

紐西蘭農業部門溫室氣體排放概況與對策

楊奕農

摘要：聯合國於 1992 年通過「聯合國氣候變化綱要公約」，對人為溫室氣體排放做出全球性管制目標協議；世界各主要國家並陸續在 1998 年起簽定具有法律效力的京都議定書。紐西蘭在 1998 年亦成為京都議定書的簽署國，該國並在 2002 年通過了相關的國內立法——「因應氣候變遷法案」。

紐西蘭在 20 世紀末的十年間的溫室氣體排放一直維持增加的趨勢，以單項的淨排放比率來看，紐國的溫室氣體排放，CH₄、N₂O、和 CO₂ 是主要的來源（在 1999 年時各約佔 44%、16%、和 9%）。根據紐國環境部的估計，該國農業部門的溫室氣體排放在 1999 年即佔 54% 之多。所以，該國政府認為農業部門才是溫室氣體排放減量的考量重點。根據紐國政府的估計，該國沼氣的排放量中 80% 是來自於紐西蘭的畜牧業；而畜牧業中沼氣的排放比例有 58% 是來自於畜羊業，28% 來自於肉牛業，而 18% 是源於酪農業。

紐國農林部指出，至目前為止對農民而言，似乎除了降低畜牧業的總畜養量之外，並沒有其他明確的方法可以減少溫室氣體的排放。其次，在衡量及監測農場排放非二氧化碳的溫室氣體（例如沼氣及一氧化氮）的方法上，有明顯技術上的困難。因此，紐西蘭農業部認為要解決溫室氣體排放問題，亟需運用科學研究以下的議題：（1）溫室氣體存量正確推估，包括測量科技及技術的改進，以及如何使這些測量技術能大規模應用。（2）發展實務與技術以減少主要來自農業的溫室氣體排放。

關鍵字：溫室氣體排放，氣候變遷，溫室效應，京都議定書

greenhouse gas, climate change, greenhouse effect, Kyoto protocol

一、前言

溫室效應所形成的全球氣候暖化問題在二十世紀末受到世界各國的矚目，這個問題被認為是對世界環境、人類健康福祉、與全球經濟永續發展的一大威脅。自從工業革命以來，人類文明活動大量地釋出二氧化碳、氧化亞氮、甲烷、氟氯碳化物等溫室氣體¹，使大氣層吸收了更多來自地表的長波輻射，世界上許多科學家咸認地球氣候的暖化趨勢，主要是由於這些人為溫室氣體排放所造成，

¹ 聯合國氣候化綱要公約第三次締約國大會中所通過的京都議定書中，明訂針對六種溫室氣體進行削減，包括上述所提及之：二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亞氮（N₂O）、氟氯碳化物（HFCs）、全氟碳化物（PFCs）及六氟化硫（SF₆）（工研院能源與資源研究所，2003）。

而造成全球氣溫升高現象導致全球氣候發生不正常的變化，如果再不加以重視的話，很快地就會對人類生存環境產生衝擊。

為防制溫室氣體導致的溫室效應造成氣候改變，聯合國於 1992 年 6 月在巴西里約熱內盧召開地球高峰會議，共有 150 餘國領袖簽署通過「聯合國氣候變化綱要公約」(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)，對人為溫室氣體排放做出全球性管制目標協議，以規範溫室效應所形成的全球氣候暖化問題，並於 1994 年 3 月 21 日正式生效。爾後根據 1996 年聯合國氣候變化「政府間氣候變遷研究小組」(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)之預估，認為若要在 21 世紀末將二氧化碳濃度穩定在工業革命前的兩倍 (550 ppmv)，則目前全球排放量必須削減一半。但在 1992 年簽訂「氣候變化綱要公約」後，全球二氧化碳濃度仍在不斷上升，原公約減量目標普遍認為並未被會員國認真執行，而在國際上引起極大的爭議，於是形成制定具有法律效力的京都議定書 (Kyoto Protocol)。²

