บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการดูดติดผิวและการเคลื่อนที่ของอาร์เซไนท์ ซึ่งการเคลื่อนที่สามารถประมาณด้วยคอมพิวเตอร์โปรแกรม โดยการทดลองมีทั้งแบบแบตช์และแบบคอลัมน์ สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

6.1.1. การทดลองที่ทำกับดินตัวอย่างพิจารณาเลือกจากตัวแทนกลุ่มเนื้อดินทั้ง 3 กลุ่ม ได้แก่ ดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) จากกลุ่มดินเนื้อปานกลาง, ดินร่วนเหนียว (clay loam) จากกลุ่มดินเนื้อละเอียด, และดินทรายร่วน (sandy loam) จากกลุ่มดินเนื้อหยาบ

6.1.2 การทดลองหาเวลาสัมผัสที่เหมาะสมในการดูดติดผิวอาร์เซไนท์ด้วยดินตัวอย่าง ทำการทดลองโดยใช้ปริมาณดิน 1 กรัม ความเข้มข้นของสารละลายอาร์เซไนท์ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเร็วรอบในการเขย่า 200 รอบต่อนาที ที่พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4 7 และ 10 พบว่า ที่เวลา 96 ชั่วโมง เกิดการดูดติดผิวของอาร์เซไนท์จนเข้าสู่สภาวะสมดุล

6.1.3 ผลการศึกษาไอโซเทอมการดูดติดผิว (Adsorption isotherm) โดยการทดลองแบบแบตช์ พบว่า การดูดติดผิวของอาร์เซไนท์ด้วยดินตัวอย่างสอดคล้องกับไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบแลงมัวร์ (Langmuir adsorption isotherm)

6.1.4 ผลของพีเอชที่มีผลต่อการดูดติดผิวของอาร์เซไนท์ด้วยดินตัวอย่าง โดยให้ค่าพีเอชเริ่มต้นที่ 4 7 และ 10 พบว่า ความสามารถในการดูดติดผิวที่พีเอช 7 มีค่ามากที่สุด สอดคล้องกับผลการทดลองของ Sabine Goldberg et al.,2000 ความสามารถในการดูดติดผิวของอาร์เซไนท์ลำดับรองลงไปคือ ที่พีเอช 4 และ ที่พีเอช 10

6.1.5 ลำดับของชนิดดินที่มีผลต่อการดูดติดผิวของอาร์เซไนท์ คือ ดินร่วนเหนียว > ดินร่วนเหนียวปนทราย > ดินทรายร่วน เนื่องจากมีร้อยละของดินเหนียวและองค์ประกอบของแร่ธาตุมีผลต่อความสามารถในการดูดติดผิวของอาร์เซไนท์ตามลำดับ

6.1.6 การศึกษาผลของอิออนรบกวนที่มีต่อการดูดติดผิวของอาร์เซไนท์ด้วยดินตัวอย่าง พบว่า อิออนไบคาร์บอเนตรบกวนการดูดติดผิวเพียงเล็กน้อย โดยที่สัดส่วนของอิออนรบกวนไบคาร์บอเนตไม่มีผลต่อการดูดติดผิวอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Myoung-Jin Kim et el.,2001 ส่วนอิออนฟอสเฟตมีผลต่อการดูดติดผิวของอาร์เซไนท์อย่างเห็นได้ชัด โดยที่

สัดส่วนของอิออนฟอสเฟตยิ่งมีค่ามาก ความสามารถในการดูดติดผิวของอาร์เซไนท์จะยิ่งลดลง สอดคล้องกับนักวิจัยท่านอื่นๆ ได้แก่ E. smith et al. (2002) และ Meng X. et al.(2002) เป็นต้น

6.1.7 จากการทดลองแบบคอลัมน์โดยใช้สารละลายโบรไมด์และแทนค่าผลที่ได้ลงในโปรแกรม STANDMOD / CFITIM เพื่อหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัว (Dispersion coefficient) พบว่า สำหรับดินร่วนปนทรายเหนียวได้เท่ากับ 2.89×10^{-3} cm^2/s และ 2.71×10^{-3} cm^2/s สำหรับดินร่วนเหนียว ส่วนคอลัมน์ดินทรายร่วน ได้เท่ากับ 1.05×10^{-2} cm^2/s

6.1.7 การทดลองแบบคอลัมน์โดยใช้สารละลายอาร์เซไนท์ของดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วนเหนียว และดินทรายร่วน พบว่า ลำดับของการดูดติดผิวโดยพิจารณาจากค่าความสามารถในการดูดติดผิวที่จุดเริ่มต้นจนถึงจุดที่ C/Co = 1 คือ ดินร่วนเหนียว > ดินร่วนเหนียวปนทราย > ดินทรายร่วน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองแบบแบตช์

6.1.8 เมื่อพิจารณาพีเอชที่มีต่อการดูดติดผิวจากการทดลองแบบคอลัมน์โดยใช้สารละลายอาร์เซไนท์ พบว่า เมื่อพิจารณาจากค่าความสามารถในการดูดติดผิว จากจุดเริ่มต้นถึงจุดที่ C/Co = 1 ความสามารถในการดูดติดผิวดีที่สุดคือ พีเอช 4 รองลงไปคือ พีเอช 7 และ พีเอช 10 ตามลำดับ ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองแบบแบตช์

