

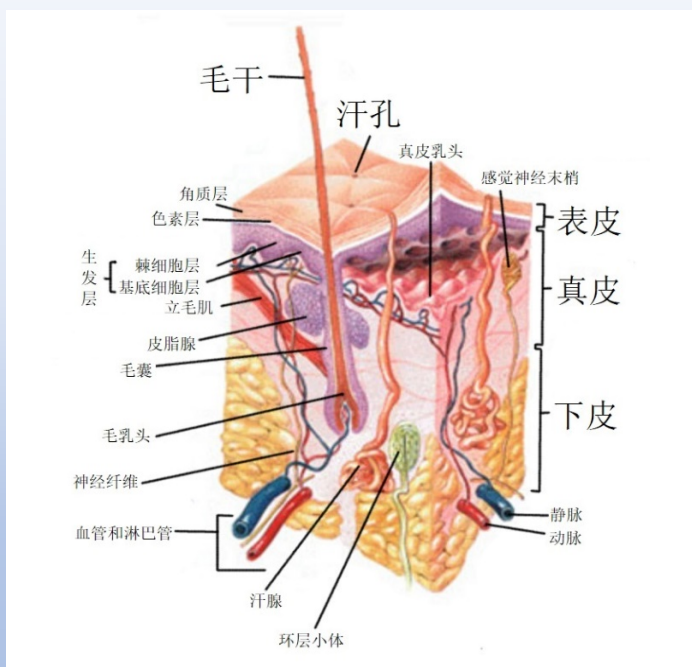
互穿聚合物網絡水凝膠敷料 (IPN Hydrogels Dressing)

組員：廖姿硯、林雅嫻、張善羽、李雅綸

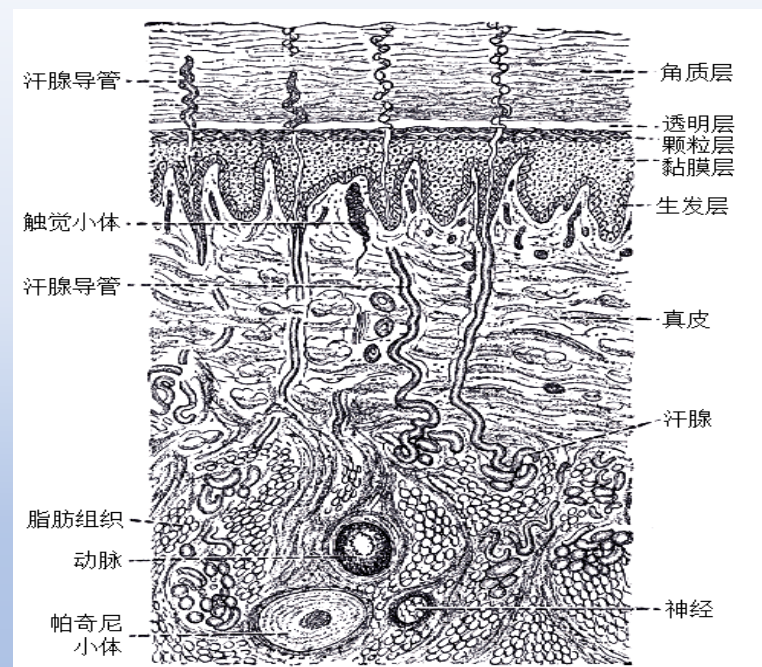
指導老師：林鴻儒

人體皮膚結構(Skin structure)

- 皮膚可分為**表皮**、**真皮**與**皮下**組織三部分，具有保護、吸收、感覺、體溫調節、代謝與排泄等六大功能。
- 表皮是由皮膚最外層組織所組成，是**身體表面的保護層**，可以**維持體內的水份**，並且避免致病原進入體內。**基底膜**為表皮和真皮之間被一層薄的纖維層分隔，是由表皮和真皮之間的作用而形成。
- 真皮是皮膚中位在表皮以下的組織，由結締組織組成，可以**緩衝身體受到的壓力及應變**。



人類的皮膚



皮膚的示意性截面圖(真皮在中間位置)

傷口分類介紹(Wound classification)

- 定義:皮膚組織的完整性受到破壞。
- 依傷口癒合的時間可分為一**急性傷口**及**慢性傷口**。

表1 傷口可依顏色判斷處理方式

傷口種類	狀態	外觀	治療方法
黑色傷口	壞死組織	外觀軟濕或乾硬	通常需要清創，若為感染性傷口需抗生素治療
黃色傷口	腐肉、感染	外觀黃或白，滲液黃白或黃綠	需要去除腐肉、抗生素治療與滲液控制
紅色傷口	健康肉芽組織	乾淨或正在癒合傷口	需要滲液管理及最低限度的濕潤環境；可覆蓋 水膠體敷料 (人工皮)降低傷口發炎機率
粉色傷口	上皮組織/表皮化	呈現透明珍珠粉紅色	避免摩擦與修剪；可覆蓋 水膠體敷料 (人工皮)幫助傷口癒合

傷口敷料介紹(Wound dressing)

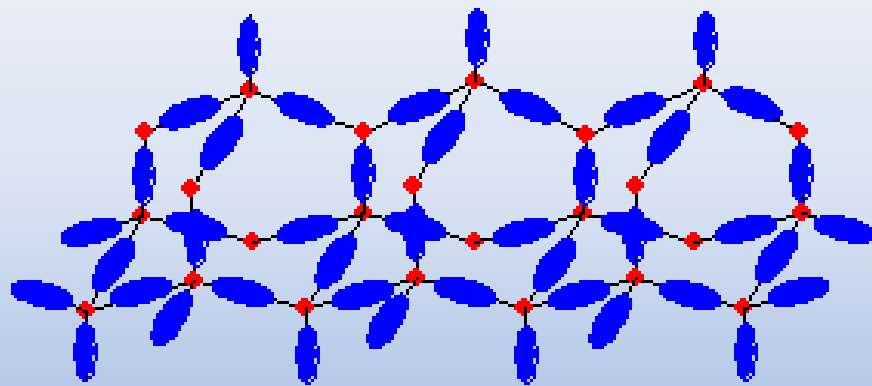
- 傷口敷料的目的是創造一個**有助於傷口癒合的環境**。
- **濕性敷料(moist wound dressings)**對於傷口可以提供一個較為濕潤的環境，此類主要有水膠體敷料(Hydrocolloids)、藻類敷料(Alginates Hydrofibers)、泡沫敷料(Foam)、**凝膠敷料(Hydrogels)**及薄膜敷料(Film)。
- **抗菌敷料(antimicrobial dressings)**主要是利用干擾微生物(如:細菌、酵母菌或類菌體)，抑制其生長和繁殖，達到減少傷口感染的機會。

表2 傷口敷料的演變

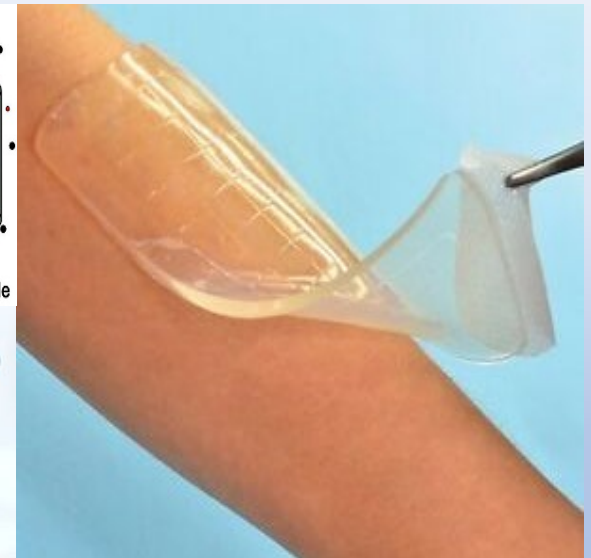
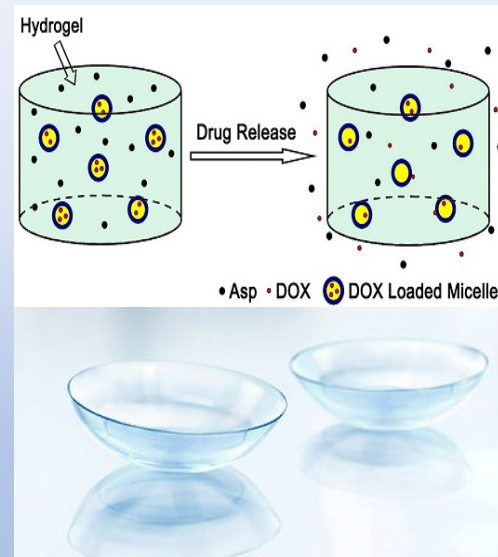
敷料類型	種類	功效
傳統敷料	天然紗布/合成纖維	覆蓋傷口和吸收滲液 為傷口提供有限的保護作用
新型敷料	水凝膠 /水膠體敷料/藻類敷料 /泡沫敷料	敷料與傷口間存在相互作用，如吸收滲液、允許氣體交換， 為癒合創造理想環境 防止外環境微生物侵入，預防傷口發炎

水凝膠(Hydrogels)

- 水凝膠(Hydrogels) 具有**網狀交聯結構**，水溶性高分子中引入一部份親水基與水分子結合，將水分子連結在網狀內部，而親水殘基遇水膨脹的交聯聚合物則是一種高分子網路體系，性質柔軟，能保持一定的形狀，也能吸收大量的水。
- 水凝膠已被指示為治療表面和深層傷口的敷料成分。

