

(封面格式)

# 112 年度工作研究報告

題目：材料工程跨領域研究之發展探討

撰寫人：單位 工程處

職稱 助理研究員

姓名 王宇豪

如有意願參加本會獎勵科技行政研究發展評獎(有意願者請打勾)

單位主管評語	
推薦參加本會 獎勵科技行政 研究發展評獎	(請打勾)
單位主管簽章	

備註：

一、報告內容以 10 頁為原則。

二、本篇工作研究報告，如有意願參加本會獎勵科技行政研究發展評獎，請依本會獎勵科技行政研究發展作業要點規定辦理。

# 目錄

壹、 報告簡介.....	3
貳、 材料工程學門之發展趨勢.....	3
一、 材料工程學門發展歷程.....	3
二、 材料工程研究發展趨勢.....	4
參、 材料工程之跨領域研究探討.....	5
一、 大批專題研究計畫之盤點與分析-材料工程.....	5
1. 材料工程學門跨系所盤點分析.....	6
2. 材料工程學門跨子領域(子學門)盤點分析.....	8
3. 材料工程學門跨學門盤點分析.....	9
二、 工程處專案研究計畫之探討與分析-材料工程.....	10
1. 導向型專案之跨領域探討-仿生材料專案.....	10
2. 導向型專案之跨領域探討-高熵合金專案.....	12
3. 國際合作專案之跨領域探討-臺德鋰電池專案.....	13
肆、 研究發現與具體建議.....	14
伍、 未來展望.....	17
陸、 參考資料.....	18

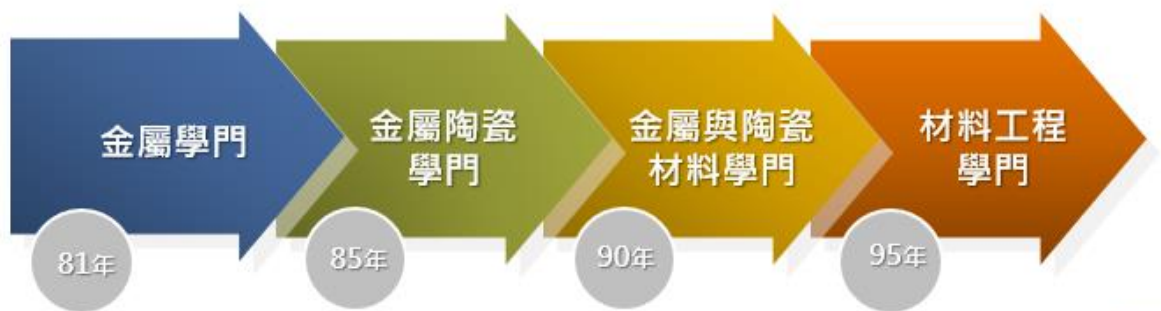
## 壹、報告簡介

本研究為探討工程處材料工程學門近期於跨領域研究發展之現況與趨勢，報告內容主要分成三個部分：首先依材料工程之發展進程與研究屬性，勾繪出材料學門於跨領域研究發展的整體樣貌與潛力，並闡述本研究於學門規劃發展之任務。第二部分則深入探討材料工程於跨領域研究之發展趨勢，研究方法包括以相對量化的方式來盤點材料學門於大批專題研究計畫(bottom-up)之多元性，以及用相對質化的觀點來討論材料學門於導向型專案研究計畫(top-down)之跨領域性。最後，整合上述之研究發現，提出所遭遇之問題與相對應的具體建議，提供為材料學門於未來發展方向之規劃參考。

## 貳、材料工程學門之發展趨勢

### 一、材料工程學門發展歷程

國科會工程處「材料工程學門」自 81 年度起成立，當時最開始的學門名稱為「金屬學門」，後因從事材料研究之環境與人力性質改變，學門幾度更名，如圖一之學門名稱演變歷程圖所示，於 85 年度先更名為「金屬陶瓷學門」，接著於 90 年度再更名為「金屬與陶瓷材料學門」，最近一次則是在 95 年度定名為「材料工程學門」，並沿用至今。由名稱之沿襲可大略看出材料工程學門原本所聚焦研究的「材料」，本質上是不同於其他學門包括化工、高分子與生物組織等領域的「非金屬/陶瓷」材料；在不同領域所關注的應用面上，也與像光電、微電子與能源科技等其他學門的材料研究有所區別；不過，此研究屬性的分野在學門名稱改為「材料工程」後，漸漸變得不是那麼明顯。這個變化不單單是名稱導向下的結果，也與整個科研環境的跨領域趨勢以及學門本身演變的特性有關。

