

# 鋼鐵高爐碳中和專利趨勢分析

賴耿賢\*、許嘉展\*\*、王集福\*\*\*

## 壹、前言

### 貳、鋼鐵高爐碳中和專利之整體綜合分析

- 一、申請人國籍分析
- 二、申請國家地區分析
- 三、前十大申請人分析

### 參、鋼鐵高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、鋼鐵高爐碳中和專利之三大類技術主題的專利趨勢分析

- 一、高爐之低碳技術主題分析
- 二、廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題分析
- 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

2050 淨零排放是一項跨世代、跨領域及跨國際的大型轉型工程，為順應全世界淨零排放趨勢及遵守巴黎協定（Paris Agreement）<sup>1</sup>，期望將全球平均氣溫升幅控制在工業革命前水準以上低於 2°C 之內，藉由促進國際合作，利用淨零排放研發技術，及滾動檢討淨零路徑等方式，達到淨零排放的目的，化氣候風險為綠色轉型契機<sup>2</sup>。

我國鋼鐵業從礦砂煉鐵至軋鋼成型的每個製程，皆需要大量的能源，尤其以高爐用傳統焦炭技術煉鐵者，因使用大量焦炭，導致排放至大氣的廢氣包含大量含碳化合物，近年因全球的碳中和之議題興起，然世界各國鋼鐵業者對此議題之應變處理方式各有所不同，而我國部分鋼鐵業者對碳中和議題之解決方法仍未取得有效的方式，無法達成碳中和目的。

本文將針對世界各國高爐煉鐵工業，以 Derwent Innovation 專利資料庫，蒐集高爐相關的碳中和專利技術，並將鋼鐵高爐碳中和專利分成「高爐之低碳技術」、「廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術」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高爐煉鐵的鋼鐵業如何減少碳排放，來達到碳中和目的。

關鍵字：淨零排放、高爐、碳中和、「碳捕捉、利用與封存」、專利趨勢分析

Net Zero Emissions、Blast Furnace、Carbon Neutrality、Carbon Capture, Utilization and Storage、Patent Trend Analysis

<sup>1</sup> 巴黎協定，是由聯合國 195 個成員國於 2015 年 12 月在 2015 年聯合國氣候峰會中通過的氣候協議，取代京都議定書，期望能共同遏阻全球暖化趨勢。

<sup>2</sup> 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。以中鋼傳統煉鐵製程為例，包含原料處理步驟、煉鐵步驟、煉鋼步驟及軋鋼步驟，其中煉鐵步驟係將塊鐵、燒結礦、焦炭及助熔劑等送入煉鐵廠中的高爐，經高溫將鐵礦還原為鐵水與熔渣。由於該傳統煉鐵製程需使用大量焦炭，導致排放之廢物包含大量碳，而無法達成碳中和目的。

世界各國紛紛制定碳中和政策，歐盟、美國及日本等國大致設定目標為2030年碳排減50%上下，2050年達到碳中和，也就是透過各種減碳方式，讓二氧化碳排放量正負抵銷。隨著碳中和議題成為國際間最重視的議題之一，而鋼鐵業在碳中和議題下，不得不面臨轉型的局面<sup>3</sup>。

因此，各國鋼鐵大廠紛紛提升自己的減碳技術，將碳中和技術應用在鋼鐵業上，並由減碳技術提升到減碳專利。本文利用 Derwent Innovation 專利資料庫，蒐集2012至2021年全世界鋼鐵高爐碳中和專利案件（共2,034件），並將鋼鐵高爐碳中和專利分成「高爐之低碳技術」、「廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術」及「碳捕捉、利用與封存技術」等三大類技術主題，進行鋼鐵高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，提出可供我國鋼鐵高爐產業發展的相關結論，以供各界參考。

## 貳、鋼鐵高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，會有同一篇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。另本文以下內容所提到之申請國，皆係指申請人的國籍，非指專利申請的所屬國家地區。

<sup>3</sup> 周瑩慈，化危機為轉機，中鋼帶頭減碳趨勢漸清晰，MoneyDJ 理財網，<https://www.moneydj.com/kmdj/news/newsviewer.aspx?a=be0fd8fc-d6c2-4976-bbc3-b267b798f1e9&c=MB010000>（最後瀏覽日：2023/08/09）。

圖 1 係申請人國籍占有專利件數及比例圓餅圖，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 可知，專利件數最多的中國大陸有 1,160 件，占有全世界超過一半以上的 56.4%；其次是日本有 285 件，占 13.9%；第三是歐洲<sup>4</sup>有 275 件，占 13.4%；其他各國例如韓國僅占 7.1%，美國僅占 6.1%，而我國擁有鋼鐵高爐碳中和技術之相關專利僅有 12 件<sup>5</sup>，占 0.6%，其他國家<sup>6</sup>亦僅有 2.5% 的占有率。由圖 1 可發現，鋼鐵高爐碳中和技術在中國大陸、歐洲及日本這三個國家地區，就占了全世界的 83.7%（56.4% + 13.9% + 13.4% = 83.7%），故為鋼鐵業盛行的地區。另由圖 1 可看出，亞洲國家（中國大陸、日本及韓國）持有的專利件數，亦占全世界近八成的專利數量（56.4% + 13.9% + 7.1% = 77.4%），更凸顯亞洲地區亦掌握相當的鋼鐵高爐碳中和專利技術。

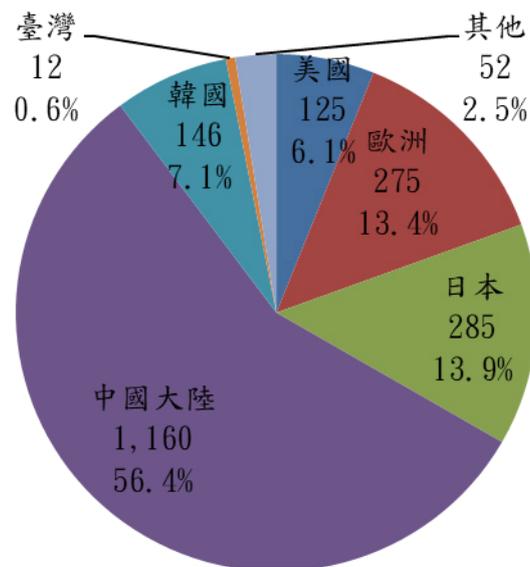


圖 1 申請人國籍占有專利件數及比例圓餅圖

<sup>4</sup> 歐洲地區包含德國 86 件，奧地利 46 件，法國 38 件，義大利與盧森堡各 16 件，烏克蘭 15 件，英國 14 件，俄羅斯 13 件，瑞士 6 件，挪威與瑞典各 5 件，西班牙與荷蘭各 4 件，比利時與芬蘭各 2 件，捷克、愛沙尼亞及斯洛伐克各 1 件。

