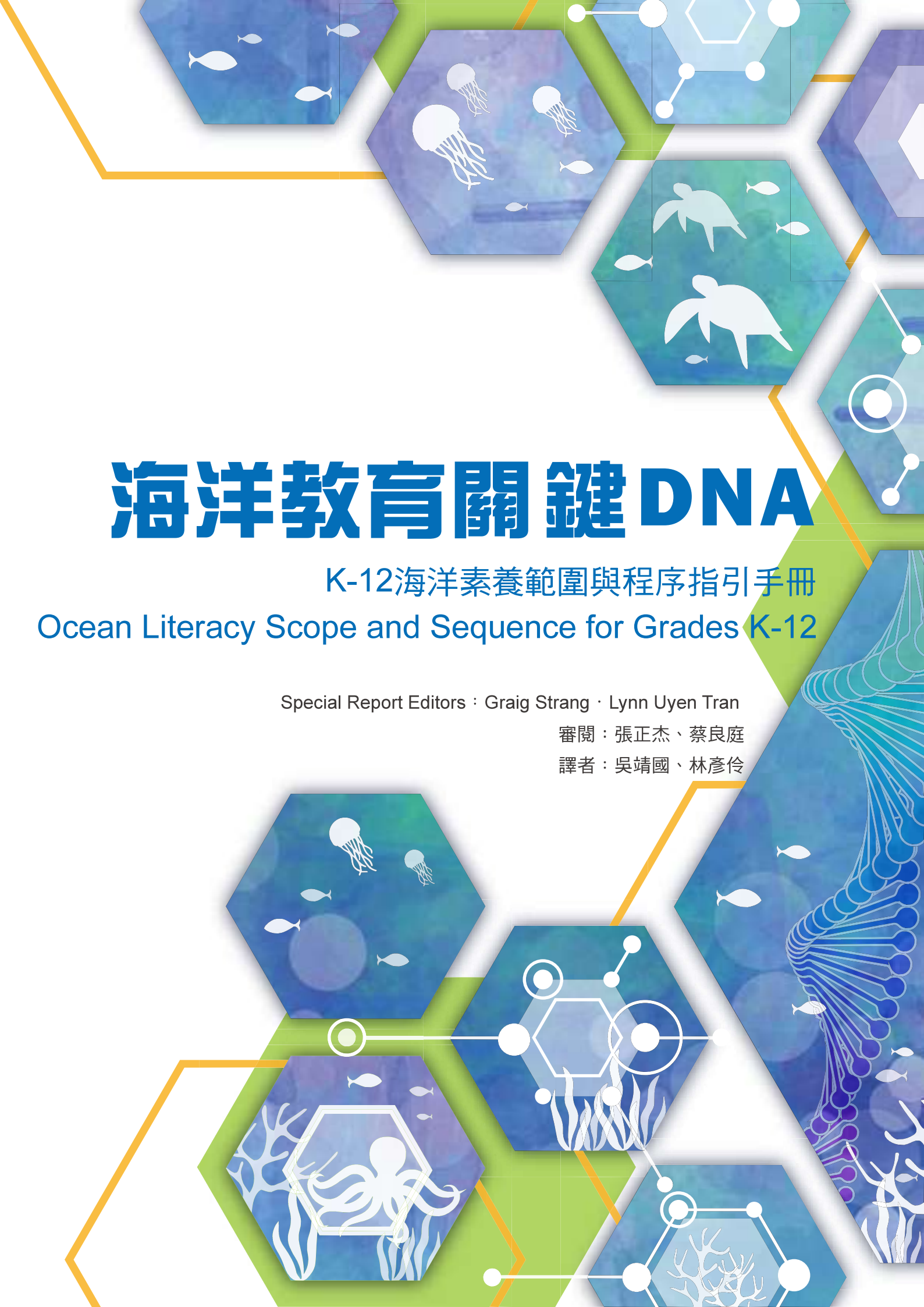


The background of the cover is decorated with a series of overlapping hexagonal shapes. These hexagons contain various illustrations: some show marine life like jellyfish, fish, and sea turtles; others show a DNA double helix structure; and some feature abstract geometric patterns. The colors used are primarily shades of blue, green, and orange, creating a vibrant and thematic design.

海洋教育關鍵DNA

K-12海洋素養範圍與程序指引手冊

Ocean Literacy Scope and Sequence for Grades K-12

Special Report Editors : Graig Strang · Lynn Uyen Tran

審閱：張正杰、蔡良庭

譯者：吳靖國、林彥伶

The page features a decorative border composed of hexagonal tiles. These tiles are arranged in a staggered pattern along the left and right edges. Each tile contains a white icon on a blue or green background, representing various marine organisms: fish, dolphins, sea turtles, jellyfish, coral, and an octopus. The tiles are connected by thin orange lines that form a network-like pattern.

海洋教育 關鍵DNA

K-12海洋素養範圍與程序指引手冊
Ocean Literacy Scope and Sequence for Grades K-12



緣起

我國自108學年度，依照不同教育階段正式逐年實施「十二年國民基本教育課程綱要」，其中「核心素養」是十二年國教改革的重要主軸。聯合國教育、科學及文化組織（UNESCO）與經濟合作暨發展組織（OECD）強調「素養」是一個健全個體因應生活成長環境所不可欠缺的知識、能力與態度，更是促進個人發展與社會發展的高素質國民與世界公民的基礎。

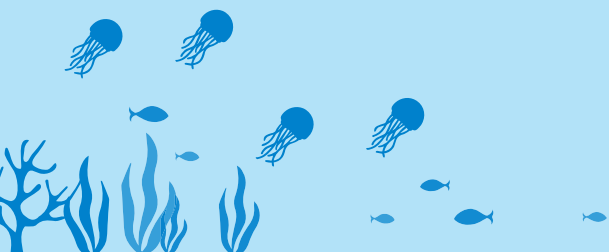
美國國家海洋教育者協會（NMEA）以海洋教育為主軸，將科學理論與實務做為基礎，提出海洋素養的基本原則與基礎觀念，藉以建構K-12海洋素養的範圍與程序，作為推展全國海洋素養運動的依據，以促進民眾對於海洋與海洋資源能夠做出有根據且負責任的決定。

本書以「七項基本原則、4個學習年齡層、28個概念性流程圖」為架構來探討各個學習階段學生所應具備的海洋素養，所涉及的主題包括「實際參與的海洋活動、海洋素養架構、海洋素養主題指標與國家科學標準」。具備對這些主題的瞭解與思辨能力，將有助於實務工作者以更有意義的方式來選擇、判斷及運用其海洋、科學與專業知識。

期盼本書的出版，能勾勒出國際推動海洋教育改革的发展現況，提供國內關心海洋教育的民眾對海洋素養有更全面的了解，同時讓家長、學校教師與課程研究發展人員，進一步認識海洋素養的內涵與重要性，以做為持續推動與改善國內海洋教育發展的基礎。

本書為美國國家海洋教育者協會 (National Marine Educators Association, NMEA) 於 2010 年 3 月出版之「The Ocean Literacy Campaign」特刊 (Special Report #3) 之翻譯文稿 (NMEA, NMEA Special Report #3: The Ocean Literacy Campaign. 2010.)。 [PDF 連結](#)

Association, NMEA



作者與審譯團隊介紹

作者：美國國家海洋教育者協會/National Marine Educators Association, NMEA

美國國家海洋教育者協會（NMEA）是由來自世界各地的教師、非正式教育工作者、大學教授、科學家等組成的一個有貢獻且有影響力的會員制組織，其目的是共同促進對淡水和海洋生態系統的理解和保護。該協會自1997年開始著手開發海洋素養的研究，並推廣海洋素養到全球各地，以及主導16至18歲海洋素養全球施測，對於全球海洋素養推動有非常重要的地位。

審譯團隊

張正杰

國立臺灣師範大學地球科學博士，現任臺灣海洋教育中心主任、國立臺灣海洋大學教育研究所暨師資培育中心教授。曾任臺灣海洋教育中心政策發展組組長、整合傳播組組長、基隆市安樂高級中學教師兼任組長、基隆市國教輔導團資訊教育議題執行秘書、高中地球科學學科中心種子教師、高中海洋教育資源中心種子教師、科技部科普計畫-海洋科普主持人、教育部顧問室海洋教育先導計畫協同主持人、教育部中小學科學教育計畫主持人、曾編著高中地球科學教科書。研究專長為海洋科學教育、資訊教育與數位學習。

蔡良庭

國立臺中教育大學教育測驗統計研究所博士，現任國立臺灣海洋大學臺灣海洋教育中心專案副研究員。研究專長為教育測驗評量、心理計量學、大數據分析、科學教育、數學學習。曾任教育部（學生海洋素養調查及資料庫建置計畫）、科技部（學生海洋素養發展趨勢與軌跡、海洋科普行動發展與推廣）專案計畫主持人。

吳靖國

國立臺灣師範大學教育研究所博士，現任國立臺灣海洋大學教育研究所暨師資培育中心教授。曾任臺灣海洋教育中心主任、國民小學教師兼任組長、教育部技職司專員、國立雲林科技大學技職教育研究所助理教授、技專校院入學測驗中心組長。研究專長為教育哲學、海洋教育與生命教育。

林彥伶

國立臺灣師範大學體育研究所博士，現任國立臺灣海洋大學臺灣海洋教育中心專案助理研究員。研究專長為師資培育、課程與教學、戶外教育。曾任國家教育研究院課程及教學研究中心博士後研究人員（執行教育部戶外教育優質化計畫）、國立臺灣師範大學體育研究發展中心計畫專員（執行教育部學校體育課程與教學發展、教育部九年一貫健體領域中央輔導團計畫）。

目錄

緣起	i
作者與譯者團隊介紹	ii
介紹	01
從原則到範圍與程序：海洋素養運動簡史	03
海洋素養原則的影響	09
科學家和教育工作者的夥伴關係與海洋素養： 創建一個新的實踐社群	17
海洋與水生科學之學習與教學研究	25
運用概念性流程圖開發海洋素養概念	31
概念性流程圖	37
教師思想：運用海洋素養架構	89
主題索引	93



介紹

BY CRAIG STRANG AND LYNN UYEN TRAN

本特刊是以全篇幅呈現美國國家海洋教育者協會（National Marine Educators Association, NMEA）的海洋素養（Special Report on Ocean Literacy），前後歷時 7 年時間，匯集數以百計的個人及機構共同投入與合作，其目的在提升民眾的海洋素養。特別是透過這份特刊揭示了 K-12 海洋素養範圍與程序（Ocean Literacy Scope and Sequence for Grades K-12）的正式啟動，這些資料也可以從新的海洋素養網站（www.oceanliteracy.net）下載。冀望藉由這類「範圍與程序」的出版來推動海洋素養運動，從抽象的「基本原則和基本概念」直接轉變為行為準則、課程和課堂教學，以形成全國性的海洋素養運動。然而這份特刊的付梓並不表示已完成推廣活動的工作內容，反而可作為回顧海洋素養進展的反思工具，並能為新一波的海洋素養運動提供靈感與啟發。

首先，Sarah Schoedinger、Lynn Uyen Tran 與 Lynn Whitley 提供組成「海洋素養架構」（The Ocean Literacy Framework）的歷史概述：包括 K-12 海洋科學基本原則（The Essential Principles of Ocean Sciences K-12）和 K-12 海洋素養範圍與程序之補充（the complementary Ocean Literacy Scope and Sequence for Grades K-12）。其中說明了多元的社群團體、機構和有興趣的個人，是如何將自我利益擱置一旁，做出突破性的工作，共同界定和推動海洋素養。到目前為止，許多人員和組織無酬為此貢獻時間、資源和智慧。經由榮譽榜（Honor Roll），向這些作出貢獻的人致謝，我們懷著忐忑的心情公布這榮譽榜，因為我們知道這名單可能不完整。因此，如果你 / 妳知道遺漏哪些貢獻人員的名字，包括你 / 妳，請透過海洋素養網站提供資訊。

在榮譽榜之後，同時根據海洋素養架構所制訂的若干明顯項目，彙編了專案、計畫和出版品，或許這些彙編仍不盡完善。但它說明了海洋素養運動是如何被引發和產生效果，這是影響世界各地海洋教育工作者的創造性工作，其中他 / 她們大部分來自於美國國家海洋教育者協會（NMEA）的成員，有教師、科學家和非正規教育工作者，我們期待更多人能將個人的簡介和成就加入海洋素養網站。

我們持續反思這個社群團體已完成和所形成的各種關聯性。Catherine Halversen 與 Lynn Uyen Tran 嚴謹地審視這些關係，並提出海洋科學家和教育工作者可在此社群共同推動各項海洋素養運動的專案，並制訂新的參與規則，示範在合作夥伴關係中可能出現新的「實踐社群（community of practice）」，進而重新界定科學家和教育工作者的社會服務方式。

要促進海洋素養，就必須知道人們是如何理解海洋。Lynn Uyen Tran、Diana Payne 與 Lynn Whitley 提供近期兩篇關於海洋科學教育的簡要回顧文獻，探討在有限可用的教育研究下，學生對海洋的理解程度，並論述對海洋科學學習研究的價值和意義，辨正迷思概念，進而提供對教學具有重要意義的見解。

本特刊提供的「K-12 海洋素養範圍與程序」，包含 28 個概念性流程圖，將七項原則的概念轉化為 K-2、3-5、6-8 和 9-12 等四個級別。這些流程圖為教育工作者、標準制定委員會、課程發展者和開發延伸活動的科學家提供了指導方針。本特刊從 Craig Strang、Kathy DiRanna 與 Jo Topps 的概念性流程圖理論基礎及其發展和使用來開始說明，接下來提供完整的 28 個流程，其次是 4 個補充資源。首先，「教師提供理念」是海洋素養架構能夠在課堂中進行的可能方法，這個架構經由曾經參與海洋素養運動的教師們所共同創造出來的，提供實際參與活動（Campaign）的教師在課堂中進行使用；其次，「海洋素養基準表（ocean literacy alignment matrix）」顯示每一個流程與「原則和概念」一致，並根據七項基本原則和 44 項基本概念所組成的範圍；第三，海洋素養「主題指標（Index of Topics）」顯示如何從每個基本原則中建立 K-12 年級的流程主軸；第四，證明「範圍與程序」以及美國國家科學標準（state science standards）的一致性。在這個例子中，我們將 3 至 8 年級的流程與紐約州科學標準進行比對。未來的發展將著重於將「範圍與程序」以及州級與國家科學標準的一致性，並增加適用於不同目的和群眾的資源。

最後，我們感謝美國國家海洋保護基金會（National Marine Sanctuary Foundation）和美國國家海洋暨大氣總署教育辦公室（NOAA Office of Education）資助這特刊的出版。在此，我們也一併感謝美國國家海洋教育者協會（NMEA）支持這項工作，並為長久以來致力於海洋素養教育的工作者提供一個專業社群和平台。



從原則到範圍與程序： 海洋素養運動簡史

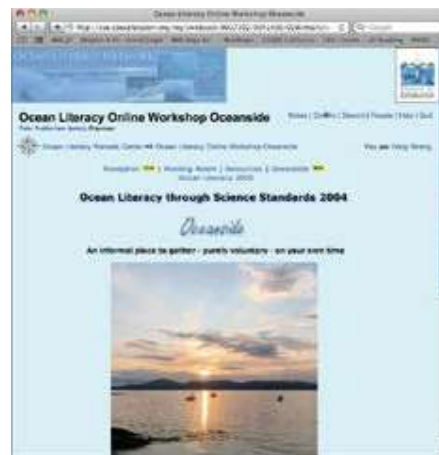
BY SARAH SCHOEDINGER, LYNN UYEN TRAN, AND LYNN WHITLEY

海洋素養運動是由科學家和教育工作者共同透過廣泛的、合作的與去中心化的努力，以創造一個更具有海洋素養的社會。這個運動主要針對 K-12 年級的學生進行海洋科學教育。目前已有兩份具有共識的文件被使用在這個運動中，分別是「海洋素養：K-12 海洋科學基本原則（以下簡稱『海洋素養原則』 Ocean Literacy Principles）」及「K-12 海洋素養範圍與程序之補充（以下簡稱『範圍與程序』 Scope and Sequence）」。這兩份文件提供正式與非正式的教育工作者、課程和方案開發人員一個路徑圖，為幼兒園到 12 年級的學生建立連貫和健全的學習體驗。多年來，這個運動已得到許多機構組織和人員持續性的支持。於此，我們提供發展歷史之概述，記載一個社群的集體努力，並感謝所有促成此一開創性工作成功的參與者。

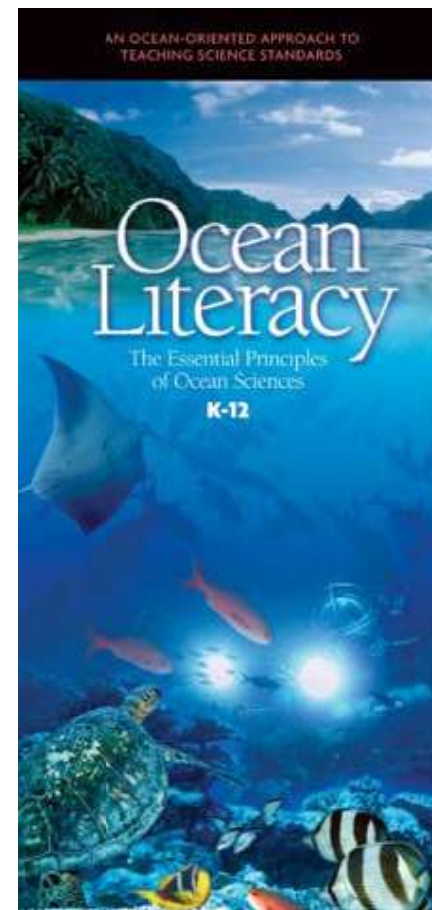
首先，我們先思考為什麼需要制訂海洋素養的定義，並確定海洋素養的基本原則和基本概念為何？當 1996 年發表「美國國家科學教育標準」時，海洋科學和海洋教育界的成員都感到沮喪，因為其中鮮少提及海洋主題，並且大多數各州的標準並不包括海洋、沿海或流域。大多數 K-12 海洋科學的教學因此而被忽視。當然也有些例外，例如：一些有才華、熱情的教育工作者，為學生規劃創新的海洋科學課程和體驗。然而，海洋教育工作者和科學家開始意識到這些相關主題處於科學教學和學習的邊緣，並沒有一個連貫的概念和資訊架構。此外，教育工作者和科學家們也意識到，在一個課程統整的範圍中，海洋為科學和其他學科提供精彩的教授內容，然而大眾卻對海洋學習的重要性缺乏意識，為此，我們努力將海洋科學納入國家標準，並在 K-12 課堂中能夠教授更多的海洋內容。

海洋科學教育於 2002 年開始發展共識。探索學院（College of Exploration）和國家地理學會（National Geographic Society, NGS）於 2002 年率先舉辦了一個「生活海洋」（Oceans for Life）的線上研討會，成為海洋素養原則的前導工作。另外，兩個高層委員會在他們的報告中將海洋教育定位為實現其政策目標的關鍵策略。逐漸明朗的是，缺乏具備海洋素養的民眾，就沒有辦法解決最關鍵的海洋資源管理問題。其次，在 2003 至 2004 年之間，許多組織協同努力，例如由新英格蘭科學家 Bob Chen 領導的海洋科學教育卓越中心（The Center for Ocean Sciences Education Excellence），認為讓民眾瞭解當地海洋是最重要的概念；再者，由 Craig Strang、Sarah Schoedinger 與 Sharon Walker 領導的海洋科學教育卓越中心社群網絡（The National COSEE Network）將海洋素養視為其首要策略重點；科學家和美國國家海洋教育者協會（NMEA）的成員 Bob Stewart 帶領了 7 位同事，撰寫與發表了一篇論文“*What Every Student Ought to Know about the Ocean on Graduation from High*

School”；最初由 Elizabeth day-Miller、-Craig Strang、Bob Stewart 與 Sarah Schoedinger 領導的美國國家海洋教育者協會（NMEA）所成立的科學標準特設委員會（Ad Hoc Committee on Science Standards），致力於將更多與海洋有關的內容注入 K-12 課程；國家地理學會（NGS）、美國國家海洋暨大氣總署（NOAA）、國家海援學院及計畫法案（National Sea Grant College Program）、勞倫斯科學館（Lawrence Hall of Science, LHS）、探索學院（College of Exploration）、海洋計畫（Ocean Project）和美國動物園與水族館協會（Association of Zoos and Aquariums, AZA）的大力支持，讓這些教育者的努力形成全國風潮。



▲ 圖 2: 探索學院主辦為期兩週網路研討會，並由各界代表進行線上海洋素養原則的修訂畫面。



▲ 圖 1: 海洋素養封面：海洋科學基本原則 K-12。

2004 年 10 月，探索學院在其線上虛擬校園（www.coexploration.org）舉辦了為期兩週的 Ocean Literacy Through Science Standards 網路研討會，大約有 100 名代表參與此次海洋素養的修訂。這些參加者包括：正規教育工作者（主要來自 K-12 學校，也包含大專院校）、各專業領域的海洋科學研究人員、教育決策者（來自美國科學促進會 AAAS 及美國國家科學教師協會 NSTA）、國家和地方教育部門統籌科學事務的人員、非正式教育工作者以及參與教育與推廣的聯邦機構代表。在整個過程中進行了一些小型的視訊會議，在視訊會議的進行過程，我們發現此活動，特別是透過面對面的討論，提高了包容性、透明度和民主化流程，同時，也成為貫徹我們努力的利基。在會議落幕時，我們對海洋素養的定義達成共識，並制訂了一套原則草案，最終得到與「美國國家科學教育標準」類似的七項基本原則與 44 項基本概念。科學家和教育工作者透過反覆的程序從海洋科學教育社群提出的修正意見來充實這個草案的內容，於是他們的努力和貢獻形成海洋素養的創始文件：K-12 海洋科學基本原則和基本概念（Ocean Literacy: The Essential Principles and Fundamental Concepts of Ocean Sciences K-12），確立了民眾在 12 年級之前應該具備的海洋素養知識內容。

發展符合國家科學標準內容的海洋素養原則模型是必需的。高中畢業學生應該要能理解海洋素養的基本原則和基本概念，但教師、課程開發人員或標準委員會則難以界定在特定的年級該理解哪些特定的海洋概念，以至於無法針對 12 個年級有一套完整的認識。海洋素養的範圍與程序顯示在各個年級階段（K-2、3-5、6-8、9-12）所應教授學生的海洋素養原則，為此，我們決定使用概念性流程圖（conceptual flow diagrams），提供一個更詳細、有力的工具，用於構建對每個概念的理解（有關概念性流程圖的更多資訊和理論基礎，請參閱本報告中 Craig Strang、Kathy DiRanna 與 Jo Topps 第 31 頁）。

2006 年 4 月正式展開 K-12 海洋素養範圍與程序的初步工作，為瞭解概念流程的發展歷程，來自海洋素養社群與專家的 46 名科學家和教育工作者，齊聚在加州大學柏克萊分校的勞倫斯科學館（LHS），展開由加州海洋科學教育卓越中心（COSEE）和美國國家海洋暨大氣總署（NOAA）主辦為期三天的討論會議，會議期間，製作了早期版本 28 個流程圖中的 14 個。從 2006 年 5 月至 2008 年 6 月，這個初始發展團隊的成員（Rita Bell、Tina Bishop、Francesca Cava、Beth Jewell、Judy Lemus、Sarah Schoedinger、Craig Strang、Peter Tuddenham 與 Lynn Whitley）領導全國各地的許多工作小組，以及數十位教育工作者和科學家參與整日的工作會議，且在美國國家海洋教育者協會（NMEA）和美國國家科學教師協會（NSTA）年度會議上舉辦特別工作坊，共同討論和撰寫適用於每個年級的各項原則的概念和想法，使得全國各地的工作小組會議形成每個概念性流程圖的初稿（first draft）。

2008 年 6 月至 11 月，在加州大學柏克萊分校的勞倫斯科學館（LHS）及海洋科學教育卓越中心（COSEE）的海洋教育工作者、課程發展人員共同協助海洋素養社群的海洋科學家及教育工作者修訂初稿中的每一個概念性流程圖。由 Lynn Tran 協調加州大學柏克萊分校的勞倫斯科學館（LHS）團隊包括 Noelle

Apostol、Emily Griffen、Catherine Halversen、Sarah Pedemonte、Craig Strang、Emily Weiss 與 Maia Wilcox。同時 Frannie Coopersmith、John Farrington、Myrna Jacobson、David Mountain、Adina Paytan、Gil Rosenthal、Bob Stewart 與 Tammie Visintainer 提供額外的協助。該團隊以 2 至 5 人一組，每次 2 小時，每週 2 至 3 次的討論，分別處理每個概念性流程圖，使得概念陳述更為清楚，他們組織並重組概念，闡述、擴大及進一步打破初稿中的概念，同時也諮詢了社群中的科學家和教育工作者，於是修訂產生了第二版流程圖草案（second draft）。

從 2008 年 11 月 5 日至 19 日，為期兩週的線上公眾審查，包括邀請海洋素養社群的成員參加由 28 個概念性流程圖組織的範圍與程序這個第二版草案的審查。如同往常，在探索學院的線上虛擬校園進行審查，並開放給所有對此有興趣的教育工作者和科學家參與。超過 100 名科學家和教育工作者參加了「核心空間」（Caucus Space）線上非同步討論和進行 Marratech 同步虛擬會議。由一位科學家和 / 或一位教育工作者主持同步和非同步的線上討論互動，他們仔細考查、論辯、討論，並重新修改了所有個別流程的內容、語言、組織和呈現方式。加州大學柏克萊分校的勞倫斯科學館（LHS）及海洋科學教育卓越中心（COSEE）的教育工作者和課程發展團隊在接下來的幾個月內，根據公眾意見的回饋，修訂概念性流程圖的第二稿。這些修改一次只修訂一個原則。也就是說，每個原則中的 K-2、3-5、6-8 和 9-12 等級的概念性流程圖會一同審查，以確保所有年級別的概念和用語能有一致性的發展，這個修訂形成了第三版（third draft）。

接下來，2009 年 4 月至 6 月期間，邀請具備海洋科學和教育專門知識的人員參加 28 個概念性流程圖第三版的兩階段專家審查會議。第一階段（2009 年 4 月 -6 月）是針對科學內容正確性重新審視。挑選 2 至 3 名具備特定概念知識的海洋科學家，審查四個級別中特定原則的概念性流程圖。科學家審查了流程圖的科學正確性和概念的邏輯性。專案經理人經由科學家之間的電話會議和電子郵件協助確認範圍和程序項目，並解決分歧和不一致之處。流程圖的第三版根據科學家的建議加以修訂。第二階段（2009 年 6 月 8 日至 10 日）是對教育內容的認可進行審查。在概念性流程圖、海洋素養原則、課堂教學、課程發展和教育研究方面具有專業知識的 14 位教育工作者，在加州大學柏克萊分校的勞倫斯科學館（LHS）審查。並在不改變科學陳述的完整性之下，為概念性流程圖及其發展適當性提出修正。由 3 到 4 名具有不同專業知識的教育工作者所組成的團隊，每個團隊針對特定原則討論，修改四個級別的概念性流程圖，還審查了七項原則中每個級別的概念性流程圖。次月，加州大學柏克萊分校的勞倫斯科學館（LHS）及海洋科學教育卓越中心（COSEE）的教育工作者和課程發展者團隊將來自專家評論的所有回饋意見納入第四版，以及時在 2009 年加州蒙特里（Monterey, California）所舉辦的美國國家海洋教育者協會（NMEA）會議上進行發表。

