

出國報告（出國類別：研究）

畜禽沼氣發電及 溫室氣體減量研究交流

服務機關：行政院農業委員會畜產試驗所

計畫來源：國合計畫—畜禽沼氣發電及溫室氣體減量研究交流
(107 農科-4.3.3-畜-L1)

科發基金—國際化跨域創新與科研產業化人才培育
(畜產研發人才培育及國際交流)

姓名職稱：黃振芳所長、李春芳研究員兼組長
李欣蓉副研究員、黃雅玲技佐

派赴國家：紐西蘭

出國期間：107 年 9 月 20 日至 107 年 10 月 1 日

報告日期：107 年 12 月 22 日

摘要

溫室氣體減量是全球面對的嚴重課題，為增加我國參與紐西蘭農業溫室氣體研究聯盟 (GRA) 及尋求逐步推動實質合作之可行性，本所執行 107 年「畜禽沼氣發電及溫室氣體減量研究交流」國際合作計畫、與科發基金「國際化跨域創新與科研產業化人才培育」計畫，由黃所長振芳帶領本所畜禽廢棄物與營養管理溫室氣體減量研究人員前往紐西蘭，首先前往紐西蘭農業溫室氣體研究中心 (NZAGRC) 與 GRA 畜牧溫室氣體工作小組，瞭解該小組架構、紐國對溫室氣體減量的策略與研究範疇，以及參觀溫室氣體排放量測定之動物試驗現場與自動氣體分析系統；拜訪梅西大學，瞭解以生命週期與環境碳足跡之研究、碳足跡參數蒐集方式、土壤碳匯池調查計算與生物炭研究、牧場管理系統下溫室氣體排放與減少排放方式；拜訪紐西蘭鹿業公會與紐西蘭牛肉與綿羊肉協會，了解其運作模式、在政府方與農戶中所扮演的角色，以及目前鹿產業、牛肉與羊肉產業現況及遇到的挑戰；拜訪紐西蘭初級產業部 (MPI)，瞭解紐西蘭針對畜牧業者政策面或法規面規範、紐西蘭畜牧產業結構、紐國針對動物福利、農業進出口藥物殘留管理與產業如何因應挑戰；並與 GRA 官方代表 Dr. Hayden 會面，討論參與畜牧溫室氣體工作小組中「Feed & Nutrition Network」與「Manure Management Network」研究網絡之方法；拜訪紐西蘭草原溫室氣體研究小組 (PGgRc)，探討該單位透過品種篩選、飼料選擇、管理、疫苗與抑制劑開發等方式減少溫室氣體排放的技術；最後前往 New Plymouth 參訪乳牛場，了解典型紐西蘭農場營運情形、乳牛泌乳量調查與擠乳方式探討、廢水與廢棄物管理現況，以及農民對政府溫室氣體減排政策的想法。

經過本次參訪，建議我國溫室氣體減量策略，應基於維持國人糧食供需保障基準之下，進行畜牧經營管理方式的改善及提高畜禽生產效率；透過增加低碳農業活動、減少耗能或增加綠能循環利用、合理化施肥、堆肥製作方式改善、增加沼氣發電、沼液沼渣施灌等循環農業模式、低碳飼料與配方的篩選、自產飼料資源開發及研究結果的國際發表等方向努力，完整建立國內畜禽生產體系中的溫室氣體排放係數，隨生產系統效率的提升逐年更新排放參數與釋放係數，以確認各項減量工作的成效。未來我國可透過廢棄物管理、碳足跡與生命週期參數計算等，以及農業副產物利用之飼料管理、提高生產效率等，做為未來與紐國合作與技術交流之切入點；加入 GRA 專家學者網絡參與討論，參與畜產研究小組會議與各國學者建立討論與聯繫管道；邀請相關學者來臺灣參訪，以更深入瞭解雙方在溫室氣體研究領域可互相搭配的範疇。

目 次

壹、目的	1
一、 申請背景與目的-----	1
二、 前往機構與研究計畫之相關性-----	1
三、 經費來源-----	2
貳、過程	2
一、紐西蘭農業溫室氣體研究中心 (NZAGRC)	4
(一) NZAGRC 介紹-----	4
(二) 紐西蘭瘤胃甲烷排放研究中心-----	7
(三) 紐西蘭牧草種原中心-----	10
二、 梅西大學-----	11
(一) 簡介-----	11
(二) 牧場管理與生物炭應用-----	11
(三) 與學者座談-----	16
(四) 參訪梅西大學實驗農場-----	17
(五) 梅西大學環境科學系-----	19
三、 紐西蘭鹿業公會-----	20
四、 紐西蘭牛肉與綿羊肉協會-----	24
五、 紐西蘭初級產業部-----	25
(一) 產業挑戰-----	25
(二) 動物福利-----	26
(三) 農業上化合物應用規定與殘留管理-----	27
(四) 草原溫室氣體研究中心-----	27
(五) 參與 GRA-----	28
六、 NEW PLYMOUTH 乳牛場-----	29
參、心得感想與建議	31
肆、附錄	32

壹、 目的

一、申請背景與目的

農業委員會於 105 年 12 月 7 日指示，請各業務單位針對我駐紐西蘭代表處來函有關【邀請我國參與紐國農業溫室氣體研究聯盟 (Global Research Alliance, GRA)】合作之建議，尋求逐步推動參與合作之可行性。

紐西蘭依據聯合國溫室氣體排放之相關公約，承諾以 2005 年排放量為基礎，於 2020 年將溫室氣體排放量降低 5%；至 2050 年降低 50%。紐西蘭溫室氣體排放量雖僅占全球的 0.2%，然將近一半源自農業部門，因而極為重視減低農業溫室氣體排放的相關研究。

聯合國政府間氣候變遷小組 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 報告指出，甲烷造成溫室效應的潛勢為二氧化碳之 24.5 倍，若能妥善規劃並加以利用，具降低溫室氣體排放量又可提供替代能源之效益。厭氧發酵為處理畜禽糞的方法之一，並將處理過程中之甲烷與最終之堆肥轉變成再生能源與肥料，可同時減輕目前地球上的能源短缺與環境永續問題。

我國於畜牧業之碳足跡計算、畜禽糞處理減少溫室氣體排放、沼氣發電、以飼糧調配減低反芻動物胃腸溫室氣體排放及減碳循環再利用等為近年來之研究重點，為使研究方向與研究成果與國際交流接軌，除了可透過學術網絡積極參與國際專家學者的研究心得交流討論外，洽談實際參與相關農業氣候變遷國際聯盟之合作構想，實為勢在必行。藉由本次參訪，與學者們以沼氣發電與飼養營養管理層面減少溫室氣體排放進行研究交流之外，亦可與紐國商談我國加入 GRA 推動合作計畫的可行性。

二、前往機構與研究計畫之相關性

本次計畫參訪行程由本所研究人員初步規劃之後，透過外交部駐紐西蘭代表處協助與紐方聯繫，並於參訪期間積極陪同或提供必要協助順利完成。規劃之參訪單位中，紐西蘭農業溫室氣體研究中心 (NZAGRC) 於 2010 年成立，100% 為政府資金補助，2010~2019 年預算共 50 百萬元紐幣。主要有 6 位工作人員，統整協調全國溫室氣體研究計畫與分配預算，主要研發方向為飼養營養管理、減少氧化亞氮與硝酸鹽淋洗、土壤或農場管理來減少溫室氣體產生，並導入科學成果至紐西蘭初級產業部 (The Ministry of

Primary Industries, MPI) 與全球溫室氣體研究組織 (Global Research Alliance, GRA)。紐西蘭草原溫室氣體研究小組 (Pastoral Greenhouse Gas Research Consortium, PGgRc) 亦為 100%政府資金補助之單位，2003~2018 年預算共 70 百萬紐幣，該單位主要研發方向係透過品種篩選、飼料選擇、管理、疫苗與抑制劑開發等方式減少溫室氣體排放技術，並將相關技術、工具或知識提供紐西蘭農戶應用。梅西大學 (Massey University of New Zealand)、紐西蘭鹿業公會 (Deer Industry New Zealand) 與紐西蘭牛肉與綿羊肉協會 (Beef + Lamb New Zealand) 等學研單位與工會團體，皆有承接相關溫室氣體研究工作或其代表參與 PGgRc 等相關組織，透過本次參訪更能完整了解紐西蘭在溫室氣體研究或推廣工作如何經營產官學研等跨界合作與縝密聯繫網絡。

三、經費來源

本次計畫經費係由 107 年度國合計畫「畜禽沼氣發電及溫室氣體減量研究交流」(107 農科-4.3.3-畜-L1)，與科發基金「國際化跨域創新與科研產業化人才培育」(畜產研發人才培育及國際交流) 等 2 項計畫共同支應，參訪人數共計 4 名，由本所畜禽溫室氣體減量研究科研計畫召集人黃所長振芳，帶領畜禽飼養與營養研究人員暨農委會溫室氣體清冊審議委員李組長春芳，以及李副研究員欣蓉與黃技佐雅玲等 2 名畜禽糞管理與循環再利用研究人員前往紐西蘭執行計畫。