<sup>5</sup> 中國鋼鐵股份有限公司計有 5 件。

<sup>6</sup> 其他國家包含澳洲 12 件，墨西哥 11 件，加拿大 10 件，印度 9 件，巴西 3 件，阿根廷、柬埔寨、智利、哈薩克、秘魯、沙烏地阿拉伯及烏拉圭各 1 件。

## 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 2 係各申請國家地區 2012~2021 年之專利件數泡泡圖。由圖 2 可知，中國大陸在近幾年的專利件數有增加的趨勢，尤其是在 2021 年，中國大陸、日本與歐洲地區之專利件數有明顯的成長，而其他國家地區的專利件數則呈現平穩的現象。

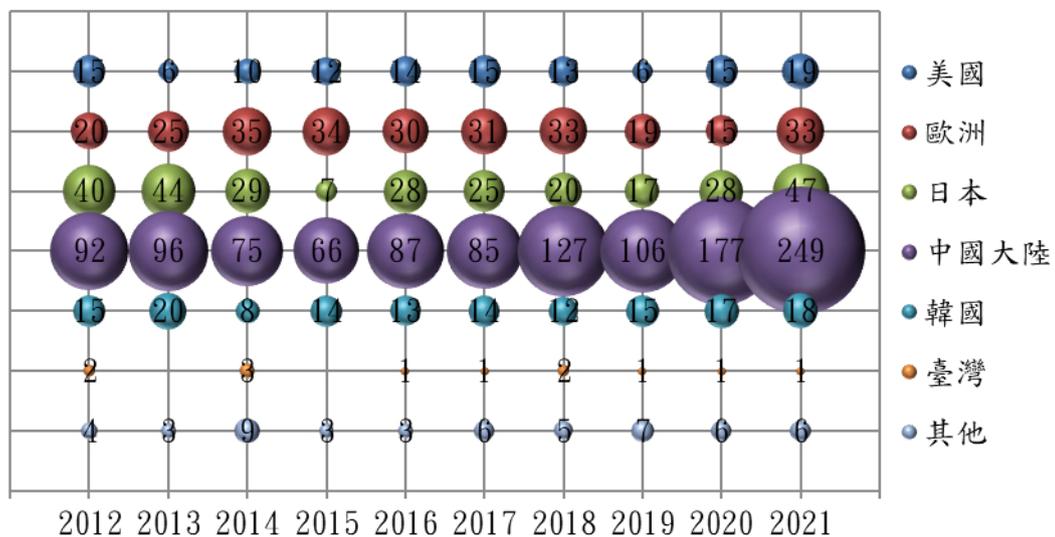


圖 2 各申請國家地區 2012~2021 年之專利件數泡泡圖

### (二) 各申請國在三大類技術主題申請情形

針對鋼鐵高爐碳中和技術，可以分成三大類技術主題，第一大類技術主題係以減少碳的輸入為主，例如以氫或天然氣（例如甲烷）取代碳作為還原氣體的技術，或以還原鐵為煉鋼的原料，減少焦炭的使用，本文將第一大類技術主題的名稱定為「高爐之低碳技術」；第二大類技術主題係將煉鐵的能源效率提升，藉由高爐所產生之廢氣、廢熱及廢渣的回收及再利用，不但可以減少焦炭進入高爐內的使用，且不需再用更多的能源加熱鼓風至高爐內，也可減少含碳化合物的排放，本文將第二大類

技術主題的名稱定為「廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術」；第三大類技術主題係針對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 3 係各申請國在三大類技術主題之專利件數直條圖。由圖 3 可知，中國大陸在廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題的專利件數有 643 件，占總件數 1,160 件（390 + 643 + 127 = 1160）的 55%（643 ÷ 1160 ≈ 55%）；其次是高爐之低碳技術主題的專利件數有 390 件，中國大陸在這兩大類技術主題的專利件數，皆遠多於其他國家地區；中國大陸在 CCUS 技術主題的專利件數有 127 件，亦為全世界最多，但比日本的專利件數 100 件，僅高出 27 件。再由圖 3 可知，中國大陸的專利大多以廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題為主，歐洲及日本二大申請國的專利係以高爐之低碳技術為主，表示歐洲及日本主要係以開發研究減少使用含碳能源的技術為主；而美國與韓國的專利係以 CCUS 技術主題居多，表示美國與韓國的減碳方式係以碳捕獲技術為主。

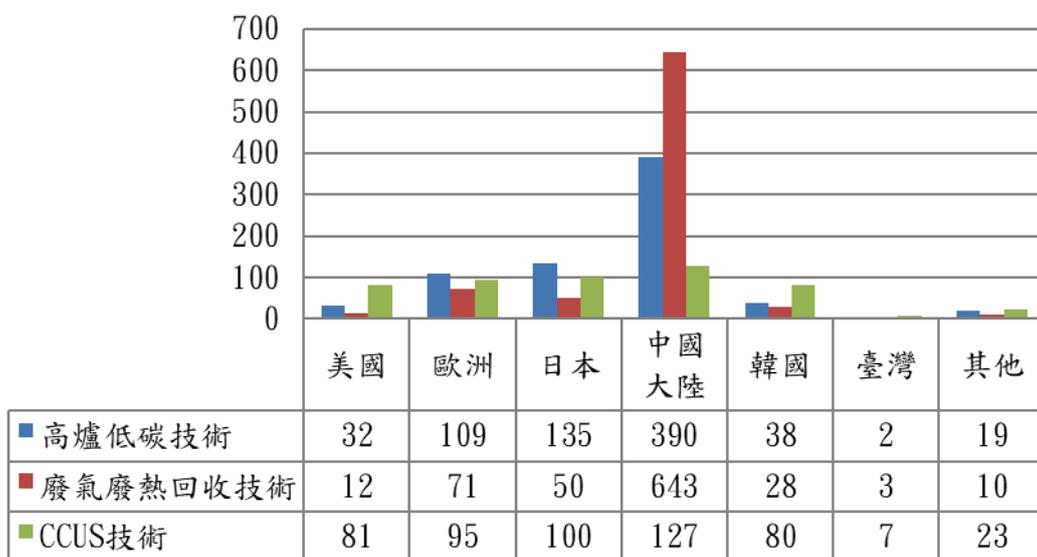


圖 3 各申請國在三大類技術主題之專利件數直條圖

### 三、前十大申請人分析

#### (一) 前十大申請人公開件數

表 1 係前十大申請人名稱、國籍及專利件數。由表 1 可知，專利件數最多者為中國大陸的中冶南方公司，多達 162 件；第二名為日本的 JFE（杰富意）控股<sup>7</sup>，有 113 件；第三名為中國大陸的鞍鋼公司，有 81 件。在前十大申請人中，中國大陸及日本各有 4 間公司企業，另 2 間公司企業或學術單位分別為韓國及美國申請人。值得注意的是，在前十大申請人中，美國申請人的類型為學術單位，其餘申請人的類型係皆為公司企業，這顯示美國雖非鋼鐵業生產製造的主要國家，卻也非常重視高爐的減碳技術。

