

The Atlas of Climate Change

Kirstin Dow × Thomas E. Downing
柯斯汀·陶 × 托馬斯·唐寧 著
王惟芬 譯

誠摯推薦



一場刷新紀錄的暴雨洪水，一年復一年不斷破表的高溫熱浪。
氣候成為常態，當天災無情吞噬我們的GDP，我們何時才能覺醒，
遷不只是北極熊餓肚子的问题，更是全世界、全台灣人民生死攸關的考驗！

圖解

氣候變遷地圖

2012年7月初版

定價：新臺幣280元

有著作權・翻印必究

Printed in Taiwan.

著者 柯斯汀・陶
托馬斯・唐寧
譯者 王惟芬
發行人 林載爵

出版者 聯經出版事業股份有限公司
地址 台北市基隆路一段180號4樓
編輯部地址 台北市基隆路一段180號4樓
叢書主編電話 (02) 87876242 轉 229
台北聯經書房 台北市新生南路三段94號
電話 (02) 23620308
台中分公司 台中市北區健行路321號1樓
暨門市電話 (04) 22371234 ext. 5
郵政劃撥帳戶第0100559-3號
郵撥電話 (02) 23620308
印刷者 文聯彩色製版印刷有限公司
總經銷 聯合發行股份有限公司
發行所 台北縣新店市寶橋路235巷6弄6號2樓
電話 (02) 29178022

叢書主編 李佳嫻
校對 陳佩伶
內文排版 江宜蔚
封面設計 朱智穎

行政院新聞局出版事業登記證局版臺業字第0130號

本書如有缺頁，破損，倒裝請寄回台北聯經書房更換。 ISBN 978-957-08-4019-3 (平裝)

聯經網址：www.linkingbooks.com.tw

電子信箱：linking@udngroup.com

Copyright © Myriad Editions Limited 2011
Complex Chinese edition © Linking Publishing Company 2012
All rights reserved.
www.MyriadEditions.com

國家圖書館出版品預行編目資料

氣候變遷地圖/柯斯汀・陶、托馬斯・唐寧著・

王惟芬譯，初版，臺北市，聯經，2012年7月
(民101年)，120面，18.9×24.5公分(圖解)
譯自：The atlas of climate change: mapping the
world's greatest challenge

ISBN 978-957-08-4019-3 (平裝)

1.氣候變遷 2.地圖集

328.8018

101011660

氣候變遷 | 地圖

The Atlas of Climate Change

Kirstin Dow × Thomas E. Downing
柯斯汀·陶 × 托馬斯·唐寧 著
王惟芬 譯



各界讚譽

- 「文字簡潔，繪圖精美，內容詳實有憑有據，這本書闡明了全球氣候變遷的關鍵議題。」
——《科克斯評論》
- 「由於氣候變遷很可能是當今世界面臨的最大考驗，我們自然會想要深入了解。如果不想辛苦查詢聯合國政府間氣候變遷小組又乾又澀的學術資料，你可以選擇閱讀《氣候變遷地圖》，透過精簡濃縮的科學新知，以及各種表格、地圖、小知識，了解氣候變遷正如何影響我們的地球。」
——《衛報》
- 「這是一本極佳的著作，可讀性十足。令人眼睛一亮的不只是書中豐富的資訊，更因為全書充滿清晰有力的圖解和表格。」
——能源與資源研究所主席
- 「這本創新的地圖集可以做為基礎的工具書，讓讀者能快速而正確地掌握這個跨領域議題的全貌。」
——英國貿易文化辦事處
- 「這本絕佳的工具書可以幫助你看懂那些錯綜複雜的數據。如果你想要一口氣了解氣候變遷這件事，這本書是最好的開始。強力推薦。」
——《Transition Culture》
- 「想要開始了解氣候變遷，這本書是絕佳的管道。」
——加拿大《林業期刊》

