

出國報告(出國類別：開會)

出席「臺加氫能訪問團暨參加氫能交流會議與加拿大
碳捕捉大會」報告

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：黃子成 副處長

派赴國家：加拿大

出國期間：112年9月10日至112年9月18日

報告日期：112年11月6日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：出席「臺加氫能訪問團暨參加氫能交流會議與加拿大
碳捕捉大會」報告

頁數：33 頁含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司/翁玉靜/(02)2366-
7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

黃子成/系統規劃處/副處長/02-2366-6891

出國類別：開會

出國期間：112 年 9 月 10 日至 112 年 9 月 18 日

出國地區：加拿大溫哥華、愛德蒙頓及渥太華

報告日期：112 年 11 月 6 日

分類號/目

關鍵詞：氫能、碳捕捉、碳封存

內容摘要：(200~300 字)

本次出國計畫係配合能源署於 9 月 10 日至 18 日組團出訪加拿大，以促進臺加雙方於氫能及碳捕捉領域之交流與合作、雙方推動現況及未來規劃之相互瞭解。訪問團除拜會當地官方單位及參訪氫能相關業者、舉辦「臺加氫能圓桌會議」外，並同時赴愛德蒙頓參加「加拿大碳捕捉大會」。

氫能為實現淨零排放目標的關鍵要素。鑒於加拿大於氫能發展已有豐富經驗，且積極拓展氫能應用及相關技術，未來可成為我國再生能源發展及邁向淨零碳排的重要合作夥伴。此行與加方交流推動實務面所面臨之挑戰與做法，蒐集加拿大再生能源趨勢及淨零碳政策從中汲取經驗與知識，作為未來國內政策規劃與技術研發之參考。本次參訪除技術交流，亦深化雙方合作關係及促進我國產業發展。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網(<http://report.gsn.gov.tw>)

目錄

一、目的及行程紀要	3
(一) 目的	3
(二) 行程紀要	3
二、訪問團行程及工作內容	4
(一) 參訪行程	4
(二) 我方代表團成員	5
(三) 參訪紀要	7
三、結論與建議	31

圖目錄

圖 1、臺加氫能煤合會議照片	7
圖 2、大氣中直接捕獲 CO ₂ 的技術示意圖	8
圖 3、Carbon Engineering 工廠.....	9
圖 4、參訪 Svante 公司.....	11
圖 5、拜會加拿大氫能與燃料電池協會	12
圖 6、天然氣生產國排名	14
圖 7、加拿大天然氣生產量資料.....	14
圖 8、拜會亞柏達省能礦資源部合影	14
圖 9、參觀加拿大碳捕捉(Carbon Capture Canada)展會 .	16
圖 10、愛德蒙頓戰略優勢圖	18
圖 11、Edmonton Region Hydrogen Hub 成員。	20
圖 12、愛德蒙頓地區氫能中心所展示圖	21
圖 14、台灣訪問團代表簡報	23
圖 15、C-FER Technologies 代表簡報	23
圖 16、CanmetENERGY Research Centre 合影.....	31

表目錄

表 1、臺加氫能圓桌會議議程	28
----------------------	----

一、目的及行程紀要

(一)目的

本次出國計畫係配合能源署「臺加氫能訪問團」於 9 月 10 日至 18 日出訪加拿大，參加「加拿大碳捕捉大會」、辦理「臺加氫能圓桌會議」以及拜會能源政策相關政府單位與業者，透過實地參訪交流汲取加拿大於再生能源政策、淨零排碳政策及產業技術之實務經驗，提供及結合國內發展需求以協助我國相關領域之策略規劃。

加拿大為世界上天然資源豐富國家之一。能源署為促進臺加雙方於氫能及碳捕捉領域之交流與合作，本訪問團團員成員除能源署外，並邀請台灣中油公司、財團法人金屬工業研究發展中心、財團法人工業技術研究院(綠能與環境研究所、量測技術發展中心)、台灣綜合研究院、中鋼公司、宏盛科技公司及台電公司參加。另外由經濟部駐加拿大代表處、外交部駐溫哥華辦事處、加拿大駐台北貿易辦事處、亞伯達省駐台辦事處及加拿大 British Columbia 台灣辦事處等機構協助安排當地參訪單位。

(二)行程紀要

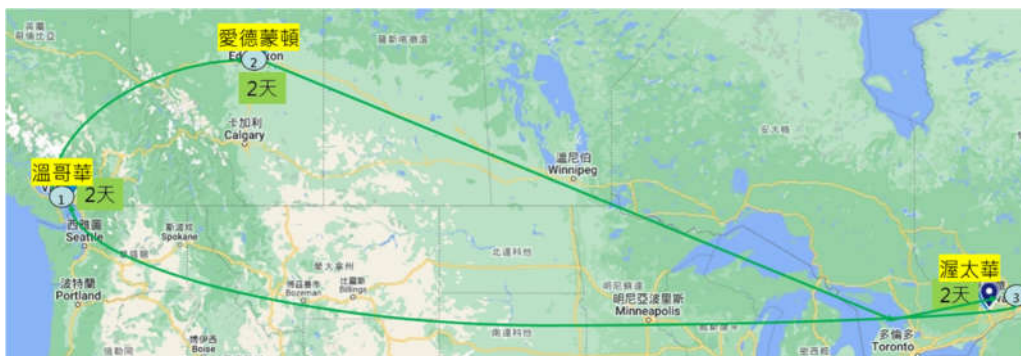
此行摘要任務有於溫哥華參加「氫能媒合會議」、於愛德蒙頓市參加「氫能產業交流會議」、「加拿大碳捕捉大會」及於渥太華舉辦「臺加氫能圓桌會議」。另外包含參訪加拿大氫能產業、政府單位、研究機構等，以增進臺加雙方於再生能源領域相互瞭解並拓展未來合作機會。安排參訪單位包含 Carbon Engineering、Svante、Canadian Hydrogen and Fuel Cell Association、Albert Ministry of Energy and Minerals、Alberta Industrial Heartland、Edmonton Global、Edmonton Region Hydrogen Hub、C-FER Technologies、Natural Resources Canada、National Research Council Canada 及 CanmetENERGY Research Centre 等

組織。

二、訪問團行程及工作內容

(一)參訪行程

本次出訪加拿大於溫哥華、愛德蒙頓及渥太華 3 大城市進行會議及參訪，詳細行程如下所示：



時間	行程	地點
9月10日(星期日)		溫哥華
晚上	臺灣飛往加拿大溫哥華	
	19:45 抵達溫哥華	
9月11日(星期一)		溫哥華
08:30- 13:30	臺加氫能媒合會議	
14:30- 17:30	參訪 Carbon Engineering	
9月12日(星期二)		愛德蒙頓
10:00- 12:00	參訪 Svante 公司	
12:00- 14:00	拜會駐溫哥華辦事處	
14:00- 15:30	臺加氫能產業交流會議 Canadian Hydrogen and Fuel Cell Association	
19:10- 21:44	溫哥華飛往愛德蒙頓	
9月13日(星期三)		愛德蒙頓
10:00- 11:15	拜會 Energy and Minerals	

