

彰化縣議員 吳韋達

丹麥考察報告

2025.06.14-06.23

第一章 考察前言

面對全球氣候變遷的嚴峻挑戰，淨零排放(Net Zero)已不再只是國際口號，而是各國政府與產業必須共同面對的生存課題。彰化縣作為台灣重要的農工大縣，擁有龐大的製造業聚落與豐富的農畜產品，卻也同時面臨著廢棄物處理壓力、能源轉型瓶頸以及傳統農業升級的困境。如何在經濟發展與環境永續之間取得平衡，甚至將環保與減碳壓力轉化為產業競爭力，是我們迫切需要解答的問題，也會是我們發展的轉機。

丹麥是一個人口與國土面積與台灣相近的國家，卻能成為全球綠色轉型的先驅。他們不僅證明了經濟成長可以與碳排放脫鉤，更在廢棄物能源化、再生能源整合以及循環農業上建立了成熟的運作模式。本次考察希望能借鏡丹麥經驗，為彰化的未來尋找具體的解方。

本次考察報告主要聚焦於三大面向：

1. 廢棄物管理與能源化：參訪位於哥本哈根的 Amager Bakke (CopenHill) 焚化爐，了解其如何打破鄰避設施的刻板印象，將垃圾處理廠轉化為結合能源生產、都市遊憩空間與環境教育的地標建築。
2. 公私協力與綠色政策：拜訪 State of Green (綠色國度)，探討丹麥政府如何透過跨部門整合與公私協力 (PPP) 模式，建立單一窗口來推動國家級的綠色品牌與技術輸出。
3. 農業教育與永續畜牧：參訪 Dalum Academy of Agricultural Business (達勒姆農業商務學院) 及當地牧場，深入了解丹麥如何透過「三明治教學」培育高素質的農業人才，以及如何在嚴格的環境法規下維持高效率的畜牧生產。

期盼透過實地走訪與深度交流，將丹麥在「技術創新」、「制度設計」與「人才培育」三方面的成功經驗帶回台灣。本報告將嘗試從彰化縣的視角出發，提出具體可行的政策建議，不僅是為了解決眼前的垃圾或污染問題，更是為了建構一個更潔淨、更永續且具備國際競爭力的彰化。

第二章 焚化爐

隨著人類所謂的文明發展，過度消費包裝與新包裝材料的出現，垃圾處理一直是城市、國家，甚至人類所面臨的難題。在全球共同應對氣候變遷與垃圾過量的問題下，廢棄物管理到循環經濟已然變成顯學，從傳統的末端處理的搖籃到產品，藉由技術處理走入循環鏈，催生了搖籃到搖籃的觀念。

這次考察的哥本哈根的Amager Bakke(又名CopenHill)焚化爐，如圖 2-1，能源有效使用觀念與技術領先，更將其整合至國家能源政策、都市發展中，落實了環保、能源自主、社會共融的目標。

坦白講，我到現場感受到極度震撼，革命性的設計將廠房的巨大斜屋頂轉變成滑雪場，還利用立面做成攀岩場，完全顛覆我對於焚化爐的想像，宛若一座親民的城市公園，乾淨、開放、還有教育導覽，完全顛覆我對焚化爐的想像，竟然可以是一個吸引市民與遊客的地標和公共休閒空間。

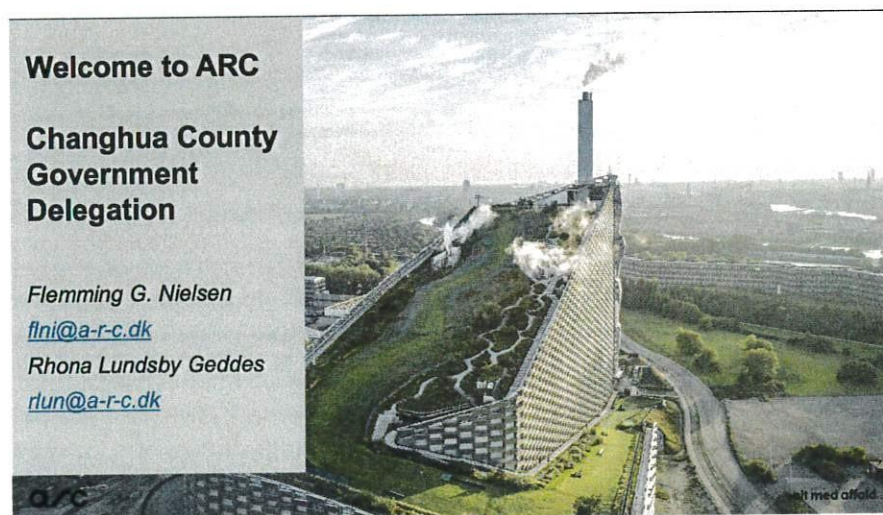


圖 2-1 簡報照片 哥本哈根焚化爐像一座親民的城市公園，完全顛覆我對焚化爐的想像

本章將首先介紹丹麥 ARC 焚化爐(CopenHill)的設計理念與運作模式，接著將其與我們彰化的溪洲焚化廠進行對照比較。期許透過此考察分析，能為彰化縣未來的廢棄物管理政策提供具體的決策建議，讓我們能擁有一個更潔淨、更永續的家園。

2-1 哥本哈根的垃圾

丹麥作為高度發展的國家，丹麥在垃圾製造量上全球排名第三，僅次於奧地利與美國，其廢棄物管理面臨著巨大的挑戰。根據簡報中(圖 2-2)引述的歐盟統計局(Eurostat)2022 年數據，平均每位丹麥人每年產生高達 787 公斤的廢棄物，遠高於歐洲平均的 510 公斤。因此像ARC這樣的廢棄物管理公司，應運而生以處理這個棘手的環境問題，並致力於將廢棄物轉化為有價值的資源。



圖 2-2 每位丹麥人每年產生高達 787 公斤的廢棄物

本次參訪的 ARC 服務約 80 萬居民及 8 萬家公司，總員工數約 7,000 至 8,000 人，如圖 2-3，服務範圍涵蓋含哥本哈根，共五個地區。他們致力於垃圾盡可能回收，只有 2% 的無法處理的廢棄物會送往垃圾掩埋場，主要是受污染的泥土及無法回收或不能焚燒的特殊物質等。

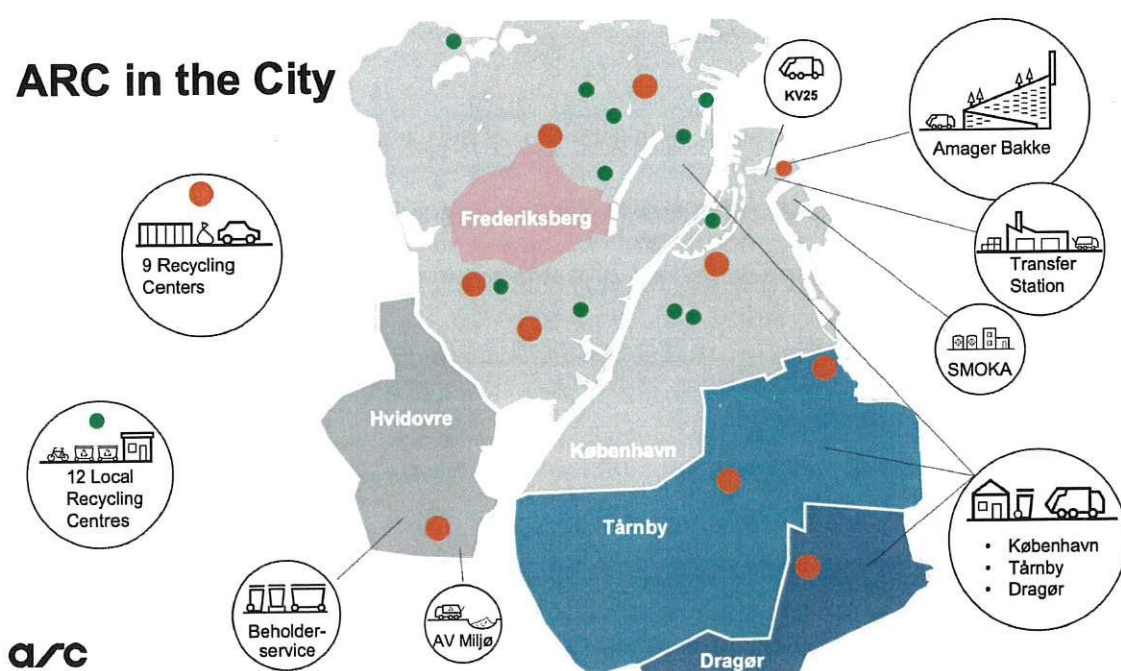


圖2-3 簡報 ARC服務地區與項目

根據丹麥廢棄物管理的「廢棄物層級」(Waste Hierarchy)原則，如圖 2-4，其優先順序為：預防(Prevention)、再利用(Reuse)、回收(Recycling)、能源利用(Energy)，最後才是有害廢棄物(Hazardous)的掩埋(Landfill)。在此框架下，焚化發電被視為處理那些無法回收再利用的殘餘廢棄物的最佳能源化方案，其優先級別高於傳統的掩埋處理，因為它能產生能源，進而替代部分化石燃料。

Waste Hierarchy



圖 2-4 丹麥的廢棄物管理「廢棄物層級」

2-2 焚化爐的歷史

早年因為城市空間有限，無法購得土地進行掩埋，因此於 1903 年建造丹麥第一座焚化爐，並於 1913 年完工，那時的丹麥已經有能源利用概念，將廢熱回收給附近醫院供暖。而哥本哈根地區至 1970 年才建成第一座焚化廠，該廠也具備供熱功能。焚化爐發電而是到 1990 年才開始，當時國會通過法律，要求所有供熱設施必須同時供電，以達到節能的目的。

由於舊廠已老舊，為提高廢棄物處理效率，於 2019 年約花了 40 億丹麥克朗 (DKK) 建置新的焚化爐，換算台幣約 185 億元，提供另一個對比，彰化溪洲焚化爐建置完成於 2001 年，花費 32 億新台幣，但丹麥與台灣物價差異、2001 年與 2019 年的物價差異也需納入評估。

且處理量也不同，以 2024 年為例，丹麥焚化爐年燃燒高達 61 萬噸廢棄物，相較彰化溪洲焚化爐的年處理量 29.8 萬噸還要高。溪洲焚化爐是一個功能導向的垃圾處理設施，但哥本哈根焚化爐不只有垃圾處理功能，還兼顧社區公共休閒、環境教育等功能於一身。

2-3 垃圾處理流程

垃圾處理流程的第一站—入料區，先講個人感受，比起台灣過去參觀過的入料區，在現場沒有太強烈的垃圾、餿水刺鼻味，不敢說完全沒味道，但是至少不會讓人反胃。除了天然的氣溫差異，如圖 2-5，哥本哈根焚化爐的垃圾入區是一個極大的空間，也設計負壓保持內部空氣流通，垃圾車傾倒口都設有獨立密閉門，以達到有效了臭氣改善。

