

# 歐盟永續金融分類法擬納入天然氣之排放標準釐清及探討

黃孔良<sup>1</sup>、柴蕙質<sup>2</sup>

核能研究所-綜計組研策室

2022/07

## 壹、前言

歐盟於 2020 年 7 月公布第一版永續金融分類法，並於 2021 年 6 月 4 日通過，歸納了有助實現氣候中和的能源技術，2022 年 2 月 2 日又公布最新的永續金融分類法增修案[1]。歐盟的永續金融分類法意旨將民間投資引導至實現氣候中和的目標，透過建立了一個環境永續經濟活動清單，可以幫助歐盟擴大永續投資並實現歐洲綠色政綱(Green Deal)。歐盟永續金融分類法為公司、投資者和政策制定者對環境永續發展的經濟活動提供適當的定義，透過此方式，投資者可更放心地進行有助於氣候友好的投資，提供資金到有助於氣候永續發展的投資項目，並避免投資到可能有漂綠疑慮的標的上。

該增修案將爭議已久的天然氣及核能有條件的納入永續分類法中，而此一決定立刻引來支持及反對團體的爭論。由於歐盟為領導全球對抗氣候變遷的主要經濟體之一，該增修案的內容也是未來全球能源政策風向的指標球，其中針對天然氣電廠的標準尤其重要，除可了解歐盟對能源轉型路徑的規劃之外，更因國內能源轉型政策已確定 2025 年火力(天然氣及燃煤)發電佔比達 8 成，在考量我國未來

<sup>1</sup> 作者為核能研究所綜計組研策室研究助理

<sup>2</sup> 作者為核能研究所綜計組研策室副工程師

2050 淨零排放路徑時[2]，歐盟永續金融分類法增修案中的能源轉型規劃格外具有參考意義，以下針對法案中天然氣排放標準增修內容及相關爭議進行彙整，可提供我國未來政策及技術規劃之參考。

## 貳、歐盟永續金融分類法的意義及天然氣增修內容

歐盟的第一版永續金融分類法歸納了有助於實現氣候中和的綠色能源技術如太陽能、風能等技術選項，但並未納入具爭議的天然氣和核能發電技術。由於歐盟成員國間對於前項具有爭議的能源選項各有所支持與反對，歐盟委員會表示將進一步與內部研究組織討論後再行公布是否將天然氣及核能發電技術納入永續金融分類法中。

歐洲動態(Euractiv)於 2022 年初披露的諮詢文件[3]，顯示歐盟擬有條件的納入天然氣和核能作為永續能源投資的選項後，爭議不斷，而歐盟最終於 2022 年 2 月 2 日公布的修正案正式將滿足特定條件下的天然氣和核能技術項目納入「賦能(enabling)」或「轉型(transition)」活動中，而非屬於「綠色」活動(Green activities)[4]。以下第一、二節是該修訂案中，有條件地納入天然氣發電(氣態化石燃料發電廠及使用氣態化石燃料的高效率熱冷電共生廠)為永續分類標準，第三節則是歸納前二小節重點及相關爭議彙整。

### 一、氣態化石燃料發電廠標準

根據歐盟委員會授權條例附件[1]的 4.29 章節顯示，針對氣態化石燃料(含天然氣)發電，須符合以下(一)、(二)技術條件之一：

(一) 整體生命週期之溫室氣體排放低於 100 g CO<sub>2</sub>/度。

(二) 2030 年之前取得建造許可之設備，須同時符合以下技術條件

1. 溫室氣體直接排放低於每度電 (kWh) 270 克(270g CO<sub>2</sub>/度), 或 20 年內之裝置容量年平均排放低於 550kg CO<sub>2</sub>/kW(若 20 年均滿載運轉, 則約 62.8g CO<sub>2</sub>/度) ;
2. 基於比較最具成本效益和技術可行性的再生能源替代方案, 相同裝置容量下之發電量, 尚無法有效率地以再生能源取代。;
3. 設備用來替換既有高排放的化石燃料發電裝置;
4. 新的設備容量不超過被替換之原有設施的容量 15% 以上, 亦即不允許明顯擴其裝置容量;
5. 該設備的設計和建造使用再生和/或低碳氣態燃料(如生質氣體或混用氫氣), 且在 2035 年 12 月 31 日之前完全轉換使用再生和/或低碳氣態燃料, 並具有管理層批准的承諾和驗證計畫;
6. 使用此替換設備後至少每度電可降低 55% 的溫室氣體排放量;
7. 已在該國未來對應歐盟能源聯盟和氣候行動的治理條例或其他辦法之長期氣候戰略報告承諾逐步淘汰燃煤發電。