表 1 前十大申請人名稱、國籍及專利件數

申請人 中文名稱	申請人 英文名稱	申請人 國籍	申請人 專利件數
中冶南方工程技術有限公司	WISDRI ENG & RES INC LTD	中國大陸	162
JFE（杰富意）控股	JFE HOLDINGS INC.	日本	113
鞍鋼股份有限公司	ANGANG STEEL CO LTD	中國大陸	81
新日鐵住金股份有限公司	NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP	日本	75
中國寶武鋼鐵集團	CHINA BAOWU STEEL GROUP (FORMER BAOSTEEL GROUP CORP)	中國大陸	66
神戶製鋼股份有限公司	KOBE STEEL LTD.	日本	59
浦項鋼鐵公司	POSCO CORPORATION	韓國	58
三菱重工業股份有限公司	MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES LTD.	日本	51

(續下頁)

<sup>7</sup> JFE 控股，其中 JFE 為 Japan Ferrite Engineering 的全名，又含有 Japan Future Enterprise 的意義，代表日本未來志向的企業。

申請人 中文名稱	申請人 英文名稱	申請人 國籍	申請人 專利件數
北京神霧環境能源科技有 限公司	BEIJING SHENWU ENVIRONMENT & ENERGY TECH	中國大陸	31
東北大學	NORTHEASTERN UNIVERSITY (BOSTON MA)	美國	29

圖 4 係前十大申請人 2012~2021 年之專利件數泡泡圖。由圖 4 可知，除美國東北大學在 2021 年的專利件數明顯多於往年外，其他公司企業之專利件數在 2012~2021 年的分布情形並無顯著變化。另三菱重工公司及北京神霧集團二公司在 2019~2021 年的專利件數極少，表示這兩大公司在減碳技術的相關開發研究方面，在 2019~2021 年幾乎沒有成長。

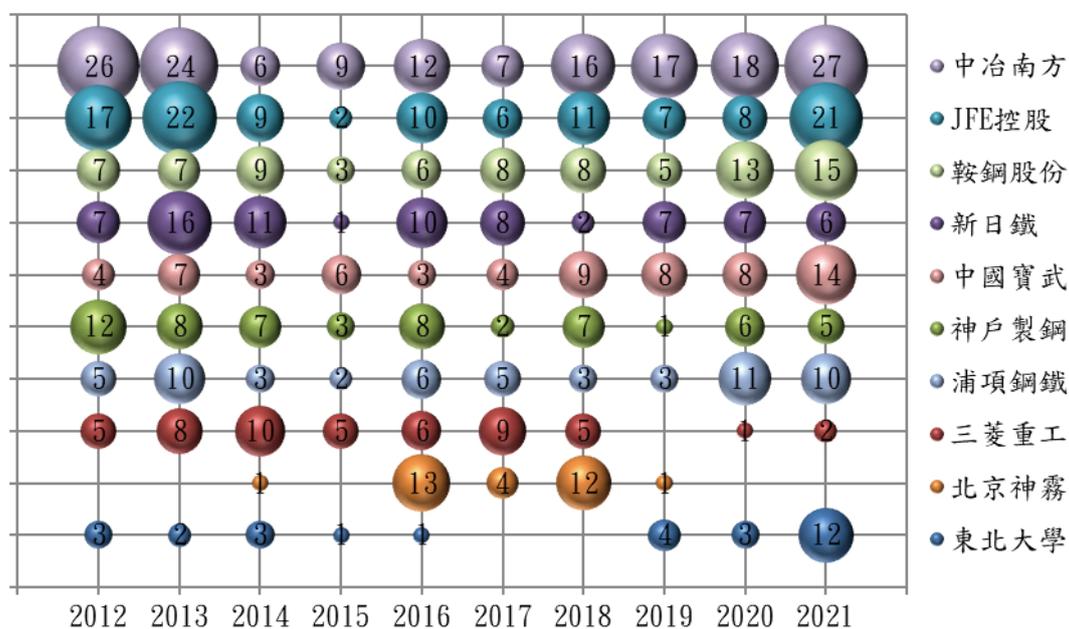


圖 4 前十大申請人 2012~2021 年之專利件數泡泡圖

## (二) 前十大申請人在三大類技術主題申請情形

圖 5 係前十大申請人在三大類技術主題之專利件數泡泡圖。由圖 5 可知，以高爐之低碳技術主題的專利分布來看，專利件數最多者為日本的 JFE 控股，多達 65 件，第二名為日本的神戶製鋼公司及中國大陸的中冶南方公司。若以廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題的專利分布來看，專利件數最多的前三名分別為中冶南方公司、鞍鋼股份公司及中國寶武集團，皆為中國大陸之公司企業。若以 CCUS 技術主題的專利分布來看，專利件數最多者為日本的新日鐵住金公司，第二名為韓國的浦項鋼鐵公司，第三名為日本的 JFE 控股。另圖 5 中顯示北京神霧集團，其專利件數幾乎全部是高爐之低碳技術主題，呈現出與其他中國大陸申請人截然不同的專利分布趨勢。