貳、過程

本次計畫參觀研習行程安排如下表：

日期	地點	活動事項
9/20~9/21	臺灣臺北—紐西蘭威靈頓	去程
9/22	駐紐西蘭代表處 Taipei Economic and Cultural Office in New Zealand (TECO)	再次確認參訪行程
9/23	北帕麥斯頓 (Palmerston North)	移動日
9/24	紐西蘭農業溫室氣體研究中心 New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre (NZAGRC)	1. 參訪 NZAGRC，並與學者們探討碳足跡、飼養營養管理、減少氧化亞氮與硝酸鹽淋洗、增加土壤碳匯池與集中式農場管理系統等以減少溫室氣體排放進行研究交流。

日期	地點	活動事項
		2. 針對碳權抵換研究或精進畜牧業溫室氣體盤查及減量方法進行交流。
9/25	梅西大學 Massey University of New Zealand	1. 由 Prof. Sarah McLaren 介紹紐西蘭在生命週期分析與環境碳足跡計算之研究，以及梅西大學試驗農場碳足跡參數蒐集方式。 2. 由 Prof. Marta Camps Arbestain 介紹牧場系統下溫室氣體排放與減少排放方式、近期生物炭與溫室氣體之研究。 3. 由 Prof. Mike Hedley 介紹紐西蘭目前推行的「Pastoral 21」計畫內容，以及如何利用放牧系統與畜舍管理減少環境影響指標流失，並參觀「Pastoral 21」試驗示範農場。
9/26	威靈頓 Wellington	移動日
9/27	駐紐西蘭代表處	對目前紐西蘭與我國國際情勢與互動進行了解。
	紐西蘭鹿業公會 Deer Industry New Zealand 紐西蘭牛肉與綿羊肉協會 Beef + Lamb New Zealand	了解紐西蘭目前鹿產業、牛肉與羊肉產業現況。
9/28	紐西蘭初級產業部 The Ministry of Primary Industries (MPI)	由紐西蘭初級產業部中 GRA (Global Research Alliance) 機構的代表 Mr. Hayden 介紹 GRA 架構與分工；並由多名專家報告紐西蘭在畜牧業於政策面或法規面的規範、畜牧產業結構、動物福利、農業進出口藥物殘留管理及產業如何因應挑戰。
	紐西蘭草原溫室氣體研究小組 Pastoral Greenhouse Gas Research Consortium (PGgRc)	由該單位總經理 Dr. Mark Aspin 介紹透過品種篩選、飼料選擇、管理、疫苗與抑制劑開發等方式減少溫室氣體排放的技術與展望。
9/29	New Plymouth 乳牛場	了解典型紐西蘭農場營運情形、乳牛泌乳量擠乳方式、廢水與廢棄物管理現況、以及農民針對政府溫室氣體減排政策想法。
9/30~10/1	紐西蘭威靈頓—臺灣臺北	回程

一、 紐西蘭農業溫室氣體研究中心 (NZAGRC)



圖 1-1 本所參訪人員與 NZAGRC 學者合影

(一) NZAGRC 介紹

因為本次參訪行程原定出發時間前一天遇到山竹颱風導致香港機場關閉，臨時變更機票與參訪行程，故本次拜訪 NZAGRC 並未見到預定會面的研究中心主任與 GRA 中畜牧溫室氣體工作小組主席 Dr. Harry Clark，改由該單位國際合作與訓練中心主任 Dr. Sinead Leahy 接待，Dr. Sinead 以簡報介紹 NZAGRC 以及紐西蘭農業溫室氣體研究現況說明。

目前紐西蘭農產品約有 43% 以上出口，畜牧業產品約占所有紐西蘭出口商品的 40% 左右，占全球乳製品貿易 33%，全世界貿易的 75% 綿羊肉產自紐西蘭。農業收入占紐西蘭 GDP 的 5.1%，相當於可支付 7% 勞力員工。目前養羊、肉牛產業有萎縮情形，但乳牛產業較蓬勃，主要原因為市場需求自由調節，乳製產品出口價格好誘因高所致。

農業溫室氣體排放量約占紐國總排放量的 48.8%，其中畜牧業排放量又占農業

溫室氣體總排放量的 90% 以上。若依照紐西蘭國家自訂目標 (New Zealand nationally determined contribution, NDC)，以 2005 年排放量為基準，所有產業皆需於 2030 年降低溫室氣體排放之 30%，然而紐國目標希望 2050 年降低至 2005 年排放量之 50%，以圖 1-2 所示，就算農業以外的其他產業完全零排放，也恐難達到目標。

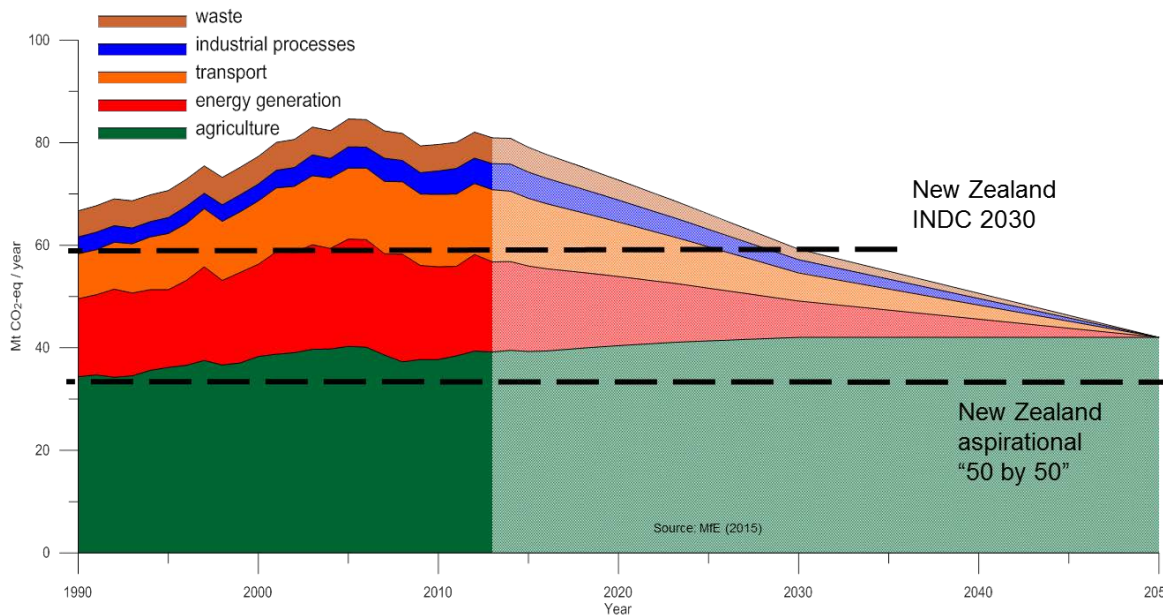


圖 1-2 紐西蘭 GHG 排放目標

紐西蘭目前實施之農業減碳策略，包括了：

1. 提高動物生產力和農場效率：

透過草原管理、遺傳育種或飼料改進等方面著手。紐西蘭土壤碳源豐富，肉牛多養在丘陵地，土壤較少耕犁，土壤碳原因此維持不流失；乳牛場會 5 ~ 10 年做草原翻新，草原多種植三葉草與黑麥草，農民常施用過量氮肥使牧草快速生長，但卻容易導致過量肥料受雨水淋洗作用而流失至河流，影響地下水體品質。氮肥過剩常伴隨土壤碳匯流失，透過合理化施肥之草原管理宣導，可減少氧化亞氮的排放。

該研究中心已進行低甲烷排放之綿羊選拔與育種，自 2002 開始選種，2008 年大量繁殖，2011 年完成高甲烷跟低甲烷族群排放差異品系確定，排放差異可達 12%。選拔過程係以公羊與母羊並進，農場多採用種公羊配種方式，故選育出的低甲烷排放種公羊投入產業執行繁殖工作。目前透過育種已可以降低 5~6% 甲烷

釋放量，且不會影響生產效益。

2. 農業減碳技術導入：

NZAGRC 致力於政府相關農業減碳技術研發工作，透過經費補助相關學研單位，並將研發成果與產業結合並實際推動，共同實踐減碳目標。目前受政府資金支持的減碳技術包括有遺傳育種、低 GHG 飼糧、甲烷疫苗、甲烷抑制劑、氧化亞氮測定與土壤碳匯等試驗，如圖 1-3 所示。

