

「奈米技術平台建構與生物晶片技術整合應用」分項計劃 2

(一) 計畫基本資料表

計畫類別	申請發展學校重點特色暨提升學生外語能力專案補助計畫				
申請項目	發展學校重點特色				
研究型別	整合型計畫				
計畫歸屬	教育部				
申請機構	東南技術學院				
計畫主持人姓名	林奇剛	職稱	助理教授	學歷	博士
共同主持人姓名	蔡豐欽	職稱	副教授	學歷	博士
協同主持人姓名	張育傑	職稱	助理教授	學歷	博士
本計畫名稱	中文	環境監測用奈米生物晶片技術之發展與應用			
	英文	Development and application on the nano bio-chip technology for environmental inspection			
整合型總計畫名稱	奈米技術平台建構與生物晶片技術整合應用				
整合型總計畫主持人	蔡豐欽				
全程執行期限	自民國 92 年 04 月 11 日起至民國 92 年 12 月 10 日				
計畫連絡人	姓名：林奇剛 電話：(公) (02)8662-5933 (手機)0928899487				
通訊地址	台北縣深坑鄉北深路三段 152 號 東南技術學院 機械工程系				
傳真號碼	(02) 86625933	E-MAIL	cklin@mail.tnit.edu.tw		

(二) 背景及現況

1. 計畫背景及依據

為配合輔導改制技專院校轉型發展，提升辦學水準，教育部配合教改行動方案編列『促進技職教育多元化及精緻化』預算補助經費，並由私校整體發展經費中提撥部分經費，受理技專院校辦理發展學校重點特色，建立技職特色典範學校。

本校為配合國家重點發展奈米與生物技術之相關政策，擬結合現有師資設備，籌措發展環境生物技術中心。一方面，期能藉此建立本校發展奈米與環境生物相關技術之特色，充分發揮本校在奈米與環境生物相關技術領域之優勢；另一方面，配合本校中程校務發展重點，以升格科技大學為目標，藉著奈米相關技術中心成立、環境監測用奈米生物晶片技術之建立、生物技術學程之規劃，為爾後成立奈米與環境生物技術相關科系奠定厚實之基礎。

2. 目前國內奈米與生物技術發展策略

2-1 奈米技術發展策略

奈米科技是一股擋不住的潮流，其應用範圍很廣，遍及光電、電腦、能源、機械、醫學、遺傳工程及化工、材料等領域，因此許多國家都將奈米科技列為重點科技。我國奈米科技是由民國八十八年開始推動，目前已規劃成「奈米國家型計畫」，擬定三年一期，提出兩期六年方案。規劃目標在整合產學研力量，建立平台技術，以人才培育及核心建置為基礎，達到「學術卓越研究」及「奈米科技產業化」目的。奈米科技中有關生技/醫藥部分，研究方向有：奈米/生醫與組織工程、生體奈米結構之解析合成與生技醫藥領域之應用，奈米技術在疾病治療上之應用，仿生體奈米結構之建立，生物體界面與電子產品，早期疾病偵測奈米元件以及奈米級生醫儀器等。奈米科技未來發展則以學術、產業化技術的應用以及培育跨領域人才等。

廿一世紀奈米科技將是科技與產業發展最大的驅動力；預測未來奈米科技所產生的新材料、新特性及其衍生之新裝置、新應用及所建立之精確量測技術的影響，將遍及儲能、光電、電腦、記錄媒體、機械工具、醫學醫藥、基因工程、環境與資源及化學工業等產業。奈米是對物質尺度的描述，1 奈米 (nm) 長度為 10^{-9} 米。在奈米尺度下，一般指

介於 1nm 至 100 nm 間，物質的特性，不歸屬於經典物理的巨觀視界，也不屬於量子物理下的微觀行為，而是呈現所謂的介觀現象。

民國八十八年國科會即開始規劃推動奈米科技計畫，民國八十九年十二月「行政院科技顧問會議」與民國九十年一月「全國科學技術會議」結論指出奈米科技為我國未來產業發展重點領域的方向。國科會於民國九十一年一月十五日召開第一五五次委員會議，討論通過「奈米國家型科技計畫」構想，決定民國九十二至九十七年間，投入經費新台幣 192 億元於奈米科技發展。「奈米國家型科技計畫」規劃三年為一期，提出兩期六年規劃。計畫參與單位包括國科會，教育部，中研院，原能會，經濟部技術處、工業局、標準檢驗局、能源會，及衛生署與環保署等計畫經費。

2.2 規劃目標

規劃目標為整合產學研力量，建立我國發展學術卓越和相關應用產業所需要之奈米平台技術，加速培育奈米科技所需人才；並且全力推動「創新」和「整合」，開創我國以技術創新、智權創造為核心之高附加價值知識型產業。

計畫目標是以人才培育和核心建置為基礎，達到「學術卓越研究」及「奈米科技產業化」目標，秉持四項規劃原則：

- A. 學術研究設定高目標，達到卓越化和國際化。
- B. 結合國內外學術界卓越研究成果和研發單位之「快速產業化」能力，將「介觀世界」的特殊現象與「市場機會」結合，藉由奈米科技來引領我國知識經濟之發展。
- C. 以我國「強勢產業」的比較優勢為切入點，擴充至新興領域，開創新機會。
- D. 強化創新研發人才培育養成，並建置核心設施，提供分享運用機制，奠定長期競賽之基礎。

其推動內容分述如下：

- A. 「學術卓越」部分，以研究者本身所訂定的「自由創新」研究為主，「目標導向」型研究為輔，鼓勵研究者從事真正原創性的研究。研究主題分類如下：

奈米結構物理、化學與生物特性之基礎研究；奈米材料之合成、組裝與製程研究；奈米尺度探測與操控技術之研發；特定功能奈米元件、連線、介面與系統之設計與製造；微／奈米尖端機械與微機電技術發展；奈米生物技術。

- B. 「產業化技術」發展的方向，為兼顧目前研究機構與產業界進行中的活動，及掌握未來奈米技術在研發和應用的潛力和產生重大突破的契機，依據產業分類及未來發展重點項目，分類如下：

奈米材料與製程技術、奈米電子技術、奈米顯示器材料與元件技術、奈米光通訊技術、奈米構裝技術、奈米儲存技術、奈米能源應用技術、基礎產業奈米應用技術、奈米生技應用技術。

- C. 核心設施建置與分享運用計畫，包括 2 項子計畫如下：

- a. 在學術研究核心設施方面，成立一個學術研究，以先進共用儀器、設備為主之「國家奈米科技研究中心」。
- b. 在產業應用核心設施與資源分享運用方面，以服務產業應用研究之研究單位發展奈米相關技術與應用產品開發技術為主。

- D. 人才培育計畫提供我國發展奈米國家型科技計畫所需之各種跨領域人才。

2.3 未來展望

奈米科技未來發展方向：

- A. 在學術卓越方面：建立世界一流的研究團隊，對奈米科學作出重要的貢獻；理論計算與模擬的能力達國際水準，並對國內實驗及產業產生重要的影響；發明創新之設計、量測、操控及製造技術；發展出奈米與微米系統介面技術；發明創新之奈米元件與系統；建立奈米機電產業所需之設計、量測、操控、製造技術及原型設備。
- B. 在產業化技術方面：配合產業推動小組訂定目標，至民國九十七年止，促使投入研究與技術應用廠商數超過 800 家，及影響產業產值累計達新台幣 3,000 億元；與國外重要奈米研究機構建立良好聯繫管道；善用奈米介觀視界的現象與原理，開發相關應用

產品、替代性材料與技術。

依產業別歸納下列發展方向：發展零維至三維各種型態奈米材料合成與加工技術；開發以奈米材料技術應用之高效率/壽命儲能裝置；建立奈米鍍膜技術於光通訊上之應用；建立特殊奈米材料與製程技術，經由特殊設計突破體積與散熱的限制；建立下世代大容量資料儲存用材料與加工製程技術；分階段建立以奈米材料應用之新型態平面顯示器技術。

- C. 在核心設施建置與資源分享運用方面：成為有世界知名度的奈米科學研究中心；開發分子電子元件的製程；發展精密儀器和新穎量測技術；研發實用價值的高靈敏度、高密度、效用多元和檢測速度快的生物晶片；從研發奈米精密儀器設備的經驗，獲得開發生產奈米產品所需各種生產設備的能力；建構自主的奈米製造技術和奈米檢測分析技術；配合電子資訊、通訊及家電等 3C 產品發展，解決電子產品研發及量產的發展瓶頸；針對傳統產業技術，即時研發資源的投入，短期內產出有用的成果。

在人才培育方面：培育具跨領域、創造力、專業、創新科技、國際觀及智財權觀之優秀人才；建立自 K-12、大學、研究所、到終身學習之人才培育機制；連結產學橋梁，提供產業技術及人才資料庫，供產業所用；並改進我國跨領域教育之典範，提供終身學習之工具。