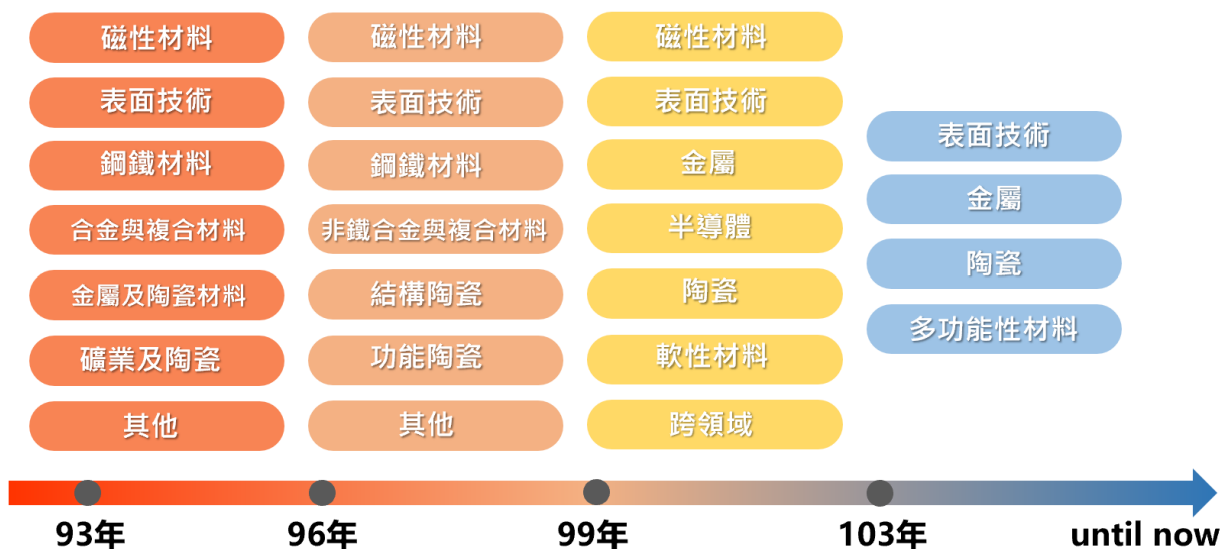


圖一、材料工程學門名稱演變歷程圖

有別於系統整合之技術面向，材料工程在整個工程處中是相對較為 **fundamental** 的學門領域，且應用領域多元，諸如半導體、製造機具、生醫技術、航太組件、甚至於民生基礎用品等，皆與材料技術脫離不了關係。若以材料種類之研究來區分，研究主題包含冶金與金屬製程、鋼鐵材料、非鐵材料、輕金屬、金屬基複合材料、結構陶瓷、功能陶瓷、磁性材料、薄膜材料、生醫材料、軟質材料、奈米材料、半導體材料、光電材料、能源材料、電池與儲能材料、鍍膜技術與構裝技術等，需要非常多不同專長的研究人員共同合作，這讓材料工程研究的跨域整合性與日俱增。

## 二、材料工程研究發展趨勢

進一步探討材料工程學門近年來的實際研究項目。為符合國內外材料工程領域之發展趨勢，材料工程學門除了更名外，其研究子領域(學門)在近幾年也不斷地與時俱進，圖二為材料工程學門歷年子領域分類一覽圖，由圖中可清楚看出自 93 年度以來材料學門各子領域的消長演替。歷時多年，其子學門總數由原本的 7 個，整合合併至現今的 4 個，目前的子學門分類為表面技術、金屬、陶瓷與多功能性材料等 4 個子領域。



圖二、材料工程學門歷年子領域(子學門)分類一覽圖

因應材料工程研究之跨領域性，材料工程學門的子領域劃分數目並不因其研究領域逐漸多元化的趨勢而膨脹，反倒是以整合的面向將子學門分類數目降至相對少數。畢竟，再怎麼多的子學門數也無法涵蓋既有以及未

來新興的所有研究領域，所謂海納百川，有容乃大，此種取最大公約數的方式為材料工程學門近幾年對應包括更名以及工程科技跨領域趨勢的發展策略。然而，此子學門的分類開始執行至今已近 10 年，某些子學門的妥適性已然過時，為更符合材料工程發展潮流以及研究主題的適切性，確有重新檢視與規劃的必要性。像是子學門中的「多功能性材料」，當初劃分時（由圖二所示），某種程度是整合包括「半導體」、「軟性材料」、「跨領域」以及「其他」等包含前幾年的子學門範疇而成，甚具多元性與跨領域性，但近幾年來的計畫申請數目不斷增長，除了有研究主題涵蓋範圍過廣、定義模糊與異質性過大的問題外，也進一步影響審查端的專業分類與作業。另一個顯著的例子則是子學門中的「陶瓷」，其計畫申請數有逐年萎縮的趨勢，這成因除了包括「結構陶瓷」的式微外，也可能與其原本「功能陶瓷」的部分漸漸移至深具跨領域性的「多功能材料」領域的趨勢有關。前述二例都可明顯看到跨領域趨勢對材料工程的深遠影響，如何有效整合與應對學門內的跨領域議題勢必為材料工程研究的一大重點。此研究報告之緣起係為規劃材料工程學門於未來發展之學門子領域分類調整方向，鑒於此任務之前期需要許多關於專題研究計畫的盤點與趨勢研究，筆者先於此研究探討材料工程之跨領域研究發展，以為後續學門子領域之重新分類規劃所用。

## 參、材料工程之跨領域研究探討

為探討材料工程於跨領域之研究發展，本研究分別以相對量化與相對質化的方法來分析材料工程學門於國科會研究計畫之跨領域研究趨勢。

(一)大批專題研究計畫是學門基礎研究的主軸，常以 bottom-up 的方式申請且為數眾多，此研究藉以蒐整大量數據的量化方式來盤點材料工程於專題研究計畫範疇的跨域性與多元性。(二)工程處導向型專案研究計畫則是以 Top-down 的方式規劃而成，為常具目標導向、團隊養成、利基聚焦與跨域整合等特性的任務型計畫，因計畫數量較為有限，此處將以相對質化的方式來研析材料工程於導向型計畫範疇的跨領域性與整合性。

