

生命科學與明日化學工業

蘇賢錫

國立臺灣師範大學物理系

一、前 言

資源的枯竭，健康問題等，現代人的不安感頗大。然而，因探究生命的起源而得的自然界之巧妙性，現在已能利用於化學技術上，使化學工業的未來充滿希望。

製作精巧的合成分離膜，把腎臟病等疑難大症逐一予以克服，並且正在開拓新治療法。遺傳因子重組技術，正在為醫藥與農產物造成革新。天然界有能夠製造石油的植物，但若明白其反應機構，便能利用光、二氧化碳與水來合成石油。

資源不豐富的國家，其將來全靠以生命科學（life science）為武器的化學，而往昔祈求富裕與長生不老的鍊丹術士，其夢想也可能依靠這種化學而逐一獲得實現。

生命科學是指關於生物與生命的一切科學，包括製造酒類或醬油的發酵工業，農業，醫學，藥學等。讀者或許以為，既然如此，事到如今，何必強調生命科學？其實，科學家發現，將來的科學與技術會有一個巨大的新領域，與這生命科學有密切關係。尤其是化學工業，其將來的發展更是與生命科學息息相關。

二、以往的化學成就

酸鹼與合成染料，分別在 18 世紀中葉與 19 世紀中葉發展成為化學工業。到了 20 世紀，空氣中氮的固定，使當時的糧食問題得以解決，後來的肥料與農藥的開發，更是支撐了人口的增加。第二次世界大戰後的石油化學，提供了日常生活不可或缺的許多原料。醫藥使人類擺脫很多傳染病，天花已在地球上絕滅，結核病再也不是絕症了。化學

對人類的健康與文化，頗有幫助，雖然如此，化學不大受人歡迎。其原因之一是，有人認為化學是危險的製造公害之元兇。

健康而有文化的生活，這是人類有史以來的本質上的希望。爲了達成這目標，往昔的人致力於鍊金術。把鉛變成黃金，同時尋求長生不老秘藥，這就是鍊丹術的目標。現在，連國中生都知道，元素不會變換。爲什麼要黃金？即使不是黃金，只要製造價值較高的就行了，而製造這些東西的就是現代的化學工業。化學的「化」就是要把價值較低的東西「化」成價值較高的。鉛若透過鍊金術而變成金，則其價格升高 8000 倍。鐵是鐵經過各種加工後，其價值提高 10,000 倍的，所以比鉛變成金的情形還要有價值。爲什麼價值提升了？因爲這是材料本身的價格加上知識的價值。這知識的價值愈大，其價格的升高率愈大。資源（原料）不豐富的國家，必須充分發揮智慧來增大其價值的升高率。

三、膜

在夜市撈金魚時，老板會把金魚裝入塑膠（聚乙烯）袋，讓客人提走。這袋子不讓水通過，卻讓空氣通過，所以金魚不至於死亡。物質通過膜時，有兩種方式，一種是物理性分離，因大小的差異而通過或不通過；另外一種是化學性分離，因親和性而通過或不通過，將這兩種方式組合起來，就可以辦到許多事。最近普遍利用這種構想來嚐試製作人體器官的代用品，這也是生命科學之一。

就人類的肺而言，空氣與血液隔着細胞膜而接觸着。空氣中的氧通過這膜而移到血液中，相反地，二氧化碳逸出。肺的作用，與裝金魚的聚乙烯袋，完全一樣。比聚乙烯更能讓氧氣通過的有機矽製成的肺，就是病人普遍使用的人工肺。空氣中的氧占 21 % 左右，若能設法提高這濃度，則使病人吸入氧氣或燃燒物質時的效率可以增大（剩下來的氮不必加熱）而獲得高溫。讓氧比氮更能通過的膜，現在已經使用這種膜來達成上述的效果。不久的將來，汽車可能裝上簡單的配備來到處跑，而公害相對地減少。

四、膜與人工內臟器官

人類把氧取入體內來進行氧化反應，獲得活動所需的能量，同時生成二氧化碳，尿素等廢物。二氧化碳由肺放出，但尿素等非氣體廢物則變成尿而被排出體外。把血液中

的廢物分離到尿那邊去，這就是腎臟的工作。各人都有左右兩個腎臟。這腎臟一旦壞掉，30年前的人百分之一百會死掉。現在，只因腎臟壞掉而立刻死亡的人，幾乎沒有。這是化學發達的驚人成果之一。