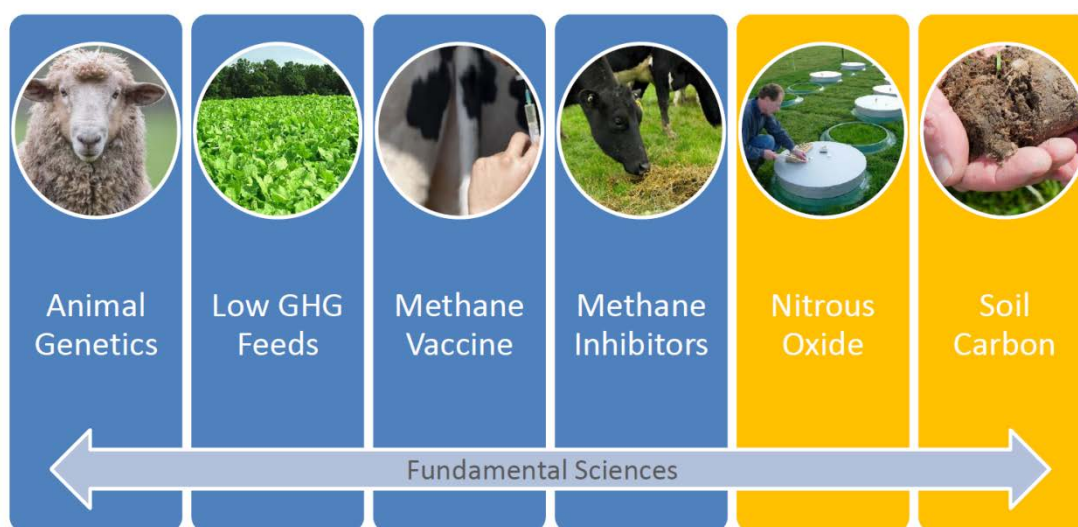


圖 1-3 紐西蘭減碳策略技術研發方向

其中低 GHG 飼糧研究中發現，玉米青貯料取代禾本科可降低甲烷排放，又以車前草餵飼動物，可抑制尿中氮揮發；甲烷抑制劑目前有 40 種抑制劑研發中，可抑制 30~35% 排放量，產品將於 2020 年於瑞士推出，相關上市行政流程與許可登記需要至少 10 年時間。但使用仍需考量食品安全性，例如甲烷抑制劑雙氰胺 dicyandiamide (DCD)，主要作為硝化抑制劑，可控制硝化菌之活動，調節氮肥在土壤中之轉化速度，減少氮的損失，提高肥料使用效率。DCD 於 2004 年起即被核准可將雙氰胺直接噴灑於紐西蘭之乳牛場中使用，為無毒的水溶性化合物，可於土壤中完全經生物分解成為二氧化碳、氨和水，不會於土壤中永久殘留，用於改善土壤氮循環物質，可以維持土壤高氮肥力，雖然無害，但在鮮乳內發現微量殘留，造成食安疑慮因此不受產業歡迎，目前僅有愛爾蘭與加拿大有使用；甲烷疫苗開發過程更難於 10 年內商品化，目前在試驗期，主要是透過疫苗產生抑制甲烷菌之抗體，使飼料在瘤胃發效過程中產生的氫，改走乙酸或丙酸的生成代謝途徑。

3. 低碳排土地利用：

因為羊隻飼養過程所造成的 GHG 排放量較牛隻的排放量為低，政府開始鼓勵農民以飼養羊隻取代牛隻；或鼓勵改變乳牛放牧作業，將牛群部分時間圈養於簡易牛舍以收集糞尿進行處理，取代全日於草原放牧的型態；或鼓勵 **Once-a-day milking**，將擠乳次數降低為一日一次，發現不但可以提升繁殖效率、增加乳成分含量及售價、亦有減少勞力與設施使用等優點。

紐西蘭原住民為毛利人，其土地占農業土地 6~7%，多為世代傳承之長期經營模式，目前也朝提升經濟效益方式鼓勵調整農場經營模式，NZAGRC 協助毛利人進行經營模式的效益分析，希望於維持文化傳統與達永續經營雙方面之平衡。

(二) 紐西蘭瘤胃甲烷排放研究中心



圖 1-4 紐西蘭瘤胃甲烷排放研究場外觀

由 Dr. Peter Janssen 介紹紐西蘭瘤胃甲烷排放研究中心 (NZ Ruminant Methane Measurement Centre)，該中心擁有 24 個綿羊呼吸室與 4 個牛隻呼吸室，主要用於量測羊隻與牛隻在不同的飼料配方、育種品系或新的抑制劑處理後對瘤胃甲烷排放量之影響，如圖 1-5 所示。

在進行羊隻胃腸低甲烷排放的選育工作中，已進行 10 年以上，共完成了 3,000 頭測定選拔，其中公羊選育大約跨了 2.5 個世代。當以飼料配方調整為研究目標時，活體胃腸溫室氣體排放之試驗流程，包括先讓動物適應新飼糧 2 週以上，再進入模擬呼吸室適應 3 日，才能進入實測呼吸室，進行連續 48 小時之氣體樣品蒐集與甲烷濃度分析。



Dr. Janssen 於研究場外說明



模擬呼吸室，測試動物皆可看到同伴



實測呼吸室外觀，採自動氣體採樣



將模擬呼吸室移入實測室



牛隻用實測呼吸室



氣體自動檢驗甲烷濃度設備，每年 2 次校正

圖 1-5 活體胃腸溫室氣體排放之試驗過程

呼吸室以透明壓克力材質製作，可使實驗動物在試驗期間仍能看到同伴，減低

緊迫以提高數據代表性；實測呼吸室門口開關以電磁鐵感應，當室內溫度、濕度、CO₂ 檢測異常時，門會自動開啟暫時結束以保護動物。

實測呼吸室透過電腦控制自動送氣與排氣，每 3 分鐘自動抽氣檢驗濃度 1 次，連續檢驗 48 小時；抽氣樣品先去除水氣，再利用紅外線檢測器同時偵測氧氣、二氧化碳、甲烷與氫氣。每年 2 次利用標準氣體進行儀器校正並測定回收率，目前回收率可達 98~102%。



圖 1-6 本所參訪人員以英文簡報說明國內畜牧溫室氣體減量研究現況

參訪過程中，本所亦將研發方向與成果進行報告，包括國內在溫室氣體減量的

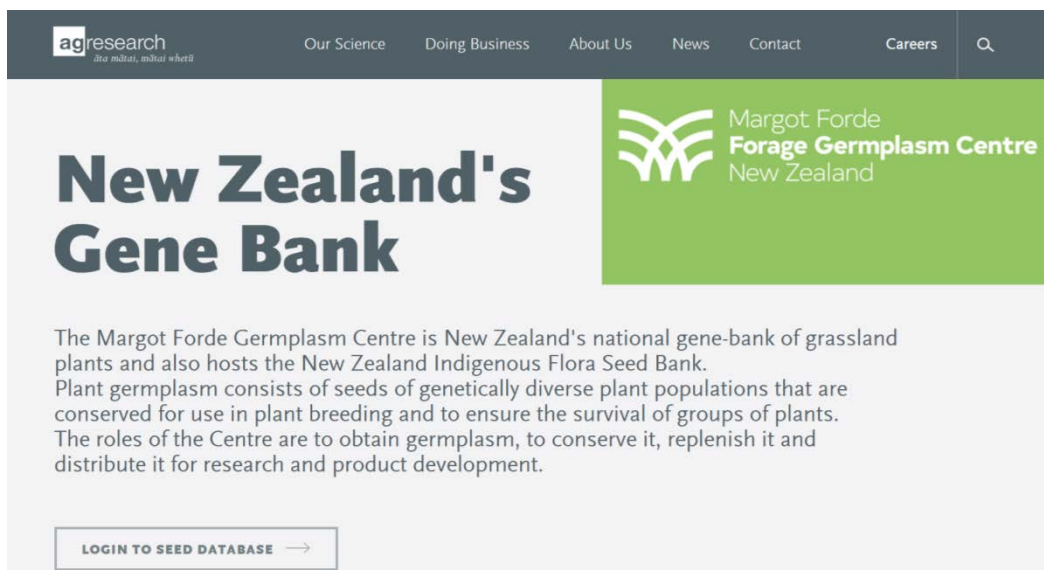
目標、在廢棄物管理之策略，及飼糧調整對瘤胃溫室氣體減量的研究結果，紐方對本所早在 20 年前即在克難的實驗環境下，以相近的概念與設計，同樣能完成牛隻活體瘤胃溫室氣體的檢測，感到佩服與表示印象深刻。

(三) 紐西蘭牧草種原中心



圖 1-7 Michelle Williamson 研究員介紹種子低溫保存庫房

在參訪 NZAGRC 行程中，亦拜訪了鄰近的牧草種原中心 (Margot Forde Forage Germplasm Centre New Zealand)，由 Michelle Williamson 研究員介紹該中心收集種子樣品的標準流程，包括收集後建檔與儲存、發芽試驗、植體種植、繁殖性狀、作物收成、種子採集、再次建檔儲存及種原擴散等標準步驟。中心目前保有 150,000 個由世界各地蒐集來的種子樣品，其中 99.9% 為牧草，樣品多來自地中海。採集的樣品會先進行對動物安全測試再進行保存，保存條件為 0°C，30% 相對溼度，在這樣的條件下禾本科種子可保存 20~30 年，豆科可保存 20~50 年。該中心也提供網站進行資料庫搜尋，網址為 margotforde.com，部分存放於該中心的安全重複樣品也已被送往挪威的斯瓦爾巴特全球種子庫進行分散保種。



