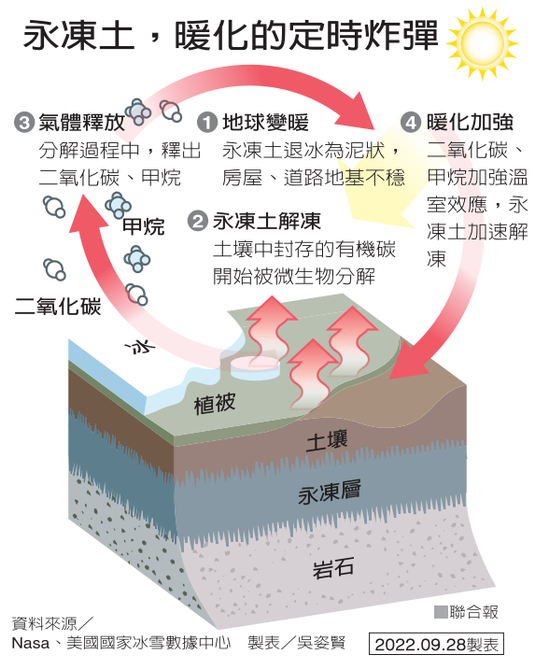
MELTING GREENLAND
解凍格陵蘭
系列四

屋斜跑道塌

暖化讓永凍土解凍 基礎建設地基陷落

文／記者吳姿賢、梁玉芳

直接蓋在土地上的房屋，近年因永凍土解凍，導致房屋逐漸傾斜。記者余承翰／攝影



格陵蘭大城伊魯利薩特，山坡上一排連棟紅色平房，深灰色的木頭屋頂呈波浪狀，大門前低矮的圍欄歪裂。另一獨棟房子的入口木梯，每階幾乎不在同一平面上。這些都是棄屋。因為永凍土解凍、地基陷落，格陵蘭最富特色的彩色小屋跟著陷落。

重建成本高 搬遷出現棄屋街

永凍土是連兩年以上溫度低於零度的土地。當氣候變暖、永凍土裡頭的土壤、礦物質、冰塊、岩石溫度上升，土層結構驟變。地基的永凍土解凍，房屋很難修理，要整個先移走，將房屋結構往下扎根到岩盤，再重建，但是成本很高，「不如搬走」。於是這區成了棄屋街。

北極圈的永凍土解凍，影響房屋、公路、橋梁和基礎建設，是氣候變遷惹的禍。美國阿拉斯加有波浪狀公路，墓園白色十字架傾倒歪斜，都因永凍土解凍。格陵蘭相對程度輕微，當地人歸因於傳統智慧。

房蓋岩石上 格陵蘭人老智慧

「上千年前的格陵蘭人，早就知道房子要蓋在岩石上。」45歲的卡伊．亨寧瑟說。他是水上計程車的船長，5年前還是建造商，但喜歡海與自由，索性轉了行。

問他是不是很多房子受永凍土影響，他開玩笑說：「哪有很多，這裡人口也不過4千！」他說，那些傾倒的房子是政府為了「趕時間」，匆忙找地亂蓋，「數年後開始出現問題，居民只能搬家，浪費很多錢」。

不懂就亂蓋 美基地跑道變形

另一種是不懂當地傳統智慧的外來者北極科學站負責人莫頓．瑞雪及前總理克雷斯特都提到，美軍空軍基地因永凍土解凍導致跑道變形，須另覓地點。

我們在不同的城市觀察，格陵蘭色彩繽紛的房子果真大多矗立、架高，鑲嵌在岩石上。少數直接蓋在地上的房子，由於永凍土解凍，屋瓦、窗戶、樓梯、柵欄，甚至路燈都逐漸傾斜，難以修復。

丹麥科技大學環境工程學系助理教授索娜．托馬斯科維科娃，長期研究永凍土變化。她說，永凍土最重要參數是地下溫度和冰含量，土壤中的冰解凍變成水，並在其中流動，導致不穩。

雖然格陵蘭多數房屋蓋在岩石，相當穩定，但她說，道路、機場等大型基礎設施必須蓋在沉積物上，裡頭可能含有大量冰，一旦解凍，表面道路跟建物將受損。

格陵蘭最大對外門戶的康克魯斯瓦格國際機場，局部跑道平均每年沉降2.6公分，表面出現深淺不一的裂痕。受損跑道已封閉，不再使用。

就像土壤雪崩 甚至引發海嘯

「這就像土壤的『雪崩』。」格陵蘭國家博物館博士研究員克里斯汀．莫勒說，永凍土解凍後土壤跟著移動、崩塌，甚至引發海嘯，可能在幾分鐘內掩埋村莊。

莫勒說，格陵蘭北部有許多解凍中的永凍土，即使地下20公尺深處也不穩定；伊魯利薩特的博物館正因此下沉，很難挽救。該館原是丹麥宣教士蓋的神學院。

康克魯斯瓦格過去的美國軍事基地，改建為國際科學營區，河川旁的白色飛行員宿舍正遭永凍土解凍之苦。為挽救宿舍，營地經理克里斯．索倫森指著宿舍外圍插的許多鋼管說，這些管子最深6米，日夜不停靠機器灌入氮冷卻。「但這種做法電費很貴，一般民宅很難有足夠經費跟心力仿效。」

