

教育部教學實踐研究計畫成果報告
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PGE1110220

學門專案分類/Division：通識(含體育)-通識課程

計畫年度：☒111 年度一年期 ☐110 年度多年期

執行期間/Funding Period：2022.08.01 – 2023.07.31

(計畫名稱/Title of the Project)

讀得深刻，寫得出色：運用 KWL 閱讀策略增進大學生科普寫作成效
Read Deeper and Write Well: Use KWL Reading Strategy to Improve the
Effectiveness of College Students' Popular Science Writing

(配合課程名稱/Course Name)

科學說人話：科普寫作
Popular Science Writing

計畫主持人(Principal Investigator)：蘇虹菱

協同主持人(Co-Principal Investigator)：李維晏

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立臺灣大學寫作教學中心

成果報告公開日期：☐立即公開 ☒延後公開（統一於 2025 年 7 月 31 日公開）

繳交報告日期(Report Submission Date)：2023 年 9 月 17 日

讀得深刻，寫得出色：運用 KWL 閱讀策略增進大學生科普寫作成效

Read Deeper and Write Well: Use KWL Reading Strategy to Improve the Effectiveness of College Students' Popular Science Writing

一. 本文 Content

1. 研究動機與目的 Research Motive and Purpose

以寫作傳遞、普及科學知識，即所謂科普寫作。科普寫作在國外的發展已有一段時間，以往這項工作多由科學家擔任，而在教育普及、媒體發達的時代，具備科學素養者，已有能力肩負起這樣的責任。綜觀目前國內推動科普寫作的教學對象，仍多針對中、小學生族群（靳知勤，2018）。儘管已有多所大學設立科學或科普寫作相關課程，但總體來看，投入程度仍有限。有論者指出，能以流暢的中文傳播科學知識的寫作人才頗為欠缺（蔡孟利，2015），此點對於推動科學教育、深化國民之科學素養頗為不利，此問題值得我們重視，並思索應對之方。

再者，近年來從網路社群到學術單位，均湧現一股科學傳播、科學普及的熱潮，然而觀察坊間許多科普文章，不是多由英翻中而來，讀來使人有終隔一層之感，就是雖然由學者專家撰寫，但多半是各憑經驗、各顯本事，傳播效果及評價不一。在實際的「寫作」層面，對於如何採取更有效之策略、技巧傳遞科學知識，在國外多可見非科學領域的學者，如：語文教育學者、認知心理學者等加入共同研究。在這方面，國內雖已有學者意識到其重要性，但整體而言，投入的能量仍略顯不足（洪月女、靳知勤，2008）。

考慮到此一迫切之需求，目前筆者所任職的單位，自 107 學年度（2018 年）起，推出大學部基本能力課程——「科學說人話：科普寫作」，乃是由本人與計畫協同主持人共同規劃之專業寫作課。從教學評鑑結果及學生的意見回饋可知，多數同學均認可課程的教學成效，也認為他們在課程中能獲得具體、實際的寫作建議。然而根據筆者在教學場域的觀察，發覺影響學生寫作能力更進一層的可能原因，主要有以下幾點：

(1) 學生的科學文章閱讀量普遍不足。

(2) 缺乏更多適合學生知識程度的範例，導致一般程度及一般以下程度的學生，在練習時有力不從心之感。

因此，本計畫擬於課程中加強閱讀部分的比重，引進 KWL 策略，引導學生從範文中學習科普寫作技巧。

2. 研究問題 Research Question

本計畫為一行動研究，研究者同時即是教學者，將以大學通識課程科普寫作課堂學生（大學一年級至七年級）為研究對象，以一學年為完整循環，執行計畫內容。課程將引進 KWL 閱讀策略，研究之問題有二：

(1) 探討 KWL 閱讀策略能否增進學生的閱讀能力？

(2) 檢視 KWL 閱讀策略能否提升學生的寫作成就表現？

3. 文獻探討 Literature Review

李長潔（2015）〈跨科技溝通：科學敘事的共同書寫〉一文引用 Brockman 在《第三種文化：跨越科學與人文的鴻溝》（Third Culture: Beyond the Scientific Revolution）書中的觀

點，指出科學知識需要通俗化和普及化，才能讓科學與人文兩種文化有交流的機會，而其中關鍵就是需要仰賴傳播溝通之概念。她將科學傳播視為具有「跨科際溝通」的性質，屬於「跨文化事件（transculture event）。」這樣的觀念，有別於傳統視科學知識傳遞為一種上對下、專家對一般普通讀者推廣知識的心態，有助於學科之間的對話與協調。若能建立起這樣的溝通文化，將對現代公民社會具有正向的幫助。

寫作可以說是科學傳播的重要手段之一，同時也對推展科學教育具有重要之功能。相較於以影音媒體的形式傳遞科普知識，寫作所具備的優勢及其重要性更勝一籌，且所需具備的知識涵養也更為寬廣、深入。原因在於寫作不單純是文字的陳述，而是高層次分析和思維的展現。寫作的過程涉及資料統整、邏輯分析以及概念鋪陳，需要具備批判思考能力和邏輯表達能力，這些是現代人應具備的基本能力之一，也是高等教育的重要環節。

經學者歸納，寫作對科學教育的重要性主要有三點：一、輔助科學的學習；二、促進科學的推廣；三、統整科學教育與語文教學。文中也指出，語言能形塑並影響思考與知識建構，科學寫作不僅有助於釐清觀念，亦可強化讀寫能力。（洪月女、靳知勤，2008）

由於寫作目的與知識主題傾向的關係，科學寫作的文本具有其特殊性質。王萬儀（2010）將寫作文體的基本類型分為描寫、敘述、說明、議論四種，其中，說明文的定義為：「對一個特定的主題進行說解和闡明，它的主要訴求是——讓人理解。」依此分類，科學文本的性質主要屬於說明文。因為科學文本的特性主要是告知新的訊息，呈現解釋事實、資料、規律與理論訊息（Akhondi, Malayeri, & Samad, 2011）。而說明文恰好正是大學生建構專業知識的重要寫作類型之一，專業書籍、講義，多以說明文寫成；學生輸出知識的過程，無論是經由筆試或期末報告的方式，皆具有說明文的性質。（Martino, Morris, & Hoffman, 2001）。可以說，如能掌握說明文的書寫模式，將有助於增進學生在建構與輸出知識方面的表現。

站在寫作教學的角度而言，學者指出，完整的寫作教學技巧應包含以下七項內容：(1)確定主題（discover a subject）、(2)建立讀者意識（sense an audience）、(3)蒐集資料（search for specifics）、(4)訂定綱要 create a design、(5)書寫初稿 write、(6)批判檢覈 develop a critical eye、(7)修改成定稿 rewrite（D. Murray, 1982）。這裡說的比較傾向於側重「寫」的過程。然本文以為，實際進入書寫這個環節前，學生是否具備，以及具備對該寫作文體特性的認識，將大幅影響其書寫表現。也就是說應同時訓練閱讀與書寫能力，這才能算是一套完整的寫作教學設計。

在國內，以大學生為對象，進行讀寫教學效果探討的相關研究，近年來日漸增加。如陳靖文、黃秀霜（2018）曾提出「大學說明文讀寫整合方案」，以大一新生為實驗對象實施前後測，結果發現，施行整合讀寫教學方案的實驗組，確實有效提升閱讀批判性文本的能力，而學生的「組織、發展以及支持」及「語言句法與應用能力方面」也具有較高之成效。

由此可見，採行閱讀與寫作並重的讀寫整合方案，實施寫作教學，確實有助於大學生在專業知識方面的學習成長。不過，研究者指出，由於研究的實驗對象僅限於大一的兩個班級，樣本數有限，因此難以將結果外推至大二到大四的學生身上，掌握這群對象採行讀寫整合方案的整體表現情況。因此，後續仍有待考慮多種變項因素，方能獲得更為全面、深入之觀察結果。不過這項研究為我們的計畫，在寫作教學過程中設計閱讀相關內容，可說提供了充分的支持，只是後續需要進一步思考的問題是：究竟要怎麼讀，才是最有效的？

我們認為，Ogle（1986）提出的 KWL 閱讀策略，對於學生來說，可以從被動地接收知

識轉為主動探問，當有助於深化閱讀印象，厚植寫作的知識養分，當有利於產出高素質的科普文章。所謂的 KWL 策略，主張學習應以學生為主體，其學習活動包括 K、W、L 三步驟：

(K)對於即將學習的主題，我已經知道了什麼？

(W)對於即將學習的主題，我想知道什麼內容？

(L)對於學習的主題，我學會了什麼？

本計畫之所以選擇將此一策略導入大學科普寫作課程，乃因研究顯示，此策略作為引導學生閱讀學習的成效頗為顯著（范禹平，2019）。不同的是，該研究的實驗對象為國小學生，而本計畫將此一策略引進大學寫作課程，授課對象乃為科學背景知識更為豐富的大學生，甚至多以理工科系為主，相信在他們已具備一定程度的知識基礎上，運用 KWL 策略引導學生深入、主動地閱讀，成效可望更為顯著。

4. 教學設計與規劃 Teaching Planning

本課程採講述法、討論法及發表教學法教授。實際上課週數為十六週，課程設計四大主題：專業名詞術語、科普文章、科普短講、科普書籍導讀寫作。每項教學主題均要求學生完成寫作或口語表達練習。其中，專業名詞術語與科普書籍導讀寫作為個人作業(篇幅要求：各 1200-2000 字)；科普文章(篇幅要求：6000-8000 字)與科普短講(10-15 分鐘)則為三人一組合作之小組作業。