3. 『奈米粒子在生物檢測及分析上的應用與其未來商機』

為推動「奈米科技」研究，國科會執行跨處室跨領域之「奈米生物科技」重點計畫：「奈米粒子於生物檢測及分析上的應用」，研究團隊特別邀請台灣師範大學陳家俊教授、中央研究院林俊成研究員、台灣大學吳益群教授等共同組成，並自 2002 年開始執行。最近，此計畫已有重大的研究成果突破，其發展出的醣類金奈米粒子，已成功的應用到細菌的標定上，這項新奈米材料，現已申請美國專利，未來可應用在不同種類的細菌辨認，此生物檢測技術，未來商機無限。

由國科會大力推動之「奈米科技」與「生物科技」，經過近幾年的努力，已經是一般大眾耳熟能詳能詳之新名詞。但是能將兩項新科技結合一起，發展出「奈米生物科技」，

那可是對一般人是霧煞煞，不知所以然。其實大家身邊用的一些醫學用品，常運用到這些高科技，只是大家不知道它的原理而已，例如：在藥房買的驗孕器，在上面看到是否有懷孕的紅色訊號，其實就是由奈米級的金粒子所生成的紅色訊號。當然一般人對「金」的印象就是「金光閃閃」、「瑞氣千條」，誰知道金的奈米顆粒在溶液中，竟然是紅色，而且不同形狀及大小的金粒子還可變出各種不同的顏色。

去年由國科會開始支持的計畫「奈米粒子於生物檢測及分析上的應用」，就是結合「奈米科技」與「生物科技」所推動的一項國家型計畫。最近，此計畫由台灣師範大學陳家俊教授、中央研究院林俊成研究員、台灣大學吳益群教授及一群研究生所發展出的醣類金奈米粒子，已可應用到細菌的標定。這項新奈米材料，對於疾病上的檢測，提供了一項簡單且快速之檢驗方式，另外醣類金奈米粒子無生物毒性，且非常穩定，現在這個研究團隊正在運用這項新科技，嘗試用奈米粒子在老鼠上產生新抗體。未來對醫學上的免疫分析技術，將產生重大的影響。

一般民眾對半導體產業，可能只了解到 IC 和 DRAM，半導體等於電子業是大家熟知的觀念。但是您可知道，半導體的奈米粒子也可以運用到生物科技上呢！陳家俊教授所主持之「奈米生物科技」團隊，結合台灣大學董成淵教授及師範大學陳建添教授，發展出不同顏色之功能化二、六族半導體粒子，再將這些半導體粒子與生物檢測上使用的抗體或 DNA 結合，可以用來做為細胞器上的標定、DNA 序列上的鑑定，由於半導體奈米粒子上特殊的光學性質，這項科技將可取代現有的螢光標定物質，提供一個多顏色快速且精準的生物檢測技術。

台灣的一些半導體業正苦於國際分工競爭上的壓力，未來，唯有不斷的在技術創新與突破才能在國際上繼續有一席之地。「奈米科技」與「生物科技」正是一項轉型之契機，而「奈米生物科技」更是典型的一項未來科技。國科會經多年之推動，目前雖有得到初步的成果，但與美日先進國家相比較，仍需努力。近來美國在「奈米生物科技」上已衍生一些新型企業，由此可知這些新科技，未來將是充滿了無限的商機。

4. 生物技術發展策略

生物技術為一系列關鍵技術的整合，經過二十餘年的迅速發展，已被認為將成為下一世紀最重要之新興科技之一。生物技術在基礎學術研究上，為生命科學相關研究之基

本必備工具，在經濟產業上其應用廣被於醫藥、農業、食品、特化、環保、能源、海洋等領域。我國之生物技術研發在政府長年積極規劃推動下，上游研究已臻國際水準，中游開發推廣能力亦漸具規模，下游企業雖然研發能力仍嫌薄弱，但也開始主動參與研發，謀求技術升級、企業轉型。

生物技術早於民國 71 年行政院頒佈之「科技發展方案」中，即被列為八大重點科技之一，隨即由國家科學委員會協調相關部會積極規劃推動。之後有農委會推動生物技術應用於農、林、漁、牧、獸醫及食品產業發展；行政院科技顧問組成立生物技術規劃小組，擬定「加強生物技術產業發展方案」召開生物技術產業策略會議；國科會進行生物技術學門規劃及設立台南科學園區農業生物技術專區；衛生署擬議設立國家疫苗中心；中央研究院推動生物技術研究發展專案等各項重大生物技術之發展策略。

行政院於民國 85 年通過「加強生物技術產業推動方案」，設置跨部會之生物技術產業指導小組，統籌掌管相關之規劃，推動與評估事宜，擬定包括修定法令規範、提供金融優惠、擴大研發經費、加速培育人才、保護智慧財產等多項推動策略。在行政院所通過之「推動方案」中，首先選定「原料藥產業」、「製藥產業」（包括檢驗試劑、新劑型及新藥）、「畜用疫苗產業」、「花卉產業」及「生物農藥產業」等五項作為第一期優先發展產業，同時亦正規劃「水產養殖及海洋生技」、「醱酵產品及機能性食品」、「產業用酵素」及「種苗產業」等四項做為第二期推動之領域，這些研發領域都是經審慎評估而選定。由於環境品質迅速惡化、人民環保意識覺醒，環境生物技術也是市場成長最可觀的領域之一，廢棄物處理、污染環境之生物復育等都將是日漸重要之研究重點。

5. 生物晶片之簡介

生物晶片是「微小化」、「整合化」之風潮，表現在生技領域之結果。

- 運用分子生物學、分析化學、生化反應等原理；
- 以矽晶片、玻璃或高分子為基材；
- 配合微機電、自動化或其他精密加工技術，所製作之高科技元件與系統；
- 用於進行快速之生化分析檢驗。

生物晶片 (Biochips) 之種類：

- 基因晶片 (gene chip)
- 蛋白質晶片 (protein chip)
- 細胞晶片 (cell chip)
- 組織晶片 (tissue chip)

人類晶片 (human chip)
陣列檢測晶片 (Sensing Chip)
微流體生物晶片 (Micro-Fluidic Biochip)
電泳分析晶片 (electrophoresis chip)
檢體前處理晶片 (sample preparation chip)
組合化學晶片 (combinatory chemistry on a chip)

生物晶片的重要性：

- 改變相關產業的競爭力
- 改變生活方式
- 維護環境品質

DNA microarray 技術與市場：

- 泛用晶片 (Universal chip)
 - Sequencing by hybridization
使用短核酸作為探針 (6-8 mers)，涵蓋所有可能之組合，作為定序之用。
 - Affymetrix + Hyseq
- 標準化產品 (Standardized chip)
 - 針對使用較廣的產品，以規格化的設計大量生產。
 - Whole-genome-on-a-chip (N-mers)
- 訂製產品 (Custom-made chip)

6. 國內環境生物技術發展之現況

環境生物技術(environmental biotechnology)是將生物技術應用於環境保護上，包括環境污染防治與生態復育，為生物科技上重要之一環且未來發展上具有相當大之潛力。近年來，生物技術在環境保護上成功的案例相當廣泛，舉凡生態工程、廢水廢氣之生物處理方法、生物復育(bioremediation)、替代性生質能源之開發、應用生物或生化性產品監測環境污染物等，由此可知環境生物技術已逐漸與物理性與化學性處理方法在環境保護領域上佔有同樣重要的地位。

環境生物技術所包括的範圍極廣，若依據發展過程、技術的難度與理論基礎的深度，可以將其分成傳統環境生物技術與現代環境生物技術兩個發展層次，茲說明如下：

(1) 傳統環境生物技術

A. 生態工程

此為早期發展的生物技術，應用生態工程方式使環境中的污染物無害化，在環境工程領域上之應用由來已久，這是由於利用環境中之微生物來進行污染整治，一般可以達

到經濟、無害化之目標。生態工程係指利用微生物在生態系統中扮演的分解者角色，提供環境自淨能力，將污染物予以妥善去除之技術，例如利用氧化塘與人工濕地處理廢污水；或是利用漫地流的方式，將生活污水或事業廢水導入土壤，以其自淨機能(自然衰減)方式予以處理。不過由於此方面應用需要較大的處理空間，因此，在國內的應用性受到極大的限制，目前國內實際案例並不多見，以環保署推動的示範性計畫為主，如淡水河、大漢溪生態工程整治，人工濕地處理金門地區污水處理廠放流水等計畫。

B. 反應槽系統處理

此一領域係指將經馴化單一菌種或混合菌群，以懸浮方式或固定方式植生於特定之處理單元內，藉以將特定之目標污染物予以去除。此一環境工程領域的許多相關學者已有數十年之相關研究。處理單元方面，水及廢水之處理包括活性污泥處理系統、流動床接觸曝氣法、生物流體化床、薄膜生物反應槽等；空氣污染物之處理上，則有生物濾床、生物除臭塔等；廢棄物處理如堆肥、衛生掩埋等處理方式；應用於土壤及地下水污染之整治方面，生物復育工程、現地生物處理等方法已積極發展。至於處理單元所去除之特定目標污染物則包括各種污染物質，如去除水中氮、磷優氧化因子、土壤中持久性有機物(POP)、空氣中多環芳香族化合物(PAH)、硫化氫(H₂S)等。

