ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำ และตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดระยอง

นางสาวกฤตยาพร ทัพภะทัต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2538

ISBN 974-632-414-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16700028

PETROLEUM HYDROCARBONS IN WATER AND SEDIMENTS IN COASTAL AREA OF RAYONG PROVINCE

Miss Krittayaporn Tappatat

A Thesis Submitted in Partial fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Inter-Department of Environmental Science

Graduate School

Chulalongkorn University

1995

ISBN 974-632-414-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำ และตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดระยอง
โดย	นางสาวกฤตยาพร ทัพภะทัต
สหสาขา	วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา วัฒยากร
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นายจุมพล สงวนสิน

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กำธร ธีรคุปต์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา วัฒยากร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(นายจุมพล สงวนสิน)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนสถิตย์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.อาจอง ประทัตสุนทรสาร)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

กฤตยาพร ทัพภะทัต : ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำและตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดระยอง (PETROLEUM HYDROCARBONS IN WATER AND SEDIMENTS IN COASTAL AERA OF RAYONG PROVINCE) อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา วัฒยากร, อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม นายจุมพล สงวนลิน, 182 หน้า. ISBN 974-632-414-4

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลและตะกอนผิวหน้า จำนวน 27 สถานี จากบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดระยอง ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงธันวาคม 2537 วิเคราะห์หาปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำทะเล โดยวิธีฟลูออเรสเซนต์สเปกโตสโคปี และวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณไฮโดรคาร์บอนในตะกอนผิวหน้าโดยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟฟี่ พบว่าปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำทะเลมีค่าอยู่ในช่วง 0.05-11.84 ไมโครกรัมต่อลิตร เทียบกับสารมาตรฐานไครซีน ค่าเฉลี่ยในบริเวณอุตสาหกรรม ชุมชน และเพาะเลี้ยงคิดเป็น 1.94, 1.12 และ 1.09 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยบริเวณชายฝั่ง ห่างฝั่ง 5 กม. และห่างฝั่ง 10 กม. คิดเป็น 2.85, 0.67 และ 0.63 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากรูปแบบของฟลูออเรสเซนต์สเปกตรัมของตัวอย่างน้ำทะเล ส่วนใหญ่พบว่าเป็นการปนเปื้อนจากน้ำมันดีเซล

ปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวมในตะกอนผิวหน้ามีค่า 0.11 - 14.37 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ค่าเฉลี่ย 2.52 ไมโครกรัมต่อกรัม ปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวมตามบริเวณการใช้พื้นที่ พบว่าบริเวณอุตสาหกรรมมีค่าสูงสุด ตามมาด้วยบริเวณชุมชนและเพาะเลี้ยง ปริมาณเฉลี่ยตามระยะทางที่ห่างฝั่ง พบว่าบริเวณชายฝั่งมีค่าสูงสุด และลดลงเป็นลำดับตามระยะทางที่ห่างฝั่งออกไป ปริมาณ PAHs รวมอยู่ในช่วง trace - 1.66 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยมีค่าเฉลี่ย 0.28 ไมโครกรัมต่อกรัม ปริมาณเฉลี่ยรวมตามการใช้พื้นที่มีปริมาณสูงสุดในบริเวณชุมชน ตามมาด้วยบริเวณอุตสาหกรรมและเพาะเลี้ยง ปริมาณ PAHs เฉลี่ยตามระยะทางค่าสูงสุดอยู่ในบริเวณชายฝั่ง และลดลงตามระยะทางที่ห่างฝั่งตามลำดับ

ปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำและปริมาณไฮโดรคาร์บอนในตะกอนผิวหน้าตามการใช้พื้นที่พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 3 บริเวณ ส่วนตามระยะทางบริเวณชายฝั่งแตกต่างจากบริเวณห่างฝั่งทั้ง 5 กม. และ 10 กม. อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