學習成效評量方面，學生的習作將經過三層審閱，分別是同儕互評、教師評閱與科普領域專家審閱。

5. 研究設計與執行方法 Research Methodology

本計畫之研究場域為大學通識課堂，參與人數上學期有 24 位，下學期有 20 位。計畫參與者均已事先閱讀知情同意書，並於同意書上簽名。

參與本計畫者，需在學期內完成六份 KWL 閱讀回饋單，回饋單之形式如下：

KWL 閱讀回饋單

科系：_____ 姓名：_____

篇名：海山火山地獄火翻桌 出處：科學人

K 我知道……	W 我想知道……	L 我學會……
由文章標題知道海山火山跟地獄火有關，但是「翻桌」二字會引起我的興趣。 → 下標題、翻桌技巧	需要讀比較多先備知識的時候，需要花很長的篇幅把專業講清楚 → 應城知識，要點的技巧	閱讀「翻桌」，是接吻跟解題比較簡易的知識點 (ex. 研化方向)，他先跟這想這然後以時間順序描述翻桌的過程。 → 預設後看知識背景 → 對象不同的寫作也不一樣

1. 我在閱讀的過程中，遇到的困難是？	沒有遇到太大困難
2. 這篇文章使我聯想到……(可寫下一至數個關鍵詞)	地球形成、宇宙史、史前時代、地球科學、深海科學

資料編號 11101-05-2。

KWL 閱讀回饋單

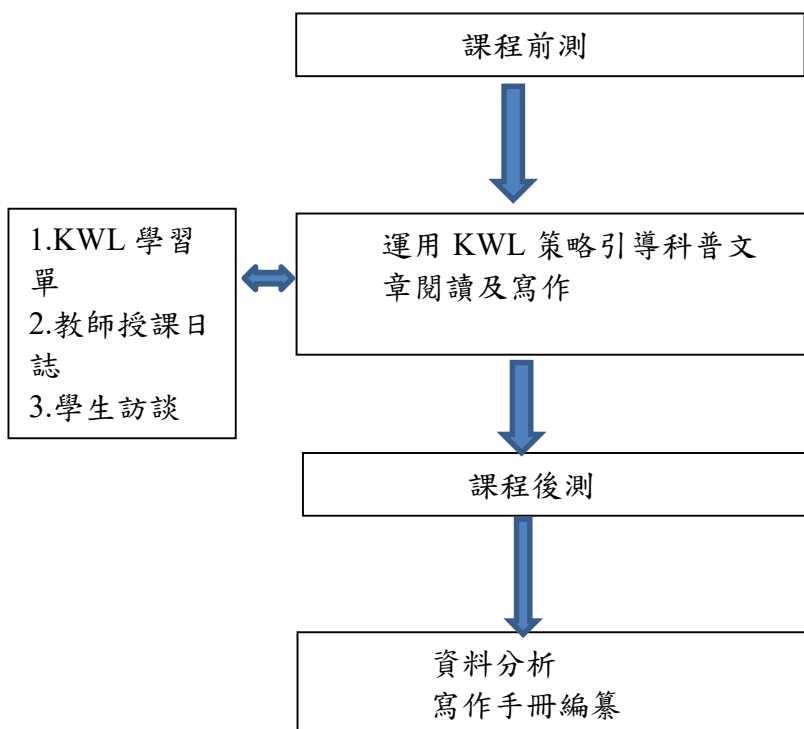
科系： 姓名：
 篇名：1.龍蝦都懂社交距離 出處：科學人雜誌

K 我知道.....	W 我想知道.....	L 我學會.....
- 我知道動物對於疾病也有一套預防機制（如：狗會在自然界自己找藥草吃） - 我知道社交距離是這幾年新興的詞，它造成了許多社會爭議，影響了無數產業與經濟。	- 所謂動物的社交距離和人類的有什麼異同，以及動物會怎麼執行社交距離？ - 作者會怎麼延伸說明人類可以怎麼從動物的社交距離借鏡（如果有值得借鏡的地方）	- 社交距離對於群體演化及繁衍後代是有幫助的，而且在自然界是許多動物會採取的自我防衛機制 - 在置長類社交距離裡，血緣關係／家人比起同伴還是更為重要，較不會因此被疏遠

1. 我在閱讀的過程中，遇到的困難是？	有些生物學專有名詞對於外行人來說有點艱澀，如：免疫活性蛋白質、結核病等，會不知道他們的意思或者是疾病的特徵。 另外，針對描述不同種動物的段落，有時會混淆，覺得資訊量太多沒辦法分辨清楚究竟現在是否已經跳到下一個動物了。
2. 這篇文章使我聯想到……（可寫下一至數個關鍵詞）	動物星球頻道 疫情裡出現的種種爭議 疫苗 隔離 居家隔离

資料編號：11102-15-1。

研究架構示意圖為：



研究工具：

研究將分別從量化及質性層面，檢視在引進 KWL 策略之後，學生的學習成效是否有所增進。量化方面，課程採前、後測形式，於學期的第二、十六週進行。在樣本題目中，使用李克特五點選項，了解學生的自我寫作能力評估與學習表現是否因 KWL 策略介入而有所增進。問卷題目如下：

前測問卷

姓名_____

學院_____

系所_____

年級

- ☐ 大一
- ☐ 大二
- ☐ 大三
- ☐ 大四
- ☐ 大五以上

性別

- ☐ 跨性別/其他
- ☐ 女
- ☐ 男

1. 請問同學過去閱讀科普文章的經驗？

- ☐ 定期/經常閱讀(每個月四篇以上)
- ☐ 還算常接觸(每個月至少兩至三篇)
- ☐ 普通(每個月一篇)
- ☐ 甚少(曾經看過一至三篇)
- ☐ 幾乎不曾接觸

2. 請同學自我評估自己的閱讀能力

- ☐ 純熟
- ☐ 良好
- ☐ 普通
- ☐ 尚可
- ☐ 不好

3. 希望在本課程學習撰寫哪些類型的科普文章？(可複選)

- ☐ 專業名詞術語
- ☐ 教學文
- ☐ 科普文章

- ☐ 科學家小傳
- ☐ 科普書籍導讀
- ☐ 其他_____ (請寫出)

4. 了解課程大綱之後，請問同學預期在本課程學習哪些技巧？(可複選)

- ☐ 瞭解前述各類型文章的體裁特色
- ☐ 掌握前述類型選文的特徵及長處
- ☐ 運用寫作知識撰寫前述類型文章
- ☐ 發展寫作自覺並提升自我編修能力
- ☐ 因應寫作目的而能適切表達、溝通

5. 請同學自我評估目前於下列幾種類型科普文章的寫作能力：

	極差	不佳	普通	佳	優良
專業名詞術語					
科普文章					
科普書籍導讀					

後測問卷

姓名_____

學院_____

系所_____

年級

- ☐ 大一
- ☐ 大二
- ☐ 大三
- ☐ 大四
- ☐ 大五以上

性別

- ☐ 跨性別/其他
- ☐ 女
- ☐ 男

1. 經過一個學期的學習，同學已能掌握 KWL 閱讀策略的定義及內涵

- ☐ 非常同意
- ☐ 同意
- ☐ 普通
- ☐ 不同意
- ☐ 非常不同意

2. 經過一個學期的學習，同學能夠借助 KWL 閱讀策略提升自我閱讀能力

- ☐ 非常同意
- ☐ 同意
- ☐ 普通
- ☐ 不同意
- ☐ 非常不同意

3. 經過一個學期的學習，同學在科普文章的閱讀量方面有大幅增長

- ☐ 非常同意
- ☐ 同意
- ☐ 普通
- ☐ 不同意
- ☐ 非常不同意

4. 經過一個學期的學習，同學比較能瞭解課程中各類型文章的體裁特色

- ☐ 非常同意
- ☐ 同意
- ☐ 普通
- ☐ 不同意
- ☐ 非常不同意

5. 經過一個學期的學習，同學比較能掌握課程中各類型選文的特徵及長處

- ☐ 非常同意
- ☐ 同意
- ☐ 普通
- ☐ 不同意
- ☐ 非常不同意

6. 經過一個學期的學習，同學比較能運用寫作知識撰寫課程中的各類型文章

- ☐ 非常同意
- ☐ 同意
- ☐ 普通
- ☐ 不同意
- ☐ 非常不同意

7. 經過一個學期的學習，同學比較能發展寫作自覺並提升自我編修能力

- ☐ 非常同意
- ☐ 同意
- ☐ 普通
- ☐ 不同意
- ☐ 非常不同意

8. 經過一個學期的學習，同學比較能因應寫作目而適切表達、溝通

- ☐ 非常同意
- ☐ 同意
- ☐ 普通
- ☐ 不同意
- ☐ 非常不同意

9. 請同學再次自我評估下列幾種類型科普文章的寫作能力：

	極差/沒概念	不佳	普通/尚可	良好	出色
專業名詞術語					
科普文章					
科普書籍導讀					

另外，課程結束後，另行調查學生接受訪談之意願，另約時間進行三十分至四十分鐘之一對一訪談。訪談問題如下：

(1)說說本學期在課堂上分組閱讀及討論文章(包含指定閱讀材料及同學、各組的習作)的過程中，令你印象最深刻的部分是……(如文章主題、學習單的問題、自己小組組員或其他小組的回應，或者其他?)