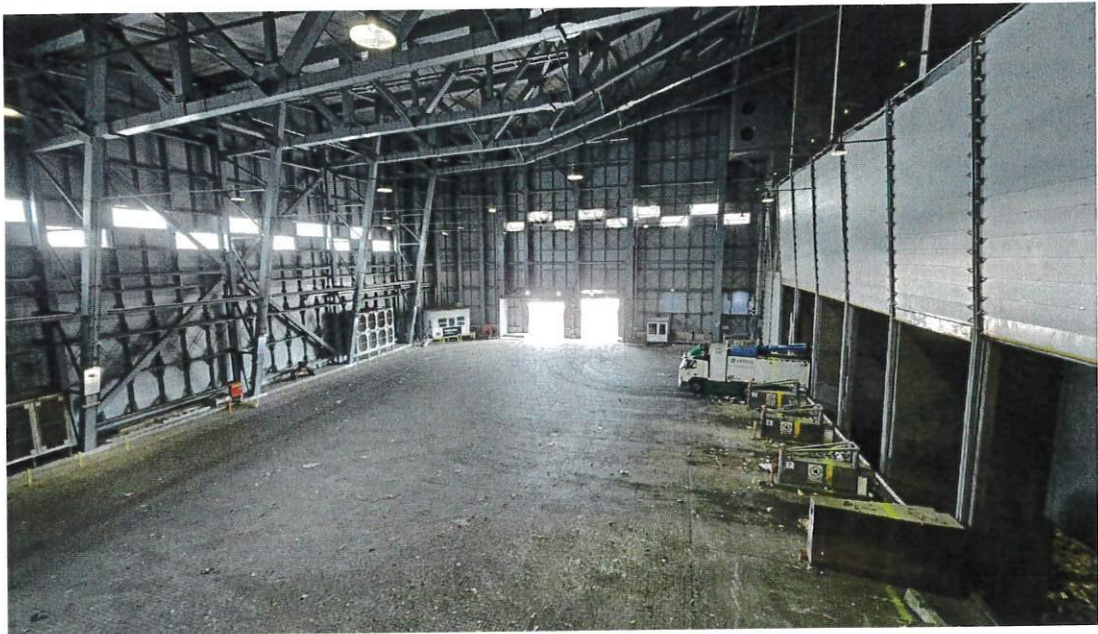


圖 2-5 哥本哈根焚化爐的垃圾入料區

垃圾車將家庭廢棄物傾倒入料槽，垃圾儲槽容量設計約可供三天燃燒量，如圖 2-6，裡面有全自動化的吊車會混拌並抓起垃圾投入焚燒爐中，厲害的是，將垃圾倒入後，剩下過程幾乎是全自動的。如圖 2-7，中央控制室的數位儀表板上，實時顯示著各爐進料、夾爪運行、重量數據、燃燒溫度、蒸汽流量等。而焚燒爐採用先進的機械式爐床技術與精密的燃燒控制系統，以應對熱值變動範圍較大的家庭廢棄物，在設計上留有一個小觀景窗(圖 2-8)，可供場內人員目視確認爐內情形。



圖 2-6 全自動化的吊車

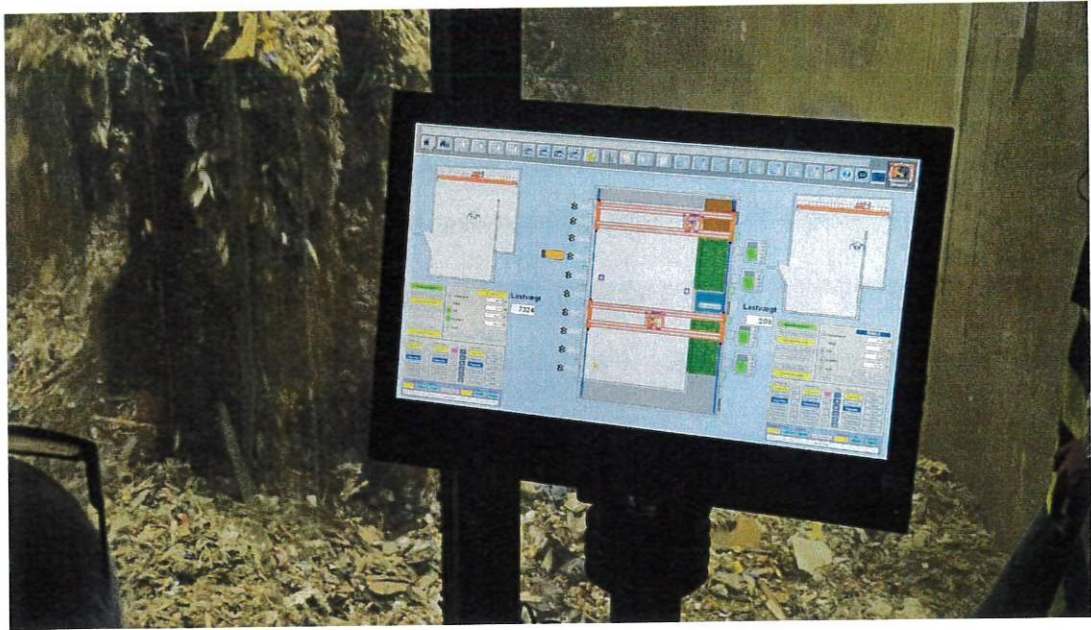


圖 2-7 中央監控系統畫面

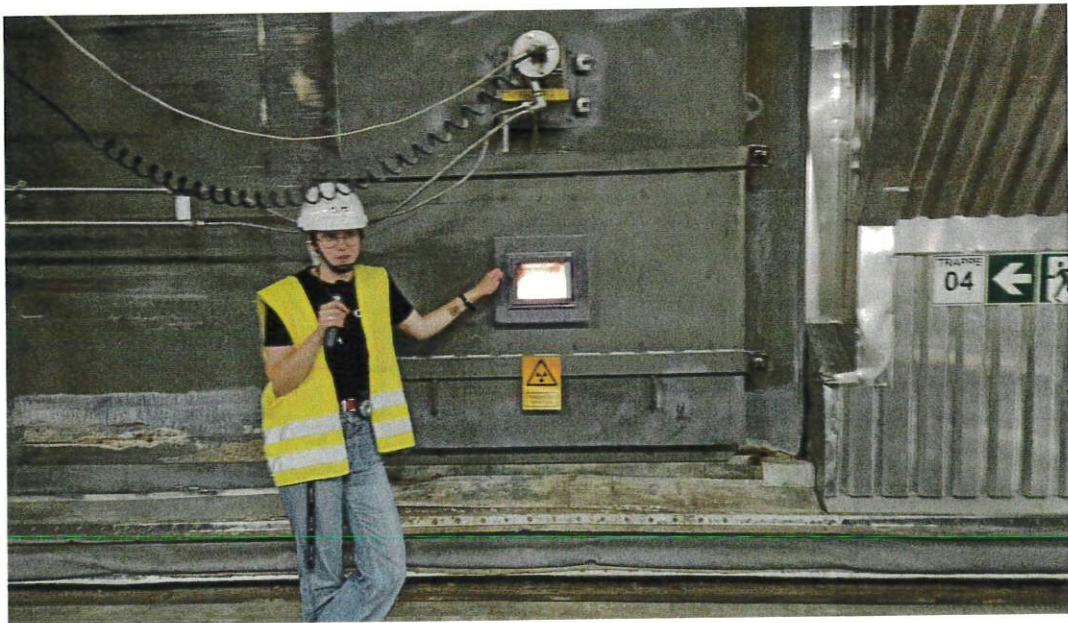


圖 2-8 焚燒爐的觀景窗

2-4 氣體處理

焚化爐在台灣毫無疑問的是鄰避設施，反觀哥本哈根焚化爐的社區共融，除了設計感外，最基本的是對於焚化後氣體排放的管制，沒有人可以接受臭味與致癌的空氣。

丹麥對於焚化排放的管制標準不僅嚴苛，更視為對公眾的承諾。如圖 2-9 所示，其廢氣淨化系統並非單一設備，而是一套多層次、完整的處理流程，要求將各類污染物削減至近乎零排放的程度。

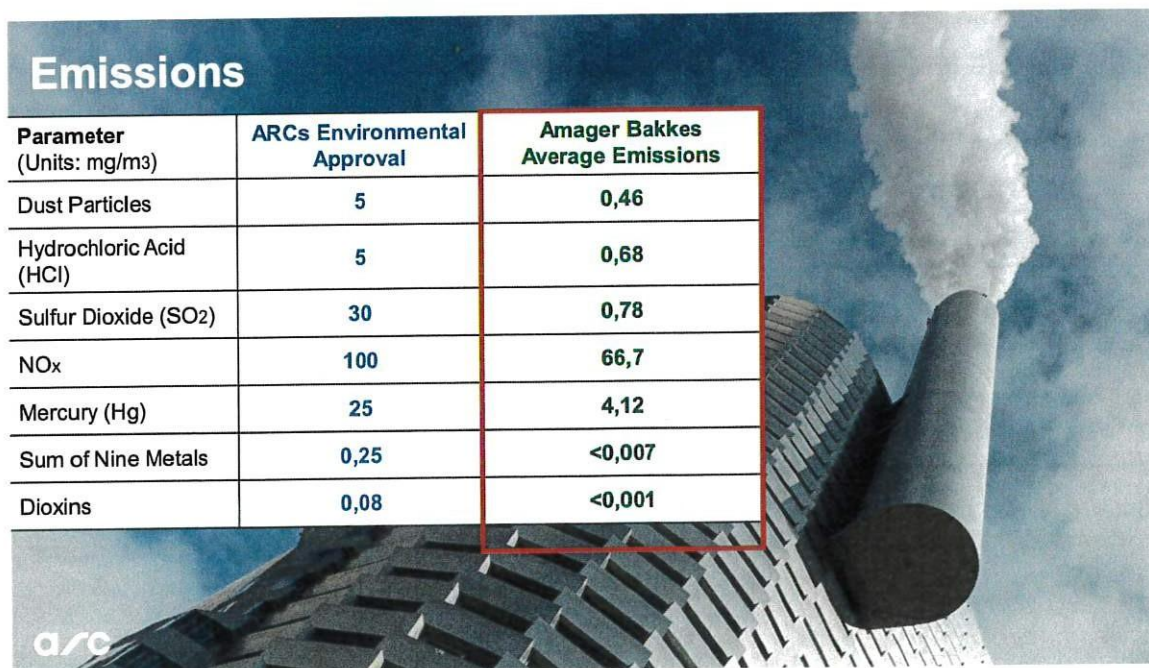


圖2-9 廢氣排放處理流程

屏除技術細節，光是處理步驟就有：

1. 去除懸浮微粒與飛灰
2. 中和氮氧化物(NO_x)
3. 洗滌鹽酸與汞
4. 去除二氧化硫(SO₂)
5. 去除戴奧辛與汞的殘留物(用活性碳)
6. 濕式粉塵過濾器

在確保有害顆粒物、氮氧化物、硫氧化物、酸、重金屬、戴奧辛等，都被分段處理後，才達標而排放。參考圖 2-10，其中排放的實際排放(表格右)都比環保核准標準(表格左)還要低，許多污染物的實際排放值甚至只有標準的十分之一不到，充分展現對環境永續的高度承諾與實踐。(注意歐洲的逗號是用做表示小數點)



