

出國報告（出國類別：考察）

「2017 SEMI 日本微型晶圓(Minimal Fab)
及試作產業參訪團」出國報告

服務機關：經濟部

姓名職稱：張能凱科長

派赴國家：日本

出國期間：106 年 11 月 5 日至 106 年 11 月 9 日

報告日期：106 年 12 月 14 日

摘要

半導體產業是臺灣最重要的製造產業，但目前並無業者可以對應少量的客製化半導體晶片開發需求。日本推出的 Minimal Fab.即是針對少量生產的實用製造生產系統，透過更容易製造出少量的半導體晶片，被半導體產業界所期待的新型研發，對於少量多樣產品化有極大貢獻。此外，日本產業許多大量生產移至海外，國內轉向附加價值較高的試作開發，類似京都試作中心的試作平台在各地紛紛成立，可提供一站化的完整試作開發服務，並促成更多業者樂於投入創新產品開發。

為更瞭解微型晶圓（Minimal Fab.）及試作等研發能量與運作模式之經驗，國際半導體材料產業協會邀請產官學研組成參訪團，規劃參訪日本標竿機構技術能量、設備與實驗室，促進國內微型晶圓產業發展以及台日之間的交流與機會，以瞭解日本「微型晶圓」與「京都試作網」之執行現況與營運模式，並與參訪單位發展可能合作之機會，達成技術共同開發、促進實質合作及開拓潛在業務商機。期能協助產業佈局新興領域與市場，並找出帶動國內傳統製造業升級轉型之方向。

關鍵字：微型晶圓、京都試作網、客製化

目 次

一、 前言.....	3
二、 目的.....	3
三、 行程.....	3
四、 過程內容.....	4
五、 心得及建議.....	15

一、前言

在經濟邁向全球化的趨勢下，國際間的交流與合作是推動科技發展的重要策略。長久以來，日本一直是臺灣最重要的技術與投資來源國，而臺灣亦成為全球最重要的製造基地。現在，臺灣與日本已成為彼此加強科技合作與生產的最佳夥伴。

臺灣半導體產業占了製造業產值 16%，可以說是臺灣最重要的製造產業，但臺灣目前並沒有業者可以對應少量的客製化半導體開發需求。包含高頻元件與車用晶片等，臺灣在少量多樣市場具備發展潛力，希望未來能藉由臺日合作以 Minimal Fab.技術，推動新藍海市場成形。除此之外，日本產業許多大量生產移至海外，國內轉向附加價值較高的試作開發，類似京都試作中心的試作平台在各地紛紛成立，可提供一站化的完整試作開發服務，並促成更多業者樂於投入創新產品開發，值得臺灣產業效法。

爰此，為更瞭解「微型晶圓(Minimal Fab.)」及「京都試作網」等研發能量與營運模式之經驗，規劃參訪日本標竿機構技術能量、設備與實驗室，與參訪單位商談後續潛在合作之機會，促動技術共同開發、促進實質合作及開拓新業務之商機，進而協助產業佈局新興領域與市場，並找出帶動國內傳統製造業升級轉型之方向。

二、目的

1. 瞭解日本「微型晶圓(Minimal Fab)」與「京都試作網」之執行現況與營運模式。
2. 與參訪單位發展可能合作之機會，達成技術共同開發、促進實質合作及開拓潛在業務商機。

三、行程

本行程參訪共安排 5 天分別參訪橫河電機株式会社、日本電子株式会社、產業技術綜合研究所、衣川製作所株式会社、SAIJO INX 及 crossEffect 株式会社等微型晶圓與試作標竿機構，參訪行程整理與成員整理如下表所示。

