บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของเฮกซะวาเลนท์โครเมียม (ในรูปของโครเมต) ในระบบน้ำใต้ดิน โดยทำการทดลองทั้งแบบแบตช์และคอลัมน์ สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

6.1.1 ในการทดลองหาค่าเวลาสัมผัสที่เหมาะสมของการดูดติดผิวของโครเมตบนดินตัวอย่าง โดยใช้ตัวอย่างดิน 1 กรัม ความเข้มข้นของสารละลายโครเมต 5.2 มิลลิกรัมโครเมียมต่อลิตร ปริมาณ 50 มิลลิลิตร และ เขย่าด้วยอัตราเร็ว 200 รอบต่อนาที ที่พีเอชเท่ากับ 4 และค่ากำลังไอออน (Ionic Strength) 0.01 M พบว่าที่เวลาประมาณ 144 ชั่วโมง การดูดติดผิวของโครเมตจะเข้าสู่สมดุล

6.1.2 จากการศึกษาไอโซเทอมของการดูดติดผิว (Adsorption Isotherm) โดยทำการทดลองแบบแบตช์ พบว่า เนื่องจากช่วงความเข้มข้นที่ทำการศึกษาเป็นช่วงความเข้มข้นที่ต่ำ คือ 5.2 มิลลิกรัมโครเมียมต่อลิตร ซึ่งให้ค่าความสามารถในการดูดติดผิวจากการทดลองต่ำกว่าค่าความสามารถในการดูดติดผิวสูงสุดสำหรับการดูดติดผิวแบบชั้นเดียว (Mono Layer) มาก ทำให้การดูดติดผิวของโครเมตบนดินตัวอย่างสอดคล้องกับทั้งไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบเส้นตรง (Linear Adsorption Isotherm) แลงมัวร์ (Langmuir Adsorption Isotherm) และ ฟรุนดลิช (Freundlich Adsorption Isotherm)

6.1.3 จากการศึกษาไอโซเทอมของการดูดติดผิว (Adsorption Isotherm) โดยการทำการทดลองแบบแบตช์ พบว่า ผลของค่าพีเอช มีผลต่อการดูดติดผิว ของโครเมตในดินตัวอย่าง โดยที่พีเอช 4 มีความสามารถในการดูดติดผิว ได้สูงกว่าที่พีเอช 7 และ 10 เพราะความสามารถในการดูดติดผิวของโครเมตมีความสัมพันธ์กับค่าพีเอช โดยความสามารถในการดูดติดผิว จะลดลงเมื่อพีเอชสูงขึ้น

6.1.4 จากการศึกษาการดูดติดผิวเมื่อมีไอออนประจุลบอื่น โดยทำการทดลองแบบแบตช์พบว่า ผลของไอออนประจุลบอื่นๆ มีผลในการลดความสามารถในการดูดติดผิวของโครเมตในดินตัวอย่าง โดยจะมีผลมากขึ้นเมื่อไอออนประจุลบนั้นมีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่า และมีศักย์ประจุมากกว่า โดย

ผลของคลอไรด์ และไนเตรตไอออน ต่อการดูดติดผิวของโครเมตบนดินมีค่าใกล้เคียงกัน และมีผลต่อการดูดติดผิวของโครเมตบนดินน้อยกว่าซัลเฟตและฟอสเฟตไอออนอย่างชัดเจน เนื่องจากซึ่งมีโครงสร้างโมเลกุลแบบกลม (Spherical Shape) และไนเตรตไอออน ซึ่งมีโครงสร้างโมเลกุลแบบแผ่น (Planar Shape) การกระจายตัวของประจุรอบๆตัวไอออน ในขณะที่ ซัลเฟต ฟอสเฟต และโครเมต เป็นโครงสร้างโมเลกุลแบบเตรตระโกนอล (Tetragonal Shape) เหมือนกัน ทำให้สามารถดูดติดผิวบนดินได้ดีกว่า

6.1.5 จากผลการเปรียบเทียบพบว่า ฟอสเฟสไอออน มีผลทำให้ความสามารถในการดูดติดผิวของโครเมตบนดินลดลงมากกว่าผลของซัลเฟตไอออน เนื่องมาจากที่พีเอช 2.1 – 12.3 ฟอสเฟตไอออนจะอยู่ในรูปที่มีไฮโดรเจนอยู่ในโมเลกุล ทำให้ฟอสเฟตไอออน ซึ่งมีไฮโดรเจนอยู่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับอนุภาคดิน ทำให้มีความสามารถแข่งขันกับโครเมตในการดูดติดผิวบนอนุภาคเม็ดดิน ทำให้ความสามารถในการดูดติดผิวของโครเมตบนดินลดลงมากที่สุด ส่วนอันดับรองลงมาในการทำการทดลองคือ ซัลเฟต ไนเตรต และคลอไรด์ ตามลำดับ

