

地科院二十周年

紀念特刊

學研傳承永續發展 深耕二十再創高峰

目錄

	2	院長的話
	4	院徽·進化史
	6	地科院公仔
講古憶往	8	從歷任院長看地科院成長之路
璀璨科研	16	向內六千四百公里向外1.5億公里的科研碩果
榮耀地科	86	海陸空全英雄風雲榜
韶光如梭	96	地科院紀事年表
筭路藍縷	110	地科院歷史文件展
	119	統計資料

院長的話

地球科學學院於民國 87 年 8 月正式成立，迄今已逾 20 年。

在歷任院長的擘畫與帶領下，已為地科院的發展奠定堅實基礎。惟隨著時空環境的轉移，國內外高教情勢已發生明顯的改變，包括國內外高教競爭的日趨激烈，資源獲得不確定性的升高，知識應用與轉譯的日受重視，少子化對學院招生的衝擊，教學創新、跨領域學習與國際化的不可逆趨勢，政府與民眾對大學的在地連結與社會參與的殷切期盼與要求，大學辦學績效評比與社會影響力檢核的壓力等等，在在影響到學院的整體運作與發展。

在過去五年半之間地科院規劃並推動以下的重點工作項目，並採取多項相關策略與作為，以因應地科院所面臨的高教嚴峻情勢與各項挑戰：

一、民國 103 年與中央氣象局建立制度性的協力機構平台，針對雙方合作事宜，包括委辦計畫的執行、學生

暑期實習、氣象局同仁的在職訓練、成果發表等，制度架構；

二、民國 103 年起推動以學院為核心的教學單位試辦計畫，建立研究所聯合招生制度，對於整合並善用各教學單位的招生資源有甚大助益；

三、推動大學部課程革新，開設院級微學分課程，推動自主學習與實務課程，並鼓勵學生修習；

四、自民國 103 年度起，由院部主導海外招生工作，分別赴越南與印尼招收碩博士研究生，成效卓著；

五、積極推動與桃園市政府的合作，自民國 104 年起執行海岸環境白皮書計畫以及藻礁與海岸監測計畫，朝向成為桃園市政府智庫方向邁進；

六、自民國 104 年度起，與國家中山科學研究院、國家太空中心、天氣風險公司以及產業界相關機構合作成

立產學博士學位學程，為國家培育地科產學高階人才；

七、於民國 106 年爭取到原國家通信傳播委員會 (NCC) 轄屬中壢電離層台房舍、設備與土地，拓展中大校地，為未來主導我國電離層監測、研究與應用領域奠定基礎；

八、在民國 107 年啟動的教育部高教深耕計畫中，爭取到太空科技以及地震災害鏈風險評估兩個特色研究中心，另外亦獲得特色學院計畫，為地科院爭取到豐沛經費，有利於未來地科院的特色發展與競爭力的提升；

九、規劃、推動並執行中大大學社會責任 (USR) 計畫，並於民國 107 年起獲得教育部 USR 計畫深耕型計畫的專案補助，奠定中大 USR 計畫的發展架構與主軸；

十、民國 107 年獲教育部核定成立院學士班，讓同學可以有更完整多元學習與適性發展的機會，以培育新世代地科跨領域人才；

十一、成立院級研究中心，整合多元資源，為爭取

並執行校外產學合作計畫，建立制度性平台與機制；

上述策略與作為經過 5 年餘的推動與落實，在地科院外部資源的爭取、外籍生招生、在地連結、特色領域優勢的強化、學生學習成效的提升等等，目前已有初步成效。惟在人才延攬與留任、尖端研究的突破、教研空間拓展、社會影響力的進一步提升方面，仍有待後繼接棒者的努力。在慶祝地科院成立 20 週年的前夕，特為之記。

民國 108 年 5 月 25 日

朱國祥

院徽



現在的院徽，是張時禹院長時期，委請專家設計，以簡約俐落的幾何圖形，使院徽能應用到不同範疇之中，提升地科院識別度。

在科學上，最為著名的風箏，莫過於富蘭克林的風箏實驗，證實了閃電是放電行為，並發明避雷針，同一時期，1749年蘇格蘭利用風箏攜帶儀器進行高空溫度觀測，為氣象科學高空觀測之濫觴，時至今日，我們運用雷達、衛星、電磁、感測器、各類量測記錄器等科儀觀測方法進行地球系統科學研究，並也自主研發相關精密量測儀器。以風箏為意象，表達地科院秉持理性與熱情，投注於地球系統科學研究，以奉獻地球、了解地球、愛護地球為職志。

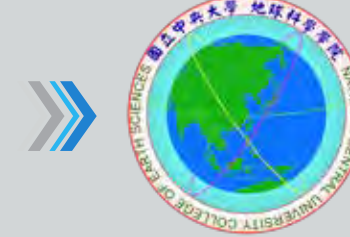
風箏的帆布以三色塊組成，寓意氣圈 (Atmosphere)、水圈 (Hydrosphere)、岩圈 (Lithosphere)，相扶相依，成為一體，是全國唯一設立地球科學學院。

風箏的主桅桿，是為地球圓弧面與衛星軌道交錯。而控制風箏的飛線，以 CES 排列形成，CES 是為 College of Earth Sciences 的縮寫，分別由藍色與紅色組成。藍色：代表着智識理性與科技，以嚴謹的思考，關注科學研究上的每一微小細節。紅色：表徵著探求知識的熱情與行動力，傾注着冒險與感性的基因。

CES LOGO EVOLUTION · 院徽進化史



1998 年草稿



1999 年徵稿結果

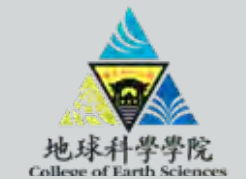
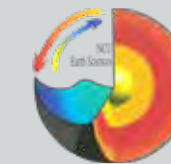


定稿版。
1999 ~ 2004



2004~ 迄今

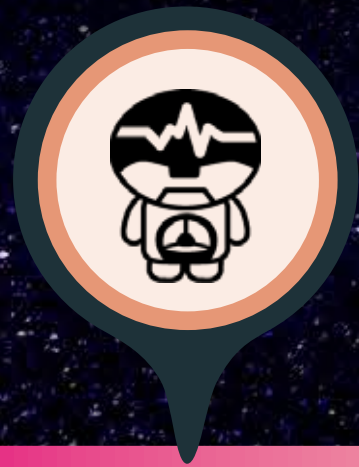
CES LOGO 1999 年 7 月徵稿活動 · 遺珠



院成立之初，辦理院徽徵稿活動，參與作品來自院系所內大學部學生、助教、研究所博士生、教授，您看得出來哪個作品是來自大氣系廖宇慶老師之手嗎？哪個又是來自地科系陳建志老師的提案呢？

地科院公仔

在大大小小活動上，常常可見到地科院公仔的身影，於 2012 年面世，出現在全校運動會上，與地球人大家庭，熱血沸騰運動競技。



地物王

地震波就是他的腦波，胸臆深蘊著奧秘的地球構造。地球的事找地物王，準沒錯。



大物勒

絕對是都卜勒的信徒，常常帶著雷達觀測追逐風雨，如果他不在風雨中，就是在往風雨的路上。



地科寶

手拿地質槌的地科寶寶，熱愛踏荒尋祕，最擅長的球類是震源機制解。



大氣娃

繫著衛星，臉上的熱帶氣旋，懷抱著陽光般溫暖的熱情，最喜歡窺天觀氣，感測塵世。



太空宅

領著獨有雷達追逐雷電蹤跡，更喜歡自造科學酬載、衛星推進蒼穹，整個太陽系都是他的守備範圍。



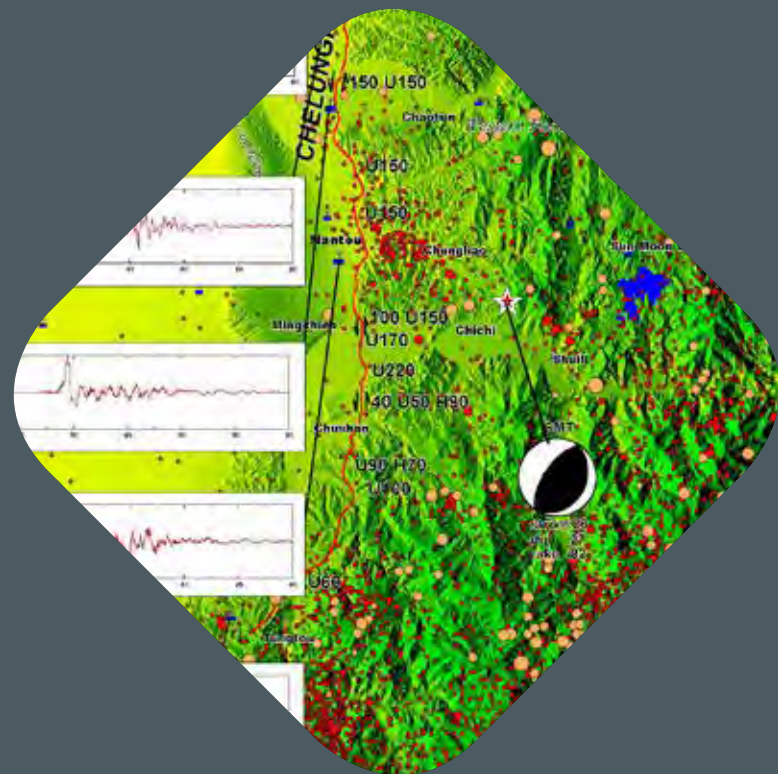
應地仔

帶著逆斷層面罩，為人層次分明、注重節理的應地仔，其實是高深莫測的大內高手。



水海君

人體有 70% 是水，而水海君則是 100% 的水組成，河川、海洋、水文與波流，填滿了水海君的時時刻刻。



地球科學學院已奉准於8月1日正式成立
 謹訂於8月14日(星期五)上午11:50
 在科一館一樓中廊舉行成立茶會

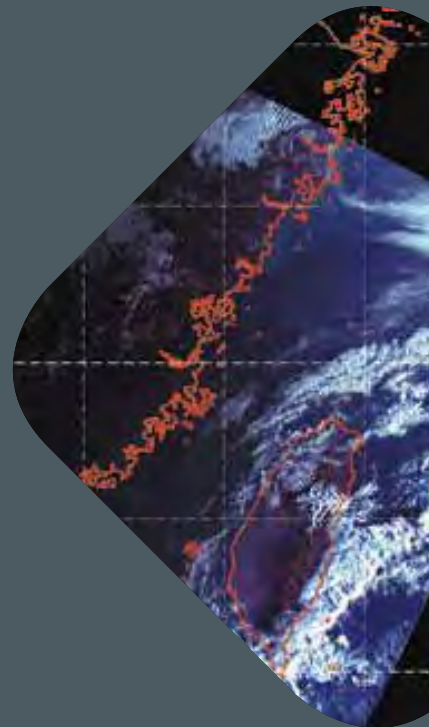
敬邀全校教職員工參加

地球科學學院
 代理院長 楊潔豪

地球科學系、地球物理研究所所長 陳洲生
 大氣科學系、大氣物理研究所所長 王作台
 應用地質研究所所長 楊潔豪
 太空科學研究所所長 朱延祥

暨全體同仁 誠摯的邀

您的參與是對我們的



講古憶往

從歷任院長看地科院成長之路



民國五十一年中大在台老校友配合國際地球物理年，在苗栗成立國立中央大學地球物理研究所，培養高空、大氣及固體地球物理碩士，作為在台復校第一步。民國五十八年恢復大學部，其中理學院設大氣物理系含高空及大氣兩組，物理系含物理及地球物理兩組。民國六十五年物理系地球物理組改為地球物理系，民國七十七年理學院將大氣物理系，物理系及地球物理系合併為物理及地球科學系以換取教育部同意增設化學系，合併後因三系強力反彈，教育部勉強同意合併系恢復原狀並更名為物理系，大氣科學系及地球科學系。民國七十九年成立應用地質研究所，此時地球科學領域不僅各領域師資相當完整且有博士班，成立地球科學院乃為大家追求目標。

民國八十七年受劉兆漢校長之委託成立地球科學院，首先面對的是院本部位置的選定，因大氣科學及地球科學兩領域空間分別

坐落於環校路兩端，後考慮科學館（現在地球科學院館）只有地球科學系，雖是中大最老建築，但具完整性，無其他系所混雜，大樓各隔間亦較大之優點，在考慮裝修成本及影響同仁最少下，選定為現在地球科學院辦公室之位置。其次為方便對外聯絡，院長室祕書一職，被推薦人選不少，壓力甚大，人選條件，除具親和力，品德及執行力外考慮未來邁向國際化，外語能力亦為祕書必要條件，也順利選出祕書。考慮未來地球科學院學生就業市場及發展，鼓勵大學部學生到外系選修第二專長課程，特別是資訊及環境工程等方面，並請地球科學系試辦。

欣逢地科院成立二十周年，地科院在歷屆師生共同努力下，增加不少新單位，為國內外培養眾多地球科學人才，在此祝地科院未來更能發光發熱，也謝謝我在中大時期陪我打拼一路走過來之伙伴們。

楊潔亭

蔡教授是一位治學嚴謹、宅心仁厚的謙謙學者，自幼生長在鄉下窮苦的環境，培養出他堅韌的毅力。他引領臺灣地震學界逾四十年，培育相關人才無數，在他的卓越領導下，依序設置並奠定遙記式地震觀測網、強地動觀測網、地震速報系統等重要的基礎，對台灣地震研究和相關防災應用的貢獻卓著。

1995年蔡先生接受母校中央大學邀請返台，擔任地球科學系教授，重啟教育英才的大任。期間，協助教育界推動地球科學工作，包括完成「台灣地區活斷層附近學校之普查及耐震改善」，對活斷層附近之中小學校，評估耐震鑑定，進行分區防震研習，宣導學校防震觀念。此項工作在九二一大地震中有效降低校舍破壞。1996年與國科會爭取於中央大學建立「地球科學研究推動中心」，擔任第一屆中心主任，促進我國地球科學學術活動，提昇地球科學研究能量。

1998年應當時本校劉兆漢校長之請，整合校內地球科學、大氣科學、太空科學、應用

地質等系所，成立地球科學學院，擔任首任院長四年半時間後因校長延攬接任教務長，對本校之教務行政及學術研究貢獻良多。2001年推動水文海洋研究所成立，建立完整涵蓋大氣、地球與水文的完整地科教育系統。迄今為止，仍是臺灣唯一的地球科學院，對我國高級地球科學人才的培育建樹良多。

蔡院長於美國時間2018年1月31日在加州 Los Altos 家中安詳離世，地球科學界深感悲痛與悼念，特於本院成立滿二十週年院慶紀念特刊，感念蔡院長為地科院、中大及地科界的貢獻。



蔡飛本



張院長原任職美國紐約州立大學大氣科學研究中心大氣模式組教授兼主任，並且是德國知名氣象與氣候研究中心資深科學家。2003年8月1日回台任教國立中央大學大氣科學系並擔任地球科學學院院長，2006年2月1日屆齡退休並卸院長職。

是國際知名酸雨與空氣品質模式研究學者，曾負責美國臭氧層保護研究及主持全美酸雨模式發展、中加州空氣品質研究等大型研究計畫之推動與執行。同時也是我國環保署台灣酸雨研究計畫、南高屏總量管制研究計畫、中部空品區總量管制研究計畫、空氣品質模式支援中心等大型計畫之諮詢科學家與顧問，協助推動國內大氣環境之模式化研究工作，不遺餘力。

院長任內極力提昇全院教學研究品質，積極配合學校發展國際一流大學的願景，全力推動地球科學跨領域的大型整合研究，除促成與韓國國立漢城大學及澳洲地下水研究中心、日本九州大學、法國尼

斯大學建立學術交流合作關係並簽訂合作協議書，有助於提昇本院學術研究領域，更帶領地科學院完成自我評鑑及大學校務評鑑，讓本校榮獲自然科學專業類組優等之卓越評鑑成果。

2004年起兼任台聯大系統環境與能源研究中心主任，積極推動環境與能源研究，先後主辦過溫室氣體、沙塵暴之兩岸學術研討會以及空氣污染模式國際研習營，積極推動國際研究合作。2005年帶領研究團隊獲得國科會94年度大學學術追求卓越發展延續計畫「整合性中尺度環境評估系統」，是當時唯一全國大氣科學學門主持「大學學術追求卓越計畫」總主持人，表現傑出，為中大增光。

張時禹

台灣的中央大學，在劉兆漢校長、蔡義本院長多年的經營下，早已建立了堅強的地球科學團隊。我也有幸在地球科學院至今二十年的成長歲月中貢獻了一己綿薄之力。

2005年，因為參與當時台灣太空中心發展的福衛三號計劃的緣故，結識了多位中大的老師。期間和當時張時禹院長多次洽談後，決定離開多年的服務單位 NASA，投身於台灣地科教育的行列。從2006年到2010年擔任地科院院長，直到轉任中央研究院的地球科學所。

四年半的時間，享受著中壢雙連坡的陽光和清風；一方面感於同仁們對研究、教學的熱忱和實現，一方面要配合當時教育部的國立大學“五年五百億”計劃所規劃的諸多措施。該計劃很快就被無止盡的文山會海和應付沖淡了，譜下的願景多成為雷聲大雨點小的遺憾。某年畢業典禮時我的幾位調皮導生上台演搞笑劇，拉布條“說好的地科大樓呢？”。原來新大樓的經費縮水到只翻修了舊地科大樓！

中大清靜的校園，容易讓學生們陷入求學的安適圈。環境重大變遷中的地球，需要更多堅強的地科人才；地科院展望未來，願保持激勵、訓練學生的堅持，更上層樓！

趙中



2010.08~2013.07



2010年至2013年本人擔任地科院院長，此期間，學校在蔣偉寧校長積極任事下，欣欣向榮，尤其在連串系所評鑑及全校建築整修大工地，疲以奔命後，逐步復興。茲舉數項事端，留為院史資料。

1. 五年五百億持續推動，本院得以挹注經費，執行環境相關議題之各項前沿研究。
2. 擱置系所整併，讓系及獨立所休養生息、厲兵秣馬，按自訂規劃，增加師資，提升實力。
3. 完善研究優良教師評審制度，使彈性薪資合理化，營造積極的教師成長環境，減少衝突提振士氣。
4. 穩定全校性通識課程，提供認識地球等受歡迎課程，並改良院訂學程，強化環境教育科目。
5. 改善硬體設施，整建地科院庭園，廣植茶樹、櫻花、雪

松及樹籬，使地科院一年四季展現不同自然情貌，安頓院內孜孜矻矻、案牘勞形的教職員生們之身心。此後，年度校園美觀競賽中，屢屢獲獎。

6. 舉辦教師節與院長有約、年終團聚等持續性活動，加強院系所凝聚力。
 7. 主辦地科在校50周年紀念活動，編撰史冊，大型校友返校活動等。
 8. 爭取中大學術基金會支援，舉辦學術研討會及學生營隊活動。
- 感謝同仁同心協力，讓本院每個系所在穩定中進步成長，預為下階段院務起飛奠定基礎。

歷任院長

楊潔豪

1998

地球科學學院正式成立。

蔡義本

2001

水文科學研究所碩士班成立。

張時禹

2003 2004

張時禹教授接任院長。

應用地質研究所博士班成立。

趙丰

2006

趙丰教授接任院長。

趙丰

2008

水文科學研究所更名為水文與海洋科學研究所。

趙丰

2009

成立地球系統科學國際研究生博士學位學程。

王乾盈

2010

王乾盈教授接任院長。

王乾盈

2012

地球科學系、地球物理研究所，整併「地球科學學系」。大氣科學系、大氣物理研究所，整併「大氣科學學系」，推動系所合一：

2014

朱延祥教授接任院長。

朱延祥

2016

高等模式研發應用中心、地球科學前瞻應用研究中心成立。

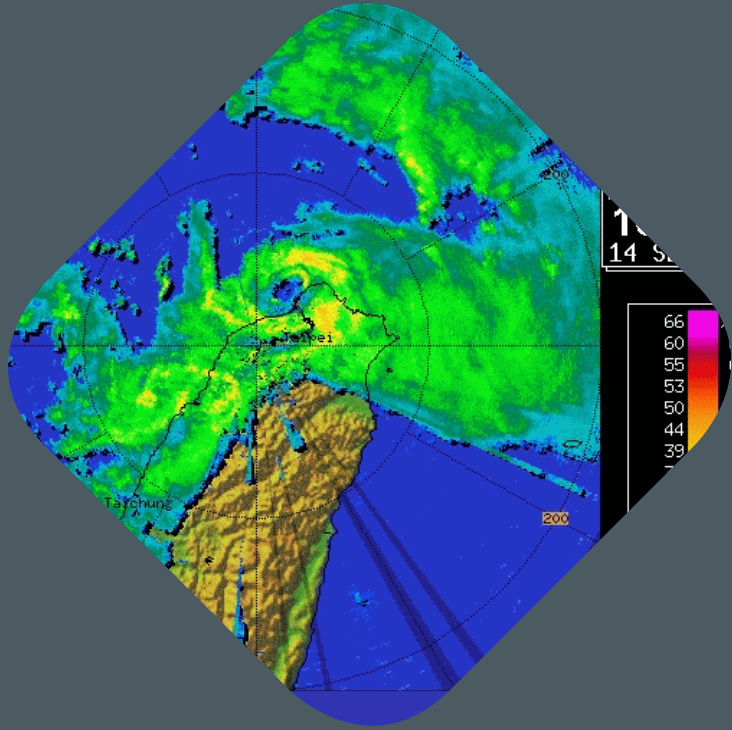
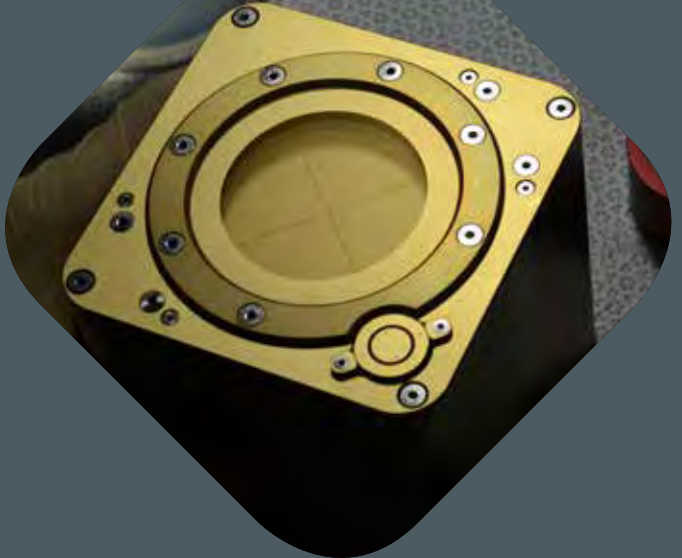
2018 2019

成立地球科學學院學士班。

太空科學研究所更名為太空科學與工程研究所。

TCDP

Taiwan Chelungpu-fault Drilling Project



璀璨科研·

向內 6400 公里向外 1.5 億公里的科研碩果

復校起點·中大基石

地球科學學系

國立中央大學於民國 51 年設立「地球物理研究所」在台復校，為台灣首創培養地球物理人才之學術殿堂。

民國 57 年在大學部物理學系成立「地球物理組」，到民國 65 年奉准設立「地球科學系」。課程設計主要結合地震學、地球物理學及地質學，冀使學生學習完整的地球科學知識，培育優秀的地震、地質及地球物理的專業人才。同時也培養社會責任與環境關懷的胸懷，瞭解全球及本土環境，加強災害防制、資源探勘能力，發揮整合力量，深入探討地球環境相關問題，倡導環境保護及永續發展基本理念。

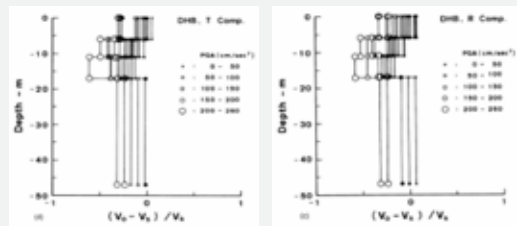
基本資料
教職員數：62 人
學生人數：262 人

研究領域 地震學研究群

在「地震學」方面，早期有余貴坤、王乾盈、蔡義本和吳幸鴻四位前輩；現任有溫國樑、馬國鳳、柯士達、陳伯飛、張午龍、郭陳濬和林彥宇等老師，分別是強震地動學、震源力學、計算地震學、火山地震、地震危害分析、地震學、地體動力學、斷層動力模擬等領域的菁英。

溫國樑教授在強地動研究有非常卓越的表現，利用地震微分區之基礎研究的多項理論及觀測上的新發展，對強地動預估及場址效應進行深入研究。這些研究結果可為地震微分區工作奠定基礎，改善工程耐震設計的效果，提高地震防災的可靠性。本研究室未來五年就從事場址效應之研究及淺層地下速度構造分析。溫教授也鑽研「震波放大之非線性效應」，發現同一鬆軟土層對強地動的放大倍率與弱地動之放大倍率不同，即二者間之關係為非線性的。分析 SMART1、SMART2 及 LSST 陣列井下地震記錄，探討鬆軟土層於地震力作用下為線性或非線性地震反應，其成果為第一個讓人信服之地震學證據（圖 1）。

協助中央氣象局建立臺北盆地強地動觀測網及在中央地質調查所資助下建立臺北盆地之井下地震儀陣列，所得資料為研究臺北盆地效應之重要依據。因而在 1997 年 IASPEI 大會及 1998 年第二屆 ESG 國際會議時，都將臺北盆地之強地動觀測列為試驗場，可見溫教授研究成果的重要性及獨特性。



▲圖 1 利用地表與井下測站之頻譜比反算地層之剪力波速，結果地層剪力波速因非線性作用會隨地動較大而降低。

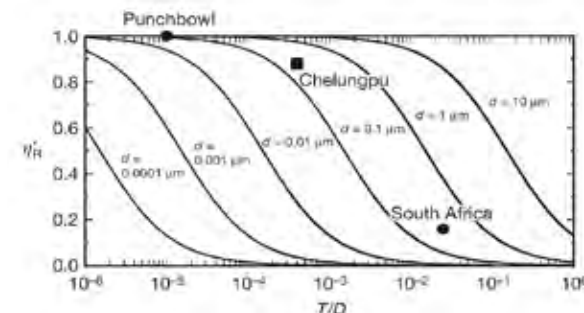
陳浩維教授成立「計算地震學與視算研究室」，主要從事三維計算地震學相關研究，結合震測、地震資料分析與平行化資料處理技術，從事深部構造成像與重建。以線性與非線性震波模擬之數值研究，預估、模擬與分析台北盆地強地動，台灣與鄰近區域的彈性波傳模擬。最重要的貢獻為加強三維地震與震測資料模擬與逆推的平行計算，發展叢集式電腦系統 (PC Cluster)，並與國家高速電腦中心合作，從事三維地震資料模擬、逆推與平行處理系統的研發工作，實際的應用包括海域震測資料處理與海域廣角反射剖面 (OBS 與 MCS) 深部構造之成像。

馬國鳳教授的研究方向主要在地震源及構造研究、台灣地區三維地體構造研究及地震防災等三個領域。其在地震學研究成果豐碩，優異的表現令人咋舌稱許、有目共睹！利用寬頻地震儀的精細地震資料，分析了 1992 年佳里地震、1993 年大埔地震及 1995 年宜蘭地震等之地震特性，同時也探討這幾個地震序列之前震、主震及餘震的特性。利用完整波形，判斷其破裂面並得出其

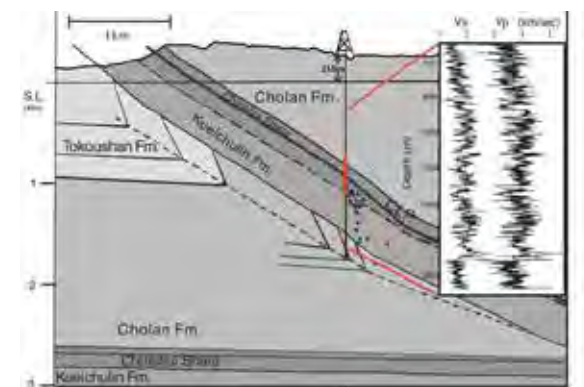
地震之破裂過程，得到台灣地區中大型地震之相關震源參數的關係，尤其對 921 集集大地震之破裂過程及其可能的震源物理特性，有非常深入的研究。利用地震速度層析技術及分析地震波極化的方法，探討台灣地區的地體構造模式。馬教授利用台灣地區強震網資料，分析台灣區域衰減特性，於 2010 年發表全台灣高解析度的三維 Q_p 、 Q_s 分布情形，探討台灣地區三維衰減特性及其在地體構造上的含意。1999 年台灣發生傷亡慘重的「921 集集大地震」，馬老師邀集國內外多位學者進行「台灣車籠埔鑽井整合型計畫 (TCDP)」。在地震動力學研究方面，以車籠埔深鑽 (TCDP) 的資料，探討集集地震的能量及斷層面的破裂能分佈。馬教授參與並主持「台灣車籠埔斷層深井鑽探計畫」，透過台、美、日、德四國學者跨國際合作研究，鑽取斷層帶的岩芯試樣，探究九二一大地震的成因和生成機制，研究團隊分析九二一大地震車籠埔斷層鑽探岩心，發現斷層滑移厚度及地震能量之關係（圖 2），成果於 2006 年發表於《自然》(Nature) 期刊上。接著研究團隊在車籠埔鑽井裝置井下地震儀陣列（圖 3），了解井下應力方向及自然水力破壞之力學因素，加上觀察鑽取的岩芯內容，團隊發現到，「滑移帶的厚度」是了解地震能量的重要參數，而厚度則影響了能量的釋放。這是世界首次觀測到大型地震的斷層滑移帶的厚度，同時也成功量化算出地震時的破碎能及熱能（圖 4）。她卓越的整合能力，讓四國團隊發揮最大戰力，研究成果於 2012 年發

表在《科學》(Science) 雜誌。這第二篇登上一流期刊的論文，成功改寫了地震的基本理論，深受國際學術界矚目，提升了我國在國際學術界的地位。因而獲頒「吳建雄學術基金會」第四屆台灣女科學家「傑出獎」。值得一提的是當時還在攻讀博士的林彥宇博士生，秉持著馬老師要求的科學信念：「要看別人看不到的東西」，透過肉眼天天研讀放在車籠埔斷層的井下探測儀訊號，終於發現到長期存在著「只有 P 波（上下動），沒有 S 波（左右動，也可以理解成第二波）」的特殊訊號，協助馬教授改寫地震理論。林彥宇博士已經在 2019 年 2 月回系上擔任教職。

馬國鳳教授擔任「台灣地震科學中心」主任時，成立台灣地震模型 (Taiwan Earthquake Model, TEM)，並積極爭取參加世界地震模型組織 (Global Earthquake Model, GEM) 工作和任務，成為 GEM 的國家會員。讓台灣地震危害分析的技術與世界接軌，並與世界共同面對地震風險及管理。台灣是全球受天災影響最鉅的國家，她認為地震防災研究與推廣是比地震預測更迫切且實際的一項工作。以台灣密集的人口及產業發展，評估各式災害所帶來的風險，格外顯得重要，亟需建立一個彙整平台，使科研成果轉換成產業可用資訊。中央大學地震科學領域的相關研究，累積了數十年的深厚基礎，以其國內頂尖、國外領先之技術，足可成熟地轉化上游科學知識至下游的風險評估管理實務，並深具契機強化科技發展成果，據以連結產業及政府防災業務單位。於 2018 年在教育

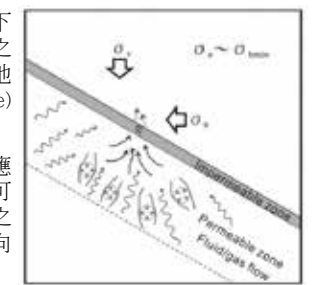


▲圖 2 根據岩芯分析，所得到的地震輻射效率 (radiated efficiency) 與斷層帶厚度 (T)/ 滑移量 (D) 之關係，了解集集地震時車籠埔斷層能量釋放與分配之關係。



▲圖 3 車籠埔深鑽與井下地震儀陣列紀錄斷層帶之地震活動，藍點為均向地震 (isotropic earthquake) 之震源。

►圖 4 根據鑽井得知的應力條件 (趨近均向) 下，可能由於斷層帶流體造成之裂隙擴張，而出現之均向地震。

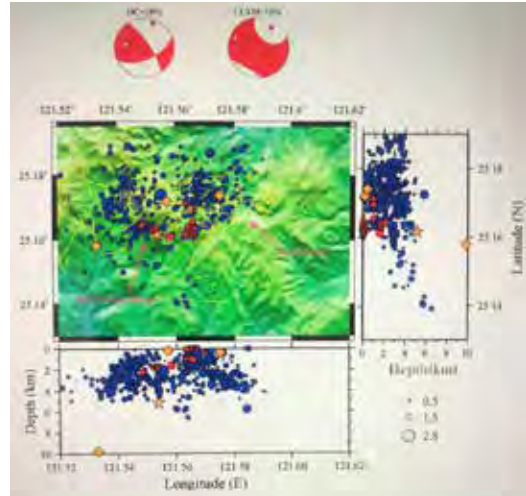




▲圖 5 中央大學校長周景揚（左二）與財團法人中興工程顧問社曾參贊董事長（右二）簽訂產學合作備忘錄。

以使用端需求為導向的智慧科技產品。透過本中心建立之平台，預期能促進智慧防災相關產業的發展，達成產業鏈結之具體目標。短期發展策略以地震以及地震造成之衍生災害或災害鏈風險評估為主，中、長程研究包括環境誘發地震及餘震危害及風險分析、極端氣候對山崩、土石流災害風險之影響、氣象及海洋災害等議題。該中心於今年 3 月在周景揚校長的見證下，分別與財團法人中興工程顧問社曾參贊董事長、興創知能股份有限公司橫山典生副董事長簽訂產學合作備忘錄（圖 5），期結合本校豐沛的研究能量，共創多贏局面。

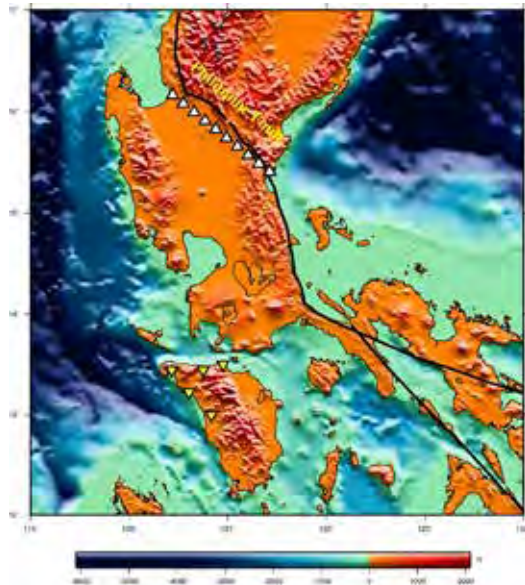
柯士達教授是系上唯一的外籍老師，剛來台灣就以他在「火山地震學研究」的專業，與中央研究院地球科學研究所林正洪研究員合作，利用地震學方法進行「大屯火山監測」計畫，包括精確地震定位、地震活動時間空間分佈（圖 6），及模擬火山地震訊號如火山微震、長週期微震



▲圖 6 大屯火山地震活動特性研究。

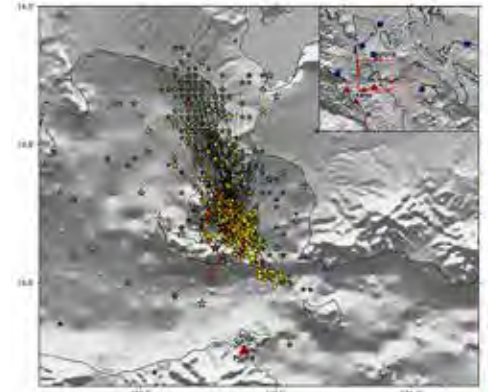
(Very Long Period Tremor, VLPT) 等。科士達教授亦參與菲律賓塔爾 (Taal) 火山及龜山島地震監測計畫。同時也和雅典國家地體動力所進行研究合作，研究南愛琴海隱沒帶之地震活動及火山機制，對於本系在國際間火山議題的合作貢獻良多。

陳伯飛副教授主要研究重點是針對台灣地區隱沒板塊的形貌、深度及作用過程加以探討，例如利用地震儀陣列觀測 ScSp 波相以勾繪出北台灣隱沒板塊形貌。陳老師也進行「台灣海嘯的潛勢分析」，模擬 1922 規模 7.6 蘇澳地震與 1934 規模 7.9 呂宋地震所引起之海嘯，評估台灣海嘯可能潛在的災害。參加科技部「台菲（律賓）雙邊研究計畫」，對馬尼拉隱沒帶及馬尼拉至台灣隱沒帶之地震活動度進行更深入的研究。此外，不畏艱辛



▲圖 7 在橫跨中呂宋島設置 10 個寬頻測站的線性陣列（白色三角形），2019 年會先完成三個測站。此線性陣列的目的是接收東加隱沒帶經常性的深部強震訊號。

地在菲律賓明多洛與呂宋南部的地震陣列設置，進行「菲律賓斷層帶地震觀測計畫」，自 2013 年起在明多洛島北邊設置 5 個寬頻地震站（黃色倒三角形），觀測馬尼拉海溝最南端隱沒作用所造成的地震。除此之外，我們將在橫跨中呂宋島設置 10 個寬頻測站的線性陣列（圖 7）。此線性陣列的目的是接收東加隱沒帶經常性的深部強震訊號。利用線性陣列所接收到此訊號的相對到時與波型可以用來成像呂宋島中部底下上部地函的二維高解析度速度構造，了解相反方向隱沒板塊的