Craig Strang、Lynn Tran 與 Lynn Whitley 在 2009 年 6 月美國國家海洋教育者協會（NMEA）會議期間的會前工作坊中發表完整的「K-12 海洋素養範圍與程序」，共有 40 位熱心參與者出席會議一同探討。同時，由探索學院所領導的加州海洋

科學教育卓越中心（COSEE）也重新設計了海洋素養網站（<http://www.oceanliteracy.net>），將完整的範圍與程序上線提供大眾查詢。

2009年7至10月，加州大學柏克萊分校的勞倫斯科學館（LHS）及海洋科學教育卓越中心（COSEE）對範圍與程序進行最終草案的修訂，此次修訂包括根據美國國家海洋教育者協會（NMEA）會前工作坊參與者的非正式回饋，對所有流程進行安排與設計、依照不同級別進行流程的審查，以確保與原則之間進行相互對照，並且仔細查核個別流程是否符合「海洋素養原則」，而這個校正模型已成為本特刊內容的一部分。

「海洋素養：K-12 海洋科學基本原則」和「K-12 海洋素養範圍與程序」之補充文件構成了海洋素養的基本架構。然而，制訂海洋素養架構是一個龐大的團隊合作，數百名參與人員自願且無償的投入大量時間、精力和專業知識，更顯示這個社群的卓越。有關主要事件的摘要，請參見表1。同樣重要的是，如果沒有多個多種不同觀點組織對海洋素養達成共識，那就不可能出現海洋素養運動。這個歷程為什麼如此令人驚嘆？由於海洋素養運動一直是海洋科學家、科學教育工作者（正式和非正式）、教育決策者和其他能夠拋開己見，共同為孕育海洋素養文明社會而努力的一種草根性動力。除此之外，海洋科學界已從這些努力和協作活動中出現許多其他成就（有關這些影響的更多資訊，請參閱本書「海洋素養原則的影響」章節內容）。自2002年以來，有許多人貢獻以及在海洋素養架構發展中發揮重要領導作用，在「榮譽榜」上，我們列出所有奉獻出個人時間、專業知識和良善意志者的重要人物，藉以表達我們衷心的感謝。

▼ 表 1: 海洋素養運動發展歷程之主要事件摘要表。

2002	2003	2004	2005
開始海洋素養討論。 → 探索學院與國家地理學會（NGS）主辦 Oceans for Life 線上會議。	美國國家海洋教育者協會（NMEA）成立了科學標準特設委員會。	海洋科學教育卓越中心（COSEE）社群網路使海洋素養成為第一優先的策略。 10月：線上海洋素養研討會 → 國家地理學會（NGS）、海洋科學教育卓越中心（COSEE）、美國國家海洋暨大氣總署（NOAA）、美國國家海洋教育者協會（NMEA）和探索學院主辦線上會議，初步確定關鍵的概念。	2月至7月：海洋素養：K-12 海洋素養的基本原則發展。 → 透過公開的線上和視訊會議改進概念的過程。 → 奠定海洋素養原則和概念與美國國家科學教育標準（NSES）一致的基礎。
2006	2007	2008	2008
4月：正式展開 K-12 範圍和程序的初步工作，由加州大學柏克萊分校的勞倫斯科學館（LHS）的會議結果產出 14 個概念性流程圖的早期版本。 5月（至2008年6月）：草擬範圍與程序的初稿。在加拿大加州大學和馬里蘭州 MAMEA 會議期間彙整了 28 個概念性流程圖的初稿。	7月：在紐約市（New York City）美國國家海洋教育者協會（NMEA）會議上進行 K-5 範圍與程序公開審查。	6至7月：範圍與程序公開審查。在格魯吉亞薩凡納（Savannah, Georgia）美國國家海洋教育者協會（NMEA）會議上進行 6 至 12 年級之範圍與程序公開審查。 海洋科學教育卓越中心 COSEE 主辦之西方教師研討會。	6月至11月：範圍與程序的第二版草擬。在加州大學柏克萊分校的勞倫斯科學館（LHS）與科學家和教育工作者舉行工作會議。 11月：進行第二版線上公開審查。
2009	2009	2009	2010
1至4月：範圍與程序草案第三版擬定。與科學家和教育工作者舉行工作會議，蒐集線上公開評論的回饋意見。 4月至6月：第三版專家審查 → 第一階段，科學家審查 → 第二階段，教育工作者審查	6月：範圍與程序草案第四稿發展。與科學家和教育工作者舉行工作會議，納入專家評論的回饋意見。 6月：啟動完整的範圍和程序。→ 在加州蒙特里（Monterey, CA）舉行的美國國家海洋教育者協會（NMEA）年會的會前工作坊。	7至9月：範圍和程序的最終編輯。 → 在加州大學柏克萊分校的勞倫斯科學館（LHS）進行工作會議，改進概念性流程圖的佈局和設計，並確保符合海洋素養基本原則和概念。 秋季：推出更新版本的海洋素養網站與「範圍與程序」網路線上版。	冬季：在海洋素養運動出版美國國家海洋教育者協會（NMEA）第三期特刊，並發表 K-12 海洋素養範圍與程序。

海洋素養原則的影響

「海洋素養：K-12 海洋科學的基本原則」（簡稱海洋素養原則）這個劃時代的文件，其發展過程所產生的漣漪效應，已影響整個海洋科學教育界，甚至更多。由「海洋素養原則」及「範圍與程序」所組成海洋素養架構，是一份最早被認同且具有共識的文件，其內容能清晰表達及組織海洋科學教育目的核心概念，已成為海洋科學在 K-12 主流教育和非正規科學教育體制中，用來提升海洋科學顯著地位的施力點。雖然教育工作者和科學家合作並非史無前例，為增加海洋素養運動的影響力，來自不同機構組織的教育工作者和科學家之間的夥伴關係及持續性的合作是非常重要的。海洋素養架構已成為全國和其他國家眾多重大成就的基礎及靈感來源。



海洋世界的生命：當代出版社及美國國家海洋教育者協會（NMEA）

《海洋世界的生命》（Life on an Ocean Planet）是全國高中的海洋科學教科書，由許多科學與教育導向的科學組織（如：美國國家海洋教育者協會〔NMEA〕、海洋科學教育卓越中心〔COSEE〕、美國國家海洋暨大氣總署〔NOAA〕與美國國家海洋教育者協會〔NMEA〕海洋素養委員會）聯合研究兩年而來。「海洋素養：K-12 基本海洋科學的原則」為當代出版社提供這本教科書的基本架構。此外，編撰過程是屬於跨學科且需要團隊合作的，其中由 8 名美國國家海洋教育者協會（NMEA）成員組成當代出版社的海洋素養諮詢小組、由海洋科學教育工作者進行優質課程撰寫與技能開發，以及由 22 位全國的課堂教師和研究科學家擔任審稿人，提供他們的教學和科學專長。2010 年出版的章節，主要感謝合作夥伴美國國家海洋教育者協會（NMEA），其內容皆與「海洋素養基本原則和基本概念」相關，並具體地教導及介紹海洋素養的概念。在「教師課程指南」中使用簡單的圖表讓教師容易理解，適合高中階段的學生閱讀，內容非常平易近人，除可增加科學學習動機外，內容均衡地包含科學研究測驗及實作的活動以確實讓學生瞭解科學。《海洋世界的生命》整合閱讀、數學、語言、社會科學等跨學科的課程統整方式，帶領學生進入海洋科學內容，更多資訊請參閱下列網頁連結（<http://www.currentpublishingcorp.com>）。



美國國家海洋暨大氣總署（NOAA）環境素養捐助計畫針對 3-5 及 6-8 年級海洋科學教育課程：加州大學柏克萊分校勞倫斯科學館（Lawrence Hall of Science, University of California, Berkeley）、羅格斯大學海洋與海岸研究所（Rutgers University, Institute of Marine and Coastal Studies）和康乃狄克大學國家海下研究中心（National Undersea Research Center, University of Connecticut）

當課程著重於標準的內容時，要讓課程的深度和廣度達到「適度」的平衡將是教師的一大挑戰，這往往讓教師靠自己奮鬥。因此，由美國國家海洋暨大氣總署（NOAA）捐助的「3 至 5 年級 GEMS / MARE 海洋科學課程」，促使科學家和教育工作者共同討論並提出達到兩者平衡的海洋科學課程。「海洋素養：K-12 海洋科學的基本原則」及「K-12 海洋素養範圍與程序」形塑這個課程的程序基礎，而此課程的程序也將與國家科學教育標準以及 20 州的科學標準達到一致性。科學家和教育工作者借鏡當前海洋科學研究及科學學習的多元歷程來建構概念架構及單元主題，並應用其專業知識，根據下列兩個或其中一個準則來判別這些海洋素養及科學標準的概念是值得花更多時間提供在課堂上學習：

1. 這些是學科中必要理解的概念。
2. 這些概念需要更多課堂時間及內容才能讓學生在具有挑戰性的理解中獲得有效學習。

結果顯示，3 至 5 年級的課程與原則包含 25 堂課（60 分鐘），可規劃成三個單元：海洋循環、海洋生物的多樣性，以及人類對海洋的影響。此課程程序已進行試辦，團隊的修正可以讓結果更臻完善。截至本特刊撰寫之際，此課程正在全國 70 個教室進行實地測試，課程包括教師指南、學生閱讀、數據表和教學材料套件等，經實地考察後將進一步修訂；直至 2011 年 1 月，將推行至全國學校並由卡羅萊納生物公司（Carolina Biological）採用。在 2010 年初由美國國家海洋暨大氣總署（NOAA）捐助，並依據 6 至 8 年級的「海洋素養範圍與原則設計」進行的「6 至 8 年級海洋科學課程指南」也將進入發展過程。



海洋素養在紐澤西的推動歷程：海洋科學教育卓越中心的海洋世界網絡（COSEE Networked Ocean World, COSEE NOW）以及羅格斯大學海洋及海岸科學研究所（Rutgers University, Institute of Marine and Coastal Studies）

海洋科學教育卓越中心網路海洋世界（COSEE NOW）致力於海洋科學教育及公眾教育推廣，討論海洋科學家如何思考海洋素養原則內容及概念的故事。在自由科學中心（Liberty Science Center）舉辦名為「行星的脈動」的海洋素養系列講座，每年為紐澤西科學博物館吸引了約 100 萬名遊客。COSEE NOW 鼓勵科學家透過自己的觀點敘述他們的海洋素養故事，突顯在該領域的專業知識，並幫助科學家發展及修改公開講座的演講稿。COSEE NOW 也協助科學家一週兩次的影片播放，並解說他們的科學研究內容及其對社會的重要性。此外，瑞德大學（Rider University）Paul Jivoff 博士與 COSEE NOW 的教育工作者合作開發線上互動式影片「一個世界，一個海洋（One World, One Ocean）」，這一系列的動畫使用更具吸引力與可理解的方法來說明海洋素養原則。COSEE NOW 主任想用七個海洋素養原則當作「船舵」（ship's wheel），來指導如何決定將時間和資源用在教育計畫發展上。「海洋素養：K-12 海洋科學的基本原則」是科學家在他們申請補助計畫中尋求諮詢及指導如何撰寫有效且廣泛影響力之陳述的必要參考文件（請見 <http://coseenow.net/2008/11/ocean-literacy-interactive-animation/>）。



動態海洋之簡介：COSEE 海岸趨勢，包含馬里蘭州 Queen Anne's County Public Schools (QACPS)，Laura Murray、Elizabeth Day-Miller、Angela Ward 與 Kris Jensen

COSEE 海岸趨勢與 QACPS 共同合作進行一學期有關海洋素養原則為基礎的初階海洋科學課程。2008 年夏天彙編了以海洋素養原則為基礎的相關課程和活動大綱，並於 QACPS 的兩所高中和阿拉巴馬州一所位於 Lee County 的高中，針對 8 年級升 9 年級的學生進行測試。2009 年初夏，根據這些教師所提供的回饋意見作為修訂的基礎，並針對每個海洋素養原則對應出科學整合、手作實驗室、實地探勘及電腦活動等課程。而上述課程亦於 2009 年 7 月提供給 14 名教師使用，在 2009 至 2010 年間進行試教，其試教結果則作為第二次修訂之建議。迨 2010 年夏季，修訂後的課程將透過 COSEE 網絡發佈在 COSEE 海岸趨勢（<http://coseecoastaltrends.cosee.net/programs/forscientists/>）網站。



國家科學與環境教育內容標準

海洋科學必須符合州和國家標準，以便廣泛地在學校教授海洋科學。海洋素養架構是標準委員會制定環境教育標準和修訂海洋科學的工具。目前為止，馬里蘭州、加州和密西根州都引用海洋素養原則來制定環境素養標準。南卡羅來納州、佛羅里達州和喬治亞州皆使用海洋素養原則來制定其科學標準；現在，喬治亞州的高中生皆需要參加海洋科學課程。最後，紐澤西州，海洋文化教育工作者和科學協調員承諾在修改國家科學標準時，將海洋素養原則發揮關鍵作用。著重於地球系統科學和地球生物化學循環的新標準與海洋素養原則中的第二、三和六項原則是緊密相關的。紐澤西州現有的州科學標準包含了重要的海洋科學概念。海洋科學教育卓越中心（COSEE）中大西洋中心（Mid-Atlantic Center）扮演著不可或缺的角色。



非正式科學教育機構和海洋素養原則

加州長灘的「太平洋水族館」在提供大眾海洋素養需求上扮演積極主動的角色。從 2005 年開始，水族館匯集了該地區有影響力的利益相關者，討論非正式教育機構如何將海洋素養原則的綱要放入教育目標。經過初步的彙整及後續的會議與工作坊，就如同加州海洋素養會議（CoOL Conference），水族館已產生一份由參與專家達成共識的文件，以提供參與非正式教育管道之民眾最佳實踐海洋素養原則的地方（www.aquariumofpacific.org/downloads/CACoOLReport.pdf）。水族館的教育計畫和展覽的目標也反映了海洋素養原則的綱要。除了大多數水族館所標示最容易達成的第五項原則之外，太平洋水族館盡可能將其他原則引入計畫及展覽中，例如 Oceans on the Edge 展示了屬於「原則一：一個海洋世界」，以及「原則六：海洋能源」。從過去推出波浪主題展，到現在的聖嬰現象及浮游生物的展覽，太平洋水族館持續利用海洋素養原則作為指導綱要，對於「水族館的遊客如何影響海洋」以及「海洋如何影響他們的生活」給予更全面、更廣闊的視野。



史密森尼學會的 Sant Ocean Hall（SOH）

史密森尼自然歷史博物館自開幕以來最大的附屬機構，使用海洋素養原則作為其所有公共及教育計畫的指南。這些原則是該機構分享訊息給大眾所聚焦的服務基礎，也納入 SOH 的解說員培訓計畫中，用以幫助解說員在海洋館進行引導探索與回答問題之用。此外，海洋素養原則被用來決定是否納入「海洋網站首頁」的內容與課程，幫助該網站藉由網路資源致力於提供海洋科學訊息。「海洋網站首頁」其中一部份可協助 K-12 教育工作者作為制訂海洋相關主題課程的參考，有關海洋素養原則與 SOH 所有目標的對照表（如表 2）

▼ 表 2：海洋素養原則與 SOH 所有目標的對照表。

SOH目標	海洋素養原則
經由廣大、多樣及未被探索的海洋及其與陸地根本上的差異，來激發民眾的敬畏之心。	原則一：地球擁有一個具有多元特徵的大洋。
展示海洋的運行方式及其如何交互連結其他全球系統，來提供一個獨特且有吸引力的體驗。	原則二：海洋及其生物形塑了地球上的各種特徵。 原則三：海洋是氣象和氣候變化的主要影響之一。
展示生命在海洋中數十億年的演化，並隨著時間的推移發生巨大變化。	原則四：海洋創造出地球生物的棲息地。
為學生建立海洋棲息地與海洋生物多樣性的意識，並瞭解仍有許多尚待發現的事物。	原則五：海洋提供了生物多樣性的生態系統。 原則七：大部分海洋仍未被探測。
讓學生瞭解科學家及海洋探險家使用哪些令人振奮的科技和方法來探索海洋的奧秘。	原則七：大部分海洋仍未被探測。
激勵及促進學生能自主地建立日常生活與海洋之間的連結，並鼓勵他們繼續探索及協助保護海洋。	原則六：海洋與人類是息息相關的。



音樂團體 Banana Slug String Band

著名兒童音樂團體 The Banana Slug String Band (<http://www.bananaslugstringband.com>) 正在製作一張聚焦於「海洋素養：K-12 基本原則和基本概念」的新專輯「唯一的海洋 (Only One Ocean)」。是由海洋科學教育卓越中心社群網絡 (The National COSEE Network) 的 10 個中心，以及由美國國家海洋教育者協會 (NMEA)、美國國家海洋暨大氣總署 (NOAA) 探勘及研究部門和 Sue Cook 博士贊助製作。該 CD 於 2010 年初發行，由數位知名的藝術家將他們的時間貢獻於此計畫，包含：Brett Dennen 與 Zach Gill (Jack Johnson 的鋼琴伴奏)、葛萊美獎得獎者 Michael Doucet、Beausoleil 樂團與 Barry Phillips (在皇家阿爾伯特音樂廳 George Harrison 紀念音樂會上與披頭四成員及 Eric Clapton 表演)、以及 Victor Wooten (納什維爾音樂大獎年度最佳貝斯手兩次得獎者，以及葛萊美獎最佳團體成員，Bela Fleck 與 Flecktones)。Banana Slug 的專輯獲得了 16 州及國家傑出等獎項，每年在亞馬遜、Acorn Naturalists 與 Kaplan Early Learning 等銷量成績亮眼，並在 iTunes 及其他 MP3 網站供下載。此外，樂團每年還會舉辦 20 場重要音樂會和數十場小型演出。Only One Ocean 將為眾多的父母及孩童帶來前所未有的海洋素養運動。



國家及國際會議

至少進行 9 次會議 (美國 6 次、澳大利亞 1 次、日本 1 次與智利 1 次)，專門討論和反思「海洋素養架構」和「海洋素養運動」。

- 公眾海洋素養 (2005，加州長灘)
- 加州海洋素養會議 (2006，華盛頓哥倫比亞特區)
- 國際太平洋海洋教育者會議 (2007，夏威夷毛伊島；2008，澳洲湯斯維爾)
- 新英格蘭海洋科學教育聯盟海洋素養大會 (2007、2008)
- 日本海洋素養研討會 (2008，日本東京)
- 第一屆海洋教育博覽會 (2008，智利聖地亞哥)
- 海洋素養高峰會 - 超越指南紙本手冊 (2009，俄勒岡州紐波特)



聯邦資助

兩個大型聯邦機構美國國家海洋暨大氣總署 (NOAA) 和美國國家科學基金會 (NSF) 至少提供了三個資助計畫，要求提案須著重於海洋是地球系統的一部分，且必須與海洋素養原則相關。

- 美國國家海洋暨大氣總署教育辦公室 (NOAA Office of Education)：環境素養資助 (ELG) 獎勵支持正式與非正式教育項目。非正式教育獎勵項目旨在支持公眾參與提升海洋和氣候素養活動及採用管家倫理活動的教育方案。他們支持的方案涉及內容包括：社區宣傳、公民科學、公民參與、社交網絡、媒體宣傳、教育工作者專業發展、解說培訓、建立水族館網絡、高數據視覺化系統和實況視頻。正規教育獎勵促進了 K-12 教育的變革，擴大在課堂上教授地球系統科學的時數，並改善學生的主題學習及應用。成功的方案經由對新課程與教材的發展和 (或) 對現有課程與教材的修訂，以及 (或) 經由支持改變教學方法來催化 K-12 教育上的改變，導致 K-12 課堂中擴展使用了地球系統科學。
- 美國國家海洋暨大氣總署教育辦公室 (NOAA Office of Education)：海灣流域教育和培訓 (B-WET) 計畫提供資助在地體驗學習，並讓 K-12 學生獲得具有意義的心流學習經驗，也提供教師相關專業發展的項目下的補助方案以支持區域教育和環境優先事項。
- 美國國家科學基金會 (NSF)，地球科學局海洋科學部 (OCE) 海洋科學教育卓越中心 (COSEE) 提供資助，支持由 12 個中心所協調組成的社群網絡，統整海洋研究成為高品質的教育教材；使海洋研究人員能更瞭解教育機構和教學，提供教育工作者增加海洋科學的教育計畫能力；並提供教材，讓大眾對海洋能有更深入瞭解，以及瞭解海洋對每個人的生活品質和國家繁榮的影響。



感謝有你，海洋運動

美國加州、美國國家海洋暨大氣總署（NOAA）國家海洋保護區辦公室和海洋傳播者聯盟發起廣大的海洋媒體運動，都是以海洋素養原則為基礎形成了「感謝有你，海洋運動」，所提供的視頻、大眾服務宣傳、廣播、廣告和網站。



超越海洋素養原則

從好的海洋科學理念轉而成為被其他學門所採用的重要理念，這已經逐漸顯現出來，教育工作者和科學家能夠跨學科認同，擁有詳細說明、整合和表達他們各自領域核心理念的共識文件是具有意義和價值的。迄今已有多個科學素養架構受到海洋素養原則的啟發，並建立在許多個機構和組織中科學家和教育工作者之間的對話與合作的基礎之上。包括：



1. 大氣素養的基本原則和基本概念

「大氣科學素養架構」旨在提供指導教育工作者和大眾有關大氣科學的觀念，以便能夠在地球的大氣相關話題上使用有意義的方法進行交流，並能夠對影響地球大氣的相關活動做出明智及有責任的決定。約有 60 名與會者，包括不同的教師、科學家、非正式教育工作者和決策者參加了 2007 年 11 月召開的大氣科學素養架構工作坊（原為大氣科學與氣候素養）。美國國家科學基金會（NSF）和美國國家海洋暨大氣總署（NOAA）為研討會提供資金；全國地球科學教師協會（NAGT），國家地球科學教師協會（NESTA），美國地球物理聯盟（AGU）和美國氣象學會（AMS）共同發起了此次活動，並由「美國大學大氣研究聯盟（UCAR）」和環境研究合作機構（CIRES）主辦。美國大學大氣研究聯盟（UCAR）提供研討會全場的實況，以及與全國其他研討會進行視訊會議的實況檔案（欲瞭解更多信息，請至網站 <http://eo.ucar.edu/asl/index.html>）。



2. 氣候素養：氣候科學的基本原則

就如同有部分社群致力於提升氣候素養一般，目前氣候科學家、正式和非正式的教育工作者以及一系列美國機構的代表，參與審查和發表一連串的氣候科學核心概念。該文件的發展包括由美國國家海洋暨大氣總署（NOAA）和美國科學促進會 2061 計畫（AAAS）共同發起的「氣候和天氣教育工作坊架構」；以及由美國國家科學基金會（NSF）和美國國家海洋暨大氣總署（NOAA）提供資金，美國大學大氣研究聯盟（UCAR）、美國地球物理聯盟（AGU）和環境研究合作機構（CIRES）主辦的「大氣科學和氣候素養工作坊」；此外，經過許多公開演講和正式審查期間的討論，產出了該文件的最終版本。



3. 地球科學素養原則

地球科學素養倡議的主要成果是以一個社群為基礎的條件下，明確且簡潔的陳述地球科學在各種不同研究領域的基本原則與概念。本文件的開發是一個反覆的歷程，自 2008 年 5 月起，為期 12 天的線上研討會，共有超過 350 位來自地球科學研究、教育與教育政策界的專家學者共同參與。參與者透過非同步線上討論的網路環境，進行交流、組織與產生地球科學中的「核心概念（Big idea）」和支持概念。大會組織委員會接受線上研討會產出的想法與討論，並由來自大會組織委員與線上研討會的參與者共計 36 位專家學者，組成一個地球科學素養原則撰寫小組，進行內容的編修、概念想法的協調與公眾審查，直至 2009 年 4 月在美國國家科學基金會（NSF）資金捐助下完成文件的最終版本（欲瞭解更多信息，請至網站 <http://www.earthscience literacy.org/>）。



4. 神經科學核心概念：神經科學的基本原則

神經科學學會的公共教育和傳播委員會負責提供推廣活動，藉由神經科學的研究成果與相關知識透過科學家、K-12 教育工作者、媒體和公眾進行連結。自 2007 年起，該委員會領導一個由全國數百名神經科學家和教育工作者組成的開發團隊，進行全國性共識文件的諮詢、審查與修訂。然而，神經科學的核心概念，透過幾十年的大腦研究與國際焦點的研究途徑，提供 K-12 教育工作者和公眾獲得重要的見解（欲瞭解更多信息，神經科學學會的最新消息提供讀者參閱，網址如下 <https://www.sfn.org/publications/latest-news>）。



5. 海洋微生物的關鍵概念

海洋微生物研究與教學中心（C-MORE）的教育推廣計畫重點旨在促進學生、教育工作者與公眾對於海洋微生物的科學素養。為促進其素養的推廣，第一個關鍵概念是讓人們認識海洋微生物為主要目標。為此，海洋微生物研究與教學中心（C-MORE）的科學家與教育工作者展開進行深度的交流後，提出六個海洋微生物的關鍵概念（欲瞭解更多信息，請至網站 <http://cmore.soest.hawaii.edu/education.htm>）。

科學家和教育工作者的夥伴關係與海洋素養：創建一個新的實踐社群

BY CATHERINE HALVERSEN AND LYNN UYEN TRAN

促使科學家和教育工作者建立有意義的夥伴關係並一同改造海洋科學教育，已不是一種最新的觀念或做法。自2002年以來，海洋科學教育卓越中心（COSEE）即致力於此，而他們的根本使命在為公眾建立海洋素養意識並促其理解之急迫性。該中心的努力，為科學家創造機會去進行教育和公眾宣傳，並在他們的工作上帶來更廣泛的影響。海洋科學教育卓越中心（COSEE）和其他組織如美國國家海洋暨大氣總署（NOAA）皆是為科學家和教育工作者創造豐富與普及化的成果，以提供未來建立合作關係的機會。本文的努力重點在於陳述海洋科學教育卓越中心（COSEE）與美國國家海洋暨大氣總署（NOAA）扮演著匯集科學家和教育工作者的角色，以及所形成的海洋素養運動與後續計畫。我們建議參與海洋素養運動的教育工作者和科學家透過分享習慣和愛好來創造新的「實踐社群」，這對於促進海洋素養的持續工作具有重要意義。科學家和教育工作者的夥伴關係十分實用，而且比執行個別專案更歷久不衰，這些夥伴關係可以重新定義科學界和教育界服務社會的方式。

海洋素養運動創造了很多機會並提供管道，讓科學家和教育工作者可以藉此打造新的夥伴關係及建立一個分享的實踐社群，實現共同目標－促進公眾的海洋素養。海洋素養運動開始於2004年「海洋素養：K-12海洋科學基本原則（以下簡稱「海洋素養原則」）的發展，並引導了隨後的活動，包括創造「K-12年級海洋素養的範圍與程序」（以下簡稱「範圍與程序」），以及其他教材，如教科書、大學學程與課程等。