## 二、氣態化石燃料的高效率熱冷電共生廠標準

歐盟委員會授權條例附件[1]的 4.30 章節針對使用氣態化石燃料的高效率熱冷電共生廠 (High-efficiency co-generation of heat/cool and power from fossil gaseous

fuels)，須符合以下(一)、(二)技術條件之一：

(一)整體生命週期之溫室氣體排放低於 100 g CO<sub>2</sub>/度。

(二)2030 年之前取得建造許可之設備，須同時符合以下技術條件

1. 對比熱電分離生產，實現了節約至少 10%的能源；
2. 溫室氣體排放量符合二氧化碳排放量低於 270 g CO<sub>2</sub>/度；
3. 基於比較最具成本效益和技術可行性的再生能源替代方案，在相同裝置容量下，所生產的熱/冷、電力，尚無法有效率地以再生能源取代。；
4. 該設備取代現有高排放的致熱/冷或發電設備，或取代使用固態或液態化石燃料的發電設備；
5. 新設備的裝置容量不超過被替換設施的裝置容量；
6. 該設備的設計和建造使用再生和/或低碳氣態燃料(生質氣體或混用氫氣)，且在 2035 年 12 月 31 日之前完全轉換使用再生和/或低碳氣態燃料，並具有管理層批准的承諾和驗證計畫；
7. 使用此替換設備後至少每度電可降低 55%的溫室氣體排放量；
8. 該設備的更新不會增加原設備的裝置容量；
9. 已在該國未來對應歐盟能源聯盟和氣候行動的治理條例或其他辦法之長期氣候戰略報告承諾逐步淘汰燃煤發電。

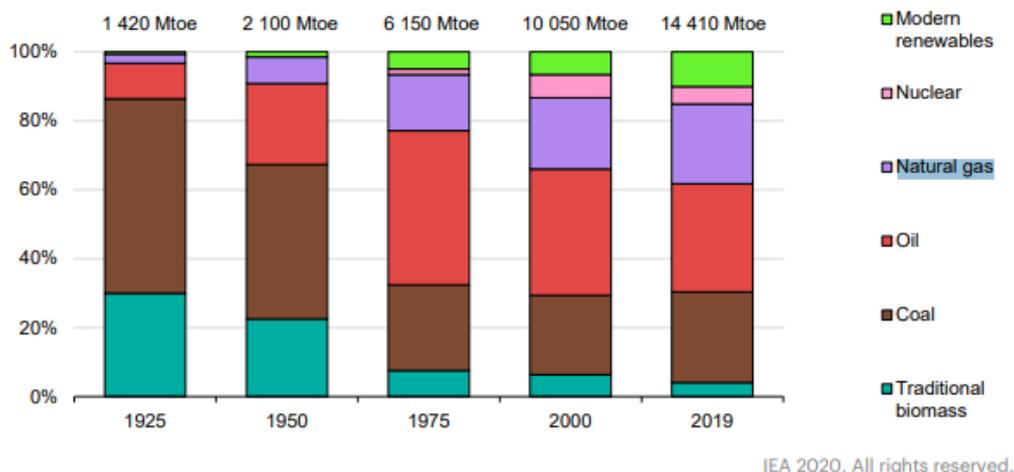
### 三、修正案內容歸納與爭議彙整

由增修案納入燃氣的標準，顯示出歐盟致力於加速淘汰燃煤電廠，在轉型期

間以天然氣電廠進行緩衝的替代方案，最終逐步轉型為符合氣候中和的低碳能源發電。歸納上述條件，第(一)項技術條件較嚴格，可完全符合專家認定有利減緩氣候變遷的標準，而第(二)項技術條件是針對能源轉型過渡期間的國家給予轉型指引，可取代現有固態或液態燃料電廠興建燃氣電廠條件可大致上整理為：(一)、現有電廠裝置容量下，考量成本效益及技術可行性後，無法有效的被再生能源取代；(二)、取代之燃氣電廠裝置容量不能明顯擴大(上限為被取代電廠容量之 115%)；(三)、要有效降低原有化石燃料發電廠的碳排放；(四)、最遲 2035 年完全轉換為再生能源或低碳氣體。

