

壹、前言

小型模組化反應爐 (Small Modular Reactor, SMR)¹ 是近年來核能領域的重要發展方向之一。相較於傳統大型核能反應爐，SMR 的設計特色在於體積小、功率相對較低(一般在 300 MWe 以下)，並且採用模組化建造方式，可在工廠中預先製造模組，再運送至使用地點組裝。這種方式能縮短建造工期、降低初期投資成本，並具備較高的靈活性，適合不同地區的能源需求。SMR 也被視為解決偏遠地區電力供應、支援可再生能源並進行工業應用的重要選項。

安全性是 SMR 的一大優勢。由於反應爐規模縮小，設計上更容易採取被動式安全系統，例如利用自然循環冷卻、重力驅動或壓力平衡等物理機制，即使在沒有外部電力或人員介入的情況下，仍可維持反應爐核心的冷卻，降低發生重大事故的風險。此外，部分 SMR 設計採用地下安裝或水池沉浸方式，以加強防護與散熱效果，進一步提升其抗災害能力。

在能源策略方面，SMR 可提供多元應用。除了傳統的發電用途外，SMR 亦可支援海水淡化、區域供熱、氫能生產以及與風能、太陽能等再生能源互補運行。這些特性使得 SMR 不僅僅是電力來源，也能成為未來低碳能源系統中的關鍵組件，尤其在全球能源轉型、碳中和政策推動下，SMR 被視為一種能兼顧環保、可靠性與靈活性的技術解決方案。

國際上，美國、加拿大、英國、俄羅斯、中國、日本等國家均積極投入 SMR 研發與示範計畫。例如，美國 NuScale 的設計已獲得核管會 (NRC) 初步安全認可²；俄羅斯則已在北極地區實際運行漂浮式核能電廠「Akademik Lomonosov」³。這些進展顯示 SMR 正逐漸由研發走向實際部署。

¹ What are Small Modular Reactors (SMRs)?

來源：<https://www.iaea.org/newscenter/news/what-are-small-modular-reactors-smrs>

² NuScale 獲 NRC 批准 77-MWe 小型模組化反應爐設計加速美國核能創新與全球低碳轉型

來源：<https://www.ibco.com.tw/turing-college/NuScale/>

³ AKADEMIK LOMONOSOV

來源：<https://www.fnpp.info/>

目前全球專利涉及小型模組化反應爐的專利權人多為美國企業，例如：Korea Hydro & Nuclear Power Co Ltd（韓國—韓國水電與核電公司）、Westinghouse Electric Company Llc（美國—西屋電氣公司）及 BWX Technologies Inc（美國—BWX 技術公司）等。