將科學家和教育工作者的專業知識帶到同一平台上，培育有意義的夥伴關係。科學家將科學知識與經驗與公眾和學生分享，傳授教育工作者提出如何幫助學生與社會人士之學習和理解科學知識的教學方式。這種持續和強烈的參與性工作產生了顯著的次要成果，科學家和教育工作者更深入地瞭解對方的「實踐社群」，並相互尊重對方的專長。從這種理解和尊重，為許多人創造寶貴且持久的關係。從一位海洋科學家的評論可反映出這樣的想法：

作為從事教育的科學家，海洋素養運動提供寶貴的機會，能與科學和教育專業人士進行實質的互動。作為海洋生物範圍與程序的開發者之一，透過「海洋素養原則」與「範圍與程序」的開發和審查，我非常幸運地融合了科學家和教育工作者的身分。教育工作者為我提供了大量的專業成長和個人啟蒙；作為科學研究人員，因具有教育方面的專業背景，比起實驗室科學家，我對科學的影響更加廣泛。

—來自夏威夷大學海洋生物夏威夷研究所 Judy Lemus 博士

科學家和教育工作者在海洋素養運動的合作關係中，每個人必須都要跨越自己的社群，並發展相互參與的科學家與教育工作者的夥伴關係，從而促成一種新形態的實踐社群。



圖3: Janice McDonnell 和 Scott Glenn 與他們的學生，於羅格斯大學的「與非專業一般觀眾傳播海洋科學（the Communicating Ocean Science to Informal Audiences）」課堂上的授課情況。



創建新的實踐社群

實踐社群由一群有著共同習慣和興趣的人所組成，其成員從事四項特色活動：朝向目標和宗旨的共同行為、相互參與活動、發展共同的習慣、規則和傳統活動以及實踐中協商的過程（Wenger, 1998）。

在海洋素養運動的承諾和參與中，海洋科學家和教育工作者之間建立共同行為，透過正式和非正式的教育實現海洋素養群體的目標和宗旨。在許多活動中相互參與以支持這些目標，這些活動包括：共同制訂和審查海洋素養原則及其範圍與程序；教授「傳播海洋科學（the Communicating Ocean Sciences）」課程；海洋科學教育卓越中心發展高中課程「海岸的趨勢（COSEE Coastal Trends）」；撰寫海洋世界的生命教科書（美國國家海洋教育者協會NMEA的最新出版品）；開發課程，如美國國家海洋暨大氣總署（NOAA）捐助海洋科學教育卓越中心的海洋科學課程程序（COSEE California）；和海洋科學教育卓越中心（COSEE）社群網絡製作的海洋素養互動動畫「星球的脈動」的媒體播放，以及他們的海洋素養學生高峰會。有關這些活動的更多資訊，將在此份美國國家海洋教育者協會（NMEA）特刊中進一步介紹。隨著科學家和教育工作者參與這些共同活動，兩個社群的成員彼此之間相互學習，對於建立夥伴關係和發展實踐社群至關重要。

教育工作者指出，在許多層面上人際關係的發展和維持是十分值得的。例如，在「範圍與程序」的研究中，一位高中科學老師提出一段有關社群如何在課堂上做出貢獻的評論：

在一個研討會環境中，組織一個多樣化、有才華的海洋教育工作者團隊，幫助開發海洋素養原則的範圍與程序是非常好的……。作為一名年輕的海洋科學老師，協助開發「原則一的流程」¹對我特別有助益，因為我必須將我在課堂上使用的教材順序進行合理化的安排。

——來自加州聖塔莫尼卡高中科學老師 Benjamin Kay

多年來，在某些情況下教育工作者和科學家是密不可分的，但彼此並沒有經歷過彼此的工作經驗，更不用說相互合作了。在這種情況下，大學課程「與非專業一般觀眾傳播海洋科學（the Communicating Ocean Science to Informal Audiences, COSIA）」則是提供科學家和教育工作者建立有意義關係的共同活動。

教育工作者和科學家之間的連結，拓展了各自工作的群眾，並增加未來合作機會的可能性。



圖 4: Kristopher Jensen, Paul Martin, and Kathleen Cressy 在海洋科學教育卓越中心（COSEE）進行西部海洋觀測系統（West Ocean Observing Systems）工作坊建立模型來探索循環模式。

當我們（教育工作者）與大學（科學家）合作時，在會議上會提出從未出現過的偉大想法。而「與非專業一般觀眾傳播海洋科學（COSIA）」課程建構這些夥伴關係，以便我們能夠真正成功……。而能夠有一個具體可行的成果，這就是一成功的合作夥伴關係——最優秀部分。

——來自水族館館長²

在進行這些共同活動時，科學家和教育工作者對於何者重要有著不同定義、不同的習慣以及不同的獎勵制度（Wenger, 1998）。例如：進行了不同形式的參與（我們如何互動），不同的努力（我們一起做了哪些），雙方合作從事團體學習，瞭解彼此的實作經驗、工具、指導原則和目標，然後為其新社群制訂了習慣、規則和傳統活動。如，「海洋素養原則」和「範圍與程序」應包含哪些概念的標準，以及這些文件將以何種形式出現。雙方透過實作談判方式，藉由線上與面對面來討論、辯論和解釋每個概念所包含、排除或取代的部分，並完成「海洋素養原則」

¹ 原則一（Principle 1）：地球擁有一個具有多元特徵的大洋（The Earth has one big ocean with many features.）。

² 這段陳述來自 COSIA 2008 年的一份評估報告，所有被引用的報導皆為匿名。

和「範圍與程序」。雖然他們並不總是完全同意對方，但尊重彼此的專業並試圖達成共識和決議。

除此之外，當他們遇到差異並進入了未知的新領域，他們的專業知識是受到挑戰（Engeström, Engeström, & Karkkainen, 1995）。例如，漁業科學家和海洋學家分別提出以下意見：

在加州大學柏克萊分校的勞倫斯科學館（LHS）讓我感覺所做的工作比我原先認為與外界連結要多得多。與大多數研究機構一樣，這裡的重點在於為科學期刊撰寫科學論文，實際上卻很少有人閱讀。我們身為科學家，一般只是在和自己對話，我喜歡去定義海洋生物的獨特特徵，因為孩子的生活經驗中多為陸地生物，所以我嘗試以一種孩子們能夠理解的方式來溝通，在參與此專案後，我有一些新的想法將在柏林國際海洋探索研討會中發表。

——來自國家海洋漁業服務處 John Manderson 博士

從教育工作者的角度看待科學概念是非常有趣的，重點是將概念引入「傳播層面」，而不失去內容的重要性。教育工作者和我自己都該瞭解，海洋是世界重要的一部分，不僅是海洋概念，也應理解概念提出的順序及彼此間關係的重要性，讓我更瞭解該如何向大學生介紹新的概念。

——來自南加州大學 Myrna Jacobson 博士

因此，從具備不同技能和能力程度（即專家或新手）的人群中觀察知識轉變為「知識分佈在具有不同類型實踐能力的行為者身上」（Anagnostopoulos, Brass, & Subedi, 2007）。以下關於教育工作者的意見見證了這種轉變：

無論是我在海洋素養運動、國家海洋科學會，還是西北水產和海洋教育工作者的日常中，我都樂於與科學家分享觀點。我不再因為他們瞭解這麼多知識而感到震驚，因為在他們瞭解其他知識的同時，我也學習到了更多不同的知識，希望青年教師能夠利用科教界的新氣氛，加強與學生的合作，「去做就對了」。

——來自奧勒岡州比佛頓市中學退休教師 Gene Williamson

在我對「COSIA」課程的經驗中，科學家提供最新的研究和成果，為科學的進展和文化提供寶貴的見解，並增加個人層面的科學經驗（即科學家也是人）！同樣地，教育工作者透過分享他們的實踐經驗、對當前學習理論和教育學知識的瞭解，以及包含藝術和科學層面對於教育實踐的理解，所有的一切都強化了有效教學和學習經驗的方法，不僅僅是告訴人們你知道什麼，或者你認為他們應該知道什麼。在科學家和教育工作者之間建立有效的夥伴關係，不僅可以讓他們相互學習，還可透過創造一個比任何人都更強大的學習型社群來吸引其他群眾。

——來自斯克里普斯海洋研究所及博通水族館 Eric Simms

來自不同社群的科學家和教育工作者分享他們各自的專業知識，以維持海洋素養運動的工作至今，每個決策反映出他們彼此的不同以及當時的制度化規範（Rowan & Miskel, 1999; Scott, 2001; Tyack, 1974; Weick, 1995）。顯而易見的是，該運動正在為科學家和教育工作者提供機會，開發一個實踐社群，其中包括從開始工作的人員以及剛剛加入該專案的人員。接下來，我們將簡要地分享這一段進程，它以發展堅強的夥伴關係，作為維持這個社群的基礎。



強大夥伴關係的基礎

以下為多位科學家和教育工作者之間夥伴關係的基本原則，這些原則有助於發展該社群在海洋素養運動上的實踐：

1. 規劃現有的關係和聯繫，請同事們彼此聯繫並共同參與，以及選擇具有共同價值觀、目標或意識型態的合作夥伴是有所助益。
2. 將知識和工具視為共享的資產，它們可以藉由社群共同建立和修訂，並鼓勵所有社群成員擁有這些資產。
3. 鼓勵誠實文化、開放對話、認真傾聽、識別專業知識與培養相互尊重。
4. 明確定義目標和過程，最重要的是讓所有合作夥伴可以擁有共同努力以實踐目標的活動。



◀ 圖 5: Judy Lemus 是在整個海洋素養架構的制訂過程中，扮演重要角色的眾多科學家之一。

當成員們共同奮力合作，維持一新社群，這些成功應用的原則案例被反映在長久合作的夥伴關係上，擴展至單一的專案計畫。來自漢普頓大學和維吉尼亞水族館（COSEE Coastal Trends）的科學家和教育工作者之間的長期合作就是一個成功的案例：

過去三年來，Gibson 博士和我共同教授 COSIA 這門課程，授課的一致性讓我們能夠瞭解彼此的優勢和專長，促使整體教學經驗更加良好。當我們教授這門課（COSIA）時，彼此成為真正的夥伴關係，而它也一直是啟動漢普頓大學（Hampton University, HU）和維吉尼亞水族館之間成為夥伴關係的催化劑。漢普頓大學海洋科學系的工作人員和學生在高中公開日擔任導師，指導青年科學家（Mentoring Young Scientists, MYS），並提供豐富的課程與活動。水族館和漢普頓大學與馬里蘭大學環境研究中心合作，將 COSIA 課程和 MYS 計畫編入「COSEE—海岸趨勢補助計畫（COSEE—Coastal Trends grant）」。「漢普頓大學也是水族館最近由美國國家海洋暨大氣總署（NOAA）資助之「Sea Sojourn 計畫」的合作夥伴，該計畫開發海洋素養策略（ocean literacy strategies），促使學習者能盡早參與學習。

—來自維吉尼亞水族館海灣及海洋素養 (Bay & Ocean Literacy) 教育專家 Karen Burns

因此，隨著科學家和教育工作者的交流、合作和學習，這些個人的關聯性出現「漣漪效應」，不僅帶入個人的生活中，也會成為學習的動力。其中，最值得一提的是，社群中所有成員都發現這種關係是互利互惠的，對個人和專業知識都非常具有價值。一位海洋生態學家提及：

我以一個科學家與教育工作者的身分，致力於海洋科學課程，並與一流的科學家和優秀的教育工作者一起思考海洋科學的重要性，是相當難得的機會。我們認為青年學子需要瞭解並心存感恩所處的世界，更希望透過嶄新的目光來看待世界和科學。

—來自聖地牙哥大學及海洋探索學院 Drew Talley 博士

海洋素養運動建立了不同專業的夥伴關係，並實現無法獨力完成之目標。社群的發展清楚地顯示科學家和教育工作者參與社群的潛力。此外，這些成功的科學家和教育工作者持續在共同的活動合作，這些努力顯示具有長久且有意義的夥伴關係，是建立於社群分享的獨立性與可轉化的原則上，以確保合作雙贏，藉以持續引領長期夥伴關係和機會，對於目前參與社群的所有人來說，是一個鼓舞人心的經歷，未來也必定會持續。



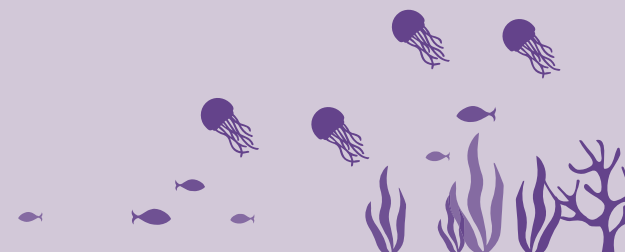
◀ 圖 6: 美國國家海洋教育者協會 2010 研討會文宣
議題：從群山走向海洋：NMEA 2010！
日期：2010 年 7 月 18 至 23 日
地點：蓋特林堡會議中心
酒店：格倫斯頓小屋
內容：

田納西水生與海洋科學教育者（The Tennessee Educators of Aquatic and Marine Science, TEAMS）邀請您一同前往在大煙山國家公園（The Great Smoky Mountains National Park）山腳下的田納西州蓋特林堡。

研討會於週一下午開始，將有展覽預演和接待會。在乘坐加特林堡的空中纜車前往哈里森山頂之前，我們將享受斯特納演講。星期二到星期四安排了一連串的大會會議與同步工作坊，星期二在雷普利大霧山水族館（Ripley's Aquarium of the Smokies）將是一個充滿歡樂的夜晚。星期三晚上的年度拍賣會，記得別忘了帶上你的支票與會！當天下午的重頭戲是會議頒獎典禮，位於 Dumplin 谷農場一個真正的田納西州鄉村聚會所（Hoedown）。週五野外考察，將帶您到達田納西州東部令人嚮往的目的，並在桃莉·巴頓的牛仔餐廳劇場中與牛仔一同劃下此次會議完美的句點。

註解

1. 為了本文的目的，我們使用「科學家」一詞的專業術語來描述在大學、學院或研究機構工作的教師或研究人員，其具有專業知識和科學培訓背景；而「教育工作者」一詞的專業術語則用於描述在正式或非正式環境中擔任 K-12 海洋素養的範圍與程序的（The Ocean Literacy Scope and Sequence for Grades K-12）授課教師或講師，其具有學習和教學方面的專業知識。因此，教育工作者和科學家之間的界限往往模糊不清，許多科學教師也是教育工作者，精通教育教學；教育工作者可能擁有科學學位和豐富的科學知識。
2. 該聲明摘自 2008 年「COSIA」評估報告 [Inverness Research Associates. (2008) / (見 http://www.inverness-research.org/abstracts/ab2008-12_Rpt-COSIA-interim-eval-rpt.html)]。所有引用都是匿名的。



海洋與水生科學之學習與教學研究

BY LYNN UYEN TRAN, DIANA L. PAYNE, AND LYNN WHITLEY

要實現海洋和水文素養社會，必須重視海洋和水生科學，並將其納入教育實踐、研究、標準、課程、教科書和評鑑。此外，海洋和水生科學教育界必須奠基在科學、海洋和水生科學學習與教學的研究與理論上，在本章節，我們總結兩篇發表此觀點的出版文章（Payne 與 Zimmerman, 2009），並將研究結果放在「K-12 海洋素養範圍與程序」的內容中討論。



教育研究的缺失：缺失是什麼，為何為重？

地球科學作為一門學科，特別是海洋和水生科學，卻在推動各地方、州和國家層面的 K-12 的課程標準、教學和評鑑中不具有代表性（Hoffman & Barstow, 2007; McManus et al., 2000）。此外，與其他科學研究領域，如：化學、物理和生物學相比，教育研究對海洋和水生科學概念的教學和學習並未被重視。這反映出公民對海洋和水生生態系統有關概念與環境議題的缺乏與不足（Steel, Smith, Opsommer, Curiel, & Warner-Steel, 2005; The Ocean Project, 2009）。

在我們期望理解與應對日益複雜的社會科學議題的時候（例如：全球氣候變遷、沿海和海洋資源的環境壓力，以及海洋中的生物技術潛能），許多人不瞭解自然界的運作，也無法以正確科學知識理解海洋，甚至不如國小六年級學生的程度（The Ocean Project, 2009）。儘管人們知識有限，特別是年輕人還是願意採取行動保護海洋和環境的健康；他們只是需要知道如何做（The Ocean Project, 2009）。事實上，改善公民的知識基礎，應該是建立全國維護海洋努力的第一步（Steel et al., 2005）。此外，科學素養和技術知識並不是唯一影響公眾決策環境議題的因素。

雖然理解科學對決策很重要，但人們也需要去認識個人與情感連結的現象（Steel, Lovrich, Lach, & Fomenko, 2005）。雖然近半數的美國人居住在沿海地區，但除了二手海洋印象之外，其他半數的人幾乎不會親近海洋（美國海洋政策委員會向總統和國會 2004 年之報告）。因此，個人的經驗、足夠的資源和可靠的教育研究，對於教師教授海洋和水生科學以及相關的環境管理是很重要的。

在研究學生理解對海洋科學概念的報告中提到，Brody 與 Koch（1989 至 1990 年）的研究中，有 86% 以上的小學、中學和高中生不瞭解海洋科學和海洋資源，他們只有非規範性的觀念，這將影響他們對海洋相關資源的決策能力。Ballantyne（2004）發現南非的學生對於海洋概念的理解有困難，例如：鹽度來源、波浪傳播和人類的影響。學生可從內容的描述理解水循環或氣候的特定組成研究，但卻很少涉及較大的循環系統，例如：海洋系統中互依共存與作用影響的關係。然而，近期的教育研究指出，若能將海洋和水生科學知識結合於課程與教學，則可以成



海洋科學學習與教學：複雜系統方法



水和碳循環

儘管「海洋素養七大原則」(the seven Ocean Literacy Principles) 的研究有限，但有一系列關於學生（幼稚園到大學）的文獻資料，可用於推斷他們對於海洋素養原則的科學概念和思想。這些研究分別針對學生對於水循環、碳循環、密度、演化和光合作用的理解進行調查。這個回顧主要聚焦在水和碳循環，特別針對過程的理解程度有深入的分析。此外，這些過程對於瞭解數個海洋素養基本原則和基本概念至關重要，尤其是「原則一 -c、f、g」、「原則二 -a」、「原則三 -a、b、c、d、e、f、g」和「原則六 -1」。

其中有一篇文獻回顧對於化學、物理、地質學、生態學、環境教育和系統動態學習提供幾個重要的見解，該篇研究指出，掌握物質守恒和基本粒子理論的知識有助於學生理解水源與大氣之間的水循環運動（Bar & Galili, 1994; Johnson, 1998; Tytler, 2000）。然而，大多數學生並沒有將遠距離和長時間的水循環看作是一個複雜的系統（Ben-zvi-Assarf & Orion, 2005; Dickerson & Dawkins, 2004; Shepardson, Wee, Priddy, Schelleberger, & Harbor, 2008）。

至於，有關學生對碳循環理解的研究，主要聚焦在溫室效應、全球暖化和氣候變遷等現象。研究指出，學生不瞭解大氣中的碳是如何影響氣候和天氣，大多數人都認為是臭氧層的減少會導致全球暖化（Andersson & Wallin, 2000; Boyes & Stanisstreet, 1993; Groves & Pugh, 1999; Lee, Lester, Ma, Lambert, & Jean-Baptiste, 2007）。

為此，僅有少數的學術研究仔細審視學生對於複雜的全球系統所具備的理解程度，其研究指出，當學生在考慮區域性的循環時，他們能理解水和碳只是移動，並沒有消失；然而，在全球空間尺度或長時間尺度上考慮這些循環時，即使是大學生也無法理解這樣的概念。換句話說，考慮區域性循環時，學生們就會遵循質量守恆定律的概念，但卻無法套用到全球系統循環中（Ben-zvi-Assarf & Orion, 2005; Sterman & Sweeney, 2002）。

瞭解水和碳循環的複雜系統，對於海洋和水生科學素養尤其重要，因為這些跨越空間和時間的循環過程的關聯性正是「海洋素養的七大原則」的基礎概念，若僅強調個別循環的過程，學生是很難自行連結各種循環在全球系統的關聯性。其中，系統性思考在國家科學教育標準中得到重視和支持，旨在以全新洞見的視野，提供對於海洋和水生科學學習及教學的策略（National Research Council, 1996）。

複雜系統：認知挑戰、教學支持

複雜的系統是元件的集合，所有元件都是運行系統所必需的（Ben-zvi-Assarf & Orion, 2005）。自然界複雜系統能區分為不同層級，並具有多種互相交互作用影響的階層（Wilensky & Resnick, 1999）。



圖 7: Sylvia Vitazkova 與 Claudio Vargas 在加州柏克萊舉辦的海洋科學講師交流研討會 (Communitating Ocean Sciences Instructors' Workshop) 期間使用地球模型展示海洋循環。

換句話說，較高級別的系統概念（如：交通堵塞、呼吸系統、水循環），就是從較低級別的系統間的交互作用而來（如：汽車、細胞、水分子），不僅僅只是各部分的累積。系統透過自動校正反饋迴路維持穩定性，甚至小變化也能產生顯著影響。系統性思考是理解和詮釋複雜系統的能力，它包括許多類型和級別的思考能力（Richmond, 1993），以這種方式思考是極具挑戰的，學生需要靠實踐和經驗才能夠將世界視為互聯系統。

這項觀點的研究報告顯示，初學者（學生）往往傾向集中式思考，也就是偏好使用單一原因或最終控制因素去解釋（Penner, 2001; Perkins & Grotzer, 2000; Raia, 2005; Resnick, 1990, 1996; Wilensky & Resnick, 1999）。學生傾向將複雜的事件簡單化、直接因果論的解釋，例如：雁行理論，野雁以 V 字型結隊飛行（Penner, 2000）、地球傾斜使北半球有冰川（Raia, 2005）、以及溫度改變會使食物網中的物種消失，並導致網絡瓦解（White, 2000）。研究人員認為，這種思維方式阻礙了學生思考能力，無法思索複雜系統中各項目的相互關聯性，忽略了複雜系統的新興特質（Penner, 2000）。

新興特質（Emergent properties）是系統中的特徵、特性或項目，藉由初階之不同特質的交互作用來呈現，例如：氣象是由水和空氣分子的移動所引起的天氣變化。考慮到複雜系統的因果關係時（Feltovich, Spiro 與 Coulson, 1993; Grotzer, 2003），學生未能認知時間和空間等因素的重要性，例如：即使在短時間內大為減少人為的排放，但要降低大氣中的碳含量仍需要許多年的時間。

此外，比較專家（科學家）和初學者（學生）之間，初學者傾向於辨識系統內的部分組成，而專家則關注在整體系統內各部分的工作運作模式及其所扮演的角色（Hmelo, Holton, & Kolodner, 2000; Hmelo-Silver, Marathe, & Liu, 2007; Hmelo-Silver & Pfeffer, 2004）。研究人員發現了數種有助於系統性思考的教學方法。首先，增加初學者使用模型的機會，更具體地說透過創造、操縱和修改模型，是有助於學生思考複雜的系統。第一個關鍵條件是當他們有機會反覆操作模型，就能夠透過無數次的思考和測試，設計出自己的模型（Edelson, 2002; Hmelo et al., 2000; Kawasaki, Herrenkohl, & Yeary, 2004; Penner, Giles, Lehrer, & Schauble, 1997），同時，也能使用電腦學習環境來演算虛擬模型，如虛擬環境和超媒體（Barab, Hay, Barnett, & Keating, 2000; Evagorou, Korfiatis, Nicolaou, & Constantinou, 2008; Kali, Orion, & Eylon, 2003）。因此，當學生學習模型（虛擬與實體）在複雜系統中的動態過程，可透過虛擬、抽象和無形的元素將之有形及具體化。第二，研究人員指出，知識與技術經驗豐富的教師對學生學習大有助益，因為教師若具有系統性思考能力，即可理解複雜的系統；第三，學生可透過自主學習，將想法與同儕間互相討論，可有助於發展系統性思考能力。

本文的研究為海洋和水生科學教育界提供三個主要建議，首先，理解系統的關鍵概念和過程（如水和碳循環），將有助於增加海洋素養，而系統性思考能增強解釋和預測能力，這是值得花費精力來幫助學生習得的技能；第二，需要具備各方面的思考能力，再從系統性的角度來理解全球系統的程序。系統性思考的策略包括：

1. 確保教師擁有與時俱進的教學知識以支持學生的思考。
2. 設計可讓學生控制、創造和操縱模型（虛擬和實體）的教學活動。
3. 提供學生與同儕交流反思、表達和分享想法的機會。

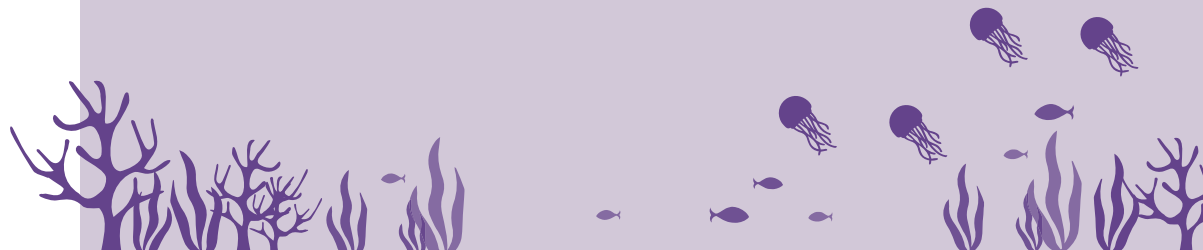
最後，參訪非正式的學習環境（例如：水族館、博物館與科學中心等）作為學習者創建個人與海洋連結的開端。這些個人連結對學習行為和動機具有長遠的影響（NRC, 2009）。雖然這裡描述的策略可能只被認為是科學概念共通性良好的教學，但與其他「良好教學」策略相比，它們對於幫助學生瞭解與海洋相關概念特別的重要。

 結論

綜上所述，「K-12 海洋素養範圍與程序」(The Ocean Literacy Scope and Sequence for Grades K-12) 是一個教學工具，顯示海洋科學中的概念如何相互關聯，從而支持了海洋教學和學習的系統方法。每個原則的概念性流程圖透過潛在的教學和學習程序下進行教授與指導（包括教育工作者、課程和程序開發人員、管理員）。在每個海洋素養原則中，這些想法在各個階段的排序和建立，都說明了學生如何從一個發展層面邁向下一個步驟的思維，每個年級間的原則，都強調特定發展層面的概念意義與相互關係。透過使用概念性流程圖和吸取學習經驗，都可傳達學生能夠反思、表達和分享他們的想法，並建立個人連結，可以讓他們擁有長期性的積極學習動機，最終成為海洋素養。

 作者群筆記

- a、第一部分是即將出版的「環境教育融入科學教育師資培育專題 (The Inclusion of Environmental Education in Science Teacher Education)」(Payne and Zimmerman, in press) 的總結該文章由科學教師教育協會 (the Association for Science teacher Education, ASTE) 於 2010 年出版。
- b、第二部分是國家研究委員會 (the National Research Council's Committee) 審查美國國家海洋暨大氣總署 (NOAA) 教育計畫委員會的委託書的總結 (Tran, 2009)，為了提供他們對於海洋素養的嶄新見解，該文件回顧學生理解水和碳循環的文獻資料，因為這些過程對於海洋素養至關重要。



