บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ทำการวิจัยที่ห้องปฏิบัติการของโครงการศูนย์วิจัยแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 แผนการวิจัย

3.1.1 เตรียมเครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

3.1.2 เก็บตัวอย่างดินและเตรียมตัวอย่างดิน

3.1.3 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

3.1.4 การดำเนินการวิจัย

3.1.5 การวิเคราะห์ผลการวิจัยและสรุปผล

3.2 ขั้นตอนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาความสามารถในการดูดซับ และผลของความเร็วน้ำผ่านรูพรุนต่อการเคลื่อนตัวของเฮกซะวาเลนท์โดยใช้สารละลายโครเมตในตัวอย่างดิน โดนทำการทดลองทั้งแบบกะ (Batch Test Study) และแบบคอลัมน์ (Column Test Study) รวมถึงการจำลองข้อมูลด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อเปรียบเทียบผลการทดลอง มีลำดับขั้นตอนการวิจัยดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมและศึกษาตัวอย่างดินในการทดลอง

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาเวลาสัมผัสที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับด้วยโครเมตด้วยตัวอย่างดิน

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองแบบกะ (Batch Test Study)

ขั้นตอนที่ 3.1 การทดลองการดูดซับของโครเมตในตัวอย่างดิน

ขั้นตอนที่ 3.2 การหาค่าพารามิเตอร์ในการดูดซับ

ขั้นตอนที่ 4 การทดลองแบบคอลัมน์ (Column Test Study)

ขั้นตอนที่ 4.1 การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัว (Dispersion Coefficient)

ขั้นตอนที่ 4.2 การทดลองผลของความเร็วน้ำผ่านรูพรุนต่อการเคลื่อนตัวของโครเมต

ขั้นตอนที่ 5 การจำลองการเคลื่อนตัวของโครเมตโดยใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์เปรียบเทียบกับผลการทดลอง

3.3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัยสำหรับในแต่ละขั้นตอนของการทดลองแสดงดังตาราง

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองศึกษาเวลาสัมผัสที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับด้วยโครเมต

ตัวแปรคงที่	ช่วงที่ทำการศึกษา
1.ความเข้มข้นของสารละลายโครเมต	15 มิลลิกรัมต่อลิตร
2.ปริมาณของสารละลายโครเมต	40 มิลลิลิตร
3.ความแรงไอออนสารละลายโครเมต	0.01 โมล
4.ความเข้มข้นของสารบัฟเฟอร์	0.01 มิลลิโมล
5.ปริมาณตัวอย่างดินในน้ำเสียสังเคราะห์	4 กรัม
6.ความเร็วรอบในการเขย่า	200 รอบต่อนาที
7.พีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์	4
8.อุณหภูมิ	25 องศาเซลเซียส
ตัวแปรอิสระ	
1.เวลาสัมผัส	1 2 3 4 6 8 10 14 18 24 48 60 72 96 120 ชั่วโมง
ตัวแปรตาม	
1.ลักษณะของน้ำเสียหลังการทดลอง	ปริมาณของโครเมตที่เหลือ พีเอช
2.ประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมต	ร้อยละของประสิทธิภาพการดูดซับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.2 ตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองการศึกษาการดูดซับด้วยโครเมตในตัวอย่างดินด้วยการทดลองแบบกะ

ตัวแปรคงที่	ช่วงที่ทำการศึกษา
1.น้ำหนักตัวอย่างดิน	4 กรัม
2.ปริมาณของสารละลายโครเมต	40 มิลลิลิตร
3.ความเข้มข้นของสารบัฟเฟอร์	0.01 มิลลิโมล
4.ความเร็วรอบในการเขย่า	200 รอบต่อนาที
5.พีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์	4
6.เวลาสัมผัส	เลือกค่าที่เหมาะสมจากขั้นตอนที่ 2
7.อุณหภูมิ	25 องศาเซลเซียส
ตัวแปรอิสระ	
1.พีเอช	4 7 10
2.ความแรงไอออน	0.01 โมล และ 1.0 โมล
3.ความเข้มข้นสารละลายโครเมต	2 5 10 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร
ตัวแปรตาม	
1.ลักษณะของน้ำเสียหลังการทดลอง	ปริมาณของโครเมตที่เหลือ
	พีเอช
2.ความสามารถในการดูดซับโครเมต	ความสามารถในการดูดซับโครเมต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 ตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัว (Dispersion Coefficient) ของตัวอย่างดินด้วยการทดลองแบบคอลัมน์

ตัวแปรคงที่	ช่วงที่ทำการศึกษา
1.ความเข้มข้นของสารละลายโบรไมด์	10 มิลลิกรัมต่อลิตร
2.ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์	2.54 เซนติเมตร
3.ความสูงของชั้นตัวอย่างดิน	20 เซนติเมตร
4.น้ำหนักตัวอย่างดินในคอลัมน์	165 กรัม
5.อุณหภูมิ	25 องศาเซลเซียส
ตัวแปรตาม	
1.ลักษณะของน้ำตัวอย่างหลังการทดลอง	ปริมาณโบรไมด์ที่เหลือ

