



國際碳捕捉技術專利趨勢分析研究

經濟部智慧財產局

中華民國 111 年 10 月 31 日



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(Carbon Capture, Utilization and Storage；簡稱 CCUS)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。有鑒於此，為了解全球各國有關 CCUS 的專利技術的趨勢，並提供產業掌握淨零排放帶來的新商機，本報告進行了 CCUS 相關專利的趨勢分析。

本報告將分為碳捕捉、再利用及封存三個單元，利用 Derwent Innovation 蒐集全球各國 CCUS 的專利，進行 CCUS 專利整體綜合分析、其相關技術專利分析與全球申請流向及主要專利局分析，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。

此外，本報告參考 2019、2022 年我國碳排放量前十大公司以及歐洲碳邊境調整機制計畫，選出排放量較多之產業：石化、水泥、電力、冶金(鋼鐵、煉鋁)四個產業，篩選出高排碳產業相關案例，提供相關產業參考，期能協助產業低碳轉型，實踐「淨零排放」目標。

目 錄

壹、前言	1
貳、碳捕捉、再利用及封存(CCUS)專利分析	5
第一單元、碳捕捉專利分析	5
一、碳捕捉技術簡介	5
二、碳捕捉專利整體綜合分析	28
(一)歷年申請量分析	28
(二)生命週期圖分析	30
(三)第一專利申請人國家/地區分析	34
(四)第一申請人類型比例	36
(五)前十大申請人國家/地區歷年申請案件數	37
(六)前十大第一申請人歷年申請案件數	39
(七)碳捕捉 IPC 案數分布	41
三、碳捕捉技術專利分析	44
(一)二階技術領域申請案量分布	46
(二)碳捕捉前十大申請人國家/地區在二階技術申請情形	47
(三)碳捕捉前十大申請人在二階技術申請情形	50
(四)碳捕捉第一大申請人於二階技術申請案件數-(日商)東芝股份有限公司	52
(五)碳捕捉第一大申請人國家於二階技術申請案件數-中國大陸	53
(六)二階技術中第一申請人類型案件數	54
(七)二階技術各類型歷年申請案件數	56
(八)二階技術各類型十大申請人	57
(九)二階技術各類型十大申請人國家/地區	61
(十)三階技術與二階技術對照比例分布	63
(十一)碳捕捉技術用途	66
四、全球申請流向及主要專利局分析	68
五、碳捕捉技術全球主要專利局分析	72
六、碳捕捉相關專利案例	76
七、小結	86
第二單元、碳再利用專利分析	88
一、碳再利用技術簡介	88
二、碳再利用整體綜合分析	104

(一)歷年申請量分析	104
(二)生命週期圖分析	107
(三)第一申請人國家/地區分析	108
(四)第一申請人類型比例	110
(五)前十大申請人國家/地區歷年申請案件數	111
(六)前十大第一申請人歷年申請案件數	113
(七)碳再利用 IPC 案數分布	115
三、碳再利用技術領域分析	119
(一)二階技術領域申請案量分布	121
(二)碳再利用前十大申請人國家/地區在二階技術申請情形	123
(三)碳再利用前十大申請人在二階技術申請情形	126
(四)碳再利用第一大申請人於二階技術歷年申請案件數-(荷蘭)殼牌石油 公司	129
(五)碳再利用第一大申請人國家於二階技術歷年申請案件數-中國大陸	131
(六)二階技術中第一申請人類型案件數	132
(七)二階技術各類型歷年申請案件數	134
(八)二階技術各類型十大申請人	135
(九)二階技術各類型十大申請人國家/地區	139
(十)三階技術與二階技術對照比例分布	142
(十一)碳再利用轉化為甲烷之分析	146
四、碳再利用整體全球申請流向及主要專利局分析	164
五、碳再利用二階技術全球主要專利局分析	168
六、碳再利用二階技術相關案例	175
七、小結	182
 第三單元、碳封存專利分析	 186
一、碳封存技術發展現況	186
二、碳封存專利整體綜合分析	193
(一)歷年申請量分析	193
(二)生命週期圖分析	195
(三)第一專利申請人國家/地區分析	196
(四)第一申請人類型比例	197
(五)前八大申請人國家/地區歷年申請案件數	198
(六)前十大第一申請人歷年申請案件數	200
(七)碳封存 IPC 案數分析	203
三、碳封存技術專利分析	204
(一)碳封存專利技術申請案量分布	205
(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	208

(三)前十大第一申請人在碳封存相關技術申請情形	211
(四)碳封存二階技術中第一申請人類型比例	213
(五)碳封存相關技術歷年申請案件數	214
四、全球申請流向及主要專利局分析	215
五、碳封存相關案例	219
六、小結	224
 參、高排碳產業相關案例	 227
第一單元、碳捕捉相關案例	228
碳捕捉 案例 1. JP 2011-225969A	235
碳捕捉 案例 2. US 2008/0127632A1	238
碳捕捉 案例 3. US 6352576B1	240
碳捕捉 案例 4. US 2004/0129181A1	241
碳捕捉 案例 5. WO 2015/086149A1	244
碳捕捉 案例 6. US 2013/0333391A1	246
碳捕捉 案例 7. US 2013/0243676A1	250
碳捕捉 案例 8. EP2959966A1	253
第二單元、碳再利用相關案例	256
碳再利用 案例 1. US 2009/0289227A1	262
碳再利用 案例 2. US 5659977	264
碳再利用 案例 3. US 6447437B1	268
碳再利用 案例 4. US 2009/0202410A1	271
碳再利用 案例 5. WO 2015/105911A1	274
碳再利用 案例 6. WO 2014/001917A2	277
碳再利用 案例 7. WO 2013/158158A1	281
碳再利用 案例 8. US 2017/0218404A1	284
第三單元、碳封存相關案例	289
碳封存 案例 1. US 2011/0030957A1	292
碳封存 案例 2. US 7282189B2	294
碳封存 案例 3. WO 2011/049996A1	296
碳封存 案例 4. US 7722842B2	298
碳封存 案例 5. CN 103590795A	300
碳封存 案例 6. WO 2014/005227A1	303
碳封存 案例 7. KR 2016034635A	305
碳封存 案例 8. CN 102794093A	306

肆、結論與建議.....	309
一、結論.....	309
二、建議.....	313
(一)碳捕捉	313
(二)碳再利用	314
(三)碳封存	317

圖 目 錄

圖 I-1、臺灣 2050 淨零轉型之 12 項關鍵戰略.....	2
圖 I-2、CCUS 專利技術分析樹狀圖.....	4
圖 2-1-1、各類型碳捕捉技術示意及優缺點比較.....	8
圖 2-1-2、碳捕捉各類型與對應捕捉技術	8
圖 2-1-3、碳捕捉技術和主要參與者	10
圖 2-1-4、Concawe2020 年報告所列已商業化碳捕捉的技術產品	10
圖 2-1-5、二氧化碳吸收技術的機制	13
圖 2-1-6、煙道氣的二氧化碳化學吸收技術的機制.....	13
圖 2-1-7、二氧化碳吸附技術的機制	14
圖 2-1-8、二氧化碳薄膜分離的機制	15
圖 2-1-9、二氧化碳低溫冷凝的機制	16
圖 2-1-10、二氧化碳生物固定的機制	16
圖 2-1-11、二氧化碳礦物化的機制	17
圖 2-1-12、二氧化碳水合物法分離的機制	18
圖 2-1-13、sCO ₂ 發電的機制.....	20
圖 2-1-14、直接空氣捕捉技術 (DAC) 機制	21
圖 2-1-15、燃燒前捕捉技術 (氣化水轉化反應) 機制.....	22
圖 2-1-16、富氧燃燒技術機制	25
圖 2-1-17、鈣循環技術原理	26
圖 2-1-18、化學循環(燃燒)技術原理.....	28
圖 2-1-19、碳捕捉歷年申請案件數變化	30
圖 2-1-20、生命週期圖示意圖	31
圖 2-1-21、碳捕捉生命週期圖	34
圖 2-1-22、碳捕捉第一申請人國家/地區比例	35
圖 2-1-23、碳捕捉歐洲第一申請人國家比例.....	36
圖 2-1-24、碳捕捉第一專利申請人類型比例.....	37
圖 2-1-25、碳捕捉十大第一申請人國家/地區，各年份(優先權年)申請案件數.....	39
圖 2-1-26、碳捕捉前十大第一申請人歷年(優先權年)申請案件數.....	41

圖 2-1-27、碳捕捉三階 IPC 案數分布	43
圖 2-1-28、碳捕捉三階及四階 IPC 案數分布	44
圖 2-1-29、碳捕捉專利技術分析樹狀圖	45
圖 2-1-30、碳捕捉二階技術申請案量分布	47
圖 2-1-31、碳捕捉前十大第一申請人國家/地區在二階技術各自申請案數	50
圖 2-1-32、碳捕捉前十大第一申請人在二階技術各自申請件數	52
圖 2-1-33、(日商)東芝股份有限公司於二階技術中歷年(優先權年)申請案件數	53
圖 2-1-34、中國大陸於二階技術中歷年(優先權年)申請案件數	54
圖 2-1-35、碳捕捉二階技術中第一申請人類型案件數	55
圖 2-1-36、二階技術各類型歷年(優先權年)申請案件數	57
圖 2-1-37、二階技術各自前十大第一申請人在申請件數	58
圖 2-1-38、二階技術各自十大申請國家案數	61
圖 2-1-39、碳捕捉二階技術及三階技術申請比例分布	64
圖 2-1-40、碳捕捉用途	67
圖 2-1-41、碳捕捉專利公開國家	68
圖 2-1-42、碳捕捉主要申請人國家/地區與主要專利局矩陣分析	69
圖 2-1-43、碳捕捉(全球)申請流向圖	69
圖 2-1-44、碳捕捉(吸收)申請案公開國家分布	73
圖 2-1-45、碳捕捉(吸附)申請案公開國家分布	74
圖 2-1-46、碳捕捉(薄膜分離)申請案公開國家分布	75
圖 2-1-47、碳捕捉(其他技術)申請案公開國家分布	76
圖 2-1-48、US5832712A 專利方法的示意圖	78
圖 2-1-49、US2008/0031801A1，空氣捕捉示意圖	80
圖 2-1-50、US2006/0051274A1，空氣洗滌器單元的透視圖	81
圖 2-1-51、US5917136A，反應方法的示意圖。	82
圖 2-1-52、US3865924A，幾何形狀和放置在其上的吸附劑	83
圖 2-1-53、US2005/0028529A1，分離 CO ₂ 的發電廠的流程圖	84
圖 2-1-54、WO2006/022885A1，CO ₂ 捕捉和再生子系統示意圖	85
圖 2-2-1、可以由二氧化碳製成的產品示例	89
圖 2-2-2、二氧化碳利用途徑	90
圖 2-2-3、直接利用示意圖	91
圖 2-2-4、間接轉化-建材示意圖	92
圖 2-2-5、間接轉化-化學品：甲醇示意圖	93
圖 2-2-6、間接轉化-化學品：甲烷示意圖	93
圖 2-2-7、間接轉化-聚合物示意圖	94
圖 2-2-8、間接轉化-新穎碳材示意圖	95
圖 2-2-9、生物轉化示意圖	96
圖 2-2-10、生物轉化示意圖	97

圖 2-2-11、二氧化碳轉化技術之 TRL	101
圖 2-2-12、二氧化碳產品的市場容量及價值	103
圖 2-2-13、碳再利用歷年申請案件數變化	107
圖 2-2-14、碳再利用生命週期圖	108
圖 2-2-15、碳再利用第一申請人國家/地區比例	110
圖 2-2-16、碳再利用歐洲第一申請人國家比例	110
圖 2-2-17、碳再利用第一申請人類型比例	111
圖 2-2-18、碳再利用十大第一申請人國家/地區，於歷年(優先權年)申請案件數	113
圖 2-2-19、碳再利用前十大第一申請人歷年(優先權年)申請案件數	115
圖 2-2-20、碳再利用三階 IPC 案數分布	116
圖 2-2-21、碳再利用三階及四階 IPC 案數分布	118
圖 2-2-22、碳再利用專利技術分析樹狀圖	120
圖 2-2-23、碳再利用二階技術申請案量分布	122
圖 2-2-24、碳再利用前十大第一申請人國家/地區在二階技術各自申請件數	125
圖 2-2-25、碳再利用前十大第一申請人在二階技術各自申請件數	129
圖 2-2-26、殼牌石油公司(再利用整體第一大申請人)於二階技術中歷年(優先權年)申請 案件數	130
圖 2-2-27、中國大陸(再利用第一大申請國家)於二階技術中歷年(優先權年)申請案件數	132
圖 2-2-28、碳再利用二階技術中第一申請人類型案件數	133
圖 2-2-29、二階技術各類型歷年(優先權年)申請案件數	134
圖 2-2-30、二階技術各類型十大申請人	139
圖 2-2-31、二階技術各類型十大申請人國家/地區	142
圖 2-2-32、碳再利用二階技術及三階技術申請比例分布	146
圖 2-2-33、甲烷轉化成其他化學品示意圖	147
圖 2-2-34、碳再利用間接轉化為甲烷及觸媒歷年(優先權年)申請案數變化	148
圖 2-2-35、碳再利用間接轉化為甲烷相關觸媒歷年(優先權年)申請案數變化	151
圖 2-2-36、碳再利用間接轉化為甲烷相關觸媒申請案件數比例	152
圖 2-2-37、碳再利用間接轉化為甲烷相關主要功效歷年申請案件數變化	153
圖 2-2-38、碳再利用間接轉化為甲烷相關主要功效申請案件數比例	154
圖 2-2-39、碳再利用轉化為甲烷相關技術整體專利地圖	157
圖 2-2-40、碳再利用轉化為甲烷歐洲申請人相關整體專利地圖	158
圖 2-2-41、碳再利用轉化為甲烷中國大陸申請人相關整體專利地圖	158
圖 2-2-42、碳再利用轉化為甲烷日本申請人相關整體專利地圖	159
圖 2-2-43、碳再利用轉化為甲烷美國申請人相關整體專利地圖	160
圖 2-2-44、碳再利用轉化為甲烷歐、中、日、美申請人比較	160
圖 2-2-45、2001 年以前碳再利用轉化為甲烷專利地圖	161
圖 2-2-46、2002-2011 年間碳再利用轉化為甲烷專利地圖	161

圖 2-2-47、2012-2021 年間碳再利用轉化為甲烷專利地圖	162
圖 2-2-48、碳再利用主要申請人國家與主要專利局矩陣分析	166
圖 2-2-49、碳再利用申請流向圖	167
圖 2-2-50、碳再利用申請案公開國家分布	168
圖 2-2-51、間接轉化-化學品申請案公開國家分布	169
圖 2-2-52、生物轉化申請案公開國家分布	170
圖 2-2-53、間接轉化-建材申請案公開國家分布	171
圖 2-2-54、直接利用申請案公開國家分布	172
圖 2-2-55、間接轉化-聚合物申請案公開國家分布	173
圖 2-2-56、間接轉化-新穎碳材申請案公開國家分布	174
圖 2-2-57、合成氣生產示意圖	176
圖 2-2-58、光生物反應器示意圖	177
圖 2-2-59、由氣流中移除二氧化碳示意圖	178
圖 2-2-60、用於生產地熱能的裝置的示意圖	179
圖 2-2-61、聚碳酸酯多元醇製備反應	180
圖 2-2-62、奈米碳管和氫氣生產系統的示意圖	182
圖 2-3-1、完整二氧化碳封存之流程示意圖	187
圖 2-3-2、二氧化碳於陸海域之地質封存處理方式之選擇示意	189
圖 2-3-3、激勵採集之機制示意圖	191
圖 2-3-4、碳封存歷年申請案件數變化	194
圖 2-3-5、碳封存生命週期圖	195
圖 2-3-6、碳封存第一申請人國家/地區比例	197
圖 2-3-7、碳封存第一專利申請人類型比例	198
圖 2-3-8、碳封存前八大第一申請人國家/地區於各優先權年申請案件數	200
圖 2-3-9、碳封存前八大第一申請人國家/地區於各優先權年申請案件數	200
圖 2-3-10、碳封存前十大第一申請人歷年(優先權年)申請案件數	202
圖 2-3-11、碳封存三階 IPC 案數分布	203
圖 2-3-12、碳封存處理專利技術分析樹狀圖	205
圖 2-3-13、碳封存二階技術申請案量分布	207
圖 2-3-14、碳封存三階技術申請案量分布	207
圖 2-3-15、碳封存前八大第一申請人國家/地區在相關技術各自申請案數	211
圖 2-3-16、碳封存前八大第一申請人國家/地區在相關技術各自申請案數	211
圖 2-3-17、碳封存前十大第一申請人在相關技術各自申請件數	213
圖 2-3-18、碳封存二階技術中第一申請人類型比例	214
圖 2-3-19、碳封存相關技術歷年(優先權年)申請案件數	215
圖 2-3-20、碳封存專利公開國家	217
圖 2-3-21、碳封存主要申請人國家/地區與主要專利局矩陣分析	218
圖 2-3-22、碳封存全球申請流向圖	218

圖 2-3-23、US6412559B1 專利方法中，壓差與累積二氧化碳注入量的關係圖	220
圖 2-3-24、US7121342B2 專利模擬原位封存二氧化碳時間關係圖	221
圖 2-3-25、US6581684B2 專利熱解流體二氧化碳處理流程圖	222
圖 2-3-26、US6732796B2 專利熱解流體產生二氧化碳處理流程圖	224
圖 3-1-1、高爐操作方法(氣體處理流程)示意圖	236
圖 3-1-2、包括壓縮機的二氧化碳分離系統.....	238
圖 3-1-3、生產水泥熟料的示意流程圖	242
圖 3-1-4、尿素合成的氣態反應物示意流程圖.....	245
圖 3-1-5、碳系燃料的燃燒為基礎產生電力之混合的循環系統示意圖.....	247
圖 3-1-6、顯示用不同的乙氧基胺混合物在不同時間的 H ₂ S 選擇性示意圖	251
圖 3-1-7、鍛燒器的碳酸化器-鍛燒器系統示意圖	254
圖 3-2-1、二氧化碳和由可再生能源產生的氫氣生產甲醇、煙燃料之系統示意圖	263
圖 3-2-2、整合微藻生產設備和電力汽電共生設備示意圖.....	266
圖 3-2-3、鋼鐵廠同時和/或選擇性去除 CO ₂ 、CO、SO _x 和 NO _x 排放物生產肥料示意圖	269
圖 3-2-4、含碳酸鹽肥料將 CO ₂ 封存到土壤、地下水、地表下和植物生物質示意圖	269
圖 3-2-5、將煙道氣中二氧化碳製備碳酸鈣工廠示意圖.....	272
圖 3-2-6、甲烷氧化偶合(OCM)和乙烯液化(ETL)的乙烷分離器示意圖	274
圖 3-2-7、從燃燒氧氣的過程的廢氣中生產氨和/或尿素的方法示意圖	279
圖 3-2-8、碳回收系統及反應器示意圖	282
圖 3-2-9、水泥生產與發酵工藝和二氧化碳電解工藝的整合工藝整合示意圖：	285
圖 3-3-1、碳捕捉及封存系統示意圖	292
圖 3-3-2、工業廢氣處理系統流程圖	296
圖 3-3-3、含鎂礦物及研磨粒組成的二氧化碳氣體吸收塔.....	298
圖 3-3-4、回注二氧化碳提高天然氣採收率和其地質封存一體化方法流程示意圖	301
圖 3-3-5、用於穩定煉鋼操作產生的爐渣之製程示意圖.....	304
圖 3-3-6、無二氧化碳排放的高效發電系統示意圖.....	306

表 目 錄

表 2-1-1、碳捕捉前三大階 IPC 之定義	42
表 2-2-1、碳再利用情形評估	98
表 2-2-2、碳再利用 2050 年全球總利用潛力與 2015 年盈虧平衡成本估計	99
表 2-2-3、常見碳酸化及氫化作用所製備產品之 TRL.....	101
表 2-2-4、碳再利用潛力(二氧化碳吸收潛力).....	102
表 2-2-5、碳再利用前三大階 IPC 之定義及其數量	116
表 2-2-6、碳再利用前十大四階 IPC 之定義及其數量	119
表 2-2-7、碳再利用間接轉化為甲烷相關觸媒材料與主要功效矩陣.....	155

表 2-2-8、碳再利用間接轉化為甲烷相關技術詞彙的變化.....	164
表 3-1-1、碳捕捉所有年間高排碳產業相關案.....	233
表 3-1-2、碳捕捉近十年高排碳產業相關案.....	234
表 3-2-1、碳再利用所有年間高排碳產業相關案.....	260
表 3-2-2、碳再利用近十年高排碳產業相關案.....	261
表 3-3-1、碳封存所有年間高排碳產業相關案.....	290
表 3-3-2、碳封存近十年高排碳產業相關案.....	291

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，而《巴黎協定》亦期望能共同遏阻全球暖化趨勢，把全球平均氣溫升幅控制在工業革命前水準以上低於 2℃ 之內。我國國家發展委員會也在 2022 年 3 月 30 日公布了「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，以促進關鍵領域之技術、研究與創新，引導產業綠色轉型，帶動新一波經濟成長，並期盼在不同關鍵里程碑下，促進綠色融資與增加投資，確保公平與銜接過渡時期。

雖然要達到碳中和的目標，綠電是非常關鍵的要件之一，但是僅推動企業使用綠電，仍無法達到碳中和，綠電只能抵銷「用電產生」的碳排放，而公司的營業及生產活動相當複雜，其他來源的排放必須搭配負碳技術和其他政策工具來達成碳中和。碳捕捉是指以各種方式從發電或工業生產中提取二氧化碳的技術，利用捕捉技術將二氧化碳從排放源中分離出來，由於二氧化碳捕捉後，後續須加以處理才有負碳效果；後續處理方式包括碳再利用納入循環概念，或將二氧化碳進行封存。再利用資源化或經過濃縮及壓縮後輸送封存，可避免直接排放到大氣中，降低大氣中二氧化碳的濃度，因此碳捕捉、再利用與封存(Carbon Capture, Utilization and Storage；

簡稱 CCUS)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一¹。

因此，CCUS 也是實現《巴黎協定》將全球變暖控制在 2°C 以下目標的關鍵。我國國家發展委員會公布的「臺灣 2050 淨零排放路徑策略總說明」，也將碳捕捉、再利用與封存列為十二項關鍵戰略的其中之一(如圖 I-1 所示)。



圖 I-1、臺灣 2050 淨零轉型之 12 項關鍵戰略²

由於 CCUS 對於淨零排放極具意義，本報告將以專利的角度，藉由分析全球各國對於二氧化碳捕捉、再利用及封存技術的布局以及相關的趨勢，讓產業界更了解各國 CCUS 技術方向。

本文將分為碳捕捉、再利用及封存三個單元，利用 Derwent

¹ 參考自邱凡坪，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。閱讀日期：2022 年 5 月 27 日。

² 取材自國家發展委員會「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，第 70 頁，2022 年 3 月 30 日。

Innovation 蒐集全球各國 CCUS 的專利，進行 CCUS 專利整體綜合分析、其相關技術專利分析與全球申請流向及主要專利局分析，其中 CCUS 技術的探討方向如圖 I-2 所示，細部的各技術內容將會於各單元中探討，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。

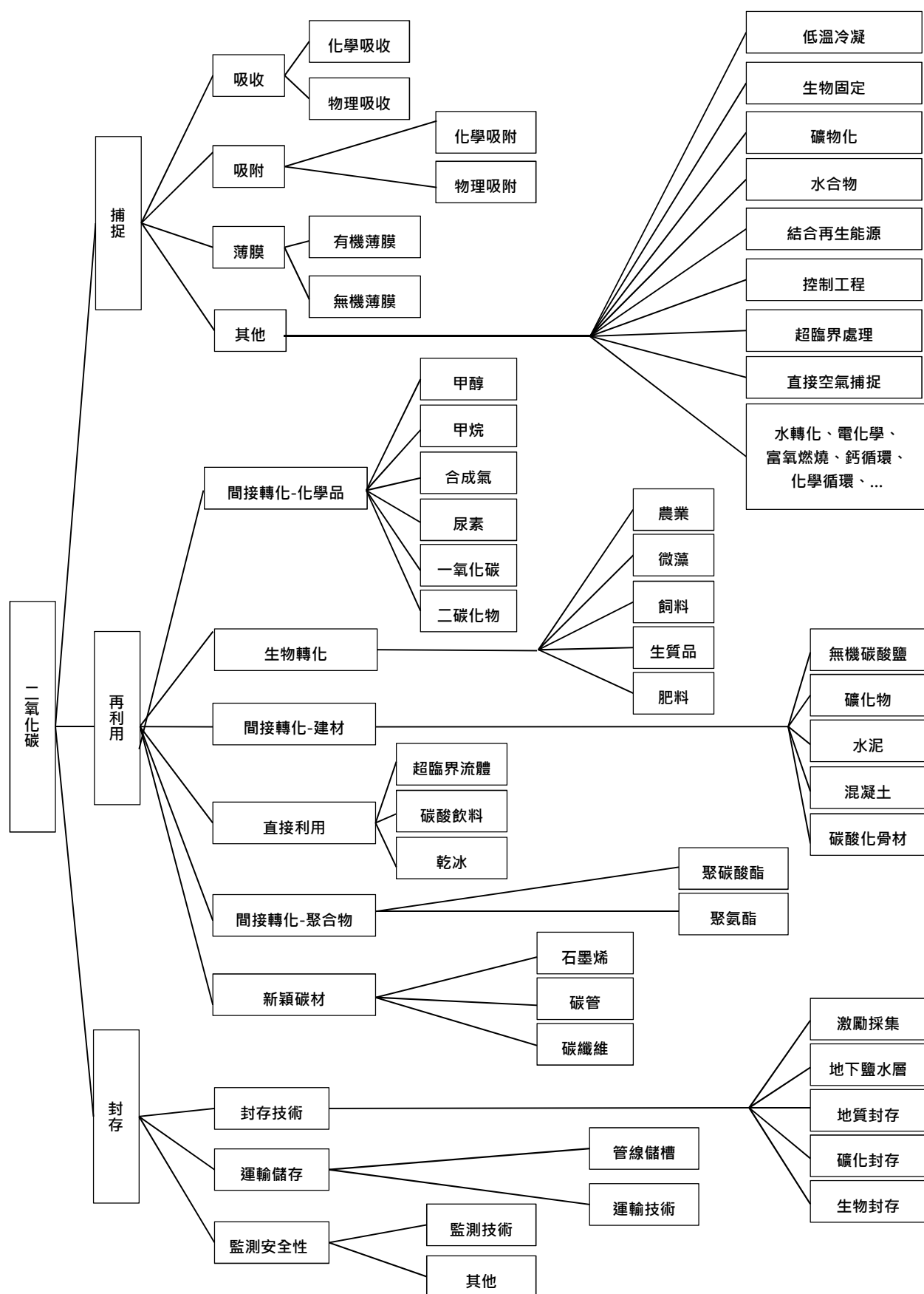


圖 I-2、CCUS 專利技術分析樹狀圖

貳、碳捕捉、再利用及封存(CCUS)專利分析

第一單元、碳捕捉專利分析

經由整理、篩選分析後的碳捕捉相關技術的專利，截至 2021 年底所有公開(告)案件，共計 7406 案³。本部分的專利分析報告，將依序以「碳捕捉技術簡介」、「碳捕捉專利整體綜合分析」、「碳捕捉技術專利分析」、「全球申請流向及主要專利局分析」及「碳捕捉二階技術全球主要專利局分析」呈現，報告中部份圖表中所呈現百分比，由於四捨五入的關係，導致加總後可能存在與 100% 有些微誤差，先予說明。

一、碳捕捉技術簡介

由於二氧化碳的捕捉占整體碳捕捉及封存技術(CCS)成本費用近 2/3，因此國際間主要以提高捕捉效率及規模並降低捕捉成本為重點研發方向⁴。

(一)二氧化碳捕捉的路徑

二氧化碳捕捉的形式，依燃燒方式可區分為：燃燒後捕捉 (Post combustion capture, PCC)、燃燒前捕捉 (Pre-combustion capture) 及富氧燃燒 (Oxy-fuel Firing) (如圖 2-1-1 所示)。有關此

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

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

三種燃燒方式的技術說明如下⁵：

1. 「燃燒後捕捉」：主要為捕捉化石燃料經直接燃燒後所排放的常壓氣體(CO_2 濃度約為 3~18%)，該技術可捕捉煙道氣中之二氧化碳。
2. 「燃燒前捕捉」：可於燃料應用前分離二氧化碳，即利用氣化技術(僅提供完全燃燒所需氧量的 1/3~1/5)生產合成氣(Syngas)，再結合水轉化反應生成高濃度之 CO_2 (15~60%)與 H_2 ，其中將 CO_2 分離後， H_2 可直接作為發電燃料或化學原料。
3. 「富氧燃燒」：通常使用純氧代替空氣作為燃燒過程中的氧化劑，因減少空氣中的氮氣進入燃燒系統，使得燃燒後的煙氣含有 90%以上 CO_2 及部分水氣，經除水後即可收集高濃度 CO_2 。

二氧化碳捕捉形式，也會因所適用的排放源不同，而有所差異，且具有各自的優缺點⁶。

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⁷，燃燒前捕捉與燃燒後捕捉技術於全球碳捕存技術

⁵ 鈣迴路二氧化碳捕獲技術之發展與產業化規劃，工業技術研究院 綠能與環境研究所，燃燒季刊，29:2=109 2020.05[民 109.05]，出版日期2020 年 5 月。

⁶ 吳政宏，台灣電力公司，台日淨煤及二氧化碳捕獲與封存技術資訊交流研習會，出國報告，報告日期：102 年 12 月 4 日。

⁷ Technology Scouting -Carbon Capture: From Today's to Novel Technologies, Concawe Report,

(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。

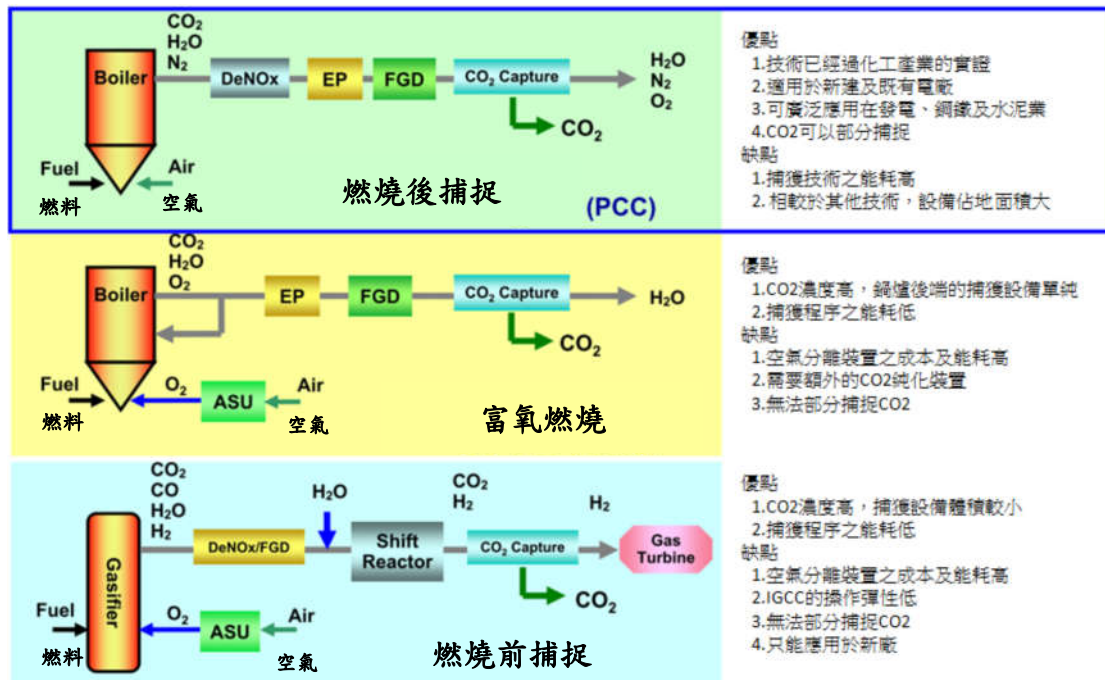


圖 2-1-1 的元件符號表

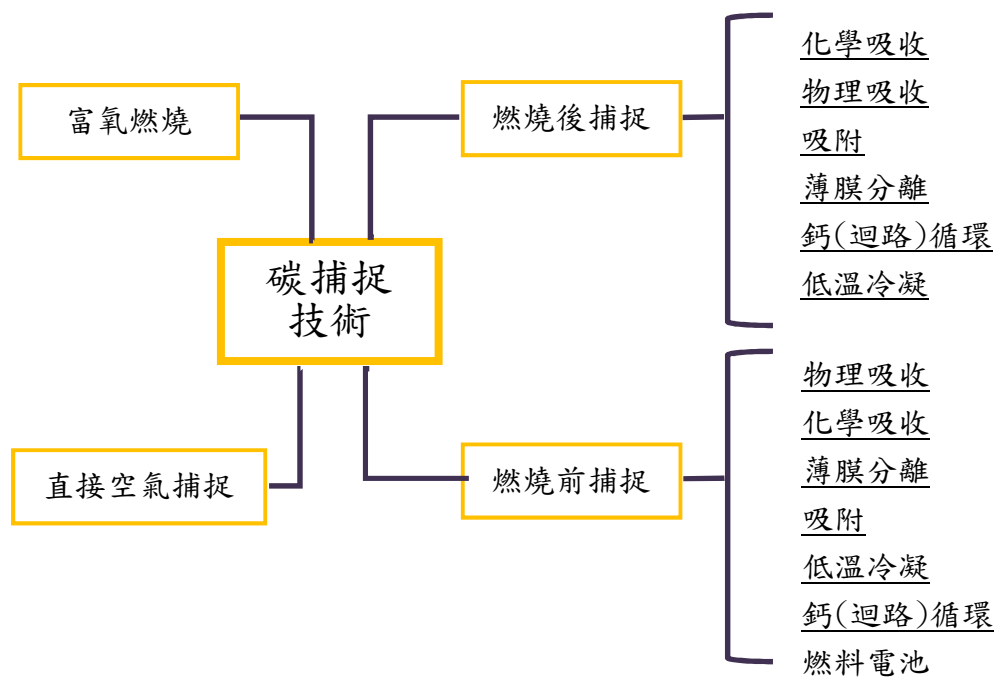
boiler	鍋爐
Gasifier	氣化爐
DeNOx	脫氮氧化物系統
EP	集塵設備
FGD	排煙脫硫設備
CO ₂ Capture	二氧化碳捕捉裝置
ASU	空氣分離單元
Shift reactor	[水煤氣]轉化反應器
Gas turbine	燃氣渦輪機
CO ₂	二氧化碳
H ₂ O	水(氣)
N ₂	氮氣
O ₂	氧氣
CO	一氧化碳
H ₂	氫氣

(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 2-1-1、各類型碳捕捉技術示意及優缺點比較⁸

如圖 2-1-2 所示，上述各種碳捕捉型式均可有相對應的技術，例如吸收法、吸附法、和薄膜分離等技術，以進行二氧化碳的捕捉。

圖 2-1-2、碳捕捉各類型與對應捕捉技術⁹

(二)國際組織的研究

有關二氧化碳的捕捉技術，不同的國際組織，也做了許多研究報告：

1. 國際能源總署 (International Energy Agency, IEA)

IEA 報告¹⁰將目前主要的二氧化碳捕捉技術，以技術完備水準量

⁸ 談駿嵩、王志盈，二氧化碳捕獲 專題報導，科學發展 2015 年 6 月 | 510 期。

⁹ 參考(1)<https://netl.doe.gov/research/coal/energy-systems/gasification/gasification/capture-approaches>

(2)Technology Scouting -Carbon Capture:From Today's to NovelTechnologies，Concave Report2020 年 9 月。閱讀日期：2022 年 5 月 28 日。https://www.concawe.eu/wp-content/uploads/Rpt_20-18.pdf

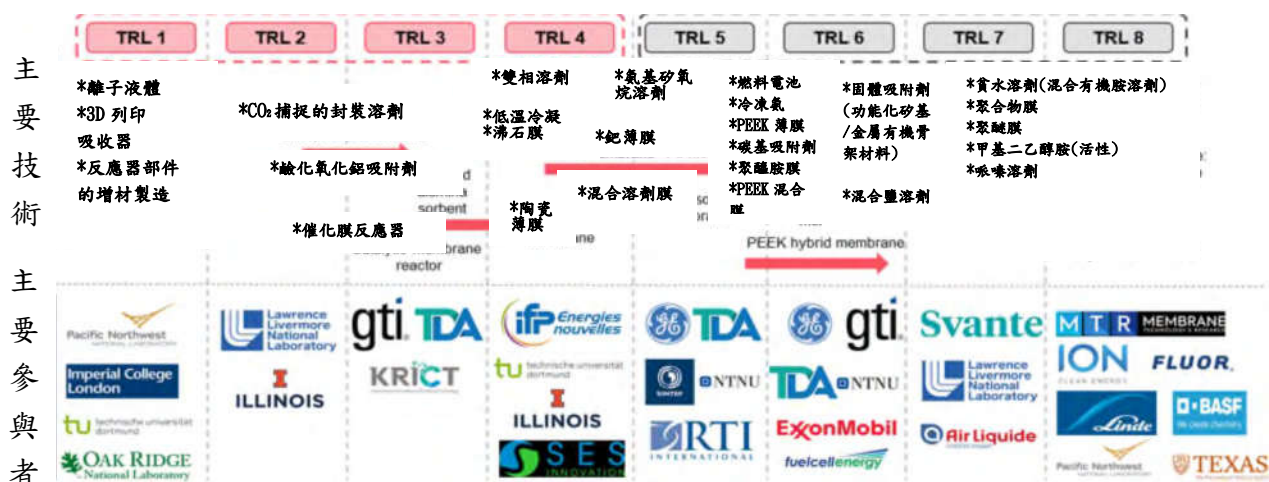
表 (Technology readiness level scale, TRL) 呈現技術發展的成熟度分類，指數越高表示該技術發展的成熟度越高，二氧化碳捕捉技術的 TRL 依序為 9 至 11 的化學吸收、物理分離（包括吸附、吸收、低溫分離或脫水壓縮）、TRL5 至 7 的富氧燃燒、TRL 6 至 7 的膜分離、TRL5 至 6 的鈣循環技術、TRL 4 至 6 的化學循環、TRL 6 的直接分離（即通過使用特殊煅燒爐間接加熱石灰石，以捕捉水泥生產過程中的 CO₂ 排放）、TRL 5 至 7 的超臨界二氧化碳動力循環。

2. 歐洲潔淨空氣及水源保護組織(Concawe)

歐洲潔淨空氣及水源保護組織(Concawe)於 2020 年的碳捕捉技術報告中，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¹¹(如圖 2-1-3 所示)，而目前已有用於燃燒前、燃燒後捕捉技術的商業用產品(如圖 2-1-4 所示)，表示碳捕捉已有成熟技術。

¹⁰CCUS technology Innovation, IEA, <https://www.iea.org/reports/ccus-in-clean-energy-transitions/ccus-technology-innovation> (last visited Oct.11,2022).

¹¹ <https://www.concawe.eu/publication/technology-scouting-carbon-capture-from-todays-to-novel-technologies>。

圖 2-1-3、碳捕捉技術和主要參與者¹²

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	- Fluor EconamineSM, diglycolamine as the aqueous solvent - Fluor Econamine FG PlusSM, amine-based
2	日商三菱重工 Mitsubishi Heavy Industries	KS-1 proprietary (hindered secondary) amine
3	荷蘭商殼牌 Shell Global Solutions International B.V.	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	Amine solvents, a mixture of water and organic amine solvents
5	德商巴斯夫 BASF	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)	- Hot potassium carbonate - Selexol, Solvent made of dimethyl ethers of polyethylene glycol
2	德商林德 Linde	Rectisol, an organic solvent of chilled methanol
3	美商福陸公司 Fluor Corporation	Propylene carbonate

圖 2-1-4、Concawe2020 年報告所列已商業化碳捕捉的技術產品¹³

(三)碳捕捉技術研究方向

¹² 同上述 Concawe2020 年報告。

¹³ 同上述 Concawe2020 年報告。

經由文獻整理^{14`15`16`17`18}可歸納碳捕捉的技術範疇可分為：吸收、吸附、薄膜分離、低溫冷凝、生物固定、礦物化、水合物、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。其中吸收技術又可分為化學吸收與物理吸收；吸附技術可分為化學吸附與物理吸附；薄膜分離技術可分為有機薄膜與無機薄膜。目前，吸收、吸附與薄膜分離技術為碳捕捉技術中最常被研究與商業實施。因此，本報告的碳捕捉專利技術分析以吸收、吸附、薄膜分離與其他技術為主軸進行分析。

(四)碳捕捉技術說明

1.吸收技術¹⁹：

吸收技術為根據溶液吸收與分離 CO₂ 的方式(如圖 2-1-5 所示)，可分為 2 種：第一種為有隨著物理溶解的物理吸收法，另一種為吸收液中之化學物質與 CO₂ 產生化學反應的化學吸收法，其中：

(1) 物理吸收法：

¹⁴ 平成 29 年度特許出願技術動向調査報告書（概要）。

¹⁵ カーボンリサイクル技術ロードマップ 令和元年 6 月 経済産業省 協力府省 内閣府 文部科学省 環境省。

¹⁶ Evolution of CO₂ capture technology between 2007 and 2017 through the study of patent activity <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.11.107>。

¹⁷ Carbon Capture and Utilization Update Article in Energy Technology, June 2017, DOI: 10.1002/ente.201600747。

¹⁸ Carbon Capture From Flue Gas and the Atmosphere: A Perspective Frontiers in Energy Research www.frontiersin.org December 2020 | Volume 8 | Article 560849 doi: 10.3389/fenrg.2020.560849。

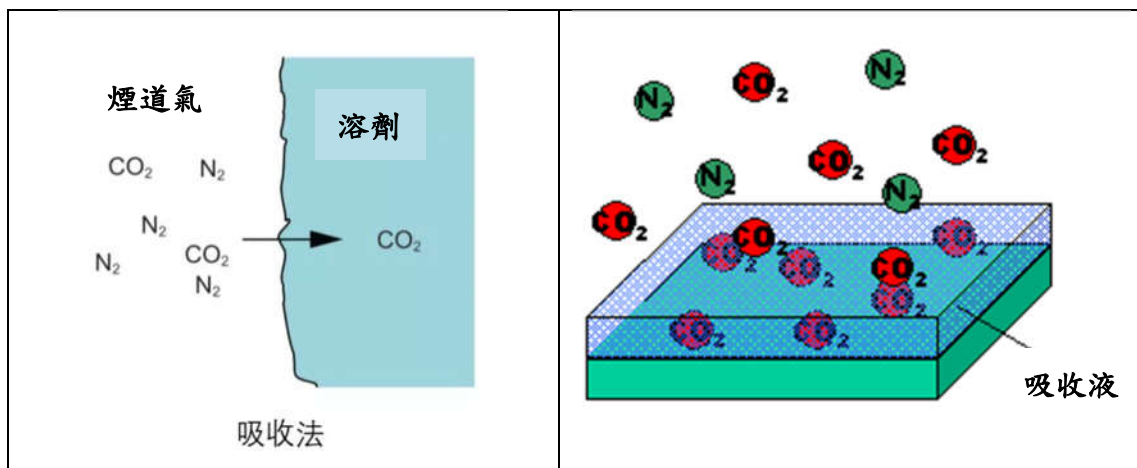
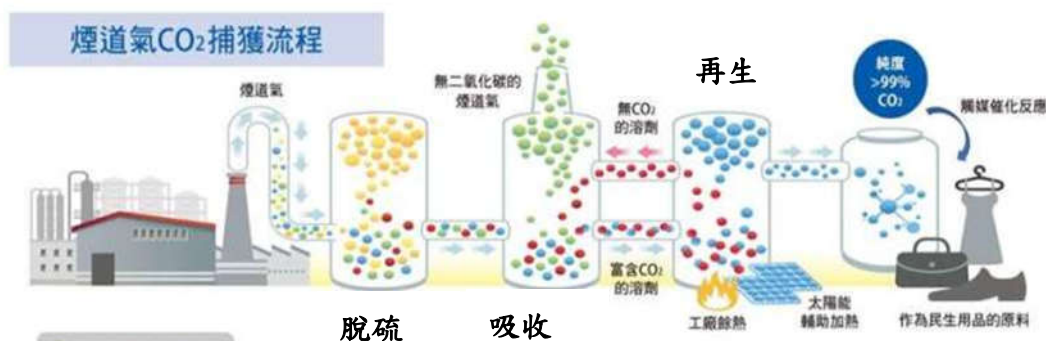
¹⁹ 黃欽銘，以 CaO 捕獲廢氣中二氧化碳溫室氣體之吸附與再生效能研究，國內交通大學工學院專班永續環境科技學程碩士論文，民國 96 年 6 月。

物理吸收法的原理為透過交替改變二氧化碳與有機吸收劑之間的操作壓力與溫度，以實現二氧化碳的吸收，並在吸收飽和之後採用壓力下降或常溫氣提，將二氧化碳分離以使吸收劑再生。然而，物理吸收法僅適合用於 CO_2 分壓高的條件下實施，其在高壓及低溫下吸收時，吸收容量大，吸收劑用量少。

(2) 化學吸收法：

此方法為目前二氧化碳捕捉中最常使用的捕捉技術，且已商業化(醇胺法、.....等)，其是以吸收劑與二氧化碳發生化學反應，並利用其逆反應進行吸收劑再生，以實現回收二氧化碳。

目前化學吸收法相較於物理吸收法更有效率，獲得較高的二氧化碳脫除率，適用二氧化碳分壓低的處理氣體。如圖 2-1-6 所示，化學吸收技術之實施，通常在移除二氧化碳前，將待處理氣體(混合氣體)冷卻，並除雜質(硫化物、固體物)，再通過吸收容器與化學吸收劑發生化學反應，形成鍵結較弱的化合物，待吸收飽和後在「再生管」中加熱，以實現吸收二氧化碳的逆反應，吸收劑得以再生，釋放的二氧化碳於再生管中可被壓縮運輸，其純度可達 99% 以上。

圖 2-1-5、二氧化碳吸收技術的機制²⁰圖 2-1-6、煙道氣的二氧化碳化學吸收技術的機制²¹

2. 吸附技術^{22、23}：

吸附技術是指通過凡得瓦力（物理吸附）或強共價鍵合力（化學吸附）將 CO_2 分子選擇性地吸收到另一種材料的表面上，從而實現富集 CO_2 (如圖 2-1-7 所示)，這種能選擇性地吸附某種氣體分子的材料被稱為吸附劑。吸附了 CO_2 的吸附劑可根據其吸附機理不同通過不同的手段再生，同時釋放出被吸附的 CO_2 ，實現迴圈再使用。

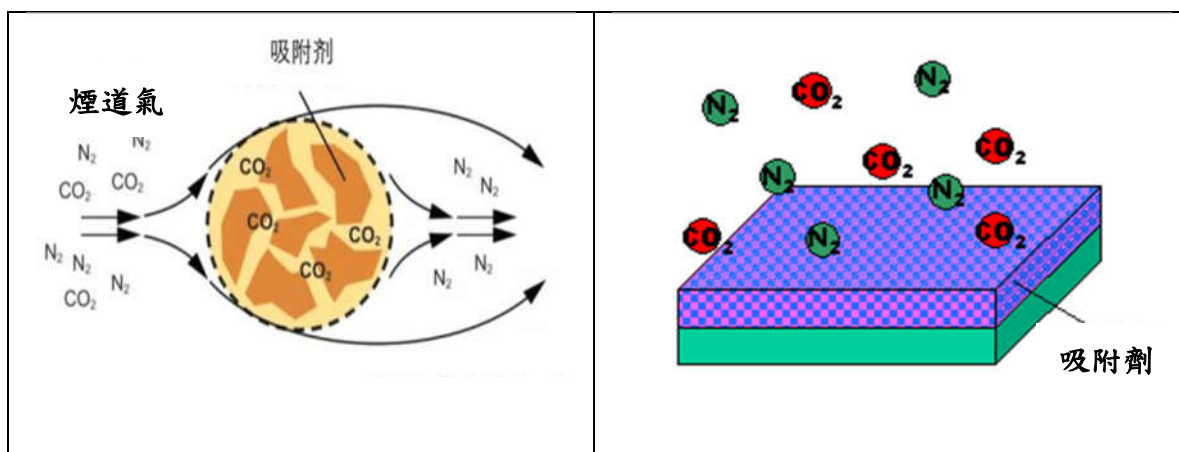
²⁰ 圖片來源：https://www.eng.u-hyogo.ac.jp/msc/msc5/2010v/research_co2.htm。

圖片來源：<https://zhuanlan.zhihu.com/p/452700503>。

²¹ <https://news.cnyes.com/news/id/4551202>。

²² 黃欽銘，以 CaO 捕獲廢氣中二氧化碳溫室氣體之吸附與再生效能研究，國內交通大學工學院專班永續環境科技學程碩士論文，民國 96 年 6 月。

²³ <https://zhuanlan.zhihu.com/p/452700503>。

圖 2-1-7、二氧化碳吸附技術的機制²⁴

3. 薄膜分離技術^{25、26、27}

薄膜分離技術，為讓排放氣通過薄膜，選擇性地將二氧化碳與其他氣體分離(如圖 2-1-8 所示)，其原理為利用特殊製造的氣體分離膜與原料氣接觸，在膜兩側壓力差驅動下，氣體分子透過膜的現象，由於不同氣體分子透過膜的速率不同，滲透速率快的氣體在滲透側富集，而滲透速率慢的氣體則在原料側富集。主要優點是操作簡單，但缺點是薄膜耐久性差，且分離效率低，因此需要使用二段以上之薄膜分離程式，才能達到一定的分離效率。目前薄膜分離技術所使用之薄膜，依材質分類可包括：多孔性陶瓷、緻密性陶瓷、金屬膜的無機膜與高分子膜。

²⁴ 圖片來源：https://www.eng.u-hyogo.ac.jp/msc/msc5/2010v/research_co2.htm。

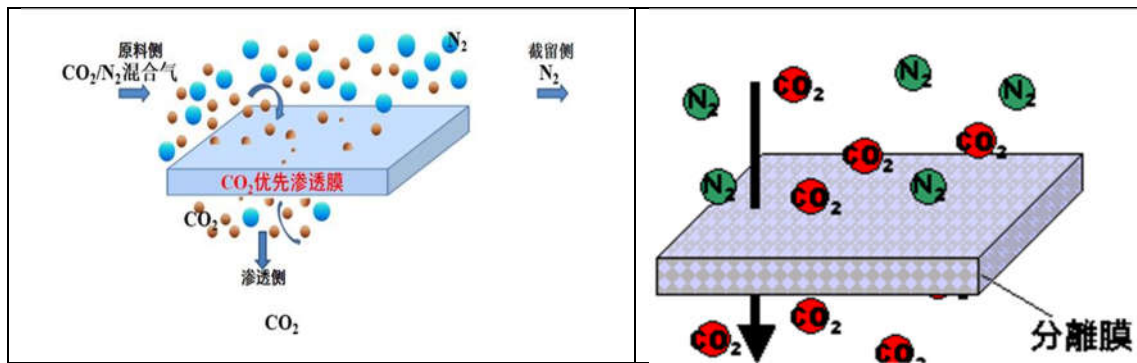
圖片來源：<https://zhuanlan.zhihu.com/p/452700503>。

²⁵ 黃欽銘，以 CaO 捕獲廢氣中二氧化碳溫室氣體之吸附與再生效能研究，國內交通大學工學院專班永續環境科技學程碩士論文，民國 96 年 6 月。

²⁶ 溫室效應氣體—二氧化碳去除方式之簡介，產基會粘愷峻、中興工程藍文忠。

<https://proj.ftis.org.tw/eta/tech/epaper-ti19.pdf>

²⁷ <https://kknews.cc/news/3q2bll8.html>。

圖 2-1-8、二氧化碳薄膜分離的機制²⁸

4.其他技術

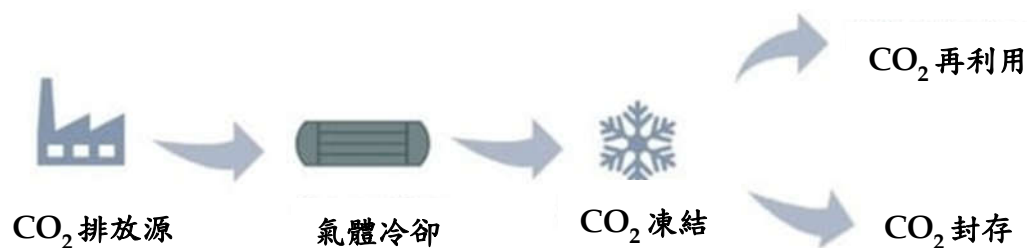
有關「其他技術」的分類，將部分重要的技術說明如下：

(1)低溫冷凝技術²⁹

低溫冷凝二氧化碳捕捉技術(如圖 2-1-9 所示)，通常稱為低溫碳捕集，為以液體或固體的形式從氣體中分離出二氧化碳。此方法主要利用兩階段壓縮冷凝，將二氧化碳液化或固化為乾冰，然後以蒸餾將冷凝之二氧化碳中之不純物分離，使二氧化碳純化。此方法之優點為捕捉後之二氧化碳為固態或液體，方便運輸，但其缺點為捕捉過程中包括壓力與溫度之處理，消費能量，較難應用於二氧化碳濃度低之燃燒尾氣。

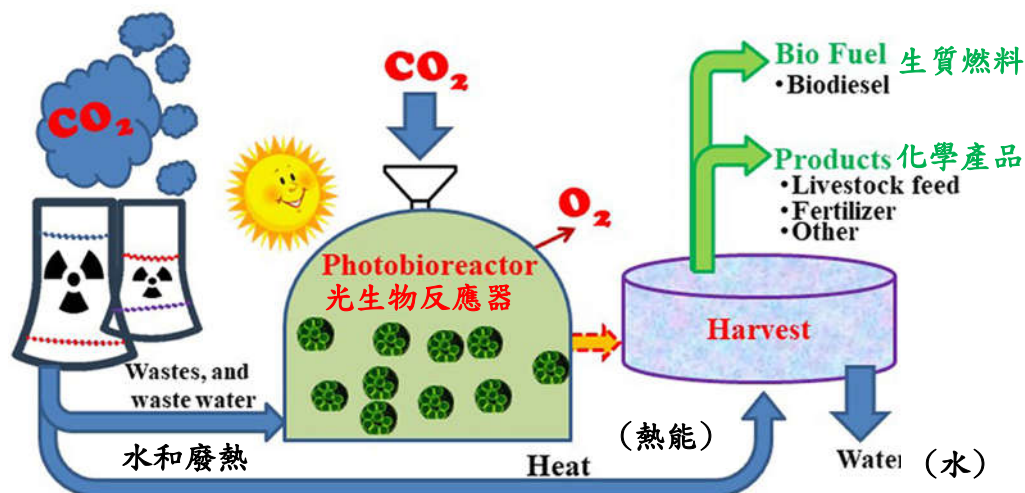
²⁸ 圖片來源：https://www.eng.u-hyogo.ac.jp/msc/msc5/2010v/research_co2.htm 以及 <https://kknews.cc/news/ml9a5vg.html>

²⁹ 黃欽銘，以 CaO 捕獲廢氣中二氧化碳溫室氣體之吸附與再生效能研究，國內交通大學工學院專班永續環境科技學程碩士論文，民國 96 年 6 月。

圖 2-1-9、二氧化碳低溫冷凝的機制³⁰

(2) 生物固定技術^{31、32}：

如圖 2-1-10 所示，生物固定法是經由植物進行光合作用將二氧化碳轉換為碳水化合物，目前主要的方式為植林、藻類及微生物固碳，可藉由二氧化碳培養各種綠藻、藍藻等藻類，再從藻類萃取生質柴油，或是生產成飼料或健康食品。藻類本質上是一種比樹或植物更有效的碳捕捉生物，且在適當條件下，藻類生長和繁衍速度非常快。

圖 2-1-10、二氧化碳生物固定的機制³³

³⁰ 圖片來源：<https://www.mdpi.com/2311-5629/7/3/58>。

³¹ 顧洋，化學迴圈程式技術及其在節能減碳領域之應用，Journal of Taiwan Energy Volume 1, No. 1, November 2013, pp. 35-50。

³² <https://cets.ncku.edu.tw/index.php?inter=learning&lid=1&page=23&id=780>。

³³ <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenrg.2020.00094/full>。

(3)礦物化技術³⁴

二氧化碳礦化，是將二氧化碳與鹼土金屬氧化物(如氧化鎂或氧化鈣等)進行反應，形成固態碳酸鹽類(如碳酸鎂或氧化鈣等)或其他副產品。此技術可用於二氧化碳之封存。由於地殼內含有大量的鈣與鎂，包括含鈣及含鎂的矽酸鹽類礦物，如蛇紋岩($\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$)、矽灰石(CaSiO_3)等，可被用來當作礦化封存的原料。目前常使用之技術為將二氧化碳溶於水中並注入地底下，二氧化碳會與地層中的鈣、鎂離子反應，分別結合為碳酸鈣與碳酸鎂。相關反應機制如圖 2-1-11 所示。

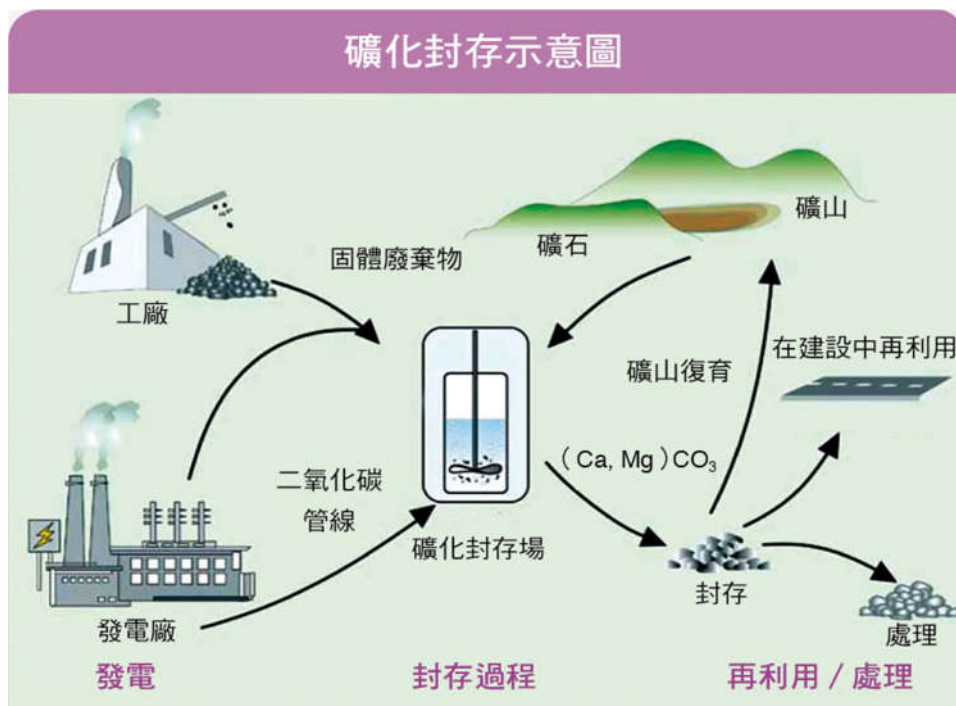


圖 2-1-11、二氧化碳礦物化的機制³⁵

³⁴ <https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/c000003/detail?ID=9b3144d2-6709-4a7e-ad49-539d7a40229e>

³⁵ 圖示來源：

(1)工業廢料與天然礦物礦化利用二氧化碳的基礎科學與工程應用研究
<https://www.engineering.org.cn/ch/10.15302/J-ENG-2015017>。

(4) 水合物技術^{36、37}

水合物法分離氣體的原理是根據氣體在水合物相與氣相中的組分濃度的差異而進行氣體分離，水合物是一種非化學當量的晶體結構化合物，其中水分子在氫鍵的作用下形成固定結構的主體晶格，水合物法分離捕捉 CO₂ 技術的應用尚未普及，其原因為二氧化碳水合物的生成需要在低溫高壓下進行，工業化生產受到限制。目前常用的促進二氧化碳水合物生成的方法，主要包括機械強化和化學強化。機械強化為使用攪拌技術，於密閉的高壓反應釜內採用磁旋轉攪拌器；化學強化主要是加入化學添加劑來改變溶液的基本性質。

相關水合物分離法分離示意圖如圖 2-1-12 所示。

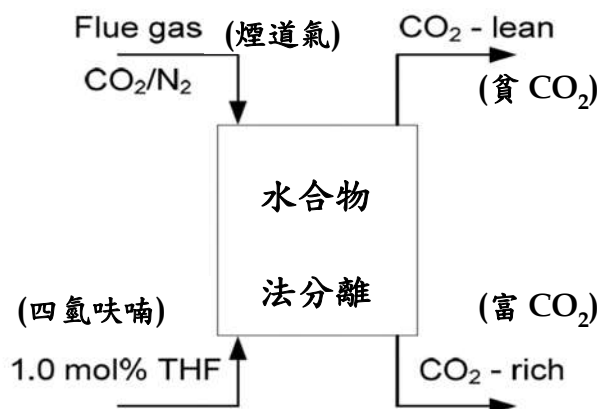


圖 2-1-12、二氧化碳水合物法分離的機制³⁸

(2) 圖示來源：謝佩穎、施武陽，中原大學環境工程學系，氣體水合物的發展近況
<https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/c000008/detail?ID=c4f2cf4a-ffec-4f8f-b3b8-cd21a5add3ff>

³⁶ <https://patents.google.com/patent/CN106914121A/zh>。

³⁷ 謝佩穎、施武陽，中原大學環境工程學系，氣體水合物的發展近況。
<https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/c000008/detail?ID=c4f2cf4a-ffec-4f8f-b3b8-cd21a5add3ff>

³⁸ Praveen Linga, "HYDRATE PROCESSES FOR CO₂ CAPTURE AND SCALE UP USING A NEW APPARATUS", Proceedings of the 6th International Conference on Gas Hydrates (ICGH 2008), Vancouver, British Columbia, CANADA, July 6-10, 2008.。

二氧化碳封存中，為強化二氧化碳單位儲存量、降低二氧化碳洩漏風險等問題，可利用水合物形態進行二氧化碳儲存，其在高壓低溫海床條件下，於海洋沉積地層內壓入二氧化碳，二氧化碳與地層中的孔隙水反應產生水合物，在以水合物狀態進行二氧化碳儲存的系統中。

(5)超臨界處理技術³⁹、⁴⁰、⁴¹

超臨界二氧化碳(sCO₂)發電循環系統為一種碳捕捉與封存的技術(相關流程如圖 2-1-13 所示)，超臨界二氧化碳發電循環結合低溫加壓純氧燃燒(Cryogenic Pressurized Oxygen Combustion cycle; CPOC cycle)技術，在不增加 35%以上的電力成本(COE)及總工廠效率之條件下，將 90%CO₂ 去除，並壓縮至 2,200 psia。

此外，sCO₂ 是二氧化碳超越其臨界溫度與壓力所形成的液態，在此狀態下，二氧化碳會呈現介於氣體與液體之間的中間特性，這種溶液的優點為是密度高、不可燃、無毒性、無腐蝕性，是溫度穩定的工作流體。因此，sCO₂ 可以更直接與熱源互動，不需要二次熱迴路的，降低了系統安裝成本。

³⁹ .Novel Supercritical Carbon Dioxide Power Cycle Utilizing Pressurized Oxy-combustion in Conjunction with Cryogenic Compression, National Energy Technology Laboratory, U.S. Department of Energy.

⁴⁰ 前瞻超臨界二氧化碳發電技術，林芳州 / 財團法人金屬工業研究發展中心
https://km.twenergy.org.tw/Knowledge/knowledge_more?id=1259

⁴¹ 超臨界二氧化碳實現高效率廢熱發電 <https://www.eettaiwan.com/20210531nt01-supercritical-co2-enables-power-generation-from-waste-heat/>



圖 2-1-13、sCO₂ 發電的機制⁴²

(6) 直接空氣捕捉(DAC)技術^{43、44}：

直接從空氣中回收二氧化碳，被稱為「直接空氣捕捉技術 (DAC)」，DAC 機制示意圖如圖 2-1-14 所示。目前大氣中的二氧化碳平均濃度約為 410 ppm，比工業革命前的二氧化碳濃度增加了 50%。即使目前有許多國家、公司企業已擬定減少二氧化碳排放政策，但已經排放到大氣中的二氧化碳也會繼續導致地球變暖，因此需要從大氣中直接回收二氧化碳。其機制為使用吸收、吸附或薄膜

⁴² 超臨界二氧化碳實現高效率廢熱發電 <https://www.eettaiwan.com/20210531nt01-supercritical-co2-enables-power-generation-from-waste-heat/>

⁴³ <https://kknews.cc/science/a2nn4n6.html>

⁴⁴ 日本科學研究創新資訊平臺，從大氣中直接回收 CO₂，減少溫室效應氣體或成脫碳“救星”。
https://www.keguanjp.com/kgjp_keji/kgjp_kj_hj/pt20210210000003.html。

分離技術從空氣捕捉二氧化碳，再將二氧化碳儲存到地下或者製成化學材料。

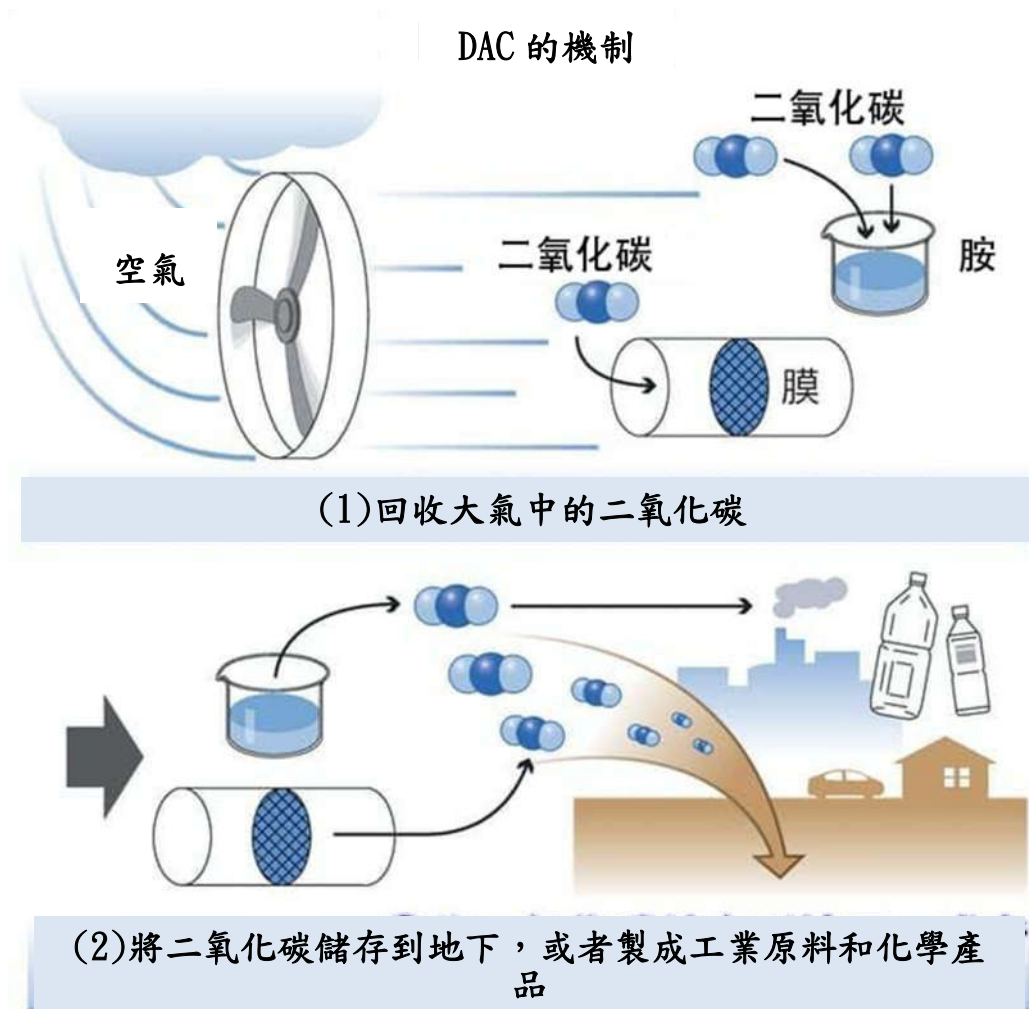


圖 2-1-14、直接空氣捕捉技術（DAC）機制⁴⁵

⁴⁵ 日本科學研究創新資訊平臺，從大氣中直接回收 CO₂，減少溫室效應氣體或成脫碳“救星”。
https://www.keguanjp.com/kgjp_keji/kgjp_kj_hj/pt20210210000003.html。

(7) 氣化水轉化反應技術

氣化水轉化反應技術(簡稱水轉化)可用於燃料應用前分離二氧化碳(相關機制如圖 2-1-15 所示)，即利用氣化技術(僅提供完全燃燒所需氧量的 1/3~1/5)生產合成氣(Syngas，成分為 CO 與 H₂)，將合成氣進入轉化反應器內，經由水煤氣轉化反應，使反應器內的一氧化碳轉化為二氧化碳，再利用物理或化學方法，如吸收法、吸附法、薄膜分離法等，將二氧化碳與氫氣加以分離後，氫氣送入循環系統進行發電，或作為工業原料使用，二氧化碳則作為封存或再利用⁴⁶。



圖 2-1-15、燃燒前捕捉技術（氣化水轉化反應）機制⁴⁷

⁴⁶ <https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/C000003/detail?ID=7a638cbf-655c-4efb-9c78-8c854fcd18e1>。

⁴⁷ 圖片來源：李元亨，國立成功大學資源工程學系，二氧化碳捕獲技術介紹（一）燃燒後捕獲。

(8)電化學技術^{48`49`50}

電化學技術為使用電化學處理二氧化碳之技術，包括捕捉或再利用。可使用一個大型的特化電池裝置，於「過濾」空氣的過程進行充／放電，當電池充電時，塗有與奈米碳管聚合的聚蒽醌（polyanthraquinone）的電極因為對 CO₂ 具有天然的親和力，即使在濃度很低的情況下也容易與氣體中的分子發生反應；當電池放電時，則會發生逆反應。整個系統在室溫和正常氣壓下運行，電池將在充電和放電之間交替運行，可以提供整個系統所需的部分電能，同時排出純淨的 CO₂。

此外，二氧化碳可藉由電化學轉製化學品，CO₂ 的電催化還原反應機制，可由下述程序表示之：(1) CO₂ 以氣態形式溶解入電解質；或以碳 (CO₃²⁻) 形式存在於電解質中。(2) 經質傳擴散至電極與電解質界面處。(3) 受電場作用，CO₂ 吸附於觸媒材料表面，受質子與電子作用，斷開成 C-O 鍵結，並形成反應中間體。(4) 反應中間體發生重排或進一步還原成終端產物。(5) 產物自電極表面脫附，復擴散回電解質中。日商東芝公司更發表 CO₂ 電催化劑電極堆 (CO₂

⁴⁸ 充放電之間，也能輕鬆捕獲二氧化碳，<https://www.scimonth.com.tw/archives/2272>。

⁴⁹ MIT 開發出更有效的碳捕獲技術，可以應用於低濃度二氧化碳，

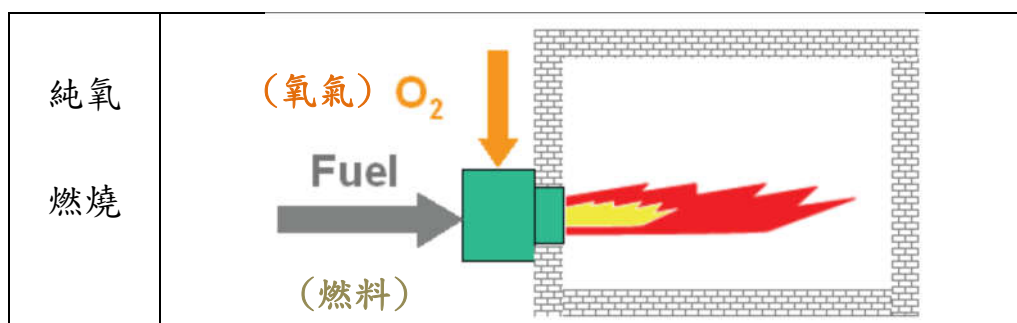
<https://tomorrowsci.com/technology/mit-%E7%A2%B3%E6%8D%95%E7%8D%B2%E6%8A%80%E8%A1%93%E6%87%89%E7%94%A8%E4%BD%8E%E6%BF%83%E5%BA%A6%E4%BA%8C%E6%B0%A7%E5%8C%96%E7%A2%B3/>。

⁵⁰ CO₂ 再利用技術之電化學應用趨勢。

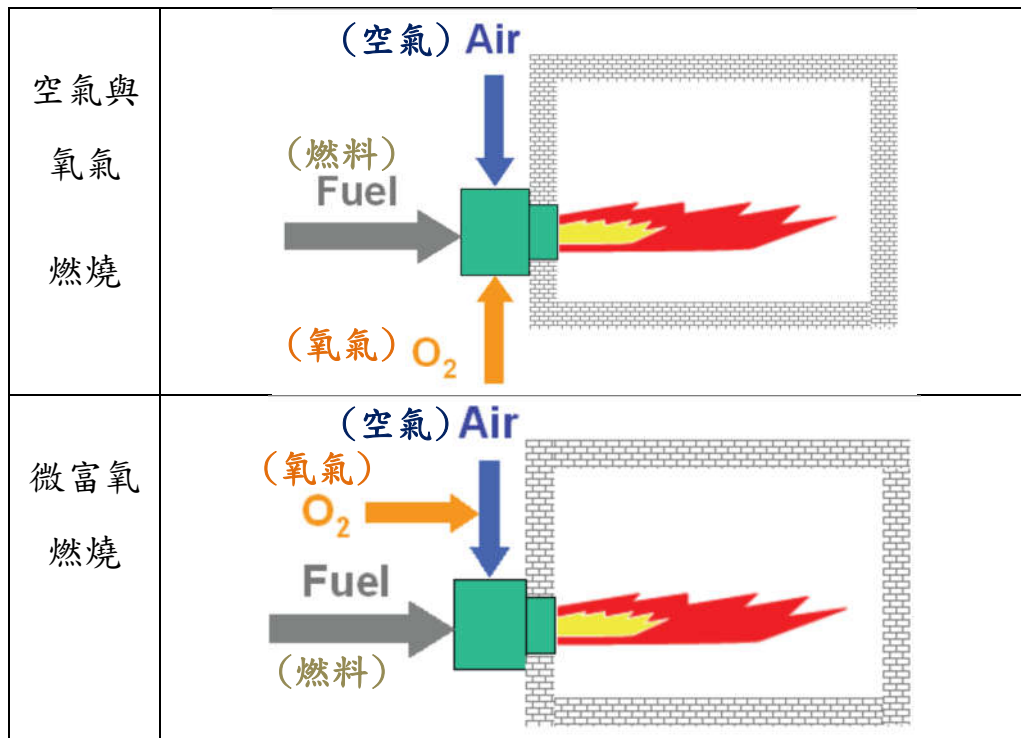
electrocatalyst electrode stack)技術，該技術透過電催化反應作用，可使進入系統之 CO_2 轉換為 CO ，使溫室氣體轉而成為可再利用之合成燃料。

(9) 富氧燃燒技術⁵¹

富氧燃燒技術被廣泛認為可有效節能，且早已被使用於鋼鐵與玻璃工業中，作為快速升溫與提高產能之用途，目前更施行於各種工業製程中。富氧燃燒技術為提高空氣中的含氧量做為助燃氣體，可使用純氧進行燃燒，富氧燃燒具高溫度、低排煙量、低燃料用量、低汙染排放等特性，且所使用的空氣中氮氣的濃度降低，使燃燒廢氣中的二氧化碳濃度增加，因此更容易捕捉。一般而言，燃燒空氣中的氧濃度超過 21% 以上，就被稱為富氧燃燒。目前的富氧燃燒技術，如圖 2-1-16 所示，大致可分為三大類：純氧燃燒、空氣與氧氣燃燒與微富氧燃燒。



⁵¹ 張育誠、吳國光、焦鴻文、簡國祥、歐陽湘，富氧燃燒技術之應用與分析，Journal of Taiwan Energy Volume 2, No. 3, September 2015, pp. 323-331。

圖 2-1-16、富氧燃燒技術機制⁵²

(10)鈣循環技術⁵³

鈣循環技術原理為利用氧化鈣（CaO，俗稱石灰）與二氧化碳結合後產生碳酸鈣，再經過高溫處理釋放出二氧化碳，剩餘的物質就是還原的氧化鈣，即可以在吸放之間重複循環，並達到捕捉二氧化碳的目的，鈣循環相關原理如圖 2-1-17 所示。目前鈣循環捕捉技術與水泥業生產流程結合，可達到最佳捕捉商業效益。此技術主要採取兩個交互連反應器進行連續反應，將排放含有二氧化碳的煙道氣引入碳酸化爐內，在 650°C 溫度與氧化鈣(石灰)進行碳酸化反應，處理後的煙道氣經由除塵設備引入煙囪，固體吸附劑(主要成分

⁵² 圖片來源：張育誠、吳國光、焦鴻文、簡國祥、歐陽湘，富氧燃燒技術之應用與分析，Journal of Taiwan Energy Volume 2, No. 3, September 2015, pp. 323-33。

⁵³ 柳萬霞、陳威承，鈣迴路捕獲 CO 技術介紹。

為碳酸鈣與氧化鈣)則離開碳酸化爐進入煅燒爐進行再生，再生程序會釋放高濃度二氧化碳，此高濃度二氧化碳可經由壓縮、輸送、再利用或封存。且技術的失活吸附劑可當作水泥原料。

反應方程式如下：

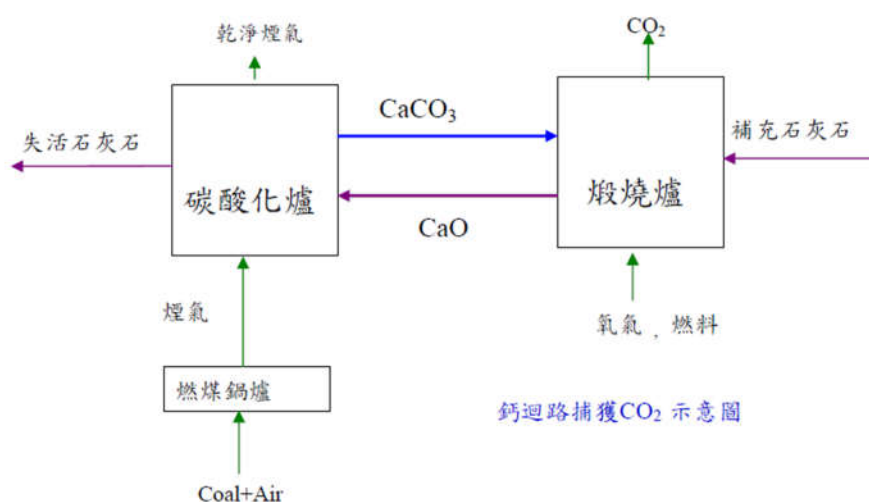
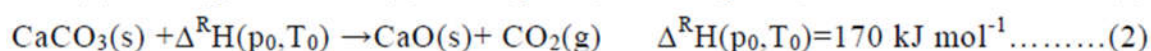
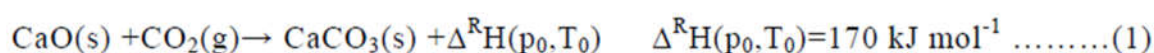


圖 2-1-17、鈣循環技術原理⁵⁴

(10)化學循環技術^{55、56}

化學循環燃燒(Chemical Looping Combustion, CLC) 主要利用氧化還原反應，先使金屬氧化物與燃料反應後生成 CO₂、H₂ 和還原後的金屬，然後把還原金屬送進另一反應器與氧反應成為金屬

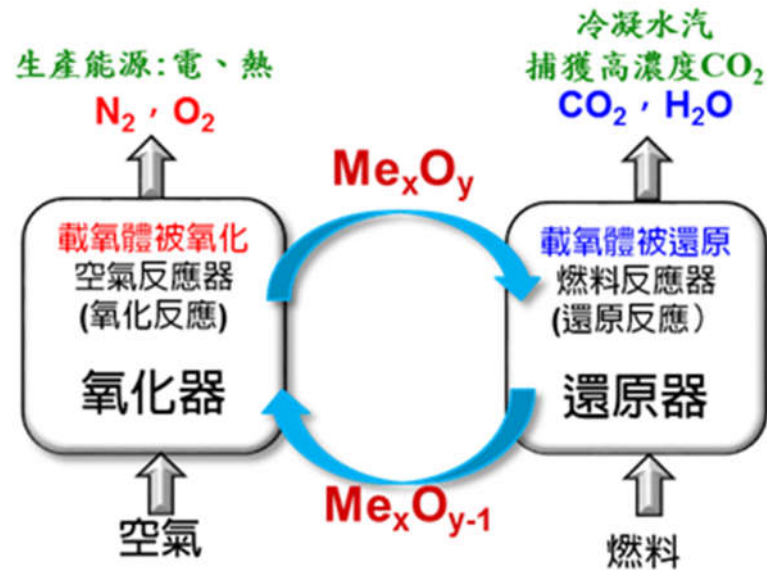
⁵⁴ 柳萬霞、陳威承，鈣迴路捕獲 CO 技術介紹。

⁵⁵ A Critical Review of CO₂ Capture Technologies and Prospects for Clean Power Generation <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/21/4143/htm>。

⁵⁶ 沈政憲，工業技術研究院綠能與環境研究所，化學迴路新燃燒技術簡介，<https://learnenergy.tw/index.php?inter=knowledge&caid=4&id=310>。

氧化物，再回到第一步驟完成循環迴圈。其優點是產生的氣體只有二氧化碳和水。化學循環燃燒亦被稱為化學迴路新燃燒技術，可兼具燃燒前與純氧燃燒特色的二氧化碳捕捉技術，雖然稱為燃燒技術，但是和傳統燃燒技術最明顯不同的是燃燒過程中沒有火焰，此外反應所需的氧氣不是由空氣提供，而是由金屬氧化物(載氧體)還原反應供應，當燃料與金屬氧化物反應即生成 CO_2 和 H_2O 。由於避免了燃料與空氣直接接觸，燃料反應器內沒有大量氮氣，只需將水氣冷凝分離即可獲得高濃度的 CO_2 ，達到捕捉 CO_2 之目的。

在化學循環(迴路)程序中，被還原的金屬氧化物透過空氣將載氧體還原再生，過程中因為進行氧化(燃燒)反應釋放出大量熱量供利用，形成可反覆循環進行的還原與氧化反應系統，因此完成燃料燃燒釋熱目的，同時也完成二氧化碳捕捉目的。化學循環(燃燒)技術原理如圖 2-1-18 所示。

圖 2-1-18、化學循環(燃燒)技術原理⁵⁷

二、碳捕捉專利整體綜合分析

碳捕捉專利整體綜合分析依序以「歷年申請量分析」、「第一專利申請人國家/地區分析」、「第一申請人類型比例」、「前十大申請人國家/地區歷年申請案件數」、「前十大第一申請人歷年申請案件數」、「碳捕捉 IPC 案數分布」呈現。

(一)歷年申請量分析

圖 2-1-19 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⁵⁸呈現，兩者於近 20 年的專利案數均逐年增加，表示碳

⁵⁷ 沈政憲，工業技術研究院綠能與環境研究所，化學迴路新燃燒技術簡介，<https://learnenergy.tw/index.php?inter=knowledge&caid=4&id=310>。

⁵⁸ 「巴黎公約」明定會員國國民在某會員國申請專利後，再到其他會員國提出相同之專利申請時，得依專利權種類之差異，分別給予十二個月(發明、新型)或六個月(設計)的優先權期間，發明專利係自第一次提出專利申請的十二個月內，其中優先權即第一次提出之日期，而優先權年即為該年度，一般而言公開年皆晚於優先權年。

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）⁵⁹。

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⁶⁰，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。

⁵⁹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。

⁶⁰ CHAPTER XXVII ENVIRONMENT, United Nations Treaty Collection, https://treaties.un.org/pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&clang=_en (last visited Oct. 11, 2022).

