

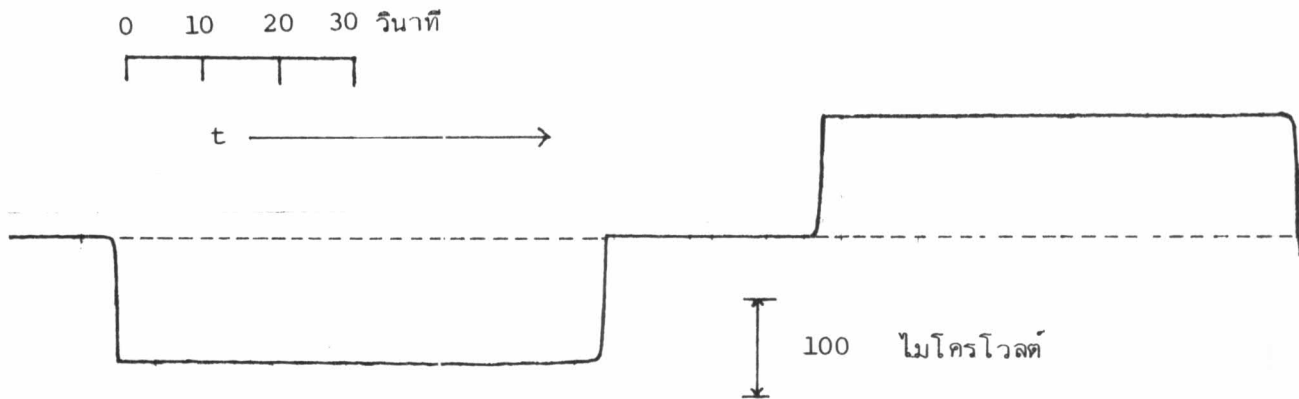
วิจารณ์และสรุปผล

จากการทดลองและผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นพร้อมแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนแปรผันตามรากที่สองของ เวลาตามความสัมพันธ์ของ Brun (1967) และค่าสตริมมิงโปเทนเซียลมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับความแตกต่างความดัน ซึ่งสามารถนำค่าความชัน  $\epsilon_S$  ของกราฟระหว่างสตริมมิงโปเทนเซียลกับความแตกต่างความดันไปหาค่าทรานสปอร์คินัมเบอร์ของน้ำ  $t_w$  อีกทั้งยังสามารถอธิบายลักษณะของ  $\epsilon_S$  แทนด้วย  $t_w$  ได้

5.1 การเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์ไฟฟ้าเทียบกับเวลา

ในกรณีที่แผ่นแลกเปลี่ยนไอออนอยู่ในสภาพดี น้ำที่ซึมผ่านแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนเนื่องจากการเพิ่มความดันของสารละลายข้างหนึ่ง จะทำให้ความเข้มข้นของสารละลายซึ่งเดิมเท่ากันต่างกันไปแล้วเกิดการแพร่ของไอออน ดังนั้นความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเวลาใด ๆ ความแตกต่างความดันหนึ่ง ๆ จะแปรตามเวลาเป็นเส้นโค้ง ดังรูปที่ 4.1 ยกเว้นในระบบของสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง เช่น 1.0 โมลต่อลิตร หรือสารละลายอัลคาไลน์เอิร์ทคลอไรด์ส่วนใหญ่ แม้ว่าจะมีน้ำผ่านแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนไปก็ยังไม่ทำให้ความเข้มข้นของสารละลายต่างกันมากนัก ดังนั้นความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้น ๆ เกือบจะไม่แปรผันตามเวลาดังรูปที่ 5.1

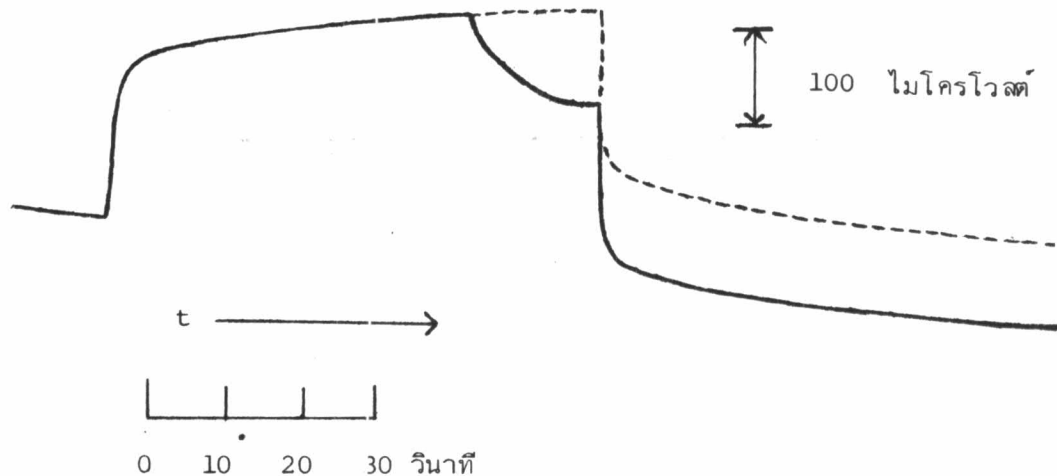
จากกราฟระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้ากับรากที่สองของ เวลาดังรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าค่า  $E$  แปรผันตาม  $\sqrt{t}$  ซึ่งสอดคล้องกับความสัมพันธ์ของ Brun (1957) และสามารถหาค่าสตริมมิงโปเทนเซียล ความดันหนึ่ง ๆ ได้ตรงจุดที่เวลาเท่ากับ 0 ส่วนในกรณีที่ไม่มีกรแพร่ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นก็คือสตริมมิงโปเทนเซียลนั่นเอง



รูปที่ 5.1 ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้น เทียบกับ เวลาของระบบแผ่นแลกเปลี่ยนไอออน  
 บวก CR 61 AZL 389 ในสารละลาย  $MgCl_2$  ความเข้มข้น 0.1  
 สมมูลต่อลิตร

ในกรณีที่แผ่นแลกเปลี่ยนไอออนชำรุดหรือร้าวแตก ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมี  
 ค่าต่ำลงอย่างมาก หรือเมื่อให้ความแตกต่างความดันสูง ๆ แล้วจะไม่เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้า เลย  
 ทั้งนี้เนื่องจากความดันจะทำให้ทั้งน้ำ อีออนบวกและอีออนลบผ่านแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนไปพร้อม  
 กัน และปริมาณน้ำข้างที่มีความดันต่ำจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนสามารถสังเกตเห็นได้ ดังนั้น  
 ในการทดลองจึงจำเป็นต้องใช้แผ่นแลกเปลี่ยนไอออนอย่างน้อย 2 แผ่นเพื่อเปรียบเทียบกันโดย  
 จะยอมรับว่าแผ่นแลกเปลี่ยนอยู่ในสภาพดีเมื่อข้อมูลระหว่างสองแผ่นต่างกันไม่เกิน  $\pm 5\%$

