

碳封存專利趨勢分析

鄭宇辰^{*}、鄭詠文^{**}、陳子明^{***}、

林峯州^{****}、鍾文正^{*****}

壹、前言

貳、碳封存技術發展現況

一、封存場域的選擇

二、封存技術的種類

參、專利整體綜合分析

一、歷年申請量分析與生命週期圖

二、專利申請人分析

三、前八大第一申請人國家／地區分析

四、前十大第一申請人分析

五、碳封存 IPC 案數分析

肆、碳封存技術專利分析

一、碳封存專利技術申請案量分布

二、前八大第一申請人國家／地區在碳封存相關技術申請情形

三、前十大第一申請人在碳封存相關技術申請情形

四、碳封存二階技術中第一申請人類型比例

五、碳封存相關技術歷年申請案件數

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。

***** 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

本專題針對「碳封存」的全球相關專利進行分析，作一整體統計比較，以了解目前「碳封存」相關技術的發展現況，主要參考相關研究文獻中關於常見「碳封存」的分類，將其依照不同封存場域、封存狀態進行區分，大致可分為地質封存、地下鹽水層、礦化封存及生物封存等，其中「地質封存」又依地層性質是否包含油氣儲藏分為激勵採集及其他的地質封存，而激勵採集作為石油天然氣開採技術之一環，其技術較為廣泛應用且成熟；統計分析上主要利用 Derwent Innovation 資料庫統計截至 2021 年底全球所有公開（告）案件，經由整理、篩選分析後，共計 805 案，針對相關技術、各年申請量、主要申請人及其國籍、主要專利局等作一整體統計分析，期能藉由此專利分析提供相關技術發展現況，供有意開發及利用封存技術之產業及廠商作為發展技術之參考。

關鍵字：碳封存、專利分析、地質封存、激勵採集、礦化封存、地下鹽水層、生物封存

Carbon Storage、Patent Analysis、Geological Storage、Enhanced Oil Recovery、Mineral Trapping、Deep Saline Aquifers、Biological Carbon Storage

壹、前言

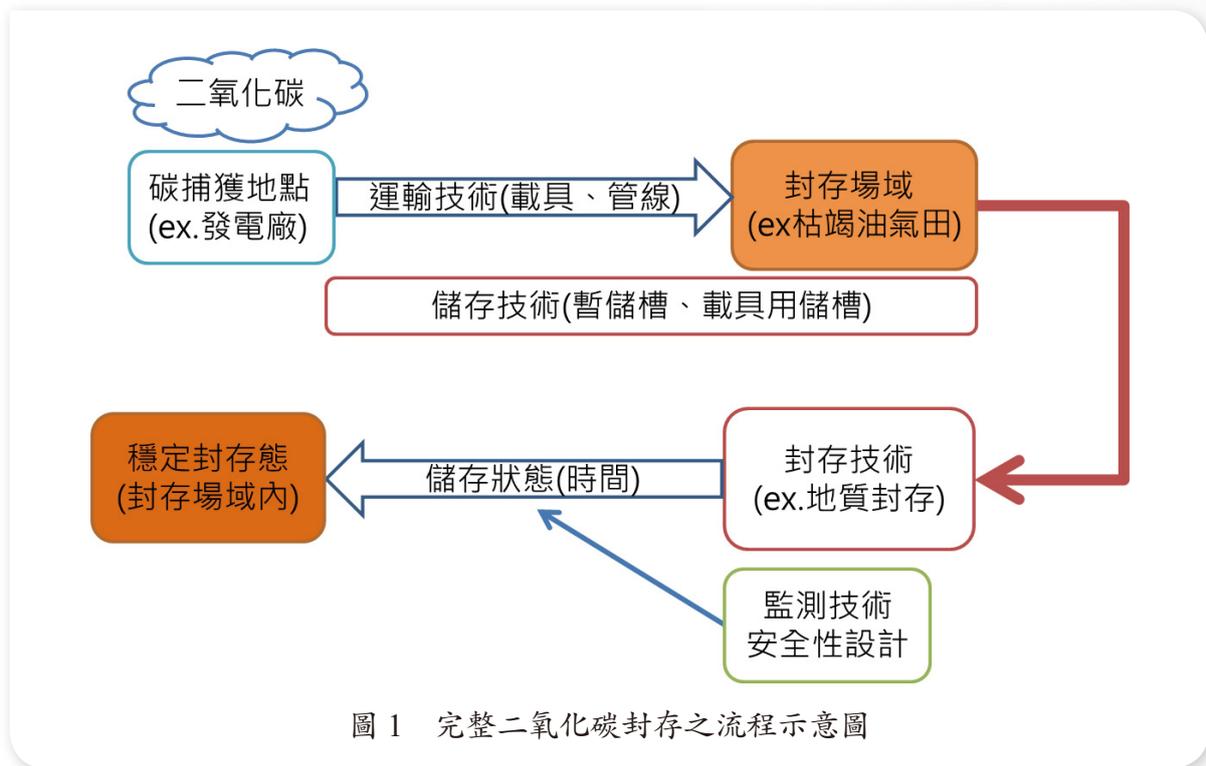
碳封存係指收集碳捕捉技術中分離的二氧化碳，經過相關預處理後輸送至封存場域進行封存之技術，早期以研究利用加壓二氧化碳注入地底來進行油氣開採之技術為主，近年來則因全球暖化及氣候變遷議題使減碳技術受到重視，因此可以對碳捕捉分離出的大量二氧化碳氣體進行處理之技術變得重要，除了直接使用或回收二氧化碳來轉換為其他物質，例如具有經濟價值的產品的再利用技術外，能有效將碳生命全週期延長的封存技術具有可量產處理且具商轉價值的特性，亦為達成淨零碳排技術中的重點。

貳、碳封存技術發展現況

關於處理大量二氧化碳氣體之方式，早期大多為利用加壓二氧化碳注入地底來進行油氣開採；而近年來減碳技術逐漸受到重視，在以碳捕捉技術有效捕捉二氧化碳後，選擇將二氧化碳以特定型態固定至特定地點且長時間存在的處理方式即為二氧化碳封存技術。而與二氧化碳再利用技術比較，封存技術具有成熟及量產處理的特性¹。

二氧化碳封存的流程如圖 1 所示，在二氧化碳進行實際封存之前，需要由碳捕獲地點運輸至封存場域，主要藉由管線、載具（車輛、船舶）進行運輸（運輸技術），過程中及封存前以安全的儲槽進行儲放（儲存技術），屬於封存前處理技術之範疇；接著，依據封存場域的條件選擇適當的封存技術並執行封存；而在執行封存後，需要對於在封存場域中的二氧化碳封存狀態進行評估之技術，例如封存位置上經時的監測技術及延長封存穩定性的安全性設計，屬於封存後處理技術之範疇。

¹ 邱凡珩，國際碳捕獲、再利用與封存技術發展概況，能源知識庫，2020 年 5 月。



而封存技術之目的在於使二氧化碳在安全的環境下長期儲存且與外界隔離，而欲達成此目的，對於儲存位置之選擇及儲存的狀態可以有不同的方式。就儲存狀態而言，可分為氣體態的地質封存、液體態的地下鹽水層及固體態的礦化封存等，而儲存狀態不固定的包含生物封存和可封存於海底下地層、深層海水內或與海洋礦物結合的海洋封存。

一、封存場域的選擇

以下整理封存場域常見的種類，以及對應不同封存場域，封存之二氧化碳存在的儲存型式²：

（一）利用封閉構造進行儲存

封閉構造是地層裡有形成彎曲儲藏類似碗公的「背斜」結構，一般是如石油、天然氣的礦藏地點，而在已有礦藏之情形下可注入二氧化碳

² 廖英凱，碳封存是逆天而行的工程神話還是順應自然的科學奇觀，泛科學專欄，2015年10月。

氣體並進行礦藏之採集，而後將油氣田封閉之步驟後就可作為二氧化碳封存場域。對於同時可將二氧化碳封存又可採集礦藏的方式即屬於封存技術中的激勵採集；而對於已枯竭呈現中空的狀態之枯竭油氣田，單純將二氧化碳注入將剩餘之油氣煤排出就屬於較泛稱的地質封存。

（二）地下鹽水層的二氧化碳封存

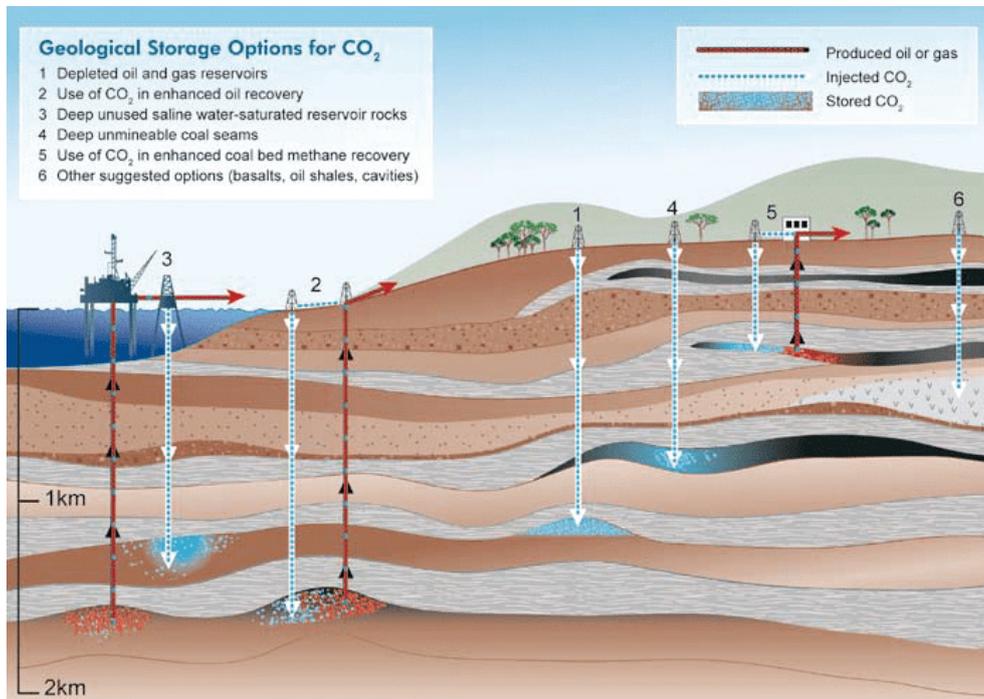
地層中除了背斜結構外，亦有以液體型式，即鹽水方式存在的地層，一般常見於原海域或大陸棚地形中，這樣的地層上方會有更厚密度也更紮實的阻滯層與蓋層避免氣體外洩，而鹽水層側向雖屬開放，但二氧化碳側向移棲 10 公里也需要數萬年左右的時間，對於二氧化碳的封存現況而言已屬可用之場域，一般的封存方式則是藉由高壓將二氧化碳溶解於該鹽水層中。