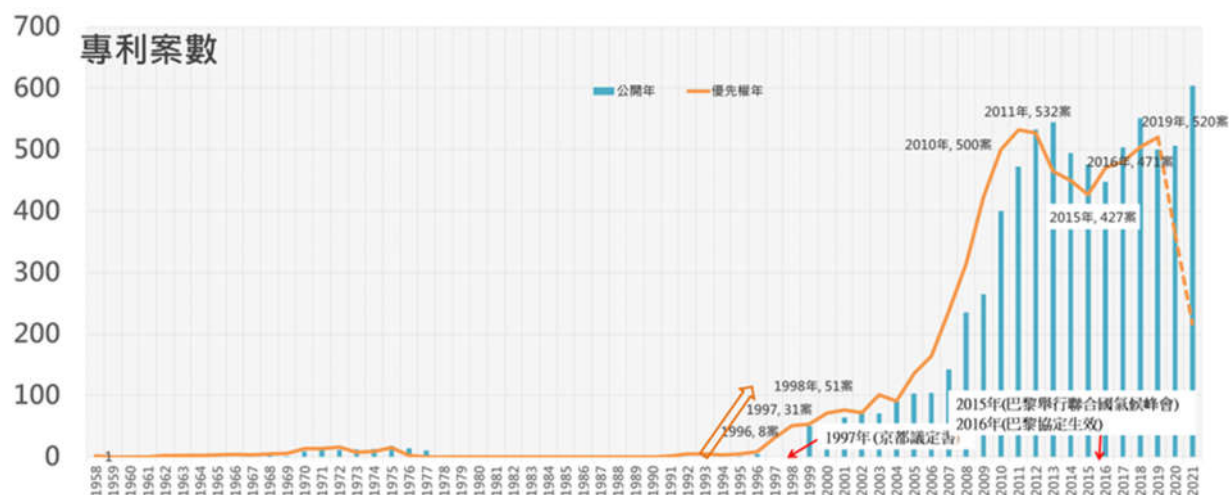


圖 2-1-19、碳捕捉歷年申請案件數變化

(二)生命週期圖分析

在技術生命週期分析中，是依據專利申請量與專利申請權人數隨時間之消長，觀察本技術產業所處之技術生命週期階段，作為預測本技術未來發展之興衰指標⁶¹，其大致可區分為萌芽期、發展期、成熟期、衰退期及復甦期，如圖 2-1-20 所示，在各階段的代表意義大致如下：

1、萌芽期：此階段專利申請件數與專利權人(申請人)數皆較少，專利申請件數成長有限，而專利權人數緩慢成長，表示技術正剛起步，企業投入意願低。

⁶¹周采潔 (2013)。《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。

2、發展期：此階段專利申請件數與專利權人數皆明顯上升，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。

3、成熟期：此階段專利權人數減少，而專利申請件數增加趨勢減緩，表示市場容量已漸趨飽和，僅剩餘部分存活之企業繼續發展相關技術/產品。

4、衰退期：此階段專利申請件數明顯減少，而專利權人數則減少趨勢減緩，表示技術的研發已達到瓶頸且難以突破。

5、復甦期：此階段專利申請件數與專利權人數緩慢成長，重始第一階段之萌芽期，開啟新的循環，表示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。

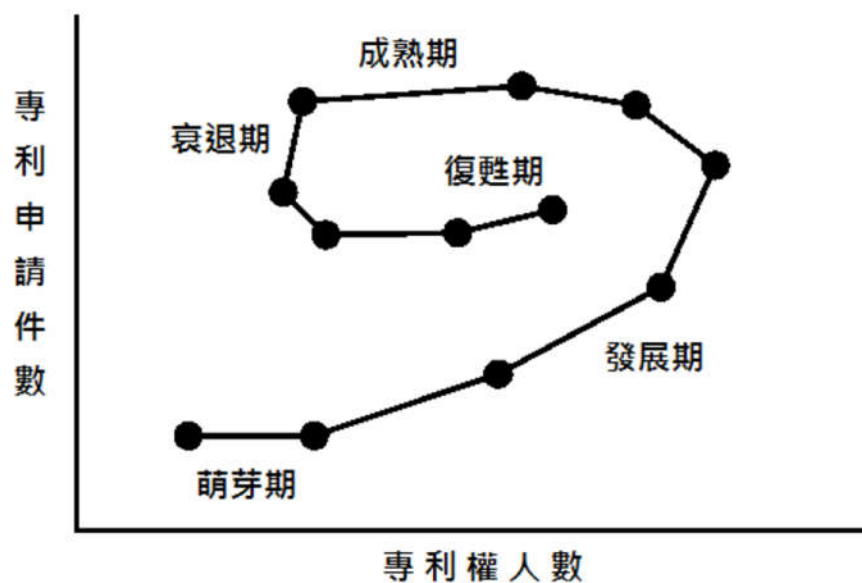


圖 2-1-20、生命週期圖示意圖

將碳捕捉檢索獲得 DWPI 專利家族 7406 案以生命週期分析，以預測碳捕捉技術未來發展之興衰指標，其結果如下圖 2-1-21 所示，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，整體而言專利申請權人數與專利申請量為呈現正比向上升之趨勢。進一步逐年分析可發現：

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⁶²，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

⁶²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，

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⁶³。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。

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。

2017 年。

⁶³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)。

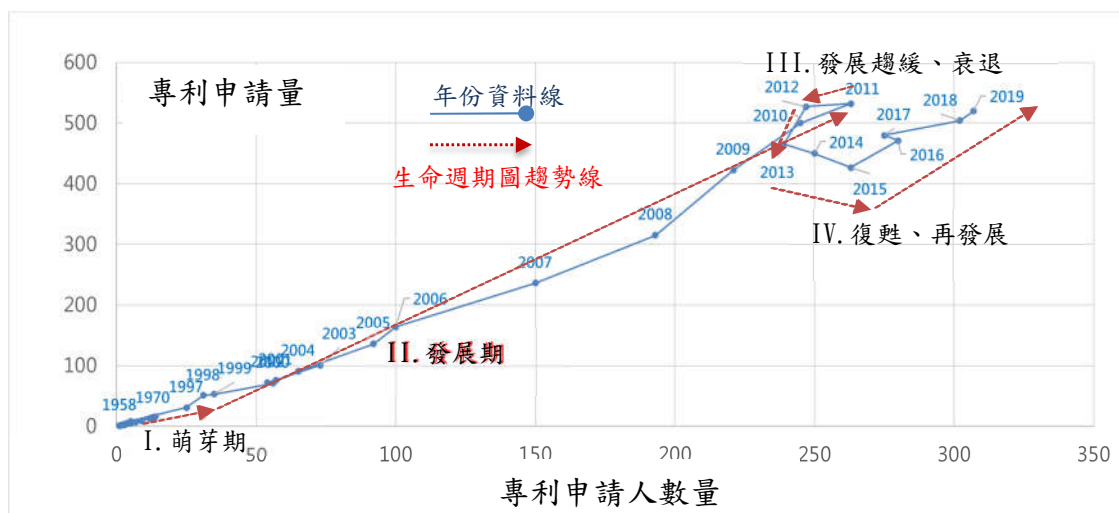


圖 2-1-21、碳捕捉生命週期圖

(三)第一專利申請人國家/地區分析

圖 2-1-22 及 1-23 分別揭示碳捕捉第一申請人國家/地區比例與其歐洲的第一申請人國家狀況。整體而言，第一申請人國家/地區中，其排名如下：

1. 中國大陸 2436 案，所佔比例為 32.9%。
2. 日本 1515 案，所佔比例為 20.5%。
3. 美國 1223 案，所佔比例為 16.5%。
4. 歐洲 1048 案，所佔比例為 14.2%。
5. 南韓 740 案，所佔比例為 10.0%。
6. 加拿大 85 案，所佔比例為 1.1%。
7. 臺灣 79 案，所佔比例為 1.1%。
8. 澳洲 64 案，所佔比例為 0.9%。

9. 沙烏地阿拉伯 45 案，所占比例為 0.6%。

10. 俄羅斯 42 案，所占比例為 0.6%⁶⁴。

碳捕捉專利的第一申請人國家/地區係以亞洲區域國家為多數(中國大陸與日本合計超過 5 成)，至於全球第一個提出「碳邊境稅」計畫的歐洲區域⁶⁵，經專利分析結果，歐洲區域的第一申請人專利案量卻不如亞洲區域。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。

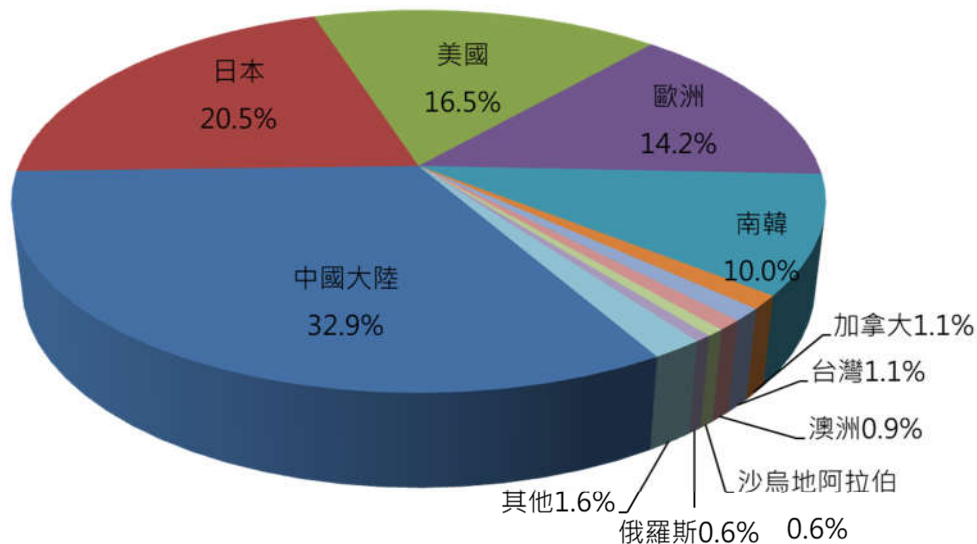


圖 2-1-22、碳捕捉第一申請人國家/地區比例

⁶⁴ 俄羅斯 42 案、蘇聯 8 案。

⁶⁵ https://km.twenergy.org.tw/Knowledge/knowledge_more?id=8601，閱讀日期 20220522。

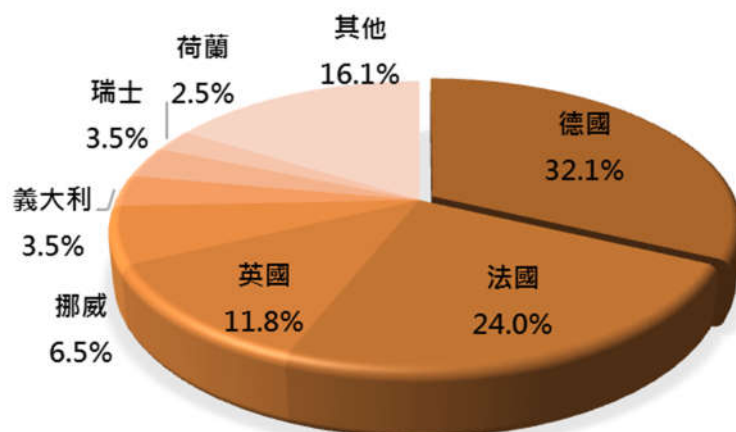


圖 2-1-23、碳捕捉歐洲第一申請人國家比例

(四)第一申請人類型比例

如圖 2-1-24 所示，若對碳捕捉整體專利中第一申請人類型予以分析⁶⁶，其中 4482 案為公司，所佔比例為 60.5%、學術及研究機構(學研機構)為 2405 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，其次為學研機構，而個人申請人的比例鮮少，此趨勢與目前碳捕捉技術成本及其應用的經濟效益有關。

碳捕捉我國第一專利申請人類型比例依序為 58.2%學研機構、22.8%公司及 19.0%個人，其中我國的第一專利申請人類型中，學研機構所佔比例大於 5 成。至於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)。

⁶⁶ 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。

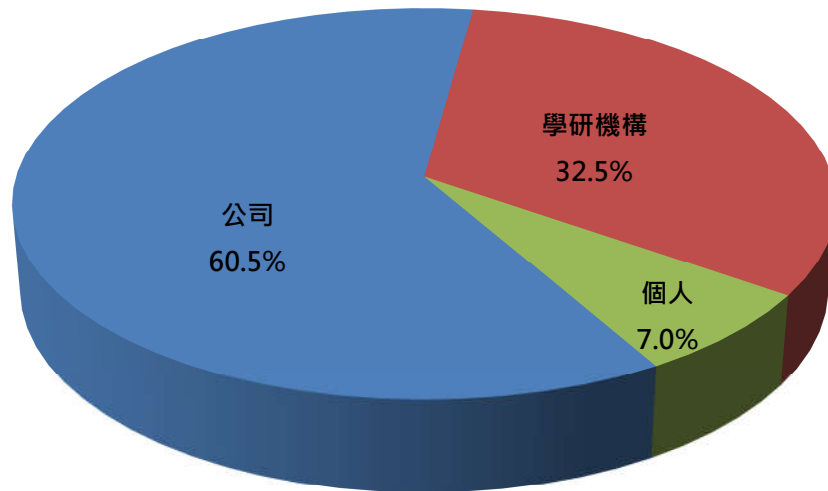


圖 2-1-24、碳捕捉第一專利申請人類型比例

(五)前十大申請人國家/地區歷年申請案件數

由圖 2-1-25 可歸納，碳捕捉歷年申請案量趨勢可分為三個區間，分別為 1997 年至 2011 年急速上升趨勢、2012 至 2015 年的專利案量趨緩減少以及 2016 至今的顯著增加趨勢。本部分為將碳捕捉整體前十大第一申請人國家/地區，於各年份(優先權年)專利申請案件數，截取 1995 年至 2021 年之間前十大申請人國家/地區歷年申請案量，藉此瞭解十大申請人國家/地區的碳捕捉技術發展趨勢。

由圖 2-1-25 可知，十大申請人國家/地區歷年申請案量的趨勢，僅以中國大陸專利申請人為大幅增加，其他國家專利申請人的專利案數近幾年並無明顯增加。

進一步分別分析可發現，中國大陸專利申請人，自 2007 年開始有明顯成長，且 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。

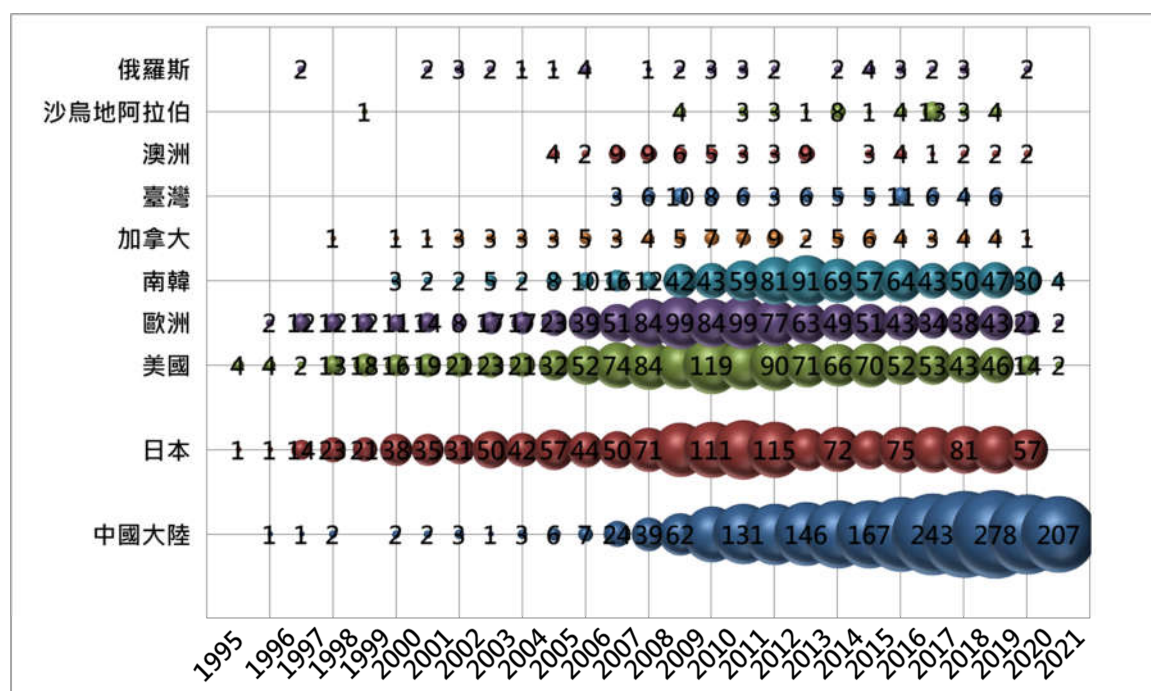


圖 2-1-25、碳捕捉十大第一申請人國家/地區，各年份(優先權年)申請案件數

(六)前十大第一申請人歷年申請案件數

本部分圖 2-1-26 所表示為前十大第一申請人歷年申請案件數，

其中前十大第一專利申請人依序為：

1. (日商)東芝股份有限公司
2. (日商)三菱重工業股份有限公司
3. (中國大陸商)中國石油化工公司
4. (南韓)韓國能源研究中心
5. (中國大陸)中國科學院
6. (法商)液化空氣集團
7. (美商)奇異公司

8. (南韓商)韓國電力公社

9. (美商)艾克森美孚公司

10.(中國大陸)天津大學

前十大第一申請人中，公司占七成、另三成為學研機構。若以國家/地區分析，日商公司 2 位，且為第 1、2 大專利第一申請人。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。

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。

值得關注是，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，即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」；最終透過再生能源電解水產生的「綠氫」，達到零碳排目標⁶⁷。

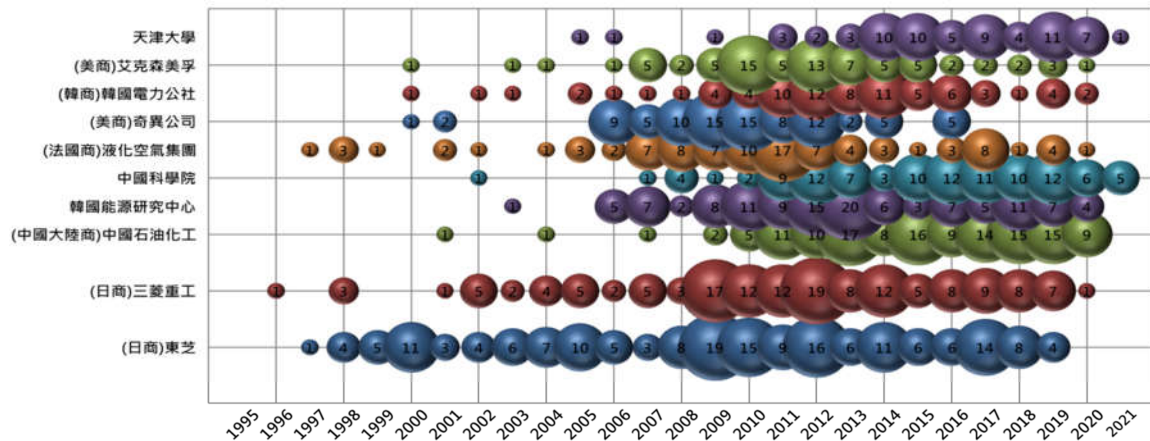


圖 2-1-26、碳捕捉前十大第一申請人歷年(優先權年)申請案件數

(七)碳捕捉 IPC 案數分布

國際專利分類號(International Patent Classification, IPC)係為一技術分類之指標，由專利主管單位根據專利案件內容判斷所指定，以下從 IPC 分類的角度，分析碳再利用重要 IPC 之專利布局案數。

如圖 2-1-27 所示為碳捕捉國際分類號(IPC)案數分布，可發現高

⁶⁷ GE((美商)奇異公司)認為未來搭配碳捕集與封存技術，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。

<https://www.bnext.com.tw/article/62011/ge-hydrogen-fueled-gas-turbines>，閱讀日期

2022 年 5 月 22 日

<https://www.usmart8.com/en/news-detail/6812646347875926398>，閱讀日期 2022 年 5 月 22 日

<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20210330001480-260410?chdtv>，閱讀日期 2022 年 5 月 22 日

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%)⁶⁸與其他類位。

可發現碳捕捉專利技術的國際專利分類號，相當集中，前 3 大三階 IPC 所占的比率為 9 成以上。

有關三階 IPC 分類的技術說明如下表 2-1-1 所示：

表 2-1-1、碳捕捉前十大三階 IPC 之定義

三階 IPC 類位	技術簡要說明
B01D	分離相關技術
C01B	非金屬元素或其化合物，例如二氧化碳
B01J	觸媒相關技術
A01G	園藝、農業、林業相關技術
F25J	利用加壓與冷卻處理使氣體或氣體混合物進行液化、固化或分離相關技術
E21B	土壤或岩石的鑽探；從井中開採油、氣、水相關技術
C07C	無環或碳環化合物
A61L	材料或物體消毒之一般方法或裝置；空氣之滅菌、消毒或除臭相關技術
C10L	燃料相關技術
F01K	工作流體或循環之發動機相關技術

⁶⁸ 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」。

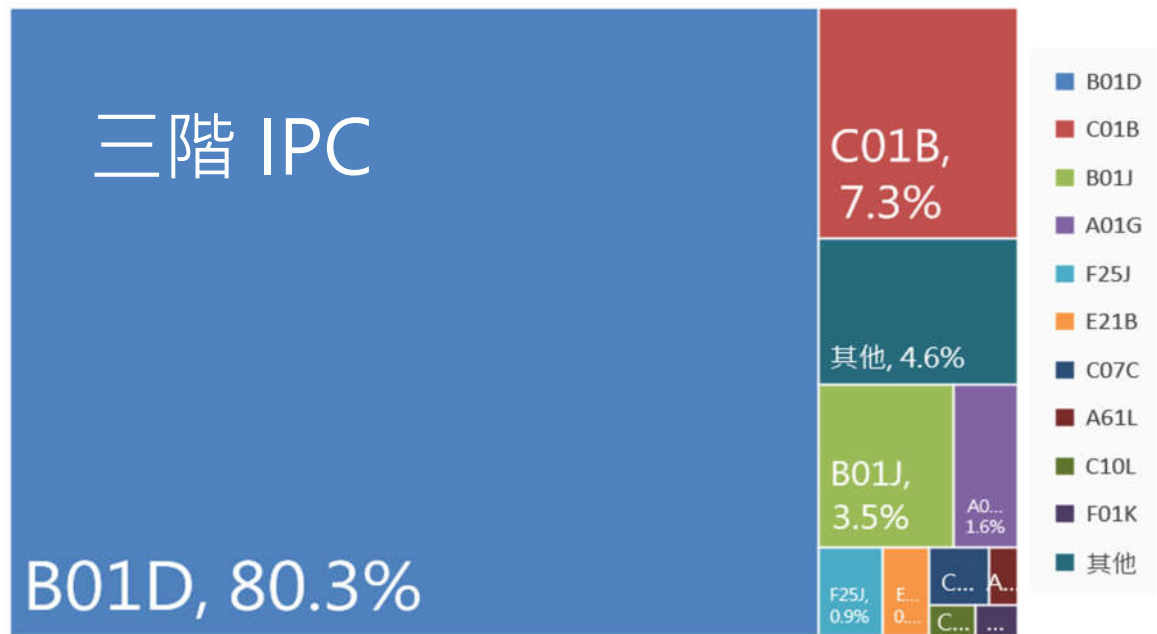


圖 2-1-27、碳捕捉三階 IPC 案數分布

進一步以四階 IPC 觀察，圖 2-1-28 可發現高達 75.7% 為「B01D 53」，其「B01D 53/」所表示為：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。其該四階 IPC 分類相當符合碳捕捉技術範疇。其次依序為「C01B 32」、「C01B 31」各占 2.7% 及 2.6%，「C01B 31」、「C01B 32」所表示為碳其化合物相關技術，即對應二氧化碳技術範疇。據此，碳捕捉專利所賦予之 IPC 係以捕捉手段(B01D 53)與其二氧化碳範疇(C01B 31、C01B 32)為主。

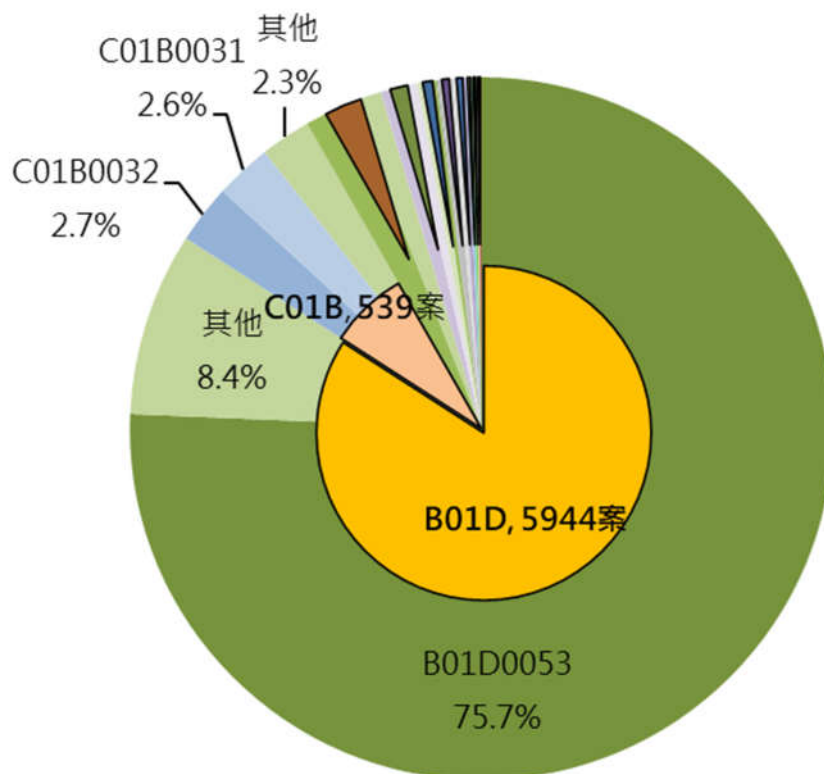
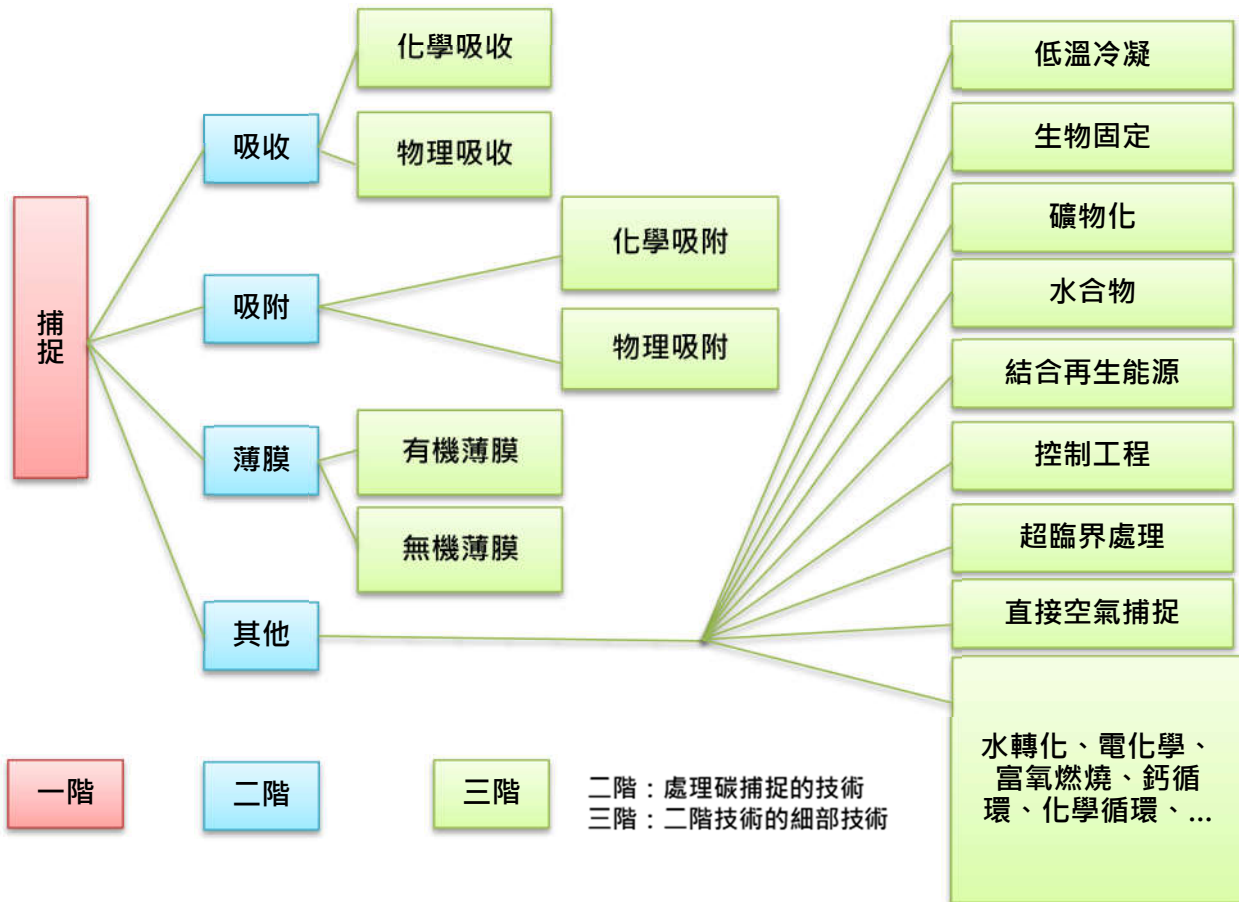


圖 2-1-28、碳捕捉三階及四階 IPC 案數分布

三、碳捕捉技術專利分析

此章節將碳捕捉技術進一步以技術區分(如圖 2-1-29 所示)，其範疇主要包括：吸收、吸附、薄膜⁶⁹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。

⁶⁹吸收、吸附及薄膜均屬廣義之分離技術。

圖 2-1-29、碳捕捉專利技術分析樹狀圖⁷⁰

碳捕捉技術專利分析係依序以「二階技術申請案量分布」、「碳捕捉十大申請人國家/地區在二階技術申請情形」、「碳捕捉前十大申請人在二階技術申請情形」、「碳捕捉第一大申請人於二階技術中歷年申請案件數」、「碳捕捉第一大申請人國家於二階技術中歷年申請案件數」、「二階技術中第一申請人類型比例」、「二階技術各類型歷年申請案件數」、「二階技術各類型十大申請人」、「二階技術各類型

⁷⁰ **吸收(absorption)**是指 A 物質或是能量「吸引進入」到 B 物質的過程；**吸附(adsorption)**指 A 物質「吸引附著」於 B 物質「表面」。資料來源：科學 Online 高瞻自然科學教學資源平台，國立臺灣大學化學系。

十大申請人國家/地區」、「三階技術與二階技術對照比例分布」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、申請人之技術布局趨勢。

(一)二階技術領域申請案量分布

將碳捕捉專利申請案對二階技術予以細分可以得到圖 2-1-30，由於同一件專利案可能同時包含不同二階或三階技術，因此在統計上，將在各類別中同時予以計數，先予說明。

圖 2-1-30 所表示為碳捕捉的二階技術，可發現其吸收技術的專利案量最多(3758 案)，其次為吸附技術(2563 案)，至於薄膜分離技術與其他技術分別為 1196 案及 2089 案。至於我國專利申請人，其二階技術以「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。

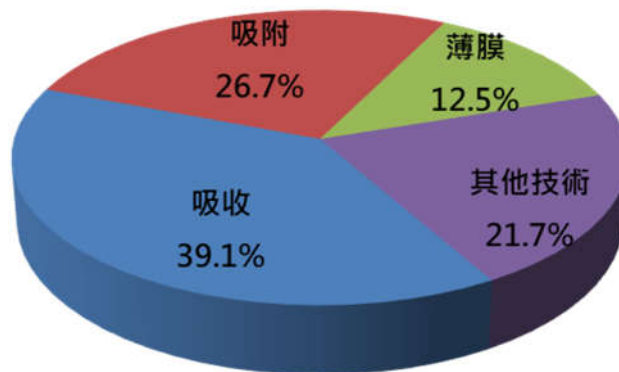


圖 2-1-30、碳捕捉二階技術申請案量分布

(二)碳捕捉前十大申請人國家/地區在二階技術申請情形

如圖 2-1-31 所示，整體前十大申請人國家/地區以二階技術分析，觀察得知：

1. 「吸收技術」的前三大申請人國家/地區依序為：中國大陸、日本及歐洲。
2. 「吸附技術」的前三大申請人國家/地區依序為：中國大陸、美國及日本。
3. 「薄膜分離技術」的前三大申請人國家/地區依序為：中國大陸、美國及日本。
4. 「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⁷¹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⁷²。

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。

依國家／地區分析技術，可得到以下結果：

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)：

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)：

⁷¹ 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）。

⁷² 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。

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%)。

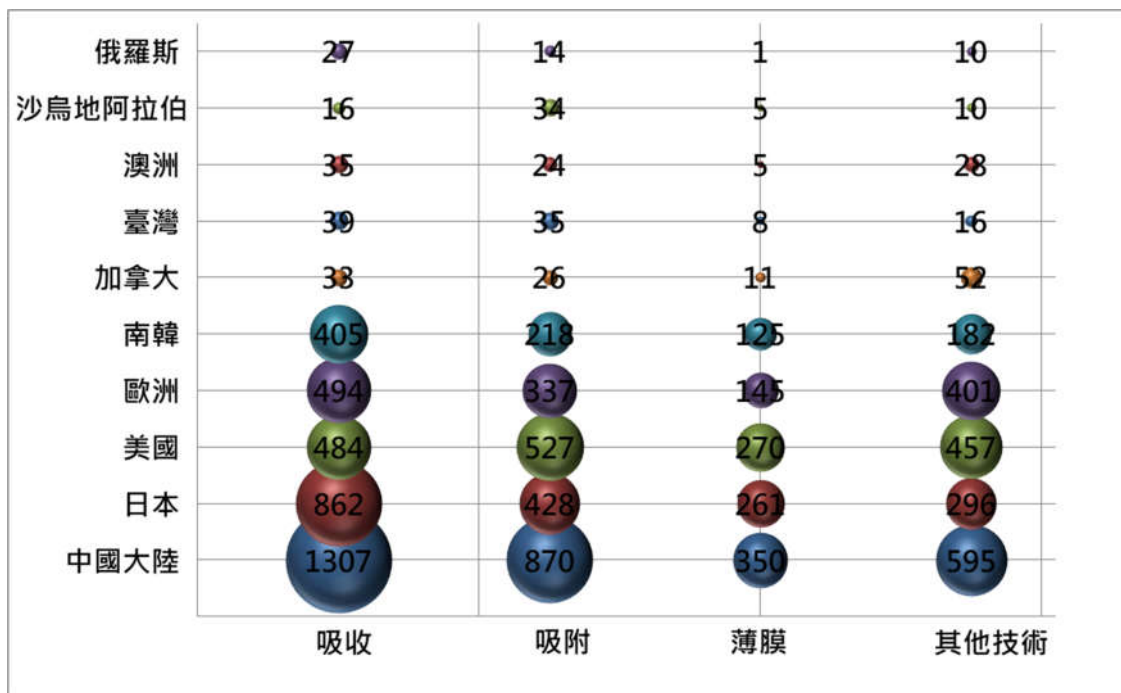


圖 2-1-31、碳捕捉前十大第一申請人國家/地區在二階技術各自申請案數

(三)碳捕捉前十大申請人在二階技術申請情形

整體前十大申請人在二階技術申請狀況如圖 2-1-32 所示，二階技術分析，觀察可得知：

1. 「吸收技術」的前三大申請人依序為：(日商)東芝股份有限公司、(日商)三菱重工業股份有限公司及(中國大陸商)中國石油化工公司。
2. 「吸附技術」的前三大申請人依序為：(美商)艾克森美孚、(中國大陸)中國科學院及(法國商)液化空氣集團。
3. 「薄膜分離技術」的前三大申請人依序為：(中國大陸)天津大學、(法商)液化空氣集團、(中國大陸)中國科學院；
4. 「其他技術」的前三大申請人依序為：(法商)液化空氣集團、(美商)奇異公司及(南韓)韓國能源研究中心。

由前三大專利申請人趨勢可歸納，公司企業的專利布局以相對成熟的碳捕捉技術為主，即吸收與吸附技術，且日商對於吸收分離技術之布局占有一席之地；(法商)液化空氣集團分別有涉略吸附、薄膜分離與其他技術。

依前十大申請人分析技術，可得到以下結果：

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 (南韓商)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%)。

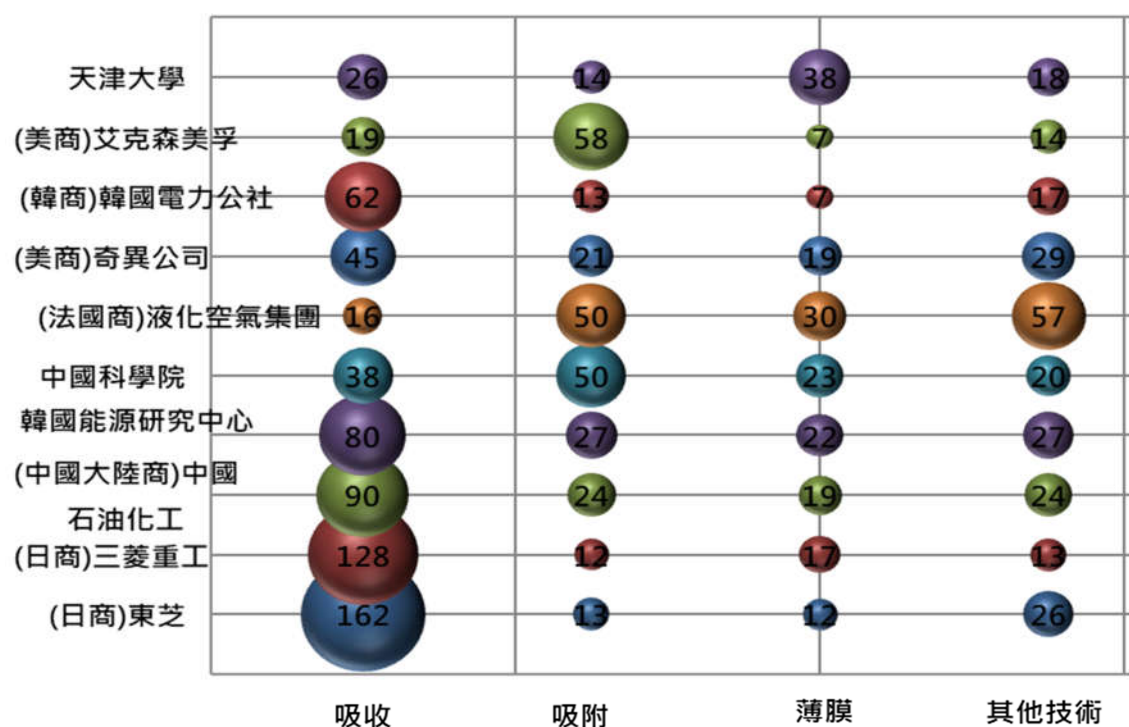


圖 2-1-32、碳捕捉前十大第一申請人在二階技術各自申請件數

(四)碳捕捉第一大申請人於二階技術申請案件數-(日商)東芝股份有限公司

碳捕捉專利中的大一大申請人為(日商)東芝股份有限公司，如圖 2-1-33 所示，由該公司的歷年申請案件數可知，其係以布局「吸收技術」之專利較多(占 76.1%)，且自 1997 年至 2019 年均有「吸收技術」之專利申請，其「吸收技術」申請量最高峰為 2009 年的 19 件。

至於「吸附技術」、「薄膜分離技術」及「其他技術」則僅占該

公司專利量的各 6.1%、5.6%及 12.2%，此等技術並非每年均有專利申請，且各年度的申請量均小於 5 案。

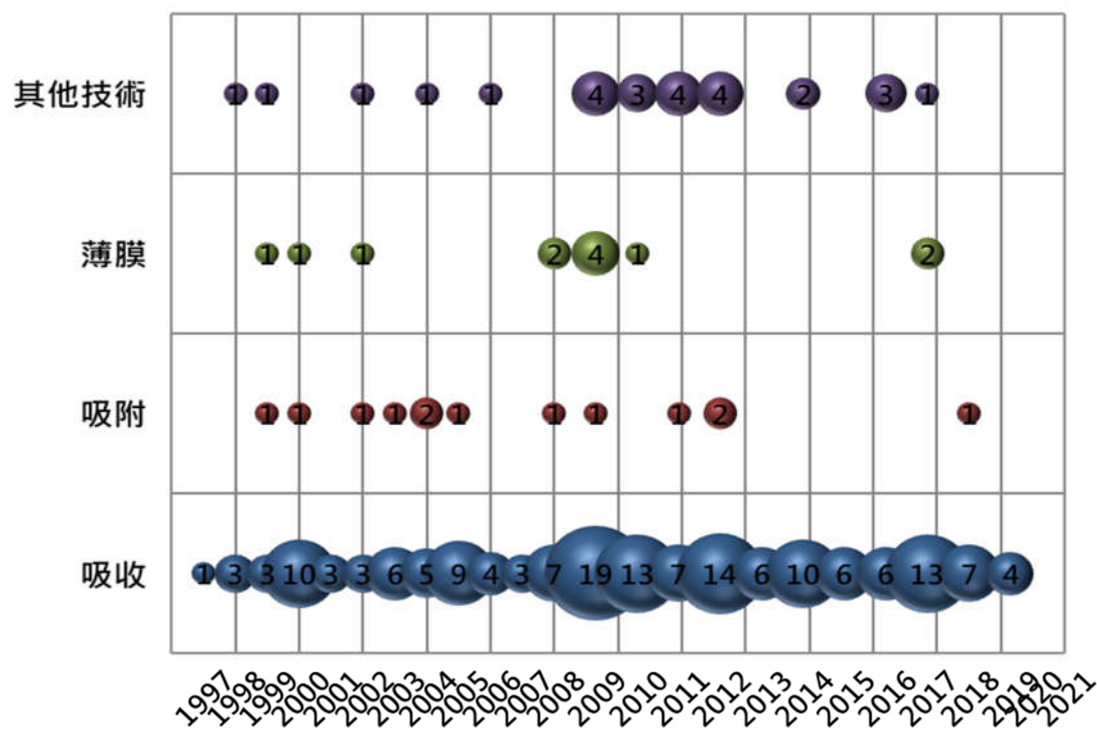


圖 2-1-33、(日商)東芝股份有限公司於二階技術中歷年(優先權年)申請案件數

(五)碳捕捉第一大申請人國家於二階技術申請案件數-中國大陸

碳捕捉專利中的第一大申請人國家為中國大陸，其占碳捕捉全部專利案的 32.9%，由圖 2-1-34 可知，其於二階技術中的歷年申請案件數，其係以布局「吸收技術」較多，且自 2007 年開始「吸收技術」專利案量有顯著增加，最高峰為 2018 年的 125 案，「吸附技術」於 2009 年開始案量有顯著增加，最高峰為 2018、2019 年的 117 案。至於，「薄膜分離技術」與「其他技術」的專利案量均有逐

年增加，但增加幅度不如「吸收技術」及「吸附技術」。

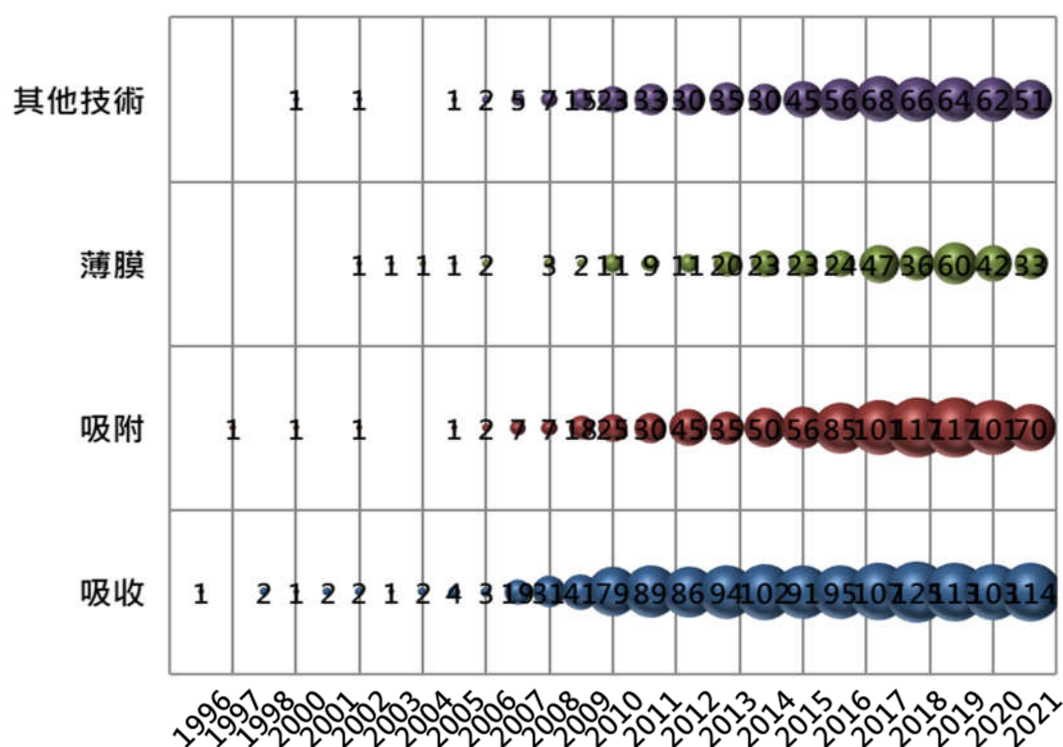


圖 2-1-34、中國大陸於二階技術中歷年(優先權年)申請案件數

(六)二階技術中第一申請人類型案件數

進一步分析二階技術(吸收、吸附、薄膜分離及其他技術)的第一申請人類型，藉以探討各種技術之申請人類型態樣。由圖 2-1-35 可知，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「吸收技術」與其他技術中之公司占比分別 63.4%(2382 案)、63.0%(1316 案)，高於整體碳捕捉技術的公司占比數值 (60.5%)。至於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）。

以下為以第一申請人的類型進行分類：

公司類型：

吸收技術(63.4%)、其他技術(63.0%)、薄膜分離(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%)、薄膜分離(5.8%)、吸附技術(5.4%)。

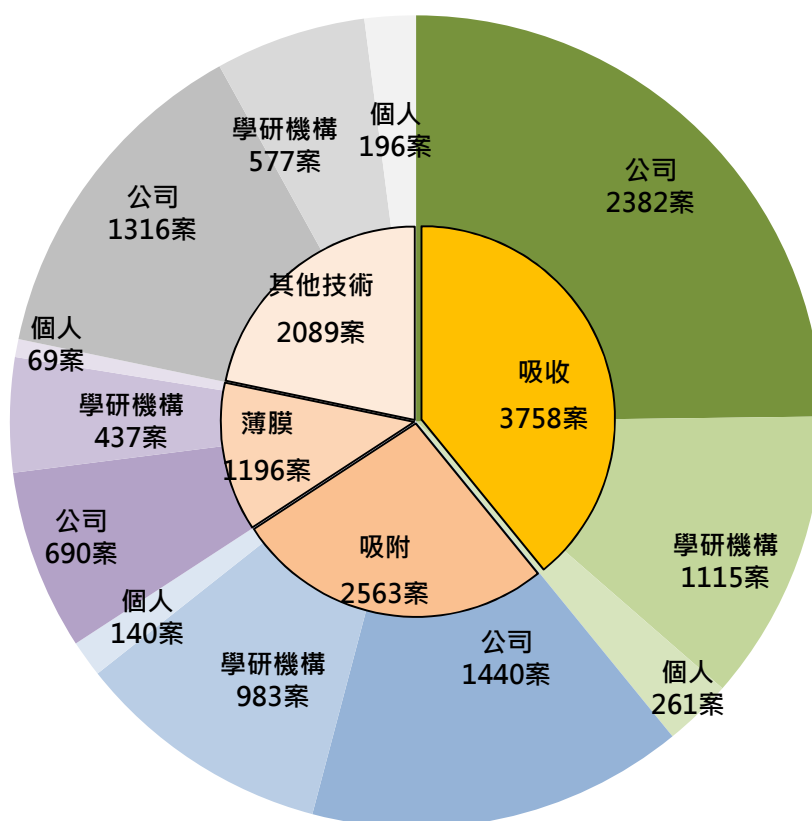


圖 2-1-35、碳捕捉二階技術中第一申請人類型案件數

(七)二階技術各類型歷年申請案件數

將碳捕捉的二階技術以優先權年進行分析，藉以獲得各技術之逐年申請趨勢，如圖 2-1-36 所示，「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 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。

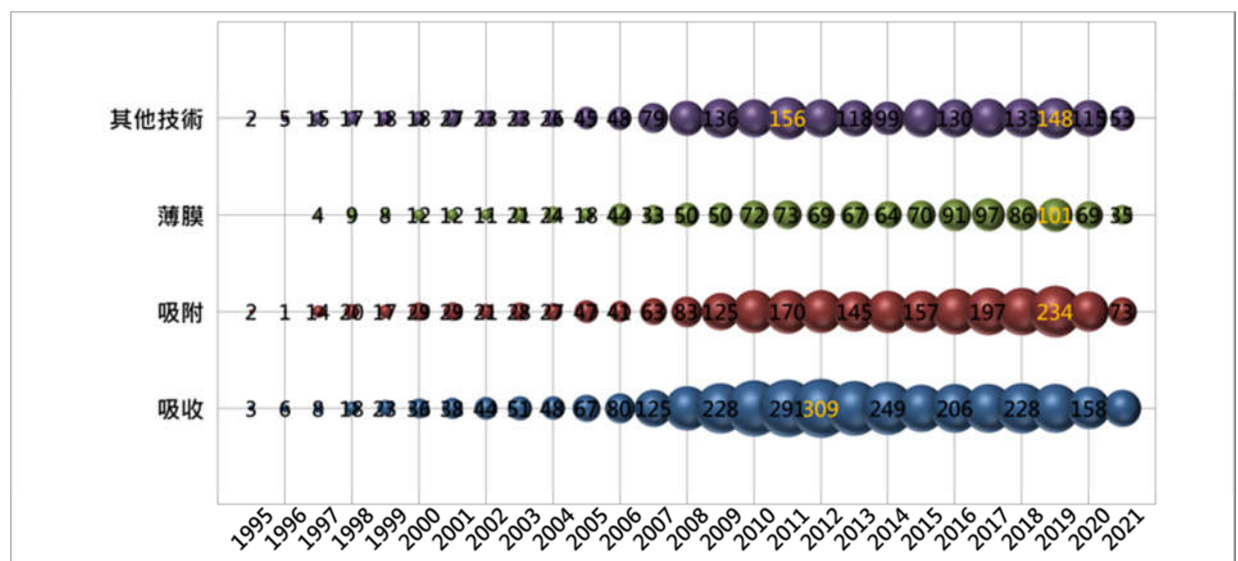


圖 2-1-36、二階技術各類型歷年(優先權年)申請案件數

(八)二階技術各類型十大申請人

如圖 2-1-37 所示，碳捕捉二階技術各自十大申請人排名，以二階技術類型進行分析，如下：

吸收技術：

申請案量排名十大申請人依序為：1.(日商)東芝股份有限公司、2.(日商)三菱重工業股份有限公司、3.(中國大陸商)中國石油化工公司、4.韓國能源研究中心、5.(南韓商)韓國電力公社、6.(德商)西門子股份公司、7.(日商)三菱日立電力系統有限公司、8.(中國大陸商)西安熱工研究院有限公司、9.(美商)奇異公司、10.(法商)阿爾斯通公司。

	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 2-1-37、二階技術各自前十大第一申請人在申請件數

十大申請人均為公司企業，即與吸收技術發展相對成熟，以利於商業化有所關係。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。

吸附技術：

申請案量排名十大申請人依序為：1.(美商)艾克森美孚公司、2.中國科學院、3.(法商)液化空氣集團、4.(美商)空氣產品公司、5.(日商)日立製作所、6.韓國能源研究中心、7.(中國大陸商)中國石油化工公司、8.(日商)豐田汽車、9.(日商)日立化成工業株式會社、10.(中國

大陸)華中科技大學、11.美國能源部、12.(美商)奇異公司⁷³。可發現，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。

薄膜分離技術：

申請案量排名十大申請人依序為：1.(中國大陸)天津大學、2.(法國商)液化空氣集團、3.中國科學院、4.韓國能源研究中心、5.(日商)富士軟片股份有限公司、6.(中國大陸商)中國石油化工公司、7.(美商)奇異公司、8.(中國大陸)太原理工大學、9.(美商)膜技術與研究公司、10.(日商)三菱重工業股份有限公司。十大申請人中包括 4 名學研機構，且第 1 大申請人為學研機構。

其他技術：

申請案量排名十大申請人依序為：1.(法商)液化空氣集團、2.(美商)奇異公司、3.韓國能源研究中心、4.(中國大陸)東南大學、5.(日商)東芝股份有限公司、6.(中國大陸商)中國石油化工公司、7.(美商)空氣產品公司、8.中國科學院、9.(日商)中國電力公司、10.(德商)林德集團。

本報告所稱之「其他技術」範疇為除了吸收、吸附與薄膜分離之其他碳捕捉技術，包括：低溫冷凝、生物固定、礦物化、水合

⁷³ 吸附技術：華中科技大學、美國能源部、(美商)奇異公司並列第 10 大。

物、結合再生能源、控制工程、超臨界處理、直接空氣捕捉、水轉化反應、電化學、富氧燃燒、鈣循環及化學循環。在「其他技術」中第 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⁷⁴；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⁷⁵、冷凝噴嘴⁷⁶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」⁷⁷二氧化碳。

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；簡稱 DAC)」等以歐美為主研究機關及企業正在努力進展中^{78、79}。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

⁷⁴ Cryocap™ H2 - 低溫二氧化碳分離捕捉制氫裝置中的二氧化碳，閱讀日期 20220525。

<https://www.engineering-airliquide.com/cn/cryocap-h2-diwen-co2-fenli>。

<https://money.udn.com/money/story/11799/5916997>。

⁷⁵ 專利公開號 US2008/0011160A1，公開日期 2008-01-17，發明名稱 CARBON DIOXIDE CAPTURE SYSTEMS AND METHODS，優化的專利權人：(美商)奇異公司 GENERAL ELECTRIC COMPANY。

⁷⁶ 專利公開號 WO201/3162915A1，公開日期 2013-10-31，發明名稱 METHOD AND SYSTEMS FOR CO2 SEPARATION WITH COOLING USING CONVERGING-DIVERGING NOZZLE，優化的專利權人：(美商)奇異公司 GENERAL ELECTRIC COMPANY。

⁷⁷ 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，優化的專利權人：韓國能源研究公司 KOREA INSTITUTE OF ENERGY RESEARCH (KIER)。

⁷⁸ 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，閱讀日期 20220528。

<https://reurl.cc/0X72Al>

⁷⁹ 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，閱讀日期 20220528。

<https://reurl.cc/1my2dD>

捉中的「直接空氣捕捉(DAC)」技術進行研究開發與專利布局⁸⁰。

(九)二階技術各類型十大申請人國家/地區

碳捕捉二階技術各自十大申請國家排名，如圖 2-1-38 所示，分析如下：碳捕捉二階技術各自的前五大申請人國家/地區為中國大陸、日本、美國、歐洲及南韓，其中我國的專利申請人的二階技術排名分別為：吸收技術(第 6 大)、吸附技術(第 6 大)、薄膜技術(第 7 大)與其他技術(第 8 大)。

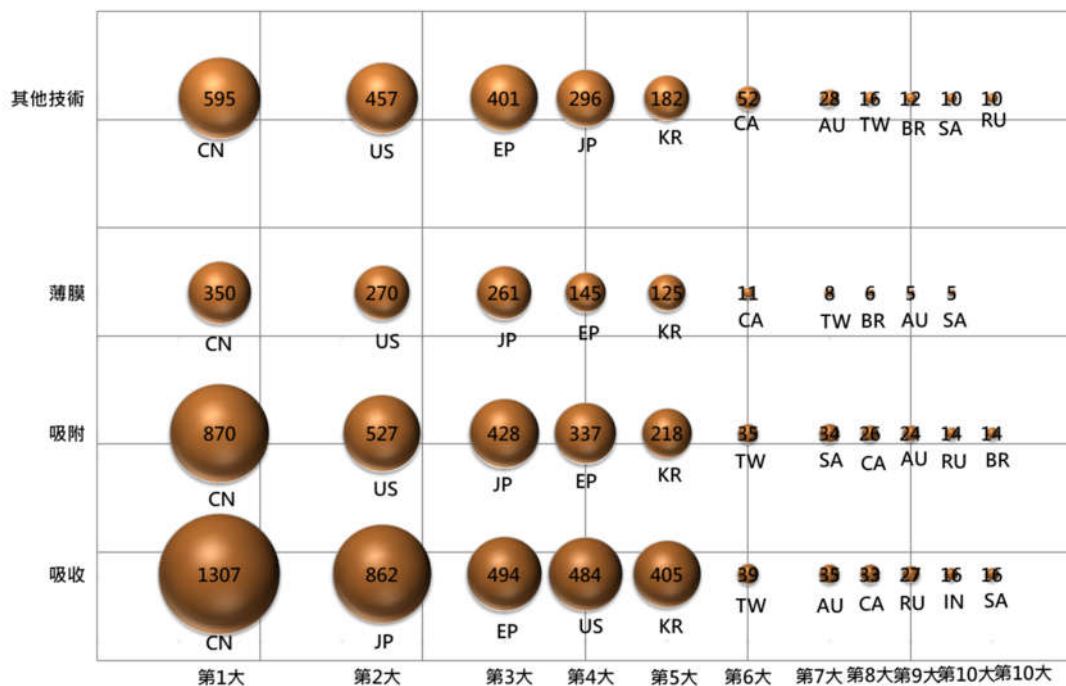


圖 2-1-38、二階技術各自十大申請國家案數

十大申請國家/地區以二階技術類型進行分析：

⁸⁰ 萃取空氣中全國的技術研發成功，環境資訊中心，閱讀日期 20220528。

<https://e-info.org.tw/node/22050>

例如，WO2005/108297A2(相關技術內容參考本報告碳捕捉案例 2)。

吸收技術：

中國大陸(35.2%)、日本(23.2%)、歐洲(13.3%)、美國(13.1%)、南韓(10.9%)、臺灣(1.0%)、澳洲(0.9%)、加拿大(0.9%)、俄羅斯(0.7%)、印度(0.4%)、沙烏地阿拉伯(0.4%)。其中中國大陸、日本、美國、歐洲及南韓的專利申請人就占 95.7%。

吸附技術：

中國大陸(34.4%)、美國(20.9%)、日本(17.0%)、歐洲(13.3%)、南韓(8.6%)、臺灣(1.4%)、沙烏地阿拉伯(1.3%)、加拿大(1.0%)、澳洲(0.9%)、俄羅斯(0.6%)、巴西(0.6%)。其中中國大陸、日本、美國、歐洲及南韓的專利申請人就占 94.2%。

薄膜分離技術：

中國大陸(29.5%)、美國(22.8%)、日本(22.0%)、歐洲(12.2%)、南韓(10.6%)、加拿大(0.9%)、臺灣(0.7%)、巴西(0.5%)、澳洲(0.4%)、沙烏地阿拉伯(0.4%)。其中中國大陸、日本、美國、歐洲及南韓的專利申請人就占 97.1%。

其他技術：

中國大陸(28.9%)、美國(22.2%)、歐洲(19.5%)、日本(14.4%)、南韓(8.8%)、加拿大(2.5%)、澳洲(1.3%)、臺灣(0.8%)、巴西(0.6%)、沙烏地阿拉伯(0.5%)、俄羅斯(0.5%)。其中中國大陸、日本、美

國、歐洲及南韓的專利申請人就占 93.8%。

(十)三階技術與二階技術對照比例分布

將碳捕捉的二階技術進一步分類(即為三階技術)：

1. 吸收技術：化學吸收、物理吸收
2. 吸附技術：化學吸附、物理吸附
3. 薄膜分離技術：有機薄膜、無機薄膜
4. 其他技術：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、化學循環。

碳捕捉三階技術與二階技術對照比例可以得到如圖 2-1-39 所示。以三階技術分析，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，1.8%）、直接空氣捕捉（116 案，1.6%）、水轉化（94 案，1.3%）、電化學（90 案，1.2%）、富氧燃燒（61

案，0.9%)、鈣循環(30 案，0.4%)及化學循環(16 案，0.2%)。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。

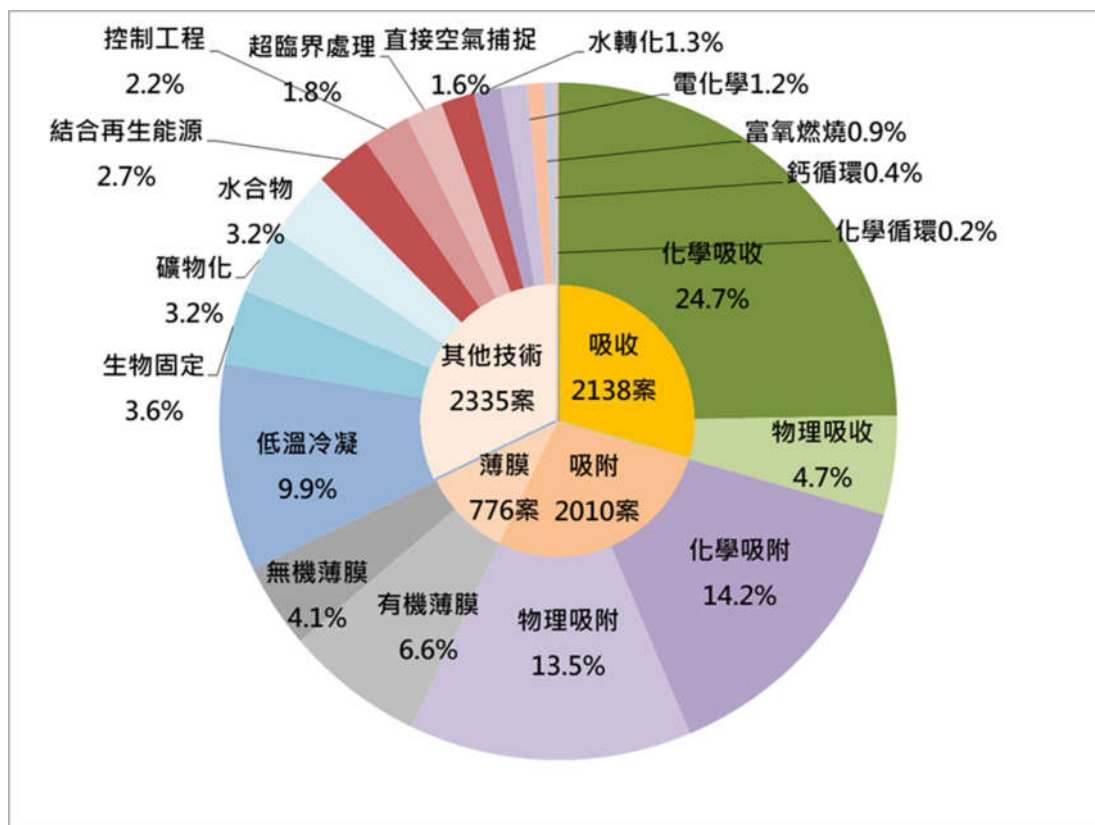


圖 2-1-39、碳捕捉二階技術及三階技術申請比例分布

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⁸¹。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⁸²。

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⁸³。另

⁸¹ 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) .

⁸² 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）。

⁸³

(1) 日本建商推「碳封存」混凝土東芝升級「零碳排」，TVBS 新聞網，

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⁸⁴，或以結合再生能源⁸⁵、優化控制檢測工程⁸⁶，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 I706806⁸⁷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。

(十一)碳捕捉技術用途

圖 2-1-40 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

<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）。

⁸⁴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。

⁸⁵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。

⁸⁶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。

⁸⁷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。

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%。

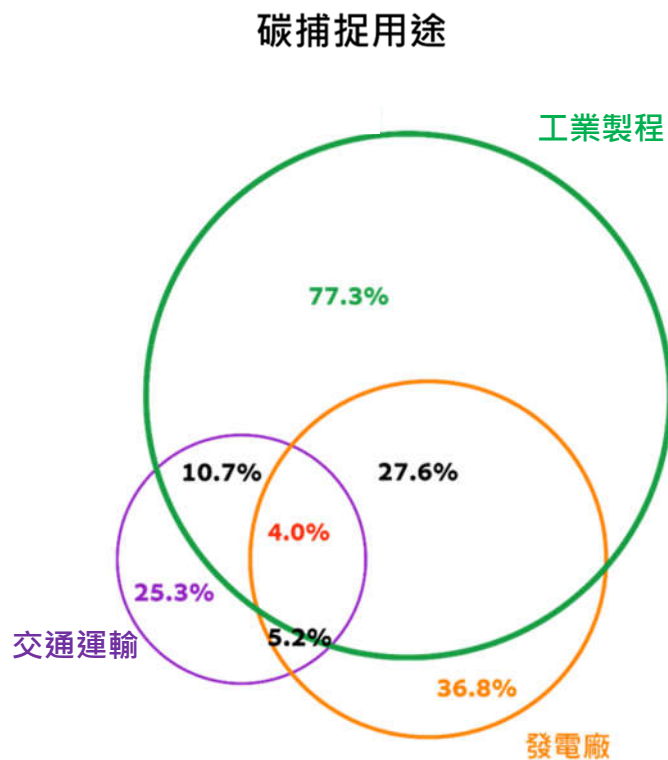


圖 2-1-40、碳捕捉用途

四、全球申請流向及主要專利局分析

將碳捕捉專利 7406 案以 DWPI 同族專利展開，其共獲得 18200 件專利⁸⁸，圖 2-1-41 表示為碳捕捉專利前二十大專利公開國、圖 2-1-42 所表示碳捕捉專主要申請人國家與主要專利局矩陣分析及圖 2-1-43 所表示為碳捕捉申請流量圖。藉此觀察，全球碳捕捉技術專利申請人所注重的市場與專利布局趨勢。



圖 2-1-41、碳捕捉專利公開國家⁸⁹

⁸⁸ Derwent Innovation 資料庫 <https://www.derwentinnovation.com/login/>，下載日期：2022 年 5 月 24 日。

⁸⁹ Derwent Innovation 分析圖表，下載日期 2022 年 5 月 26 日。世界地圖中 EP 所表示為單純為公開號為 EP 之專利案，並未包含於歐洲特定國家所申請之專利案件。

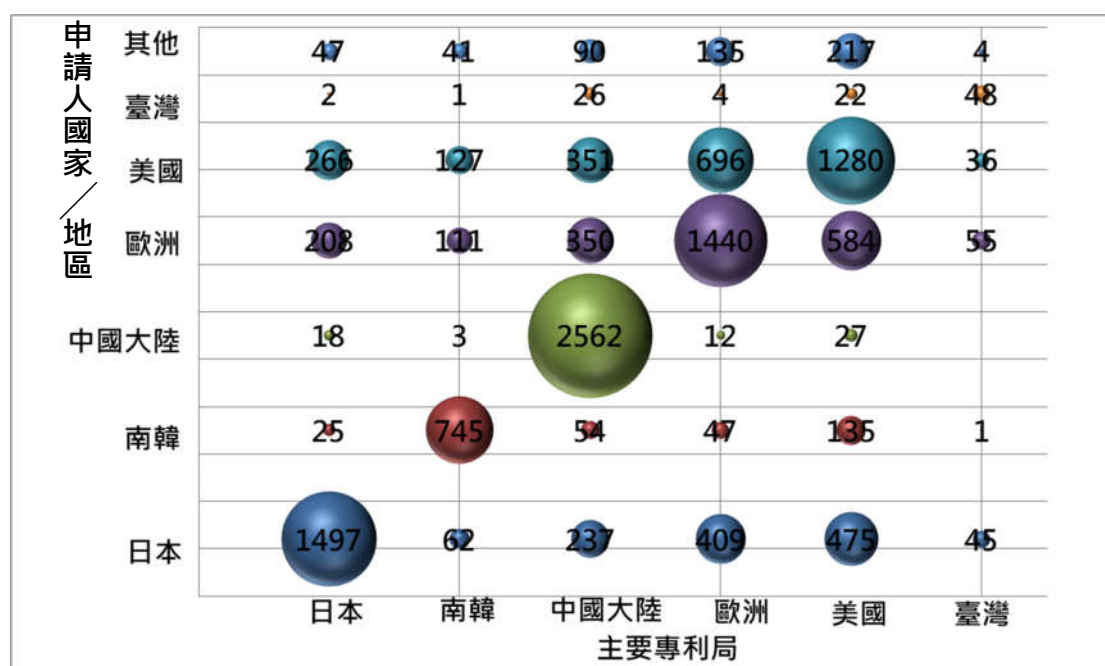


圖 2-1-42、碳捕捉主要申請人國家/地區與主要專利局矩陣分析

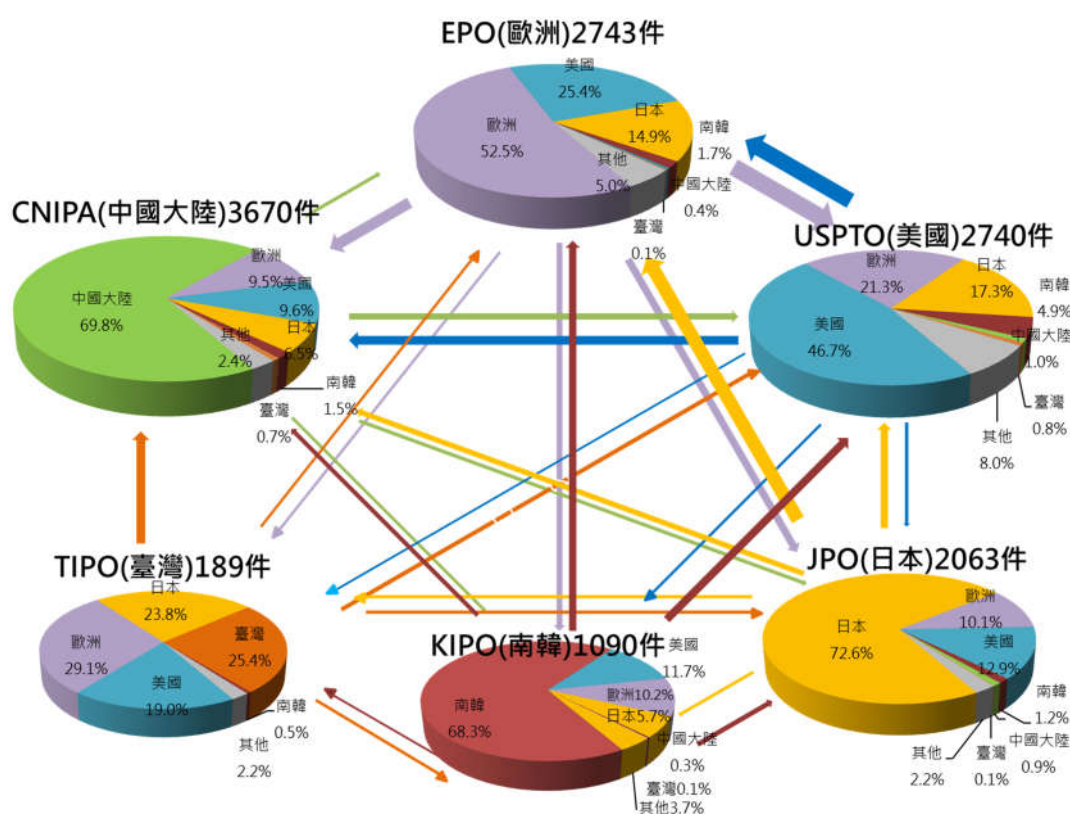


圖 2-1-43、碳捕捉(全球)申請流向圖

由五大專利局(IP5)與我國的專利申請人的申請案件流向趨勢，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/區域主要以美國專利局、歐洲專利局為主⁹⁰。由此可知，專利申請人認為碳捕捉技術以美國與歐洲為主要市場，其次則為中國大陸知識產權局與日本專利局。

我國專利申請人主要專利布局的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 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。此外，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%，此表示美國與歐洲為以全球布局為專利申請策略。

進一步以五大專利局(IP5)及臺灣所公開(公告)的專利進行分析，專利公開(告)案件最多的國家/區域依序為：中國大陸(CNIPA)3670 件、歐洲(EPO)2743 件⁹¹、美國(USPTO)2740 件、日本(JPO)2063 件、世界智慧財產權組織(WIPO)2025 件、南韓(KIPO)1090

⁹⁰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)。

⁹¹歐洲專利件數為統計包含 EPO 及歐洲各國的專利開(告)案件。

件、加拿大950 件、澳洲795 件、印度448 件、巴西291 件、俄羅斯254 件、臺灣189 件。

主要專利申請人之國家/區域申請件數占比，分析如下：

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%)

綜上觀之，五大專利局(IP5)及我國之公開(公告)專利資料，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，其次為中國大陸與南韓，公開(告)案中均有 6 成以上為其本身的國家專利申請人。至於專利公開(告)案中的本國申請人占比不到 5 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，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%。

五、碳捕捉技術全球主要專利局分析

為了瞭解各國申請人於各國專利局對於二階各技術領域申請案件公開分布之情況，進一步分析各技術領域(二階技術)於各國公開(告)情形。

(一)吸收技術

圖 2-1-44 為碳捕捉中之「吸收技術」申請案十大公開國家分布，可發現，除了 WIPO 外，專利五大局(IP5)為主要專利申請國家

/區域，其所公開(告)的案件數依序為中國大陸、美國、日本、歐洲與南韓。除了 IP5 外，具有「吸收技術」布局的國家更包括加拿大專利局、澳洲專利局與印度專利局。

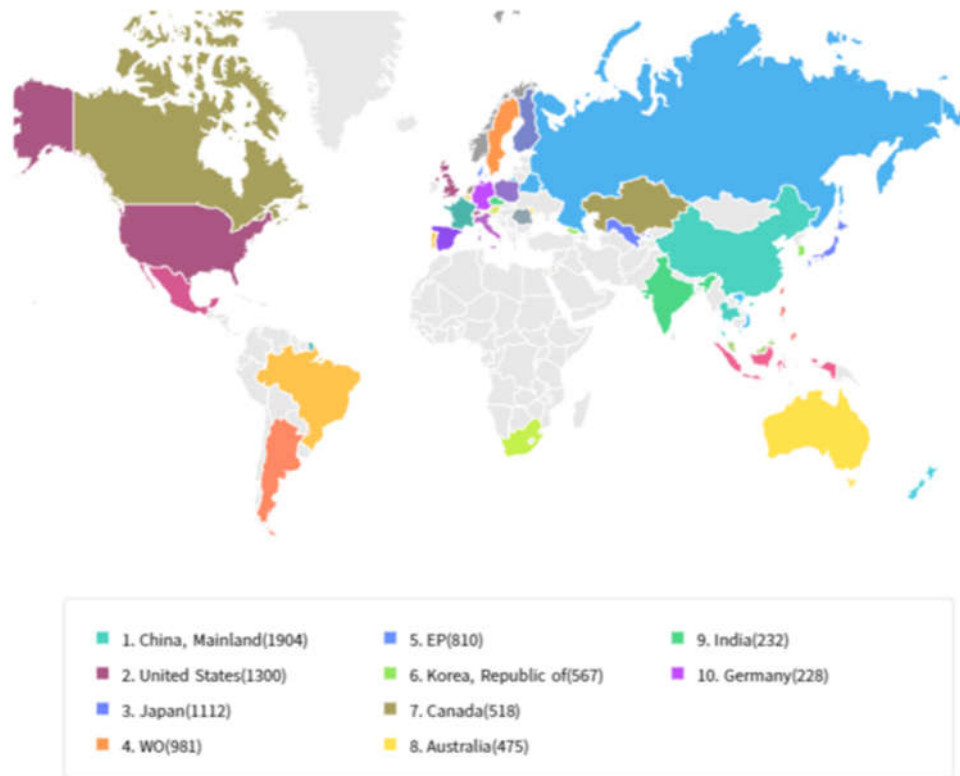


圖 2-1-44、碳捕捉(吸收) 申請案公開國家分布⁹²

(二) 吸附技術

圖 2-1-45 為碳捕捉中之「吸附技術」申請案十大公開國家分布，可發現，除了 WIPO 外，專利五大局(IP5)為主要專利申請國家/區域，其所公開(告)的案件數依序為中國大陸、美國、日本、歐洲

⁹² Derwent Innovation(碳捕捉吸收技術)分析圖表，下載日期 2022 年 5 月 28 日。世界地圖中 EP 所表示為單純為公開號為 EP 之專利案，並未包含於歐洲特定國家所申請之專利案件。

與南韓。除了 IP5 外，具有「吸附技術」布局的國家更包括加拿大專利局、澳洲專利局與印度專利局。



圖 2-1-45、碳捕捉(吸附) 申請案公開國家分布⁹³

(三) 薄膜分離技術

圖 2-1-46 為碳捕捉中之「薄膜分離技術」申請案十大公開國家分布，可發現，除了 WIPO 外，專利五大局(IP5)為主要專利申請國家/區域，其所公開(告)的案件數依序為中國大陸、美國、日本、歐

⁹³ Derwent Innovation(碳捕捉吸附技術)分析圖表，下載日期 2022 年 5 月 28 日。世界地圖中 EP 所表示為單純為公開號為 EP 之專利案，並未包含於歐洲特定國家所申請之專利案件。

洲與南韓。除了 IP5 外，具有「薄膜分離技術」布局的國家更包括加拿大專利局、澳洲專利局與印度專利局。



圖 2-1-46、碳捕捉(薄膜分離)申請案公開國家分布⁹⁴

(四)其他技術

圖 2-1-47 為碳捕捉中之「其他技術」申請案十大公開國家分布，可發現，除了 WIPO 外，專利五大局(IP5)為主要專利申請國家/區域，其所公開(告)的案件數依序為中國大陸、美國、歐洲、日本

⁹⁴ Derwent Innovation(碳捕捉薄膜分離技術)分析圖表，下載日期 2022 年 5 月 28 日。世界地圖中 EP 所表示為單純為公開號為 EP 之專利案，並未包含於歐洲特定國家所申請之專利案件。

與南韓。除了 IP5 外，具有其他技術布局的國家更包括加拿大專利局、澳洲專利局與印度專利局。



圖 2-1-47、碳捕捉(其他技術) 申請案公開國家分布⁹⁵

六、碳捕捉相關專利案例

本部分為將碳捕捉的 18,200 件專利以 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，

⁹⁵ Derwent Innovation(碳捕捉其他技術)分析圖表，下載日期 2022 年 5 月 28 日。世界地圖中 EP 所表示為單純為公開號為 EP 之專利案，並未包含於歐洲特定國家所申請之專利案件。

此專利可能為重要發明⁹⁶，技術相對重要。其超過 200 以上的被引用專利計數的專利共 7 件⁹⁷，其專利公開號依序為 US5832712A(239 次)、US2008/0031801A1(232 次)、US2006/0051274A1(229 次)、US5917136A(220 次)、US3865924A(215 次)、US2005/0028529A1(210 次)、WO2006/022885A1(200 次)。

1. US5832712A(239 次)⁹⁸ 【吸收】(化學吸收、單乙醇胺 MEA)

一種從用於生產石油和天然氣的燃氣輪機的廢氣中去除和防止二氧化碳排放到大氣中的方法，通過以下方式從廢氣中回收二氧化碳：

- 1) 使氣體通過熱回收裝置，以蒸汽的形式回收熱量並降低其溫度至 20-70°C;
- 2) 將 40% 左右的燃氣循環到熱機進氣口；
- 3) 在(乙醇胺，MEA)吸收液中吸收 CO₂ 並排出淨化後的氣體；
- 4) 通過加熱到 120-150°C 從吸收液中汽提 CO₂;

⁹⁶ 阮明淑、梁峻齊，專利指標發展研究，Journal of Library and Information Science 35 (2)：88 – 106 (October, 2009)，
<https://jlis.glis.ntnu.edu.tw/ojs/index.php/jlis/article/viewFile/529/529>。閱讀日期 2022 年 5 月 26 日。