(2)請同學談談在學習撰寫科普文章的過程中，閱讀選文對你的幫助如何？

(3)同學認為填寫 KWL 學習單，能否協助你更容易掌握文章的要點，觀察到作者的寫作長處？

(4)在閱讀科普文章的過程中，是否有感到困難的地方？如果有，請進一步說明。

(5)就同學撰寫科普文章的經驗及過程，是否有感受到較困難的地方？如果有，請進一步詳細說明(例如發想主題、分工合作、成果整合，或其他)。

(6)同學對於之後科普寫作課進行的方式，是否想提出建議？

(7)同學覺得，修過一學期的科普寫作課後，對於你在哪些方面的學習或發展可能有所幫助？

6. 教學暨研究成果 Teaching and Research Outcomes

(1) 教學過程與成果

統計本計畫執行一年，共有科系專有名詞術語、科普書籍導讀各 44 篇，以及科普文章 19 份(組)。值得一提的是學生在撰寫科普文章方面的表現。外審委員多給予正面評價：

架構清晰，圖片精美且與文章搭配得宜，知識豐富，是一篇用心之作。

主題相當獨特，整體結構清晰，段落安排得宜，圖文搭配契合，展現作者群的細心與邏輯思考能力。

在修辭技巧的部份，作者善用問題、故事、口語化的語言等方法，讓內容更具互動性。也會利用粗體和圖表，讓重點更為強調，畫面會更為豐富。

解釋影響釋出高電流的各種環境變因時，都能運用合適的比喻加以說明，對內容理解上有相當的助益。事實上，善用比喻（Analogy）是撰寫科普文章很常用的策略。值得鼓勵！

作品包裝成某一期雜誌，是相當具整體性的設計。參考文獻的引用格式，也相對完整正確。各章利用動漫、二維碼、梗圖、ChatGPT 等方式引起讀者興趣，相當用心。

綜合以上意見，可看出學生的科普習作在內容及形式方面的出色表現。而學生進一步將科普文章的內容轉化為科普短講的形式，除了可練習口語溝通表達之外，也使得科學知識的傳播更加活潑、多元化，課堂的氣氛亦十分熱絡。



科普短講活動(1)



科普短講活動(2)

(2) 教師教學反思

在教學的過程中，教師須保持主動及具備敏感度，才能及時發覺學生在學習上遭遇的困難，設法找到解決之道。舉例來說，參與本計畫者，需在學期內完成六份 KWL 閱讀回饋單，上學期回收前兩篇選文的 KWL 閱讀回饋單以後，發覺普遍書寫的內容都較為簡略，詢問學生之後，了解到或許「手寫」是影響學生書寫閱讀回饋單意願及詳細度的重要因素，因此，第三篇文章以後的閱讀回饋單，均請同學改採電子檔繳交。

與學生互動的過程中，也曾發現到缺乏寫作經驗的學生，較容易混淆說明與議論文特性差異，因此有將科普文章與學期報告相混淆的情況。對此，除了與學生單獨討論之外，也嘗試提供以往學長姊撰寫的優秀範文，以加強學生對文體特質的掌握。

另一方面，由於科學知識的傳播需要留意的細節頗多，若單靠寫作教師一人之力，難免有未盡周全之處。在此特別感謝，在計畫的經費支持之下，使得學生的習作有機會請科普專業領域的委員審閱，獲得更多專業方面的建議。例如由編號 11102-01、25、27 三位合撰之〈性病知多少〉這一組的科普文章，審閱意見中指出：

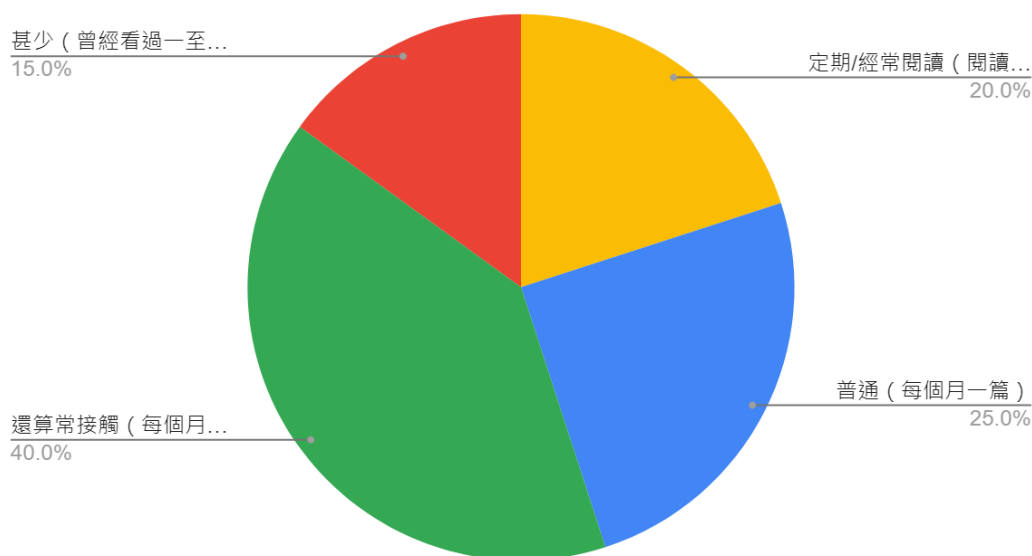
作者忽略了探討治療愛滋病的倫理與法律相關議題。這也是科普很重要的任務之一。

這對於學生來說，便是很珍貴的提醒。而教師在閱讀外審意見時，也可從中學習到許多實務上應當留意之處，更有助於增進批閱習作之技巧，將其應用於之後的課程中。教學者在此過程中，也成為學習者，充實個人教學知能。

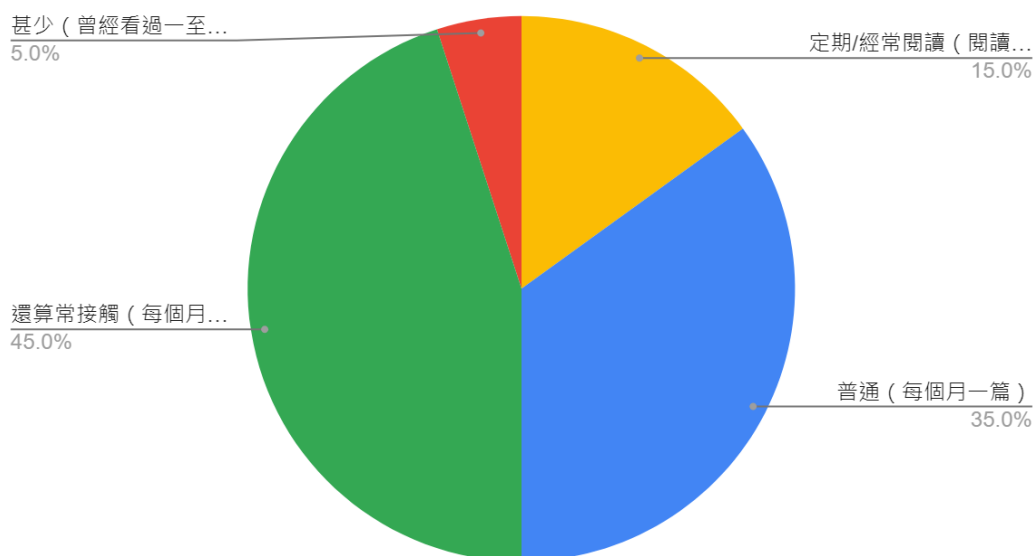
(3) 學生學習回饋

由於課程的設計乃是以學生為主體，因此本計畫特別注重學生的自我學習情況評估。我們可分別從量化與質性兩方面觀察學生的回饋。首先，在學期初的前測中，我們調查了學生以往閱讀科普文章的經驗，將之分為四種程度，分別為：甚少（曾經看過一至三篇）、普通（每個月一篇）、還算常接觸（每個月約兩至三篇）、定期／經常閱讀（閱讀量每個月四篇以上），將其換算成分數，頻率由低到高分別為 1，2，3，4 分，計算其平均得分。前測結果發現，上學期同學過去閱讀科普文章的經驗的平均得分為 2.65，介於普通及還算常接觸之間；而下學期同學過去閱讀科普文章的經驗的平均得分為 2.7，介於普通及還算常接觸之間。

上學期同學過去閱讀科普文章的經驗



下學期同學過去閱讀科普文章的經驗



而後，透過學期結束時之調查問卷（後測問卷），以瞭解修課學生對於閱讀及寫作能力的自我評鑑，分為對 KWL 閱讀策略的定義的掌握程度、是否能借助 KWL 閱讀策略提升自我閱讀能力、科普文章閱讀量增長程度等三個面向。本問卷採李克特（Likert）五等量尺計分，以 5，4，3，2，1 分別表示不同的同意程度，得分越高表示越同意。結果如下：

是否能掌握 KWL 閱讀策略的定義

上學期：平均得分 3.85，介於普通與同意之間。

下學期：平均得分 3.85，介於普通與同意之間。

能否借助 KWL 閱讀策略提升自我閱讀能力

上學期：平均得分 3.50，介於普通與同意之間。

下學期：平均得分 3.85，介於普通與同意之間。

閱讀量是否有所增長

上學期：平均得分 4.35，介於同意與非常同意之間。

下學期：平均得分 4.30，介於同意與非常同意之間。

學期		人數	平均數	標準差
上學期	能夠掌握 KWL 閱讀策略的定義	20	3.85	0.49
	能夠借助 KWL 閱讀策略提升自我閱讀能力	20	3.5	0.61
	通過課程，科普文章的閱讀量有所增長	20	4.35	0.74
下學期	能夠掌握 KWL 閱讀策略的定義	20	3.85	0.67
	能夠借助 KWL 閱讀策略提升自我閱讀能力	20	3.85	0.74
	通過課程，科普文章的閱讀量有所增長	20	4.3	0.66

表一：自我評斷經過一個學期的學習成果（針對閱讀能力、閱讀量的部分）

而在寫作、溝通表達能力是否提升方面，後測問卷中更細分出五項具體內容，請學生勾選，結果為：

學期		人數	平均數	標準差
上學期	能瞭解課程中各類型文章的體裁特色	20	4.4	0.5
	能掌握課程中各類型選文的特徵及長處	20	4.3	0.47
	能運用寫作知識撰寫課程中的各類型文章	20	4.2	0.62
	能發展寫作自覺並提升自我編修能力	20	4.4	0.6
	能因應寫作目的而適切表達、溝通	20	4.3	0.57
下學期	能瞭解課程中各類型文章的體裁特色	20	4.3	0.57
	能掌握課程中各類型選文的特徵及長處	20	4.25	0.55
	能運用寫作知識撰寫課程中的各類型文章	20	4.3	0.57
	能發展寫作自覺並提升自我編修能力	20	4.25	0.64
	能因應寫作目的而適切表達、溝通	20	4.25	0.44

