บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การเจริญเติบโตของเศรษฐกิจและการเพิ่มขึ้นของประชากรในปัจจุบัน ส่งผลให้เกิดความต้องการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้น การนำแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้นอกจากปริมาณน้ำที่นำมาใช้ต้องมีปริมาณเพียงพอต่อการใช้น้ำในพื้นที่ คุณภาพน้ำที่นำมาใช้ต้องมีคุณภาพน้ำที่ดีพอต่อกิจกรรมในพื้นที่อีกด้วย ดังนั้นปัญหาการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินนับว่าเป็นปัญหาสำคัญในการพิจารณาการใช้น้ำใต้ดิน การปนเปื้อนของสารปนเปื้อนในน้ำใต้ดินมีสาเหตุได้หลายสาเหตุเช่น ถังเก็บสารปนเปื้อนใต้ดินเกิดการรั่วซึม การลักลอบฝังกลบขยะปนเปื้อน เป็นต้น

ในพื้นที่หนึ่งของจังหวัดนครราชสีมา พบถังบรรจุกากสารเคมีจัดเก็บไว้บนเนื้อที่ประมาณ 100 x 200 ตารางเมตร มีการรั่วไหลเกิดขึ้น สาเหตุมาจากการละเลยต่อมาตรฐานระบบการจัดเก็บกากสารเคมีอันตราย ซึ่งพื้นที่ข้างเคียงมีประชากรอาศัยอยู่ประมาณ 1,360 คน และในด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ห่างจากพื้นที่ทิ้งกากสารเคมีประมาณ 500 เมตร มีโรงเรียนที่มีการใช้น้ำใต้ดิน เป็นแหล่งน้ำสำหรับการอุปโภคบริโภคด้วย

กรมควบคุมมลพิษได้มีการเจาะบ่อสำรวจคุณภาพน้ำบาดาลในพื้นที่บริเวณดังกล่าว ที่ความลึกประมาณ 25 เมตร จากผิวดิน พบว่าน้ำบาดาลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างมีการปนเปื้อนในระดับสูงของสารอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds, VOCs) ส่งผลให้ประชาชนในพื้นที่ที่ใช้น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำในการอุปโภคบริโภค มีความเสี่ยงต่อการนำน้ำบาดาลที่ปนเปื้อนด้วยสารเคมีอันตรายไปใช้ หากไม่มีการจัดการกับสารอันตรายนี้อย่างถูกต้องและต่อเนื่องย่อมส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำของชุมชนในพื้นที่อย่างแน่นอน ดังนั้นการศึกษาถึงลักษณะการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนในแหล่งน้ำบาดาลจึงมีความสำคัญต่อการยกระดับคุณภาพชีวิตของประชากรและสิ่งแวดล้อมที่อาศัยน้ำบาดาลเป็นแหล่งสำหรับการอุปโภคบริโภคเป็นอย่างยิ่งและยังมีความสำคัญต่อการวางมาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำใต้ดินปนเปื้อนในระยะต่อไป

การศึกษาวิทยานิพนธ์นี้มุ่งเน้นศึกษาถึงลักษณะการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนประเภทสารอินทรีย์ระเหยในตัวกลางรูพรุนในน้ำบาดาลภายใต้สภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำ โดยพัฒนาแบบจำลองกายภาพและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อเปรียบเทียบลักษณะการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนในตัวกลางรูพรุนภายใต้สภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำในห้องปฏิบัติการ ผลการทดลองใน

ห้องปฏิบัติการจะถูกนำมาเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์หาพารามิเตอร์สำคัญต่อพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อนในชั้นน้ำบาดาล

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. พัฒนาแบบจำลองกายภาพเพื่อศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนผ่านตัวกลางรูพรุนภายใต้สภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำ

2. ประยุกต์ใช้แบบจำลองกายภาพที่พัฒนาแล้วเพื่อศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของตัวแทนสารปนเปื้อนประเภทสารอินทรีย์ระเหยผ่านตัวกลางรูพรุนธรรมชาติจากพื้นที่ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมาภายใต้สภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำ

3. พัฒนาระบบวิเคราะห์ตรวจสอบความเข้มข้นของสารปนเปื้อนประเภทสารอินทรีย์ระเหยในน้ำใต้ดินด้วยเครื่องมือยูวี-วิซิเบิล (UV/VIZ)

4. วิเคราะห์และคำนวณค่าพารามิเตอร์ทางชลศาสตร์ที่สำคัญต่อพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนประเภทสารอินทรีย์ระเหยในตัวกลางรูพรุนธรรมชาติภายใต้สภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำ ค่าที่คำนวณคือ ค่าเวลาเฉลี่ยในการเดินทางของสารปนเปื้อน (Mean Residence Time), ค่าการแพร่ (Dispersivity) และค่าตัวประกอบความหน่วง (Retardation Factor)

5. พัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์ UTCHEM เพื่ออธิบายพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของตัวแทนสารปนเปื้อนประเภทสารอินทรีย์ระเหยในตัวกลางรูพรุนภายใต้สภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำในห้องปฏิบัติการ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของตัวแทนสารปนเปื้อนประเภทสารอินทรีย์ระเหยผ่านตัวกลางรูพรุนธรรมชาติภายใต้สภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำโดยใช้แบบจำลองกายภาพและแบบจำลองคณิตศาสตร์มีขอบเขตการศึกษาดังนี้

1.เลือกพื้นที่ใน อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา เป็นพื้นที่ที่นำดินมาศึกษาเนื่องจากมีหลักฐานการปนเปื้อนในชั้นดินและชั้นน้ำใต้ดินด้วยสารปนเปื้อนประเภทสารอินทรีย์ระเหย

2. เลือกดินจากพื้นที่ศึกษา 4 ตัวอย่างและตัวแทนสารปนเปื้อน 2 ชนิด โดยสารปนเปื้อนเป็นสารที่ตรวจพบจริงในตัวอย่างน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา เลือกใช้สารไตรคลอโรเอธิลีน (Trichloroethylene (TCE)) และสารเบนซีน (Benzene) เป็นตัวแทนสารปนเปื้อนประเภทสารอินทรีย์ระเหยที่แยกชั้นจากน้ำที่มีความหนาแน่นสูงและต่ำกว่าน้ำตามลำดับ นอกจากนี้สาร

ไตรคลอโรเอธิลีนและสารเบนซีน มีคุณสมบัติพิเศษคือสามารถแยกชั้นออกจากน้ำได้ซึ่งพฤติกรรมการแยกชั้นออกจากน้ำของสารปนเปื้อนนี้มีความสำคัญต่อพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อนในชั้นดินและชั้นน้ำใต้ดิน การศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของสารไตรคลอโรเอธิลีนและสารเบนซีนในเฟสของเหลวเท่านั้นโดยกำหนดค่าความเข้มข้นสูงสุดของสารปนเปื้อนในระบบไม่เกินค่าขีดความสามารถในการละลายน้ำของไตรคลอโรเอธิลีนและสารเบนซีน

3. พัฒนาแบบจำลองกายภาพเพื่อศึกษาและวิเคราะห์พฤติกรรมการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนในชั้นน้ำใต้แบบอิ่มตัวด้วยน้ำดินโดยพิจารณาจากความเข้มข้นของสารปนเปื้อนที่เวลาต่างๆในตำแหน่งหนึ่งๆในชั้นน้ำใต้ดิน รวมทั้งคำนวณค่าพารามิเตอร์ทางชลศาสตร์ที่มีความสำคัญต่อการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนในชั้นน้ำเพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในการพัฒนาและปรับเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์โดยโปรแกรม UTCHEM

4. แบบจำลองกายภาพที่ใช้ศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนประเภทสารอินทรีย์ระเหยเป็นแบบจำลองแบบ 1 มิติ มีทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง

5. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์คือโปรแกรม GMS (Groundwater modeling system) UTCHEM ใช้หลักทฤษฎีทางด้านไฟไนท์ดิฟเฟเรนท์

1.4 การศึกษาที่ผ่านมา

1.4.1 การศึกษาในต่างประเทศ

1.4.1.1 การศึกษาการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ทางชลศาสตร์

Gray K. (1990) ได้ศึกษาการเคลื่อนตัวของสารเบนซีนที่หลุดออกจากถังเก็บสารปนเปื้อนใต้ดินด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์พบว่าค่าการแพร่ของสารเบนซีนมีค่า 4.9 เมตร

Russell H., Matthews J.และ Sewell G. (1992) ได้ศึกษาถึงคุณสมบัติต่างๆของสาร ไตรคลอโรเอธิลีนจากการศึกษาพบว่าค่าตัวประกอบความหน่วงของสารไตรคลอโรเอธิลีนมีค่าประมาณ 2.0

Schwartz F. and Zhang H (1999)ได้ศึกษาการใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนสในการฟื้นฟูชั้นน้ำจากการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จากข้อมูลแบบจำลองกายภาพพบว่าค่าการแพร่ของสารไตรคลอโรเอธิลีนมีค่า 5.0 เมตร

Air Force Center for Environmental Excellence (2000) ได้ทำการศึกษาและประมาณค่าตัวประกอบความหน่วงสารเบนซีนจากพื้นที่ศึกษาพบว่าค่าตัวประกอบความหน่วงของสารเบนซีนมีค่า 1.60

Da silva M. และ Alvarez P. (2002) ได้ศึกษาการหาค่าตัวประกอบความหน่วงของสารเบนซีนโดยใช้เอทานอลเป็นสารเทรเซอร์ จากการศึกษาพบว่าค่าตัวประกอบความหน่วงของสารเบนซีนมีค่า 1.60

Mikolajkow (2003) ได้ศึกษาค่า ตัวประกอบความหน่วงของสารไนโตรเจนในดินในประเทศโปแลนด์ จากการศึกษาพบว่าค่าตัวประกอบความหน่วงในดินชนิดต่างที่นำมาศึกษามีค่าอยู่ที่ 1.17 – 26.54

