



บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

3.1 ลำดับการทดลอง

1. การเตรียมน้ำค้ำบสังเคราะห์
2. การทดลองพ่นกำจัดของเรซินด้วยกรดเกลือ โดยให้สภาพน้ำค้ำบสังเคราะห์หลังที่ แปรค่าปริมาณการใช้กรดเกลือพ่นกำจัดในแต่ละการทดลองที่ต่าง ๆ กัน วัดค่าของ ในพื้นที่ที่ถูกกำจัดออกเพื่อหาปริมาณกรดเกลือที่เหมาะสมจะเทียบกับวัดค่า ไบคาร์บอเนต, ซัลเฟต และคลอไรด์ หลังผ่านหม้อกรองด้วย
3. การทดลองโดยให้ปริมาณกรดเกลือที่ใช้พ่นกำจัดคงที่ แปรค่าความเข้มข้นของ ซัลเฟต, คลอไรด์ และไบคาร์บอเนต ในน้ำค้ำบสังเคราะห์เพื่อคุณสมบัติที่เกิขึ้นกับความสามารดในการกำจัดในเตרכתของเรซิน
4. การทดลองพ่นกำจัดของเรซินด้วยโซดาไฟตามด้วยการผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อดูความสามารถในการกำจัด

3.2 น้ำค้ำบสังเคราะห์และการเลือกวงค่าที่ใช้ในการทดลอง

ใช้น้ำจากการประปานครหลวงซึ่งมีปริมาณ $\text{NO}_3^- = 0$ มก/ล, $\text{SO}_4^{2-} = 28$ มก/ล, $\text{Alk} = 60$ มก/ล, $\text{Cl}^- = 20$ มก/ล

ละลาย KNO_3 , Na_2SO_4 , KCl และ NaHCO_3 ลงไปในปริมาณต่าง ๆ กันหลาย ๆ ตัวอย่างเพื่อให้ได้ค่าอนุมูลประจุลบต่าง ๆ ตามที่ต้องการ เช่น ใส่ KNO_3 1443 มก/ล, Na_2SO_4 295.8 มก/ล เท่ากับเพิ่ม NO_3^- และ SO_4^{2-} , 200 มก/ล as N และ 200 มก/ล as SO_4^{2-} ตามลำดับ

จากรายงานการวิเคราะห์หน้าบ่อกาลจากบ่อกาลต่าง ๆ ของกอง
น้ำบ่อกาลกรมทรัพยากรธรณีตามภาคผนวก ผลวิเคราะห์หน้าบ่อกาลประมาณ 2528 พบว่า
แหล่งน้ำต่าง ๆ เฉพาะที่มี ไนเตรต เกิน 40 มก/ล as NO_3^- นั้น เมื่อนำมาหาค่า
เฉลี่ยแล้วพบว่า

NO_3^- มีค่าเฉลี่ย 180 มก/ล as $\text{NO}_3^- = 40.4$ มก/ล as N

SO_4^{2-} มีค่าเฉลี่ย 120 มก/ล as SO_4^{2-}

Cl^- มีค่าเฉลี่ย 80 มก/ล as Cl^-

HCO_3^- มีค่าเฉลี่ย 300 มก/ล as CaCO_3

ดังนี้.-

เพื่อให้การทดลองแสดงผลเห็นแนวโน้มต่าง ๆ ได้ชัดเจนจึงใช้ช่วงค่า

ช่วงค่า NO_3^- ที่ใช้ทดลองคือ 38, 80 และ 200 มก/ล as N

ตามลำดับ

ช่วงค่า SO_4^{2-} ที่ใช้ทดลองคือ 40, 105, 220, 480, 800, 1150 มก/ล

as SO_4^{2-} ตามลำดับ

ช่วงค่า Cl^- ที่ใช้ทดลองคือ 20, 80, 1000 มก/ล as Cl^-

ตามลำดับ

ช่วงค่า HCO_3^- ที่ใช้ทดลองคือ 60, 100, 180, 200, 330, 400, 480,

620 มก/ล as CaCO_3 ตามลำดับ

3.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 เรซินที่ใช้ในการทดลองและเหตุผลที่เลือกใช้

เรซินที่ใช้ในการทดลองคือ Duolite A 378, Amberlite IRA 94
และ Kastel A 101 มีคุณสมบัติตามตารางที่ 3.1 และข้อแนะนำการใช้งานตามตาราง
ที่ 3.2