運用概念性流程圖開發海洋素養概念

BY CRAIG STRANG, KATHY DIRANNA, AND JO TOPPIS

自「海洋素養：K-12 海洋科學基本原則（The Essential Principles of Ocean Science K-12）」發表後，共同認知到一個具有共識文件的潛在力量，它敘述每個人都應該瞭解海洋，其被認為是一種科學素養；但也有其侷限，它敘述了理想的狀態，卻沒有提供如何到達的路線圖。我們知道最終需要制訂路線圖以提供問題的答案：「如果學生要在 12 年級之前瞭解海洋素養原則，那麼我們需要在 K-2 年級、3 至 5 年級、6 至 8 年級和 9 至 12 年級前教授他們什麼，以幫助他們實現這一目標呢？」這個問題的答案——範圍與程序——將是教師和非正規科學教育工作者非常感興趣的，也是國家和州級標準委員會、課程開發者、教科書作家和評估專家感興趣的。但是，代表這種複雜資訊的有效方法，且便於這些不同的最終使用者能夠全面、易於理解與接受呢？對於這個答案，我們轉而關注了學習、教學和教師專業發展的文獻。

科學學習的研究指出（Bransford et al., 1999），為了發展探究領域的能力，學生必須具備：（1）有紮實的的事實知識基礎；（2）在概念架構的背景理解事實和想法；（3）組織知識以便於檢索和應用。因此，為促進學生對海洋科學思想的概念理解和組織的發展，範圍與程序應該有一個具有邏輯和前後一致的方法，將海洋素養原則的複雜概念從一個層級進行到下一個階段。概念性流程圖（如第 37-88 頁所示）提供一種概念發展的組織與呈現方式，並可作為一個多功能的工具，其原因為它們以流程圖形式描述每個年級適當的發展概念以及概念間的關係；它們提供一個基礎研究案例，從最初階年級開始，可教授概念的程序；並以流程圖平衡對學習理論和科學認知的實用性。



概念圖與概念流程

概念性流程圖是一種專門而獨特的概念圖形式。概念圖適用於組織和表達，是 Joseph Novak 於 1972 年在康奈爾大學（Cornell University）進行的研究計畫中開發的知識圖形工具，藉以瞭解和追蹤兒童對於知識和科學理解的變化（Novak & Musonda, 1991）。Novak 的研究數據顯示「影響早期科學教育的價值，是以概念圖作為認知發展變化的代表性工具」，Novak 的概念圖包括在圓圈或框中的概念，以及由連接兩個概念的連接線作為表示概念之間的關係，連接線上的文字，被稱為連接詞或連接短語，指示兩個概念之間的關係。

概念通常以分層方式表示，圖的頂部具有最包含性、最通用的概念，而下面則列出更具體的概念。知識領域的分層結構有些可能是相對的，因為它通常取決於知識的應用或考慮的內容（Novak & Cañas, 2008; Novak & Gowin, 1984）。概念

圖的使用通常代表建構主義的學習和教學方法，因為它有助於學習者開發和展示他們對新概念與想法的理解軌跡。

概念性流程圖在 1989 年由加州的「K-12 聯盟」（WestEd）開發，在國家科學基金資助下，提供全州專業發展機構與具有初步行動的教師一同使用，在這種情況下，數十位教師制定了概念性流程圖，用以改進其內容知識、課程規劃和對複雜科學概念的參考依據。作為一個產物，概念性流程圖類似於嵌套概念圖，讓最主要的概念得到分支概念支持，而這些分支概念也會被更小的概念所支撐，成為學習程序的階層性概念（見圖 8）。

概念性流程圖（conceptual flow diagram）與概念圖（concept map）不同之處，在於它表示了指令單元中的概念，並且具有思想層次（指出概念之間的關係）和方向（即單元的指令程序）。概念性流程圖旨在從上到下，從左到右閱讀和教學。嵌套在其他概念之下的概念，有助於闡明和支持上述概念。右邊概念的建立源自於左邊的概念，並且經常導向發展性序列，特別是在較早的階段，並從較具體發展到更為抽象。

利用發展的概念性流程圖指導教師的過程在《評估中心教學：反思實踐》（Assessment Centered Teaching: A Reflective Practice）一書中被詳細地描述（DiRanna et al., 2008）。制定概念性流程圖的過程也被應用於各種目的，包括同時規劃課堂教學和評估、協助學區分析、選擇與採用教學素材，以及幫助課程開發人員設計教學素材。有鑑於這些概念性流程圖的多元用途，在不同教育目的之學習與教學過程中，展示和彙整了大創意與概念，為此，我們決定使用概念性流程圖來表示範圍與程序。



概念性流程圖的目的

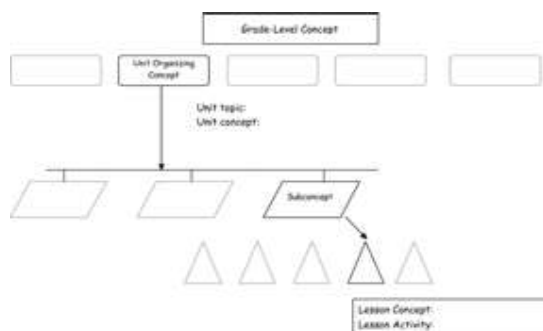
概念性流程圖是一種「逆向計畫」工具，從想要的結果開始逆向規劃（Wiggins & McTighe, 2005），其為設定理解目標和設計更好教學方法的手段。教師應該提供學生必須知道的重要概念與具有教育目標的準則，並將上述內容作為教材以呈現在具有全面性且有次序的圖表中。由於教師要辨別和整合三個要素，並提供能夠讓學生學習和進步的具體目標，以作為構建概念性流程圖的過程。透過概念性流程圖幫助學習者瞭解他們正在表達的概念與相互的連結，通常學生較難理解為何要他們學習這些東西，正如一位老師所說：

概念性流程圖是決定你的教學方向以及你將要思考的內容。你必須知道什麼概念是重要的，以及將學習的順序概念化。我會將概念的流程放在牆上，讓孩子們知道他們學習的進度。

——來自 NSF 學生學習評估與評測中心的教師領導 1

開發概念性流程圖是幫助教師建立基礎知識，同時幫助學生構建概念架構，而不是「學習」真實資訊的重要性。當課堂上顯示概念性流程時，教師和學生可以連接新的想法和資訊，提供深入瞭解的機會。有關完整的概念性流程圖有四個目的：

1. 詳細說明重要概念和其他想法的連結。
2. 確定可用於支持教學資源（例如：教科書、教學材料）的教學順序。
3. 確定評估學生理解程度的重要概念。
4. 最終成為教學單位評估計畫的基礎。



▲ 圖 8：教師開發用以描述教學順序的概念性流程圖。



概念性流程圖的構建

概念性流程圖是由一個 2 至 5 人所組成的團隊進行設計，通常是由瞭解此過程的人員擔任領導，構建一個概念性流程圖的過程，可包括以下五個步驟：

1. 每個人針對「你是否知道學生從（填空）年級升級時應該知道什麼（填空）？」寫出一個敘述性的回答。
2. 每個人將完整句子中的每個概念進行陳述，並根據敘述性的回答，分別填寫到三種不同尺寸的便利貼上，並使用較大尺寸標示更重要的概念。
3. 團隊成員彼此分享他們對便利貼上的概念想法。團隊成員將筆記整理排列在一個協作的概念性流程圖草稿中，其頂部為較大的概念，下面是較小的，嵌套的支持概念，在這一個步驟可能需要耗費數個小時。

4. 團隊成員將他們共同協作的概念性流程圖草稿、教學材料中討論的概念，以及團隊成員使用的科學內容標準相配對。
5. 團隊成員審查概念集群的進展（每個集群由一個大概念和下方嵌套式的較小概念組成），並將它們放在一個教學序列，為學生的理解程度提供了強大的連結（見圖 9）。



▲ 圖 9：2006 年第一次海洋素養範圍與程序工作會議上依七大原則訂的 6-8 年級概念性流程圖初稿的樣本。



概念流程與教師改變

除了協助教師進修與課程開發外，概念性流程圖已被應用於制訂課堂評估計畫的基礎，透過接受建立概念性流程圖的教師專業發展研究指出，大多數的年級小組隨著時間的推移，轉而關注大型概念構想，透過刪除、增加或重組學習目標來關注對學生必須要學習的重要概念。再者，另一個常見的轉變就是在較主要概念的想法和分支概念的相互連結與支持，需要建立更多協調的關係。大多數團隊越來越偏好說明單元之間的概念關係，而不是作為課程主題的列表。在概念性流程圖中進行組織轉移，在後期組合所有教師的評估計畫可以更加協調一致。計畫的評估可從長串的清單，轉向選擇追蹤學生進步的幾項關鍵原因進行評估。教師清楚地瞭解如何使用概念性流程圖來指導、評估、決策並選擇他們評估的契機（Gearhart & Osmundson, 2009）。

我認為教師需要瞭解他們課程的概念性流程，……例如：哪些概念是學生必須要學習的；哪些概念可以做為評估學生的學習指標……然後他們可以藉此規劃教學。

「發展概念流程」使我們從主題列表嵌套到重要概念的關注，並辨別學生理解真正重要以及促成個人評估問題與決策的決定因素。

——來自 NSF 學生學習評估和評測中心的教師領導 2

在一個著重教材設計與國家考試的政治氛圍，教師們感謝流程圖所建構出對於概念的理解以及提供超越課程標準的指導與理解，一位老師解釋說：

我所在的地區正在進行課程概念圖……，我正在試圖套入標準，但是（透過使用概念性流程圖）你必須更深入地瞭解課程標準，以評估背後的實際概念，而不是僅僅只是檢查是否有達到標準。

—來自 NSF 學生學習評估與評測中心的教師領導 3

根據 Gearhart 與 Osmundson 的研究發現，概念性流程圖的優點處似乎超出了評估規劃，教師們透過更好的教學材料來掌握他們的教學，當他們抓住重要的概念以及如何以有意義的順序進行安排時，教師就會洞察教學材料的組織方式，例如：哪些材料是可支持學生理解重大的概念，還有哪些課程、資源和評估有待修改，教師可以調整他們的教學與評估，來解決任何差距或不足之處。

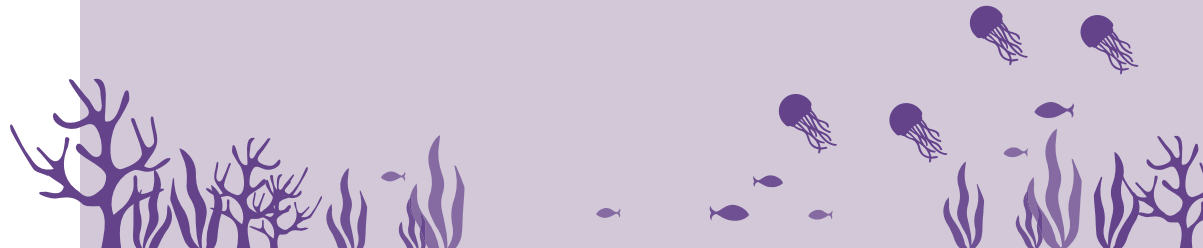
透過對概念性流程圖中新概念的關注，我能夠真正看到我的教學材料。我的意思是說，我知道我的教學材料並不是完美的，但這真的可以引導出教學的問題，例如，我哪裡需要修改或需要把它放置何處，以確保學生理解我要教的概念。

—來自 NSF 學生學習評估與評測中心的教師領導 4

我現在總是看著一個單元，並確保它與概念之間的關聯性。如果沒有，我會重新排列，以確保彼此建立相關的想法。我總是把這部分應用在科學教學上，我想我會試著把概念性流程圖融入其他教學領域。

—來自 NSF 學生學習評估與評測中心的教師領導 5

共同協作開發的概念性流程圖，已被證明是一個有效的教師專業發展活動，它涉及數百人共同完成的一套前所未有概念性流程圖。「K-12 海洋素養範圍與程序」代表全新的概念性流程圖用法。我們希望本特刊「範圍與程序」出版後，將成為未來研究的催化劑，用以瞭解如何形塑學生與他們對於複雜海洋科學概念的理解。未來，我們深切期盼本特刊所出版的「範圍與程序」可成為未來學生在學習海洋相關知識所會遇到的原則標準、教科書、課程材料與評估內容等的參考依據。



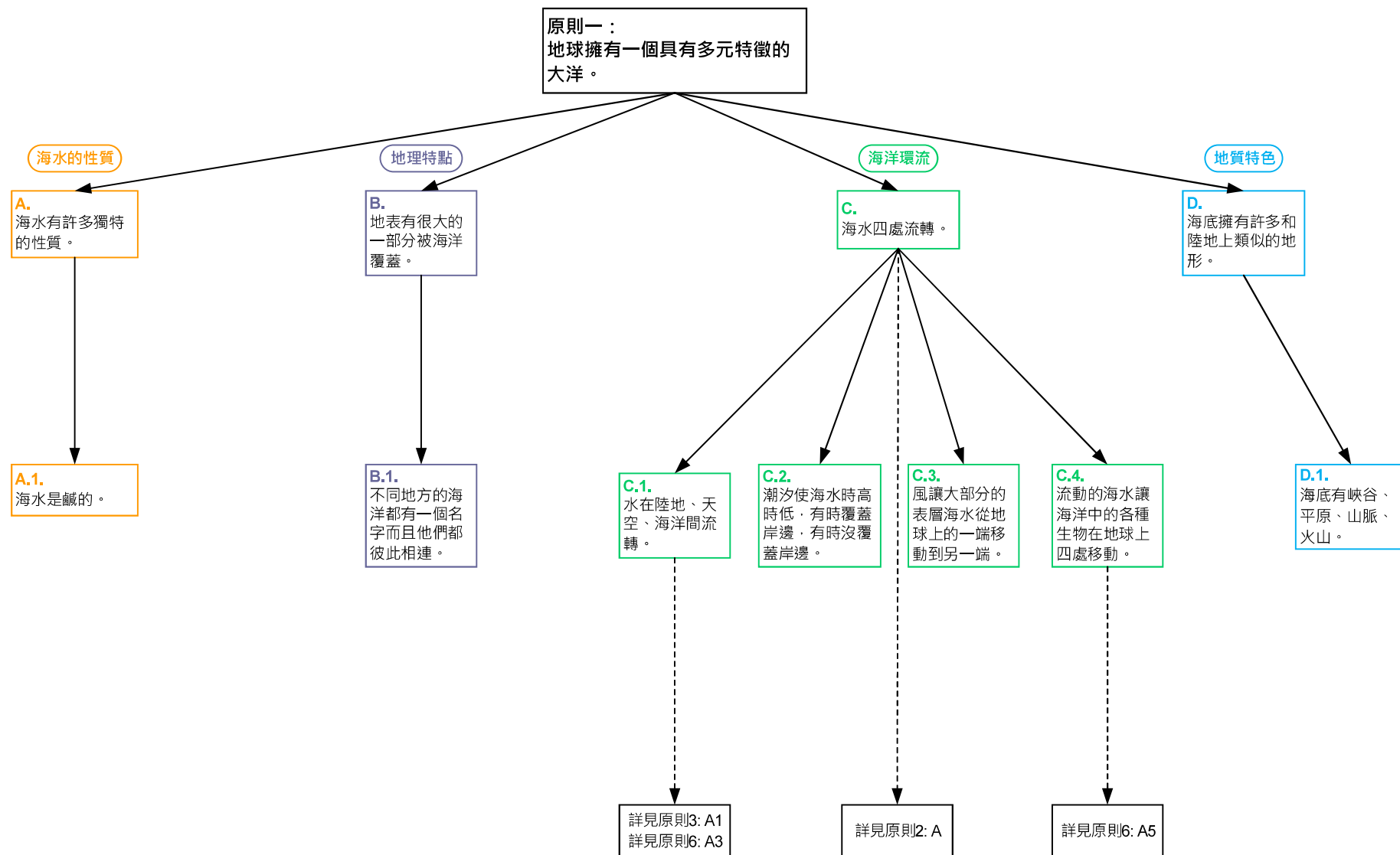


原則一：幼稚園至國小二年級

Principle 1 : Grades K-2

原則一：地球擁有一個具有多元特徵的大洋。

(Principle 1:The Earth has one big ocean with many features.)

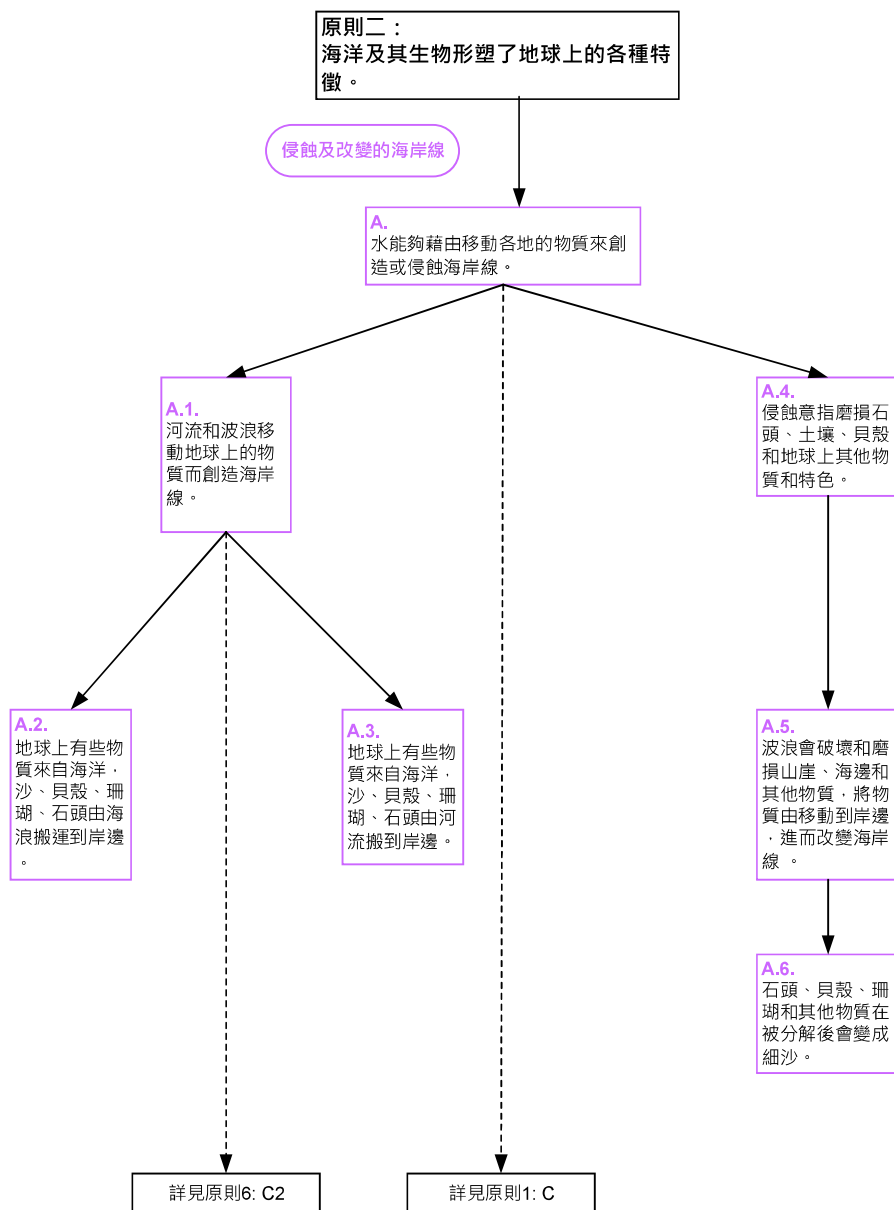


原則二：幼稚園至國小二年級

Principle 2：Grades K-2

原則二：海洋及其生物形塑了地球上的各種特徵

(Principle 2:The ocean and life in the ocean shape the features of the Earth.)

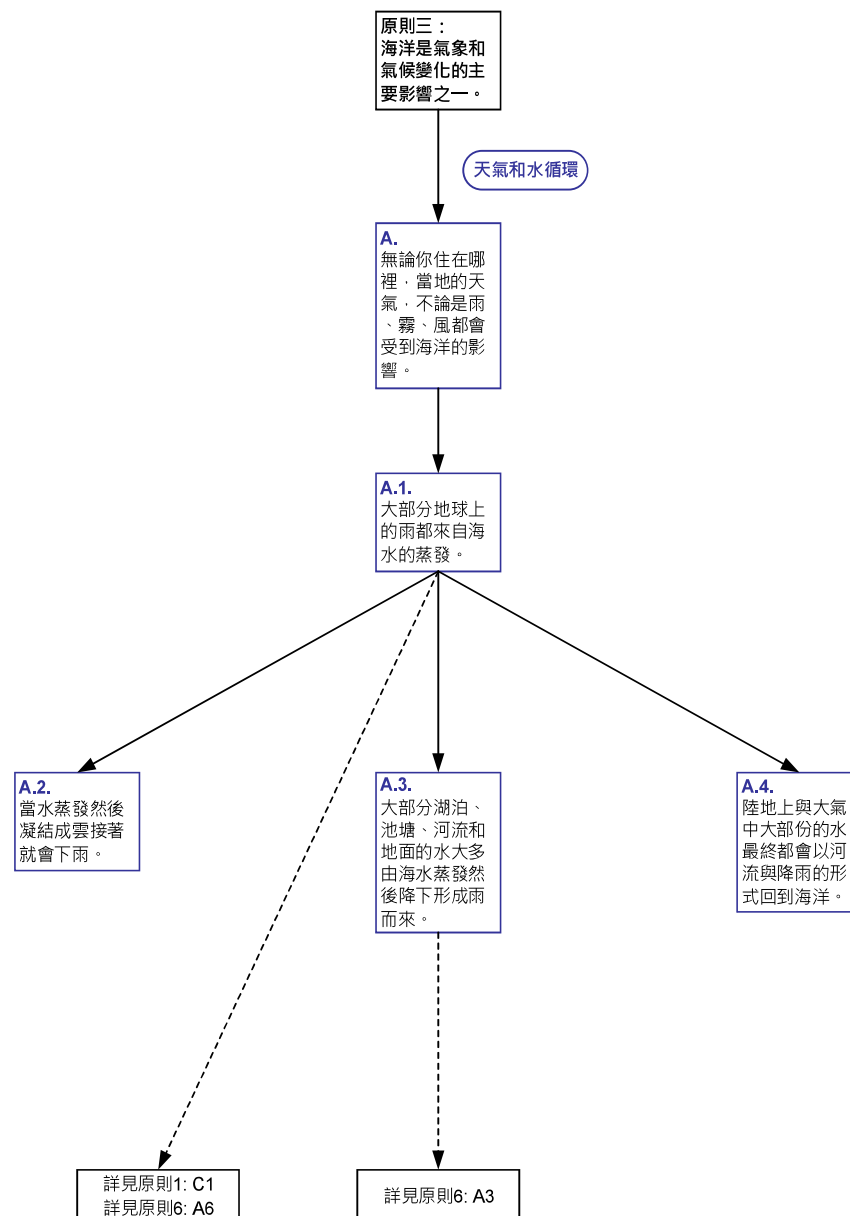


原則三：幼稚園至國小二年級

Principle 3：Grades K-2

原則三：海洋是氣象和氣候變化的主要影響之一

(Principle 3:The ocean is a major influence on weather and climate.)

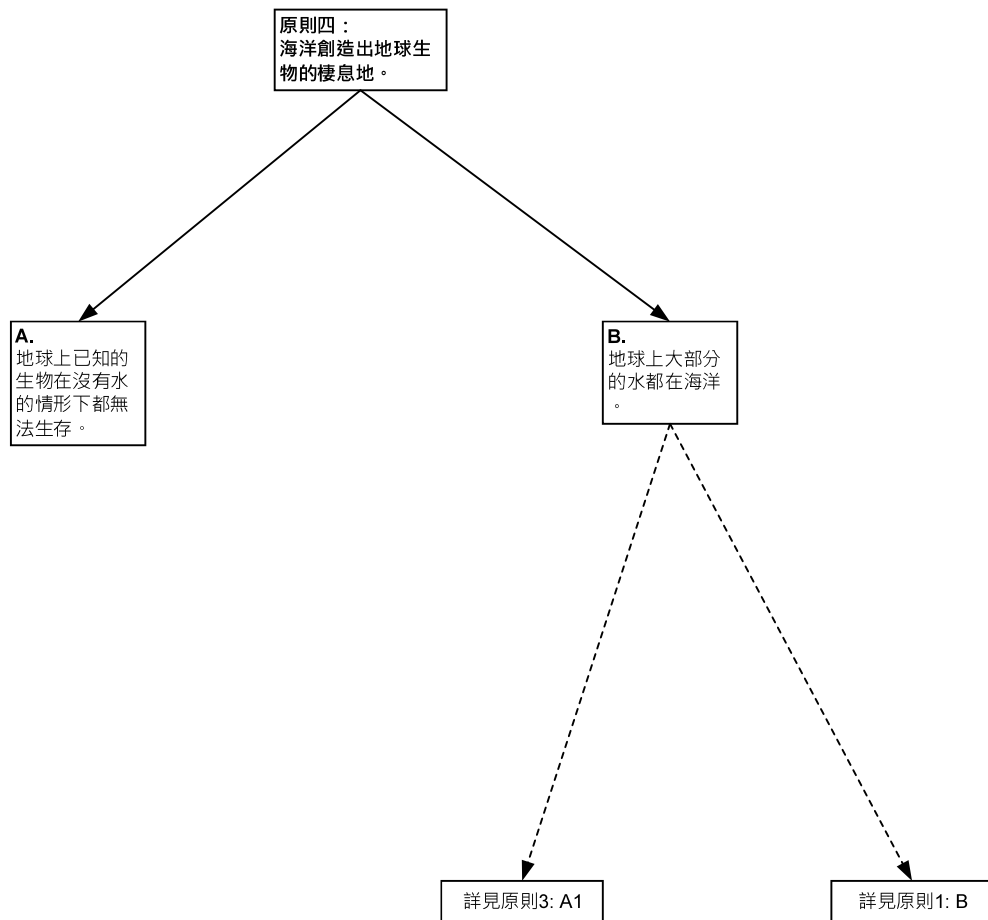


原則四：幼稚園至國小二年級

Principle 4：Grades K-2

原則四：海洋創造出地球生物的棲息地。

(Principle 4:The ocean makes Earth habitable.)