表 1 本次日本微型晶圓與試作尖端機構之行程表

日期	時間	行程/班機時間/住宿/交通
第一天 11/05(日)		早上出發前往日本 桃園(TPE)→東京成田機場(NRT) CI 100 09:30AM-13:30PM
第二天 11/06(一)	上午 09:00-13:00	拜訪橫河電機株式会社 (Yokogawa Electric Corporation) 〒180-8750 東京都武蔵野市中町 2-9-32 Tel: (0422)-52-5555
	下午 15:00-17:20	拜訪日本電子株式會社 (JEOL) 〒196-8558 東京都昭島市武蔵野 3 丁目 1 番 2 号 Tel: 81-42-543-1111

第三天 11/07(二)	整天 10:00-15:00	拜訪產業技術綜合研究所（AIST） 〒305-8563 茨城縣筑波市梅園 1-1-1 Tel: 03-5501-0900
第四天 11/08(三)	上午 09:00-12:30	移動 東京 ⇄ 京都（約 3.5 小時）
	下午 15:00-16:30	拜訪衣川製作所株式会社 〒612-8436 京都市伏見区深草新門丈町 106-4 Tel: 075-645-0213 Email: tk@kinugawa-fact.co.jp
第五天 11/09(四)	上午 09:30-11:30	拜訪 SAIJO INX 〒615-0034 京都府京都市右京区西院西寿町 5 番地 Tel: 075-312-8755 Email: saless@saijoinx.co.jp
	下午 13:30-15:00	拜訪 crossEffect 株式会社（クロスエフェクト） 〒612-8379 京都市伏見区南寝小屋町 57 番地 Tel: 075-622-2600 Email: info@xeffect.com
		下午搭機返台 關西機場(KIX)→桃園(TPE) CI 173 19:00PM-21:20PM

四、 過程內容

（一）參訪橫河 Solution Service 株式會社

1. 單位簡介

橫河 Solution Service 株式會社成立於 2013 年 4 月，資本額為 30 億日圓，其主要股東為橫河電機株式會社，員工人數約為 2,449 人，2015 年營收達 906 億日圓，主要從事銷售控制、量測設備裝置、維修服務、電力量表裝配工程、解決方案及工程等業務。日本政府為實現次世代半導體製造工廠相關技術及裝置研發，由國立研發法人產業技術總和研究所（AIST）所主導的國家級「Minimal Fab」計畫，橫河電機子公司橫河 Solution Service 株式會社為參加此一計畫成員廠商，參與部分為研發製造 Minimal Fab 所需生產製造裝置外，也提供銷售、運用及維修服務。

Minimal Fab.的優點是讓生產設備的體積變小、造價成本降為原本的千分之一，且可以對應客製化、少量的訂單需求，交期也能由 3~6 個月縮短至 5 天，這個創新技術對於 IoT 物聯網應用的開發業者和研究機構而言，都是一大利多消息。

2. 參訪紀要

此次拜會橫河 Solution Service 株式會社，參與單位包括經濟部技術處、金屬中心

技術團隊、工研院技術團隊等，共計 17 人與會，日方以小貫博史取締役常務執行役員代表，包含恆輝科技共計 10 人出席。此次拜會行程針對微型晶圓製程技術交流、共同推廣合作，以創造新形態營運生產模式。**Minimal Fab** 是針對少量生產的實用製造生產系統，透過更容易製造出少量的半導體晶片，被半導體產業界所期待的新型研發，對於少量多樣產品化有極大貢獻。**Minimal Fab** 產線設備所有的外觀設計，都是長寬高 294mm*450mm*1440mm 的統一小型規格，並且設備的操作介面也以全部為統一的人機介面。

其中關鍵作動因子為其將直徑 12.5mm 或 13.5mm 的小尺寸晶圓放入稱為「Shuttle」的密閉容器，透過設備進行製程處理，在非無塵室環境下進行晶圓製造。隨著晶圓及生產設備小型化，可以減少或不需要半導體生產所需化學藥劑及廢液處理設備，設備電源也可以用家用 110V 的電力，大幅降低工廠建設成本及空間。