Emissions		
Parameter (Units: mg/m3)	ARCs Environmental Approval	Amager Bakkes Average Emissions
Dust Particles	5	0,46
Hydrochloric Acid (HCl)	5	0,68
Sulfur Dioxide (SO ₂)	30	0,78
NO _x	100	66,7
Mercury (Hg)	25	4,12
Sum of Nine Metals	0,25	<0,007
Dioxins	0,08	<0,001

圖2-10 各項排放氣體指標，環保核准標準與實際排放數值

將圖 2-10 的表格整理，對比溪洲焚化爐 2024 年第四季的煙道廢氣檢測結果，如表 2-1，可發現現在操作的排污設備有效果，若查看原文件，都有符合在環評承諾內。而與丹麥排放數據相比，在粒狀污染物與戴奧辛，仍有改善空間。此結果我將轉給環保局與操作廠商，並確認是否能夠再更減少污染物排放，守護彰化人的健康。

監測項目 (mg/m ³)	ARC (丹麥)	溪洲焚化廠 (2024 Q4)
粒狀污染物	0.46	8.5
鹽酸	0.68	ND (<2.20)
二氧化硫	0.78	ND (<0.57)
氮氧化物	66.7	64.8
汞	4.12	0.0017
戴奧辛	<0.001	0.022

表2-1 哥本哈根與溪洲焚化爐監測項目的實際排放比較 (ND = Not Detected 未檢出)

2-5 廢熱再利用

丹麥焚化爐除了發電，更將熱能有效運用，也就是所謂的「熱電共生」(CHP)。傳統焚化廠其熱轉電效率通常僅有 20-30%，若僅用於發電，超過七成的能量以廢熱形式逸散至大氣中。丹麥透過建構的區域供暖，將焚化產生的大量熱能輸送至周邊的住宅區、商業大樓與工業區。

如圖 2-11，僅 ARC 一座焚化廠，就供應了哥本哈根首都圈約 23% 的熱能需求。熱回收是相當成熟之技術，也確實可以將能源有效使用，也對環境最好。但以溪洲焚化爐而言，發電效率約 18-20%，但廢熱並未有效利用，我們可能要很現實的思考兩點：回收的成本是否會高於應用的價值、回收的熱要用在哪裡。

District Heating Network

Minimal heat loss with production close to the consumers.

- ARC produces app. 23 % of the heating demand in the CTR area.
- 5 % of the electricity for Copenhagen comes from Amager Bakke.

arc

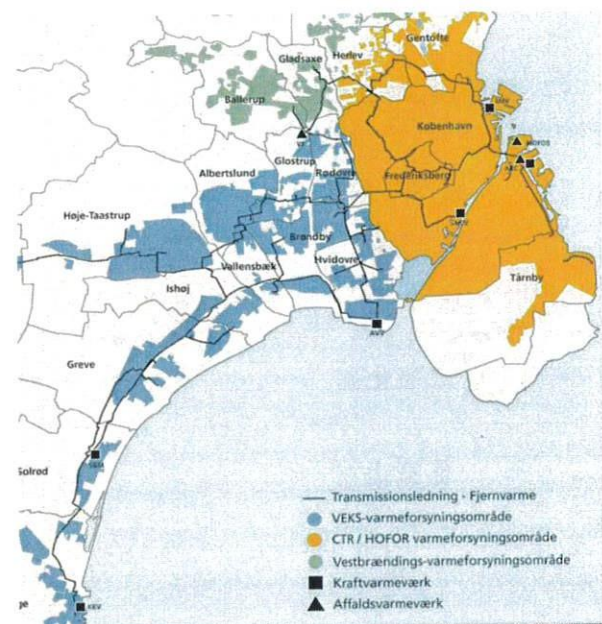


圖2-11 區域供熱網路圖

依照南彰化的天然環境與產業，可以考慮在焚化爐周邊設立「農產加工中心」，利用其熱風進行大規模烘乾作業。稻米、杏鮑菇、中藥材等各類加工農產，都能在此得到高效且環保的處理。這不僅解決了傳統烘乾的高成本與碳排問題，更為農產品創造了儲存、加工的附加價值，減少因產量過剩而造成的耗損。

但興建成本則需考量使用期限之問題，因為溪州焚化爐的使用年限約再 10 年，應將未來新焚化爐的設計一併考慮。

2-6 結論：從鄰避到共融的思維轉變

比較丹麥與彰化的焚化爐，最大的差異不僅在於設備造價，更在於設計思維。丹麥將焚化爐視為都市代謝的核心與市民生活的延伸，因此在污染控制上採取遠高於法規的自我要求，並在建築設計上極大化公共利益。反觀溪洲焚化爐，雖在現有標準下運作合規，但仍屬於傳統功能導向的封閉設施。未來彰化在規劃新一代廢棄物處理設施時，應思考如何導入 ARC 的經驗，提升熱能回收效率以創造額外產值（如溫室農產烘乾），並透過透明化管理與回饋設計，重建民眾對公共設施的信任。

第三章 綠色國度

丹麥作為全球綠色轉型的先鋒，透過長達五十年的政策佈局，成功實現了經濟成長與碳排放的絕對脫鉤。本次考察位於在於解析丹麥哥本哈根的綠色國度(State of Green)，了解如何透過公私協力模式整合產官學等資源，將綠色解決方案轉化為國家競爭力。

State of Green 安排專案經理 Yu Ke (圖 3-1)用中文簡報，也有效的加強了對於一些觀念的吸收。本章節主要的資料都來自於 State of Green 所提供之投影片。

他講了一段話讓我蠻驚豔的，「現在已經不是政府如何說服民眾或企業來一起參與歷史的轉型，而是我們在倒逼政府，企業也在倒逼政府，企業已經有技術了，但是政府要跟上把規範做出來，也要放更多資金，所以現在是我們在倒逼政府進步，要更快更快。」

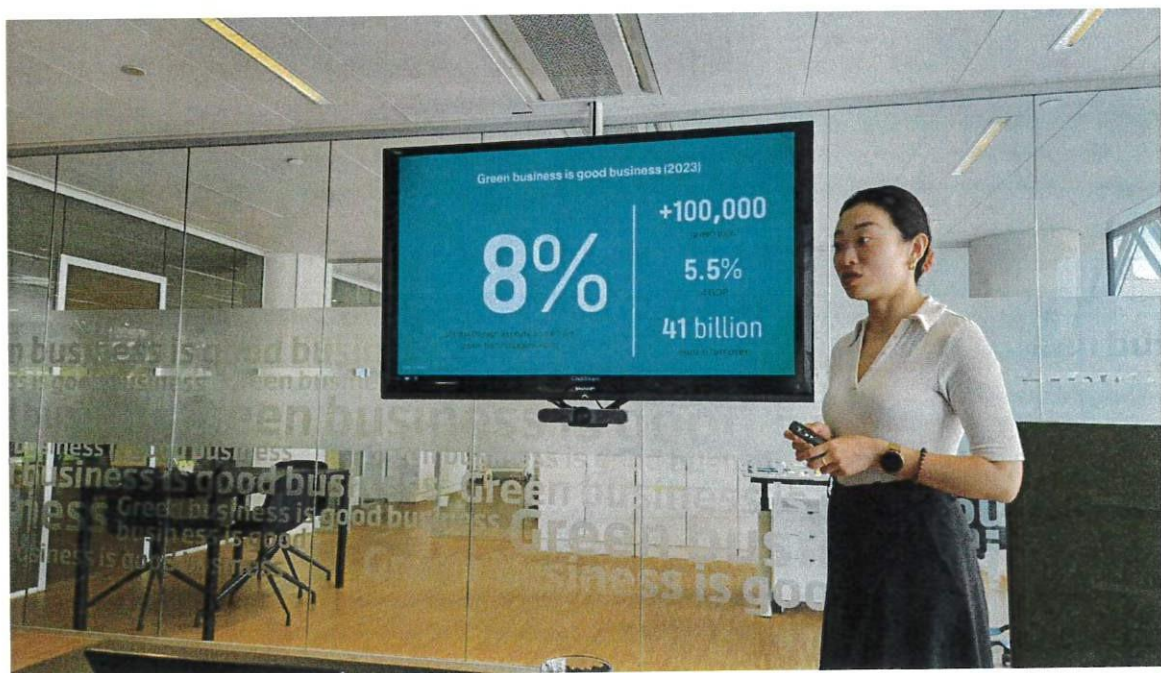


圖 3-1 專案經理 Yu Ke 講解簡報

3.1 小國如何成為示範

丹麥約有 600 萬人口與 4.2 萬平方公里的國土面積，在地理與人口上雖屬小國，如圖 3-2，其溫室氣體排放量僅佔全球的 0.1 %。但丹麥政府與產業界清楚認知到，作為已開發國家，他們的價值在於成為全球綠色轉型的「示範場域」與「技術輸出國」。如果丹麥能證明綠色轉型可行，就能影響剩餘 99.9% 的全球排放。

**Denmark is a small country.
We emit 0.1% of the global greenhouse gases**

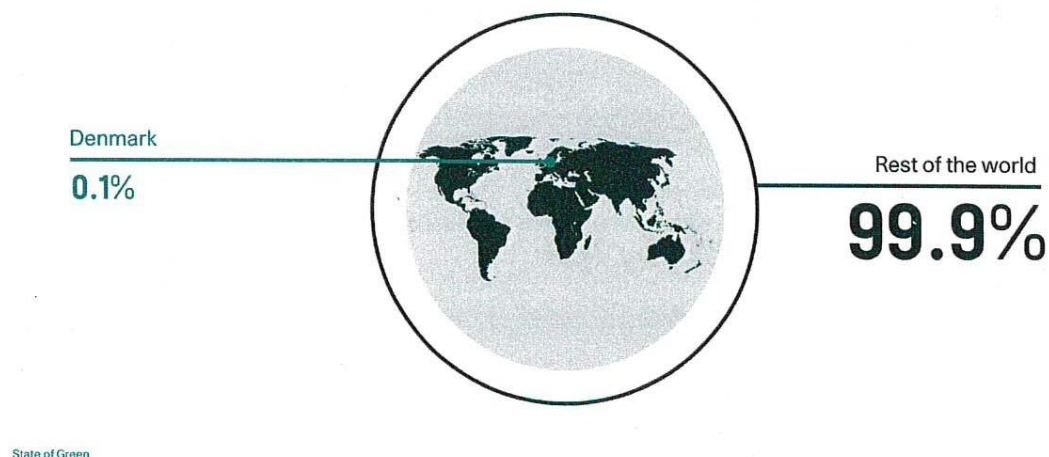


圖 3-2 其溫室氣體排放量僅佔全球的 0.1%，如果丹麥能證明綠色轉型可行，就能影響剩餘 99.9% 的全球排放

3.2 經濟成長與碳排放的絕對脫鉤

在傳統經濟發展思維中，GDP 的增長往往伴隨著能源消耗與污染的增加。但丹麥用三十年的數據打破了這個迷思，達成了「絕對脫鉤」(Absolute Decoupling)。

如圖 3-3, 根據簡報提供的歷史數據(1990 年 - 2023 年):

- GDP 成長: 丹麥經濟大幅成長了 76%。
- 能源消耗: 同期的總能源消耗反而下降了 15%。
- 碳排放: 溫室氣體排放量大幅減少了 48%。
- 水資源消耗: 減少了 40%。

