

# TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 43SI 期

圖片來源：郭陳浩教授 (國立臺灣大學地質科學系、中央研究院地球科學研究所)

## 北極特刊

### 目錄

- |   |   |    |  |
|---|---|----|--|
| 2 | 星鏈於北極斯瓦爾巴群島寬頻地震站即時資料傳輸之應用                   | 10 | 斯瓦爾巴群島渺小卻關鍵的微生物族群對溫室氣體的調控              |
| 4 | Pioneering geological mapping in the Arctic | 12 | 北極永凍土層地球物理監測初步成果                       |
| 6 | 無人飛行載具在斯瓦爾巴群島調查工作之應用                        | 15 | 北極 Svalbard 群島 Aavatsmark 冰河峽灣海床底質特徵初探 |
| 8 | 自主無人船在極區斯瓦爾巴群島冰河湖的科學探勘                      |    |  |

# TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 43SI 期

doi: 10.30067/TECNL.202405/SP\_(43).0001

## 星鏈於北極斯瓦爾巴群島寬頻地震站 即時資料傳輸之應用

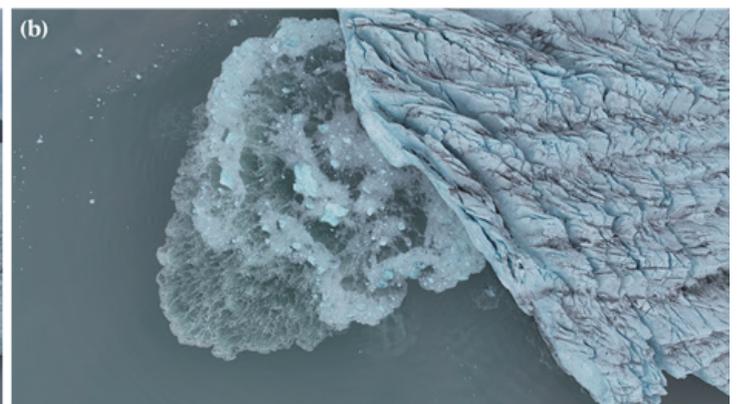
古進上<sup>1</sup>、郭陳澔<sup>1,2</sup>、管卓康<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 中央研究院地球科學研究所

<sup>2</sup> 國立臺灣大學地質科學系

星鏈 (Starlink) 是由 SpaceX 公司推出的一項衛星網路計畫，其目的是建立一個全球性的衛星網路環境，為世界各地提供高速的互聯網連接服務。該計畫透過在地球低軌道部署大量的通信衛星，其範圍覆蓋全球，因此能提供更廣泛及更可靠的衛星網路，尤其對於偏遠或是缺少基礎網路設施的地區更是一個重大的進展。斯瓦爾巴 (Svalbard) 群島位於挪威北部的北極圈內，是地球上最偏遠且極具挑戰性的地區之一，由於該地區長年被冰雪覆蓋，加上每年只有短暫幾個月的永晝時間，因此一些我們日常生活習以為常的必需資源，在這地區都是一種難得的奢侈，例如電力、網路等。一年中冰川表面開始融化並逐漸消融的時間稱為冰川的融化季節，若冰川的融化季節比積雪季節

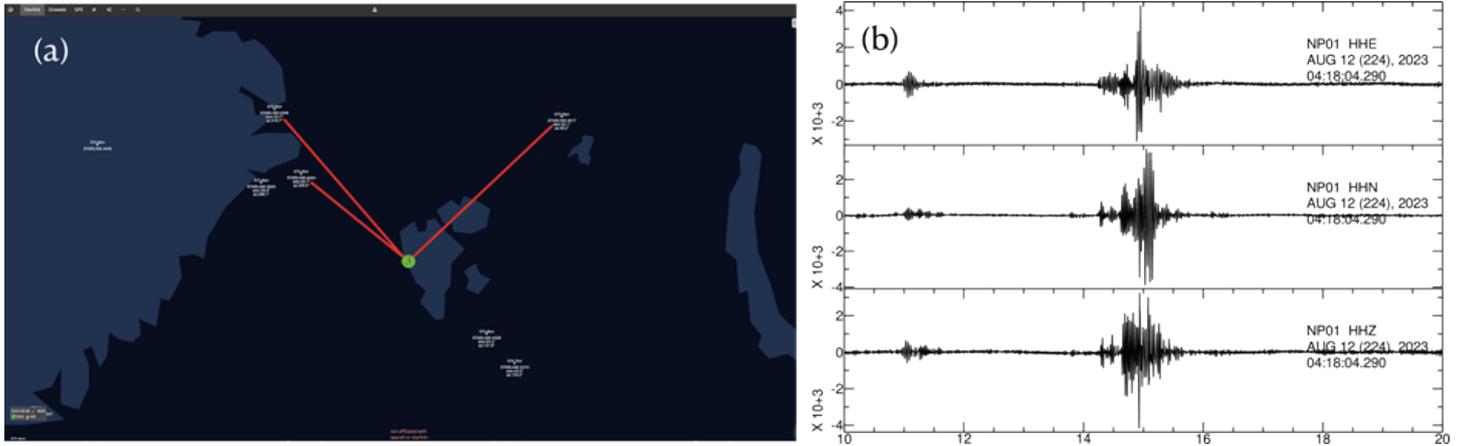
長，那麼冰川可能會經歷長期的衰退，導致冰川水大量流入海中，進而對海平面上升產生影響；因此監測及研究冰川融化對於理解氣候變化對冰川的影響非常重要。藉由安裝寬頻地震儀以捕捉冰震發生的數量，可有效地監測冰川的融化情況 (如 Gajek et al., 2017; Köhler et al., 2022)。此次實驗在波蘭哥白尼大學的工作站附近安裝寬頻地震儀，其站址位於斯瓦爾巴群島西側的 Kaffiøyra 海灘上，工作站附近的 Aavatsmarkbreen 冰川也是產生冰震的主要來源 (圖一為空拍機記錄到的冰川崩塌影像)。這也是台灣首次利用星鏈進行地震資料即時傳輸，其天線會主動搜尋經過的低軌道衛星訊號 (圖二 a) 並隨時自動轉向，進而提供穩定且高速的衛星網路；搭配在樹莓派上所