ตารางที่ 3.4 ตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองผลของความเร็วน้ำผ่านรูพรุนต่อการเคลื่อนตัวของโครเมตโดยการทดลองแบบคอลัมน์

ตัวแปรคงที่	ช่วงที่ทำการศึกษา
1.ความเข้มข้นของสารละลายโครเมต	15 มิลลิกรัมต่อลิตร
2.ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์	2.54 เซนติเมตร
3.ความสูงของชั้นตัวอย่างดิน	20 เซนติเมตร
4.น้ำหนักตัวอย่างดินในคอลัมน์	165 กรัม
5.ความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์	0.01 โมล
6.อุณหภูมิ	25 องศาเซลเซียส
ตัวแปรอิสระ	
1.พีเอช	4 7 10
2.ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน	2.5 4.9 9.9 และ 19.7 เซนติเมตรต่อชั่วโมง
ตัวแปรตาม	
1.ลักษณะของน้ำเสียหลังการทดลอง	ปริมาณของโครเมตที่เหลือ
2.ความสามารถในการดูดซับโครเมต	ความสามารถในการดูดซับโครเมต

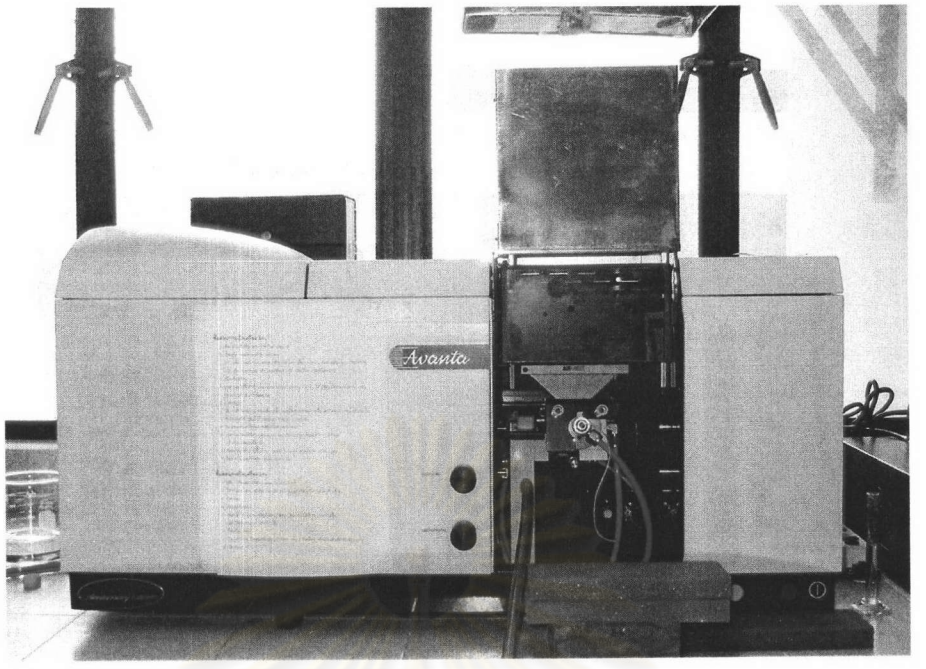
3.4 วัสดุอุปกรณ์ และ สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

