鋼鐵電弧爐碳中和專利趨勢分析

賴耿賢 *、許嘉展 **、王集福 ***

壹、前言

貳、鋼鐵電弧爐碳中和專利之整體綜合分析

一、申請人國籍分析

二、申請人國家地區分析

三、前三大申請人分析

參、鋼鐵電弧爐碳中和專利之三大類技術主題的個別分析

一、申請件數及比例

二、申請人國籍分析

三、專利件數趨勢分析

肆、鋼鐵電弧爐碳中和專利之三大類技術主題的專利趨勢分析

一、氫能應用技術主題

二、製程中產物回收利用技術主題

三、CCUS 技術主題

伍、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

鑑於氣候變遷對環境及人類生存的威脅愈來愈大，碳中和成為刻不容緩的議題，全球已有 130 多國提出「2050 淨零排放」的宣示與行動。為呼應此一全球趨勢，蔡總統亦於 110 年 4 月 22 日世界地球日宣示，2050 淨零轉型也是我國的目標[1]。

我國溫室氣體排放源集中，前 30 大排放源即占製造業總排放量的 70%，尤其是鋼鐵、水泥及電子等製造業。然而，對鋼鐵業而言，我國鋼鐵業從廢鐵冶煉至軋鋼成型的每個製程，皆需要大量的能源，其中，電弧爐（Electric Arc Furnace）煉鋼係通過石墨電極向電弧爐內輸入電能，以電極端部和爐料之間發生的電弧為熱源進行煉鋼，導致排放至大氣的廢氣含有含碳化合物，且所使用的電能來源若為火力電廠，火力電廠因煉鋼所增加的用電，會造成電廠的大量的排碳，而無法達成碳中和目的，故使用電弧爐煉鋼的鋼鐵業者，其煉鋼設備仍須要轉型來減少火力電廠的排碳。

本文將針對世界各國電弧爐煉鋼工業，以 Derwent Innovation 專利資料庫，蒐集電弧爐相關的碳中和專利技術，並將鋼鐵電弧爐碳中和專利分成「氫能應用技術」、「製程中產物回收利用技術」及「碳捕捉、利用與封存技術」三大類技術主題做專利趨勢分析，整理分析 2012 至 2021 年該三大類技術主題的專利趨勢，以觀察世界各國使用電弧爐煉鋼的鋼鐵業如何減少碳排放，來達到碳中和目的。

關鍵字：電弧爐、碳中和、「碳捕捉、利用與封存」、專利趨勢分析
Electric Arc Furnace、Carbon Neutrality、Carbon Capture, Utilization and Storage、Patent Trend Analysis

[1] 臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明，由國家發展委員會、行政院環境保護署、經濟部、科技部、交通部、內政部、行政院農業委員會及金融監督管理委員會共同提出，第 3 頁，2022/03/30。

壹、前言

製造業為了滿足人類生活需求大量製造產品，同時亦不斷產生碳排，因此，製造業為目前我國碳排放主要來源之一。以電弧爐煉鋼製程為例，電弧爐煉鋼的生產流程[2]其原理係利用石墨電極之間存在的「電位差」，當電位差距離夠近時，電極之間的空氣會被離子化而放電、形成電弧，電極之間電弧產生的高溫便可用於熔解廢鋼。原料熔解後，便進入氧化與還原階段，氧化階段主要為持續氧化鋼液中的磷、去除氣體及雜質，並使鋼液均勻升溫加熱；而還原階段則是負責脫氧、脫硫之任務，最終將鋼液倒入連鑄機製成鋼胚、軋鋼後產出成品。目前採用電弧爐煉鋼，主要以廢鋼鐵作為原料，並以電能加熱進行鋼鐵的冶煉，雖然可以重複利用鋼鐵原料，然而所使用的能源大多仍來自於火力電廠，因此鋼鐵業的用電亦會造成電廠的高碳排量[3]。另外，除了火力電廠所產生的排碳外，電弧爐在煉鋼時會添加高碳鉻鐵及焦炭，再加上石墨電極的消耗，造成電弧爐亦是鋼鐵廠內排碳的設備之一[4]。

本文利用 Derwent Innovation 專利資料庫，蒐集 2012 至 2021 年全世界鋼鐵電弧爐碳中和專利案件（共 699 件），並將鋼鐵電弧爐碳中和專利分成「氫能應用技術」、「製程中產物回收利用技術」及「碳捕捉、利用與封存技術」等三大技術主題，進行鋼鐵電弧爐碳中和專利的整體綜合分析及三大類技術主題的個別分析。最後，提出可供我國鋼鐵電弧爐產業發展的相關結論，以供各界參考。

---

[2] 崑山科技大學，工程材料第五章鋼鐵製造方法及一般應用：http://eportfolio.lib.ksu.edu.tw/user/4/9/4980H122/repository/%E5%85%B6%E5%AE%83/%E5%B7%A5%E7%A8%8B%E6%9D%90%E6%96%99%E7%AC%AC%E4%BA%94%E7%AB%A0.pdf（最後瀏覽日：2023/08/09）。

[3] 呂威逸，「綠化」鋼鐵業的挑戰：貢獻全球 9% 碳排放的產業，如何邁向淨零？，愛地球學院，https://theworldshouldbe.org/2021/09/06/green-steel/?fbclid=IwAR1K_rd6vgteFT-yCDotEMikLM5UDA7-UuKN3vEF_Wh09pB92XJzQL_omPE（最後瀏覽日：2023/08/09）。

[4] 施友智，電弧爐煉鋼廠溫室氣體盤查及減量措施探討與成效評估，國立中山大學環境工程研究所碩士論文，頁 4-1~4-4，2013 年。

貳、鋼鐵電弧爐碳中和專利之整體綜合分析

一、申請人國籍分析

由於有部分專利會有複數個申請人，而每個申請人可能會分屬不同國籍，因此在統計時，會有同一件專利同時計算在不同國籍的情形，而造成各申請人國籍統計後的專利件數總和，大於總專利件數的情形。另本文定義專利申請國，係指專利申請人的國籍，非指專利申請的所屬國家地區。

圖 1 係專利申請人國籍占有專利件數及比例子母圓餅圖，圖 2 係圖 1 中歐洲申請人國籍占有專利件數及比例子母圓餅圖，其中每一扇形圖內的文字依序為國家地區、專利件數及百分比。由圖 1 及圖 2 可知，專利件數最多的中國大陸有 382 件，占全世界 53.6%；其次是日本有 130 件，占 18.2%；第三是歐洲有 71 件，占 10%；第四是韓國有 63 件，占 8.8%，這 4 個國家地區的專利申請量，占了全世界總申請量的九成以上（53.6% ＋ 18.2% ＋ 10% ＋ 8.8% ＝ 90.6%）。由圖 1 可發現，鋼鐵電弧爐碳中和技術在大陸及日本二個國家，即占了全世界總申請量的七成以上（53.6% ＋ 18.2% ＝ 71.8%），故該二個國家為鋼鐵電弧爐碳中和技術盛行的地區。另由圖 1 可看出，在亞洲國家的中國大陸、日本及韓國所持有的專利件數，占了全世界總申請量的八成以上（53.8% ＋ 18.2% ＋ 8.8% ＝ 80.8%），凸顯亞洲地區亦掌握相當的鋼鐵電弧爐碳中和專利技術。

