

出國報告（出國類別：進修）

113 年度臺日技術合作計畫-日本綠色 轉型及碳排交易運作機制研修團

服務機關：經濟部產業發展署、能源署、產業技術司、
綜合規劃司、環境部、氣候變遷署、中油公司

姓名職稱：溫育勇組長、周宜成組長、呂聆文科長、
蔡偉格科長、林玠佑技正、陳昀君視察、
林彥彤專員、郭昶邑研究員

派赴國家：日本

出國期間：113 年 11 月 24 日至 30 日

報告日期：114 年 2 月 24 日

內容摘要

為了因應全球暖化帶來的氣候變遷危機，淨零碳排已成為世界各國政府與企業的共識，加速減碳行動已經刻不容緩，國際間陸續發布淨零排放目標並制定推動策略，我國亦於 2021 年宣示「2050 淨零轉型」目標，並就能源、產業、生活、社會轉型政策預期增長的重要領域，陸續提出「淨零十二項關鍵戰略」、「國家希望工程 2050 淨零轉型五大策略」等行動計畫，以落實淨零轉型目標。此外，我國在 2023 年通過《氣候變遷因應法》，成為台灣氣候治理的主要法源，並於同年 8 月成立臺灣碳權交易所，讓碳權得以進行交易、流通，將為企業帶來經濟效果、創造減碳的誘因，帶動我國整體綠色經濟的良性循環。

日本作為亞洲領先推動淨零的國家，早在 2020 年便宣布 2050 年實現碳中和，更進一步提出 2030 年度較 2013 年度至少減少 46% 溫室氣體排放的目標。日本政府將未來因應淨零轉型之相關措施作為經濟成長的機會，因此經濟產業省於 2021 年開始推動「綠色轉型」(Green Transformation, GX)，以穩定供應能源之前提下，把 2050 年實現碳中和與 2030 年國家溫室氣體減量之目標作為日本經濟成長的機會，以減少排放、提高產業競爭力為目標，致力於整個經濟社會體系的轉型。

此外，日本於 2013 年建立雙邊聯合抵換額度機制(JCM)，透過日本企業提供投資低碳技術、產品、系統、服務、基礎設施等予夥伴國家，協助其減少溫室氣體排放量，並量化日本為夥伴國家減少的溫室氣體排放貢獻轉換為減量額度，藉此抵消日本自身的溫室氣體排放，同時為日本企業帶來商機。截至 2024 年 11 月，日本已與 29 個國家簽署 JCM 備忘錄，並推動逾 250 項專案，目標 2030 年累積減少 1 億噸的溫室氣體排放量。

為與日本經產省官員建立長期交流與溝通的平台，我國自 106 年度透過臺日技術合作計畫，建立起臺日年輕經濟官員政策交流與人際互動的常規性平台，本次透過學習日本推動 GX 相關措施與 JCM 運作機制，作為我國未來推動淨零轉型、綠色經濟與碳權交易相關政策的參考，未來也將持續拓展與日本各界的交流網絡，深化臺日合作共識形成，厚植後續交流與合作的基礎。

目錄

壹、 前言及研修行程	2
一、 前言（出國目的）	2
二、 出國成員.....	2
三、 研修行程.....	3
貳、 研修內容紀要	5
一、 日本政府推動雙邊聯合抵換額度機制(JCM)的措施	5
二、 日本環境省的 JCM 資金支援計畫.....	9
三、 日本經濟產業省對於 JCM 專案的支援方案.....	12
四、 日本政府對 GX 的推動措施.....	15
五、 GX-ETS 的推動做法.....	20
六、 GX 人才市場創造工作小組的推動做法.....	23
七、 日本電力業的淨零轉型戰略	26
八、 參訪 J-POWER 磯子火力發電站	30
九、 日本煉油業的淨零轉型戰略	33
十、 日本鋼鐵業的淨零轉型戰略	37
參、 心得及建議	41
一、 整體研修心得	41
二、 雙邊聯合抵換額度機制(JCM)	42
三、 日本綠色轉型(GX)戰略	43
四、 日本產業淨零轉型戰略(電力/煉油/鋼鐵).....	44

壹、前言及研修行程

一、前言（出國目的）

日本作為亞洲領先推動淨零的國家，早在 2020 年便宣布 2050 年實現碳中和，更進一步提出 2030 年度較 2013 年度至少減少 46% 溫室氣體排放的目標。日本政府將未來因應淨零轉型之相關措施作為經濟成長的機會，因此經濟產業省於 2021 年開始推動「綠色轉型」(Green Transformation, GX)，以穩定供應能源之前提下，把 2050 年實現碳中和與 2030 年國家溫室氣體減量之目標作為日本經濟成長的機會，以減少排放、提高產業競爭力為目標，致力於整個經濟社會體系的轉型。

此外，日本於 2013 年建立雙邊聯合抵換額度機制(JCM)，透過日本企業提供投資低碳技術、產品、系統、服務、基礎設施等予夥伴國家，協助其減少溫室氣體排放量，並量化日本為夥伴國家減少的溫室氣體排放貢獻轉換為減量額度，藉此抵消日本自身的溫室氣體排放，同時為日本企業帶來商機。

為與日本經產省官員建立長期交流與溝通的平台，我國自 106 年度透過臺日技術合作計畫，建立起臺日年輕經濟官員政策交流與人際互動的常規性平台，本次透過學習日本推動 GX 相關措施與 JCM 運作機制，作為我國未來推動淨零轉型、綠色經濟與碳權交易相關政策的參考，未來也將持續拓展與日本各界的交流網絡，深化臺日合作共識形成，厚植後續交流與合作的基礎。

二、出國成員

本研修團由經濟部綜合規劃司提案，依經濟部國際貿易署臺日技術合作計畫實施要點規定甄選獲選，由經濟部綜合規劃司、產業技術司、產業發展署、能源署派員組團，另本次研修內容涉及淨零排放及石化業轉型，爰邀請環境部及台灣中油股份有限公司自費派員一同參加，總計出國研修同仁共計 8 員，名單如下。

編號	姓名	服務單位	職稱
1	溫育勇	環境部氣候變遷署	組長
2	周宜成	台灣中油股份有限公司	組長
3	蔡偉格	經濟部綜合規劃司	科長
4	呂聆文	環境部綠色戰略辦公室	科長
5	林玠佑	經濟部產業發展署	技正
6	林彥彤	經濟部能源署	專員
7	陳昀君	經濟部能源署	視察

編號	姓名	服務單位	職稱
8	郭昶邑	經濟部產業技術司	研究員

三、研修行程

本次研修共計 5 日，主要於 Tokyo Training Center of AOTS 研修中心上課，由日本政府官員介紹綠色轉型(GX)、雙邊聯合抵換額度機制(JCM)及電力業、製油業及鋼鐵業等產業淨零轉型戰略。此外，日方亦有安排參訪東京證券交易所、Skill Up NeXt 株式會社與 J-Power 磯子火力發電站，實地參觀與交流日本推動 GX-ETS、GX 人才培養、電廠減碳等措施。

日 期	活 動 行 程	
第一天 11/24 (日)	07:15-11:05	【出發】臺北松山機場→東京羽田機場
	14:00-15:00	【環境說明】 Tokyo Training Center of AOTS 研修中心環境介紹。
	住宿	Tokyo Training Center of AOTS 研修中心
第二天 11/25 (一)	09:00-09:45	【始業式】 研修概要說明，說明一週課程安排等。 經產省長官致詞、財團法人海外產業人才育成協會(AOTS)長官致詞、合影等。
	10:00-12:00	【課程】日本政府推動 JCM 的措施 經濟產業省地球環境對策室 三井博行 先生
	13:30-16:30	【課程】日本政府對 GX 的推動措施 經濟產業省 GX 團隊環境經濟室 折口直也 先生
	住宿	Tokyo Training Center of AOTS 研修中心
第三天 11/26 (二)	10:00-11:30	【課程】JCM 推進企業支援事業的運營與案例介紹 國立研究開發法人新能源與產業技術綜合開發機構(NEDO)海外拓展部 JCM 實證團隊 末永敏 先生 / 平田真緒子 女士
	13:30-16:30	【課程】環境省 JCM 資金支援事業 環境省地球環境局國際脫碳轉型推進與環境基礎設施部門 JCM 推進室 百瀬嘉則 先生
	住宿	Tokyo Training Center of AOTS 研修中心
第四天 11/27 (三)	09:30-12:00	【參訪】東京證券交易所，介紹 GX-ETS 的推動做法
	13:30-17:30	【參訪】Skill Up NeXt 株式會社，介紹 GX 人才市場創造工作小組的推動措施
	住宿	Tokyo Training Center of AOTS 研修中心
第五天	10:00-11:30	【課程】日本電力業的淨零轉型戰略

日 期	活 動 行 程	
11/28 (四)		JERA 株式會社企劃統籌部脫碳推動室 高橋賢司 先生
	13:30-16:30	【課程】日本製油業的淨零轉型戰略 ENEOS 控股公司經營企劃部政策與外事室 藤原直太 先生
	住宿	Tokyo Training Center of AOTS 研修中心
第六天 11/29 (五)	09:00-11:00	【課程】日本鋼鐵業的淨零轉型戰略 一般財團法人金屬材料研究開發中心(JRCM)環境與工藝研究部 加藤徹 先生
	15:30-16:00	【參訪】J-Power 磯子火力發電站，介紹日本電力業的淨零轉型策略
	18:00-18:30	【結業式】 公益財團法人日本台灣交流協會長官致詞、財團法人海外產業人才育成協會 (AOTS)長官致詞、頒發結業證書等。
	住宿	Tokyo Training Center of AOTS 研修中心
第七天 11/30 (六)	08:00-10:00	退房，前往東京羽田機場
	12:15-15:05	【返國】東京羽田機場→臺北松山機場

貳、研修內容紀要

一、日本政府推動雙邊聯合抵換額度機制(JCM)的措施

(一) 雙邊聯合抵換額度機制(JCM)介紹

日本 2013 年建立雙邊聯合抵換額度機制（Joint Crediting Mechanism, JCM），由日本官方與民間企業透過協助開發中國家執行減碳專案（導入減碳技術、產品、系統、服務與基礎設施等），擴散日本減碳技術，依據 MRV 程序將所額外獲得的減碳或吸收效果轉換為減量額度，並依《巴黎協定》第 6 條規範進行國家間減量額度移轉對應調整，貢獻日本與夥伴國家雙方的 NDC，並透過民間企業的參與刺激兩國經濟。有助於合作國解決各種社會經濟及環境等問題。日本於 2013 年首次與蒙古簽署首份 JCM 協議以來，截至 2024 年 11 月已與 29 個國家建立 JCM 制度（主要為印尼、泰國、越南等亞洲國家），並推動超過 252 項專案，目標在 2030 年前累計實現約 1 億噸的國際減碳與吸收量。

關於 JCM 中減碳與吸收量的效益及其與碳信用額度的關係，碳信用額度的發行對象，其實際減碳量係依據計畫措施所預估的排放量（既有機制可達成的減量，視專案內容而定）與專案實際排放量之間的差異來計算。日本政府獲得的信用額度將用於達成其 NDC 目標，並要求獲取信用額度的日本企業配合執行相關規範。而合作國家的貢獻，則是從標準年排放量相較後的減碳與吸收效益中，扣除日本獲得的信用額度。

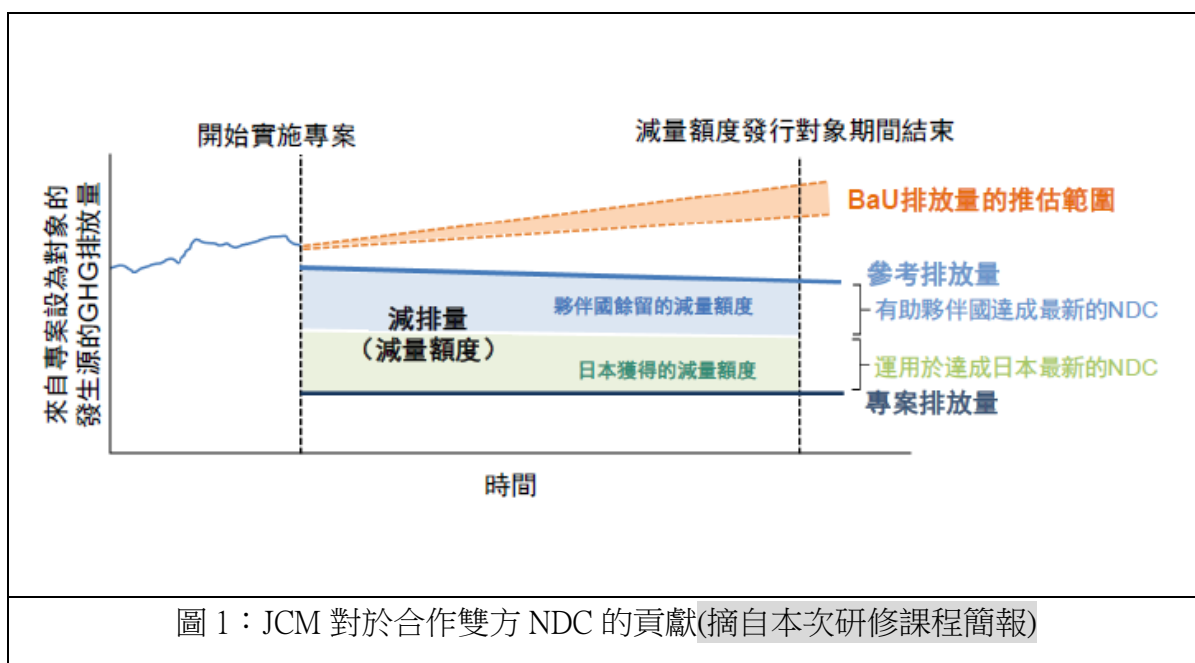
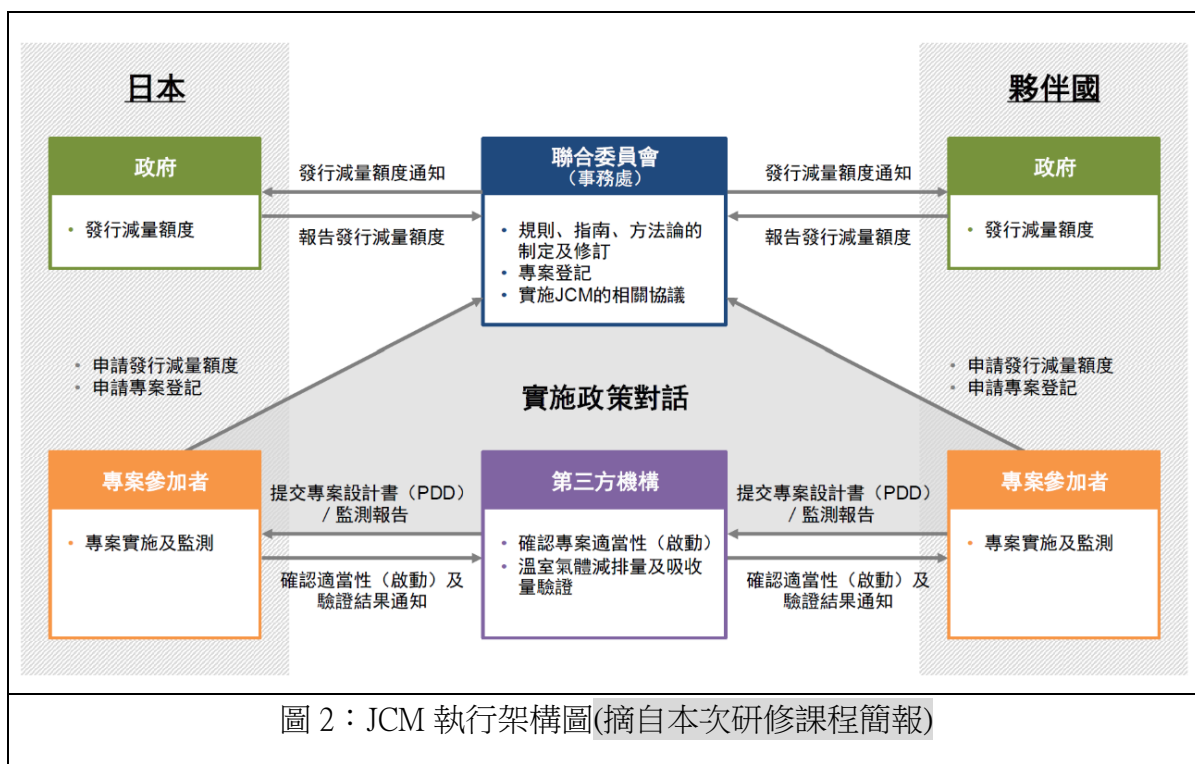


圖 1：JCM 對於合作雙方 NDC 的貢獻(摘自本次研修課程簡報)

為推動 JCM，日本與夥伴國政府代表組成聯合委員會（Joint Committee, JC），成員根據國家而有所不同，人數原則不超過 10 人，其職責包含制定實施 JCM 所需的規則和指南等、審查事業概要（Project Idea Note, PIN）以確認是否有異議、指定

第三方機構（Third-party entities, TPEs）、決定經第三方機構（TPEs）確認適當性的 JCM 專案之登記及 JCM 減量額度的分配事宜。各國政府負責設置與管理登記簿，並根據聯合委員會（JC）決議發行的 JCM 減量額度通知，在登錄簿上發行相應的 JCM 減量額度。



(二)JCM 專案執行週期介紹

為確保 JCM 的透明度、有效性及合規性，需遵循一套標準化週期來執行 JCM 專案，包含提交事業概要（PIN）、異議處理、提交與審查方法論、製作專案設計書（Project Design Document, PDD）、確認適當性、專案登記、監測、驗證、發行減量額度等。具體說明如下：

