

碳捕捉專利趨勢分析

林峯州*、鄭詠文**、陳子明***、

鄭宇辰****、鍾文正*****

壹、前言

貳、碳捕捉技術發展現況

參、專利整體綜合分析

一、歷年申請量與生命週期圖

二、專利申請人分析

三、前十大申請人

四、碳捕捉 IPC

肆、技術專利分析

一、碳捕捉技術分析

二、前十大申請人技術分析

三、碳捕捉技術用途

伍、全球申請流向及主要專利局分析

陸、高排碳產業相關案例

柒、結論

* 作者現為經濟部智慧財產局專利審查官。

** 作者現為經濟部智慧財產局專利助理審查官。

*** 作者現為經濟部智慧財產局專利助理審查官。

**** 作者現為經濟部智慧財產局專利助理審查官。

***** 作者現為經濟部智慧財產局專利審查官兼科長。

本文相關論述僅為一般研究探討，不代表任職單位之意見。

摘要

淨零轉型是產業的新趨勢，在此眾多的技術中，碳捕捉、再利用與封存為國際上公認最有效減少溫室氣體排放到大氣層的技術之一。為了達到 2050 淨零排放的目標，各國均致力於研究 CCUS 的技術。其中二氧化碳的捕捉占整體 CCUS 成本費用近 2/3，因此國際間主要以提高碳捕捉效率及規模並降低碳捕捉成本為重點研發方向。

本專題將蒐集全球各國「碳捕捉」的專利，以碳捕捉的常見技術分類，吸收、吸附、薄膜……等技術進行各種技術專利分析，並以石化、水泥、電力、冶金四個高排碳產業，篩選出相關案例，藉由探討專利趨勢分析與相關案例，得以了解碳捕捉技術發展概況，期能提供相關業者發展方向，避免將研發資源浪費在已存在的技術，並且可找出相關潛在合作或競爭的對象。

關鍵字：碳捕捉、專利分析、化學吸收、物理吸收、化學吸附、物理吸附、有機薄膜、無機薄膜、低溫冷凝、生物固定、礦物化、直接空氣捕捉

Carbon Capture、Patent Analysis、Chemical Absorption、Physical Absorption、Chemical Adsorption、Physical Adsorption、Organic Membrane、Inorganic Membrane、Cryogenic、Biofixation、Mineralization、Direct Air Capture

壹、前言

「2050年淨零排放」是全世界的目標，全球目前已有138個國家宣示「淨零排放」目標¹，我國國家發展委員會也在2022年3月30日公布「臺灣2050淨零排放路徑策略總說明」，提供至2050年淨零之軌跡與行動路徑，其中將碳捕捉、利用及封存（Carbon Capture, Utilization and Storage, CCUS）為十二項關鍵戰略的其中之一（如圖1）。CCUS可透過各種不同捕捉與處置技術，以解決來自於工業生產或是化石燃料轉換能源過程中，所產生的二氧化碳排放問題，並且CCUS技術也被國際上公認最有效減少溫室氣體排放到大氣層的技术之一²。



¹ 2050淨零排放 Net Zero 經濟部 MOEA, <https://www.go-moea.tw/> (最後瀏覽日: 2022/10/11)。

² 邱凡瑋, 國際碳捕獲、再利用與封存技術發展概況, 經濟部溫室氣體減量管理推動辦公室, 109年5月專題。

³ 國家發展委員會「臺灣2050淨零排放路徑及策略總說明」, 第70頁, https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=FD76ECBAE77D9811 (最後瀏覽日: 2022/10/11)。

碳捕捉技術可從發電、工業生產或直接從空氣中提取二氧化碳，經再利用資源化或經過濃縮及壓縮後輸送封存，避免直接排放到大氣中，且降低大氣中二氧化碳的濃度，因此碳捕捉技術之創新對於負碳技術相當重要，由於二氧化碳的捕捉占整體碳捕捉、碳再利用及碳封存技術成本費用近 2/3，因此國際間主要以碳捕捉的捕捉效率及成本為重點研發方向⁴。

貳、碳捕捉技術發展現況

二氧化碳的捕捉形式，可區分為：燃燒後捕捉（Post combustion capture, PCC）、燃燒前捕捉（Pre-combustion capture）、富氧燃燒（Oxy-fuel Firing）及直接空氣捕捉（Direct Air Capture）。根據 2020 年歐洲潔淨空氣及水源保護組織（Concawe）的碳捕捉技術報告⁵，燃燒前捕捉與燃燒後捕捉技術於全球碳捕存技術（Carbon Capture and Storage, CCS）的各類計畫中較廣泛應用，其比例分別為燃燒後捕捉占 54%、燃燒前捕捉占 40%、而富氧燃燒僅占 6% 且直接空氣捕捉更尚未被應用。圖 2 所呈現，各種碳捕捉形式可有相對應的技術，例如吸收法、吸附法、和薄膜分離等技術。

⁴ 談駿嵩、王志盈，二氧化碳捕獲專題報導，科學發展 510 期，2015 年 6 月。

⁵ *Technology Scouting -Carbon Capture: From Today's to Novel Technologies*, Concawe Report,
(1) https://www.concawe.eu/wp-content/uploads/Rpt_20-18.pdf (last visited Oct.11, 2022).
(2) <https://www.concawe.eu/publication/technology-scouting-carbon-capture-from-todays-to-novel-technologies/> (last visited Oct.11, 2022).

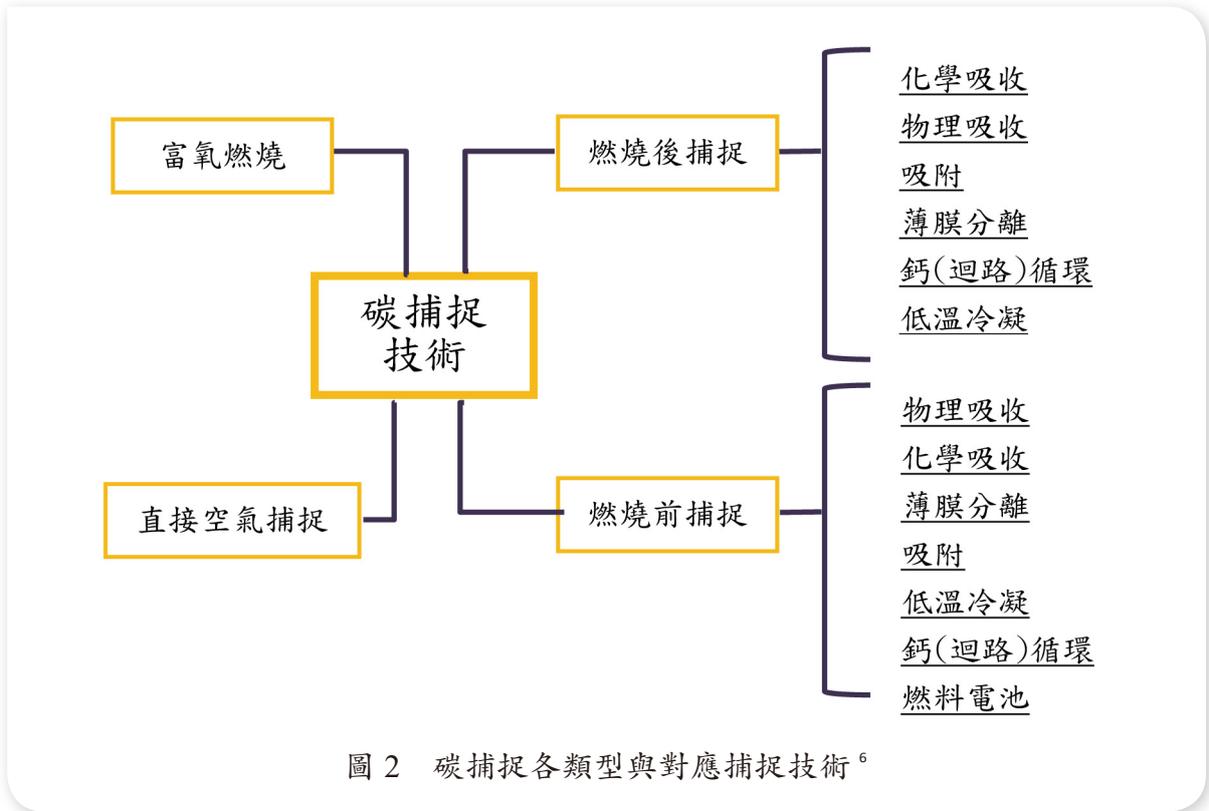


圖 2 碳捕捉各類型與對應捕捉技術⁶

有關碳捕捉技術，國際能源總署（International Energy Agency, IEA）與歐洲潔淨空氣及水源保護組織（Concawe）分別發表技術發展研究報告：IEA 報告⁷將目前主要的二氧化碳捕捉技術，以技術完備水準量表（Technology readiness level scale, TRL）呈現技術發展的成熟度分類，指數越高表示該技術發展的成熟度越高，二氧化碳捕捉技術的 TRL 依序為 9 至 11 的化學吸收、物理分離（包括吸附、吸收、低溫分離或脫水壓縮）、TRL5 至 7 的富氧燃燒、TRL 6 至 7 的膜分離、TRL5 至 6 的鈣循環技術、TRL 4 至 6 的化學循環、TRL 6 的直接分離（即通過使用特殊煅燒爐間接加熱石灰石，以捕捉水泥生產過程中的 CO₂ 排放）、TRL 5 至 7 的超臨界二氧化碳動力循環。

⁶ 同前註（1）。

⁷ CCUS technology innovation, IEA, <https://www.iea.org/reports/ccus-in-clean-energy-transitions/ccus-technology-innovation> (last visited Oct.11, 2022).

Concawe 於 2020 年的碳捕捉技術報告⁸，以二氧化碳的捕捉率、純度與成本參數，定義了三類碳捕捉技術完備水準量表（TRL），分別為 TRL9 的已商業化（Commerical）、TRL5~8 的將要商業化（near-term commercial）和 TRL1~4 的新興技術（Emerging），其中已有相當多的技術已經將要接近擴大市場階段，例如化學吸收的胺類貧水溶劑、聚醯亞胺薄膜、哌嗪吸收劑或矽基/MOF 材質之固體吸附劑（圖 3），而目前已有用於燃燒前、燃燒後捕捉技術的商業用產品（表 1），表示碳捕捉已有成熟技術。

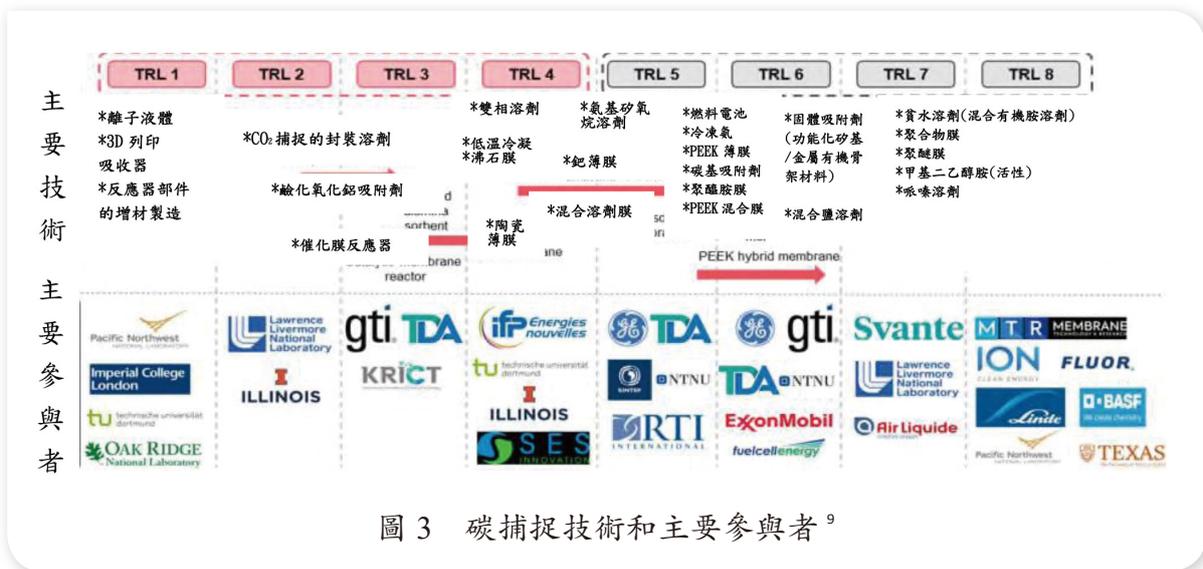


圖 3 碳捕捉技術和主要參與者⁹

⁸ 同註 5 (2)。

⁹ 同註 5 (1)。

表 1 Concawe2020 年報告所列已商業化碳捕捉的技術產品¹⁰

用於燃燒後碳捕捉技術的商業化學溶劑 (TRL 9)		
編號	公司企業	產品/Solvent
1	美商福陸公司 Fluor Corporation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fluor EconamineSM, diglycolamine as the aqueous solvent ▪ Fluor Econamine FG PlusSM, amine-based
2	日商三菱重工 Mitsubishi Heavy Industries	<ul style="list-style-type: none"> ▪ KS-1 proprietary (hindered secondary) amine
3	荷蘭商殼牌 Shell Global Solutions International B.V.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Amine, (10-50 wt.%) and an oxidative inhibitor that acts as a rate promoter (0-8 wt.% piperazine, 1-30 wt.% N-(2-
4	挪威商愛克爾 Aker Solution	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Amine solvents, a mixture of water and organic amine solvents
5	德商巴斯夫 BASF	<ul style="list-style-type: none"> ▪ OASE[®], blue activated MDEA
用於燃燒前碳捕捉技術的商業物理溶劑 (TRL 9)		
編號	公司企業	產品/Solvent
1	美商霍尼韋爾 Honeywell UOP (Formerly known as UOP LLC or Universal Oil Products)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hot potassium carbonate ▪ Selexol, Solvent made of dimethyl ethers of polyethylene glycol
2	德商林德 Linde	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rectisol, an organic solvent of chilled methanol
3	美商福陸公司 Fluor Corporation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Propylene carbonate

