

# 瞭解洋流

## 學

生以分組形式，討論前小節模型洋流調查的結果。他們重新編組，向其他小組解釋第一站發生的現象，並且用溫水、冷水以及鹽水等相對密度的知識，支持他們的解釋。學生欣賞介紹對流（convection current）概念的影集，並且觀看對流如何在世界海洋移動溫暖以及冷冽海水的動畫。學生的學習，將聚焦於以下重要概念：

- 密度較大的水（較冷或較鹹）沉降，取代下方的水；密度較小的水（較熱或較淡）則被迫上升到表面。這是洋流行成的原因之一。
- 洋流將熱能分送到整個海洋。

學生也學到：

- 因為溫度與密度差異而垂直循環的洋流，稱為「對流」。

瞭解洋流	預計時間
詮釋「調查洋流」的結果	15 分鐘
介紹對流	15 分鐘
應用模型對流以了解實際洋流	15 分鐘
<b>總計</b>	<b>45 分鐘</b>

### 單元目標

#### 科學內容

- 海洋就是熱能儲存庫
- 密度以及洋流以及空氣的運動
- 水循環

#### 科學應用

- 從證據提出解釋
- 利用模型

#### 科學本質

- 科學解釋根基於證據
- 在蒐集新的證據方面，科技扮演重要角色

#### 科學語言

- 利用科學字彙
- 參加以證據為基礎的討論

## 你要準備以下項目

### 全班需要

- 投影設備 \*
- 連結網路的電腦或教學資源光碟 \*
- 1-8 小節的 5 張投影片
- 《對流示範》影集
- 《大洋輸送帶》動畫
- 白板 \*
- 白板筆，紅、藍、黑各 1 枝 \*
- (選擇利用) 《模型海洋》動畫
- (選擇利用) 影印包

### 每組學生需要

- 1 套分子卡 (1-7 小節) \*

### 每位學生需要

- 已經完成的「調查洋流」學習單 (1-7 小節)
- 調查筆記本：pp. 5-8；(選擇利用) p.29
- (選擇利用) 影印包：《大洋輸送帶》回家作業

\* 不包含於教材

## 準備上課了

### 本小節上課前一天的準備工作

- 1. 架設好投影設備或視聽設備：**架設完成並且進行測試，確保學生上課當時能夠看到投影的資料。花幾分鐘檢視需要的教具以及補充資源，請參考 [mare.lawrencehallofscience.org/oss68](http://mare.lawrencehallofscience.org/oss68) 或是資源光碟。
- 2. 預習影集：**上課前播放《對流示範》影集 (1 分鐘 6 秒)，以及《大洋輸送帶》(2 分鐘 46 秒)，以熟悉本小節內容。(http://svs.gsfc.nasa.gov/vis/a000000/a003800/a003884/thermohaline\_assembled.640x360.m4v)
- 3. (選擇利用) 決定是否運用《模型海洋動畫》：**這些動畫讓學生重新審視 1-7 小節各個模型海洋站的結果。教師播放了動畫，就可以決定學生是否因此提升討論的興致，或者澄清了前一小節的現象。
- 4. (選擇利用) 準備學生學習單：**從影印包影印以下學習單——  
\_\_大洋輸送帶回家作業 (每位學生 1 份)

## 科學語言

### 科學字彙

吸收  
大氣  
氣候  
凝結／凝結作用  
海流  
密度  
蒸發／蒸發作用  
證據  
熱能  
熱能儲存庫  
物質  
模型  
分子  
降水  
水循環  
水蒸氣

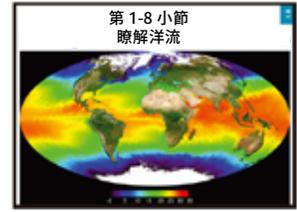
### 科學論證

你的想法是什麼？  
你為什麼這樣想？  
你的證據是什麼？  
你同意嗎？為什麼？  
你不同意嗎？為什麼？  
我們有多大的把握？  
要怎麼辦，我們才能更有把握？