⁹⁷ Derwent Innovation 資料庫，資料分析時間 2022 年 5 月 24 日。

⁹⁸ 發明名稱：Method for removing carbon dioxide from exhaust gases
公開號：US5832712A；申請日：1996-10-11；公開日：1998-11-10；
優化專利權人：挪威商克瓦納集團(KVAERNER ASA)；DWPI 專利家族：
WO1995/021683A1、NO199400527A、AU199518260A、EP744987A1、NO180520B、
JP9509608A、AU687171B、EP744987B1、AU199856377A、DE69503036D1、ES2118574T3、
US5832712A、AU708792B、JP03659970B2、CA2183374C；法律狀態：失效。

5)回收再生吸收液並再使用或處置前壓縮回收的 CO₂。

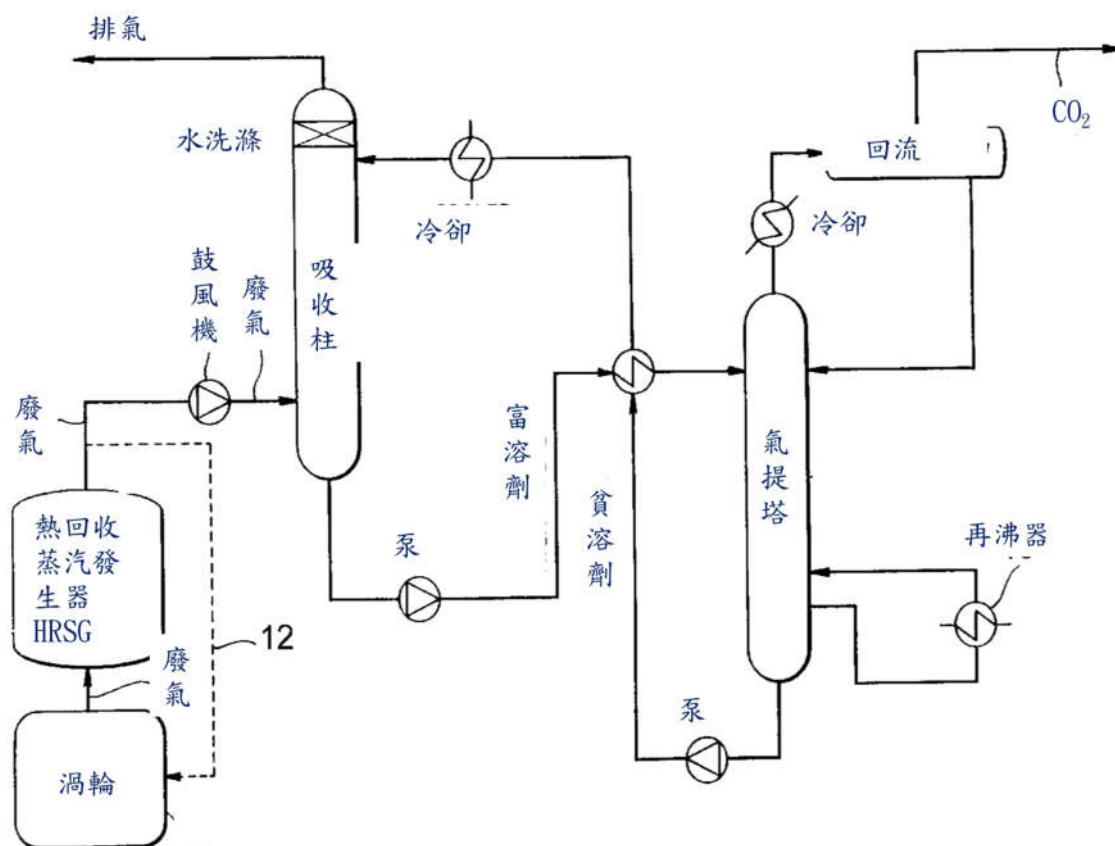


圖 2-1-48、US5832712A 專利方法的示意圖

2. US2008/0031801A1(232 次)⁹⁹ 【吸收】、【吸附】、【其他技術】(化學吸收、礦物封存、物理吸附、低溫冷凝、直接空氣捕捉)

- (1) 一種從空氣中提取、捕捉、減少、儲存、隔離或處理二氧化碳的方法，包括將含鎂的矽酸鹽（例如蛇紋石或橄欖石）溶解在酸水溶液中以形成酸性溶液，增加溶液的 pH 值以沉澱一種或多種鎂組分（例如氫氧化鎂/氧化

⁹⁹ 發明名稱：Carbon Dioxide Capture and Mitigation of Carbon Dioxide Emissions
公開號：US20080031801A1；申請日：2007-10-25；公開日：2008-02-07；
優化專利權人：澳洲商穀物研究與開發公司(GRAINS RESEARCH & DEVELOPMENT CORP)；DWPI 專利家族：WO2005/108297A2、US2008/0031801A1、US7947239B2、US2011/0226006A1、WO2005/108297A3、US2012/0302469A1、US2013/0115153A1；法律狀態：失效。

鎂)；和碳酸化沉澱的鎂組分以結合二氧化碳。

- (2) 一種從空氣中提取、捕捉或隔離二氧化碳的方法，包括：(a)將空氣暴露於具有大吸收表面的固體吸附劑材料，以使吸附劑材料被二氧化碳飽和；(b)在減壓下從飽和吸附劑材料中去除殘餘空氣；(c)將二氧化碳冷凝到冷表面上以捕捉固體形式的二氧化碳；和(d)將捕捉的二氧化碳釋放到收集、儲存或運輸系統。
- (3) 一種用於捕捉二氧化碳和回收固體吸附劑的低溫系統，包括：(a)第一腔室，用於容納載有二氧化碳的吸附劑材料並從所述吸附劑材料中除去二氧化碳；(b)一個真空系統，用於從所述第一腔室中去除空氣並可連接到其上；和(c)第二室，其連接到所述第一室並且包括適於將來自所述第一室的二氧化碳作為固體二氧化碳冷凝和收集到所述第二室的一個或多個表面上的溫度，所述第二室包括降低的分壓為相對於所述第一室的二氧化碳。

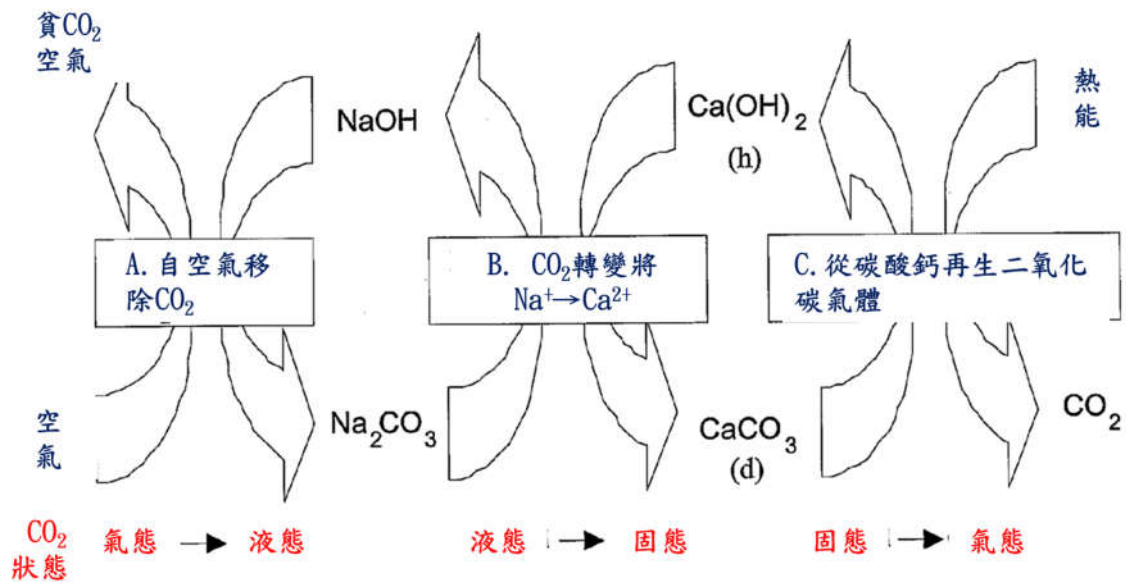


圖 2-1-49、US2008/0031801A1，空氣捕捉示意圖

3. US2006/0051274A1(229 次)¹⁰⁰【吸收】、【薄膜】、【其他技術】(化學吸收、空氣捕捉)

一種從空氣中去除二氧化碳的方法，該方法包括使用層流洗滌器將溶劑覆蓋的表面暴露於氣流，其中氣流具有保持層流或接近層流狀態的流動。其中表面是箔或其他薄膜，它們由金屬絲保持並由金屬絲或金屬絲網支撐；其中箔或膜被支撐在剛性結構上，該剛性結構可以是賦予膜結構剛性的實心板、蜂窩或格子結構；(c)其中薄膜由塑膠箔製成；和(d)其中薄膜由經過表面處理以增加表面親水性的塑膠箔製成。

¹⁰⁰ 發明名稱：Removal of carbon dioxide from air

公開號：US20060051274A1；申請日：2005-08-22；公開日：2006-03-09；

優化專利權人：美商碳匯公司(CARBON SINK INC)；DWPI 專利家族：US20060051274A1；

法律狀態：失效。

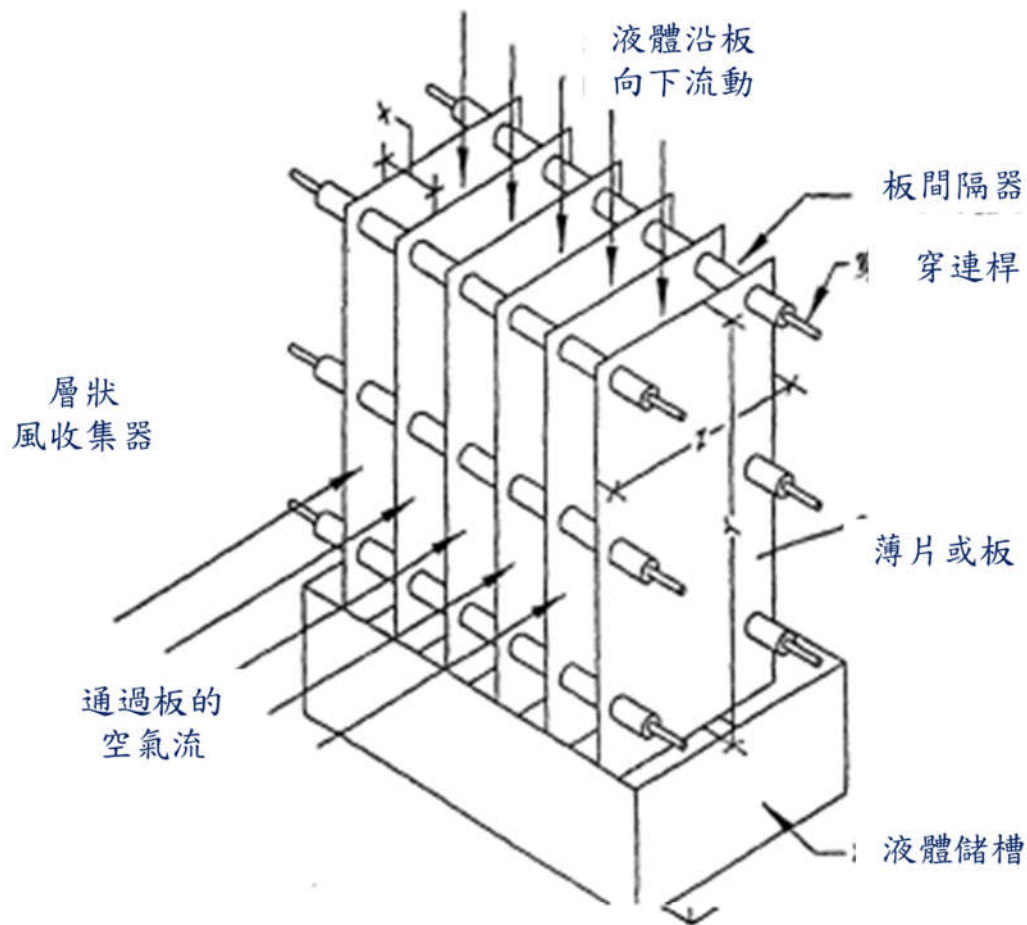


圖 2-1-50、US2006/0051274A1，空氣洗滌器單元的透視圖

4. US5917136A(220 次)¹⁰¹【吸附】(物理吸附)

一種用於從惰性氣體發生器或蒸汽甲烷重整器(SMR)中去除二氧化碳的變壓吸附技術，將含有水蒸氣和二氧化碳的氣態混合物在 100-500°C 下引入反應器，存在於反應器中的氧化鋁吸附劑吸附二

¹⁰¹ 發明名稱：Carbon dioxide pressure swing adsorption process using modified alumina adsorbents

公開號：US5917136A；申請日：1996-10-03；公開日：1999-06-29；

優化專利權人：美國能源部(UNITED STATES OF AMERICA DEPARTMENT OF ENERGY)；

DWPI 專利家族：US5917136A；法律狀態：失效。

氧化碳，然後保持在低於原料氣體的 CO_2 分壓的吹掃流體處理載有 CO_2 的吸附劑，以促進二氧化碳從吸附劑中解吸。

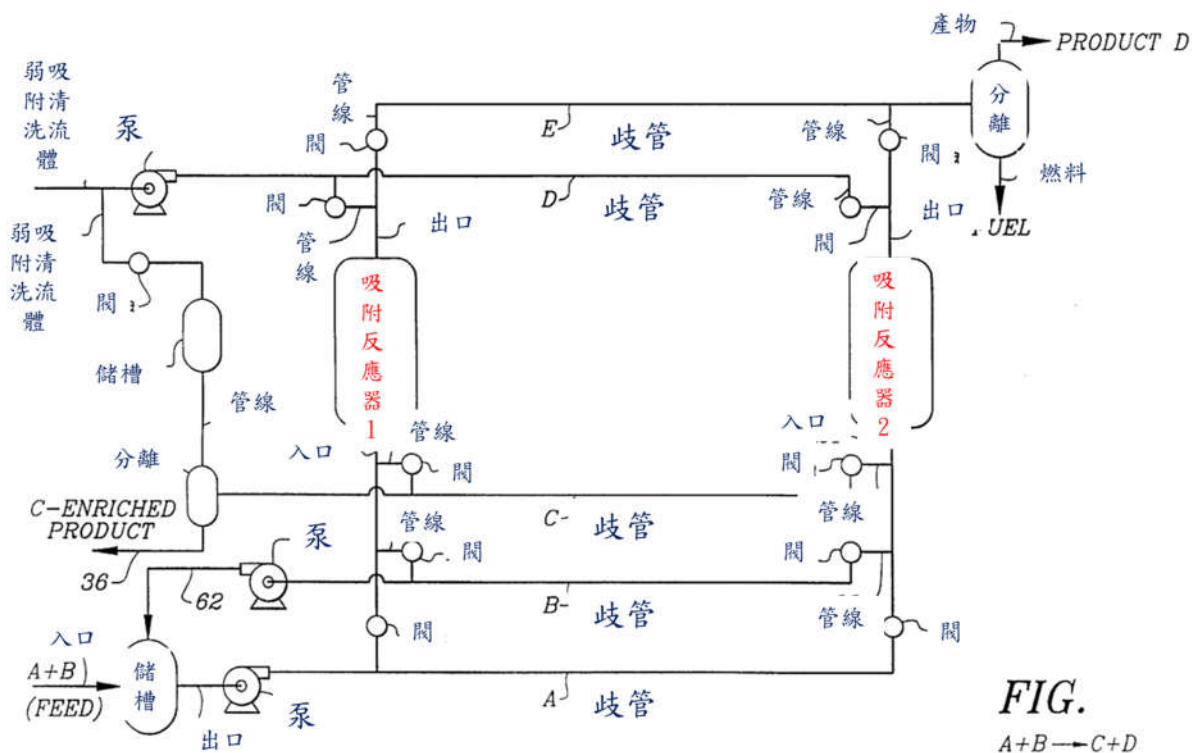


圖 2-1-51、US5917136A，反應方法的示意圖¹⁰²。

5. US3865924A(215 次)¹⁰³【吸附】(化學吸附)

一種用於從氣流中去除二氧化碳的方法和裝置，其使含 CO_2 的入口氣流與細碎的粒狀鹼金屬碳酸鹽和氧化鋁的協同吸附劑組合物接觸，所述氧化鋁和碳酸鹽是分離的離散顆粒並且經由一起研磨做為吸附劑，以將 CO_2 吸附到其中，並將所述碳酸鹽轉化為碳酸氫

¹⁰² 該反應結合了 PSA 方法，其中兩個反應器包含催化劑和氧化鋁吸附劑的混合物

¹⁰³ 發明名稱：Process for regenerative sorption of CO_2

公開號：US3865924A；申請日：1972-03-03；公開日：1975-02-11；

優化專利權人：美國天然氣技術研究所(GAS TECHNOLOGY INSTITUTE)；DWPI 專利家族：US3865924A；法律狀態：失效

鹽，使所述吸附劑組合物保持水合形式，從而從所述氣流中除去 CO_2 ；和通過提供熱量以將所述碳酸氫鹽重新轉化為所述碳酸鹽形式同時從其中放出 CO_2 來再生所述吸附劑組合物。

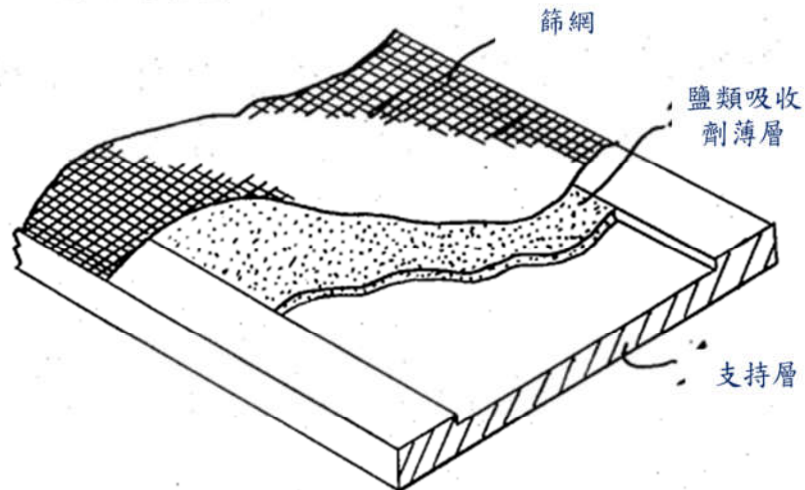


圖 2-1-52、US3865924A，幾何形狀和放置在其上的吸附劑

6. US2005/0028529A1(210 次)¹⁰⁴ 【其他技術】

一種燃氣輪機發電方法，將熱燃燒廢氣返回進氣壓縮機和高壓二氧化碳分離器，一些熱氣返回壓縮機並與進入的空氣混合，二氧化碳通過燃燒室上游的 CO_2 分離器被引入進入的壓縮氣體中，從壓縮氣體中除去壓縮氣體中不超過約 70% 的二氧化碳，整個壓縮氣體流通過 CO_2 分離器，其中 10% 到 70% 的二氧化碳被去除。在其用於發電之後，膨脹的熱廢氣通過熱交換器以產生蒸汽。與現有技術相

¹⁰⁴ 發明名稱：Method of generating energy in a power plant comprising a gas turbine, and power plant for carrying out the method

公開號：US20050028529A1；申請日：2004-05-28；公開日：2005-02-10；

優化專利權人：法商阿爾斯通公司(ALSTOM)；DWPI 專利家族：EP1484102A2、DE10325111A1、JP2004360694A、US20050028529A1、JP04727949B2、EP1484102A3、EP1484102B1；法律狀態：失效

比，燃氣輪機組件具有更少的二氧化碳排放。此外該過程最小化了發電機的整體尺寸，並降低了發電的總體成本。

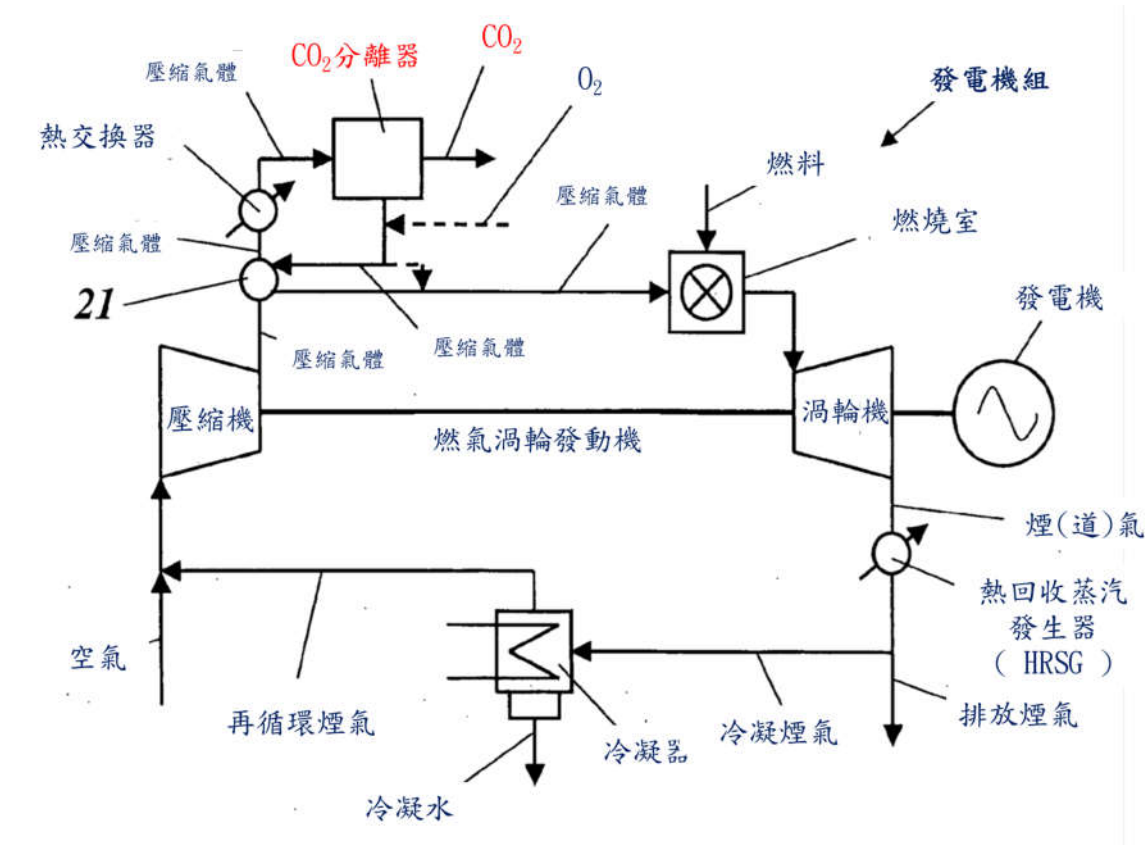


圖 2-1-53、US2005/0028529A1，分離 CO₂ 的發電廠的流程圖

7. WO2006/022885A1(200 次)¹⁰⁵【吸收】(化學吸收)

一種用於對受污染的燃燒氣體進行超清潔的系統，包括具有一個或多個直接和濕式冷卻階段的冷卻子系統，以冷卻氣流以從氣流

¹⁰⁵ 發明名稱：ULTRA CLEANING OF COMBUSTION GAS INCLUDING THE REMOVAL OF CO₂

公開號：WO2006022885A1；申請日：2005-04-12；公開日：2006-03-02；

優化專利權人：法商阿爾斯通公司(ALSTOM)；DWPI 專利家族：AU2005278126A1、AU2005278126B2、BR200514141A、CA2574633C、CN100522314C、CN101010129A、EP1781400A1、EP1781400A4、EP1781400B1、IL180614A、IN200700221P2、IN248224B、JP04995084B2、JP2008-508099A、KR2007/053738A、KR869665B1、MX2007001367A、MX277223B、NO200700165A、NO335509B1、RU2378040C2、US2008/0072762A1、US2010/0064889A1、US7641717B2、US8308849B2、WO2006/022885A1、ZA200700909B；

法律狀態：失效

中冷凝水並從氣流中捕捉和去除污染物；具有二氧化碳吸收級的吸收子系統，以使用氨化溶液或漿液從冷卻的氣流中吸收二氧化碳；和具再生階段的再生子系統，用於從吸收和氨化的 CO_2 中分離 CO_2 。通過捕捉二氧化碳並將其以濃縮形式和高壓進行封存來減少二氧化碳排放。本技術相對簡單，且可使用低成本的試劑，不產生額外的廢物流，以獲得成本低、能耗低效果。

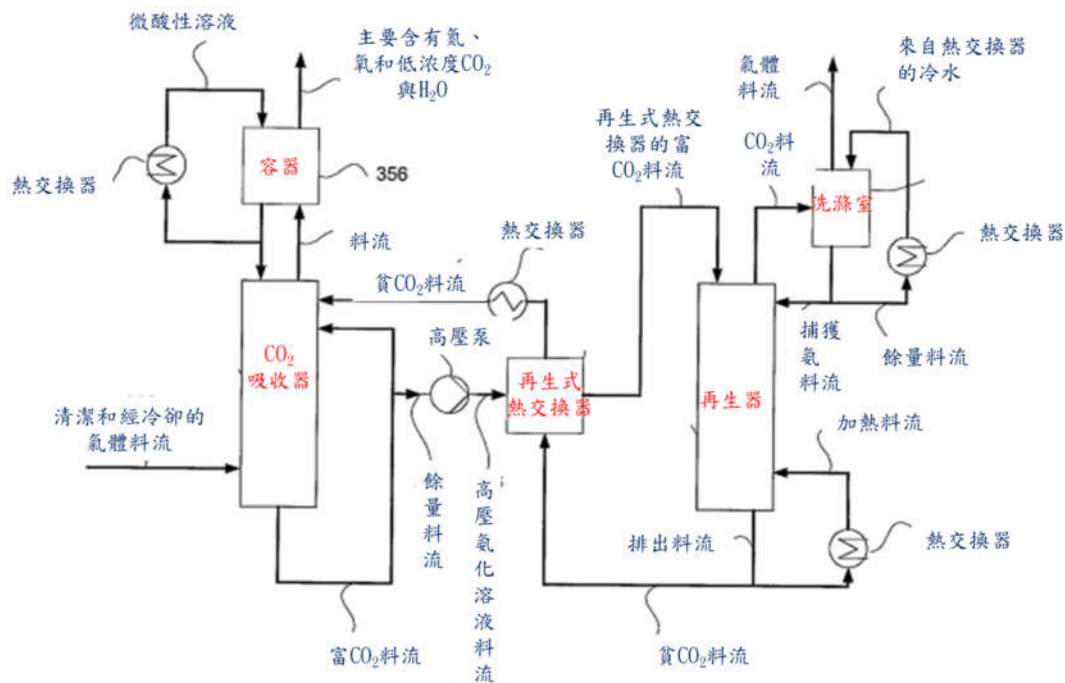


圖 2-1-54、WO2006/022885A1， CO_2 捕捉和再生子系統示意圖

七、小結

近 20 年的碳捕捉整體專利案數顯著增加，歷年案量趨勢可分為三個區間，分別為 1997 至 2011 年急速上升、2012 至 2015 年趨緩減少以及 2016 至今的顯著增加。近幾年淨零排碳為各國政府與企業重要政策議題，值得期待未來碳捕捉專利案量的成長。

碳捕捉專利的第一申請人以亞洲區域為多數，其中中國大陸與日本合計的比率大於 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，其他國家/地區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。

碳捕捉的國際分類號(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%)。

碳捕捉的二階技術中，以吸收技術的專利案量最多(39.1%)，其次依序為吸附(26.7%)、其他技術(21.7%)、薄膜分離(12.5%)。吸收技術雖然專利案量較多，但近幾年，吸附、薄膜分離與其他技術的專利量增長幅度較大。由於中國大陸專利申請案量較多，因此各種分離技術的第 1 大專利申請人國家/地區為中國大陸。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。

碳捕捉二階技術各自的前五大申請人國家/地區，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：吸收技術(第 6 大)、吸附技術(第 6 大)、薄膜技術(第 7 大)與其他技術(第 8 大)。

全球申請流向及主要專利局分析結果：(i)各國專利申請人以美國與歐洲為碳捕捉技術主要市場，並進行專利佈局，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。(ii)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。(iii)日本的碳捕捉專利布局主要掌握在該國的專利申請人中。(iv)歐洲、日本與美國為我國前 3 大主要碳捕捉技術輸入國家。

碳分離技術雖早已應用於人類生活中，例如潛水艇、太空梭或石油採集，但 CCUS 之碳捕捉技術仍有成本、效率需要改良。碳捕捉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，且碳捕捉技術占整體 CCUS 成本費用近 2/3。目前研發方向主要以提高捕捉效率及規模，並降低捕捉成本。此外，目前大家所關心者不只從工廠煙囪中捕捉碳，而是從空氣中直接捕捉碳（DAC）。

第二單元、碳再利用專利分析

經由整理、篩選分析後的碳再利用相關技術的專利，截至 2021 年底所有公開(告)案件，共計 4399 案¹⁰⁶。本部分的專利分析報告，將依序以「再利用技術簡介」、「再利用專利整體綜合分析」、「再利用技術專利分析」、「全球申請流向及主要專利局分析」及「再利用二階技術全球主要專利局分析」呈現，報告中部份圖表中所呈現百分比，由於四捨五入的關係，導致加總後可能存在與 100% 有些微誤差，先予說明。

一、碳再利用技術簡介

將二氧化碳捕捉後的碳再利用(Carbon utilization, CO₂U 或 CU)將為減少溫室氣體排放提供了巨大的潛力，然而其複雜多樣，涉及廣泛的應用（如：向溫室中添加二氧化碳、轉化為化學品或燃料等）、技術（如使用電化學轉化、熱催化等）、能源需求（即放熱與高度吸熱）和環境（即大型工業場所與分布式應用），廣義來說，碳再利用潛在應用範圍非常大，可包含許多不同途徑，用於描述捕捉的二氧化碳可直接使用或「回收」以生產具有經濟價值的產品或服務。碳再利用大致可分為：直接利用、間接轉化¹⁰⁷及生物轉化

¹⁰⁶ Derwent Innovation 資料庫 <https://www.derwentinnovation.com/login/>，下載日期：2022 年 3 月 13 日。

¹⁰⁷ 「間接轉化」的定義：係指將二氧化碳經由化學反應而轉化為有價值的有機或無機產物。

等。

圖 2-2-1 揭示可以由二氧化碳製成的產品示例，由圖 2-2-1 可知，大概分為七類：建築材料、工業氣體及流體、燃料、聚合物、化學製品、新穎材料以及農業及食品。

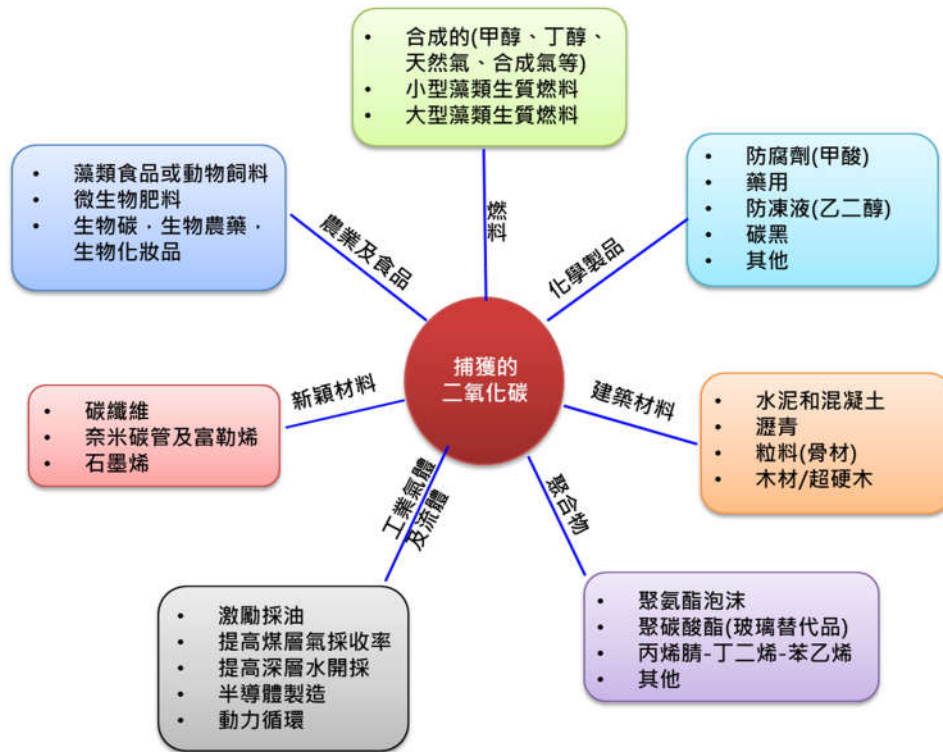
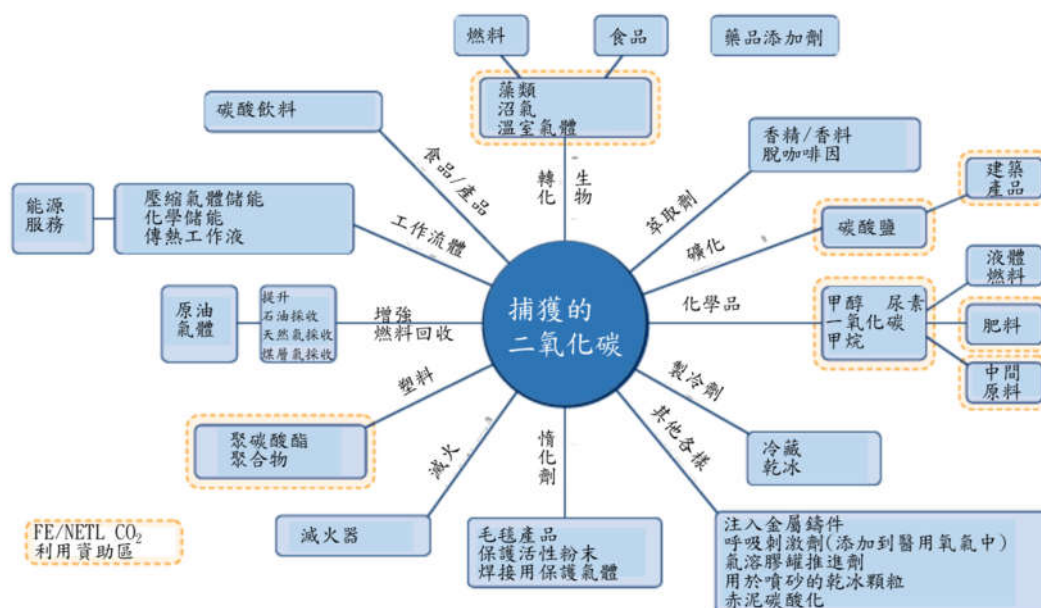


圖 2-2-1、可以由二氧化碳製成的產品示例¹⁰⁸

圖 2-2-2 揭示二氧化碳利用途徑，其為美國能源部國家能源技術實驗室(National Energy Technology Laboratory)所公布。

¹⁰⁸ A Roadmap for the Global Implementation of Carbon Utilization Technologies, Transforming CO₂ from a liability to an asset at significant market scale, November, 2016

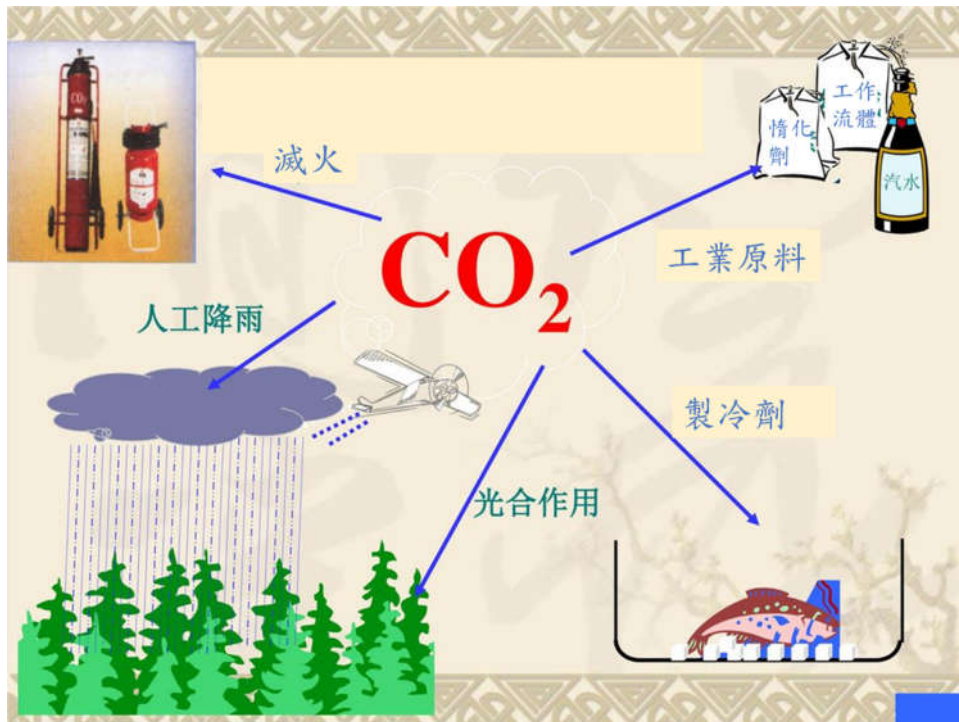
圖 2-2-2、二氧化碳利用途徑¹⁰⁹

綜合以上資料，本報告將碳再利用再細分為六個技術類別：1. 直接利用、2.間接轉化-建材、3.間接轉化-化學品、4.間接轉化-聚合物及 5.間接轉化-新穎碳材、6.生物轉化。

1.直接利用

直接利用中最廣為人知的是激勵採油(Enhanced Oil Recovery, EOR)，並已被廣泛利用，其他尚有食品保鮮、工業氣體、碳酸飲料、萃取劑、製冷劑、滅火器等用途，如圖 2-2-3 所示。

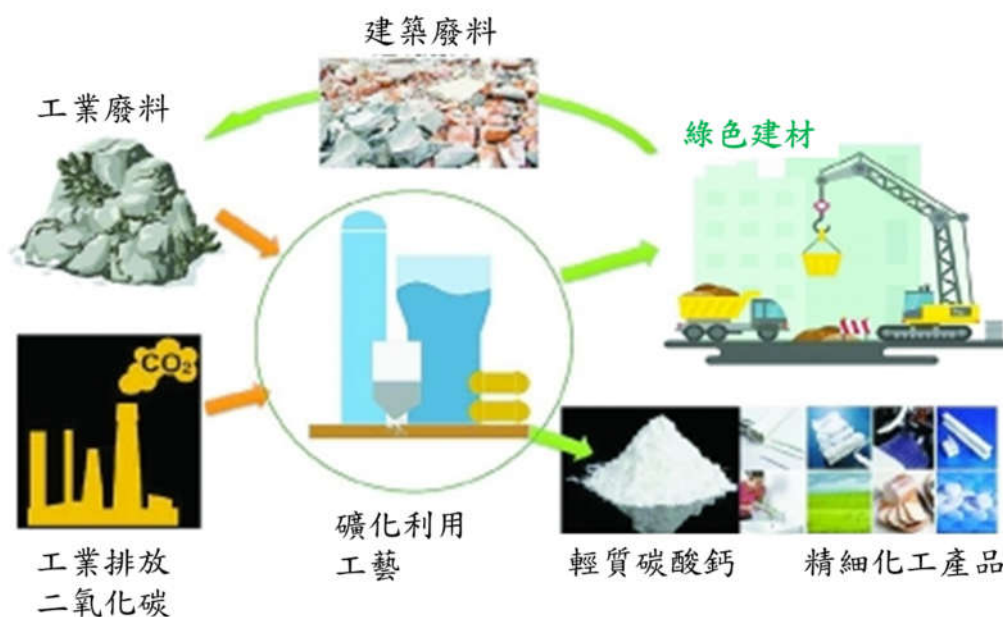
¹⁰⁹ Carbon Utilization: A Vital and Effective Pathway for Decarbonization, September, 2019, Janet Peace

圖 2-2-3、直接利用示意圖¹¹⁰

2. 間接轉化－建材

對於間接轉化-建材而言，二氧化碳可以多種礦物(如：方解石、菱鎂礦)或相關之工業廢棄物反應形成碳酸鹽礦物，如圖 2-2-4 所示，除了可礦化封存，還可做為混凝土生產過程中的替代原料，或是用於固化、加工水泥。

¹¹⁰ <https://slidesplayer.com/slide/11370352/>

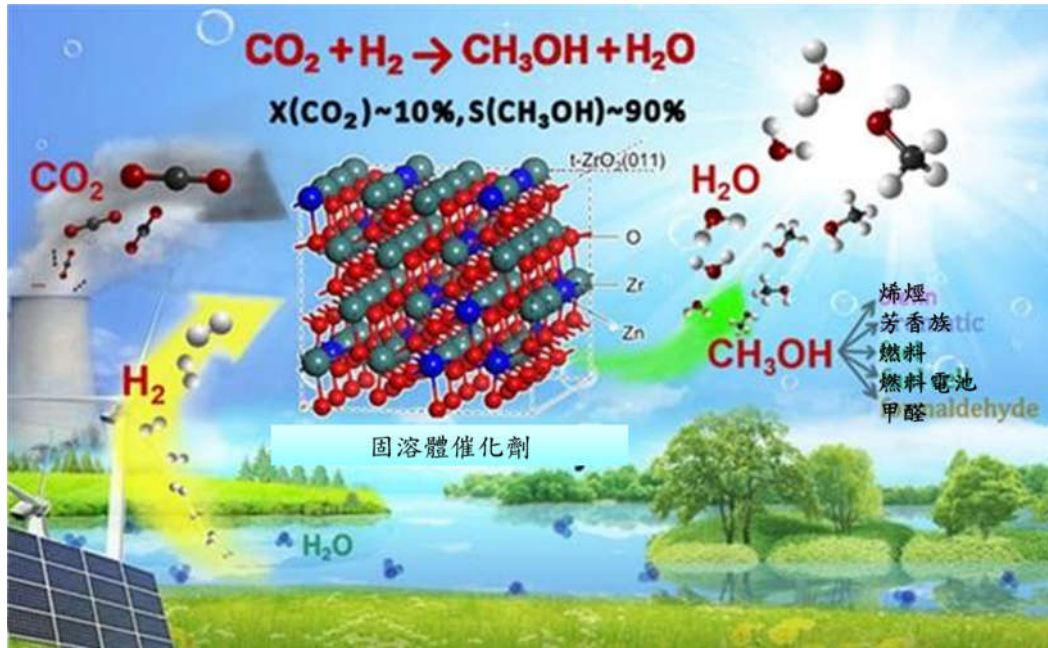
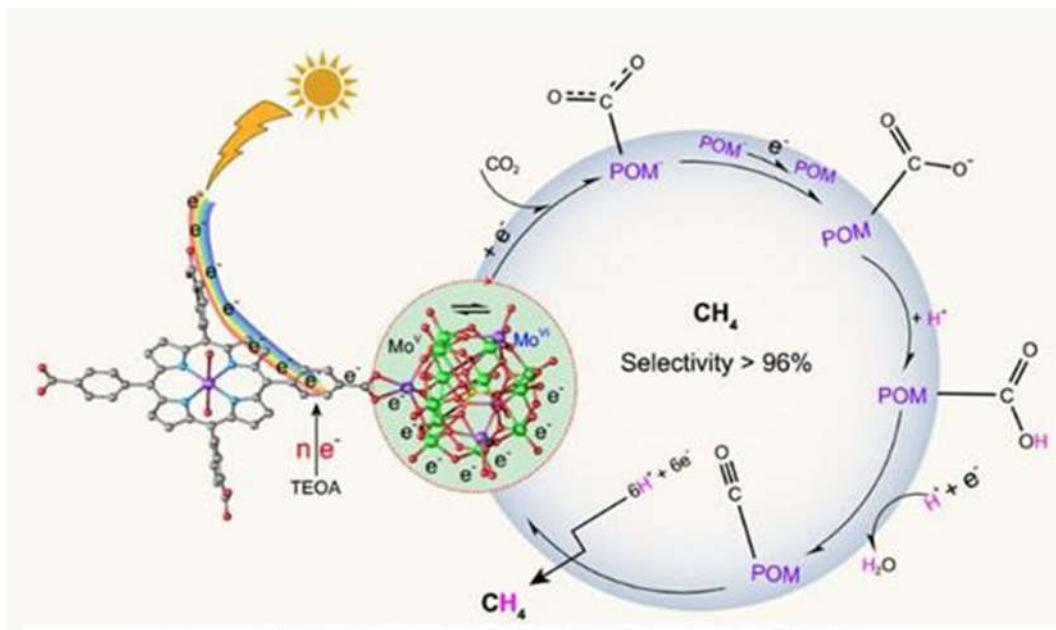
圖 2-2-4、間接轉化-建材示意圖¹¹¹

3.間接轉化—化學品

對於化學品及燃料而言，透過能量的添加，二氧化碳可以轉化為有機化學品(甲醇、乙烯、胺基甲酸酯等)，如圖 2-2-5 所示，利用觸媒將二氧化碳轉化為甲醇，可以直接使用或是做為其他產品的原料，亦可轉化為碳基燃料(柴油、噴氣燃料、乙醇，甲烷或天然氣等)，如圖 2-2-6 所示，利用觸媒將二氧化碳轉化為甲烷。

轉化為化學品及燃料，不論是在產品或製備方法上都極為類似，藉由外部提供一能量，並供給反應所需之反應物，使其在觸媒作用下反應產生一化學品或燃料，因此，本報告中一併歸類為間接轉化-化學品，此外，二氧化碳的化學性質非常穩定，活化二氧化碳的關鍵在於高效催化劑及催化工藝的設計與開發。

¹¹¹ 新型二氧化碳礦化利用技術，<http://finance.sina.com.cn/jjxw/2021-01-26/doc-ikftssap0872494.shtml>

圖 2-2-5、間接轉化-化學品：甲醇示意圖¹¹²圖 2-2-6、間接轉化-化學品：甲烷示意圖¹¹³

¹¹² 研究實現二氧化碳高選擇性高穩定性加氫合成甲醇，

<https://kknews.cc/science/vzbzpnl.html>

¹¹³ 新型催化劑將二氧化碳光催化為甲烷，<https://kknews.cc/news/bmqn3xo.html>

4. 間接轉化－聚合物

間接轉化除了可以生產小分子之化學品或燃料之外，亦可與其他單體共聚形成聚合物，即間接轉化-聚合物，如圖 2-2-7 所示，有機催化二氧化碳和環氧化物共聚合成多種聚碳酸酯。

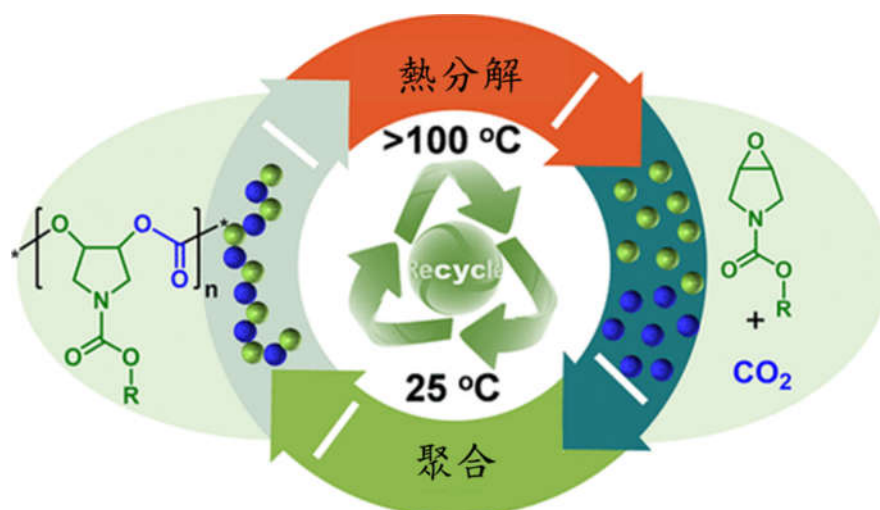
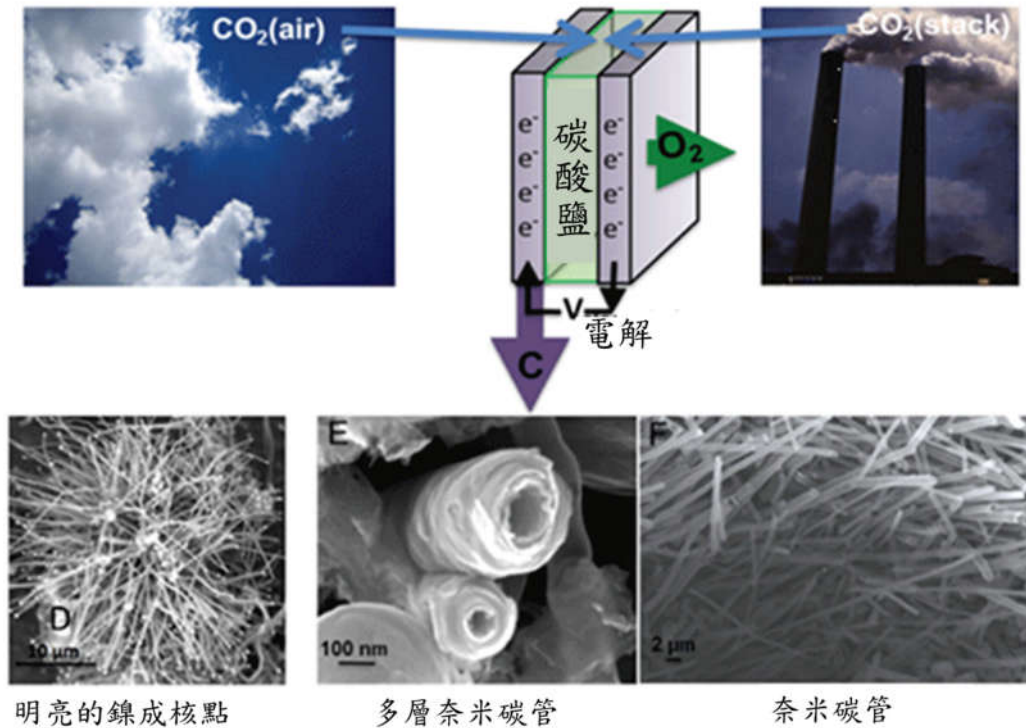


圖 2-2-7、間接轉化-聚合物示意圖¹¹⁴

5. 間接轉化－新穎碳材

間接轉化成新穎碳材相對而言為一種較新之技術，大致上來說，利用再生能源使二氧化碳轉化為奈米纖維、奈米碳管、石墨烯、奈米碳球、富勒烯等材料，如圖 2-2-8 所示，使用太陽能熱電化學過程(STEP)，在熔融鋰化碳酸鹽中使用廉價銅電極將二氧化碳進行電解以高產率生產奈米纖維、奈米碳管等，可作為二次電池中的高性能儲能材料。

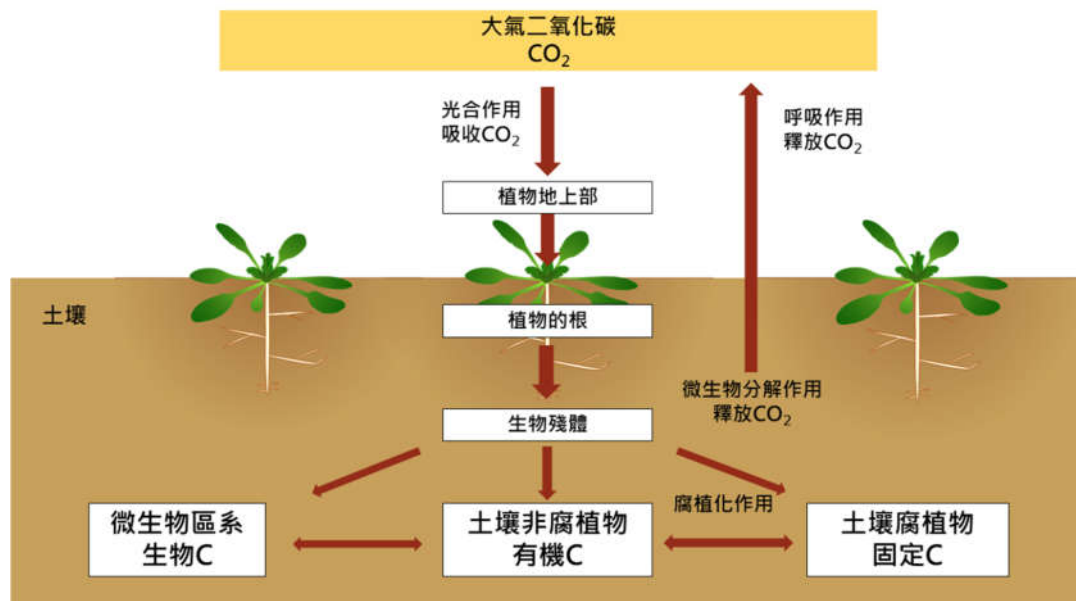
¹¹⁴ Chemical Synthesis of CO₂-Based Polymers with Enhanced Thermal Stability and Unexpected Recyclability from Biosourced Monomers, Yan Yu,

圖 2-2-8、間接轉化-新穎碳材示意圖¹¹⁵

6. 生物轉化

生物轉化主要在農林業和水產養殖系統中使用二氧化碳來種植和獲得生物質，如溫室栽培、有機農業等，直接以氣態形式用作溫室肥料，刺激植物生長而不需要更多的化學肥料投入，如圖 2-2-9 所示，不僅能增進農業地力、解決環保問題，還可有效增加土壤碳儲存。

¹¹⁵ Carbon Nanotubes from Carbon Dioxide, N B Singh

圖 2-2-9、生物轉化示意圖¹¹⁶

藻類是其中極其高效的光合生物，而且不需要高純度的二氧化碳，還可以得到高價值的產品，有些燃燒廢棄物，如氮氧化物、硫氧化物，還可作為藻類營養物質，藻類系統中產生的生物質可以加工並轉化為燃料、化學品、食品、飼料、添加劑以及其他特種和精細產品，可分為微藻、酒、生質品(生質柴油、生質航空燃油、生質燃料)、飼料、添加劑(醫藥添加劑、飼料添加劑)、肥料、農林業、水產養殖等，其過程除了可以固碳並獲得各種產物以外，也可淨化水質，如圖 2-2-10 所示，達到循環經濟。

¹¹⁶ 土壤碳儲存：全世界都在關注氣候問題，它就是地球碳中和的救星！楊秋忠，
<https://opinion.cw.com.tw/blog/profile/52/article/11587>

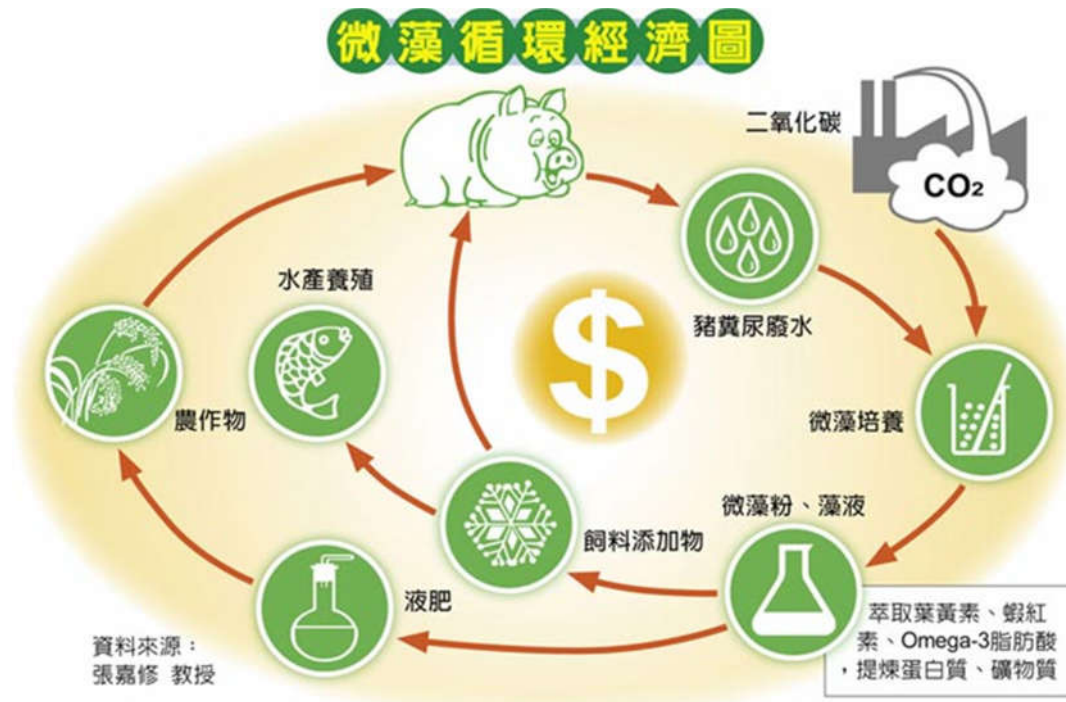
圖 2-2-10、生物轉化示意圖¹¹⁷

表 2-2-1 中呈現 2016 年碳再利用情形，二氧化碳的直接利用為 42.4 百萬噸/年，然而二氧化碳的間接利用為 232.4 百萬噸/年，其中間接利用-建材相關的無機碳酸鹽(Inorganic carbonates)為 70 百萬噸/年，生物轉化相關的藻類(Algae)為 2.0 百萬噸/年，間接利用-聚合物相關的聚合物(Polymers)為 1.5 百萬噸/年，而其餘為間接利用-化學品 158.9 百萬噸/年，二氧化碳的直接利用僅占間接利用的 18%。

¹¹⁷ 碳排變黃金 微藻大循環，<https://www.chinatimes.com/newspapers/20190422000536-260110?chdtv>

表 2-2-1、碳再利用情形評估¹¹⁸

使用方式	應用/產品	二氧化碳使用量 (百萬噸/年)	產品生產量 (百萬噸/年)
直接利用	提高油氣採收率	25.0	25.0
	食品保鮮	8.2	8.2
	工業氣體	6.3	6.3
	碳酸飲料	2.9	2.9
	總計	42.4	-
間接利用	尿素	132.0	180.0
	無機碳酸鹽	70.0	250.0
	甲醇	10.0	60.0
	甲醛	5.0	25.0
	二甲醚	5.0	20.0
	叔丁基甲基醚	3.0	40.0
	藻類	2.0	1.0
	聚合物	1.5	15.0
	丙烯酸酯	1.5	3.0
	胺基甲酸酯	1.0	6.0
	甲酸	0.9	1.0
	有機碳酸鹽	0.5	5.0
	總計	232.4	-

表 2-2-2 中呈現 2050 年全球總利用潛力與 2015 年盈虧平衡成本估計，若依照本報告所細分之六個技術類別將 2050 年全球總利用潛力予以歸納，大致可以得到以下之結果：

1. 化學品(包括化學製品(Chemicals，300-600)、燃料(Fuels，1000-4200))，總量約為 1300 百萬噸/年～4800 百萬噸/年。
2. 生物轉化(包括微藻(Microalgae，200-900)、生質能(BECCS，500-5000)、林業(Forestry techniques，70-1100)、土壤管理(Land management，900-1900)、生物

¹¹⁸"Transformation Technologies for CO₂ Utilisation: Current Status, Challenges and Future Prospects", Ariane D. N. Kamkeng

碳(Biochar，170-1000))，總量約為 1840 百萬噸/年～

9900 百萬噸/年。

3. 建材(包括混凝土建材(Concrete building materials，100-1400))，總量約為 100 百萬噸/年～1400 百萬噸/年。

4. 直接利用((包括強化採油(Enhanced oil recovery，100-1800))，總量約為 100 百萬噸/年～1800 百萬噸/年。

表 2-2-2、碳再利用 2050 年全球總利用潛力與 2015 年盈虧平衡成本估計¹¹⁹

途徑	2050 年全球總清除 潛力(百萬噸 CO ₂ r/ 年) ¹²⁰	2050 年全球總利用 潛力(百萬噸 CO ₂ u/ 年) ¹²¹	2015 年二氧化碳盈虧平衡 之成本(美元/百萬噸 CO ₂ u)
傳統利用			
化學製品	約 10~30	300~600	-\$80~\$320
燃料	0	1000~4210	\$0~\$670
微藻	0	200~900	\$230~\$920
混凝土建築	100~1400	100~1400	-\$30~\$70
強化採油	100~1800	100~1800	-\$65~-\$45
非傳統利用			
具有碳捕獲和儲存 功能的生質能	500~5000	500~5000	\$60~\$160
加強風化	2000~4000	免費	<\$200
林業技術	500~3600	70~1100	-\$40~\$10
土壤管理	2300~5300	900~1900	-\$90~-\$20
生物碳	300~2000	170~1000	-\$70~-\$60

二氧化碳(CO₂)的化學轉化可分為兩種主要類型的反應，即羧化和還原，羧化涉及在不完全破壞羰基 (C=O) 鍵的情況下發生的 CO₂

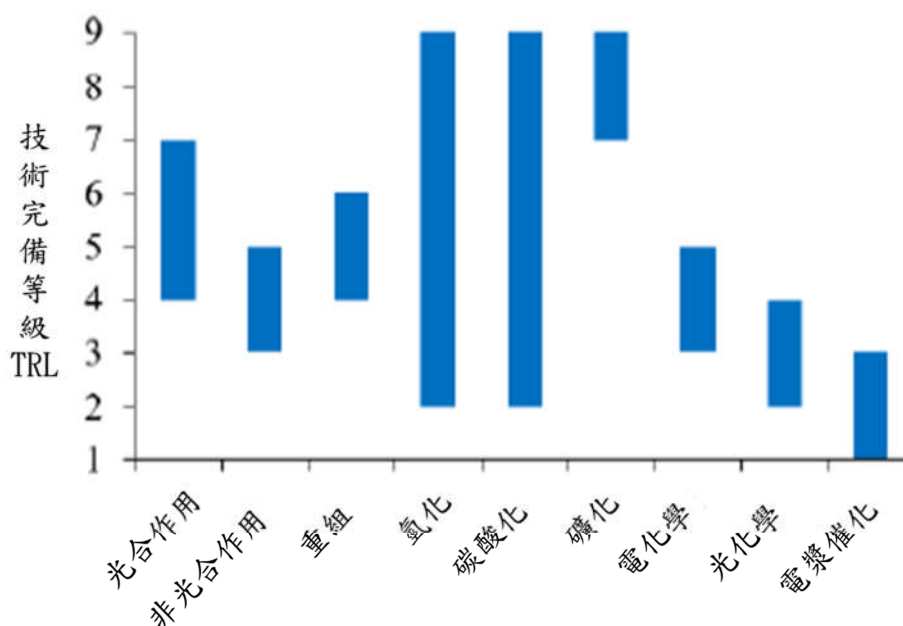
¹¹⁹ "The technological and economic prospects for CO₂ utilisation and removal", Cameron Hepburn¹,

¹²⁰ CO₂r：二氧化碳清除

¹²¹ CO₂u：二氧化碳利用

反應，這類反應包括碳酸化、使用 CO_2 作為某些碳基化學品的引發劑以及聚合物生產，在 CO_2 還原反應中，一個或兩個羰基 ($\text{C}=\text{O}$) 鍵在產物形成過程中斷裂，產品包括甲烷、甲醇、乙醇、一氧化碳、合成氣、甲酸和丙酮，還原反應需要大量的能量來破壞鍵，所需的能量可以由高能反應物（如氫）、熱、電、陽光或微波提供，相關生產技術包含：觸媒催化、電催化劑、等離子、氫化、羧酸化、電化學、重整、光化學、厭氧消化、熱解 (pyrolysis)、氣化 (gasification)、發酵 (fermentation)、酯交換 (transesterification)、液化 (liquefaction)、礦化等，開發安全潔淨且廉價生產方式將是一項重要的研究。

此外，評估二氧化碳轉化技術的指標有成熟度、成本、市場以及二氧化碳使用量。在此，對於成熟度而言，Technology Readiness Level (技術完備等級，TRL) 是一種常見用於評估技術成熟度的指標，圖 2-2-11 列出常見二氧化碳轉化技術之 TRL 值，可看出二氧化碳的氫化反應以及碳酸化(或礦化)反應具有最廣泛的 TRL 值，這是由於氫化反應、碳酸化(或礦化)反應所產生的產物眾多，如已成熟製程的甲醇(TRL 7-9)、甲烷(TRL 7-9)到尚在發展階段的二甲醚(TRL 2-3)，如圖 2-2-11 及表 2-2-3 所示。

圖 2-2-11、二氧化碳轉化技術之 TRL¹²²表 2-2-3、常見碳酸化及氮化作用所製備產品之 TRL¹²³

技術	產品	技術完備等級(TRL)
氮化	甲醇	7~9
	甲烷	7~9
	由費托合成(FTS)之液體燃料	5~8
	甲酸	3~5
	二甲醚	2~3
	甲醛	2~3
碳酸化	尿素	7~9
	聚合物	6~7
	環狀碳酸鹽	5~7
	羧酸	2~4

由於許多碳再利用技術並非大規模的實施，所以具體量測碳再利用中二氧化碳的減排程度是困難的，因此二氧化碳的再利用潛力將近似於二氧化碳的吸收潛力。由表 2-2-4 可看出，甲烷、尿素及醇

¹²²"Transformation Technologies for CO₂ Utilisation: Current Status, Challenges and Future Prospects", Ariane D. N. Kamkeng

¹²³"Transformation Technologies for CO₂ Utilisation: Current Status, Challenges and Future Prospects", Ariane D. N. Kamkeng

(甲醇、乙醇)具有較高的二氧化碳吸收潛力。

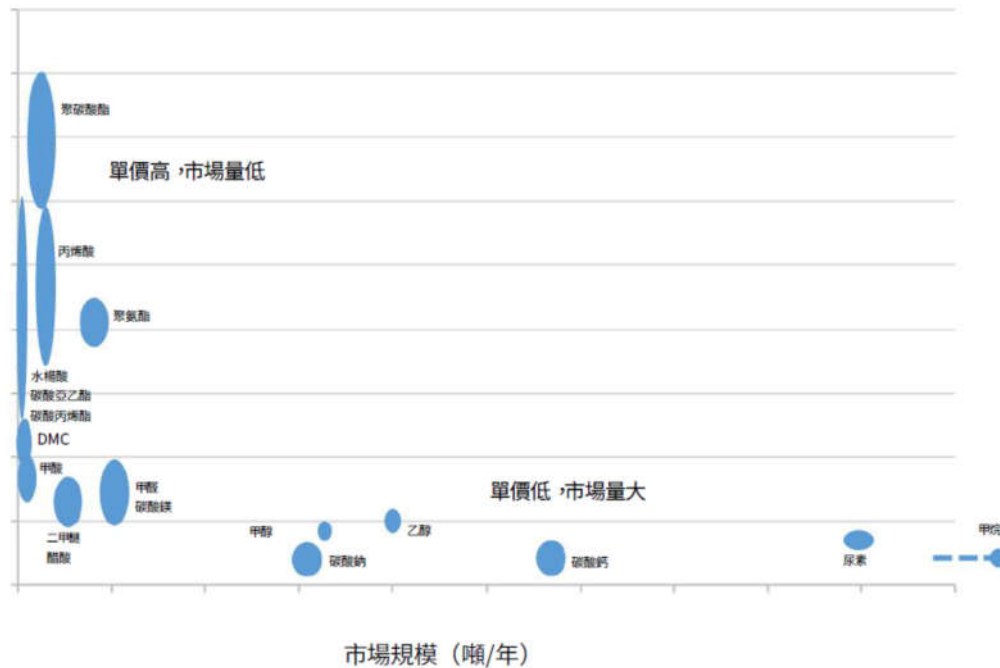
表 2-2-4、碳再利用潛力(二氧化碳吸收潛力)¹²⁴

基於二氧化碳的化合物	生產 (百萬噸/年)	比重 (噸 CO ₂ /噸產品)	二氧化碳吸收潛力 (百萬噸 CO ₂ /年)
甲烷	1100~1500	2.750	3000-4000
尿素	180.00	0.735	132.300
碳酸鈣	113.90	0.439	50.002
乙醇	80.00	1.911	152.880
甲醇	65.00	1.373	89.245
碳酸鈉	62.00	0.415	25.730
微藻	35.00	1.800	63.000
甲醛	21.00	1.450	30.450
碳酸鎂	20.50	0.261	5.350
聚氨酯	15.00	0.300	4.500
二甲醚	11.40	1.911	21.785
乙酸	10.25	0.733	7.513
丙烯酸	5.85	0.611	3.574
聚碳酸酯	5.00	0.173	0.865
碳酸二甲酯	1.60	1.466	2.346
甲酸	1.00	0.956	0.956
碳酸乙烯酯	0.20	0.499	0.099
碳酸丙烯酯	0.20	0.431	0.086
水楊酸	0.17	0.319	0.054
		累計	約 460 百萬噸 CO ₂ /年*

*不包括二氧化碳應用於甲烷、尿素和水楊酸

基於二氧化碳的產品可以分為兩種，一者為高價值且市場容量低，另一者為低價值且市場容量高，欲達成高產品的價值與高市場容量是不可能的。由圖 2-2-12 中可看出高價值且市場容量低者多為二氧化碳衍生化學品，低價值且市場容量高者多為聚合物。

¹²⁴ Selecting emerging CO₂ utilization products for short- to mid-term deployment Remi Chauvy, Nicolas Meunier, Diane Thomas, Guy De Weireld*, Applied Energy

圖 2-2-12、二氧化碳產品的市場容量及價值¹²⁵

碳再利用真正目標是「避免二氧化碳」，而非僅僅是「使用二氧化碳」，即基於二氧化碳的新合成策略必須比現今量產的二氧化碳排放更少，最終的考量在於碳的生命週期評估(life cycle analyses，LCA)，最主要的挑戰在於技術、成本及市場接受度，由於該研究領域相對年輕且不成熟，關於產品的潛在市場、氣候效益、額外效益以及使用或可能使用的二氧化碳量的現有分析數量有限，轉化技術雖然多樣，但還處於相對早期的發展階段。

¹²⁵ Selecting emerging CO₂ utilization products for short- to mid-term deployment Remi Chauvy, Nicolas Meunier, Diane Thomas, Guy De Weireld*, Applied Energy

二、碳再利用整體綜合分析

碳再利用專利整體綜合分析依序以「歷年申請量分析」、「第一申請人國家/地區分析」、「第一申請人類型比例」、「前十大申請人國家/地區歷年申請案件數」、「前十大第一申請人歷年申請案件數」、「碳再利用 IPC 案數分布」呈現。

(一)歷年申請量分析

歷年申請量趨勢分析之目的在於掌握專利技術的發展概況，作為專利技術後續發展的趨勢評估之基礎，圖 2-2-13 揭示碳再利用歷年申請量案件數變化，包含公開年及優先權年¹²⁶，整體而言，兩者趨勢相似，差異僅在於公開年數量較優先權年數量稍微延遲兩年，整體而言，申請案件數在近幾年有快速增加的情況¹²⁷。

對優先權年來說，於 1962 年起即有研究人員投入進行布局，惟至 1987 年以前可以說多為零星布局，幾乎沒甚麼申請案，每年申請案件數大致落在 10 案左右，甚至更低。自 1988 至 2004 年，每年申請案件數雖然有微幅成長，但每年都約在 50 案以下，而 1990 至

¹²⁶ 「巴黎公約」明定會員國國民在某會員國申請專利後，再到其他會員國提出相同之專利申請時，得依專利權種類之差異，分別給予十二個月(發明、新型)或六個月(設計)的優先權期間，發明專利係自第一次提出專利申請的十二個月內，其中優先權即第一次提出之日期，而優先權年即為該年度，一般而言公開年皆晚於優先權年。

¹²⁷ 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。

1997 年，每年申請案件數大致落在 20 至 30 案之間波動。值得一提的是 2000 年(荷商)殼牌石油公司(SHELL OIL COMPANY)，類似專利案同時申請 76 案，專利技術著重於利用熱處理對含烴地層的經濟開採，透過二氧化碳作為合成氣生成流體注入井以產生合成氣，導致該年度暴增，由於本報告專利家族採 DWPI 定義的同族專利，優先權必須完全相同，所以該類似申請案被分別計數，若對 INPADOC 專利家族而言，該專利案件大致可被視為同族專利。

2005 年以後，申請案件數成長幅度較大，除 2009 到 2014 年間，每年申請案件數在 200 案上下震盪，2015 年之後又開啟一波申請熱潮，2020 年以後雖受發明早期公開制度影響，略低於 2019 年，但預期後勢看漲，預計將可突破前一年之案件數；而公開年之數量變化情況大致上與優先年相似除了受發明早期公開制度影響所造成的年分延後。

大致而言，似乎與全球相關協議有關，1987 年蒙特婁協議通過，申請案件數稍微增加，1997 年 12 月京都議定書在日本京都通過，申請案件數慢慢有升溫的情況，相關條約於 2005 年 2 月 16 日開始強制生效，更使得申請案件數成長幅度較大，值得注意的是其主要規範已開發國家，包含 38 個國家及歐盟(不含中、印等開發中國家)。

2009 至 2014 年間申請案件數呈現原地踏步，然 2008 年金融海嘯所造成的油價瞬間崩跌後，雖然隨即緩步上升，在 2011 至 2014 年持續在 100 美元的高油價震盪，可見申請案件數並未完全反應油價；2006 年中國大陸碳排放量超越美國躍居第 1 大，2009 年印度碳排放量超越俄羅斯躍居第 3 大，而京都議定書原定於 2012 年年底到期失效，部分國家逐漸對於京都議定書所規範國家存在歧見，陸續宣布不再參與第 2 承諾期，且 2009 年在哥本哈根舉行的 COP15 各國就京都議定書到期後的約束性承諾展開爭論，僅提出不具約束力的政治聲明，隨後幾年亦是如此，似乎政策上的不作為與申請案件數成長停滯關係較密切。

而雖然 2015 年油價回跌，但是 2015 年 12 月巴黎協定通過，並於 2016 年生效，主要要求全球平均升溫目標 2°C 以內，並以限制升溫 1.5°C 為預定目標，且規範所有國家每 5 年提出國家自定貢獻 (NDC)，又開啟一波申請熱潮，可見現階段法規制度執行層面的影響似乎較大。

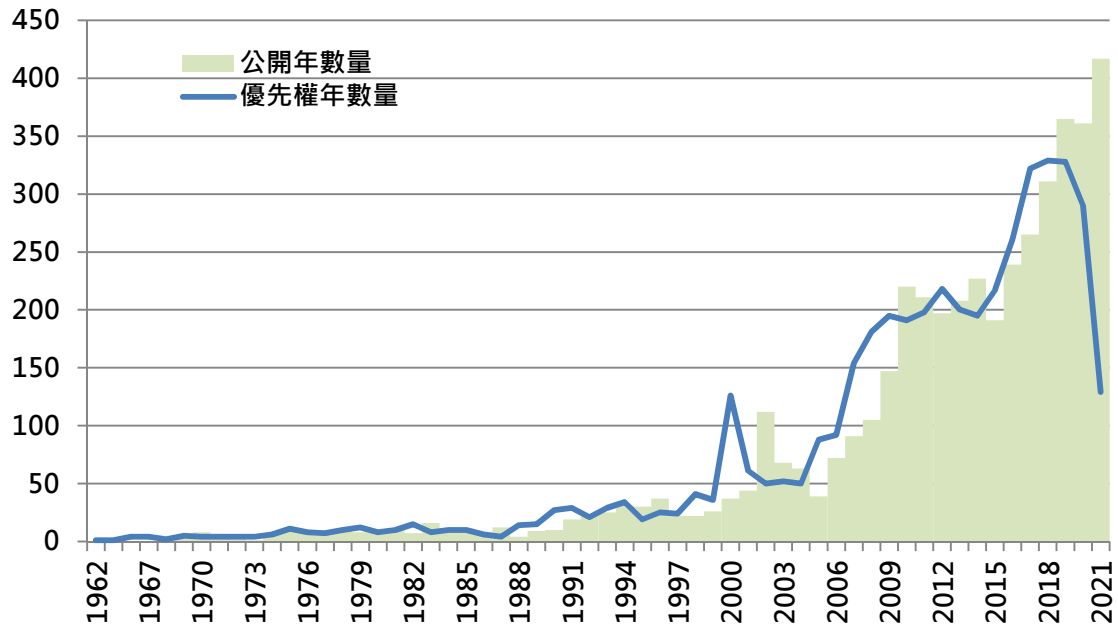


圖 2-2-13、碳再利用歷年申請案件數變化

(二)生命週期圖分析

將再利用檢索所得 DWPI 專利家族 4399 案作生命週期分析，如圖 2-2-14 所示，因專利有 18 個月公開的閉鎖期，因此僅擷取優先權在 2019 年以前之專利案，除了 2000 年(荷商)殼牌石油公司，類似專利案同時申請 76 案，所造成申請案件數大幅成長，大致而言專利申請人數與專利申請量皆逐年呈現正比上升趨勢，可能為萌芽期或發展期，然 2005 年以前，分布點較密集，即每年專利申請量與專利權人數成長較慢，推論應為技術萌芽期，而 2005 年以後，分布點較寬鬆，即每年專利申請量與專利權人數成長相對較快，推論應為技術發展期可能性較大。

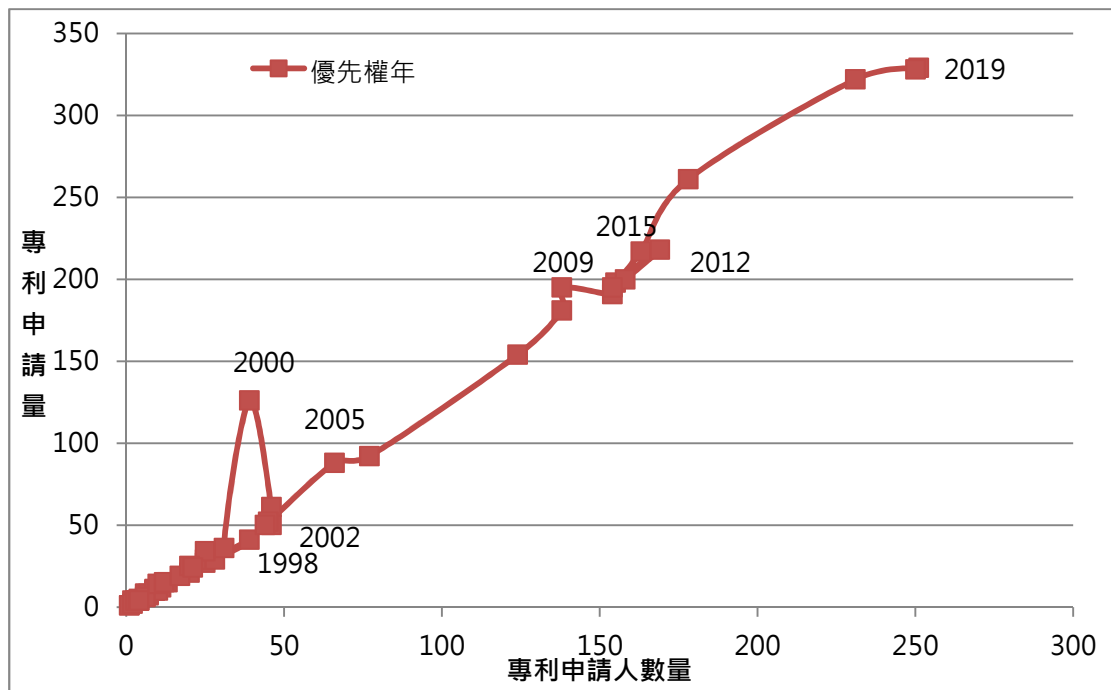


圖 2-2-14、碳再利用生命週期圖

(三)第一申請人國家/地區分析

「專利申請人國家」分析目的係探討技術發源地，即相關技術投資開發者所屬的國家，表示該國家對該領域之技術投資開發之積極程度，研發及技術能量的狀況，是否為重要的技術發展國。

如圖 2-2-15 所示，整體而言，第一申請人國家/地區，其排名如下：

1. 中國大陸 1343 案，所佔比例為 30.5%。
2. 歐洲 875 案，所佔比例為 19.9%。
3. 美國 819 案，所佔比例為 18.6%。
4. 日本 711 案，所佔比例為 16.2%。

5. 南韓 284 案，所占比例為 6.5%。
6. 加拿大 104 案，所占比例為 2.4%。
7. 沙烏地阿拉伯 57 案，所占比例為 1.3%。
8. 澳洲 45 案，所占比例為 1.0%。
9. 臺灣 32 案，所占比例為 0.7%。
10. 俄羅斯 32 案，所占比例為 0.7%。

大致而言，十大申請人國家/地區中，中國大陸及歐洲的申請人國家就占了超過 5 成。此外，除了五大局以外，大多數是有生產原油或天然氣的國家(加拿大、沙烏地阿拉伯、俄羅斯兩者皆有，澳洲則在天然氣較多)。

另外，對於歐洲而言，如圖 2-2-16 所示以德國申請 263 案最多，所占比例為 30.1%，接著為荷蘭 179 案(20.5%)，兩者亦超過 5 成，接著為法國 108 案(12.3%)、英國 101 案(11.5%)，其餘國家申請比例均不到 10%。

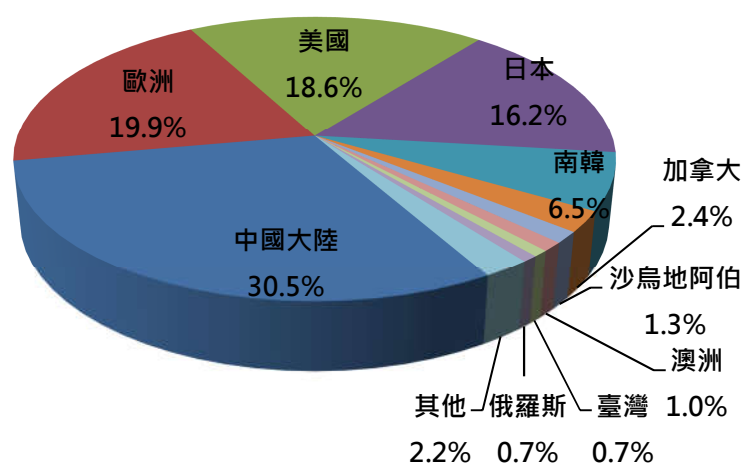


圖 2-2-15、碳再利用第一申請人國家/地區比例

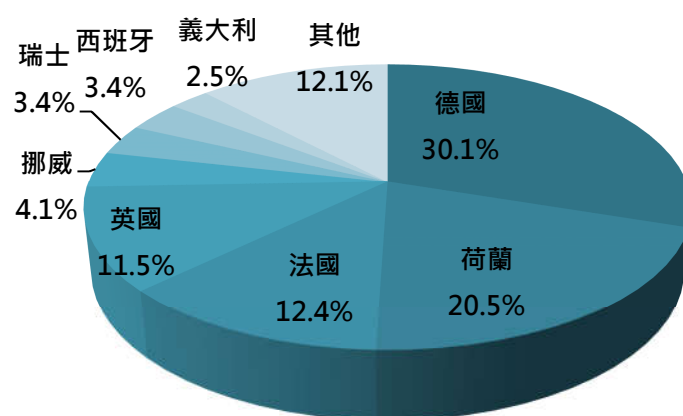


圖 2-2-16、碳再利用歐洲第一申請人國家比例

(四)第一申請人類型比例

如圖 2-2-17 所示，若對碳再利用整體專利中第一申請人類型予以分析¹²⁸，其中 2680 案為公司，所佔比例為 60.9%、學術及研究機構(學研機構)為 1169 案(26.6%)、個人為 550 案(12.5%)，公司申請人

