

經濟部工業局委託
台灣產業經濟長期研究
第三年度研究計畫

纖維強化複合材料 (纖維強化塑膠)業 發展策略研究報告



計劃主持人：吳志炎
研究人員：葉仕國
 陳更生
研究助理：李麗玲



臺灣經濟研究院

中華民國七十九年六月

F427.58
929

經濟部工業局委託

台灣產業經濟長期研究第三年度計畫

(民國七十八年七月一日至七十九年六月三十日)

全體研究人員名單

計畫主持人：吳志炎

計畫協調人：陳博志

研究顧問：林大侯、林忠正、吳忠吉、許松根、梁國源、陳忠榮、
曾巨威(本報告指導人)、顏吉利

(按姓氏比劃順序)

研究人員：朱正中、李玉春、林唐裕、孫盈哲、許華珍、陳玉瓏、
陳詩豪、陳更生、葉仕國、楊文瑞、鄭文惠、劉邦典、
劉芬美、簡貞玲、戴肇洋、龔明鑫

(按姓氏比劃順序)

研究助理：王寶華、王雅南、任克敏、朱舒真、李麗玲、宋月美、
吳小蓮、周雅慧、林元昌、林慧屏、竺慧寶、陳秀珠、
陳素芳、張娟娟、張淑粉、黃麗美、曾富美、彭湘凌

資料處理助理：陳芳瑛、陳姿靜、賴瑋芳



90054759

台灣經濟研究院

中華民國七十九年六月

謝 詞

本研究得以順利完成，首先感謝經濟部工業局的全力支持。承蒙工業局諸位官員尤其是承辦人翟大陸先生在研究內容及專業知識上惠賜相當多寶貴的意見和指正，特此致謝。

在研究期間，承蒙曾巨威教授悉心指導，及顏吉利教授的多方協助，研究才能順利完成，謹在此致上最高之謝忱。而吳志炎教授、陳博志教授、林大侯教授、許松根教授、吳忠吉教授、林忠正教授、陳忠榮教授和劉邦典教授在討論過程中所給予的寶貴意見，使本文更加充實，在此謹致由衷之謝意。

強化塑膠協進會副總幹事陳鍾銘先生，工業技術學院邱顯堂教授在撰寫過程中對作者的支持和鼓勵，更是本文能順利完成的要因之一，而助理李麗玲小姐的任勞任怨，同事戴肇洋先生、孫盈哲先生、李玉春小姐、林唐裕先生等在研究工作的協助以及張娟娟小姐、任克敏先生在資料處理的幫忙，也是本研究順利完成的要因，在此一併謝。

最後，對於全力支持並提供資料的廠商及單位，僅致由衷的感謝，茲將這些單位的芳名排列如下：

華陽綜合工業股份有限公司	安順企業股份有限公司
華亞工業股份有限公司	同榮工業股份有限公司
巨星造船股份有限公司	聯華實業股份有限公司
齊魯企業股份有限公司	德泰塑鋼工業股份有限公司
漢威實業有限公司	鼎弘塑鋼實業股份有限公司
萬通運動材器工業公司	弘本工業股份有限公司
恩良企業有限公司	大洋遊艇企業股份有限公司
金才實業有限公司	東盛工業股份有限公司
誌翌實業有限公司	靖川實業有限公司
大佳玻璃纖維企業有限公司	集團複合材料有限公司

利昌電氣工業有限公司

良機實業股份有限公司

大新遊艇股份有限公司

含弘實業有限公司

協興玻璃纖維股份有限公司

東興玻璃纖維股份有限公司

華宏化學工業股份有限公司

榮工企業有限公司

漢源技研股份有限公司

永記造漆工業股份有限公司

中華造船股份有限公司

元盛玻璃纖維股份有限公司

橡樹工業材料股份有限公司

光男企業股份有限公司

葉仕國 79.6.30

摘 要

材料的發展，可說是工業發展的基礎，由於傳統的材料無法滿足現代工業發展的需求，遂有所謂的「複合材料」出現。複合材料分為好幾種，由於纖維強化塑膠材料（Fiber Reinforced Plastic; FRP）在工業應用方面最廣，在國內發展也最具規模，因而本研究將以其為重點。