貳、專利分析

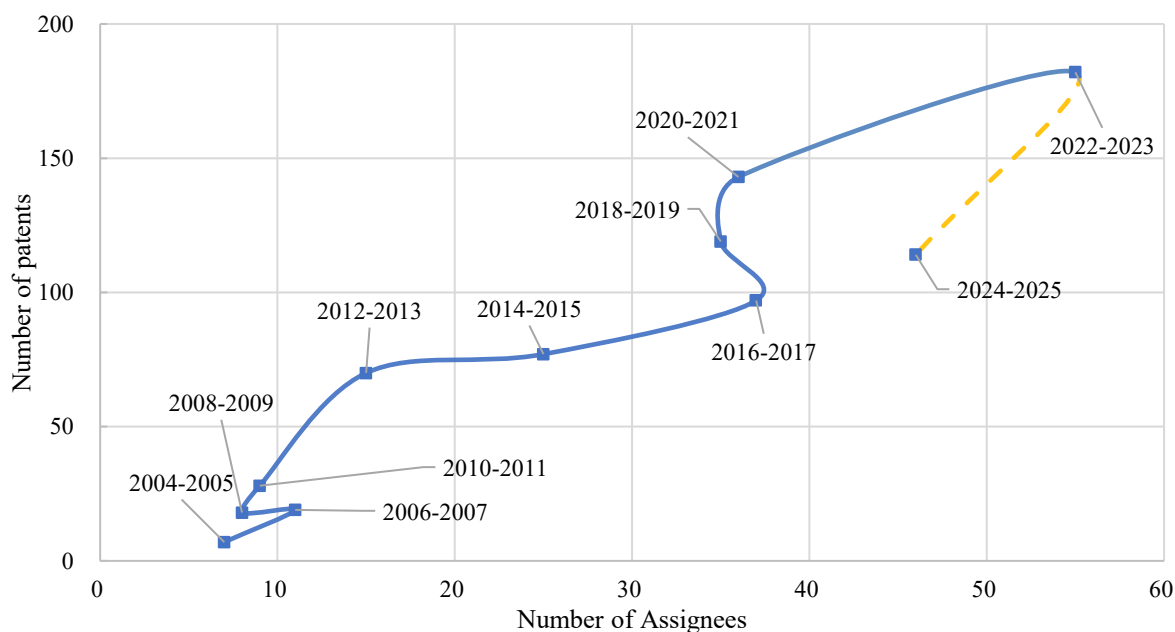
本文透過專利關鍵字檢索，初探全球「小型模組化反應爐」相關之專利技術佈局概況。

一、小型模組化反應爐相關市場概況-穩定成長

近年小型模組化反應爐的相關技術生命週期概況顯示，「專利申請數量」與「專利申請人數」之時間消長，觀察此產業所處之技術生命週期階段，如為：技術萌芽期、成長期、成熟期或衰退期等。

如圖一之技術生命週期概況顯示，橫軸為專利權人的投入量，縱軸為專利的申請量。產業整體技術研發量能整體呈現成長狀態至今。客觀推論產業技術目前處於**技術成長期**階段⁴。

圖一 近年小型模組化反應爐相關技術生命週期概況（二年期）

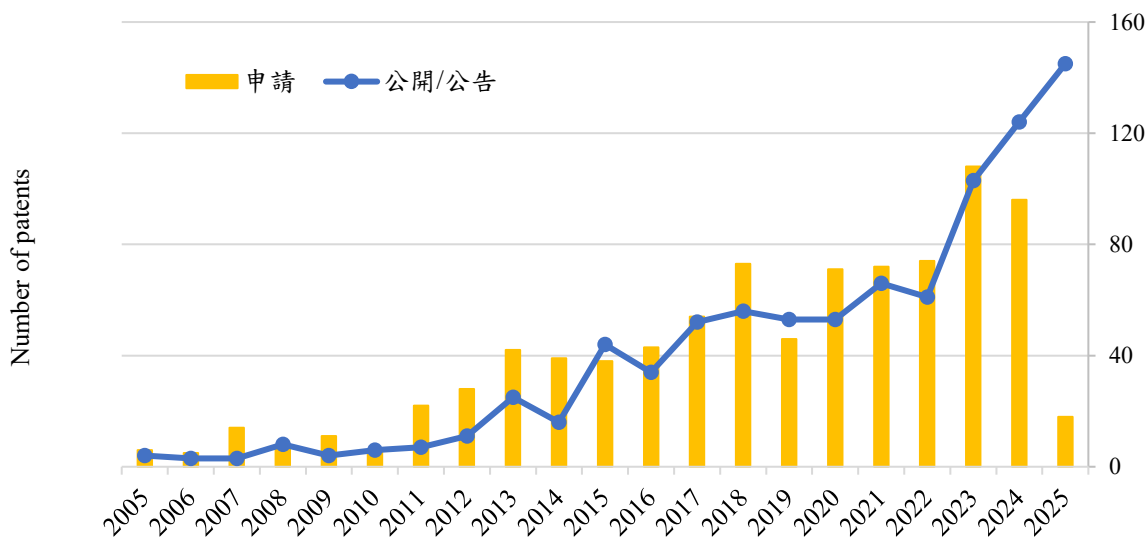


資料來源：各國專利資料庫，華淵公司整理

⁴ 2024-2025 年各國專利資料庫由於專利文本有 18 個月公開期，部分未公告，該數字僅供參考。

小型模組化反應爐的相關專利概況如圖二顯示，相關技術的專利申請數雖於 2019 年有一波下降，但整體於 2010 年起一路呈現成長的趨勢至 2023 年；而公開/公告數則也於 2016 年起呈現持續成長的狀態至今⁵。

