

# 淺談蠶絲蛋白生物材料之開發與應用

作者：廖久薰（助理研究員）  
電話：037-222111#317

## 前言

蠶絲一向被人們作為優質的衣料素材使用，近年來國內外研究人員著手開發蠶絲新用途及相關應用產品。美國懷俄明州立大學科學家於2012年初培育出新型轉基因家蠶，可以吐出類蜘蛛絲，製成「混紡絲」；它的延展性比同體積的鋼鐵多達5倍，吸震能力比防彈背心的樹脂纖維強韌3倍。未來，此技術應用於紡織、醫療及國防產品上，將大有商機。

## 蠶絲蛋白生物材料之開發與應用

### 一、蠶絲在紡織領域的開發與應用

隨著經濟發展，人們生活水準提高，對服飾的要求朝向舒適、優質及環保性。因此，作為純天然紡織素材的絲製品具有高度的吸引力及發展性。蜘蛛絲是自然界中最具強韌的纖維之一，科學家很早前就已關注到這項特點。不過蜘蛛有同類相食的特性，大量飼養蜘蛛以取得蜘蛛絲是非常困難的工作。雖然在2000年初期，科學

家曾利用基因轉殖技術在牛及羊的乳腺中生產、提煉蜘蛛絲纖維；礙於生產昂貴及產品彈性不佳，與實用性相距甚遠。2007年底日本研究人員結合蜘蛛絲與蠶絲，也開發出彈性是一般纖維2倍的布料，製成彈性襪在日本銷售。

據英國《每日郵報》電子報及《科學發展》第470期（2012年2月號）刊載，美國懷俄明州立大學科學家發現piggyBac轉座子的遺傳特性可用於轉殖基因家蠶。將這種方式以剪切-黏貼的操作模式，成功地將蜘蛛絲蛋白基因插入家蠶基因組中，於今年初培育出新型轉基因家蠶，這種家蠶可以吐出含蜘蛛絲蛋白的蠶絲纖維，它比天然蠶絲更具強韌及柔軟性，可廣泛應用於醫療、軍事及紡織等領域。

為進行中日家蠶生技交流，苗栗區農業改良場（以下簡稱本場）近年來邀請日本獨立行政法人農業生物資源研究所特任上級研究員田村俊樹博士(Dr.Toshiki Tamura)及信州大學塚田益裕教授(Dr.Masuhiko Tsukada)蒞場參訪、演說及交流(圖1)。



圖1、本場於99年及101年邀請田村博士

蠶絲產業興盛的日本，以家蠶作為研究標的，其DNA解碼及生化基礎知識的累積，開創以家蠶病毒基因的改造以生產外源蛋白、分析基因組及基因改造家蠶等，運用於產業發展。田村博士利用DNA剪切及構築技術，已成功地將外源基因導入並表現在蠶絲(後部絲腺)，開發完成螢光七彩蠶絲，作為服飾、家飾及裝飾品應用。未來期望可將此技術轉換有價值的蛋白基因，期望能夠應用在醫療用途或再生醫療等。多年來本場致力以桿狀病毒表現系統作為載體，家蠶幼蟲當作寄主，已成功地表現多種蛋白質產物，與田村博士所研發的轉殖家蠶表達系統相較，各有千秋之處。

塚田教授長期投入蠶絲蛋白研究，以各種化學方式改變或降解蛋白質結構，生產具創新高分子複合材料及其利用。蠶絲纖維具雙親合性結構，解離時容易與帶電離子結合，因此塚田教授嘗試以各種化學方式解離，改變蠶絲纖

維結構，並結合銅、銀等金屬離子，開發具抗菌等功能性的高分子複合材料，應用於紡織及醫學領域。

彩色繭絲的研發是近年來備受矚目的新鮮話題之一，傳統蠶絲必須經過繅絲、漂白後再染色，才能得到七彩繽紛的紡製品。然而，



塚田教授蒞場演說、交流

染料的毒性及對自然環境的污染，世界多國早已禁用。家蠶吐彩色蠶絲會受到遺傳特性所控制，不同家蠶種原的特殊基因，可以將牠們吃入桑葉的胡蘿蔔素及葉黃素等物質相互作用，吐出的蠶絲除常見的白色外，還有金黃色、膚色及淡綠色等(圖2)。彩色蠶絲對紫外線有很好的吸收能力，尤其可以防止UV-C的危害。除此之外，彩色蠶絲具有較佳的抗菌能力及分解自由基的特性。近年來科學家以各種育種方式，利用天然有色繭基因資源，選育出多種天然彩色繭之實用蠶品種，未來發展於天然彩色蠶絲、同時兼具抗菌特性的紡織品，前景將是極為可觀且期待的。