圖 1 橫河介紹 Minimal Fab 以及元件試作



圖 2 技術處張科長代表致贈紀念品以及參訪團合照

（二）參訪日本電子株式會社

1. 單位簡介

日本電子株式會社(以下簡稱 JEOL)成立於 1949 年 5 月，為全球電子顯微鏡的技術領航者，資本額約 100 億 3,700 萬日圓(截止到 2017 年 3 月底)，總銷售額約 996 億 9,800

萬日圓(截止到 2017 年 3 月底)，旗下員工共 2,967 人(截止到 2017 年 3 月底)。JEOL 生產銷售各型掃描電子顯微鏡、透射電子顯微鏡、電子探針、掃描探針顯微鏡、X 射線螢光光譜儀、核磁共振設備、質譜儀、電子自旋振動設備、半導體製造檢查裝置等。產品運用包括材料科學、生命科學等學術技術領域，在無機、有機化合物、金屬材料、土壤、礦產、醫藥、精細化工、電子材料、生物樣品等的定性和定量分析鑑定上備受肯定。在台灣眾多重點實驗室、大專院校、醫療機構、政府機構和企業單位都有 JEOL 公司的產品。

JEOL 公司核心技術為電子束設計與設備製造，電子顯微鏡相關產品市占率居領先定位，除此之外，電子束用於半導體產業的鍍膜設備、熔煉以及電漿表面處理設備，與臺灣半導體與金屬表面處理、熔煉均有合作關係。JEOL 公司與全球著名機構均有合作關係，近期包含與日本東北大學合作開發電子束積層製造設備。該公司有意願與金屬中心進行金屬材料與表面處理的合作，透過 JEOL 公司的材料分析與電漿設備進行鈦合金表面改質。未來將應用於生醫材料與民生產業用。

2. 參訪紀要

本次主要參觀日本 JEOL 公司的研究開發實驗室，由銷售部門的東鄉永曜先生進行介紹，分別有 SEM、TEM、FIB、SEM-FIB、ESCA、Mass Spectrometers、Nuclear Magnetic Resonance 等等的儀器及其相關實驗室，很可惜實驗室的部分都無法攝影，因此只能於 JEOL 展示廳內與 JEOL 最早的 TEM 合影。

其次是參觀 JEOL 公司的 EBM 與電漿熔煉設備與未來相關合作討論，於實驗室內 JEOL 公司進行的 EBM 熔煉設備的展示，可進行功率、掃描路徑等參數的控制，並利用掃描路徑的設計達到攪拌的功效，經由坩鍋、模具之搭配可有精煉、引拔、傾倒熔鑄等應用。並且改變電子槍位置更可於腔體中進行蒸鍍等製程。而此儀器目前尚使用於精煉之用途，尚未進行合金融配的相關研究及實驗，因此目前於合金融配時顧慮之低熔點合金氣化之問題尚無明確資訊可供我們參考。



圖 3 JEOL 公司 RF plasma 設備及運作時的狀態

另外，本次拜訪也促成金屬中心與日本 JEOL 公司雙方未來將針對電子束、電漿設備所運用的新材料開發進行合作，由金屬中心進行材料研發運用 JEOL 先進材料改質/熔融設備與材料分析設備進行材料技術開發。雙方一起發展先進材料技術，智權共享包含共同發表論文、技術研發等項目，並由金屬中心呂英誠總監與 JEOL 公司加藤努部長代表簽署高值材料開發合作備忘錄。