圖二 近年小型模組化反應爐之相關專利概況

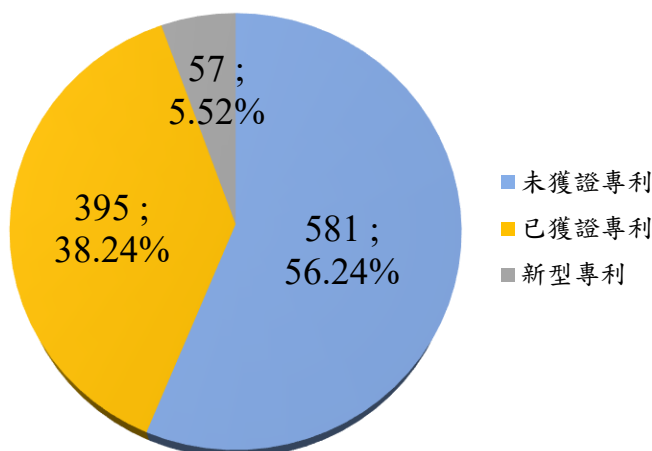


資料來源：各國專利資料庫，華淵公司整理

(一)、小型模組化反應爐近年專利申請與獲證資訊-核准率約 38.24%

此產業之專利申請與獲證數量如圖三所示，歷年專利申請數量約為 1,033 件專利，其中已獲證的發明專利為 395 件專利，獲證率為 38.24%，而新型專利則有 57 件，占 5.52%。

圖三 小型模組化反應爐的專利申請與獲證數量



資料來源：各國專利資料庫，華淵公司整理

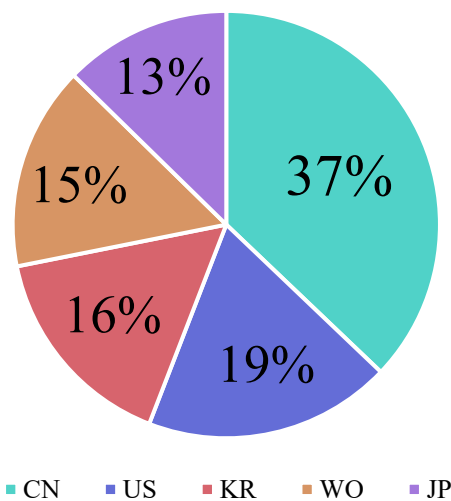
⁵ 2024-2025 年各國專利資料庫由於專利文本有 18 個月公開期，部分未公告，該數字僅供參考。

(二)、全球前五大小型模組化反應爐專利佈局國家或屬地-以中國為主

全球前五大小型模組化反應爐的專利佈局國家或屬地如圖四所示，其中以 CN(中國)為最大屬地，占比達 37%，其餘依序為 US(美國)、KR(韓國)、WO(世界智慧財產權組織)及 JP(日本)。