USGS (2003) ได้ศึกษาหาค่าตัวประกอบความหน่วงของสารไตรคลอโรเอธิลีนในพื้นที่เขตฟลอริดา ด้วยการคำนวณจากข้อมูลสนามพบว่าค่าตัวประกอบความหน่วงของสารไตรคลอโรเอธิลีนมีค่าสูงสุดที่ 2.5

Parker B., Cherry J. และ Chapman S. (2004) ได้ศึกษาถึงการหาค่าตัวประกอบความหน่วงของสารไตรคลอโรเอธิลีน โดยทำการทดลองจากพื้นที่ทดสอบพบว่า ค่าตัวประกอบความหน่วงของสารไตรคลอโรเอธิลีนมีค่าอยู่ในช่วง 1.1 – 1.5 การศึกษานี้ใช้เครื่องมือเอชพีแอลซี (HPLC) ในการวิเคราะห์ความเข้มข้นสารไตรคลอโรเอธิลีน

Al-Damluji และ Al-Rawi (2005) ได้ศึกษาถึงการหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ตามแนวการไหลและค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ตั้งฉากกับแนวการไหลด้วยตัวกลางรูพรุนในประเทศอิรัก รวมถึงพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อทำนายการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อน จากการศึกษาพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ตามแนวการไหลมีค่า 0.171 ซม.^{2}/นาที, 0.212 ซม.^{2}/นาที และค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ตั้งฉากกับแนวการไหลมีค่า 0.074 ซม.^{2}/นาที, 0.032 ซม.^{2}/นาที การจำลองด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ยังได้ผลที่ไม่ดีนัก ในอนาคตจะมีการปรับปรุงสมการการพัดพาเข้าไปในแบบจำลองเพื่อให้การจำลองมีผลดีขึ้น

Kim S., Kim D. และ Yun S. (2005) ได้ศึกษาการหาค่าตัวประกอบความหน่วงของสารเบนซีนโดยมีการใส่ผงแอคทิเวทคาร์บอน (Powder Activated Carbon) ลงในการทดลองในอัตราส่วนต่างๆ ในกรณีที่ไม่ได้ใส่ผงแอคทิเวทคาร์บอนพบว่าค่าตัวประกอบความหน่วงของสารเบนซีน มีค่า 1.5 กรณีใส่ผงแอคทิเวทคาร์บอน 0.5 เปอร์เซ็นต์พบว่าค่าตัวประกอบความหน่วงของสารเบนซีน มีค่า 2.9 และกรณีผงแอคทิเวทคาร์บอน 2.0 เปอร์เซ็นต์พบว่าค่าตัวประกอบความหน่วงของสารเบนซีนมีค่า 3.2

McNeil J. D., Oldenborger G. A., และ Schincariol R. A. (2006) ได้ศึกษาการหาค่าการแพร่ตามแนวการไหลด้วยเทคนิควิธีการถ่ายภาพ โดยวัสดุตัวกลางรูพรุนจะถูกบรรจุ

ลงในถังทราย (Sand Tank) การบรรจุตัวกลางจะบรรจุแบบไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (Heterogeneous) เพื่อให้มีความสอดคล้องกับพื้นที่สนาม สารเทรเซอร์ที่ใช้มีลักษณะเป็นสีเพื่อให้สามารถถ่ายภาพได้ จากการศึกษาพบว่าค่าการแพร่ตามแนวการไหลมีค่า 4.6×10^{-2} ม. และเมื่อปรับสเกลเข้ากับพื้นที่ศึกษาพบว่าค่าการแพร่ตามแนวการไหลมีค่า 9.1×10^{-2} ม.

1.4.1.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์

Zheng and Jiao (1998) ได้มีการทดสอบค่าการแพร่ด้วยสารเทรเซอร์ในชั้นน้ำในพื้นที่ฐานทัพอากาศโคลัมบัสทางตอนเหนือของรัฐมิสสิสซิปปี โดยมีการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MODFLOW และ MT3D มาใช้ในการทดสอบข้อมูลการตอบสนองของแบบจำลอง (Sensitivity Analysis) ระหว่างค่าการแพร่ตามแนวการไหลกับค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ที่นำมาสร้างแผนที่โดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติโดยใช้ทฤษฎีคริกกิ้งและเอ็นจีพี