¹²⁸ 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。

占了絕大多部分的比例，而個人申請人比例最低。

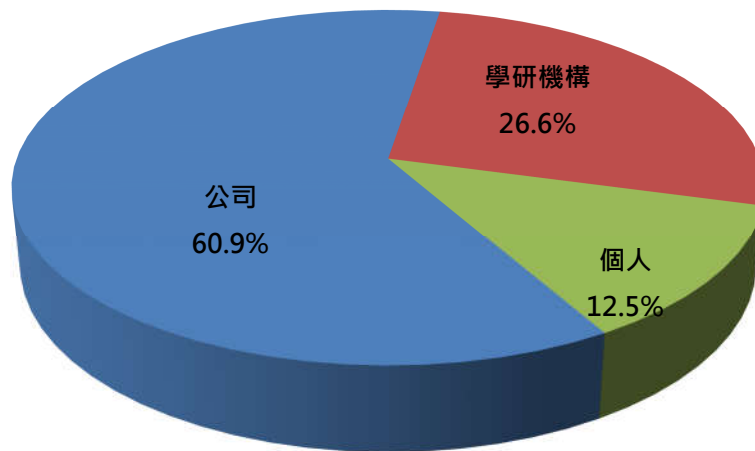


圖 2-2-17、碳再利用第一申請人類型比例

我國第一申請人類型比例依序為個人 14 案(43.8%)、學研機構 10 案(31.3%)及公司 8 案(25.0%)，三者皆未過半，申請專利案件最多為學研機構，例如工研院。

(五)前十大申請人國家/地區歷年申請案件數

觀察前述圖 2-2-15 所得到碳再利用前十大第一申請人國家/地區，於歷年(優先權年)專利申請案件數，截取 1995 年至 2021 年可以得到圖 2-2-18，1997 年 12 月京都議定書在日本京都通過，條約於 2005 年 2 月 16 日開始強制生效，大致而言，可以由這兩年分成三個區間，1997 年以前僅有日本有達到兩位數，其他國家都僅有個位數，甚至未申請，而 1997 年至 2005 年間，除了美、日以外，其他國家各年的變化較大，2005 年以後相關案件申請量明顯成長，但似

乎除了中國大陸持續增加以外，大多在增加至特定數量後隨即在該數量上下震動，而且在 2010 至 2014 年間都有稍微減少之情況。

就第一大申請人國家中國大陸而言，申請案數在 2006 年之後才首次突破兩位數並明顯成長，雖然在 2010 年到 2014 年間每年約在 50 案上下變化，2015 年之後才又開始成長，並於 2016 年申請案件數首次突破三位數，2018 年達到最高有 173 案，而 2020 年僅以 1 案之差落居第二，但 2020 年仍有部分案件尚未公開，因此可以預期將有機會挑戰最多。

其次，第二大申請人國家/地區為歐洲，除了 2000 年(荷商)殼牌石油公司，類似專利案同時申請 76 案，所造成申請案件數大幅成長，視乎也可以 2004 年為分水嶺，以前請案件數較少，而 2005 年以後則較有明顯增加，但多在 40 至 50 案附近跳動，最多申請量出現在 2009 年。

第三則為美國，申請量在 1999 年突破兩位數，2006 年以前多在 20 案以下，2007 年衝到 54 案，最多申請量出現在 2008 年的 66 案，此後多在 30 至 40 案附近震盪。

日本雖然在 1996 年就突破兩位數，但多在 10 至 20 案附近震盪，直到 2017 年才衝到 47 案，該年也是申請案最多，隨後也都在 40 案上下跳動。南韓則在 2009 年首次突破兩位數，申請量最多出

現在 2016 年的 31 案。臺灣則在 2004 年才首次出現申請案，但每年都未滿 5 案。

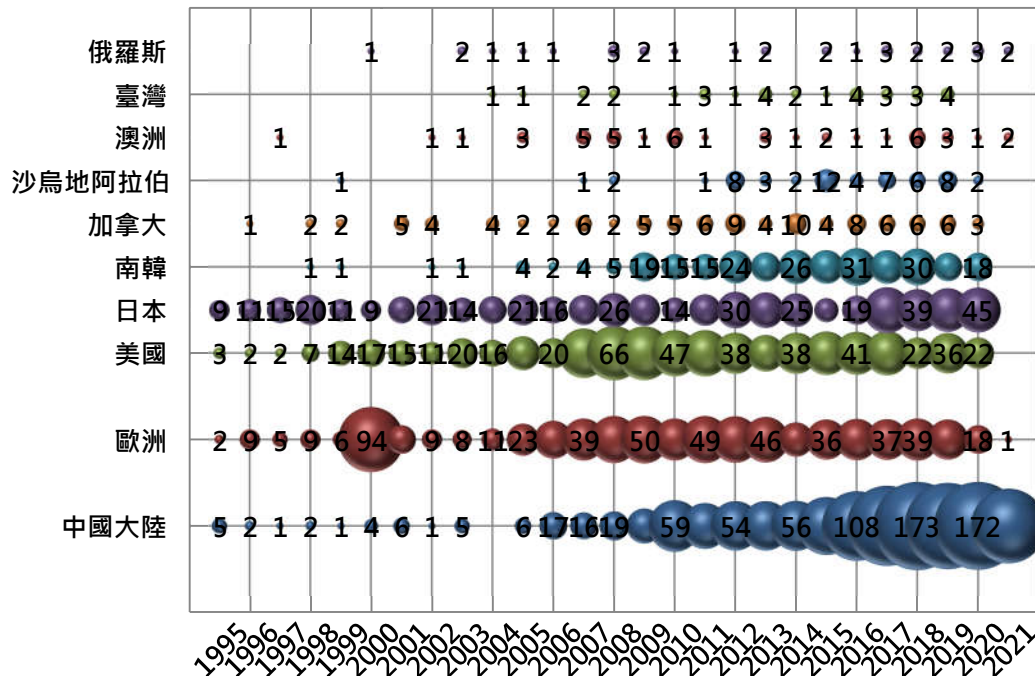


圖 2-2-18、碳再利用十大第一申請人國家/地區，於歷年(優先權年)申請案件數

(六)前十大第一申請人歷年申請案件數

如圖 2-2-19 所示，碳再利用整體前十大第一申請人依序為：

1. (荷商)殼牌石油公司
2. (中國大陸)中國科學院
3. (美商)卡萊拉公司
4. (中國大陸商)中國石油化工公司
5. (日商)三菱重工業股份有限公司
6. (法商)液化空氣集團

7. (沙商)沙烏地阿拉伯石油公司
8. (德商)林德集團
9. (中國大陸)中國礦業大學
- 10.(中國大陸)中國人民解放軍軍事科學院軍事醫學研究院

前十大第一申請人中，公司占 7 名、學研機構占 3 名，若就國家/地區而言，最多為中國大陸 4 家，歐洲 3 家，美、日、沙各 1 家。

(荷商)殼牌石油公司、(日商)三菱重工業股份有限公司、(法商)液化空氣集團申請量雖然較為平均，但並非每年都有申請。(荷商)殼牌石油公司的申請案件主要則在 1998 至 2011 年間，其近年來雖然還有申請，但數量相對較少。卡萊拉則主要集中在 2007 至 2011 年，之後僅在 2018 年有 1 案，其餘各申請人多在 2006 年之後，才有申請案出現。

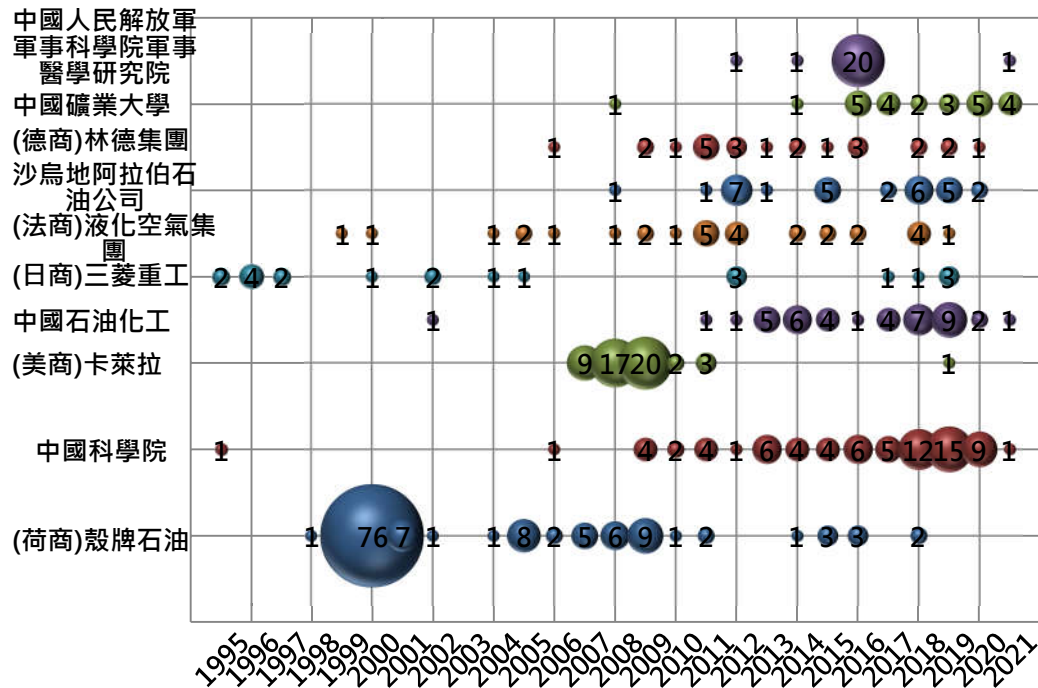


圖 2-2-19、碳再利用前十大第一申請人歷年(優先權年)申請案件數

(七)碳再利用 IPC 案數分布

國際專利分類號(International Patent Classification, IPC)係為一技術分類之指標，由專利機關根據專利案件內容判斷所指定，以下從 IPC 分類的角度，分析碳再利用重要 IPC 之專利布局案數。

如圖 2-2-20 所示為碳再利用申請案件三階 IPC 占比示意圖，由於碳再利用的技術領域分布廣泛，是以涉及相關 IPC 也十分的多元。

碳再利用專利案件最多之 IPC 類位為 B01D(於原料氣中分離/回收二氧化碳，進而再利用)有 1585 案，所占比例為 36.0%，其次為 A01G(將二氧化碳利用於農業(蔬菜、花卉、水果等作物)、林業的栽

培及繁殖) 有 624 案，所占比例為 14.2%，兩者總計已超過五成。

其餘依序為 B01J(有關碳再利用涉及之觸媒或催化反應) 有 541 案(12.3%)、C01B(有關碳再利用中涉及氫及碳材料(富勒烯、奈米碳管等)之使用)有 372 案(8.5%)、E21B(利用二氧化碳作為驅油劑，於井中開採油)有 251 案(5.7%)、C07C(以二氧化碳製備烴)有 183 案(4.2%)、C09K(用於鑽井之組合物)有 102 案(2.3%)、C08G(聚合物(主要為聚碳酸酯)之製造)有 58 案(1.3%)、A01C(以二氧化碳作為製造肥料之原料，進行施肥之方法)有 55 案(1.2%)、C05D(產生二氧化碳之肥料)有 47 案(1.1%)，而其他尚有 581 案，所占比例為 13.2%。

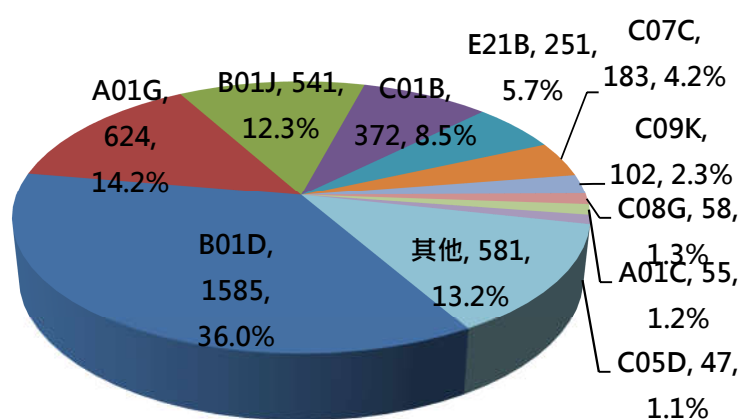


圖 2-2-20、碳再利用三階 IPC 案數分布

碳再利用申請案件前 10 大三階 IPC 之定義及其數量如表 2-2-5 所示。

表 2-2-5、碳再利用前三大三階 IPC 之定義及其數量¹²⁹

¹²⁹ 本表各分類說明係參考 2021.01 版 IPC 國際專利分類：

三階 IPC	說明	數量	比例
B01D	分離相關技術	1585	36.0
A01G	園藝、農業、林業相關技術	624	14.2
B01J	觸媒相關技術	541	12.3
C01B	非金屬元素或其化合物，例如二氧化碳	372	8.5
E21B	土壤或岩石的鑽探；從井中開採油、氣、水相關技術	251	5.7
C07C	無環或碳環化合物	183	4.2
C09K	應用的材料，例如用於鑽井的組合物	102	2.3
C08G	聚合物之製造，例如聚碳酸酯	58	1.3
A01C	製造肥料之原料，進行施肥之方法	55	1.3
C05D	產生二氧化碳之肥料	47	1.1

再進一步分析三階 IPC 的下一階分類，即四階 IPC，可發現其與三階 IPC 之占比如圖 2-2-21 所示，前三名分別是 B01D0053(涉及氣體分離或純化技術)、A01G0007(涉及植物相關處理)以及 B01J0023(涉及催化劑)。

由於碳再利用技術係捕捉及分離之後的技術手段，是以涉及氣體分離或純化技術相關案件較多亦可合理預期。透過生物轉化再利用二氧化碳由於效率高，因而相關植物處理技術案件也多，此亦能由圖 2-2-20 獲得呼應。

碳再利用無論係間接轉化為化學品、建材、聚合物或是新穎碳材，皆難避免涉及化學反應，是以相關催化製程亦占有一定的比例。

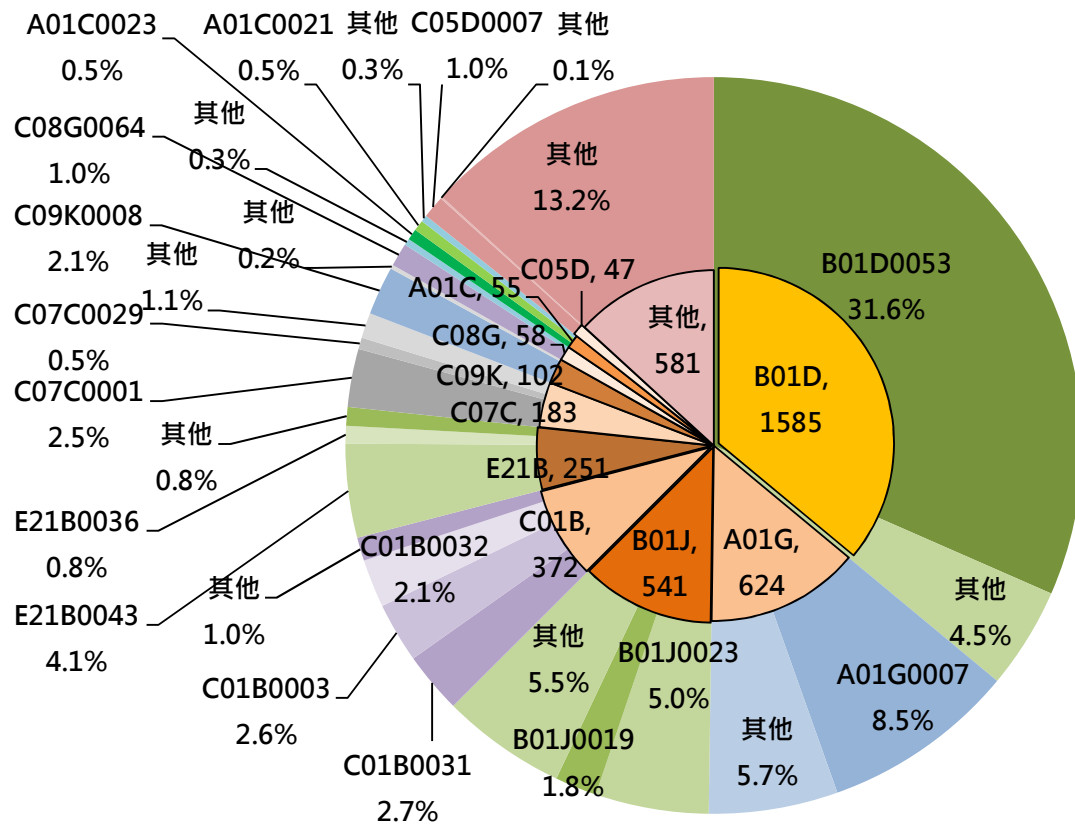


圖 2-2-21、碳再利用三階及四階 IPC 案數分布

碳再利用申請案件前 10 大四階 IPC 之定義及其數量如表 2-2-6

所示。

表 2-2-6、碳再利用前十大四階 IPC 之定義及其數量¹³⁰

四階 IPC	說明	數量	比例
B01D0053	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	1389	31.6
A01G0007	一般植物學	375	8.5
B01J0023	包含金屬或金屬氧化物或氫氧化物之催化劑	219	5.0
E21B0043	由井內開採油、氣、水；可溶解或可溶化物質或礦物泥漿的方法或設備	181	4.1
C01B0031	碳及化合物，例如二氧化碳	118	2.7
C01B0003	氫；含氫混合氣；由含氫混合氣中分離氫；氫之淨化	116	2.6
C07C0001	由一種或多種非烴化合物製備烴	112	2.5
C09K0008	用於鑽孔或鑽井的組合物；用來處理孔或井的組合物，例如，用於完成或修復操作	94	2.1
C01B0032	碳；其化合物	93	2.1
B01J0019	化學的，物理的，或物理－化學的一般方法，例如催化方法	81	1.8

三、碳再利用技術領域分析

此章節將碳再利用進一步以技術區分(如圖 2-2-22 所示)，其範疇包括二階技術：「間接轉化-化學品」、「生物轉化」、「間接轉化-建材」、「直接利用」、「間接轉化-聚合物」及「間接轉化-新穎碳材」六大技術類型，並且再將二階技術進一步細分成三階技術以便於進

¹³⁰ 本表各分類說明係參考 2021.01 版 IPC 國際專利分類：
<https://topic.tipo.gov.tw/patents-tw/sp-ipcq-full-101.html>

行更細部分析，其關係如圖 2-2-22 所示。以下就各技術之二階及三階技術進行專利布局、專利申請趨勢分析。

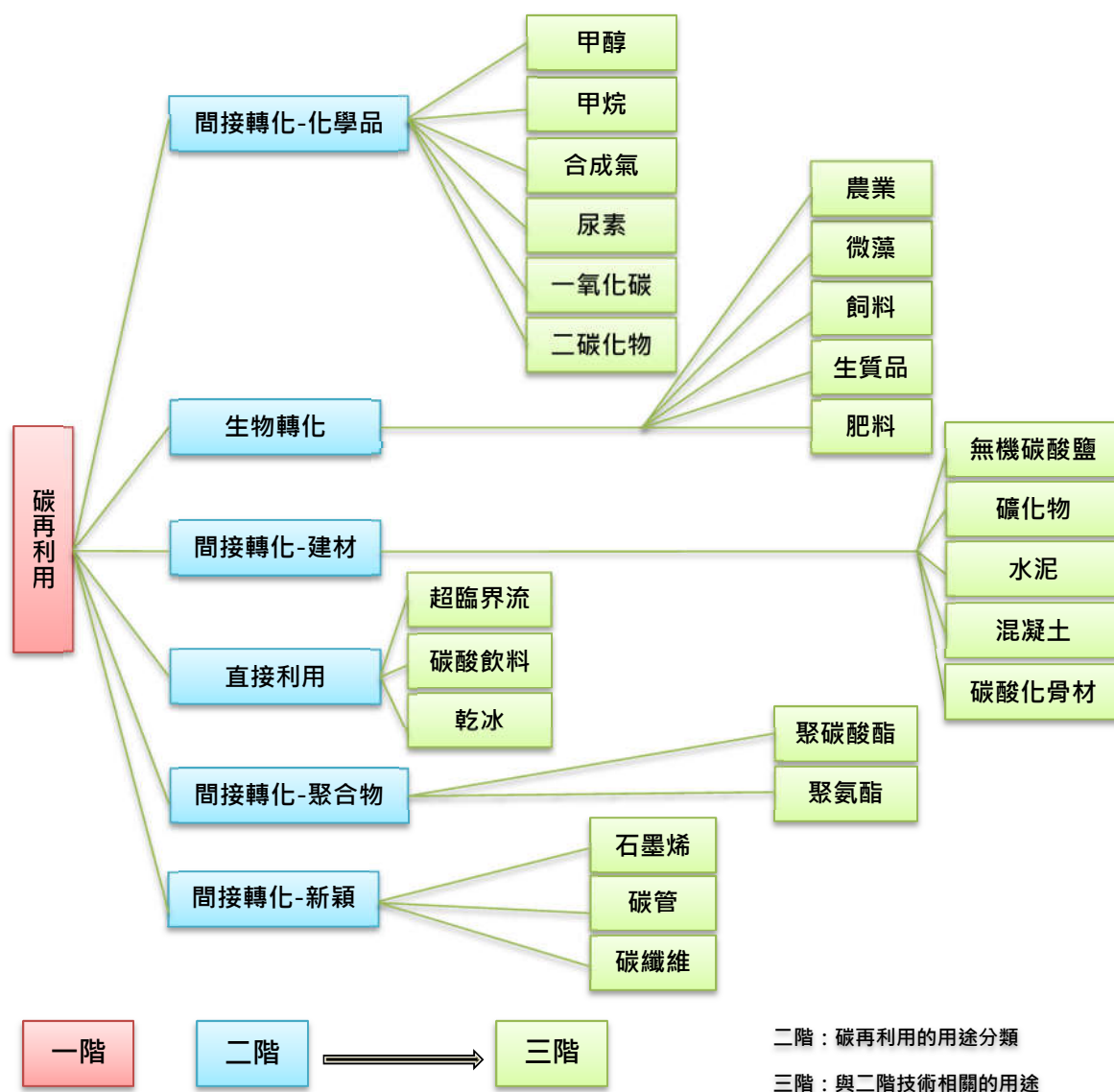


圖 2-2-22、碳再利用專利技術分析樹狀圖

碳再利用碳技術專利分析係依序以「二階技術申請案量分布」、「再利用十大申請人國家/地區在二階技術申請情形」、「再利用前十大申請人在二階技術申請情形」、「再利用第一大申請人於二階技術

中歷年申請案件數」、「再利用第一大申請人國家於二階技術中歷年申請案件數」、「二階技術中第一申請人類型比例」、「二階技術各類型歷年申請案件數」、「二階技術各類型十大申請人」、「二階技術各類型十大申請人國家/地區」及「三階技術與二階技術對照比例分布」呈現，藉此獲得碳再利用技術分類概況與市場領先地位的國家/地區、申請人之技術布局趨勢。

(一)二階技術領域申請案量分布

將碳再利用專利申請案對二階技術予以細分可以得到圖 2-2-23，由於同一件專利案可能同時包含不同二階或三階技術，因此在統計上，將在各類別中同時予以計數，先予說明。

由圖 2-2-23 可以發現二階技術領域中申請量最多為間接轉化-化學品有 1660 案(32.2%)，第二為生物轉化 1484 案(28.8%)，兩者總和超過 6 成，第三為間接轉化-建材 1172 案(22.7%)，此三者皆為超過一千案，其次依序為直接利用 709 案(13.7%)、間接轉化-聚合物 99 案(1.9%)及間接轉化-新穎碳材 34 案(0.7%)，而後兩者皆未滿一百案。

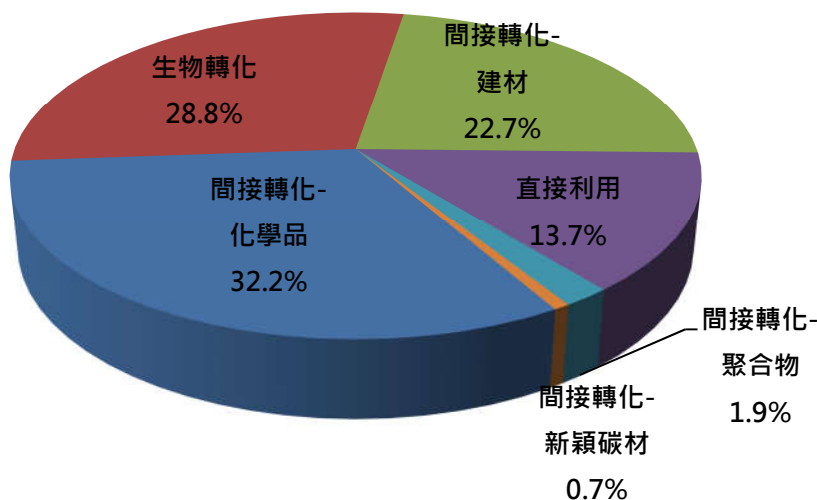


圖 2-2-23、碳再利用二階技術申請案量分布

若將前述本單元「一、再利用技術簡介」所引用之文獻¹³¹中列舉出 2050 年某些技術碳再利用潛力趨勢預估，相同類型與已歸納可得化學品總量約為 1300 百萬噸/年~4800 百萬噸/年，生物轉化總量約為 1840 百萬噸/年~9900 百萬噸/年，建材總量約為 100 百萬噸/年~1400 百萬噸/年，直接利用總量約為 100 百萬噸/年~1800 百萬噸/年，申請案量分布大致與預估未來碳再利用潛力趨勢相似，間接轉化-化學品及生物轉化兩者案件數較接近，且排名前二，而間接轉化-建材及直接利用則分屬三、四名。

我國申請人則以生物轉化 17 案(47.2%)及間接轉化-建材 11 案(30.6%)為主，兩者總和超過 7 成，其次才是間接轉化-化學品 6 案(16.7%)及直接利用 2 案(5.6%)。

¹³¹ “The technological and economic prospects for CO₂ utilisation and removal”, Cameron Hepburn¹,

(二)碳再利用前十大申請人國家/地區在二階技術申請情形

整體前十大申請人國家/地區在二階技術之申請狀況如圖 2-2-24 所示，「間接轉化-聚合物」及「間接轉化-新穎碳材」明顯少於其他四個技術類別。

依國家/地區分析技術，可得到以下結果：

第 1 大申請人國家(中國大陸)

申請人國家為中國大陸的申請案件最多的是在「生物轉化」共 497 案，其次依次為「間接轉化-化學品」有 469 案，「間接轉化-建材」283 案，「直接利用」240 案，其餘依序為「間接轉化-聚合物」及「間接轉化-新穎碳材」皆不滿 50 案。

第 2 大申請人國家(歐洲地區)

歐洲地區的申請人申請案件最多的為「間接轉化-化學品」有 460 案，其較排名第二的「生物轉化」232 案多了一倍，其次依序為「間接轉化-建材」225 案與「直接利用」122 案，其餘依序為「間接轉化-聚合物」及「間接轉化-新穎碳材」皆不滿 50 案。

第 3 大申請人國家(美國)

申請人國家為美國的申請案件最多的為「間接轉化-化學品」有 312 案，其次依序為「間接轉化-建材」286 案、「生物轉化」250 案與「直接利用」163 案，其餘同樣不滿 50 案，但「間接轉化-新穎碳

材」15 案略多於「間接轉化-聚合物」的 14 案，順序不同於中國大陸及歐洲。

第 4 大申請人國家(日本)

申請人國家為日本的申請案件最多的為「生物轉化」323 案，其次依序為「間接轉化-化學品」有 220 案、「間接轉化-建材」124 案與「直接利用」93 案，其餘同樣不滿 50 案，順序同於中國大陸及歐洲。

第 5 大申請人國家(南韓)

申請人國家為南韓的申請案件最多的為「間接轉化-建材」114 案，其次依序為「間接轉化-化學品」有 84 案、「生物轉化」76 案與「直接利用」31 案，其餘同樣不滿 50 案，順序同於中國大陸，歐洲及日本。

我國排名第九，申請案件最多的為「生物轉化」17 案，其次依序為「間接轉化-建材」有 11 案、「間接轉化-化學品」6 案與「直接利用」2 案，其餘皆沒有布局。

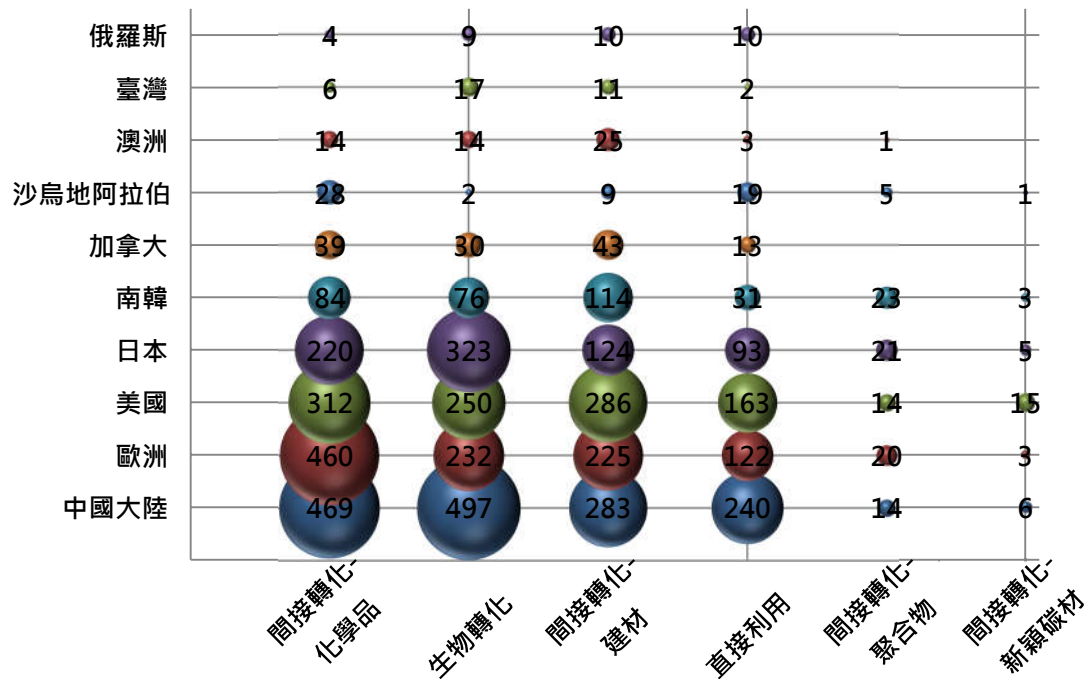


圖 2-2-24、碳再利用前十大第一申請人國家/地區在二階技術各自申請件數

若以各類別來分析，「間接轉化-化學品」、「生物轉化」及「直接利用」的第一大申請人國家皆為中國大陸。「間接轉化-建材」及「間接轉化-新穎碳材」的第一大申請人國家為美國。「間接轉化-聚合物」的第一大申請人國家則為南韓。

就各類別申請案件量而言，「間接轉化-化學品」的第一大申請人國家中國大陸有 469 案及第二的歐洲有 460 案差異不大。「間接轉化-建材」的第一大申請人國家美國有 286 案及第二的中國大陸有 283 案差異更小。「間接轉化-聚合物」的第一大申請人國家南韓有 23 案、第二的日本 21 案及第三的歐洲差異也不明顯。

(三)碳再利用前十大申請人在二階技術申請情形

就再利用整體前十大申請人的專利申請案，對二階技術類別予以細分可以得到圖 2-2-25。

第 1 大申請人(荷商)殼牌石油公司：

荷商殼牌石油公司，是世界第二大石油公司，由荷蘭皇家石油與英國的殼牌兩家公司合併組成，公司在英國註冊，總部位於荷蘭海牙，申請案件最多的為「間接轉化-化學品」106 案，其次依序為「間接轉化-建材」有 38 案、「直接利用」12 案與「生物轉化」2 案，其餘皆沒有布局。

第 2 大申請人(中國大陸)中國科學院：

中國大陸的中國科學院，為中國大陸科學技術方面的最高學研機構，國務院直屬事業單位，申請案件最多的也是為「間接轉化-化學品」58 案，其次依序為「間接轉化-建材」有 11 案、「生物轉化」9 案與「直接利用」3 案，其餘同樣皆沒有布局。

第 3 大申請人(美商)卡萊拉公司：

美國的卡萊拉公司，位於加州，專注於從固定排放源(包括發電廠和水泥廠)中捕獲 CO₂ 並將其永久轉化為礦物形式，最終目標是利用捕獲的二氧化碳開發有價值的產品，例如水泥材料，申請案件最多的為「間接轉化-建材」47 案，其次依序為「間接轉化-化學品」

10 案、「生物轉化」7 案與「直接利用」2 案，其餘同樣皆沒有布局。

第 4 大申請人 (中國大陸商) 中國石油化工公司：

中國大陸的中國石油化工公司，主要從事煉油及石油化工的特大型國有獨資企業，申請案件最多的為「間接轉化-化學品」17 案，其次依序為「生物轉化」14 案、「直接利用」9 案、「間接轉化-建材」5 案與「間接轉化-聚合物」1 案，而「間接轉化-新穎碳材」沒有布局。

第 5 大申請人 (日商) 三菱重工業股份有限公司：

日本的三菱重工業股份有限公司，為一家綜合機械製造商，申請案件最多的為「生物轉化」16 案，其次依序為「間接轉化-化學品」14 案、「直接利用」6 案、「間接轉化-建材」2 案，其餘同樣皆沒有布局。

第 6 大申請人 (法商) 液化空氣集團：

法國的液化空氣集團，總部位於巴黎，是世界上最大的工業、健康和環保氣體供應商之一，申請案件最多的為「間接轉化-化學品」19 案，其次依序為「直接利用」6 案、「生物轉化」5 案與「間接轉化-建材」4 案，其餘同樣皆沒有布局。

第 7 大申請人 (沙商) 沙烏地阿拉伯石油公司：

沙烏地阿拉伯的沙烏地阿拉伯石油公司，目前是世界上探明儲量最大的石油公司，擁有全世界最大的陸上油田—加瓦爾油田，以及最大的海上油田—賽法尼亞油田，申請案件最多的為「直接利用」14 案，其次依序為「間接轉化-化學品」8 案、「間接轉化-建材」7 案與「間接轉化-聚合物」4 案，而「生物轉化」及「間接轉化-新穎碳材」沒有布局。

第 8 大申請人 (德商)林德集團：

德國的林德集團，位於慕尼黑的化學工業集團，按市場份額是全球最大的工業氣體集團，申請案件最多的為「間接轉化-化學品」19 案，其次依序為「生物轉化」及「直接利用」6 案、「間接轉化-建材」2 案，其餘同樣皆沒有布局。

第 9 大申請人 (中國大陸)中國礦業大學：

中國大陸的中國礦業大學申請案件最多的也是為「直接利用」11 案，其次依序為「間接轉化-化學品」及「間接轉化-建材」有 6 案、「生物轉化」5 案，其餘同樣皆沒有布局。

第 10 大申請人 (中國大陸)中國人民解放軍軍事科學院軍事醫學研究院：

中國大陸的中國人民解放軍軍事科學院軍事醫學研究院，申請案件最多的為「生物轉化」19 案，其次依序為「間接轉化-建材」有

3 案及「間接轉化-化學品」2 案，其餘皆沒有布局。

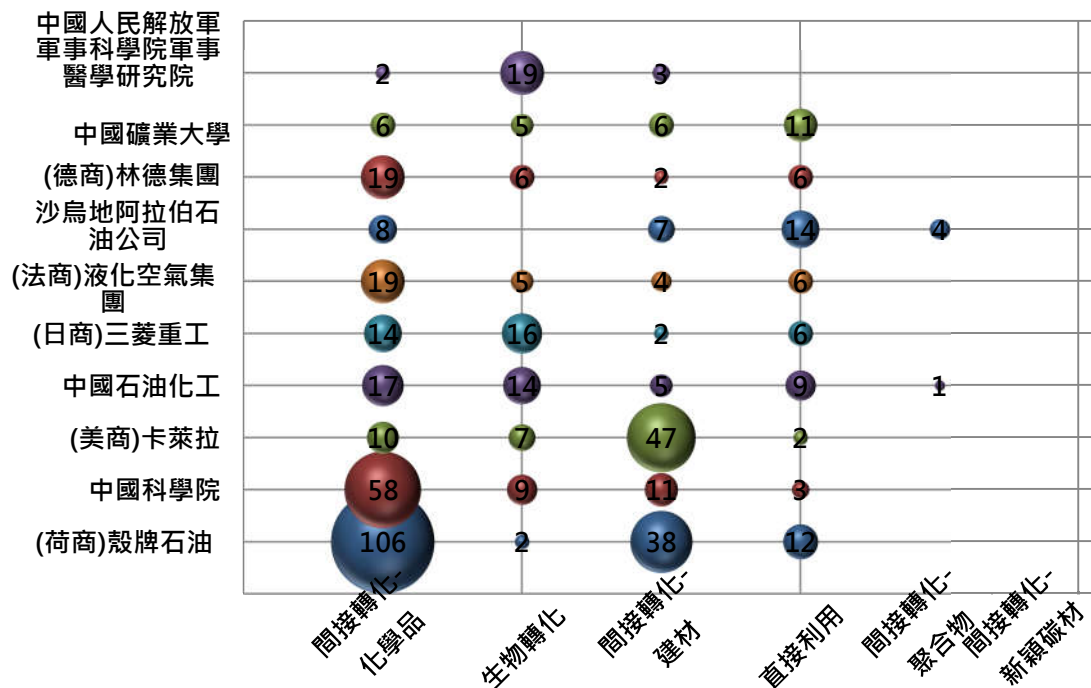


圖 2-2-25、碳再利用前十大第一申請人在二階技術各自申請件數

(四)碳再利用第一大申請人於二階技術歷年申請案件數-(荷商)殼牌

石油公司

碳再利用整體第一大申請人為荷蘭的殼牌石油，世界上石油巨頭之一，舉凡石化業如石油、能源、化工、電力、煤氣等皆有其身影。

圖 2-2-26 中可看出殼牌石油於「間接轉化-化學品」、「生物轉化」、「間接轉化-建材」、「直接利用」皆有布局，主要集中於「間接轉化-化學品」，幾乎每年皆有申請，除了 2000 年的 76 案以外，每

年申請案數皆未達 10 案，而「生物轉化」及「直接利用」的布局則明顯較為零散，「間接轉化-聚合物」及「間接轉化-新穎碳材」更是完全沒有布局。

2000 年以類似專利案同時申請 76 案，導致該年度暴增，由於本報告專利家族採 DWPI 定義的同族專利，優先權必須完全相同，所以該類似申請案被分別計數，若對 INPADOC 專利家族而言，該專利案件大致可被視為同族專利，該專利技術著重於利用熱處理對含烴地層的經濟開採，透過二氧化碳作為合成氣生成流體注入井以產生合成氣。

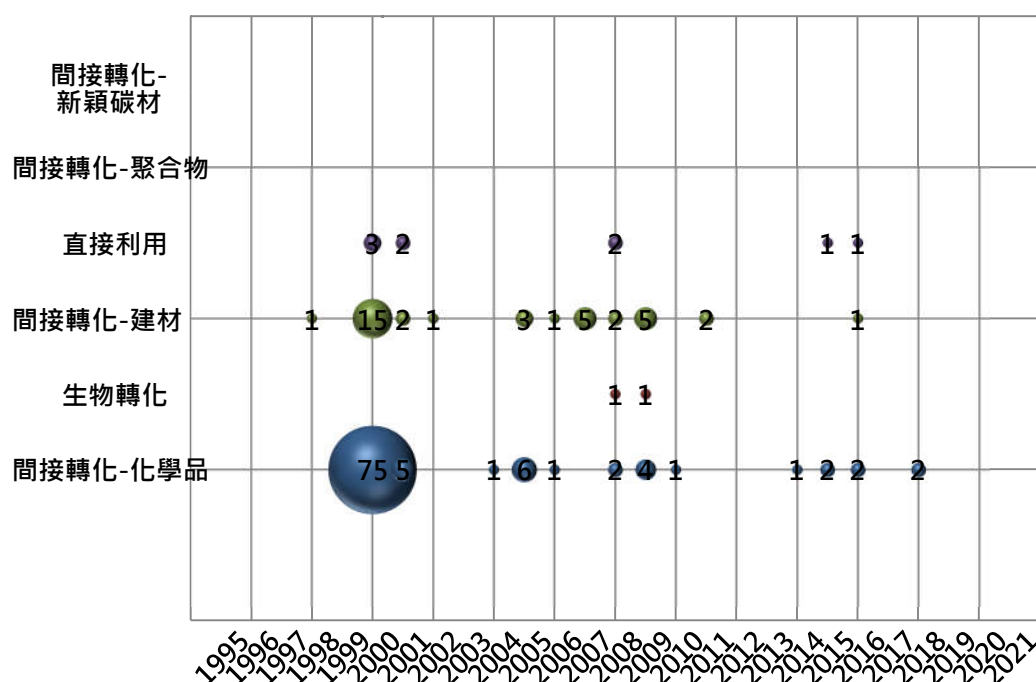


圖 2-2-26、殼牌石油公司(再利用整體第一大申請人)於二階技術中歷年(優先權年)申請案件數

(五)碳再利用第一大申請人國家於二階技術歷年申請案件數-中國大陸

圖 2-2-27 中可看出碳再利用整體第一大申請人國家中國大陸在「間接轉化-化學品」、「生物轉化」、「間接轉化-建材」、「直接利用」、「間接轉化-聚合物」及「間接轉化-新穎碳材」皆有布局，主要集中於「間接轉化-化學品」、「生物轉化」、「間接轉化-建材」及「直接利用」，大致上可以 2005 年為分界，2005 之後每年皆有申請，以前則零零落落；而對於相較之下較少布局的「間接轉化-聚合物」及「間接轉化-新穎碳材」，在 2009 年以前則明顯皆未申請，其中又以「間接轉化-聚合物」較為重視，不過每年申請案件數皆未滿 10 案。

整體觀之，除了「間接轉化-聚合物」及「間接轉化-新穎碳材」以外，2017 以後每年的申請案件數明顯增加，「生物轉化」更是提前於 2016 年，雖然此後每年案件數變化幅度不大，並非每年逐步成長，但相較於 2016 年以前每年的申請案件數已明顯倍數增加。

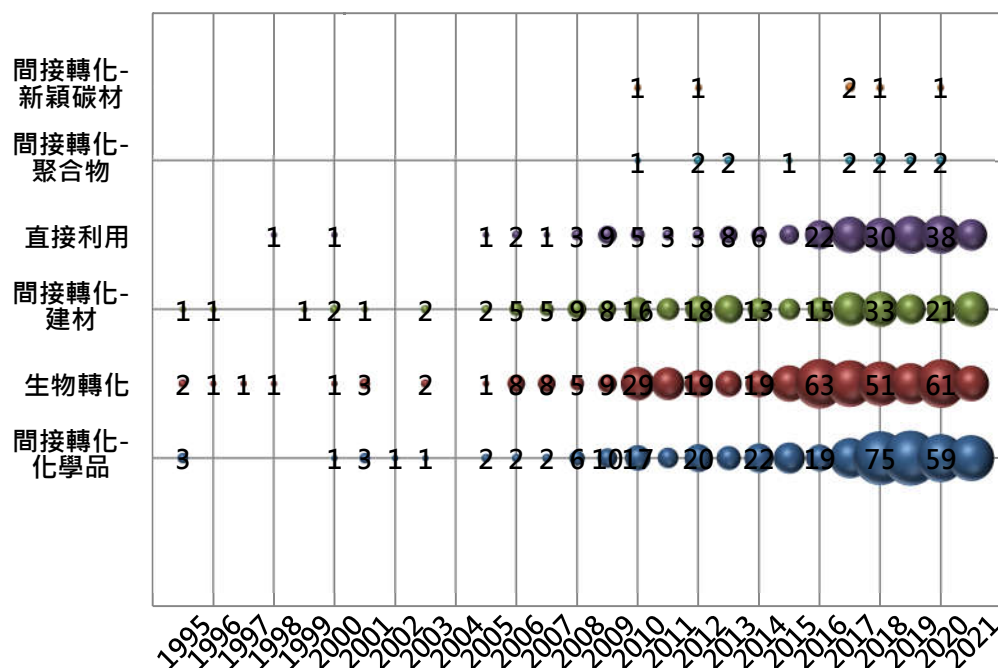


圖 2-2-27、中國大陸(再利用第一大申請國家)於二階技術中歷年(優先權年)申請案件數

(六)二階技術中第一申請人類型案件數

圖 2-2-28 分別為二階技術各類型的案件數分布，以及二階技術中各類型的第二申請人類型比例。

最多案件量的「間接轉化-化學品」1660 案中，其中 1059 案為公司，所佔比例為 64%、學研機構為 490 案(30%)、個人為 111 案(7%)。

第二多案件量的為「生物轉化」1484 案，其中 866 案為公司，所佔比例為 58%、學研機構為 315 案(21%)、個人為 303 案(20%)。

第三為「間接轉化-建材」1172 案，其中 673 案為公司，所佔比

例為 57%、學研機構為 333 案(28%)、個人為 166 案(14%)。

第四為「直接利用」709 案，其中 466 案為公司，所占比例為 66%、學研機構為 167 案(24%)、個人為 76 案(11%)。

第五的「間接轉化-聚合物」99 案，其中 78 案為公司，所占比例為 79%、學研機構為 20 案(20%)、個人為 1 案(1%)。

第六的「間接轉化-新穎碳材」34 案(0.7%)，其中 14 案為公司，所占比例為 41%、學研機構為 12 案(35%)、個人為 8 案(24%)。

就二階技術中各類型的第二申請人類型而言，依序皆為公司、學研機構及個人，此一情況與碳再利用整體專利中第二申請人類型相同。

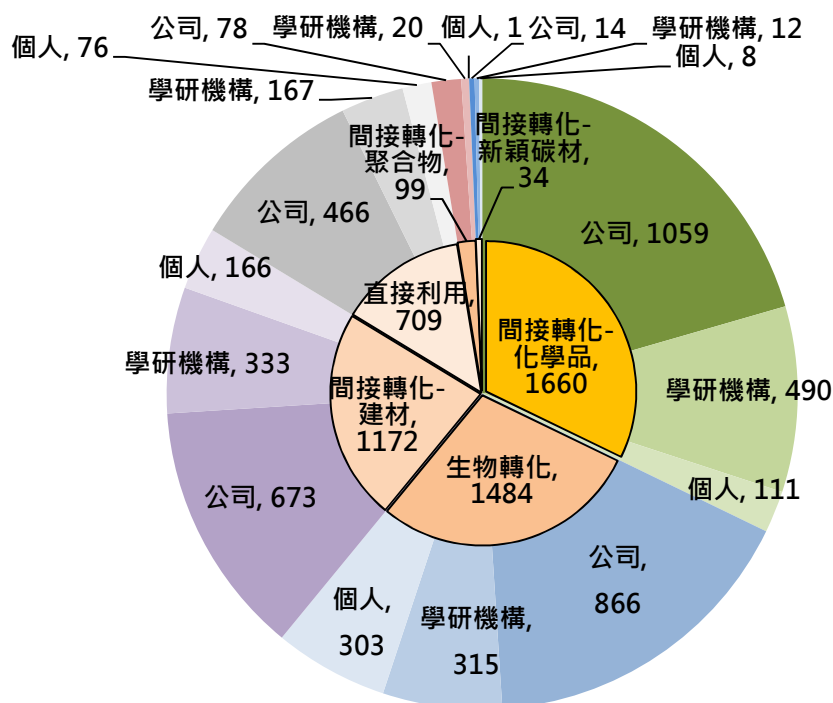


圖 2-2-28、碳再利用二階技術中第一申請人類型案件數

至於我國專利申請人，生物轉化及間接轉化-建材中第一申請人類型相同，依序皆為個人、學研機構及公司。

(七)二階技術各類型歷年申請案件數

如圖 2-2-29 所示，細看碳再利用各二階技術歷年申請情形，大致與碳再利用整體趨勢相同，皆於近幾年有顯著增加之趨勢。申請案量以「間接轉化-化學品」尤最，而「間接轉化-新穎碳材」相對於其他技術類型明顯出現較晚且較少，且每年多為 1 或 2 案，因此，此技術成零散分布。至於我國專利申請人，除了聚合物及新穎碳材皆未申請，其餘多出現在 2004 年以後。

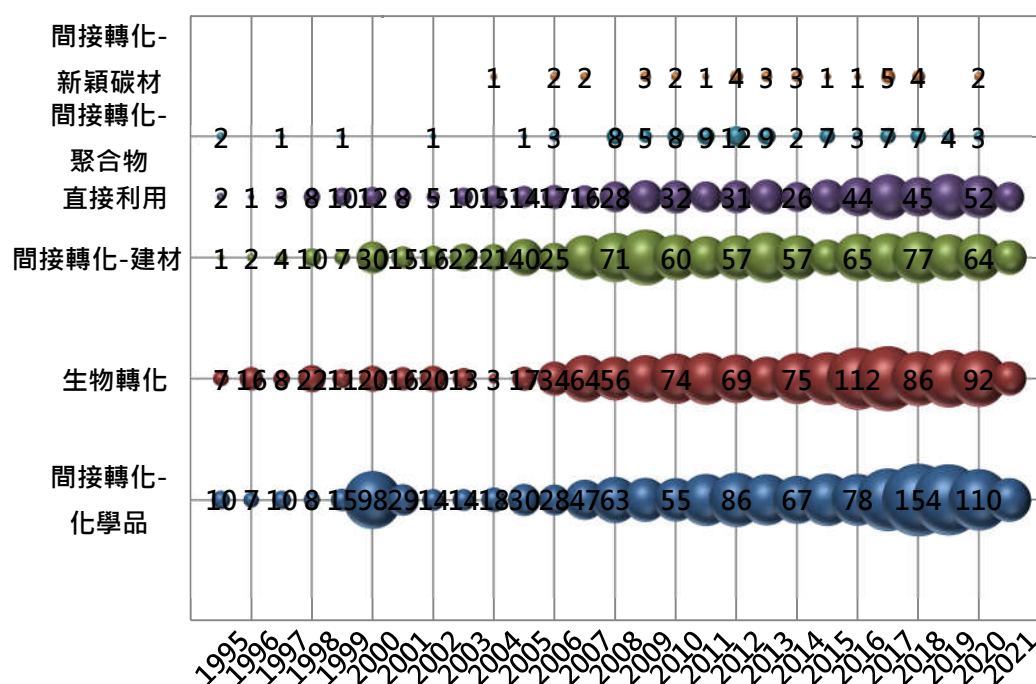


圖 2-2-29、二階技術各類型歷年(優先權年)申請案件數

(八)二階技術各類型十大申請人

二階技術各類型十大申請人排名，如圖 2-2-30 所示，分析如下：

1. 間接轉化-化學品：

「間接轉化-化學品」的十大申請人依序為：(荷商)殼牌石油(106 案)、(中國大陸)中國科學院(58 案)、(法商)液化空氣集團(19 案)、(德商)林德集團(19 案)、(中國大陸商)中國石油化工公司(17 案)、(日商)豐田汽車(17 案)、(沙商)沙烏地基礎工業(16 案)、(日商)三菱重工業股份有限公司(14 案)、(中國大陸)福州大學(13 案)、(德商)西門子公司(13 案)。

在此技術中，中國大陸最多有三位申請人，德國跟日本皆有兩個申請人居次，荷蘭、法國及沙烏地阿拉伯各有一位，中國大陸包含兩個學研機構及一家公司，其餘各國申請人多為石化業、工業等公司。

(法商)液化空氣集團，是世界上最大的工業、健康和環保氣體供應商之一，(德商)林德集團是全球最大的工業氣體集團，(沙烏地商)沙烏地基礎工業為一化學品製造商，是世界上最大的化肥、聚合物和化學品出口商之一，同時也在工程塑膠行業占據領先地位，就

申請量而言，第一的(荷商)殼牌石油公司及第二的(中國大陸)中國科學院申請案件數明顯多於其他申請人。

2. 生物轉化：

「生物轉化」的十大申請人依序為：(中國大陸)軍事醫學科學院(19 案)、(日商)三菱重工業股份有限公司(16 案)、(中國大陸商)中國石油化工公司(14 案)、(中國大陸商)南陽東崙生物光碳公司(13 案)、(美商)農業天然氣(10 案)、(日商) IHI 公司(9 案)、(德商)西門子公司(9 案)、(中國大陸)中國科學院(9 案)、(日商)東芝股份有限公司(8 案)、(日商)雙葉公司(8 案)。

在此技術中，中國大陸及日本皆有四位申請人並列第一，德國跟美國各有一位申請人居次，可看出申請人多集中在亞洲國家，中國大陸包含兩個學研機構之外，其餘各國申請人同樣皆為公司。

(中國大陸商)南陽東崙生物光碳公司是一家現代化農業高科技企業，(美商)農業天然氣一家提供應用 CO₂ 來提高農業產量和提高用水效率所需的技術和服務，(日商) IHI 公司為一家海洋相關重工業廠商，相較之下，「生物轉化」各申請人申請量並沒有明顯變化。

3. 間接轉化-建材

「間接轉化-建材」的十大申請人依序為：(美商)卡萊拉公司(47 案)、(荷商)殼牌石油公司(38 案)、(南韓)韓國地球科學與礦產資源學

院(17 案)、(南韓)韓國大學(11 案)、(中國大陸)中國科學院(11 案)、(南韓)韓國能源研究所(10 案)、(中國大陸)啟明醫療(杭州)(9 案)、(日商)太陽水泥公司(9 案)、(美商)通用電氣公司(9 案)、(南韓商)韓國電力松(9 案)。

在此技術中，南韓最多有四位申請人，美國跟中國大陸皆有兩位申請人居次，荷蘭及日本各有一位，南韓及中國大陸以學研機構為主。

(美商)卡萊拉公司為一建築材料及環境永續之公司，就申請量而言，第一的(美商)卡萊拉公司及第二的(荷商)殼牌石油公司申請案件數明顯多於其他申請人。

4.直接利用：

「直接利用」的十大申請人依序為：(沙商)沙烏地阿拉伯石油公司(14 案)、(荷商)殼牌石油公司(12 案)、(中國大陸商)中國石油(11 案)、(中國大陸)中國礦業大學(11 案)、(中國大陸)中國石油化工(9 案)、(美商)普萊克斯公司(8 案)、(挪威)挪威國家石油海德羅(8 案)、(美商)陶氏全球技術(7 案)。

在此技術中，中國大陸有三位申請人最多，其次為美國有兩位申請人，荷蘭、沙烏地阿拉伯及挪威各有一位，多為石油公司。

(美商)普萊克斯公司是一家美國工業氣體生產商。也是美洲產

值最大的工業氣體生產商，此外尚有六個申請人各有 6 案，圖上並未呈現，相關申請人分別為(中國大陸)西安熱力發電、(日商)三菱重工業股份有限公司、(中國大陸)西安交通大學、(法商)液化空氣集團、(英商)英國石油、(德商)林德集團。相較之下，「直接利用」各申請人申請量變化不大。

5. 間接轉化-聚合物：

「間接轉化-聚合物」的十大申請人依序為：(南韓商)SK 創新公司(13 案)、(德商)科思創公司(9 案)、(南韓商)LG 化學公司(8 案)、(日商)住友精化化學股份有限公司(8 案)、(英商)易科科技公司(5 案)、(美商)諾沃默公司(5 案)、(沙商)沙烏地阿拉伯石油(4 案)、(日本)東京大學(3 案)、(德商)拜耳智慧財產(2 案)、(中國大陸)浙江大學(2 案)。

在此技術中，日本有三位申請人最多，南韓及德國各有兩位申請人居次，接著為英國、美國、沙烏地阿拉伯及中國大陸皆有一位申請人。

(德商)科思創公司是全球最大的聚合物生產商之一，前身為拜耳材料科技公司，(英商)易科科技公司為一家催化劑開發商，使用二氧化碳作為原料之一生產聚碳酸酯多元醇和聚合物，並用以製造聚氨酯及聚碳酸酯，(美商)諾沃默公司為一家催化劑開發商，將一

氧化碳和環氧乙烷作為原料生產聚合物和化學品。各國申請人數分布較為平均，且各申請人申請量變化不大。

6. 間接轉化-新穎碳材：

「間接轉化-新穎碳材」申請量則較少，除了圖示三位申請人，(美商)碳控股智慧財產、(美國)德雷克賽爾大學、(美商)西通公司皆有 2 案以外，其餘申請人皆各有 1 案，各申請人申請量變化不大。

	間接轉化-化學品	生物轉化	間接轉化-建材	直接利用	間接轉化-聚合物	間接轉化-新穎碳材
第1大	(荷商)殼牌石油	(中國大陸)軍事醫學科學院	(美商)卡萊拉	沙烏地阿拉伯石油	(南韓商)SK創新	(美商)碳控股智慧財產
第1大	106	19	47	14	13	2
第2大	中國科學院	(日商)三菱重工	(荷商)殼牌石油	(荷商)殼牌石油	(德商)科思創	(美國)德雷克賽爾大學
第2大	58	16	38	12	9	2
第3大	(法商)液化空氣集團	中國石油化工	韓國地球科學與礦產資源學院	中國石油	(南韓商)LG化學	(美商)西通
第3大	19	14	17	11	8	2
第4大	(德商)林德集團	(中國大陸商)南陽東崙生物光破	韓國大學	中國礦業大學	(日商)住友精化化學	
第4大	19	13	11	11	8	
第5大	中國石油化工	(美商)農業天然氣	中國科學院	中國石油化工	(英商)易科科技	
第5大	17	10	11	9	5	
第6大	(日商)豐田汽車	(日商)IHI公司	韓國能源研究所	(美商)普萊克斯	(美商)諾沃默	
第6大	17	9	10	8	5	
第7大	沙烏地基礎工業	(德商)西門子	(中國大陸)啟明醫療(杭州)	挪威國家石油海德羅	沙烏地阿拉伯石油	
第7大	16	9	9	8	4	
第8大	(日商)三菱重工	中國科學院	(日商)太陽水泥	(美商)陶氏全球技術	(日本)東京大學	
第8大	14	9	9	7	3	
第9大	(中國大陸)福州大學	(日商)東芝	(美商)通用電氣		(德商)拜耳智慧財產	
第9大	13	8	9		2	
第10大	(德商)西門子	(日商)雙葉	韓國電力		(中國大陸)浙江大學	
第10大	13	8	9		2	
					(日商)松下	
					2	

圖 2-2-30、二階技術各類型十大申請人

(九)二階技術各類型十大申請人國家/地區

二階技術各類型各自十大申請人國家排名，如圖 2-2-31 所示，分析如下：

1. 間接轉化-化學品：

「間接轉化-化學品」依序為：中國大陸(28.3%)、歐洲(27.8%)、美國(18.8%)、日本(13.3%)、南韓(5.1%)、加拿大(2.4%)、沙烏地阿拉伯(1.7%)、澳洲(0.8%)、臺灣(0.4%)及俄羅斯(0.2%)，與碳再利用整體名次相同，主要以五大局為主，中國大陸與歐洲合計已超過五成。

2. 生物轉化：

「生物轉化」依序為：中國大陸(33.5%)、日本(21.8%)、美國(21.9%)、歐洲(15.6%)、南韓(5.1%)、加拿大(2.0%)、臺灣(1.2%)、澳洲(0.9%)、俄羅斯(0.6%)及巴西(0.4%)，主要以五大局為主，且主要為亞洲國家，中國大陸與日本合計已超過五成。

3. 間接轉化-建材：

「間接轉化-建材」依序為：美國(24.4%)、中國大陸(24.2%)、歐洲(19.2%)、日本(10.6%)、南韓(9.7%)、加拿大(3.7%)、澳洲(2.1%)、臺灣(1.2%)、俄羅斯(0.6%)、沙烏地阿拉伯及巴西皆為(0.8%)，主要以五大局為主，前三名美國、中國大陸與歐洲合計才過半。

4. 直接利用：

「直接利用」依序為：中國大陸(33.9%)、美國(23.0%)、歐洲(17.2%)、日本(13.1%)、南韓(4.4%)、沙烏地阿拉伯(2.7%)、加拿大(1.8%)、俄羅斯(1.4%)及澳洲(0.4%)，主要以五大局為主，中國大陸與美國合計已超過五成，第十名申請人國家分別有臺灣、哥倫比亞、馬來西亞、以色列及印度各皆有 2 案。

5. 間接轉化-聚合物

「間接轉化-聚合物」依序為：南韓(23.2%)、日本(21.2%)、歐洲(20.2%)、美國(14.1%)、中國大陸(14.1%)、沙烏地阿拉伯(5.1%)、南非(1.0%)及澳洲(1.0%)，雖仍以五大局為主，但中國大陸與美國皆為 14 案落居第四，本類型申請案較少，南非及澳洲皆為 1 案亦進入前十。

6. 間接轉化-新穎碳材：

「間接轉化-新穎碳材」依序為：美國(44.1%)、中國大陸(17.7%)、日本(14.7%)、歐洲(8.8%)、南韓(8.8%)、阿曼(2.9%)及沙烏地阿拉伯(2.9%)，仍以五大局為主，本類型申請案較少，除了歐洲及南韓各為 3 案並列第 4、阿曼及沙烏地阿拉伯各為 1 案並列第 5。

綜合以上，二階技術各類型各自十大申請人國家仍以五大局為主，其他還有加拿大、澳洲、俄羅斯、沙烏地阿拉伯及臺灣，其中臺灣在間接轉化-化學品、生物轉化、間接轉化-建材及直接利用(案件數為 2，共有 5 國並列，圖上並未顯示)進入前十。

	間接轉化-化學品	生物轉化	間接轉化-建材	直接利用	間接轉化-聚合物	間接轉化-新穎碳材
第1大	中國大陸	中國大陸	美國	中國大陸	南韓	美國
第1大	469	497	286	240	23	15
第2大	歐洲	日本	中國大陸	美國	日本	中國大陸
第2大	460	323	283	163	21	6
第3大	美國	美國	歐洲	歐洲	歐洲	日本
第3大	312	250	225	122	20	5
第4大	日本	歐洲	日本	日本	美國	歐洲
第4大	220	232	124	93	14	3
第5大	南韓	南韓	南韓	南韓	中國大陸	南韓
第5大	84	76	114	31	14	3
第6大	加拿大	加拿大	加拿大	沙烏地阿拉伯	沙烏地阿拉伯	阿曼
第6大	39	30	43	19	5	1
第7大	沙烏地阿拉伯	臺灣	澳洲	加拿大	南非	沙烏地阿拉伯
第7大	28	17	25	13	1	1
第8大	澳洲	澳洲	臺灣	俄羅斯	澳洲	
第8大	14	14	11	10	1	
第9大	臺灣	俄羅斯	俄羅斯	澳洲		
第9大	6	9	10	3		
第10大	俄羅斯	巴西	巴西			
第10大	4	6	沙烏地阿拉伯			
第10大			9			

圖 2-2-31、二階技術各類型十大申請人國家/地區

(十)三階技術與二階技術對照比例分布

將再利用三階技術與二階技術對照比例可以得到圖 2-2-32，就三階技術而言，申請量最多為「生物轉化」的農林業 14.7%，第二

為「間接轉化-化學品」的甲醇 11.4%，僅此兩者超過 1 成，其餘依序為「間接轉化-建材」的無機碳酸鹽 8.4%、「間接轉化-化學品」的甲烷 8.3%、「生物轉化」的微藻 6.3%、「間接轉化-建材」的礦化物 5.6%、「間接轉化-建材」的水泥 5.1%，其餘皆未滿 5%。

1. 間接轉化-化學品：

在「間接轉化-化學品」方面，其係碳再利用之最大宗應用，廣大之占比的基礎即為較大的二氧化碳吸收潛力以及技術成熟度。其中又以應用於甲醇、甲烷最為優勢，主要是其可以直接使用或是做為其他產品的原料，亦可直接作為燃料或轉化為其他碳基燃料。甲醇在化學品再利用中占比高達 11%，其原因不外乎甲醇扮演的角色十分多元，可用作 1)儲能材料、2)燃料以及 3)合成碳氫化合物(如烯烴、甲醛、乙酸、乙二醇等)之原料¹³²，而也由於甲醇為液體，在室溫下更易進行儲存和運輸，比起其他氣體燃料，如甲烷或氫氣，更具燃料替代上的優勢¹³³。甲烷在化學品再利用中占比亦高達有 8%，甲烷為合成氣主要成分，相比於氫氣亦有較高能量含量及較高安全保險之優勢，可視為再生氫能儲存及運輸之解方¹³⁴，甲烷除了上述優勢外，其製備方法亦十分多元，如傳統的 Sabatier reaction¹³⁵、透

¹³² Catalytic Conversion of Carbon Dioxide to Methanol：Current Status and Future Perspective

¹³³ Process Advantages of Direct CO₂ to Methanol Synthesis

¹³⁴ Catalytic carbon dioxide hydrogenation to methane：A review of recent studies

¹³⁵ New method converts carbon dioxide to methane at low temperatures

過二氧化碳電解還原¹³⁶或光反應¹³⁷還原皆可獲得甲烷。

2. 生物轉化：

在「生物轉化」方面，其係透過植物、微生物(細菌、真菌、酵母)、藻類等作為天然二氧化碳的過濾器，透過光合作用以進行碳固定，其中，控制二氧化碳來發展溫室栽培，提高農作物產量，降低化肥的使用，而藻類為最有效的生物工廠，透過藻類的培養，亦可用於對後續生物燃料的生產¹³⁸。

3. 間接轉化-建材：

在「間接轉化-建材」方面，無論是無機碳酸鹽、礦化物、水泥、混凝土、或骨材，皆是以礦化(碳酸化)作用進行固碳，透過鹼性材料(如氧化鈣)與二氧化碳反應生成碳酸化合物，藉二氧化碳所製成之材料來作為建材材料之替代品¹³⁹。且對於二氧化碳的減量，建築材料貢獻龐大¹⁴⁰。

4. 直接利用：

在「直接利用」方面，其係最直觀且多元的碳再利用方式，舉凡發泡劑、製備碳酸飲料、製備酒、食品包裝、殺菌劑、藥物製

¹³⁶ Electrochemical conversion of CO₂ to C₂ hydrocarbons using different ex situ copper electrodeposits

¹³⁷ High-rate solar-light photoconversion of CO₂ to fuel: controllable transformation from C₁ to C₂ products

¹³⁸ A review on biological carbon sequestration: A sustainable solution for a cleaner air environment, less pollution and lower health risks

¹³⁹ Production of carbonate aggregates using steel slag and carbon dioxide for carbon-negative concrete

¹⁴⁰ 碳再利用碳酸化建材之展望 - 台灣化學工程學會

造、冷凍氣體、乾冰、滅火劑、焊接劑、超臨界二氧化碳等皆為其範疇¹⁴¹。在此次分析前三名為超臨界二氧化碳、碳酸飲料以及乾冰。超臨界二氧化碳由於具有液體及氣體之間的性質，是因其可在工業、化學提取上用以作為溶劑、萃取劑、工作流體。

5. 間接轉化-聚合物：

在「間接轉化-聚合物」方面，二氧化碳亦可以作為原料來合成聚合物，其中尤以聚氨酯、聚碳酸酯為最廣泛研究對象。聚碳酸酯是極為廣泛常見的工程塑料，因其具有優良的機械性能¹⁴²。聚氨酯則可應用為塗料、黏著劑、絕緣材料和彈性體¹⁴³，嘗試以二氧化碳為原料所製備的多元醇來降低整體生產聚氨酯的成本。

6. 間接轉化-新穎碳材：

在「間接轉化-新穎碳材」方面，新穎碳材種類繁多，舉凡碳纖維、奈米碳管、富勒烯、石墨烯、奈米碳球等，然來自於碳再利用之研發生產數量著實不顯著，可能原因為該領域較新剛開始發展，且目前投入者似乎多屬新創公司，整體後續發展需持續觀察。

¹⁴¹ ACCELERATING THE UPTAKE OF CCS: INDUSTRIAL USE OF CAPTURED CARBON DIOXIDE, MARCH 2011

¹⁴² Direct Synthesis of Alternating Polycarbonates from CO₂ and Diols by Using a Catalyst System of CeO₂ and 2-Furionitrile

¹⁴³ Carbon Dioxide Based Poly(ether carbonate) Polyol in Bi-polyol Mixtures for Rigid Polyurethane Foams Polymers from carbon dioxide_Polycarbonates, polyurethanes

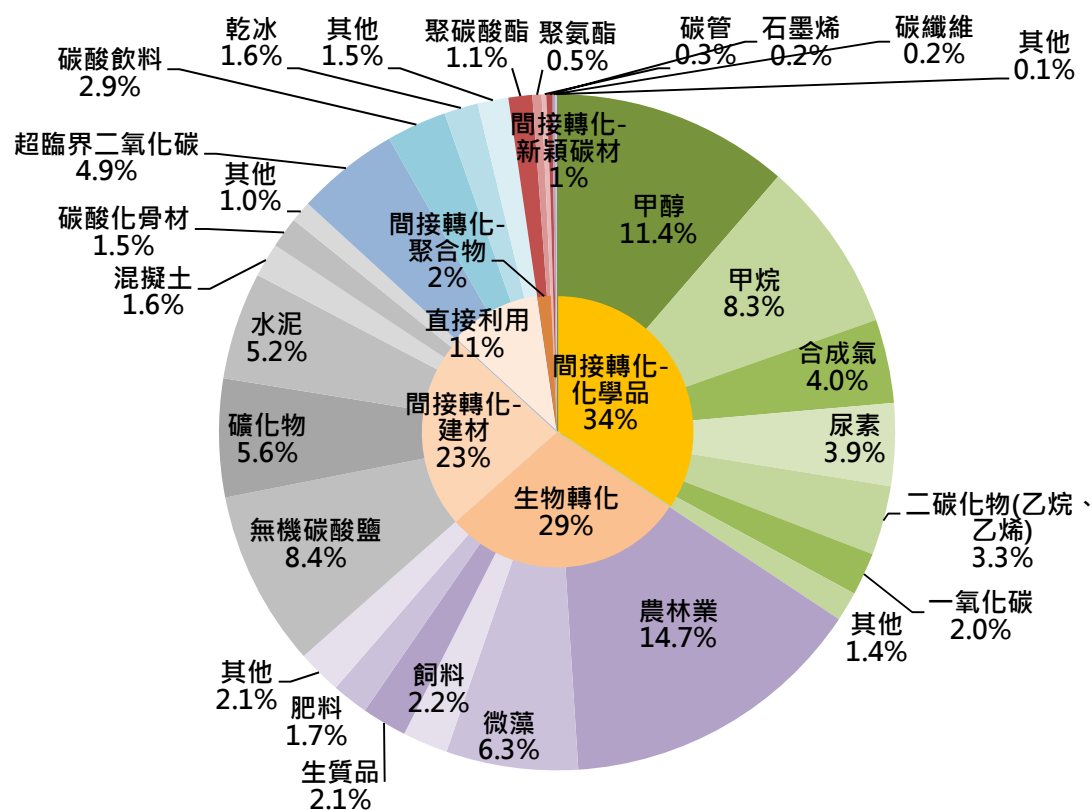


圖 2-2-32、碳再利用二階技術及三階技術申請比例分布

(十一) 碳再利用轉化為甲烷之分析

甲烷(CH_4)結構最簡單的烷類，是所有烷類中，含碳量最小，且含氫量最大的碳氫化合物，由一個碳原子以及四個氫原子組成，可經由碳氧化物(如二氧化碳和一氧化碳等)與氫氣轉化製備，由於其為天然氣的主要成分，除了可作為燃料，亦可作為化工原料，或可以經由直接轉化或間接轉化來生產乙烯、乙炔、甲醇、合成氣、氨、氫、碳黑、氯化甲烷、二硫化碳和氫氰酸等，如圖 2-2-33 所示，因此甲烷為一種重要的化學品，而如何由廢氣製備甲烷以及將

甲烷轉化成為更具經濟價值的產物，一直是科學家們努力的目標。

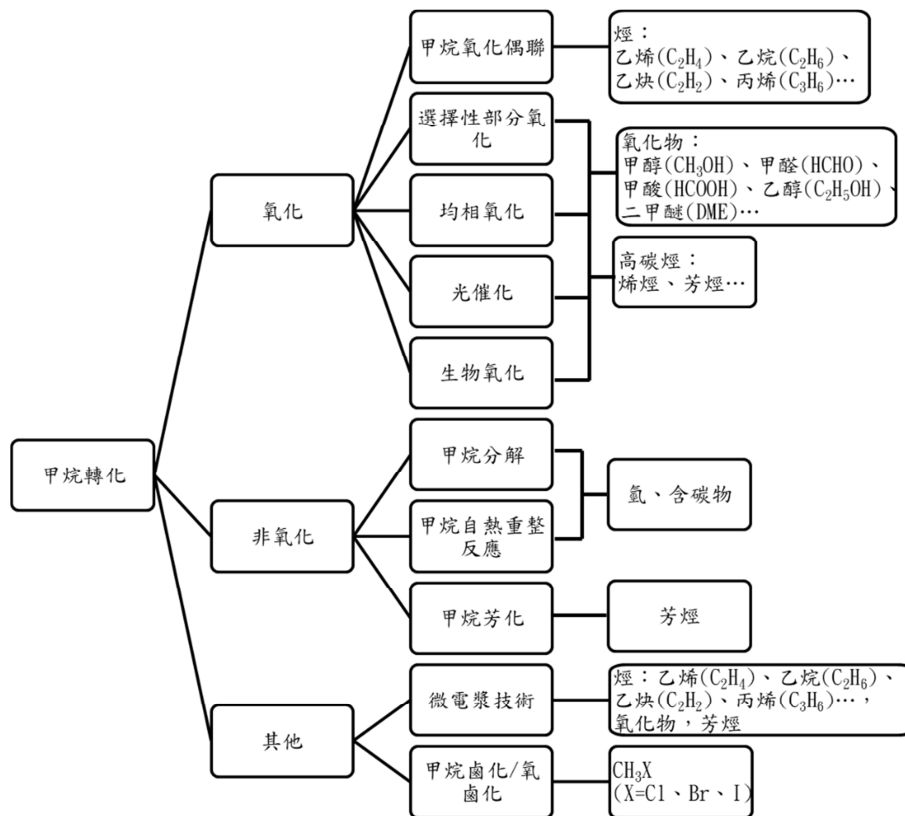


圖 2-2-33、甲烷轉化成其他化學品示意圖¹⁴⁴

碳再利用間接轉化為甲烷截至 2021 年底所有公開(告)案件，共計 557 案(再利用中占比 8.3%)，間接轉化-化學品中排行前二，可算是碳再利用中極具優勢的應用之一。

1. 碳再利用轉化為甲烷之觸媒與功效：

圖 2-2-34 呈現碳再利用間接轉化為甲烷及相關甲烷化觸媒歷年(優先權年)申請案件數，不論間接轉化為甲烷或甲烷化觸媒相關專利數量，自 2007 年之後雖然仍有波動，但明顯可以看出呈現逐年增

¹⁴⁴ https://www.researchgate.net/figure/Direct-methane-conversion-technologies-to-various-valuable-chemicals-intermediates-and_fig2_279489481

加之趨勢。

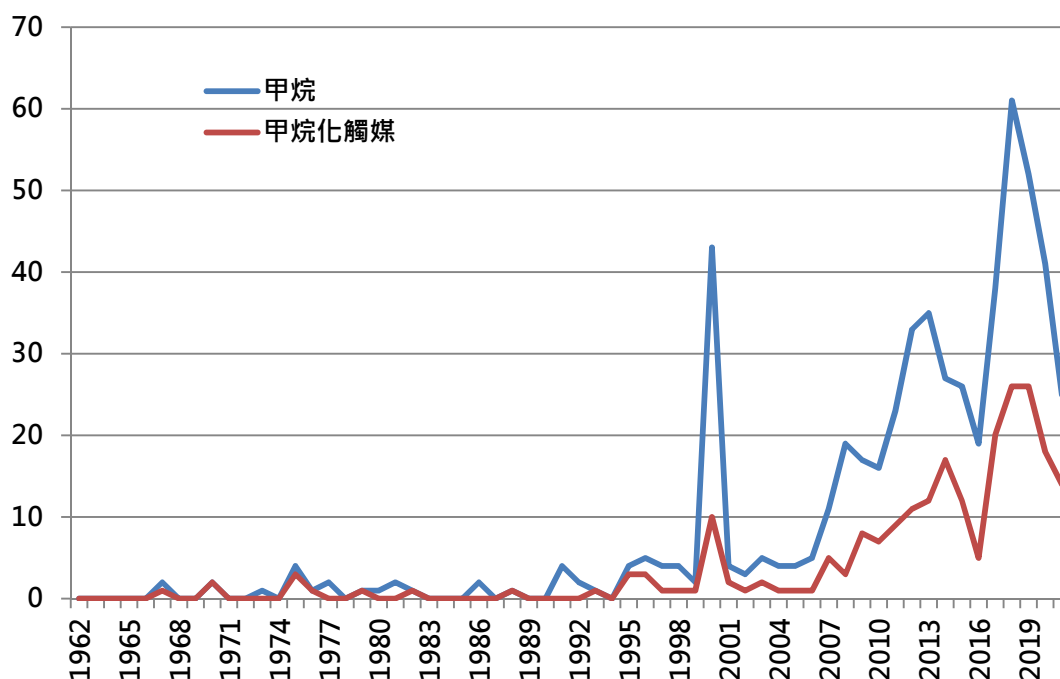


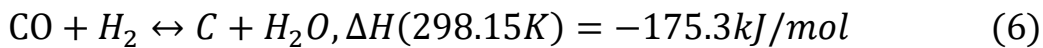
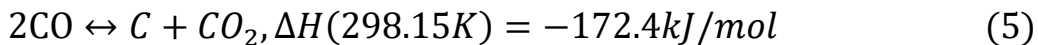
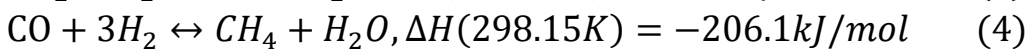
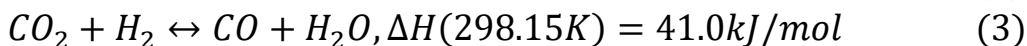
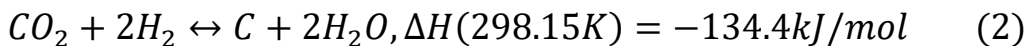
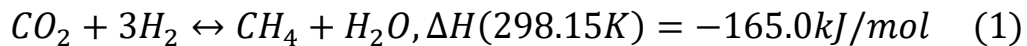
圖 2-2-34、碳再利用間接轉化為甲烷及觸媒歷年(優先權年)申請案數變化

碳再利用間接轉化為甲烷歷年申請案件數，第一申請人國家/地區排名如下：歐洲(164 案)、中國大陸(158 案)、日本(104 案)、美國(88 案)、南韓(24 案)，其餘皆未滿 10 案，臺灣也有 1 案。

碳再利用間接轉化為甲烷歷年申請案件數，第一申請人排名如下：(荷商)殼牌石油公司(44 案)、(中國大陸)中國科學院(21 案)、(日商)豐田汽車(17 案)、(日商)日立造船株式會社(11 案)，其餘皆未滿 10 案，除中國大陸為學研機構以外，其餘皆為公司。

碳再利用間接轉化為甲烷歷年申請案件數，第一申請人類型：公司為 350 案(62.8%)、學研機構為 172 案(30.9%)、個人為 35 案(6.3%)。

然而，實現二氧化碳甲烷化並非易事，首先，二氧化碳為一高度熱力學穩定化合物，二氧化碳之解離需極高之活化能¹⁴⁵，其次，二氧化碳甲烷化除了我們所期望的理想反應(下式(1))之外，尚會伴隨其他副反應(下式(2)~(6))以及積碳的情形發生¹⁴⁶。



為了解決上述問題，近年來愈來愈多甲烷化觸媒相關研究投入其中，以期找出能獲致高甲烷產率、選擇性佳以及抗積碳之觸媒，有的文獻進而指出甲烷化反應須在較低溫及高氫氣/二氧化碳比值的條件下進行¹⁴⁷，以利提高甲烷的選擇性及產率。

關於甲烷化觸媒種類，傳統多使用鎳基觸媒進行二氧化碳甲烷化反應，因為鎳基觸媒具備成本低、高活性以及較佳選擇性等優點，然而鎳基觸媒一般需要在高溫高壓下，在低溫條件下容易失活，是以進而也有愈來愈多種類之觸媒或改良方法提出，如鈦基觸媒、貴金屬觸媒或添加他種金屬元素(如稀土元素)等，我們將碳再利用甲烷相關案件(557 案)與上述觸媒相關關鍵字進行再檢索，得到甲烷化觸媒相關案件共 231 案，同樣將碳再利用甲烷相關案件(557

¹⁴⁵ Low-temperature conversion of carbon dioxide to methane in an electric field

¹⁴⁶ 王誌謙。「觸媒對二氧化碳甲烷化之影響」。碩士論文，國立中興大學機械工程學系所，2017。

¹⁴⁷ Catalytic carbon dioxide hydrogenation to methane: A review of recent studies

案)與上述功效相關關鍵字進行再檢索，得到甲烷化相關功效案件共 368 案。

若對於甲烷化觸媒做進一步分析可以發現，碳再利用間接轉化為甲烷相關觸媒歷年申請案件數，第一申請人國家/地區排名如下：

中國大陸(102 案)、歐洲(53 案)、日本(35 案)、美國(23 案)、南韓(11 案)，其餘皆未滿 5 案，中國大陸對於觸媒的研發比例明顯多於其他各國，這應該與中國大陸在本領域申請人多為學研機構有關。