圖四 全球前五大小型模組化反應爐的專利佈局國家或屬地

TOP 5 Countries / Territories

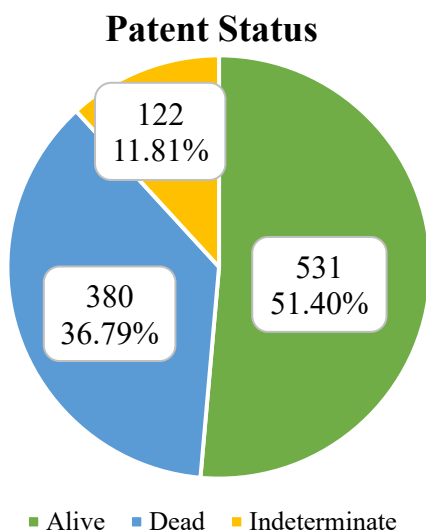


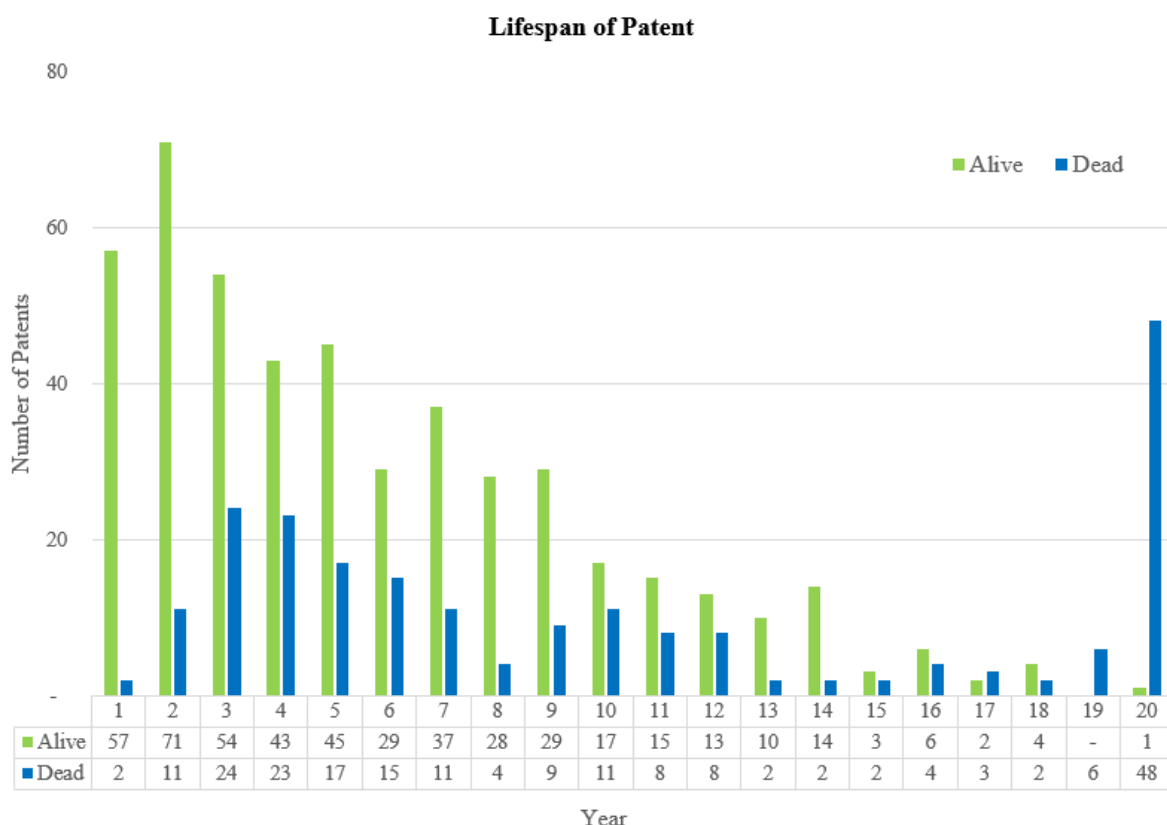
資料來源：各國專利資料庫，華淵公司整理

(三)、小型模組化反應爐的專利平均維護年期-約為 5.77 至 10.17 年

截至 2025 年，產業中核准且已失效的專利平均被持有 10.17 年，仍在維護中的專利之平均壽命目前為 5.77 年。

圖五 小型模組化反應爐的產業專利維護狀態





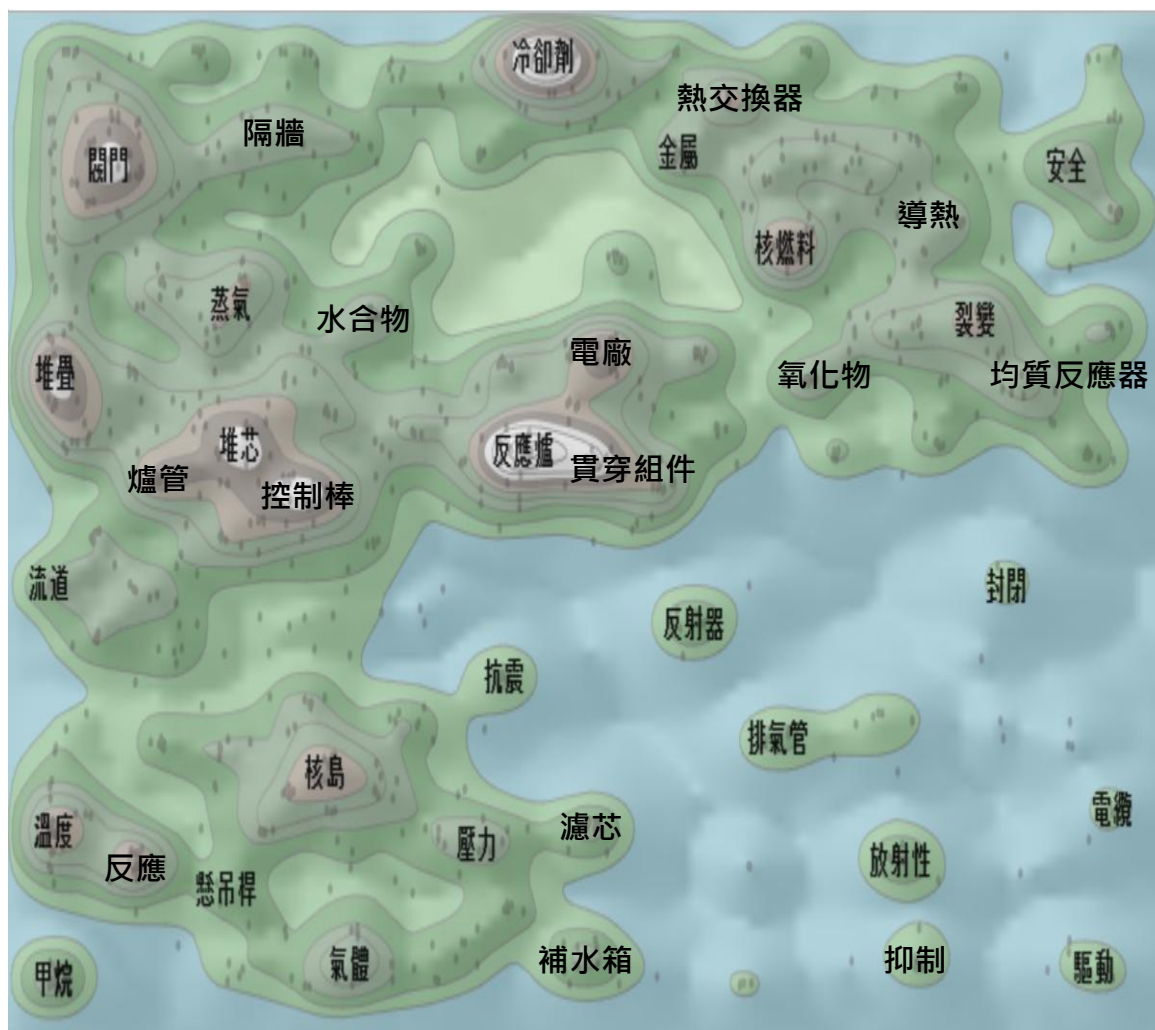
資料來源：各國專利資料庫，華淵公司整理

二、小型模組化反應爐相關產業之佈局與所屬競爭者分析

下圖六之等高線圖顯示專利技術的分佈，概述發明的性質，地圖上每一點都代表一件專利，較多的專利聚集處會形成白色山峰，較少的專利聚集處則形成平原或海洋。探勘近年專利技術的發展主要落在：

- (1) 閥門（控制冷卻劑與蒸汽流動確保系統安全及運轉穩定的元件）。
- (2) 堆疊（燃料元件依設計排列組合形成反應爐核心的結構）。