（三）固態礦化封存

封存的過程中除了選擇以氣體或液體方式保留於地層，亦可以藉由碳酸化的方式轉變為碳酸鈣、鎂、鉀等固體礦物、水泥型式，藉由建物或以固體方式輸送至地層封存場域。

二、封存技術的種類

關於碳封存技術中常見的二氧化碳處理方式，其中依地質結構選擇處理方式的示意圖（如圖 2 所示）及整理如下：



(Produced oil or gas：油氣產物；Injected CO₂：注入的二氧化碳；
Stored CO₂：儲存的二氧化碳)

圖 2 二氧化碳於陸海域之地質封存處理方式之選擇示意³

地質封存位置的選擇：

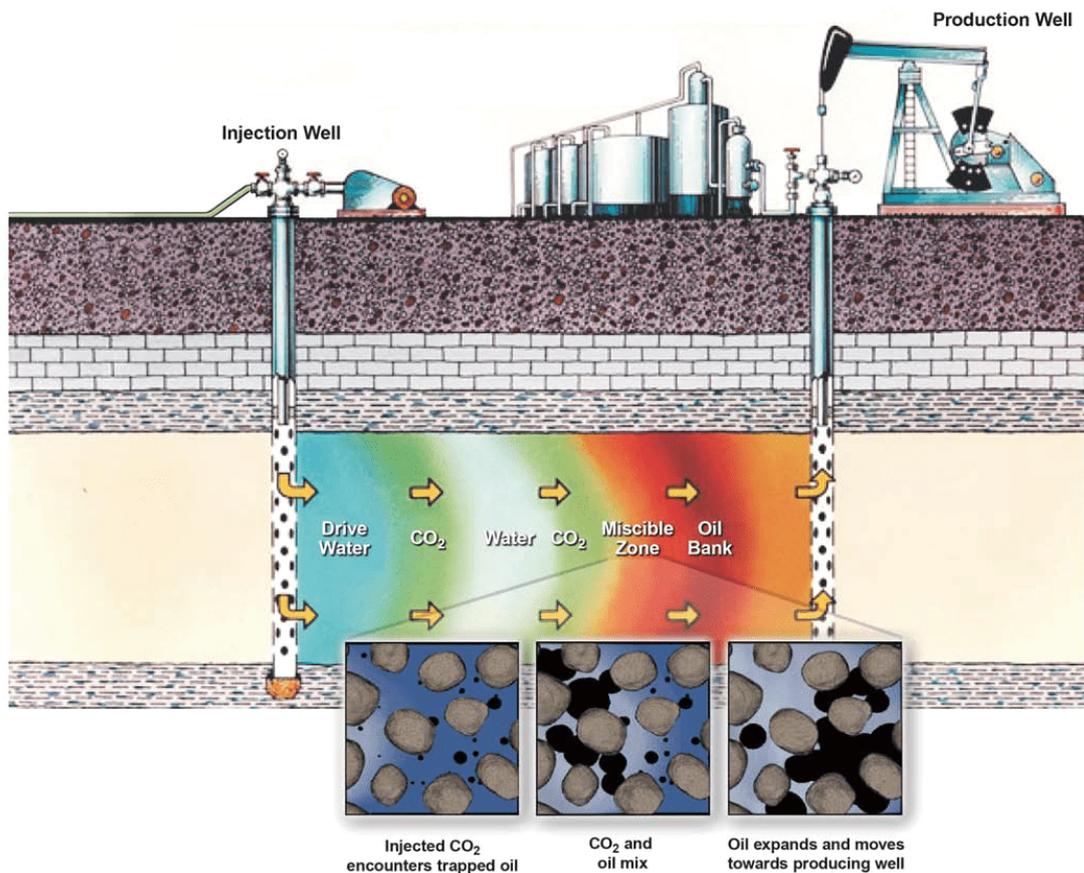
- 1、枯竭油氣田（Depleted oil and gas reservoirs）。
- 2、利用二氧化碳激勵採集石油（Use of CO₂ in enhanced oil recovery）。
- 3、飽和地下鹽水層（Deep unused saline water-saturated reservoir rocks）。
- 4、深度無法採集的煤田（Deep un-mineable coal seams）。
- 5、利用二氧化碳激勵採集煤層氣（Use of CO₂ in enhanced coal bed methane recovery）。
- 6、其他建議的選擇如玄武岩、油頁岩、空腔（Other suggested option, basalts, oil shales, cavities）。

³ Bert et al., IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage, Cambridge University Press, (2005).

針對碳封存技術中，較為成熟或於相關產業常見之技術進行整理，共有五大種類：

(一) 激勵採集 (Enhanced oil recovery)

如上圖 2 中的選擇 2 及 5，激勵採集屬於目前發展最為成熟且相關文獻內容最多的技術，最初為一種地層物開採使用的技術，例如利用注入氣體之方式對地層下石油、天然氣及煤礦進行採集，其處理機制如圖 3 所示：



(Drive Water：驅動水；Miscible Zone：混溶區；Oil Bank：富油區)

圖 3 激勵採集之機制示意圖⁴

⁴ Carbon Dioxide Enhanced Oil Recovery, U.S. Department of Energy, https://www.netl.doe.gov/sites/default/files/netl-file/co2_eor_primer.pdf (last visited Mar. 2010).

藉由注入井 (Injection Well) 將加壓的二氧化碳注入油氣層中，接著使注入的二氧化碳與油氣層中的油接觸 (Injected CO₂ encounters trapped oil)，透過擴散與其中的油氣混合 (CO₂ and oil mix)，並推動油氣擴散往採收井 (Production Well) 排出 (Oil expands and moves towards production well)，而注入的加壓二氧化碳則留存於該地層內作為替代，可同時達到提高採油／氣效率且將大量的二氧化碳封存於該地層內的效果，因為具有經濟效益 (石油及天然氣採集)，屬於可商業化的技術。

(二) 地下鹽水層 (Deep saline aquifers)

如上圖 2 中的選擇 3，通常選擇近海或大陸棚區域下地層中具有連續水層的部位，將二氧化碳注入該鹽水層中溶解形成碳酸化的水體，目前實際運轉的案例不多，但由於具有儲存潛力的場域較多，屬於發展性較大的封存技術。

(三) 地質封存 (Geological storage)

將目的為開採的激勵採集部分去除，單純將二氧化碳封存於地層內的技術，例如上圖 2 中的選擇 1、4 及 6，像是未開採的煤田、枯竭的油氣田以及其他適合之地質結構 (如上述的背斜地層等)，一樣透過注入井將二氧化碳打入該地層中，之後封閉後進行封存的技術。

(四) 礦化封存

礦化封存為與場域無關的封存技術，其性質與再利用的型態類似，其差異僅在於最後是否進行利用，或者是以穩定存放的形式進行儲存。礦化封存是進行固態碳酸化，其內涵與再利用中固定為碳酸鹽的礦化進行固碳的技術相同。

(五) 生物封存

生物封存同樣是與場域無關的封存技術，其性質與再利用的型態類似，其差異僅在於最後是否進行利用，或者是以穩定存放的形式進行儲存。生物封存是微生物轉化形式的進行封存，其內涵與再利用中以生物光合作用 (例如藻類) 進行固碳的技術相同。

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⁵與碳封存相關關鍵字以蒐集全球各國「碳封存」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 805 案^{6、7}。

一、歷年申請量分析與生命週期圖

對碳封存專利進行歷年分析，圖 4 為碳封存歷年（公開年及優先權年）申請案量之變化；圖 5 為碳封存歷年申請案量與專利申請人數數量之變化（即生命週期圖），因激勵採集相關之技術早於 1970 年即有發展，因年份數據較長且零散（1970 年至 2000 年共 30 年間），為避免分析上之困難，除分析歷年申請案量外，將 2000 年前之部分合併。

以優先權年專利案數觀察研發趨勢變化，其中請數與石油價格或需求具有很明顯的連動性，例如兩次申請量上升段（2002 年至 2009 年）、（2015 至 2016 年）分別有油價逐年上漲及頁岩油開採技術的背景因素，其係因本文分析的封存技術內容以激勵採集技術為大宗，主要為石油、天然氣開採相關之技術，且隨著石油價格下跌時，相關技術申請量亦有下跌之情形（2009 年至 2015 年）、（2016 年至 2020 年）。