FRP 在國內發展逾二十年，技術也由最先的手工積層法演變成現今各種現代技術。而產品也發展迅速，涵蓋了數十個產業別，每年之產值迄今已屆三百億元之多。原料的供應，也由原先的仰賴進口，發展到自給自足的地步。而在技術開發，人才養成等方面，國內也有了不錯的基礎。因此，大致來說，國內的 FRP 產業已是相當具有規模。

FRP 產業本身已包括了上、中、下游各產業，且由於本身屬材料工業，故影響力相當強，與其它產業之相關程度亦相當高。因此，若能有效推動此一產業的成長，對整體產業的發展，將相當可觀。但回顧過去國內 FRP 產業的發展，大半是建立在附加價值低，勞力密集高的產品型態上。在現今勞工成本不斷上升，且貿易條件不斷惡化之情況下，欲繼續推動 FRP 產業成長，惟有使產業轉型，朝高附加價值產品發展才能使產業得以持續繁榮。

在面臨轉型期的同時，除了成長動力的改變之外，原料生產有過剩之虞，產業的研究發展意願不強等皆是此一產業在發展上的嚴重課題。另外，此一產業所引發的廢棄物回收問題，及相關法規制定等問題，皆是 FRP 產業所應正視的。

為促成國內 FRP 產業能持續發展下去，解決當前產業所面臨之問題乃是刻不容緩之事，我們除了建議政府、業者及學界三者應全力配合，以克服現今發展上的挑戰，也指出航太器材、休閒用品、汽車零件、機械用品等四項乃為 FRP 之最具潛力的市場。業者宜與政府通力合作，利用自己之競爭優勢，積極開拓這些市場，同時作好環保措施。如此，FRP 產業必能在臺灣生根茁壯而邁向更美好的遠景。

目 錄

第一章 產業概述	
第一節 產業界說	1
第二節 產業沿革	4
第三節 產業特性	7
第二章 產業現況與趨勢	
第一節 產銷概況	9
第二節 市場結構	20
第三節 市場趨勢	27
第四節 原料供應	35
第五節 技術趨勢	40
第三章 產業問題分析	
第一節 產業問題概述及研究方法	49
第二節 產業發展問題	53
第三節 纖維強化塑膠材料業廢料及廢棄品回收問題探討	58
第四節 纖維強化塑膠材料業相關法規之探討	69
第四章 發展方向與策略建議	
第一節 競爭力分析	76
第二節 發展方向	82
第三節 產業發展策略	87
第四節 政策建議與配合措施	91
第五章 結論	98
附錄一、纖維強化複合材料產業發展策略座談會討論提綱	100
附錄二、「纖維強化複合材料產業發展策略研究」問卷	101
附錄三、未來市場趨勢預測方法的說明	109
參考文獻	110

圖 表 目 錄

圖 1-1 纖維強化塑膠材料產業上中下游關係示意圖	3
圖 2-1 各種工業用纖維之比強度比彈性率	43
圖 2-2 各種複合材料之比強度與比彈性率	43
圖 3-1 FRP船艇生產趨勢圖	55
圖 4-1 各國複合材料加工製程技術發展情形	81
圖 4-2 各國複合材料結構分析技術之發展情形	81
表 1-1 我國纖維強化塑膠材料業之發展沿革紀要	6
表 2-1 我國纖維強化塑膠材料業歷年生產統計	12
表 2-2 我國纖維強化塑膠材料業用途別分類統計	13
表 2-3 我國FRP遊艇產銷統計	14
表 2-4 我國FRP漁船歷年生產統計	15
表 2-5 我國主要FRP住宅及建築用材料歷年生產統計	15
表 2-6 我國印刷電路板歷年產銷統計	16
表 2-7 我國網球拍歷年產銷統計	17
表 2-8 我國釣魚桿歷年產銷統計	18
表 2-9 我國纖維強化塑膠材料業廠商資本規模分佈(民國七十八 年)	21
表 2-10 我國纖維強化塑膠材料業廠商員工人數分佈	21
表 2-11 各項纖維強化塑膠材料製品與原料製造業之廠商平均 資本規模與員工人數	22
表 2-12 我國纖維強化塑膠材料主要製品及原料產業歷年之前 四家廠商產量集中度	25
表 2-13 J. Bain 對市場結構之分類	26
表 2-14 1983年至1988年我國纖維強化塑膠材料國內市場變動 情形	28