### 詮釋「調查洋流」的結果

#### 1. 播放本小節名稱的投影片；介紹小節內容

學生 4 人一組，如同上一小節。向學生解釋：待會要討論擔任設置組（遇到的第一站）的狀況，接下來，來自不同組的同學兩兩成對並互相討論。



#### 2. 設定小組目標 讓小組曉得，5 分鐘的會議內要達成的目標是——

- 關於洋流的運動方式，組員都要同意。
- 解釋洋流為什麼這樣運動。

學生的解釋，應該運用他們對於分子與密度的理解當成證據，探討洋流的運動。他們也可以參考氣球調查、重要概念或是分子卡，以解釋洋流的運動。

#### 3. 小組討論 向學生強調：有禮貌地傾聽是重要的，並讓每個學生都輪流發言。發下調查筆記本、翻開第 30-31 頁的「調查洋流」，並傳給每組 1 套分子卡。學生討論的時候，請在教室四處遊走，並且傾聽他們交談的內容。教師隨時準備好回答學生的問題或澄清重要概念，但是不要告訴他們調查活動裡洋流運動的因素。

#### 4. 重新分組 讓學生拾回注意力，並且告訴他們：待會要重新編組了，這樣可以和不同組別的同学分享想法。請每組再分成兩小對（pairs），讓各小對混雜，編成混合的 4 人組。讓學生隨身帶著調查筆記本到新組，但是分子卡要留在原地。

#### 5. 新組中的每對分享 向學生解釋：每對要向小組報告，模型海洋的水槽和杯裡裝的是哪種水，並且描述洋流的運動方式。學生也要運用「分子」與「密度」的觀點，解釋看到的現象。他們也可以用分子卡來說明。等到第一對分享完，換第二對上場。每對發言時間約 2 分鐘左右，傾聽的那對可以提出問題或者分享觀察結果或解釋。

## 教師注意事項

### 每日書面反思

**寫下幾句話，描述上小節調查模型海洋學到的內容** 這個提示，出現在調查筆記本第 29 頁，讓學生在今天有意義的課程展開前以及尚未彼此分享觀點前，寫下自己對於洋流調查的理解。

### 教學建議

**更多的分享** 每對只有和另一對分享的機會，因此，也只有機會聽到另一站的深入資訊。這樣其實已經足夠討論了，因為不論他們聽到哪個站的資訊，這樣的分享方式會讓學生以更深入的方式理解密度驅動的洋流。當然，時間許可的話，讓學生與更多的成對同儕交流。

**播放模型海洋動畫** 動畫的內容，涵蓋 9 個模型海洋站。動畫協助學生記得他們的調查結果，並且讓他們掌握班級討論每個站時的焦點。教師要不要播放動畫，端看時間是否足夠、學生完成多少站的調查，以及他們紀錄的品質等因素來決定。學生在下一小節會以圖畫方式呈現洋流的其他觀點，當成評量的一部份，教師也可以強調：動畫是以另外的方式來審視洋流。

### 評量

**快速理解篩檢：利用證據來解釋** 教師傾聽學生分享密度如何影響洋流時，請注意他們是否提到自己的觀察證據，以及是否運用分子卡或關於分子與密度的重要概念。學生在本單元的學習過程中，應該會愈來愈習慣以證據來解釋。如果有些組別還是無法以證據來解釋，教師可能要以其他組別的好案例、示範如何運用證據來解釋，讓學生注意。

## 科學語言

### 科學字彙

吸收  
大氣  
氣候  
凝結／凝結作用  
海流  
密度  
蒸發／蒸發作用  
證據  
熱能  
熱能儲存庫  
物質  
模型  
分子  
降水  
水循環  
水蒸氣

### 科學論證

你的想法是什麼？  
你為什麼這樣想？  
你的證據是什麼？  
你同意嗎？為什麼？  
你不同意嗎？為什麼？  
我們有多大的把握？  
要怎麼辦，我們才能更有把握？