- 「薄薄的一本書，容納了豐富而正確的資訊，以一目了然的方式編排。是學生的最佳讀物，也是每個圖書館書架必備的參考書。」 ——《生態與環境教育》
- 「如果你想了解氣候變遷的證據、原因、後果，以及我們該怎麼辦，那麼，快去買這本書。」 ——《CarbonSense》
- 「每一間學校都應該用這本地圖集做為環境教育的補充教材。」 ——《教育學報》
- 「一本簡明而嚴謹的科普讀物，可以讓人受用多年。」 ——牛津大學環境中心
- 「這本蘊含豐富的參考讀物，以更為寬廣的視野來看待氣候變遷。它提供了珍貴的資訊，協助讀者了解核心議題，同時體認到全球不公平的狀態。」 ——《晨星報》
- 「《氣候變遷地圖》是本不可多得的基本讀物。內容清晰、濃縮，加上精緻的繪圖。每個人的書架上都應該要有一本。」 ——BBC

推薦序

希望《氣候變遷地圖》激發全體世人展開行動。本書的兩位作者彙整他們多年的經驗，以清晰的格式呈現出氣候變遷的種種事實，從早期的警訊、驅動變遷的因子到政策的影響，都提出了許多有力的證據。面對氣候變遷，我們從無知、否定到提出政策建議和開啟全球談判，這一路走來相當漫長。

在這段時間，氣候科學家已訂出暖化的上限：氣候正在變暖，除非我們改變目前的生活方式，不然溫度預計將持續升高，超過危及所有生物的2°C上限，屆時可能會釀成生物圈的大災難。科學家建議，我們應著重在大幅減少廢氣排放量，並且積極達到碳中性（carbon neutral）。

碳循環是生態系中很重要的一部分，也是生態系氣候作用的關鍵要素。目前，因為砍伐森林而排放的碳占了全球排放量的20%左右，據研究顯示，這比全球所有的運輸系統的排放量還來得大。亞馬遜、剛果盆地和東南亞的雨林生態系是地球的「綠肺」，對全球氣候調節非常重要。過去30年來，我和肯亞「綠帶運動」的婦女一同進行許多活動，我們發現一旦基層社區明白環境和他們生計之間的關聯，將會採取行動對抗環境退化的源頭。正是他們這群人會採取減緩和調適氣候變遷負面衝擊的技能和舉措。氣候政策中至關重要的是要促進公平、維持生物多樣性和保障弱勢族群的權利。氣候變遷的解決方案必須將人與自然放在其核心。

我們有道德責任保護後代子孫和所有不能為自己發言的物種的權利。氣候變遷的挑戰，需要全球性的政治意願來解決。要是沒有政治意願，特別是那些政經勢力強大的國家，不管這世界繼續進行多少外交協商，若不採取行動，恐怕還是災難一場。我們這代人還有機會來解決這份挑戰。我們的起步已經有點晚了。現在就採取行動吧！

旺加里·馬塔伊（Wangari Maathai）教授

2004年諾貝爾和平獎得主

1977年肯亞綠帶運動創始人

剛果流域森林親善大使

聯合國和平和環境使者

並不是每天都有機會走在海面上，但這就是我現在的處境，離冰凍1,000英尺的北冰洋，距離只有5英尺。我以CNN通訊記者的身分前往北極，和科學家一起在地球上最惡劣的條件下生活，這些科學家想要在此找出推動氣候變遷的複雜系統的一些線索。

在這樣的溫度下，人類僅能在水中存活5分鐘左右，所以往下鑽探冰原，一直到達寒冷的水中，取得冰芯，看似瘋狂的舉動。美國北極研究委員會表示：「我們對金星和火星的地形地貌的認識，都比對自己星球上的北冰洋海域來得多。」當我盯著我們在冰上打的洞，實在很難相信這麼一個小小的孔洞，竟然可以提供這麼多新知。

美國聯邦政府的太空預算比海洋勘探高出一千倍。誠然，探索宇宙可以幫助我們了解這個世界的諸多面向，但是知道火星上是否有生命存在，對地球上的生命來說並不是至關重要的，相形之下海洋的健康絕對是非常重要的。正如亞瑟·克拉克（Arthur C. Clark）曾寫道：「把這顆行星取名為地球實在很不貼切，明明絕大多數的部分都是海洋。」