國內外對於上述研究，有些已發展為相當成熟的技術，並應用於實務上的處理，有些卻侷限於研究結果，無法進一步突破。究其原因，除了環境系統的複雜性外，許多現象仍待後續研究工作進行探討。

C. 生物活性碳(BAC)

造紙廢水：

目的：

- (a) 驗證於反應槽內植入特殊菌群有助於分解紙業廢水中之木質素等難分解物質，有效降低及穩定放流水 COD 濃度。
- (b) 將上一年度(87)Lab.-scale 之成果 scale-up 至 pilot-plant，瞭解其再現性、穩定性及進行相關修正。

進行方法：

特殊菌群加入混合培養環境後，若適當控制其操作條件，如：pH、有機負荷、流力及原有污泥濃度等，可使其有效附著於活性碳上，成為系統中之優勢菌種，而不會如生物製劑一般流失而需不斷添加，減低操作成本。

當活性碳上生物膜形成後，對突發意外狀況有相當良好之適應能力，如 87 年 11 月時因機械故障停機約一個星期，於恢復操作後約二天時間即可回復原有處理能力。系統穿透時間可延長至五個月以上。

目前問題點：

依目前實驗室設備特殊分解菌群大量培養不易，須有大型醱酵機組配合方能解決未來工程化大量供應問題。

染整廢水：

採用混合培養法，取同類污水處理場之生物污泥，以欲處理廢水進流馴養，於一個月後可得到對此廢水具有較佳分解效果之混合菌群，此篩選及培養法較適合用於成分複雜或成分不明之廢水。

石化廢水：

採用混合培養法，於現場延長曝氣槽污泥中經無氧培養，篩選得無氧脫硝污泥，對該廠廢水中的有機氮成份具有較佳裂解能力，可有效增加 COD 去除率。另外，於延長曝氣槽污泥，以好氧方式及氨氮強化馴養，可篩選出對丙烯 具有較高抗毒性之硝化菌群。上述兩菌群可分別應用於 A/O 兩段式生物活性碳槽植種。

垃圾滲出水：

取染整廠生物處理污泥及石化廠延長曝氣槽污泥混合，以垃圾滲出水分別在好氧及無氧環境下培養，篩選出耐高鹽份之硝化及脫硝菌群，將運用於兩段式 A/O 生物活性碳程序的研發。目前正進一步試驗，該兩組菌群對被吸附於活性碳上造成滲出水色度之物質是否具有分解能力，以期進一步增加活性碳使用時間。

(2) 現代環境生物技術

許多傳統生物技術的研發面臨到研究或應用上的瓶頸，例如目前已知的一些微生物混合菌群具有分解污染物的能力，但卻無法真實瞭解微生物生態間的相互作用關係。而免疫學以及分子生物學的快速發展，孕育了研究工作者應用於環境生態、污染物去除、環境菌群分佈、特定菌種鑑定等之可行性。此等技術與目前相當盛行、重點多放在醫藥、農業領域的、較狹義的、也是一般大眾所認知的『生物技術』較為接近。

目前應用分子生物技術於環境工程中的相關研究的起因是許多污染物的生物處理程序如廢水處理、堆肥及土壤復育等程序中微生物的種類、數量至今仍未十分明瞭，因此也導致許多環工程序中有關菌相與處理效果相關間的模式尚無法建立，因此近來的相關研究以探討對環工程序中菌相的組成、數量之定性及定量的方法為主要重點，其方法說明如下。

利用微生物遺傳演變時遺傳訊息 16S rDNA 的保守性，已可將污染物處理程序如污水廠中的微生物於分子生物的層次加以定性，若再加上螢光原位雜交法 (Fluorescence In-Situ Hybridization, FISH) 便可更進一步將微生物定量，如此一來，各種處理程序中微生物種類、數量與處理效率間的模式關係便可加以建立。一般的實驗程序是樣品於環境中採樣後，將所採集到的微生物進行 DNA 或 rRNA 的萃取，可直接利用 cloning 的方法篩選出樣品中的微生物序列及其相對應的菌種名稱，也可以將萃取後的 DNA 做聚合酵素連鎖反應器(PCR)反應，使得樣品的 DNA 放大到數千萬倍以後再進行 cloning 或者是利用限制酵素法 (Restriction Enzyme)、變性梯度明膠電泳法(Denature Gradient Gel Electrophoresis, DGGE)等分析其 DNA 的族群指紋譜 (Community Finger Print)，接下來亦可進行定序以判定樣品的菌種名稱；之後，便可建立起此樣品的菌種資料庫，再進一步設計特定目的的核酸探針，便可對原樣本、經萃取過後的核酸、經 PCR 反應後的 PCR 產物或者 cloning 的產物做雜交分析，以另一種更快速的方法達到菌種的鑑定；也可將此資料庫對目前已知的微生物 DNA 做比對，便可得知此樣本微生物與其他菌種的類緣關係。

除了菌種菌群鑑定外，分子生物在環境工程領域上的應用尚包括：微量污染物鑑定、污染整治可行性、能源生產、風險評估、公害糾紛處理以及生物安全等領域，可謂將環境問題的解決方式，帶入了另一個新的時代。有鑑於此，環保署最近一年來（九十年九月始）籌辦了數次『環境保護分子生物策略前瞻論壇』，其用意在於希望能加速引進新資訊、新技術以推動國內對於環境生物技術之重視，藉由國內研究人力的投入以及跨領域資源的整合，可加速產官學界對此一新興技術更有共識，從而可以做好協調分工，儘速解決以往傳統生物技術所無法解決之環境問題（詳閱附件 1）。

7. 環境生物技術的發展現況---環境系統中微生物族群之監測：

包括環境或公共衛生中致病菌或病毒；廢污水處理設施微生物消長（脫硝菌、厭氧產氫菌等）；上水道（飲用水）及下水道微生物或病毒檢測；海灘或泳池快速指標檢驗法；水體中細菌、病毒、寄生蟲檢測與監測；特殊區域環境之品質監測（室內空氣、氣膠、垃圾場下風處等）；以及基因工程微生物監測等。

使用新工具包括：Gene Probe，RT-PCR，16SrRNA-based，DAN-chip 等^(1~9)。

A. 環境系統中污染物（toxicants）之分析監測：包括 CdCl₂、BaP、TCE、重金屬等。

使用新工具包括：DNA-chip，PCR 等^(24~26)。

B. 特定系統中微生物消長之及時/現址（on time/in-site）監測：例如廢污水系統脫硝反應（denitrification，NO₂-→N₂）的系統發生學探討。地下水整治污染物之代謝作用等。

使用新工具包括：PCR Primer（nirK and nirS 亞硝酸還原酵素特異基因），rRNA-target probes，RT-PCR 等^(8,11)。

C. 水華藻毒：包括 water blooms，toxin-producing bacteria，cyanobacteria 等湖泊水體貧養、優養或紅潮毒藻等發生之間測。

使用新工具包括：Gene Expression（RT-PCR）⁽⁹⁾。

D. 地下水/土壤場址特性評估：包括確認是否適用自然衰減法（MNA）去除 LNAPLs 或 DNAPLs 等污染物之及時/現址監測。

使用新工具包括：RT-PCR 等⁽⁹⁾

E. 生物復育或整治（bioremediation）：包括含重金屬（如 Hg⁺²）即鹽分土壤之復育等。

使用新工具：基因工程生物復育，與重金屬結合蛋白質及胜肽^(14~16)。

F. 基改生物（GEM）整治技術：包括代謝途徑新資訊、人造化學物質生物可利用性、據

新能力之微生物、最適化生物觸媒、環境中生物活性之定性及追綜、使用基改環境微生物之風險、使用時程序控制與監測等。

使用新工具包括：分子生物技術為工具，產生適用之 GEMs 或 GEBs^(12,13)。

G. 環境用微生物之管理：包括製造前通知制度（PMN：Pre-Manufacture Notice），GEMs 要符合此一規定⁽¹⁴⁾。

H. 基改酵素應用在去除環境中難分解污染物：包括 biphenyl dioxygenases（BP Doxs）naphthalene doxs，dioxin doxs 等。

使用新工具：in vitro DNA-shuffling 等^(19,20)。

I. 清潔生產技術/永續環境問題：包括 green chemistry，酸雨、生物脫硫（BDS），新製程製造清潔劑等。

使用新工具：DNA-shuffling 等^(19,20)。

J. 毒性化學物質管理、政策分析等所需之健康風險評估及生態風險評估：

使用新工具：DNA-chip，PCR，Genotoxic Effects^(22~27)

K. 環境荷爾蒙偵測研究：

使用新工具：biosensor 或 whole-cell biosensor，DNA-binding assays 等⁽²⁸⁾。

L. 糾紛鑑定^(29~30)。

M. 基改作用物影響評估^(31~35)。

在環境生物技術領域研究的學者可依其背景、專長分為兩大類，一為本身即具備生命科學、分子生物技術、生化相關領域之專長，將該技術應用在環境領域。另一類學者則是將其研究重心由原本傳統環境生物技術應用，逐漸擴展至高級生物技術應用。由參與環保署『環境保護分子生物策略前瞻論壇』之學者專家之專長背景分析可以得知，多數目前從事環境分子生物技術之研究人力，多屬前者，對後者而言，目前此一領域還有相當大的參與空間。