圖一、(a) 為 Aavatsmarkbreen 冰川崩塌時空拍機所拍下的影像，可看見海面上因冰川崩塌所產生的能量波傳遞；(b) 為 Aavatsmarkbreen 冰川崩塌初期的俯視圖。照片為顏一勤所提供。

# TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 43SI 期



圖二、(a) 星鏈低軌道衛星通過波蘭哥白尼大學工作站上空即時狀態之範例，圖上正中央綠色圓點即為工作站位置，綠色圓點內的數字則代表目前可使用衛星之數量；白色字體 (STARLINK) 則為測站上空附近之低軌道衛星位置，可使用之衛星則以紅線與測站相連，此圖取自 Starlink 網頁。(b) 星鏈即時傳輸所收錄之冰震三軸向波形範例。

開發的程式及處理流程，能夠同步接收地震儀資料，同時主動將資料流推送至台灣，並與既有的系統 (SeisComP) 整合。2023 年 8 月已成功地測試利用星鏈將即時資料傳回台灣 (圖二 b)，未來搭配更完善的電力系統 (太陽能及風力)，對於冰川的即時觀測將有極大的幫助，也從而有助於更好地理解斯瓦爾巴群島氣候變化的影響。

## 參考文獻

Gajek, W., Trojanowski, J., & Malinowski, M. (2017). Automating long-term glacier dynamics monitoring using single-

station seismological observations and fuzzy logic classification: a case study from Spitsbergen. *Journal of Glaciology*, 63(240), 581–592. <https://doi.org/10.1017/jog.2017.25>

Köhler, A., Myklebust, E. B., & Mæland, S. (2022). Enhancing seismic calving event identification in Svalbard through empirical matched field processing and machine learning. *Geophysical Journal International*, 230(2), 1305–1317. <https://doi.org/10.1093/gji/ggac117>

# TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 43SI 期

doi: 10.30067/TECNL.202405/SP\_(43).0002

## Pioneering geological mapping in the Arctic

Slawomir Jack Giletycz

Department of Earth Sciences, National Central University

My initial objectives for the research in the Arctic, is to conduct a geological mapping in the northern Kaffiøyra of the western Svalbard. This area represents an eastern boundary of a tectonic graben (Forlandsundet Graben) that opened during the Eureka Orogeny when Greenland detached from Svalbard moving towards north-west. Since, due to global warming, the Arctic experiences rapid glaciers retreat, there is a large-scale continuous exposition of a new topography yearly, that has never been mapped before. As the result, I am the first scientist that is able to survey the areas which on the geological maps are still marked as *terra incognita* (unknown terrain), because

they are simply covered by ice. This aim gives a very important input for the understanding of Svalbard geology and structural model. My main methodology in this survey, is to interpret newly exposed areas in terms of structural geology, tectonic setting but also recreate a 3D geological model of the area including topography. My last expeditions in 2021, 2022 and 2023, I focused on a central part of the eastern boundary of the Forlandsundet Graben in the vicinity of the Nicolaus Copernicus Polar Station in northern Kaffiøyra. The graben boundary in this area, was covered by Glacier Aavatsmark just few years ago. Since the glacier retreat yields over 60 meters yearly, every next year I arrive to the



# TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 43SI 期

same area where a vast surface can be conduct to my new research. This is a very important 'piece of puzzle', that I believe, gives a significant contribution to the general geological map of the Svalbard archipelago.

