



อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์

อุปกรณ์การทดลองที่ใช้ในการศึกษาการดูดซึมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประกอบด้วย ส่วนต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.1 มีรายการดังต่อไปนี้

3.1.1 คอลัมน์ (Column)

คอลัมน์ทำด้วยแก้ว โดยตัวคอลัมน์เป็นรูปทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 ซม. สูง 99 ซม. ภายในคอลัมน์มี perforated plate ทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 ซม. หนา 0.1 ซม. จำนวน 26 แผ่น แต่ละแผ่นถูกเจาะรูขนาดเล็กรู ๆ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.24 ซม. จำนวน 55 รู ระยะห่างระหว่างแผ่น 3.6 ซม. ทั้งหมดถูกยึดด้วยแกนเหล็ก 3 แกน ส่วนล่างของคอลัมน์มี gas distributor สำหรับให้ก๊าซก่อตัวเป็นฟอง แล้วผ่านเข้าไปในคอลัมน์

3.1.2 ถังน้ำล้น (Constant head tank)

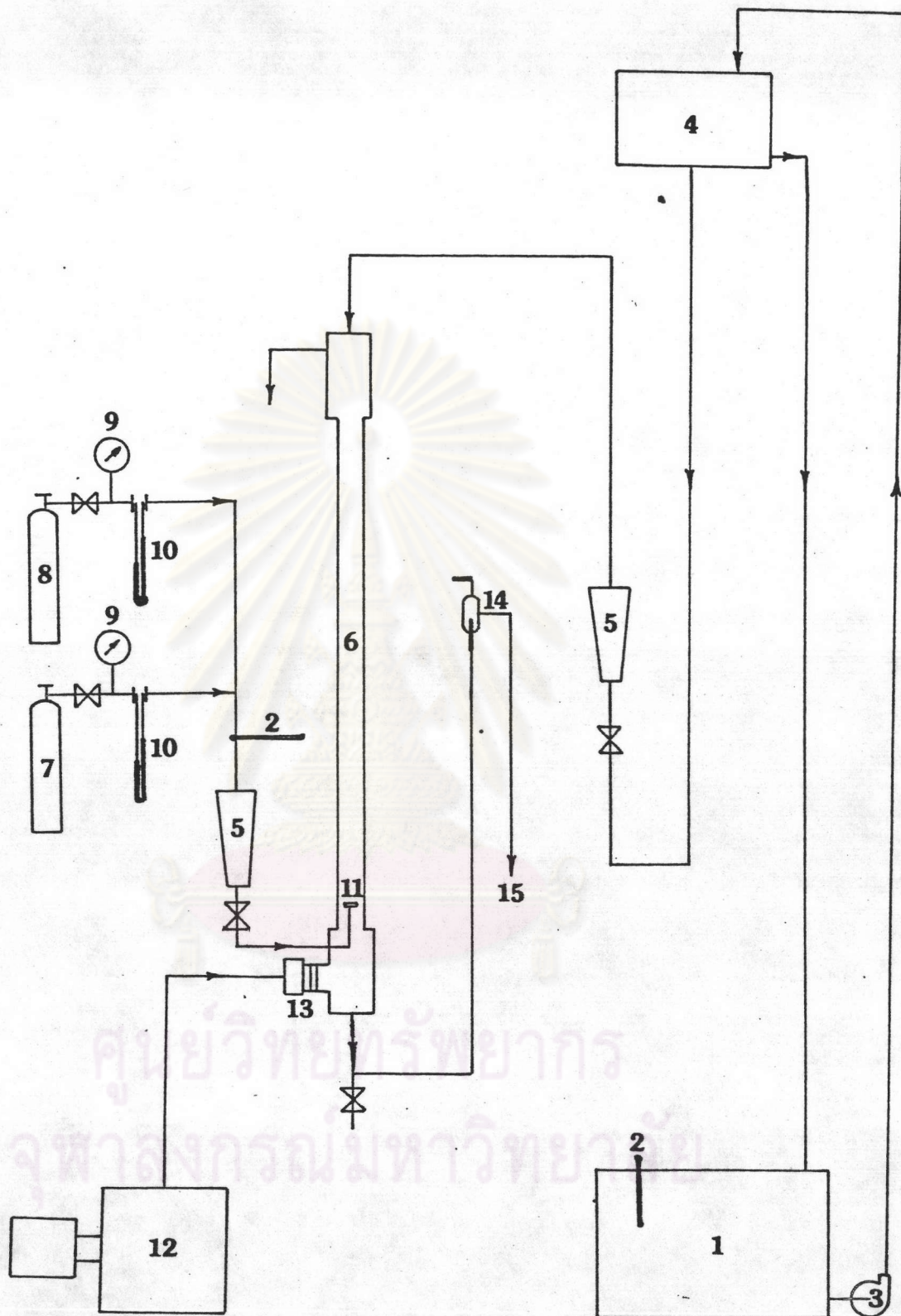
ถังน้ำล้นทำด้วยแก้ว ขนาดความจุประมาณ 25 ลิตร ด้านข้างของถังจะมีทางให้สารละลายไหลออก เพื่อใช้เป็นที่รักษาระดับของสารละลายภายในถังน้ำล้นให้มีระดับคงที่ตลอดเวลา