時間	行程	地點
12:30-14:15	加拿大碳捕捉大會	
15:00-16:15	Alberta Industrial Heartland (AIH)	
17:00-18:00	拜會 Edmonton Global 和 Edmonton Region Hydrogen Hub	
9月14日(星期四)		渥太華
09:30-11:30	參訪加拿大 C-FER 公司	
11:30-23:00	愛德蒙頓飛往多倫多轉機渥太華	
9月15日(星期五)		渥太華
09:00-12:00	臺加氫能圓桌會議 (Natural Resources Canada, National Research Council Canada)	
13:30-17:00	參訪 CanmetENERGY Research Centre	
9月16日(星期六)		渥太華
上午	內部工作會議	
下午	集合前往機場	
18:15-20:38	渥太華飛往溫哥華轉機	
9月17日(星期日)		
02:00	溫哥華飛往臺灣	
9月18日(星期一)		
05:20	05:20 抵達臺灣	

(二)我方代表團成員

代表團由經濟部能源署李君禮副署長擔任團長，產官學研團員共 20 位。

	單位	姓名	職稱
1	經濟部能源署	李君禮	副署長
2	經濟部能源署	陳崇憲	再生與前瞻能源發展組 組長
3	加拿大駐台北貿易辦事處	陳幼欣	生命科學、能源與環保商務經理
4	亞伯達省駐台辦事處	陳麗安	代表

	單位	姓名	職稱
3	台電	黃子成	系統規劃處 副處長
4	中油公司	王逸萍	企研處處長
5	中油公司	張仁耀	煉製研究所副所長
8	中鋼公司	林佩勳	正研究員
9	台灣綜合研究院	陳建緯	副院長
10	金屬工業研究發展中心	蔡修安	檢測技術發展組 副組長
11	工研院量測中心	吳鴻森	標準與永續工程計量技術組 副組長
12	工研院綠能所	張文昇	低碳與儲能技術組 組長
13	工研院綠能所	周思廷	再生能源專案室 經理
14	宏盛科技股份有限公司	許正岳	總經理
15	駐溫哥華辦事處	劉立欣	處長
16	駐溫哥華辦事處	陳淑姿	副處長
17	駐溫哥華辦事處	夏念廷	秘書
18	駐加拿大代表經濟組	劉志宏	組長
19	駐加拿大代表經濟組	褚泓毅	秘書
20	駐加拿大代表經濟組	陳重江	秘書

(三)參訪紀要

1. 臺加氫能媒合會議

■時間：9月10日 09:00-12:30

HTEC 公司主要業務分為三部分，包括氫氣生產及液化設施、加氫站及供氣系統與針對以氫氣為燃料的車輛載具技術支援運輸方案。該公司為加拿大第一個設立加氫站的公司，於 2018 年 6 月對外提供服務。目前在加拿大境內有 5 座加氫站，3 座在 Mainland、一座在 Vancouver Island、最新的一座設置在 Kelowna, B.C. 的高速公路休息站。



圖 1、臺加氫能媒合會議照片

2. 參訪 Carbon Engineering

■時間：09月11日 13:30-16:30

■加方會談人員：

- Paul Kennedy, VP of International Business Development, Carbon Engineering
- Cole Caswell, Senior Analyst, Carbon Engineering

■會議紀要：

Carbon Engineering 成立於 2009 年，該公司發展以直接從大氣中捕獲 CO₂ 的技術(Direct Air Capture, DAC)，未來係以開發百萬噸級規模設備並將其商業化的技術為目標。目前在 British Columbia Squamish 設有研發及示範中心(R&D)，碳捕捉量每年約 1000 噸。

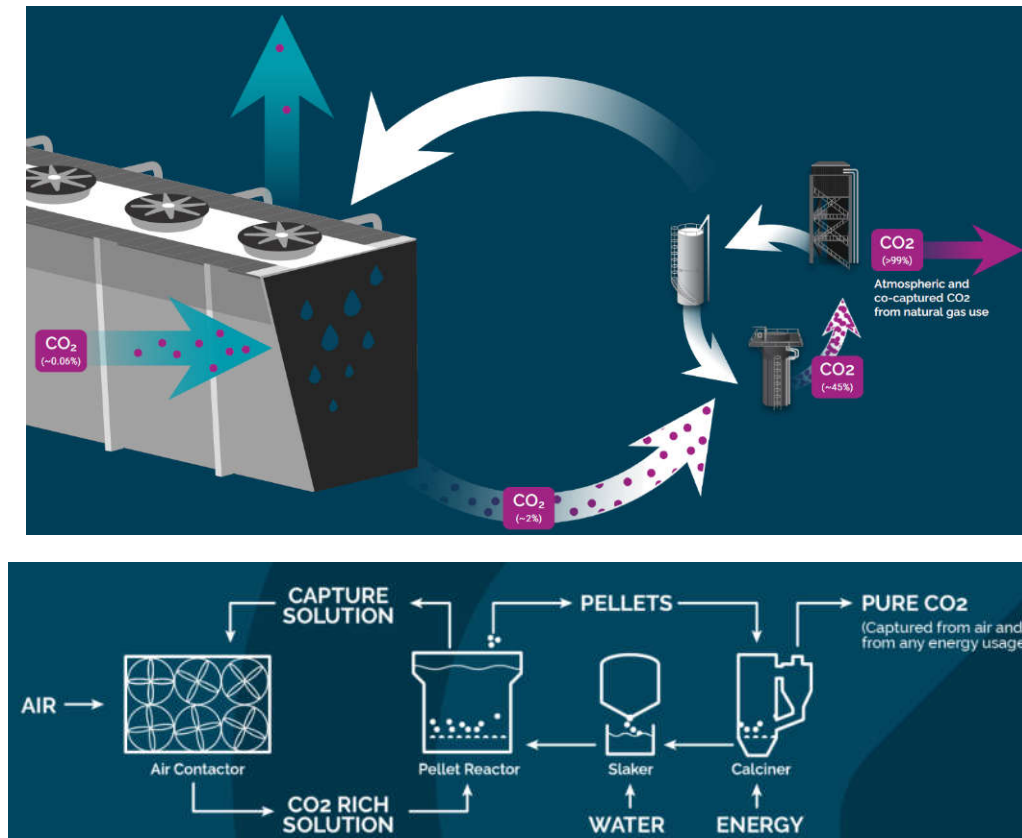


圖 2、大氣中直接捕獲 CO₂ 的技術示意圖

Carbon Engineering 採用之 DAC 技術過程包含：

Step1：運用空氣捕捉器(Air contactor)，其透過大型風扇將空氣吸入，並利用氫氧化鉀溶液吸收 CO₂ 後以碳酸鹽的形式將它們解離於液體溶液中。

Step2：液體溶液送入顆粒反應器(Pellet Reactor)，反應器利用化學方法將鹽從溶液中分離成小顆粒；除沉澱出碳酸鈣顆粒外，空氣捕捉器中使用的原始捕獲化學物質也可被再生。