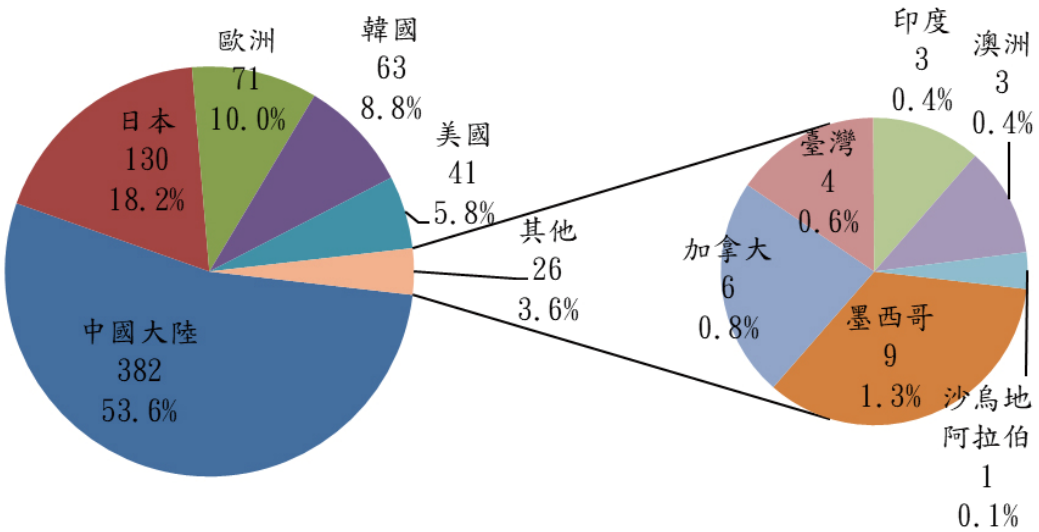


圖 1　申請人國籍占有專利件數及比例子母圓餅圖

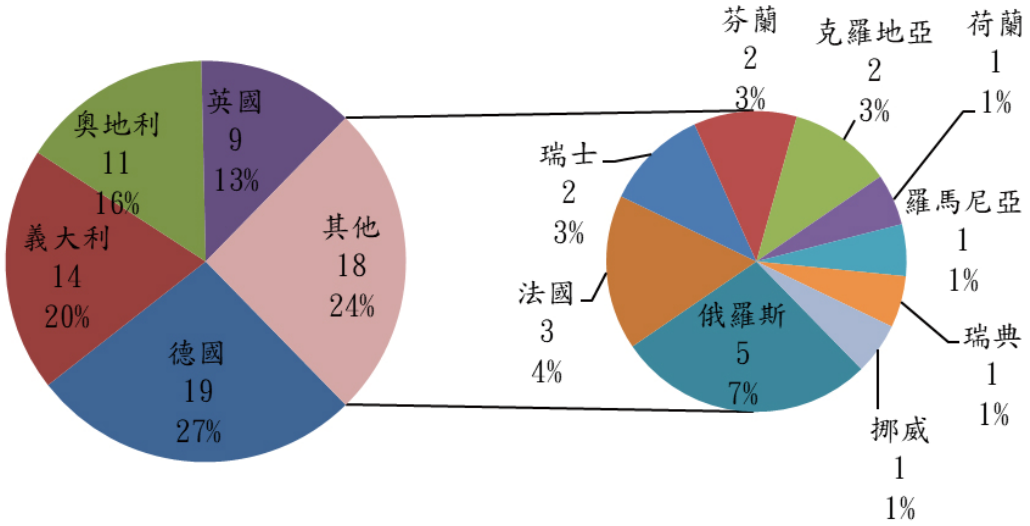


圖 2　歐洲申請人國籍占有專利件數及比例子母圓餅圖

二、申請國家地區分析

（一）各申請國公開件數

依前述圖 1 再進一步分析逐年公開的專利件數，圖 3 係各申請國家地區在 2012~2021 年之專利件數泡泡圖。由圖 3 可知，中國大陸在 2017~2021 年之專利件數有增加的趨勢，尤其是在 2021 年之專利件數有明顯的成長；日本在 2012~2020 年的專利件數呈現平穩分布，直至 2021 年有明顯的成長；歐洲及美國的專利件數雖在 2021 年為最多，但增幅不大，沒有明顯成長的趨勢；而韓國與其他國家地區在 2012~2021 年之專利件數則呈現平穩的現象。這顯示中國大陸與日本這幾年在鋼鐵電弧爐產業上，持續努力在做減碳工作。

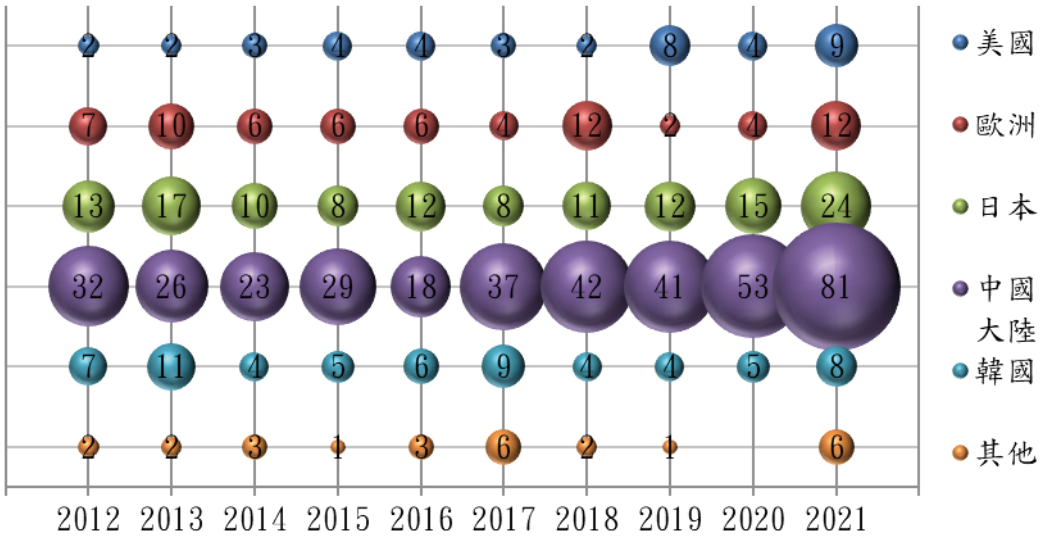


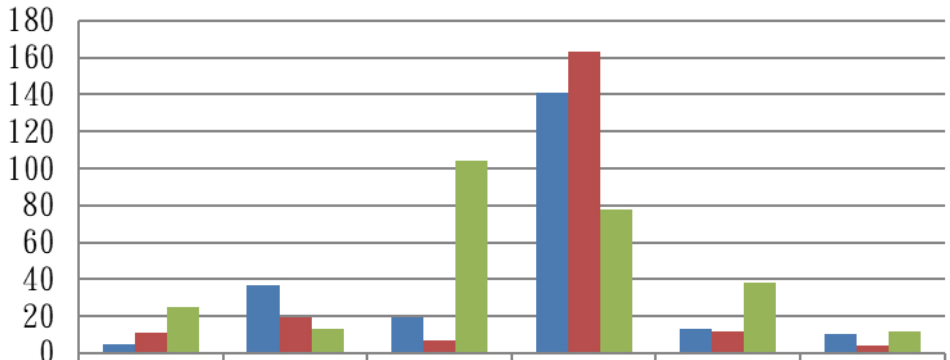
圖 3　各申請國家地區在 2012~2021 年之專利件數泡泡圖

（二）各申請國在三大類技術主題申請情形

針對鋼鐵電弧爐碳中和技術，可以分成三大類技術主題，第一大類技術主題係使用氫氣作為還原氣體或能源應用之技術，以減少二氧化碳的產生及排放，本文將第一大類技術主題的名稱定為「氫能應用技術」；第二大類技術主題係將電弧爐在製程中產生的廢氣、廢熱及各項產物回收再利用，以提高電弧爐的煉鋼效率，減少電能及電極的使用，來降低二氧化碳的排放，本文將第二大類技術主題的名稱定為「製程中產物回收利用技術」；第三大類技術主題係針對電弧爐已產生含碳的廢氣做碳捕捉，並將捕獲的碳做封存或再利用，此技術可減少二氧化碳排放至大氣，達到減碳排放的效果，本文將第三大類技術主題的名稱定為「碳捕捉、利用與封存技術（Carbon Capture, Utilization and Storage, CCUS）」，簡稱「CCUS 技術」。本文將依此三大類技術主題分別做專利檢索分析。

圖 4 係各申請國在三大類技術主題之專利件數直條圖。由圖 4 可知，在氫能應用技術主題中，專利件數前二名之國籍與專利件數分別為中國大陸的 141 件及歐洲的 37 件；在製程中產物回收利用技術主題中，專利

件數最多者為中國大陸的 163 件；在 CCUS 技術主題中，專利件數前三名之國籍與專利件數分別為日本的 104 件、中國大陸的 78 件及韓國的 38 件。由此可知，在前五大申請國中，中國大陸的專利布局情形在三大類技術主題皆有發展，且以製程中產物回收利用技術主題為最多；日本、韓國及美國的專利布局以 CCUS 技術主題為主；歐洲以氫能應用技術主題為主，但其專利件數仍遠不及中國大陸。



	美國	歐洲	日本	中國大陸	韓國	其他
氫能技術	5	37	19	141	13	10
回收技術	11	19	7	163	12	4
CCUS技術	25	13	104	78	38	12