紐西蘭牧草種原中心交流網站



牧草種源採集後之標準作業流程

圖 1-8 紐西蘭牧草種原中心網站與存放流程說明

二、梅西大學

(一) 簡介

梅西大學成立於西元 1927 年，為紐西蘭第二大的大學，本次參訪單位為梅西大學農業與環境學系，希望能透過了解牧場系統下的土壤管理，以減少溫室氣體排放，並討論近期有關生物炭與溫室氣體之研究。

(二) 牧場管理與生物炭應用

首先由 Dr. Marta Camps-Arbestain 為我們說明牧場管理、土壤營養鹽管理、生

物炭製作以及品質分級等資訊。Dr. Marta 與我們討論到區段控制的放牧系統 (Duration-controlled grazing system) 與標準放牧系統 (standard system or pasture) 的差異，於部分放牧時間將牛群移至自由牛床牛舍 (Free stall housing，圖 2-2)，可減少尿氮直接排放於土壤造成的氮素流失，並可蒐集糞尿後均勻施灌草地。



圖 2-1 梅西大學



圖 2-2 自由牛床牛舍 (Free stall housing) 圖示

為了避免過度施肥造成農業溫室氣體排放量的增加，精準農業在草原上的管理

已受到重視，農民可利用感應器自動偵測牧草養分，作為施肥依據，避免過度施用。

以施用生物炭可作為固定土壤碳匯的方式已受到證實，然目前生物炭材料對一般酪農業農民來說成本仍偏高，因為乳價太低，放牧農民較不使用；但因葡萄屬高單價農產品，利潤較高，紐西蘭葡萄園農民已有使用生物炭於葡萄園的情形。生物炭在高溫炭化下的性質較穩定，而低溫下生物炭構造雖不穩定，但易分解至土壤中能讓作物生長較好，然施用的固碳目的消失。若生物炭施用時能添加有機物或無機肥料一併施用，其作物生長效果比單獨使用生物炭為高。目前已可利用方程式以短期分解速率推估 100 年後生物炭的穩定性，若生物炭中 H/C_{org} (炭環鍵結數量) 比值為 0.4~0.7，可維持 100 年穩定；燃燒生物炭之溫度越高， H/C_{org} 比例越低，生物炭品質越穩定。

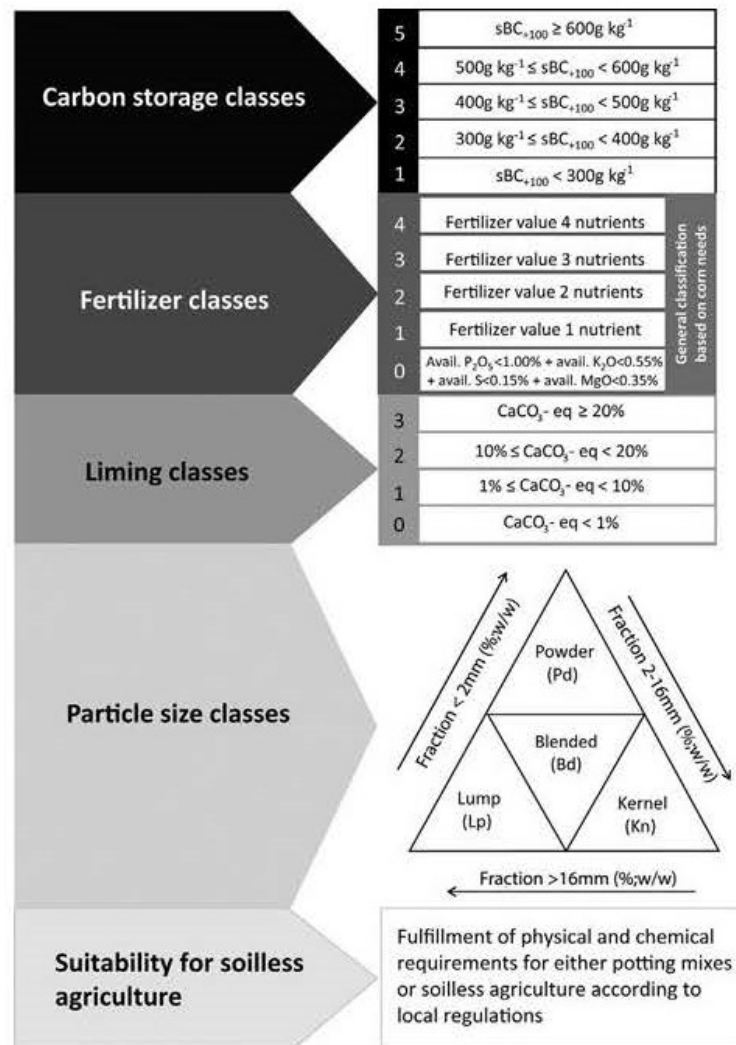


圖 2-3 紐西蘭生物炭產品分級說明

目前紐西蘭的生物炭產品分級表如圖 2-3 所示，可從其分級表中看出該產品提供土壤碳匯貯存的分級、肥力等級、石灰質指標（以碳酸鈣當量表示）、粒徑大小以及了解是否適用於無土耕作下的農業使用。因生物炭中的氮，在燒製過程中形成氨氣流失，有效性低；鈣有效性多很高，所以在提供肥力的分級中，不考慮氮與鈣，只用磷、鉀、硫與鎂的有效性做分級，其有效性檢測方法如同土壤測定方法。在生物炭粒徑分級中，以 2 - 16 mm 之三角形分級表為主要分類，另再依照 < 2 mm 或 > 16 mm 分級與含量比例補充敘述，建議於砂質土壤用細顆粒生物炭，黏質土壤用粗顆粒生物炭（圖 2-4）。

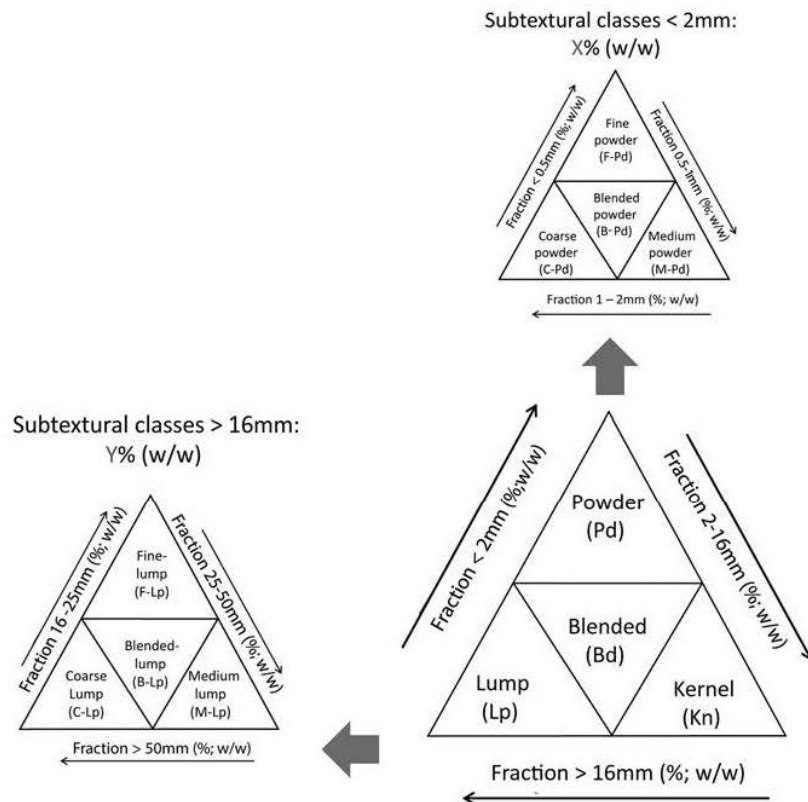


Figure 8.4 Textural classes for biochars. The large triangle is used to provide the textural class for a specific biochar (e.g., powder, kernel, lump, blended). The small triangles provide additional information on the powders (< 2mm) and lumps (size > 16mm). 'X' and 'Y' stand for the percentages of the powder (< 2mm) and lump (> 16mm) fractions, respectively

圖 2-4 紐西蘭生物炭粒徑分級

目前紐西蘭生物炭產品標示範例如圖 2-5 所示。梅西大學於生物炭研究方向很多，包括以蕃茄殘渣做生物炭後用於蕃茄水耕介質之案例分析、以人工瘤胃系統了解生物炭添加於飼糧中對瘤胃微生物之影響以及應用生物炭於受綿羊藥浴污染之土壤，因生物炭改變土壤性質造成土壤微生物活性顯著增加，可促進藥劑 lindane、DDT 及砷的降解。