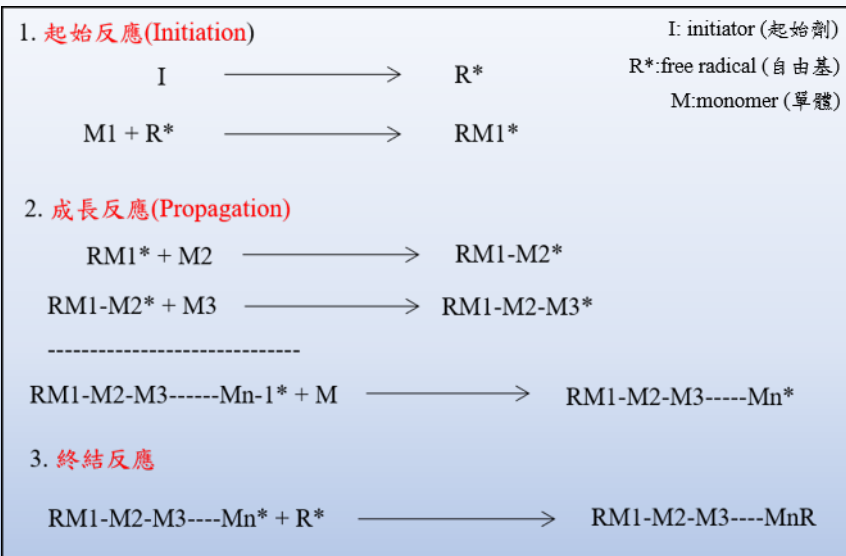


three dimensional network

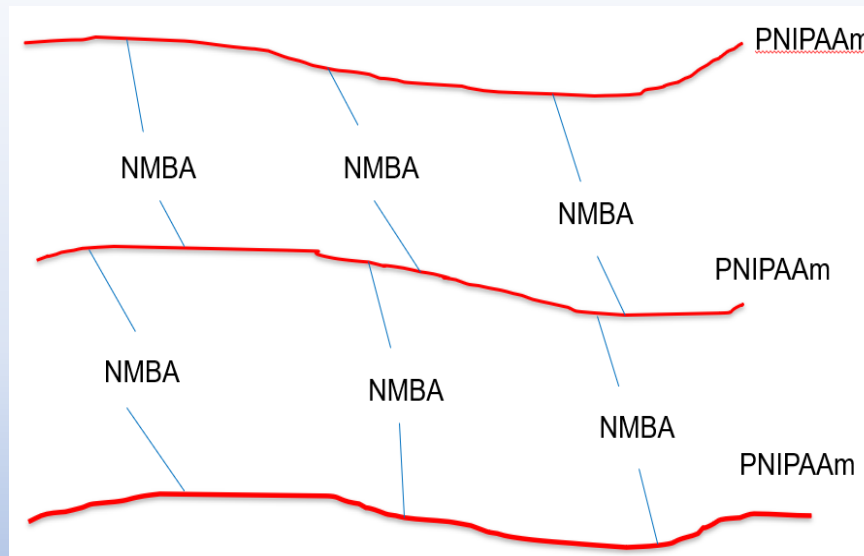


聚(*N*-異丙基丙烯醯胺)水凝膠(PNIPAAm Hydrogels)

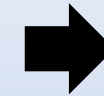
- NIPAAm(單體)會與APS(起始劑)裡的自由基產生聚合反應，形成PNIPAAm，接著再與NMBA(交聯劑)發生交聯反應，最後形成PNIPAAm水凝膠。



自由基的聚合反應

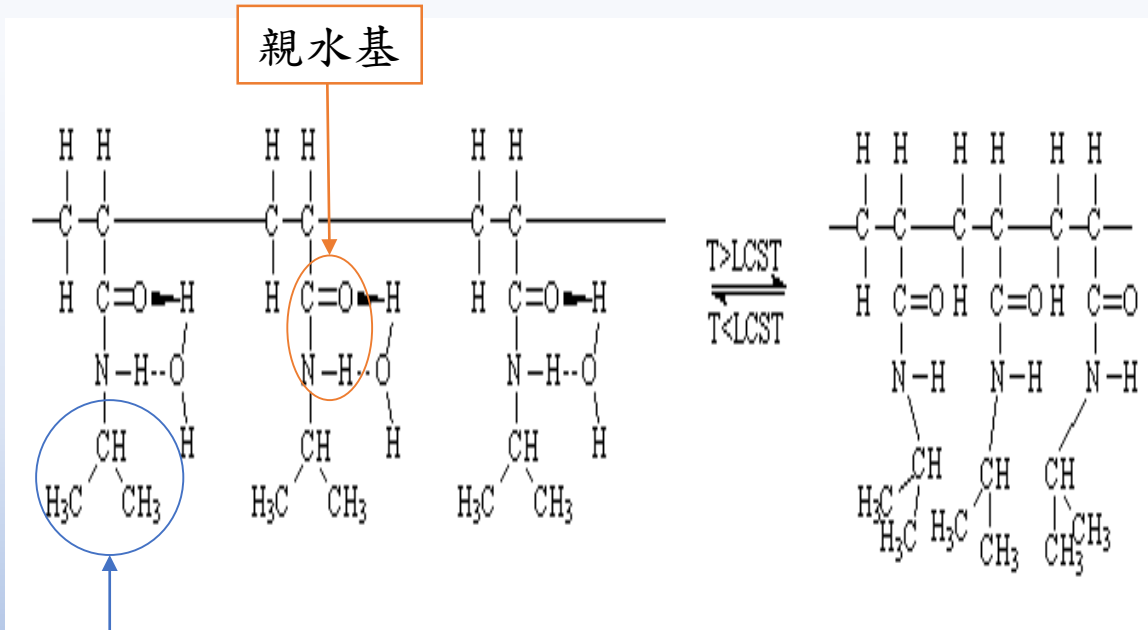


交聯反應，又稱架橋反應，分子鏈間以NMBA作交聯，形成三維網狀結構。



聚(*N*-異丙基丙烯醯胺)水凝膠(PNIPAAm Hydrogels)

- 聚(*N*-異丙基丙烯醯胺)(PNIPAAm)是製備溫度敏感型水凝膠最廣泛使用的聚合物之一。它具有較低的臨界溶液溫度(LCST)為32°C，接近人體溫度。



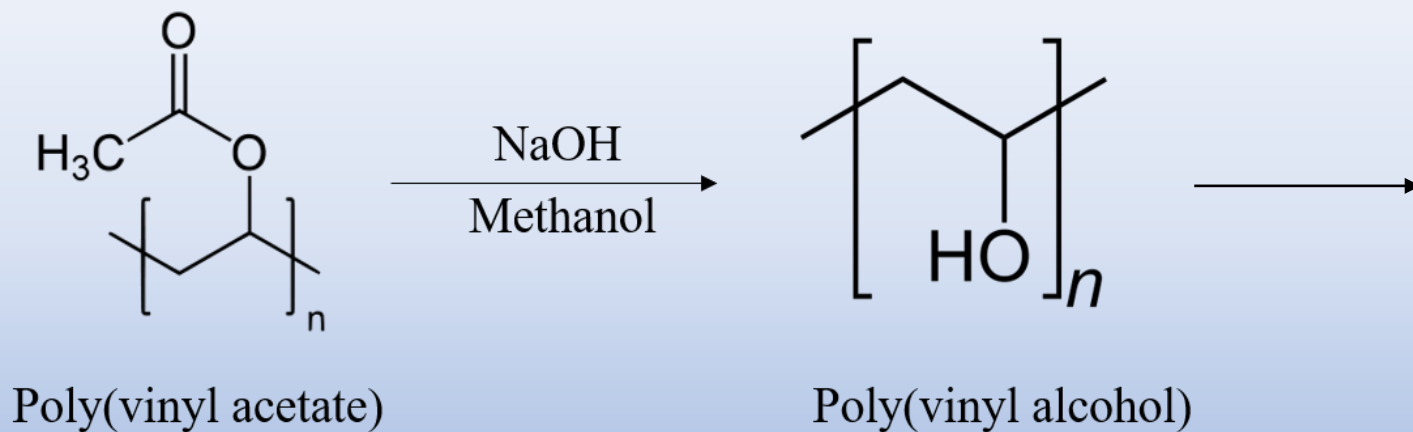
NIPAAm結構於臨界溶液溫度(LCST)變化示意圖



NIPAAm水凝膠會受溫度影響
低於相轉移溫度(LCST)之膠體狀況(左)
高於相轉移溫度(LCST)之膠體狀況(右)
兩狀況可逆

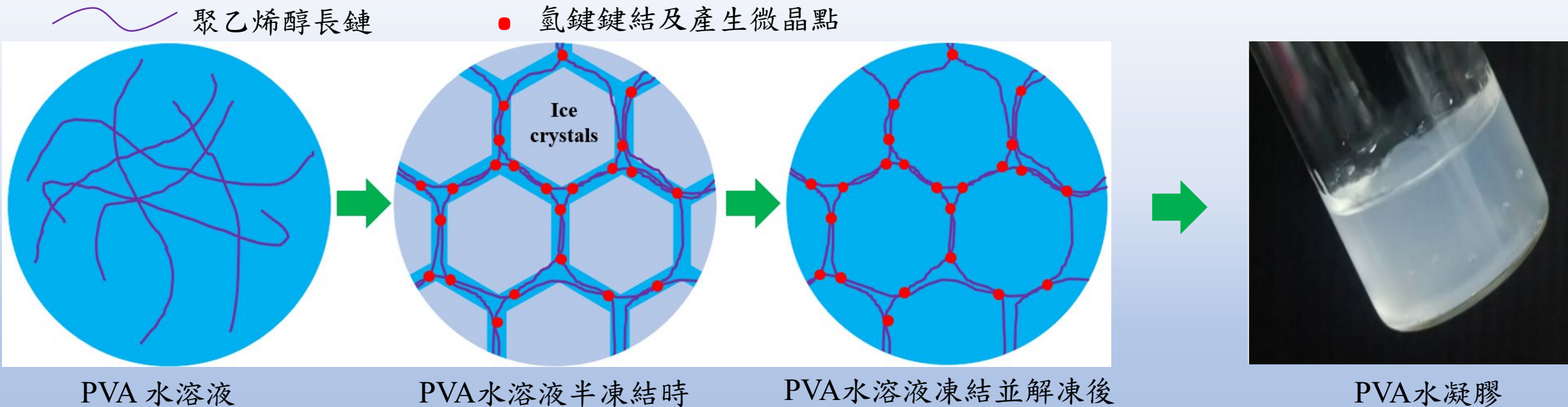
聚乙醇醇(Polyvinyl alcohol)

- 聚乙醇醇具有溫度、pH 和化學物質等感應的特性。本身是由重複的乙醇醇單元組合而成的聚合物，但由於乙醇醇單體本身的不穩定性使聚乙醇醇無法從乙醇醇單體中製取，而由聚醋酸乙醇醇於鹼性作用(醇解反應)下與甲醇反應製得。



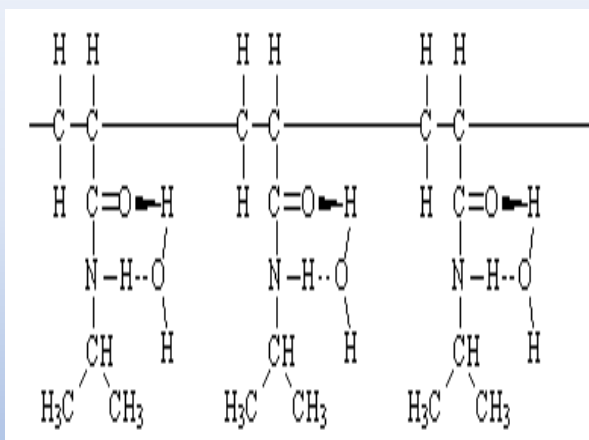
聚乙 烯醇水凝膠(Polyvinyl alcohol Hydrogels)