圖 4　各申請國在三大類技術主題之專利件數直條圖

三、前三大申請人分析

（一）前三大申請人公開件數

表 1 係前五大申請人名稱、國籍及專利件數表。由表 1 可知，專利件數最多者為中國大陸的中冶南方公司，有 33 件；第二名為中國大陸的北京神霧公司，有 29 件；第三名為美國的東北大學，有 28 件。由於表 1 所顯示之前五大申請人中，第四及第五名申請人的專利件數不足 15 件，故在申請人分析中僅分析前三大申請人。在前三大申請人中，除第三大申請人東北大學為學術單位外，其餘申請人類型均為公司企業。

表 1　前五大申請人名稱、國籍及專利件數表

申請人中文名稱	申請人英文名稱	申請人國籍	申請人專利案件數
中冶南方工程技術有限公司	WISDRI ENG & RES INC LTD	中國大陸	33
北京神霧環境能源科技有限公司	BEIJING SHENWU ENVIRONMENT & ENERGY TECH	中國大陸	29
東北大學	NORTHEASTERN UNIVERSITY（BOSTON MA）	美國	28
中南大學	UNIV CENT SOUTH	中國大陸	14
神戶製鋼所股份有限公司	KOBE STEEL LTD.	日本	14

圖 5 係前三大申請人在 2012~2021 年之專利件數泡泡圖。由圖 5 可知，第一大申請人中冶南方公司於 2019~2021 年的專利件數多於其他年；第二大申請人北京神霧公司除了在 2017~2018 年的專利件數明顯較多外，在 2019~2021 年並無鋼鐵電弧爐碳中和專利申請；第三大申請人東北大學於 2017~2021 年的專利件數較多，且於 2021 年的專利件數達到最多。綜合上述，前三大申請人中除了北京神霧公司外，其他二大申請人中冶南方公司及東北大學在這幾年之專利件數皆呈現略有成長的趨勢。

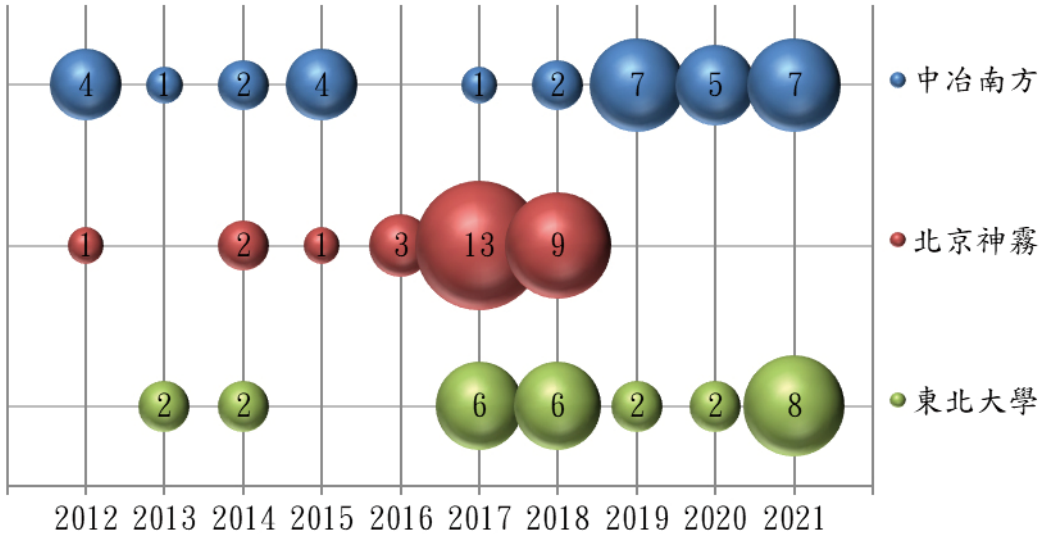


圖 5　前三大申請人在 2012~2021 年之專利件數泡泡圖

（二）前三大申請人在三大類技術主題申請情形

圖 6 係前三大申請人在三大類技術主題之專利件數泡泡圖。由圖 6 可知，中冶南方公司及東北大學的專利大多數分布於製程中產物回收利用技術主題；北京神霧公司的專利大多數分布於氫能應用技術主題，另於製程中產物回收利用技術主題的專利件數仍有 11 件。然前三大申請人的專利鮮少布局於 CCUS 技術主題，表示可能前三大申請人並未重視 CCUS 技術的議題。

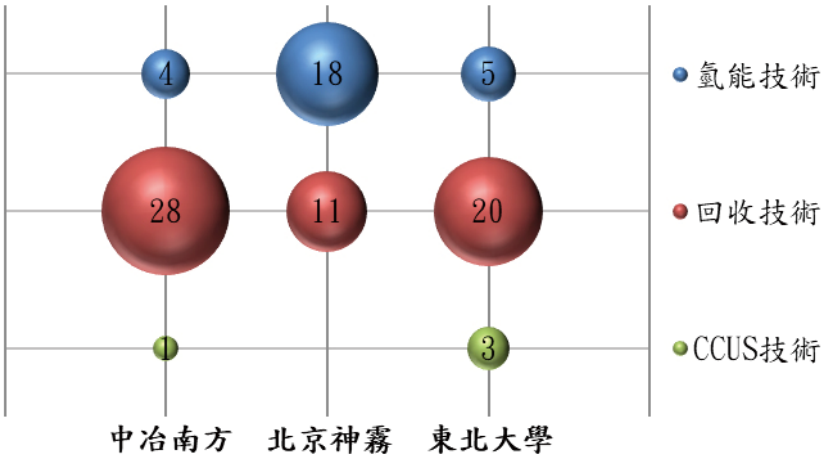


圖 6　前三大申請人在三大類技術主題之專利件數泡泡圖

參、鋼鐵電弧爐碳中和專利之三大類技術主題的個別分析

將鋼鐵電弧爐碳中和專利依不同技術分成前述三大類技術主題，由於同一件專利可能同時包含不同類之技術主題，因此在統計時，將在各類技術主題中同時予以記數。

一、申請件數及比例

圖 7 係三大類技術主題所占專利件數及比例圓餅圖，其中，每一扇形圖的文字依序為專利件數及所占百分比。由圖 7 可知，以 CCUS 技術主題的專利件數為最多，有 264 件，占整體比例 38%；其次是氫能應用技術主題的專利件數，有 221 件，占整體比例 32%；最後是製程中產物回收利用技術主題的專利件數，有 214 件，占整體比例 30%。由於電弧爐運轉時仍會產生碳排放，大部分的鋼鐵業者會想要捕捉煉鋼時所排出的碳，故使用電弧爐之鋼鐵業者於 CCUS 技術主題的專利件數自然成為最多。另倘若電弧爐所需要的電力來源大部分來自於火力電廠，然而使用電弧爐之鋼鐵業者無法控制火力電廠的碳排放情形，由於火力電廠排碳的碳稅未來有可能會轉嫁到鋼鐵業者，於是促使鋼鐵業者為了減少碳稅的徵收，會致力於使用氫當作能源，以減少含碳能源的使用，或在煉鋼製程中將產物回收利用，以提高能源使用的效率，故使用電弧爐之鋼鐵業者在氫能應用技術主題及製程中產物回收利用技術主題的專利件數仍各占有三成以上的比例。

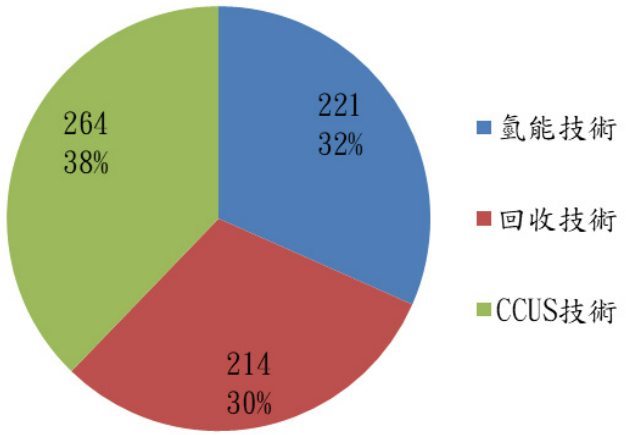


圖 7　三大類技術主題所占專利件數及比例圓餅圖

二、申請人國籍分析

圖 8 係各國申請人在三大類技術主題之占比直條圖，係由圖 4 之直條圖轉換而來。由圖 8 可知，歐洲在三大類技術主題中，以氫能應用技術主題的專利占比為最多，故歐洲在鋼鐵電弧爐碳中和技術中，係以氫能應用技術主題為主要發展項目。中國大陸以製程中產物回收利用技術主題的專利占比為最多，故中國大陸在鋼鐵電弧爐碳中和技術中，係以製程中產物回收利用技術主題為主要發展項目，另中國大陸在氫能應用技術主題中的專利件數高達 141 件（見圖 4），係為氫能應用技術主題中，專利件數最多的國家，其技術能力仍備受矚目。日本、韓國、美國及其他國家在三大類技術主題中，皆以 CCUS 技術主題的專利占比為最多，故日本、韓國、美國及其他國家在鋼鐵電弧爐碳中和技術中，係以 CCUS 技術主題為主要發展項目。

