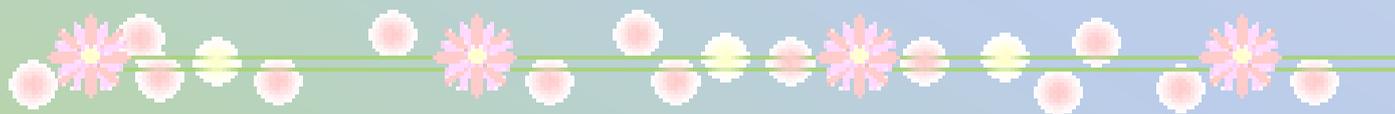
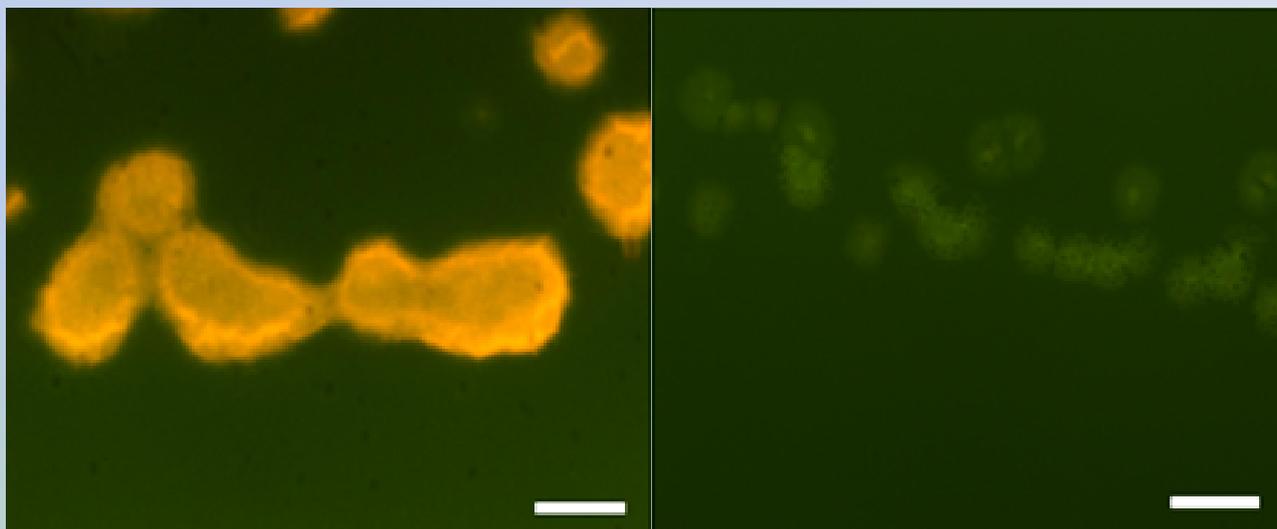


Winter 2016

# 義大 研 訊

SEARCH & DISCOVERY  
RESEARCH AT ISU & EDH



Application of Grey theory to measure the thermal properties of a lumped system

—陳俊益

修改Poisson Equations用來計算solvation free energy

—楊佩琨

利用*Bacillus cereus* ISU-02發酵合成聚羥基烷酯環保塑膠

—謝文權

# 目錄

目錄	2
消息報導	
校園創夢 義守大學獲教育部創新創業扎根計畫補助	3
物治系國考放榜 義守大學大放異采	7
2016台北國際發明展 義大護理系抱回金牌獎	10
一滴血知健康 義大育成廠商榮獲「破殼而出」獎	13
台南微電影競賽 義大大傳系「漫遊古都」奪冠	16
文摘	
Application of Grey theory to measure the thermal properties of a lumped system	19
修改Poisson Equations 用來計算solvation free energy	29
利用 <i>Bacillus cereus</i> ISU-02發酵合成聚羥基烷酯環保塑膠	35
活動	41
機會	44
編輯室	59



## 校園創夢 義守大學獲教育部 創新創業扎根計畫補助

各大學院校剛開學，義守大學即傳出捷報，通過教育部105年「創新創業中心示範學校計畫」補助，是全國11所通過補助的大學院校中，彰化以南唯一的私立綜合大學。



圖一

義守大學從101年開始執行「創新創業課程開設與發展計畫」，至今共成立逾100支夢幻團隊，其中不乏令人驚豔的作品，如「水情早知道」團隊所研發的水位警示系統，能利用影

像擷取、辨識與定量分析等方法，進行全天候水位監控，並發布滿水位警訊，提供救災單位因應防災，曾在俄國、東京、美國、高雄及瑞士日內瓦等國際發明獎上奪得3金、1銀及1銅的佳績。



圖二

上學期以「義大築夢家」媒合平台作品在學生工作坊成果展中摘冠的「Uni share（共享）」隊伍，更幫同學打造校園創夢環境。企業管理系大三年生洪慈恩及電機系大二生吳善鈞說，很多同學都很想創業，但苦於找不到夥伴，透過此平台可把有志一同的夥伴齊聚起來，激發更多的創意能量，讓夢想有實現的一天。

隨著青年網路創業抬頭，義守大學校長蕭介夫特別重視學

生的創業教育，不僅擴大校園創業環境，並加入多樣實務實作課程及「四師一陪伴」的輔導機制，期能培養學生扎根創意、創新、創業的「三創」精神。其獨特的「四師一陪伴」是指研發技術教師、創業實務教師、產業分析教師及實習單位教師；一陪伴則是指育成中心陪伴，讓學生在創業過程中得到更豐富的資源。



圖三

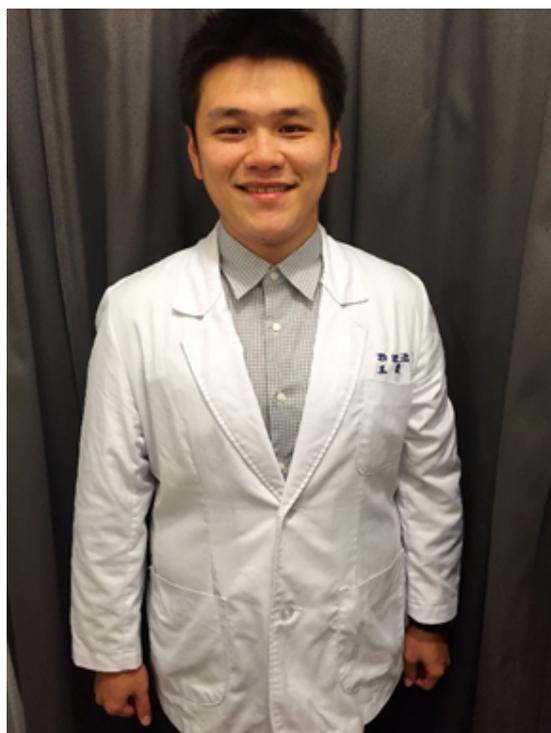
義大「創新創業中心示範學校計畫」由蕭介夫校長擔任總主持人，產學智財營運總中心主任吳裕文團隊負責規劃，結合產學合作、智權轉移，培養學生創新精神和實踐能力。創新育

成中心主任洪添燦表示，義守大學有義聯集團相關產業資源提供學生實習，未來還規劃「校園創夢園區」，由校友會支持成立義大天使創投公司，讓師生將研發成果商品化；園區內有電子資訊區、文創設計、co-working space(共享工作空間)及知識管理區等，幫助學生集資追夢、圓夢。



## 物治系國考放榜 義守大學大放異采

物理治療師國家考試放榜，義守大學物理治療系捎來好消息，應屆畢業班錄取率高達67.5%，比全國平均錄取率30.45%高出兩倍以上。其中王咸鈞同學以優異成績躋身全國前15名，還有足球國手彭依平也名列金榜，大放異采。



### 國考名列前 15 名的王咸鈞，現於台北康寧醫院服務

這次全國國考共錄取571名，王咸鈞能進榜第15名誠屬不易；他坦言，考完就略約知道自己的成績，但直到正式放榜前一刻，心裡還是忐忑不安。被問及獲取高分的小秘訣時，他特

別感謝系上在考前加開國考複習班，並邀請考上證照的學長姊返校分享經驗，加上課後與同學互相討論，來增強自己的實力。目前在台北康寧醫院工作的他，希望累積更多的臨床經驗，幫助自己成長。

另外，被義大副校長李樑堅形容是「一匹黑馬」的彭依平，是體育資優保送生，平時忙於練習足球，仍不忘充實專業知識。李樑堅說，彭依平打破了傳統運動選手頭腦簡單、四肢發達的刻板印象，以優異成績通過國考，是義守大學之光。



**彭依平（右）在大四實習期間巧遇職棒選手陳金鋒**

彭依平大四一整年都在醫院實習，考前無法參加同學自組的讀書會或系上開設的複習班，而是抓緊零碎時間自修，他相信只要努力一定會成功。他笑稱，從小就一直在練足球，沒有充裕時間讀書，剛進大學時，連26個英文字母都背不起來，但系上助理教授廖文炫鼓勵他，「不會沒關係，跟著唸就可以了」，因為這句話，激發他下一番苦功，現在英文越來越好。

物理治療系主任李新民表示，國家考試對應屆畢生將來到職場就業，或自行創業，都是重大挑戰，除了靠學生自身努力外，系上開設加強班輔導，提供最新資訊協助學生應試，學生的表現果然沒有讓老師失望。

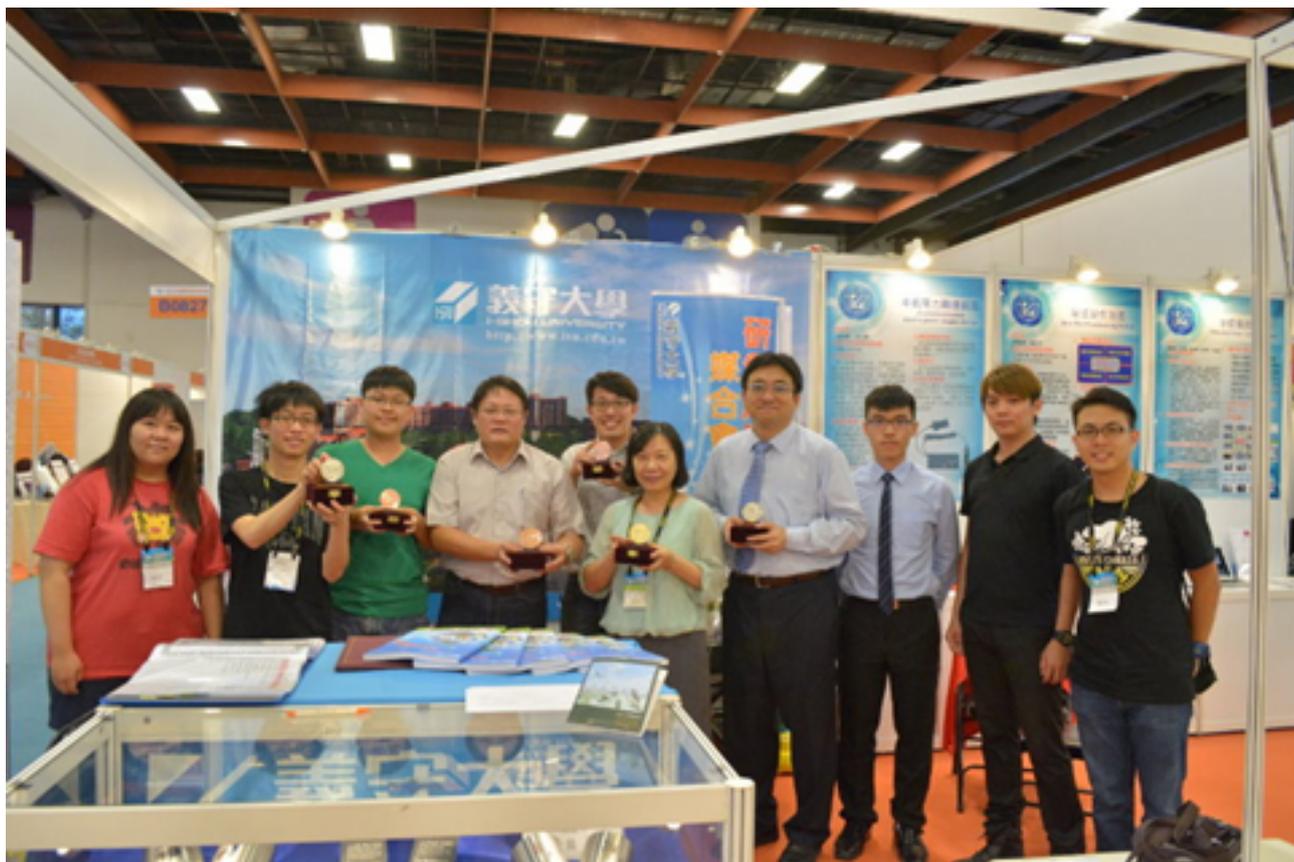


**義大物治系主任李新民讚賞屆學生表現優異，囊獲多項獎**



## 2016台北國際發明展 義大護理系抱回金牌獎

義守大學管理、電資、理工及醫學院等四學院參加科技部「2016台北國際發明暨技術交易展—科技館」，共奪得一金二銀三銅佳績，其中醫學院護理系的新型專利「Y紗置入棒及Y型紗布置入組合」，更摘下金牌獎，成績斐然。



