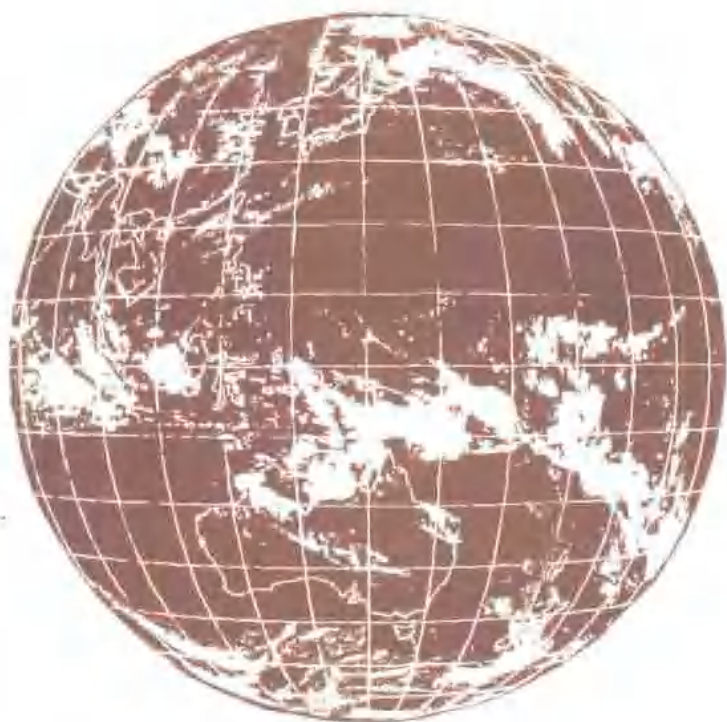


地球在變暖

田中正之 著

石廣玉 譯
李昌明



地球在變暖

近代氣象叢刊 B 5

田中正之 著

李昌明
石廣玉 譯

明文書局

版權所有・翻印必究

319 地球在變暖

平裝一冊 定價二〇〇元

著作者/田中正之著 石廣玉・李昌明譯

出版・發行/明文書局股份有限公司

發行人/李潤海

地址/台北市重慶南路一段49號7樓之3

電話/3754679・3318447

傳真/3619101 郵撥/01436784

行政院新聞局局版台業字第1993號

印製所/國華印製有限公司

板橋市中山路二段416巷59弄3號

中華民國八十四年一月初版

ISBN 957-703-064-5

Ming Wen Book Co., Ltd.

7F No. 49, 1 Sec., Chungking South Road,

Taipei, Taiwan, R.O.C.

寫在中文版出版之際

近二百年來，特別是第二次世界大戰之後，由於人類生產和社會活動的急劇發展，向大氣中排放出大量氣體和塵埃粒子，使地球大氣的組成發生了明顯變化，最突出的例子是大氣二氧化碳、甲烷、氧化亞氮和含氯氟烴等溫室效應氣體濃度的增加。它們在大氣中的濃度增加後，通過溫室效應的增強所可能引起的氣候變暖已成為一個重大的全球環境問題。

全球變暖涉及到各個領域和各種學科，也涉及到我們生活在地球上的每一個人，它不是只要有少數科學家去關門研究就可以解決的問題。爲了保護地球這一奇妙星球的環境，需要更多人的了解，包括那些並非從事大氣科學研究的“局外人”，尤其是國家決策的人更要了解，以便在做重大經濟建設規劃時予以考慮。這就需要有一本不單是給專家看的書來做介紹。國內目前尚缺少一本這樣的書。日本東北大學教授田中正之先生所著《地球在變暖》一書，通俗易懂，圖文並茂，對全球變暖的各個方面，包括溫室效應的原理、大氣溫室效應氣體濃度