แต่ถ้าขั้วไฟฟ้าชำรุด เช่น อาจจะมีสารละลายซึม เข้าไปในตัวขั้วไฟฟ้าในขณะที่มี  
 ความแตกต่างความดันแล้ว จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของความต่างศักย์ไฟฟ้า ดัง  
 ตัวอย่างในรูปที่ 5.2 แทนที่จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเนื่องจากการแพร่ดังแสดงเป็น เส้นประในรูป  
 ดังกล่าว ซึ่งปรากฏการณ์แบบนี้ไม่อาจจะนำมาศึกษาต่อได้ หรือถ้าผิวหน้าของเงิน-เงินคลอไรด์  
 เสียหายแล้ว ความต่างศักย์ไฟฟ้าขณะที่ความดันทั้งสองข้างของแผ่นแลกเปลี่ยนไอออน เท่ากันจะมี  
 ค่ามากเป็นขนาดของมิลลิโวลต์



รูปที่ 5.2 ความต่างศักย์ไฟฟ้าเทียบกับเวลาของระบบแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนบวก CR 61 AZL 386 ในสารละลาย NaCl ความเข้มข้น 0.01 สมมูลต่อลิตร เมื่อขั้วไฟฟ้าขำรุด

### 5.2 สตรึมมิงโปเทนเชียลกับความแตกต่างความดัน

ค่าสตรึมมิงโปเทนเชียลที่หาได้จากวิธีดังกล่าวข้างต้น จะแปรผันตามความแตกต่างความดัน ดังรูปที่ 4.3 ซึ่งในระบบที่ศึกษาใช้แผ่นแลกเปลี่ยนไอออนบวก เมื่อมีความแตกต่างความดันโดยข้างซ้ายมีความหนาแน่นมากกว่าข้างขวา ( $\Delta P = P_2 - P_1$  และ  $\Delta P < 0$ ) ดังรูปที่ 2.5 ไอออนบวกจะพยายามผ่านแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนตามไปกับน้ำจากข้างซ้ายไปข้างขวา หรือไอออนบวกจะเคลื่อนที่จากที่มีศักดาไฟฟ้าต่ำไปยังที่มีศักดาไฟฟ้าสูง นั่นคือ สารละลายข้างที่มีความดันสูงจะมีศักดาไฟฟ้าต่ำกว่าข้างที่มีความดันต่ำ และผลการทดลองก็ได้เช่นกันคือ  $E_S < 0$  แต่ในระบบแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนลบแล้วจะกลับกันคือข้างที่มีความดันสูงจะมีศักดาไฟฟ้าสูงกว่าข้างที่มีความดันต่ำ และ  $E_S > 0$

### 5.3 ลักษณะพฤติกรรมของสตรึมมิงโปเทนเชียล

เมื่อนำความ ชั้น  $E_S$  ของกราฟระหว่างสตรึมมิงโปเทนเชียลกับความแตกต่างความดัน มาคำนวณหาค่าทรานสปอร์ตัมเบอร์ของน้ำจากสมการ (2.39) แล้ว กราฟของ  $E_S$  และ  $t_w$  เทียบกับความเข้มข้นของสารละลาย  $c_S$  จะมีลักษณะคล้ายกัน ดังรูปที่ 4.4 - 4.8 และ 4.9 - 4.13 ตามลำดับ ค่า  $E_S$  และ  $t_w$  สัมพันธ์กันโดยตรงดังสมการ (2.39) เมื่อแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนเป็นแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนในอุดมคติ ดังนั้น

สามารถอธิบายค่า  $t_w$  แทนสทริมมิงโปเทนเซียลได้

ค่า  $t_w$  ที่คำนวณได้มีลักษณะเหมือนกับค่า  $t_w$  ที่ Trivijitkasem และ Ostvold (1980) ทามาจากวิธีสทริมมิงโปเทนเซียลพร้อมแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนในสารละลายเกลือคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ดังตัวอย่างในรูปที่ 5.3 - 5.4 และมีลักษณะคล้ายกับผลการทดลองทางอิเล็กโตรออสโมซิสของแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนบวกแบบคัลลอยด์ในสารละลาย LiCl, NaCl และ KCl ดังรูปที่ 5.5 โดย Carr และคณะ (1962) ที่ว่าค่า  $t_w$  ซึ่งพวกเขาแทนด้วยค่า  $F$  จะเป็นฟังก์ชันของความเข้มข้นของสารละลายและปริมาณน้ำภายในแผ่นแลกเปลี่ยนไอออน ค่า  $t_w$  นี้ยังขึ้นกับพารามิเตอร์อื่น ๆ ซึ่งจะกล่าวต่อไป

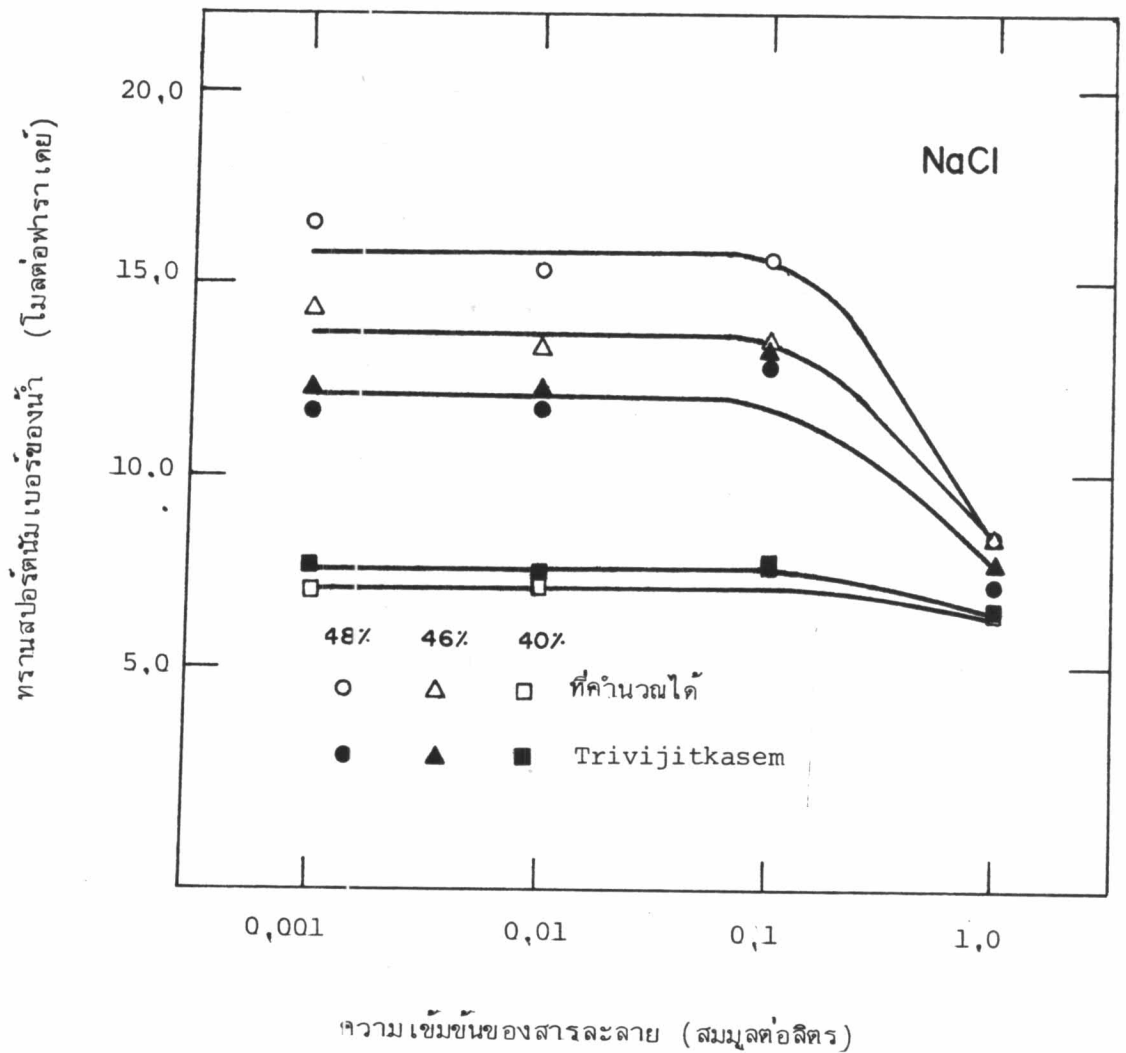
### 5.3.1 ผลเนื่องจากปริมาณน้ำภายในแผ่นแลกเปลี่ยนไอออน

