

淺談紐西蘭肉用反芻動物之碳盤查

◎南區分所／陳綵慈

前言

隨著全球氣候變化的影響日益加劇，畜牧產業也面臨著巨大的挑戰。畜牧場作為一個重要的農業場域，必須認識到其碳足跡對環境的影響。生命週期評估（life cycle assessment, LCA）作為一種全面的環境影響評估工具，為畜牧場的碳盤查提供了有效的方法。

碳足跡主要針對產品進行溫室氣體的評估及計算，相關資訊可參考畜產專訊129期淺談白肉雞之產品碳足跡的介紹。碳盤查則是對於牧場生產端進行，基於個別畜牧場在生產過程中產生的溫室氣體排放進行系統性評估和計算的過程。本文將以紐西蘭的計算模式為例，探討如何進行肉用反芻動物（肉牛、肉羊或鹿）的碳盤查。對於畜牧場來說，在LCA的框架下，經由界定碳盤查的範圍侷限於畜牧場中，將可以簡化至評估原料投入與生產階段，使農民能夠量化可控範圍下對環境的影響，並找出潛在的減排措施。

畜牧場的碳盤查

碳盤查包括收集數據、分析排放源如甲烷（CH₄）、二氧化碳（CO₂）和氧化亞氮（N₂O），並量化總排放量。碳盤查有助於識別減排機會，提升環境責任，並遵循政策法規，促進可持續發展。透過碳盤查，畜牧場可以制定有效的減排策略，改善生產效率。

紐西蘭碳盤查的具體步驟

紐西蘭肉用反芻動物牧場進行碳盤查的方法及步驟相對簡單，因此採用此方法進行

介紹。紐西蘭肉用反芻動物主要有肉牛、綿羊及鹿，其生產主要是放牧。綿羊、肉牛及乳牛的碳排計算採地方數據的 tier 2 或 tier 3 進行，用乾物質日採食量(Dry Matter Intake, DMI)或淨能(Net Energy, NE)進行估算，區分不同農業區及不同類型的牧場。將碳排計算簡化分為產生氧化亞氮的氮源(N)及產生甲烷的能量兩大區塊進行，分別兩者之投入與產出，投入的部分以肥料、飼料的使用量來計算氮(N)的用量及能量消耗，產出主要是計算肉、毛及乳等產品的氮(N)及能量的產出，投入與產出的差額，即可換算為氧化亞氮及甲烷的產生，然而，放牧沒有集中糞尿管理而是直接回歸農地，因此糞尿的部分不做計算。在產出的部分，綿羊、肉牛或乳用女牛會混養，因此在碳排上會做比例上的分配，兼用動物的產品(例如兼產羊毛的綿羊、乳牛的公牛作為肉用)也是按比例分配。多數牧場有種植樹木，符合條件的樹木可計入碳足跡以減少碳排。碳排的單位可以基於單位產品重(/kg meat)或單一動物(/head)，以方便跟其他牧場比較。實施步驟如下：

步驟一：數據收集(表)

準備與動物飼養相關的數據，包括：

- 動物數量：記錄每年(或計算的期間)的肉用反芻動物數量，並按年齡和性別分組，動物的進出(包含出生、階段轉換、死亡、出售)。
- 飼料使用量：評估肉用反芻動物的飼料消耗，包括芻料、副產物及補充飼料的類型和數量。

這些數據是計算碳排放的基礎，準確的數據將有助於提高最終計算的可靠性。

步驟二：計算甲烷排放

動物在消化過程中會產生甲烷，這是一種強效的溫室氣體。根據紐西蘭的計算方法，可以使用甲烷排放因子來估算：

甲烷排放量 (kg CH₄) = 飼料消耗量 (kg) × 甲烷排放因子 (kg CH₄/kg 飼料)

例如每頭綿羊每年消耗900公斤飼料，且甲烷排放因子為0.06 kg CH₄/kg飼料，則每頭綿羊的年均甲烷排放量為54 kg CH₄。

步驟三：評估氧化亞氮(N₂O)排放

N₂O同樣是重要的溫室氣體，通常由施用的氮肥引起。根據施用的氮肥量，可以計算N₂O的排放：

N₂O 排放量 (kg) = 施用氮量 (kg) × N₂O轉換因子(kg N₂O/kg氮)

例如施用100公斤氮肥，且N₂O轉換因子為0.01 kg N₂O/kg氮，則N₂O的排放量為1 kg。

步驟四：計算能源使用、糞便管理

前述三步驟只計算動物生產過程中產生的碳排，如果有使用到能源，可進行計算會更加完整。糞便也是畜牧場，尤其單胃動物中甲烷和N₂O的重要來源。有效的糞便管理

表. 畜牧場碳盤查重點資料

項目	所需資料	排放氣體	備註
動物資料	- 數量（依性別、年齡分類） - 生產性能（肉、奶、蛋、堆肥等）	CH ₄ , N ₂ O	主要排放源
飼料使用	- 飼料種類與來源 - 使用量與成分（氮、能量）	CH ₄ , CO ₂ （間接）	影響甲烷產生
肥料施用	- 氮肥種類與數量 - 施用時間與方法	N ₂ O	氣候與土壤影響大
糞便管理	- 產量 - 處理與施用方式	CH ₄ , N ₂ O	儲存方式關鍵
能源與水	- 用電、燃料使用 - 用水量與來源	CO ₂	易取得、易量化

可以減少這些溫室氣體的排放。糞便管理需要考慮處理方式如堆肥、回田、沼氣發酵、糞便的存放方式及儲存條件，如儲存時間和儲存設施的設計皆會影響碳排放。糞尿水或堆肥回田，則要考慮施用時機。

步驟五：總結與改進

將計算結果整合，分析畜牧場的總碳足跡，並根據結果制定減排計畫，如改進飼料配方、優化糞便管理等。透過不斷的數據收集和分析，農民可以逐步提高其環保表現。

參考文獻：

陳綵慈。2024。農業菁英計畫(短期研)-臺灣生產羊肉碳足跡之初步評估。公務出國報告。C11300362。

Mazzetto, A. M., S. Falconer, and S. Ledgard. 2023. Carbon footprint of New Zealand beef and sheep meat exported to different markets. Environ. Impact Assess. Rev. 98: 106946.

Mazzetto, A. M, S. Falconer, and S Ledgard. 2022. Mapping the carbon footprint of milk production from cattle: A systematic review. J. Dairy Sci. 105: 9713-9725.