**6. 強調一個重要概念** 重新拾回學生注意力，並且強調：每個站都與密度有關係。教師這樣表達：「你們討論的所有模型，都展現了這些小節強調的重要概念，那就是『密度較大的物質，會沉降到密度較小物質的下方』。」

**7. 以兩種方式回顧水的密度如何變大** 教師提醒學生：相較之下，密度較大的物質，在相同的體積條件下，含有的「東西」較多。問問學生，可否舉出兩種方式，讓物質在相同的體積下，含有更多的「東西」：

- **水變冷了**——水的溫度降低，分子間的距離就變小，因此密度大於熱水。如果你取相同體積的冷水和熱水，會發現冷水的「東西」較多。
- **加鹽**——在相同體積的條件下，加入鹽後，「東西」就變多了，因此密度也會變大。淡水只有水分子，不過鹽水不但有水分子，還有鹽分子。

### 介紹對流

**1. 播放投影片；介紹另一個引導問題** 請一位學生大聲朗讀引導問題，並告訴學生們：在本小節與後續小節，將要學到熱能在地球運動的不同方式。



**2. 介紹「對流」展示影集** 告訴學生：待會要播放影集，展示冷熱水接觸後的狀況為何。向學生解釋：在本影集，一箱淡水將放置於兩個容器上方：左下的容器，含有熱水；右下的容器，則含有冰水。這表示水箱中的水，左側比較溫暖、右側的水比較冷。

**3. 描述加入食用色素的效果；學生預測** 告訴學生：室溫的紅色食用色素，將加到水箱左側；室溫的藍色食用色素，將加到右側。請學生預測，將會發生怎樣的狀況。

**4. 播放影集** 影集播放的時候，讓學生回答以下問題時，運用「密度」這個字彙：「造成紅色水上升的原因是什麼？」（水箱那側底部的水非常溫暖、密度比較小，紅色的水加溫後就會上升）、「造成藍色水在底部移動的原因是什麼？」（紅色的水上升，藍色的水會占據其空間，因此沿著底部向水箱左側移動）

## 教師注意事項

### 科學註記

**關於溫鹽洋流** 因為溫度與鹽度造成密度差異，驅使水流動的現象，稱為「溫鹽洋流」(thermohaline current)。這樣的洋流，讓海平面以下的水層產生流動。較鹹的水，密度較高；較冷的水，密度也較高。密度較高的水，會往下沉；密度較低的水，則會上浮。這樣一來，密度的差異就造成垂直方向的洋流。這樣的洋流很重要，因為深層的海水因此可以浮上海面，而表面的海水也會下沉。在極區下沉的水的一個水分子，要花 1000 年的時間才能環遊世界！

**另種觀點：波浪與洋流的混淆** 學生一開始接觸洋流的時候，可能會和波浪產生混淆。波浪是吹拂過海面的風造成的；風力愈強、吹拂的時間愈長，則生成的波浪較大。波浪讓水分子以畫圈圈的方式上下運動，因此無法讓水分子產生水平的移動，不過的確能傳遞大量熱能。

### 英文學習者

**調整教師用詞** 本小節的確讓教師使用相當複雜的用語，特別是解釋影集或動畫時更是如此。調整教師談話方式，可以讓英文學習者更加理解科學概念，並且更投入小節的討論。請教師適時停下來，由學生詮釋教師的解釋，或者讓全班討論片刻。如果班上許多英文學習者的母語是相同的，鼓勵學生以自己的母語詮釋。

### 教學方針

**播放對流影集的理由** 學生已經在前個小節目睹密度差異引起的小型洋流，而影集裡的呈現，則運用大上許多的水箱，還利用外加熱源與冷卻元素，營造出更完整的對流。這樣一來，學生會更清楚溫度（然後是密度）差異如何引起洋流。

### 科學語言

#### 科學字彙

吸收  
大氣  
氣候  
凝結／凝結作用  
海流  
密度  
蒸發／蒸發作用  
證據  
熱能  
熱能儲存庫  
物質  
模型  
分子  
降水  
水循環  
水蒸氣