6.1.6 จากการทดลองแบบคอลัมน์ที่พีเอช 4 7 และ 10 ความเข้มข้นของสารละลายโครเมต 5.2 มิลลิกรัมโครเมียมต่อลิตร ไหลผ่านคอลัมน์ที่บรรจุดิน 150 กรัม ความเร็วน้ำผ่านรูพรุน 9.87 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ที่พีเอชเท่ากับ 4 จะเข้าสู่ Break Through ได้ช้าที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองแบบแบตช์ อันเนื่องมาจากความสามารถในการดูดติดผิวของโครเมตมีความสัมพันธ์กับค่าพีเอช โดยการดูดติดผิวจะลดลงเมื่อค่าพีเอชมากขึ้น

6.1.7 จากการทดลองแบบคอลัมน์ในแต่ละพีเอช พบว่า เมื่อน้ำใต้ดินสังเคราะห์มีไอออนประจุลบอื่น คือ ฟอสเฟตจะทำให้ความสามารถในการดูดติดผิวของโครเมตในคอลัมน์ดินลดลง โดยที่พีเอชเท่ากับ 10 ความสามารถในการดูดติดผิวของโครเมตในคอลัมน์ดินสามารถลดลงได้ถึงประมาณร้อยละ 64 ที่พีเอชเท่ากับ 7 ประมาณร้อยละ 50 และที่พีเอชเท่ากับ 4 ประมาณมากกว่าร้อยละ 30 สอดคล้องกับการทดลองแบบแบตช์

6.2 ความสำคัญทางวิศวกรรมศาสตร์ การนำไปใช้ประโยชน์

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการดูดติดผิวของเฮกซะวาเลนท์โครเมียม (ในรูปของโครเมต) ในระบบน้ำใต้ดินเมื่อมีไอออนประจุลบอื่น รบกวนการดูดติดผิวบนดินตัวอย่าง โดยทำการทดลองทั้งแบบแบตช์และคอลัมน์ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดังนี้

6.2.1 สามารถเข้าใจการเคลื่อนตัวของโครเมตในชั้นน้ำใต้ดิน ที่พีเอชต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาทดลองเปลี่ยนตัวแปรอื่นๆ หรือประยุกต์ใช้กับโลหะตัวอื่นต่อไป

6.2.2 สามารถนำผลการวิจัยไปศึกษา เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของโครเมตในสภาวะจริงที่ชั้นน้ำใต้ดินมักจะมีไอออนประจุลบอยู่ทั่วไป

6.2.3 สามารถประยุกต์ใช้ในการบำบัดฟื้นฟูสภาพแวดล้อม (Remediation and Treatment) ในเทคนิคในแบบต่างๆ เช่น เทคนิคการสูบน้ำ เพื่อนำมาบำบัด (Pump and Treat Remediation) ที่ใช้เวลาในการบำบัดต่อเนื่องยาวนาน ซึ่งอาจนำเอาไอออนรบกวนเติมเข้าไปช่วยเพิ่มความเร็วในการบำบัดได้

6.3 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของไอออนประจุลบที่มีต่อการดูดติดผิวของเฮกซะวาเลนท์โครเมียม (ในรูปโครเมต) ในชั้นน้ำใต้ดิน โดยทำการทดลองทั้งแบบแบตช์และคอลัมน์ ควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

6.3.1 ศึกษาผลของตัวแปรอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ ค่ากำลังไอออน หรือชนิดดินตัวอย่าง ที่มีผลต่อการดูดติดผิว และเคลื่อนตัวของเฮกซะวาเลนท์โครเมียมในชั้นน้ำใต้ดิน

6.3.2 ศึกษาเปรียบเทียบผลต่อการเคลื่อนตัวของเฮกซะวาเลนท์โครเมียมในความเร็วน้ำผ่านรูพรุนที่หลากหลายขึ้นให้คลอบคลุมความเร็วการไหลน้ำใต้ดินตามข้อมูลแผนที่น้ำใต้ดินในพื้นที่จริงอื่นๆ

6.3.3 ศึกษาผลกระทบของสารรบกวน หรือสารเร่งปฏิกิริยาอื่นๆ ที่มีผลต่อการดูดติดผิว และการเคลื่อนตัวของเฮกซะวาเลนท์โครเมียมในสภาวะสิ่งแวดล้อมจริง เช่น ปริมาณสารประกอบเหล็ก ปริมาณไบคาร์บอเนต ปริมาณออกซิเจนเป็นต้น

6.3.4 ศึกษาการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำนายการเคลื่อนที่ ในการประมาณการเคลื่อนตัวของเฮกซะวาเลนท์โครเมียม เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ในสภาพจริงได้ใกล้เคียงยิ่งขึ้น