Chu et al. (2000) ได้นำแบบจำลองคณิตศาสตร์ 2 กลุ่มมาใช้ในการศึกษาการกระจายตัวของยาฆ่าแมลงในดินสู่น้ำใต้ดิน โดยพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ส่วนหนึ่งของรัฐแคลิฟอเนียร์ แบบจำลองชุดที่ 1 เป็นแบบจำลองที่ทางทีมผู้วิจัยเป็นผู้คิดค้นขึ้นมาซึ่งแบบจำลองการเคลื่อนตัวของยาฆ่าแมลงในดินเป็นแบบ 1 มิติและการเคลื่อนตัวในชั้นน้ำเป็น 2 มิติ ส่วนแบบจำลองชุดที่ 2 ได้นำแบบจำลองคณิตศาสตร์ 3 ชนิด คือ PRZM2 , MODFLOW และ MT3D ที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย โดยต้องการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของแบบจำลองที่คิดค้นขึ้นกับแบบจำลองที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลาย รวมทั้งศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นในพื้นที่ ผลสรุปของการศึกษา พบว่าผลลัพธ์ของแบบจำลองทั้ง 2 ชุดให้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ รวมทั้งพบว่าการสะสมตัวของยาฆ่าแมลงในดินจะมีค่าสูงในช่วงฤดูกาลเกษตร และมีค่าลดลงเมื่อมีการซึมของน้ำลงสู่ดินหรือช่วงฤดูฝน ทำให้คาดการณ์ได้ว่ายาฆ่าแมลงที่สะสมในดินในช่วงฤดูกาลเกษตร ถูกนำพาจากดินจะเคลื่อนตัวสู่น้ำใต้ดินเมื่อมีน้ำจากฤดูฝนนำพาลงสู่ด้านล่าง

Zaluski H. M., Consort J. J.,และ Antonioli B. S. (2003) ได้ทำการศึกษาถึงการเคลื่อนย้ายสารปนเปื้อนสารไตรคลอโรเอธิลีนในน้ำใต้ดิน ซึ่งสารไตรคลอโรเอธิลีนเป็นสารจำพวกหนึ่งของสารจำพวกสารอินทรีย์ระเหยด้วยแบบจำลอง UTCHEM โดยการใช้วิธีสูบน้ำ ที่ระดับความลึก 150 ฟุต พื้นที่ศึกษาอยู่ในฟลอริด้า จากการศึกษาพบว่าหากใช้บ่อสูบ 2 จุดต่อเนื่องเป็นเวลา 3 ปี จะสามารถเคลื่อนย้ายสารไตรคลอโรเอธิลีนได้ 53 เปอร์เซ็นต์ หากใช้เวลา 27 ปี จะสามารถเคลื่อนย้ายสารไตรคลอโรเอธิลีนได้ 77 เปอร์เซ็นต์และหากใช้เวลา 50 ปี จะสามารถเคลื่อนย้ายสารไตรคลอโรเอธิลีนได้ 85 เปอร์เซ็นต์ (18,240 กิโลกรัม) เช่นเดียวกันกับการใช้บ่อสูบเพียง 1 บ่อ เมื่อสูบต่อเนื่องเป็นเวลา 100 ปี จะสามารถย้ายสารไตรคลอโรเอธิลีน ได้ถึง

92.2 เปอร์เซ็นต์แต่อย่างไรก็ตามความเข้มข้นสารไตรคลอโรเอธิลีนที่ยังเหลืออยู่ก็ยังมีค่ามากกว่าค่ามาตรฐานน้ำดื่มถึง 263 เท่า

Schaerlaekens J., Mertens j., Linden V. J., Vermeiren G., Carmeliet J., และ Feyen J. (2006) ได้ทำการศึกษาถึงทางเลือกในการเคลื่อนย้ายสารปนเปื้อนจำพวก DNAPL ในน้ำใต้ดิน โดยการใช้แบบจำลอง UTCHEM ด้วยวิธีการใช้สารลดแรงตึงผิวในการฟื้นฟูสภาพชั้นน้ำ (Surfactant–Enhanced Aquifer Remediation (SEAR)) โดยทางคณะวิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลจากภาคสนาม เพื่อนำข้อมูลในสนามที่ได้ นำมาเป็นค่าตัวแปรและนำมาปรับเทียบกับแบบจำลอง UTCHEM เมื่อสอบเทียบได้แล้ว จะแบ่งแนวทางการศึกษาหลายแนวทาง และคิดค่าใช้จ่ายในแต่ละแนวทาง เพื่อนำไปใช้ในการพิจารณาแนวทางเลือกต่อไป

1.4.2 การศึกษาในประเทศ

1.4.2.1 การศึกษาการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ทางชลศาสตร์

วัสสา (2003) ได้ศึกษาการเคลื่อนตัวของเบนซีนในชั้นน้ำใต้ดินและความสามารถในการดูดซับของเบนซีนบนผิวดินและความสามารถการย่อยสลายทางชีววิทยาโดยจุลินทรีย์เดิมที่มีในดิน โดยใช้ดินในบริเวณเขตพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง ผลการทดลองแบบกะ (Batch) พบว่า ความสามารถในการดูดซับของเบนซีนบนผิวดินที่สมดุลเป็นไอโซเทอมแบบเชิงเส้น มีค่าคงที่การดูดซับเป็น 0.5444 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม ค่าตัวประกอบความหน่วงมีค่า 5.43 และปฏิกิริยาการย่อยสลายเป็นแบบลำดับที่หนึ่ง โดยมีอัตราการย่อยสลายอยู่ในช่วง 0.0009 - 0.0092 ต่อวัน การทดลองแบบคอลัมน์เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของดินด้วยสารละลายโบรไมด์ พบว่า ลักษณะการเคลื่อนที่เป็นแบบสมดุล มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวอยู่ในช่วง 0.0088 - 0.0116 ตารางเซนติเมตรต่อวินาที