Carbon storage classes	1	$sBC_{+100} = 240g\ kg^{-1}$
Fertilizer classes	2	$P_{3t}\ Mg_{9t}$
Liming classes	2	$CaCO_3 - eq = 15.1\%$
Particle size classes	Kn	Kernel particle size
Suitability for soilless agriculture		Not tested

FERTILIZER VALUE

Total N = 1.66%	Avail. N/total N = 5%
Total P_2O_5 = 11.60%	Avail. P/total P = 36%
Total K_2O = 0.84%	Avail. K/total K = 54%
Total S = 0.21%	Avail. S/total S = 35%
Total MgO = 0.52%	Avail. Mg/total Mg = 79%
Total CaO = 3.22%	Avail. Ca/total Ca = 85%

圖 2-5 紐西蘭生物炭產品標示範例



圖 2-6 與梅西大學農業與環境學院院長 Dr. Peter D Kemp 合影

紐西蘭生物炭售價每公噸 200 紐幣，因其製作過程需高能源投入，人工費用與材料切碎等前置處理工資亦高。生物炭可與農業副產物一同施用在土壤，較可改善

土壤品質，紐西蘭現已有利用淡菜殼、生物炭與生物固形物 (biosolid) 作為採礦場土壤復原材料。在雙方對目前研究的討論中，Dr. Marta 建議若要將畜禽糞燒製生物炭，應以低溫 (400°C) 燒製，並建議注意燒製過程中應回收氨氣 (NH₃)，以減少溫室氣體的排放。

(三) 與學者座談

與梅西大學多位學者進行座談，了解該大學於畜牧領域相關研究與紐國畜牧產業狀況。目前紐國山羊產業也慢慢興起，因發現山羊奶含有較高的酪蛋白 (casein) 與 β-乳球蛋白 (lactoglobulin)，過敏原含量較低，對嬰兒的皮膚與消化系統不易產生過敏反應，且脂肪球較小容易消化，目前山羊飼養品種以薩能為主，每日每頭產奶量約 2.2 公升。

紐西蘭畜牧產業育種方向多以乳品中固形物含量為選拔目標，乳量較不重視，選拔上的參數比重，蛋白質是脂肪的五倍，另也注重顯示乳房健康的體細胞數要低，目前大約每毫升生乳為 400,000 個。紐西蘭不做基因改造，利用傳統選拔改良牛羊性能。目前選拔以提高乳固形物為主，未來會以特定具機能性的蛋白質與脂肪酸作為選拔目標，目前已經接近確認影響特定蛋白質的基因體序列。



圖 2-7 與梅西大學 Dr. Nicolas Lopez 進行討論

紐西蘭生乳收購價 (Payment for milk) : NZ \$4/kg fat + NZ \$6/kg protein - NZ

\$0.03/kg milk，其認為要出口的是有價值的乳成分，非含水率高的鮮乳，因此乳量在計價上反而是扣分的。紐西蘭 95%的乳產品出口。乳牛一個產乳期 (300 天) 大約生產 4,600 公升生乳，平均每頭每天產乳量約 15 公斤，以放牧形式經營的乳量不高但生產成本相當低。乳房選拔以中韌帶強度為主，乳房大小影響不大。機器人擠乳設備目前仍太昂貴，暫無採用，推測 5 年後應該會引進。因乳用綿羊的糞尿較不太污染湖泊，且綿羊乳脂肪含量高，多用於製作起司，故現以政策鼓勵農民多飼養乳用綿羊，也有相關乳用綿羊的育種研究。

(四) 參訪梅西大學實驗農場



圖 2-8 由梅西大學 Dr. Alan Still 帶領參訪試驗農場

前往梅西大學試驗農場參訪，Dr. Alan 提到該場綿羊飼養的公：母比例為 1 : 100 ~ 150，採用種公羊配種方式繁殖，母羊發情周期為 12 ~ 18 天，種公羊配種期間約 40 天，羊隻懷孕期約 5 個月，分娩仔數約 60% 雙胞胎、20% 單胞胎及 20% 三胞胎，母羊懷孕後若體重為 40 公斤，則可推估懷孕單胎；若達 70 公斤則推估懷孕 3 胎。利用牧區分區與放牧頭數管理來控制母羊體重，先測量該區牧草養分，若可供應 10 頭母羊養分之牧草地，太胖的母羊就放 12 頭，並增加其運動量，太瘦的母羊則放 7 頭。小羊出生 3 週後開始吃牧草，100 天後與母羊分離，進行放牧飼養，4 個月齡第一次剃毛 (shear)，有驅蟲與增進食量之用意。綿羊選拔主要以羊毛與肉用為主。

紐西蘭主要牧草為黑麥草跟三葉草。黑麥草製作保存多以青貯為主。該大學試驗乳牛場 No.4 Dairy Unit，目前飼養 600 頭荷蘭種乳牛，以人工授精進行繁殖，因牛數多，一次配種未懷孕即淘汰成肉牛。成熟女牛或母牛並無同期化處理，以尾根塗漆觀察發情狀況，多於每年 10 月份配種，使集中於隔年 8 ~ 10 月份分娩，受孕率大約有 68%。場內使用之圓盤式擠乳機有 50 個單位，每日早上 4:30 與下午 2:00 兩次擠乳，擠乳站有提供精料，因放牧使乳頭乾淨，擠乳作業並不需要前擠乳也無乳頭清洗，但有自動脫落與擠乳後乳頭自動消毒設施。出生仔牛若為小公牛，除極少數留種用外 4 天後即淘汰販售。小女牛有 RFID 可感應自動餵乳系統以飲乳，3 個月齡內的哺乳期小女牛飼養於草桿墊料牛舍。



哺乳小女牛飼養於草桿墊料牛舍



仔牛餵乳車



圓盤式擠乳機



以尾根塗漆觀察發情狀況

圖 2-9 實驗農場哺乳女牛與擠乳作業

(五) 梅西大學環境科學系



圖 2-10 與梅西大學環境科學系學者合影

由梅西大學環境科學系學者們介紹以土壤管理面探討減少溫室氣體排放及土壤排放溫室氣體的測定方法。目前土壤溫室氣體排放多以氧化亞氮為目標測定氣體，且尚無法完全正確的檢測出實際值，多以微氣候或穴式檢測加以推估，排放因子或參數正確性也很重要。Dr. Surinder Saggar 建議，土壤管理應在達到糧食需求與減少環境衝擊中取得平衡；微生物的多樣性與微氣候科技農業亦能有效減少氧化亞氮排放量；支持低碳技術或低碳熱能轉換系統，例如可以富含三氧化二鐵的土壤進行甲烷氣體中二氧化硫的移除；亦可思考可否利用生物技術取代傳統動物生產乳肉蛋品等面向。Dr. Matteo Poggio 發現不同土壤所含的碳匯亦不同，大致而言，濕地土壤有機碳大於放牧地土壤、大於森林土壤，以作物土壤有機碳含量最低。土壤管理應考量肥料施用量、施灌、牧草多樣性、耕犁程度、放牧強度、生物炭施用、土壤巨型動物（此名詞不大懂）或昆蟲多樣性等因子。Dr. Carolyn Hedleys 表示，要了解土壤對溫室氣體收納程度，須先了解土壤碳匯程度，選擇適當之土壤調查方式與針對不同尺度下的土壤有機碳調查、測定方式與推估法相當重要，如何在測量成本與數據代表性中取得平衡亦相當重要，目前已發展出多種土壤快速檢測系統可供參考。另有趣的是，該學系之大樓亦有獲得民間驗證公司認證為低溫室氣體排放之綠建築，如圖 2-11 所示。



圖 2-11 梅西大學環境科學系大樓有低碳排之綠建築證書

三、 紐西蘭鹿業公會



圖 3-1 與紐西蘭鹿業公會行政長 Mr. Dan Coup (右二) 與 Mr. Lindsay Fung (中)合影

參訪團拜訪紐西蘭鹿業公會 (Deer Industry New Zealand, DINZ) 時，由 Mr. Lindsay Fung 簡報介紹紐西蘭養鹿產業現況 (圖 3-1)。Mr. Lindsay 表示，早於 1000 年前太平洋

島嶼人民遷徙至紐西蘭，其中也包含來自臺灣的原住民；歐洲人在 200 年前來到紐西蘭並引進哺乳動物，並於 1850 年到 1910 年間引進鹿，品種包括紅鹿 (Red deer)、黥鹿 (Fallow)、水鹿 (Sambar)、梅花鹿 (Sika)、鬘鹿 (Rusa)、wapiti、麋鹿 (Moose) 及白尾鹿 (White tailed deer)，野放至自然環境供作打獵用。

