Petroleum and Petrochemistry
ปิโตรเลียมและปิโตรเคมี

รองศาสตราจารย์ ดร. สุปราณี แก้วภิรมย์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

สำหรับเพื่อการศึกษาและการอ้างอิง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ห้องสมุดพระนครเหนือ
501031777

คำนำ

ปิโตรเลียมนับเป็นแหล่งพลังงานสำคัญที่ใช้กันทั่วโลกนับตั้งแต่มีการค้นพบปิโตรเลียมเมื่อกว่า 5,000 ปีก่อน ความรู้เกี่ยวกับกำเนิดปิโตรเลียม การสำรวจ การกลั่นแยก การปรับปรุงคุณภาพ ตลอดจนภาวะมลพิษที่เกิดจากอุตสาหกรรมปิโตรเลียม จึงเป็นสิ่งที่มีคุณค่าต่อการเรียนรู้ นอกจากนี้การลดลงของปริมาณปิโตรเลียมประกอบกับราคาของปิโตรเลียมที่มีแนวโน้มสูงขึ้น ตลอดจนภาวะมลพิษที่เกิดจากอุตสาหกรรมปิโตรเลียมทำให้มนุษยชาติมองหาแหล่งพลังงานอื่นเพื่อใช้ทดแทนพลังงานจากปิโตรเลียม

ตำราวิชา ปิโตรเลียมและปิโตรเคมี (Petroleum and Petrochemistry) เป็นวิชาที่สอดคล้องกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมี ซึ่งเนื้อหาจะประกอบไปด้วย กำเนิดและสมบัติของปิโตรเลียม การสำรวจปิโตรเลียม การขุดเจาะปิโตรเลียม การกลั่นน้ำมัน การปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ ปิโตรเคมีภัณฑ์ การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ มลพิษจากอุตสาหกรรมปิโตรเลียม และ พลังงานทดแทนและพลังงานหมุนเวียน โดยตำราเล่มนี้เหมาะสำหรับนิสิต นักศึกษาได้ใช้ประกอบการเรียนและศึกษาเพิ่มเติม นอกจากนี้ยังเหมาะสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และครูผู้สอน ตลอดจนผู้สนใจในเรื่องของปิโตรเลียม

สำหรับตำราเล่มนี้ ได้จัดพิมพ์ครั้งแรกในเดือน สิงหาคม 2558 และการจัดพิมพ์ครั้งนี้ได้นำข้อบกพร่องต่างๆ มาปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น ผู้เขียนมีความปรารถนาที่จะขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนในการจัดทำตำราเล่มนี้ ซึ่งรวมไปถึง รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริเดช บุญแสง คู่ชีวิต ที่ให้คำแนะนำในการเขียน และกำลังใจเสมอมา ขอขอบพระคุณ ด.ต. เรืองครุฑ แก้วภิรมย์ นางจำลอง แก้วภิรมย์ และครอบครัวแก้วภิรมย์ รวมทั้ง ดช.ธีร์ บุญแสง ที่สนับสนุนในทุกเรื่อง พร้อมทั้งเป็นกำลังใจ เพื่อให้ตำราเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากตำราเล่มนี้มีข้อผิดพลาด ผู้เขียนยินดีน้อมรับคำติชมเพื่อนำไปพัฒนาและปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น

รองศาสตราจารย์ ดร. สุปราณี แก้วภิรมย์

kaewpiro@buu.ac.th

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 กำเนิดและสมบัติของปิโตรเลียม 1

1.1 ความหมายและการค้นพบปิโตรเลียม 1

1.2 แหล่งกำเนิดปิโตรเลียม 3

1.3 กระบวนการเกิดปิโตรเลียม 5

1.4 ทฤษฎีการกำเนิดปิโตรเลียม 8

1.4.1 ทฤษฎีอนินทรีย์ (Inorganic theory) 8

1.4.2 ทฤษฎีอินทรีย์ (Organic theory) 9

1.5 สมบัติของปิโตรเลียม 10

1.5.1 สมบัติทางกายภาพ 11

1.5.2 ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) 12

1.5.3 ความหนืด 13

1.5.4 สมบัติทางแสง (Optical properties) 16

1.5.5 การเรืองแสงแบบฟลูออเรสเซนซ์ 17

1.5.6 กลิ่น 18

1.5.7 องค์ประกอบทางเคมี 20

1.5.8 แก๊สธรรมชาติ (Natural gas) 27

1.5.9 แก๊สธรรมชาติเหลว (Condensate) 28

"สำหรับแผนการศึกษาและการอ้างอิงเท่านั้น"

หน้า

1.5.10 ค่าความร้อน (Caloric value) 28

บทที่ 2 การสำรวจปิโตรเลียม 33

2.1 การสำรวจทางธรณีวิทยา 34

2.1.1 ธรณีวิทยาพื้นผิว (Surface geology) 34

2.1.2 การถ่ายภาพระยะไกล (Remote sensing) 35

2.1.3 ภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial photo interpretation) 35

2.1.4 ภาพถ่ายทางดาวเทียม (Satellite imageries) 40

2.1.5 ธรณีเคมี (Geochemistry) 43

2.1.6 การสำรวจสารกัมมันตรังสีในดิน (Radioactive survey of soil) 48

2.2 การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ 48

2.2.1 การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ขั้นต้น 49

2.2.2 การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ขั้นรายละเอียด 55

2.3 การขุดเจาะสำรวจ 61

2.3.1 การขุดเจาะหลุมปิโตรเลียม 61

2.3.2 แท่นขุดเจาะ 65

"สำเนาเพื่อการศึกษาเท่านั้น ห้ามจำหน่าย"

