

出國報告(出國類別：研究)

新興減碳飼料添加物及
應用呼吸室量測家畜胃腸
甲烷排放量之技術研習

服務機關：農業部畜產試驗所

姓名職稱：洪兮雯助理研究員、謝怡慧助理研究員

派赴國家：荷蘭

出國期間：112年9月29日至112年10月8日

報告日期：112年11月6日

摘要

近年來，我國著力於淨零減碳的相關研究議題，如何降低反芻動物腸胃道的溫室氣體排放是其中一個研究重點，而如何量測動物排出的溫室氣體，則是一門重要技術。為學習如何使用溫室氣體量測設備，並交流降低反芻動物腸胃道的溫室氣體排放相關試驗之經驗，畜產試驗所（以下簡稱畜試所）洪兮雯助理研究員、謝怡慧助理研究員於 112 年 9 月 29 日至 10 月 8 日，前往荷蘭瓦赫寧恩大學暨研究中心（Wageningen University & Research, WUR）參訪並研習測量家畜腸胃甲烷排放及溫室氣體分析技術，交換有關減碳飼料添加物研究之經驗，並參訪荷蘭乳牛場，了解荷蘭酪農在實務上如何配合國家政策，以降低溫室氣體排放。WUR 分為兩大部門，一個為負責教學的瓦赫寧恩大學（Wageningen University, WU），另一個則是瓦赫寧恩研究中心（Wageningen Research, WR）。此行參訪了隸屬於 WR 的乳牛試驗場（Dairy Campus），了解 WR 的畜產研究中心（Wageningen Livestock Research）進行降低乳牛甲烷排放的相關試驗，以及如何使用 GreenFeed 或其他氣體偵測設備替代呼吸室測量開放式牛舍的甲烷濃度。除了至 Dairy Campus 外，亦參訪了 7 個荷蘭乳牛場及 1 個比利時乳牛場。荷蘭國土面積約為臺灣的 5/4，人口約為臺灣的 2/3，由於土地面積小而畜牧飼養量高，氮的排放係荷蘭列為最優先的議題，雖亦關心碳的排放（碳足跡），但重要性尚在氮排放之後；比利時重視的議題與荷蘭一樣，以氮排放為優先，碳排放的部分則主要關心如何降低家畜的甲烷排放。在碳足跡的部分，目前荷蘭酪農每年需上網填報一些與自身農場有關的資料，網站採用荷蘭或歐盟相關研究得到的數學模型，會根據酪農戶提供的資料計算出該酪農自家產出的每公升牛乳的 CO₂ 排放量及其他相關數據。荷蘭的乳品廠要求酪農必須提供此份數據報告，否則無法交乳。比利時鄰近荷蘭，其畜牧業面臨與荷蘭類似的問題，但比利時的乳品廠並不要求酪農提供 CO₂ 排放量報告書。經由此次的交流，未來將參訪經驗及研習成果應用至目前正執行中的減碳研究，強化畜試所的畜禽溫室氣體分析模型及減碳飼料添加物之相關研究。而荷蘭、比利時和臺灣都屬地小人稠的國家，畜牧業的結構也相似，藉由荷蘭酪農戶須提供報告書做為借鏡，顯示有些制度的落實，須仰賴銷售端與生產者之相互配合，應可作為臺灣推動相關政策之參考。

目次

壹、目的.....	1
貳、過程.....	2
參、研習內容	4
(一) 荷蘭的乳牛產業概況	4
(二) 瓦赫寧恩大學暨研究中心 (WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH, WUR) 的溫室氣體偵測設備.....	5
(三) 參訪 DAIRY CAMPUS	6
(四) 參訪 FLOATING FARM.....	10
(五) 參訪 OSKMAS 牧場	13
(六) 參訪 COWMANAGER	14
(七) 參訪 DAIRY CAPOEN 牧場.....	15
(八) 參訪 BOERBERT 牧場.....	16
(九) 參訪 D. VAN DER HORST 牧場.....	18
(十) 參訪 EKODORP 牧場.....	18
(十一) 參訪 DIE BARLE 牧場.....	20
(十二) 參訪 GAPOEN GEERT 牧場.....	21
肆、心得與建議.....	23
伍、參考文獻	23

壹、目的

近年來，我國著力於淨零減碳的相關研究議題，如何降低反芻動物腸胃道的溫室氣體排放是其中一個研究重點，而如何量測動物排出的溫室氣體，則是一門重要技術。早期若想測量動物胃腸發酵產生之甲烷，通常是將動物置於一個叫做呼吸室的空間，在一定的時間內連續收集該空間的空氣，再經由氣體分析儀器分析甲烷濃度。隨著技術的創新，有更多搭配自動化技術與雲端伺服器產生的新形態溫室氣體測量儀器，這些量測技術是測量經濟動物胃腸發酵產生的溫室氣體不可或缺的工具。