當我們對目前的環境狀態，以及應當採取的措施爭論不休時，並沒有採取普遍為世人所接受的行動：應由科學來指引我們的決定，以未來子孫的最佳利益來行事。就目前研究來看，人類正走向一個可怕的未來：因為大量二氧化碳的排放，再加上土地的農業化和城市化，人類正在大幅改變氣候，過去伴隨人類千年來繁衍壯大的穩定氣候如今正在失衡。

根據世界野生動物基金會的報告，我們的資源使用量是地球每年可以補充的1.5倍。我們就像是在吃種子的農民。我們有迫切的需求來了解周圍的世界，就算不是為了我們，也要為我們的孩子。

我的祖父，海洋探險家賈克·庫斯朵（Jacques Cousteau），經常和我分享一個簡單的夢想：每個新生的孩子都應該要能走在乾淨的草地上，頂著一片蔚藍的天空，呼吸新鮮空氣，飲用純淨的水。我相信這也是所有人的夢想。要實現它，我們必須以科學來做決定，而不是一廂情願地行事。

菲利普·庫斯朵（Philippe Cousteau）

探險家、社會企業家

環保主義者和國際地球回聲（EarthEcho）執行長

目次

推薦序 4

前言 10 氣候變遷名詞解釋 16

PART 1 改變的徵兆 23

1 警訊 24

在成千上萬個氣候變遷的警訊中，2010年發生的一連串極端事件最為顯著。

2 極地的改變 26

南極半島和北極的暖化使得當地發生大規模的融冰，其後果不僅將會影響當地，還會擴及全球。

3 縮小的冰河 28

全世界的冰河都在縮減與消退。

4 海洋的改變 30

全世界的海洋都在逐漸暖化與酸化，影響所有的海洋生物。

5 日常生活中的極端事件 32

某些極端事件的頻率正不斷增加。在許多氣候層面上，都出現偏離過去氣候變異模式的變動。

PART 2 變動中的氣候 35

6 溫室效應 36

溫室效應增強會導致氣溫升高，以及其他許多地球氣候的變化。

7 氣候系統 38

地球大氣層因為溫室氣體增加而捕捉到更多熱量，氣候系統因而展開調節。

8 解讀過往的氣候 40

二氧化碳和甲烷的濃度創下過去80萬年來的新高。地球的溫度比過去1,000年來的任何一年都來得高。

9 預報未來的氣候 42

氣候學家對於未來氣候變遷的諸多預測深具信心。

10 氣候與社會危機 44

自然環境中複雜的交互作用，再加上社會與經濟改變才引發氣候變遷。

PART3 驅動氣候變遷 47

11 過去與現在的排放量 48

多數的溫室氣體排放，是為了因應現代工業化社會的需求，從古至今皆是如此。

12 化石燃料 50

燃燒化石燃料所排放的溫室氣體一直都是氣候變遷的主因。

13 甲烷與其他氣體 52

一系列的溫室氣體造成今日的氣候變遷。

14 交通運輸 54

國際貿易和旅遊以及對車輛的日益依賴，使得交通運輸成為溫室氣體排放的主要來源。

15 農業 56

農業是溫室氣體的主要來源之一，其產生的二氧化碳、甲烷和氧化氮排放量，占全球的三分之一。

16 碳平衡 58

自然環境中有豐沛的碳，儲存在植物與土壤中，或是溶解在海裡。

PART 4 預期後果 61

17 生態系瓦解 62

許多物種和生態系，未來可能無法適應新的氣候條件和壓力。

18 用水安全 64

水資源短缺已經成為某些地區的主要壓力。氣候變遷可能會增加某些地方的用水壓力。

19 糧食安全 66

許多地區的農業發展都受到氣候變遷的威脅，不過在某些溫帶地區，農產反而可能因此增加。

20 健康威脅 68

人們一直苦於各種天氣相關的健康衛生問題，這可能是威脅未來健康的警訊。

21 海平面上升 70

海洋熱膨脹和融冰導致海平面上升，威脅許多沿海社區。

22 危機中的城市 72

沿岸的暴風雨、洪水、淹水、侵蝕與海水侵入淡水水源等問題，構成沿海地區的一大威脅。

23 文化流失 74