**義守大學在 2016 台北國際發明暨技術交易展奪下 1 金 2 銀 3 銅佳績**

「Y紗置入棒及Y型紗布置入組合」發明人清一色是女性，為義大護理學系主任林佑樺、副主任高家常指導，剛畢業的護理系高鈺琳、鄭毓璇、林念勳、吳郁婷、劉佩榕、黃鈺涵、劉漢君及曾珮婳等8名校友，共同研發創作，對照顧氣切病人是一大福音。



## 護理系主任林佑樺（左）與副主任高家常發明「Y紗置入棒及Y型紗布置入組合」獲得金牌與專利

林佑樺表示，「Y紗置入棒及Y型紗布置入組合」是學生在醫院實習照顧氣管切開病人過程中，發現有些衛材在更換Y型紗布時常卡卡的，而集體進行創新改良，讓病人在更換氣管

造口Y型紗布時，可輕易地更換，且節省時間，優於傳統用竹籤放置時引起病患咳嗽及不適感與感染機率。

「Y紗置入棒及Y型紗布置入組合」成本低廉，可大量生產，配合Y型紗布大小製成各個尺寸，輕巧便利、操作簡單。其獨特的Y字型設計與Y紗合體，同時包裝消毒與使用後丟棄焚毀，又可減少醫療廢棄物污染，適用於住院病人及推廣至長期照護與居家呼吸照護病人。

高家常表示，這項研發原本是系上必修課程中的作業，學生在臨床實習或是未來就業都將面臨「創新」此一挑戰，加上學校推動創新專題競賽，讓課程與競賽相輔相成，作業不再只是作業，學生會更有動力去學習，並在團隊合作中獲得許多成長。



## 一滴血知健康

### 義大育成廠商榮獲「破殼而出」獎

「一滴血知健康！」義守大學創新育成中心進駐廠商—啟哲生技股份有限公司，研發「腫瘤標誌」及「糖化血色素」兩種快速檢測懶人包，只需指尖一滴血，十分鐘後就可自我檢出是否罹癌或糖尿病，最近榮獲經濟部中小企業創新育成中心「破殼而出企業」獎。



王朝平改良現有檢驗技術，獲經濟部破殼而出獎

本身是心臟內科醫師的啟哲生技負責人王朝平，是這項測癌利器的靈魂人物。他為求早期發現與治療癌症及糖尿病，而投入研發簡易的自我診斷工具，只需在指尖採一滴血即可進行檢測，十分鐘後就能經由肉眼或搭配分析儀判讀，準確率高達90%以上，取代到醫院抽血檢驗的不便。

從小就喜歡做研究的王朝平，是家中唯一從醫者，他笑稱，小時候爸爸說會念書就要當醫師，沒想到真的念出興趣了。對於這次獲獎，他謙虛地表示，只是在現有的檢驗技術上進行改良，讓檢測方法更快速、也更方便。他感謝義守大學育成中心提供產業技術開發。



**研發簡易的自我診斷工具的王朝平是心臟內科醫師**

啟哲生技是透過義大育成中心設計與規劃「良好作業規範」GMP(Good Manufacturing Practice) 廠房、提升癌症快速檢測劑製程的品質與技術，並針對急、慢性與重症疾病快速檢測技術做開發與量產，還有營養學系教授洪哲穎提供相關諮商。產品已取得相關專利，並通過ISO國際認證及衛生福利部GMP認證等，未來將建立完善的雲端資料庫，維護消費者的健康狀況。

義大創新育成中心主任洪添燦表示，這是該中心繼榮獲教育部補助105年「創新創業中心示範學校計畫」後，再次以服務創新研發的精神，協助優質亮點企業取得榮譽，啟哲生技的獲獎令師生同感驕傲。



## 台南微電影競賽

### 義大大傳系「漫遊古都」奪冠

義守大學大眾傳播學系學生組隊參加「大台南公車微電影創作競賽」，以特殊拍攝手法及粵語配音推出「漫遊古都」作品參賽，獲評審青睞，一舉摘下冠軍，導演吳禹霖說「我們不是玩票，我們目標明確：要拍出質感。」



**義大大傳系學生吳禹霖（後排左）、陳韋霖（前排左）、郭梓健（後排右）、李子敬參加大台南公車微電影創作競賽奪冠**

台南市政府交通局為提升公共運輸使用率、節能減碳、並推廣特色轉運站結合觀光，舉辦大台南公車微電影創作競賽。

有23部微電影參賽，經激烈競爭，「漫遊古都」脫穎而出、成功奪冠。「漫遊古都」製作團隊是來自義大大傳系的5名大四學生吳禹霖、陳韋霖、洪奕鎮、郭梓健、李子敬，他們說，為替義大爭光，之前就積極參與各微電影競賽，累積實力，「這次各校參賽隊伍實力都很堅強，沒想到會奪冠，平常的努力沒有白費」。



**台南市交通局局長張政源頒發獎狀給奪冠的義大大傳系學生  
洪奕鎮（左一）、陳韋霖（右二）、李子敬（右一）**

「漫遊古都」故事劇情，改編自組員中的真實生活經驗，敘述他在香港的童年生活及與家人歡聚的回憶之旅，他們更

將崇拜的攝影師艾曼紐爾·盧貝茲基(Emmanuel Lubezki)在電影《鳥人(Birdman)》中的拍攝手法應用到微電影上。

來自澳門的郭梓健擔任攝影，他表示，因為一鏡到底，必須一次就完成，是此次拍攝最大的難處，不僅結合所學再加強進修，更加入義大國際化元素，邀請同校港生配音，與故事背景更為吻合。

大傳系系主任陳瑞芸表示，大傳系鼓勵學生多參與競賽，不僅提升專業能力也擴大學生視野；大傳系擁有許多境外生，彼此間的文化衝擊與融合，能讓作品更具深度與廣度。微電影「漫遊古都」展現義大學生學用合一的落實，更看見學生結合校方國際化特色，讓作品更具國際競爭力。



# Application of Grey theory to measure the thermal properties of a lumped system



Chun-I Chen

Professor, Department of Industrial Management, I-Shou University

## Abstract

Grey forecasting is well established and is widely applied in various fields. In this research, the possible application of Grey theory is applied to the measurement of thermal properties in a lumped system. This novel measurement technique could be treated as inverse heat transfer problem. The results showed that the grey forecasting is feasible in calculating inversely unknown thermal properties, heat flux and heat transfer coefficient by measuring temperature in the lumped solid. And the result show its feasibility in application to this real world

engineering practices.

**Keywords:** grey forecasting, lumped system, heat transfer coefficient, heat flux

## 1.Introduction

Lumped system is defined as the distribution of temperature within the solid at any instant can be regarded as almost uniform[1]. In this research, a novel measuring technique of thermal properties of a material and heat input/output on the surface or in the solid is proposed by taking advantage of

lumped system characteristics. The novel methodology adopts concept of grey forecasting model, GM(1,1), to achieve the purpose of this study. Normally, it is easily to measure temperature than thermal properties, heat flux and heat generation. This research proposes to measure temperatures at equal time step and to calculate the thermal properties, heat flux and heat generation inversely.

Grey forecasting model was introduced by Deng [2] nearly 40 years ago and it has been widely applied in the social science, energy consumption forecasting, and various fields [3-9]. Very rare articles, or even none, are related to heat transfer engineering. Grey forecasting determines the coefficients of governing equation inversely from the recorded data by least square method. The main idea of grey forecasting is analogy to linear regression. By recording data from real word system, then a regression is performed to fit the recorded data and forecasting could be applied by the regression function. The difference between grey forecasting and linear regression is the function adopted.

In linear regression, the straight line is applied, but, in the grey forecasting, the exponential function is adopted. The exponential function grows with curve which could fit data with flexibility than liner regression.

Interestingly, the governing equation of grey forecasting is identical to one of lumped system. This is the motivation intriguing this research to apply grey theory in the field of heat transfer engineering and to provide easier measurement technique for thermal properties, heat flux, and heat transfer coefficient. Grey forecasting could be deemed as inverse heat transfer method as explained above. Shumakoy [10] was the first one who proposed the concept to solve inverse problem in the analysis of missile nozzle and rocket nozzle. Afterward, the various applications are widespread in many engineering field which is called Inverse Heat Conduction Problem (IHCP). In this type of problem, the known condition will be temperature which can be measured by thermocouple or pyrometer. The unknown parameters are boundary conditions, initial

conditions, thermal conductivity, surface temperature, surface heat flux and internal energy source so on. Initially, Beck [11] proposed the Duhamel' s theorem to predict the heat flux of the object, and the least squares method [12] to solve the instability phenomenon. Afterward, many researches were done to improve the IHCP. Zhang, Reilly, Cockcroft, & Yao [13] proposed an inverse conduction based method have been developed, verified and applied successfully to temperature data collected from within an aluminum casting in proximity to the mold. Woodbury, Beck, & Najafi [14] adopted the filter concept opening the way for the development of new scientific instruments that incorporate inverse problem methods. There are many researches [15-19] still working on inverse heat transfer problem and all of them achieve many advances in this field.

## 2.Mathematical Methodology of grey forecasting model

This section reviews the operation of traditional grey forecasting in detail.

Step 1: Assume that the original series of data with m entries is:

$$X^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(k) \dots, x^{(0)}(m)\}, \dots\dots\dots(1)$$

where raw matrix  $X^{(0)}$  stands for the non-negative original historical time series data.

Step 2: Construct  $X^{(1)}$  by one time accumulated generating operation (1-AGO), which is

$$X^{(1)} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(k), \dots, x^{(1)}(m)\}, \dots\dots\dots(2)$$

where

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i), \quad k = 1, 2, \dots, m. \dots\dots\dots(3)$$

Step 3: The result of 1-AGO is monotonic increase sequence which is similar to the solution curve of first order linear ordinary differential equation. Therefore, the solution curve of following differential equation represents the approximation of 1-AGO data.

$$\frac{d \hat{X}^{(1)}}{dt} + a \hat{X}^{(1)} = b \dots\dots\dots(4)$$

where  $\hat{x}$  represents grey forecast value. The  $a$  and  $b$  are model parameters.