3.1.3 ถังนํ้ากสารละลาย (Liquid solution supply tank)

ถังนํ้ากสารละลายทำด้วย PVC ขนาดความจุประมาณ 60 ลิตร

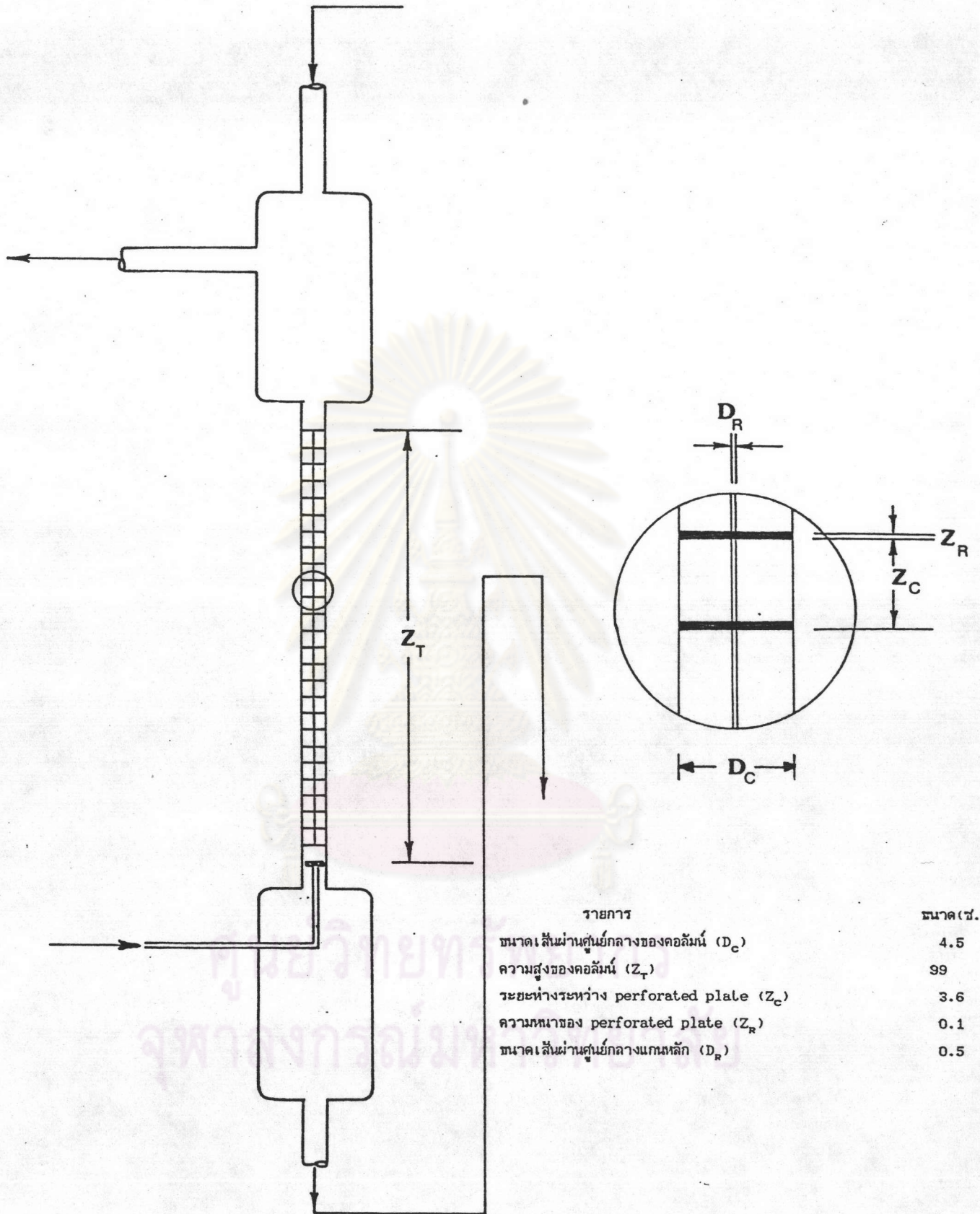
3.1.4 ที่รักษาระดับความสูงของของเหลวในคอลัมน์ (Weir)