Step3：將顆粒於煅燒爐(Calciner)中加熱，過程中將釋放氣體 CO_2 並留下氧化鈣；而氧化鈣與消化器(Slaker)中的水混合水化後送回顆粒反應器，再次開始循環。

Step4：將氣體 CO_2 經過純化、淨化及壓縮後儲存或運用。



圖 3、Carbon Engineering 工廠

相較於發電廠或水泥廠的煙道排氣(flue gas)進行碳捕捉，由於大氣中的 CO_2 含量非常稀薄，使用 DAC 將使用更多的能源與並花費更高的成本。但該公司認為要達成 2050 年淨零排碳，直接空氣捕獲(DAC)應被視為減碳選項。其原因不外乎加拿大因具有低碳排電力、充足的

自然資源及具備良好之地質儲存條件，再加上政府各項減碳投資與補助方案，使得 DAC 成為可行之方案。

至於所捕獲的 CO₂ 如何利用，Carbon Engineering 公司預計將使用加拿大之低碳電力透過電解槽產生氫氣，透過與 CO₂ 的化學反應，產製化學品及合成航空燃料，此種 CO₂ 利用方式已吸引數家航空公司之關注與投資。

技術上而言，DAC 具備從空氣中移除 CO₂ 的潛力，在未來淨零策略規劃中應佔有一席之地；但目前於碳市場上，DAC 僅包含於自願性碳市場(voluntary carbon markets)，最終 DAC 之應用仍須透過國際合作來有效推動。

位於美國德州 Stratos 計畫為該公司 2022 年開始建造，預估每年可自大氣中捕捉 50 萬噸二氧化碳，最大捕捉量可達每年 100 萬噸。二氧化碳捕捉後將儲存於地質時代約二疊紀的岩石孔隙中。本計畫預計 2025 年開始營運。

3. 參訪 Svante Inc.

■時間：9 月 12 日 10:00-12:00

■加方會談人員：Brett Henkel

■會議紀要：

Svante 為專注於碳捕獲和利用技術的開發和商業化的加拿大公司。該公司成立於 2007 年，總部設置於溫哥華。其開發之二氧化碳捕捉系統主要可分為前處理(去除 NO_x、SO_x及固體顆粒)、旋轉吸附(以金屬有機框架材料 (Metal Organic Framework ;MOF) 為吸附劑)及蒸汽-TSA 脫附再生(temperature swing adsorption with direct steam regeneration)三個次系統。

Svante 開發之系統屬固定床吸附系統，但藉由 MOF 固定床與旋轉機構之結合，可實現連續捕集 CO₂ 之功能。此外，該系統可於 15 秒內完成利用低壓蒸氣(110 °C-140 °C)直接加熱進行脫附。

基於吸附劑的系統（即二氧化碳吸附在固體表面），在碳捕捉和其他工業氣體分離應用中已經使用多年。吸附劑固體一般被製成顆粒狀，而吸附過程發生在安裝有吸附床的容器中。Svante 的核心技術是基於吸附劑的碳捕獲技術，該技術是將二氧化碳通過吸附劑進行吸附，然後在真空環境以低壓蒸汽將其從吸附劑中脫附出來，再進行後續處理或封存。Svante 所開發的固態吸附劑為金屬有機框架材料（MOF），在以吸附劑為基理的碳捕捉技術中，是相當有前景的。目前大部分 MOF 都屬於實驗室級或小型試驗工場級的生產，如何大規模製造用於工業應用是面臨的挑戰。Svante 公司已宣告商業化之系統包括 URSA 1000 (500 t-CO₂/day) 及 URSA 2000 (2000 t-CO₂/day)，可應用於水泥製造設備、藍氫生產設備和天然氣燃燒設備如鍋爐等管末二氧化碳捕捉，也號稱適用於 DAC。



圖 4、參訪 Svante 公司

4. 參訪加拿大氫能與燃料電池協會(Canadian Hydrogen and Fuel Cell Association)

■時間：9 月 12 日 14:00-15:30

■加方會談人員：

- Bennett Jones, EMobily, Solaris-mci, Powertech Lab
- Aron Kim, Mike Dodd, Ritishka Grover

■會議紀要：

該協會為加拿大全國性氫能與燃料電池產業鏈聯盟，旨在協助企業會員開拓市場(如參加海外商展)、與政府部門溝通、促進產業間資訊交流等。

該協會與加國自然資源部共同主持「氫能策略指導委員會」，並提出加國氫能發展之政策建議，並定期舉辦氫能研討會，2022年曾辦理氫能安全、氫能產業經濟發展、潔淨燃料法規等會議，並規劃於2023年率企業成員赴日本、杜拜等地出訪，拓展海外商機。



圖 5、拜會加拿大氫能與燃料電池協會

5. 拜會 Ministry of Energy and Minerals

■時間：9月13日 10:00-11:15

■加方會談人員：

- Yasmin Rahemtulla, Executive Director
- Charles ward, Director, Natural Gas Strategy and

Engagement

- Ginger Lam, Manager
- Ragini Prabhakar, Senior Policy Analyst
- Maria Arguello, Policy Analyst
- Aiden Hailes, Acting Manager
- Chris Ryan, Executive Director, Executive Council
- Erin Ho-Si, Director, Executive Council

■會議紀要：

加拿大是世界上排名前五的天然氣生產國之一，其中三分之二來自亞柏達省(Alberta)。該省之天然氣資源豐富，從 2022 年資料看來，其蘊藏 1,373 萬億立方英尺，豐富的自然氣儲量可滿足加拿大未來 200 年的需求。

Ministry of Energy and Minerals 主要負責亞柏達省能源和礦產資源系統管理。亞柏達省在氫能發展之推動方向為結合碳捕存再利用技術，發展大型產氫計畫，主要發展方案為氫能路徑圖、氫能出口推動及使用混氫於公共設施等。

目前亞柏達省約有 42 個執行中及待執行的計畫，總投資金額高達 100 億加幣。未來加國氫氣儲存與運輸規劃以液態氫為載體的方式，增加出口至日本及韓國等亞洲國家之可行性。目前該省天然氣生產商 ARC Resources 和 Tourmaline 已與美國墨西哥灣沿岸液化天然氣項目簽署天然氣供應協議，達成與液化天然氣相關的長期定價規劃，從加拿大西海岸運送到亞洲市場所需船運時間是從美國墨西哥灣沿岸運送到亞洲市場的一半（11 ~13 天對比 20 天）。隨著燃煤電廠被更潔淨的天然氣取代減少碳排放已為趨勢，目前由溫哥華出口的天然氣管線第一期計畫已在執行中。