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การขุดเจาะปิโตรเลียม 71

3.1 แท่นขุดเจาะและอุปกรณ์สำหรับขุดเจาะ 73

3.1.1 เดอร์ริก (Derrick) 75

3.1.2 ปั้นจั่น (Hoist) 75

3.1.3 กรอสายเคเบิล (Draw work) 75

3.1.4 เคลลี่ 75

3.1.5 ปั๊มน้ำโคลน 76

3.1.6 ก้านเจาะ (Drill pipe) 77

3.1.7 หัวเจาะ 77

3.1.8 ท่อกรุ (Casing) 79

3.1.9 เครื่องมือสำหรับนำอุปกรณ์ที่ติดหรือเสียหายระหว่างการขุดเจาะขึ้นจากหลุมขุด (Fishing tool) เพื่อให้การขุดเจาะดำเนินต่อไปได้ 82

3.1.10 อุปกรณ์สำหรับฉาบท่อกรุ (Special equipment for cementation of casings) 84

3.1.11 อุปกรณ์สำหรับความปลอดภัย 85

3.1.12 แหล่งกำเนิดพลังงาน 85

3.2 การขุดเจาะ 87

3.2.1 การขุดเจาะในแนวนอน (Horizontal drilling) 89

"สำหรับเพื่อการศึกษาเท่านั้น ห้ามมิให้นำไปใช้ในการอ้างอิง"

หน้า

3.2.2 การปรับสภาพหลุมผลิต (Well completion) 89

3.2.3 การตรวจสอบหลุมผลิต (Testing of well) 91

3.2.4 การนำน้ำมันขึ้นจากหลุมผลิต 93

บทที่ 4 การกลั่นน้ำมัน 99

4.1 การแยกแก๊สและสิ่งเจือปน 99

4.1.1 เครื่องแยก (Separator) 99

4.1.2 อิมัลชันฮีทเตอร์ (Emulsion heater) 101

4.2 การทดสอบคุณภาพน้ำมันดิบก่อนส่งไปโรงกลั่น 102

4.2.1 สมบัติทางกายภาพ 103

4.2.2 สมบัติทางความร้อน 110

4.2.3 การใช้ประโยชน์จากผลการทดสอบ 119

4.3 หน่วยกลั่น 121

4.4 การบำบัดขั้นต้น (Pretreatment) 123

4.5 การกลั่น (Distillation) 126

4.5.1 การกลั่นบรรยากาศ (Atmospheric distillation) 130

4.5.2 การกลั่นภายใต้สุญญากาศ (Vacuum distillation) 131

สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ห้ามการอ้างอิงเท่านั้น

หน้า

4.5.3 กระบวนการอื่น 132

4.6 กระบวนการแตกโมเลกุลโดยใช้ความร้อน 133

4.7 กระบวนการแตกโมเลกุลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 135

4.8 กระบวนการไฮโดรโพรเซสซิง 139

4.8.1 กระบวนการไฮโดรทรีตติง (Hydrotreating) 139

4.8.2 กระบวนการไฮโดรแคร็กกิง (Hydrocracking) 140

4.9 กระบวนการอัลคิลเลชัน 141

บทที่ 5 การปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ 145

5.1 กระบวนการกำจัดกำมะถันและอะตอมแปลกปลอม 145

5.1.1 กระบวนการไฮโดรทรีตติง 146

5.1.2 กระบวนการกำจัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulfide removal) 148

5.2 กระบวนการรีฟอร์มมิง 150

5.2.1 กระบวนการรีฟอร์มมิงโดยใช้ความร้อน 151

5.2.2 กระบวนการรีฟอร์มมิงโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic reforming) 152

5.2.3 กระบวนการกำจัดไฮโดรเจน (ดีไฮโดรจีเนชัน) 157

"สำหรับเพื่อการศึกษาและการอ้างอิงเท่านั้น"

หน้า

5.3 กระบวนการไอโซเมอไรเซชัน 158

5.3.1. กระบวนการบิวเทเมอร์ (The Butamer process) 159

5.3.2. กระบวนการไฮโซเมอร์ (The Hysomer process) 159

5.3.3. กระบวนการเพเนกซ์ (The Penex process) 160

5.4 กระบวนการอัลคิลเลชัน 161

5.4.1 กระบวนการคาสเคดซัลฟิวริกแอซิดอัลคิลเลชัน 162

5.4.2 กระบวนการไฮโดรเจนฟลูออไรด์อัลคิลเลชัน 164

5.5 กระบวนการพอลิเมอไรเซชัน 164

5.5.1 กระบวนการพอลิเมอไรเซชันโดยความร้อน 165

5.5.2 กระบวนการพอลิเมอไรเซชันโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 166