紐西蘭政府對此全球氣候暖化的問題亦相當重視，因為該國認為全球溫度最高的 10 年都出現在 1983 年以後，而 1998 年紐西蘭的平均溫度達到有歷史紀錄以來的最高溫 (參見圖 1)。因此，紐西蘭在 1998 年就積極成為京都議定書的簽署國，該國並在 2002 年通過了相關的國內立法——「因應氣候變遷法案」(Climate Change Response Bill)，該法案於 2002 年底生效。

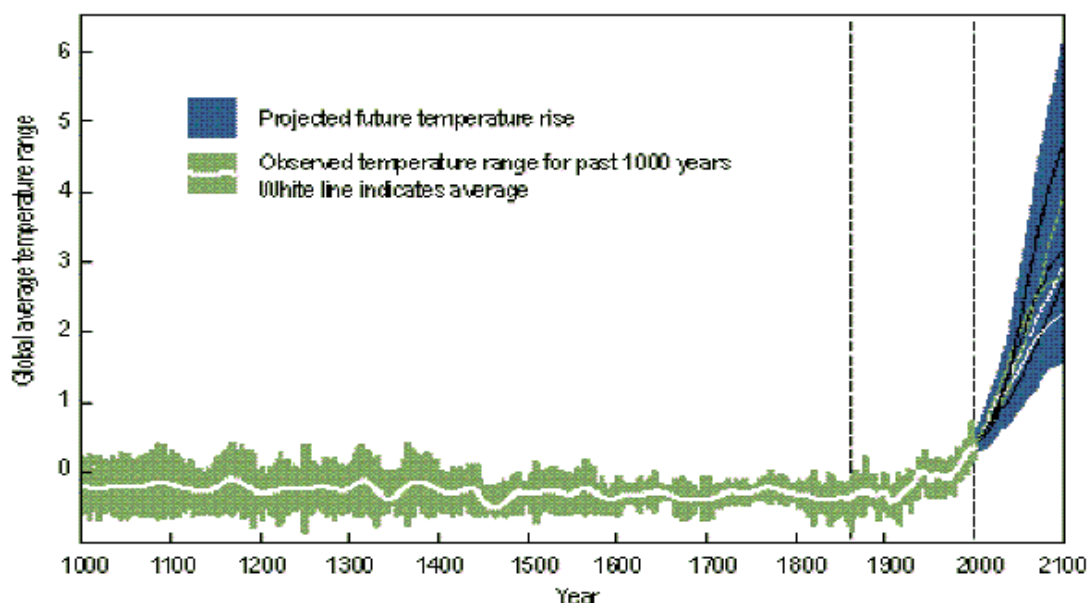


圖 1. 最近 1000 年全球地表溫度變化與未來之預估

資料來源：MAF (2002a)

² 京都議定書的主要內容為：(1) 制定減量時程與目標值 (2) 允許建立碳排放權交易制度 (3) 森林吸收溫室氣體之功能應予以考量，可包涵於削減量之內 (4) 成立「清潔發展機制」。此議定書規定，當認可議定書國家達 55 國，且認可國家中附件一成員之 1990 年 CO₂ 排放量須至少占全體附件一成員當年排放總量之 55%，則議定書於其後第 90 天開始生效。自 1998 年 3 月於聯合國紐約總部開放簽署起，至目前為止已有 63 個國家簽署，其中斐濟及百慕達並已獲批准，(劉大年，1999)，而至 2003.05.15 共有 108 個國家批准(工研院能源與資源研究所，2003)。

二、 紐西蘭農業部分溫室氣體排放之現況

表 1 的資料顯示紐西蘭 1990 年和 1999 年溫室氣體排放的情況，由表中的資料可看出，在 20 世紀末的十年間，紐西蘭的溫室氣體排放（以等量的CO₂）來看，仍然是增加的趨勢（從 90 年的 73,065 千噸增加至 99 年的 76,831 千噸），其中各單項CO₂、N₂O、和SF₆ 的排放量，都有增加的現象；若以單項的淨排放比率來看，CH₄、N₂O、和CO₂是主要的來源（在 1999 年時各約佔 44%、16%、和 9%）。