參、專利整體綜合分析

本專利分析報告為使用 Derwent Innovation 資料庫，並利用分類號¹¹與碳捕捉相關關鍵字以蒐集全球各國「碳捕捉」的專利，蒐集截至 2021 年 12 月 31 日以前全球所有公開（告）案件，並經由整理、篩選與分析後，共計 7,406 案^{12、13}。

¹⁰ 同註 5 (1)。

¹¹ WIPO 綠色目錄碳捕捉國際分類號 (IPC) 及 CPC 中 Y02C (溫室氣體的捕捉、儲存、扣押或處理)。

¹² Derwent Innovation 資料庫，<https://www.derwentinnovation.com/login/>，下載日期：2022 年 3 月 13 日。

¹³ 為了更接近當時政治經濟產業等情況，將以優先權年（若無優先權則為申請年）來呈現，以專利家族（DWPI 定義的同族專利，優先權必須完全相同）為單位，專利家族可能有好幾「件」專利，同一專利家族算為一「案」專利。

一、歷年申請量與生命週期圖

圖 4 呈現碳捕捉歷年申請量案件數變化，以公開（告）年及優先權年呈現，兩者於近 20 年的專利案數均逐年增加，表示碳捕捉技術漸漸被重視與經濟化。可發現 2021 年的公開（告）專利案數為歷年的最高，相較於 2020 年成長 19.4%，其中 2021 年的專利案數為 2000 年的 11.2 倍。至於，2020 與 2021 年優先權年的專利案數少於 2019 年，其原因可能為尚有專利案數尚未公開（告）。

以優先權年專利案數觀察，可發現自 1997 年數量明顯增加，相較於 1996 年成長了 287.5%，此趨勢為 1997 年 12 月京都議定書在日本京都通過，全球產業及學研機構逐漸開始重視碳捕捉技術。1998 年至 2011 年的碳捕捉專利案數的增長比率平均也有約 24.3%；但 2011 年至 2015 年的專利案數則為下降的趨勢，或許與全球經濟環境與能源政策有所關係。聯合國於 2015 年 12 月 12 日在巴黎所舉行的 2015 年聯合國氣候峰會中，通過氣候協議並取代京都議定書，全球 195 個國家簽署巴黎協定並於 2016 年 11 月 4 日生效¹⁴，減碳相關研究又開始被重視，其專利案數從 2016 年至 2019 年有顯著的成長。近幾年，各國政府與眾多企業均開始擬定具體淨零碳排的時程目標，未來碳捕捉相關技術專利量的成長不容小覷。

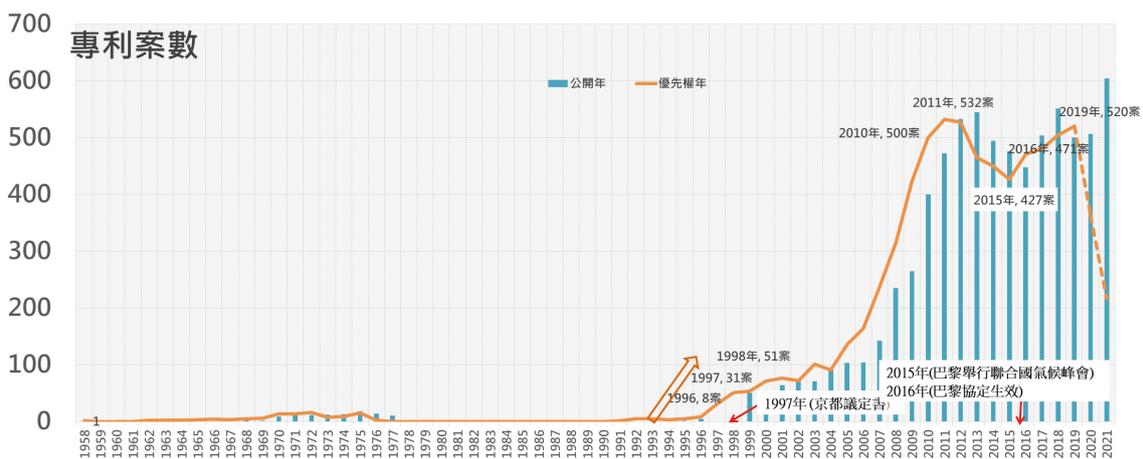


圖 4 碳捕捉歷年申請案件數變化

¹⁴ CHAPTER XXVII ENVIRONMENT, United Nations Treaty Collection, https://treaties.un.org/pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&clang=_en (last visited Oct. 11, 2022).

以技術生命週期觀察碳捕捉技術產業所處之階段，作為預測碳捕捉未來發展之興衰指標¹⁵。並以圖 5 呈現¹⁶，整體而言專利申請人數與專利申請量為呈現正比向上升之趨勢。

1997 年以前，為萌芽期階段，碳捕捉技術剛起步，尚未有政策支持，企業與學研機構投入技術研發意願低，專利申請件數與專利申請人數皆較少，專利申請件數成長有限，且專利申請人數緩慢成長。

1997 至 2011 年為發展期階段，1997 年京都議定書通過後，全球產業及學研機構逐漸開始重視碳捕捉技術，並願意投入資金研發與專利布局，其專利申請件數與專利申請人數皆明顯上升，表示技術在市場的價值受到了肯定，新的企業持續投入研發且產出之專利數量也持續增加。

2011 至 2015 年為發展趨緩、衰退階段，碳捕捉技術之成本與效率已達到技術瓶頸並難以突破，僅剩餘部分企業與研發單位繼續發展相關技術，且各國政府未明確建立碳捕捉與封存行為的管制規範¹⁷，碳捕捉研發資金缺乏長期穩度支持，各國政府與能源產業大部分認為 CCS/CCUS 技術尚在研發中，成本昂貴，因此減少投入發展意願。此外 2008 年全球金融海嘯資金排擠效應，亦影響此階段各國對於 CCS/CCUS 技術的關注度。此外，2011 年左右，由於各國政府提供資金補貼各種再生能源技術之發展，已達到部分效益結果，此時再生能源之成效也因此吸引企業資金之關注，而排擠了碳捕捉技術之資金投入與專利布局。2000 至 2014 年，全球對再生能源的累積投資金額為 CCS 技術投資之比相差百倍以上¹⁸。因此造成 2011 至 2013 年階段，專利申請人數稍微減少，且 2011 至 2015 年的專利申請量有減少之趨勢。

¹⁵ 周采潔，專利分析應用於先進用路人資訊系統技術發展預測之研究，淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士論文，2013 年。

¹⁶ 因專利有 18 個月公開的閉鎖期，因此本部分僅擷取優先權在 2019 年以前之專利案進行繪圖分析。

¹⁷ 許雲翔、林瑞珠，跨機關政策協調：我國碳捕存個案，文官制度季刊第九卷第二期，頁 45-78，2017 年。

¹⁸ 碳捕捉與封存技術 (CCS) 發展現況與未來趨勢，台綜院研一所，<https://km.twenergy.org.tw/ReadFile/?p=KLBase&n=2017310153211.pdf> (最後瀏覽日：2022/10/11)。

2015 至 2019 年為復甦、再發展階段，此階段專利申請件數與專利申請人數緩慢成長，重新開始第一階段之萌芽期，開啟新的循環，表示碳捕捉產業技術有所突破或市場的新需求出現促使企業再度投入資源。其與 2015 年巴黎協定之簽署，與各國政府之淨零排碳明確法規制度，有所關係。各國政府與碳排量大的產業或企業願意提供資金，以提供 CCUS 技術之研發與專利布局。

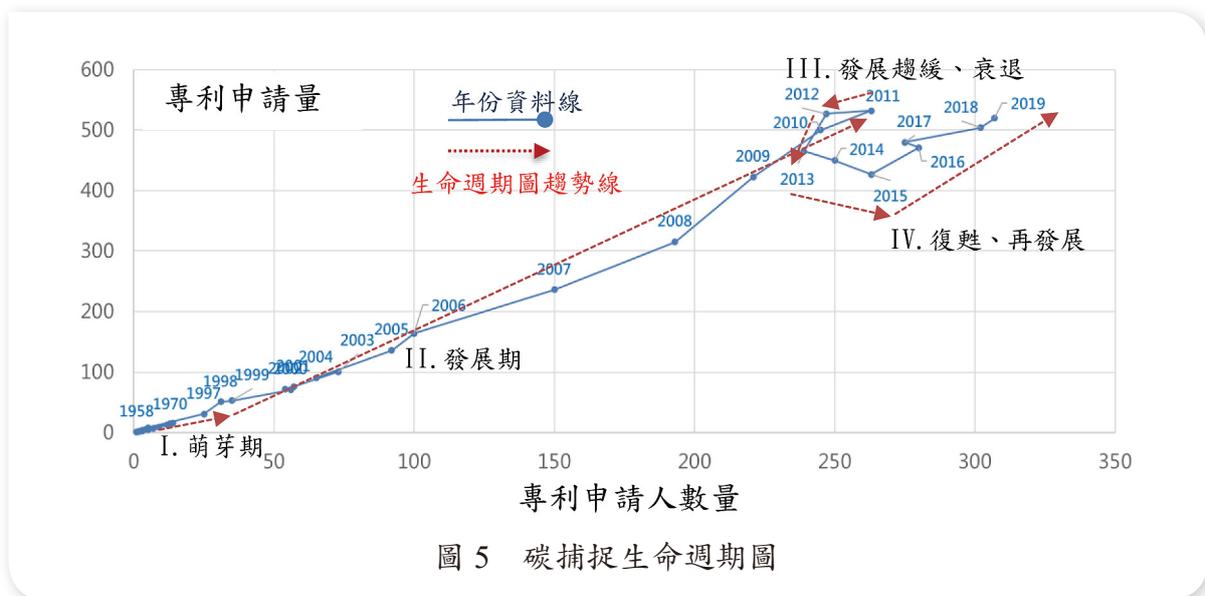


圖 5 碳捕捉生命週期圖

二、專利申請人分析¹⁹

表 2 與圖 6 所呈現為以碳捕捉申請人國家／地區比例與其歐洲的申請人國家狀況進行分析。以亞洲區域國家為多數，中國大陸與日本合計超過 5 成，歐美的申請人專利案量少於亞洲區域。其中歐洲國家的碳捕捉專利案量係以德國（336 案，32.1%）最多，其次依序為法國（251 案，24.0%）、英國（124 案，11.8%）、挪威（68 案，6.5%）、義大利（37 案，3.5%）、瑞士（37 案，3.5%）、荷蘭（26 案，2.5%）。德國與法國的專利案量占歐洲區域的五成以上。