除了環境領域的人員在環境分子生物議題上參與度較少之外，目前國內並無全面以發展環境生物技術為重點之學術機構，這是由於目前擁有分子生物技術專長之學者，多從事於與醫療、製藥、農業等附加商業價值較高的研究，而同樣也是目前國家發展之重要方向之一的環保生物技術，投入的人力便較為有限。

由以上述現況可知，目前生物技術在環境領域上之應用尚未十分普及，究其原因，可分為以下三點：

(1)專業領域上的區隔：由於環境工程、環境科學是一門相當應用的科學，所需學習的課程相當繁雜，考慮的因素也較為廣泛，而生物技術卻是屬於較為專精的一項技術，因此，兩門學科都要習得專精，實屬不易。

(2)生物晶片技術領域研究的高門檻：由於進行分子生物與微米晶片之相關研究需要購置昂貴儀器設備以及研究耗材，同時，也需要具備豐富的生化基礎知識，與熟練的實驗技術，因此，除了學術資源較為豐富的國立大學外，其他學術單位不易發展。

(3)相對的經費不足：在醫藥、農業領域相關的生物技術發展，因為有較大的市場需求，因此從事該方向之研究主題，往往可以獲得較充分的經費挹注；相對的，在環保產業上，由於並非主要的經濟產業，因此，除了政府補助外，其他的經費來源（如產業界）相對而言，就顯然不足。

8. 本校環境監測用生物晶片技術發展之重要性

由於生物技術在環境領域上之應用，目前在國內發展尚未普及，而國內環境生物應用技術的研發，又亟需引入分子生物技術以提升研究深度，因此，解決上述生物技術在環境工程上之應用所面臨的問題，確有其必要性。由於推展環境生物技術需要人力、技術、軟硬體의 相互配合，綜觀上節所引述，本校除了缺乏充足經費購置相關貴重設施外，已具備有相當優異的條件發展相關生物技術，包括許多傳統環境生物技術的研發，並具備發展現代環境生物技術雛型，以下就現有充足之研究人力、豐碩的研究成果以及本校地理位置之優勢說明本校環境生物技術發展之重要性。

(1) 現有研究人力

環境生物技術研究人力應具備環境工程、環境科學、分子生物學、生物化學、微生物學等多方面專業背景人材，本校環境工程系，共有二十四位專任專業教師，均具有環境工程相關背景與實務工作經歷。其中專精在環境生物技術領域者，計有九位(表 2-1)，研究專長包含廢水生物處理、水及廢水高級處理、人工濕地、環境微生物、土壤污染、生物復育、生物固定化處理技術等，並有五位教師目前仍在各國立大學進修博士，其博士論文研究方向皆往環境生物技術方向進行。由於與現代生物技術原理相近，只要經過分子生物、生物化學等與實驗相關之訓練，即可將該技術應用在環境工程領域上，提升研發能力，並有效解決北部地區產業界之環保生物處理技術方面之問題。目前，在本系的師資當中，有六位教師已完成財團法人自強工業社之生物技術相關實務班之訓練課程（相關證明可參閱附件 2），有一位教師具備在財團法人生物技術中心服務之經驗，皆具有基本的分子生物實驗技能。由以上說明可知，本校在發展環境生物技術的研究人力不虞匱乏。

表 2-1 本校環境工程系具生物技術背景之相關研究人力

職稱	姓名	最高學歷	專長	實務工作經歷
助理教授	林奇剛*	日本東京農工大學環境工程研究所博士	生態工程、生物處理	工業技術研究院能源與資源研究所廢棄物處理組研究員兼副主任(5年)
助理教授	張育傑*	國立台灣大學環境工程研究所博士	生物復育、薄膜生物反應槽、環境分子生物技術	環境保護署技士
講師	馮宇柔*	國立成功大學環境工程研究所碩士，國立臺灣大學環境工程研究所博士班	生物處理、環境衛生	台北市政府研考會企劃師、東南工專秘書室主任
講師	詹久毅	美國俄亥俄州立大學土木環工所碩士	水及廢水處理	聯美公司副理、中國技術服務社工程師
講師	張怡塘*	美國北卡州立大學土木所碩士，國立中央大學環境工程研究所博士班	環境微生物、土壤污染	美商泰懋工程顧問公司工程師、美商西圖工程顧問公司工程師

講師	林景行*	國立中興大學土木所 衛工組碩士，國立海洋 大學河海工程系博士 班	廢棄物處理、人工 濕地	中興工程顧問社工程 師、中華工程公司工程 師
講師	劉文得	國立成功大學環工所 碩士，國立海洋大學河 海工程系博士班	人工濕地、廢水生 物處理	中鼎工程公司工程師
講師	徐慶國	國立成功大學環工碩 士，國立交通大學環境 工程研究所博士班	水及廢水高級處理	生物技術中心助理研究 員、瀚鴻環保公司工程 師
講師	何俊明*	國立台灣大學環境工 程研究所碩士，國立臺 灣大學環境工程研究 所博士班	生物處理、薄膜生 物反應槽	環保署技士

*:已參加財團法人自強工業社生物技術實務班訓練課程（詳參附件2）

(2) 歷年研究成果

本校環境工程科(系)對傳統生物技術的相關研究對研究相當深入，附錄三列出計畫參與人員近五年之研究成果，其近二年來研究成果摘要說明如下：

生物固定化技術與薄膜生物反應槽：

- A. 利用 PVA 包埋劑將硝化菌固定在矽膠薄膜上，以改良硝化菌不易在矽膠薄膜上附著之缺點，減少其大片剝落之機會。研究中分別嘗試不同比例之聚乙烯醇(polyvinyl alcohol, PVA)與褐藻膠(alginate)混合配方，分別浸泡在不同的鹽類溶液下予以聚合成形。研究結果顯示，PVA 與褐藻膠之混合物以硝酸鹽聚合所得之聚合物，和矽膠管的密和度較佳。由連續操作硝化反應槽的結果顯示，利用該方式供氧，較傳統的硝化反應系統更具發展潛力。本研究群已研發出以中空矽膠管作為薄膜擔體，將廢水微生物馴養於其上之反應槽。由薄膜外側所生長之微生物菌屬可分類為兩個子系統：其一，薄膜硝化生物反應器模組在本文中稱為 PSB (Permeable Support Bioreactor)，主要為硝化菌屬微生物。其二，薄膜脫硝生物反應器模組稱為 MFSB (Membrane Feeding Substrate Bioreactor)，主要為脫硝菌屬微生物生長於上。PSB 模組在矽膠管中供應氧氣，MFSB 模組則在矽膠管中供應甲醇溶液。實驗中將 PSB 及 MFSB 合併在同一反應槽中，使硝化反應發生的同時，亦進行脫硝反應。由於矽膠管及生物膜成為氧氣或甲醇擴散至反應槽水體的屏障，故處理水可以維持在低溶氧、低有機碳的環境，大幅減少硝化反應

與脫硝反應互相干擾的情形。換句話說，此設計增加了在單一反應槽中進行同時硝化脫硝作用的可能性，並且可以減少水體因脫硝作用而增加 COD 負荷。另一方面，由於脫硝反應增加水中鹼度，硝化反應消耗水中鹼度，兩個反應在同一反應槽內進行可達到鹼度的互補利用，減少外加鹼度的添加量，亦能維持處理水酸鹼值的穩定。

- B. 中空矽膠管薄膜生物反應槽之設計適用於經二級生物處理後之含氮廢水，在不增加水中 COD 負荷下，總氮去除率可達 75%~80%，鹼度消耗量比起單槽之硝化反應可節省達 45%。研究嘗試用開發一新型之「薄膜添加基質之氫氣自營性生物脫硝反應槽」以去除水源中之硝酸鹽，反應槽利用透氣性良好之矽膠管供應氫氣自營脫硝菌所需要之碳源（二氧化碳）及能源（氫氣），同時利用附著於矽膠管壁上之生物膜進行脫硝作用。研究結果顯示，氫氣與二氧化碳確可穿過矽膠管達到供應基質的目的，二者於系統中之通量分別為 2.5 g/m²/d 及 10 g/m²/d as CaCO₃。二氧化碳除可作為氫氣自營脫硝菌所需之碳源外，亦可中和脫硝過程中產生之鹼度，可有效避免反應槽之 pH 上升及亞硝酸鹽累積之現象，進而提高反應槽之脫硝速率，此外進流水之硝酸鹽濃度亦會影響反應槽之脫硝速率，當總氮面積負荷在 3.67~14.68 g/m²/d 時，其脫硝速率為 2.0~5.0 g/m²/d。