氣候變遷正威脅著許多代表世界文化與歷史的遺址。

PART 5 因應變化 77

24 調適的迫切行動 78

氣候系統的變異嚴重衝擊人類的生活和生計。

25 建構調適能力 80

當個人和各機構奮力面對氣候變遷調適的挑戰時，他們也需要能夠發展出有效策略和行動的能力。

26 城市的因應 82

全球的城市都開始採取行動，主動簽署溫室氣體減量目標，許多機構也都發揮了支持的效果。

27 可再生能源 84

可再生能源或許是經濟社會永續發展的關鍵。

28 低碳未來 86

發展中國家需要採取更有效率的方式，不重蹈覆轍，走上已開發國家過去所採用的途徑。

29 碳的計算 88

減少排放量的責任分配以及減碳和儲碳的成果歸屬，都牽涉詳盡的評估過程。

PART 6 國際政策與行動 91

30 國際行動 92

多數國家都已簽署「聯合國氣候變遷綱要公約」並且同意展開有效的協商。

31 達成《京都議定書》的目標 94

達成《京都議定書》目標的「附件一國家」不到一半，有些離目標仍然很遠。

32 《京都議定書》之後的展望 96

政府官員、政策分析家、律師以及商業人士都在思考，在《京都議定書》之後，國際社會將如何因應氣候變遷。

33 碳權交易 98

碳的減量額度交易旨在鼓勵投資高效率能源、可再生能源等，並且讓全球共同分擔減量的責任。

34 金援因應措施 100

過去五年來，氣候變遷的援助經費大幅增加，但與實際需求仍有極大差距。

PART 7 投入解決方案 103

35 個人行動 104

世界各地的人們開始改變生活型態，以降低和他們日常生活相關的溫室氣體排放量。

36 公眾行動 106

政府和企業的政策、措施與投資對我們的未來影響最大，個人可以設法影響他們的決定。

PART 8 氣候變遷的數據 109

前言

在回顧過去時，2010年可能被視為關鍵的一年。從年初開始就很不順利，哥本哈根氣候高峰會的餘波未平，未來的國際協商籠罩在一陣混亂氣氛之中，但之後一連串的氣候極端事件重新引起世人對此的關注。澳洲、中國和巴基斯坦遭到洪水淹沒的慘況令人印象深刻。中國和俄羅斯的乾旱更達到驚人的規模。在此書寫作之際，非洲之角即將爆發另一個危機，讓人想起1970年代饑荒的景象。極端事件接踵而至，一次比一次嚴重，擠下之前由巴格達和美國所占據的頭條新聞版面。而金融危機也不斷提醒我們全球經濟的多變。

檯面下，多數國際協商再度重啟，在墨西哥坎昆（Cancún）召開的會議取得相當的進展，恢復一定程度的互信，雖然沒有足夠信心能達成最終協議。2011年，阿拉伯之春吸引世人的目光，引發對全球政治重新組合的想像。在即將邁入里約熱內盧地球高峰會（Rio+20）二十週年之際，世人普遍關注地球的未來，這是另一個值得反思的關鍵時刻與試金石。

在這本《氣候變遷地圖》中，每一跨頁都呈現目前爭議中的一個主題，從物理過程、可能產生的衝擊到適當的因應措施。在此前言中，我們必須強調本書寫作的一些動機：

- 我們已經聽多了災難事件帶來的刺耳警告、懷疑論者不屑一顧的聲明、幾十年來進行更多研究的呼籲、複雜談判中不完整的故事，以及在科學理解中混亂的共識，而本書的目的，則是力求提供一幫助世人跨出了解氣候變遷核心問題的第一步。

根據日益普遍的變化跡象，以及無可爭議的科學基礎知識，我們透過這本書來講述氣候的故事，從一連串的驅動因子和後果，一直談到國際行動和個人與公眾的解決方案。目前已經知道氣候變遷這個故事中的許多謎題的線索，整個大畫面的細節呼之欲出。

相較於從前，目前大家對氣候變遷的理解和處理已經產生很大的改變。在整理證據，重新檢閱要點並反省這些問題時，我們對此議題更加關切。不確定性仍然存在，但若以此借題發揮，顯然只會造成其他的問題和損失。不確定性已經不能當作是無所作為的藉口。這些都是關鍵訊息，是因應未來挑戰的靈感來源。