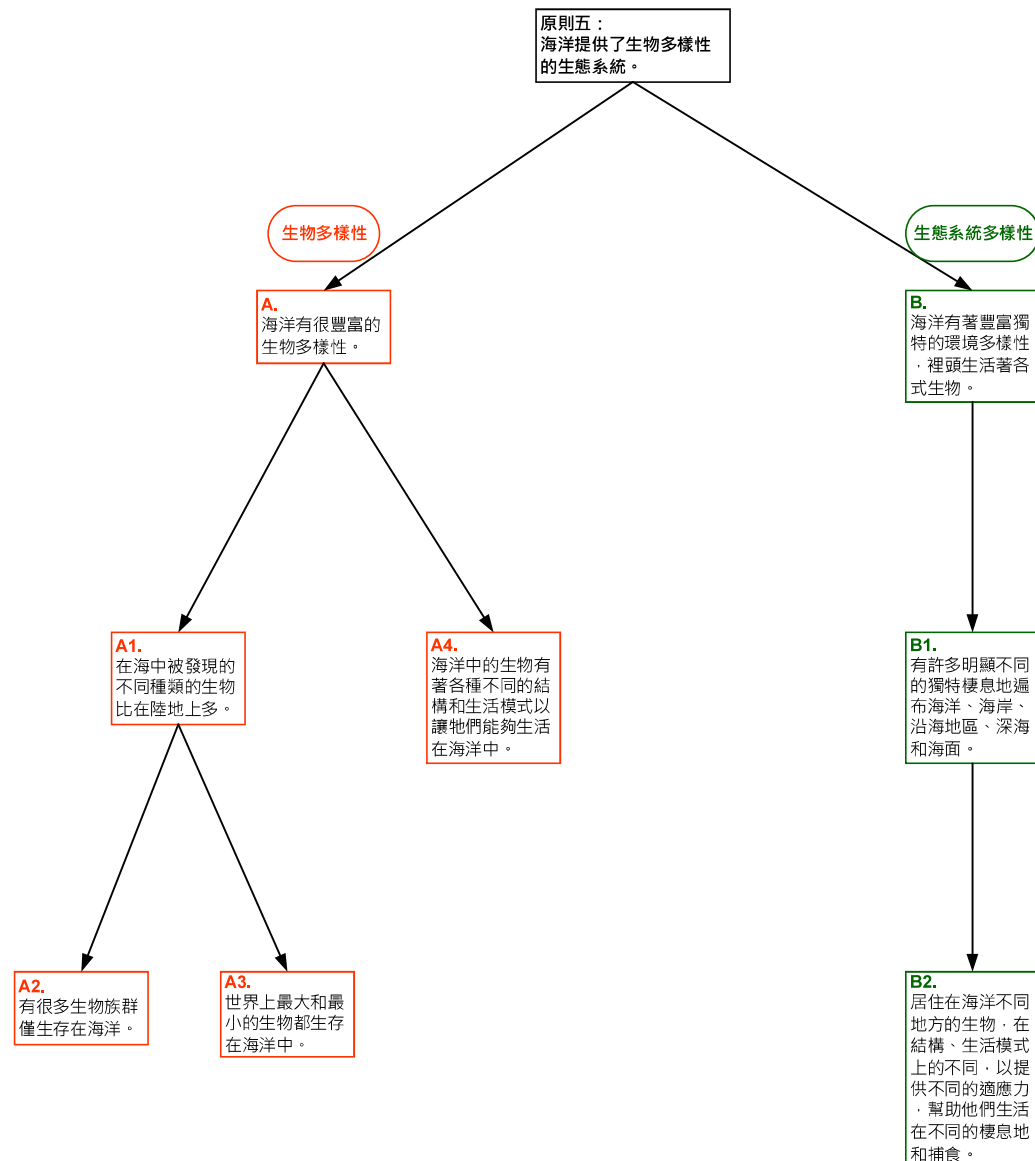


原則五：幼稚園至國小二年級

Principle 5：Grades K-2

原則五：海洋提供了生物多樣性的生態系統。

(Principle 5:The ocean supports a great diversity of life and ecosystems.)

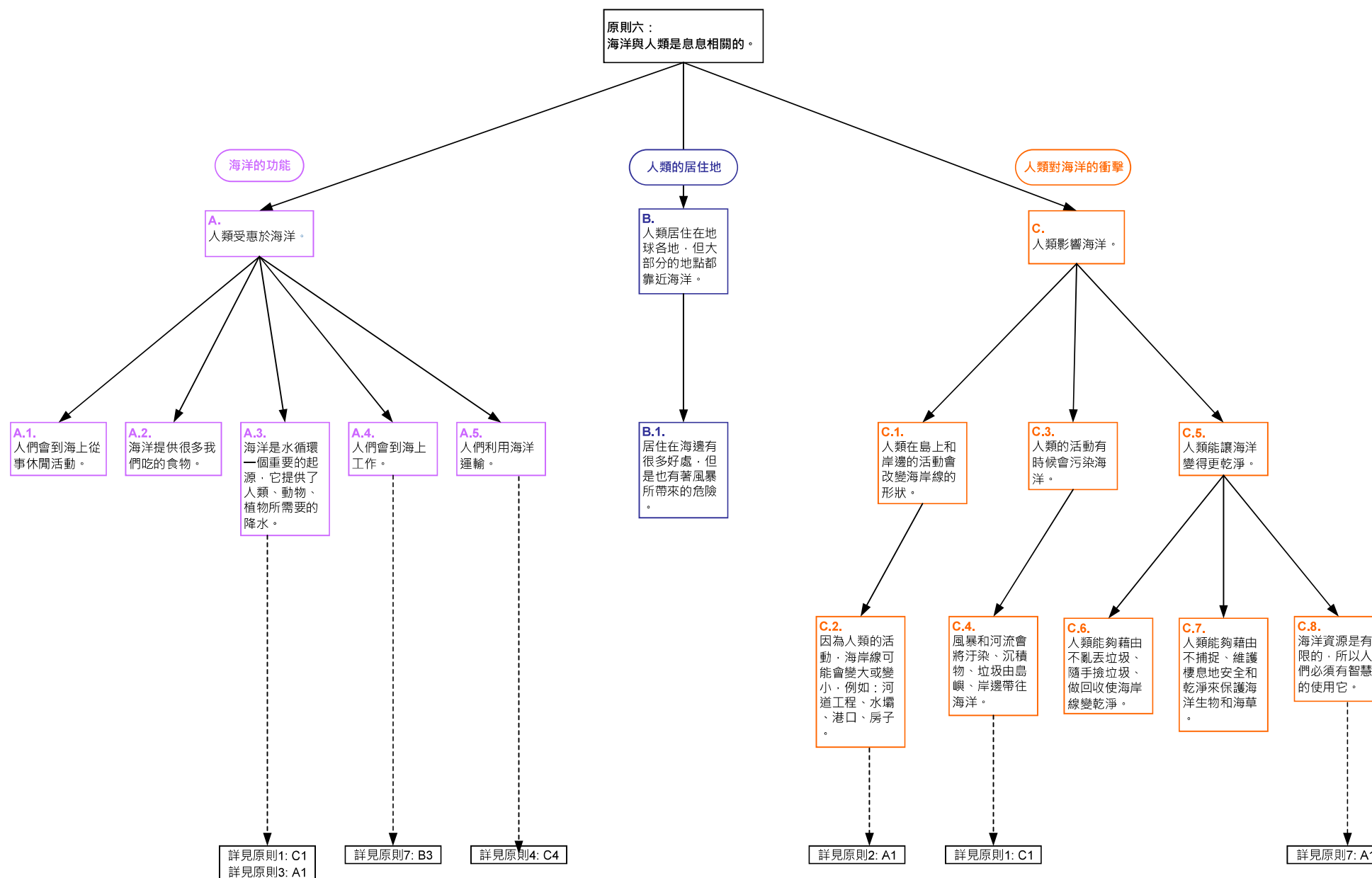


原則六：幼稚園至國小二年級

Principle 6 : Grades K-2

原則六：海洋與人類是息息相關的

(Principle 6:The ocean and humans are inextricably interconnected.)

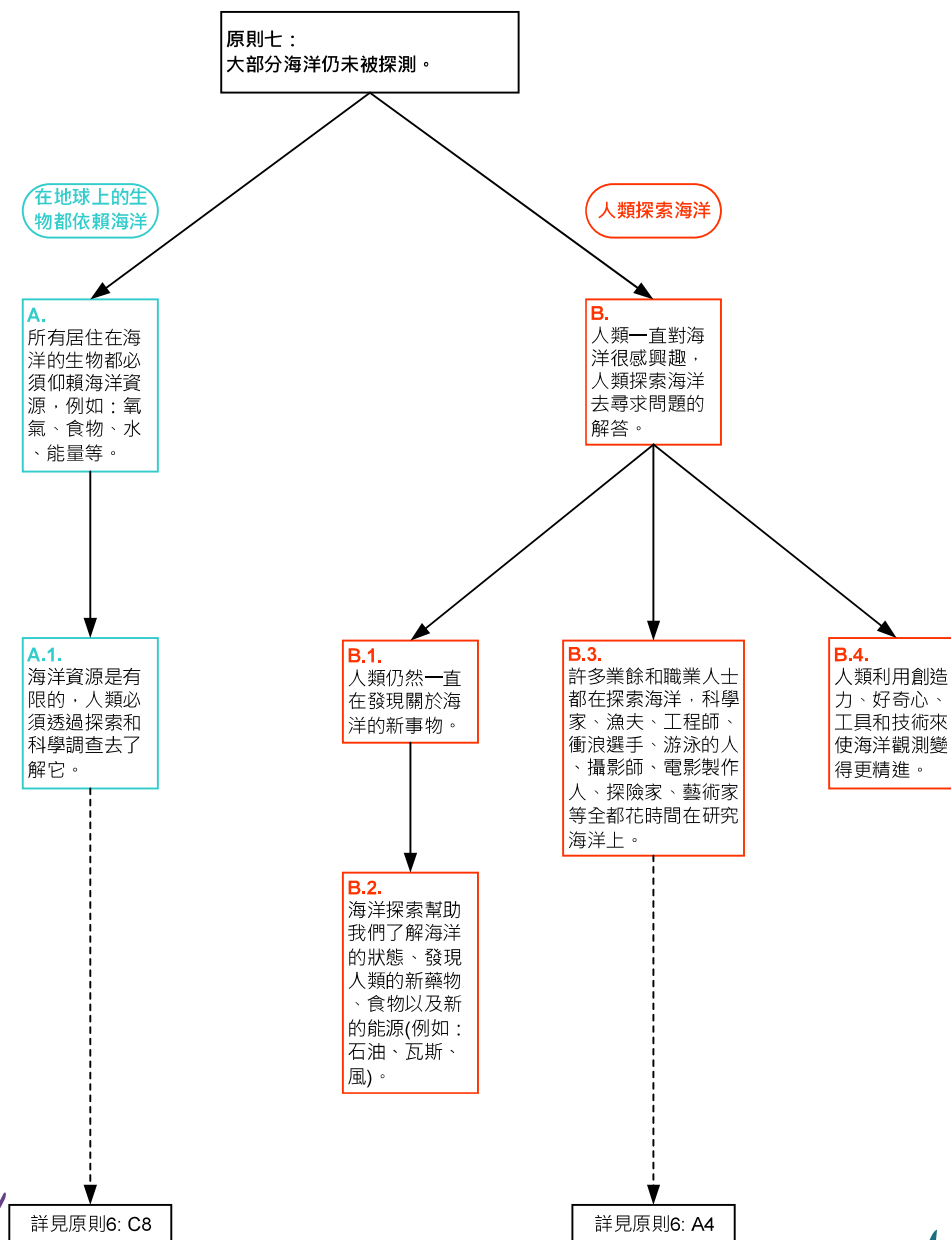


原則七：幼稚園至國小二年級

Principle 7 : Grades K-2

原則七：大部分海洋仍未被探測

(Principle 7:The ocean is largely unexplored.)



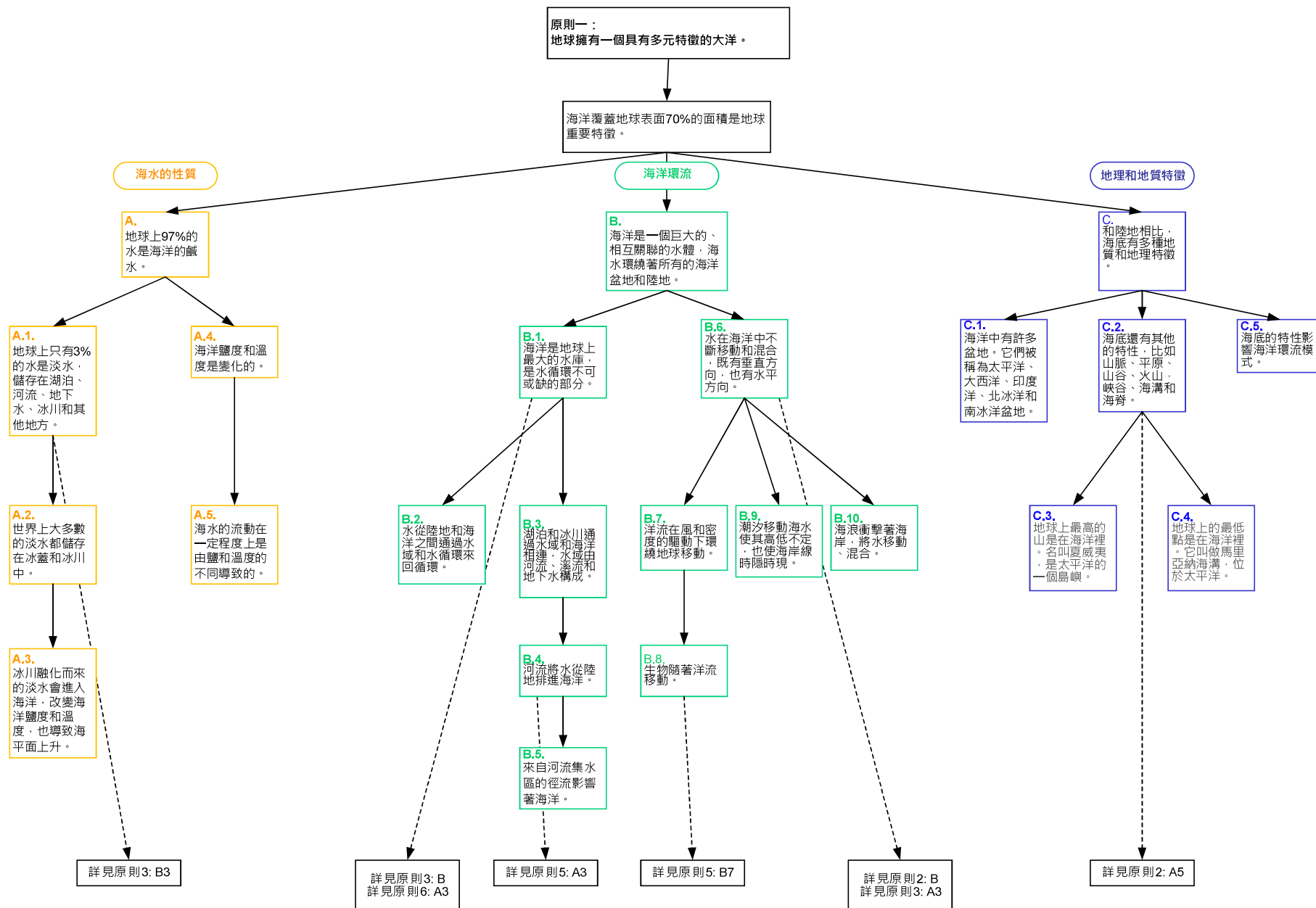


原則一：國小三年級至五年級

Principle 1：Grades 3-5

原則一：地球擁有一個具有多元特徵的大洋

(Principle 1:The Earth has one big ocean with many features.)

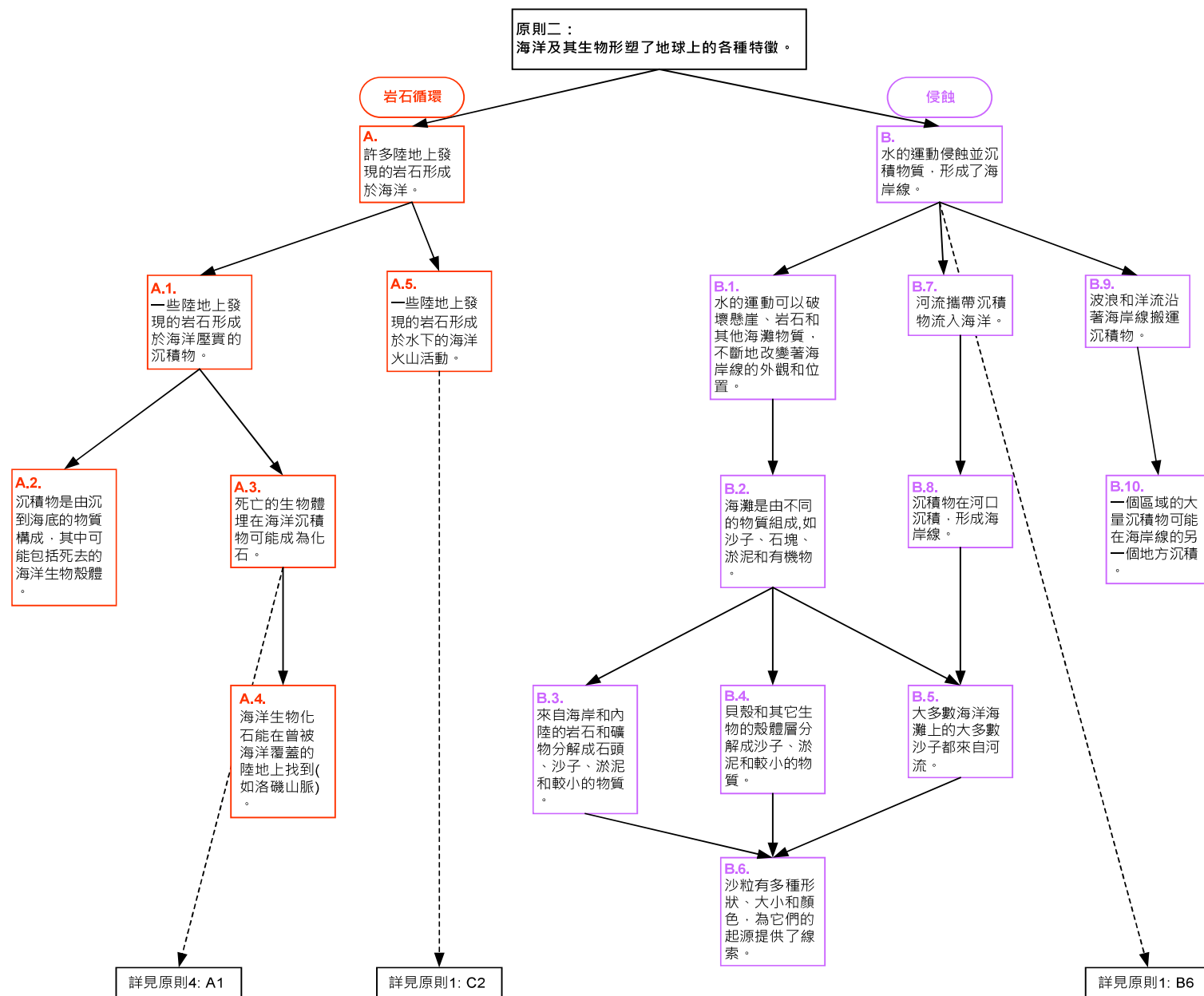


原則二：國小三年級至五年級

Principle 2：Grades 3-5

原則二：海洋及其生物形塑了地球上的各種特徵

(Principle 2:The ocean and life in the ocean shape the features of the Earth.)

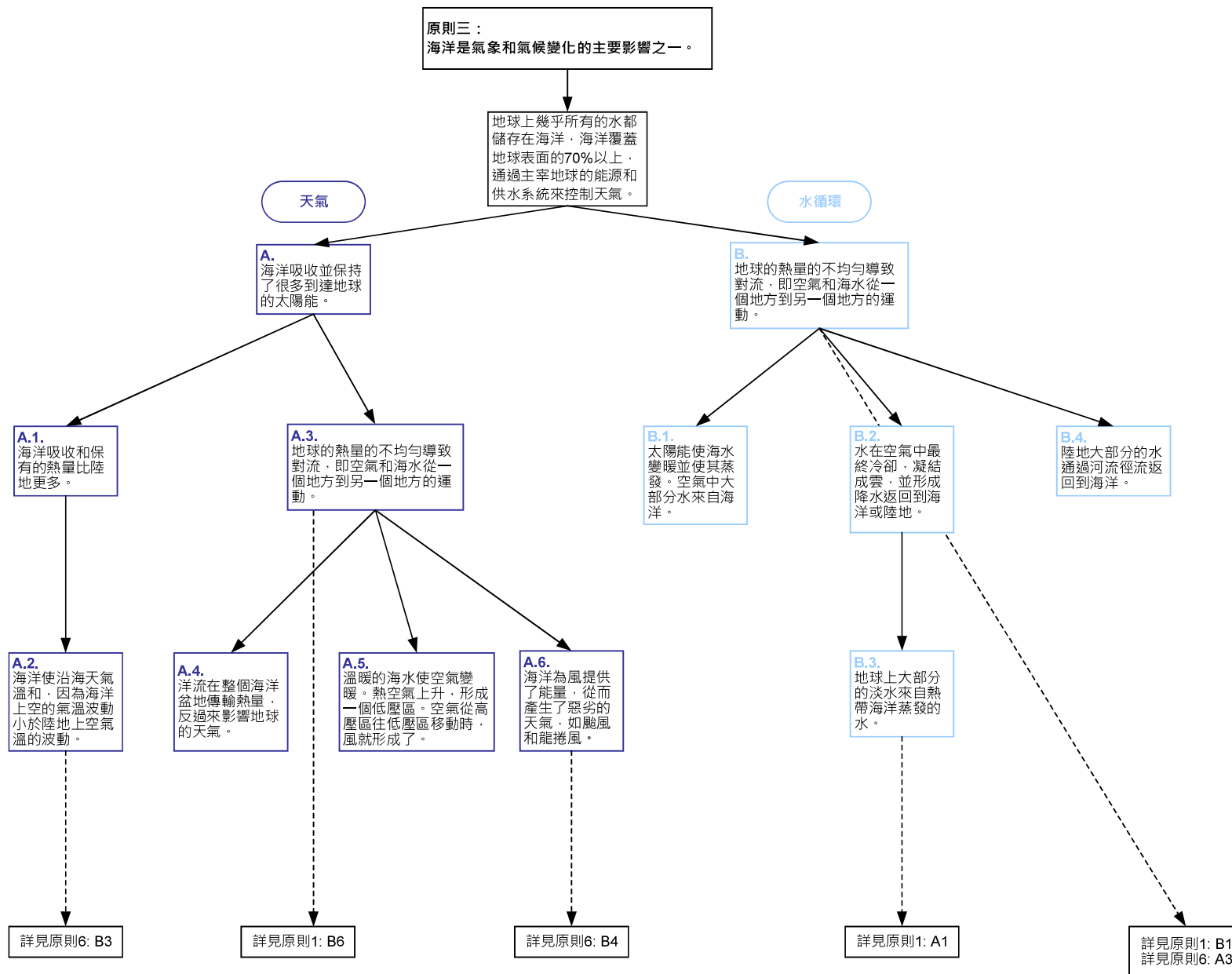


原則三：國小三年級至五年級

Principle 3：Grades 3-5

原則三：海洋是氣象和氣候變化的主要影響之一

(Principle 3:The ocean is a major influence on weather and climate.)

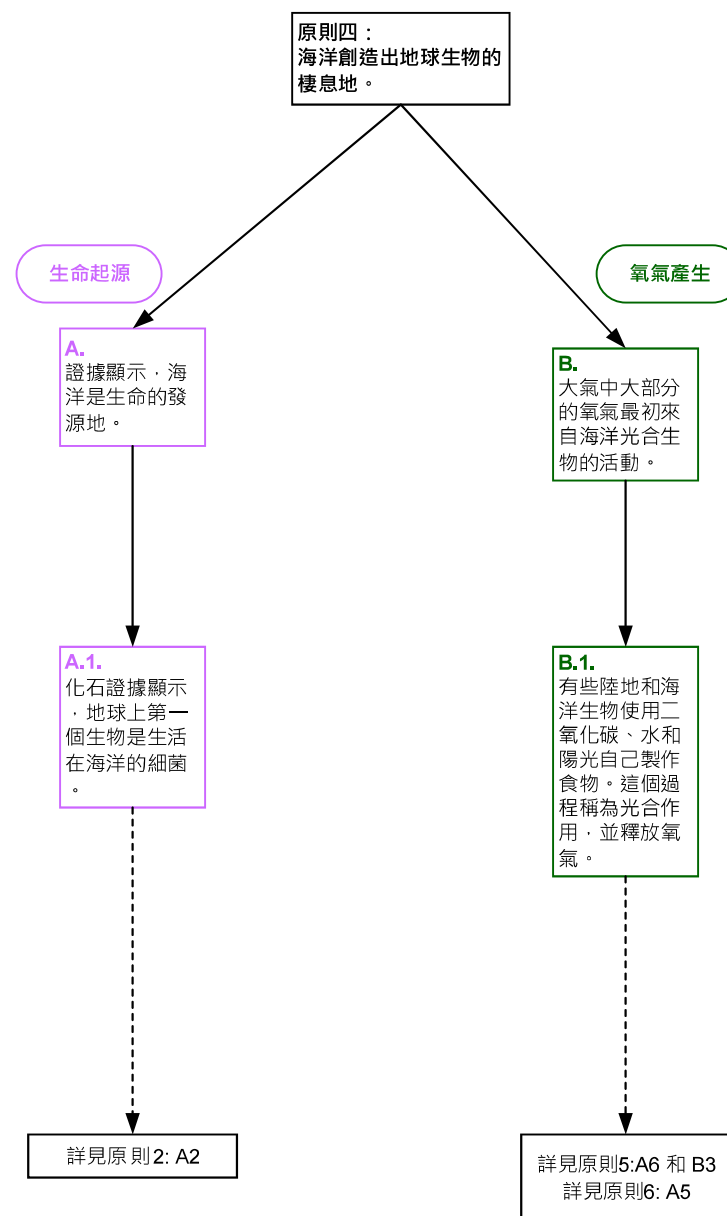


原則四：國小三年級至五年級

Principle 4 : Grades 3-5

原則四：海洋創造出地球生物的棲息地

(Principle 4:The ocean makes Earth habitable.)