這組數據對彰化縣具有極大的啟示意義。彰化擁有龐大的製造業聚落, 常面臨「拚經濟」與「顧環保」的兩難。丹麥經驗證明, 透過提升能源效率與產業升級, 我們確實可以在降低環境負擔的同時, 創造更高的經濟產值。

We have increased GDP by 76%

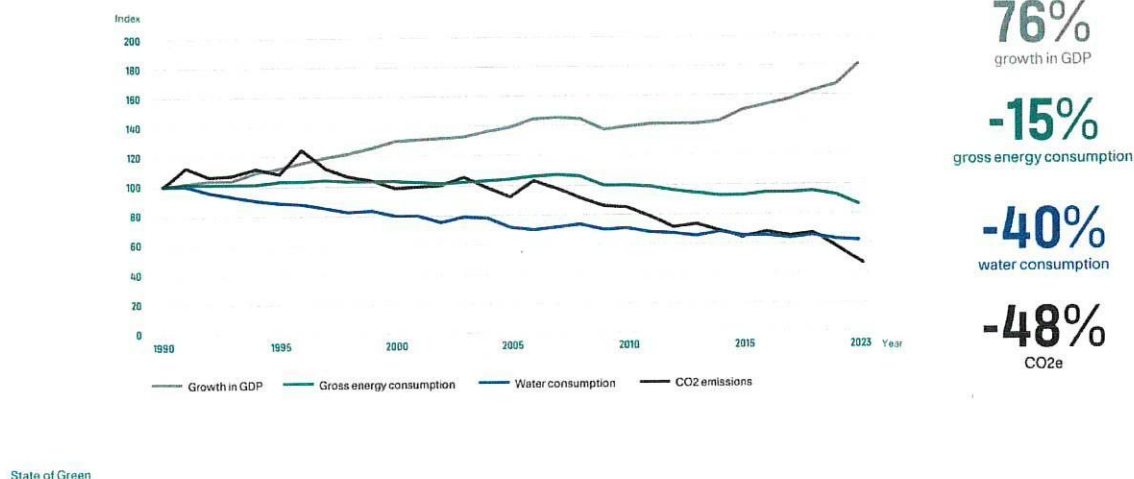


圖 3-3 經濟成長與碳排放的絕對脫鉤

3.3 五十年的轉型

丹麥的綠色轉型成功也是經歷過很長的歷程，如圖 3-4，過去 50 年的政策軌跡如下：

- 1970 年代：第一次石油危機導致當時幾乎 100% 依賴進口化石燃料的丹麥出現嚴重能源緊缺，引發社會對能源未來的廣泛討論。
- 1980 年代：因民眾強烈反對，丹麥議會承諾不在國內發展核能，轉而集中發展風電。政策聚焦於能源多樣化與能源效率。
- 1990 年代：制定更嚴格的環境法規，並開始在歐盟發揮影響力。1991 年建成歐洲第一個海上風電場；1997 年通過北海油田實現能源自給自足。
- 2000 年代：離岸風電規模化，並將廢棄物視為資源。
- 2010 年代：確立 2050 淨零願景，開始因應極端氣候進行調適。
- 2020 年代：全面邁向循環經濟(Circular Economy)。



圖 3-4 過去 50 年的政策軌跡

不只是時程漫長，更是需要各方合作與努力，如圖 3-5，講者提出綠色轉型推動者的六大面向：經費支援、廣泛的政治同意（跨黨派合作）、公私協力、公正轉型、社會協作、研究與發展。講者特別強調跨黨派、跨世代的長期政治承諾的重要性，這是綠色轉型成功與否的絕對關鍵。

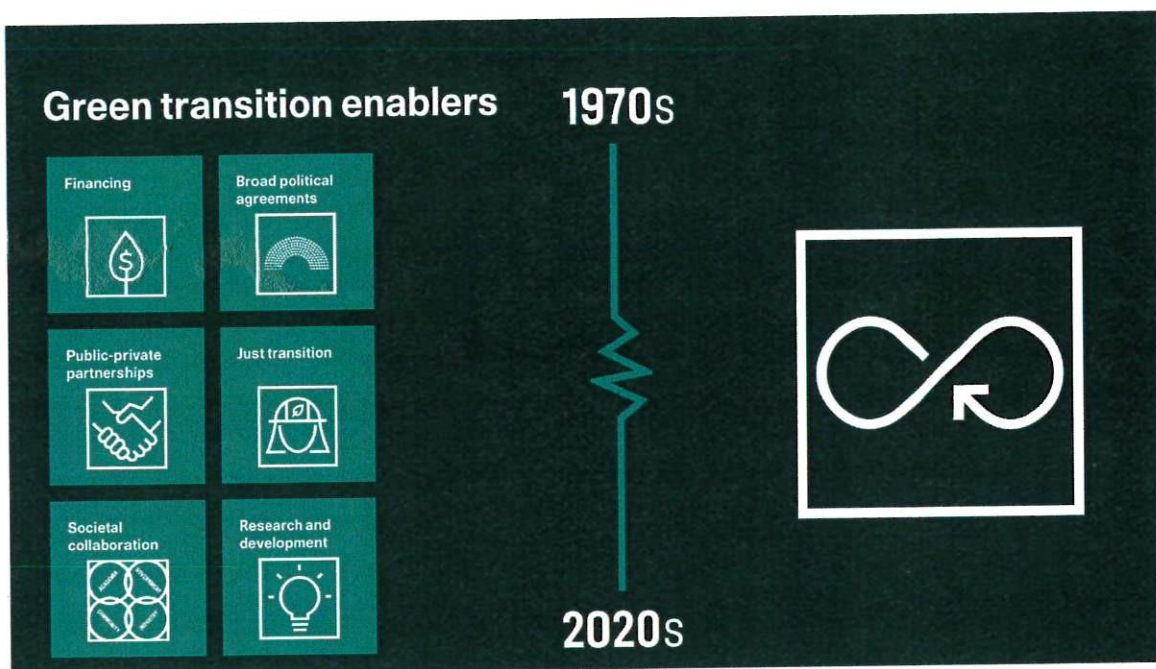


圖 3-5 綠色轉型推動者的六大面向：經費支援、廣泛的政治同意（跨黨派合作）、公私協力、公正轉型、社會協作、研究與發展

3.4 公私協力

本次考察的 State of Green 是一個非營利機構，成立於 2008 年，是為了協助丹麥政府籌備 2009 年哥本哈根第 15 屆聯合國氣候變化大會，大會後轉型為中立平台，傳達丹麥在綠色發展上的經驗與聲音。

這是一個完美的公私協力典範，如圖3-6所示，其公私協力的組織包含：公部門/商業組織、策略夥伴、合作夥伴等。

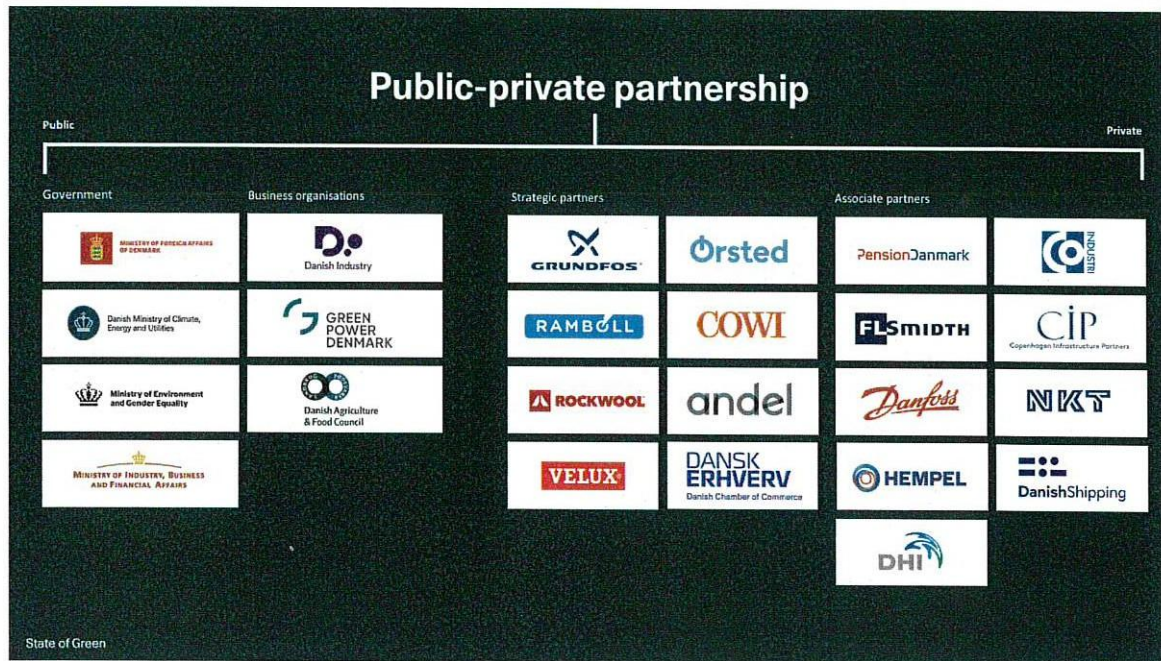


圖 3-6 其公私協力的組織包含：公部門/商業組織、策略夥伴、合作夥伴等

公部門跨了多個單位，包括外交部、氣候能源與公用事業部、環境部、以及工業商業與財政部，弗雷德里克國王更擔任其贊助人，提升國際能見度。超過一半資金來自丹麥政府的上述四個部門。

有三個創始商業協會，包含丹麥工業聯合會(DI)、Green Power Denmark(專注綠色電力)、丹麥農業和食品委員會。

而戰略夥伴不乏 Ørsted(沃旭)、Vestas(維斯塔斯)、Danfoss(丹佛斯)、Grundfos(葛蘭富)、Ramboll 等世界級龍頭企業，也是他們企業贊助的來源。Pension Denmark(養老金公司)也提供贊助，希望藉由投資綠色項目，提高知名度。

這樣的團隊架構，讓 State of Green 展現與代表了丹麥綠色產業鏈的完整實力，更成為丹麥政府重要的宣傳管道。

台灣不斷地提倡產官學合作，也有許多協會致力於資源整合，反倒可參考State of Green 的觀念，如何致力成為「單一入口」(One-Point Entry)。如圖 3-7，在公領域（政府、大學、公部門、基金會）與私領域（公司、工會、商業組織、金融機構）中，擔任交集與整合的單一入口，確實可做為彰化產官學合作的學習模式。

Bridging the green gap between the public and private sector

We are the one-point entry to both the public and the private sector, gathering state-of-the-art green knowledge and solutions from Denmark.