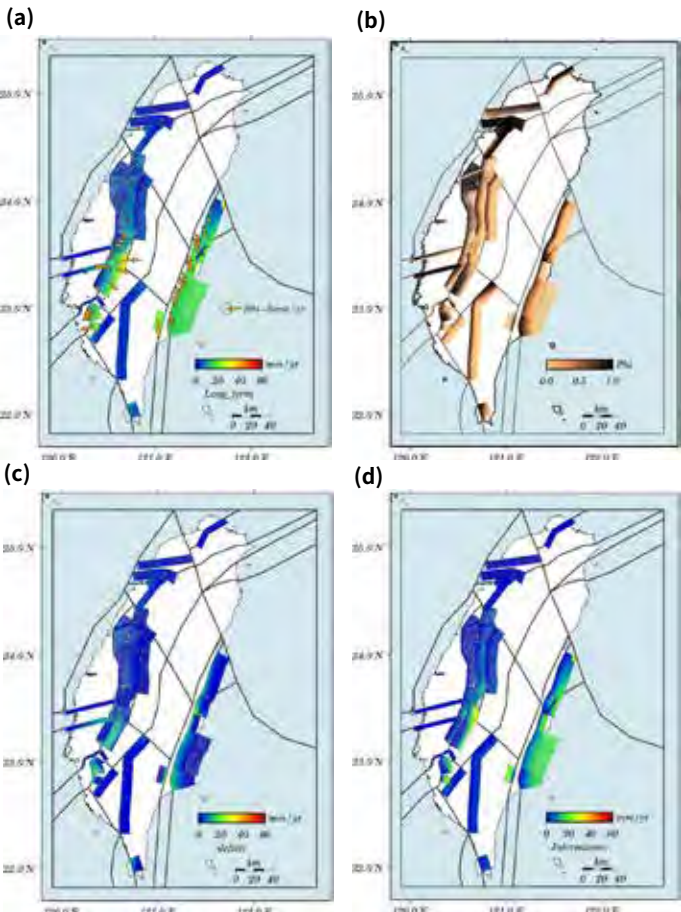


▲圖 8 PHIVOLCS 地震目錄中 2017 Batangas 地震 (Mw 5.9) 序列的震央分布 (星號，依據 MS 調整星號的大小)，及使用 HypoDD 重新定位後地震目錄中的地震分布 (圓形，依據 ML 調整圓形的大小)。當一個事件同時存在於兩個地震目錄中且震央位置相異，我們用黑線將它們連接起來以表示其空間上的位移。重新定位後的地震分布在 Batangas Bay 更為密集，呈北北西-西南東走向。右上角的圖是用來重新定位地震的測站分布，紅色三角形是寬頻地震站，藍色正方形則是 PHIVOLCS 測站。

並結合其他的地質及地球物理資料建立數值模型，以分析岩石圈的構造、物理特性及其與不同地體活動間的關連。例如：針對黃石火山系統的地表形變及地殼岩漿庫的時空變遷進行觀測及數值模式分析，並進一步估算火山活動對鄰近斷層系統及地震活動度的影響。曾對集集地震之震後地殼形變探討台灣地區岩石圈之流變性質，利用台灣三維莫荷面構造建構三維黏彈性模型，並使用 RELAX 計算震後 13 年之地表位移，雖然部分測站垂直量模擬結果很吻合，但仍無法解釋所有資料，理論模型仍須繼續改進。為了探討台灣活斷層的孕震潛勢，本研究依據中央地質調查所已公佈的 33 條活動斷層及其他構造邊界，建立三維空間下的彈性塊體模型，再藉由 GPS 觀測所紀錄的地表變形速率來計算這些斷層的滑移速率，結果顯示台灣中部的觸口斷層、大尖山斷層及義竹斷層具有 4 至 9 mm/yr 之平均滑移虧損率，南部的梅嶺斷層及小崗山斷層則約為 5 至 8 mm/yr，東部地區則以瑞穗斷層及玉里斷層具有較高的滑移虧損率 (6 至 8 mm/yr)。我們推論台灣活斷層的孕震潛勢應以中部及南部的西部麓山帶及東部縱谷北段較高（圖 9）。

交互作用。此外，線性陣列的位置大致與菲律賓斷層（粗黑線）平行，也有助斷層上的地震的觀測與防災。不但加強台菲雙邊的合作關係，也有一些具體的研究成果，如利用地震觀測資料將 2017 年四月 Batangas 地震重新定位的結果與地體構造的意義（圖 8）。

張午龍副教授是系上唯一「地殼形變」專業的老師，許多地體構造的活動如板塊運動、斷層滑移、岩漿入侵、及大質量變動（如造山及冰河消退）等，都會引發地殼的形變。主要的研究方向就在廣泛地利用現代測地學技術，如全球衛星定位系統（GPS）、合成孔徑雷達（InSAR）、應變計等，來觀測地表的三維運動量。



▲圖 9 為了探討台灣活斷層的孕震潛勢，藉由 GPS 觀測所紀錄的地表變形速率來計算這些斷層的滑移速率：(a) 模型所推求的斷層長期滑移速率。橘色箭號代表各斷層面上的滑移方向，暖色代表較高的速率值，冷色代表較低值。(b) 各斷層面上的鎖定係數 (coupling coefficient) 分布。(c) 由 (a) 圖乘上 (b) 圖，得到斷層面上的滑移虧損率。(d) 由 (a) 圖減去 (c) 圖，得到斷層面上的間震期滑移速率。



研究領域

地球物理學研究群

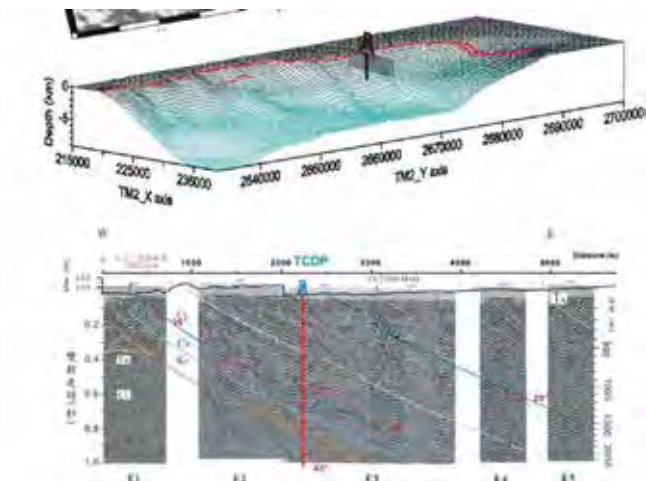
「地球物理學」一直是地球科學系的傳統及研究主軸之一。本系獨具的研究特色是完整結合陸地與海域的地球科學研究與探測，海上及陸上地球物理探勘包括：震測、地電、地磁、重力、海底測掃聲納、海底地質剖面。陸上地球物理研究群，已經退休的老師有楊潔豪、謝昭輝、吳永順、林敏一、鄒玉華、陳平護和陳洲生等前輩；世代交替後的老師包括：王乾盈、陳洲生、顏宏元、陳建志、郭陳浩、張竝瑜。1998 年許樹坤教授受聘至地球科學系任教，地球科學系開始對台灣海域附近重要地體構造做相關地球物理調查，陸續有林靜怡和葉一慶兩位老師和多位博士後研究同仁、技術人員加入。地球物理研究群的老師都是國內首屈一指且能獨當一面的專業學者。

地球物理學係利用儀器在地表進行觀測，依所測得來推求地下岩層的物性，進而推測出地下構造形貌。其應用範圍非常廣泛，不論是地下構造模擬、資源調查、基礎探測、地震前兆研究、……等，研究項目是不剩枚舉。台灣地震研究中心之「地球物理探勘儀器中心」設置在地球科學系，成為國內地球物理研究最重要的據點。

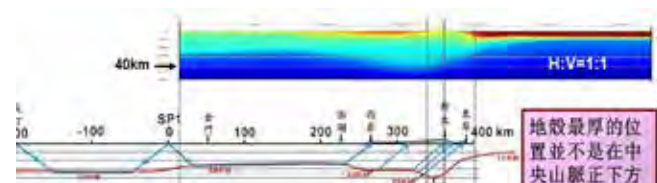
地球物理學領域分別以震測研究、地電研究、重磁研究及海洋地球物理說明。

震測研究

本系震測實驗室在王乾盈教授多方位的測勘規劃，不但培育許多優秀的震測專業人才外，還執行多項跨領域的計畫，對台灣地球物理探勘研究的貢獻更是令同行稱許不已。在九二一地震發生後，執行車籠埔斷層孕震構造研究和主持車籠埔斷層 4 公里深井鑽探計畫（圖 10）。利用困難度較高、但亦較有效之淺層反射震測法，進行活動斷層探測，發表超過 10 篇以上之正式論文及許多的報告。以震盪震源測繪台北盆地、埔里盆地及宜蘭平原之地下基盤面及地層構造，發現台北盆地最深不超過 700 公尺，以基盤下之坎腳斷層拱起為界，西北部以 4 度角加深至山腳斷層邊界。2007 年主持台灣大地動力學國際合作研究計畫（TAIGER），全面測繪台灣地下三維之地殼及上部地函構造。



▲圖 10 車籠埔斷層孕震構造研究和車籠埔斷層深井鑽探計畫。



▲圖 11 首次明確的發現來自 Moho 的 Pn 信號，證實台灣山根確實存在。

當時還在攻讀博士學位的郭陳浩老師就參加這個國際合作研究計畫，於 2006~2008 架設了寬頻地震站約 45 站以彌補台灣長期寬頻地震站的分布不均，此地震資料尤其對於遠震訊號的紀錄甚為重要。在遠震 S 波剪切波分離的研究中，本小組完成了全台灣的地殼與地函的震波非均向

性分布圖。並由減切波分離所獲得的結果中（快波方向為東北 - 西南向約平行中央山脈的走向，延遲時間為 1~2 秒），我們獲得一個非常重要的推論，造山作用不僅止於地殼深度，甚至於上部地函約 100 公里深度皆受到影響。2009 年實施海陸聯炸，此為歷年來台灣板塊構造規模最大之研究工作。在 TAIGER 計畫中，架設多尺度且空間密度高的短期地震測站（寬頻地震站 [45 站]、海底地震儀 [46 站]、短週期三分量地震站 [279 站約兩公里間距]、短週期單分量地震站 [2,287 站約 200 公尺間距]）提供了非常好的地震測站分布。

研究團隊整合所有的地震資料與台灣長期的寬頻地震資料並聯合使用近震、遠震與高爆的信號來反演全台灣尺度的三維速度構造。此研究結果發現，台灣地殼最厚的區域（靠近花蓮區域中央山脈下的地殼厚度最厚）與造山碰撞最激烈的區域（地震最活躍的地區）有顯著的相關性。TAIGER 計畫發現 Moho 面在 35~45 公里，且因造山碰撞而變形，北深南淺。2010 ~ 2014 年執行兩岸合作跨越台灣海峽震測計畫（ATSEE），在台海及台灣陸地佈線，接收來自大陸的高爆（1000~3000 公斤）信號，首次明確的發現來自 Moho 的 Pn 信號，

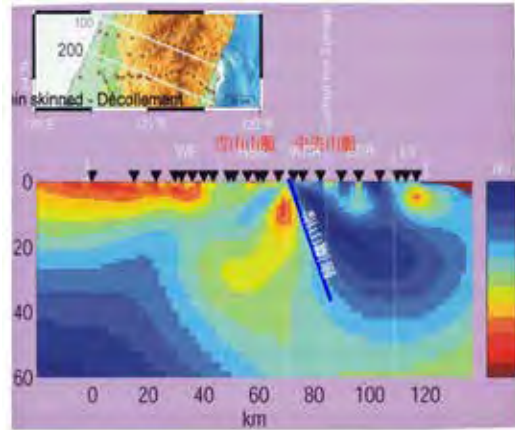
證實台灣山根確實存在（圖 11）。利用 2008 ~ 2012 炸測資料與 2000 ~ 2014 地震資料，完成福建地區的三維速度構造，可以清楚地看出長約 400 公里的古老弧後張裂構造與福建沿岸的地震斷層帶。2014~2018 年參與主軸地熱及主軸二氧化碳地質封存計畫，負責鑽井震測選址，完成高解析三維震測，座立鑽井場精細三維構造震測剖面，提供鑽井控制，並座立基礎資料，作為未來地熱開發或二氧化碳儲氣後的對比基礎。主持 2013~2016 台灣北部地熱鑽井計畫：宜蘭平原三星鄉紅柴林井於 2800 公尺鑽獲 120 度溫度及大量湧水。另進行宜蘭平原全區地層構造及斷層探測，完成 40 幾條測線，其中包括橫跨蘭陽溪，確認蘭陽溪斷層，其與南岸 3 公里處的濁水斷層形成地塹邊界，成為地熱熱源上升之管道（圖 12）。



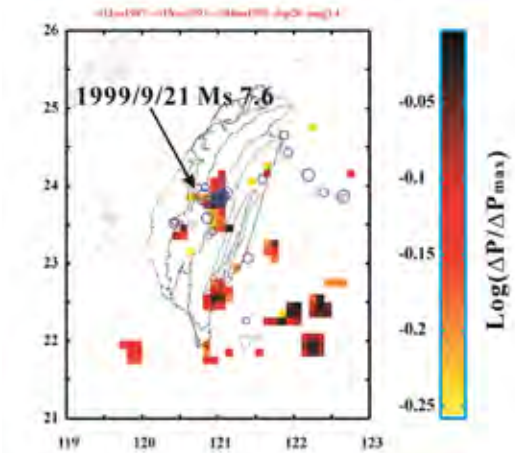
▲圖 12 王乾盈教授經多年努力，在宜蘭平原三星鄉紅柴林井於 2800 公尺鑽獲 120 度溫度及大量湧水。

地電研究

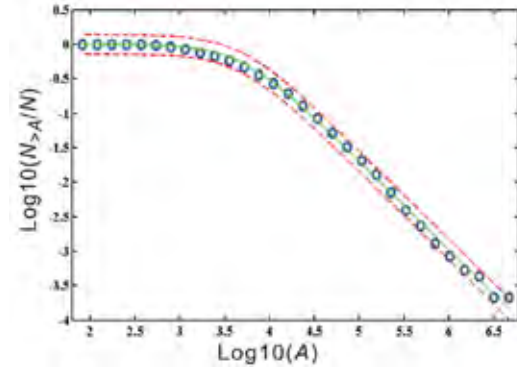
地電測勘在本系有相當悠久的歷史。從最早期楊潔豪、陳平護兩位教授利用直流電阻法，在桃園機場、三義裕隆汽車製造廠等地區探勘地下水；陳洲生教授引用電磁波之深測技術，建立相關之處理軟體，克服臺灣地區之高背景雜訊，進行臺灣地殼之電性研究（圖 13），探討地殼變形的可能成因和探討地震破裂甚或地震活動之原動力。探討電阻率之時間變化，證實電阻率呈漸減變化與降水無關，而與地震之關係密切。陳建志教授將多種地電測勘方法發揮到淋漓盡致。利用三維大地電磁法順推與逆推，探討台灣與鄰近地區孕震帶電性構造及其與地震活動性；以大地電磁（MT）法，掃瞄了西北台灣一個重要的地震線形構造—三義埔里地震帶—下的電性構造，分說明流體存在對地震活動的影響。陳教授還結合地震統計物理研究概念，對地震前兆和時空分析研究貢獻良多。以集集地震前的地震活動檢驗震前兆之 Self- Organizing Spinodal 模型，檢驗大震前 FMD 隨時間之演變過程，本文被 GJI 列為 Fast-Track 的論文，議題屬於國際上重視的課題，成果極受國際關注。利用 Pattern Informatics (PI) 方法證明集集地震的震央附近，確實有強烈的異常活動（圖 14）。利用遠距沙堆模型模擬，確認地震學上兩個重要的參數 b 值與 Hurst 指數，兩者間相依的前兆變化行為。應用了最小熵原理的概念，對山崩統計學提供了一個新的物理典範，透過引進「非廣延熵 (non-extensive entropy)」而架構出



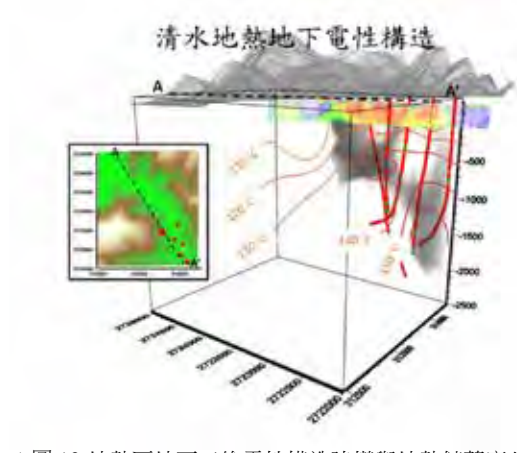
▲圖 13 MT 所推測之地下電阻率，推測台灣重要的梨山斷層位置。



▲圖 14 利用 Pattern Informatics (PI) 方法證明集集地震的震央附近，確實有強烈的異常活動。



▲圖 15 應用了最小熵原理的概念，成功地描繪了由小事件到大事件的山崩頻率之分布。



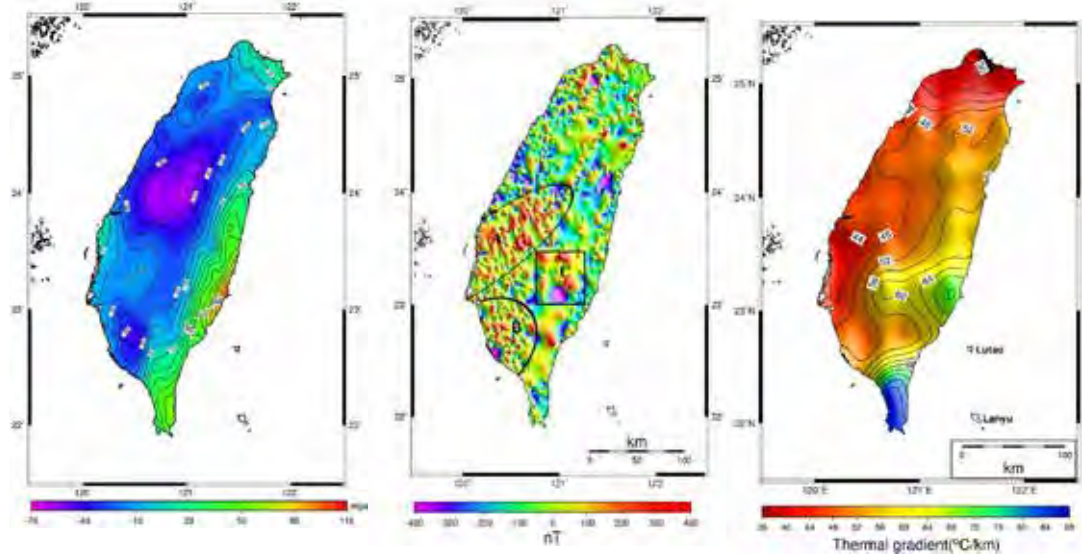
▲圖 16 地熱區地下三維電性構造建模與地熱儲藏庫分析。

來的統計律，成功地描繪了由小事件到大事件的山崩頻率之分布（圖 15）。近來更積極與新加坡、荷蘭、美國等國學者，合作提出了一個創新的統計地震物理模型 Soup-of-Group Model，推導出非常態（物理上所謂的遠平衡態）時期的大地震前兆現象。此外，陳建志教授發揮其靈活思考特質，結合電路設計的專長陸續開發多項監測儀器，已經展開技轉計畫。

張竝瑜教授加入地電研究後，主要研究包括：(1) 運用時序二維地電阻監測方法，推估地下含水層水文地質參數；(2) 運用高解析度的二維及三維地電阻剖面影像探測方法進行斷層與基盤構造研究；(3) 地熱區地下三維電性構造建模與地熱儲藏庫分析（圖 16）；(4) 研製電磁場時域與頻域多功能模組化量測儀器組成之大地電磁儀以及相關噪訊減噪處理技術。嘗試組裝適用於陸上之多功能模組化大地電磁感測紀錄器，與多波道資料紀錄儀進行機電整合，製成為兼具收集大地電磁與天然地震訊號的機型（僅國外同型系統 1/3~1/6 價格），正在申請各國的專利和技轉。

重磁研究

重磁探勘是地科系的傳統及招牌，。一般地球物理最基本的 4 張圖分別是 (1) 震央與震源分布圖；(2) 重力異常圖（圖 17）；(3) 磁力異常圖（圖 18）及 (4) 地熱分布圖（圖 19）。台灣地區第一張「自由空間異常圖」和「布蓋重力異常圖」，



▲圖 17 台灣地區布蓋重力異常圖。

▲圖 18 台灣地區磁力異常圖。

▲圖 19 台灣地區地溫梯度圖。

提供地體構造的宏觀解釋。參加 TAIGER 計畫進行台灣海峽地震及地體構造研究，先行彙整福建和海峽重力資料的工作，利用重力資料估算海峽地殼厚度的結果，對後續海峽構造研究提供有價值的資訊。2010 年利用數位地形重做地形修正，利用新版的布蓋重力異常圖逆推三維地下密度構造。2009 年繪製出台灣地區第一張「磁力異常圖」。在中央山脈南段發現一範圍廣且異常振幅大的磁力異常區，此發現對台灣的體構造的解釋提供另一種新思維。接著結合海域磁力資料，利

用頻譜分析法求得台灣第一張「居禮溫度面起伏及溫度梯度圖」，展示台灣最新且完整的地熱訊息。在台灣南部沿北緯 23 度有一東西走向之高溫度梯度分布，此結果是否可以解釋中央山脈南段少地震活動呢？引發許多學者的重視，文章發表在「亞州地球科學期刊」，成為該期刊最多下載文章次數的第三名。台灣許多造山運動和地體構造問題尚待釐清，近 10 年在偏遠山區架設超過 30 個臨時地震站，配合重磁資料進行構造的研究所。



▲圖 22 在台灣西南外海確實有可燃冰的存在。

海洋地球物理研究

本系海研究團隊在海域地體構造研究及海域地質災害，在學術貢獻上都有卓越的表現。許樹坤教授建立我國周圍海域海底地形圖以及磁力異常分布圖，至今仍被大量引用。因應聯合國大陸礁層劃界委員會所提出之要求，開始調查周圍海域的大陸礁層邊界及延伸的範圍，建構了 Edgetech 2400-DSS 底拖側掃聲納系統 (圖 20)，此系統在後續天然水合物和海底礦藏計畫研究上扮演了重要角色，甚至被應用在華航空難的搜救工作上。而為了執行這些大型計劃。為了瞭解海域地體構造分布，海底地震儀網 (圖 21) 的建置工作也逐漸開始，奠定了研究團隊後續具備完整海洋研究方法及能力的基礎。2008 年台美雙方連同法國的海底地震儀團隊，執行 TAIGER 計畫，進行台灣周圍海域深部地殼速度構造大規模的調查。在台灣周邊海域佈放超過 200 次的海底地震儀，並收集

超過 1000 公里的多頻道震測資料。近幾年對於南海北部的研究，找到南海最老的海洋地殼位置及其年齡 (37 百萬年)、磁力條帶和破裂帶在南海北部的分佈、南海北部海洋地殼的特性和分佈及南海北部地殼厚度變化。海洋地球物理團隊成員利用台灣地區的寬頻地震網 (BATS) 的資料計算了集集地震序列所引起的重力位能變化，了解重力位能的變化可以反應地體的動力機制和地體構造特性，這方面的研究在台灣而言屬於先驅者。利用磁力資料的解釋技術發展，主要是在解析訊號及尤拉解迴旋技術在位能資料解釋上的改進，以求得高解析地下磁源或重力源 (如斷層、侵入體等) 的物理參數 (如深度、幾何位置等)，可以幫助解釋台灣附近的地下地體構造，也可以應用到資源探勘方面。林靜怡教授於 2008 年參與相關計畫，利用一個臨時海底地震儀陣列進行花東海盆海底地殼特性研究。結果顯示除了在隱沒和碰撞帶等活躍地質活動區外，在台灣東部海洋地殼上也有地震活動，其 P 軸方向大致與碰撞活動方向平行，推測是碰撞運動的力量被傳遞到海洋地殼上所導致。最重要的計畫是為期 6 年的能源國家型科技計畫 - 台灣西南海域天然氣水合物賦存區海床穩定性的基礎研究。首度獲得了台灣海域的第一塊可燃冰，證實了可燃冰在台灣西南外海的存在 (圖 22)，讓台灣在這新能源的探勘領域上也在世界上有一席之地。2017 年，葉一慶教授進入中央大學地科系，引進電火花震測系統 (SIG sparker) (圖 23)，可進行高解析的淺層震測的調查。



▲圖 20 美國 Edgetech 公司生產的底拖式整合底質剖面側掃聲納 (Side-Scan Sonar combined Sub-bottom Profiler) : 2400-DSS，最深拖曳深度可達 3000 米，並且可以判視海床上小於 2 公分變化的物件。



▲圖 21 有別於 MicrOBS，MicrOBS Plus 雖然重量增加，但能夠執行任務時間也比過去更長 (記錄資料加上休眠時間可達一個月)。



▲圖 23 由法國 SIG 所生產的電火花震測系統 (Sparker)，有較高於多頻道震測的解析度、相較大於拖曳式整合底質剖面側掃聲納的穿透度，因此在淺層層積物調查上有極佳的效果。



▲圖 24 岩石製標室的裝備。



▶圖 25 熱場發射掃描式電子顯微鏡 (Thermal Field-Emission Scanning Electron Microscopy, FE-SEM)。



▼圖 26 熱導率分析儀 Thermal Conductivity Analyzer。

研究領域 地質學研究群

在「地質」方面，早期有顏滄波 (地科系首位系主任)、楊榮堃、陳維民、洪日豪等老師；後來陸續有張中白、林殿順、黃文正、張竝瑜、郭力維和陳致同老師的加入，地質課程相當重視野外工作，配合課堂講授內容，老師將親自帶修課同學到全省各地進行野外探勘實作及地質實習。地質老師分別就研究領域建置了：地質遙測、盆地研究、地質力學、斷層地質及山脈構造等實驗室。各實驗室擁有許多最新的儀器設備，分析野外所採回來的標本。近期剛完成「固樣製備室」，也就是從野外採回的岩石標本，切割、取芯、磨平、刨光，到製作岩石薄片，製作標本系列工作可以在該實驗室全部完成，是國內唯一且達國際水準的「固樣製備室」 (圖 24)。其他重要的實驗儀器設備：(1) 熱場發射掃描式電子顯微鏡 (Thermal Field-Emission Scanning Electron Microscopy, FE-SEM)：利用高能量電子束撞擊樣品並接收其產生訊號，以進行高解析度顯微觀察及快速元素組成分析 (圖 25)，可廣泛應用於地質、生物、醫學、動物、材料、物理、化學、機械、冶金、電機、半導體等領域。熱導率分析儀 Thermal Conductivity Analyzer (圖 26)，採用瞬變平面熱源法 (Transient Plane Source Method, TPS) 將平面探針置於兩樣品之間，當電流通過探針時產生一定的熱源使得溫度上升，所產生的熱量則同時向兩側樣品擴散。熱擴散速度仰賴材料的

熱傳導特性，因此經由儀器記錄溫度與探頭的反應時間差，可計算出材料的熱傳導係數 (Thermal Conductivity)、熱擴散係數 (Thermal Diffusivity) 與熱容 (Heat Capacity) 特性。

以郭力維副教授所負責的斷層地質實驗室為例，研究團隊還有吳文傑博士後研究員和蕭秀璟、洪建程兩位助理。研究領域是地震與相關之地震災害。地震發生時，地震斷層帶的滑動會觸發物理與化學作用，進而產生水岩之各式變化 (thermo-chemo-mechano-hydraulic interaction)，導致斷層弱化以及相關之破裂，當然，還有滑動結束之斷層癒合。

本研究室使用跨學門的研究方式瞭解斷層帶的特性，如 (1) 利用野外活動構造的地質調查，(2) 斷層岩石的物理化學特徵，(3) 岩石力學的斷層行為模擬等相關數據，探討斷層曾發生過的物理化學作用，以及可能的斷層 (弱化) 機制。目前的研究成果：(1) 獲得活動構造的組構，並可與高精度之地震數據相比較與結合，(2) 鑑別斷層帶內 (礦物相關或微構造相關之) 地震事件指標，(3) 確認地震時或震間之物理化學相關作用，以及可能導致之弱化作用，與 (4) 獲得地震可能之相關參數，如斷層強度，能量分配 (可估計摩擦熱，破裂能)，絕對應力降等。綜合上述跨學門的研究結果，不但可以瞭解揭開活動斷層的滑動行為，並且可以揭露造成巨大破壞的地震斷層可能之機制。

重要的合作學術機構，包括：中國地質科學院、義大利帕多瓦大學、美國威斯康辛大學及紐

西蘭奧塔哥大學。該實驗室未來能應用其專長領域能 (1) 提供各式地震災害模型所需之相關參數，(2) 建立地質構造與地震活動之連結，(3) 扮演鏈結即時地震觀測與相關地質構造特徵的角色，(4) 最終讓地震災害對人民的威脅降低。

結語

二十年以來，台灣許多大型研究計劃，如車籠埔斷層鑽井計畫、台灣大地動力學 TAIGER 國際合作研究、井下地震儀分析斷層地震動力特性、地震電磁前兆監測研究、跨越台灣海峽震測實驗、...等，在系上老師通力合作下，發揮四十多年來奠定的地球科學基礎，在諸多相關的研究上，成果豐碩表現亮麗，並與國際科學研究接軌，深受國際學術界矚目，提升了我國在國際學術界的地位。

根據世界銀行公布的資料顯示，台灣是全球受天災影響最鉅的國家。以台灣密集的人口及產業發展，評估各式災害所帶來的風險，格外顯得重要且急迫。台灣的天災研究，一直以來缺少了一個彙整平台，使科研成果可迅速轉換成產業可用資訊。教育部「高教深耕計畫」下所成立之「地震災害鏈風險評估及管理研究中心」(Earthquake-Disaster & Risk Evaluation and Management, E-DREaM)，該中心主任和主要研究同仁大部份都是本系優秀的老師，以其國內頂尖、國外領先之技術，足可成熟地轉化上游科學知識至下游的風險評估管理實務，並深具契機強化科技發展成果，據以連結產業及政府防災業務單位。科技業及相關政府部門可據此基礎，進行後續評估及管理規劃，分析其所在區域所承擔之風險。透過這些數據具像化的呈現，民眾也深切的感受其所面臨的災害風險，加強民眾防災教育，展現社會責任和造福民生。



固樣製備室 Environmental Geochemistry Lab.

團隊成員：
實驗室主持人郭力維 副教授、共同主持人林殿順 副教授、董家鈞教授，
博士後研究員 1 名，研究助理 4 名、碩博士班學生等。

研究領域

瞭解地球的方法有很多種，其中，地球物質的分析為最重要的方法之一。然而，分析之前的樣品前處理，依據各試驗方法不同而有不同的型態需求，這也導致不同實驗室擺放部分的製備儀器，所以製備樣品很難一次到位。

因此，地球科學院籌備樣品製備室，提供一套完整的試體製備環境，包含岩石礦物之切割、削磨、精密加工、薄片製作，和試體灌膠定型。亦有岩石礦物的粉碎用具以及粉體樣本冷凍乾燥處理。此完整之試體製備環境，有利於研究人員或學生進行地質之相關研究。

現在，固樣製備室能處理不規則數十公分岩石樣品，並有數種製備選項：

1. 切削為特殊尺寸 (直徑 25 毫米之岩石圓柱)，之後可利用環剪儀 (Low to High Velocity Rotary apparatus, 架設於董家鈞老師實驗室) 模擬滑動變形，瞭解力學變化；
2. 切割成數百微米，利用熱場發射掃描式電子顯微鏡 (Thermal Field Emission Scanning Electron Microscopy, 架設於郭力維老師實驗室) 進行顯微觀察，瞭解其微構造特徵；
3. 粉碎成為粉末樣品，利用 X 光粉末繞射或是 X 光螢光分析 (X-ray powder diffraction 和 X-ray fluorescence, 架設於林殿順老師實驗室)，獲得其礦物組成與化學成分；
4. 其他岩石之物理條件量測 (電阻，孔隙率與滲透率等)。

本實驗室之成立，減少固態樣品製備之阻礙，並可加速地球科學院之相關研究活動。

發展歷程



1. 中 / 小型切割機：採用手動推進的方式，將岩石塊樣切割至適當大小。



2. 金剛石線切割機：採用自動推進的方式，提供各式材料進行精密切割，並可搭配無線顯微鏡以提高切割精密度，最薄厚度可達 0.08 mm。

▼ 樣品精密切割中。

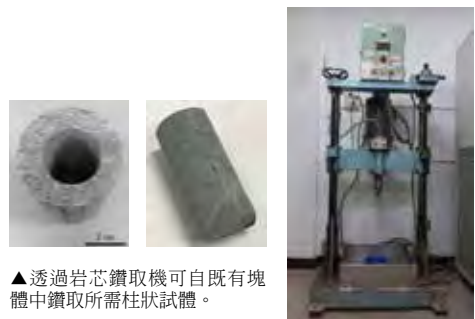


3. 岩芯研磨機：採用手動設定內、外徑大小，並利用砂輪精密研磨圓環試體以供各式岩石力學實驗使用。



▲經由岩芯研磨機可控制內外徑大小以生成圓環試體。

4. 岩芯鑽取機：採用自動推進的方式，利用不同尺寸的鑽頭鑽取直徑大小各異的試體，可應用於不規則塊體。



▲透過岩芯鑽取機可自既有塊體中鑽取所需柱狀試體。

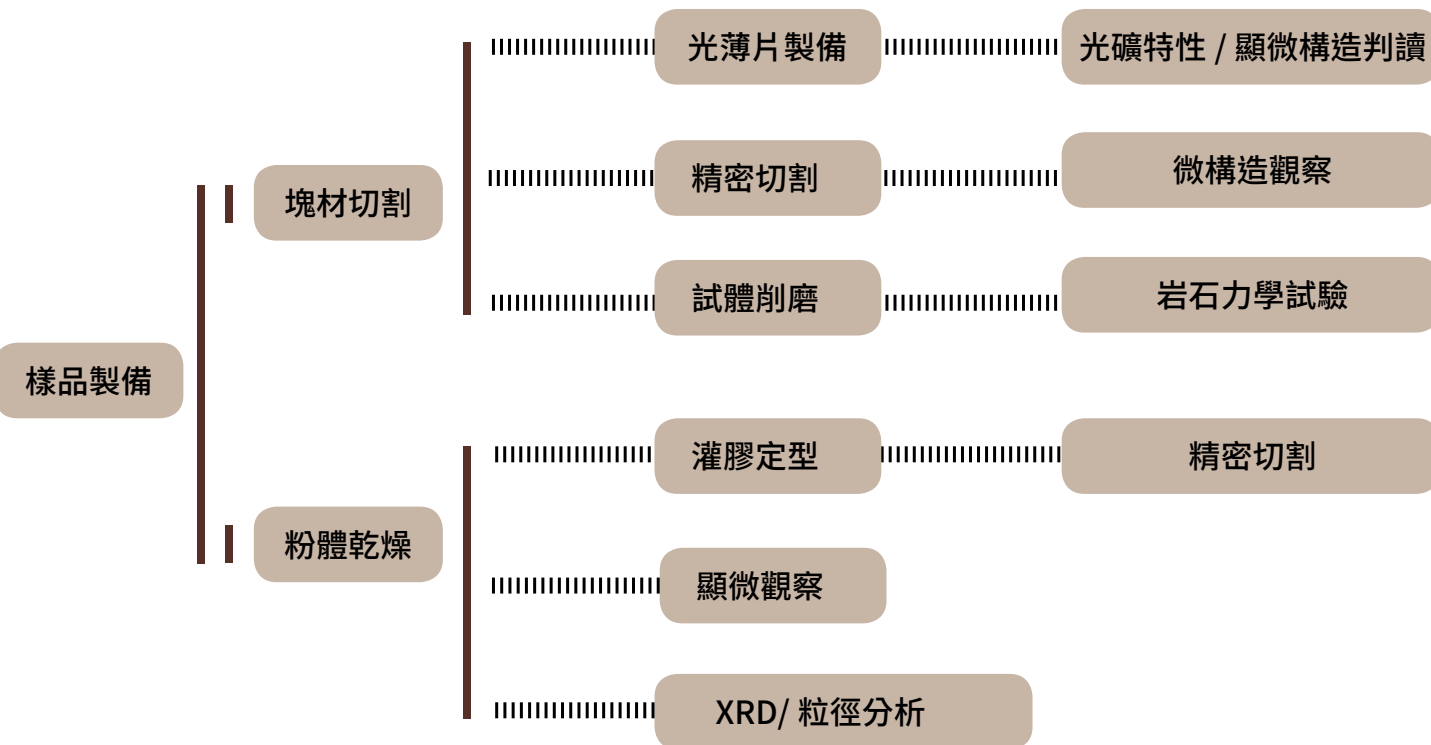
5. 光薄片製備機：採用自動推進的方式，將固定於薄片上的塊樣精密切割至適當厚度，誤差厚度可達 $\pm 5 \mu\text{m}$ 內。



6. 冷凍乾燥機：以真空抽取的方式移除試體中的水汽，避免樣本受到高溫烘烤的影響，並可保有原本的鬆散結構。



藉由提供完整的樣品製備環境，減少樣品製備之阻礙，讓地科院之研究同仁與學生更易碰觸喜愛之科學議題與相關試驗，推動中大地科之研究風氣。



雷達氣象實驗室 Radar Meteorology Lab.

