
DISC 10	
氣候變遷之監測預警機制	264
主講人：李培芬教授・臺灣大學生態學與演化生物學研究所	
—— 許晃雄研究員・中央研究院環境變遷研究中心	
DISC 11	
氣候變遷與社經發展情境之分析與評估	288
主講人：許晃雄研究員・中央研究院環境變遷研究中心	
—— 蕭代基教授・中央研究院經濟研究所	
DISC 12	
氣候變遷之調適策略	312
主講人：蕭代基教授・中央研究院經濟研究所	
—— 郭翡玉處長・行政院經濟建設委員會都市及住宅發展處	
DISC 13	
氣候變遷對災害防治衝擊之調適對策	336
主講人：蔡長泰教授・成功大學名譽教授	
—— 陳亮全教授・臺灣大學建築與城鄉研究所	
DISC 14	
制定氣候安全相關法案之面向與內容	360
主講人：陳聰富教授・臺灣大學法律學院	
—— 劉宗勇執秘・行政院環保署技監兼永續發展室	
DISC 15	
因應氣候變遷國家安全新思維的建構	388
主講人：巴宗和教授・臺灣大學政治學系教授兼行政副校長	
—— 蘇起教授・淡江大學中國大陸研究所	

國立臺灣大學
新百家學堂講座 ②

第一講： 氣候變遷與全球風險環境的形構

主持人：	陳泰然	副校長
主講人：	陳泰然	教授（臺灣大學大氣科學系）
	葉俊榮	教授（臺灣大學法律學院）

陳泰然教授簡介

臺灣大學大氣系教授。陳泰然教授是此系列課程的引言人，也是本堂課的主講者之一，首先由關於氣候變遷的數個重要專有名詞WCC、IPCC、UNFCCC的淵源談起；追溯氣候變遷造成全球暖化的研究過程，接著以圖表探討其可能造成的影響。最後將焦點放在臺灣的風險環境上，處於地表脆弱度偏高的臺灣應正視問題嚴重性。



葉俊榮教授簡介

臺灣大學法律學院教授。葉俊榮教授舉“our common future”、「氣候變遷應提升到國家安全的層次」兩句話的弔詭之處為例，解讀世界氣候變遷背後複雜龐大的政治問題，推翻國家中心的思考模式，指出任何群體產生的串聯都可能比利益取向的大國來得務實有力；並強調氣候變遷問題的特殊性，需要以全新的角度思考解決之道。



臺大新百家學堂執行長 柯慶明教授：

各位同學，我是文學院的柯慶明，我現在擔任的工作是臺大新百家學堂的執行長，這樣的課程是來自於校長在教育部一次談話的靈機一動，各位都知道大學教育主要的使命，一方面是培育優秀的人才；另外一方面很重要的是從事學術的研究，但是臺大差不多在將近四十年前就一再提出，臺大還應該服務社會，所以我們會有一些別人所沒有的服務社會方面的活動跟課程，然後在這個過程當中，最有效的就是用我們的知識來服務社會。因此就有一個新的想法，就是應該開發一些不但對同學有幫助，且能對社會有幫助的課程，只要有一定的程度、興趣及關心的人，都可以來學習，這就是所謂的「新百家學堂」，「新百家學堂」就是一個不僅是為了臺大的同學，也為所有希望獲取相關新知的社會人士及其他，甚至是跟世界對話的重要媒介點。



柯慶明教授

當我負責執行這件事時，有三個主要的規劃：第一，我覺得我們應該走出自己比較狹窄的專業，而能去回應活在當代世界種種相關的課題，就是探討當代重要的議題，所以今天開始一系列關於氣候變遷與全球風險環境的形構等等，就是探討當代的議題。當社會越來越走向民主化，對於世界未來的發展，便不能只依賴少數人的決策，而必須由大量民眾參與的時候，那麼民眾有沒有足夠的知識基礎，就變成非常重要的關鍵了。第二，我們要把重點放在介紹研發的新知與成果。第三，思考一切問題，最後還是訴諸我們背後的價值信念及系統，所以我們似乎有必要隨時不只用價值系統去看事情，也要思考它的成效，以及適時調整，這就是「新百家學堂」三大主要推動的相關議題。

我特別選擇了今天這門課，以氣候變遷來探討全球至臺灣總體的安全衝

擊，是因為我很幸運曾經看過陳泰然講座教授所編輯出版的一本書，這本書大概會變成這堂課基本的教科書，那我覺得這一系列的議題所包含的範圍非常廣：包含水文環境、經濟產業、能源安全、公共衛生、自然生態等等，我很高興的是陳泰然教授非常有心，能夠凝聚三十一位在各個領域上的頂尖人物，一起分享他們心血的結晶成果，所以我很高興的介紹「新百家學堂」的第一門課，現在讓我們歡迎陳泰然講座教授。

臺灣大學大氣系 陳泰然教授：

去年臺大有機會跟遠景基金會合作，把有關氣候變遷的議題做一個整理，同時也召開了國際研討會，我們還能邀請到兩位在國際上的權威人士 Dr. Jack Fellows，他是歐巴馬總統的氣候變遷顧問，以及與高爾共同獲得 2007 年諾貝爾獎和平獎的廖國男院士，他也是聯合國跨政府氣候變遷小組（IPCC）一員。而能夠開設這堂課，對我自己也是一項挑戰，因為邀請了三十位針對三十項議題的學者，每一項議題由我來擔任 Moderator，我來穿針引線，我會先稍微介紹一下，然後有兩位講者，一位是主講人、另外一位是與談人，也可能兩位都是主講者。因為整個氣候變遷所衍伸出來的除了 Mitigation（節能減碳）之外；另外一個就是政策調適 Adaptation，這如果是在學術界裡面談也無法落實，因此一定要政府這邊做決策的人參與，因此之後大概每一次，或是間隔一兩個禮拜，就會看到一些針對議題決策的政府官員，來跟我們一起討論。