表 2-15	我國印刷電路板、遊艇、漁船、釣竿等主要纖維強化 塑膠製品歷年(1979年至1988年)出口值及年平均成長率..	30
表 2-16	國產印刷電路板出口比例、進口依存度與國內自給率 分析.....	32
表 2-17	國產釣竿出口比例、進口依存度與國內自給率分析.....	32
表 2-18	FRP各種產品之預測.....	34
表 2-19	我國玻璃纖維出口比例、進口依存度與國內自給率分 析.....	35
表 2-20	台灣不飽和聚酯用途分類(民國七十六年).....	36
表 2-21	我國不飽和聚酯出口比例、進口依存度與國內自給率 分析.....	37
表 2-22	我國環氧樹脂出口比例、進口依存度與國內自給率分 析.....	38
表 2-23	台灣碳纖維耗用與生產情形(民國七十八年).....	38
表 2-24	國內SMC加工技術來源對照表.....	46
表 3-1	產業特定問題分析說明表.....	51
表 3-2	問卷回收樣本特性說明表.....	52
表 3-3	玻璃纖維產量與用量預測.....	56
表 3-4	各種用途之FRP製品平均市場壽命.....	59
表 3-5	FRP廢棄物存量估算實例.....	61
表 3-6	我國複合材料業者平均每年於製造過程中產生之廢料 成本.....	62
表 3-7	我國複合材料業者廢料處理方式.....	63
表 3-8	業者對廢料處理之主要困難.....	64
表 3-9	正字標記與FRP相關製品之CNS索引.....	70

表 3-10 FRP產品檢驗調查(I).....	71
表 3-11 FRP產品檢驗調查(II).....	71
表 4-1 各FRP主要生產國之FRP材料(含FRTP)年產量.....	79
表 4-2 我國與美國、歐洲及日本複合材料應用市場之比較(1987)	80
表 4-3 國內FRP技術應用現況分析.....	92
表 4-4 產業問題與相對應之政策措施.....	97

第一章 產業概述

第一節 產業界說

「能量」、「知識」和「材料」三者可說是支持現代科學的三大支柱。其中的材料一項，不僅與人類文明的進化息息相關，可說是工業發展的基礎，其重要性不言可喻。傳統的工業材料由於材質特性不同，在應用上有其一定之限制，例如木材雖然質輕卻不耐火，金屬較耐高溫但在某些場合下質量又嫌過重。因此所謂的「複合材料」乃因應而生。

複合材料係指將兩種或兩種以上不同性質的材料，以各種加工方法進行複合，所獲得之兼具多種材料優點之人工材料。複合材料通常具備質輕、強度高、耐衝擊、耐疲勞、耐腐蝕、安定性以及可依需要進行特殊功能設計(Functional Design)(包括材料之物性、化性與機械性)等特性，因此在實際應用上有逐漸取代各種工業用材料的趨勢。

一、複合材料之分類

構成複合材料的成分主要可分為「分散相」(Dispersed Phase)和「基材相」(Matrix Phase)。廣義的複合材料依其分散材料之形態可分為以下三類：

- (一)、分散強化複合材料 (Dispersion Strengthened Composite Materials)
- (二)、粒子強化複合材料 (Particle Reinforced Composite Materials)
- (三)、纖維強化複合材料 (Fiber Reinforced Composite Materials)