ผลการทดลองดังตัวอย่างในรูป 4.10 ระบบของสารละลาย NaCl กับแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนบวก CR 61 AZL 389, CR 61 AZL 386 และ CR 61 CZL 386 ซึ่งปริมาณน้ำในแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนเป็น 48 %, 46 %, และ 40 % ของเรซินแห้งตามลำดับ ในช่วงความเข้มข้นของสารละลายเป็น 0.001 - 0.1 สมมูลต่อลิตร ค่า  $t_w$  ในแต่ละความเข้มข้นจะลดลงเมื่อปริมาณน้ำภายในแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนลดลง ปรากฏการณ์นี้สามารถอธิบายได้ดังนี้คือ

ค่า  $t_w$  จะแปรตามสัมประสิทธิ์อิเล็กโตรออสโมซิส  $\beta$  (Trivijitkasem (1976) ซึ่งตามแบบจำลองทางทฤษฎีของการส่งผ่านแผ่นแลกเปลี่ยนไอออน โดย Caplan และ Mikulecky (1966) ค่า  $\beta$  จะสัมพันธ์กับแฟคเตอร์อื่น ๆ ดังนี้

$$\beta F = f_{+w}^{\circ} r^2 / 8\eta \left[ 1 + 2(c_S / X')^2 \right] \quad (5.1)$$

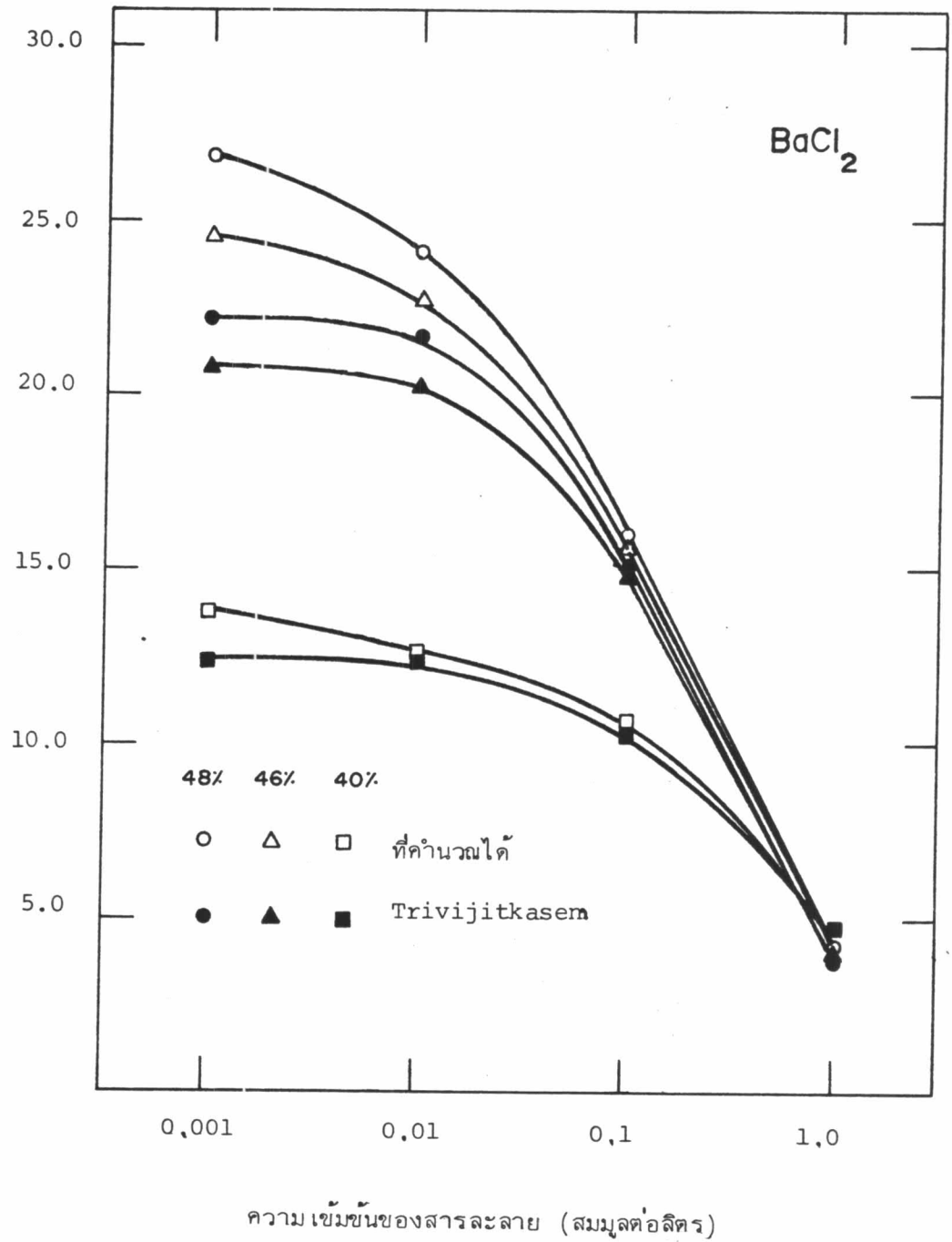
โดย  $f_{+w}^{\circ}$  เป็นสัมประสิทธิ์ความเสียหายระหว่างไอออนบวกกับโมเลกุลของน้ำในสารละลาย,  $r$  เป็นรัศมีขั้วผลของรูพรุนในแผ่นแลกเปลี่ยนไอออน,  $\eta$  เป็นความหนืดของน้ำ,  $c_S$  เป็นความเข้มข้นของสารละลาย และ  $X'$  เป็นอัตราส่วนระหว่างจำนวนประจุ  $X$  และสัดส่วนปริมาณน้ำ  $\phi_w$  ของแผ่นแลกเปลี่ยนไอออน