1. 提交事業概要（PIN）：專案參加者（如民間企業）提交事業概要（PIN），目的用以向夥伴國說明專案初步構想及可能性，內容涵蓋專案背景、預期溫室氣體減碳量、技術選擇及財務規劃等。
2. 異議處理：聯合委員會（JC）針對利害關係人就事業概要（PIN）所提異議進行協商處理，例如技術調整或環境影響評估等，以確保專案順利進入下一步驟。
3. 提交與審查方法論：專案參加者、各國政府與聯合委員會（JC）可制定方法論，方法論需符合 JCM 框架要求，並根據當地條件（如氣候及能源結構等）選擇適當的減碳計算方法，最終須經聯合委員會（JC）審核通過。
4. 製作專案設計書（PDD）：專案參加者製作專案設計書（PDD），詳細說明減碳量監測方法、預估減排量及其他執行細節。

5. 確認適當性與專案登記、監測、驗證：第三方機構（TPEs）確認專案設計書（PDD）適當性後，專案參加者向聯合委員會（JC）申請登記，獲核准後即開始實施專案。專案參加者應於過程中進行監測，以確保減碳數據的準確性與完整性，最終需經第三方機構（TPEs）進行驗證。
6. 發行減量額度：聯合委員會（JC）決定各國政府發行的 JCM 減量額度，該額度可用於國際交易，或由專案參加者用於抵換自身碳排放，以協助達成國家減碳目標。



(三)JCM 的優點

對日本而言，推動 JCM 除了可獲得減碳額度對於日本 NDC 有所貢獻之外，也可提高產業投資的誘因，進而開發海外綠色新商機，提升國內企業價值，日本國家透過 JCM 對於全球淨零排放的貢獻，也能提升國際社會地位。

對夥伴國家而言，也可以藉由 JCM 加速減排，解決空氣汙染或基礎建設等社會、經濟或環境問題，並推廣先進的淨零排放技術及產品，開發夥伴國家商機，貢獻夥伴國的 NDC。

(四)日本政府對於 JCM 的支援政策

《巴黎協定》生效後，日本企業已意識到，在全球競爭環境中，唯有推動脫碳

與環保轉型的企業才能持續生存與發展。為此，日本政府為鼓勵企業參與 JCM，日本政府由環境省、經濟產業省及農林水產省提供下列支援政策（例如直接資金支援或提升企業形象）以協助企業及早布局，應對未來挑戰。

單位	計畫名稱	支援方式
環境省	JCM 設備補助計畫	補助
	日本 JCM 基金會(JF JCM)-對於亞洲開發銀行(ADB)的捐款（包含國際甲烷等減碳資助金）	資助
	對於聯合國工業發展組織(UNIDO)的資助金	專案補助、技術協助
	運用 JCM 的冷媒替代品回收銷毀計畫	補助
	導入氫能等新技術的計畫	補助
	案件開發/能力建構/MRV 支援	技術協助
經濟產業省	可行性研究(FS)	技術協助
	NEDO 實證業務	委託計畫
農林水產省	用於建立農業領域 MRV 的亞洲開發銀行(ADB)捐款	技術協助
	運用 JCM 進行森林保護/造林的新專案實地調查	委託計畫

*支援專案可協助合作國的國營企業執行專案，但合作國政府本身所執行的專案不屬於協助範圍內。

二、日本環境省的 JCM 資金支援計畫

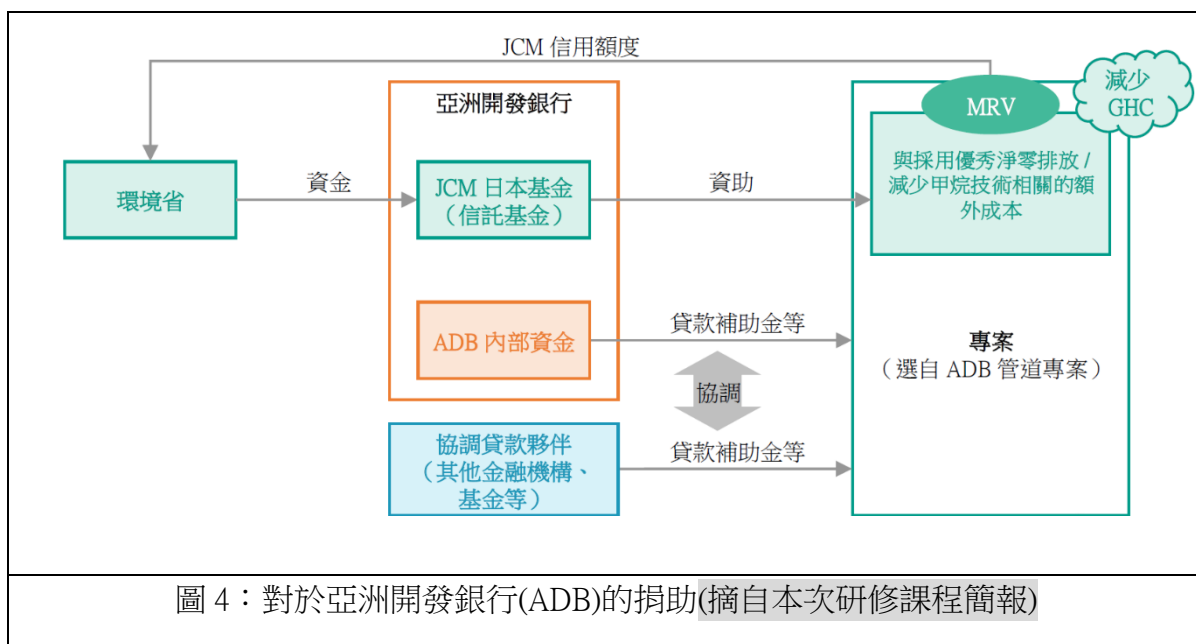
(一) JCM 設備補助計畫

自 2024 年起，日本政府計畫在三年內投入 128 億日圓，補助 JCM 專案初期的減碳機器設備投資成本（最高 50%），專案執行期間不超過 3 年。透過日本民間企業與當地企業組成國際聯盟，由日方代表擔任補助金的收受者（計畫代表者），負責添購、安裝及測試導入的機器設備，並執行檢討排放溫室氣體的 MRV，發行 JCM 減量額度後交予日本政府。

截至 2024 年，已有 99 家日本企業以計畫代表者名義參與，共計 18 個國家導入了 257 種技術，主要為再生能源技術(56%)，包含太陽能、小型水力、風力、生物質、地熱發電等；其次為節能技術(34%)，包含高效鍋爐、空調、冷凍機、冷卻器、變壓器、LED 照明等。2024 年度專案重點涵蓋再生能源（風力、水力、地熱、生物質、太陽能、綠氫等）、綠色物流（包含冷鏈技術）及廢棄物基礎建設。迄今已進行 4 次公開招募共計 22 件專案，其中 4 家企業為首次參與者，進一步擴大 JCM 設備補助計畫的企業參與範圍，此外 11 件大型專案，預計每年減少 1 萬噸二氧化碳當量。

(二) 資助亞洲開發銀行（ADB）及聯合國工業發展組織（UNIDO）

因部分高效能的淨零排放技術（如減少甲烷排放技術）成本較高，亞洲開發銀行（ADB）並未在所有專案中導入該類技術，因此日本政府自 2014 年起累積資助 166 億日圓，並透過成立信託基金（日本 JCM 基金會）的方式，來支持亞洲開發銀行（ADB）的相關專案，推動低碳技術的普及應用，加速亞洲地區的永續發展轉型，並促進 JCM 減量額度的產生。

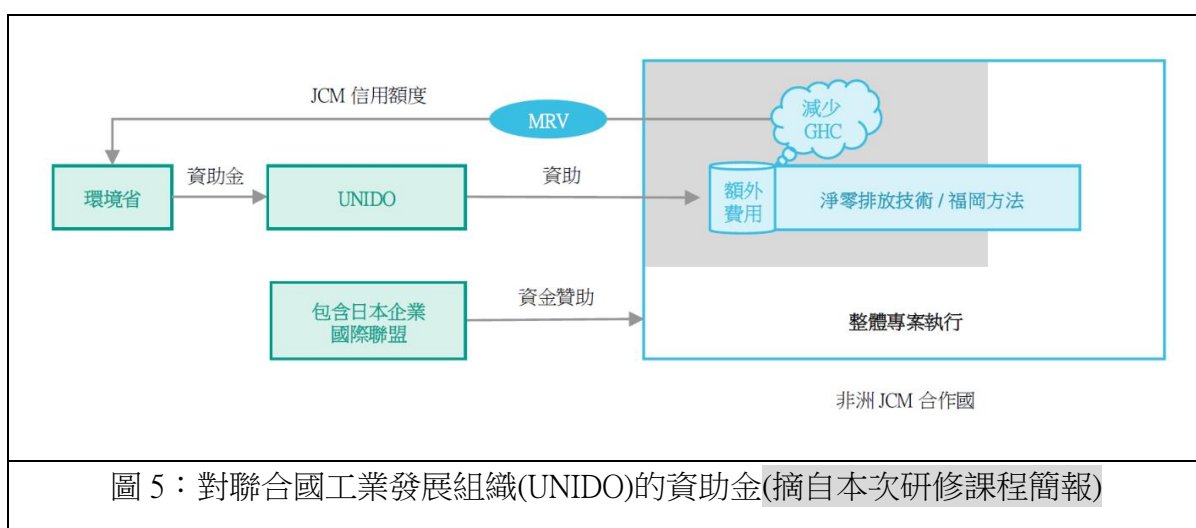


另，針對專案數量較少的非洲 JCM 合作國（肯亞、衣索比亞、突尼西亞、塞

內加爾），由包含日本企業在內的國際聯盟，於非洲執行使用淨零排放技術及福岡方法廢棄物處理之 JCM 專案時，其所產生額外成本，將透過 UNIDO 的資助予以減輕，截至 2023 年已累積資助 7 億日圓（淨零排放技術：5 億、福岡方法：2 億）。

考量非洲地區的 JCM 專案數量較少（目前合作國包括肯亞、衣索比亞、突尼西亞、塞內加爾），日本政府透過聯合國工業發展組織（UNIDO）的在地網絡資源，積極促成專案早期成型。當包含日本企業的國際聯盟在非洲執行淨零排放技術及福岡方法（垃圾掩埋場氣體減排技術）等 JCM 專案時，透過 UNIDO 提供資助以降低其額外成本負擔。

截至 2023 年日本政府已累計資助 UNIDO 共 7 億日圓，其中 5 億日圓用於支持淨零排放技術，2 億日圓用於推動福岡方法的廢棄物處理技術，此舉不僅促進非洲地區的減碳行動，亦深化日本與非洲各國的環保合作。



(三)運用 JCM 的冷媒替代品回收銷毀計畫

透過 JCM 專案，將使用冷媒替代品或其他氣體回收並銷毀，以減少排放量。自 2024 年起為期 3 年，投入 1.8 億日圓，提供固定額度補助以支應必要開支，每件最高補助 5,700 萬日圓，執行期間最長 3 年。該計畫採國際聯盟模式，由日本民間企業與當地企業合作推動，日本法人擔任補助金的收受者（代表計畫者），並負責計畫執行與管理。

(四)導入氫氣等新技術的計畫

自 2024 年起為期 3 年，投入 8.5 億日圓，補助示範規模的實證計畫，以推動 JCM 合作國導入新興的淨零排放技術（不限於氫能）。該計畫透過實證階段產生 JCM 信用額度，並在實證期結束後，於數年內申請「JCM 設備補助計畫」，以擴大技術應用並實現減碳目標。

(五)其他相關支援

為提升日本企業參與 JCM 意願，除上述專案執行支援外，日本環境省亦透過

下列方式提供企業支援服務：

1. 資訊傳遞、能力建構與制度經營：協助企業了解 JCM 制度，並提供專案開發與執行所需的技術與法規資訊，包含各類網站管理維護¹、舉辦研討會、傳遞《巴黎協定》第 6 條/ETF 相關資訊、建構各國能力、維持 JCM 秘書處運作等。
2. 專案成立與配對支援：提供案件諮詢與可行性研究，並建置 JCM Global Match 網站²，提供日本企業及合作國企業配對的機會，以促成商業洽談與合作專案開發。
3. MRV 支援與登記冊管理維護：建立相關資訊平台，公開相關規則、準則、方法學、專案及已發行的 JCM 信用額度；公開 JCM 最新資訊，包含日本政府支援 JCM 資金計劃等相關專案。

¹ 例如 JCM 網站 <https://www.jcm.go.jp/>；Carbon Markets Express 網站 <http://carbon-markets.env.go.jp/index.html>

² JCM Global Match 網址 <https://gec.force.com/JCMGlobalMatch/s/>

三、日本經濟產業省對於 JCM 專案的支援方案

對於採用前瞻性減碳技術的 JCM 專案，日本經產省提供技術實證的支援，專案費用由日本方面負擔部分，原則上由日本政府 100%負擔，分為下列 2 個階段：

(一)可行性研究（Feasibility Study, FS）

在 JCM 專案開發階段，日本經產省支援可行性研究（FS），開始 JCM 專案的基礎檢討（包含導入技術、合作地點、業務相關人員等），為量化溫室氣體減排量建立方法論基礎，並探討在合作國家導入該技術普及的可能性。每案補助費用 1,500 萬日圓，為期 1 年。

(二)NEDO 實證業務

國立研究開發法人新能源/產業技術綜合開發機構（NEDO）於 1980 年成立，為日本獨立行政法人，隸屬經濟產業省，總部位於神奈川縣川崎市。NEDO 約有 1,500 名職員，分別由 NEDO 自身行政人員、政府機構借調人員及民間企業借調人員各占三分之一，由經產省提供營運預算（2024 年約 1,828 億日圓）及政策指導，NEDO 作為「創新加速器」，主要透過專案管理模式推動能源、環境及產業創新技術的開發與實證，以解決能源與環境問題，並強化產業技術能力，實現永續社會所需的創造創新。

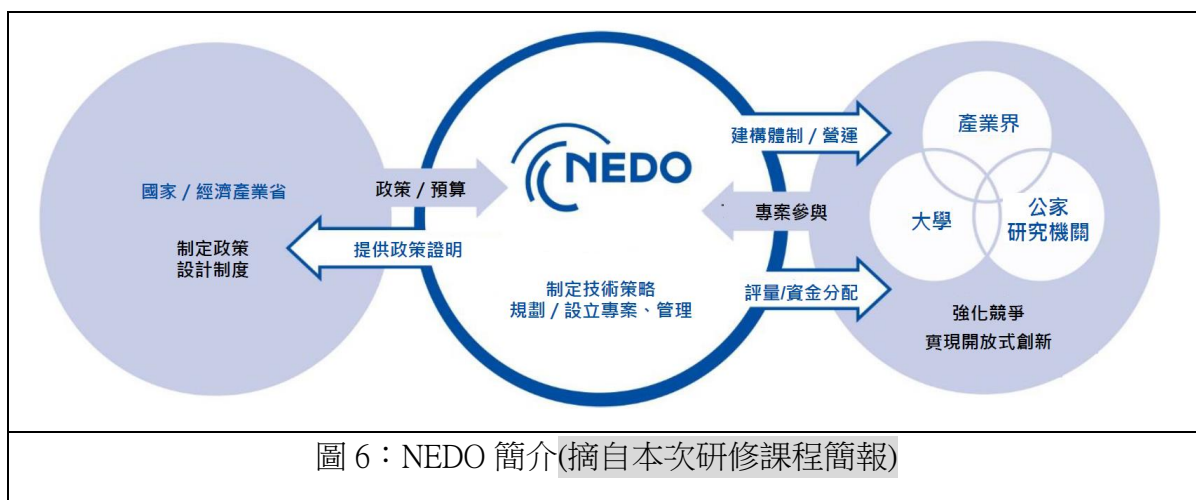


圖 6：NEDO 簡介(摘自本次研修課程簡報)

NEDO 於 2006 年至 2016 年間負責執行京都議定書機制下的減量信用額度業務，主要職責為信用額度的取得及管理。隨著巴黎協定第 6 條的實施，NEDO 開始推動 JCM 相關業務，透過海外實證推廣與開發低碳技術，將日本先進低碳技術與設備應用於減少溫室氣體排放，以協助達成國家自定貢獻（NDC）。

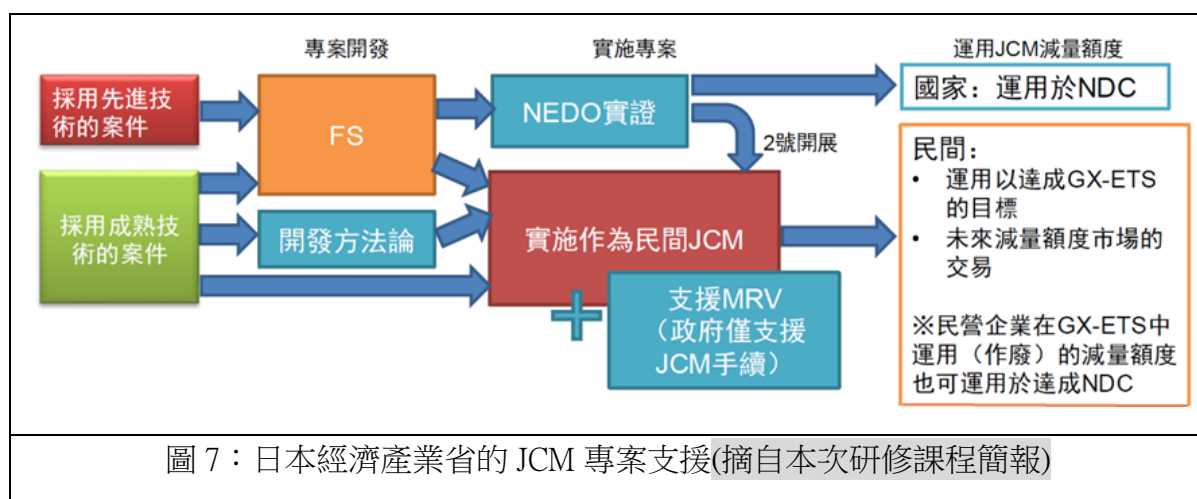
對於採用前瞻性減碳技術的 JCM 專案，經產省將實證業務委託 NEDO 辦理，分為下列 3 個階段：