¹⁹ 以專利申請的第一申請人資料進行分析，部分專利申請案有兩個以上的專利申請人，第一申請人係以專利申請書上第一順位的申請人。

表 2 前十大申請人國家／地區排名

排名	申請人國家／地區 (案數)	比例
1	中國大陸 (2,436 案)	32.9%
2	日本 (1,515 案)	20.5%
3	美國 (1,223 案)	16.5%
4	歐洲 (1,048 案)	14.2%
5	南韓 (740 案)	10.0%
6	加拿大 (85 案)	1.1%
7	臺灣 (79 案)	1.1%
8	澳洲 (64 案)	0.9%
9	沙烏地阿拉伯 (45 案)	0.6%
10	俄羅斯 ²⁰ (42 案)	0.6%

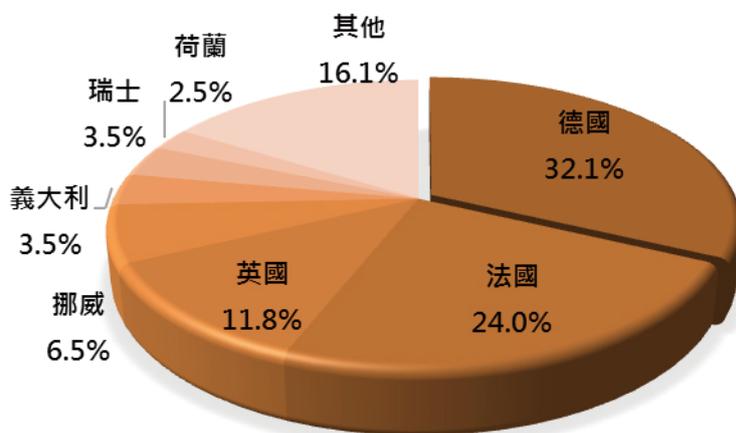


圖 6 碳捕捉歐洲申請人國家比例

²⁰ 俄羅斯 42 案、蘇聯 8 案。

以申請人²¹類型（圖未示）予以分析，其中 4,482 案為公司（60.5%）、學術及研究機構（學研機構）為 2,405 案（32.5%）、個人為 519 案（7.0%），公司申請人占了絕大多部分的比例。至於我國專利申請人類型比例依序為學研機構（46 案，58.2%）、公司（18 案，22.8%）及個人（15 案，19.0%），我國的申請人類型學研機構比例大於 5 成。我國專利申請人排名，依序為：核能研究所（學研機構）、工研院（學研機構）、傑智環境科技（公司）、國立清華大學（學研機構）、中國鋼鐵（公司）、國立成功大學（學研機構）。

三、前十大申請人歷年申請案件趨勢

圖 7 呈現整體十大申請人所屬國家／地區歷年申請案件趨勢，可發現僅以中國大陸專利申請人為大幅增加，其他國家／地區專利申請人的專利案數近幾年並無明顯增加。中國大陸專利申請人，自 2007 年開始有明顯成長，於 2011 年的專利案量更超越了日本專利申請人，成為第一大申請人。至今，中國大陸專利申請人仍為碳捕捉技術的第一大申請人，並且 2019 年相較於 2000 年間的 20 年成長將近 140 倍。

第二大專利申請人為日本，其 2005 年以前日本專利申請人所申請專利的案量為全球領先地位，但 2006 年以後專利案數曾經被美國、歐洲與中國大陸超過，日本專利申請人所申請專利的案數最高峰為 2011 年的 127 件，2012 至今的專利案數未曾超過 2011 年。第三大專利申請人為美國，美國專利申請人的專利案量趨勢與日本相似，到達 2010 年最高峰後，至今的專利案數未曾超過 2010 年。第四、五大專利申請人為歐洲與南韓，所申請專利案量最高峰分別為 2009 年與 2013 年，至今的專利案數同樣也未超過當初最高峰案量。至於我國第一大專利申請人的專利案量從 2007 至 2019 年的趨勢並無明顯變化，平均介於 3~11 案之間。

²¹ 以專利申請的第一申請人資料進行分析，部分專利申請案有兩個以上的專利申請人，第一申請人係以專利申請書上第一順位的申請人。

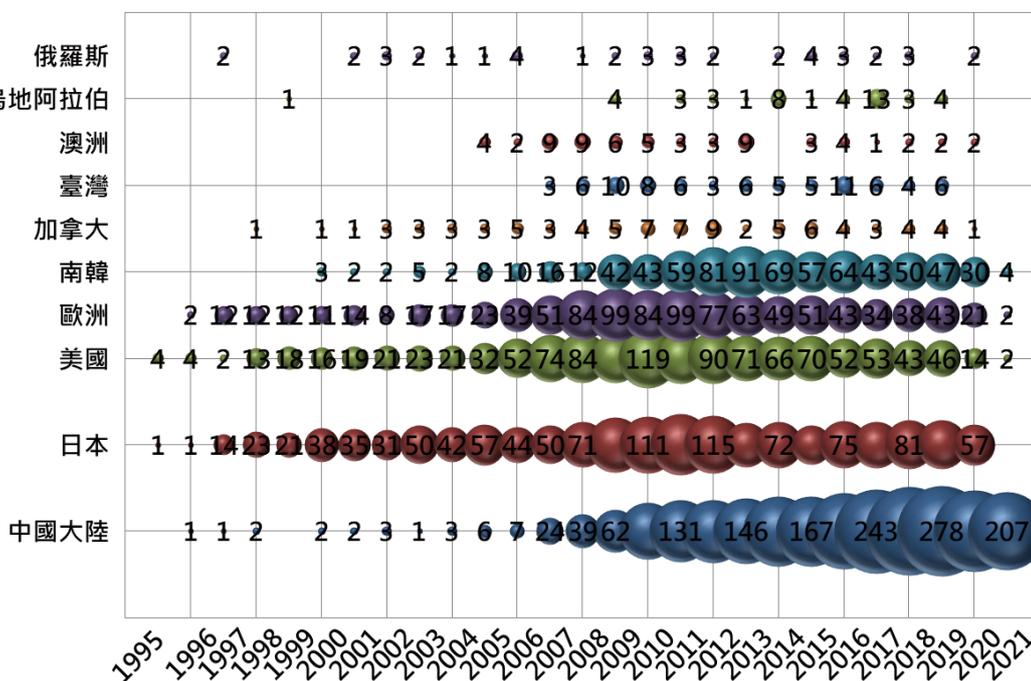


圖 7 碳捕捉整體十大申請人國家/地區歷年申請案件趨勢

表 3 所呈現為前十大申請人排名，其中前十大申請人中，公司占七名、另三名為學研機構。以國家分析，日商公司占 2 位，且為第 1、2 大專利申請人。中國大陸商占 3 位，其分別為第 3 大的中國石油化工公司與 2 間學研機構。至於南韓商、美商及法商分別各占 2、2、1 位。

表 3 前十大申請人排名

排名	專利申請人	案數
1	(日商) 東芝股份有限公司	181
2	(日商) 三菱重工業股份有限公司	152
3	(中國大陸商) 中國石油化工公司	134
4	(南韓) 韓國能源研究中心	121
5	(中國大陸) 中國科學院	106
6	(法商) 液化空氣集團	98

(續下頁)

排名	專利申請人	案數
7	(美商) 奇異公司	89
8	(南韓商) 韓國電力公社	78
9	(美商) 艾克森美孚公司	76
10	(中國大陸) 天津大學	68

以圖 8 觀察，日本企業早在 20 年前就開始布局碳捕捉技術相關專利，且 20 年之間每年均有專利申請，其中（日商）東芝股份有限公司的專利案數最高峰為 2009 年的 19 案，2010 年至今每年專利案量維持 4~15 案。（日商）三菱重工業股份有限公司，其專利案數最高峰為 2012 年的 19 案，且 2012 年至今的專利案數與第一大的（日商）東芝股份有限公司，不相上下。

第 3 名的中國石油化工公司，自 2001 年開始，才有相關專利布局，且 2011 年以後專利案量超過 10 案，為 2010 年的 220%。至於其他的第 4~10 名專利第一申請人，同樣分別也從 2005~2007 之間開始有顯著的專利案數增加。

值得關注，第 7 大專利第一申請人（美商）奇異公司，近幾年的碳捕捉專利申請案量並未突出，其或許與該公司對於零碳排技術發展策略有所關係，該公司認為未來搭配碳捕捉與封存技術，將慢慢轉型成「藍氫」，未來最終透過再生能源電解水產生「綠氫」，達到零碳排目標²²。

²² 美商奇異公司認為未來搭配碳捕捉集與封存技術，將慢慢轉型成「藍氫」；最終透過再生能源電解水產生的「綠氫」，達到零碳排目標。

(1) 發電有望降低 7 成碳排！百年工業巨擘 GE 提混合氫氣方案，燃氣電廠怎麼改良，數位時代，<https://www.bnext.com.tw/article/62011/ge-hydrogen-fueled-gas-turbines>（最後瀏覽日：2022/10/11）。

(2) GE 燃氣發電：碳中和下的四階段技術路徑，uSMART，<https://www.usmart8.com/en/news-detail/6812646347875926398>（最後瀏覽日：2022/10/11）。

(3) 美國奇異身先士卒呼籲推動可再生能源與燃氣發電，中時新聞，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20210330001480-260410?chdtv>（最後瀏覽日：2022/10/11）。

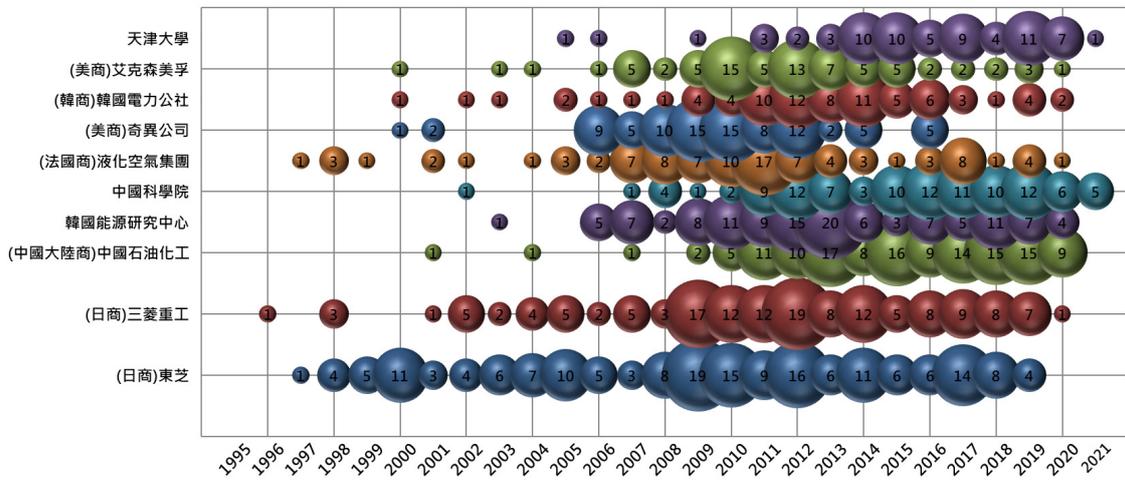


圖 8 碳捕捉前十大第一申請人歷年（優先權年）申請案件數

四、碳捕捉 IPC

圖 9 所呈現碳捕捉國際分類號（IPC）案數分布，可發現高達 80.3% 之專利案所賦予之三階 IPC 為 B01D，其 B01D 所表示為分離技術範疇，其次依序為 C01B（7.3%）、B01J（3.5%）²³ 與其他類位。可發現碳捕捉專利技術的國際專利分類號集中，前 3 大三階 IPC 所占的比率為 9 成以上。

²³ C01B 所表示之技術為「非金屬元素其化合物」、B01J 所表示為「化學或物理方法，例如催化作用，膠體化學；其有關設備」。

以四階 IPC 分析，主要以捕捉手段 (B01D 53)²⁴ 與二氧化碳技術範疇 (C01B 31、C01B 32)²⁵ 為多數。「B01D 53」高達 75.7%，其次依序為「C01B 32」2.7% 及「C01B 31」2.6%。

肆、技術專利分析

碳捕捉技術以二階技術區分 (圖 10)，其範疇主要包括：吸收、吸附、薄膜²⁶ 以及其他技術。再將二階技術進一步分為三階技術，範疇依序可包括：化學吸收、物理吸收、化學吸附、物理吸附、有機薄膜、無機薄膜、低溫冷凝、生物固定、礦物化、水合物、結合再生能源、控制工程、超臨界處理、直接空氣捕捉、水轉化、電化學、富氧燃燒、鈣循環及化學循環等。