- 凍融循環法所製備的水凝膠是透過分子間氫鍵和微晶區間之交聯點形成三維網狀結構。
- 將聚乙 烯醇水溶液置於 -20°C 以下的環境使其結凍並於一段時間後取出，將結凍的聚乙 烯醇置於室溫下解凍並反覆結凍解凍的步驟，通過變更凍融次數可以大略控制結晶度或物理交聯度從而調整水凝膠的機械性能。

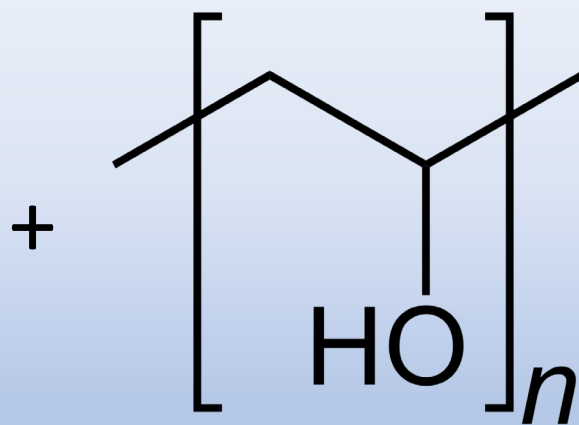


互穿聚合物網絡水凝膠(IPN Hydrogels)

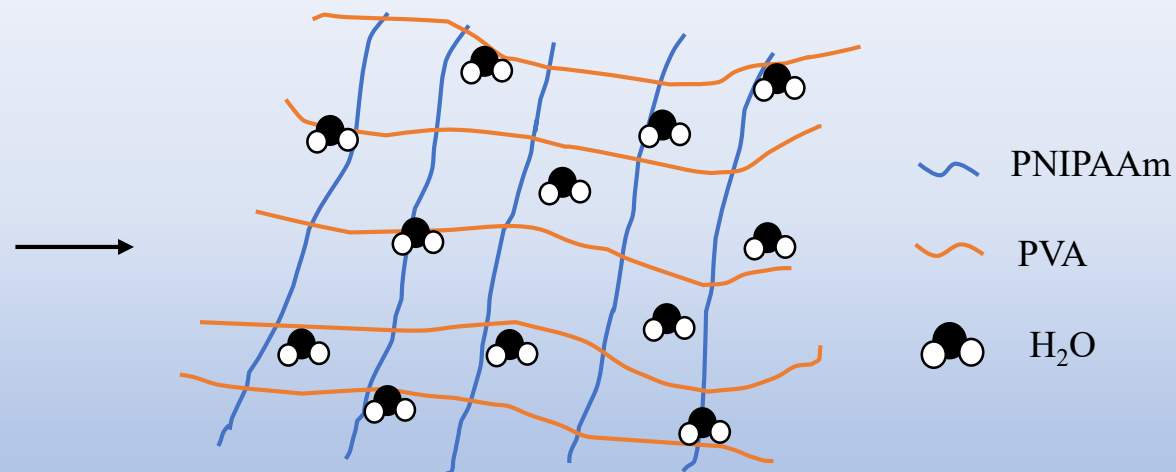
- PNIPAAm水凝膠其溫度敏感性高。
- PVA是一種水溶性親水聚合物，擁有優異的機械性能，生物相容性和無毒性。
- 為了使水凝膠變得更好，我們嘗試去結合PVA與PNIPAAm，使其同時擁有兩者的優點及特性。製作出的IPN水凝膠有PVA優異的機械性質，也有NIPAAm的臨界溶液溫度(LCST)，因此使得膠體呈現半透明狀。



PNIPAAm



Poly(vinyl alcohol)



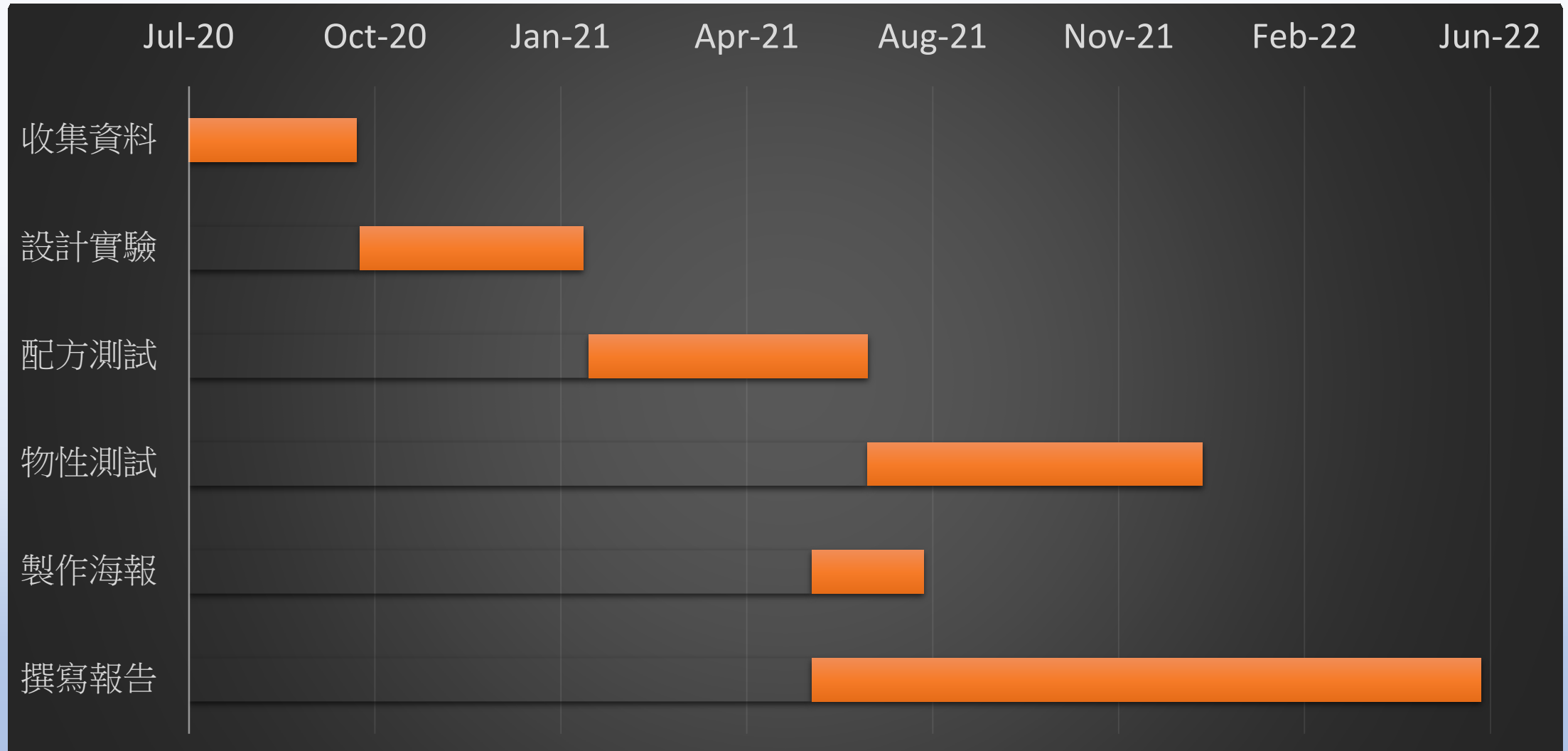
IPN Hydrogels

課堂應用 (Classroom application)

表3 課堂應用

學年	課程	應用
一年級	普通化學	NIPAAm擁有的臨界溶液溫度應用到了氫鍵與水分子的鍵結，以此來吸水膨潤；而異丙基具有疏水作用。
	材料技術實習	以自由基聚合反應製作PNIPAAm水凝膠，以及使用凍融法製作PVA水膠；使用簡易拉伸設備做拉伸物性測試。
二年級	有機化學	親水性與疏水性。 親水性 指分子能夠透過氫鍵和水分子形成短暫鍵結的物理性質； 疏水性 指的是一個分子與水互相排斥的物理性質。

研究排程(Research schedule)

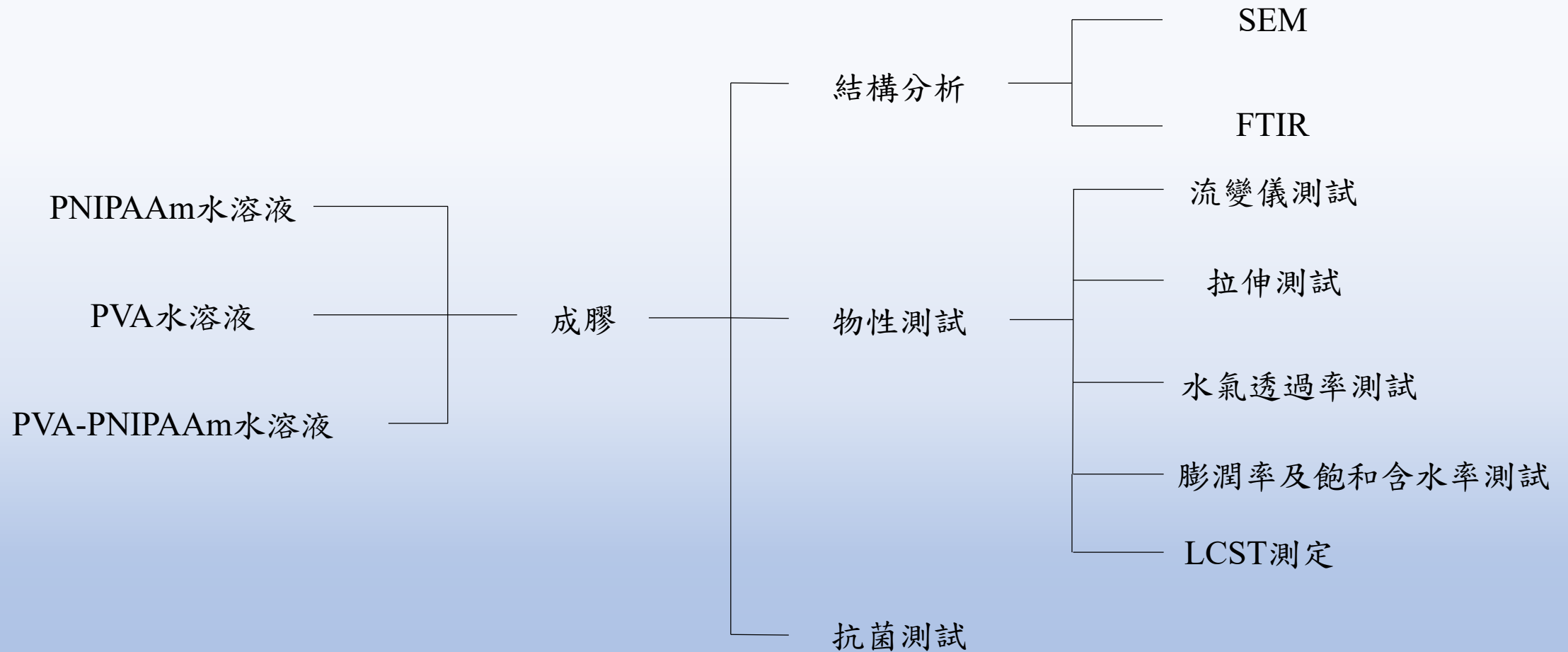


研究目標(Research goal)

