

## บทที่ 5

### สรุปและวิจารณ์ผล

#### 5.1 ระบบทวิภาคของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

ผลการทดลองในระบบทวิภาคของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำแสดงในตาราง 4.1 และกราฟรูป 4.1 พบว่า การละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำเป็นไปตามกฎของเฮนรี เนื่องจากกราฟที่ได้เป็นเส้นตรงและได้ค่าคงที่ของเฮนรีที่ 10 และ 20 องศาเซลเซียสเป็น  $5.0 \times 10^{-5}$  และ  $3.2 \times 10^{-5}$  ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าการละลายของก๊าซกับงานวิจัยของ J.M. Matous, J. Sobr, J.P. Novak และ J. Pick พบว่า ค่าการละลายมีแนวโน้มไปในแนวทางเดียวกันดังกราฟรูป 4.3 เหตุที่ได้ข้อมูลตรงกันเป็นเพราะในระบบที่ทำการทดลองนี้ สารละลายยังเป็นสารละลายเจือจางเหมือนกัน จึงเป็นไปตามกฎของเฮนรี ซึ่งสามารถนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการอ้างอิงหรือนำไปใช้ได้

#### 5.2 ระบบไตรภาคของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในโตรเจน และน้ำ

ผลการทดลองในระบบไตรภาคนี้ เป็นการศึกษาผลกระทบของก๊าซไนโตรเจนที่มีผลต่อการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากตาราง 4.2 และกราฟในรูป 4.6, 4.7 และ 4.8 พบว่า การละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิ 10 และ 20 °ซ ลดลงไปเป็น 44.79 และ 46.09 เปอร์เซ็นต์ โดยการเปรียบเทียบกับระบบทวิภาคของคาร์บอนไดออกไซด์ - น้ำ ที่อุณหภูมิเดียวกัน เหตุที่ก๊าซไนโตรเจนมีผลทำให้การละลายลดลงนี้ เนื่องจากตัวถูกละลายไปทำให้ความดันไอของตัวทำละลายลดลง และศักย์ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง เนื่องจากก๊าซไนโตรเจนไปเจือจางให้คาร์บอนไดออกไซด์มีความเข้มข้นลดลง เป็นเหตุให้คาร์บอนไดออกไซด์มีการละลายที่ลดลง

### 5.3 ระบบพหุภาคของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซธรรมชาติ

ผลการทดลองในระบบพหุภาคนี้เป็นการศึกษาหาผลกระทบบของก๊าซธรรมชาติหรือไฮโดรคาร์บอนต่อการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ จากตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.9 ถึงรูปที่ 4.18 พบว่า การละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำมีสัดส่วนโมลอยู่  $1.038 \times 10^{-3}$  ถึง  $2.239 \times 10^{-3}$  โมล และก๊าซมีเทนมีสัดส่วนโมลในของเหลว  $0.504 \times 10^{-3}$  ถึง  $0.880 \times 10^{-3}$  โมล ในวัฏภาคของของเหลว ส่วนในวัฏภาคของไอ พบว่าสัดส่วนโมลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ มีความแตกต่างกันน้อยมาก

จากการเปรียบเทียบค่าการละลายของคาร์บอนไดออกไซด์ในระบบนี้กับระบบพหุภาคของคาร์บอนไดออกไซด์ - น้ำ พบว่า ที่อุณหภูมิ  $10^{\circ}\text{C}$  การละลายลดลงไป 36.81 เปอร์เซ็นต์ และที่  $30^{\circ}\text{C}$  การละลายลดลงไป 27.35 เปอร์เซ็นต์ การละลายที่ลดลงเป็นผลมาจากก๊าซไฮโดรคาร์บอนในระบบที่ไปทำให้ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงและความดันไอของน้ำลดลงด้วย เป็นเหตุให้การละลายลดลง และจากกราฟในรูปที่ 4.18 พบว่าการละลายของคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นไปตามกฎของเฮนรี

สำหรับข้อมูลในตารางที่ 4.5, 4.6 และรูปที่ 4.20, 4.25 มีความแตกต่างเกิดขึ้นอย่างเห็นได้ชัด พบว่า เมื่อเพิ่ม  $L/V$  จาก 1.964 ถึง 23.29 สัดส่วนโมลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำลดลง จาก  $2.425 \times 10^{-3}$  เป็น  $1.331 \times 10^{-3}$  สำหรับในวัฏภาคของไอพบว่า สัดส่วนโมลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงจาก 0.133 เป็น 0.115 และสัดส่วนโมลของก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้นจาก 0.714 เป็น 0.722 สาเหตุที่ทำให้ค่าการละลายของคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อลด  $L/V$  ลง เกิดจากความดันย่อยของคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏภาคของไอเพิ่มขึ้นเมื่อลด  $L/V$  ลง

ในการศึกษาถึงผลกระทบบของน้ำที่ใช้แล้วต่อการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซธรรมชาติ จากผลในตารางที่ 4.6 ถึง 4.11 และรูปที่ 4.26 ถึง 4.41 พบว่า เมื่อทดลองถึงรอบที่ 4 ยังไม่พบแนวโน้มที่ชัดเจนในการเปลี่ยนแปลง ค่าการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลที่ได้นี้ตัวเลขขึ้นๆลงๆจนถึงได้ว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ดังนั้น เราสามารถนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยไม่เกิดผลกระทบบต่อค่าการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำหรือนำน้ำวนกลับมาใช้ใหม่ได้จำนวนรอบมากกว่านี้มาก สาเหตุที่ทำให้การละลายของคาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงไปจากรอบแรกเป็นเพราะว่า ในขณะที่มีการนำน้ำกลับมาใช้