My second approach for the research in Arctic, is to conduct a geomorphological monitoring of the topography during an environment change due to surface warming. The most prominent landform is a drainage system and its reorganization. The rapid icecap melting and glaciers retreat expose new topography which results in increase of drainage systems. Also, those fluvial systems show high rates

of reorganization as the adjust to new topographies. Simultaneously, the increase of the drainage systems results in higher water energy in main tributaries, what impacts on massive sediment production, transport and discharge. This also leads to coast systems development as rivers mouth rearrangement, sandspits production, etc., but also shallowing of the Foralandsundet trough. I conduct series of UAV mapping of the same area every year, and compare these geomorphological systems to comprehend their evolution. Fast rates of this environment change, just after 3 years show significant changes in the Arctic landscapes.

# TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 43SI 期

doi: 10.30067/TECNL.202405/SP\_(43).0003

## 無人飛行載具在斯瓦爾巴群島調查工作之應用

顏一勤<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 顏一勤應用地質技師事務所

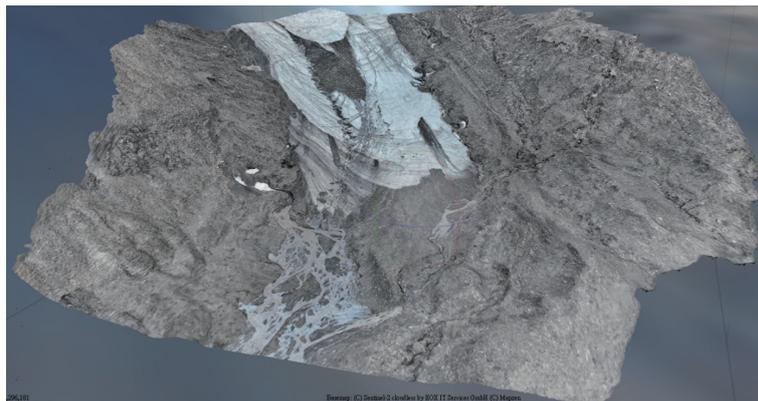
<sup>2</sup> 國立中央大學應用地質研究所博士班

近十年來，由於無人飛行載具 (Unmanned Aerial Vehicle；簡稱 UAV) 技術的提升與普及化，許多地質調查與監測的工作 (李柏村，2017；王泰典等，2017；王國隆等，2017；林樞衡、葉致翔，2017；李柏村等，2018)，都充分的使用 UAV 進行來進行前期的地形分析，及後期的後期的防災監測工作。隨著目前公開的斯瓦爾巴群島 (Svalbard) 的數值地形資料，僅具約 30 公尺的像素 (pixel) 精度，若要從事小範圍與大比例尺的地質調查工作，對於地形資料的精度提升，使用 UAV 進行地形測繪，便是前期建立基礎資料的重要工具之一。

無人飛行載具的使用，在各地區都有屬於自己的規範，在斯瓦爾巴群島亦不例外。相關規定可參閱 "Drones on Svalbard | Governor of

Svalbard (sysselemesteren.no)" (<https://www.sysselemesteren.no/en/drones-on-svalbard/>)。其中，所有攜帶相機或重量超過 250 克或以上的航模和無人機飛行員必須在 Flydrone.no 上註冊。斯瓦爾巴群島區域的限飛範圍，則可透過網站 "<https://api.avinor.no/karttjenester/dronerestriksjoner/lufthavn.html?iata=LYR>" 查詢得知。

此次前往斯瓦爾巴群島進行地質調查工作，受限於朗伊爾城 (Longyearbyen) 的限飛範圍，無法進行市區上空的空拍任務，但很慶幸在 Longyearbreen 冰川的調查區域，恰巧已在限飛區外，因此利用此次野外的採樣空檔，進行 Longyearbreen 冰川前端的地形測繪與三維建模 (圖一) 任務。相較於朗伊爾城，此行在波蘭工作站所在地的 Kaffiøyra 區域，則無限飛空域的限制。



圖一、Longyearbreen 地形三維模型。

# TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 43SI 期

透過 UAV 飛行任務的執行，本團隊完成 Aavatsmarkbreen 冰河南岸的地形測繪工作，利用空拍的影像建立數值地表模型 (Digital Surface Model；簡稱 DSM，圖二) 與三維模型 (圖三)。本年度數值地表模型 (DSM) 的建立，除可以提供較詳細的地表地質調查底圖外，亦可做為下一期再次測繪時的基礎對照組資料，用來推估冰河前緣冰架及其鄰近區域的演化時序。