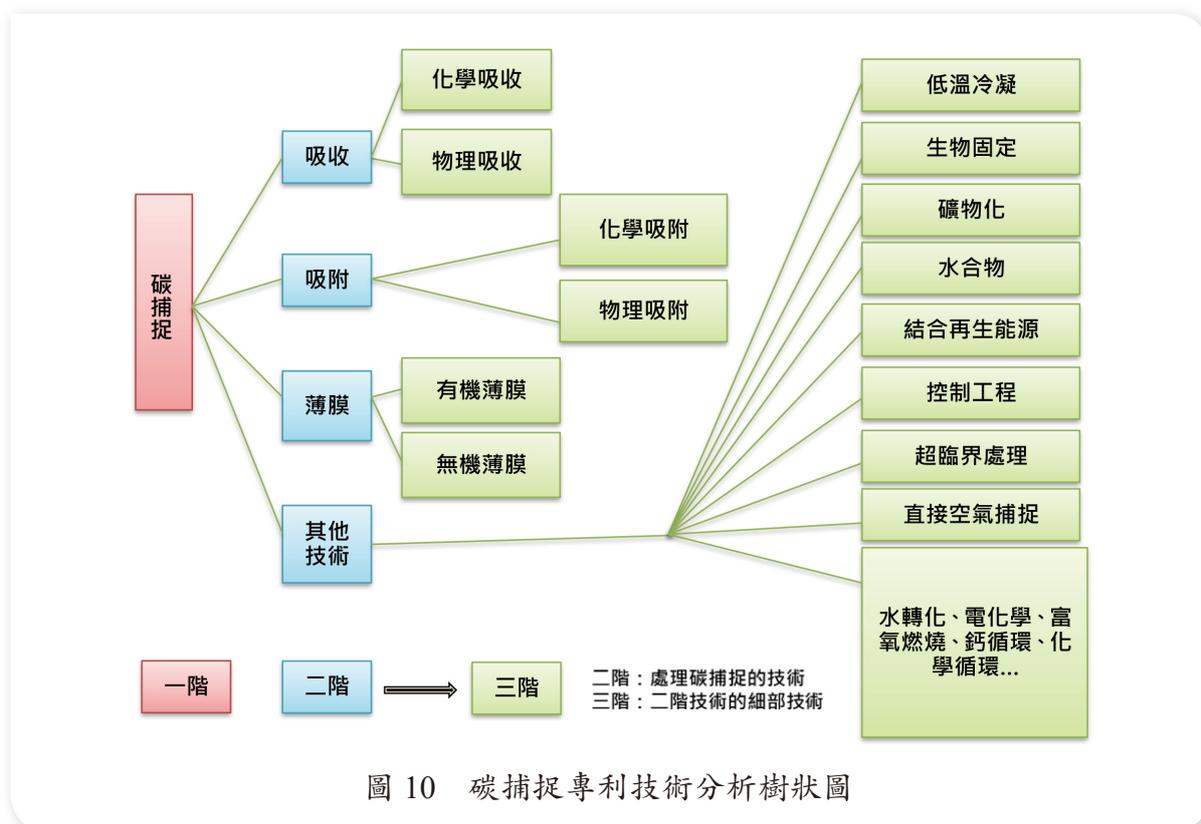


圖 10 碳捕捉專利技術分析樹狀圖

²⁴ 「B01D 53」所代表為：氣體或蒸汽之分離；由氣體中回收揮發性溶劑之蒸汽；廢氣例如發動機廢氣、煙氣、煙霧、煙道氣、氣溶膠的化學或生物淨化。

²⁵ 「C01B 31」、「C01B 32」所表示為碳其化合物相關技術。

²⁶ 吸收、吸附及薄膜均屬廣義之分離技術。

本部分技術專利分析以技術申請案量、十大申請人國家／地區、歷年申請案件趨勢及碳捕捉技術用途呈現，藉此獲得碳捕捉技術分類概況與市場領先地位的國家／地區、申請人的技術布局趨勢。

一、碳捕捉技術分析

圖 11 所表示為碳捕捉的二階技術²⁷，可發現「吸收」的專利案量最多（3,758 案），其次為「吸附」（2,563 案），至於薄膜與其他技術分別為 1,196 案及 2,089 案。我國專利申請人二階技術以「吸收」、「吸附」為多數，其申請案比例分布依序為 39.1% 吸收、26.7% 吸附、21.7% 其他技術及 12.5% 薄膜。

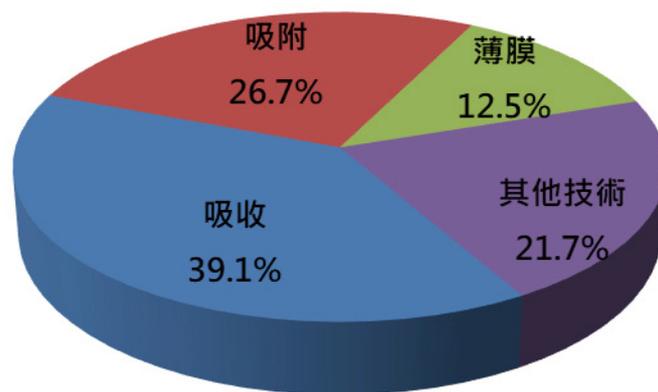


圖 11 碳捕捉的二階技術申請案量分布

圖 12 所呈現為碳捕捉各二階技術的歷年趨勢，「吸收」自 1997 年開始專利案量逐漸增加，到達 2012 年已達最高峰 309 案，2013 至 2015 年的專利案量與整體碳捕捉相同案量減少。並且 2016 至今，「吸收」專利案量並未有明顯增加。至於「吸附」，自 1997 年開始專利案量逐漸增加至今，且 2019 年甚至超過「吸收」，到達 234 案。「薄膜」與「其他技術」的專利案量，均自 1997 年開始逐漸增加，其中「薄膜」專利案量最高峰為於 2019 年，「其他技術」於 2011 年與

²⁷ 由於同一件專利案可能同時包含不同二階技術或三階技術，因此在統計上，將在各類別中同時予以計數，其各類別的總計共 9,606 案。

2019 年均有高峰，分別為 156 案及 148 案。至於我國專利申請人於吸收、吸附技術幾乎每年都有專利申請，而薄膜技術於 2008 年為最高峰。因此，「吸收」雖然專利案量較多，但近幾年吸附、薄膜與其他技術的專利量增長幅度較大。

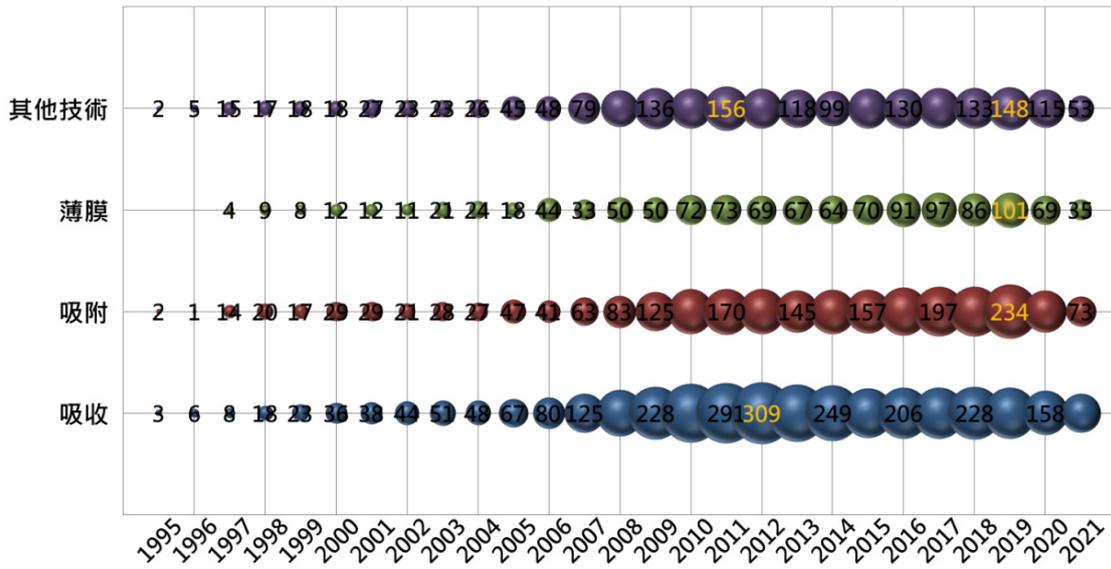


圖 12 二階技術各類型歷年（優先權年）申請案件數

碳捕捉三階技術的專利案量比率以圖 13 所呈現。其申請案量由多至少依序為：化學吸收（1,795 案，24.7%）、化學吸附（1,030 案，14.2%）、物理吸附（980 案，13.5%）、低溫冷凝（719 案，9.9%）、有機薄膜（481 案，6.6%）、物理吸收（343 案，4.7%）、無機薄膜（295 案，4.1%）、生物固定（259 案，3.6%）、水合物（234 案，3.2%）、礦物化（229 案，3.2%）、結合再生能源（198 案，2.7%）、控制工程（162 案，2.2%）、超臨界處理（127 案，1.7%）、直接空氣捕捉（116 案，1.6%）。案量比率的多寡結果，大致與目前碳捕捉技術商業化時程與其成本降低效益有所關聯。

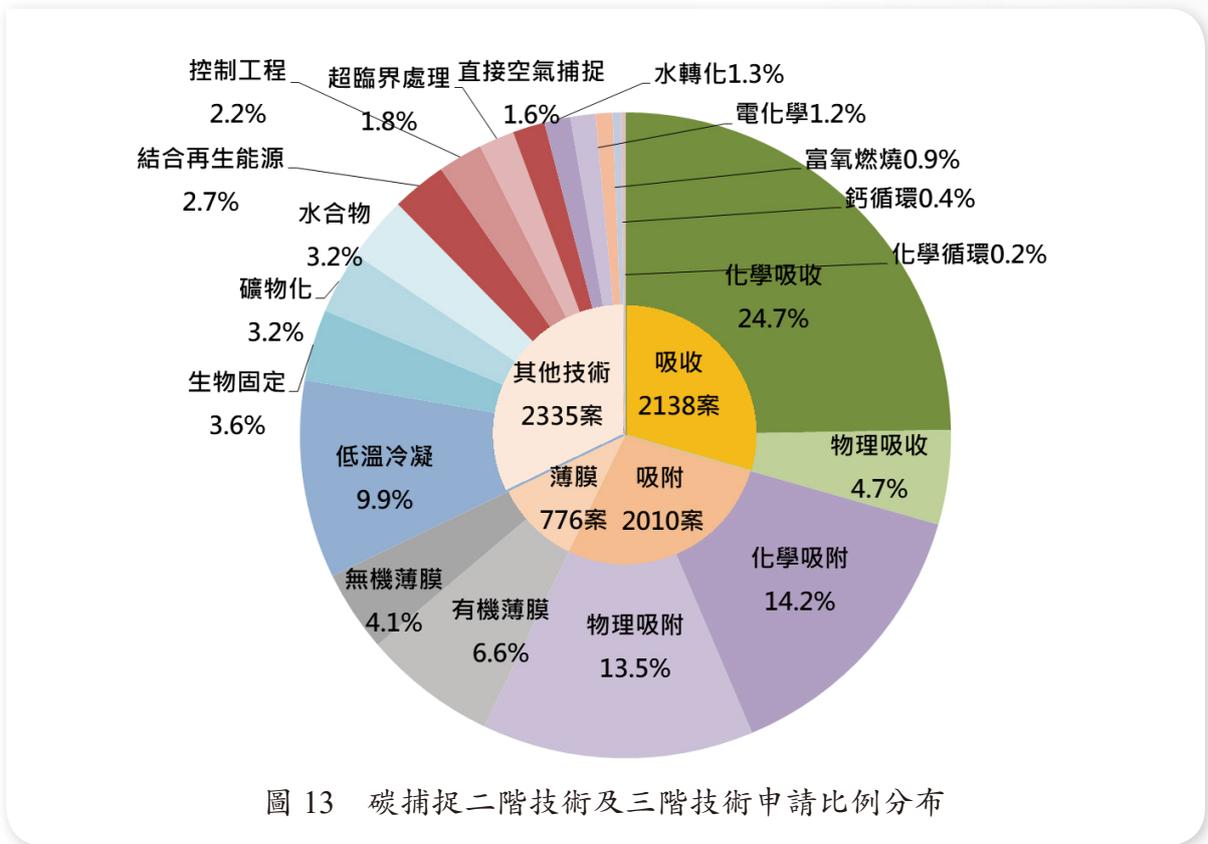


圖 13 碳捕捉二階技術及三階技術申請比例分布

三階技術中以「化學吸收」的案量最多，化學吸收技術是目前最廣泛使用的二氧化碳捕捉手段，所使用的吸收劑包含氨水、氫氧化物、鹼性液體、胺類、醇胺類、離子液體、吸收促進劑……等水溶液，藉由化學吸收劑與二氧化碳產生化學反應進行捕捉，再以加熱進行逆反應以再生吸收劑。碳捕捉技術專利申請人與專家各自擁有技術配方與製程，以增進二氧化碳吸收速率與吸收量、並降低設備腐蝕性及揮發性²⁸。化學吸收劑中所使用的單乙醇胺（MEA）及相關化合物，被常用於化工、化石產業中去除天然氣中的二氧化碳和硫化氫，但由於這種胺基溶

²⁸ 三菱重工（MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES LTD）之 KM CDR Process，所使用為受阻胺溶劑“KS-1™ 溶劑”與一系列特殊的專有設備結合，以獲得降低能耗與低腐蝕效果。

(1) CO₂ RECOVERY PLANTS: WHAT IS THE KM CDR PROCESS, MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, https://www.mhi.com/products/environment/carbon_dioxide_recovery_process_outline.html (last visited Oct.11, 2022).