生命週期圖則分析優先權年在 2019 年以前之專利案，除 2000 年因（荷蘭商）殼牌石油公司同時申請 16 案而造成當年份申請案件數有顯著差異外，大致上專利申請權人數與專利申請量呈現正比上升趨勢至 2016 年達到頂峰，其後逐年下降進入成熟期，推測本技術目前屬成熟期，專利申請人顯著的減少，專利申請案也趨於穩定數目。

⁵ 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）。

⁶ Derwent Innovation 資料庫，<https://www.derwentinnovation.com/login/>，下載日期：2022 年 3 月 13 日。

⁷ 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。

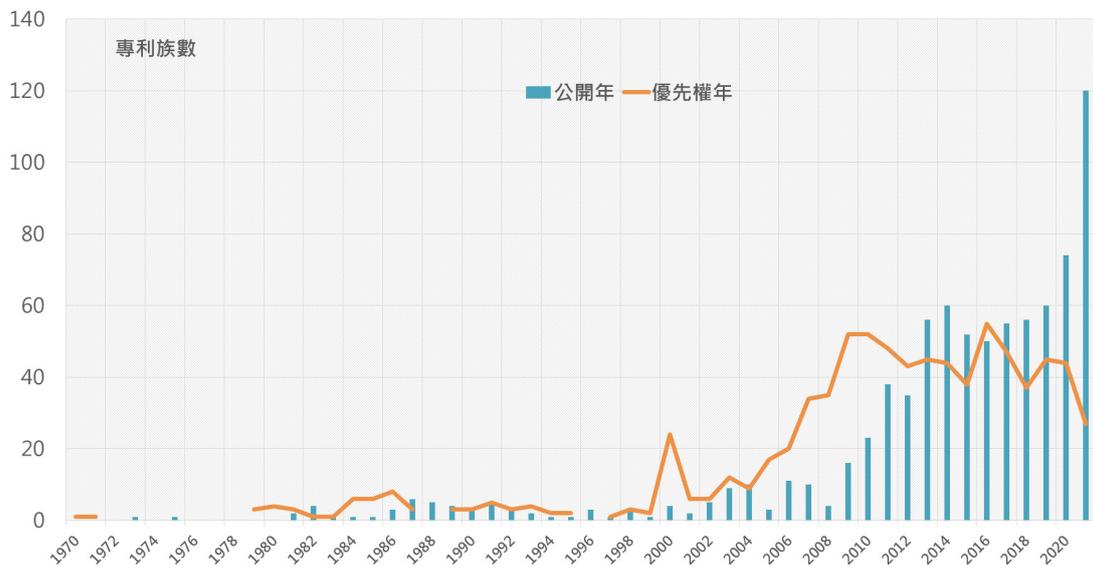


圖 4 碳封存技術歷年申請案量變化

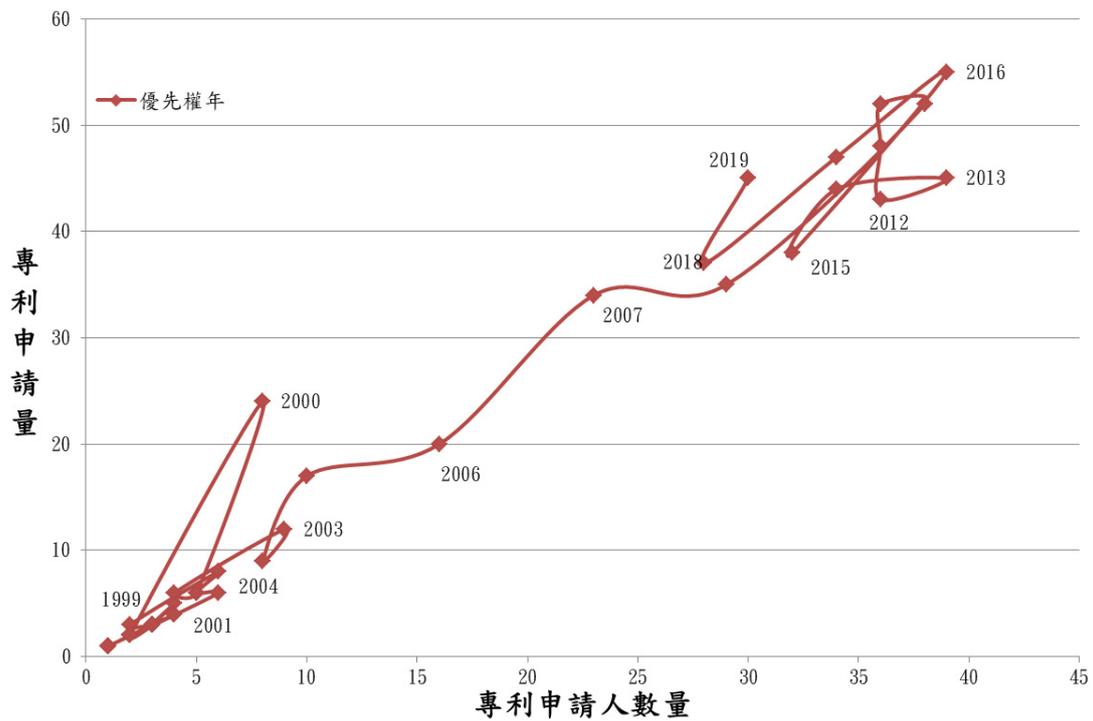


圖 5 碳封存技術生命週期圖

二、專利申請人分析

本部分以專利申請人國家／地區及其類型進行分析，圖 6 為碳封存技術第一申請人國家／地區比例，其中美國及中國大陸兩者占比已超過五成，而除了上述前八大第一申請國家／地區以外地區共僅占 1%，碳封存專利的第一申請人國家／地區係以具有石油天然氣資源的國家或開採公司為主，可能因為如此，沒有我國申請人，而南韓的部分則以礦化封存技術研究較多。

圖 7 為碳封存技術第一申請人的類型⁸，其中 501 案為公司，所占比例為 62%、學術及研究機構（學術機構）為 249 案（31%）、個人為 55 案（7%）。其中公司申請人占了絕大多部分的比例，其次為學術機構、個人，推測與碳封存技術主要以服務具有封存場域及產碳大戶之公司之需求有關。

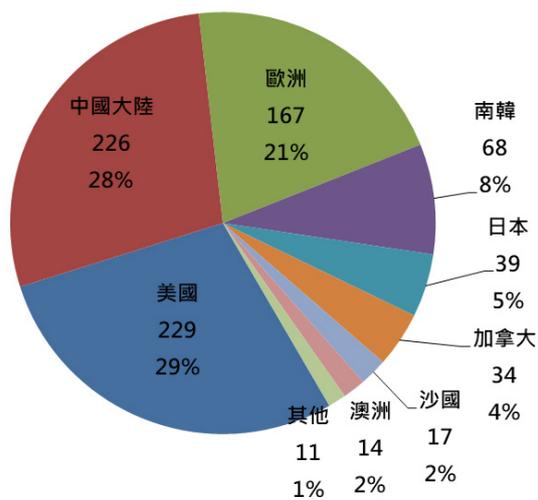


圖 6 碳封存第一申請人國家／地區比例

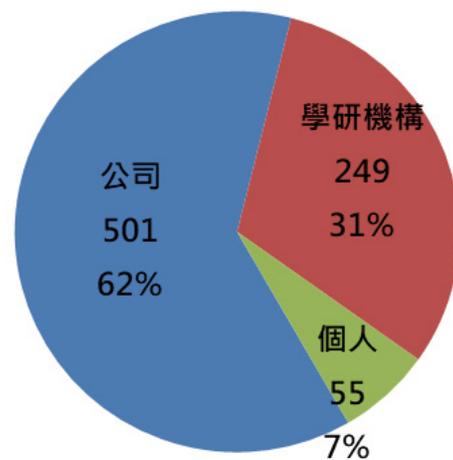


圖 7 碳封存第一申請人類型比例

⁸ 部分專利申請案有兩個以上的專利申請人，本節所指第一申請人係以專利申請書上第一順位的申請人進行分析。

三、前八大第一申請人國家／地區分析

圖 8 呈現碳封存前八大第一申請人國家／地區專利歷年（優先權年）申請案量趨勢，其中可細分為四個區間，分別為 2002 年至 2009 年、2015 至 2016 年急速上升趨勢、2010 至 2015 年及 2017 至 2020 年的申請案量緩減，以國家／地區分析來看，2010 年前以美國逐年增加為主，2012 年起，僅以中國大陸專利申請人以明顯的趨勢增加申請案，其他國家專利申請人的專利案數近幾年並無明顯增加，甚至有明顯的降低，此種變化可能與中國大陸之鼓勵申請專利的政策有關；若去除 2000 年前之申請案進行分析，中國大陸專利申請人為碳封存技術的第一大申請人。