表 1、紐西蘭溫室氣體排放統計（1990-1999 年）

單位：千噸CO₂等量*

	CO ₂	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	排放量
	排放	減量						合計
1990	25,399	-22,307	35,211	11,849	-	603	2.87	73,065
1999	30,523	-23,245	33,594	12,397	210	74	33.2	76,831

資料來源：Rys (2002)

*註：所謂CO₂等量的計算方式，例如，即一公斤的CH₄可視為 11 公斤的CO₂等量。

紐國政府指出，該國CO₂ 直接排放增加的主因是來自於運輸和能源需求的成長，此項因素佔全國溫室氣體排放總量比例並不高。根據紐國環境部的估計（見表 2），在 1999 年能源部門的排放只佔 38%，而農業部門過去 10 年間雖有減少，但 1999 年時仍佔 54%之多）。所以，該國政府認為，農業部門才是溫室氣體排放減量的考量重點。

雖然農業部門直接排放二氧化碳的情況應該不嚴重，但農業部門在溫室氣體排放較大的問題在於生產過程中排放的沼氣（即理論上來計算，一公斤的CH₄可視為 11 公斤的CO₂等量），特別是紐西蘭的畜牧業的平均每人規模較其它國家來得大，因此這也是為何CH₄造成的溫室氣體排放比例在 1999 年高達 44%（以CO₂等量計）的緣故。

根據紐國政府的估計，該國沼氣的排放量每年約有 1.5 百萬噸，其中 80%是來自於紐西蘭的畜牧業；而畜牧業中沼氣的排放比例有 58%是來自於畜羊業，28%來自於肉牛業，而 18%是源於酪農業。

表 2、紐西蘭CO₂幅射來源比例（1990-1999 年）

單位：%，以CO₂等量計算

部門別	1990 年	1999 年
能源	33	38
製造	4	4
農業	59	54
廢棄物	4	4

資料來源：Rys (2002)

農業是紐西蘭經濟的主要貢獻來源，但單以沼氣及一氧化氮的排放來看，農業部門的溫室氣體排放，也超過 50%的紐西蘭溫室氣體排放總量，因此紐國農

業行政部門不得不針對此問題加以重視。

在國家整體的層面而言，紐西蘭政府目前面臨的選擇，就是該採取何種政策或措施，以達到京都議定書的要求。該國因應的政策可廣泛的歸類為三大部分：(1) 在 2008 年議定書執行前所需採行的政策；(2) 在 2008 到 2012 年這段議定書承諾執行期間內所需的政策；(3) 在 2012 年之後，溫室氣體排放協定重新協商後的政策（2012 年之後的協商將會在 2003 年開始進行）。

紐西蘭農林漁部認為，有兩個主要因素會影響農業部門的政策選擇。首先是，至目前為止對農民而言，似乎除了降低畜牧業的總畜養量之外，並沒有其他明確的方法可以減少溫室氣體的排放。其次，在衡量及監測農場排放非二氧化碳的溫室氣體（例如沼氣及一氧化氮）的方法上，有明顯技術上的困難。

在無法正確衡量農場排放的溫室氣體量，即無法有效地降低溫室氣體的排放，也不能針對各產業分析減少溫室氣體排放的成本效益。因此，紐國政府目前的對策，即是針對上述兩個重要因素進行研究，以便找出解決的辦法。

所以紐西蘭政府正積極與農業部門的各種團體合作，提供研究經費進行研究以降低農場的沼氣及一氧化氮的排放。紐國政府較傾向大部分的研究經費由農業部門的民間組織來支應，以避免需要政府另外對農民徵稅來支應此項研究經費。這同時也可以向大眾宣示，即使這些氣體的排放目前尚未被要求付費，農業部門也已經正視其大量排放沼氣及一氧化氮等溫室氣體的問題，並且在解決此問題的處理上，能夠作出明顯的貢獻。