亞柏達省於氫能、天然氣及石化工業皆有長遠及階段性的計畫，並歡迎國際上有興趣之國家參與加國能源發展。目前加方提供多項低碳領域之研究創新計畫可供申請，以租稅扣抵(tax credit)及碳價(carbon price mechanism)方案作為投資誘因。

TOP GLOBAL NATURAL GAS PRODUCERS IN 2021

	Billion cubic feet per day (bcfd)	% of Total Prod
U.S.	90.39	23%
Russia	67.89	17%
Iran	24.83	6%
China	20.24	5%
Qatar	17.12	4%
Canada	16.67	4%
Australia	14.24	4%
Saudi Arabia	11.35	3%
Norway	11.06	3%
Algeria	9.75	2%
Other Countries	107.03	28%
Total Global Natural Gas Production	390.58	100%

Sources: BP

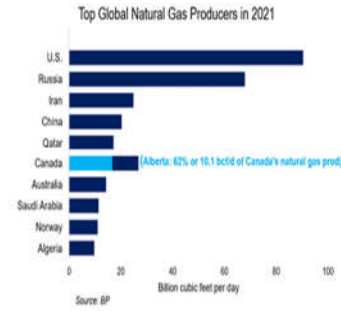


圖 6、天然氣生產國排名

CANADIAN NATURAL GAS PRODUCTION

	2020 Billion cubic feet per day (bcfd)	2021 Billion cubic feet per day (bcfd)	% Change
Alberta	9.71	10.06	4%
British Columbia	5.35	5.72	7%
Saskatchewan	0.35	0.32	-10%
Rest of Canada	0.02	0.02	-4%
Total Canadian Natural Gas Production	15.43	16.11	4%
Alberta Natural Gas Production as a Percentage of Canada's Natural Gas Production	63%	62%	
Total Global Natural Gas Production	372.59	390.58	5%
Alberta Natural Gas Production as a Percentage of Global Natural Gas Production	2.6%	2.6%	

Source: Canada Energy Regulator

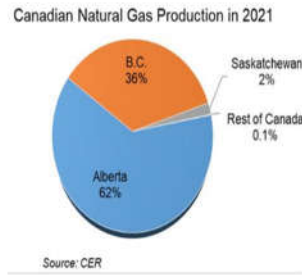


圖 7、加拿大天然氣生產量資料



圖 8、拜會亞柏達省能礦資源部合影

6. 參訪 Alberta Industrial Heartland (AIH)

■時間：9月13日 15:00-16:15

■加方會談人員：Chris Malayney, Director of Business
Development at Alberta's Industrial
Heartland Association

■會議紀要：

亞伯達省產業園區位於首府愛德蒙頓(Edmonton)東北方約40~50公里的薩斯喀徹溫堡(Fort Saskatchewan)區域，是該省重要的工業中心之一。本區域為加國最大的碳氫化合物加工區域之一，已進駐公司包括石油、天然氣的產出及提煉、石化產業及先進製程等類型共約40多家。

AIHA(Alberta's Industrial Heartland Association)協會於1998年係由市政府支持下成立，其為促進經濟發展的非營利協會並不接受開發商的財務支援，主要功能除促進加國相關產業進駐外，亦肩負向外行銷其產品之任務。AIHA於政府單位、學術界及關係利害人等居中協調，協助政策擬定及法規制定等以利各項專案之有效推動。

近年來隨著全球暢提2050年淨零政策，AIHA積極與產業、政府和學術機構等合作，推動氫能技術研究、開發和商業化，並支持建立氫能生態系統，包括生產、儲存、運輸和氫能應用。例如今年開始營運的Inter Pipeline為跨國石油、天然氣運輸和基礎設施公司。而建造中的有Wolf Midstream液態天然氣重組計畫及Scotford太陽發電計畫。其他另有諸如DOW Path₂Zero計畫及Shell and Mitsubishi合作的藍氫及製氫計畫等數10案都在進行評估設廠中，顯見本專區後續廠家投資相當熱絡。

亞伯達省除現有碳捕捉及儲存(CCUS)能力已達1百萬噸/年以上外，而這些產品可經由充裕的鐵路運輸送達加拿大東、西地區，他們的氫能成本與國際相比是非常有競爭優勢。

7. 參觀加拿大碳捕捉(Carbon Capture Canada)展會

加拿大碳捕捉展會(Carbon Capture Canada, CCC)於2023年9月12日至14日假加拿大愛德蒙頓會議中心舉行，旨在提供各技術供應商、能源公司、石油和天然氣行業、化學公司及非政府組織等，探討加速除碳技術部署及商業化，是加拿大就碳捕捉、碳利用及碳封存專業領域展覽的國際大會之一。今年展會主題包括：碳捕捉安全性、低碳發展、碳捕捉挑戰與機會、加拿大氣候行動方案、創新科技等，為當地企業鋪設未來相關領域合作商機。