## 參考文獻

王泰典、莊海岳、蘇威元、邱雅筑、羅百喬 (2017)。無人載具攝影產製的數值地表模型在隧道洞口段及倒懸邊坡崩塌調查的應用。地質, 36(3), 55-60。 <https://twgeoref.moeacgs.gov.tw/GipOpenWeb/wSite/ct?xItem=193162&ctNode=217&mp=6>

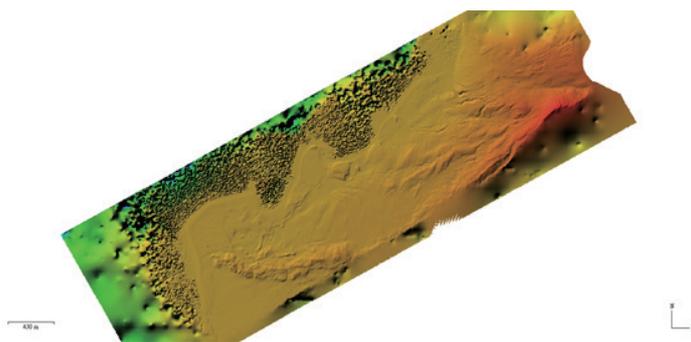
王國隆、林俊廷、李苡瑄、陳俐文、陳琮文、賴正儒 (2017)。無人載具坡地災害調查

及分析—以南投縣 0601 豪雨災害為例。地質, 36(3), 50-54。 <https://twgeoref.moeacgs.gov.tw/GipOpenWeb/wSite/ct?xItem=193161&ctNode=217&mp=6>

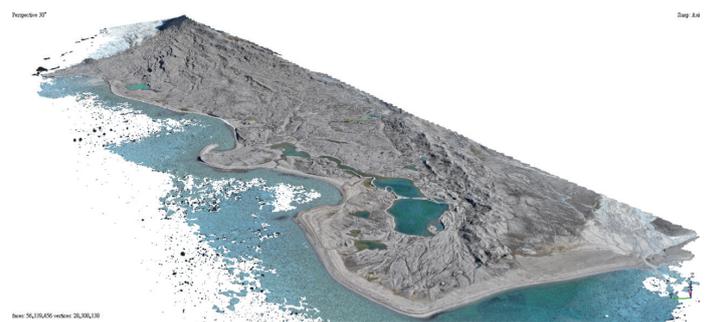
李柏村 (2017)。空拍機於地質調查上的應用。地質, 36(3), 16-21。 <https://twgeoref.moeacgs.gov.tw/GipOpenWeb/wSite/ct?xItem=192942&ctNode=217&mp=6>

李柏村、許晉璋、劉彥求、陳柏村、黃志遠 (2018)。0206 花蓮地震空拍調查。地質, 37(1), 39-42。 <https://twgeoref.moeacgs.gov.tw/GipOpenWeb/wSite/ct?xItem=217057&ctNode=217&mp=6>

林樞衡、葉致翔 (2017)。高精度三維影像判釋應用於精進地質圖之測繪。地質, 36(3), 86-90。 <https://twgeoref.moeacgs.gov.tw/GipOpenWeb/wSite/ct?xItem=193882&ctNode=217&mp=6>



圖二、Aavatsmarkbreen 南岸數值地表模型 (DSM)。



圖三、Aavatsmarkbreen 南岸地形三維模型。

# TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 43SI 期

doi: 10.30067/TECNL.202405/SP\_(43).0004

## 自主無人船在極區斯瓦爾巴群島冰河湖的科學探勘

呂政豪<sup>1</sup>、王嘉源<sup>1</sup>、曾奕銓<sup>1</sup>、莊明霖<sup>2</sup>、吳明典<sup>2</sup>、蔡淑敏<sup>2</sup>、朱能億<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 國立澎湖科技大學觀光休閒系

<sup>2</sup> 國立澎湖科技大學電信工程系

<sup>3</sup> 國立澎湖科技大學電機工程系

在全球增溫下，冰河體的消融、後退造成冰河湖等冰河地形快速地出現在極區或中高緯的高山區域。近期許多研究者透過冰河湖的水下地形測繪、沉積物定年和分析，來重建更長時間尺度的冰河活動歷程，且連結區域的古環境變化 (de Wet et al., 2018)。除此之外，快速出現的冰河湖反映著冰河體消融後的冰河水供應，它們在二氧化碳循環的重要和貢獻持續被重視中 (Shukla et al., 2023)，但這個冰河湖的議題卻是缺乏適合淺水調查的研究工具，難以進行全面性的調查。更著，冰河湖的持續擴張，被視為是一個自然資源抑或是環境災害，假如冰河下游為聚落所在地，有需要被進一步監測的必要。