流動床接觸曝氣法系統之建立

近來流動床接觸曝氣法普遍用於處理工業廢水以符合日趨嚴格的放流水標準。本研究以單槽連續批次流動床接觸曝氣法處理不同混合比例之工業廢水，評估流動床接觸曝氣法處理難分解工業廢水，提升處理效率的可行性。實驗結果顯示該系統在水力停留時間 HRT 22 小時，濾材充填率 40% 條件下，以 7:3 混合比之染整與食品廢水，72 小時 COD_F 去除率為 99.3%，4:6 混合比之電鍍與食品廢水，96 小時 COD_F 去除率 99.1% 為最佳，相較未混合廢水處理時間減少 96 與 72 小時，顯示系統若添加含有生物易分解基質廢水共同處理可提升處理效率。實驗中濾材生物膜出現標準負荷生物相，並可知系統分解廢水基質之主要機制為吸附、微生物分解及共代謝作用。如考慮最少動力費、生物接觸濾材流動性與系統微生物生長所需溶氧，模擬真實系統 HRT 7 小時，濾材充填率 50%，則系統操作的最佳曝氣量為 4600 mL/min、此時曝氣槽溶氧值 2.8 mg/L，COD_F 去除率可達 92%。

廢污水處理廠指標微生物之建立

目前國內廢污水處理廠的操作與管理仍以物理性與化學性水質指標為主要依據，生

物性指標為輔。面對每日例行維護與控制的監測系統，以及繁瑣的水質檢驗分析，操作人員需冗長時間判斷操作良窳後，再行調整系統。本研究群嘗試以生物處理曝氣系統經常出現的指標微生物為處理廠操作管理的主要依據。研究分為圖鑑建立與實廠應用兩階段進行。第一階段為歸納與整合文獻，並於實驗室自行培養生物污泥，改變不同操作條件以建立圖鑑，其結果共分高負荷、標準負荷、停留時間長且低負荷、高溶氧與低溶氧五類水質，每類的指標微生物包括細菌、原生動物、後生動物、藻類等，並將活性污泥膠羽特性也列入判斷依據。第二階段是將圖鑑實際應用於各廢污水處理廠，採取活性污泥進行觀察，探討應用之可行性，包括懸浮性生長之活性污泥法、氧化渠法，固定生物膜之滴濾法等，處理水質種類包括電鍍廢水、肉品市場廢水、動物園廢水與生活污水。結果顯示指標微生物與生物處理系統操作維護狀況相互吻合，並能快速準確地判斷水質現況，顯示指標微生物圖鑑的實用性極佳，值得提供操作人員現場應用。

探討地下水井厭氧生物腐蝕之相關研究

本研究主題係針對地下水中硫化氫的生成機制及有效防制方法進行探討，主要希望藉此建立地下水環境中，厭氧硫還原菌將硫酸鹽還原成硫化氫，造成地下水井體腐蝕機制的路徑，並分別探討所列入評估的防治方案之可行性。在實驗室初步進行評估的四個方案中，包括過氧化鎂、釋氧物質（ORC）、過氧化氫以及石灰，以過氧化鎂以及釋氧物質的長效性最佳，經評估後認為其為目前可行性較佳之防制方法。目前對地下水井之硫化氫腐蝕機制已有具體推論，防治方案也有初步瞭解；但是，對其在不同外在條件，以及不同的腐蝕防治方案控制下，其生物相以及生物活性之變化，仍尚未瞭解，因此，對於腐蝕之成因以及最佳控制方案、最佳控制條件，仍缺乏最直接的實驗證據可供判斷，因此，有必要對其微生物相以及生物活性做更進一步之研究與探討。

滲出水生物處理之相關研究

利用 A/O 處理程序處理滲出水原水，COD 可由 1,500~2,000mg/L 降至 750~1,000mg/L，其生物處理單元之操作條件如下所示，

- (1) 總 HRT = 3.0, 9.0, 12.0 d 等三個試程，無氧槽及好氧槽之 HRT 比約為 2：1。
- (2) 無氧槽及好氧槽之 HRT 分別為 2.0, 6.0, 8.0 d 及 1.0, 3.0, 4.0 d 等三個試程。
- (3) 無氧槽及好氧槽之污泥負荷分別 = 0.33 ~0.72 及 0.12~0.29 mg-COD/mg-COD d。

- (4) 無氧槽及好氧槽之容積負荷分別 = 0.13~ 4.71 及 0.47~1.93 mg-COD/mg-COD d。
- (5) 無氧槽及好氧槽之溶氧分別 = 0 ~ 0.2 及 2.0 ~ 4.0 mg/L。
- (6) 無氧槽及好氧槽之 MLSS 分別 = 3000 ~ 4500 及 3000~ 4000 mg/L。
- (7) 無氧槽及好氧槽之 pH 皆調控於 6.0 ~ 8.0。

改良式堆肥法降解多氯聯苯過程中微生物族群解析

本研究藉由添加有機營養或無機基質的改良式堆肥法及土壤中微生物族群構造解析用的微生物化學分類法之一的微生物 quinone 進行族群解析研究，使改良式堆肥法分解去除危害物質之 PCBs。

本研究以下重要的課題將成為本計畫進行探討的主要研究目的，包括植菌種類、pH、翻攪頻率、營養鹽中 C/N 比、C/P 比、微量元素之調控等設計或操作條件；以微生物化學分類法之一的微生物 quinone 分類特性，進行土壤中微生物族群構造解析。由試驗發現，土壤中 PCB 濃度由 1.0ppm 降解 200~400ppb 左右可能係由光照的物理化學降解，而似非由微生物群所導致。當添加基質中未含有鈣源而 pH 調控於 9.0 時，較調控 7.0 及 5.0 時之 PCB 降解佳；相對的，當添加基質中含有鈣源而 pH 調控於 9.0 與調控於 7.0 及 5.0 試程之間的 PCB 降解無明顯差異，且此時 PCB 降解較添加基質中未含有鈣源時整體較為偏高。本研究中，基質中所含之鈣源是否正扮演此一角色則有待進一步探討釐清。土壤中微生物群體內脂質成份的 Ubiquinone 或是 Menaquinone 的組成於此本研究 11 個月的改良式堆肥過程中，並無明顯的變動與差異。

生物活性碳(BAC)

造紙廢水：

- 目的：(a) 驗證於反應槽內植入特殊菌群有助於分解紙業廢水中之木質素等難分解物質，有效降低及穩定放流水 COD 濃度。
(b) 將上一年度(87)Lab.-scale 之成果 scale-up 至 pilot-plant，瞭解其再現性、穩定性及進行相關修正。
- 進行方法：特殊菌群加入混合培養環境後，若適當控制其操作條件，如：pH、有機負

荷、流力及原有污泥濃度等，可使其有效附著於活性碳上，成為系統中之優勢菌種，而不會如生物製劑一般流失而需不斷添加，減低操作成本。

當活性碳上生物膜形成後，對突發意外狀況有相當良好之適應能力，如 87 年 11 月時因機械故障停機約一個星期，於恢復操作後約二天時間即可回復原有處理能力。系統穿透時間可延長至五個月以上。

染整廢水：

採用混合培養法，取同類污水處理場之生物污泥，以欲處理廢水進流馴養，於一個月後可得到對此廢水具有較佳分解效果之混合菌群，此篩選及培養法較適合用於成分複雜或成分不明之廢水。

石化廢水：

採用混合培養法，於現場延長曝氣槽污泥中經無氧培養，篩選得無氧脫硝污泥，對該廠廢水中的有機氮成份具有較佳裂解能力，可有效增加 COD 去除率。另外，於延長曝氣槽污泥，以好氧方式及氨氮強化馴養，可篩選出對丙烯 具有較高抗毒性之硝化菌群。上述兩菌群可分別應用於 A/O 兩段式生物活性碳槽植種。

垃圾滲出水：

取染整廠生物處理污泥及石化廠延長曝氣槽污泥混合，以垃圾滲出水分別在好氧及無氧環境下培養，篩選出耐高鹽份之硝化及脫硝菌群，將運用於兩段式 A/O 生物活性碳程序的研發。目前正進一步試驗，該兩組菌群對被吸附於活性碳上造成滲出水色度之物質是否具有分解能力，以期進一步增加活性碳使用時間。

(3) 地理環境

儘管北區數所大學設有生命科學相關系所，不過目前政府對生物技術產業之推動仍以醫藥、農業領域為主，最主要的原因在於其經濟效益較為明顯。反之，生物技術應用於環保產業發展之重要性卻受到忽略。目前北部區域的技專校院尚未設置以環境生物技術為發展重點之學術（教學以及研究）機構，這使得北區相關生技產業無法順利地與研究型大學之研究成果接軌，值此之際，由本校進行發展生物技術，無論在區域發展方面，或人力資源之運用方面，都別具意義，一方面可以訓練相關人才、另一方面可以升級產業相關環保技術。

此外，目前北部區域生物技術的訓練課程供給面不足，目前國內之生物技術產業已開始蓬勃發展，許多生技公司申請上市上櫃之門檻較低，因而資金募集容易，發展亦相當迅速，在這樣的情形之下，對生物技術人才之需求相當殷切。目前，對外較積極開放之生物技術訓練中心只有新竹之自強基金會，相對於北部眾多有意習得第二專長之在職人士，多所不便。最近，自強基金會顯然也察覺到北部區域的需求，也陸續開設一些生