荷蘭有許多國土低於海平面，因此對於氣候變遷、降低氮排及碳排的議題十分重視。荷蘭瓦赫寧恩大學暨研究中心（Wageningen University & Research, WUR）在農業領域的研究全球知名，擁有畜禽氣候呼吸室，可偵測牛、豬、雞、羊及馬等經濟動物的溫室氣體排放，其乳牛試驗場（Dairy Campus）有 GreenFeed 可量測乳牛於開放式畜舍中的溫室氣體排放。同時，WUR 在降低反芻動物溫室氣體排放也有大量的研究。計畫旨在前往荷蘭 WUR 參訪並研習測量家畜腸胃甲烷排放及溫室氣體分析技術，交換有關減碳飼料添加物研究之經驗，並參訪荷蘭乳牛場，了解荷蘭酪農在實務上如何配合國家政策，以降低溫室氣體排放，做為我國的減碳研究及降低畜禽碳排策略之參考，並希望藉由本次參訪建立雙方交流管道，墊下未來合作之基石。

貳、過程

一、計畫行程

日期			地點	行程摘要
月	日	星期		
9	29	五	臺灣桃園國際機場搭機啟程	
9	30	六	抵達荷蘭阿姆斯特丹斯基浦國際機場	
10	1	日	移動日	
10	2	一	荷蘭利瓦頓 Leeuwarden	參訪瓦赫寧恩大學暨研究中心的乳牛試驗場 Dairy campus 並與研究人員進行會談，研習有關呼吸室、GreenFeed、WUR 概況及其執行的降低乳牛溫室氣體排放之研究。
10	3	二	荷蘭鹿特丹 Rotterdam	參訪 Floating Farm
			荷蘭邦尼克 Bunnik	參訪 Oskmas 牧場
10	4	三	荷蘭哈默倫 Harmelen	參訪 CowManager
			荷蘭里特維爾德 Woerden	參訪 Dairy Capoen 牧場
			荷蘭卡默里克 Gravensloot	參訪 BoerBert 牧場
			荷蘭卡梅里克 Kamerik	參訪 D. van der Horst 牧場
10	5	四	荷蘭萊茵河畔阿爾芬 Alphen aan den Rijn	參訪 Ekodorp 牧場
			荷蘭佐特沃德 Zoeterwoude	參訪 Die Barle 牧場
10	6	五	比利時阿爾弗林赫姆 Alveringem	參訪 Gapoen Geert 牧場
10	7	六	荷蘭阿姆斯特丹斯基浦國際機場搭機返程	
10	8	日	抵達臺灣桃園國際機場	



圖 1. 本次參訪地點之地理位置

參、研習內容

(一) 荷蘭的乳牛產業概況

荷蘭為酪農大國，乳牛是其最大的畜牧產業。2022 年約有 1.57 百萬頭泌乳牛（圖 2），約 1.4 萬個乳牛場，一年約生產 140 億 kg 的牛奶。荷蘭國土面積約為臺灣的 5/4，人口約為臺灣的 2/3，由於土地面積小而畜牧飼養量高，降低氮的排放係荷蘭列為最優先的議題，雖亦關心碳的排放（碳足跡），但重要性尚在氮排放之後。根據瓦赫寧恩畜產研究中心（Wageningen Livestock Research）在 2020 年的報告指出，荷蘭政府的目標是在 2030 年將溫室氣體排放量減少 49%（以 1990 年為基準），為了達到這一目標，乳製品產業需要比 2017 年減少 1.0 兆噸二氧化碳當量的甲烷排放量，而乳製品業約 80% 的甲烷排放量來自腸道甲烷。