愛德蒙頓市將規劃六個區域做為二氧化碳封存至地層的特區，協助建立碳捕捉優勢及設立廠區解決碳權問題，進而帶動愛德蒙頓能源發展及投資。

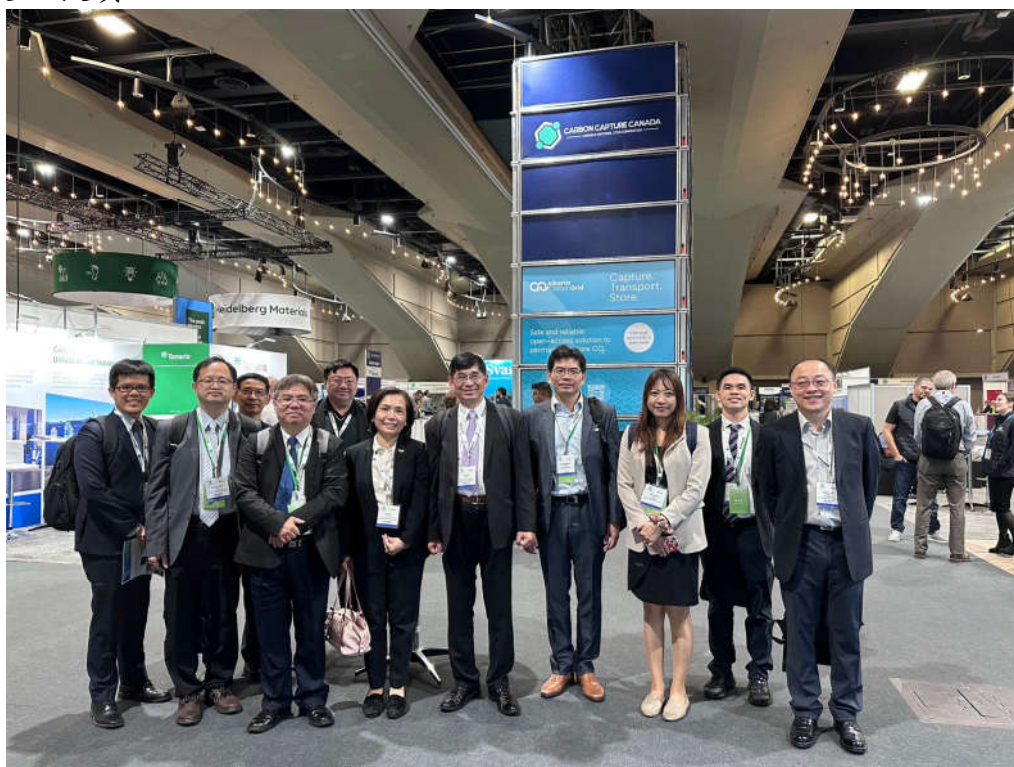


圖 9、參觀加拿大碳捕捉(Carbon Capture Canada)展會

8. 拜會 Edmonton Global

■時間：9月13日 17:00-18:00

■加方會談人員：

- Garnett Genuis – Member of Parliament
- Brent Lakeman, Director of Hydrogen Initiatives, Edmonton Global

■會議紀要：

加拿大亞伯達省的年出口總額達 130 億美元，其中 40% 由愛德蒙頓區的製造業生產，為加拿大第二大金屬製造中心。Edmonton Global(愛德蒙頓全球聯盟) 成立於 2018 年，為愛德蒙頓都會區 14 個城市共同出資成立的招商機構，其目的為協助外資和推動國際業務使愛德蒙頓地區成為全球投資的首選。2022 年 Edmonton Global 協助推動該地區 11 項投資決策，帶來超過 1.08 億美元和近 200 個就業機會。Edmonton Global 自成立以來，其總體經濟影響價值已超過 24 億美元。聯盟推動主要項目包括人工智慧與科技、潔淨能源技術、數位媒體與娛樂、食品和農業及氫能等。

目前參與 Edmonton Global 之城市如下：

- | | | |
|-----------------------------|----------------------|-----------------------|
| • City of Beaumont | • City of St. Albert | • Town of Devon |
| • City of Edmonton | • Leduc County | • Town of Gibbons |
| • City of Fort Saskatchewan | • Parkland County | • Town of Morinville |
| • City of Leduc | • Strathcona County | • Town of Stony Plain |
| • City of Spruce Grove | • Sturgeon County | |

為呼應加拿大政府承諾於 2050 年實現淨零排放的目標，愛德蒙頓近年積極朝向氫能源發展，但主要經濟仍以石油及天然氣工業為主。加拿大的石油儲備量在全球排名第 3，也是第 4 大原油出口國，天然氣則是全球第 4 大生產地及第 2 大出口國，長年以來是美國最大的國外能源供應商。加拿大豐富的水力發電、天然氣資源、成熟氫燃料電池產業及油氣產業人才為發展氫能之獨特優勢。

本次拜會，加拿大亞伯達省區國會議員 Garnett Genuis 特地出席參加，顯現亞伯達省方對台灣訪問團的重視。

(1) 愛德蒙頓優勢

A. 地區優勢

愛德蒙頓聯盟透過愛德蒙頓地區氫能中心(Edmonton Region Hydrogen Hub)與外界合作，將愛德蒙頓地區定位為氫氣生產重鎮以加速氫能此關鍵產業的發展。Air Products 於 2018 年開始在愛德蒙頓區建造 13 億加元的淨零氫氣生產，目前在亞伯達省共經營三個氫氣生產設施，並在亞伯達省工業中心經營一條 55 公里的氫氣管道，液化設施預計在 2024 年投產。淨零氫氣生產設備將從原料天然氣中捕獲超過 95% 的二氧化碳，透過 Wolf Carbon Solutions 公司的 Alberta Carbon Trunk Line 將其安全地儲存回地下，並利用氫燃料電力抵銷剩餘 5% 的碳排放量，預期每天氫氣的產量將超過 1,500 噸，每年捕獲的二氧化碳將超過 300 萬噸。此外愛德蒙頓是航空、鐵路、管道和公路的匯聚地，形成了國際製造、貨運和物流中心，有其運輸之優勢。



圖 10、愛德蒙頓戰略優勢圖

(2) 氫能發展潛力

愛德蒙頓地區氫能中心是加拿大第一個也是最大的氫能中心，加拿大將該地區定位為新興氫經濟的中心，並推動各產業對氫的需求。

政府、原住民、學術界、工業界和經濟發展領導人正在共同努力推動該地區的氫能經濟並確保長期的經濟競爭力。

愛德蒙頓地區具有生產全球最低成本零碳氫能的獨特能力，因此積極投入氫能經濟領域包括生產、創新、氫利用技術和研究的各項投資。

2022 年底，愛德蒙頓聯盟發起 5000 輛氫能車挑戰(5000 Hydrogen Vehicle Challenge)計畫，以加速加拿大西部地區氫能車輛普及。該計畫的目標為在五年內讓 5,000 輛氫能車在加拿大西部道路上行駛，希望透過推廣氫能作為可持續又潔淨的交通燃料來源，促進零淨碳的未來發展。由於公路運輸所造成之碳排占亞伯達省運輸所產生碳排的 88%，藉由氫能車的推廣，可協助推動加拿大 2050 淨零碳排之目標。

「5,000 輛氫能車輛挑戰」具體的行動計劃包括：

- 建立氫能基礎設施
- 推廣氫能車輛採購
- 技術研發和創新
- 培訓和教育
- 促進合作和合作夥伴關係

這些具體的行動計劃可為「5,000 輛氫能車輛挑戰」提供戰略指引和實施框架，實現加拿大西部地區部署大量氫能車輛的目標。這些行動計劃可促進重型卡車運輸和全球供應鏈公司提供氫能車，而製氫公司也可以藉此完善氫氣供應的基礎設施，從而加速建立氫氣的供應和需求，透過推動氫能車輛的普及和發展，促進能源轉型和實現零淨碳交通的目標。目前加拿大豐田公司與愛德蒙頓國際機場 (YEG) 已合作引入 100 輛氫能車(豐田 Mirai)，機場並與氫氣生產商 Air Products 合作建立了一座移動加氫站。