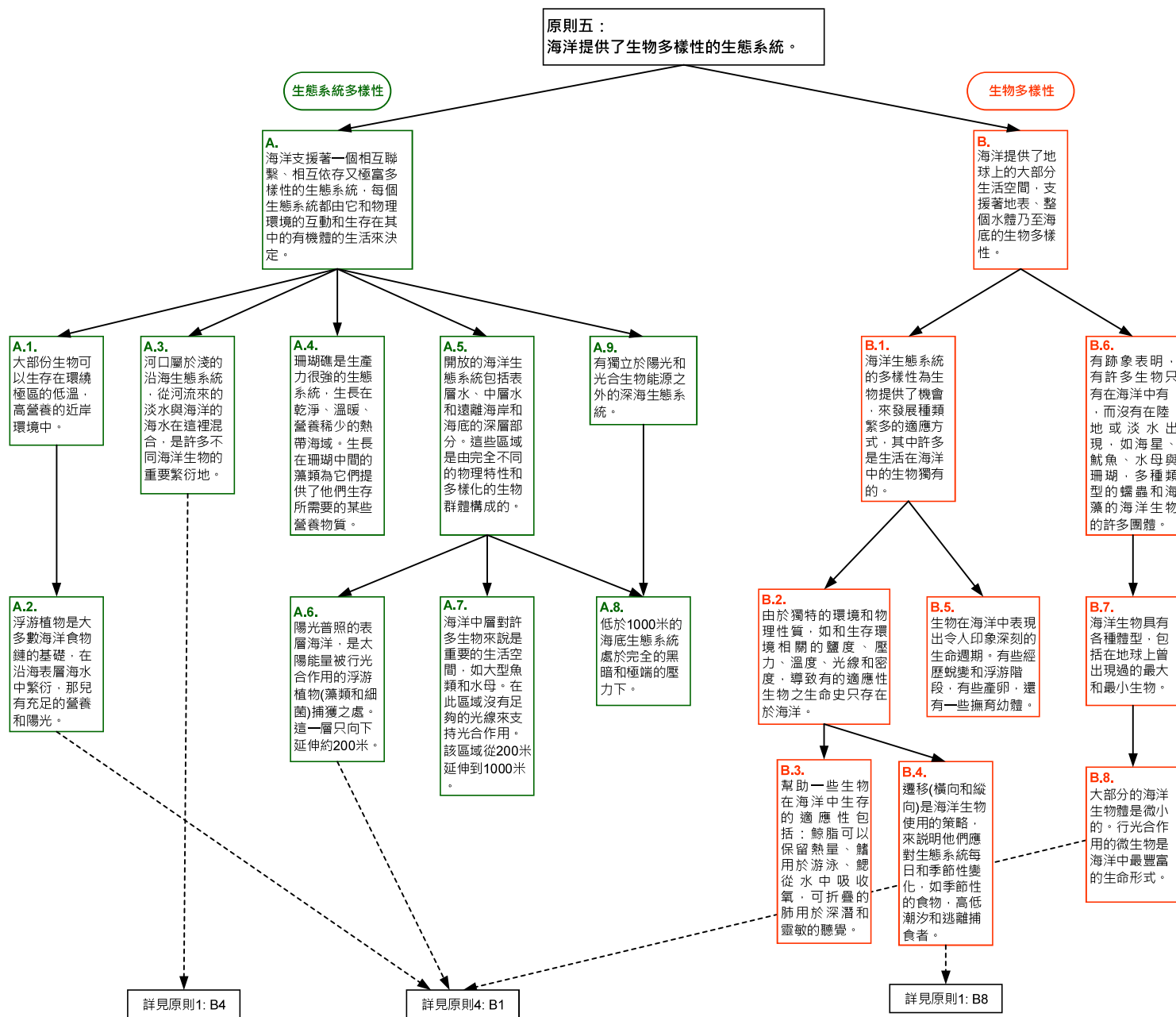


原則五：國小三年級至五年級

Principle 5：Grades 3-5

原則五：海洋提供了生物多樣性的生態系統

(Principle 5:The ocean supports a great diversity of life and ecosystems.)

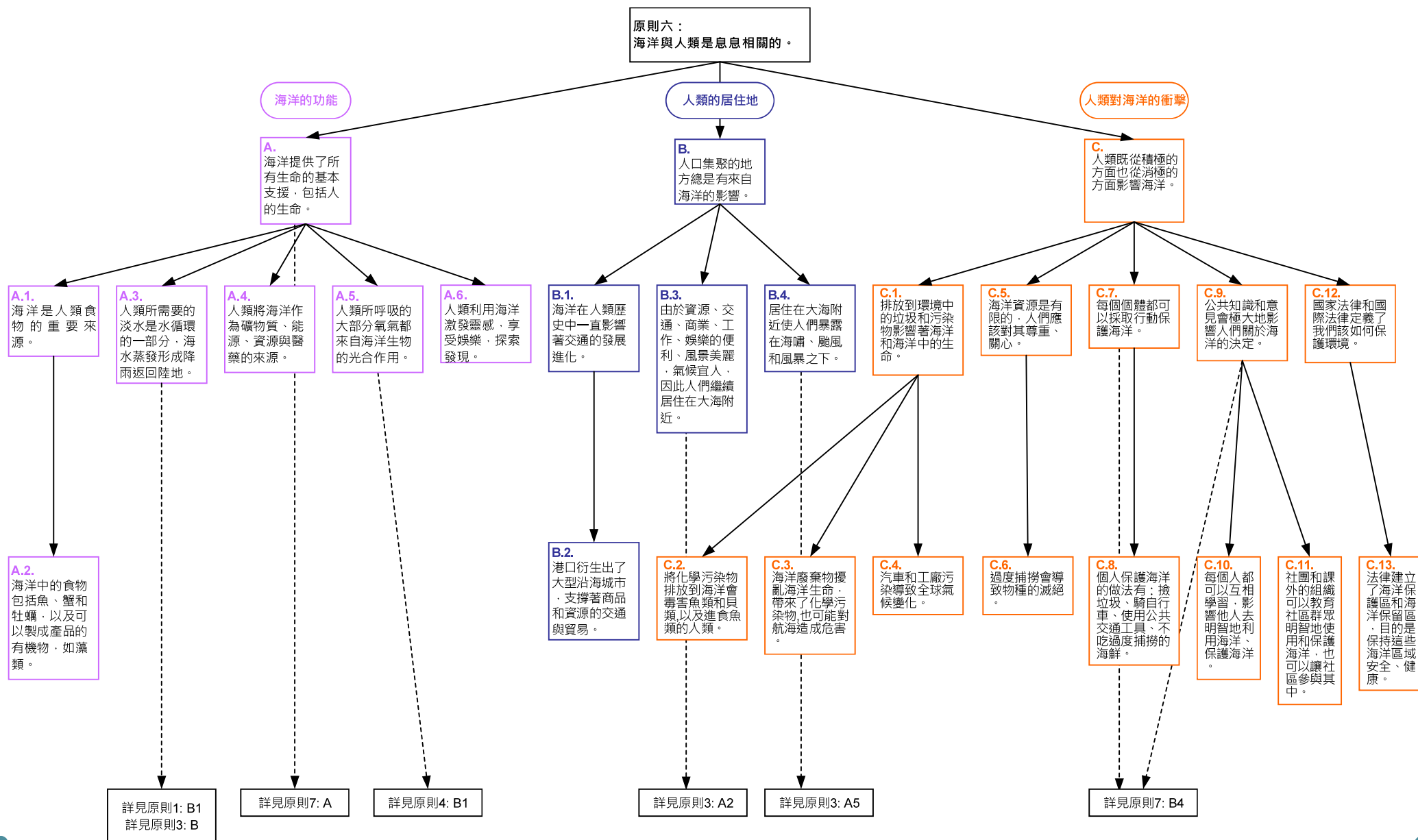


原則六：國小三年級至五年級

Principle 6：Grades 3-5

原則六：海洋與人類是息息相關的

(Principle 6:The ocean and humans are inextricably interconnected.)

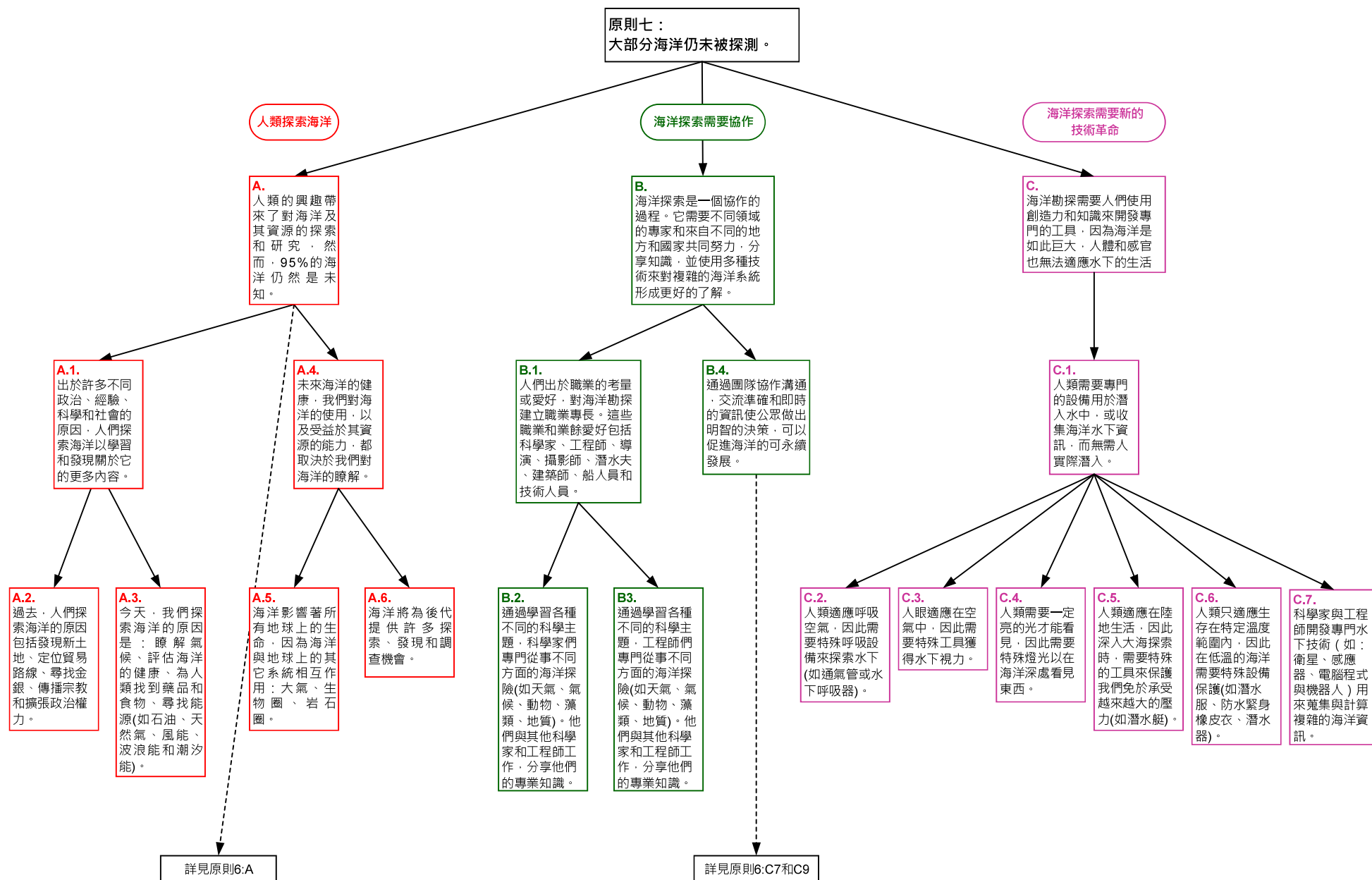


原則七：國小三年級至五年級

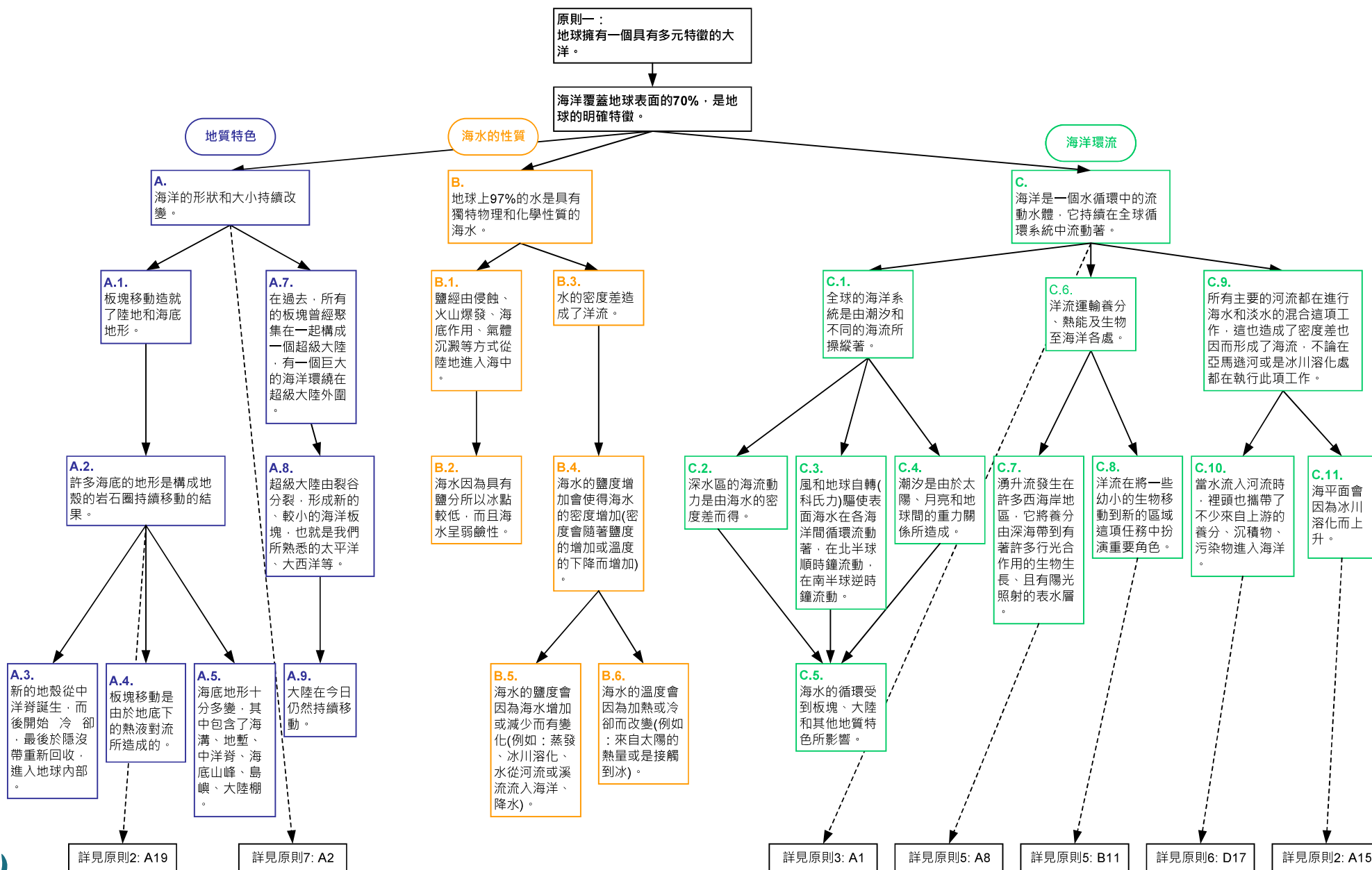
Principle 7：Grades 3-5

原則七：大部分海洋仍未被探測

(Principle 7:The ocean is largely unexplored.)



(Principle 1: The Earth has one big ocean with many features.)

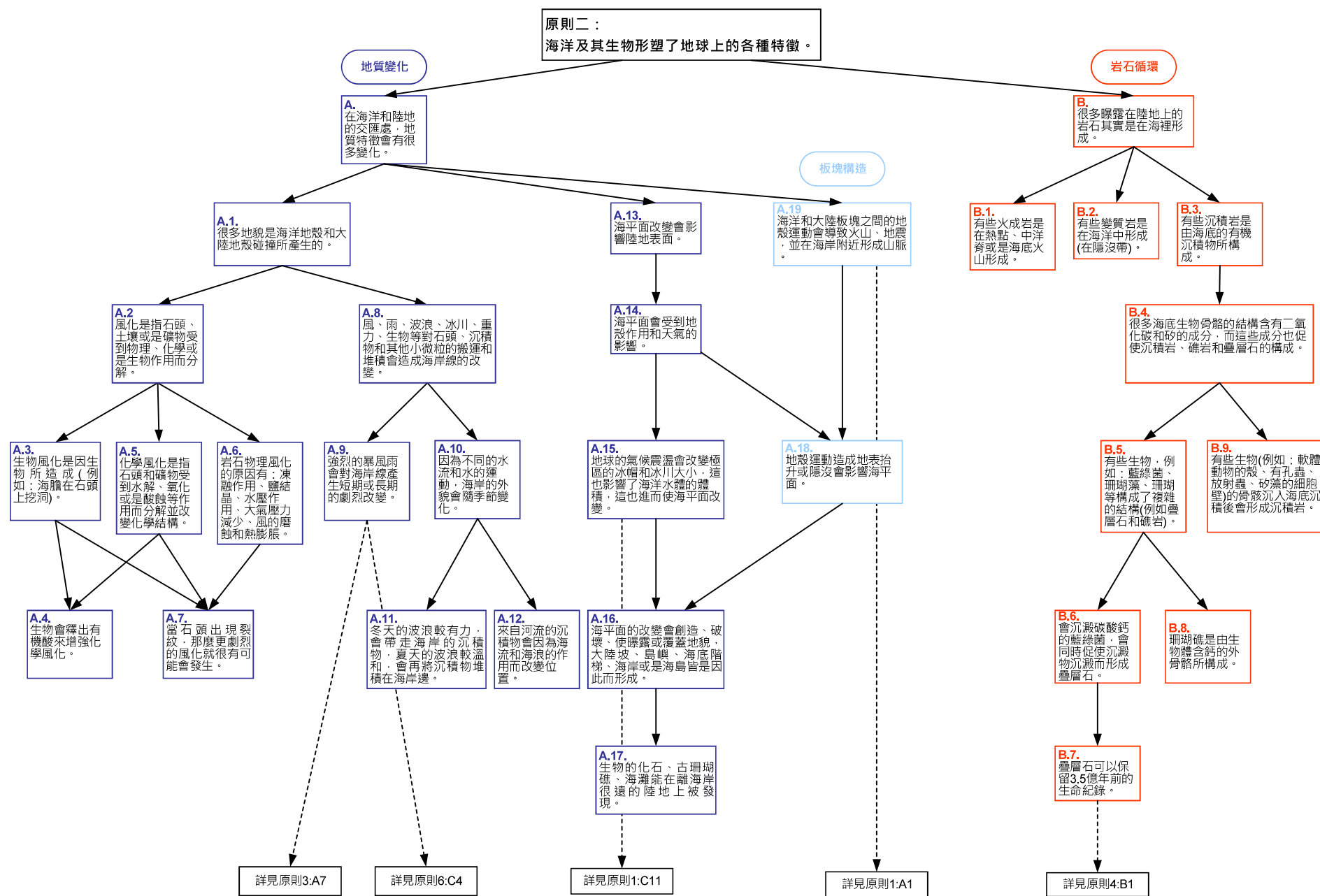


原則二：國小六年級至國中二年級（八年級）

Principle 2：Grades 6-8

原則二：海洋及其生物形塑了地球上的各種特徵

(Principle 2:The ocean and life in the ocean shape the features of the Earth.)

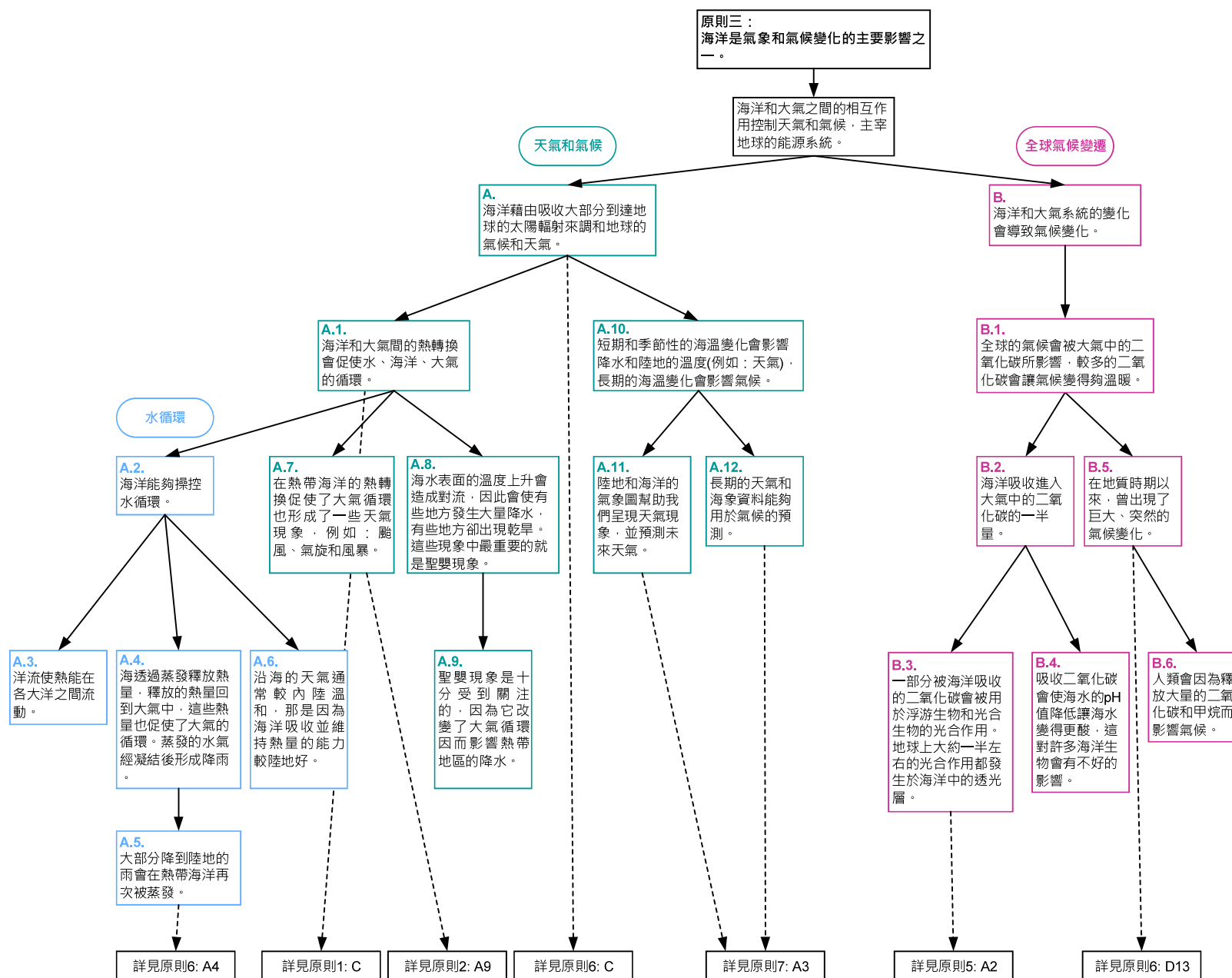


原則三：國小六年級至國中二年級（八年級）

Principle 3：Grades 6-8

原則三：海洋是氣象和氣候變化的主要影響之一

(Principle 3:The ocean is a major influence on weather and climate.)

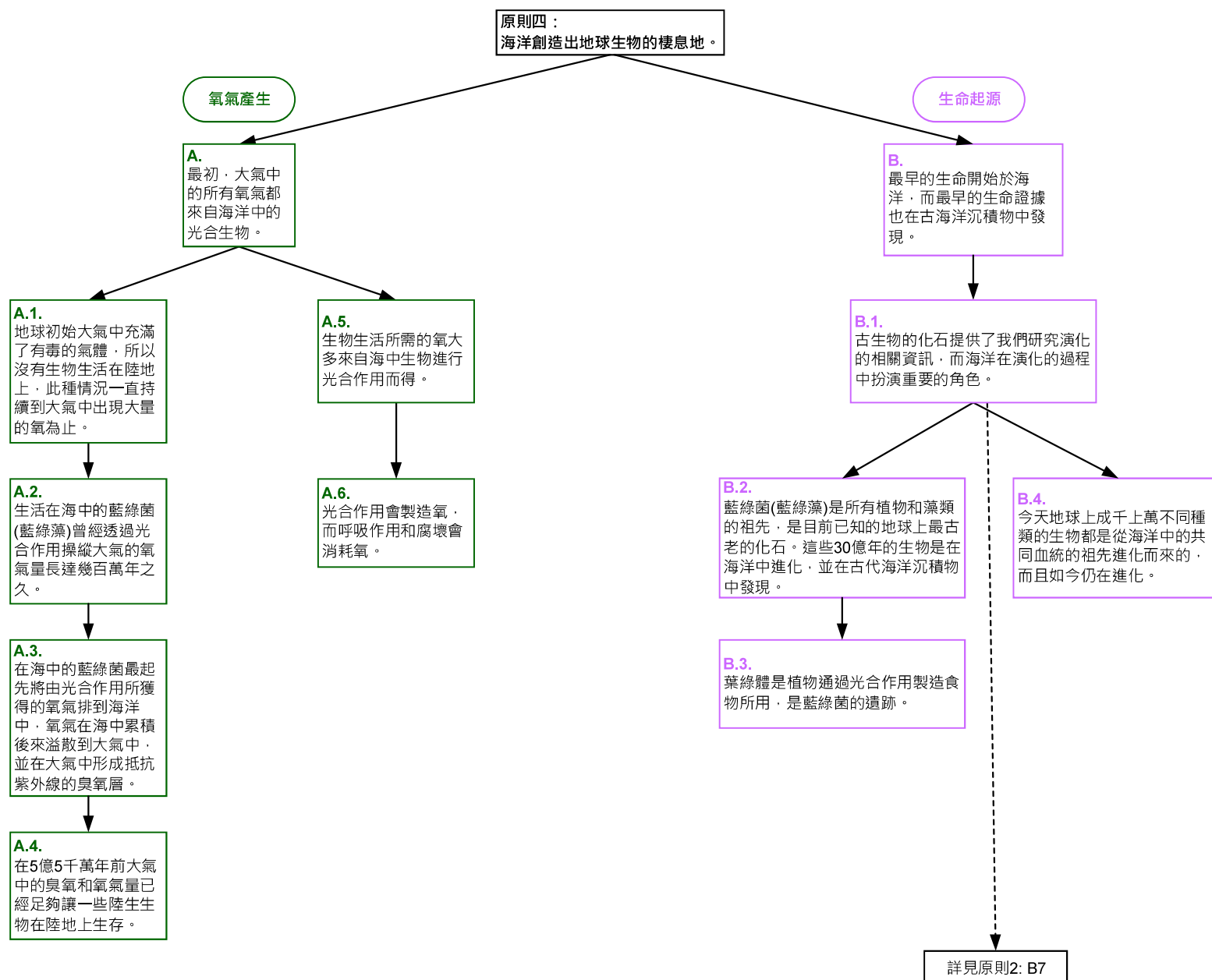


原則四：國小六年級至國中二年級（八年級）

Principle 4：Grades 6-8

原則四：海洋創造出地球生物的棲息地

(Principle 4:The ocean makes Earth habitable.)



(Principle 5:The ocean supports a great diversity of life and ecosystems.)