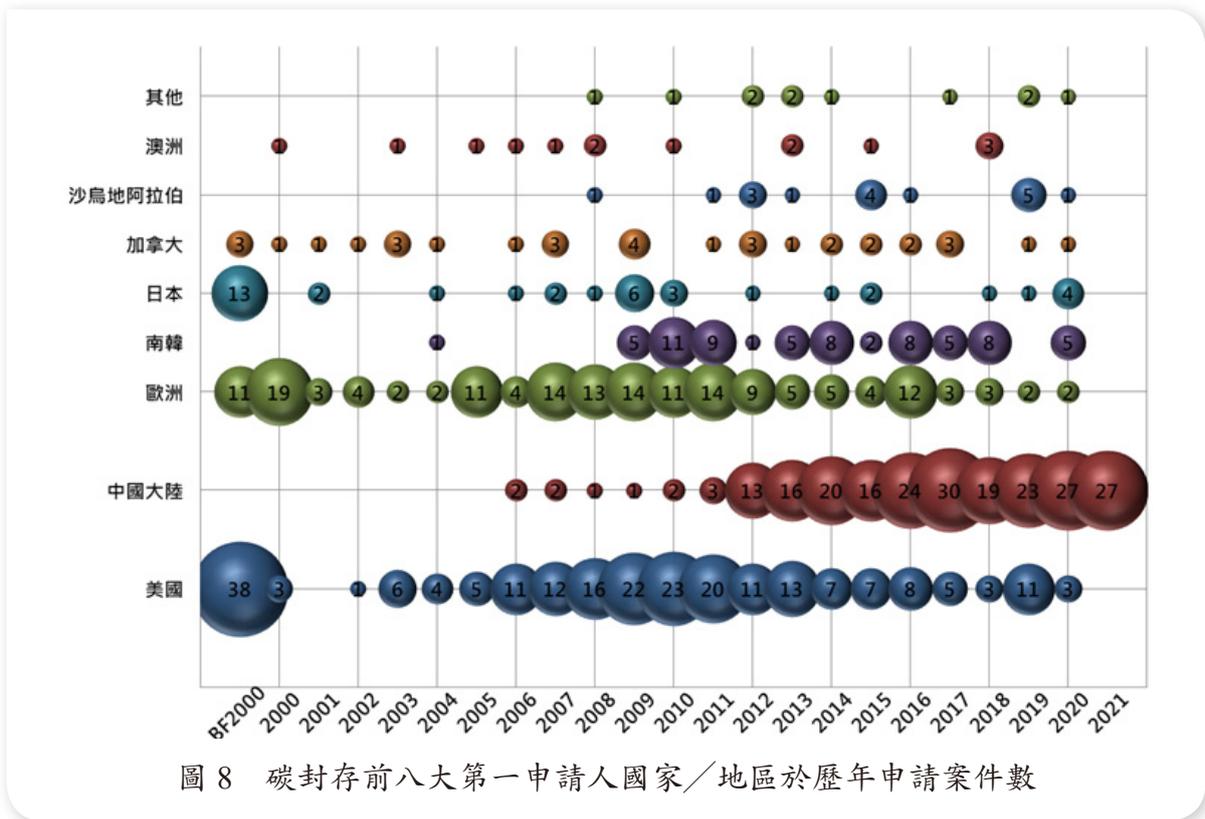


圖 8 碳封存前八大第一申請人國家／地區於歷年申請案件數

四、前十大第一申請人分析

圖 9 所表示為碳封存技術中前十大第一申請人的歷年（優先權年）申請案件數，在前十大第一申請人中，有 8 間公司及 2 間學術研究機構，以國家／地區分析，中國大陸 4 個為最多、美國及歐洲（荷蘭、德國）2 間次之，其餘為南韓及沙烏地阿拉伯；以研究技術領域分析，則包括 7 間石油公司（殼牌、中國石油化工、艾克森美孚、中國石油、康菲公司、沙烏地阿拉伯國家石油公司及延長石油集團），1 間天然氣公司（林德集團）及 2 所礦業技術研究機構（中國礦業大學、韓國地質資源研究院）；依優先權年對各申請案件分布進行分析，早期以美國及歐洲的石油開發公司（殼牌石油、艾克森美孚及康菲）申請案最多（2000 年前較多，且主要集中於 2010 年以前），中後期則以中國大陸的石油公司逐年增加（2012 年後），如中國石油化工及中國石油之申請案皆於 2012 年後申請，延長石油集團於 2014 年後開始申請專利，而申請案之內容除針對開採本身所需之技術外，大部分都包含二氧化碳封存的減碳概念於專利文件中。

而礦業技術領域中，韓國地質資源研究院及中國礦業大學的案件亦分別於 2010 年後及 2012 年後開始申請專利，主因為基於減碳技術開發的需求，利用礦化封存及碳酸化進行固碳技術發展逐漸增加。

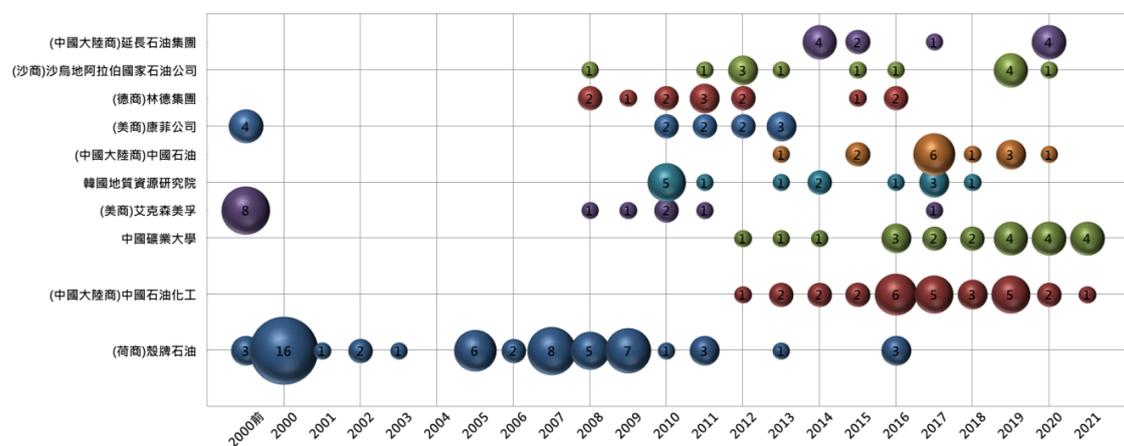


圖 9 碳封存前十大第一申請人歷年申請案件數

五、碳封存 IPC 案數分析

圖 10 為碳封存技術於 IPC 案數之分布⁹，其中以 E21B (35%) 及 B01D (31%) 占據了大半部份的案件數，可呼應封存技術中以「激勵採集」技術案量最多之結果。

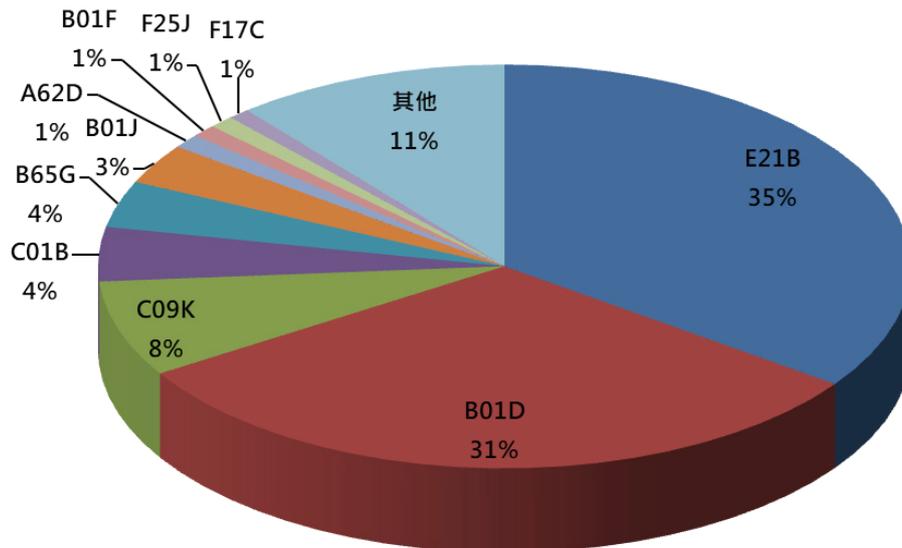


圖 10 碳封存三階 IPC 案數分布

肆、碳封存技術專利分析

將碳封存專利進一步以技術分類進行專利分析，其封存的技術分類範疇包括封存技術、封存處理技術（前處理：運輸儲存及後處理：監測安全性），其中封存技術為主要探討之技術，可細分為主目的為增產油氣煤的激勵採集、封存於地下水相的地下鹽水層、除上述二者外不具特定目的的地質封存、以固態型式儲放的礦化封存及應用生物技術的生物封存。

⁹ 二氧化碳封存技術以 IPC 對應之技術內容分別為：
 E21B- 利用二氧化碳作為驅油劑，於井中開採油
 B01D- 於原料氣、廢氣中分離／回收二氧化碳
 C09K- 用於鑽井之組合物
 C01B- 從混合氣中分離氫、二氧化碳
 B65G- 輸送、搬運二氧化碳氣體
 B01J- 將二氧化碳氣體礦化之反應

就封存技術及封存處理技術（兩者並稱為二階技術）下區分的三階技術則是將前處理技術（即運輸儲存）下分運輸技術與管線儲槽、後處理技術（即監測安全性）下分具有監測技術之內容與其他安全性相關之部分。

