

## บทที่ 3

### วิธีการวิจัย

ในการศึกษาการทำรูปหุ่นบนเยื่อแผ่นโพลีเมอร์ด้วยวิธีทางนิวเคลียร์ได้แบ่งวิธีการดำเนินการออกเป็นขั้นตอนสำคัญ ๆ ได้ 7 ขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาการเกิดรอยจากแนวทางของอนุภาคบนแผ่นเซลลูโลสในเตรท (CN-85)

ตอนที่ 2 ศึกษาการขยายรอยจากแนวทางของอนุภาคบนแผ่นเซลลูโลสในเตรท(CN-85B)

ตอนที่ 3 หาความสัมพันธ์ของการกัดขยายรอยโดยควบคุมความเข้มข้นของสารละลาย , อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการกัดรอย

ตอนที่ 4 ศึกษาการทำให้เกิดรอยแฝงบนแผ่นพอลิคาร์บอเนตโดยใช้กระบวนการเริ่มต้นทางนิวเคลียร์

ตอนที่ 5 ศึกษาเงื่อนไขและกลไกในการขยายรูในตอนที่ 4 ให้มีขนาดของรูโตขึ้น โดยกัดขยายรอยทางเคมี

ตอนที่ 6 ควบคุมจำนวนรูต่อพื้นที่ให้ได้ตามต้องการ

ตอนที่ 7 ศึกษาฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นได้เองเปรียบเทียบกับเมมเบรนที่มีขายในเชิงพาณิชย์

ทุกขั้นตอนจะมีวัสดุ , อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการดังต่อไปนี้

#### 3.1 วัสดุ

##### 3.1.1 วัสดุที่ใช้ในการทำให้เกิดรอยแฝงของอนุภาคบนแผ่นฟิล์ม

- ถุงพลาสติก
- ค้ายสำหรับแขวนแผ่นฟิล์ม
- เทปใสสำหรับขึงแผ่นพอลิคาร์บอเนต
- กระดาษแข็ง
- ลูกเหล็ก

- แผ่นเซลลูโลสไนเตรตหนา 1 มิลลิเมตร (CN – 85B มีสูตรทางเคมี  $C_6H_8O_9N_2$ ) ขนาด 1 ตารางเซนติเมตร
- แผ่นฟอโตคาร์บอนหนา 670  $\mu\text{m}$
- แผ่นฟิล์มฟอโตคาร์บอนหนา 6  $\mu\text{m}$  (Certi Prep)

### 3.1.2 วัสดุที่ใช้ในการกักขायรอย

- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
- น้ำกลั่น

## 3.2 อุปกรณ์

### 3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำให้เกิดรอยอนุภาค

- แหล่งกำเนิดรังสีแอลฟาแบบจุด (Point Source) ชนิดอะเมริเซียม – 241 ( $^{241}\text{Am}$ )
- แหล่งกำเนิดนิวตรอนชนิดพลูโตเนียม – เบอร์ลิเยียมความแรง 16.9 คูรี
- แผ่นคอนเวอร์เตอร์นิวตรอน (Kodak Enriched Converter Screen)
- แท่นวางแหล่งกำเนิดรังสีอะเมริเซียม – 241 ( $^{241}\text{Am}$ )
- นาฬิกาจับเวลา

### 3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการกักขायรอยทางเคมี

- บีกเกอร์ขนาด 1,000 CC
- ลวดแขวนแผ่นฟอโตคาร์บอน และแผ่นเซลลูโลสไนเตรต
- ชุดล้างแผ่นฟอโตคาร์บอนที่ทำมาจากท่อ PVC
- แท่งแก้วคน
- อ่างน้ำแบบควบคุมอุณหภูมิได้ (Grant, W14)
- เครื่องชั่งสารเคมี
- กรรไกร
- เทอร์โมมิเตอร์
- นาฬิกาจับเวลา

### 3.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตัดแผ่นเมมเบรน

- ชุดตัดเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร

### 3.2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการนับรอยและวัดขนาดรอยของเมมเบรน

- กล้องจุลทรรศน์แบบหัวกลับ (Olympus รุ่น LH 50A)

- เครื่องนับรอยแบบมือกด (Hand tally counter)
- ตารางนับรอย
- แผ่นสไลด์
- กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (JSM-5800LV, JEOL)
- ไมโครเทกเตอร์
- เครื่องพิมพ์ภาพ (Color Video Printer Sony รุ่น UP – 12000 AEPM)
- โทรศัพท์ขนาด 14 นิ้ว พร้อมเครื่องเล่นวีดีโอ
- ม้วนวีดีโอบันทึกภาพ