- (3) 堆芯（安置核燃料並進行核裂變反應的核心區域）。
- (4) 控制棒（插入堆芯內以吸收中子、調節或終止核裂變反應的關鍵裝置）。
- (5) 冷卻劑（將堆芯裂變產生的熱能帶走並傳遞至發電或散熱系統）。
- (6) 反應爐（進行核燃料裂變反應、產生並控制能量的核心裝置）。
- (7) 貫穿組件（穿透壓力邊界以連接內外部設備的結構元件，負責維持密封並確保冷卻劑與控制系統的正常運作）。

圖六 小型模組化反應爐的技術佈局概況



資料來源：Derwent Innovation，華淵公司整理

(一)、相關所屬競爭者之技術佈局

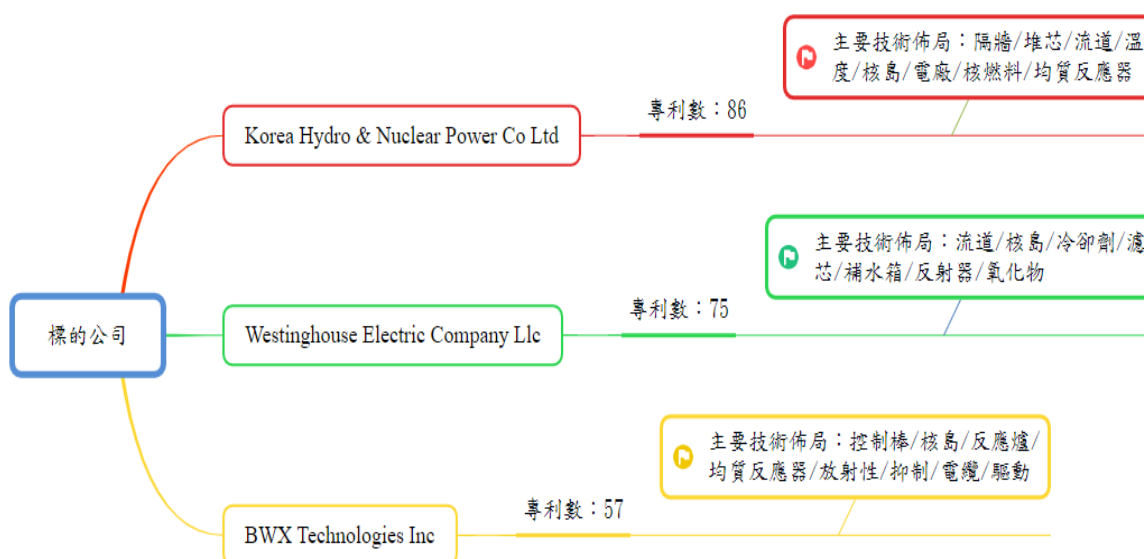
圖七至圖八顯示投入該產業技術之標的公司佈局概況。探勘全世界專利數量 TOP3 的專利權人，Korea Hydro & Nuclear Power Co Ltd（韓國—韓國水電與核電公司）以紅色圓點標註，Westinghouse Electric Company Llc（美國—西屋電氣公司）以綠色圓點標註，BWX Technologies Inc（美國—BWX 技術公司）以黃色圓點標註。看出相關標的公司在小型模組化反應爐研發相關技術的分佈概況。