紅鹿與黥鹿快速繁殖影響了環境，1930 年代環境平衡失控，於是 1930 ~ 1960 年代開始開放獵槍打獵，每年可減少 10,000 ~ 20,000 頭，但仍無法有效減低族群數量。1960 年開始准許以直升機商業打獵，每年獵取 50,000 ~ 133,000 頭，1960 ~ 1980 年代開始鹿肉出口至歐洲。1970 年開始允許建立鹿場，捕抓活鹿並圈養，1970 ~ 1980 年代鹿場數目快速增加，目前紐西蘭約有 2,000 個養鹿場，飼養 100 萬頭鹿，占紐西蘭畜牧產業 3% 左右，平均飼養頭數每場 500 頭，面積每場 120 公頃，其中紅鹿 (*Cervus elaphus*) 占 > 94% 以上，北美麋鹿 (elk) 5% 及黥鹿 < 1%。養鹿場多以 1.9 米高圍籬進行圈養，圍籬成本每公尺 NZ\$ 20 ~ 25 元，因圍籬高度夠且避免鹿群緊張，鹿場多不使用電圍籬。養鹿場視市場需求調整供肉用或鹿茸用的比例，目前紐西蘭約有 20 場肉用種鹿場與 20 場鹿茸用種鹿場。

在紐西蘭動物防疫工作上，因禁止輸入動物，並加強入境防檢疫，目前是口蹄疫與慢性消耗病 (Chronic wasting disease, 鹿的狂牛症) 清淨區，但是 5 年前有暴發約尼氏病 (Johne's disease, *Mycobacterium Paratuberculosis*, 黥漿菌副結核菌)，目前已控制良好。目前需要注意的是減少鹿群緊迫的管理層面，例如寄生蟲增加及與母鹿分離等造成的緊迫，容易讓鹿隻繞著圍籬奔跑 (Fence pacing)、泥浴 (Wallowing) 習慣容易造成土壤流失。養鹿場著重四種污染物的監控，以氮、磷、淤積及大腸桿菌 (為糞便病原菌之指標) 做為環境品質指標，而環境管理中的水質改善部分，目前已設置相關法規。紐西蘭養鹿場執行高動物福利標準，鋸鹿角須有獸醫或經過訓練合格的農民進行麻醉處理；鹿肉與鹿茸皆具可追溯性，有 RFID 耳標追蹤飼養牧場，符合高食品安全標準須；每個鹿場皆參與執行全國性高生物安全作業。部分鹿場進行小規模精進計畫，例如以乳牛群性能改良 (DHI) 方式增進產能；選拔標準分為鹿茸用或鹿肉用進行，部分種鹿場有提供冷凍精液販售，人工授精越來越普遍。在鹿的研究方面，政府每年約提供 NZ\$ 200 萬元給研究單位進行養鹿科學研究，例如 Agresearch、梅西大學及林肯大學等。

紐西蘭鹿產業每年出口 36 萬頭鹿隻屠體 (圖 3-2)，換算約 15,000 公噸鹿肉，產值 NZ\$ 1 億 7 千 7 百萬元。肉用鹿多飼養 9 到 18 個月後屠宰，每頭活體重約 110 公斤，

屠體重約 55 公斤，屠宰率約 50%，屠體脂肪量不多，鐵含量很高。因分切規格方式與牛羊不同，鹿屠體分切場目前無法自動分切，需由人工執行作業仍較費勞力。每年生產鹿茸 580 公噸，產值約 NZ\$ 4,300 萬元，雄鹿一年產一次鹿茸，產量最高約在 12 到 15 歲年齡，最多可採茸至 18 歲。傳統鹿茸收穫後原多於乾燥後形式輸出，但是無法競爭過其他國家，現在改以冷凍形式出口為主，並強調機能性、天然草飼方式、食品安全及動物福利等作為競爭籌碼。韓國為紐國冷凍鹿茸主要購買國家，並轉而生產高價的機能性或健康性食品，目前紐方已經在進行小動物實驗，以期了解鹿茸是否具有利於傷口復原等功效。



鹿肉屠體

韓國鹿茸機能性產品

圖 3-2 紐西蘭鹿產業產品鹿肉與鹿茸

紐西蘭全國溫室氣體排放量，農業占 49%、能源 40%、工業 6%；農業源的溫室氣體排放量中，乳牛產業占 46.5%，綿羊 27%，肉牛 16.6%，鹿僅占 1.5% (圖 3-3)，因此養鹿場為輕度碳足跡排放產業，養鹿產業中的環境管理，目前多著重於溫室氣體減排、水質改善、在地生物多樣性與土壤保育。在地生物多樣性管理部分，目前 30 ~ 40% 紐西蘭土地是飼養肉牛與綿羊，80% 鹿場多兼養肉牛或綿羊。全國鹿場有 4,500 公頃與政府簽署設為保護區，將持續維持環境原貌以保持生物多樣性。養鹿產業目前也有投資在牧場溫室氣體研究聯盟 (Consortium) 之費用。政府將於 2019 年通過零碳法案 (Zero-carbon bill)。甲烷仍為畜牧業主要溫室氣體排放種類，乳牛、綿羊、肉牛等產業占 73.2%，目前多以提高畜牧生產量與生產效益為主要減低總排放量的方法；氧化亞氮占溫室氣體的 12%，主要來自尿液排放。

New Zealand Agricultural Emissions Profile in 2016

Percentage of total agricultural emissions

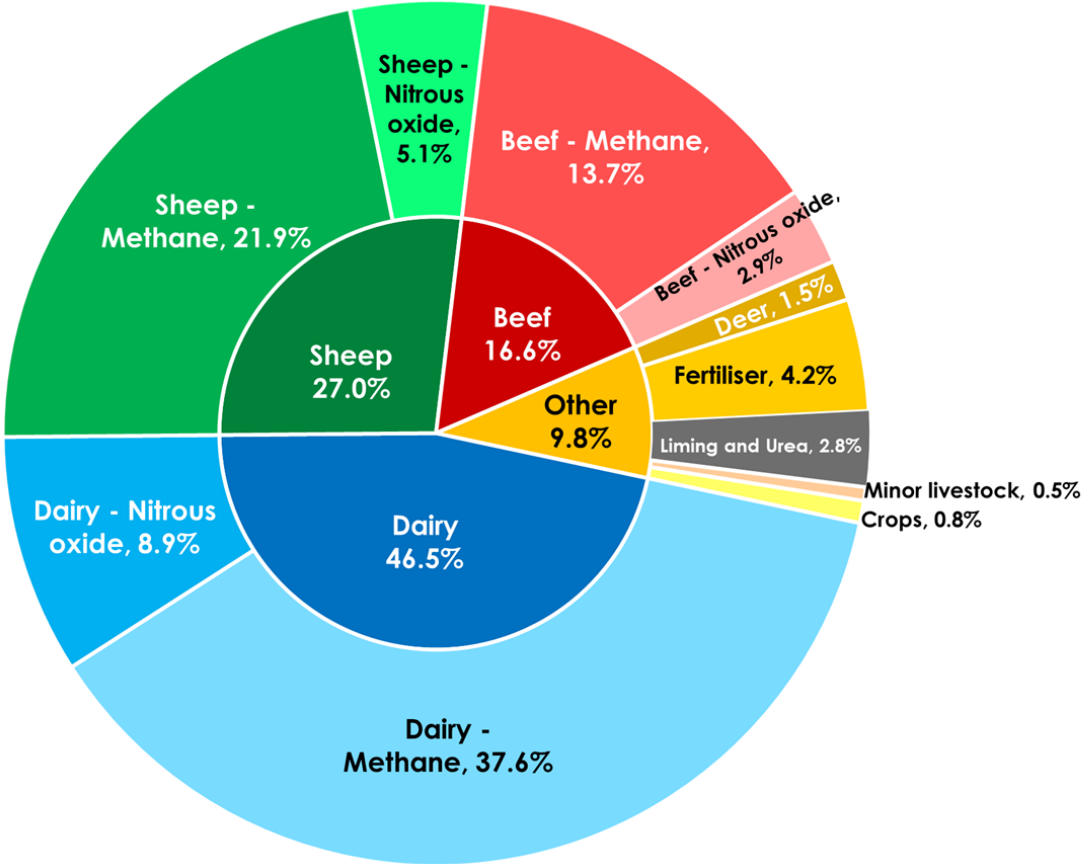


圖 3-3 紐西蘭畜牧產業溫室氣體排放分布

紐西蘭目前有兩大養鹿產業組織，其一為本次參訪的鹿業公會 (DINZ)，委員會由 50% 生產者 (農民) 與 50% 加工出口業者組成，經費來源為出口捐。總經費每年約 NZ\$ 5 ~ 6 百萬元，多應用在行銷、研究、農民輔導與品保。第二個單位為紐西蘭鹿農協會 (NZ

