

การศึกษาการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบด้วยสารเคมีซัลไฟเออร์

มนตรา โกลุพิมาน

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีและสิ่งแวดล้อม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา  
เมษายน 2559  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

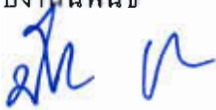
คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์ ได้  
พิจารณางานนิพนธ์ของ มนทรีรา โดลุมพิมาน ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีและสิ่งแวดล้อม  
ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยฉัตร วัฒนชัย)

คณะกรรมการสอบงานนิพนธ์



..... ประธาน  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยฉัตร วัฒนชัย)



..... กรรมการ  
(ดร. มัทนา สันทันนะโชค)



..... กรรมการ  
(ดร. เสถียรกรณ์ อุปเสน)

คณะวิศวกรรมศาสตร์อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม  
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีและสิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัย  
บูรพา



..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)

วันที่.. 23 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2559

## กิตติกรรมประกาศ

งานนิพนธ์เรื่องการศึกษาการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบด้วยสารเคมีซิลิโอฟเอร์สำเร็จ  
ลุล่วงได้ด้วยการได้รับความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง  
ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ดร. ปิยฉัตร วัฒนชัย อาจารย์ที่ปรึกษางานนิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและ  
คำแนะนำ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในงานนิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบงานนิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ใน  
การทำงานนิพนธ์เป็นอย่างยิ่ง ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง  
ไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ คุณนพดล สิงห์ปัฐ (Operations manager) ของแพน โอเรียนท์ เอ็นเนอจี้  
(สยาม) ลิมิเต็ด ที่ได้ให้คำแนะนำและการสนับสนุนการทำงานวิจัยเป็นอย่างดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และน้องชาย รวมถึงทุกคนที่เป็นกำลังใจ และสนับสนุน  
ข้าพเจ้าเสมอมา คุณค่าและประโยชน์ของงานนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่  
บุพการี บวรอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา  
และประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

มนจिरา โกลุพิมาน

54920430: สาขาวิชา: วิศวกรรมเคมีและสิ่งแวดล้อม; วศ.ม. (วิศวกรรมเคมีและสิ่งแวดล้อม)

คำสำคัญ: ดิมัลซิไฟเออร์/ ปีโตรเลียม/ ค่าสิ่งเจือปนและน้ำในน้ำมัน/ การแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบ

มนตรีธา โลสุพิมาน: การศึกษาการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบด้วยสารดิมัลซิไฟเออร์ (CRUDE OIL DEMULSIFICATION) คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์: ปิยฉัตร วัฒนชัย, ปร.ด. 79 หน้า. ปี พ.ศ. 2559.

งานนิพนธ์นี้ศึกษาการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบด้วยสารดิมัลซิไฟเออร์ โดยการศึกษาประสิทธิภาพการแยกชั้นน้ำออกจากน้ำมันดิบด้วยวิธี Bottle test นอกจากนั้น ยังทำการศึกษาปริมาณของน้ำมันดิบที่แยกน้ำออกแล้ว โดยศึกษาจากค่าสิ่งเจือปนและน้ำด้วยวิธีหมุนเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ซึ่งใช้ตามมาตรฐานของบริษัท แพน โอเรียน เอ็นเนอวี่ (สยาม) ลิมิเต็ด ในการทดลองจะใช้สารดิมัลซิไฟเออร์จำพวก แอนไอออนนิกสองชนิด ได้แก่ สารดิมัลซิไฟเออร์ DMO86133 และสารดิมัลซิไฟเออร์ DMO86338 ในการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบสองชนิด ได้แก่ น้ำมันดิบชนิดหนักปานกลาง (26.15° API) และน้ำมันดิบชนิดหนัก (17.07° API) ซึ่งได้จากการขุดเจาะโดยบริษัท แพน โอเรียน เอ็นเนอวี่ (สยาม) ลิมิเต็ดที่แหล่งน้ำมันดิบกำแพงแสน ความเข้มข้นของสารดิมัลซิไฟเออร์ที่ศึกษาอยู่ในช่วง 100 ถึง 500 ppm

ผลการศึกษาพบว่าจำเป็นต้องมีการเลือกชนิดและความเข้มข้นของสารดิมัลซิไฟเออร์ให้เหมาะสมกับชนิดของน้ำมันดิบเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบและปริมาณของน้ำมันดิบผ่านกระบวนการแยกน้ำแล้วที่ดี สารดิมัลซิไฟเออร์ DMO86133 ที่ความเข้มข้น 300 ppm จะเหมาะสมกับน้ำมันดิบชนิดปานกลาง ในขณะที่ สารดิมัลซิไฟเออร์ DMO86338 ที่ความเข้มข้น 300 ppm จะเหมาะสมกับน้ำมันดิบชนิดหนัก ที่ความเข้มข้นของสารดิมัลซิไฟเออร์ที่ต่ำกว่า 300 ppm ส่งผลให้การแยกน้ำมีประสิทธิภาพต่ำและน้ำมันที่ได้มีปริมาณค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เพราะปริมาณสารดิมัลซิไฟเออร์ไม่เพียงพอต่อปริมาณน้ำที่อยู่ในน้ำมันดิบ ซึ่งจะสังเกตเห็นได้จากปริมาณน้ำที่มากเมื่อนำน้ำมันไปหมุนเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง แต่ที่ความเข้มข้นของสารดิมัลซิไฟเออร์ที่สูงกว่า 300 ppm ส่งผลให้การแยกน้ำมีประสิทธิภาพต่ำและน้ำมันที่ได้ปริมาณที่ต่ำ ทั้งนี้เพราะน่าจะมาจากสาเหตุ เมื่อความเข้มข้นของสารดิมัลซิไฟเออร์สูง ความสามารถการดูดซับจับอนุภาคน้ำของสารดิมัลซิไฟเออร์จะลดลง ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ชัดเจนในกรณีน้ำมันดิบชนิดหนัก นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบชนิดหนักปานกลาง เมื่อใช้สารดิมัลซิไฟเออร์จะสูงในช่วงแรก (ประมาณ 10 นาที) และจะมีค่าสูงขึ้นอย่างช้า ๆ ที่เวลามากขึ้น ในขณะที่ อัตราการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบชนิดหนักมีค่าต่ำกว่าน้ำมันดิบชนิดหนักปานกลางอย่างมาก โดยพบว่าเวลาการแยก 90 นาทีประสิทธิภาพในการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบชนิดหนักยังต่ำกว่าประสิทธิภาพในการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบชนิดหนักปานกลางที่เวลาแยก 10 นาที นอกจากการเลือกใช้ชนิดและความเข้มข้นของสารดิมัลซิไฟเออร์ที่เหมาะสมจะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการแยกน้ำและปริมาณน้ำมันดิบดีขึ้นแล้ว ยังส่งผลให้สามารถลดต้นทุนการผลิตน้ำมันดิบได้อีกด้วย

53921329: MAJOR: CHAMICAL ENGINEERING; M.Eng. (CHEMICAL AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING)

KEYWORDS: DEMULSIFIER/ PETROLEUM/BOTTOM SEDIMENT AND WATER/ WATER-IN-OIL EMULSIONS

MONTIRA LOLUPIMARN: CRUDE OIL DEMULSIFICATION. COMMITTEE: PIYACHAT WATTANACHAI, Ph.D. 79 P. 2016.

This thesis studied crude oil demulsification by investigating the efficiency of water/oil separation using bottle test method. In addition, amount of the obtained oil was determined by basic sediment and water content using centrifugation technique followed the standard test of Pan Orient Energy (Siam) Limited. In the experiments, two demulsifiers in the anionic family; i.e. DMO86133 and DMO86338, were used with two types of crude oils; i.e. medium crude oil (26.15° API) and heavy crude oil (17.07° API) which obtained from Pan Orient Energy (Siam) Limited, kamphaengsaen oilfields. The demulsifiers concentrations were in the range of 100-500 ppm.

It was found that the appropriate type and quantity of demulsifier for each crude oil type were crucial for the optimum water/oil separation efficiency as well as the amount of the crude oil. DMO 86133 demulsifier at 300 ppm was suitable for the medium oil whereas DMO86338 demulsifier was appropriate for the heavy crude oil. The demulsifier concentration less than 300 ppm resulted in low water/oil separation efficiencies due to the insufficient amount of demulsifier for the water in the oil. This hypothesis can be confirmed by the high amount of water after the centrifuge process. The demulsifier concentration higher than 300 ppm also resulted in low water/oil separation efficiencies. This might be because the lower demulsifier absorption of the oil due to the high demulsifier contents which can be seen clearly for the heavy oil. Furthermore, the water/oil separate of the medium crude oil was high initially (around 10 minutes) and gradually increased as the separation time increased. The water/oil separate of the heavy crude oil was significantly lower than that of the medium crude oil. It was observed that at the separation time at 90 minutes, the heavy crude oil separation efficiency was less than the efficiency of the medium crude oil at 10 minutes. Besides the enhancement of water/oil separate efficiency and the amount of oil, choosing the right demulsifier at an appropriate concentration also resulted in cost saving for crude oil production.

## สารบัญ

|                                                    | หน้า |
|----------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....                               | ง    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....                            | จ    |
| สารบัญ.....                                        | ฉ    |
| สารบัญตาราง.....                                   | ช    |
| สารบัญภาพ.....                                     | ฅ    |
| บทที่                                              |      |
| 1 บทนำ                                             | 1    |
| ความเป็นมาและความสำคัญของงานนิพนธ์.....            | 1    |
| วัตถุประสงค์ของงานนิพนธ์.....                      | 1    |
| ขอบเขตของการทำงานนิพนธ์.....                       | 2    |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานนิพนธ์.....         | 2    |
| 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....               | 3    |
| ปิโตรเลียมและน้ำมันดิบ.....                        | 3    |
| การสำรวจหาแหล่งปิโตรเลียมและขั้นตอนการขุดเจาะ..... | 6    |
| กระบวนการผลิตน้ำมันปิโตรเลียม.....                 | 12   |
| ลักษณะทั่วไปของแหล่งน้ำมันกำแพงแสน.....            | 13   |
| น้ำมันดิบในรูปอิมัลชัน.....                        | 14   |
| ระบบอิมัลชัน.....                                  | 15   |
| ชนิดและลักษณะของอิมัลชัน.....                      | 16   |
| ส่วนประกอบของอิมัลชัน.....                         | 18   |
| กลไกการเกิดอิมัลชัน.....                           | 18   |
| การใช้ตัวกลางเพื่อทำลายอิมัลชัน.....               | 19   |
| ความคงตัวของอิมัลชัน.....                          | 19   |
| คิมัลซีไฟเออร์.....                                | 20   |
| ลักษณะคิมัลซีไฟเออร์.....                          | 20   |

## สารบัญ (ต่อ)

| บทที่ |                                                    | หน้า |
|-------|----------------------------------------------------|------|
|       | กลไกของดีมีลชีไฟเออร์.....                         | 21   |
|       | การแบ่งประเภทของดีมีลชีฟิเคชัน.....                | 22   |
|       | การเตรียมสารดีมีลชีไฟเออร์.....                    | 23   |
|       | งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                         | 24   |
| 3     | วัตถุดิบและวิธีการทดลอง.....                       | 28   |
|       | อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....                       | 28   |
|       | วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....            | 28   |
|       | การทดลองโดยอาศัยหลักการ Bottle Test.....           | 29   |
|       | การวัดค่าความถ่วงจำเพาะ.....                       | 32   |
| 4     | ผลการทดลอง.....                                    | 34   |
|       | การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสารดีมีลชีไฟเออร์.....   | 34   |
|       | การทดสอบค่าสิ่งเจือปนและน้ำในน้ำมันดิบ (BS&W)..... | 38   |
|       | การวิเคราะห์ต้นทุนวัตถุดิบ.....                    | 43   |
| 5     | สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....                   | 46   |
|       | สรุปผลการทดลอง.....                                | 46   |
|       | ข้อเสนอแนะ.....                                    | 47   |
|       | บรรณานุกรม.....                                    | 48   |
|       | ภาคผนวก.....                                       | 53   |
|       | ภาคผนวก ก.....                                     | 54   |
|       | ภาคผนวก ข.....                                     | 75   |
|       | ภาคผนวก ค.....                                     | 77   |
|       | ประวัติย่อของผู้วิจัย.....                         | 79   |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่                                                                                                                    | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2-1 ขนาดหยคอนุภาคของวัฏภาคภายใน.....                                                                                        | 16   |
| 2-2 ส่วนประกอบและข้อมูลเกี่ยวกับส่วนผสมสารคิมัลซีไฟเออร์ DMO86133.....                                                      | 23   |
| 2-3 ส่วนประกอบและข้อมูลเกี่ยวกับส่วนผสมสารคิมัลซีไฟเออร์ DMO86338.....                                                      | 24   |
| 3-1 ปริมาณของสารคิมัลซีไฟเออร์ DMO86133.....                                                                                | 30   |
| 3-2 ปริมาณของสารคิมัลซีไฟเออร์ DMO86338.....                                                                                | 30   |
| 4-1 การเปรียบเทียบต้นทุนสารคิมัลซีไฟเออร์ระหว่าง DMO86338 กับ DMO86133 ที่<br>ความเข้มข้นและปริมาณการเติมสารต่าง ๆ กัน..... | 45   |



## สารบัญภาพ

| ภาพที่                                                                                                                                             | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2-1 แหล่งกักเก็บแบบประทุมคว่ำ.....                                                                                                                 | 4    |
| 2-2 แหล่งกักเก็บแบบโดมหินเกลือ.....                                                                                                                | 5    |
| 2-3 แหล่งกักเก็บแบบรอยเลื่อนของหิน.....                                                                                                            | 5    |
| 2-4 แหล่งกักเก็บในระหว่างชั้นหิน .....                                                                                                             | 6    |
| 2-5 ตัวอย่างการเจาะหลุมปิโตรเลียม.....                                                                                                             | 7    |
| 2-6 ตัวอย่างแท่นเจาะแบบคอนเวนชันแนล.....                                                                                                           | 8    |
| 2-7 ตัวอย่างแท่นเจาะแบบเคลื่อนย้ายได้ .....                                                                                                        | 8    |
| 2-8 ตัวอย่างแท่นเจาะแบบมาตรฐาน.....                                                                                                                | 9    |
| 2-9 ลักษณะการฝังท่อกรูที่ระดับความลึกต่าง ๆ.....                                                                                                   | 10   |
| 2-10 ตัวอย่างโครงสร้างภายในหลุมขุดเจาะและหลุมผลิต.....                                                                                             | 11   |
| 2-11 การยิงผนังหลุมเพื่อผลิตปิโตรเลียม.....                                                                                                        | 12   |
| 2-12 ขั้นตอนกระบวนการผลิตน้ำมันดิบ.....                                                                                                            | 13   |
| 2-13 ระบบของอิมัลชันทั้งสองวัฏภาค คือ วัฏภาคภายใน และ วัฏภาคภายนอก.....                                                                            | 15   |
| 2-14 อิมัลชันคือน้ำมันในน้ำ (O/W) และอิมัลชันคือน้ำในน้ำมัน (W/O).....                                                                             | 17   |
| 2-15 กลไกความไม่คงตัวของอิมัลชัน .....                                                                                                             | 20   |
| 2-16 กลไกของคิมัลซิไฟเคชัน.....                                                                                                                    | 21   |
| 3-1 หลอดเซนติฟิว ขนาด 100 มิลลิเมตร.....                                                                                                           | 29   |
| 3-2 การแยกชั้นน้ำออกจากน้ำมันดิบเมื่อครบ 90 นาที.....                                                                                              | 31   |
| 3-3 การแยกชั้นระหว่างน้ำมัน น้ำที่แยก และตะกอนที่เกิดจากการหมุนเหวี่ยง.....                                                                        | 32   |
| 3-4 การจุ่มไฮโดรมิเตอร์และเทอร์โมมิเตอร์เพื่อทำการอ่านค่าความถ่วงจำเพาะ (API).....                                                                 | 33   |
| 3-5 การอ่านค่าที่ถูกต้องสำหรับของเหลวขุ่นหรือทึบแสง เช่น น้ำมันดิบ.....                                                                            | 33   |
| 4-1 ความเข้มข้นของสารคิมัลซิไฟเออร์ของน้ำมันชนิดหนักปานกลาง (26.15° API)<br>(ก) สารคิมัลซิไฟเออร์ DMO86133 และ (ข) สารคิมัลซิไฟเออร์ DMO86338..... | 35   |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่                                                                                                                                                                                         | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 4-2 ความเข้มข้นของสารเคมีซีไฟเออร์ของน้ำมันชนิดหนัก (17.07° API)<br>(ก) สารเคมีซีไฟเออร์ DMO86133 และ (ข) สารเคมีซีไฟเออร์ DMO86338.....                                                       | 37   |
| 4-3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารเคมีซีไฟเออร์และค่าสิ่งเจือปนและน้ำใน<br>น้ำมันดิบชนิดหนักปานกลาง (26.15° API) (ก) สารเคมีซีไฟเออร์ DMO86133 และ<br>(ข) สารเคมีซีไฟเออร์ DMO86338..... | 40   |
| 4-4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารเคมีซีไฟเออร์และค่าสิ่งเจือปนและน้ำ<br>ในน้ำมันดิบชนิดหนัก (17.07° API) (ก) สารเคมีซีไฟเออร์ DMO86133 และ (ข)<br>สารเคมีซีไฟเออร์ DMO86338.....        | 42   |

# บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญของงานนิพนธ์

ในสภาวะปัจจุบัน พลังงานมีความจำเป็นอย่างยิ่งทั้งในการดำรงชีวิตประจำวันและในภาคอุตสาหกรรม จากสถิติพบว่า 42% ของพลังงานที่ทั่วโลกใช้มาจากน้ำมันดิบหรือปิโตรเลียม (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, พลังงานและทางเลือกการใช้เชื้อเพลิงของประเทศไทย, 2542) สำหรับประเทศไทย มีการขุดเจาะน้ำมันดิบมาจากใต้ดิน ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวสีดำ ๆ น้ำมันดิบนี้มีสารไฮโดรคาร์บอน จึงให้พลังงานสูงเมื่อเกิดการเผาแล้ว นอกจากสารไฮโดรคาร์บอนแล้ว ยังสิ่งเจือปน เช่น กำมะถัน, น้ำ เป็นต้น ถ้ามีสิ่งเจือปนกำมะถันในปริมาณที่มากแล้ว เมื่อเกิดการเผาจะเกิดก๊าซพิษในปริมาณมากเช่นกัน นอกจากสิ่งเจือปนต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำมันดิบแล้ว เนื่องจากน้ำมันดิบอยู่ใต้พื้นดิน ทำให้ในกระบวนการขุดเจาะน้ำมันดิบจะพบว่า มีน้ำปนในน้ำมันดิบขึ้นมาด้วยซึ่งมักจะอยู่ในรูปสารแขวนลอยขนาดเล็กที่เรียกว่า อิมัลชัน น้ำมันดิบที่มีสิ่งเจือปนรวมทั้งน้ำในปริมาณน้อยถือว่าเป็นน้ำมันดิบชนิดดี จึงมีราคาแพง ในขณะที่น้ำมันดิบที่มีสิ่งเจือปนและน้ำในปริมาณมากก็ถือว่าเป็นน้ำมันดิบเกรดต่ำ อย่างไรก็ตาม เมื่อได้น้ำมันดิบจากการสูบใต้ดินแล้ว ยังไม่สามารถนำน้ำมันดิบนี้ไปใช้งานได้ทันที จะต้องนำมาผ่านกระบวนการกลั่นลำดับส่วน ซึ่งจะได้น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการกลั่นลำดับส่วน จึงจำเป็นต้องมีการแยกน้ำและสารเจือปนอื่น ๆ ออกก่อน

วิธีที่นิยมในปัจจุบันในกระบวนการแยกอิมัลชันของน้ำและน้ำมันดิบ คือการเติมสารเคมีประเภทดีมัลซิไฟเออร์ลงไป ในน้ำมันดิบ เพื่อเป็นตัวช่วยเร่งให้เกิดการแยกชั้น เนื่องจากน้ำมันดิบมีหลายชนิด ขึ้นอยู่กับแหล่งของน้ำมันดิบนั้น ๆ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้นิคมและความเข้มข้นของสารดีมัลซิไฟเออร์ที่เหมาะสม เพื่อให้การแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบมีประสิทธิภาพที่ดี ดังนั้นในงานนิพนธ์นี้จึงทำการศึกษาประสิทธิภาพการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบที่มีคุณสมบัติต่างกัน โดยใช้สารดีมัลซิไฟเออร์จำพวกนอน ไอออนนิคที่มีองค์ประกอบต่างกันสองชนิดที่ความเข้มข้นต่างกัน

### วัตถุประสงค์ของงานนิพนธ์

1. ศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแยกชั้นระหว่างชั้นน้ำและน้ำมันดิบของสารดีมัลซิไฟเออร์สองชนิด สำหรับน้ำมันดิบชนิดหนักปานกลาง (26.15° API) และน้ำมันดิบชนิดหนัก (17.07° API)

## 2. ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารดิมัลซีไฟเออร์

### ขอบเขตของการทำงานนิพนธ์

1. สารดิมัลซีไฟเออร์จำพวกนอนไอออนิก (Nonionic) สองชนิด คือ DMO81633 และ DMO86338 ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์การนำเข้ามาจากบริษัท Baker Hughes Operations (Thailand) ภายใต้การผลิตของบริษัท Baker Petrolite

2. น้ำมันดิบจากแหล่งกำแพงแสนสองชนิด คือ น้ำมันดิบชนิดหนักปานกลาง (26.15° API) และน้ำมันดิบชนิดหนัก (17.07° API)

3. ความเข้มข้นของสารดิมัลซีไฟเออร์ที่ใช้ คือ 100, 200, 300, 400 และ 500ppm

4. การทดสอบประสิทธิภาพในการแยกชั้นน้ำออกจากน้ำมันดิบ โดยอาศัยหลักการ

Bottle testing

5. กำหนดต้นทุนด้านวัตถุดิบ

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานนิพนธ์

1. ทราบถึงความเข้มข้นและประเภทของสารดิมัลซีไฟเออร์ที่เหมาะสมสำหรับน้ำมันดิบชนิดหนักปานกลางและน้ำมันดิบชนิดหนัก

2. ทราบถึงต้นทุนในการใช้สารดิมัลซีไฟเออร์ เพื่อเป็นแนวทางให้กับปริมาณในการใส่สารที่เหมาะสมสำหรับน้ำมันดิบชนิดหนักปานกลางและน้ำมันดิบชนิดหนัก

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

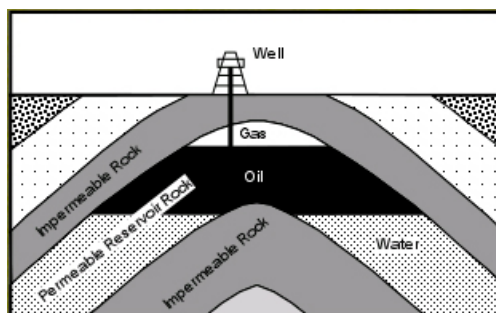
งานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพในการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบด้วย สารเคมีลซไฟเออร์ DMO86133 และสารเคมีลซไฟเออร์ DMO86338 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ในช่วง 100 ถึง 500 ppm สำหรับน้ำมันดิบสองชนิด ได้แก่ น้ำมันดิบชนิดหนักปานกลาง (26.15° API) และน้ำมันดิบชนิดหนัก (17.07° API) ดังนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทราบถึงข้อมูล โดยทั่วไปของกระบวนการสำรวจและขุดเจาะเพื่อกระบวนการผลิตน้ำมันดิบ รวมถึงการทดสอบ ให้ได้ซึ่งน้ำมันดิบตรงตามมาตรฐานที่โรงกลั่นน้ำมัน ได้กำหนด ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### ปิโตรเลียมและน้ำมันดิบ

ปิโตรเลียม มาจากภาษาละติน ซึ่งประกอบด้วยคำว่า petra แปลว่า หิน + คำว่า oleum ซึ่ง แปลว่า น้ำมัน รวมกันหมายถึง "น้ำมันที่ได้จากหิน" (สังวาลย์ อมดวง, 2551) ปิโตรเลียม คือ สารที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เป็นของผสมของไฮโดรคาร์บอนชนิดต่าง ๆ ที่ขุ่นยากและซับซ้อน ทั้งที่อยู่ในสถานะของแข็ง ของเหลวและแก๊ส หรือทั้ง 3 สถานะปะปนกัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบรวมถึง ความร้อนและความดันของสภาพแวดล้อมในการเกิดและการกักเก็บปิโตรเลียม แต่เมื่อต้องการจะ แยกประเภทออกเป็นปิโตรเลียมชนิดต่าง ๆ จะใช้คำว่า น้ำมันดิบ (Crude oil) แก๊สธรรมชาติ (Natural gas) และแก๊สธรรมชาติเหลว (Condensate gas) โดยปกติน้ำมันดิบและแก๊สธรรมชาติ มักจะเกิดร่วมกันในแหล่งปิโตรเลียม แต่บางแหล่งอาจมีเฉพาะน้ำมันดิบ บางแหล่งอาจมีเฉพาะ แก๊สธรรมชาติ ปิโตรเลียมเป็นสารประกอบระหว่างไฮโดรเจนกับคาร์บอนหรือที่เรียกกันว่า "ไฮโดรคาร์บอน" ซึ่งเกิดจากการทับถมและแปรสภาพของซากพืชและซากสัตว์ในชั้นหินใต้ผิว โลก มีทั้งที่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่อยู่ในสภาพของก๊าซ ของเหลว และของแข็ง นอกจากนี้ ไฮโดรเจนและคาร์บอนแล้วปิโตรเลียมยังมีแร่อื่น ๆ ประกอบอยู่ด้วยในสัดส่วนต่าง ๆ ดังนี้ คาร์บอน 85-90% ไฮโดรเจน 10-15% ออกซิเจน 5% กำมะถัน 7% ไนโตรเจน 0.5% และโลหะ ต่าง ๆ 0.1%

ปิโตรเลียมเกิดจากสารอินทรีย์ตกตะกอนสะสมและมีการแปรสภาพโดยกระบวนการ ออกซิเดชันในสภาวะที่เหมาะสม เมื่อสารอินทรีย์ที่ทับถมอยู่ได้รับอุณหภูมิและความดันที่ เหมาะสมก็จะแปรสภาพเป็นปิโตรเลียม เมื่อแปรเปลี่ยนเป็นปิโตรเลียมแล้ว จะมีการเคลื่อนที่ออก

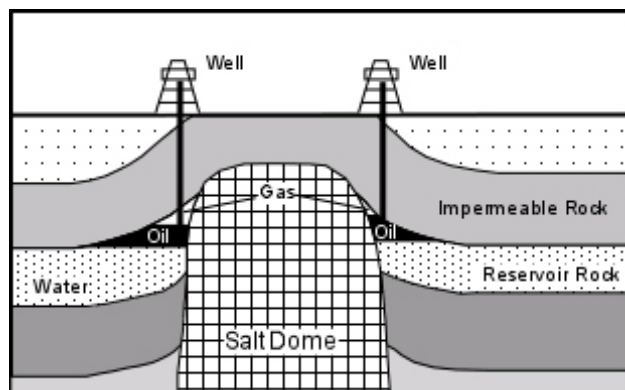
จากแหล่งกำเนิดไปตามรอยแยกหรือรอยแตกต่าง ๆ ของชั้นหิน รวมทั้งพยายามแทรกซึมไปยังบริเวณที่สามารถซึมผ่านได้ดีกว่าและสะสมตัวต่อไป การเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดหรือหินต้นกำเนิด (Source rocks) ไปสู่หินกักเก็บน้ำมัน (Reservoir rocks) จัดเป็นการเคลื่อนย้ายขั้นแรก (Primary migration) และอาจมีการเคลื่อนย้ายต่อไปสู่แหล่งที่มีลักษณะเป็น โครงสร้างแบบแหล่งกักเก็บ (Petroleum traps) ดังแสดงในภาพที่ 2-1 โครงสร้างรูปโค้งประทุนคว่ำ (Anticline trap) เกิดจากการหักงอของชั้นหิน ทำให้ชั้นหินมีรูปร่างโค้งคล้ายกระทะคว่ำหรือหลังเต่า น้ำมันและก๊าซธรรมชาติจะไหลขึ้นไปสะสมตัวอยู่บริเวณจุดสูงสุดของโครงสร้างและมีหินปิดกั้นวางตัวทับอยู่ด้านบน โครงสร้างแบบนี้ถือว่ามีประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำมันได้ดีที่สุด จากสถิติทั่วโลกพบว่า กว่า 80% ของน้ำมันดิบทั่วโลกถูกกักเก็บอยู่ภายใต้โครงสร้างแบบนี้



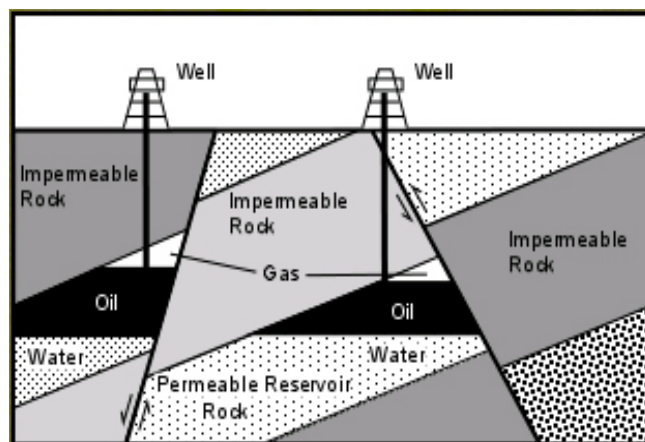
ภาพที่ 2-1 แหล่งกักเก็บแบบประทุนคว่ำ (พิพัฒนาพงษ์ สาจันทร์, 2547)