อรนุช (2005) ได้ศึกษาถึงการดูดซับและการเคลื่อนที่ของยาในน้ำใต้ดิน โดยศึกษาการดูดซับของยาสี่ชนิดที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันได้แก่ อะซิตาไมโนเฟน (ยาแก้ปวด), 17 แอลฟา-เอทินิล เอสทราไดอัล (ฮอร์โมนสังเคราะห์), นาลิดิซิก แอซิด(ยาปฏิชีวนะ) นอฟลอกซาซิน (ยาปฏิชีวนะ) กับซิลิกา อลูมินา และพอราแพค พี การศึกษาการดูดซับและการเคลื่อนที่ของยาในคอลัมภ์ได้ใช้ตัวกลางเป็นตะกอนจากชั้นน้ำใต้ดินในภาคกลางของประเทศไทย จากการศึกษาพบว่าลักษณะการเคลื่อนตัวผ่านคอลัมภ์ของนาลิดิซิก แอซิด และ 17แอลฟา-เอทินิล เอสทราไดอัล เป็นการเคลื่อนตัวที่ไม่อยู่ในสภาวะสมดุลอันเกิดจากการดูดซับ นอกจากนี้ยังทำการ

คำนวณหาตัวประกอบความหน่วงจากแบบจำลองคณิตศาสตร์โดยใช้ผลจากการทดลองและนำผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่สนามต่อไป

1.4.2.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์

ไจก้า (1985) ได้ทำการศึกษาการจัดการแหล่งน้ำบาดาลและปัญหาแผ่นดินทรุดในพื้นที่กรุงเทพฯ และปริมณฑล โดยอาศัยแบบจำลอง MODFLOW , MOCDENSE , MT3D ทำการศึกษาในกรณีการไหลแบบคงตัว โดยไม่พิจารณาการใช้น้ำจากชั้นน้ำอิสระ (Unconfined Aquifer) และชั้นดินเหนียวชั้นบน (Bangkok Clay) พบว่าอัตราการใช้น้ำบาดาลในปี 2535 เท่ากับ 1.48 ล้าน ลบ.ม. ต่อวัน (540.6 ล้านลบ.ม./ปี) โดยระดับน้ำบาดาลลดลงถึงระดับ 30 – 60 เมตร รทก. เนื่องจากการสูบน้ำบาดาลมากเกินไป ทำให้แผ่นดินทรุดมากกว่า 20 มม.ต่อปี พื้นที่ที่มีปัญหาคือ สมุทรปราการ มีนบุรี ลาดกระบัง และปริมาณคลอไรด์มีค่าประมาณ 3,000 – 16,000 mg/L พื้นที่ที่มีปัญหามากคือ สมุทรปราการ ในการศึกษาครั้งนั้นได้ทำการก่อสร้างสถานีเก็บตัวอย่าง ที่ลาดกระบัง เอไอที และสมุทรสาคร และคาดการณ์ระดับน้ำ การทรุดตัวของแผ่นดิน ในปี 2560 ตามสมมติฐานการใช้น้ำในอนาคตกรณีต่างๆ ทำให้ได้ค่าระดับน้ำในปี 2560อยู่ในช่วง 35 – 200 เมตร ผลสรุปของการศึกษาเสนอว่า ประมาณอัตราการการใช้น้ำที่เหมาะสม (Permissible Yield) เท่ากับ 1.6 ล้านลบ.ม./วัน ตามเงื่อนไขที่จะควบคุมให้ระดับน้ำไม่ต่ำกว่า -50 เมตร รทก. นอกจากนี้ยังได้เสนอแผนการจัดการลุ่มน้ำ โดยควบคุมอัตราการใช้น้ำให้ได้ภายในปี 2548 ขยายพื้นที่วิกฤต และปรับกฎหมายการใช้น้ำบาดาล

วินัย เชาวน์วิวัฒน์ (1999) เป็นการศึกษาถึงสภาพการไหลและการรุกล้ำของน้ำเค็มในชั้นน้ำนนทบุรี จากศึกษานี้ได้นำแบบจำลอง MODFLOW และ แบบจำลอง MT3D มาใช้ในการจำลอง ผลการศึกษาสภาพในช่วงปี 2536 – 2540 พบว่า แหล่งของน้ำเค็มมาจาก การรั่วซึมของน้ำเค็มจากทะเล และละลายจากเกลือในชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ และชั้นน้ำนครหลวงได้ และพบว่าพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบหรือการแพร่ของน้ำเค็มเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราการสูบน้ำ ซึ่งพื้นที่ที่ประสบปัญหาการแทรกตัวของน้ำเค็มได้แก่บริเวณจังหวัดปทุมธานี สมุทรปราการ และสมุทรสาคร