根據 IEA Energy Technology Perspectives 報告[5]，全球主要的能源需求中，天然氣和再生能源的需求逐年上升(圖 1)，因此歐盟委員會本次修正案有條件地納入天然氣為永續分類標準後，可預期能支持未來全球天然氣需求不綴。以 IEA 報告中統計 2019 年發電所產生的整體碳排放量為 463 g-CO<sub>2</sub>/度，若能達成法案之轉型標準 270g CO<sub>2</sub> /度，對減緩氣候變遷將有相當大的改善。

由於天然氣是否列為永續能源選項在 2020 年 7 月歐盟公布永續金融分類法草案時已有爭議，因此在諮詢文件暴露時立即受到許多國外媒體的關注[6-8]，而主要的爭議點在於該法案中對天然氣的碳排放量管制是否能達到減緩氣候變遷的標準，如德國和其他盟國認為需進行天然氣投資，以取代污染更嚴重的燃煤，但西班牙及歐盟綠黨採取反對意見，認為法案中條件 b 針對天然氣發電的排放標準仍超過科學家建議的標準 100g CO<sub>2</sub>/度，無助於改善歐盟對氣候暖化的貢獻。



資料來源： IEA [5]

圖 1：全球過去百年主要能源需求趨勢

### 參、配合修正案過渡期間燃氣標準的技術探討

燃煤電廠由於進料的限制會產生高碳排放，因此需要更高效率的發電技術來處理碳排放問題，根據 IEA Technology Roadmap -High-Efficiency, Low-Emissions Coal-Fired Power Generation 報告[9]，運用高效率的技術降低煤碳使用量(如表 1)，其中先進超超臨界技術可將碳排放強度由亞臨界技術的 880g CO<sub>2</sub> /度降至 670-740g CO<sub>2</sub> /度(GE 公司已開發出使用先進超超臨界技術的燃煤電廠[10])，但碳排放強度仍遠超過歐盟永續金融分類法的碳排放標準，必須搭配碳捕捉與封存技術(如圖 2)。要更有效的達到歐盟碳排放標準，仍需從低碳排放的發電進料著手，本次被納入永續金融分類法的天然氣即屬於低碳鏈的碳氫化合物，燃燒後產生的碳排放量也較燃煤低許多。

表 1 燃煤電廠發電技術與碳排放強度

運用發電技術	CO <sub>2</sub> 強度因子(效率)
先進超超臨界技術 A-USC (700°C)、氣化複循環發電技術 IGCC(°C)	670-740 g CO <sub>2</sub> /度 (45-50%)
超超臨界技術	740-800g CO <sub>2</sub> /度 (最高達 45%)
超臨界技術	800-880g CO <sub>2</sub> /度(最高達 42%)
亞臨界技術	>= 880g CO <sub>2</sub> /度(最高達 38%)

參考來源： IEA [9]

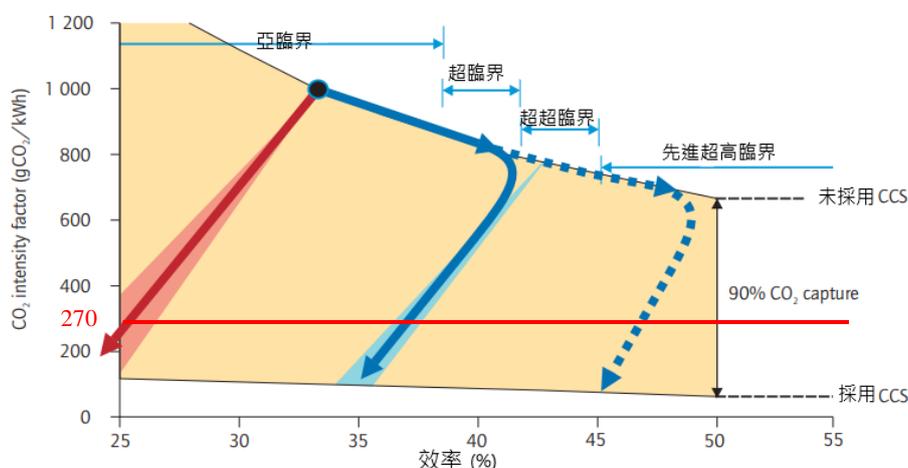
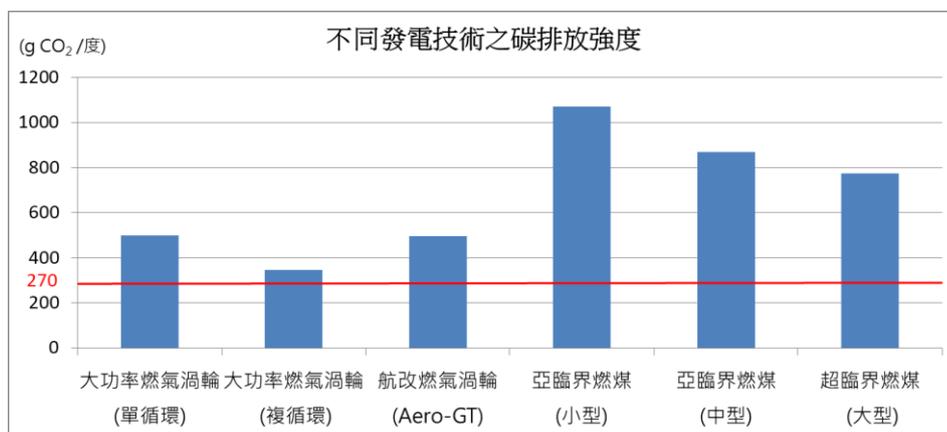