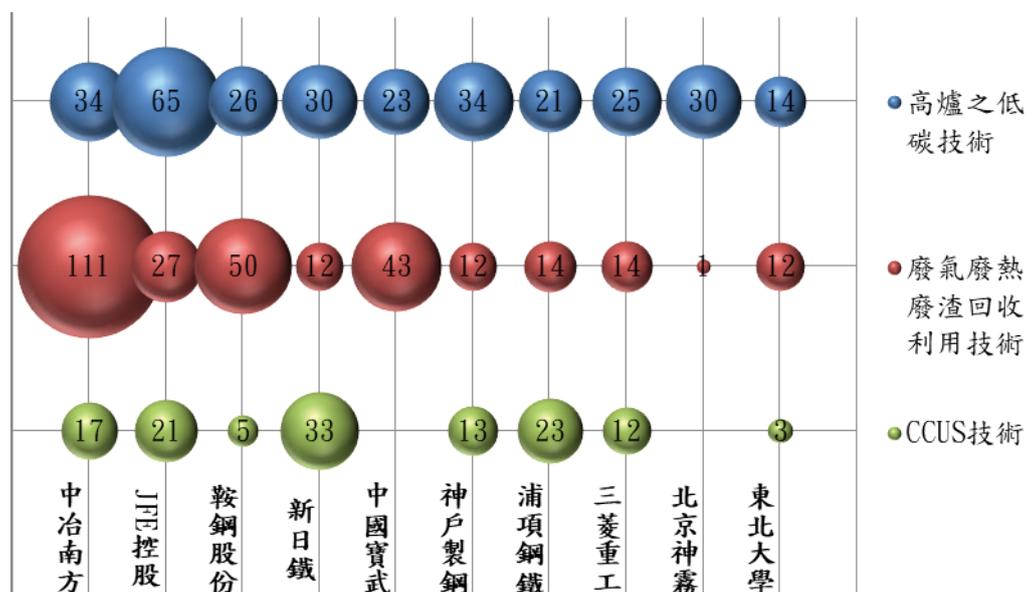


圖 5 前十大申請人在三大類技術主題之專利件數泡泡圖

## 參、鋼鐵高爐碳中和專利之三大類技術主題的個別分析

將鋼鐵高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被歸類在不同類技術主題，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 6 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 6 可知，以廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題的專利件數為最多，多達 813 件，占整體比例 40%；第二多是高爐之低碳技術主題的專利件數，有 712 件，占整體比例 35%；再來是 CCUS 技術主題之專利件數，有 509 件，占整體比例 25%。由於鋼鐵業係為高耗能及高碳排的工業，在煉鐵過程中需要大量的能源，公司企業在製造成本的考量下，直接將高爐之廢氣、廢熱及廢渣回收，即可減少能源消耗，故廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題的專利件數自然成為最多。另高爐之低碳技術主題因涉及使用氫或天然氣等取代碳為還原劑，與傳統煉鐵技術不同，公司企業也積極研究開發相關技術，故其專利件數則為其次。而 CCUS 技術主題對於公司企業來說，一般公司企業不會額外投入大量的成本在無關產能的 CCUS 技術方面，故 CCUS 技術主題之專利件數為最少是合理的現象。

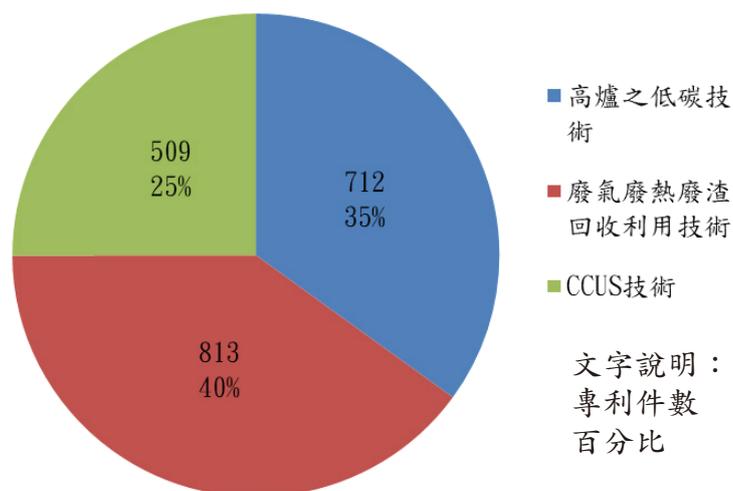


圖 6 三大類技術主題所占專利件數及比例圓餅圖

## 二、申請人國籍分析

由圖 3 可知，各申請國在三大類技術主題之專利件數的前三名皆由中國大陸、歐洲及日本三個國家地區包辦，故本文之後的分析，將會以這三大申請國為主要分析主體。

圖 7 係各國申請人在三大類技術主題之占比直條圖。由圖 7 可知，第一大申請國中國大陸，在廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題的專利占比為最多，占 55%；其次是高爐之低碳技術主題，占 34%；再來是 CCUS 技術主題，僅占 11%，故中國大陸鋼鐵業在鋼鐵高爐碳中和技術中，係以廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題為主要發展項目。第二大申請國日本，在高爐之低碳技術主題的專利占比為最多，占 47%；在 CCUS 技術主題為其次，占 35%；再來是廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題，占 18%。第三大申請地區歐洲，在高爐之低碳技術主題的專利占比為最多，占 40%；在 CCUS 技術主題為其次，占 35%；再來是廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題，占 26%。由此可知，日本及歐洲鋼鐵業在鋼鐵高爐碳中和技術中，係以高爐之低碳技術主題為主要發展項目，這與中國大陸鋼鐵業的主要發展方向不同。另第四大申請國韓國與第五大申請國美國，在 CCUS 技術主題的專利占比為最多，各占 55% 與 65%，這顯示韓國與美國鋼鐵業在鋼鐵高爐碳中和技術中，係以 CCUS 技術主題為主要發展項目，又與前三大申請國家地區的主要發展方向不同。

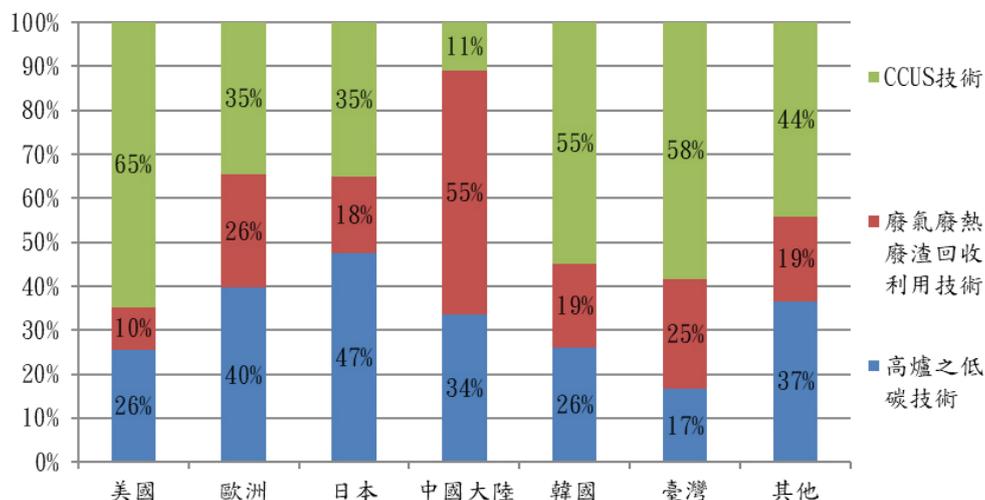


圖 7 專利各國申請人在三大類技術主題之占比直條圖

### 三、專利件數趨勢分析

圖 8 係三大類技術主題 2012~2021 年的專利件數泡泡圖。其中除了 2015 年中國大陸因經濟成長減緩，鋼材消耗量陷入低迷<sup>8</sup>，及 2019 年受到中美貿易戰和英國脫歐等不確定因素影響，歐洲經濟及投資下跌，美國經濟成長減緩，鋼鐵需求因而降低<sup>9</sup>，使得全世界的專利件數略為減少外，實際上，近幾年申請專利件數的趨勢是增加的。然而，這只是全世界鋼鐵高爐碳中和專利的整體全貌，以下章節將個別分析前三大申請國家地區，在三大類技術主題中 2012~2021 年專利件數的趨勢變化。