ความสูงของของเหลวในคอลัมน์ สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตรงทางออกของสารละลายซึ่งไหลผ่าน weir ที่สามารถเลื่อนขึ้นลงได้



- | | | |
|------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 1. NaOH solution supply tank | 6. Column | 11. Gas distribution |
| 2. Thermometer | 7. Air cylinder | 12. Air compressor |
| 3. Pump | 8. CO ₂ cylinder | 13. Pulsator |
| 4. Constant head tank | 9. Regulator | 14. Weir |
| 5. Rotameter | 10. Manometer | 15. NaOH solution outlet |

รูปที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของคอลัมน์แบบพัลส์



รูปที่ 3.2 แสดงขนาดของคอลัมน์

3.1.5 เครื่องอัดอากาศ (Air compressor)

เครื่องอัดอากาศเป็นของ IWATA สามารถอัดอากาศได้ความดันสูงสุด 150 psi

3.1.6 Pulsator

ที่ส่วนล่างของคอลัมน์เป็นที่ติดตั้งของ pulsing unit ประกอบด้วย ตัวพัลส์ (pulse) ทำด้วยเพ็ลลอนอยู่ในท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 8.4 ซม. ทำงานโดยอากาศอัดจากเครื่องอัดอากาศจะส่งผ่านไปยังลิ้นโซเลนอยด์ (solenoid valve) ของ Relay Electronic ซึ่งสามารถปรับความถี่ของ pulsation ได้ ทุกการทดลองค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกสูบ (amplitude), a คงที่ที่ 1.5 ซม.

3.1.7 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บรรจุอยู่ในถังภายใต้ความดันสูง ถังหนึ่งสามารถบรรจุคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 70 กก.

3.1.8 อากาศ (air)

อากาศบรรจุอยู่ในถังภายใต้ความดันสูง ถังหนึ่งสามารถบรรจุได้ 140 กก.

3.1.9 ขวดเก็บตัวอย่าง

เป็นขวดพลาสติกใส ขนาดจุ 120 ลูกบาศก์เซนติเมตร (มิลลิเมตร)

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 กรดเกลือมาตรฐาน (Standard HCl)

เตรียมกรดเกลือมาตรฐานเข้มข้น 0.1, 0.15 และ 0.2 นอร์มัล ด้วยวิธีของ Vogel (21) จากกรดเกลือเข้มข้น สามารถตรวจหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานนั้น ด้วย anhydrous sodium carbonate

3.2.2 สารละลาย 10% $BaCl_2 \cdot 2H_2O$

เตรียมสารละลาย 10% $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ด้วยวิธีของ ASTM Designation: E 200 (22)

3.2.3 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1, 0.15 และ 0.2 นอร์แมล ด้วยวิธีของ ASTM Designation: E 200 (22)

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 ระบบการไหลของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

สารละลายจะถูกสูบจากถังพักสารละลาย (liquid solution supply tank) ซึ่งมีเทอร์โมมิเตอร์ใช้วัดอุณหภูมิของสารละลายไปยังถังน้ำล้น (constant head tank) ซึ่งอยู่ที่ส่วนบนของคอลัมน์ ส่งผ่าน rotameter สำหรับวัดอัตราการไหลของสารละลาย เข้าไปในคอลัมน์และผ่านคอลัมน์ออกทางส่วนล่าง ผ่าน weir ที่ใช้รักษาระดับของความสูงของของเหลวในคอลัมน์ แล้วจึงไหลตรงไปยังท่อน้ำทิ้ง โดยอัตราการไหลของสารละลายจะแปรค่าในช่วง 7.55-12.60 ลบ.ซม./วินาที หรือมีความเร็วไหลผ่านประมาณ 0.47-0.79 ซม./วินาที อุณหภูมิของสารละลายจะวัดทั้งก่อนเข้าและหลังจากผ่านคอลัมน์แล้ว เพื่อดูความแตกต่างของอุณหภูมิ โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบละเอียด อุณหภูมิที่วัดได้ต่างกันไม่เกิน 3 องศาเซลเซียส