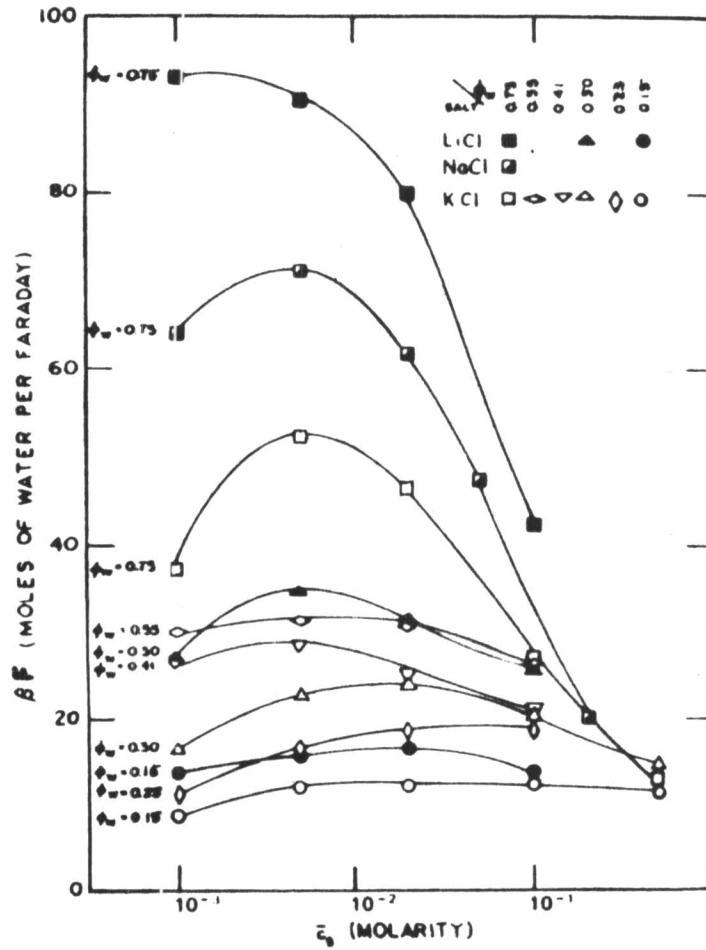
รูปที่ 5.3 กราฟระหว่างทรานสปอร์ติวึม เบอรัของน้ำกับความเข้มข้นของสารละลาย โยเทียมคลอไรด์ ในระบบแผ่นแลกเปลี่ยนอออนบวก จากที่คำนวณได้ และของ Trivijitkasem (1980) โดยปริมาณน้ำในแผ่นแลกเปลี่ยนอออน เป็น เปอร์เซนต์ต่างๆกันของ เรซินแห้ง



ทรานสปอร์ตสัม เบอร์ของน้ำ (โมลต่อฟาราเดย์)



รูปที่ 5.4 กราฟระหว่างทรานสปอร์ตสัม เบอร์ของน้ำกับความเข้มข้นของสารละลาย แบเรียมคลอไรด์ ในระบบแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนบวก จากที่คำนวณได้ และของ Trivijitkasem (1980) โดยปริมาณน้ำในแผ่น แลกเปลี่ยนไอออน เป็น เปอร์ เซนต์ต่างๆ กันของ เรซินแห้ง



รูปที่ 5.5 อิเล็กโทรออสโมซิสของสารละลายเกลือคลอไรด์พร้อมแผ่นแลกเปลี่ยน  
 อีออนโพลีสไตรีนซัลโฟเนตแบบสัลดายด์ที่มีความพรุนต่าง ๆ กัน  
 (Carr และคณะ, 1962 และ Caplan และ  
 Mikulecky, 1966)

ค่า  $\beta F$  จะแปรผันตามกำลังสองของรัศมียังผลตั้งสมการ (5.1) เมื่อแพคเตอร์อื่น ๆ คงที่ รัศมียังผลเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนนั่นคือ ความพรุน (porosity) ซึ่งอาจแทนได้ด้วย ปริมาณน้ำภายในแผ่นแลกเปลี่ยนไอออน (Carr และคณะ, 1962) ดังนั้นค่า  $t_w$  ในแต่ละความเข้มข้นของสารละลายจะลดลง เมื่อปริมาณน้ำภายในแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนลดลง

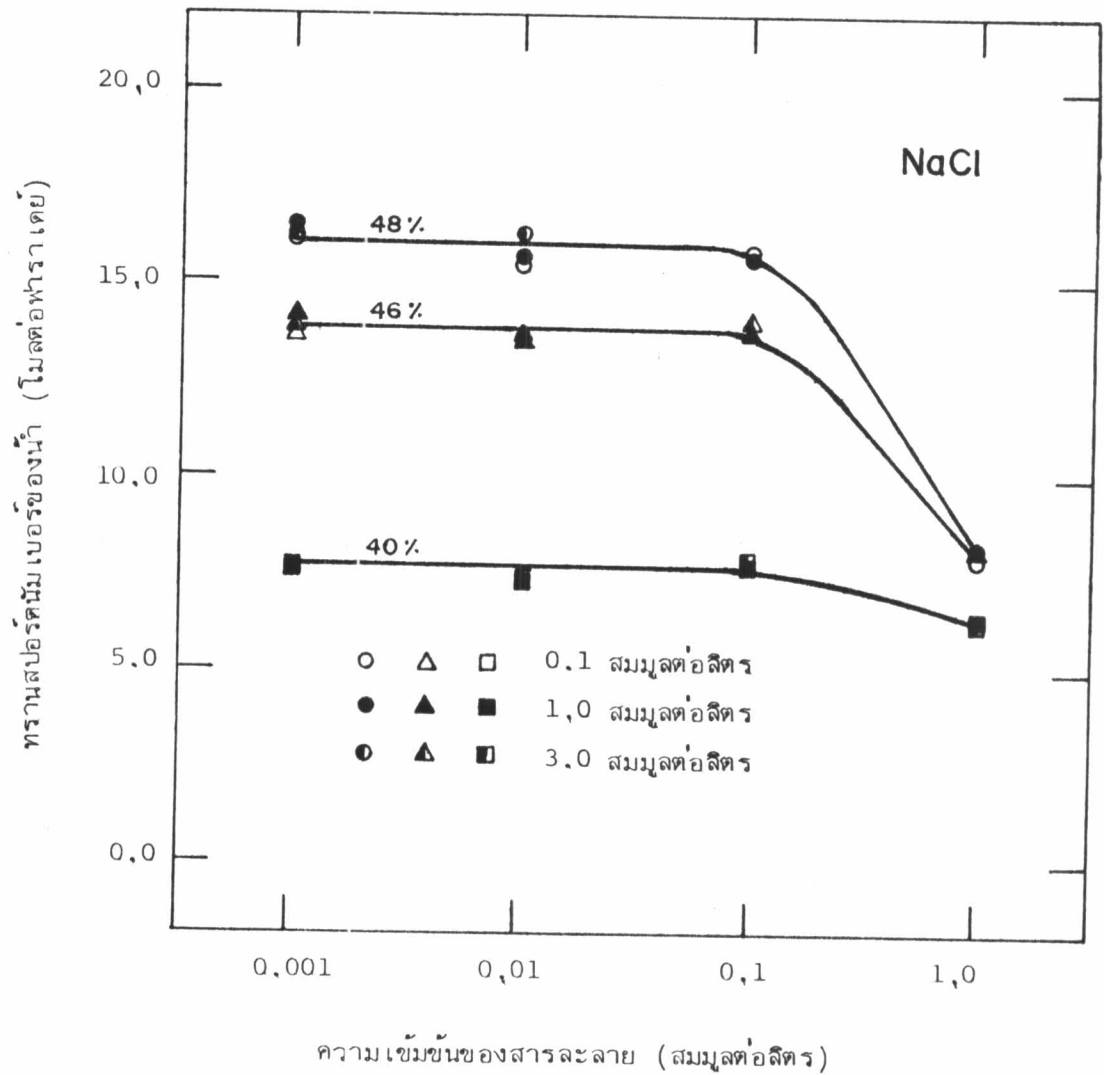
### 5.3.2 ผลเนื่องจากการกระตุ้นแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนด้วยสารละลายความเข้มข้นต่าง ๆ