#### 科學論證

你的想法是什麼？  
你為什麼這樣想？  
你的證據是什麼？  
你同意嗎？為什麼？  
你不同意嗎？為什麼？  
我們有多大的把握？  
要怎麼辦，我們才能更有把握？



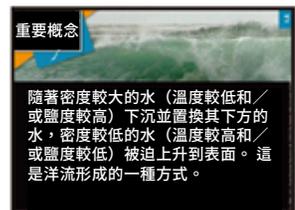
調查筆記本第 7 頁

**5. 問題：為什麼水先下沉，然後上浮** 問問學生：「讓藍色水到水槽左側上升，你認為理由是什麼？」（藍色水接近溫水容器，溫度增加）讓學生與夥伴討論這個問題。

**6. 介紹對流** 幾分鐘過後，向全班解釋：溫水上升、冷水流到水槽左側，以取代上升的水。冷水變暖後，也會上升。當紅色水往水槽右邊移動，水降溫而下沉。這樣一來，水槽的水向上、向下，循環，變成一個迴圈，因此洋流就形成了。告訴學生：這樣因為溫度與鹽度差異造成的迴圈式海流，就是「對流」。

**7. 以快速的圖像強化概念** 教師利用麥克筆，畫出對流的簡易側面圖，強化孩子在影集看到的現象（請見圖 1-9，以從左下角升起的紅色箭頭開始下筆，畫出對流現象）。

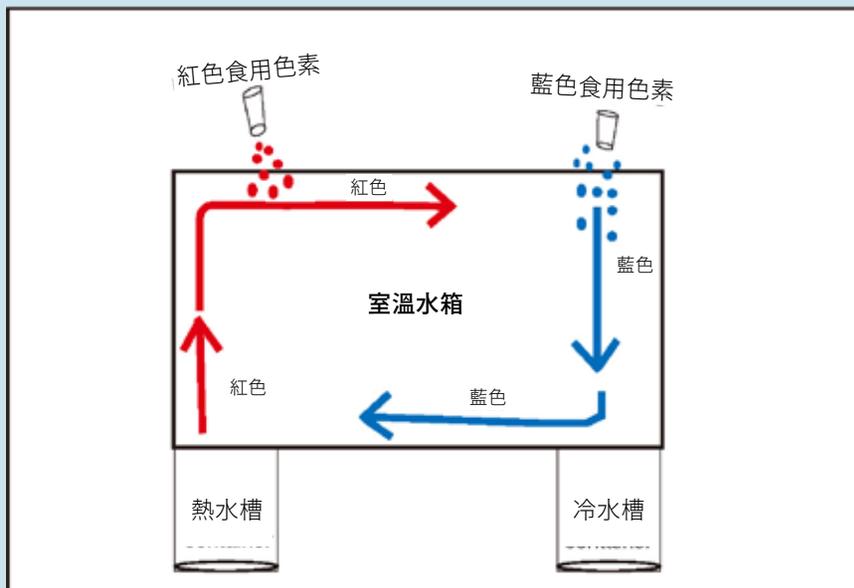
**8. 播放投影片；學生紀錄兩個重要概念** 請播放兩個重要概念投影片，並讓學生大聲朗誦每個概念。請學生翻開調查筆記本第 5-8 頁「重要概念」，複習已經介紹的 5 個引導問題。讓學生決定：哪個重要概念，可以對應哪個引導問題（引導問題 4 對應第 1 個重要概念；引導問題 5 對應第 2 個重要概念），並在適當的欄位抄寫這兩個重要概念。