復校起點·中大基石

大氣科學系

大氣科學是以物理學、數學、計算機科學、環境科學為基礎來研究地球及行星大氣科學現象的學門。中大 1962 年於苗栗成立地球物理研究所復校時，其所即含括大氣物理領域，1968 年於中壢成立國內首創之大氣物理學系學士班（分大氣物理組及高空物理組教學）；1978 年成立國內首創之大氣物理研究所碩士班；1983 年成立國內首創之大氣物理研究所博士班。大氣物理所之研究乃在探討近地球表面的大氣現象，如天氣變化、雲雨的形成、空氣污染、地球環境變遷等原理，進而預測其行為，藉以防範災害並充分利用資源，造福人類。

基本
資料

教職員數：70 人
學生人數：364 人

研究
領域

1. 利用全台氣象雷達網之資料，針對颱風、鋒面、午後熱對流、中尺度對流系統等不同的天氣現象進行研究，分析系統內部動力、熱力與微物理結構，了解對流發展動力機制及演變過程，應用於改善即時天氣預報 (Nowcasting)，發揮防災預警功能。
2. 利用雙偏極化雷達資料，改善定量降水估計 (Quantitative Precipitation Estimation, QPE)，發展降水粒子分類與資料品質管控技術，進行雲物理與降水效率的研究等。
3. 發展多都卜勒雷達風場反演技術，可在複雜地形上進行風場合成，並能有效解決傳統雙都合成方法之基線 (baseline) 問題，使得吾人可深入探討地形與對流的交互作用。
4. 發展 3DVAR、4DVAR 及 LETKF 等技術，進行雷達資料同化 (Data Assimilation) 研究，以期提升短期 (0 到 6 小時) 定量降水預報 (Quantitative Precipitation Forecast, QPF) 能力。
5. 新型氣象雷達系統硬體的研發。
6. 利用系集方法進行雷達資料同化與短期預報。目的在測試雷達觀測參數對於模式初始場之影響，以了解短期中、小尺度之預報準確

度、誤差與其不確定性。並利用不同雲微物理方案搭配系集同化系統，分析雲動力與微物理上之特性，評估在台灣地區的綜合表現。

7. 利用台灣區域雷達網聯之回波觀測，使用變分回波追蹤技術 (Variational Echo Tracking technique)，估計天氣系統之移動向量場，發展出電腦運算時間極短之即時預報系統 (0-6 小時內)，進而支援防災應變決策作業系統。

8. 發展雷達品質管理、資料處理技術。透過模糊邏輯法分辨氣象與非氣象回波訊號；透過一維變分法 (1-D Variational technique) 將雷達資料再處理，提升雷達資料品質，以利後續雷達資料應用於定量反演之運用。

發展
歷程

- 1987 年：於中央大學大氣科學系系館樓頂架設氣象雷達，並開始進行觀測。
- 2004 年：升級原有雷達，使其成為全台灣第一部偏極化氣象雷達。
- 2008 年：建置全台灣第一部移動式雙偏極化都卜勒雷達 (TEAM-R)。

重要
貴儀

大氣系氣象雷達的建置

1987 年，中央氣象局將高雄壽山傳統式氣象雷達贈與中大大氣科學系架設於系館樓頂，開始進行天氣回波觀測。2002 年，再度接收中央氣象局高雄站氣象雷達，升級為都卜勒氣象雷達，可觀測天氣系統內的風場。2004 年，民航局將桃園中正國際機場都卜勒氣象雷達贈與大氣系，由本實驗室升級為台灣第一部雙偏極化都卜勒氣象雷達，能夠觀測的到雨滴粒徑分佈、降雨粒子分類，更能精準估計降雨。



移動式氣象雷達 (TEAM-R) 的建置與簡介

氣象雷達是監測劇烈天氣現象的重要儀器，台灣環島陸基式固定氣象雷達站，分別屬於中央氣象局、空軍、民航局、國研院與中央大學大氣科學系。由於島上地形複雜，部分區域有觀測死角，對於山區或是近地表大氣的觀測，往往付之闕如。基於此原因，在 2006 年 9 月行政院國家科學委員會（現在的科技部）核准，由國立中央

大學大氣科學系負責執行「移動式雙偏極化都卜勒雷達建置計劃」，於 2008 年 3 月成功建置國內第一部以實驗為主的移動式氣象雷達，命名為 Taiwan Experimental Atmospheric Mobile Radar (TEAM-R)，為全台灣第一部移動式雙偏極化都卜勒雷達 (TEAM-R)。此型雷達的都卜勒功能可以測得天氣系統內部的風場結構，而雙偏極化功能可使降雨估計的精確度大幅提升，放於可移動的載具上，以便深入地形複雜的區域，進行觀測。

本雷達自行設計分別向美國、芬蘭、以色列等國採購雷達分項零組件，最後在台灣進行整合測試。因應台灣之地形、道路、天氣之限制，在設計上特別加強了雷達的抗風係數，並採購體積適當的車輛，移動式雷達觀測平台設計為可分離式，便於維修日後車輛汰舊換新時替換。



台灣第一部移動式氣象雷達 (TEAM-R) 外觀

TEAM-R 雷達於 2008 年建置完成後迄今，已多次參與國內的氣象觀測任務，足跡遍及數個台灣西部縣市，與東部的宜蘭、台東，更於 2015 年蘇迪勒颱風侵襲時，前往支援受損的中央氣象局五分山雷達，填補了北台灣天氣監測的空白。更於 2017 年前往韓國參加為 2018 平昌冬季奧運所規劃的預備實驗，進行為期 3 個月的氣象雷達監測，收集氣象資料。除觀測任務外，TEAM-R 也用於科普教育，貢獻良多。



發展歷程

本實驗室因研究表現優異，受韓國氣象廳之邀，參加2018年平昌冬季奧運所舉辦的觀測實驗，此實驗為聯合國世界氣象組織支持進行的大型國際觀測，共有11個國家參與，除了主辦國南韓，還有美國、加拿大、瑞士、奧地利、俄羅斯…等國家，而本實驗室是唯一來自亞熱帶地區的團隊，實為台灣之光。

為參加為冬季奧運所舉行的觀測預備實驗，中大雷達氣象團隊將 TEAM-R 運到韓國平昌，於2017年1月起觀測三個月，將雷達資料直接匯入韓國氣象廳，提供作業人員評估對隔年比賽場地天氣監測與預報的效益。此外，也將發展多年的雷達風場合成技術 (WISSDOM) 移轉給韓國氣象廳，在2018年冬季奧運會實際舉辦期間，利用該地區所有的氣象雷達資料，以每十分鐘更新一次的方式，提供比賽進行時對天氣狀況即時研判的參考。



▲2017年參加韓國冬季奧運預備實驗本團隊人員與 TEAM-R 雷達合影。

此次的實驗，期間獲得在台灣較缺乏、相當珍貴的冰相降雪資料之外，也讓參與實驗的各國注意到中大專業先進的技術，提升台灣在國際氣象界的能見度。



▲韓國氣象廳訪問團參觀。

韓國氣象廳 (KMA) 天氣雷達中心 (WRC) 與中央大學大氣系雷達氣象實驗室，因平昌冬季奧運自2016年開始合作，期間協助長達三個月的氣象觀測，與 KMA 交換資料及分享技術。中大團隊所研發用於分析台灣複雜地形上三維風場的多都卜勒雷達風場合成方法 (WISSDOM)，因平昌一帶的地形相當起伏不平，故在2018年冬季奧運舉辦期間 KMA 採用 WISSDOM 方法即時分析比賽場地的三維風場結構，以提供預報人員研判比賽進行時天氣變化的依據。

為持續雙方的合作，WRC 訪問團2018年10月2日訪問中大與本實驗室開會，討論雙方最近的研究進展及未來的合作項目，由地科院院長朱延祥院長代表，與 WRC 簽署合作同意書。

根據雙方合作協議，中大雷達氣象實驗室會持續與韓方合作，合作著重在人員與技術交流、分析方法與資料交換、舉辦聯合觀測實驗與科學會議、共同發表研究論文，藉由上述的活動達到雙贏目的。



▲地科院院長朱延祥 (右) 與韓國氣象廳天氣雷達中心張根一博士 (左) 簽署合作同意書。

未來展望

自1987年起，中大大氣系雷達氣象實驗室便於系館架設儀器進行觀測，至今已30多年歷史，目前成員有指導老師3位、技術員1位、博士後研究員1位、研究助理與研究生20餘位。從雷達硬體維護到資料品管分析與應用，都有相當豐富的經驗，未來也將繼續精益求精，提升雷達氣象研究，降低氣象災害對國民影響，默默守護台灣這一片天地。

氣象衛星實驗室 Meteorological Satellite Lab.

研究領域

本實驗室成立於1992年，由劉振榮教授創立及擔任主持人，為國立中央大學太空及遙測研究中心的所屬實驗室之一。

實驗室主要進行氣象衛星遙測相關研究，開發及應用相關衛星遙測技術，並對其他單位提供氣象衛星資料及技術方面的協助。主要研究範圍為氣象衛星遙測資料分析與反演方法的應用及改進，研究重心主要是開發及應用衛星資料監測台灣地區常見的災變天氣系統，如颱風、梅雨、對流系統和沙塵暴等。

實驗室初期的研究主要在應用氣象衛星資料反演相關的海氣環境參數，如海面溫度、雲導風、大氣垂直濕溫及臭氧剖面、雲參數、水汽、降水量及地表風速的估算，以及地球出長波輻射 (OLR) 之計算等。後續之研究主題則在應用衛星資料反演所得之海氣環境參數估算或推求災害性天氣系統之發展。主要研究內容為：

團隊成員：
實驗室主持人劉振榮教授、共同主持人劉千義 副教授。
博士後研究員1名，研究助理1名，專任助理1名、碩博士班學生等。

颱風

應用衛星觀測資料對颱風系統進行全方位監測，包括：颱風生成前兆的監測及颱風生成的預測、海氣參數條件對颱風強度的影響、颱風中心定位、颱風暴風半徑估算、颱風降雨潛勢估算、颱風登陸後強度及降雨變化、颱風風速估算、環境 (季風) 風場與颱風環流輻合的降雨影響、地形效應對颱風的影響等等。

本項研究重點亦包含建立一個數位化颱風監測系統，並透過網路平台發佈最新的颱風監測分析和預報結果 (如下圖)。



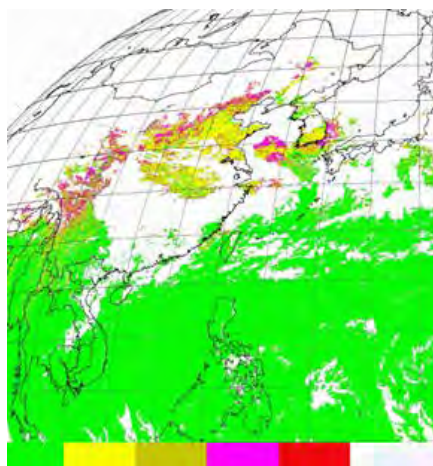
▲颱風監測分析和預報網路平台。

梅雨期豪大雨之生成和發展

應用衛星資料估算海氣參數及其變化，並據以建立降雨對流系統的生成前兆指標或強度變化指標：客觀潛力指數 (Objective Potential Index, OPI)，做為早期監測台灣地區災害性強降雨 (如梅雨、鋒面、夏季雷陣雨) 形成之參考，並開發相關衛星定量降雨估算技術。

沙塵暴

應用地球同步氣象衛星觀測資料，以可見光頻道分析估算沙塵暴之形成和移動，並首創以紅外線頻道分辨雲和沙塵，準確動態監測沙塵暴之量級和移動 (如下圖)。



▲衛星沙塵暴監測。

研究成果

颱風形成前兆研究

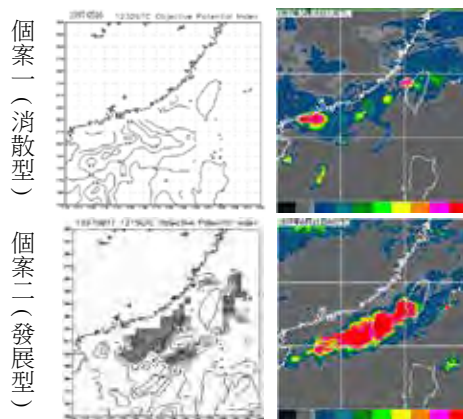
有鑑於西北太平洋海域極適合熱帶氣旋的生成，且生命期大都處於廣大的洋面上，而這些區域往往缺乏完整的傳統觀測資料，因此衛星遙測便成為目前觀 (監) 測熱帶氣旋生成發展最適合且有效的方式。

本研究利用 SSM/I 與 SSMI/S 衛星微波資料所反演西北太平洋海域的海氣環境參數，據此再建立模式計算可感熱通量、潛熱通量與潛熱釋放量，計算西北太平洋地區環境熱能和動能 (以渦度為代表) 的分佈情形，配合分別建立聖嬰年、正常年和反聖嬰年颱風生成的能量閾值，標示颱風生成之潛勢地區。研究結果顯示，若同一區域連續兩天以上超過閾值者，即代表有極大的可能持續發展成為熱帶低壓。

客觀潛力指數分析

臺灣地區在梅雨期常受到中尺度對流系統 (Mesoscale Convective Systems, MCSs) 影響而出現豪大雨。根據 Liu et al. (2002) 的研究指出，利用 SSM/I 衛星資料反演之海氣參數 (海表面溫度、近海面濕溫度、風速、海氣間的潛熱與可感熱通量) 所建立的客觀潛力指數 (OPI)，可針對目前的環境提供中尺度對流系統發展與否的客觀指標，並能有效地掌握海上中尺度對流系統之消長，對於台灣附近地區豪大雨的即時預報極有助益。本研究已完成 SSM/I 衛星資料計算客觀潛力指數之作業

化，每天可提供台灣附近地區之 OPI 值 (如下圖)，作為豪大雨預報之參考。

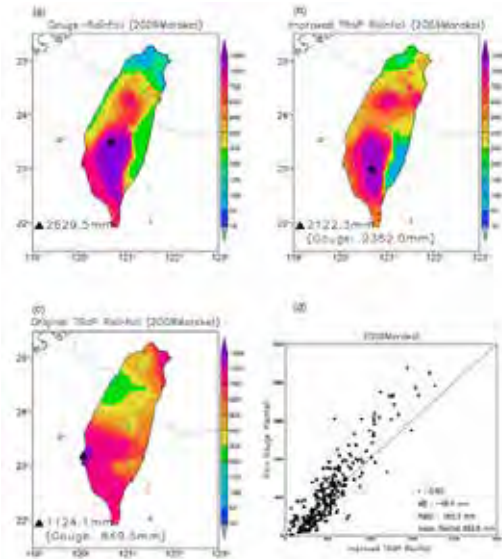


▲客觀潛力指數與對流系統發展個案。

颱風降雨潛勢預報

Kidder et al 在 2005 年發展出應用衛星資料在熱帶氣旋降雨潛勢的計算方法 (Tropical Rainfall Potential Technique, TRaP)，此方法僅藉由平移衛星反演之降雨分佈，預報 24 小時後可能造成的累積降雨量。但事實上，颱風在移動過程中颱風的旋轉與強度變化都會影響颱風的降雨，此外環境季風風場與地形的效應亦將改變颱風降雨大小和分佈型態。因此若僅使用平移的方式進行降雨預報，在地形、環境複雜地區並無法真實呈現颱風的降雨狀況，故本研究考慮颱風旋轉與強度變化及地形與環境季風風場效應，建立改良式颱風降雨潛勢預報 (I-TRaP)，以改進原始 TRaP 的

估算方法，期能更真實地預估侵台颱風之潛勢總降雨量及其分佈情形，提供各界之參考與應用 (如下圖)。



▲2009 年莫拉克颱風 I-TRaP 降雨潛勢改進結果。

獲獎榮譽

- 黃廈千博士學術論文獎最佳論文得獎人
- 中華民國氣象學會會士
- 國立中央大學特聘教授
- 國立中央大學講座教授
- 國際輻射學會委員
- 國科會自然處大氣學門召集人、諮議委員

重要貴儀

- ◆ 繞極軌道和地球同步氣象衛星資料接收及處理系統：接收及處理相關衛星資料。
- ◆ 直達日射儀 (NIP)：量測地表太陽直射輻射。
- ◆ 全天空輻射儀 (PSP)：量測地表太陽直射及漫射輻射。
- ◆ 太陽光度計 (Sunphotometer)1 套：量測大氣氣膠光學厚度和水汽含量。
- ◆ 光譜儀 (spectrometer)：量測不同光譜範圍之地物反射輻射能量。
- ◆ 標準光源、標準反射板。
- ◆ 相關工作站及陣列磁碟。

未來展望

氣象衛星實驗室在過去已有相當不錯的成果，實驗室在過去多年研究的基礎上面，已培育相當多的博後、助理及學生，期待未來能再多培育人才、延攬人才，並持續發揚光大下去。而未來衛星所裝載的相關儀器以及各種應用技術一直在大幅進步，新的先進儀器和技術一直開發出來，因此未來應當要配合新的儀器開發新的技術。希望未來實驗室能落實形塑研發團隊，延續在過去基礎上對於未來新的衛星、新的儀器和新的資料能夠有一個更深入的精準技術研發，以使衛星資料的應用能夠更精準和更廣泛地深入日常生活中。

資料同化與可預報度實驗室

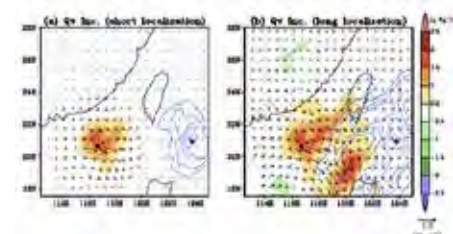
Data assimilation and Predictability Lab.

研究領域

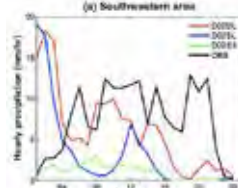
建立與發展台灣地區之進階資料同化系統以改善劇烈及高影響天氣預報

自 2008 起楊舒芝副教授及實驗室團隊於中央大學建立及發展台灣區域資料同化系統，目前已利用區域氣象數值模式 (Weather and Research Forecasting model, WRF) 及局地系集卡爾曼濾波器 (Local Ensemble Kalman Transform Filter, LETKF) 建立台灣劇烈天氣同化及預報系統 (NCU WRF-LETKF)，並用以探討影響台灣不同尺度天氣系統之可預報度及如何改進劇烈天氣預報。此系統目前已結合各種觀測，包含福爾摩沙衛星三號掩星，雷達，光達反演資料等進行觀測同化，並用以評估其對梅雨期間豪大雨，颱風及空汙等台灣區域高影響天氣預報。

利用此系統已成功的同化福衛三號掩星觀測資料。透過梅雨個案研究顯示，此資料可改善台灣附近水氣分佈及傳輸，進而改善後續台灣區域之豪大雨預報。此外，考量梅雨期間多重尺度交互作用之效應，我們亦建立了多尺度多解析度之資料同化架構。如圖 1b 顯示，本系統得以在高解析度分析場下保持觀測對不同尺度之修正，可大幅改善豪大雨之時間變化預報 (圖 2)。



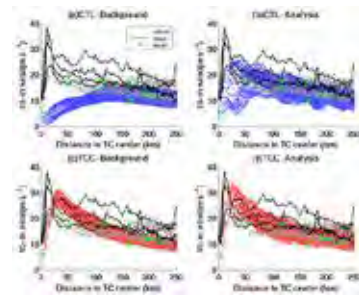
▲圖 1. 700 hPa 之水氣及風場修正量：(a) 使用單一局地化半徑及 (b) 使用雙局地化半徑 (取自 Yang et al. 2017, JAMES)。



▲圖 2 2008 年 6 月 16 日台灣西南沿岸之觀測與預報之降雨時雨量變化 (D02DL 及 D02SS 分別為使用多重及單一尺度修正之實驗結果)。

而針對颱風強度預報問題，在系集同化架構下颱風內核區背景誤差協方差結構若由颱風位置不確定性主導，則無法掌握颱風強度、結構之不確定性並有效利用颱風內核觀測資訊以改善颱風強度預報。本實驗室建立 WRF 模式與颱風中心 (TC-centered, TCC) 局地系集卡爾曼濾波器同化及預報系統 (WRF TCC-LETKF)，研究結果顯示相較於傳統系集同化架構，在 TCC 架構下能更有效利

用颱風內核觀測資訊，且能改善強度預報，並減緩同化時所造成的模式衝擊 (model shock) 問題。

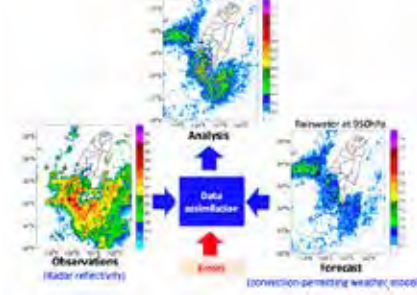


▲同化前後颱風軸對稱海表面風速與 SFMR 觀測比較圖 (取自 Lin et al. 2018, Wea. Forecasting)。

針對及短期天氣與定量降水預報，楊副教授與本系廖宇慶教授及颱風洪水中心蔡直謙博士共同發展 WRF-LETKF 對流尺度雷達資料同化系統，同化全台雷達徑向風與回波資料，建立對流尺度分析場及改善極短期降雨。此系統在梅雨、颱風等極端降水事件皆顯示了極佳的短期降水預報表現，其效益可超過三小時。再進一步結合中尺度 WRF-LETKF 系統，透過改善強對流系統環境場或同化台灣本島 GPS 全延遲量觀測改善水氣特性，更可進一步加強雷達資料的同化效果。目前中央氣象局亦將此系統進行作業化更新及測試，預計

團隊成員：
實驗室主持人楊舒芝副教授、研究助理 4 名、博士生 4 名、碩士生 2 名。

在氣象局的對流尺度資料同化及極短期豪大雨預報中扮演重要角色。



▲雷達資料同化示意圖。

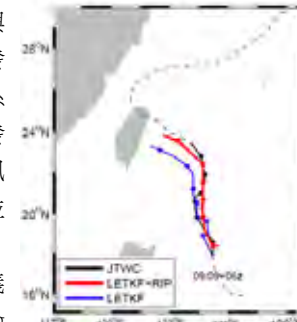
在系集資料同化系統架構下發展系集奇異向量以改善氣象預報

在此系列的研究中，楊副教授首先提出利用系集奇異向量 (Ensemble Singular Vector) 加強系集資料同化系統中背景誤差特性，進而更能掌握預報誤差來源，首度嘗試在系集資料同化系統架構下建立系集奇異向量，並再與系集資料同化系統結合改進同化系統表現，進一步改進預報準確度。此部分研究與美國馬里蘭大學 Eugenia Kalnay 教授及日本京都大學 Takemi Enomoto 教授合作。目前此法亦已應用於台灣區域之颱風系集預報系統並

用以改善颱風路徑預報。目前以成功建置於 WRF 模式及氣象局全球模式中。此概念亦被韓國大氣預報系統研究中心 (KIAPS) 採用，已測試用系集奇異向量改善全球資料同化系統表現。

發展系集卡爾曼濾波器於實際非線性動力系統的使用策略

在大氣現象與非線性動力劇烈發展時，容易使得系集卡爾曼濾波器發散，導致觀測資訊無法發揮影響力並增加預報困難度。楊副教授提出廣義外循環法 (Running in Place) 與準外循環法 (Quasi Outer-Loop) 以改善系集平均場與擾動的非線性動力發展，透過多次疊代且小步的修正量，使其在非線性動力系統應用上更有優勢。研究結果也顯示，此方法可提高觀測對預報的改善程度。目前 Running-in-Place 法已被廣泛地應用於不同尺度之資料同化與預報的研究上，以增進觀測之使用效率。



▲颱風路徑預報與 JTWC 路徑資料比較圖 (取自 Yang et al. 2013, Tellus A)。

高解析系集預報系統之校驗及應用

氣象預報模式在應用時仍存在有嚴重的系統性偏差問題。因此，適當的預報校正與驗證能更有助於提升預報系統之價值。近期與加州大學戴維斯分校陳淑華教授合作將機率預報校驗方法應用於改善風速預報偏差及風能預報上，以減少因風速高 (低) 報造成風能高 (低) 估及相關經費損失。研究成果顯示透過系集風速預報結果建立的兩種風速預報校正方法，包含可隨風速及預報時間變化之迴歸法，及機率偏差校正法皆可有效改善風速預報偏差。

國際合作

- Visiting Scientist of Data assimilation team at RIKEN, Japan
- University of California at Davis, Prof. Shu-Hua Chen
- 國家太空中心福爾摩沙衛星資料科學應用
- 台美國際研究與教育計畫 (SUNY Albany, Howard University, NTU, NCU, Sinica)

獲獎榮譽

- 主持人獲獎榮譽：
 - 中央大學羅家倫年輕傑出研究獎 (2018)
 - 中央大學年輕傑出獎勵 (2015-2016)
 - 中央大學學術研究傑出獎 (2012-2016, 2018)
 - 中央研究院研院年輕學者研究著作獎 (2015)
 - 女科學家新秀獎 (2013)
 - 國科會吳大猷獎 (2012)
- 學生獲獎紀錄：
 - 2019 張志謙，大氣科學學門研究成果發表會暨研究生海報競賽，博士組優等。
 - 2018 林冠任，中央大學校長獎學金。
 - 王簾傑，25 屆國際氣膠科技研討會暨 2018 細懸浮微粒管制與能见度改善研討會學生論文競賽，第三名。
 - 王簾傑，財團法人全錄文教基金會國內學術研究獎助，優等。
 - 張逸品，亞太颱風會議暨颱風國際研討會學生海報競賽，大氣碩士組優等。
 - 2017 Nguyen Thi Hoan，大氣科學學門研究成果發表會暨研究生海報競賽，第一名。
 - Nguyen Thi Hoan，亞太颱風會議暨颱風國際研討會學生海報競賽，大氣博士組第一名。

- 鄭翔文，亞太颱風會議暨颱風國際研討會學生海報競賽，大氣碩士組優等。
- 張逸品，第 12 屆東亞中尺度氣象及颱風國際研討會暨學生海報競賽，品質獎。
- 2016 張志謙，科技部補助博士生赴國外研究 12 個月 - 美國馬里蘭大學大氣暨海洋科學系 (2016/09~2017/08)。
 - 王簾傑，TGA 臺灣地球科學聯合學術研討會學生海報競賽，優等。
- 2015 吳品穎，大氣科學學門成果發表會暨研究生海報競賽，佳作。
- 2013 蔡直謙，亞太颱風會議暨颱風國際研討會學生海報競賽，大氣博士組第一名。
 - 林冠任，科技部補助博士生赴國外研究 10 個月 - 美國馬里蘭大學大氣暨海洋科學系。
 - 張志謙，亞太颱風會議暨颱風國際研討會學生海報競賽，大氣博士組第三名。

未來展望

未來將持續針對劇烈天氣強度之挑戰，發展同化策略，並加強新型態或新一代觀測同化系統。

大氣邊界層 / 空氣污染實驗室 Planetary Boundary Layer & Air Pollution Lab.

團隊成員：
實驗室主持人林沛練教授、共同主持人周明達教授。
博士後研究員 2 名，專任助理 6 名，
博士生 3 名，碩士生 7 名。

研究領域



國際合作

科技部臺灣 GLOBE 計畫

GLOBE (Global Learning and Observations to Benefit the Environment) Program Taiwan 自 2012 年 12 月起，由科技部補助經費，國立中央大學執行，並於 2013 年 9 月正式和美國簽約之國際合作計畫，是個強調全世界親自動手做的基礎科學與教育計畫。

總計畫 (GLOBE Program) 由美國 NASA、NOAA 及 NSF 三方協力合作執行，截至 2019 年 5 月，已有 121 國家參與，全球超過 34,000 所學校加入 GLOBE 計畫進行觀測，觀測資料近 1.7 億筆資料。GLOBE 連結了 K-12 學生、老師與科學家，由老師將計畫資源融入其課堂教學中，以帶領同學進行探究式學習，使學生像科學家一樣地學習科學、進行科學研究，進而啟發學生對環境與地球系統科學的關懷及好奇心，加強學生科學素養與學習成效。

本實驗室執行推動此計畫，將 GLOBE 推廣至全台學校，目前臺灣已有 51 所學校，並且陸續有學校申請加入中。計畫辦公室培育國內科學師資及科學學生，舉辦國內外 GLOBE 科學活動以促進國際交流合作，協助教師開發 GLOBE 自然探究與實作課程。並且配合政府新南向政策，邀請亞太國家一同推動 GLOBE 學生科學探究國際合作與學生交流學習計畫，促進亞太區域國際科學教育交流與成果分享。



▲ 2013.11.12 計畫正式啟動記者會。



▲ 美國在台協會、科技部官員、本校劉振榮副校長、本院朱延祥院長與 GLOBE 學校一師大附中師生合影。



▲ 2016 年夏天本團隊 GLOBE 成員赴美國洛磯山脈進行水文觀測訓練。



▲ 2014 年春天邀請印度及泰國 GLOBE 資深訓練員來台舉辦 GLOBE 基礎觀測訓練營。

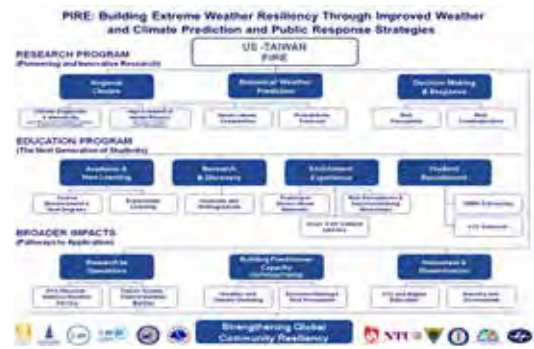
臺美 (US) 國合計畫－PIRE

由於氣候變遷、人口增長、環境脆弱度和暴露度之增加，極端天氣所造成的災害將逐漸增加，顯然準確地預報局部強烈對流系統，在科學上仍極待克服，若能提昇短到中長期的天氣預報能力、增加決策者與緊急應變人員的風險認知管理與溝通之資訊、利用更有效之預警工具來提供決策者與緊急應變人員之決策依據，可降低或減緩極端天氣事件所造成衝擊與影響，提昇災害防救能力。

為了降低豪雨洪水之衝擊影響，在科技部的補助下，中央大學、台灣大學、中央研究院、中央氣象局、國家防救災科技中心等單位研究人員與紐約州立大學 Albany 分校的研究團隊合作執行

「臺美 (US) 國合計畫－天氣氣候模式之改進與緊急應變策略之擬定以提昇極端天氣災害防救之能力」，研究中緯度和熱帶氣候下之極端天氣，特別是豪大雨對流系統之預報研究。此多年期計畫將著重分析、預測、強降水之災害減緩以及更廣範圍之全球應用。

臺灣 - 美國 PIRE 的計畫主持人是紐約州立奧爾巴尼大學 (SUNY-Albany) 的大氣科學研究中心 (ASRC) 主任 Everette Joseph 博士以及國立中央大學大氣科學系的林沛練教授。估計在五年期間，美國 NSF 將投入約 500 萬美元資金。其他的合作機構包括國立台灣大學、中央研究院、全球定位系統科學與應用研究中心、霍華德大學 (Howard University)，美國國土安全的紐約州司和緊急服務 (the New York State Division of Homeland Security and Emergency Services)、國家災害防救科技中心、中央氣象局、颱風洪水研究中心。



▲ PIRE 計畫研究組成員架構圖。

此 PIRE 計畫結合臺美雙方跨領域之研究專長，透過國際合作提升觀測、模式以及災防應變之技術，同時各種教學、實習，以強化學生及研究人員在觀測、數值模式以及決策應變方面之技能；國際合作方面，和紐約州立大學推動大學部及研究生雙學位，國外專業實習，以及作業單位及研究單位建立實習制度，提升專業之實務實習與動手操作之能力，訓練國際化之人才，研究方面將直接改進數值天氣預報之作業應用，並且也讓臺美青年學生與年輕研究人員能透過異地研究、短期參訪、實習，體驗異國文化之內涵。

本院主要負責及參與的教授有林沛練教授、廖宇慶教授、楊舒芝教授、黃清勇教授、余嘉裕教授、嚴明鈺教授、李永安教授、王聖翔副教授、鄭芳怡副教授、鍾高陞助理教授、張偉裕助理教授、陳台琦教授 (兼任)、楊明仁教授 (兼任)、許晃雄教授 (合聘)、程家平副教授級專業技術人員 (兼任)。



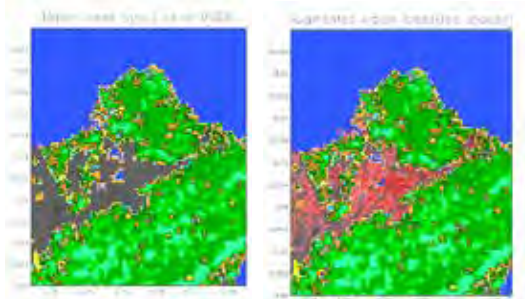
▲ 台美 PIRE 國際合作研究與教育的組織架構。

重大成果

中尺度模式模擬應用

隨著世界上各大都市的快速發展，城市中的熱島效應也日趨明顯。熱島效應是指在近地層，都市氣溫高於周圍郊區溫度的情況，在晴朗無雲且風速較弱的夜晚特別顯著。熱島效應跟土地利用型態的改變有相當大的關係。植被被不透水的柏油、混凝土等人造建築取代時，同時也改變了土地的反照率、粗糙度、熱傳導率等物理特性。這些物理特性的改變使的城市地區夜間冷卻效率降低。除了溫度的增加外，熱島效應也會改變城市地區的邊界層特性，從而連帶影響到污染物的傳送。

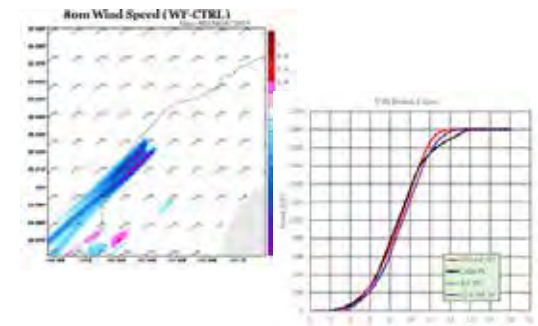
為了能更好地掌握邊界層內的物理量變化情況，本團隊利用 Landsat 衛星資料，繪製出大台北地區高解析度之都市資料，並利用 WRF 模式對台北的熱島事件進行模擬，以分析並改善台北地區的氣象場模擬結果。



▲ 左圖為 MODIS 衛星土地利用資料，右圖為疊加 Landsat 都市資料 (紅色) 後之結果。

風能研究

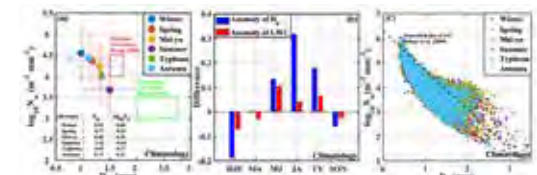
風力發電是一個十分乾淨的綠色能源，台灣目前也在正在推行風力發電，不過很少從氣象的角度來討論風場與發電效益之間的關係。本研究針對桃園沿海大潭發電廠附近的 8 支風力發電機，進行都卜勒光達的風場測量，模擬的部分則是利用中尺度氣象模式 (WRF) 來進行模擬，使用大尺度渦流模型 (Large Eddy Simulation)、MYNN 邊界層參數化以及風電場參數化 (Wind Farm Parameterization) 方法來討論風機產生之尾流與大氣邊界層的交互作用，並以 Lidar 的資料作為風速場的驗證。在風能評估方面利用風電場參數化所估算出來的風機功率曲線較接近原廠，與觀測差別最大在於高風速區，除了風機老化所造成的差異，還有偏角差異的問題。



▲ 左圖：2015 年 12 月 30 日 00UTC 80 公尺風速差 (陰影區，WF 減 Ctrl)，風標為 WF 之模擬，長槓為 10m/s，短槓為 5m/s，右圖：風機功率曲線。紅色線為原廠所提供，黑色為 Lidar 之風速與風力發電機之功率曲線，藍色線為 WF 模擬出的功率曲線，紫色線為 LES-WF 模擬出來的功率曲線。X 軸為風速 (m/s)，Y 軸為發電量 (千瓦)。

降雨雲物理與地量降水估計研究

雷達回波與降雨率的關係廣泛被用來估計降水的方法之一，可以用在大範圍降水估計；缺點則是空間上的兩滴粒徑變化太大，相同的回波值對應的降雨率範圍很廣，因此了解兩滴粒徑分佈 (RSD) 的特性將有助於改善降水估計。本研究使用中央大學撞擊式兩滴譜儀之觀測資料與中央氣象局三維雷達回波合成資料，進行長期 (2005-2014) 統計分析。由標準化的 Gamma 分佈顯示，平均直徑 D_m 於夏季有最高值，而平均 $\log N_w$ 最高值則出現在冬季；透過雷達回波在高度上的變化得知垂直發展影響在不同季節兩滴粒徑分布的結果。此外，透過雷達回波區分對流性與層狀性降雨，所有季節的層狀降雨皆有相近的 RSD 分佈結構，但對流降雨的 RSD 則是偏向海洋型對流；平均 D_m 在對流降雨系統有較高值，而平均 $\log N_w$ 在層狀系統內有較高值，透過 CFAD 發現垂直發展主導兩滴粒徑分布的變異性。



▲ 平均 D_m (mm) 和 $\log_{10} N_w$ ($m^{-3} mm^{-1}$) 值的分佈，六個季節的標準偏差。(b) 質量加權平均直徑 (D_0 , mm; 藍色條) 和液態水含量 (LWC, $g m^{-3}$; 紅色條) 之間的偏差賽季和所有賽季。(c) 每個季節 (不同顏色) 的 D_0 - $\log_{10} N_w$ 分佈與層狀和對流分離線 (Bringi et al., 2009)。

雲與氣膠實驗室 Cloud and Aerosol Lab.