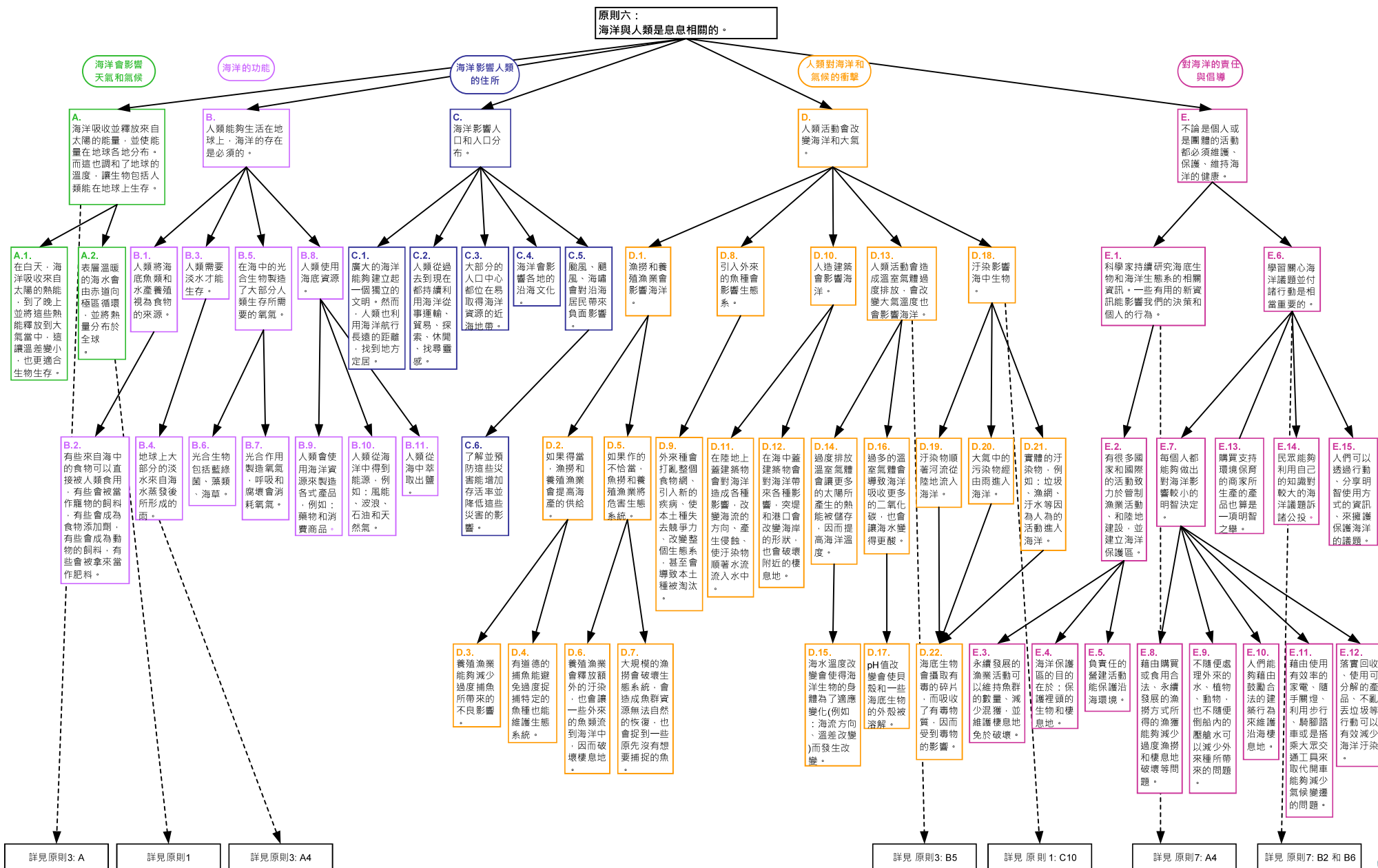


原則六：國小六年級至國中二年級（八年級）

Principle 6：Grades 6-8

原則六：海洋與人類是息息相關的。

(Principle 6:The ocean and humans are inextricably interconnected.)

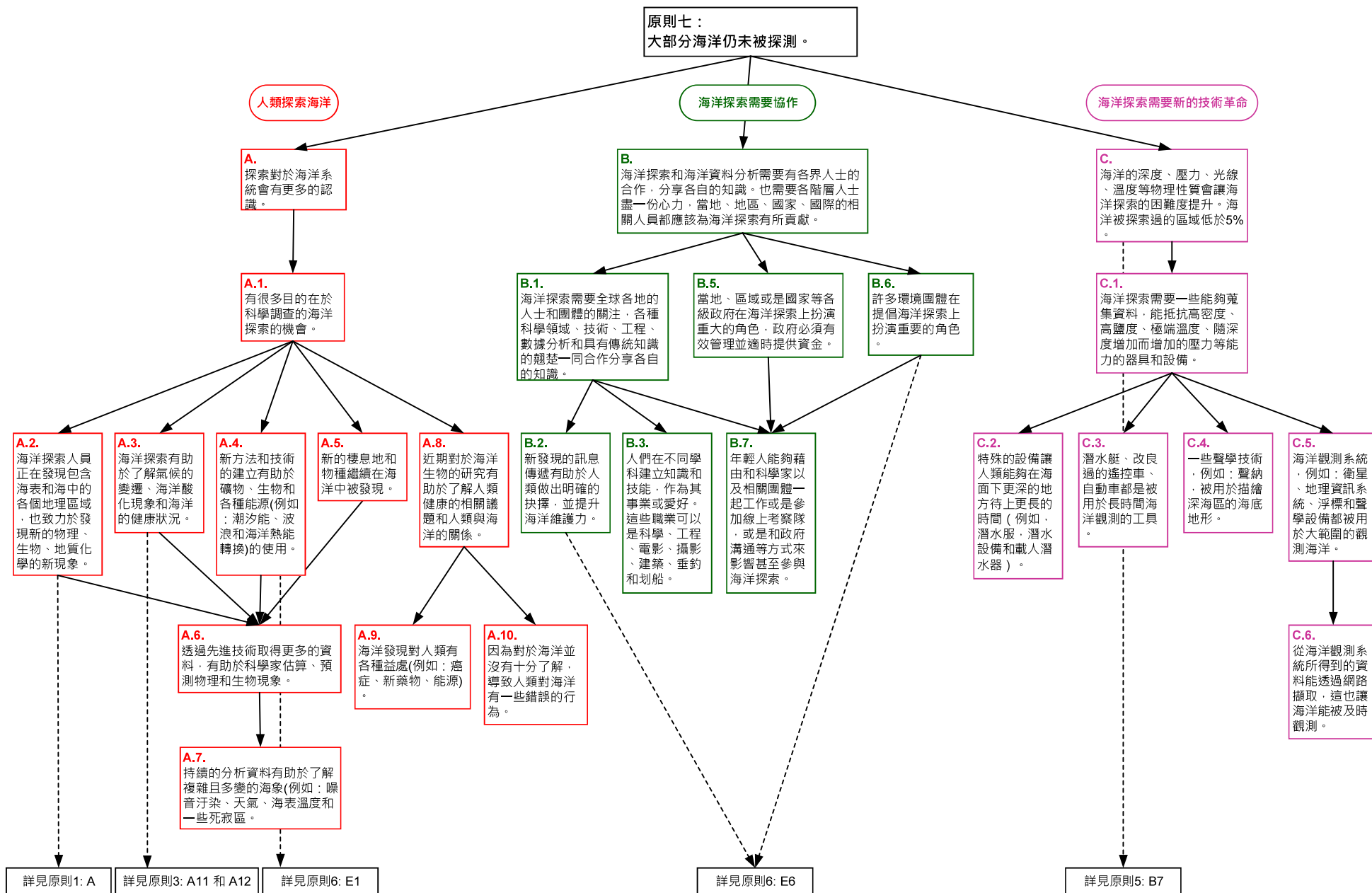


原則七：國小六年級至國中二年級（八年級）

Principle 7 : Grades 6-8

原則七：大部分海洋仍未被探測

(Principle 7:The ocean is largely unexplored.)



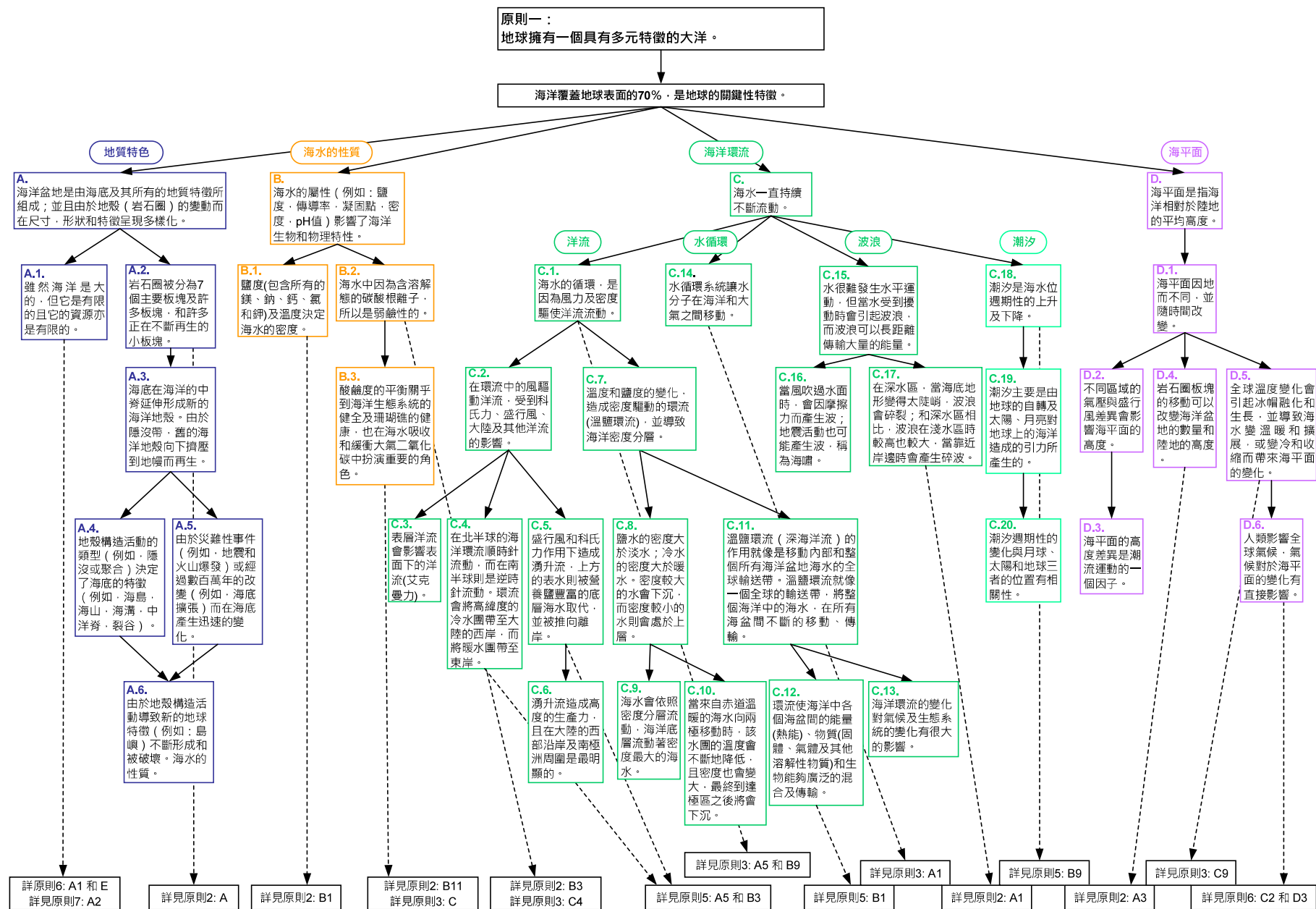


原則一：國中三年級（九年級）至高中三年級（十二年級）

Principle 1：Grades 9-12

原則一：地球擁有一個具有多元特徵的大洋

(Principle 1:The Earth has one big ocean with many features.)



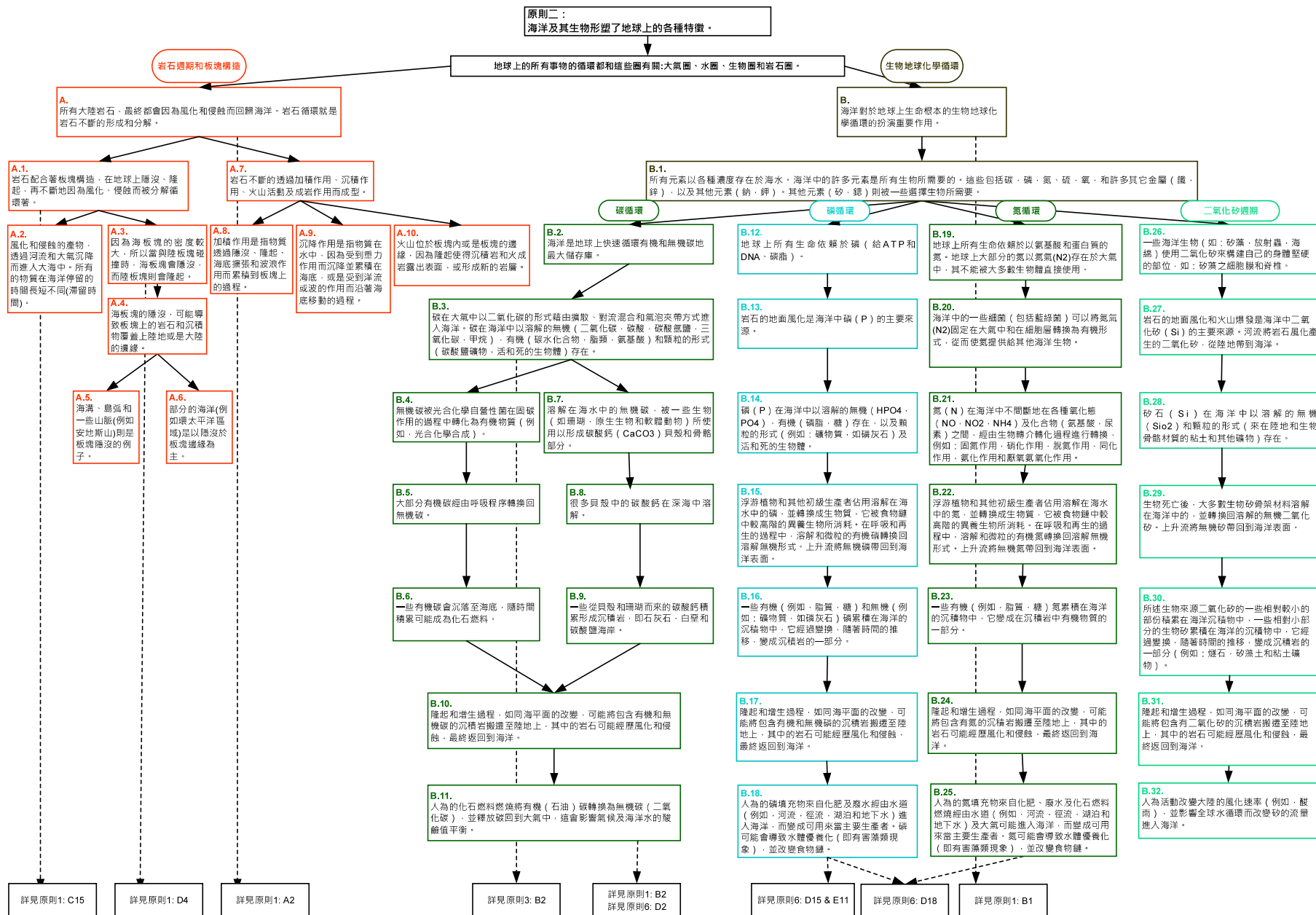


原則二：國中三年級（九年級）至高中三年級（十二年級）

Principle 2：Grades 9-12

原則二：海洋及其生物形塑了地球上的各種特徵

(Principle 2:The ocean and life in the ocean shape the features of the Earth.)



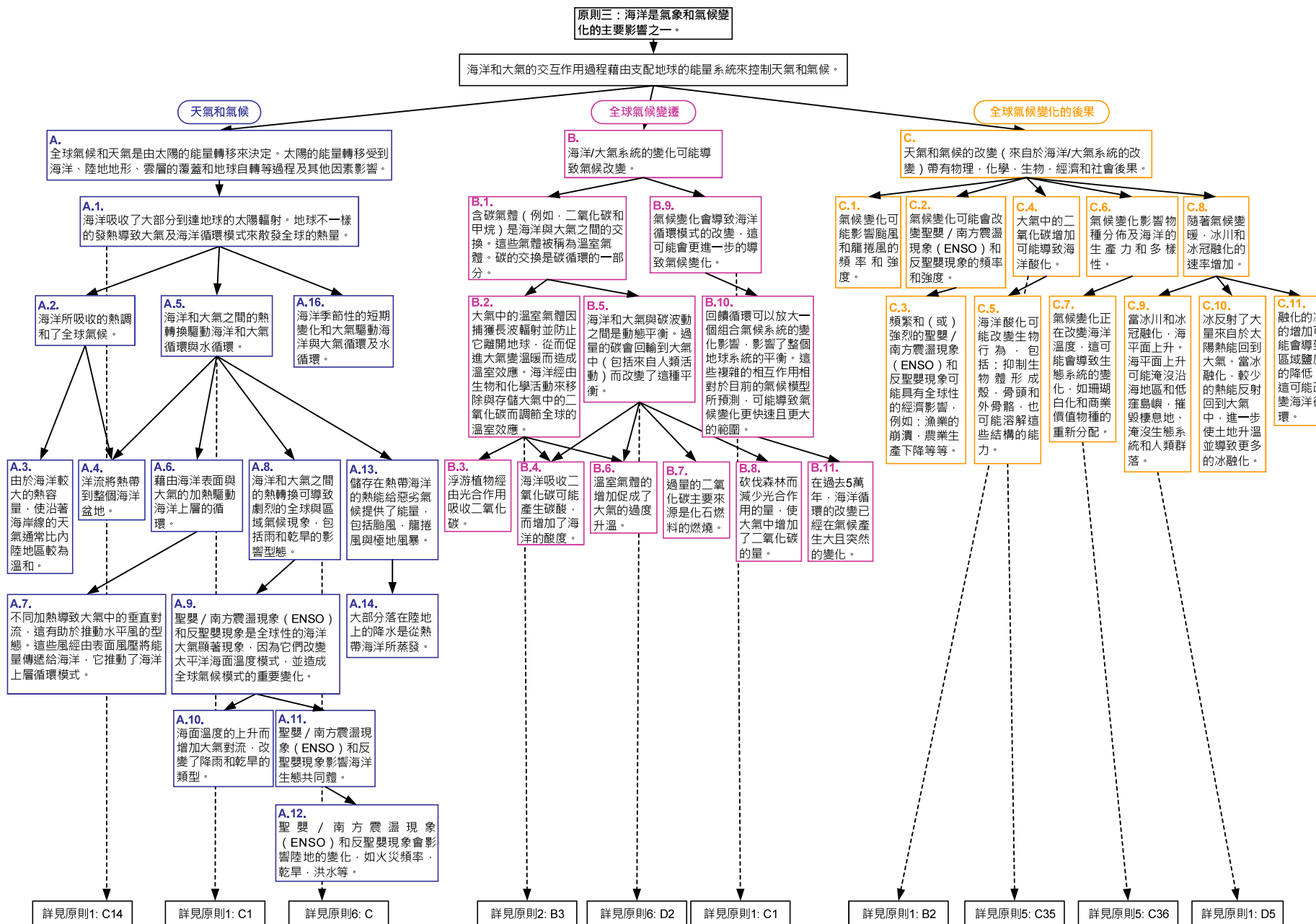


原則三：國中三年級（九年級）至高中三年級（十二年級）

Principle 3：Grades 9-12

原則三：海洋是氣象和氣候變化的主要影響之一。

(Principle 3:The ocean is a major influence on weather and climate.)

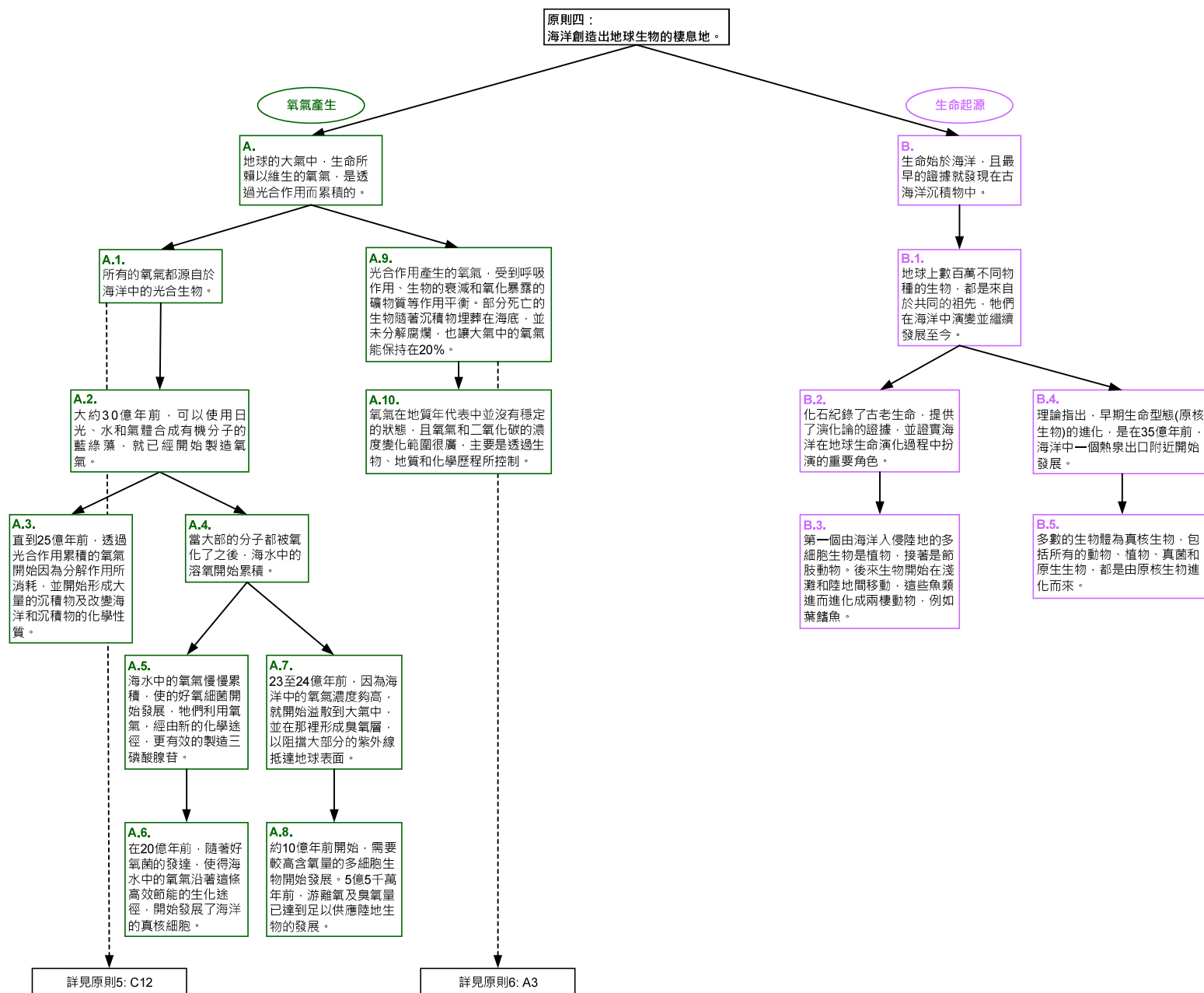


原則四：國中三年級（九年級）至高中三年級（十二年級）

Principle 4：Grades 9-12

原則四：海洋創造出地球生物的棲息地

(Principle 4:The ocean makes Earth habitable.)



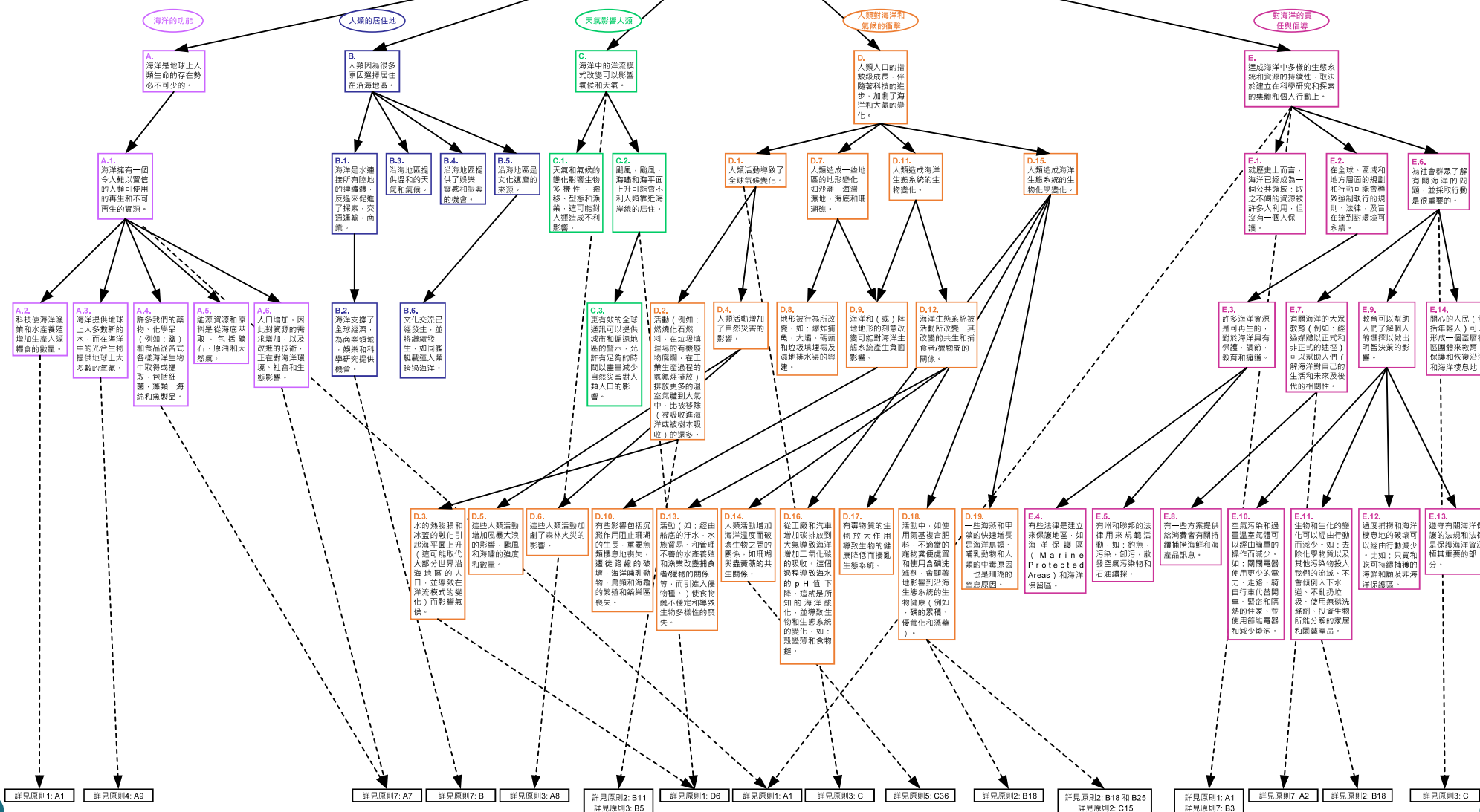
原則六：國中三年級（九年級）至高中三年級（十二年級）

Principle 6：Grades 9-12

原則六：海洋與人類是息息相關的。

(Principle 6:The ocean and humans are inextricably interconnected.)