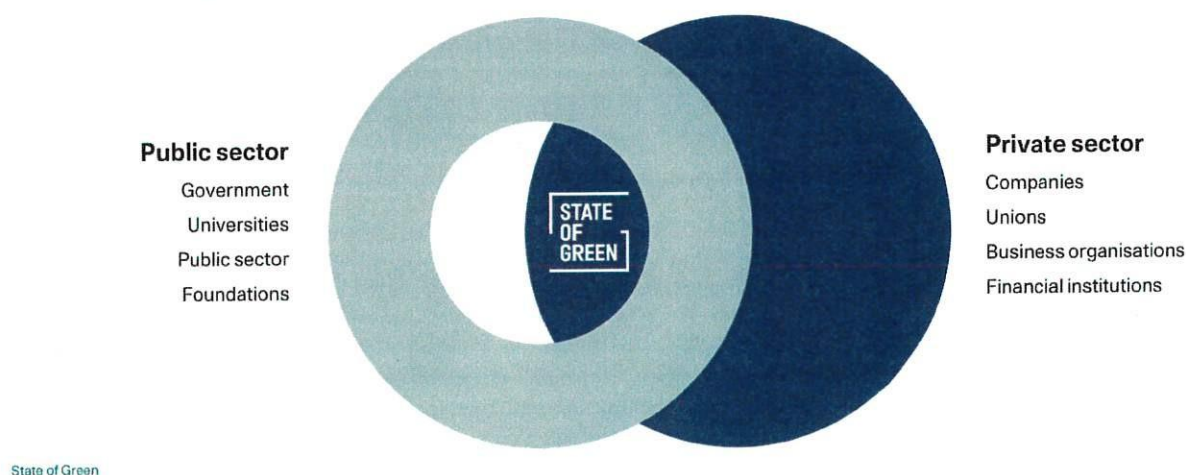


圖 3-7 State of Green 在公與私領域中的擔任單一入口

對於國際合作夥伴而言，尋找綠色解決方案往往面臨資訊破碎的問題，State of Green 整合了超過 600 家丹麥解決方案供應商，並展示了超過 1700 個實際案例(參考圖 3-8)。無論是風電技術、水處理設備還是區域供熱系統，透過這個單一入口，就能直接媒合到對應的政府單位、企業或學術機構，成為丹麥的綠能推動的重要一環，也加速相關之期程。

這對彰化縣政府未來的招商引資或產業輔導具有極佳的參考價值：我們是否也能建立一個整合性的窗口，將彰化的風光電優勢與在地供應鏈打包行銷？

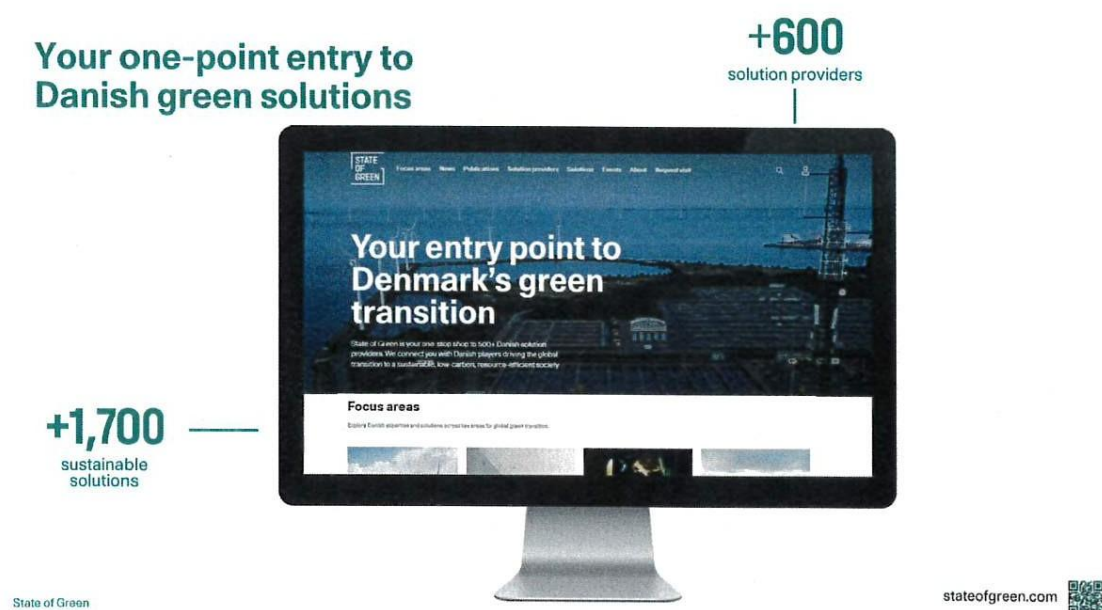


圖 3-8 State of Green 整合超過 600 家供應商，並展示超過 1700 個案例

除了單一窗口服務，State of Green 還負責接待國際代表團，每年約 200 團，以亞洲代表團數量最多。也代表丹麥參與國際活動，如聯合國氣候變化大會(COP)、紐約氣候週等，並與丹麥工業聯合會合作安排展館與活動。

3.5 執行成果的數據展現

丹麥的綠色轉型不僅是口號，更落實在各個具體的相關領域。簡報中列出了多項令人印象深刻的指標數據與規範，這些都是彰化可以參考的具體方向。以下依序列出數點。

如圖 3-9，在產業端，自 1990 年以來，丹麥成功將工業能源強度大幅降低了 50%，這顯示其經濟成長已與能源消耗達成有效脫鉤。而在公共部門，丹麥政府更是身體力行，自 2006 年至 2022 年間，國家機構的能源消耗精減了 18%。這種「由內而外」的減碳路徑，不僅強化了國家的能源韌性，更為產業與民間建立了極具說服力的實務標竿。

Energy efficiency

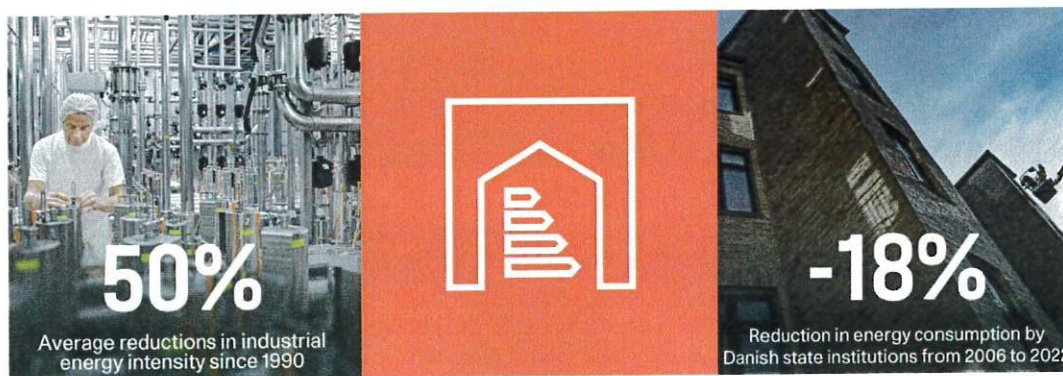


圖 3-9 丹麥在推動能源轉型上的卓越進程

丹麥在水資源領域展現了令人驚嘆的治理能力。如圖 3-10，其供水系統達到 100% 依賴地下水，且在不經過化學處理的情況下即可直接飲用，這反映了對於水源保護的完整性。更厲害的是，透過智慧監測與精密管理，將全國水損率控制在極低的 6%，減少 1% 的漏水，不

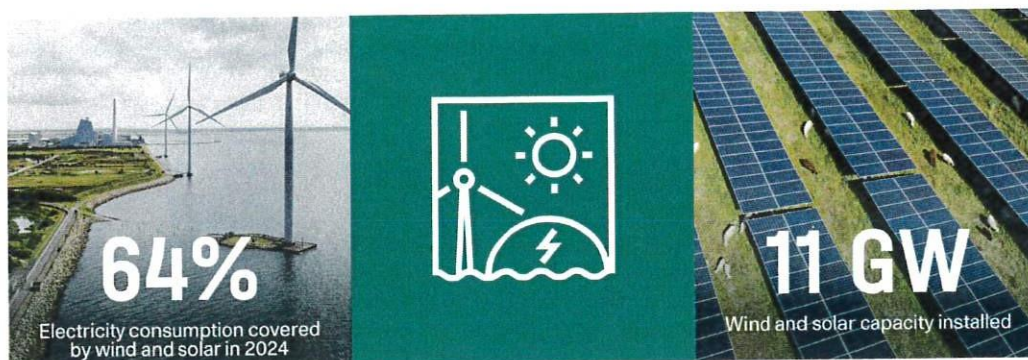
只是省下水，更省下了背後龐大的抽水與加壓電力的能源支出。相較之下，台灣許多地區的漏水率仍處於兩位數，丹麥的相關水監測與管理技術，確實值得台灣學習。



圖 3-10 丹麥的低水損

透過明確且持久的政策與基礎設施投資，再生能源已成為丹麥國家電網的穩定支柱。如圖 3-11，丹麥 64% 的電力消耗已由風能與太陽能完全覆蓋。這不只是數據的領先，更象徵著國家供電系統已成功適應高比例的間歇性能源。支撐這項成就的，是高達 11 GW 的風力與太陽能裝置容量。相較之下，台灣現有再生能源佔比約 12%，還有很長的一條路要走。

Renewable energy



State of Green

圖 3-11 2024年丹麥11GW裝置容量的太陽能與風力發電，占了電力消耗的64%

3.6 結論 彰化能做什麼

參訪 State of Green 後，對於丹麥的綠能發展有更深刻的了解，了解其運作模式與技術數據後，韋達認為針對彰化縣的現況，可有兩個具體方向：綠色平台與公部門指標宣示。

綠色平台

彰化擁有全台最優質的離岸風場與充足的太陽光電，但目前的能量多停留在發電端，對在地貢獻有限。如圖 3-12，韋達在第三次定期會曾提出，彰化縣應設立自己的綠電平台，協助在地企業對接綠電需求，將彰化的綠電優勢轉化為產業的淨零競爭力。進一步，我們更應效法丹麥，建立一個常設性的綠色轉型平台，如同 State of Green 作為一個「一站式平台」，

串聯了政府機關、研究機構與民間企業，將零散的技术轉化為可對外輸出的解決方案，綠能轉型不能單打獨鬥。

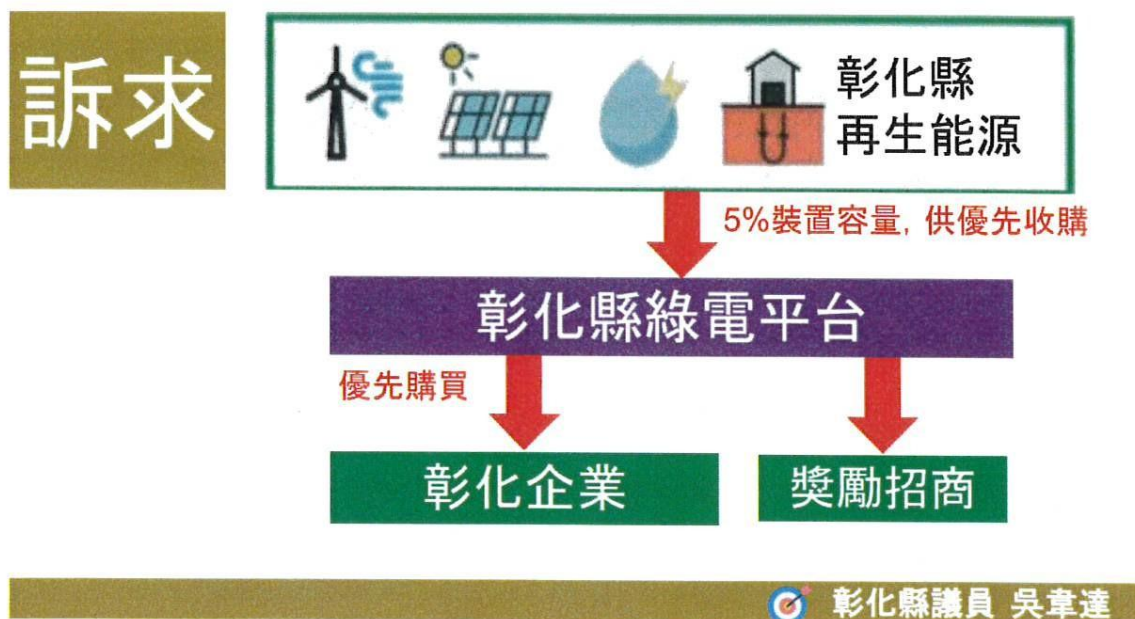


圖 3-12 彰化縣綠電平台構想，於第 20 屆第三次定期會總質詢

公部門指標宣示

丹麥政府機構在 16 年內減少了 18% 的能耗，這不是單純的口號，而是透過嚴格的指標化管理實現，公部門應承擔更積極的示範責任。

彰化縣府應設立且可達成之「政府節能減碳白皮書」。參考丹麥將氣候行動制度化的做法，縣府應每年公布公部門節電、節水數據，並在公共建築中擴大導入儲能與智慧調度系統，讓公家單位成為韌性電網的實踐標竿。