發展歷程

「雲與氣膠實驗室」成立於1993年，由林能暉、許桂榮教授、王聖翔三位教授主持，主要探討亞洲大氣污染物（例如：酸雨、沙塵暴、生質燃燒、有害物質等）傳送過程之物理行為與化學特徵，以及其對區域及台灣環境與氣候之影響。

執行的長期性計畫有：環保署全國酸雨監測網、鹿林山大氣背景站、光達觀測網、亞洲大氣汞監測網、桃園酸雨監測網、氣象局背景輻射觀測等產學合作計畫；在科技部計畫，執行整合型計畫-亞洲大氣污染物之長程傳送過程，以及參與國際「七海國際計畫」(7-SEAS)，研究東南亞生質燃燒氣膠的物理及化學特性，並探討其對區域環境與氣候的影響。本實驗室團隊所探討之科學議題及操作之先進儀器深具前瞻性與挑戰性，積極推動參與國際大型實驗，不只深耕本地，更是接軌國際。我們結合觀測與模擬，建立一套完整的區域大氣環境問題研究評估方案。

本實驗室與校內本系、化學系、環工所、太遙中心等，及校外多所大專院校與研究機構的保持緊密合作關係，以推動與執行上述多項大型計畫；在國際合作上，主要與美國、日本、德國、東南亞等國家實驗室、大學等密切合作，就技術、人才、經費等資源進行交流合作，成果斐然。

研究領域

區域大氣長傳程輸研究暨國際合作

自2007年開始，本團隊與美國太空總署、美國海軍實驗室與美國國務院東南亞辦事處共同發起「七海國際計畫」，目的為研究東南亞生質燃燒氣膠的物理化學特性，探討污染物跨境長程輸送問題及區域輻射效應，並嘗試解釋其對東南亞區域氣候及水循環之影響。歷經十多年的時間，已經完成執行多次的國際聯合觀測實驗，發表50餘篇的國際期刊論文，並建立與東南亞國家環境相關研究團隊非常深厚的合作關係，持續推動環境領域的國際外交。



▲ 7-SEAS計畫的研究區域、生質燃燒污染物傳送路徑與臺灣關聯性。

竹子山雲霧長期觀測計畫



▲ 7-SEAS計畫例行國際工作會議，及國際聯合觀測實驗。

本團隊最早自1995年開始，每年冬、春季（12-3月）於陽明山國家公園內之竹子山山頂測站（標高1103m）進行連續且密集的觀測，由於該站地理位置位於臺灣最北端之山頂，且冬春兩季時常雲霧籠罩，是非常適合進行雲微物理變化及雲內化學組成研究之測點。現今於該站已進行逾20年之採樣實驗並持續進行中，放眼於東亞地區亦少有如此長期且連續的觀測資料，2016年曾與德國明斯特大學Otto Klemm教授合作，將觀測資



▲ 冬季竹子山雲霧實驗儀器架設與採樣情形。

團隊成員：

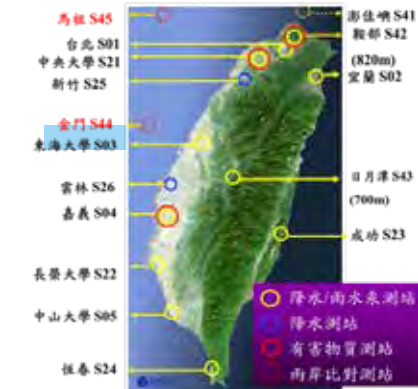
實驗室主持人：林能暉教授、許桂榮副教授、王聖翔副教授，研究員2名，博士後研究3名，研究助理14名、博士生3名、碩士生數名。（詳細名單：<http://aerosol.atm.ncu.edu.tw/members/>）。

料共同發表研究論文，近年也持續指導學生，藉由統計分析方法，探討境外污染移入的年際變動情形，陸續將發表相關研究論文。

酸雨觀測網

臺灣因1970年代起工業蓬勃發展，經濟起飛的同時也帶來相對的環境污染，雨水酸化的情形在1980年代變的非常顯著，環境保護署於1990開始全國酸雨監測，本實驗室於2003年接手進行第二階段監測網，建構監測技術及調查全國酸雨分布情形，並與國際接軌，建立全國14個酸雨測站，12個汞溼沉降監測站以及3個重金屬有害物質監測站。完整的酸雨資料庫，可用於瞭解臺灣酸雨強度的時空分布，以及反映我國空污管制策略的施行成效。不僅如此，在桃園市（前桃園縣）環境保護局的支持下，為深入瞭解本地酸雨的形成原因與時空變化，曾經於1993-2005年於桃園市境內建立5座酸雨測站，進行長達進12年的連續監測，對於本市酸雨分布情形已有初步瞭解。10年過後，桃園身為國門之都，為評估推動航空城開發對環境的衝擊，2014年時，桃園市環保局再次委託本團隊重啟桃園酸雨監測網，不僅建立原有的5座測站，亦同時於機場上下風區域，評估建立2座新的測站，成為全臺灣酸雨

監測最密集且有最多監測資料的縣市。



▲ 臺灣酸雨沉降監測網。



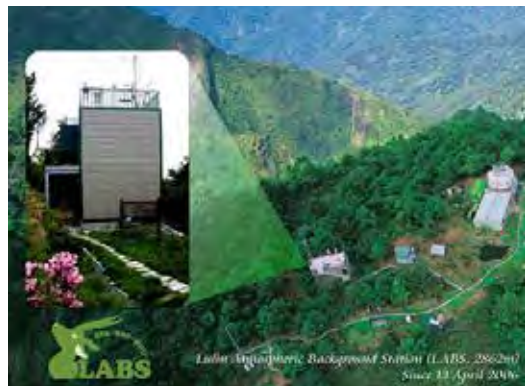
▲ 桃園酸雨監測網。

鹿林山大氣背景站

1999年中大林能暉教授到夏威夷大學參加APARE(國際全球大氣化學亞太地區環境研究委員會)會議，會後主辦單位安排參觀夏威夷相當有名的Mauna Loa觀測站，此觀測站為NOAA(美國海洋大氣總署)下的CMDL(氣候監測與診斷實驗室)維護運作，高度為3,397公尺，主要監測的項目有氣象、氣體化學、氣膠化學、降水化學和大氣輻射。大林能暉教授心想台灣同樣屬於一個多高山的島嶼，且位於熱帶和亞熱帶、陸地和海洋交界，應具備發展一個國際級的高山測站的潛力。後續展開爭取環保署及科技部的經費，同時積極與國外各相關單位接洽，包括美國EPA、NASA、NOAA等，進行整體性規劃，引進多向持續性國際合作，建構鹿林山大氣背景站(參考<http://lulin.tw>)。



▲ 鹿林山大氣背景站2016年4月13日啟用典禮。



▲ 鹿林山大氣背景站空拍及測站主體圖。



大氣汞監測與研究

汞是全球性污染物，主要經由大氣長程傳輸到達全球各地，然後透過大氣乾、濕沈降回地表，進入水域生態系統，可被微生物轉化成高毒性的甲基汞，再經由食物鏈傳遞，在某些魚類體內累積至高濃度，然後經由攝食危害人體健康。許桂榮副教授從 1996 年在美國攻讀博士學位起即進行全球汞生物地質化學循環及大氣汞相關研究，2006 年起陸續參與鹿林山大氣背景測站觀測計畫及國際大氣觀測合作計畫（如七海大國際計畫、東沙實驗 (Dongsha Experiment)），探討東亞大陸工業活動及中南半島生質燃燒之大氣汞排在邊界層與自由對流層的長程跨境傳輸，並探討源與受體關係；協助環保署建立並操作台灣汞與重金屬濕沈降監測網，探討濕沈降之時空變化及其影響因子；與我國環保署、美國環保署及美國 National Atmospheric Deposition Program (NADP) 合作，推動亞太地區汞監測網 (Asia-Pacific Mercury Monitoring Network, APMMN) 之建置與運作，以協助東南亞及南亞國家建立超微量汞採樣與分析能力，提昇區域研究與監測能量。

太陽輻射與空污遙測

氣膠 - 雲 - 輻射 (Aerosol-cloud-radiation) 交互作用在大氣輻射收支及地球氣候中扮演重要的角色。近年來全球氣候變遷快速，極端氣候事件頻傳，使的大氣輻射能量收支更加受到重視，IPCC [2013] 估算人為活動所導致的輻射驅動力 (Radiative Forcing) 約為 2.3 W m^{-2} ，其中氣膠貢獻有相當大的不確定性。王聖翔副教授研究致力於發展一套建立在觀測為基礎上的模式系統，應用地面遙測及 in situ 觀測提供準確的資料，以觀測數據改善模式模擬與衛星反演的不確定性，作為區域氣膠與輻射衝擊之研究。近年來，主要參與 7-SEAS 之國際合作計畫，到離島（東沙及太平島）及中南半島國家進行野地觀測，使用世界一流的氣膠自動化觀測設備，整合包括：氣膠質量濃度、粒徑、吸光、散光等設備，並搭配地面氣膠光學遙測儀器，包括：太陽 / 天空光度計、輻射計、光波譜計、光達，以求對氣膠微物理及光學特性進行通盤的了解，解析不同大氣環境下，氣膠的吸光、混合特性、垂直分布及甚至季節 - 年際變化。除野外觀測實驗外，也建立多個常態觀測的測站，包括環保署支持下的全臺灣三個氣膠光達測站、六個太陽光度計測站中大光達測站，及氣象局支持下的玉山與蘭嶼背景大氣輻射觀測站。諸多的觀測活動皆與國際上先進的科學團隊進行國際合作鏈結，包括美國 NASA 與 NOAA、義大利國研院、日本國立環境研究所等單位。

發展無人機大氣觀測應用

近年來王聖翔副教授研究群組亦從事氣象與空氣品質儀器之開發與應用工作，希望未來提供經濟且高精準的大氣監測儀器，可廣泛做為教育與研究使用。其中一個主軸發展工作為，無人機 (UAV) 的軟硬體開發整合技術，並應用於大氣環境的監測研究。早在 2015 年，本團隊便利用市售四軸旋翼機酬載大氣觀測設備，針對高污染地區，進行邊界層內氣象及空氣品質觀測，解析出邊界層內大氣結構，區分出逆溫層的位置，作為空氣污染惡化研究之依據。隨後幾年內，王聖翔老師團隊持續發展無人機大氣觀測技術，自製多款無人機，包括六軸多旋翼無人機，定翼機等，期間進行許多觀測驗證工作，確認無人機觀測的準確度，目前已經可以針對標準氣象參數、大氣輻射、空氣污染、雲微物理及影像進行有效觀測。2018-2019 年，無人機的大氣剖面觀測更成為 7-SEAS 國際合作交流的主軸，2018 年 12 月王聖翔副教授帶領的無人團隊，在 7-SEAS 年度會議中進行一場無人機飛行觀測展示表演，讓參與的各國來賓留下相當深刻的印象。2019 年 3 月，整個團隊更到泰國清邁進行為期 20 天的無人機觀測實驗，適逢泰國北部發生有史以來最嚴重的生質燃燒空污事件，此觀測實驗資料為第一手且極具科學價值，更突顯臺灣研究團隊在科學技術發展創新的動能。更多關於無人機技術發展資訊，可以參閱 <http://falcon.atm.ncu.edu.tw>。



▲ 協助氣象局發展全球標準化背景大氣輻射觀測，攝於玉山測站。



▲ 發展氣膠光達觀測技術、環保署光達觀測網及參與野地觀測實驗。



▲ 7-SEAS 無人機展演參觀者大合照。

飛向宇宙·浩瀚無垠

太空科學研究所

成立於民國 79 年，設有碩士班與博士班，主要研究領域為太空電漿物理、太空測地學、電離層物理，雷達科學，太空酬載研發及遙測科學。研究重點為高層大氣、電離層、磁層、行星際空間、太陽物理與動力以及行星科學、太空電漿物理模擬、雷達氣象與衛星遙測等。主要設備有 VHF 雷達、高速計算與個人電腦實驗室、太空資料研究中心、電波傳波實驗室、電離層斷層掃描與全球定位系實驗室，以及中華衛星一號 IPEI 酬載實驗室與中華衛星三號 COSMIC 資料心。其他資源包括太空遙測中心之數據影像處理與衛星遙測實驗室等。太空所在太空科學研究與教育之廣度及完整性為國內獨一無二，長久以來亦持續參與國際太空科學研究計劃並與國外研究機構保持合作關係。

基本資料

教職員數：33 人
學生人數：65 人

太空酬載實驗室 Space Payload Laboratory

研究領域

在太空所葉惠卿前所長的協助下，於 2006 年設置太空酬載實驗室。過去經費主要來自教育部的五年五百億計畫，而後多以實驗室的自籌經費為主。由學習製作適合我國探空火箭的科學酬載為起點，建立設計、分析、製作、與測試太空酬載的基礎環境，而後逐步邁向衛星級的科學酬載，完成福衛五號的先進電離層探測儀，並於 2017 年 8 月發射升空，達成最高的技術就緒等級。在 2018 年更一舉榮獲教育部高等教育深耕計畫一特色領域研究中心經費全額補助，在五年內建構太空科學與科技研究中心，全面提升太空所的教學與研究設施，增進我國太空產業與科技能力。未來將協助太空科學與科技研究中心成為全自主大學級的太空研究中心。並且配合國家「第三期太空科技長程發展計畫」執行各項科學任務，培育下一代太空科技與產業人才。



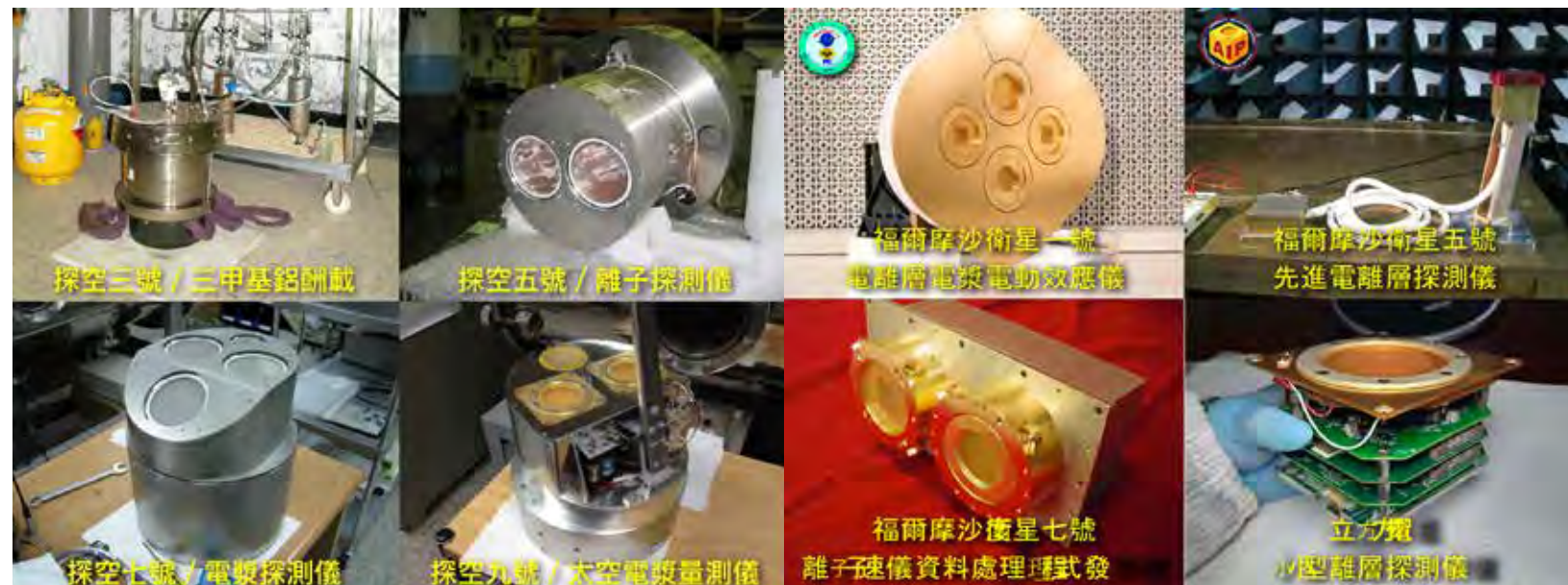
發展歷程

參與太空科學任務如下：
福衛一號電離層電漿電動效應儀科學任務、
探空五號離子探測儀、
探空七號電漿探測儀、
探空十號太空電漿量測儀、

獲獎榮譽

2018 國立中央大學產學合作績優獎。

探空八九十號姿態計、
福衛五號先進電離層探測儀、
INSPIRESat-1, -2, -4 小型電離層探測儀等
儀器研製與科學任務。



中壢特高頻雷達研究群 Chung-Li VHF Radar Station

團隊成員：
為跨校團隊。中央大學朱延祥教授、蘇清論助理研究員、龔瑞鳴博士、陳祥章碩士、吳剛宏博士、中國醫藥大學陳振雄教授、中國文化大學王建亞副教授、另有碩博士班學生 14 人。

重要 貴儀

擁有太空電漿模擬艙、熱真空艙、溫度循環艙、振動機台等測試設備，CNC 高精度銑床、電路板原型等製作設備。自 2012 年起，為維護原有的設備與增加服務範圍，太空酬載實驗室採用使用者付費機制。使用者可以付費使用以上設備與

測試服務（電路開發、電路製作、電路測試、機構開發、機構製作、無塵間組裝、無塵間存放、電漿施放測試、熱真空測試、溫度循環測試、真空測試、振動測試等）。

未來 展望

精進現有與開發新式衛星酬載，可安置在立方衛星等小衛星上，增加執行科學任務的機會。設置科學資料中心，提供科學儀器操作與資料服務。持續推動太空科普教育，帶領學生參加衛星發射活動與參訪國內外重要太空研發機構。

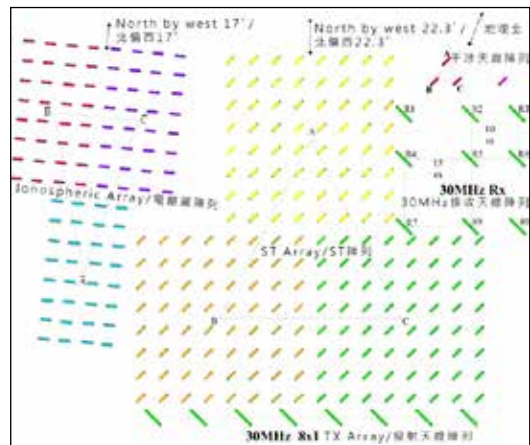
沿革

民國 70 年國立中央大學前校長劉兆漢校長（時為美國依利諾大學電機系教授，並兼任國際日地物理科學委員會（Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics, SCOSTEP）執行秘書）在參加 SCOSTEP 中華民國委員會時，建議我國可建造一種新發展之「特高頻雷達」（VHF Radar），用以測量傳統上極難連續觀測之中層大氣風速與擾動，以及時間及空間解析力都很高之對流層三維風場，以研究中層大氣之動態及與對流層、平流層、電離層之交互作用，以參與國際 SCOSTEP 大力推動之「國際中層大氣計劃」（Middle Atmosphere Program，稱為 MAP）。適時，國科會正強調基礎科學之重要性及各大學發展之特色，當時的中大李新民主校長決定爭取該新型雷達在中大的設立，便委請大氣物理系趙寄昆教授於民國 70 年 10 月提出建立中壢特高頻雷達站計畫。在劉兆漢教授和德籍 Jurgen Rottger 教授之指導及推動，以及中大趙寄昆教授和研究生的努力下，歷經三年半的時間，中壢特高頻雷達於民國 74 年 5 月底建置完成。為有效運用此雷達站所接收之大氣資料，從事整合性基礎及應用學

術研究，國科會乃於民國 75 年 1 月在國立中央大學成立「中壢貴重儀器使用中心」，專款補助中壢特高頻雷達的維護與運作，並正式對外界提供觀測服務。惟隨著國科會政策的改變，中壢特高頻雷達的專款補助政策於民國 88 年起改為專題計畫方式，於雷達探測大氣與太空環境整合計畫總計畫中編列經費補助雷達的維護與運作，直到民國 94 年為止。自 95 年度起國科會停止對中壢特高頻雷達例行維護的專題計畫補助，改由雷達使用者由個人型研究計畫經費支應迄今。

自民國 87 年起中壢特高頻雷達軟體系統因老化便陸續出現故障，而無法維持正常的觀測功能，影響教學研究製鉅。為了改善雷達系統的老舊問題，並進一步提升中壢雷達的觀測能力，自 92 年起中壢特高頻雷達研究群開過數次討論規劃會議，最後決定大幅更新雷達的系統，包括使用模組化的固態晶體 (Solid State) 發射機與數位頻率合成器 (Digital Frequency Synthesizer)，更新資料擷取與控制系統 (Radar Data Acquisition System)，增加硬體同相積分器模組 (Coherent Integration Module)，採用具備 GPS 以及圖形操控的人機介面雷達控制器，重新設計天線陣列功率分配器、相位控制器、八

木天線、阻抗匹配、以及電纜線的重新製作、配置、佈放等等。朱延祥教授於民國 93 年透過多方管道向有關機構申請雷達汰舊換新經費約 1100 萬元，包括國科會、中大校方、地科院、國科會專題整合研究計畫總計畫、以及朱延祥教授結餘款等，終於在民國 94 年 12 月初步完成第一階段的系統更新，並可進行低層大氣三維風場與電離層 Es 層場列不規則體 (Es Field-aligned Irregularities) 觀測實驗。隨後在民國 94 年與 97 年再度向國科會分批申請後續汰換更新經費，共獲得補助款共 690 萬元，用於新增兩座發射機、



三套接收機、以及八木天線陣列的更新。經過 5 年多的努力，終於在民國 98 年 2 月完成中壢特高頻雷達系統的全部更新工作，並順利運作至今。為了中壢特高頻雷達的永續經營，於民國 97 年元月經校方核准設立中壢特高頻雷達收支專戶，依使用者付費原則，收取雷達使用費用，專款專用於雷達的維護、運作、汰舊換新等，對中壢特高頻雷達站的維運，極有幫助。

發展歷程

中壢特高頻雷達建造的原始目的，是觀測對流層與中層大氣的三維風場以及亂流強度。但在相關同仁的努力下，在民國 79 年 5 月中壢特高頻雷達建置頻率域雷達干涉法 (Frequency Domain Interferometry)，讓中壢特高頻雷達具有大氣薄層的觀測功能；民國 82 年 6 月，擴增完成電離層天線陣列，使得中壢特高頻雷達可以對電離層中的電子密度不規則體進行觀測與研究；民國 90 年底，在太空計畫室的經費支援下，中壢特高頻雷達加入一座 30MHz 雙態雷達 (Bistatic Radar) 系統，使得中壢特高頻雷達具有雷達影像 (Radar Imaging) 以及雙態雷達觀測功能；民國 101 年 10 月增建完成流星定位天線系統，並發展完成流星尾與閃電柱的定位技術，確立中壢特高頻雷達對於閃電與流星事件的觀測能力；2015 年 4 月開發完成 VHF 測海雷達系統，擴增中壢特高頻雷達觀測海洋波浪、洋流、潮汐、海面風場、與對船隻監測的能力。

除了本雷達研究群的個人研究計畫之外，中壢特高頻雷達研究群曾主導並參與多個國內外大型計畫，包括 (1) 國際中層大氣 (MAP) 探測計畫 (1985-1990)、(2) 國際 UARS 衛星低層太空風場測量計畫 (1992)、(3) 日本 SEEK-1 與 SEEK-2 探空火箭計畫 (1996 與 1998)、(4) 中華衛星一號傳播通道實驗計畫 (1999-2006)、(5) 國科會雷達探測大氣與太空環境整合計畫 (1999-2005)、(6) 我國探空火箭次軌道科學實驗計畫 (2001-2014)、(7) 福爾摩沙衛星三號電離層不規則體探測計畫 (2006 迄今)、(8) 國際 WINDS 探空火箭中性風測量計畫 (2007)、(9) 中央氣象局東沙島剖風儀建置計畫 (2011-2017)、(10) 中央氣象局閃電偵測系統校驗雷達建置計畫 (2012-2014)、(11) 國研院海洋中心 I-Dream 計畫 (2015-2017)、(12) 中央氣象局陣列式岸基測波儀建置計畫 (2016- 迄今) 等。



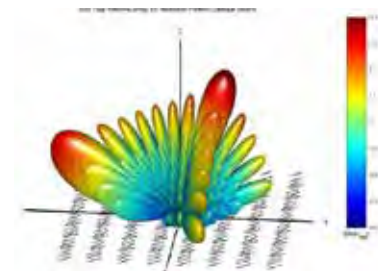
研究成果

在人才培育上，迄今已培養出超過百位碩博士為國家社會服務，其中九成以上為碩士，一成不到為博士。在學術研究上，則有許多重要的發現與突破，對低層與高層大氣領域有重要貢獻，影響深遠。例如首先提出大氣亂流層 (Turbulence Layer) 形成理論，解釋特高頻雷達回波功率方向靈敏性 (Aspect Sensitivity) 的觀測現象 (Woodman and Chu, 1989)；建立可以統合都普勒掃描法 (Doppler Beam Swing Method)、分離天線漂移法 (Spaced Antenna Drift Method)、以及雷達干涉法 (Radar Interferometry Method) 等不同的特高頻觀測技術的完整理論模式 (Liu and Pan, 1993)；發展出利用傾斜波束進行分離天線漂移法的測風技術 (Liu et al., 1991)；首先發現在有強勁上升氣流的降水環境下，特高頻雷達亂流回波強度有嚴重衰竭現象 (Chu and Lin, 1994)；首次利用特高頻雷達觀測與研究閃電現象 (Rottger et al., 1995)；利用亮度函數 (Brightness Function) 量測電離層 E 域電子密度不規則體之方向靈敏性 (Huang et al., 1995)；理論上證明雷達回波功率機率密度分布與頻率域雷達干涉法無法用來作為辨識特高頻回波機制的工具 (Chu, 1993；Chu and Chen, 1995)；利用特高頻雷達發展出一套可以檢驗降水顆粒是否隨著背景風場一起漂移 (或凍結) 的方法 (Chu et al., 1997)；利用雷達干涉法技

術，首次證明電離層 E 域電子密度不規則體的似週期回波 (Quasi-Periodic Echo) 與大氣重力波 (Gravity Wave) 的傳播無關 (Chu and Wang, 1997)；首次建構出電離層形態一不規則體 (Type-1 Irregularities) 的三度空間結構，推翻現存理論模型的預測 (Huang and Chu, 1998；Chu and Wang, 2002)；理論上證實大氣垂直速度與水平風向對傾斜波束加寬效應的影響十分顯著 (可高達 30% 以上)，不可被忽略 (Chu, 2002)；推導出電離層場列不規則體的理論波束加寬都卜勒頻譜 (Beam Broadening Doppler Spectrum)，確認若不規則體在空間中的延伸範圍甚大並且移動快速時，其回波頻譜寬必須要考慮波束加寬效應 (Chu and Wang, 2003)；首創利用雷達干涉法重建電離層場列不規則體的三維空間分布並估計三公尺場列不規則體之方向靈敏性 (Aspect Sensitivity) (Wang et al., 2011)；首先提出利用雷達干涉法與波束加寬效應理論測量電離層 Es 薄層內之垂直向極化電場之技術 (Chu et al., 2013)；建置流星尾觀測系統並由流星尾回波推估中氣層水平風場，發現台灣地區上空中氣層風場係由太陽半日潮汐所支配 (Su et al., 2014)；提出觀測證據，證明中低緯度電離層 F 域中伴隨中尺度電離層移行擾動發生的三公尺場列不規則體係透過梯度漂移不穩定 (Gradient-drift Instability) 與非線性電漿亂流傾洩 (Cascade) 過程而產生 (Lin et al., 2016)；首度將三維雷達影像法運用於電離層場列不規則體精細結構的觀測上 (Chen et

al., 2018)；首創利用雷達影像法分析 VHF 測海雷達海洋回波，觀測到台灣海峽海洋潮汐現象 (Chen et al., 2019)。

除了上述成果之外，中壢特高頻雷達研究群協助中央氣象局完成東沙島剖風儀以及設於中大的校驗展示剖風儀的建置與後續維運，也協助氣象局完成全國閃電監測網的建置；協助國研院海洋中心解決電離層回波對於 CODAR 雷達海洋回波的干擾；協助中科院完成多項雷達技術研發與雷達實驗；目前雷達研究群正協助中央氣象局與中科院建置岸基測海波流儀，預計 2019 年底完成。



▲中壢特高頻雷達中 ST 天線陣列 (8x8) 的傾斜波束 3D 輻射場型圖。



▲協助氣象局為觀測西南氣流、颶風動向及南海海域天氣監測，在東沙島設置剖風儀。

未來展望

中央大學中壢特高頻雷達站為全台灣唯一一座可以從事大氣與太空環境監測與研究的大型陣列雷達。本雷達在 34 年前建置的原始目的，是針對中層大氣的探測與研究。但經過多年來的發展，中壢特高頻雷達已經轉變成一座多元觀測能力的地球環境遙測雷達。展望未來，中壢特高頻雷達研究群將在既有基礎上朝人才培育、學術研究、技術研發、與實務應用上四個面向發展。除了每年仍擬繼續培育 3-4 名碩博士研究生以及若干大學生，為我國雷達遙測地球環境領域培養專業高階人才外，在學術研究方面，將針對尚未解決的一些問題，例如雷達晴空亂流回波頻譜寬的影響因子、Es 層團狀電離層場列不規則體成因、空中降雨粒徑分布與大氣垂直速度的關係、VHF 測海雷達蒸發導管回波特性等等，進行深入探討，以求突破。此外，本研究群將持續開發雷達新技術，以應用於不同場域與目標物，例如同相積分技術應用於電離層觀測儀上、開發電離層 Es 層狀不規則體移行的預報技術、閃電觀測法的精進、VHF 測海雷達觀測能力的提升，雷達回波信號分析處理的系統整合等等，都是未來努力的方向。



應用地質研究所

應用地質學是地質學的一個重要分支。他是地質學各個不同學科 (例如：礦物學、岩石學、礦床學、古生物學、地層學、構造學、地形學、地球物理學及地球化學等) 在資源、工程、水及軍事問題上的應用。

近年來，由於資源短缺、土地利用及極端氣候衝擊等議題浮上檯面，地質災害、水質污染及環境保育等問題逐漸受到重視並成為應用上的另一項重點。

基本資料
教職員數：21 人
學生人數：52 人

工程地質與防災科技研究室 Engineering Geology Research Group

研究領域

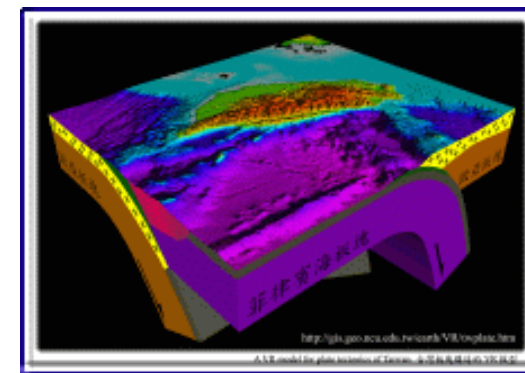
工程地質與防災科技研究室的研究主題包括：場址調查、地域分析、活斷層研究、地震危害度分析、山崩潛感分析以及岩體分類研究等，致力於各個主題之理論發展及分析技術的提昇。研究成果可應用在各種公共建設，例如：水壩、隧道、高速公路、橋樑、港灣及核電廠等的規劃、設計、建造及安全評估上，也可應用於區域計畫、土地開發及環境影響評估方面。近年來，我們更在資料庫的建置、地質統計學及空間分析工具的開發上投入了大量的心力。期許能為台灣的工程開發、土地利用及環境保護工作略盡棉薄的力量。

發展歷程

團隊主持人 1977 年開始投入重大工程規劃、設計、監造及安全評估的工程地質與防災科技實務工作。1991 年進入中央大學籌備及設立應用地質研究所，擔任首任所長，並成立工程地質與防災科技研究室。1992 年引進 GIS 系統。1994 年開始推出 TopoViewer 數值地形模型分析及視覺化套裝軟體。1996 年設立工程地質與防災科技研究室網站 (<http://gis.geo.ncu.edu.tw>)。1997 年設立國內領先的虛擬實境網頁，並設立世界先進的 WebGIS 網頁 (國際商用 WebGIS 在 2002 年始上市)，並設立“地球科學教室”服務中小學及大學學生。1998 年開始在台灣西部地區進行一系列的斷層槽溝開挖與古地震研究。1999 年集集地震發生後快速推出集集地震專題網頁 (<http://gis.geo.ncu.edu.tw/921/default.htm>)，提供國內外人士即時查閱與資料查詢。2000 年高引用數論文“Landslides triggered by the Chi-Chi earthquake”發表。2001 年高引用數論文“Site classification of Taiwan free-field strong-motion stations”發表。2008 年高引用數論文“Statistical approach to earthquake-induced landslide susceptibility”發表，開創地震誘發山崩統計預測模型的領域。2009 年舉辦集集地震十周年地震誘發山崩國際研討會，邀請地震誘發山崩領域尖端學者二十餘位及報名學者百餘位，齊聚一堂，發表地震誘發山崩現階段的研究成果及討論地震誘發山崩研究的未來發展。會後在 Engineering Geology 期刊出版 Special Issue (2011)，目前已有數篇論文被引用數百次以上，高度受到重視。2015 年發表“Nationwide landslide hazard analysis and mapping in Taiwan”，這是山崩領域首次發表

的廣域或全國性山崩災害分析與較大比例尺山崩災害機率圖。近十年來也發表了三篇地震危害度分析方面的高引用數論文：“Ground-motion attenuation relationships for subduction-zone earthquakes in northeastern Taiwan”，“Repeatable source, site, and path effects on the standard deviation for empirical ground-motion prediction models”及“Mapping Vs30 in Taiwan”。

本研究室目前已培育了 4 位博士及 77 位碩士。畢業生多在工程顧問公司從事工程地質與防災工作及在資訊公司從事地理資訊應用軟體與介面開發，另一部分自行創業開設應用地質技師事務所，少部分到中學教授地球科學。1984 年獲中國工程師學會優秀青年工程師。



獲獎榮譽

- 2013 年榮獲中國工程師學會工程論文獎。期刊論文“Mapping Vs30 in Taiwan”榮獲 Terr. Atmos. Ocean. Sci. Journal 2013 Most Cited Article Award。
- 2015 年國際研討會論文“Review and Perspectives on Methodology for Landslide Hazard Analysis”榮獲 10th Asian Regional Conference of IAEG-Excellent Paper of Outstanding Performance Award。
- 2016 年獲科技部傑出研究獎，中華民國地質學會地質貢獻獎，及國立中央大學特聘教授獎。

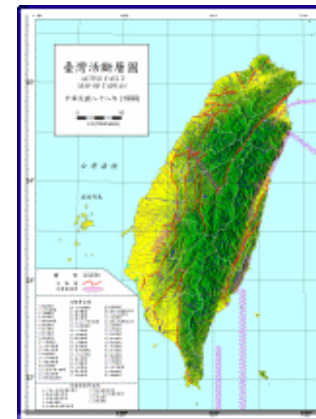
未來展望

工程地質與防災科技研究室多年來有數項研究或技術是國內領先及世界一流的，未來將持續努力，尚未發表的要盡快發表，尚未傳承的要盡快傳承。領先的研究或技術包括：

- (1) 地震誘發山崩的統計預測分析理論與技術，
- (2) 廣域山崩災害分析理論與技術，
- (3) 場址相依及場址特定地動預估式暨機率式地震危害度分析理論與技術，
- (4) 地應力逆推理論與技術，
- (5) 岩楔穩定分析理論與技術，
- (6) 層面趨勢面分析暨區域位態的理論與技術，
- (7) 地質統計學在工程地質與大地工程的應用技術，及
- (8) 水系分析技術及其後續在水文學及地形學上的運用。



團隊成員：
實驗室主持人李錫堤教授、研究助理 2 名、碩博士班學生等。



土壤力學暨岩石力學研究室 Soil and Rock Mechanics Research Group

研究領域

台灣島形成之地質背景特殊，地質與地形條件複雜，加上台灣地處地殼活動性極高之區域，長久以來，天然災害不斷，包括地震、山崩、地滑、土石流、地陷等。然而，因為台灣地狹人稠，土地利用需求不斷擴張，地質災害伴隨著土地開發，成為台灣島近年來揮之不去之夢魘。體現此一事實，既然國民之生存與活動所需之土地利用以及伴隨之工程無法完全禁絕，唯有高度重視工程開發與地質災害間之互制關係，透過系統性之研究以及新技術之研發，方能達到避災與減災之目標。

正因國土防災之觀念日益抬頭，工程地質所扮演之角色亦日益吃重，舉凡治山防洪、集水區經營、都市防災（尤其是大規模之地震災害）等等，均需利用工程地質之相關知識，本實驗室重要研究方向即為透過對地質材料（包括土壤與岩石）力學暨工程特性之瞭解，以期應用於國土防災。本實驗室亦將持續積極參與相關國土防災（尤其是山坡地防災）之研究工作。