$\hat{x}^{(1)}(1) = x^{(0)}(1)$  is the corresponding initial condition.

Step 4: The model parameters  $a$  and  $b$  can be determined by discrete form of Eq. (4)

$$\frac{d\hat{X}^{(1)}}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\hat{X}^{(1)}(t + \Delta t) - \hat{X}^{(1)}(t)}{\Delta t} \dots\dots\dots(5)$$

If the sampling time interval is unit, then let  $\Delta t \rightarrow 1$ , and the forecast value is approximated by 1-AGO,

$$\frac{d\hat{X}^{(1)}}{dt} \cong \hat{x}^{(1)}(k+1) - \hat{x}^{(1)}(k) = x^{(0)}(k+1), \quad k=1,2,3,\dots \dots\dots(6)$$

and  $\hat{X}^{(1)}(t)$  is defined as

$$\hat{X}^{(1)}(t) \cong Px^{(1)}(k) + (1-P)x^{(1)}(k+1) = z^{(1)}(k+1), \quad k=1,2,3,\dots \dots\dots(7)$$

where  $z^{(1)}$  is termed background value,  $P$  is in the range of 0-1, which traditionally equals to 0.5. The source model then can be obtained as

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b, \quad k=1,2,3,4,\dots \dots\dots(8)$$

From Eq. (8), by least square method, the

model parameters  $a$  and  $b$  are

$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y_N \dots\dots\dots(9)$$

where  $B$  and  $Y_N$  are defined as follows

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(m) & 1 \end{bmatrix}, \quad Y_N = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(m) \end{bmatrix} \dots\dots\dots(10)$$

step 5: Solve the Eq. (4) together with initial condition, and the particular solution is

$$\hat{X}^{(1)}(k+1) = \left( x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-ak} + \frac{b}{a}, \quad k=1,2,3,\dots\dots\dots(11)$$

Hence, the desired forecasting output at  $k$  step can be estimated by inverse accumulated generating operation (IAGO) which is defined as

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = \hat{x}^{(1)}(k+1) - \hat{x}^{(1)}(k), \quad k=1,2,3,\dots\dots\dots(12)$$

## 3. Derivation of lumped heat transfer system

### 3.1 Mathematical modelling of a lumped system

The lumped system is defined as the uniformity of temperature within the solid during transient. It is applicable only under the condition of *Biot number* less than about 0.1, that is, if

$$Bi = \frac{hL_s}{k_s} < 0.1 \quad \dots\dots\dots(13)$$

where  $k_s$  is the thermal conductivity of the solid,  $h$  is the heat transfer coefficient at the outer surface, and  $L_s$  is the characteristic length of the solid body, defined as

$$L_s = \frac{\text{volume}}{\text{surface area}} \quad \dots\dots\dots(14)$$

Consider a cold solid, which satisfies the condition of lumped system, of arbitrary shape, with mass  $m$ , volume  $V$ , specific heat  $c$ , initial at a uniform temperature  $T_0$ , suddenly immersed into a higher temperature surrounding which the heat flows from surrounding into cold solid. Apply the energy conservation to the lumped system shown in figure 1 and the governing equation will be arrived as

$$\frac{dT(t)}{dt} = \frac{Q(t)}{\rho V c} \quad \dots\dots\dots(15)$$

where  $Q(t)$  is the heat flow into the solid from the surrounding.

### 3.2 Convection over part of the boundary surface, prescribed heat flux over remaining surfaces of a flat plate

Consider a flat plate of thickness  $L$ , initial at a uniform temperature  $T_0$ . Suddenly one of its surfaces is subjected to a uniform heat flux  $q_0$ , while the other surface exposed to a cool surrounding at temperature  $T_\infty$  with a heat transfer coefficient  $h$ . Figure 2 illustrates the schematic representation of the problem. The heat flow  $Q(t)$  is the total rate of heat transfer into the body, and the  $Q(t)$  is determined as

$$Q(t) = Aq_0 + Ah[T_\infty - T(t)] \quad \dots\dots\dots(16)$$

where  $A$  is the surface area on one side of the plate. Introducing Eq.(16) into Eq. (15), we obtain

$$\frac{dT(t)}{dt} + \frac{Ah}{\rho c V} [T(t) - T_\infty] = \frac{Aq_0}{\rho c V} \quad \text{for } t > 0 \quad \dots\dots\dots(17)$$

subject to the initial condition

$$T(t) = T_0 \quad \text{at } t=0 \quad \dots\dots\dots(18)$$

In order to simply the Eq.(15), new parameters are introduced

$$\theta(t) = T(t) - T_\infty, \quad \theta_0 = T_0 - T_\infty$$

$$\Omega = \frac{hA}{\rho c V} = \frac{h}{\rho c L}, \quad \frac{Aq_0}{\rho c V} = \frac{q_0}{\rho c L} = \frac{h}{\rho c L} \cdot \frac{q_0}{h} = \Omega \frac{q_0}{h}$$

$$\dots\dots\dots(19)$$

Then Eq.(17) and Eq.(18) becomes

$$\frac{d\theta(t)}{dt} + \Omega\theta(t) = \Omega \frac{q_0}{h} \text{ for } t > 0 \dots\dots\dots(20)$$

$$\theta(t) = \theta_0 \quad \text{at } t=0 \dots\dots\dots(21)$$

The solution to the above initial problem of nonhomogeneous linear differential equation is

$$\theta(t) = \left( \theta_0 - \frac{q_0}{h} \right) e^{-\Omega t} + \frac{q_0}{h} \text{ for } t > 0 \dots\dots(22)$$

## 4. Application of grey forecasting on measurement of heat property of a material

### 4.1 Analogy of grey forecasting and lumped system

Observing the governing differential equation, Eq.(4) and Eq. (17), and solution of grey forecasting and lumped system, Eq. (11) and Eq. (22), they are both ordinary differential equations in same form and have identical form of particular solution with the equality of coefficients as follow

$$a = \Omega = \frac{h}{\rho c L} \dots\dots\dots(23)$$

$$b = \Omega \frac{q_0}{h} \dots\dots\dots(24)$$

### 4.2 Lumped system analysis

One example is taken from Bayazitoglu and Ozisik [1] to show how grey forecasting model applied. Consider a large aluminum plate, shown in figure 2, with density,  $\rho = 2707 \text{ kg/m}^3$ , specific heat,  $c = 896 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$  of thickness 3 cm is initially at a uniform temperature of  $50^\circ\text{C}$ . Suddenly one of its surfaces is subjected to a uniform heat flux of  $8000 \text{ W/m}^2$ , while the other surface is exposed to a cool air at a temperature of  $20^\circ\text{C}$ . The heat transfer coefficient between the air stream and the surface is  $50 \text{ W/(m}^2\cdot^\circ\text{C)}$ . Assuming the lumped system condition is satisfied, the temperature distribution in the solid could be obtained as

$$\theta(t) = \left( \theta_0 - \frac{q_0}{h} \right) e^{-\Omega t} + \frac{q_0}{h} \text{ for } t > 0 \dots\dots(22)$$

where  $\theta_0 \equiv T_0 - T_\infty = 50 - 20 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $q_0 = 8000 \text{ W/m}^2$ ,  $h = 50 \text{ W/(m}^2\cdot^\circ\text{C)}$

$$\Omega = \frac{h}{\rho c L} = \frac{1}{1455.3} \text{ s}^{-1}$$

Then, the temperature distribution function is as follow

$$\theta(t) = -130 e^{(-t/1455.3)} + 160 \text{ } ^\circ\text{C} \dots\dots\dots(25)$$

### 4.3 The application of grey forecasting to measure the thermal properties and boundary condition

The above is the direct problem of lumped system. In case of unknown heat transfer coefficient and unknown constant heat flux boundary on the same situation shown in figure 2, these two parameters could be calculated by the measurement of temperature in the plate by grey forecasting model. In order to show how these two parameters calculated, the same problem above is also adopted. In this case, the heat transfer coefficient and constant heat flux are unknown, but the temperature is assumed to be measured by thermocouple. The temperature could be obtained by Eq. (25) and shown in the table 1.

Before proceed to follow the procedure of grey forecasting, the measured temperature is the solution of Eq. (25), which could be treated as the result of accumulation generation operation (AGO) of Eq. (2). Therefore, there is no AGO operation of raw data

(measured temperature) needed. The data of table 1 are substituted into Eq. (9) directly and  $x^{(0)} = \{30, 5.25, 5.04, 4.83\}$ ,  $x^{(1)} = \{30, 35.25, 40.29, 45.12\}$ . The  $B$  and  $Y_N$  matrix are

$$B = \begin{bmatrix} -32.64 & 1 \\ -37.77 & 1 \\ -42.71 & 1 \end{bmatrix}, Y_N = \begin{bmatrix} 5.25 \\ 5.04 \\ 4.83 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(26)$$

Then

$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y_N = \begin{bmatrix} 0.04122 \\ 6.59564 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(27)$$

From Eq. (23), heat coefficient is calculated,

$$h = \frac{2707 \times 896 \times 0.03}{1455.6} = 49.99 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \dots\dots\dots(28)$$

and from Eq. (24), constant heat flux is calculated,

$$q_0 = 6.59564 h / a = 6.59564 \times 49.99 / 0.04122 = 7998.93 \text{ W/m}^2 \dots\dots\dots(29)$$

The calculated heat transfer coefficient and constant heat flux are approximately the same as real value. The error mainly comes from the round off during calculation. Through this calculation, grey forecasting model is proven to be feasible to determine the two

unknown parameters in lumped system by measuring temperature.

## 5. Conclusion

In this research, grey forecasting model is applied to calculate inversely the thermal properties of a material or heat input/output from external surface, constant heat flux, from interior, constant heat generation, when the lumped system is applicable. By applying the novel methodology we propose, the engineers or researches do not have to measure the difficult measuring coefficients directly. Instead, they only have to measure temperature inversely. Through the simple calculation, the thermal properties and heat flux could be determined.

## 6. References

- [1] Y. Bayazitoglu and M.N. Ozisik (1988), *Elements of heat transfer, International ed.*, McGRAW Hill, Singapore.
- [2] J.L. Deng (1982), Control problems of grey systems, *Systems & Control Letters*, vol. 1(5), pp. 288-294.
- [3] X. Guo, S. Liu, L. Wu, and L. Tang (2014), A Grey NGM(1, 1, k) Self-Memory Coupling Prediction Model for Energy Consumption Prediction, *Scientific World Journal*, doi: 10.1155/2014/301032.
- [4] C. Hamzacebi and H.A. Es (2014), Forecasting the annual electricity consumption of Turkey using an optimized grey model, *Energy*, vol. 70, pp. 165-171.
- [5] P. Jiang, Q.P. Zhou, H.Y. Jiang, and Y. Dong (2014), An Optimized Forecasting Approach Based on Grey Theory and Cuckoo Search Algorithm: A Case Study for Electricity Consumption in New South Wales, *Abstract and Applied Analysis*.
- [6] S.B. Tsai, Y.C. Lee, and J.J. Guo (2014), Using modified grey forecasting models to forecast the growth trends of green materials, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B-Journal of Engineering Manufacture*, vol. 228(6), pp. 931-940.
- [7] Z.X. Wang and L.L. Pei (2014), An Optimized Grey Dynamic Model for Forecasting the Output of High-

Tech Industry in China, *Mathematical Problems in Engineering*.