圖 2 燃煤發電使用技術與搭配碳捕捉後之碳排放強度 參考來源：IEA [9]

依據 Miguel 等人的研究[11]，燃氣發電產生的單位碳排放量約燃煤發電的一半(圖 3)，但所生產的單位碳排放仍未達歐盟永續金融分類法標準。由於傳統的

化石燃料電廠並不符合歐盟的碳排放標準，因此需要透過改善效率、整合碳捕捉技術或使用低碳燃料來改善發電所產生的碳排放，以下介紹可搭配燃氣發電技術改善碳排放的方式。



參考來源：Miguel 等人[10]

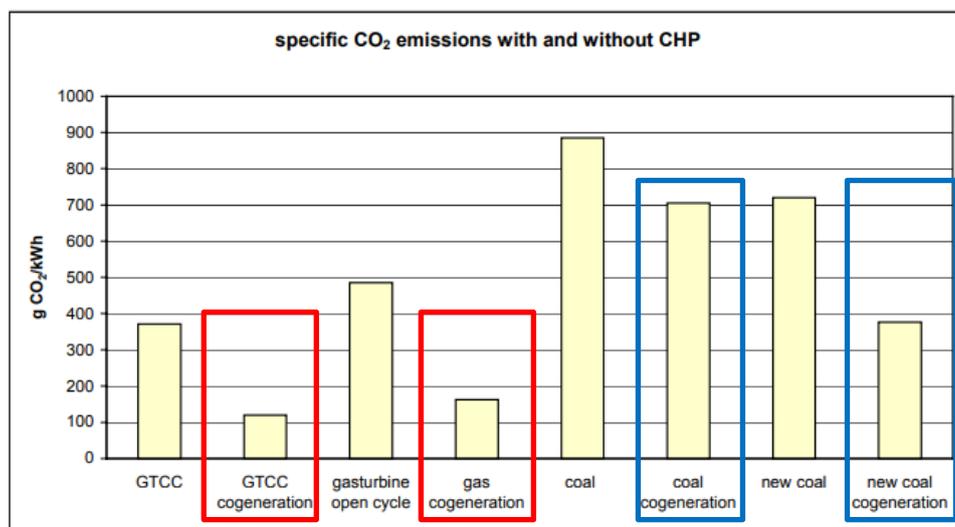
圖 3：不同發電技術之碳排放強度

### 一、熱電聯產(汽電共生)

根據美國能源部 Combined Heat and Power Technology Fact Sheet Series[12]，熱電聯產(Combined heat and power, CHP)又稱做汽電共生(Cogeneration)，CHP 涉及從同一主要燃料源同時生產熱能和電能。其中熱量在發電過程的一部分中被轉移並用於滿足熱需求（蒸汽或熱水供應、過程加熱和冷卻），相較傳統電力和熱能分開供應之能源效率 45-55%，CHP 系統的效率可達 65-85%。