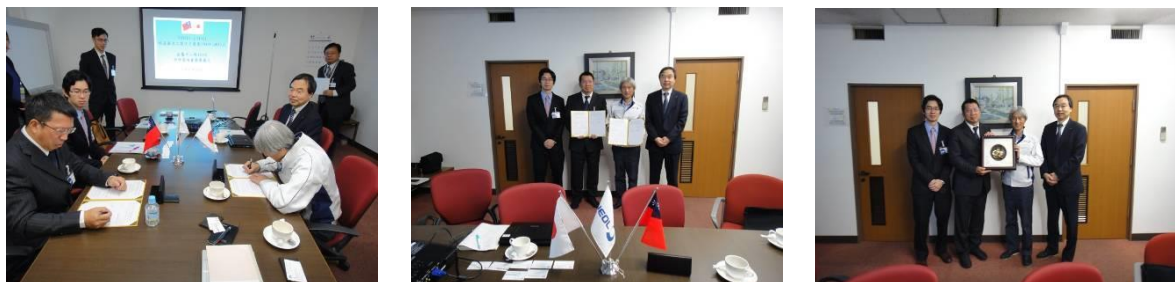


圖 4 金屬中心與 JEOL 公司簽署合作備忘

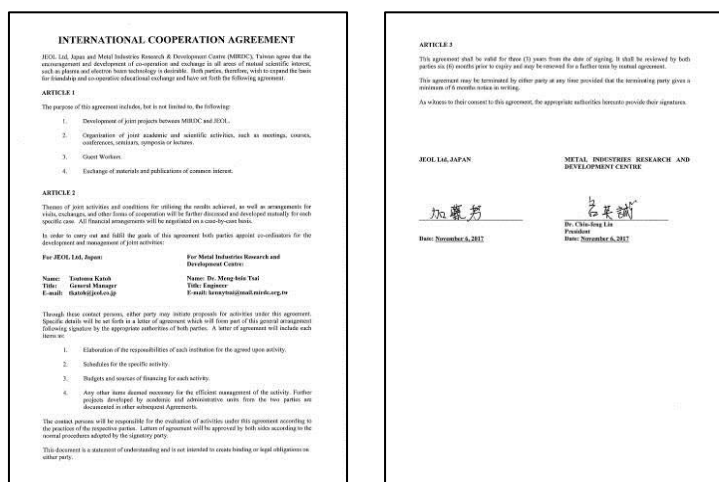


圖 5 於 JEOL 公司所開發全球首台穿透式電子顯微鏡前合影留念

（三）參訪產業技術總合研究所

1. 單位簡介

產業技術總合研究所成立於 2001 年 1 月，成立初期為行政法人，至 2015 年改組成為國立研究開發法人產業技術總合研究所(以下簡稱 AIST)，員工數約為 4,935 人，年度預算約 990 億日幣，主要研究領域有能源/環境、生命工學、資訊/人因工程、材料/化學、電子/製造、地質調查、量測標準。2017 年 10 月 30 日 AIST 與工研院共同宣布將於工研院總部設立創新研發合作推動辦公室「ITRI-AIST R&D Collaboration Space」，工研院與 AIST 的交流合作始於 2003 年，每兩年異地舉辦共同技術研討會，探討合作議題。

Minimal Fab.的概念是 2008 年由 AIST 提出概念，2010 年由 AIST 擔任研發主體的聯盟成立，開始投入研發。2012 年升格為經產省國家級計畫。2014 年部分裝置設備已經進入實用階段並接受訂單生產，豐田車系的 JTECH 首先引進作為研發使用。

2. 參訪紀要

此次原史朗博士親自介紹 Minimal Fab 緣起與設計理念，如為何要選定 0.5 吋之晶圓當載具，AIST 經市場分析與半導體製程分析最後統整結論為 0.5 吋是最適合的載具。0.5 吋以下尺寸太小無法實現某些設備自動化與製程；又那為何不選擇 1 吋，這邊就有半導體廠建置考量，當經原尺寸由 0.5 吋轉換成 1 吋時，生產建置成本要多 10 倍，因此最後選定 0.5 吋晶圓當載具。且 0.5 吋所涵蓋的半導體產業約全世界 30%的東西都能生產，因此鎖定這 30%的半導體製程是最符合 Minimal Fab 的研究開發。