3.3.2 ระบบการไหลของก๊าซ

3.3.2.1 อากาศ

อากาศจากถังเหล็กถูกปล่อยออกมาผ่าน regulator เพื่อปรับความเร็วและความกดดันให้พอเหมาะผ่าน orifice ที่มี manometer สำหรับวัดความเร็วอากาศ เมื่อผ่านมาถึง gas distributor มันจะก่อตัวเป็นฟองก๊าซผ่านคอลัมน์ขึ้นไปออกทางส่วนบนของคอลัมน์

3.3.2.2 คาร์บอนไดออกไซด์

คาร์บอนไดออกไซด์จากถังเหล็ก ถูกปล่อยออกมาผ่าน regulator เพื่อปรับความเร็วและความกดดันให้คงที่ ผ่าน orifice ที่มี manometer สำหรับวัดความเร็วของคาร์บอนไดออกไซด์ หลังจากนั้นจะไปผสมกับอากาศก่อนเข้าไปในคอลัมน์ โดยจะมีเทอร์มิเตอร์วัดอุณหภูมิของก๊าซผสม ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซผสมคิดเป็นสัดส่วนโมล (mole fraction) งานทดลองนี้มีค่าตั้งแต่ 0.0866-0.1036 ความเร็วของก๊าซผสมวัดด้วย rotameter ความเร็วของก๊าซผสมที่ใช้ประมาณ 13.66 ซม./วินาที

3.3.3 การเก็บตัวอย่างสารละลาย

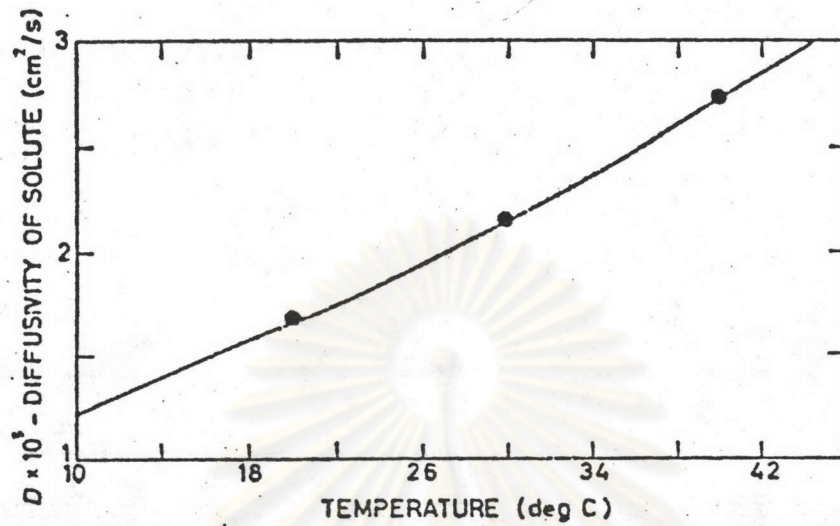
หลังจากผ่านก๊าซ และสารละลายเข้าไปในคอลัมน์แล้ว เริ่มเก็บตัวอย่างของสารละลายตรงทางออกส่วนล่างของคอลัมน์ทุก 2 นาที จนกว่าการทดลองจะอยู่ในสภาวะคงตัว (steady state) ซึ่งใช้เวลาประมาณ 25-30 นาที นำตัวอย่างของสารละลายไปวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซึมในสารละลาย จากความเข้มข้นของสารละลายไฮเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหลืออยู่หลังการดูดซึม โดยวิธีของ Wrinkler (23)

3.3.4 สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ

การเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ นั้น การทดลองนี้จะนำผลการทดลองที่ปรากฏอยู่ในเอกสารอ้างอิง (24) มาใช้ตลอดการทดลองดังในรูปที่ 3.3