สุรสีห์ (1999) เป็นการพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อคำนวณการไหลของน้ำใต้ดิน และการแพร่กระจายของสารมลพิษในชั้นน้ำใต้ดิน และประยุกต์ใช้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นกับสถานที่ฝังกลบมูลฝอย ต.บ้านแห อ.เมือง จ.อ่างทอง โดยใช้วิธีอนาไลติกเอลีเมนท์ (Analytic Element Method) ส่วนแบบจำลองการแพร่กระจายของสารมลพิษในชั้นน้ำใต้ดินใช้วิธีไฟไนท์ดิฟเฟอเรนท์ (Finite Difference Method) สรุปผลการศึกษาพบว่าน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษามีทิศทางการไหลไปทางตะวันตกเฉียงใต้ จากการวิเคราะห์ค่าซีโอดี ของน้ำชะมูลฝอย พบว่ามีค่าถึง

802 มิลลิกรัมต่อลิตร และการแพร่กระจายของค่าซีโอดีที่ระยะเวลา 1,5,20,30 และ 50 ปี พบว่ามีค่าความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลา 50 ปี และสามารถแพร่กระจายได้ไกล 62.5 เมตร โดยไม่ทำให้แหล่งน้ำบริเวณใกล้เคียงเกิดความเสียหาย

อยุทธ์ (2003) ได้ศึกษาพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการทำนายสารปนเปื้อนประเภทสารไฮโดรคาร์บอนความหนาแน่นสูง โดยการดัดแปลงรหัสคอมพิวเตอร์ U_DYSAC2 โดยการศึกษาได้ศึกษาถึงผลกระทบของคุณสมบัติทางกายภาพต่อการเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อนโดยเลือกศึกษาในส่วนของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นและความหนืดของสารปนเปื้อนและผลกระทบจากการไหลของน้ำใต้ดิน ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองคณิตศาสตร์ให้ผลสอดคล้องกับความรู้ทางทฤษฎี

การศึกษาการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ทางชลศาสตร์ในต่างประเทศได้มีการศึกษามาเป็นเวลายาวนานโดยการศึกษามีการใช้แบบจำลองกายภาพที่แตกต่างกันเช่น การใช้คอลัมภ์หรือการใช้ถังบรรจุทราย เป็นต้น การศึกษาในบางครั้งมีการทดสอบค่าพารามิเตอร์ทางชลศาสตร์ในพื้นที่จริงซึ่งให้ผลการทดสอบที่ดีแต่มีค่าใช้จ่ายสูง การตรวจวัดความเข้มข้นของสารปนเปื้อนประเภทสารอินทรีย์ระเหยโดยส่วนใหญ่ใช้เครื่องมือแก๊สโครมาโตกราฟีแต่มีในบางการศึกษาใช้เครื่องมือเอชพีเอลซี ในประเทศไทยการศึกษาการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ทางชลศาสตร์ยังมีไม่มากนัก การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับสารปนเปื้อนโดยส่วนใหญ่จะเน้นการบำบัดและการฟื้นฟูคุณภาพน้ำจากการปนเปื้อนด้วยสารต่างๆเช่น การปนเปื้อนจากสารจากอุตสาหกรรมปิโตเลียม การปนเปื้อนจากโลหะหนัก เป็นต้น การศึกษาถึงการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ในต่างประเทศพบว่าแบบจำลองคณิตศาสตร์มีการปรับปรุงและใช้มาเป็นเวลายาวนาน ในประเทศไทยมีการใช้แบบจำลองมาเป็นเวลานานเช่นเดียวกัน แบบจำลองที่ใช้มีทั้งแบบจำลองสำเร็จรูปและแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นเอง จากการศึกษาที่ผ่านมาในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาที่ใช้แบบจำลอง UTCHEM

1.5 แนวทางการศึกษา

การศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนประเภทสารอินทรีย์ระเหยผ่านตัวกลางรูพรุนภายใต้สภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1.ศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนประเภทสารอินทรีย์ระเหยผ่านตัวกลางรูพรุนภายใต้สภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำโดยแบบจำลองกายภาพ 2.จำลองพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนประเภทสารอินทรีย์ระเหยในตัวกลางรูพรุนภายใต้สภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำในระดับห้องปฏิบัติการ โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1.5.1 ศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนประเภทสารอินทรีย์ระเหยผ่านตัวกลางรูพรุนภายใต้สภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำโดยใช้แบบจำลองกายภาพ

1.5.1.1 ศึกษาข้อมูลดิน กำหนดวิธีการจำแนกดินและชนิดของดินที่ใช้ศึกษาในแบบจำลองกายภาพ

1.5.1.2 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลคุณสมบัติสารปนเปื้อนเบนซีนและไตรคลอโรเอธิลีนที่ใช้ทดลองในแบบจำลองกายภาพ

1.5.1.3 รวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อประยุกต์ใช้องค์ความรู้ต่างๆที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้

1.5.1.4 ออกแบบการทดลอง กำหนดเงื่อนไขและขอบเขตการทดลอง

1.5.1.5 พัฒนาแบบจำลองกายภาพ ได้แก่ อุปกรณ์จำลองเพื่อศึกษาการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนประเภทสารอินทรีย์ระเหยผ่านตัวกลางรูพรุนภายใต้สภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำและพัฒนาวิธีวัดความเข้มข้นสารอินทรีย์ระเหยด้วยเครื่องมือยูวี-วิซิเบิล

