

夥海外大學研全球暖化凍土滑塌 港中大揭緩解氣候變化重要元素 凍土植被復原料成全球減碳關鍵



劉琳於熱融滑塌現場。港中大供圖



▲阿拉斯加北極地區的熱融滑塌。Mark Lara 供圖

科創獻港力

國家「十五五」規劃將深海深地極地探測列入「前沿科技攻關」項目之一，香港憑藉「背靠祖國、聯通世界」的獨特優勢，正為極地科研注入新動能。近年本港科研人員積極參與國家極地考察，推動香港科研力量融入國家發展大局，進一步開拓極地科研探索新機遇。其中香港中文大學地球與環境科學系聯合海外大學團隊，透過衛星及航空測量數據，聚焦北極與高海拔地區的多年凍土(permafrost)於全球暖化衝擊下滑塌的情況，揭示凍土上的植被往往需時十年甚至逾百年才能恢復，並透過拆解影響植被恢復的因素以預測其復原時間。有關發現可望為緩解凍土中碳排放引致的氣候變化加劇問題，提供重要的科學支撐。

●香港文匯報記者 楊盈盈

是次研究由港中大地球與環境科學系副教授劉琳，伊利諾伊大學厄巴納香檳分校植物生物學副教授Mark Lara，及其博士後研究員和中大博士畢業生夏卓璇共同領導，成果已於昨日(30日)出版的國際頂尖期刊《自然氣候變化》發布。團隊聚焦於熱融滑塌(thaw slumps)現象——那是因大量地下冰融化，導致凍土層失穩而引發、類似山泥傾瀉的突發性崩塌，不僅破壞植被，還會將原本封存在土壤中的有機碳釋放，從而對碳循環、生態系統穩定性以至全球暖化趨勢帶來深遠影響(詳見另稿)。

熱融滑塌重塑北極高海拔區地貌

劉琳解釋，熱融滑塌根本上重塑了北極和高海拔地區地貌，了解植被在這些干擾後如何恢復，對預測長期生態系統變化及其對全球碳循環的影響至關重要；目前全球約5%多年凍土區域，即約90.5萬平方公里，受到此突發性解凍現象影響。

研究團隊綜合數十年的衛星觀測及無人機航空測量資料，分析阿拉斯加、加拿大北部及西北部、西伯利亞和青藏高原等8個多年凍土區的植被恢復情況；通過追蹤地表「變綠」過程，團隊重建出熱融滑塌發生後的植被恢復時間表，並比較不同氣候與生態條件下的恢復差異。

結果顯示，位於北極較高緯度及高海拔地區

的凍土滑塌，其植被綠化恢復較低緯度地區長。夏卓璇指出，低緯度北極地區大約可在10年內恢復植被覆蓋；高緯度北極與高海拔地區則可能需要數十年，甚至超過100年。

研究並發現，植被恢復時間與當地的總初級生產力——即衡量植物光合作用能力的指標密切相關，讓科學家可據此預測植被在滑塌後所需的恢復年期。

掌握「重生」時間助評估碳循環影響

劉琳表示，掌握植物如何在受熱融滑塌破壞的地區重新生長，有助科學家更準確評估這些事件對碳循環的潛在影響，並了解其在氣候變化中可能帶來的加劇或緩解作用；即使植被在外觀上看似已恢復，但其植物組成及生物多樣性通常會發生變化，且難以在短時間內回復原有狀態。若當地生長灌木，則通常會迅速覆蓋受干擾區域，可發揮穩定土壤的作用和提升碳吸收潛力。Mark Lara補充，雖然植物無法完全吸收多年凍土在變暖融化過程中釋放的碳量，但有可能抵消其中一部分損失。

展望未來，劉琳指會與環境化學、生命科學及機械工程領域的跨學科專家展開合作，冀全面探討極地環境對氣候變化的反應。

為聯合國家科研力量推動極地研究，港中大成立了香港極地科學創新中心支持包括劉琳在內的香港科學家參與極地觀測。中心執行主任林焯權表示，在「十五五」規劃下，中心除可擔



●南極不時會出現極端氣候變化。港中大供圖



●研究員正在收集樣本。港中大供圖

當「超級聯繫人」和參與者角色外，亦希望於學術研究、人才培養及技術成果轉化方面發揮推動和促進作用，以實現科技改善生活、服務社會、服務人類，並在氣候變化及命運共同體建設方面作貢獻，「極地環境充滿不確定因素，如何推動跨學科合作、善用現代人工智能，有不少課題值得探索。以採樣設備的電池能源為例，在極端環境下，電池的穩定性、功能及持續供電能力等，均是極具研究價值的範疇。」

中心主任任揚補充，希望透過極地研究的新興領域，啟發年輕一代學生在充滿挑戰的環境中思考如何發揮新思維，開拓新的學習及研究方向。



●港中大地球與環境科學系與香港極地科學創新中心團隊。(左起：徐子祺、周達誠、劉琳、任揚、林焯權、陳昭良、鄭朗希及楊璐銘) 香港文匯報記者楊盈盈 攝

香港文匯報訊(記者 楊盈盈)在過去一年半的時間內，港中大共有14人次參與中國南極和北極的極地考察，其中6位人員參加了第四十一次南極考察(2024年底至2025年初)，另有兩位參與第十五次北極考察(2025年9月)，在最新的第四十二次南極考察(2025年底至2026年初)中亦有6位人員參與。他們不僅親身接觸南極或北極的環境，亦深刻感受到全球暖化對極地生態環境帶來的直接衝擊。