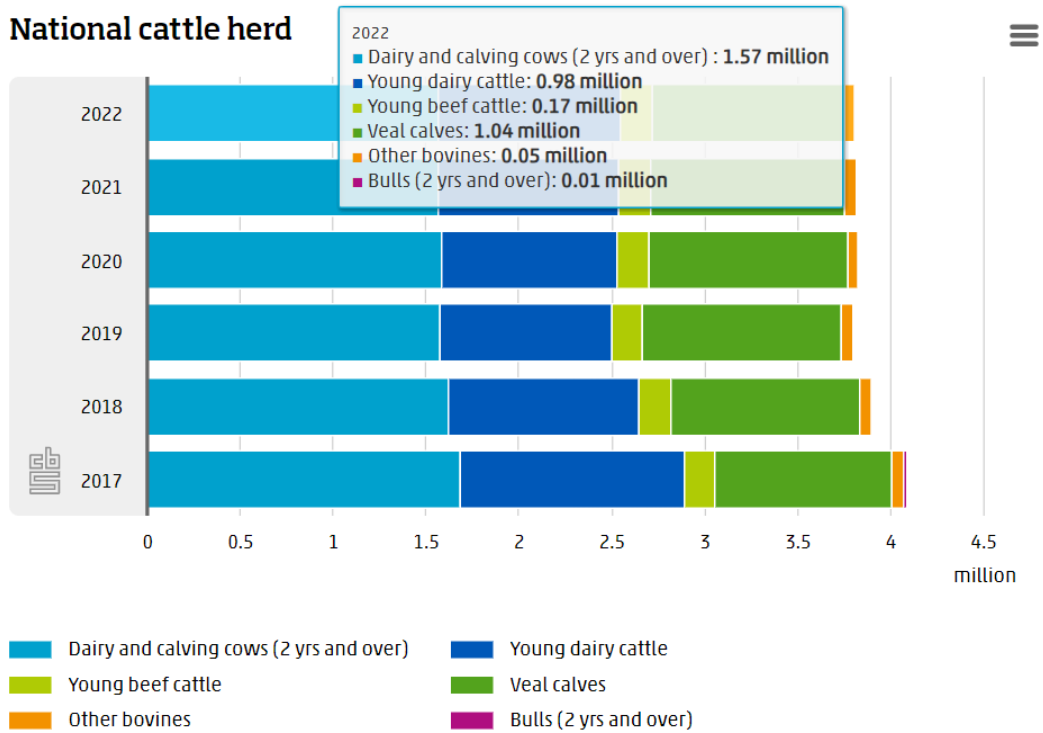


圖 2. 2022 年荷蘭的泌乳牛在養頭數

（資料來源：

<https://www.cbs.nl/en-gb/news/2023/11/hardly-fewer-dairy-cows-but-smaller-pig-herd-in-2022>）

(二) 瓦赫寧恩大學暨研究中心 (Wageningen University & Research, WUR) 的溫室氣體偵測設備



圖 3. 瓦赫寧恩大學校園一隅

WUR 分為兩大部門，一個為負責教學的瓦赫寧恩大學 (Wageningen University, WU)，另一個則是瓦赫寧恩研究中心 (Wageningen Research, WR)。WU 與 WR 各自擁有不同的設備能夠測量畜禽腸胃排放的甲烷，WU 有呼吸室，WR 則有 GreenFeed。

呼吸室係將動物關在有循環系統的封閉空間中，可以連續抽取空間內的空氣，測量一頭動物或一群動物排放出的甲烷，屬於連續式的偵測系統；GreenFeed 則是一個類似飼料槽的裝置，可放置於畜舍當中，GreenFeed 內有空間可以放精料，吸引牛隻去採食，GreenFeed 透過氣體偵測器偵測牛隻在採食時呼出的甲烷，屬於單點式的偵測系統。

由於兩者系統不盡相同，我們詢問 GreenFeed 與呼吸室所得之資料是否能夠互相比較，而 WR 的瓦赫寧恩畜產研究中心的研究人員 Dr. Sanne van Gastelen 認為 GreenFeed 雖為單點式的測量，但若使用 GreenFeed 測量的時間夠長（一個月或更長的時間），且牛隻進入 GreenFeed 的頻率高的話，其資料也接近一個連續性的資料，或許就能與呼吸室的資料相互對照。

本次未能實際參訪呼吸室，改為參訪瓦赫寧恩畜產研究中心放置於 Dairy campus 的 GreenFeed，但 WU 動物科學系的 Walter Gerrits 教授提供了該呼吸室設計及操作的詳細資料，將會節錄於後。