### 3.2.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดฟลักซ์ของน้ำ

- เมมเบรนชนิดพอลิคาร์บอเนตที่มีขายในเชิงพาณิชย์ ของบริษัท STRUCTURE PROBE, INC. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร PORE SIZE 0.4  $\mu\text{m}$  และ 5  $\mu\text{m}$  หน้า 6  $\mu\text{m}$
- เมมเบรนที่ทำขึ้นเอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร
- ชุดวัดอัตราการไหลของน้ำแบบ cross flow
- เครื่องชั่งแบบดิจิตอล OHAUS รุ่น ARB120
- บีกเกอร์ขนาด 150 CC
- นาฬิกาจับเวลา
- กรวยแก้ว

## 3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

### 3.3.1 ศึกษาการเกิดรอยจากแนวทางอนุภาคบนแผ่น CN – 85B

#### 1) วิธีการทำให้เกิดรอยแฝงบนแผ่น CN – 85B

การเกิดรอยแฝงบนแผ่นเซลลูโลสไนเตรด (CN – 85B) จากการศึกษาพบว่าแผ่นนี้มีความไวต่ออนุภาคแอลฟาจึงนำมาเป็นตัวศึกษารอยอนุภาคเริ่มต้นเป็นอันดับแรก โดยเตรียมแผ่นฟิล์ม CN – 85B ตัดแผ่นฟิล์มให้มีขนาด 1 x 1 ตารางเซนติเมตร แล้วนำไปติดกับแผ่นอลูมิเนียมกว้าง 5.2 cm ยาว 6.5 cm ไปวางในช่องว่างที่มีขีดทั้งหกด้าน โดยคว่ำส่วนที่เป็น CN – 85B ลงด้านล่าง ช่องว่างด้านล่างจะใส่แหล่งกำเนิดรังสีแอลฟาจาก  $^{241}\text{Am}$  ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 มิลลิเมตร (point source) ห่างจากแผ่น CN – 85B ที่อยู่ด้านบน 4 มิลลิเมตร ความแรงของ  $^{241}\text{Am}$  มีความแรง 0.877  $\mu\text{Ci}$  โดยใช้เวลาในการระดมยิงด้วยแอลฟาเป็นเวลา 2.5 นาที , 5 นาที ,

10 นาที และ 20 นาที ตามลำดับ แล้วนำแผ่นฟิล์มดังกล่าวไปดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา เพื่อดูความเปลี่ยนแปลง

2) วิธีการกัดขยายรอยแผลงที่เกิดจากแนวทางของอนุภาคด้วยวิธีการกัดรอยทางเคมี บนแผ่น CN-85B

หลังจากที่อนุภาคแอลฟาเข้าไปทำลายโครงสร้างอะตอมของตัวที่กั้นทางเดินแล้ว พบว่าโครงสร้างที่ถูกทำลายนี้ถ้านำไปกัดโดยสารละลายเคมีที่เหมาะสม (Etching) สามารถทำให้ร่องรอยนี้ขยายกว้างขึ้นจนแสงผ่านได้และสามารถมองเห็น โดยกล้องจุลทรรศน์ชนิดธรรมดาทั่ว ๆ ไป (Fleischer et al, 1975)

แผ่น CN - 85B ที่ได้รับการระดมยิง (bombard) ด้วยอนุภาคแอลฟาแล้วก็จะถูกกัดรอยทางเคมี โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่มีความเข้มข้นของสารละลาย ดังนี้ คือ 2.5 N และ 6.25 N ทั้งสองความเข้มข้นทำได้ดังนี้

ความเข้มข้นที่ 2.5 N ทำโดยใช้สาร NaOH 100 กรัม แล้วเติมน้ำให้ครบ 1,000 cc

ความเข้มข้นที่ 6.25 N ทำโดยใช้สาร NaOH 250 กรัม แล้วเติมน้ำให้ครบ 1,000 cc

ตอนที่ละลายสารใหม่ ๆ สารจะมีความร้อน ประมาณ  $60 - 70^{\circ}\text{C}$  ต้องตั้งไว้ให้เย็นก่อนที่จะนำไปทดลอง

หลังจากนั้นต้มน้ำด้วยเครื่อง water bath พร้อมกับสารละลาย NaOH ให้ได้อุณหภูมิของสารละลายคงตัวอยู่ที่  $60^{\circ}\text{C}$  เมื่อได้อุณหภูมิของสารละลายที่คงที่แล้วนำแผ่น CN - 85B มาทำการกัดรอยโดยกัดรอยเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำที่สะอาด 3 ครั้ง และตรวจสอบด้วยกระดาษลิตมัส แล้วนำมาตากลมให้แห้ง