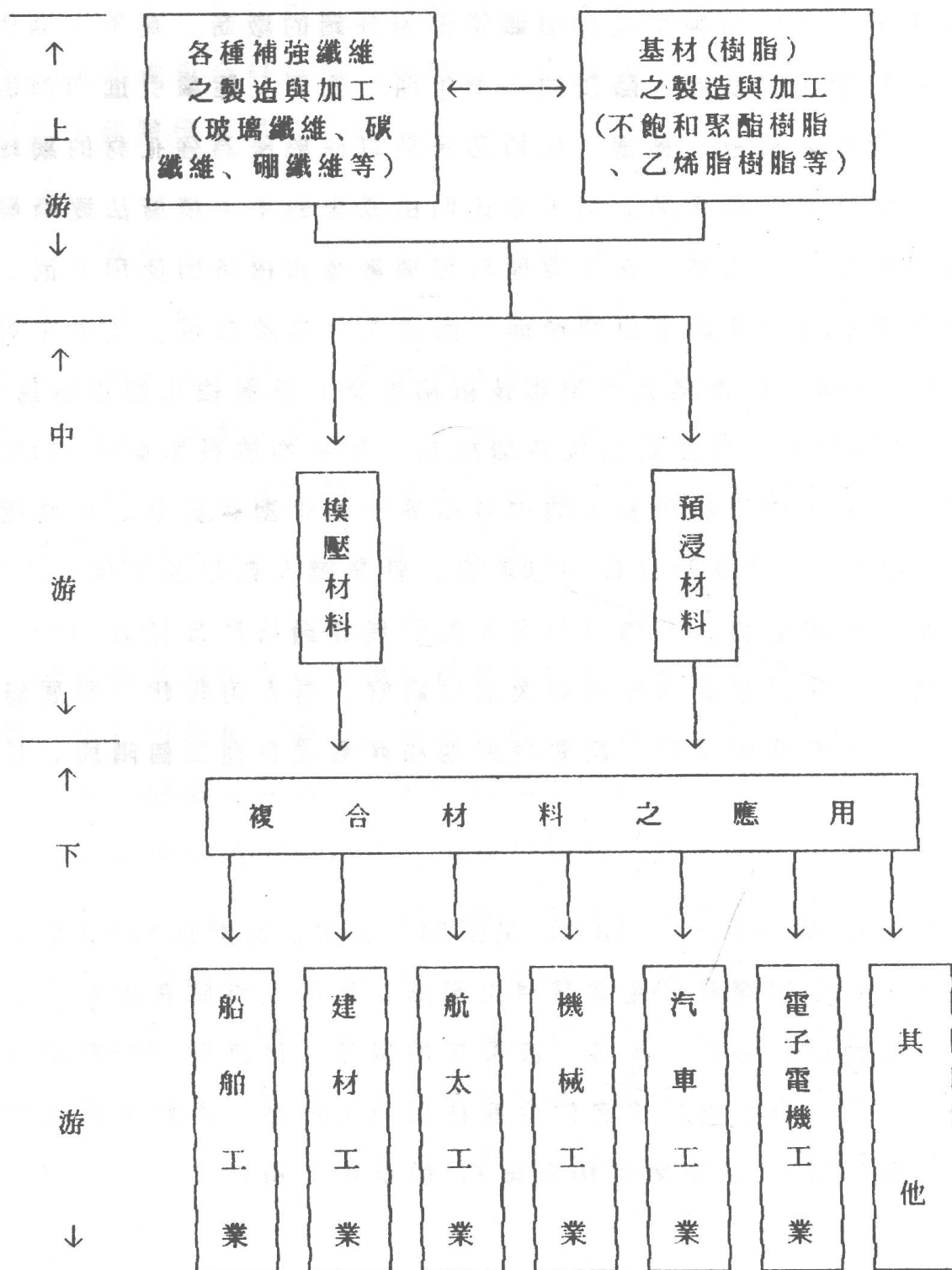
在工業應用方面，三者之中以纖維強化複合材料較為普遍，此外

，纖維強化複合材料，依其基材相材料種類，又可分為纖維強化塑膠材料 (Fiber Reinforced Plastic; 簡稱FRP)、纖維強化橡膠材料 (Fiber Reinforced Rubber; 簡稱FRR)、纖維強化金屬材料 (Fiber Reinforced Metal; 簡稱FRM) 以及纖維強化陶磁材料 (Fiber Reinforced Clay; 簡稱FRC) 等四種。由於纖維強化塑膠材料在國內發展歷史較早，生產亦最具規模，因此本研究將以其做為研究重點。