(三) 參訪 Dairy campus



圖 4. Dairy campus 入口

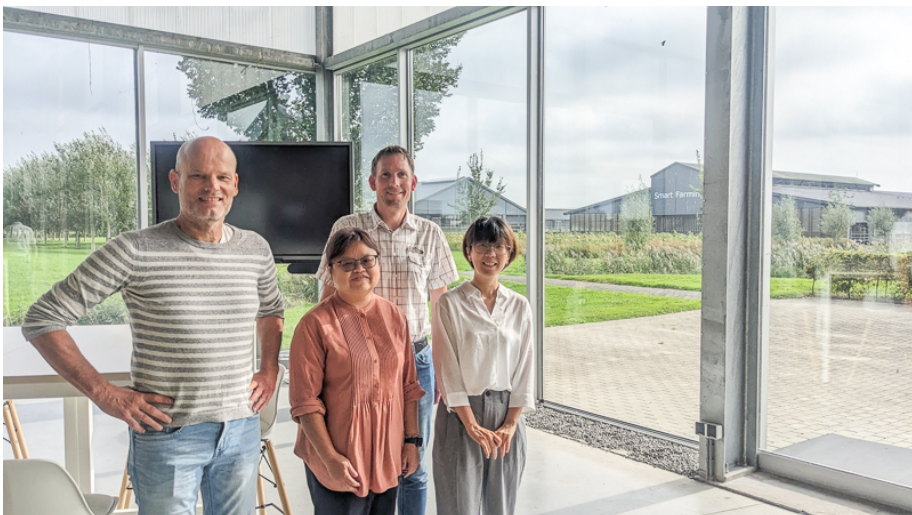


圖 5. 本所參訪人員與 Dr. Andre Bannink (左) 及 Dairy campus 導覽人員 (右後) 合影

瓦赫寧恩畜產研究中心的研究人員為我們安排了一場交流會議，由 Dr. Sanne van Gastelen 與 Dr. Andre Bannink 先介紹他們目前進行的研究成果，再由洪助理研究員介紹本所目前所做的試驗內容，最後請 Dairy campus 的人員帶領我們參觀 Dairy campus 的畜舍及試驗設備。

Dairy campus 位於荷蘭北方的城市 Leeuwarden，共有 500 頭牛，面積 325 公頃。目前共有多棟畜舍，分別進行不同的試驗項目。該場的乳牛泌乳期約 2.5 年，平均泌乳量為每頭每天 31 kg。研究人員帶領我們參訪其中兩棟試驗畜舍，其中一棟是具有 GreenFeed 系統的畜舍，可以測量牛隻甲烷排放。為了收集個別牛隻的乳樣進行分析，Dairy campus 採用的是圓盤式榨乳機，而非榨乳機器人。此外，研究人員亦帶領我們參觀另一棟

畜舍，目前此畜舍正飼養乾乳牛。這棟畜舍特別之處為中間有類似隔間的機制，可以將一棟畜舍區分成多個空間，並有獨立的抽風設置，可以分別偵測各位置所排放的氣體。



圖 6. Dairy campu 的試驗畜舍之一，紅框處為 GreenFeed

1. 瓦赫寧恩畜產研究中心目前的研究

該畜產研究中心主要執行來自荷蘭政府、歐盟及國際聯盟（如：Global research Alliance）的研究計畫，在反芻動物降低甲烷的研究方面，主要著墨於粗飼料、飼料添加物、餵飼策略以及運用統計模型預測結果。除了使用呼吸室或 GreenFeed 測量牛隻排出的甲烷，以便了解其試驗添加的飼料添加物或採取的營養策略是否降低牛隻的甲烷排放之外，畜產研究中心的 Dr. Andre Bannink 等人亦依據荷蘭的國情發展了一套統計模型，可預測荷蘭乳牛的甲烷及氨（ammonia）排放量。

在粗飼料方面，該研究中心比較了不同品質的牧草青貯對於乳牛甲烷產量的影響，他們在四個不同的時間點（由嫩到老）採收同一種牧草製作青貯，結果顯示越嫩的牧草製作之青貯料，其可消化 NDF 越高，同時有越低的甲烷產量。在飼料添加物方面，他們研究了在不同的基礎飼糧中添加 3-NOP，對泌乳牛腸胃的甲烷排放的影響，結果顯示不同的基礎飼糧對 3-NOP 降低甲烷的效果有所影響，在含有玉米青貯的飼糧中添加 3-NOP，可降低的甲烷量相對較多（圖 7）。

該研究中心針對荷蘭乳牛腸胃甲烷排放量的報告（2022）提及，他們於 2018 年 9 月至 2019 年 10 月的時間內，使用 GreenFeed 測量了荷蘭 18 個農場的 791 頭乳牛（共 996 筆記錄）的甲烷總產量，平均每頭牛每天的甲烷產量為 437 ± 94 g。

由 Dr. Andre Bannink 等人建立的統計模型基礎係基於乳牛腸胃道會將多餘的氫氣轉成甲烷，預測瘤胃及大腸中的氫源（乙酸鹽和丁酸鹽的生產）以及氫的沉積（丙酸鹽的生產和剩餘的揮發性脂肪酸（VFA））。該模型考慮各種飲食特徵（包括食物類型）來預測甲烷排放量，包含了碳水化合物、蛋白質、脂肪、飼料的固有降解特性、瘤胃分數通過率、液體體積和酸度。根據模型預測的結果，每頭牛每年的腸道甲烷排放量從 1990 年的 111 kg 增加到 2008 年的 128 kg（圖 8）。