จากภาพที่ 2-2 โครงสร้างรูปโดมหินเกลือ (Salt dome trap) เกิดจากชั้นหินถูกดันให้โค้งตัวด้วยแร่เกลือจนเกิดลักษณะคล้ายกับโครงสร้างกระทะคว่ำอันใหญ่ และปิโตรเลียมจะมาสะสมตัวในชั้นหินกักเก็บบริเวณรอบ ๆ โครงสร้างรูปโดม เช่นเดียวกับ ภาพที่ 2-3 และ 2-4 เป็นโครงสร้างรูปรอยเลื่อนของชั้นหิน (Fault trap) เกิดจากการหักงอของชั้นหิน ทำให้ชั้นหินเคลื่อนตัวไปคนละแนว ซึ่งทำหน้าที่ปิดกั้นการเคลื่อนตัวของปิโตรเลียมไปสู่ที่สูงกว่า แหล่งน้ำมันและก๊าซธรรมชาติในประเทศไทยมักพบในโครงสร้างกักเก็บชนิดนี้ และโครงสร้างแบบเนื้อหินเปลี่ยนแปลง (Stratigraphic trap) เป็นการเปลี่ยนแปลงของหินอุ้มน้ำมันปิโตรเลียม เกิดขึ้นในลักษณะที่แนวหินอุ้มน้ำมันปิโตรเลียมดันออกเป็นแนวนานเข้าไปในแนวหินที่บีบ ทำให้เกิดเป็นแหล่งกักเก็บ หรืออาจเกิดขึ้นจากหินอุ้มน้ำมันปิโตรเลียมเปลี่ยนสภาพและองค์ประกอบกลายเป็นหินที่บีบขึ้นและหุ้มส่วนที่เหลือเป็นแหล่งกักเก็บไว้ ซึ่งทั้งหมดเรียกว่าการเคลื่อนย้ายขั้นที่สอง (Secondary migration) และถ้ามีการเคลื่อนย้ายจากแหล่งกักเก็บแรกไปยังแหล่งกักเก็บอื่น ๆ หรือต่อ ๆ ไป อาจเรียกได้ว่าเป็น

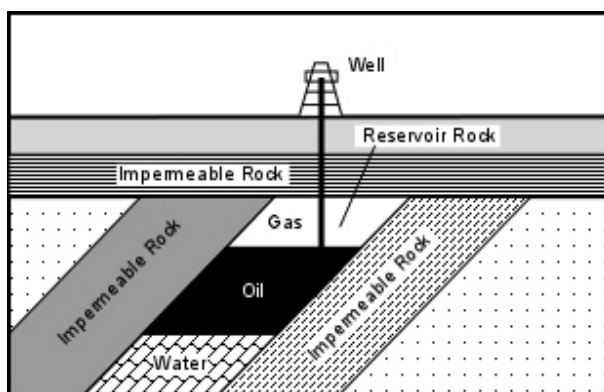
การเคลื่อนย้ายขั้นที่สาม (Tertiary migration) จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าปิโตรเลียมชั้น จะมีแหล่งกำเนิดอยู่ในบริเวณหนึ่งแล้วมีการเคลื่อนที่ไปสู่แหล่งอื่น ๆ ตามลักษณะของสิ่งแวดล้อมและสถานการณ์ (พิพัฒน์พงษ์ สาจันทร์, 2547)



ภาพที่ 2-2 แหล่งกักเก็บแบบโดมหินเกลือ (พิพัฒน์พงษ์ สาจันทร์, 2547)



ภาพที่ 2-3 แหล่งกักเก็บแบบรอยเลื่อนของหิน (พิพัฒน์พงษ์ สาจันทร์, 2547)



ภาพที่ 2-4 แหล่งกักเก็บในระหว่างชั้นหิน (พิพัฒน์พงษ์ สาจันทร์, 2547)

ภายในแหล่งกักเก็บปิโตรเลียม นอกจากจะมีน้ำมันดิบแล้วยังอาจมีทั้งส่วนที่เป็นก๊าซธรรมชาติและน้ำผสมอยู่ด้วย โดยน้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ และน้ำ จะแยกกันอยู่เป็นชั้น ๆ การเรียงลำดับจากชั้นบนถึงชั้นล่างจะเรียงลำดับตามความหนาแน่นจากน้อยไปมากคือก๊าซธรรมชาติซึ่งมีความหนาแน่นน้อยที่สุดจะอยู่ชั้นบน น้ำมันดิบอยู่กึ่งกลางและน้ำอยู่ชั้นล่างสุด

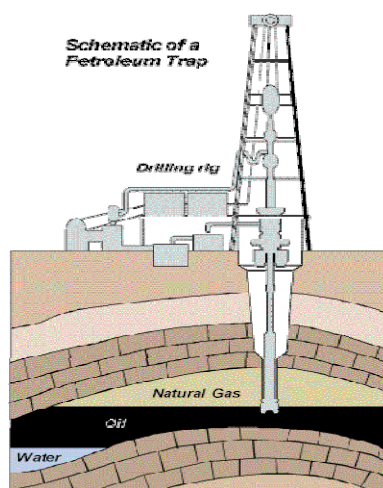
### การสำรวจแหล่งปิโตรเลียมและขั้นตอนการขุดเจาะ

การสำรวจแหล่งปิโตรเลียมนั้นเป็นการสำรวจหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับขนาด รูปทรงทางเรขาคณิตของแหล่งปิโตรเลียม และระดับความลึกจากพื้นผิวของแหล่ง เพื่อประเมินปริมาณสำรองและคุณภาพของปิโตรเลียม นอกจากนี้ยังต้องสำรวจหาข้อมูลทางด้านวิศวกรรมปิโตรเลียมที่เกี่ยวข้อง เช่น อัตราการไหลของปิโตรเลียม และความสามารถในการผลิตปิโตรเลียม ทั้งนี้รวมถึงชนิดของปิโตรเลียมในแหล่งสะสมตัวอีกด้วย ขั้นตอนในการสำรวจปิโตรเลียมอาจจำแนกออกได้เป็นสามขั้นตอนหลัก คือ การสำรวจทางธรณีวิทยา การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ และการเจาะสำรวจ (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โครงการพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว, 2542) ในการใช้แท่นเจาะเพื่อทดสอบหลุมเจาะสำรวจน้ำมันดิบที่อาจพบได้ทั้งบนบกและในทะเล จะเริ่มดำเนินการหลังจากทำการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ แล้วคาดว่าในพื้นที่ที่จะเป็นแหล่งกักเก็บปิโตรเลียม โดยการเจาะสำรวจในขั้นแรกจะมีการเจาะสำรวจเพื่อหาข้อมูลธรณี การลำดับชั้นหิน เพื่อยืนยันโครงสร้างธรณี และพิสูจน์ว่ามีปิโตรเลียมภายในโครงสร้างนั้น ถ้าพิสูจน์ได้ว่ามีปิโตรเลียม จะมีการเก็บข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแหล่งและคุณภาพปิโตรเลียมไปพร้อม ๆ กัน เมื่อพบปิโตรเลียมในหลุมแรกที่เจาะแล้ว จะมีการสำรวจเพิ่มเติมเพื่อหาข้อมูลในรายละเอียด เช่น ขอบเขตที่แน่นอนของแหล่งและปริมาณการไหลของปิโตรเลียม เรียกขั้นตอนนี้ว่า การเจาะขั้น



ประเมินผล ผลจากการเจาะประเมินผลนี้จะทำให้ทราบถึงปริมาณสำรองปิโตรเลียมของแหล่งกักเก็บนั้น หลังจากนั้นจะทำการประเมินคุณค่าทางเศรษฐกิจของแหล่ง เพื่อตัดสินใจลงทุนทำการผลิตต่อไป (กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน, 2552)

ภาพที่ 2-5 แสดงถึงการเจาะหลุมเพื่อผลิตปิโตรเลียม วิวัฒนาการนี้มีมานานกว่าร้อยปีแล้ว การเจาะหลุมปิโตรเลียมหลุมแรกเกิดขึ้นที่เมืองทิตัสวิลล์ (Titusville) รัฐฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อปี ค.ศ. 1859 โดยเอ็ดวิน แอล แดรก (Edwin L. Drake) เครื่องมือที่ใช้ในการเจาะเป็นแบบกระแทก (Percussion drilling) โดยใช้หัวเจาะซึ่งติดอยู่กับก้านเจาะกระแทกชั้นหินลงไป เพื่อทำให้เกิดหลุม และสามารถเจาะพบปิโตรเลียมที่ระดับความลึก 69.5 ฟุต มีปริมาณการผลิตวันละ 20 บาร์เรล ซึ่งการเจาะหลุมปิโตรเลียมหลุมแรกนี้ นับเป็นต้นแบบให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการเจาะหลุมปิโตรเลียมมาจนถึงปัจจุบันนี้



ภาพที่ 2-5 ตัวอย่างการเจาะหลุมปิโตรเลียม (กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน, 2552)

ดังที่กล่าวข้างต้น แพน โอเรียนท์ เอ็นเนอจี (สยาม) ลิมิเต็ดได้รับสัมปทานการสำรวจและขุดเจาะปิโตรเลียมบนบก ดังนั้นในงานนิพนธ์นี้จะกล่าวเฉพาะวิธีการเจาะหลุมปิโตรเลียมสำหรับแหล่งที่อยู่บนบกเท่านั้น โดยใช้แท่นเจาะซึ่งมีอยู่ด้วยกันสามชนิด คือ

1. แท่นเจาะแบบคอนเวนชันนัล (Conventional drilling rig) เป็นแท่นเจาะที่มีทั้งอุปกรณ์และส่วนประกอบต่าง ๆ ใหญ่ที่สุด สามารถเจาะได้ลึกมากถึง 30,000-35,000 ฟุต (9,000-10,500 เมตร) ดังแสดงในภาพที่ 2-6 ซึ่งปัจจุบันทางแพน โอเรียนท์ เอ็นเนอจี (สยาม) ลิมิเต็ดได้นำแท่นเจาะชนิดนี้เข้ามาทำการขุดเจาะโดยบริษัท Elite Drilling Company Limited แห่งสาธารณรัฐประชาชนจีน



ภาพที่ 2-6 ตัวอย่างแท่นเจาะแบบคอนเวนชันชันแนล (กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน, 2552)

2. แท่นเจาะแบบเคลื่อนย้ายได้ (Portable rig) เป็นแท่นเจาะที่มีลักษณะเป็น โครงสร้างแบบหอคอยซึ่งสามารถพับให้เอนราบได้ ติดตั้งอยู่บนรถบรรทุกขนาดใหญ่ ทำให้สามารถเคลื่อนย้ายแท่นเจาะได้อย่างสะดวก ดังแสดงในภาพที่ 2-7



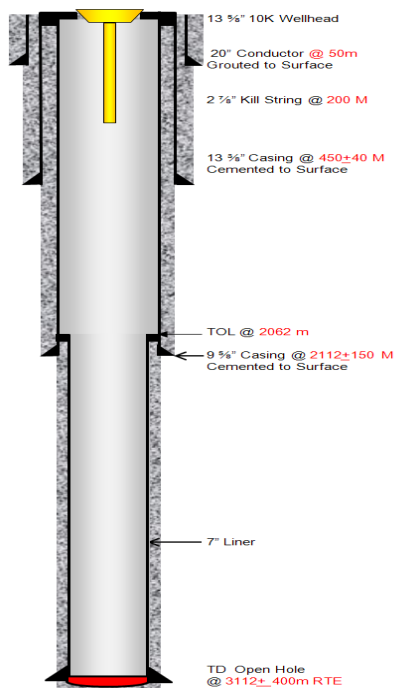
ภาพที่ 2-7 ตัวอย่างแท่นเจาะแบบเคลื่อนย้ายได้ (กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน, 2552)

3. แท่นเจาะแบบมาตรฐาน (Standard rig) เป็นแท่นเจาะแบบเก่าแก่ที่สุด ซึ่งถูกใช้ในสมัยแรก ๆ ของการสำรวจปิโตรเลียมปัจจุบันไม่นิยมใช้แล้ว มีลักษณะเป็น โครงสร้างแบบหอคอย โดยจะถูกสร้างขึ้นคร่อมตรงปากหลุมที่ทำการเจาะ เมื่อใช้งานเสร็จแล้วสามารถถอดแยกเพื่อนำไปประกอบที่อื่นได้ ดังแสดงในภาพที่ 2-8 (Drake Well Museum, 1999)



ภาพที่ 2-8 ตัวอย่างแท่นเจาะแบบมาตรฐาน (กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน, 2552)

สำหรับขั้นตอนการเจาะหลุมปิโตรเลียมบนบกและในทะเลมีข้อแตกต่างกันเล็กน้อยในตอนเริ่มต้น โดยการเจาะในทะเล กรณีเป็นหลุมสำรวจ สิ่งแรกที่ต้องทำ คือ สำรวจสภาพพื้นทะเล เพื่อให้แน่ใจว่ามีสภาพแน่น แข็งแรง และไม่มีสิ่งกีดขวางใด เช่น สายเคเบิล หรือท่อส่งก๊าซใต้ทะเล ในบริเวณที่จะทำการเจาะหรือบริเวณที่จะลงสมอ สำหรับบนบก เริ่มด้วยการปรับสภาพพื้นดิน ให้ราบเรียบได้ระดับ อัดบดผิวดินให้แน่น บริเวณที่ตั้งแท่นเจาะจะสร้างฐานคอนกรีตทับให้แข็งแรง สามารถรับน้ำหนักแท่นเจาะได้ ดังแสดงในภาพที่ 2-9 โดยเริ่มจากการฝังท่อกรูที่เรียกว่าท่อกันดิน (Conductor pipe) ขนาด 20-30 นิ้ว ความยาวประมาณ 20-30 เมตร เพื่อเป็นท่อนำร่องสำหรับการขุดเจาะ ป้องกันการพังถล่มของชั้นผิวดิน และอัดซีเมนต์ให้ยึดระหว่างท่อกับผนังหลุม นอกจากท่อกรูแบบท่อกันดินแล้ว ยังมีท่อกรูแบบอื่น ได้แก่ ท่อกรูพื้นผิว (Surface casing) ซึ่งจะติดตั้งต่อจากท่อกันดินทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้หลุมพัง ท่อกรูชั้นกลาง (Intermediate casing) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้น้ำโคลนสูญหายเข้าไปตามชั้นหินหรือรอยแตกของชั้นหิน และท่อผลิต (Production tubing) เป็นท่อนำปิโตรเลียมขึ้นมายังพื้นผิวเพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไป (กองเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน, 2526)

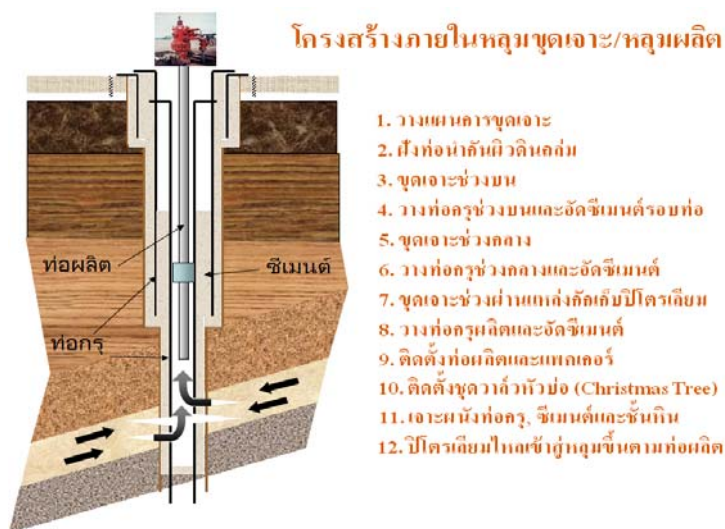


ภาพที่ 2-9 ลักษณะการฝังท่อกรูที่ระดับความลึกต่าง ๆ (Waste Management Plan, 2013)

ก่อนทำการเจาะชั้นต่อไป หลังจากลงท่อกรูแล้ว ต้องทำการทดสอบความแข็งแรงของชั้นหิน (Formation integrity test : FIT) โดยทำการเจาะผ่านชั้นซีเมนต์ที่เหลืออยู่ลงไปจนถึงชั้นหิน จากนั้นปั้มน้ำโคลนลงไปตามก้านเจาะจนถึงก้นหลุม เพิ่มความดันในหลุมเจาะ เพื่อตรวจสอบว่าที่ความดันระดับ ทำให้ชั้นหินเริ่มมีการแตก หรือเกิดรอยร้าว โดยสังเกตจากน้ำโคลนที่ปั้มลงไป เริ่มมีการสูญหาย (Loss circulation) เพราะการไหลซึมเข้าไปในชั้นหินที่มีรอยแตก นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณย้อนกลับเพื่อหาค่าน้ำหนักของน้ำโคลน (ปอนด์/แกลลอน) เป็นค่าสูงสุดที่สามารถใช้ในการเจาะช่วงต่อไป โดยไม่ทำให้ชั้นหินเกิดรอยแตก การทดสอบนี้มีประโยชน์มากในการควบคุมหลุมเจาะให้อยู่ในสภาพสมดุล

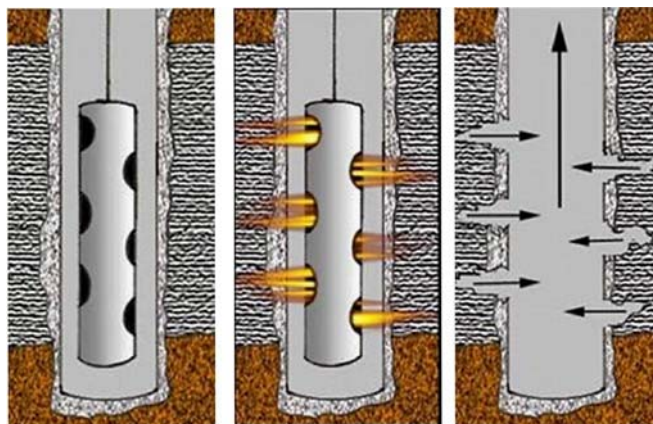
จากนั้นการเจาะก็จะดำเนินต่อไปจนถึงความลึกสุดท้าย (Total depth :TD) ตามแผนที่กำหนดไว้ เมื่อเจาะถึงความลึกสุดท้ายตามแผนงานชั้นต่อไปคือ การประเมินคุณค่าทางกายภาพของชั้นหินด้วยวิธีการหยั่งธรณีหลุมเจาะ (Wireline logging) เพื่อให้รู้ว่ามิปิโตรเลียมสะสมอยู่หรือไม่ ที่ความลึกเท่าไร มิปิโตรเลียมที่พบเป็นน้ำมันหรือก๊าซ และบางครั้งก็จะทำการเก็บตัวอย่างของไหลจากชั้นหินในหลุมเจาะ เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและหาค่าความร้อน (Heating value) ของมิปิโตรเลียม การวัดค่าต่าง ๆ นี้ส่วนใหญ่เป็นการวัดโดยอ้อม เช่น การหาค่าความพรุน (Porosity) ของชั้นหินด้วยเครื่องมือวัดนิวตรอน สำหรับค่าที่ได้จากการหยั่งธรณีหลุมเจาะนี้ส่วนใหญ่จะแสดง

ออกมาในรูปของเส้นกราฟ ต้องนำไปแปลความหมาย ปรับแก้ค่าให้ถูกต้อง และคำนวณหาสิ่งที่ต้องการ เช่น ชนิดของปิโตรเลียม ความพรุนของชั้นหิน ค่าความอิ่มตัวของน้ำ (Water saturation) เป็นต้น



ภาพที่ 2-10 ตัวอย่างโครงสร้างภายในหลุมขุดเจาะและหลุมผลิต (แพน โอเรียนท์ เอ็นเนอจี้ (สยาม) ลิมิเต็ด, 2558)

จากภาพที่ 2-10 แสดงโครงสร้างภายในหลุมขุดเจาะจนถึงขั้นสุดท้ายของการขุดเจาะ (แพน โอเรียนท์ เอ็นเนอจี้ (สยาม) ลิมิเต็ด, 2558) คือ การเตรียมหลุมเพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิต (Well completion) หรือทำการสละหลุม (Plug & Abandon) ในกรณีที่เป็นหลุมเจาะสำรวจ ที่ไม่มีศักยภาพในการผลิตน้ำมันหรือหลุมเจาะที่ไม่ใช่ประโยชน์แล้ว การเตรียมหลุมเพื่อการผลิต (Well completion) เริ่มด้วยการติดตั้ง Casing hanger ลงในหลุมและยึดติดแน่นกับท่อกรชั้นกลาง (Intermediate casing) ที่ใกล้กับปลายท่อกร เพื่อทำหน้าที่ยึดแขวนท่อผลิต (Production tubing) ที่จะลงไป หลังจากลงท่อผลิตไปจนถึงชั้นความลึกที่ต้องการแล้ว (Hemant Kumar, 2014) จากนั้นหย่อนปืน (Perforating gun) ยิงรูผนังหลุมลงไป ในท่อผลิตจนถึงช่วงที่จะทำการผลิต ตัวปืนซึ่งมีวัตถุระเบิดและกระสุนเหล็กกล้าบรรจุทำงานด้วยระบบไฟฟ้า โดยยิงกระสุนเหล็กออกไปโดยรอบทะลุผ่านท่อผลิต ซีเมนต์ และผนังหลุม ทำให้ปิโตรเลียมไหลเข้าสู่ท่อผลิต ดังแสดงในภาพที่ 2-11 จากนั้นจึงติดตั้งวาล์วนิรภัย (Tubing head) ในท่อกรชั้นกลาง และชุดของวาล์วที่ปากหลุม (Christmas tree) ทดสอบและปรับการทำงานของวาล์ว ก่อนที่จะเปิดวาล์วเพื่อควบคุมการไหลของปิโตรเลียมเข้าสู่ระบบการผลิตต่อไป



ภาพที่ 2-11 การยิงผนังหลุมเพื่อผลิตปิโตรเลียม (US Oil and Gas corp, 2008)

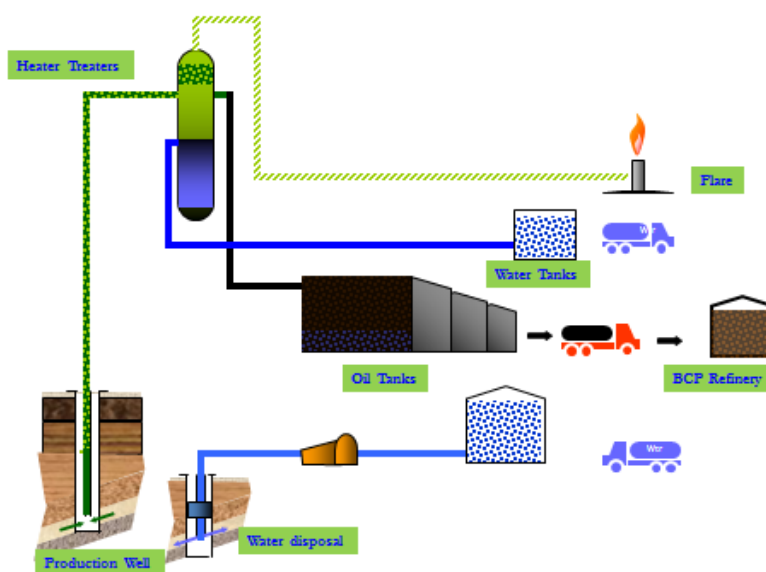
### กระบวนการผลิตน้ำมันปิโตรเลียม

เมื่อดำเนินการเจาะสำรวจปิโตรเลียมเสร็จสิ้นแล้ว หลังจากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำมันปิโตรเลียม โดยทำการติดตั้งวาล์วควบคุมแรงดัน (Christmas tree) ที่ปากหลุม (Wellhead) เพื่อทำการผลิตปิโตรเลียม โดยธรรมชาติน้ำมันปิโตรเลียมเป็นของไหลที่มีน้ำหนักมากกว่าก๊าซธรรมชาติแต่เบากว่าน้ำ ช่วงการผลิตระยะแรกน้ำมันปิโตรเลียมสามารถไหลขึ้นมาด้วยตัวเองจากแรงดันสูงจากใต้พิภพ เมื่อระยะเวลาผ่านไปแรงดันในชั้นหินลดลง ทำให้น้ำมันปิโตรเลียมไม่สามารถไหลขึ้นมาบนปากหลุมได้เอง จำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์การผลิตน้ำมันปิโตรเลียมเพิ่มเติม ปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตน้ำมันปิโตรเลียมพัฒนาไปอย่างมาก โดยมีเป้าหมายอัตราการผลิตน้ำมันปิโตรเลียมให้ได้มากที่สุดและประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ทั่วไปมีดังนี้ (ศูนย์พัฒนาปิโตรเลียมภาคเหนือ กรมการพลังงานทหาร, (ม.ป.ป.))

1. Beam pump หรือ Rod pump
2. Gas lift
3. Electrical Submersible Pump (ESP)
4. Progressing Cavity Pump (PCP)

จากภาพที่ 2-12 แสดงถึงขั้นตอนกระบวนการผลิตน้ำมันดิบ เมื่อน้ำมันดิบถูกผลิตขึ้นมาถึงหัวหลุม (Wellhead) จากนั้นจะถูกรวบรวมส่งผ่านระบบควบคุมอัตราการไหล (Test manifolds) น้ำมันดิบจะไหลผ่านตามท่อน้ำมันดิบไปยังถึงกักเก็บระหว่างการผลิตตามท่อจะมีการเติมสารเคมีลธิไฟเออร์ (Demulsifier) ก่อนที่จะส่งเข้าสู่ระบบแยกสถานะ (Heater treater or gas/ liquid separator) โดยน้ำที่มีความถ่วงจำเพาะหรือน้ำหนักมากกว่าถูกแยกชั้นออกจากทางด้านล่างของ

เครื่องแยกสถานะ ส่งต่อไปยังถังกักเก็บน้ำ (Water tank or Tank farm) และจะถูกส่งอัดกลับไปที่หลุมกำจัดน้ำ (Disposal well) กลับลงไปสู่ใต้พิภพ เพื่อรักษาสิ่งแวดล้อมและแรงดันใต้ดิน ก๊าซที่ได้ถ้ามีความดันต่ำจนเกินไปจะถูกส่งไปยังจุดเผาก๊าซ (Flare gas) ส่วนน้ำมันดิบที่แยกชั้นจะออกทางส่วนบนของเครื่องแยกสถานะ และส่งไปยังถังกักเก็บน้ำมันดิบ (Crude oil tank system) เพื่อทำการปรับอุณหภูมิ อุณหภูมิให้น้ำมันดิบให้ร้อนอยู่เสมอ เพื่อป้องกันการจับตัวเป็นไข (wax) ระหว่างที่น้ำมันดิบอยู่ในถังกักเก็บน้ำมันดิบ จะมีกระบวนการคายน้ำเกิดขึ้น เนื่องจากน้ำมันดิบที่ได้มา ถึงแม้ว่าจะมีการแยกน้ำออกไปแล้ว แต่น้ำก็ยังกระจายตัวมากับน้ำมันดิบในรูปแบบของอิมัลชัน จึงทำให้ต้องมีกระบวนการคายน้ำเกิดขึ้นและต้องนำน้ำมันดิบที่ผ่านกระบวนการคายน้ำแล้วไปตรวจสอบค่าสิ่งเจือปนและน้ำในน้ำมันดิบ (BS&W) ให้ได้น้ำมันที่ตรงตามมาตรฐานก่อนที่จะทำการขนส่งไปยังโรงกลั่น โดยรถบรรทุก



ภาพที่ 2-12 ขั้นตอนกระบวนการผลิตน้ำมันดิบ (แพน โอเรียน เอ็นเนอจี (สยาม) ลิมิเต็ด, 2558)

### ลักษณะทั่วไปของแหล่งน้ำมันกำแพงแสน

แหล่งกำแพงแสนเป็นแหล่งน้ำมันขนาดเล็ก ตั้งอยู่ในอำเภอสุพรรณบุรี ซึ่งครอบคลุมถึงอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม เป็นพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย แหล่งน้ำมันกำแพงแสนตั้งอยู่ห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 75 กิโลเมตร แหล่งกำแพงแสนเป็นแอ่งตะกอนที่มีการ

สะสมตัวอยู่ในบริเวณแอ่งสุพรรณบุรี จัดเป็นแอ่งที่มีขนาดเล็ก เป็นแอ่งแบบกึ่งกราเบน (half-graben) มีพื้นที่ประมาณ 170 ตารางกิโลเมตร ความหนาของตะกอนประมาณ 3,000 เมตร แหล่งกำเนิดแก๊สเริ่มต้นสำรวจในปี พ.ศ. 2528 ได้รับการพัฒนาโดยบริษัท B.P. Petroleum Development Ltd. โดยมีการเจาะสำรวจด้วยหลุม BP1-1 ในปี พ.ศ. 2530 และระหว่างปี พ.ศ. 2529-2531 ได้ทำการเจาะสำรวจรวมถึงเจาะหาขอบเขตของแหล่งกักเก็บปิโตรเลียมเป็นจำนวนสิบสองหลุม พบเป็นหลุมผลิตจำนวนสองหลุม และต่อมาในปี พ.ศ. 2536 บริษัท ปิโตรเลียมไทยสำรวจและผลิต (ปตท.สผ.) ได้ทำการซื้อสัมปทานการผลิตจากบริษัท B.P. Petroleum Development Ltd. (Hatairai Triamwichamon, 1999) โครงการ PTTEP 1 มีหน้าที่รับผิดชอบการผลิตน้ำมันจากสามแหล่ง คือ แหล่งน้ำมันกำแพงแสน แหล่งน้ำมันอุ้มทอง และแหล่งน้ำมันสังขมา แหล่งกำแพงแสนเป็นแหล่งน้ำมันขนาดเล็กที่มีหลุมผลิตเพียงหนึ่งหลุม คือ หลุม KS1-1 เป็นน้ำมันดิบชนิดหนักปานกลาง ซึ่งมีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ที่ 25-28 °API รวมถึงค่าของอัตราส่วนการละลายของก๊าซต่อน้ำมันจะมีค่าต่ำมาก (น้อยกว่า 5 ลูกบาศก์ฟุตต่อบาร์เรล) (Bidston & Daniel, 1992) ความลึกของหลุมเจาะอยู่ที่ 2,464 เมตร แหล่งน้ำมันกำแพงแสนนี้ได้ทำการผลิตน้ำมันตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2536 โดยมีอัตราการผลิตเริ่มต้นที่ 200 บาร์เรลต่อวัน ปริมาณสำรองที่ได้รับการพิสูจน์แล้วของแหล่งน้ำมันกำแพงแสนมีประมาณ 0.85 ล้านล้านบาร์เรล