整體碳封存的二階及三階技術，如圖 11 所示：

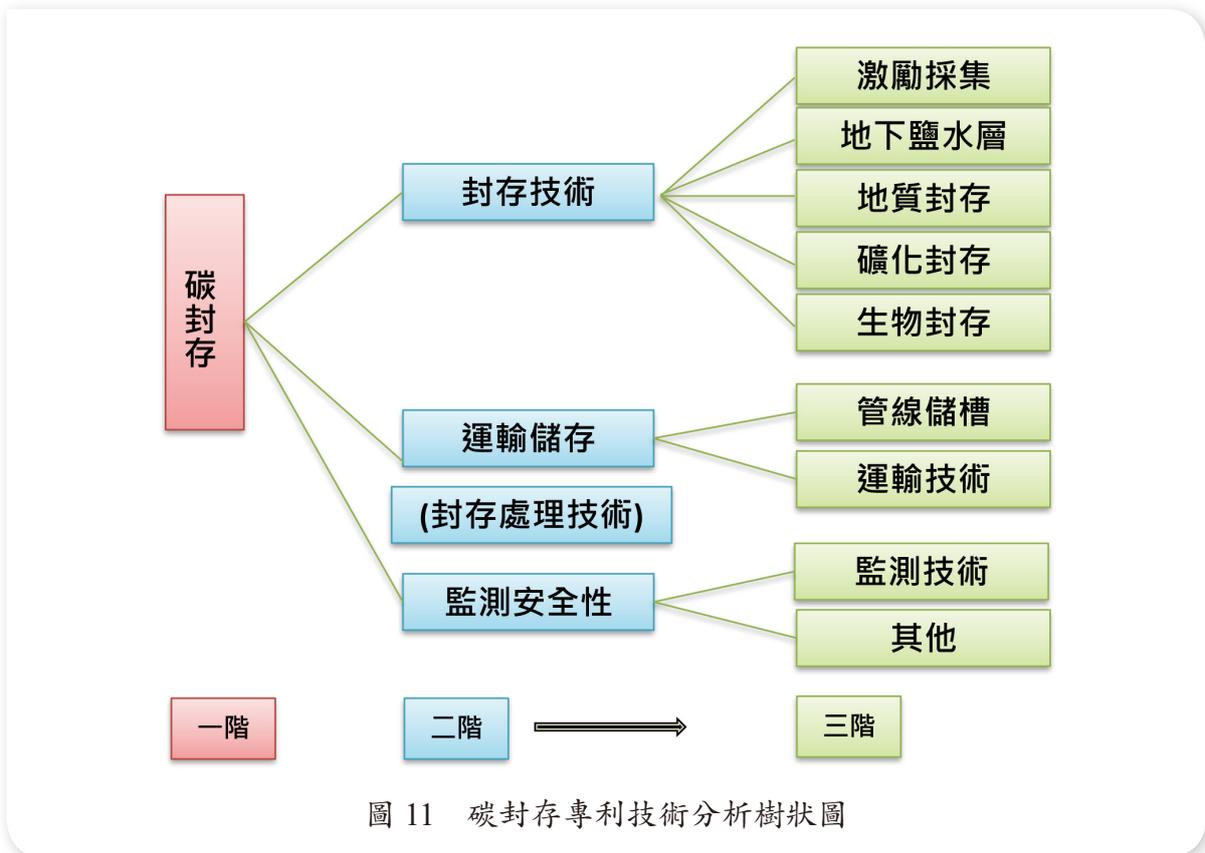


圖 11 碳封存專利技術分析樹狀圖

本部分以碳封存專利技術申請案量分布、前八大第一申請人國家／地區在碳封存相關技術¹⁰申請情形、前十大第一申請人在碳封存相關技術申請情形、碳封存二階技術中第一申請人類型比例及碳封存相關技術歷年申請案件數呈現技術專利分析的布局趨勢。

¹⁰ 由於封存處理技術展開之案件數較少，為方便比較，將封存技術展開的五項三階技術與兩種封存處理技術並列進行比較（下稱相關技術）。

一、碳封存專利技術申請案量分布

圖 12 呈現碳封存專利申請案於碳封存二階技術之申請案量、圖 13 呈現了將封存技術、運輸儲存、監控安全性技術展開之三階技術申請案量¹¹。碳封存二階技術中以封存技術的專利案量最多（675 案），其次為運輸儲存（111 案），最少的是監測安全（56 案）；而碳封存三階技術中，專利案量以「激勵採集」（387 案）最多、其次為「礦化封存」（203 案），其他封存技術皆未超過 10% 以上。

分析碳封存專利技術之案量比率結果，與目前商轉的碳封存專利技術之關聯性極高，例如以發展時間最長且技術最成熟之「激勵採集」的案量最多，其次為用以製作碳酸鈣之技術應用於二氧化碳碳酸化固定的「礦化封存」，生成之碳酸鹽類除了僅用於固體存放，亦有作為建材、化學原料之用途。

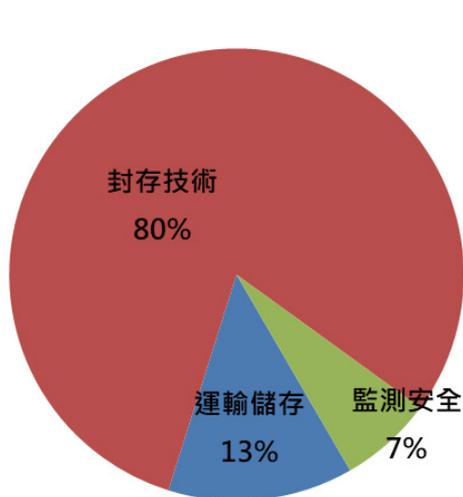


圖 12 碳封存二階技術申請案量分布

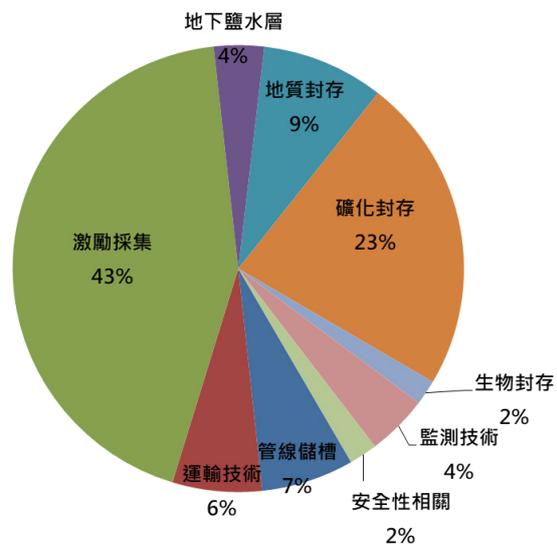


圖 13 碳封存三階技術申請案量分布

¹¹ 同一件專利案可能同時包含不同的封存處理技術或封存技術，因此在統計上，將在各類別中同時予以計數。

二、前八大第一申請人國家／地區在碳封存相關技術申請情形

以碳封存相關技術對各申請人國家／地區分別利用泡泡圖及堆疊的長條圖進行繪圖分析，如圖 14 及 15 所示，其中美國於「激勵採集」、「地下鹽水層」、「地質封存」為第一大申請人國家／地區；中國大陸於「礦化封存」、「生物封存」、「運輸儲存」及「監測安全」為第一大申請人國家／地區；歐洲於「地質封存」與美國同為第一大申請人國家／地區，此與早期對於二氧化碳注入地底之技術主要為石油開採為主有關、而後續因應氣候變遷及碳排放議題等因素而研究二氧化碳減量、封存技術時，所增加應用之技術（礦化封存、運輸儲存及監測安全性）則以新興國家為主（中國大陸、南韓）。

以各國家／地區之長條圖觀之，可明顯發現南韓係以「礦化封存」技術為主要申請方向、日本則以「運輸儲存」及「礦化封存」為主，與具有石油及天然氣田的國家／地區（美國、中國大陸、歐洲、加拿大及沙烏地阿拉伯）不同，這些國家／地區以「激勵採集」為主要申請方向，其應用也主要為注入二氧化碳以增高產量為主、達成封存目的為輔。