JRC 之研究報告 Greenhouse gas emissions from fuel fired generation systems [13]顯示(圖 4)，結合 CHP 技術後(紅框及藍框)，不論是燃氣(紅框)或燃煤(藍框)技術，由於系統效率提升，皆可降低每度電的碳排放，但僅有紅框的燃氣發電技術：單循環燃氣渦輪(gas turbine open cycle) 及複循環燃氣渦輪 (Gas turbine

combined cycle, GTCC)每度電碳排放量可達到低於 270g 之標準，但該報告係以高達 80% 以上之能源轉換效率推估碳排放強度，若依據美國能源部 2016 年之統計報告[14]，結合 CHP 技術之燃氣電廠的實際整體轉換效率較低，介於 70.6~64.9% ，其單位碳排放量介於 290-370 g/度之間。



資料來源: JRC[13]

圖 4：整合汽電共生對燃煤及天然氣發電碳排放之影響

## 二、燃料電池技術

燃料電池(Fuel Cell)是一種主要透過氧或其他氧化劑進行氧化還原反應，把燃料中的化學能轉換成電能的發電裝置。除了常見的氫燃料之外，其他可分解為氫的碳氫化合物如天然氣、甲烷等亦可以使用，故可結合燃氣電廠使用。實務上常見結合燃氣電廠使用的燃料電池技術包含熔融碳酸鹽燃料電池(Molten Carbonate Fuel Cell, MCFC)及固態氧化物燃料電池 (Solid Oxide Fuel Cell, SOFC) 等類型 [15]。

根據日本三菱動力的 SOFC 操作手冊[16]，SOFC 結合燃氣發電系統可減少 20% 碳排放量，Amirhossein Hasanzadeh 等人研究[17]以 SOFC 結合燃氣渦輪系統的碳排放量相較獨立的燃氣渦輪系統，可由 460.8g/度降到 280.4g/度，若結合碳捕捉系統甚至可降至接近零排碳[18]。另根據 Alberto Fichera 等人[19]的研究，改造義大利的天然氣發電廠，結合熔融碳酸鹽燃料電池(MCFC)進行碳捕捉，統計總發電量達到 787MW，可封存約 2 百萬噸的二氧化碳，有效降低每度電的碳排放量，達到 66.67g/度。

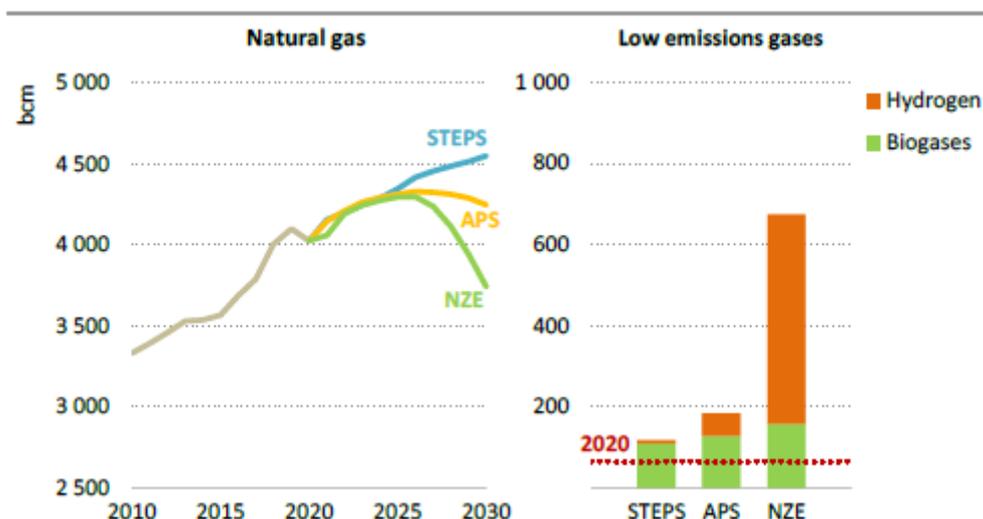
### 三、使用低碳燃料

前述兩項技術雖可有效降低燃氣電廠的碳排放，但達到排放標準最根本的解決方式是由燃料著手，且可滿足修正案中燃氣電廠需在 2035 年後完全轉換為低碳或再生能源燃料之規定。ETN R&D Recommendation Report [20]指出，為符合歐盟 2030 年減排目標，燃氣渦輪技術需滿足導入氫氣的需求，由於燃燒氫氣較天然氣產生更高的熱能，包含渦輪的合金材料、塗層和葉片都需要重新設計包含耐高溫、抗腐蝕的有效解決方案，如具有環境屏障塗層(environmental barrier coatings)的陶瓷基複合材料和使用耐火基合金的先進金屬系統。美國奇異公司已生產可混合 10% 氫氣的燃氣渦輪機組[21]，而德國西門子公司亦規劃 2030 年生產出可使用 100% 氫能的燃氣渦輪機組[22]。