### 一、大批專題研究計畫之盤點與分析-材料工程

在探討材料工程之跨領域性前，應先有效了解整個材料工程學門的研

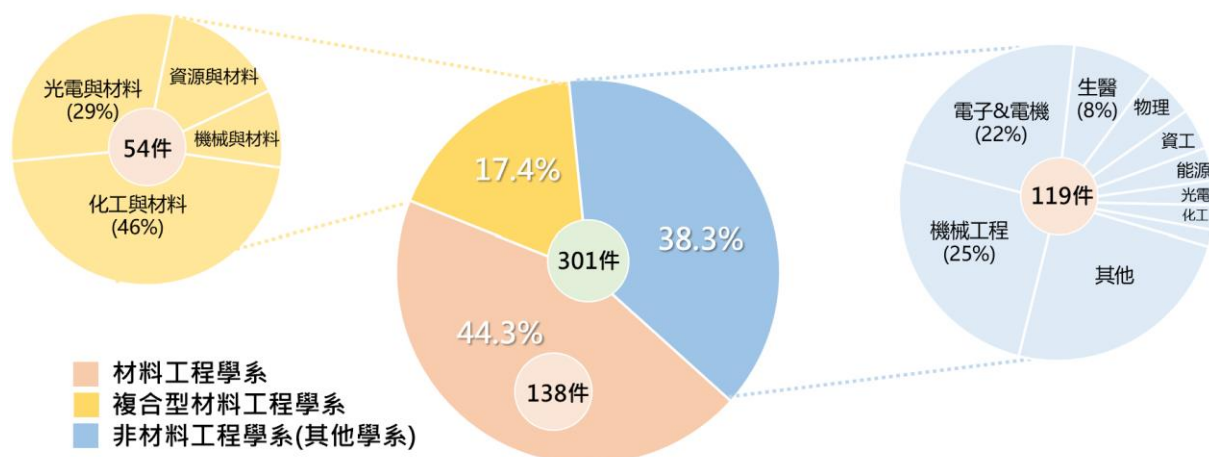
究領域組成，本研究運用國科會會內專題計畫管理系統-專題計畫綜合查詢之功能，蒐集近年申請材料工程學門的(每一筆)大批專題研究計畫資料，經有效量化統計，判別材料工程學門各研究計畫的領域分布。直覺上，在蒐整完資料後的下一階段，應依每一件計劃的計畫名稱逐筆盤點各計畫的研究領域，同時配合目前子學門的範疇作逐一分類比對，並標註其跨域程度來作業；但此法需要相當程度之專業性以及相對廣泛之跨領域經驗，而且對於單一計畫是否具跨域性的認知常具主觀性，(或許)不那麼客觀；對此，本研究的量化分析標的轉而以研究主持人(PI)的背景為目標，先盤點申請材料學門計畫的主持人所屬系所分布，雖說即使於同一系所的學者的研究方向可非常不同，但其所在系別可某種程度上反應研究者之領域背景，且此資訊相對客觀並包含大量已標註之數據，應是一個極具參考性的統計指標。

### 1. 材料工程學門跨系所盤點分析：

本研究在蒐整近三年(每一筆)申請材料工程學門的大批專題研究計畫案後(取樣範疇只包括一般、新進、優輕與特約研究計畫)，依申請人的所屬機構系別名稱作分類，分成三類：第一類「**材料工程學系**」為單位系別名稱只有材料科學或材料工程的研究系所，實際所包括的系別名有「材料工程系」、「材料科學系」、「材料科學工程學系」、「材料科學與工程學系」、「材料科學與工程學系暨研究所」…等；第二類「**複合型材料工程學系**」為單位系別名稱係材料工程與其他領域科別名的合稱體，實際所包含的系所名稱有「化學工程與材料科學學系」、「材料及資源工程系」、「光電與材料科技學系」、「機械與材料工程學系」等；第三類的「**非材料工程學系**」則是非材料工程科學以及上述兩類的其他系所名稱，如「電機工程系」、「醫學工程學系」、「物理學系」、「資訊工程學系」、「生物科技學系」…等。

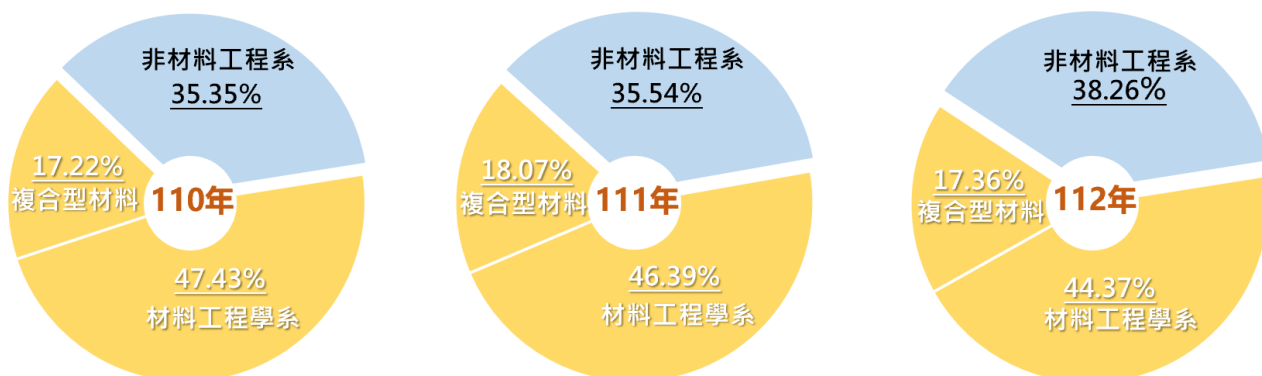
首先檢視單一年度內計畫的系所分布，圖三為 112 年度材料工程學門專題計畫申請案之計畫所屬系所分布圖，取樣範圍為當年度材料學門以 bottom-up 申請的所有新計畫申請案，其中包括新進人員隨到隨審案，但不包括專案類型計畫，也不包括已預核之計畫，共計 311 件。由圖三可以明顯看出：純粹材料工程學系的計畫分布(44.3%)比例

不到一半，而非材料工程學系的計畫分布(38.3%)近達4成。再觀察各分類的細部組成：複合型材料工程學系計54件的分布領域包括化工、光電、資源工程與機械，其中以化工與材料科系之合稱體佔複合型材料工程學系比例之最大宗。非材料工程學系計119件，其領域組成更為多元，前三大佔比的科系別分別為機械工程、電子與電機工程等生醫工程相關等領域。