表二：自我評斷經過一個學期的學習成果 (針對寫作能力的部分)

再者，本課程的書面習作共有三大主題，分別為專業名詞術語介紹、科普寫作以及科普書籍導讀。比較前、後測結果如下：

專業名詞術語介紹

上學期前測：平均得分為 2.9，介於不佳及普通之間。

上學期後測：平均得分為 3.7，介於普通及良好之間。

下學期前測：平均得分為 2.9，介於不佳及普通之間。

下學期後測：平均得分為 3.65，介於普通及良好之間。

科普寫作

上學期前測：平均得分為 2.75，介於不佳及普通之間。

上學期後測：平均得分為 3.75，介於普通及良好之間。

下學期前測：平均得分為 2.95，介於不佳及普通之間。

下學期後測：平均得分為 3.75，介於普通及良好之間。

科普書籍導讀

上學期前測：平均得分為 2.2，介於不佳及普通之間。

上學期後測：平均得分為 3.05，介於普通及良好之間。

下學期前測：平均得分為 2.55，介於不佳及普通之間。

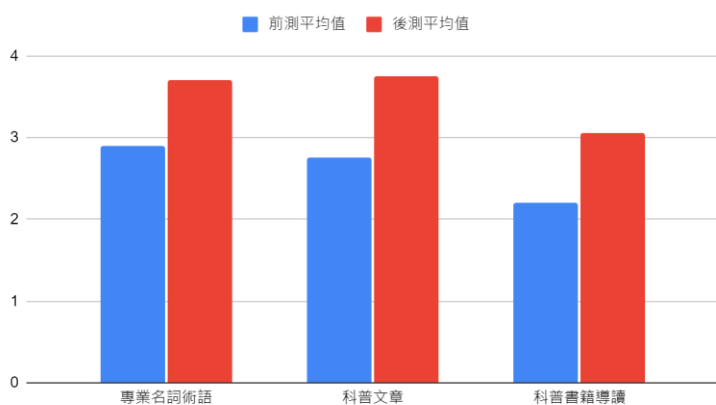
下學期後測：平均得分為 3.2，介於普通及良好之間。

綜合上述，學生經過課程的學習後，在三項寫作主題的書寫能力都有所提升。

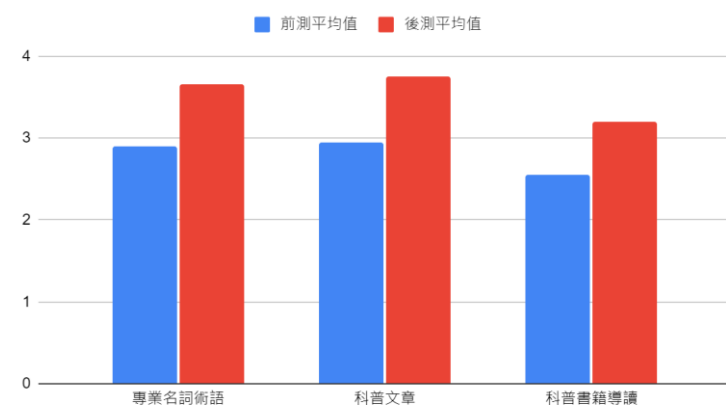
上學期寫作能力自評	前測平均	後測平均	進步幅度	下學期寫作能力自評	前測平均	後測平均	進步幅度
專業名詞術語	2.9	3.7	0.16	專業名詞術語	2.9	3.65	0.15
科普文章	2.75	3.75	0.2	科普文章	2.95	3.75	0.16
科普書籍導讀	2.2	3.05	0.17	科普書籍導讀	2.55	3.2	0.13

表三：自評寫作能力之前後差異

上學期寫作能力自評



下學期寫作能力自評



上、下學期寫作能力自評比較圖。

最後，在閱讀量提升與寫作能力提升的相關性方面，學生普遍同意閱讀量有所提升，以此參照他們所自評的寫作能力提升情況，也是普遍從「不佳到普通之間」提升至「普通到良好之間」。

以上是從量化方式檢視學生的學習回饋。從質性的方式來看，透過訪談可知，學生對於計畫所提供的選文，抱持著肯定的態度。例如有位歷史背景的學生提到，過去原本對科學文章有些排斥，也沒有信心能夠理解當中的知識內容，但經由課程的引導，發覺「原來有些文章是滿值得看的。」(編號 11101-07)

另一位受訪學生提到，填寫 KWL 閱讀回饋單，有助於「回憶自己內化過的知識。」(編號 11102-10)此點可印證學者所指出的 KWL 閱讀策略的長處。

7. 建議與省思 Recommendations and Reflections

本計畫之建議與省思，總結有以下四點：

(1)KWL 閱讀策略將持續應用在往後的課堂上，包含在平時作業考核的一部分。同時，也將進一步考慮依學生的程度，對選文之難易度加以分級。

(2)本計畫對中等程度或缺乏科普文章寫作經驗的學生幫助較大。從少數出色到整體共好，是課程一直以來的發展主要目標。

(3)授課教師將持續充實教育相關理論知識，增進教學、研究知能。

(4)配合課程與計畫所需編纂之科普寫作手冊，將在 112 學年度課堂繼續試用、修改，並尋求正式出版機會。

二. 參考文獻 References

(中文依作者姓氏筆劃，英文依作者姓氏拼音順序排列)

王萬儀 (2010)。現代白話文寫作類型研究 (未出版之博士論文)。新竹：國立清華大學中文系。

李松濤、許文怡 (2020)。科學傳播歷程中程序性知識特徵的框架探究——以飲食保健類科學研究新聞為例，科學教育學刊，28 (2)，143 – 168。

李長潔 (2015)。跨科際溝通：科學敘事的共同書寫。科學傳播論文集 7，385–396。

洪月女、靳知勤 (2008)。科學寫作理論與教學之探討，課程與教學，11 (2)，173-191。

范禹平 (2019)。運用 KWL 閱讀策略進行科普閱讀之行動研究 (未出版之碩士論文)。台中：台中教育大學教師專業碩士學位學程。

陳佳欣。現代公民核心能力指標報告。取自

<https://hssda.moe.edu.tw/wSite/ct?ctNode=316&mp=1&xItem=17972>。下載日期 2020 年 10 月 1 日。

陳靖文、黃秀霜 (2018)。大學說明文讀寫整合教學方案成效評估。課程與教學，21 (1)，159 – 190。

靳知勤 (2013)。大學生對科學寫作態度與相關能力知覺之研究－科學寫作課程的影響。課程與教學，16 (2)，89-114。

靳知勤 (2018)。運用寫作認知歷程策略提升大學生的科學主題寫作表現，科學教育學刊，26 (3)，261-282。

蔡孟利 (2015)。科學傳播所需之中文資料來源的擴充與精鍊。科學傳播論文集 7，261-266。

Akhondi, M., Malayeri, F. A., & Samad, A. A. (2011). How to teach expository text structure to facilitate reading comprehension. *The Reading Teacher*, 64(5), 368-372.

Brockman, J. (Ed.). (1996). *Third Culture: Beyond the Scientific Revolution*. Simon and Schuster.

Martino, N. L., Morris, J. A., & Hoffman, P. R. (2001). *Reading comprehension*

instruction – Effects of two types. *Journal of Developmental Education*, 25(1), 2-12.

Murray, D.M. (1982). *Learning by teaching: Selected articles on writing and teaching*. Montclair, NJ: Boynton/Cook.

Donna M. Ogle. (1986). K-W-L: A Teaching Model That Develops Active Reading of Expository Text. *The Reading Teacher*. Vol. 39, No. 6, 564-570.