人工腎臟中，只要使用不讓血球或大分子通過而讓食鹽與尿素等小分子通過的透析膜即可。由於只是依照分子的大小來分離，高分子量的廢物無法除去，這一點遠不及人類腎臟，雖然如此，仍然可以讓患者活下去。起初，採用大玻璃紙膜來當透析膜，在醫院中逐一固定起來使用。現在的人工腎臟是在工廠中製造，用完就可以丟棄，尺寸也很小，可以裝在直徑 6 cm，長度 30 cm 的圓筒內，經過消毒之後，提供給醫院。筒內裝着很多鑽孔纖維（猶如通心麵）。用顯微鏡來看纖維的截面，便可發現牆面成海棉狀，依照海棉洞的大小來分離東西。鑽孔纖維怎樣製造？蠶吐絲，並不是蠶體內有絲，而是絲的原料液體出來空氣中時凝固成絲的。合成纖維也是一樣，將含有原料的溶液，經過孔洞推入凝固液中來製絲，製造時改變凝固條件，即可得到均質絲或海棉狀絲。絲質要選擇容易形成膜結構而對血液無害且穩定者，常用紙漿或聚乙烯醇系合成纖維的原料。將這些溶液從內側裝有氮的油煎圈餅狀孔洞擠出去，則凝固後形成鑽孔纖維，其牆面可當人工腎臟來使用。讓血液在這孔內流動，而水在外面流動，即可將血液中的低分子廢物分離去除到水中。孔徑 $200\ \mu$ (0.2 mm)，厚度 $20\ \mu$ ，有效長度 22 cm 的鑽孔纖維，大約 7100 支裝在圓筒中。萬一其中有一點點缺陷，血液就由該處洩漏，變成不合格品。鑽孔纖維的製造固然重要，但把它們捆紮，兩端用樹脂來固定，收入圓筒中，消毒後使成產品，這是化學工業與裝配工業密切聯繫的成果。由於人工腎臟的開發，目前不少病人能夠過着正常的社會生活。

代替肝臟功能的方法之一是，以活性碳來吸附去除血液中的有害物質。直接碰及活性碳，血液就會凝固。厚度 10 萬分之 1 mm 的膜，完全包住直徑 0.5 mm 的球狀活性碳表面，再裝入圓筒中的，就是人工肝臟。除了用在肝臟疾病以外，誤吞安眠藥或毒物時，亦可讓其血液通過人工肝臟來吸附去除血中的毒物。臨床實驗證實這種方法救命率 100%。

血液在人體中到處流動，而血液中往往含有致病物質。只要能夠用膜將這致病物質予以分離或吸附去除，即可治病。這種方法曾經使臥病 60 年的風濕病患者得以自由自在行走。如此，用膜的人工內臟器官與新治療法，正在急速進步。現在的藥物一邊倒治療法，將來可能大為改觀。

現在的化學企業，有機合成或高分子的製造不必說，又將其加工與裝配成為人工內

臟器官，更進一步利用這些器官來研究醫療方法等，很多人在同一公司內協力工作。

五、生命工程與化學

最近常常在電視或報章雜誌看到生命工程或遺傳因子重組技術等艱難的名詞。生物個體也是由化學物質所組成的，只要明白其結構，就能依樣畫葫蘆。化學的進步，現在逐漸接近生物的根源問題。

英國劇作家、批評家、小說家及社會改革者，也是 1925 年諾貝爾文學獎得主蕭伯納 (George Bernard Shaw, 1856 ~ 1950) 遺留下述故事。在歌舞場演藝的女郎對他說：