1. 實證前調查階段：包含制定實證計畫、技術普及可能性、溫室氣體減排效果，以及其量化方法（JCM 方法論）等。此外，取得合作國企業的事先同意，並

向合作國企業簡介實證內容。（每案補助上限 5,000 萬日圓，為期不超過 1 年）

2.實證階段：NEDO 與合作國政府機關簽署 MOU，NEDO 承包業者與合作國企業簽署合約文件（PA）後，再簽署實證業務委託合約。在實證業務中，NEDO 承包業者將導入/運行實證技術/系統，並致力取得 JCM 減量額度。（每案補助上限 10 億日圓，為期 3 年）

3.量化階段：實證業務結束後，針對已取得 JCM 減量額度之專案減碳技術的普及應用，NEDO 繼續提供支援，但不負擔設備/系統的營運費用。（每案補助上限 2,000 萬日圓，為期 2 年）



日本環境省及經產省均對 JCM 專案提供資金支援，包括脫碳設備導入、可行性調查、專案登記與減量額度申請等。其中，環境省的補助重點在於既有低碳技術與設備的安裝，例如工廠內的太陽能板與熱泵；而經產省則聚焦於具有技術實證要素的低碳技術與系統，如運用 IoT 進行節能控制或智慧社群技術的實證研究。NEDO 推動 JCM 實證與環境省辦理 JCM 設備補助業務的差異比較如下：

	NEDO_促進運用雙邊聯合抵換額度機制（JCM）的低碳技術普及業務	環境省_雙邊聯合抵換額度機制資金援助業務中的設備補助業務
對象業務	具有技術實證要素的低碳技術/系統實證業務 （例如：運用 IoT 的節能控制技術、智慧社群技術等）	已確立技術的低碳技術/產品設備安裝補助項目 （例如：在工廠等安裝太陽能板和熱泵等）
支援形式	委託	補助
委託/交付 上限(每件)	10 億日圓	5 千萬日圓以上，20 億日圓以下
實施期間	原則上 3 年	最長 3 年
減量額度 分配比率	在專案參與者間決定分配	政府根據設備成本負擔率取得減量額度（支援條件）

資產處理	實證業務中為 NEDO 資產。實證業務結束後，無償轉讓給對象國政府機關等或有償轉讓給業者	由日本申請企業持有
政府預算金 (2024 年度)	7 億日圓	約 100 億日圓 (含其他 JCM 相關業務)

近年來，日本政府除支持 NEDO 的實證業務外，亦積極推動民間 JCM 的發展，讓民間企業以自有資金執行設備導入的 JCM 專案，自行規劃專案執行內容與資金運用，取得 JCM 減量額度抵換企業自身排放，亦可在碳權市場中交易獲得收益。相關措施包括：2023 年 2 月將 JCM 減量額度納入 GX-ETS 目標的合格減量額度；2023 年 3 月發布民間 JCM 指南；2023 年 4 月設立民間 JCM 專案諮詢窗口，並推動專用的 MRV 支援業務。

考量部分民間企業可能缺乏處理減碳量化複雜程序的能力，NEDO 以其豐富經驗提供協助，例如將技術轉換為 JCM 減量額度或適用 MRV 調查業務，而實際的量化工作則由民間企業委託第三方驗證機構辦理。

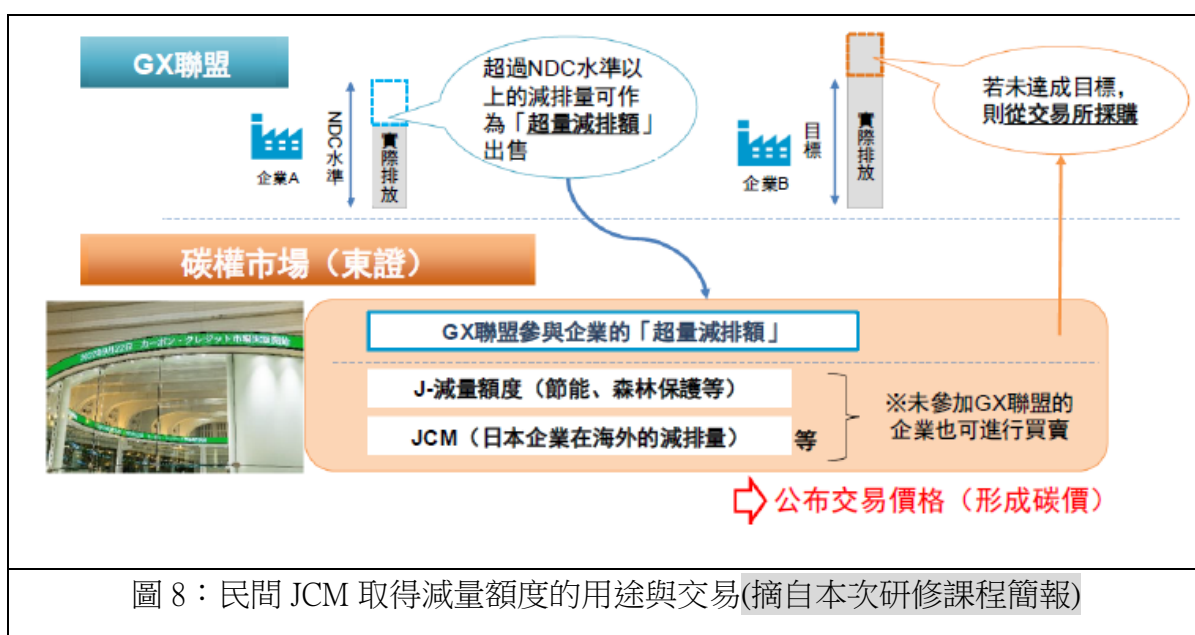


圖 8：民間 JCM 取得減量額度的用途與交易(摘自本次研修課程簡報)

四、 日本政府對 GX 的推動措施

為了配合全球淨零排放趨勢，日本作為亞洲領先推動淨零的國家，早在 2020 年便宣布 2050 年實現碳中和，更進一步提出 2030 年度較 2013 年度至少減少 46% 溫室氣體排放的目標。日本政府將未來因應淨零轉型之相關措施作為經濟成長的機會，因此經濟產業省於 2021 年開始推動「綠色轉型」(Green Transformation, GX)，把 2050 年實現碳中和與 2030 年國家溫室氣體減量之目標作為日本經濟成長的機會，在能源穩定供應的前提之下，以減少排放、提高產業競爭力為目標，致力於整個經濟社會體系的轉型。

(一)日本 GX 推進策略

為達到 GX 目標，日本於 2022 年 7 月起召開「GX 實行會議」，歷經 5 次會議後於同年底制定「實現 GX 的基本方針」草案，在公開徵求意見後調整內容後，於 2023 年 2 月經內閣決議通過。日本由經濟產業省主導 GX 推動，以「GX 推進法」、「GX 零碳電力法」等相關法律為基礎，並以「確保穩定供應能源為大前提的 GX 措施」、「實現成長導向型碳定價」2 項推進策略，作為未來 10 年的發展路線藍圖。內容簡要說明如下：

1. 確保穩定供應能源為大前提的 GX 措施：

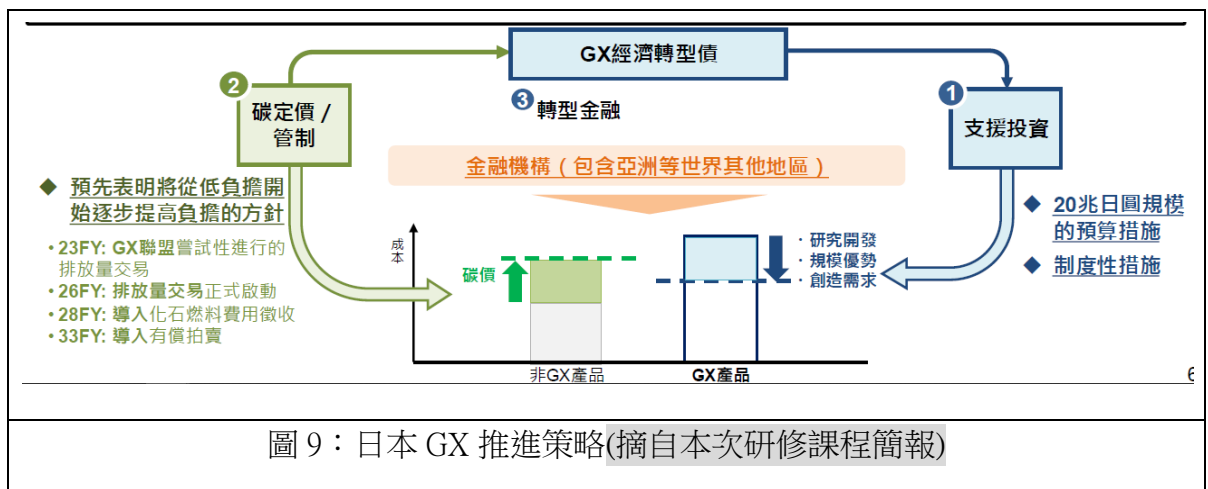
- (1) 推動落實節能：修正節能法，促使企業、家庭等部門有效節能。
- (2) 將再生能源作為主要電力來源：未來 10 年發展次世代太陽能電池和浮動離岸風電，建立 8 倍以上規模的再生能源系統。
- (3) 運用核能：在退役核電廠內重建次世代創新反應爐，以通過嚴格的安全檢查為前提，規定 40 年+20 年的運轉期限，並限制在一定的停業期間允許額外延期。
- (4) 其他重要事項：氫/氨與現有燃料價差支援；在碳循環燃料(甲烷化、SAF、合成燃料等)、儲能電池等各領域，推廣 GX 的研究開發/設備投資/創造需求等措施。

2. 實現成長導向型碳定價：

- (1) 發行 GX 經濟轉型債：為達成「GX 推進法」相關具體政策，預期未來 10 年將需要超過 150 兆日圓的公私 GX 投資，日本政府於 2023 年發行「GX 經濟轉型債」進行前瞻投資支援(未來 10 年規模約 20 兆日圓，折合 4.6 兆元新台幣)，2050 年前償還。
- (2) 推動成長導向型碳定價的 GX 投資誘因：透過對碳排放進行定價，提高 GX 相關產品/業務等的附加價值，非立即導入，而是逐步增加負擔。
 - A. 排放交易制度：2023 年開始試行「GX 聯盟自願性碳市場(GX ETS)計畫」，企業減少的碳排放量可在市場進行交易，預計 2026 年度起正式實施。
 - B. 化石燃料費用徵收制度：預計 2028 年開始針對進口化石燃料業者，如電力公司、煉油廠、鋼鐵製造商與貿易公司等，依據二氧化碳排放量

徵收費用。

- C. 導入發電業者碳排放配額「有償拍賣」：預計自 2033 年分階段進行，根據排放量與發電效率，將碳排放配額有償分配給發電業。
- (3) 運用新金融方法：建立完善的機制與環境，讓民間金融業者減少風險，並盡可能讓投入與產出有更好的預測性，讓民間金融機構、投資人等等願意參與投資，確保資金真正可投入 GX 領域。
- (4) 國際開展策略：日本將落實亞洲零排放共同體(AZEC)倡議，以區域平台方式與亞洲國家協調政策，推動全球脫碳機制，同時確保能源安全。
- (5) 推動社會整體的 GX：包含公正轉型、推動需求面的 GX、推廣中小企業的 GX 等。



為了盡可能提升對國內外環境的預測性，支持有助於維持與強化對日本發展不可或缺的高附加價值產業的投資，日本政府制定 2040 年的產業戰略目標《GX 2040 願景》，明確規劃 2040 年的脫碳與產業政策方向，以協助企業制定投資計畫。首先，在能源與 GX 產業佈局方面，確保穩定安全的能源供應是關鍵課題，政府將推動節能措施、擴大再生能源開發、運用核能、淘汰燃煤發電、確保液化天然氣供應，以及建立氫能供應鏈，以推動脫碳發電方式的發展。其次，GX 產業結構將隨著 GX（綠色轉型）與 DX（數位轉型）技術的發展而變革，政府將強化供應鏈的穩定性，並確保中小企業在轉型過程中不被排除，以維持企業穩健發展與人才雇用市場的穩定，此外，將加速大型企業的組織調整與整體產業改革。第三，政府將積極創造 GX 市場，推動具前景的產品生產與應用，以促進產業升級。最後，在全球化與規則制定方面，日本將致力於將 GX 相關政策與產業標準國際化，以提升全球競爭力並推動國際合作。

（二）GX 聯盟介紹

除了政府單位的努力外，民間企業的投入也不可或缺，日本政府於 2022 年成立公私合作平台 - GX 聯盟（GX League），整合日本在國際市場具競爭力且積極推動碳中和之企業，希望透過 GX 聯盟加強產官學研合作，鼓勵企業共同推動日本的綠色轉型，促進價值鏈共同減少排放，實現碳中和目標，並提升產業競爭力。由

於日本企業之間的橫向合作關係密切，且具備良性競爭的民族性，目前參與的日本企業已超過 700 家，涵蓋製造、運輸、建設、能源、金融等多個產業，其參與企業的總和排放量約占日本全國排放量約 55%。



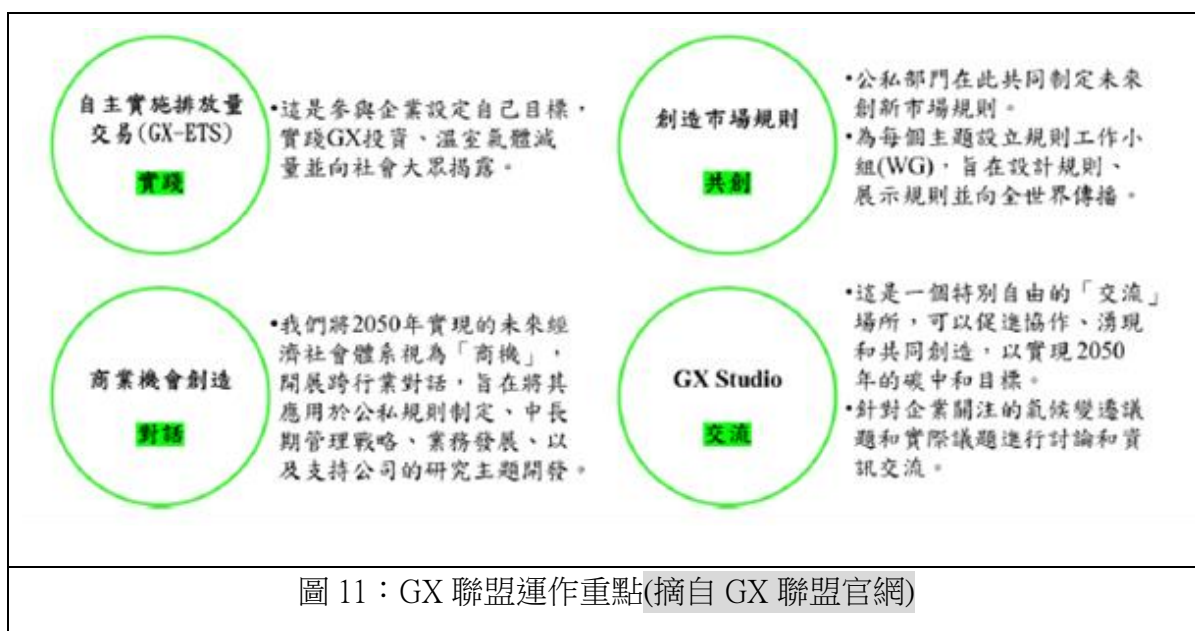
圖 10：日本 GX 聯盟主要參與企業(摘自本次研修課程簡報)

儘管 GX 聯盟是自願性質，但其運作有明確的守則，並要求企業在宣示後遵守，包括自行公開 2025 年及 2030 年的減碳目標，從而激發企業之間的良性競爭，保證供應鏈的減碳，例如標示碳足跡、投入低碳產品（如 GX 產品）等。參與 GX 聯盟的企業須採取的三大措施如下：

措施	措施要求
企業自身努力	- 設定減量目標及轉型策略：如制定 2050 年或更早實現碳中和目標 - 公佈減排目標進度：資訊公開平台(GX 儀表板)公佈年度排放量
努力實現供應鏈中和	- 支持供應商減排努力：如要求供應商減少排放並設定目標、支持供應商低碳/零碳能源採購、與供應商共同採購低碳/零碳能源…等。 - 提高消費者減碳意識：透過產品或服務而對市場/社會產生的效益、透過與公民/教育機構/非政府組織和其他民間社會組織就氣候變遷倡議開展或規劃對話。
打造綠色市場	- 綠色產品的採購與採購：實施或規劃採購/採購自己的綠色產品，以實現綠色消費市場 - 實施或規劃透過創新、透過產品和服務促進減排以及透過信用推出碳抵銷產品等來擴大綠色市場的措施。