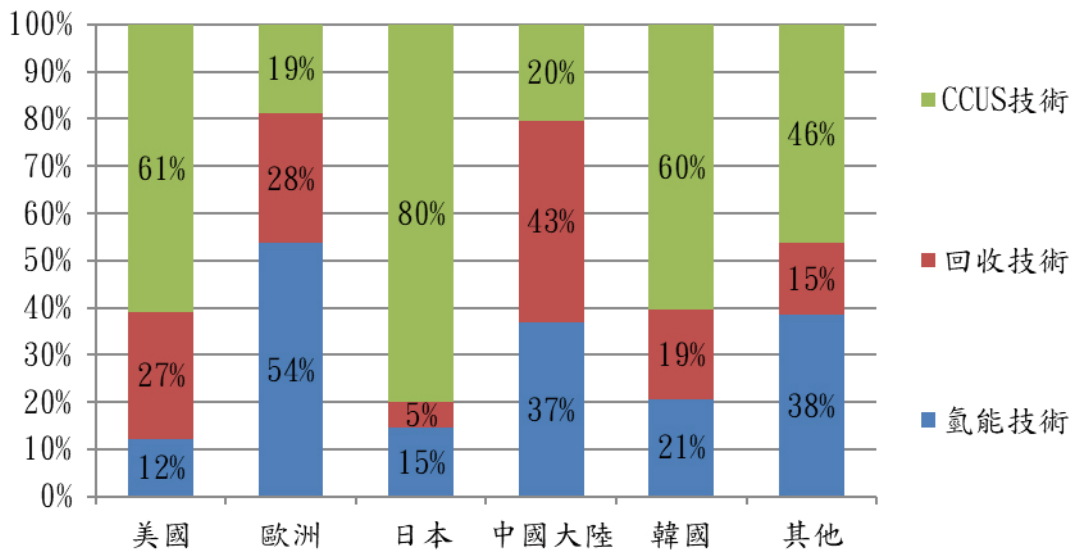


圖 8　各國申請人在三大類技術主題之占比直條圖

三、專利件數趨勢分析

圖 9 係三大類技術主題在 2012~2021 年的專利件數泡泡圖。由圖 9 可知，在三大類技術主題中，專利件數在 2021 年皆有明顯的增加，顯示全世界使用電弧爐煉鋼的鋼鐵業者，為了碳中和的議題而於近年紛紛申請專利。

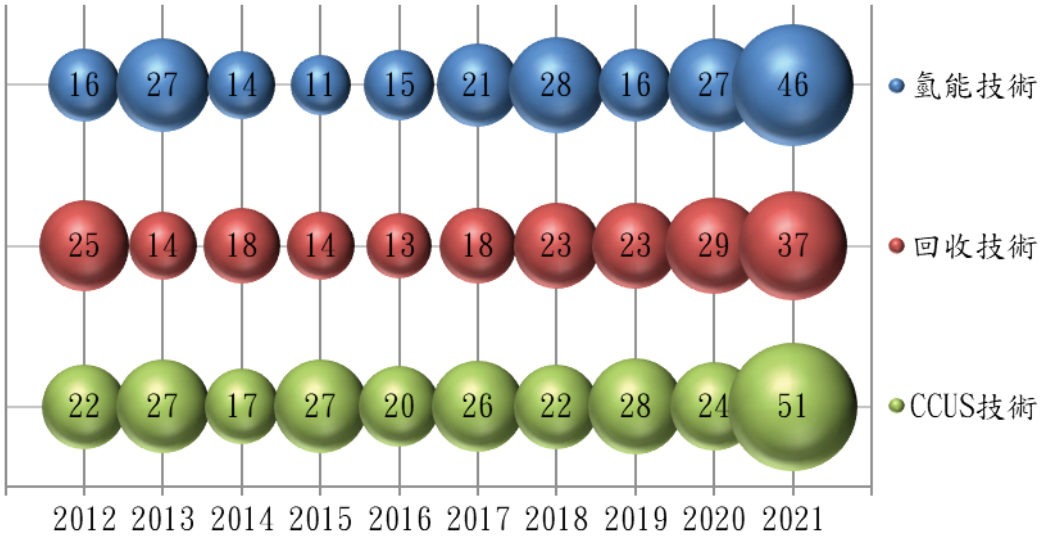


圖 9　三大類技術主題在 2012~2021 年的專利件數泡泡圖

肆、鋼鐵電弧爐碳中和專利之三大類技術主題的專利趨勢分析

一、氫能應用技術主題

（一）氫能應用技術主題分析

表 2 係氫能應用技術主題的技術分類及專利件數統計表，係針對電弧爐以氫氣應用作為檢索條件，經檢索後將氫能應用技術主題依不同技術再加以分類，分類後專利件數最多之前二名分別為使用氫氣還原相關及提升煉鋼效率的技術分類。由表 2 可知，使用氫氣還原相關之技術分類的專利件數為最多，計有 110 件；其次是提升煉鋼效率之技術分類，計

有 37 件。在電弧爐煉鋼過程中，煉鋼的原料除了廢鋼外，部分鋼鐵廠會在廢鋼原料中添加鐵礦砂，或是煉鋼的原料全部皆為鐵礦砂。若在煉鋼時加入氫氣，該氫氣就會變成無碳排放的還原劑，可將廢鋼或是鐵礦砂還原煉成所需要的鋼種，經統計分析，使用氫氣還原相關之技術分類的專利件數為最多。另氫氣在煉鋼過程中，可與電弧爐內的氧氣結合並釋放出熱能，不但可減少電弧爐的用電量，亦可減少電弧爐內金屬氧化物的生成，進而提升煉鋼效率，經統計分析，提升煉鋼效率之技術分類的專利件數為第二名。

表 2　氫能應用技術主題的技術分類及專利件數統計表

技術分類	專利件數
使用氫氣還原相關	110
提升煉鋼效率	37

圖 10 係為氫能應用技術主題中各技術分類在 2012~2021 年的專利件數泡泡圖。由圖 10 可知，使用氫氣還原相關之技術分類的專利件數在 2017~2021 年有增加的趨勢，且於 2021 年之專利件數有明顯的增加，這是由於最近碳中和的議題盛行，以及使用氫氣較不會造成碳的排放所導致。在提升煉鋼效率之技術分類部分，2017~2021 年的專利件數比 2012~2016 年的專利件數增加，這是由於電弧爐煉鋼的效率提升，可以減少用電的情形，或使用相同的電量可煉出更多的鋼鐵，可以幫助火力電廠減少碳的排放；又因為電弧爐煉鋼的效率提升，可以減少石墨電極的消耗，進而減少二氧化碳的排放，故電弧爐煉鋼的效率提升也有減少碳排放的效果，這也是 2017~2021 年的專利件數比 2012~2016 年的專利件數增加的主要原因之一。