## 二、蠶絲在生物醫療的開發與應用

蠶絲蛋白分為絲膠及絲素蛋白兩部分，其中絲素蛋白約占75%。絲素蛋白含有18種氨基酸，以甘氨酸、丙氨酸及絲氨酸占85%，依其



圖2、本場保育之有色繭家蠶種原

序列結構排列成為特殊規則的結晶區。隨著分子生物學研究的進展，發現絲素蛋白的結晶區為較緊密的 $\beta$ -摺疊，在水中只會膨脹而不溶解；在特定條件下，容易發生無規則捲曲及形態轉變而呈現粉狀、纖維狀或溶液狀等多種樣貌，因此在應用上較為靈活且多元。

絲素蛋白的氨基酸組成和人體皮膚組織相似，具有生物相容性佳、透氣性及無毒性，長期以來外科手術的縫合線多使用蠶絲線，傷口縫合後容易與皮膚相容，不留疤痕且不容易呈現排斥現象，應用於外科縫合及人工皮膚等醫學領域相當適合。另外，利用蠶絲的強度及彈性係數與生物的肌腱相似的特徵及親和性，開

發人工肌腱與韌帶方面的研究。

絲素蛋白抗凝血物質在醫療臨床上有廣泛應用，研究人員以1ml血液中加入含0.5ml濃硫酸處理絲素溶液，研究結果顯示具有抗凝血的作用，目前已有學者著手開發相關醫療產品。

絲素蛋白製作的纖維海綿骨具有良好的細胞附性及適當大小的孔隙，植入人體後約6周即可促進軟骨再生及修補作用。

蠶絲還可用來製造藥用蛋白及疫苗等高價蛋白質產物。隨著生物工程技術的發展，利用基因轉殖技術使家蠶吐出具活性的藥用蛋白的成功案例，例如動物用干擾素、人體纖維芽細胞成長因子及膠原蛋白等，分別利用家蠶的中及後部絲腺生產，可應用於再生醫療等相關研發。

## 三、蠶絲在其它領域的開發與應用

蠶絲蛋白化妝品在國內外早已形成產業化，並為廣大消費者所接受。蠶絲當中的絲膠蛋白可藉由酒精、水及氯化鈣溶解並透析，再以酵素水解後形成絲膠溶液。絲素係蠶絲溶解絲膠成為溶液後，再以鹽析法變性，讓不溶於水的絲素蛋白沈澱、冷凍乾燥後所得的粉體。無論是絲膠溶液或是絲素蛋白粉末，被大量應用在化妝粉底、口紅、乳霜、洗髮及沐浴產品，產品說明添加蠶絲蛋白對皮膚老化、毛髮脫落及變色的防禦效果卓著。日本以中部絲腺基因表現系統成功轉殖家蠶，利用以表現膠原蛋白，目前已有相關化妝產品上市。蠶絲蛋白總

氮量為19%，為珍珠的30倍之多；絲素蛋白所含的氨基酸與人體細胞結構極為類似，添加入化妝品中極易和皮膚相容；蠶絲蛋白中的表皮生長因子及保濕因子，能夠促進皮膚活化及保濕，延緩皮膚老化；蠶絲蛋白具有隔離紫外線和受損細胞修復等功能。因此，蠶絲蛋白添加可視為高檔化妝品的原料。

絲素蛋白所含的氨基酸組成，其中有8種是人體必需氨基酸，甘氨酸及丙氨酸的含量比牛奶及雞蛋的所含的量高。根據文獻報導，甘氨酸能降低血液中膽固醇濃度，降低血液中的血糖值。丙氨酸能促進血液中的酒精代謝，增強肝功能等。因此，蠶絲蛋白當作食品添加物，可作為老年人營養補充的優質來源。

## 結語

本場為國內唯一一家蠶種原保育的重要基地，目前保育有136種家蠶原原種，其中不乏高絲量、抗病及有色繭等特性的蠶種。近年來本場與中央研究院及家畜衛生試驗所合作，成功地利用家蠶為生物反應器生產豬瘟E2次單位疫苗，目前正朝向產業化研發。家蠶種原保育工作除了例行性的保種外，本場積極開發家蠶多元應用，將納入特殊性狀之選育，如有色繭性狀的育種及應用。除此之外，以基因轉殖家蠶之研發為目標，展開另一項研發項目。本場於今年8月上旬再度邀請日本田村俊樹博士及瀨筒秀樹博士，辦理「家蠶生物技術及產業化發展國際研討會」及基因轉殖研習班，透過成果交流及引進相關技術，以加速國內發展家蠶基因轉殖技術，俾利未來家蠶生技及產業之發展。