的增加、溫室效應的影響以及全球變暖的預測和對策等，作了系統的解說，能有機會把它介紹給中國廣大讀者，我感到高興。

從近百年來的實際觀測資料來看，全球平均氣溫總的來說是呈上升趨勢的，已上升 $0.3 \sim 0.6^{\circ}\text{C}$ ，與溫室效應理論是比較相符的。但除溫室氣體效應外，氣候變化還有其它自然原因，在自然原因下的變溫也可以有這麼大或者更大。因此，能否把已出現的增溫歸之於溫室效應是不確定的，此外還有不少其它不確定因素，目前對此正在進行大量的研究。讀者不僅需要了解那些現階段已經明瞭的問題，更需要了解那些現時尚未弄清而極待進一步研究的課題。本書在這方面花費了相當多的筆墨。

應當指出，不確定性雖然存在，但這不是說人類活動所引起的溫室效應不存在，有種種物理理由可以說明它是存在的。所以，在人類活動繼續的情況下，溫室效應氣體引起的下一個世紀的全球變暖仍將持續下去，但某個時期（如 2010 ~ 2020 年）的實際溫度變化則是另一回事。加上自然原因引起的變溫，實際變化可以小於也可以大於人類活動所引起的變化。有一點非常重要，就是自然原因引起的變化是上下起伏的，不管變化多大、時間多長，它總要回到大致原來的水平。然而人類活動引起的

溫室效應則是相對不可逆的，它出現之後，可存在數百年之久，就這點來說，比較永久性的規劃建設必須考慮它。

最後，期望本書中文版的出版發行有益於諸位讀者。

葉篤正

一九九一年四月五日 記於北京

著者序 (中文版)

近年來，全世界都明顯地更加關心以全球變暖為代表的地球規模的環境問題，在政治、社會、行政以及學術等各個方面，一個接一個地出現極為重要的行動。

1990年7月在美國休斯頓召開的主要開發國家首腦會議，接受了前年巴黎會議（又稱環境問題最高級會議）的宣言，把防止全球變暖等地球環境問題作為三大議題之一進行了討論，對聯合國環境計劃署 (UNEP) 及世界氣象組織 (WMO) 支持下的關於氣候變化的條約談判以及以這兩個機構為中心而成立的“政府間氣候變動委員會” (IPCC) 的工作表示堅決支持，同時指出了擴大有關環境問題的共同的科學、經濟調查和分析的必要性以及推進收集和共享有關地球和大氣的人造衛星情報資料的重要性。

政府間氣候變化委員會 (IPCC)，1990年8月30日在瑞典的宋茨巴通過了全部報告書，關於全球變暖的對策將以1992年制定條約為目標而正式採取行動。根據IPCC的這一報告，如果像目前這樣繼續釋放溫室氣體的話，預計全球平均氣溫將以每10年

0.3 °C 的速度升高，到 2025 年將比現在升高 1 °C，而到 21 世紀末將比現在升高 3 °C。此外，海平面到 2030 年將上升大約 30 厘米，到 21 世紀末將上升 65 厘米。北半球中緯度地區的夏季降水量將減少，從而造成土地乾旱。報告書認為：這種全球規模的氣候變化，必然帶給以農業生產為代表的人類社會、經濟活動以及大自然生態系統重大的影響。

但是，對全球變暖問題要採取有效的對策是極為困難的，現代社會在產業、交通運輸和民生等所有方面都使用著大量的能源，這些能源大約 88% 來自石油、煤炭和天然氣等化石燃料。根據上述 IPCC 的報告書，為了使主要溫室氣體二氧化碳的濃度維持現狀，則必須把目前化石燃料的使用削減 60% 以上，目前世界各國，包括開發國家和開發中國家，都把本國社會和經濟活動的進一步發展作為最大的國策。在這種情況下，要將應稱作其社會和經濟活動發展原動力的化石燃料進行這樣一種急劇削減，無論如何是不可能的。

假若不能完全阻止全球變暖，接下來要考慮的事情就只能綜合採取各種各樣的對策，盡可能地延遲全球變暖的進程。在這期間，大力推進新能源的開發研究，以便採取更有效的、最終完成向不釋放二氧化碳的新能源轉變等根本性措施以及在這一基