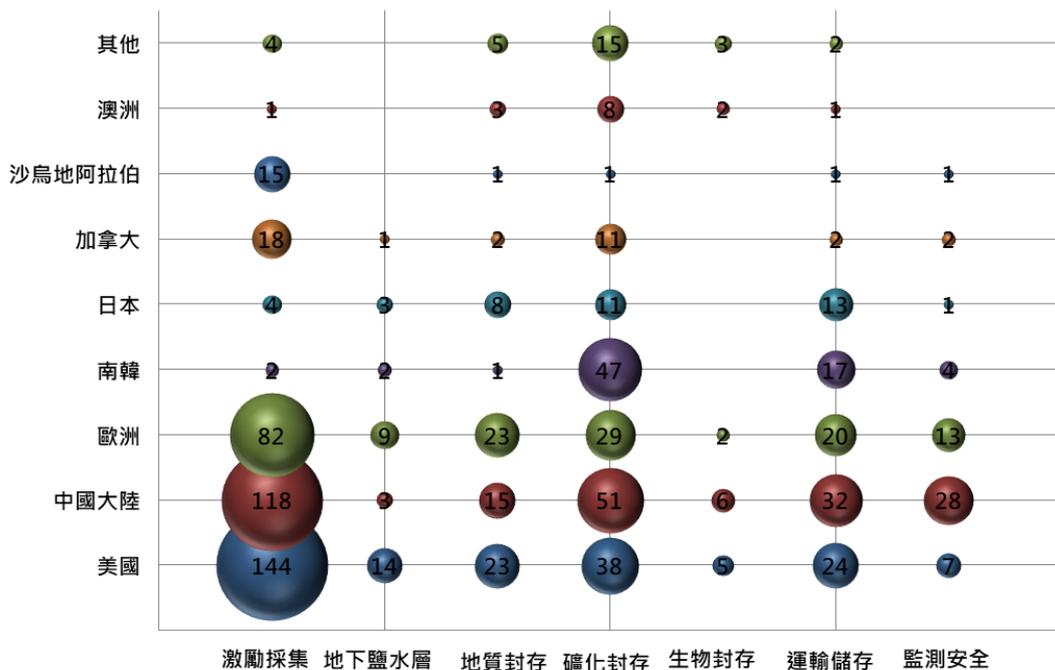


圖 14 碳封存相關技術於前八大第一申請人國家／地區各自申請案數

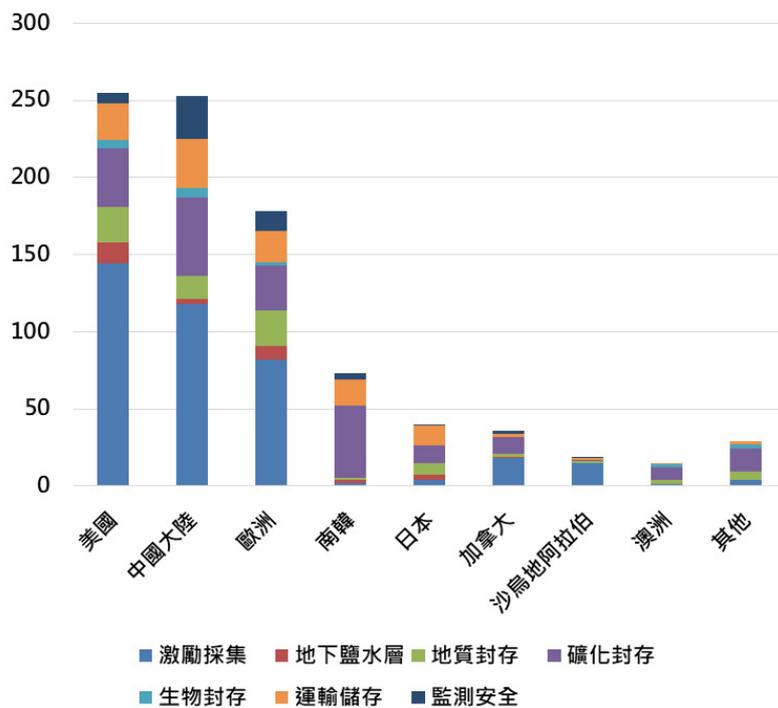


圖 15 碳封存相關技術於前八大第一申請人國家／地區各自申請案數

三、前十大第一申請人在碳封存相關技術申請情形

前十大申請人在碳封存相關技術申請狀況如圖 16 所示，依碳封存相關技術分析，因各申請人之領域有別（石油、礦業），故觀察各大申請人之案件，其中（荷蘭商）殼牌石油公司以「激勵採集」最多（亦為「激勵採集」技術之最多者）、其次為「地質封存」及「礦化封存」。中國石油化工以「激勵採集」最多、其次是「運輸儲存」及「監測安全」；中國礦業大學以「激勵採集」最多、其次是「監測安全」及「運輸儲存」。（美商）艾克森美孚公司、（中國大陸）中國石油、（美商）康菲公司、（德商）林德集團及（沙商）沙烏地阿拉伯國家石油公司亦為「激勵採集」最多。

值得注意的是韓國地質研究院之「礦化封存」申請案最多且為「礦化封存」申請案最多者，且其餘領域案件極少（僅有 1 案同時關於「地下鹽水層」、「地質封存」、1 案「運輸儲存」及 1 案「監測安全」），對照第一申請人國家／地區之結果，南韓於封存技術中主要以「礦化封存」技術為主要申請方向且屬技術最多者。

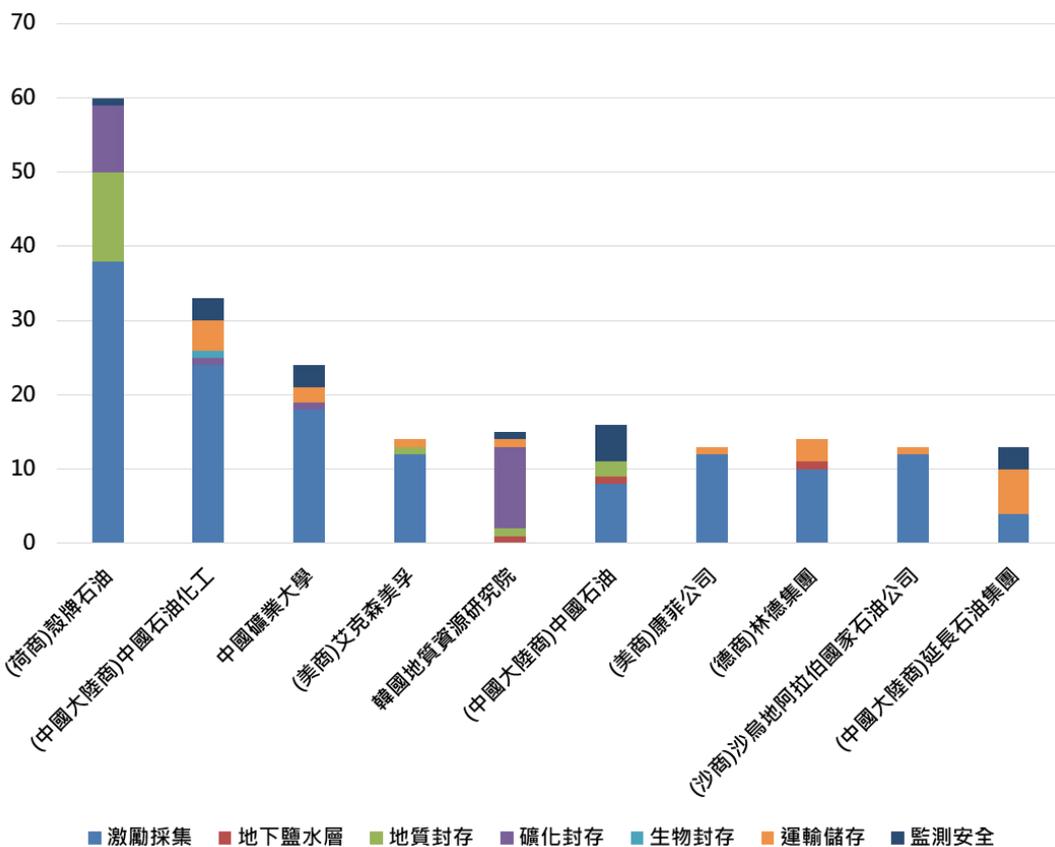


圖 16 碳封存相關技術於前十大第一申請人各自申請案數

四、碳封存二階技術中第一申請人類型比例

本部分係將碳封存二階技術中之「運輸儲存」、「封存技術」及「監測安全」，以第一申請人類型進行分析，藉以探討各種技術之申請人類型態樣。

將個別技術及申請人類型列出如圖 17 所示，可發現各種技術中仍以公司類型占比最多，其次才為學術機構與個人。其中三種技術的公司占比最高，都超過一半。若對「運輸儲存」、「封存技術」、「監測安全」三種技術各自分析，分別將各技術總量設為 100%，經由換算可得到：