ในปี พ.ศ. 2552 บริษัท แพน โอเรียนท์ เอ็นเนอร์ยี (สยาม) ลิมิเต็ด เป็นผู้รับสัมปทานสำรวจและผลิตปิโตรเลียมในแปลงสัมปทานบนบก จึงเริ่มทำการสำรวจขุดเจาะและผลิตน้ำมันดิบจากสามฐานผลิต ได้แก่ น้ำมันดิบชนิดหนักปานกลาง และน้ำมันดิบชนิดหนัก ปัจจุบันแหล่งน้ำมันดิบกำแพงแสนมีหลุมที่ผลิตน้ำมัน ได้ทั้งหมดหกหลุม จากหลุมสำรวจและขุดเจาะทั้งหมดสามสิบห้าหลุม ปัจจุบันมีอัตราการผลิตเฉลี่ย 300-500 บาร์เรลต่อวัน มีการวางแผนผลิตและขุดเจาะเพิ่มในปีถัด ๆ ไป คาดว่าอัตราการผลิตของบริษัทในกลุ่มแพน โอเรียนท์ เอ็นเนอร์ยี (สยาม) ลิมิเต็ด จะเพิ่มขึ้นอีกไม่ต่ำกว่า 1,000 บาร์เรลต่อวัน (Suwannee Rattanapranudej, 2004)

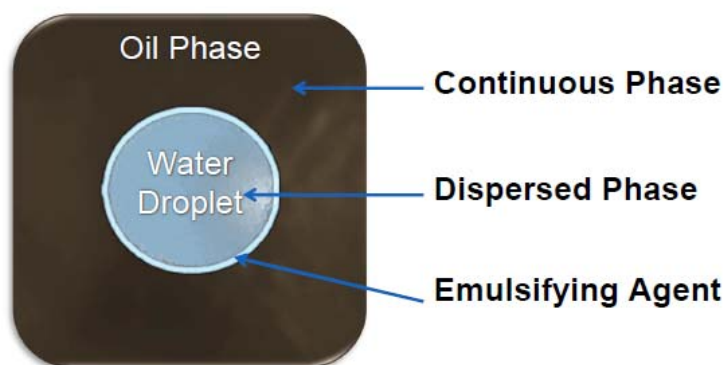
### น้ำมันดิบในรูปอิมัลชัน

อิมัลชัน (Emulsion) สามารถพบเห็นได้อย่างแพร่หลายทั้งในชีวิตประจำวัน เช่น อาหาร เครื่องสำอางค์ เชื้อกระดาษและกระดาษ อุตสาหกรรมยา การเกษตร และอุตสาหกรรมปิโตรเลียม ซึ่งในอุตสาหกรรมปิโตรเลียมนี้สามารถพบอิมัลชันได้ในทุกขั้นตอนตั้งแต่ กระบวนการขุดเจาะและกระบวนการผลิตน้ำมันดิบ ตลอดจนการขนส่งน้ำมันดิบไปยังโรงกลั่นน้ำมันดิบ



### 1. ระบบอิมัลชัน (Emulsion)

อิมัลชัน (Emulsion) หมายถึง สารผสมที่ประกอบด้วยของเหลวอย่างน้อยสองชนิด ซึ่งไม่เข้ากันหรือไม่ละลายเข้าด้วยกัน เช่น น้ำและน้ำมัน ถ้าต้องนำมาไว้ด้วยกันในลักษณะที่ผสมผสานเข้าเป็นเนื้อเดียวกันก็ต้องใช้ตัวทำอิมัลชัน (Emulsifier) เป็นตัวผสมทั้งสองเข้าด้วยกัน อิมัลชันที่เกิดขึ้นถ้ามองด้วยตาเปล่าจะเห็นลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน แต่ถ้ามองด้วยกล้องจุลทรรศน์ก็จะเห็นเป็นสองวัฏภาค คือ เห็นเป็นหยดเล็ก ๆ ของของเหลวชนิดหนึ่งที่เรียกว่า วัฏภาคภายใน หรือวัฏภาคกระจายตัว (Internal or Dispersed phase) กระจายตัวแทรกอยู่ในของเหลวอีกชนิดหนึ่ง ที่เรียกว่า วัฏภาคภายนอกหรือวัฏภาคต่อเนื่อง (External or Continuous phases) แสดงดังภาพที่ 2-13 โดยทั่วไปหยดของวัฏภาคภายในอาจมีขนาดต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ขนาดเล็กกว่า 0.05 ไมครอน จนถึง 25 ไมครอน ดังแสดงในตารางที่ 2-1 ซึ่งขนาดอนุภาคของวัฏภาคภายในมีผลต่อการกระจายแสงได้ต่างกัน จึงทำให้อิมัลชันมีลักษณะภายนอกที่มองเห็นได้แตกต่างกัน (พิมพ์พิเศษ พรเฉลิมพงศ์, (ม.ป.ป.))



ภาพที่ 2-13 ระบบของอิมัลชันทั้งสองวัฏภาค คือ วัฏภาคภายใน (Dispersed phase) และ วัฏภาคภายนอก (Continuous phase)

ตารางที่ 2-1 ขนาดหยดอนุภาคของวิภูภาคภายใน

| ขนาดของอนุภาค (ไมครอน) | ลักษณะอิมัลชันที่มองเห็น      |
|------------------------|-------------------------------|
| เล็กกว่า 0.05          | โปร่งใส (Transparent)         |
| 0.05-0.10              | ขุ่นหรือโปร่งใส (Translucent) |
| 0.10-1.00              | สีขาวอมฟ้า                    |
| ใหญ่กว่า 1.00          | ขุ่นขาวทึบ                    |

## 2. ชนิดและลักษณะของอิมัลชัน (Emulsion classification)

อิมัลชันที่พบโดยทั่วไปมักมีลักษณะขาวขุ่นคล้ายน้ำมัน แต่ความจริงแล้วอิมัลชันอาจมีลักษณะโปร่งใสก็ได้ การแบ่งชนิดของอิมัลชันมีได้หลายลักษณะ ดังนี้

### 2.1 แบ่งตามลักษณะภายนอกที่มองเห็น ได้เป็นสองชนิด คือ

2.1.1 แมคโครอิมัลชัน (Macroemulsion) คือ อิมัลชันลักษณะขุ่นขาว อนุภาคของวิภูภาคภายในของอิมัลชันชนิดนี้ มีขนาดตั้งแต่ 0.25-10 ไมครอน แต่โดยทั่วไปจะใหญ่กว่า 1 ไมครอน จึงทำให้เกิดความแตกต่างในค่าดัชนีการหักเหของแสงของวิภูภาคทั้งสอง และเกิดการกระจายแสงทำให้เรามองขุ่นขาว อิมัลชันนี้อาจแบ่งย่อยได้เป็นอิมัลชันเนื้อหยาบ (Coarse emulsion) ซึ่งมีอนุภาคค่อนข้างใหญ่และอิมัลชันเนื้อละเอียด (Fine emulsion) ซึ่งมีอนุภาคค่อนข้างเล็กหรือเล็กกว่า 5 ไมครอน ลงไป

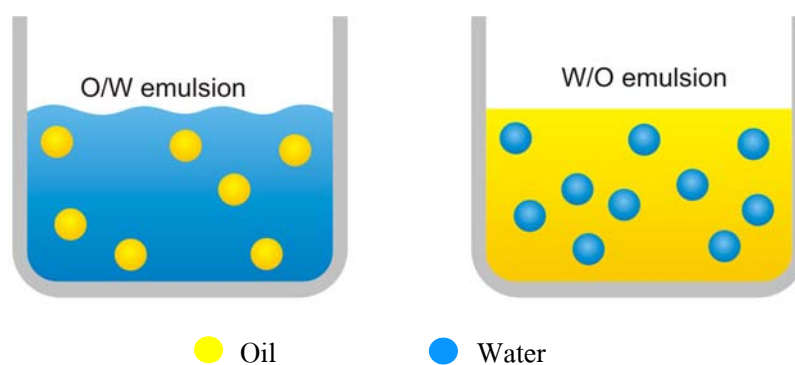
2.1.2 ไมโครอิมัลชัน (Microemulsion) มีลักษณะโปร่งใส เนื่องจากอนุภาคของวิภูภาคภายในเล็กมาก (ประมาณ 10-75 นาโนเมตร) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าหนึ่งในสี่ของความยาวคลื่นแสงที่มองเห็นได้ (Visible light) จึงไม่หักเหหรือกระจายแสง แสงจึงสามารถทะลุผ่านได้ ทำให้ดูโปร่งใส หยดของวิภูภาคภายในมีลักษณะกลมถูกล้อมรอบด้วยฟิล์มของตัวทำอิมัลชัน มีทั้งอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน (Water in oil emulsion: W/O) และอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (Oil in water emulsion: O/W)

### 2.2 แบ่งตามชนิดของของเหลวที่เป็นวิภูภาคภายในและวิภูภาคภายนอก ได้เป็นสามชนิด คือ

2.2.1 อิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน (Water in oil emulsion: W/O) อิมัลชันชนิดนี้มีวิภูภาคภายในเป็นน้ำ วิภูภาคภายนอกเป็นน้ำมัน

2.2.2 อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (Oil in water emulsion: O/W) อิมัลชันชนิดนี้ คือ มีวิภูภาคภายในเป็นน้ำมัน วิภูภาคภายนอกเป็นน้ำ

2.2.3 อิมัลชันเชิงซ้อน (Multiple emulsions) เป็นอิมัลชันที่มีวัฏภาคภายในซ้อนกันอยู่ ซึ่งเป็นของเหลวต่างชนิดกัน เช่น Water in oil in water emulsions (W/O/W) หรือ Oil in water in oil emulsions (O/W/O) อิมัลชันเชิงซ้อนเหล่านี้สามารถกลับกลายเป็นอิมัลชันชนิดธรรมดาได้ เช่น Water in oil in water emulsions (W/O/W) ซึ่งมีน้ำเป็นวัฏภาคภายนอก แต่วัฏภาคภายในเป็นน้ำมัน จะมีหยดเล็ก ๆ ของหยดน้ำซ้อนอยู่อีกที เมื่อกลับกลายเป็นอิมัลชันธรรมดาจะกลายเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (Oil in water emulsion: O/W)



ภาพที่ 2-14 อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (Oil in water emulsion: O/W) และอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน (Water in oil emulsion: W/O) (Schramm, 1992)

ลักษณะของอิมัลชัน โดยทั่วไป

1. ลักษณะปรากฏ (Appearance) ส่วนใหญ่มีสีขาวนวล ไม่โปร่งแสง เนื่องจากการกระจายของแสงเกิดจากส่วนของวัฏภาคภายใน (Dispersed phase) แต่ถ้าดัชนีหักเหของส่วนวัฏภาคภายในเท่ากับส่วนวัฏภาคภายนอก (Continuous phases) อิมัลชันอาจจะมีลักษณะโปร่งใสก็ได้
2. ความหนืด (Viscosity) ของเหลวที่มารวมกันเป็นอิมัลชันมีความหนืดน้อย แต่เมื่อเกิดเป็นอิมัลชันความหนืดจะเพิ่มขึ้น
3. ลักษณะสัมผัส (Feel) ขึ้นกับชนิดและลักษณะของวัฏภาคภายใน (Dispersed phase) และวัฏภาคภายนอก (Continuous phases)
4. การนำไฟฟ้า (Electrical conductivity) ขึ้นกับส่วนของวัฏภาคภายนอก (Continuous phases) ซึ่งจะนำไฟฟ้าได้ก็ต่อเมื่อเป็นของเหลวชนิดมีขั้ว (Polar)
5. การกระจายตัว (Dispersibility) เป็นสมบัติการกระจายตัวของอิมัลชันในของเหลว โดยขึ้นกับส่วนของวัฏภาคภายนอก (Continuous phases) คือ อิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน (Water in oil)

emulsion: W/O) กระจายตัวได้ในน้ำมัน และอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (Oil in water emulsion: O/W) กระจายตัวได้ในน้ำมัน

### 3. ส่วนประกอบของอิมัลชัน (Emulsion component)

รูปแบบอิมัลชัน มีส่วนประกอบหลักสำคัญสามส่วนหลัก ๆ คือ

3.1 วัฏภาคน้ำ (Water phase) ได้แก่ น้ำและสารต่าง ๆ อาจเป็นของแข็งหรือของเหลวที่ละลายได้ในน้ำ อาจเป็นสารเพิ่มความหนืด สารลดแรงตึงผิว สีที่ละลายน้ำและสารต้านออกซิเดชัน นอกจากนี้อาจเป็นสารออกฤทธิ์อื่นที่ละลายน้ำได้

3.2 วัฏภาคน้ำมัน (Oil phase) ได้แก่ น้ำมันต่าง ๆ ไขมันแข็ง สีที่ละลายในน้ำมัน น้ำหอมต่าง ๆ สารกันหืน สารลดแรงตึงผิว และสารออกฤทธิ์ต่าง ๆ

3.3 ตัวทำอิมัลชัน (Emulsifier) ได้แก่ สารลดแรงตึงผิว คอลลอยด์ที่ชอบน้ำและของแข็งอนุภาคละเอียด ตัวทำอิมัลชันเป็นตัวสำคัญในการผสมผสานให้วัฏภาคน้ำและวัฏภาคน้ำมันเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้

### 4. กลไกการเกิดอิมัลชัน (Mechanisms of emulsion)

สารผสมระหว่างน้ำและน้ำมันจะไม่สามารถละลายเข้ากัน เมื่อถูกนำมารวมจะแยกชั้นกันอยู่เป็นสองชั้น เนื่องจากเกิดแรงตึงระหว่างผิวของน้ำและน้ำมันขึ้น แต่เมื่อมีการเขย่า การคนหรือการกวนซึ่งเป็นการเพิ่มพลังงานและเพิ่มพื้นที่ พลังงานที่ใส่เข้าไปจะเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างของเหลวทั้งสอง จะทำให้ของเหลวนั้นกระจายตัวเป็นหยดเล็ก ๆ ในกันและกัน และมีการเกิดลักษณะของอิมัลชันขึ้น แต่เป็นเกิดเพียงขึ้นชั่วคราวเท่านั้น โดยหลักการทางเทอร์โมไดนามิกส์อธิบายว่า การเขย่าจะเพิ่มพลังงานอิสระให้แก่พื้นที่ผิว (Surface free energy) ของเหลวจึงเข้ากันได้สภาวะดังกล่าวจะไม่คงสภาพ เพราะเมื่อหยุดเขย่าหรือหยุดกวน ของเหลวก็จะพยายามกลับมารวมตัวกันและแยกชั้นดังเดิม เนื่องจากมีการปรับสภาวะให้เข้าสู่จุดคงสภาพโดยลดพื้นที่ผิวการสัมผัสระหว่างกันน้อยที่สุด แต่ลักษณะดังกล่าวสามารถเกิดได้อย่างถาวร ถ้าเกิดการกระจายตัวเป็นหยดเล็ก ๆ ในกันและกันของของเหลวทั้งสองชนิด โดยที่ยังคงสภาพอยู่ซึ่งไม่กลับมาแยกชั้นด้วยการลดแรงตึงผิวของของเหลวทั้งสองได้ ด้วยการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ลงไปก่อนการเขย่าหรือการกวน ดังนั้นการเกิดอิมัลชันได้ต้องอาศัยกระบวนการสองขั้นตอน คือ

4.1 การทำให้ของเหลวที่เป็นวัฏภาคภายในแตกกระจายเป็นหยดเล็ก ๆ โดยอาศัยการให้พลังงานซึ่งอาจใช้ในรูปของความร้อน (Heat) การคนหรือเขย่า (Mechanical agitation) การสั่นสะเทือนโดยคลื่นเสียง (Ultrasonic vibration) หรือไฟฟ้า (Electricity) เป็นต้น

4.2 การทำให้หยดเล็ก ๆ ที่กระจายตัวอยู่นั้นคงสภาพอยู่ได้ ซึ่งอาศัยตัวทำอิมัลชันหรือเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier)

### 5. การใช้ตัวกลางเพื่อทำลายอิมัลชัน (Demulsification)

การทำลายอิมัลชัน คือ การทำลายชั้นรอยต่อระหว่างน้ำกับน้ำมัน และลดแรงตึงผิวไปทั้งด้านน้ำมันและด้านข้างน้ำ

อิมัลซิไฟเออร์ เป็นสารช่วยลดแรงตึงผิวระหว่างน้ำกับของเหลวอินทรีย์ที่ไม่รวมกับน้ำ เช่น น้ำมัน ซึ่งอิมัลชันส่วนใหญ่ที่พบมีลักษณะน้ำผสมกับน้ำมัน ซึ่งน้ำเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว ส่วนน้ำมันเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว

ในขณะที่อิมัลซิไฟเออร์โมเลกุลจะมีลักษณะพิเศษ โดยแบ่งเป็นสองส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งมีขั้วสามารถละลายได้ในน้ำ และส่วนที่สองไม่มีขั้ว สามารถละลายได้ในน้ำมัน ทำให้อิมัลซิไฟเออร์หันเหโมเลกุลและคูล์ซบ์แทรกตัวอยู่ระหว่างผิวของน้ำกับอนุภาคน้ำมัน โดยลักษณะการหันเหโมเลกุลของอิมัลซิไฟเออร์ขึ้นกับชนิดของอิมัลชัน หลักการของวิธีการนี้ คือ ตัวกลางจะต้องมีลักษณะชอบน้ำ (Hydrophilic) ซึ่งใช้สำหรับการแยกน้ำออกจากน้ำมัน (Water in oil emulsion: W/O) หรือ ชอบน้ำมัน (Olephilic) ซึ่งใช้สำหรับการแยกน้ำมันออกจากน้ำ (Oil in water emulsion: O/W)

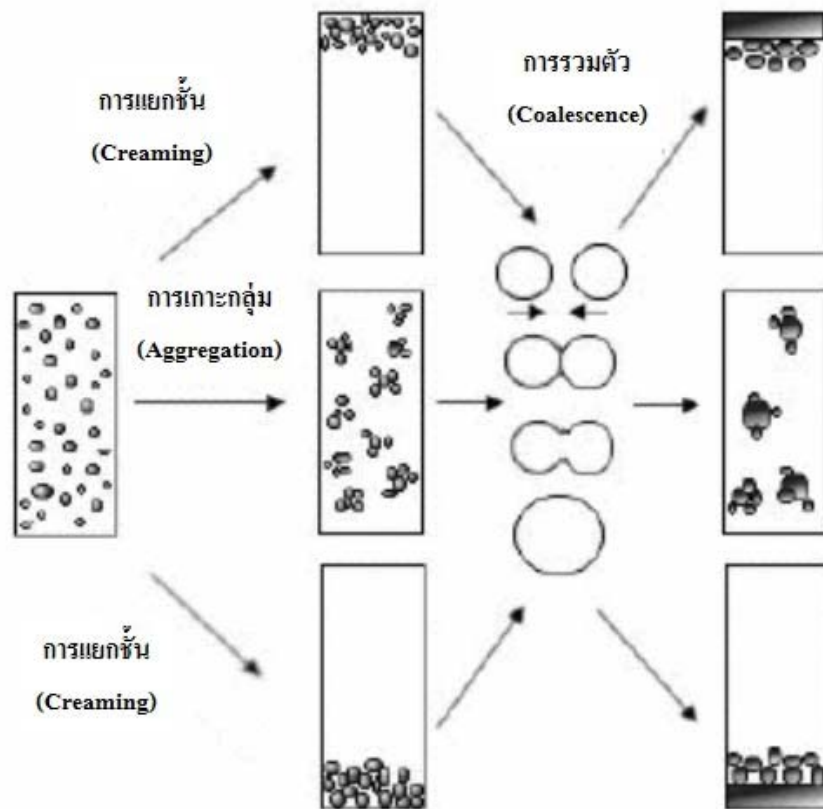
### 6. ความคงตัวของอิมัลชัน (Emulsion stability)

การทำให้เกิดอิมัลชันที่เสถียรคงตัว โดยการรวมของของเหลวที่ปกติไม่รวมตัวกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปให้เป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งส่วนของวัฏภาคภายในต้องมีขนาดเล็ก ๆ อยู่ในส่วนของวัฏภาคภายนอก ส่วนใหญ่อิมัลชันจะมีความคงตัวในการเคลื่อนไหวในช่วงระยะเวลาหนึ่ง แต่เมื่อเวลาผ่านไปอิมัลชันจะเกิดการกระจายตัวแยกออกจากกันในที่สุด อย่างไรก็ตามอิมัลชันถือว่าเป็นระบบที่ไม่มีความคงตัวในเชิงเทอร์โมไดนามิกส์ (Thermodynamic unstable) เนื่องจากความแตกต่างของแรงตึงผิวระหว่างน้ำและน้ำมันทำให้ระบบเกิดการจัดเรียงตัวใหม่เพื่อลดแรงตึงผิวหรือพลังงานอิสระที่ผิว (Surface free energy) ส่งผลให้ระบบอิมัลชันไม่มีความคงตัวนำไปสู่การแยกชั้นของอิมัลชัน (Phase separation) Auflem (2002) ได้อธิบายจากภาพที่ 2-15 แสดงถึงกลไกของความไม่คงตัวของอิมัลชันสามารถแบ่งได้เป็นสามชนิด ได้แก่

6.1 การแยกชั้น (Creaming) เป็นปรากฏการณ์ที่วัฏภาคภายในเคลื่อนที่แยกออกจากวัฏภาคภายนอก เนื่องจากความแตกต่างของค่าความหนาแน่นระหว่างวัฏภาคทั้งสองทำให้วัฏภาคภายในแยกตัวลอยขึ้น

6.2 การเกาะกลุ่ม (Aggregation) เป็นปรากฏการณ์ที่อนุภาคของวัฏภาคภายในเคลื่อนที่เข้าหากันเกาะกลุ่มกันเนื่องจากการชนกัน

6.3 การรวมตัว (Coalescence) เป็นปรากฏการณ์ที่อนุภาคของวัฏภาคภายในเคลื่อนที่เข้าหากันซึ่งฟิล์มที่ล้อมรอบอนุภาคเกิดการฉีกขาดทำให้อนุภาคของวัฏภาคภายในเกิดการรวมตัวเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ขึ้น



ภาพที่ 2-15 กลไกความไม่คงตัวของอิมัลชัน (Auflem, 2002)

การทำให้ระบบอิมัลชันมีความคงตัวสามารถทำได้สองวิธี ได้แก่

1. การใช้เครื่องมือกล เช่น เครื่องโฮโมจิไนเซอร์เพื่อกระจายและลดขนาดของอนุภาคของวัฏภาคภายในนำไปสู่การลดการแยกชั้น (Creaming)
2. การเติมสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) เช่น อิมัลซิไฟเออร์ ซึ่งสารดังกล่าวจะช่วยลดแรงตึงผิวระหว่างน้ำมันและน้ำส่งผลให้ระบบอิมัลชันมีความคงตัวมากขึ้น

## ดีมัลซิไฟเออร์

### 1. ลักษณะดีมัลซิไฟเออร์ (Demulsifiers characteristics)

ดีมัลซิไฟเออร์ (Demulsifiers) หรืออิมัลชัน เบรกเกอร์ (Emulsion breakers) เป็นสารเคมีที่มีคุณสมบัติในการแยกอิมัลชัน (Emulsion) ชนิดน้ำในน้ำมันหรือน้ำมันในน้ำ ที่นำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม ปกติสารดีมัลซิไฟเออร์จะมีความเข้มข้นต่ำทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบและป้องกันการเกาะตัวของน้ำที่ผนังของน้ำมัน

### 2. กลไกของดีมัลซิไฟเอชัน (Mechanism of demulsification)

อิมัลชันในน้ำมันดิบประกอบด้วยของเหลวเป็นตัวแปรหลัก เช่น น้ำ หรือ ตะกอนอื่น ๆ ด้วยความที่ต้องการให้อิมัลชันมีความคงตัว ฉะนั้นจึงมีการเติมสารดีมัลซิไฟเออร์หรือตัวทำลายอิมัลชัน เป็นตัวช่วยลดแรงตึงผิวระหว่างน้ำและน้ำมันดิบที่สัมผัสกัน ซึ่งเกิดเป็นกลไกของสารดีมัลซิไฟเออร์ขึ้น โดยการเลือกใช้สารดีมัลซิไฟเออร์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็วจะช่วยให้ลดแรงตึงผิวระหว่างน้ำกับน้ำมันที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากภาพที่ 2-16 แสดงกลไกการทำงานของดีมัลซิไฟเอชัน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นสามขั้นตอน ดังนี้ (Ben Mahmud, 2009)

2.1 การดูดซับหรือการจับตัวกันของอนุภาค (Adsorption and Coagulation-flocculation) สารดีมัลซิไฟเออร์จะเข้าไปแทนที่ระหว่างน้ำที่มีการสัมผัสกับน้ำมัน โดยการดูดซับหรือจับอนุภาคของน้ำมารวมตัวกัน

2.2 การรวมตัวเกาะกลุ่มกัน (Coalescence) เมื่อน้ำเกิดการรวมตัวกันแล้ว หลังจากสารดีมัลซิไฟเออร์เข้ามาแทนที่การสัมผัสของน้ำ อนุภาคของน้ำก็จะรวมตัวเกาะกลุ่มกัน

2.3 การแยกชั้น (Channel formation) หลังจากน้ำมีการรวมตัวเกาะกลุ่มกัน ก็จะมีการแยกชั้นเกิดขึ้น โดยน้ำที่รวมตัวเกาะกลุ่มกันจะแยกออกจากน้ำดิบ

นอกจากหลักกลไกของดีมัลซิไฟเอชันดังที่กล่าวข้างต้นแล้ว ยังมีปัจจัยหลักอื่น ๆ ที่มีผลต่อปริมาณสารดีมัลซิไฟเออร์และความเร็วในการแยกชั้นน้ำออกจากน้ำมันดิบ ตัวอย่างเช่น เวลา อุณหภูมิ ข้อมูลองค์ประกอบของสารเคมี และความปั่นป่วนระหว่างการทำปฏิกิริยา



ภาพที่ 2-16 กลไกของคิมัลซิไฟเคชัน (Ben Mahmud, 2009)

### 3. การแบ่งประเภทของคิมัลซิไฟเออร์ (Demulsifiers classification)

ส่วนผสมของสารคิมัลซิไฟเออร์ที่นำมาใช้นั้นจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำมันดิบของแหล่งผลิตน้ำมันดิบนั้น ๆ ประเภทของสารคิมัลซิไฟเออร์ชนิดลดแรงตึงผิวแบ่งได้สามชนิดหลัก ๆ ได้แก่

3.1 นอนไอออนิก (Nonionic) เป็นสารลดแรงตึงผิวเมื่อละลายน้ำแล้วจะไม่แตกตัว จึงไม่มีประจุ คุณสมบัติของสารกลุ่มนี้จะแตกต่างกันไป ตั้งแต่ละลายน้ำได้ จนไม่ละลายน้ำ

3.2 แอนไอออนิก (Anionic) เป็นสารลดแรงตึงผิวเมื่อละลายน้ำแล้วจะแตกตัวและส่วนหัวจะมีประจุเป็นลบ

3.3 แคทไอออนิก (Cationic) เป็นสารลดแรงตึงผิวเมื่อละลายน้ำแล้วจะแตกตัวและส่วนหัวจะมีประจุเป็นบวก

นอกจากประเภทของสารคิมัลซิไฟเออร์ที่กล่าวข้างต้นแล้ว ยังมีสารชนิดอื่น ๆ รวมเป็นส่วนประกอบอีกหลายชนิด ตัวอย่างเช่น

1. EO/PO Block polymers เป็นสารลดแรงตึงผิวประเภทนอนไอออนิก (Nonionic) สารลดแรงตึงผิวชนิดนี้ช่วยให้อนุภาคน้ำขนาดเล็กในช่วงการเกิดการคูดซับหรือการจับตัวกันของอนุภาคเข้ามารวมกันได้ดี

2. Ethoxylated alkylphenol resins เป็นสารลดแรงตึงผิวประเภทนอนไอออนิก (Nonionic) สารลดแรงตึงผิวชนิดนี้ช่วยทำให้อนุภาคของน้ำที่อยู่ในช่วงการเกาะกลุ่มรวมตัวกันเข้ามาเกาะกลุ่มกันได้ดี และประสิทธิภาพของสารลดแรงตึงผิวชนิดนี้สามารถปรับเปลี่ยนได้เป็นกลุ่มของแอลคินหรือการก่อตัวเป็นวงกลมของกลุ่มสาร



3. Polyalkylene glycols เป็นสารเคมีสังเคราะห์ประเภทนอนไอออนิก (Nonionic) มีคุณสมบัติชอบน้ำสูง (hydrophilic) ทำให้สามารถนำไปผสมกับสารอื่น ๆ ให้เพิ่มความชอบน้ำได้และมีความสามารถในการละลายน้ำได้เป็นอย่างดี