Diet and effect 3-NOP

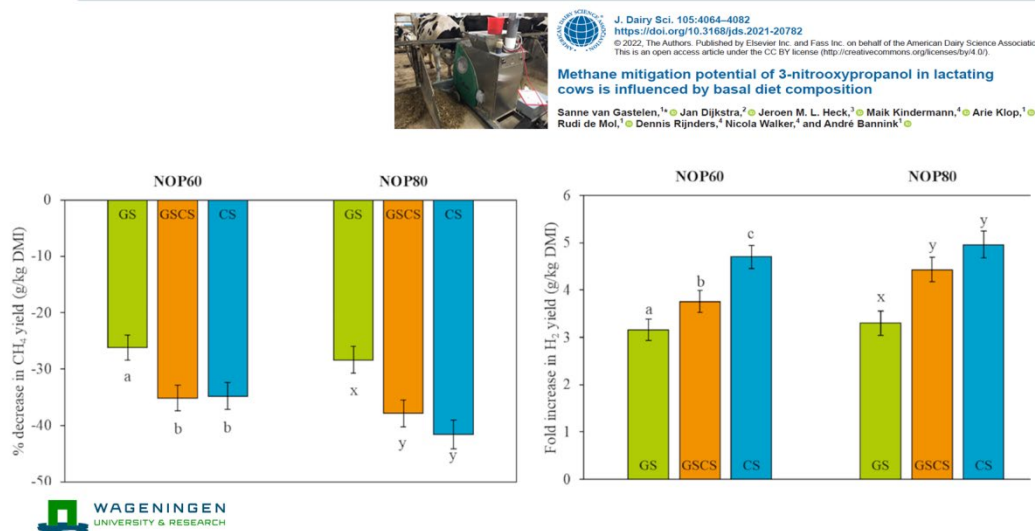


圖 7. 飼料中添加 3-NOP 降低泌乳牛腸胃的甲烷排放（資料來源：Dr. Andre Bannink 提供）

CH₄ emissions dairy since 1990

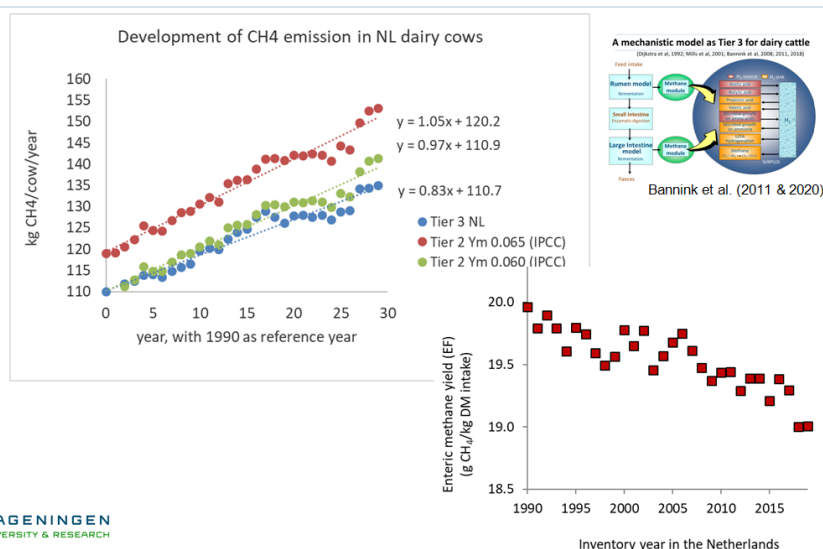


圖 8. 使用統計模型預測荷蘭乳牛腸胃的甲烷排放（資料來源：Dr. Andre Bannink 提供）

2. WU 的呼吸室設計概念

根據 Walter Gerrits 教授提供的資料 (Heetkamp *et al.*, 2015), WU 的呼吸室是一個開放式循環的氣候控制室, 其環境溫度、濕度和通風量可獨立控制, 並且可依據動物品種、頭數調整空間大小或隔成數間。不只可以進行甲烷量測試, 亦可進行熱或冷壓力實驗、孵化雞蛋或作為衛生屏障。在呼吸室中可以實現寬範圍的通氣流量, 建立氣壓控制, 允許進行特定的能量代謝實驗無病原體動物 (高壓) 或使用傳染性病原體進行的試驗 (低壓)。

WU 呼吸室設計的設計概念 (節錄):

- (1) 呼吸室和氣體分析儀之間的空氣採樣管的長度需最小化。
- (2) 當處理大型動物和不同的飼養系統時, 可考慮製作一個大型的入口直接從外部進入, 以方便交通並保持內部步行區域清潔。
- (3) 將氣候控制設備遠離動物和排泄物, 並考慮方便用於測試和維護。
- (4) 大型動物進行完全能量平衡試驗或群養動物時, 可能需要定量收集排泄物。
- (5) 為了適合多種用途 (呼吸測定法、不同的氣候條件、衛生狀況), 呼吸室的最大尺寸取決於外殼的類型和要測量的對象。為了在一個氣候室中創造多個密閉室, 可移動的牆壁是首選。
- (6) 所用材料的頂層應堅固且易於清潔。呼吸室的高度取決於氣候控制設備以及需要安裝在天花板下的設備的數量和尺寸遠離動物, 且不妨礙內部工作人員。