3) ศึกษาลักษณะของรอยที่เกิดขึ้น

เมื่อแผ่นเซลลูโลสไนเตรต (CN - 85B) ถูกกัดรอยด้วยกระบวนการทางเคมีเรียบร้อยแล้ว จะทำการศึกษาลักษณะของรอย ดังนี้

1. ศึกษาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา และกล้องจุลทรรศน์แบบหัวกลับที่มีกำลังขยายเท่ากันโดยขยายที่ 100 เท่า คุณลักษณะของรอยที่เกิดขึ้นหลังจากกัดรอยแล้ว เปรียบเทียบขนาดของรอยที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้ความเข้มข้นสองค่าและความหนาแน่นของรอยที่ขึ้นอยู่กั เวลาในการระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟา

2. ศึกษาการขยายโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (SEM) เพื่อเปรียบเทียบขนาดของรอยกับกล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา และศึกษาลักษณะของรอยที่เกิดขึ้นโดยภาพที่ถ่ายจาก SEM

### 3.3.2 การทำให้เกิดรอยแผลงบนแผ่นพอลีคาร์บอเนต

การทำให้เกิดรอยแผลงบนแผ่นพอลีคาร์บอเนตที่มีความหนา 6  $\mu\text{m}$  และ 670  $\mu\text{m}$  โดยใช้แหล่งกำเนิดรังสี ดังต่อไปนี้

1) การทำให้เกิดรอยแผลงบนแผ่นพอลีคาร์บอเนตโดยใช้ point source จาก  $^{241}\text{Am}$  ความแรง 0.877  $\mu\text{Ci}$  โดยวางห่างจากแผ่นพอลีคาร์บอเนต 4 มิลลิเมตร โดยใช้เวลาในการระดมยิง ด้วยวิธีนี้คือ

1. นำแผ่นพอลีคาร์บอเนตซึ่งมีความหนา 6  $\mu\text{m}$  มาขึงให้ตึงบนชุดขึงซึ่งทำมาจากกล่องฟิล์มและฝาครอบกล่องฟิล์ม โดยชุดขึงจะมีตรงกลางกลวงเพื่อไม่ให้แผ่นพอลีคาร์บอเนต ติดชุดขึงดังกล่าวมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 cm

2. นำชุดขึงแผ่นพอลีคาร์บอเนตไปวางไว้บนแหล่งกำเนิดแอลฟาโดยให้มีระยะห่าง 4 มิลลิเมตร แหล่งกำเนิดแอลฟาที่ใช้เป็น  $^{241}\text{Am}$

3. ระดมยิงด้วยแอลฟาที่เวลาต่าง ๆ กัน คือ 5 นาที , 10 นาที และ 20 นาที ตามลำดับโดยระดมยิง ชุดละ 10 ชิ้น

2) การทำให้เกิดรอยแผลงบนแผ่นพอลีคาร์บอเนตโดยใช้คอนเวอร์เตอร์นิวตรอน (Neutron Converter) และแหล่งกำเนิดนิวตรอน  $^{238}\text{Pu} - \text{Be}$  มีวิธีการทำให้เกิดรอยแผลงโดยใช้คอนเวอร์เตอร์นิวตรอนดังนี้

1. นำแผ่นพอลีคาร์บอเนตขึงให้ตึงบนกระดาษแข็งกว้าง 9 cm ยาว 20.7 cm โดยยึดด้านหลังของแผ่นพอลีคาร์บอเนตด้วยเทปใส

2. นำชุดแผ่นพอลีคาร์บอเนตที่ขึงตึงทาบด้วยแผ่นคอนเวอร์เตอร์นิวตรอนซึ่งเป็นแผ่นที่ทำมาจาก (B - 10) กว้าง 8 cm ยาว 20 cm หนา 100  $\mu\text{m}$

3. นำไปใส่ถุงพลาสติกชั้นที่หนึ่ง แล้วปิดให้สนิทเพื่อกันน้ำเข้าแล้วนำไปใส่ถุงพลาสติกอีกชั้นปิดให้สนิทเหลือส่วนพลาสติกด้านบนไว้เพื่อแขวนด้วยเชือกและส่วนท้ายเพื่อถ่วงค้ำน้ำหนัก