技產業之基礎課程，但仍缺乏多數人最需要的實作課程。其它北部區域的大學相關系所雖有開設相關課程，但其授課對象多為校內學生，甚至限定醫學院、公衛學院高年級學生。推論可能是技術層次較高，需要昂貴的師資、設備、耗材等費用使然，對校外開放並不多。由此可見，就生物技術訓練課程而言，目前供需之間依舊存在失衡現象，若欲解決此類問題，唯有增加供給面一途。事實上，目前生物技術產業需要較多研發人才，但隨著生技產業的蓬勃發展，基礎人力需求量應會快速上升，本校位北部區域中心，緊臨臺北市，第二高速公路連絡道與捷運系統將可提供快速且方便的交通運輸。

由以上說明可知，本校無論就地理位置、發展研究潛力、師資陣容都能充份配合，發展成為北部區域環境生物技術之訓練中心與研發機構。

(三)計畫目標

為求妥善利用本校地理優勢與現有教學研究設施，並充分發揮本校研究人力資源，本計畫評估本校深具發展環境生物技術之潛力，期望藉此建立本校發展特色。本計畫以發展環境生物技術為藍本，預計本計畫執行可達成三項重要目標：

1. 培養環境生物技術基礎人才

本計畫之首要目標在於增設分子生物相關之實驗設施，將有助於整合環境生物技術相關課程，以補足目前本校環境生物技術教育較為不足的一環。同時，藉由引進分子生物相關實驗技術，可使修習的學生，得以順利習得第二專長，配合生技產業對基礎人力之需求，增加其就業之機會。

2. 整合生物技術、晶片技術及奈米技術在環境監測上之應用

其次，本計畫目標在於引進已發展成熟之現代生物技術、晶片技術及奈米技術，以本校現有在生物復育上之研究基礎，擴大生物技術應用在環境監測領域之應用層面，增加本校對外產學合作、技術交流之機會。

3. 發展區域性生物技術、生物晶片及奈米技術之訓練中心

預計透過本計畫所擴充之設施，除了配合本校環境生物技術之教學研究發展，為了有效發揮本校社區學習中心的功能，本計畫將在所設立之實驗室順利運轉一年之後，籌畫對外開設『環境生物技術應用』、『晶片基礎技術』及『生物晶片整合技術』等第二專長相關訓練課程，授課對象將以專上就業人士為主，以滿足北部區域專上人才進修第二專長之實質需要。

本計畫預計可為本校發展特色項目如下：

1. 發展本校為技職院校中環境監測用生物晶片技術之重點學校，整合成熟之現代生物技術，以既有環境上應用之傳統生物技術為基礎，順利提升研究廣度與深度，發展環保產業應用實務技術。
2. 強化本校環境生物復育方向之研究成果，提升學校學術地位，使應用實務技術升級，

增加產學合作機會。

3. 增強學生就讀意願，使畢業學生順利接受第二專長訓練，增加就業機會。
4. 設立環境生物教育訓練中心，籌辦環境生物技術、晶片技術及奈米計畫等訓練課程，提供有意習得第二專長之專上人才充分之訓練機會，使本校發展為環境生物技術訓練中心。

本計畫屬延續性多年(4年)計畫，其工作內容分年如下所述：

第一年(92年度)：

- 1 環境監測用生物晶片實驗室規劃
 - 1.1 相關儀器設備採購
 - 1.2 儀器操作之標準作業程序
 - 1.3 環境監測用生物晶片實驗室相關組織架構之規劃
- 2 環境監測用生物晶片實驗室種子人員訓練
- 3 課程規劃
 - 3.1 環境監測用生物晶片實驗室對內教學及實驗課程之規劃
 - 3.2 環境監測用生物晶片實驗室對外訓練課程規劃

第二年(93年度)：

- 1 環境監測用生物技術之建立
- 2 生物 DNA 等導入用之晶片技術之建立
- 3 生物技術訓練課程對外開課

第三年(94 年度)：

- 1 環境監測用生物技術及生物 DNA 等導入用之晶片技術之整合
- 2 生物晶片系統之模擬
- 3 生物技術訓練課程對外開課
- 4 生物晶片訓練課程對外開課

第四年(95 年度)：

- 1 奈米級生物晶片系統之展開
- 2 環境監測用生物晶片實驗室之建立
- 3 生物技術訓練課程對外開課
- 4 生物晶片訓練課程對外開課
- 5 奈米技術訓練課程對外開課

(四)具體內容及配套措施

為確實達成本計畫所擬定目標，以促進本校環境生物技術發展，提升辦學水準，並建立發展特色，本計畫預計分成立環境分子生物實驗室及成立環境生物技術中心兩階段來進行：

成立環境生物技術實驗室

本實驗室首要目標，在於補足目前本校環境生物技術相關之教學研究設施較為不足之處，意即分子生物技術運用在環境工程領域的部分。實驗室建立初期，將率先引進目前應用在環境生物技術上較為成熟之分子生物技術，經審慎評估其重要性與本校發展之適宜性，應是以 16S rDNA 或 16S rRNA 為基礎之一系列相關分子生物技術，使微生物菌相能以更快速且準確的定性、定量。依據是項原則，初步篩選出的核心實驗方法依序為 FISH 法、DGGE 法以及 PCR 程序。

FISH 法原理是利用微生物 16S rRNA 的保守性，設計只對某屬或某種微生物具特定性的螢光探針，將微生物樣本置於載玻片上固定後，再經過若干處理，最後加上探針，具有與探針互補序列的微生物便會帶有螢光，將玻片置入螢光顯微鏡下便可清楚的觀察出該族群的數量及其分布情形。整個 FISH 的過程相當迅速，在不到一天的時間內便可完成，非常適合探討環境微生物族群的種類及數量。

DGGE 電泳法則是利用 DNA 在電泳過程中加上變性程度的梯度，使 DNA 差異性加大，在電泳圖譜中不同位置所呈現的亮帶表示不同的 16S rDNA 序列，亦即代表一單一菌種，如此，將經純化的 DGGE 亮帶進行定序便能快速得知環境微生物菌群之族群組成。

PCR 則是一種將原樣品 DNA 一直複製的步驟，藉由加入適當的引子(Primer)、dNTP、聚合酵素(polymerase)等反應物，利用機器反覆的升溫降溫，便可將原始 DNA 以 2 的次方倍數增加。由於取自環境中的樣本 DNA 的濃度通常相當低，若要得到足夠量的 DNA 濃度則勢必需要相當大量的樣本，PCR 適可有效解決這個問題，因此，PCR 在分子生物技術實驗中具有絕對的重要性。

由於這三種實驗方法對於發展環境分子生物技術相當重要，而分子生物方法為目前本校發展環境生物技術較為缺乏之一環，因此，籌設本實驗室初期，將優先建置此三種實驗方法所需相關設施。並配合以環境菌種、菌群鑑定為主軸之進階設備（如自動定序儀、及時定量 PCR 等）發展本校環境生物技術重點特色。

成立奈米級環境監測用生物晶片實驗室

在環境生物技術實驗室建立完成，並依照本校發展教學特色，開始正常授課、運轉三年以後，配合相關之生物技術、奈米技術及生物晶片系統中心之籌畫，以及本校環境工程系改制為環境工程系實施減班措施後逐漸釋出之空間，本校將逐步擴大環境生物技術實驗室規模，陸續充實相關實驗設備，適時完成組織規劃，進而成立奈米級環境監測用生物晶片實驗室。該中心初步規劃將以開設『環境生物技術』、『晶片基礎技術』及『生物晶片整合技術』鄉關課程之訓練、講習班為主，以求適時發揮本校之社區學習功能。其後，隨著本校投注於環境生物技術上之人力、物力所獲得之經驗與成果，本校將評估將研發成果予以推廣，預計將尋求與相關產官學界進行建教合作之可行性，以有效利用研發成果解決相關環保問題以達永續發展之目標。

為達上述兩階段目標，本校將積極規劃各項相關措施予以配合。茲將相關之配合措施分述如下：

1. 現有設施及未來設施規劃

(1) 空間設備之配合措施

本校現有與環境生物技術相關教學研究之空間，計有環境微生物實驗室、水質分析實驗室、單元操作實驗室、精密儀器室四間教學實驗室以及環境生物應用研究室一間研究用實驗室。教學實驗室部分，其應用上，除了相關之實習課程之外，環境微生物實驗室尚可支援環境微生物學之微生物培養，水質實驗室可支援污染物降解程度之定性定量分析，單元操作實驗室則可以支援評估實際生物技術應用在處理單元之可行性，精密儀器室則支援部分微量污染物以及微生物中間代謝產物之定性定量分析。