1.5.1.6 ศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนประเภทสารอินทรีย์ระเหยผ่านตัวกลางรูพรุนภายใต้สภาวะชั้นน้ำอิ่มตัว โดยดำเนินการทดลองและวัดข้อมูลความเข้มข้นของสารปนเปื้อนที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ณ.ตำแหน่งต่างๆในตัวกลางรูพรุน เพื่อจัดทำเส้นโค้งแสดงการถ่ายเทมวลในระหว่างการดูดซับของสารปนเปื้อน

1.5.1.7 ศึกษาผลกระทบของขนาดคละของดินและผลของอัตราการไหลต่อค่าพารามิเตอร์ทางชลศาสตร์ที่สำคัญต่อพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนประเภทสารอินทรีย์ระเหย

1.5.1.8 คำนวณและวิเคราะห์ค่าเวลาเฉลี่ยในการเดินทางของสารปนเปื้อน, ค่าการแพร่และค่าตัวประกอบความหน่วงซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญต่อพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนประเภทสารอินทรีย์ระเหยในตัวกลางรูพรุนภายใต้สภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำ

1.5.1.9 สรุปผลการทดลองจากแบบจำลองกายภาพ

1.5.2 จำลองพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนประเภทสารอินทรีย์ระเหยในตัวกลางรูพรุนภายใต้สภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำในระดับห้องปฏิบัติการ

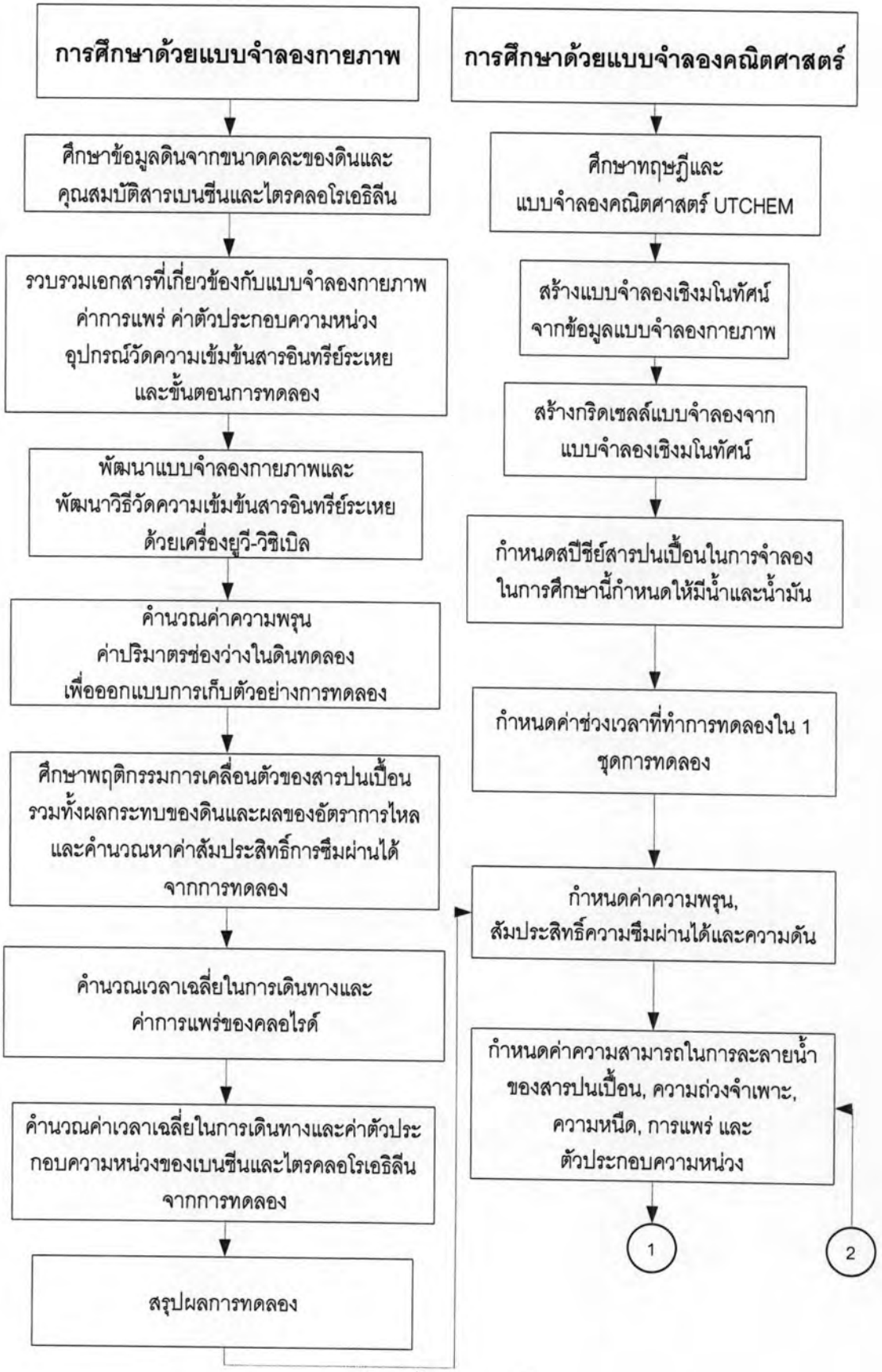
1.5.2.1 ศึกษาทฤษฎีและแบบจำลองคณิตศาสตร์ UTCHEM

1.5.2.2 สร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ให้สอดคล้องกับข้อมูลจากการทดลองและนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากแบบจำลองกายภาพมาเป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองคณิตศาสตร์

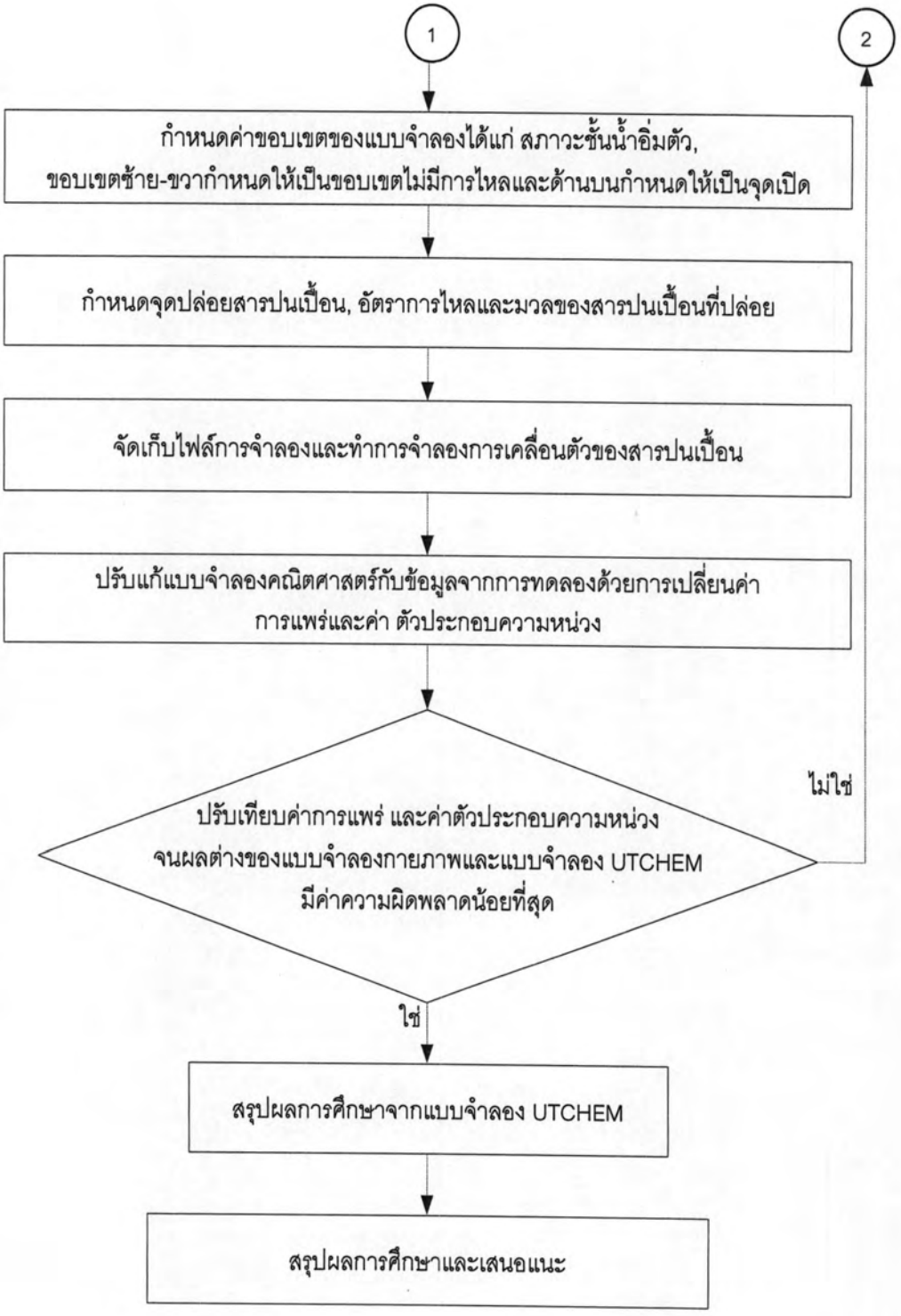
1.5.2.3 จำลองลักษณะการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนประเภทสารอินทรีย์ระเหยและปรับเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์และคำนวณค่าตัวประกอบความหน่วงและค่าการแพร่ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญต่อพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อน

1.5.2.4 วิเคราะห์ผลการจำลองด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์เทียบกับแบบจำลองกายภาพ

1.5.3 สรุปผลการศึกษาและเสนอข้อเสนอแนะ



รูปที่ 1-1 ขั้นตอนการศึกษา



รูปที่ 1-1 ขั้นตอนการศึกษา (ต่อ)