今天第一堂課的講者，是我這個大氣科學系教授，跟另外一位主講者葉俊榮教授，葉教授是臺大法律學院的教授，早期他公費留學，教育部支援他到耶魯大學研究環境法，回國之後從事相關工作；另外最近他開的課「氣候變遷法」非常熱門，因為這個領域在國際法律界的權威人士也不多，我想葉老師就是一個權威人士，因此他最近廣獲世界各知名大學的邀請，前去擔任客座教授，包括哈佛大學、哥倫比亞大學、杜克大學等等。他於 2002 至 2004 年擔任行政院政務委員，隨後轉任研考會主委，這段期間中央政府的

組織再造就是出於葉老師之手，中央政府部會調整、組織再造，明年就要上路了。

第一堂課我會跟葉俊榮老師分工，我先稍微談一些有關整個學習課程概況，當然一個學期的時間不可能講得很詳細，另外葉老師要怎樣跟我銜接呢？他昨天把 powerpoint 給我，看了以後我覺得好棒，因為之前我們



陳泰然教授

到美國一個禮拜，一直在談第一堂課怎麼上，他談的東西高度更高，他談全球環境的議題、還有氣候變遷議題各種不同的面向，包括了科學面、技術發展、法規、執行面，這都是屬於氣候變遷多層次的治理面。今天主要談六個項目，第一個項目是氣候變遷議題怎麼發展出來；其次是全球氣候系統過去怎麼變動；再來氣候變遷可能造成那一些影響；然後回過頭來看我們臺灣的風險環境在哪裡；既然已經有氣候變遷，對災害防救、災害防治的衝擊，該怎麼調適；氣候變遷是一個全球的議題，關於氣候變遷各國怎麼回應，當然有一些策略，還有一些法律的制定，還有組織的設置等等，我們來跟各位來說明一下。

氣候變遷議題的發展有幾個專有名詞，在這堂課中會不斷接觸到，所以先稍微說一下它的淵源：WCC(World Climate Conference)，WCC-1 是第一次氣候變遷會議，WCC 是 1979 年 WMO 在瑞士日內瓦召開第一次推動全球氣候變遷回應的會議，有些重要論述，認為氣候影響人類，人類也影響氣候，氣候變遷不僅是一個純粹科學的問題，也是關係到人類社會經濟發展的重要因素，所以 World Climate Conference 這個名詞將來會隨著課程經常出現；更重要的是 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)，1988 年聯合國成立了 IPCC，一般叫做跨政府氣候變遷專家小組，是聯合國研究氣候變遷科學問題的官方組織，所以任何氣候變遷的科學論點或證據，IPCC 談的就是國際的權威，所以我們今天談氣候變遷的論點、事證，都是以

IPCC 發布的內容為準。IPCC 到目前為止已經發布了四次評估報告，叫做 Assessment Report，簡稱 AR、AR1、AR2 等等，最近一次 2007 年發布的 AR4，獲得了諾貝爾獎，AR5 也正在寫，也有很多臺大的同仁參與 AR5 的編寫工作。

接下來 FAR(First Assessment Report)，是 IPCC 在 1990 年第一次發表的報告，指出二氧化碳的濃度影響全球溫度的升高；到 AR3 的時候談到 CO₂ 從 1750 年到現在，大概增加了 31%，是四十二萬年來最高的；而最近的一期 AR4 更指出最近百年來，從 1970 年到 2004 年，增加了大概 80%，換句話講增加的量越來越大，各位看左下角有四個 Panel 圖（所有圖表皆請參閱 DVD），左上方是 CO₂ 的濃度，到近年來突然激增，這個評估就是 2005 年二氧化碳濃度已經超過六十五萬年自然變化的範圍，即 AR4 的報告已經肯定二氧化碳的增加基本上是人為因素，而非自然變異。那麼全球暖化之因除了最主要的二氧化碳之外，還有其他的氣體，包括甲烷，它對於全球暖化的影響是 20%，CFC 也有 14%、還有 NO₂ 等四樣氣體。近百年來濃度增加特別快速。另外一個名詞是 UNFCCC，UN 是聯合國，FCCC 就是 Framework Convention on Climate Change，1992 年在巴西里約熱內盧召開 UNFCCC 會議，會議之後就有簽署，1994 年簽署國簽署完以後，隨後每一年召開一次會議，此會議叫做 COP(Conference Of The Parties)，就是 UNFCCC 每年召開的大會，這個定期會議臺灣環保署以及 ITRI（工研院）還有大學以及 NGO 等等都會去參加。

說完了一些議題的衍生之後，看看全球資訊系統在過去發生什麼變動。要提到全球氣候變遷造成暖化，可能要追溯最早提出二氧化碳是造成全球暖化主因的人，即 1903 年獲諾貝爾化學獎的 Arrhenius，他在二十世紀初就提出二氧化碳對氣候暖化有影響，但並沒有受重視，1970 年代仍然有很多科學家認為全球會暖化或走向冰河期。1970 時期正是我在美國唸博士的時候，我當時有修一門課，我的 Test Paper 就在談到底未來氣候是要變暖還是變冷，沒想到現在已經很清楚在變暖的趨勢中。那麼 AR4 對於全球氣候系統的變動到底提出來了什麼證據，它指出全球暖化在近一百年來平均上升了