幾乎所有政府都承諾對氣候變遷採取行動

「聯合國氣候變遷綱要公約」（UN Framework Convention on Climate Change）的締約國，即世界上大多數的國家都已投入要避免「危險的人為（人類引起的）氣候變遷」的行動，這正是此項公約的主要目標。在坎昆會議中，各國進一步做出更多承諾。大會締約國確認「氣候變遷是我們這個時代面臨的最大挑戰之一」。坎昆協議（註冊決議編號：1/CP.16或FCCC/CP/2010/7/Add.1）進一步申明：

- 必須擴大整體減緩氣候變遷的行動層級，以達到預定的穩定值，締約國中的已開發國家要訂出宏大的排放量減少目標，提供技術、能力建構和金融資源給締約國的發展中國家，展現其領導能力……

- 調適計畫必須和減緩計畫具有相同的優先順序……
- 承認氣候系統明顯趨於暖化，而且二十世紀中葉以來全球平均氣溫上升的原因，可能主要是源自於人為的溫室氣體濃度增加……
- 進一步承認，根據科學研究所示，必須大幅削減全球溫室氣體排放量……要減少全球溫室氣體排放量，確保全球平均氣溫不會超過工業化前平均溫度的 2°C ……

這些強而有力的承諾都是根基於廣闊的知識，觸及科學和生活的每個層面。這份對氣候變遷的認識並沒有排除不確定性，而是包含複雜性、獨特性和變異性，有大量的科學文獻支持這些議題的共識。

在這個日益動盪的世界，變化的速度不斷加快

在現代人類社會的歷史中，從工業革命以來，氣候變遷的速度史無前例的快速。雖然有人質疑氣候變遷科學需要長期的歷史資料才具有說服力，但著眼今日世界的狀態，這一點也難以撫平焦慮。有跡象顯示，全球溫室氣體排放的情況又回到高增長的模式，十年前還認為這種機率微乎其微。

氣候變遷所造成的廣泛效應越來越明顯，不只是科學家觀察到，就是連一般民眾也可在日常生活中察覺。阿拉斯加部分地區的居民，已經經歷氣溫變暖 4°C ，眼見他們的建築物因為地面在他們有生以來第一次融冰而下陷。老照片中的冰川，

看似永恆不變，現在都消失了。世界各地所做的氣候變遷的預測現在都變得再明顯不過——儘管我們寧願不是如此。

過去五年來氣候政策大幅改變。幾十年的經濟增長和穩定（在某些國家）因為全球經濟衰退而改觀，各國預算緊縮，全球市場動盪。本書寫作之際，歐洲各國政府正在考慮再次援助希臘1000億美元，以穩定歐元區的局勢，避免連帶危及愛爾蘭、葡萄牙、西班牙甚至義大利的經濟。雖然各國承諾提供發展援助和保護氣候變遷，但現在不太可能輕易調度額外的新資金來進行氣候變遷的相關計畫。金融危機對世界各地的人們都帶來明顯的衝擊。1992年里約熱內盧的地球高峰會所提及的世界連接性問題，現在看來似乎更加危險。

氣候變遷所造成的安全問題已經在幾個論壇上得到關注。但並非所有和氣候相關的變化都是負面的！就某方面來看，和高糧價與氣候極端事件有關的阿拉伯之春，就讓人相當意外。氣候變遷的意識提升，也會帶領世人找到發展的新機遇。

行動扎根，但力猶未逮

變化的證據對當前的環境管理和國際治理構成嚴重的挑戰。在邁向里約高峰會二十週年之際，國際間還是缺乏有效的協議，來穩定大氣中溫室氣體的濃度，以保護最弱勢的族群。根據《京都議定書》的承諾和最近各國自發訂定的目標來看，目前僅達成一開始減量目標的60%—80%。

我們的經濟和政治制度對化石燃料的依賴根深蒂固。高油價引發鑽探油田的熱潮，推動危險性更高的技術發展。看來我們不得不做出限

制化石燃料使用的決定，而不能期望以價格或漲幅來減低用量。與此同時，墨西哥灣深水地平線（Deepwater Horizon）鑽井平台的漏油事件和福島核災，使得許多公民和政府推動可再生能源。