ใหม่ จะมีการเติมน้ำใหม่บางส่วนประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์เข้าไป สาเหตุที่ต้องทำเช่นนี้เพราะมีการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในน้ำ จึงจำเป็นต้องเติมน้ำใหม่เข้าไป

#### 5.4 สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองในตอนหนึ่งคือในระบบทวิภาคของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำพบว่า พฤติกรรมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายลงในน้ำสามารถใช้กฎของเฮนรีได้ เนื่องจากก๊าซที่สามารถละลายลงในน้ำมีค่าน้อยมาก ในช่วงความดันที่ทำการศึกษาคือ 25 - 500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ได้ค่าคงที่ของเฮนรีที่อุณหภูมิ 10 °ซ และ 20 °ซ เท่ากับ  $5.0 \times 10^{-5}$  และ  $3.2 \times 10^{-5}$  PSIG ตามลำดับ

การทดลองในส่วนที่สองนี้เป็นการศึกษาในส่วนผลกระทบของสารเจือปนคือไนโตรเจนที่มีต่อผลการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำที่ความดันรวม 450 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยเปลี่ยนความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ระหว่าง 0 ถึง 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว พบว่าค่าการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงไปประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ โดยเปรียบเทียบกับ การละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำในระบบทวิภาคที่ความดันย่อยและอุณหภูมิเท่ากัน

การทดลองในส่วนนี้เป็นการศึกษาในระบบพหุภาคของก๊าซธรรมชาติที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปนอยู่ในอัตราส่วน 14 - 15 เปอร์เซ็นต์โดยโมล ที่เหลือเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนตั้งแต่มีเทนจนถึงเฮปเทน โดยมีจุดประสงค์ที่จะศึกษาหาแนวโน้มการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำที่ความดันต่าง ๆ พบว่า การละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำลดลงไป 27.35 - 36.81 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับในระบบทวิภาคที่ความดันและอุณหภูมิที่เท่ากัน การลดค่า L/V ลงจะทำให้สัดส่วนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจาก  $1.331 \times 10^{-3}$  เป็น  $2.425 \times 10^{-3}$  คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 82.19 ในส่วนของการนำน้ำที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ จากการทดลองจนถึงรอบที่ 4 ยังไม่ทำให้ค่าการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปลี่ยนแปลงไปจากรอบแรกในทุกอุณหภูมิและความดันที่ทำการทดลองคือ 10, 20, 30 องศาเซลเซียส และ 400, 450, 500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

ข้อมูลการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระบบพหุภาคของก๊าซธรรมชาติเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ทราบถึงแนวโน้มการละลายที่เกิดขึ้น เพื่อนำไปออกแบบงานวิจัยเพื่อแยกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากก๊าซธรรมชาติให้ได้ผลตอบแทนคุ้มค่าที่สุด

### ข้อเสนอแนะ

สำหรับในการทดลองนี้ น้ำที่ใช้เป็นน้ำธรรมดาไม่ได้มีการบำบัดเป็นพิเศษ และไม่ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการเติมสารบางชนิด เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อดูผลการละลายว่ามีแนวโน้มไปเป็นอย่างไร

ในการทดลองต่อจากนี้ควรจะเป็นระบบต่อเนื่อง จะทำให้การเก็บข้อมูลและการปรับค่าตัวแปรที่จะทำการศึกษาได้ง่ายกว่า อุปกรณ์ที่ใช้จะมีหอคอยซึมแบบต่อเนื่องโดยมีก๊าซธรรมชาติป้อนเข้าทางด้านล่างสวนทางกับสายน้ำที่ป้อนเข้าทางด้านบนเพื่อทำการจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดูรายละเอียดได้จากรูปที่ 5.1 ประกอบ

เนื่องจากสัดส่วนองค์ประกอบของก๊าซไฮโดรคาร์บอนมีผลกระทบต่อผลการละลายของคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำในทางที่ลดลงเมื่อเทียบกับการละลายในระบบทวิภาค ดังนั้น เพื่อให้งานวิจัยสามารถใช้กับก๊าซธรรมชาติได้ทุกแหล่งที่มีสัดส่วนองค์ประกอบของก๊าซไฮโดรคาร์บอนและคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างออกไปจากแหล่งที่นำมาใช้ในการศึกษา งานวิจัยควรมีการปรับอัตราส่วนขององค์ประกอบของก๊าซไฮโดรคาร์บอนหลาย ๆ ค่า เพื่อให้ครอบคลุมทุกสัดส่วนองค์ประกอบ สำหรับงานวิจัยนี้ใช้แหล่งก๊าซธรรมชาติของการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทยโดยมีสัดส่วนองค์ประกอบของก๊าซต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 3.1

เนื่องจากค่าคงที่ของเฮนรีขึ้นกับอุณหภูมิ พบว่า เมื่อเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองให้เพิ่มขึ้น ค่าคงที่ของเฮนรีจะลดลง ดังนั้น จึงควรทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าคงที่ของเฮนรีโดยทำการทดลองที่หลากหลาย ๆ อุณหภูมิ

ต้นฉบับ หน้าขาดหาย