บทที่ 6 ปิโตรเคมีภัณฑ์ 169

6.1 อุตสาหกรรมปิโตรเคมีภัณฑ์ 169

6.1.1 อุตสาหกรรมปิโตรเคมีภัณฑ์ขั้นต้น 170

6.1.2 อุตสาหกรรมปิโตรเคมีภัณฑ์ขั้นกลาง 170

6.1.3 อุตสาหกรรมปิโตรเคมีภัณฑ์ขั้นปลาย 170

6.2 ผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon products) 171

สำหรับเพื่อการศึกษาและการอ้างอิงเท่านั้น

หน้า

6.2.1. เอทิลีน 172

6.2.2 โพรพิลีน 172

6.2.3 บิวเทน 172

6.2.4 เบนซีน ทอลูอีน และไซลีน 172

6.2.5 เมธานอล (Methanol) 173

6.2.6 พาราฟินส์ 173

6.2.7 ไข (Wax) 173

6.3 ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Non-hydrocarbon products) 173

6.3.1 ไฮโดรเจน 174

6.3.2 กำมะถัน 174

6.3.3 คาร์บอน 174

6.3.4 คาร์บอนไดซัลไฟด์ (Carbon disulphide) 174

6.4 บทบาทของปิโตรเคมีภัณฑ์ 174

6.5 อุตสาหกรรมปิโตรเคมีภัณฑ์ในประเทศไทย 175

บทที่ 7 การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ 181

"สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ห้ามนำไปใช้เพื่อการอ้างอิง"

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

7.1 ความถ่วงจำเพาะและความถ่วงเอพีไอ (Specific gravity and API gravity) 184

7.2 ความดันไอ 187

7.3 ค่าการกลั่น ASTM 190

7.4 จุดวาบไฟและจุดติดไฟ 192

7.5 สี 195

7.6 ความหนืด 197

7.7 จุดน้ำมันเป็นฝ้าและจุดไหลเท 199

7.8 ค่าออกเทนของน้ำมันเบนซิน 200

7.9. ค่าซีเทนและดัชนีซีเทนของน้ำมันดีเซล 201

7.10 การทดสอบบิทูมินัสและสารกึ่งแข็ง 203

7.11 ยางกัม 203

7.11.1 ความเสถียรของยาง (Gum stability) 204

7.11.2 ปริมาณยางที่เกิดขึ้นขณะใช้งาน (Existent gum) 204

บทที่ 8 มลพิษจากอุตสาหกรรมปิโตรเลียม 207

8.1 ภาวะมลพิษจากการสำรวจ 209

8.2 ภาวะมลพิษจากการขุดเจาะ 210

สำเนาเพื่อการศึกษาและการอ้างอิงเท่านั้น

หน้า

8.2.1 น้ำโคลน 210

8.2.2 อุปัทวเหตุ 211

8.2.3 มลพิษทางเสียง 212

8.2.4 น้ำที่เกิดจากกระบวนการขุดเจาะ (Production of formation water) 212

8.3 ภาวะมลพิษในกระบวนการผลิต 212

8.3.1 มลพิษทางอากาศ 213

8.3.2 มลพิษทางน้ำ 215

8.3.3 กากของเสีย 217

8.4 ภาวะมลพิษที่เกิดจากการรั่วไหลของน้ำมัน (Oil spills) 218

8.4.1 ผลกระทบของน้ำมันที่มีต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อม 218

8.4.2 การกำจัดน้ำมันที่รั่วไหล 220

8.5 ภาวะมลพิษจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีภัณฑ์ 229

บทที่ 9 พลังงานทดแทนและพลังงานหมุนเวียน 233

9.1 เอทานอล 234

9.2 ไบโอดีเซล 238

"สำหรับใช้อ้างอิงเพื่อการศึกษาและการอ้างอิงเท่านั้น"

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
9.3 พลังงานนิวเคลียร์	243
9.3.1 ปฏิกิริยานิวเคลียร์	243
9.3.2 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์	244
9.4 พลังงานแสงอาทิตย์	248
9.4.1 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์	250
9.4.2 การผลิตความร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	253
9.5 พลังงานลม	256
9.6 พลังงานชีวมวล	261
แบบฝึกหัดท้ายเล่ม	271

สำหรับเพื่อการศึกษาและการอ้างอิงเท่านั้น

บทที่ 1 กำเนิดและสมบัติของปิโตรเลียม

1.1 ความหมายและการค้นพบปิโตรเลียม

ปิโตรเลียมมีรากศัพท์มาจากภาษาละตินว่าเพทรา (Petra) แปลว่าหิน และโอลิอุม (Oleum) แปลว่าน้ำมัน หากแปลตามรากศัพท์แล้วปิโตรเลียมจึงหมายถึงน้ำมันที่ได้มาจากหิน โดยไหลซึมออกมาเองในรูปของของเหลวหรือแก๊ส [1] นับแต่อดีตถึงปัจจุบันมีการให้นิยามของคำว่าปิโตรเลียมแตกต่างกันตามสาขาอาชีพ เช่น นักชีววิทยา นักเคมี วิศวกร นักธรณีวิทยา และนักกฎหมาย เป็นต้น แต่ความหมายที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดกล่าวว่า ปิโตรเลียมหมายถึงสารผสมที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติซึ่งประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลแตกต่างกันโดยองค์ประกอบหลักคือคาร์บอนและไฮโดรเจน พบได้ทั้งสามสถานะได้แก่ แก๊ส ของแข็ง และของเหลว โดยของเหลวมีสัดส่วนมากที่สุด รองลงมาคือแก๊ส ส่วนแก๊สธรรมชาติเหลวนั้นมีความหมายถึงแก๊สธรรมชาติในแหล่งที่อยู่ลึกลงไปใต้ดินภายใต้สภาพอุณหภูมิและความดันที่สูง เมื่อแก๊สนี้ถูกนำขึ้นมาถึงระดับผิวดินซึ่งมีอุณหภูมิและความดันลดลง แก๊สนี้จะกลายสภาพไปเป็นของเหลว จึงเรียกว่าแก๊สธรรมชาติเหลว