3.4.1 วัสดุและอุปกรณ์ใช้ในงานวิจัย

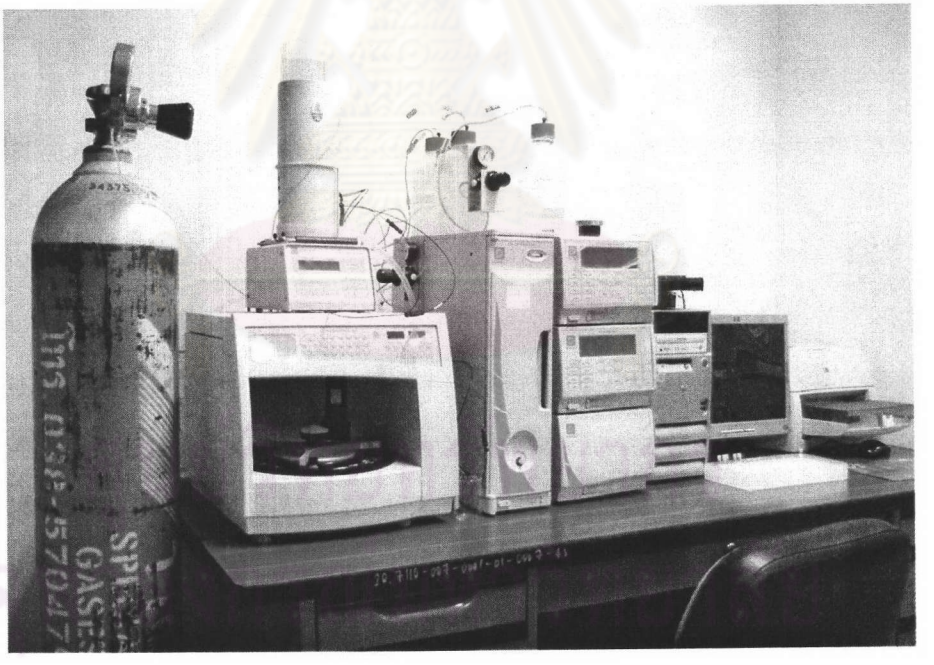
1. เครื่อง AAS : Atomic Absorption Spectrophotometer ของ GBC รุ่น Avanta
2. เครื่อง IC : Ion Chromatography ของ Dionex รุ่น DX100
3. เครื่องเขย่า (Shaker) ของ GFL รุ่น 3020
4. เครื่องวัดพีเอช (pH meter) ของ HACH รุ่น Session3
5. เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) ของ SORVALL รุ่น Biofuge Stratos
6. เครื่องชั่งแบบละเอียด (Analytical Balance) ของ METTLER TOLEDO รุ่น AG204
7. ชุดเครื่องกรองสุญญากาศ (Vacuum Filter) ของ KNF Neuberger รุ่น D-79112
8. ชุดคอลัมน์เทฟลอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร
9. เครื่องสูบน้ำแบบกระบอกชัก (Piston Pump) ของ Fluid Metering Inc. รุ่น QC50
10. หลอดการทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร
11. เครื่องแก้วสำหรับวัดตวง
12. วาล์วและฟิตติงอื่นๆ ที่จำเป็น
13. ขวดพลาสติกเก็บตัวตัวอย่าง
14. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอัตโนมัติ (Fraction Collector) ของ Amersham Biosciences รุ่น Frac-100
15. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ STANMOD และ HYDRUS2D