เมื่อกระตุ้นแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนด้วยสารละลายที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กันคือ 0.1, 1.0 และ 3.0 สมมูลต่อลิตร ค่า  $t_w$  ของแต่ละความเข้มข้นของสารละลายไม่ต่างกัน ดังระบบแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนบวก CR 61 AZL 389, CR 61 AZL 386 และ CR 61 CZL 386 ซึ่งมีความจุ 2.6, 2.7 และ 2.8 มิลลิสมมูลต่อกรัมของเรซินแห้งในสารละลาย NaCl และ  $MgCl_2$  ในรูปที่ 5.6 และ 5.7 ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะ จากเงื่อนไขความเป็นกลางทางไฟฟ้าของแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนดังนี้  $C_+ = C_- + X$  โดย  $C_+$  และ  $C_-$  เป็นความเข้มข้นของไอออนบวกและไอออนลบภายในแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนตามลำดับ และ  $X$  เป็นความหนาแน่นของประจุที่ติดอยู่ในแผ่นแลกเปลี่ยนไอออน เมื่อสารละลายมีความเข้มข้นสูงจะไม่คำนึงถึงความเข้มข้นของไอออนลบ จะได้ว่า  $C_+ = X$  นั่นคือ ไอออนบวกของสารละลายจะจับกับประจุลบของแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนจนหมด ดังนั้นไม่ว่าจะใช้สารละลายความเข้มข้น 0.1, 1.0 หรือ 3.0 สมมูลต่อลิตร ไอออนบวกที่เกาะติดกับแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนได้สูงสุดเพียงเท่ากับประจุลบของแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนเท่านั้น ซึ่งในการทดลองนี้จะได้ว่า ความเข้มข้น 0.1 สมมูลต่อลิตรเป็นความเข้มข้นต่ำที่สุดเพียงพอต่อการกระตุ้นแผ่นแลกเปลี่ยนไอออน ยกเว้นสารละลาย LiCl เพราะ  $Li^+$  ไอออนมีขนาดเล็กมากซึ่งจะกล่าวไว้ในตอนที่ 5.3.4

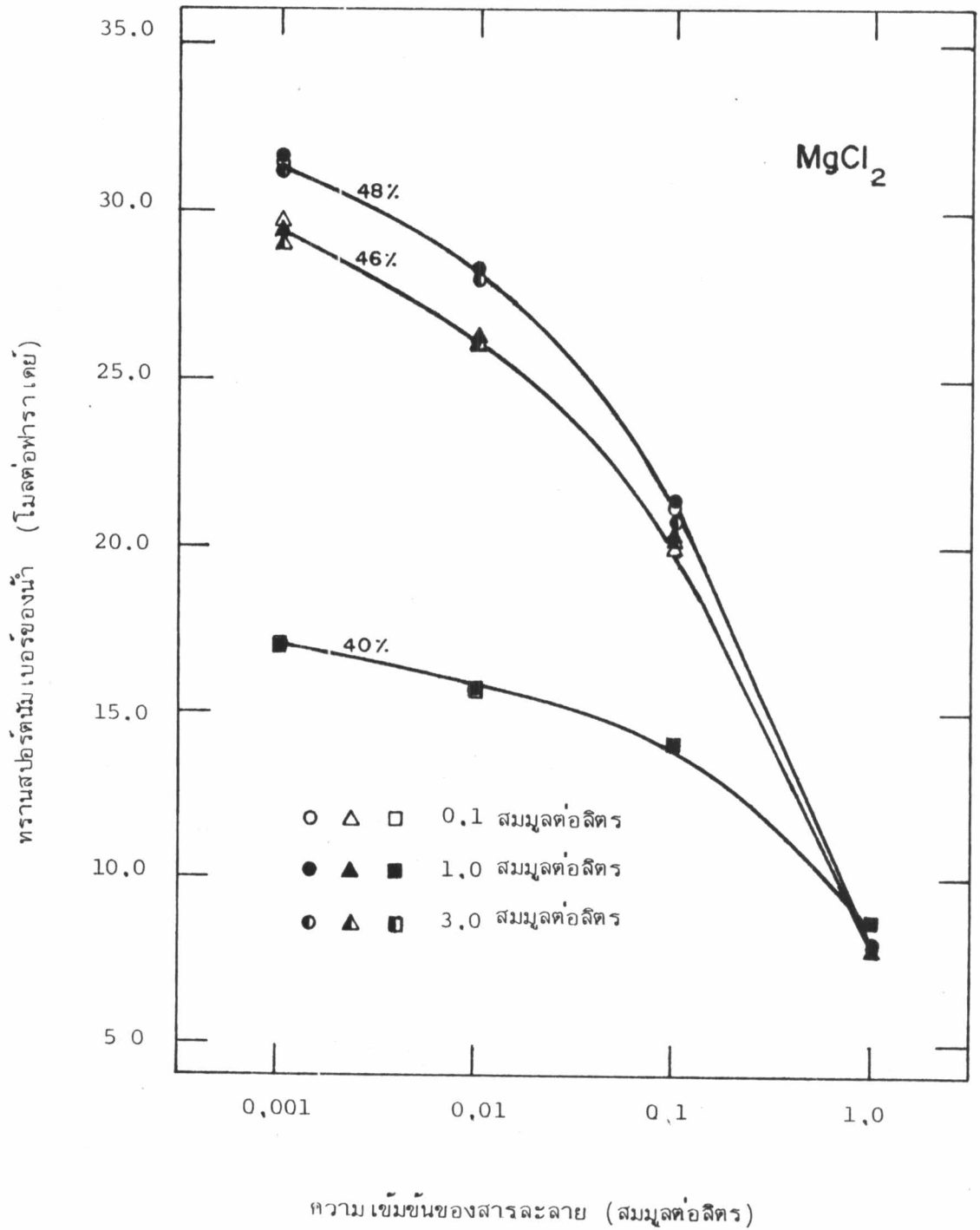
### 5.3.3 ผลเนื่องจากขนาดของไอออนที่เคลื่อนที่

จากแบบจำลองความฟืดของ Spiegler (1958) จะอธิบายปรากฏการณ์การส่งผ่านแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนด้วยสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบ และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานนั้นจะแปรผันกลับกับไอออนิกเซฟตีฟิเวชัน (ionic self diffusion) ดังนี้





รูปที่ 5.6 กราฟระหว่างทรานสปอร์คัมนั้ม เบอริ์ของน้ำกับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ในระบบแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนบวกที่ถูกกระตุ้นด้วยสารละลายความเข้มข้น 0.1, 1.0 และ 3.0 สมมูลต่อลิตร