在討論中問到目前設備都有統一規格化的寬度設計 30CM，可以達到更低 pitch 的規格需求，E-Beam 的曝光機是關鍵，但光是真空幫浦設備就很難在這麼小的空間實現。針對這一點原史朗博士解說大致如下，基本上的確是一件非常不容易的事情，但是他要求日本協力廠商盡力達到。會針對 Minimal Fab 設計新的 E-beam 發射源，也會利用機構設計爭取空間，未來規劃兩年內達到需求，明年第一階段已 100nm 為目標，後年已 60nm 為目標，將會更節能更有效率。

在日本產業實際應用上，目前已知日本國內產業有 TOYOTA 與 TDK 兩家廠商，購入建置少量多樣快速打樣線進行研究，但資訊僅能提供到此，每家廠商購入要做哪方面的研究是無法得知的。在航太產業應用上面，先前有幫忙日本 JAXA 打樣幾顆感測器是成功的，而目前製程驗證部份上，已經許多實際成功的元件開發，如 Cantilever->PMOS->CMOS->Ring Oscillator->BGA->3D IC 等。



圖 6 與原史朗博士等團隊合影留念

(四) 參訪衣川製作所株式會社

1. 單位簡介

衣川株式會社位於日本京都市伏見區，為京都試作網之成員。該公司業務主要分為兩大主軸：(1) 精密加工零件製作，包含使用高速切削機加工、三次元加工、平面研磨加工、成形研磨加工、線切放電加工、車床加工、板金及銑削加工、細穴雕模放電加工、微細 3D 雷射加工、以及利用三次元資料進行細微加工產品之組立。(2) 醫療機械試作開發量產，有鑑於醫療領域朝微創手術器械之發展趨勢，該公司社長將其長年於電子產業所累積的微細加工技術能量運用於醫療產業，依照醫療從業人員之需求進行醫療器材之開發及製作，包含開發及製作循環系統、整形外科、消化系統、眼科及腦神經外科等醫學領域之手術器具。

目前衣川株式會社事業占比分別為：精密加工占 60%、醫療產業占 20%、研發占 20%。衣川株式會社也設有展示室，展示該公司技術部門及開發部門之產品。該公司主要客戶有佳能機械、京瓷醫療、倉敷紡織、豐田紡織、日立金屬、村田機械等公司。

衣川株式會社主要業務為進行精密加工零件製作以及醫療機械試作開發量產，其中於精微加工部分於展示室有陳列世界最小的微型剪刀，並曾獲得第六屆森精機切削加工競賽微細加工部門第三名，該款剪刀係將鈦金屬材料藉由微細切削加工而成，其並非單純裝飾品，可進行實際剪裁，可剪斷 0.1mm 厚度的紙以及頭髮。另外，該公司也介紹了自行設計、試、作組立之醫療用微型夾鉗，該款夾鉗為醫療導管用的極細夾鉗，材質為不鏽鋼，夾鉗前端直徑僅有 1mm，具有夾取及剪斷之功能。



圖 7 衣川株式會社展示室及微型剪



圖 8 醫療用微型夾鉗



圖 9 精密加工件

2. 參訪紀要

衣川株式會社員工數僅約 23 人，但是年營收可以達到 3 億日圓，是家員工人數很

少，但是營收卻非常高的公司，其原因可能與公司經營的醫療領域與試作業務有關係。醫療產品通常屬高單價商品，因此會有較高營收。而試作通常屬少量多樣之製作，因為是首件提樣，因此顧及成本及眾多因素考量會向客戶收取較高之金額，而因為是首件提樣，客戶也比較不會去計較試作價格。

衣川株式會社為京都試作網之成員，而該公司從京都試作網所得到之訂單最好的時候約占總營業額之 25%，最近幾年大約占營業額之 10%。衣川隆文社長也說明基本上加入試作網的企業，並非想靠試作賺大錢，更重要的是增加新客戶並活化企業。