Deer farmer association)，大約有 80%鹿農參加，主要討論政策與研究輔導需求，有很多地區性分會，DINZ 亦提供行政協助以相互支援。紐西蘭養鹿產業網址 www.deernz.org/deer-facts 與永續養鹿產業推廣影片網址 <https://tinyurl.com/y6u63mw8>。

四、 紐西蘭牛肉與綿羊肉協會



圖 4-1 Mr. Cros Spooner 介紹協會組織架構

我方拜訪紐西蘭牛肉與綿羊肉協會 (Beef + Lamb New Zealand) 由 Mr. Cros Spooner 介紹該協會功能與架構。目前該協會有 11,500 個畜牧養殖戶加入，農戶以每頭綿羊 NZ\$ 134 元的價格販售給屠宰場，屠宰場從中撥付 70 分給該協會當作產業發展基金。2018 年基金總額約 3 千萬紐幣，將 49%經費用於協助改善農場飼養管理、24%用於開發新市場、14%環境保護、9%行政管理費用、4%則用於強化政府、農民與媒體三方溝通。

目前紐西蘭總羊肉產量不變，但肉羊頭數減少 50%，係透過強化草原管理與遺傳選拔來提高生產效益。牛肉與小牛肉產量增加 19%，肉牛頭數減少 21%，有 40%牛肉來自於乳用公牛及淘汰母牛。紐西蘭主要肉牛品種為安格斯與海弗，飼養 18 ~ 24 個月即可屠宰，活體重平均 540 公斤，屠體重 270 公斤，屠宰率 50%，為特級品。肉牛產業利用基因選拔使上市體重均一，使用選性精液進行人工授精。部分農場設有小牛育成場，先飼養至體重達 100 公斤後，再販售至肉牛場。牛隻生產配合季節性，母牛 8 ~ 10 月配

種，2月是屠宰旺季，6～10月屠宰淡季。因冬季氣候冷、牧草產量少，有些農場將夏季盛產牧草製作成乾草或青貯草作為冬季補充用。

目前紐西蘭肉牛與肉羊產業所面臨的挑戰，包括畜牧產業對環境影響形象不佳、進口國非關稅措施保護增加出口難度及植物性蛋白質替代肉品觀念興起等，該協會也正努力以紐西蘭紅肉來自潔淨水源或放牧草地等產品銷售手法進行對應。

五、 紐西蘭初級產業部



圖 5-1 於紐西蘭初級產業部與 Dr. Hayden Montgomery (中) 與 Dr. Mark Aspin (左二) 合影

拜訪紐西蘭初級產業部，與 GRA 代表 Dr. Montgomery 與 PGgRc 的總經理 Mr. Mark Aspin 會面，紐方介紹 GRA 架構與分工、紐西蘭畜牧業政策或法規面規範、畜牧產業結構、動物福利政策、農業進出口藥物殘留管理及如何因應產業挑戰等，我方亦提出國內畜牧產業簡介與溫室氣體減量研究結果等報告，雙方進行討論交流。

(一) 產業挑戰

目前紐西蘭羊毛因有被低成本合成纖維取代的趨勢，市場需求量減少導致出口

量降低，同時因為植物性蛋白等替代性食品的崛起，畜產品應更朝特色化發展以增加市場競爭力，例如鮮乳產品市場區隔與多元化，有機鮮乳、山羊乳、綿羊乳、鹿乳、A2 鮮奶（低乳糖）、乳鐵蛋白與強化機能性鮮乳等多元乳製品上市以刺激消費。

(二) 動物福利

紐西蘭動物福利由人民團體、政府與產業等三方向一起推動，以一個策略對應一個法案與一個主管機關的方式執行，使動物能有免於飢渴、免於不舒適、免於痛苦與疾病、展現自然行為（表達天性）及免於恐懼等五種自由。政府授權稽查人員前往牧場檢查是否符合動物福利，嚴重者可進行處罰，並持續追蹤改善狀況，政府亦可協助農民改善場內動物福利執行狀況。

紐西蘭動物福利法案時間軸如圖 5-2 所示。於 2016 年因 Bobby Calves 社會事件設立仔牛運輸規定與去角規定；2018 年設立符合動物福利之動物照護標準作業流程 (SOP)；2019 ~ 2020 年將完成符合動物福利之動物手術 SOP。動物福利支援系統，將透過政府單位加強教育、注意、警覺性及普遍性；確定與監督；有強制性；並與產業達成協定與產業品質標準。紐西蘭目前也積極參與國際動物福利組織，如 OIE 的區域動物福利諮商團體、ad hoc 的特定目的團體會員如豬產業動物福利等。紐方目前沒有官方的動物福利認證標示，是開放民間自行進行產品標示，例如豬肉產品上標示自然農場 (Freedom farm)、雞蛋包裝上標示非籠飼雞蛋 (Free range egg)，此類產品會有價格差異供民眾自行選擇。

Timeline of animal welfare in New Zealand

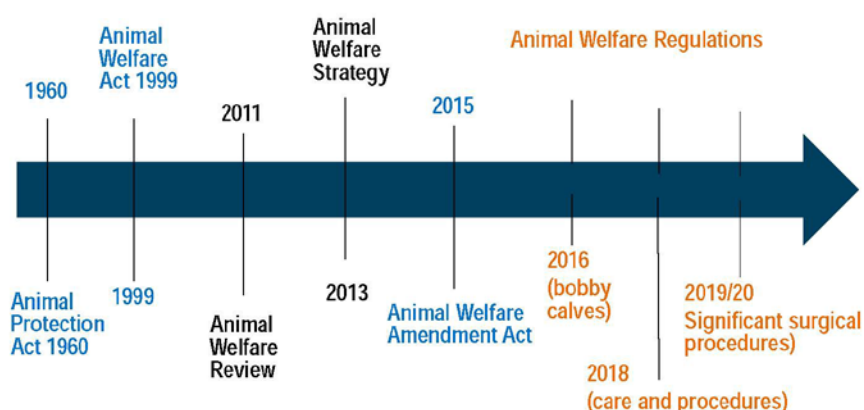


圖 5-2 紐西蘭動物福利相關法案時間演變

(三) 農業上化合物應用規定與殘留管理

農業上化合物應用規定與殘留管理法 ACVM (Agriculture Compound and Veterinary Medicine Act) 於 1997 年設立及 2011 年開始執行。內容包括疫苗、肥料、飼料、驅蟲藥、動物治療用藥及除草劑等。主要針對動物福利、人民健康、農業產品安全及國際貿易等的風險制訂管理辦法，一但發現風險增加時，即從被動法規管理改為主動監督，並決定是否可繼續製造或進口等。

動物用藥分嚴格管制與一般管制兩類，嚴格管制包括抗生素治療殘留追蹤，一般管制為常用安全藥物或一般風險藥物。低風險藥物如一般營養添加物 (動物飼料)、微創局部用藥、非治療用藥、精液保存液等常用藥物，可免除風險監督。風險管理以註冊/登記/紀錄等方式加以管理，牧場多私人管理，農民自行記錄留存，並提供定期查看。用於供做食用的動物或作物之風險管理資料，包括生產效率數據、用藥紀錄、安全紀錄、殘留物質紀錄、產品其他需考量的特殊風險紀錄 (例如微生物抗藥性) 等，須符合良好農業作業規範 (Good agriculture practice, GAP)。所有產品從生產、加工製造、標示、廣告及販售等都需經過核准並符合規定。

食品中藥物殘留的管理，依據國際食品法典委員會 (Codex) 的最高殘留劑量 (Maximum Residue Levels, MRLs) 標準；進口食品藥物殘留標準，則依據 1) Codex MRLs、2) 食品法案 (Food Act 2014) 中的 Notice 及 3) 前兩項未規範項目則不得高於 0.1 ppm。紐方對出口產品亦會進行 MRLs 評估，並符合進口國規範。目前紐西蘭將 MRLs 視為殘留物標準，為維護人民健康的重要指標。目前殘留標準檢驗交由與政府簽約之民間認證檢驗公司辦理，例如溫室氣體抑制劑上市前，亦需進行對動物、產品與人體健康的風險評估。

國人每日攝取量估算 (National Estimated Daily Intake, NEDI)，即計算化合物所有可能被攝取途徑與平均國人食物攝取量來估算曝露量；由環保署制定每日曝露潛勢 (Potential Daily Exposure_(food), PDE_(food))；由 MPI 來制定每日可接受攝取量 (Acceptable Daily Intake, ADI)。

(四) 草原溫室氣體研究中心

紐西蘭草原溫室氣體研究中心 (PGgRc, Pastoral Greenhouse Gas Research Consortium) 總經理 Mr. Mark Aspin 亦來到 MPI 與本所人員進行座談，並介紹目前