除此之外，本實驗室將以支援應地所與地科系研究團隊所需之地質材料力學特性瞭解為

宗旨，致力於地球科學系統（偏重地質方面之訓練）以及土木系統（偏重工程方面之訓練）學門間之整合與建構，並以工程實務之應用為目標。

發展歷程

1991 年 8 月實驗室成立：第一任實驗室主持人為林銘郎教授。土壤與岩石各類試驗儀器陸續設置完成：包括一般土壤物性試驗設備、烘箱、土壤三軸設備、岩石三軸設備、大型直接剪力試驗儀、光學式井內攝影儀、岩石超音波波速度量測儀、點荷重儀、施密特錘、消散耐久試驗設備等等。

1999 年 8 月原實驗室主持人林銘郎教授轉任台灣大學土木系

2002 年董家鈞教授到職，並擔任主持人迄今

2004 年建置完成高壓滲透率與孔隙率量測儀器 YOKO2（京都大學嶋本教授贈與）

2010 年購置低速 - 高速旋剪儀 LHVR-Taiwan（京都大學嶋本教授設計）

獲獎榮譽

實驗室主持人部分：

2018 年：科技部傑出研究獎

2017 年：與王玉峰博士共同發表之 JGR 期刊論文研究榮登

EOS 之 Research Spotlights 報導

2014 年：原子能委員會放射性物料研究發展傑出貢獻個人獎

2013 年：中國工程師學會工程論文獎

2013 年：國立中央大學特聘教授

2010 年：地工技術期刊年度最佳論文獎

實驗室成員部分：

本實驗室 90~104 級畢業校友考取應用地質技師或大地工程技師、考取政府機構或國營事業者皆達數十名；學生在校期間參與學術研討會之學術競賽也都取得不錯的成績。

團隊成員：
實驗室主持人董家鈞教授、博士後研究員 1 名、專任助理 2 名、博士生 5 名、碩士生 10 名等。

重要貢獻

本實驗室之三軸高壓孔隙率 / 滲透率儀與低速 - 高速（橫跨九個速度數量級）旋剪儀，可用來探討岩體之力學與流體流動特性室內試驗，提供固體地球科學相關之地球環境（如核廢料處置、二氧化碳地質封存、地下水汙染整治...）、地球資源（石化資源、地熱資源、地下水資源...）與地球災害（山崩、土石流、堰塞湖）研究與實務發展基礎資料。室內試驗不僅可提供分析所需參數，同時亦能應用於解決科學議題。

(1) 基於三軸高壓孔隙率 / 滲透率試驗，提出岩石孔隙率 / 滲透率應力歷史相依模式，可應用於預測不同深度之岩石孔隙率與滲透率。建議之力學 - 水力耦合模式，已成功應用於褶皺逆衝帶構造抬升、侵蝕以及逆衝量估計，並可應用於二氧化碳地質封存量體評估。

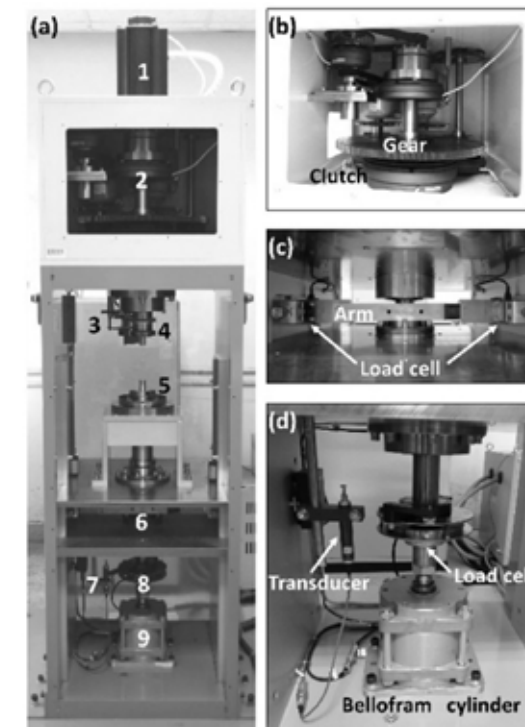
(2) 基於滑動面弱帶材料之低速 - 高速（橫跨九個速度數量級）旋剪儀試驗結果，可決定高速、遠距、大型山崩滑動機制以及啟動時間，並藉以探討山崩啟動過程動力學特性。

未來展望

90 年代台灣岩石力學領域發展迅速，科研經費支持了許多國立大學的土木系購買了昂貴的岩石力學試驗設備，並產生豐碩研究成果，然而，隨著重大工程投資減少以及科研經費不斷縮減，這些岩石力學試驗設備很多都難以繼續維持運作。然而，岩石力學試驗卻是大地工程與固體地球科學研究之重要工具。維持岩石力學實驗室是一項極為艱辛的工作，特別在各大學技術人力支援以及維護經費普遍不穩定之情況下，實驗室主持人經常需要投入相當大的心力，以解決許多非科學因素的難題。不過，再艱難也要持續走下去，培養願意接棒的年輕人成為土木與固體地球科學領域教師之重要責任，只要火苗不斷，總是可以對未來可能的正面發展保持樂觀的期待。



▲高壓滲透率與孔隙率量測儀器 YOKO2。



▲低速 - 高速旋剪儀 LHVR-Taiwan。

地下水模擬與分析實驗室 LABORATORY OF GROUNDWATER MODELING AND ANALYSIS

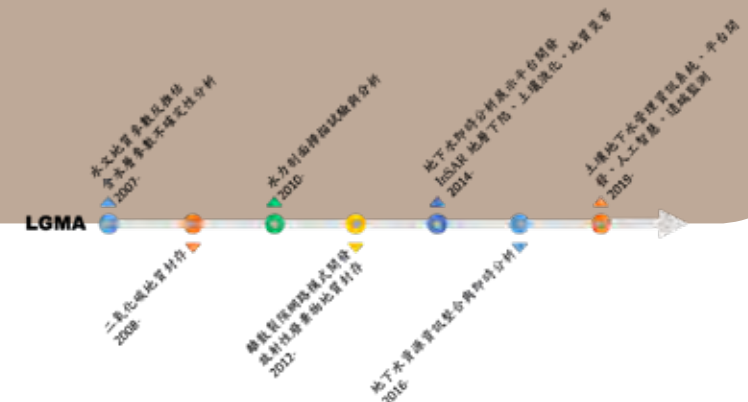
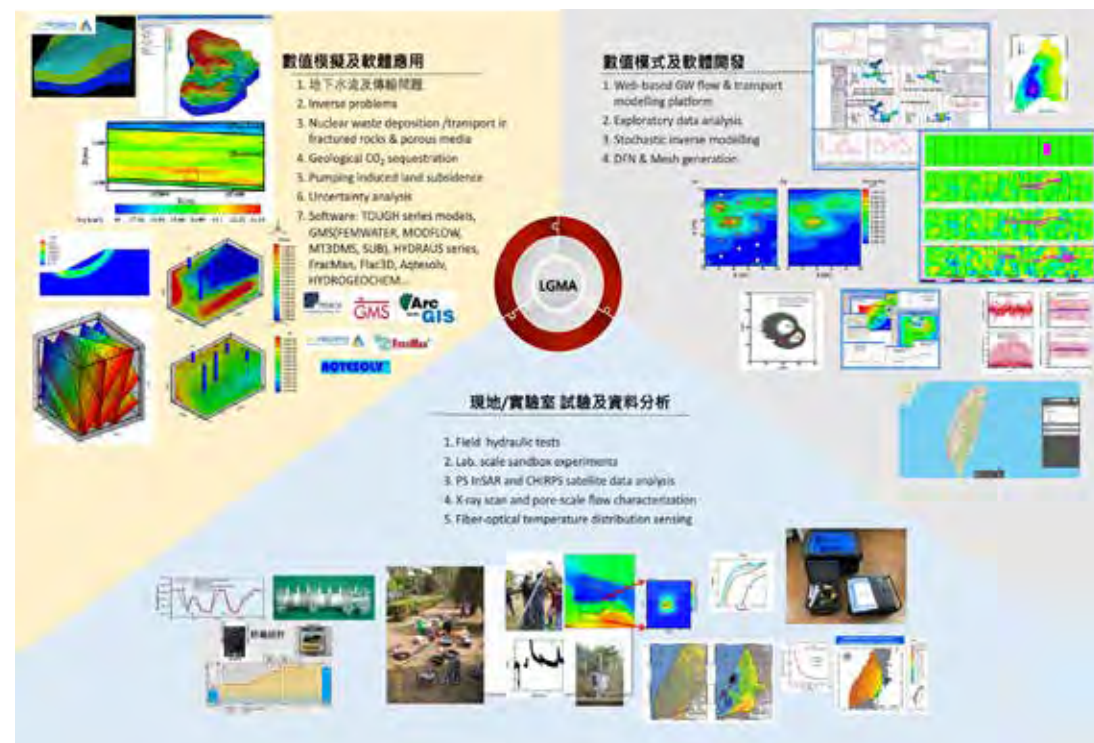
團隊成員：
主持人：倪春發 教授，博士後
研究員 1 名，研究助理 1 名，
碩博士班學生等。

研究領域

氣候變遷導致全球各地發生極端氣候的機率升高，主要的現象包括海平面上升以及極端氣候現象發生的強度與頻率升高，可能造成的影響包括：乾旱、暴雨、暴潮、生態變遷、土地使用覆蓋改變、空氣惡化、水質變化等，台灣因地理位置與地質環境的因素，對於上述現象與影響會較其他區域更敏感，地下水為一穩定的潛在水資源，台灣地區由於降雨時空分布不均，實際可使用之水資源卻不多，部分地區地下水仍是主要的民生及事業用水水源。考慮未來可能的劇烈氣候變化，地表可用水量變異性亦隨之變大，更凸顯有效的地下水資源評估、管理、監測與保護的重要性。

為防止地下水環境問題發生，LGMA 利用數值方法模擬及分析地下水水流及污染傳輸現象，包括地下水數值模式與即時分析介面開發應用、含水層參數不確定性分析、參數反推估模式開發及研究室與現場尺度水力及傳輸實驗，協助相關單位迅速、有效掌握地監控和管理下水資源。

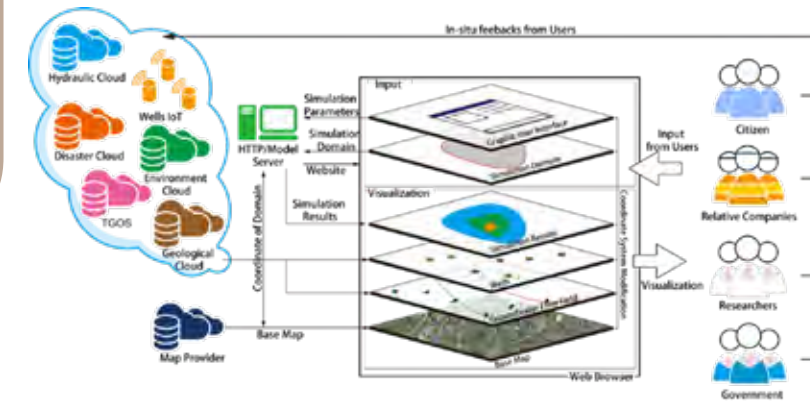
研究議題



發展歷程

2007 年 LGMA 成立之初，關注地下環境污染問題，如揮發性油污染 清除、放射性廢棄物掩埋以及二氧化碳儲存等，然這些問題都需足夠的地層參數如空氣滲透係數及孔隙率等分佈，作為預測與工程設計之依據。透過數值及實驗方式建立精確地描述土壤質異質性方法，幫助深入瞭解異質性非飽和土層的傳輸特性，並量化異質性與資料點不足在預測污染傳輸時所引入之誤差，以彌補資料分析能力上的不足。

然而深地層 CO₂ 封存與高階用過核子燃料最終處置、地熱能源開發、隧道岩石工程應用等相關課題，屬裂隙岩層中的傳輸行為，由於裂隙與母岩水流與傳輸能力差異較大，兩者在三度空間交互作用涉及複雜空間幾何，計算分析困難。自 2010 年整起合應用水力剖面掃描、地電阻探測、震波折射或透地雷達等參數量測及推估方法，以滿足實際場址條件的問題。



如何有效地判斷、評估與預測地下水資源情勢，為地下水資源管理的重要關鍵。2010 年開始發展地下水資源資訊整合與即時分析架構之概念，直到 2016 年順應網路世代趨勢，加速推動發展線上網路平台，建置以物理模式為基礎的線上分析平台，結合既有土壤地下水管理資訊系統與外部單位開放資料考量跨系統、跨平台操作，使

獲獎榮譽

相關調查人員能在網路連接情形下，使用行動裝置如智慧型手機或平板電腦，進行線上分析評估。研究傑出獎，2016~2018，國立中央大學。

分散式光纖溫度感測儀、富蘭克林沉水式抽水機、自記式壓力與水質傳感器、土壤含水量感

重要貴儀

測儀、土壤張力計、現地雨量觀測紀錄系統。

未來展望

過去地下水環境資源管理及調查方法，並未受近年相關科技進步所帶動，LMGA 期望應用過去累積之水文地質領域相關知識，結合序率概念數值方法，融合 IoT 概念及低功耗無線傳輸技術，協助建立地下水文污染傳輸即時觀測模擬平台，開發資料庫介接模組、大數據資料傳輸技術、空間資料統計分析、污染團遷移物理模式分析模組及視覺展示等。在此架構下，使用者能藉由地圖資訊做為條件門檻，查詢分析與調查區位既有資料；亦可依據潛在土壤地下水污染場址通報資訊，即時以物理模式推估污染團的歷史遷移與空間分佈。成果將有效率地結合既有土壤地下水管理系統與其他相關部門與機構開放資料，同時可配合公部門相關政策進行對應之應用，提升管理能量，協助土壤地下水領域產、官、學、研相關工作推動與執行。

地下水污染傳輸研究室 Environmental Geochemistry Research Group

團隊成員：
主持人：陳瑞昇教授，碩博士班學生等。

研究領域

地下水污染傳輸與整治、多物種反應化學傳輸、污染傳輸參數推估。

發展歷程

實驗室已完成研究成果為探討污染物於含水層內傳輸及其與孔隙介質間之交互作用，以瞭解自然界複雜之地下水流動及傳輸過程，研究成果多發表於國際重要學術刊物 Advanced in Water Resources、Water Resource Research、Journal of Hydrology 與 Journal of Contaminant Hydrology。這四份期刊均為水資源領域中第一流（前百分之十）之刊物，主要研究成果說明如下：

1. 發展追蹤劑試驗問題之解析解、分析各種機制效應影響及提出污染傳輸參數推求方法。
2. 探討地下水流與地化反應饋所造成含水層孔隙率受溶解反應影響下單一或雙指狀孔隙率波前之演變。
3. 發展地下水抽水污染整治之模式，抽水井貯蓄效應對抽取整治受污染含水層之影響並結合遺傳演算之優選方法，以快速設計最佳之抽取處理整治方案。

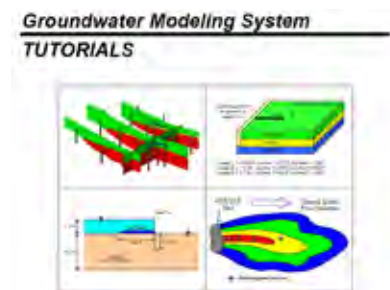
4. 發展一維與二維收斂性流場尺度延散度傳輸數學模式，並成功應用於分析現地試驗資料，推求尺度延散相關參數。
5. 提出土壤氣體抽取整治法之解析解，用以快速估算整治時間。

獲獎榮譽

105 學年度國立中央大學特聘教授。
96~101 學年度國立中央大學研究傑出獎。

重要貴儀

1. GMS(Groundwater Modeling System) 模擬軟體
GMS 包含各種不種模組，可針對飽和 / 非飽和、受壓 / 非受壓或較複雜多層組合之地下水含水層系統進行二維 / 三維之地下多孔隙



介質水流流動、污染物傳輸與其相關化學反應傳輸模擬、特性描述，並予以相關視覺化結果。

2. 與地下水封塞相關設備：(四支適用於 4 吋井與兩支適用於 2 吋井封塞與封塞器充氣控制器)，配合地下水實驗室之相關設備可進行多孔隙介質內流動行為與相關傳輸機模擬與現地試驗研究。地下水封塞可置於井中或鑽孔針對特定深度或目標（如裂隙、斷層、節理及圍岩等）進行封隔，以操作相關水力試驗、追蹤劑試驗與相關地下水水質採樣。



環境地球化學實驗室 Environmental Geochemistry Research Group

團隊成員：
實驗室主持人蔡龍珣副教授、博士生 2 名、碩士生 5 名。

研究領域

1. 有機地球化學：有機岩沉積環境、化石燃料特性、生油潛能評估、深埋與構造、受熱機制 CO2 地質封存。
2. 環境地質學：坡地演育、水土污染化學分析、環境影響評估、地質環境保育、天然與人為災害防治。

發展歷程

實驗室主持人蔡龍珣副教授於 1985 年獲聘加入中央大學地球物理系（現為地球科學系）教師行列，在校方及國科會支持下，購置研究型光學顯微鏡與岩煤切割拋光處理等設備，於科一館前棟二樓東側樓梯口成立煤岩實驗室。

1991 年應用地質研究所成立，實驗室遷至科一館後棟一樓東側 S-136，為配合研究所教研目標，增購原子吸光儀（含火焰爐與石墨爐），並更名為環境地球化學實驗室，以結合多項有機地球化學與環境地質學相關研究領域，拓展碩博士生研究主題並強化與其他學術與產學機構之交流與互助。



實驗室學生來源及專學多樣化，包含地科、化學、機械、物理、數學、水保、河工等領域，近年且有外籍生加入。學生經過地科與地化專學訓練，並鼓勵參加國內外學術研討會，均能順利完成學位論文。

實驗室發展至今，已產出博士生五位與碩士生數十位，研究主題結合地質、地化與環境，工作地點含括全台，合作對象除國內相關大學與研究單位外，地調所、中油公司、台電公司等均名列其中，也有助畢業生考取中油、台電等公職。

獲獎榮譽

106 學年度教研人員校服務傑出獎。

重要貴儀

水質儀 / 離心機、原子吸光儀、光學顯微鏡、岩樣切割拋光處理設備。

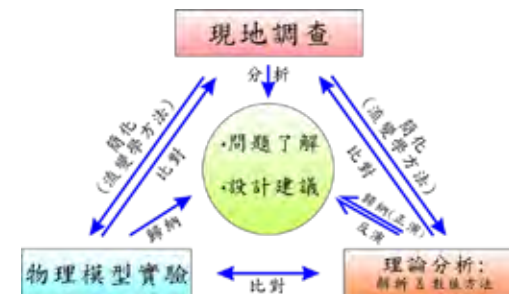
未來展望

結合有機地球化學與環境地質學的環境地球化學研究在地科領域仍具長足發展價值，實驗室主持人雖於 2019 年六月底退休，但長江後浪推前浪，江山定有人才出，相信此領域在未來可繼續在應用地質研究所發展，兼顧基礎與應用研究，對中央大學乃至國計民生提供學術助益。

地質力學研究室 Geomechanics Research Group

研究領域

探討地質構造形成的力學機制是本研究室的研究主軸。從大尺度的板塊構造 (> 數百公里)，到微觀尺度的礦物晶格缺陷 (< 公厘)，都是我們感興趣的地質現象。目前的研究主力著重在，巨視到中視尺度 (亦即數公里到數公分間)，岩石成岩後，所形成的次生變形構造，如褶皺、各類的不連續面 (亦即，斷層、節理、縫合線構造和劈理等) 及結合兩者以上的複合構造 (例如斷層關聯褶皺)，與鑲嵌於岩體中的岩脈及礦物脈等。我們也探討這些地質構造，在天然災害中，所扮演的角色，如地震時活動斷層及活動褶皺作用，對人造建物的影響；同時也對岩體中的不連續面之於油氣的蘊藏、二氧化碳封存、地下水的流動、邊坡穩定及隧道開挖等等的影響感興趣。



本研究室特別重視地質構造的詳實繪錄。精確的構造紀錄，是我們研究的第一步，同時也是最重要的步驟，這包括野外現地調查及室內樣本分析。對地質構造的幾何形貌、組成特性 (亦即，組成礦物種類、組構型態、力學性質 .. 等等) 及地質背景有充分的瞭解後，再透過物理實驗及理論數值模擬，進行分析，以求對該構造現象有更深層的瞭解，並評估理論模型的適用性，進而利用該模型進行各種可能條件下的模擬，統整模擬結果，再以更多的現地例子，檢核修正。以期研究成果，對地質構造的形有更深一層的了解，且真正能於防災上及對產業界有所助益。研究領域簡列以下 6 大項：

1. 活動斷層引致地變 (Near-ground deformation induced by active faulting)
2. 地殼變形 (Crustal deformation in Taiwan and other regions)
3. 活斷層關聯褶皺 (Active fault-related folds)
4. 中尺度地質構造 (Meso-scale geologic structures)
5. 礦物物理 (Mineral Physics)
6. 無人飛行載具之地質構造調查分析 (Geological structures analysis via UAV photogrammetry)

獲獎榮譽

地球科學學院 101 學年度教學優良教師
第 15 屆大地工程學術研究討論會優良論文獎
地球科學學院 103 學年度教學優良教師
地球科學學院 105 學年度教學優良教師
中華民國地球物理學會與中華民國地質學會
106 年年會暨學術研討會 特優獎

重要貴儀

1. 無人飛行載具 (UAVs)：旋翼型及定翼型 (左下) 無人飛行載具。



團隊成員：
實驗室主持人黃文正副教授、博士後研究員 2 名、行政助理 1 名、研究助理 2 名。

土水力學研究室 GeoHydraulics Research Group

團隊成員：
實驗室主持人王士榮助理教授、研究助理 1 名、碩士生 3 名、大學專題生 4 名。

研究領域

1. 土水耦合之理論與程式發展及耦合機制之基礎研究。
2. 土水耦合理論之應用與案例分析 (包含地層下陷模擬與分析、處置場安全評估與地熱開發穩定性評估等)。
3. 地震水文現象之機制研討 (包含地震引致地下水文異常變化機制探討、注水引起地震現象與機制研究等)。
4. 地下水資源調查、評估、規劃與管理 (藉由地下水與水文地質之基礎研究，配合數值模擬技術之發展，協助台灣進行地下水資源之調查與管理，並促進台灣水利與環境產業之發展)。

發展歷程

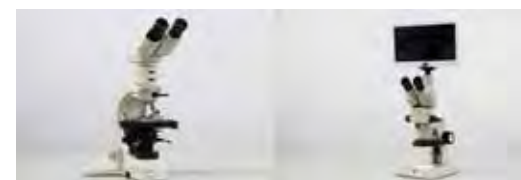
本研究室成立於 2017 年 8 月，由在業界打滾七年的王士榮助理教授所主持。標榜學以致用、主動思考與自主學習，並藉由跨系所、跨領域與跨國籍之學生融合，培養關心國家社會與環境資源的正向公民。

目前團隊成員包含水利工程跨土木工程領域的研究助理、工程地質跨水文地質領域的越南籍學生、學校教育跨水環境領域的研究生、地球科學跨地震水文領域的研究生、通訊領域跨地下水資源的大專生、天文物理跨地球科學領域的大專生，以及地球科學跨遙感探測領域的大專生。

2. 測量儀器組：經緯儀 (左)；GPS 訊號接收器天線組 (右)。



3. 顯微鏡 Microscope：Leica DM LSP 偏光顯微鏡 (左)；Nikon SMZ-2T 立體顯微鏡 (右)。



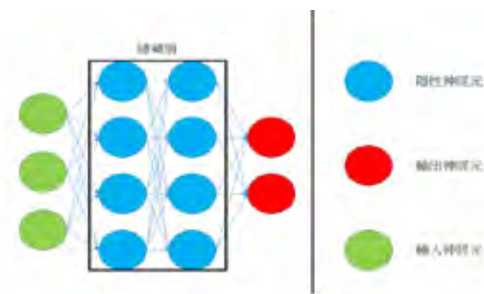
未來展望

希冀將本研究室的成果運用到實務面上，特別對工程的開發設計、地質災害的防治、及地下資源的探勘等方面有所助益，以符合且顯化應用地質所的宗旨。

1. 人工智慧應用於地下水位抽水量推估

2018年，三位鑽研於人工智慧的中央大學通訊工程大學部的學生，為本研究室帶來嶄新的技術，一同探討如何將人工智慧運用在地下水位時序序列預測及地下水位抽水量的推估。獲得科技部大專學生研究計畫之經費補助，而初步成果發表於「第十屆地下水資源及水質保護研討會暨2018海峽兩岸地下水與水文地質應用研討會」(邱正鈞等人, 2018)。

類神經網路架構，透過相關的訓練演算法，更新架構內的參數以使輸出符合資料內的規則。在與人工智慧技術的結合當中，學習到人工智慧是一個基於數學的機率模型、工具，要使這項技術的結果可行、可靠，必須要透過該領域相關的知識才能做到。透過不同領域學生交流，可以學到許多不同領域的知識並且能夠互相幫助。



▲類神經網路架構示意圖。

2. 公民參與 共創雙贏

台灣降雨充沛，但水資源不足，缺水問題在南部尤其明顯。本研究室近期關注高雄市美濃地區的水資源議題，在開發與保育的天秤中，嘗試尋求共贏的策略。美濃地區之地理位置，位於荖濃溪與旗山溪交會的三角地帶，先天優良的水文條件孕育豐饒的農作物，以農業為主要經濟活動，地下水一直是當地居民仰賴的水源，但近十年地下水始現匱乏，美濃地下水缺水問題，已造成地區恐慌，居民懷疑是台水公司深水井抽水所引起，而相關單位則表示，亦可能是居民過度使用地下水所引起。在沒有明確調查數據可以佐證情況下，各執一詞。

要釐清水資源匱乏的癥結點，必要先深入探究美濃地區的地下水文狀況，在一定的學術基礎上才能夠找出最適當的解決方法，學術研究最終還是希望能夠回歸經世濟民的本心。本研究室與地方團隊合作，結合科學專業與民眾參與的模式，透過民間團體與地方居民溝通，引導民眾共同探討地下水的保護方式並付諸行動。並針對地下水管理機制與分配正義等課題，在一定的民意共識下，向上與政府單位協商，創造雙贏局面。水資源是需要長時間關注與努力的議題，最重要的是讓在地居民都能夠理解地下水的珍貴與現今面臨



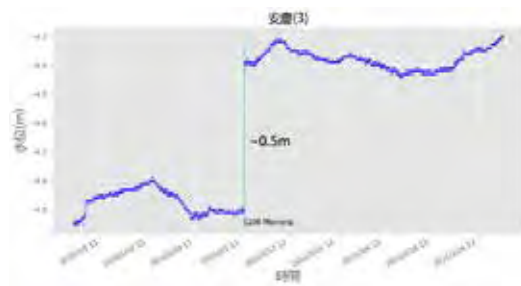
▲美濃地區之地理位置 (資料來源: Google map) 圖。

的困難，資源永續並非只是口號，而是需要全民參與共同努力的目標。

3. 地下水位變化之於地震預測

地震所造成的影響，除了在中央氣象局的地震報告中確實的被記錄著，在我們的腳下也保存著另外一種形式的地震記錄，那就是地下水位的變化。地下水為台灣重要的水資源，水分儲存在土壤與岩石的孔隙中，並藉著壓力差緩緩流動著。而地震所引發的強烈地震，除了影響含水層的孔隙，造成地下含水層水量上的變化，滲透率的改變以及地下水壓的重新分布，也可能大幅改變區域性的地下水文。

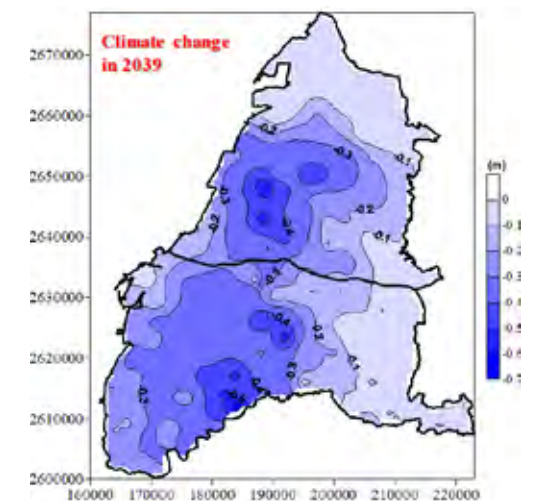
當然，我們除了被動觀測震後的地下水位改變以外，更為重要的是用地下水位變化作地震前兆的觀測。2016美濃地震時，安慶3號井位之同震(co-seismic)地下水位變化，是地震所造成地殼的體積應變(volume strain)，在某種程度上會反映



▲2016美濃地震安慶3號井位之同震地下水位躍變反應 (資料來源: 本研究室繪製)。

在同震地下水位躍變(step)的現象。在良好的含水層系統中，若能歸納出體積應變與地下水位變化之間的比例關係，地下水井就能在適當的情況下，取代昂貴且設置不易的井下體積應變儀，觀測地殼的體積應變量。

位於地殼板塊交界的台灣，無時無刻都暴露在地震的威脅之下，民眾對於地震的消息也是高度的關心，因此過往也發生過因為地下水位異常的大幅下降，被認為是大地震發生的前兆而引起居民恐慌的事件。因此在埋首於研究之時，如何能傳遞正確且清楚的資訊給予大眾，也是我們必須審慎思考的議題。



▲彰雲地區在氣候變遷條件下的地層下陷推估成果 (Wang, 2015)。

4. 地層下陷之高鐵危機

台灣沿海地區因為大量使用地下水資源，超抽地下水而引起地層下陷與海水入侵之問題，其中，地層下陷引起之差異沉陷，可直接破壞建物結構與管線系統，影響交通與居住安全。彰化與雲林地區之地層下陷情形嚴重，而台灣高速鐵路亦經過主要下陷區，近來監測結果顯示，高速鐵路在彰化與雲林地區沿線附近之地層下陷情形仍然持續發生，甚至可能影響到高速鐵路與聯外道路的安全性。

為了解地層下陷的物理機制與土水交互作用行為，本研究室主持人，發展一套理論來進行地層下陷相關研究，稱為序率孔彈性理論模式(stochastic poroelastic model)。該模式除了探討地層下陷壓密的物理行為外，也可以用來推估地表附近的載重和抽水狀況。之後並發展時間與空間的融合技術，可合理預測未來地層下陷的空間分布，做為國土資源的規劃參考。相關物理模式與數值模式之發展，為本研究室的重要基礎研究課題，仍持續進行中，未來將可提供台灣地下水資源管理與評估之使用與參考。

本研究室將持續在土水耦合物理機制上做精進與探討，以理論與模式發展為基石，以地層下陷與地震水文為主軸，以地下水資源為應用。透過基礎研究與發展，探討科學議題，解決社會問題，並培養未來對國家社會具有正向的良善公民。

本研究室之存在，在提供一個良好的學習與交流環境，並透過英文文化的教學與團討氛圍，讓團隊成員除了在研究課題上的精進外，亦能在語文能力方面有所提升，不僅僅是英文能力的提升，也包含外籍生的中文能力提升。學生的成就，是老師最大的成就。期許土水力學研究室的成員在研究學習之外，也能自主思考與自我學習，追尋夢想並找到屬於自己的方向與定位。

水文與海洋科學研究所

本所成立於民國 90 年，原名為「水文科學研究所」，自 97 學年度起奉教育部核准更名為「水文與海洋科學研究所」，致力於水文循環、水圈環境、及水文資訊等三大領域之研究與教學，強調跨領域的研究導向，並與國際接軌；探討的課題有：海氣交互作用與衛星遙測之應用，海嘯模擬與地震學之結合，水資源管理與旱澇預測之整合，洪水預報與降雨模式之結合，河口污染防治與河海模式之整合，水庫管理與同位素水文學之應用，地球水循環與生態系之互動、近岸海洋過程與海洋災害防治等等。

基本資料

教職員數：20 人
學生人數：27 人

水文研究群 (地表水文研究室) Surface Hydrology Research Group

研究領域

水文研究群的研究議題包含地表過程水文微氣象與通量、氣候與環境變遷對集水區之影響、數值探討水文地球化學過程、綠屋頂水文與熱傳遞過程、氣候變遷跨領域調適研究、都會區水文學與暴雨管理等。

研究成果

地表過程水文微氣象與通量

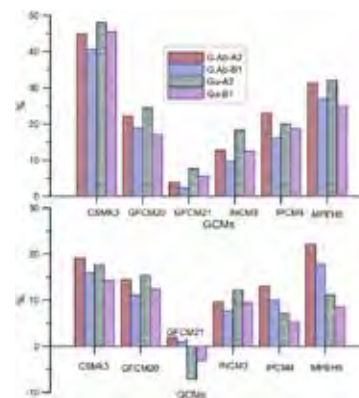
蒸發散與降水入滲是影響陸表與大氣間重要的水交換機制，氣候變遷與人為土地利用都使得陸氣間的水與能量交換過程更加複雜且難以預測，蒸發散與入滲之變動除受大氣條件影響外，也與地表狀態及水文地質特徵有關。降水與蒸發散如何透過土壤水的傳輸影響地下水位的變動，事件與季節尺度下如何快速或遞延影響地下水位的變動是需要深入探討的水文科學議題。

目前在現地觀測實驗包含兩個場址，一個是位於中央大學氣象坪的水文氣象測站，海拔為 110 公尺 (NCU, 121.185° E, 24.968° N)。地表覆蓋為短牧草，高度約在 5 至 15 公分並有人員定期修剪。年平均降雨量約為 2300 公釐，主要分布於春、夏、

秋三個季節，年平均氣溫為 22 °C，年蒸發量為 1030 公釐。地勢平坦周遭 100 公尺內無高聳建築物或障礙物，遠離學生活動範圍，測站為自然之草地環境。中大測站主要在探討微氣象、土壤含水量、地下水位與土壤溫度間複雜的陸氣交互作用。另一個測站是位於中臺灣南投縣魚池鄉之蓮華池森林試驗集水區內的蓮華池水文氣象測站，海拔約為 770 公尺 (LHC, 120.894° E, 23.931° N)。地表覆蓋物為天然闊葉林，樹種以樟科、殼科為主，樹冠平均高度為 17 公尺。年降雨量為 2,047 公釐，主要分布於春、夏、秋三個季節，年平均氣溫為 20.5 °C，年蒸發量為 1230 公釐。主要以垂直整合之水文微氣象與通量觀測塔為主。相關研究資料可由網頁選單進行查詢、繪圖與資料下載等服務。(http://hydro.ihs.ncu.edu.tw/sites.html)

氣候與環境變遷對集水區之影響

本議題主要結合 IPCC 情境輸出推估氣候變遷衝擊，應用在台灣地區集水區以及衣索匹亞 Lake Tana 集水區之水文衝擊 (如圖 1 所示)；並發展短期氣候預報於水資源、農業生產與公共衛生議題之應用 (預報流程如圖 2)；也結合遙測與水文地文等環境資訊建立生態環境指標評估生態系統脆弱度。



▲圖 1 衣索比亞 Gilgel Abbay 與 Gumara 集水區相較於基期之乾季(上)與濕季(下)未來降雨變化量。



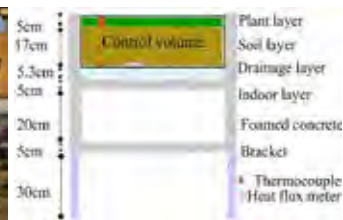
▲圖 2 短期氣候預報應用流程。

綠屋頂模場實驗

建立小尺度現地綠屋頂實驗箱 (圖 3) 用於探討綠屋頂水文與熱傳遞機制以及驗證模式。自製之綠屋頂模組實驗箱面積為 1 平方公尺，包含植被 (選用粗放式綠屋頂常用植物種類如越橘葉蔓榕)、介質 (具有特定配比適用於綠屋頂之人工輕質土)、排水層以及樓板層，量測項目除了氣象資料如輻射計、溫濕度計、風速計、雨量計外，也包含各層土壤含水量、溫度、熱通量 (圖 4)，以及逕流與滲漏量。



▲圖 3 綠屋頂實驗。

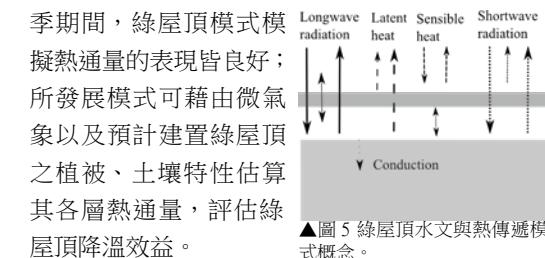


▲圖 4 實驗箱結構剖面圖。

綠屋頂水文與熱傳遞模式

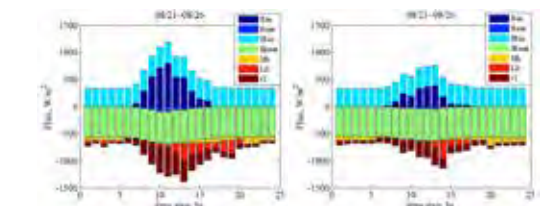
發展綠屋頂模式探討蒸發潛熱連結水文與熱傳遞物理過程，植被層與土壤層之熱平衡項目包含長短波輻射、可感熱、潛熱與傳導熱 (圖 5)，利用量測之土底熱通量資料進行綠屋頂模式驗證，發現在熱對流較不明顯的冬季及較明顯的夏

團隊成員：
李明旭教授、陳沛芾助理教授、研究助理 2 名、博碩士班學生等。



▲圖 5 綠屋頂水文與熱傳遞模式概念。

季期間，綠屋頂模式模擬熱通量的表現皆良好；所發展模式可藉由微氣象以及預計建置綠屋頂之植被、土壤特性估算其各層熱通量，評估綠屋頂降溫效益。模式所估算單日綠屋頂各項能量於晴天及陰天之逐時變化則如圖 6 所示，結果顯示潛熱相較其他熱傳遞項目所佔比例較低，而午後之蒸發散量較大導致潛熱傳遞較明顯；研究結果各項能量項目數值與變化情形與過去日本研究綠屋頂實測資料結果相近，說明綠屋頂模式模擬熱傳模擬具有相當可靠度。