- (7) 需考慮呼吸室的溫度和相對濕度感測器的數量。由於動物附近的感測器很容易受到動物位置突然變化的影響，建議靠近動物的不同地方都要有溫度感測器，大約需要五個。感測器的佈線需要夠長，以便可以將它們放置在合適的位置。
- (8) 軟體需要開發。該軟體最好能對所有測量值進行多重設定、檢查和發出警報，並可以透過清晰的使用者介面進行設定。在即時情況下，需要以表格和圖表形式呈現數據，定期檢查並調整氣候，控制各種房間和房間大小、氣候設定點和動物的情況。
- (9) 考量到動物福利及安全，呼吸室中的 CO_2 濃度建議不超過 1.0%。
- (10) 無論選擇哪種通風設計，呼吸室內的空氣循環對於良好的空氣混合至關重要。建議每小時的最小循環率大約是房間的容積 \times 60 分鐘。例如，如果密閉房間的面積為 35 m^3 ，則最小空氣循環量約為 $35 \times 60 = 2,100 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

基於這些設計概念，WU 的呼吸室由四個氣候室組成，每個氣候室都可以分隔成最多兩個用於氣體交換測量的密閉室。最大尺寸為 $6.5 \text{ m} \times 7.0 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$ （長 \times 寬 \times 高）。體積為 114.5 m^3 ，可容納四頭牛或一組 20 頭體重 100 kg 的豬。

(四) 參訪 Floating Farm



圖 9. Floating Farm 的畜舍外觀及太陽能板

位於鹿特丹的 Floating Farm，如同其名是建造在海上的牧場。牧場的起源是因為創立者在 2012 年因為看到颶風重創紐約，造成食物短缺的問題，因此有了要建造海上牧場的想法。而漂浮牧場在經歷設計及申請在 2018 年開始建造，並於 2019 年 5 月開始營業。牧場共分成 3 層，最上層為乳牛飼養區，目前飼養約 40 頭牛，此牧場較特別的是只飼養泌乳牛及乾乳牛。當小牛生下後會被轉賣至其他牧場，更新女牛則由其他牧場購入。牧場中層為乳品加工廠以及飼養人員辦公室，以及調配乳牛飼糧的區域，牧場的最下層則設置許多廢棄物處理裝置以及淨化水的設備。

該牧場幾乎全自動化，使用了自動餵飼系統、榨乳機器人及吸糞機器人，取代人力。飼料來源多源，包含了附近高爾夫球場及足球場所收集的草、附近啤酒廠或農場所產生的副產物以及一般常見的乾草、玉米青貯料等。當日參觀時亦發現乳牛飼糧中有柑橘果皮，可見該牧場亦會使用附近農副產物作為乳牛日糧。乳牛所產生的糞尿經由吸糞機器人吸入後，排放至處理系統，最後製成粒狀肥料。該場旁邊的海面上設置了一片太陽能板，所產生的電供給全牧場使用。



圖 10. Floating Farm 的泌乳牛區，照片右上方白色箭頭指的通道是自動餵飼系統，飼料會從上方被機器人撥下來



圖 11. Floating Farm 的待產牛區



圖 12. Floating Farm 的乾乳牛區



圖 13. Floating Farm 的乳品加工廠區

(五) 參訪 Oskmas 牧場

這是一家位於荷蘭烏特勒支省附近之牧場。目前是第二代經營，逐漸交手給第三代經營。牧場目前飼養約 120 頭牛，平均乳量為每頭牛每天生產 35 kg。餵飼的方法是採用 TMR，成份有青貯牧草、青貯玉米、脂肪粉及礦物質等。是由其他廠商每天至該場進行調配。而飼料所用之牧草及玉米皆是自己種植。目前使用傳統式的榨乳機。未來有考慮要使用榨乳機器人，以節省人力。目前淨零的相關措施是將糞尿澆灌自己的牧草地中，除此之外，無法處理的量會付費交由相關業者處理。