- [8] H.F. Xu, B. Liu, and Z.G. Fang (2014), New grey prediction model and its application in forecasting land subsidence in coal mine, *Natural Hazards*, vol. 71(2), pp. 1181-1194.
- [9] K.L. Wen (2004), *Grey Systems: Modeling and Prediction*, Yang' s, Arizona.
- [10] N.V. Shumakoy (1957), A method for the experimental study of the process of heating a solid body, *Soviet Physics-Technical Physics*, vol. 2, pp. 771-782.
- [11] J.V. Beck (1962), Calculation of Surface Heat Flux from an Integral Temperature History, *ASME Journal of Heat Transfer*, vol. 62-HT-46.
- [12] J.V. Beck (1968), Surface Heat Flux Determination Using an Integral Method, *Nuclear Engineering and Design*, vol. 7(2), pp. 170-178.
- [13] L.Q. Zhang, C. Reilly, L.X. Li, S. Cockcroft, and L. Yao (2014), Development of an inverse heat conduction model and its application to determination of heat transfer coefficient during casting solidification, *Heat and Mass Transfer*, vol. 50(7), pp. 945-955.
- [14] K.A. Woodbury, J.V. Beck, and H. Najafi (2014), Filter solution of inverse heat conduction problem using measured temperature history as remote boundary condition, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 72, pp. 139-147.
- [15] M. Bazargani and F. Kowsary (2015), Methodology for Estimation of Local Convective Heat Transfer Coefficient for Vapor Condensation, *Heat Transfer Engineering*, vol. 36(9), pp. 820-828.
- [16] F. Bozzoli, L. Cattani, S. Rainieri, F.S.V. Bazan, and L.S. Borges (2014), Estimation of the local heat-transfer coefficient in the laminar flow regime in coiled tubes by the Tikhonov regularisation method, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 72, pp. 352-361.
- [17] E. Caron, K.J. Daun, and M.A. Wells (2014), Experimental heat transfer coefficient measurements during hot forming die quenching of boron steel at high temperatures, *International*

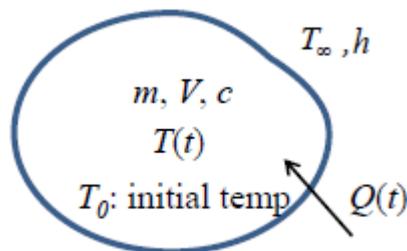
*Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 71, pp. 396-404.

- [18] H. Chen, L.T. Su, G.J. Wang, S.B. Wan, L.H. Zhang, and Z.M. Luo (2014), Fuzzy estimation for heat flux distribution at the slab continuous casting mold surface, *International Journal of Thermal Sciences*, vol. 83, pp. 80-88.

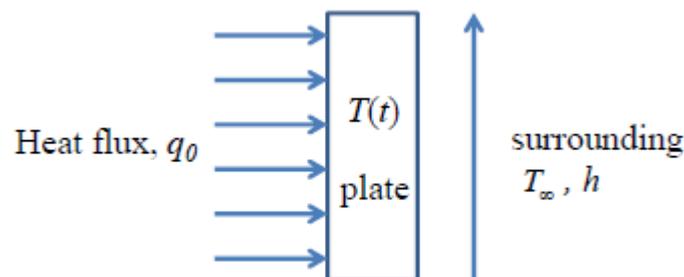
- [19] W.P. da Silva, and C. Silva (2014), Calculation of the convective heat transfer coefficient and thermal diffusivity of cucumbers using numerical simulation and the inverse method, *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, vol. 51(9), pp. 1750-1761.

**Table 1 Assumed measured temperature at time step 60 sec.**

Time (sec)	60	120	180	240
Temperature (°C )	30	35.25	40.29	45.12



**Figure 1 The schematic diagram of energy balance of a lumped system.**



**Figure 2 A plate with a constant heat flux and convection on each side.**



## 修改 Poisson Equations 用來計算 solvation free energy

楊佩琨

義守大學 生物醫學工程學系 助理教授

### 摘要

由於大部分的蛋白質位於水溶液中，發展準確計算 solvation free energy 的方法有助於探索細胞內生物分子的交互作用機制。Poisson equation 是經常被用來計算 solvation free energy 的一種方法，並且可由 Gauss law 推導出來。但從分子動力模擬的結果得知，溶質附近的溶劑密度以及 dielectric polarization 會隨溶質距離呈震盪現象，此結果跟從 Gauss law 得到的結果有很大的差異。因此先前我們修改 Gauss law，可得到跟分子動力模擬相似的溶劑密度以及 dielectric polarization；利用修改過的 Gauss law 來修改 Poisson equations，並且用以計算 solvation free energy。

**關鍵詞：**蛋白質三維構型、蛋白質功能、蛋白質-蛋白質/小分子結合能、生物分子交互作用機制

### 前言

早期數學家 and 物理學家發展出諸如統計熱力學、量子力學、古典力學以及電動力學等漂亮的理論，由於物理學家通常把物體看成沒有體積的粒子，不適合拿來處理化學分子的問題，因此計算化學家發展一出些近似方法，結合電腦運算，應用在化學小分子上。最近數十年來，生命科學領域蓬勃發展，分子生物學家探索那些基因影響細胞的那些運作，生化學家探索蛋白質內哪些胺基酸影響蛋白質的那些功能。由於實驗無法觀測到諸如電子轉移以及生物分子內原子間的

交互作用，因此計算化學家把研究小分子的方法擴展到研究生物巨分子，藉以瞭解細胞內生物分子的交互作用機制。

由於許多生物分子例如蛋白質、DNA或RNA存在於水溶液的環境中，水會(1)屏蔽帶電原子間的靜電交互作用；(2)減少生物分子疏水性部份暴露在水中的面積；以及(3)提供眾多的氫鍵供應者、以及接受者。生物巨分子中，通常有許多原子可以擔任氫鍵的供應者以及接受者，氫鍵的供應者及接受者在真空中或疏水性的環境下容易形成穩定的氫鍵，但在水溶液的環境中，由於水分子的數量眾多，又可視需求當氫鍵的供應者或接受者，這時生物巨分子中的氫鍵供應者就不一定非要跟生物巨分子中的氫鍵接受者形成氫鍵不可了，跟水分子形成氫鍵也很好。這些效應對蛋白質在不同構型下的穩定度、以及蛋白質-蛋白質/小分子的結合能(binding free energy)有很大的影響力。因此在計算化學領域，要用分子動力模擬或量子力學等方法探討生物分子的序列、構型以及功能之間的關係時，須要涵蓋水的效應。

細胞內部的分子機制設計十分精巧。例如蛋白質三維構型通常不會

太穩定，當細胞不需要這類蛋白質時，才可以降解掉；又例如蛋白質跟其它蛋白質或小分子結合能通常不會太低，這樣結合後才能再度分開，重複使用。因此在探討生物分子交互作用機制時，許多情況下的結合能必須算的更精準。由於在計算結合能時，solvation free energy ( $\Delta G_{\text{solv}}$ )這一項的誤差占有不小的比例，因此這邊發展改良計算 $\Delta G_{\text{solv}}$ 的方法。

## 理論

$\Delta G_{\text{solv}}$ 可以由將溶質從空氣放入水中所需要的功計算得到[1]。將帶電荷為 $Q$ 的溶質從空氣放入水中所需要的功分成兩部分，一部份是將零電荷的溶質從空氣放入水中( $\Delta G_{\text{solv}}^{\text{SASA}}$ )， $\Delta G_{\text{solv}}^{\text{SASA}}$ 跟溶質表面積有關。另一部分是慢慢將電荷從空氣帶到溶質原子上，這部分稱為charging solvation free energy ( $\Delta G_{\text{solv}}^{\text{ele}}$ )。

$$\Delta G_{\text{solv}} = \Delta G_{\text{solv}}^{\text{SASA}} + \Delta G_{\text{solv}}^{\text{ele}} \rightarrow \rightarrow \rightarrow (1)$$

計算 $\Delta G_{\text{solv}}^{\text{ele}}$ 的其中一種方法是用水的dielectric polarization ( $P$ )計算溶質各個原子上的電位( $\Phi_{i,\text{solv}}$ )，有了溶質原子的電位就可以計算 $\Delta G_{\text{solv}}^{\text{ele}}$ 。假設溶質由 $N$ 個原子組成，原子 $i$ 的座標為 $r_i$ ，帶電荷量為 $Q_i$ 。當每個溶質原子的帶

電荷量為 $\lambda Q_i$ 時，水貢獻在溶質原子 $i$ 的電位( $\Phi_{i,\text{solv}}(\lambda)$ )可以由 $P(\lambda; \mathbf{x})$ 求得：

$$\Phi_{i,\text{solv}}(\lambda Q_1, \lambda Q_2, \dots, \lambda Q_n) = - \int \frac{P(\lambda Q_1, \lambda Q_2, \dots, \lambda Q_n; \mathbf{x}) \cdot (\mathbf{x} - \mathbf{r}_i)}{4\pi\epsilon_0 |\mathbf{x} - \mathbf{r}_i|^3} d^3x \quad \rightarrow \rightarrow (2)$$

$\Delta G_{\text{solv}}^{\text{ele}}$  可由下式求得：

$$\Delta G_{\text{solv}}^{\text{ele}} = \int_0^1 \sum_{i=1}^n Q_i \Phi_{i,\text{solv}}(\lambda Q_1, \lambda Q_2, \dots, \lambda Q_n) d\lambda \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow (3)$$

其中， $P(\lambda; \mathbf{x})$ 是計算 $\Delta G_{\text{solv}}^{\text{ele}}$ 的關鍵。

由於奈米溶質附近的水分子相對密度( $g$ )以及 $P$ 分佈變動劇烈，所以當計算 $g$ 以及 $P$ 時，只能考量當水分子的某部份位於一個小空間(例如 $0.001\text{\AA}^3$ )內才做平均，另一方面為了取得足夠的樣本做平均，所以必須考量在一段時間內，所有相關的物理量是考慮在一段時間內，在一個小空間內的平均值，有別於Maxwell's equations主要考量在一個可以取到足夠樣本數的較大空間內的平均值。

假設溶劑分子模型是一個在凡德瓦(van der Waals)球中心的點偶極矩(point dipole moment)，將溶劑的 $P(\mathbf{x})$ 分解成溶劑分子密度分佈 $N_{\text{bulk}}g(\mathbf{x})$ 以及溶劑分子平均電偶極矩 $p(\mathbf{x})$  (electric dipole per molecule)[2]：

$$P(\mathbf{x}) = N_{\text{bulk}}g(\mathbf{x})p(\mathbf{x}) \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow (4)$$

其中 $N_{\text{bulk}}$ 為溶劑體分子密度。

式(4)中， $g(\mathbf{x})$ 跟作用在位於 $\mathbf{x}$ 溶劑分子( $W(\mathbf{x})$ )的作用力 $F(\mathbf{x})$ 的關係為[3]

$$\nabla g(\mathbf{x})/g(\mathbf{x}) = F(\mathbf{x})/(k_B T) \rightarrow \rightarrow (5)$$

$p(\mathbf{x})$ 跟平均電場 $E(\mathbf{x})$ 的關係為[3, 4]

$$p(\mathbf{x}) = \epsilon_0 \gamma_{\text{mol}} E(\mathbf{x})$$

$\epsilon_0$ : vacuum permittivity、 $\gamma_{\text{mol}}$ : solvent molecular polarizability

式(5)中， $F$ 可分解成靜電力( $F_{\text{ele}}$ )和凡德瓦力( $F_{\text{vdW}}$ ):

$$F(\mathbf{x}) = F_{\text{ele}}(\mathbf{x}) + F_{\text{vdW}}(\mathbf{x}) \rightarrow \rightarrow \rightarrow (7)$$