- 膠體透明可觀察傷口
- 延展性佳
- 比較三種水凝膠之物性
 - PNIPAAm水凝膠
 - PVA水凝膠
 - IPN水凝膠
- 測試三者作為敷料何者較適合
 - PNIPAAm水凝膠
 - PVA水凝膠
 - IPN水凝膠
- 能運用於連續式水膠塗佈設備

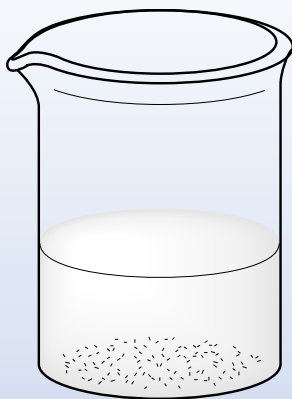


實驗流程(Experiment process)

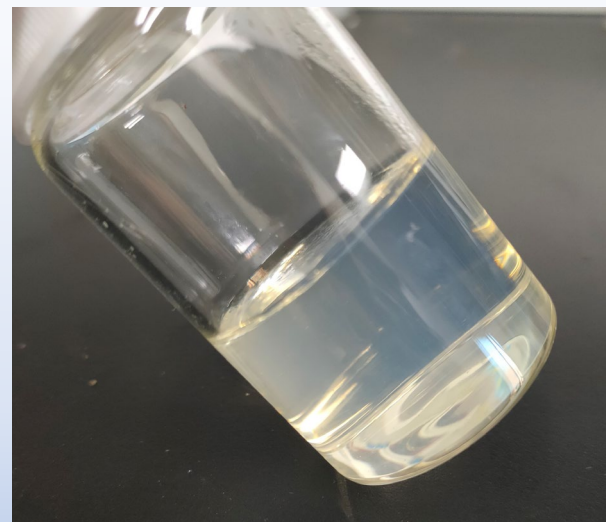


PNIPAAm水凝膠製備(Preparation for PNIPAAm Hydrogels)

NIPAAm + NMBA + APS
硼砂-硼酸緩衝液(SDS+C₁₈+NaCl)

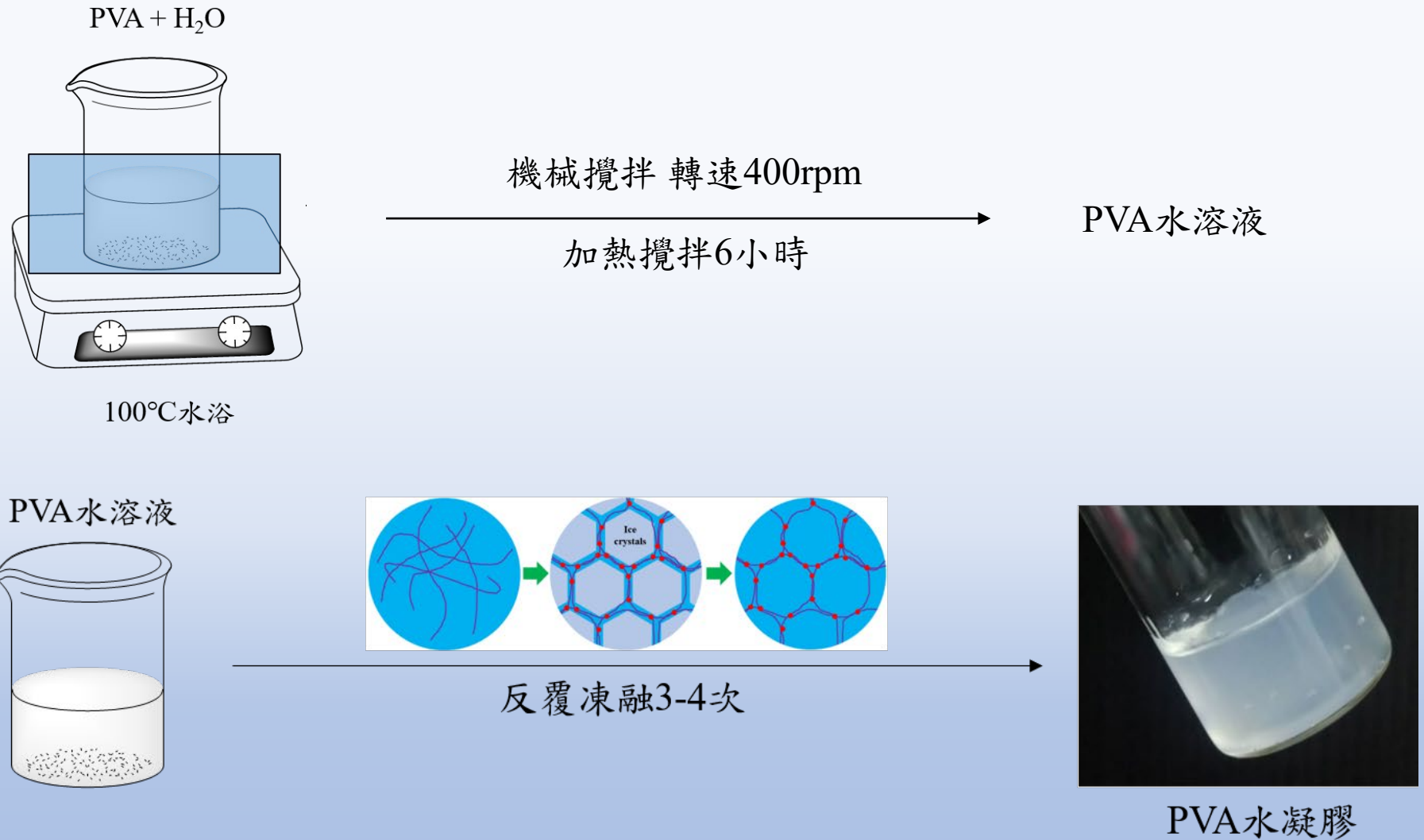


加入TEMED



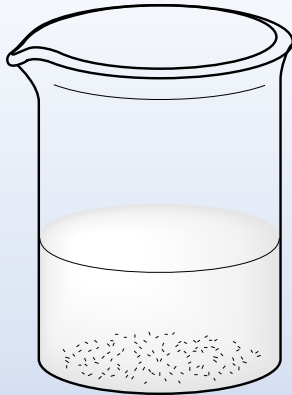
PNIPAAm水凝膠

Polyvinyl alcohol水凝膠製備(Preparation for PVA Hydrogels)



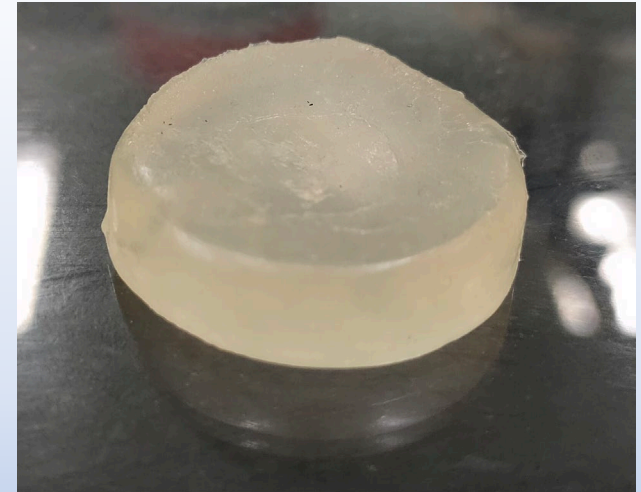
IPN水凝膠製備(Preparation for IPN Hydrogels)

PVA + NIPAAm + NMBA + APS+H₂O



加入TEMED

低溫冷藏兩天



IPN水凝膠

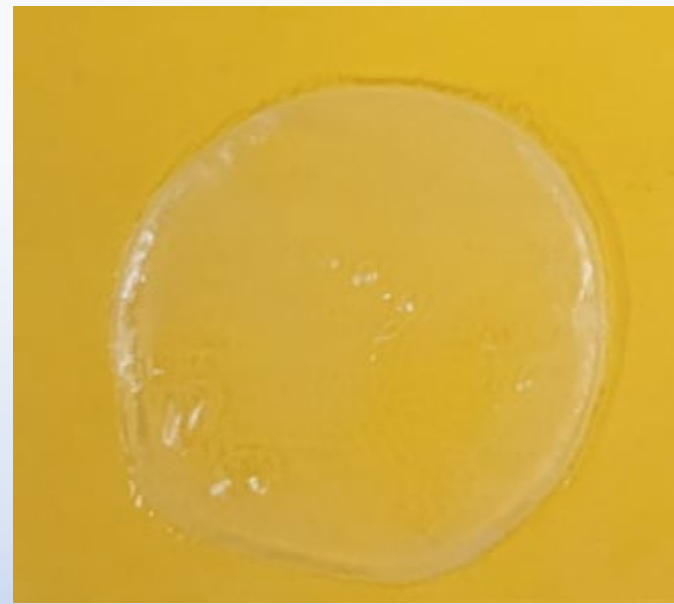
水凝膠樣品(Hydrogels Sample)



PNIPAAm水凝膠:室溫下呈透明狀，延展性佳



PVA水凝膠:室溫下呈透明狀，機械性質高



IPN水凝膠:室溫下呈半透明狀，機械性質高，受NIPAAm影響而容易變白

ATR分析 (ATR)