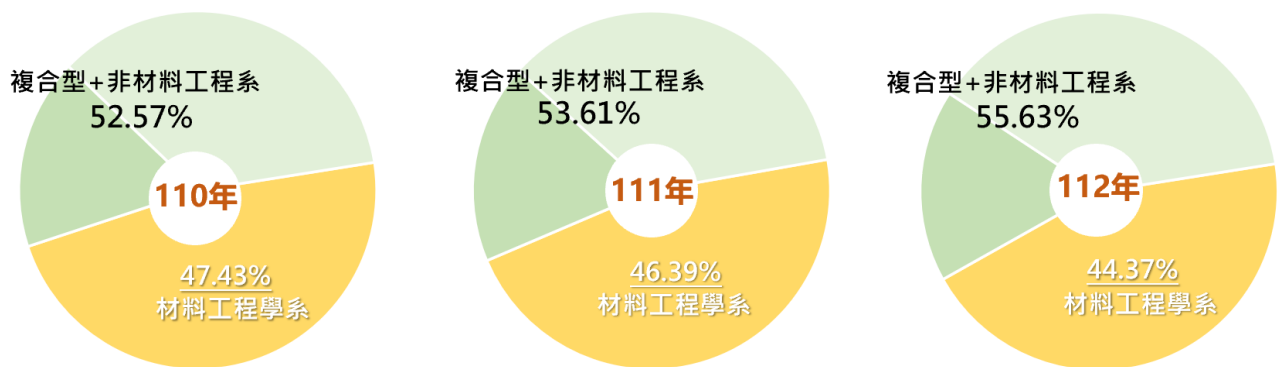
圖三、112 年度材料工程學門專題計畫申請案之計畫所屬系所分布圖

進一步檢視於各年度之分布，圖四為近3年材料工程學門專題計畫申請案之計畫所屬系所分布趨勢圖 I，圖中分別呈現110年至112年間各年度於材料工程學系、複合型工程學系與非材料工程學系的百分比分布圖，取樣原則依前述，各年的取樣數分別為：110年331件、111年332件、112年311件。



圖四、近3年材料工程學門專題計畫申請案之計畫所屬系所分布趨勢圖 I

可以觀察到非材料工程系的佔比有逐年遞增的現象(35.35% → 35.54% → 38.26%)，也就是說，其他非材料學系跨領域來材料學門申請計畫的數目在近年有逐漸增多之趨勢。若再換個角度來看，圖五為近3年材料工程學門專題計畫申請案之計畫所屬系所分布趨勢圖 II，此圖是以更廣義的角度來看所謂的非材料工程學門族群，這裡將複合型材料學系跟原非材料工程學系的比例作相加，也同樣呈現出逐年的遞增之趨勢(52.57% → 53.61% → 55.63%)。綜合上述，材料工程學門專題計畫申請案之PI所屬系所除了相對多元外，近年從其他非材料學系跨領域來材料學門申請計畫的數量比例也有逐漸增多之趨勢。換言之，以領域背景的數據來看，材料工程學門近年確有愈來愈多元的跨領域趨勢。



圖五、近3年材料工程學門專題計畫申請案之計畫所屬系所分布趨勢圖 II

## 2. 材料工程學門跨子領域(子學門)盤點分析

接著於更細項處檢視材料工程學門於不同子領域(子學門)的計畫所屬系所分布狀態，表一為近3年申請材料工程學門專題計畫各子領域之計畫所屬系所分布表，此表同樣依材料工程學系、複合型工程學系以及非材料工程學系之分類原則，統計出110年至112年間，材料工程學門4個子領域(表面技術、金屬、陶瓷、多功能性材料)中新申請案之所屬系所分布的情形。可以觀察到，110年度「多功能性材料」在非材料工程學系的範疇下，於同子領域(多功能性材料)的計畫總數的百分占比為31.03%，之後每年穩定遞增，111年度升至35.06%，到了112年度已升至38.10%，且這3年間增加的幅度比上一小節所呈現的整體遞增幅度(35.35% → 35.54% → 38.26%)還大。以申請數量的絕對值來看，多功

能性材料領域也是各子領域中最多的(取3年平均)。也就是說，在材料工程學門近年愈來愈多元的跨領域趨勢下(上一小節所述)，子領域中的多功能性材料，其跨領域占比也同樣展現出逐年遞升的現象”愈來愈多來自非材料學系跨領域來申請材料學門計畫的PI”，而且此趨勢穩定擴大中。另外值得一提的是陶瓷子領域，雖然其申請總件數在各子領域中常居最低(取3年平均)，但「陶瓷」子領域在非材料工程學系的範疇下，於同子領域的計畫總數的百分占比其也是每年穩定遞增(40.38% -> 45.10% -> 46.67%)，這或許跟結構陶瓷的式微以及功能性陶瓷的興起有關。功能性材料研究常具跨領域性，而材料工程中的”功能性興起”趨勢已是一股無法忽視的現象。

表一、近3年申請材料學門專題計畫各子領域之計畫所屬系所分布表

子領域	系所	110年		111年		112年	
		件數	占比 (於同子領域)	件數	占比 (於同子領域)	件數	占比 (於同子領域)
表面技術	材料工程學系	34	37.36%	41	42.71%	38	43.68%
	[複合型]材料工程學系	19	20.88%	22	22.92%	15	17.24%
	[非]材料工程學系	38	41.76%	33	34.38%	34	39.08%
	總合	91		96		87	
金屬	材料工程學系	31	43.06%	35	49.30%	27	45.76%
	[複合型]材料工程學系	19	26.39%	15	21.13%	15	25.42%
	[非]材料工程學系	22	30.56%	21	29.58%	17	28.81%
	總合	72		71		59	
陶瓷	材料工程學系	27	51.92%	19	37.25%	25	41.67%
	[複合型]材料工程學系	4	7.69%	9	17.65%	7	11.67%
	[非]材料工程學系	21	40.38%	23	45.10%	28	46.67%
	總合	52		51		60	
多功能性材料	材料工程學系	65	56.03%	59	51.75%	48	45.71%
	[複合型]材料工程學系	15	12.93%	14	12.28%	17	16.19%
	[非]材料工程學系	36	31.03%	41	35.96%	40	38.10%
	總合	116		114		105	