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

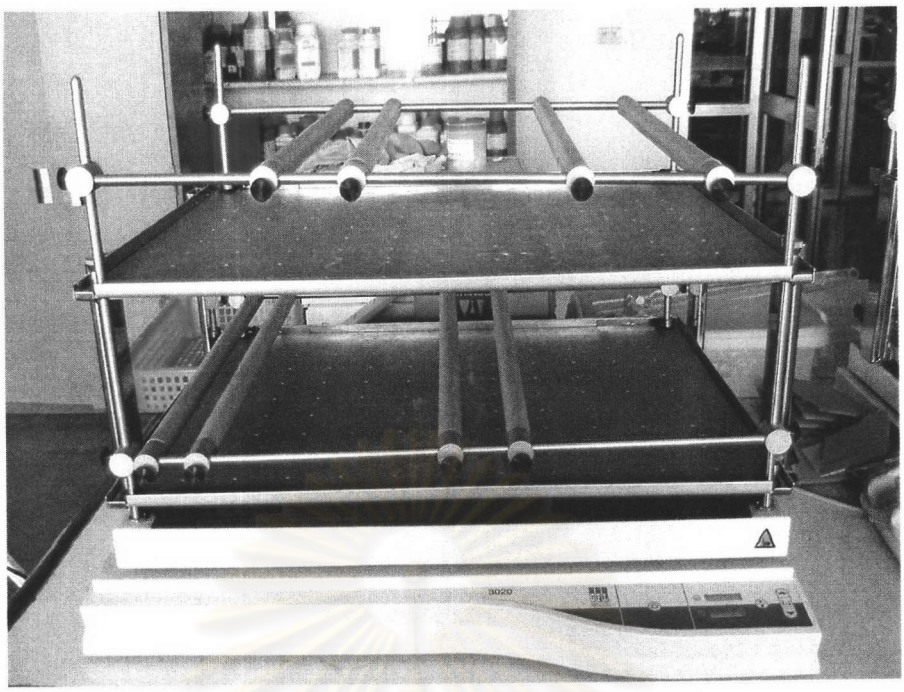
I22089077



รูปที่ 3.1 เครื่อง AAS : Atomic Absorption Spectrophotometer ของ GBC รุ่น Avanta

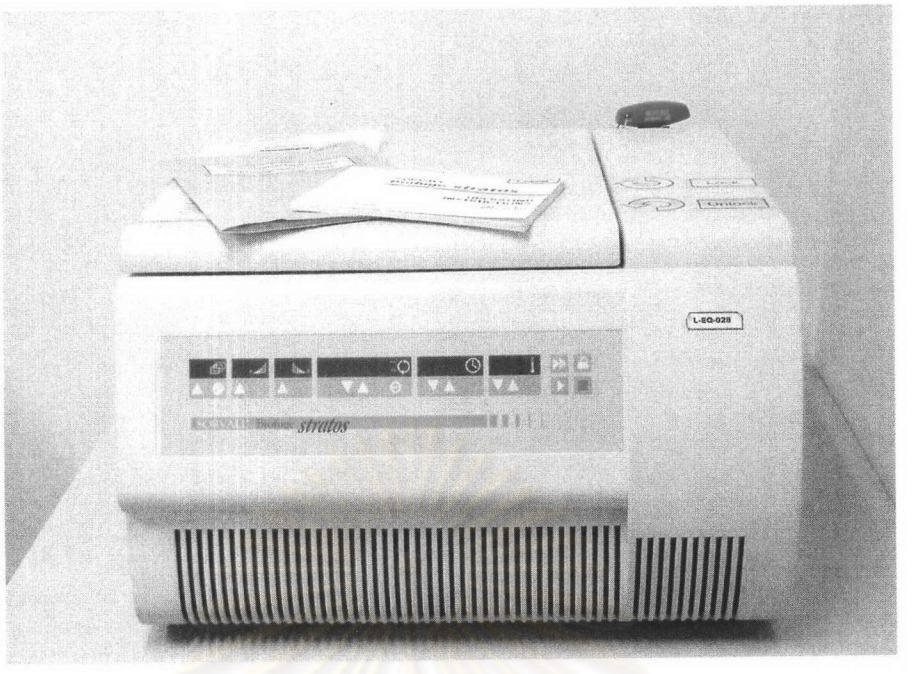


รูปที่ 3.2 เครื่อง IC : Ion Chromatography ของ Dionex รุ่น DX100

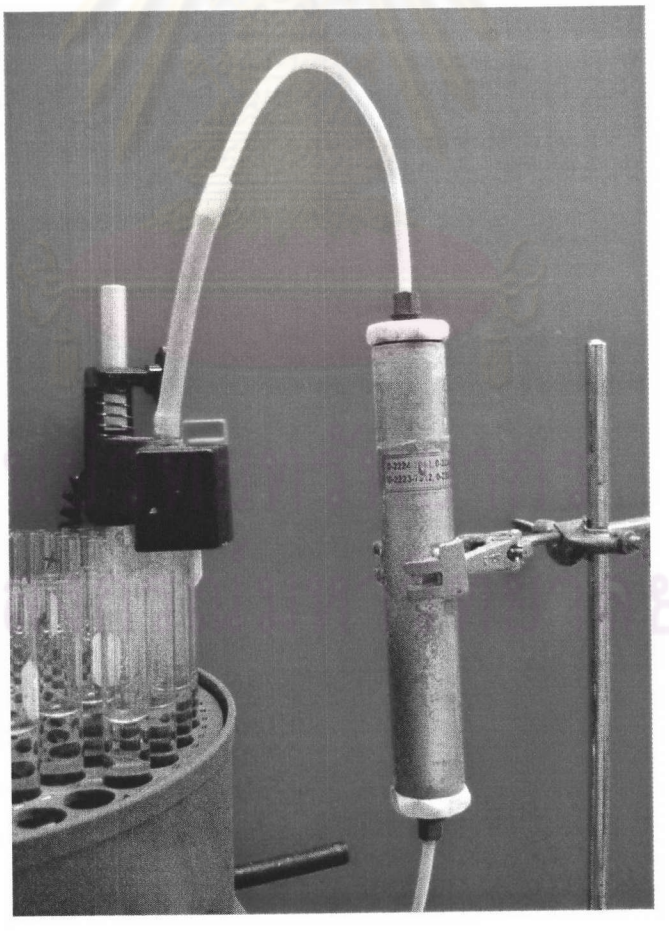


รูปที่ 3.3 เครื่องเขย่า (Shaker) ของ GFL รุ่น 3020

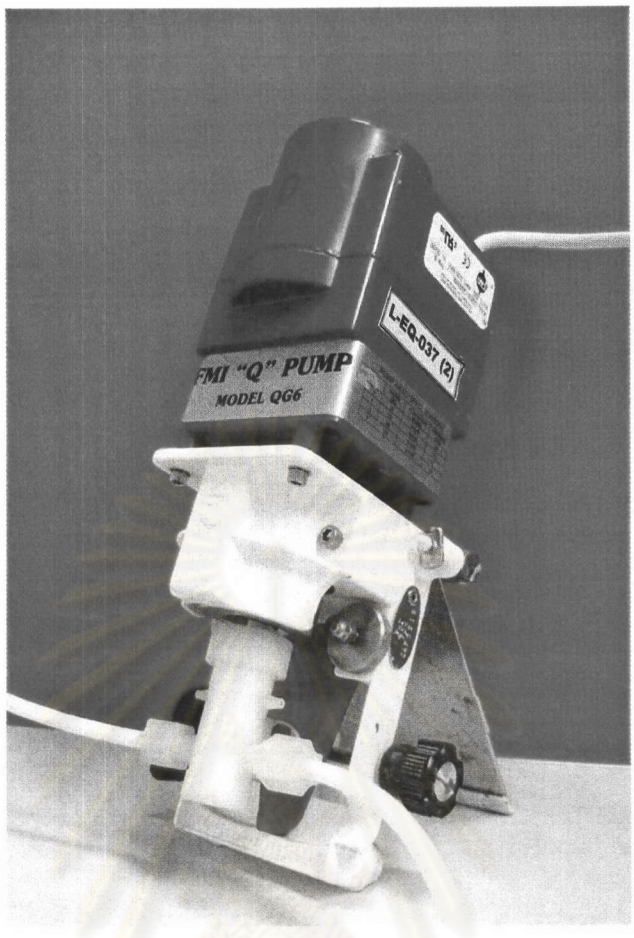
รูปที่ 3.4 เครื่องชั่งแบบละเอียด (Analytical Balance) ของ METTLER TOLEDO รุ่น AG204