在本校升格為技術學院之後，有感於學生專題實習與教師執行建教合作所需空間不足，因而規劃成立環境生物研究室，專供教學之外的相關研究進行。為因應本計畫執行，分別就環境分子生物實驗室及環境生物技術中心規劃如下：

a.環境生物技術實驗室部分

本校初期將先於本校中正教學大樓四樓，原第二精密儀器室預定地，成立環境生物技術實驗室，與環境工程系現有之環境微生物實驗室、精密儀器室、環境生物應用研究室連成一體，運用現有相關儀器設備相互支援，使其發揮預期功能。

b. 奈米級環境監測用生物晶片實驗室部分

表 4-1 為本校環境工程科因應改制為二技之逐年減班情形，由表可知，在 91 年度以後，原有之五年制專科班級數仍以每年二班銳減，但是，二技的班級數已經不再增加，屆時，總班級數將會開始以每年二班的數量減少，亦即，每年會釋出兩間教室。因此，本計畫將規劃在 92 年度開始，即針對釋出之空間，開始進行成立環境生物技術中心之規劃，預計將規劃出適宜之訓練、實習場所，以供舉辦訓練班、講習班之用。

表 4-1 本校環境工程科因應改制之逐年減班情形

學年度	88		89		90		91		92	
學制	專科	二技	專科	二技	專科	二技	專科	二技	專科	二技
班級數	15	0	14	0	12	2	10	4	8	4
總班數	15		14		14		14		12	

2. 現有儀器設備

本校現有儀器設備中，可與環境生物技術以及本計畫支援者，依其所在之實驗室，整理如附錄四。此外，目前正在進行採購程序之相關設備尚有低溫冷藏箱、恆溫箱、低溫恆溫震盪水槽、電磁加熱攪拌器、高壓滅菌釜、光學顯微鏡等數十件相關設備。由這些儀器設備說明本校在傳統環境生物技術上之教學研究相關設備已具相當基礎，因此，如能適時添購現代生物技術所需相關設備，以及分析環境生物處理過程之中間代謝產物相關設備，對於發揮本校在環境生物技術上之教學、服務、研究功能，將有很大的幫助。

3. 課程方面之規劃

a. 現有課程配合狀況

表 4-2 係本校環境工程科目前開設與環境生物技術較為密切之相關課程，以五年專科制為例，環境生物技術之基礎課程，多在前二年即修習完畢，隨後的相關污染防制課程，則是這些環境生物技術之應用理論。一般五年之專科之環境工程相關學系，在微生物的部分，大多只開設環境微生物一門課程，本校則是因為同時顧慮專科學生在課程銜

接上的因素，同時，本校在生物處理相關技術上之師資亦較為充裕，故目前亦開設一門普通微生物學，以有助於學生之學習歷程，同時也逐漸樹立本校在生物技術方面的特色。

表 4-2 本系附設五專部現行與環境生物技術相關課程實施狀況

科目名稱	學年 (請打√)					授課時數	實驗時數	所用教材	
	第一學年	第二學年	第三學年	第四學年	第五學年			名稱	作者
化學	✓					6	6	化學	化學編輯委員會
環境科學概論	✓					2		環境學基礎	王翊亭
基礎微生物	✓					2		環境微生物	環工學會
環工微生物		✓				3		環境微生物	環工學會
環工化學		✓				4		環境工程化學	章裕民
環工微生物實驗		✓				1	3	環工微生物實驗	張怡塘
固體廢棄物處理			✓			3		廢棄物處理	章裕民
空氣污染防治			✓			3		空氣屋染與控制	江金龍等
給水工程			✓			4		給水工程	高肇藩
環境生態學			✓			2		環境生態學	張志傑
污水工程				✓		4		下水道工程學	歐陽嶠暉
事業廢水處理				✓		3		水污染防治	高肇藩

b.教學課程規劃

本校環境工程系目前開設與環境生物技術相關課程有：基礎微生物學、環境微生物學、環境微生物實驗、環境化學等，未來將配合環境生物技術實驗室乃至於環境生物技術中心成立及環境工程科改制為環境工程系之學制改變，考量學生程度，加開基礎之普

通分子生物學、普通分子生物學實驗、生物技術在環境工程上之應用、環境生物技術、環境生物技術實驗等課程，使學生具備基礎之生物技術，擴大學生之學習領域，強化生物科技在環工上之應用。

名稱	學分/小時	開課單位	開課學制	授課大綱
生物晶片概論	3/3	環工系	二技、四技四年級 (含在職進修班)、研究所	晶片與生物晶片之簡介、環境 監測用生物晶片技術
環境生物復育概論	3/3	環工系	二技、四技四年級 (含在職進修班)、研究所	環境生物復育之簡介、生態復 育實習

c.訓練班課程規劃(對外)

為強化本校與企業及社區之互動，本校將參酌產業界及社區民眾需求，規劃『環境生物技術』、『晶片基礎技術』及『生物晶片整合技術』訓練課程。環境生物技術課程之訓練對象為專上程度，目前以就業或待業中，希望習得環境生物復育技術相關應用實驗者。『晶片基礎技術』與『生物晶片整合技術』課程，則適合原本在環境、機電、生物等相關領域之從業人員，能迅速習得相關應用技術，以發揮環境監測用生物晶片技術實驗室之功能。

4. 師資以及使用方面之規劃

a.環境生物技術實驗室部分

在教學方面，為充實本校環境生物技術相關人才，本計畫將訂定辦法鼓勵老師進修並取得與環境生物技術相關學位，或利用寒暑假以及課餘時間參加與生物技術有關之訓練班，並鼓勵進修中之老師，修習生技學程，強化現有之師資，以滿足教學需求。此外，未來亦將考慮增聘具有分子生物專長之教師，使師資更健全。

b. 奈米級環境監測用生物晶片實驗室部分

而在奈米級環境監測用生物晶片實驗室部分，訓練課程必須考慮屆時市場之需求，因此，在開設訓練班初期，若有部分課程無法由本校現有專任師資擔任，本計畫預計仿效大多數訓練中心之模式，暫時先以外聘方式，邀請學有專精之學者專家支援，以滿足修習訓練課程之學員需要，同時，也可使開設之課程更具彈性。

除了配合開設相關課程之外，為有效結合生物科技於環境工程上之應用，本校未來之研究方向，將強化生物科技於環工上之應用，如應用分子生物技術進行生物處理系統中微生物族群之篩選、鑑定等，期能以更微觀之角度進行研究，希望能有助於生物處理系統之瞭解與改善。本研究群亦將積極與業界尋求合作，共同開發，加強產學合作，擴大生物技術於環工上之應用。此外，亦將積極辦理與環境生物技術相關之研討會，期能藉由交流提升研究水準。

5. 管理方面之規劃

計畫初期，有關環境生物技術實驗室之管理，將融入本校目前對教學實驗室之管理體系，由本校環境工程科指派管理老師針對教學、服務、研究之需要，妥善管理。俟環境生物技術中心成立之後，為使該中心之管理更為完善，將考量本校之未來發展及社會需求，積極規劃中心未來之中長程發展計畫，妥善規劃中心之組織、定位、服務項目、考核制度等，使中心能朝永續經營之方向發展。

在管理部分仍分成立環境生物技術實驗室及成立環境生物技術中心兩階段進行，各階段之管理重點條列如下：

成立環境生物技術實驗室階段

a. 環境生物技術實驗室規劃

1. 實驗室空間配置
2. 儀器採購
3. 相關實驗室與研究室之協調配合度
4. 中長程發展計畫

b. 環境生物技術實驗室人員訓練

1. 教師進修取得相關學位
2. 教師參訓研習取得證書

3. 儀器設備操作維護訓練情形

c. 教學及實驗課程規劃

1. 各學制學程間之課程銜接性
2. 基礎課程及實作課程之配合
3. 是否具發展力與競爭力

成立環境監測用生物晶片實驗室階段

a. 環境監測用生物晶片實驗室規劃

1. 訓練場所與實習場所之空間規劃、設備配置
2. 中長程發展計畫
3. 產學合作狀況

b. 環境監測用生物晶片實驗室人員訓練及課程規劃

1. 與產業需求之配合度
2. 與社區發展之配合度

6. 觀摩活動規劃

為有效宣揚本計畫實施成果，本計畫規劃在計畫進行不同階段，分別以繼續籌辦環境生物技術研討會的方式，邀集產官學界學者專家蒞校參觀指導，並藉此彙集本計畫執行成果，印製書面報告予以發表。將依計畫不同執行階段，規劃之研討會名稱及主題內容如下：

(1) 第一屆奈米技術與環境監測用生物晶片技術研討會（92年）

- 現代生物技術在環境領域上之應用
- 奈米技術之生物應用面
- 本校納入現代生物技術之課程規劃

(2) 第二屆奈米技術與環境監測用生物晶片技術研討會（93年）

- 本校引進現代生物技術之研究成果

- 生物技術於晶片之導用
- 生物技術學程引進現有環境技職教育之實施經驗

(3) 第三屆奈米技術與環境監測用生物晶片技術研討會(94年)

- 本校引進現代生物技術之研究成果
- 奈米級生物晶片之可行性
- 本校環境生物技術中心之現況與展望

(五) 實施進度及分工

1. 實施進度

本計畫之實施進度如下表所示：

實施月份	實施內容
1-3 月	環境監測用生物晶片實驗室規劃
4-6 月	相關儀器設備採購
7-9 月	儀器操作之標準作業程序、環境監測用生物晶片實驗室種子人員訓練、環境監測用生物晶片實驗室對內教學及實驗課程規劃、環境監測用生物晶片實驗室對外訓練課程規劃
10-12 月	儀器操作之標準作業程序、環境監測用生物晶片實驗室種子人員訓練、課程規劃、完成核銷