4. Di-epoxides เป็นดิอัลซีไฟเออร์หรืออีพอกซีเรซินที่คิดค้นขึ้นที่นำมาใช้ในการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบ แต่มันจะทำงานได้ดียิ่งขึ้นเมื่อนำไปผสมกับเรซิน (resin) หรือกลุ่มสารจำพวกพอลิเอมีน (polyamines) ซึ่งสารตัวนี้เป็นตัวที่ช่วยทำความสะอาดที่ดี ทำให้มีสิ่งเจือปนหรือตะกอน (BS&W) ที่ค่อนข้างต่ำ

5. Polyamines มีลักษณะคล้ายกับ Di-epoxides เป็นสารที่ช่วยทำความสะอาดทำให้สิ่งเจือปนหรือตะกอน (BS&W) ออกมาค่อนข้างต่ำ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแยกน้ำให้มีการแยกน้ำออกมาได้อย่างรวดเร็ว

ทั้งนี้ยังมีสารที่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำหรือละลายในน้ำได้ยาก (Hydrophobic) สารทำให้เปียก (Wetting agents) ที่ช่วยลดแรงตึงผิวของของเหลว ช่วยให้ของเหลวกระจายตัว และซึมเข้าไปที่ผิวของของแข็งได้ง่ายขึ้น และสารตัวทำละลายอื่น ๆ (Solvents) เช่น อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน และ เมทานอลที่เป็นตัวทำละลายที่ไม่มีขี้

#### 4. การเตรียมสารดิอัลซีไฟเออร์ (Demulsifiers preparation)

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารดิอัลซีไฟเออร์ในการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบให้ได้ผลดีที่สุดนั้น งานพินิจนี้จึงได้นำสารดิอัลซีไฟเออร์ประเภทนอนไอออนิกมาศึกษาสองชนิด ได้แก่

4.1 สารดิอัลซีไฟเออร์ DMO86133 มีส่วนประกอบและข้อมูลเกี่ยวกับส่วนผสมที่สำคัญซึ่งไม่ละลายในน้ำ แต่สามารถละลายในตัวทำละลายอะโรมาติกได้ ดังแสดงในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ส่วนประกอบและข้อมูลเกี่ยวกับส่วนผสมสารดิอัลซีไฟเออร์ DMO86133

| ชื่อ                   | ปริมาณส่วนผสม |
|------------------------|---------------|
| 1, 2, 4-ไตรเมทิลเบนซีน | 1-5%          |
| แอลคิล (C3-5) เบนซีน   | 30-60%        |
| แนฟทาลีน               | 1-5%          |

4.2 สารดิอัลซีไฟเออร์ DMO86388 มีส่วนประกอบและข้อมูลเกี่ยวกับส่วนผสมที่สำคัญซึ่งไม่ละลายในน้ำ แต่สามารถละลายในตัวทำละลายอะโรมาติกได้ ดังแสดงในตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 ส่วนประกอบและข้อมูลเกี่ยวกับส่วนผสมสารเคมีซัลไฟเออร์ DMO86338

| ชื่อ                      | ปริมาณส่วนผสม |
|---------------------------|---------------|
| 1, 2, 4-ไตรเมทิลเบนซีน    | 1-5%          |
| แอลคิล (C3-4) เบนซีน      | 1-5%          |
| แอลคิล (C3-5) เบนซีน      | 1-5%          |
| แอลคิลเบนซิลซัลโฟนิคแอซิด | 1-5%          |
| เมซีทีลีน                 | 1-5%          |
| เมทานอล                   | 10-30%        |
| แนฟทาลีน                  | < 1%          |
| ไซลีน                     | < 1%          |

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Amter (2014) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความเข้มข้นและความสามารถในการแยกชั้นน้ำและชั้นน้ำมันดิบด้วยการใช้สารเคมีซัลไฟเออร์สองชนิด ได้แก่ Blend-X และ 2137-T ในความเข้มข้นต่าง ๆ โดยวิธีทดสอบที่เรียกว่า Bottle test พบว่าผลการทดสอบด้วยวิธี Bottle test เป็นวิธีที่สามารถทดลองจากห้องปฏิบัติการสู่การนำไปใช้งานในภาคสนามจริง ซึ่งการใช้สารเคมีซัลไฟเออร์ 2137-T ที่ความเข้มข้น 10 ppm สามารถแยกน้ำออกจากน้ำมันได้เร็วและมีค่าสิ่งเจือปนและน้ำมันในน้ำมันดิบ (BS&W) ต่ำกว่าสารเคมีซัลไฟเออร์ Blend-X ทำให้เป็นการประหยัดต้นทุนในการใช้สารเร่งการแยกชั้นในกระบวนการผลิตน้ำมันอีกด้วย ขณะที่ Mosayebi and Abedini (2013) สรุปได้ว่ากระบวนการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบนั้นมีความจำเป็นอย่างมากในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม ผลจากความคงตัวของอิมัลชันนั้นเกิดขึ้นอย่างมากจากการปรากฏตัวของวัฏภาคกระจาย โดยการป้องกันการเชื่อมต่อกันของหยดน้ำ ในลักษณะของอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน วิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา คือ ต้องมีการทำลายอิมัลชัน โดยใช้สารเคมีซัลไฟเออร์ จากการทดลองนี้ได้นำสารเคมีซัลไฟเออร์สามกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มเอมีน กลุ่มพอลิเมอร์ และกลุ่มแอลกอฮอล์ ในน้ำมันดิบชนิดเบา (37° API) มาศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของสารเคมีซัลไฟเออร์กับการแยกน้ำที่ให้ประสิทธิภาพมากที่สุดด้วยวิธี Bottle test พบว่าสารเคมีซัลไฟเออร์กลุ่มพอลิเมอร์นั้นให้ประสิทธิภาพในการทำลายอิมัลชันและสามารถแยกชั้นน้ำออกจากน้ำมันดิบได้มากที่สุดถึง 55% ในขณะที่สารเคมีซัลไฟเออร์กลุ่มเอมีนให้ 34% และสารเคมีซัลไฟเออร์กลุ่มแอลกอฮอล์ให้น้อยที่สุด 22% ในทำนองเดียวกันกับ Hajivand and Vaziri (2013) ทำการศึกษาเกี่ยวกับน้ำมันดิบชนิดหนัก

กับสารคิมัลซีไฟเออร์ที่ละลายน้ำได้สามชนิด ได้แก่ สารคิมัลซีไฟเออร์ Basorol E2032 Basorol PDB 9935 และ TOMAC เป็นตัวเลือกในการแยกน้ำจากอิมัลชันน้ำมันดิบ โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Bottle test ซึ่งศึกษาปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเข้มข้น ความเป็นกรดค่า ความเค็ม และชนิดของสารคิมัลซีไฟเออร์ พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของสารคิมัลซีไฟเออร์ถึง 10 ppm ทำให้การแยกชั้นน้ำและน้ำมันดิบของสารคิมัลซีไฟเออร์ Basorol E2032 มีค่าการแยกน้ำ 57% สารคิมัลซีไฟเออร์ Basorol PDB 9935 55% และสารคิมัลซีไฟเออร์ TOMAC 50% ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดค่า (pH) 5.5 และค่าความเค็ม 0.12 กรัมต่อมิลลิเมตร แสดงให้เห็นว่าการทดลองสารคิมัลซีไฟเออร์ Basorol E2032 มีความสามารถในการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบชนิดหนักได้เหมาะสมที่สุด เช่นเดียวกัน Hamadi and Mahmood (2010) ได้ศึกษาการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบชนิดหนักปานกลาง (28.4° API) ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิต โดยศึกษาถึงสารคิมัลซีไฟเออร์สามชนิด ได้แก่ สารคิมัลซีไฟเออร์ RP6000 Chimec2439 และ PAA มาทดลองในขั้นตอนกระบวนการคายน้ำ (Dehydration process) ภายใต้อุณหภูมิคงที่ 65 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำในน้ำมัน 30% โดยปริมาตร และมีค่าความเค็ม 3% ตัวแปรที่ทำการศึกษา ได้แก่ ความเข้มข้นสารคิมัลซีไฟเออร์ 10-80 ppm ระยะเวลาที่แยก 5-120 นาที และค่าความเป็นกรดค่า (pH) พบว่าที่เวลาแยก 120 นาที ความเข้มข้นที่ 80 ppm สารคิมัลซีไฟเออร์ PAA ประสิทธิภาพการแยกน้ำเป็น 75% ค่าความเป็นกรดค่า 7.46 ในขณะที่สารคิมัลซีไฟเออร์ RP6000 และสารคิมัลซีไฟเออร์ Chimec 2439 ให้ประสิทธิภาพในการแยกน้ำเป็น 87.5% และ 72.2% และค่าความเป็นกรดค่า 7.50 และ 7.43 ตามลำดับ พบว่าการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบที่เหมาะสมได้มาจากสารคิมัลซีไฟเออร์ RP6000 นอกจากนี้พบว่า Lixin, Jinxin, Zhihua and Jincai (2000) ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแยกน้ำของสารคิมัลซีไฟเออร์และอายุของน้ำมันจากกระบวนการคายน้ำแบบประจุไฟฟ้ากับน้ำมันดิบสองฐานหลุมผลิตและสารคิมัลซีไฟเออร์ทั้งหมดห้าชนิด ได้แก่ สารคิมัลซีไฟเออร์ PDK, PR-5, EC2012A, SX-4318 และ EC2020A ที่ขบวนการคายน้ำ 60 องศาเซลเซียส กำลังไฟ 2,000 v/cm พบว่าเมื่อเติมปริมาณสารคิมัลซีไฟเออร์ทั้งห้าชนิดจำนวน 50 mg/L ในน้ำมันดิบทั้งสองหลุมฐานผลิตนั้น สารคิมัลซีไฟเออร์ EC2020A มีประสิทธิภาพในการแยกน้ำ 98% ซึ่งดีที่สุดจากสารคิมัลซีไฟเออร์ทั้งหมด จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า ขบวนการคายน้ำแบบประจุไฟฟ้าสามารถทำให้น้ำมันดิบมีส่วนของน้ำเหลืออยู่เพียง 0.5% ของน้ำมันดิบที่ผลิตได้ ในทำนองเดียวกัน Nuraini, Abdurahman and Kholijah (2011) ได้ศึกษาผลในการแยกชั้นน้ำออกจากน้ำมันดิบและการเลือกชนิดสารคิมัลซีไฟเออร์ทั้งสี่กลุ่ม ได้แก่ เอมีน พอลิไฮดรอกแอลกอฮอล์ แอลกอฮอล์ และซัลเฟต ที่มีผลต่อความคงตัวของอิมัลชันในน้ำมันดิบชนิดหนัก จากการศึกษพบว่า

สารเคมีลพิษไฟเออร์กลุ่มเอมีนแสดงประสิทธิภาพในการแยกชั้นและสามารถทำลายอิมัลชันได้ดี เมื่อเทียบกับสารเคมีลพิษไฟเออร์อีกสามกลุ่มที่เหลือ ในขณะที่ Abdurahman, Nour, Yunus and Jemaat (2007) ศึกษาเกี่ยวกับการใช้สารเคมีลพิษไฟเออร์ที่เหมาะสมในกระบวนการเคมีลพิษไฟเคชัน โดยใช้สารเคมีลพิษไฟเออร์ทั้งหมดสี่กลุ่ม ได้แก่ เอมีน พอลิไฮดรอกซีแอลกอฮอล์ ซัลเฟต และพอลิเมอร์ เมื่อทำการศึกษาแล้วพบว่า สารเคมีลพิษไฟเออร์กลุ่มเอมีนให้อัตราการแยกน้ำ 80% ออกจากน้ำมันดิบ 87% ได้ดีกว่าอีกสามกลุ่มที่เหลือ ในกรณีของ Hirasaki et al (2010) ศึกษาสารเคมีลพิษไฟเออร์กลุ่มพอลิเมอร์ประเภทแคโทไอออนิกและแอนไอออนิกกับน้ำมันดิบชนิดเบา (31° API) ทดสอบด้วยวิธี Bottle test ที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสารเคมีลพิษไฟเออร์ที่ 200 ppm พบว่า สารเคมีลพิษไฟเออร์กลุ่มพอลิเมอร์ประเภทแคโทไอออนิกมีประสิทธิภาพในการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบได้มากที่สุด เช่นเดียวกัน กับ Oseghale, J, Udottong and G (2012) ได้ศึกษาสารเคมีลพิษไฟเออร์กลุ่มพอลิเมอร์ประเภทแคโทไอออนิกกับน้ำมันดิบชนิดเบา(47.2° API) ทดสอบแบบวิธี Bottle test ผลการศึกษาได้พบว่าสารเคมีลพิษไฟเออร์กลุ่มพอลิเมอร์ประเภทแคโทไอออนิกนี้สามารถทำลายอิมัลชันน้ำมันดิบและมีประสิทธิภาพในการแยกน้ำอย่างเหมาะสม ที่ความเข้มข้นสารเคมีลพิษไฟเออร์ที่ 200 ppm ค่าสิ่งเจือปนและน้ำมันในน้ำมันดิบ (BS&W) 0.6% ส่งผลให้สารเคมีลพิษไฟเออร์กลุ่มพอลิเมอร์ประเภทแคโทไอออนิกนี้มีนัยสำคัญต่อการทำลายอิมัลชันน้ำมันดิบในน้ำมันดิบชนิดเบา

Rani (2006) ศึกษาเปรียบเทียบสารเคมีลพิษไฟเออร์สองกลุ่ม คือ กลุ่มที่ละลายในน้ำ และกลุ่มที่ละลายในน้ำมัน จากแหล่งน้ำมันดิบในประเทศมาเลเซีย ทดสอบด้วยวิธี Bottle test โดยมีตัวแปรอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เช่น อุณหภูมิ ความร้อน และความหนืด ซึ่งน้ำมันดิบหากมีค่าความหนืดค่อนข้างสูง จะทำให้ต้องเติมสารเคมีลพิษไฟเออร์มากขึ้นด้วย ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารเคมีลพิษไฟเออร์กลุ่มที่ละลายในน้ำมัน มีประสิทธิภาพอย่างดีกับอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน ด้วยการใช้ความเข้มข้น 10 ppm ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส Sarin Wutthisirisart (2014) ได้ศึกษาความหนืดและตัวแปรที่มีผลกระทบต่อความหนืดของน้ำมันและอิมัลชันของน้ำมัน โดยน้ำมันดิบที่ใช้ในการศึกษานำมาจากแหล่งน้ำมันของประเทศไทย ตัวแปรที่ส่งผลต่อความหนืดของอิมัลชัน ได้แก่ อุณหภูมิ แรงเฉือน และปริมาณน้ำในน้ำมัน ค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 30 ถึง 90 องศาเซลเซียส จากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิเป็นตัวแปรสำคัญในการลดความหนืดของอิมัลชัน โดยการเพิ่มอุณหภูมิในส่วน of แรงเฉือนนั้น ความหนืดของอิมัลชันลดลงเล็กน้อยเมื่อแรงเฉือนเพิ่มขึ้น และความหนืดของอิมัลชันจะลดลงอย่างมากเมื่อปริมาณร้อยละของน้ำในน้ำมันมีค่ามาก ในกรณีของ Salam, Alade, Arinkoola and Opawale (2013) ศึกษาความหนืดของน้ำมันดิบในแหล่งน้ำมันไนจีเรีย โดยใช้สารเคมีลพิษไฟเออร์เป็นตัวแปรในการลดความหนืดของน้ำมันดิบ จากผลการศึกษาพบว่า

สารเคมีลธิไฟเออร์สามารถลดความหนืดของน้ำมันดิบได้จาก 38% เป็น 18% และยังคงแสดงให้เห็นว่าเมื่อความหนืดลดลง ค่าสิ่งเจือปนและน้ำมันในน้ำมันดิบ (BS&W) ก็ลดลงได้อีกด้วย Williams (1990) ศึกษาการตรวจสอบค่าสิ่งเจือปนและน้ำมันในน้ำมันดิบ (BS&W) และปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งสิ่งเจือปนและน้ำมันในน้ำมันดิบนี้เป็นตัวบ่งชี้ปริมาณของน้ำมันดิบที่เกิดขึ้นจากการผลิตน้ำมันดิบ ในงานศึกษานี้กำหนดการทดสอบค่าสิ่งเจือปนและน้ำมันในน้ำมันดิบ (BS&W) เป็นไปตามคู่มือมาตรฐานการวัดของสถาบันปิโตรเลียม API (MPMs) โดยการทดสอบนี้จะดำเนินการทดสอบจริงจากภาคสนาม โดยวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำมันดิบมาทำการทดสอบโดยวิธีหมุนเหวี่ยง จากผลการทดลองสิ่งเจือปนและน้ำมันในน้ำมันดิบที่ได้ตรงตามข้อมูลของมาตรฐานการวัดของสถาบันปิโตรเลียม เช่นเดียวกับ Abdulkadir (2010) ศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบสารเคมีลธิไฟเออร์สี่ชนิด ได้แก่ สารเคมีลธิไฟเออร์ V4404 92LTM174 DS964 และ EN/82/2 และการวัดค่าสิ่งเจือปนตะกอนและน้ำในน้ำมัน (BS&W) กับน้ำมันดิบชนิดหนักปานกลาง (22° API) ทดสอบด้วยวิธี Bottle test จากผลการทดลองพบว่าสารเคมีลธิไฟเออร์ V4404 และ 92LTM174 ที่ความเข้มข้น 50 ppm ให้ความสามารถในการแยกน้ำและค่าสิ่งเจือปนตะกอนและน้ำในน้ำมันดิบได้อย่างเหมาะสม Alshehri, Ricardez-Sandoval and Elkamel (2010) ศึกษาการคาดการณ์ปริมาณการใช้สารเคมีลธิไฟเออร์ในระบบเครือข่าย artificial neural network (ANN) ซึ่งระบบการคาดการณ์ทำให้เห็นว่า สามารถควบคุมการใช้ปริมาณของสารเคมีลธิไฟเออร์ต่ออัตราการผลิตน้ำมันดิบได้ รวมไปถึงควบคุมปริมาณตะกอนสิ่งเจือที่เกิดขึ้นมากับน้ำมันดิบได้อีกด้วย Odisu, Teddy, Salami, Deborah and O (2010) ศึกษาเกี่ยวกับต้นทุนค่าใช้จ่ายและประสิทธิภาพของสารเคมีลธิไฟเออร์ประเภท CD- Z ที่ใช้อยู่กับการทำงานจริงในปัจจุบันเปรียบเทียบกับต้นทุนและประสิทธิภาพของสารเคมีลธิไฟเออร์ประเภท CD -A ซึ่งเป็นสารชนิดใหม่พบว่า สารเคมีลธิไฟเออร์ประเภท CD- Z นั้นสามารถทำการแยกน้ำได้ 11 มิลลิลิตร ภายในเวลา 250 นาที เมื่อเทียบกับสารเคมีลธิไฟเออร์ประเภท CD -A ซึ่งแยกน้ำได้เพียง 8.5 มิลลิลิตรในเวลาที่เท่ากัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารเคมีลธิไฟเออร์ประเภท CD-Z มีประสิทธิภาพการแยกน้ำที่ดีกว่าสารเคมีลธิไฟเออร์ประเภท CD-A และยังมีต้นทุนค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่าสารเคมีลธิไฟเออร์ประเภท CD-A อีกด้วย

## บทที่ 3

### วัตถุประสงค์และวิธีการทดลอง

#### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 100 250 และ 500 มิลลิลิตร
2. ปิเปต (Volumetric pipette) ขนาด 10 และ 20 มิลลิลิตร
3. เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)
4. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)
5. หลอดเซนติฟิว (Centrifuge tube) ขนาด 100 มิลลิลิตร
6. จุกปิดหลอดทดสอบแบบยาง (Rubber stopper)
7. เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
8. ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer)
9. กระบอกตวง (Measuring Cylinder) ขนาด 500 มิลลิลิตร
10. กระบอกฉีดยา (Syringes) ขนาด 5 10 และ 20 มิลลิลิตร
11. นาฬิกาจับเวลา (Stopwatch)
12. ขวดน้ำพลาสติก (Potable water bottles) ขนาด 500 มิลลิลิตร
13. หลอดหยดสาร (Dropper)
14. ภาชนะเก็บตัวอย่าง (Sample container)
15. แท่งแก้วกวนสารเคมี (Stirring rod)

#### วัตถุประสงค์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. น้ำมันดิบตัวอย่างจากฐานผลิตกำแพงแสน
  - 1.1 น้ำมันดิบชนิดหนักปานกลาง (26.15° API)
  - 1.2 น้ำมันดิบชนิดหนัก (17.07° API)
2. สารเคมีตัดซีไฟเออร์จำพวกนอนไอออนนิค (Demulsifiers หรือ Emulsion breaker)
  - 2.1 DMO86133
  - 2.2 DMO86338
3. สารตัวทำละลาย-ไซลีน (Xylene)

### การทดลองโดยอาศัยหลักการ **Bottle Test**

1. เก็บตัวอย่างน้ำมันดิบจากหัวหลุมผลิต (Wellhead) จำนวน 1500 มิลลิลิตร
2. วัดและจดบันทึกอุณหภูมิของน้ำมันดิบตัวอย่างที่เก็บได้
3. บรรจุน้ำมันดิบตัวอย่างใส่ลงขวดพลาสติกขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วนำมาต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ โดยปรับอุณหภูมิให้เท่ากับอุณหภูมิของน้ำมันดิบตัวอย่างที่วัด ณ หัวหลุมผลิตที่ 55 องศาเซลเซียส แช่ทิ้งไว้ในเป็นเวลา 15 นาที
4. ทำการเขย่าขวดที่บรรจุน้ำมันดิบตัวอย่าง และค่อย ๆ เปิดฝา เพื่อทำการไล่ก๊าซ (Free gas) ออก
5. เตรียมหลอดเซนติฟิว ขนาด 100 มิลลิลิตร จำนวน 12 หลอด และทำการเทน้ำมันดิบตัวอย่างลงหลอดเซนติฟิว หลอดละ 100 มิลลิลิตร ทำการแบ่งหลอดทดลองออกเป็น 2 ชุด ๆ ละ 6 หลอดทดลองแสดงดังในภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 หลอดเซนติฟิว (Centrifuge tube) ขนาด 100 มิลลิลิตร

6. นำหลอดเซนติฟิวที่บรรจุน้ำมันดิบตัวอย่างทั้ง 2 ชุด ลงแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที
7. เติมสารเคมีมัลซีไฟเออร์ (Demulsifier) ที่ได้จากการคำนวณความเข้มข้นต่าง ๆ

ดังแสดงในตารางที่ 3-1 และ 3-2 ตามลำดับ ในหลอดเซนติฟิวทิง 12 หลอดตามความเข้มข้นของ สารเคมีลธิไฟเออร์ (Demulsifier) ดังที่คำนวณไว้

ตารางที่ 3-1 ปริมาณของสารเคมีลธิไฟเออร์ DMO86133

| หลอดทดลอง<br>ลำดับที่ | ปริมาณน้ำมันดิบ<br>ตัวอย่าง<br>(มิลลิลิตร) | ความเข้มข้นของ<br>สารเคมีลธิไฟเออร์ DMO86133<br>(ppm) | ปริมาณการใช้<br>สารเคมีลธิไฟเออร์<br>DMO86133 (มิลลิลิตร) |
|-----------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1                     | 100                                        | 100                                                   | 0.1                                                       |
| 2                     | 100                                        | 200                                                   | 0.2                                                       |
| 3                     | 100                                        | 300                                                   | 0.3                                                       |
| 4                     | 100                                        | 400                                                   | 0.4                                                       |
| 5                     | 100                                        | 500                                                   | 0.5                                                       |
| 6                     | 100                                        | 0 (Reference)                                         | 0 (Reference)                                             |

ตารางที่ 3-2 ปริมาณของสารเคมีลธิไฟเออร์ DMO86338

| หลอดทดลอง<br>ลำดับที่ | ปริมาณน้ำมันดิบ<br>ตัวอย่าง<br>(มิลลิลิตร) | ความเข้มข้นของ<br>สารเคมีลธิไฟเออร์ DMO86338<br>(ppm) | ปริมาณการใช้<br>สารเคมีลธิไฟเออร์<br>DMO86133 (มิลลิลิตร) |
|-----------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 7                     | 100                                        | 100                                                   | 0.1                                                       |
| 8                     | 100                                        | 200                                                   | 0.2                                                       |
| 9                     | 100                                        | 300                                                   | 0.3                                                       |
| 10                    | 100                                        | 400                                                   | 0.4                                                       |
| 11                    | 100                                        | 500                                                   | 0.5                                                       |
| 12                    | 100                                        | 0 (Reference)                                         | 0 (Reference)                                             |



8. ทำการเขย่าหลอดทดลองเพื่อให้น้ำมันตัวอย่างผสมกับสารเคมีดีฟิเออร์ (Demulsifier) โดยการพลิกข้อมือไปมา จำนวน 200 ครั้ง หลังจากนั้นนำลงไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ที่ 1, 5, 10, 30, 60 และ 90 นาที และทำการจับบันทึกค่าน้ำที่เกิดจากการแยกชั้นระหว่างน้ำออกจากน้ำมันดิบ ดังแสดงในภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 การแยกชั้นน้ำออกจากน้ำมันดิบเมื่อครบ 90 นาที

9. เมื่อครบ 90 นาที ทำการปรับอุณหภูมิจาก 55 องศาเซลเซียส เป็น 65 องศาเซลเซียส แช่ทิ้งไว้ในอ่างควบคุมอุณหภูมิเป็นเวลา 60 นาที จากนั้นทำการแยกน้ำมันดิบ โดยใช้กระบอกฉีดยาค่อย ๆ ดูดเอาน้ำมันดิบส่วนบนของหลอดเซนติฟิวออกมา นำเติมลงในหลอดทดลองเซนติฟิวอีกหลอดที่เตรียมไว้

10. เติมตัวทำละลายไซลีนลงในหลอดทดลองเซนติฟิวปริมาณ 50 มิลลิลิตร และนำน้ำมันดิบที่แยกออกมาจากขั้นตอนการทดลองที่แล้ว ใสลงในหลอดทดลองเซนติฟิวให้ครบปริมาณ 100 มิลลิลิตร หลังจากนั้นทำการเขย่าให้ผสมกัน

11. นำหลอดทดลองเซนติฟิว เข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นอ่านค่าพร้อมทำการจับบันทึกผล ดังแสดงในภาพที่ 3-3 ซึ่งสามารถอ่านค่าของน้ำที่แยกชั้น (Water droplet) และค่าตะกอนสิ่งเจือปนที่เกิดขึ้นได้ (BS&W)



ภาพที่ 3-3 การแยกชั้นระหว่างน้ำมัน น้ำที่แยก และตะกอนที่เกิดจากการหมุนเหวี่ยง

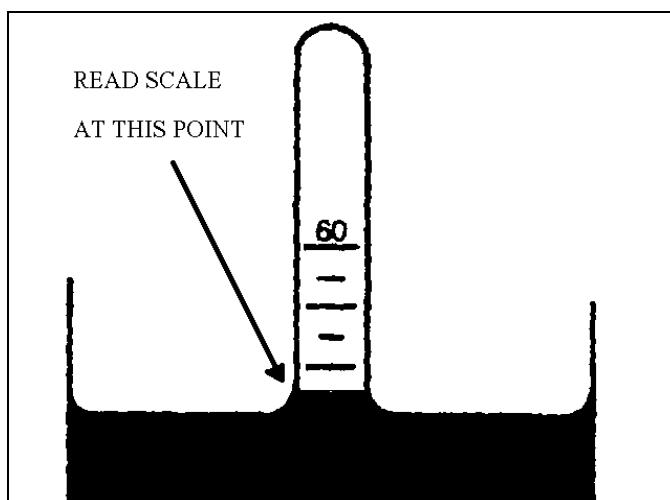
### การวัดค่าความถ่วงจำเพาะ (API gravity: American Petroleum Institute gravity)

1. เก็บตัวอย่างน้ำมันดิบปริมาณ 500 มิลลิลิตร
2. ทำการต้มน้ำมันดิบตัวอย่างที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที
3. นำน้ำมันดิบที่ต้มแล้วบรรจุลงในกระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 500 มิลลิลิตร
4. ทำการวัดอุณหภูมิ แล้วคนด้วยแท่งแก้วในทิศทางหมุนและทิศตั้งฉากกับกระบอกตวง แล้วอ่านค่าให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิทดสอบ จากนั้นนำไฮโดรมิเตอร์จุ่มลงไปน้ำมันดิบตัวอย่างและปล่อยไฮโดรมิเตอร์ ไฮโดรมิเตอร์จะอยู่ในสภาพสมดุล ควรใช้ไฮโดรมิเตอร์ในช่วงสเกลที่สูงก่อน เพื่อป้องกันไม่ให้ไฮโดรมิเตอร์จมลงไปในกระบอกตวงเนื่องจากการวัดครั้งแรก ยังไม่รู้ค่าความถ่วงจำเพาะ (API) ที่แน่นอน
5. จากนั้นเลือกใช้ไฮโดรมิเตอร์ตัวใหม่ที่มีสเกลต่ำกว่า แล้วนำเทอร์โมมิเตอร์และไฮโดรมิเตอร์จุ่มลงในตัวอย่างน้ำมันดิบที่กระบอกตวงแล้วอ่านค่าความถ่วงจำเพาะ (API) และอุณหภูมิที่ต้องการวัดพร้อมกัน ดังแสดงในภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 การจุ่มไฮโดรมิเตอร์และเทอร์โมมิเตอร์เพื่อทำการอ่านค่าความถ่วงจำเพาะ (API)