「我和你結婚而生下來的孩子，將擁有你的優秀頭腦和我的迷人肉體。」

以諷刺家聞名的蕭伯納，他不慌不忙地說：

「如果生下來的孩子，擁有妳那笨頭笨腦和我這瘦弱的肉體，那該怎麼辦？」

如此，事實上遺傳並不能令人如願以償。遺傳因子重組的目的就是在此，其目標在於達成預期的遺傳。

由於化學的發達，科學家明白，遺傳的本質是染色體，而其根基是 DNA（去氧核糖核酸）。DNA 的組成物質是四種鹼性物質，而且不論是人類、動物、或植物，均一樣。這四種鹼性物質的種類的符號（腺嘌呤 adenine，鳥嘌呤 guanine，胞嘧啶 cytosine，胸腺嘧啶 thymine），作各種各樣的安排，由其組合來傳達資訊，即是遺傳。英文有 26 個字母，但是自然界只有 4 個字母。這 4 個字母的組合，可以形成遺傳帶般的東西，就大腸菌這種簡單的東西而言，科學家已經瞭解遺傳帶上 4 個字母的排列方式與資訊的承擔情形。好幾捲錄音帶，可以將其中自己中意的部分蒐集成為一捲錄音帶，同樣地，遺傳因子也可以重新組合起來。錄音帶的情況是，用剪刀剪下來，用玻璃紙帶連接起來就可以，但是，遺傳因子要用酵素反應。酵素猶如化學剪刀，能把中意的部分剪下來連接。如此，遺傳因子重組本身就是化學反應。

六、生命工程的發展

然則，遺傳因子的重組，能做什麼？首先是醫療藥品。糖尿病的治療所用的胰島素（insulin）存在於動物的胰，由 51 個胺基酸相連而成，其構造因動物的種類而稍異

。目前，胰島素的來源是豬的胰，卻有兩個問題；其一是一隻豬所能提供的量太少，其二是其胰的構造與人類不同。於是，爲了獲得同一構造的東西，將能在人類胰中製造胰島素的遺傳因子，安插在大腸菌中。大腸菌的增殖相當驚人，一天就增加 10^{12} 倍，而所增加的大腸菌，依靠安插在自己裏面的遺傳因子資訊，不斷地製造與人類同一構造的胰島素。這樣製造出來的胰島素是遺傳工程的最初醫療藥品，目前在市面上出售。

品種的改良，本來是利用突變現象來進行，其成功與否全靠運氣。可是，只要重新組合遺傳因子，就確實能把自己所希望的遺傳傳給孩子。這才是生命工程劃時代的成果。糧食可以得自植物，卻需肥料。然而，豆類可用根瘤菌來固定空氣中的氮，沒有氮系肥料也能成長。將這結構安插在米麥中來製造新品種的苗，則沒有氮肥料也能生產米麥。1982年7月，西德馬克士蒲朗克研究所的科學家出示一張照片，顯示蕃茄生在馬鈴薯樹上。現在，白菜葉長在蘿蔔上，並不稀奇。食物受到農藥的污染，這種說法由來已久，可是世界上尚有像苔類那樣不怕病菌的植物。這種植物中一定有某種東西，將製造這種東西的遺傳因子安插在米麥中，則病菌再也不會附着，不必使用殺菌劑。同樣地，把害蟲與昆蟲一起殺掉的殺蟲劑，也沒有使用的必要了。而且這是藉助於大自然的力量，不致使人產生對合成物的敏感性變態反應症。這應該是糧食生產的最理想方法。

現在，科學家已知生物生存的化學意義。因此，遺傳因子的重組成功了。

最近的電子產業，其發展頗爲驚人。10年前重量高達 30 kg 的電子計算機，現在減輕到幾十公克，可以握在掌中。這是全賴真空管進步到電晶體 IC, LSI 等的緣故。現在的記憶元件，每個重量大約 10^{-10} 公克（一百億分之一公克），實在小得無法想像，可是生物的記憶元件，亦即遺傳因子（DNA），更小只有其一百億分之一的重量。生物的遺傳記憶在這種元件，而正確傳達，將來的電子工業，可能要用到這種生物結構。這時，不得不藉助於化學家的力量。這樣看來，化學將活躍在 21 世紀的一切產業部門。

各位讀者聽過牛頓（Sir Isaac Newton）這名字吧，他發現萬有引力定律，而43歲時完成其大著作“Principia（自然哲學的數學原理）”。他活到 84 歲，終生未婚，担任倫敦造幣廠廠長，直到去世爲止。他每天下班後，都待在實驗室繼續研究。鑽研物理學奧秘的他所埋頭研究的原來是鍊金術。這位科學偉人迷上的學問，竟然是化學。

參考資料：「化學教育」第 33 卷第 2 號（1985）日本化學會