礎上的產業結構和生活方式的轉變。

當前的課題大概應當是：在社會和經濟活動發展的同時，尋求能源的節省。實際上，它包括：從提高能源效率等技術措施直到限制化石燃料的使用量、加徵二氧化碳稅金等政策措施，以便尋求用盡可能少的能源取得最大效益的技術和方法。當然，也應當探索固定和除去二氧化碳的可能性。另外，由於在採取這些對策之後，某種程度的全球變暖仍是難以避免的，所以善於適應變暖了的地球環境也是一個重大的課題。

地球表面上充滿著水，覆蓋著豐盈的綠野，養育著無數的生命。在廣闊的宇宙中，她是我們所知的唯一的這樣一顆行星。看一下地球的歷史就可知道：她的這一英姿是由應當叫做奇蹟的一系列罕見的事件所形成的。現在的地球環境由於大自然的極微妙的平衡而得以保持。當今我們正在追求的是：所有的人都拿出智慧，齊心協力使這一地球環境不因人類的不在意的行動而遭破壞，使她子子孫孫地傳下去。

《地球在變暖》這一小作，若能使諸位讀者在理解全球變暖問題和考慮對策時有所裨益的話，我將感到不勝榮幸。

在本書中文版出版之際，承蒙我深深尊敬的中

國科學院顧問、大氣物理研究所名譽所長葉篤正先生撰寫序言，我感到光榮之至。另外，中國科學院安徽光學精密機械研究所長龔知本先生閱讀了本書中文版。它的出版與中國科學院大氣物理研究所石廣玉先生、國家氣象局李昌明先生的努力也是分不開的，在此一併表示衷心的感謝。

田中正之

1990 年 10 月

著者序（日本版）

我們人類目前所用的大部分能源都依賴於石油、煤炭和天然氣等所謂化石燃料、燃燒化石燃料等於將其中以有機物形式所含有的碳氧化，釋放出二氧化碳來，從化石燃料中這樣釋放出來的二氧化碳造成了大氣中的二氧化碳濃度從產業革命以前的大約 275ppm 急劇增加到 1988 年的大約 351ppm。人類如果像現在這樣繼續消費化石燃料的話，二氧化碳的濃度將進一步增加，預計 21 世紀中葉，將達到產業革命以前的兩倍以上。

近年來，二氧化碳所帶來的“溫室效應”已成為引起議論的重大問題。二氧化碳具有吸收地球發射的紅外線的性質，隨著它在大氣中濃度的增加，將使地球平均氣溫升高。按照 1985 年國際科學聯盟理事會環境問題科學委員會所發表的評估，當二氧化碳濃度倍增時，預計全球平均氣溫將上升 $3.5 \pm 2^\circ\text{C}$ ，即上升 $1.5 \sim 5.5^\circ\text{C}$ 。但是，這是假定二氧化碳濃度長期保持定常不變時的數值，由於實際升溫可認為是它的七成左右，故為 $2.5 \pm 0.7^\circ\text{C}^*$ 。這就是說，如果二氧化碳像目前這樣繼續增加，到 21 世紀

後半期其濃度增加一倍的話，全球平均氣溫大約升高 2.5°C 左右，有的讀者可能會想：最多不就是 2.5 度嗎，有什麼大不了的，但實際上這種升溫給予地球環境的影響，卻是無法估量的。由於平均氣溫的升高，世界各地的降水量將發生變化，土地乾濕程度必將大變，由此引起植物生長、發育和分布的變化。當然，也將給予農業生產重大的影響。由南極和格陵蘭等冰蓋的融化所引起的海平面上升，也令人憂慮。

實際觀測結果在某種程度上已證實溫室效應所引起的全球變暖正在出現。此外，具有此種性質的溫室效應氣體並不只是二氧化碳，同樣是人類活動所釋放出的甲烷和氟里昂氣體等也具有相同的作用，這些氣體也呈現出顯著的增加趨勢。研究表明：由它們所產生的溫室效應已達到可與二氧化碳相匹敵的程度。