6. วิธีการอ่านค่าต้องอ่านสเกลในระดับสายตาโดยอ่านค่าอุณหภูมิที่ต้องการและค่าความถ่วงจำเพาะ (API) ทั้งคู่พร้อมกันโดยการอ่านที่ถูกต้องควรอ่านขอบบนของน้ำมันดิบ (Top of meniscus) โดยค่าความถ่วงจำเพาะ (API) ที่อ่านได้ ณ อุณหภูมิที่วัดจะนำไปแปลงค่าความถ่วงจำเพาะ (API) ที่ 60 °F (Standard) ตามหน่วยวัดที่ได้มีการพัฒนามาจากสถาบันปิโตรเลียมของอเมริกา (America petroleum institute) ดังแสดงตามภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-5 การอ่านค่าที่ถูกต้องสำหรับของเหลวขุ่นหรือทึบแสง เช่น น้ำมันดิบ

## บทที่ 4

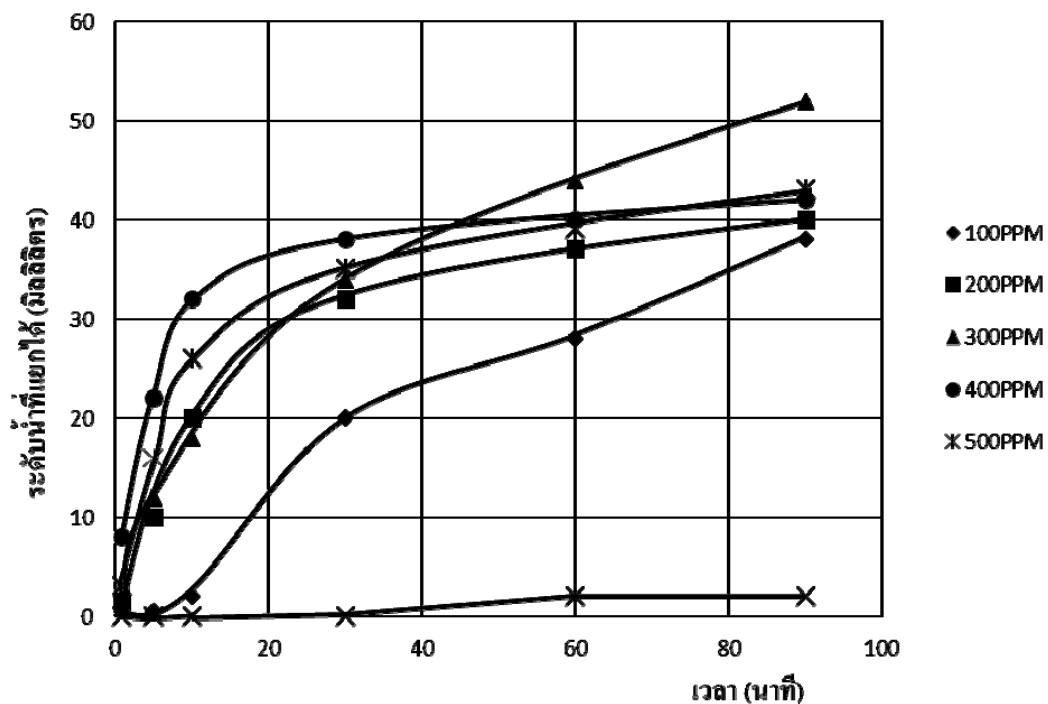
### ผลการทดลอง

#### การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสารเคมีฟอสฟอรัส

ภาพที่ 4-1 และ 4-2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารเคมีฟอสฟอรัส และระดับน้ำที่แยกได้ในน้ำมันดิบในขวดเซนติฟิวจขนาด 100 มิลลิลิตร ที่เวลาการแยก 0-90 นาที สำหรับน้ำมันชนิดหนักปานกลาง (26.15° API) และน้ำมันชนิดหนัก (17.07° API) ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สารเคมีฟอสฟอรัสมีความจำเป็นในกระบวนการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบอย่างยิ่ง โดยเห็นได้จากการเปรียบเทียบกับน้ำมันดิบตัวอย่างที่ไม่มีการเติมสารเคมีฟอสฟอรัส จากภาพที่ 4-1 ที่เวลาแยก 90 นาที น้ำมันชนิดหนักปานกลางที่ไม่มีการเติมสารเคมีฟอสฟอรัสจะสามารถแยกน้ำออกมาได้เพียง 2 มิลลิลิตร เมื่อมีการเติมสารเคมีฟอสฟอรัส 100 ppm การแยกน้ำจะมีประสิทธิภาพดีขึ้นเมื่อเวลาแยกมากกว่า 10-20 นาที ขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมีฟอสฟอรัส ซึ่งพบว่า สารเคมีฟอสฟอรัส DMO86338 มีประสิทธิภาพในการแยกชั้นน้ำออกจากน้ำมันชนิดหนักปานกลางได้มากกว่าสารเคมีฟอสฟอรัส DMO86133 การเพิ่มสารเคมีฟอสฟอรัสเป็น 200 ppm จะทำให้อัตราการแยกน้ำสูงขึ้นอย่างมากในช่วง 10 นาที และค่อย ๆ สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นและเข้าสู่สภาวะคงที่ที่เวลา 90 นาที นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารเคมีฟอสฟอรัสทั้งสองชนิดจาก 100-300 ppm จะส่งผลให้การแยกน้ำมีประสิทธิภาพดีขึ้นอย่างชัดเจน โดยเมื่อเวลาแยกที่ 90 นาที ระดับน้ำที่ได้จากการแยกเมื่อมีการเติมสารเคมีฟอสฟอรัส DMO86133 และ DMO86338 ที่ 300 ppm สูงกว่าที่ 100 ppm 27% และ 31% ตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารเคมีฟอสฟอรัสทั้งสองชนิดมากกว่า 300 จนถึง 500 ppm ที่เวลาแยก 90 นาที พบว่าประสิทธิภาพของการแยกชั้นน้ำออกจากน้ำมันดิบลดลงกว่าที่ความเข้มข้น 300 ppm ประมาณ 17% และ 21% ตามลำดับ

ภาพที่ 4-2 แสดงให้เห็นว่าการแยกน้ำออกจากน้ำมันชนิดหนักทำได้ยากกว่าการแยกน้ำออกจากน้ำมันชนิดหนักปานกลาง โดยจะเห็นได้ว่าที่เวลาแยก 90 นาที จะสามารถแยกน้ำออกมาได้เพียง 20-30 มิลลิลิตร เมื่อเทียบกับน้ำที่แยกออกมาที่ได้จากน้ำมันชนิดหนักปานกลางที่ 50-60 มิลลิลิตร ทั้งนี้เพราะคุณสมบัติของน้ำมันชนิดหนักเป็นน้ำมันที่มีลักษณะหนืดข้น มีความหนาแน่นสูง นอกจากนี้ อัตราการแยกน้ำในน้ำมันชนิดหนักมีค่าน้อยกว่าอัตราการแยกน้ำ

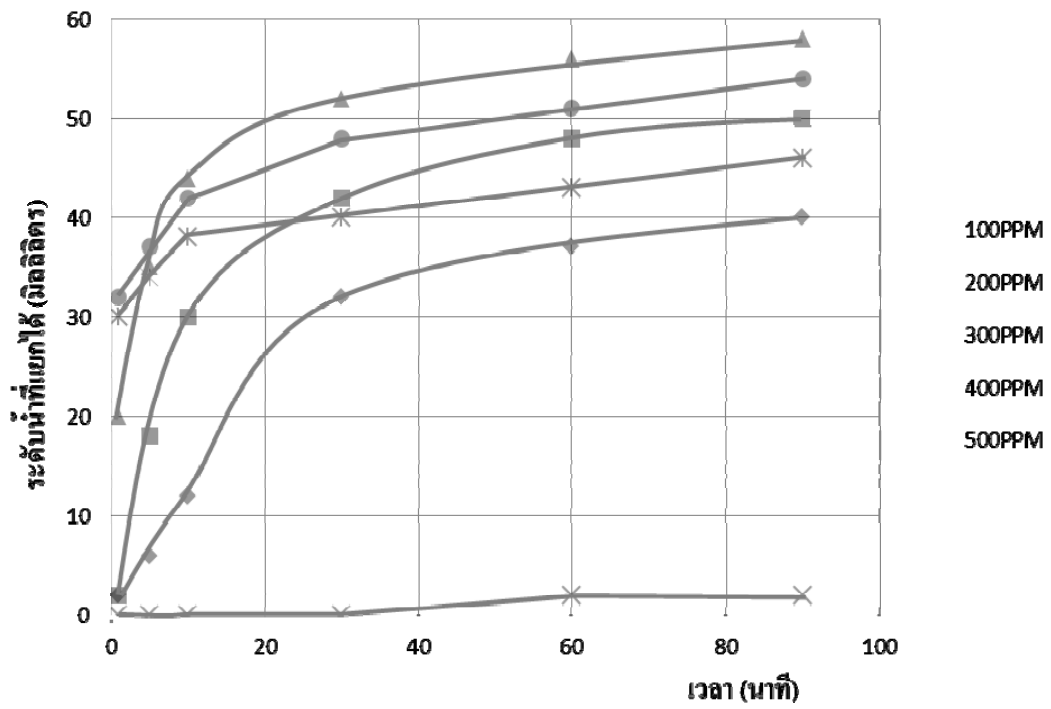
ในน้ำมันดิบชนิดหนักปานกลาง กล่าวคือ การแยกน้ำจะเริ่มเกิดที่เวลาแยกมากกว่า 30 นาทีขึ้นไป และจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจน 90 นาทีและเข้าสู่สภาวะคงที่ อย่างไรก็ตามผลกระทบของความเข้มข้นของสารเคมีฟลูออรีนต่อประสิทธิภาพการแยกเป็นไปในแนวโน้มนี้อยู่เพียงอย่างเดียวกับการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบชนิดหนักปานกลาง กล่าวคือ ประสิทธิภาพในการแยกน้ำจะมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารเคมีฟลูออรีนเพิ่มขึ้นจาก 100-300 ppm สำหรับสารเคมีฟลูออรีน DMO86133 และจาก 100-400 ppm สำหรับสารเคมีฟลูออรีน DMO86338 แต่ที่ความเข้มข้นมากกว่าค่าดังกล่าว ประสิทธิภาพในการแยกน้ำจะลดต่ำลง แต่ทั้งนี้สำหรับน้ำมันดิบชนิดหนัก พบว่าสารเคมีฟลูออรีน DMO86133 ให้ประสิทธิภาพในการแยกชั้นน้ำออกจากน้ำมันดิบได้ดีกว่าสารเคมีฟลูออรีน DMO86338



(ก) สารเคมีฟลูออรีน DMO86133

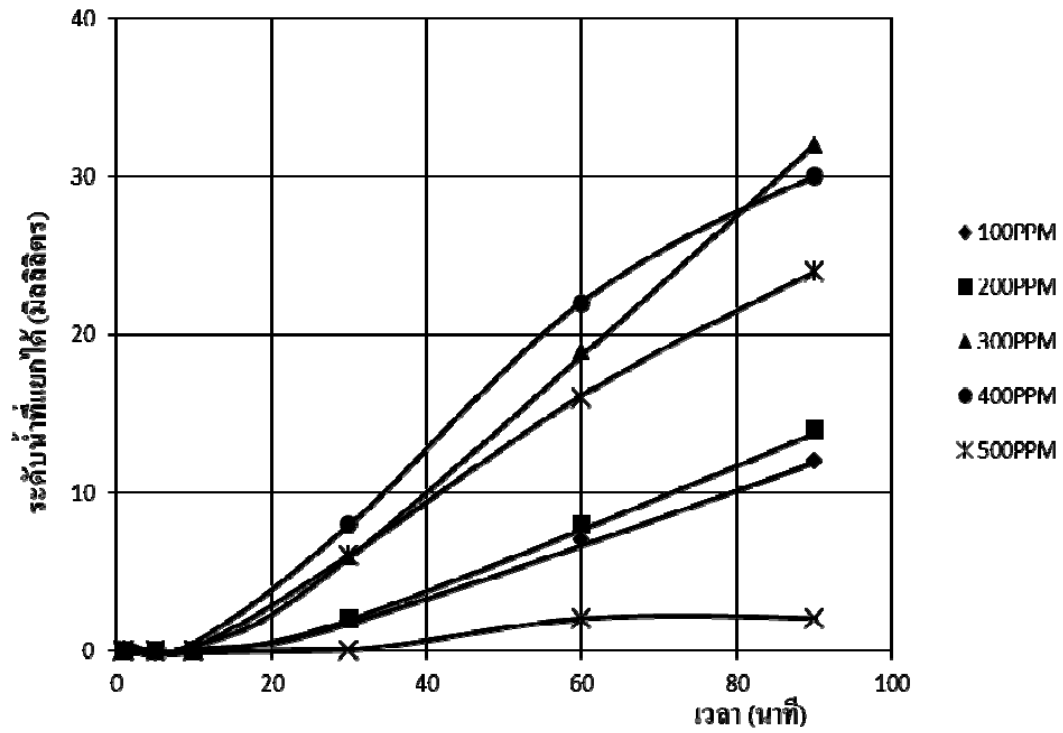
ภาพที่ 4-1 ความเข้มข้นของสารเคมีฟลูออรีนของน้ำมันชนิดหนักปานกลาง (26.15° API)

(ก) สารเคมีฟลูออรีน DMO86133 และ (ข) สารเคมีฟลูออรีน DMO86338



(ข) สารดิมัลซีไฟเออร์ DMO86338

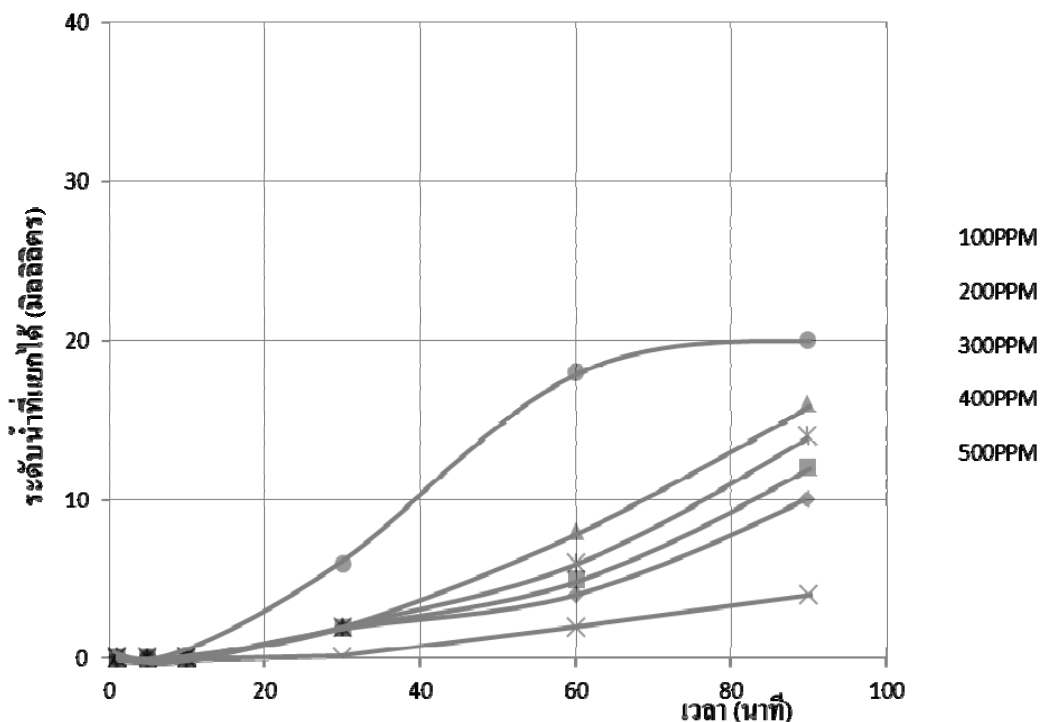
ภาพที่ 4-1 (ต่อ)



(ก) สารเคมีลธิไฟเออร์ DMO86133

ภาพที่ 4-2 ความเข้มข้นของสารเคมีลธิไฟเออร์ของน้ำมันชนิดหนัก (17.07° API)

(ก) สารเคมีลธิไฟเออร์ DMO86133 และ (ข) สารเคมีลธิไฟเออร์ DMO86338



(ข) สารเคมีดีซีไฟเออร์ DMO86338

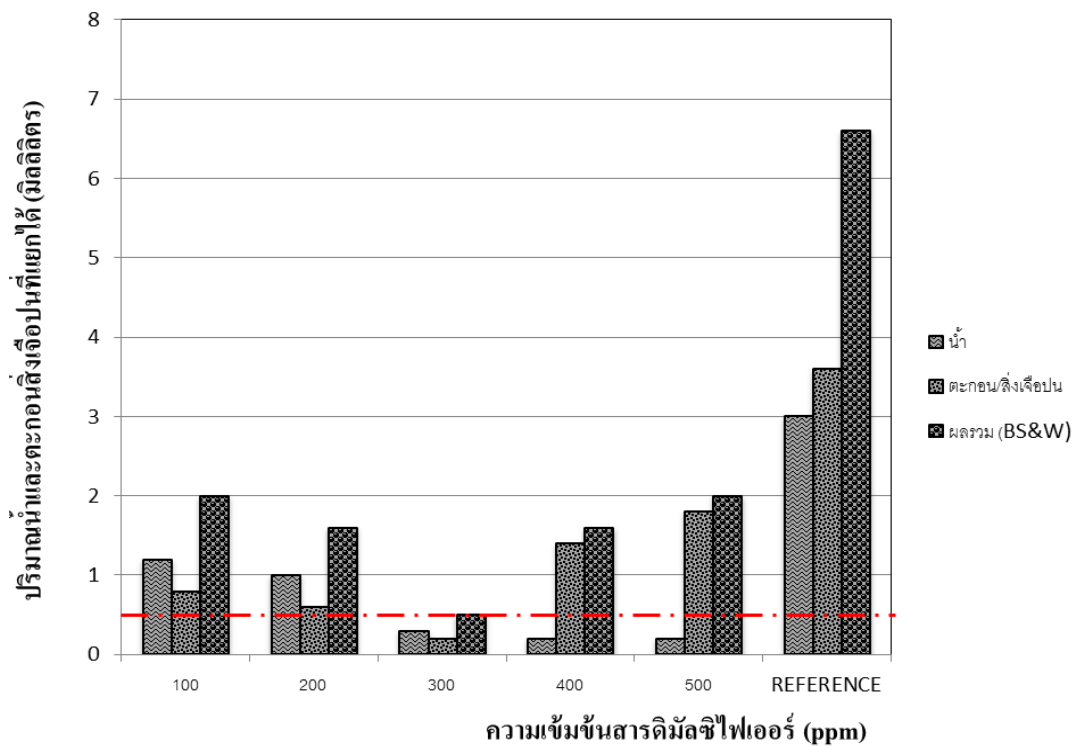
ภาพที่ 4-2 (ต่อ)

### การทดสอบค่าสิ่งเจือปนและน้ำในน้ำมันดิบ (BS&W)

นอกจากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่แยกออกจากน้ำมันดิบด้วยวิธี Bottle test แล้ว การทดสอบค่าสิ่งเจือปนและน้ำในน้ำมันดิบที่แยกได้จากวิธี Bottle test ก็มีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะค่าทดสอบนี้เป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณของน้ำมันดิบที่ได้และสีของน้ำที่แยกออกจากน้ำมันดิบ ควรมีลักษณะที่ใสสะอาด น้ำมันดิบที่ได้จากการแยกน้ำแล้วมีปริมาณมากควรมีค่าสิ่งเจือปนและน้ำ ในน้ำมันดิบที่ต่ำ ซึ่งตามมาตรฐานแล้วควรมีค่าผลรวมของสิ่งเจือปนและน้ำไม่เกิน 0.5 มิลลิลิตร จากภาพที่ 4-3 และ 4-4 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารเคมีดีซีไฟเออร์ และปริมาณน้ำและตะกอนสิ่งเจือปนที่แยกได้ สำหรับน้ำมันดิบชนิดหนักปานกลาง (26.15° API) และน้ำมันดิบชนิดหนัก (17.07° API) ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ามีเพียง สารเคมีดีซีไฟเออร์ DMO86338 และ DMO86133 ที่ความเข้มข้น 300 ppm เท่านั้นที่ลักษณะสีของ น้ำมีความใสสะอาดและค่าผลรวมของสิ่งเจือปนและน้ำตรงตามมาตรฐาน ความเข้มข้นที่ต่ำกว่า 300 ppm ปริมาณน้ำจะมีความมากกว่าตะกอน เนื่องจากสารเคมีดีซีไฟเออร์ไม่เพียงพอต่อการทำ

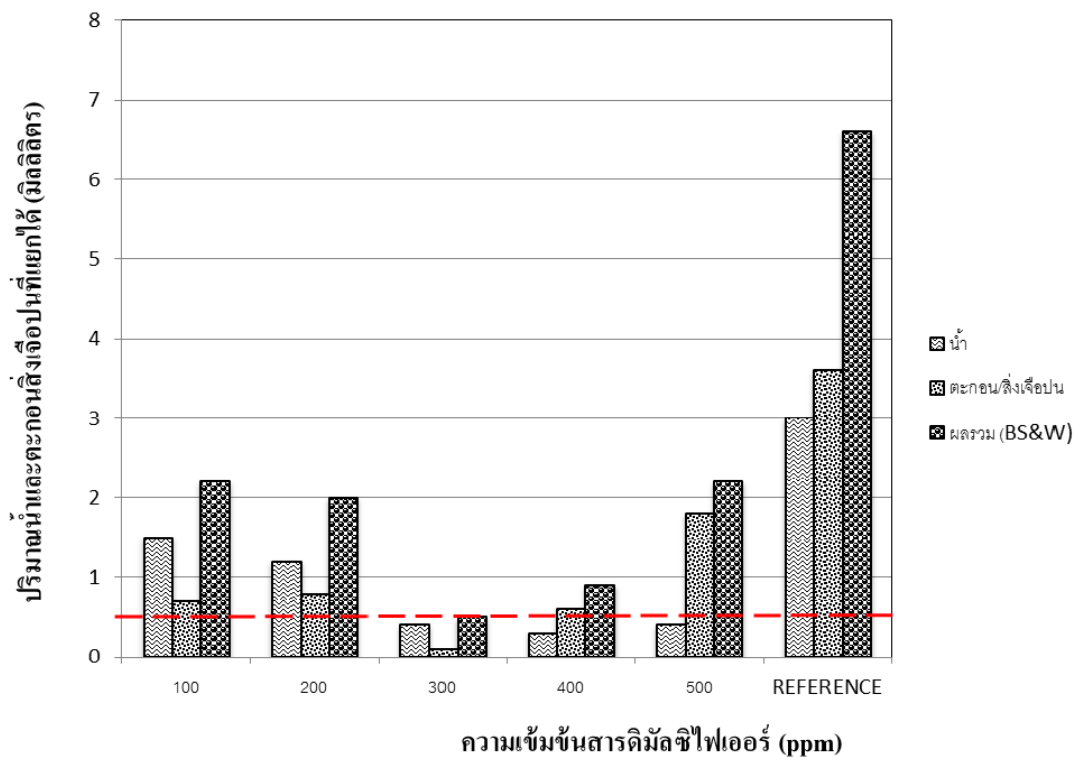


ปฏิกิริยาในน้ำมันดิบ ถึงแม้ว่าสารเคมีลธิไฟเออร์จะสามารถจับอนุภาคของน้ำให้รวมตัวกันเป็นกลุ่ม และแยกน้ำออกมาได้มากกว่าตะกอนแต่สีของน้ำที่แยกออกมาชั้นน้ำมันดิบนั้นยังคงมีลักษณะสีของน้ำค่อนข้างขาวขุ่นมัว และที่ความเข้มข้นมากกว่า 300 ppm ปริมาณน้ำจะให้ค่าต่ำและตะกอนจะให้ค่าสูง เพราะว่า สารเคมีลธิไฟเออร์ที่เข้าไปทำปฏิกิริยากับน้ำมันดิบนั้นมีความสามารถในการดูดซับจับอนุภาคของน้ำให้มารวมตัวเกาะกลุ่มกันได้น้อยลง จึงทำให้เกิดความเป็นตะกอนมากขึ้น เนื่องมาจากการเติมสารที่มากเกินไปทำให้การผสมผสานระหว่างสารเคมีลธิไฟเออร์กับน้ำมันดิบไม่สามารถเข้ากันได้ดี ลักษณะสีของน้ำและตะกอนจะค่อนข้างสกปรกออกเป็นสีน้ำตาล และจะเห็นว่าความเข้มข้นที่ต่ำกว่าหรือมากกว่า 300 ppm สอดคล้องกับวิธี Bottle test ในภาพที่ 4-4 ที่ความเข้มข้น 0-300 ppm ด้วยคุณสมบัติของน้ำมันดิบชนิดหนักค่อนข้างหนืดเหนียวและองค์ประกอบของสารเคมีลธิไฟเออร์ทั้งสองชนิด ทำให้การแยกน้ำมีประสิทธิภาพน้อย เนื่องจากการเติมสารเคมีลธิไฟเออร์ที่ไม่เพียงพอทำให้ความสามารถในการดูดซับจับอนุภาคของน้ำในน้ำมันดิบน้อยลงและสีของน้ำมีลักษณะที่ขุ่นมัวออกสีน้ำตาลเข้ม และที่ความเข้มข้น 400-500 ppm ปริมาณน้ำที่ออกมามีค่าสูงมาก เพราะความสามารถของสารเคมีลธิไฟเออร์ที่จะพยายามเข้าไปดูดซับจับอนุภาคน้ำในน้ำมันดิบให้มารวมตัวเกาะกลุ่มกันและแยกน้ำออกมา ถึงจะแยกน้ำออกมาได้ปริมาณที่มากแต่สีของน้ำที่แยกออกมามีลักษณะเป็นน้ำที่สกปรกสีออกเป็นสีดำอีกทั้งตะกอนกระจายตัวไปทั่ว ๆ ลักษณะดังกล่าวเกิดขึ้น เนื่องมาจากการเติมสารเคมีลธิไฟเออร์เข้าไปจำนวนมาก อาจส่งผลให้การทำปฏิกิริยากันที่ไม่สมบูรณ์



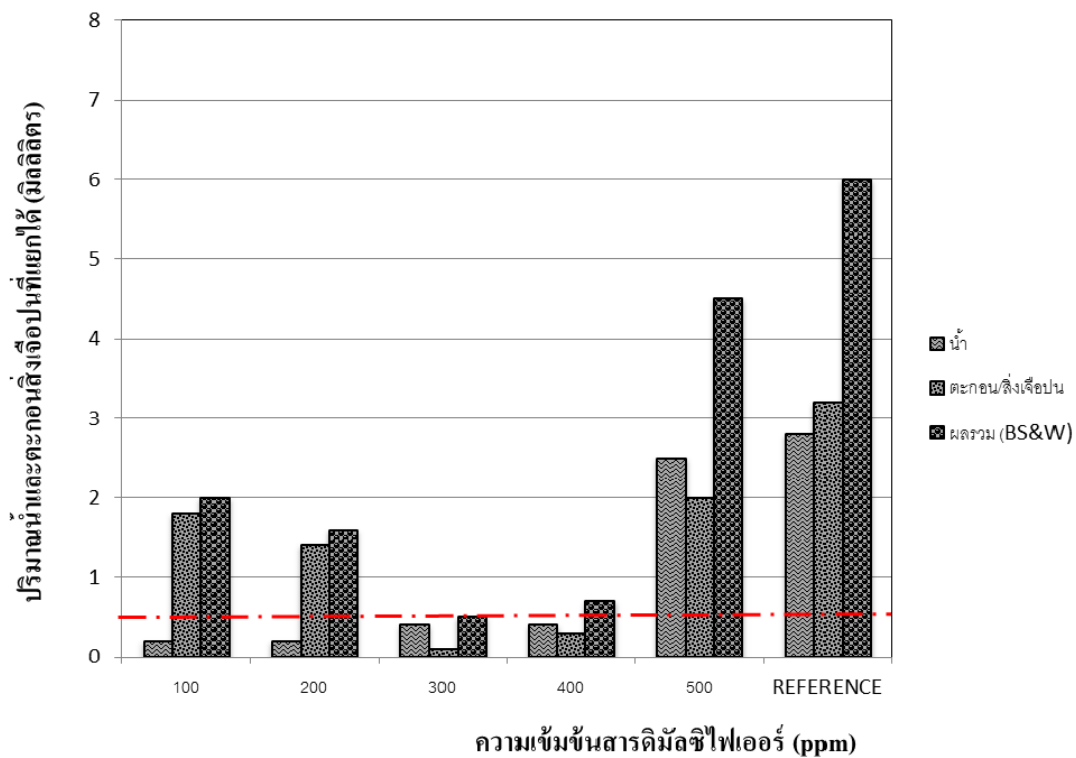
(ก) สารคีมัลซีไฟเออร์ DMO86133

ภาพที่ 4-3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารคีมัลซีไฟเออร์และค่าสิ่งเจือปนและน้ำในน้ำมันดิบชนิดหนักปานกลาง (26.15° API) (ก) สารคีมัลซีไฟเออร์ DMO86133 และ (ข) สารคีมัลซีไฟเออร์ DMO86338