- (一) 「封存技術」：公司為 417 案（占 62%）、學研機構 218 案（占 32%）、個人 40 案（占 6%）。

(二) 「監測安全」：公司為 30 案（占 54%）、學研機構 22 案（占 39%）、個人 4 案（占 7%）。

(三) 「運輸儲存」：公司為 76 案（占 68%）、學研機構 21 案（占 19%）、個人 14 案（占 13%）。

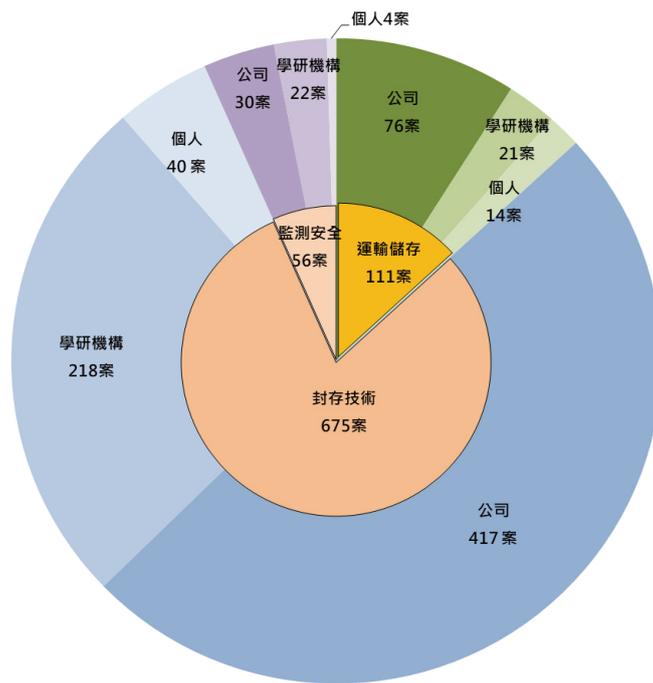


圖 17 碳封存二階技術中第一申請人類型比例

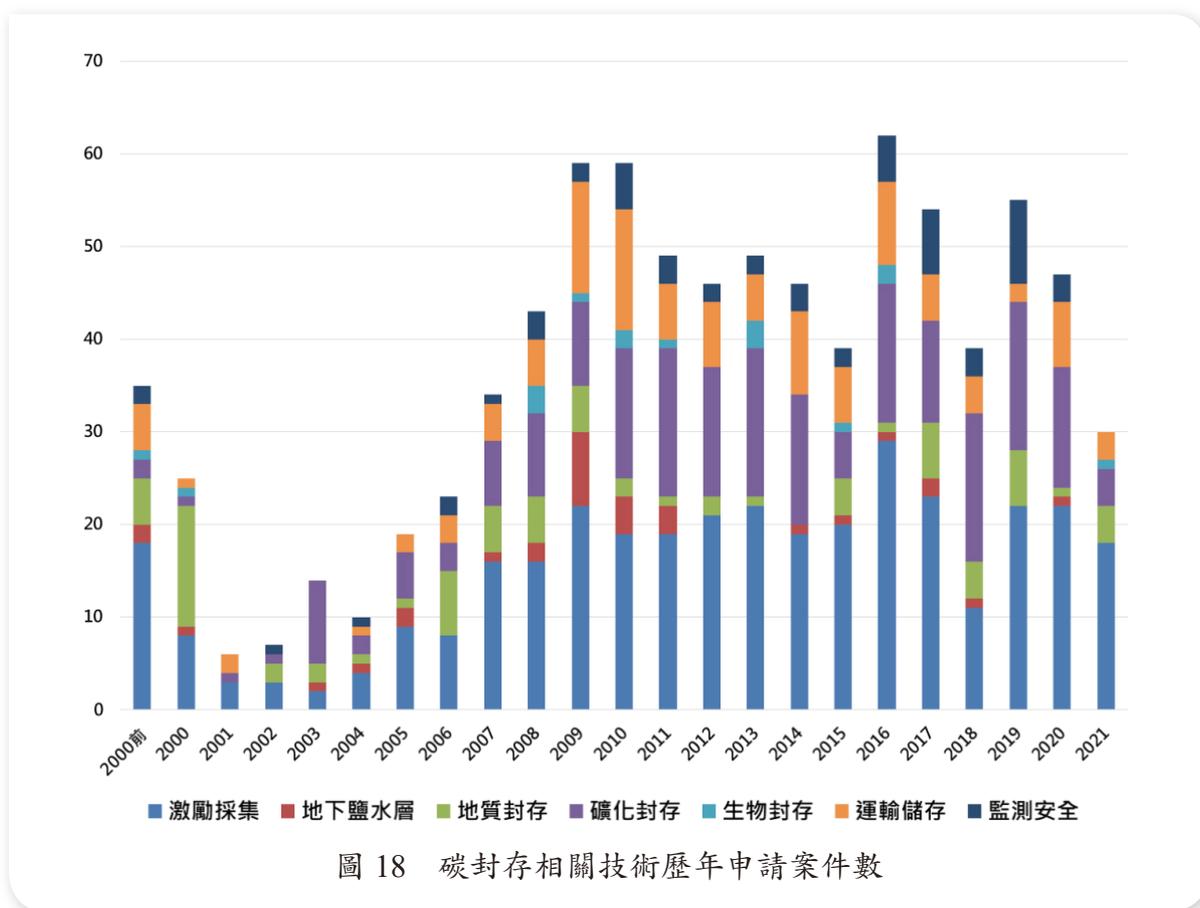
五、碳封存相關技術歷年申請案件數

本部分為將碳封存的處理技術（運輸儲存、監測安全）與封存技術（激勵採集、地下鹽水層、地質封存、礦化封存及生物封存）以優先權年進行分析，藉以獲得各技術之逐年申請趨勢。

由圖 18 可發現，「激勵採集」技術自 2001 年開始專利案量逐漸增加，到達 2009 年達相對高峰 22 案後，於 2010 至 2015 年間穩定落於年申請 19 至 22 案間，而於 2016 年達到最高峰（29 案），此後逐年下降，大致與整體碳封存趨勢相同。「礦化封存」案件則在 2009 年前各年間最高申請量為 9 件，此後逐漸增加至 16

件（2011 年）後大致持平（除 2015 年 5 件外）至 2020 年。「地下鹽水層」、「地質封存」及「生物封存」則因申請案較少，較無明顯趨勢，其申請量各年間亦不超過 10 件（除地質封存於 2000 年有 13 件外）。

由此亦可知對於二氧化碳的封存技術而言，相關技術的研發仍是以石油、天然氣及煤田的開採技術應用為主。



伍、全球申請流向及主要專利局分析

本部分將碳封存專利 805 案以 DWPI 同族專利展開，其共獲得 2,236 件專利¹²，圖 19 所表示碳封存專利主要申請人國家／地區與主要專利局矩陣分析及圖 20 所表示為碳封存專利全球申請流向圖，藉此觀察，全球碳封存技術專利申請人的市場趨勢。

¹² Derwent Innovation 資料庫，<https://www.derwentinnovation.com/login/>，下載日期：2022 年 5 月 30 日。

由五大專利局的專利申請人的申請案件趨勢，可發現各國申請人主要還是在其本身的國家申請居多，各國的外國申請人主要係以美國為主，其次為歐洲與其他國家¹³，而公開案件數以美國與中國大陸為最多，分別達463件及365件，可知此技術領域的申請人主要認為碳封存技術以美國與中國大陸為主要市場，其次為歐洲。

以我國的申請案分析，件數僅有7件（中國大陸3件、美國3件及歐洲1件），且未有我國申請人申請封存相關的技術，除了我國並未有實際商轉的封存案例外，亦與我國國內對於碳封存的相關法規尚未完善以及先天環境的限制有關。