9. 拜會 Edmonton Region Hydrogen Hub

■ 時間：9 月 13 日 17:00-18:00

■ 加方會談人員：

■ 會議紀要：

愛德蒙頓地區氫中心(Edmonton Region Hydrogen Hub)於 2021 年由泛加拿大組織的非營利機構轉型推動單位 (The Transition Accelerator) 與亞伯達省工業中心氫能工作小組 (Alberta Industrial Heartland Hydrogen Task Force) 所共同發起，是一個由加拿大政府部門、地方縣市、原民組織、經濟發展與慈善機構共同組成的聯盟，其成員如圖，旨在發展愛德蒙頓地區的低碳氫經濟，為愛德蒙頓地區、亞伯達省和加拿大在未來的乾淨能源領域奠定長期發展基礎，未來可將愛德蒙頓地區氫中心的成功經驗，作為其他地區的區域氫經濟之複製藍圖。



圖 11、Edmonton Region Hydrogen Hub 成員。

(1) 氫能推動

氫是一種多功能能源載體，因為燃燒時不會排放溫室氣體 (GHG) 於未來低碳能源發展有重要功用。在加拿大 2050 年淨零碳排目標中，藍氫或綠氫皆扮演重要地位，加拿大政府計畫於全國各地各以區域獨特優勢和自然資源生產氫氣，例如擁有低成本天然氣且地質適合碳

捕獲和儲存的省份將生產藍色氫，而有低碳電力（水力發電、核電或再生能源）的省份則生產綠色氫。

亞伯達省使用天然氣作為生產原料生產氫氣，每年生產超過 240 萬噸氫氣，為全球最大的氫氣產地之一，也是加拿大生產氫氣和氫載體（例如氨和甲醇）最多的區域。加拿大 66% 的氫氣供應由亞伯達省生產，其中大部分在愛德蒙頓地區，因此該區在能源產業的工業規模生產、處理和安全使用氫氣方面累積了非常豐富的專業知識。亞伯達省利用天然能源發展低碳氫技術，除了基於天然氣，例如甲烷蒸汽重組(SMR)或自熱重組(ATR) 配合 CCUS 外，也研究利用風能和太陽能等再生能源電解氫及生物質能製氫方法。



圖 12、愛德蒙頓地區氫能中心所展示圖

10. 參訪 C-FER

- 時間：9 月 14 日 09:30-11:30
- 加方會談人員：Brian Wagg
- 會議紀要：

C-FER Technologies 成立於 1997 年，為 Alberta Innovates 的

非營利子公司，是一家總部位於加拿大愛德蒙頓的技術公司。其為著名的油氣管線管理及應用技術的研究機構，擁有世界級的大型測試設備和能源領域優秀的工程專家。其主要業務有油井管件新材料開發，延長管件壽命，並研發氫能管線相關測試技術。另也參與制定加拿大CSA(Canadian Standards Association)管件規範檢測驗證方法，如管件應力腐蝕測試方法(Full-scale pipeline SCC test)、全尺度(Full-scale)管件設計可靠度分析、管線安全以及洩漏偵測等。

目前，C-FER Technologies 正在建立一個新的系統，用於測試氫氣於管道環境中的運輸狀況。相關技術服務包含(1)傳統天然氣管道改建為氫氣管道的可行性評估，包含材料相容性測試、管道焊縫與裂紋段的測試，確保管道輸氫的可靠度；(2)安全性評估，如輸氫管道和設施洩漏建模以確定氫氣和混氫物的危險區域；(3)驗證地底下的儲氫設施結構，包含儲存井壓力評估、井口密封性測試等。

本次參訪由 Brian Wagg (Director)接待，先由本團團員金屬中心蔡修安副組長簡報「金屬中心於氫能材料與檢測技術的發展現況」，再由加方 Brian Wagg 簡報「C-FER 整體研發能量」，從 Brian Wagg 的分享中了解，多年來，C-FER 致力於促進石油管件系統和天然氣領域的領先技術的使用，以及建立完整的石油與地熱管件全尺寸測試實驗室，協助管件業者客製化開發檢測設備與地熱管件，因此，C-FER 建置全球最大的垂直式管件壓力測試設備，可在高壓，溫度，負載條件以及酸性環境下進行全面的管件測試，此外，C-FER 的客戶包括世界上大多數主要石油和天然氣公司、管件運輸公司和設備的製造商。



圖 13、台灣訪問團代表簡報



圖 14、C-FER Technologies 代表簡報

11. 臺加氫能圓桌會議 Canada-Taiwan Hydrogen Energy Roundtable Meeting

■時間：9月15日 09:00-12:00

■加方會談人員：

- Natural Resources Canada : Rachel McCormick(Director General)、Amandeep Garcha、Olumoye Ajao、Phil Tomlinson、Oshada Mendis、Margaret Skwara
- Jodi Robinson, Global Affairs Canada
- Anne-Sophie Proutiere, Invest in Canada
- Andrew Johnston, National Research Council Canada
- Lorena Maciel, National Research Council Canada

■會議紀要：

加拿大自然資源部 (Natural Resources Canada, 簡稱 NRCan) 負責制定和實施加拿大的能源、礦產資源和森林政策，並通過支持綠色和創新技術的發展來實現其目標。

(1) 專題演講：臺加合作現況

加方 Global Affairs Canada 的 Jodi Robinson 分享雙方合作現況，首先，其說明我國目前為加拿大重要的貿易夥伴，每年定期舉行之臺加經貿會議，今年度會議將於 11 月辦理，雙方規劃簽訂臺加供應鏈韌性合作備忘錄，其中氫能領域亦規劃為合作項目之一。

(2) 議題一：氫能政策

我方由經濟部能源署陳崇憲組長進行簡報，其說明我國淨零轉型與新及再生能源發展。能源安全、高占比的進口化石燃料能源及擴大再生能源比例為我國能源三大課題。經濟部已訂定 2025 年能源轉型目標，以減煤、增氣、展綠、非核之發展方向為規劃原則。

我國於 2022 年公布臺灣 2050 淨零排放路徑，預計於 2050 年再生能源占整體電力結構 60~70%；氫能占 9~12%；天然氣結合 CCUS 占 20~27%，並將風能/光電、氫能、創新能源(如地熱)等納入淨零轉型關鍵戰略。

氫能發展規劃可分為應用面、供應面及基礎設施三大面向。其中，氫能應用著重於發電與工業製程；氫能供應來源於 2030 年前規劃自國外進口綠氫、藍氫；長期當國內擁有充足且穩定的再生能源時規劃自產氫氣；基礎設施則評估應用場域所需建設氫能相關設施，並評估輸儲設施。CCS 技術規劃則採前期實驗，中期為示範項目與基礎設施，長期將執行能源與工業部門部署，並擴大至離岸運作。

加方由 Natural Resources Canada 的 Amandeep Garcha 及 Olumoye Ajao 介紹加拿大氫能政策方向為強化氣候變遷方案、規劃氫能戰略、訂定潔淨電力標準，預計於 2030 年達到 100% 零碳排電力系統及 2035 年起禁售內燃機汽車及輕型卡車。