考古衝擊

歷史遺址在流失 快到沒時間搶救

文／記者梁玉芳、許詩愷

當世界正為氣候變遷帶來的人類「未來」危機而擔憂時，有群科學家卻為人類「過去」而焦慮——他們是考古學家，為了北極文化的遺址，正和時間及暖化奮戰。

人類如何在惡劣極地存活下來？在歷史長河與氣候的巨觀尺度之下，遺址可能藏有人類面對目前、未來困局的答案。

「但是，氣候變遷帶來的各項影響，都會讓格陵蘭的文化遺址永久消失。」丹麥國家博物館研究員約根．霍勒森說，北極急劇升溫，讓歷史沙漏流失得更快，豐富文物正暴露在各種破壞中。

南部小鎮卡西亞蘇克，有聯合國教科文組織指定的文化遺產，包括1千年前因努特人先祖的生活痕跡，以及8世紀時，北歐「北方人（Norse）」移居格陵蘭的各種證據。

霍勒森團隊在田野地上架設儀器，全島約15到20處，監測地面及地底的雨量及溫度，再回到實驗室分析石頭、木質、骨頭等會受到氣候多大的影響。「破壞非常快。」

即使被聯合國指定為文化遺產，「只給你一個牌子，沒有半毛錢維護。」另一位學者克里斯汀．莫勒在暴風雨中帶領我們走進荒煙蔓草，站在凹陷土堆前說明：「這裡是古代因努特人的房舍」，狹長且向下傾斜的入口，既能阻擋寒風吹襲，也讓侵略者難以進門。

「我們正在失去歷史遺址，而沒時間搶救！」霍勒森嘆息。學者們現在只能決定「哪裡的遺址最急迫？」並目睹人類文明的拼圖中，極圈文化那塊逐漸失去。

格陵蘭南部卡西亞蘇克遺址區，是北極最早農業活動的見證。 記者陳靖宜／攝影

丹麥國家博物館研究員約根．霍勒根與團隊成員，正在比對從遺址區採集回來的植物樣本。 記者陳靖宜／攝影

解凍格陵蘭
紀錄片免費授權

本片由歐萊德、聯合報系及願景工程基金會等共同倡議，實地走訪格陵蘭拍攝，直擊氣候變遷現場，解讀攸關人類未來的氣候危機與解決方案。即日起歡迎各界申請授權，作爲非營利環境教育教材。

申請表單：
reurl.cc/V1bpNY

綠色奇景

樹與浮冰同在 極地種出小森林

文／記者梁玉芳

格陵蘭的名字常被拿來開玩笑：雖名為「Greenland」，卻大雪冰封、一點也不綠；這原是1世紀時的挪威移民「紅髮艾瑞克」為誆騙同鄉同來，而謊稱的島名。但現在，氣候變遷真的讓格陵蘭變綠；甚至在南部小鎮納沙史瓦克，竟然有座小森林。

新研究透過電腦模擬，把格陵蘭變化中的氣候條件，與北美、歐洲的樹種的理想生長環境套疊，發現在100年內，約有56種樹及灌木將可以在格陵蘭著陸新生。

這畢竟只是模擬，現況是格陵蘭政府與丹麥哥本哈根大學合作，在南部建立「格陵蘭實驗植物園」，理解存活樹種在格陵蘭生長的必要條件。這片小森林占地1.5平方公里，走在植物園的山徑上眺望，還能看到漂浮冰山。樹與浮冰，同時標記著氣溫的變化。

有研究指出，觀光客、候鳥等外來者一定會不小心帶入種子，當格陵蘭變得適合植物生長，外來種入侵不可避免；但格陵蘭生態脆弱，對外來種必須小心應對。

當地政府規定，在格陵蘭種樹必須取得許可。實驗農場就接到了100多棵西柏利亞松的訂單，「那是美國一家礦產公司委託」。近日格陵蘭採礦權成大國角力的聖杯，種樹是為了建立關係，抑或是抵銷採礦碳排放，種出樹苗的金．奈德說，「我只是農夫，我無法置評」。

「格陵蘭實驗植物園」種植了大量的西伯利亞落葉松。站在制高點，可見到海冰與森林並列的奇景。 記者陳靖宜／攝影