GX 聯盟運作重點包含實施排放量交易、創建 GX 市場的規則制定、創造商業機會、「GX Studio」交流等，說明如下：

- 1.實施排放量交易：GX 聯盟推動建立日本的碳交易制度，鼓勵企業參與碳排放交易，以市場機制促進減排。GX 聯盟建立一個公私部門交流及企業減碳進度的揭露平台，由經產省與企業共同討論碳交易制度建置，並自 2023 年開始試行「GX 碳排放交易（GX-ETS）」。
- 2.創建 GX 市場的規則制定：為了促進企業投資 GX，必須建立一個市場環境，使企業投資 GX 產品較非 GX 產品獲得更高的評價，為此必須解決 GX 產品的採購成本高於非 GX 產品、以及 GX 產品的附加價值尚未確定或不透明的問題。GX 聯盟依據每年關注的議題，分別成立規則制定工作小組，2024 年關注議題包含產品商業化推進（2024 年新增）、綠色轉型人才建構、聯盟管理推動、碳信用規則及綠色附加價值等。
- 3.創造商業機會：旨在協助新創企業在追求碳中和的基礎上拓展合作和新商機，與會者包含經產省之相關業務單位。
- 4.「GX Studio」交流：針對氣候議題提供不同產業間企業的討論場域，以案例分享結合小組討論的方式，採實體及線上同步舉行。



（三）創建 GX 市場

為了促進企業投資 GX，必須建立一個市場環境，使企業投資 GX 產品較非 GX 產品獲得更高的價值評估。然而，創建 GX 市場面臨兩大挑戰：一是價格競爭力問題，GX 產品在市場上往往處於不利位置，難以超越非 GX 產品；二是現有的價值評估體系未能對 GX 產品給予足夠的差異化待遇。因此日本政府推動以下措施，通過碳定價制度縮小 GX 產品與非 GX 產品之間的價格差距，並通過公私協力提升 GX 產品本身的附加價值。

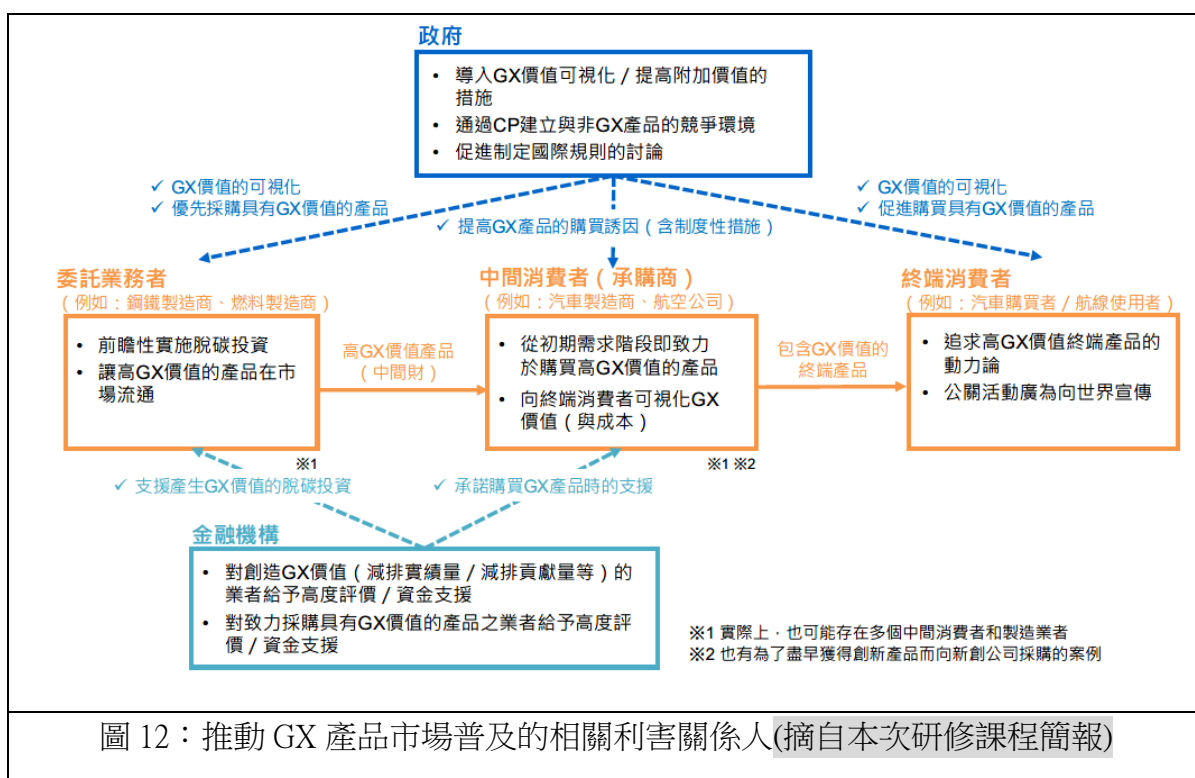
為了創建 GX 市場，必須提升 GX 產品本身的附加價值，增加消費者購買 GX 產品的具體誘因，同時降低採購成本，GX 聯盟採取下列 3 種措施：

- 1.GX 價值可視化：建立產品 GX 價值的相關指標（如碳足跡、減碳實績量、減

碳貢獻量等），透過 GX 聯盟推廣及公開 GX 價值的計算結果，將這些 GX 價值理念分享至全球市場，進一步提升其認可度與影響力。

2. 賦予採購 GX 產品或服務的誘因：透過優先採購來增加需求，確保供應企業可預期投資成果。具體措施包括在運用 GX 經濟轉型債進行投資支持時，鼓勵積極採購 GX 產品；在政府採購中推廣 GX 產品等綠色採購；政府表彰促進對產品 GX 價值理解的活動。
3. 降低 GX 產品的採購成本：補助購買 GX 產品，促使市場規模擴大，從而降低 GX 產品的成本。

透過這些措施，政府將有助於縮小 GX 產品與非 GX 產品之間的差距，進一步激勵市場對 GX 產品的需求。然而，在創造高 GX 價值產品的市場過程中，仍然存在一些風險，包括產品價值的不確定性、製造成本的高昂以及未來需求的不可預測性。因此，如何讓相關利害關係人適當地分擔這些風險，將成為推動市場發展的關鍵。



五、GX-ETS 的推動做法

(一) GX-ETS 簡介

日本積極規劃推動碳排放交易市場（ETS）以實現碳中和目標，2023 年 4 月開始試辦第一階段「GX 碳排放交易（GX-ETS）」，期間為 2023 年至 2025 年，並規劃自 2026 年第二階段（2026 年至 2030 年）開始正式運作碳排放交易市場（ETS）。GX-ETS 對象為自願參與 GX 聯盟的企業，成員不僅有 TOYOTA、三菱、日立等大型企業，其中亦不乏中小及新創企業，參與企業必須遵循以下規範：

1. 宣示減碳目標：企業需針對範疇 1 及範疇 2，分別設定 2025 年及 2030 年的減碳目標，以及第一階段（2023 年至 2025 年）的總減碳目標；範疇 3 則為自願性設定減碳目標，各企業可根據自身情況來制定目標。
2. 提交減碳報告：企業每年提交減碳成果報告，年排放量達 10 萬噸以上的企業需接受第三方驗證，以確保數據準確性。
3. 實施排放交易：達成減碳目標的企業，可將超量減排額出售；未達目標的企業可選擇購買額度，並說明未達標的原因。
4. 資訊公開：企業的目標達成情況、交易狀況以及減碳貢獻等資料，將公開於 GX 儀表板上。

GX-ETS 第一階段（2023-2025 年）規範，企業最近一個年度的範疇 1 及範疇 2 排放總量減少，且直接排放量低於 NDC 標準時，相對應減少的碳排放量可作為「超量減排額」進行販售；企業若未達到減碳目標，則需購買超量減排額或碳信用額度，或解釋未達標原因。

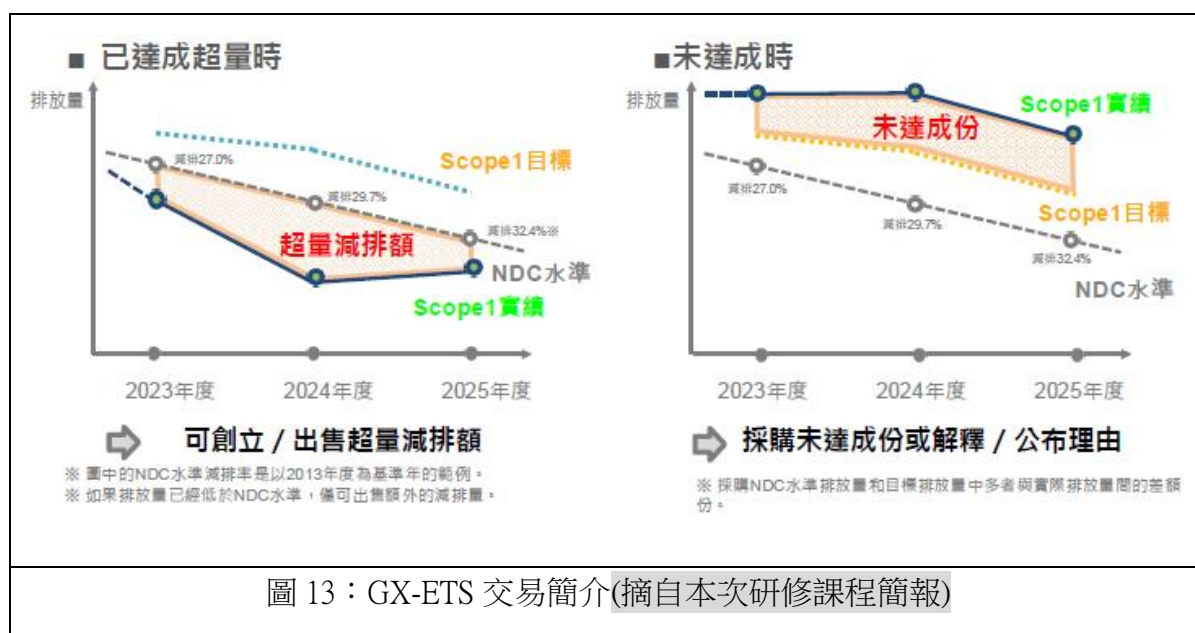


圖 13：GX-ETS 交易簡介(摘自本次研修課程簡報)

(二) 東京證券交易所的碳信用市場

東京證券交易所於 2023 年 10 月正式成立碳信用市場，提供 J-Credits 與 JCM 減

量額度的交易，並自 2024 年 11 月起提供 GX 聯盟的企業交易超量減排額。

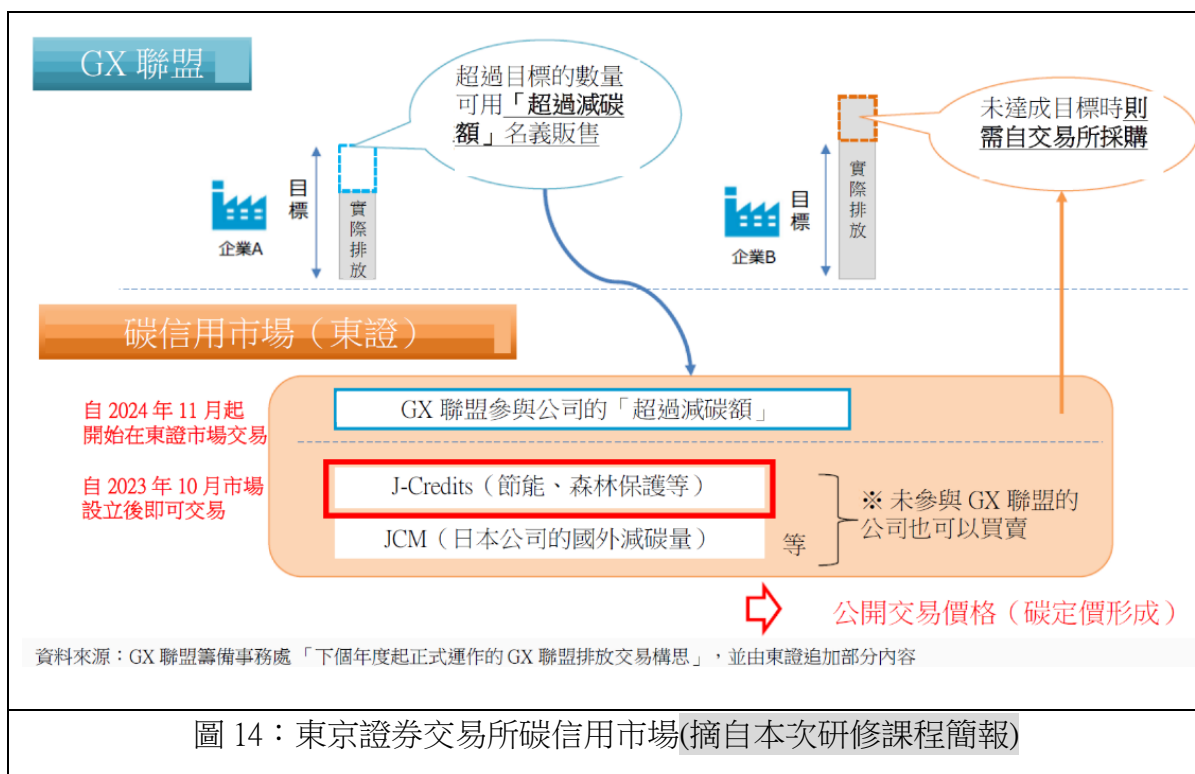


圖 14：東京證券交易所碳信用市場(摘自本次研修課程簡報)

東證碳信用市場採取網路交易方式進行，J-Credits 價格並不像股票價格隨時波動，而是每日上午 11 時 30 分與下午 3 時進行兩次交易，GX-ETS 的超量減排額則僅於下午 3 時進行交易，兩者比較與交易流程如下：

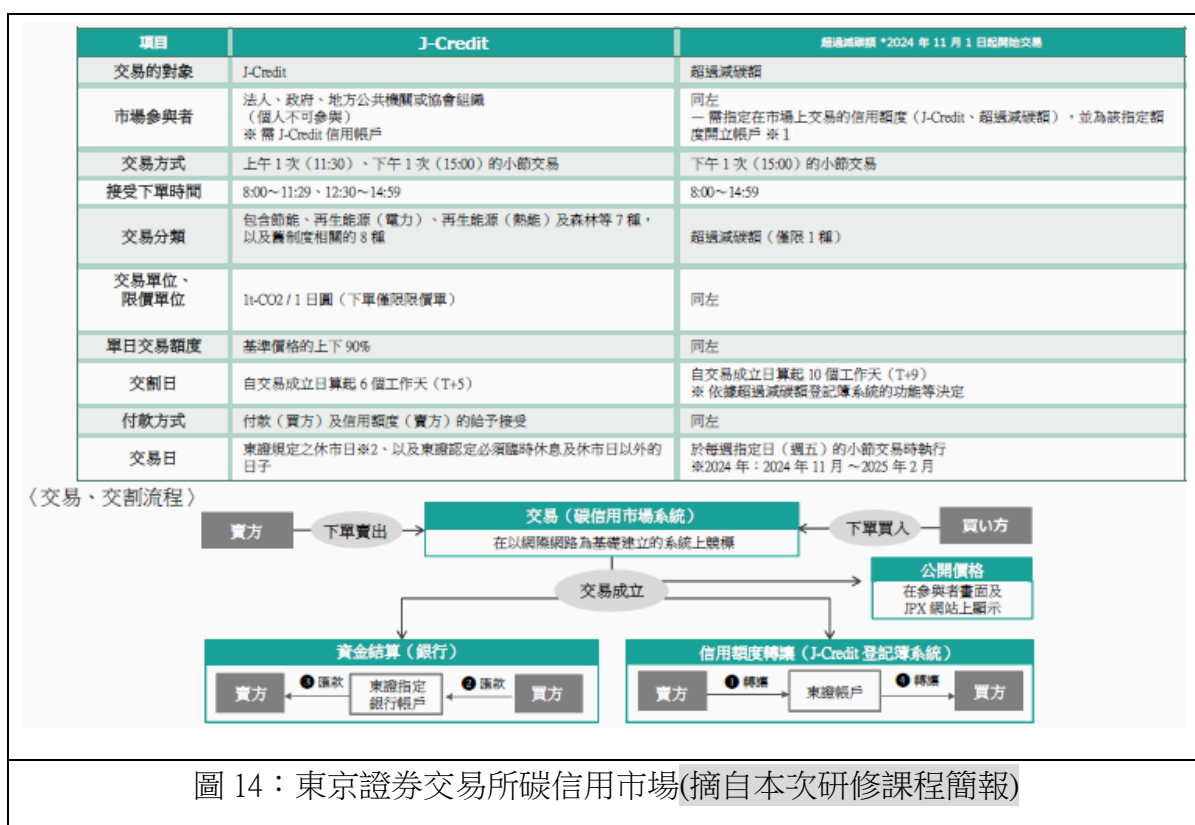


圖 14：東京證券交易所碳信用市場(摘自本次研修課程簡報)

(三)東證碳信用市場的交易現況

截至 2024 年 11 月 26 日，東證碳信用市場已登記 305 個參與者（其中 J-Credit 為 297 個，GX-ETS 超量減排額為 29 個，兩者有重複），涵蓋多個產業領域，包括公共機關、漁業、農林業、礦業、營造業、製造業、電力業、瓦斯業、運輸業、資訊通訊業、商業、金融保險業、房地產業、服務業等，共計已交易 60 萬 8,261 噸二氧化碳當量。成交價格會根據市場供需、減碳方法及附加效益有所不同。此外，經濟產業省曾委託東京證券交易所，與住友商事株式會社、大和證券株式會社、丸紅株式會社、Mizuho 銀行株式會社合作，執行造市商制度試辦計畫，以穩定碳市場交易價格。