全球化以及其對工業區、經濟發展和廣泛交通需求的效應，影響到未來的排放模式。減量協商因為經濟發展和出口關係的歷史和預期排放量而更顯複雜，會造成一國因為替另一國市場生產貨品而增加排放量。

氣候變遷的議題就如一般的環境議題，應當以人道考量和人類發展的角度來看。首當其衝的一批人其實是那些沒有促成氣候變遷的人。他們一天的生活用不到一美元，幾乎沒有電力、汽車、冰箱或是熱水器。但是由於他們的生活和氣候條件緊緊相繫，而且又很少有資源來應付或緩衝艱難或日益惡化的氣候條件，因此他們很可能是承擔氣候變遷最多的一群人。所幸，人權考量持續在協商談判中發揮一定的影響力。

人們也努力在調適和減緩策略中建立連結。災後重建需要經費，這意味著需要削減其他預算，在卡崔娜颶風後，紐奧良刪減了教育、警備、社會、法律和其他服務的經費。在英國，維持和平和人道主義緊急情況的援助經費占了官方發展援助的10%。即使是富裕、準備充足的國家，也將面臨如何在國內和國外行動間、減少風險和應急反應間，甚至是調適和減緩計畫間權衡得失。

因應氣候變遷和其產生的災害是一項嚴肅而沉重的工作，但不是全然沒有希望的，預期結果也不見得無可避免。可行和有效的解決方案仍然存在。這些行動當中有許多都可節省經費，還會帶來其他好處，連帶解決更廣泛的永續發展問題，像是降低對日益枯竭的石油的依賴、減少空氣污

染以及保護我們賴以維生的生態系。雖然技術解決方案相當吸引人，但追根究柢，消費習慣和生活型態驅動了科技，才是最根本的問題。

光是靠科技改變不足以達到排放量的降低標準，況且許多現行的技術已經可產生重大的差異。可再生能源的技術日益多樣化、價格實惠而且已經廣泛採用。這些技術具有減少溫室氣體的潛力，目前占不到全球能源產量的5%。其他製造業和發電系統可以採用效率更高的方式。世人對核能的興趣也有所上升，但目前還不確定其未來在解決氣候變遷問題的角色，其安全性和放射性廢物的長期儲存也讓人顧慮。核能因應氣候變遷的潛在價值是否足以克服所造成的其他經濟障礙，目前仍未有定論。

我們已經明白，並不是安裝省電燈泡就夠了：每一個小動作都有幫助，但必須發揮所有的力量。要達到減量目標，必須要調整基礎建設和制度，如新建築的設計以及建築師和工程師的培訓。然而，要是消費者的需求沒有改變，像是降低對大坪數房屋與大馬力汽車的渴求，那麼科技的進步和所創造出來的機會到頭來也可能徒勞無功。

必要的制度創新也取決於資金。碳交易市場正在成長：如歐盟交易計畫和美國區域溫室氣體倡議等，目前都展開全面運作。碳市場的貿易量正在迅速增長，雖然目前僅占全球碳排放量的很小比例。如REDD+所建議的，為森林和陸域地區儲存的碳來定價，可以讓地方社區轉型。但須謹慎行事，確保經濟無虞，並真正造福那些最依賴森林資源的族群。國際普遍認為這當中有所疏漏；必須透過下放權力、透明度和權責區分才能確保國家的腐敗和控制不至於壓過全球的環境效益。

未來的行動將採取新的制度策略和合作形式，還需有意願投入長時間處理決策過程中的工作。身為科學家的我們，多年來一直在研究氣候變遷和其他環境變化對人民和生計的影響，我們相信氣候變遷和其潛在的衝擊是極其嚴重的問題。所需的改變將會深深影響到每個人，但通往未來社會願景的道路還沒有勾勒得很清楚。我們擺盪不安，既屬於試圖保護自己理想和生活方式的各個社群，又擁有一個全球性的集體責任和行動的共同願景。