- 將水凝膠樣品烘乾
- 裁切成合適的大小
- 放入ATR中分析



PNIPAAm水凝膠樣品

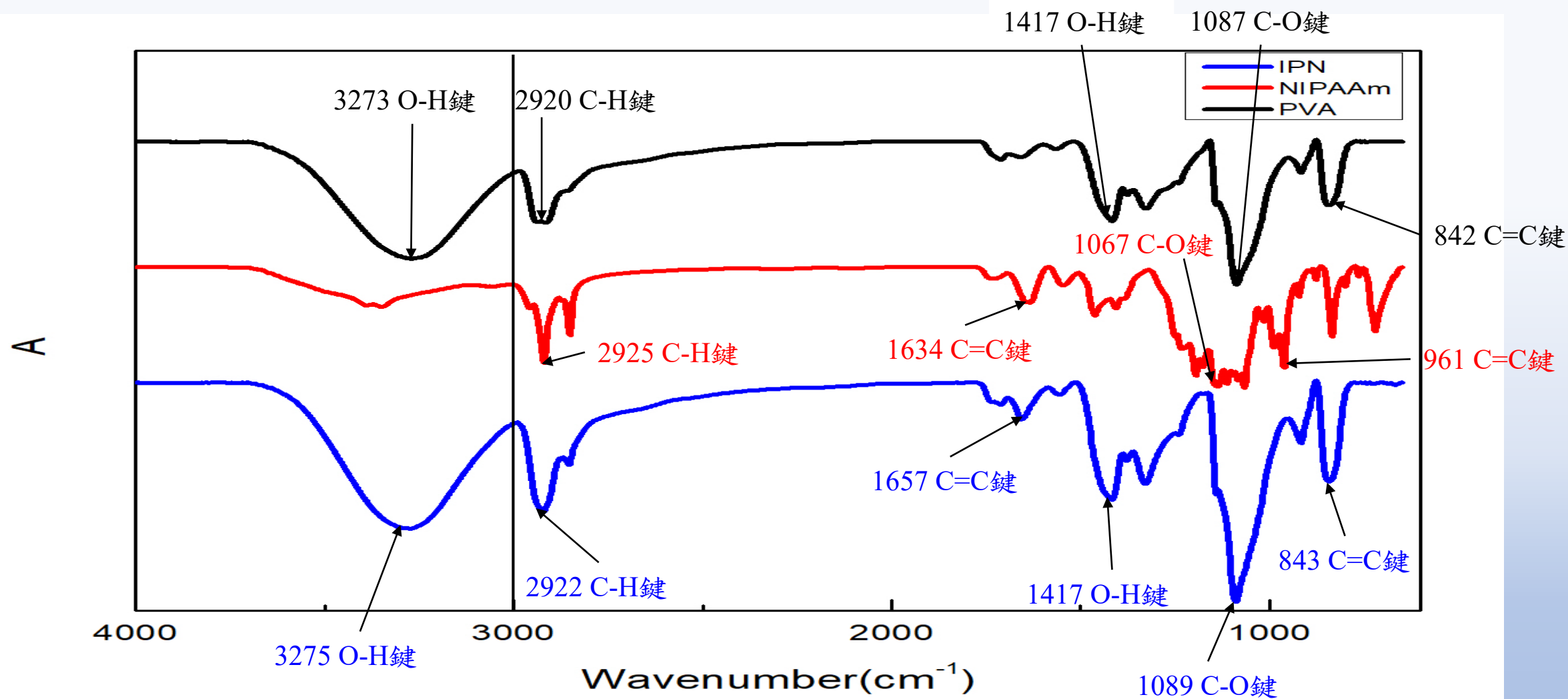


PVA水凝膠樣品



IPN水凝膠樣品

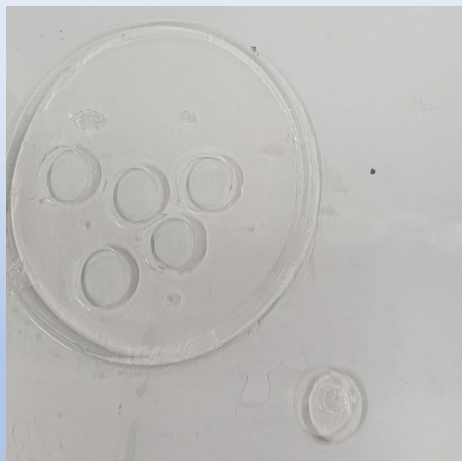
ATR分析數據(ATR analyze)



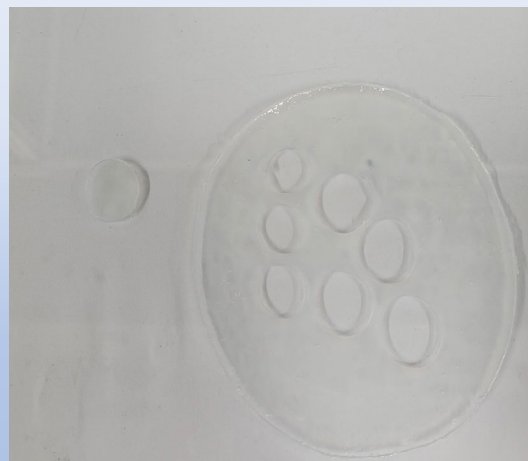
膨潤測試分析(Swelling test)

- 將製備而成的水膠裁切成適當大小秤重並記錄(W_0)
- 將秤重完之水膠置於樣本瓶後浸泡於RO水中
- 於設定好的時間取出水膠去除表面水分後並紀錄水膠之重量(W_t)
- 膨潤率公式: $(W_t - W_0) / W_0$

W_t : 吸水一定時間後之水膠重量 W_0 : 尚未吸水之水膠重量



PNIPAAm水凝膠樣品

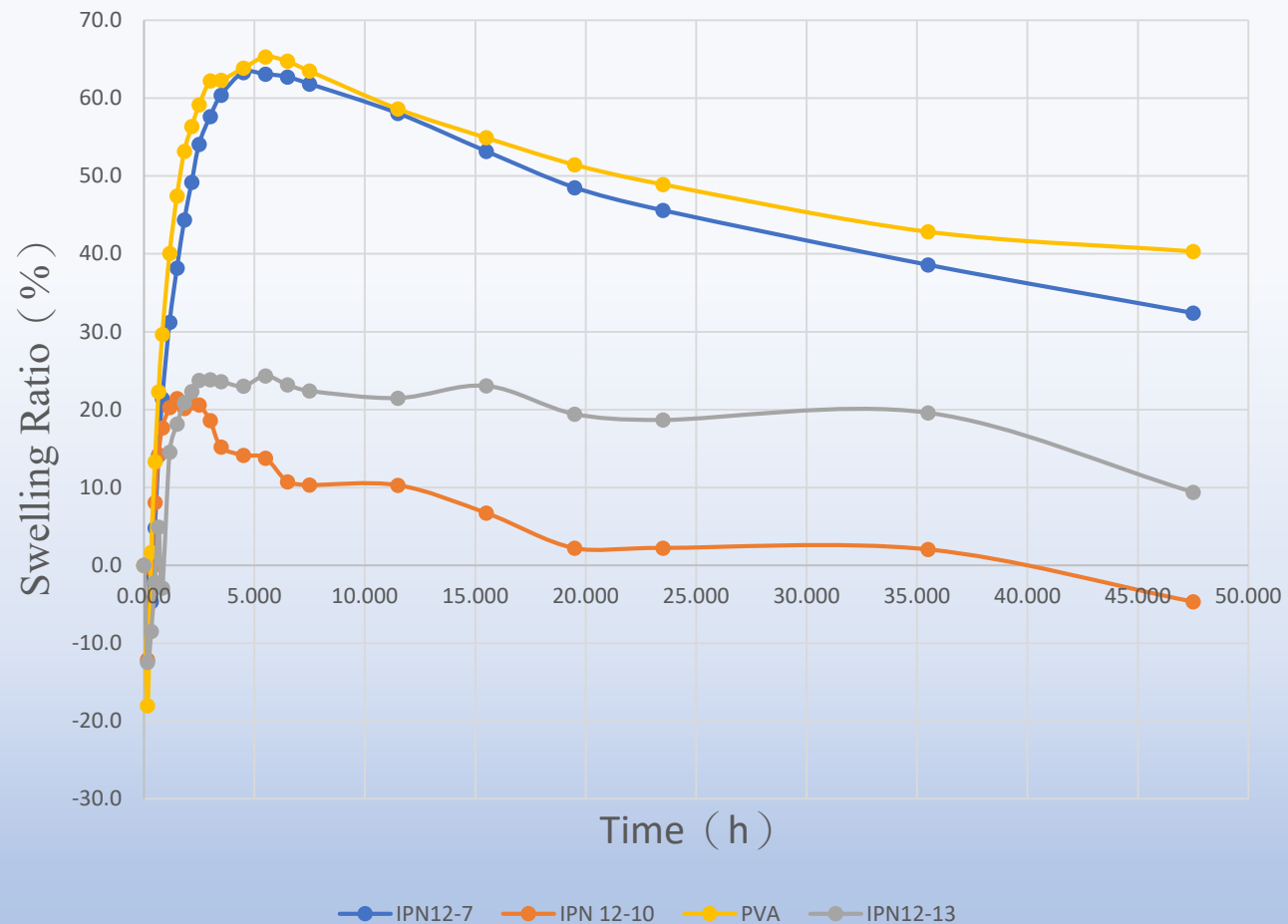
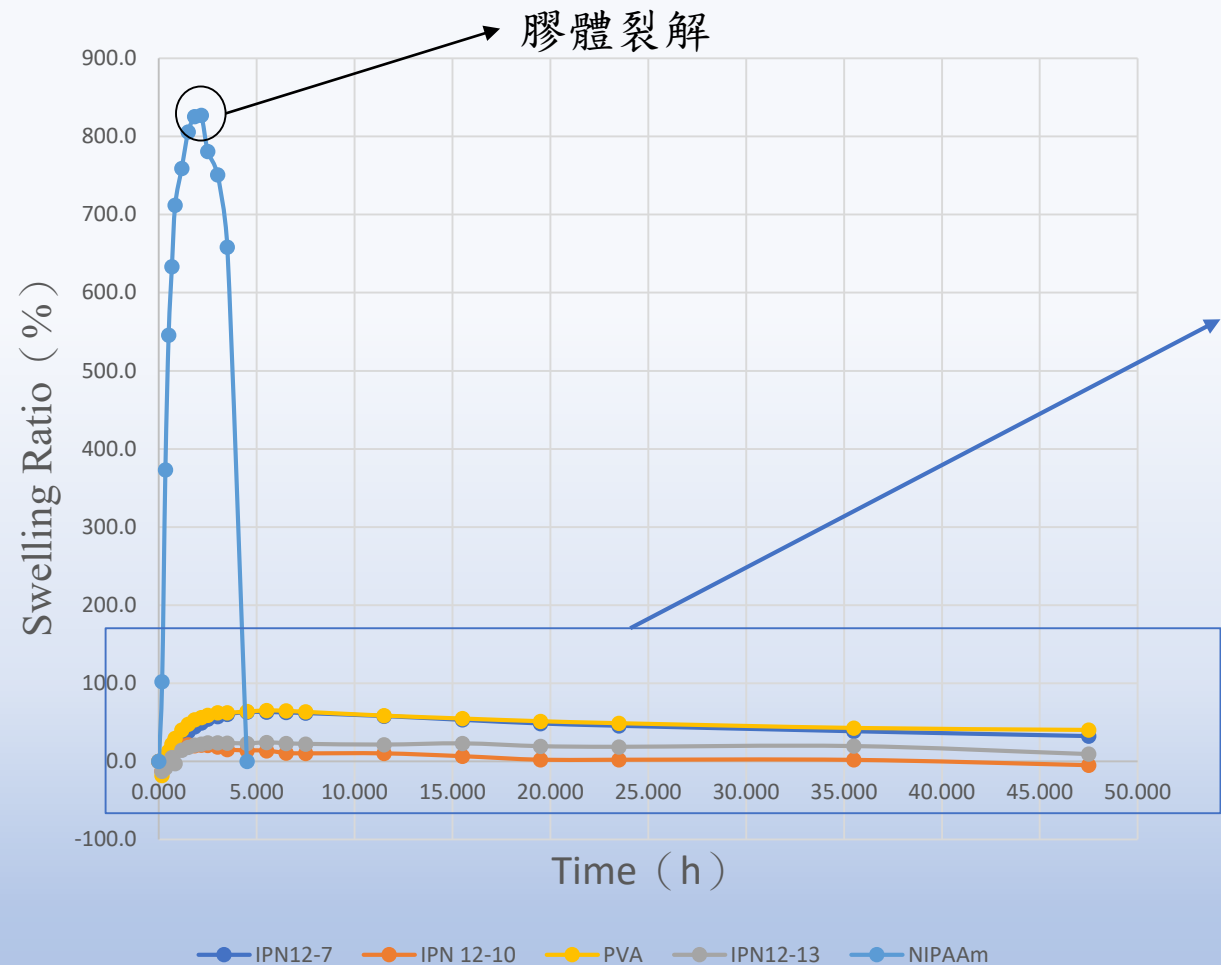