▲圖 6 晴天(左)與陰天(右)時綠屋頂整體能量傳遞項目逐時變化情形。

發展
歷程

本研究群發展之【自動式土壤呼吸作用觀測系統】於 2012 年取得國內新形式專利(土壤氣體取樣系統, 專利證號: M428351, 有效期限: 2012.5.1 to 2021.12.22), 應用於中大蓮華池測站地表呼吸作用觀測。研究群主持人李明旭教授執教近二十年, 指導過 30 名以上之博碩士人才, 分別任職於中央研究院環境變遷研究中心、新北市政府或水利署公職人員、中興工程顧問公司與其他中小型民營工程顧問公司工程師、科技業之環安衛部門工程師等。另, 李明旭教授也曾於 2015 ~ 2018 擔任科技部自然司地球科學研究推動中心主任, 推動地球科學研究推廣工作不遺餘力, 2019 年起兼任科技部自然司永續發展學門召集人。

陳沛堯助理教授曾赴英國國家級研究單位—生態與水文中心擔任博士後研究員期間與生態與水文中心 Lancaster 分部主管 Paula Harrison 教授密切合作, 除協助氣候變遷調適之大型跨國跨領域計畫 IMPRESSIONS 及發表在 Regional Environmental Change 期刊外, 也參加由聯合國永續發展解決方案網路 (UNSDSN) 及應用系統分析國際機構 (IIASA) 主導之 20 多國大型跨國計畫 The Food, Agriculture, Biodiversity, Land Use and Energy Pathways (FABLE) Consortium, 負責英國團隊之計畫成果產出, 備受肯定, 富具國際研究視野。規劃將相關生態水文科學方法應用在協助台灣科研與政策支援之工具發展。

獲獎
榮譽

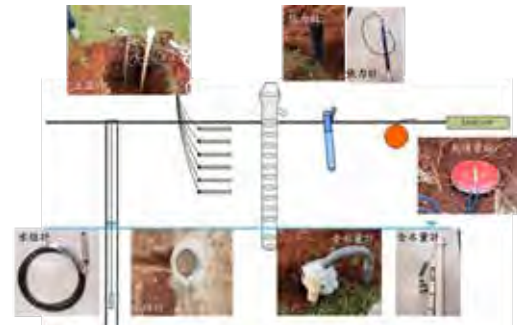
本研究群在教學及研究獲得許多獎項備受肯定, 李明旭教授曾兩年度榮獲台灣農業工程學會農工論文獎 (2012,2015), 行政院原子能委員會放射性物料管理局放射性物料研究發展傑出貢獻獎 (2015), 中央大學學術研究傑出獎 (2010-2012,2014,2016,2017,2018), 中央大學教學優良教師獎 (2006,2009)。

陳沛堯助理教授曾榮獲國立台北大學全球變遷與永續科學研究中心 (2014) 與國立台灣大學生物資源暨農學院 (2015) 學術論文獎、內政部建築研究所博士論文獎學金 (2015)、連續兩年榮獲 Best Paper Award of PAWEES (2016,2017), 也曾榮獲科技部補助博士生赴國外研究 (2015) 與補助赴國外從事博士後研究 (2017)。

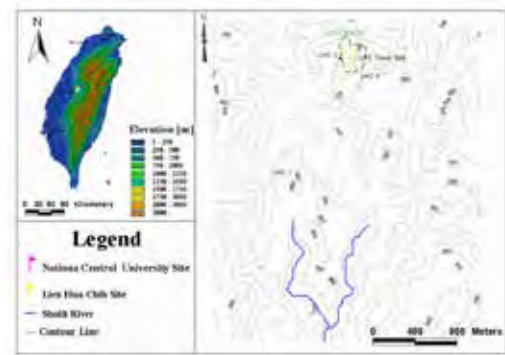
重要
貴儀

中大水文氣象站有豐富微氣象觀測資料, 於 2017、2018 年擴充多點多深度土壤水份觀測與七口地下水位觀測井, 也設置張力計、土溫計以及熱通量板, 對土壤水分與地下水位變動與微氣象間的交互作用提供高解析度觀測素材 (如圖 7)。蓮華池長期水文微氣象與通量測站觀測至今已超過 10 年 (位置如圖 8 所示), 主要在探討森林生態系的陸氣交互作用之水、能量與二氧化碳交換。此測站註冊於 AsiaFlux 國際網絡並提供觀測數據分享國際通量研究社群; 過去除發展通量演算技

術外, 並提供長期觀測資料給國內學者做為比較與區域大氣模式在地表過程模擬素材。通量塔照片如圖 9, 圖 10 則為 2012 年潛熱通量補遺後逐時變化。

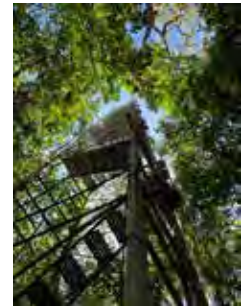


▲圖 7 中大水文氣象站儀器說明。

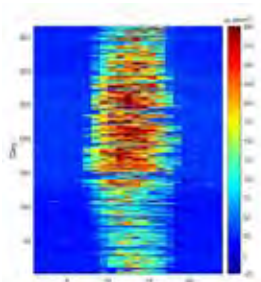


▲圖 8 蓮華池長期水文微氣象與通量測站位置圖。

蓮華池長期水文微氣象與通量測站自 2006 年設立至今, 觀測儀器包含三大類: 微氣象、渦流相關法與其他項目。



▲圖 9 蓮華池設立之通量塔



▲圖 10 2012 年中每日潛熱通量之逐時變化。

(1) 微氣象儀器: 用以量測進入及離開地表方向之長短波輻射、淨輻射、氣溫、濕度、土壤溫度、土壤熱通量、土壤水分含量、風速、風向、氣壓、降雨、二氧化碳濃度, 包含四項目輻射計、淨輻射計、鉑電阻溫度計、電容式濕度計、熱偶線、熱通量板、電容探針土壤水分測計、風速風向計、雨量桶與閉路式氣體分析儀。

(2) 渦流相關法儀器: 用以量測風速、溫度、水氣、二氧化碳通量, 包含三維超音波風速溫度計 (Three-dimensional sonic anemometer-thermometer) 及開路式紅外線氣體分析儀 Open path Gas Analyzer (圖 11)。

(3) 其他儀器: 用以量測入滲、落雨、樹幹溢流及土壤呼吸作用, 包含入滲儀 (毛細負壓力量測儀器 Decagon Devices Inc, Gee Passive Capillary)、雨量桶、蒸散量測儀、研發自動式土壤呼吸作用觀測系統 (如圖 12)。整體儀器配置如圖 13 所示。



▲圖 11 三維超音波風速溫度計



▲圖 12 自製自動式土壤呼吸作用觀測系統。



▲圖 13 蓮華池水文微氣象與通量測站儀器配置圖。

未來
展望

地球關鍵區 (Earth Critical Zone) 是地球的最表層, 包含從地表植被、土壤、裂隙到母岩頂部 (即地下水層底部) 的區間, 提供地球的生態系統服務與人類生存發展所需。而環境變遷、土地利用、人口成長與氣候變遷則改變關鍵區 (CZ) 的自然演化、內部韌性與宿命, 進而衝擊 CZ 內的水資源、土壤資源、糧食生產、生物多樣性與碳儲存等等。透過跨領域的整合研究來了解 CZ 的演化過程、全球環境變遷、人類活動或氣候因素等所造成的衝擊是近年來國際上積極形成整合研究網絡, 目標在永續 CZ 服務功能。國際上目前已成立 Critical Zone Exploration Network 的研究網絡。而 U.S. NSF 於 2006 成立 CZO National Program 推動 CZO 相關研究, 涵蓋不同氣候、生態與地形特徵。展望未來水文研究群結合其他領域, 積極建構地球關鍵區研究平台, 研究議題方向包含:

- (1) 整合不同時空尺度之理論與資料來探索建立 CZO 過去的演化與預測未來的變遷。
- (2) 探討氣候與土地利用改變如何衝擊所建立 CZO 的地球物理、地球化學與生態功能。
- (3) 整合跨領域觀測技術、電子基礎設施與模式模擬與預測建立 CZO 的水供給、糧食生產與生物多樣性。

物理海洋研究群：ATOP 研究室 ATOP Research Group

研究 領域

本研究室最主要設立的目的為發展及建立第一套台灣海洋預報數值模式 (the Advanced Taiwan Ocean Prediction system, ATOP)，並研究與探討台灣及北太平洋海域內各式各樣的海洋、大氣、氣候變遷以及沿岸海域等等的科學相關議題，研究內容包含海洋物理動力過程、海氣交互作用、不同尺度的氣候研究、及數值模擬及預報等。近期的研究涵蓋了從漁獲量的變動到因人為森林砍伐導致的氣候變遷、利用海洋動力過程和熱帶氣旋下的極端風浪探討快速增強熱帶氣旋的原因，海-氣鋒面與對流層的風場之耦合作用改變暴風的路徑、海洋暖化的效應到沿岸地區的風暴潮、降雨量與颱風頻率及軌跡之間的關係，本研究室致力於利用數值理論模型預報洋流與大氣風場，分析及研究其中的各式物理現象之間的交互作用，這些研究成果摘要於下，同時也發表於本研究室 ATOP 網站的期刊著作：<http://mpipom.ihs.ncu.edu.tw/RecentPublications.php>。

發展 歷程

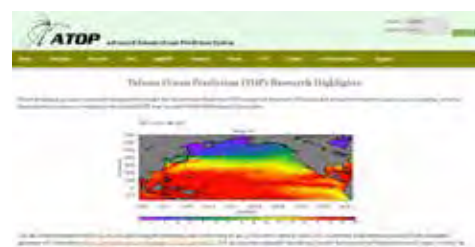
黃如瑤教授原任職美國普林斯頓大學，2012 年延攬為講座教授至中央大學水文與海洋科學研究所服務，於 2012 年建立 ATOP 研究室後，便致力於發展「臺灣海洋先進預報系統」(Advanced Taiwan Ocean Prediction system, 簡稱 ATOP)，是基於全球頂尖的普林斯頓數值模式 (Princeton Ocean Model) 所建立的一套預報系統。

ATOP 系統每天自動下載衛星及現場觀測資料，並經分析與即時預報計算，產生海洋預報資料。自 2012 年三月起，ATOP 系統預報每日三維洋流、鹽度、溫度以及風浪等數值模擬資料，近期開始提供十日的預報結果。範圍涵蓋北太平洋海域，包括台灣海峽及中國沿海。預報結果每日自動上傳至 ATOP 網站，模式及數值資料也可在網站上申請索取。除了海洋預測外，我們團隊的研究包含大洋物理循環與氣候平均的數值模擬及資料同化方法等。

過去四年，ATOP 透過整合 Local Ensemble Transform Kalman Filter (LETKF) 同化方法來提高預報能力，接著透過模式數據比較來量化及驗證，並透過中國沿海海域，包含台灣海峽及鄰近的太

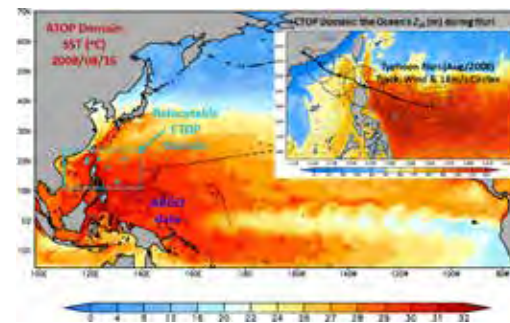
平洋與黑潮流域間的耦合作用，來提升數值模式循環過程與數據分析得準確性。

ATOP 研究室目前正在進行下列兩項研究：(1) 採用大氣模式 WRF 模擬高解析度之預報風場來驅動 ATOP 海洋模式，以滿足 ATOP 系統在強烈東北季風與西北太平洋地區颱風季節時期，對於高解析度預報風場的需求；(2) 建立以台灣為中心之跨年度海洋環流模式，範圍涵蓋黑潮及大陸沿岸海域，同時以數值模式為主體研究台灣周遭環流、潮汐、及風暴潮的作用。ATOP 研究室提議之模式發展與研究預期可生產與改善社會實際運用的海洋產品品質，以及推動我們對於台灣周圍海域的認識。我們也期望能延續此項研究的研究經費，以栽培從事海洋、大氣研究之年輕學生及研究人員學習數值模擬與資料同化方法。



▲圖 1：ATOP 預報系統及預報網站首頁（詳見網站：<http://mpipom.ihs.ncu.edu.tw/>）。

過去數年來持續探討東亞冬季季風在海表面溫度、黑潮溫度鋒面與大陸沿岸流作用下的反應。研究發現，在最近幾個年代際，大陸沿岸的海表面溫度持續上升中，此暖化現象伴隨跨東海的季風輻合，以及增強的冬季季風。強風條件下，跨陸棚海流較易發生，黑潮的熱的傳遞也較旺盛，因此讓沿岸海水更為溫暖，這個正回饋使陸棚海域更加溫暖，也減弱了冬季東北季風的強度。本研究藉由 1982~2013 年，共 30 年的高空間解析度的冬季海表面溫度場來驅動天氣研究和預報模式 (Weather Research and Forecasting Model, WRF)，探討在這個議題下大氣與海洋的動力現象，同時



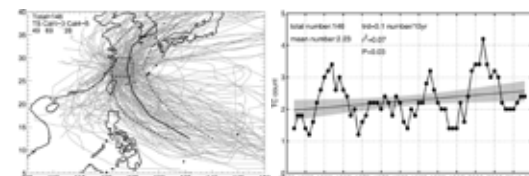
▲圖 2：ATOP 預報模式模擬 2008 年 8 月 16 日 Nuri 颱風的通過巴士海峽時北太平洋區域的海溫分布。右上角的圖為耦合大氣模式 WRF 與 ATOP 海洋模式所模擬的颱風路徑、風速、海溫與洋流的分布情形。[詳細請參考：Sun & Oey 2015 MWR & Ocean Dyn]。

發展解析模式來探討模式結果。研究結果強調海表面溫度在東亞冬季季風與氣候動力扮演的重要性，研究結果提供研究社群做完在全球暖化下季風改變的長期投影，冬季季風將較潮濕的風吹向岸邊也將影響人口上億的東亞國家。本研究對於經濟，及海洋生態皆有重要影響。

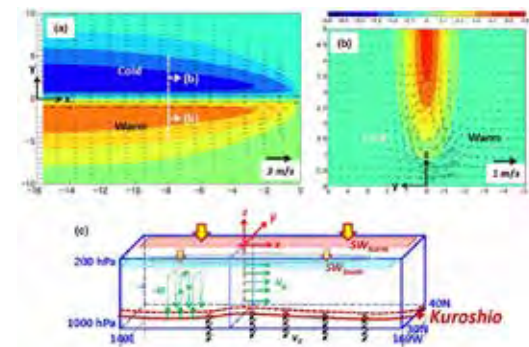
颱風路徑的低頻變化，我們研究發現黑潮暖水對大氣的影響可能會改變引導氣流，進而影響颱風的移動路徑。研究發現轉入台灣北部與東海的颱風顯然是受到相當重要且明顯的原因所造成。研究結果可提供相關單位，經由觀察黑潮延伸流的擺盪來預報東亞地區颱風移動路徑的長期與每年之變化。

黑潮對大氣環流也存在強烈影響。自 1980 年以來，日本東部外海黑潮延伸流區域的海表面溫度鋒面在緯向上的擺盪與在六至十月登陸於東亞區域的颱風頻率有高達 70% 的顯著相關性。透過觀測資料和理想化數值模式，證明當海表面溫度鋒面往極區（赤道）移動時，黑潮南邊的海表面溫度梯度與對流層的西風將會減弱（增強），驅使更多颱風轉向（遠離）東亞大陸。研究結果海表面溫度梯度與西風的減弱趨勢，與前人研究全球暖化而導致的黑潮北偏有著密不可分的關係，這也顯示在將來會有更多的颱風登陸東亞大陸地區。

團隊成員：
黃如瑤教授、博士後研究員 1 名、博碩士班學生等。



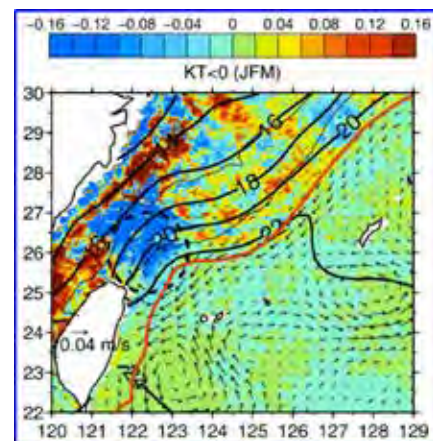
▲圖 3：(左) 為 1950 至 2014 年經由東海侵襲東亞沿岸地區的熱帶氣旋路徑圖。(右) 統計每年經由東海地區的熱帶氣旋個數，將其使用 5 年的滑動平均後所定義出來的東海熱帶氣旋指標 (ECSTC Index)。明顯呈現出東海地區熱帶氣旋侵襲數目隨著全球暖化逐年增加，主要是受到日本外黑潮延伸流的往北偏的擺盪有關。[詳細請參考：Huang, S.-M., and L.-Y. Oey, 2018 Climate Dyn]



▲圖 4：數值模式模擬風場受到緯向海洋溫度鋒面的影響。(a) 流函數（顏色）與對流層風向圖。(b) 在圖 (a) 白色虛線處垂直於海面的緯向風場（顏色）與跨海洋溫度鋒面的風向流矢圖。(c) 大氣環流受到黑潮延伸流南偏的示意圖。如同圖 (a) 和 (b) 所示，受到黑潮延伸流南偏的影響，南方較暖（北方較冷）的海水會產生更多上升（下沉）氣流，導致生成較多的雲（雲量的減少），進而減少（增加）太陽短波輻射的進入。此南北方向的垂直環流（ ω ）運動，將會激發出往東的風場（ u_g ），並減少侵襲東亞沿岸地區的熱帶氣旋。同理，當黑潮延伸流北偏時，將會產生往西的風場，導致侵襲東亞沿岸地區的熱帶氣旋個數增加。[詳細請參考：Huang, S.-M., and L.-Y. Oey, 2018 Climate Dyn] 2018 Climate Dyn]

獲獎
榮譽

ATOP 研究團隊跟台灣海洋大學的李明安教授（專長在衛星海洋學、漁海況學，提供長期漁業統計數據）及廈門大學博士後研究員王佳利用衛星遙測資料以及長期漁業統計數據，發現台灣 40% 鯖魚漁獲量變化，受黑潮海流改變影響，若能掌握黑潮離岸或靠岸的微妙擺盪，有助於預估隔年春季的漁獲量。這項重要研究成果刊登在 2018 年 2 月份的《物理海洋學期刊》(Journal of Physical Oceanography)，同時獲知名的《今日物理》(Physics Today) 專文報導。（引用自中大新聞：http://ncusec.ncu.edu.tw/news/headlines_content.php?H_ID=3341）



▲圖 5：台灣東北部區域減低的漁獲量（藍色區域）與黑潮（紅色的曲線）的減弱有關。[詳細請參考：Leo Oey et al., 2018 JPO]。

重要
貴儀

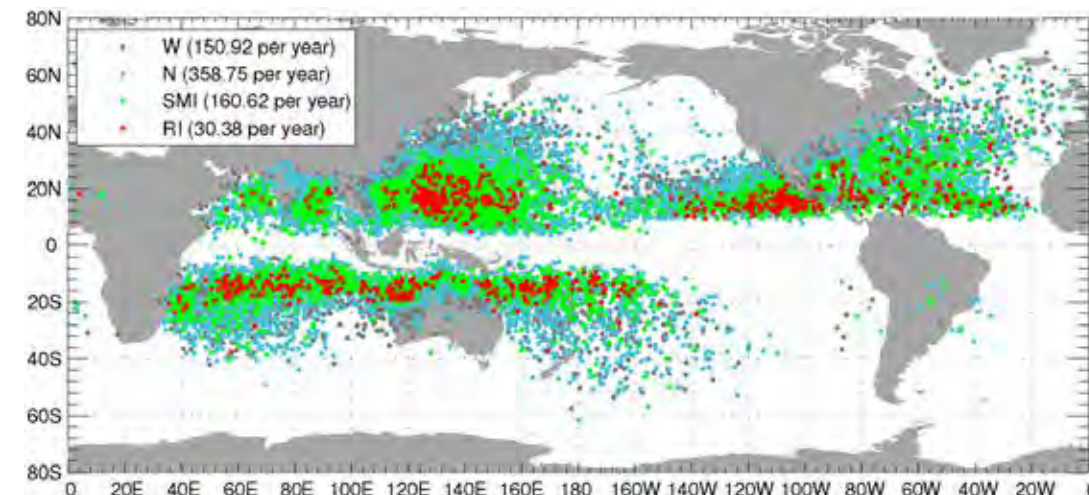
本研究室受科技部及中央大學的補助，自 2012 年起逐步購置叢集式運算電腦，以及大量的資料儲存設備供每日的預報系統所用，至今已斥資近千萬。為加速往後的模擬實驗及提升預報能力，未來將持續擴展及更新 ATOP 叢集式電腦的效能。

未來
展望

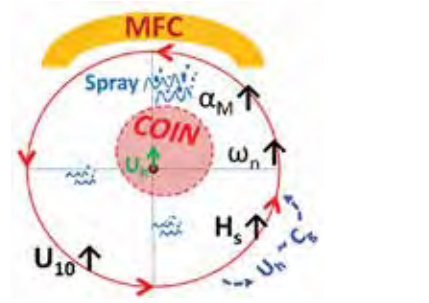
2018 年在科技部的資助下，我們總共發表了 7 篇期刊文章 (<http://mpipom.ihs.ncu.edu.tw/RecentPublications.php>)。了解熱帶氣旋增強的條件，特別是快速增強，是個非常有挑戰性的議題。這個問題涉及到複雜的氣旋內部動力過程、環境條件和彼此之間的交互作用等等。然而，對於預報改善則是有益的。在期刊 2018a 中，我們研究了在西北太平洋熱帶氣旋中的海面波浪。在期刊 2018b 中，我們將分析擴展到全球熱帶氣旋，並且首次證明了海面波浪將透過交換係數與大氣低層水氣得幅合產生交互作用來增強氣旋。我們分析了 23 年全球的觀測資料，包含超過 16,000 個熱帶氣旋強度變化、上層海洋特徵、海表面波浪與低層大氣的水氣幅合等。與前人研究不同，我們並沒有發現較厚的上層海洋與 / 或較溫暖的海溫和氣旋的快速增強有明顯相關。相反地，我們發現氣旋的快速增強與低層水氣幅合和海面年輕波浪的

海氣交換係數有顯著的高相關性。這與前人使用模式模擬的結果一致，氣旋主要透過水氣與海表面通量的潛熱釋放來增強強度。在 70% 快速增強的氣旋中，其移動速度與受制的年輕波浪會產生共振，使得年輕波浪在氣旋的第二象限中變得飽和。年輕的波浪在氣旋中心會產生相對較少的混合和冷卻效果，進而增強氣旋。

了解及預報颱風與海洋的耦合反應是海洋大氣科學研究中最有挑戰性的問題之一。颱風不僅影響海面流場及垂直混合作用，也產生巨大波浪與上層海洋的次中尺度環流胞，這些複雜的海洋動力過程將會導致颱風尾流的海表溫冷卻及藻華現象。海表面暖濕空氣經由向氣旋中心的海氣通量傳入風眼內，改變颱風內部的位渦並持續增強颱風，這些持續的海氣交互作用進而產生耦合效應，但我們對其中複雜的物理動力過程理解仍然有限。在前人的研究已顯著改善颱風的路徑預報，而颱風內部的動力過程、大尺度的背景場與海面溫度變化讓準確的強度預測依舊十分困難。目前只有少數幾個預報模式考慮到海氣耦合作用 [例如 HWRF, WRF 與 POM 耦合]，而且氣象局主要使用非耦合模式來預報，因此耦合預報模式的發展與研究已刻不容緩。在科技部的補助下，本研究室致力於發展以 ATOP 與 WRF 為基礎建立的颱風 - 海洋耦合預報系統 (CTOP)，將研究 (1) 氣旋對海洋不同尺度與領域的影響；(2) 以位渦及海氣交互作用來探討氣旋的增強機制，預期將提高台灣的氣旋預報能力，並對社會與經濟產生貢獻。



▲圖 6：1993 至 2015 年全球熱帶氣旋的分佈。ATOP 研究發現年輕且擁有較高能量的海浪有助於熱帶氣旋的迅速增強。[詳細請參考：Lin Zhang & Lie-Yauw Oey, 2018 MWR & JGR]。



▲圖 7：颱風風速受到內部波浪影響而快速再增強的正循環示意圖。紅色反時針箭頭顯示正循環的物理過程。U10: 颱風風場，Hs: 顯著波高，Uh: 颱風移動速度，Cg: 波浪群速度， ω_n : 波齡的倒數。 α_M : 波浪引起的海氣交互係數，MFC: 水氣通量幅合，COIN: MFC 與 α_M 的重合區域。當颱風右方較強的風速不斷得新生成大量波浪，而這些新生成的波浪會正好匯聚在颱風右前方的象限時，波浪與颱風風場的交互作用，還有洽到好處的颱風傳輸速度能有助於颱風發展成快速增強的風暴。



▲圖 8：因人為砍伐森林而暖化的馬來群島 (MA)，會減弱亞洲夏季季風。[詳細請參考：Huang, S.-M., and L.-Y. Oey, 2019]。

物理海洋研究群：衛星遙測研究室 Satellite Remote Sensing Research Group

研究 領域

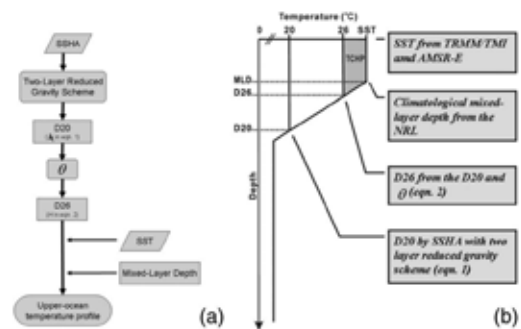
作為地球系統科學的其中兩個重要組成部份，“海洋”和“大氣”是本研究團隊的重點研究主題。海洋大氣交互作用在小尺度的紊流系統到中尺度天氣系統以至大尺度氣候變化及地球能量平衡上扮演非常重要的角色，與人類的生活息息相關。其中，颱風是海洋大氣交互作用中的極端事件，是研究海洋大氣交互作用重要的課題。颱風透過強大的風應力擾動上層海洋，在短期內（幾天到幾個星期）改變所通過海洋的狀態和性質；同時，颱風藉由大氣與海洋交界面的熱通量來獲取能量，因此海洋的響應也牽動著颱風的強度變化。

研究主軸：（一）颱風海洋交互作用：深入探討颱風對海洋的混合作用、海氣能量輸送及颱風強度變化等。（二）海洋垂直熱力結構：由於要取得廣大海洋即時溫度隨深度變化的資訊極為困難，因此本研究團隊致力於發展先進的衛星技術取得海洋的垂直溫度結構。（三）氣候變遷：中長期的氣候變化是目前相當火熱的全球性議題，且了解氣候變化對人類永續發展有極其重要的意義。本團隊以海洋和大氣資料分析研究氣候變遷下海洋、大氣以及颱風活動之變化。

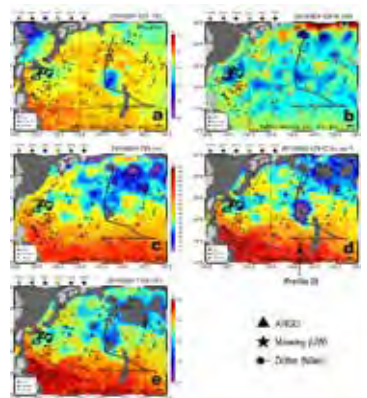
發展 歷程

潘任飛博士專長在於衛星測高技术、多重衛星資料分析、海洋熱力結構和颱風海洋交互作用。2012年於台灣大學大氣科學系取得博士學位，其後到美國 Woods Hole 海洋研究所擔任博士後研究員。留美期間在國際頂尖海洋學家 Dr. James F. Price 指導下工作，研究大西洋水下溫度結構和海洋混合層模式，並開發即時衛星海洋垂直溫度觀測系統。後於 2017 年 8 月加入中大水海所。

在研究颱風、海洋以至氣候上，海洋垂直熱力結構至關重要，但由於資料取得極不容易，因此往往成為研究上的一大障礙。潘任飛博士長期致力於發展衛星遙測反演技術，希望透過衛星得到準確的海洋水下溫度結構。有別於傳統衛星感測器只可以獲取海表面資訊，如海表面溫度 [sea surface temperature (SST)]，衛星高度計所量測的海水高度資料蘊藏著重要的水下資訊。因此，利用衛星測高計量得之海面高度異常 [sea surface height anomaly (SSHA)] 可以用來反演海洋水下溫度結構。因海水高度變化跟水下溫度變化有良好相關性，最初的研究是利用一個簡單的兩層模式 (two-layer model) 透過 SSHA 來計算西北太平洋水下溫度結構 (圖一)。



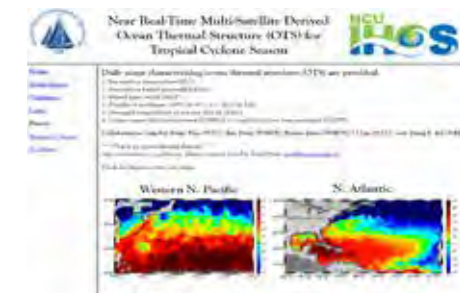
▲圖 1：利用衛星測高資料透過兩層模式計算海洋溫度結構。(a) 反演流程圖，(b) 從衛星測高獲得之海洋溫度結構示意圖。(取自 Pun et al. 2007)。



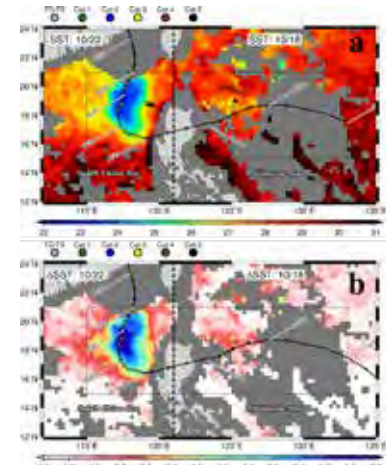
▲圖 2：從衛星獲得之 (a) 海表面溫度、(b) 海表面高度、(c) 26°C 等溫線深度、(d) 上層海洋熱含量、(e) 上層海洋 100 米平均溫度。(取自 Pun et al. 2011)。

雖然反演出來的海洋溫度只有四個深度，但對研究颱風強度變化已提供相當有效的海洋資訊。在 2010 年潘任飛博士積極參與台灣—美國大型颱風聯合觀測實驗 [The Impacts of Typhoons on the Ocean in the Pacific (ITOP)]。此方法在 ITOP 實驗當中被廣泛應用，在提供即時上層海洋溫度資訊作實驗規劃和模式驗證 (圖二) 之中扮演重要角色。另，由衛星測高獲得之上層海洋溫度結構分析中發現西北太平洋颱風區海洋熱含量在過去 20 年間增加了 10%，顯示海洋條件對於颱風發展越來越有利。此研究論文發表後立刻被歐洲衛星海洋資料中心 (AVISO) 評選為該年度八月份的 "Image of the Month"。其後又被 Science 期刊和多個國際媒體報導，受到國際關注和重視。顯示衛星測高技术對觀測海洋熱力結構變化有重要的幫助。

雖然衛星測高結合簡單的兩層模式有良好的表現，但由於垂直解析度較低和誤差偏高，因此近年積極投入發展新的線性回歸方法，並結合嶄新的海洋自動觀測技術 (如 Argo)，希望改善由衛星獲得之海洋溫度結構。目前已經證明此方法能取代兩層模式，為西北太平洋和北大西洋兩個主要的颱風區提供更準確的海洋溫度結構資訊，以利颱風模擬和強度預報、研究使用 (圖三)。



▲圖 3：架設在衛星遙測研究室之即時衛星海洋溫度結構網站，提供西北太平洋和北大西洋即時海洋溫度結構資訊 (<http://posidon.ihs.ncu.edu.tw/>)。



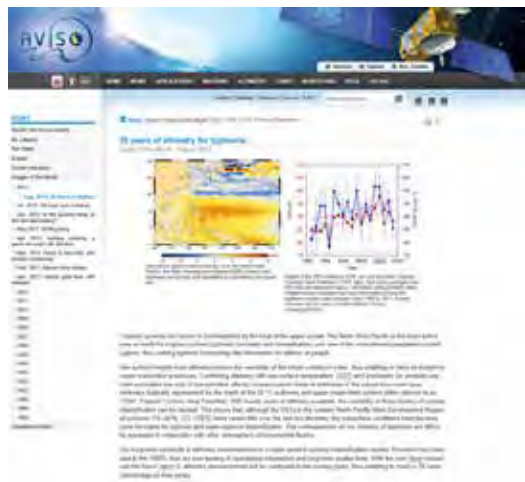
▲圖 4：由微波衛星獲得在梅姬颱風過後之 (a) 海水面溫度與 (b) 降溫程度。

團隊成員：
潘任飛助理教授、研究助理 1 名、碩士班學生等。

另一方面，本研究團隊目前積極探討颱風大小對海洋冷卻效應之影響。海面冷卻對颱風而言有極為重要的負回饋作用，所以對颱風強度有決定性的影響。透過進一步了解海面冷卻作用之形成機制和控制因子，希望能增加我們對颱風強度變化的了解。目前完成對 2010 年的超級颱風“梅姬”個案分析，發現梅姬在南中國海造成極大的冷卻效應。海水面溫度下降 7 度之多 (圖四)。

此外，分析美國聯合預報中心 (JTWC) 的颱風最佳路徑發現梅姬颱風在南海增大了 2.3 倍，其暴風半徑達 400 公里，外圍環流同時碰觸到台灣、香港和菲律賓。另外，其颱風大小亦為氣候平均值的 1.4 倍。因此，利用三維海洋混合模式—3D Price-Weller-Pinkel (3DPWP) 模擬在不同颱風大小的情況下對海水面冷卻作用之影響，結果發現颱風大小是影響海水面冷卻作用的關鍵因子之一，與一般受到重視的移速因子和海洋熱力因子同樣重要。除此之外，模擬顯示梅姬颱風在南中國海若無增大，其海洋冷卻作用會大大減弱 52%。此結果說明颱風的大小的確會影響海洋對颱風的回饋作用。此研究成果已發表在知名的 Monthly Weather Review 國際期刊上。

2013年發表之論文“Recent increase in high tropical cyclone heat potential area in the Western North Pacific Ocean”被歐洲衛星海洋資料中心評選為該年度八月份的“Image of the Month”(圖五)，同時亦被頂尖的國際科學期刊 Science 作專題報導。另外，此論文也被國際媒體 GREENPEACE、Weather underground 和 The Christian Science Monitor 報導，研究成果受到國際關注和肯定。



▲圖 5：歐洲衛星海洋資料中心 (AVISO) 評選 Pun et al. (2013) 為該年度八月份的“Image of the Month”。

衛星遙測研究團隊會繼續以先進衛星技術深入探討海洋大氣交互作用以及颱風的增強機制，特別是提供能量的海洋所扮演的角色。颱風的生成和海洋的能量條件極易受到大尺度氣候變異的影響，因而有年際以及年代際變化；尤其在全球暖化和氣候變遷下的趨勢是目前各國科學家一直想解答的問題。瞭解颱風和海洋的變化對四面環海的台灣極為重要，關係到國家安全、糧食能源和永續發展等多個面向，也是當今國際上的重要課題。另外，在全球暖化的議題下，颱風的大小變化亦是相當有趣且重要的科學議題。未來颱風的大小變化不但可能會影響海面冷卻之負回饋機制，亦會關係到颱風的影響範圍、影響時間和破壞程度，所以值得深入研究。科學以人為本，本團隊會盡量培育台灣年輕人才投入相關研究工作，希望台灣在全球氣候變化的重要國際議題上有所貢獻。

海岸帶研究群

台灣是一個典型海島，台灣及周遭離島海岸線長達 1,700 餘公里，除台灣本島外，有 85 個島嶼，所管轄的領海面積約 17 萬平方公里，為領土面積 36,000 平方公里的 4.72 倍，擁有廣闊的陸棚與大洋複雜環境，以及具有多樣的海岸地形與生態環境。台灣西岸的台灣海峽為大陸棚地形，平均深度 60 公尺，西海岸有豐富的沙灘、沙丘、潟湖、河口、紅樹林和寬廣的潮間帶，東海岸面對太平洋，地形陡峭，海床與海溝深邃，離岸 6 浬海深即達 3,000 公尺，沿岸多礫灘、岩礁、灣澳及海崖。由於台灣位居全球最大的大陸棚邊緣，以及全世界海洋生物最豐富的東印度群島北緣，在北赤道洋流、大陸沿岸流及夏季西南季風吹送流在台灣沿海海域交互作用，海洋魚類種類約佔全球所有紀錄種類的十分之一。台灣也位於熱帶與亞熱帶間，有北迴歸線穿越，氣溫適當，因而擁有豐富的觀光遊憩與漁業資源。

台灣四面環海，生存發展與安全威脅均受海洋影響，其民生、經濟與生態環境莫不與海洋息息相關。例如台灣南北的港口是我國經濟活動的命脈，都市及工業的發展也集中在海岸帶。海岸地區不僅與能源產業相