於本議題的最後，加方進一步說明他們的氫能標準建立系統。自然資源部刻正與加拿大標準委員會(Standards Council of Canada, SCC)合作，目前已有 16 個工作小組將先確認目前規範及盤點現階段尚缺乏的規範。缺乏的規範若是因為新技術(如儲存、運送及出口氫氣)而衍生，則須制定優先順序並提出規劃建議。

(3) 議題二：氫能供應鏈及應用

加方由加拿大聯邦政府招商單位 Invest in Canada 的 Anne-Sophie Proutiere 分享。Invest in Canada 於 2018 年成立，作為政府的部門法人機構，該機構與全球企業合作，將企業與資源和計劃聯繫起來，以支持企業的成長計劃，引入合適的合作夥伴，以加速在加拿大的機會和成功。

有關加拿大氫能產業，加方列舉了於加拿大政府於不同地區有關氫能及減碳方案和產氫計畫，其中亞柏達省擁有低碳能源運輸的優勢，可透過管線運輸或運輸氫至西部，具成本優勢。加國

政府於 2023 年預算案公佈了潔淨氫投資租稅扣抵的相關規定，抵免程度將在核准專案成本的 15-40%之間，其中為了運輸氫氣，將氫轉化為氨所需的設備也提供 15% 的租稅扣抵，並僅適用於氫生產與潔淨氫氣生產相關的情況。

我方由中油公司煉製研究所張仁耀副所長分享中油公司於氫能的發展現狀，說明中油於我國氫能策略中為氫氣供給方。在長期規劃中，我國將配合氫氣進口以完成接收站以及基礎設施等計畫。而中油氫氣的供給策略為透過天然氣重組以及碳捕捉技術生產藍氫以及液化天然氣生產綠氫，並建立加氫站及氫氣管線。

接下來，由本職代表台電公司分享本公司於淨零政策下的電力供給、火力電廠碳捕存評估及火力機組混氫或混氨規劃。首先說明本公司依據火力電廠廠址條件及地區特性評估於 2050 年導入減碳技術盤點結果，例如台中電廠燃氣機組可搭配碳捕捉設施；另部分燃氣機組將視未來氫能技術發展情況，並利用中部地區豐沛的離岸風力剩餘綠電製氫，及適時導入混氫或氫氣專燒機組之規劃。目前台電為我國發電力設施大宗，為了 2050 零碳的發電目標，碳捕存技術、氫氣和氨氣已成為減碳的有效工具，必須妥善規劃。

最後，由中鋼公司林佩勳正研究員說明中鋼公司之碳中和路徑圖。中鋼訂定分階段減碳目標：設定 2018 年為基準年，短期(2025 年)較基準年減排 7%，中期(2030 年)較基準年減排 25%，並以 2050 年達成碳中和為努力目標。為能達成碳中和之目標，部份策略目前尚欠缺成熟技術、綠氫資源，且需改造現有設備。中鋼未來將面對技術、資源、成本等三大挑戰，在積極投入相關研發作業努力下，最終目標是以氫代替碳，搭配碳捕存再利用技術，確保中鋼之減碳競爭力。

(4) 議題三：氫能研發創新技術

臺方由工業技術研究院量測中心標準與永續工程計量技術組吳鴻森副組長分享我國 2050 淨零碳排於氫能之規劃，以及工研

院氫能技術發展現狀，包含產氫、輸儲、應用及標準法規四大面向。技術面將著重研發高效率產氫系統、SOFC(Solid Oxide Fuel Cell，固態氧化物燃料電池)發電應用及氫氣純化技術。

金屬工業研究發展中心檢測技術發展組蔡修安副組長則分享金工中心於氫能領域研發重點以及臺灣產業現狀。氫氣儲存和運輸過程中，氫脆、焊接缺陷、管件耐壓等問題會造成使用過程中氫氣洩漏等安全隱患。金工中心主要投入應用於高壓輸儲工業的抗氫脆銲接材料開發、銲接技術及防氫滲透表面處理技術，以及應用於加熱製程的氫氣與天然氣混燒技術、燃燒器設計開發與工業爐之整合。

加方則由 Natural Resources Canada 能源研究與發展辦公室(Office of Energy Research & Development, OERD)的 Oshada Mendis 分享該機構的氫能規劃，OERD 為領導加拿大政府提供能源研究、開發和示範 (RD&D) 資金，加速能源創新和清潔技術規劃。能源創新計畫(Energy Innovation Program, EIP)為該機構最主要的資助計畫，資金分配有潔淨及工業燃料轉換、碳捕存再利用研發以及低碳運輸。另加拿大國家研究院(National Research Council Canada, NRC)的 Andrew Johnston 和 Lorena Maciel 也介紹了其相關研究項目，有清潔燃料材料挑戰計畫、先進潔淨能源計畫、乾淨節能運輸以及低碳排航空計畫。

(5) 議題四：未來合作討論

就短期而言，雙方可就規範與標準交流，可透過雙方聯合研究計畫啟動合作，共同就發展挑戰及供應鏈合作進行研析，進一步規劃合作機制。

以中長期規劃，加方建議我國可考慮進口天然氣以分散進口來源，進口來源可將 British Columbia 省列入考量，其運輸成本較北美低廉；進口加拿大氫氣亦為可能合作選項。

表 1、臺加氫能圓桌會議議程

Time	Agenda
09:00 – 09:10	Opening Remarks & Introducing the Delegation •CA: TBC •TW: Chun-Li Lee, Deputy Director General, Bureau of Energy
09:10 – 09:20	Canada-Taiwan Relations •CA (10 mins): Global Affairs Canada: Canada-Taiwan bilateral relations, Indo-Pacific Strategy, Canada-Taiwan Economic Consultations (CTEC)
09:20 – 10:00	Topic 1. Hydrogen Energy Policy 1-1TW(15mins): BOE <u>Taiwan’s Net Zero Transition and Hydrogen Energy Development</u> 1-2CA (15 mins): NRCan <u>National Hydrogen Strategy for Canada</u> 1-3Q&A (10 mins)
10:00 – 10:35	Topic 2. Hydrogen Energy Supply Chain and Application 2-1 CA (5 mins): Invest in Canada 2-2 CA (5 mins): NRCan <u>Transporting ammonia in Western Canada</u> 2-3 TW (5 mins): CPC <u>CPC Hydrogen Development</u> 2-4 TW (5 mins): TPC <u>Net-Zero Plan on Power Supply side with Natural Gas Bridge</u> 2-5 TW (5 mins): CSC <u>Carbon Neutrality Pathway of CSC</u> 2-6 Q&A (10 mins)