本次參訪 State of Green, 最大的收穫在於看見, 從願景到透過數據與組織執行落實。如圖 3-13, 丹麥用 76% 的 GDP 成長與 -48% 的碳排, 證明了綠色轉型不被經濟發展綁架。

彰化擁有得天獨厚的風場與光電資源, 我們不應只滿足於作為綠電的生產基地, 更應學習丹麥的系統性思維, 將這些綠能資源轉化為推動在地產業升級。透過建立強而有力的公私協力夥伴關係, 彰化絕對有潛力成為台灣綠色轉型的模範城市。

第四章 畜牧技術升級與永續

農工並重的彰化縣，是台灣的農業與中小企業的重要發展地區，土地長期以來承載著台灣糧食安全與工業發展的要務。如表3-1，在畜牧方面，我們彰化孕育了全台最多的蛋雞、乳牛，養豬也占了極高的占比，畜牧業的高度發展模式，在面對土地資源有限、與居住地相鄰及日益嚴格的環保法規時，正面臨前所未有的挑戰。

畜禽類別	飼養數量	溪洲焚化廠(2024 Q4)
豬	75.4萬	14.9%
蛋雞	2,164.6萬	46.4%
乳牛	32,760	21.91%

表 4-1 彰化縣主要禽畜統計，牛雞資料來源：114Q3畜禽飼養場數及在養量比較，農業部。

豬資料來源：114年5月底養豬頭數調查報告，農業部。

長期以來，畜牧業一直是臺灣地方經濟的重要支柱，提供了穩定的民生物資與農民生計。但隨著環境意識抬頭與居住環境擴張，傳統的畜牧廢水排放模式已成為當前環境治理的極大挑戰。當未經妥善處理的廢水直接進入排水系統，那股揮之不去的惡臭，成為在地居民長期以來的夢魘，甚至引發產業與民眾之間的對立。

許多人致力於改善東螺溪水體，同時也推動社區活化發展，好不容易迎來縣府推動畜牧廢水集中處理廠，希望能透過規模化、專業化的處理，來解決汙染與惡臭。但又面臨關鍵技術與資金不足與民眾陳抗等問題。

韋達認為畜牧產業的技術提升、畜牧產業分工化、禽畜糞廢水資源化，是我們彰化急需要再推動的部分。因此去年與縣府到荷蘭參訪畜牧廢水的沼氣回收廠，今年與縣府到丹麥參訪農業大學、畜牧設施等，希望能夠借鏡國際經驗，轉化為在地可行方案。

丹麥人口約585萬、國土面積與台灣相近，同樣是農業出口大國，其豬肉出口佔全球舉足輕重的地位，乳製品更是享譽國際，是一個極具啟發性的觀摩對象。帶著這些期待，前往歐登塞的 Dalum Academy of Agricultural Business (達勒姆農業商務學院) 拜訪。

更有意義的是，如圖 4-1 縣府委託我擔任此趟農業參訪的翻譯，為了確保技術交流的精確度與深度，我利用交通與工作上的零碎片段，除了背農業的專業術語，總共看了該學校八個小時左右的線上課程。快速高強度的惡補，對我是一種成長，也更能精準掌握丹麥在農業技術與永續發展上的細節邏輯，並能針對關鍵數據進行深度的雙向交流。確保了本報告所引用資訊的精確性，也讓「彰化與丹麥的對話」更具實質意義。



圖 4-1 擔任翻譯的現場照片

出發前，韋達先設定兩個需要改善的目標。人才斷層：彰化農業環境面臨嚴重的高齡化與缺工問題。想了解丹麥如何透過教育體系，吸引年輕人投入農業，並將他們培養成具備國際競爭力的「農業經理人」。效率與環保的兩難：台灣養豬業常認為環保法規會增加成本，甚至降低競爭力。為何丹麥能在執行全球最嚴苛環保標準的同時，將養豬效率推升至世界第一。

4-1 Dalum Academy of Agricultural Business

Dalum Academy 成立於 1886 年，擁有近 140 年的歷史，是丹麥歷史最悠久且規模最大的農業學院之一。它不僅是職業訓練機構，更是國家正規教育體系的一環。而自 1990 年起更提供國際課程，強調為所有層級提供專業與管理技能。

學院與台灣的合作已有十年，特別是與台灣農業單位的合作。講者 Carsten 本人已訪問台灣 13 次，合作內容包含派員至台灣為政府機構及農民進行授課與培訓，也會有台灣的青農也會到丹麥接受訓練，並到當地牧場實習。

該校擁有兩個主要校區，如圖 4-2，這次參訪的是 Odense(歐登塞)校區，位於丹麥第三大城，專注於高階農業管理教育、國際課程。這裡的學生年齡層較高(18-25歲)，學習內容涵蓋策略規劃、財務分析與領導管理。



圖 4-2 Dalum Academy of Agricultural Business 的 Odense 校區

校內飼養少量牛、馬、羊、雞等動物，用於基礎教學，只是要讓無畜牧背景學生認識動物。學院不設立大型豬場或乳牛場，而是直接與外部的商業牧場合作，他們認為需要讓學生在真實產業環境中學習，而非在校內設置示範牧場。

4-2 教育體制 三明治教育模式

丹麥的農業教育從 16 歲 的學生開始，目標是及早引導年輕人進入農業領域。農業是重要的食物生產者，應提升其在教育中的地位。Dalum 的教學採用「三明治」模式，學校學習與農場實習交替進行。

基礎農業工作者與技術農夫

約 50% 的學生來自都市，缺乏農業背景和對動物的基本認識，需要從最基礎的內容開始教學。如圖 4-3，第一階段讓學生進行一到兩個學期的基礎農業學校教育，之後到農場帶薪實習一年，再回校接受一學期的課能，畢業後可取得「基礎農業工作者」證書並選擇直接就業。雖然完成 2 至 2.5 年學習就可取得基礎農業工作者，但此證書用途有限。

多數學生會選擇繼續第二階段教育，多花一年半的時間，包含農場實習一年，然後回校上課一學期，通過考試後可成為「技術農夫」。學校會鼓勵學生去不同農場實習以獲得更多元的經驗，更要避免在自家農場實習，要學習新的而非家中既有的。學校會提供實習農場資訊，但學生仍需通過各農場的面試。

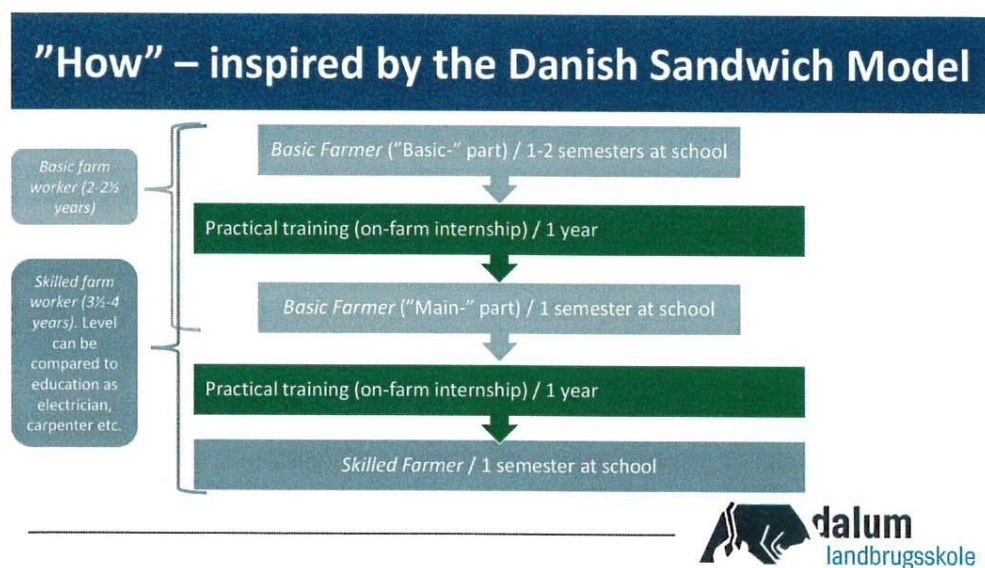


圖4-3 三明治教育模式，第一階段為基礎農業工作者，第二階段技術農夫

管理者與農場主

此階段引入人力資源管理、生產經濟學與領導統御。由於丹麥農場規模持續擴大(例如平均養豬場年產量超過 5,200 頭)，農場主不再親力親為所有雜務，而是需要管理數名至數十名員工，其中許多可能為外籍勞工。

如圖 4-4，接著還有第三階段，一年農場實習，加上一學期的生產經營的課程，就可以獲得農場經營證書，到此階段，可以受聘為農場的管理者，所擁有的能力包含生產計畫、經營分析、職員管理等。

但若要成為農場主(Farm-owner)，必須通過第四段，再次實習，然後接受農業經濟學課程，完成後才能成為農場主或者農場顧問，完成全部四階段需要六到八年半的時間，扎



圖 4-4 第三階段為牧場管理者，第四階段為農場主

實的課程訓練與多次的實習經驗，讓你成為一個全方位，從飼養到經營管理的農業從事者。這是最高階的農業職業教育，著重於戰略規劃、國際市場分析、金融工具運用及宏觀經濟趨勢。開設養豬場需大量資金，完整教育與執照是向銀行貸款設立農場的必要條件。即使是二代繼承家裡的牧場，經營者本人也必須持有此最高級別執照，否則只能將農場出售或聘請具備相應資格的專業經理人。二代承接在臺灣常見，但丹麥則強調教育合規。近年台灣在技職體系面臨招生困難，且課程多偏向園藝、食品加工，傳統農藝與畜牧科系日漸萎縮，在教育方面急需加強，以未來農牧人才的培養為目標。