碳再利用間接轉化為甲烷相關觸媒歷年申請案件數，第一申請人排名如下：（中國大陸）中國科學院(19 案)、（荷商）殼牌石油公司(12 案)、（日商）豐田汽車(7 案)、（中國大陸）福州大學(6 案)，其餘皆為5 案以下，除中國大陸為學研機構以外，其餘皆為公司。

碳再利用間接轉化為甲烷相關觸媒歷年申請案件數，第一申請人類型：公司為 117 案(50.6%)、學研機構為 104 案(45.0%)、個人為 10 案(4.3%)。

[illegible]

勢，單就各年份分析，仍以鎳基觸媒最多，其次多為稀土元素觸媒，但與其餘二者互有領先。

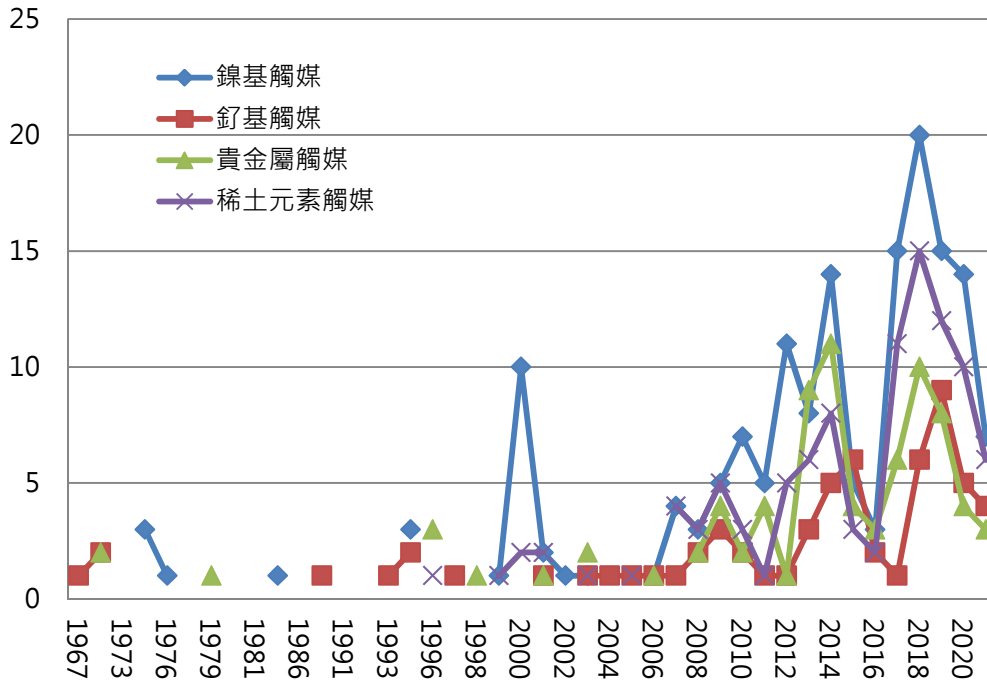


圖 2-2-35、碳再利用間接轉化甲烷相關觸媒歷年(優先權年)申請案數變化

圖 2-2-36 呈現四種材料觸媒(I)鎳基觸媒、(II)鈳基觸媒、(III)貴金屬觸媒、(IV)稀土元素觸媒專利案數分布比例，整體而言，目前仍是以鎳基觸媒為主(共 160 案，39.2%)，稀土元素觸媒居次(共 102 案，25.0%)，貴金屬觸媒(共 82 案，20.1%)及鈳基觸媒(共 64 案，15.7%)則位居三、四位。

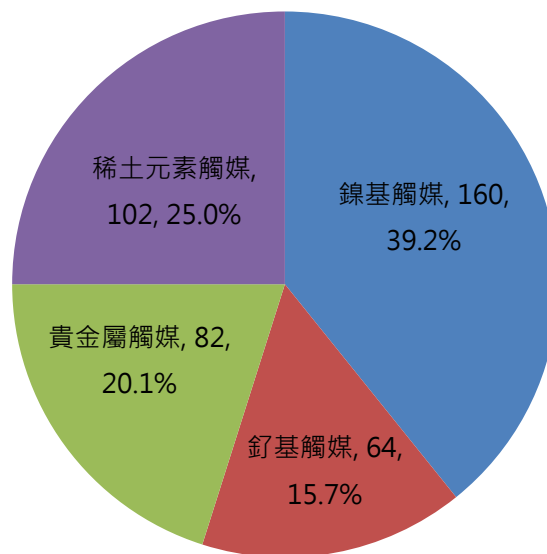


圖 2-2-36、碳再利用間接轉化為甲烷相關觸媒申請案件數比例

根據上述，可了解甲烷化觸媒所欲達成的四個主要功效為：高甲烷產率(催化性)、選擇性、抗積碳(穩定性)以及低溫條件適應性(低溫操作)。

圖 2-2-37 為碳再利用間接轉化為甲烷相關主要功效歷年申請案件數變化，相關專利數量雖然仍有波動，但明顯可以看出 2007 年以後呈現逐年增加之趨勢，單就各年份分析，催化性相關案件最多，其次為選擇性，而穩定性最少。

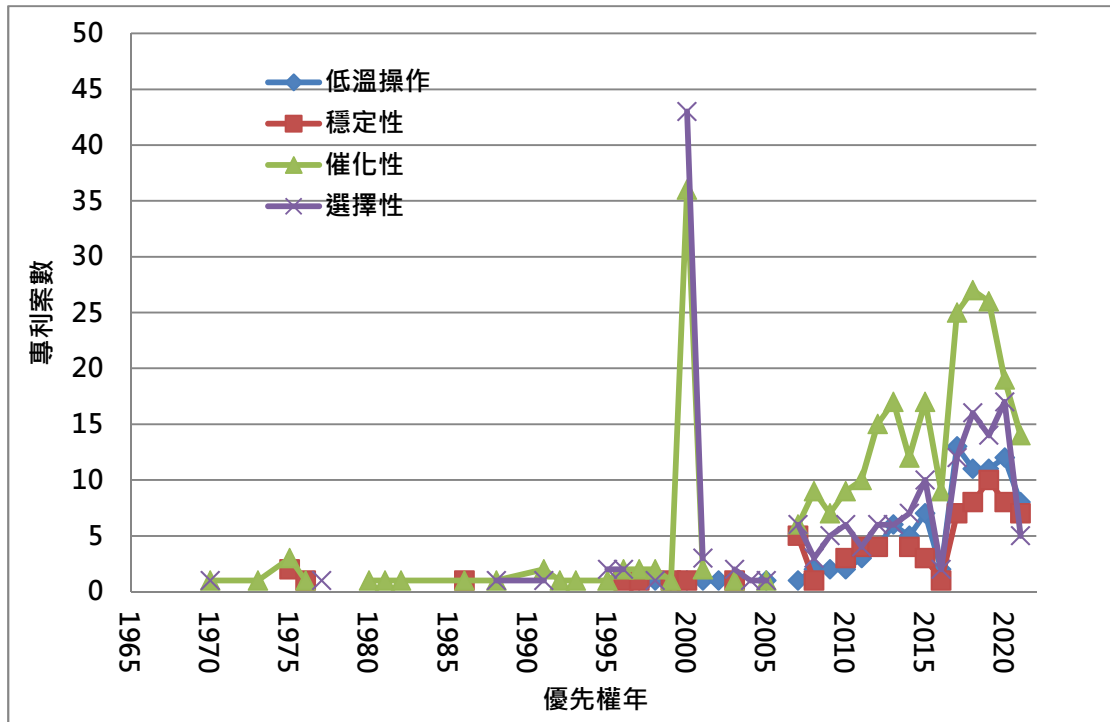


圖 2-2-37、碳再利用間接轉化為甲烷相關主要功效歷年申請案件數變化

圖 2-2-38 為針對這四個主要功效作專利分析後得出之結果，呈現出甲烷化觸媒專利申請方向首重於催化性(共 285 案，45.0%)，占比將近一半，其次為選擇性(共 178 案，28.1%)，接著為低溫操作(共 96 案，15.2%)以及穩定性(共 74 案，11.7%)。

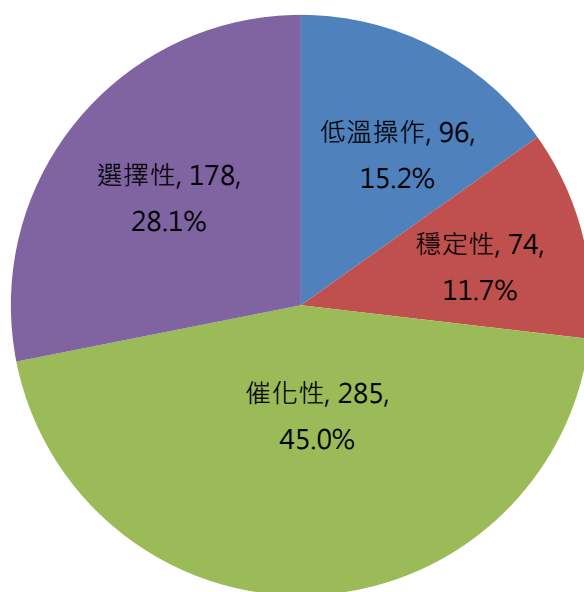


圖 2-2-38、碳再利用間接轉化為甲烷相關主要功效申請案件數比例

表 2-2-7 為針對四個主要功效與四種材料觸媒之專利案功效矩陣，可發現四種材料觸媒皆首重於催化性之研究，對於提高甲烷生成的要求可見一斑，而四種材料觸媒在穩定性方面則皆居末，也呼應了上圖得出之結果。其次，除稀土元素觸媒外，其餘其他三種材料觸媒對選擇性的占比皆位居第二，稀土元素觸媒在低溫操作與選擇性方面則幾近相當。

表 2-2-7、碳再利用間接轉化為甲烷相關觸媒材料與主要功效矩陣

	低溫 操作	穩定性	催化性	選擇性
鎳基 觸媒	48	47	108	64
鈦基 觸媒	19	10	38	30
貴金屬 觸媒	20	12	45	36
稀土元素 觸媒	42	25	69	40

2. 碳再利用轉化為甲烷 Theme Scape 專利地圖分析：

(1) 整體技術分類：

為了瞭解甲烷技術研發狀況，將前述甲烷 557 案利用 Derwent Innovation 專利資料庫圖像化功能 Theme Scape Map，進行技術發展趨勢及專利布局的研究分析。

截至 2021 年底，碳再利用轉化為甲烷相關技術整體專利地圖，如圖 2-2-39 所示，所得到白色山峰表示較多的專利聚集於此，代表說明書內容中「高頻率討論」的技術辭彙，相對的，平原、海洋則代表較低密度的專利聚集於此，大致上可發現集中在：儲能、設備、水電解、氫、甲烷、氣體混合物、二氧化碳、原位處理、還原、電化學、氧化偶聯、活性成分、載體、鎳、硝酸鹽、光觸媒、金屬鹽、空氣等技術詞彙，由上述的技術詞彙大致可歸納如下主題範疇：產氫、產物、含碳反應物、原位處理、製程、氧化偶聯、觸

媒及大氣。

以下就相關技術詞彙與主題做一歸納說明：

- a. **產氫**：氫氣為甲烷結構中主要的氫原子來源，「高頻率討論」的技術主題大致有儲能、設備、水電解、氫等技術主題，包含了氫氣常見處理方法、用途及裝置。
- b. **含碳反應物**：技術主題大致為二氧化碳、碳源等，二氧化碳為甲烷結構中主要碳原子來源。
- c. **產物**：技術辭彙大致有甲烷、氣體混合物等，包含了甲烷化所得之氣體混合產物。
- d. **原位處理**：技術辭彙大致為原位處理，提供一流體(如二氧化碳)與地層內的烴等物質接觸產生合成氣等物質，透過改變壓力、熱量、加熱速率等可以控制產品的種類及品質，主要用於頁岩油轉化開採。
- e. **製程**：包含還原及電化學等常見之技術。
- f. **觸媒**：技術辭彙大致有活性成分、載體、鎳、硝酸鹽、光觸媒、金屬鹽等，包含甲烷化觸媒相關之組成。
- g. **氧化偶聯**：技術辭彙大致為氧化偶聯，將甲烷轉化為其他常見化學品之技術。
- h. **大氣**：技術辭彙大致為空氣，利用大氣中之二氧化碳轉化為甲

烷之技術。

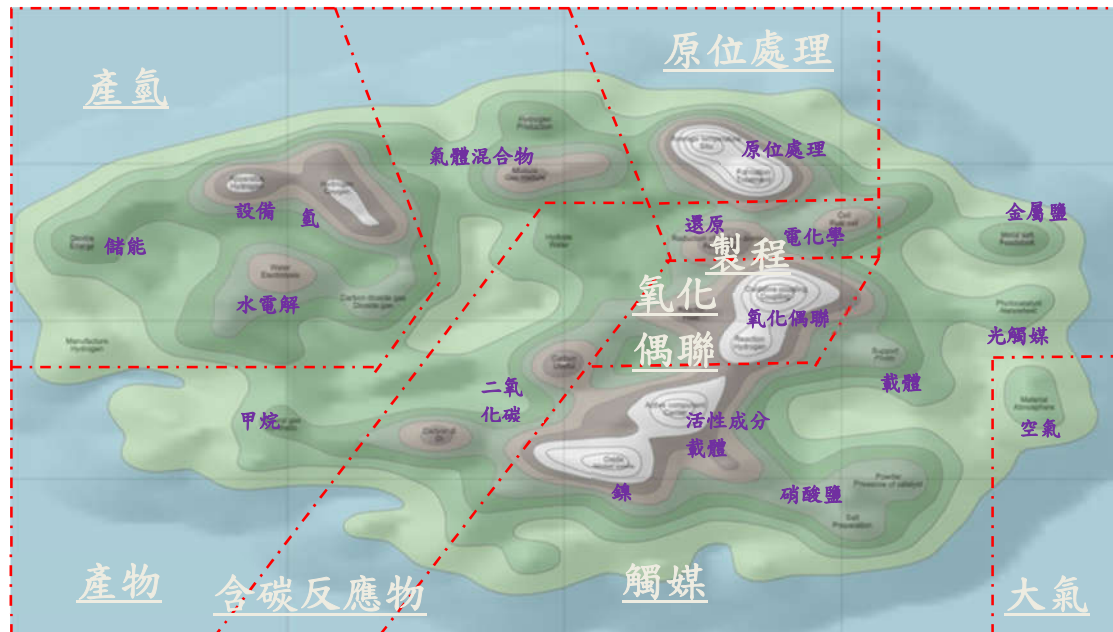


圖 2-2-39、碳再利用轉化為甲烷相關技術整體專利地圖

(2)主要申請人國家整體技術分析：

對於截至 2021 年底甲烷與再利用主要申請人之國家歐、中、日、美進一步予以篩選，其中歐洲申請人相關整體專利地圖，如圖 2-2-40 所示，歐洲在多個主題皆有布局，但主要集中在原位處理相關主題，由於原位處理主要提供一流體(如二氧化碳)與地層內的烴等物質接觸產生合成氣，可透過改變壓力、熱量、加熱速率等控制產品的種類及品質，殼牌石油於 2000 年左右申請一系列相似的專利案，其他值得注意的是，歐洲申請人對於利用大氣中的二氧化碳轉化成甲烷也有著墨。



圖 2-2-40、碳再利用轉化為甲烷歐洲申請人相關整體專利地圖

中國大陸申請人相關整體專利地圖，如圖 2-2-41 所示，主要集中在含碳反應物及觸媒相關主題，又以活性成分及載體占大多數，主要與中國大陸申請人多為學研機構，研發目標多與材料特性與改質有關。

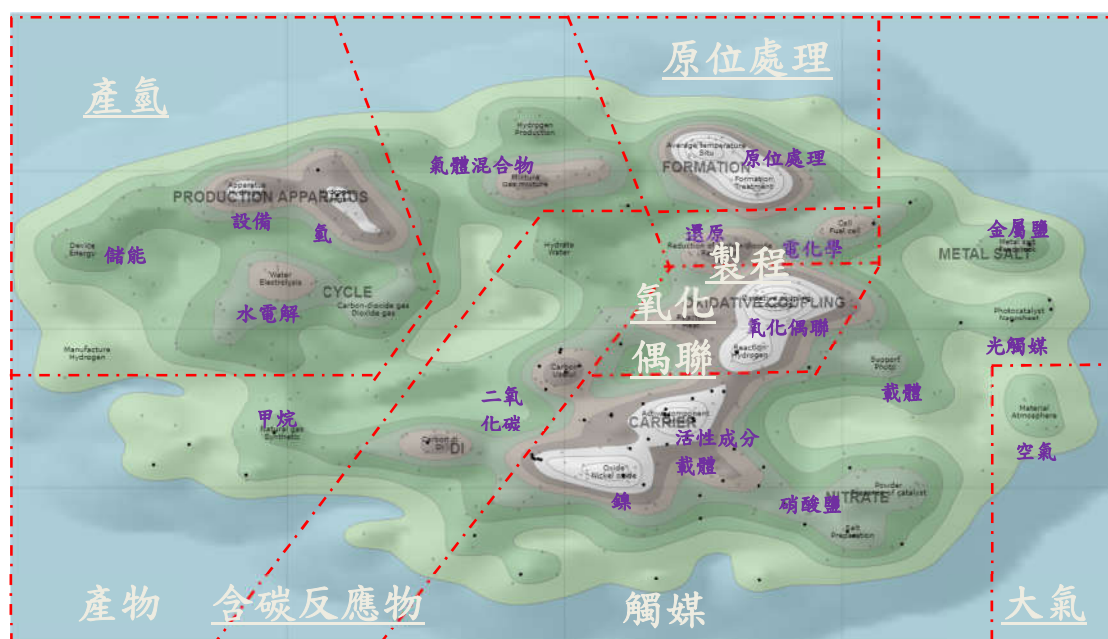


圖 2-2-41、碳再利用轉化為甲烷中國大陸申請人相關整體專利地圖

日本申請人相關整體專利地圖，如圖 2-2-42 所示，主要集中在產氫相關主題，其他在產物、含碳反應物及觸媒也多有布局，日本對於氫能研發一向十分熱中，尤其是豐田汽車，申請人主要研發重心在產氫相關主題並不令人意外。



圖 2-2-42、碳再利用轉化為甲烷日本申請人相關整體專利地圖

美國申請人相關整體專利地圖，如圖 2-2-43 所示，主要集中在氧化偶聯相關主題，可見美國申請人主要研發重心在於如何利用相關技術將甲烷轉換為其他化學品，其他值得注意的是，美國申請人對於利用大氣中的二氧化碳轉化成甲烷也有著墨。

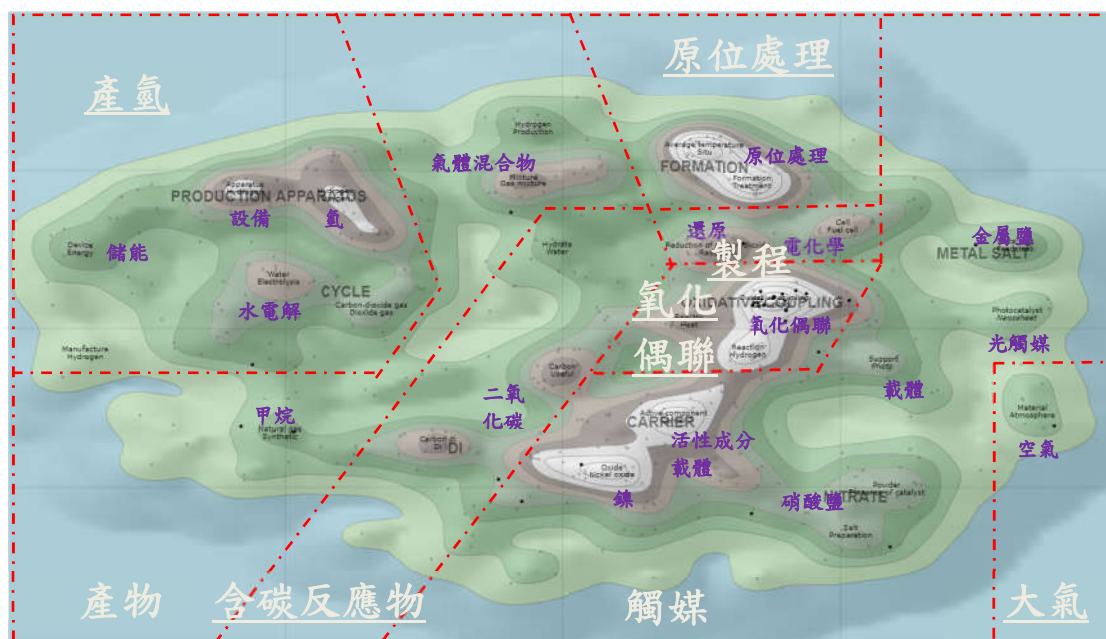


圖 2-2-43、碳再利用轉化為甲烷美國申請人相關整體專利地圖

歐、中、日、美申請人比較之專利地圖，如圖 2-2-44 所示，其中中國大陸申請人為紅點、美國為黑點、日本為橘點、歐洲為綠點，如前所述各有所長。



圖 2-2-44、碳再利用轉化為甲烷歐、中、日、美申請人比較

(3)各年分區間相關技術發展分析：

若將其依照優先權年分為前期(2001 年以前)、中期(2002-2011 年)及後期(2012-2021 年)，可以得到圖 2-2-45 至 2-2-47。

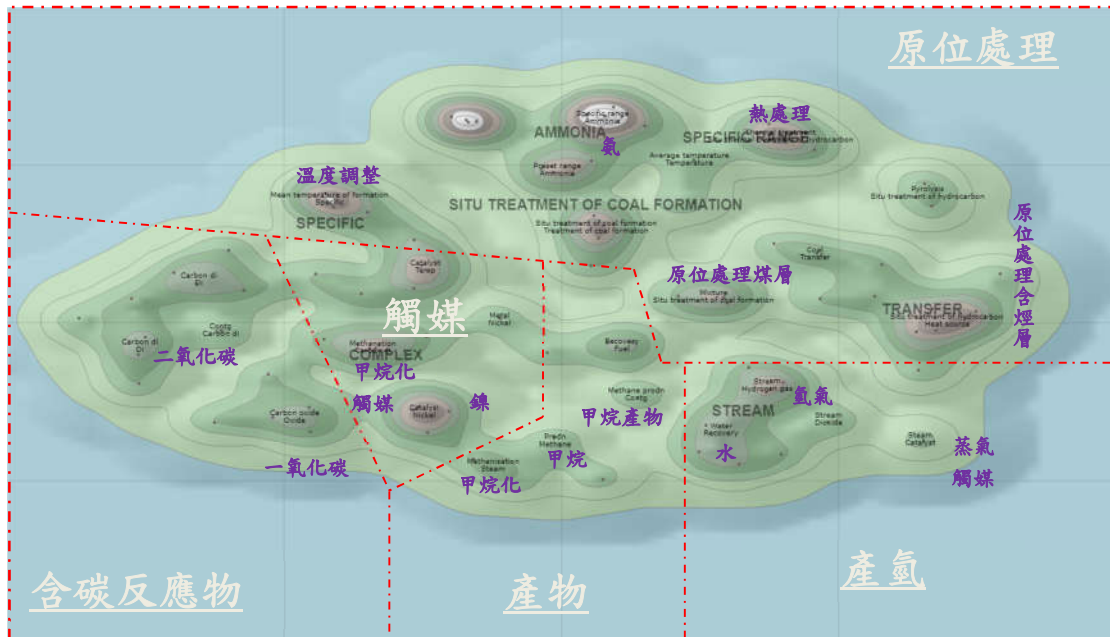


圖 2-2-45、2001 年以前碳再利用轉化為甲烷專利地圖

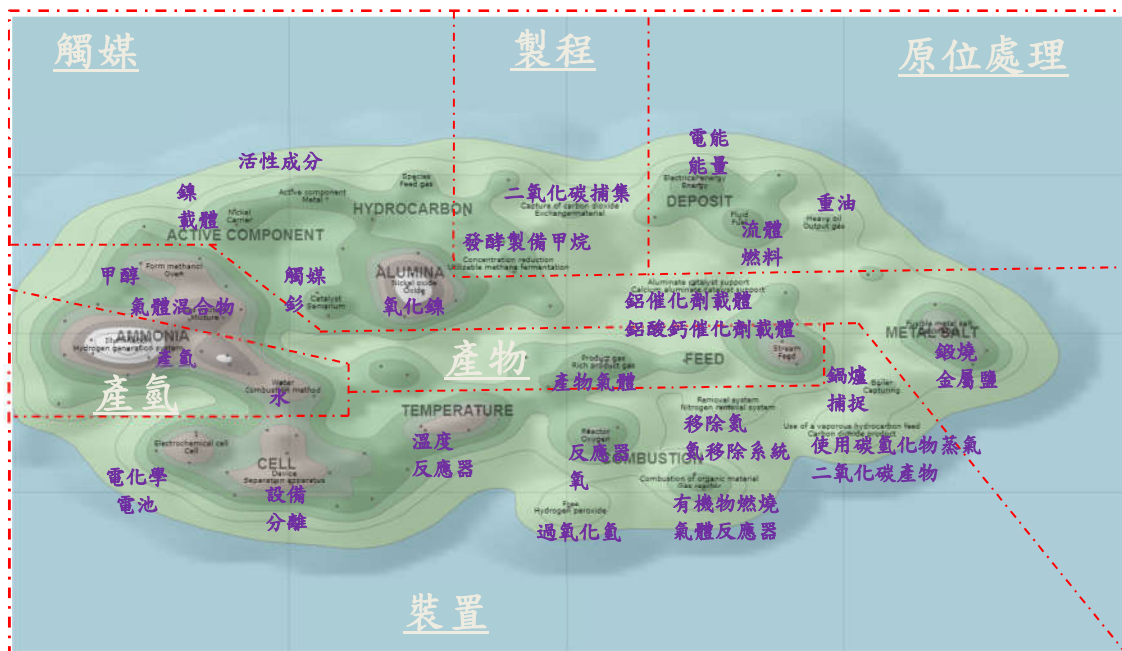


圖 2-2-46、2002-2011 年間碳再利用轉化為甲烷專利地圖



圖 2-2-47、2012-2021 年間碳再利用轉化為甲烷專利地圖

以技術表格形式觀察專利布局中技術發展的技術詞彙變化，整理如表 2-2-8，可發現：

前期(2001 年以前)的主題主要在於產氫、含碳反應物、產物、觸媒、原位處理，這個階段申請量較少，大多為簡單的甲烷化議題，呈現的技術辭彙也較為單調，而原位處理主要由於殼牌石油在 2000 年初期申請一系列專利；

到了中期(2002-2011 年)的主題，除了產氫、含碳反應物、產物、觸媒、原位處理以外，又新增製程與裝置相關主題類型，可以推論申請人研發重心已逐步擴展到放量生產，開始研發甲烷化相關製程及設備，這個階段申請量稍微增加，相關甲烷化主題所包含的技術也較為多樣，從早期的單純熱催化(高溫高壓)到電化學催化

等，而原位處理在本階段雖然也有，但案件數不多，且集中在本階段前幾年；

到了後期(2012-2021 年)的主題，除了最原始的產氫、產物、觸媒，以及後來新增的製程與裝置以外，又新增氧化偶聯相關主題類型，可見除了放量生產相關議題，申請人也開始研發如何利用相關技術將甲烷轉換為其他化學品。

表 2-2-8、碳再利用間接轉化為甲烷相關技術詞彙的變化

	前期 (1965-2001 年)	中期 (2002-2011 年)	後期 (2012-2021 年)
原位處理	溫度調整 原位處理含烴層 熱處理 氫	重油 流體 燃料 能量	
含碳反應物	二氧化碳 一氧化碳		
產氫	氫氣 水 蒸氣 觸媒	產氫 水	水電解 再生能源
產物	甲烷化 甲烷	氣體混合物 產物氣體	天然氣 合成氣 純化
甲烷化觸媒	甲烷化 觸媒 鎳	鎳 鈰 氧化鎳 活性成分 載體 鍛燒 金屬鹽 ...	鎳 鋁 氧化鎳 活性成分
裝置		電化學電池 分離 反應器 氣體反應器 氮移除系統 有機物燃燒 鍋爐 捕捉 移除氣...	反應器 反應釜 生產設備
製程		二氧化碳捕集 發酵製備甲烷	二氧化碳轉化 溫度電解 處理 ...
甲烷氧化偶聯			氧化偶聯

四、碳再利用整體全球申請流向及主要專利局分析

為了瞭解於全球專利布局之概況，將前述 DWPI 專利家族(4399

案)展開，於全球布局已公開的專利數量共計有 11916 件，若將五大局及臺灣的申請人到五大局及臺灣申請專利數作一比較可得圖 2-2-48，大致上可發現各國申請人主要還是在該國專利局申請居多，中國大陸此一現象更是明顯，中國大陸雖然申請量最多，但是集中在境內，於海外除了在美國為 28 件以外，在其餘各國皆未滿 10 件，可見中國大陸並未進入競爭較為激烈的全球市場，在高階技術的全球布局較為弱勢。

各國申請人除了在本身國家的專利局申請外，向其他國家申請專利主要首選並不相同。中國大陸、歐洲及南韓申請人首選為美國專利商標局(USPTO)，美國及日本申請人首選為歐洲專利局(EPO)，而臺灣申請人首選為中國大陸知識產權局。大部分的申請人認為在此技術領域中，歐美還是主要市場，其理由或是歐美對於減碳要求較為嚴格。各國申請人向其他國家布局數量最多的為歐洲有 520 件，其次為美國 432 件，日本 166 件，意謂著歐洲為此技術領域主要技術輸出國，其到各地的申請量大多大於各國到歐洲的申請量，除了日本到歐洲申請 166 件略大於歐洲去日本的 160 件。

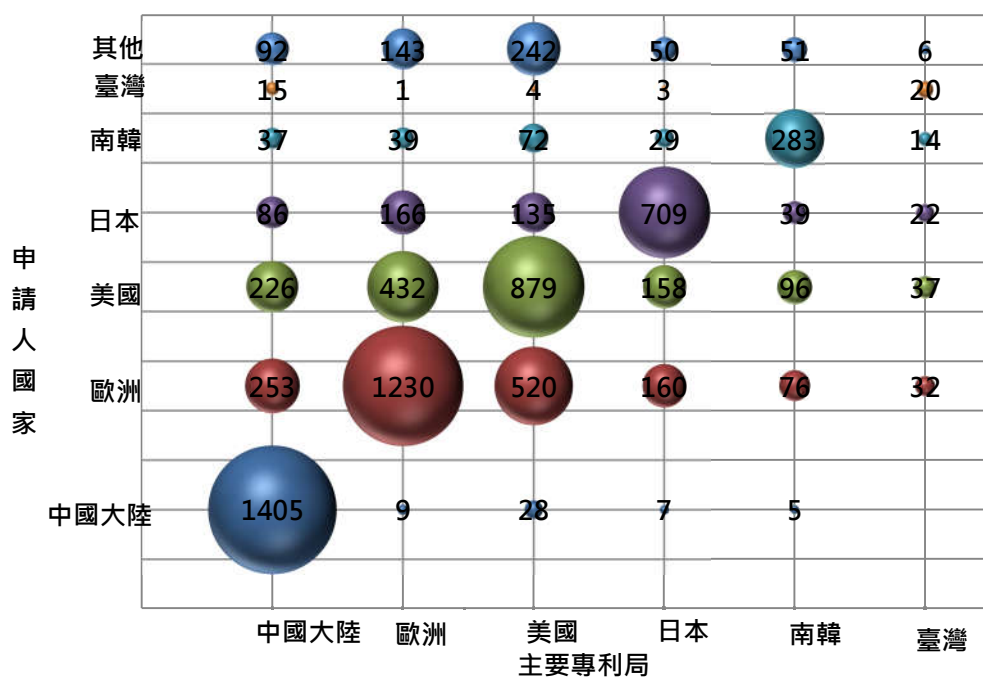


圖 2-2-48、碳再利用主要申請人國家與主要專利局矩陣分析

若將世界五大專利局(IP5)所屬國家及臺灣的申請人到 IP5 及臺灣申請專利之申請流向予以作圖可得圖 2-2-49，圓餅大小數字代表的是在該國公開的件數，公開件數最多之專利局依序為中國大陸(2114 件)、歐洲(2020 件)、美國(1880 件)、日本(1116 件)、南韓(550 件)及臺灣(131 件)。

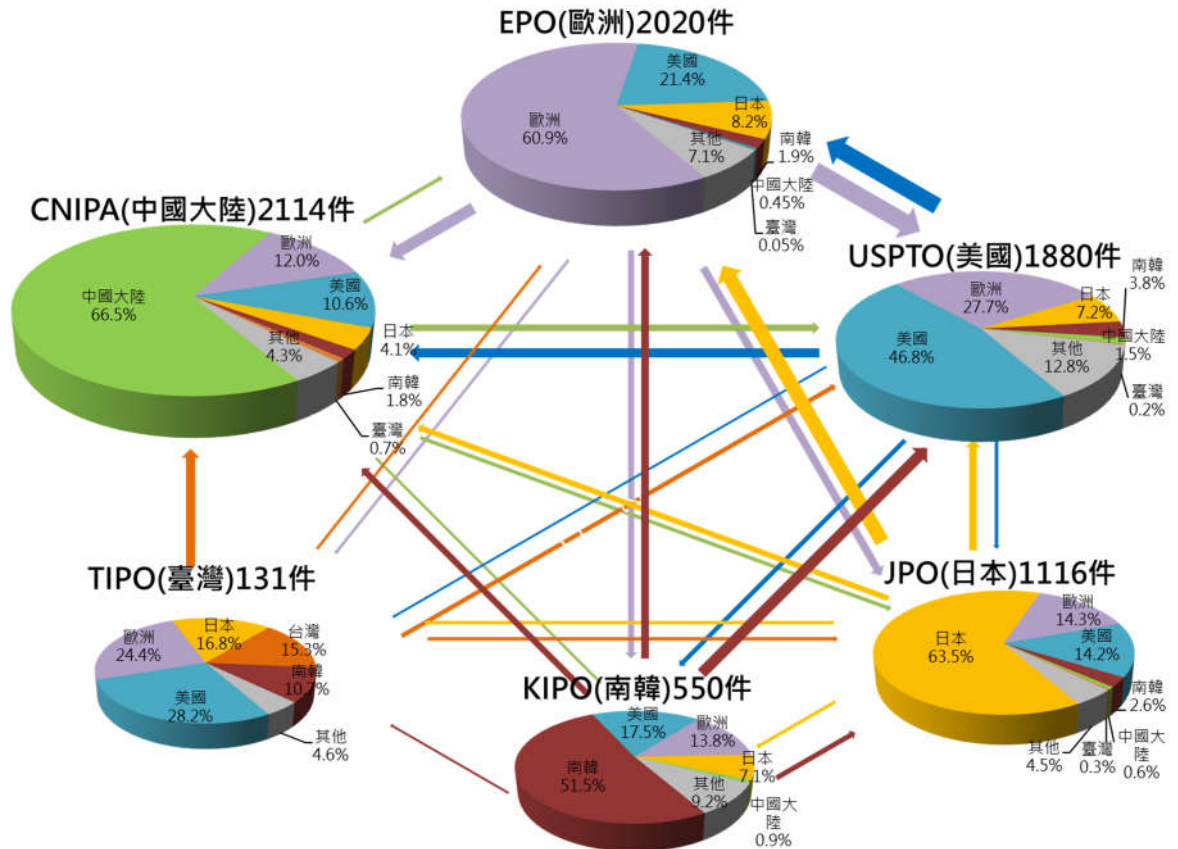


圖 2-2-49、碳再利用申請流向圖

由圖 2-2-49 可以發現中國大陸、歐洲、日本、南韓公開的專利案中，本地申請人申請量超過一半，美國雖未過半但也有 46.8%，而臺灣本地申請人申請量占比僅有 15.3%，距離半數有很大的差距，臺灣公開的申請案中，絕大部分是國外申請人，而中國大陸申請人並未來臺灣申請相關案件，臺灣申請人也未到南韓申請相關案件。

將碳再利用整體專利案於各國公開分布之情況標示於世界地圖可得圖 2-2-50，可看出各國申請人專利布局主要在於五大專利局、加拿大以及澳洲，而且在加拿大公開之案件數大於在南韓公開之案

件數，在其他專利局公開之案件數皆未滿 500 件，要說明的是世界地圖中 EP 所表示為單純為公開號為 EP 之專利案，並未包含於歐洲特定國家所申請之專利案。



圖 2-2-50、碳再利用申請案公開國家分布

五、碳再利用二階技術全球主要專利局分析

為了瞭解各國申請人於各國專利局對於二階各技術領域申請案件公開分布之情況，以下將進一步分析各技術領域於各國公開分布情形。

(一) 間接轉化-化學品

圖 2-2-51 為「間接轉化-化學品」申請案於各國公開分布之情況

標示於世界地圖，可看出各國申請人專利布局主要同樣在於五大專利局、加拿大以及澳洲，而且在加拿大及澳洲公開之案件數多於在南韓公開之案件數，各國申請人在美國布局最多，其次為中國大陸。

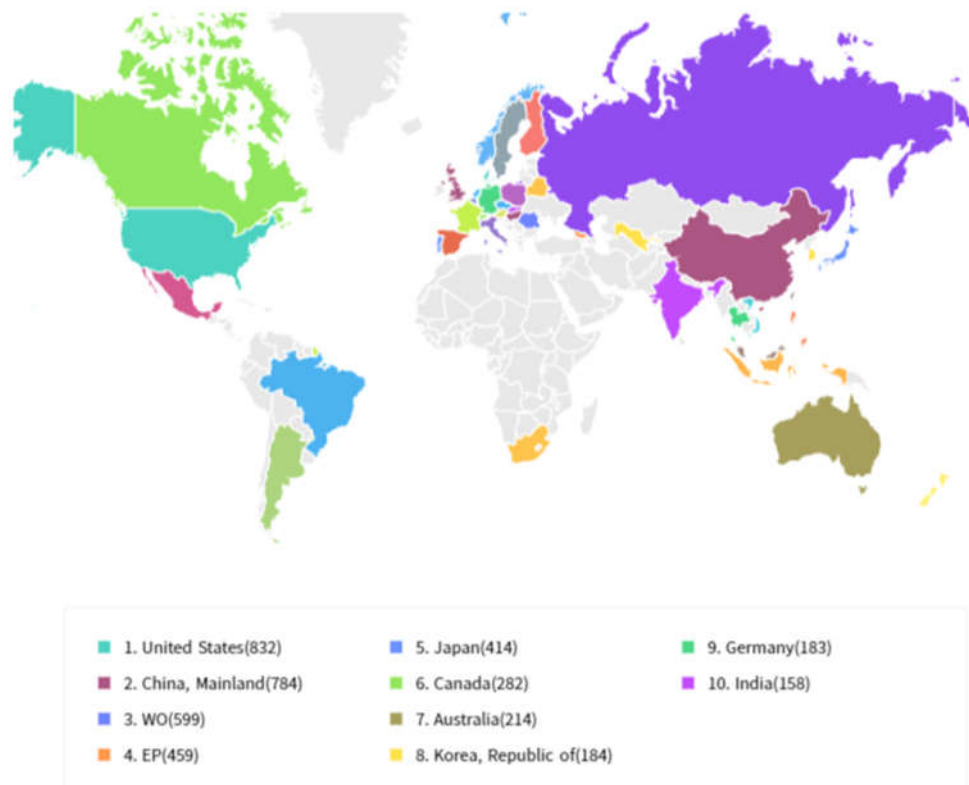


圖 2-2-51、間接轉化-化學品申請案公開國家分布

(二)生物轉化

圖 2-2-52 為「生物轉化」申請案於各國公開分布之情況標示於世界地圖，可看出各國申請人專利布局主要同樣在於五大專利局、加拿大以及澳洲，而且在加拿大及澳洲公開之案件數大於在南韓公開之案件數，各國申請人在中國大陸布局最多，其次為美國。

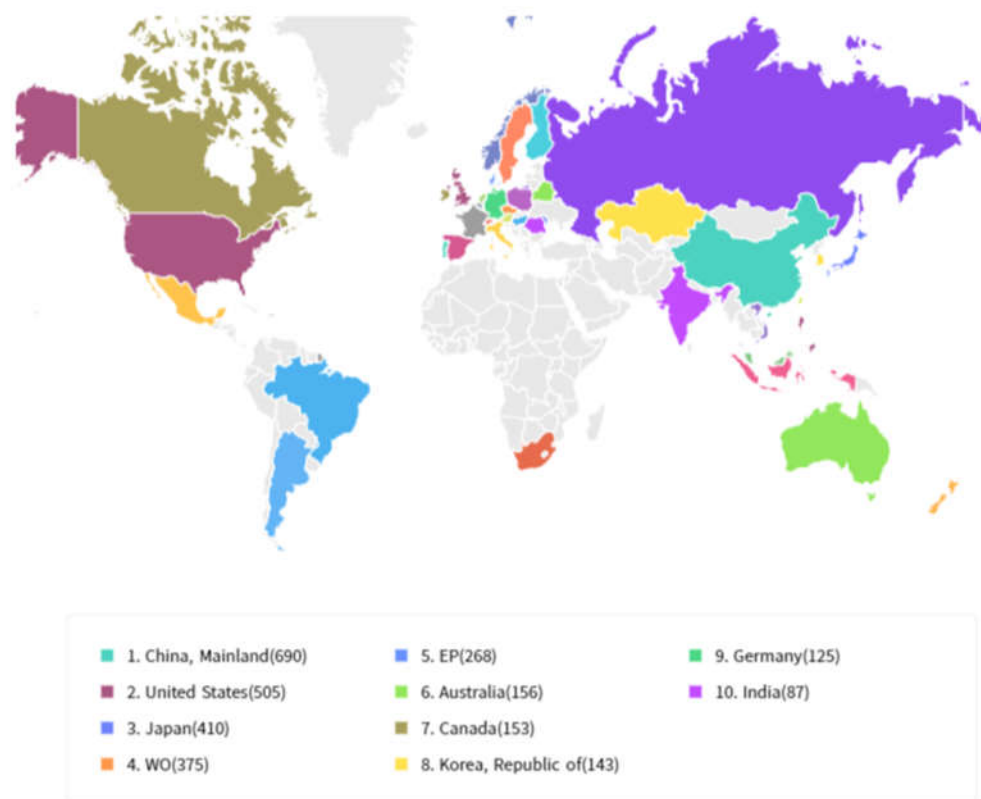


圖 2-2-52、生物轉化申請案公開國家分布

(三) 間接轉化-建材

圖 2-2-53 為「間接轉化-建材」申請案於各國公開分布之情況標示於世界地圖，可看出各國申請人專利布局主要同樣在於五大專利局、加拿大以及澳洲，而且在加拿大公開之案件數大於在南韓公開之案件數，各國申請人在美國布局最多，其次為中國大陸。

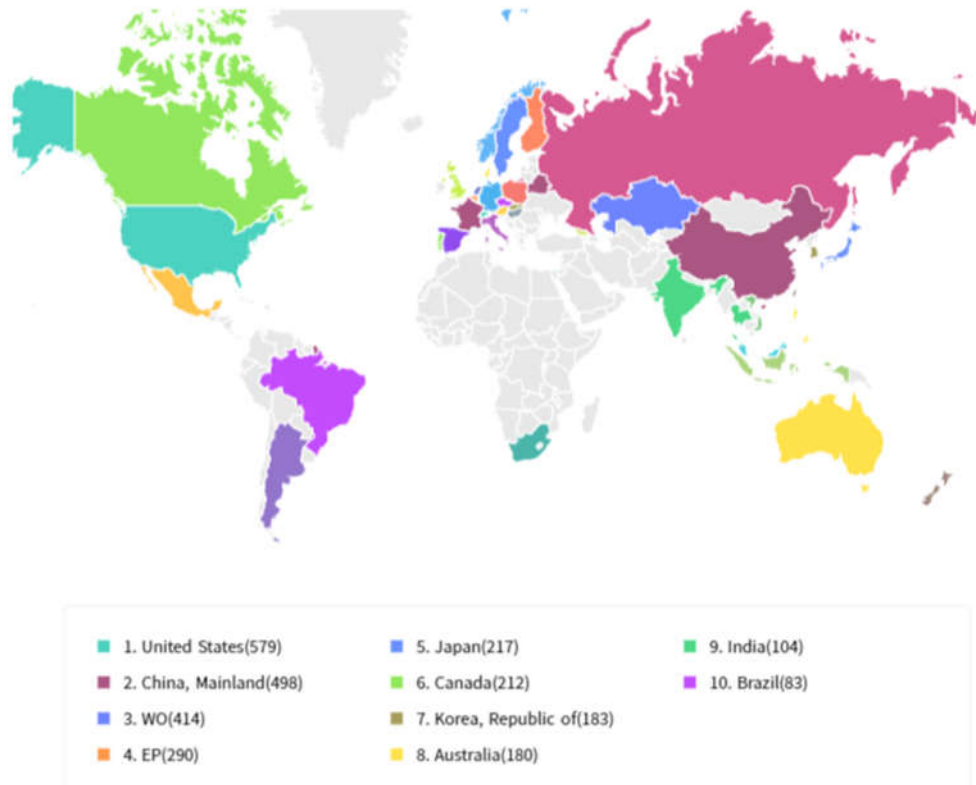


圖 2-2-53、間接轉化-建材申請案公開國家分布

(四)直接利用

圖 2-2-54 為「直接利用」申請案於各國公開分布之情況標示於世界地圖，可看出各國申請人專利布局主要同樣在於五大專利局、加拿大以及澳洲，而且在加拿大及澳洲公開之案件數多於在南韓公開之案件數，各國申請人於中國大陸布局最多，其次為美國。

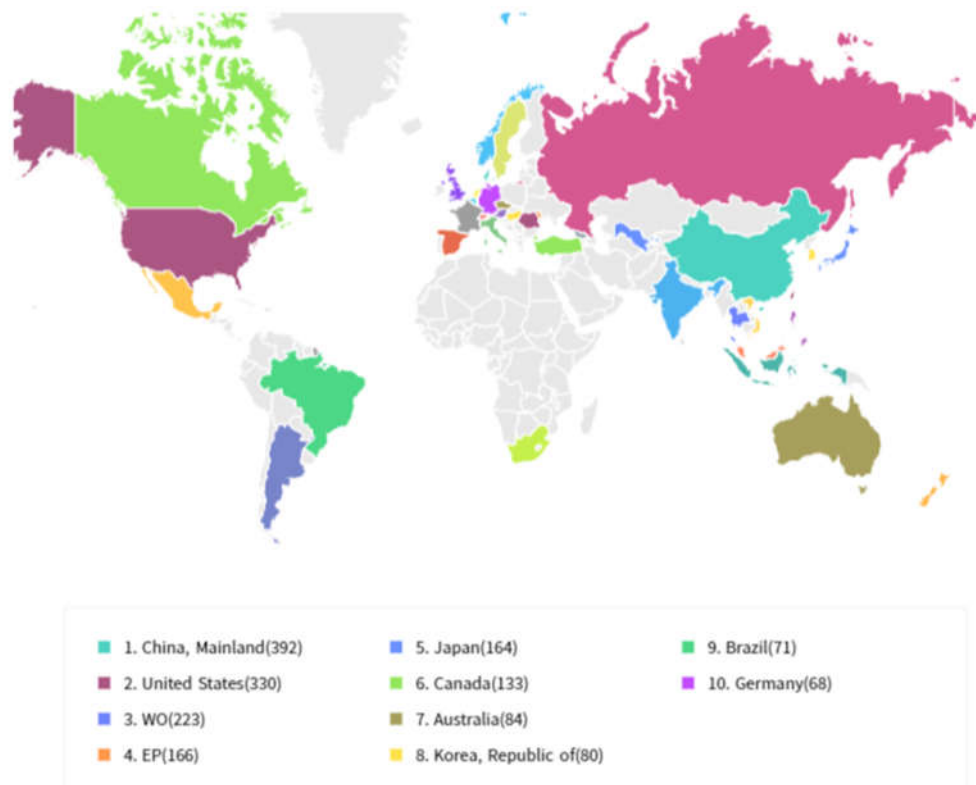


圖 2-2-54、直接利用申請案公開國家分布

(五) 間接轉化-聚合物

圖 2-2-55 為「間接轉化-聚合物」申請案於各國公開分布之情況標示於世界地圖，可看出各國申請人專利布局主要同樣在於五大專利局及加拿大，比較特殊的是並未發現在澳洲公開之情況，且在臺灣公開的案件數有進入前十大，各國申請人在美國布局最多，其次為中國大陸。

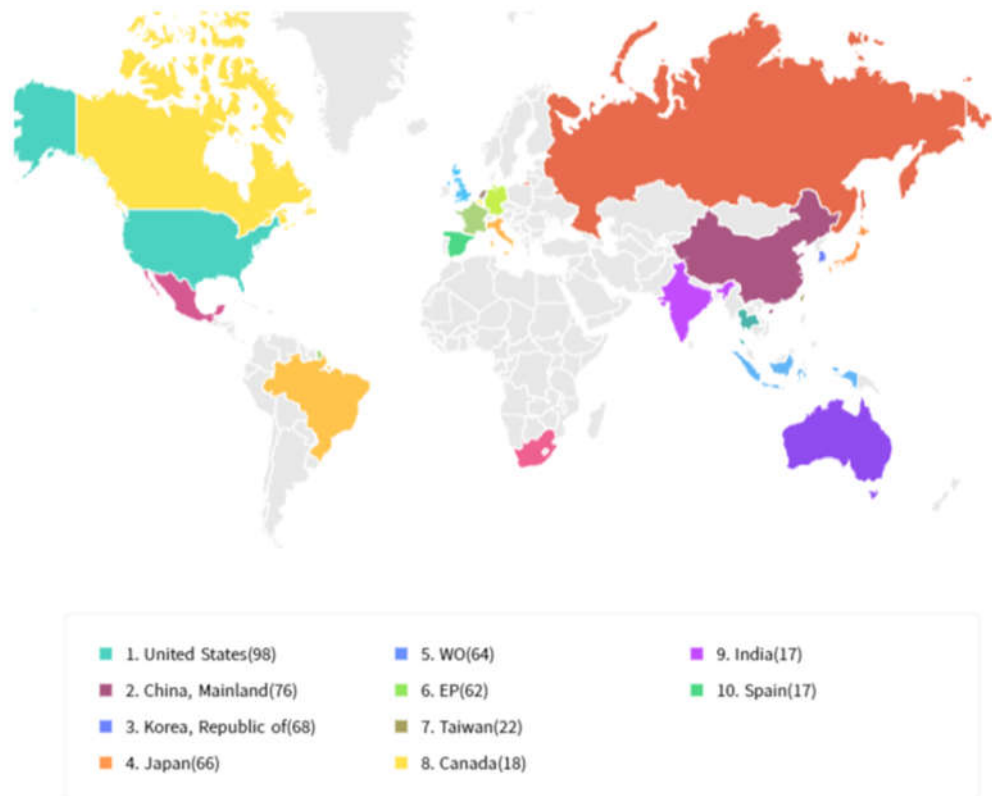


圖 2-2-55、間接轉化-聚合物申請案公開國家分布

(六) 間接轉化-新穎碳材

圖 2-2-56 為「間接轉化-新穎碳材」申請案於各國公開分布之情況標示於世界地圖，可看出各國申請人專利布局主要同樣在於五大專利局、印度以及加拿大，同樣並未發現在澳洲公開之情況，各國申請人在美國布局最多，其次為中國大陸。

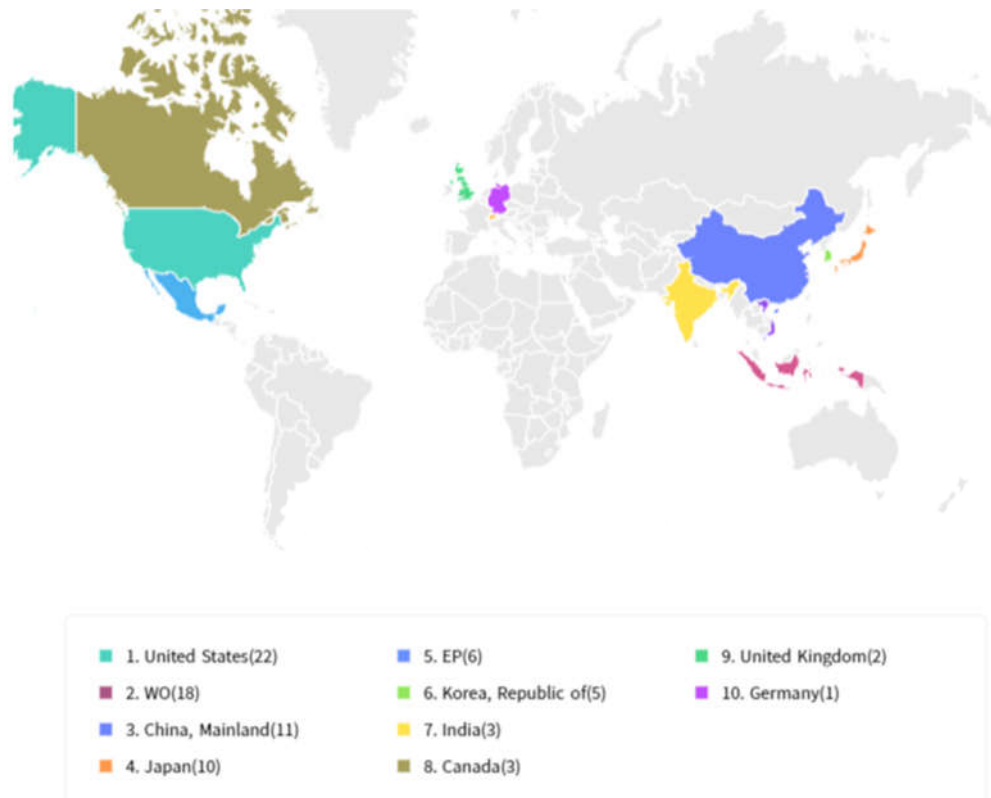


圖 2-2-56、間接轉化-新穎碳材申請案公開國家分布

由上述可看出趨勢大致仍與碳再利用整體申請情形相同，皆在於五大專利局、加拿大以及澳洲，各國申請人於美國或中國布局最多。

較為不同的是「間接轉化-聚合物」以及「間接轉化-新穎碳材」分布情形。在「間接轉化-聚合物」方面，臺灣可名列前 10，澳洲不再位於前 10。在「間接轉化-新穎碳材」方面，澳洲不再位於前 10，然上述兩方面皆由於涉及的專利申請量不多，有失整體客觀的評價性。

六、碳再利用二階技術相關案例

本節主要在探討 DI 中所列引用較多且切合再利用二階各技術之案例，以專利的前後引證關係分析尋找重要專利，所謂前後引證關係的構成，即引用他人專利及被他人引用專利，其根據專利主管單位於專利審查時，經由前案檢索及技術判讀後，認定與該專利有技術相關之專利前案，而所構成之引證關係，並且可據此顯現出專利之間的技術相關性，被引用數多表示該專利案被同為本技術領域之專利所引用之次數越多，可以顯示其技術關聯性及品質，專利被引用數愈高者，表示專利技術品質愈高，具有較高的參考價值。

1.間接轉化-化學品(US 2002/0033253 A1)¹⁴⁸

在含烴地層中鑽井，在地層一部分中提供熱源加熱來熱解地層中的烴，熱源可以為沿著加熱器長度上選定的部分，並且提供一合成氣生成流體(水、蒸氣和/或二氧化碳)，藉由合成氣生成流體與地層內的碳和/或烴接觸產生合成氣，產生合成氣之後，合成氣生成流體可於降溫後封存於地層中。此工藝可以分批或連續式進行，透過改變壓力、熱量、加熱速率等可以控制產品的種類及品質。

¹⁴⁸發明名稱：In situ thermal processing of a hydrocarbon containing formation using insulated conductor heat sources (利用絕緣導體熱源對含烴地層進行原位熱處理)，專利公開號：US 2002/0033253 A1 (2002/03/21)；優先權日：2000/04/24。專利權人：殼牌石油公司 (SHELL OIL COMPANY)；DWPI 專利家族(1 件)；法律狀態：失效(放棄)，被引用數：254，引用數：66。

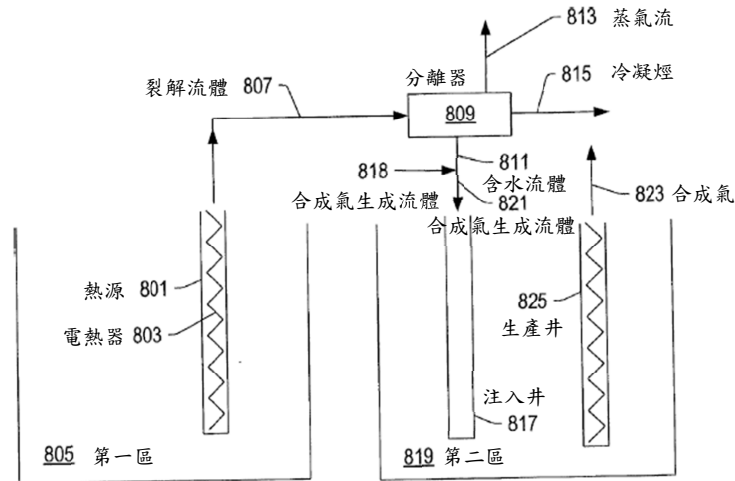


圖 2-2-57、合成氣生產示意圖

2. 生物轉化(US 2008/0178739 A1)¹⁴⁹

本案例關於一種光生物反應器，其包括多個可互連的光生物反應器部分，每個光生物反應器包括液體流動通道和在蓋子和液體流動通道之間形成氣體頂部空間的透光蓋，使液體介質和氣體流流過該光生物反應器單元，液體介質包含至少一種光養生物(如藻類)，連接到高濃度二氧化碳廢氣源，藻類利用二氧化碳和光來生長，從而產生生物質，乾燥的藻類生物質可以直接用作燃燒裝置的固體燃料和/或轉化為燃料級油（如生物柴油）和/或其他燃料（如乙醇、甲烷、氫氣），藻類也可用作人類和動物的食物補充劑，光生物反應器可作為燃料產生系統或氣體處理系統的一部分，從氣體流中去除

¹⁴⁹發明名稱：Photobioreactor systems and methods for treating CO₂-enriched gas and producing biomass (用於處理富含二氧化碳氣體和生產生物質的光生物反應器系統及其方法)，專利公開號：US 2008/0178739 A1(2008/07/31)，公告號：US8110395 B2 (2012-02-07)；優先權日：2006/07/10。

專利權人：綠色燃料技術公司 (Greenfuel Tech Corp)；DWPI 專利家族(2 件)；法律狀態：已過期(2020/02/07 未繳費)，被引用數：114，引用數：270。

部分污染物。

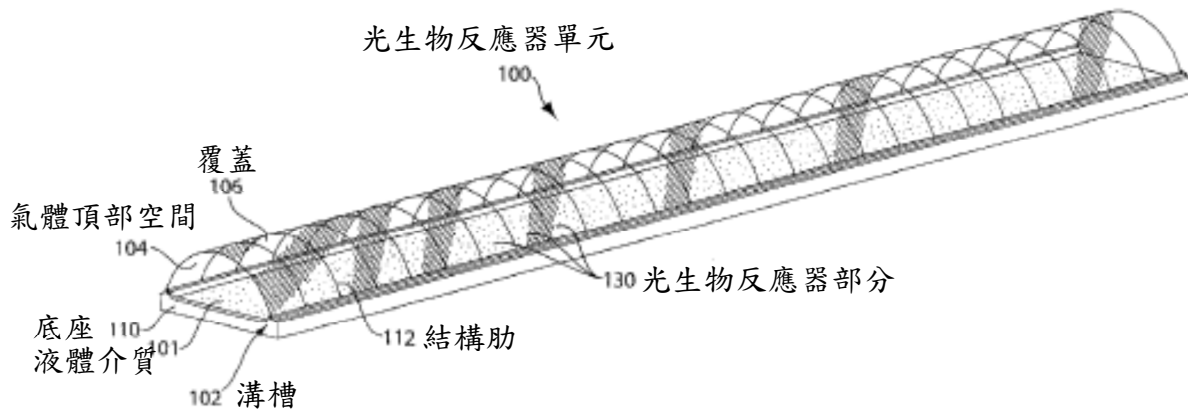


圖 2-2-58、光生物反應器示意圖

3.間接轉化-建材(US 2004/0219090 A1)¹⁵⁰

富有二氧化碳的空氣通過氣體擴散膜進入至流體介質，使流體介質通過包含有具二氧化碳特異性之催化劑(如碳酸酐酶)的基質以進行加速碳酸化，其中可藉由指示劑來評斷碳酸化的進程，當碳酸形成後，系統會自發地以碳酸氫根、碳酸根離子平衡狀態下存在，最後添加礦物離子(如鈣離子、或鎂離子)改變平衡以有利於碳酸鹽方向反應進行，從而形成碳酸鹽沉澱。

¹⁵⁰發明名稱：Sequestration of carbon dioxide (二氧化碳的固化)，

專利公開號：US 2004/0219090 A1 (2004/11/04)，公告號：US 7132090 B2(2006/11/07)；優先權日：2003/05/02。

專利權人：通用汽車公司(GENERAL MOTORS CORP)；DWPI 專利家族(2 件)；法律狀態：有效(至 2024/08/26)，被引用數：161，引用數：10。

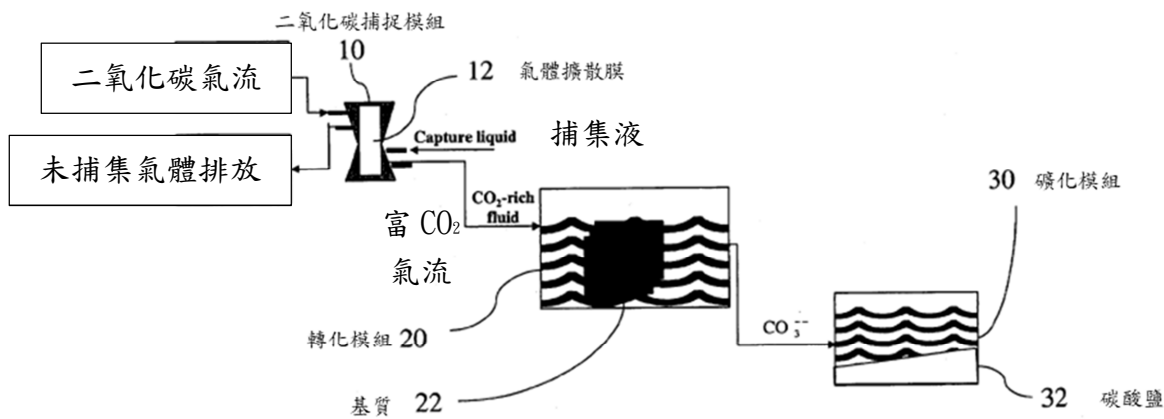


圖 2-2-59、由氣流中移除二氧化碳示意圖

4. 直接利用 (US 6668554B1)¹⁵¹

本案例關於一種使用超臨界流體(如二氧化碳)產生地熱能的方法，用於建造地下儲層、產生地熱能和熱能傳輸，其中，地下儲層是利用超臨界流體泵入地層以使岩石破裂而形成，一旦儲層形成，相同的超臨界流體將會被加熱和膨脹，然後被泵出儲層並將熱能傳遞到地面發電廠或作為其他應用(如作為熱源直接加熱使用)，可產生清潔、無污染的地熱能取代石化燃料，甚至在深層岩層中隔離二氧化碳，提供了長期的封存。

¹⁵¹發明名稱：Geothermal energy production with supercritical fluids (使用超臨界流體生產地熱能)，專利公告號：US6668554 B1(2003/12/30)；優先權日：1999/09/10。

申請人：加州大學(University of California)，受讓人：洛斯阿拉莫斯國家實驗室(Los Alamos National Laboratory LLC)、國家安全公司(Triad National Security LLC)；DWPI 專利家族(1 件)；法律狀態：已過期，被引用數：146，引用數：14。

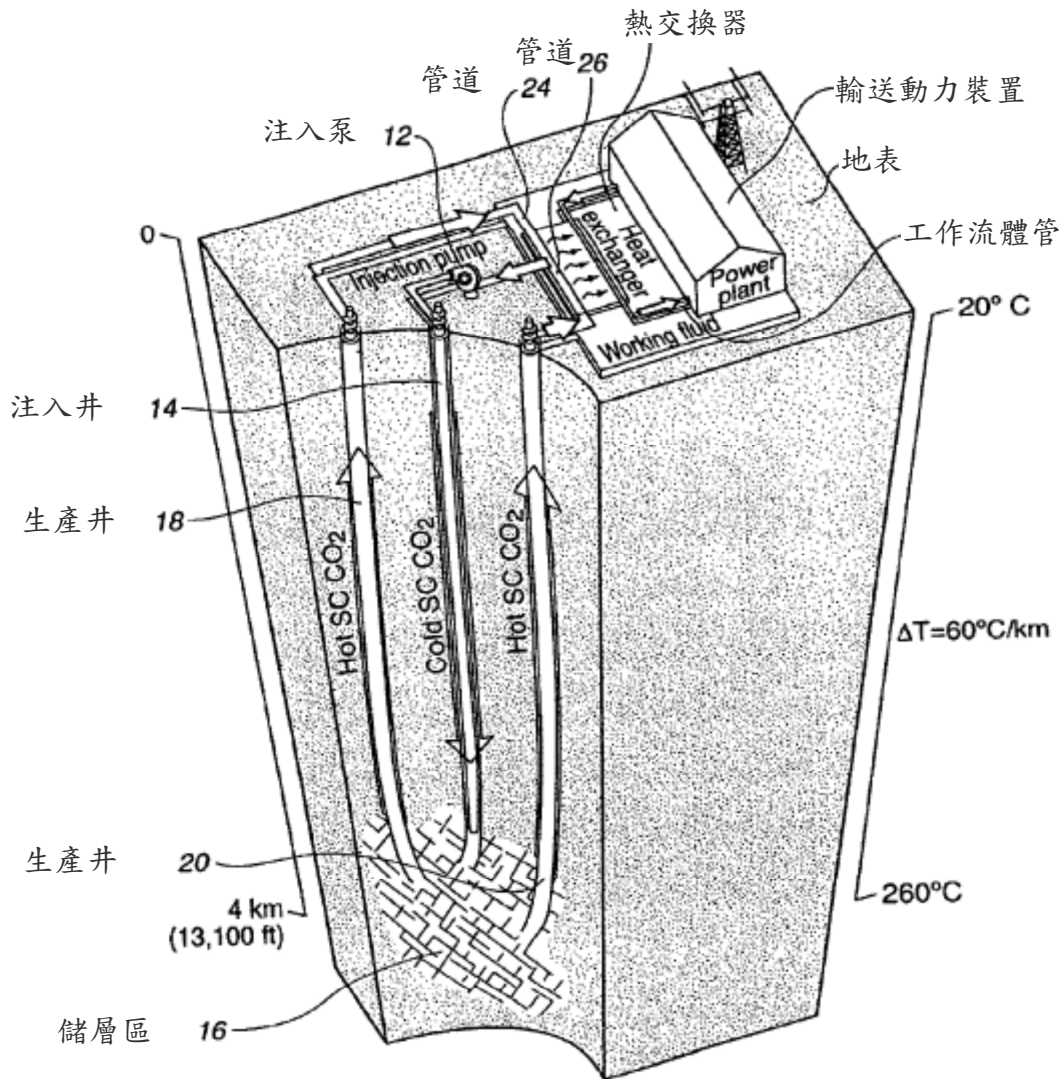


圖 2-2-60、用於生產地熱能的裝置的示意圖

5.間接轉化-聚合物(WO 2010/028362 A1)¹⁵²

¹⁵²發明名稱：Polycarbonate polyol compositions and methods (聚碳酸酯多元醇組成與方法)，專利公開號：WO 2010/028362 A1 (2010/3/11)；優先權日：2008/09/08。

專利權人：諾沃默公司(NOVOMER INC)；法律狀態：DWPI 專利家族有效，被引用數：253，引用數：3。

DWPI 專利家族(55 件)：KR2011048024A、EP2337809A1、CN102149746A、US20110230580A1、JP2012502143A、KR2012034813A、CA2736482A1、IN201102273P4、US8247520B2、HK1158235A、US20130066044A1、US8470956B2、US20130244864A1、CN102149746B、US8604155B2、CN103333330A、SG169538A1、US20140046008A1、SG193820A1、KR1426410B1、KR2014116970A、US8921508B2、JP2015028182A、US20150299386A1、BRPI0919323A2、US9376531B2、US20160264728A1、JP06032893B2、SG193820B、EP2337809B1、KR1774533B1、CN107266669A、CN107266670A、US9809678B2、JP2017201044A、EP3257887A1、KR2017137219A、CA2736482C、

本案例涉及提供一種聚碳酸酯多元醇、聚氨酯的製造方法。聚碳酸酯多元醇製備方法為在二氧化碳存在下使包含一種或多種環氧化物的反應混合物與聚合體系接觸，透過聚合反應形成聚碳酸酯多元醇，其中聚合體系包含金屬複合物，該金屬複合物具有配體、聚合起始劑以及鏈轉移劑。此外，通過一種或多種異氰酸酯與一種或多種聚碳酸酯多元醇反應可形成聚氨酯。

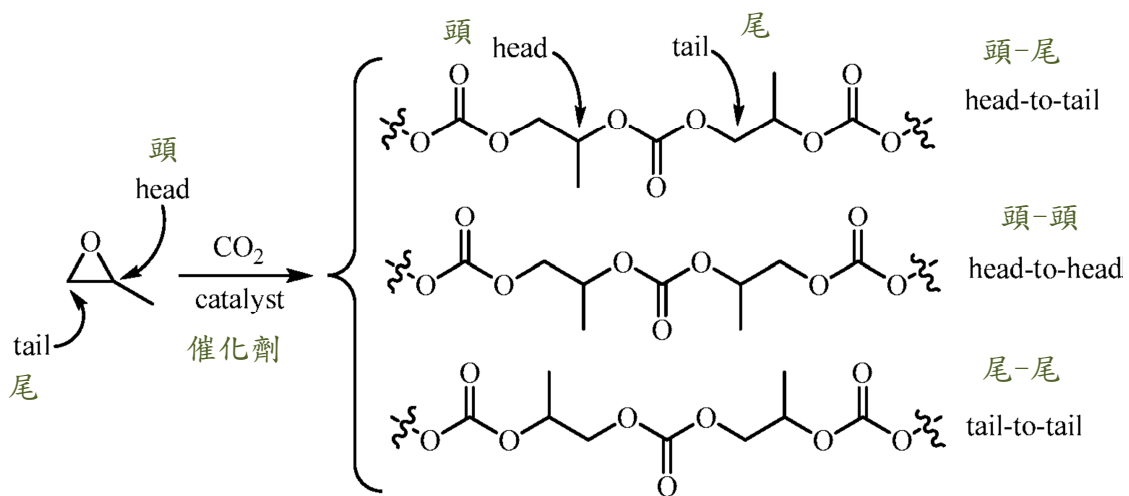


圖 2-2-61、聚碳酸酯多元醇製備反應

6.間接轉化-新穎碳材(US 2006/0021510 A1)¹⁵³

本案例關於一種在奈米碳管基質內捕獲及儲存碳氫化合物和溫

ES2645064T3、US20180022869A1、HK1158235B、HK1247224A、KR2018118825A、KR1913673B1、US10301426B2、IN201948032369A、IN325424B、KR2020028511A、KR2089887B1、CN107266669B、CN111848940A、JP2020186409A、US20210171708A1、KR2022018610A

¹⁵³發明名稱：Method and apparatus for hydrogen production from greenhouse gas saturated carbon nanotubes and synthesis of carbon nanostructures therefrom (由包含飽和溫室氣體之奈米碳管製氫及合成奈米碳管的方法和裝置)，專利公開號：US 2006/0021510 A1(2006/02/02)；公告號：US7468097 B2(2008/12/23)；DWPI 專利家族(4 件)：WO 2006135378A2、WO 2006135378A3，優先權日：2004-07-27。

申請人：北德州大學 (University of North Texas)；法律狀態：已過期(2012/12/23 未繳費)，被引用數：50，引用數：23。

室氣體的裝置和方法，該碳氫化合物或溫室氣體包括甲烷、丁烷、丙烷、一氧化碳或二氧化碳，可以在沒有產生大量二氧化碳副產物的情況下生產氫氣，還可利用初始量的奈米碳管作為基底來捕獲碳氫化合物氣體和/或溫室氣體，形成充滿飽和碳氫化合物、溫室氣體或兩者的奈米碳管，將充滿飽和碳氫化合物或溫室氣體的奈米管置於真空下並暴露在微波能量下，從而產生：(a)將氫氣釋放到儲存容器中，(b)從碳氫化合物或溫室氣體的循環碳元素中從頭合成奈米碳管，新合成的奈米碳管會被碳氫化合物或溫室氣體飽和，並暴露在微波輻射下，產生更多新合成的奈米碳管，可以在沒有產生二氧化碳和碳污染物下，利用包括二氧化碳等碳氫化合物或溫室氣體得到氫氣及奈米碳管。

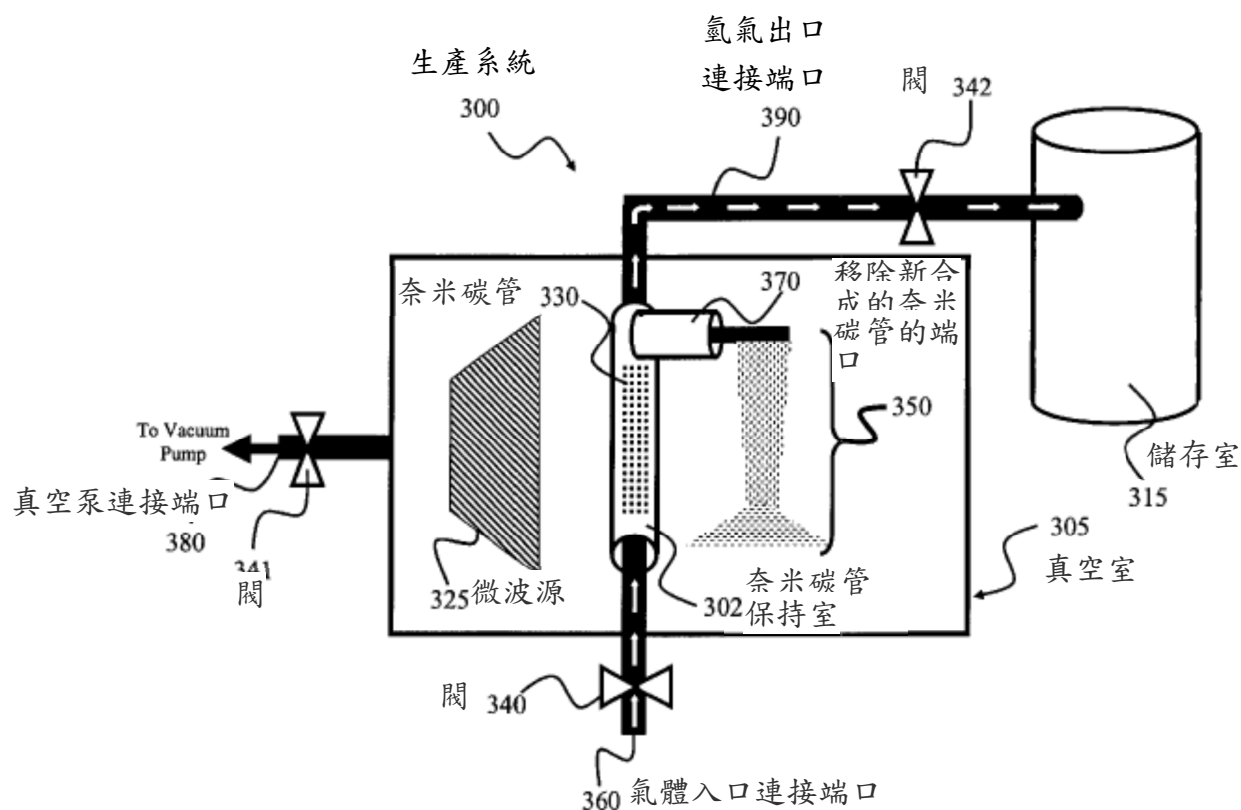


圖 2-2-62、奈米碳管和氫氣生產系統的示意圖

七、小結

對於碳再利用整體申請量而言，由生命週期圖來看，專利申請權人數與專利申請量皆逐年呈現正比上升趨勢，但從其上升狀況並沒有發現明顯轉折加速之現象，推論屬技術萌芽期可能性較大，若逐年分析，於 1962 年起即有研究人員投入進行布局，惟 1987 年以前多為零星布局，1988 至 2004 年，每年申請案件數雖然有微幅成長，但每年都約在 50 案以下；1997 年京都議定書通過，請案件數才慢慢有升溫的情況，相關條約於 2005 年開始強制生效，更使得申請案件數成長幅度較大；而 2009 年 COP15 之後數年各國就原定於

2012 年京都議定書到期後的約束性，僅提出不具約束力的政治聲明，導致申請案件數原地踏步；2015 年巴黎協定通過，並於 2016 年生效，規範所有國家每 5 年提出國家自定貢獻，又開啟一波申請熱潮，可見現階段法規制度執行層面的影響似乎較大。

碳再利用整體申請人國家依序為中國大陸、歐洲、美國、日本以及韓國，臺灣則排行第 9，不難看出相關技術開發及投資之積極程度；若探討相關之全球布局情況，可發現公開件數最多之專利局之排序同樣為中國大陸、歐洲、美國、日本、南韓，可以視為市場大小與對於相關議題重視程度，但布局情況多以在地申請居多，尤其中國大陸申請人到海外布局極少，與臺灣以國外申請人為主有著極大不同。

碳再利用整體前十大申請人，最多為中國大陸 4 家，歐洲 3 家，美、日、沙烏地阿拉伯各 1 家，多為石油公司或氣體生產商，與二階技術各類別前十大申請人部分重疊，以間接轉化-化學品最多有 6 家相同；主要申請人類型仍為公司為主，學研機構居次，與整體及二階技術各類別中專利中第一申請人類型排名相同。

碳再利用整體第一大申請人為(荷商)殼牌石油公司，布局著重於「間接轉化-化學品」以及「間接轉化-建材」，其中更於 2000 年累積 76 案，技術著重於利用熱處理對含烴地層的經濟開採，透過二氧

化碳作為合成氣生成流體注入井以產生合成氣，然其布局較著重於 2010 年以前。

碳再利用申請案三階 IPC 申請量依序為 B01D(於原料氣中分離/回收二氧化碳，進而再利用)、A01G(將二氧化碳利用於農業(蔬菜、花卉、水果等作物)、林業的栽培及繁殖)、B01J(有關碳再利用涉及之催化劑或催化反應)，大致上與二階及三階技術相對應。

碳再利用二階技術申請量依序為「間接轉化-化學品」、「生物轉化」、「間接轉化-建材」、「直接利用」、「間接轉化-聚合物」及「間接轉化-新穎碳材」。若以三階技術細分依序為：農林業、甲醇、無機碳酸鹽、甲烷及微藻，申請趨勢大致與文獻所述技術成熟度及碳再利用潛力高度相關，就可行性、市場規模與減碳潛力而言，具有投入之價值。

碳再利用二階技術各申請人國家與整體趨勢類似，主要亦為五大局為主，但排名略有差異，其中中國大陸在「間接轉化-化學品」、「生物轉化」及「直接利用」類別位居第一，而臺灣則在「間接轉化-化學品」、「生物轉化」、「間接轉化-建材」及「直接利用」等類別進入前十位。

甲烷可做為燃料及其他化學品之反應物，為「間接轉化-化學品」中相當重要且極具優勢的應用之一，共計 557 案(再利用中占比

8.3%)，相關申請案數大致上呈現逐年增加之趨勢，發展方向除了持續變化之觸媒以外，逐漸新增製程與裝置等放量生產相關議題，到近幾年的氧化偶聯相關將甲烷轉換為其他化學品之議題，整體而言第一申請人國家依序為歐洲、中國大陸、日本及美國，所著重之技術分別為原位處理、觸媒、產氫及氧化偶聯，為了獲致高甲烷產率、選擇性佳以及抗積碳等功效，甲烷化觸媒占有相當之比重(共 231 案)，主要以鎳基觸媒最多，功效之改良以提高甲烷產率(催化性)為主。

碳再利用二階技術「間接轉化-化學品」、「生物轉化」、「間接轉化-建材」、「直接利用」、「間接轉化-聚合物」及「間接轉化-新穎碳材」等被引用數較高之案例，除了「間接轉化-新穎碳材」以外，被引用數都有 100 件次以上，甚至到 250 件次。

第三單元、碳封存專利分析

經由整理、篩選分析後的碳捕捉相關技術的專利，截至 2021 年底所有公開(告)案件，共計 805 案¹⁵⁴。本部分的專利分析報告，將依序以「碳封存技術發展現況」、「碳封存專利整體綜合分析」、「碳封存技術專利分析」及「全球申請流向及主要專利局分析」呈現，以提供相關技術利用者參考。報告中部份圖表中所呈現百分比，由於四捨五入的關係，導致加總後可能存在與 100% 有些微誤差，先予說明。

一、碳封存技術發展現況

關於處理大量二氧化碳氣體之方式，早期大多利用加壓注入地底來進行油氣開採；而近年來因應全球暖化及氣候變遷，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，選擇將二氧化碳固定至特定地點或型式且長時間存在的處理方式即為二氧化碳之封存技術。而與碳再利用技術比較，封存技術具有成熟及量產處理的特性¹⁵⁵。

二氧化碳封存的流程如圖 2-3-1 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

¹⁵⁴ Derwent Innovation 資料庫 <https://www.derwentinnovation.com/login/>，下載日期：2022 年 3 月 13 日。

¹⁵⁵ 邱凡瑋，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。

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)，上述屬於封存前處理技術之範疇。之後依據封存場域的條件選擇適當的封存技術，而在封存場域執行封存後，對於封存狀態的評估包含了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，上述則為封存後處理技術之範疇，之後即可將二氧化碳穩定封存於該場域。

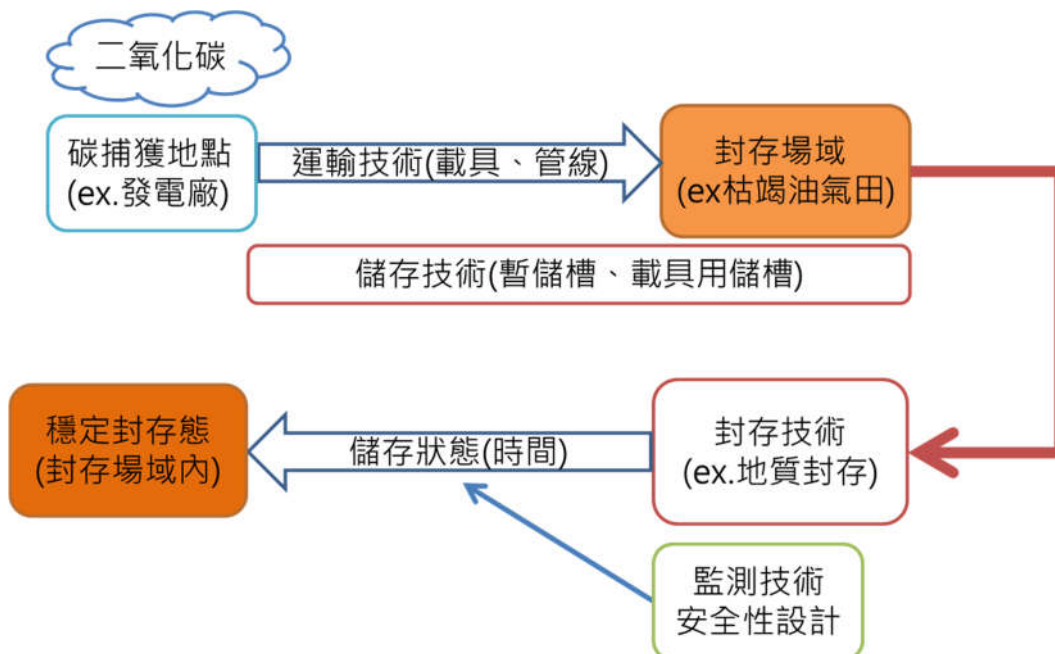


圖 2-3-1、完整二氧化碳封存之流程示意圖

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¹⁵⁶：

1.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進行二氧化碳封存更可相當於係利用二氧化碳氣體進行礦藏之採集，而後將油氣田封閉之步驟後就可作為封存場域，上述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。

2.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。

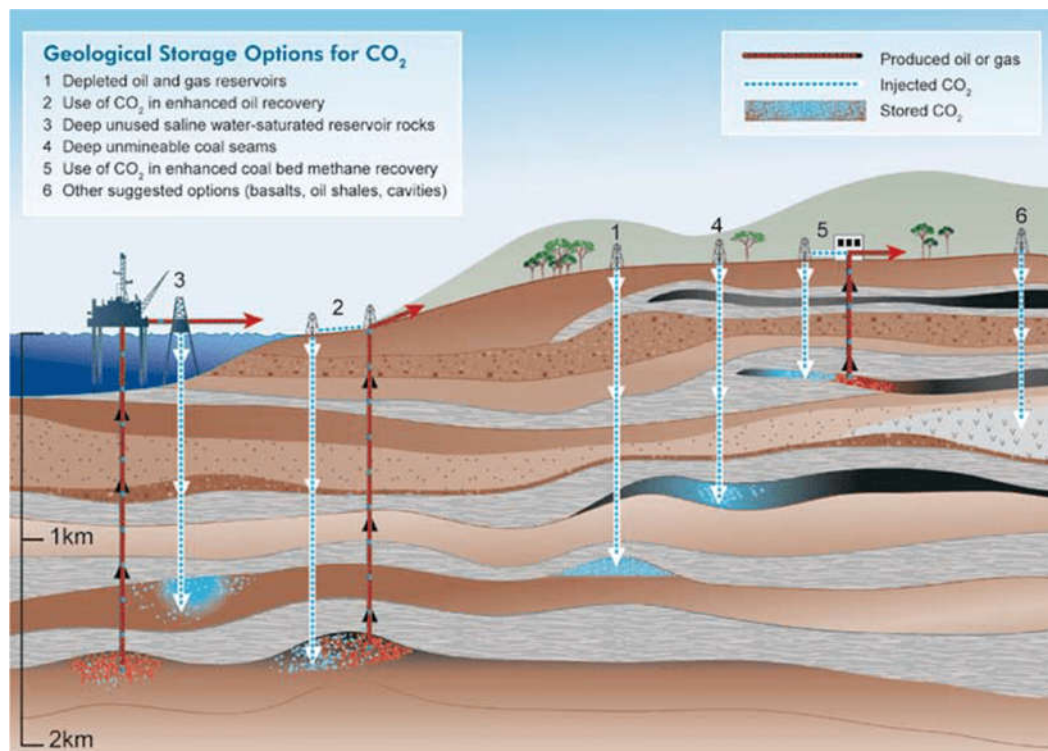
¹⁵⁶廖英凱，碳封存，是逆天而行的工程神話，還是順應自然的科學奇觀？，泛科學專欄，2015 年 10 月 10 日。

3. 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 2-3-2 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 2-3-2、二氧化碳於陸海域之地質封存處理方式之選擇示意¹⁵⁷

¹⁵⁷ Bert et al., IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage, Cambridge University Press, (2005).