三. 附件 Appendix

學生習作：參與本計畫學生所撰寫之優秀科普文章摘錄

資料編號：11101-01-2、11101-17-2、11101-18-2

主題名稱：〈氣候無底凍 從《明天過後》談氣候變遷與災難片中的電影心理學〉

溫鹽環流：全球大洋輸送帶

THE GLOBAL CONVEYER BELT

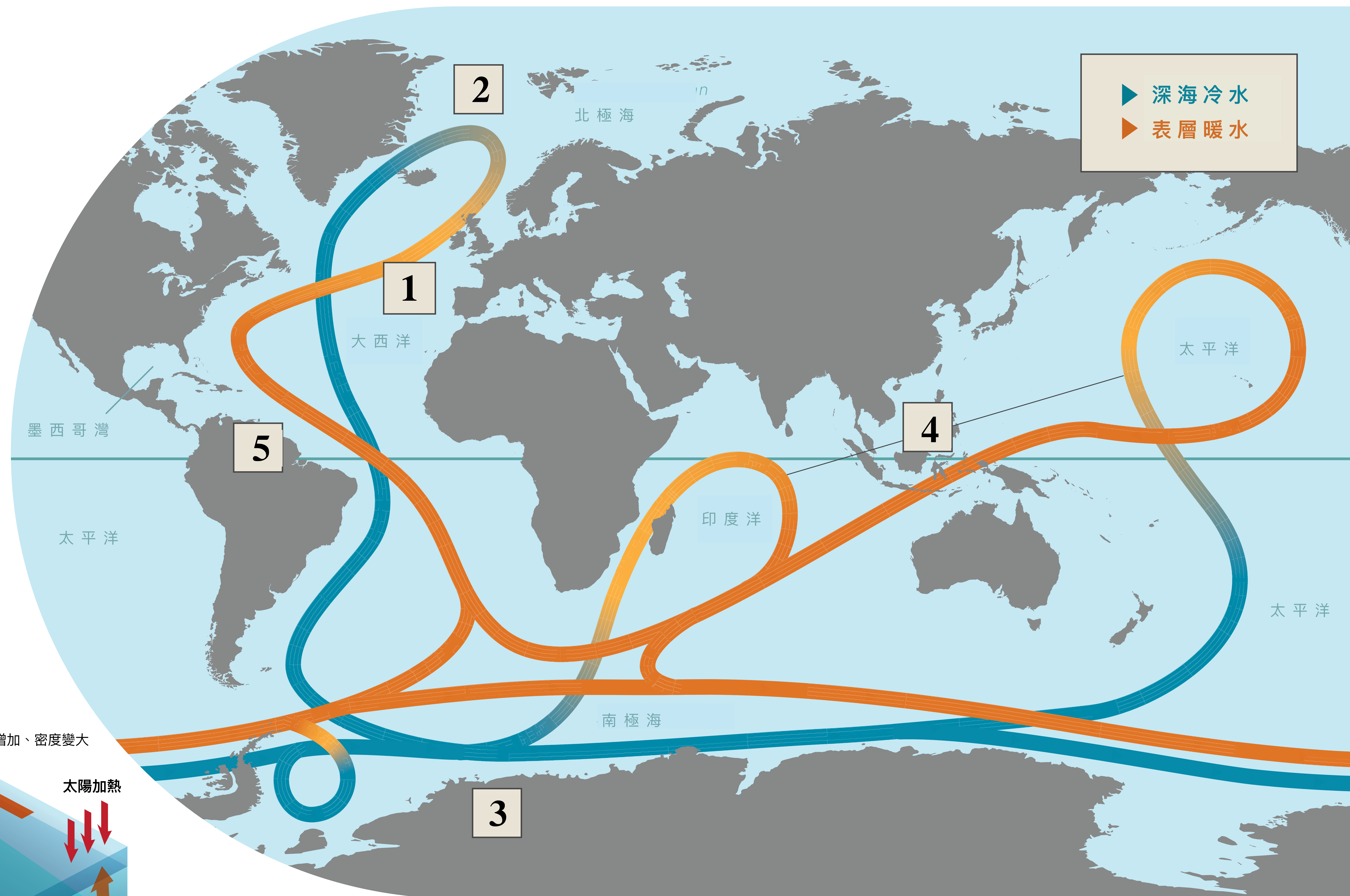
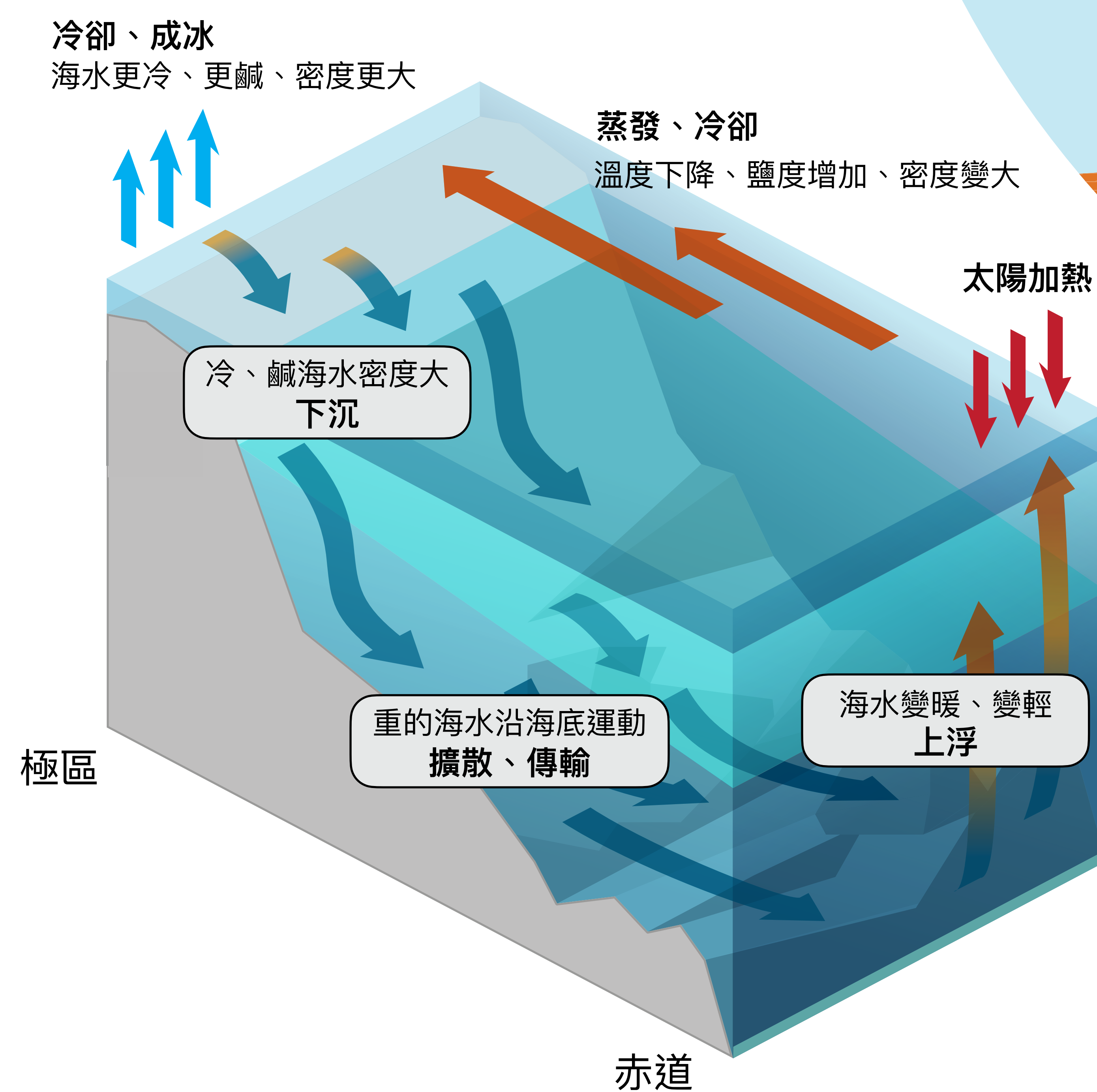
圖二、溫鹽環流的構造。
(圖片修改自國家地理)

全球大洋輸送帶是一個向世界各地輸送海水的洋流系統。雖然表層的洋流主要由風驅動，但風力無法觸及深海，因此在深海中，海水是由水密度差異驅動的，稱為溫鹽環流。海水密度取決於海水的「溫度」和「鹽度」。沿著這個輸送帶，熱能和營養物質以一千六百年左右的週期在世界各地移動。

藉由輸送熱能，這個輸送帶影響著地球各地的能量收支平衡，微妙地維持地球氣候的穩定。

1 隨著副熱帶地區的海水往較為寒冷的極區流動，過程中海水不斷蒸發、冷卻，前者讓鹽度增加，後者讓溫度下降，兩者都讓海水變得更重。

海水流動



2 高緯度地區，部分海水結冰形成冰層，使剩餘海水的鹽度更高，更重，最終在極地下沉。下沉後的海水形成冰冷的深層水，並在深海緩慢的擴散、流動。這些來自極區的深層水是世界各地深海冷水的來源。

3 抵達南極的深層水，少了各大洲的陸地阻擋，得以沿著南極大陸的邊緣不斷流動。其中部份的深層水流入印度洋和太平洋，藉此在各大洋的海底間流動。

4 海水在熱帶地區受太陽加熱而重新湧升（upwelling），重回海洋表層。

5 較為溫暖的表層海水重新流入大西洋，形成完整的全球循環。

經向
順著經線的方向，也
就是南北方向。

大西洋經向翻轉流 歐洲的天然暖氣機

由於海水的鹽度和溫度在熱帶地區和兩極差異最大，因此溫鹽環流主要是經向流動。其中如果觀察溫鹽環流在大西洋的部分，會發現表層的海水從赤道開始，行經墨西哥灣，往北極流動，並在高緯度地區的冰島和格陵蘭附近下沉；而深海的海水則轉向，從高緯度地區往赤道前進，並持續往南極流動。這個翻轉的環流被稱為「**大西洋經向翻轉環流**（Atlantic meridional overturning circulation，簡稱 AMOC）」。AMOC 可以視為溫鹽環流在大西洋的部分，也是《明天過後》中影響氣候的主角。

AMOC 由多個部分組成（如圖三）。副熱帶地區炎熱且乾燥少雨，因此該處的海水具有高鹽度。這些表層高鹽度的溫暖海水靠著風送流（**墨西哥灣流**和**北大西洋暖流**），由墨西哥灣經美國東岸向東北方的冰島前進。溫暖的海水在高緯度地區冷卻之後，由於鹽度比周圍的海水更高，密度也就更大，因此下沉到深海。沉降到深海後的海水形成「**北大西洋深層水**（North Atlantic Deep Water）」，這些冰冷

的深層海水沿著海底向南移動，從南半球離開大西洋並在全球的海洋循環，最後回到大西洋。

倫敦、巴黎等主要的歐洲城市，緯度比日本的北海道還要高，北歐地區甚至和冬季嚴寒的西伯利亞緯度相當。然而，這些西歐的城市在冬季很少像日本北海道一樣，受到暴風雪襲擊，而北歐的挪威甚至擁有許多天然的不凍港。這是因為 AMOC 挾帶大量來自熱帶低區的能量，源源不絕的往中高緯度地區傳送。科學家們估算，AMOC 每年從副熱帶地區向高緯度地區傳送的能量，相當於挪威海域每年自陽光接收能量的三分之一。