เหตุผลที่เลือกเรซิน Duolite A 378, Amberlite IRA 94

Kastel A 101 มาใช้ในการทดลอง

1. การใช้เรซินแบบค่างอ่อนจะทำให้ประหยัคสารเคมีที่ใช้พื้นกำลังได้มากกว่าเรซินแบบค่างแก่เพราะใช้เพียงประมาณ 120 % ของค่า Stoichiometry ในขณะที่เรซินแบบค่างแก่ต้องใช้ถึง 300 % ของค่า Stoichiometry นอกจากนี้โครงสร้างยังมีความแข็งแรงและทนทานกว่า
2. สำหรับ Duolite A378 แม้ว่าจะเป็น Intermediate Base แต่มี Secondary Amine มากกว่าคือมี 85 % ที่เหลือเป็น Quaternary Amine 15 % ดังนั้นผลจึงไปในทางซึ่งเป็นเรซินแบบค่างอ่อนมากกว่าเรซินแบบค่างแก่ จึงมีลักษณะที่จะจับกับกรดแก่แต่ไม่จับกรคอ่อนและไม่สามารถนำไปใช้แทนเรซินแบบค่างแก่ได้ในทุกกรณี
3. จากการศึกษาการวิจัยของ Michael S. Johnson และ John L. Musterman พบว่าการใช้ Amberlite IRA 68 ซึ่งเป็นเรซินแบบค่างอ่อนสังเคราะห์พิเศษเป็น Tertiary Amine นำมาพื้นกำลังด้วยโซคาไฟแล้วตามด้วยการผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถใช้กำจัดซิลิเฟตได้ เนื่องจากเรซิน Duolite A 378, Amberlite IRA 94 และ Kastel A 101 ก็เป็นเรซินจำพวกค่างอ่อนด้วยก็กันั้นก็จะกำจัดในเตรคได้แม้โดยทั่วไป Selectivity สำหรับในเตรคน้อยกว่าซิลิเฟตแต่ก็ดีกว่าคลอไรด์และไบคาร์บอเนต หากสามารถทำให้เกิดแขนของไบคาร์บอเนต ได้จริงก็กันั้นที่จะแลกเปลี่ยนกับในเตรคได้
4. เรซินทั้ง 3 ชนิดราคาไม่แพงนักและสามารถหาซื้อได้จากตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย

ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติของเรซินที่ใช้ในการทดลอง

| | Duolite A 578 | Amberlite IRA 94 | Kastel A 101 |
|---------------------|---|--|---|
| Classification | LBA (Intermediate Base) | WBA | WBA |
| Functional Group | Secondary Amine 85% Quaternary Amine 15 % | Tertiary Amine | Tertiary Amine |
| Matrix | Macroporous Polystyrene | Styrene Divinyl- benzene. Macroreticular and Discrete porous network | Styrene Divinyl- benzene porous |
| Physical Form | Pale Yellow beads effective size 0.45 mm. | Spherical particles effective Size 0.46 mm. | Light brown beads effective size 0.45 mm. |
| Total Capacity | 1.35 eq/l | 1.5 eq/l | 1.3 eq/l Free Amine Base |
| pH range | 0-7 | 0-7 | 0-7 |
| Spec. Gravity | 1.03 (OH form) 1.07 (Cl form) | | 1.05 1.07 |
| % Moisture Content | 50 % (OH form) | 60 % | 52-58 % |
| Reversible Swelling | 35 % Max. | 20 % | 25 % Max. |

ตารางที่ 3.2 แสดง Recommended Operating Conditions

| | Duolite A 578 | Amberlite IRA 94 | Kastel A 101 |
|------------------------|---|--|---|
| Bed Depth | 70-150 cm. | 61 cm.min | 65 cm. min |
| Back Wash Flow Rate | 1-1.4 gpm/ft ² | 1 gpm/ft ² (OH) 1.7 gpm/ft ² (Cl) (60 % Expansion) | 1.6-2 gpm/ft ² 50 % Expansion |
| Service Flow Rate | 10-40 BV/hr | 8-40 BV/hr | 2-50 BV/hr |
| Regeneration Flow Rate | 2-8 BV/hr | 4-16 BV/hr | |
| Contact time | 30-60 min | | min 50 minute |
| Rinsing | Displacement 2-8 BV/hr 20 min Fast Rinse 10-40 BV/hr 3-min | 4 BV/hr Fast Rinse 8 BV/hr | 2 BV/hr 4 BV/hr |
| Temperature | Max 60°C (OH) 100°C(Cl) Regenerant temp Max 40°C | Max 100°C | Max 70°C |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.2 สารเคมีที่ใช้พ่นกำจัด