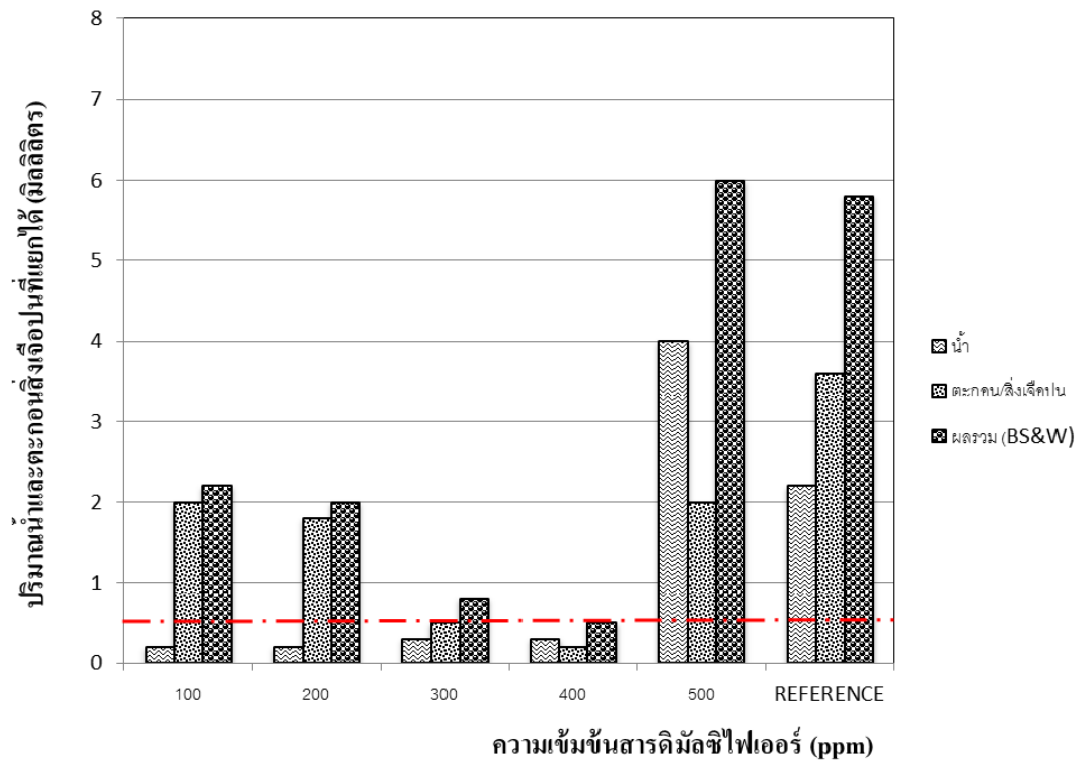
(ข) สารเคมี DMF DMO86338

ภาพที่ 4-3 (ต่อ)



(ก) สารเคมีไฟเออร์ DMO86133

ภาพที่ 4-4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารเคมีไฟเออร์และค่าสิ่งเจือปนและน้ำ  
 ในน้ำมันดิบชนิดหนัก (17.07° API) (ก) สารเคมีไฟเออร์ DMO86133 และ  
 (ข) สารเคมีไฟเออร์ DMO86338



(ข) สารเคมี DMO86338

ภาพที่ 4-4 (ต่อ)

### การวิเคราะห์ต้นทุนวัตถุดิบ

ตารางที่ 4-1 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการเติมสารเคมี DMO86338 ทั้งสองชนิด สำหรับน้ำมันดิบชนิดหนักปานกลาง (26.15° API) และน้ำมันดิบชนิดหนัก (17.07° API) ด้วยอัตราการผลิตในน้ำมันแต่ละชนิดผลิตได้ 47,700 ลิตรต่อวัน (ประมาณ 300 บาร์เรลต่อวัน) โดยผลการทดลองข้างต้นพบว่าสำหรับน้ำมันดิบชนิดหนักปานกลาง สารเคมี DMO86338 ที่ความเข้มข้น 300 ppm จะให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด เพื่อใช้ในการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบสามารถลดต้นทุนวัตถุดิบได้ 16.67% เมื่อพิจารณาถึงน้ำมันดิบชนิดหนัก ในขณะที่สารเคมี DMO86133 ที่ความเข้มข้น 300 ppm จะให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตามสารเคมี DMO86133 จะมีประสิทธิภาพดีกว่าสารเคมี DMO86338 ในการคำนวณต้นทุนการผลิต

พบว่า การใช้สารเคมีซิลิไฟเออร์ DMO86133 ในการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบชนิดหนักสามารถลดต้นทุนด้านวัตถุดิบได้ 10.00%

ตารางที่ 4-1 การเปรียบเทียบต้นทุนสารเคมีฟอสเฟตระหว่าง DMO86338 กับ DMO86133 ที่ความเข้มข้นและปริมาณการเติมสารต่าง ๆ กัน

| ชนิดของน้ำมันดิบ | ประเภทของสารเคมีฟอสเฟต | อัตราการผลิตน้ำมันดิบ (ต่อวัน) |        | ความเข้มข้นสารเคมีฟอสเฟต (PPM) | ปริมาณสารเคมีฟอสเฟตที่เติม (ลิตรต่อวัน) | ราคาต้นทุนสารเคมีฟอสเฟต (บาทต่อลิตร) | ผลต่างของต้นทุน (%) |
|------------------|------------------------|--------------------------------|--------|--------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|
|                  |                        | บาร์เรล                        | ลิตร   |                                |                                         |                                      |                     |
| ชนิดหนักปานกลาง  | DMO86133               | 300                            | 47,700 | 300                            | 14.31                                   | 2,576                                | 16.67%              |
|                  | DMO86338               | 300                            | 47,700 | 300                            | 14.31                                   | 2,146                                |                     |
| ชนิดหนัก         | DMO86133               | 300                            | 47,700 | 300                            | 14.31                                   | 2,576                                | 10.00%              |
|                  | DMO86338               | 300                            | 47,700 | 400                            | 19.08                                   | 2,862                                |                     |

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการทดลอง

1. สารเคมีลธิไฟเออร์มีความจำเป็นต่อการแยกชั้นน้ำออกจากน้ำมันดิบ เนื่องจากในน้ำมันดิบมีน้ำซึ่งเป็นอนุภาคเล็ก ๆ อาจมาในรูปแบบของอิมัลชันกระจายตัวอยู่กับน้ำมันดิบ อิมัลชันเหล่านี้เกิดขึ้นในเกือบทุกขั้นตอนของการผลิตน้ำมัน ตั้งแต่หัวหลุมผลิต การไหลผ่านท่อจน ไปสู่ถังดักเก็บน้ำมันดิบ จึงมีการนำสารเคมีลธิไฟเออร์เข้ามาใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อให้ได้น้ำมันดิบที่มีคุณภาพดีที่สุด กล่าวคือ น้ำมันดิบนั้น ไม่ควรมีน้ำหรืออิมัลชันผสม

2. สำหรับน้ำมันดิบชนิดหนักปานกลาง มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลออกสีน้ำตาล ความหนืดของน้ำมันดิบค่อนข้างเหมือนของเหลวและมีความถ่วงจำเพาะ (API Gravity) ที่  $26.15^{\circ}$  API และน้ำมันดิบชนิดหนัก ลักษณะเป็นสีดำ ความหนืดของน้ำมันชนิดนี้จะหนืดคล้ายยางมะตอย และมีค่าความถ่วงจำเพาะ (API Gravity) ที่  $17.07^{\circ}$  API ด้วยลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดิบที่ต่างกัน จำเป็นต้องใช้สารเคมีลธิไฟเออร์ที่มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน ดังแสดงในงานนิพนธ์นี้ว่า สารเคมีลธิไฟเออร์ DMO86338 เหมาะสมกับน้ำมันดิบชนิดหนักปานกลาง และสารเคมีลธิไฟเออร์ DMO86133 เหมาะสมกับน้ำมันดิบชนิดหนัก

3. ความเข้มข้นของสารเคมีลธิไฟเออร์ เป็นปัจจัยที่จำเป็นอย่างยิ่งในกระบวนการผลิตน้ำมันดิบ เพราะเป็นสารเร่งการแยกชั้นน้ำออกจากน้ำมันดิบ ดังนั้นควรเติมสารเคมีลธิไฟเออร์ให้เหมาะสมกับชนิดของน้ำมันดิบและอัตราการผลิตของน้ำมันในแต่ละวัน หากมีการเติมปริมาณสารเคมีลธิไฟเออร์มากเกินไป อาจส่งผลให้สารเคมีลธิไฟเออร์เจือปนไปกับน้ำมันดิบมากและทำให้ประสิทธิภาพในการแยกน้ำน้อยลง หรือเติมน้อยเกินไป ก็จะส่งผลให้สารเคมีลธิไฟเออร์ไม่มีประสิทธิภาพในการแยกชั้นน้ำออกจากน้ำมันดิบได้ จากงานวิจัยนี้ ในการทดลองวิธี Bottle test พบว่าสารเคมีลธิไฟเออร์ DMO86338 ที่ความเข้มข้น 300 ppm ให้ประสิทธิภาพในการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบชนิดหนักปานกลางได้ดีที่สุด ในขณะที่สารเคมีลธิไฟเออร์ DMO86133 ที่ความเข้มข้น 300 ppm เหมาะสมกับน้ำมันดิบชนิดหนักมากที่สุด

4. นอกจากประสิทธิภาพในการแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธี Bottle test แล้ว ลักษณะสีของน้ำและปริมาณของน้ำมันดิบที่ได้จากการแยกน้ำยังเป็นอีกหนึ่งปัจจัยในการเลือกใช้ชนิดและความเข้มข้นของสารเคมีลธิไฟเออร์จากการทดสอบค่าสิ่งเจือปนและน้ำในน้ำมัน (BS&W) พบว่าชนิดและความเข้มข้นของสารเคมีลธิไฟเออร์ที่ให้ประสิทธิภาพในการแยก



น้ำออกจากน้ำมัน ได้ดีที่สุดยังให้ลักษณะสีของน้ำที่ใสสะอาดพร้อมทั้งให้ค่าสิ่งเจือปนและน้ำในน้ำมันดิบตรงตามมาตรฐานที่กำหนด

5. ผลจากการวิเคราะห์การลดต้นทุนด้านวัตถุดิบ เมื่อพิจารณาตามประสิทธิภาพการแยกน้ำและปริมาณของน้ำมันดิบ พบว่าสามารถเติมสารเคมีลซไฟเออร์ DMO86338 ที่ความเข้มข้น 300 ppm ในน้ำมันดิบชนิดหนักปานกลาง และสามารถเติมสารเคมีลซไฟเออร์ DMO86133 ที่ความเข้มข้น 300 ppm ในน้ำมันดิบชนิดหนัก ซึ่งเป็นผลให้สามารถลดต้นทุนด้านวัตถุดิบลงได้ 16.67% และ 10.00% ตามลำดับ

### ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้การเปรียบเทียบของสารเคมีลซไฟเออร์เป็นไปตามงานนิพนธ์ฉบับนี้ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับองค์ประกอบของสารเคมีลซไฟเออร์ในกลุ่มอื่น ๆ หรือศึกษาสารเคมีลซไฟเออร์จากผู้ผลิตรายอื่น ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

## บรรณานุกรม

กองเชื้อเพลิงธรรมชาติ กรมทรัพยากรธรณี. (ม.ป.ป.). *ความรู้เรื่องปิโตรเลียม*, เอกสารเผยแพร่.

กองเชื้อเพลิงธรรมชาติ กรมทรัพยากรธรณี. (2547). *กำเนิดปิโตรเลียม*. เข้าถึงได้จาก

[http://www.dmf.go.th/petro\\_focus/emerging.asp](http://www.dmf.go.th/petro_focus/emerging.asp).

กองเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน. (2526). *การสำรวจปิโตรเลียมในประเทศไทย*. ข่าวสาร สชท. เมษายน 2526, 20-28.

กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน. (2552). *การเจาะสำรวจปิโตรเลียม*. เข้าถึงได้จาก

[http://www.dmf.go.th/index.php?act=petroleum&sec=drilling\\_technic](http://www.dmf.go.th/index.php?act=petroleum&sec=drilling_technic)

เฉลิมเกียรติ ทองเถาว์. (2528). *การสำรวจปิโตรเลียมโดยวิธีวัดคลื่นไหวสะเทือน (Seismic Survey)*.

ข่าวสาร สชท. ฉบับที่ 7-8 พฤษภาคม-มิถุนายน 2528.

เฉลิมเกียรติ ทองเถาว์. (2529). *การสำรวจปิโตรเลียมโดยวิธีวัดคลื่นไหวสะเทือน แบบ 3 มิติ (3*

*Dimensional Seismic Survey)*, ข่าวสาร สชท. ฉบับที่ 1 เมษายน 2529.

ชรัตน์ รุ่งเรืองศิลป์. (2533). *น้ำมัน*. กรุงเทพฯ: กองวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม สำนักงาน

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (ม.ป.ป.). *อิมัลชัน*. เข้าถึงได้จาก

<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0674/emulsion>

พิพัฒน์พงษ์ สัจจันทร์. (2547). *เอกสารประกอบการสอนวิชาโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ*, โรงเรียน

เทพลีลา

แพน โอเรียนท์ เอ็นเนอจี (สยาม) ลิมิเต็ด. (2558). *ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการผลิตปิโตรเลียมใน*

*พื้นที่สัมปทาน L53/48*, เอกสารเผยแพร่.

บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน). (2553). *สารานุกรมเปิดโลกปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน*.

กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์, ฝ่ายสื่อสารองค์กร บริษัท ปตท.

ปราโมทย์ ไชยเวช และ นุรักษ์ กฤษดานุรักษ์. (2543). *ปิโตรเลียมเทคโนโลยี*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์

แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

ขงยุทธ ตรังคศาสตร์และคณะ. (2536). *ปิโตรเลียมเมืองสยาม*. สถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย.

ระบบการศึกษาทางไกลทางอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. (ม.ป.ป.). *การแปรรูป*

*อาหารระดับอุตสาหกรรม 2*. เข้าถึงได้จาก

<http://elearning2.utcc.ac.th/officialtcu/econtent/SD301/01.swf>

ราคาน้ำมันหลากหลายชนิด ความแตกต่างที่ควรทราบ. (2558, มีนาคม). EXIM-Thailand, 10(3).

วารสารเปิดโลกปิโตรเลียม. (ม.ป.ป.). *กำเนิดปิโตรเลียม*. เข้าถึงได้จาก

<http://www.vcharkarn.com/varticle/43165>

สังวาลย์ อมดวง. (2551). *ความรู้เรื่องน้ำมันดิบ*. กรมธุรกิจพลังงาน. หนังสือเชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น. ซีเอ็ด เข้าถึงได้จาก

[http://www2.egat.co.th/fuel/index.php?option=com\\_content&view=article&id=69:2011-02-08-03-31-48&catid=48:2011-02-08-04-42-08](http://www2.egat.co.th/fuel/index.php?option=com_content&view=article&id=69:2011-02-08-03-31-48&catid=48:2011-02-08-04-42-08).

สังวาลย์ อมดวง. (2552). *คุณสมบัติของปิโตรเลียม*. แผนวิชาการน้ำมัน เข้าถึงได้จาก

<http://www2.egat.co.th/fuel/index.php>.

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โครงการพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. (2542). *ปิโตรเลียมและการผลิต*. เล่มที่ 24 (7), 224 – 228.

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. (2542). *พลังงานและทางเลือกการใช้เชื้อเพลิงของประเทศไทย*.

ศูนย์พัฒนาปิโตรเลียมภาคเหนือ กรมการพลังงานทหาร (ม.ป.ป.). *การผลิตปิโตรเลียม*. ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร

Abdulkadir, M. (2010). *Comparative analysis of the effect of demulsifiers in the treatment of crude oil emulsion*. Journal of Engineering and Applied Sciences, 5(6).

Abdurahman, Nour H., Yunus, R. M., & Jemaat Z. (2007). *Chemical demulsification of water-in-crude oil emulsions*. Journal of Applied Sciences, 7, 196-201.

Adebanjo, F. O., Aduroja, Christy, O. (2015). *Development of local demulsifier for water- in-oil emulsion treatment*. International Journal of Sciences, 24(1), 301-320.

Alshehri, A. K., Ricardez-Sandoval, L. A., & Elkamel, A. (2010). *Designing and testing a chemical demulsifier dosage controller in a crude Oil desalting plant: an artificial intelligence-based network approach*. Chemical Engineering Technology, 33(6), P. 973-982.

Amter, A. A. (2014). *Demulsification of water in crude oil*. Master's thesis, Department of Applied Science, Graduate School, Dalhousie University Halifax, Nova Scotia.

Auflem, I.H. (2002). *Influence of asphaltene aggregation and pressure on crude oil emulsion stability*. Doctor's thesis, Department of Chemical Engineering, Graduate School, Norwegian University of science and technology.

- Ben Mahmud, A. (2009). *Basics on demulsifiers and deoilers*. (Technical. Tripoli, Libya: Mabruk Oil Operations.
- Bidston, B., J., & Daniels, J., S. (1992). *Oil from the ancient lake of Thailand*. In *Processings of the Geologic Resources of Thailand, Potential for future development*, P. 584-599.
- Collier County Public Utilities Division. (2003). *Portable rig*. Retrieved from <http://www.colliergov.net/pud/d/pollcntrl/images/bigdrillerpic.jpg>.
- Dalmazzone, C., Noik, C., & Komunjer, L. (2005). *Mechanism of crude oil/water interface destabilization by silicone demulsifiers*. Society of Petroleum Engineers, 1(01).
- Drake Well Museum. (1999). *Standard rig*. Retrieved from <http://www.drillshop.com/hallfame/steelrig.jpg>.
- Earthsci. Org. (2004). *Oil stratigraphic traps*. Retrieved from <http://www.earthsci.org/mindep/traps/oildep2.html>.
- Fink, J. K. (2003). *Oil filed chemicals*. United States of America.
- Hajivand, P., & Vaziri, A. (2013). *Optimization of demulsifier formulation for separation of water from crude oil emulsions*. Brazilian Journal of Chemical Engineering, 32(01), P. 107-118.
- Hamadi, A. H., & Mahmood, L. H. (2010). *Demulsifiers for simulated Basrah crude oil*. Journal of Chemical Engineer Technology, 28, 1.
- Hatairat Triamwichanon. (1999). *Reservoir characterization using porosity distribution in SuphanBuri basin, Thailand*. Symposium on Mineral, Energy, and Water Resources of Thailand, October 28-29, Bangkok, Thailand.
- Hemant Kumar. (2014). *Fundamentals of oil and gas industry*. Retrieved from <http://www.slideshare.net/gusgon/fundamentals-of-oil-gas-industry-h-kumar>
- Hirasaki, G. J., Miller, C. A., Raney, O. G., Poindexter, M. K., Nguyen, D. T., & Hera, J. (2010). *Separation of produced emulsions from surfactant enhanced oil recovery processes*. Department of Energy Fuels.
- Lixin, W., Jinxiu, W., Zhihua, W., & Jincai, H. (2010). *Selection and evaluation of demulsifier applied to aging crude oil dehydration*. Key Laboratory of Enhanced Oil and Gas Recovery under Ministry of Education Daqing Petroleum Institute Daqing, P.R.China.

- Mineral Fuel Division. (1997). *Annual report petroleum & coal activities in Thailand*. Department of Mineral Resources, 57.
- Mosayebi, A., & Abedini, R. (2013). *Using demulsifiers for phase breaking of water/oil emulsion*. Journal of Petroleum and Coal, 55(1), P. 26-30.
- Nuraini, M., Abdurahman, H. N., & Kholijah, A. M. S. (2011). *Effect of chemical breaking agents on water-in crude oil emulsion system*. International Journal of Chemical and Environmental Engineering, 2(4).
- Odisu ,Teddy, Salami & Deborah, O. (2010). *Formulation and production of crude oil demulsifiers from locally sources materials*. Journal of Physical Sciences and Innovation, 2.
- Oil emulsions. (n.d.). Retrieved from [http://petrowiki.org/Oil\\_emulsions](http://petrowiki.org/Oil_emulsions)
- Oseghale1, C. I., J, A. E., Udotong, & G. (2012). *Breaking of oil -water emulsion for the improvement of oil recovery operations in the Niger Delta oilfields*. International Journal of Engineering and Technology, 2(11).
- Otzisk, B. (2013). *Oil/water separation technologies*. Retrieved from [http://www.digitalrefining.com/article/1000798,Oil\\_water\\_separation\\_technologies.html#.Vu959vuLTIX](http://www.digitalrefining.com/article/1000798,Oil_water_separation_technologies.html#.Vu959vuLTIX)
- Ramsan, H. (2015). *Stabilization and destabilization of crude oil emulsion*. Retrieved from <http://www.slideshare.net/chaudharyharis/crude-oil-emulsion-1>
- Rani, S. I. (2006). *Study on demulsifiers formulation for treating Malaysian crude oil emulsion*. Master's thesis, Department of Chemical and Natural Resources Engineering, Graduate School, Universiti Teknologi Malaysia.
- Raymond, L. (2006). *Oil and gas production in nontechnical language*, United States of America.
- Salam, K. K., Alade, A. O., Arinkoola, A. O., & Opawale, A. (2013). *Improving the demulsification process of heavy crude oil emulsion through blending with diluent*. Journal of Petroleum Engineering.
- Sarin Wutthisirisart. (2014). *Analysis of viscosity of light oil and its emulsion from an oilfield in Thailand*. Master's thesis, Department of Mining and Petroleum Engineering, Graduate School, Chulalongkorn University.

- Schramm, L. L. (1992). *Emulsions fundamentals and applications in the petroleum industry*. Advances in Chemical series. 231.
- Suwannee Rattanapranudej. (2004). *Improving oil recovery by waterflooding in Suphanburi basin of Thailand*. Master's thesis, Department of Geotechnology, Graduate School, Suranaree University of Technology.
- The New York Times. (2010). *Investigating the cause of the deep-water horizon blowout*. Retrieved from [http://www.nytimes.com/interactive/2010/06/21/us/20100621-bop.html?\\_r=1&](http://www.nytimes.com/interactive/2010/06/21/us/20100621-bop.html?_r=1&)
- US Oil and Gas corp. (2008) *Cementing and perforating* Retrieved from <http://www.usoilandgas.net/cementing.htm>
- Waste Management Plan. (2013). Irlam Wellsite. Environment Permit Application. Retrieved from <https://www.whatdotheyknow.com/request/205082/response/511630/attach/html/6/IRLM%20EPA%20008.pdf.html>
- Williams, J. (1990). *Accurate bs&w testing important for crude oil custody transfer*. Oil & Gas Journal. Oryx Energy Co.
- Yergin, D. (1991). *The Prize*, Simon & Schuster Ltd. London, 885.


ภาคผนวก

**ภาคผนวก ก**

เอกสารข้อมูลความปลอดภัยสารเคมี (Material safety data sheet or Safety data sheet)



ภาพภาคผนวกที่ ก-1 เอกสารข้อมูลความปลอดภัยด้านเคมีสำหรับสารเคมีชื่อไฟเออร์ DMO86133



**BAKER  
HUGHES**

Baker Petrolite

## SAFETY DATA SHEET TRETOLITE\* DMO86133

| 1 IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE/PREPARATION AND COMPANY/UNDERTAKING |                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PRODUCT NAME                                                          | TRETOLITE* DMO86133                                                                                                                             |
| PRODUCT NO.                                                           | DMO86133                                                                                                                                        |
| APPLICATION                                                           | Demulsifier                                                                                                                                     |
| SUPPLIER                                                              | Baker Petrolite<br>Kirkby Bank Road,<br>Knowsley Industrial Park<br>Liverpool. L33 7SY. UK<br>Tel +44(0)1515462855<br>Fax +44(0)1515473590      |
| CONTACT PERSON                                                        | FOR MSDS RELATED QUERIES, CONTACT PAUL CHAPMAN VIA EMAIL AT:<br>paul.chapman2@bakerhughes.com                                                   |
| EMERGENCY TELEPHONE                                                   | Baker Petrolite:- + 44 (0) 151 546 2855<br>CHEMTREC International:- +1 703 527 3887<br>* TRETOLITE is a trademark of Baker Hughes Incorporated. |

| 2 HAZARDS IDENTIFICATION                                                                                                                                                          |                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Irritating to respiratory system and skin. Limited evidence of a carcinogenic effect. Toxic to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment. |                                  |
| CLASSIFICATION                                                                                                                                                                    | Carc 3;R40. Xi;R37/38. N;R51/53. |

| 3 COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS |             |             |         |                                  |
|------------------------------------------|-------------|-------------|---------|----------------------------------|
| Name                                     | EC No.      | CAS-No.     | Content | Classification                   |
| 1,2,4-TRIMETHYLBENZENE                   | Proprietary | Proprietary | 1-5%    | R10 Xn;R20 Xi;R36/37/38 N;R51/53 |
| ALKYL (C3-5) BENZENES                    | Proprietary | Proprietary | 30-60%  | Xn;R65. Xi;R37/38. N;R51/53.     |
| NAPHTHALENE                              | Proprietary | Proprietary | 1-5%    | Carc. Cat. 3;R40 Xn;R22 N;R50/53 |




The Full Text for all R-Phrases are Displayed in Section 16

| 4 FIRST-AID MEASURES                                                                                                                                                                                                   |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>INHALATION</b><br>Remove victim immediately from source of exposure. Provide rest, warmth and fresh air. Get medical attention if any discomfort continues. If respiratory problems, artificial respiration/oxygen. |  |
| <b>INGESTION</b><br>DO NOT induce vomiting. Get medical attention immediately. Drink plenty of water.                                                                                                                  |  |
| <b>SKIN CONTACT</b><br>Wash the skin immediately with soap and water. Get medical attention promptly if symptoms occur after washing.                                                                                  |  |
| <b>EYE CONTACT</b><br>Promptly wash eyes with plenty of water while lifting the eye lids. Continue to rinse for at least 15 minutes. Get medical attention promptly if symptoms occur after washing.                   |  |


| 5 FIRE-FIGHTING MEASURES                                                                                                                                                                |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>EXTINGUISHING MEDIA</b><br>This product is not flammable. Use fire-extinguishing media appropriate for surrounding materials.                                                        |  |
| <b>SPECIAL FIRE FIGHTING PROCEDURES</b><br>Use supplied air respirator if product is involved in a fire. Cool containers exposed to flames with water until well after the fire is out. |  |

1 / 5




## ภาพภาคผนวกที่ ก-1 (ต่อ)

| <b>TRETOLITE* DMO86133</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                    |                 |                   |                 |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| <b>6 ACCIDENTAL RELEASE MEASURES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| <b>PERSONAL PRECAUTIONS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| Wear protective clothing as described in Section 8 of this safety data sheet.                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| <b>ENVIRONMENTAL PRECAUTIONS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| Do not discharge into drains, water courses or onto the ground.                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| <b>SPILL CLEAN UP METHODS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| Absorb in vermiculite, dry sand or earth and place into containers.                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| <b>7 HANDLING AND STORAGE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| <b>USAGE PRECAUTIONS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| Ventilate well, avoid breathing vapours. Use approved respirator if air contamination is above accepted level. Avoid spilling, skin and eye contact.                                                                                                                                                                                         |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| <b>STORAGE PRECAUTIONS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| The drums should be stored, with their seals intact, in conditions that avoid extremes of temperatures. Under these conditions the shelf life of the product should be approximately two years. If the product is to be stored in bulk containers, please contact Baker Petrolite for advice on materials of construction of the containers. |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| <b>STORAGE CLASS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| Chemical storage. Environmentally hazardous storage.                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| <b>8 EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| <b>Name</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>Std</b>                                         | <b>LT - ppm</b> | <b>LT - mg/m3</b> | <b>ST - ppm</b> | <b>ST - mg/m3</b> |
| 1,2,4-TRIMETHYLBENZENE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | WEL                                                | 25 ppm          |                   | No std.         |                   |
| NAPHTHALENE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | WEL                                                | 10 ppm          | 53 mg/m3          | 15 ppm          | 80 mg/m3          |
| <b>INGREDIENT COMMENTS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| WEL = Workplace Exposure Limits                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| <b>PROTECTIVE EQUIPMENT</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                    |                 |                   |                 |                   |
|                                                                                    |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| <b>PROCESS CONDITIONS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| Use engineering controls to reduce air contamination to permissible exposure level.                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| <b>ENGINEERING MEASURES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| Provide adequate general and local exhaust ventilation.                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| <b>RESPIRATORY EQUIPMENT</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| Use chemical cartridge protection with appropriate cartridge. Chemical respirator with organic vapour cartridge.                                                                                                                                                                                                                             |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| <b>HAND PROTECTION</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| Use protective gloves made of: Neoprene, nitrile, polyethylene or PVC.                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| <b>EYE PROTECTION</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| Wear approved chemical safety goggles where eye exposure is reasonably probable.                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| <b>OTHER PROTECTION</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| Wear appropriate clothing to prevent repeated or prolonged skin contact.                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| <b>HYGIENE MEASURES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| Wash at the end of each work shift and before eating, smoking and using the toilet. Wash promptly with soap & water if skin becomes contaminated. Promptly remove any clothing that becomes contaminated.                                                                                                                                    |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| <b>9 PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                    |                 |                   |                 |                   |
| <b>APPEARANCE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Liquid                                             |                 |                   |                 |                   |
| <b>COLOUR</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Dark Brown                                         |                 |                   |                 |                   |
| <b>ODOUR</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Aromatic.                                          |                 |                   |                 |                   |
| <b>SOLUBILITY</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Immiscible with water Soluble in Aromatic solvents |                 |                   |                 |                   |
| <b>MELTING POINT (°C)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | < -20                                              |                 |                   |                 |                   |
| <b>RELATIVE DENSITY</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0.930 - 1.000                                      |                 |                   |                 |                   |
| <b>VISCOSITY</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Approx. 50 cSt @ 38 °c                             |                 |                   |                 |                   |
| <b>FLASH POINT (°C)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Min. 62 PM Closed cup.                             |                 |                   |                 |                   |