มีหลักฐานว่าเมื่อไม่น้อยกว่า 5,000 ปีก่อน ปิโตรเลียมถูกนำมาใช้ในรูปของน้ำมันดิบและบิทูเมนแข็ง (Solid bitumen) โดยชนเผ่าซูเมอเรียน (Sumerians) แอสซิลเรียน (Assyrians) บาบิโลเนียน (Babylonians) และชาวอียิปต์ (Egyptians) ชนเผ่าบาบิโลเนียน (Babylonian) เริ่มใช้ปิโตรเลียมเป็นเชื้อเพลิงแทนไม้ ชาวอียิปต์โบราณใช้ปิโตรเลียมดองศพก่อนนำไปฝังในสุสานเพื่อช่วยป้องกันมิให้ศพเน่าเปื่อย ส่วนชาวอินเดียโบราณใช้เป็นสารอุดรอยรั่วต่างๆ ใช้ทาเรือกันเพรียงเกาะและใช้เป็นเชื้อเพลิงให้แสงสว่าง ชาวอิรัคและอิหร่านใช้บิทูเมนผสมกับทราย ดินเหนียว และเส้นใยธรรมชาติ เช่น ใยกัญชง หรือวัชพืชต่างๆ เพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง ชาวโรมันใช้น้ำมันดิบและบิทูเมนเป็นส่วนประกอบในมอตาร์ ชาวจีนซึ่งค้นพบปิโตรเลียมจากการเจาะบ่อเกลือใช้ปิโตรเลียมเป็นเชื้อเพลิงในการต้มน้ำเกลือให้ระเหยจนได้เกลือสินเธาว์

ในอดีตการค้นพบน้ำมันเกิดจากการสังเกตเห็นคราบน้ำมันที่ไหลออกมาบนพื้นดินหรือผิวน้ำจนกระทั่งถึง พ.ศ. 2099 นักธรณีวิทยาชาวเยอรมันชื่อ กอร์เรียส แอกริโคลา (Georgius Agricola) เป็นบุคคลแรกที่เสนอว่าปิโตรเลียมคือสารที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติใต้พื้นโลกและสามารถตรวจสอบ

การมีอยู่ของปิโตรเลียมได้โดยวิธีทางวิทยาศาสตร์ และยังเสนอว่าปิโตรเลียมสามารถแยกเป็นส่วนๆ ได้ด้วยความร้อน ดังนั้นในศตวรรษที่ 19 จึงเริ่มมีการกลั่นแยกปิโตรเลียมออกเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น เชื้อเพลิงเพื่อประกอบอาหาร และน้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น และขณะเดียวกันคราบน้ำมันที่ไหลออกมาบนพื้นดินหรือผิวน้ำก็มีน้อยลง นักสำรวจจึงเริ่มมีการใช้เทคนิคทางวิทยาศาสตร์ในการสำรวจแหล่งปิโตรเลียมและขุดปิโตรเลียมเพื่อใช้ในเชิงพาณิชย์ ประกอบกับในเวลานั้นเป็นยุคของการปฏิวัติอุตสาหกรรมในยุโรป (The industrial revolution in Europe) จึงมีความต้องการใช้ปิโตรเลียมเป็นเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้น เทคนิคที่ใช้ในการสำรวจปิโตรเลียมจึงมีการพัฒนาและก้าวหน้าไปมาก

ในปี พ.ศ. 2402 เอ็ดวิน โลเรนไทน์ เดร้ก (Edwin Lorentine Drake) สำรวจหาน้ำมันที่เมืองทิทัสวิลล์ (Titusville) ในมลรัฐเพ็นน์ซิลวาเนีย สหรัฐอเมริกา และได้ขุดสำรวจ ซึ่งนับเป็นหลุมสำรวจแห่งแรกที่มีการขุดเพื่อค้นหาน้ำมันโดยเฉพาะ และเป็นหลุมสำรวจในเชิงพาณิชย์หลุมแรกในโลก ในวันที่ 27 สิงหาคม พ.ศ. 2402 เขาพบน้ำมันที่ระดับความลึกประมาณ 21 เมตร แต่ขณะนั้นเกิดมีการไหลทะลักของน้ำมันโดยปราศจากการควบคุม (Blow-out) และดับไปเอง ในครั้งนั้นเดร้กได้น้ำมันทั้งสิ้น 30 บาเรล ซึ่งมีมูลค่าประมาณ 20 ดอลลาร์

ในเอเชียนั้น การสำรวจปิโตรเลียมเริ่มขึ้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของอินเดีย มีการขุดหลุมสำรวจแห่งแรกที่เมืองไจเปอร์ (Jaipur) แต่ไม่พบน้ำมัน จึงขุดหลุมสำรวจแห่งที่สองที่เมืองมาคุม (Makum) และค้นพบปิโตรเลียมในวันที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2410 ที่ระดับความลึกประมาณ 36 เมตร ได้น้ำมันประมาณ 1,300 ลิตร