3.3.2.1 โซดาไฟ (NaOH) เป็นแบบเม็ด เกรดห้องปฏิบัติการ
ผลิตโดย RIEDEL-DE HAËN AG SEELZE-HANNOVER ประเทศเยอรมัน

3.3.2.2 กรดเกลือ เป็นแบบน้ำ 37 % เกรดห้องปฏิบัติการ
ผลิตโดย FARMITALIA CARLO ERBA ประเทศอิตาลี

3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.4.1 ชุดหม้อกรองเรซินประกอบด้วย

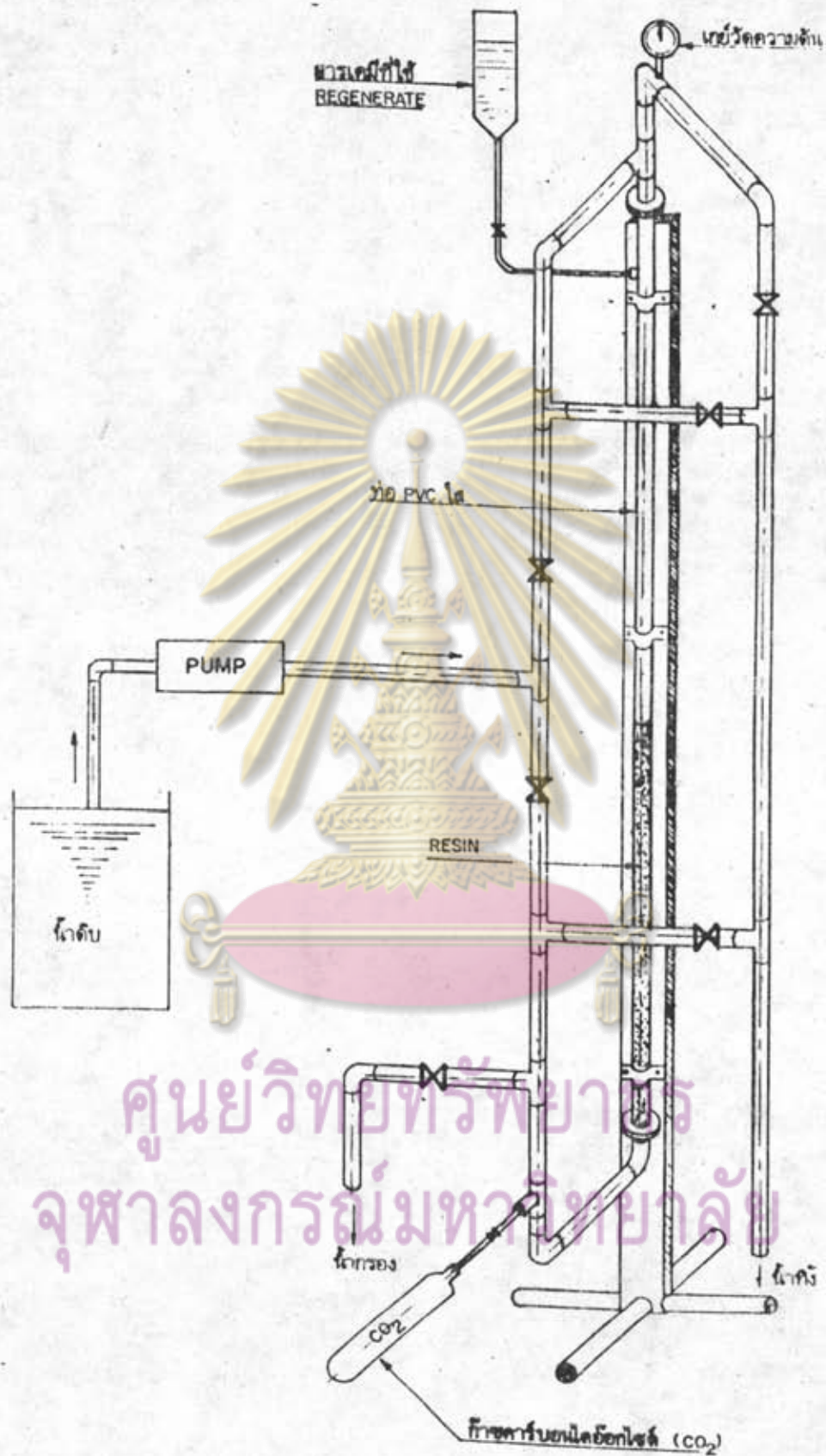
3.4.1.1 หม้อกรองโซลลอค ที.วี.ซี ใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง
2.54 ซม. ยาว 2 ม. มีวาล์วเปิดปิดทั้งชุด แบบวาล์วหน้าดังกรองทั่วไป เพื่อความ
สะดวกในการล้างกลับ, การพ่นกำจัดเรซิน, การชะล้างและการกรอง วาล์วสำหรับ
ใส่เรซินเข้าและถ่ายเรซินออกจากหม้อกรอง มีมาตรสำหรับวัดความดันภายในหม้อกรอง
ข้างบนมีถุงน้ำเกลือพร้อมสายสำหรับใส่สารเคมีที่ใช้ในการพ่นกำจัด การกรองเป็นการ
กรองแบบไหลจากบนลงล่าง