信用額度類型	交易價格（日圓）		成交數 （t-CO2）	單日平均成交數 （t-CO2）
	加權平均	最低～最高		
節約能源	1,679	1,510～2,850	190,676	691
可再生能源（電力）	3,825	1,500～5,940	404,000	1,464
可再生能源 （電力：木材物質）	2,176	1,850～2,600	3,347	12
可再生能源（熱能）	2,279	2,000～2,480	7,716	28
J-Credits 森林	5,242	5,000～9,900	2,468	9
J-VER（未轉移）森林	8,450	8,450～8,450	52	0
其他	1,150	1,150～1,150	2	0
總計		—	608,261	2,204

圖 16：東證碳信用市場的交易狀況(摘自本次研修課程簡報)

隨著日本將於 2026 年進入第二階段（2026 年至 2030 年）正式運作碳排放交易市場（ETS），未來的發展方向正在由「實現 GX 的碳定價專家工作小組」研擬中，將以第一階段的執行情況為基礎，透過促進前期投資達成碳中和目標，並針對應對歐盟碳邊境調整機制等國際議題進行討論。重點項目將包括確定制度適用對象的方式（如以高碳排放產業為主）、設定目標的方式（如由第三方機構進行監督）、加強規範以確保達成目標的措施、交易方式，以及其他有助於確保投資可預測性的措施，如設定價格的上下限等。

六、GX 人才市場創造工作小組的推動做法

本次研習參訪 Skill Up NeXt 株式會社介紹日本 GX 聯盟如何訓練 GX 人才，該公司主要開發 AI/DX 人力，已為 900 多家公司（主要是大企業）提供在職員工訓練，近期也啟動了 GX（綠色轉型）人力資源發展計劃，專注於支持企業推廣 GX。

日本在 2020 年制定了「2050 年碳中和宣言」，許多企業都將減碳定位為最重要的項目之一，公司內部擁有 GX 人才非常重要，可預見未來 GX 人才需求將會增加。根據日本 RECRUIT AGENT 於 2023 年 8 月公布的 GX 徵才及轉職動向，GX 徵才的增加率和實際進行轉職的人數有落差，有人才短缺問題，必須加快培育人才速度，另外也需建立 GX 技能標準，利用透過 DX 人才培養培養出的系統化課程製作經驗，提供符合企業水準與需求的培訓計畫，可作為與職位工作內容對應的連結，幫助企業更快找到適合的員工。



圖 17：參訪 SkillUpNeXt 公司

Skill Up NeXt 株式會社為「GX 人才市場創造工作小組」之召集單位，目的在建立職場的 GX 技能標準，小組成員包含 NEC、農林中央金庫、中國電力株式會社等 14 家公司。該小組自 2023 年 11 月起已辦理 4 次工作小組會議，根據小組成員的經驗與見解進行討論，主題為活用標準及創造 GX 人才市場，製作並公布了 GX 技能標準、研討概要和活用方式及討論文件。

工作小組將 GX 人才分為防守型 GX 人才及進攻型 GX 人才，防守型 GX 人才為因應法規執行碳盤查並公開資訊所需之人才，進攻型 GX 人才為改革公司內部業務並創造價值所需之人才。企業依據日本環境省 TCFD 之財務揭露建議，公開碳排資訊，並建立內部工作組織來進行減排計畫，但通常日本企業都著重於如何開發碳排較少的產品而忽視人才的培育，所以在進行公司的減排計畫時，亦要考量人才培育的期程，但工作小組認為對企業而言，將 GX 視為機會而非僅止於應對減碳要求，必須創造價值與改革業務，因此培育和確保 GX 人才至關重要。

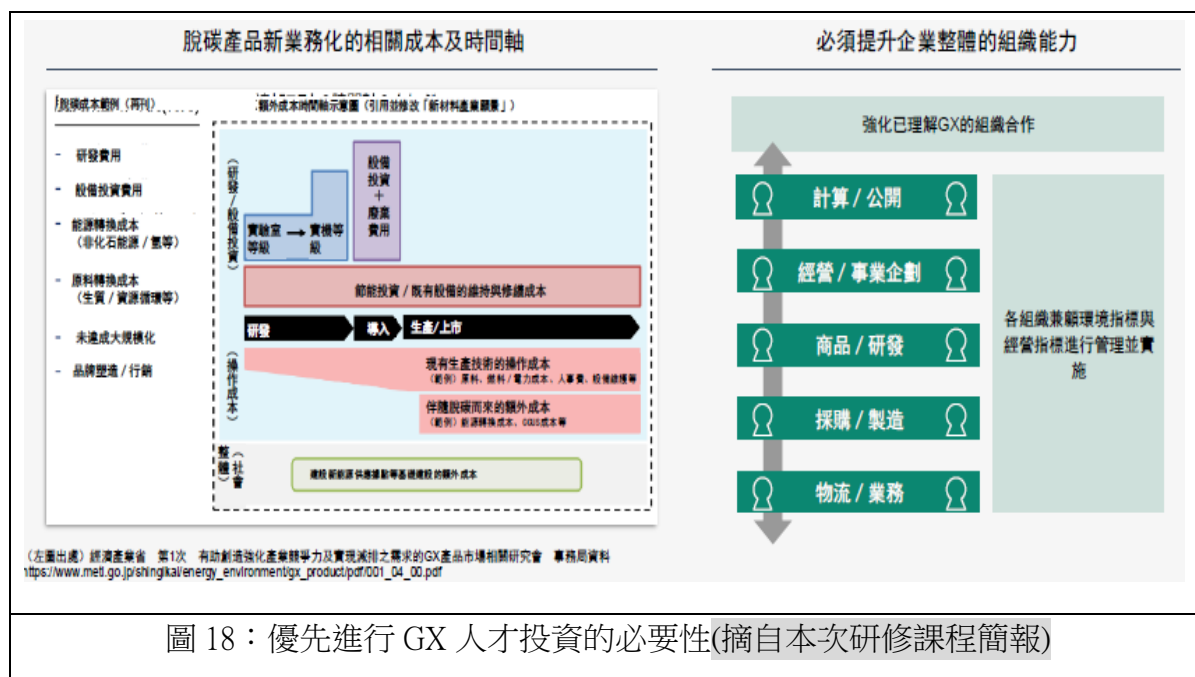
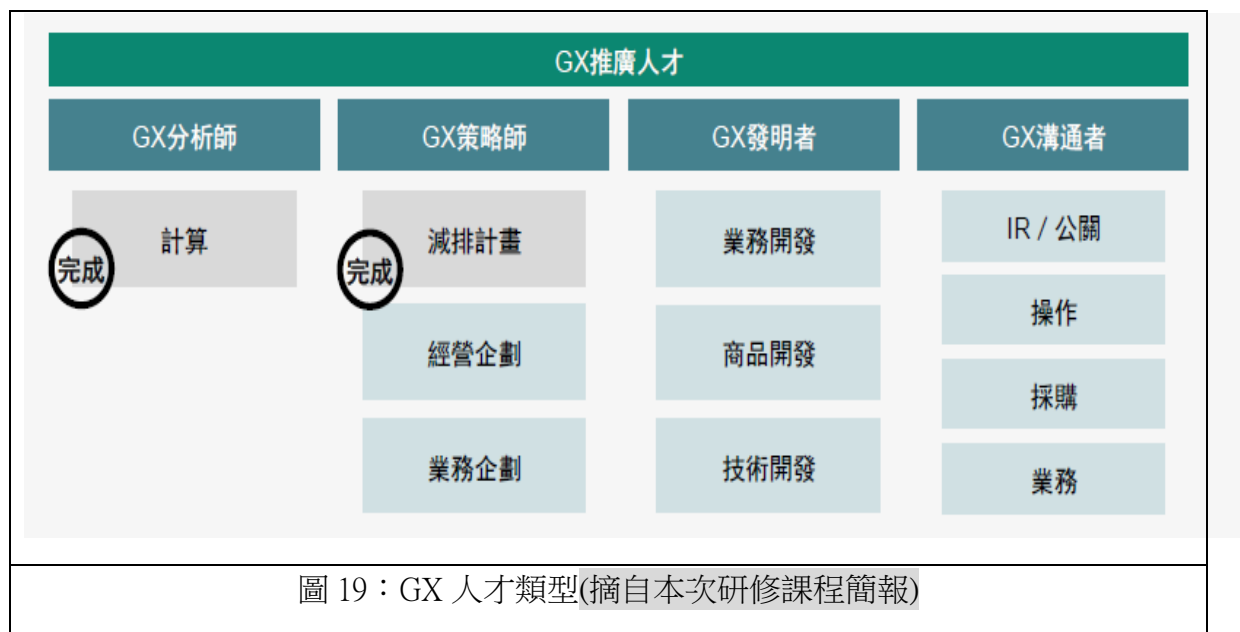


圖 18：優先進行 GX 人才投資的必要性(摘自本次研修課程簡報)

對於企業而言，目前 GX 人才培養仍處於萌芽階段，因此工作小組根據成員企業的見解和經驗，製作指南手冊提供參考：

- (一)辨識及確認企業的 GX 推進方向（包含如何減少企業排放、業務調整方向、技術開發），並思考企業內部組織調整方式。
- (二)根據企業欲採行的 GX 推進方向，探討所需的 GX 人才類型，以及相關技能培育項目，並推廣至公司內部所有人員。

此外，工作小組針對各行業有系統的定義 GX 所需技能標準（GXSS），提供企業可應用於所有 GX 相關人力資源的架構，使企業和個人更容易制定具體的學習和發展計劃來促進 GX。GX 技能標準（GXSS）分為 GX 素養標準（指 GX 應具備知識、學習項目與學習程度）與 GX 推廣技能標準（指 GX 人才類型與角色），並透過分層的技能定義，使得參與推進 GX 的人員更容易了解自己的技能水平，並為個人職涯晉升或職業變動提供明確的方向，進而設定目標並提高技能。目前工作小組已針對 GX 分析師及 GX 策略師定義 1 至 4 級 GX 技能標準，提出具體的學習項目和技能組合，後續工作小組將針對 GX 發明者及 GX 溝通者內容進行討論。



七、日本電力業的淨零轉型戰略

日本宣布於 2050 達成碳中和之目標，以日本排放比例來看，約有 4 成來自能源轉換部門(包含電力部門)，故為達到能源供應端之減碳目標，須達成「電力來源低排放及淨零排放」。為達成 2050 年碳中和目標，將盡可能增加再生能源發電占比同時，氫氨發電及 CCUS 火力發電將在穩定供電中發揮作用。以 2013 年為基準年來看，發電占比為在再生能源 11%、化石燃料 88%、核能 1%，之後再生能源占比逐漸增加，預估到 2030 年占 36-38%、氫/氨發電 1%、化石燃料 41%、核能 20-22%，到 2050 再生能源預計達 50-60%，氫/氨 10%、化石燃料(CCUS)及核能 30-40%。

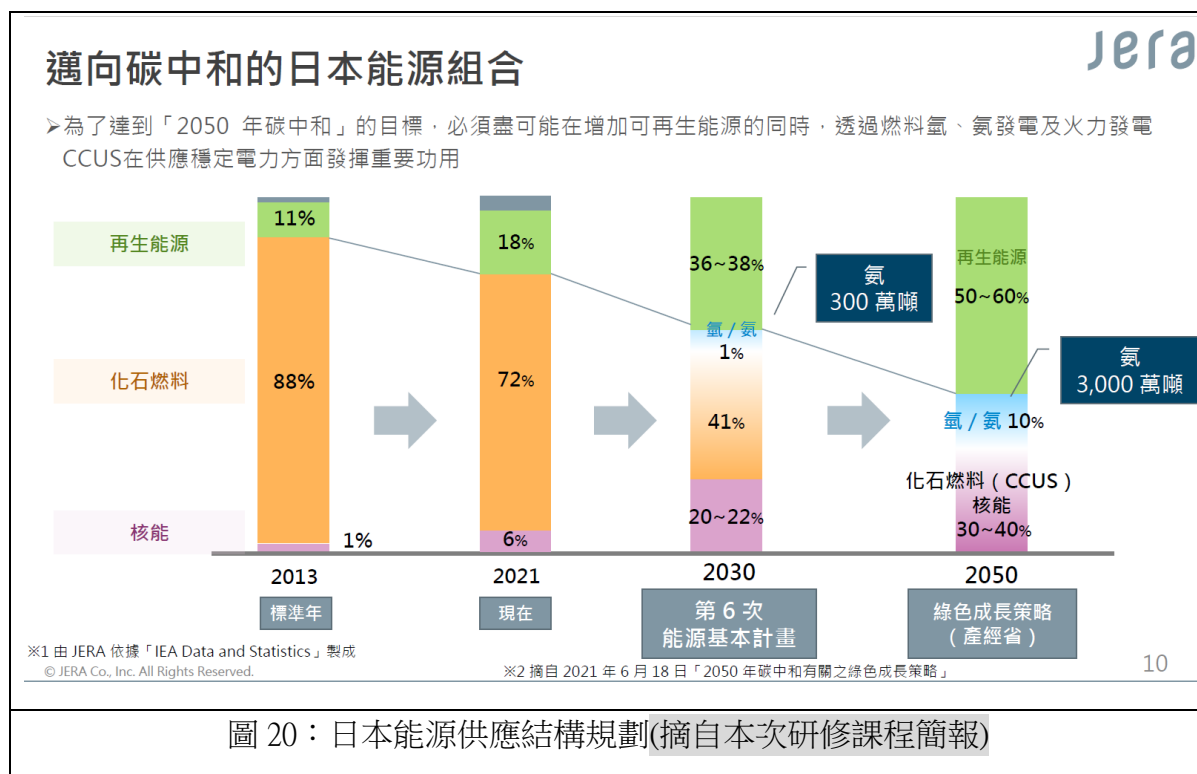
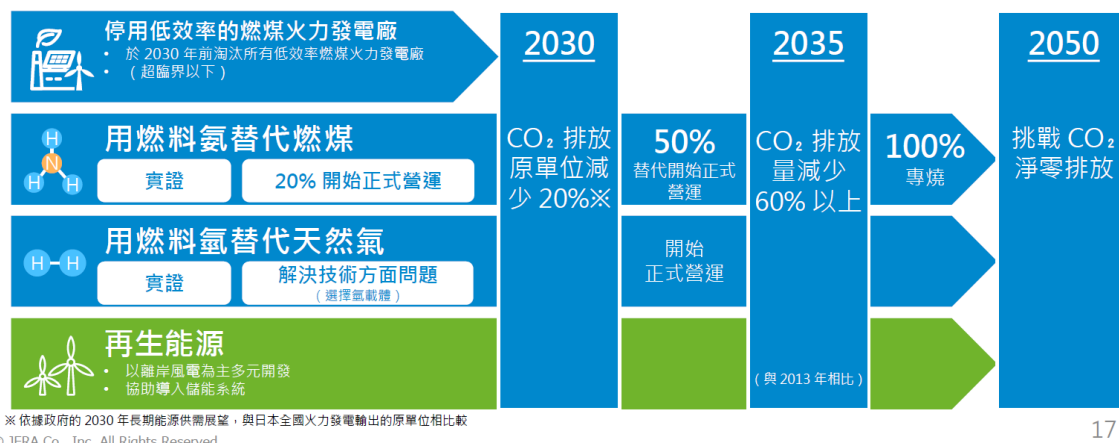


圖 20：日本能源供應結構規劃(摘自本次研修課程簡報)

JERA 公司於 2015 年 4 月成立，係由東京電力及中部電力之燃料及火力部門整合而成，旨在打造可於國際能源市場競爭之全球能源企業。該公司擁有從燃料開發、運輸、儲存、發電至售電之供應鏈，供應日本約 3 成電力，並在世界各國開展業務，專注開發再生能源(以離岸風電為主)，並將在國外所累積知識運用於日本國內開發計畫。JERA 公司提出 2035 年和 2013 年相比，日本國內事業二氧化碳排放量減少 60% 以上，並於 2050 達到無碳化之目標。

日本版「JERA 零碳排 2050 年」路線圖

- 透過淘汰低效燃煤電廠，由燃料氨及氫逐步代換燃煤及燃氣，並導入再生能源，以達成日本國內事業的淨零排放。
- 達成零碳排的路徑會因國家及地區的狀況而有所差異，JERA將逐步於全球其他地區推廣最佳化的路徑。



17

圖 21：日本 JERA 公司 2050 淨零碳排路徑(摘自本次研修課程簡報)

為達到淨零排放目標，JERA 公司將擴大導入風電、太陽能等再生能源，惟再生能源容易受天氣因素影響導致供電不穩，爰需藉由無碳化火力發電穩定供電。為此，JERA 公司計畫逐步淘汰低效率燃煤火力發電，從煤炭及 LNG 轉為氨與氫，並導入再生能源。

JERA 公司亦規劃開發鍋爐式火力發電廠氨轉換、氨裂解新型觸媒及合成氨新型觸媒技術。該公司與 IHI 公司合作，於 2024 年 4 月 1 日至 6 月 26 日間，於碧南火力發電廠執行 20%混氨發電實證計畫。JERA 公司於計畫開始前先進行設備改裝，並透過消防單位與電廠周圍人員說明氨相關使用方式及安全措施。實證結果顯示混氨燃燒可維持與純煤燃燒一致之可操作性，NOX 排放量與燃煤相同，並有效降低 SOX 及粉塵的排放。

碧 南火力發電所中的燃料氨發電實證專案

Jera

➤ IHI Corporation (以下簡稱 IHI) 共同研究，並提供以碧南火力電廠4號及5號機組為測試機組，選擇配合定期檢查流程改造燃燒器

實證專案概要

主旨	NEDO 協助專案「碳回收及次世代火力發電等技術開發氨替代燃料火力發電技術研究開發、實證專案」				
專案主體	Jera × IHI				
專案內容	將碧南火力發電所4號機組(輸出:100萬kW)的20%(熱量比)以燃料氨替代燃煤，並收集、分析火力發電廠的實際運轉資料，供後續大規模應用研究使用。				
測試期間	2024/4/1~2024/6/26(實際測試53天)				
NH ₃ 使用量	約30,000噸				
年月	2024年				
	2月	3月	4月	5月	6月
實證測試工程簡述(實際結果)	首次接收氨 ▽		點火 達成20%替代率 ▽		實證測試結束 ▽



JERA Co., Inc. All Rights Reserved.