在極區斯瓦爾巴群島的冰河快速後退，海床日益擴張，但此地的水深測量受浮冰、淺灘影響極具風險和不完整，自主無人測繪船將可為變動快速的極區和上述的冰河湖議題做出貢獻。

在此次的北極斯瓦爾巴群島的探勘中，考量研究場域和運輸的限制，研究團隊運用 3D 設計量身打造了一艘吃水淺、穩定性佳，且能在野外快速組裝，並籌載聲納探測設備的自主無人船，遠赴北極的冰河湖進行探勘調查。透過無人船上的 RTK 定位系統和聲納設備已將 Kaffiøyra 的 Aavatsmarkbree 冰河前的一處冰河湖進行完整的水下測繪，後續將持續進行資料處理和製圖，並作為未來進一步調查的參考。



圖一、研究團隊自製的自主無人船，正在冰河湖執行測繪任務。

# TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 43SI 期

## 參考文獻

de Wet, G. A., Balascio, N. L., D'Andrea, W. J., Bakke, J., Bradley, R. S., & Perren, B. (2018). Holocene glacier activity reconstructed from proglacial lake Gjøavatnet on Amsterdamøya, NW Svalbard. *Quaternary*

*Science Reviews*, 183, 188–203. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2017.03.018>

Shukla, T., Sen, I. S., & Sundriyal, S. (2023). Carbon emissions from emerging glacier-fed Himalayan lakes. *Global and Planetary Change*, 225, 104134. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2023.104134>

# TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 43SI 期

doi: 10.30067/TECNL.202405/SP\_(43).0005

## 斯瓦爾巴群島渺小卻關鍵的微生物族群 對溫室氣體的調控

連婉吟<sup>1</sup>、林悅婷<sup>1</sup>、蔡汭芬<sup>1</sup>、陳貞年<sup>1</sup>、王蘆育<sup>1</sup>、王珮玲<sup>2</sup>、林立虹<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 國立臺灣大學地質科學系

<sup>2</sup> 國立臺灣大學海洋研究所

由於氣候變遷帶來種種衝擊，使得人們愈發重視極區的環境議題；近年的研究更指出，極區有比其他緯度更高的升溫效應（極地放大效應）(Previdi et al., 2021; Rantanen et al., 2022)，而此變化會透過洋流和大氣系統，與全球尺度的氣候交互影響。河川將水與沈積物自陸地輸入海中，連動了陸地與海洋的交互作用，而極區的河水主要源自冰川融水，融水速度、冰河與底岩的交互作用、融水的流徑均決定了整體流域流量、營養源、生物族群等特性。

本團隊前往北極的斯瓦爾巴群島進行野外測量、樣本採集與培養實驗，以評估不同融冰水體中，微生物族群的碳轉換效率及融冰水的輸出對海洋

的貢獻，並探討這些作用對於碳循環的影響。本團隊使用可攜式多參數水質監測儀（圖一），進行現地水化學參數量測，包含溫度、pH 值、導電率、鹽度、溶解氧飽和度等參數；使用透氣膜與可攜式氣體分析儀，以水氣交換的方式量測水中 CO<sub>2</sub> 分壓（圖二），若水中 CO<sub>2</sub> 分壓小於大氣，則代表水體為吸收 CO<sub>2</sub> 的碳匯；反之，則為釋放 CO<sub>2</sub> 的源區。這些現地量測的參數有助於我們迅速解析環境的特性，並初步推測潛在的生物地球化學反應。所採集的水樣，將進一步於實驗室分析更詳盡的水質與微生物族群組成。

除了現地工作以外，本團隊也進行融冰水和海水的培養實驗，將不同地點、不同比例的融冰水與



圖一、於現地放置可攜式多參數水質監測儀，用以量測水化學參數。



圖二、測量水中 CO<sub>2</sub> 分壓的野外實景。

# TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 43SI 期

海水混合，分別加入不同種類、高  $^{13}\text{C}$  豐度的培養基，用以示蹤微生物對不同培養基的利用度，推估水體的物質和能量轉移是由何種生物作用主導，搭配分子生物的分析，將可解析關鍵之生物族群組成。

透過上述的量測數據與分析方法，本團隊期望對於極區的生物地球化學作用有更透徹的理解，並進一步探討在氣候變遷之情境下，生物與環境作用之間的反饋為何。

## 參考文獻

Previdi, M., Smith, K. L., & Polvani, L. M. (2021).