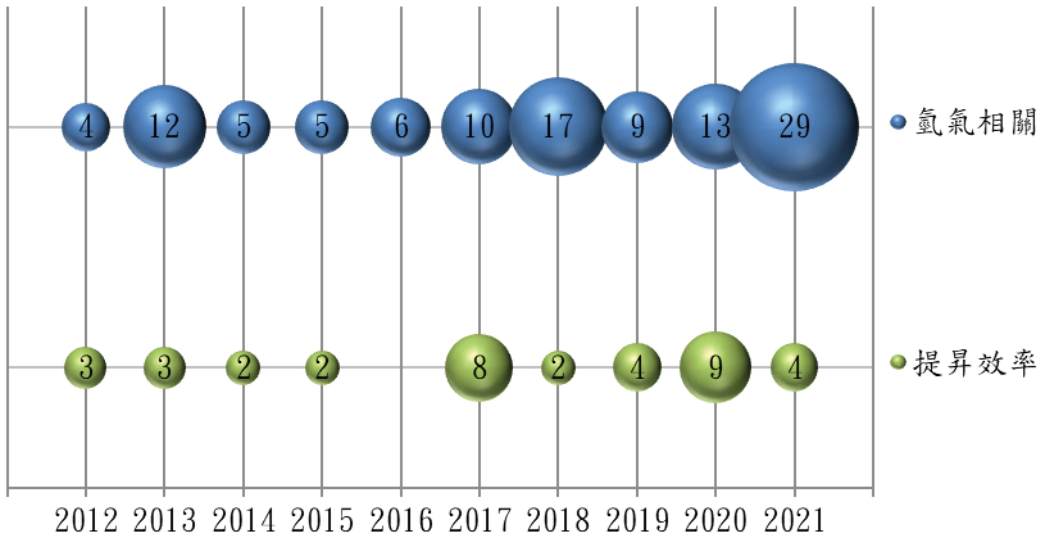


圖 10　氫能應用技術主題中各技術分類在 2012~2021 年的專利件數泡泡圖

（二）各國家地區之氫能應用技術主題分析

表 3 係為氫能應用技術主題中各技術分類在各國家的專利件數統計表。由表 3 可知，中國大陸在使用氫氣還原相關之技術分類的專利件數為最多，有 65 件；其次是歐洲，有 25 件；第三名是日本，有 5 件；其他國家亦有 19 件。另中國大陸在提升煉鋼效率之技術分類方面，專利件數亦為最多，有 36 件。

表 3　氫能應用技術主題中各技術分類在各國家的專利件數統計表 [5]

技術手段	中國大陸	歐洲	日本	其他國家
氫氣相關	65	25	5	19
提升效率	36	0	0	1

[5] 使用氫氣還原相關之技術分類中，有 4 件專利係由義大利及墨西哥共同申請，在統計上義大利併入歐洲統計，墨西哥併入其他國家統計，故在表 3 中此技術分類的專利件數總和有 65+25+5+19=114 件，與表 2 中所示專利件數 110 件有 4 件的差異。

圖 11 係中國大陸氫能應用技術主題中各技術分類在 2012~2021 年的專利件數泡泡圖。由圖 11 可知，氫氣還原相關之技術分類的專利件數，在 2017~2021 年有增加的趨勢，至 2021 年呈現明顯的成長，這是由於氫氣係為不會產生碳排放的乾淨能源，又可作為煉鋼的還原劑，故氫氣自然成為鋼鐵業者煉鋼時減少排碳的原料首要選擇。從圖 11 顯示的結果來看，中國大陸的鋼鐵電弧爐業明顯係由於近年的全球碳中和議題，而紛紛提出與氫氣相關的煉鋼專利。另在提升煉鋼效率之技術分類方面，中國大陸在 2017~2021 年相較於在 2012~2016 年之專利件數也有增加的趨勢。

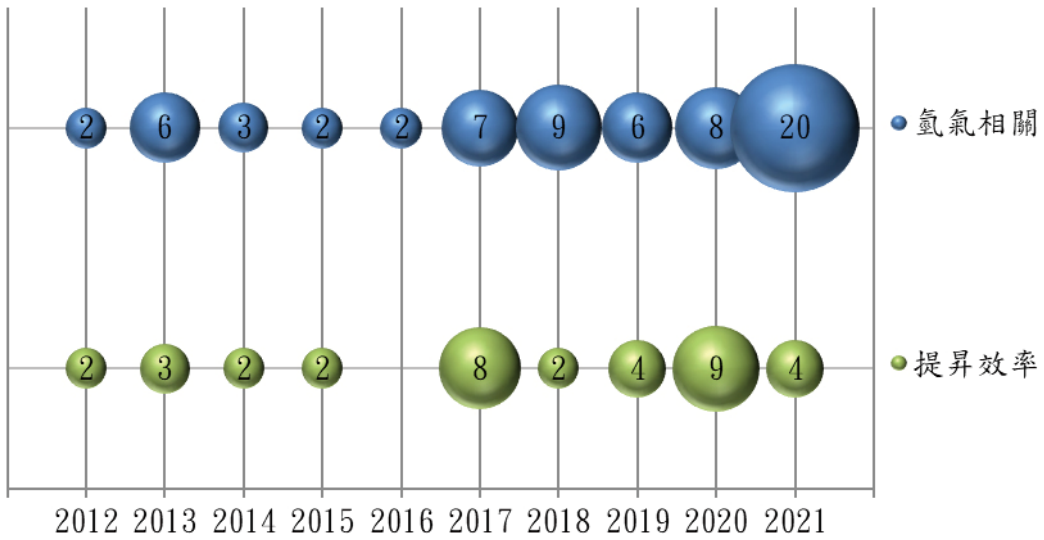


圖 11　中國大陸氫能應用技術主題中各技術分類在 2012~2021 年的專利件數泡泡圖

圖 12 係歐洲使用氫氣相關技術分類在 2012~2021 年的專利件數泡泡圖。由圖 12 可知，歐洲在使用氫氣還原相關之技術分類的專利件數在 2018 年有 7 件為最多，但於 2019~2020 年的專利件數又下降到只剩各 1 件，然於 2021 年的專利件數又增加到 6 件，這可能是因為歐洲近來由於碳中和議題盛行，而使 2021 年的專利件數回升，但整體來說，歐洲在氫氣相關之技術分類 2017~2021 年的專利總件數，仍大於 2012~2016 年的專利總件數，表示歐洲在 2017~2021 年仍有持續針對鋼鐵電弧爐做氫氣相關減碳技術的研發。

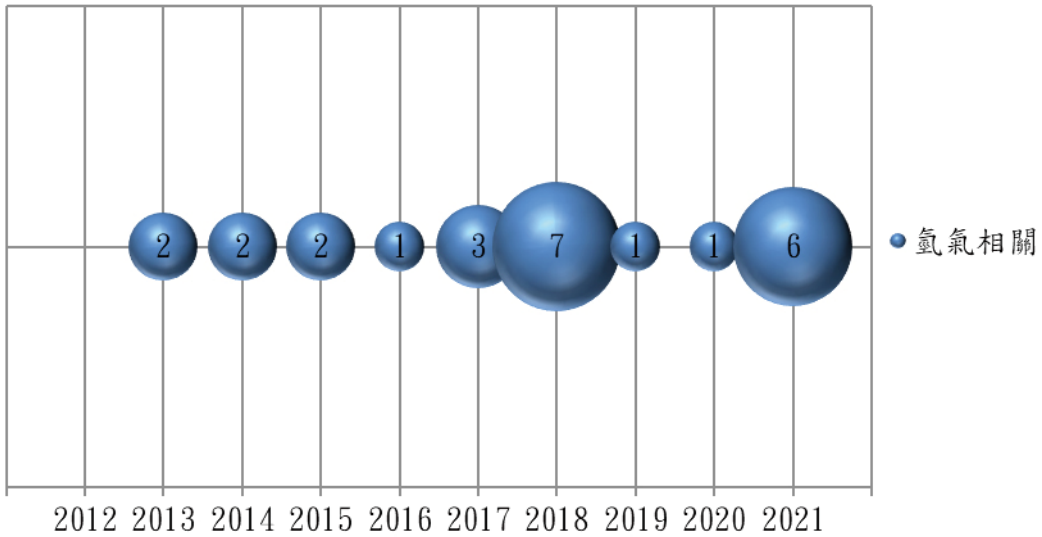


圖 12　歐洲使用氫氣相關技術分類 2012~2021 年的專利件數泡泡圖

二、製程中產物回收利用技術主題

（一）製程中產物回收利用技術主題分析

表 4 係製程中產物回收技術主題的技術分類及專利件數統計表，係針對電弧爐煉鋼過程中所產生的產物回收再利用作為檢索條件，經檢索後將製程中產物回收利用技術主題依不同技術再加以分類，分類後專利件數最多之前二名分別為廢氣廢熱回收相關及其他提升效率／減少用電相關的技術分類。由表 4 可知，廢氣廢熱回收相關之技術分類的專利件數為最多，計有 111 件，其次是其他提升效率／減少用電相關之技術分類，計有 81 件。在廢氣廢熱回收相關之技術分類中，由於電弧爐煉鋼時產生的大量廢熱會伴隨廢氣排放至外界，為了將廢氣中的廢熱回收作有效利用，鋼鐵業者通常會將廢氣作熱交換，再將所得的廢熱做其他用途，或者將廢氣及廢熱直接用於預熱廢鋼，以減少預熱廢鋼時所需的能量，故此技術分類的專利件數為最多。另在其他提升效率／減少用電相關之技術分類中，由於煉鋼時會產生一些金屬廢渣或金屬粉塵，若能將這些金屬廢渣或金屬粉塵加以回收至電弧爐內，就可利用它們本身的餘熱而降