2. 人力分工

為使本計畫順利且有效率之推動，達成預期目標，茲將本計畫參與人員，進行責任分工，分為實驗室籌備委員會與訓練課程籌備委員會二大部分，每組分設召集人一名，並由本校環境工程系主任整合學校行政資源，督導本計畫之執行與推動，相關分工架構及各組執掌詳列如下表。

類別	姓名	職稱	擬任工作內容	相關經歷與專長
計畫主持人	林奇剛	助理教授 兼系主任	計畫督導、整合環工系行政支援、協調校方行政支援	生態工程、生物晶片
共同主持人	蔡豐欽	副教授	計畫綜理執行、進度控制及觀摩活動規劃	電子熱傳、微流道分析
協同主持人	張育傑	助理教授	協助計畫綜理執行、進度控制及觀摩活動規劃	生物處理、生物技術
協同參與	秦孝偉	助理教授	實驗室籌備委員會召集人	微量污染物質分析
協同參與	何俊明	講師	訓練課程籌備委員會召集人	微量污染物質分析
協同參與	張怡塘	講師	協助教學及實驗課程規劃 (各學制間課程銜接性、基礎及實作課程之配合等)	微量污染物質分析
協同參與	李曜全	講師	環境生物技術中心人員訓練及分析課程規劃	微量污染物質分析

(六) 經費需求及行政支援

本計畫之預計之經費需求及行政支援如下：

1. 環境生物技術實驗室部分

藉由本計畫經費的挹注，加上本校原有之空間、儀器設備，基礎的環境生物技術實驗室得以建立，而其後續教學所需的中、小型儀器添購、儀器設備維護、實驗耗材等所需經費，則由本校編列預算，統籌支應。

2. 環境監測用生物晶片技術實驗室部分

為配合本校環境生物技術中心之發展，除本計畫申請之補助設備外，本校希藉由相關訓練課程之開設，使該中心對於設備擴充、儀器維護、實驗耗材、師資人力等所需之經費，以能達到自給自足為目標，不足之額，本校再編列經費予以支援，使其能達成預期目標。

綜合上述，本計畫所需經費共需新台幣 242.5 萬元，皆為資本門，初列如表 6-1 所示。本計畫為延續性發展，預估所需經費共需新台幣 1800 萬元，皆為資本門，各大項之細項詳列於表 6-2 至 6-4。

表 6-1 本計畫所需經費總表

金額單位：(新台幣)元

項次	類別	設備名稱	說明	數量	單價	金額	經費來源	
							申請補助款	本校配合款
1	儀器(資本門)	實驗室之基礎設備	詳見表 6-2	1 組	2,280,000	2,280,000		2,280,000
2	儀器設備(資本門)	冷氣機	分離式(新設實驗室用)	1 台	45,000	45,000		45,000
3	營繕(經常門)	隔間工程、供電、供水、窗簾	成立環境監測用生物晶片實驗室之專用區	1 式	100,000	100,000		100,000
合計								2,425,000

表 6-2 使用頻率高之基礎微生物、分子生物所需公共設備經費細目

項目	單價 (千元)*數量	總價 (千元)	說明	補助來源
低溫離心機(13,000X 以上)	230*1	230	純化、分離 DNA	教育部
落地型低溫離心機 (20,000X 以上)	260*1	260	純化、分離酵素	教育部
-18 度 C 冷藏櫃	50*1	50	菌種、藥品、酵素保存	教育部
PCR (聚合酵素連鎖反應儀)	230*1	230	將環境中微量 DNA 放 大，以及定序前處理用	教育部
雜交箱	40*1	40	墨點雜交、原位雜交用	教育部
墨點雜交設備	50*2	100	墨點雜交相關設備(包含 真空幫浦)	教育部
超音波均質儀	180*1	180	DNA 純化前處理用	本校配合款
恆溫水槽	70*2	140	實驗進行水浴控溫用	本校配合款
恆溫培養箱(含 shaker)	90*1	90	微生物培養用	教育部
發酵槽(5 L)	210*1	210	微生物大量培養用	教育部
UV 分光光度計(多波長)	180*2	360	DNA、蛋白質定量分析	教育部
UV cross-linker	50*1	50	墨點雜交用	教育部
Fraction collector	140*1	140	蛋白質純化用	教育部
垂直電泳槽	90*2	180	蛋白質電泳	教育部
DNA 轉漬系統	40*1	40	雜交反應用	教育部
合計				2,300

表 6-3 本計畫預估所需經費總表

項目	經費需求	經費來源		備註
		教育部補助	學校負擔	
實驗室之基礎設備	2,300,000	2,000,000	300,000	詳見表 6-2
使用頻率高之基礎微 生物、分子生物所需公 共設備	3,400,000	3,400,000	0	詳見表 6-4
發展重點特色之精密 儀器	11,600,000	8,600,000	3,000,000	詳見表 6-5
合計	17,300,000	14,000,000	3,000,000	本計畫所列經費皆 屬資本門

表 6-4 使用頻率高之基礎微生物、分子生物所需公共設備經費細目

項目	單價 (千元) *數量	總價 (千元)	說明
低溫離心機 (13,000X 以上)	250*1	250	純化、分離 DNA
落地型低溫離心機(20,000X 以上)	300*1	300	純化、分離酵素
4 度 C 冷藏櫃	50*2	100	樣品、藥品、酵素保存
-18 度 C 冷藏櫃	50*2	100	菌種、藥品、酵素保存
PCR (聚合酵素連鎖反應儀)	300*1	300	將環境中微量 DNA 放大，以及定序前處理用
雜交箱	40*2	80	墨點雜交、原位雜交用
墨點雜交設備	50*2	100	墨點雜交相關設備 (包含真空幫浦)
超音波均質儀	200*1	200	DNA 純化前處理用
冷凍乾燥機	200*1	200	微生物、生化樣品濃縮用
恆溫水槽	70*2	140	實驗進行水浴控溫用
恆溫培養箱(含 shaker)	100*2	200	微生物培養用
發酵槽 (5 L)	250*1	250	微生物大量培養用
UV 分光光度計 (多波長)	200*2	400	DNA、蛋白質定量分析
UV cross-linker	50*2	100	墨點雜交用
Fraction collector	150*2	300	蛋白質純化用
垂直電泳槽	100*3	300	蛋白質電泳
DNA 轉漬系統	40*2	80	雜交反應用
合計		3,400	

表 6-5 發展重點特色之精密儀器經費細目

項目	單價(千元)*數量	總價(千元)	說明
生物晶片陣列點片機	2,500*1	2,500	製作微陣列生物晶片
生物晶片雷射掃描儀	3,000*1	3,000	讀取生物晶片資料
短鏈 DNA 合成儀	600	600	合成短鏈 DNA 供點樣用
生物晶片影像分析軟體	400	400	分析生物晶片數據用
DNA 自動純化系統	1,000*1	1,000	環境樣品之 DNA 自動純化
FISH 系統	1,400*1	1,400	螢光原位雜交系統，包含螢光顯微鏡及數位影像分析系統
D-code 系統	600 *1	600	可作 DGGE、TGGE、SSCP 等突變偵測系統（環境微生物菌群鑑定用）
UV 影像分析儀（含軟體）	400*1	400	電泳圖譜影像分析系統，可以定量分析
ELISA reader	600*1	600	酵素免疫分析法用
-80 度冷藏櫃	500*1	500	菌種保存用
總有機碳分析儀	700*1	700	微生物基質、中間代謝產物、環境微量污染物之定量分析
氣體色層分析儀	700*1	700	
螢光定量分析儀	800*1	800	微量 DNA、蛋白質、污染物定量分析
合計		13200	

(七) 預期成效及影響

本計畫預期成效如下：

1. 發展環境監測用生物晶片技術，運用成熟之分子生物技術，以既有環境上應用之傳統生物技術為基礎，順利提升研究廣度與深度，發展環保產業應用實務技術。
2. 強化本校既有環境生物復育方向之研究成果，提升學校學術地位，增加產學合作機會。
3. 增強學生就讀意願，使畢業學生順利接受第二專長訓練，增加就業機會。
4. 設立教育訓練中心，籌辦基礎生物技術訓練課程，提供有意習得第二專長之專上人才充分之訓練機會，使本校發展為基礎生物技術區域訓練中心。

預期影響

1. 強化現有應用環境生物技術方法之教學品質，奠定學生生物技術技能之基礎。
2. 彰顯技職專校在環境生物技術上之努力成果，作為將技術順利移轉至產業界之橋樑。
3. 增加本校學生修習課程之選擇機會，俾使其有機會跨入生物技術領域，增加就業競爭力。
4. 提供北部區域在職之專上人力另一進修管道，並提供有志發展環境生物技術、生物晶片技術及奈米技術產學界技術交流窗口。