(2) 2020 CARBON CAPTURE PROGRAM R&D COMPENDIUM of CARBON CAPTURE TECHNOLOGY, U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, <https://netl.doe.gov/sites/default/files/2020-07/Carbon-Capture-Technology-Compendium-2020.pdf> (last visited Oct.11, 2022).

劑存在不耐高溫、設備腐蝕的困境，目前有許多公司正在研發先進的化學溶劑來解決 MEA 溶劑缺點，例如英國公司 Carbon Clean Solutions Ltd (CCSL) 開發了一種名為 APBS 的專利溶劑，結合改進後的吸收工藝，所需的熱量和功率比 MEA 系統減少了 20% 至 40%，CCSL 公司的溶劑是一種結合高級胺、醇和哌嗪化合物的專利混合物；此外，早在 1990 年日本三菱重工就開發用於燃煤發電和化學品生產（尿素）的碳捕集溶劑技術，三菱重工已將 KS-1 專利受阻胺溶劑在工業中進行商業部署²⁹。

除了目前商業實施或學術研究常見的吸收、吸附、薄膜與低溫冷凝技術外，尚有碳捕捉的其他技術正在開發。例如（日商）東芝股份有限公司透過與再生能源的配合，並開發的觸媒電極，將工廠等排放的二氧化碳轉換成一氧化碳，作為化學品或燃料的原料³⁰。另外更有碳捕捉技術專家，對於碳捕捉中的技術設備（反應器）進行改良³¹，或以結合再生能源³²、優化控制檢測工程³³，達到最佳化製程操作條件，以達到淨零碳排放之效果。

雖然我國專利申請人的碳捕捉專利案量少於中國大陸、日本、美國、歐洲及南韓，但仍有公司企業或學研機構對於碳捕捉相關技術進行研發與專利布局，例如「鈣循環」技術，我國專利 TW I706806³⁴ 為由財團法人工業技術研究院與臺灣水泥公司共同申請，其為改良鈣迴路二氧化碳捕捉程序設備，可有效減少能耗及額外產生的二氧化碳。

²⁹ 全球碳捕集與封存現狀 2020，全球碳捕集與封存研究院，<https://cn.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/sites/4/2021/01/2020-CN-2.pdf>（最後瀏覽日：2022/10/11）。

³⁰ (1) 日本建商推「碳封存」混凝土東芝升級「零碳排」，TVBS 新聞網，<https://news.tvbs.com.tw/focus/1485057>（最後瀏覽日：2022/10/11）。

(2) 東芝開發碳回收技術二氧化碳轉化率提高 60 倍，財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心，<https://iknow.stpi.narl.org.tw/Post/Read.aspx?PostID=17651>（最後瀏覽日：2022/10/11）。

³¹ 例如：TW I706806，碳酸化反應器與二氧化碳捕獲系統，公告日 2020/10/11。

³² 例如：TW I524935，（日商）東芝，光化學反應系統，具備產生 CO₂ 的 CO₂ 產生手段、吸收藉由前述 CO₂ 產生手段產生的 CO₂ 之 CO₂ 吸收手段。

³³ 例如：JP20211-09488A，（日商）豐田汽車，配備二氧化碳回收裝置的車輛，包括「檢測裝置」，用於檢測外部空氣中 CO₂ 的濃度；通知裝置將檢測到的 CO₂ 濃度通知給居住者；以及切換操作單元。

³⁴ 例如：TW I706806，碳酸化反應器與二氧化碳捕獲系統，公告日 2020/10/11。

二、前十大申請人技術分析

圖 14 所呈現可得知：「吸收」的前三大申請人國家／地區依序為：中國大陸、日本及歐洲。「吸附」的前三大申請人國家／地區依序為：中國大陸、美國及日本。「薄膜」的前三大申請人國家／地區依序為：中國大陸、美國及日本。「其他技術」的前三大申請人國家／地區依序為：中國大陸、美國及歐洲。

碳捕捉的各種技術的第一大的申請人國家／地區均為中國大陸，且碳捕捉專利案中將近 1/3 為中國大陸專利申請人。此趨勢與近幾年中國大陸的專利申請案量大幅成長、中國大陸的地方政府大量補助綠色技術創新³⁵ 有所關係，此外，中國大陸專利申請人的碳捕捉專利案有不少比例為新型專利³⁶。

至於，第 2、3 大的申請人國家／地區分別為日本及美國，日本專利申請人的吸收技術專利案較多、美國專利申請人則是吸附技術專利案量較多。

³⁵ 王飛航、郭笑言，綠色技術創新的最優規制區間研究，財會月刊，<https://m.fx361.com/news/2021/0922/8868373.html>（最後瀏覽日：2022/10/11）。

³⁶ 中國大陸對於實質新型專利未有實質審查，僅對於是否明顯不具備新穎性進行審查。

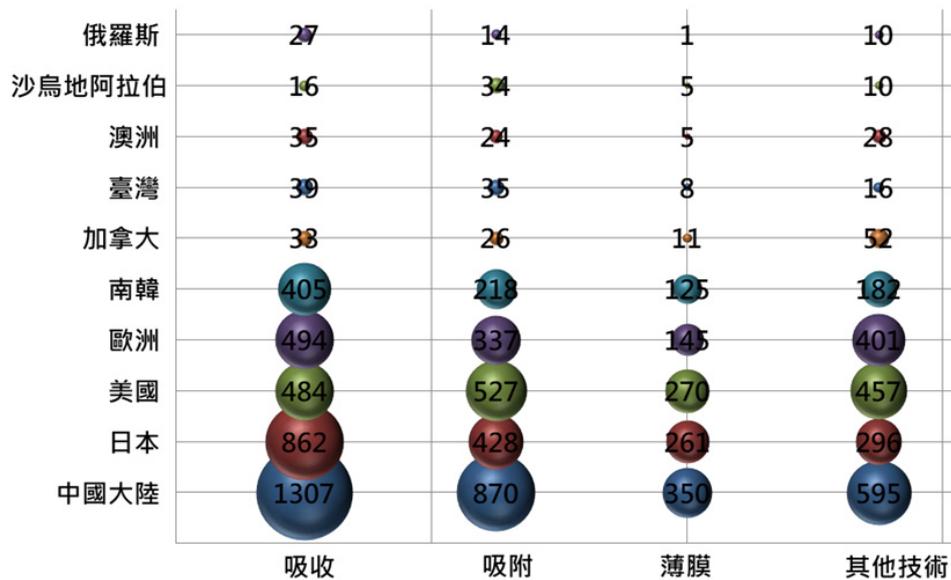


圖 14 碳捕捉前十大申請人國家/地區在二階技術各自申請案數³⁷

³⁷ 第 1 大申請人國家/地區（中國大陸）：吸收（41.8%）、吸附（27.9%）、其他技術（19.1%）、薄膜（11.2%）。
 第 2 大申請人國家/地區（日本）：吸收（46.7%）、吸附（23.2%）、其他技術（16.0%）、薄膜（14.1%）。
 第 3 大申請人國家/地區（美國）：吸附（30.3%）、吸收（27.9%）、其他技術（26.3%）、薄膜（15.5%）。
 第 4 大申請人國家/地區（歐洲地區）：吸收（35.9%）、其他技術（29.1%）、吸附（24.5%）、薄膜（10.5%）。
 第 5 大申請人國家/地區（南韓）：吸收（43.6%）、吸附（23.4%）、其他技術（19.6%）、薄膜（13.4%）。
 第 6 大申請人國家/地區（加拿大）：其他技術（42.7%）、吸收（27.0%）、吸附（21.3%）、薄膜（9.0%）。
 第 7 大申請人國家/地區（臺灣）：吸收（39.8%）、吸附（35.7%）、其他技術（16.3%）、薄膜（8.2%）。
 第 8 大申請人國家/地區（澳洲）：吸收（38.0%）、其他技術（30.4%）、吸附（26.1%）、薄膜（5.5%）。
 第 9 大申請人國家/地區（沙烏地阿拉伯）：吸附（52.3%）、吸收（24.6%）、其他技術（15.4%）、薄膜（7.7%）。
 第 10 大申請人國家/地區（俄羅斯）：吸收（52.0%）、吸附（26.9%）、其他技術（19.2%）、薄膜（1.9%）。

前十大申請人在二階技術申請狀況以圖 15 呈現，並以前三大專利申請人趨勢歸納，公司企業的專利布局以相對成熟的吸收與吸附技術為主，且日商對於吸收技術之專利布局占有一席之地；（法商）液化空氣集團則是分別有涉略吸附、薄膜與其他技術均有布局專利。

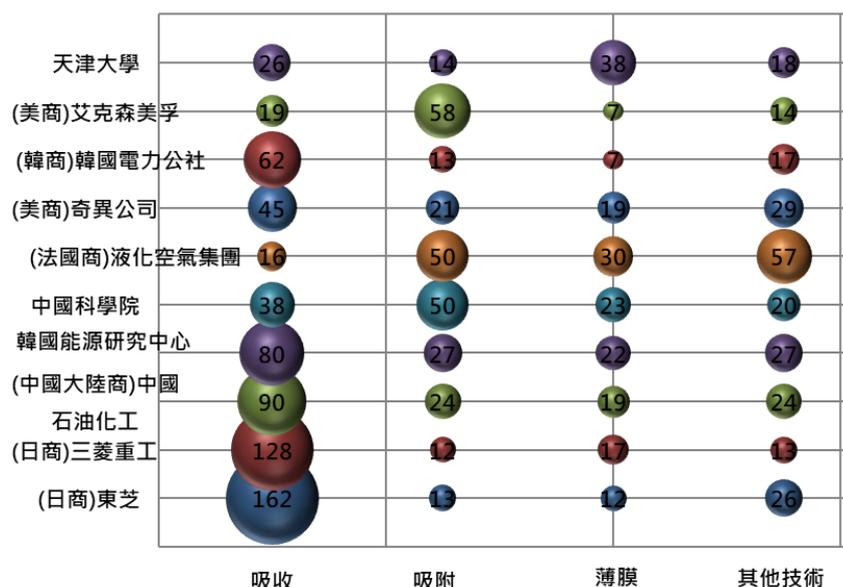


圖 15 碳捕捉前十大第一申請人在二階技術各自申請件數³⁸

³⁸ 以專利申請的第一申請人資料進行分析，部分專利申請案有兩個以上的專利申請人，第一申請人係以專利申請書上第一順位的申請人。

第 1 大申請人（日商）東芝股份有限公司：吸收（76.1%）、其他技術（12.2%）、吸附（6.1%）、薄膜（5.6%）。

第 2 大申請人（日商）三菱重工業股份有限公司：吸收（75.3%）、薄膜（10.0%）、其他技術（7.6%）、吸附（7.1%）。

第 3 大申請人（中國大陸商）中國石油化工公司：吸收（57.3%）、吸附（15.3%）、其他技術（15.3%）、薄膜（12.1%）。

第 4 大申請人（南韓）韓國能源研究中心：吸收（51.3%）、吸附（17.3%）、其他技術（17.3%）、薄膜（14.1%）。

第 5 大申請人（中國大陸）中國科學院：吸附（38.1%）、吸收（29.0%）、薄膜（17.6%）、其他技術（15.3%）。

第 6 大申請人（法商）液化空氣集團：其他技術（37.2%）、吸附（32.7%）、薄膜（19.6%）、吸收（10.5%）。

第 7 大申請人（美商）奇異公司：吸收（39.5%）、其他技術（25.4%）、吸附（18.4%）、薄膜（16.7%）。

第 8 大申請人（韓商）韓國電力公社：吸收（62.6%）、其他技術（17.2%）、吸附（13.1%）、薄膜（7.1%）。

第 9 大申請人（美商）艾克森美孚：吸附（59.2%）、吸收（19.4%）、其他技術（14.3%）、薄膜（7.1%）。

第 10 大申請人（中國大陸）天津大學：薄膜（39.5%）、吸收（27.1%）、其他技術（18.8%）、吸附（14.6%）。

圖 16 所呈現為申請人類型，各種技術中仍以公司類型占比最多，其次才為學研機構與個人，其中「吸收」與其他技術中之公司占比分別 63.4% (2,382 案)、63.0% (1,316 案)，高於整體碳捕捉技術的公司占比數值 (60.5%)。另經分析我國專利申請人於各種二階技術的申請人類型均以學研機構為多數，並且吸附技術中，公司明顯多於個人 (圖未示)。