รูปที่ 5,7 กราฟระหว่างทรานสปอร์ตัมเบอร์ของน้ำกับความเข้มข้นของสารละลาย  
แมกเนเซียมคลอไรด์ ในระบบแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนบวกที่ถูก  
กระตุ้นด้วยสารละลายความเข้มข้น 0.1, 1.0 และ  
3.0 สมมูลต่อลิตร

$$f_{+w}^{\circ} = \frac{RT}{D_{+}^{\circ}} \quad (5.2)$$

โดย  $f_{+w}^{\circ}$  เป็นสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างไอออนบวกกับโมเลกุลของน้ำ ,  $D_{+}^{\circ}$  เป็นไดฟฟิวซิวิตีของไอออนบวกในสารละลายเอง,  $R$  เป็นค่าคงที่ของแก๊ส และ  $T$  เป็นอุณหภูมิ

จากค่า  $D_{+}^{\circ}$  และ  $f_{+w}^{\circ}$  ที่เสนอไว้ในตารางที่ 5.1 จะเห็นว่าค่า  $D_{+}^{\circ}$  เพิ่มขึ้นและค่า  $f_{+w}^{\circ}$  ลดลงเมื่อขนาดของไอออนใหญ่ขึ้น จากสมการ (5.1) ค่า  $t_w$  แปรผันตรงกับ  $f_{+w}^{\circ}$  เมื่อพารามิเตอร์อื่น ๆ คงที่ ดังนั้นในระบบของสารละลายที่ไอออนบวกมีค่า  $D_{+}^{\circ}$  มากแล้ว ค่า  $t_w$  จะมาก ส่วนผลการทดลอง เช่น ระบบแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนบวก CR 61 AZL 389 ในสารละลาย  $\text{LiCl}$ ,  $\text{NaCl}$  และ  $\text{KCl}$  ดังรูปที่ 5.8 และในสารละลาย  $\text{MgCl}_2$  และ  $\text{BaCl}_2$  ดังรูปที่ 5.9 ค่า  $t_w$  ณ ความเข้มข้นหนึ่ง ๆ จะลดลงเมื่อขนาดของไอออนบวกในสารละลายใหญ่ขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับทางทฤษฎี

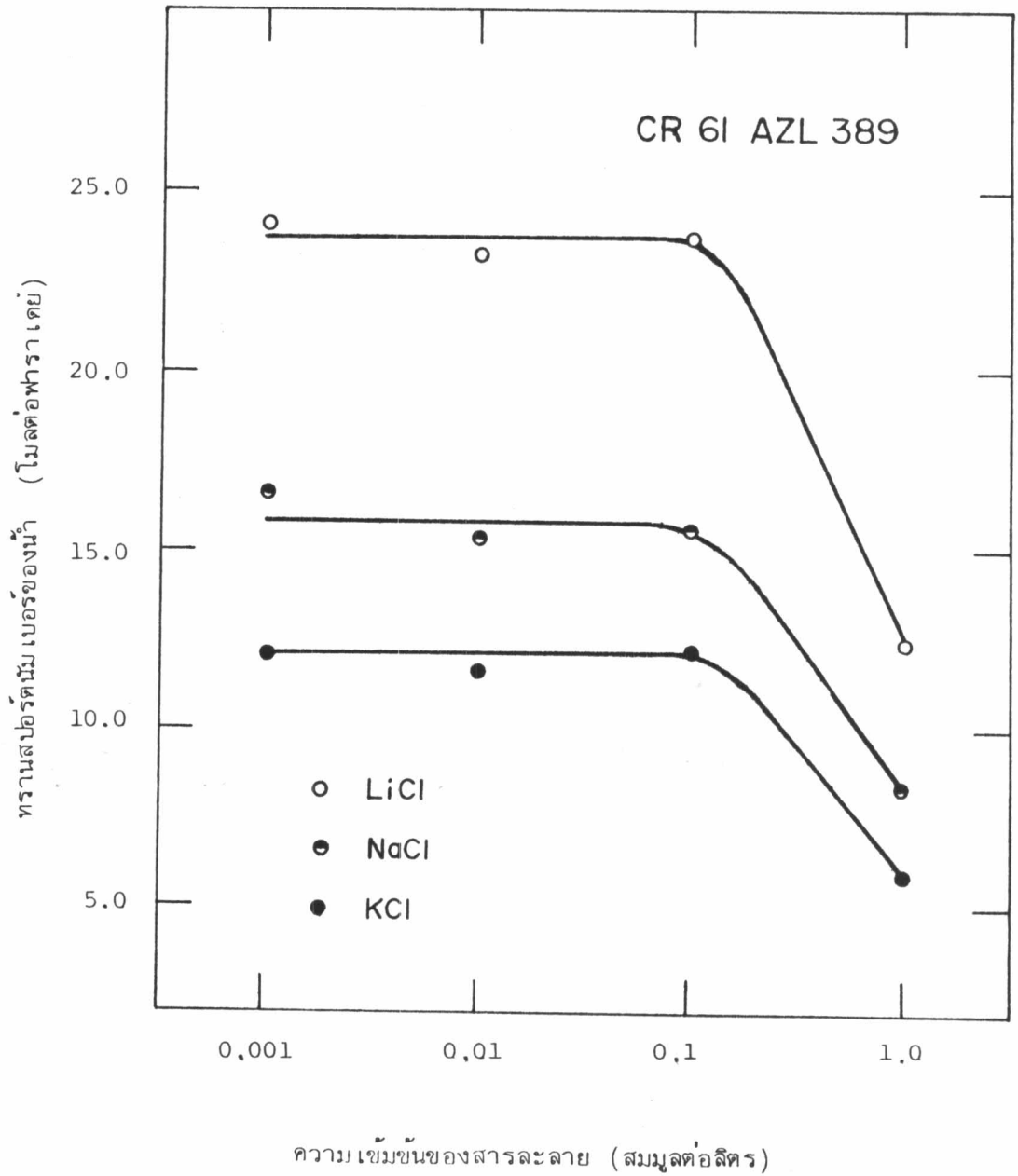
#### 5.3.4 ผลเนื่องจากความเข้มข้นของสารละลาย

ในระบบสารละลายที่ไอออนบวกมีวาเลนซ์เป็นหนึ่งดังแสดงในรูปที่ 5.8 ค่า  $t_w$  จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารละลายลดลง และเข้าสู่ค่าคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งสอดคล้องกับสมการ (5.1) คือค่า  $t_w$  จะแปรผันตาม  $1/c_x^2$  และมีค่าคงที่เมื่อ  $c_x$  น้อยกว่า 1 มาก ๆ แต่ในระบบสารละลายที่ไอออนบวกมีวาเลนซ์เป็นสอง ดังรูปที่ 5.9 ค่า  $t_w$  จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารละลายลดลงเช่นกัน แต่ยังไม่เข้าสู่ค่าคงที่ ทั้งนี้เพราะ ไอออนบวกที่มีวาเลนซ์เป็นสองจะยึดติดกับฟิเคซาร์จได้แน่นกว่าไอออนบวกที่มีวาเลนซ์เป็นหนึ่งในขณะที่มีความเข้มข้นเท่ากัน เนื่องจากจำนวนวาเลนซ์ที่มากกว่า และทำให้โครงร่างไฮโดรเมออร์เกร็งกว่า, ขนาดของรูพรุนก็ใหญ่ขึ้น การส่งผ่านน้ำจึงยังคงเป็นไปได้ด้วยดี