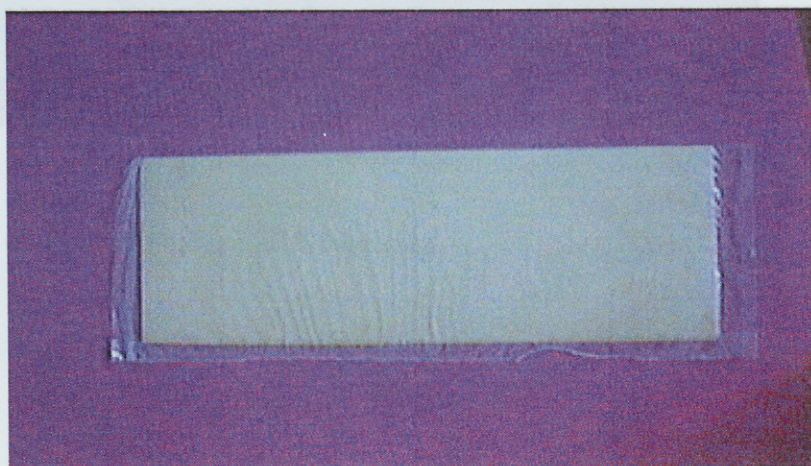
4. นำทั้งชุดไปอบนิวตรอนในบ่อนิวตรอนชนิดพลูโตเนียม-เบอริเลียม ความแรง 16.9 คูรี โดยแขวนให้ด้านของคอนเวอร์เตอร์หันเข้าหาแหล่งกำเนิดนิวตรอนและอยู่ตรงกลางของแหล่งกำเนิดนิวตรอนเป็นเวลาดังนี้ คือ 30 นาที , 60 นาที และ 120 นาที

### 3.3.3 ศึกษาการกักรอยอนุภาคบนแผ่นพอลีคาร์บอเนต

1) กักรอยแผ่นพอลีคาร์บอเนตจากการระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟาจากแหล่งกำเนิด  $^{241}\text{Am}$  แบบจุด (point source) ได้มีการทำดังนี้

1. นำชุดที่ขึงฟิล์มที่ระดมยิงแล้วไปแขวนด้วยลวด

2. ต้มสารละลาย NaOH โดยกำหนดให้มีอุณหภูมิ  $60^{\circ}\text{C}$  ,  $85^{\circ}\text{C}$  และ  $95^{\circ}\text{C}$
  3. ใช้ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH ดังนี้ คือ 4.5 N , 5.5 N และ 6.25 N
  4. เวลาที่ใช้ในการกักขยายรอย คือ 10 นาที , 20 นาที และ 30 นาที
  5. นำแผ่นฟิล์มพอลีคาร์บอเนตมาล้างให้สะอาดโดยตรวจสอบด้วยกระดาษลิตมัสแล้วนำไปตากลมให้แห้ง
- 2) การกักรอยแผ่นพอลีคาร์บอเนตจากการระดมยิงโดยใช้คอนเวอร์เตอร์นิวตรอน (converter neutron)
1. นำชุดฟิล์มดังกล่าวมาตัดถุงพลาสติกออกเพื่อเอาคอนเวอร์เตอร์ออก
  2. ขึงฟิล์มพอลีคาร์บอเนตให้ตึง โดยใช้ชุดขึงฟิล์มที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5cm ที่ทำมาจากท่อ pvc
  3. นำชุดขึงฟิล์มดังกล่าวลงไปกักรอยในสารละลาย NaOH ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ดังนี้ คือ 60 , 85 , 95 องศาเซลเซียส และความเข้มข้นของสารละลาย NaOH ที่ 4.5 , 5.5 , 6.25 และ 6.5N
  4. เวลาในการกักขยายรอย คือ 10 นาที , 20 นาที และ 30 นาที
  5. นำแผ่นพอลีคาร์บอเนตมาล้างให้สะอาดแล้วตากลมให้แห้ง
  6. ใช้เครื่องตัดแผ่นฟิล์มตัดให้ได้ขนาดเท่ากับของที่มีขายในเชิงพาณิชย์ คือ 4.7 เซนติเมตร