圖 14. 本所參訪人員（右 1 及左 1）與 Oskmas 牧場主人（中間 2 位）合影

（六）參訪 CowManager

CowManager 係一家致力於生產乳牛電子耳標的公司，這家公司利用自己的實驗牧場，用來研發及測試商品。所開發之耳標佩帶於乳牛耳朵上後，透過其偵測系統收集乳牛活動數據，再透過傳回的訊息加以分析後，最後利用簡單易懂的圖示方式，回報業者每頭牛的採食時間、反芻時間、活動時間後藉此判斷牛隻健康是否正常、是否正在發情等資料。利用使用此設備可以提高繁殖效率，因為可確實掌握發情時間、亦可以輕鬆挑選出高產的乳牛當作種用，改善牛群生產性能且使用此設備後能夠增加牛隻使用年限。荷蘭全國平均泌乳年為 2.5 年，牧場使用耳標後可提升泌乳年限，有些牧場甚至可提升至 5.7 年。



圖 15. 本所參訪人員（左 1 及右 1）與 CowManager 人員（中間 3 位）合影

（七）參訪 Dairy Capoen 牧場

Dairy Capoen 為飼養約 125 頭泌乳牛的牧場，牧場每頭每年的乳量為 9,500 kg。使用傳統式的榨乳系統。餵飼的方法是將精料與草分開餵飼。目前正配合政府進行降氨氣的政策。此政策是利用牧場裝設 5 個偵測氨氣濃度之儀器，當濃度達到一定時，會開始灑水，利用水氣將氨氣濃度降低。灑水的時間是一天三小時，水滴滴落速度為兩秒一滴。目前有 8 個牧場參與這個計畫。此牧場是第一年參與這個計畫，主要想透過此計畫尋求可以符合未來法規之經營策略。



圖 16.本所參訪人員（右 1 及 2）與 CowManager 人員（左 1 及 2）及 Dairy Capoen 牧場主人（右 3）

（八）參訪 BoerBert 牧場

這是一家在烏特勒支附近區域頗負盛名之有機農場。目前場內飼養 280 頭乳牛，其品種為紅毛的荷士登牛，除此之外牧場亦有飼養雞隻。並成立商品販售該場所生產的牛奶、雞蛋、乳製品如起司之外，亦有販售牧場附近其他有機牧場所生產的產品。這家牧場目前是第五代經營，原是一般生產模式在 2003 年轉成有機生產模式。目前使用傳統的圓盤式榨乳機，每頭乳牛每天平均生產 20 kg 牛乳。牧場有 250 多公頃的土地上種植動物所需要的草。該場減碳及節能措施為在每棟畜舍屋頂上設置太陽能板，一共設置 3100 塊太陽能電池板，平均每年提供 75 萬千瓦，太陽能板所產生的電除了供自己使用之外，多的電亦提供附近約 300 戶居民使用。



圖 17. BoerBert 牧場的乳製品販售區



圖 18. BoerBert 牧場養牛區的外觀

(九) 參訪 D. van der Horst 牧場

這家牧場目前飼養約 100 頭牛，使用傳統式的榨乳機，目前將牛隻糞尿施灌於附近自家所擁有的牧草地上。但因荷蘭政府規定其排放時間為每年 2-10 月，因此該牧場另有糞尿收集槽，並在該水槽內注水，降低氨氣逸散至空氣中。目前的減碳措施係使用熱交換器，將降溫牛乳產生的熱供畜舍保暖之用。此外，該場提到目前荷蘭的乳品廠要求其乳牛場，每年都須繳交碳足跡的相關報告，否則無法交乳。該場的每公斤牛奶的二氧化碳排放為 1.6 kg 二氧化碳當量。



圖 19.本所參訪人員（左 2 及左 3）與 CowManager 人員（左 1、右 1）及 D. van der Horst 牧場主人（右 2 及 3）合影

(十) 參訪 Ekodorp 牧場

這家是專門生產 A2 牛奶的有機農場，目前飼養約 200 頭牛。原本飼養一般品中的牛隻，在 2013 開始飼養 A2 的乳牛，花了 5 年時間才讓全場都是 A2 的乳牛。目前所生產的牛乳，除了可以製成 A2 相關產品出口至中國外，亦提供給乳品場製成有機牛乳。我們進一步詢問該場是否需要製作碳足跡的相關報告提供給乳廠，牧場主人表示因為乳品廠沒有要求，因此並未製作相關報告。我們進一步詢問目前荷蘭對於有機農場是否如同臺灣一樣有飼養密度以及使用藥物等限制。該牧場主人回答並沒有飼養密度限制，但有規定牛床數必須等於牛隻數，並且如一般乳牛場受法規限制，不能任意擴建。基本上，該場不太能使用抗生素，所以該場主人會注意牛的採食情況及反芻情況，以早期發現有問題的牛隻，儘早開始處理，避免使用藥物。因為有機農場的規定，該場不能使用殺草劑等化學品來防治牧草地的野草。但對於消毒劑的使用則無特別限制，這點與臺灣法規不同。