圖七 相關標的公司小型模組化反應爐的技術佈局



資料來源：Derwent Innovation，華淵公司整理

圖八 相關標的公司佈局小型模組化反應爐的技術領域



資料來源：Derwent Innovation，華淵公司整理

(二)、相關所屬競爭者之引證分析

下表顯示在「小型模組化反應爐」相關領域中，產業競爭者之 TOP 5 平均引證分析，其中包含被引證數 (Forward Citation，專利被他人引用的次數) 與引證數 (Backward Citation，引證他人專利的次數)。若專利具較高的被引證次數，代表該項專利的專利範圍較明確完整，亦可能為該領域的基礎、關鍵技術；而較高的引證次數，表示研發人員對於技術有較充分的瞭解，以上兩者皆可保守推論該項專利擁有較佳的品質。以次數為基準，被引證次數最高者為 Hochttemperatur Reaktorbau Gmbh (德國—高溫反應器建造有限公司)；引證次數最高者則為 BWX Technologies Inc (美國—BWX 技術公司)。

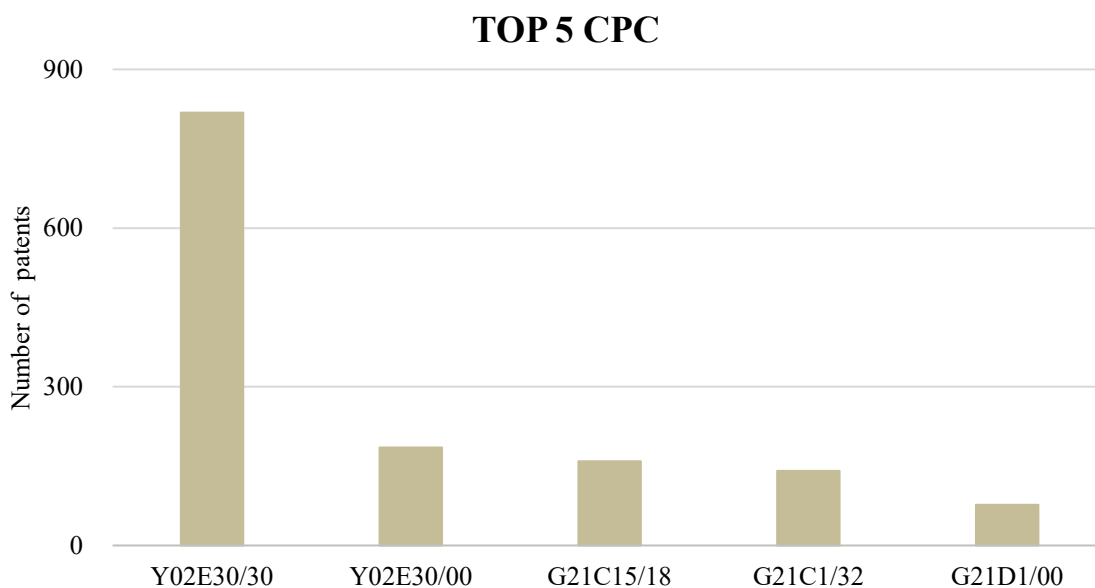
表一 產業競爭者之 TOP 5 平均被引證/引證分析							
Forward Citation				Backward Citation			
Assignee/Applicant	Patent	Cited	Avg. citation	Assignee/Applicant	Patent	Cited	Avg. citation
Hochttemperatur Reaktorbau Gmbh	39	161	4.13	BWX Technologies Inc	57	1,059	18.58
China Nuclear Power Design Inst	44	157	3.57	Westinghouse Electric Company Llc	75	322	4.29
Shanghai Newclear Eng Res & Design Inst	46	132	2.87	China Nuclear Power Design Inst	44	244	5.55
Westinghouse Electric Company Llc	75	117	1.56	Hochttemperatur Reaktorbau Gmbh	39	156	4.00
BWX Technologies Inc	57	113	1.98	Shanghai Newclear Eng Res & Design Inst	46	108	2.35