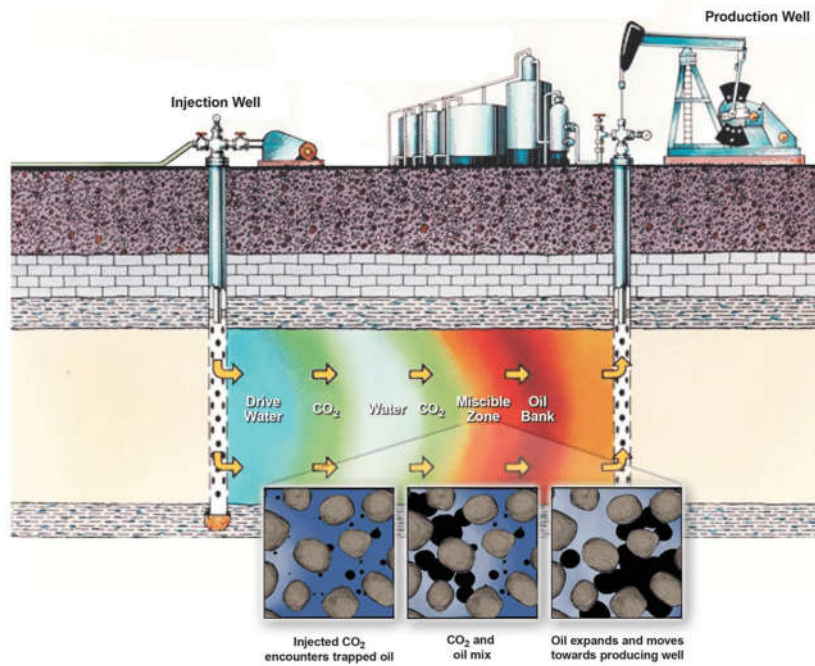
碳封存位置的選擇：

- (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(Dep 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)。

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：

1.激勵採集(Enhanced Oil Recovery)

如上圖 2-3-2 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、天然氣及煤礦的甲烷進行採集，其處理機制如圖 2-3-3 所示：



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

圖 2-3-3、激勵採集之機制示意圖¹⁵⁸

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。

2.地下鹽水層(Deep saline aquifers)

¹⁵⁸ U.S. Department of Energy, Carbon Dioxide Enhanced Oil Recovery, (March 2010).

如上圖 2-3-2 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。

3.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 2-3-2 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。

4.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。

5.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。

二、碳封存專利整體綜合分析

碳封存專利整體綜合分析係依序以「歷年申請量分析」、「第一專利申請人國家/地區分析」、「第一申請人類型比例」、「前八大申請人國家/地區歷年申請案件數」、「前十大第一申請人歷年申請案件數」、「碳封存 IPC 案數分布」呈現，藉此獲得碳封存技術概況與市場領先地位的國家/地區、申請人。

(一)歷年申請量分析

圖 2-3-4 以碳封存的歷年申請案之公開年及優先權年¹⁵⁹進行製圖比較，由於技術中關於利用二氧化碳進行油氣採集的部分發展極早，故分布上時間軸較長(可追溯至 1970 年)，而易造成分析上之困難，故除分析歷年申請案量外，將 2000 前年之部分合併。

整體觀之，公開年及優先權年兩者的趨勢於 2019 年前相似，而主要可於優先權 2009 年及 2016 年觀察到兩次申請案高峰，2021 年之公開案為最高(此係部分優先權年 2021 年案提早公開而造成)，總

¹⁵⁹ 「巴黎公約」明定會員國國民在某會員國申請專利後，再到其他會員國提出相同之專利申請時，得依專利權種類之差異，分別給予十二個月(發明、新型)或六個月(設計)的優先權期間，發明專利係自第一次提出專利申請的十二個月內，其中優先權即第一次提出之日期，而優先權年即為該年度，一般而言公開年皆晚於優先權年。

體而言自 2016 年後有逐年下降之趨勢¹⁶⁰。

以優先權年專利案數觀察，來探討碳封存技術的研發趨勢變化，因技術內容大致上以激勵採集及地質封存為主，此係石油、天然氣開採相關之技術，故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(2000 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，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)。

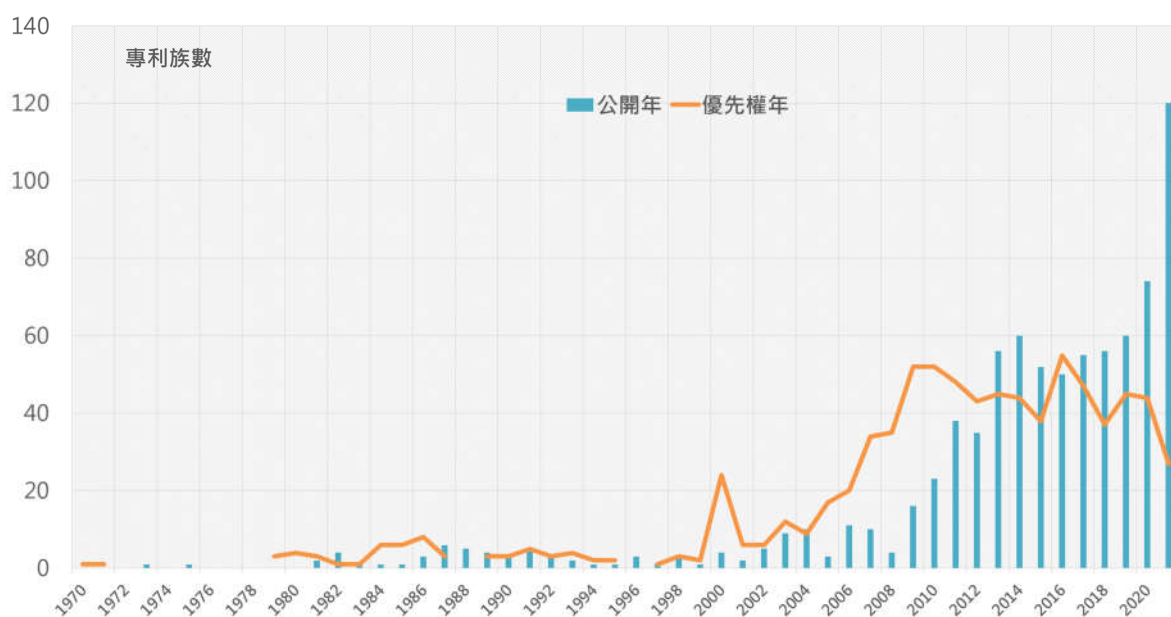


圖 2-3-4、碳封存歷年申請案件數變化

¹⁶⁰ 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。

(二)生命週期圖分析

將碳封存檢索所得 DWPI 專利家族 805 案作生命週期分析，如圖 2-3-5 所示，因專利有 18 個月公開的閉鎖期，因此僅擷取優先權年在 2019 年以前之專利案，前期因 2000 年(荷商)殼牌石油公司，類似專利案同時申請 16 案而造成申請案件數大幅跳動的差異外，大致而言直至 2016 年前專利申請權人數與專利申請量大致呈現正比上升趨勢，而至 2016 年專利申請人數 39 對應專利申請案 55 案達到頂峰後，逐年下降進入成熟期，推測本技術目前已經過發展期階段，專利申請人顯著的減少，專利申請案也趨於穩定數目，屬於較為成熟的技術。

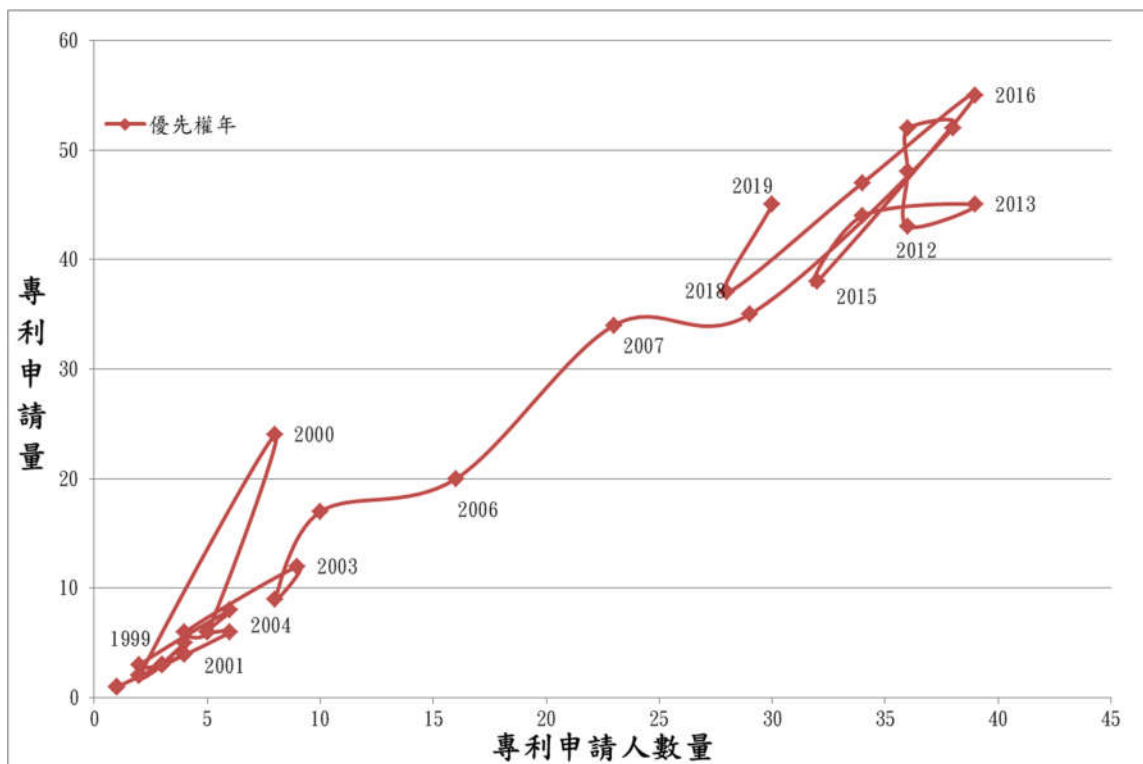


圖 2-3-5、碳封存生命週期圖

(三)第一專利申請人國家/地區分析

圖 2-3-6 揭示碳封存技術第一申請人國家/地區比例，整體而言，第一申請人國家/地區中，其排名如下：

1. 美國 229 案，所佔比例為 28.4%。
2. 中國大陸 226 案，所佔比例為 28.1%)。
3. 歐洲 167 案，所佔比例為 20.7%。
4. 南韓 68 案，所佔比例為 8.4%)。
5. 日本 39 案，所佔比例為 4.8%。
6. 加拿大 34 案，所佔比例為 4.2%。
7. 沙烏地阿拉伯 17 案，所佔比例為 2.1%。
8. 澳洲 14 案，所佔比例為 1.7%。

美國及中國大陸，兩者已超過五成。除了上述前八大第一申請國家/地區以外，其他地區共僅占 1.4%。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，而韓國的部分則以礦化封存技術研究較多。

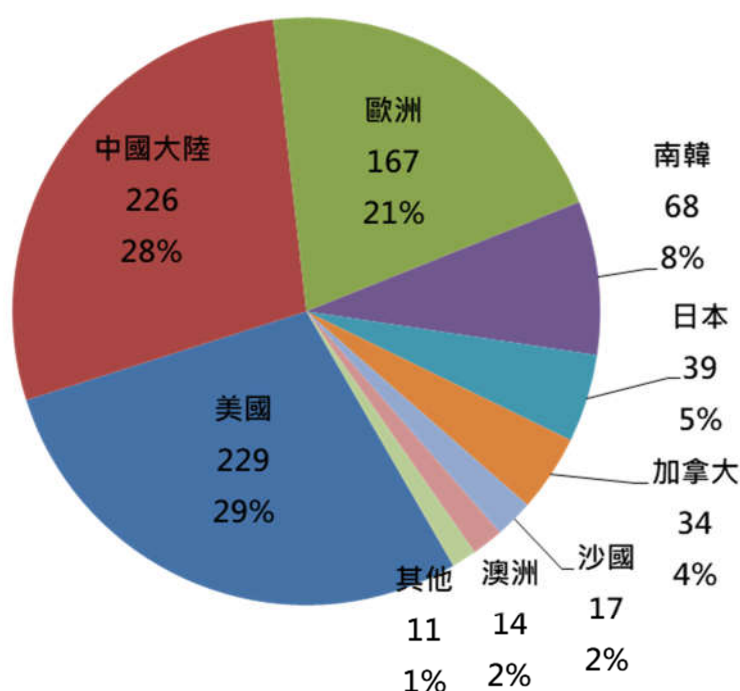


圖 2-3-6、碳封存第一申請人國家/地區比例

(四)第一申請人類型比例

對於碳封存整體專利中第一申請人的類型進行分析¹⁶¹，如圖 2-3-7 所示，其中 501 案為公司，所佔比例為 62.2%、學術及研究機構(學研機構)為 249 案(30.9%)、個人為 55 案(6.8%)。

公司申請人占了絕大多部分的比率，其次為學研機構，而個人申請人的比例鮮少，此趨勢與碳封存主要以具有封存場域及產碳大戶(即相關能源公司)的需求，及其應用的經濟效益有所關係。

¹⁶¹ 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。

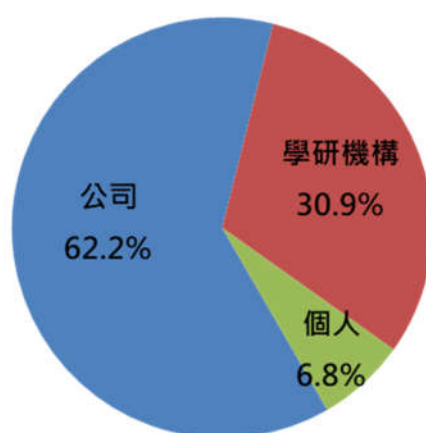


圖 2-3-7、碳封存第一專利申請人類型比例

(五)前八大申請人國家/地區歷年申請案件數

由圖 2-3-8 的歷年申請案量趨勢可知，碳封存技術的申請趨勢為四個區間，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，而將案件以申請人國家展開並依優先權年份觀察期趨勢如圖 2-3-9 所示，此部分為將碳封存整體前八大第一申請人國家/地區，於各年份(優先權年)專利申請案件數，截取 2000 年至 2021 年之間(2000 年前置於最前供參考)前八大申請人國家/地區歷年申請案量，藉此瞭解各申請人國家/地區的碳封存技術發展趨勢。

前八大申請人國家/地區歷年申請案量的趨勢，於 2010 年前以美國逐年增加為主，而後於 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。而優先權 2021 年公開之案件僅有中國大陸申請人案件，可能與公開程序有關，若去除 2000 年前之申請案觀之，中國大陸專利申請人為碳封存技術的第一大申請人。

美國申請人之案件數於 2010 年 23 件達到最高峰，此後案件數不斷下降，於 2018 至 2020 年間之申請案僅 17 件(平均每年 6 件)。

中國大陸申請人之案件數於 2011 年前沒有明顯的申請數(每年小於 3 件)，而於 2012 年後則逐漸以 13 件至 2021 年的 27 件方式大量增加，此種變化可能與中國大陸之鼓勵申請專利的政策有關。

第三大專利申請人為歐洲地區，主要與第二大的石油公司((荷商)殼牌石油公司)有關，其申請案件於 2009 年 14 件達到高峰後亦為逐年下降，於 2018 至 2020 年間之申請案僅 7 件(平均每年 2 件)。

其餘國家地區的趨勢則較不明顯，第四大專利申請人南韓，於 2009 年開始增加申請案，其後的申請趨勢持平。第五至八大專利申請人日本、加拿大、沙國與澳洲，專利案量每年皆未超過 6 件。

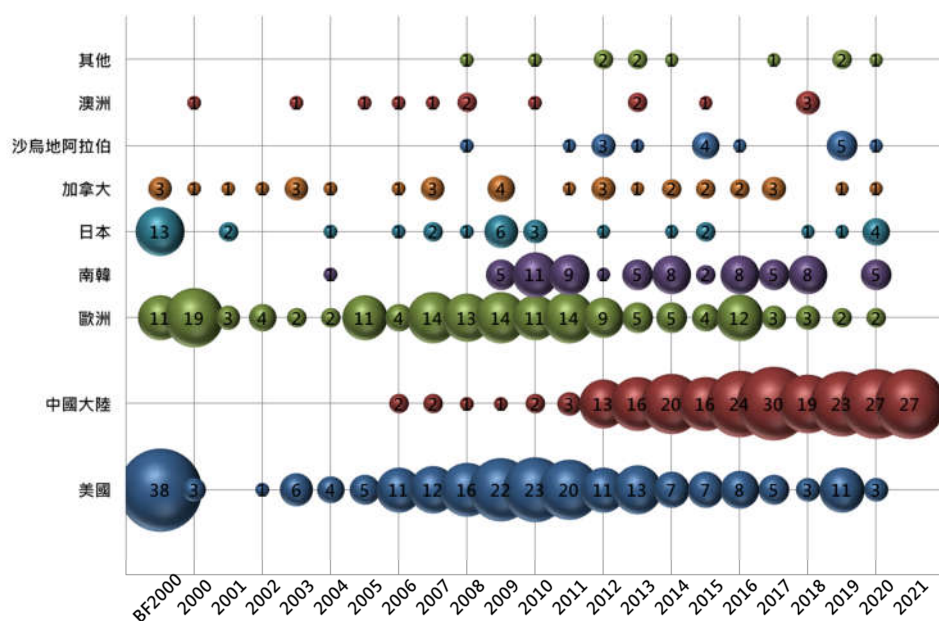


圖 2-3-8、碳封存前八大第一申請人國家/地區於各優先權年申請案件數

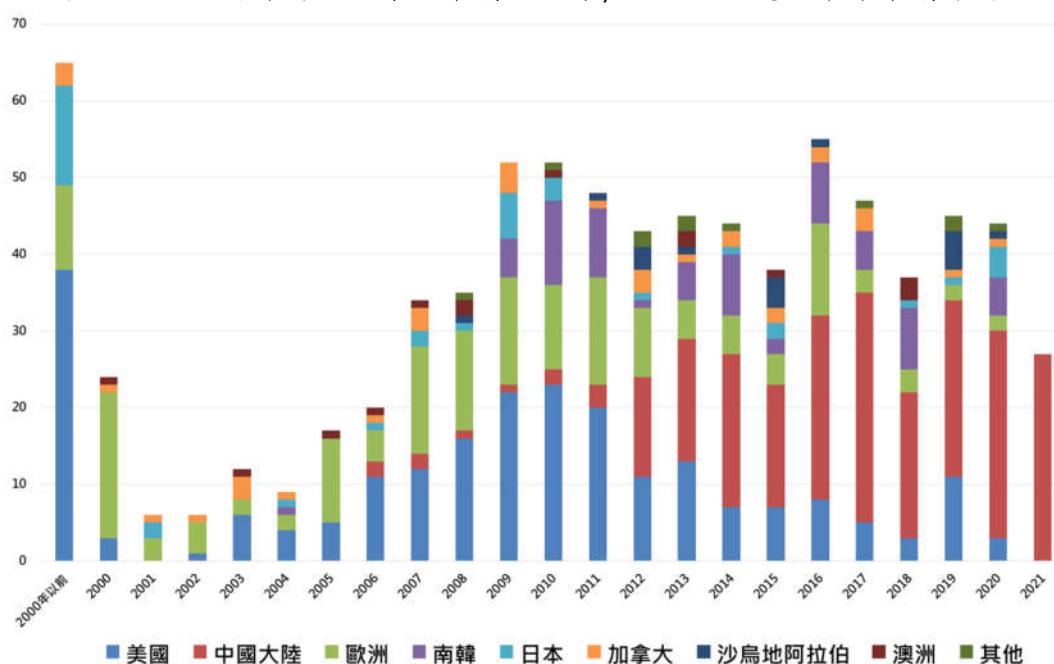


圖 2-3-9、碳封存前八大第一申請人國家/地區於各優先權年申請案件數

(六)前十大第一申請人歷年申請案件數

圖 2-3-10 所表示為前十大第一申請人歷年申請案件數，其中前十大第一專利申請人依序為：(荷商)殼牌石油公司、(中國大陸商)中

國石油化工公司、(中國大陸)中國礦業大學、(美商)艾克森美孚公司、(南韓)韓國地質資源研究院、(中國大陸商)中國石油化工公司、(美商)康菲公司、(德商)林德集團、(沙商)沙烏地阿拉伯國家石油公司及(中國大陸商)延長石油集團。

在前十大第一申請人中，公司有 8 間及 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。

整體而言，封存技術前十大第一申請人以能源及礦業領域為主，包括石油公司 7 家(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)，天然氣公司 1 家(林德集團)及礦業技術研究機構(中國礦業大學、韓國地質資源研究院)，也因封存技術主要集中於油氣激勵開採及礦化後地質封存為主之原因。

依優先權年對各申請案件分布進行分析，可觀察出早期的石油開發公司(殼牌石油、艾克森美孚及康菲)於 2000 年前之申請案最多，且案件主要集中於 2011 年之前申請，此後(荷商)殼牌石油僅於 2013 年申請 1 件及 2016 年申請 3 件、(美商)艾克森美孚於 2017 年申請 1 件、(美商)康菲公司於 2012 年申請 3 件，由此處也可得知對於二氧化碳的封存技術而言，石油公司在意的是對於開採本身所需

的技術應用。

相較於早期的石油開發公司，石油領域的中國大陸商則具有相反的趨勢，其案件主要於 2012 年後申請量增加，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，且其內容除針對開採本身所需之技術外，亦具有對於二氧化碳進行封存的減碳概念於專利文件中。

針對礦業技術領域，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，此係與其申請案件的技術類型相關，之後會於第一申請人與封存技術之間的關係的章節內進行說明，簡言之基於礦化封存及碳酸化進行固碳之所需，相應技術發展才逐漸增加，反應在相關技術領域之申請人的申請狀況就是如本節所示。

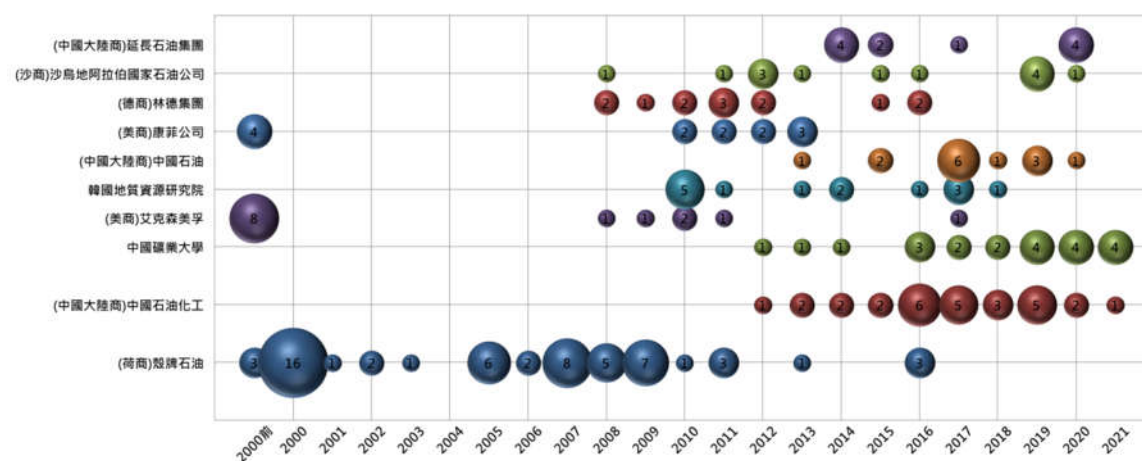


圖 2-3-10、碳封存前十大第一申請人歷年(優先權年)申請案件數

(七)碳封存 IPC 案數分析

如圖 2-3-11 所示，為碳封存國際分類號(IPC)案數分布，其中以 E21B(35%)及 B01D(31%)佔據了大半部分的案件數，其次依序為 C09K(8%)、C01B(4%)、B65G(4%)、B01J(3%)等等，此處列出相對應類號之技術範疇：

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

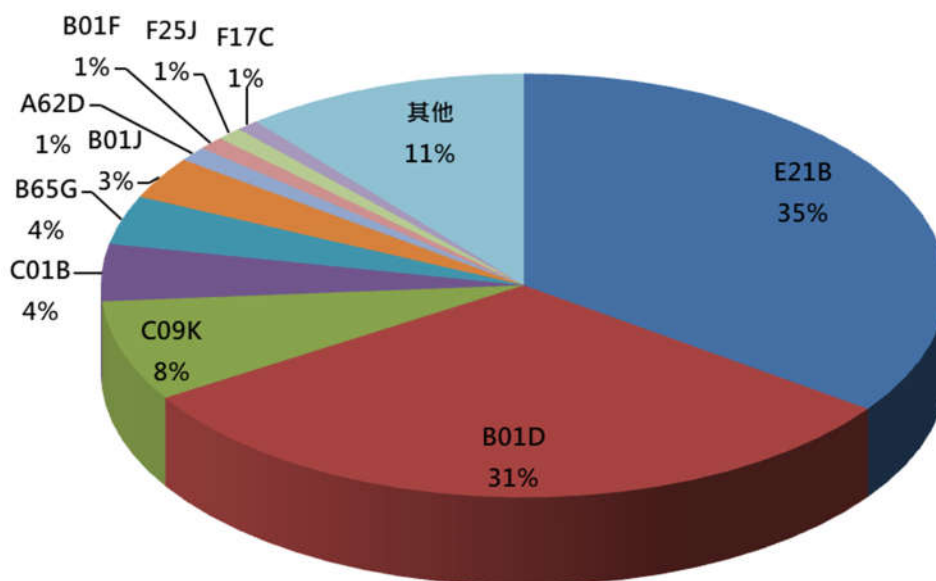


圖 2-3-11、碳封存三階 IPC 案數分布

三、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。

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

整理封存處理技術的二階及三階技術，如圖 2-3-12 所示：

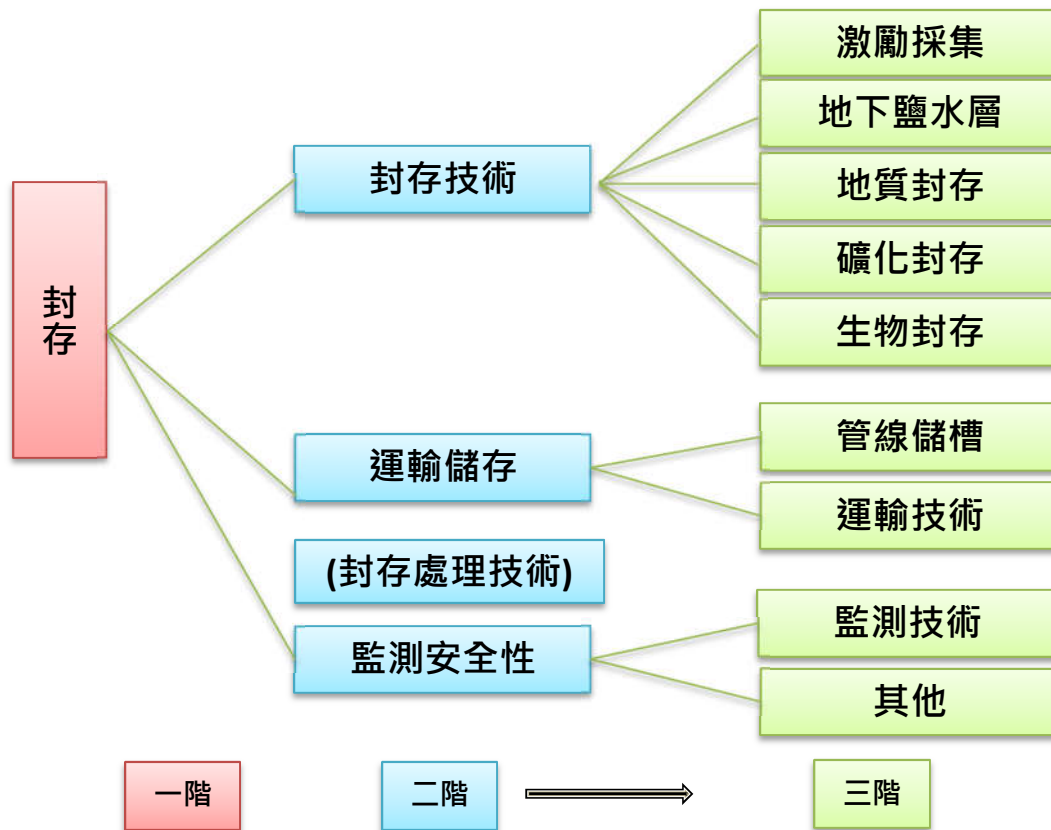


圖 2-3-12、碳封存處理專利技術分析樹狀圖

碳封存技術專利分析係依序以「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¹⁶²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」方式呈現，藉此獲得碳封存技術分類概況與市場領先地位的國家/地區、申請人之技術布局趨勢。

(一)碳封存專利技術申請案量分布

將碳封存專利申請案對碳封存二階技術予以細分可以得到圖 2-

¹⁶² 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）。

3-13，而將封存技術、運輸儲存、監測安全性展開後得到圖 2-3-14，由於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，先予說明。

圖 2-3-13 所表示為碳封存專利中二階技術，可發現封存技術的專利案量最多(675 案，80.2%)，其次為運輸儲存(111 案，13.2%)，最少的是監測安全(56 案，6.7%)。

接著將封存技術展開為圖 2-3-14，其中申請案量最多為「激勵採集」(387 案，48.1%)、其次為「礦化封存」(203 案，25.2%)，其他封存技術皆未超過 10%以上(「地質封存」9.7%、「管線儲槽」7.3%、「運輸技術」7.1%、「監測技術」4.8%、「地下鹽水層」4.0%、「安全性相關」2.2%及「生物封存」2.0%)。

上述碳封存專利技術所分析之案量比率結果，與目前商轉的碳封存技術之關聯性極高，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。

目前還屬於試驗階段的「地下鹽水層」與不屬於激勵採集相關的「地質封存」技術申請數量則較少，大多是「激勵採集」技術之改良、封存場域探勘的模擬技術等。

「運輸技術」則大多是關於發電廠、鋼鐵廠等產生廢煙道氣之收集後轉移至封存地點間的相關技術應用，「監測技術」則大多為枯竭油氣田對於注入氣體及排出產品氣的前後的溫度、壓力觀測，對於長時程的封存安全性觀測之技術較少。

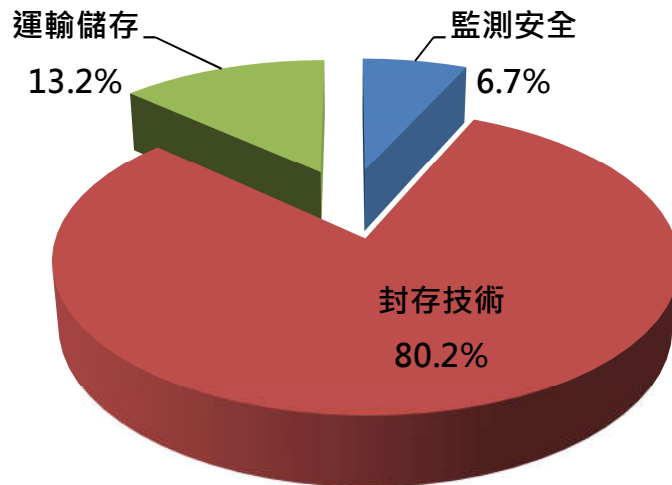


圖 2-3-13、碳封存二階技術申請案量分布

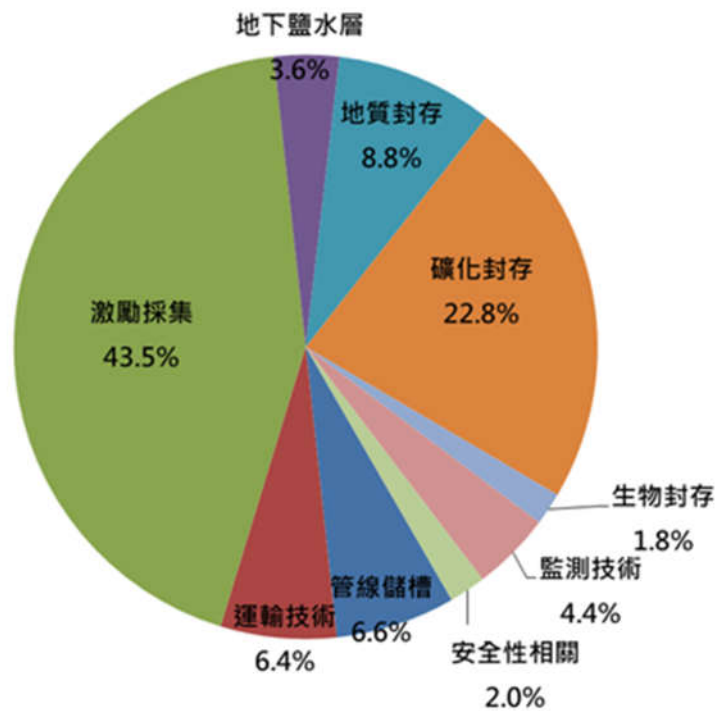


圖 2-3-14、碳封存三階技術申請案量分布

(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

由於碳封存案件較少，對各國家/地區整理案件數量後，僅以前八大第一申請人國家/地區具有探討意義，而以碳封存相關技術對各第一申請人國家/地區分別利用泡泡圖及堆疊的長條圖進行繪圖分析如圖 2-3-15 及 3-16 所示，而由於再以各碳封存相關技術的國家/地區的申請量區分之案數對應國家過少，故僅以文字整理各技術的第一大申請國家/地區，並不進行繪圖。

在前八大第一申請人國家/地區以碳封存相關技術分析，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。

另依國家/地區分析技術整理的封存技術結果如下：

第 1 大申請人國家/地區(美國)：

「激勵採集」144 案(56.5%)、「礦化封存」38 案(14.9%)、「運輸儲存」24 案(9.4%)、「地質封存」23 案(9.0%)、「地下鹽水層」14 案(5.5%)、「監測安全」7 案(2.7%)、「生物封存」5 案(2.0%)。

第 2 大申請人國家/地區(中國大陸)：

「激勵採集」118 案(46.6%)、「礦化封存」51 案(20.2%)、「運輸儲存」32 案(12.6%)、「監測安全」28 案(11.1%)、「地質封存」15 案(5.9%)、「生物封存」6 案(2.4%)、「地下鹽水層」3 案(1.2%)。

第 3 大申請人國家/地區(歐洲)：

「激勵採集」82 案(46.1%)、「礦化封存」29 案(16.3%)、「地質封存」23 案(12.9%)、「運輸儲存」20 案(11.2%)、「監測安全」13 案(7.3%)、「地下鹽水層」9 案(5.1%)、「生物封存」2 案(1.1%)。

第 4 大申請人國家/地區(南韓)：

「礦化封存」47 案(64.4%)、「運輸儲存」17 案(23.3%)、「監測安全」4 案(5.5%)、「激勵採集」2 案(2.7%)、「地質封存」2 案(2.7%)、「地下鹽水層」1 案(1.4%)。

第 5 大申請人國家/地區(日本)：

「運輸儲存」13 案(32.5%)、「礦化封存」11 案(27.5%)、「地質封存」8 案(20.0%)、「激勵採集」4 案(10.0%)、「地下鹽水層」3 案(7.5%)、「監測安全」1 案(2.5%)。

第 6 大申請人國家/地區(加拿大)：

「激勵採集」18 案(50.0%)、「礦化封存」11 案(30.6%)，「地質封存」、「運輸儲存」、「監測安全」各 2 案(5.6%)、「地下鹽水層」1 案(2.8%)。

第 7 大申請人國家/地區(沙烏地阿拉伯)：

「激勵採集」15 案(78.9%)，「礦化封存」、「運輸儲存」、「地質封存」及「監測安全」各 1 案(5.3%)。

第 8 大申請人國家/地區(澳洲)：

「礦化封存」8 案(53.3%)、「地質封存」3 案(20.0%)、「生物封存」2 案(13.3%)、「激勵採集」1 案(6.7%)、「運輸儲存」1 案(6.7%)。

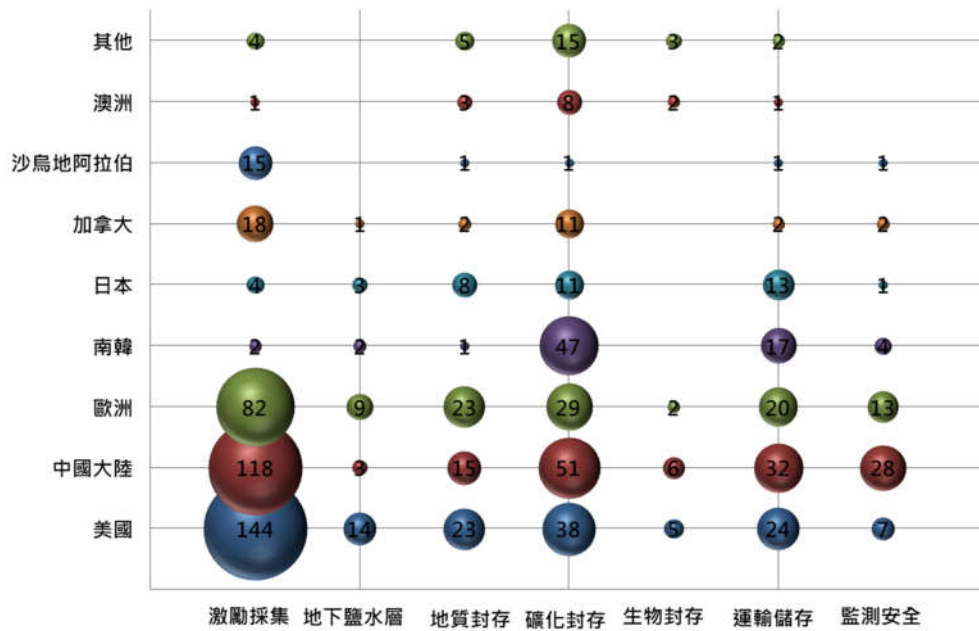


圖 2-3-15、碳封存前八大第一申請人國家/地區在相關技術各自申請案數

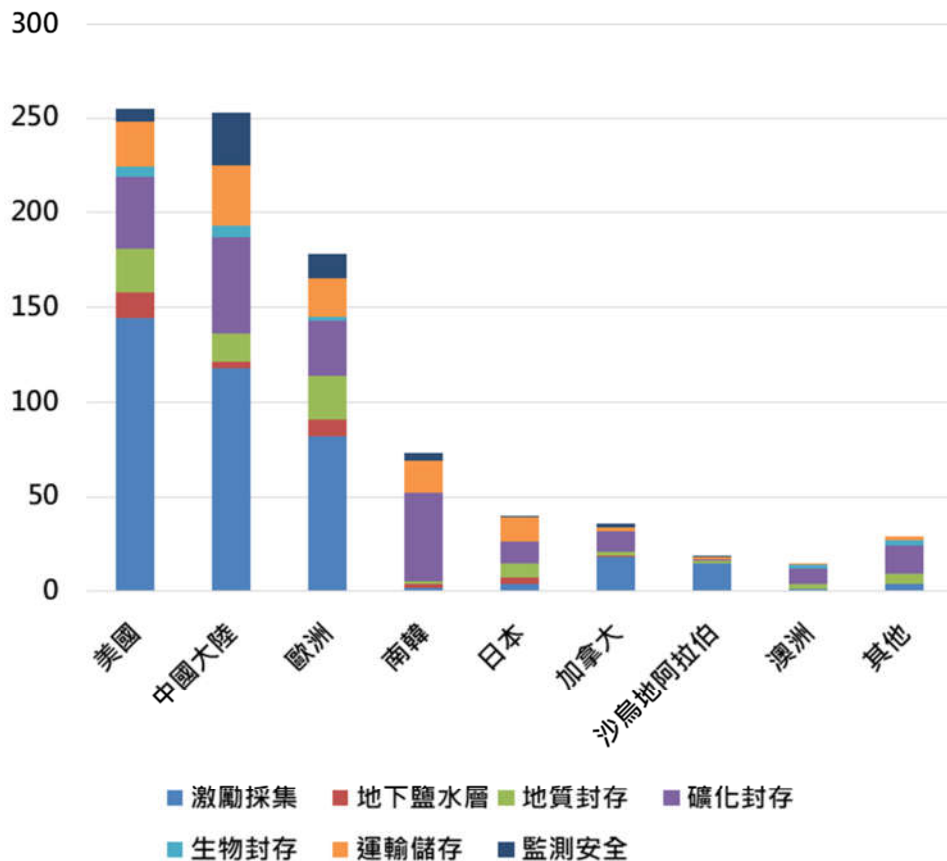


圖 2-3-16、碳封存前八大第一申請人國家/地區在相關技術各自申請案數

(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 2-3-17 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。

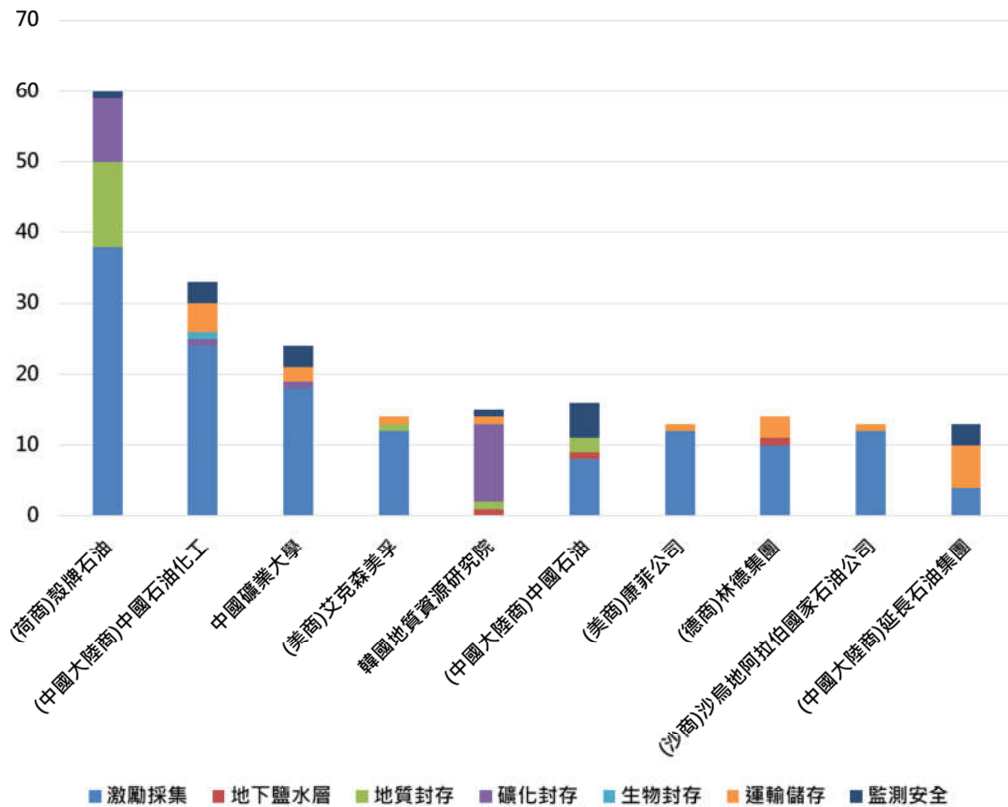


圖 2-3-17、碳封存前十大第一申請人在相關技術各自申請件數

(四)碳封存二階技術中第一申請人類型比例

本部分係將封存處理技術中之「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 2-3-18 所示，可發現各種技術中仍以公司類型占比最多，其次才為學研機構與個人。其中三種技術的公司占比皆為約 6 成。在學研機構中，「運輸儲存」為 18.9%、「封存技術」為 32.3%、「監測安全」為 39%。個人申請案中，「運輸儲存」為 12.6%、「封存技術」為 5.9%、「監測安全」為

7%。

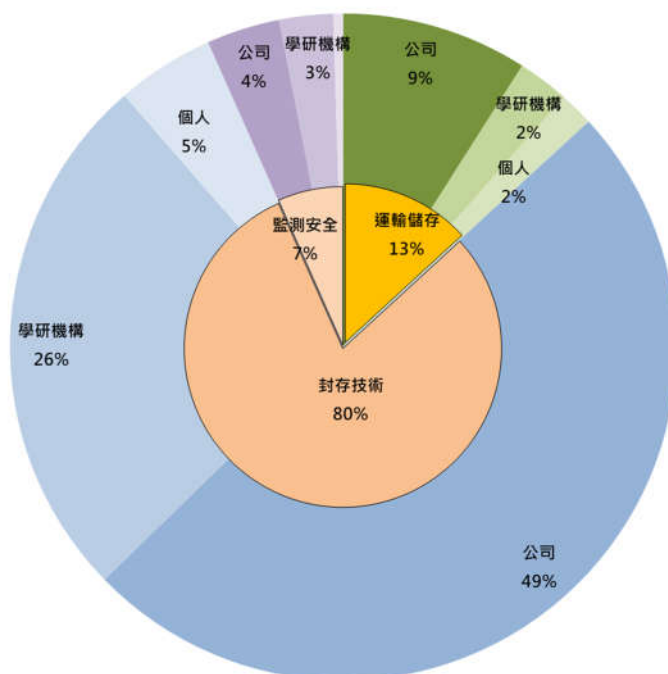


圖 2-3-18、碳封存二階技術中第一申請人類型比例

(五)碳封存相關技術歷年申請案件數

本部分為將碳封存相關技術(運輸儲存、監測安全、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 2-3-19 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。

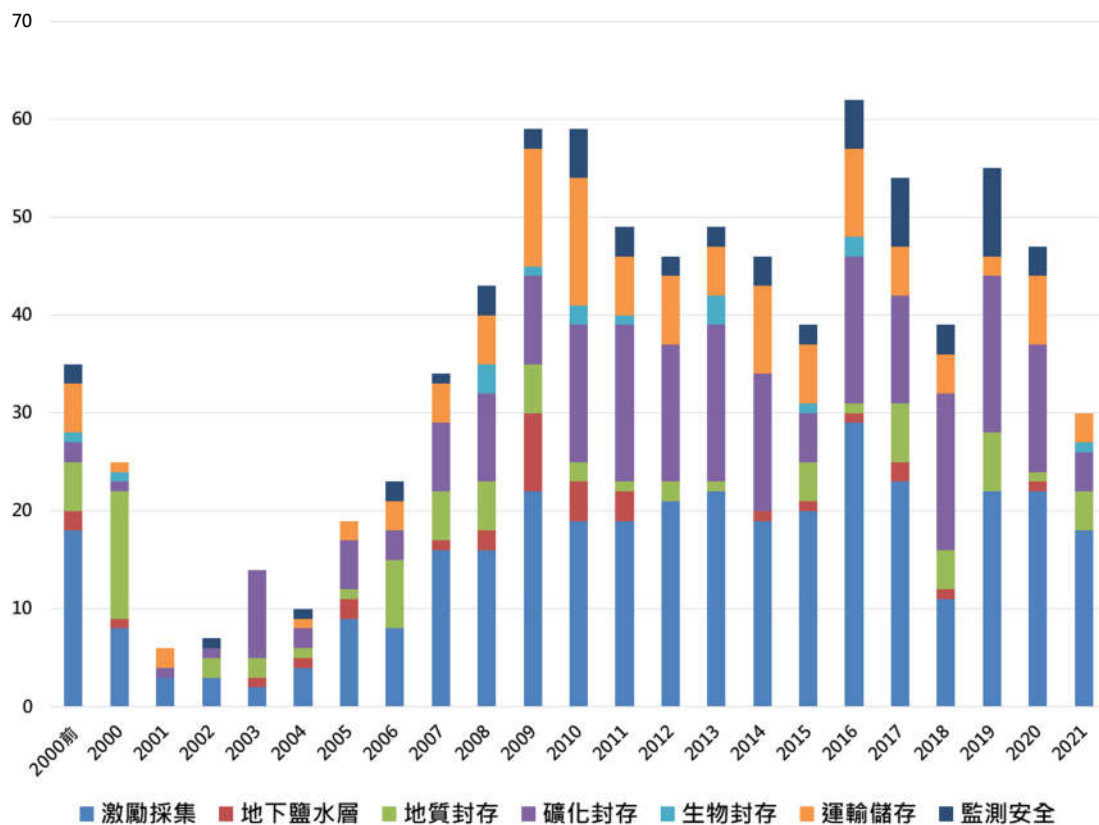


圖 2-3-19、碳封存相關技術歷年(優先權年)申請案件數

四、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

2236 件專利¹⁶³，圖 2-3-20 所表示為碳封存專利前十大專利公開國、圖 2-3-21 所表示碳封存專利主要申請人國家與主要專利局矩陣分析及圖 2-3-22 所表示為碳封存申請流量圖，藉此觀察，全球碳封存技術專利申請人的市場趨勢。

由五大專利局(IP5)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，除了該國以外的專利申請國，外國申請人主要係以美國為主，其次為歐洲與其他國家¹⁶⁴，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。

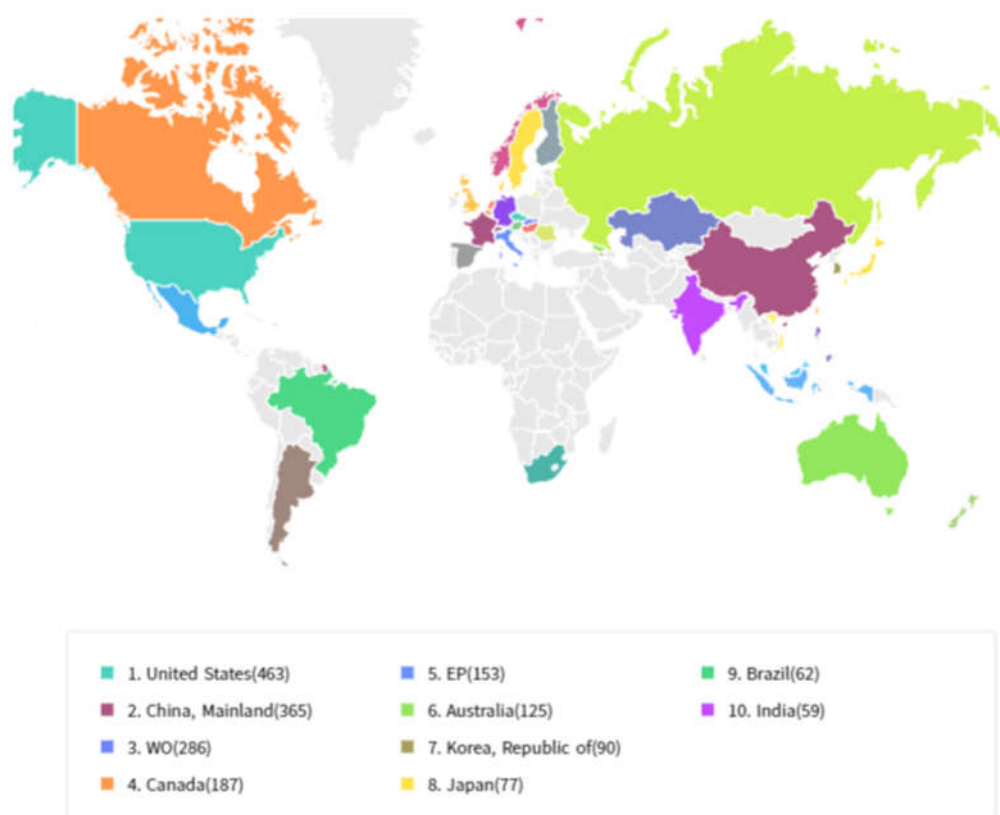
以我國的申請案分析，件數僅有 7 件(中國大陸 3 件、美國 3 件及歐洲 1 件)，且未有我國的申請人申請封存相關的技術，除了我國並未有實際商轉的封存案例外，可能與 Derwent Innovation 對臺灣人於本地申請專利案的收錄亦不完整有關。

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。

¹⁶³ Derwent Innovation 資料庫 <https://www.derwentinnovation.com/login/>，下載日期：2022 年 5 月 30 日。

¹⁶⁴ 其他國家以加拿大、澳洲與沙烏地阿拉伯為主。

碳封存專利公開國家

圖 2-3-20、碳封存專利公開國家¹⁶⁵

¹⁶⁵ Derwent Innovation 分析圖表，下載日期 2022 年 5 月 30 日。

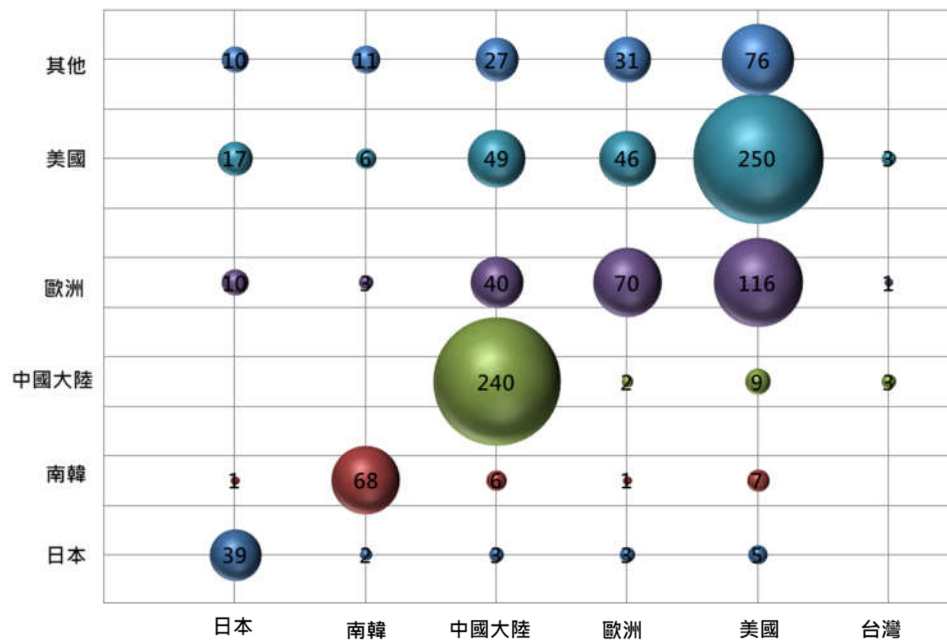


圖 2-3-21、碳封存主要申請人國家/地區與主要專利局矩陣分析

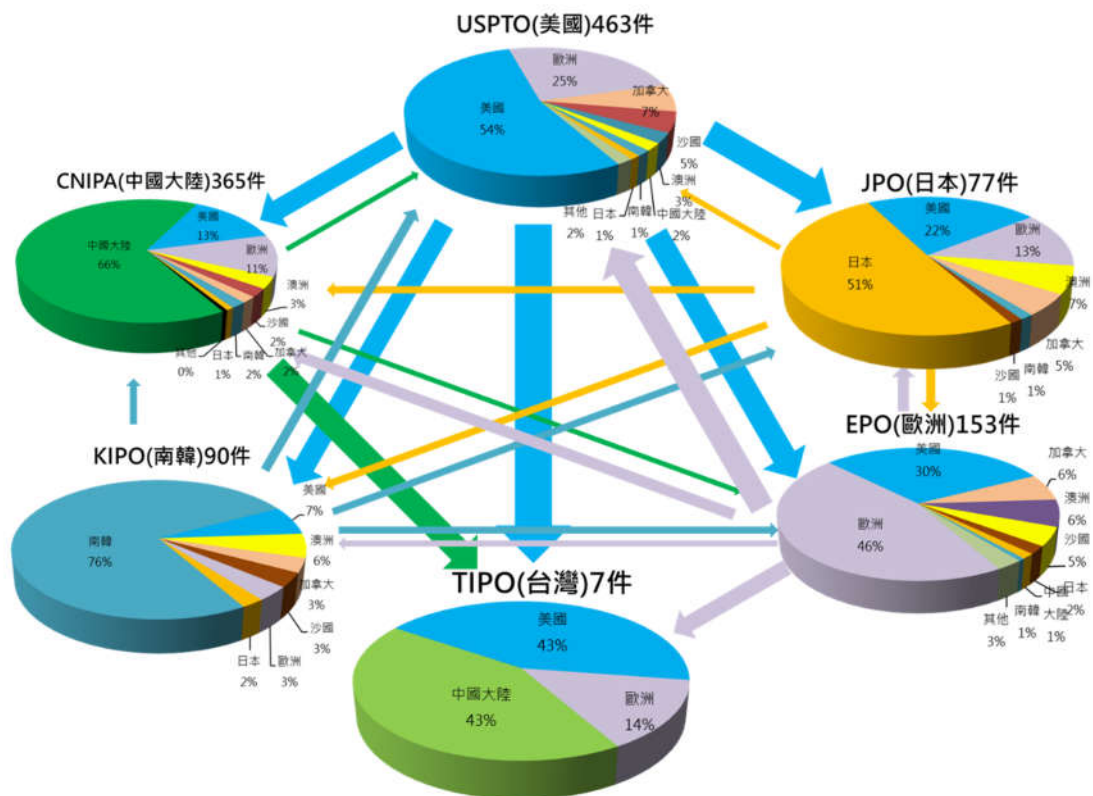


圖 2-3-22、碳封存全球申請流向圖

五、碳封存相關案例

本部分為將碳封存的 2236 件專利以 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，即被引用次數愈高，此專利可能為重要發明¹⁶⁶。選取超過 300 以上的被引用專利計數的專利共 5 件¹⁶⁷，其專利公開號依序為 US6412559B1(444 次)、US7121342B2 (384 次)、US6581684B2 (330 次)、US4787452A(315 次)及 US6732796B2 (302 次)，這些案例大多屬激勵採集或地質封存的技術。

1. 激勵採集：US6412559B1(444 次)¹⁶⁸

一種在煤層中封存較強吸附流體(Stronger adsorbing fluid, SAG)的方法，具有 SAG 吸附時間(TS-SAG)、儲層壓力(PR)、裂縫壓力(PF)、裂縫延伸壓力(PE)和起裂壓力(PC)，其中 $PC > PE > PF > PR$ ，並具有至少一個注入井，包括以下步驟：

(a)藉由下述方式來激發注入井：(i)通過在注入井中注入大於或等於 PC 的流體在煤層中誘發裂縫；(ii)在大於或等於 PE 的壓力下

¹⁶⁶ 阮明淑、梁峻齊，專利指標發展研究，Journal of Library and Information Science 35 (2)：88 - 106 (October, 2009)，
<https://jlis.glis.ntnu.edu.tw/ojs/index.php/jlis/article/viewFile/529/529>。閱讀日期 2022 年 5 月 26 日。

¹⁶⁷ Derwent Innovation 資料庫，資料分析時間 2022 年 5 月 30 日。

¹⁶⁸ 發明名稱：Process for recovering methane and/or sequestering fluids
公告號：1.US6412559B1；申請日：2000-12-18；公開日：2002-07-02；
優化專利權人：艾伯塔創新公司(ALBERTA INNOVATES-TECHNOLOGY FUTURES)；
DWPI 專利家族：WO2002042603A1、AU200223325A、AU200223325B2、CA2425930C、
IN200300652P1、IN249913B；法律狀態：失效。

於注入井中注入該流體來擴展裂縫；

(b) 在大於 PR 的壓力下向注入井注入更強的吸附流體；

(c) 關閉注入井至少約 0.5TS-SAG；

(d) 重複步驟 (b) 和 (c) 至少一次。

其中較強吸附流體包含二氧化碳，藉此方法可有效置換煤層氣中的吸附流體且利用二氧化碳激發煤層床甲烷(CO₂-ECBM)法封存大量的二氧化碳氣體。

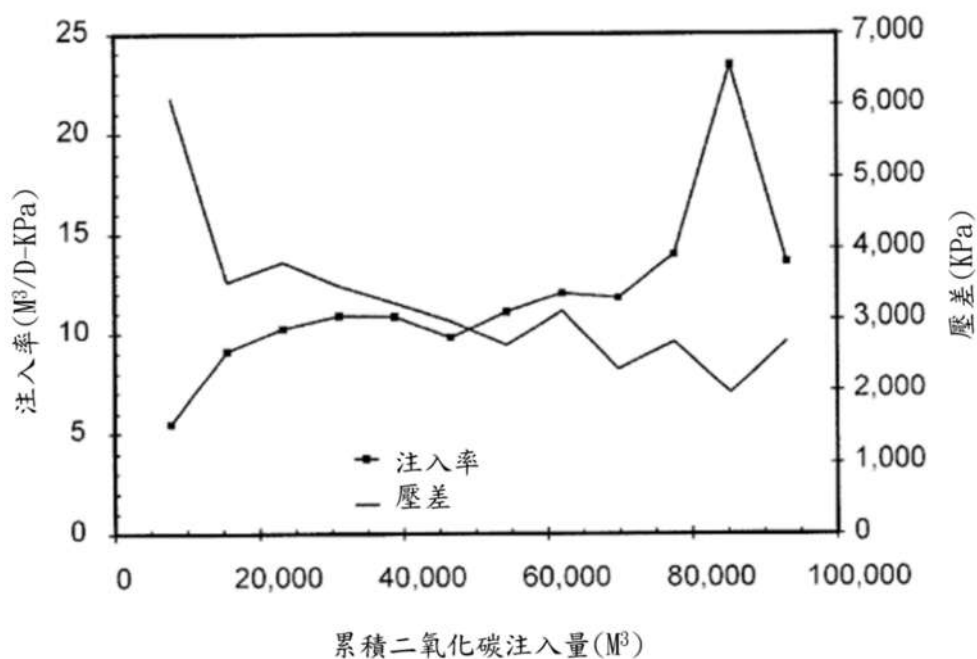
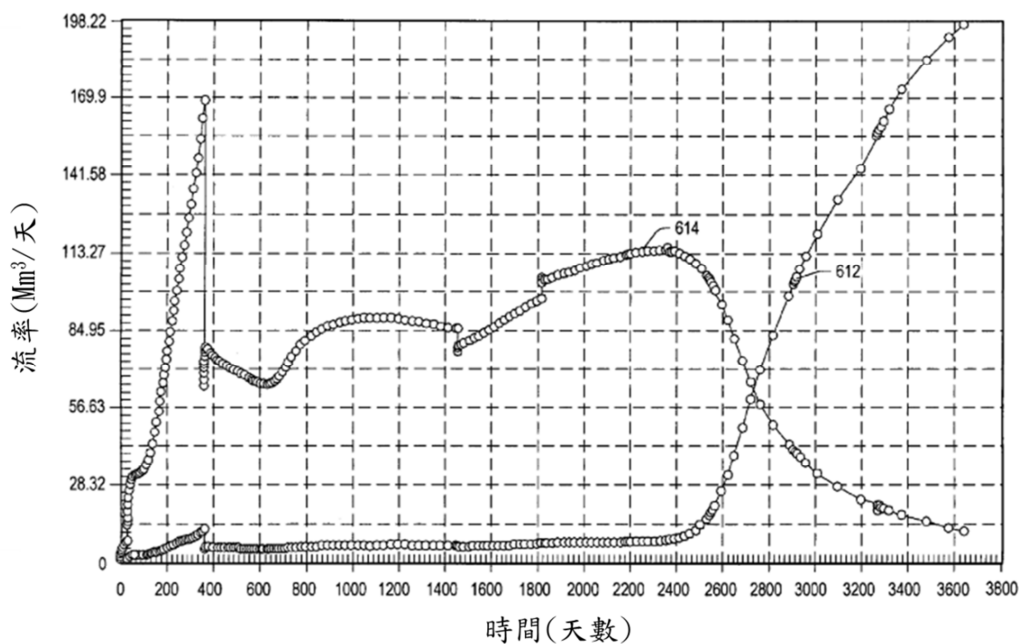


圖 2-3-23、US6412559B1 專利方法中，壓差與累積二氧化碳注入量的關係圖

2. 激勵採集：US7121342B2 (384 次)¹⁶⁹

一種用於隔離至少一部分含烴地層的覆蓋層的系統，包括降低至少一部分含烴地層的溫度；從含烴地層中回收甲烷；在含烴地層內原位封存二氧化碳；和在含烴地層的管道中安裝溫度傳感器。



612：二氧化碳流動速率、614：甲烷流動速率

圖 2-3-24、US7121342B2 專利模擬原位封存二氧化碳時間關係圖

3. 激勵採集：US6581684B2 (330 次)¹⁷⁰

一種將熱解流體產生的二氧化碳於含烴地層中隔離的方法。二

¹⁶⁹ 發明名稱：Thermal processes for subsurface formations

公開號：US2005051327A1；申請日：2004-4-23；公開日：2005-03-10；

優化專利權人：荷商殼牌石油公司(SHELL OIL COMPANY)；DWPI 專利家族：

WO2004097159A2 等 31 件；法律狀態：同族專利有效。

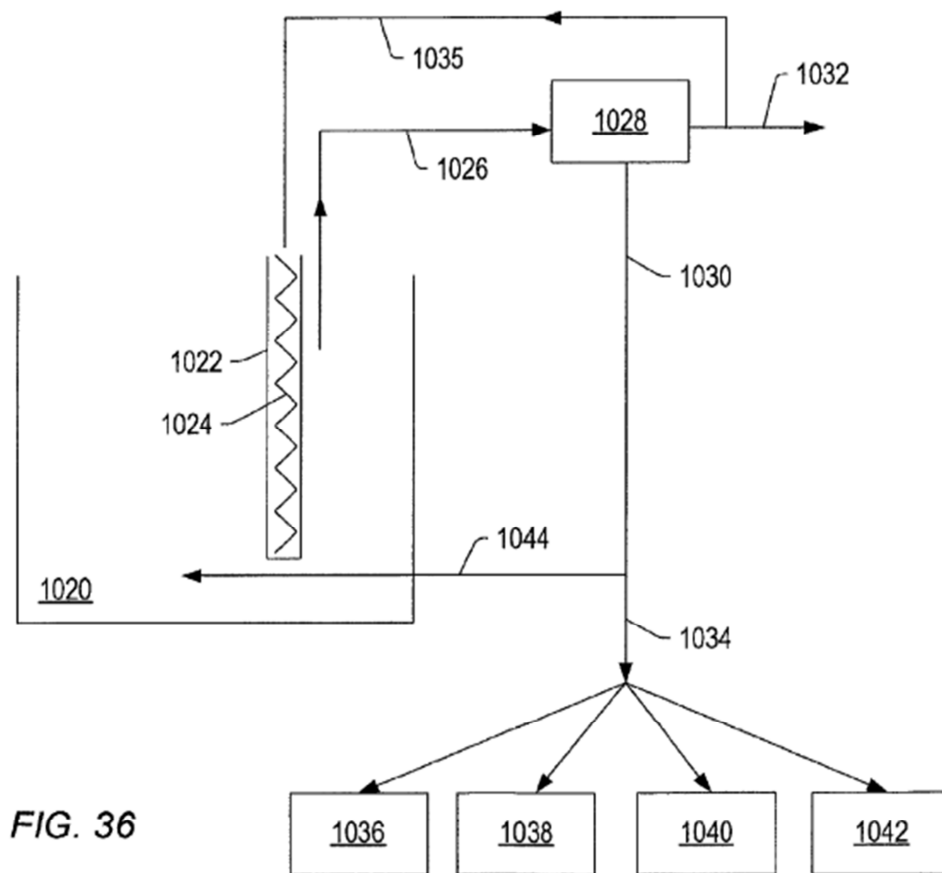
¹⁷⁰ 發明名稱：In Situ thermal processing of a hydrocarbon containing formation to produce sulfur containing formation fluids

公開號：US20020056552A1；申請日：2001-04-24；公開日：2003-06-24；

優化專利權人：荷商殼牌石油公司(SHELL OIL COMPANY)；DWPI 專利家族：

US20020056552A1；法律狀態：失效。

二氧化碳 1030 的部分 1034 可以儲存在地層 1036 中、被隔離在用過的含烴地層 1038 中、注入產油田 1040 以提高采油率或隔離到煤層 1042 中。或者也可以通過合成氣生產井 1044 將二氧化碳再注入到地層 1020 的一部分中以生產一氧化碳。



1020：含烴地層；1022、1024：加熱井及電加熱器；1026：熱解流體；1028：氣體分離單元

圖 2-3-25、US6581684B2 專利熱解流體二氧化碳處理流程圖

4. 激勵採集：US4787452A (315 次)¹⁷¹

¹⁷¹ 發明名稱：Disposal of produced formation fines during oil recovery

一種處理從地層生產含烴流體期間回收的細粉的方法，包括將細粉製備成含水鹽漿，通過至少一個井眼以足以封閉地層孔隙而不壓裂地層的速率注入地層中，可有效提升於二氧化碳驅油製程中的注入介質波及效率。

5. 地質封存：US6732796B2 (302 次)¹⁷²

一種在含烴地層中隔離二氧化碳的方法，通過加熱地層的一部分以增加滲透性並在該部分內形成均勻的滲透性，使該部分冷卻，並將二氧化碳儲存在該部分內。

公開號：5.US5937652A；申請日：1987-06-08；公開日：1988-11-29；

優化專利權人：美商艾克森美孚集團(EXXONMOBIL CORP)；DWPI 專利家族：AT198801492A、CA1277590C；法律狀態：失效。

¹⁷² 發明名稱：In situ production of synthesis gas from a hydrocarbon containing formation, the synthesis gas having a selected H₂ to CO ratio

公開號：US20020170708A1；申請日：2001-04-24；公開日：2004-05-11；

優化專利權人：法茲·T·阿卜杜勒馬萊克(ABDELMALEK FAWZY T)；DWPI 專利家族：US20020170708A1；法律狀態：失效，IUPAC 同族專利有效。

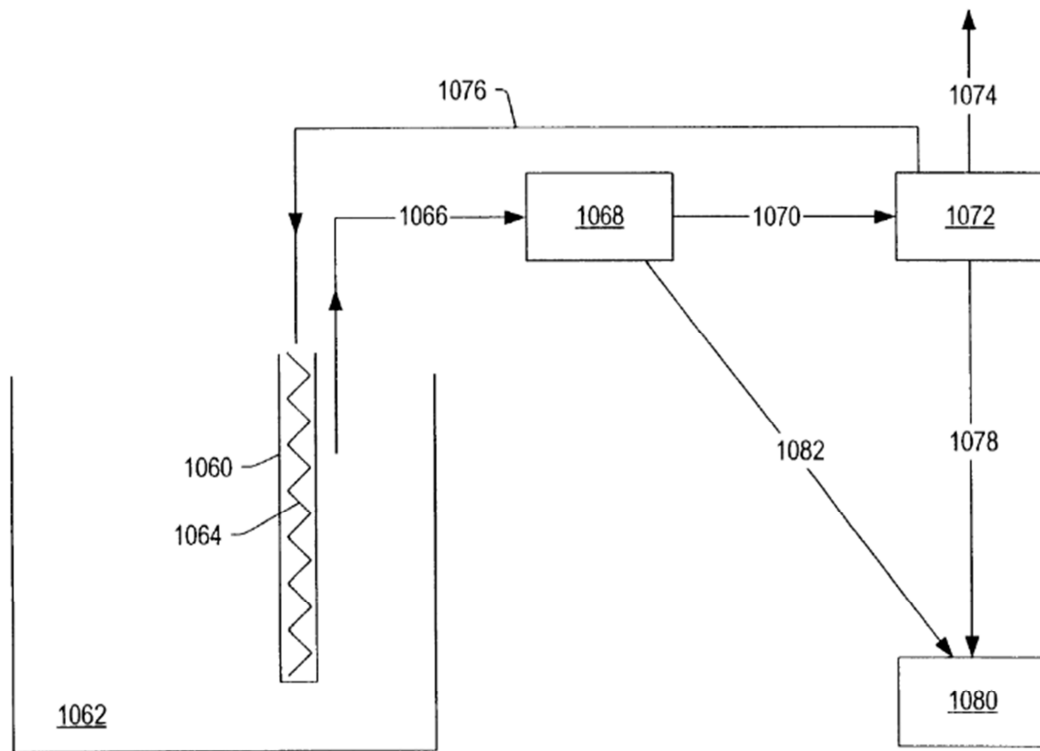


FIG. 37

1062：含煙地層；1060、1024：加熱井及電加熱器；1066：熱解流體；1068：蒸氣重整器；1070：合成氣；1072：燃料電池；1074、1076：電力；1078、1082：二氧化碳；1080：封存區

圖 2-3-26、US6732796B2 專利熱解流體產生二氧化碳處理流程圖

六、小結

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 2000 至 2010 年的顯著增加、

2011 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。而觀察碳封存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，而自此之後申請案年逐年下降；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。

碳封存技術的國際專利分類號(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。

將碳封存專利以二階技術細分，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，而碳封存相關技術中，則以激勵採集(43.5%)及礦化封存(22.8%)最多，就各國的碳封存相關技術方向分析，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：(i)各國專利申請人以在其國內申請為主。(ii)五大專利局(IP5)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；(iii)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，具有很大的發展進步空間。

參、高排碳產業相關案例

為了協助產業實踐「淨零排放」目標，本章將前述經由整理、篩選分析後的碳捕捉相關技術的專利，依照下敘方式篩選出高排碳產業相關案例，提供相關產業參考。

1、參考 2019、2022 年我國碳排放量前十大公司¹⁷³以及歐洲碳邊

境調整機制計畫¹⁷⁴，選出排放量較多之產業：石化、水泥、電力、冶金(鋼鐵、煉鋁)四個產業；

2、將本報告中相關專利案(碳捕捉、碳再利用及碳封存)搭配上

述四個產業之相關關鍵字、國際分類號(IPC 予以交集篩選；

3、專利被他人引用之被引用總數量愈高，表示該專利技術品質

佳，可做為參考的價值越高，因此經由人工判讀後分別選

出所有年間¹⁷⁵以及近十年間¹⁷⁶被引用次數較(最)多且與上述

產業關聯性較大之專利案，並進行專利技術、專利家族與

專利引證分析；

¹⁷³ 碳關稅將上路 台灣 15 大排碳大戶，如何把危機變商機

<https://www.cw.com.tw/article/5114658>

¹⁷⁴ 歐洲議會最新草案／一次看懂 CBAM 碳關稅、ETS 碳排交易重點

<https://esg.gvm.com.tw/article/7796>

¹⁷⁵ 2021 年 12 月 31 日以前

¹⁷⁶ 2012 年 1 月 1 日之後，2021 年 12 月 31 日以前。

4、將選出之專利案分別與本報告中碳捕捉、碳再利用、碳封存所揭示之相關技術予以連結。

第一單元、碳捕捉相關案例

本部分為將碳捕捉的 18200 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，將被引用次數較(最)多且與上述產業關聯性較大之專利案，由所有年間及近十年間各挑選一件，總共挑選 8 案專利：JP 2011-225969A 、 US 2008/0127632A1 、 US 6352576B1 、 US 2004/0129181A1 、 WO 2015/086149A1 、 US 2013/0333391A 、 US 2013/0243676A1 、 EP2959966A1，上述 8 案專利將個別摘要整理如後面所附之專利基本資訊表中。

案例 1(JP 2011-225969A)為統計 2021 年 12 月 31 日以前之碳捕捉案例，並經由「鋼鐵產業」篩選後被引用數最多的專利案。案例 1 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 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分離技術。案例 1 的引用及被引用資料分別為 7 件次和 67 件次，因本案被引用次數大於引用案件數，故屬於源頭型專利，其中被引用專利的 26 件次為該專利申請人 JFE 鋼鐵公司，並且大部分引用的專利申請人為鋼鐵工業公司，例如日商新日鐵、日商新日鐵住友金屬株式會社、德商蒂森克虜伯公司、日商石川島播磨重工業等。

案例 2(US 2008/0127632A1)為統計 2021 年 12 月 31 日以前之碳捕捉案例，並經由「電力產業」篩選後被引用數最多的專利案。

案例 2 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、薄膜分離技術中的第 7)。

案例 2 所使用為膜分離技術，將氣體分離器配置成產生包含 CO₂ 的滲透物流的膜分離器。案例 2 的引用及被引用資料分別為 11 件次和 198 件次，因本案被引用次數大於引用案件數，故屬於源頭型專利，其中被引用專利的 34 件次是美商埃克森美孚上游資源公司、24 件次的美商維持公司(SUSTAINX INC)。

案例 3(US 6352576B1)為統計 2021 年 12 月 31 日以前之碳捕捉案例，並經由「石化產業」篩選後被引用數最多的專利案。案例 3 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 3 的引用及被引用資料分別為 20 件次和 141 件次，因本案被引用次數大於引用案件數，故屬於源頭型專利，其中被引用專利的 21 件次是美商維持公司(SUSTAINX INC)及美商卡萊拉公司(CALERA CORP)。

案例 4(US 2004/0129181A1)為統計 2021 年 12 月 31 日以前之碳捕捉案例，並經由「水泥產業」篩選後被引用數最多的專利案。案例 4 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 4 的引用及被引用資料分別為 51 件次和 70 件次，因本案被引用次數大於引用案件數，故屬於源頭型專利，其中被引用專利的 31 件次是哈里伯頓能源服務公司(HALLIBURTON ENERGY SERV INC)。

案例 5(WO 2015/086149A1)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」篩選後被引用數最多的專利案。案例 5 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。本案的引用及被引用資料分別為 5 件次和 13 件次，因本案被引用次數大於引用案件數，故屬於源頭型專利，其中被引用專利的 11 件次是該專利申請人德商蒂森克虜伯(THYSSENKRUPP)、2 件次為荷蘭應用科學研究組織。