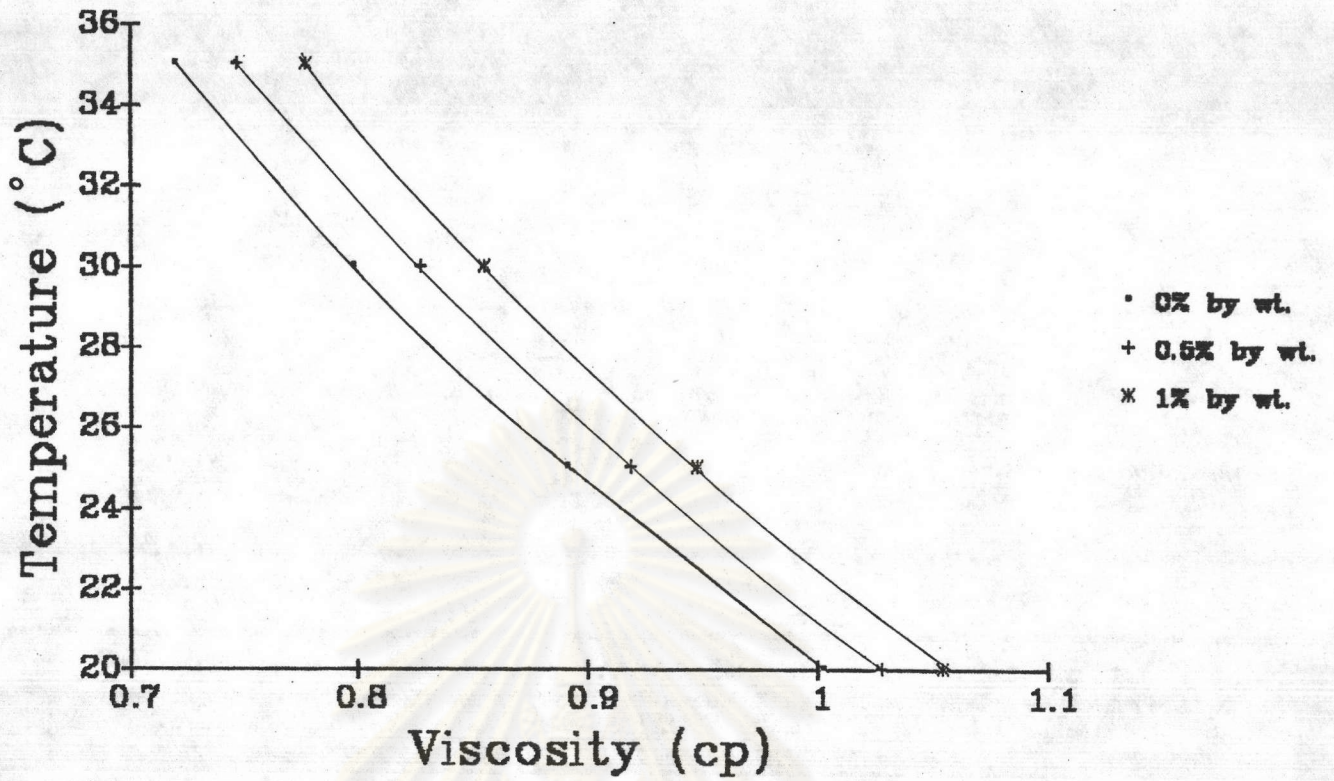
3.3.5 คุณสมบัติทางกายภาพของสารละลายไฮเดียมไฮดรอกไซด์

การเปลี่ยนแปลงของความหนืด และความหนาแน่นที่อุณหภูมิต่าง ๆ นำมาจากเอกสารอ้างอิง (25) ดังแสดงในรูปที่ 3.4 และ 3.5