圖 10 與衣川隆文社長合影留念

（五）參訪 SAIJO INX

1. 單位簡介

SAIJO INX 公司創設於 1950 年，為日本知名超精密產品設計、試作、模具設計、模具製作之沖壓廠，以生產各項精密電子、電機及 OA 零組件而聞名，主要包括試作品部門、沖壓加工部門及模具部門，為日本少數擁有一貫生產型製造廠。該公司位於京都市，另外於橫濱設有營業所，員工數約 100 人，資本額 4,600 萬日圓，年營業額約 21 億日圓，主要客戶包括富士通、三菱電機、松下電器、OMRON 及村田製作所等大廠。

2. 參訪紀要

社長介紹該公司以作為金屬部品開發之創意夥伴為使命，期許可成為金屬薄板加工的製造解決中心（Manufacturing Mall），提供產品設計開發、試作、量產等完整服務。社長也介紹該公司最大之競爭力來自於從單件試作到量產試作加工皆具備相關能量，例如該公司具有簡易試作模 300 套/月之實績，另外，也是少數可以同時進行金屬與塑膠組件加工試作之廠商，平均試作之交期約為 2 週；除此之外，該公司也提供設計至加工全方位服務體制，讓產品構想案到製品化在該公司即可實現，在大量試作與交期上相較於同業有很強的競爭優勢。

近年來社長在營運策略上採取包括「捨大取小(薄)」、「新人+轉職(有經驗者)併用」、「重視試作能力(已佔 40%)」、「量產模外包」等方針，使得該公司近五年業績成長 3 倍以上；另外，該公司為追求更有發展潛力且能自主掌握之業務，已持續投入一系列沖壓

