

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ขอบเขตของการศึกษา	3
การตรวจเอกสาร	4
สาเหตุที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำมันเชื้อเพลิง	4
ลักษณะพื้นที่ที่เกิดการปนเปื้อนของน้ำมันเชื้อเพลิง	8
การไหลของน้ำใต้ดิน	11
น้ำมันเชื้อเพลิง	14
กลไกการเคลื่อนที่ของ LNAPL ในชั้นดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ	20
กระบวนการถ่ายเทมวลของสาร BTEX ในแต่ละสถานะ	22
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	31
อุปกรณ์และวิธีการ	36
อุปกรณ์	36
การสร้างเครื่องมือทดลอง	37
การเตรียมอุปกรณ์	39
วิธีการ	41
ผลและวิจารณ์	50
สรุปผลการทดลอง	77
ข้อเสนอแนะ	81
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	82
ภาคผนวก	88

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ความพรุนของดินกลุ่มต่างๆ	10
2 ค่าสภาพน้ำเชิงชลศาสตร์ของดินประเภทต่างๆ	12
3 ลักษณะของผลผลิตของสารปิโตรเลียม	14
4 ข้อกำหนดคุณภาพน้ำมันเบนซินชนิดธรรมดาและชนิดพิเศษ	16
5 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสาร BTEX	18
6 ค่า LD ₅₀ และค่า TLV ของ BTEX	20
7 คุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและสิ่งแวดล้อม	24
8 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของตัวอย่างดินและทราย	40
9 ลักษณะการทดลองการถ่ายเทมวลของสาร BTEX ในชั้นดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ	45
10 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์	46
11 แผนการดำเนินงานวิจัย	49
12 คุณสมบัติของสายซิลิโคนแต่ละชนิดที่ใช้ในการทดสอบ	51
13 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้อธิบายการจำลองการเคลื่อนที่ของ LNAPL	53
14 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการอธิบายการจำลองการถ่ายเทมวลของสาร BTEX	67
ตารางผนวกที่	
ค1 ผลการทำงานของโปรแกรม Matlab v.7 เพื่อวัดพื้นที่และเส้นรอบรูปของน้ำมันที่ปนเปื้อนในชั้น Unsaturated ณ เวลา 4,440 นาที	101
ค2 พารามิเตอร์ที่ได้จากการคำนวณ ที่แต่ละระดับน้ำ	104
ค3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ ที่ระดับน้ำ 17 cm. จากด้านล่างตู้ทดลอง	105
ค4 ตัวอย่างการปนเปื้อนของมวลสารเบนซินใน Gasoline ในแต่ละ phase ณ เวลา 4,400 นาที	106
ค5 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณค่ามวลของสารเบนซินในแต่ละสถานะ	107
ง1 พารามิเตอร์ที่ได้จากการคำนวณ ที่แต่ละระดับน้ำ	112
ง2 พื้นที่และปริมาตรของน้ำมันที่ปนเปื้อน	113
ง3 เส้นรอบรูปและพื้นที่ส่วนเชื่อมต่อของน้ำมันที่ปนเปื้อน	114

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ง4 ความเข้มข้นของ LNAPL ที่ปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน	115
ง5 มวลสาร BTEX ที่เกิดการระเหย	116
ง6 มวลสาร BTEX ที่เกิดการละลายน้ำ	117
ง7 มวลสาร BTEX ที่เกิดการดูดซับ	118
ง8 มวลสาร BTEX ที่ปนเปื้อนทั้งระบบ	119
ง9 มวลสาร BTEX ที่สภาวะต่างๆ	120
ง10 การเคลื่อนที่ของ LNAPL ณ เวลาต่างๆ	121

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การปนเปื้อนของน้ำมันเชื้อเพลิง a) สาเหตุที่เกิดการปนเปื้อน b) ของเหลวที่อยู่ภายในถังกักเก็บใต้ดิน	5
2	แบบการติดตั้งถังน้ำมันใต้ดิน ผนัง 2 ชั้น ขนาด 25,000 ลิตร	6
3	การวางถังน้ำมันใต้ดินในพื้นที่จริง	7
4	การแบ่งชั้นดินตามลักษณะของน้ำใต้ผิวดิน	8
5	ลักษณะการปนเปื้อนในชั้นดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ	9
6	ลักษณะการรั่วไหลของสาร DNAPL และ LNAPL	15
7	น้ำมันเบนซินมี a) เปอร์เซนต์ BTEX ในน้ำมันเบนซิน และ b) เปอร์เซนต์สารประกอบต่างๆ ใน BTEX	17
8	การเคลื่อนที่ของ LNAPL โดยใช้ค่า capillary number เป็นตัวควบคุม	21
9	การกระจายของ LNAPL ในแต่ละสถานะ (phase) ในชั้นใต้ดิน	23
10	การละลายของ LNAPL เมื่อสัมผัสกับน้ำ	29
11	รายละเอียดลักษณะชั้นดิน	33
12	a) แบบการจัดอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดลอง b) ภาพรวมการติดตั้งตู้จำลอง	38
13	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	43
14	ขั้นตอนการทดลอง	44
15	ผลการประมวลผลการเคลื่อนที่ของน้ำมันเชื้อเพลิง โดยใช้โปรแกรม Matlab v.7	47
16	ผลการประมวลผลการถ่ายเทมวลของสาร BTEX โดยใช้โปรแกรม Matlab v.7	48
17	ลักษณะและวิธีการทดสอบอะคริลิก a) อะคริลิกก่อนทดสอบ b) ปีกเกอร์ใสน้ำมันเบนซิน 91 และน้ำกลั่น	50
18	ตัวอย่างสายซิลิโคนแต่ละชนิดที่ใช้ในการทดสอบ	51
19	การย้อมสี a) น้ำมันเบนซิน 91 ก่อนการย้อมสี b) น้ำมันเบนซิน 91 หลังจากย้อมด้วย Sudan IV 0.1 % by weight	52
20	การเคลื่อนที่ลงของ LNAPL ตามระดับน้ำที่ลดลง ณ เวลาต่างๆ	56
21	การเคลื่อนที่ลงของ LNAPL a) ทั้ง 3 ระดับ b) ที่ระดับน้ำ 21 cm. c) ที่ระดับน้ำ 13 cm. และ d) ที่ระดับน้ำ 5 cm	57
22	การเคลื่อนที่ของ LNAPL เข้าสู่ชั้นดินเหนียว	59