關，包括能源（煤、石油、天然氣）之進口輸入、各港口與發電廠的設置，到再生能源開發利用（風力、潮汐、洋流），都對海岸地區造成影響。另一方面，近岸的生物資源及海岸帶養殖業的產出為國人重要的食物來源，海岸帶同時也是休憩、旅遊重要場所。各種需求彼此之間產生之衝突越益嚴重。這些衝突乃是全球性的問題，為此，聯合國環境署積極推動 (2012-2016)：『通過陸地污染控制以改進近岸水質，強化海洋生態系統之管理，建立各國之科學研究與管控工具，以合理解決各種需求間之衝突。』(UNEP, 2011)

對於台灣之海岸帶，需要積極保護、保育及復育海岸資源與環境，邁向永續家園，亦必須防護肇因於人為活動及氣候變遷帶來的海岸災害衝擊，尤其離島居民，由於完全生活於海岸帶，暴露於天然或人為災害之風險更高。海岸帶研究對於台灣極其重要。

本院水文與海洋科學研究所之海岸帶研究群包含：錢樺教授的物理海洋觀測研究室、吳祚任教授的海嘯科學研究室與黃志誠教授的近岸泥沙輸送研究室。

物理海洋觀測研究室 Marine Physical Observation Research Group

團隊成員：
錢樺教授、博士後研究院 2 名、專任助理 5 名、博士生 3 名、碩士生 5 名等。

研究
領域

重要
貴儀

(一) 遙測技術之研發與應用：

- ◆ 建立基於 Barrick 方程式之 Doppler-range spectra 數值試驗台，分析在颱風條件下使用 HF 雷達反演波浪參數（波高、週期、波向等）之不確定性，以 2015 年杜鵑 (Dujan) 為例，結果顯示與典型的季風條件下相比，在颱風期間參數表現出的誤差更少，說明該數值試驗平台具良好模擬成效；
- ◆ 應用 CYGNSS(Cyclone Global Navigation Satellite System) 接收 GPS 反射訊號所公布之 DDM 資料，進行海表面風速反演並與 GNSS 發布之風速觀測資料進行比對，驗證演算法之適合性再進一步應用於颱風風速反演工作；
- ◆ 採用都卜勒頻率對時間與頻率展開，利用載具側視合成孔徑雷達與目標物的相對幾何關係進行估測，當合成孔徑雷達觀測目標物移動時，以及目標物本身移動時所造成的都卜勒頻率，透過估測頻率偏移量估算距離方向速度與頻率變化量估算方位方

向速度。最後以 SDE 方法求取都卜勒頻率位移，獲取後資料即代表近岸海面的變化方向，此方法應用在即時系統的解析有非常好的效能表現；

- ◆ 應用天線陣列形式之高頻雷達模擬訊號分析波浪場（波高、波向、週期等），結果顯示本研究研發之雷達觀測技術具良好之模擬能力；
- ◆ 成功研發移動式岸基同調性 (Coherent) 微波雷達，改善傳統非同調性微波雷達觀測上的限制，同時具有可機動性擷取具時空連續性之海表面流場與波浪場等資訊，具有高度應用潛力之近海水文監測技術，並取得「應用微波雷達於海岸線及潮間帶地形測量之技術」之發明專利申請，可供海岸地形變遷之長期監測及地形變遷成因分析之用。
- ◆ 成功建置近岸海象雷達站於宜蘭內埤、外澳、石城與新北市白沙灣等四處，監測海岸帶之波浪與海流資訊，可為親水性海域活動風險管理的依據。



▲移動式岸基同調性微波雷達。

(二) 現場觀測技術 - 海洋漂流浮球之研發與應用：

- ◆ 成功自製研發可、隨流漂移、利用衛星系統定位、具有數據即時傳輸功能等全新之海洋漂流浮球，可準確、即時、成本低廉，能在惡劣的海況下全天候即時監測並獲取海洋資訊，如波浪、海流等。
- ◆ 應用漂流浮球於核三廠進行近岸溫排水之混合與擴散特性分析，結果顯示海氣熱通量較低時，溫排水之溫降由水體混合擴散主導，以期提供海洋排污工程設計及海洋污染模式構建之參考，以緩解或減少近岸海洋環境問題；
- ◆ 於東沙島東北部海域應用漂流浮球成功獲得下沉型內波 (depression internal wave) 通過期間海表流場與波浪場的特徵；

- ◆ 於桃園近岸掌握沿岸流與離岸流特性，並由調查數據提供規劃合適發展的海岸水域遊憩安全管理方式；
- ◆ 應用漂流浮球可進行 Lagrangian 過程觀測之特點，進行層化效應對淡水河口混合之影響，結果顯示淡水河口秋季層化現象比春季強，引致秋季次表層的溶解氧含量比春季低，進而影響了氮化合物的衰減速率（秋季的衰減速率低於春季）；淡水河口水平延散係數之量級比其他類似規模河口更大，約 $O(1) \sim O(2)$ 。



▲自製研發之漂流浮球陣列。



▲自製研發之波浪浮標。

(三) 海岸環境特性監測與分析之研究：

- ◆ 應用近岸海洋二氧化碳通量觀測資料，分析期日變化特性，研究結果顯示近岸海洋二氧化碳受到生物活動、海變面溫度以及氣體傳輸等影響，另台灣西北部沿海為大氣二氧化碳沉降 (sink) 區域，陸域則為產生源 (source)；
- ◆ 為提供台灣周邊海域離岸風能發電之應用，進行海岸表面風速每日週期性振盪強度與特性之研究，結果顯示台灣環島海岸表面風速存在顯著之日週期與半日週期變化，台灣西岸日週期性振盪較東岸高，東、西岸日週期振盪振幅約為半日週期之 2 至 3 倍；
- ◆ 為瞭解海—氣通量之日夜變化，探討包恩比 (Bowen ratio) 的日週期特性，結果顯示白天平均海面的淨熱通量為正值，加熱海洋，夜間則為負值，冷卻海洋，其中包恩比在缺乏日照輻射情況下為負值，表示可感熱與潛熱通量方向相反。

(四) 永安臨海觀測站介紹：

本研究室於 2009 年桃園市新屋區永安漁港旁建置永安臨海觀測站，其研究觀測對象包括海岸地區大氣邊界層、波浪海流與近岸水動力、海岸沉積物輸送、水文與流剖面、大氣污染物、海岸地下水、電離層放電等，臨海觀測站之重要儀器設備如下：

◆ 測風塔及渦度相關觀測系統 (Eddy Covariance System & Wind Profiler)：

- 三維超音波風速計 (3-D sonic anemometer, CSAT3)
- 開路紅外線氣體分析儀 (Open path CO₂/H₂O analyzer, Licor-7500)
- 長短波輻射計 (Pyranometer, EKO Model MS-802)
- 螺旋槳風速計 (Wind monitor, RM Young Model 05103)
- 大氣壓力計 (Barometer, Campbell Model CS106)
- 溫濕度計 (Temperature and humidity sensor, Campbell HMP45C)
- 光量子計 (Quantum sensor, Campbell Model LI190SB)
- 紅外線表面溫度計 (Infrared Radiometer, Apogee Model SI-111) 等

◆ 波浪與海流觀測系統：

- 同調微波雷達 (Doppler Coherent Radar)
- —X-band ($\lambda = 3.2\text{cm}$, $f = 9.4\text{GHz}$)
- —S-band ($\lambda = 9.8\text{cm}$, $f = 3.1\text{GHz}$)
- 船載 ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler, DRI 1200MHz)

◆ 水文與底碇觀測系統：

- 多參數水質監測儀 (Water Quality Monitor, YSI 6600V2-4-M)
- 底碇 ADCP 陣列 (ADCPs Array)

◆ 其他觀測系統：

- 大氣溴化物監測儀
- 地下水井陣列 (Groundwater Wells Array)
- 可見光 CCD 攝影機 (CCD camera)



▲永安臨海觀測站位置。



▲永安臨海觀測站之測風塔。



▲多參數水質監測站。



▲船載與底碇 ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler)。

重要演講

1. The 51st AGU Fall Meeting, in Washington, DC, from December 10 - 14, 2018, present topic: "Analysis of mixing in inner shelf based on Stokes Boundary Layer theory"
2. 內陸棚海域潮流引致的混合與擴散特性, 2018 年海洋科學年會.
3. The 9th Chinese-German Joint Symposium on Hydraulic and Ocean Engineering, 2018, present topic: "Characteristics of mixing and dispersion induced by tide in inner shelf ocean".
4. 4th International Conference on GPS Radio Occultation in 2018 and 11th FORMOSAT-3/COSMIC Data Users' Workshop, Taipei, present topic: "On the Uncertainties of Typhoon Surface Wind Speed Retrieved from Simulated GNSS-R Delay-Doppler Maps."
5. The 7th Workshop on the Monitoring and Forecasting Technologies of Marine Hazards and Environments, Penghu, 2017, present topic: "Numerical Retrieval Algorithm for Delay-Doppler Map (DDM) Made by Oceanic Reflected GNSS signal."

期刊
編輯

- 擔任國際學術期刊編輯、評審委員：
- Coastal Engineering Journal (CEJ) (SCI) 編輯 (Editor) 2013~
 - Journal of Mechanics (SCI) 期刊評審委員，
 - Journal of Geophysical Research (SCI) 期刊審查委員，
 - Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences (SCI) 期刊審查委員，
 - International Journal of Remote Sensing (SCIE) 期刊審查委員，
 - Remote Sensing Letters (SCIE) 審查委員。

國際
合作

本研究室與國內許多學術研究機關有密切合作，其合作單位包括交通部氣象局、交通部運輸研究所港灣技術研究中心、經濟部水利署、國家中山科學研究院、國家太空中心、桃園市政府、台灣海洋科技研究中心、農業工程研究中心等；本研究室每年定期與各國學術研究團隊進行學術合作與交流，更新彼此研究成果與進度，探討海洋科學、海岸防災、生態環境研究等相關議題，國際合作對象包括夏威夷大學 (University of Hawaii)、德國不萊梅應用科學大學 (Hochschule Bremen City University of Applied Sciences)、印尼日惹大學 (Universitas Gadjah Mada)、印度理工學

院 (IIT Bombay) 與菲律賓大學 (University of the Philippines)、中國武漢大學、廈門大學等。



▲與印度理工學院進行聯合實驗。



▲與德國不萊梅應用大學合作進行海上作業。



▲中央大學與印尼日惹大學簽訂 MOU，交接本研究室自製之波浪浮球。

海嘯科學研究室 Tsunami Science Research Group

團隊成員：
吳祚任教授、專任助理 3 名、博士生 3 名、碩士生 3 名等。

創始
歷程

吳祚任老師自本校土木研究所畢業後，於美國康乃爾大學取得土木與環境工程系博士學位，後回台任教於本校水文與海洋科學研究所，積極發展獨具特色之研究方向。

海嘯科學研究室成立於民國九十五年，成立之初致力於二維海嘯數值模擬，針對 2004 年印尼大海嘯、2006 屏東雙主震、2011 年東日本大海嘯等事件皆有快速且準確之預報成果。

然為能詳細分析海嘯上岸後對於近岸結構物之影響，本團隊自 2009 年起，開始著力於海嘯與河川衝擊力模擬、河川沖刷、局部沖刷坑三維模擬、三維土石流動態模擬，模式準確模擬 2009 莫拉克颱風事件中之雙園橋斷橋事件。

除此之外，吳老師考慮台灣屢受颱風侵襲，於 2012 年進而發展風暴潮速算系統。建構高解析度、含潮汐與溢淹之風暴潮速算系統。此為全球唯一可達預報程度之數值模式，對台灣風暴潮預報與預警極有助益。

研究
領域

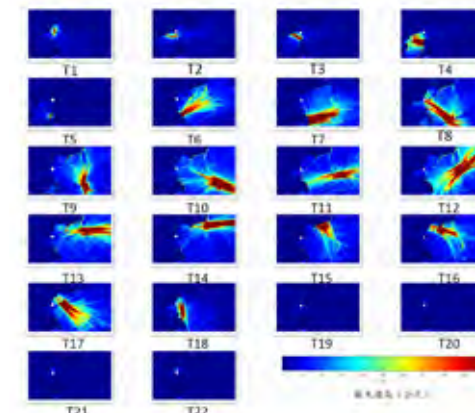
1. 二維海嘯模擬與速算

海嘯模擬

吳老師應用其本身對流體動力學模式之專長，結合中大在地球科學方面之專精，發展出獨具特色之海嘯研究，以台灣為出發點，探討台灣海嘯之潛在風險以及應對之道。致力於台灣海嘯研究，並發展適合台灣海域之海嘯數值模式。其研究成果於 311 日本海嘯事件後，更是廣受國際矚目。並獲國科會委託執行「行政院災防應用科技方案－台灣潛在高於預期之海嘯模擬與研究」計畫，提供精確模擬成果供防災政策規劃之參考。

海嘯預警與速算系統

本團隊更開發特有之海嘯速算系統，可在地震初期約 1-3 分鐘之內，在僅有震央位置與規模的情況下，快速且準確模擬與預警海嘯波傳。並將此預警系統轉移至中央氣象局，大幅增進台灣海嘯預警能力。由於本系統之成功，筆者與中央研究院網格中心合作，透過網頁型海嘯預警系統，協助東南亞國家提升海嘯預警能力。此成功案例亦受英國倫敦 isgtw 專訪，以及兩度受邀至 UNESCO 聯合國教科文組織演講與討論。



▲台灣潛在高於預期之海嘯模擬與研究之 22 個海嘯情境模擬最大波高圖。

潛在海嘯分析

除海嘯預警與速算，吳老師亦從歷史海嘯與古海嘯方面探索台灣潛在之海嘯威脅。透過全台沿海廟宇普查、海嘯沉積物與海嘯石之調查結果，確認 1867 基隆海嘯、1894 東港海嘯與九棚古海嘯事件。研究結果對於核一廠與核二廠之防海嘯牆高度有決定性影響，並對台灣東南沿海之海嘯威脅有進一步認知。

然在與核電廠專家以及台灣地質學者深入討論後，深感海嘯界欠缺一套可用於協助判定最可

Forecasting the wrath of a tsunami

Forecasting where and when tsunamis are likely to hit shores has the potential to save many lives. At last month's International Symposium for Geodesy and Global Computing in Taipei, Taiwan, researchers presented ICGMCOOT, a web-based portal which can be used to model the progression of tsunamis as they approach land.

Immediately to the southwest of Taiwan, is the South China Sea and the deep oceanic Manila trench. Roughly every 10 years, this area experiences a moderate earthquake (under 6.5 on the Richter scale). However, there has not been a major earthquake since the 1570s. GPS data and global tectonic records show that every 700 years an earthquake of magnitude 9.0 is likely to strike this area. The region, therefore, is due one relatively soon (in terms of geological time frames) and if (or when) a megathrust one does strike, people living in the region need to be prepared. Fortunately, seismologists and coropositional specialists in Taiwan and neighboring countries have been working together to establish a tsunami real-time simulation system for the region. At last month's International Symposium for Geodesy and Global Computing (ISGC), researchers presented a web-based portal, ICGMCOOT, and a recent paper showing the impact of 22 possible regional tsunami scenarios.



2. 三維水動力學

三維水動力模擬

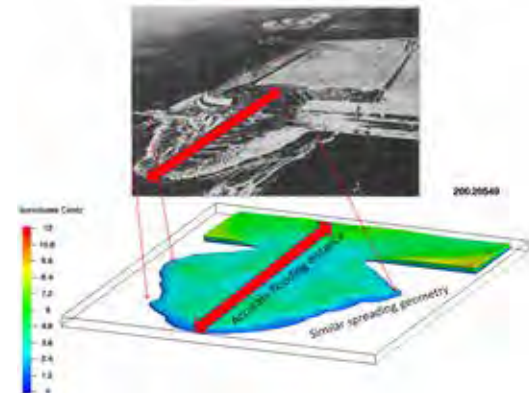
為能詳細了解海嘯上溯後，對近岸結構物之影響，吳老師發展三維水動力學模式 Splash3D，以精確求解海嘯湧潮或洪水撞擊近岸結構物（如橋面板、跨河管線、海底纜線或複雜植生）時之結構物受力與流場情形。此為學界少數可精確模擬海嘯碎波及水花飛濺之三維模式。

雙向流固耦合模擬

由於山崩型海嘯與海嘯石之運移皆需考慮複雜之三維碎波流場以及流固雙向耦合，為此，吳老師特別發展多相流模式及雙向流固耦合模式，為學界少有可精確計算固體或柔性體於複雜破碎流場之數值模式，而此模式亦與美國奧勒岡州立大學合作，完成大規模室內山崩海嘯之實驗，而模擬結果與實驗結果高度吻合。本研究案例亦成為山崩海嘯界之典型案例。

非連續之賓漢雙黏性流模式 (DBM)

由於台灣九棚海嘯石有明顯沖刷坑存在，精確模擬沖刷行為之技術是還原當時海嘯規模與情境之關鍵，為此，吳祚任老師首創 DBM 非連續雙黏性流模式，為世界首度可準確模擬三維局部沖刷之模式。用此模式準確模擬 2009 莫拉克颱風事件中之雙園橋斷橋事件，模擬結果顯示最大沖刷深度分別為橋墩處之 23 公尺與橋墩上游之 15 公尺。與地電阻實際量測完全相符，亦大幅提升台灣道路與橋樑工程界在預估最大沖刷深度能力。



▲ DBM 模式準確模擬 1966 年美國德州之石膏尾礦潰壩之數值結果。

3. 風暴潮預報與模擬

除海嘯之外，吳祚任老師亦發展風暴潮預報模式，該系統採巢狀網格，在大範圍尺度部分可完整涵蓋颱風生命歷程，而在近岸小尺度方面，可精確模擬風暴潮溢淹。該模式採球座標，包含柯氏力，並結合奧勒岡州立大學所發展之 TPXO 全球潮汐預報模式，準確包含潮汐預測，以掌握颱風風暴潮溢淹行為。更重要的是，該模式可於 30 分鐘內預報未來之風暴潮，並且不須超級電腦，只需一般桌上型電腦即可完成。本系統為中央氣象局委託研發，近期已上線服務台灣民眾。而主要研發風暴潮模式之學生蔡育霖，更兩次獲得全國海報競賽冠軍。

本研究室亦與國內外重要研究機構建立密切之合作關係。國內合作單位包括中央研究院網絡

研究中心、中央研究院地球科學所、氣象局地震測報中心、氣象局海象預報中心、海洋大學海洋工程科技中心等；國外合作單位包括美國國家海洋暨大氣總署 (NOAA)、新加坡國立大學、泰國 Kasetsart 大學林業學院林業研究中心等。

創舉 事蹟

吳老師於研究中警覺到位於台灣南方、呂宋島西方之馬尼拉海溝可能會對台灣西南方造成海嘯危害。為此，特邀請國際知名海嘯學者—康乃爾大學土木系前系主任 Professor Philip L.-F. Liu (劉立方教授，現職新加坡大學副校長) 返國擔任國鼎講座教授以便就近請益。並於 2007 年主辦南中國海國際海嘯研討會。會中邀集南中國海周邊國家，包含新加坡、菲律賓、馬來西亞、台灣、中國、日本、與美國之海嘯、地質、地震學者，共同出席討論南中國海可能發生之海嘯危機與海嘯科學之發展。於 2014 年亦再次主辦第七屆南中國海國際海嘯研討會。在歷年研討會的呼籲下，南中國海海域已開始佈設海嘯浮標系統，本研討會仍持續呼籲各國政府應更積極進行海嘯防治與教育，包括沿馬尼拉海溝之更多海嘯浮標與海底監測電纜之佈設，並提昇沿海核電廠預防之海嘯功能等。與會學者具有極高之學術研究水準，備受與會者讚譽。

獲獎 榮譽

- 2012 年、2015 年聯合國教育科學文化組織 (UNESCO) 邀請演講
- 2016 年「104 年原子能科技學術合作研究計畫」成果發表會榮獲放射性物料安全科技領域優良計畫獎
- 2016 年「104 年原子能科技學術合作研究計畫」成果發表會榮獲放射性物料安全科技領域優良計畫獎
- 2017 年越南農業部海嘯預警傑出貢獻獎 (Rewards certificate of merit, Director of general department of natural disaster prevention and control ministry of agriculture and rural development)
- 2014 年、2016 年、2019 年國立中央大學研究傑出獎



▲吳祚任老師受越南農業部頒發海嘯預警傑出貢獻獎。



▲吳祚任老師受台視鄔凱雯記者專訪。

近岸泥沙輸送研究室 Coastal Ocean and Sediment Transport Research Group

研究 領域

本研究室隸屬於中央大學水文與海洋科學研究所，指導老師為黃志誠副教授，主要研究領域為海岸海洋學及海岸工程。目前涉獵的研究主題包括珊瑚礁及藻礁水動力過程、底質傳輸、近岸紊流、碎波帶動力過程及海洋波浪等。未來將著重在研究物理、生物及生地化的耦合過程。

發展 歷程

研究團隊運用現代化的觀測儀器及分析技巧，並搭配理論及數值模擬，來研究自然海洋中多尺度及多相流的流體動力物理過程。除了應用現代商業化的儀器外，也著力在發展新式的設備來觀測流體動量、波浪、泥沙特性、及高解析的海岸地形資料等。

我們也關注海岸災害及海岸環境保護問題，例如海岸侵蝕、岸線改變、海岸溢淹及生態改變等。這些問題在全球暖化及海平面上升影響下，將嚴重影響我們的海岸環境。期望藉由研究學習的知識來幫助我們更了解海岸的進程外，這些學術能力也可以用來降低海岸災害以及海岸環境保護策略擬定。

本團隊與當地政府機關及非營利團體建立起長期且穩定的合作關係，我們的計畫研究執行成果亦具有國際級水準，近年來積極投入大學社會責任計畫、與在地社群鏈結合作以及民眾參與溝通等領域。指導者黃志誠教授除擔任桃園市政府自然地景審議委員、海岸計畫執行機構與多項計畫審查委員外，亦擔任國內外知名期刊審查委員及計畫審查委員。

研究室配有完善且專業的偵測儀器與實驗設備，如：剖面式都普勒潮波流儀、單點式高頻都普勒潮波流儀、光學濁度計、空拍機等。專業知識與設備齊全的環境使我們的研究能力與專業技術的廣度和深度相匹配。



▲桃園海岸地區空拍執行。



▲潮波流儀器佈放。



▲波浪流速濁度計佈放於水下。



▲波浪流速濁度計佈放於水下。



▲潮波流儀器蒐集海流資料。

重要 貴儀

- 剖面式都普勒潮波流儀 Acoustic Doppler Profiler
- 單點式高頻都普勒潮波流儀 Acoustic Doppler Velocimetry
- 壓力波高計 Pressure Sensor
- 高精度單音速測深儀 Single Beam Echo Sounding
- 光學濁度計 Campbell Scientific turbidity sensor OBS3+
- 自動資料收集記錄器 Campbell CR1000、CRX1000
- 小型空拍機 DJI Phantom III
- 專業型自動導航無人機 DJI S1000
- 即時動態全球導航衛星系統 NovAtel OEM 628
- 加速度陀螺儀 MTI-30- AHRS
- 光達或雷射雷達 LiDAR(Light Detection and Ranging)
- 熱風循環精密烘箱
- 篩分析機、搖篩機



▲剖面式都普勒潮波流儀。



▲單點式高頻都普勒潮波。



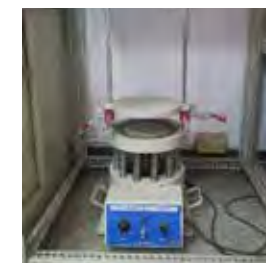
▲光學濁度計。



▲專業型自動導航無人機。



▲小型空拍機。



▲搖篩機。



榮耀地科 ·
海陸空全英雄風雲榜

◎總統府 總統科學獎

獲獎年度	獲獎人	系所
94	李羅權	太空所

◎行政院 原子能委員會

放射性物料安全營運績優暨研究發展傑出貢獻獎

獲獎年度	獲獎人	系所
103	董家鈞	應地所
104	李明旭	水海所
105	吳祚任	水海所
106	董家鈞(團隊)	應地所

◎教育部

榮譽名稱	獲獎年度	獲獎人	系所
學術獎	90	李羅權	太空所
學術獎	96	馬國鳳	地科系
國家講座	95	葉永烜	太空所
國家講座	102	馬國鳳	地科系
二等教育專業獎章	105	王作台	大氣系
優秀公教人員	85	張瑜芬	地科院
優秀公教人員	98	張瑜芬	地科院

◎教育部 北一區學務中心 北區友善校園獎

獲獎年度	獲獎人	系所
104	郝玲妮	太空所

◎教育部 全國大專學生「我們的系科最出眾」英語簡報比賽 - 大學組第一名

獲獎年度	獲獎人	系所
103	莊詠傑、洪瑞駿	地科系(學)

◎科技部 台法科技獎

獲獎年度	獲獎人	系所
103	許樹坤	環境中心

◎科技部 傑出研究獎

獲獎年度	獲獎人	系所
78	郭富雄	太空所
79	王乾盈	地科系
79	陳景森	大氣系
80	陳台琦	大氣系
81	楊潔豪	應地所
81	陳景森	大氣系
82	郭富雄	太空所
83	趙寄昆	太空所
86	黃清勇	大氣系
87	郝玲妮	太空所
89	馬國鳳	地科系
92	朱延祥	太空所
92	蔡武廷	水文所
95	劉正彥	太空所
98	馬國鳳	地科系
99	劉正彥	太空所
99	郝玲妮	太空所
101	陳建志	地科系
103	劉正彥	太空所
104	李錫堤	應地所
106	董家鈞	應地所

◎科技部 優秀年輕學者

獲獎年度	獲獎人	系所
100	陳建志	地科系

◎科技部 吳大猷先生紀念獎

獲獎年度	獲獎人	系所
96	陳建志	地科系
101	楊舒芝	大氣系
104	張起維	太空所
105	郭陳浩	地科系

◎科技部 哥倫布計畫年輕學者養成計畫

獲獎年度	獲獎人	系所
108	張起維	太空所

◎科技部 大專學生研究計畫研究創作獎

獲獎年度	獲獎人	系所
102	吳曜竹(碩)	大氣系

◎中央研究院 年輕學者研究著作獎

獲獎年度	獲獎人	系所
104	楊舒芝	大氣系
106	張起維	太空所

◎中央研究院 院士

獲獎年度	獲獎人	系所
91	李羅權	太空所
105	劉立方	水海所

◎財團法人國家實驗研究院 國家太空中心首席科學家

獲獎年度	獲獎人	系所
100-104	劉正彥	太空所

◎中華民國物理學會 會士

獲獎年度	獲獎人	系所
99	郝玲妮	太空所
92	葉永烜	太空所
88	李羅權	太空所

◎中華民國氣象學會 會士

獲獎年度	獲獎人	系所
103	劉振榮	大氣系
95	李羅權	太空所
96	周明達	大氣系
95	張時禹	大氣系

◎財團法人傑出人才基金會 傑出人才講座

獲獎年度	獲獎人	系所
83	蔡義本	地科系
88	嵯漢如	大氣系
91	隋中興	水文所
94	張時禹	大氣系
97	趙丰	地科系
99	Lie-Yauw Oey	水文所

◎財團法人傑出人才基金會 積極稱取國外優秀年輕學者獎助

獲獎年度	獲獎人	系所
95	陳淑華	大氣系

◎財團法人台積電文教基金會 台積電傑出講座

獲獎年度	獲獎人	系所
94-96	趙丰	地科系

◎吳健雄基金會 台灣傑出女科學家獎

獲獎年度	獲獎人	系所
100(第四屆)	馬國鳳	地科系

◎吳健雄基金會 台灣傑出女科學家新秀獎

獲獎年度	獲獎人	系所
102(第六屆)	楊舒芝	大氣系

◎中國電機工程學會 傑出電機工程教授獎

獲獎年度	獲獎人	系所
92	葉永烜	太空所
99	郝玲妮	太空所

◎中華民國地質學會 地質貢獻獎

獲獎年度	獲獎人	系所
105	李錫堤	應地所

◎中國工程師學會 工程論文獎

獲獎年度	獲獎人	系所
102	李錫堤	應地所
102	董家鈞	應地所

◎中華民國地球科學學會 2017年大道新人獎

獲獎年度	獲獎人	系所
106	盧志恆(博)	應地所

◎中華民國地質學會與中華民國地球物理學會年會暨學術研討會學生論文壁報比賽優等

獲獎年度	獲獎人	系所
105	戴秉倫(碩)	應地所

◎中華民國地質學會 阮維周學位論文獎

獲獎年度	獲獎人	系所
104	牟鍾香、陳慶芳	應地所校友

◎中華民國大地工程學會 優秀青年大地工程師獎

獲獎年度	獲獎人	系所
105	朱晃葵(博)	應地所
106	林衍丞	應地所校友

◎中華民國大地工程學會 岩盤工程研討會優良論文獎

獲獎年度	獲獎人	系所
101(第12屆)	曹家哲(碩)、楊哲銘(博)、吳文傑(博)	應地所
105(第16屆)	李羿葦(博)、楊哲銘(博)、董家鈞老師	應地所

◎中華民國大地工程學會 大地工程學術研討會優良論文獎

獲獎年度	獲獎人	系所
106(第17屆)	董家鈞老師、賴柏松(碩)、朱晃葵(博)	應地所

◎越南農業部海嘯預警傑出貢獻獎

獲獎年度	獲獎人	系所
2017	吳祚任	水海所

◎韓國氣象廳 (KMA) Korea Government Award

獲獎年度	獲獎人	系所
2019	廖宇慶	大氣系

◎世界網路科學學會 (WTN) Fellow 會士

獲獎年度	獲獎人	系所
2003	李羅權	太空所

◎發展中世界科學院 (第三世界科學院) 院士

獲獎年度	獲獎人	系所
2006	李羅權	太空所

◎美國地球物理聯會 (AGU-American Geophysical Union) Fellow 會士

獲獎年度	獲獎人	系所
2006	劉立方	水海所

◎國際宇宙航行科學院 (IAA) Member (院士)

獲獎年度	獲獎人	系所
2007	李羅權	太空所

◎美國國家工程院 院士

獲獎年度	獲獎人	系所
2015	劉立方	水海所

◎ American Society of Civil Engineers (ASCE) Fellow 會士

獲獎年度	獲獎人	系所
2015	劉立方	水海所

◎ Alexander von Humboldt Stiftung 德國鴻博基金會 研究獎學金

獲獎年度	獲獎人	系所
1996	張時禹	大氣系

◎美國太空總署 (NASA) 特殊公共服務榮譽勳章

獲獎年度	獲獎人	系所
2009	葉永烜	太空所

◎美國土木工程學會 傑出會員獎

獲獎年度	獲獎人	系所
2013	劉立方	水海所

◎ 2017 AOGS ST Section President

獲獎年度	獲獎人	系所
2017	劉正彥	太空所

◎ UNISEC Mission Idea Contest 第一名

獲獎年度	獲獎人	系所
2017	段儀 (碩)	太空所

◎國立中央大學 講座教授獎

獲獎年度	獲獎人	系所
95	李羅權	太空所
95	劉立方	水海所
95	陳秋榮	太空所
95	商文義	大氣系
95	葉高次	水海所
95	趙寄昆	太空所
96	馬國鳳	地科系

獲獎年度	獲獎人	系所
96	蔡武廷	水海所
96	郝玲妮	太空所
96	吳京生	太空所
96	Jacques Angelier	地科系
97	商文義	大氣系
97	葉高次	水海所
98	郭英華	大氣系
98	劉立方	水海所
98	周明達	大氣系
99	陶為國	大氣系
99	馬國鳳	地科系
99	Jean-Claude Sibuet	地科系
99	吳京生	太空所
99	郝玲妮	太空所
99	趙寄昆	太空所
99	Lie-Yauw Oey	水海所
99	蔡武廷	水海所
100	商文義	大氣系
100	陶為國	大氣系
100	Jurgen Rottger	太空所
100	葉高次	水海所
101	李羅權	太空所
101	郭英華	大氣系
101	劉紹臣	大氣系
101	劉立方	水海所
101	Jurgen Rottger	太空所
101	葉高次	應地所

獲獎年度	獲獎人	系所
101	吳大銘	地科系
101	陶為國	大氣系
101	周明達	大氣系
102	郭英華	大氣系
102	劉紹臣	大氣系
102	周明達	大氣系
102	陶為國	大氣系
102	葉高次	應地所
102	李羅權	太空所
102	郝玲妮	太空所
102	Jurgen Rottger	太空所
102	劉立方	水海所
103	馬國鳳	地科系
103	劉紹臣	大氣系
103	陳宇能	大氣系
103	周明達	大氣系
103	陶為國	大氣系
103	商文義	大氣系
103	劉立方	水海所
103	莊長賢	土木系 (應地所)
104	劉正彥	太空所
104	劉紹臣	大氣系
104	陳宇能	大氣系
104	周明達	大氣系
104	陶為國	大氣系
104	商文義	大氣系
104	郭英華	大氣系
104	葉高次	應地所
104	劉立方	水海所

獲獎年度	獲獎人	系所
105	郝玲妮	太空所
105	劉紹臣	大氣系
105	陳宇能	大氣系
105	周明達	大氣系
105	陶為國	大氣系
105	商文義	大氣系
105	郭英華	大氣系
105	葉高次	應地所
105	劉立方	水海所
106	馬國鳳	地科系
106	陳宇能	大氣系
106	周明達	大氣系
106	陶為國	大氣系
106	商文義	大氣系
106	郭英華	大氣系
106	劉立方	水海所
107	劉正彥	太空所

◎國立中央大學 特聘教授獎

獲獎年度	獲獎人	系所
93	蔡義本	地科系
93	張時禹	大氣系
93	劉康克	水文所
94	蔡武廷	水文所
94	隋中興	水文所
94	郝玲妮	太空所
95	馬國鳳	地科系
95	黃清勇	大氣系
95	朱延祥	太空所

獲獎年度	獲獎人	系所
95	劉正彥	太空所
96	王乾盈	地科系
96	劉康克	水文所
97	許樹坤	地物所
97	隋中興	水文所
98	黃清勇	大氣系
98	王國英	大氣系
98	劉正彥	太空所
98	朱延祥	太空所
99	王乾盈	地科系
99	陳建志	地科系
99	溫國樑	地科系
99	陳景森	大氣系
99	劉康克	水文所
100	許樹坤	地科系
101	王國英	大氣系
101	黃清勇	大氣系
101	劉正彥	太空所
101	朱延祥	太空所
102	陳建志	地科系
102	林能暉	大氣系
102	陳瑞昇	應地所
102	董家鈞	應地所
103	許樹坤	地科系
103	王乾盈	地科系
103	劉康克	水海所
104	朱延祥	太空所
105	陳建志	地科系
105	林能暉	大氣系

獲獎年度	獲獎人	系所
105	陳瑞昇	應地所
105	董家鈞	應地所
106	廖宇慶	大氣系
106	許樹坤	地科系
106	林靜怡	地科系
107	朱延祥	太空所

◎國立中央大學 研究傑出獎

獲獎年度	獲獎人	系所
93	馬國鳳	地物所
93	朱延祥	太空所
93	郝玲妮	太空所
94	王乾盈	地科系
94	王國英	大物所
94	蘇信一	太空所
95	許樹坤	地科系
95	陳浩維	地科系
95	陳建志	地科系
95	廖宇慶	大氣系
95	王國英	大氣系
95	蘇信一	太空所
95	詹森	水文所
95	楊明仁	水文所
96	許樹坤	地物所
96	陳浩維	地物所
96	溫國樑	地物所
96	陳建志	地物所
96	蘇信一	太空所
96	王國英	大氣系

獲獎年度	獲獎人	系所
96	陳瑞昇	應地所
96	楊明仁	水文所
96	詹森	水文所
97	溫國樑	地科系
97	陳景森	大物所
97	王國英	大物所
97	蘇信一	太空所
97	李錫堤	應地所
97	陳家洵	應地所
97	陳瑞昇	應地所
98	溫國樑	地科系
98	林殿順	地科系
98	陳建志	地科系
98	林能暉	大氣系
98	董家鈞	應地所
98	陳瑞昇	應地所
98	陳家洵	應地所
99	顏宏元	地物所
99	洪日豪	地科系
99	林能暉	大氣系
99	廖宇慶	大氣系
99	許志泓	太空所
99	李錫堤	應地所
99	陳瑞昇	應地所
99	董家鈞	應地所
99	李明旭	水海所
100	陳浩維	地科系
100	林能暉	大氣系
100	楊舒芝	大氣系

獲獎年度	獲獎人	系所
100	楊明仁	大氣系
100	黃健民	太空所
100	許志泓	太空所
100	李錫堤	應地所
100	陳瑞昇	應地所
100	董家鈞	應地所
100	李明旭	水海所
101	楊明仁	大氣系
101	林能暉	大氣系
101	楊舒芝	大氣系
101	柯士達	地科系
101	董家鈞	應地所
101	陳瑞昇	應地所
101	倪春發	應地所
101	呂凌霄	太空所
101	李明旭	水海所
102	溫國樑	地科系
102	林靜怡	地科系
102	明旭	水海所
102	吳祚任	水海所
102	許志泓	太空所
102	廖宇慶	大氣系
102	楊舒芝	大氣系
102	楊明仁	大氣系
102	鄭芳怡	大氣系
102	張中白	太遙中心(地科系)
103	柯士達	地科系
103	廖宇慶	大氣系
103	楊舒芝	大氣系