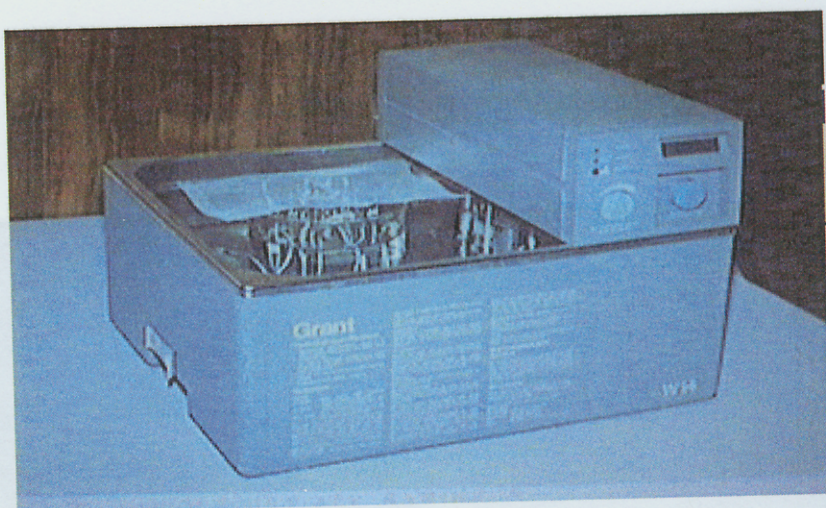


ภาพประกอบ 11 แสดงการห่อฟิล์มพอลีคาร์บอเนต



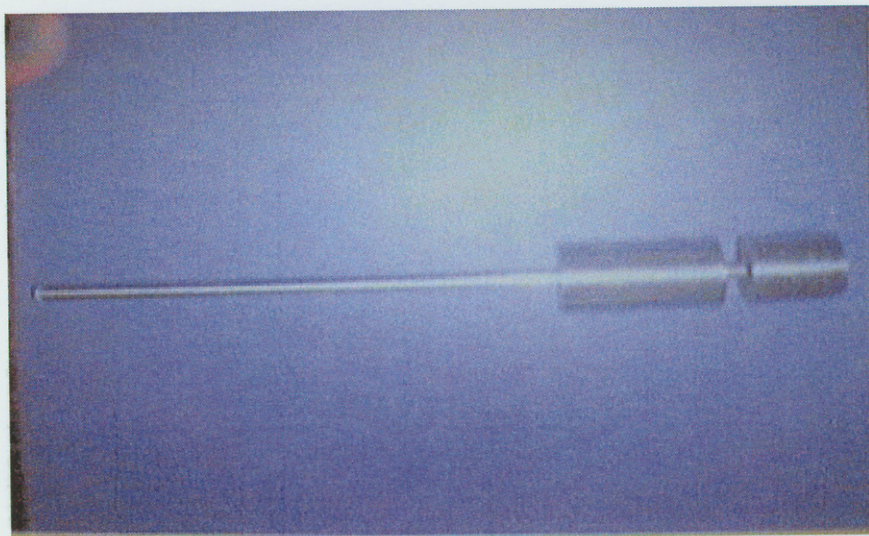
ภาพประกอบ 12 การประกอบคอนเวอร์เตอร์นิวตรอนเข้ากับแผ่นพอลีคาร์บอเนต

ภาพประกอบ 14 จุดตัดของแกนที่ประดิษฐ์ขึ้นเอง เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร



ภาพประกอบ 13 อ่างน้ำแบบควบคุมอุณหภูมิได้ (water bath)

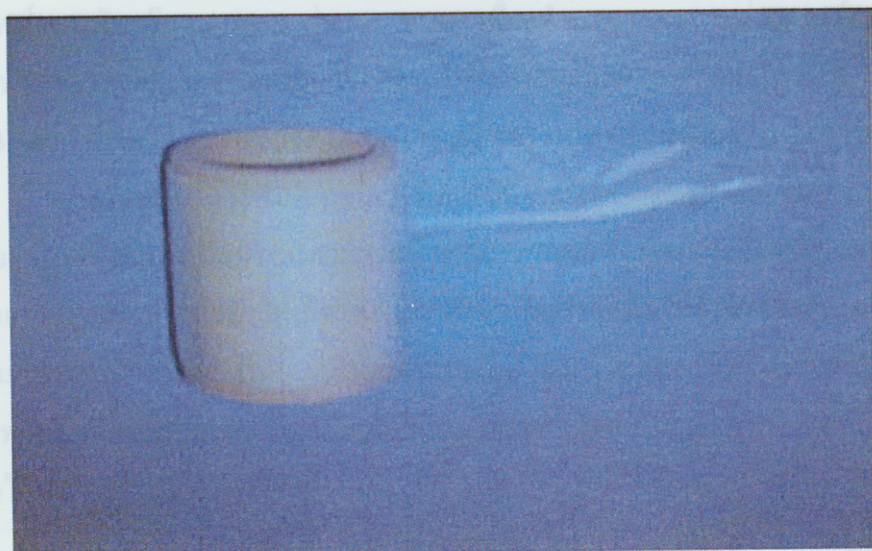
ภาพประกอบ 15 แผ่นฟิล์มบางของคาร์บอน



ภาพประกอบ 14 ชุดตัดเมมเบรนที่ประดิษฐ์ขึ้นเอง เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร

ภาพประกอบ 16 ชุดจึงใช้เพื่อใช้ในกรณีของอนุภาค

3) ศึกษาความเหมาะสมของวัสดุในการกักกรองบนแผ่นพอลิคาร์บอเนตหลังจากเกิดกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ในน้ำเป็นต้นพอลิคาร์บอเนตดังกล่าว ไปยังห้องปฏิบัติการของจุลชีววิทยา และศึกษา