## 肆、永續金融分類法修正案對我國的啟示

國內台電公司之天然氣發電數據[23]顯示，2020 年燃氣之碳排量共 3,089 萬噸，對應天然氣發電量 79,234 百萬度[24]，我國燃氣發電廠碳排放約 389.9g CO<sub>2</sub>/度。觀察國內報導歐盟永續分類法案[28-28]多關注在法案中允許 2030 年前興建燃氣電廠排放標準之條件：溫室氣體直接排放低於 270g CO<sub>2</sub>/度，或 20 年內生命週期之年平均排放低於 550kg CO<sub>2</sub>/kW(以國內現有燃氣電廠排放量計算，約每年僅允許 58.8 天滿載發電)之標準，以及 2035 年前要轉型使用低碳氣體，但對於其中所涉及到的減碳技術及低碳燃料來源多未被提及，且亦未突顯出天然氣是短期能源轉型的必要選項，但非永久或可高度依賴的能源。

由於我國的地理條件限制，在現有規劃的能源轉型路徑中，燃氣發電占比仍超過 5 成，要如何轉型並符合未來氣候中和甚至於淨零排放的目標，歐盟修正案中給予的能源轉型方向值得我國注意及參考。除了前面述及可搭配燃氣電廠的減碳技術之外，本次修正法案中規定至 2035 年底前需完全轉換為使用再生或低碳氣體，此一方向不僅凸顯了生質氣體及氫氣的重要性，也指引未來能源轉型可能的路徑。根據 IEA World Energy Outlook 2021 報告[29]，其預測天然氣的使用量將持續增加，但隨著不同情境假設，除了既定政策情境(Stated Policies Scenario ,STEPS)外，宣布承諾情境(Announced Pledges Scenario, APS)和淨零排放情境(Net Zero Emissions by 2050 Scenario ,NZE)下，天然氣的需求將於 2025 年後逐年降低，且氫氣和生質氣體燃料等低碳氣體的需求將因此增加(圖 5)。



資料來源：IEA [28]

圖 5 天然氣逐年使用及 2030 年低碳氣體(生質氣體及氫氣)需求預估

## 伍、結論

國發會龔主委於今年 3 月提出臺灣淨零排放路徑圖，揭示淨零排放的 4 大政策方向，並表示二〇五〇淨零目標的電力配比，目前規劃不包括核能，因此政策方向中的氫能和 CCUS 等相關技術開發更顯得重要[30]。考量未來我國能源轉型的規劃中，火力發電(含燃煤及燃氣)將佔有超過 8 成的占比，在淨零排放的國際趨勢下，歐盟所提出的永續金融分類法於燃氣電廠轉型的標準值得我國借鏡，該轉型的重點在於即便採用燃氣電廠，其電廠生命週期仍須符合低碳排放的標準，而目前國內的燃氣電廠仍未符合低碳排放標準，因此除了搭配燃氣電廠的減碳技術外，有必要考慮未來燃氣電廠轉型使用低碳氣體如生質氣體及氫氣來源，此一規劃是我國未來能否成功轉型淨零排放路徑的關鍵。

在能源轉型的路徑上需透過現有技術的精進來協助達成國家淨零排放的目標。

綜上觀察，本次歐盟永續金融分類法修正案納入天然氣技術後，燃氣電廠的減碳技術與維護保養，及生質氣體或氫氣等低碳燃料的來源是值得思考的重點，包含燃料電池搭配燃氣電廠的減碳技術，以及配合混燒氫氣的燃氣渦輪機組維護、輸送管路的防蝕偵測，與後續提供低碳進料的氫氣製造技術，國內可先盤點研究能量並預先規劃，以加速未來技術落地應用。