二、產業上下游關係

纖維強化塑膠材料 (FRP) 係由各種工業用纖維 (例如玻璃纖維、碳纖維、硼纖維以及其他各種纖維等) 與做為基材的各種樹脂 (例如不飽和聚酯樹脂及熱可塑性樹脂等) 複合而成，由於原料種類繁多，各種原料 (包括纖維與樹脂) 的製造過程與生產特性因而存在相當大的差異。就原料的複合技術來說，產品的需求特性不同，其選擇的複合成形方法亦有差異，例如積層成形、噴佈成形及片狀模造法 (Sheet Molding Compound, 簡稱SMC)、塊狀模造法 (Bulk Molding Compound, 簡稱BMC) 等。近年來纖維強化塑膠材料之使用日趨普遍，不但大量地取代傳統材料的用途，與各相關工業 (如家電、建築、汽車、機械等) 之發展關係亦日益密切，纖維強化塑膠材料的產業上中下游關係如圖 1-1 所示：

圖 1-1 纖維強化塑膠材料產業上中下游關係示意圖



資料來源：本研究整理

第二節 產業沿革

我國的纖維強化塑膠材料產業的萌芽於1960年代，民國五十四年台北淡水河畔首度出現生產玻璃纖維遊艇外銷的廠商，奠下了國內纖維強化塑膠加工之基礎。隨後的二十年間，業界又陸續引進FRP漁船、浴缸、水塔、浪板、桶槽、坐椅乃至於以碳纖維為強化材的網球拍、機械零組件等各種產品。加工方式則由原來的手工積層法逐漸發展至各種機械化方式生產。在主要原料玻璃纖維和樹脂的使用方面，也逐漸脫離初期完全仰賴進口的局面，而能充分自給自足。在生產規模方面，依據中華民國纖維強化塑膠技術協進會（簡稱強化塑膠協進會）提供的資料顯示，歷年均出現持續成長，年平均成長率高達11%。從民國七十七年的資料可看出國內各項纖維強化塑膠製品之生產總值已達350億台幣，廠商數目有400多家，就業總人數超過三萬人。

有關我國纖維強化塑膠材料產業的發展經過情形參見表1-1，如依生產特性、產品發展與技術層次加以觀察，吾人可將此一發展經過進一步劃分為產業萌芽期、產業發展期和產業成長期三個階段，茲分別敘述如下：

一、產業萌芽期（民國54~64年）：民國54年台北淡河畔的FRP遊艇工業是國內纖維強化塑膠材料產業發展之濫觴，隨後在當時農復會的大力推動下仍陸續引進浴缸、水塔、浪板等項製品，惟仍以FRP遊艇為生產之大宗。此一階段由於業者的生產技術尚未成熟，因此多由國內引進技術和進口原料（玻璃纖維和樹脂），從事加工和製造。

二、產業發展期（民國64~74年）：民國63年，當時國內有大來（現改為明達工業）、中央（現改為中興電工）及泛亞等公司陸續生產玻璃纖維。此外永純、南寶、長興、英金、力美和國精等業者亦相繼投入不飽和聚酯樹脂的生產行列，使得國內纖維強化塑膠材料業所需之

原料逐漸能夠自給，擺脫原料完全仰賴進口的劣勢。在生產技術方面也逐漸進入機器生產階段，例如以噴佈法生產冷卻水塔和浴缸等，此外也開始引進片狀模造法、塊狀模造法、反應射出成型設備及樹脂轉注成型設備等。生產的產品種類也逐漸增多，1978年光男公司首度引進高級碳纖維複合材料製造網球拍，就纖維強化塑膠材料而言，也逐漸用來生產電機零組件和運動用品。

三、產業成長期(民國74年至今)：民國74年以後，由於國內的技術水準日趨成熟，而市場上各種纖維強化塑膠材的應用也日趨普遍，因此產業進入快速成長階段。各種纖維強化塑膠材料除了傳統用途之外，在電子電機、運動休閒器材、公共工程及工業用涵管、交通運輸、建築材料、航太工業及國防工業方面使用的比例均急遽增加，根據強化塑膠協進會的估計，生產總值之成長每年平均在新台幣20億以上。