獲獎年度	獲獎人	系所
103	潘貞杰	太空所
103	李錫堤	應地所
103	李明旭	水海所
103	張中白	太遙中心(地科系)
104	林靜怡	地科系
104	柯士達	地科系
104	黃清勇	大氣系
104	楊舒芝	大氣系
104	王國英	大氣系
104	廖宇慶	大氣系
104	許志泓	太空所
104	張起維	太空所
104	李錫堤	應地所
104	吳祚任	水海所
105	林靜怡	地科系
105	柯士達	地科系
105	郭陳浩	地科系
105	黃清勇	大氣系
105	廖宇慶	大氣系
105	王聖翔	大氣系
105	鄭芳怡	大氣系
105	許志泓	太空所
105	張起維	太空所
105	李錫堤	應地所
105	李明旭	水海所
106	王聖翔	大氣系
106	王國英	大氣系
106	楊舒芝	大氣系
106	柯士達	地科系

獲獎年度	獲獎人	系所
106	林殿順	地科系
106	張起維	太空所
106	許志泓	太空所
106	郭政靈	太空所
106	倪春發	應地所
106	李明旭	水海所
107	黃清勇	大氣系
107	余嘉裕	大氣系
107	王國英	大氣系
107	張起維	太空所
107	許志泓	太空所
107	郭政靈	太空所
107	黃志誠	水海所
107	吳祚任	水海所
107	郭陳浩	地科系
107	林殿順	地科系

◎國立中央大學 羅家倫校長年輕傑出研究獎

獲獎年度	獲獎人	系所
106	陳建志	地科系
107	楊舒芝	太空所

◎國立中央大學 年輕傑出教研人員獎勵

獲獎年度	獲獎人	系所
104	楊舒芝	大氣系

◎國立中央大學 新聘傑出教研人員獎勵

獲獎年度	獲獎人	系所
96	張午龍	地科系
97	林靜怡	地科系
97	楊舒芝	大氣系
100	林佳賢	太空所
101	王聖翔	大氣系
102	郭陳浩	地科系
102	張起維	太空所
102	郭政靈	太空所
102	許少瑜	水海所
104	郭力維	地科系
104	鍾高陞	大氣系
105	鄧亦程	水海所
106	陳致同	地科系
106	王士榮	應地所
106	潘任飛	水海所

◎國立中央大學 教學傑出獎

獲獎年度	獲獎人	系所
92	江火明	大氣系
93	楊榮堃	地科系
94	林沛練	大氣系
95	林松錦	大氣系
96	廖宇慶	大氣系
99	林沛練	大氣系
103	呂凌霄	太空所
105	吳祚任	水海所

◎國立中央大學 教學優良獎

獲獎年度	獲獎人	系所
97	吳祚任	水文所
97	黃健民	太空所
98	李明旭	水海所
100	呂凌霄	太空所
100	林殿順	太空所
101	楊雅惠	太空所
101	張午龍	地科系
102	楊雅惠	太空所
102	倪春發	應地所
102	張午龍	地科系
104	郭陳浩	地科系
104	楊雅惠	太空所
106	張午龍	地科系

◎國立中央大學 傑出導師獎

獲獎年度	獲獎人	系所
92	顏宏元	地科系
96	林殿順	地科系
98	林沛練	大氣系
99	蔡龍珪	應地所
99	呂凌霄	太空所
100	林靜怡	地科系
106	呂凌霄	太空所

◎國立中央大學 優良導師獎

獲獎年度	獲獎人	系所
88	江火明	大氣系
88	顏宏元	地科系
89	林沛練	大氣系

獲獎年度	獲獎人	系所
89	顏宏元	地科系
91	曾仁佑	大氣系
91	顏宏元	地科系
92	江火明	大氣系
92	楊榮堃	地科系
93	林沛練	大氣系
93	林殿順	地科系
94	嚴明鈺	大氣系
94	林殿順	地科系
95	林沛練	大氣系
95	呂凌霄	太空所
95	林殿順	地科系
96	曾仁佑	大氣系
96	張中白	地科系
96	蔡龍珪	應地所
97	林沛練	大氣系
97	林靜怡	地科系
97	蔡龍珪	應地所
98	張午龍	地科系
98	呂凌霄	太空所
98	蔡龍珪	應地所
99	林靜怡	地科系
100	楊舒芝	大氣系
100	蔡龍珪	應地所
102	呂凌霄	太空所
103	顏宏元	地科系
103	鄭芳怡	大氣系
104	王聖翔	大氣系
105	黃清勇	大氣系
105	呂凌霄	太空所

獲獎年度	獲獎人	系所
106	林殿順	地科系

◎國立中央大學 推行導師工作優良單位獎

獲獎年度	獲獎單位
88	地球科學系
91	地球科學系
92	大氣科學系
93	太空科學研究所
99	大氣科學學系
100	地球科學系
101	大氣科學學系
102	地球科學系
104	地球科學系
105	大氣科學學系
105	水海與海洋科學研究所
106	地球科學系

◎國立中央大學 優良專項輔導導師
優良服務學習導師獎

獲獎年度	獲獎人	系所
100	顏宏元	地科系
101	顏宏元	地科系
101	潘貞杰	大氣系(空組)
102	潘貞杰	大氣系(空組)
103	張午龍	地科系
103	鄭芳怡	大氣系(氣組)
103	潘貞杰	大氣系(空組)
104	王聖翔	大氣系(氣組)
105	林靜怡	地科系
105	王聖翔	大氣系(氣組)
105	張起維	大氣系(空組)

◎國立中央大學 優良專項輔導導師
系學會導師獎

獲獎年度	獲獎人	系所
103	林殿順	地科系
101	顏宏元	地科系

◎國立中央大學 推行導師工作優良單位獎

獲獎年度	獲獎單位
103	地球科學系
105	大氣科學學系

◎國立中央大學 服務傑出獎

獲獎年度	獲獎人	系所
99	王作台	大氣系
101	陳台琦	大氣系
102	王乾盈	地科系
103	林沛練	大氣系

◎國立中央大學 服務優良獎

獲獎年度	獲獎人	系所
99	錢樺	水海所
100	潘貞杰	太空所
101	李錫堤	應地所
102	陳家洵	應地所
104	溫國樑	地科系
105	倪春發	應地所
107	林能暉	大氣系
107	李明旭	水海所

◎國立中央大學 優秀公教人員

獲獎年度	獲獎人	系所
97	沈信雄	大氣系
98	張瑜芬	地科院
101	羅應標	地科系

◎國立中央大學 績優契僱人員

獲獎年度	獲獎人	系所
93	徐文玲	地科系
96	盧秀芬	水文所
98	粘雅貴	地科院
100	王思德	大氣系
101	林靜茹	地科院

◎國立中央大學 績優職員

獲獎年度	獲獎人	系所
102	劉岱堃	地科系
102	廖瑞華	大氣系
102	盧秀芬	水海所
103	林和毅	大氣系
105	黃慧琳	水海所
106	鄭秀琴	地科院
108	王思德	大氣系
108	方佳南	地科院

註：102年起優秀公教人員與績優契僱人員合併為績優職員。

◎國立中央大學 績優技工友

獲獎年度	獲獎人	系所
95	張秋菊	地科院
98	鄒庭儀	地科院
103	張秋菊	地科院
105	林金忠	地科院

◎國立中央大學 傑出校友

獲獎年度	獲獎人	系所
93(第一屆)	楊潔豪	58級地物所
94(第二屆)	李文雄	56級地物所
94(第二屆)	周義昌	60級地物所、 71級資工所
94(第二屆)	林琴鶴	60級大氣系
94(第二屆)	徐新興	68級地物所
95(第三屆)	陶為國	62級大氣系
95(第三屆)	蘇福欽	56級地物所
96(第四屆)	蔡義本	53級地物所
97(第五屆)	黃興燦	61級大氣系
98(第六屆)	胡仲英	75級大物所
99(第七屆)	辛在勤	63級物理系地球 物理組
100(第八屆)	彭啟明	80級大氣系、 82級88級大物所
101(第九屆)	葉義雄	74級地物所
105(第13屆)	吳昇旭	65級大氣系
108(第16屆)	葉天降	66級大氣系、 68級地物所

韶光如梭 ·
地科院紀事年表



- 1996 85年5月 提議成立「地球科學學院」，經理學院院務會議通過。始籌備申設計畫書。
- 1998 87年4月 教育部同意增設「地球科學學院」。
- 87年6月 校長指示應地所楊潔豪教授擔任地球科學學院代理院長，協助推動地球科學學院成立各項事務。
- 87年8月 **地球科學學院正式成立。楊潔豪教授任代理院長。**
- 本院院務會議設置辦法經院務會議通過；經89年3月校務會議通過。本院教師評審委員會設置辦法經院務會議通過；隔年4月經校教評會核備。
- 87年10月 開設地球系統科學概論課程。
- 87年11月 本院教師升等審查辦法經院教評會議通過。隔年7月經校教評會議核備。
- 87年12月 本院設置辦法經院務會議通過。於89年3月經校務會議通過。
- 1999 88年1月 系所自我評鑑：1/6~7 大氣系、大物所、太空所評鑑。1/15~16 地科系、地物所、應地所評鑑。
國科會地科中心納入地科院督導，視為一系所單位。(地科中心於85年9月設立於本校)
- 88年2月 **蔡義本教授接任院長。**
院課程會議決議本院大學部之畢業學分為138學分。
設立地球科學資訊學程、環境地球科學學程。

- 88年3月 本院院務會議設置辦法經校務會議通過。
- 88年4月 水文科學研究所設立申請案送校。
4/15 評鑑成果討論座談會。
4/30 台北市教育局率領42位國高中校長來訪。
- 由地科系謝昭輝老師，與德國魯耳大學進行國際合作，並簽訂合作協議。
大氣系嚴明鈺老師與愛荷華州立大學合作，並簽訂合作協議。
提送地科院中程發展計畫報校。
- 88年5月 院徽徵選：藉由蔡義本院長親自設計的草圖，拋磚引玉，徵選地科院院徽，草圖以校徽為起始，並以三色塊包覆校徽，分別代表地圈、氣圈、水圈，三圈融合。)。
第一屆全國地球科學營企畫書定稿。(原為與救國團合辦之地震氣象研習營，自地科院成立後，始命名為地科營，課程內容擴增，除了氣象、地震，另外加天文、太空等。)
- 地球科學學院教師升等標準細則經院教評會通過，隔年1月經院務會議核備。
- 88年6月 本院教師著作外審執行要點經院教評會訂定通過，隔年1月院務會議核備。本院教學優良教師甄選與獎勵辦法經院教評會通過。
- 88年7月 本院初聘專任教師資格審查辦法經院教評會議通過；隔年4月經校教評會議核備。本院兼任教師資料審查辦法經院教評會議通過；隔年10月經校教評會議核備。

2000

88年9月

921大地震。

88年10月

院周會規劃為每學期4次，以每月1次之頻率辦理之。

89年1月

院長遴選(產生)辦法訂定。

89年2月

通過本院新聘專任教師資格審查辦法、本院兼任教師資格審查辦法。
院簡介文宣編印製作。

89年4月

地科系承校長指示主辦第12屆START組織東南亞區域委員會(SARCS)及
海島社會永續發展國際研討會。

89年7月

成立水文所籌備小組。

2001

90年1月

辦理全院新春聯誼。
教育部1/12來函通知水文所申設案通過，可於90學年度起招生。
國立中央大學講座教授地球科學學院推薦辦法送校核備。

90年5月

辦理第一屆國際水文科學研討會。

90年6月

辦理聯合退休茶會。
(退休師長：大氣系洪秀雄、太空所葉田、應地所楊潔豪)

90年8月

水文科學研究所成立。

2002

90年11月

本院所提卓越計畫「地震電磁前兆研究計畫」獲教育部審查通過，總經費
8500萬。

91年6月

本院空間規劃小組提議在科一館東邊興建L型地科館大樓，興建完成後原
則上，將水文所、太空所、大氣系所、地科中心、地科院辦公室等移入。
「國立中央大學地球科學館興建構想書」提送校務發展委員會。

91年11月

簽訂與國立台灣海洋大學理學院策略聯盟合作協議。

2003

92年1月

地科系爭取到「車籠埔斷層深鑽計畫」。

92年3月

增設「防災科技」專業學程。原學成更名為「地球科學資訊」、「環境地
球科學」

92年4月

舉辦「地科盃」英語演講比賽，激勵本院學生並提升其英語表達能力。

92年8月

張時禹教授接任院長。

92年10月

93學年度大氣科學系分組招生獲教育部核准通過。

2004

93年4月

地科院自我評鑑。

93年8月

應用地質研究所博士班成立。

- 2005
- 93年9月 院週會變動為每學期2次，由地科系、大氣系輪流主辦之。院徽委由專家重新設計。
 - 93年11月 爭取五年五百億經費，啟動計畫書規劃。
 - 94年1月 國研院籌劃設立颱風與洪水中心，本院積極參與。
 - 94年3月 地球科學學院課程委員會設置辦法經院課程會議通過；同年5月校課程委員會通過、6月經校務會備查。
 - 94年5月 配合五年五百億計畫，提撥經費建置太空所衛星酬載實驗室、電漿實驗室；大氣系移動式大氣環境監測整合系統 (Team-R) 等。
- 2006
- 95年1月 地球科學院導師工作委員會設置辦法經院務會議通過。
 - 95年2月 趙丰教授接任院長
 - 95年8月 水文科學研究所博士班成立。
 - 95年11月 配合五年五百億計畫，成立 GPS 中心。
 - 95年12月 配合校方新增核心課程，院規劃「認識地球」、「全球環境變遷」二門課。地球科學學院教師評鑑施行細則經院教評會訂定；同年12月經院務會議通過；隔年5月校教評會核備。

- 2007
- 96年1月 「雙中央合作」(中央大學、中央研究院)設置全英語地科學程，中央大學授予學位，中央研究院招生、提供資源，師資則雙方各半，預計2008年起招生。
 - 96年5月 水文科學研究所提更名案「水文與海洋科學研究所」，經院務會議通過，送校審議。同年10月獲教育部同意，自97學年度起更名招生。
 - 96年12月 與中國科學院研究生院簽訂MOU，協定交換學生、交換學術活動。
- 2008
- 97年3月 地球科學學院院長新任續任及去職作業要點經院務會議通過；同年4月經校長核定。
 - 97年4月 慶祝地球科學院十周年，辦理「世界地球日暨中大地科學院十周年院慶—全球變遷研討會」。
 - 97年8月 「新建地科大樓計畫」暫緩執行，因建材上漲幅度過大，使原籌備經費不足支應，且使興建面積縮小。故改爭取6000萬之科一館整修經費，以緩校方經費壓力。
 - 97年8月 水文科學研究所更名「水文與海洋科學研究所」。
 - 97年11月 系所評鑑 - 教育部實地訪評。
- 中研院 TIGP-ESS 地球科學系統國際研究生博士學位學程已獲教育部核准，自98學年度招生。

2009

98年2月

中大日晷：中正圖書館前的廣場空置，經院長與校長討論，學校同意依王乾盈教授所提出之建議，在該場地擺放日晷模型，由地科院規劃。

98年4月

討論系所合一議題，大氣物理研究所更名為「大氣科學系大氣物理研究所」；地球物理研究所更名為「地球科學系地球物理研究所」，提送校務發展會議討論。

98年8月

TIGP-ESS 地球科學系統國際研究生博士學位學程成立。

98年9月

科一館屋頂隔熱防水工程及外牆修繕美化工程。

追思 921 十周年、八七水災五十周年與八八水災，本院舉辦兩場演講：(1)9/25(五)下午蔡義本、洪如江演講(2)9/29(二)上午李瑞騰、歐晉德演講；另於 9/26 將舉行環保淨灘，一起動手清潔自己的家園。

2010

99年5月

五年五百億第二階段開始，校方規劃有四大領域，最大領域是由地科院及工學院主導【環境與能源】，劉副校長為主持人。

大氣物理研究所更名為「大氣科學系大氣物理碩士班」及「大氣科學系大氣物理博士班」；地球物理研究所更名為「地球科學系地球物理碩士班」及「地球科學系地球物理博士班」。

99年8月

趙丰院長今年 8 月 1 日起將轉任中央研究院地球科學研究所所長，王乾盈教授接任院長。

核心通識課程規劃「認識地球」、「太空與海洋」、「全球變遷」等。

99年10月

本院大學部畢業學分由 138 學分改為 128 學分。

99年11月

5-500 第二階段，本院參與的「全球變遷與地球監測」面向提出共六項研究主題：(1) 科學計算中心(2)GPS-ARC 中心(3) 氣候監測與模擬(4) 地震監測(5) 地磁變化與太空環境天氣監測(6) 能源調查，包含地科院各系所的研究領域。

地球科學計算中心管理委員會設置辦法經院務會議通過；於隔年(100年)7月校長核定通過。

5-500 第二學校共提出四大領域：「環境與能源」、「複雜系統及電漿科學」、「光學與光電科技」、「資訊應用：學習、企業、生活」、「生醫領域」及「人社領域」。而「環境與能源」分為五分項：包括太遙中心「環境監測與防災」、地科院「全球變遷與地球監測」、工學院「減碳與能源技術開發」、天文所「天文研究及行星探測」、太空所「地球太空環境探測與研究」。地科院「全球變遷與地球監測」探討的研究主題為：(1) 地球科學計算中心(2) 全球定位科學與應用研究中心(GPSARC)(3) 劇烈降水雷達監測(4) 空氣污染與傳輸(5) TaiCOAST 棧橋計畫(6) 海氣交互作用(7) 地震(8) 山崩土石流(9) 天然水合物(10) 地熱。

2011

100年1月

無障礙電梯工程完工。中庭美化工程與廁所整修工程，暑假動工。

100年7月

開始辦理專題大賽，由地科系、大氣系兩系學會輪流辦理。

2012

- 100 年 11 月 本院學生學習成效推動委員會設置辦法經院務會議通過。
- 101 年 3 月 科一館館舍修繕已告一段落。
- 101 年 4 月 院務評鑑。
- 101 年 6 月 在台復校 50 週年校慶，適逢地球物理創所 50 週年，編印紀念書冊「中大在臺第一個十年 地物所 1962」。
- 101 年 6 月 地球科學學院學生研究成果發表績效獎勵施行細則經院主管會議通過；同年 9 月經校研發會議核備。
- 101 年 8 月 完成系所合一：
「地球物理研究所」整併入「地球科學學系」，為「地球科學學系地球物理碩士班」、「地球科學學系地球物理博士班」；
「大氣物理研究所」整併入「大氣科學學系」，為「大氣科學學系大氣物理碩士班」、「大氣科學學系大氣物理博士班」。
- 101 年 10 月 地球科學學院教師研究傑出獎勵審查辦法經院教評會通過；隔年 3 月經校研發會通過。
- 101 年 12 月 張瑜芬秘書退休，感謝張秘書三十多年來為地科院系所做的貢獻。
- 和北京大學簽訂 MOU。

2013

- 102 年 2 月 原定 103 年系所評鑑將延後 2 年，104 年中需完成系所自我評鑑。
- 提昇地球科學學院學生通過英檢測驗實施辦法經主管會議修訂後通過。
- 102 年 4 月 「地球科學資訊」及「環境地球科學」學分學程之終止及成立新的「環境變遷與災害防治」（名稱暫定）學分學程。
- 102 年 4 月 地球科學學院教師研究傑出獎勵審查辦法實施細則經院教會通過；同月經院務會議核備。
- 102 年 8 月 朱延祥教授接任院長。
- 2014 103 年 4 月 地球科學學院補助研究生出席國際會議審核要點經主管會議通過。
- 103 年 5 月 與中央氣象局簽訂 MOU。
- 103 年 10 月 與工學院、太遙中心合作至越南招生。
- 2015 104 年 3 月 3/26 系所評鑑實地訪評。
- 104 年 6 月 成功取得桃園市政府「桃園市海岸生態保護白皮書」擬定計畫。
- 向教育部提出「大學校院以學院為核心教學單位試辦計畫」之計畫書。

2016

- 104 年 10 月 設置本院地球科學前瞻應用研究中心。
設置本院模式應用研究中心。
- 104 年 10、11 月 與國際處至越南、印尼招生。
- 105 年 **高等模式研發應用中心、地球科學前瞻應用研究中心成立。**
- 105 年 3 月 地球科學學院教師升等審查辦法附錄經院教評會議通過。
- 105 年 8 月 朱延祥教授續任院長。
- 105 年 9 月 本院產學菁英博士學程推動委員會設置要點經院主管座談會議通過；同年 12 月經院務會議通過。
- 105 年 10 月 地球科學產學菁英博士學程入學及修讀辦法經本學院產學菁英博士學程推動委員會通過；同年 12 月經院務會議通過。
- 105 年 11 月 **首度辦理地科院博士班聯合招生及碩士班甄試聯合招生。**
- 106 年 8 月 地球科學院碩士班甄試聯合招生甄優秀獎學金獎勵辦法經主管會議通過。
- 106 年 12 月 成功爭取 NCC 中壢電離層觀測站移撥本院使用。

2017

2018

- 107 年 2 月 申請教育部高教深耕 (五年五百億第三階段) 計畫，其中大學社會責任實踐部分，獲通過「桃海三生」計畫。研究中心部分，獲通過地震災害鏈風險評估及管理研究中心、太空科學與科技研究中心等。另同年 5 月，經校方裁示發展「國際特色學院：永續地球環境特色學院」計畫，作為本校國際競爭之重點領域。
- 107 年 4 月 院研究人員升等審查辦法經院教評會通過；同年 6 月經校教評會議核備。
- 107 年 5 月 地球科學學院自主學習微課程作業要點經院課程會議通過。
- 107 年 8 月 地科專題大賽，改由本院及地科系、大氣系兩系學會聯合辦理。
- 2019 108 年 8 月 **地球科學學院學士班成立。**
「太空科學研究所」更名為「太空科學與工程研究所」。

2019

筭路藍縷 ·
地科院歷史文件展



▲成立地科院之申請案討論。

▲第一次送教育部，得暫緩，再接再厲，修訂「增設地球科學學院」計劃書，再次送教育部審查。

▲成立地科院申請案送校審議。

▲獲教育部同意成立地科院。

▲校訊報導新設地科學院之事。

▲經教育部函覆同意後，敬請校長裁示院長人選，與推動成立相關事宜。

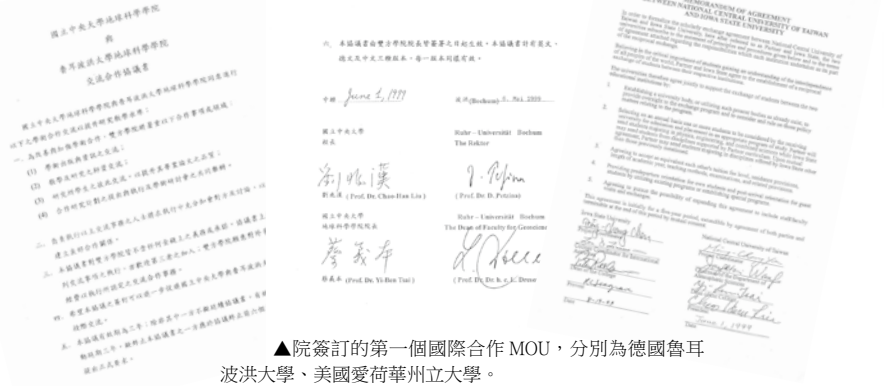
▲徵選院長啟事。

▲請調張瑜芬小姐協助院務行政推動。

▲院辦事務使用空間，及初期經費設置。

▲成立茶會邀函。





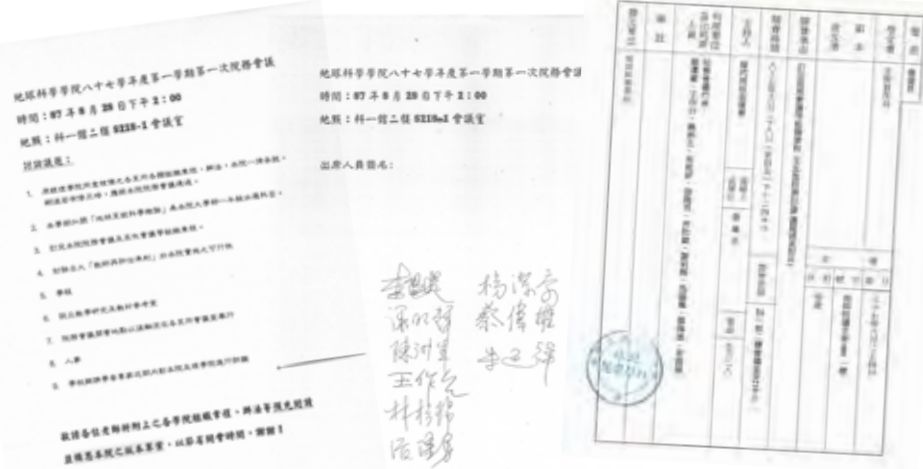
▲院簽訂的第一個國際合作 MOU，分別為德國魯耳波洪大學、美國愛荷華州立大學。



▲第一屆地科營之企畫書與行事曆。



▲最初的院辦公室。



▲第一次院務會議之議程、簽到單、開會通知單。



▲第一次院課程會議之簽到單、開會通知單。



▲蔡義本院長卸任，與張時禹院長交接餐會。



▲地科院歷年來院周會，從 S135 辦到大講堂、秉文堂。



國立中央大學九十一學年地地科學院畢業典禮
開幕典禮(地點)上午 10 時 30 分
地點：體育館大禮堂

時間	事項	備註
10:30-11:00	報到	
11:00-11:30	開幕(由中研院院士主持)	3 分鐘
11:30-11:45	中央大學校長致詞	5 分鐘
11:45-12:00	地地科學院院長致詞	5 分鐘
12:00-12:15	畢業生代表致詞	5 分鐘
12:15-12:30	頒發畢業證書	5 分鐘
12:30-12:45	畢業典禮結束	
12:45-1:00	午餐	
1:00-1:15	開幕(由中研院院士主持)	3 分鐘
1:15-1:30	中央大學校長致詞	5 分鐘
1:30-1:45	地地科學院院長致詞	5 分鐘
1:45-2:00	畢業生代表致詞	5 分鐘
2:00-2:15	頒發畢業證書	5 分鐘
2:15-2:30	畢業典禮結束	
2:30-2:45	午餐	
2:45-3:00	開幕(由中研院院士主持)	3 分鐘
3:00-3:15	中央大學校長致詞	5 分鐘
3:15-3:30	地地科學院院長致詞	5 分鐘
3:30-3:45	畢業生代表致詞	5 分鐘
3:45-4:00	頒發畢業證書	5 分鐘
4:00-4:15	畢業典禮結束	
4:15-4:30	午餐	
4:30-4:45	開幕(由中研院院士主持)	3 分鐘
4:45-5:00	中央大學校長致詞	5 分鐘
5:00-5:15	地地科學院院長致詞	5 分鐘
5:15-5:30	畢業生代表致詞	5 分鐘
5:30-5:45	頒發畢業證書	5 分鐘
5:45-6:00	畢業典禮結束	



▲2003 年因為 SARS 疫情爆發，院小畢典首度移師戶外辦理。



▲趙丰院長卸任，與王乾盈院長交接餐會。



▲地科院 10 周年院慶活動。



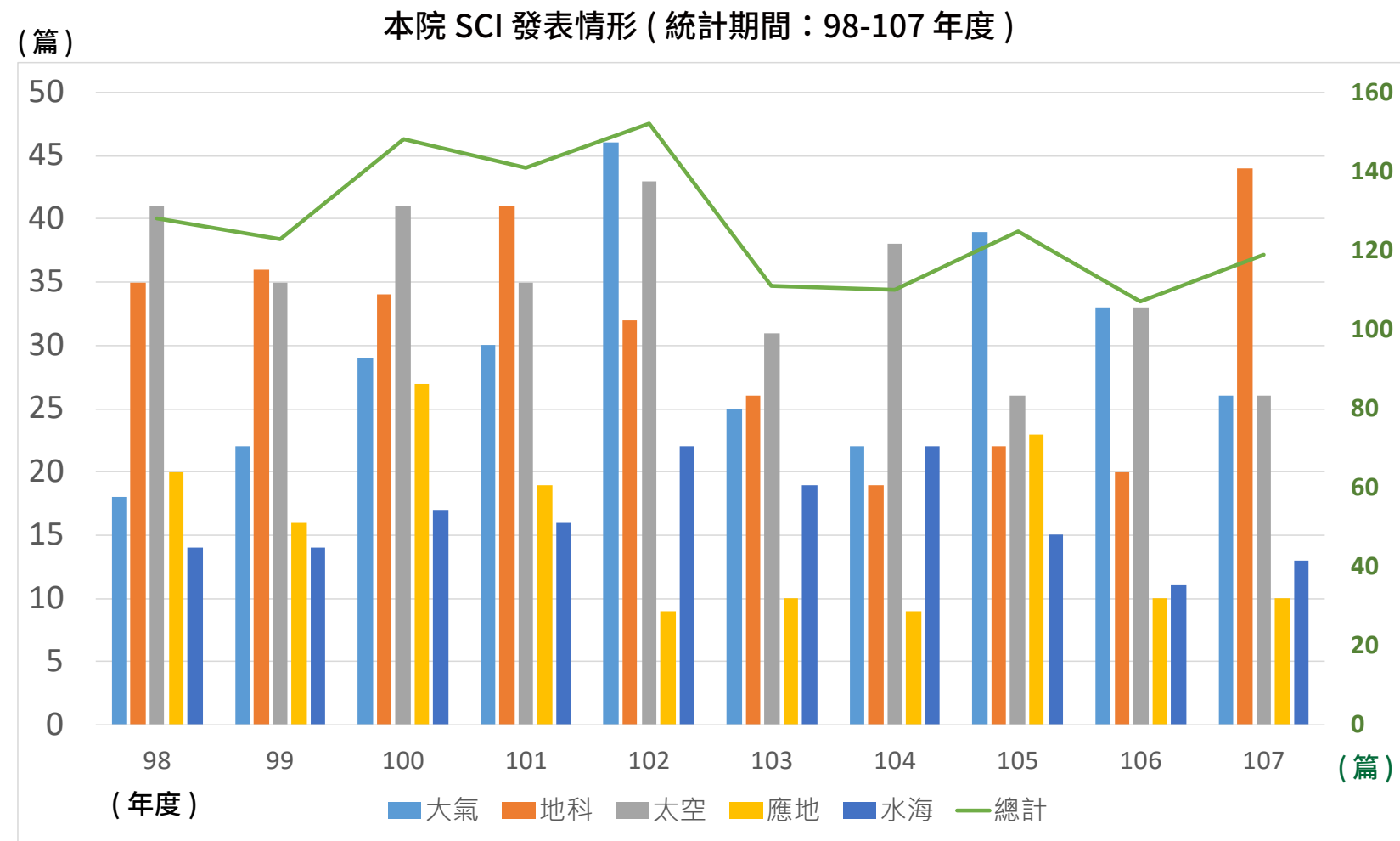
▲王乾盈院長卸任，與朱延祥院長交接餐會。



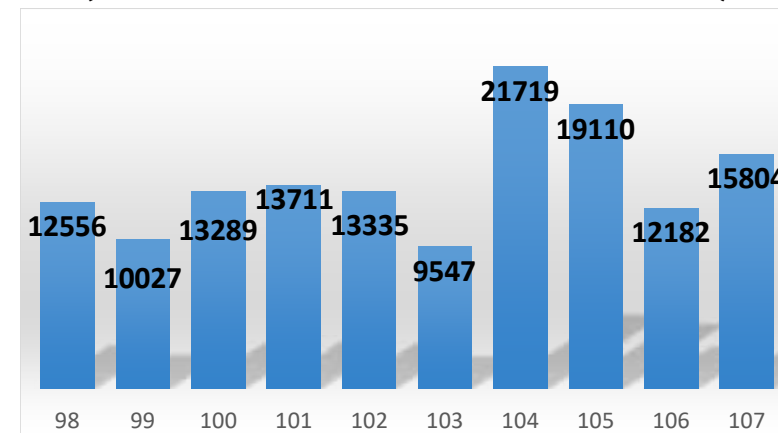
▲早期院小畢典辦理完成後，還有消暑的水球大戰。



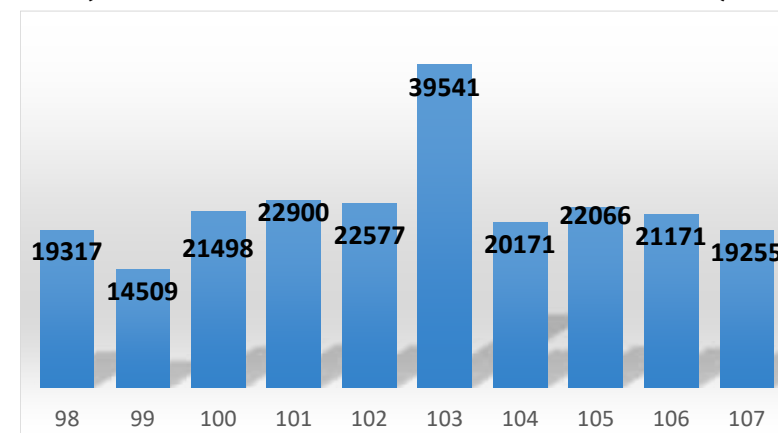
統計資料



本院產學合作計畫總金額
(統計期間：98-107 年度，單位：萬元)



本院科技部計畫金額
(統計期間：98-107 年度，單位：萬元)

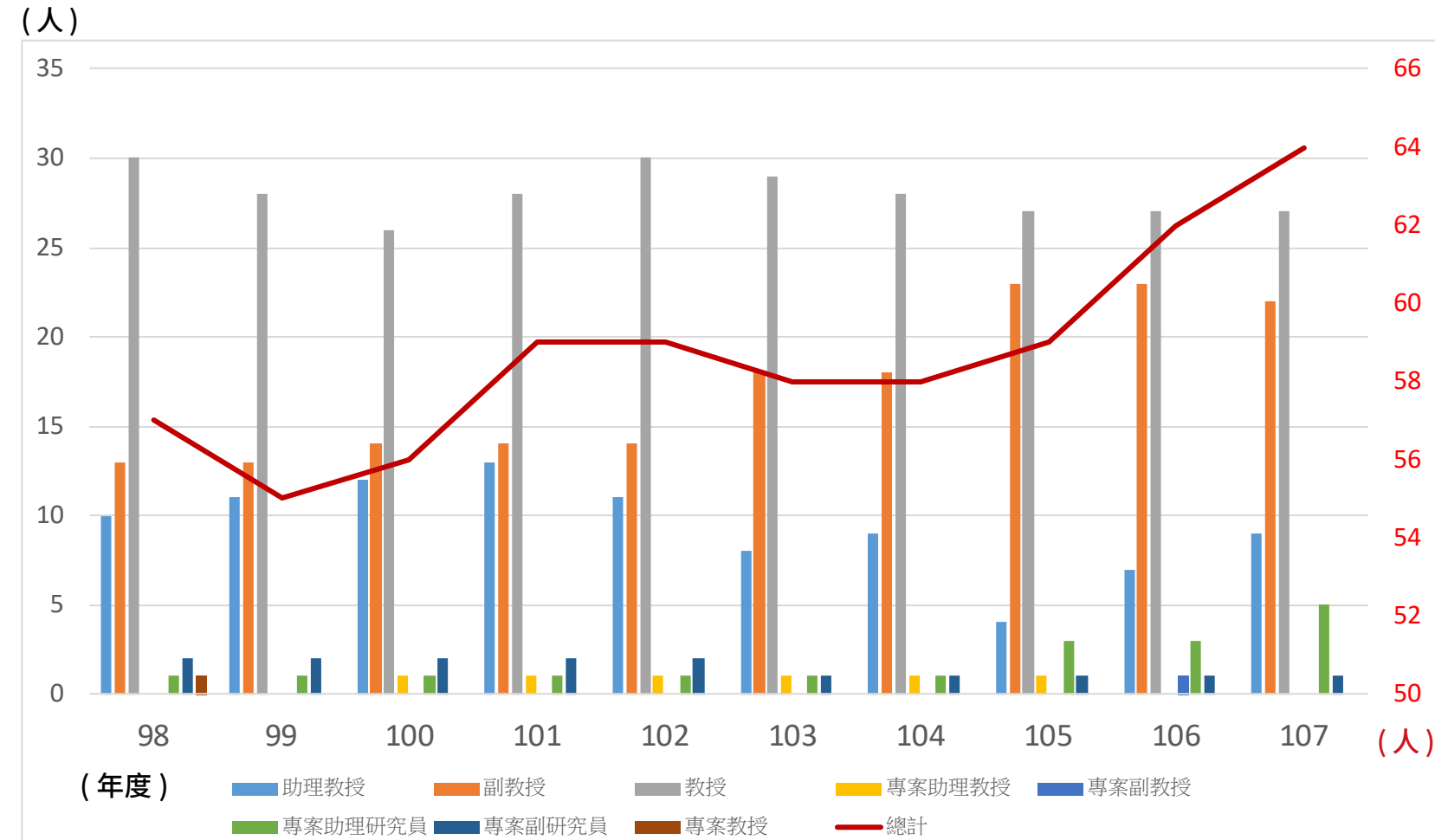


本院教育部五年五百億邁向頂尖大學計畫
高等教育深耕計畫總金額
(統計期間：101-108 年度，單位：萬元)

年度	金額(萬) (卓越教學/環能領域)
101	157.2/1,210
102	138.9/1,070
103	103.3/530.0
104	103.3/493.5
105	105/503.8
106	315/242.9
107	219/7,700
108	230(預估)/7,800

備註：107 年度高教深耕計畫地科院總經費，包含創新教學 219 萬、國際特色領域 700 萬、深耕型：大學社會責任實踐計畫 320 萬；特色研究中心：太空科技中心 5000 萬、地震風險中心 1500 萬。

全院教研人員分布 (統計期間：98-107 年度)



全院學生人數統計 (統計期間：98-107 年度)