融冰改變了一切

那麼在《明天過後》裡描述的全球暖化情境下，這一切會如何改變呢？

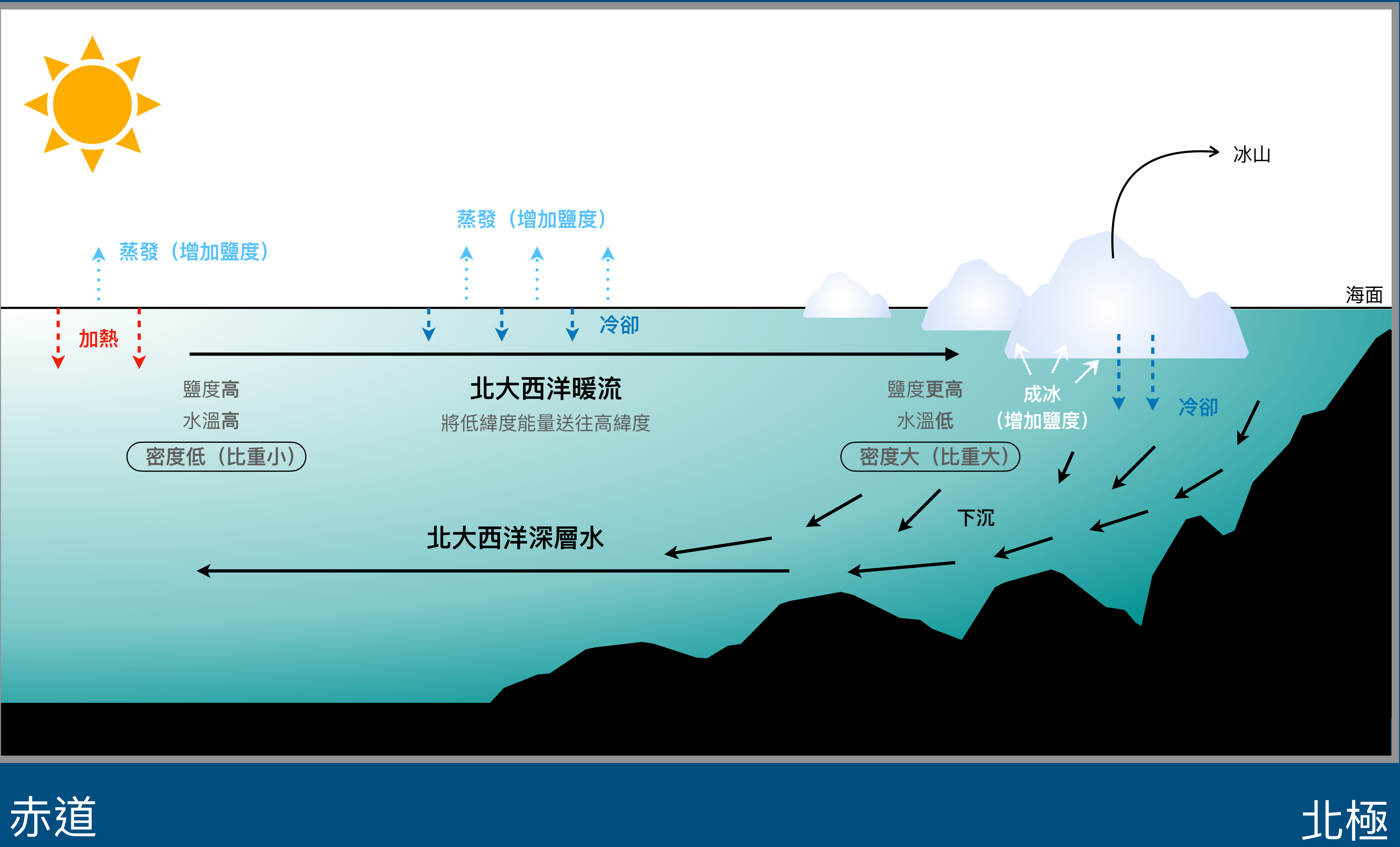
當大量來自陸地的融雪或是冰山溶解之後產生的大量淡水，流入高緯度地區的海域，這些鹽分濃度極低的冰冷淡水，因為密度較相同緯度的冰冷鹹水還要小，因此浮在高緯度海域的表層，並沿著海洋表面向外擴散，甚至形成往南方前進的洋流。此時，原本南方的暖流失去了北方排水孔的吸力而速度減慢，甚至會在向北輸送的途中，遇到來自北方更輕的冷海水，密度較大的暖流就直接在兩者會合處下沉。結果北大西洋洋流不再繼續往更高的緯度前進，而是下沉或轉向東，成為前往西班牙沿岸的海流。

冰冷的淡水阻絕熱帶地區的暖流北上的結果，就是中高緯度地區，不再能得到足夠的能量，使得北美和歐洲地區陷入一片嚴寒。

圖三、大西洋經向翻轉環流（AMOC）的結構。圖中可見 AMOC 由多個部分組成，墨西哥灣流（1）和接續其後的北大西洋暖流（2），兩者由南向北輸送來自副熱帶地區溫暖的表層鹹水。當暖水向北流動時，蒸發和冷卻會同時發生，前者讓海水更鹹、鹽度更高，後者則讓海溫降低，低溫和高鹽度使海水密度更大、更重，最終在冰島和格陵蘭附近下沉形成北大西洋深層水（3）。又冷又重的深層水在海面下數公里處，沿著海底轉向南移動。（圖片修改自 realclimate.org）

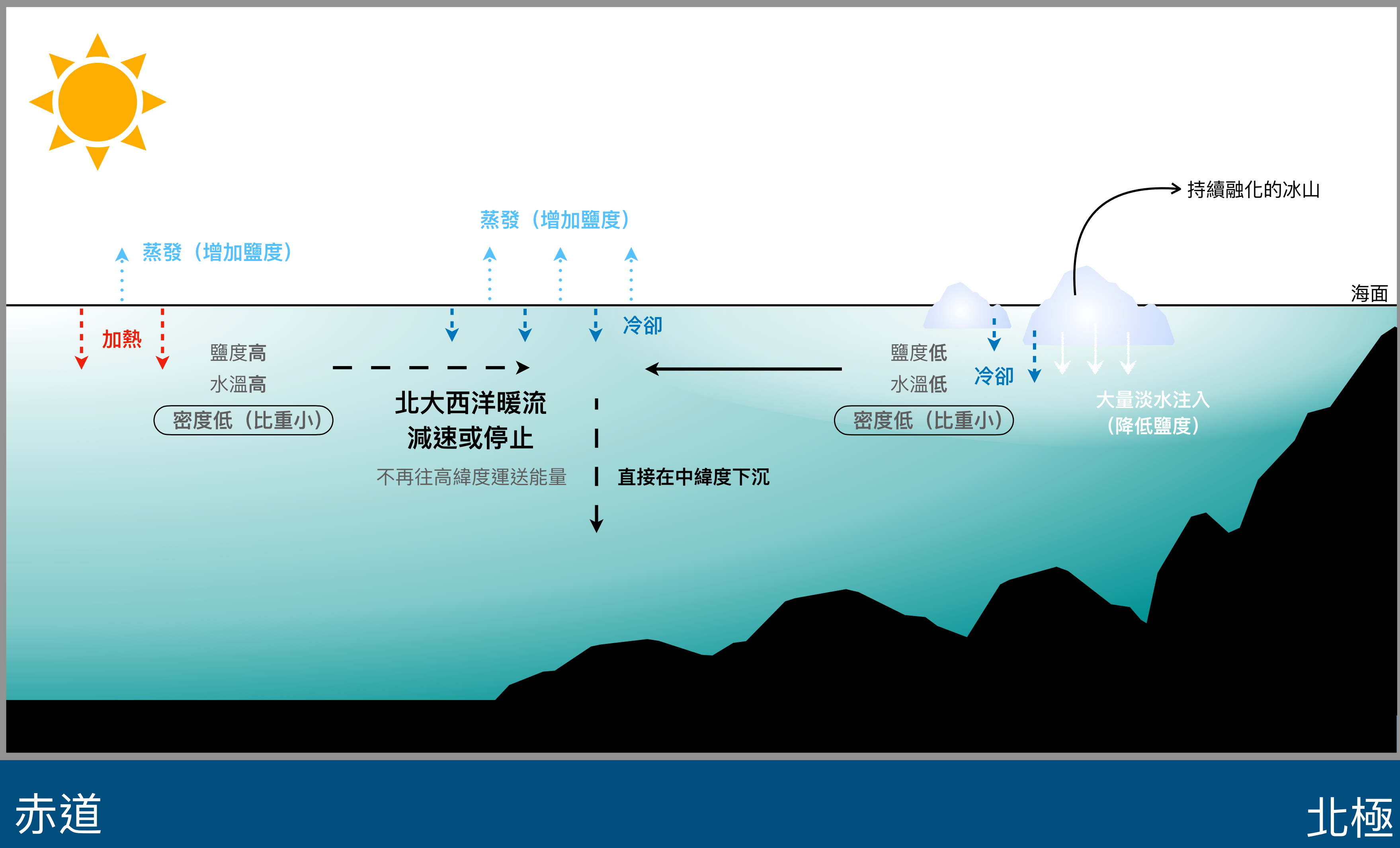


(A) 正常的大西洋經向翻轉流



正常情況下的北大西洋：高緯度地區的海水比重比低緯度低區大得多，使得高緯地區的海水得以下沉至深海，並驅動北大西洋暖流源源不絕地向北輸送能量。

(B) 融冰下產生的淡水強制力



大量融冰下的北大西洋：高緯度地區的海洋表層將浮上一層比重很小的淡水，使得該處海水無法下沉，並阻止低緯度地區的暖海水往極區輸送能量。

圖四、大西洋經向翻轉環流（AMOC）在正常情況下（A）與大量融冰下的海水運動機制（B）。（作者整理）

突破臨界點

事實上，北大西洋暖流的停止，並不會只有歐美自家的事。在地球的氣候系統中，如果只考慮來自太陽的輻射，中高緯度地區是長期處在能量虧損的狀態，熱帶地區則處在能量盈餘的狀態。因此來自熱帶地區的能量，會透過大氣與海洋，送往高緯度的寒冷地區，使得冷的地方不會越來越冷、熱的地方不會越來越熱。