รูปที่ 3.5 เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) ของ SORVALL รุ่น Biofuge Stratos



รูปที่ 3.6 ชุดคอลัมน์เทฟลอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร

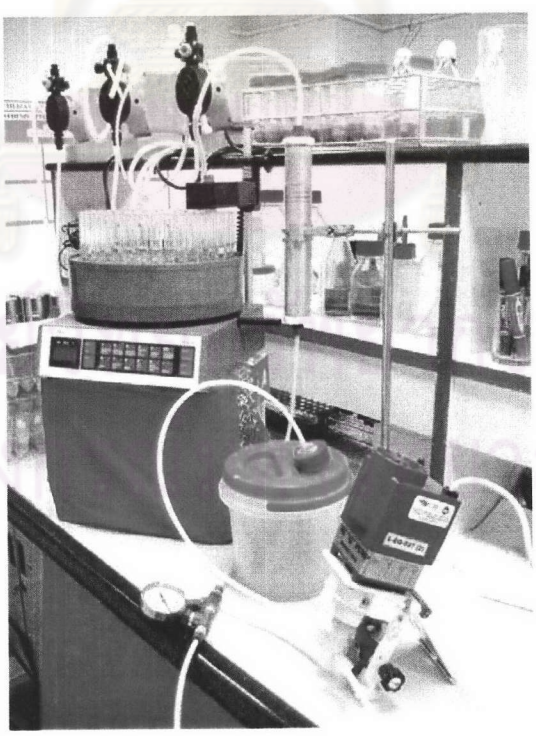


รูปที่ 3.7 เครื่องสูบน้ำแบบกระบอกชัก (Piston Pump) ของ Fluid Metering Inc. รุ่น QC50

รูปที่ 3.8 หลอดการทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.9 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอัตโนมัติ (Fraction Collector) ของ Amersham Biosciences รุ่น Frac-100



รูปที่ 3.10 ชุดอุปกรณ์การทดลองแบบคอลัมน์

3.4.2 สารเคมีใช้ในงานวิจัย

สารเคมีที่ใช้เป็นระดับสารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (Reagent Grade)

1. โซเดียมไบโครเมต ($NaHCrO_4$)
2. โซเดียมไนเตรต ($NaNO_3$)
3. โซเดียมโบรไมด์ (NaBr)
4. โซเดียมอะซิเตต (CH_2COONa) (บัฟเฟอร์พีเอช 4)
5. PIPES ($C_8H_{18}N_2O_6S_2$) (บัฟเฟอร์พีเอช 7)
6. CAPS ($C_9H_{19}NO_3S$) (บัฟเฟอร์พีเอช 10)

3.5 วิธีการวิเคราะห์

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ปริมาณโครเมต ปริมาณโบรไมด์ และค่าพีเอชด้วยวิธีดังตางที่ 3.5 ดังนี้

ตารางที่ 3.5 วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์สารในการวิจัย

สาร	วิธีวิเคราะห์	อุปกรณ์
1.ปริมาณโครเมต	EPA SW-846 Method 7191	AAS : Atomic Absorption Spectrophotometer
2.ปริมาณโบรไมด์	ASTM D6581-00	IC : Ion Chromatography
3.พีเอช	Standard Method 4500-H^+ B.	pH Meter

3.6 วิธีดำเนินการวิจัย

3.6.1 การเตรียมและศึกษาตัวอย่างดินในการทดลอง

ตัวอย่างดินที่ใช้การทดลองเก็บจากบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง ประเทศไทย เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมาโอกาสปนเปื้อนได้สูงได้ทำการศึกษาคุณสมบัติตัวอย่างดินได้แสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 คุณสมบัติของดินตัวอย่างในการวิจัย (จุฬาฤทธิ์, 2546)

คุณสมบัติของตัวอย่างดิน	ค่าที่ได้จากการทดสอบ	วิธีที่ใช้ในการทดสอบ
1.พื้นผิว (Texture)	Silty Sand	ASTM D 2487-69
2.การจำแนกดิน	SM และ SM-SC	ASTM D 2487-69
3.ค่าความชื้น (Moisture Content)	0.80%	ASTM D 2216-92
4.ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon Content)	0.20%	Wet digestion
5.ความหนาแน่น (Bulk Density)	2.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร	ASTM D2167-66
6.ค่าความพรุน (Porosity)	0.38	คำนวณ $\frac{weight}{unit-volume}$
7.พีเอช (pH)	7.4	Eades and Grim
8.แร่ธาตุหลักในดิน	1.Quartz 50% 2.Microcline 16.67% 3.Kaolinite 7.81% 4.Muscovite 4.17%	XRD (X-ray diffraction spectrometer)