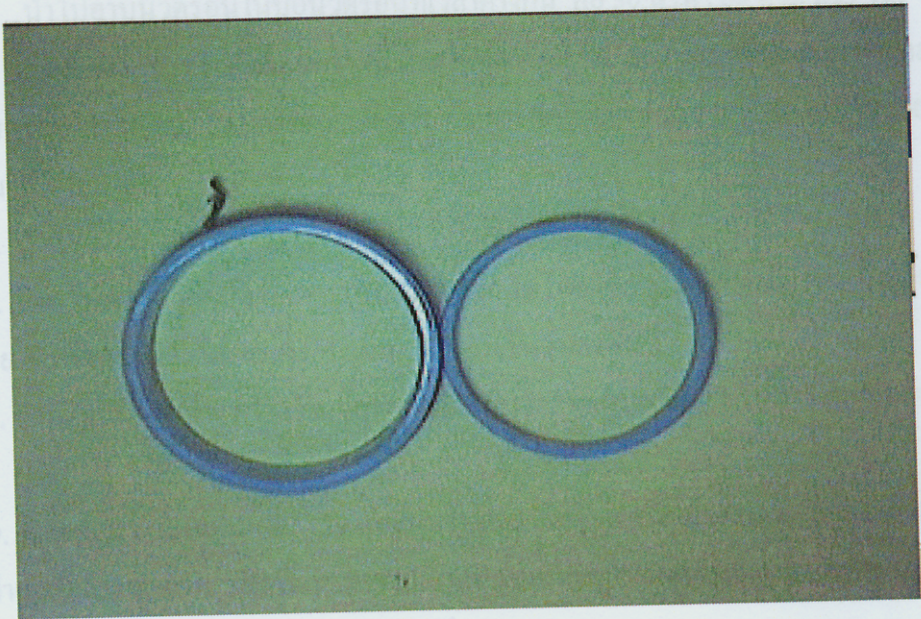


ภาพประกอบ 15 แผ่นฟิล์มบางพอลิคาร์บอเนต

อนุภาค...  
คอนกรีต...  
จัดเป็น...  
ทดลอง...  
แผ่นฟิล์มบางพอลิคาร์บอเนต CR - 39 ไปใช้ในชุดทดสอบการกักกรองน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ในน้ำเป็นต้นพอลิคาร์บอเนตดังกล่าว ไปยังห้องปฏิบัติการของจุลชีววิทยา

1. นำพลาสติกชนิดที่ 2 อ่างล้างจานและชุดถ้วยชาม





ภาพประกอบ 16 ชุดชิงฟิล์มเพื่อใช้ในการกักรอยอนุภาค

3) ศึกษาความเหมาะสมของเงื่อนไขในการกักรอยบนแผ่นฟอโตคาร์บอนหลังจากกักรอยด้วยกระบวนการทางเคมีเสร็จเรียบร้อยแล้วได้นำแผ่นฟอโตคาร์บอนดังกล่าวไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบหัวกลับ Olympus รุ่น 2H 50A เพื่อดูจำนวนรอยของแต่ละเวลาในการระดมยิง และลักษณะของรอยที่เกิดขึ้นว่าเงื่อนไขใดที่ทำให้รอยทะลุเพื่อนำมาทำแมมเบรนได้

3.3.4 ศึกษาจำนวนรอยตอนเริ่มต้นของการกักรอยบนแผ่นฟอโตคาร์บอนหนา

670  $\mu\text{m}$  โดยใช้แผ่นคอนเวอร์เตอร์นิวตรอน (Neutron Converter)

จากการที่อนุภาคนิวตรอนสามารถทำปฏิกิริยากับแผ่นคอนเวอร์เตอร์นิวตรอน แล้วให้อนุภาคแอลฟาออกมาแล้วทำให้เกิดรอยแผลงบนฟอโตคาร์บอนได้จึงจำเป็นต้องหาจำนวนรอยตอนเริ่มต้นของการชนที่เกิดบนแผ่นฟอโตคาร์บอน ในการทดลองนี้ได้ใช้แผ่น CR - 39 ซึ่งจัดเป็นพวกฟอโตคาร์บอนเหมือนกันแต่มีความหนาที่มากกว่าโดยหนาประมาณ 670  $\mu\text{m}$  ในการทดลองได้ทำดังต่อไปนี้