สำหรับประเทศไทยมีหลักฐานปรากฏว่าใน ปี พ.ศ. 2461 [2] ชาวบ้านฝาง จังหวัดเชียงใหม่ได้พบน้ำมันไหลซึมขึ้นมาบนพื้นดิน และชาวบ้านในบริเวณใกล้เคียงได้ใช้น้ำมันดิบนี้เป็นยาทาแก้โรคผิวหนัง ต่อมาเจ้าหลวงเชียงใหม่จึงได้สั่งให้มีการขุดบ่อตื้นขึ้นเพื่อกักเก็บน้ำมันดิบที่ไหลซึมออกมา และเรียกบ่อน้ำมันแห่งนี้ว่าบ่อหลวง ต่อมาพระเจ้าบรมวงศ์เธอกรมพระกำแพงเพชรอัครโยธิน อธิบดีกรมรถไฟหลวง ได้ทรงว่าจ้างนักสำรวจธรณีวิทยาชาวอเมริกันให้ค้นหาน้ำมันและถ่านหินเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนไม้ฟืนสำหรับรถจักรไอน้ำในกิจการรถไฟ แต่การเจาะสำรวจในขณะนั้นใช้อุปกรณ์เจาะสำรวจส่วนใหญ่เป็นไม้ จึงเจาะได้ไม่ลึกมาก และการเดินทางขณะนั้นยังไม่มีถนนทางไป อ.ฝาง ดังนั้นบ่อน้ำมันดิบนั้นจึงไม่เหมาะแก่การลงทุนพัฒนาขึ้นมาใช้ประโยชน์ จนกระทั่ง ปี พ.ศ. 2491 กรมโลหกิจ (กรมทรัพยากรธรณีในปัจจุบัน) เข้าไปสำรวจที่แอ่งฝางอีกครั้ง โดยใช้วิธีการสำรวจวัดคลื่นไหวสะเทือนเพื่อกำหนดตำแหน่งของหลุมเจาะ และสามารถผลิตน้ำมันได้วันละประมาณ 20 บาเรล ต่อมาในปี พ.ศ. 2499 พื้นที่นี้ก็ถูกโอนให้ไปอยู่ใต้การดำเนินงานของกระทรวงกลาโหมอีกครั้งหนึ่ง

และสามารถทำให้การผลิตเพิ่มขึ้นเป็นวันละประมาณ 1,000 บาเรล ใน ปี พ.ศ. 2503 รัฐบาลมีการอนุญาตให้เอกชนเข้ามาสำรวจและผลิตปิโตรเลียมในประเทศเป็นครั้งแรก โดยในปี พ.ศ. 2505 บริษัทยูเนียนออยล์ออฟไทยแลนด์ จำกัด (ปัจจุบันคือ บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์ จำกัด) ได้รับสิทธิ์สำรวจและผลิตปิโตรเลียมที่ที่ราบสูงโคราช และบริษัทกัลฟ์ ออยล์ได้รับสัมปทานสำรวจปิโตรเลียมรอบๆ กรุงเทพมหานคร ใน ปี พ.ศ.2511 ได้แบ่งพื้นที่ประเทศไทยออกเป็นแปลงๆ ทั้งบนบกและในทะเล เพื่อความสะดวกในการขอสัมปทาน จนกระทั่ง ปี พ.ศ.2516 ได้พบแก๊สธรรมชาติเป็นจำนวนมากครั้งแรกในอ่าวไทยในหลุมผลิตของ บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์ จำกัด ชื่อว่าแหล่งเอราวัณ ซึ่งสามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ได้

1.2 แหล่งกำเนิดปิโตรเลียม

บ่อน้ำมัน (Oil pool) หมายถึงแหล่งสะสมน้ำมันและแก๊สธรรมชาติใต้ดินในแหล่งกักเก็บที่มีตัวปิดกั้นทางธรณีวิทยา บ่อน้ำมันจึงหมายถึงส่วนของหินที่มีน้ำมันบรรจุอยู่ในช่องว่างภายในหินนั้น โดยปัจจัยควบคุมการสะสมน้ำมันมี 5 ประการคือ

- ต้องมีหินที่เป็นต้นกำเนิดน้ำมันที่เรียกว่า หินต้นกำเนิด (Source rock) ซึ่งเกิดจากตะกอนที่ทับถมเป็นเวลานาน เช่น หินชั้น หรือ หินตะกอน (Sedimentary rock)

- ต้องมีหินที่มีรูพรุน ช่องว่าง หรือรอยแตก ซึ่งน้ำมันหรือแก๊สสามารถบรรจุอยู่ได้ หินดังกล่าวเรียกว่าหินอุ้มน้ำมันหรือหินกักเก็บ (Reservoir rock) ที่รูพรุนมากพอที่จะให้น้ำมันไหลผ่านได้ หินกักเก็บสำคัญได้แก่แนวหินที่มีรูพรุนต่อเนื่องกัน (เช่น ทราย (Sand) หรือหินทราย (Sandstone)) หรือแนวหินที่มีรอยแตกและช่องว่าง (เช่น หินปูน (Limestone) เป็นต้น)

- หินกักเก็บต้องถูกปิดทับด้วยชั้นที่ทำให้หินน้ำมันไม่สามารถไหลต่อไปได้ซึ่งเรียกว่า หินปิดกั้น (Roof rock หรือ Cap rock หรือ Seal) ซึ่งเป็นชั้นหินที่หนาทึบ เช่น หินดินดาน (Shale) และเกลือแอนไฮไดรต์ (Anhydrite salt) ชั้นหินทึบนี้อยู่เหนือหินกักเก็บ ทำหน้าที่ปิดกั้นไม่ให้น้ำมันเกิดการเคลื่อนย้าย