調適是當務之急，並不只是減緩的替代方案

氣候暖化已成定局，現在無論我們怎麼做，在2040年之前，都不會扭轉這個趨勢。這段期間將會有另外兩個世代的人誕生，在我們遏止暖化的行動生效前，全球人口很可能會再增加二十億。雖然大家都知道，無所作為以及積累的溫室氣體的殘留效應，勢必會造成氣候變遷，但具備遠見的調適策略與降低氣候風險的工作，一直到十年前才獲得動力。

國際協商中有一點一直令人不解，那就是環保人士總是抵制任何將調適行動當作是解決方案的提議，擔心這會變成全球減緩溫室氣體排放量的替代方案。這樣的觀點反而限制國際調適基金和計畫的發展。隨著對於氣候變遷的成因和可能產生的衝擊的認識，IPCC第四次評估報告明確指出，調適和減緩政策是互補的。也就是說，必須同時進行這兩種方案，而不是相互取代。

從目前的氣候模式來看，人、經濟和生態系都處於高度風險之中。在非洲和亞洲大部分地區，降雨的時間和雨量決定了農作物是否足以支持當

地生計，或是人民是否需要尋找替代的食物和收入來源。而有些地方的海岸線抵禦暴風雨的能力有限。過去十年來發生的一連串事件提醒我們，即使是最先進的工業化國家都有調適的困難，缺乏處理目前氣候的應變能力，更不要說是對未來的準備。

這些風險並不是隨機分布的，也不是意外。展望未來，有些人會獲得好處，但也會有另一些人將蒙受其害。貧窮是我們在建構經濟和社會體系的一項永久特性。目前最脆弱的族群，即生活在邊遠地區的貧民，可能會是第一批遭受災害的人。在發展中國家，每四個人當中就有一位生活在貧困中，每天賺不到1.25美元。這些人往往在很大程度上依賴農耕、漁撈、畜牧或是在城市的危樓中從事非正規經濟活動，以維持他們的生計，指望生活能變得更好。要是氣候暖化2°C，恐怕有數以百萬的人每年都會受到沿海洪災所苦，其中有許多都是貧民。降雨模式改變，無論是變多還是變少，再加上溫度變化，就會影響到作物產量以及牲口的食物來源和供水。氣候變遷可能也會使得人類、植物和動物疾病，散布到之前沒有這些疾病的區域，那裡的醫生、獸醫、農業推廣專家和治療的經費，可能都處於短缺的情況。

並非所有嚴重的氣候衝擊都直接來自於區域性的變化。全球經濟的聯結才是衝擊傳播的主要機制，會將衝擊從一個地區傳到另一區，從一群人傳到另一群人。比方說，全球有利的生長條件和豐收可能轉化成全球糧食的低價，而一個地區的農作物損失可能會讓另一區域坐收橫財。

風險無所不在，也深深影響到生態系的分布和運作。目前許多生態系都因為土地利用的變化和

過度捕撈，而處於巨大壓力下。氣候變遷即將成為另一個無法避免的壓力，需要採取行動來支持調適多重壓力。

目前正在推行一個涵蓋廣泛的調適計畫。以社區為基礎的調適著重於生計和地方行動。各業界的行動則在於提升氣候調適能力，至於國家層級，則是規劃政策來監測成果和提供財務支持。社交網絡和訊息平台逐漸普及，而過去五年來協調一致的都市調適方案已取得一定勢力。

不過，調適也有其限制。整個生態系的轉變能力仍不確定，這是因為目前變化的速率快於典型的生態時間表，同時也因為可用來移動的空間有限。緊鄰保護區和沿海地區的土地往往已經為人所使用，而處於遙遠的北方和山頂的生物，則沒有多少選擇。要想重新架構基礎建設和經濟福利，還得跨越社會、制度和經濟的障礙。試想，要重建一個像孟買這樣的城市來因應它經歷過的氣候風險，並落實在每一個沿海城市之中，這是多麼的困難。

氣候變遷涉及一切人事物

氣候變遷的規模巨大，從科學的複雜性到影響的層面，從脆弱的結構到經濟關係中所需的轉換。氣候變遷的議題凸顯了全世界的緊密聯繫。其所造成的多面向的複雜性和困難度，使得一些學者認定氣候變遷的解決方案是一難解的環境問題。這些難解的特徵正是氣候變遷創造出來，並且需要我們和後代之間建立新型連接的一部分方式：