## ภาพภาคผนวกที่ ก-1 (ต่อ)

| <b>TRETOLITE* DMO86133</b>                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| <b>10 STABILITY AND REACTIVITY</b>                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                 |
| <b>STABILITY</b>                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                 |
| No particular stability concerns.                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                 |
| <b>CONDITIONS TO AVOID</b>                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                 |
| Avoid contact with strong oxidisers.                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                 |
| <b>HAZARDOUS POLYMERISATION</b>                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                 |
| Will not polymerise.                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                 |
| <b>MATERIALS TO AVOID</b>                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                 |
| Strong oxidising substances.                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                 |
| <b>HAZARDOUS DECOMPOSITION PRODUCTS</b>                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                 |
| Vapours/gases/fumes of: Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> ). Carbon monoxide (CO).                                                                                                                                                                                                 |                                                                                 |
| <b>11 TOXICOLOGICAL INFORMATION</b>                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                 |
| <b>INHALATION</b>                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                 |
| Irritating to respiratory system. Vapours may irritate throat and respiratory system and cause headache, dizziness and dullness.                                                                                                                                                 |                                                                                 |
| <b>INGESTION</b>                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                 |
| Irritating. May cause nausea, stomach pain and vomiting.                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                 |
| <b>SKIN CONTACT</b>                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                 |
| Irritating to skin. Prolonged or repeated exposure may cause severe irritation.                                                                                                                                                                                                  |                                                                                 |
| <b>EYE CONTACT</b>                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                 |
| Irritating and may cause redness and pain.                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                 |
| <b>12 ECOLOGICAL INFORMATION</b>                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                 |
| <b>ECOTOXICITY</b>                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                 |
| The product contains substances which are toxic to aquatic organisms and which may cause long term adverse effects in the aquatic environment.                                                                                                                                   |                                                                                 |
| <b>13 DISPOSAL CONSIDERATIONS</b>                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                 |
| <b>DISPOSAL METHODS</b>                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                 |
| Absorb in vermiculite or dry sand, dispose in licensed hazardous waste. Dispose of waste and residues in accordance with local authority requirements.                                                                                                                           |                                                                                 |
| <b>WASTE CLASS</b>                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                 |
| The definitive European Waste code for this product will depend upon the final use that is made of this material. If the material, as originally delivered is to be disposed of please contact Baker Petrolite HSE Q&RA dept for assistance assigning the correct EU Waste Code. |                                                                                 |
| <b>14 TRANSPORT INFORMATION</b>                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                               |                                                                                 |
| <b>UK ROAD CLASS</b>                                                                                                                                                                                                                                                             | 9                                                                               |
| <b>PROPER SHIPPING NAME</b>                                                                                                                                                                                                                                                      | ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS SUBSTANCE, LIQUID, N.O.S. (contains aromatic naphtha) |
| <b>UN NO. ROAD</b>                                                                                                                                                                                                                                                               | 3082                                                                            |
| <b>UK ROAD PACK GR.</b>                                                                                                                                                                                                                                                          | III                                                                             |
| <b>ADR CLASS NO.</b>                                                                                                                                                                                                                                                             | 9                                                                               |
| <b>ADR CLASS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                 | Class 9: Miscellaneous dangerous substances and articles.                       |
| <b>HAZARD NO. (ADR)</b>                                                                                                                                                                                                                                                          | 90 Environmentally hazardous substance; miscellaneous dangerous substances.     |


## ภาพภาคผนวกที่ ก-1 (ต่อ)

| <b>TRETOLITE* DMO86133</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| HAZARD No. (ADR)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 90                                                                                          |
| ADR LABEL NO.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 9                                                                                           |
| HAZCHEM CODE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2X                                                                                          |
| RID CLASS NO.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 9                                                                                           |
| UN NO. SEA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 3082                                                                                        |
| IMDG CLASS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 9                                                                                           |
| IMDG PACK GR.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | III                                                                                         |
| MARINE POLLUTANT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                             |
| UN NO. AIR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 3082                                                                                        |
| AIR CLASS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 9                                                                                           |
| AIR PACK GR.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | III                                                                                         |
| 15 REGULATORY INFORMATION                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                             |
| <b>LABELLING</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |           |
| Harmful                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Dangerous for the environment                                                               |
| <b>CONTAINS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>NAPHTHALENE</b>                                                                          |
| <b>RISK PHRASES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                             |
| R37/38                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Irritating to respiratory system and skin.                                                  |
| R40                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Limited evidence of a carcinogenic effect.                                                  |
| R51/53                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Toxic to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment. |
| <b>SAFETY PHRASES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                             |
| S24                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Avoid contact with skin.                                                                    |
| S36/37                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Wear suitable protective clothing and gloves.                                               |
| S51                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Use only in well-ventilated areas.                                                          |
| S57                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Use appropriate containment to avoid environmental contamination.                           |
| S60                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | This material and its container must be disposed of as hazardous waste.                     |
| S61                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Avoid release to the environment. Refer to special instructions/safety data sheets.         |
| <b>UK REGULATORY REFERENCES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                             |
| Chemicals (Hazard Information & Packaging) Regulations. The Control of Substances Hazardous to Health Regulations.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                             |
| <b>EU DIRECTIVES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                             |
| Dangerous Substance Directive 67/548/EEC. Dangerous Preparations Directive 1999/45/EC.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                             |
| 16 OTHER INFORMATION                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                             |
| <b>GENERAL INFORMATION</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                             |
| This information relates only to the specific material designated and may not be valid for such material used in combination with any other materials or in any process. Such information is, to the best of the company's knowledge and belief, accurate and reliable as of the date indicated. However, no warranty guarantee or representation is made to its accuracy, reliability or completeness. It is the user's responsibility to satisfy himself as to the suitability of such information for his own particular use. |                                                                                             |
| <b>REVISION COMMENTS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                             |
| NOTE: Lines within the margin indicate significant changes from the previous revision.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                             |
| REVISION DATE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 24/05/2007                                                                                  |
| REV. NO./REPL. SDS GENERATED                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1                                                                                           |

## ภาพภาคผนวกที่ ก-1 (ต่อ)

| TRETOLITE* DMO86133  |                                                                                                  |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| RISK PHRASES IN FULL |                                                                                                  |
| R10                  | Flammable.                                                                                       |
| R20                  | Harmful by inhalation.                                                                           |
| R22                  | Harmful if swallowed.                                                                            |
| R36/37/38            | Irritating to eyes, respiratory system and skin.                                                 |
| R37/38               | Irritating to respiratory system and skin.                                                       |
| R40                  | Limited evidence of a carcinogenic effect.                                                       |
| R50/53               | Very toxic to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment. |
| R51/53               | Toxic to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.      |
| R65                  | Harmful: may cause lung damage if swallowed.                                                     |

ภาพภาคผนวกที่ ก-2 เอกสารข้อมูลความปลอดภัยด้านเคมีสำหรับสารเคมีซิลิไฟเออร์ DMO86338

|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                           |                                                                                     |               |                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------------------------|
| วันที่ปรับปรุง 10 ม.ค. 2549                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                           |  |               |                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                           | <b>Baker Petrolite</b>                                                              |               |                                           |
| <b>เอกสารข้อมูลความปลอดภัย</b>                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                           |                                                                                     |               |                                           |
| <b>เทรโทรไลท์ ดีเอ็มไอ86338 (TRETOLITE* DMO86338)</b>                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                           |                                                                                     |               |                                           |
| <b>1. ข้อมูลเกี่ยวกับสารเคมี และบริษัทผู้ผลิตและหรือจำหน่าย</b>                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                           |                                                                                     |               |                                           |
| <b>ชื่อผลิตภัณฑ์</b>                                                                                                                                                                                                                                                             | เทรโทรไลท์ ดีเอ็มไอ86338 (TRETOLITE* DMO86338)                                                                                                            |                                                                                     |               |                                           |
| <b>หมายเลขผลิตภัณฑ์</b>                                                                                                                                                                                                                                                          | DMO86338                                                                                                                                                  |                                                                                     |               |                                           |
| <b>การใช้งาน</b>                                                                                                                                                                                                                                                                 | สารเคมีซิลิไฟเออร์ (demulsifier)                                                                                                                          |                                                                                     |               |                                           |
| <b>บริษัท</b>                                                                                                                                                                                                                                                                    | Baker Petrolite<br>Kirby Bank Road,<br>Knowsley Industrial Park<br>Liverpool, L33 7SY, UK<br>โทรศัพท์ +44(0)1515462855<br>โทรสาร +44(0)1515473590         |                                                                                     |               |                                           |
| <b>ผู้รับผิดชอบ</b>                                                                                                                                                                                                                                                              | ขอข้อมูลเกี่ยวกับเอกสารข้อมูลความปลอดภัย โปรดติดต่อ PAUL CHAPMAN<br>ทางอีเมลได้ที่ paul.chapman2@bakerhughes.com                                          |                                                                                     |               |                                           |
| <b>ติดต่อขอข้อมูลในกรณีฉุกเฉิน</b>                                                                                                                                                                                                                                               | Baker Petrolite: โทรศัพท์ + 44 (0) 151 546 2855<br>CHEMTREC International: โทรศัพท์ +1 703 527 3887<br>TRETOLITE* เป็นชื่อทางการค้าของบริษัท Baker Hughes |                                                                                     |               |                                           |
| <b>2. ข้อมูลระบุความเป็นอันตราย</b>                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                           |                                                                                     |               |                                           |
| ไวไฟสูง เป็นอันตรายเมื่อสูดดม เมื่อสัมผัสถูกผิวหนัง และเมื่อกลืนกิน เป็นพิษ เป็นอันตรายจากผลกระทบร้ายแรงที่ไม่สามารถกลับคืนได้เมื่อสูดดม เมื่อสัมผัสถูกผิวหนัง และเมื่อกลืนกิน เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และอาจก่อให้เกิดผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมทางน้ำในระยะยาว |                                                                                                                                                           |                                                                                     |               |                                           |
| <b>การจำแนกสารเคมี</b>                                                                                                                                                                                                                                                           | T;R39/23/24/25, Xn;R20/21/22, F;R11, R52/53.                                                                                                              |                                                                                     |               |                                           |
| <b>3. ส่วนประกอบและข้อมูลเกี่ยวกับส่วนผสม</b>                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                           |                                                                                     |               |                                           |
| <b>ชื่อ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>เลขที่ EC</b>                                                                                                                                          | <b>เลขที่ CAS</b>                                                                   | <b>ปริมาณ</b> | <b>การจำแนกสารเคมี</b>                    |
| 1,2,4-ไตรเมทิลเบนซีน                                                                                                                                                                                                                                                             | 202-436-9                                                                                                                                                 | 95-63-6                                                                             | 1-5%          | R10 Xn;R20 Xi;R36/37/38 N;R51/53          |
| แอลคิล (C3-4) เบนซีน                                                                                                                                                                                                                                                             | 265-199-0                                                                                                                                                 | 64742-95-6                                                                          | 1-5%          | Xn;R65, N;R51/53.                         |
| แอลคิล (C3-5) เบนซีน                                                                                                                                                                                                                                                             | 265-198-5                                                                                                                                                 | 64742-94-5                                                                          | 1-5%          | Xn;R65, Xi;R37/38, N;R51/53.              |
| แอลคิลเบนซีนซิลิไฟิเคชันเอซิด                                                                                                                                                                                                                                                    | 271-528-9                                                                                                                                                 | 68584-22-5                                                                          | 1-5%          | Xn;R22, C;R34.                            |
| เมทิลลิซีน                                                                                                                                                                                                                                                                       | 203-604-4                                                                                                                                                 | 108-67-8                                                                            | < 1%          | R10 Xi;R37 N;R51/53                       |
| เมทานอล                                                                                                                                                                                                                                                                          | 200-659-6                                                                                                                                                 | 67-56-1                                                                             | 10-30%        | F;R11 T;R23/24/25,R39/23/24/25            |
| เนฟทาซีน                                                                                                                                                                                                                                                                         | 202-049-5                                                                                                                                                 | 91-20-3                                                                             | < 1%          | สารก่อกวนเชิงประเภท 3;R40 Xn;R22 N;R50/53 |
| ไซลีน                                                                                                                                                                                                                                                                            | 215-535-7                                                                                                                                                 | 1330-20-7                                                                           | < 1%          | R10 Xn;R20/21 Xi;R38                      |
| ข้อมูลฉบับเต็มของวลีเกี่ยวกับความเสี่ยง (R-Phrase) ทั้งหมด แสดงในตอนท้ายที่ 16                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                           |                                                                                     |               |                                           |
| <b>4. มาตรการปฐมพยาบาล</b>                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                           |                                                                                     |               |                                           |
| <b>หากสูดดมสาร</b>                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                           |                                                                                     |               |                                           |
| ย้ายผู้ป่วยออกจากบริเวณที่สัมผัสสารทันที ให้พักอ่อน ให้ความอบอุ่น และจัดให้อยู่ในที่ที่มีอากาศบริสุทธิ์ หากอาการยังไม่ดีขึ้นควรรักษาไปพบแพทย์ หากหายใจลำบากให้ใช้เครื่องช่วยหายใจหรือออกซิเจน                                                                                    |                                                                                                                                                           |                                                                                     |               |                                           |
| <b>หากกลืนกินสาร</b>                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                           |                                                                                     |               |                                           |
| ห้ามทำให้อาเจียน ให้ดื่มน้ำมาก ๆ และรีบพาไปพบแพทย์ทันที                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                           |                                                                                     |               |                                           |
| <b>หากสัมผัสถูกผิวหนัง</b>                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                           |                                                                                     |               |                                           |
| ล้างผิวหนังด้วยสบู่และน้ำทันที หากหลังจากล้างทำความสะอาดแล้วยังมีอาการให้รีบพาไปพบแพทย์ทันที                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                           |                                                                                     |               |                                           |
| <b>หากสารเข้าตา</b>                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                           |                                                                                     |               |                                           |
| ล้างตาด้วยน้ำสะอาดมาก ๆ ทั้งที่พร้อมเปิดเปลือกตาอย่างน้อย 15 นาที หากยังมีอาการหลังล้างตาให้รีบพาไปพบแพทย์ทันที                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                           |                                                                                     |               |                                           |

## ภาพภาคผนวกที่ ก-2 (ต่อ)

## เทอร์โทรไลท์ ดีเอ็มไอ86338

## 5. มาตรการผจญเพลิง

## วัสดุที่ใช้ดับเพลิง

สามารถดับเพลิงได้โดยใช้ละอองน้ำหรือหมอกน้ำ โฟมทนแอลกอฮอล์ ผงเคมีแห้ง ทราย โดโลไมท์ ฯลฯ

## วิธีดับเพลิงแบบพิเศษ

ใช้อุปกรณ์ส่งอากาศสำหรับหายใจหากสารเคมีเกิดเพลิงไหม้ หลีกเลี่ยงที่สัมผัสกับเปลวไฟให้เย็นลงด้วยน้ำจนกว่าเพลิงจะดับ

## อันตรายจากไฟและการระเบิดที่ไม่ปกติ

สารอาจกระจายตัวไปได้ไกลจนถึงแหล่งกำเนิดไฟและทำให้เกิดไฟไหม้ย้อนกลับ

## 6. มาตรการจัดการเมื่อมีการหกรั่วไหลของสารโดยอุบัติเหตุ

## คำเตือนสำหรับบุคคลที่เกี่ยวข้อง

สวมใส่ชุดป้องกันตามข้ออธิบายไว้ในเอกสารข้อมูลความปลอดภัย ตอนที่ 8

## คำเตือนเกี่ยวกับผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

ห้ามเขาสารทิ้งลงในท่อระบายน้ำ แหล่งน้ำ หรือบนพื้นดิน ให้กลบสารที่หกรั่วไหลด้วยทราย ดิน หรือวัสดุที่สามารถดูดซับได้ดี

## วิธีเก็บทำลายสารที่หกรั่วไหล

กำจัดแหล่งกำเนิดไฟออกให้หมด หลีกเลี่ยงประกายไฟ เปลวไฟ ความร้อน และการสูบบุหรี่ ดูดซับสารที่หกรั่วไหลด้วยเวอร์มิคิวไลท์ ทรายแห้ง หรือดิน แล้วรวบรวมใส่ลงในภาชนะ

## 7. การขนถ่ายเคลื่อนย้ายและการจัดเก็บ

## คำเตือนสำหรับการใช้งาน

เก็บสารให้ห่างจากความร้อน ประกายไฟ และเปลวไฟ จัดให้มีการระบายอากาศที่ดี หลีกเลี่ยงการสูดดมไอระเหยของสาร สวมหน้ากากหายใจได้ คุณภาพหากมีปริมาณสารปนเปื้อนในอากาศสูงกว่าระดับที่ยอมรับได้

## คำเตือนสำหรับการจัดเก็บ

ถังบรรจุสารจะต้องปิดผนึกสนิทและเก็บในที่ปราศจากอุณหภูมิสูง ซึ่งการเก็บในสภาวะเช่นนี้จะทำให้สารมีอายุได้ประมาณ 2 ปี หากจัดเก็บสารลงในภาชนะบรรจุขนาดใหญ่มากควรติดต่อกับบริษัท Baker Petrolite เพื่อขอคำแนะนำเกี่ยวกับวัสดุที่ควรใช้สร้างเป็นภาชนะบรรจุ

## ประเภทของการจัดเก็บ

จัดเก็บในประเภทของเหลวไวไฟ และประเภทสารอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

## 8. การควบคุมการรับสัมผัสและการป้องกันภัยส่วนบุคคล

| ชื่อ                 | มาตรฐาน | LT-ppm      | LT - mg/m <sup>3</sup>     | ST - ppm        | ST - mg/m <sup>3</sup>     |
|----------------------|---------|-------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|
| 1,2,4-ไตรเมทิลเบนซีน | WEL     | 25 ppm      |                            | ไม่มีค่ามาตรฐาน |                            |
| เมทานอล              | WEL     | 200 ppm(Sk) | 266 mg/m <sup>3</sup> (Sk) | 250 ppm(Sk)     | 333 mg/m <sup>3</sup> (Sk) |
| แนฟทาลีน             | WEL     | 10 ppm      | 53 mg/m <sup>3</sup>       | 15 ppm          | 80 mg/m <sup>3</sup>       |
| ไซลีน                | WEL     | 50 ppm(Sk)  | 220 mg/m <sup>3</sup> (Sk) | 100 ppm(Sk)     | 441 mg/m <sup>3</sup> (Sk) |

## คำอธิบาย

WEL = ขีดจำกัดที่ยอมให้สัมผัสได้ในสถานที่ทำงาน (Workplace Exposure Limits)

## อุปกรณ์ป้องกัน



## สภาวะของกระบวนการ

ใช้การควบคุมทางวิศวกรรมเพื่อลดการปนเปื้อนของสารในอากาศให้อยู่ในระดับที่อนุญาตให้สัมผัสได้

## มาตรการทางวิศวกรรม

ใช้อุปกรณ์ระบายอากาศชนิดป้องกันการระเบิดแบบทั่วไปและแบบเฉพาะ

## อุปกรณ์ช่วยหายใจ

ใช้อุปกรณ์กรองสารเคมีที่มีเครื่องหมายที่เหมาะสม ใช้หน้ากากกรองสารเคมีที่มีเครื่องหมายหรือ

## การป้องกันมือ

สวมถุงมือป้องกันที่ทำจากไนโอพรีน ไนไตรล์ พอลิเอทิลีน หรือพีวีซี

## การป้องกันดวงตา





สวมแว่นตาป้องกันสารเคมีที่ได้คุณภาพเพื่อป้องกันดวงตาจากการสัมผัสสารเคมี

## ภาพภาคผนวกที่ ก-2 (ต่อ)

| <b>เทอร์โพรไลท์ ทีเอ็มไอ86338</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <p><b>การป้องกันอื่น ๆ</b><br/>สวมใส่เสื้อผ้าที่เหมาะสมเพื่อป้องกันผิวหนังสัมผัสวัสดุสารซ้ำ ๆ หรือในระยะยาว<br/><b>มาตรการในการป้องกันสุขอนามัย</b><br/>ล้างผิวหนังเมื่อสิ้นสุดการทำงาน และก่อนรับประทานอาหาร สูดบุหรี่ และเข้าห้องน้ำ ล้างผิวหนังด้วยสบู่และน้ำทันทีเมื่อสัมผัสวัสดุสาร และถอดเสื้อผ้าออกทันทีเมื่อสัมผัสวัสดุสาร</p>                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                    |
| <b>9. สมบัติทางเคมีและกายภาพ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                    |
| <b>ลักษณะภายนอก</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | ของเหลว                                            |
| <b>สี</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | น้ำตาลเข้ม                                         |
| <b>กลิ่น</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | หอมอ่อน ๆ                                          |
| <b>การละลาย</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายในตัวทำละลายอะโรมาติก        |
| <b>จุดหลอมเหลว (°C)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | น้อยกว่า -50°C                                     |
| <b>ความหนาแน่นสัมพัทธ์</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0.933 - 1.003 ที่ 16°C                             |
| <b>ความหนืด</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 44 - 87 cSt ที่ 38°C                               |
| <b>จุดวาบไฟ (°C)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | ต่ำสุด 9°C ทดสอบด้วยวิธี Pensky-Martens Closed Cup |
| <b>10. ความเสถียรและความไวต่อการเกิดปฏิกิริยา</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                    |
| <p><b>ความเสถียร</b><br/>ไม่ระบุ<br/><b>สถานะที่ควรหลีกเลี่ยง</b><br/>หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับตัวออกซิไดซ์แรง<br/><b>การเกิดเป็นพอลิเมอร์อันตราย</b><br/>ไม่เกิดกระบวนการพอลิเมอร์ไรซ์<br/><b>วัสดุที่ควรหลีกเลี่ยง</b><br/>สารออกซิไดซ์แรง<br/><b>ผลิตภัณฑ์อันตรายที่เกิดจากการสลายตัว</b><br/>ไอระเหย/แก๊ส/ควัน ของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>), คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)</p>                                                                                                                                                                                                                          |                                                    |
| <b>11. ข้อมูลด้านพิษวิทยา</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                    |
| <p><b>เมื่อสูดดม</b><br/>พิษ: เป็นอันตรายจากผลกระทบร้ายแรงที่ไม่สามารถกลับคืนได้เมื่อสูดดม ไอระเหยของสารมีฤทธิ์เสพติด และอาจทำให้ปวดศีรษะ อ่อนแรง มึนงง และคลื่นไส้<br/><b>เมื่อกลืนกิน</b><br/>พิษ: เป็นอันตรายจากผลกระทบร้ายแรงที่ไม่สามารถกลับคืนได้เมื่อกลืนกิน อาจทำให้คลื่นไส้ ปวดศีรษะ มึนงง และเมอา<br/><b>เมื่อสัมผัสผิวหนัง</b><br/>พิษ: เป็นอันตรายจากผลกระทบร้ายแรงที่ไม่สามารถกลับคืนได้เมื่อสัมผัสผิวหนัง อาจดูดซึมเข้าสู่ผิวหนัง<br/><b>เมื่อเข้าตา</b><br/>เกิดการระคายเคือง และอาจทำให้ตาแดงและเจ็บปวด<br/><b>ผลกระทบอื่น ๆ ต่อสุขภาพ</b><br/>แนฟทาลีนจัดอยู่ในสารก่อมะเร็งประเภท 3</p> |                                                    |
| <b>12. ข้อมูลด้านนิเวศวิทยา</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                    |
| <p><b>ความเป็นพิษด้านนิเวศน์</b><br/>เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมหากทิ้งสารลงสู่แหล่งน้ำ</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                    |
| <b>13. ข้อพิจารณาในการกำจัด</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                    |
| <p><b>วิธีกำจัด</b><br/>ดูขีปนสารด้วยวิธีตัวโลหรือหลายแห่งแล้วทิ้งลงในของเสียอันตรายที่ได้รับอนุญาต กำจัดของเสียและกากที่เหลือตามระเบียบบังคับในท้องถิ่น<br/><b>ประเภทของของเสีย</b><br/>การจัดประเภทของเสียอันตรายตามระบบของสหภาพยุโรปหรือ European Waste code สำหรับผลิตภัณฑ์นี้ขึ้นกับการนำวัสดุนี้ไปใช้งานครั้ง<br/>สุดท้าย หากต้องการกำจัดของเสียจากวัสดุนี้โปรดติดต่อแผนก HSE Q&amp;RA ของบริษัท Baker Petrolite เพื่อขอความช่วยเหลือในการกำหนดการ<br/>จัดประเภทของเสียอันตรายตามระบบของสหภาพยุโรปที่ถูกต้อง</p>                                                                                   |                                                    |
| <b>14. ข้อมูลสำหรับการขนส่ง</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                    |



## ภาพภาคผนวกที่ ก-2 (ต่อ)

| <b>เทอร์โทรไลต์ ดีเอ็มไอ86338</b>                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| ประเภทการขนส่งทางถนนของสหราชอาณาจักร                                                                                                                                                                                                  | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| ชื่อที่ใช้ในการขนส่ง                                                                                                                                                                                                                  | ของเหลวไวไฟ, N.O.S. (มีสารอะซิฟลาติกแอลกอฮอล์ และอะโรมาติกเนฟทา)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| หมายเลขสหประชาชาติในการขนส่งทางถนน                                                                                                                                                                                                    | 1993                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| กลุ่มบรรจุภัณฑ์ขนส่งทางถนนของสหราชอาณาจักร                                                                                                                                                                                            | II                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| หมายเลขประเภทการขนส่งทางถนน (ADR)                                                                                                                                                                                                     | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| ประเภทการขนส่งทางถนน (ADR)                                                                                                                                                                                                            | ประเภท 3: ของเหลวไวไฟ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| กลุ่มบรรจุภัณฑ์ขนส่งทางถนน (ADR)                                                                                                                                                                                                      | II                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| หมายเลขสารอันตราย (ขนส่งทางถนน (ADR))                                                                                                                                                                                                 | 33 ของเหลวไวไฟ (จุดความไวต่ำกว่า 23°C)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| หมายเลขฉลากการขนส่งทางถนน (ADR)                                                                                                                                                                                                       | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| รหัสความเป็นอันตรายของสาร (HAZCHEM CODE)                                                                                                                                                                                              | 3YE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| หมายเลขประเภทการขนส่งทางรถไฟ (RID)                                                                                                                                                                                                    | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| กลุ่มบรรจุภัณฑ์ขนส่งทางรถไฟ (RID)                                                                                                                                                                                                     | II                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| หมายเลขสหประชาชาติในการขนส่งทางทะเล                                                                                                                                                                                                   | 1993                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ประเภทประมวลข้อบังคับว่าด้วยการขนส่งสิ่งของ<br>ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายทางทะเล (IMDG)                                                                                                                                                  | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| กลุ่มบรรจุภัณฑ์ขนส่งทางทะเล (IMDG)                                                                                                                                                                                                    | II                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| มลพิษทางทะเล                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| หมายเลขสหประชาชาติในการขนส่งทางอากาศ                                                                                                                                                                                                  | 1993                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ประเภทการขนส่งทางอากาศ                                                                                                                                                                                                                | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| กลุ่มบรรจุภัณฑ์ขนส่งทางอากาศ                                                                                                                                                                                                          | II                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>15. ข้อมูลเกี่ยวกับกฎข้อบังคับ</b>                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>การติดฉลาก</b>                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <span>เป็นพิษ</span> <span>ไวไฟสูง</span>                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>มีสาร</b>                                                                                                                                                                                                                          | เมทานอล                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>วิธีเกี่ยวกับความเสี่ยง</b>                                                                                                                                                                                                        | R11                      ไวไฟสูง<br>R20/21/22            เป็นอันตรายเมื่อสูดดม สัมผัสถูกผิวหนัง และเมื่อกลืนกิน<br>R39/23/24/25        เป็นพิษ: เป็นอันตรายจากผลกระทบร้ายแรงที่ไม่สามารถกลับคืนได้<br>เมื่อสูดดม สัมผัสถูกผิวหนัง และเมื่อกลืนกิน<br>R52/53                เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และอาจก่อให้เกิดผลกระทบที่เป็น<br>อันตรายต่อสิ่งแวดล้อมทางน้ำในระยะยาว                  |
| <b>วิธีเกี่ยวกับความปลอดภัย</b>                                                                                                                                                                                                       | S16                      เก็บให้ห่างจากแหล่งกำเนิดไฟ – ห้ามสูบบุหรี่<br>S38                      ในกรณีสูดดม: หนีออกจากที่สูดดม ให้สวมอุปกรณ์ช่วยหายใจที่เหมาะสม<br>S45                      ในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุหรือรู้สึกไม่สบาย ให้รีบไปพบแพทย์ทันที (หากเป็นไปได้<br>ใ้ชี้แจงแสดงฉลากของสารเคมีด้วย)<br>S36/37/39            สวมชุดป้องกัน ถุงมือ และเครื่องป้องกันดวงตา/ใบหน้า ที่เหมาะสม |
| <b>เอกสารอ้างอิงกฎข้อบังคับของสหราชอาณาจักร</b>                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| ระเบียบปฏิบัติเกี่ยวกับสารเคมี (ข้อมูลความเป็นอันตรายและการบรรจุภัณฑ์) การควบคุมอันตรายของสารต่อระเบียบด้านอนามัย (Chemicals (Hazard Information & Packaging) Regulations. The Control of Substances Hazardous to Health Regulations) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