### 3. 材料工程學門跨學門盤點分析

前2小節所針對「跨系別」與「跨子領域」的盤點，主要是以非材料工程系別，跨領域來申請材料工程學門專題計畫的觀點來觀測；此小節則換個角度，改以檢視在同年度下已經申請材料工程學門計畫的PI，同時再申請其他學門(或其他學術處)計畫的狀況。表二為近3年申請材料工程學門專題計畫又同時申請其他學門計畫之件數分布表。表中呈現110年至112年間，材料工程學門的PI(已申請材料學門專題計畫)，同時跨域申請其他學門、甚至其他學術處計畫的案件數。由表二

可以明顯觀察到此跨領域申請的件數在近3年有逐年遞增的現象。其中，所跨足的學門領域多元，若將110年~112年間申請其他學門的數量加總，於工程處的前6大領域依序為能源工程、微電子工程、光電工程、化學工程、機械工程以及醫學工程等學門。除了跨足工程處轄內的其他學門，同時也有跨到國科會其它學術處(自然處與生科處)，其中又以跨域至自然處的比例最高，這個現象也呼應前述關於”材料工程為工程處中比較 fundamental 之學門”的說法，材料工程學門內有相當程度的基礎研究與自然科學及永續研究發展處的某些學門屬性相關。

表二、申請材料工程學門專題計畫又同時申請其他學門計畫之件數分布表

	自然處	生科處	能源	微電子	光電	化工	機械	醫工	航太	環工	新興	土木	高分子	海洋	自動化	總合
112年	16	3	12	7	8	6	6	3	1	1	0	0	0	0	0	63
111年	6	4	13	6	6	8	7	2	1	0	0	0	0	1	1	55
110年	6	1	10	8	6	6	1	2	0	0	1	1	1	0	0	43
總合	28	8	35	21	20	20	14	7	2	1	1	1	1	1	1	

## 二、工程處專案研究計畫之探討與分析-材料工程

有別於大量數據的蒐整分析，此章節以相對質化的方式，深入探討工程處所推動的專案計畫中與材料工程學門有高度相關的專案研究計畫。最近幾年由材料工程學門所主導的 top-down 式導向型(處)專案有「智慧仿生材料與數位設計平台專案計畫」與「高熵材料之學理與應用開發專案」。而「臺德(NSTC-BMBF)鋰電池研究團隊合作整合型研究計畫」則是深具跨領域精神，且有不少材料工程 PI 位居關鍵角色之國際合作專案。

### 1. 導向型專案之跨領域探討-仿生材料專案

「智慧仿生材料與數位設計平台專案計畫」於107-111年度間推動，是一結合仿生科學、材料工程、人工智慧以及材料基因組(MGI)概念的跨領域整合型計畫。其核心機制係藉由模仿自然界中包含結構、性質與功能的外顯行為，以材料工程的方法，輔以數據平台技術，來設計與研發應用技術(系統)。可以想像，於此機制下，每一個別團隊都至少需要3種(以上)不同領域別的團員。圖六為智慧仿生材料與數位設計平台專案之跨領域及應用示意圖，由圖中可看出所有團

隊(第一年補助共 10 組團隊)所涵蓋的相關領域與應用，團員包含機械、土木、電機、資訊、環工、光電、醫工等學門PI，並延伸出包括無人機結構、積層製造、水上機器人、醫療輔具、軟性基板、攀爬機器人、自供電感應器等應用技術，domain knowledge 可謂包羅萬象，成果豐碩，為近年材料工程於跨領域技術研究之一大饗宴。