案例 6(US 2013/0333391A1)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」篩選後被引用數最多的專利案。案例 6 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 的碳捕技術為使用變壓吸附 CO₂ 分離器(物理吸附)。本案的引用及被引用資料分別為 20 件次和 31 件次，因本案被引用次數大於引用案件數，故屬於源頭型專利，其中被引用專利的 16 件次是該專利申請人美商埃克森美孚資源與工程公司。

案例 7(US 2013/0243676A1)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」篩選後被引用數最多的專利案。且該案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 7 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。本案的引用及被引用資料分別為 2 件次和 49 件次，因本案被引用次數大於引用案件數，故屬於源頭型專利，其中被引用專利的 29 件次是德商巴斯夫公司。

案例 8(EP2959966A1)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」篩選後被引用數最多的專利案。案例 8 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、薄膜分離技術中的第 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。本案的引用及被引用資料分別為 6 件次和 11 件次，因本案被引用次數大於引用案件數，故屬於源頭型專利，其中被引用專利的 7 件次是該專利申請人美商奇異公司。

表 3-1-1、碳捕捉所有年間高排碳產業相關案

案例	1	2	3	4
案號	JP 2011-225969A	US 2008/0127632A1	US 6352576B1	US 2004/0129181A1
引用	7	11	20	51
被引用	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)
碳捕捉技術	低溫冷凝、化學吸收、物理吸附、膜分離	有機膜分離、無機膜分離	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 / 或一氧化碳，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 3-1-2、碳捕捉近十年高排碳產業相關案

案例	5	6	7	8
案號	WO 2015/086149A1	US2013/0333391A1	US2013/0243676A1	EP2959966A1
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
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的原料氣製造高純度的二氧化碳和氨氣，以合成尿素，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

碳捕捉 案例 1. JP 2011-225969A

專利基本資訊			
公開(告)號	JP 2011-225969A	申請人國別	日本
公開(告)日	2011/11/10	申請日/優先權日	2010/03/29
被引用數	67	引用數	7
專利名稱	高爐或煉鐵廠的操作方法/Method For Operating Blast Furnace Or Iron Mill		
申請人	日商 JFE 鋼鐵公司(JFE STEEL CORP)		
法律狀態(資訊)	有效(授權專利為 JP5640803B2)		
DWPI 專利家族 (18 件)	WO2011/108546A1, JP2011-202271A, JP2011-225968A, JP2011225969A, KR2012105562A, CN102782161A, EP2543743A1, VN32615A, IN201202124P2, KR1464056B1, JP05640786B2, JP05640803B2, JP2015025206A, JP05796672B2, JP05810537B2, EP2543743B1, IN291129B, VN10026865B		
內容概要	提供一種操作高爐的方法，該方法能夠通過有效利用產生的 CO ₂ 和/或 CO 來減少實際產生的 CO ₂ 量。方法包括分離和收集 CO ₂ 和/或 CO 的步驟(A)，從含有 CO ₂ 和/或 CO 的混合氣體中分離收集 CO ₂ 和/或 CO；步驟(B)，向步驟(A)中分離收集的 CO ₂ 和/或 CO 中加入氫氣，將 CO ₂ 和/或 CO 轉化為 CH ₄ ；(C)從經過該步驟 B 的氣體中分離除去 H ₂ O；工序(D)，將通過工序(C)的氣體吹入高爐。從混合氣體中分離回收 CO ₂ 和/或 CO，轉化(重整)為 CH ₄ ，將 CH ₄ 吹入高爐，CH ₄ 作為熱源和還原劑發揮作用。其能夠以低成本運轉有效利用 CO ₂ 和/或 CO 的高爐，並能夠減少 CO ₂ 的生成量。		
代表圖			

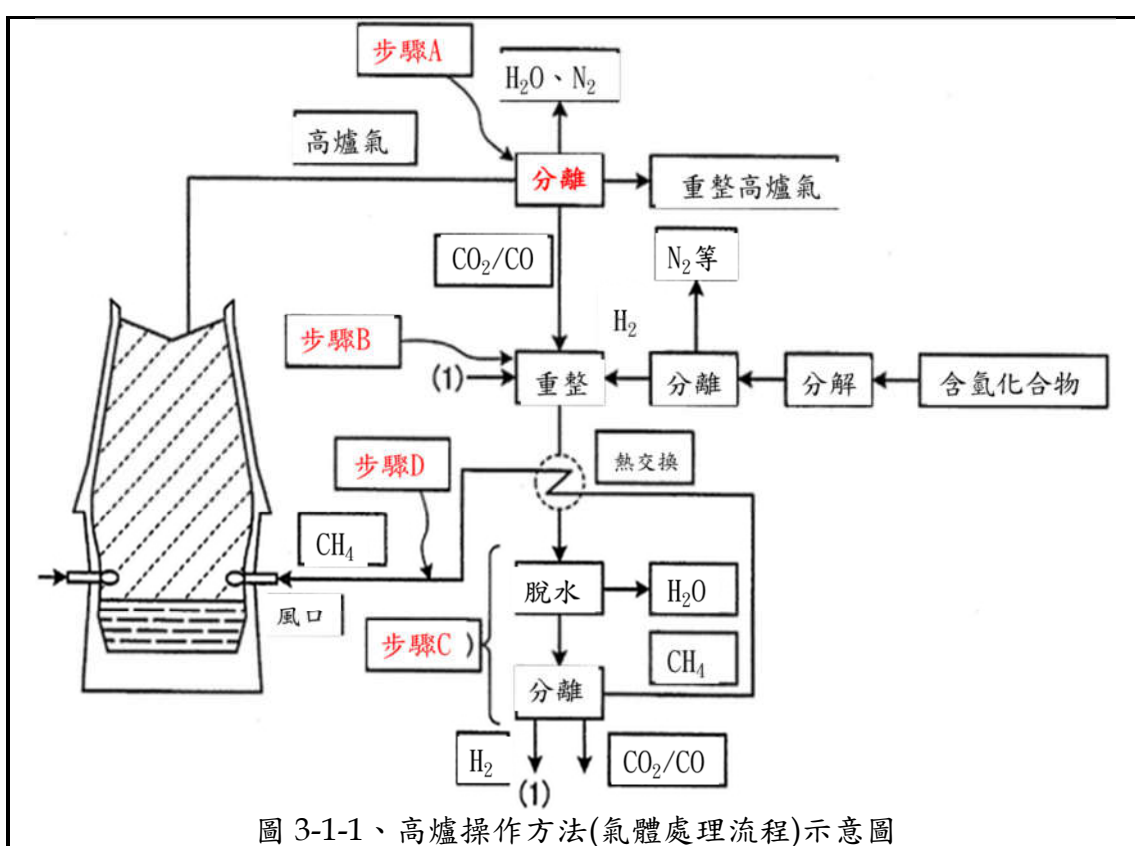
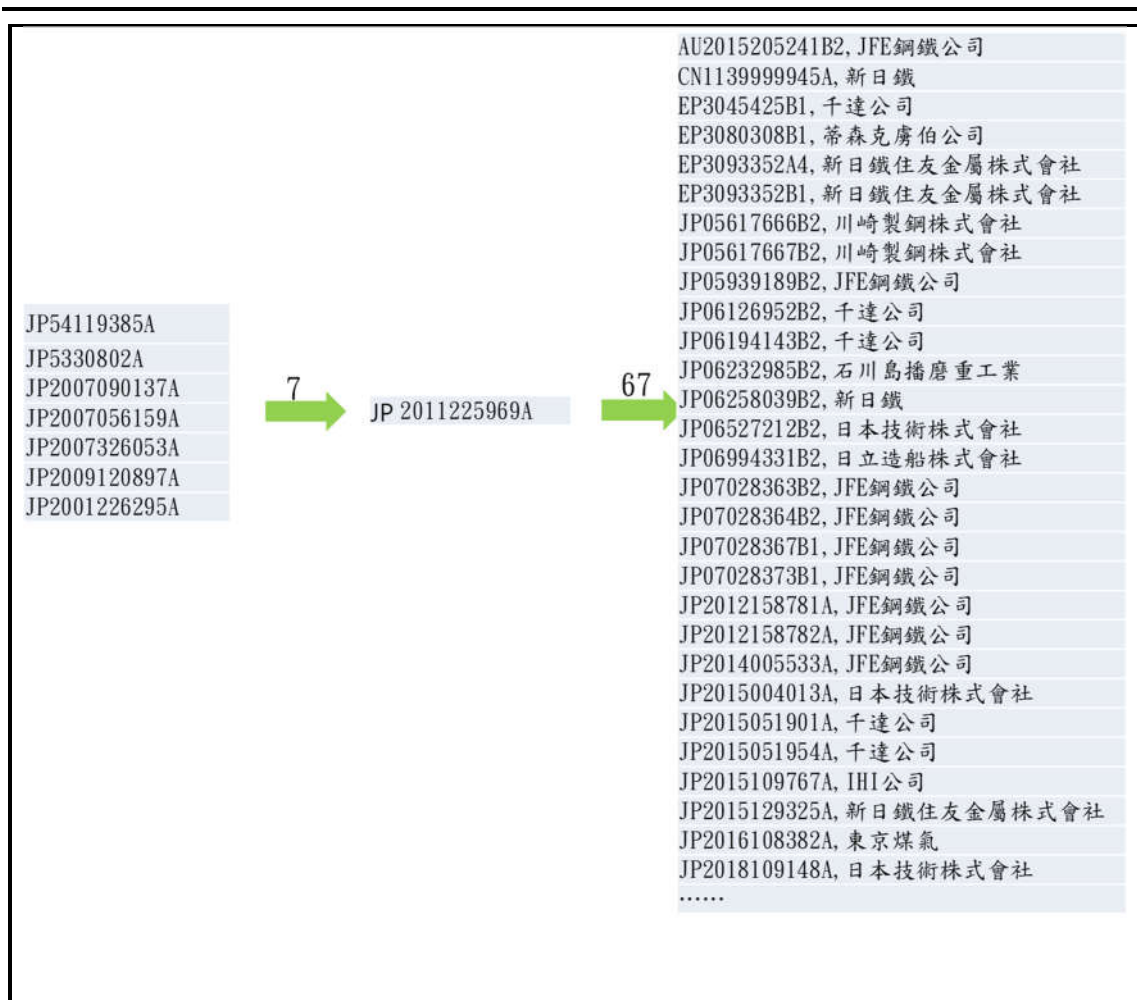


圖 3-1-1、高爐操作方法(氣體處理流程)示意圖

目的	提供一種操作高爐或煉鐵廠的方法，操作高爐的方法能夠有效利用了二氧化碳和/或一氧化碳，以減少產生二氧化碳
技術特徵	一種煉鋼高爐操作方法，可有效利用了二氧化碳和/或一氧化碳，以減少產生二氧化碳，其操作方法包括以下步驟：(A)從包含 CO_2 和/或 CO 的混合氣體中分離回收 CO_2 和/或 CO；(B)向由該分離回收的 CO_2 和/或 CO 中添加氫，將 CO_2 和/或 CO 轉換為 CH_4；(C)從經過該步驟 B 的氣體中分離除去 H_2O； 及(D)將經過該步驟 C 的氣體吹入高爐內。 該分離回收的 CO_2 和/或 CO 之技術可為：<u>通過加壓或冷卻使 CO_2 液化或固化的方法；使 CO_2 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方法；使 CO_2 吸附於活性炭或沸石等後，通過加熱或減壓分離回收的方法；通過 CO_2 分離膜分離回收的方法、……等。</u>
專利技術引用/被引用示意圖	



碳捕捉 案例 2. US 2008/0127632A1

專利基本資訊			
公開(告)號	US2008/0127632A1	申請人國別	美國
公開(告)日	2008/06/05	申請日/優先權日	2006/11/30
被引用數	198	引用數	11
專利名稱	二氧化碳捕捉系統和方法/ Carbon Dioxide Capture Systems And Methods		
申請人	美商奇異公司(GENERAL ELECTRIC COMPANY)		
法律狀態(資訊)	失效(Status Abandoned) 2012/03/26 申請中止被放棄－逾期末申復		
DWPI 專利家族 (1 件)	US20080127632A1		
內容概要	二氧化碳分離系統包括用於接收包含 CO ₂ 的廢氣並產生壓縮廢氣的壓縮機和構造成接收壓縮廢氣並產生貧 CO ₂ 流的分離器。分離器包括用於接收壓縮廢氣的第一流動路徑、用於引導吹掃流體通過其中的第二流動路徑、以及用於分離第一和第二流動路徑並用於促進二氧化碳在其間傳輸的具有二氧化碳選擇性滲透性的材料。該系統還包括連接到壓縮機的膨脹機，用於接收和膨脹貧 CO ₂ 流以產生動力和膨脹的貧 CO ₂ 流。		
代表圖			
圖 3-1-2、包括壓縮機的二氧化碳分離系統			
目的	用於從發電廠燃燒廢氣中分離二氧化碳的二氧化碳分離系統，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。		

技術特徵	一種二氧化碳分離系統，包括： 壓縮機，用於接收包含 CO₂ 的廢氣並產生壓縮廢氣； 分離器，其構造成接收所述壓縮廢氣並產生貧 CO₂ 流， 所述分離器包括； 用於接收所述壓縮廢氣的第一流動路徑； 用於引導吹掃流體通過的第二流動路徑；和 具有二氧化碳選擇性滲透性的材料，用於分隔所述第一和所述第二流動路徑並促進其間的二氧化碳傳輸；和 連接到所述壓縮機的膨脹機，用於接收和膨脹所述貧 CO₂ 流以產生動力和膨脹的貧 CO₂ 流。<u>其中所述分離器是配置成產生包含 CO₂ 的滲透物流的膜分離器</u>
專利技術引用/被引用示意圖	
US2245210A US6293086B1 US5724805A US6228145B1 US20080276803A1 US5730088A US6793711B1 US5281254A US4834779A US20060016750A1 US5096584A	11 → US20080127632A1 → 198 CN102597672A, 阿爾斯通科技有限公司 CN102597672B, 阿爾斯通科技有限公司 CN102762276A, 液化空氣集團 CN102762276B, 液化空氣集團 CN102959203A, 埃克森美孚上游資源公司 CN102959203B, 埃克森美孚上游研究公司 CN103030142A, 通用電氣 EA29336B1, 埃克森美孚上游資源公司 EP2196252A1, 通用電氣 EP2210656A1, 通用電氣 EP2512622B1, 液化空氣集團 EP2588728B1, 埃克森美孚上游資源公司 US10012151B2, 埃克森美孚上游資源公司 US10137409B2, 九州大學 US10138815B2, 埃克森美孚上游資源公司 US10145269B2, 埃克森美孚上游資源公司 US10161312B2, 埃克森美孚上游資源公司 US10174682B2, 埃克森美孚上游資源公司 US10186724B2, 俄亥俄州創新基金會 US10208677B2, 埃克森美孚上游資源公司 US10215412B2, 埃克森美孚上游資源公司 US10221762B2, 埃克森美孚上游資源公司 US10227920B2, 埃克森美孚上游資源公司 US10245551B2, 膜技術與研究公司

碳捕捉 案例 3. US 6352576B1

專利基本資訊			
公開(告)號	US6352576B1	申請人國別	美國
公開(告)日	2002/03/05	申請日/優先權日	2000/03/30
被引用數	141	引用數	20
專利名稱	使用 CO ₂ 水合物促進劑從多組分氣流中選擇性分離 CO ₂ 的方法/Methods of selectively separating CO ₂ from a multicomponent gaseous stream using CO ₂ hydrate promoters		
申請人	洛斯阿拉莫斯國家安全有限責任公司(LOS ALAMOS NATIONAL SECURITY LLC)		
法律狀態(資訊)	失效 2000-07-24 加州大學轉讓與加州大學的董事會 2002-05-08 加州大學轉讓與給美國能源部 2006-05-18 轉讓與給洛斯阿拉莫斯國家安全有限責任公司 2010-03-05 未能支付維護費而失效		
DWPI 專利家族 (5 件)	WO2001074472A1, US6352576B1, EP1283740A1, JP2003528721A, EP1283740A4		
內容概要	一種用於從多組分氣流中選擇性去除 CO ₂ ，以提供相對於未處理的多組分氣流 CO ₂ 濃度至少降低例如 30%至 90%的貧 CO ₂ 氣流的方法。在實施方法中，在選擇性 CO ₂ 籠形水合物形成的條件下使多組分氣流與含水流體例如 CO ₂ 成核水接觸以產生 CO ₂ 籠形水合物漿液和貧 CO ₂ 氣流。本發明使用 CO ₂ 水合物促進劑，其中 CO ₂ 水合物促進劑包含在多組分氣流和/或含水流體中，CO ₂ 水合物促進劑用於降低形成水合物所需的最小 CO ₂ 分壓。可用於需要從多組分氣流中選擇性去除 CO ₂ 的各種應用。		
代表圖			
無。			
目的	提供了一種使用 CO ₂ 水合物促進劑(CO ₂ hydrate promoters)從多組分氣流中選擇性去除 CO ₂ 的方法，其中 <u>CO₂ 水合物促進劑</u> 可以存在於多組分氣流中和/或 CO ₂ 成核或非成核水(水合物前體溶液)中，其中通常希望從氣流中選擇性地除去一種或多種組分氣體。包括於 <u>發電、化學合成、天然氣提質加工(upgrading)</u> 和將甲烷水合物轉化氫氣和有關 CO ₂ 的各種工業應用中。		
技術特徵	一種從多組分氣流中除去 CO ₂ 以產生貧 CO ₂ 氣流的方法，所述方法包括： (a)提供多組分氣流；		

	(b)在足以產生 CO ₂ 水合物的條件下使所述多組分氣流與含水流體接觸，由此通過所述含水流體從所述氣流中除去 CO ₂ 並在所述接觸時同時固定為 CO ₂ 籠形水合物以產生貧 CO ₂ 氣流和 CO ₂ 籠形水合物漿液；和(c)從所述 CO ₂ 籠形水合物漿液中分離所述貧 CO ₂ 氣流，所述方法還包括通過在所述多組分氣流和所述含水流體中的至少一種中提供足夠量的 CO ₂ 水合物促進劑來降低水合物形成的 CO ₂ 分壓需求，由此從多組分氣流中除去 CO ₂ 。
專利技術引用/被引用示意圖	
US6352576B1 US5600044A US6028234A US5364611A US5397553A US3150942A US5700311A US5277038A US3359744A US3479298A US3838553A US4235607A US4861351A US4821794A US5159971A US5536893A US5958844A US5434330A US5562891A JP3164419A JP31064419A	20 → US6352576B1 → 141 CN100493672C, 廣州市能源轉換研究所 CN103304479A, 常州大學 CN103304479B, 常州大學 EP1924667A2, 埃克森美孚資源與工程公司 EP1924667A4, 埃克森美孚資源與工程公司 EP2189416A1, 法國石油研究所 FR2938522A1, 法國石油研究所 GB2460910A, 卡萊拉公司 GB2460910B, 卡萊拉公司 US10183865B2, 廣州研究所能源轉換CAS US11439858B1, 伯恩特·迪特·R。 US20060185560A1, 威斯康星州電力 US20090114096A1, 友星有限公司 US20100158793A1, 法國石油研究所 US20110036728A1, 卡萊拉公司 US20110123432A1, 馬拉松石油公司 US20130337378A1, 信越化學株式會社 US6602326B2, 韓國高等研究院 US6946017B2, 氣體技術研究所 US7390444B2, 威斯康星州電力 US7744761B2, 卡萊拉公司 US7749476B2, 卡萊拉公司 US7753618B2, 卡萊拉公司 US7754169B2, 卡萊拉公司 US7771684B2, 卡萊拉公司 US7790012B2, 卡萊拉公司 US7802426B2, 維持公司 US7815880B2, 卡萊拉公司

碳捕捉 案例 4. US 2004/0129181A1

專利基本資訊			
公開(告)號	US2004/0129181A1	申請人國別	加拿大
公開(告)日	2004/07/08	申請日/優先權日	2001/04/13
被引用數	70	引用數	51

專利名稱	生產波特蘭水泥(Portland Cement)熟料的技術和設備 /Process and a plant for the production of portland cement clinker
申請人	二氧化碳解決方案公司(CO ₂ SOLUTIONS INC)
法律狀態(資訊)	失效(本案核准專利 US6908507B2，因未支付維護費而到期) 2012-05-17 申請人讓與給二氧化碳解決方案公司(CO ₂ SOLUTIONS INC)
DWPI 專利家族 (15 件)	US20040129181A1, AT368015T, CA2443222A1, CA2443222C, DE60221373D1, EP1377531A1, EP1377531B1, US6908507B2, WO2002083591A1
內容概要	一種生產水泥熟料的方法，包括以下步驟：a) 提供磨碎的鈣質材料和泥質材料的混合物；b) 將步驟 a) 的混合物加熱到足以鍛燒和熔融研磨材料以形成水泥熟料的溫度，從而產生含有 CO ₂ 的廢氣；c) 催化廢氣中所含的至少一部分 CO ₂ 的水合物，其為含有碳酸氫根離子和氫離子的溶液；d) 向步驟 c) 得到的溶液中加入金屬離子，調節溶液的 pH 值，使碳酸鹽或所述金屬沉澱。優選地，金屬離子選自 CaCl ₂ 、水泥窯粉塵和海鹽的材料，以溶解獲得的 Ca ⁺⁺ ，並且碳酸鹽是 CaCO ₃ ，其有利地通過將 CaCO ₃ 再循環的添加到步驟 a) 過程中。此方法技術可用於水泥廠。
代表圖	
圖 3-1-3、生產水泥熟料的示意流程圖	
目的	通過簡單地催化 CO ₂ 水合成碳酸氫根離子和氫離子的溶液，而可大幅減少或消除排放來自水泥熟料所生產的二氧化碳。其中碳酸氫根離子與金屬離子反應以沉澱出對環境無害的碳

	酸金屬，其中水合優選在能夠催化溶解的 CO ₂ 水合成氫離子和碳酸氫根離子的酶存在下進行。酶優選是碳酸酐酶或其類似物
技術特徵	一種生產水泥熟料的方法，包括以下步驟：a)提供磨碎的石灰質材料和磨碎的泥質材料的混合物；b) 將步驟 a)的混合物加熱到足以煅燒和熔融研磨材料以形成水泥熟料的溫度，從而產生含有 CO ₂ 的廢氣；c)催化廢氣中所含的至少一部分 CO ₂ 的水合併產生含有碳酸氫根離子和氫離子的溶液；d)向步驟 c)得到的溶液中加入金屬離子，調節溶液的 pH 值，使所述金屬的碳酸鹽沉澱
專利技術引用/被引用示意圖	
US6524843B1 US6258335B1 US6248795B1 US6240859B1 US6187277B1 US6143556A US6117404A US6110370A US5888256A US5766339A US5744078A US5667561A US5614378A US5364611A US5304356A US5293751A US4761209A US4743545A US4602987A US3925534A US20040129181A1 EP991462A1 WO1999066260A1 WO1998055210A1 WO1995024959A1 WO1992000380A1 DE4032557A1 DE3729695A1 DE3218232A1 GB587101A	AU2007225296A1, 道格拉斯 AU2007225296B2, 探索技術公司 AU2012200916B2, 探索技術公司 EP1899043A4, GREENSOLS AUSTRALIA EP2001577A2, 康利道格拉斯 C EP2001577A4, 康利道格拉斯 C EP2001577B1, 探索技術公司 EP2438977A1, 康利道格拉斯 C EP2438977B1, 探索技術公司 EP2438977B8, 探索技術公司 EP2438978A1, 康利道格拉斯 C EP2438978B1, 探索技術公司 EP2468388A1, 康利道格拉斯 C EP2468388B1, 探索技術公司 EP2481472A1, COMIRE 道格拉斯 C EP2481472B1, 探索技術公司 EP2558806B1, 蒂森克虜伯工業解決方案公司 FR2951716A1, 拉法基公司 US20110044880A1, 三菱材料株式會社 US7341105B2, HOLCIM美國公司 US7596952B2, 二氧化碳解決方案公司 US7743828B2, 哈里伯頓能源服務公司 US7789150B2, 哈里伯頓能源服務公司 US7906086B2, 康利道格拉斯 C US7927419B2, 哈里伯頓能源服務公司 US7993616B2, 探索技術公司 US8030253B2, 哈里伯頓能源服務公司 US8609595B2, 哈里伯頓能源服務公司 US8617506B2, 三菱材料株式會社 US8895485B2, 哈里伯頓能源服務公司

碳捕捉 案例 5. WO 2015/086149A1

專利基本資訊			
公開(告)號	WO2015/086149A1	申請人國別	歐洲(德國)
公開(告)日	2015/06/18	申請日/優先權日	2013/12/12
被引用數	13	引用數	5
專利名稱	製造用於尿素合成的氨氣和二氧化碳的方法/Method For Preparation Of Ammonia Gas And Co ₂ For A Urea Synthesis Process		
申請人	德商蒂森克虜伯工業解決方案公司(THYSSEN KRUPP INDUSTRIAL SOLUTIONS)		
法律狀態(資訊)	本案為 WO 申請案，DWPI 同族專利有效		
	AU2014361204B2	有效	
	CA2930263C	有效	
	CN106029570B	有效	
	DE102013113980A1	有效	
	KR102258543B1	有效	
	MX381689B	有效	
	RU2683744C1	有效	
	US10519102B2	有效	
	IN361270B	有效	
DWPI 專利家族 (22 件)	CA2930263A1, DE102013113980A1, WO2015/086149A1, AU2014361204A1, KR2016097312A, IN201637016416A, CN106029570A, US20160318855A1, MX2016006799A, EP3129324A1, US2017/0210703A1, BR112016012533A2, RU2016127978A, AU2014361204B2, CN106029570B, RU2683744C1, CA2930263C, US10519102B2, EP3129324B1, IN361270B, MX381689B, KR2258543B1		
內容概要	涉及一種製造用於尿素合成的氨氣和 CO ₂ 的方法。由冶金氣(1)產生工藝氣(2)，該冶金氣含有至少作為混合組分的高爐煤氣或者由高爐煤氣組成，而該工藝氣含有作為主要成分的氮氣、氫氣和二氧化碳。工藝氣(2)分成含有 CO ₂ 部分的廢氣(6)和基本上由 N ₂ 和 H ₂ 組成的混合氣(5)。由該混合氣(5)通過氨合成(7)形成適於尿素合成(9)的氨氣(8)。從含有 CO ₂ 的廢氣(6)中分出 CO ₂ 的純度和量，以適於尿素(9)的合成。		
代表圖			

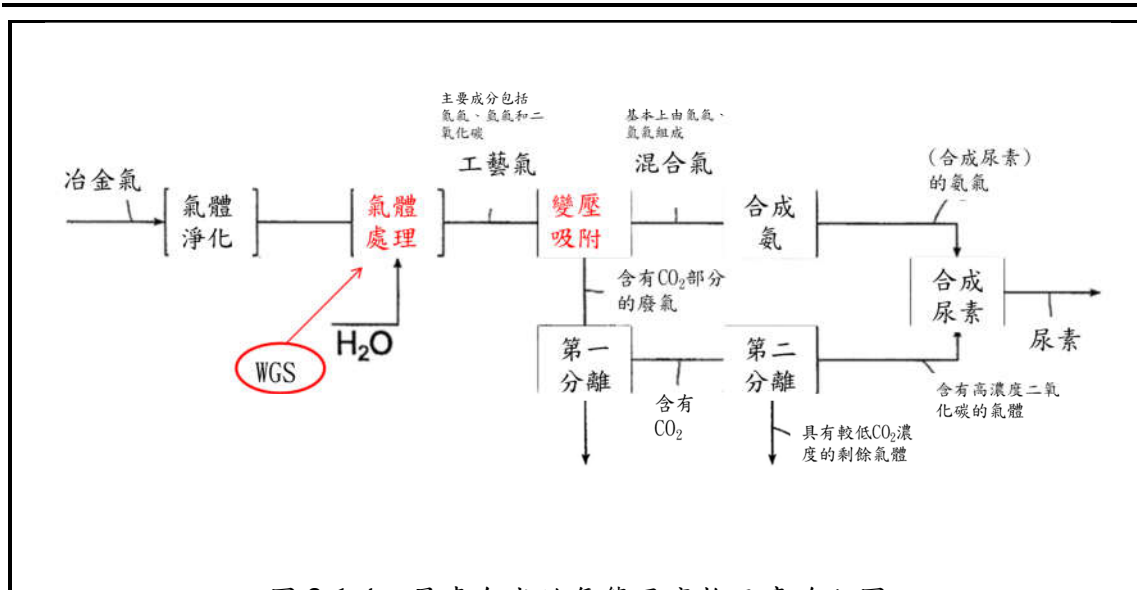


圖 3-1-4、尿素合成的氣態反應物示意流程圖

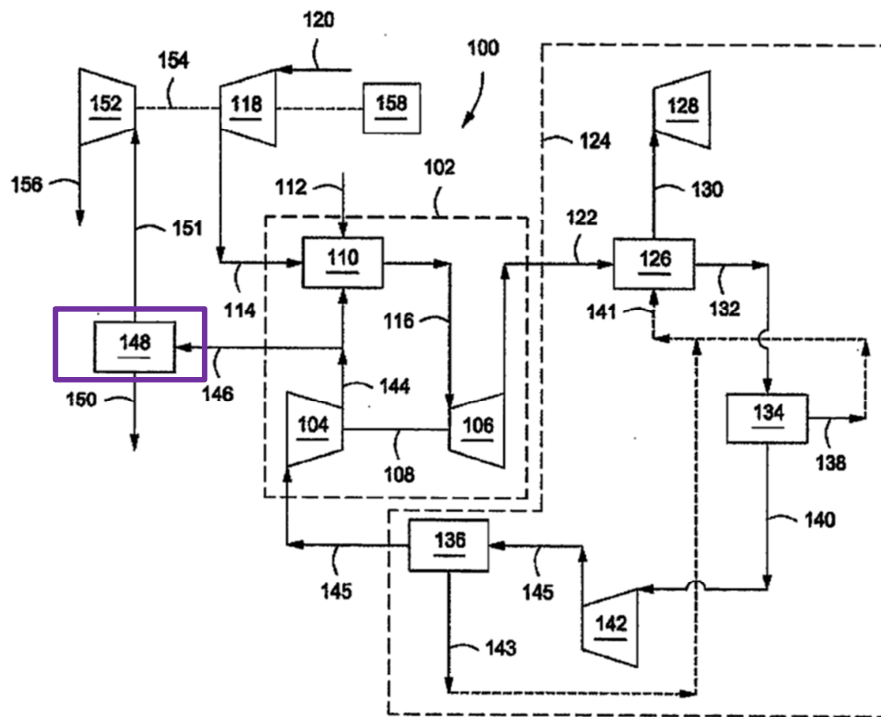
目的	該方法能夠使用工業過程中做為副產物的原料氣製造高純度的二氧化碳和氨氣，以合成尿素。
技術特徵	一種製造用於尿素合成的氨氣和 CO ₂ 的方法，其由冶金氣(含有至少作為混合組分的高爐煤氣或者由高爐煤氣組成)產生工藝氣(主要成分包括氮氣、氫氣和二氧化碳)，該方法係將所述工藝氣分成含有 CO ₂ 部分的廢氣和基本上由 N ₂ 和 H ₂ 組成的混合氣，其中由所述混合氣通過氨合形成適於尿素合成的氨氣，而且其中從含有 CO ₂ 的所述廢氣中分出適於所述尿素合成的 CO ₂ 。 <u>冶金氣的 CO 部分通過水煤氣變換(Wasser-Gas-Shift-Reaktion, WGS)反應；並且 CO₂ 分離步驟為使用變壓吸附(PSA)分離技術。</u>

專利技術引用/被引用示意圖

DE3335087A1 CN102101644A EP1031534A1 JP2002161303A US5523483A	5 → WO2015086149A1 → 13	CN108698985A, 蒂森克虜伯工業解決方案公司 CN108698985B, 蒂森克虜伯工業解決方案公司 EA36546B1, 蒂森克虜伯工業解決方案公司 EP3390354B1, 蒂森克虜伯工業解決方案公司 EP3604210A1, 荷蘭應用科學研究組織TNO US10351518B2, 蒂森克虜伯公司 US10604816B2, 蒂森克虜伯公司 US10697030B2, 蒂森克虜伯公司 US10697031B2, 蒂森克虜伯公司 US10697032B2, 蒂森克虜伯公司 US10781498B2, 蒂森克虜伯公司 WO2017102546A1, 蒂森克虜伯工業解決方案公司 WO2020025815A1, 荷蘭應用科學研究組織TNO
---	-------------------------	--

碳捕捉 案例 6. US 2013/0333391A1

專利基本資訊			
公開(告)號	US2013/0333391A1	申請人國別	美國
公開(告)日	2013/12/19	申請日/優先權日	2012/06/14
被引用數	31	引用數	20
專利名稱	用於 CO ₂ 捕捉／利用和 N ₂ 製造之變壓吸附與發電廠的整合 /Integration Of Pressure Swing Adsorption With A Power Plant For CO ₂ Capture/Utilization And N ₂ Production		
申請人	美商艾克森美孚公司(EXXONMOBIL CORP)		
法律狀態(資訊)	有效 (授權專利為 US9476356B2) 本國對應案(TWI630021)，於 110/07/21 未依限繳費消滅		
DWPI 專利家族 (35 件)	CA2876195A1, CA3038102A1, US2013/0333391A1, WO2013/188641A2, TW201412377A, WO2013/188641A3, WO2013188641A4, SG11201406915A1, MX2014013445A, AU2013274159A1, CN104364000A, KR2015020693A, ID201501149A, AR92329A1, EP2861325A2, VN42786A, JP2015522744A, AU2013274159B2, AU2016203120A1, RU2014152460A, US9476356B2, CN104364000B, SG11201406915B, BR112014027322A2, AU2016203120B2, JP06209212B2, MX351541B, RU2658406C2, TWI630021B, EP2861325B1, GC9491A, ES2714675T3, CA2876195C, KR2020/043524A, MY181981A		
內容概要	提供混合循環的發電且在發電期間降低或削減排放的系統及方法。使用變換吸附方法可將來自發電燃燒反應之循環的排氣分離，以產生高純度的 CO ₂ 流，且降低/最小化分離所需的能量且不需降低該排氣的溫度。此可增進能量回收，也產生高純度的二氧化碳及氮流。		
代表圖			



元件符號表

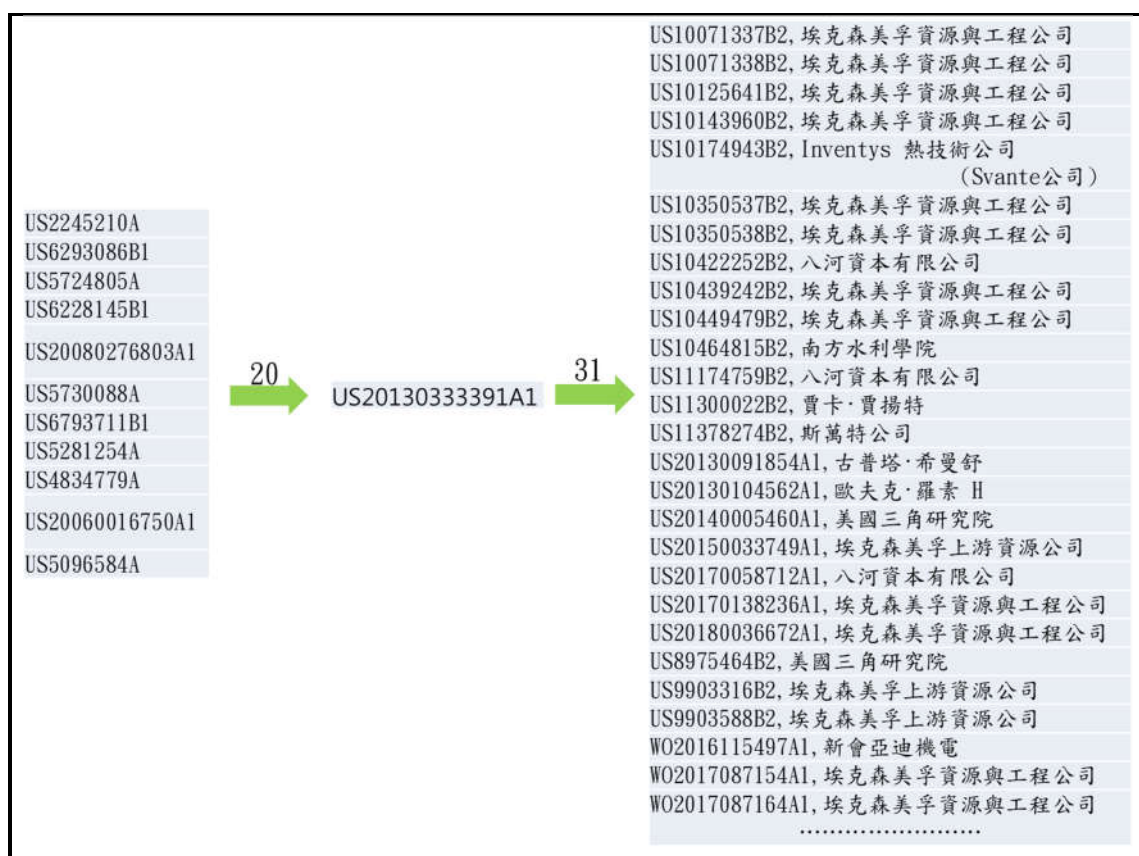
100	使用混合的循環配置的發電和 CO ₂ 回收之整合系統	134	第一冷卻單元
102	氣體渦輪系統	136	第二冷卻單元
104	主要壓縮機	138	水漏失流
106	膨脹機	140	經冷卻的循環氣流
108	軸	141	管線
110	燃燒室	142	增壓壓縮機
112	管線	143	水漏失流
114	管線	144	管線
116	管線	145	管線
118	入口壓縮機	146	吹掃流
120	管線	148	CO ₂ 分離器(變壓吸附)
122	管線	150	管線
124	排氣循環系統	151	殘餘流
126	熱回收蒸汽發電機	152	膨脹機
128	蒸汽氣體渦輪	154	軸
130	管線	156	管線
132	管線	158	馬達

圖 3-1-5、碳系燃料的燃燒為基礎產生電力之混合的循環系統示意圖

目的

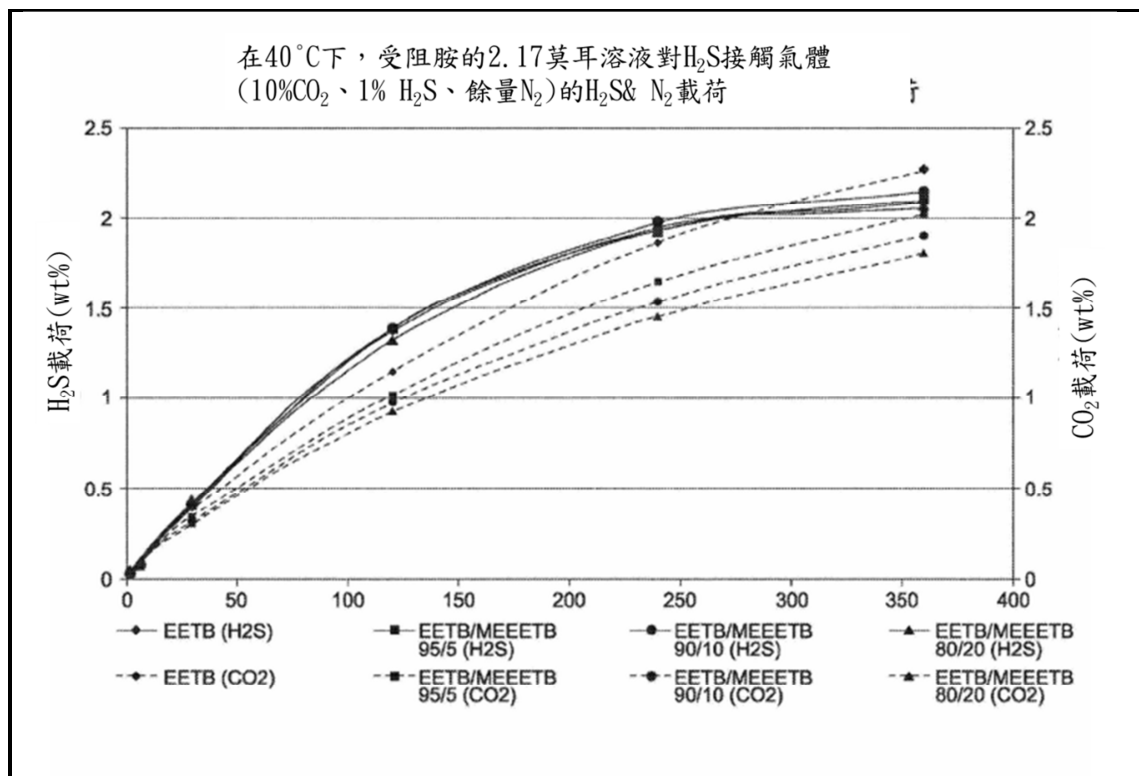
混合循環發電系統中，自氣體渦輪的燃燒反應的煙道氣用以驅動蒸汽渦輪，該煙道氣可再循環供用作為對氣體渦輪的一部分輸入，一部分該循環的排氣可有效地分離，以產生高純度的二氧化碳流，且降低及/或最小化分離所需的能量，並

	不需降低該煙道氣的溫度。此可使其他(例如剩餘的)部分循環的排氣(通常主要成份為氮)用以產生額外的電力，例如無需調整循環的排氣壓力及/或溫度，以適應二氧化碳分離方法所需的條件。因此，混合循環系統可實現改良的能量回收，也產生相當高純度的二氧化碳及氮流。
技術特徵	一種發電的方法，其包含：在主要壓縮機中將循環的排氣壓縮，以產生經壓縮的循環排氣，該經壓縮的循環排氣的循環溫度自約 400℃ 至約 500℃ 且循環壓力自約 10bara(約 1.0MPaa)至約 30bara(約 3.0MPaa)，該循環的排氣包含至少約 70% 的 N₂ 及至少約 10% 的 CO₂；在入口壓縮機中將富集的空氣壓縮，以產生經壓縮的氧化劑；將第一部分該經壓縮的循環排氣通過進入燃燒室；在燃燒室中且在該第一部分經壓縮的循環排氣存在下，化學計量地燃燒該經壓縮的氧化劑及燃料，藉以產生排放流，其中該第一部分經壓縮的循環排氣作為稀釋劑，其係配置以緩和該排放流的溫度；在膨脹機中將該排放流膨脹至至少部分地驅動該主要壓縮機及產生該循環的排氣；將第二部分該經壓縮的循環排氣通過進入包含吸附劑物質的變換吸附反應器中；<u>在吸附溫度與該循環溫度的差異低於約 20℃ 及吸附壓力與該循環壓力差異低於約 1bar(約 0.1MPa)之情況下，使 CO₂ 吸附在該吸附劑物質上</u>；自反應器的前端回收純度至少約 95% 的 N₂ 流，該回收的 N₂ 流之壓力與分離壓力的差異低於約 0.5bar(約 50kPa)；藉由自該反應器的至少一端輸出下吹流，降低該變換吸附反應器中的壓力至約 1.0bara(約 0.1MPaa)至約 4.0bara(約 0.4MPaa)的壓力；及以壓力自約 1.0bara(約 0.1MPaa)至約 4.0bara(約 0.4MPaa)的吹掃用蒸汽吹掃該變換吸附反應器，以產生 CO₂ 回收流，該 CO₂ 回收流包含該第二部分循環的排氣中所含有之 CO₂ 的至少約 90%，以該第二部分的循環排氣中每莫耳 CO₂ 計該吹掃用蒸汽含有低於 1.0 莫耳的 H₂O。
專利技術引用/被引用示意圖	



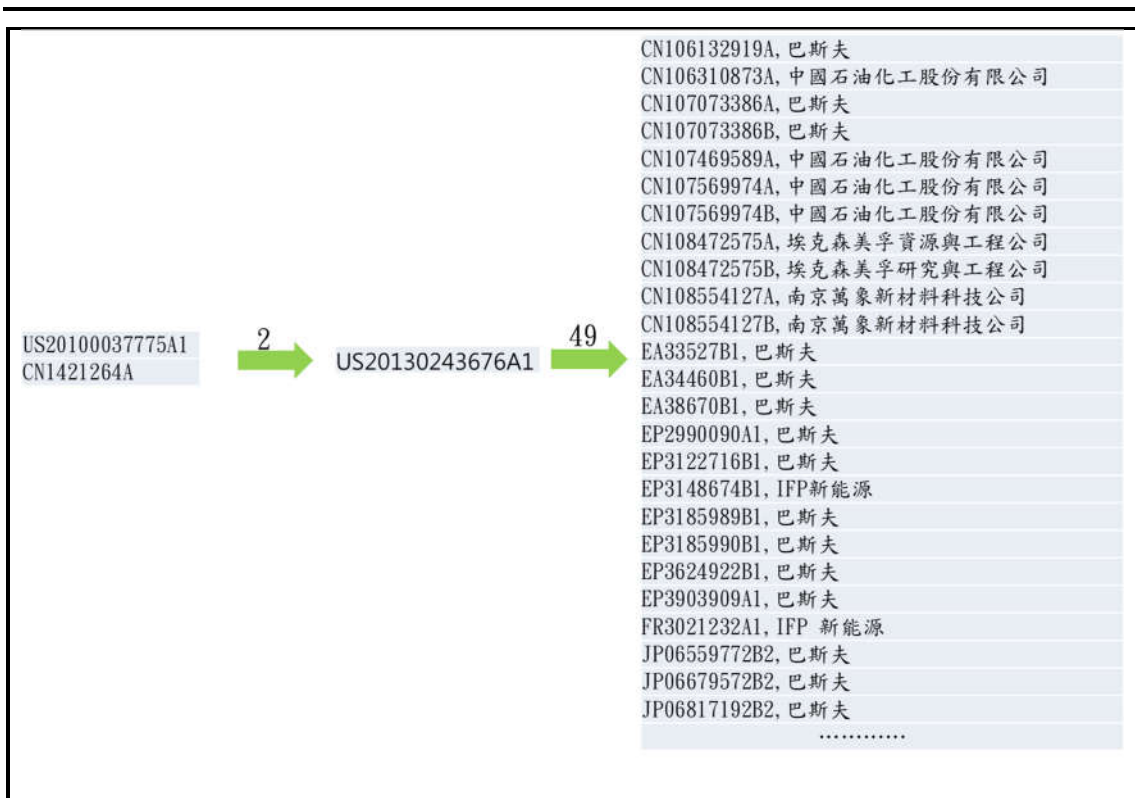
碳捕捉 案例 7. US 2013/0243676A1

專利基本資訊			
公開(告)號	US2013/0243676A1	申請人國別	美國
公開(告)日	2013/09/19	申請日/優先權日	2012/03/14
被引用數	49	引用數	2
專利名稱	使用胺和烷氧基胺的混合物分離酸性氣體的胺處理方法 /Amine Treating Process For Acid Gas Separation Using Blends Of Amines And Alkyloxyamines		
申請人	美商艾克森美孚公司(EXXONMOBIL CORP)		
法律狀態(資訊)	失效(2016/03/14 申請中止被放棄－未申覆)		
DWPI 專利家族 (15 件)	CA2867395A1, US2013/0243676A1, WO2013/138443A1, WO2013/138443A8, KR2014/135815A, VN40416A, CN104284706A, EP2825286A1,IN201407032P1, JP2015-515366A, RU2014139222A		
內容概要	一種從包含 H ₂ S 和 CO ₂ 的氣體混合物中吸收這兩種氣體的方法，包括使氣體混合物與如下組分的吸收劑組合接觸：(i) 包含嚴重位阻叔醚胺三甘醇或這類醇的衍生物的第一吸收劑組分，和 (ii) 用於酸性氣體的包含液體胺如 甲基二乙胺(MDEA)、單乙醇胺(MEA)、2-氨基-2-甲基-1-丙醇(AMP)、哌嗪(PZ)、二乙醇胺(DEA)、三乙醇胺(TEA)、二甘醇胺(氨基乙氧基乙醇，DGA)和二異丙胺(DIPA)、另一醚胺醇或二胺的第二吸收劑組分。通過使用胺吸收劑的組合，可保持 CO ₂ 吸收的總選擇性，同時保持良好的 H ₂ S 吸著選擇性；H ₂ S 和 CO ₂ 組合的選擇性可經吸收劑中的一系列氣體載荷控制。		
代表圖			

圖 3-1-6、顯示用不同的乙氧基胺混合物在不同時間的 H₂S 選擇性示意圖

目的	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，該方法為具有經濟且有效的化學吸收法，提高了硫化氫的選擇性，並替代了胺的損失。其可用於通過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
技術特徵	一種從包含 H ₂ S 和 CO ₂ 的氣體混合物中吸收這兩種氣體的方法，其包括使氣體混合物與(i)和(ii)的吸收劑組合接觸：(i)第一吸收劑組分，其包含嚴重位阻叔烷基醚胺三甘醇或這種醇的衍生物，(ii)用於酸性氣體的第二吸收劑組分，其包含胺吸收劑。

專利技術引用/被引用示意圖



碳捕捉 案例 8. EP2959966A1

專利基本資訊			
公開(告)號	EP2959966A1	申請人國別	美國
公開(告)日	2015/12/30	申請日/優先權日	2014/06/24
被引用數	11	引用數	6
專利名稱	用於鍛燒富二氧化碳吸附劑的鍛燒器和方法/A Calciner And A Method For Calcination Of A Carbon Dioxide Rich Sorbent		
申請人	美商奇異公司(GENERAL ELECTRIC TECHNOLOGY GMBH)		
法律狀態(資訊)	有效(授權專利為 EP2959966B1) 本案原專利權人為法商阿爾斯通。然而 2014 年奇異公司 (General Electric) 併購法商阿爾斯通能源事業		
DWPI 專利家族 (15 件)	US2015/0368157A1, EP2959966A1, AU2015203165A1, CA2894116A1, CN105318710A, US9573848B2, EP2959966B1		
內容概要	一種用於鍛燒富二氧化碳吸附劑(包含 CaCO ₃)的方法，包括在爐子(2)中燃燒燃料與氧化劑，將熱傳遞(HT)固體供應至爐子(2)中以及加熱它們，將 HT 固體顆粒從爐子(2)傳遞到具有可旋轉的容器(51)的反應器(3)，將富二氧化碳固體吸附劑(包含 CaCO ₃)供應至可旋轉的容器(51)，使可旋轉的容器(51)旋轉以便混合該固體顆粒和富二氧化碳固體吸附劑，以便將熱量從固體顆粒傳遞到富二氧化碳固體吸附劑，以及產生二氧化碳和貧二氧化碳固體吸附劑(主要是 CaO)，將二氧化碳和貧二氧化碳固體吸附劑從可旋轉的容器(51)排出，以及隨後從貧吸附劑中將 HT 固體分類出來。		
代表圖			

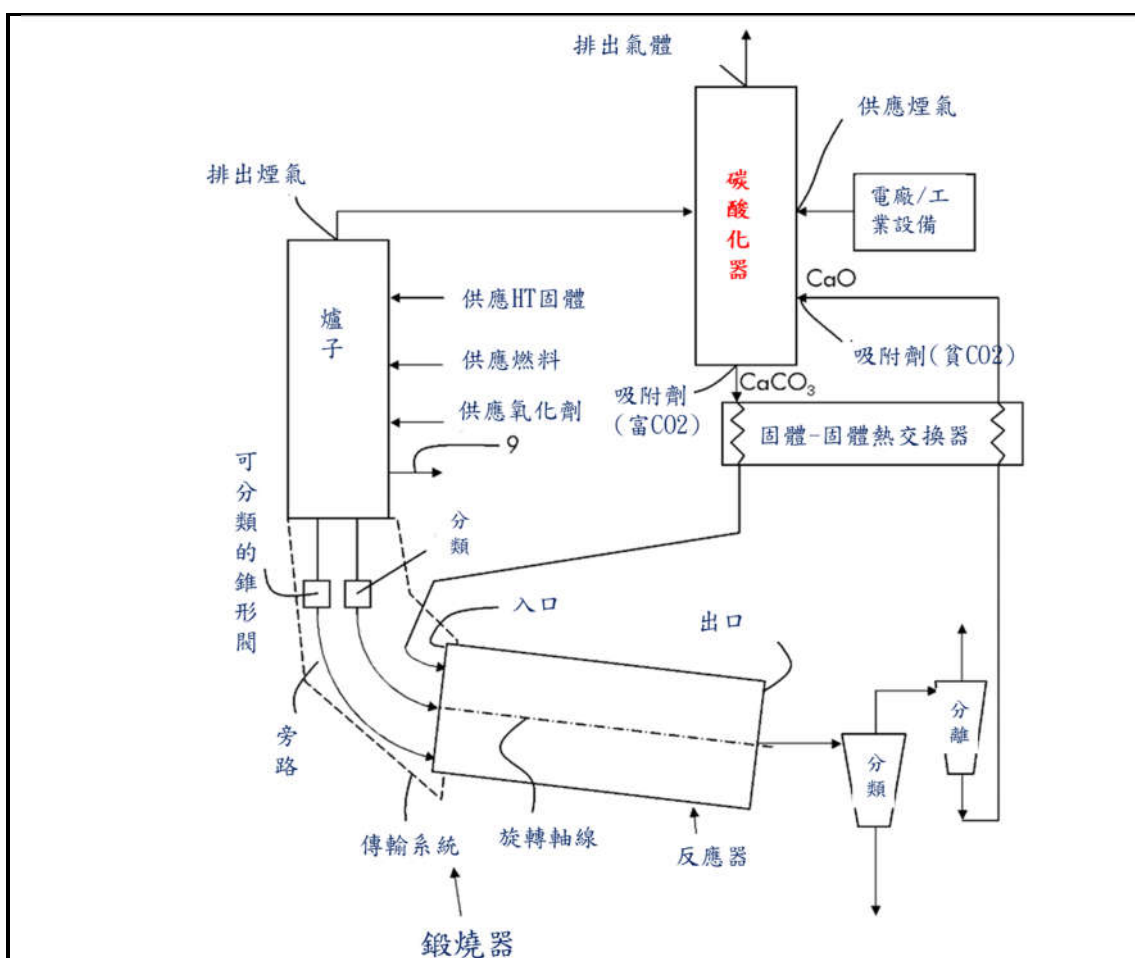
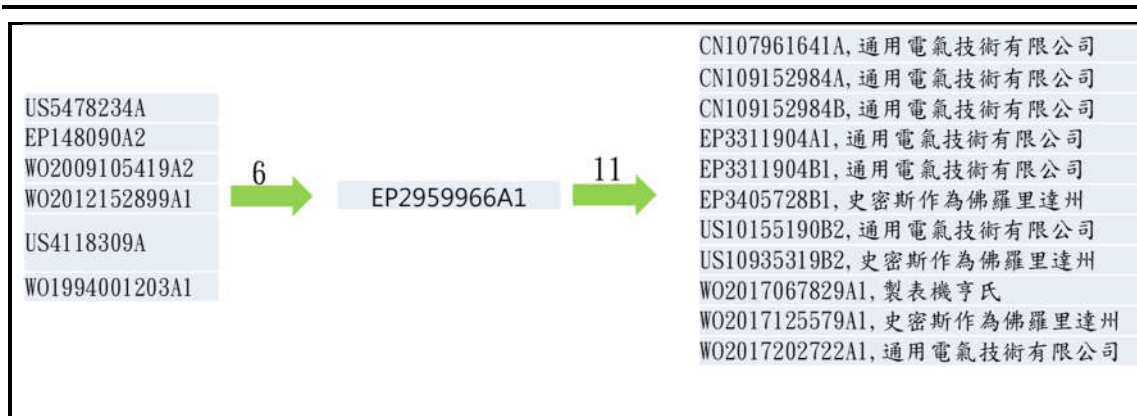


圖 3-1-7、鍛燒器的碳酸化器-鍛燒器系統示意圖

目的	提供一種鍛燒器和方法，其不需要或者僅需要少量的流化氣體，並且避免或者限制高操作壓力(或者高的壓差)，以實現較低的鍛燒溫度以及最優的熱傳遞驅動力。 <u>可用於水泥生產設備(用於生產煉磚)中，或用於由從其它工業或發電過程的煙氣捕集 CO₂ 所生產的富吸附劑鍛燒。</u>
技術特徵	一種鍛燒器(1)，包括:具有氧化劑供應(5)、燃料供應(6)、煙氣排出口(7)、HT 固體供應(8a, 8b)的爐子(2)，用於將 HT 固體從所述爐子(2)傳送到反應器(3)的傳送系統(50)，其特徵在於，所述反應器(3)包括具有至少入口(20)和至少出口(21)的可旋轉的容器(51)，入口(20)用於 HT 固體和/或富二氧化碳吸附劑(CaCO ₃)，出口(21)用於二氧化碳和/或貧二氧化碳固體吸附劑(CaO)和/或 HT 固體。
專利技術引用/被引用示意圖	



第二單元、碳再利用相關案例

對於碳再利用 4399 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 2009/0289227A1、US 5659977、US 6447437B1、US 2009/0202410A1、WO 2015/105911A1、WO 2014/001917A2、WO 2013/158158A1、US20170218404A1，個別專利摘要整理如後面所附之專利基本資訊表中。

US 2009/0289227A1 案申請人為(德商)西門子公司，引用及被引用資料分別為 14 件次和 79 件次，因本案被引用次數大於引用案件數，故屬於源頭型專利，其中被引用專利的 17 件次是(美商)麥卡利斯特技術有限責任公司的專利，7 件次是法國原子能和替代能源委員會，6 件次是(英商)熱氣動力有限公司，多為氫能相關之業者，屬再利用反應物綠氫之來源，而本專利主要技術與間接轉化-化學品中甲醇、甲烷、合成氣關係較密切。

US 5659977 案申請人為(美商)賽安諾科技公司，引用及被引用資料分別為 10 件次和 95 件次，因本案被引用次數大於引用案件數，故屬於源頭型專利，其中被引用專利的 6 件次是(美商)藻類系統有限責任公司(讓與給(日商) IHI 公司)，5 件次是(加拿大商)池塘科技

公司，5 件次是(美商)通用原子的專利，其中 IHI 公司在生物轉化中排行第 6，本專利主要技術與生物轉化中微藻關係較密切。

US 6447437B1 案為美國政府支持下完成，由能源部經費支援洛克希德馬丁能源研究公司，原始申請人為(美商)UT 巴特爾有限責任公司及(美商)洛克希德馬丁能源研究公司，於 2004 年讓與美國能源部，引用及被引用資料分別為 16 件次和 91 件次，因本案被引用次數大於引用案件數，故屬於源頭型專利，其中被引用專利的 15 件次是(美商)卡萊拉公司的專利，13 件次是(美國)羅格斯大學，12 件次是(美商)碳技術控股有限責任公司，多為 CCUS 領域相關之業者，其中卡萊拉公司所申請案件數在全部碳再利用中排名第 3，而在間接轉化-建材中更是排行第 1，可見其技術相關性高，而本專利主要技術與間接轉化-化學品、生物轉化中尿素、農林業、肥料關係較密切。

US 2009/0202410A1 案申請人為(美國)密西根理工大學，引用及被引用資料分別為 7 件次和 115 件次，因本案被引用次數大於引用案件數，故屬於源頭型專利，其中被引用專利的 57 件次是(美商)卡萊拉公司的專利，11 件次是(法商)拉法基公司，6 件次是(美商)哈里伯頓能源服務公司的專利，其中卡萊拉公司所申請案件數在全

部碳再利用中排名第 3，而在間接轉化-建材中更是排行第 1，本專利主要技術與間接轉化-建材中混凝土、碳酸鹽關係較密切。

WO 2015/105911A1 案申請人為(美商)希路瑞亞技術公司(Siluria Technologies Inc)，引用及被引用資料分別為 106 件次和 48 件次，因本案引用次數大於被引用案件數，故屬於整合型專利，其中被引用專利的 20 件次是(美商)魯瑪斯技術公司的專利，19 件次是(美商)希路瑞亞技術公司，6 件次是(德商)林德集團的專利，其中前兩名皆為石化產品相關之催化劑開發商，而林德集團所申請案件數在全部碳再利用中排名第 8，而在間接轉化-化學品中更是排行第 4，本專利主要技術與間接轉化-化學品中甲烷、甲醇、二(多)碳化合物(乙烯)關係較密切。

WO 2014/001917A2 案申請人為(美商)格蘭納斯有限責任公司(Grannus LLC)，引用及被引用資料分別為 9 件次和 19 件次，因本案被引用次數大於引用案件數，故屬於源頭型專利，其中被引用專利的 7 件次是(瑞士商)卡薩萊公司的專利，2 件次是(美商)格蘭納斯有限責任公司，本專利主要技術與間接轉化-化學品中尿素、甲烷、合成氣關係較密切。

WO 2013/158158A1 案申請人為(美商)西通有限責任公司(Seerstone LLC)，引用及被引用資料分別為 4 件次和 20 件次，因本

案被引用次數大於引用案件數，故屬於源頭型專利，其中被引用專利的 17 件次是(美商)西通有限責任公司的專利，其餘公司各 1 件次，該公司在間接轉化-新穎碳材中排行第 3，本專利主要技術與間接轉化-新穎碳材中奈米碳管、石墨烯、富勒烯關係較密切。

US 2017/0218404A1 案申請人為(美商)藍瑟科技紐西蘭公司(Lanzatech New Zealand Ltd)，引用及被引用資料分別為 4 件次和 20 件次，因本案被引用次數大於引用案件數，故屬於源頭型專利，其中被引用專利的 13 件次是(美商)藍瑟科技公司的專利，3 件次是(加拿大商)埃歐金能源公司的專利，2 件次是(德商)馬丁環境和能源技術有限公司的專利，本專利主要技術與生物轉化中微藻、生質品關係較密切。

表 3-2-1、碳再利用所有年間高排碳產業相關案

案例	1	2	3	4
案號	US 2009/0289227A1	US 5659977	US 6447437B1	US 2009/0202410A1
引用	14	10	16	7
被引用	79	95	91	115
優先權年	2008	1996	2000	2008
主要相關產業	石化	電力	鋼鐵	水泥
其他相關產業	電力、水泥		石化、水泥、電力	石化、電力、鋼鐵
碳再利用技術	甲醇、甲烷、合成氣、二(多)碳化合物(乙烯)	微藻	尿素、肥料、農林業	混凝土、碳酸鹽
備註	為了減少運輸成本，於廠區內利用再生能源製備氫氣，與二氧化碳反應生產甲烷或甲醇，或是進一步轉化為汽油、乙烯和丙烯等石化工業主要化學品。	利用發電廠所產生之二氧化碳與廢熱，前者提供藻類生長所需的營養品，後者用於熱量供應及產品乾燥。	可同時去除廠內所產生 CO ₂ 、CO、SO _x 和 NO _x 排放物，並製備含有上述元素之肥料。	將工業過程產生的二氧化碳氣體與固體廢料包括大量粉塵、礦渣、冶金渣、爐渣、淤泥和人工破碎的岩石等反應以形成建材。

表 3-2-2、碳再利用近十年高排碳產業相關案

案例	5	6	7	8
案號	WO 2015/105911A1	WO2014/001917A2	WO2013/158158A1	US2017/0218404A1
引用	106	9	4	7
被引用	48	19	20	19
優先權年	2014	2012	2012	2016
主要相關產業	石化	電力	鋼鐵	水泥
其他相關產業		石化、水泥	水泥、電力	電力、鋼鐵
碳再利用技術	甲烷、甲醇、二(多)碳化物	尿素、甲烷、合成氣	奈米碳管、石墨烯、富勒烯	微藻、生質品
備註	利用甲烷(天然氣)取代原油利用甲烷氧化偶合(OCM)生產乙烯及其他高級烴產物，並將過程中所產生的一氧化碳、二氧化碳及氫氣等，利用甲烷化器轉化成甲烷回收使用。	將燃燒燃料過程的煙道氣流出物，予以生產氮和尿素，具有同時多聯產電力和化肥，在過程中產生的蒸汽和冷凝物，可用於提供加熱或冷卻，也可用於提供加壓的目的。	將廢氣經過多階段轉化成固體碳(奈米碳管、石墨烯、富勒烯等)，可再循環至產線作為強化添加物或收集作為其他使用。	利用再生能源電解水或二氧化碳產生氧氣作為生產原料，並產生氫或一氧化碳，而氫經由反向水煤氣變換成一氧化碳，一氧化碳利用厭氧 CI 固定微生物得到發酵產物。

碳再利用 案例 1. US 2009/0289227A1

專利基本資訊			
公開(告)號	US 2009/0289227A1	申請人國別	歐洲-德國
公開(告)日	2009/11/26	申請日/優先權日	2008/05/20
被引用數	79	引用數	14
專利名稱	利用可再生資源中的廢棄二氧化碳和氫氣生產燃料材料/ Production of fuel materials utilizing waste carbon dioxide and hydrogen from renewable resources		
申請人	西門子公司(Siemens AG)		
法律狀態(資訊)	有效(授權專利為 US7989507B2)		
DWPI 專利家族 (2 件)	US 2009/0289227A1, US7989507B2		
內容概要	利用 CO ₂ 廢棄物的方法，該方法包括從工業過程中回收二氧化碳，該工業過程產生包含二氧化碳的廢物流，該廢物流的二氧化碳量大於工業過程的起始材料中存在的二氧化碳的量，使用可再生能源生產氫氣和回收的二氧化碳生產碳氫化合物材料。		

代表圖

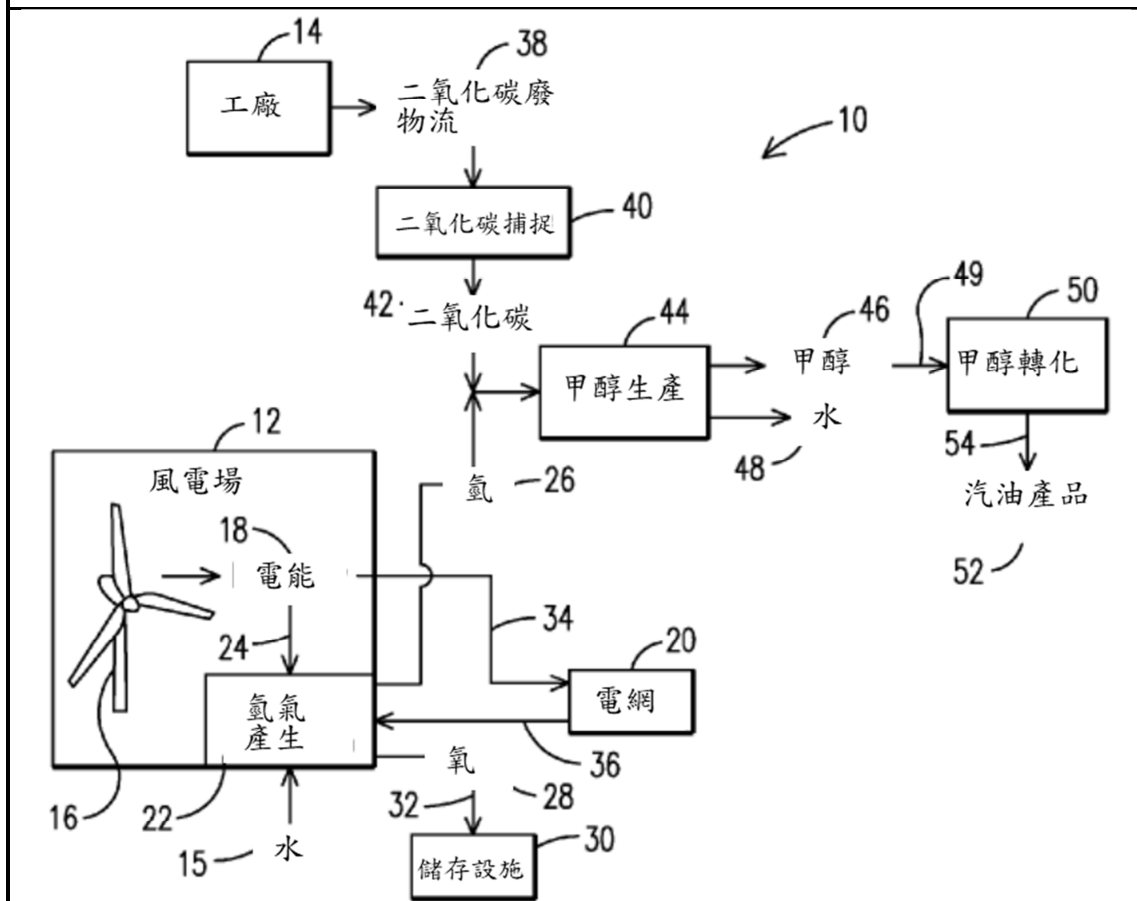


圖 3-2-1、二氧化碳和由可再生能源產生的氫氣生產甲醇、煙燃料之系統示意圖

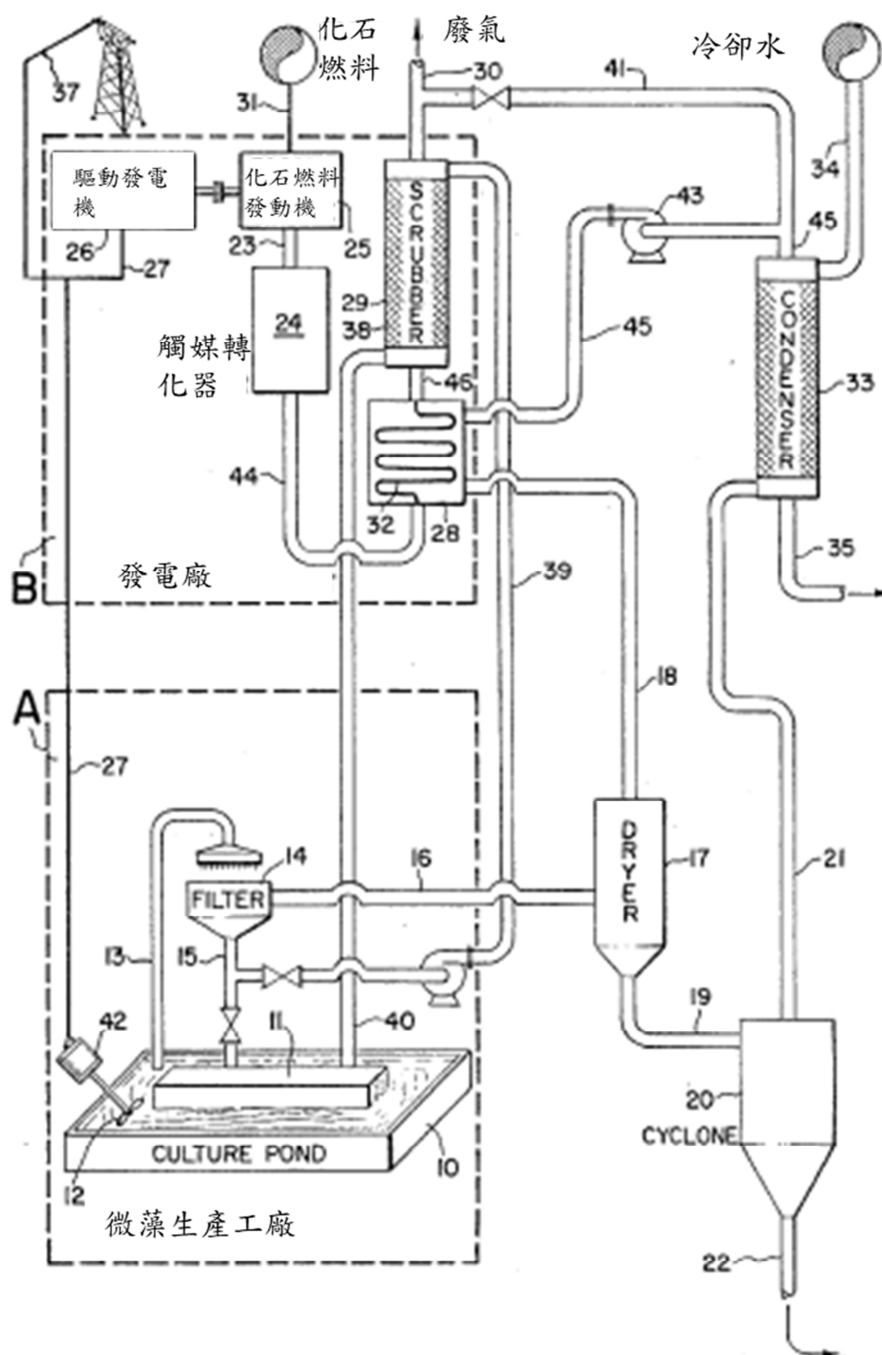
目的	利用廢二氧化碳來產生大量有用的碳氫燃料材料，減少釋放到大氣中二氧化碳的量並節約傳統的化石燃料。
技術特徵	一種利用 CO ₂ 廢物的方法，包括：從產生廢物流的工業過程(如工廠、發電廠、水泥廠)中回收二氧化碳，所述廢物流中二氧化碳的量大於工業過程起始材料中二氧化碳的量，使用可再生能源(如陽光、水力發電、雨水、海浪、潮汐和地熱等)生產氫氣，和利用產生的氫氣和回收的二氧化碳生產燃料材料(甲烷、甲醇、合成氣、汽油)及煙材料(如芳煙、烯煙)。

專利技術引用/被引用示意圖



碳再利用 案例 2. US 5659977

專利基本資訊			
公開(告)號	US 5659977	申請人國別	美國
公開(告)日	1997/08/26	申請日/優先權日	1996/04/29
被引用數	95	引用數	10
專利名稱	整合微藻生產和電力汽電共生/Integrated microalgae production and electricity cogeneration		
申請人	賽安諾科技公司(Cyanotech Corp)		
法律狀態(資訊)	已過期(2001/08/26 未繳費)		
DWPI 專利家族 (1 件)	US 5659977		
內容概要	一個整合工廠，包括一個用於生長、收穫和乾燥藻類的微藻生產工廠和一個生產電能的化石燃料-電動機-發電機工廠；化石燃料發動機產生熱廢氣，乾燥可以直接來自廢氣，或者間接利用熱廢氣與再循環的惰性氣體流交換顯熱；廢氣中的二氧化碳被回收用作微藻生產廠的營養物質；發電機的電能用於驅動電機和/或產生人工照明和/或驅動微藻生產廠中的泵、電機和控制裝置。		
代表圖			



元件符號表		元件符號表	
10	微藻培養池	28	熱交換器
11	中心壩	30	導管(冷廢氣)
12	葉輪	31	導管(燃料)
13	導管	32	熱盤管
14	過濾器	33	冷凝器
15	導管(含水濾液)	34	管道(冷水)
16	導管	35	管道(殘留藻類)
17	噴霧乾燥器	37	電線
18	導管	38	液-氣接觸填料塔
19	導管(乾燥微藻氣流)	39	導管(水性濾液)

20	旋風分離器	40	導管(溶解二氧化碳的水)
21	管道(熱氣體)	41	管道(排放氣體)
22	管道(乾燥微藻)	42	電動機
23	管道(廢熱氣體)	43	泵
24	觸媒轉換器	44	導管(熱燃料廢氣)
25	化石燃料發動機	45	導管(氣體)
26	驅動發動機	46	導管(冷燃料廢氣)
27	電線		

圖 3-2-2、整合微藻生產設備和電力汽電共生設備示意圖

目的	將微藻生產設備與電動發電機設備結合在一起，熱廢氣直接作為微藻乾燥熱能，並提供二氧化碳來源及所需的電能，不需要昂貴的外部二氧化碳、外部電能及外部熱能。
技術特徵	一種整合設備，包括電動發電機設備和用於生長、乾燥和收穫藻類的微藻生產設備，包括：以化石燃料為燃料的電動發電機，用於產生電能和含有二氧化碳的熱廢氣；含有高 CO ₂ 含量水的微藻培養池和用於循環所述水的葉輪裝置；從所述養殖池中回收微藻和水的收集裝置；用於回收潮濕微藻的脫水裝置；用於乾燥所述潮濕微藻以生產作為產品的乾燥微藻的熱乾燥裝置；從所述馬達回收熱廢氣的裝置；用於將顯熱從所述熱廢氣轉移以乾燥所述潮濕微藻的裝置；CO ₂ 回收裝置，用於從水溶液中的冷卻廢氣中收集 CO ₂ ；用於將所述含有 CO ₂ 的水溶液輸送到所述培養池的輸水裝置。

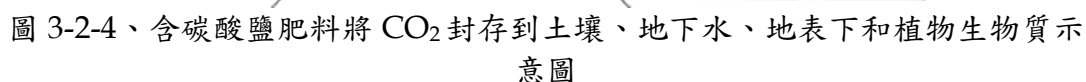
專利技術引用/被引用示意圖



碳再利用 案例 3. US 6447437B1

專利基本資訊			
公開(告)號	US6447437B1	申請人國別	美國
公開(告)日	2002/09/10	申請日/優先權日	2000-03-31
被引用數	91	引用數	16
專利名稱	減少 CO ₂ 、CO、NO _x 和 SO _x 排放的方法/ Method for reducing CO ₂ , CO, NO _x , and SO _x emissions		
申請人	UT 巴特爾有限責任公司及洛克希德馬丁能源研究公司 2004 年讓與美國能源部		
法律狀態(資訊)	已過期(2010/09/10 未繳費)		
DWPI 專利家族 (1 件)	US6447437B1		
內容概要	工業燃燒設施與溫室氣體固化肥料生產結合，因此 CO ₂ 、CO、NO _x 和 SO _x 可以在排放之前轉化為含碳酸鹽的肥料，主要是 NH ₄ HCO ₃ 和/或(NH ₂) ₂ CO，加上一小部分 NH ₄ NO ₃ 和(NH ₄) ₂ SO ₄ ，並增強了 CO ₂ 到土壤和地下的封存，減少了 N0 ³⁻ 污染地表水和地下水，並刺激大氣中 CO ₂ 的光合作用固定。本方法包括從化石燃料動力能源等工業燃燒設施的排放物中收集這些材料並將排放物輸送到反應器，使用 H ₂ 、CH ₄ 或 NH ₃ 將 CO ₂ 、CO、NO _x 、SO _x 和/或 NO _x 轉化為含碳酸鹽的肥料，然後將含碳酸鹽的肥料施用於土壤和綠色植物，以(1)通過增強地下水和土壤礦物質的碳化作用將無機碳螯合到土壤和地下土壤層，(2)通過替代減少 N0 ³⁻ 徑流的环境問題使用硝酸銨肥料，以及(3)通過含碳酸鹽肥料的施肥作用促進光合作用固定大氣中的 CO ₂ 。		

代表圖

269

碳再利用 案例 4. US 2009/0202410A1

專利基本資訊			
公開(告)號	US 2009/0202410A1	申請人國別	美國
公開(告)日	2009/08/13	申請日/優先權日	2008/02/12
被引用數	115	引用數	7
專利名稱	捕獲和封存煙氣中的二氧化碳/ Capture and sequestration of carbon dioxide in flue gases		
申請人	密西根理工大學(Michigan Technological University)		
法律狀態(資訊)	有效(授權專利為 US7919064B2)		
DWPI 專利家族 (9 件)	CA2721677 A1 , CA2721677C , EP2274070A2 , EP2274070A4 , US2009202410A1 , US7919064B2 , WO2009139813A2 , WO2009139813A3 , WO2009139813A4		
內容概要	一種用於捕獲和封存二氧化碳的方法，使煙道氣中的二氧化碳與鹼金屬碳酸鹽或金屬氧化物，特別是含有鹼土金屬或鐵的金屬氧化物，反應形成碳酸鹽來捕獲 CO ₂ ，用於 CO ₂ 捕獲的碳酸鹽優選是不含添加劑 Na ₂ CO ₃ 的稀水溶液，其他碳酸鹽包括 K ₂ CO ₃ 或其他可以產生碳酸鹽和碳酸氫鹽的金屬離子，合適的金屬氧化物例子包括幾種鹼土金屬，包括 CaO 和 MgO，捕獲的 CO ₂ 優選使用任何可用的礦物或工業廢物進行隔離，這些廢物含有非碳酸鹽形式的鈣、鎂或鐵，或 Fe ⁺² 氧化態的鐵，產物可用於商業產品，例如混凝土塊、板、片材和柱子以及作為建築產品。		
代表圖			