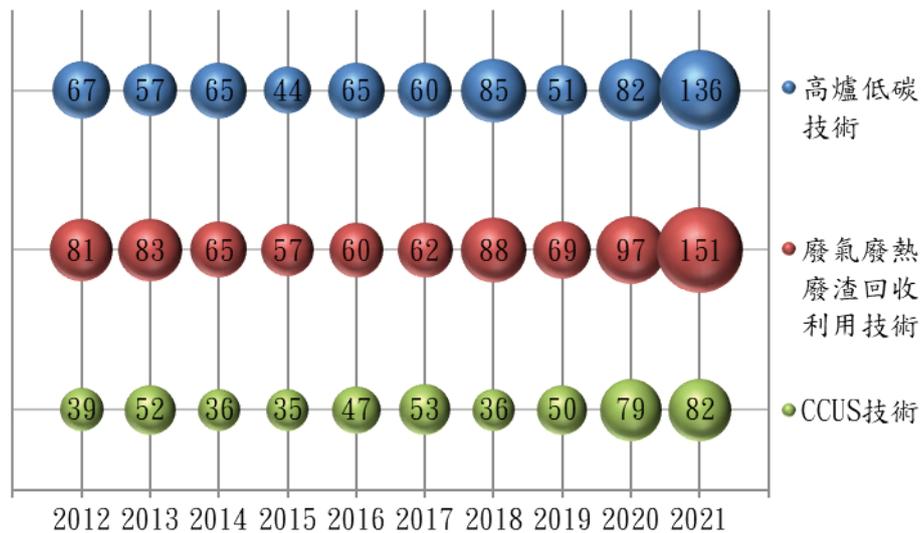


圖 8 三大類技術主題 2012~2021 年的專利件數泡泡圖

<sup>8</sup> 美國鋼鐵需求熱，中國大陸冷：<https://ec.ltn.com.tw/article/breakingnews/1196936>（最後瀏覽日：2023/08/09）。

<sup>9</sup> 除中國大陸外，全球鋼鐵停滯：<https://news.cnyes.com/news/id/4396142>（最後瀏覽日：2023/08/09）。

### (一) 中國大陸申請人分析

圖 9 係中國大陸申請人在三大類技術主題中 2012~2021 年的專利件數泡泡圖。由圖 9 可知，中國大陸 2012~2021 年來，每年在廢氣、廢熱、廢渣回收利用技術主題的專利件數，皆多於其他兩大類技術主題。由 2019~2021 年的趨勢來看，中國大陸在三大類技術主題的專利件數有逐年增加的趨勢，這顯示中國大陸為改善近幾年國內空氣污染的問題，於 2019~2021 年期間，積極研發鋼鐵高爐碳中和的技術，使得近幾年有關鋼鐵高爐碳中和技術的專利件數，在這三大類技術主題中有顯著的成長，尤其在 CCUS 技術主題中，2019~2021 年的專利件數明顯多於 2018 年以前的專利件數。

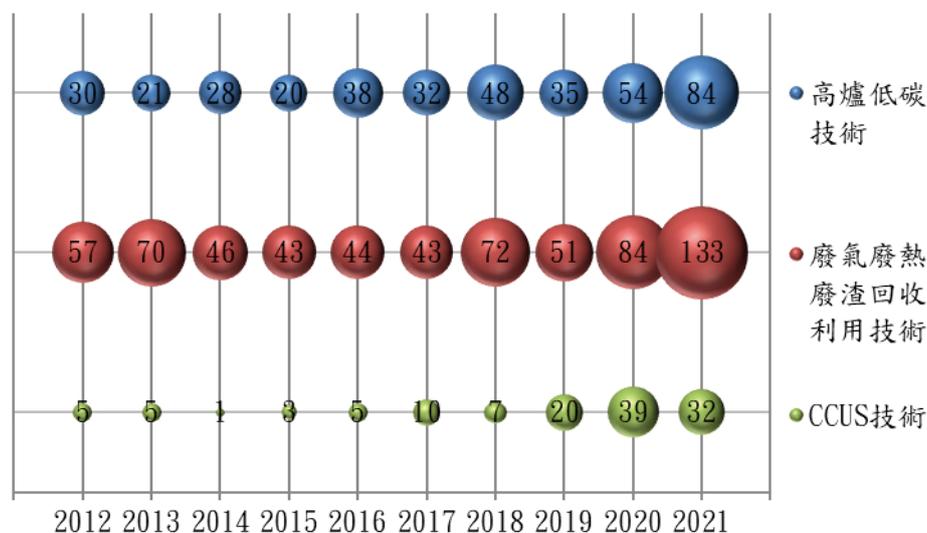


圖 9 中國大陸申請人在三大類技術主題中 2012~2021 年的專利件數泡泡圖

### (二) 日本申請人分析

圖 10 係日本申請人在三大類技術主題中 2012~2021 年的專利件數泡泡圖。由圖 10 可知，日本在三大類技術主題 2012~2021 年的專利件數，除了 2015 及 2019 年這兩年因全球大環境因素造成專利件數相對較少外，

其餘幾年專利件數較為平穩。惟由圖 7 得知，日本與中國大陸不同的地方在於，中國大陸的專利件數多集中在廢氣、廢熱、廢渣回收利用技術主題，而日本的專利件數係在高爐之低碳技術主題及 CCUS 技術主題中較多，恰好與中國大陸相反，這表示中國大陸在鋼鐵高爐碳中和的技術與日本仍有許多不同之處。

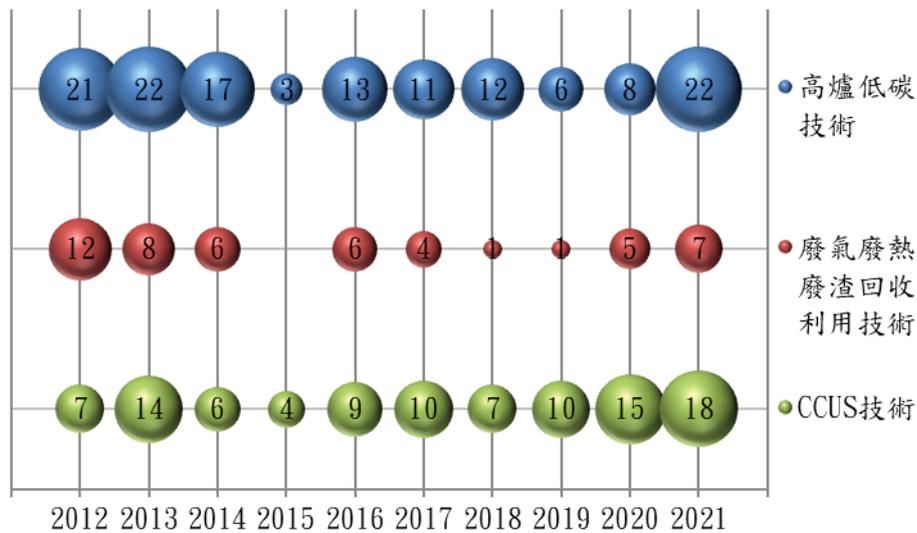


圖 10 日本申請人在三大類技術主題中 2012~2021 年的專利件數泡泡圖

### (三) 歐洲申請人分析

圖 11 係歐洲申請人在三大類技術主題中 2012~2021 年的專利件數泡泡圖。由圖 11 可知，歐洲 2012~2021 年除了 2019 年全球大環境不佳的因素外，其餘數年的專利件數並無太大的變化。另外，在三大類技術主題方面，歐洲的專利布局也是在高爐之低碳技術主題居多，這點與日本類似，而與中國大陸的狀況明顯不同。