然而，全球海水的溫度、鹽度和洋流不是均勻對稱的分佈，使得太平洋並不像大西洋得天獨厚。太平洋的海水受到寒流、涼流阻擋，熱帶地區的能量很難透過暖流輸送到北緯三十五度以上的地區，因此整個北半球洋流傳送能量到高緯度地區的工作，幾乎都由北大西洋負責。所以北大西洋暖流的停止，是有可能造成全球性的改變的。

這個機制也被氣候科學家們普遍認為是重要的「**氣候臨界點**（Climate Tipping Point）」之一。一旦被觸發，地球的氣候有可能產生短時間內重大的改變。



名詞補給

氣候臨界點

傾覆點（Tipping point），指的是系統發展到一定的程度後，會產生飛躍性且不可逆的變化。而**氣候臨界點（Climate Tipping Point）**，則是指地球氣候系統的傾覆點。氣候系統的改變（比如全球暖化）達到氣候臨界點後，衝擊將不可逆轉只能等待發生。在達到氣候臨界點前，人類還有機會控制局面，而一旦過了臨界點，即使將溫室氣體的排放減少到零，也無法挽回局面。地球的氣候系統中很多東西都可能觸發臨界點，「大量融冰導致AMOC 減弱或終止」就是其中一個。一般認為，系統在觸發臨界點後產生的重大改變，容易在短時間內發生，但要恢復成原來的狀態卻是非常漫長的過程。

不祥的徵兆

當然，上面談論的僅是非常理想下的模型；現實世界中，龐大的氣候系統以非常複雜的方式運作著。相對於未知的部分，氣候科學家至今對氣候系統的了解依然非常少。全球暖化下的融冰究竟會對洋流造成多大的影響，科學家也沒有確定的答案。

然而，隨著近年來海洋觀測技術的進步，加上氣候學家對歷史氣候的資料越來越充足，越來越多研究指出 AMOC 在過去幾十年來明顯減弱，甚至是處於一千六百年來最弱的時候。且資料統計顯示，這種觀測到的 AMOC 強度下降，確實是環流持續失去穩定性的跡象，在統計上具有說服力，而不僅僅是暫時或隨機的減弱。

「不穩定」是可信的 但「崩潰」還很難說

科學家根據各種不同的電腦模擬結果推測，到了世紀末，AMOC 的強度將會減少百分之三十五至四十五不等，這將使得地球的氣候系統距離臨界點更近。英國倫敦大學學院科學家索納利（David Thornalley）指出，AMOC 確實處於一千六百年來的最弱點，穩定性的下降令人擔憂，「但我們仍不知道崩潰是否會發生，或離我們有多近」。

事實上，在過去的二十年裡，**聯合國政府間氣候變化委員會（IPCC）**不斷強調「氣候臨界點」可能造成巨大的風險。尤其在 2021 年最新出版的第六次報告（IPCC AR6 WGI）中，科學理論、觀測和電腦模擬都更加完整。這些科學報告呈現了更多的細節和更可靠的電腦模擬結果。雖然許多模擬的結果顯示，「AMOC 減弱是否真的會崩潰，以致於觸發氣候臨界點」的不確定性非常高，且不同科學單位的模擬結果，彼此間的分歧也很大，但幾乎可以可以確定，未來一百年 AMOC 會持續減弱且強度會變得非常不穩定。

氣候科學家的憂心

而科學家擔心的是，無論是否觸發臨界點，AMOC 的強度將影響北大西洋地區的暖化速度，足以決定科學家們對暖化「速度」和「幅度」的評估。這攸關人類要如何調適和減緩，將決定我們要如何應對、用什麼程度應對、用什麼節奏應對全球暖化，但如今這些評估卻因為 AMOC 的強度而充滿不確定。



延伸閱讀

新仙女木事件：萬年前的一次 AMOC 崩潰

新仙女木事件發生在距今約 12900 年前，當時全球氣候正從末次冰期中穩定復甦，但卻突然急遽變冷，可以說是全球氣溫全面回升時，一記冰冷冷的回馬槍。

仙女木是一種非常耐寒的薔薇科草本植物，1930 年代的古氣候科學家們在地層中發現反覆堆積的仙女木花粉，並依據仙女木花粉在地層中分佈的範圍，來推斷全球氣候的波動，並以此命名地質年代。在距今 12900 年前的地層中，科學家們發現大量的仙女木花粉堆積，且分佈範圍擴及全球多個地方。這些證據顯示，這段時間地球確實經歷了一段全球性的寒冷時代。科學家們把這個寒冷時代命名為新仙女木時期，並將此次全球氣候急遽變冷的事件稱為「新仙女木事件」。那麼，新仙女木事件究竟是如何發生的呢？

科學家推測，距今 15000 年前，第四季大冰期（也就是距今最後一次的冰期）結束之後，地球就逐漸變暖。氣溫升高、陸地上的萬年冰雪也逐漸融化、海平面上升。此時北美洲的冰雪也迅速融化，並聚集成一個巨大的湖，叫**阿加西湖（Aggasize Lake）**。隨著冰雪融化快速、湖水來不及宣洩而不斷上漲，最終在距今約 12900 年前，湖水衝破了湖岸，並一路順著地勢向東流，傾瀉近了大西洋。大量的並水湧入大西洋，導致了北大西洋暖流嘎然而止，並長期得不到恢復，才導致全球又進入了短暫的寒冷時代。

當然，新仙女木時期的氣溫驟降，是否完全由阿加西湖的潰堤造成，至今在學界仍然存在爭論。但可以確定的是，融冰產生的大量淡水，確實影響了北大西洋暖流。

參考資料

PART 1 改變氣候的臨門一腳：《明天過後》的真實性有多少？電影背後的科學探討

1. Curry, R., & Mauritzen, C. (2005). Dilution of the northern North Atlantic Ocean in recent decades. *Science*, 308(5729), 1772-1774.
2. Praetorius, S. K. (2018). North Atlantic circulation slows down. *Nature* **556**, 180-181. *doi: <https://doi.org/10.1038/d41586-018-04086-4>*
3. Caesar, L., Rahmstorf, S., Robinson, A. *et al* (2018). Observed fingerprint of a weakening Atlantic Ocean overturning circulation. *Nature* **556**, 191–196. doi: <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0006-5>
4. Boers, N. (2021). Observation-based early-warning signals for a collapse of the Atlantic Meridional Overturning Circulation. *Nature Climate Change*, 11(8), 680-688.
5. IPCC (2018): Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above preindustrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., Connors, S., Matthews, J. B. R., Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M. I., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M., and Waterfield, T. eds.). In Press.
6. IPCC (2021): Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:[10.1017/9781009157896.001](https://doi.org/10.1017/9781009157896.001).
7. Fox-Kemper, B., H.T. Hewitt, C. Xiao, G. Aðalgeirsdóttir, S.S. Drijfhout, T.L. Edwards, N.R. Golledge, M. Hemer, R.E. Kopp, G. Krinner, A. Mix, D. Notz, S. Nowicki, I.S. Nurhati, L. Ruiz, J.-B. Sallée, A.B.A. Slangen, and Y. Yu (2021): Ocean, Cryosphere and Sea Level Change. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1211–1362, doi:[10.1017/9781009157896.011](https://doi.org/10.1017/9781009157896.011).
8. Jonas Ehnle. (2021, Sep. 23). Part 3.4: Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC) [Web log post]. Retrieved from <https://jonas-ehnle.medium.com/part-3-4-atlantic-meridional-overturning-circulation-amoc-df14b2ebb3ef>
9. CarbonBrief: clear on climate. (2020, Feb. 10). Explainer: Nine ‘tipping points’ that could be triggered by climate change. Retrieved from: <https://www.carbonbrief.org/explainer-nine-tipping-points-that-could-be-triggered-by-climate-change/>
10. 10 New Insights in Climate Science 2021. 4. Climate tipping elements incur high-impact risks Retrieved from: <https://2021.10insightsclimate.science/10-new-insights-in-climate-science/4-be-aware-of-high-impact-risks-from-climate-tipping-elements/>
11. Damian Carrington. (2021, Aug. 5). Climate crisis: Scientists spot warning signs of Gulf Stream collapse | Climate crisis | The Guardian. Retrieved from: <https://www.theguardian.com/environment/2021/aug/05/climate-crisis-scientists-spot-warning-signs-of-gulf-stream-collapse>
12. Fiona Harvey. (2021, Feb. 26). Atlantic Ocean circulation at weakest in a millennium, say scientists | Climate crisis | The Guardian. Retrieved from: <https://www.theguardian.com/environment/2021/feb/25/atlantic-ocean-circulation-at-weakest-in-a-millennium-say-scientists>
13. Robert Mcsweeney. (2018, Nov. 4). Atlantic ‘conveyor belt’ has slowed by 15% since mid-20th century. Retrieved from: <https://www.carbonbrief.org/atlantic-conveyor-belt-has-slowed-15-per-cent-since-mid-twentieth-century/>
14. 愛德華斯（Edwards, R.）、布魯克斯（Brooks, M.）（2020）。破解好萊塢的科幻想像：11 種電影裡的世界末日與科學（黃靜雅譯）。台北市：天下文化。（原著出版於 2019 年）。
15. 田家康（2012）。氣候文明史：改變世界的攻防八萬年（歐凱寧譯）。台北市：臉譜。（原著出版於 2010 年）
16. 許桓瑜（2015）。新仙女木事件。檢自：<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=63934>
17. 維基百科。傾覆點。2022 年 11 月 13 日檢自：<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/倾覆点>