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
23	อัตราส่วนการเคลื่อนที่ในแนวระนาบ (X) และแนวดิ่ง(Y) ของ LNAPL	60
24	ความเร็วในการเคลื่อนที่ในแนวราบ (X) และแนวดิ่ง (Y) ของ LNAPL	61
25	การเคลื่อนที่ของ LNAPL ตามการเพิ่มของระดับน้ำ	62
26	การเคลื่อนที่ขึ้นของ LNAPL a) ทั้ง 3 ระดับ b) ที่ระดับน้ำ 5 cm. c) ที่ระดับน้ำ 13 cm. และ d) ที่ระดับน้ำ 21 cm	63
27	การปนเปื้อนของ LNAPL ณ เวลาต่างๆ	66
28	การอธิบายส่วนต่างๆ ของ plume น้ำมัน	68
29	การถ่ายเทมวลของสาร BTEX การปนเปื้อนของมวลสาร BTEX ในแต่ละ phase a) มวลสารเบนซีน b) มวลสารโทลูอิน c) มวลสารเอทิลเบนซีน d) มวลสารไซลีน b) และ e) มวลรวมของสาร BTEX	69
30	ค่าร้อยละของมวลสาร BTEX ทั้งระบบ	73
31	ค่าร้อยละของมวลสาร BTEX ในน้ำ	73
32	ค่าร้อยละของมวลสาร BTEX ในดิน	74
33	ค่าร้อยละของมวลสาร BTEX ในอากาศ	75
ภาพผนวกที่		
ก1	การเคลื่อนที่ของ LNAPL ณ เวลาต่างๆ	90
ข1	การปนเปื้อนของน้ำมันเบนซีน ณ เวลา 4,440 นาที	95
ข2	ฮิสโทแกรมของภาพการปนเปื้อนน้ำมัน ณ เวลา 4,440 นาที	95
ข3	เส้นรอบรูปของบริเวณพื้นที่ปนเปื้อน ณ เวลา 4,440 นาที	96
ข4	พื้นที่ปนเปื้อน ณ เวลา 4,440 นาที	96
ข5	การเคลื่อนที่ของ plume น้ำมัน ณ เวลา 90 นาที	98
ข6	บริเวณพื้นที่ปนเปื้อนที่ต้องการ ณ เวลา 90 นาที	98
ข7	เส้นรอบรูปที่ต้องการนำไปสร้างเส้นรอบขอบ ณ เวลา 90 นาที	99
ข8	เส้นรอบขอบของน้ำมันที่ปนเปื้อน ณ เวลา 90 นาที	99
ค1	a) น้ำมันปนเปื้อนในทรายอิมมัวที่ถ่ายจากกล้องดิจิทัล และ b) รูปตัดขนาด 1 cm ²	102

คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ

ASTM	=	American Society for Testing and Materials
TCE	=	trichloroethylene
m^3/s	=	ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
g/cm^3	=	กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
ml/min	=	มิลลิลิตรต่อนาที
m.	=	เมตร
in.	=	นิ้ว
cm.	=	เซนติเมตร
mm.	=	มิลลิเมตร
m^2	=	ตารางเมตร
m^3	=	ลูกบาศก์เมตร
l/m^3	=	ลิตรต่อลูกบาศก์เมตร
l/m^2	=	ลิตรต่อตารางเมตร
cm/s	=	เซนติเมตรต่อวินาที
m/s	=	เมตรต่อวินาที
$\text{m}^2/(\text{s}\cdot\text{m})$	=	ตารางเมตรต่อวินาทีต่อเมตร
mg/l	=	มิลลิกรัมต่อลิตร
ml/min	=	มิลลิลิตรต่อนาที
cm/min	=	เซนติเมตรต่อนาที
$\text{atm}\cdot\text{m}^3/\text{mole}$	=	(บรรยากาศ- ลูกบาศก์เมตร)/โมล
mole/m^3	=	โมล/ลูกบาศก์เมตร
$^{\circ}\text{F}$	=	องศาฟาเรนไฮต์
$^{\circ}\text{C}$	=	องศาเซลเซียส