## 參考資料

1. EU, (2022).taxonomy-regulation-delegated-act.
2. 聯合報，(20220119)，綠電占比跳票...龔明鑫：2050 淨零碳排路徑 排除核能  
(<https://udn.com/news/story/7238/6043488>)。
3. Euractiv,(2021).  
(<https://www.euractiv.com/wp-content/uploads/sites/2/2022/01/draft-CDA-31-12-2021.pdf>).
4. EU(2022)，  
[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/698935/EPRS\\_BRI\(2022\)698935\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/698935/EPRS_BRI(2022)698935_EN.pdf).
5. IEA,(2021).Energy\_Technology\_Perspectives\_2020,p128.
6. Reuters,(20220103).Germany wants to avoid escalation in EU dispute over green finance rules  
(<https://www.reuters.com/business/energy/german-govt-unanimous-assessment-eu-energy-taxonomy-spokesperson-2022-01-03/>).
7. Elpais,(20220103).spain rejects brussels plan to classify nuclear power and natural gas as green  
energy(<https://english.elpais.com/economy-and-business/2022-01-03/spain-rejects-brussels-plan-to-classify-nuclear-power-and-natural-gas-as-green-energy.html>).
8. CNBC,(20220105).Climate eu backlash over plans to label nuclear and gas as green  
(<https://www.cnbc.com/2022/01/05/climate-eu-backlash-over-plans-to-label-nuclear-and-gas-as-green.html>).
9. IEA,(2013).Technology Roadmap -High-Efficiency, Low-Emissions Coal-Fired Power Generation.
10. GE Steam Power, <https://www.ge.com/steam-power/coal-power-plant/usc-ausc>.
11. Angel M., G. Salazara, T. Kirstena, L. Prchlikb, (2018). Review of the operational flexibility and emissions of gas- and coal-fired power plants in a future with growing renewables, Renewable and Sustainable Energy Reviews.
12. EIA, (2017). Combined Heat and Power Technology Fact Sheet Series.
13. JRC, (2001). Greenhouse gas emissions from fuel fired generation systems.
14. EIA, (2016). Combined Heat and Power Technology Fact Sheets Series: Fuel Cells.
15. 劉傳馨，(2018)，台電公司出國報告：燃料電池設備之應用與規劃技術實習。

16. 三菱動力，(2021)，SOFC Handbook。
17. Hasanzadeha A., A. Parisa, M. A.Ghasemi,(2021). Stand-alone gas turbine and hybrid MCFC and SOFC-gas turbine systems: Comparative life cycle cost, environmental, and energy assessments ,Energy Reports.
18. Slatera J.D., T. Chronopoulou, R.S. Panesara, F.D. Fitzgerald, M. Garcia, (2019).Review and techno-economic assessment of fuel cell technologies with CO2 Capture, International Journal of Greenhouse Gas Control.
19. Fichera, A., S. Samanta, R. Volpe,(2022). Exergetic Analysis of a Natural Gas Combined-Cycle Power Plant with a Molten Carbonate Fuel Cell for Carbon Capture,Sustainability.
20. ETN Global,(2021). ETN R&D Recommendation Report 2021.
21. GE,  
<https://www.ge.com/news/press-releases/first-ge-9ha-gas-turbines-ordered-for-hydrogen-blended-natural-gas-fueled-power>.
22. Power Magazine, (2020701).Siemens' Roadmap to 100% Hydrogen Gas Turbines (<https://www.powermag.com/siemens-roadmap-to-100-hydrogen-gas-turbines/>).
23. 台電公司網站，  
(<https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=216&cid=170&cchk=9a9fd7a6-235b-44dc-855d-57dcf7291b4a>)。
24. 經濟部能源局，(2021)，109 年能源統計手冊。
25. 中央社，(20220121)，歐盟擬將天然氣和核能列為綠色能源 顧問專家群警告應踩煞車(<https://www.rti.org.tw/news/view/id/2122752>)。
26. 中央社，(20220102)，核能天然氣擬列綠色投資 歐盟永續金融分類法引爭議 (<https://www.cna.com.tw/news/firstnews/202201020167.aspx>)。
27. 科技新報，(20220104)，漂綠還是名副其實？歐盟擬將核能、天然氣列入「綠色投資」 (<https://technews.tw/2022/01/04/nuclear-gas-green-power/>)。
28. 自由時報，(20220102)，歐盟擬將天然氣、核能列為綠能 1 月份提出計畫

(<https://ec.ltn.com.tw/article/breakingnews/3787411>)。

29. IEA, (2021). World Energy Outlook 2021.

30. IThome , (20220118) , 國發會 3 月將提我國淨零碳排路徑圖

(<https://www.ithome.com.tw/news/148949>)。