其中 $F_{\text{vdW}}(\mathbf{x})$ 可由下式求得：

$$F_{\text{vdW}}(\mathbf{x}) = \sum_i F_{\text{vdW}}[\text{O}(\mathbf{x}), A_i(\mathbf{r}_i)] + N_{\text{bulk}} \int_{\Omega \setminus W(\mathbf{x})} g(\mathbf{r}') F_{\text{vdW}}[\text{O}(\mathbf{x}), \text{O}(\mathbf{r}')] d^3r' \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow (8)$$

上式右邊第一項來自溶質貢獻，第二項來自溶劑貢獻。

$F_{\text{ele}}(\mathbf{x})$ 可由下式求得：

$$F_{\text{ele}}(\mathbf{x}) = \epsilon_0 \gamma_{\text{mol}} [\mathbf{E}(\mathbf{x}) \cdot \nabla_{\mathbf{x}}] \mathbf{E}(\mathbf{x}) \rightarrow (9)$$

$\nabla_{\mathbf{x}}$ 是相對 $\mathbf{x}$ 的微分。

解式(6, 9)需要 $E(\mathbf{x})$ ， $E(\mathbf{x})$ 可分為來自下面幾項的貢獻：(1) $\rho_f(\mathbf{r}')$ ；(2) the bounded volume charge density;  $\rho_b(\mathbf{r}') \equiv -\nabla' \cdot \mathbf{P}(\mathbf{r}')$ ；(3) the surface charge density surrounding  $W(\mathbf{x})$ ,  $\sigma_b(\mathbf{r}; \mathbf{x}) \equiv \mathbf{P}(\mathbf{r}') \cdot (\mathbf{x} - \mathbf{r}')/|\mathbf{x} - \mathbf{r}'|$ ；and (4) the reaction field ( $E_{\text{rea}}(\mathbf{x})$ )[5-7]。

$$4\pi\epsilon_0 [\mathbf{E}(\mathbf{x}) - \mathbf{E}_{\text{rea}}(\mathbf{x})] = -\int_{\Omega} \rho_f(\mathbf{r}') \nabla_x \frac{1}{|\mathbf{x} - \mathbf{r}'|} d^3r' - \int_{\Omega \setminus W(\mathbf{x})} \rho_b(\mathbf{r}') \nabla_x \frac{1}{|\mathbf{x} - \mathbf{r}'|} d^3r' - \iint_{W(\mathbf{x})} \sigma_b(\mathbf{x}; \mathbf{r}') \nabla_x \frac{1}{|\mathbf{x} - \mathbf{r}'|} ds' \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow (10)$$

將上式左右兩邊取Laplacian操作，

$$\epsilon_0 \nabla_x^2 [\mathbf{E}(\mathbf{x}) - \mathbf{E}_{\text{rea}}(\mathbf{x})] = \nabla_x \rho_f(\mathbf{x}) + \iint_{W(\mathbf{x})} \frac{\rho_b(\mathbf{r}')}{2\pi|\mathbf{x} - \mathbf{r}'|^3} ds' + \iint_{W(\mathbf{x})} \frac{\nabla' \times \mathbf{P}(\mathbf{r}')}{4\pi|\mathbf{x} - \mathbf{r}'|^3} \times ds' \rightarrow (11)$$

$\mathbf{E}_{\text{rea}}(\mathbf{x})$  是 Onsager reaction field，

$$\mathbf{E}_{\text{rea}}(\mathbf{x}) = \gamma_{\text{mol}}(\epsilon_r - 1)\mathbf{E}(\mathbf{x}) / (2\pi R_W^3(2\epsilon_r + 1))$$

。解上式需要邊界條件，邊界條件為：

$$\epsilon_0 \mathbf{E}_{\text{bound}}(\mathbf{x}) = \frac{1 - 1/\epsilon_r}{4\pi\gamma_{\text{mol}}N_{\text{bulk}}} \int \frac{\rho_f(\mathbf{r}')(\mathbf{x} - \mathbf{r}')}{|\mathbf{x} - \mathbf{r}'|^3} d^3r' \rightarrow (12)$$

解式(9)需要  $\nabla_x \mathbf{E}(\mathbf{x})$  計算靜電力， $\nabla_x E_u(\mathbf{x})$  可從(10)得到

$$4\pi\epsilon_0 \nabla_x [E_u(\mathbf{x}) - E_{\text{rea},u}(\mathbf{x})] = -\int \rho_f(\mathbf{r}') \nabla_x \nabla_{x,u} \frac{1}{|\mathbf{x} - \mathbf{r}'|} d^3r' - \int_{\Omega \setminus W(\mathbf{x})} \rho_b(\mathbf{r}') \nabla_x \nabla_{x,u} \frac{1}{|\mathbf{x} - \mathbf{r}'|} d^3r' - \iint_{W(\mathbf{x})} \sigma_b(\mathbf{x}; \mathbf{r}') \nabla_x \nabla_{x,u} \frac{1}{|\mathbf{x} - \mathbf{r}'|} ds' \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow (13)$$

上式左右兩邊取Laplacian操作，

$$\nabla_x^2 \nabla_x E_u(\mathbf{x}) \text{ 為}$$

$$\epsilon_0 \nabla_x^2 \nabla_x E_u(\mathbf{x}) = \nabla_x \nabla_{x,u} \rho_f(\mathbf{x}) + \frac{3}{4\pi} \iint_{W(\mathbf{x})} \frac{\rho_b(\mathbf{r}')}{|\mathbf{x} - \mathbf{r}'|^6} [3(\mathbf{x} - \mathbf{r}')_u (\mathbf{x} - \mathbf{r}') - \mathbf{u} |\mathbf{x} - \mathbf{r}'|^2] ds' + \frac{3}{4\pi} \iint_{W(\mathbf{x})} \frac{1}{|\mathbf{x} - \mathbf{r}'|^6} \left[ [\nabla' \times \mathbf{P}(\mathbf{r}') \times (\mathbf{x} - \mathbf{r}')]_u (\mathbf{x} - \mathbf{r}') + [\nabla' \times \mathbf{P}(\mathbf{r}') \times (\mathbf{x} - \mathbf{r}')]_u (\mathbf{x} - \mathbf{r}') \right] ds' \rightarrow (14)$$

$\nabla_x \mathbf{E}(\mathbf{x})$  的邊界條件：

$$4\pi\epsilon_0 \nabla_x \mathbf{E}_{\text{bound}}(\mathbf{x}) = -\int_{\Omega} \frac{3\rho_f(\mathbf{r}')}{|\mathbf{x} - \mathbf{r}'|^5} (\mathbf{x} - \mathbf{r}') (\mathbf{x} - \mathbf{r}') d^3r' + \int_{\Omega} \frac{\rho_f(\mathbf{r}')}{|\mathbf{x} - \mathbf{r}'|^3} \left( \frac{\mathbf{r}\mathbf{r}}{r^2} + \frac{\boldsymbol{\theta}\boldsymbol{\theta}}{\theta\theta} + \frac{\boldsymbol{\phi}\boldsymbol{\phi}}{\phi\phi} \right) d^3r' \rightarrow (15)$$

## 結果與討論

整個理論推導過程細節繁雜，之後寫C++程式做數值分析解聯立方程式，另外用CHARMM軟體跑分子動力模擬，比對數值分析跟分子動力模擬得到的結果。相關的背景介紹、計算結果與討論請參閱圖一相關文獻[2-15]。

## 結論

為了準確描述溶質附近的溶劑密度以及dielectric polarization而修改Poisson's equations。由修改過的Poisson's equations計算得到的solvation free energy近似於從分子動力模擬得到

的結果。

## 感謝

首先感謝科技部在經費方面的支持；感謝學校總務處事務組在採買伺服器以及相關軟硬體以及會計處、總務處保管組、研發處學發組等多年來的協助；感謝圖資處提供伺服器代放服務，這部份對研究的進行有決定性的幫助。

## 參考文獻

- [1] M. Born (1920), Volumes and hydration warmth of ions, *Zeitschrift Fur Physik*, vol. 1, pp. 45-48.
- [2] P.-K. Yang and C. Lim (2008), Reformulation of Maxwell's Equations to Incorporate Near-Solute Solvent Structure, *J. Phys. Chem. B*, vol. 112, pp. 10791-10794.
- [3] P.K. Yang and C. Lim (2009), Strategies to model the near solute solvent molecular density/polarization, *Journal of computational chemistry*, vol. 30, pp. 700-709.
- [4] P.K. Yang (2011), Discrepancy in the near solute electric dipole moment calculated from the electric field, *Journal of computational chemistry*, vol. 32, pp. 2783-2799.
- [5] P.-K. Yang (2016), Modifying Poisson equation for near-solute dielectric polarization and solvation free energy, *Chemical Physics*, vol. 472, pp. 229-240.
- [6] P.-K. Yang (2016), Modified Poisson equation for the electric field and electric field gradient, *Journal of Molecular Liquids*, vol. 223, pp. 1213-1225.
- [7] P.-K. Yang (2017), Modified Poisson Equations for Calculating Solvation Free Energy, *Biophysical Chemistry*, vol. 221, pp. 26-40.
- [8] P.-K. Yang (2011), Derivation of Equations Describing Distance Solute Oscillation of Induced Solvent Polarization, *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, vol. 84, pp. 58-69.
- [9] P.-K. Yang and C. Lim (2008), The importance of excluded solvent volume effects in computing hydration free energies, *The Journal of Physical Chemistry B*, vol. 112, pp. 14863-14868.
- [10] P.-K. Yang (2013), Strategy using

three layers of surface charge for computing solvation free energy of ions, *Biophysical chemistry*, vol. 184, pp. 87-94.

[11] P.K. Yang (2014), Incorporating the excluded solvent volume and surface charges for computing solvation free energy, *Journal of computational chemistry*, vol. 35, pp. 62-69.

[12] P.-K. Yang (2014), Incorporation of the TIP4P water model into a continuum solvent for computing solvation free energy, *Chemical Physics*, vol. 443, pp. 93-106.

[13] P.-K. Yang (2015), Incorporating excluded solvent volume and physical dipoles for computing solvation free energy, *Journal of molecular*

*modeling*, vol. 21, pp. 1-19.

[14] P.-K. Yang (2013), Dependence of Interaction Free Energy between Solutes on an External Electrostatic Field, *International journal of molecular sciences*, vol. 14, pp. 14408-14425.

[15] P.K. Yang (2014), Effect of external electrostatic field on the stability of  $\beta$  sheet structures, *Biopolymers*, vol. 101, pp. 861-870.

[16] S.-M. Kuo and P.-K. Yang (2015), Factors altering the affinity of protein–ligand binding in an external electrostatic field, *Bioelectrochemistry*, vol. 104, pp. 17-25.