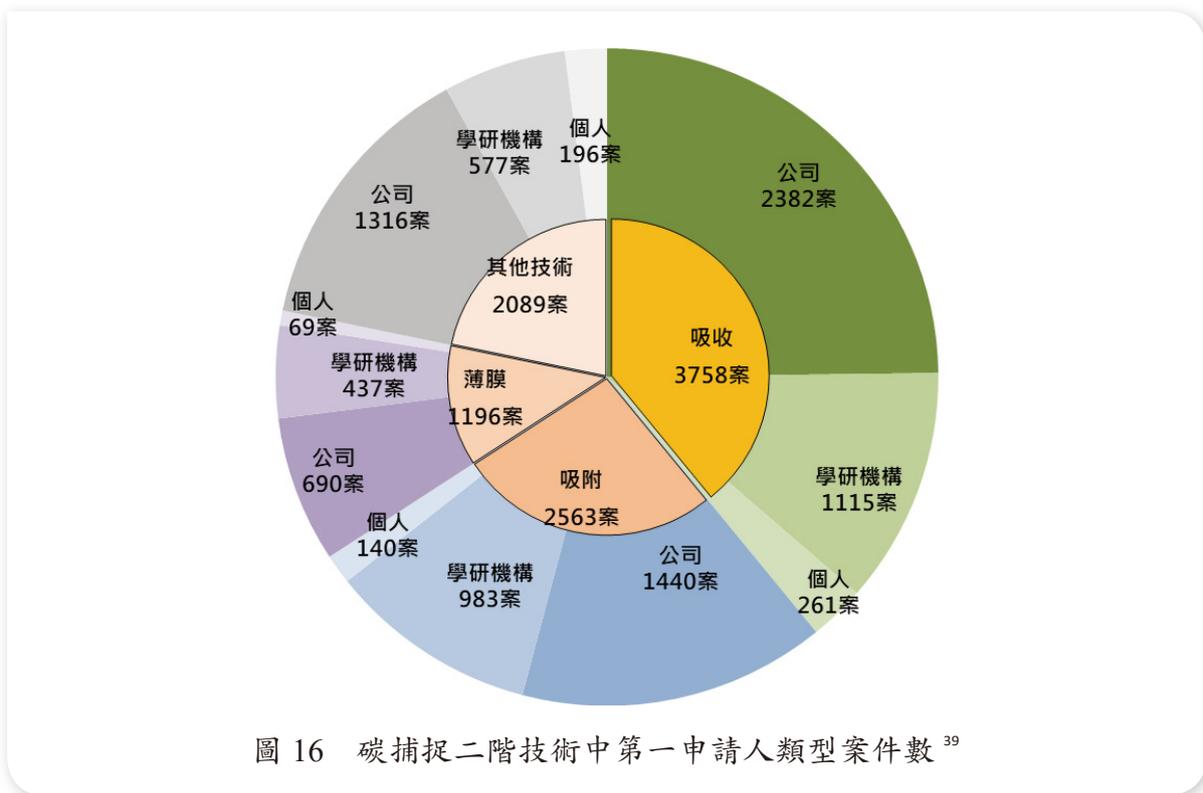


圖 16 碳捕捉二階技術中第一申請人類型案件數³⁹

圖 17 所呈現為碳捕捉的二階技術十大申請人排名：「吸收」的十大申請人均為公司企業，十大申請人中以亞洲區域的專利申請人為多數，其中日商占 3 名、韓商占 2 名、中國大陸商占 2 名。「吸附」的十大申請人中包括 4 名學研機構，且以美國專利申請人為多數。「薄膜」的十大申請人中包括 4 名學研機構，且第

³⁹ **公司類型：**

吸收技術 (63.4%)、其他技術 (63.0%)、薄膜 (57.7%)、吸附技術 (56.2%)。

學研機構類型：

吸附技術 (38.4%)、薄膜技術 (36.5%)、吸收技術 (29.7%)、其他技術 (27.6%)。

個人類型：

其他技術 (9.4%)、吸收技術 (6.9%)、薄膜 (5.8%)、吸附技術 (5.4%)。

1 大申請人為學研機構。「其他技術」的第 1 大的專利申請人（法商）液化空氣集團對於「低溫冷凝」技術進行研發與專利布局⁴⁰；第 2 大的專利申請人（美商）奇異公司所請專利技術包括對於二氧化碳分離系統之熱交換器⁴¹、冷凝噴嘴⁴²進行改良；第 3 大的專利申請人韓國能源研究中心所請專利技術包括「礦化」⁴³ 二氧化碳。

此外，目前全球各國正在努力進行脫碳的政策擬定與技術研發，減少大氣中的二氧化碳技術的「負排放技術（Negative Emissions Technologies, NETs）」備受矚目，其中直接吸收大氣中的二氧化碳「直接空氣捕捉（Direct air capture, DAC）」等以歐美為主研究機關及企業正在努力進展中^{44、45}。美國哥倫比亞大學和科技公司（Global Research Technologies）的科學家同樣也對碳捕捉中的 DAC 技術進行研究開發與專利布局⁴⁶。

⁴⁰ 液化空氣集團所使用的低溫冷凝碳捕捉技術為「Cryocap™」。

Carbon Capture, AirLiquide, <https://engineering.airliquide.com/technologies/carbon-capture> (last visited Dec.12, 2022).

⁴¹ 專利公開號 US2008/0011160A1，公開日期 2008-01-17，發明名稱 CARBON DIOXIDE CAPTURE SYSTEMS AND METHODS，優化的專利申請人：（美商）奇異公司 GENERAL ELECTRIC COMPANY。

⁴² 專利公開號 WO2013/162915A1，公開日期 2013-10-31，發明名稱 METHOD AND SYSTEMS FOR CO2 SEPARATION WITH COOLING USING CONVERGING-DIVERGING NOZZLE，優化的專利申請人：（美商）奇異公司 GENERAL ELECTRIC COMPANY。

⁴³ 專利公告號 KR2089399B1，公告日期：2020-03-16，發明名稱 A tubular reactor for mineralization of carbon dioxide, an apparatus comprising the same, and a method for mineralizing carbon dioxide using the same，優化的專利申請人：韓國能源研究公司 KOREA INSTITUTE OF ENERGY RESEARCH (KIER)。

⁴⁴ 劉秀姿，開發實施脫碳上必要之吸收二氧化碳技術，台灣經貿網，<https://info.taiwantrade.com/biznews/%E9%96%8B%E7%99%BC%E5%AF%A6%E6%96%BD%E8%84%AB%E7%A2%B3%E4%B8%8A%E5%BF%85%E8%A6%81%E4%B9%8B%E5%90%B8%E6%94%B6%E4%BA%8C%E6%B0%A7%E5%8C%96%E7%A2%B3%E6%8A%80%E8%A1%93-2470976.html>（最後瀏覽日：2022/10/11）。

⁴⁵ 直擊冰島全球最大碳捕捉工廠 從空氣抽出二氧化碳封進玄武岩，yahoo 新聞，<https://tw.news.yahoo.com/%E7%9B%B4%E6%93%8A%E5%86%B0%E5%B3%B6%E5%85%A8%E7%90%83%E6%9C%80%E5%A4%A7%E7%A2%B3%E6%8D%95%E6%8D%89%E5%B7%A5%E5%BB%A0%E5%BE%9E%E7%A9%BA%E6%B0%A3%E6%8A%BD%E5%87%BA%E4%BA%8C%E6%B0%A7%E5%8C%96%E7%A2%B3%E5%B0%81%E9%80%B2%E7%8E%84%E6%AD%A6%E5%B2%A9-075838703.html>（最後瀏覽日：2022/10/11）。

⁴⁶ 萃取空氣中全國的技術研發成功，環境資訊中心，<https://e-info.org.tw/node/22050>（最後瀏覽日：2022/10/11）。

	吸收	吸附	薄膜	其他技術
第1大	(日商)東芝 162	(美商)艾克森美孚 58	天津大學 38	(法國商)液化空氣集團 57
第2大	(日商)三菱重工 128	中國科學院 50	(法國商)液化空氣集團 30	(美商)奇異公司 29
第3大	(中國大陸商)中國石油化工 90	(法國商)液化空氣集團 50	中國科學院 23	韓國能源研究中心 27
第4大	韓國能源研究中心 80	(美商)空氣產品公司 40	韓國能源研究中心 22	(中國大陸)東南大學 26
第5大	(韓商)韓國電力公社 62	(日商)日立製作所 29	(日商)富士軟片股份有限公司 20	(日商)東芝 26
第6大	(德商)西門子股份公司 53	韓國能源研究中心 27	(中國大陸商)中國石油化工 19	(中國大陸商)中國石油化工 24
第7大	(日商)三菱日立電力系統有限公司 53	(中國大陸商)中國石油化工 24	(美商)奇異公司 19	(美商)空氣產品公司 23
第8大	(中國大陸商)西安熱工研究院有限公司 47	(日商)豐田汽車 23	太原理工大學 18	中國科學院 20
第9大	(美商)奇異公司 45	(日商)日立化成工業株式會社 22	(美商)膜技術與研究公司 17	(日商)中國電力公司 20
第10大	(法國商)阿爾斯通公司 41	華中科技大學 21	(日商)三菱重工 17	(德商)林德集團 19
第10大		美國能源部 21		
第10大		(美商)奇異公司 21		

圖 17 二階技術各自前十大第一申請人申請件數

碳捕捉二階技術各自十大申請國家／地區排名以圖 18 呈現，吸收、吸附、薄膜及其他技術的中國大陸、日本、美國、歐洲及南韓總和所占比率分別為 95.7%、94.2%、97.1%、93.8%。至於我國的專利申請人的二階技術排名分別為：吸收（第 6 大）、吸附（第 6 大）、薄膜（第 7 大）與其他技術（第 8 大）。