- ทั้งหินกักเก็บและหินปิดกั้นต้องประกอบขึ้นเป็นโครงสร้าง (Trap หรือ Trap rock) รูปกระทะคว่ำหรืออาจมีรูปร่างอื่นซึ่งกักน้ำมันไว้ได้

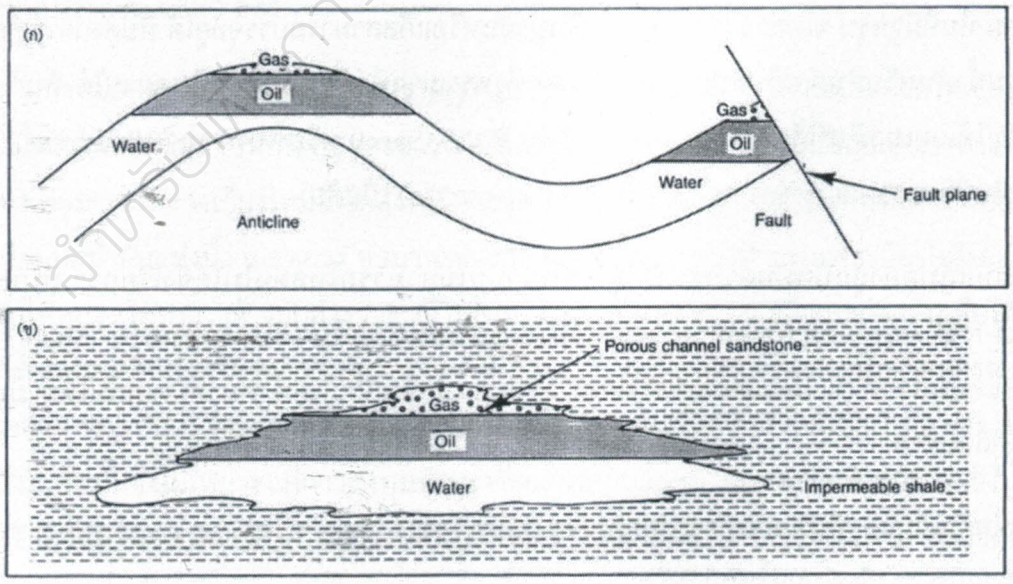
- หากมีการเสียรูปโครงสร้าง (Structural deformation) ของโครงสร้างกักเก็บน้ำมัน จะต้องมีการสร้างรูปแบบการกักเก็บใหม่ก่อนที่น้ำมันจะเคลื่อนที่ออกจากหินกักเก็บจนหมด

น้ำมันและแก๊สจะสะสมอยู่ในโครงสร้างกักเก็บน้ำมันหลายแบบซึ่งอาจแบ่งเป็น 2 ประเภท คือโครงสร้างทางธรณีวิทยา (Structural trap) และ โครงสร้างแนวขนาน (Stratigraphic trap) โดยโครงสร้างทางธรณีวิทยา เป็นลักษณะโครงสร้างที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนรูปของชั้นหินกักเก็บหรือหินปิดกั้น เช่น การพับ (Folding) หรือการแตก (Faulting) หรือทั้งสองอย่าง โครงสร้างแบบนี้แบ่งย่อยได้เป็น

-โครงสร้างรูปประทุนคว่ำ (Anticline trap) เกิดจากการหักงอของชั้นหิน ทำให้ชั้นหินมีรูปร่างโค้งคล้ายกระทะคว่ำหรือหลังเต่า น้ำมันและแก๊สจะเคลื่อนเข้าไปรวมตัวกันอยู่ในส่วนโค้งของกระทะ โดยมีชั้นปิดกั้นทับอยู่กันน้ำมันไว้ได้

-โครงสร้างรูปรอยเลื่อนของชั้นหิน (Fault trap) เกิดจากการเลื่อนตัวของชั้นหินทำให้หินทรายที่เป็นหินกักเก็บถูกปิดกั้นด้วยหินทึบตรงรอยแยกและกั้นน้ำมันไว้ได้

- โครงสร้างรูปโดม (Domal trap) เกิดจากการดันตัวของชั้นหินเกลือขึ้นในแนวดิ่งผ่านชั้นหินกักเก็บน้ำมันซึ่งเป็นรูปโดม ทำให้เกิดแนวแยกเป็นโครงสร้างที่กักน้ำมันได้ น้ำมันและแก๊สจะสะสมอยู่ด้านข้างของโดมเกลือ (Salt dome)



รูปที่ 1.1 โครงสร้างกักเก็บน้ำมัน (ก) โครงสร้างทางธรณีวิทยา และ (ข) โครงสร้างแนวขนาน [3]

ส่วนโครงสร้างแนวขนานนั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของหินกักเก็บเอง ซึ่งอาจเกิดขึ้นในลักษณะที่แนวหินกักเก็บดันตัวออกไปเป็นแนวขนานเข้าไปในแนวหินปิดกั้นได้ ทำให้เกิดเป็นโครงสร้างกักเก็บน้ำมัน หรืออาจเกิดจากหินกักเก็บส่วนหนึ่งเปลี่ยนสภาพและองค์ประกอบไปกลายเป็นหินปิดกั้นและหุ้มส่วนที่เหลือเอาไว้ กลายเป็นโครงสร้างกักเก็บน้ำมัน รูปที่ 1.1 แสดงโครงสร้างกักเก็บน้ำมัน 2 ประเภท คือโครงสร้างทางธรณีวิทยาและโครงสร้างแนวขนาน