該場從 2011 年開始使用榨乳機器人，目前全場配置 3 台。該場的減碳措施是使用電子耳標來監控動物情況，使之生產效率更好，亦拉長每隻乳牛的使用年限。此外該場也設置許多太陽能板來供該牧場使用，額外的電則販售給電力公司。該場是使用厭氧發酵系統來處理牛隻糞尿，若只使用牛糞尿，則沼氣生產效率不夠好，所以會額外加入附近生產之格外農產品等物質，以提高沼氣之生產效率。所產生的沼氣可以用來發電外，亦有提供附近鄰居使用，多的部分則同樣販售給電力公司。



圖 20. 本所參訪人員(左 1 及左 3)與 CowManager 人員(右 1)及 Ekodorp 牧場主人(左 2 及右 2)合影



圖 21. Ekodorp 牧場的沼氣生產設備

(十一) 參訪 Die Barle 牧場

這家牧場飼養 270 頭牛，同時亦有一場有 15,000 隻雞的有機雞場。該場牧草面積有 400 公頃，全部種植黑麥草，其粗蛋白質含量較高。目前使用 40 頭隻的圓盤式榨乳系統，一天榨乳 3 次。目前與荷蘭知名連鎖超商 AH 合作共同執行一個生產計畫，該合作計畫中有規定乳牛的食物需要從鄰近地區而來，且牧場每生產 15,000 kg 的牛奶需擁有 1 公頃牧草地，作為糞尿施灌用地，除此之外亦有規定抗生素的使用量。也因如此，故該場主人只在牧草地種植牧草，青貯玉米則從外面購買。這場是使用牛糞牛床，糞尿經擠壓機處理後堆置，由於堆置時會產生高熱，因此可以殺菌。糞便經擠壓堆置後直接鋪設於牛舍內，作為牛床使用。而糞尿經擠壓後所產生的水分則施灌於牧草地。除了這個方法降低糞尿處理量之外，亦使用電子耳標來提高生產效率並延長乳牛的使用年限。該場屋頂同樣鋪設太陽能板，其產電足以供應全場所需。



圖 22. 本所參訪人員(左 1 及右 1)與 CowManager 人員(左後)及 Die Barle 牧場主人(右 2) 合影



圖 23. Die Barle 牧場的牛糞牛床

(十二) 參訪 Gapoen Geert 牧場

此牧場位於比利時。比利時分成 4 大區，因為地小人稠，牧場多集中在較偏僻的地方。也因土地面積小，比利時政府並不鼓勵放牧。該牧場飼養 350 頭牛隻，使用榨乳機器人。該場的女牛大多時間是採放牧，女牛舍則採用吸糞機器人，牛床則是採用牛糞牛床，而泌乳牛舍則採用刮糞系統，及使用沙床。牛床的沙會使用人工定期清除，之後利用洗砂池後將沙撈出曬乾後重複使用。該場的泌乳量為每頭每天 38-39 kg。所生產牛乳的

乳脂率為 4.2%，乳蛋白為 3.5%。該場特別重視乳牛轉換期，在乾乳牛的飼糧中會額外添加苜蓿。而該場的青草以及玉米皆是附近土地種植後使用青貯方式保存，通常在製作青草青貯會添加益生菌，但製作玉米青貯則不會額外加菌。此外，因為附近有啤酒廠，啤酒粕亦為該場的飼料原料之一。該場亦有設置太陽能板，但是與荷蘭不同的是，賣出多餘的電並不划算，因此並未販售給電力公司。比利時與荷蘭都因為地小人稠的問題，因此較其他歐盟國家更重視畜牧場對於環境影響，所面臨的挑戰與臺灣相似，故這兩國進行的措施值得我們參考。



圖 24. 本所參訪人員（左 1 及右 1）與 Kemin 人員（右 2）及 Gapoen Geert 牧場主人（左 2）合影

肆、心得與建議

- (一) 經由此次的交流，未來將參訪經驗及研習成果應用至目前正執行中的減碳研究，強化畜試所的畜禽溫室氣體分析模型及減碳飼料添加物之相關研究。
- (二) 荷蘭、比利時和臺灣都屬地小人稠的國家，畜牧業的結構也相似，藉由荷蘭酪農戶須提供報告書做為借鏡，顯示有些制度的落實，須仰賴銷售端與生產者之相互配合，應可作為臺灣推動相關政策之參考。
- (三) 臺灣農民免繳所得稅，以公平原則而言，更應設計一套要求農民上網填報生產資訊之簡易操作系統，以提供農業基礎生產數據作為即時產銷調控決策之依據。

伍、參考文獻

Heetkamp, M.J.W., S.J.J. Alferink, T. Zandstra, P. Hendriks, H. van den Brand and W.J.J. Gerrits. 2015. Design of climate respiration chambers, adjustable to the metabolic mass of subjects. Wageningen Academic Publishers. Netherlands.