จากสมบัติของตัวอย่างดินที่ได้แสดงในตารางที่ 3.6 ใช้นำไปใช้วิเคราะห์ร่วมกับการทดลอง ขั้นต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.11 ตัวอย่างดินที่ใช้ในการทดลอง

3.6.2 การเตรียมสารละลายโครเมต

เริ่มจากการเตรียมสารละลายโครเมตเข้มข้น โดยการเตรียมโซเดียมโครเมต (Na_2CrO_4) ซึ่งมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 162 มาเป็นปริมาณ 3.12 กรัมในขวดปริมาตร 1 ลิตรจากนั้นเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1ลิตรจะได้สารละลายโครเมตเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อใช้เจือจางให้ได้สารละลายโครเมตที่มีความเข้มข้นตามต้องการต่อไป

การเตรียมสารละลายโครเมตให้ได้ความแรงไอออน โดยใช้โซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$) โดยเติมโซเดียมไนเตรท 0.85 กรัมสำหรับความแรงไอออน 0.01 โมล และ 85 กรัม สำหรับความแรงไอออน 1.0 โมล จากนั้นนำมาเติมสารบัฟเฟอร์ต่างชนิดกัน โดยที่พีเอช 4 เติมโซเดียมอะซิเตต (CH_2COONa) 1.36 กรัม และพีเอช เติมสารบัฟเฟอร์พีเอช 7 เป็นปริมาณ 2.342 กรัม และสารบัฟเฟอร์พีเอช 10 เป็น 1.92 กรัม แล้วละลาย ให้เป็นเนื้อเดียวกัน ปรับปริมาตรสารละลายโครเมตให้ได้เท่ากับปริมาตร 1 ลิตร เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

3.6.3 การศึกษาการหาเวลาสัมผัสที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับโครเมตด้วยตัวอย่างดิน

1. เตรียมสารละลายโครเมตที่ความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ผ่านการเตรียมจากหัวข้อ 3.5.2 มาแล้วปรับพีเอชเป็น 4 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือกรดไนตริก (HNO_3)

2. นำสารละลายในข้อที่ มาเป็นปริมาตร 40 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่ใส่ตัวอย่างดินปริมาณ 4 กรัมไว้แล้ว
3. นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 2 3 4 6 8 10 14 18 24 48 60 72 96 และ 120 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส
4. นำน้ำตัวอย่างที่ผ่านการเขย่าไปเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 5000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาทีเพื่อแยกน้ำออกจากตัวอย่างดินไปทำการกรองด้วยกระดาษกรอง GF/C ด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ
5. นำน้ำตัวอย่างที่กรองเรียบร้อยแล้วไปวัดหาปริมาณโครเมตที่เหลืออยู่ด้วยเครื่อง AAS : Atomic Absorption Spectrophotometer
6. นำผลการวิเคราะห์มาคำนวณประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมต และเลือกเวลาสัมผัสที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3.6.4 **การทดลองการดูดซับของโครเมตในตัวอย่างดินด้วยการทดลองแบบกะ** (Batch Test Study)

ในขั้นนี้จะเป็นการทดลองไอโซเทอมของการดูดซับ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของการดูดซับ (Adsorption Parameter) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกับการทดลองขั้นต่อไป