**9. 根據海洋的真實處，討論影集模型的失真**

**處** 讓學生分享想法，到底影集模型與真實海洋相同與相異處是什麼（影集模型的體積小很多；水箱的水是淡水；不同溫度的水，真實狀況下不會有不同的顏色；海水的增溫與加溫都在海面，不在海底；模型無法接收太陽的熱能；模型沒有風與波浪的影響）。如果學生無法提及，請提醒學生：有個模型與海洋的明顯不同，就是海水的增溫與降溫都發生在海面，而非海底；大部份加熱海洋的能量，來自太陽。此外，海水的冷卻也在海面發生。

## 教師注意事項



(圖 1-9) 畫張簡易素描，強化學生在影集看到的現象。

### 教學建議

**根據重要概念提供差異化教學** 如果學生經驗較少或程度較落後，教師可以考慮以一系列相關概念呈現教學：

- 冷水的密度比溫水大；較鹹的水，密度大於較淡的水。
- 密度大的水下沉，密度小的水上升。
- 有些海流因為水的密度差異造成。

另外，以下更複雜的重要概念，可以提供八年級生或更進階的學生：

- 密度更大的水下沉並且取代下方的水，密度較小的水浮上表面。這就是形成洋流的一種方式

這將是個教學契機，可以藉此指派回家功課給更進階的學生，讓他們以個人或分組方式，寫下關於對流的重要概念。

### 科學語言

#### 科學字彙

吸收  
大氣  
氣候  
凝結／凝結作用  
海流  
密度  
蒸發／蒸發作用  
證據  
熱能  
熱能儲存庫  
物質  
模型  
分子  
降水  
水循環  
水蒸氣

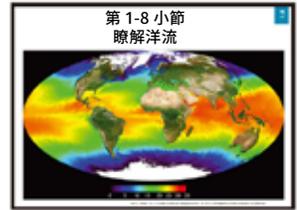
#### 科學論證

你的想法是什麼？  
你為什麼這樣想？  
你的證據是什麼？  
你同意嗎？為什麼？  
你不同意嗎？為什麼？  
我們有多大的把握？  
要怎麼辦，我們才能更有把握？

## 應用模型對流以了解實際洋流

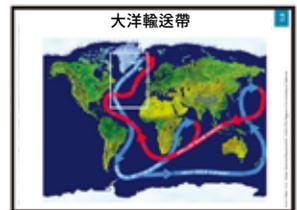
### 1. 確立「地球的不均勻受熱引起洋流」的概念

提醒學生：地球因為太陽的關係，受熱不均勻；赤道較溫暖，兩極較寒冷。播放本小節的標題投影片，呈現全球平均溫度。告訴學生：這個現象與對流影片類似，不均勻的受熱現象，是形成洋流的原因之一。事實上，有些洋流的規模很大，因為溫度和鹽度的差異在海面產生，運動的範圍涵蓋全球。這些洋流，是由密度差異（溫度與鹽度的差異）來驅動的，在全球不同深度以及不同區域的海洋流動著。



### 2. 播放投影片；介紹大洋輸送帶

播放右圖的投影片，並且告訴學生：這個巨大迴圈式的洋流，稱為「大洋輸送帶」（Great Ocean Conveyor Belt）。因為這個洋流系統，表層、深層的海水，以及中間的海水，得以循環不已。請依照影像中的地理位置介紹大洋輸送帶：紅線表示靠近海面的洋流；藍線表示深層的洋流。密度大（冷且鹹）的海水，從北大西洋與南大洋沉降。原本沉降的海水，從許多位置上升到海面（例如印度洋、北太平洋）。請向學生強調：大部份的紅線，其實是靠近海面運動的洋流。



3. 介紹活動的動畫 先向學生介紹：本動畫代表全球海洋在表面、靠近海面以及深層洋流的網路說明。動畫播放時，教師說明：會根據觀看的現象，還有如何運用所學解釋現象來提問。動畫播放的過程裡，學生可以和身旁的人討論。以下就《大洋輸送帶動畫》來列出要點引導學生對話：