1.3 กระบวนการเกิดปิโตรเลียม

มีหลักฐานเชื่อว่าปิโตรเลียมมีต้นกำเนิดมาจากสารประกอบอินทรีย์ที่มาจากพืช สัตว์ และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่สะสมตัวปะปนกับตะกอนชนิดต่างๆ ซึ่งสะสมอยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิ และความดันที่เหมาะสม ในสภาวะที่ขาดแคลนออกซิเจน เป็นเวลานานหลายล้านปี จนตะกอนเกิดการเปลี่ยนแปลงภายใต้อิทธิพลของความร้อน และความกดดันที่เพิ่มขึ้นจากตะกอนที่ทับถมตัวอยู่เบื้องบนไปเป็นหินตะกอน ส่วนสารประกอบอินทรีย์ประเภทที่ระเหย หรือละลายน้ำได้ง่าย ก็จะระเหยออกไปเหลือเพียงสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เป็นของแข็งเรียกว่า คีโรเจน (Kerogen) ซึ่งเป็นสารต้นกำเนิดที่สำคัญของปิโตรเลียม

เมื่อระดับความลึกใต้ผิวดินเพิ่มขึ้น ความดันเนื่องจากตะกอนที่ทับถมและอุณหภูมิก็เพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ที่อุณหภูมิประมาณ 50 °C ซึ่งยังไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดน้ำมันดิบ สารอินทรีย์จากพืชและสัตว์บางส่วนจะสลายตัวไปโดยการทำงานของแบคทีเรีย ทำให้เกิดแก๊สชีวภาพซึ่งส่วนใหญ่เป็นแก๊สมีเทน (Methane) แก๊สเหล่านี้บางทีเรียกชื่อว่า แก๊สไบโอเจนิก (Biogenic gas) หรือแก๊สสวอมป์ (Swamp gas) หรือแก๊สมาร์ช (Marsh gas) และสามารถเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วมากที่ระดับความลึกไม่มากนัก เมื่อตะกอนทับถมตัวจมลึกลงไปจากระดับผิวดินมากพอ อุณหภูมิในแอ่งตะกอนจะสูงขึ้นจนกระทั่งมีกระบวนการเกิดน้ำมันดิบได้ ในแอ่งตะกอนโดยทั่วไปนั้น น้ำมันดิบจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิประมาณ 50-180 °C ที่ระดับความลึกซึ่งมีอุณหภูมิช่วงนี้จึงมีชื่อเรียกว่าออยล์วินโดว์ (Oil window) แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการเกิดน้ำมันดิบคือ 90 °C และยิ่งตะกอนมีอายุมากเท่าไร ระดับอุณหภูมิที่จำเป็นในการแปรสภาพสารอินทรีย์ที่สะสมตัวในตะกอนนั้นไปเป็นปิโตรเลียมจะมีค่าต่ำลงด้วย นั่นคือตะกอนที่มีอายุน้อยต้องการอุณหภูมิสูงเพื่อแปรสภาพตะกอนสารอินทรีย์ไปเป็นปิโตรเลียม อย่างไรก็ตามกระบวนการแปรสภาพตะกอนสารอินทรีย์ที่อุณหภูมิต่ำจะให้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำมันหนัก (Heavy oil) ที่มีความหนืดสูง ตรงกันข้ามกระบวนการแปรสภาพตะกอนสารอินทรีย์ที่

อุณหภูมิสูงจะให้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำมันเบา (Light oil) ที่มีความหนืดต่ำ หากอุณหภูมิของหินต้นกำเนิดมีค่าสูงกว่า 180 °C น้ำมันดิบก็จะแปรสภาพไปเป็นแกรไฟต์ (Graphite) และแก๊สธรรมชาติ ในขณะเดียวกันสารอินทรีย์และถ่านหินก็จะแปรสภาพไปเป็นแก๊สธรรมชาติด้วย ในระดับอุณหภูมิที่สูงนี้แก๊สธรรมชาติจะเกิดขึ้นในอัตราที่รวดเร็วมาก และแก๊สที่เกิดขึ้นเรียกว่าแก๊สเทอร์มอล (Thermal gas) ซึ่งในกระบวนการเกิดแก๊สเทอร์มอลนี้จะเกิดใต้ระดับความลึกที่เกิดออยล์วินโดว์

ไดแอกเจเนซิส (Diagenesis) จัดเป็นกระบวนการหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการแปรสภาพตะกอนกลายเป็นปิโตรเลียม โดยนิยามไดแอกเจเนซิสเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของตะกอน [1] เช่น การเพิ่มหรือลดปริมาตร ความเป็นรูพรุน (Porosity) และความสามารถในการเลือกผ่าน (Permeability) ของหินตะกอน และเมื่อกระบวนการสิ้นสุด ทรายดินเหนียว ดินโคลน และสารประกอบอินทรีย์ที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ (Lime) กลายสภาพเป็นหินทราย หินดินดาน หินตะกอนจากดินเหนียว (Mudstone) และหินปูน (Limestone)

ปัจจัยสำคัญอีกอย่างหนึ่งในกระบวนการเกิดปิโตรเลียมคือแบคทีเรียทั้งชนิดที่ใช้ และไม่ใช้ออกซิเจน แบคทีเรียเหล่านี้จะกินอินทรีย์สารและปลดปล่อยแก๊สไนโตรเจน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ซึ่งมีส่วนช่วยในการเปลี่ยนโครงสร้างของสารอินทรีย์ในหลายขั้นตอน และกลายไปเป็นน้ำมันและแก๊สในที่สุด ในขณะที่ดินเหนียวที่ประกอบด้วยแร่ต่างๆ ก็ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาอีกทางหนึ่ง

โดยสรุป การแปรสภาพของอินทรีย์สารเป็นปิโตรเลียมต้องอาศัยสภาวะและกระบวนการที่จำเป็นดังนี้

1. มีอินทรีย์สารเพียงพอ ซึ่งได้จากซากพืช ซากสัตว์ ที่ถูกพัดพามาทับถมกลายเป็นตะกอนในแอ่งกระทะ นอกจากนี้ยังมีซากของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กจำพวกแพลงก์ตอน (Planktonic life) ซึ่งทับถมในก้นมหาสมุทร

2. มีแบคทีเรียที่อาศัยในสภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจนอยู่รวมในตะกอน

3. แบคทีเรียปลดปล่อยแก๊สไนโตรเจน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์

4. การตกตะกอนในเวลาไล่เลี่ยกัน (Synchronous sedimentation) เพื่อให้ได้ตะกอนปริมาณมากและทับถมเป็นชั้นสูงๆ ส่งผลให้มีการเพิ่มความดันและอุณหภูมิของตะกอนที่อยู่ชั้นล่าง

5. มีการเพิ่มความดันและอุณหภูมิจนถึงช่วงอุณหภูมิ 80-100 °C แต่ไม่เกิน 120 °C

6. มีกระบวนการเร่งปฏิกิริยาจากโลหะที่ปะปนในตะกอน

7. เกิดการกดทับหินตะกอนเนื่องจากน้ำหนักของตะกอนที่ทับถมทำให้ของเหลวหรือแก๊สไหลออกจากชั้นหิน โดยเฉพาะหินดินดาน และหินตะกอนจากดินเหนียว

8. มีสภาวะเหมาะสมที่จำเป็นต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและฟิสิกส์ที่จำเป็นในการเกิดปิโตรเลียม

9. กระแสน้ำ (Ocean currents) พัดพาตะกอนใต้ทะเลชนิดเดียวกันให้มาอยู่รวมกัน ทำให้หินต้นกำเนิดและหินกักเก็บแยกออกจากกันได้

10. การแปรสภาพของอินทรีย์สารเป็นปิโตรเลียมเกิดได้ทั้งใต้ดิน ในน้ำจืด และน้ำเค็ม

นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณปิโตรเลียมที่เกิดขึ้นยังขึ้นกับความอุดมสมบูรณ์ของสิ่งมีชีวิตและสภาวะอากาศ หากอากาศร้อนจัดหรือหนาวจัดความอุดมสมบูรณ์ของสิ่งมีชีวิตจะน้อยลงส่งผลให้กระบวนการกำเนิดปิโตรเลียมช้าลงหรือหยุดไป ดังนั้นในแต่ละยุค (Geological period) จึงมีปริมาณปิโตรเลียมแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตาราง 1.1 ปริมาณน้ำมันและแก๊สสัมพัทธ์ตามที่ค้นพบในชั้นหินในแต่ละมหายุค [4]

Period	Approximate beginning million years back	Oil Production (%)	Gas Production (%)
Tertiary	10-65	31.2	27.0
Mesozoic	135-225	54.5	44.4
Palaeozoic	270-660	14.3	28.6
Total	-	100.0	100.0

จากตารางจะเห็นได้ชัดว่าการค้นพบน้ำมันและบ่อน้ำมันส่วนใหญ่พบในชั้นหินในมหายุคเทอร์เทียรี (Tertiary) อย่างไรก็ตามในการสำรวจน้ำมัน นักธรณีวิทยามุ่งไปที่ชั้นหินในมหายุคเทอร์เทียรีมากกว่าชั้นหินในมหายุคมีโซโซอิก (Mesozoic) และเมื่อปิโตรเลียมในรูปของน้ำมันดิบ และ/หรือ

สามารถยืมและติดตามหนังสือใหม่ได้ที่ ระบบห้องสมุดอัตโนมัติ WALAI AutoLib

http://lib.rmutp.ac.th/catalog/BibItem.aspx?BibID=b00104536

Multi view View map

ปิโตรเลียมและปิโตรเคมี = Petroleum and petrochemistry / สุปราณี แก้วภิรมย์.

Author	สุปราณี แก้วภิรมย์
Published	กรุงเทพฯ : แดเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปเรชั่น, 2560
Edition	พิมพ์ครั้งที่ 3
Detail	276 หน้า : ภาพประกอบ ; 26 ซม
Subject	ปิโตรเลียม(+) สารปิโตรเคมี(+) อุตสาหกรรมปิโตรเลียม(+) อุตสาหกรรมปิโตรเลียม -- มลพิษ(+) อุตสาหกรรมปิโตรเคมี(+)
ISBN	9786163943293
ประเภทแหล่งที่มา	Book

"สำหรับเพื่อการศึกษาและการอ้างอิงเท่านั้น"