

奧妙生命魔法系列

吸銅濾水

基因改造增「吸金力」淨化食水消除污染

細菌吸銅機 過濾重金屬

生命奇妙而神秘，科學家多年來孜孜不倦地探尋，期望掌握當中原理，進而「二次」設計與創造，基因工程便是其中的焦點領域；藉着推廣培育，香港中學生亦能發揮所長，成為小小的「生命工程師」。來自5所中學三十多名學生組成的HKJSS團隊，成功改造大腸桿菌的基因將之變成「吸銅機器」，為解決食水重金屬污染問題帶來創新視角。他們上月初於全球最大的國際基因工程生物機械競賽 (iGEM) 中，為香港首度奪得中學組金獎。香港文匯報邀請多名學生代表及領隊老師分享得獎項目，並透過他們的體驗，就本港生物科技教育作出反思。

■香港文匯報記者 詹漢基

今年的iGEM於美國波士頓舉行，共有來自四十多個國家及地區逾350支隊伍參加中學及大學組賽事。由仁愛堂田家炳中學、滙基書院 (東九龍)、五旬節中學、保良局何蔭棠中學及德蘭中學學生組成的HKJSS聯校隊伍，憑着以基因工程修改大腸桿菌，大大增加其吸取重金屬的能力，成為首批於中學組奪金的香港隊伍。

水乃生命之源，乾淨食水對人類來說無比重要。仁愛堂田家炳中五生龔錦芊及五旬節中學中五生楊子權介紹說，整個項目源起於2015年的「鉛水」事件，引發市民對食水安全的關注。隊伍認為當中科學問題大有探討空間，「我們做了問卷調查，訪問不少市民、農夫，甚至金魚街商販，得知他們對水的關注度甚低，也不會特意處理水中的重金屬。」

何蔭棠中學中五生葉詩敏說，頭頭是道地說明大腸桿菌的特質，「大腸桿菌與生俱來就有吸金屬能力，但細胞機制會自動平衡體內重金屬含量，故會將吸收過多的重金屬排出身體。」

在芸芸重金屬中，銅於水中的含量相對易檢測，加上香港養魚業普遍面對較大的銅污染挑戰，團隊遂選取銅作實驗，並期望成果可為解決其他重金屬污染問題帶來啟示。

改細胞技術 增吸銅能力

東九龍滙基書院中五生陳絲嵐提到，在細胞層面，大腸桿菌擁有CusF的蛋白，負責將銅排出體外，而另一種名為MT的金屬硫蛋白，則具有吸取重金屬的能力。所以團隊便基於基因工程技術，分別構思兩種策略，「首先是『刪除』，即將生產CusF運輸蛋白之基因敲除，讓銅留在細菌體內；第二招則是加強吸銅能力，我們將能製造MT蛋白的DNA序列放進大腸桿菌體內，希望提升吸銅效果。」

團隊翻查海量資料，最終選定了包括CusF在內數種有可能控制銅排出機制的基因，並從日本的大學研究所訂購改造後的大腸桿菌；另一邊廂，隊伍設計了幾款有可能產生MT蛋白的DNA序列，讓生物科技公司以化學方式合成DNA實體，隊伍隨後以「熱震」方法注入大腸桿菌進行改造。

成員分別將兩種基因改造大腸桿菌，放進不同濃度的銅離子溶液，葉詩敏說：「我們利用色譜儀，每兩個小時量度一次溶液的穿透度，從而判斷吸銅效果如何。」

經過多番測試，團隊確認敲除CusF基因能讓銅停留在桿菌內，經2小時及4小時後，溶液中銅離子濃度分別減少約18%及27%，效能較沒基因改造的桿菌高一倍；至於修改MT蛋白基因亦能增加桿菌吸銅能力，16小時後溶液中銅離子濃度減少31%，下降幅度亦較一般桿菌的14%多逾一倍。

團隊又以3D打印技術，製造了名為「B-CAD」的濾水裝置；只要將裝有大腸桿菌的透析管放進帶重金屬的水中，水中的銅離子由於較細小，能穿入透析管並被大腸桿菌吸收，達到淨化效果。團隊亦根據農夫的回饋，增加控制水流的裝置，並簡化機器使用程序。

繁殖成本低 電解變回銅

葉詩敏指，市面有活性碳等濾水材料，但濾芯需要定期更換，「而大腸桿菌可以自己繁殖，使用成本更低；加上細菌『吸飽』了銅後，只需要用火燒毀就會成為容易處理的固體，電解後甚至可以變回為銅，相信做法可以更加環保。」