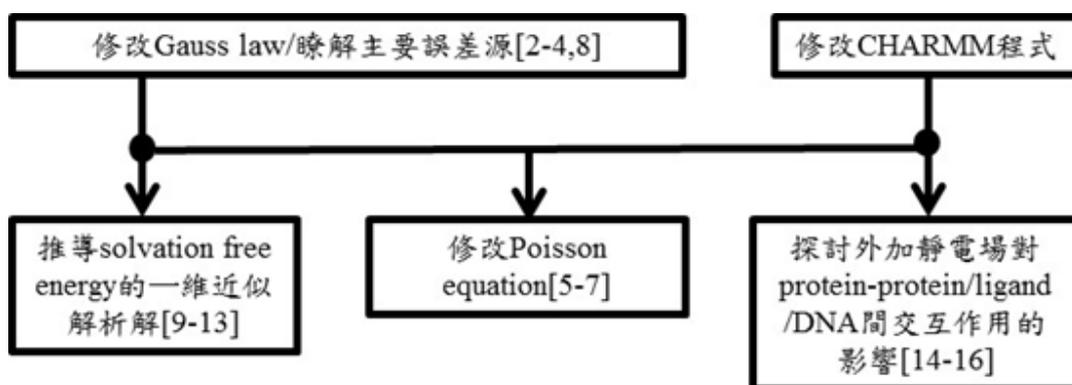


圖 1：相關的研究成果 [2-16]



## 利用 *Bacillus cereus* ISU-02 發酵合成

### 聚羥基烷酯環保塑膠



謝文權

義守大學生物科技學系 副教授

#### 摘要

本實驗從工業廢水中篩選出具有合成生物環保塑膠之 *Bacillus* 菌微生物，並以 Nile blue A 染色證實該微生物確實具有合成生物環保塑膠之能力。該菌株在二階培養時可以利用 Octanoic acid, Butyric acid 以及 valeric acid 等作為碳源，並且在 pH 8、30°C 合成。所合成的生物環保塑膠經由 DSC 及 NMR 分析發現，其熔點約在 150-160°C 之間，並且確定該此材料是 Poly(3-hydroxybutyrate) (P3HB) 及 Poly(hydroxybutyrate-co-hydroxyvalerate) [P(3HB-co-3HV)]。

**關鍵詞：**生物環保塑膠，微生物合成，生醫材料，聚羥基烷酯

#### 前言

根據統計，全球每年所生產的塑膠製品約一億多噸，其主要產品包括：聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、尼龍、聚酯與工程塑膠等。雖然塑膠在應用上有很多的便利性與優點，但在塑膠廢棄物的處理上，卻會造成環境的污染。因此塑膠垃圾減量和發展可分解性塑膠已經是迫在眉梢的工作。

隨著社會大眾對環境品質的要求與環保意識的提昇，以及企業界想永續經營的理念，使得綠色工業成為人類主要的產業政策。近年自然環境下能被微生物分解的塑膠的開發被認為是解決環境問題的方法之一，而成了注目的焦點。

生物環保塑膠在很早以前也已經被廣泛使用了。這種生物可分解高分子，主要是因為它的生體適合性和生體吸收性對人體不會產生抗體、發炎性而被用在醫療用材料如縫線、被覆膜、骨固定材等方面[1-5]。1980年代開始許多研究者就利用這些生物環保塑膠製作出人體組織器官的形狀植入細胞，使細胞依著模型而長成新的組織器官，以供修復人體的組織缺損[6,7]，因此生物可分解高分子成了組織工程(tissue engineering)這個新研究領域的熱門材料[8-11]。所以本實驗的目的在篩選台灣環境中的微生物發酵合成生物環保塑膠的可行性，並且經由培養與分析，尋找最適合的培養條件。

## 實驗方法

### 篩菌

由南台灣各地區的水源所取得，取回之樣本迅速在含P(3HB)的培養皿中，30°C、24小時做一次塗布培養，之後在不含P(3HB)的培養皿中，30°C、24小時做二次劃線培養，在二次培養中培養的菌體接著在含P(3HB)的培養皿中，30°C、24小時做三次塗布劃線培養，此時之微生物

即為實驗所用的菌體。挑出一個微生物菌落置於7% (w/w) 尼羅藍 (Nile Blue) 染劑，於55 °C染色10分鐘，之後以RO水清洗，並且浸泡於8% (w/w) 醋酸溶液1分鐘，便將多餘的染劑除去。之後經抽氣風乾處理，再以螢光顯微鏡進行螢光觀察。

### 增殖

在上述三次培養結束後，我們利用震盪培養在30°C 72小時將細菌增殖，再利用這些微生物來合成生物環保塑膠。將增殖後的菌株利用高速離心機離心，分離出的菌株經過水洗沖散後，放進發酵槽進行第二段的生物環保塑膠合成。

### 合成

將一階培養完所收集到的菌株，移至第二階培養含有碳素源的礦物質培養液。經30°C 培養72小時後，利用高速離心機將帶有生物環保塑膠的菌株分離，然後以酒精清洗並放入減壓乾燥器內乾燥。乾燥後之菌塊，加入氯仿(chloroform)加熱，溶離出生物環保塑膠，再用n-heptane 作為沉澱劑，將含有生物環保塑膠的有機溶劑，倒進n-heptane溶劑中，而將高分子沉澱抽出，最後將生物環保塑膠放入真空烘箱乾燥48小時，而得到生物環保塑

膠。

得到的生物環保塑膠的收率，利用下列公式計算而得： $Y=(W_a / W_d) \times 100$

Y是生物環保塑膠的收率(wt%)， $W_a$ 是生物環保塑膠的重量， $W_d$ 乾燥後的菌株重量。

## 分析

經微生物合成出來的材料，為了要鑑定生物環保塑膠的組成化學式，其組成是利用核磁共振儀(NMR)做 $^1\text{H-NMR}$ 。將10 mg的高分子，溶於 $\text{CDCl}_3$ 溶液中，置入NMR分析用Tube內做分析。其中以Tetramethylsilane ( $\text{Me}_4\text{Si}$ ,  $\delta = 0$ )，作為內部化學shift標準。最後將測得的高分子圖譜分析其組成及化學構造式。

為了確定微生物所合成的材料是屬於何種生物環保塑膠，所以必須經過分析測定，其中一種就是利用熱分析[differential scanning calorimetry (DSC)]。將樣品3 mg裝入鋁製容器內(aluminum pan)，升溫速度是 $10^\circ\text{C min}^{-1}$ ，升溫範圍是 $40^\circ\text{C}$ 到 $200^\circ\text{C}$ ，氮氣流量是 $10^\circ\text{C min}^{-1}$ 。

## 結果與討論

尼羅藍染色分析試驗，多用於活細胞之染色分析，採用親脂性染劑

-尼羅藍 (Nile Blue A)，針對真核生物或原核生物所帶有之聚羥基烷酯 (polyhydroxyalkanoates (PHAs)) 顆粒進行染色，再由螢光顯微鏡觀察，帶有PHAs之真核生物或原核生物，可在特定波長的螢光下激發產生螢光。

圖1所示為菌株體內含有生物環保塑膠的Nile Blue A染色對照圖。圖A可觀察到含有生物環保塑膠的微生物經過染色後可在460 nm的藍光激發下產生橘色螢光。圖B可觀察到在一般培養基上挑選的菌株經過染色可發現是產生綠色螢光，表示無含有生物環保塑膠的儲存在體內。由圖1可知經由篩選出來的菌株是具有合成生物環保塑膠的能力。此菌株也經由義守大學提出專利申請並命名為*Bacillus cereus* ISU-02。

篩選出來的微生物可以利用各種的碳源來生產。圖2是微生物合成生物環保塑膠的DSC融點( $T_m$ )測定圖譜。利用Octanoic acid以及Butyric acid為碳源所合成的生物環保塑膠的融點，如圖2所示。從微生物得到的生物環保塑膠利用示差熱分析儀測得樣品的融點，皆在 $150^\circ\text{C}$ ~ $160^\circ\text{C}$ 附近，所以可知是屬於高分子材料。

以octanoic acid 以及valeric acid為

碳源所合成的生物環保塑膠，其結構的分析是可以利用NMR來了解其結構。圖3所示為微生物合成生物環保塑膠的核磁共振分析圖譜( $^1\text{H-NMR}$ )。圖譜上的各個peak經分析比對分別為 $\text{CH}_3$ 、 $\text{CH}_2$ 以及 $\text{CH}$ 等peak。由此可知利用octanoic acid為碳源所得到的生物環保塑膠是屬於聚酯類的Poly(3-hydroxybutyrate) P(3HB)，而用valeric acid為碳源所得到的材料則為聚酯類的Poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate)P(3HB-co-3HV)。

## 結論

篩選出來的細菌經一階培養放大，在二階培養合成時添加各種不同碳數之碳源探討其生成的生物環保塑膠產率及透過DSC及NMR分析其化學結構。經由尼羅藍染色分析可知*Bacillus cereus* ISU-02具有合成生物環保塑膠的能力。以Octanoic acid, Butyric acid以及valeric acid為碳源時所合成的生物環保塑膠時其材料的組成結構，經DSC及NMR加以分析，生物環保塑膠融點約在 $150\sim 160\text{ }^\circ\text{C}$ 之間；NMR分析材料之化學結構式可判斷為P(3HB)以及P(3HB-co-3HV)生物環保塑膠。

## 參考文獻

- [1] L. L. Hench and J. Wilson (1984), Surface-active biomaterials, *Science*, vol. 226, pp. 630-636.
- [2] L. E. Niklason (2000), Engineering of Bone Grafts, *Nature Biotechnology*, vol. 18, pp. 929-930.
- [3] N. Saito, T. Okada, H. Horiuchi, N. Murakami, J. Takahashi, M. Nawata, H. Ota, K. Nozaki, and K. Takaoka (2001), A biodegradable polymer as a cytokine delivery system for inducing bone formation, *Nature Biotechnology*, vol. 19, pp. 332-335.
- [4] G. Chen, T. Ushida, and T. Tateshi (2001), Poly(DL-lactic-co-glycolic acid) sponge hybridized with collagen microsponges and deposited apatite particulates, *J. Biomed Mater Res.*, vol. 57, pp. 8-14.
- [5] K.P. Andriano, Y. Tabata, Y. Ikada, and J. Heller (1999), In vitro and in vivo comparison of bulk and surface hydrolysis in absorbable polymer scaffolds for tissue engineering, *J. Biomed Mater Res.*, vol. 48, pp. 602-612.

- [6] J.P. Vacanti and R. Langer (1999), Tissue engineering: the design and fabrication of living replacement devices for surgical reconstruction and transplantation, *Lancet* 354, suppl.1, S132-S134.
- [7] S. Levenberg, N. F. Huang, E. Lavik, A.B. Rogers, J. Itskovitz-Eldor, and R. Langer. (2003), Differentiation of human embryonic stem cells on three-dimensional polymer scaffolds, *PNAS*, vol. 100, pp. 12741 -12746.
- [8] R.P. Lanza (1999), *Principles of tissue engineering 2nd.*
- [9] D.W. Hutmacher (2000), Scaffolds in tissue engineering bone and cartilage. *Biomaterials*, vol. 21, pp. 2529-2543.
- [10] R.L. Price, M.C. Waid, K.M. Haberstroh, and T.J. Webster (2003), Selective bone cell adhesion on formulations containing carbon nanofibers, *Biomaterials*, vol. 24, pp. 1877-1887.
- [11] H. Yoshimoto, Y.M. Shin, H. Terai, J.P. Vacanti (2003), A biodegradable nanofiber scaffold by electrospinning and its potential for bone tissue engineering, *Biomaterials*, vol. 24, pp. 2077-2082.