成形散熱、熱交換零件之研發，並且也成功開發燃料電池隔板，開始接獲德、義、西等國際訂單。目前有關散熱產品已佔該公司營業額之 16%。

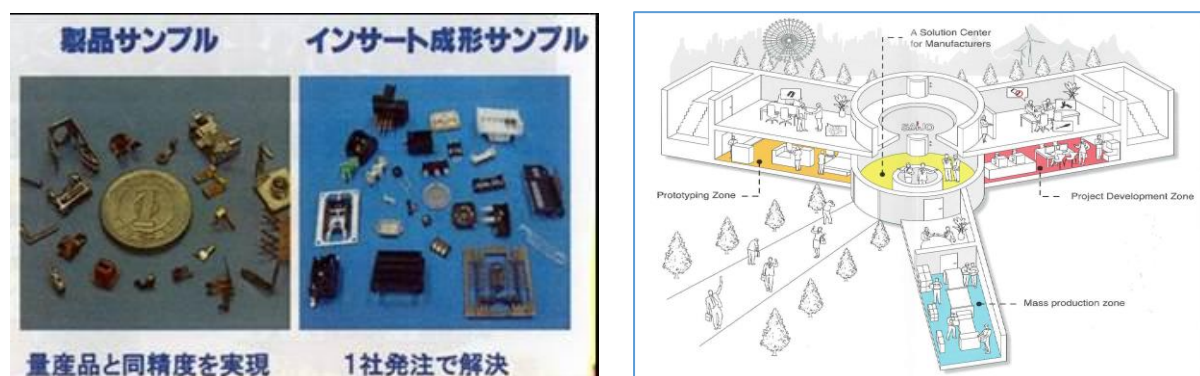


圖 11 SAIJO INX 之產品例與製造解決中心（Manufacturing Mall）構想

○1個の試作～量産試作加工までステップに応じて使い分け

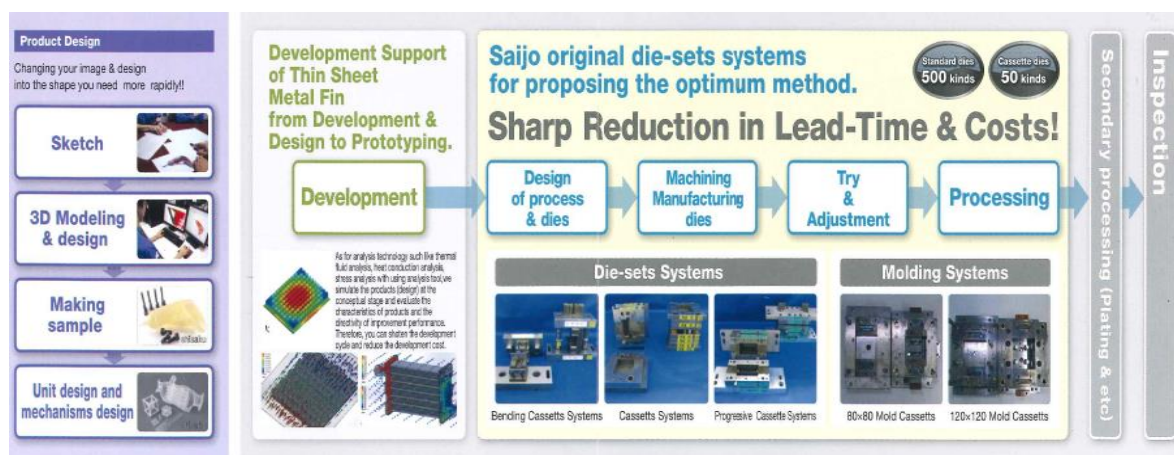
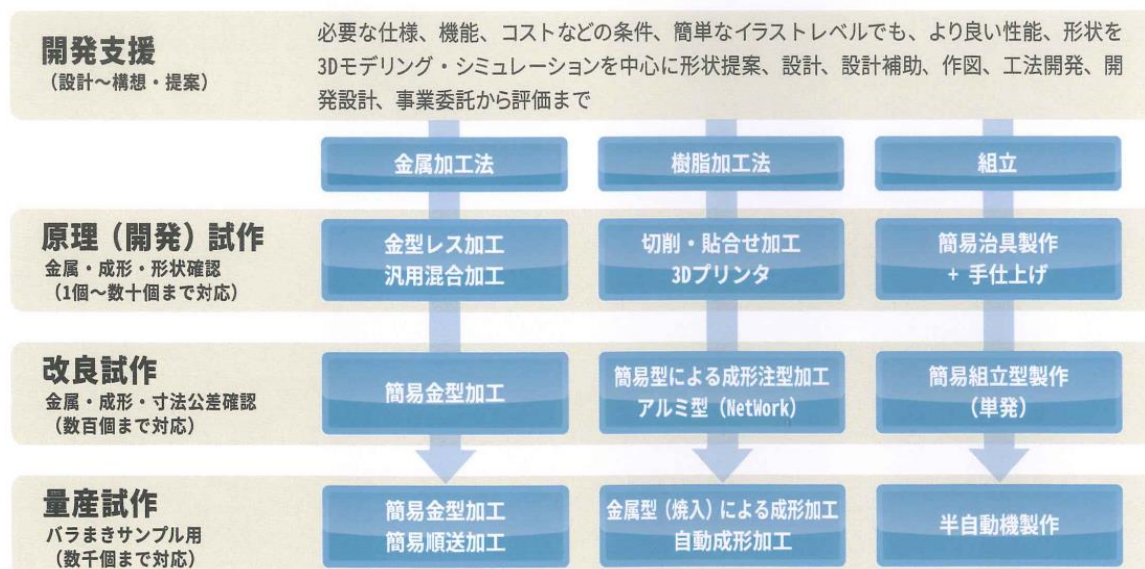


圖 12 從一件試作到量產試作加工之對應工法與開發流程圖



圖 13 原型試作程序與熱應用冲壓零件



圖 14 與鈴木三朗前會長合影留念

(六) 參訪 crossEffect 株式會社

1. 單位簡介

crossEffect 公司創立於 2001 年，2004 年成為京都試作網成員，2011 年成立，目前員工約 20 名，資本額 1,000 萬日幣，社長為竹田正俊。主要設備包括非接觸三次元掃描機、各式 3D CAD/CAM、2 台光造形機、真空射出成型機、噴砂機、溼式塗裝槽、銑床、鑽床、超音波洗淨機等主要以塑、橡膠件的開發試作業務。