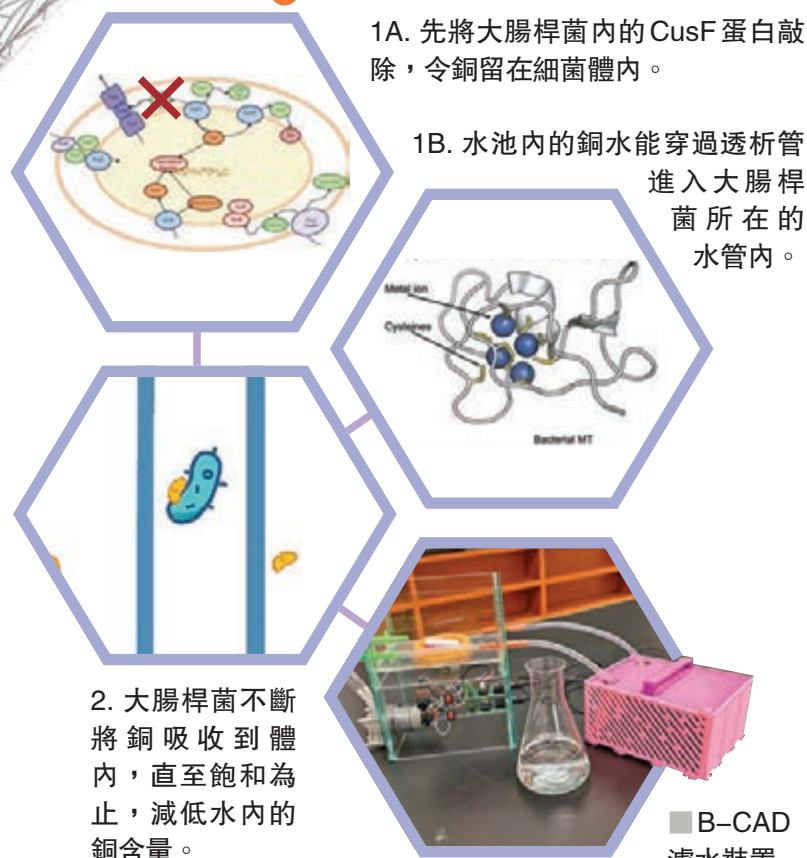


■HKJSS團隊憑「吸銅機器」奪得iGEM金獎。左起：龔錦芊、葉詩敏、陳絲嵐、楊子權。香港文匯報記者 攝

實驗策略

1A. 先將大腸桿菌內的CusF蛋白敲除，令銅留在細菌體內。

1B. 水池內的銅水能穿過透析管進入大腸桿菌所在的水管內。



2. 大腸桿菌不斷將銅吸收到體內，直至飽和為止，減低水內的銅含量。

■B-CAD 濾水裝置

首到外國參展 方知應用廣泛

iGEM金獎含金量極大，但閃閃生輝的獎座背後，學生花了不少工夫：他們需要在短時間內打好知識基礎，包括掌握基因工程概念、尋找並分辨資訊真偽等……從問卷調查、網頁製作、撰寫報告、上台匯報等等，都需要一手包辦。對這些首次到外國參賽的學生來說，會場的經歷和收穫，更是讓他們畢生難忘。

陳絲嵐表示，縱然知道生物科技應用廣泛，但一直只是專注自己的報告，對相關技術的應用只有模糊概念，「去到會場看到世界各地的團隊，發現原來實際應用比想像的更廣泛，其中一所以來自大灣區的中學，看見他們用蜘蛛絲做衣服，真的非常驚訝，原來合成生物學的力量可以這麼大！」

各隊參賽者需要陸續上台，向評判展示研究成果；其後則有匯報環節，各隊成員所屬攤位向在場人士及評判現場講解。詩敏憶述一段趣事，「其間一位評判來到我們攤位，說想多了解我們對MT蛋白的理解；當他問到一些化學題目時，我們都在齊聲背誦元素周期表，看得他莫名其妙！」

她笑言，評判的臉本來是一臉正經，「真沒想到我們能夠像普通朋友一樣輕鬆地聊天！」

成員還要考試 研究被迫中斷

香港教育制度將公開試成績奉為主臬，其他有機會影響成績的活動都可能被視為「不務正業」。劉博坦言，縱使在iGEM中獲得金獎，「文憑試不會因而『高一個grade』，也不會增加大學錄取機會」，對學生積極性削弱不少。