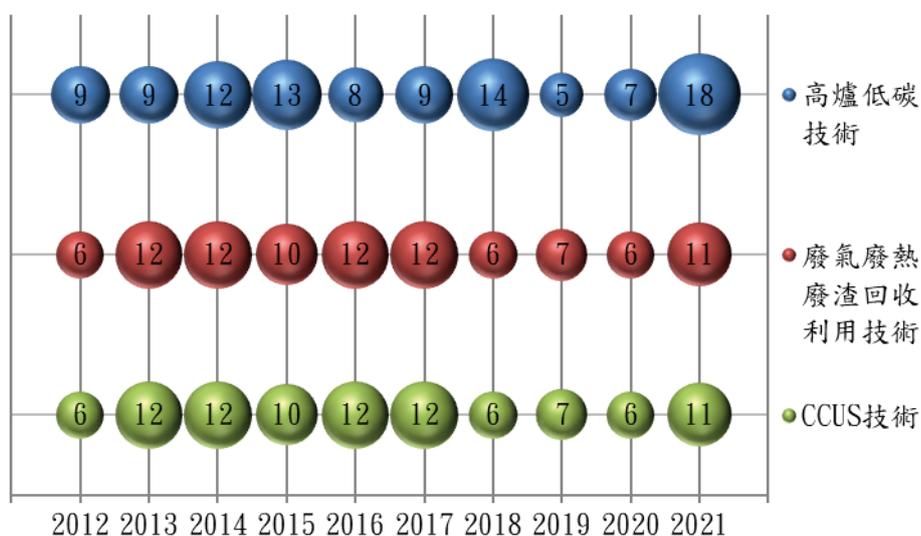


圖 11 歐洲申請人在三大類技術主題中 2012~2021 年的專利件數泡泡圖

由上述圖 8 至圖 11 之分析可知，全球在三大類技術主題中 2019~2021 年的專利件數呈現增加的趨勢，特別是在 2021 年增加幅度加劇，表示 2019~2021 年全球鋼鐵業為了要減少碳排放，對於鋼鐵高爐碳中和的技術日趨重視。

## 肆、鋼鐵高爐碳中和專利之三大類技術主題的專利趨勢分析

### 一、高爐之低碳技術主題分析

表 2 係高爐之低碳技術主題的技術分類及專利件數統計表，係針對高爐減少碳氧化合物的產生作為檢索條件，經檢索分類後依專利件數由高至低排列。由表 2 可知，使用低碳能源技術，例如使用氫氣、天然氣相關技術之專利件數為最多，計有 223 件；其次是以提高煉鐵效率為主之技術，計有 147 件；再來是一氧化碳相關之技術，計有 145 件，其中包含二氧化碳轉成一氧化碳之技術<sup>10</sup>，由於傳統

<sup>10</sup> 二氧化碳轉成一氧化碳者有 19 件。

煉鐵製程中，一氧化碳是重要的還原劑，有些專利技術係先將二氧化碳轉成一氧化碳，待一氧化碳的濃度增加後，再將廢氣鼓入高爐；第四多是去除二氧化碳相關之技術，計有 139 件，但不包含有關二氧化碳轉成一氧化碳之技術，本文就該四項技術分類進行分析。

表 2 高爐之低碳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、天然氣相關	223
以提高煉鐵效率為主	147
一氧化碳相關	145
去除二氧化碳相關	139

圖 12 係高爐之低碳技術主題中各技術分類 2012~2021 年的專利件數泡泡圖。由圖 12 可知，使用氫氣、天然氣當作還原氣體的專利件數，在 2021 年時大幅增加至 56 件，這意味著以氫氣、天然氣作為還原氣體的技術，在未來高爐之低碳技術主題中可能成為主流。另為了減少傳統煉鐵製程中焦炭的使用量，在煉鐵製程中鼓入更多一氧化碳至高爐內作為還原劑的技術，在 2021 年時，專利件數亦有明顯的增加。而為了減少碳的排放，在產生之廢氣中去除二氧化碳的技術，在 2021 年時，專利件數亦有明顯的成長。另在高爐的效率提升方面，2012~2021 年大致維持穩定的專利件數，雖 2021 年的專利件數略有上升，但這並不足以說明此技術分類將會成為高爐之低碳技術主題的主流技術。

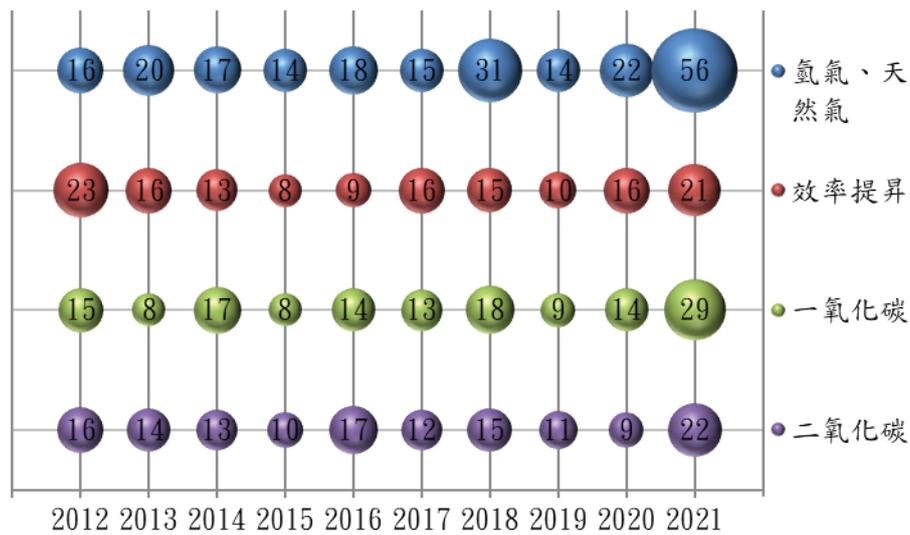


圖 12 高爐之低碳技術主題中各技術分類 2012~2021 年的專利件數泡泡圖

## 二、廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題分析

由於鋼鐵業係為高耗能及高碳排的工業，在煉鐵過程中往往需要大量的能源，若將高爐產生的廢氣、廢熱及廢渣回收至高爐內再利用，不但能增加高爐煉鐵的能源使用效率，亦可減少焦炭的使用，間接減少二氧化碳的排放。由前述圖 8 可知，2012~2021 年在廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題之專利件數，相較於其他二大類技術主題之專利件數為多，且於 2021 年之專利件數有明顯增加的趨勢。