1. นำแผ่น CR - 39 ตัดเป็นสี่เหลี่ยมขนาดความกว้าง 1.5 cm ความยาว 1.5 cm ติดด้วยเทปกาวสองหน้าแล้วนำไปติดกับกระดาษแข็ง
2. ทาบแผ่นคอนเวอร์เตอร์เข้ากับแผ่น CR - 39 ไปใส่ในถุงพลาสติกชั้นแรกแล้วปิดให้สนิทเพื่อกันน้ำเข้านำชุดดังกล่าวไปใส่ในถุงพลาสติกชั้นที่ 2
3. นำพลาสติก ชุดที่ 2 ถ่างด้วยลูกตุ้มและผูกด้วยด้าย

4. นำไปอบนิวตรอนในบ่อนิวตรอนที่เวลาต่างกัน คือ 30 นาที , 60 นาที และ 120 นาที
5. นำแผ่นดังกล่าวไปกัดรอยทางเคมีโดยใช้อุณหภูมิ  $85^{\circ}\text{C}$  ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.25N และเปลี่ยนแปลงเวลาในการกัดรอย คือ 10 , 20 , 30 , 40 50 , 60 , 80 และ 100 นาที ตามลำดับ
6. นำแผ่น CR – 39 ที่กัดรอยเรียบร้อยแล้วไปติดกับแผ่นสไลด์
7. นำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบหัวกลับโดยใช้กำลังขยาย 400 เท่า ในการนับจำนวนรอย นับจำนวนรอยโดยสุ่มทั่ว ๆ แผ่น 20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่
8. นำความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอยในแต่ละเวลาของการวัดรอยไปหาจำนวนรอยตอนเริ่มต้น
9. นำชิ้นส่วนของแผ่น CR – 39 ทุกแผ่นไปถ่ายภาพด้วยเครื่อง SEM เพื่อดูอัตราการขยายของเส้นผ่าศูนย์กลางของรอย เพื่อที่จะหาความสัมพันธ์ของขนาดของรอยและเวลาในการกัดรอย

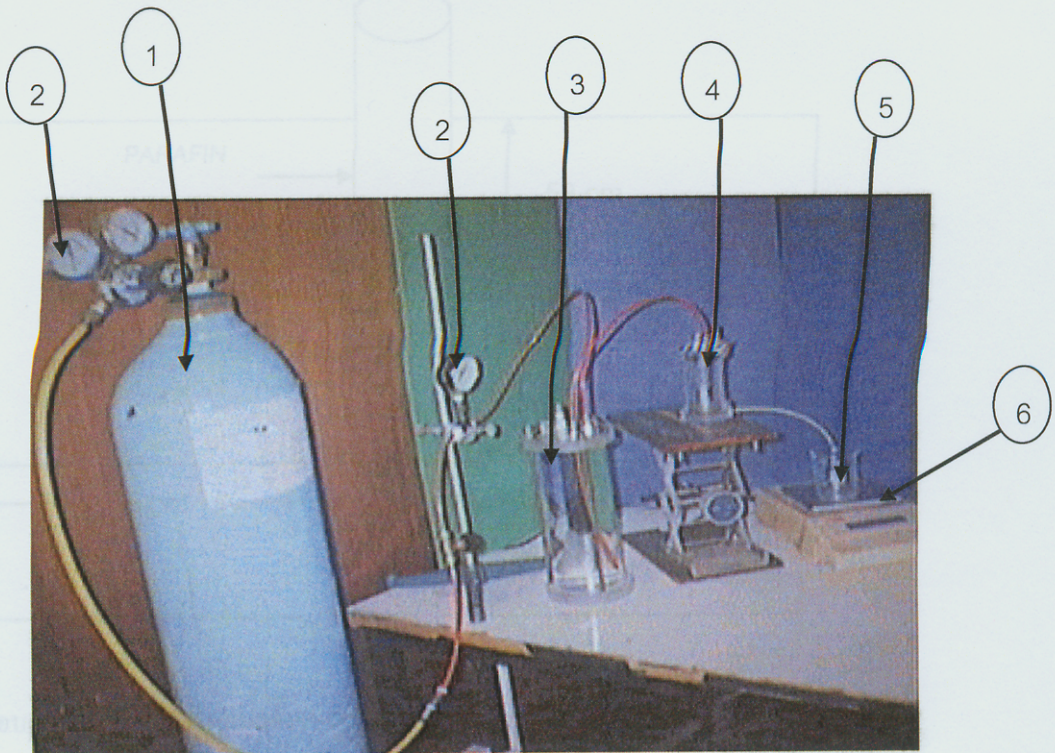
### 3.3.5 การผลิตเมมเบรนจากแผ่นโพลีคาร์บอเนต