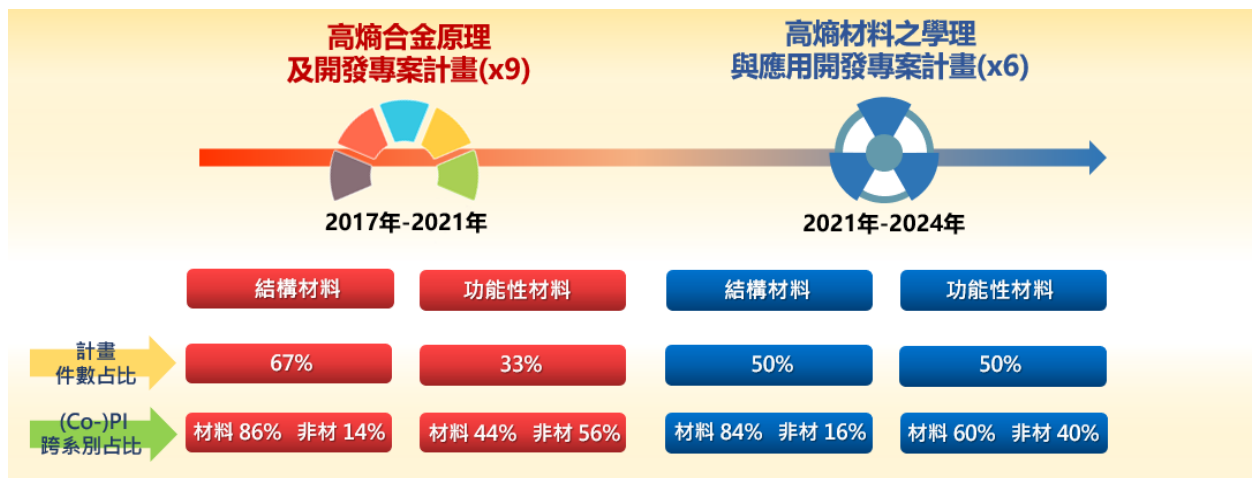
圖六、智慧仿生材料與數位設計平台專案之跨領域及應用示意圖

呼應上一章節的論述，材料工程在整個工程處中是比較 fundamental 的學科，在工程科技領域處於相對上游，而且在技術產業化是比較有距離的學門。然而，也正是材料的基礎科學面向，讓它具有比較廣的跨域包容性。此專案雖是以材料工程的技術為核心，但有高達一半的計畫總主持人非為申請材料學門專題計畫之PI，整體 Co-PI 的部分更有超過 6 成的比例非為常年申請材料學門專題計畫的PI，其跨領域程度可見一斑。且不論是在結構或功能性的應用上，材料工程技術也充分展現出與其他領域間優異的互補性，這種跨領域的綜效現象在與較系統化的技術整合時，更顯得相得益彰。例如計畫中應用於水面機器人以及應攀爬機器人的團隊，都是將優異的材料性質與功

能性整合於目標導向的系統上，進而提供更佳解決方案的例子。若可以將這種跨領域合作的模式複製擴散，或許可啟發出更其他不同學門領域間的整合協作，創造出更多、更驚奇的跨領域研究創新。

## 2. 導向型專案之跨領域探討-高熵合金專案

高熵合金是近年全球新興領域科技之一，為國內深具原創性之材料工程技術。工程處為發展前瞻材料研究創新，整合於此領域之有限資源，於106年度起陸續推動前後2期的高熵合金專案，分別為「高熵合金原理及開發專案計畫」與「高熵材料之學理與應用開發專案計畫」。雖然合金技術的研究仍以材料工程的PI為主，但由於此技術的應用廣泛，讓所跨領域合作的面向相當多元，除了材料工程外，專案所包括的領域包括電機工程、光電工程、電信工程、環境工程、能源科技、機械工程、醫學工程與土木工程等，可應用於半導體、國防、航太、能源、水資源、醫療、汽車與運動等產業。



圖七、高熵合金(材料)專案於結構材料與功能性材料之比較示意圖

若以材料工程技術的應用層面來看，高熵合金專案大抵可分為**結構材料**以及**功能性材料**兩個研究面向。圖七為高熵合金(材料)專案於結構材料與功能性材料之比較示意圖，此圖以材料技術之結構性與功能性作為比較項目，試圖觀察前後2期高熵合金專案的領域組成趨勢。由圖中可以看到，在第一期的「高熵合金原理及開發專案」中，研究結構材料的計畫件數占比為67%，而研究功能性材料的計畫件數占比為33%；到

了第二期的「高熵材料之學理與應用開發專案」，研究結構材料的計畫件數占比降至 50%，研究功能性材料的計畫件數占比升至 50%。再進一步檢視於各項目中的 PI 系別占比：可看出在研究結構材料的計畫中，其計畫主持人(PI)與共同主持人(Co-PI)為材料工程系的占比在 2 期專案皆超過 8 成(第 1 期 86%；第 2 期 84%)；而研究功能性材料的計畫中，其計畫主持人(PI)與共同主持人(Co-PI)為材料工程系的占比卻明顯較低(第 1 期 44%；第 2 期 60%)。也就是說，在高熵合金專案中，整體研究方向有漸漸往具多元跨領域性質的功能性材料方向前進，而相對較以材料工程為主體的結構材料研究面向則有逐漸減少的趨勢，這個發現與前述(不管是大批專題或其他專案)關於材料工程「跨領域化」與「功能性興起」之論述可謂如出一轍。相對於結構材料的冗長驗證與落地時程，功能性材料研究的投入有認證周期較短且較易導入產業應用的優點，尤其是在以任務型導向型專案的執行與成果展現層面上。而功能性材料的多元跨領域性也帶給高熵合金研究更多創新的活水，以第二期「高熵材料之學理與應用開發專案」為例，在計畫徵求的時候是很難預想到會有高熵電催化劑、高熵壓電水產氫、無線通訊元件等與傳統合金塊材應用大相逕庭的功能性應用，這可說是跨領域合作下創新發展。這也讓人很好奇：像高熵合金的新興材料工程技術，若推廣到其他更多的學門領域，是否可再激發出更多或更驚奇的跨領域合作研究呢？

### 3. 國際合作專案之跨領域探討-臺德鋰電池專案

「臺德(NSTC-BMBF)鋰電池研究團隊合作整合型研究計畫」是國科會與德國教育及研究部(Federal Ministry of Education and Research, BMBF)簽署合作意向書，針對前瞻電池計畫所共同合作補助的國際合作專案計畫。於 106 年度起，至今已推動到第 3 期(每三年一期)。成果豐碩，合作內容除了聚焦前瞻鋰電池科技，還擔負整合雙方產學研(上下游)與研發價值鏈之重任。在跨領域的互補上，德方具高品質電池生產自動化之領先技術，於電池生產設備與製程供應面具領先地位，並有大型電池試生產線之豐富經驗；而我方則提供居於上游(優異材料與化學品)的前瞻材料開發技術，此案可說是一結合材料研發與應用系統端的跨國際、跨領域合作研究專案。在團隊領域組成方面，台方共 3 個計畫團隊，計畫主持人皆來自

化學工程學系，係化學工程學門所主導的合作專案；再細數曾實際參與(1、2、3期計畫)的PI與Co-PI，發現材料學門的學者(長年申請材料學門計畫之PI)占了近3成，雖然此案不像前章節所述之專案(仿生材料或高熵合金專案)般以材料工程學門的PI為核心，但卻是一個材料技術與其他工程領域協作發展的上下游整合案例。此案同時可為材料工程於未來發展之借鏡：跨領域合作面向除了技術與應用的互補外，還可以跨國交流、研發價值鏈以及上下游整合等方向思考。