Arctic amplification of climate change: a review of underlying mechanisms. *Environmental Research Letters*, 16(9), 093003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac1c29>

Rantanen, M., Karpechko, A. Yu., Lipponen, A., Nordling, K., Hyvärinen, O., Ruosteenoja, K., Vihma, T., & Laaksonen, A. (2022). The Arctic has warmed nearly four times faster than the globe since 1979. *Communications Earth & Environment*, 3(1), 168. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00498-3>

# TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 43SI 期

doi: 10.30067/TECNL.202405/SP\_(43).0006

## 北極永凍土層地球物理監測初步成果

張竝瑜

國立中央大學地球科學學系

永凍土層 (Permafrost) 被定義為溫度至少連續兩年保持在  $0^{\circ}\text{C}$  以下的地面 (ACGR, 1988; Rossi et al., 2022)。常年凍土約佔北半球陸地面積的四分之一 (Zhang et al., 2008; Gruber, 2012; Wang et al., 2019)。永凍土的熱狀態對氣候條件之變化高度敏感 (ACGR, 1988; Harris et al., 2017; IPCC, 2017)。北極放大效應，即北極變暖的速度大約是世界其他地區的兩倍，是一種已被證實的現象，它正在改變全球永久凍土的分佈，並導致其衰退變小 (IPCC, 2017; Biskaborn et al., 2019; NSIDC, 2020)。永凍土層之上的頂層土壤遭受季節性融化和凍結影響，因此稱之為活動層 (Active Layer)。由於氣候暖化造成的頻繁融解與結凍現象，會增加活動層厚度 (Active layer Thickness, ALT)，也導致地表永凍土層面積普遍減少，並加速永凍土層中之甲烷水合物釋放。除此之外，北極地區冰凍圈的水循環是氣候變化的一個重要方面，特別是因為該地區儲存了大量淡水與甲烷水合物。然而，關於該地區冰 - 凍土 - 地下水 - 甲烷水合物交換與固存機制的研究還很有限。

為了解決這個問題，中央大學地球科學團隊自 2021 年起，與波蘭哥白尼大學極地研究站團隊合作，在斯瓦爾巴 (Svalbard) 群島進行試點地球物理和地質調查，並自 2022 年起在波蘭哥白尼大學 Kaffiøyra 極地研究站附近，開展全面野外地球物理監測實驗。於 2022 年及今年 (2023 年) 夏季，進行透地雷達及二維地電阻法的地球物理探勘，分

別從 Kaffiøyra 研究站至海岸線的相同測線位置，佈設 185 公尺地電阻測線與透地雷達測線，進行永凍土層與活動層受全球暖化的變動監測分析。2023 年北半球各地夏季均溫已經突破各地記錄，北極地區極地研究站八月所紀錄之溫度，亦較去 (2022) 年高出約 1.5 攝氏度，與此同時，雨量則較去年增加許多，由團隊於測站所收集到之地電阻及透地雷達資料，我們發現由電阻率剖面影像之比較，能相當程度了解北極永凍土層的熱岩溶 (Thermokarst) 地下構造及隨溫度變化現象 (圖一)，而雷達影像對於結凍的永凍土層，呈現較清楚之影像，相較於融化的不凍層 (Talík)，反應十分明顯 (圖二)。除科學工作外，值得一提的是研究團隊在進行地電阻與透地雷達施測時，於不到 180 公尺的近距離遭遇北極熊，所幸最後有驚無險，成為野外工作一個有趣的插曲 (圖三)。本年度中央大學極地地球物理研究團隊除了野外工作之外，同時也嘗試擴大極地研究國際合作範圍。與英國地質調查局 (British Geological Survey, BGS) 進行合作。並拜訪英國自然科學基金會位於新奧勒松 (Ny-Ålesund) 的北極科學站，商討未來加入極圈聯合地球物理監測計畫 SUN-SPEARS 之未來合作項目與方式。英國地質調查局的研究著重於監測土壤凍融的全年變化。因此兩個研究團隊之間更全面的研究合作可以促進他們的研究並擴大研究領域和範圍，從而使雙方受益。未來將基於斯瓦爾巴群島當前和計劃中的研

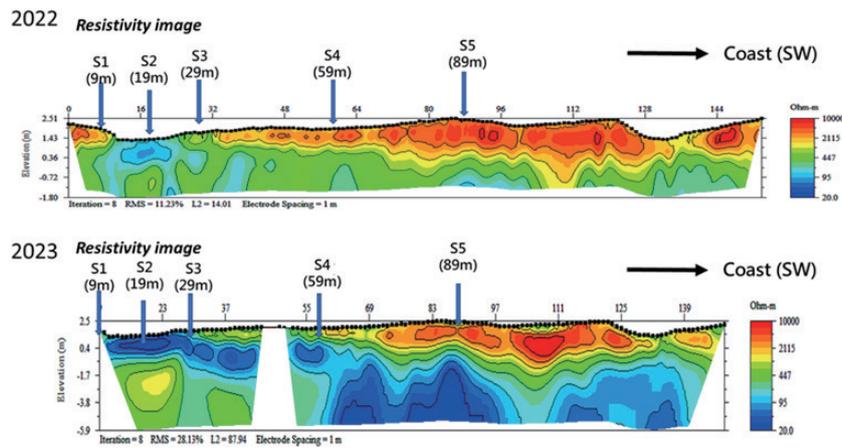
# TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 43SI 期