PART 2

開立地球的診斷證明書：

世紀科學行動——科學家如何花了 150 年證明地球不是在裝病？

1. Miguel Barral. (2019). Svante Arrhenius, the Man Who Foresaw Climate Change. Retrieved from <https://www.bbvaopenmind.com/en/science/leading-figures/svante-arrhenius-the-man-who-foresaw-climate-change/>
2. THE NOBEL PRIZE. (2021). Press release: The Nobel Prize in Physics 2021. Retrieved from <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2021/press-release/>
3. Wikipedia. History of climate change science. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_climate_change_science on 2022, Nov. 10.
4. Wikipedia. Svante Arrhenius. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Svante_Arrhenius on 2022, Nov. 12.
5. Wikipedia. Guy Stewart Callendar. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Guy_Stewart_Callendar on 2022, Nov. 12.
6. 黃彥婷（2022）。2021 諾貝爾物理獎：找出模擬地球系統的關鍵，為氣候變遷研究奠基。檢自：<https://pb.ps-taiwan.org/modules/news/article.php?storyid=647>
7. 陳毅軒（2022）。2021 諾貝爾物理獎：持續演變的氣候模式。檢自：<https://pb.ps-taiwan.org/modules/news/article.php?storyid=648>
8. 泛科學（2021）。【2021 諾貝爾物理學獎】如何觀測地球暖化？有「氣候模型」及「複雜物理系統」就搞定！檢自：<https://pansci.asia/archives/332373>
9. 泛科學（2021）。2021 諾貝爾物理學獎：極度燒腦的「氣候模型」及「複雜物理系統」ft. 許晃雄老師、林秀豪老師【科科聊聊 EP63】。檢自：<https://pansci.asia/archives/334249>
10. 泛科學（2019）。那些年，科學家一起研究的全球暖化——《讓人生從此改變的科學思考》。檢自：<https://pansci.asia/archives/152495>

PART 3 災難，一層綠幕之隔

1. Adam Forrest. (2021). Matt Hancock admits Hollywood film Contagion helped shape his vaccine response. Retrieved from <https://www.independent.co.uk/news/uk/politics/covid-vaccine-strategy-hancock-contagion-movie-b1796923.html>
2. Chris Winkle. (2018). Accounting for Character Identification. Retrieved from <https://mythcreants.com/blog/accounting-for-character-identification/>
3. Filmsite. Disaster Films. 2022, Nov 6. Retrieved from <https://www.filmsite.org/disasterfilms.html>
4. Jason Hellerman. (2022). The Disaster Genre in Film and TV Explained (Definition & Examples). Retrieved from <https://nofilmschool.com/disaster-genre-definition-examples>
5. John Hanc. (2021). On 9/11, a Flotilla of Ferries, Yachts and Tugboats Evacuated 500,000 People Away From Ground Zero. Retrieved from <https://www.smithsonianmag.com/history/911-flotilla-boats-evacuated-500000-new-yorkers-safety-180978614/>
6. Katie Spencer. (2022). Climate change: Disaster movie director Roland Emmerich says we need more blockbusters tackling environmental issues. Retrieved from <https://news.sky.com/story/climate-change-disaster-movie-director-roland-emmerich-says-we-need-more-blockbusters-tackling-environmental-issues-12498945>
7. Kelly Konda. (2015). Box Office: The Psychology of Disaster Movies, or Why San Andreas Sold So Many Tickets in Los Angeles & San Francisco. Retrieved from <https://weminoredinfilmm.com/2015/06/03/box-office-the-psychology-of-disaster-movies-or-why-san-andreas-sold-so-many-tickets-in-los-angeles-san-francisco/>
8. Miriam Kramer. (2013). Why We Love Disaster Movies. Retrieved from <https://www.livescience.com/28566-why-we-love-disaster-movies.html>
9. Regina Quadir. (2012). Disaster Movies: Lessons Learned. Retrieved from <https://blogs.cdc.gov/publichealthmatters/2012/02/disaster-movies-lessons-learned/>

10. Todd Gilchrist. (2004). *The Day After Tomorrow*: An Interview with Roland Emmerich. Retrieved from <https://www.blackfilm.com/20040528/features/rolandemmerich.shtml>
11. Tom Brook. (2013). The lure of the disaster movie. Retrieved from <https://www.bbc.com/culture/article/20130731-the-lure-of-the-disaster-movie>
12. Wikipedia, the free encyclopedia. Escapism. Retrieved from <https://en.wikipedia.org/wiki/Escapism> on 2022 Nov. 6.
13. 維基百科，自由的百科全書。災難片。2022 年 11 月 6 日檢自：<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/災難片>
14. 維基百科，自由的百科全書。英國 2019 冠狀病毒病疫苗接種計劃。2022 年 11 月 18 日檢自：<https://zh.m.wikipedia.org/zh-hant/英國2019冠狀病毒病疫苗接種計劃>
15. 國家電影及視聽文化中心。災難片 Disaster Film。2022 年 11 月 9 日檢自：<https://edumovie-tfai.org.tw/article/content/403>
16. 蔡甫昌（2021）。新冠肺炎全球大流行下的疫苗加速研發。檢自：<https://covid19.nctu.edu.tw/article/7031>

圖片來源

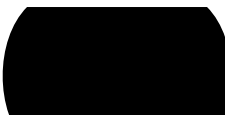
PART 1 改變氣候的臨門一腳：

《明天過後》的真實性有多少？

電影背後的科學探討

封面圖片

資料：2022 年 1 月 4 日全球海平面溫度。

繪圖：

資料來源：data.remss.com

圖一

Adapted from NASA. (2004, April 15). SATELLITES RECORD WEAKENING NORTH ATLANTIC CURRENT. Retrieved from <https://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2004/0415gyre.html>

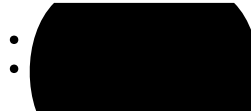
圖二

Adapted from National Geographic Society. The Global Conveyor Belt. Retrieved from <https://education.nationalgeographic.org/resource/global-conveyor-belt> on 2022, Nov. 11.

圖三

Stefan. (2017, Jan. 4). RealClimate: The underestimated danger of a breakdown of the Gulf Stream System. Retrieved from <https://www.realclimate.org/index.php/archives/2017/01/the-underestimated-danger-of-a-breakdown-of-the-gulf-stream-system/>

圖四

整理、繪圖：

其他頁面背景

皆取自無版權圖片平台：pixabay.com

PART 2

開立地球的診斷證明書：

世紀科學行動——科學家如何花

了 150 年證明地球不是在裝病？

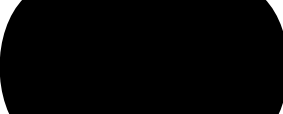
封面圖片

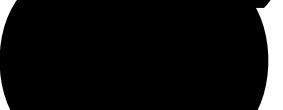
NIPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, In press, doi:[10.1017/9781009157896](https://doi.org/10.1017/9781009157896).

圖一

Adapted from Quora. Why is CO2 a greenhouse gas? November ninth, 2022 retrieved from <https://www.quora.com/Why-is-CO2-a-greenhouse-gas>

圖二

整理：

繪圖：

圖三

Adapted from:

1. Liz Fuller-Wright. (2020). Climate modeling at Princeton. Retrieved from <https://environmenthalfcentury.princeton.edu/research/2020/climate-modeling-princeton>
2. Britannica. global warming-Climate research, November twentieth, 2022 retrieved from <https://www.britannica.com/science/global-warming/Climate-research>

製圖、整理：

圖四

University Archive. Svante Arrhenius. Retrieved from <https://www.uni-wuerzburg.de/en/uniarchiv/personalities/eminient-scholars/svante-arrhenius/> on 2022 Nov. 20.

圖五

SC Hoje News. (2021, Mar. 25). Memória Digital: Fritz Müller. Retrieved from <https://schoje.news/2021/03/25/memoria-digital-fritz-muller-prefeitura-de-blumenau-2/>

圖六

Twitter. (2021). Quanta Magazine on Twitter. Retrieved from <https://mobile.twitter.com/QuantaMagazine/status/1445326415579201544>

圖七

Wikipedia. Syukuro Manabe. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Syukuro_Manabe on 2022, Nov. 20.

圖八

Adapted from THE NOBEL PRIZE. (2021). Syukuro Manabe - Nobel Lecture. Retrieved from <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2021/manabe/lecture/>

圖九

整理、繪圖：[redacted]

PART 3 災難，一層綠幕之隔

封面圖片

取自無版權圖片平台：pixabay.com

圖一

1. Disney Plus. The Day After Tomorrow. Retrieved from <https://www.disneyplus.com/movies/the-day-after-tomorrow/4h53OvedEmxE> on 2022, Nov. 19.
2. Faith Su 和 Ellen Wang (2016) 。《屍速列車》5 大看點：原來人性比活屍還可怕。檢自：<https://www.gq.com.tw/entertainment/content-29026>

圖二

hippogloria (2014) 。《明日之後》-警惕。檢自：<https://hippogloria1124.wordpress.com/2014/01/19/the-day-after-tomorrow-review/>

圖三

取自無版權圖片平台：pixabay.com

圖四

1. Ryan Lattanzio. (2019, Nov. 4). Roland Emmerich Regrets Making ‘Independence Day: Resurgence’. Retrieved from <https://www.indiewire.com/2019/11/roland-emmerich-independence-day-resurgence-1202187244/>
2. Eliana Dockterman. (2017, Sep. 21). Mother Moving Movie: Darren Aronofsky Interview | TIME. Retrieved from: <https://time.com/4951193/darren-aronofsky-mother-director/>

氣候無底凍：從《明天過後》談氣候變遷與災難片背後的電影心理學

撰文、整理 | [redacted] [redacted] [redacted]

製圖 | [redacted] [redacted]

版面編排、美術編輯 | [redacted]

寫作指導 | 蘇虹菱老師 陳品嘉助教

特別感謝 | [redacted] 第二組全體組員

2022 年 11 月 23 日