## 肆、研究發現與具體建議

此章節整合本研究報告之內容，列出材料工程於跨領域研究發展之相關發現，並檢視所遭遇之問題，進一步提出對應之具體建議，作為材料學門於未來發展方向之規劃參考，希望對工程處所推動之科技研發有所幫助。

- 一、 材料工程學門的研究學者組成多元，112年度學門內來自純粹材料學系的申請計畫占比不到一半，來自非材料工程學系的申請計畫占比近達四成，而從其他非材料學系跨領域來材料學門申請計畫的占比又有逐年增加的趨勢。也就是說，以學門PI的領域背景的來看，材料工程學門確有愈來愈多元的跨領域趨勢。在所有學門子領域中，同樣展現此逐年多元趨勢的有「陶瓷」與「多功能性材料」兩領域，其中又以多功能性材料子領域的主題涵蓋範圍最廣、最具跨領域性，且包含最多來自其他非材料學系跨領域來申請的PI。功能性材料研究常具跨領域性，而材料學門近年來確有“功能性興起”之現象。材料工程學門於此愈趨多元的趨勢下，已可預見一些由跨域所帶來的問題，如學門研究的主題範圍過廣、定義模糊、異質性過大等問題。事實上，前述已影響材料工程學門近幾年於審查端的專業分類與作業，逐漸膨脹的研究主題也讓材料工程學門於子領域的分類調整迫在眉睫。

### ➤ 具體建議：

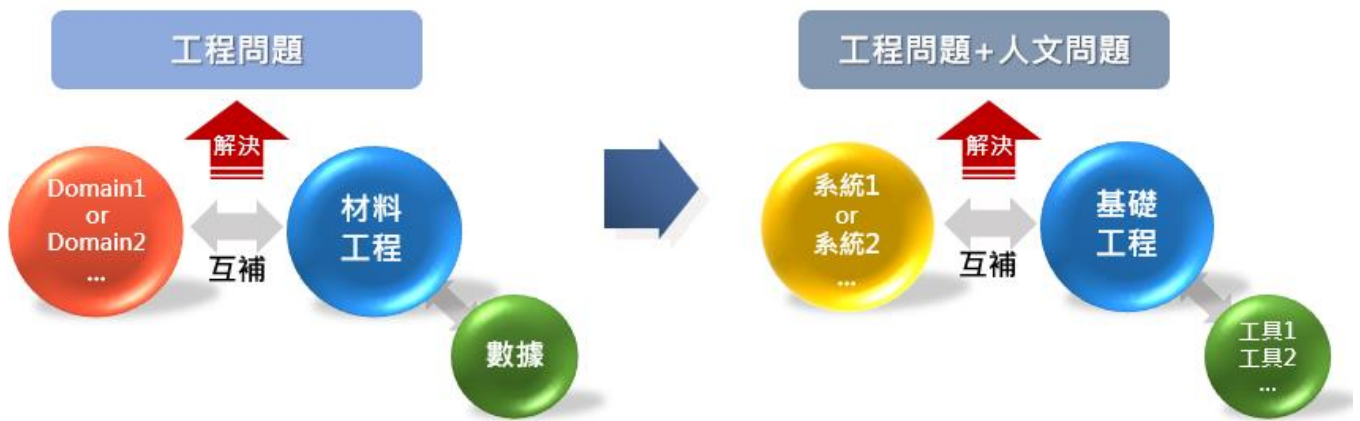
雖然學門子領域須因應研究環境與人力性質的改變而作調整，但一般結構性的變化通常緩慢改變，兼且又涉及跨領域性的議題，更是非單一領域局部的修正所能立即解決的。為了更符合學門的跨領域發

展，讓相關學者未來都有適切的領域歸屬，建議所跨領域相關的學門可定期召開座談，討論各領域間因跨域而造成的可能變化與整合效應。關於如何選擇所相關之學門，以材料工程為例，由圖三(材料工程學門專題計畫申請案之計畫所屬系所分布圖)可以歸納出與包括機械工程、電子與電機工程、化學工程、光電工程與生醫工程相關等領域高度相關；由表二(申請材料工程學門專題計畫又同時申請其他學門計畫之件數分布表)也可歸納出與能源工程、微電子工程、光電工程、化學工程、機械工程與醫學工程等學門高度相關。建議可先以這兩個面向所統計重疊的項目作為優先選項，並依實際座談討論內容來修正。

- 二、 材料工程在整個工程處中是比較 fundamental 的學科，在工程科技領域處於相對上游，在技術產業化是相對較有距離的學門。然而，也正是材料研究的基礎科學面向，讓它具有比較廣的跨領域包容性，不論是在結構或功能性的應用上，材料工程技術充分地展現出與其他領域間優異的互補性。「智慧仿生材料與數位設計平台專案計畫」係近期以材料工程為技術樞紐，成功凸顯材料技術於工程領域中具優異互補性的跨領域整合案例。隨著此專案執行完畢，思考如何再推動類似專案，讓工程處內相對 fundamental 的學科研究，可在工程科技的跨領域趨勢中發揮最大的加乘綜效。

### ➤ 具體建議：

圖八為工程處推動跨領域整合計畫建議圖，圖中左側的圖示為「智慧仿生材料與數位設計平台專案計畫」的跨領域合作架構：主要是以材料工程技術與另一工程領域之 domain knowledge 作互補結合，並輔以數位設計平台之數據科技，共同解決工程問題。為彰顯基礎性工程與相對系統化工程技術間之互補綜效，同時讓跨領域合作的 solution 不僅僅只考慮到工程問題的層面，建議工程處未來在推動導向任務型的跨領域整合專案時，可參考圖八右側之圖示：將相對 fundamental 之工程科技與(數個)相對系統化之工程技術作互補結合，同時輔以更多具支援性質之工具技術，提出可共同解決包括工程與人文層面的跨領域合作方案。