儘管由溫室效應所引起的全球變暖已如此迫在眉睫，但現狀是：有關的具體對應措施卻還是一個也沒有。爲了使二氧化碳及其他溫室效應氣體的濃

* 據本書第四章“全球變暖的評估”一節，對大氣二氧化碳濃度倍增時的全球氣溫升高評估的最好值爲 $3.5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，其 70% 將爲 $2.5 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$

——譯者注。

度不再增加，世界各國必須同心協力來減少這些氣體的釋放。另外，假若由它們所產生的某種程度的全球變暖是不可避免的話，那就必須及早考慮怎樣去應付由此帶來的氣候和海平面等的變化。

因此，全球變暖就不是只要由一部分科學家去研究就可以解決的問題，而是我們每個住在地球上的人都必須直接面對的。勿庸贅言，今後爲了實施全球規模的對應措施，需要更多人的理解和更進一步的研究。

本書將首先從什麼是溫室效應的解說開始，然後按溫室效應的影響及其對策的順序來進行敘述。

儘管對人類的未來而言事情是如此重大，但遺憾的是：有關溫室效應及其影響還有許多問題沒有弄清。可以說，首先弄清這些問題是賦於我們人類的第一個課題。因此，本書的解說將不僅包括那些現階段已經明瞭的問題，還將包括那些現在尚未弄清而遺留下來的問題。

目錄

序言

第一章 什麼是溫室效應	(1)
1. 溫室效應的原理	(1)
地球在不斷輻射紅外線	(1)
物體的溫度和輻射能	(2)
地球的溫度	(4)
溫室效應的作用	(5)
吸收紅外線的物質	(7)
2. 溫室效應與地球	(10)
地球的輻射收支	(10)
能量的輸送	(12)
撒哈拉沙漠上空的觀測	(15)
3. 溫室效應與行星大氣	(17)
有生命的行星	(17)
金星的失控溫室效應	(18)
地球大氣的歷史	(20)

第二章 溫室效應氣體的增加.....(23)

1. 二氧化碳的增加(23)

表示氣體含量的單位(23)

溫室效應氣體的含量(24)

蒙納羅亞山上的觀測(25)

化石燃料釋放的二氧化碳(28)

日本上空的觀測(30)

季節變化的原因(32)

全球季節變化(34)

厄爾尼諾現象(36)

增加的原因在北半球的地面上(38)

增加是從何時開始的(41)

2. 其他溫室效應氣體的增加(43)

甲烷的增加(43)

氧化亞氮的增加(47)

臭氧的增加(48)

氟里昂氣體的增加(49)

換算為溫室效應(51)

第三章 二氧化碳循環.....(55)

1. 碳庫(55)

自然界中的碳	(55)
碳循環的變動	(56)
最大的碳庫—海洋	(57)
碳的交換	(58)
去向不明的二氧化碳	(60)
2. 生物圈中的碳	(62)
生命與碳	(62)
生物圈的縮小	(64)
森林破環的影響	(65)
二氧化碳的增加	(67)
3. 海洋中的碳	(68)
海的呼吸	(68)
海洋混合層與深層	(70)
海洋的緩衝作用	(70)
二氧化碳濃度的緯度分布	(74)
子午面模式	(77)
二氧化碳的源和匯	(78)
4. 將來的預測	(81)
預測的困難性	(81)
未來二氧化碳濃度	(82)

第四章 溫室效應的影響.....(87)

1. 全球變暖(87)
 - 氣溫上升幾度(87)
 - 平流層的氣溫下降(90)
 - 全球變暖的評估(91)
 - 反饋效應(92)
 - 雲的作用(94)
 - 雲量將如何變化(95)
 - 全球變暖的緯度和季節分布(97)
 - 全球變暖所需要的時間(99)
2. 氣候的變化(101)
 - 綠色的撒哈拉(101)
 - 土壤含水量的預測(102)
 - 水桶模式(104)
 - 中國大陸乾濕之變化(106)
3. 海面上升(108)
 - 南極的水(108)
 - 海面上升所帶來的影響(112)
4. 實際出現的溫室效應(114)
 - 全球變暖已經開始(114)
 - 平流層的變冷(116)