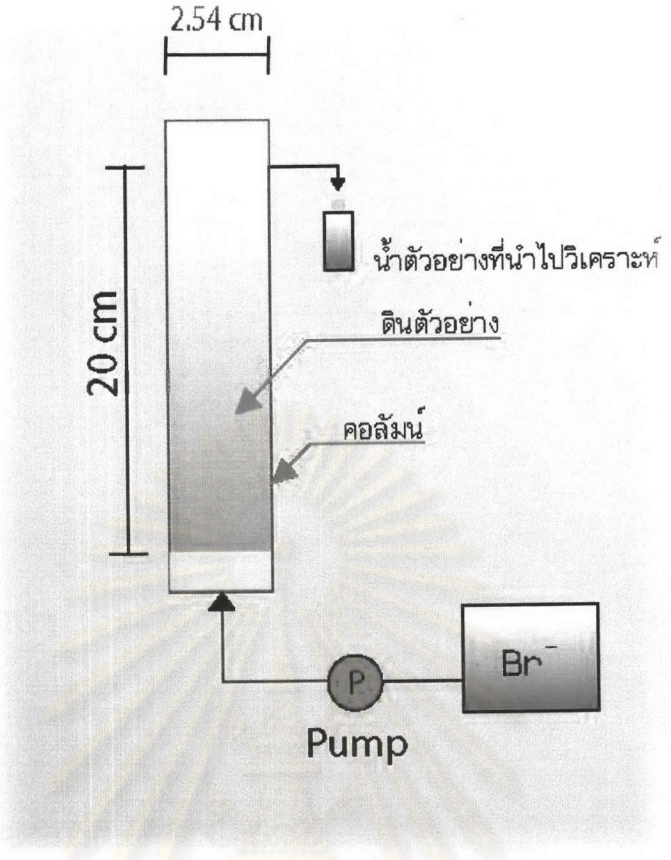
1. เตรียมสารละลายโครเมตที่ความเข้มข้น 2 5 10 15 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 40 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร จำนวน 5 ชุด ชุดละ 3 หลอดทดลองที่ใส่ตัวอย่างดินไว้ 4 กรัม
2. ปรับพีเอช ของสารละลายในหลอดทดลองในแต่ละชุดการทดลอง เป็น 4 และเติมสารบัฟเฟอร์ 4 และปรับค่าความแรงไอออน (Ionic Strength) ด้วย $NaNO_3$ เท่ากับ 0.01 โมล
3. นำหลอดทดลองทั้งหมดไปทำการเขย่าด้วยเครื่องเขย่า ที่ 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส
4. นำน้ำตัวอย่างที่ผ่านการเขย่าไปเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 5000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาทีเพื่อแยกน้ำออกจากตัวอย่างดินไปทำการกรองด้วยกระดาษกรอง GF/C ด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ
5. นำน้ำตัวอย่างที่กรองเรียบร้อยแล้วไปวัดหาปริมาณโครเมตที่เหลืออยู่ด้วยเครื่อง AAS : Atomic Absorption Spectrophotometer

6. ทำการทดลองซ้ำโดยการเปลี่ยนค่า พีเอช เป็น 7 และ 10 และ ค่าความแรงไอออน 1.0 โมล ตามลำดับ
7. นำผลที่ได้ไปเขียนกราฟ เพื่อหาค่าตัวแปรการดูดซับเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ขั้นต่อไป

3.6.5 การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของตัวอย่างดิน (Dispersion Coefficient) ด้วยการทดลองแบบคอลัมน์

1. เตรียมสารละลายโบรไมด์ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยชั่งโซเดียมโบรไมด์ (NaBr) 0.0013 กรัม ใส่ในขวดปรับปริมาตร 1ลิตร เติมน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร
2. จากนั้นเติมสารละลายโบรไมด์ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร สู่คอลัมน์ดินเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.54 เซนติเมตร และชั้นดินสูง 20 เซนติเมตร ด้วยความเร็วน้ำผ่านรูพรุนที่ 4.9 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ดังในรูปที่ 3.12
3. เก็บตัวอย่างน้ำขาออก ไปวิเคราะห์หาปริมาณโบรไมด์ที่ผ่านคอลัมน์ที่เวลาต่างๆ โดยใช้เครื่อง IC : Ion Chromatography
4. เมื่อความเข้มข้นของโบรไมด์ในน้ำตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือมีค่าเท่ากับความเข้มข้นน้ำขาเข้า จึงหยุดป้อนสารละลายโบรไมด์และเปลี่ยนเป็นป้อนน้ำปราศจากไอออนแทน
5. ทำการเก็บตัวอย่างน้ำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งความเข้มข้นของสารละลายโบรไมด์ในน้ำตัวอย่างมีค่าลดลงจนไม่สามารถตรวจพบ จึงหยุดการทดลอง
6. นำข้อมูลมาเขียน กราฟอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของโบรไมด์ขาออกกับความเข้มข้นขาเข้า กับเวลาที่ใช้ในการทดลองที่ไหลผ่านคอลัมน์ และคำนวณหาค่าคงที่ของการแพร่กระจาย (Dispersion Coefficient) ของดิน โดยใช้ชุดโปรแกรม STANMOD

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

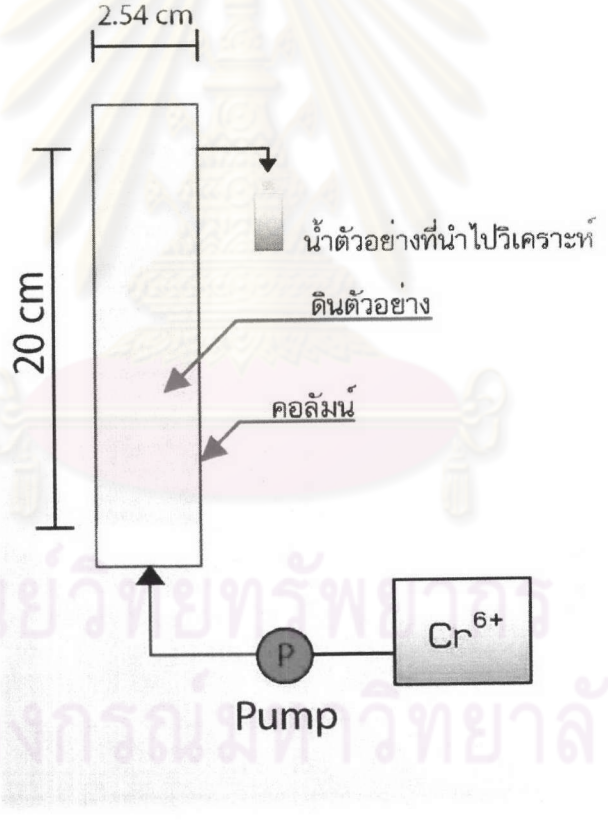


รูปที่ 3.12 การทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวโดยใช้สารละลายโบรไมด์