資料來源：各國專利資料庫，華淵公司整理

三、合作專利分類（CPC⁶）分析

「小型模組化反應爐」相關技術中，主要 CPC 技術分類號前五名為 Y02E30/30、Y02E30/00、G21C15/18、G21C1/32 及 G21D1/00。技術內容涉及「核分裂反應器」、「核能發電」、「應急冷卻裝置；停堆熱量的移除」、「整體式反應器，即反應器內部設有功能上與反應器相關但對反應並非至關重要的部件（例如熱交換器）的反應器」、「核電廠細節」等。再者，透過 CPC 技術分類號的分析，提供給相關技術領域研發者，可利用此分類號更有效率地縮短前案的檢索搜尋，或比較相關前案技術特徵的時間。

圖九 全球前五大之小型模組化反應爐的 CPC 技術分類號分佈



資料來源：各國專利資料庫，華淵公司整理

⁶ CPC: Cooperative Patent Classification

表二 CPC 技術分類號之詳細說明

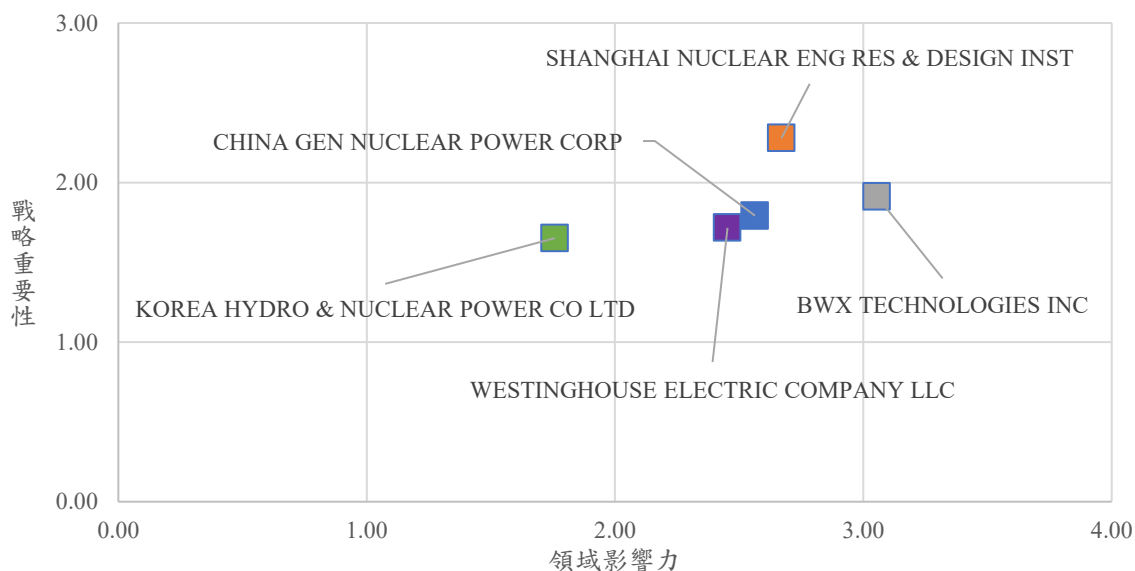
CPC	Definition
Y02E30/30	Nuclear fission reactors
Y02E30/00	Energy generation of nuclear origin
G21C15/18	Emergency cooling arrangements; Removing shut-down heat
G21C1/32	Integral reactors, i.e. reactors wherein parts functionally associated with the reactor but not essential to the reaction, e.g. heat exchangers
G21D1/00	Details of nuclear power plant

資料來源：各國專利資料庫，華淵公司整理

四、專利指標分析⁷

以 Derwent Innovation 中兩項專利指標，Strategic Importance (戰略重要性)及 Domain Influence (領域影響力)來衡量前五大專利權人之專利品質結果如下圖所示。