PVA水凝膠樣品



IPN水凝膠樣品

膨潤測試數據(Swelling test)



水氣透過率分析(Water vapor transmission rate)

- 將水凝膠裁切成相同大小及厚度的試片(n×3)
- 覆蓋在閃爍瓶瓶口上，蓋上蓋子
- 放入恆溫水槽內，於24小時內分配時間測量
- 水氣透過率公式: $WVTR = (W_o - W_f) / A * \text{day}$ (g/m²/day)

W_o ：為初始重； W_f ：吸水一定時間後之水膠重量；A為裝置瓶口面積

樣品位置



PNIPAAm水凝膠樣品



PVA水凝膠樣品



IPN水凝膠樣品

水氣透過率測試數據(Water vapor transmission rate test)

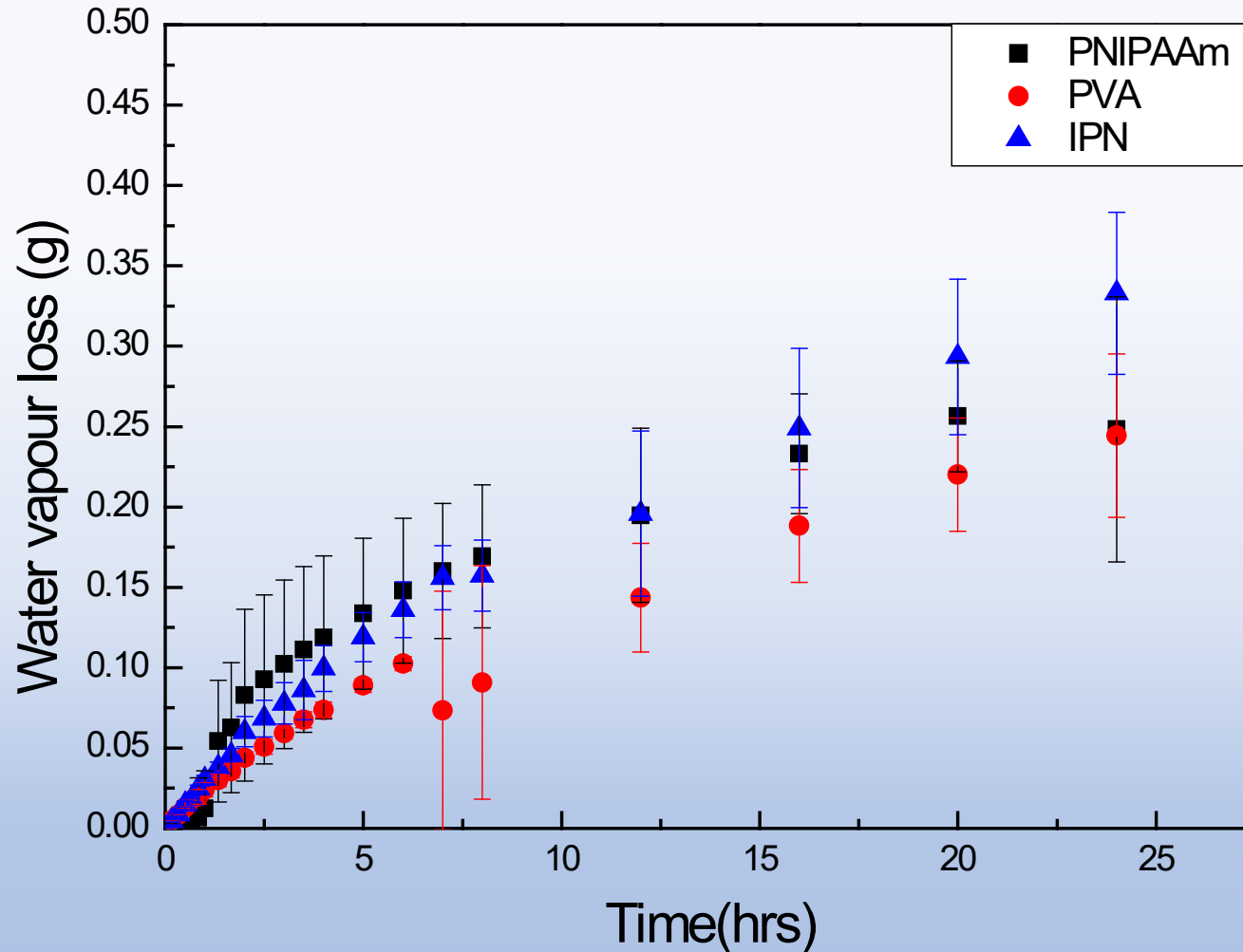
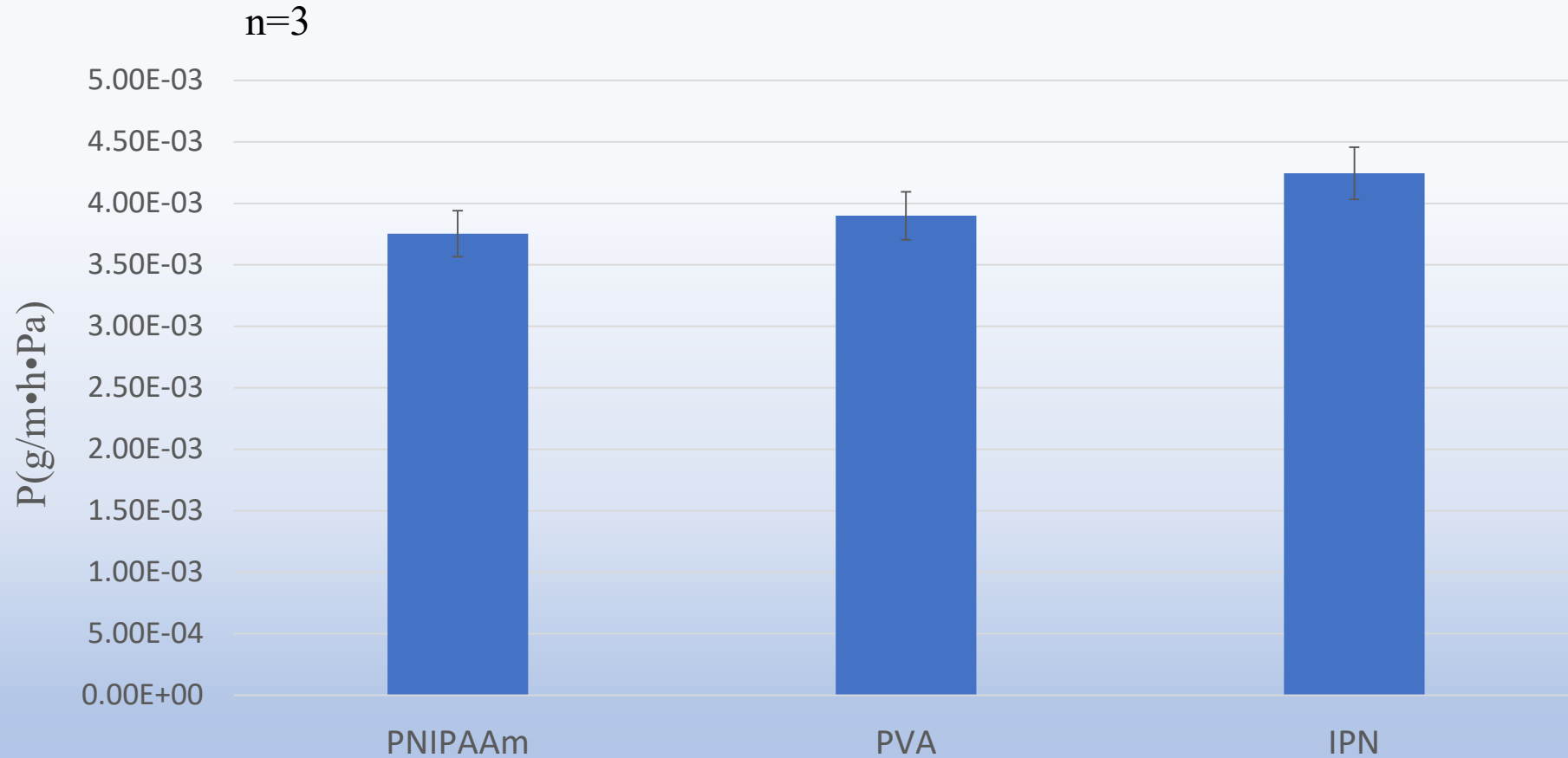