原則六：海洋與人類是息息相關的。

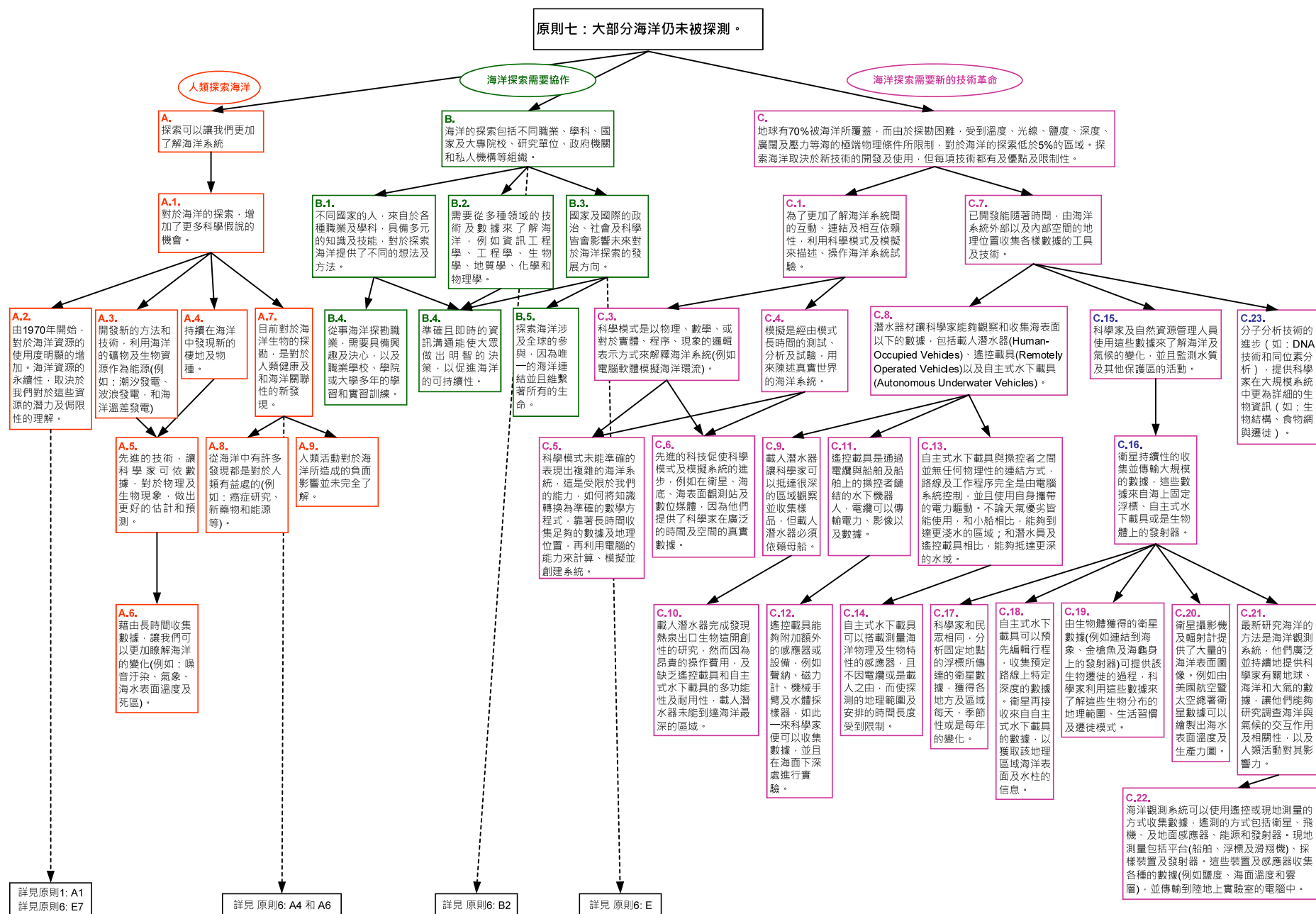


原則七：國中三年級（九年級）至高中三年級（十二年級）

Principle 7：Grades 9-12

原則七：大部分海洋仍未被探測

(Principle 7:The ocean is largely unexplored.)



詳見原則1: A1
詳見原則6: E7

詳見原則6: A4 和 A6

詳見原則6: B2

詳見原則6: E

教師思想：運用海洋素養架構

從初稿到最終審查，以及歷程的每一步驟，教師一直是開發「K-12 海洋素養範圍與程序」的關鍵角色。他們分享了教學內容知識：對於如何將主題知識轉化為受教學生易理解的專業判斷。這些專業知識對於每個年級別適當地解析海洋素養基本原則和基本概念至關重要，顯示了概念之間的連結，然後用以代表日益複雜的理解方式的組織概念。其中幾位教師提供了關於他們如何使用「海洋素養原則」和「範圍與程序」的見解。



德州奧斯汀巴頓溪學校的小學教師 Pam Stryker

「所有學生都喜歡海洋（我喜歡教它）；但是當我開始教學（38 年前）時，對學生了解海洋的重要性很少有指導意義。海洋素材往往是無關主題的隨機收集：鯨魚、貝殼與鯊魚等。慢慢地透過參加海洋教育工作坊和研討會，我開始看到大局：它支持的生物多樣性，其功能在許多地球的自然週期，以及它在我們生活中所起的作用（即使離岸有 200 英里的距離）。海洋素養是為一般民眾所設置的，在州級和國家科學標準的設定是針對每個年級需要教授的海洋概念，具有其特殊性並留給各區與學校解釋的彈性。若沒有關於海洋重要知識的指導文件，海洋研究通常被視為沿海地區的專利。『海洋素養原則』顯示了海洋如何影響我們人類，以及我們如何影響海洋。全球需要認識和理解海洋，『海洋素養範圍與程序』將這些大概念分解成可以容易地融入當地課程的管理。在我們自己的區域內，我們將修改我們的科學範圍和程序到新的德州基本知識和技能中。作為委員會的一員，我將提供海洋素養原則範圍和程序文件，並鼓勵每個年級將其納入課程。畢竟，我們的科羅拉多河確實流入墨西哥灣，所以我們在這裡 200 英里遠的地方，會影響海洋。我們大概應該知道一點吧！」



馬里蘭州霍華德公立學校的小學教師 Mellie Lewis

「我將以兩種方式使用海洋素養範圍和程序。首先，作為 5 年級科學資源授課教師為加速學生開展豐富課程，我將用範圍和程序來擴展國小 5 年級科學課程的定期教學。例如，課程目標之一是讓學生認識切薩皮克灣生態系統的組成部分。使用範圍和程序，並參考原則五：海洋提供了生物多樣性的生態系統，擁有這個資源，將有助於開發適當的年級一系列課程，以擴展正規的五年級科學課程。第二，我將使用範圍和程序為 3 至 5 年級的學生制定豐富的課程計畫。雖然我以前沒有教過這些學生，我不知道他們的科學背景。我計劃使用範圍和程序來設計一個預先評估知識的指標，以便我可以在此基礎上開發適當的一系列課程。」



南卡羅來納州查爾斯頓，聖安德魯數學與科學學院首席科學教師 Carmelina Livingston

「作為小學（K-5 年級）的科學教師，海洋素養範圍和程序是所有學生『發展年齡和適合其年級的概念藍圖』。範圍和程序塑形出『基本到專精』和『具體到抽象』的學習方法。當我計劃課堂教學時，海洋素養原則和國家科學課程標準都被納入。『海洋素養原則』非為教授學生的一套額外的標準或指導方針，而是按照時間順序整合年齡和年級的概念。例如，在國家標準中，K-2 年級的學生透過使用感官觀察對象，並根據屬性比較和分類對象。根據海洋素養原則一，學生觀察海水的屬性。在這個特別的教程中，我對學生的目標是將海水的屬性應用到觀察過程中。我在科學實驗課中設計了一個調查研究，以便學生探索鹹水，作為實踐這種學習的具體方式。海洋素養原則是設計科學經驗的寶貴資產，鼓勵教師將海洋科學納入日常科學教學。」



奧勒岡州比弗頓，退休初中 / 中級教師 Gene Williamson

「在我 30 多年的教學中，我從來沒有遭遇有關教授海洋科學的問題。我一直熱衷於這個主題並專注在內容上。讓我每晚熬夜的事情是——每年都在試圖用什麼序列來決定我想要教的概念和主題。組織教學有很多方法，而且我學的並不全部都是好的方法。當我在教學時，我會喜歡使用海洋素養範圍和程序。它提供了一個地圖，顯示了這些想法如何構建在一起。這是開創性和經驗豐富的教師的寶貴資源。」



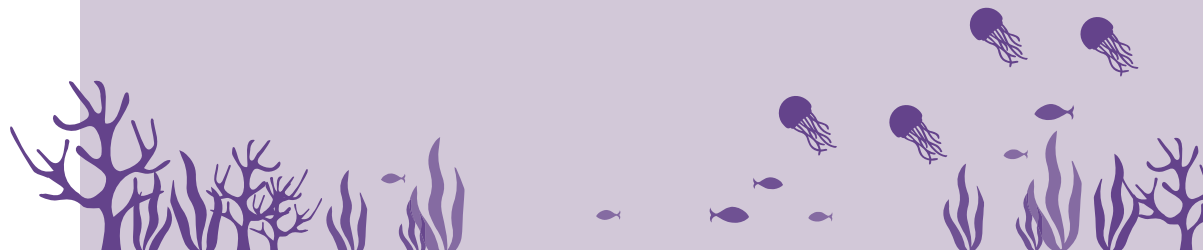
羅德島紐波特，湯普森中學科學教師與課程開發者 Barbara Walton-Faria

「我使用『海洋素養原則』為 6 至 8 年級的公立學校學生制定課程和學習素材。透過使用矩陣與國家科學教育標準交叉參考海洋素養基本原則和基本概念，教育者能夠擴大他們關於海洋環境的教學。使用海洋素養原則附帶的矩陣，可以從海洋角度輕鬆地教授整個中學生的地球、生命或物理科學課程。」



維吉尼亞州費爾法克斯縣公立學校，高中生物學與海洋學教師 Beth Jewell

「作為高中生物學老師，我使用海洋素養原則為我的學生準備課堂和學習課程。想要強調海洋的重要性，我嘗試將海洋主題納入我的許多生物學課程。海洋素養範圍和程序將使我很容易看到學生停留在哪個概念，以及我可以帶領他們到哪裡。例如，教導光合作用時，我可以遵循原則四：海洋使地球可居住，透過年級級別建立中學學生被教的東西和我應該採取的方向上。我也可以使用範圍和程序作為指導，並計劃和準備 150 名小學生年級適當的活動。每學年秋天，我們組織小學海洋營隊。即便我的專長不在 K-5 年級，然而這篇文章引導著我發展針對教室內營隊隊員合適的學習經驗。」



主題索引

以下七張表格是範圍和程序的所有 28 個概念性流程圖中的主題索引。每個原則都有一張表格頂部為概念性流程圖的主要主題，而年級範圍列於表格左方。

1	地球擁有一個具有多元特徵的大洋。			
	海水的性質	地理和地質特徵	海洋環流	海平面
幼兒園到2年級	● 海水是鹹的	● 海洋盆地 ● 海底特徵 ● 只有一個海洋	● 潮汐 ● 生物傳輸 ● 流域 ● 風力洋流	
3 - 5 年級	● 密度流 ● 鹽度 ● 溫度 ● 淡水分佈 ● 鹽水分佈	● 地球上最高的山 ● 地球最低處 ● 海洋盆地 ● 海床特徵	● 洋流 ● 只有一個海洋 ● 潮汐 ● 生物傳輸 ● 水循環 ● 流域 ● 波浪	
6 - 8 年級	● 密度 ● 密度流 ● 凝固點 ● 海洋如何變鹹 ● pH值 ● 鹽度 ● 溫度	● 改變地質時間 ● 對流 ● 地殼年代 ● 岩石圈板塊運動 ● 海洋盆地 ● 海床特徵 ● 超大陸	● 密度流 ● 只有一個海洋 ● 海平面上升 ● 潮汐 ● 生物傳輸 ● 流域 ● 風力洋流 ● 湧升流	

1	地球擁有一個具有多元特徵的大洋。			
	海水的性質	地理和地質特徵	海洋環流	海平面
9 - 12 年級	● 密度 ● 對生命過程的影響 ● pH值 ● 鹽度 ● 溫度	● 地殼年代 ● 岩石圈板塊運動 ● 海洋盆地 ● 海底特徵 ● 構造活動	● 科氏力效應 ● 洋流 ● 密度流 ● 艾克曼力 ● 對氣候的影響 ● 渦流 ● 盛行風 ● 潮汐 ● 生物傳輸 ● 湧升流 ● 水循環 ● 波浪 ● 風力洋流	● 大氣壓力 ● 隨著時間變化 ● 對洋流的影響 ● 全球溫度變化 ● 岩石圈板塊運動 ● 盛行風 ● 區域差異

2	海洋及其生物形塑了地球上的各種特徵。			
	海岸侵蝕	板塊構造	岩石循環	生物地球化學循環
K - 2年級	● 地球沉積物質 ● 地球物質的侵蝕			
3 - 5年級	● 海灘的組成 ● 洋流為沉積的媒介 ● 生物物質的侵蝕 ● 地球物質的侵蝕 ● 沙子的形成 ● 河流為沉積的媒介 ● 沉積 ● 水為侵蝕的媒介 ● 波浪為沉積的媒介 ● 海洋化石 ● 海洋有機物有助於岩層的形成 ● 海洋沉積物 ● 沉積岩的組成 ● 火山岩的組成			
6 - 8年級	● 生物風化 ● 化學風化 ● 海岸線的改變 ● 海平面的改變 ● 侵蝕 ● 沉積 ● 海平面的變化使地貌裸露 ● 物理風化	● 地震 ● 造山 ● 隱沒帶 ● 海平面變化 ● 板塊構造活動 ● 火山 ● 抬升	● 珊瑚礁的形成 ● 火成岩的形成 ● 海洋有機物有助於岩層的形成 ● 變質岩的組成 ● 疊層石 ● 沉積岩的組成	
9 - 12年級	● 大陸板塊 ● 侵蝕 ● 隱沒帶造成的地質特徵 ● 海洋板塊 ● 滯留時間 ● 隱沒帶 ● 板塊構造活動 ● 風化 ● 沖積層 ● 火成岩形成過程 ● 沉積 ● 火山作用 ● 碳循環 ● 海水中的元素 ● 氮循環 ● 磷循環 ● 二氧化矽循環			

3	海洋是氣象和氣候變化的主要影響之一。			
	天氣和氣候	水循環	全球氣候變遷	全球氣候變化的後果
K - 2年級	● 凝結 ● 蒸發 ● 降水 ● 徑流 ● 流域			
3 - 5年級	● 洋流的對流 ● 風的創造力 ● 能量的吸收 ● 洋流 ● 溫度的波動 ● 風能	● 凝結 ● 能量的吸收 ● 蒸發 ● 降水 ● 徑流 ● 淡水來自哪裡		
6 - 8年級	● 大氣對流 ● 聖嬰現象 ● 能量的吸收 ● 熱交換 ● 天氣和氣候模式	● 凝結 ● 蒸發 ● 能量的吸收 ● 洋流傳地熱能 ● 降水		
9 - 12年級	● 大氣對流 ● 不均勻加熱 (差異加熱) ● 聖嬰現象與反聖嬰現象 ● 能量的吸收			● 大氣暖化 ● 碳循環 ● 二氧化碳平衡 ● 溫室氣體 ● 溫室效應 ● 人類的影響
			● 海洋循環的變化 ● 海洋溫度的變化 ● 太陽能反射減少	

4	海洋創造出地球生物的棲息地。	
	生命起源	氧氣產生
K - 2年級	● 水是生命的必需品	
3 - 5年級	● 細菌 ● 化石證據 ● 生命從海洋開始	● 地球的大氣 ● 光合作用
6 - 8年級	● 葉綠體 ● 藍菌 ● 化石證據 ● 生活從海洋開始 ● 海洋沉積物 ● 進化論	● 藍菌 ● 地球的大氣 ● 氧氣的消耗 ● 臭氧 ● 光合作用 ● 呼吸作用和衰變作用
9 - 12年級	● 化石證據 ● 生命從海洋開始 ● 熱液噴口 ● 原核生物和真核生物 ● 進化論	● 有氧呼吸 ● 氧氣和二氧化碳的平衡 ● 藍菌 ● 衰變作用 ● 氧氣的溶解 ● 地球的大氣 ● 光合作用 ● 氧化 ● 臭氧

5	海洋提供了生物多樣性的生態系統。			
	初級生產力	生態系統多樣性	生物多樣性	生物多樣性:多種適應環境的因素 (僅限9-12年級)
K - 2年級		● 適應力 ● 棲息地	● 適應力 ● 生物多樣性 ● 生物的大小和規模	
3 - 5年級		● 沿岸生態系 ● 光合作用條件 ● 珊瑚礁 ● 深海生態系 ● 河口 ● 大洋 ● 海洋的物理特性 ● 浮游植物	● 適應力 ● 海洋生物的適應力 ● 生命週期 ● 變態 ● 生物多樣性的遷移 ● 海洋的物理特性 ● 生物的大小和規模	
6 - 8年級	● 豐富的生物 ● 化學合成作用 ● 化生生態系 ● 光合作用的條件 ● 珊瑚礁 ● 科氏力效應 ● 河口 ● 食物網 ● 海藻林 ● 紅樹林 ● 光合生物 ● 極地海洋 ● 共生	● 非生物因素 ● 海洋生物的適應力 ● 氣候變遷對環境的影響 ● 生態系 ● 食物網 ● 棲息地 ● 棲息地區域 ● 人類對環境的影響 ● 海洋的物理特性	● 海洋生物的適應力 ● 生物質量 ● 多樣性的條件 ● 生命週期 ● 生物史 ● 遷徙 ● 生物多樣性 ● 聲音的物理現象 ● 再生 ● 生物的大小和規模	



5	海洋提供了生物多樣性的生態系統。			
	初級生產力	生態系統多樣性	生物多樣性	生物多樣性:多種適應環境的因素 (僅限9-12年級)
9 - 12 年級	● 自營生物 ● 葉綠素 ● 碳固定 ● 異營生物 ● 微生物 ● 營養循環 ● 光合作用的營養物 ● 有機分子 ● 初級生產定義 ● 湧升流	● 非生物因子 ● 豐富的生物 ● 適應環境的條件 ● 化學合成生物 ● 珊瑚礁 ● 生物多樣性 ● 河口 ● 食物網 ● 棲息地區域 ● 熱液口群集 ● 潮間帶棲息地 ● 海藻林 ● 生態棲位 ● 大洋 ● 海洋的物理特性 ● 生產力 ● 湧升流	● 適應環境因子的多樣性 ● 覓食行為的多樣性 ● 生命週期和生殖策略的多樣性 ● 植物多樣性	● 適應潛水 ● 適應光照的變化 ● 生物發光 ● 保護色 ● 珊瑚白化 ● 聲音的特徵 ● 濾光 ● 人類對生物的影響 ● 海洋酸化和其影響 ● 滲透調節 ● 海洋的物理特性 ● 浮游生物的適應 ● 聲音作為主要溝通

5	海洋提供了生物多樣性的生態系統。		
	生物多樣性：生命週期與繁殖策略的多樣性 (僅限9-12年級)	生物多樣性：攝食行為的多樣性 (僅限9-12年級)	生物多樣性：物種的多樣性 (僅限9-12年級)
9 - 12 年級	● 世代交替 ● 無性生殖 ● 釋放型產卵 ● 雌雄同體 ● 寄生為生殖策略 ● 護幼策略 ● 族群密度為生殖策略的影響 ● 有性生殖 ● 最大化分散的策略 ● 最大化受精的策略 ● 生活方式的轉變	● 浮力 ● 濾食 ● 互利共生 ● 海洋的物理特性 ● 捕獲食物的策略 ● 利用食物片狀分布的策略 ● 共生	● 生物發光 ● 生物質量 ● 化學合成生物 ● 藍菌 ● 矽藻 ● 渦鞭藻 ● 真核生物 ● 魚類多樣性 ● 菌類 ● 異營生物 ● 無脊椎動物多樣性 ● 陸地往海洋過渡 ● 在海洋中所發現的門 (生物階層) ● 海洋的物理特性 ● 浮游植物 ● 生產力 ● 原核生物 ● 海洋往陸地過渡 ● 生命起源 ● 海藻多樣性 ● 生物的大小和規模 ● 共生 ● 脊椎動物的進化

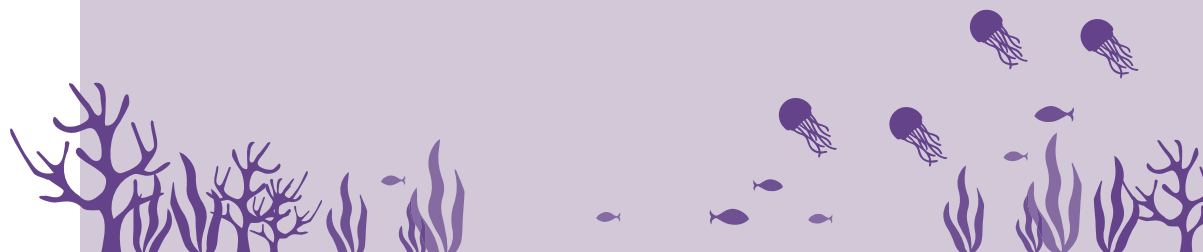
6	海洋與人類是息息相關的。				
	海洋的功能	人類的居住地	人類對海洋和氣候的衝擊	海洋會影響天氣和氣候並衝擊著人類	對海洋的責任與倡導
K - 2年級	●貿易 ●食物資源 ●人類從海洋的獲利 ●娛樂 ●淡水的來源 ●運輸 ●水循環	●人口分布 ●天氣對人類的影響	●人類對海岸線變化的影響 ●污染 ●人類努力保護海洋 ●回收 ●資源可利用性		
3 - 5年級	●食物資源 ●自然資源 ●淡水的來源 ●氧的來源 ●娛樂 ●水循環	●貿易 ●人口分布 ●娛樂 ●資源 ●運輸 ●天氣對人類的影響	●化學污染 ●人類努力保護海洋 ●人類對全球氣候變遷的影響 ●法律努力保護海洋 ●做有根據的決定 ●海洋廢棄物 ●海洋保護區域 ●海洋保留區 ●海洋自然保護區 ●海洋資源是有限的 ●過漁		

6	海洋與人類是息息相關的。				
	海洋的功能	人類的居住地	人類對海洋和氣候的衝擊	海洋會影響天氣和氣候並衝擊著人類	對海洋的責任與倡導
6 - 8年級	●生物資源 ●食物資源 ●光合作用過程 ●光合生物 ●海洋漁業 ●能量來源 ●淡水來源 ●藥品來源 ●氧氣來源 ●鹽的來源	●貿易 ●探勘 ●人類文化 ●人類歷史 ●人口中心 ●人口分布 ●娛樂 ●運輸 ●天氣對人類的影響	●酸雨 ●酸性沉降 ●水產養殖 ●誤捕 ●改變的海岸線 ●海洋溫度的改變 ●漁業 ●溫室氣體 ●人造結構 ●外來種 ●海洋酸化 ●過漁 ●污染 ●流域	●能量（熱）的分佈 ●能量（熱）的吸收	●氣候變化 ●外來種 ●影響政策決定 ●做有根據的決定 ●海洋保護區域 ●地景的改變 ●污染 ●減少過漁 ●減少棲息地毀壞 ●永續性

6	海洋與人類是息息相關的。				
	海洋的功能	人類的居住地	人類對海洋和氣候的衝擊	海洋會影響天氣和氣候並衝擊著人類	對海洋的責任與倡導
9-12 年級	● 水產養殖 ● 漁業 ● 食物資源 ● 人類影響海洋 ● 非再生資源 ● 可再生資源 ● 能量來源 ● 淡水來源 ● 藥品來源 ● 礦物來源 ● 天然氣來源 ● 油的來源 ● 氧氣來源 ● 鹽的來源	● 職業 ● 氣候 ● 貿易 ● 勘探 ● 全球經濟 ● 人類文化 ● 娛樂 ● 運輸	● 藻華 ● 生物放大作用 ● 燃燒化石燃料 ● 改變海洋溫度 ● 技術進步的影響 ● 優養化 ● 溫室氣體 ● 人類對全球氣候變化的影響 ● 人類對自然災害的影響 ● 人的影響海洋生態系統 ● 人類對地形的影響 ● 人口發展 ● 氫氟烴的排放 ● 外來種 ● 海洋酸化 ● 海平面上升	● 天氣和氣候變化的影響 ● 自然災害的影響 ● 有效的天然災難警報	● 教育 ● 法律努力保護海洋 ● 做有根據的決定 ● 海洋保護區域 ● 海洋保留區 ● 保護海洋資源 ● 減少生物和生物地球化學變化 ● 減少過漁 ● 減少污染 ● 永續性 ● 海洋是有限的

7	大部分海洋仍未被探測。			
	在地球上的生物都依賴海洋	人類探索海洋	海洋探索需要協作	海洋探索需要新的技術革命
K-2 年級	● 生物需求 ● 科學調查	● 提出問題 ● 生態系的健康 ● 嗜好和職業 ● 觀察 ● 自然資源 ● 工具 and 技術		
3-5 年級		● 大氣層 ● 生物圈 ● 生態系的健康 ● 生態系相互作用 ● 岩石圈 ● 自然資源 ● 探索的原因 ● 探索精神	● 資訊的溝通 ● 工程職業 ● 做有根據的決定 ● 關於海洋的嗜好 ● 科學職業 ● 永續性 ● 技術	● 人類進入海洋 ● 水肺潛水 ● 探索工具 ● 水下探索工具 ● 探索海洋深處的工具 ● 遠端資訊收集工具 ● 耐低溫工具
6-8 年級	● 技術和研究的進步 ● 氣候研究 ● 長期收集數據 ● 發現自然資源 ● 發現新的棲息地 ● 發現新物種 ● 從發現中使人類受益 ● 人類對海洋的影響 ● 海洋地理	● 資訊的溝通 ● 社區團體 ● 環保團體 ● 政府在海洋探索上扮演的角色 ● 做有根據的決定 ● 青年在海洋中的角色 ● 科學事業 ● 永續性	● 網路作為一種工具 ● 海洋觀測系統 ● 海洋物理性質 ● 遠端探索 ● 聲納 ● 探索工具 ● 水下探索工具 ● 長時間的勘探工具	

7	大部分海洋仍未被探測。			
	在地球上的生物都依賴海洋	人類探索海洋	海洋探索需要協作	海洋探索需要新的技術革命
9-12 年級		● 技術和研究的進步 ● 長期收集數據 ● 發現新的棲息地 ● 發現新物種 ● 從發現中使人類受益 ● 人類對海洋的影響 ● 資源的永續性 ● 使用資源	● 海洋探勘的職業 ● 資訊的溝通 ● 全球參與海洋探索 ● 海洋探索的高等教育 ● 做有根據的決定 ● 政治參與 ● 科學事業 ● 可持續發展 ● 技術	● 電腦科技 ● 連續數據採集技術：感應器和發送器 ● 分子分析 ● 海洋觀測系統 ● 海洋物理性質 ● 衛星 ● 衛星圖像技術 ● 科學模型 ● 模擬 ● 潛水器：HOV，ROV，AUV



海洋教育關鍵DNA：K-12海洋素養範圍與程序指引手冊 Ocean Literacy Scope and Sequence for Grades K-12

Special Report Editors Graig Strang · Lynn Uyen Tran

審閱 張正杰、蔡良庭
譯者 吳靖國、林彥伶
審查委員 尤柏森、張詠斌（按姓氏筆畫順序排列）
執行編輯 張凱婷、林玫均
編輯群 宋侑軒、吳佩珊、陳克蕾、張國珍、張瑋倫、張家苑、鄭心惠（按姓氏筆畫順序排列）

發行人 張清風
出版者 國立臺灣海洋大學 臺灣海洋教育中心
地址 20224 基隆市中正區北寧路2號
電話 02-24622192
網址 <http://tmecon.ntou.edu.tw>

出版日期 2019年12月
ISBN 978-986-986-730-6(PDF)_V1



National
Marine
Educators
Association
making experts the world of water

版權所有，翻印必究



 本電子書感謝美國國家海洋教育者協會 (National Marine Educators Association, NMEA) 無償授權臺灣海洋教育中心翻譯出版並提供教育現場使用。

 It is grateful to the National Marine Marine Educators Association for freely authorizing the Taiwan Marine Education Center to translate the book into Chinese version e-book. All teachers and educators are welcome to use and promote it freely.