表 3 係廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題的技術分類及專利件數統計表，係針對高爐產生之廢氣、廢熱及廢渣，以及回收、再利用作為檢索條件，經檢索後將廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題依不同技術再加以分類。由表 3 可知，在廢氣回收利用之技術分類的專利件數遠多於其他技術分類，此乃因廢氣中含有廢熱及還原氣體（例如一氧化碳、氫氣）等，這些廢氣可利用鼓風機鼓入高爐內再行利用，不須再額外加熱，可大量減少能源的使用，故廢氣回收利用技術廣泛地用於煉鐵廠。另表 3 所示之廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題之各技術分類的專利件數總和（ $518 + 181 + 92 + 249 = 1,040$ ），大於圖 6 所示之廢氣、廢

熱及廢渣回收利用技術主題的專利件數 813 件，此乃因部分單一篇專利說明書中，同時記載廢氣、廢熱、廢渣回收利用或廢氣淨化等多項技術，於本文統計分析時，會將一篇專利作多次計算所致。

表 3 廢氣、廢熱及廢渣回收主題的技術分類及專利件數統計表

廢氣廢熱廢渣回收利用技術分類	專利件數
廢氣回收利用	518
廢熱回收利用	181
廢渣回收利用	92
廢氣淨化技術	249

圖 13 係為廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題中各技術 2012~2021 年的專利件數泡泡圖。由圖 13 可知，無論在廢氣回收利用、廢熱回收利用、廢渣回收利用或廢氣淨化技術方面，於 2021 年的專利件數有明顯增加，特別是在廢氣回收利用及廢氣淨化技術方面的專利件數較多，故目前鋼鐵廠在廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題中所使用的技術，係以廢氣回收利用及廢氣淨化技術為主。

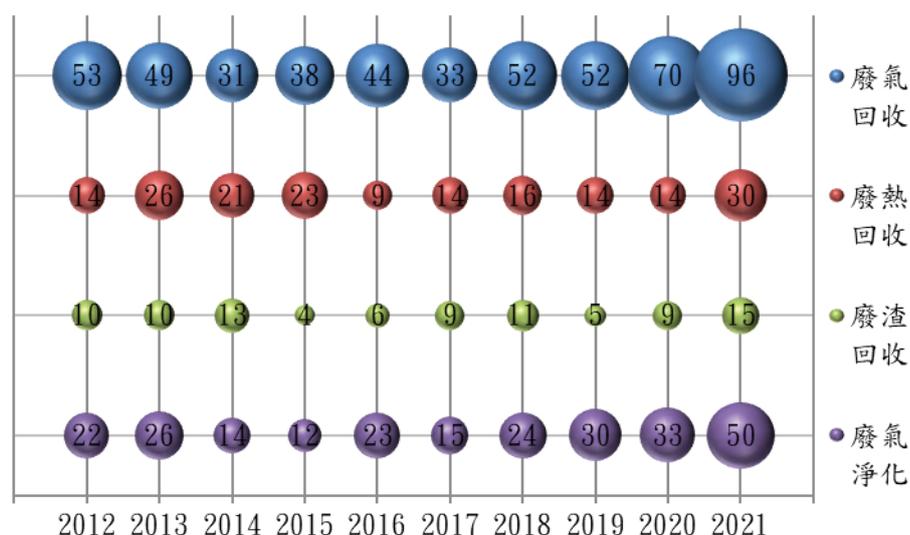


圖 13 廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題中各技術 2012~2021 年的專利件數泡泡圖

### 三、CCUS 技術主題

表 4 係 CCUS 技術主題中碳捕捉技術的技術分類及專利件數統計表。由表 4 可知，在 CCUS 技術主題中碳捕捉技術的技術分類包括，專利件數第一多是使用氨或胺基化合物吸附之技術，計有 83 件；其次是使用溶液（含鹼性溶液）之技術，計有 66 件；第三多是使用金屬或金屬氧化物，例如鈣、鎂等來吸附之技術，計有 54 件；第四多是使用爐渣來做碳捕捉之技術，計有 33 件，由於爐渣內含有一些鈣、鎂等金屬元素，其吸附原理與排在第三多的金屬或金屬氧化物相似，惟爐渣內有許多雜質會影響碳的捕獲，故使用爐渣來做碳捕捉的專利件數少於使用金屬或金屬氧化物的方式；第五多是使用膜或膜片來做碳捕捉之技術，計有 31 件。

表 4 CCUS 技術主題中碳捕捉技術的技術分類及專利件數統計表

碳捕捉技術	專利件數
用氨或胺基化合物	83
用溶液（含鹼性溶液）	66
用金屬或金屬氧化物	54
用爐渣	33
用膜或膜片	31

圖 14 係 CCUS 技術主題中碳捕捉技術各技術分類 2012~2021 年的專利件數泡泡圖。由圖 14 可知，2012~2021 年在高爐之碳捕捉技術中，各技術分類的專利件數並未隨著時間有明顯增長或衰退。