由於碳封存技術在各國中主要還是於各自國內申請為主，可知封存技術受地域性質的限制大，大部分技術係應用於當地的特殊地理環境，而較無通用於世界各地的技術。

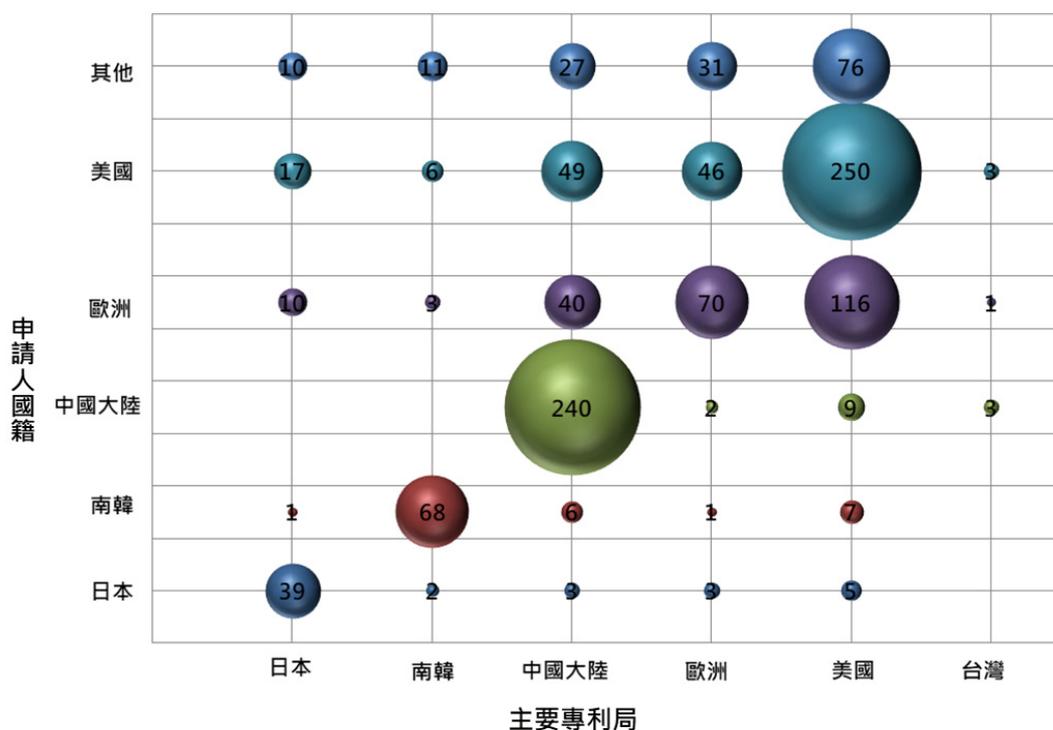


圖 19 碳封存主要申請人國家／地區與主要專利局矩陣分析

¹³ 其他國家以加拿大、澳洲與沙烏地阿拉伯為主。

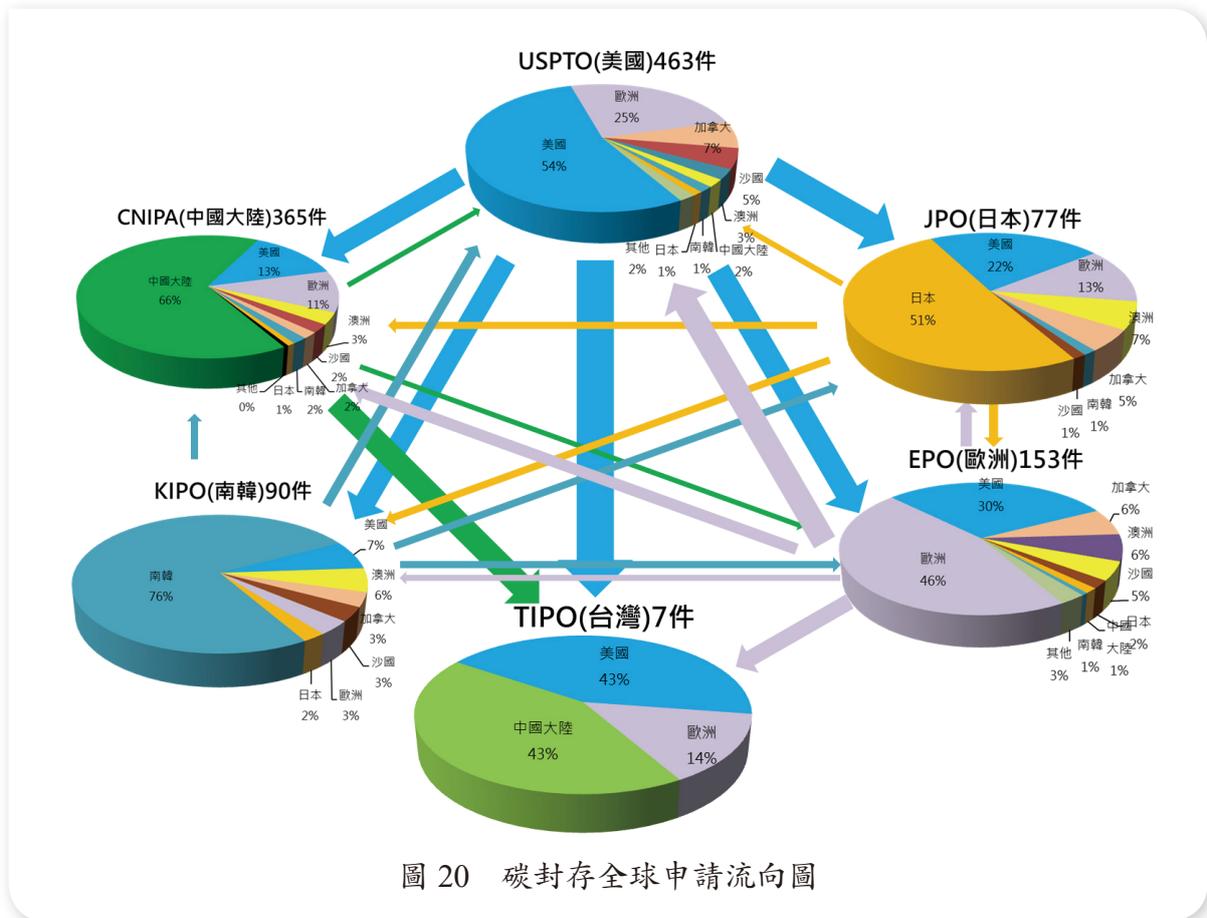


圖 20 碳封存全球申請流向圖

陸、高排碳產業相關案例¹⁴

對於碳封存 805 案中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被引用次數較（最）多且與上述產業關聯性較大之專利案各挑選一件，總共挑選 8 案專利：US 2011/0030957A1、US 7282189B2、WO 2011/049996A1、US 7722842B2、CN 103590795A、WO 2014/005227A1、KR 2016034635A、CN 102794093A，其內容如表 1 及 2 所示。

¹⁴ 篩選方式係以各專利案中包含主要應用於四個高排碳產業或與其相關之技術。

表 1 碳封存所有年間高排碳產業相關案

案例	1	2	3	4
案號	US 2011/0030957A1	US 7282189B2	WO 2011/049996A1	US 7722842B2
引用 ¹⁵	80	7	3	13
被引用 ¹⁶	130	121	58	19
優先 權年	2009	2003	2009	2003
主要相 關產業	無主要相關	電力	水泥	石化
其他相 關產業	石化、水泥、 冶金、電力	無	石化、電力	無
碳封存 技術	地質封存	地質封存、 礦化封存	礦化封存	礦化封存
備註	利用地下鹽水層 作為反應物來源 來轉化廢氣來源 二氧化碳，可供 後續封存或再利 用使用。	在電廠製程中 將產生的二氧化 化碳碳酸化， 可減少後續運 輸或捕捉之成 本	將工業廢氣中捕 捉的二氧化碳進 行礦化固定，可 直接封存亦可用 於建築材料	將反應器直接 設於煙道氣出 口，可直接去 除有害氣體， 對環境友善

表 2 碳封存近十年高排碳產業相關案

案例	5	6	7	8
案號	CN 103590795A	WO 2014/005227A1	KR 2016034635A	CN 102794093A
引用	9	5	0	5
被引用	18	14	11	11

(續下頁)

¹⁵ 此處「引用」係指經 DI 統計之數值，該專利引用前案的計數。

¹⁶ 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	5	6	7	8
優先權年	2013	2012	2014	2012
主要相關產業	電力	冶金	電力	無主要相關
其他相關產業	石化	無	無	電力、冶金
碳封存技術	激勵採集、地質封存	礦化封存	礦化封存	礦化封存
備註	將天然氣採收及碳封存製程整合，可提高採收率及能源利用率	可穩定煉鋼操作之爐渣，亦可封存二氧化碳	將發電系統之二氧化碳全回收，可達到無二氧化碳排放	將二氧化碳捕捉及礦化製程一體化，降低製程能耗，減少化學藥劑使用

早期被引用數較多的專利案主要集中於美國，其專利申請人如卡萊拉公司（CALERA CORPORATION）為碳捕捉、利用與封存（Carbon Capture, Utilization and Storage, CCUS）技術的主要申請人，例如專利 US 2011/0030957A1 案中，發明人 CONSTANTZ BRENT 等人為卡萊拉公司之員工，該案引用及被引用資料分別為 80 次和 130 次，其被引用次數大於引用案件數，屬於源頭型專利，其中被引用專利的 73 次是自家卡萊拉公司的專利，37 次是福羅能源公司（FORO ENERGY），多為 CCUS 領域相關之業者。而近期（優先權年為 2012 年之後）的被引用數較多的專利案則分別有中國大陸案、南韓案及加拿大案，顯見封存技術之研究逐漸由美國主導轉變為全球化的技術議題。

柒、結論

將二氧化碳注入地底層進行封存的概念屬於減少碳排放技術發展中最早且最為成熟之技術，自歷年案量分析來看，最早可追溯至 1970 年，而碳封存技術之發展歷史與石油、天然氣之開採息息相關，其趨勢可分為三個區間，分別為 2002

至 2009 年的顯著增加、2009 至 2015 年及 2016 至今的逐漸趨緩，其上升區段與石化原料價格及需求走高正相關。

而就申請人國家／地區觀察，碳封存專利的申請人多以國內具有石油天然氣資源的國家或開採公司為主，例如美國、中國大陸、歐洲、加拿大及沙烏地阿拉伯等，而其中美國與中國大陸合計的比率大於 5 成。而觀察整體專利第一申請人之類型，以公司為主，其所占比例為 62.2%。從前八大申請人國家／地區歷年申請案量的趨勢也可明顯看出技術發展的消長，像是美國申請人主要於 2010 年前申請案件，而自此之後申請案逐年下降；反之中國大陸申請人則自 2012 年後有大幅增加的申請案量且逐年增加。

就整體專利統計前十大第一專利申請人，其中公司為 8 家、另 2 家為學術研究機構；以國家／地區分析，中國大陸占 4 個最多，美國及歐洲各占 2 個次之，南韓及沙烏地阿拉伯則各占 1 個。其中技術領域分別為石油天然氣能源公司 8 家與 2 間地質礦物領域研究機構，相當集中於激勵採集及礦化封存的技術領域中。

碳封存技術的 IPC 分析中，前 3 大三階 IPC 分別為 E21B（二氧化碳驅油開採）、B01D（於原料氣、廢氣中分離／回收二氧化碳）及 C09K（用於鑽井之組合物），明顯集中於激勵採集相關的封存技術。

將碳封存專利以封存處理技術細分，包含了前處理中運輸及儲存二氧化碳的技術、選定不同封存狀態／場域的封存技術及封存後對於封存位置的監測及安全性技術，其中以封存技術占 8 成為最多，相關封存技術的類型，則以激勵採集（43.5%）及礦化封存（22.8%）最多，就各國的封存技術方向分析，美國、中國大陸及歐洲皆以激勵採集的技術為最多，南韓則以礦化封存為主，依歷年申請案量趨勢觀之，激勵採集之案件數趨勢與整體大致相同，礦化封存案件於 2009 年前申請較少，此後緩緩增加，其餘技術則沒有較為明顯的趨勢變化。

全球申請流向及主要專利局分析結果則顯示：一、各國專利申請人以在其國內申請為主；二、五大專利局的外國申請人以美國為主，而加拿大、沙烏地阿拉伯及澳洲的申請人則較為平均的在各五大專利局申請，顯見其技術可應用於全球各地；三、我國未於此領域中布局，不論是我國專利申請人或他國來申請之案量皆極少，具有較大的發展潛力。

而高排碳產業相關的專利案分析中，大部分的技術皆利用礦化形式將二氧化碳進行封存隔離，特別是針對具有二氧化碳廢氣（例如煙道氣）的石化廠、發電廠，藉由在排放端設置與該些廢氣反應的吸收物，例如鹽水、水合物、石灰、礦渣，進行碳酸化形成碳酸鹽溶液或碳酸鹽固體，在輸送至封存或後續再利用的場所，相較於以原態（氣體）進行壓縮後再使用管線、載具運至封存場域進行地質封存的方式，可減少製程能耗，提高總體能源效率，並結合來自水泥廠、鋼鐵廠之固體廢棄物穩定固廢，減少處理成本。

對於實際應用地質封存的相關產業，例如石化、電力產業上游的產油氣業，利用包含二氧化碳之廢氣來源注入油氣井以提高採收效率之激勵採集技術仍然是主流，而結合天然氣產物進行發電的電廠，將其產出的二氧化碳廢氣進行捕捉，再注入天然氣井以採收天然氣形成循環的一體化系統，可以提高能源效率且同時減排二氧化碳。

參考各國對於碳封存技術於高排碳產業之應用，由於我國對於地質封存的相關法規尚未完善，且民眾對於陸上的封存場域的穩定性有所疑慮，在先天環境的限制下，除了利用海底地下鹽水層進行封存外，將含有二氧化碳之廢氣進行礦化固定後再進行封存為能源效率較高的做法，另考量到各種地質封存技術尚處於試驗階段，以碳酸鹽產物作為封存標的可避免二氧化碳的洩漏疑慮，應為我國現階段可行的主要技術開發之方向。