「港生唸理科的第一個想法，都是入讀醫療科。每年能夠全情投入科研的，也不知道有沒有兩三個」，劉博指：「香港的大學研究人員多來自內地、海外，縱使港人研究院畢業後，也很少留在科學界。」他又以今次iGEM奪金項目為例，很多成員因要準備文憑試，沒有空間進一步深化研究，「若能繼續下去，我們希望將能生產MT蛋白基因及已刪除CusF蛋白基因的大腸桿菌合併，進一步加強吸銅功能。」對於中斷一個富有發展潛力的項目，他直言感到可惜。

石劍鋒則提到，其他地方參加iGEM的高中生，部分會結合正規課程，例如作品可作為IB課程論文題目，「更重要的是，他們不少人已獲得大學錄取，因為大學為科技尖子制定保送政策，讓他們高中時期就可以無憂地投身科研。」

他表示，參加iGEM的學生成績都不俗，但因香港科研環境不理想，有潛質學生未必留港，過往便有成員選擇到華盛頓大學、慕尼黑大學升學，對香港來說確是種損失。

石劍鋒又說，國際知名的生物科技公司Ginkgo Bioworks，就是脫胎自早年iGEM的參賽隊伍及其當時作品，強調社會科研發展需要看到十年後的長遠眼光，「香港不能只光推STEM，更重要的是建立升學、就業、創業的完整體系，以培養本地的科研人才。」

側重機械編程 忽視其他學科

「有人說互聯網世紀已經結束，而生物科技世紀正在開始；然而在生物科技方面，香港的教育其實非常落後」，HKJSS領隊教師之一、仁愛堂田家炳中學生物科主任劉博說，縱使香港學界近年發展STEM (科學、科技、工程及數學)，但卻一窩蜂集中在機械人及編程方面，其他學科往往受忽視，情況令人感慨。

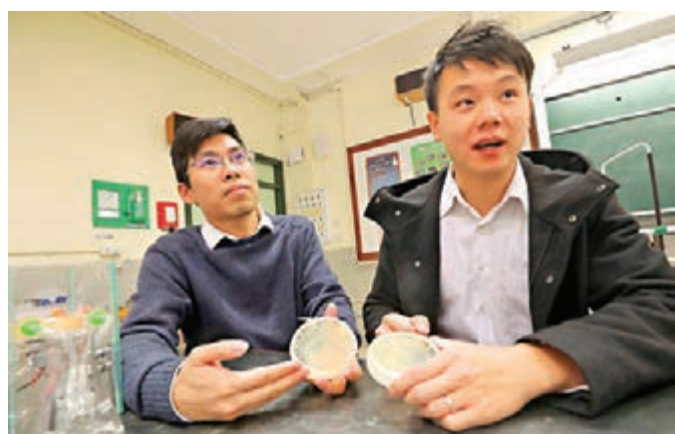
劉博認為，現時中小學的STEM教育，資源有向資訊科技傾斜的趨勢，例如今年財政預算提出的「中學IT創新實驗室」，每校可獲100萬元資助，「但基本上純粹用來做IT、物理、化學或生物等，卻從沒獲得相應的資源。」

另一名領隊教師、滙基書院 (東九龍) 生物科主任石劍鋒亦指，教育界認同特區政府近年於STEM的重視，但普遍認為政策成效不明顯，「既然STEM已推行了好幾年，政府應該選取表現較突出的範疇，更集中及有系統地推廣策劃，爭取更佳效果。」

「說起STEM只聯想到機械人、編程，但我們很少聽見，其實用生物科技亦可解決氣候問題」，石劍鋒說，礙於政府推廣不足，較前沿科學資訊難以普及，「縱使是前線STEM教師，如果不是生物專科出身，也不一定知道基因可以用作合成，更不會知道科技發達的今天，其實一般學校都可以負擔得起DNA實驗的工具費用。」可見只要善加利用資源，生物科技教育其實大有可為。

分別帶隊參加iGEM四年及兩年的石劍鋒和劉博，近年一直到多個場合推廣生物科技教育，並從中聯繫協調，有份參與iGEM的香港中學，由2016年只有1所增至今年10所。劉博提到，雖然當局於生物教育資源未見積極，但民間及學界卻相當支持，今次聯隊赴美參賽便獲田家炳基金會及各校補貼，「很多老師沒想過有iGEM這樣的比賽，但我們的經驗正好告訴他們，生物教育其實也能這樣做。」

■香港文匯報記者 詹漢基



■石劍鋒 (左) 與劉博 (右) 認為香港科研環境並不理想，令科研人才外流。香港文匯報記者 攝