圖十 Top 5 專利權人專利指標



資料來源：Derwent Innovation，華淵公司整理

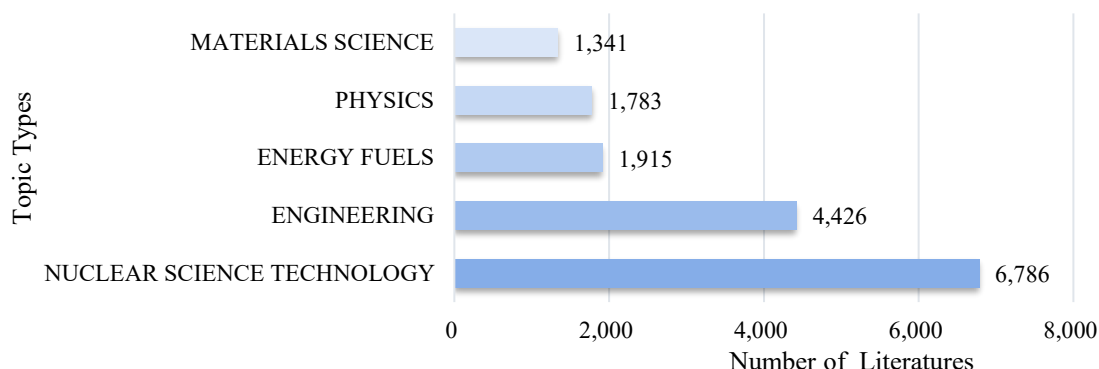
⁷ Derwent Innovation 系統之專利指標系統係透過機器學習模型，藉由將已知的公開數據做為訓練數據，進而獲得衡量專利影響力或其強度，滿分為 100。這些計算參數來自專利的訴訟、法律狀態、上下游活動、引用、家族成員狀態、專利申請人的參與情況、專利文本等內容，綜合考慮後對每一件專利進行評估並給予影響力分數及事件預測分數。Strategic Importance (戰略重要性)係為專利權人對於該專利的重視程度，Domain Influence (領域影響力)則為該技術領域中的影響力。

參、小型模組化反應爐的相關文獻

一、近年相關文獻主要涉及議題⁸

下圖顯示近 20 年相關文獻，主要研究之議題為 NUCLEAR SCIENCE TECHNOLOGY（核子科學技術）、ENGINEERING（工程學）、ENERGY FUELS（能源燃料）、PHYSICS（物理學）及 MATERIALS SCIENCE（材料科學）。

圖十一 近 20 年文獻探討議題之分佈概況

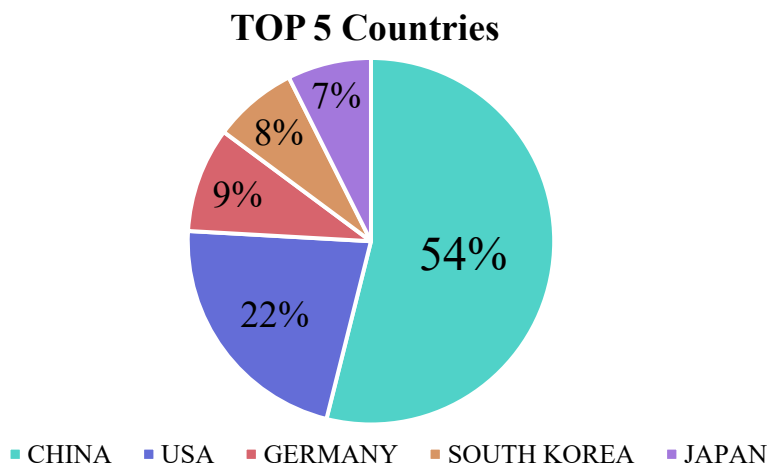


資料來源：各國專利資料庫，華淵公司整理

二、近 3 年發佈相關期刊之 TOP 5 國家/屬地

針對近年發佈相關期刊之 TOP 5 國家/屬地中，主要以 CHINA（中國）為主，占 54%。

圖十二 近年發佈相關文獻之 TOP 5 國家/屬地



資料來源：各國專利資料庫，華淵公司整理

⁸ 參考相關技術之文獻標題進行統計分析

以上內容僅供參考，如貴公司需要更詳細之資料內容

請洽 — 華淵智慧財產顧問股份有限公司

華淵鑑價股份有限公司

Email:service@wauyuan.com

臺北公司：臺北市承德路一段 17 號 14 樓 (會計研究發展基金會大樓)

(02)2559-6059

台中公司：台中市臺灣大道二段 489 號 26 樓之 3 (林鼎高峰大樓)

(04)2252-6059

高雄公司：高雄市新興區民生一路 56 號 4 樓之 8 (高雄市會計師公會大樓)

(07)229-6059

www.wauyuan.com