2. 參訪紀要

本次交流由竹田正俊社長親自介紹 CrossEffect 公司概況，其以創造全球最快速試作公司為目標，其提到一般設計或試作是分開兩家公司在處理，該公司則同時具備提供產品設計與試作能力，可快速回應客戶之需求；竹田正俊社長也介紹日本每 1 百人中會有 1 位先天性小兒心臟病患者發生，因此，為讓醫生在手術前探討如何以最短距離接近病灶，以及手術導引與術前模擬，使手術中減輕患者的負擔並提高手術成功率，該公司以 CT 掃描數據為基礎，將心臟各個細節部分具體分析，再透過試作心臟病患者之心臟模型，就能預先了解患者病灶的真實情況，該產品在日本獲得極高的評價，在 2013 年獲頒第五屆「ものづくり日本大賞」總理大臣獎。竹田正俊社長提到目前最短 4 天可以試作出心臟模型，也已有 100 例以上實績產品，目前所做之心臟模型已可網購，對外售

價約為 208,000 日圓，另也提供教學實習用產品，售價約為 35,000 萬日圓。



圖 15 crossEffect 介紹心臟模型製作流程

竹田正俊社長也介紹該公司可以製作的不僅僅只有心臟模型，還可以製作肝及肺等多種器官，既有軟質的模型，也有外側用硬質透明樹脂製作之模型，內部結構一目了然；未來該公司將與京都大學合作開發可降解樹脂及生體親合性樹脂等材料。



圖 16 crossEffect 所製作心/肺臟與脊椎等器官



圖 17 crossEffect 與相關企業及醫療院所合作情形



圖 18 與竹田正俊社長合影留念

五、心得及建議

（一）拜訪 Minimal Fab.廠商及研究機構之心得及建議

Minimal Fab.的產線設備成本低，Running cost 低，因廠務空間小、需要的氣體管線設計、設備機構設計等都相對簡單。Minimal Fab.的設備零組件、材料等都是特規，台灣短期內難以發展自有的供應鏈體系，現階段發展自有設備或部分設備自行研發有其困難性，若採混線生產（部分前段或是部分後段）較有可行性。

目前除了臺灣也有其他國家(俄羅斯、中國大陸、越南、澳洲、韓國等)在評估 Minimal Fab.引進，可見得該產業技術具國際能見度。如我方可搶占先機，以臺灣製程優勢加速產業化並引入國產零組件開發，以共同爭取國際市場。

臺灣半導體市場具全球優勢，未來與日本 Minimal Fab.有許多潛在技術或商業上合作機會，後續建議可邀請 Minimal Fab.創始者原史朗博士來臺灣與國內業界進行第一線交流。另外，雙方也有共識如果臺灣希望加速發展 Minimal Fab 產業實際應用。AIST 部分可以同意臺灣方面，派遣具有科學素養的研究員，直接來日本 AIST 實驗室訓練，並選定開發議題並且進行合作。

（二）拜訪京都試作廠商之心得及建議

京都試作網關鍵成功因素為：（1）「2 小時內回應」、「單一窗口」、「從設計、製作、評估到量產」等服務。（2）會員慎選、對試作充滿熱忱、相互信任，以活化企業、開發新客戶為首要。基本上加入試作網的企業，並非想靠試作賺大錢。

以京都試作網的成功經驗，讓我們看到日本民族的團結性，企業彼此間相互扶持，以大企業帶中小企業，中小企業則相互信賴與結盟，共同爭取新訂單。然而台灣企業間是否能向日本企業一樣具開放式創新的觀念，應會是後續於國內推動試作中心之成敗關鍵，建議國內於推動試作中心之前，應盡快展開適用於國內環境之營運模式研擬，並慎選初期會員廠商，將會是國內推動試作中心之關鍵成功因素。