紐國政府決定，在關於溫室氣體排放問題的研究策略優先次序上，將由環境部與農業部與相關業者先行協商，並在 2003 年上半年以前，就下列重點向內閣提出報告：

- (1) 研究策略的提議。
- (2) 針對以上的研究策略提議，提出如何設立研究基金與政府的管理程序，包括政府的監督及檢查等各項管理的建議。

而紐西蘭農業部也明確指出，運用科學研究以解決溫室氣體排放問題，應在著重在以下的三個領域：

- (1) 溫室氣體存量正確推估，包括測量科技及技術的改進，以及如何使這些測量技術能大規模應用。
- (2) 發展實務與技術以減少主要來自農業的溫室氣體排放。
- (3) 調整實務與技術的研究方向，使動物可以適應氣候改變或氣候發生極端之情況。

紐國政府認為，對農業部門而言，在研究計畫上的投資是很重要的政策決定。如果研究能降低動物畜養中所產生的沼氣排放量，其實就能經由提高飼料轉換率而增加紐西蘭的畜牧業的競爭力；同樣地，研究出使一氧化氮的排放減少的方法，也能對生產力或環境都產生相當的效益，例如使水質獲得改善等等功效。

由此判斷，如果這些研究能夠在技術上有所突破，而發現解決的方法，也許其獲益就可以足以供給其研究本身的費用。

三、結語

紐西蘭政府認為，如何更精確地推估農業部門所排放的溫室氣體總量，一個困難且複雜的工作。以目前來看，用以推估溫室氣體排放量的許多參數仍有其不確定性。這同時也表示，發展出能夠降低農業上的溫室氣體排放的任一種方法，都會對紐國整體溫室氣體排放量造成顯著的影響。紐西蘭目前已經著手進行相關研究計劃，以使紐西蘭未來可以運用最佳實務方法，來減少紐國的溫室氣體排放量。這同時也可以確保紐西蘭得以履行京都議定書中的責任。目前的研究顯示，紐西蘭農業的溫室氣體排放量將會在 2010 年時超過該國在 1990 年排放的基準量。紐西蘭政府認為，這個現象主要歸因於自 1990 年以來動物畜養量增加的結果、與畜養動物種類數量的改變之緣故，例如綿羊的減少、及酪牛數目的增加。

紐國政府亦指出，以目前來看，最有可能短期內施行以降低紐國溫室氣體排放量，而且不必減少紐國農業生產的方法有二，一是在於改良牲畜攝取的營養物，其中最有可能產生較大益處的方法，似乎只有改良牧草與放牧管理。其二，透過綠化、造林的增加，亦可以緩和沼氣排放的增加。例如，每新增一公頃的綠化、造林地，大約可抵銷 17 公頃的放牧農地所引起的溫室氣體排放量，像是在放牧地種植松樹，也許是一種相對低成本的選擇。

資料來源：

1. 工研院能源與資源研究所 (2003) 氣候變化綱要公約資訊網站,
<http://sd.erl.itri.org.tw/fccc/>.
2. 行政院環保署網頁 (2002) "全球重要環保專題網：問答集",
<http://ivy2.epa.gov.tw/gepp/Q&A.htm#3>.
3. 劉大年 (1999) "日本政府因應國際環保配合之產業科技政策及相關法令之探討", 經濟部研發會委託研究計畫報告,
<http://www.moea.gov.tw/~ecobook/books/BK003/index.htm>
4. MAF (2002a) "Climate change and agriculture in New Zealand."
<http://www.maf.govt.nz/mafnet/rural-nz/statistics-and-forecasts/sonzaf/2002/sonzaf-02-10.htm>.
5. MAF (2002b) "Impact of GHG Policies on Agriculture."
<http://www.maf.govt.nz/mafnet/rural-nz/sustainable-resource-use/climate/greenhouse-gas-policies/greengas-01.htm>
6. Rys, G. (2002) "Greenhouse Gas Emissions from New Zealand Agriculture."
RM Update, Iss. 10, June, p.1-3.