Time	Agenda
10:35 – 11:05	Topic 3. Hydrogen Energy R&D 3-1 TW (5 mins): ITRI – Hydrogen Research and Development in Taiwan 3-2 TW (5 mins): MIRDC – Development of Hydrogen Technology in the MIRDC 3-3 CA (5 mins): NRCan hydrogen R&D initiatives 3-4 CA (5 mins): Hydrogen Activities at the NRC 3-5 Q&A (10 mins)
11:05 – 11:20	Coffee Break
11:20–11:45	Topic 4. Discussion on Future Cooperation on Hydrogen Energy 4-1 International Engagement: Multilateral and Bilateral Examples 4-2 Bilateral Platform for Future Cooperation 4-2 Potential Areas for Canada-Taiwan Hydrogen Cooperation (i.e., topics to explore in joint study) 4-3 Q&A
11:45–12:00	Closing Remarks <ul style="list-style-type: none"> •NRCan •BOE

12. 參訪 CanmetENERGY Research Centre

■時間：9月15日 13:30-15:00

■加方會談人員：

- Marc Wickham, Acting Director General
- Eddy H. Chui, Carbon Management Technologies Director

■會議紀要：

加拿大自然資源部能源技術中心(CanmetEnergy)隸屬於加拿大自然資源部(NRCan)，位於渥太華的研究中心聚焦在潔淨能源技術研發，包含再生能源、建築、工業製程、運輸、潔淨化石燃料及CCUS研究。該機構自2019年至2022年期間研究從甲烷生產氫氣，包含天然氣脫碳技術，並探討氫應用於發電與工業部門的可行性。2020~2022年期間研究透過煉鋼製程產生的高溫，發展熱裂解天然氣脫碳產氫技術。

加拿大電力結構中，低碳電力占比約82%，其中風力發電約6%。加拿大正積極發展風力發電及對應的製氫技術，主要規劃區域在東海岸，以Newfoundland省為代表，目前規劃2030前建置5GW機組及1GW的產氫能量。而該機構在風力發電研發主軸為：鑑別風力發電開發的潛在區域、進行可能的影響評估以及建立現有風力機組資料庫，以作為整體風力發電發展的參考。加拿大目前主要的幾個風力規劃專案及區域：NOVA SCOTIA省(Sea-Breeze Tech Demonstration Project, 100 MW)、Newfoundland & Labrador省(St. George's Bay, 180 MW)、British Columbia省(Hecate, 400 MW)。

至於化石燃料產氫結合CCUS技術，則研究鎖定高壓100 bar以上二氧化碳的傳輸與儲存。該機構最具規模的示範驗證設備為1 MWth的富氧燃燒示範工廠，結合CO₂處理系統(最大15 barg)。同時該機構正發展二氧化碳捕獲技術，以吸附劑分離二氧化碳與氫氣，其工作溫度可達120度。而其CCUS的內部化學分析實驗室，包括：用於吸附劑和氧載體反應動力學表徵的加壓熱重和差熱分析、結塊和結垢檢

測系統。其協助地底鹽穴的二氧化碳注入與洩漏監測，並對於地底鹽石成分在壓力溫度的特性進行分析。對應藍氫的發展路徑，將以每年 80 噸的儲存及傳輸進行模擬、監測技術規劃及法規評估，目前加拿大針對二氧化碳離岸傳輸，尚在進行有法規評估中。



圖 15、CanmetENERGY Research Centre 合影

三、結論與建議

加拿大為世界上天然資源豐富國家之一，在電力結構中，低碳電力占比約 82%，其中風力發電約 6%。因此加拿大正積極發展風力發電及對應的製氫技術。本次能源署為促進臺加雙方於氫能及碳捕捉領域之交流與合作，藉由經濟部駐加拿大代表處、外交部駐溫哥華辦事處、加拿大駐台北貿易辦事處、亞伯達省駐台辦事處及加拿大 British Columbia 台灣辦事處等協助安排本訪問團與加拿大產業、政府、及學術界會談，未來雙方可在邁向 2050 淨零碳排相關議題及技術有更廣泛的交流。

電力穩定性攸關經濟發展及生活品質，然為達到能源淨零碳目標，政府、產業及民眾對 98%能源需仰賴進口的現況，要重新思考台灣能源從產出到消耗過程是否有調整改變的空間？加拿大水力資源豐富，所以綠電使用占比極高。為了淨零碳的目標，加拿大利用資源優勢發產製氫、氫能再利用、碳捕捉及碳利用領域等先進技術創造商機。台灣呢？

我國規劃於 2050 年，火力機組搭配 CCUS 發電量占 20~27%。為了減少空污及降低碳排放，本公司已進行天然氣機組混氫及燃煤機組混氫示範方案。如果成效良好，未來可全面展開或者配合國際技術進展，引進專燒氫氫機組。然而在燒煤及燃氣的階段，碳捕捉、儲存及再利用都是本公司在邁向淨零碳排不可或缺的路徑選項，後續應持續關注其技術發展。但目前所捕獲之 CO₂，約 90%將透過封存技術進行處理(儲存於地底岩層中或海洋中)，剩下的則進行再利用。而目前 CO₂之利用則多仰賴與氫氣之結合，如何獲得更乾淨的氫氣也將成為處理 CO₂之重要關鍵。

台灣地理環境亦具備再生能源開發及運用潛力。離岸風電及太陽光電量能是相當豐沛且發電技術也相對成熟。但其間歇發電特性須仰賴智慧調度及智慧運轉機制方可增加電網穩定性。目前我國也在開發穩定性較高的地熱發電，相信未來開發模式及技術穩定後，對提高我國再生能源發電占比是有助益的。

倘若 2050 能源轉型目標可順利將再生能源發電占比提高至 60%~70%，氫氫能發電量占 9~12%。在負載無法完全利用下，多餘之發電量可建置製氫設備將離岸風電及太陽光電轉為氫能儲存。本次參訪 CanmetENERGY Research Centre 時，該研究中心亦有類似研發方案，但對於離岸風電獨立供電給置製氫設備使用而不與公共電網連接以降低對電網之衝擊(尤其像台灣電網密度較高之區域)的提問，因該研發方案尚在初期規劃階段，有關製氫設備供電穩定性細部設計暫無法回應。國外是有利用儲能而建置的類似小型獨立製氫試驗方案，但如果要提高規模，還須更詳實的運轉實務經驗後再推廣。

能源部門從以石油、天然氣和煤炭等化石燃料為基礎的生產和消費邁向風能、太陽能及地熱等潔淨能源過程中，要兼顧穩定供電。無論是天然氣機組或轉為備用的燃煤機組，多少都會有碳排。本次出訪問團成員亦有台灣中油公司、財團法人金屬工業研究發展中心、財團法人工業技術研究院(綠能與環境研究所、量測技術發展中心)、台灣綜合研究院及中鋼公司參加。除國外技術之交流，本公司未來可與前述相關單位共同研議並協同建置相關淨零設施以加速能源順利轉型。本次參訪，無論是雙方會議或參訪各機構，所討論及交流之議題大都非本處電網規劃範疇，非常感謝其他團員們的指導，讓本職對相關領域有些基本之認識。