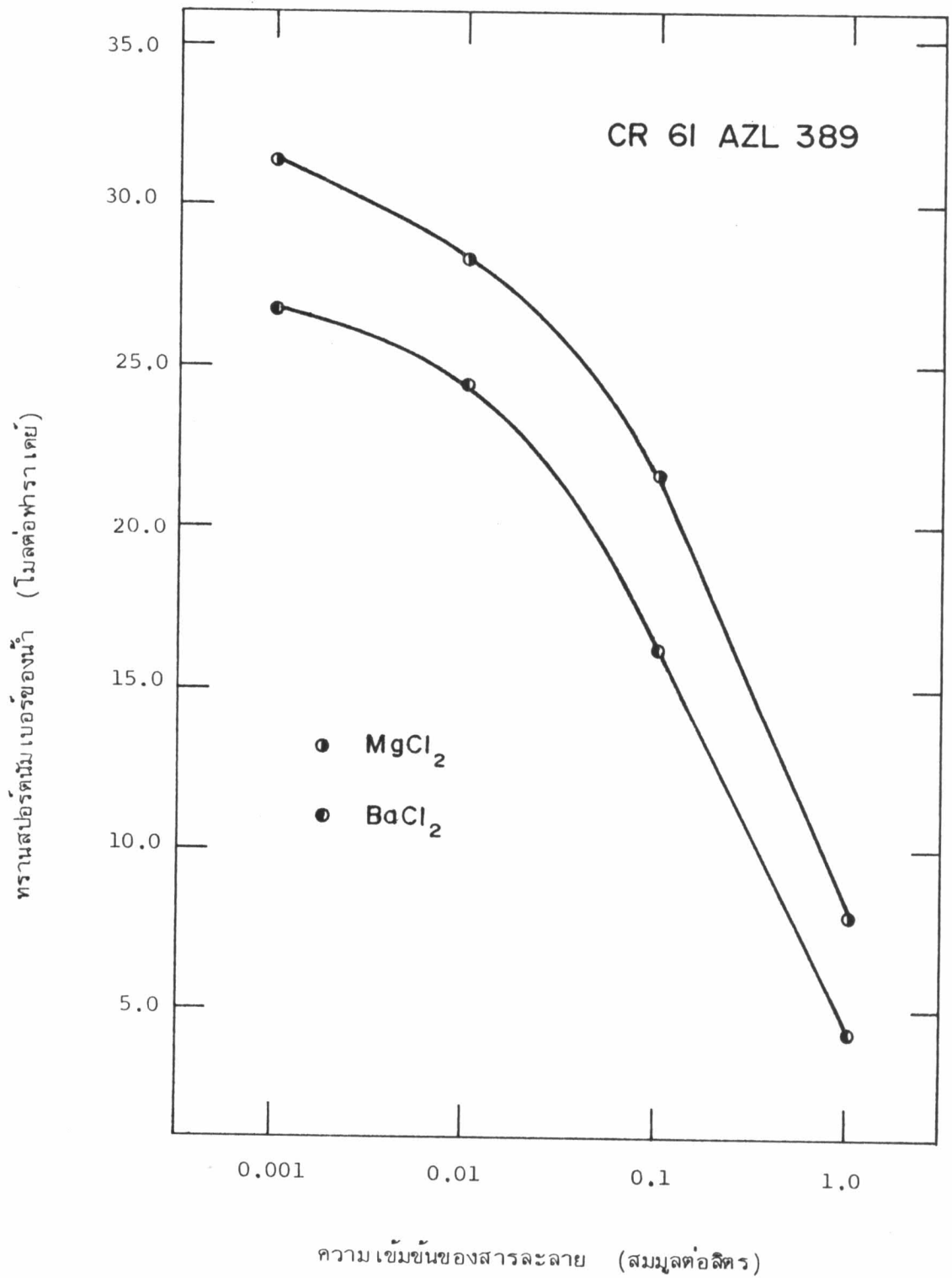
ส่วนในระบบของแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนบวกที่ถูกกระตุ้นด้วยสารละลาย  $\text{LiCl}$  ความเข้มข้น 0.1 สมมูลต่อลิตร ดังตัวโปรแกรมในรูปที่ 4.9 ค่า  $t_w$  จะลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายลดลงจาก 0.1 ถึง 0.001 สมมูลต่อลิตร ทั้งนี้อาจเนื่องจากการบวมของแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนซึ่งขึ้นกับความเข้มข้นของสารละลายและขนาดของไอออนที่มีประจุ เหมือนกับประจุของแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนดังนี้คือ แผ่นแลกเปลี่ยนไอออนจะบวมมากขึ้นเมื่อความเข้มข้น

ตารางที่ 5.1 ค่า  $D_+^0$  (Koryta และคณะ, 1970) และ  $f_{+w}^0$   
 (สมการ 5.2) สำหรับไอออนบวกในสารละลายที่ 25  
 องศาเซลเซียส

ไอออนบวก	$D_+^0 \times 10^5$ เซนติเมตร <sup>2</sup> วินาที <sup>-1</sup>	$f_{+w}^0 \times 10^{-8}$ จูลวินาทีเซนติเมตร <sup>-1</sup> โมล <sup>-1</sup>
Li <sup>+</sup>	1.03	2.406
Na <sup>+</sup>	1.33	1.863
K <sup>+</sup>	1.96	1.264
Mg <sup>2+</sup>	0.71	3.490
Ba <sup>2+</sup>	0.79	3.136

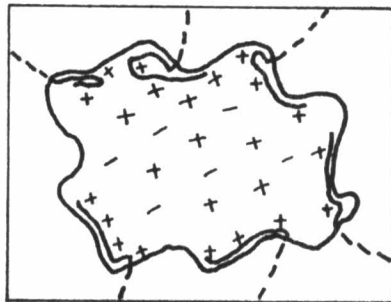


รูปที่ 5.8 กราฟระหว่างทรานสปอร์ติบีม เบอริชองน้ำกับความเข้มข้นของสารละลาย LiCl, NaCl และ KCl ในระบบแผ่นแลกเปลี่ยนไอออน บวก CR 61 AZL 389 ที่ถูกกระตุ้นด้วยสารละลายความเข้มข้น 1,0 สมมูลต่อลิตร

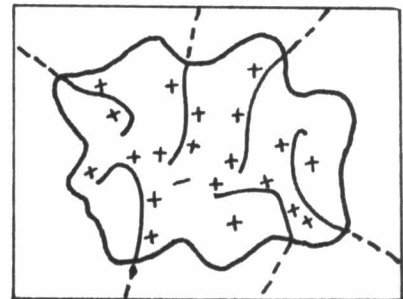


รูปที่ 5.9 กราฟระหว่างทรานสปอร์ติบิลิตี้ของน้ำกับความเข้มข้นของสารละลาย  $MgCl_2$  และ  $BaCl_2$  ในระบบแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนบวก CR 61 AZL 389 ที่ถูกกระตุ้นด้วยสารละลายความเข้มข้น 1.0 สมมูลต่อลิตร

ของสารละลายน้อยลงและขนาดของอออนบวกละเล็กลง (Helfferich, 1962) และจากแบบจำลองของ Caplan และ Sollner (1974) ที่ว่าเมื่อแผ่นแลกเปลี่ยนอออนบวมแล้วร่างเทโพสิเมอร์ของแผ่นแลกเปลี่ยนจะยื่นยาวออกมาในรูพรุน เมื่อสารละลายมีความเข้มข้นสูงร่างเทโพสิเมอร์จะอยู่ชิดกับผนังของรูพรุน ดังแสดงในรูปที่ 5.10 ก. ทำให้ขนาดของรูพรุนไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง แต่เมื่อสารละลายมีความเข้มข้นต่ำร่างเทโพสิเมอร์จะยื่นยาวมากขึ้น ทำให้ขนาดของรูพรุนเล็กลง ดังในรูปที่ 5.10 ข. ดังนั้นการส่งผ่านของน้ำจึงน้อยลงดังกล่าว



รูปที่ 5.10 ก.