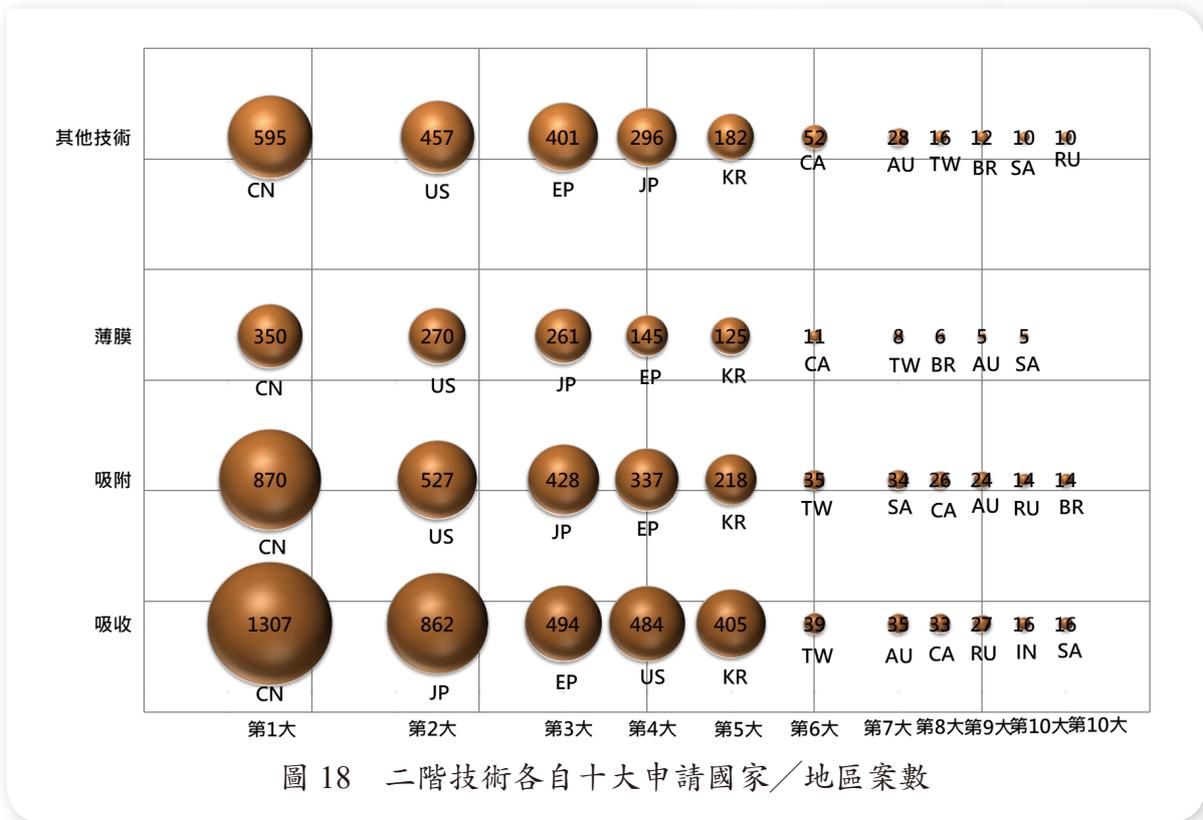


圖 18 二階技術各自十大申請國家／地區案數

三、碳捕捉技術用途

圖 19 為呈現碳捕捉技術之用途，碳捕捉專利案可以使用在工業製程上之案量最多（77.3%）、其次依序為發電廠（36.8%）、交通運輸（25.3%）。工業製程與發電廠有關碳捕捉的專利案量較多，而在交通運輸上的專利案較少，其原因可歸納工業製程中的二氧化碳分離、純化技術研究發展，不僅為綠能環保之效益，其更能增加工業產品之價值與經濟化。

碳捕捉專利中，可同時用於工業製程、發電廠及交通運輸用途的比例占 4.0%，可為同時為工業製程與發電廠用途的比例占 27.6%，表示工業製程與發電廠所處理之二氧化碳來源與其操作程式相似。至於交通運輸的碳捕捉處理配置方式較其他兩者有差異性。因此，交通運輸同時與工業製程或發電廠所占的比例較小，分別為 10.7% 與 5.2%。

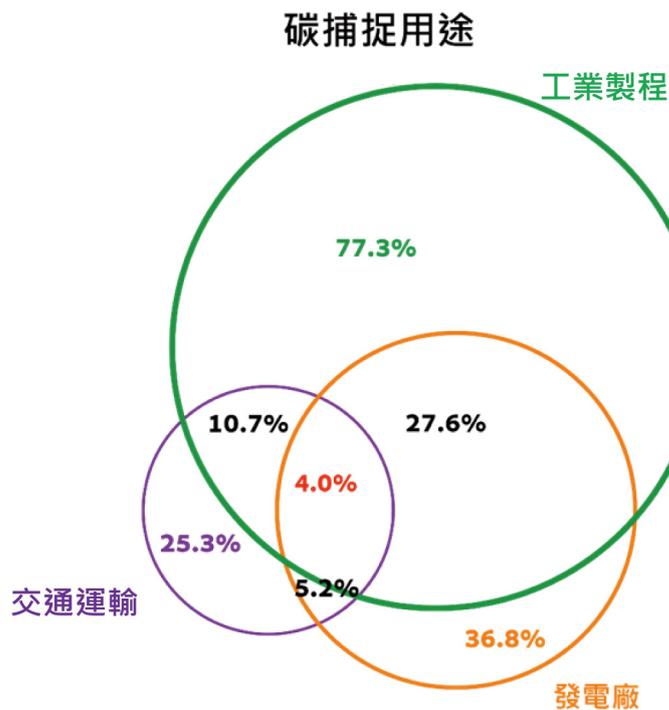


圖 19 碳捕捉用途

伍、全球申請流向及主要專利局分析

將碳捕捉專利 7,406 案以 DWPI 同族專利展開，獲得 18,200 件專利⁴⁷，由中國大陸、日本、美國、歐洲及南韓與我國的專利申請人的申請案件流向趨勢，以圖 20 與圖 21 所呈現，可發現各國申請人主要還是在其本身國家／地區的專利局申請居多，專利申請人除了在其本身的國家以外，其專利布局國家／地區主要以美國專利局、歐洲專利局為主⁴⁸。專利申請人認為碳捕捉技術以美國與歐洲為主要市場。

⁴⁷ Derwent Innovation 資料庫，<https://www.derwentinnovation.com/login/>，下載日期：2022 年 5 月 24 日。

⁴⁸ 專利申請人除了自己國家外的申請國排名（以專利公開／告國家／地區代碼呈現）：

中國大陸專利申請人：（1.WO、2.US、3.JP、4.EP、5.IN）；

日本專利申請人：（1.US、2.EP、3.WO、4.CN、5.AU）；

美國專利申請人：（1.EP、2.WO、3.CA、4.CN、5.JP）；

歐洲專利申請人：（1.WO、2.US、3.CN、4.CA、5.AU）；

南韓專利申請人：（1.US、2.WO、3.CN、4.EP、5.JP）；

我國專利申請人：（1.CN、2.US、3.EP、4.JP、5.AU）。

我國專利申請人主要專利布局的國家為中國大陸知識產權局（25.2%）與美國專利商標局（21.4%）。值得關注的是：由整體分析中所觀察中國大陸申請案量最多，但中國大陸申請人所專利布局的國家區域高達97.7%為中國大陸（CNIPA），僅2.3%至五大專利局（IP5）的其他專利局，可見中國大陸申請人並未以全球布局為專利申請策略。美國與歐洲的專利申請人至IP5的其他國家布局的比率分別為占該國總申請件數的53.6%與47.6%，表示美國與歐洲為以全球布局為專利申請策略。

IP5及我國之公開（公告）專利資料觀察，日本專利申請人於其本身的國家所申請之比率較高，表示日本的碳捕捉技術之專利布局主要掌握在其本身國家的專利申請人中，其中專利公開（告）案中的該國申請人占比不到五成的國家為美國與我國。

有關在我國布局碳捕捉技術專利中，外國專利申請人來我國申請的第1大申請國家／地區為歐洲，第2、3大申請國家／地區則分別為日本與美國。由此可知，於我國碳捕捉專利布局的主要國家／地區為歐洲、日本與美國，而我國專利申請人於我國專利申請僅占25.4%。

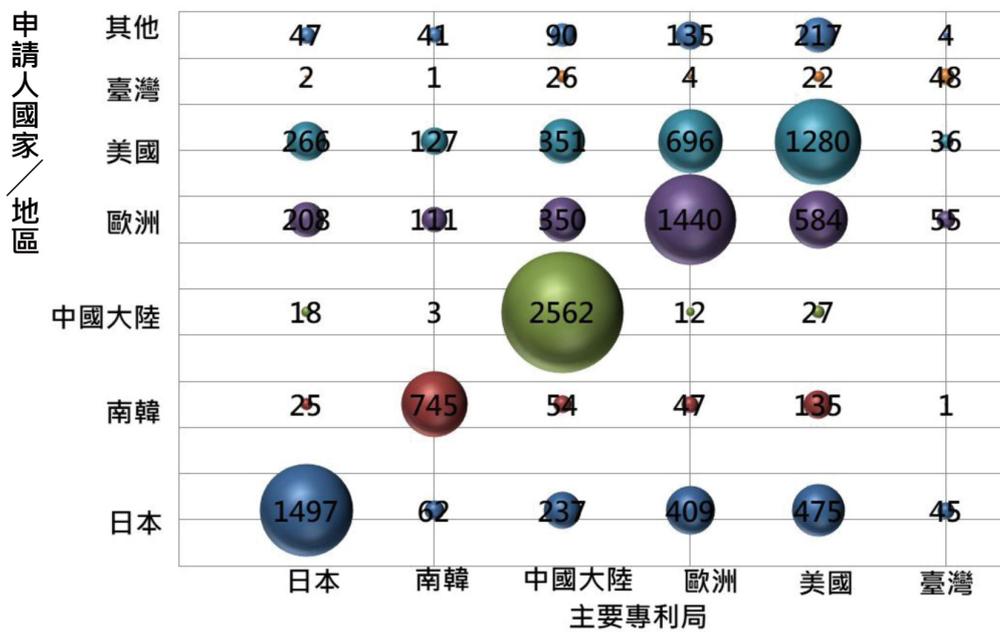


圖 20 碳捕捉主要申請人國家／地區與主要專利局矩陣分析⁴⁹

⁴⁹ **中國大陸 (CNIPA)**：中國大陸 (69.8%)、美國 (9.6%)、歐洲 (9.5%)、日本 (6.5%)、南韓 (1.5%)、臺灣 (0.7%)。

歐洲 (EPO)：歐洲 (52.5%)、美國 (25.4%)、日本 (14.9%)、南韓 (1.7%)、中國大陸 (0.4%)、臺灣 (0.1%)。

美國 (USPTO)：美國 (46.7%)、歐洲 (21.3%)、日本 (17.3%)、南韓 (4.9%)、中國大陸 (1.0%)、臺灣 (0.8%)。

日本 (JPO)：日本 (72.6%)、美國 (12.9%)、歐洲 (10.1%)、南韓 (1.2%)、中國大陸 (0.9%)、臺灣 (0.1%)。

南韓 (KIPO)：南韓 (68.3%)、美國 (11.7%)、歐洲 (10.2%)、日本 (5.7%)、中國大陸 (0.3%)、臺灣 (0.1%)。

臺灣 (TIPO)：歐洲 (29.1%)、臺灣 (25.4%)、日本 (23.8%)、美國 (19.0%)、南韓 (0.5%)。

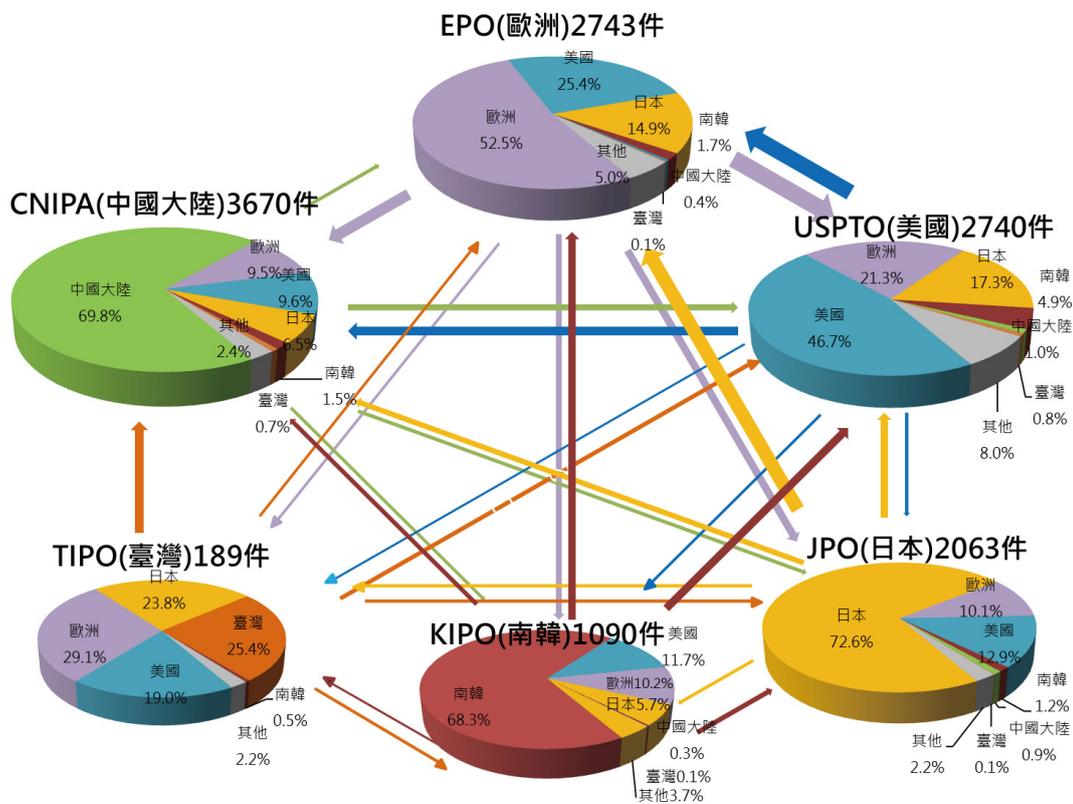


圖 21 碳捕捉（全球）申請流向圖

陸、高排碳產業相關案例

將碳捕捉的 18,200 件專利篩選與高排碳產業相關的案例，分別針對石化、電力、冶金（鋼鐵、煉鋁）、水泥四個產業於所有年間及近十年以 Derwent Innovation 資料庫的「被引用專利計數」統計，其被引用（Citing）專利計數越多，此專利可能為重要發明⁵⁰。總共挑選 8 案專利，以表 5 及 6 之專利基本資訊表呈現。