จากการศึกษาจำนวนรอยต่อพื้นที่ที่ขึ้นอยู่กับเวลาของการ bombard เงื่อนไขของการกัดรอยทางเคมีที่ต้องควบคุมอุณหภูมิ ความเข้มข้นของสารละลายและเวลาในการกัดรอย จึงสามารถนำความรู้ดังกล่าวมาผลิตเมมเบรน จากแผ่นโพลีคาร์บอเนตโดยใช้เงื่อนไขดังกล่าวที่ดีที่สุดมาผลิตแล้วตัดเมมเบรนดังกล่าวด้วยเครื่องตัดให้มีขนาดเท่ากับ 4.7 cm เพื่อนำไปทดสอบอัตราไหลผ่านของน้ำ

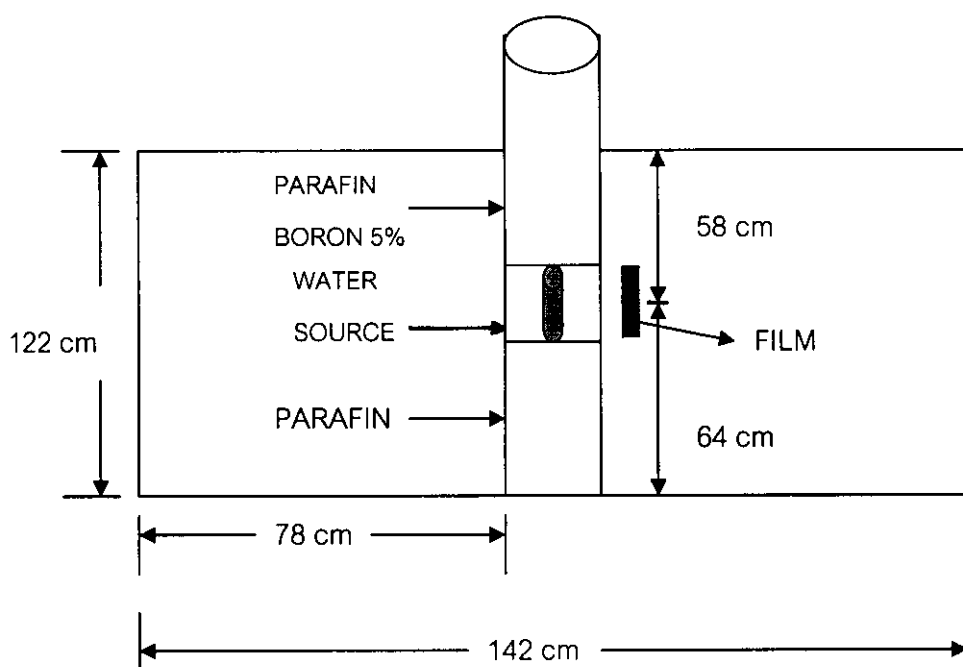
### 3.3.6 ทดสอบฟลักซ์ของน้ำ

จากการที่ผลิตเมมเบรนออกมาต้องมีการเปรียบเทียบกับเมมเบรนชนิดเดียวกันที่มีขายในเชิงพาณิชย์ในการทดลองนี้ได้ทดสอบเปรียบเทียบฟลักซ์ของน้ำระหว่าง เมมเบรนผลิตขึ้นและเมมเบรนที่มีขายในเชิงพาณิชย์โดยมีการทดสอบดังนี้

1. นำเมมเบรนใส่ในชุดเครื่องกรองน้ำแบบ cross flow ซึ่งใช้แรงดันของก๊าซไนโตรเจนเป็นตัวขับเคลื่อนในการกรอง
2. จับเวลาและชั่งน้ำหนักของน้ำที่กรองในแต่ละความดัน
3. เปลี่ยนค่าของความดัน โดยใช้ความดัน 10 kPa , 20 kPa , 30 kPa , 40 kPa และ 50 kPa
4. นำผลที่ได้ไปหาค่าฟลักซ์ของน้ำต่อหน่วยพื้นที่



- ภาพประกอบ 17 ชุดการวัดฟลักซ์ของน้ำ
- หมายเลข 1 คือ แก๊สไนโตรเจน
- หมายเลข 2 คือ เกจวัดความดัน
- หมายเลข 3 คือ ภาชนะรองรับน้ำที่ใช้กรอง
- หมายเลข 4 คือ ชุด Stirred cell
- หมายเลข 5 คือ ปีกเกอร์รองรับน้ำ
- หมายเลข 6 คือ เครื่องขับแบบดิจิทัล



ภาพประกอบ 18 ภาพตัดขวางในแนวตั้งของบ่อกำเนิดนิวตรอนชนิด  $^{238}\text{Pu} - \text{Be}$