低電能的使用，具有節能環保的效果，且這些金屬廢渣或金屬粉塵若具有含鐵成分，當回收至電弧爐內熔煉時，可增加鋼鐵的產出效率，意即從相同的廢鐵重量中，可以產出更多的鋼鐵重量，亦可減少生產相同鋼鐵重量時所需的電能，故此技術分類亦可減少電能的損耗，間接減少二氧化碳的排放。

表 4　製程中產物回收技術主題的技術分類及專利件數統計表

技術分類	專利件數
廢氣廢熱回收相關	111
其他提升效率／減少用電相關	81

圖 13 係製程中產物回收技術主題中各技術分類在 2012~2021 年的專利件數泡泡圖。由圖 13 可知，廢氣廢熱回收相關之技術分類的專利件數，於 2012 年為最多，有 18 件，至 2015 年降到最少，僅有 5 件，但於 2017~2021 年的專利件數呈現穩定增加，表示鋼鐵業者近幾年更加持續投入此技術分類的研發。另在提升煉鋼效率之技術分類中，在 2017~2021 年的專利件數明顯多於 2012~2016 年的專利件數，且 2017~2021 年專利件數的分布情形係呈現穩定的狀態，表示鋼鐵電弧爐業者近幾年仍然持續投入此技術分類的研發。

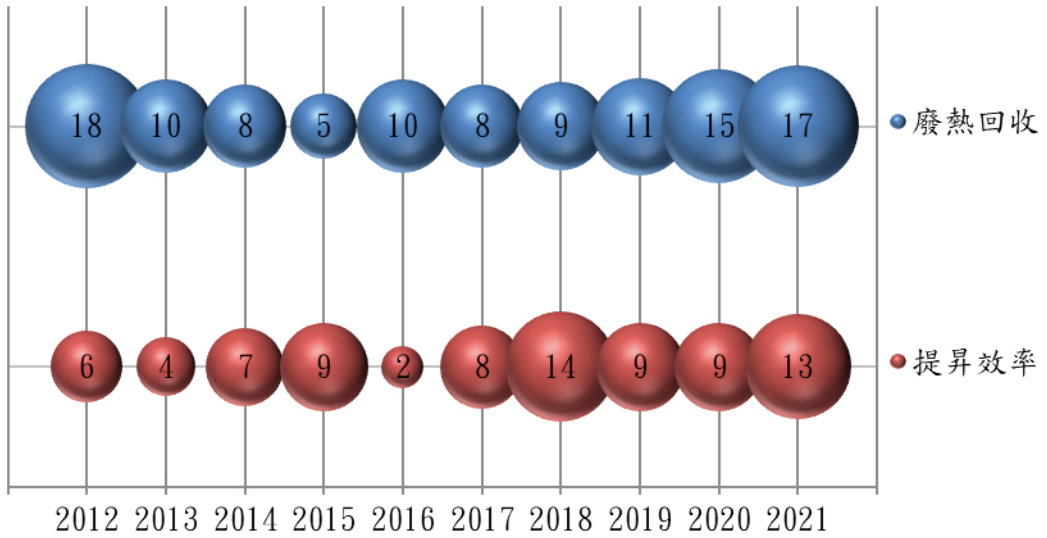


圖 13　製程中產物回收技術主題中各技術分類 2012~2021 年的專利件數泡泡圖

（二）各國家地區之製程中產物回收技術主題分析

表 5 係製程中產物回收利用技術主題各技術分類在各國家的專利件數統計表。由表 5 可知，中國大陸在各項技術分類的專利件數，皆遠遠大於其他國家地區的專利件數，幾乎可以說中國大陸掌握了該技術主題的大部分專利技術，故本文於本技術主題僅針對中國大陸的專利件數作分析。

表 5　製程中產物回收利用技術主題各技術分類在各國家的專利件數統計表[6]

技術分類	中國大陸	歐洲	韓國	日本	其他國家
廢熱回收	82	15	8	3	5
提升效率	68	2	4	4	3

[6] 表 5 中顯示廢熱回收之技術分類的總件數有 82+15+8+3+5=113 件，與表 4 中顯示 111 件相差 2 件，乃因這 2 件專利係由義大利及墨西哥共同申請，故在歐洲及其他國家各計 2 件所致。

圖 14 係中國大陸在產物回收技術中各技術分類 2012~2021 年的專利件數泡泡圖。若將圖 13 與圖 14 互相比較，除專利件數有差異外，專利分布的情形則是大同小異的。中國大陸在廢氣廢熱回收相關之技術分類中，於 2012 年的專利件數為最多，有 15 件，至 2014 年降到最少，僅有 4 件，但在 2017~2021 年的專利件數呈現穩定增加，表示中國大陸鋼鐵業者，在這幾年更加持續投入此技術分類的研發。另在提升煉鋼效率之技術分類中，中國大陸在 2017~2021 年的專利件數明顯多於 2012~2016 年的專利件數，且在 2021 年的專利件數達到最多，有 13 件，表示中國大陸鋼鐵業者，近幾年仍然持續投入此技術分類的研發。

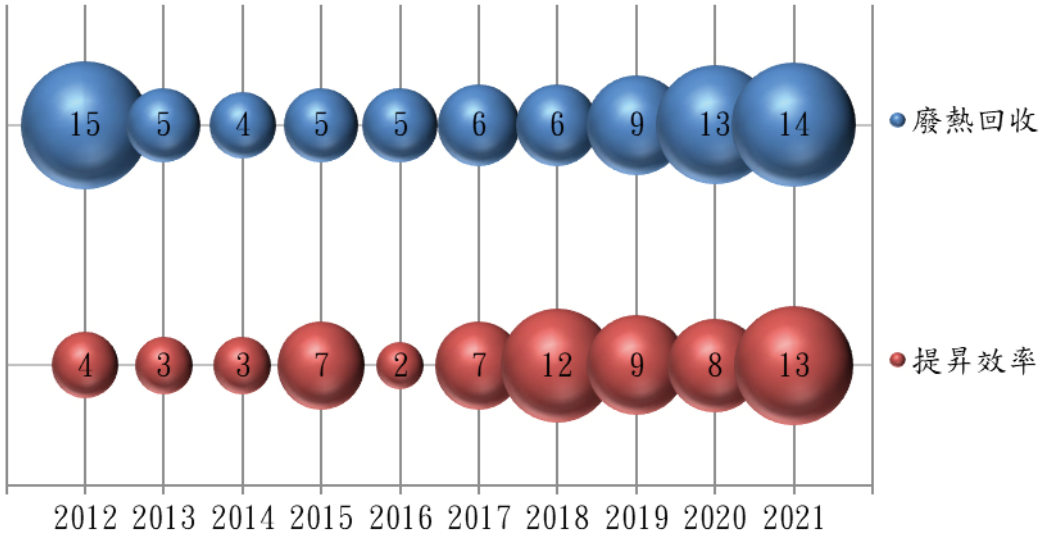


圖 14　中國大陸在產物回收技術中各技術分類在 2012~2021 年的專利件數泡泡圖

三、CCUS 技術主題

（一）CCUS 技術主題分析

表 6 係 CCUS 技術主題的技術分類及專利件數統計表，係針對電弧爐捕捉或去除碳氧化合物作為檢索條件，經檢索後將 CCUS 技術主題依不同技術再加以分類，分類後專利件數最多之前二名分別為二氧化碳相

關及一氧化碳相關的技術分類。由表 6 可知，二氧化碳相關之技術分類的專利件數，計有 139 件；一氧化碳相關之技術分類的專利件數，計有 94 件，本文將該二項技術分類做進一步的分析。

表 6　CCUS 技術主題的技術分類及專利件數統計表

技術分類	專利件數
二氧化碳相關	139
一氧化碳相關	94

圖 15 係 CCUS 技術主題中各技術分類在 2012~2021 年的專利件數泡泡圖。由圖 15 可知，在二氧化碳相關之技術分類中，專利件數於 2021 年大幅增加至 35 件，表示電弧爐在二氧化碳的捕捉技術方面，有可能成為未來的趨勢。在一氧化碳相關之技術分類中，在 2012~2021 年專利件數的分布情形雖然有高低起伏，但整體上仍然持續維持穩定的狀態。