รูปที่ 5.10 ข.

รูปที่ 5.10 การบวมของแผ่นแลกเปลี่ยนอออนในสารละลายความเข้มข้นสูง (ก) และในสารละลายความเข้มข้นต่ำ (ข) แสดงร่างเทโพสิเมอร์ที่ยื่นยาวออกมาและขนาดของรูพรุน (Caplan และ Sollner, 1974)

#### 5.4 ประโยชน์

จากวิธีการทดลองทางสตรัมมิงโปเทนเชียลสามารถนำมาเป็นวิธีการตรวจสอบแผ่นตัวอย่างใด ๆ ว่าเป็นแผ่นแลกเปลี่ยนอออนหรือไม่ ชนิดใดดังนี้คือ นำแผ่นตัวอย่างนั้นมาแทนที่แผ่นแลกเปลี่ยนบวกลบ เมื่อให้ความดันของสารละลายทั้งสองข้างต่างกัน ถ้าไม่เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่เป็นระเบียบของความต่างศักย์ไฟฟ้าแล้ว แผ่นตัวอย่างอาจจะ เป็นแผ่นแลกเปลี่ยนอออนที่ขำรุดหรือไม่เป็นแผ่นแลกเปลี่ยนอออน แต่ถ้าเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นแสดงว่าแผ่นตัวอย่าง เป็นแผ่นแลกเปลี่ยนอออน และยังทราบต่อไปอีกว่าแผ่นตัวอย่างนี้สามารถแลกเปลี่ยนอออนบวกลบหรืออออนลบ โดยดูจากความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ถ้าข้างที่มีความดันสูงมีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่าข้างที่มีความดันต่ำแสดงว่า เป็นแผ่นแลกเปลี่ยนอออนบวกลบ แต่ถ้าข้างที่มีความดันสูงมีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าข้างที่มีความดันต่ำแสดงว่า เป็นแผ่นแลกเปลี่ยนอออนลบ ดังได้

กล่าวแล้วในตอนที 5.2

อีกทั้งยังเป็นวิธีการที่จะนำไปหาค่าทรานสปอร์ตันัมเบอร์ของน้ำที่ถูกต้อง เพื่อใช้ประกอบในการศึกษาเกี่ยวกับแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนที่ใช้ในทางด้านเทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น การแยกเกลือด้วยไฟฟ้า (electrodialysis) ซึ่งเป็นวิธีการแยกเอาน้ำออกจากน้ำทะเล โดยใช้แผ่นแลกเปลี่ยนไอออนบวกและแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนลบกันน้ำทะเลแล้วผ่านกระแสไฟฟ้า ไอออนบวกและไอออนลบจะถูกส่งผ่านไปยังขั้วไฟฟ้า น้ำทะเลระหว่างแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนจะเจือจางลงจนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ ดังนั้นแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนที่ใช้ในการนี้ควรมีค่าทรานสปอร์ตันัมเบอร์ของน้ำน้อย ๆ เพื่อจะได้กักน้ำให้อยู่ระหว่างแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนได้มากที่สุด หรือการศึกษาเซลล์เชื้อเพลิง (fuel cell) แบบแผ่นแลกเปลี่ยนไอออน โดยการคำนวณหาปริมาณน้ำที่จะเกาะติดไปกับไฮโดรเจนไอออน เพื่อจะได้บรรจุน้ำลงไป ในเซลล์ให้พอเหมาะที่จะทำให้แผ่นแลกเปลี่ยนไอออนชื้นพอ และไม่เกิดความเสียหาย เนื่องจากการรั่วแตกเมื่อแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนแห้งเกินไป หรือประกอบในการคำนวณหาค่าเทอร์มอลอิเลกตริกโปเทนเชียล (thermal electric potential) ในการศึกษาเทอร์มอลเมมเบรนโปเทนเชียล

และที่เป็นประโยชน์มากก็คือ ค่าทรานสปอร์ตันัมเบอร์ของน้ำที่หาได้โดยวิธีสตริมมิงโปเทนเชียลนี้ สามารถนำไปประกอบในการหาค่า เมมเบรนโปเทนเชียลได้ถูกต้องยิ่งขึ้นดังกล่าวแล้วในบทที่ 1 ซึ่งทำให้การศึกษายวณการส่งผ่านในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต ทั้งทางด้านความเข้าใจในธรรมชาติของมันและการวัดค่าต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ละเอียดยิ่ง ๆ ขึ้น

## 5.5 สรุป

จากการศึกษาสตริมมิงโปเทนเชียลคร่อมแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนบวกในสารละลายอัลคาไลน์คลอไรด์และอัลคาไลน์เอิร์ทคลอไรด์นี้ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. เมื่อความดันของสารละลายทั้งสองข้างของแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนต่างกัน ความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนแปรผันตามรากที่สองของเวลาและ เป็นไปตามความสัมพันธ์ของ Burn (1967)



2. ค่าสตรึมมิงโปเทนเชียลแปรผันตามความแตกต่างความดันสำหรับแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนบวกแล้ว ข้างที่มีความดันสูงกว่าจะมีศักดาไฟฟ้าสูงกว่าข้างที่มีความดันต่ำ
3. ทั้งสตรึมมิงโปเทนเชียลและทรานสปอร์ตนิ้มเบอร์ของน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงดังนี้
  - ก. มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนมีความพรุนมากขึ้น
  - ข. ไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้กระตุ้นในช่วง 0.1 ถึง 3.0 สมมูลต่อลิตร
  - ค. มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อไอออนที่เคลื่อนที่มีขนาดเล็กลง
  - ง. มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารละลายลดลง ยกเว้นในระบบของสารละลาย LiCl ที่แผ่นแลกเปลี่ยนไอออนถูกกระตุ้นด้วยสารละลายความเข้มข้น 0.1 สมมูลต่อลิตร ในช่วงความเข้มข้น 0.1 ถึง 0,001 สมมูลต่อลิตร
4. ค่าทรานสปอร์ตนิ้มเบอร์ของน้ำที่คำนวณได้มีลักษณะสอดคล้องกับผลทางสตรึมมิงโปเทนเชียลของ Trivijitkasem (1980) และผลทางอิเล็กโตรออสโมซิสของ Carr และคณะ (1962) ทั้งยังอธิบายได้ด้วยทฤษฎีของ Caplan และ Mi kulecky (1966)