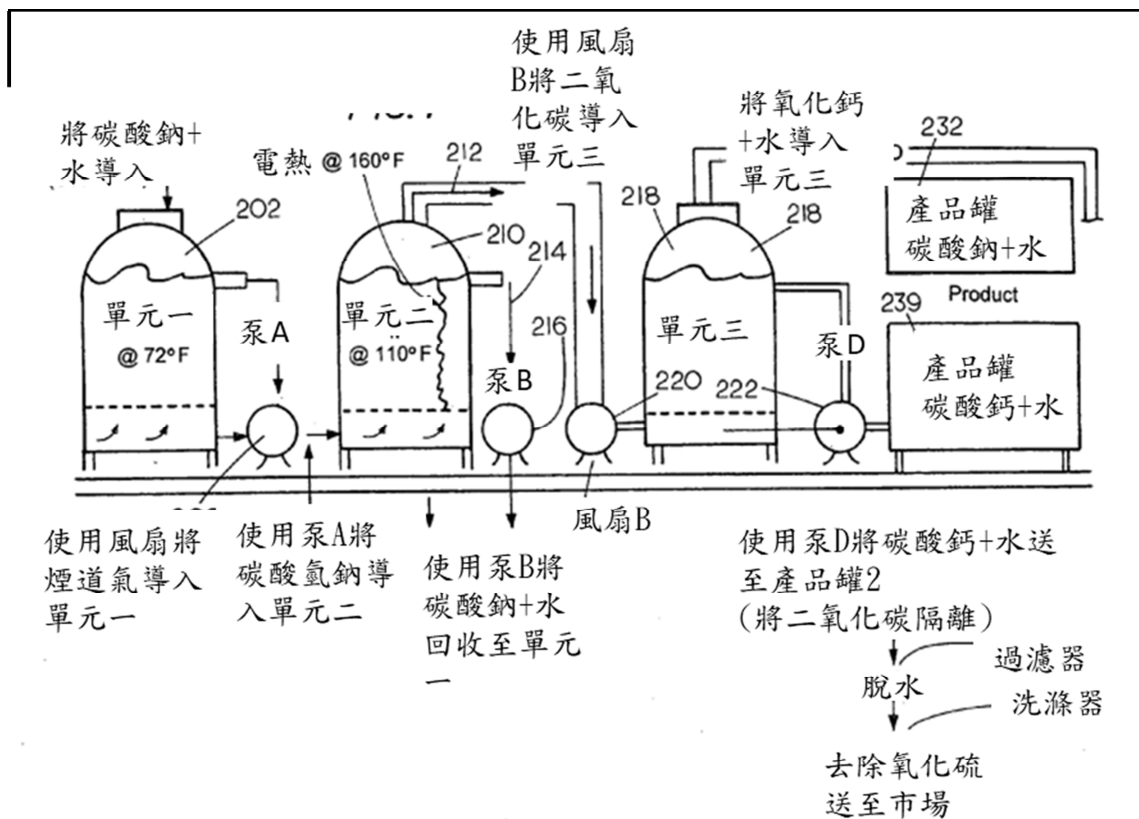
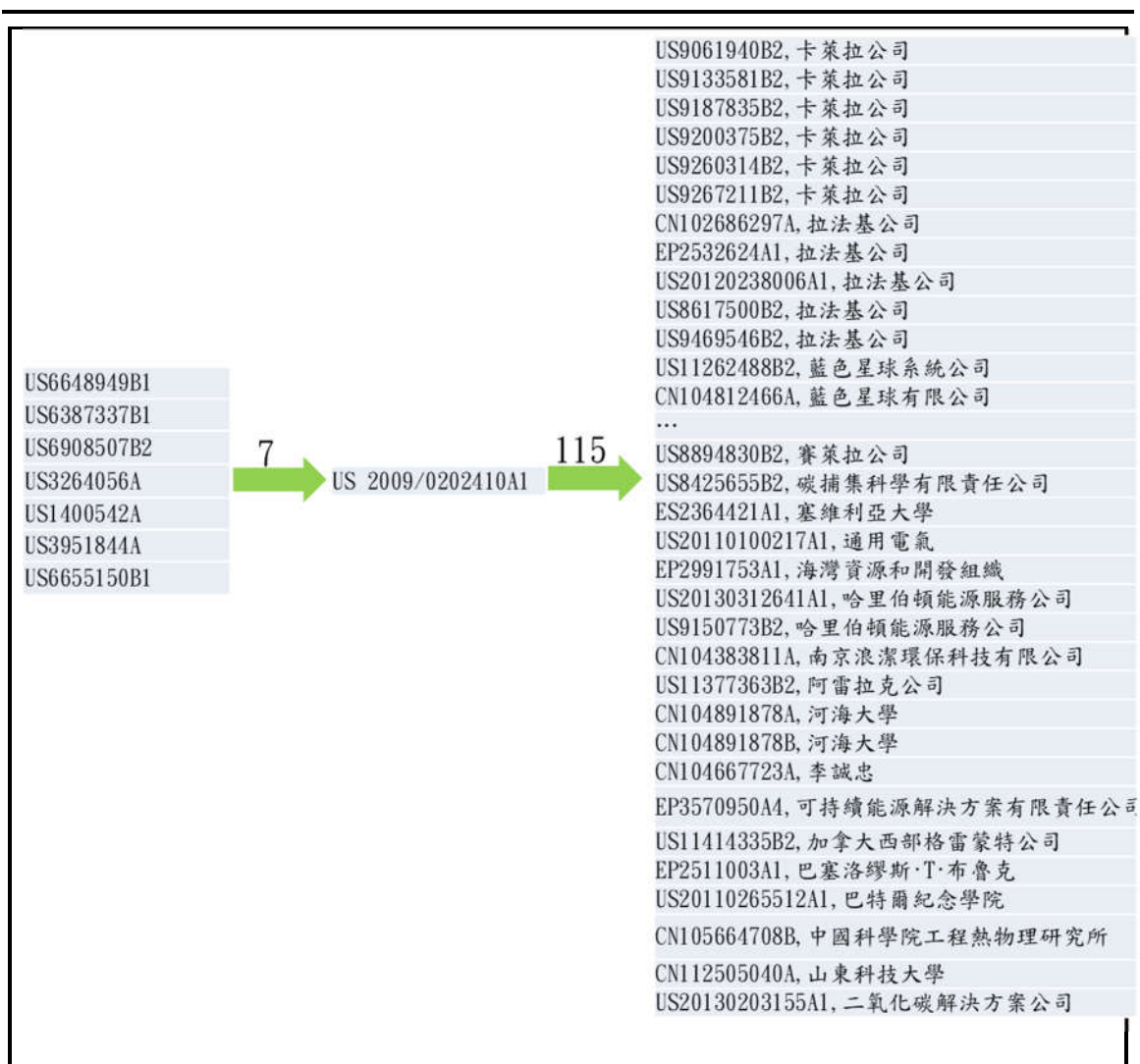


圖 3-2-5、將煙道氣中二氧化碳製備碳酸鈣工廠示意圖

目的	一種實用、容易實施且具有成本效益的方法來從煙道氣(主要來源是煙道氣，包括來自水泥廠、化石燃料發電廠以及其他工業商業和家庭排放的排放物)中去除二氧化碳，所產生之化合物可用於商業產品。
技術特徵	一種用於捕獲和隔離含二氧化碳氣體中的二氧化碳的系統，包括：(a)洗滌器(包含鹼金屬碳酸鹽、金屬(如：鹼土金屬或過渡金屬)氧化物的水溶液)形式的二氧化碳捕獲裝置，用於使用碳酸鹽水溶液接收和洗滌所述感興趣的氣體，以將二氧化碳捕獲為溶液中的碳酸氫鹽；和(b)用於使所述捕獲的二氧化碳與一種或多種廢料(工業過程產生的副產品包括大量粉塵、礦渣、冶金渣、爐渣、淤泥和人工破碎的岩石)反應以形成穩定產物的裝置。
專利技術引用/被引用示意圖	



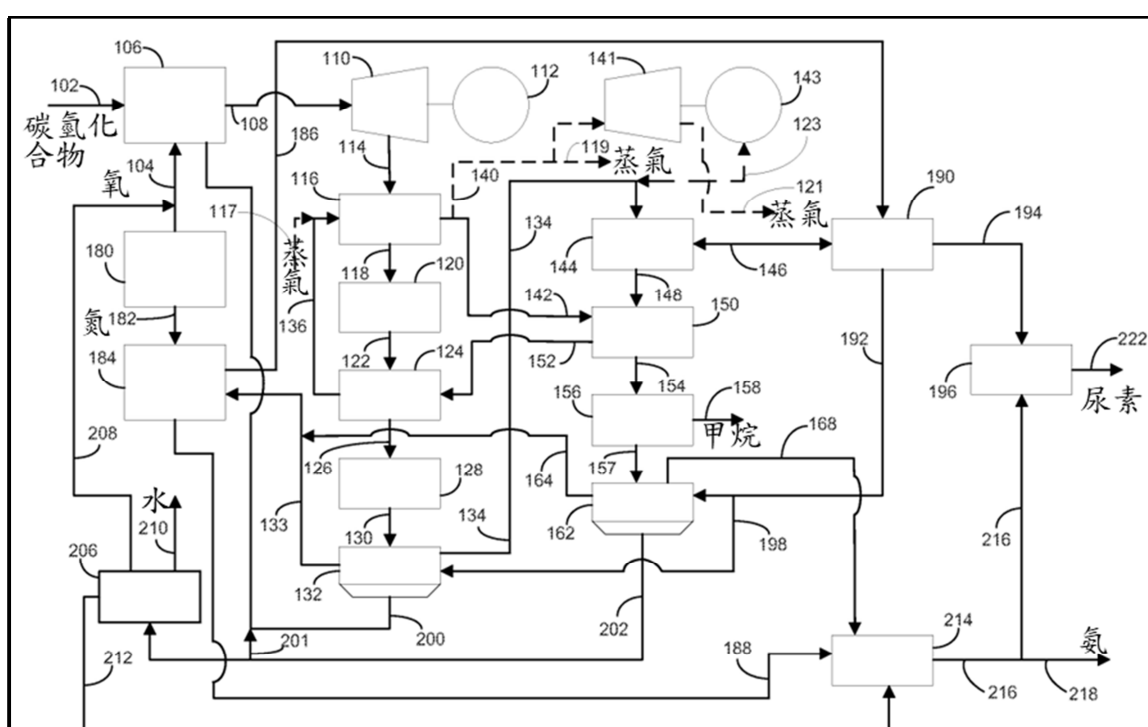
碳再利用 案例 5. WO 2015/105911A1

專利基本資訊			
公開(告)號	WO 2015/105911A1	申請人國別	美國
公開(告)日	2015/07/16	申請日/優先權日	2014/01/08
被引用數	48	引用數	106
專利名稱	乙烯成液體的系統和方法/ Ethylene-to-liquids systems and methods		
申請人	希路瑞亞技術公司(Siluria Technologies Inc)		
法律狀態(資訊)	多件專利家族有效		
DWPI 專利家族 (21 件)	CA2935937A1 , CA3123783A1, CN106068323A , CN106068323B , CN110655437A , EP3092286A1 , EP3092286A4 , US10301234B2 , US10894751B2 , US11254627B2 , US2015232395A1 , US2015329438A1 , US2015329439A1 , US2016200643A1 , US2017260114A1 , US2020207685A1 , US2021130261A1 , US9321702B2 , US9321703B2 , US9512047B2 , WO2015105911A1		
內容概要	從甲烷生產高級烴組合物例如液態烴組合物的集成系統，其中使用甲烷系統的氧化偶聯(OCM)將甲烷轉化為乙烯，再將乙烯轉化為可選擇的高級烴產物，並可將過程中所產生的一氧化碳和/或二氧化碳以及該過程中生成的氫氣，利用甲烷化器轉化成甲烷。		
代表圖			
The diagram illustrates a process for ethane separation. It starts with a gas turbine (燃氣渦輪) connected to an air separation unit (空氣分離單元). The air separation unit provides oxygen to the OCM reactor (OCM反應器). Natural gas (天然氣) enters a desulfurization unit (脫硫單元), which feeds into a gas compressor (氣體壓縮機). The gas compressor feeds into the ETL module (ETL模塊), which then feeds into a dryer (乾燥器). The dryer feeds into a butane separation tower (脫丁烷塔), which produces C5+ products (C5+產物流). The butane separation tower feeds into an ethane separation tower (脫乙烷塔), which produces C3+ products (C3+產物流). The ethane separation tower feeds into a methane separation tower (脫甲烷塔), which produces ethane (乙烷) for recycling (乙烷再循環流). The methane separation tower feeds into a methane reactor (甲烷化器), which feeds into the OCM reactor. The OCM reactor also receives methane (甲烷) from the methane reactor. The OCM reactor feeds into a post-bed cracking unit (床後裂化單元), which feeds into the gas compressor. The gas compressor also receives feed from the air separation unit. The entire process is integrated with a gas turbine cycle.			
圖 3-2-6、甲烷氧化偶合(OCM)和乙烯液化(ETL)的乙烷分離器示意圖			
目的	目前，乙烯的生產主要通過從原油餾出物或從天然氣中的乙烷裂解，乙烯生產主要局限於在相對較大的蒸汽裂化廠中，		

	或者在同時處理原油裂化過程中生成其他烴副產物的石油化學廠中，來作為商品化的大量生產。對於自天然氣或原油中的乙烷衍生的乙烯，由天然氣中更豐富且更便宜的甲烷生產乙烯提供了一種有吸引力的替代方案，並可將過程中所產生的一氧化碳和/或二氧化碳以及該過程中生成的氫氣，利用甲烷化器轉化成甲烷。
技術特徵	一種產生多種烴產物的方法，所述方法包括：(a)將甲烷和氧化劑來源引入到甲烷氧化偶合(OCM)反應器系統中，所述甲烷氧化偶合反應器系統能夠在將甲烷轉化為乙烯的條件下(400℃至600℃之間的反應器入口溫度和在15psig至150psig之間的反應器壓力)，具有至少約50%C_{2+}(兩個以上碳原子的烴化合物)選擇性；(b)將甲烷轉化為包含乙烯的產物氣；(c)將所述產物氣的單獨部分引入到至少第一集成乙烯轉化反應系統和第二集成乙烯轉化反應系統中，每個集成乙烯轉化反應系統被配置用於將乙烯轉化為不同的高級烴產物；以及(d)將乙烯轉化為不同的高級烴產物。 脫甲烷塔可將C_1化合物與C_{2+}化合物分離，並將C_1化合物(例如，甲烷、一氧化碳和二氧化碳)引導至甲烷化器。 甲烷化器可將一氧化碳和/或二氧化碳轉化成甲烷(例如，使用該過程中生成的氫氣)。可將甲烷分成任意數目的流，該流可被引導至氧化偶合反應器、燃氣渦輪和/或管道或用於將甲烷產物運送至市場(即，銷售氣)的其他裝置。可將來自分離模塊的乙烷引導至床後裂化單元(PBC)。 該系統可產生C_{3+}產物，如液化石油氣(LPG；具有C_3和C_4分子)，以及C_{5+}產物(如汽油、柴油燃料、噴氣燃料和/或芳香族化學品)。
專利技術引用/被引用示意圖	

碳再利用 案例 6. WO 2014/001917A2

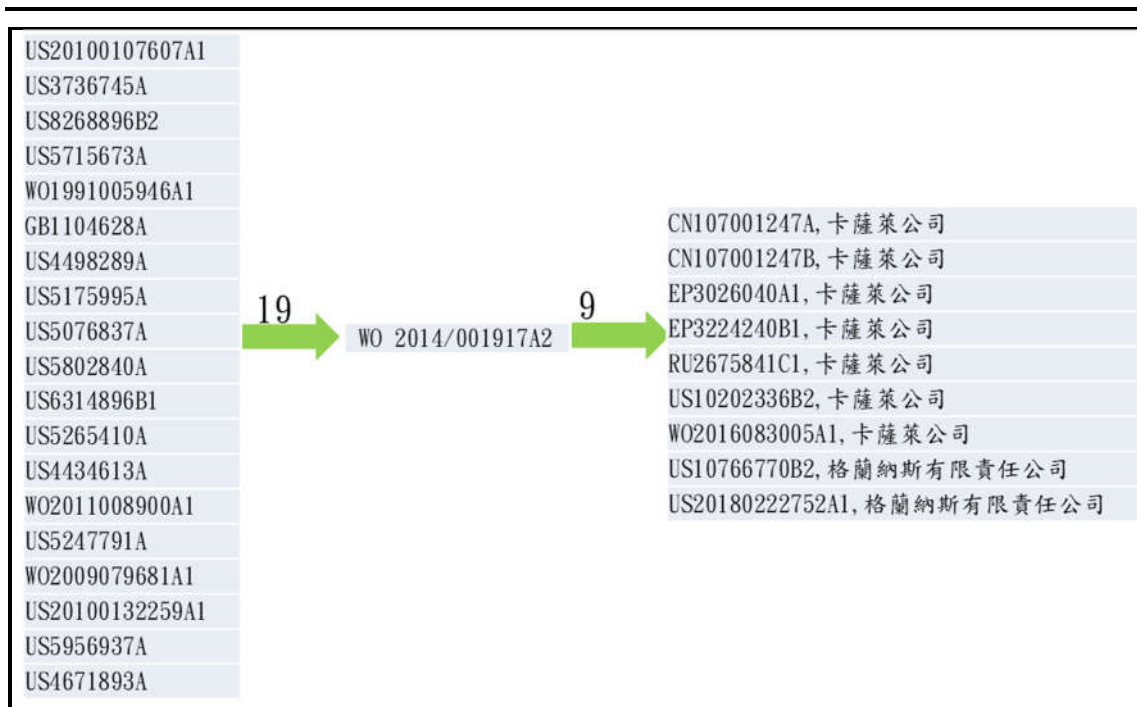
專利基本資訊			
公開(告)號	WO 2014/001917A2	申請人國別	美國
公開(告)日	2014/01/03	申請日/優先權日	2012/06/27
被引用數	19	引用數	9
專利名稱	通過排放捕獲多聯產電力和化肥/ Polygeneration production of power and fertilizer through emissions capture		
申請人	格蘭納斯有限責任公司(Grannus LLC)		
法律狀態(資訊)	多件專利家族有效，專利訴訟(巴西，一審(2021/7/27)：全部有效)		
DWPI 專利家族 (21 件)	AU2013282904A1 , AU2013282904B2 , AU2017200681A1, AU2017200681B2, BR112014032081A2, BR112014032081B1, CA2875696A1, CA2875696C, EP2867484A2, EP2867484A4, EP2867484B1, MX2014014945A, MX2019004551A, MX364235B, US2015291438A1, US10228131B2, US2017009983A1, US2019277497A1, US9458024B2, WO2014001917A2, WO2014001917A3		
內容概要	從燃燒燃料過程的煙道氣流出物中生產氨氮和尿素的方法，其中氨和尿素的生產包括淨功率生產(net power production)。還提供了一種在燃燒氧氣的過程中進行冷卻的方法，其中空氣分離單元的出口氣體利用封閉或開放的冷卻迴路循環。		
代表圖			



元件符號表		元件符號表	
102	碳氫化合物	143	壓縮機
104	氧	144	二氧化碳去除過程
106	燃氧工業過程	148	氫
108	廢氣	150	第三熱交換器
110	渦輪機	152	蒸氣
112	發電機	154	氣體
114	高溫廢氣	156	第三反應器
116	第一熱交換器	157	高純氫氣
117	蒸汽或熱水	158	甲烷
118	廢氣	162	冷凝器
120	第一反應器	164	冷凝水
121	蒸汽出口	168	高純氫氣
124	第二熱交換器	180	空氣分離單元
126	含一氧化碳之氣體	182	氮
128	第二反應器	184	熱交換器
130	氣體	188	氮
132	冷凝器	194	二氧化碳
134	二氧化碳	190	二氧化碳回收單元
136	蒸汽或熱水	196	第五反應器
141	渦輪機	200	冷凝水
142	蒸氣	201	冷凝水
206	氫氣發生器	218	氮
208	氧	210	水
212	氮	222	尿素
216	氮	214	第四反應器

圖 3-2-7、從燃燒氧氣的過程的廢氣中生產氨和/或尿素的方法示意圖

目的	可以產生額外的電力和熱量的多聯產循環，還包括與已知的氨和肥料生產工藝整合以利用發電副產物來生產有價值的化學中間體和產品，例如硫、氮、氫、氫、稀有氣體和稀土金屬，而過程中產生的蒸汽和冷凝物，可用於提供加熱或冷卻，也可用於提供加壓的目的。
技術特徵	一種從燃燒氧氣的工業過程之煙道氣生產氨和/或氨基肥料，例如尿素(NH_2CONH_2)和硝酸銨(NH_4NO_2)，以及同時產生的能量的多聯產方法，該方法包括以下步驟：供應碳氫化合物或含碳原料，將氧氣引入氧氣燃燒過程以產生廢氣，所述廢氣包含二氧化碳、一氧化碳和氫氣；將廢氣供給至第一反應器，所述第一反應器包含催化劑並且被配置為將至少一部分一氧化碳轉化為二氧化碳並產生改性排氣煙道氣；將改性排氣煙道氣供應到第二反應器，所述第二反應器包括催化劑並且被配置為將任何剩餘的一氧化碳轉化為二氧化碳以產生富含二氧化碳的排氣煙道氣；將來自第二反應器的富含二氧化碳的廢氣供給至第一冷凝器以除去水並產生主要包含氫氣和二氧化碳的氣流；將主要包含氫氣和二氧化碳的氣流從第一冷凝器供應到二氧化碳汽提塔以產生氫氣流和高純度二氧化碳流，所述二氧化碳汽提塔裝有適合提取二氧化碳的溶劑，並且其中氫氣流包含少量一氧化碳和二氧化碳；將氫氣流供應到第三反應器，所述第三反應器包含催化劑並且被配置用於從氫氣流中存在的少量一氧化碳和二氧化碳生產甲烷，所述第三反應器產生甲烷產品流和高純度氫氣流；將來自第三反應器的高純度氫氣流和來自空氣分離單元的氮氣供應到第四反應器，所述第四反應器包括催化劑並且被配置為產生氨產物流；將來自二氧化碳汽提塔的高純度二氧化碳流和來自第四反應器的氨供應到第五反應器，所述第五反應器被配置為產生包含尿素的產物流。
專利技術引用/被引用示意圖	



碳再利用 案例 7. WO 2013/158158A1

專利基本資訊			
公開(告)號	WO 2013/158158A1	申請人國別	美國
公開(告)日	2013/10/24	申請日/優先權日	2012/04/16
被引用數	20	引用數	4
專利名稱	用於處理含有碳氧化物的廢氣的方法/ Methods for treating an offgas containing carbon oxides		
申請人	西通有限責任公司(Seerstone LLC)		
法律狀態(資訊)	多件專利家族有效		
DWPI 專利家族 (12 件)	CN104284861A , EP2838844A1 , EP2838844A4 , JP2015516361A , JP6379085B2 , MX2014012546A , MX354377B , US2015059527A1 , US10106416B2 , US2017036913A1 , US9475699B2 , WO2013158158A1		
內容概要	一種處理廢氣的方法，所述方法包括純化所述廢氣以去除顆粒物質、水、不合需要的氣態組分和惰性氣體以產生乾燥的碳氧化物氣體原料，並且將所述乾燥的碳氧化物氣體原料中的至少一部分碳氧化物轉化成固體碳，如包括使乾燥的碳氧化物氣體原料穿過多階段催化轉化器，第一階段被配置成催化甲烷重整反應以將甲烷轉化成二氧化碳、一氧化碳和氫以及殘留甲烷，第二階段被配置成催化波許（Bosch）反應並且將碳氧化物和氫轉化成固體碳和水。		
代表圖			

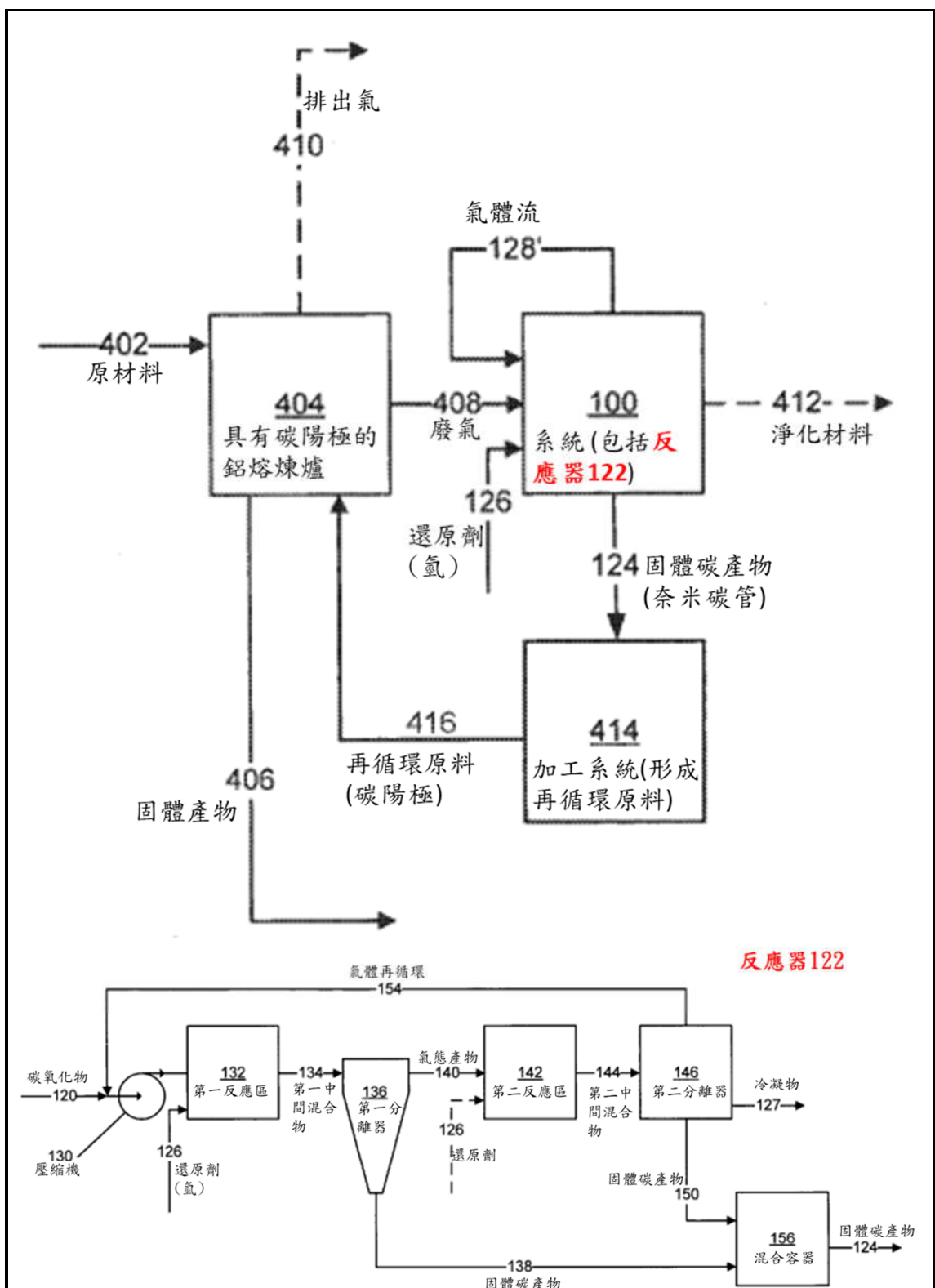


圖 3-2-8、碳回收系統及反應器示意圖

目的	多階段催化轉化器的至少一個第二階段被配置成催化波許反應並且將乾燥的碳氧化物原料的至少一部分二氧化碳(由各種製造過程產生的廢氣，如水泥製造、鋁熔煉、銅熔煉或其它過程的副產物)或至少一部分一氧化碳轉化成固體碳和水，所產生的固體碳用作提高產物價值的添加劑，所產生的固體碳
------------------	---

	進一步加工以產生碳陽極，以使得碳可在工業過程，例如，鋁或鋼的熔煉中重新使用，固體碳也具有許多商業應用，包括碳黑和碳纖維在輪胎、油墨等中用作填充劑材料的長期用途；各種形式石墨的用途（例如，熱防護屏中的熱解石墨），以及奈米碳管（CNT）和巴克敏斯特富勒烯的創新性和新興應用。
技術特徵	一種處理含有至少一種碳氧化物氣體、水蒸汽和顆粒物質的廢氣以從所述碳氧化物氣體來產生固體碳的方法，所述方法包括：純化所述廢氣以去除存在的顆粒物質的至少一部分以產生中間流；將所述中間流的水蒸汽冷凝以產生乾燥的碳氧化物原料氣體；將至少一種還原氣體提供至所述乾燥的碳氧化物原料氣體以形成反應氣體混合物；以及將所述反應氣體混合物中的所述碳的至少一部分轉化成固體碳和含有水蒸汽的尾氣流；和將至少一部分固體碳再循環至鋁冶煉廠或鋼鐵冶煉廠中的至少一種以形成尾氣和金屬基複合材料、電弧爐用電極、增碳劑或高純度碳還原劑中的至少一種。
專利技術引用/被引用示意圖	
US20080305029A1	CN108793792A, 江蘇蘇博特新材料股份有限公司
WO2010120581A1	CN112010292A, 寧波中冶電子科技有限公司
US20050074392A1	US10815124B2, 西通有限責任公司
US20080226538A1	US10500582B2, 西通有限責任公司
	US10322832B2, 西通有限責任公司
	US10106416B2, 西通有限責任公司
	US9993791B2, 西通有限責任公司
	US9896341B2, 西通有限責任公司
	US9796591B2, 西通有限責任公司
	US9783421B2, 西通有限責任公司
	US9779845B2, 西通有限責任公司
	US9731970B2, 西通有限責任公司
	US9650251B2, 西通有限責任公司
	US9604848B2, 西通有限責任公司
	US9598286B2, 西通有限責任公司
	US9221685B2, 西通有限責任公司
	US9090472B2, 西通有限責任公司
	WO2013158159A1, 西通有限責任公司
	WO2013158160A1, 西通有限責任公司
	CN108793792B, 索布特新材料有限公司

碳再利用 案例 8. US 2017/0218404A1

專利基本資訊			
公開(告)號	US 2017/0218404A1	申請人申請人國別	美國
公開(告)日	2017/08/03	申請日/優先權日	2016/02/01
被引用數	19	引用數	7
專利名稱	整合發酵和電解工藝/Integrated fermentation and electrolysis process		
申請人	藍瑟科技紐西蘭公司(Lanzatech New Zealand Ltd)		
法律狀態(資訊)	有效(授權專利為 US10358662B2)		
DWPI 專利家族 (16 件)	BR112018015550 A2 , CA3013354A1 , CA3013354C , CA3083080A1 , CA3083080C , CN108603201A , IN201817027980A , EP3411489A1 , EP3411489A4 , JP2019506165A , JP6896748B2 , KR20180118651A , US20170218404A1 , US10358662B2 , WO2017136478A1 , ZA201804982B		
內容概要	整合發酵工藝與電解工藝和生成 C1(一個碳分子)工業工藝的方案，利用電解產物例如 H ₂ 和/或 O ₂ 以改進所述發酵工藝或所述生成 C1 工業工藝中的至少一種的工藝效率的工藝，其中將通過電解生成的 H ₂ 用於改進發酵工藝的基質效率，或將通過所述電解工藝生成的 O ₂ 用於改進由所述生成 C1 工業工藝生成的含 C1 尾氣的組成。		

代表圖

```
graph LR
    RE[可再生能源] --> E[電解器 310]
    CO2[CO2] --> E
    E -- 338 導管(CO) --> CP[水泥生產裝置 322]
    E -- 318 導管(O2) --> GT[氣體處理裝置 328]
    CP -- 320 --> E
    CP -- 326 導管(含CO2尾氣) --> GT
    GT -- 330 導管(含C1基質: CO、H2、CO2) --> E
    GT -- 336 導管(發酵產物) --> BR[生物反應器 332]
    E -- 340 導管(包含CO2出口氣流) --> OUT[出口]
```

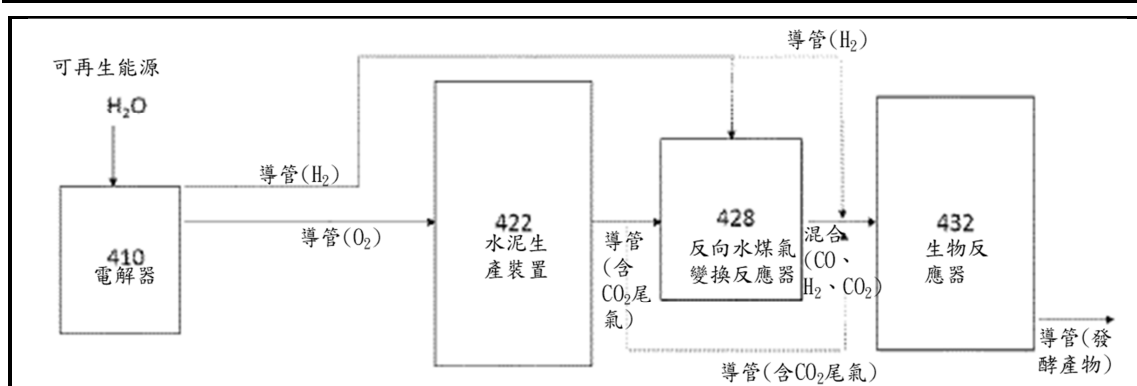
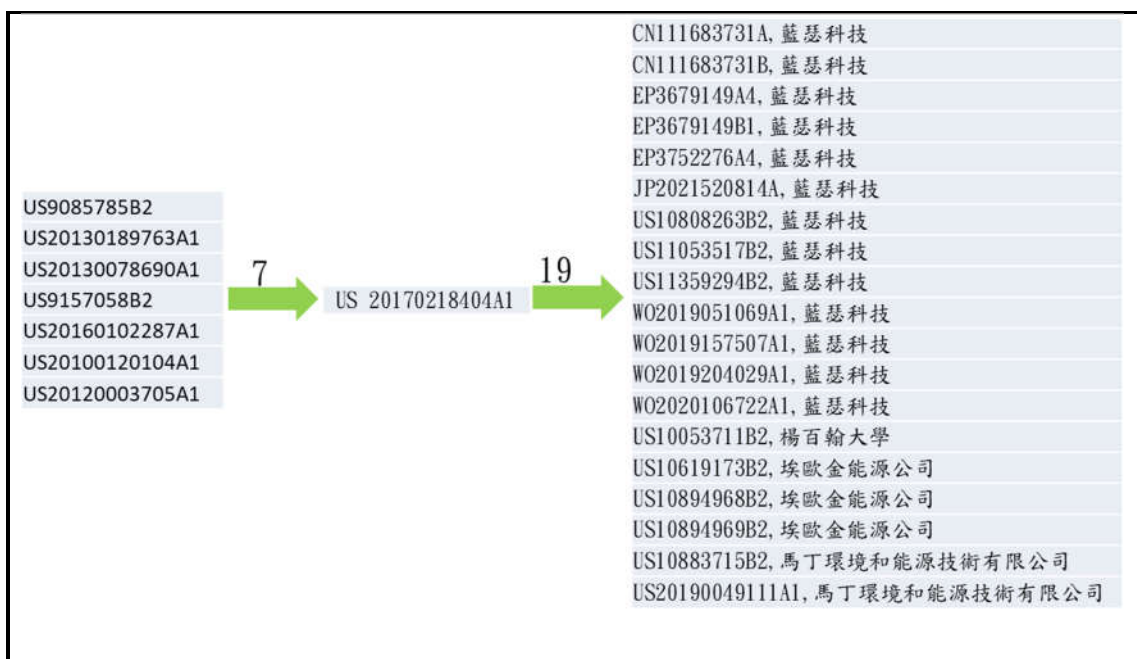



圖 3-2-9、水泥生產與發酵工藝和二氧化碳電解工藝的整合工藝整合示意圖：

1、電解二氧化碳，2、電解水

目的	有效利用厭氧 CI 固定微生物將含有 CO ₂ 、CO 和/或 H ₂ 的氣體(來自工業過程：如鹼性氧氣爐(BOF)反應、COREX 或 FINEX 煉鋼工藝、高爐 (BF) 工藝、鐵合金工藝、二氧化鈦生產工藝、天然氣發電過程、燃煤發電過程、水泥生產過程、黑色或非鐵金屬產品製造、石油精煉、氣化、碳黑生產、氫生產、甲醇生產和焦炭生產)轉化為產物，充分減少從整合設施排放的 CO ₂ 總量的工藝和系統。
技術特徵	一種在整合發酵和工業工藝中改進碳捕獲效率的工藝，其中所述工藝包含：1.將一種或多種原料傳遞至電解工藝中輸入能量(可再生能源)以產生電解衍生基質(如：CO ₂ 傳遞至電解工藝中以產生包含 CO 和 O ₂ 、H ₂ O 傳遞至電解工藝中以產生包含 H ₂ 和 O ₂)；ii.將至少一部分所述電解衍生基質與來自工業工藝的含 Cl 尾氣混合，以提供混合的含 Cl 基質；iii.將所述混合的含 Cl 基質傳遞至含有至少一種厭氧 CI 固定細菌的培養物的生物反應器中；並且 iv.厭氧發酵培養物以產生一種或多種發酵產物，發酵產物選自由以下組成的組：乙醇、乙酸鹽、丁醇、丁酸鹽、2,3-丁二醇、乳酸鹽、丁烯、丁二烯、甲基乙基酮、乙烯、丙酮、異丙醇、脂質、3-羥基丙酸鹽、異戊二烯、脂肪酸、2-丁醇、1，2-丙二醇和 1-丙醇。

專利技術引用/被引用示意圖



從上述各種不同「碳再利用」技術之案例或是與高排碳產業結合之案例可以發現除了單純技術層面的提升，如何配合工廠特性選擇適合的碳再利用方式，於現有廠區增加碳再利用轉換及回收設備，如上述高排碳產業案例 WO2015/105911A1（從甲烷生產高級烴組合物的集成系統）、WO2014/001917A2（從煙道氣生產氨和/或氮基肥料以及同時產生的能量的多聯產方法）、WO2013/158158A1（將廢氣經過多階段轉化成奈米碳管、石墨烯、富勒烯等固體碳）、US2017/0218404A1（整合電解和發酵工藝將廢氣發酵）等所示，建立一貫作業工廠或多聯產系統，減少廢棄物及廢熱、降低浪費，使資源再利用最大化，也是減少碳排重要之考量。

對於石化廠，為了減少工廠所產生廢物流中二氧化碳的排放，以及降低相關反應物及產物的儲存和運輸成本，廠區內可建立利用再生能源產生氫氣工廠，利用綠氫與二氧化碳生產甲烷或甲醇，或是進一步將甲烷與水反應生成合成氣(CO 和 H₂ 混合物)或直接氧化成甲醇，再將甲醇轉化為汽油、乙烯和丙烯等石化工業主要化學品；而過渡時期也可以以天然氣替代原油，使用甲烷系統的氧化偶聯(OCM)將甲烷轉化為乙烯，再將乙烯轉化為可選擇的高級烴產物，並可將過程中所產生的一氧化碳和/或二氧化碳以及該過程中生成的氫氣，利用甲烷化器轉化成甲烷後回收使用。

利用發電廠所產生之二氧化碳與廢熱、冷凝物，高溫氣體可用於熱量供應及產品乾燥，冷凝物可用於冷卻及提供加壓目的，溫度降低之二氧化碳則用作藻類生長所需的營養品，可減少所產生廢物流中高溫二氧化碳的排放，尤其對於微藻生長所喜愛的陽光充足且溫暖之熱帶島嶼等偏遠地區，減少外部能量的進口；或是與已知的氨和肥料生產工藝整合以利用發電副產物來生產有價值的化學中間體和產品，例如硫、氨、氮、氫、稀有氣體和稀土金屬。

對於鋼鐵廠或水泥廠，廠內所產生 CO₂、CO、SO_x 和 NO_x 排放物，可考慮於廠內增加一處理設備，在排放之前可同時轉化為含有上述元素之肥料(NH₄HCO₃、(NH₂)₂CO、NH₄NO₃ 和 (NH₄)₂SO₄)

等)，避免上述排放物排放至大氣而造成汙染，並減少跨廠區管線輸送的成本及外洩風險，所得之肥料可施用於土壤和綠色植物，刺激大氣中 CO_2 的光合作用固定，促進植物生長，並增強了 CO_2 到土壤和地下的封存，減少污染地表水和地下水；或是將廢氣經過多階段轉化成固體碳(奈米碳管、石墨烯、富勒烯等)，再循環至產線作為強化添加物或收集作為其他使用。

對於水泥廠、石化廠、鋼鐵廠或發電廠，將工業過程產生的二氧化碳氣體與固體廢料(如大量粉塵、礦渣、冶金渣、爐渣、淤泥和人工破碎的岩石等)反應以形成建材，可同時減少工業過程產生的氣體與固體廢棄物。而對於生產所需的純氧，可利用再生能源電解水或二氧化碳產生氧氣作為生產原料，其餘副產物分別為氫或一氧化碳，而氫與二氧化碳經由反向水煤氣變換成一氧化碳，一氧化碳利用厭氧固定微生物得到有用之發酵產物，而中間所得之水或二氧化碳亦可回收再利用。

第三單元、碳封存相關案例

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：US20110030957A1、US7282189B2、WO2011049996A1、US7722842B2、CN103590795A、WO2014005227A1、KR2016034635A、CN102794093A，個別專利摘要整理如後面所附之專利基本資訊表中。

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 CCUS 技術的主要申請人，例如專利 US20110030957A1 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 件次和 130 件次，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 件次是自家卡萊拉公司的專利，37 件次是福羅能源公司(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。

表 3-3-1、碳封存所有年間高排碳產業相關案

案例	1	2	3	4
案號	US2011/0030957A1	US7282189B2	WO2011/049996A1	US7722842B2
引用	80	7	3	13
被引用	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 3-3-2、碳封存近十年高排碳產業相關案

案例	5	6	7	8
案號	CN103590795A	WO2014/005227A1	KR2016034635A	CN102794093A
引用	9	5	0	5
被引用	18	14	11	11
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。

碳封存 案例 1. US 2011/0030957A1

專利基本資訊			
公開(告)號	US2011/0030957A1	申請人國別	美國
公開(告)日	2011/02/10	申請日/優先權日	2009/08/07
被引用數	130	引用數	80
專利名稱	碳捕捉和封存/ Carbon Capture And Storage		
申請人	卡萊拉公司(CALERA CORPORATION)		
法律狀態(資訊)	未核准(放棄)		
DWPI 專利家族 (5 件)	US2011/030586A1, US2011/030957A1, US2011/033239A1, US2011/035154A1, WO2011/017609A1		
內容概要	本發明包括使二氧化碳與含水混合物接觸的方法。在實施某些實施例的方法中，可以使地下鹽水與二氧化碳接觸以產生反應產物，該反應產物可以根據需要進一步處理或不進行處理。另外也提供了使鹽水或礦物質與含水組合物接觸的方法。本發明進一步包括通過本發明的方法產生的組合物以及用於實施本發明的方法的系統。		

代表圖
<pre>graph TD 210[工業程序產生的二氧化碳 210] --> 220[廢氣 220] 215[超臨界二氧化碳 215] --> 220 220 --> 230[氣體反應製程 230] 205[脫質子劑(選用) 205] --> 230 225[二價陽離子(選用) 225] --> 230 230 --> 240[二氧化碳枯竭流 240] 230 --> 250[再利用產物 250] 250 --> 290[再利用 290] 230 --> 260[封存場域 260] 230 --> 230_L[液體混合物 230]</pre>

圖 3-3-1、碳捕捉及封存系統示意圖

目的	該方法將來自廢氣或超臨界流體的二氧化碳轉化為可以儲存在地質地層中的組合物，而不需要蓋層岩層或低於儲存位置1%的岩石孔隙度。該方法成本較低。
技術特徵	一種使二氧化碳與水性混合物接觸以形成包含水和溶解的二

	氧化碳、碳酸、碳酸鹽和/或碳酸氫鹽的反應產物，並隔離部分反應產物的方法，其包括以下步驟：使二氧化碳與含水混合物接觸以形成反應產物，其中反應產物包含水和溶解的二氧化碳、碳酸、碳酸鹽和/或碳酸氫鹽，以及螯合至少一部分反應產物或其在第一個地下位置的衍生物；或從第一地下位置獲得包含至少 0.0103 mol/cm³ 碳的二氧化碳和第一地下鹽水的反應產物，並且將部分或全部反應產物隔離在第二地下。 其中二氧化碳是工業廢氣或超臨界二氧化碳的組分；含水混合物包含固體材料，固體材料包括來自工業過程的鎂鐵礦顆粒和/或固體廢物；包含二氧化碳的工業廢氣由工業過程提供，例如發電廠、蒸汽化石燃料重整器、液化天然氣廠、水泥廠和/或冶煉廠；工業固體廢物包括飛灰、底灰、水泥窯粉塵、礦渣、赤泥和/或採礦廢物。
引用、被引用的專利案號	
US8137444B2 US8114214B2 US8062418B2 US8006446B2 US7993500B2 US20100051859A1 US20090202410A1 US20080245672A1 US20070221376A1 US20060185560A1	CN106896836A, 中國神華能源 CN107062920A, 長沙紫宸科技開發有限公司 CN110479247A, 大學北京化工 CN110479247B, 北京化工大學 US10036232B2, 福羅能源 US10161050B2, 卡萊拉公司 US10221687B2, 合併礦業公司 US10236526B2, 卡萊拉公司 US10266954B2, 卡萊拉公司 US10287223B2, 卡萊拉公司 US10480085B2, 卡萊拉公司 US10556848B2, 卡萊拉公司 US10590054B2, 卡萊拉公司 US10619254B2, 卡萊拉公司 US10801117B2, 卡萊拉公司 US10844496B2, 卡萊拉公司 US10847844B2, 卡萊拉公司 US11377363B2, 阿雷拉克公司 US9080425B2, 福羅能源公司 US9089928B2, 福羅能源公司 US9121259B2, 德克薩斯大學

碳封存 案例 2. US 7282189B2

專利基本資訊			
公開(告)號	US7282189B2	申請人國別	美國
公開(告)日	2007/10/16	申請日/優先權日	2003/04/09
被引用數	121	引用數	7
專利名稱	從燃煤爐和鍋爐中生產氫氣以及去除和封存二氧化碳/ Production of hydrogen and removal and sequestration of carbon dioxide from coal-fired furnaces and boilers		
申請人	美國海軍(UNITED STATES NAVY)		
法律狀態(資訊)	失效(2019/10/16 未繳費)		
DWPI 專利家族 (2 件)	US7282189B2、US2004/0200393A1		
內容概要	用於減少和消除來自固體燃料發電廠，特別是燃煤發電廠排放的二氧化碳，以及封存二氧化碳的方法，通常使用現有設備。在一些實施例中，該方法涉及熱解固體燃料以去除揮發性物質並使用揮發性物質來產生氫氣。此外，該方法可涉及在非常富含燃料的化學計量條件下燃燒固體燃料或熱解固體燃料。封存可能包括產生含二氧化碳的溶液並將溶液泵入地下，特別是在石灰石含量高的地區。		
無代表圖			
目的	無需對受影響的鍋爐或熔爐進行任何修改即可實施該方法。它避免了將液體或壓縮二氧化碳氣體從現有的燃煤發電廠運送到封存點的成本和安全風險。它允許繼續使用現有的燃煤電廠庫存，直到其使用壽命耗盡。它允許以合理的成本幾乎立即實施大量的二氧化碳減排。由於這些燃煤電廠的排放量減少，它允許出售二氧化硫的排放權。		
技術特徵	一種在包含包括熔爐、鍋爐和熱機中的一個或多個組件的能源系統中逐步減少並隨後通過隔離消除來自固體化石燃料燃燒的二氧化碳排放的方法，包括：固體燃料中的揮發性物質並通過與煅燒石灰石反應將其轉化為氫氣；消除一種或多種其他氣體物質，該氣體物質選自氮氧化物、硫氧化物、揮發性微量金屬、汞和二噁英和呋喃，這些物質在所述能源系統中的固體炭燃料燃燒過程中排放；留下二氧化碳被隔離，氫氣被釋放到大氣中。 在用於形成溶解的二氧化碳溶液的供水不足的地區的發電廠中，隔離步驟包括將加熱的氧化鈣顆粒注入溫度為 700℃的燒炭鍋爐氣體中以與二氧化碳反應形成碳酸鈣；在單獨的煅燒容器中煅燒碳酸鈣，該容器在造渣燃燒器中與炭一起燃燒以放出氣態二氧化碳；壓縮氣態二氧化碳；以及將壓縮的二		

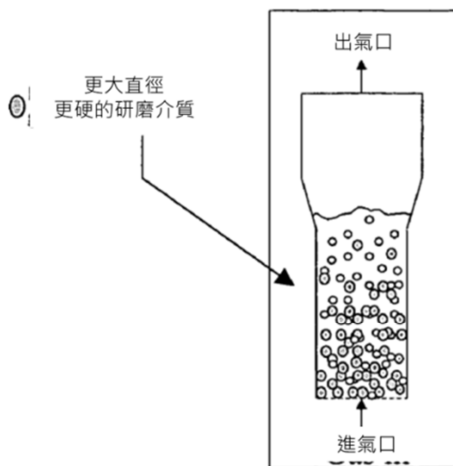
	氧化碳注入地質地層、廢氣井或鹽水地層。封存步驟進一步包括使二氧化碳與地下水混合以形成碳酸，以及使碳酸與地下石灰石混合以形成碳酸氫鈣。包括二氧化硫和/或氮氧化物在內的污染物在二氧化碳去除步驟的上游通過與吸氣劑的反應被去除，去除發生在高於 1700°F 的氣體溫度下。
引用、被引用的專利案號	
US20060185985A1 US6669917B2 US20060048517A1 US20030029088A1 US7083658B2 US20040001788A1 US20040001788A1	US11390569B2, 碳技術控股有限責任公司 US11384031B2, 碳技術控股有限責任公司 US11312666B2, 碳技術控股有限責任公司 US11279662B2, 碳技術控股有限責任公司 US11214528B2, 碳技術控股有限責任公司 US11156187B2, 美國海軍 US9321002B2, 通用電氣公司 US9267211B2, 卡萊拉公司 US9260314B2, 卡萊拉公司 US9249757B2, 美國海軍 US9133581B2, 卡萊拉公司 US9097445B2, 埃克森美孚公司 US8999278B2, 伊利諾伊大學 US8894830B2, 卡萊拉公司 US8883104B2, 卡萊拉公司 US8869477B2, 卡萊拉公司 US8857118B2, 卡萊拉公司 US8834688B2, 卡萊拉公司

碳封存 案例 3. WO 2011/049996A1

專利基本資訊			
公開(告)號	WO2011/049996A1	申請人國別	美國
公開(告)日	2011/04/28	申請日/優先權日	2009/10/19
被引用數	58	引用數	3
專利名稱	處理工業廢氣的方法和系統/Methods And Systems For Treating Industrial Waste Gases		
申請人	卡萊拉公司(CALERA CORPORATION)		
法律狀態(資訊)	專利家族未核准(放棄)		
DWPI 專利家族 (2 件)	WO2011/049996A1、US2011/0091955A1		
內容概要	提供了用於降低二氧化碳和其他大氣污染物水平的系統和方法。還討論了能夠從氣態廢物流中去除大量二氧化碳和其他大氣污染物並將它們以儲存穩定形式隔離的經濟可行的系統和方法。		
代表圖			
<pre>graph LR 230[230 CO2 氣體源] --> 220[220 處理器] 210[210 二價陽離子溶液源] --> 220 220 --> 240[240 液固分離器] 240 --> 250[250 乾燥器] 250 --> 270[270 精煉站] 250 -.-> 240 250 -.-> 250_2[250 洗滌器] 250_2 -.-> 240 250_2 -.-> 250 subgraph 200 [200 系統] 230 210 220 240 250 250_2 270 end</pre>			
圖 3-3-2、工業廢氣處理系統流程圖			
目的	該方法或系統可用於處理包含二氧化碳的工業廢氣，其中氣體是例如合成氣、天然氣、渦輪增壓鍋爐產品氣、煤氣化產品氣和重整天然氣；該方法可用於降低二氧化碳和其他大氣污染物的濃度；該組合物可用於生產包括混凝土組分如水泥、骨料或輔助膠凝材料的建築材料。		

技術特徵	一種方法，包括使包含二氧化碳的氣流與催化劑接觸以形成包含水合二氧化碳的溶液，用去質子劑處理該溶液並將該溶液注入地下；一種組合物，其包含在固定材料上固定的催化劑、催化劑的基質、催化劑的產物和水；和一種系統(200)，包括二氧化碳源(230)，處理器(220)，其包括適於產生包含水合二氧化碳的溶液的催化劑，其中所述處理器可操作地連接到二氧化碳源和反應器，所述反應器被配置為產生包含亞穩態碳酸鹽的組合物。
引用、被引用的專利案號	
US7132090B2 US20090202410A1 US20080245274A1	3 → 58 WO2011049996A1 AU2013261615B2, 紐卡斯爾大學 EP2849871B1, 紐卡斯爾大學 US10161050B2, 卡萊拉公司 US10203434B2, 藍色星球有限公司 US10236526B2, 卡萊拉公司 US10266954B2, 卡萊拉公司 US10287223B2, 卡萊拉公司 US10480085B2, 卡萊拉公司 US9267211B2, 卡萊拉公司 US9714406B2, 藍色星球有限公司 US9789439B2, 紐卡斯爾大學 US9828313B2, 卡萊拉公司 US9880124B2, 卡萊拉公司 US9902652B2, 卡萊拉公司 US9957621B2, 卡萊拉公司 US9957623B2, 卡萊拉公司 WO2013171480A2, 紐卡斯爾大學 WO2013171480A3, 紐卡斯爾大學

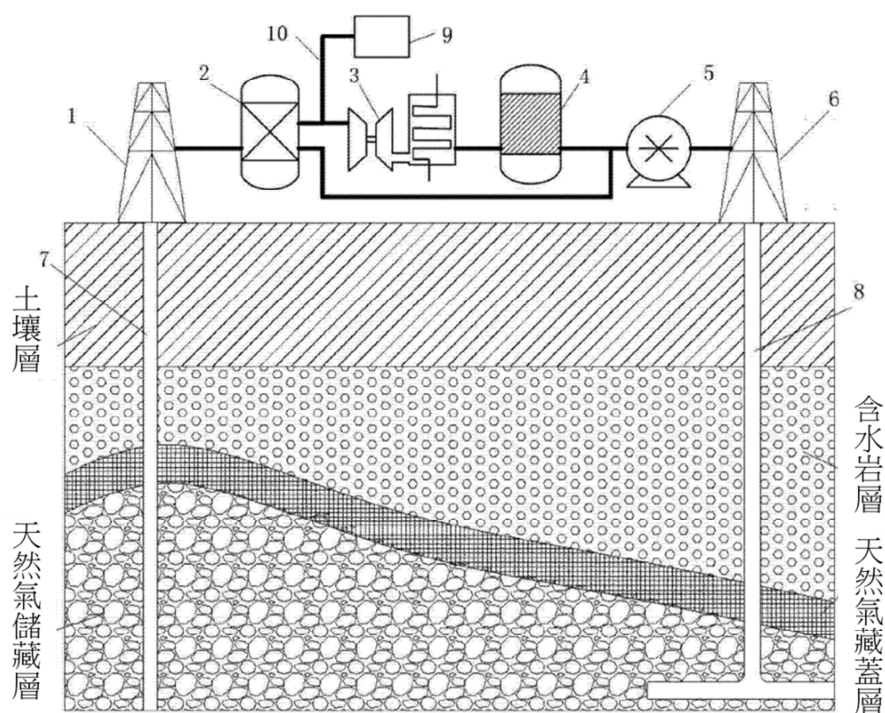
碳封存 案例 4. US 7722842B2

專利基本資訊			
公開(告)號	US7722842B2	申請人國別	美國
公開(告)日	2010/05/25	申請日/優先權日	2003/12/31
被引用數	19	引用數	13
專利名稱	使用含鹼土金屬的礦物封存二氧化碳/ Carbon dioxide sequestration using alkaline earth metal-bearing minerals		
申請人	俄亥俄州立大學(OHIO STATE UNIVERSITY)		
法律狀態(資訊)	有效		
DWPI 專利家族 (2 件)	US7722842B2、US2005/0180910A1		
內容概要	提供了一種對由碳基燃料如碳和二氧化硫的燃燒產生的污染物氣體進行礦物封存的方法，該方法包括提供顆粒狀含鎂礦物並將含鎂礦物暴露於弱酸以溶解鎂。礦物並形成含鎂溶液。顆粒狀含鎂礦物的表面被物理活化以將額外的鎂暴露並溶解到溶液中。污染物氣體如二氧化碳與含鎂溶液混合。當含鎂溶液的 pH 值增加時，會形成固體碳酸鎂。		
代表圖			
			
圖 3-3-3、含鎂礦物及研磨粒組成的二氧化碳氣體吸收塔			
目的	可用於從煙道氣中對捕獲的二氧化碳或酸性氣體進行礦物封存，該方法具有成本競爭力，長期儲存穩定，對環境無害，可有效去除二氧化碳和二氧化硫等多種污染氣體。		
技術特徵	一種用於二氧化碳礦物碳酸化的方法，包括，提供顆粒狀含鎂礦物；將所述含鎂礦物暴露於含有按重量計約 0.5 至約 5.0 % 的弱酸的水溶液中以從所述礦物中溶解鎂並形成含鎂溶		

	液；通過用研磨介質、超聲能量或微波能量使所述顆粒狀含鎂礦物流化以將額外的鎂暴露並溶解到所述溶液中來物理活化所述顆粒狀含鎂礦物的表面；從所述含鎂溶液中分離剩餘的顆粒；將含有二氧化碳的氣體與所述含鎂溶液混合；和增加所述含鎂溶液的 pH 以形成碳酸鎂並從所述含二氧化碳氣體中除去二氧化碳。
引用、被引用的專利案號	
US20050002847A1 US6517631B2 US4895821A US20040213705A1 US6412559B1 US20040131531A1 US5518187A US20030188668A1 US6180354B1 US20040126293A1 JP10249153A US3338667A US6517631B1	MY150249A, 羅格斯大學 US10266448B2, 羅格斯大學 US10913684B2, 羅格斯大學 US20090142578A1, 羅格斯大學 US20090143211A1, 羅格斯大學 US8114367B2, 羅格斯大學 US8313802B2, 羅格斯大學 US8709960B2, 羅格斯大學 US8721784B2, 羅格斯大學 US8845989B2, 現代製鐵 US9095815B2, 羅格斯大學 US9216926B2, 羅格斯大學 US9504957B2, 肯塔基大學研究基金會 US9868666B2, 羅格斯大學 US9957284B2, 肯塔基大學研究基金會

碳封存 案例 5. CN 103590795A

專利基本資訊			
公開(告)號	CN103590795A	申請人國別	中國大陸
公開(告)日	2014/02/19	申請日/優先權日	2013/10/16
被引用數	18	引用數	9
專利名稱	廢氣提高天然氣回收率與二氧化碳地質封存一體化方法		
申請人	大連理工大學(UNIV DALIAN TECH)		
法律狀態(資訊)	失效(放棄)		
DWPI 專利家族 (1 件)	CN103590795A		
內容概要	回注二氧化碳廢氣提高天然氣採收率和二氧化碳地質封存一體化的方法，屬於天然氣資源開發及二氧化碳減排技術領域。其特徵是：採氣井開採的原生天然氣，經脫水、脫硫及脫碳等淨化處理，生產出純淨天然氣，且得到二氧化碳廢氣；部分純淨天然氣輸送到氣田附近的天然氣電廠的燃氣-蒸氣聯合發電機組，燃燒發電，能量效率可達到 57%；燃燒後的煙道氣進行二氧化碳捕捉，得到二氧化碳廢氣；煙道捕捉的和淨化處理分離的二氧化碳廢氣被送至增壓調溫系統，加壓調溫達到超臨界狀態；超臨界二氧化碳廢氣通過回注井，注入到天然氣田底部，激勵天然氣向採氣井移動並產出。本發明的效果和益處是，增加天然氣產量，提高整體採收率和能源利用率，將二氧化碳封存於地質構造內，實現節能減排。		
代表圖			



元件符號表

1	天然氣採氣井
2	淨化處理系統
3	發電機組
4	碳捕捉系統
5	增壓調溫系統
6	二氧化碳回注井
7	天然氣採氣井筒
8	回注井筒
9	城市燃氣管網
10	輸氣管路

圖 3-3-4、回注二氧化碳提高天然氣採收率和其地質封存一體化方法流程示意圖

目的	本發明能夠有效實現回注二氧化碳天然氣廢氣回收率提高和二氧化碳地質封存一體化作業，提高回收率和能源利用率，降低能源排放率。
技術特徵	一種回注二氧化碳廢氣提高天然氣採收率和二氧化碳地質封存一體化的方法，其特徵在於：原生天然氣經脫水、脫硫及脫碳等淨化處理，生產出純淨天然氣，並得到二氧化碳廢氣；氣田附近建設天然氣電廠，採用燃氣-蒸氣聯合發電機組，部分純淨天然氣輸送到天然氣電廠燃燒發電，燃燒後的煙道氣進行二氧化碳捕捉，得到二氧化碳廢氣，另一部分純淨天然氣輸送到城市燃氣管道網；將煙道捕捉得到的和淨化處理分離出來的二氧化碳廢氣送至增壓調溫系統，在該系統內，二

二氧化碳廢氣被加壓調溫達到超臨界狀態；超臨界二氧化碳廢氣輸送到二氧化碳回注井，注入到天然氣田底部，激勵天然氣向採氣井運移並產出。	
引用、被引用的專利案號	
EP2395205A1 CA2576896A1 CN1342742A EP1140696A1 CN103277075A CN103265988A CN102937016A CN101493007A US7883569B2	9 → CN103590795A → 18 CN104481472A, 中國石油化工 CN104533368A, 中國石油天然氣股份有限公司 CN104533368B, 中國石油天然氣股份有限公司 CN105114045A, 中國石油大學 CN105114045B, 中國石油大學 GB2563765A, 彭斯干 GB2563765B, 彭斯干 WO2017088346A1, 彭斯干 WO2017107240A1, 彭斯干 WO2017143652A1, 彭斯干 CN107355680A, 陝西延長石油（集團）有限責任公司研究院 CN107355680B, 陝西延長石油（集團）有限責任公司研究院 CN110043235A, 西南石油大學 CN110541690A, 中海油氣電集團有限公司 CN112499586B, 西南石油大學

代表圖



1	吸收塔
2	沉澱分離器
3	水力旋流器
4	爐渣穩定反應器
5	溶液儲槽
7	吸收溶液容器
16,22,32	吸收塔底流
18,76	吸收溶液
24,34,54,62,74	澄清液
28,36	膠體顆粒/固體物
46	礦渣液相流
56	排流液

圖 3-3-5、用於穩定煉鋼操作產生的爐渣之製程示意圖

目的	該方法在二氧化碳捕捉和封存領域提供了改進；對工業鋼鐵爐渣處理的成本影響最小；並提供機會將此類廢物回收用於增值應用。穩定的爐渣產品可直接用作建築和建築材料，並可能具有更好的可持續性能。這將減少或消除爐渣儲存時間和空間要求。
技術特徵	一種用於穩定由煉鋼操作產生的爐渣的酶促進增強方法，該方法包括使爐渣與由酶促進增強的二氧化碳吸收產生的包含碳酸氫鹽和氫離子的載離子溶液接觸；其中爐渣與二氧化碳皆來自煉鋼操作的副產物。

引用、被引用的專利案號

US20120145047A1	5	W02014005227A1	14	CN106999842A, 二氧化碳解決方案公司
CA2613096A1				CN106999842B, 塞佩姆水療中心
CA2778508A1				CN110382435A, 加州大學
US20090202410A1				CN110382435B, 加州大學董事會
WO2007071633A1				CN110950338A, 江西科技大學
				CN111587296A, 安賽樂米塔爾
				CN111587296B, 安賽樂米塔爾研發公司
				CN113372078A, 瀋陽建築大學
				EP3532445A4, 加州大學
				TW1660051B, 國立成功大學台南液壓實驗室
				US10287652B2, 日新製鋼株式會社
				US11247940B2, 亞利桑那大學
				WO2018081308A1, 加州大學
				WO2018081310A1, 加州大學

碳封存 案例 7. KR 2016034635A

專利基本資訊			
公開(告)號	KR2016034635A	申請人國別	南韓
公開(告)日	2016/03/30	申請日/優先權日	2014/09/22
被引用數	11	引用數	0
專利名稱	無二氧化碳排放的高效發電系統/ High Efficiency Electricity Generation System Without Carbon Dioxide Emission		
申請人	韓國電力公司(KOREA ELECTRIC POWER CORP)		
法律狀態(資訊)	失效(撤回)		
DWPI 專利家族 (1 件)	KR2016034635A		
內容概要	本發明涉及一種無二氧化碳排放的高效發電系統，更具體地，涉及一種環境友好的、能夠完全利用二氧化碳並獲得額外收益的發電系統。發電系統包括：電漿氣化爐，產生高溫合成氣；通過燃燒合成氣發電的發電機；收集二氧化碳的二氧化碳收集設施；產生碳酸鈉的第一碳酸化反應器；生成碳酸氫鈉的第二碳酸化反應器；產生氯化鈉的混合器；產生氯氣、氫氣和氫氧化鈉水溶液的電解裝置；		

代表圖	
元件符號表	

	100	電漿氣化爐
	210,220	合成氣預處理單元
	250	熔融碳酸鹽燃料電池
	260	微波電漿產生器
	270	合成氣還原反應器
	300	發電機
	350	二氧化碳捕捉設施
	410,420	碳酸化反應器
	450	混合器
	500	電解裝置
	610	次氯酸鈉生產單元
	620	鹽酸生產單元

圖 3-3-6、無二氧化碳排放的高效發電系統示意圖

目的	該電力系統的可行性為 100% 且對環保友善，處理二氧化碳的成本降低且可獲得了額外的收入，電力系統在經濟效率方面非常出色，在電力系統中採樣的二氧化碳被轉化為發電機燃料或用於碳酸鈉、碳酸氫鈉以及氯氣和次氯酸鈉的生產。
技術特徵	一種發電系統，包含：電漿氣化爐，燃燒燃料產生高溫合成氣；通過燃燒合成氣來發電的發電機；二氧化碳捕捉設施，用於從發電機產生的燃燒廢氣中收集二氧化碳；第一碳酸化反應器，用於通過使氫氧化鈉的水溶液與從二氧化碳捕捉設施供應的二氧化碳反應來產生碳酸鈉；第二碳酸化反應器用於通過使從二氧化碳捕捉設施供應的一部分二氧化碳與在第一碳酸化反應器中產生的碳酸鈉反應來產生碳酸氫鈉；混合器，用於通過向第一和第二碳酸化反應器產生的一些碳酸鈉和碳酸氫鈉中添加鹽酸來產生氯化鈉水溶液；化合物製造裝置，用於將混合器產生的氯化鈉和水加入並電解，生成氯氣、氫氣和氫氧化鈉水溶液；以及通過氯氣與氫氧化鈉水溶液反應製備次氯酸鈉，再將氯氣與氫氣反應生成鹽酸。

引用、被引用的專利案號

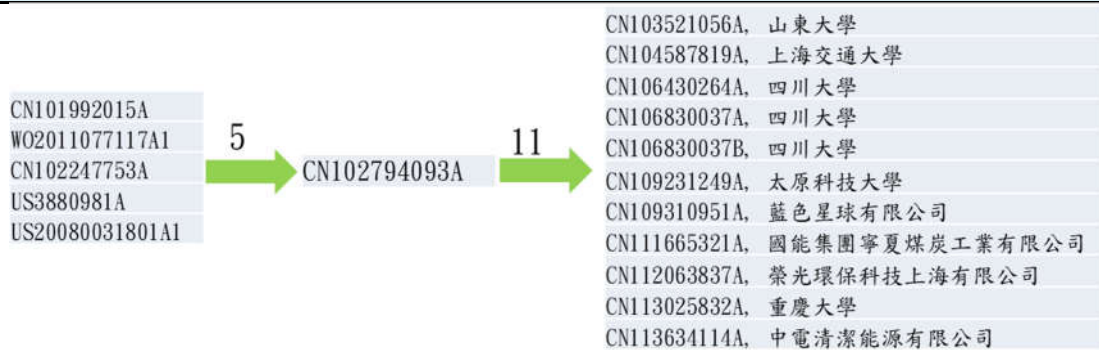
	KR2019972B1, 宋光恩
	KR2021064761A, 韓國能源研究所
	KR2021064766A, 韓國能源研究所
	KR2021064771A, 韓國能源研究所
	KR2021065237A, 韓國能源研究所
	KR2021073736A, 國立釜慶大學產學合作財團
	KR2279080B1, 國立釜慶大學產學合作財團
	KR2305656B1, 韓國能源研究所
	KR2305657B1, 韓國能源研究所
	KR2305659B1, 韓國能源研究所
	KR2305660B1, 韓國能源研究所

碳封存 案例 8. CN 102794093A

專利基本資訊			
公開(告)號	CN102794093A	申請人國別	中國大陸
公開(告)日	2012/11/28	申請日/優先權日	2012/08/14
被引用數	11	引用數	5
專利名稱	一種二氧化碳捕集與礦化一體化工藝		
申請人	中國華能集團清潔能源技術研究院有限公司		
法律狀態(資訊)	失效(撤回)		
DWPI 專利家族 (1 件)	CN102794093A		
內容概要	一種二氧化碳捕捉與礦化一體化製程，使用可再生銨鹽(NH ₄ HSO ₄)從礦石或者固廢中得富含鈣鎂離子浸出液，浸出剩餘礦渣為氧化矽含量極高的小粒徑，浸出液分離除雜提純貴重金屬後，部分溶液直接用於再生氨氣的捕捉得到含鈣鎂的富氨液，富氨液常溫捕捉二氧化碳生成碳酸銨鹽，再與另一部分浸出液快速反應沉澱出高純度的碳酸鎂(鈣)鹽產品，而尾液進一步加熱處理再生出銨鹽(NH ₄ HSO ₄)和氨氣供礦石預處理和二氧化碳捕捉，本發明完全閉合循環減少了化學藥劑用量和三廢，避免了傳統二氧化碳捕捉中解吸附和壓縮兩個高能耗步驟，且每一步效率都在 90%以上，同時使用電廠廢熱來幫助銨鹽再生，減低了製程的總能耗。		
無代表圖			
目的	二氧化碳被有效地收集和礦化，同時降低了電力消耗。		
技術特徵	一種二氧化碳捕集與礦化一體化製程，其特徵在於，包括以下步驟： 第一步，將礦石或者其他富含鈣鎂離子的大宗固廢經粉碎機粉碎成 1~2 mm 粒徑的固體顆粒，再經球磨粉機研磨至 75~300 μm 的礦粉，礦石為蛇紋石或橄欖石，固廢為粉煤灰或鋼渣；第二步，將礦粉同硫酸氫銨溶液反應，加料的固液比選用 50~150 g/l，對應的硫酸氫銨溶液莫耳濃度按照硫酸氫銨與礦石中鎂離子莫耳比 1~1.4:1 配置，礦石浸出的反應條件為 100~150℃下，水蒸氣壓力 1~4 bar，攪拌速率 800~1200 rpm，反應時間 1 個小時，溶解礦石後所得的泥漿經水力旋流器或者沉澱池實現固液分離，分離後的尾礦為含氧化矽純度 80%以上，粒徑 50~300 μm 的粗矽粉，粗矽粉作為本製程的第一種產品；第三步，分離後的浸出液加氨水調節 pH 值，當 pH 值升到 5 以後，鐵、銅、鋁、鎳、鉀、錳金屬離子沉澱出來，調節 pH 值到 7 後，停止加氨水，再使用水力旋流器分離得鈣鎂離子富集液，鐵沉澱出來以水合氧化鐵形式存在，經除渣和加熱後可得氧化鐵，氧化鐵作為本製程的第二種產品； 第四步，30~40%的鈣鎂離子富集液於常溫下在進入氨吸收塔吸收從再生塔內來的氨氣，形成質量百		

分比在 11~18% 的液氨溶液；第五步，液氨溶液通入二氧化碳吸收塔在 20~35℃ 條件下吸收二氧化碳生成碳酸氫銨/碳酸銨的混合溶液，當用 14% 的氨水吸收時，所得碳酸氫銨和碳酸銨的莫耳比為 1:1；第六步，剩餘量 60~70% 的鈣鎂離子液、氨水、碳酸氫銨/碳酸銨的混合溶液一起通入碳酸化反應器內反應沉澱出碳酸鎂/鈣產品，反應溫度控制在 80~100℃，半個小時後鎂離子的碳酸化率為 95%，產品為鹼式碳酸鎂；反應溫度控制在 120~140℃，半個小時後鎂離子的碳酸化率為 85%，則產品為無結晶水的碳酸鎂；鈣鎂離子液、氨水、碳酸氫銨/碳酸銨的混合溶液的配比保證鎂離子濃度：氨水的莫耳濃度：碳酸氫銨/碳酸銨的混合溶液中銨的濃度為 1:2:1 或者 1:4:2，第一種濃度適用溫度為 120~140℃，第二種濃度適用溫度為 80~100℃，碳酸化反應攪拌速率在 300~500 rpm，反應時間為半個小時，反應結束後，經水力旋流器實現固液分離，得到純度在 97% 以上的碳酸鎂、碳酸鈣產品；第七步，分離後得到的尾液先經過蒸發結晶器得到硫酸銨晶體，通過冷凝器回收蒸發後的冷卻水，同時回收蒸發過程中揮發的氨氣，硫酸銨晶體在再生塔內加熱到 200℃ 後，放出氨氣，生成硫酸氫銨，反應到 300℃ 時反應完全，反應時間控制在 15 分鐘內，再生塔和蒸發器放出的氨氣全部引入氨吸收塔得氨水，而硫酸氫銨晶體和冷卻水配置硫酸氫銨溶液再次用於礦石溶解。

引用、被引用的專利案號



肆、結論與建議

一、結論

(一)有關「碳捕捉」技術(約 7,406 案)分析：

1. 以申請人國家占比：依序為中國大陸(32.9%)、日本(20.5%)、美國(16.5%)，而臺灣(1.1%)排名第 7。
2. 以申請人申請案件量：依序為(日商)東芝股份有限公司(181 案)、(日商)三菱重工業股份有限公司(152 案)、(中國大陸商)中國石油化工有限公司(134 案)。
3. 碳捕捉主要技術為吸收、吸附和薄膜分離三種，其中以利用「吸收」技術進行二氧化碳捕捉的相關案件最多(39.1%)；其次依序為「吸附」(26.7%)、「薄膜」(12.5%)。
4. 以申請人類型區分：依序為公司(60.5%)、學研機構(32.5%)及個人(7.0%)。
5. 「碳捕捉」技術中以利用化學吸收方式(例如在含有二氧化碳的排放氣體中，以吸收劑與二氧化碳發生化學反應進行捕捉，並利用其逆向反應使得吸收劑與二氧化碳分離，以回收二氧化碳)是最多專利的技術(占 24.7%)。
6. 我國申請人部分，以學研機構為主，例如工研院及核能研究所

等單位。就技術部分，「吸收」(39.8%)、「吸附」(35.7%)、「薄膜」(8.2%)等技術均有相關研究。

(二)有關「再利用」技術(約 4,399 案)分析：

1. 以申請人國家占比：依序為中國大陸(30.5%)、歐洲(19.9%)、美國(18.6%)，而臺灣(0.7%)排名第 9。
2. 以申請人申請案件量：依序為(荷商)殼牌石油公司(135 案)、(中國大陸)中國科學院(75 案)、(美商)卡萊拉公司(52 案)。
3. 利用二氧化碳經由化學反應產生相關「化學品」(32.2%，如：甲醇、甲烷等)的案件最多；其次為「生物轉化」(28.8%，如：農林業相關之溫室栽培以及微藻等並進一步應用於相關之營養品)、「建材」(22.7%，如：水泥等)、「直接利用」(13.7%，如：碳酸飲料、滅火器等)。
4. 以申請人類型區分：依序為公司(60.9%)、學研機構(26.6%)及個人(12.5%)。
5. 「再利用」技術則是利用二氧化碳經由化學反應產生相關「化學品」的案件最多，而化學品中又以生產「甲醇」的專利案件最多(占 11.4%)，其次為「甲烷」(占 8.3%)。
6. 碳再利用轉化為甲烷，從早期零零星較為單純的熱催化(高溫高壓)甲烷化，隨著申請量逐步增加，技術也較為多樣(電

化學催化等)，可見觸媒一直是研發重心，但也擴展到甲烷化放量生產，開始研發甲烷化相關製程及設備，近期也開始研發如何將甲烷轉換為其他化學品；而各國申請人的研發方向也各有擅長，歐洲申請人主要在原位處理，中國大陸主要在觸媒，日本主要在產氫，美國則主要在氧化偶聯相關議題。

7. 我國申請人部分，以學研機構及個人申請人為主，例如工研院。

就技術部分，主要研究方向為「生物轉化」(47.2%)、「建材」(30.6%)、「化學品」(16.7%)等。

(三)有關「封存」技術(約 805 案)分析：

1. 以申請人國家/地區占比：依序為美國(29%)、中國大陸(28%)、歐洲(21%)。就封存技術而言，未有我國申請人。
2. 以申請人申請案件量：依序為(荷商)殼牌石油公司(59 案)、(中國大陸商)中國石油化工公司(29 案)、(中國大陸)中國礦業大學(22 案)。
3. 就碳封存二階技術中，「封存技術」的專利案件量最多(80.2%)；其次為「運輸儲存」(13.2%)及「監測安全」(6.7%)。
4. 以申請人類型區分：依序為公司(62.2%)、學研機構(30.9%)及個人(6.8%)。
5. 「封存」技術的全球申請人主要為石化能源及礦業等開採領域，

因此，利用「激勵採集」(例如利用注入氣體對地層下石油、天然氣或煤礦層的甲烷進行採集)技術相關的專利案件最多(占43.5%)。

(四)就上述已蒐集之專利申請案，針對高排碳產業(例如石化、鋼鐵產業等)，人工篩選出該相關產業中之「碳捕捉」、「再利用」與「封存」技術被引用次數較多且與產業關聯性較大的專利案件，並逐一整理分析，共完成 24 件具參考性案例(例如在工業製程所產生之含有二氧化碳的排放氣體中回收二氧化碳，並於廠區內利用再生能源製備氫氣，與二氧化碳反應生產燃料(甲烷、甲醇)等產品的技術。此可減少釋放大氣中二氧化碳的量及節約傳統的化石燃料與減少運輸成本)。

(五)整體而言，隨著相關議題逐漸受到重視，碳捕捉、再利用及封存(CCUS)相關申請案件數每年也持續增加，若探討全球布局情況，可發現公開件數最多之專利局為中國大陸、歐洲、美國，可以視為市場大小與對於相關議題重視程度，而布局情況多以在地申請居多，尤其中國大陸申請人到海外布局極少，但在臺灣，本國申請人案件申請量反而不如外國來的申請人，然隨著各國對於減碳逐漸達成共識，法規日趨嚴謹，碳價與日俱增，希望可幫助國內業者切入研發，研究創新相關技術，加速綠色專利布局。

二、建議

(一)碳捕捉

不論以吸收、吸附、薄膜分離或其他碳捕捉技術，以工業手段將二氧化碳捕捉以再利用或碳封存是可以被實現，且商業化。然而降低「捕碳成本」以及要減少捕碳過程中所產生的「額外碳排放」，為目前產業所要努力克服的困境。

由高關注的產業專利案例研究：可歸納出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(減碳)並且將碳有效利用資源化的製程之改良，並以專利進行布局。例如鋼鐵產業中，日商JFE 鋼鐵公司從混合氣體中分離回收 CO_2 和/或 CO ，並轉化(重整)為 CH_4 後，再將 CH_4 吹入高爐，作為熱源和還原劑用途；德商蒂森克虜伯工業解決方案公司則是將所排放之高爐煤氣當作冶金氣，並進一步處理製備適於所述尿素合成的 CO_2 與氮氣；電力產業中，美商奇異公司利用熱交換器與壓縮機之設備，以更容易和減少成本的考量因素，研發從發電廠中分離和捕捉二氧化碳；美商艾克森美孚公司也是以降低分離所需的能量，並不需降低該煙道氣的溫度的考量因素，研發從混合循環發電系統中實現改良的能量回收，產生相當高純度的二氧化碳及氮流；石化產業中，洛斯阿拉莫斯國家安全

有限責任公司研發 CO₂ 水合物促進劑用於降低形成水合物所需的最小 CO₂ 分壓，以達到減少能源消耗捕碳之目的；美商艾克森美孚公司亦藉由研發具有經濟且有效的化學吸收法，提高了硫化氫的選擇性，並替代了胺的損失；水泥產業則是將碳捕捉技術與水泥產物結合，以利成本因素，例如二氧化碳解決方案公司使用水合與碳酸鹽沉澱技術，將二氧化碳轉化成碳酸鈣，以作為水泥之原料；美商奇異公司利用熱傳遞(HT)固體，以實現二氧化碳吸附劑鍛燒、再生減少耗能之效果。

雖然不同的產業或者公司企業的製程會有所差異，其結合碳捕捉於各自的產業製程須縝密思考其中之成本與其能量損耗。我國企業可藉由本碳捕捉專利分析報告所呈現專利案例的技術思想，以精進產業的碳捕捉研發，並考量各捕捉技術的前幾大申請人所專利布局技術以研討可作為合作之對象。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。

(二)碳再利用

對於發電廠提升再生能源(如陽光、風力、雨水、水力、海浪、潮汐和地熱等)發電比例，可以從源頭切斷二氧化碳之排放，而使用

超臨界二氧化碳流體獲得地熱，除了可以得到潔淨能源，更可以將工廠產出或大氣中之二氧化碳封存於地底。

從相關技術案例或產業相關案例可以發現除了技術層面的提升，如何配合工廠特性選擇碳再利用之方式，減少廢棄物、降低浪費，使資源再利用最大化，也是減少碳排重要之考量。

鑒於台灣地狹人稠及多為中小企業，若排碳業者為大型廠區，或許可以於廠區內建立利用再生能源產生氫氣工廠，降低相關反應物及產物的儲存成本，以及減少跨廠區管線輸送的運輸成本及外洩風險；若為小型工廠聚集之園區，可以於園區內工廠間資源整合應用，或是統一建立利用再生能源產生氫氣工廠，利用所得到之綠氫與各工廠所回收利用管線匯集之二氧化碳，統一生產；對於獨立的小型工廠，或許可以將二氧化碳捕獲，經過適當處理予以直接利用。

工廠所產生之高溫二氧化碳，可直接或經由介質用於熱量供應及產品乾燥，熱能的循環利用減少額外能源投入，冷凝物可用於冷卻及提供加壓目的。

溫度降低之二氧化碳作為碳源，與再生能源生產所得到之綠氫選擇生產適合的化學品、建材、聚合物或是新穎碳材，再循環至產線用作替代燃料或原料，或是經過多階段轉化成其他高價化學品，

再循環至產線作為強化添加物或收集作為其他使用。又或是將溫度降低之二氧化碳經由生物轉化得到生質品，若生產時需要純氧，可利用再生能源電解水或二氧化碳產生氧氣作為生產原料，並可得氫或一氧化碳副產物，而氫與二氧化碳經由反向水煤氣變換成一氧化碳，一氧化碳利用厭氧固定微生物得到有用之發酵產物，而中間所得之水或二氧化碳亦可回收再利用。

若是工業過程產生大量固體廢料(如大量粉塵、礦渣、冶金渣、爐渣、淤泥和人工破碎的岩石等)，可以將溫度降低之二氧化碳氣體與固體廢料反應以形成建材，替代天然礦石的開採，可同時減少工業過程產生的氣體與固體廢棄物。

碳再利用是對於無可避免之碳排放作出因應方式之一，然二氧化碳在常溫常壓下是一種穩定性非常高的非反應性分子，其能量低於大多數其他原料，意味著它極難反應形成其他化學物質，除非向該過程提供大量能量，因此要達到零碳排或低能耗似乎仍有待努力，一般業者除了考量生產成本之外，還需對於產品進行生命週期評估(Life cycle assessment, LCA)，雖難以達到完全零碳排，但在進行修正後導入氣候友善製程，以期達到「減量、回收及資源循環」之循環低碳生產的目標，使用再生能源，取代石化燃料，回收副產品或廢棄物再利用，減少石化原料的使用，避免環境中二氧化

碳增加，當傳統製程將面臨重大挑戰，尤其各國紛紛對碳排放收費，固有高排碳製程將導致成本上升，並影響企業形象，價格將不再是企業決策唯一關鍵，如何達到「製程改善、能源轉換和循環經濟」產業轉型的三大面向，達到永續發展，將是臺灣業者切入的契機及商機。

(三)碳封存

從高排碳產業的相關指標專利案觀之，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，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，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或轉用於再利用用途應為現階段可行的主要技術開發之方向。