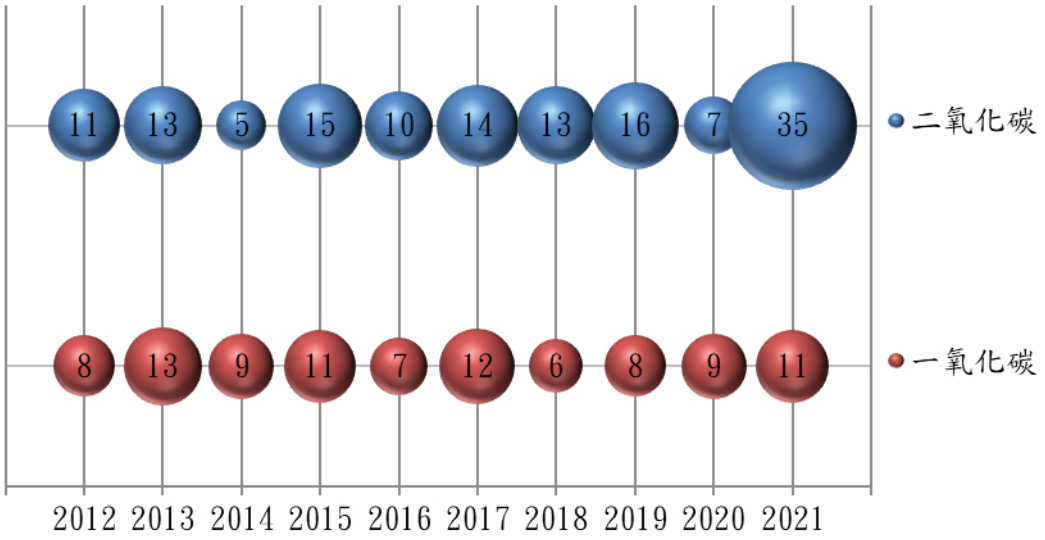


圖 15　CCUS 技術主題中各技術分類在 2012~2021 年的專利件數泡泡圖

（二）各國家地區之 CCUS 技術主題分析

表 7 係 CCUS 技術主題中各技術分類在各國家的專利件數統計表。由表 7 可知，日本在二氧化碳相關之技術分類的專利件數為最多，有 41 件；其次是中國大陸，有 40 件；第三名是韓國，有 31 件。日本在一氧化碳相關之技術分類的專利件數為最多，有 49 件；其次是中國大陸，有 29 件；韓國則有 7 件。由於日本有多件專利係為了將廢氣中的氮氧化物去除，會捕獲廢氣中的一氧化碳，作為去除氮氧化物的反應物，以達到廢氣淨化的功效，故日本在一氧化碳相關技術分類的專利件數多於二氧化碳相關技術分類。本文將針對日本、中國大陸及韓國的專利件數作分析。

表 7　CCUS 技術主題中各技術分類在各國家的專利件數統計表[7]

技術手段	日本	中國大陸	韓國	其他國家
二氧化碳	41	40	31	28
一氧化碳	49	29	7	13

圖 16 係日本 CCUS 技術主題中各技術分類在 2012~2021 年的專利件數泡泡圖。由圖 16 可知，日本在二氧化碳相關之技術分類中，專利件數於 2021 年達到最多為 18 件，有明顯增加的趨勢，這可能是因為近來碳中和議題盛行所造成的結果；在一氧化碳相關之技術分類方面，專利件數大致上並無增加的趨勢，表示日本未來在 CCUS 技術主題中，將會以二氧化碳相關的技術為主。

[7] 表 7 中顯示二氧化碳之技術分類的總件數有 41+40+31+28=140 件，與表 6 中顯示 139 件相差 1 件，乃因這 1 件專利係由中國大陸及美國共同申請，故在中國大陸及其他國家各計 1 件所致；另表 7 中顯示一氧化碳之技術分類的總件數有 49+29+7+13=98 件，與表 6 中顯示 94 件相差 4 件，乃因這 4 件專利其中 3 件係由日本及美國共同申請，故在日本及其他國家各計 1 件，另 1 件專利係由英國及日本共同申請，故在日本及其他國家各計 1 件所致。

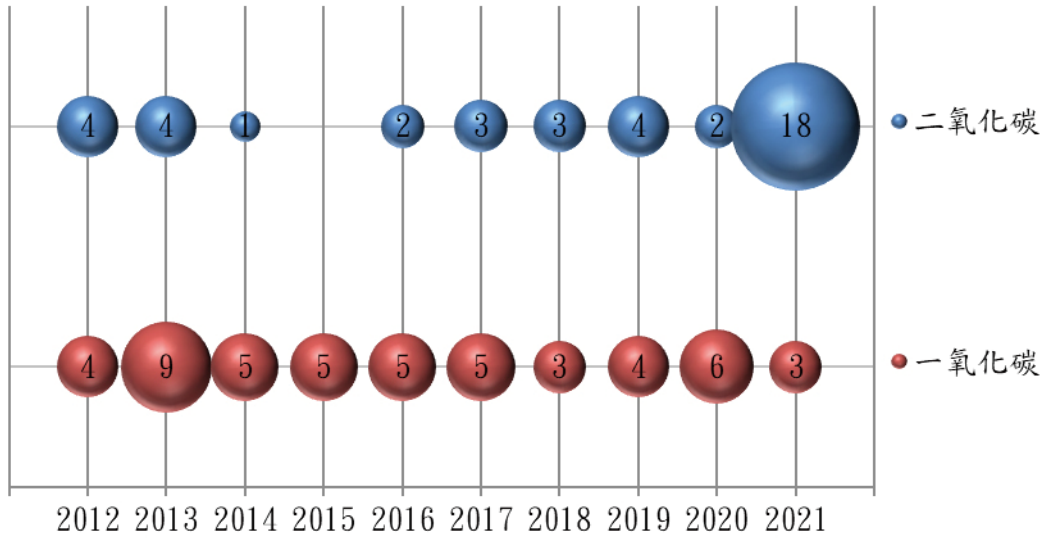


圖 16　日本 CCUS 技術主題中各技術分類在 2012~2021 年的專利件數泡泡圖

圖 17 係中國大陸 CCUS 技術主題中各技術分類在 2012~2021 年的專利件數泡泡圖。由圖 17 可知，中國大陸於 2021 年，無論在二氧化碳相關或是一氧化碳相關之技術分類中，專利件數皆為最高，這說明中國大陸未來在 CCUS 技術主題中，除了以二氧化碳相關的技術為主外，一氧化碳相關的技術也有可能成為中國大陸在 CCUS 技術主題中的另一選項。

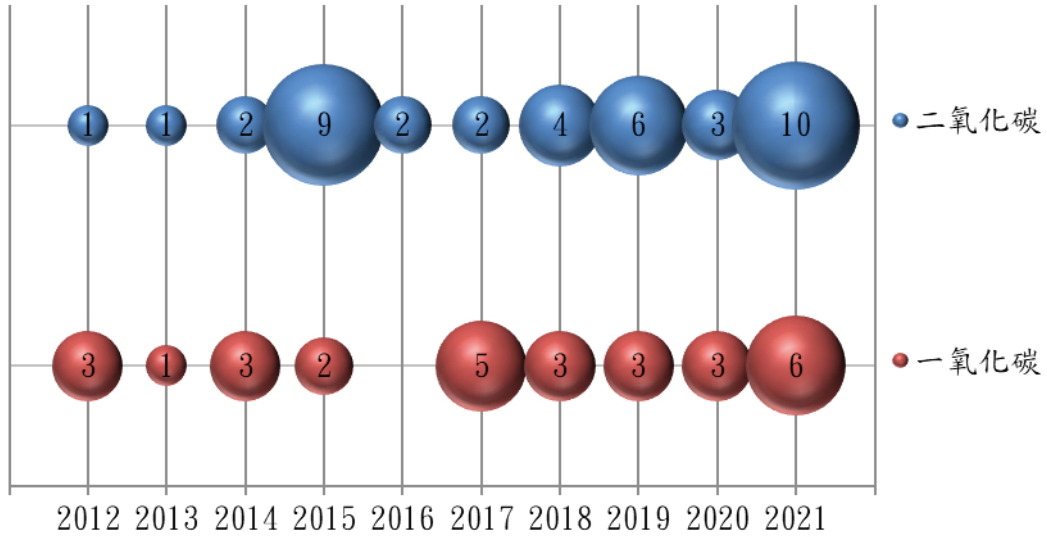


圖 17　中國大陸 CCUS 技術主題中各技術分類在 2012~2021 年的專利件數泡泡圖

圖 18 係韓國 CCUS 技術主題中各技術分類在 2012~2021 年的專利件數泡泡圖。由圖 18 可知，韓國在二氧化碳相關之技術分類中，在 2012~2021 年專利件數的分布狀況平穩並無太大變化；在一氧化碳相關之技術分類方面，專利件數非常少，看不出其變化趨勢，表示韓國未來在 CCUS 技術主題中，將會以二氧化碳相關的技術為主。