- 告訴學生：動畫開始於赤道溫暖的海水。表面以及靠近表面的海水，以白色箭頭表示；深層的海水以藍灰色箭頭表示。
- 問問學生：「靠近赤道的溫暖海水，會往何處移動？預測看看。」（將會在表面或靠近表面往兩極移動）
- 問問學生：「往兩極移動的赤道溫暖海水，碰到寒冷的極區，將會如何？」（會冷卻並且下沉）
- 問問學生：「格陵蘭東邊冰冷、密度大，會往哪去？」（將會下沉，延著海底以洋流的方式流動）

## 教師注意事項

### 教學方針

**大洋輸送帶動畫** 介紹《大洋輸送帶》動畫，協助學生在真實海洋與教室活動中的模型海洋之間，建立起連結。本小節幫助學生運用水槽洋流因為密度差異而流動的概念，應用到地球上真實的洋流運動。在第三單元，學生將學到全球對流的模式（大洋輸送帶），這些對流將海水運送到全球各地，可能受到氣候變遷而改變。

### 科學註記

**地球上的平均溫度** 海洋有些區域，海面溫度極低（靠近兩極區域），也有區域的海面溫暖（靠近赤道區域）。這是因為地球受熱不均勻的關係。小節標題的投影片，凸顯這些溫度的差異。有些洋流把赤道海面的水移動到冰冷的兩極，而兩極冰冷的海水也藉著洋流重返溫暖的赤道。如果沒有管道將赤道的熱能搬運到世界其他角落，氣候將會比現在要寒冷許多。幸運的是，有洋流將熱能往世界各地輸送。

**關於流向兩極的風吹洋流** 在移動海面洋流方面，風扮演重要的角色。在全球海域，風吹洋流從表面向下延伸到 50-100 公尺。不過因為地球自轉、柯氏力還有大陸的位置，讓風吹洋流從赤道流向兩極。大型的風吹洋流沿著赤道運動，直到碰到海盆西側的大陸，然後受到大陸阻攔後朝兩極流去。溫暖的海水流向兩極，水分蒸發並把熱能釋放到大氣，這讓海水變得很冷。在下一小節，會有更多細節介紹風吹洋流。

### 提供更多經驗

**延伸：線上影集**《北極天氣系統》（3 分 50 秒）提供北極在全球氣候系統扮演的角色，包括溫鹽循環。（請參考 [mare.lawrencehallofscience.org/oss68](http://mare.lawrencehallofscience.org/oss68)。）

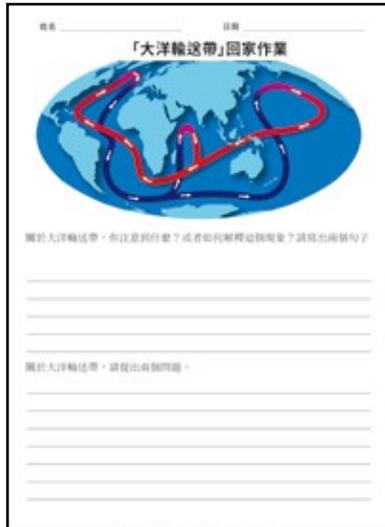
### 科學語言

#### 科學字彙

吸收  
大氣  
氣候  
凝結／凝結作用  
海流  
密度  
蒸發／蒸發作用  
證據  
熱能  
熱能儲存庫  
物質  
模型  
分子  
降水  
水循環  
水蒸氣

#### 科學論證

你的想法是什麼？  
你為什麼這樣想？  
你的證據是什麼？  
你同意嗎？為什麼？  
你不同意嗎？為什麼？  
我們有多大的把握？  
要怎麼辦，我們才能更有把握？



(選擇利用) 學生學習單

**4. 描述兩極的海水** 影片播放完畢，告訴學生：表面、靠近表面以及深層的海流，通稱為「大洋輸送帶」，起源是在極區沉降的海水。請向學生強調：極區的海水密度較大並且在此沉降，是基於兩個理由：(1) 溫度很低；(2) 當海水凍成海冰或蒸發，鹽分會留在海水中，讓海水愈來愈鹹。因為這樣，極區附近的海水很冷、很鹹，因此密度很大。