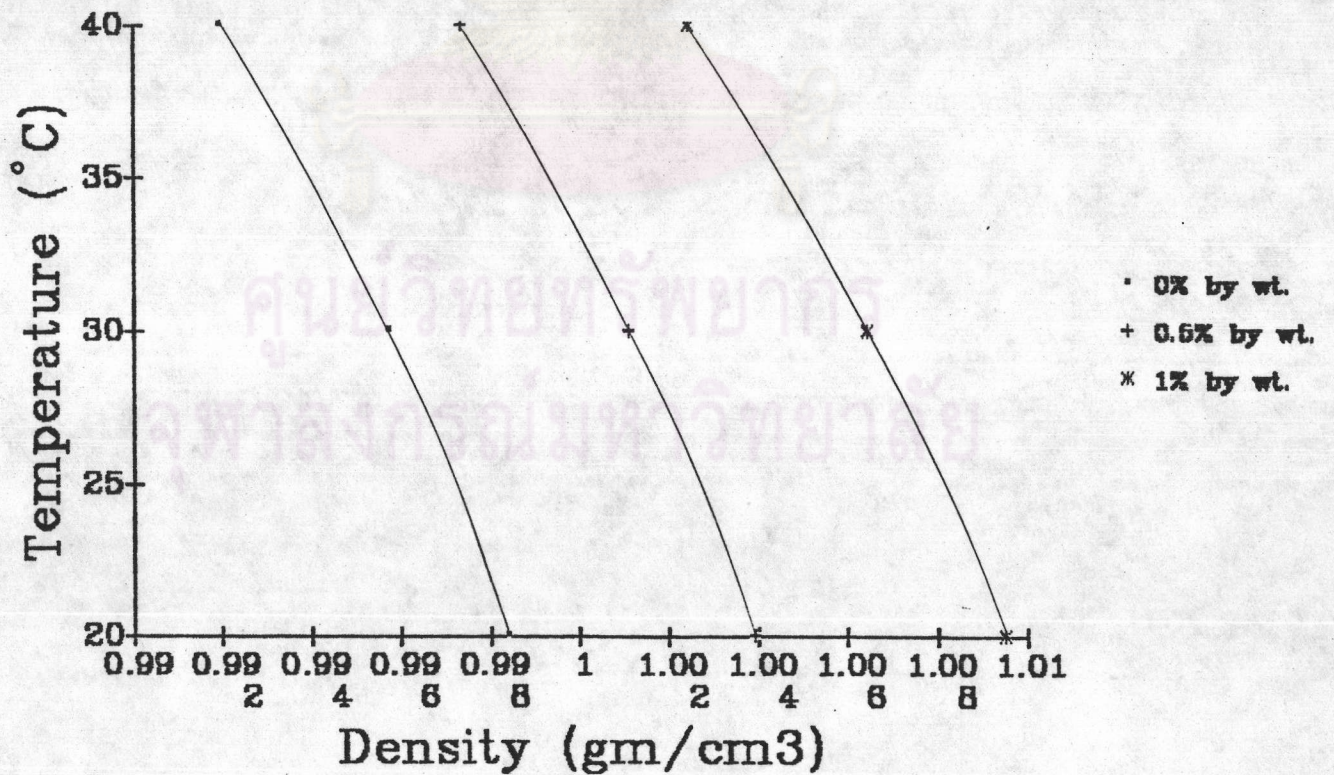


รูปที่ 3.3 The diffusivity of carbon dioxide in water at various temperatures. (Thomas and Adams) (24)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



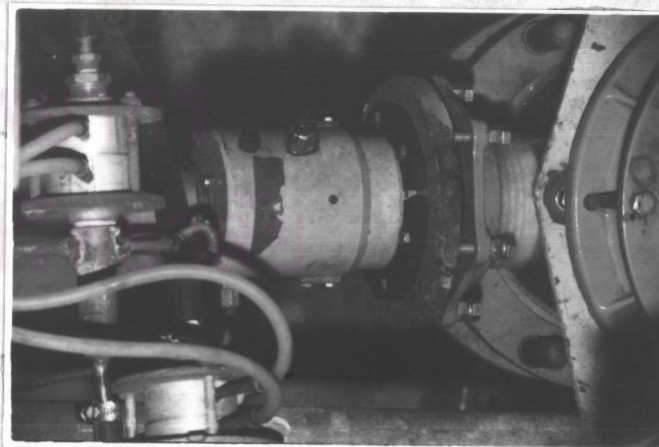
รูปที่ 3.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของสารละลาย NaOH กับอุณหภูมิ (25)



รูปที่ 3.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของสารละลาย NaOH กับอุณหภูมิ (25)



รูปที่ 3.6 คอลัมน์แบบพัลส์



รูปที่ 3.7 pulsator