## ภาพภาคผนวกที่ ก-2 (ต่อ)

| <b>เทรโทรไลท์ ดีเอ็มโอ86338</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>คำสั่งของสหภาพยุโรป (EU Directive)</b><br>เป็นสารอันตรายตามคำสั่ง Directive 67/548/EEC เป็นของผสมอันตรายตามคำสั่ง Directive 1999/45/EC                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                          |
| <b>16. ข้อมูลอื่น ๆ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                          |
| <b>ข้อมูลทั่วไป</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                          |
| ข้อมูลนี้เกี่ยวข้องกับสารที่ระดมเอกสารเท่านั้น และข้อมูลจะไม่มีผลผูกมัดเมื่อไปผสมกับสารอื่นหรือในกระบวนการอื่น ข้อมูลนี้ได้มาจากความรู้และความเข้าใจของบริษัทและมีความถูกต้องและเชื่อถือได้ตามวันที่ระบุไว้ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลนี้ไม่ใช่การรับประกันหรือแสดงถึงความถูกต้อง ความเชื่อถือได้ หรือความสมบูรณ์ของสาร และเป็นหน้าที่ของผู้ใช้ที่จะนำข้อมูลนี้ไปใช้ให้เกิดความเหมาะสม |                                                                                                          |
| <b>ข้อแนะนำที่ปรับปรุง</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                          |
| เอกสารได้รับการปรับปรุงในตอนๆที่ 2, 3, 11, 15, 16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                          |
| <b>วันที่ปรับปรุง</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 10 ม.ค.2549                                                                                              |
| <b>หมายเลขการปรับปรุง/เอกสาร</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                          |
| <b>ข้อมูลความปลอดภัยที่สร้างแทนของเดิม</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1                                                                                                        |
| <b>วลีเกี่ยวกับความเสี่ยงฉบับเดิม</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                          |
| R10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | ไวไฟ                                                                                                     |
| R11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | ไวไฟสูง                                                                                                  |
| R20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | เป็นอันตรายเมื่อสูดดม                                                                                    |
| R20/21                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | เป็นอันตรายเมื่อสูดดมและสัมผัสผิวหนัง                                                                    |
| R22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | เป็นอันตรายเมื่อกลืนกิน                                                                                  |
| R23/24/25                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | เป็นพิษเมื่อสูดดม สัมผัสผิวหนัง และเมื่อกลืนกิน                                                          |
| R34                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | ทำให้เกิดแผลไหม้                                                                                         |
| R36/37/38                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ระคายเคืองต่อดวงตา ระบบหายใจ และผิวหนัง                                                                  |
| R37                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | ระคายเคืองต่อระบบหายใจ                                                                                   |
| R37/38                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ระคายเคืองต่อระบบหายใจ และผิวหนัง                                                                        |
| R38                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | ระคายเคืองต่อผิวหนัง                                                                                     |
| R39/23/24/25                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | เป็นพิษ: เป็นอันตรายจากผลกระทบร้ายแรงที่ไม่สามารถกลับคืนได้เมื่อสูดดม เมื่อสัมผัสผิวหนัง และเมื่อกลืนกิน |
| R40                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | มีหลักฐานจำกัดของการออกฤทธิ์การเป็นสารก่อมะเร็ง                                                          |
| R50/53                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | เป็นพิษมากต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และอาจก่อให้เกิดผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมทางน้ำในระยะยาว         |
| R51/53                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และอาจก่อให้เกิดผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมทางน้ำในระยะยาว            |
| R65                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | อันตราย: เป็นอันตรายต่อปอด หากกลืนกินสาร                                                                 |

ภาพภาคผนวกที่ ก-3 เอกสารข้อมูลความปลอดภัยด้านเคมีสำหรับไซลีน (Xylene)

แบบแจ้งรายละเอียดเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย  
Safety Data Sheet

## ไซลีน : Xylene

### 1. ข้อมูลเกี่ยวกับสารเคมีและบริษัทผู้ผลิตและจัดจำหน่าย

#### Chemical Product and Company Identification

|                  |   |                                                                |
|------------------|---|----------------------------------------------------------------|
| ชื่อทางการค้า    | : | ไซลีน (Xylene)                                                 |
| Trade Name       | : | มิกซ์ไซลีน (mix-Xylene)                                        |
| ชื่อทางเคมี      | : | ไดเมทิลเบนซีน (Dimethyl-Benzene)                               |
| Chemical name    | : |                                                                |
| สูตรทางเคมี      | : | $C_6H_4(CH_3)_2$                                               |
| Chemical formula | : |                                                                |
| น้ำหนักโมเลกุล   | : | 106.2                                                          |
| Molecular Weight | : |                                                                |
| การใช้ประโยชน์   | : | ใช้เป็นสารทำละลาย ผลิตยา สีย้อม สารกำจัดศัตรูพืช แล็คเกอร์และ  |
| Use              | : | สารเคลือบเงา และน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องบิน               |
| ผู้ผลิต          | : | IRPC, Rayong                                                   |
| ตัวแทนจำหน่าย    | : | บริษัท โกลบอล เคมี เทรคคิง จำกัด                               |
| Supplier         | : | 140/31 ซ.กิ่งแก้ว9/1 ม.12 ค.ราชาเทวะ<br>อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ |

## ภาพภาคผนวกที่ ก-3 (ต่อ)

|                                                |   |                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>2. องค์ประกอบ/ข้อมูลเกี่ยวกับส่วนผสม</b>    |   | <b>: Composition/Information on Ingredients</b>                                                                                 |
| ชื่อห้องอื่น ๆ<br>Synonyms Name                | : | โทโทไรซีน (Total Xylene)                                                                                                        |
| UN No.                                         | : | 1307                                                                                                                            |
| CAS No.                                        | : | 1330-20-7                                                                                                                       |
| <b>3. สารประกอบที่เป็นอันตราย</b>              |   | <b>: Hazardous Ingredients</b>                                                                                                  |
| อันตรายเกี่ยวกับความปลอดภัย<br>Safety Hazards  | : | เป็นสารไวไฟสูง                                                                                                                  |
| อันตรายต่อคน<br>Human Health Hazards           | : | เป็นอันตรายเมื่อสูดดมและเมื่อถูกผิวหนัง เสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายอย่างรุนแรงต่อดวงตา ระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ และผิวหนัง |
| อันตรายต่อสิ่งแวดล้อม<br>Environmental Hazards | : | ระดับมลพิษต่อแหล่งน้ำ: 2 (สารก่อกมลพิษ ระดับปานกลาง) เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต ที่อาศัยในน้ำ เป็นอันตรายต่อแหล่งน้ำดื่ม             |
| <b>4. การปฐมพยาบาล</b>                         |   | <b>: First Aid Measures</b>                                                                                                     |
| การสัมผัสโดยการหายใจเข้าไป<br>Inhalation       | : | ถ้าหายใจเข้าไปให้เคลื่อนย้ายออกไปในที่อากาศบริสุทธิ์ ถ้าผู้ป่วยหยุดหายใจให้ช่วยหายใจ ถ้าหายใจลำบากให้ออกซิเจน นำส่งแพทย์        |
| การสัมผัสทางผิวหนัง<br>Skin Contact            | : | ให้ฉีดล้างผิวหนังทันทีด้วยน้ำสะอาดปริมาณมากๆ และให้ล้างด้วยน้ำสบู่ตาม พร้อมถอดเสื้อผ้าและรองเท้าที่เปื้อนเป็นสารเคมีออก         |
| การสัมผัสทางตา<br>Eye Contact                  | : | ให้ฉีดล้างตาทันทีด้วยน้ำสะอาดปริมาณมากๆ อย่างน้อย 10 นาที พร้อมกระพริบตาถี่ๆ ขณะทำการล้าง ให้นำส่งแพทย์                         |
| การกลืนกินเข้าสู่ร่างกาย<br>Ingestion          | : | ห้ามทำให้อาเจียน ห้ามให้กินนมหรือน้ำมันที่ย่อยสลายได้ ทำให้ผู้ป่วยหายใจสะดวก นำส่งแพทย์                                         |

## ภาพภาคผนวกที่ ก-3 (ต่อ)

|                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>5. ข้อมูลด้านอัคคีภัยและการระเบิด</b>                                | <b>: Fire and Explosion Hazard Data</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| จุดวาบไฟ<br>Flash Point                                                 | : 25 °C (Abel)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ขีดจำกัดการติดไฟ<br>Flammable Limits                                    | : ค่าต่ำสุด (LEL) 1 %V<br>ค่าสูงสุด (UEL) 7 %V                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| อุณหภูมิสามารถติดไฟได้เอง<br>Auto Ignition Temperature                  | : 527 °C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| การเกิดปฏิกิริยาทางเคมี<br>Chemical Reactivity                          | : มีเสถียรภาพภายใต้สภาวะปกติ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| สารที่ต้องหลีกเลี่ยงจากกัน<br>Materials to Avoid                        | : หลีกเลี่ยงจากสารออกซิไดส์ซึ่งเข้มข้น                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| สารดับไฟที่เหมาะสม<br>Extinguishing Media                               | : สเปรย์น้ำ ผงเคมีแห้ง โฟมทนแอลกอฮอล์ และคาร์บอนไดออกไซด์                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| คำแนะนำเพิ่มเติมเกี่ยวกับการดับเพลิง<br>Fire Fighting Additional Advice | : ให้ฉีดน้ำหล่อเย็นภาชนะบรรจุที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| อุปกรณ์ป้องกันสำหรับผู้ผจญเพลิง<br>Protective Equipment                 | : พนักงานดับเพลิงควรสวมหน้ากากช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว และสวมชุดป้องกันสารเคมี                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>6. ข้อปฏิบัติเมื่อเกิดการรั่วไหล</b>                                 | <b>: Accidental Release Measures</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| มาตรการป้องกัน<br>Protective Measures                                   | : - ปฏิบัติตามระเบียบข้อบังคับระหว่างประเทศและ ในท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องทั้งหมด<br>- ระมัดระวังสัมผัสกับสารที่หกหรือระเหยออกมา ให้ถอดเสื้อผ้าที่ปนเปื้อนสารออกทันที คู่มือคำแนะนำเกี่ยวกับการเลือกอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล หลีกเลี่ยงการรั่วไหลของสารเคมี โดยเร็ว หากสามารถทำได้โดยปลอดภัยให้นำสิ่งของหรืออุปกรณ์ที่อาจติดไฟได้ทั้งหมด ออกจากบริเวณพื้นที่โดยรอบ ป้องกันการแพร่กระจายของสารโดย |

### ภาพภาคผนวกที่ ก-3 (ต่อ)

|                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                        | <p>การใช้ดินหรือทรายสร้างเป็นเขื่อนกัน เพื่อป้องกันไม่ให้สารรั่วหก ลงในแหล่งน้ำหรือทางระบายน้ำสาธารณะ</p> <p>- ดำเนินการป้องกันการเกิดประกายไฟและ ไฟฟ้าสถิต โดยดูแลให้ ไฟฟ้าสามารถเดินต่อเนื่องกันได้ตลอด โดยการเชื่อมต่ออุปกรณ์ ทั้งหมดลงดิน</p>                                                                                      |
| <p><b>วิธีการกำจัดมลพิษที่หกหรือรั่วไหล (Clean-Up Methods)</b></p>     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <p>- หกหรือรั่วไหลเล็กน้อย (&lt; 200 LT)</p>                           | <p>: ให้อายุของเหลวด้วยวิธีการใส่เข้าสู่ภาชนะบรรจุที่ปิดป้ายและปิด ผนึกอย่างดีเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ใหม่ หรือกำจัดทิ้งอย่างปลอดภัย ปล่อยของเหลวที่ตกค้างทิ้งไว้ให้ระเหยไปเอง หรือใช้วัสดุดูดซับ ทำการซับออกแล้วนำไปกำจัดทิ้งอย่างปลอดภัย</p>                                                                                             |
| <p>- หกหรือรั่วไหลมาก (&gt; 200 LT)</p>                                | <p>: ใช้รถบรรทุกสูบของเหลวจากถังที่หกเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ใหม่ หรือกำจัดทิ้งอย่างปลอดภัย ห้ามใช้น้ำสะอาดของเหลวที่ตกค้าง แต่ให้ ปล่อยของเหลวที่ตกค้างทิ้งไว้ให้ระเหยไปเอง หรือใช้วัสดุดูดซับ ซับเอาของเหลวที่ตกค้างแล้วนำไปกำจัดทิ้งอย่างปลอดภัย ขุดดิน ที่ปนเปื้อนสารเคมีออกและนำไปกำจัดทิ้งอย่างปลอดภัย</p>                           |
| <p><b>คำแนะนำเพิ่มเติม Other Information</b></p>                       | <p>: ควรแจ้งให้หน่วยงานราชการที่รับผิดชอบทราบ หากมีหรืออาจมี เหตุการณ์ที่ประชาชนทั่วไปหรือสิ่งแวดล้อมต้องสัมผัสหรือได้รับ สาร หรือในบางกรณีไอระเหยอาจรวมตัวกับอากาศเป็นส่วนผสมที่ อาจระเบิดได้</p>                                                                                                                                     |
| <p><b>7. การควบคุมจัดการและการเก็บรักษา : Handling And Storage</b></p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <p><b>การควบคุมจัดการ Handling</b></p>                                 | <p>: กำหนดพื้นที่ในการจัดเก็บอย่างชัดเจนห่างจากพื้นที่ที่มีประกายไฟ สถานที่จัดเก็บต้องมีเขื่อน (Bund) กันกันสารรั่วหกออกสู่สภาพ แวดล้อมภายนอก ภาชนะที่เหมาะสมในการใช้เก็บคือ โลหะหล่อ (Mild Steel) หรือสแตนเลส (Stainless Steel) ระวังไม่ให้เกิดการสัมผัส กับผิวหนัง ควบคุมไม่ให้เกิดการฟุ้งกระจายเป็นละอองหรือแก๊สออกสู่ บรรยากาศ</p> |
| <p><b>การเก็บรักษา Storage</b></p>                                     | <p>: เก็บในสถานที่ที่มีการถ่ายเทอากาศดี ห่างจากแสงแดด แหล่งกำเนิด ประกายไฟและความร้อน ไม่ควรเก็บในที่ที่อุณหภูมิสูงเกิน 30 องศา</p>                                                                                                                                                                                                    |

## ภาพภาคผนวกที่ ก-3 (ต่อ)

|                                                                                          |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                          |   | เซลเซียส จัดเก็บไว้ให้ห่างจากสารออกซิไดส์ซึ่ง ห้ามเก็บรวมกันกับยางธรรมชาติ ยางบิวทิล ยางไนโคโร ยางนีโอพรีน รวมทั้งพลาสติกทั่วไป และอลูมิเนียม                                                                                                                                                                                 |
| การขนย้ายผลิตภัณฑ์<br>Product Transfer                                                   | : | จะต้องอยู่ในสถานะปิดและ ในการขนส่งทางเรือ ไม่ควรเก็บอยู่ในพื้นที่ที่ติดกับห้องทำความร้อน การสูบลำจะต้องมีอัตราไม่เกิน 7 m/sec และถ้าใช้ปั๊มชนิด Positive Displacement จะต้องติดตั้ง Non-integral Pressure Relief Valve อุปกรณ์ที่ใช้ในการสูบลำต้องต่อสายดินเพื่อป้องกันการสะสมของไฟฟ้าสถิตและห้ามใช้แรงดันอากาศช่วยในการสูบลำ |
| ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับภาชนะบรรจุ<br>Recommended Materials                                   | : | ภาชนะที่ใช้บรรจุควรใช้เหล็กเนื้ออ่อนหรือสแตนเลส                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| คำแนะนำเพิ่มเติม<br>Additional Advice                                                    | : | ภาชนะที่ผ่านการใช้บรรจุสารเคมีแล้ว แม้จะไม่มีสารตกค้างอยู่ในภาชนะอีกแล้วก็ตาม แต่ภาชนะ อาจจะมีไอของสารเคมีตกค้างอยู่อย่าทำการคัด เจาะ บด เชื่อม หรือทำงานที่คล้ายคลึงกันกับภาชนะหรือบริเวณใกล้เคียงกับภาชนะเพราะอาจจะทำให้เกิดการระเบิดได้                                                                                    |
| <b>8. การควบคุมและการป้องกันส่วนบุคคล : Exposure Controls and Personal Protection</b>    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ค่ามาตรฐานความปลอดภัย<br>Exposure Standard                                               | : | ทางสิ่งแวดล้อม <ul style="list-style-type: none"> <li>• TLV-TWA = 100 ppm (435 mg/m<sup>3</sup>)</li> <li>• TLV-STEL = 150 ppm (655 mg/m<sup>3</sup>)</li> </ul>                                                                                                                                                              |
| การควบคุมสถานที่ปฏิบัติงาน<br>โดยใช้หลักการทางวิศวกรรม<br>Engineering Controls Workplace | : | เป็นสถานที่ที่มีการระบายอากาศได้ดี มีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ                                                                                                                                                                                                                                                                |
| การป้องกันทางการหายใจ<br>Respiratory Protection                                          | : | สวมหน้ากากกรองไอสารเคมีอันตรายชนิด NPF 400 (Gas Only) หากอยู่ในที่ที่การระบายอากาศไม่ดีในที่อับหรือห้องที่บให้สวมเครื่องช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในควมมาตรฐาน NPF 2000                                                                                                                                                          |
| การป้องกันทางมือ<br>Hand Protection                                                      | : | หากต้องมีการสัมผัสกับสารเคมีควรสวมใส่ถุงมือชนิดที่ทนต่อสารเคมีชนิดนั้น ได้ดี เช่น ถุงมือไนโคโร หรือ นีโอพรีน                                                                                                                                                                                                                  |

## ภาพภาคผนวกที่ ก-3 (ต่อ)

|                                                                           |   |                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| การป้องกันตา<br>Eye Protection                                            | : | สวมใส่แว่นครอบตาหรือหน้ากากป้องกันสารเคมี                                                        |
| การป้องกันอื่น ๆ<br>Other Protection                                      | : | สวมใส่ชุดป้องกันซึ่งทนต่อสารเคมี และรองเท้านิรภัย<br>ทำความสะอาดร่างกายทุกครั้งหลังการปฏิบัติงาน |
| <b>9. คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี : Physical and Chemical Properties</b> |   |                                                                                                  |
| ลักษณะทางกายภาพ<br>Appearance                                             | : | ของเหลวใส                                                                                        |
| กลิ่น<br>Odor                                                             | : | มีกลิ่นเฉพาะตัว                                                                                  |
| จุดเดือด<br>Boiling Point (°C)                                            | : | 138.3 °C                                                                                         |
| จุดหลอมเหลว<br>Melting Point (°C)                                         | : | -25 °C                                                                                           |
| ความดันไอ<br>Vapour Pressure (mmHg)                                       | : | 7-9 mmHg @ 20 °C                                                                                 |
| ความถ่วงจำเพาะ<br>Specific Gravity                                        | : | 0.867 @ 20 °C (ASTM D4052)                                                                       |
| ความหนาแน่น<br>Density (g/cm <sup>3</sup> )                               | : | 0.866-0.868 @ 20 °C (ASTM D4052)                                                                 |
| ความหนาแน่นของไอ<br>Vapour Density                                        | : | 3.7 @ 20 °C (air = 1)                                                                            |
| ความสามารถในการละลายน้ำ<br>Solubility in Water                            | : | ละลายน้ำได้เล็กน้อย @ 20 °C (175 g/m <sup>3</sup> )                                              |



## ภาพภาคผนวกที่ ก-3 (ต่อ)

|                                                                              |   |                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| อัตราการระเหย<br>Evaporating Rate                                            | : | 0.7 (n-Butyl Acetate = 1)                                                                                    |
| ความเป็นกรดด่าง<br>pH Value                                                  | : | ไม่มีข้อมูล                                                                                                  |
| <b>10. ความเสถียรและความไวต่อการเกิดปฏิกิริยา : Stability and Reactivity</b> |   |                                                                                                              |
| เสถียรภาพ<br>Stability                                                       | : | มีความเสถียรภายใต้สภาวะปกติ                                                                                  |
| สภาวะที่ต้องหลีกเลี่ยง<br>Conditions to Avoid                                | : | ความร้อน เปลวไฟ และแหล่งของประกายไฟ                                                                          |
| สารที่ต้องหลีกเลี่ยงจากกัน<br>Materials to Avoid                             | : | หลีกเลี่ยงจากสารออกซิไดส์ซึ่งเข้มข้น                                                                         |
| สารอันตรายที่เกิดจากการสลายตัว<br>Hazardous Decomposition Products           | : | ไม่คาดว่าจะมีในสภาวะปกติ แต่จะเกิดคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนมอนอกไซด์ขึ้นได้เมื่อเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ |
| อันตรายจากการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์<br>Hazardous Polymerization              | : | ไม่มี                                                                                                        |
| <b>11. ข้อมูลด้านพิษวิทยา : Toxicological Information</b>                    |   |                                                                                                              |
| ความเป็นพิษเฉียบพลัน (Acute Toxicity)                                        |   |                                                                                                              |
| • LD50 ทางปาก                                                                | : | 4,300 mg/kg (หนู)                                                                                            |
| • LD50 ทางผิวหนัง                                                            | : | >1,700 mg/kg (กระต่าย)                                                                                       |
| • LC50 ทางการหายใจ                                                           | : | 5,000 ppm/4 hours (หนู)                                                                                      |
| พิษต่อผิวหนัง<br>Skin Irritation                                             | : | ทำให้ผิวหนังระคายเคือง การสัมผัสบ่อยๆ เป็นระยะเวลานาน<br>ระวังอันตรายจากการซึมผ่านผิวหนัง                    |
| พิษต่อตา<br>Eye Irritation                                                   | : | ไอรระเหยของสารอาจทำให้เกิดการระคายเคืองต่อดวงตาอย่างรุนแรง                                                   |

## ภาพภาคผนวกที่ ก-3 (ต่อ)

|                                           |   |                                                                        |
|-------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------|
| พิษต่อระบบหายใจ<br>Respiratory Irritation | : | เมื่อสูดดมไอระเหยเข้าไปอาจทำให้เกิดอาการบวมหน้า (edema) ในทางเดินหายใจ |
| พิษในการก่อมะเร็ง<br>Carcinogenicity      | : | ไม่มีข้อมูลบ่งชี้ว่าเป็นสารก่อมะเร็ง                                   |

**12. ข้อมูลเชิงนิเวศน์ : Ecological Information**

## พิษเฉียบพลัน (Acute Toxicity)

- ปลา : ความเป็นพิษต่ำ LC50 86 mg/l
- สัตว์น้ำที่ไม่มีกระดูกสันหลัง : ความเป็นพิษต่ำ LC50 165 mg/l

การเปลี่ยนแปลงของสาร : ละลายได้ในน้ำเล็กน้อย  
Mobility : กรณีทกบนดินอาจมีการเคลื่อนที่และปนเปื้อนในน้ำได้

การคงอยู่ / การสลายตัวของสาร : สลายตัวโดยธรรมชาติ  
Persistence / Degradability

การสะสมของสารในสิ่งมีชีวิต : คาดว่าจะไม่มีการสะสม  
Bio-accumulation

**13. การกำจัดหรือการทำลาย : Disposal Considerations**

การกำจัดผลิตภัณฑ์ : ควรนำกลับไปใช้หมุนเวียนใหม่ถ้าสามารถทำได้ พิจารณาความเป็นพิษและคุณสมบัติทางกายภาพของสารที่เกิดขึ้น เพื่อพิจารณาจัดแยกประเภทของเสียและวิธีการกำจัดที่เหมาะสม ตามระเบียบข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง

การกำจัดภาชนะบรรจุ : ถ่ายสารเคมีออกให้หมดจากภาชนะบรรจุ ภายได้สภาวะที่ระเหยอากาศได้ดีและปลอดภัย ห่างไกลจากแหล่งความร้อนและแหล่งสร้างประกายไฟ เพราะสารที่ตกค้างอยู่อาจก่อให้เกิดอันตรายจากการระเบิดขึ้นได้ อย่าเจาะ ตัด หรือเชื่อมถังที่ยังไม่ได้ทำความสะอาดส่งไปให้ผู้ใช้งานหมุนเวียนหรือผู้ทำประโยชน์จากของเสียโลหะ

## ภาพภาคผนวกที่ ก-3 (ต่อ)

|                                                                        |   |                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| กฎหมายในประเทศ<br>Local Legislation                                    | : | ควรกำจัดทั้งตามข้อบังคับและกฎหมายที่บังคับใช้ในแต่ละท้องถิ่น<br>หรือตามข้อกำหนดในประเทศหรือเขตพื้นที่ที่ระบุข้อบังคับใน<br>ท้องถิ่นอาจเข้มงวดกว่าข้อบังคับของประเทศหรือเขตภูมิภาค และต้อง<br>ยึดถือปฏิบัติตามโดยเคร่งครัด |
| <b>14. ข้อมูลสำหรับการขนส่ง : Transport Information</b>                |   |                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Road/Rail Transport ADR/RID</b>                                     |   |                                                                                                                                                                                                                           |
| • UN. Number                                                           | : | 1307                                                                                                                                                                                                                      |
| • Class/Item                                                           | : | 3/31 (c)                                                                                                                                                                                                                  |
| • Hazard Symbol                                                        | : | ของเหลวไวไฟ (Flammable Liquid)                                                                                                                                                                                            |
| • Proper Shipping Name                                                 | : | Xylene                                                                                                                                                                                                                    |
| • Packing Group                                                        | : | III                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Maritime Transport IMO</b>                                          |   |                                                                                                                                                                                                                           |
| • UN. Number                                                           | : | 1307                                                                                                                                                                                                                      |
| • Class                                                                | : | 3.3                                                                                                                                                                                                                       |
| • Packing Group                                                        | : | III                                                                                                                                                                                                                       |
| • Hazard Symbol                                                        | : | ของเหลวไวไฟ (Flammable Liquid)                                                                                                                                                                                            |
| • Proper Shipping Name                                                 | : | Xylene                                                                                                                                                                                                                    |
| • Marine Pollutant                                                     | : | No.                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Air Transport IATA/ICAO</b>                                         |   |                                                                                                                                                                                                                           |
| • UN. Number                                                           | : | 1307                                                                                                                                                                                                                      |
| • Class                                                                | : | 3                                                                                                                                                                                                                         |
| • Packing Group                                                        | : | III                                                                                                                                                                                                                       |
| • Hazard Symbol                                                        | : | ของเหลวไวไฟ (Flammable Liquid)                                                                                                                                                                                            |
| • Proper Shipping Name                                                 | : | Xylene                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>15. ข้อกำหนดเกี่ยวกับสัญลักษณ์หรือฉลาก : Regulatory Information</b> |   |                                                                                                                                                                                                                           |
| EC Label Name                                                          | : | Xylene                                                                                                                                                                                                                    |
| EC Classification                                                      | : | ไวไฟ, อันตรายต่อสุขภาพ                                                                                                                                                                                                    |

## ภาพภาคผนวกที่ ก-3 (ต่อ)

|                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                      |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>EC Symbol</b>                                | :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | F<br>Xn                                                                              |
| <b>EC Risk Phrases</b>                          | :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | R 10 <b>ไวไฟ</b><br>R 20/21 อันตรายเมื่อสูดดมและสัมผัส<br>R 38  ระคายเคืองต่อผิวหนัง |
| <b>EC Safety Phrases</b>                        | :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | S 25  หลีกเลี่ยงการสัมผัสสารเคมีกับดวงตา                                             |
| <b>EINECS (EC)</b>                              | :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 215-535-7                                                                            |
| <b>EC Annex I Number</b>                        | :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 601-022-00-9                                                                         |
| <b>MITI (Japan)</b>                             | :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3-3                                                                                  |
| <b>16. ข้อมูลอื่นๆ</b>                          | :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>Other Information</b>                                                             |
| การเผยแพร่ข้อมูลความปลอดภัย<br>SDS distribution | :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ข้อมูลต่างๆในเอกสารนี้จะต้องเผยแพร่ให้แก่<br>บุคคลที่ทำงานเกี่ยวกับสารนี้            |
| การปฏิบัติเสถียร :                              | <p>ในขอบข่ายแห่งความรู้ความหน้าที่ในการปฏิบัติงาน ข้อมูลที่ปรากฏในแบบข้อมูลนี้เป็นความจริง แต่เนื่องจากการไม่สามารถควบคุมเงื่อนไขการใช้และ/หรือประ โยชน์ของผลิตภัณฑ์ได้ การรับรองในข้อแนะนำหรือข้อเสนอแนะที่ปรากฏ จึงอาจกระทำไม่ได้ในบางครั้ง การแปลความตามข้อแนะนำในการใช้และ/หรือประ โยชน์ของผลิตภัณฑ์ที่ปรากฏ จะต้องไม่ขัดแย้งกับเนื้อหาหรือการใช้ประ โยชน์ตามสิทธิบัตรที่ได้จดทะเบียนไว้แล้ว</p> <p style="text-align: right;">แก้ไขครั้งที่ 4 March, 2009</p> |                                                                                      |

**ภาคผนวก ข**  
การหาความเข้มข้นสารเคมีฟิโอร

การหาความเข้มข้นของสารเคมีซีไฟเออร์

$$\frac{\text{Demulsifier (Liter)}}{\text{barrel} \times 158.987} \times 1,000,000 = \text{_____ PPM}$$

โดยที่ Demulsifier (Liter) หมายถึง ปริมาณสารเคมีซีไฟเออร์ที่ใช้  
barrel หมายถึง อัตราการผลิตน้ำมันดิบ

ซึ่ง barrel สามารถหาค่าจากอัตราการผลิตน้ำมันดิบต่อวัน ดังแสดงในตารางที่ ข-1

ตารางภาคผนวกที่ ข-1 อัตราการผลิตน้ำมันดิบต่อวัน (Barrel)

| ชนิดของน้ำมันดิบ             | อัตราการผลิตน้ำมันดิบต่อวัน (Barrel) |
|------------------------------|--------------------------------------|
| ชนิดหนักปานกลาง (26.15° API) | 300                                  |
| ชนิดหนัก (17.07° API)        | 300                                  |

**ภาคผนวก ก**

ค่าความถ่วงจำเพาะ (API gravity: American Petroleum Institute gravity)

### ค่าความถ่วงจำเพาะ (API Gravity)

เป็นวิธีการของสถาบันปิโตรเลียมแห่งสหรัฐอเมริกา (American Petroleum Institute) เป็นตัวเลขที่แสดงค่าความหนักเบาของน้ำมัน หรือตัวทำละลายต่างๆที่อุณหภูมิมาตรฐานที่ 60 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 15.5 องศาเซลเซียส หน่วยที่วัดค่าความจำเพาะของน้ำมันดิบ เป็น องศาเอพีไอ (°API) แบ่งออกเป็นสามชนิด ได้แก่

1. น้ำมันดิบเบา (Light Crude) มีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่า 34 °API
2. น้ำมันหนักปานกลาง (Medium Crude) มีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 34-20 °API
3. น้ำมันหนัก (Heavy Crude) มีค่าความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า 20 °API