3.6.6 การทดลองผลของความเร็วน้ำผ่านรูพรุนต่อการเคลื่อนตัวของโครเมตด้วยการทดลองแบบคอลัมน์

1. เตรียมสารละลายโครเมตความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ในหัวข้อ 3.6.2
2. ปรับพีเอช ของสารละลายเท่ากับ 4 และปรับค่าความแรงไอออน (Ionic Strength) ด้วย $NaNO_3$ เท่ากับ 0.01 โมล
3. เติมสารละลายโครเมตที่เตรียมไว้ สู่คอลัมน์ดินเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.54 เซนติเมตร และชั้นดินสูง 20 เซนติเมตร ด้วยความเร็วน้ำผ่านรูพรุนที่ 2.5เซนติเมตรต่อชั่วโมง และเปลี่ยนเป็น 4.9, 9.9 และ 19.7 เซนติเมตรต่อชั่วโมงในแต่ละพีเอชในการทดลอง ดังในรูปที่ 3.13
4. เก็บตัวอย่างน้ำขาออก ไปวิเคราะห์หาปริมาณโบรไมด์ที่ผ่านคอลัมน์ที่เวลาต่างๆ โดยใช้เครื่อง AAS : Atomic Absorption Spectrophotometer

5. เมื่อความเข้มข้นของโบรไมด์ในน้ำตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือมีค่าเท่ากับความเข้มข้นน้ำขาเข้า จึงหยุดป้อนสารละลายโครเมตและเปลี่ยนเป็นป้อนน้ำปราศจากไอออนแทน
6. ทำการเก็บตัวอย่างน้ำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของสารละลายโครเมตขาออกกับความเข้มข้นขาเข้ามีความเข้มข้นน้อยกว่า 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงหยุดการทดลอง
7. นำข้อมูลมาเขียนกราฟอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของโครเมตขาออกกับความเข้มข้นขาเข้า กับเวลาที่ใช้ในการทดลองที่ไหลผ่านคอลัมน์ และคำนวณหาค่าความสามารถในการดูดซับของโครเมต เพื่อใช้เปรียบเทียบกับการจำลองข้อมูลการเคลื่อนตัวของโครเมตจากแบบจำลอง HYDRUS2D ต่อไป



รูปที่ 3.13 การทดลองการเคลื่อนตัวของโครเมตที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุนต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6.7 การจำลองการเคลื่อนตัวของโครเมตโดยใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์เปรียบเทียบกับผลการทดลองจริง

นำค่าสมบัติของตัวอย่างดินในหัวข้อ 3.6.1 และนำค่าพารามิเตอร์ในการดูดซับที่ได้จากการทดลองในหัวข้อ 3.6.4 รวมทั้งค่าสัมประสิทธิ์ของการแพร่กระจายในหัวข้อ 3.6.5 มาใช้ในการจำลองข้อมูลการเคลื่อนตัวของโครเมตที่ความเร็วน้ำผ่านรูพรุนที่แตกต่างกัน เทียบกับการทดลองจริงในหัวข้อ 3.5.6 โดยค่าต่างๆ ที่ใช้ในแบบจำลอง HYDRUS2D แสดงดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 คำอธิบายตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการจำลองข้อมูลการเคลื่อนตัวของโครเมตด้วยแบบจำลอง HYDRUS2D

ตัวแปร	คำอธิบาย
Length Unit	หน่วยความยาว (เซนติเมตร)
Time Unit	หน่วยเวลา (ชั่วโมง)
Time Discretization	เวลาที่ใช้ทั้งหมดในการทดลอง
Q_s Porosity	ค่าความพรุน
K_s Pore velocity	ค่าความเร็วน้ำผ่านรูพรุน
Mass Unit	หน่วยมวล (กรัม)
Pulse Duration	เวลาที่เปลี่ยนเป็นเติมน้ำปราศจากไอออน
Bulk Density	ความหนาแน่นของดิน
Disp.L	สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในทิศทางตามการไหล
CBnd1	ความเข้มข้นของสารละลายโครเมตเริ่มต้น
K_d (parameter axb)	พารามิเตอร์ในการดูดซับ (ค่า axb) จากสมการ 2.14, 2.15 หรือ 2.16 ขึ้นกับไอโซเทอมของการดูดซับ
Nu (parameter b)	พารามิเตอร์ในการดูดซับ (ค่า b) จากสมการ 2.14, 2.15 หรือ 2.16 ขึ้นกับไอโซเทอมของการดูดซับ