- 解決方案取決於如何呈現問題：沒有一項解

決方案可以解決所有氣候變遷的問題，所以我們必須化整為零，將它們切割到我們可以解決的程度。參與協商，把握可以達成協議的艱鉅任務。

- 利益相關者會以截然不同的角度來理解這個問題：無論是正式的制度還是文化特性，我們通常都各自表述氣候變遷的原因和解決方案，有些人將它看作是一個全球共有的問題，有些則以經濟成長與新技術來制定解決方案。

- 沒有一中央權力機構：聯合國氣候變遷綱要公約（UNFCCC）只是協調架構，不能強制執行解決方案。

- 長期效應的衝擊高出預期：政策和殘餘效應的衝擊情境，通常預估到2100年，有些甚至探究得更長遠。

- 問題無法完全解決：我們今天所採取的行動不會讓氣候變遷的挑戰消失於無形。目前看來至少要承受100年的影響。

- 試圖解決此問題的國家也是問題的製造者：過去一個世紀以來，工業排放量的不平衡（主要排放國集中在北美和歐洲）再加上下個世紀將會占相當大排放量比例的四大新興國家，會讓氣候協商變得更加困難。或以個人來看，富裕的消費者都是政治精英。

- 時間所剩不多：我們還剩下多少時間可以解

決氣候變遷的挑戰？這是一個攸關生死的問題，並不僅僅只是學術研究而已。

解決方案將需要「全員集合」來進行。從個人、城市、國家、企業到國際社會需要各界努力來面對這個挑戰。目前各界都已展開行動，從個人參與示威遊行如「350行動」*，到商會提供排放量減少指南，以及強力的國家計畫和積極的國際談判。社會企業家挺身而出是振奮人心的跡象。在各界都出現新的領導力，承諾採取個人行動。每天都出現新的提案、公司和網路服務。

氣候變遷行動是各個全球和地方運動的一部分，根基於環境科學和行動，目標是永續發展。它往往牽涉到其他環境問題如臭氧層破洞，或石油生產高峰期等經濟趨勢。我們對氣候變遷的經驗直接反映在天災紀錄中，而天災似乎接連不斷，基於人道考量我們必須儘快降低這些災難。

我們還有很多東西要學，需要建構出學習途徑，推廣成功經驗。在這場旅程的一路挑戰中，有三種特別的途徑：

首先，是我們每個人的行動。在我們自己的生活中，和我們所屬機構的職權範圍內，有很多可以做的。最重要的是，營造行動的積極心理。

這場旅程的第二個層次通常很靠近我們每個人的行動範圍。到達某個階段時，勢必會牽涉到他人。比如用行動證明新技術的投資確實符合市場需求。在設計「公平」的解決方案時，工業化國家和低度開發國家之間的合作也很重要，或是在限制大型汽車等奢侈品的同時，也要保護窮人不致付出高額の運輸成本。

光是合作還不夠，第三個層次是轉型。這是最困難的一關，需要建立新的組織和機構。這

可能牽涉到汰換舊有的把關人員，他們僅維護其狹隘的自我利益，只是表面支持關於氣候變遷的行動。面對未來挑戰的最終解決方案所需要的行動，遠遠超出將永續發展的考量加到我們今日作為的程度。

會開始走上轉型這條途徑，是因為關注環境（氣候變遷的歷史軌跡）、災害的風險降低（主要是因應氣候變遷的衝擊，但對於這顆行星的未來的關注也不斷提升），以及經濟投資（從發展到技術創新）。永續環境的目標是要拯救生命和生計，而終結貧窮就是其引航燈。我們相信，處理氣候變遷的挑戰和機會的解決方案，必須反映出這些目標。

我們鼓勵你參與這項行動，不論是在生活中、在現實或是虛擬的社群裡，都能參與這集體的努力。

柯斯汀·陶（Kirstin Dow）

美國南卡羅萊納州

湯姆·唐寧（Tom E. Downing）

英國牛津大學

2011年6月

*譯注：350 指的是大氣二氧化碳的目標濃度350ppm，目前已超過這個數值，達到387ppm以上，因此發起這項國際運動來節能減碳救地球。