6.1.9 ผลของอิออนรบกวนที่มีผลต่อการดูดติดผิวของอาร์เซไนท์จากการทดลองแบบคอลัมน์เทียบกับไม่มีสารละลายอิออนรบกวน คือ ไบคาร์บอเนต และฟอสเฟต แต่เมื่อพิจารณาจากสัดส่วนของไบคาร์บอเนตและฟอสเฟตแล้วพบว่า สำหรับไบคาร์บอเนตสัดส่วนที่ใช้ (1:1 และ 10:1) รวมถึงเมื่อไม่ใส่อิออนไบคาร์บอเนตรบกวนให้ผลที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนฟอสเฟตนั้นเมื่อใส่อิออนฟอสเฟตรบกวนมีผลทำให้ความสามารถในการดูดติดผิวของอาร์เซไนท์ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับไม่ใส่อิออนฟอสเฟตรบกวน แต่สัดส่วนที่ใช้ (1:1 และ 10:1) ไม่มีผลต่อความสามารถในการดูดติดผิวของอาร์เซไนท์มากนัก

6.1.10 การทดลองแบบคอลัมน์เปรียบเทียบผลกับการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์โปรแกรม พบว่า โปรแกรม HYDRUS2D สามารถประมาณการเคลื่อนที่ของดินร่วนเหนียวที่พีเอช 10 ได้ดี แต่สำหรับที่ชนิดดินและพีเอชอื่น ถือว่าการประมาณด้วยโปรแกรมนั้นไม่ประสบผลสำเร็จ เพราะมีความแตกต่างกันมาก เนื่องมาจากการวิจัยในครั้งนี้ใช้สมการแบบจำลองการเคลื่อนที่ที่อยู่บนสมมติฐานที่ว่าการดูดซับจะอยู่ในสภาวะสมดุลตาม Local Equilibrium Assumption แต่ในคอลัมน์น่าจะเกิดการดูดซับแบบไม่สมดุล (Non-equilibrium adsorption process)

6.2 ความสำคัญเชิงวิศวกรรม และการนำไปใช้ประโยชน์

การศึกษาการเคลื่อนที่ของอาร์เซไนท์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อนำมาใช้ในการประมาณการเคลื่อนที่ของอาร์เซไนท์ในชั้นน้ำใต้ดินมีหลักการนำไปใช้ประโยชน์ดังนี้

6.2.1 ทำให้ทราบถึงพฤติกรรมการดูดติดผิวของดินชนิดต่างๆ ที่สภาวะพีเอชต่างๆ รวมถึงอิออนรบกวนที่มีผลต่อการดูดติดผิวของอาร์เซไนท์

6.2.2 การประมาณค่าการเคลื่อนที่ของอาร์เซไนท์ด้วยคอมพิวเตอร์โปรแกรม สามารถใช้ในการวางแผนควบคุมและบำบัดฟื้นฟูสภาพแวดล้อม (Remediation) ซึ่งในการนำไปใช้ประโยชน์จริงๆ สามารถทำได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

(1) หาคุณสมบัติของตัวอย่างดิน เช่น ความหนาแน่น (Bulk density), ค่าความพรุน (Porosity)

(2) ทำการทดลองแบบแบตช์ เพื่อหาไอโซเทอมการดูดติดผิวว่าสอดคล้องกับไอโซเทอมแบบใด แล้วทำการหาค่าพารามิเตอร์การดูดติดผิว (Adsorption parameter)

(3) หาค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัว (Dispersion coefficient) โดยทำการทดลองด้วยคอลัมน์และป้อนสารเทรเซอร์ เช่น สารละลายโปรไมด์

(4) ป้อนค่าต่างๆ ลงสู่โปรแกรม HYDRUS2D และทำการทดลองแบบคอลัมน์โดยใช้สารละลายอาร์เซไนท์ เพื่อใช้ปรับแก้ค่าให้มีความใกล้เคียงกับสภาพจริง

6.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาถึงพฤติกรรมการดูดติดผิวและการเคลื่อนที่ของอาร์เซไนท์ และการนำไปประยุกต์ใช้กับคอมพิวเตอร์โปรแกรม ทำให้ทราบถึงปัญหาที่ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมดังนี้

6.3.1 ชนิดของดินตัวอย่างและขนาดของอนุภาคดินมีผลต่อการเคลื่อนที่และการดูดติดผิวของอาร์เซไนท์ ดังนั้นเมื่อนำข้อมูลไปใช้จึงควรทำการทดลองดังที่กล่าวไปข้างต้นก่อน

6.3.2 ผลของตัวแปรบางค่าที่ป้อนให้โปรแกรม ควรทำการศึกษาก่อนเนื่องจากส่งผลต่อการประมาณค่าของโปรแกรม ได้แก่ ความเร็วในการไหลผ่านดิน ความแรงของอิออนที่มีผลต่อการดูดติดผิว เป็นต้น

6.3.2 เมื่อน้ำใต้ดินมีอิออนรบกวนตัวอื่นๆ และ/หรือมีอัตราส่วนอิออนรบกวนต่างออกไปอาจจะส่งผลที่แตกต่างไปจากการศึกษาวิจัยนี้ได้ จึงต้องทำการเปรียบเทียบผลการทดลองเสียก่อน