18

圖 22：碧南火力發電廠 20%混氨發電實證計畫(摘自本次研修課程簡報)

目前 JERA 公司在 NEDO(New Energy and Industrial Technology Development Organization 新能源產業技術綜合開發機構)及綠色創新基金計畫支援下，開發用於鍋爐式火力發電廠之氨轉換技術、氨裂解新型觸媒並建立最佳化製程、合成氨之新型觸媒並最佳化製程、燃氣渦輪發動機之混氫燃燒等技術，並進行氫氨發電之實證計畫。

為達成 2050 碳中和目標，發電業以優先於氫氨發電之作法，加速產業淨零排放，為此，建立氫氨供應鏈、穩定供應來源極為重要，JERA 公司透過與 CF Industries、Exxon Mobil 等國外公司簽訂合約或備忘錄之方式，開發氫氣供應來源，並與日本國內運輸公司合作建立氨之運輸方法，期望能開發大型氨運輸船並建立氨供應鏈，有助於達成淨零排放社會。

[illegible]

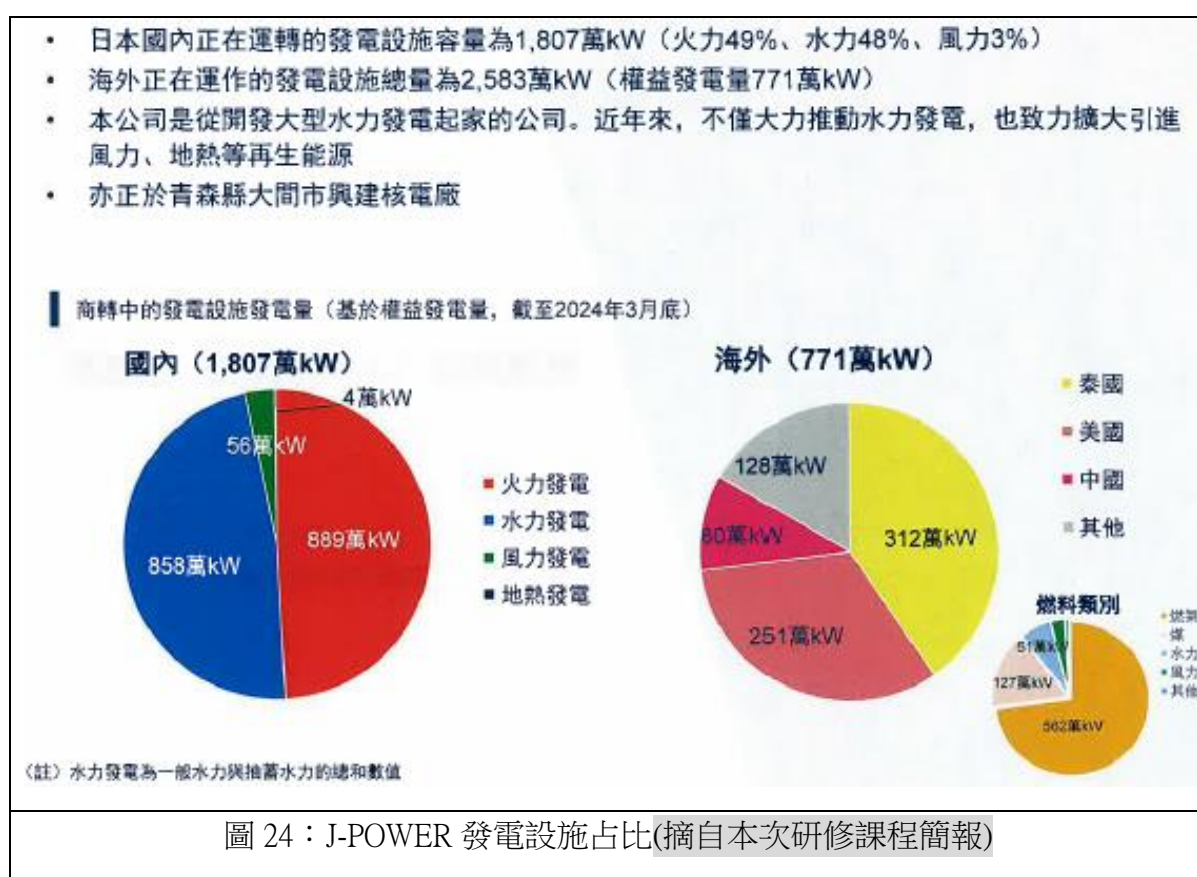
39

圖 23：JERA 公司拓展國際合作建立氫氨供應鏈(摘自本次研修課程簡報)

八、 參訪 J-POWER 磯子火力發電站

J-POWER 電源開發株式會社為 1952 年日本政府為解決戰後電力短缺問題而成立，以火力發電及水力發電為主，並可串聯日本各地主要輸電線路執行輸送電力之業務，後續亦將業務範疇拓展至風力與地熱發電業務，並至美國、泰國等地進行海外發電業務。

J-POWER 公司在日本國內有 61 處水力發電廠，水力發電占比(17%)為日本第二，約 858 萬 KW，其中約半數(440 萬 KW)為抽蓄式水力發電；火力發電占比 16%，總發電量約 881 萬 KW；風力發電占比(12%)亦為日本國內第二，總發電量約 59 萬 KW，在 24 個地點進行風力發電；地熱發電部分，透過自營或與其他公司合作之方式，於日本國內有三處地熱發電廠，並持續進行推廣及開發作業。



2021 年 2 月 J-POWER 公司提出 BLUE MISSION 2050，為一實現碳中和及氫能社會之行動計畫，並提出至 2050 減碳路徑圖，目標 2030 年較 2013 年減碳 46%，2050 年達成碳中和。BLUE MISSION 2050 行動計畫分為三大措施：擴大零 CO₂ 電源、零 CO₂ 之氫能發電、達成電網穩定，作法包含發展水力、風力、地熱及生質能等再生能源、逐步汰換設備老舊之燃煤發電廠、導入混氫發電、氫能發電等。

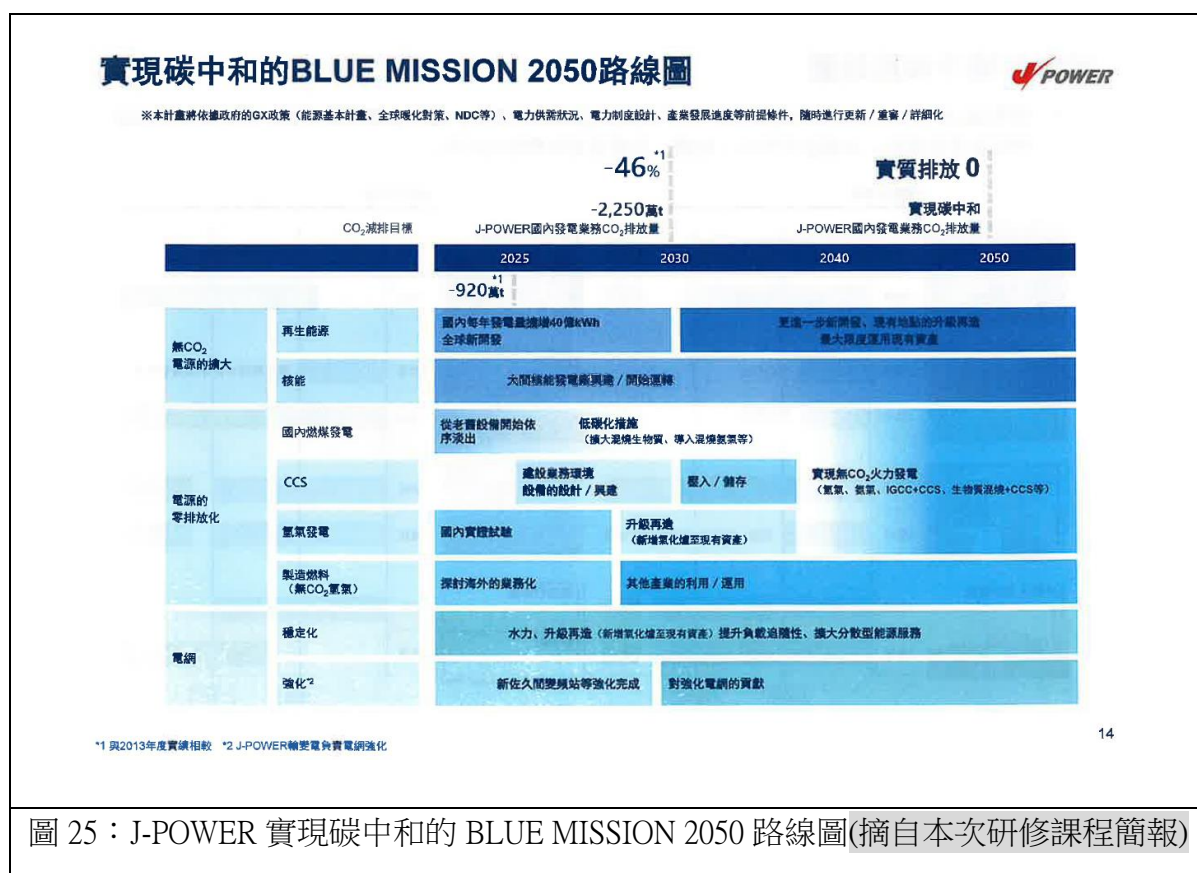


圖 25：J-POWER 實現碳中和的 BLUE MISSION 2050 路線圖(摘自本次研修課程簡報)

為配合日本國內煤炭政策，於 1960 年代興建磯子火力發電廠(Isogo Thermal Power Plant)，作為位於都會區之發電站，其為日本國內第一座與橫濱市簽訂污染防治協議之發電站，透過安裝煙氣脫硫設備(flue gas flue-gas desulfurizer)作為環境保護措施，並持續為橫濱市提供穩定供電。該發電站於 1967 年陸續啟用 2 座燃煤發電機組，總發電量 530,00kW，在符合橫濱市於 21 世紀橫濱計畫(Yokohama 21st Century Plan)下之環境保護計畫、確定都會區穩定供電並強化供電可靠性、逐步汰換老舊發電設備等三大目標下，於 1996 年於廠區現有空間內進行 1 號機組改造，為保持穩定供電，改造期間仍維持現有機組持續運行，並於 1 號機組啟用後拆除原有機組，並於原有機組所在空間改建 2 號機組，於 2008 年完成 2 座機組改造工程，總發電量增加為 1,200,000kW。



圖 26：參訪 J-POWER 磯子火力發電廠

磯子火力發電廠為進行環境保護採取多項措施，包含安裝乾式煙道氣脫氮系統(Dry-type flue gas denitrification system)將氮注入含有 NOX 之煙道氣中，氣體經過催化劑後透過化學反應分解為氮(NH₂)及水；安裝靜電除塵裝置(Electrostatic Precipitators)，當含有煤煙(soot)及灰塵(dust)之煙道氣經過高壓直流電極(DC high-voltage electrodes)時煤煙及灰塵將被吸附，並透過定期搖動使這些物質得以脫落；安裝乾式煙道氣脫硫工廠(Dry-type flue gas desulfurization system)，當煙道氣通過脫硫塔，其中的活性碳於吸附二氧化硫後進入重置塔(regeneration tower)，在重置塔中，二氧化硫將被排出活性碳，活性碳將重新進入脫硫塔使用。這些被排出的二氧化硫可被還原成高濃度的硫酸。

而發電廠排放的汙水及廢水經過處理後可排放至海中，且取水及排水海水之溫度差將低於 7 度或更少，為避免影響船隻運行，水流速度亦為考慮因素。為避免煤煙及灰塵溢散，煤炭及煤灰的運送系統均處於密閉空間；透過將機組安裝於室內或安裝低噪音型機組，將噪音及震動之影響減至最小化。



圖 27：介紹 J-POWER 磯子火力發電廠脫碳措施

九、日本煉油業的淨零轉型戰略

日本石油產業，由於車輛製造技術持續進步改善車輛行駛效率、燃料轉換、及人口減少等結構因素影響，日本國內石油製品需求已較 1999 年減少 41%，預測未來也將持續減少。2024 年日本的煉油廠為 19 家，原油煉量為 3.11 百萬桶/日，亦較 1980 年 48 家煉油廠，5.71 百萬桶/日原油煉量大幅縮減，如下圖。

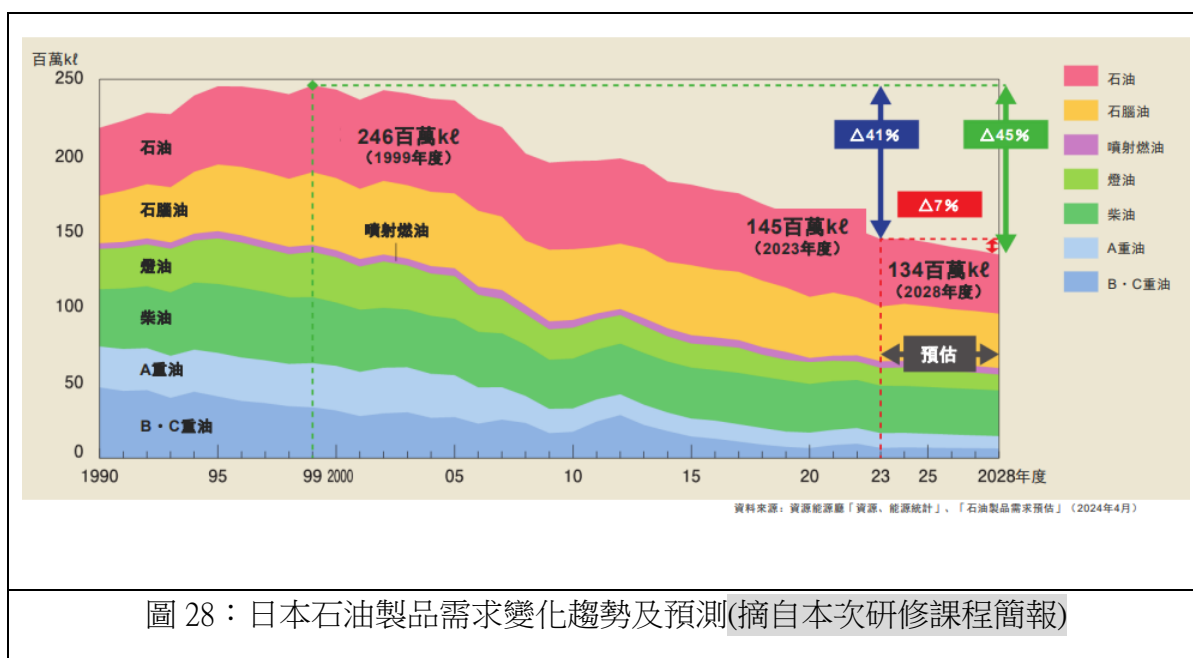


圖 28：日本石油製品需求變化趨勢及預測(摘自本次研修課程簡報)

在此情形下，日本石油公司也逐年整編合併；以本次報告淨零轉型戰略的 ENEOS 公司為例，ENEOS 即為 JX 日礦日石能源與東燃 General 集團統整。而 JX 日礦日石能源與東燃 General 集團也分別在不同時期歷經數波油公司整併潮，其前身包含日本石油、三菱石油、九州石油、日本礦業、共同石油、東燃、General 石油、埃索石油、美孚石油等數家公司。

相對 2050 淨零碳排的國家目標，ENEOS 規劃在 2040 年提早達到淨零目標。以能源安全變動、碳中和相關社會共識形成、進一步發展數位轉型等大方向，加快挑戰推動能源轉型。發展方向含氫能、合成燃料、永續航空燃料(SAF)、風力發電、太陽能發電之零碳能源，電動車負荷集成調度充電、分散型再生能源及儲能、數位化所需之次世代先進素材、塑膠及金屬回收循環經濟建設等。以兼顧『能源、素材安定供給』及『落實碳中和社會』，謀求企業價值最優化。

日本 ENEOS 現以石油為主要產品，市占率 15%，其配合國家淨零轉型規劃未來 2050 年時，以再生能源、碳封存(CCS)+石化燃料、SAF/生物燃料、氫能、合成燃料為主要產品，以市占率 20%為目標。

(一)再生能源：ENEOS 以旗下日本再生能源(Japan Renewable Energy, JRE)再生能源運用 AI 進行再生能源發電預測，以落實供需平衡最適化，目標在 2040 達到 6-8 GW 供電量。