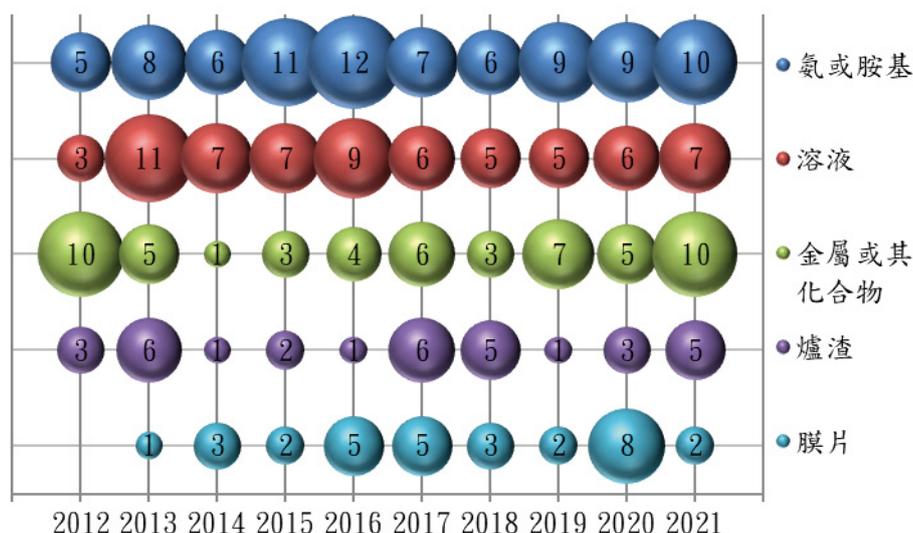


圖 14 CCUS 技術主題中碳捕捉技術各技術分類 2012~2021 年的專利件數泡泡圖

另在 CCUS 技術之後處理部分，表 5 係 CCUS 技術主題中碳封存及再利用技術的技術分類及專利件數統計表。由表 5 可知，在 CCUS 技術主題中碳封存及再利用技術的技術分類包括，專利件數第一多是將捕獲的二氧化碳與金屬或金屬氧化物（例如氧化鈣）作氧化還原反應，形成碳酸鹽（例如碳酸鈣）的技術，計有 36 件；其次是將捕獲的二氧化碳製備成其他碳製品的技術，計有 19 件；再來是將捕獲的二氧化碳冷卻或壓縮，形成固態二氧化碳（乾冰）的技術，計有 12 件。由於將二氧化碳形成粉末或顆粒狀的碳酸鹽後，其成品所占空間較小，較易運送及儲存，故在碳封存及再利用的技術中，使用將捕獲之二氧化碳形成碳酸鹽的技術者為最多。

表 5 CCUS 技術主題中碳封存及再利用技術的技術分類及專利件數統計表

碳封存及再利用	專利件數
形成碳酸鹽	36
碳製品	19
二氧化碳固化	12

## 伍、結論

### 一、整體結果分析

鋼鐵高爐碳中和專利 2012~2021 年專利件數前三名的國家地區，分別為中國大陸、日本及歐洲，這三個國家地區的專利件數占了全世界總專利件數的八成以上，且在「高爐之低碳技術主題」、「廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題」及「CCUS 技術主題」三大類主題中，各大類主題之專利件數前三名的國家地區亦是中國大陸、日本及歐洲，故在全球鋼鐵業中，中國大陸、日本及歐洲公開的鋼鐵高爐碳中和專利技術，係為全球鋼鐵業技術發展的指標。

鋼鐵高爐碳中和專利 2012~2021 年的專利件數分布情形，除了 2015 及 2019 年因全球大環境不佳導致專利件數下降外，其餘幾年呈現穩定成長，且至 2021 年出現大幅增加的趨勢。

鋼鐵高爐碳中和專利在三大類技術主題中，以廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題的專利件數為最多（有 813 件）；第二多是高爐之低碳技術主題（有 712 件）；第三多是 CCUS 技術主題（有 509 件）。

鋼鐵高爐碳中和專利前十大申請人部分，專利件數最多者為中國大陸的中冶南方公司，第二名為日本的 JFE 控股，第三名為中國大陸的鞍鋼公司。前十大申請人包含中國大陸及日本各有 4 個申請人，另韓國也有 1 個申請人。前述有 9 個申請人皆為鋼鐵公司企業，惟第十大申請人係為美國的學術單位，這顯示美國雖非鋼鐵業生產製造的主要國家，卻也非常重視高爐的減碳技術。

鋼鐵高爐碳中和專利前十大申請人在三大類技術主題部分，在高爐之低碳技術主題中，專利件數最多者為日本 JFE 控股，第二名為日本的神戶製鋼公司及中國大陸的中冶南方公司；在廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題中，專利件數前三名分別為中冶南方公司、鞍鋼公司及中國寶武集團，皆為中國大陸之公司企業；在 CCUS 技術主題中，專利件數最多者為日本的新日鐵住金公司，第二名為韓國的浦項鋼鐵公司，第三名為日本的 JFE 控股。

在高爐之低碳技術主題及 CCUS 技術主題中，最大申請國為中國大陸、日本第二、歐洲第三；在廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題中，最大申請國同樣為中國大陸，歐洲第二，日本第三。另依各國家地區在三大類技術主題中的專利件數來看，中國大陸在廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題中的專利件數，遠多於高爐之低碳技術主題及 CCUS 技術主題，而日本及歐洲在高爐之低碳技術主題的專利件數，皆多於廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題及 CCUS 技術主題，這顯示中國大陸的鋼鐵高爐碳中和技術，係以提升高爐的煉鐵效率為主，而日本及歐洲的鋼鐵高爐碳中和技術，係以發展高爐之低碳技術為主。另日本及歐洲在 CCUS 技術主題中的專利件數，與在高爐之低碳技術主題中相差不多，故日本及歐洲對於 CCUS 技術亦有相當的發展，反而在廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題中的專利件數為最少，這點與中國大陸的情形是不同的。

## 二、高爐之低碳技術主題

高爐之低碳技術主題中各技術分類部分，以使用氫氣、天然氣相關技術的專利件數為最多，且在 2021 年時，該技術的專利件數有明顯增加的趨勢；專利件數第二多是以提高煉鐵效率為主之技術；第三多是使用一氧化碳相關之技術；第四多是去除二氧化碳相關之技術，這顯示使用氫氣、天然氣煉鐵之技術，將成為未來高爐之低碳技術主題中的主要選項。

## 三、廢氣、廢熱及廢渣之回收利用技術主題

鋼鐵高爐碳中和專利以廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題的專利件數為最多，且於 2021 年的專利件數有明顯增加趨勢。廢氣、廢熱及廢渣回收利用技術主題中各技術分類部分，以廢氣回收利用技術的專利件數為最多；第二多是廢氣淨化技術；第三多是廢熱回收利用技術；第四多是廢渣回收利用技術。由於廢氣中含有廢熱及可利用的成分（例如一氧化碳），只須用鼓風機將廢氣回收至高爐內再利用，不須再額外加熱，可大量減少能源的使用，故目前廢氣回收利用技術廣泛地用於煉鐵廠。

#### 四、CCUS 技術主題

在 CCUS 技術主題中碳捕捉技術的技術分類包括，第一多是使用氨或胺基化合物吸附之技術；第二多是使用溶液（含鹼性溶液）之技術；第三多是使用金屬或金屬氧化物，例如鈣、鎂等來吸附之技術；第四多是使用爐渣來做碳捕捉之技術，惟爐渣內有許多雜質會影響碳的捕獲，故使用碳捕捉之專利件數少於使用金屬或金屬氧化物的方式；第五多是使用膜或膜片來做碳捕捉之技術。在 CCUS 技術主題中碳封存及再利用技術的技術分類包括，第一多是將捕獲的二氧化碳與金屬或金屬氧化物（例如氧化鈣）作氧化還原反應，形成碳酸鹽（例如碳酸鈣）的技術；第二多是將捕獲的二氧化碳製備成其他碳製品的技術；第三多是將捕獲的二氧化碳冷卻或壓縮，形成固態的二氧化碳（乾冰）的技術。由於將二氧化碳形成粉末或顆粒狀之碳酸鹽後，其成品所占空間較小，較易運送及儲存，故在碳封存及再利用的技術中，使用將捕獲的二氧化碳形成碳酸鹽之技術者為最多。