案例 1（JP 2011-225969A）⁵¹ 的專利申請人為鋼鐵產業高爐低碳技術的最大申請人 JFE 鋼鐵公司。案例 1 所使用的碳捕捉技術為包括通過加壓或冷卻使 CO₂

⁵⁰ 阮明淑、梁峻齊，專利指標發展研究，Journal of Library and Information Science 35（2），<https://jlis.glis.ntnu.edu.tw/ojs/index.php/jlis/article/viewFile/529/529>（最後瀏覽日：2022/10/11）。

⁵¹ 為統計 2021 年 12 月 31 日以前之碳捕捉案例，並經由「鋼鐵產業的關鍵字與 IPC」篩選後被引用數最多的專利案。

液化或固化的低溫冷凝技術，使 CO₂ 吸收於氫氧化鈉或胺等鹼性水溶液中後，通過加熱或減壓分離回收的化學吸收法，使 CO₂ 吸附於活性炭或沸石等後，通過加熱或減壓分離回收的物理吸附法、或者通過 CO₂ 分離膜分離回收的薄膜技術。

案例 2 (US 2008/0127632A1)⁵² 的專利申請人美商奇異公司，為碳捕捉第一申請人排名第 7 大（吸收技術中的第 9、吸附技術第 10 大、薄膜技術中的第 7）。案例 2 所使用為薄膜技術，將氣體分離器配置成產生包含 CO₂ 的滲透物流的薄膜分離器。

案例 3 (US 6352576B1)⁵³ 的專利申請人為美國前幾大的學研機構加州大學，且加州大學將該案轉讓與加州大學的董事會、美國能源部及洛斯阿拉莫斯國家安全有限責任公司。案例 3 主要涉及 CO₂ 水合物技術，使用 CO₂ 水合物促進劑 (CO₂ hydrate promoters) 從多組分氣流中選擇性去除 CO₂。

案例 4 (US 2004/0129181A1)⁵⁴ 的專利申請人為加拿大商二氧化碳解決方案公司 (CO₂ SOLUTIONS INC)，該公司擅長以生物催化劑和碳酸鹽化合物技術手段捕捉二氧化碳。案例 4 的捕捉技術為將二氧化碳礦物化（碳酸鹽化）。

案例 5 (WO 2015/086149A1)⁵⁵ 的專利申請人為德商蒂森克虜伯 (THYSSENKRUPP)，該公司為德國重工業大廠，亦為全球前五十大大鋼鐵企業。案例 5 所使用的碳捕捉技術為將冶金氣的 CO 部分通過水煤氣變換 (Wasser-Gas-Shift-Reaktion, WGS) 反應，並且 CO₂ 分離步驟為使用變壓吸附 (PSA) 分離技術。

案例 6 (US 2013/0333391A1)⁵⁶ 的專利申請人美商艾克森美孚公司為碳捕捉第一申請人排名第 9 大，吸附技術中的第 1 大專利申請人。案例 6 的碳捕捉技術為使用變壓吸附 CO₂ 分離器（物理吸附）。

⁵² 為統計 2021 年 12 月 31 日以前之碳捕捉案例，並經由「電力產業的關鍵字與 IPC」篩選後被引用數最多的專利案。

⁵³ 為統計 2021 年 12 月 31 日以前之碳捕捉案例，並經由「石化產業的關鍵字與 IPC」篩選後被引用數最多的專利案。

⁵⁴ 為統計 2021 年 12 月 31 日以前之碳捕捉案例，並經由「水泥產業的關鍵字與 IPC」篩選後被引用數最多的專利案。

⁵⁵ 為統計優先權 2012 年以後，且公開（告）日期為 2021 年 12 月 31 日以前之碳捕捉案例，並經由「鋼鐵產業的關鍵字與 IPC」篩選後被引用數最多的專利案。

⁵⁶ 為統計優先權 2012 年以後，且公開（告）日期為 2021 年 12 月 31 日以前之碳捕捉案例，並經由「電力產業的關鍵字與 IPC」篩選後被引用數最多的專利案。

案例 7 (US 2013/0243676A1)⁵⁷ 的碳捕捉技術為從包含酸性和非酸性組分的混合氣流中化學吸收酸性氣體，為藉由吸收劑改良，以具有經濟且有效的化學吸收。

案例 8 (EP2959966A1)⁵⁸ 的專利申請人美商奇異公司，為碳捕捉第一申請人排名第 7 大 (吸收技術中的第 9、吸附技術第 10 大、薄膜技術中的第 7)。案例 8 的碳捕捉技術為藉由熱傳固體顆粒將可用於水泥、其他工業、發電工業的二氧化碳吸附劑進行鍛燒再生。

表 5 碳捕捉所有年間高排碳產業相關案

案例	1	2	3	4
案號	JP 2011-225969 A	US 2008/0127632 A1	US 6352576 B1	US 2004/0129181 A1
引用 ⁵⁹	7	11	20	51
被引用 ⁶⁰	67	198	141	70
優先權年	2010	2006	2000	2001
主要相關產業	鋼鐵	電力	石化	水泥
其他相關產業	鋼鐵 (高爐、煉鐵廠)	燃煤發電廠、天然氣聯合循環發電廠、富 CO ₂ 煙道氣工業、燃氣輪機、熔爐、熱氧化器、金屬加工產業	發電、化學合成、天然氣加工、甲烷水合物轉化氫氣、有關 CO ₂ 的各種產業	水泥 (生產波特蘭水泥熟料)

(續下頁)

⁵⁷ 為統計優先權 2012 年以後，且公開 (告) 日期為 2021 年 12 月 31 日以前之碳捕捉案例，並經由「石化產業的關鍵字與 IPC」篩選後被引用數最多的專利案。

⁵⁸ 為統計優先權 2012 年以後，且公開 (告) 日期為 2021 年 12 月 31 日以前之碳捕捉案例，並經由「水泥產業的關鍵字與 IPC」篩選後被引用數最多的專利案。

⁵⁹ 此處「引用」係指經 DI 統計之數值，該專利引用前案的計數。

⁶⁰ 此處「被引用」係指經 DI 統計之數值，該專利被後案引用的計數。

案例	1	2	3	4
碳捕捉技術	低溫冷凝、化學吸收、物理吸附、薄膜	有機薄膜、無機薄膜	CO ₂ 水合物促進劑	CO ₂ 水合法、碳酸化（礦物化）
備註	操作高爐或煉鐵廠的方法，能夠有效利用了二氧化碳和一氧化碳，以減少產生二氧化碳，並且所轉化之CH ₄ 可作為高爐熱源和還原劑	從發電廠中分離和捕捉二氧化碳，並藉由熱回收與廢氣再循環，以更容易和成本有效的方式從發電廠中分離和捕捉二氧化碳	在足以產生CO ₂ 水合物的條件下使多組分氣流與含CO ₂ 水合物流體接觸，藉由提供足夠量的CO ₂ 水合物促進劑以降低水合物形成的CO ₂ 分壓需求，以除去CO ₂	水泥燃燒窯所排放之二氧化碳氣體，經由生物反應器形成含有碳酸氫根離子和氫離子的溶液，再添加Ca金屬離子以碳酸鹽沉澱，所獲得之CaCO ₃ 可再循環利用

表 6 碳捕捉近十年高排碳產業相關案

案例	5	6	7	8
案號	WO 2015/086149 A1	US 2013/0333391 A1	US 2013/0243676 A1	EP 2959966 A1
引用	5	20	2	6
被引用	13	31	49	11
優先權年	2013	2012	2012	2014
主要相關產業	鋼鐵	電力	石化	水泥
其他相關產業			煤氣化製備的合成氣、硫裝置尾氣和精煉廠中的低較熱燃料氣之混合氣流	水泥生產設備（用於生產煉磚）其它工業、發電的煙氣捕集

（續下頁）

案例	5	6	7	8
碳捕捉技術	水煤氣 (WGS)、物理吸附變壓吸附 (PSA)	物理吸附變壓吸附	化學吸收 (胺吸收劑)	鈣固體吸附劑鍛燒再生、鈣循環
備註	由鋼鐵產業製程之副產物，高純度的二氧化碳和氮氣，合成尿素，實現二氧化碳再利用	混合循環發電系統中，藉由變換吸附法產生高純度的 CO ₂ 流，降低分離所需的能量且不需降低該排氣的溫度	從包含酸性和非酸性組分的混合氣流中吸收酸性氣體方法，提高了硫化氫的選擇性，並替代了胺的損失	鍛燒富二氧化碳吸附劑，僅需要少量的流化氣體，並且可免高操作壓力，以實現較低的鍛燒溫度以及最優的熱傳遞驅動力

柒、結論

在本專題中分析碳捕捉專利趨勢，得到以下幾點結論：

- 一、近 20 年的碳捕捉整體專利案數顯著增加，且近幾年淨零排碳為各國政府與企業重要政策議題，未來碳捕捉相關技術專利量的成長，不容小覷。
- 二、專利的申請人以亞洲區域為多數，中國大陸與日本合計大於 5 成；申請人類型為以公司為主，所占比例為 60.5%。其中僅以中國大陸專利申請人為大幅增加，其他國近幾年並無明顯增加。前十大專利申請人的類型，公司占 7 成、另 3 成為學研機構；且以國家／地區分析，日商占 2 個、中國大陸占 3 個，南韓、美國及歐洲分別各占 2、2、1 個。
- 三、碳捕捉的 IPC 分類集中，前 3 大三階 IPC 合計所占的比率為 9 成以上，IPC 為 B01D (分離技術範疇) 高達 80.3%，其次依序為 C01B (7.3%)、B01J (3.5%)。
- 四、碳捕捉的二階技術，以吸收的專利案量最多 (39.1%)，其次依序為吸附 (26.7%)、其他技術 (21.7%)、薄膜 (12.5%)。近幾年，吸附、薄膜與其他技術的專利量增長幅度較大。並且由於中國大陸專利申請案量較多，因此

各種二階技術的第 1 大專利申請人國為中國大陸。至於日本專利申請人較多以吸收技術進行專利布局，美國專利申請人較多以吸附技術進行專利布局。

五、碳捕捉二階技術各自的前五大申請人為中國大陸、日本、美國、歐洲及南韓；我國的專利申請人的二階技術排名分別為：吸收（第 6 大）、吸附（第 6 大）、薄膜（第 7 大）與其他技術（第 8 大）。

六、全球申請流向及主要專利局分析結果：（一）各國專利申請人以美國與歐洲為碳捕捉技術主要市場，進行專利布局，其次為中國大陸與日本；我國專利申請人主要專利布局的國家為中國大陸與美國。（二）中國大陸申請人並未以全球布局為專利申請策略，而美國與歐洲為以全球布局為專利申請策略。（三）日本的碳捕捉專利布局主要掌握在該國的專利申請人中。（四）於我國碳捕捉專利布局的主要國家／地區為歐洲、日本與美國，而我國專利申請人於我國專利申請僅占 25.4%。

七、美日歐已有企業將碳捕捉技術結合各產業製程，以減少能耗（額外碳排），進行專利布局。我國產業於各自捕碳製程中，須縝密思考其中的額外能量損耗。此外，淨零排放已為全球之共識，未來 CCUS 的專利申請量不容小覷，我國企業應審慎檢視規避 CCUS 技術的專利地雷，並超前部署規劃智慧財產權的布局。