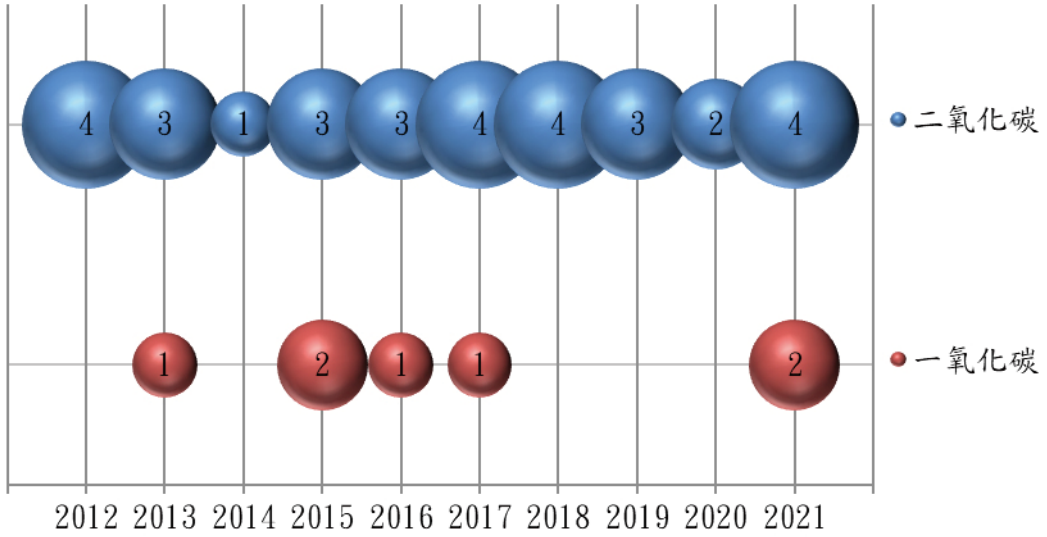


圖 18　韓國 CCUS 技術主題中各技術分類在 2012~2021 年的專利件數泡泡圖

伍、結論

一、整體結果分析

鋼鐵電弧爐碳中和專利在 2012~2021 年專利件數前四名的國家地區，分別為中國大陸、日本、歐洲及韓國，這 4 個國家地區的專利件數占了全世界總專利件數的九成以上，前二名的中國大陸及日本即占了全世界總專利件數的七成以上。另在東亞地區的中國大陸、日本及韓國，其專利件數亦占了全世界的八成以上，故在全球使用電弧爐的鋼鐵產業中，東亞地區公開的鋼鐵電弧爐碳中和專利技術，係為全球鋼鐵業技術發展的指標。

鋼鐵電弧爐碳中和專利在「氫能應用技術」、「製程中產物回收利用技術主題」及「CCUS 技術主題」三大技術主題中，在 2012~2021 年的專利件數分布情形，皆於 2021 年出現大幅增加的趨勢。由此可知，近來各國鋼鐵業者在面對全球淨零排碳的壓力下，皆紛紛研發這三大技術主題的鋼鐵電弧爐碳中和技術。

鋼鐵電弧爐碳中和專利在三大類技術主題中，以 CCUS 技術主題的專利件數為最多（有 264 件）；其次是氫能應用技術主題（有 221 件），第三名是製程中產物回收利用技術主題（有 214 件）。

鋼鐵電弧爐碳中和專利前三大申請人部分，專利件數最多者為中國大陸的中冶南方公司，第二名為中國大陸的北京神霧公司，第三名為美國的東北大學。在前三大申請人中，除第三大申請人東北大學為學術單位外，其餘申請人類型均為公司企業，這表示世界各國鋼鐵電弧爐業在碳中和的議題下，無論是公司企業或學術單位，皆有參與碳中和技術的開發。

鋼鐵電弧爐碳中和專利前三大申請人在三大技術主題中，中冶南方公司及東北大學的專利大多數分布於製程中產物回收利用技術主題，而北京神霧公司的專利大多數分布於氫能應用技術主題，但前三大申請人的專利鮮少布局於 CCUS 技術主題，這表示前三大申請人可能並未重視 CCUS 技術的議題。

在氫能應用技術主題中，前二大申請國地區依序為中國大陸及歐洲；在製程中產物回收利用技術主題中，最大申請國為中國大陸；在 CCUS 技術主題中，前三大申請國為日本、中國大陸及韓國。另中國大陸係以製程中產物回收利用技術主題的專利占比為最多，其次是氫能應用技術主題；日本、韓國、美國皆以 CCUS 技術主題的專利占比為最多；歐洲係以氫能應用技術主題的專利占比為最多。

二、氫能應用技術主題

氫能應用技術主題中各技術分類部分，以使用氫氣還原相關之技術分類的專利件數為最多，且於 2021 年有明顯增加的趨勢；其次是提升煉鋼效率之技術分類，在 2017~2021 年的專利件數比在 2012~2016 年的專利件數增加。由於最近碳中和的議題盛行，氫氣已成為無碳還原劑或能源的重要選擇，故使用氫氣還原相關之技術，當然成為氫能應用技術主題中專利件數最多者。

中國大陸在氫能應用技術主題中，無論是使用氫氣還原相關之技術分類或是提升煉鋼效率之技術分類，其專利件數皆比其他國家地區多，且中國大陸在使用氫氣還原相關之技術分類的專利件數，於 2021 年有明顯增加的趨勢，表示中國大陸近年來在氫能應用技術主題中，掌握了大部分的專利技術。另歐洲在使用氫氣還原相關之技術分類中，雖專利件數遠不及中國大陸，但專利件數排名第二名，且 2017~2021 年的專利總件數大於 2012~2016 年的專利總件數，表示歐洲在 2017~2021 年仍有持續針對鋼鐵電弧爐做氫氣相關減碳技術的研發。

三、製程中產物回收利用技術主題

製程中產物回收利用技術主題中各技術分類部分，以廢氣廢熱回收相關之技術分類的專利件數為最多，其次是其他提升效率／減少用電相關之技術分類。在廢氣廢熱回收相關之技術分類中，專利件數的分布情形在近年是呈現持續成長的趨勢；在其他提升煉鋼效率／減少用電相關之技術分類中，2017~2021 年的專利件數明顯多於 2012~2016 年的專利件數，且 2017~2021 年專利件數的分布情形係呈現穩定的狀態，表示鋼鐵電弧爐業者近幾年仍然持續投入此技術分類的研發。

在製程中產物回收利用技術主題中，中國大陸在廢氣廢熱回收相關之技術分類或其他提升效率／減少用電相關之技術分類的專利件數，皆遠遠大於其他國家地區的專利件數，表示中國大陸掌握了該技術主題的大部分專利技術。

四、CCUS 技術主題

CCUS 技術主題中各技術分類部分，以二氧化碳相關之技術分類的專利件數為最多，且於 2021 年有明顯增加的趨勢，表示鋼鐵電弧爐在二氧化碳的捕捉技術方面，有可能成為未來的趨勢；一氧化碳相關之技術分類的專利件數排名第二名，其專利件數逐年分布情形係呈現穩定的狀態，表示各國鋼鐵電弧爐業者在一氧化碳相關之技術方面，仍然有持續研發。

各國家地區在 CCUS 技術主題中各技術分類部分，日本在二氧化碳相關之技術分類及一氧化碳相關之技術分類的專利件數皆為最多。日本在二氧化碳相關之技術分類中，專利件數於 2021 年有明顯的增加；在一氧化碳相關之技術分類中，專利件數大致上並無增加的趨勢，表示日本未來在 CCUS 技術主題中，將會以二氧化碳相關的技術為主。另中國大陸、韓國及其他國家在 CCUS 技術主題中，亦皆以二氧化碳之技術分類為主要研發項目。