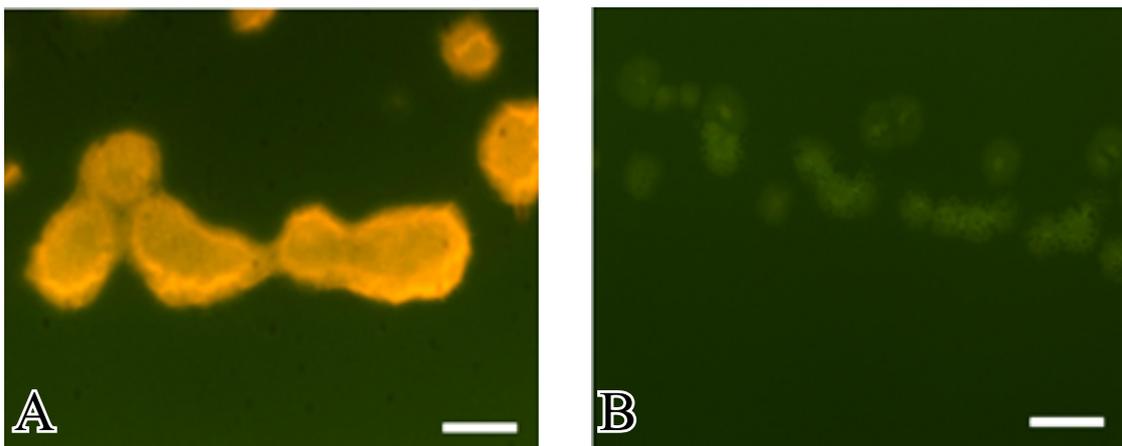


圖 1. 菌株的 Nile Blue A 染色對照圖

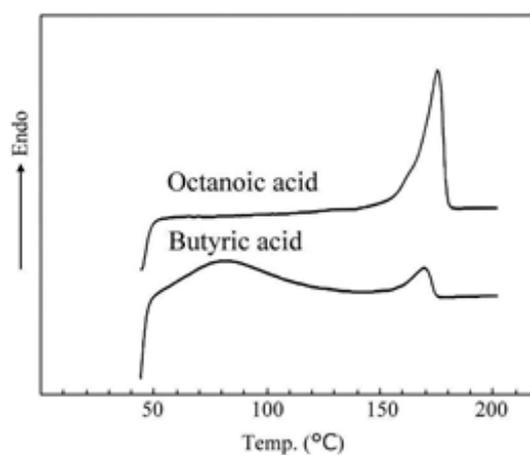


圖 2. 微生物合成生物環保塑膠的 DSC 分析圖

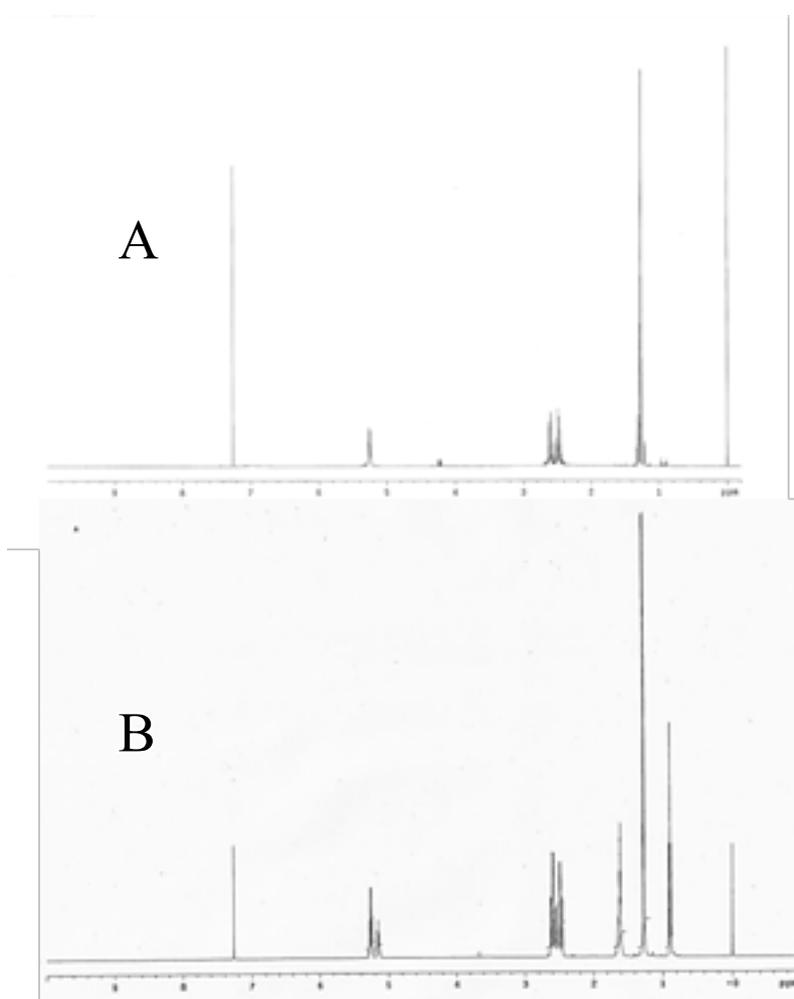


圖 3. 微生物合成生物環保塑膠的 NMR 分析圖。所用碳源為 (A) octanoic acid 以及 (B) valeric acid



## 義大醫院、義守大學近期活動



### 義大醫院

流感及新興傳染病

(含新型流感、茲卡病毒感染症、伊波拉病毒、中東呼吸症候群)

主講人：義大醫院急重症醫學中心林俊農部長

日期： 106年1月7日(六)

地點： 義大癌治療醫院六樓會議廳

## Caner Immunotherapy

主講人：中央研究院基因體研究中心暨台灣大學醫學院免疫學研究所謝世良教授

日期：106年1月12日(四)

地點：義大癌治療醫院六樓會議廳

## 肺結核診斷與感染管制措施

主講人：義大醫院胸腔內科周柏安醫師

日期：106年2月4日(六)

地點：義大癌治療醫院六樓會議廳

## 臨床抗生素使用原則

主講人：義大醫院感管實驗科賴重旭主任

日期：106年3月11日(六)

地點：義大癌治療醫院六樓會議廳

## 義守大學

### 105學年度應用日語學系畢業專題發表

主講人：義守大學應用日語學系副教授兼系主任泰田伊知朗  
副教授

日期： 106年01月04日(三)(日間部)

106年01月05日(四)(進修部)

地點： 義守大學國際學院10樓

### 2017年第八屆全國日語俳句大賽

主講人：義守大學應用日語學系專任講師泰花城可裕講師

日期： 106年02月24日(五)

地點： 義守大學國際學院10樓



## 科技部消息

\* 本部106年度私立大學校院發展研發特色專案計畫補助案，自即日起接受申請，請於106年1月6日（星期五）前函送本部，逾期不予受理。

- 一、申請機構及計畫主持人請務必先行詳閱本計畫徵求公告各項規定。
- 二、本計畫之執行期程自**106年8月1日**開始。
- 三、本計畫申請案全面實施線上申請，各類書表請務必至本部網站（<http://www.most.gov.tw>）進入「學術研發服務網」製作。
- 四、檢附**106年度補助私立大學校院發展研發特色專案計畫徵求公告**及申請學校推薦書各**1份**。
- 五、本案聯絡人：
  - (一)相關計畫內容如有疑義，請洽本部各領域聯絡人：
    - 1、自然科學及永續研究發展司：徐愛佳助理研究員，電話：**(02)2737-7985**
    - 2、工程技術研究發展司：劉春妙副研究員，電話：**(02)2737-7526**
    - 3、生命科學研究發展司：許惠怡博士，電話：**(02)2737-7037**
    - 4、人文及社會科學研究發展司：吳淑真副研究

員，電話：(02)2737-7443

5、科教發展及國際合作司：王瓊德副研究員，電話：(02)2737-7556

(二)有關電腦操作問題，請洽本部資訊系統服務專線，電話：0800-212-058，(02) 2737-7590、7591、7592。

六、訊息相關網址：<https://goo.gl/BQsrHr>

七、計畫申請截止日：106年01月06日

\*本部106年度探索研究計畫補助案，自即日起接受申請，請於106年1月6日（星期五）前函送本部，逾期不予受理。

一、申請機構及計畫主持人請務必先行詳閱本計畫徵求公告各項規定。

二、本計畫之執行期程自106月8月1日開始。

三、本計畫申請案全面實施線上申請，各類書表請務必至本部網站（<http://www.most.gov.tw>）進入「學術研發服務網」製作。

四、檢附106年度探索研究計畫徵求公告1份。

五、本案聯絡人：

(一)相關計畫內容如有疑義，請洽本部各領域聯絡人：

1、自然科學及永續研究發展司：陳佩芬副研究員，電話：(02)2737-7523

- 2、工程技術研究發展司：鄭錦燦助理研究員，電話：(02)2737-7528
- 3、生命科學研究發展司：鄭晴博士，電話：(02)2737-7195
- 4、人文及社會科學研究發展司：謝易儒助理研究員，電話：(02)2737-7551
- 5、科教發展及國際合作司：楊紫菱副研究員，電話：(02)2737-7555

(二)有關電腦操作問題，請洽本部資訊系統服務專線，電話：0800-212-058，(02) 2737-7590、7591、7592。

六、訊息相關網址：<https://goo.gl/AX7Aw2>

七、計畫申請截止日：106年01月06日

\* 本部106年度特約研究計畫補助案，自即日起接受申請，請於106年1月6日（星期五）前函送本部，逾期不予受理。

- 一、依本部補助特約研究人員從事特約研究計畫作業要點規定辦理，申請機構及計畫主持人務必先行詳閱各項規定。
- 二、申請機構請於申請名冊備註欄內註明計畫主持人獲得本部傑出研究獎之年度，以利作業。
- 三、本計畫之執行期程自106年8月1日開始。

- 四、本計畫申請案全面實施線上申請，各類書表請務必至本部網站(<https://www.most.gov.tw>)進入「學術研發服務網」製作。
- 五、檢附本部補助特約研究人員從事特約研究計畫作業要點1份。
- 六、本案聯絡人：
- (一)相關計畫內容如有疑問，請洽本部綜合規劃司：  
電話：(02) 2737-7980、7435、7440、7567、7568、8010。
- (二)有關電腦操作問題，請洽本部資訊系統服務專線，  
電話：0800-212-058，(02) 2737-7590、7591、7592。
- 七、訊息相關網址：<https://goo.gl/FGkLVZ>
- 八、計畫申請截止日：106年1月06日

\* 本部106年度優秀年輕學者研究計畫補助案，自即日起接受申請，請於106年1月6日（星期五）前函送本部，逾期不予受理。

- 
- 一、申請機構及計畫主持人務必先行詳閱本計畫徵求公告各項規定。
- 二、本計畫之執行期程自106年8月1日開始。
- 三、本計畫申請案全面實施線上申請，各類書表請務必至本部網站(<https://www.most.gov.tw>)進入「學術研發服務網」製作。

- 四、檢附 106 年度補助優秀年輕學者研究計畫徵求公告 1 份。  
五、本案聯絡人：

- (一) 相關計畫內容如有疑問，請洽本部各領域聯絡人：
- 1、自然科學及永續研究發展司：陳慧真博士，電話：(02)2737-7445
  - 2、工程技術研究發展司：莊慶安副研究員，電話：(02)2737-7372
  - 3、生命科學研究發展司：戴妃萍研究員，電話：(02)2737-7543
  - 4、人文及社會科學研究發展司：楊李榮副研究員，電話：(02)2737-7549
  - 5、科教發展及國際合作司：許妙行助理研究員，電話：(02)2737-7035

- (二) 有關電腦操作問題，請洽本部資訊系統服務專線，電話：0800-212-058、(02) 2737-7590、7591、7592

- 六、訊息相關網址：<https://goo.gl/CBHLxj>  
七、計畫申請截止日：106 年 1 月 06 日

\* 本部106年度專題研究計畫補助案，自即日起接受申請，請於106年1月6日（星期五）前函送本部，逾期不予受理。

- 一、依本部補助專題研究計畫作業要點規定辦理，申請機構及計畫主持人務必先行詳閱各項規定。
- 二、本專題研究計畫之執行期限自 106 年 8 月 1 日開始。
- 三、申請本部人文及社會科學研究發展司之專題研究計畫若欲延攬博士後研究人員，請務必依本部補助延攬人文學及社會科學類博士後研究人員試行要點規定之時程，另案提出申請。
- 四、申請機構應切實審查計畫主持人之資格條件，並於申請名冊之備註欄內逐案確認計畫主持人資格，符合者始得將其申請案彙整送出，並連同計畫主持人資格切結書經