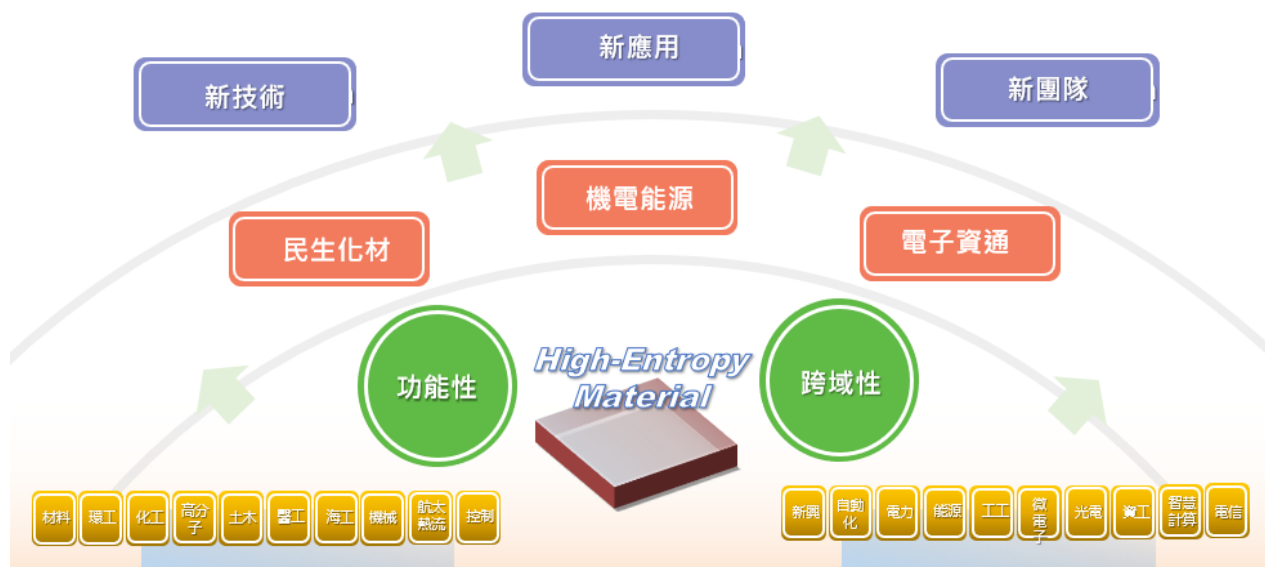


圖八、工程處推動跨領域整合專案建議圖

- 三、 高熵合金係國內深具原創性之材料工程技術，為發展前瞻材料研究創新，工程處持續推動具多元應用性之高熵材料專案計畫。推動至今，此專案的整體研究方向有漸漸由「結構材料」轉往「功能性材料」的趨勢。其中，研究「結構材料」的計畫團隊主要以材料工程系背景的PI為多數主體；而研究「功能性材料」的計畫團隊成員則相對多元，且甚具跨領域性。此發現與材料工程學門於子領域中之「跨領域化」、「功能性興起」等現象同調。高熵合金技術之推廣應不該只侷限於材料工程或相關少數領域，參考本研究之探討發現，或可思考如何藉此趨勢推動對未來工程科技跨領域發展更有貢獻之方案。

➤ 具體建議：

新興科技有時在加入跨領域性的元素後會變得更驚奇有趣，或許在推廣高熵合金前瞻技術時可考慮讓更多工程處其他的學門參與，來共同發想。圖九為高熵合金之跨領域整合專案推動示意圖，如圖所示，建議將「功能性」與「跨域性」放進未來高熵合金專案的推動原則中，讓工程處內包含民生化材、機電能源、電子資通等領域學門，透過跨領域合作，讓具優異互補性之功能性材料可以協作、啟發出更多的創新，進而產生出新技術、新應用與新團隊。



圖九、高熵合金之跨領域整合專案推動示意圖

## 伍、未來展望

此研究報告為材料工程學門於學門子領域分類調整規劃之前期研究，在提供材料工程於專題與專案研究計畫之盤點與趨勢分析內容後，下一階段，將協助學門召集人，針對近年於材料工程學門的計畫申請案，依計畫名稱與內容，作實際研究領域的分類比對，並盡可能標註其跨域程度；考量此法需要相當程度之專業性以及相對廣泛之跨領域經驗，而且對於單一計畫是否具跨域性的認知常具主觀性，規劃將進一步召開學門研究方向座談會，整合學門各方意見以產出研究領域分類表，以為後續學門發展規劃所用。

## 陸、參考資料

- [1] 國科會工程技術研究發展處，材料工程學門網站，檢自  
<http://www.etop.org.tw/dsp/E06.php?c=dsp13211>
- [2] 國科會，106 年「高熵合金原理及開發專案計畫」徵求公告。
- [3] 國科會，107 年「智慧仿生材料與數位設計平台專案計畫」徵求公告。
- [4] 政府研究資訊系統 GRB，鄧熙聖，台德電池研究整合推動計畫。
- [5] 國科會，科技部年報電子書(109 年-110 年)。
- [6] 國科會，110 年「高熵材料之學理與應用開發專案計畫」徵求公告。
- [7] 國科會，2020-2023 年臺灣-德國(MOST-BMBF) 第二期鋰電池研究團隊合作整合型研究計畫徵件說明。
- [8] 研究資訊系統 GRB，鄧熙聖，複合固態電池之前瞻應用材料。
- [9] 國科會，109 年度科技部同仁自行研究報告，工程科技跨領域整合之前瞻趨勢分析與計畫推動探討。
- [10] 國科會，111 年度國科會同仁自行研究報告，工程處導向型專案計畫之推動探討。