農業生產與管理

Dalum的理念，如圖 4-5，農業生產需要良好的硬體與技術，包含五大核心技術：生物（動物本體）、基因／配種、生物安全、建築與冷卻設計、飼養方式；但這些技術占了成功的 30%，更關鍵的是另外 70% 的經營管理，必須透過優良的管理實踐來整合這些要素。

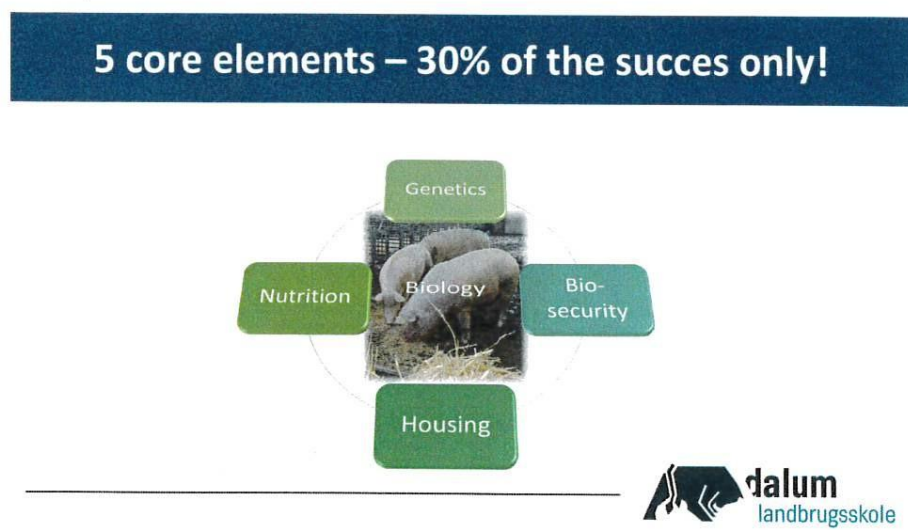


圖 4-5 農業生產的五大核心技術

如圖 4-6，管理層面其核心在於「開放資料流動」與「教育與知識交換」，以丹麥養豬戶為例，養豬人會定期組織 8 至 10 人小組，互相比較與分享養殖成果與方法，鼓勵產業內部經驗分享，避免技術封閉。甚至會將數據共享給在繁殖場、屠宰場與供應商，以利整體產業持續提升，例如繁殖場可以得到養殖場的體重與換肉率等資訊，則可以知道在配種的基因選擇優化。

Dalum的教育認為一個好的農業發展奠基於：知識、教育與良好的互動分享。



圖 4-6 農業生產的管理理念

4.3 丹麥與台灣

丹麥國土面積約 43,094 平方公里，地勢平坦，可耕種農地比例高達 60% 以上（約 260 萬公頃），是世界上農業用地佔比最高的國家之一。相較之下，台灣面積約 36,197 平方公里，但受限於多山地形，農業用地僅佔約 24%（約 80 萬公頃）。

丹麥擁有約 150 萬頭乳牛與豬隻常年飼養量約 1,100 到 1,300 萬頭。台灣則擁有約 13 萬頭乳牛與 520 萬頭豬隻。雖然丹麥的數量較高，但其人均農業用地面積遠大於台灣，這使得丹麥能夠實施嚴格的「和諧法則」(Harmony Rules)，限制每公頃土地的牲畜飼養密度。如圖 4.7，目前的標準為每公頃最多 1.7 個牲畜單位 (Livestock Unit, LSU)，約等同於 170 公斤的氮排放量。這項法規自 1980 年代實施以來，有效地防止了局部地區的養分過剩與水體優養化。這樣明確的區域總量管制確實值得彰化參考，以土地的生物負載量為限。

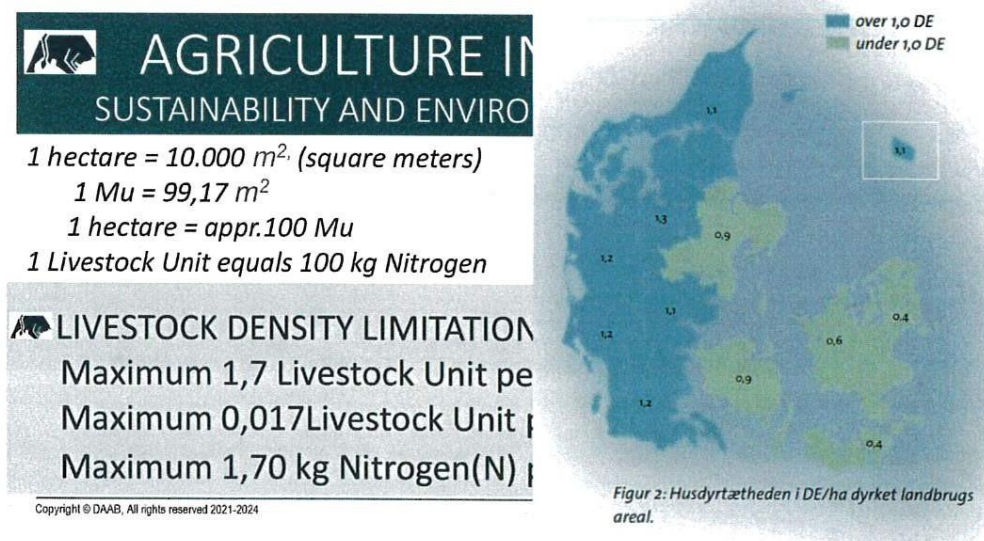


圖4.7 丹麥限制每公頃土地的牲畜飼養密度

丹麥屬溫帶海洋性氣候，年降雨量約 800 毫米，降雨分佈均勻，有利於作物生長但亦存在硝酸鹽淋溶至地下水的風險。台灣則屬亞熱帶氣候，高溫多濕且受颱風影響，這對設施農業的抗災能力有了更高的要求。

台灣迫切面臨農業勞動力老年化與人力短缺的問題，農業從業人員平均年齡偏高，且缺乏年輕新血注入。丹麥同樣面臨農場數量減少的趨勢，但通過高度機械化、自動化（如擠乳機器人、自動餵食系統）以及引進東歐勞動力來緩解衝擊。

4.4 環境政策與法規

丹麥農業的轉型並非僅由市場機制驅動，更多是來自國家層級的強勢政策限制。如圖 4-8，2020 年通過的《氣候法案》(Climate Act)確立了具有法律約束力的目標：2030 年溫室氣體排放量需較 1990 年減少 70%，並於 2050 年實現氣候中和。



圖 4-8 丹麥國家氣候行動路徑

具前瞻性的政策是2024年的「綠色三方協議」，這是一項由丹麥政府、農業組織（如丹麥農業與食品委員會）與非政府組織（如丹麥自然保護協會）共同簽署的歷史性契約，旨在徹底重塑丹麥的土地利用與農業生產模式。

如圖 4-9，丹麥農民目前正面臨極其嚴格的永續環境法規與限制。例如對肥料施用的精確控管，例如氮(N)限制在每公頃 170 kg、磷(P)限制在每公頃 35 kg，並嚴格監督廢水施灌、異味、噪音及家畜飼養密度。政府為了保護水域環境並應對氣候變遷，將農業對周邊居民的影響與碳足跡納入規範。

丹麥更全球首創農業碳稅，將成為世界上第一個對農業生物過程排放（如反芻動物的甲烷排放）徵收碳稅的國家。自2030年起，每噸二氧化碳當量(CO₂e)徵收 40 歐元，至2035 年提高至 95 歐元）。但為避免產業崩潰，仍保留一些緩衝措施，農民將享有60% 的基礎扣除額，主要是希望提供轉型誘因，而非懲罰性收費。

DANISH FARMERS ARE TODAY, EXPOSED TO STRICT LEGISLATION
ON USE OF NUTRIENTS AND APPLICATION OF ORGANIC FERTILIZERS

- **SUSTAINABLE APPROACH**
- NITROGEN(N): Max. (1,7 kg N/Mu) 170 kg N / ha
- PHOSPHOROUS (P): Max (0,35 kg P/Mu) 35 kg P / ha
- SMELL, NOICE, TRAFFIC
- SLURRY APPLICATION
- AQUATIC ENVIRONMENT, NUTRIENTS AND PESTICIDES
- URBAN DWELLINGS NEARBY
- LIVESTOCK DENSITY, LOCAL, REGIONAL, NATIONAL
- CARBON FOOTPRINT- **CARBON TAX : 2030 ->2035 (40€ -> 95€)**

DO WE SEE RESULTS ?

Niels Erik Jespersen International Relations Officer-nej@dalumt.dk

dalum
landbrugsskole
ACADEMY OF AGRICULTURAL BUSINESS • DENMARK

圖 4-9 丹麥農民目前正面臨極其嚴格的永續環境法規與限制

主講人也忍不住偷偷抱怨，如圖 4-10，比起農業上的超嚴格控管，其實還有許多其他碳排放更值得關注，但就現實面，儘管丹麥 60% 的土地是農地，但從事農業的人口僅佔 2%，在選舉投票上，他們是極度弱勢，也常常成為政策下的犧牲者。

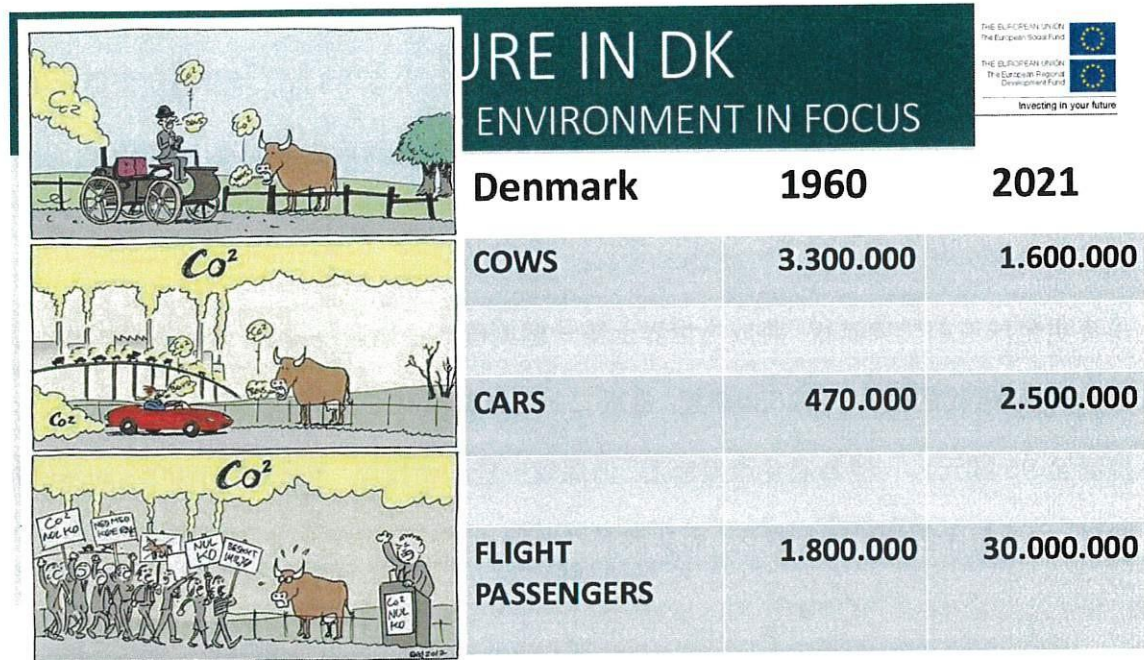


圖 4-10 比起高嚴格標準的農業規範，有其他層面的碳排放管制更該加嚴

4-5 養豬產業的永續轉型

丹麥養豬業以其極致的效率聞名於世，如圖 4-11，丹麥母豬平均每年產豬數(PSY)超過 34 頭，頂尖農場甚至能達到 40 頭以上，這在遺傳育種與飼養管理上均處於世界領先地位。