有關人員核章後，備函向本部提出申請。

- 五、**106** 年度專題研究計畫申請案全面實施線上申請，各類書表請務必至本部網站（<http://www.most.gov.tw>）進入「學術研發服務網」製作。
- 六、有關本部補助專題研究計畫作業要點、專題研究計畫申請書、專題研究計畫 WWW 線上申請作業使用注意事項、**106** 年度補助專題研究計畫申請名冊（空白表）及計畫主持人資格切結書（空白表）等相關文件，請至本部網站首頁—「專題研究計畫專區」下載使用。（網址：<https://goo.gl/8BPgbD>）
- 七、本案聯絡人：
  - （一）有關電腦操作問題，請洽本部資訊系統服務專線，電話：**0800-212-058**、**(02) 2737-7592**。
  - （二）相關規定如有疑義，請洽本部綜合規劃司，電話：**(02) 2737-7980、7435、7440、7567、7568、8010**。
- 八、訊息相關網址：<https://goo.gl/hUKJRQ>
- 九、計畫申請截止日：**106** 年 1 月 06 日

\* 公告徵求**2017**年臺德(MOST-DAAD)青年暑期營計畫 (Summer Institute Programme)。

本交流計畫重點在於提供雙方年輕研究人員實作的機會。我方赴德學員重點在於瞭解德國學術研究環境，及赴德國大學與研究機構（例如馬克斯普朗克 (Max Planck)、亥姆霍茲 (Helmholtz)、弗勞恩霍夫 (Fraunhofer) 及萊布尼茲 (Leibniz) 及其他機構等）進行研究。參加研習學員須有良好的英文溝通能力，並為就讀非人文社會領域之研究生。

本計畫補助研習學員須為在學之碩、博士班學生，**2017** 年暑期赴德期間必須擁有國內學籍。擬於 **2017** 年畢業之研究生，請務必瞭解校方相關規定，確認研習期間仍有學籍後，再提出申請。

請詳閱公告申請說明，並於 106 年 1 月 16 日前，經申請機構（學校）備函送科技部提出申請。

訊息相關網址：<https://goo.gl/wNjgSe>

計畫申請截止日：106 年 1 月 16 日

## 產學消息

### \* 經濟部技術處「鼓勵中小企業開發新技術計畫」(SBIR)

一、SBIR計畫就是「小型企業創新研發計畫 (Small Business Innovation Research)」，它是經濟部為鼓勵國內中小企業加強創新技術或產品的研發，依據「經濟部促進企業開發產業技術辦法」所訂定的計畫，期望能以此協助國內中小企業創新研發，加速提升中小企業之產業競爭力，以迎接面臨之挑戰。

二、申請資格：依公司法設立之中小企業

三、受理期間：計畫為政府持續推動與支持之計畫，廠商可隨時提出申請，並無特定的申請截止日期

四、相關聯結：<http://goo.gl/TqaNG0>

### \* 經濟部工業局「主導性新產品開發輔導計畫」

一、政府為鼓勵民營事業研究開發主導性新產品，發展高科技之新興產業，提升技術層次，調整工業結構，提高國際競爭力，促進經濟成長，依據行政院「加速製造業升級及投資方案」第三項措施「加速資本及技術

密集工業之發展」，訂定「主導性新產品開發輔導辦法」，以提供研究開發補助經費方式，鼓勵國內新興高科技工業具有研究發展潛力之廠商，參與本項輔導計畫。

二、申請資格：依公司法設立之公司(詳細資格條件請參閱網站)

三、受理期間：計畫為政府持續推動與支持之計畫，廠商可隨時提出申請，並無特定的申請截止日期

四、相關聯結：<http://outstanding.itnet.org.tw/>

## \* 經濟部技術處「A+企業創新專案」相關計畫

一、為鼓勵企業從事技術創新及應用研究，建立研發能量與制度，經濟部開放企業界申請「業界科專」計畫，藉以政府的部分經費補助，降低企業研發創新之風險與成本，且研發成果歸廠商所有，以積極鼓勵業者投入產業技術研發工作，在業界提出申請及執行計畫過程中，輔導業界建立研發管理制度、強化研發組織、培育及運用科技人才、誘發廠商自主研發投入與後續投資，並促進產、學、研之間的交流與合作，健全業界整體發展能力，達到政府「藏技於民」的美意。

二、申請資格：依公司法設立之本公司或從事與創新服務研究發展活動相關具稅籍登記之事務所及醫療法人、財務健全、其專業團隊具從事提供知識之創造、流通

或加值之工作經驗且有實績者，均可提出計畫申請。

三、受理期間：計畫為政府持續推動與支持之計畫，廠商可隨時提出申請，並無特定的申請截止日期

四、相關聯結：<http://aiip.tdp.org.tw/index.php>

## \* 經濟部工業局「協助傳統產業技術開發計畫」(CITD)

一、為落實照顧傳統產業政策，經濟部工業局度積極透過「協助傳統產業技術開發計畫」，將近投入新台幣4億元，協助並鼓勵傳統產業進行新產品開發、產品設計及聯合開發，預計將嘉惠290家以上傳統產業業者，提升其競爭力。

二、申請資格：須為民間傳統產業業者(詳細資格條件請參閱網站)

三、受理期間：每年兩次，約為12月～隔年1月、4月～5月

四、相關聯結：<http://www.citd.moeaidb.gov.tw/CITDweb/Web/Default.aspx>

## \* 經濟部「學界協助中小企業科技關懷計畫」

一、旨在鼓勵更多中小企業投入產業技術研發，透過「認養計畫」之推動，由國內大專院校之學者專家擔任中小企業的短期顧問，協助廠商標定問題並進行技術諮詢與服務。

## 二、申請資格：

- 參與專家資格：全國各公私立大專院校任教之現職專任教師。
- 參與廠商資格：依法辦理公司登記或商業登記且符合「中小企業認定標準」之公司或企業。

三、受理期間：本計畫採逐月審查，分個案及專案計畫，額滿為止。受理期間為2~3月。

四、相關聯結：<http://sita.stars.org.tw/index.aspx>

## \* 高雄市政府「地方產業創新研發推動計畫」（高雄市政府地方型SBIR）

一、為協助各直轄市、縣(市)政府，經濟部特配合匡列相對經費，俾利各直轄市、縣(市)政府擁有加倍之經費得以辦理地方特色產業創新研發計畫之推動，帶動中小企業積極投入地方特色產業之研發，而提升具地方特色產業聚落創新研發之能量，以鼓勵中小企業創新研發之政策得以在地方紮根。基此，特規劃由各直轄市、縣(市)政府辦理「地方產業創新研發推動計畫」（地方型SBIR）。

二、申請資格：依公司法設立之中小企業，且其本公司住所設於高雄市並取得高雄市政府核發之營利事業登記證者；或依法取得高雄市政府核發工廠登記證之工

廠。(詳細資格條件請參閱網站)

三、受理期間：約為每年4~6月（依網站公告為主）

四、相關聯結：<http://96kuas.kcg.gov.tw/sbir/main.php>

## \* 屏東縣政府「地方產業創新研發推動計畫」（屏東縣政府地方型SBIR）

一、為協助各直轄市、縣(市)政府，經濟部特配合匡列相對經費，俾利各直轄市、縣(市)政府擁有加倍之經費得以辦理地方特色產業創新研發計畫之推動，帶動中小企業積極投入地方特色產業之研發，而提升具地方特色產業聚落創新研發之能量，以鼓勵中小企業創新研發之政策得以在地方紮根。基此，特規劃由各直轄市、縣(市)政府辦理「地方產業創新研發推動計畫」（地方型SBIR）。

二、申請資格：依公司法設立之中小企業，且其本公司住所設於高雄市並取得高雄市政府核發之營利事業登記證者；或依法取得高雄市政府核發工廠登記證之工廠。(詳細資格條件請參閱網站)

三、受理期間：約為每年4~6月（依網站公告為主）

四、相關聯結：<http://www.ptsbir.org.tw/>

## \* 科技部「補助產學合作研究計畫」

一、整併原有的大產學、小產學及數位產學相關補助要點，並建構產業需求導向之產學合作模式，以整合運用研發資源，發揮大學及研究機構之研發力量，以期能透過產學的團隊合作與相互回饋的機制，提升國內科技研發的競爭力。分為「先導型」、「應用型」及「開發型」計畫。

### 二、申請資格：

- 申請機構（以下稱計畫執行機構）：係指公私立大專校院、公立研究機構及經本會認可之財團法人學術研究機構。
- 合作企業：係指依我國相關法律設立之獨資事業、合夥事業及公司，或以營利為目的，依照外國法律組織登記，並經中華民國政府認許，在中華民國境內營業之公司，並以全程參與本會產學合作研究計畫為原則。

### 三、受理期間：

- 先導型產學合作計畫，申請日期約為每年2月。
- 應用型產學合作計畫，申請日期約為2月及5月。
- 開發型產學合作計畫，申請日期約為2月、5月及10月。

### 四、相關聯結：<https://goo.gl/L6NdjM>

## \* 科技部「前瞻技術產學合作計畫（產學大聯盟）」

一、為引導學界研發能量投入產業界，協助產業升級，本會特與經濟部共同推動補助「前瞻技術產學合作計畫」，以鼓勵國內企業籌組聯盟，有效縮小產學落差，促使大專校院及學術研究機構與國內企業共同投入前瞻技術研發，以強化關鍵專利布局、產業標準建立或系統整合，並協助國內企業進 長期關鍵技術研發人才培育。

### 二、申請資格：

- 申請機構必須為國內公私立大專院校及公立研究機構，或經本會認可之財團法人學術研究機構及醫療社團法人學術研究機構。
- 申請人須符合「科技部補助專題研究計畫作業要點」規定之計畫主持人資格。

### 三、受理期間：

- 每年2月左右。

### 四、相關聯結：<https://goo.gl/H1kYmt>

## \* 行政院勞工委員會職業訓練局「補助大專校院辦理就業學程實施計畫」

- 一、由申請補助單位運用既有制度或課程，結合「業界實務課程與講座」、「職場體驗」及「職涯相關教育」等面向，針對特定職能所設計之整合性課程。各項訓練內容學科數由申請補助單位自行規劃，並決定是否計入必修或選修學分。
- 二、申請資格：台灣地區依中華民國大學法設立之公私立大學
- 三、受理期間：每年1~3月
- 四、相關聯結：<https://goo.gl/9HaLmX>

## \* 教育部「大專畢業生創業服務計畫」

- 一、為縮短大專校院學生畢業與就業間連結之平台落差，建立產學合作創業就業機制，結合各部會產業發展之資源，引導大專校院學生就業機會，實施大專畢業生創業服務計畫。
- 二、申請資格：
  - 設有育成單位之公私立大專校院。
  - 創業團隊由各大專校院畢業生至少三人組成，其中應有三分之二以上成員為近三學年度(應屆及前二學年度)畢業生，每人限參與一組團隊，且各團隊之代表

人應為近三學年度畢業者。(團隊及團員未曾接受本計畫之補助)

三、受理期間：每年5~6月

四、相關聯結：<http://ustart.yda.gov.tw/bin/home.php>





## 義守大學 研究發展處

84001 高雄市大樹區學城路一段1號

電話：07-657-7711

傳真：07-657-7471

Mail : research@isu.edu.tw

## 義大醫院 醫學研究部醫學教育部

82445 高雄市燕巢區角宿里義大路1號

電話：07-615-0011

傳真：07-615-5352

Mail : ed109319@edah.org.tw

ed100075@edah.org.tw

**發行人：** 蕭介夫 校長

杜元坤 院長

**總編輯：** 林麗娟 副校長

楊生滿 副院長

陳立軒 研發長

沈德村 行政長

**編輯部：** 張慧柔組長、朱堃誠組長、

許世宏先生

陳素婷課長、黃湘婷小姐、

陳麗芬小姐