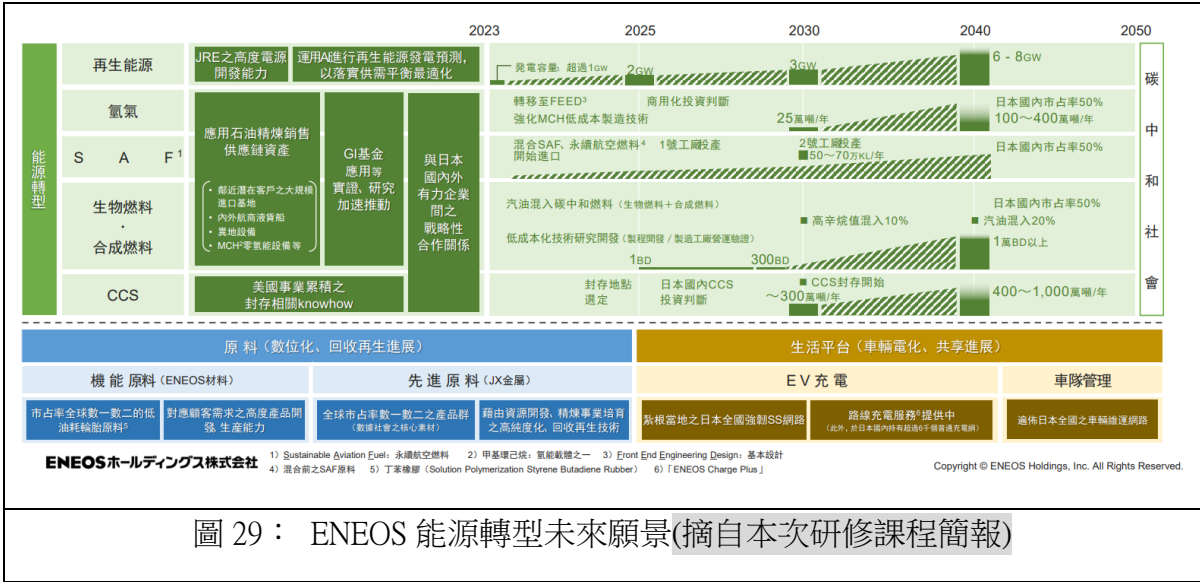
(二)碳封存(CCS)：美國事業累積之封存相關智識，規劃在 2030 年開始進行，2040 年達到封存量 400-1,000 萬噸/年之規模。

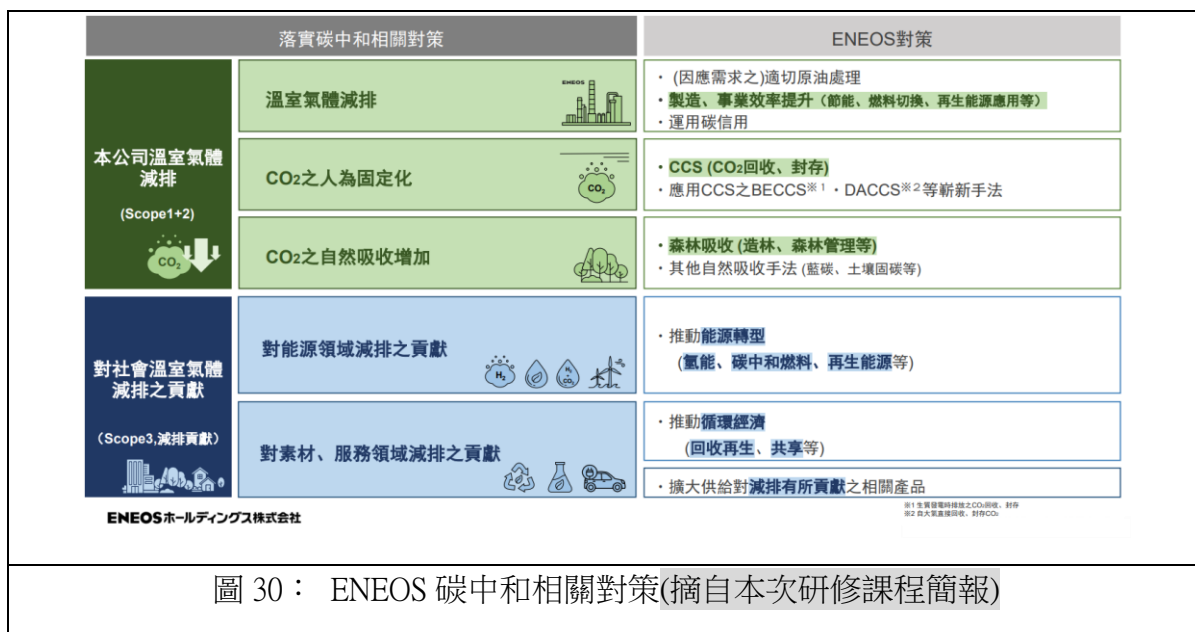
(三)永續航空燃料(SAF)：現階段規劃進口，新設工廠 2025 年開始投產，2030 年產量達 50-70 萬 kL/年，2040 年以日本國內市占率 50%為目標。

(四)氫能：現階段強化 MCH 低成本製造技術，2030 年達產量 25 萬噸/年、2040 年達產量 100-400 萬噸/年之規模，以日本國內市占率 50%為目標。

(五)生物燃料/合成燃料：初期汽油中混入碳中和燃料(生物燃料+合成燃料)、並研究開發低成本技術，2030 年目標高辛烷值混入 10%(合成燃料日產量約 300 桶)，2040 年汽油混入 20%碳中和燃料(合成燃料日產量 1 萬桶以上)，以日本國內市占率 50%為目標。

未來願景中，除能源轉型外，尚有原料供應及生活平台。原料包含 ENEOS 材料的低油耗輪胎丁苯橡膠、JX 金屬銅箔等；生活平台包含電動車充電站與車隊管理。如下圖。





ENEOS 所規劃碳中和策略如上圖所示，說明如下：

(一)範疇 1 及 2 的公司溫室氣體減排

1. 溫室氣體減排：節能、燃料切換、再生能源應用，以及碳權的運用。
2. CO₂之人為固定化：CCS (CO₂回收、封存)，含生質能源碳捕集技術(Bioenergy with Carbon Capture and Storage, BECCS)，以及直接空氣捕集及封存技術 (Direct Air Carbon Capture and Storage, DACCS) 等方法。
3. CO₂之自然吸收增加：造林、森林管理等森林吸收，以及藍碳、土壤固碳等。

(二)範疇 3 的社會溫室氣體減排

1. 對能源領域減排之貢獻：推動氫能、碳中和燃料、再生能源等能源轉型。
2. 對素材、服務領域減排之貢獻：推動回收再生、共享等循環經濟，以及擴大供給對減排有所貢獻之相關產品。

以 2013 年為基準年，ENEOS 溫室氣體排放量(以範疇 1 及 2)計有 3 千 6 百萬噸/年，2025 年目標為達到 3 千 1 百萬噸/年(規劃減排 50 萬噸/年，增加森林吸收 50 萬噸/年)；2030 年目標為達到 1 千 9 百萬噸/年(規劃減排 100 萬噸/年，CCS 300 萬噸/年，增加森林吸收 200 萬噸/年)；2040 年目標為達到淨零(規劃減排 300 萬噸/年，CCS 1 千 1 百萬噸/年，增加森林吸收 500 萬噸/年)。整體減排藍圖如下：

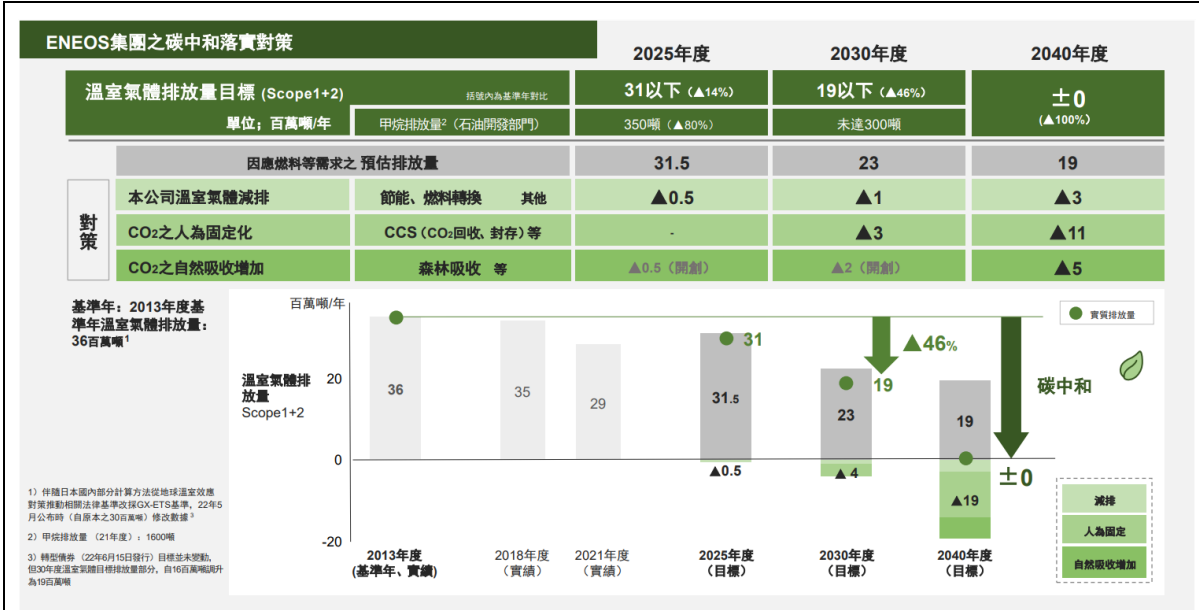
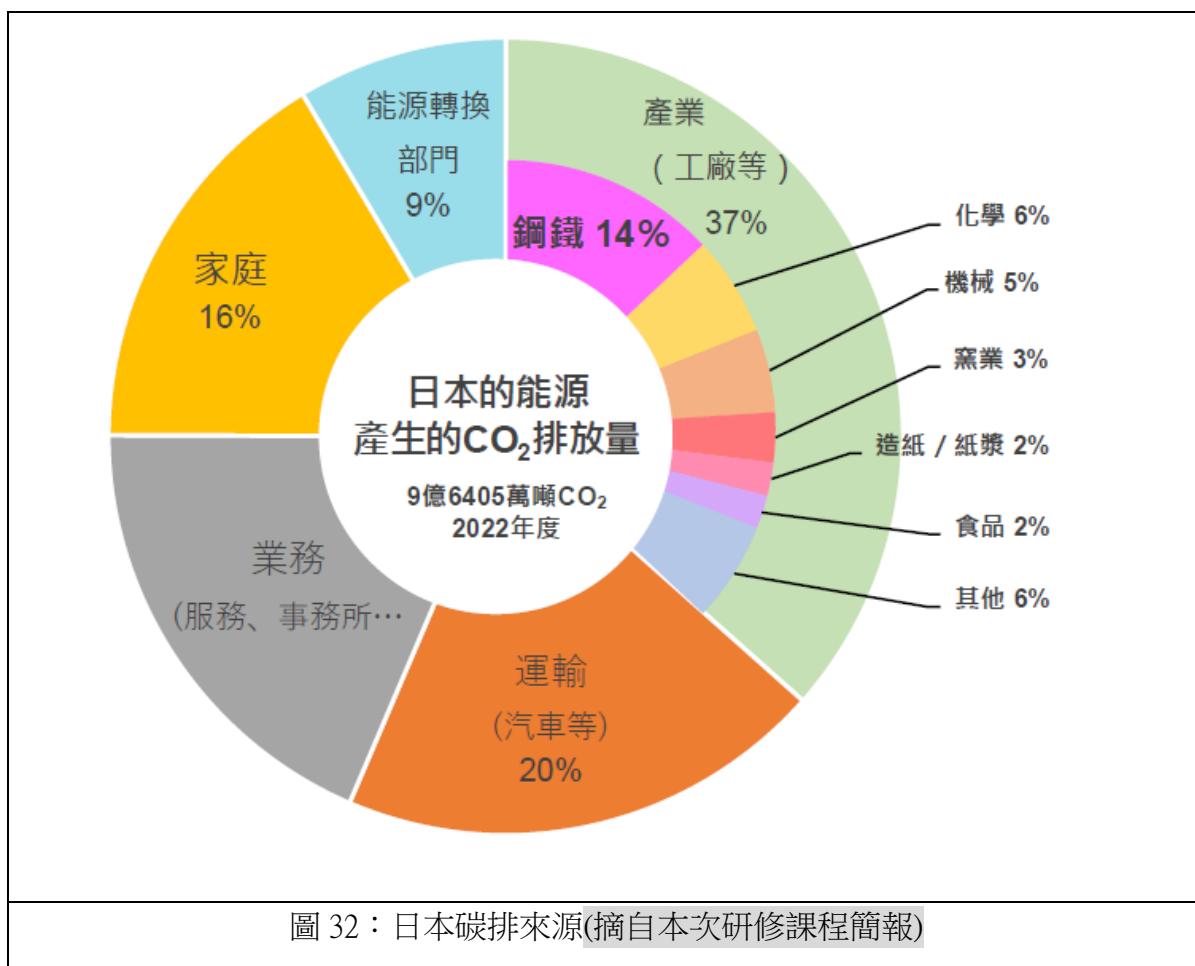


圖 31： ENEOS 溫室氣體減排藍圖(摘自本次研修課程簡報)

十、日本鋼鐵業的淨零轉型戰略

在 2023 年，中國、美國、印度為目前全球二氧化碳排放量較大國家，日本的二氧化碳排放量為 1,012.78 百萬噸，佔全球排放 2.9%。另在 2022 年時，排放量為 9 億 6405 萬噸，其中鋼鐵排放佔工業部門的 40%。在鋼鐵製程中，生產分為高爐及電爐，高爐製程係氧化鐵與焦炭在高爐反應形成鋼鐵，透過轉爐將鋼鐵純化，後續鑄造壓延成形，其中還原後將產生大量的碳排，在鋼鐵製程中約 80%碳排是鐵礦石還原產生。



日本於 1948 年起開始投入高爐還原鐵礦石製程技術研究，由於歷經 50 年技術，置換不易。因應京都議定書協定，日本於 2008 年起，針對煉鋼製程展開減碳專案，如：COURES50 (2008-2021 年)、焦炭技術開發 (2017-2022 年)等，共計投入約 428 億日圓；並自 2021 年起啟動【綠色創新基金(GI 基金)「煉鋼製程中的氫氣運用」專案】，投入經費預計為 4,499 億日圓。

有關 GI 開發主題「煉鋼製程中的氫氣運用」專案，由日本製鐵株式會社、JFE 鋼鐵株式會社、株式會社神戶製鋼所、一般財團法人金屬類材料研究開發中心(JRCM)共同組成的氫氣煉鋼聯營企業進行開發，並與日本 14 家學研機構進行共同研究，專案研究項目，如：

(一)開發使用高爐的氫氣還原技術：

1. 「開發運用廠內自產氫氣的氫氣還原技術」：日本製鐵（株）東日本製鐵廠君津地區於第二高爐，導入常溫氫氣噴吹設備，運用廠內自產的氫氣開發氫還原鐵技術，預計於 2026 年度開始實機實證。並同步使用炭捕捉利用及封存(CCUS)技術，期望將煉鋼製程中的 CO₂ 排放量減少 30%以上。
2. 「開發運用外部氫氣或高爐廢氣內含 CO₂ 的低碳技術」：日本製鐵(株)東日本製鐵廠君津地區改造試驗高爐，除加入鐵礦石、焦炭等原料外，另加入氫直接還原鐵以及使用廠外氫氣進行噴吹等技術，預期較現行製程減少 50%以上 CO₂ 排放。另 JFE 鋼鐵(千葉)公司建造一座小型碳回收試驗高爐，將高爐產生的 CO₂ 轉化為甲烷，取代部分焦炭作為鋼鐵還原劑，以減少 CO₂ 排放，預定於 2025 年 4 月至 2026 年進行試驗運轉。

(二)開發氫氣直接還原低品質鐵礦石的技術：

1. 開發氫氣直接還原鐵技術：建立使用低品質鐵礦石的氫氣還原製程的豎爐與電爐，開發僅用氫氣直接還原氧化鐵的一貫煉鋼作業技術，目前由日本製鐵（波崎）公司建造小型試驗豎爐，預定於 2025 年開始試驗。
2. 開發運用直接還原鐵的電爐雜質清除技術：為了運用低品質鐵礦石在氫氣直接還原鐵的製程中生產高級鋼，提高還原鐵的溶解速度、低磷化及低氮化等技術，使大型電爐一貫製程中可以將雜質濃度控制到與高爐相當。目前日本製鐵（波崎）及 JFE 鋼鐵（千葉）公司建造小型試驗電爐，預定於 2024 年度開始試驗。
3. 開發運用直接還原鐵的電爐熔融爐的高效能溶解等技術：低品級鐵礦石的氫氣直接還原電熔爐－轉爐的一貫製程，達成可替代高爐法製程的生產效率，同時將產生的鐵雜質濃度控制至與高爐法相當，電熔爐內的副產物爐渣則控制至適合國內水泥使用的品質（與高爐同等品質）之技術。日本製鐵建造實證試驗爐預定於 2026 年左右開始運作。

COURSE50專案簡介 (CO₂ Ultimate Reduction System for Cool Earth 50)