表4 WVTR值

Sample	WVTR(g/m ² /day)
PNIPAAm	4665±2048
PVA	5290±1949
IPN	5616±1689

WVTR : Water vapor transmission rate

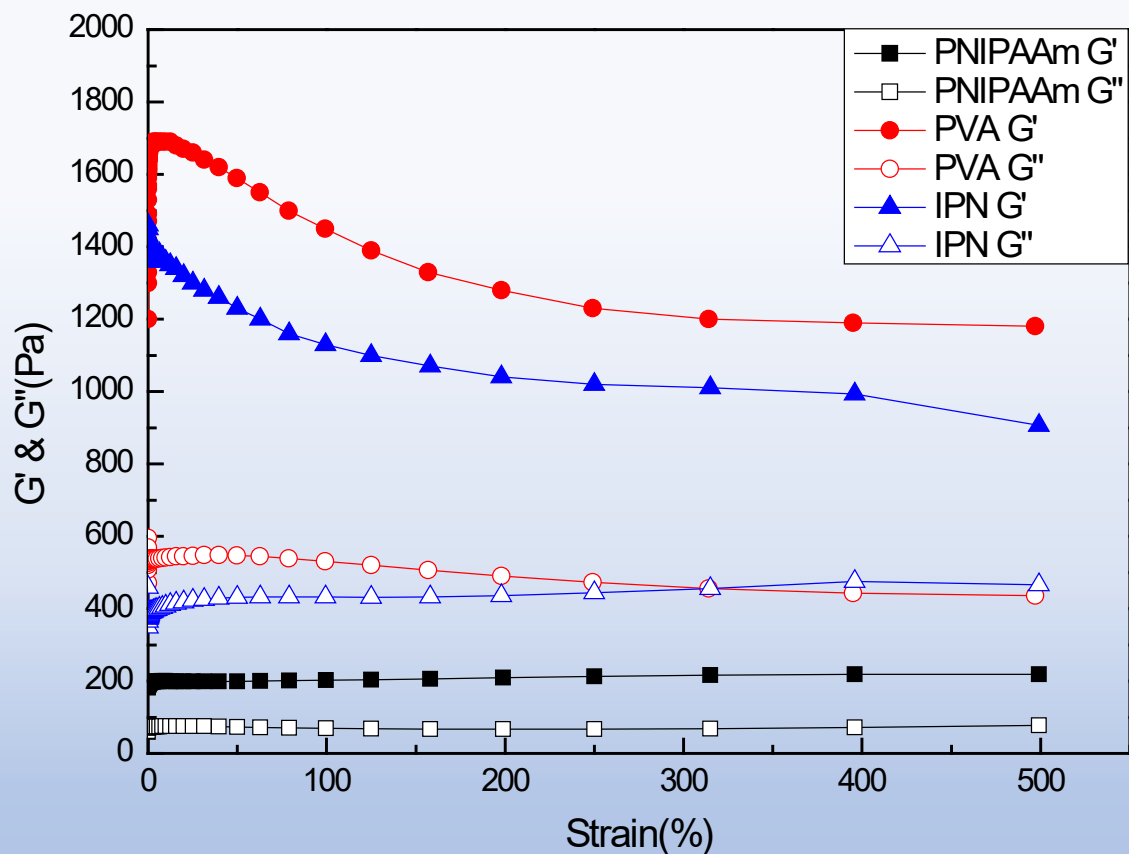
水氣透過率測試數據(Water vapor transmission rate test)



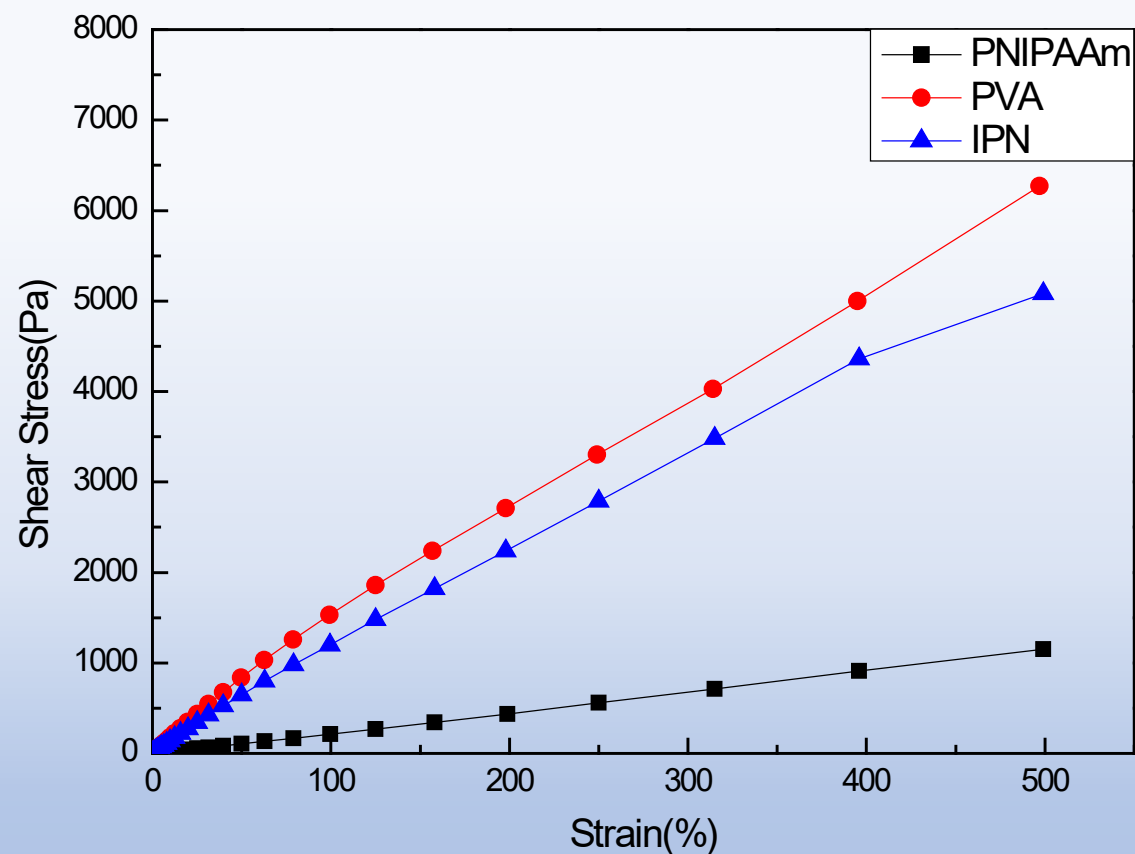
流變儀測試(Rheometer test)

- 將水凝膠裁切成相同大小及厚度的試片(n=1)
- 放置在流變儀測試台上
- 設定好測試參數
- 開始測試

流變儀測試(Rheometer test)