原料冰天雪地 實已少冰多綠

曾分別參與中國第四十二次南極考察及中國第十五次北極考察的港中大地球與環境科學系博士生鄭朗希，參與南極長城站及北極實地考察後，才發現現實中的極地景象，與過往從新聞及電視畫面中所理解的印象大不相同。「部分原本被認為是冰天雪地的區域，實際上已有不少地方出現綠化跡象。」正因如此，他希望未來在當地投放更多研究工作，進一步觀察極地綠化對生物地球化學系統的影響。

同樣參與中國第四十二次南極考察的博士生楊璐銘則分享，參與極地考察，最深刻的感受是親身見證全球暖化對南極地區的真實影響。

他從南極返港後，曾把當地拍攝的照片給同學及老師觀看，對方對其「少冰多綠」景象感到十分驚訝，甚至反問：「這是南極嗎？」他認為，若非親眼所見，未必能真正感受到全球暖化正持續而直接地改變極地環境。

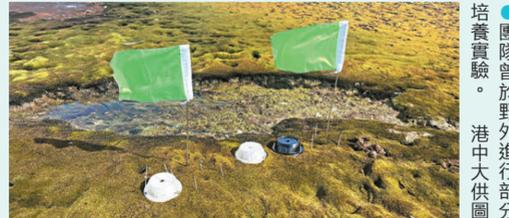
四天狂風暴雪 如港掛八號波

博士後研究員陳昭良是團隊內唯一一位曾先後到訪南極中山站及長城站考察的人員。他印象深刻的便是南極氣候極為多變且嚴峻。他回憶，在第四十一次南極考察準備到中山站時，便曾因當地天氣變化莫測，滯留在南極由澳洲設立的凱西站近一個月；而參與第四十二次南極考察期間，甚至遇上當地突然出現極端氣候變化，「連續三四天狂風暴雪，這類情況在南極夏季其實相當罕見。」他形容風勢之強，猶如香港懸掛八號或以上風球時的情況。

另外，由於在天氣突變前，團隊曾於野外進行部分培養實驗，部分設備及培養物品因此在風暴中被吹走，導致原本計劃取得的數據最終未能收集，令他感到相當可惜。

地球與環境科學系及生命科學學院副教授徐子祺形容，極地天氣極難預測，「今天尚可順利工作，翌日便可能因風雪影響而完全無法外出。」在每天似八號至十號風球的強風下，團隊曾拿出港中大的旗幟拍照展示，結果一鬆手旗幟立即被吹走，「整體工作條件非常惡劣，絕不容易。」

雖然如此，但他仍認為整趟考察是一段極為寶貴的人生體驗，有助加快香港參與極地研究的步伐，他期望，未來能有更多研究生以至本科生參與，進一步推動香港在極地科學研究領域的發展。



●團隊曾於野外進行部分培養實驗。港中大供圖

無毒水銀變有毒 團隊研微生物機制

香港文匯報訊(記者 楊盈盈)除了有關極地凍土的成果，港中大科研人員亦正深入鑽研參與國家極地考察時的新發現。其中曾參與第四十一次南極科考的徐子祺與團隊，便在其南極之旅有關汞(Hg，俗稱水銀)的探究中取得了重要成果。

他表示，氣候變化主要牽涉污染與環境影響，而團隊之所以會研究汞與極地之間的關係，是因為汞具有揮發性，而大氣中存在大量汞相關元素，它們可以在全球範圍內傳輸，南北半球的污染物可能慢慢飄至兩極，讓南北極亦會因此受到相應影響。

徐子祺的團隊，於其南極科考成果發現，當地的綠化現象中存

在如苔蘚類的簡單植物，而這些苔蘚層非常厚，最厚紀錄可達3米，當中包含有大量汞，「這些汞主要來自空氣中的沉降，而最大問題在於，當中存在一些微生物。」團隊正努力拆解相關微生物及其生物機制，因為這些機制可能會令原本無毒的汞轉化為有毒汞，嚴重影響環境及生態。

他們目前的研究方向，是繼續探尋相關機制，及探討如何控制南極的汞污染，正因國際科學界目前對此影響仍未完全掌握，故團隊認為這是一項非常重要的課題，不僅對香港及南極有意義，亦屬全球性議題。

多年凍土恐成氣候「定時炸彈」

話你知

多年凍土，是指地表以下連續兩年或以上維持在冰點以下的土壤或地層。大眾經常誤解「多年」凍土為「永久」凍土，但從科學定義而言，只要土壤或地層持續兩年以上未有完全融化，便可被界定為多年凍土。現時全球多年凍土主要分布於高緯度及高海拔地區，包括美國阿拉斯加、加拿大、俄羅斯北部西伯利亞，以及中國青藏高原等地。

劉琳指，多年凍土之所以備受國際科學界重視，關鍵在於其與節節減排、生態安全、氣候變化應對，以及可持續發展等重大議題息息相關。凍土內封存了大量有機碳，碳儲量約為大氣中碳總量的兩倍，「一旦凍土融化，原本被封存在土壤中的有機質便會逐步分解，釋放出二氧化碳及甲烷等溫室氣體。這些氣體進入大氣後，會加強溫室效應，令全球氣溫進一步上升。」

他進一步解釋，當氣溫升高，凍土融化的時間與程度亦會延長及加劇；原本被凍結的有機質一旦暴露在空氣和水分中，微生物活動便會加快，從而釋放出更多溫室氣體，造成科學界所說的「正反饋」機制。因此，國際科學界逾十年前已開始高度關注此現象，並擔心多年凍土會否成為影響全球氣候的「定時炸彈」。

●香港文匯報記者 楊盈盈