**5. 第二次播放動畫** 動畫再次播放之際，鼓勵夥伴們以「密度」描述所見，並請他們注意洋流的流向，不管是下沉或上升的洋流都要注意方向。另外，請他們預測是暖流還是冷流。

**6. 第三次播放大洋輸送帶並且配音解說** 教師配音解釋動畫之際，請以「密度」來說明。請運用以下所有或部分細節：

- 深層洋流在世界各地移動冰冷的海水。
- 密度較大的海水沉降，取代了下方的海水；而密度較小的海水上升到海面。
- 極區附近的海水變冷、密度變大，就會下沉並且加入深層洋流。
- 當冰冷的海水遠離極區，因為溫度上升、密度變小，就會開始朝向海面上浮。
- 最後，有些大洋輸送帶表面附近的洋流，最終浮到海面上，加入大西洋的墨西哥灣流。
- 表面洋流，例如墨西哥灣流，從赤道移動大量的熱能到極區。

**7. 簡單介紹其他洋流** 向學生說明：大洋輸送帶，只是海洋中的一種洋流形式。地球受熱不均勻的結果，不但驅動海水的流動，也決定了全球的風向類型。全球表面海水的流動，風則扮演了重要的角色。驅動表面海水流動的動力，就是風，但是地球自轉的效應以及大陸的位置，也共同決定了表面洋流的方向。關於風吹洋流的概念，在往後的小節（1-11）還會詳述。

## 教師注意事項

### 科學註記

**關於三種主要類型的洋流** 因為洋流被驅使的力量不同，且發生的時間與空間尺度也不同，共可以歸類為三種類型：風吹表面洋流（短期，深度為 50-110 公尺，空間尺度小）；海洋環流（oceanic gyres）或洋流系統（較長期，深度為 500-2000 公尺，空間涵蓋半球或海盆規模），還有海洋輸送帶（長期／週期為 1000 年，海面到深海，空間涵蓋整個地球）。如要搜尋更多相關資訊，請參考「科學內容背景」。

### 教學方針

**為什麼目前對風吹洋流著墨很少** 兩種主要的力量驅動著洋流：風力與密度的差異。在本小節，對學生最重要的是：密度的差異是讓表層與深層洋流運動的主因。大洋輸送帶讓表面、表面附近與深層洋流互相循環。風的形成，以及海洋與大氣的交互作用，會在 1-9 與 1-11 小節再次提到。

### 提供更多經驗

**強化** 如果時間許可，讓學生再次閱讀調查筆記本第 3 頁的「課前想法」，並且在該頁底下加上關於洋流的註記。

**強化：選擇運用的回家作業** 發下選擇運用的學習單「大洋輸送帶回家作業」（影印包中有），教師可能想讓學生在課堂上好好以紅筆與藍筆，分別標示出深層洋流以及表面／靠近表面的洋流。該份學習單要求學生寫下兩個句子，描述他們看到圖像時注意到什麼，或是如何跟另一個人解釋圖像。此外，也要寫出兩個跟圖像有關的問題。

### 延伸：反思本小節的提示

- 冬天或夏天的洋流，運動的方式會不同嗎？你認為呢？為什麼這樣想？
- 如果海洋沒有洋流，無法把冰冷的海水帶離兩極、把溫暖的海水帶離赤道，地球將會如何的不同呢？

### 科學語言

#### 科學字彙

吸收  
大氣  
氣候  
凝結／凝結作用  
海流  
密度  
蒸發／蒸發作用  
證據  
熱能  
熱能儲存庫  
物質  
模型  
分子  
降水  
水循環  
水蒸氣

#### 科學論證

你的想法是什麼？  
你為什麼這樣想？  
你的證據是什麼？  
你同意嗎？為什麼？  
你不同意嗎？為什麼？  
我們有多大的把握？  
要怎麼辦，我們才能更有把握？