3.4.1.2 ถังใส่น้ำคิมที่เตรียมไว้มี ในเทรท, ซัลเฟต, คลอไรด์,
ไบคาร์บอเนต ตามที่ต้องการในแต่ละการทดลอง

3.4.1.3 ขวดลิตรสำหรับตรวจน้ำที่กรองแล้ว 30 ใบ

3.4.1.4 เครื่องสูบน้ำ

3.4.1.5 ท่อกาซคาร์บอนไดออกไซด์



รูปที่ 3.1 เครื่องกรองที่ใช้ในการทดลอง



เครื่องทำน้ำกลั่น

เนื่องจากต้องใช้น้ำกลั่นเป็นจำนวนมากทั้งในการทดลองวิเคราะห์และชำระล้างอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ จึงใช้น้ำกลั่นที่ทำจากเครื่อง **Deionizer** แบบ **Mixed Bed** ซึ่งผลิตน้ำกลั่นได้ 50 ลิตรต่อชั่วโมง ของ **Japan Organo Co., Ltd.** Model MA-2

เครื่องชั่ง ใช้เครื่องชั่งยี่ห้อ **Sartorius** สามารถชั่งละเอียดถึงทศนิยม 4 ตำแหน่งของกรัม

Spectrophotometer ยี่ห้อ **Spectronic 20** Bausch & Lomb
pH Meter Model PT70 ของบริษัท **Great Lakes Instruments**

3.5 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองเพื่อความสามารถในการกำจัดในเทรค(Capacity)

3.5.1 ค่าคงที่ตลอดการทดลอง

ปริมาณเรซินที่ใช้ในการทดลอง 400 มล. ในรูปของอมีนอิสระ

ความหนาของชั้นเรซิน (Bed Depth) 80 ซม.

อัตราการกรอง (Service Flow Rate) 30 เท่าของปริมาณเรซินต่อชั่วโมง โดยกรองแบบไหลลง (Down Flow)

ความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ที่น้ำกำลัง 8 % สำหรับกรดเกลือ

4 % สำหรับโซดาไฟ

เวลาที่ใช้น้ำกำลัง 45 นาที

อัตราการชะล้าง (Rinsing) Slow Rinse 4 BV/hr 20 นาที

Fast Rinse 10 BV/hr 40 นาที

3.5.2 ตัวอย่างในการทดลอง

3.5.2.1 สำหรับการฟื้นกำลังเรซินด้วยกรดเกลือ

3.5.2.1.1 เมื่อคุณภาพน้ำคืบคงที่ แปรค่าปริมาณการ

ใช้กรดในการฟื้นกำลังเรซิน

3.5.2.1.2 เมื่อปริมาณการใช้กรดที่นํ้าล้างครั้งที่ แปรค่าคุณภาพของนํ้าคืบ

ก. เมื่อคลอรีน, ไนเตรท, โบคาร์บอนเนตครั้งที่ แปรค่าซัลเฟต

ข. เมื่อไนเตรท, ซัลเฟต, โบคาร์บอนเนตครั้งที่ แปรค่าคลอรีน

ค. เมื่อคลอรีน, ไนเตรท, ซัลเฟตครั้งที่ แปรค่าโบคาร์บอนเนต

3.5.2.2 สำหรับกรที่นํ้าล้างด้วยโซดาไฟตามด้วยการผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3.5.2.2.1 เมื่อคุณภาพนํ้าคืบครั้งที่และเวลาที่ผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ครั้งที่ แปรค่าปริมาณการใช้โซดาไฟที่ใช้ที่นํ้าล้างเรซิน