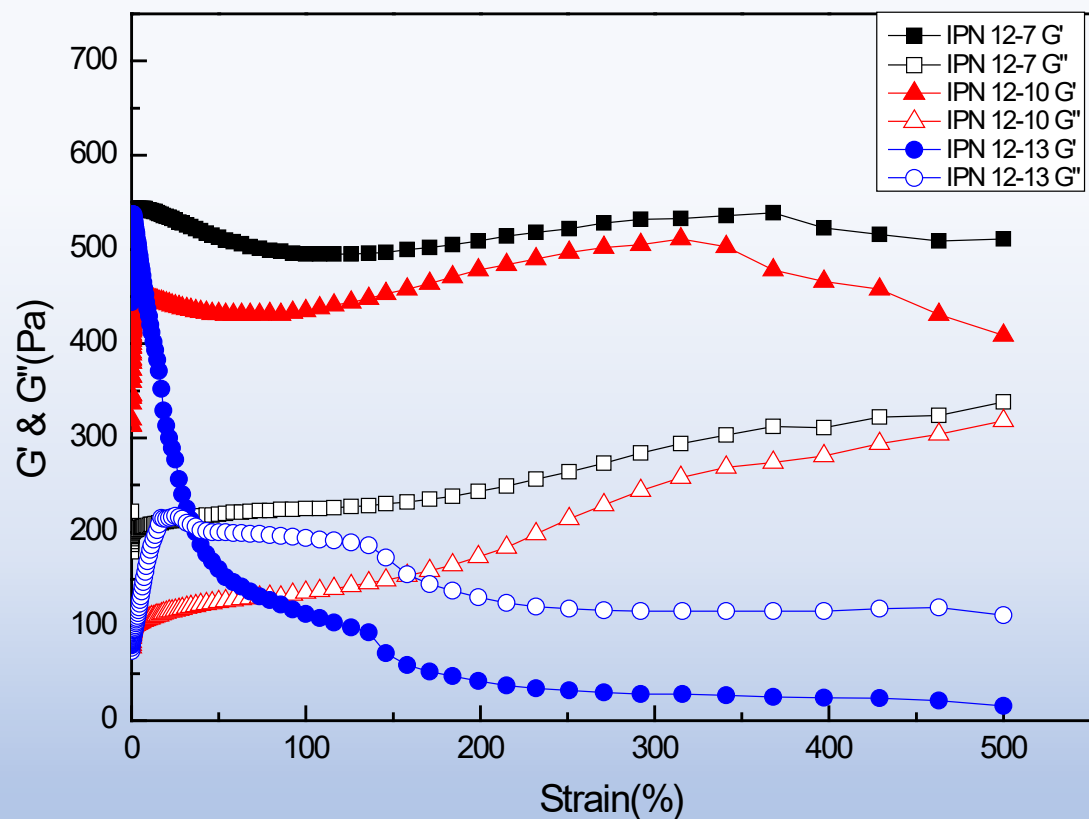


PNIPAAm、PVA、IPN彈性、損失模數比較

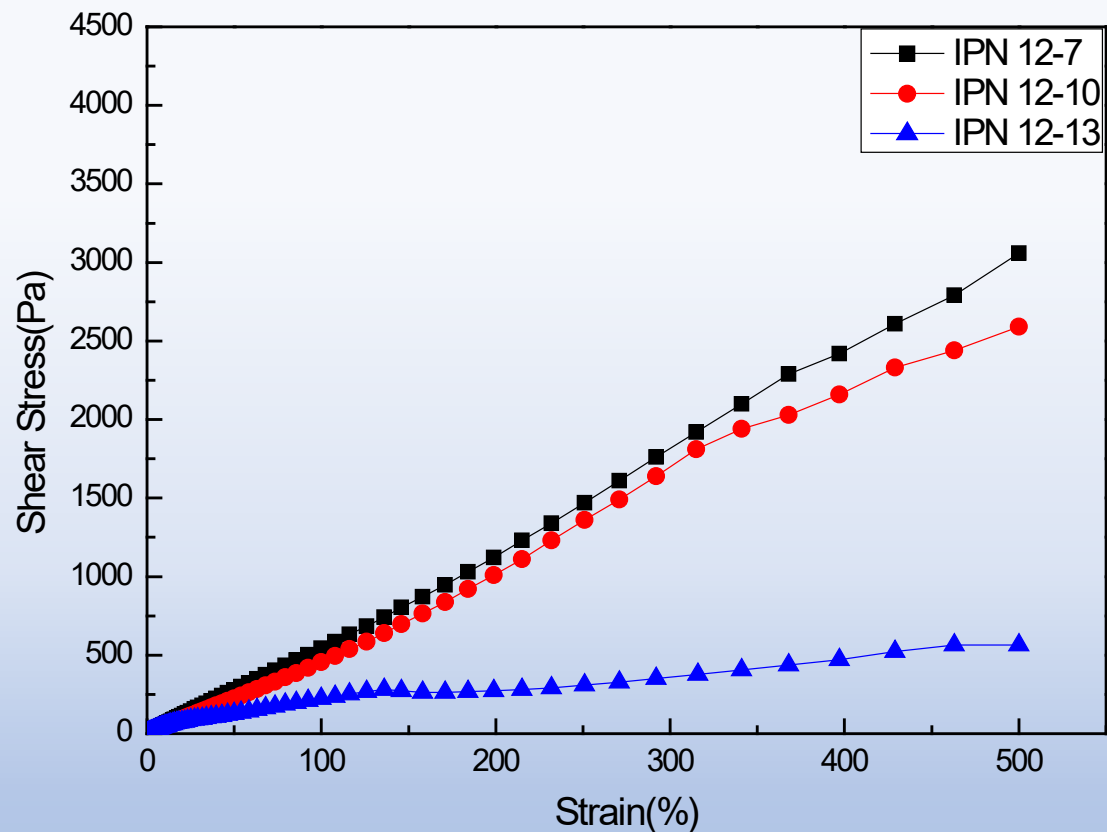


PNIPAAm、PVA、IPN應力比較

流變儀測試(Rheometer test)

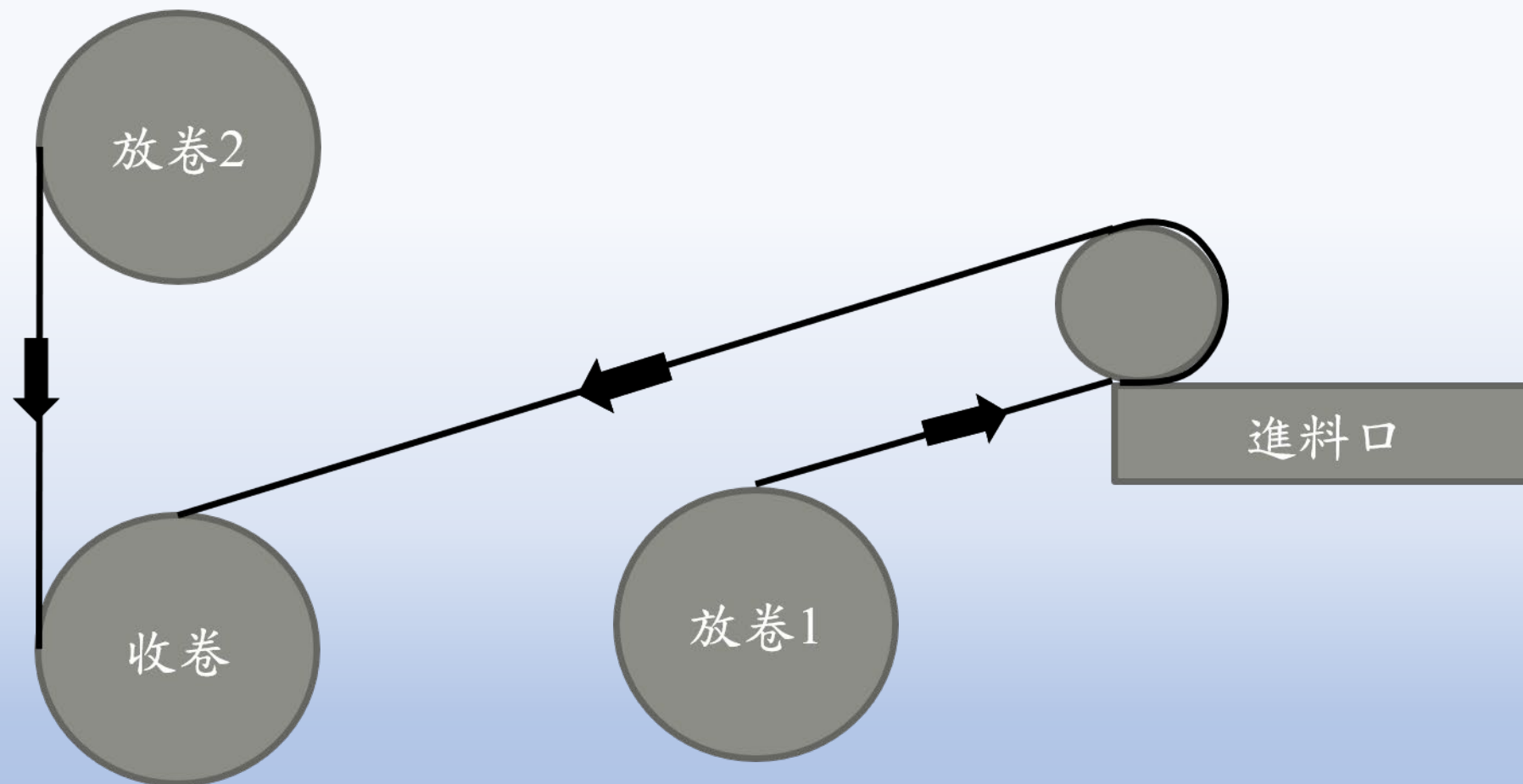


不同比例之IPN彈性、損失模數比較

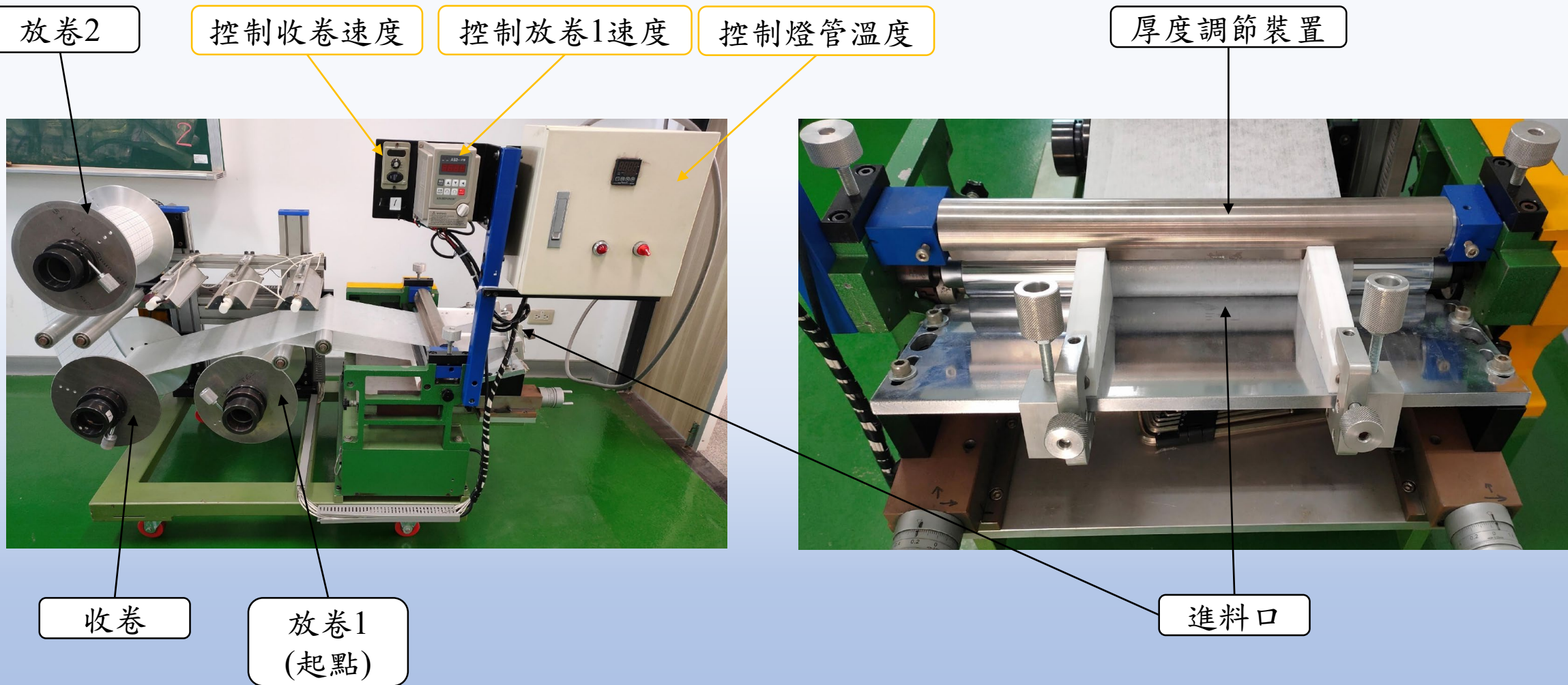


不同比例之IPN應力比較

裝置示意圖(Device schematic)



簡易連續式水膠塗佈機(Coating machine)



未來工作(Future work)

- LCST測定
- 飽和含水率測試
- 拉伸試驗
- 壓縮測試
- 流變儀測試
- SEM

感謝聆聽