綜觀我國纖維強化塑膠材料產業的發展歷程，業者由初期的引進技術、進口原料加工製造，發展至能以規模和價格在國際市場與人競爭的局面，誠屬十分不易。然而就該產業的現況進一步觀察，目前國內的生產結構仍以FRP船艇、工程用材料、浴缸及建材等附加價值較低之產品為主。另一方面，由於業界中小型廠商所佔比例甚高，技術開發能力較為薄弱，且普遍缺乏材料設計和檢驗能力，可能成為產業未來發展的障礙。材料為工業之母，複合材料近年已逐漸成為材料工業的主流，因此如何協助業界找出問題徵結以謀求解決方法，以便進一步配合未來國內工業發展之需要，實為當前之急務，此亦為本研究之主要目的所在。

表 1-1 我國纖維強化塑膠材料業之發展沿革紀要

時 間	大 事 紀 要
民國 54 年	.台北淡水河畔開始製造 FRP 遊艇
民國 56 年	.大橋、寶島、建華開始生產遊艇 .自日本進口樹脂與玻璃纖維生產玻璃纖維浴缸
民國 57 年	.良機開始生產冷卻水塔
民國 58 年	.新生、南台開始生產 FRP 漁船 .永純開始生產 FRP 用不飽和聚酯樹脂
民國 59 年	.中華開始生產水槽、油槽、浪板
民國 62 年	.長興、南寶生產不飽和聚酯樹脂
民國 63 年	.中央、大來開始生產玻璃纖維
民國 64 年	.齊魯、美明引進連續積層與纏絲技術
民國 65 年	.中華民國玻璃纖維強化塑膠技術協進會成立
民國 66 年	.永固、中央等引進樹脂轉注成形、冷壓、熱壓、SMC 技術
民國 67 年	.光男引進碳纖維複合材料生產網球拍
民國 71 年	.台灣橡樹開始生產印刷電路板
民國 76 年	.萬道引進國外技術發展弓臂 (BOW-LIMB)
民國 77 年	.台玻、台灣必成、福隆玻纖紛紛投入玻璃纖維建廠工作

資料來源：中華民國纖維強化塑膠技術協進會提供

第三節 產業特性

纖維強化塑膠材料與其他複合材料一樣，皆屬於新興的替代材料，此替代不僅是一種技術關係，也包含各種經濟面的考慮，而各種複合材料的發展，便是建立在這種替代關係的基礎之上。茲就纖維強化塑膠材料產業的若干生產特性分別說明如下：

一、技術多樣性

如前所述，纖維強化塑膠材料生產使用之原料（包括基材與強化材）種類繁多，生產技術因而存在相當的差異。就纖維強化塑膠材料的成形而言，方法即不下十餘種，從最常見的手工積層成形到樹脂轉注成形等各種加工技術，有的傾向於勞力密集，有的則較傾向技術和資本密集。雖然廠商在不同生產技術之間進行選擇時，多少要受到成品用途之限制，但一般來說，纖維強化塑膠材料產業之廠商仍然擁有相當大的技術選擇空間。

二、材料本身具可設計性

近年來，纖維強化塑膠材料已有逐漸取代各種傳統材料的趨勢。造成此一現象的原因，除了FRP材料本身具有質輕、耐衝擊和耐腐蝕等優點之外，更重要的是FRP材料可依各種用途需要，設計出不同的物性（如引張強度、疲勞強度和彈性率等），此一特點是所有傳統材料皆難望其項背的。纖維強化塑膠既是一種可以設計的材料，因此材料之研究與開發便成為該產業發展過程中極重要之一環。

三、與相關工業關係密切

纖維強化塑膠材料可以取代各種傳統材料，其用途日益廣泛。由於複合材料設計、成型乃至於加工方式之選擇皆與其製品用途為何有關，因此除了原料之外，複合材料之製造與該材料製品之生產，事實

上常同時完成。例如，FRP遊艇之生產，便包括了樹脂與玻璃纖維的積層過程，此一特性使複合材料工業與相關工業的關係變得十分密切