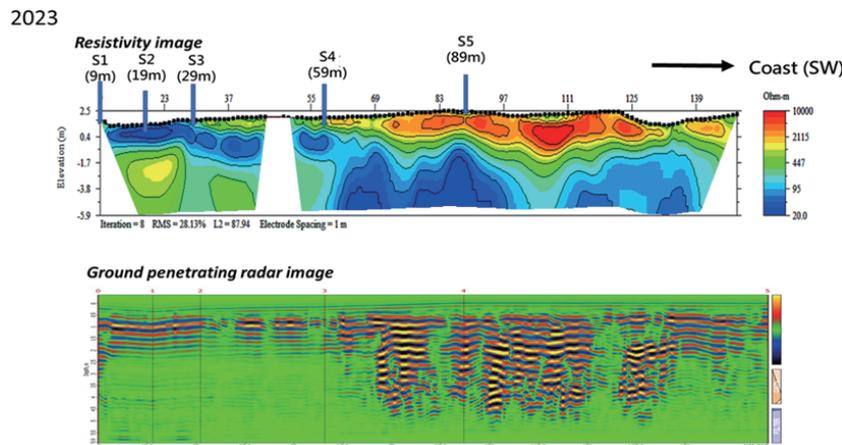
究實踐，使用多種聯合跨領域地球物理方法探索北極氣候變化與水循環之間的相互作用。未來英國地質調查局團隊和中央大學團隊之間的聯合研究計劃將聚焦在共享研究成果、合作開展研究活動並協調斯瓦爾巴群島的研究交流。

## 參考文獻

ACGR (1988). *Glossary of Permafrost and Related Ground-Ice Terms* (Technical Memorandum No. 142). Permafrost Subcommittee, Associate Committee on Geotechnical



圖一、上圖：2022 年於 Kaffiøyra 極地研究站之地電阻施測影像，下圖：同一測線 2022 年於 Kaffiøyra 極地研究站之地電阻施測影像。



圖二、上圖：本 (2023) 年於 Kaffiøyra 極地研究站之地電阻施測影像，下圖：同一測線之透地雷達影像。



圖三、野外地球物理施測工作時，近距離遭遇北極熊 (攝影：林士然、張文和)。

# TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 43SI 期

- Research, National Research Council of Canada. <https://www.permafrost.org/publication/glossary-of-permafrost-and-related-ground-ice-terms/>
- Biskaborn, B. K., Smith, S. L., Noetzli, J., Matthes, H., Vieira, G., Streletskiy, D. A., Schoeneich, P., Romanovsky, V. E., Lewkowicz, A. G., Abramov, A., Allard, M., Boike, J., Cable, W. L., Christiansen, H. H., Delaloye, R., Diekmann, B., Drozdov, D., Etzelmüller, B., Grosse, G., Guglielmin, M., Ingeman-Nielsen, T., Isaksen, K., Ishikawa, M., Johansson, M., Johannsson, H., Joo, A., Kaverin, D., Kholodov, A., Konstantinov, P., Kröger, T., Lambiel, C., Lanckman, J.-P., Luo, D., Malkova, G., Meiklejohn, I., Moskalenko, N., Oliva, M., Phillips, M., Ramos, M., Sannel, A. B. K., Sergeev, D., Seybold, C., Skryabin, P., Vasiliev, A., Wu, Q., Yoshikawa, K., Zheleznyak, M., & Lantuit, H. (2019). Permafrost is warming at a global scale. *Nature Communications*, 10(1), 264. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-08240-4>
- Gruber, S. (2012). Derivation and analysis of a high-resolution estimate of global permafrost zonation. *The Cryosphere*, 6(1), 221–233. <https://doi.org/10.5194/tc-6-221-2012>
- Harris, S. A., Brouchkov, A., & Guodong, C. (2017). *Geocryology: Characteristics and Use of Frozen Ground and Permafrost Landforms*. CRC Press. <https://doi.org/10.4324/9781315166988>
- IPCC (2017). *Meeting Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Expert Meeting on Mitigation, Sustainability and Climate Stabilization Scenarios*. IPCC Working Group III Technical Support Unit, Imperial College London.
- NSIDC (2020). *Cryosphere Glossary*. National Snow and Ice Data Center - Advancing knowledge of Earth's frozen regions. <https://nsidc.org/learn/cryosphere-glossary>
- Rossi, M., Dal Cin, M., Picotti, S., Gei, D., Isaev, V. S., Pogorelov, A. V., Gorshkov, E. I., Sergeev, D. O., Kotov, P. I., Giorgi, M., & Rainone, M. L. (2022). Active Layer and Permafrost Investigations Using Geophysical and Geocryological Methods—A Case Study of the Khanovey Area, Near Vorkuta, in the NE European Russian Arctic. *Frontiers in Earth Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/feart.2022.910078>
- Wang, C., Wang, Z., Kong, Y., Zhang, F., Yang, K., & Zhang, T. (2019). Most of the Northern Hemisphere Permafrost Remains under Climate Change. *Scientific Reports*, 9(1), 3295. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39942-4>
- Zhang, T., Barry, R. G., Knowles, K., Heginbottom, J. A., & Brown, J. (2008). Statistics and characteristics of permafrost and ground-ice distribution in the Northern Hemisphere. *Polar Geography*, 31(1–2), 47–68. <https://doi.org/10.1080/10889370802175895>

# TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 43SI 期

doi: 10.30067/TECNL.202405/SP\_(43).0007

## 北極 Svalbard 群島 Aavatsmark 冰河 峽灣海床底質特徵初探

葉一慶<sup>1</sup>、彭聖元<sup>1</sup>、Ireneusz Sobota<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 國立中央大學地球科學系

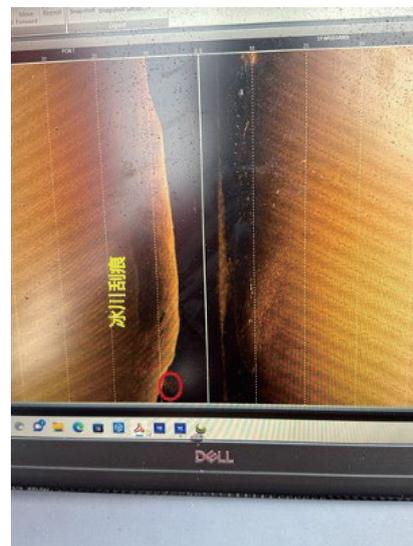
<sup>2</sup> Department of Hydrology and Water Management Nicolaus Copernicus University Polar Station  
Polar Research Center, Poland

近年來，由於極端氣候變化，極地地區冰川不斷消融，導致冰川快速退縮 (Graham et al., 2022)。大多數冰川退縮監測及調查工作都是透過衛星影像進行。由於極地地區氣候條件惡劣，海況洶湧，研究船難以到達，衛星影像僅能提供大尺度一段時間內的地表與地貌變化。冰川退縮所引起的濁流與沉積物搬運相關的地質災害的沉積構造及空間分佈尚不清楚 (Lehmann et al., 2022)。研究區域中最大的 Aavatsmark 冰川位於斯匹次卑爾根島西部，過去的衛星影像研究中可見明顯

而清楚的冰川退縮現象，同時衛星影像亦顯示融冰作用已造成沉積物流動，該冰川的退縮速度、侵蝕特徵、與末次冰盛期以來的沉積物構造變化等引發的地質災害作用至今未知。另外，冰川融化同時也會造成永凍土層的溶解，該作用亦會導致穩定的天然氣水合物解離，所引發的地質災害作用同樣不清楚。由於北極海域風浪大，浮冰存在等限制，今年度我們利用波蘭北極研究站運輸用橡皮艇，搭載高解析側掃聲納於 Aavatsmark 冰河峽灣進行探測，由於該區域浮冰衆多，探



圖一、2023 年度北極海床測繪團隊成員。由左至右：台視黃鈞豪、Kamil Czarnecki、中大研究生彭聖元、中大地科葉一慶及測站主任 Ireneusz Sobota。



圖二、Aavatsmark 冰河峽灣內海床側掃聲納影像。其中可見清晰的冰河刮痕及海床噴氣現象 (紅圈處)。

# TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 43SI 期

測過程中還好有經驗豐富的波蘭測站主任 Prof. Ireneusz Sobota 的駕船與協助，成功閃過許多浮冰的 " 攻擊 " 最終我們在該峽灣發現淺層海床均有噴氣現象，值得未來進一步詳盡探討。

## 參考文獻

Graham, A. G. C., Wählin, A., Hogan, K. A., Nitsche, F. O., Heywood, K. J., Totten, R. L., Smith, J. A., Hillenbrand, C.-D., Simkins, L. M., Anderson, J. B., Wellner, J. S., & Larter, R.

D. (2022). Rapid retreat of Thwaites Glacier in the pre-satellite era. *Nature Geoscience*, 15(9), 706–713. <https://doi.org/10.1038/s41561-022-01019-9>

Lehmann, C., Jokat, W., & Coakley, B. (2022). Glacial sediments on the outer Chukchi Shelf and Chukchi Borderland in seismic reflection data. *Marine Geophysical Research*, 43(3). <https://doi.org/10.1007/s11001-022-09497-7>