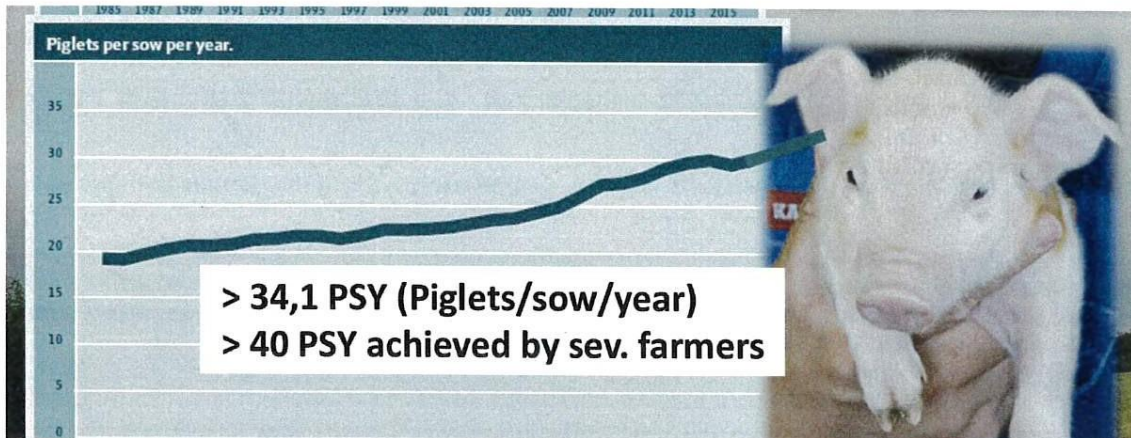


圖4-11 母豬生產效率趨勢圖

丹麥主要的肉品加工合作社「丹麥皇冠」(Danish Crown)推出了「氣候足跡」計畫，目標是在 2030 年將每公斤豬肉的碳足跡較 2005 年減少 50%。這是一項強制性的供應鏈管理措施，所有簽約農戶必須參與。

該計畫基於生命週期評估方法，具體數據顯示：飼料(Feed)佔豬肉碳足跡的 65-70%，可以藉由提高飼料轉換率與採購無毀林風險的大豆來達到減排。糞便約佔 17%，可透過優化豬舍設計與糞便處理技術來減少甲烷與氨氣排放。

4.6 乳牛場參訪

如圖 4-12 所示，本次考察特別安排走訪了座落於米德爾法特(Middelfart)地區的 Ulvsbjerggaard 專業乳牛場。該場目前規模化飼養了約 320 頭高品質的澤西牛(Jersey cows)，此品種以其優異的乳脂率與飼料轉換效率聞名。在參訪過程中，我們深入觀察到該場如何透過精準的品種選育策略，並結合現代化的自動化管理設備與數據監控系統，極大化生產效率與牛隻福利。這不僅具體展示了丹麥乳業在畜牧選種上的前瞻性思維，更體現了其將尖端科技與傳統畜牧業完美融合的獨到之處，為永續乳業的經營模式提供了極具價值的參考典範。



圖 4-12 參訪 Ulvsbjerggaard 乳牛場

該牧場主要飼育的品種為被譽為「乳牛界皇后」的澤西牛，如圖 4-13，其外型優雅且體型較為精緻，成年體重僅約 500 公斤左右；相較之下，一般常見的荷斯坦牛(Holstein)體型明顯較大，體重通常落在 600 至 700 公斤之間。

正因為澤西牛體型較小，其生理維持所需的能量需求相對較低，這使得牠們能更有效率地將攝取的飼料資源，轉化為乳脂肪與乳蛋白等關鍵的乳固形物。相關研究數據進一步證實，澤西牛在每單位乾物質攝取量下，所產出的能量校正乳(ECM)表現明顯優於荷斯坦牛，展現出極佳的生產轉換效益。

從空間利用率的角度來看，在相同的牛舍建築空間內，飼育澤西牛能產出更高的乳脂肪與蛋白質總量，這種高經濟密度的生產特性，對於土地資源有限且建築成本高昂的丹麥與台灣而言，顯得尤為重要且具有實務參考價值。

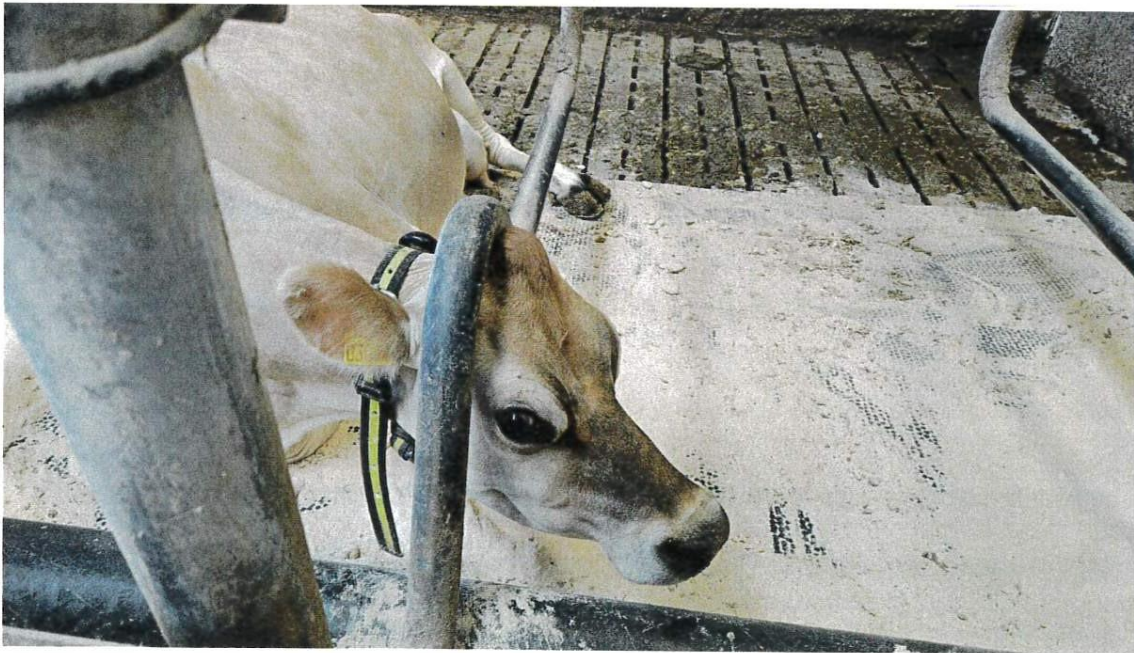


圖 4-13 澤西牛被稱為「乳牛界的皇后」，外型美麗

牧場主簡單介紹整個牛舍的設施，牛舍底部設有 1.2 米深的糞便槽，如圖 4-14，糞便會從地板縫隙中藉由踩踏掉落，並輔以自動刮刀，每天清理一次，確保環境乾淨。設有刷毛機(類似刷皮鞋之機器) 主要用於抓癢與清潔，牛隻可自行使用。



圖4-14 糞便會從地板縫隙中掉落，並輔以自動刮刀

行為異常牛隻會被自動分流至觀察區，接受特別照顧(如抗生素、人工授精、獸醫檢查等)。關於小牛管理，母牛產後可與小牛相處至少 12 小時，並強調初乳的重要性，初乳僅供小牛飲用。小牛出生後兩個半月以初乳為主，之後逐漸轉為飼料。

自動擠乳機

牧場主現場演示自動擠乳機運作，丹麥約 40% 乳牛使用類似設備。系統根據牛隻過往數據預估產乳量，並以感應器控制牛隻進入次數，避免牛隻因貪食擠乳機提供的精料而過度取食。牛奶擠出後會迅速降溫至 3-4 度，確保品質。每日產乳量約 4-8 噸，乳品公司每兩天收集一次，以降低運輸成本。

牛的糞尿經過厭氧發酵系統，沼液(slurry)由專車從運送至牧場的儲存槽，再由小型車輛(拖拉機)抽取至農田灌溉。此轉運站的設置是為了方便大型運輸車輛在道路上行駛，而小型車輛則負責將發酵液運送至田間。

牛隻繁殖與性別篩選

丹麥普遍使用性別篩選精液(sexed semen)，提高母牛出生率至96%。澤西牛的公牛因體型小，作為肉牛不划算，出生後多直接淘汰。若母牛多次未受孕，則以安格斯種公牛進行配種，產下的後代將作為肉牛出售，以確保母牛能再次懷孕並泌乳。牛隻的生產多為自然生產，僅在預產期前兩週隔離，減少壓力。

第五章 結論

「農業的競爭力，核心不在土地，而是在人。」這是本次造訪 Dalum Academy of Agricultural Business 最深刻的體悟，無論是 CopenHill 的設計師如何以人為本創造出鄰里友善的公共空間，或是 State of Green 如何整合產官學界的資源，我認為丹麥的成功並非僅靠先進的機器設備，而是源於對「人才教育」與「社會共識」的高度重視。

本次考察的三個重點場域，分別給予了彰化三個重要的啟示：

1. 設施共融，鄰避變鄰利：Amager Bakke 證明了焚化爐透過美學設計、透明的資訊公開以及回饋社區的休閒設施，鄰避設施也能成為城市的驕傲。彰化的溪洲焚化爐未來在整改或新建時，應大膽導入此類思維，甚至將封閉的廠區轉化為開放的環境教育場域與生態公園。
2. 平台整合：State of Green 展現了國家隊的力量。面對綠色轉型，單打獨鬥極為困難。彰化擁有得天獨厚的風光電資源與產業鏈，縣府應扮演更積極的整合角色，建立類似的綠能平台，將在地零散的資源串聯成完整的解決方案，對內協助產業轉型，對外進行招商引資。
3. 知識農業與教育：丹麥農業的強大建立在紮實的職業教育與數據管理共享上。台灣農業常面臨「看天吃飯」與「勞力密集」的困境，我們應參考丹麥的「三明治教育」與「農場經理人」制度，提升農業從業人員的專業地位與管理能力，進而讓農業成為年輕人願意投入的高科技產業。

丹麥用了五十年走到今天，彰化或許無法一蹴集成，但我們可以在 AI 世代加速前進。從垃圾變黃金的循環經濟，到綠電與產業共榮的政策引導，再到培育下一代的青農，這是一場涉及技術、制度與文化的全面轉型。

期待未來的彰化，垃圾處理廠能成為市民假日攀岩溜小孩的好去處；中小企業能藉由買到在地生產的綠電來提升國際競爭力；而我們的農田裡，是受過專業訓練的青年農夫，用數據與科技守護著打造彰化農業 4.0。這不僅是願景，而是我們透過這次考察所看見，確切可行的未來。