3.5.2.2.2 เมื่อคุณภาพนํ้าคืบครั้งที่และปริมาณการใช้โซดาไฟครั้งที่แปรค่าเวลาที่ใช้นานก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3.5.2.2.3 เมื่อคุณภาพนํ้าคืบครั้งที่, ปริมาณการใช้โซดาไฟครั้งที่, เวลาที่ใช้ผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ครั้งที่ แปรค่าความถี่ในการผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3.5.2.2.4 แปรคุณภาพนํ้าคืบโดยการลดซัลเฟต

3.6 เทคนิคการวิเคราะห์

การวิเคราะห์หาคอนดักทิลิตี้การใช้การวิเคราะห์ตาม Standard Method, USPHS ปี 1976 14th edition.

3.7 การทดลอง

ทำการทดลองเรียงลำดับตามตารางที่ 3.3 โดยได้ใช้หม้อกรองเรซินแต่ละชนิดให้หมดสภาพการกรองและนํ้าล้างใหม่ 5 รอบ ก่อนดำเนินการทดลองจริง

การทดลองสำหรับการฟื้นกำลังด้วยกรดเกลือจะกระทำทั้ง **Duolite A 378** และ **Amberlite IRA 94** ส่วนการทดลองสำหรับการฟื้นกำลังด้วยโซดาไฟตามด้วยการผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะทดลองกับ **Amberlite IRA 94** เป็นส่วนใหญ่ และทดลองกับ **Duolite A 378** เพื่อเทียบเคียง 1 การทดลอง

สำหรับ **Kastel A 101** จะทดลองสำหรับการฟื้นกำลังด้วยกรดเกลือและการฟื้นกำลังด้วยโซดาไฟ ตามด้วยการผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อเทียบเคียงอย่างละ 1 การทดลอง



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 แสดงการทดลอง (ต่อ)

| รายการที่แปรค่า | ชนิดของเรซิน | พื้กก่าลิ่งควย | | | กัณภกภก่าลิ่งเพระหะท่าปมกรอง มก/ล | | | |
|--|--------------------------------|---|-----------------|-----------------|--|-------------------------|--|-------------------------------------|
| | | NaOH | CO ₂ | ควย คััน ... | SO ₄ ²⁻ asSO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ asCl | HCO ₃ ⁻ asCO ₃ | NO ₃ ⁻ asN |
| ไม่ข่านก่าช CO ₂ | | 91 | - | | | | | |
| แปรปริมาข่โงคไฟใกร พื้กก่าลิ่งโภยข่านก่าช CO ₂ 15 นาที ใคควยคััน มรขยภกษ | Amberlite | 46 | | ควย คััน | 220 | 20 | 60 | 200 |
| | | 91 | 15 | มรขย | | | | |
| | | 136 | | ภกษ | | | | |
| | | 91 | 30 | | | | | |
| เพิ่มเวลายข่านก่าช CO ₂ | IRA 94 | 91 | 30 | | | | | |
| เพิ่มควยคััน | | 91 | 30 | 1 | | | | |
| เพิ่มเวลายข่านก่าช CO ₂ | | 91 | 60 | 1 | | | | |
| ลคค่า SO ₄ ²⁻ ในน้ำดั่งเคระหะ | | 91 | 30 | 1 | 40 | 20 | 60 | 200 |
| การทลองข่าหรั้มหมอกรอง Duolite A 378 | Duolite A 378 | 125 | 30 | - | 80 | 20 | 40 | 80 |
| การทลองข่า- หรั้มหมอกรอง Kastel A 101 | พื้กก่าลิ่ง ควยโซค ไฟ | 125 | 30 | - | 80 | 20 | 40 | 80 |
| | พื้กก่าลิ่ง ควยกรก เกลือ | พื้กก่าลิ่งควยกรกเกลือ 100 % 125กรั้มทอ- ลักรของเรซิน | | | 80 | 20 | 40 | 80 |

หมายเหตุ

- กรั้ม/ลักรของเรซิน
- เวลายข่านก่าช (CO₂) (นาที)
- กก/ซม²

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย