

**การศึกษาพฤติกรรมการปนเปื้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงในชั้นดิน
ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำด้วยวิธีการวิเคราะห์จากภาพดิจิทัล**

**Investigation of Fossil Fuel Contamination
in Unsaturated Zone Using Digital Image Analysis**

คำนำ

แหล่งพลังงานที่สำคัญในปัจจุบันของประเทศไทย โดยส่วนใหญ่จะมาจากน้ำมันเป็นหลัก ซึ่งนอกจากใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อก่อให้เกิดพลังงานแล้ว ยังเป็นวัตถุดิบและสารตั้งต้นที่สำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมต่างๆ เป็นจำนวนมาก ทำให้มีปริมาณการใช้น้ำมันเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี ตามปริมาณการขยายตัวของอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งสาเหตุนี้ทำให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนของน้ำมันเข้าสู่ชั้นดินและน้ำใต้ดิน โดยหนึ่งในปัญหาที่เกิดขึ้นนี้คือ ปัญหาการรั่วไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงจากถังกักเก็บใต้ดิน (underground storage tank) ในบริเวณปั้มน้ำมัน เนื่องจากน้ำมันเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีฤทธิ์กัดกร่อนสูงทำให้เกิดการรั่วไหลออกจากถังได้ หากมีการประเมินว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของถังกักเก็บน้ำมันใต้ดินในประเทศอเมริกายังไม่มีการออกแบบเพื่อป้องกันการกัดกร่อนที่ดีทำให้มีการรั่วไหลและมีการปนเปื้อนของดินกว่า 1,500,000 ลูกบาศก์เมตร (Lehr *et al.*, 2001) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศไทยในปัจจุบันที่มีปั้มน้ำมันขึ้นทะเบียนทั้งสิ้น 17,685 แห่ง (กรมธุรกิจพลังงาน, 2546) ซึ่งส่วนมากเป็นปั้มที่มีมานานแล้วจึงยังไม่มีการออกแบบเพื่อป้องกันในเรื่องนี้ คาดว่าน่าจะมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของถังกักเก็บน้ำมันใต้ดินทั่วประเทศไทย

โดยทั่วไปสถานีบริการน้ำมันมักจะวางถังกักเก็บน้ำมันไว้ใต้ดิน ซึ่งทำให้ยากต่อการตรวจสอบรอยรั่วและการบำรุงรักษา (Cheremisinoff *et al.*, 1983) ในกรณีที่เกิดการรั่วจากถังกักเก็บใต้ดิน น้ำมันเชื้อเพลิงจะก่อให้เกิดมลพิษอย่างเฉียบพลันจากไอระเหยของสารไฮโดรคาร์บอนขึ้นมาจากผิวดิน ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพได้ นอกจากนี้ น้ำมันเชื้อเพลิงยังมีอัตราการละลายน้ำต่ำ ทำให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนในน้ำใต้ดินเป็นระยะเวลานาน ปัญหาเหล่านี้ถ้าไม่มีการป้องกันและเตรียมการแก้ไขจะทำให้เกิดปัญหาต่อสภาพแวดล้อมและในที่สุดจะส่งผลโดยตรงต่อมนุษย์

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการจำลองลักษณะชั้นใต้ดินจำลอง โดยเลียนแบบพื้นที่จริงที่ใช้วางถังกักเก็บน้ำมันใต้ดิน เพื่อศึกษาพฤติกรรมของน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อเกิดการรั่วไหลในบริเวณไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (unsaturated zone) เข้าสู่ชั้นดินอิ่มน้ำ (saturated zone) ทั้งนี้เพื่อให้เข้าใจลักษณะพื้นฐานและกลไกที่ควบคุมการปนเปื้อนของน้ำมันเชื้อเพลิง โดยในงานนี้ทำการศึกษากลไกการเคลื่อนที่ของน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำใต้ดิน นอกจากนี้ยังทำการศึกษาระบวนการถ่ายเทมวลของสาร BTEX เข้าสู่ตัวกลางในสถานะต่างๆ โดยเลือกน้ำมันเบนซิน 91 เป็นตัวแทนของน้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องจากในน้ำมันเบนซิน 91 มีสาร BTEX เป็นส่วนประกอบ ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดอันตรายอย่างมาก ส่วนทรายที่ใช้ในงานนี้คือทรายขาวที่มีความสม่ำเสมอ เพื่อช่วยเอื้อประโยชน์ในการบันทึกภาพการกระจายตัวของน้ำมันเชื้อเพลิงในชั้นทราย กล้องที่ใช้ในการบันทึกภาพเป็นกล้องดิจิทัลความคมชัดสูง ภาพที่ได้จากการทดลองจะนำไปประมวลผลโดยใช้โปรแกรม Matlab version 7 และ Adobe Photoshop CS เพื่อหาค่าตัวเลขเชิงปริมาณต่อไป ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทดลองนี้ จะนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน เพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจถึงกลไกที่มีผลต่อลักษณะการปนเปื้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงในชั้นดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการปนเปื้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงในชั้นดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำที่มีความไม่สม่ำเสมอทางโครงสร้าง
2. เพื่อศึกษากลไกการเคลื่อนที่ของ plume LNAPL เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำใต้ดิน
3. เพื่อศึกษากระบวนการถ่ายเทมวลของสาร BTEX เข้าสู่ตัวกลางในสถานะต่างๆ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผลจากการศึกษาทดลองจะเป็นข้อมูลพื้นฐาน เพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจถึงพฤติกรรมการปนเปื้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงในชั้นดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำที่มีความไม่สม่ำเสมอทางโครงสร้าง
2. ทำให้เข้าใจถึงกลไกการเคลื่อนที่ของ plume LNAPL เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำใต้ดินและการถ่ายเทมวลของสาร BTEX เข้าสู่ตัวกลางในสถานะต่างๆ

ขอบเขตของการศึกษา

1. การทดลองนี้เป็นการทดลองแบบ lab scale โดยการถ่ายภาพการปนเปื้อนของ LNAPL ในชั้นดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ แบบ 2 มิติ (two-dimension) ซึ่งตู้ทดลองทำจากอะคริลิก (acrylic) ใส มีสัดส่วน ความสูง: ความยาว: ความกว้างเท่ากับ 14.5: 29.4: 3 นิ้ว หรือเทียบเป็นสัดส่วนเท่ากับ 4.8: 8.2:1 โดยในงานวิจัยของ Schroth *et al.* (1998) มีสัดส่วนตู้ทดลองเท่ากับ 50: 60: 1 และ Whelan *et al.* (1994) มีสัดส่วนตู้ทดลองเท่ากับ 1.7: 3.6: 1 ซึ่งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบสัดส่วนของตู้ พบว่า สัดส่วนของตู้ทดลองที่ใช้ในการทดลองนี้มีขนาดอยู่ระหว่างงานวิจัยของทั้งคู่
2. น้ำมันเชื้อเพลิง (LNAPL) ที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ น้ำมันเบนซิน 91 (automotive gasoline) ที่ถูกย้อมสี โดยใช้ สาร Sudan IV 0.1 % โดยน้ำหนัก เพื่อความเหมาะสมในการประมวลผลข้อมูลเชิงปริมาณจากภาพถ่าย
3. ในการทดลองนี้ใช้น้ำกรอง (ผ่านเครื่องกรองคาร์บอน) เป็นตัวแทนน้ำใต้ดินสังเคราะห์ (synthetic groundwater) โดยควบคุมความเร็ว Seepage ที่ 0.40 cm/min ซึ่งมีค่า Reynolds number (R_e) = 0.12 จัดเป็นการไหลแบบ laminar flow และทำการปั้มน้ำใต้ดินให้เดินระบบอย่างต่อเนื่อง (continuous flow)
4. ทำการทดลองโดยใช้ทรายและดินเหนียวตามคุณสมบัติดังแสดงรายละเอียดในหัวข้อ อุปกรณ์และวิธีการ โดยทำการจำลองตามโครงสร้างชั้นใต้ดินบริเวณพื้นที่ปนเปื้อนที่แท้จริง
5. สังเกตและทำการบันทึกภาพการกระจายตัวของน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยกล้องดิจิทัลความคมชัดสูง โดยใช้โปรแกรม Matlab v. 7.0 และ โปรแกรม Adobe Photoshop CS ทำการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงปริมาณจากภาพถ่าย
6. ผลการปนเปื้อนเชิงปริมาณที่ได้จากการทดลองนี้ เป็นผลที่ได้จากการวิเคราะห์ plume น้ำมันที่ปนเปื้อนจากภาพถ่ายเท่านั้น ซึ่งไม่ได้ทำการทดลองหาสารปนเปื้อนจากการใช้เครื่องมือทางห้องปฏิบัติการ เช่น การวัดความเข้มข้นของสาร BTEX โดยใช้วิธี gas chromatography (GC)