紐西蘭溫室氣體研究方向。

低甲烷排放之綿羊育種選拔方面，採雙向選拔，其高低族群的甲烷產量平均可達 10% 的差異；而個體最高差異曾有達 20% 的紀錄；選拔的結果可以有效降低瘤胃甲烷的排放量。由瘤胃開窗動物試驗顯示，將高產甲烷動物的瘤胃內容物轉置入低產甲烷動物的瘤胃中，甲烷排放量降低，顯示甲烷生成除了受瘤胃微生物影響外，亦受到牛羊宿主本身之影響，如瘤胃空間大小、食物於瘤胃中的排出速率與瘤胃壁乳突數量等因素。在低碳飼糧篩選試驗中，亦已發現利用玉米青貯料取代飼糧中 30% 禾本科牧草可以有效降低瘤胃甲烷的排放，可能主要因素為玉米青貯料含醣量較高而促進丙酸合成，而且纖維含量低使在瘤胃中排出速率較快，因此減少甲烷的生成與排放。在以實驗室方法進行抑制甲烷疫苗實驗中，發現可引起抑制甲烷菌之抗體。牧草在瘤胃分解所產生的氫，可經由不同代謝途徑處理，如增加丙酸的生成或促進乙酸生成菌生成乙酸的途徑，目前約有 20 ~ 30 種抑制劑在研究中，需要特別注意可能的毒性與殘留量之評估，推測相關疫苗與抑制劑的研究尚有相當長的時間才可能有所成。

(五) 參與 GRA



圖 5-3 參訪團與 GRA 及 PGgRc 人員進行熱烈討論

紐西蘭農業溫室氣體研究聯盟 (GRA) 於 2009 年成立，目前共有 52 個會員國、

四大研究領域（畜產、水田、作物、綜合）及 18 個科學網絡，超過 3,000 位全球科學家加入。本次參訪與 GRA 官方代表 Dr. Hayden 會面，討論加入參與小組「Feed & Nutrition Network」與「Manure Management Network」研究網絡之可行性。

目前由 GRA 執行的大型旗艦計畫有兩大方向，首先為瘤胃微生物基因體與甲烷減量相關性研究，希望由基因定序方法找到瘤胃微生物中與甲烷產生有關的微生物基因標幟 (gene marker)，也希望可從唾液或糞便微生物樣品中找尋與甲烷生成相關之基因標幟，以大幅增加樣品數量並減低須由瘤胃採樣的限制瓶頸，此工作由 NZ-AgResearch 主導，第二部分為飼料與甲烷關聯性研究，主要由美國賓州州立大學等單位主導。紐方 GRA 研究群對瘤胃微生物菌相調查相當有興趣，希望能蒐集各國各種飼養情境下的瘤胃微生物樣品，其研究團隊也在 Nature 發表有關瘤胃微生物基因體的相關文章。GRA 希望能繼續增加蒐集瘤胃微生物的大數據，由基因定序方法找到與甲烷產生有關的基因標幟 (gene marker)，作為甲烷減量的選拔工具。

GRA 網絡歡迎研究人員報告最新溫室氣體減量研究結果，互相交換資訊，資料提供也可作為 IPCC 的參考資料。畜產研究小組 LRG (Livestock Research Group) 內含動物健康、動物基因選拔、飼料與營養、廢棄物管理、瘤胃微生物基因體等研究，鼓勵地中海區域、東南亞與拉丁美洲三個區域的研究人員加入。針對我國加入 GRA 畜產研究小組事宜，Dr. Hayden 鼓勵本所先以研究人員加入網絡平台，了解各國的研究並參與交流，爭取參加 2019 年於巴西舉辦的第七屆 GGAA (7th Greenhouse Gas and Animal Agriculture Conference) 國際研討會，發表研究成果，並同時參與 GRA 畜產小組年度會議。

六、 New Plymouth 乳牛場

參訪團前往位於紐西蘭 New Plymouth 的乳牛場參訪，以了解實際酪農場的營運、廢棄物處理方式及對政府推動溫室氣體減量之看法。

參訪行程由牧場主人 Mr. Alan M. Gibbins 帶領。當地酪農場平均飼養頭數約 300 ~ 350 頭。該場面積大約 135 公頃，泌乳牛頭數約 380 頭，每日生產量約 9,200 公斤。9 月份因剛分娩完成而成為產乳高峰期，每頭每日平均產量約 24 公斤，全年平均大約 20 公斤，每年 10 月份為配種期，先進行 4 個禮拜的人工授精，第 5 個禮拜再把種公牛放入母牛群中配種，以提高母牛群的受孕率。



圓盤式擠乳機



簡單固液分離廢水槽



進口棕櫚仁油粕當作精料



與牧場主人 Mr. Alan 合影

圖 6-1 參訪 New Plymouth 乳牛場

擠乳區屋頂加裝太陽能板，製造熱水進行擠乳室清洗工作。擠乳室使用圓盤式擠乳機，以頸圈式 RFID 感應。擠乳單位為 36 個單元，皆由電腦記錄乳量，擠乳前由擠乳人員檢視乳房狀況，判斷是否有乳房炎，如是否有發熱、紅腫等，除非特殊狀況，否則一般並未前搾也未洗乳頭，擠乳後有自動噴灑藥浴措施。初乳會與一般牛乳分開擠乳與貯存，初乳主要供應新生小牛初乳營養與抗體所需。為提供牛群高產期較高的營養並兼顧成本，場主於擠乳等待區 (holding area) 的飼槽中，提供自馬來西亞進口的棕櫚仁油粕 (Palm kernel meal) 作為精料使用，以提高牛群蛋白質與能量供應，每日每頭約提供 2 ~ 3 公斤。每年大約 2 次，農場主人於牧區水槽添加一些含鋅的營養添加物，以減少太陽照射後對牛隻皮膚的損傷。近年新鋪設的水泥等待區地面，可進行糞尿蒐集，擠乳後，牛群回到輪牧的牧區，工作人員以鏟斗機推送糞尿入簡單的固液分離槽，日曬乾燥的固體可製作堆肥，自牆縫溢流的廢液集中由馬達抽送至牧區容量大約 1,200 公噸的廢液池，每日廢水用於噴灑牧草地，大約施灌量約 20 公噸。牧草地仍會於春秋兩季施用 2 次化肥，以利牧草生長，紐

西蘭酪農之牧草管理是酪農場的重點工作之一。

每位農民在收乳的乳品工廠皆占有固定股份與固定交乳量，故不會過度生產牛乳避免價格失衡。場主對政府在溫室氣體減量策略採保守態度，認為物質增減都是循環的概念，最後一定會再回歸大自然，將俟更多研究成果或政府規範的實際推動後，再被動進行減量措施。

參、心得感想與建議

本次出國行程感謝外交部駐紐西蘭代表處協助聯繫與行程規劃，讓我們這次參訪不只了解紐西蘭畜牧產業架構、溫室氣體減量策略、土壤碳匯測量計算、活體瘤胃試驗步驟、不同面向減量研究領域之整合、產官學跨界合作減量議題；更了解生物炭分級與產品標示、牧草種原中心樣品處理標準流程、畜牧產業管理與永續經營、紐西蘭動物福利發展以及進出口化合物規範標準與風險評估等，獲益甚多。針對本次的參訪行程，歸類出以下幾點建議：

一、我國畜牧產業溫室氣體減量策略

應基於維持國人糧食供需保障基準之下，進行畜牧經營管理方式的改善及提高畜禽生產效率。減排策略可以自增加低碳農業活動、減少耗能或增加綠能循環利用、合理化施肥、堆肥製作方式改善、增加沼氣發電、沼液沼渣施灌等循環農業模式、低碳飼料與配方的篩選、自產飼料資源開發及研究結果的國際發表等方向努力，先完整建立國內畜禽生產體系中的溫室氣體排放係數，隨生產系統效率的提升逐年更新排放參數與釋放係數，以確認各項減量工作的成效。

二、臺紐溫室氣體議題合作面向

臺紐雙方的畜牧經營模式差異明顯，紐方以反芻動物放牧為主體，我方以畜禽圈飼為主體，但此次參訪中也發現相當多的相同努力，如溫室氣體的量測方法研發、生物炭的開發、畜產品碳足跡生命周期的建立、瘤胃甲烷排放與減量研究、低碳飼糧篩選等等，同時紐方也開始朝向糞尿收集處理以減緩溫室氣體排放量的經營模式改變中，建議我國可透過糞尿廢棄物管理、環境永續及碳足跡與生命周期參數計算

等面向，以及透過低碳飼糧利用與瘤胃微生物菌相等研究，做為未來與紐國合作與技術交流之切入點，並透過簽訂 MOU 方式與紐國對應研究單位進行更實質的合作。鼓勵國內研究學者加入 GRA 專家學者網絡，分享研究成果並參與討論，爭取參加 2019 年巴西農業溫室氣體 GGAA 國際研討會之機會，參與 GRA 畜產研究小組會議，與各國學者建立討論與聯繫管道，提升我國在國際溫室氣體減量研究的知名度；同時邀請 GRA 官方主席 Dr. Hayden 等相關學者來臺灣參訪，以更深入瞭解雙方在溫室氣體研究領域可互相合作的範疇。

肆、 附錄