- 藉由減少高爐排放的CO₂（運用氫氣還原技術）和CO₂分離／回收技術（CCUS），煉鋼製程中的CO₂排放量較過往減少約30%。

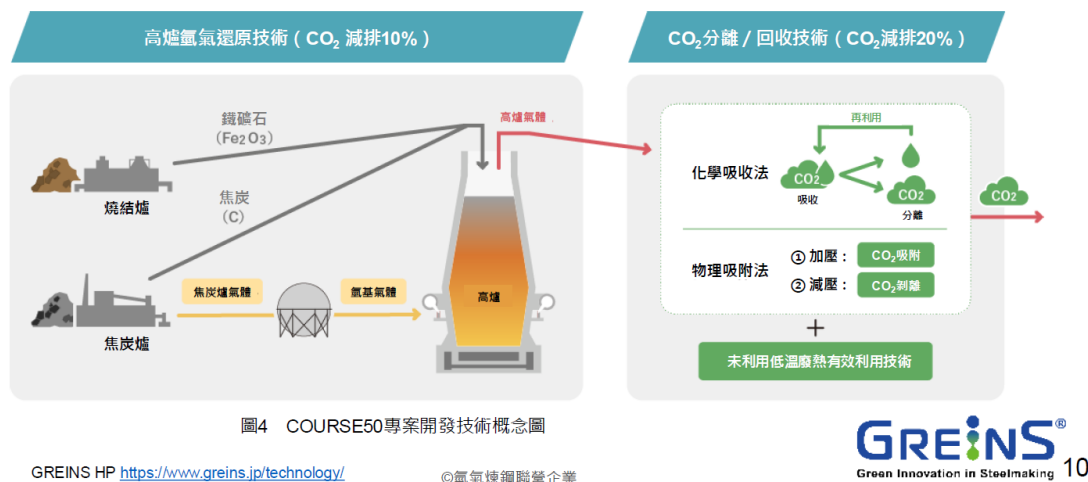


圖 33：鋼鐵製程低碳技術開發(摘自本次研修課程簡報)

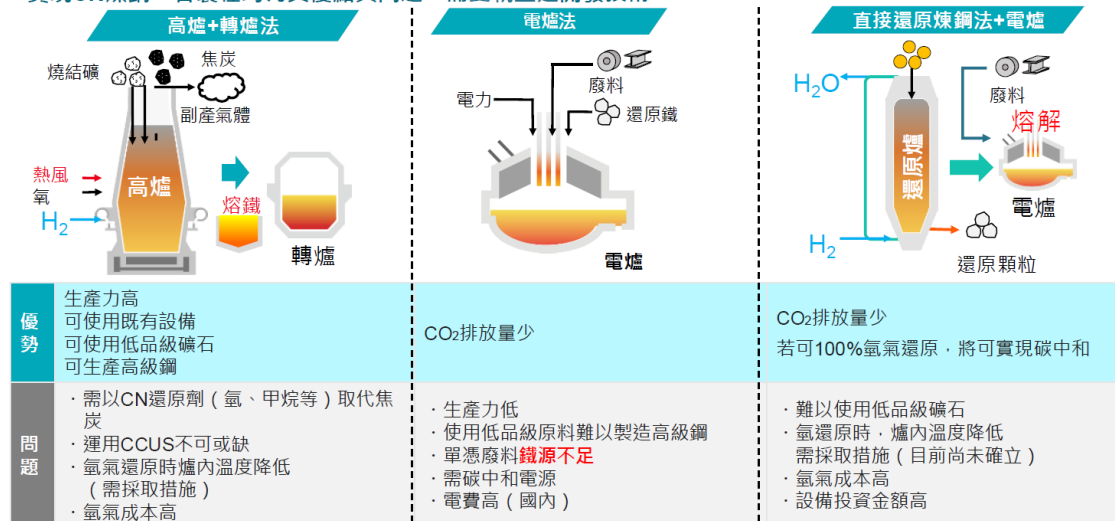
氫氣煉鋼技術的困難與雙軌措施的重要性：

- (一)相較於碳還原鐵是放熱反應，氫氣還原鐵則是吸熱反應，會使反應溫度降低，因此需要加熱氫氣來提高氫氣還原率。
- (二)擴增廢料和還原鐵的使用量，廢料中混入的銅、還原鐵中的磷以及氮等雜質，將造成的鋼的品質受到限制，電爐可生產的鋼種受限，使用低品級原料生產高級鋼尤其困難。

但以上作法，仍受限於相關環境條件限制，例如：綠電、綠氫的來源，CCUS 合作的化工廠商，以及相關製造成本增加的補助等。綜上，煉鋼去碳化的挑戰，需同步於高爐及電爐並進開發技術，找到最具經濟效益及減碳效益，共同邁向綠色成長與2050 淨零轉型目標。

雙軌措施的重要性

實現CN煉鋼，各製程均有其優點與問題，需雙軌並進開發技術



©氫氣煉鋼聯盟企業

GREINS HP <https://www.greins.jp/technology/>

31

圖 34：氫氣煉鋼技術的困難與雙軌措施的重要性(摘自本次研修課程簡報)

參、心得及建議

一、整體研修心得

- (一)日本 2021 年通過修訂《全球暖化對策推進法》，確立 2050 年實現碳中和社會之目標，與我國 2023 年氣候變遷因應法長期減量目標期程相同，日本 2021 年提出 2030 年 NDC 減量目標為相較 2013 年削減 46% 溫室氣體排放（並追求達到 50%），又於 2024 年 11 月 25 日政策宣示 2035 年較 2013 年水準削減 60%。查日本最新發布之 2022 年溫室氣體排放量（1,082.3 百萬噸）較基準年 2013 年減少 16.73%，日本減碳目標及成果領先亞洲各國，值得我國交流借鏡。
- (二)透過本次研修學習日方各方經驗獲益良多，在政府機關交流上，日方經濟產業省及環境省官方代表分享交流相關淨零政策推進策略；在實際執行面向，與 NEDO 及東京證券交易所等代表交流探討執行 JCM 與 GX-ETS 作法及經驗；在民間倡議上，拜會 Skill Up NeXt 株式會社探討 GX 人才市場創造工作小組的推動措施；在產業面向，則與 JERA 株式會社及磯子火力發電站、ENEOS 控股公司、一般財團法人金屬材料研究開發中心(JRCM)分別交流日本推行電力、製油及鋼鐵業之淨零轉型經驗。
- (三)日本推行的政策和做法一直是台灣參考的對象，目前台灣在推動淨零碳排已有提出相關政策和措施，和日本並無差異太大，但是在細節的討論和推動上應有更長遠的目標和規劃，以利提出的措施可以達成，另外可參考日本提出相關的經濟轉型債，促進相關投資，加速淨零前瞻技術的開發，才有機會達到 2050 淨零排放。比較日本與我國淨零轉型政策最大差異處，在於日本在「綠色轉型(GX)」及「聯合額度機制(JCM)」等 2 項已有完整的推進策略，對於我國未來相關政策規劃具有相當參考價值。詳細差異比較如下：

項目	日本	臺灣
氣候政策	2021 年「2050 年碳中和綠色成長戰略」、2023 年 2 月通過「綠色轉型(GX)基本策略」	2022 年「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」、「12 項關鍵戰略行動計畫」
氣候法制	2021 年全球溫暖化對策推進法 2023 年綠色轉型(GX)推進法案	2023 年 2 月氣候變遷因應法
綠色轉型	日本預計發行綠色轉型債券，未來 10 年約 20 兆日圓規模，提出「分業別投資戰略」，不同行業別盤點政府投入預算，並規劃具體投資、補助、稅收減免之項目	2024 年國發基金加強投資綠色成長淨零產業實施方案，另推動綠色金融、產創條例修正
碳定價工具	以化石燃料進口業者徵收稅額、電力部門實施碳排放權配額制。	以一定規模以上之排放源徵收碳費
國際合作	2013 年成立「聯合額度機制」(JCM)	跨部會研析中

減碳		
新興能源發展	以 2030 年氫能混燒、氫能或氨燃料於運用產品等，並納入核能	以氫能混燒技術，未發展氨燃料
建築物	2030 年新建築物皆須符合淨零能源住宅(ZEH)、淨零能源建築(ZEB)	2030 年公有新建建築達 1 級或近零碳，至 2050 年新建建築達近零碳建築
運輸系統	2030 年電動客車市售比 100%；其他運輸工具（含汽車、飛機、船舶、鐵路、物流等）綠色轉型	2030 年電動汽車市售比 30% 針對其他運輸工具（船舶、飛機及物流）尚無相關規劃
負排放技術	2030 年大規模商業化	仍於示範場域階段

二、雙邊聯合抵換額度機制(JCM)

(一)日本於 2013 年成立 JCM 國際合作制度，由政府碳稅基金補助及鼓勵民間資金參與推展與開發中國家溫室氣體減量活動之合作，日本提供減碳技術及基礎建設，為夥伴國溫室氣體減量及永續發展作出貢獻，協助降低投資成本，並透過強調 MRV（可量測、可報告、可驗證）之量化評估，以「巴黎協定」第 6.2 條合作方法產出「國際轉讓減緩成果（ITMO）」取得境外額度（Credit）；另於 2021 年新版 NDC 納入《巴黎協定》第 6 條通過後，設定 2030 年約一億噸 JCM 減量貢獻至 NDC 履行用途，有助於達成兩國國家自定貢獻（NDC），並透過適度調整以避免重複計算，最終日本及參與企業（包含位於夥伴國的日系企業）基於對專案投資貢獻獲得部分 JCM 減量額度。鑒於 2024 年 COP29 會議大致完備「巴黎協定」第 6 條碳市場機制，我國在資通訊及減碳技術上亦具廠商優勢，可提供先進技術及資金協助其他國家進行減碳及擴展國際合作，隨著巴黎協定第 6.4 條方法學、指引、工具等細節預計於 2025 年下半年推出，我國將持續追蹤巴黎協定第 6.2、6.4 條相關發展細節，盤點國內外法規及巴黎協定第 6 條規範，參考日本 JCM 做法，評估我國參與「巴黎協定」第 6 條碳市場之可行方式，加上我國在 2022 年更新之 2030 年 NDC 已納入「巴黎協定第 6 條之國際合作」，有助於提升國家間氣候變遷減量行動合作，進而達成更具企圖心的氣候目標。

(二)我國正值巴黎協定第 6 條國際合作機制建立之際，環境部已與外交部成立專案小組分階段探討相關議題，後續可參考 JCM 關於雙邊政府聯合委員會組成及協議內容，包含規則指南、事業概要（PIN）、方法論、第三方機構（TPEs）、專案登記及額度分配、設置登記等制度設計，並參考其建立專案推動程序，在我國氣候變遷因應法下已完備事業溫室氣體盤查、查驗、登錄之完整體系下，並已建立自願減量專案相關減量方法、MRV 制度以及專案申請、額度審核等嚴謹機制下，具備推動巴黎協定第 6 條國際合作機制之良好基礎。

(三)在 JCM 推動經驗上，係由環境省、經濟產業省、農林水產省就主政業務面向透過補貼費用、基金運作、技術合作、業務委託等多元方式支援 JCM 專案，在政府優先投入資源試行後，未來才逐步拓展至民間產業參與。爰此，我國未來巴

黎協定第 6 條國際合作機制推動過程，在專案小組研析建立合作制度後，建議可讓相關部會（如經濟部、農業部、交通部、內政部等）參與相關專案推動，並建立如日本 NEDO 相關專責機構或專案辦公室，負責相關實證調查支援及方法開發等工作，並與國內學術機構合作，且廣邀相關企業參與，結合技術及資金推動。

三、日本綠色轉型(GX)戰略

- (一)為實現 2050 年碳中和，日本政府推動 GX 相關政策、法規及策略，在這樣的背景之下，GX 聯盟於 2022 年 2 月成立，招募認同此構想的企業，同時尋找具未來潛力、自願透過 GX 發展與積極行動的公司，並透過相關金融工具來加速前瞻科技的投資與開發，另外日本政府更提出「GX2040 願景」，明確揭示 2040 年脫碳與產業政策方向，促使企業更容易制定投資計畫，展現出日本政府對於 2050 年碳中和的決心。日本政府提出具全面性及前瞻性的綠色轉型(GX)戰略，且積極結合企業及民間的資源力量，視國際情勢及科技發展滾動調整政策方向，值得我國學習參考。
- (二)日本主要由經產省統籌推動 GX 聯盟，參與企業可透過 GX 聯盟討論並提出相關政策或規範，並能達到政策成果有效宣傳、企業獲技術支援、經濟轉型資金、試行排放交易等多重好處。目前我國已有成立產業「碳中和聯盟」，性質與日本 GX 聯盟相近，可是參與企業的積極度、工作小組的討論內容及深度仍有成長空間，建議未來可參考日本 GX 聯盟，強化政府與產業界合作推動綠色轉型之各種可行性，尤其在協助提升 GX 產品附加價值的部份，包含相關指標建立及公開、採購誘因、降低成本等面向，均為我國得跨部會研析借鏡之方向。
- (三)日本 GX 聯盟確實有起到政府和民間共同合作的功能，但在制定過程也有被反應沒有充分考量民眾意見，雖然是公開徵求或採用說明會形式蒐集意見，但實際上卻是以大型財團、專家學者的意見為主，針對此部分，目前台灣在公民意見上已有召開公正轉型相關會議做討論，反而是走得比較前面，但是因意見相對發散，反而不像產業的議題較容易聚焦，在意見彙整和採用上仍有一定的難度。
- (四)本次研習經由日本經產省官員和企業代表的介紹說明，發現日本企業積極響應政府政策並參與 GX 聯盟，同時提出具有挑戰性的減碳目標，負起企業的社會責任，進一步探究，可以發現和日本的民族性-集體主義有很大的關連，當有知名企業加入 GX 聯盟後，就會引發其他公司陸續加入，另外因日本企業的技術能量深厚，更願意投入開發新的減碳技術和節能產品，透過國際合作，將節能技術、節能設備輸出到開發中國家，並經由 JCM 聯合抵換機制，取得相關減量額度，可謂一舉數得。
- (五)日本政府透過分階段成長導向型碳定價機制，逐步提高 GX 產品或服務之附加價值，增加非 GX 產品之負擔，與我國自 2025 年啟動碳費徵收之方向一致。為

促進日本國內的前瞻技術開發，日本政府透過多樣的金融工具吸引公私部門的資金投入 GX 領域，其中「GX 經濟轉型債」在未來 10 年將投入約 20 兆日圓的規模，透過支援投資方式，降低 GX 產品有關研究開發、提升規模、創造需求相關成本，促使綠色轉型之可行性及速度提升。雖然相關投資標的尚未制定標準，因此與淨零相關的產業或企業究竟能否獲得相關投資尚待觀察，不過也證實了前瞻技術的開發是需要政府的強力協助和支援。相較之下，我國除於產業創新條例修正增訂節能減碳之投資抵減適用項目外，未來亦可提出其他可能協助綠色成長產品之融資或資金來源，以加速我國綠色成長。

(六)日本規劃於 2026 年啟動碳排放交易制度，並於 2023 年透過 GX 聯盟採企業自願參與方式試行（GX-ETS），相對我國原規劃於 2028 年邁向總量管制排放交易制度，為使產業界熟悉相關交易制度運作，可評估提早規劃建構自願性聯盟之試行方式，並研析參考 GX-ETS 制度之可行性及產業誘因，藉以創造我國跨企業共同減碳模式以達成企業減碳目標，並提升我國總量管制排放交易制度啟動時之順暢度。

(七)相對日本編列 2 兆日圓設立「綠色創新基金」，針對能源、運輸製造、住商產業共 14 個優先發展項目承諾實現淨零目標的企業，資助其研究與開發（R&D）、示範計畫及社會實施成果等經費；我國環境部已提出「加強投資綠色成長淨零產業實施方案」，於 2024 年 11 月獲行政院國發基金管理會審議通過，成功爭取國發基金總額度 100 億元，未來 10 年加強投資淨零永續新興產業，引進私部門資金共同投入，加速國內淨零新興產業發展，同時創造更多綠色就業機會，啟動臺灣綠色成長的新動能。

(八)日本由民間發起 GX 人才市場創造工作小組，廣徵意見建立 GX 技能基準，從宏觀、微觀、積極、保守等面向建立不同需求導向，兼具產業需求及公正轉型之考量，我國未來可持續掌握其推動進展，考量融入我國綠領人才制度之可能性。

四、日本產業淨零轉型戰略(電力/煉油/鋼鐵)

(一)電力業：日本電力業的淨零轉型戰略展現出強烈的減碳決心與技術創新能力，JERA 與 J-POWER 等積極研發替代燃煤與 LNG 之發電技術，以穩定供電與減碳並重之策略為主。目前再生能源受天候影響大，火力發電仍是穩定供電的關鍵，日本如何加速氫氨技術商業化及降低成本將是挑戰。建議我國應持續關注日本氫氨發電技術之發展，強化兩國跨國合作與技術開發，加速零碳技術普及，並擴大公私合作以提升能源轉型速度。

(二)煉油業：日本煉油業長期市長逐年萎縮，對經營上是一大挑戰，淨零轉型的機會，對 ENEOS 公司來講，視為提高未來公司市佔率的機會，並早於日本政府規劃，規劃於 2040 年即達到淨零碳排目標。但其在轉型規劃中，日本 ENEOS 集團有三項可做為國內煉油業轉型關注考量項目：(1)於 2021 年收購日本再生

能源公司(JRE)，以加快提供零碳電力於電動車充電及儲能的布局；(2)淨零碳排規劃中，實際減排量為 50%，50%則以 CCS 補足；(3)未來供給燃料，汽油中混入 20%生物燃料及合成燃料，合成燃料規劃生產 1 萬桶/日以上。

(三)鋼鐵業：日本鋼鐵業淨零轉型路徑，與臺灣鋼鐵業減碳路徑一致。以高爐煉鋼為例，我國最大高爐業者為中國鋼鐵股份有限公司，目前中鋼公司正與國內學研界以及國際合作，投入氫直接還原鐵技術開發；另亦與財團法人工業技術研究院共同建置鋼化聯產實驗線，將二氧化碳捕捉後轉化為甲烷/甲醇等化學品。相關技術發展皆與日本一致，建議未來可由中鋼公司領頭，帶領我國鋼鐵產業與日本等國家合作，共同研發氫直接還原鐵等前瞻技術，並可借鏡日本擴大碳捕捉利用，與國內產業(化工廠等)建立碳循環經濟模式，以加速鋼鐵業達到 2050 年減碳目標。