แหล่งที่มาของสารไฮโดรคาร์บอนในตะกอนผิวหน้าบริเวณชายฝั่ง โดยเฉพาะบริเวณอุตสาหกรรมและชุมชน พบว่ามีแหล่งกำเนิดจากการปนเปื้อนของน้ำมันที่ใช้ในเครื่องจักรเครื่องยนต์ในโรงงานอุตสาหกรรม และเรือต่าง ๆ รวมทั้งน้ำมันเครื่องเก่าที่ผ่านการเผาไหม้มาแล้ว แนวห่างฝั่ง 5 กม. พบว่าได้รับอิทธิพลการปนเปื้อนจากน้ำมันแผ่มาถึงเช่นกัน รวมทั้งมีแหล่งที่มาจากกระบวนการสังเคราะห์ทางชีวภาพทั้งจากไฟโตแพลงตอนและพืชชั้นสูงด้วย แนวห่างฝั่ง 10 กม. ส่วนใหญ่ของสารไฮโดรคาร์บอนที่พบมีแหล่งกำเนิดจากการสังเคราะห์ตามธรรมชาติ พบไฮโดรคาร์บอนจากการปนเปื้อนของน้ำมันไม่มากนัก

นอกจากนี้ได้ศึกษาการกระจายของไฮโดรคาร์บอนตามความลึก เปรียบเทียบกับอายุของชั้นตะกอนจำนวน 4 สถานี พบว่าบริเวณสถานีที่ห่างฝั่งประมาณ 1 กม. ตะกอนดินมีการปนเปื้อนของสารไฮโดรคาร์บอนจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงมาเป็นเวลานานกว่าสถานีที่อยู่ห่างฝั่งมากกว่า 20 กม. ซึ่งพบสาร PAHs เฉพาะในตะกอนชั้นบน ๆ เท่านั้น ในตะกอนชั้นล่างพบว่าเป็นไฮโดรคาร์บอนที่มาจากการสังเคราะห์ตามธรรมชาติโดยกิจกรรมของแบคทีเรียเป็นส่วนใหญ่

ภาควิชา สหสาขา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C526280 : MAJOR INTER-DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE
KEY WORD: PETROLEUM HYDROCARBONS / SEDIMENT / CONTAMINATION / COASTAL ZONE / RAYONG PROVINCE
KRITTAYAPORN TAPPATAT : PETROLEUM HYDROCARBONS IN WATER AND SEDIMENTS IN COASTAL AREA OF RAYONG PROVINCE : THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. GULLAYA WATTAYAKORN, Ph.D., CO-ADVISOR : MR. CHUMPON SGUANSIN, 182 pp., ISBN 974-632-414-4

Sea-water and surface sediment samples from 27 stations along the coastal area of Rayong Province were collected during Feb - Dec. 1994. Petroleum hydrocarbons in water were analyzed by fluorescence spectroscopic method, whereas those of surface sediments were analyzed by gas chromatographic technique. Concentration of hydrocarbons in sea water were found to be 0.05-11.84 µg/l chrysene equivalents. The average concentrations were 1.94, 1.12 and 1.09 µg/l for industrial, urbanized and aquacultural sites, respectively. Average petroleum hydrocarbons for near-shore, 5 and 10 km. off-shore areas were found to be 2.85, 0.67 and 0.63 µg/l, respectively. Fluorescence spectra of the samples revealed that contamination was mostly from diesel oil.

Total n-alkanes in surface sediments were 0.11 - 14.37 µg/g dry weight, with the average of 2.52 µg/g. Comparison of total n-alkanes in the three areas of studied showed the highest value to be around the industrial site, followed by urbanized and aquacultural sites, respectively. Total n-alkanes was found to decrease with distance away off-shore. PAHs content in the sediments ranged from trace-1.66 µg/g dry weight, with the average of 0.28 µg/g. Total PAHs in urbanized area was found to be the highest, as compared to industrial and aquacultural sites.

Hydrocarbon contents both in sea-water samples and surface sediments, were not significantly different with respect to land-use purposes. However, hydrocarbon contents in the near-shore area were significantly different from those of the 5 and 10 km. off-shore areas at the significant level of 0.05.

Major sources of hydrocarbon contamination in near-shore sediments, particularly around industrial and urbanized sites, were found to be mostly anthropogenic in origin, being diesel as well as used lubricating oils from industrial and boating activities. Hydrocarbons found in 5 km off-shore area derived from both biogenic (phytoplankton and higher plants) and anthropogenic sources. In 10 km. off-shore area, hydrocarbons were mostly from biogenic sources with little contribution from anthropogenic sources.

Distribution of hydrocarbons with depth of deposition in 4 dated sediment cores was also studied. Near-shore sediments, from 1 km. off-shore station, was found to be contaminated by hydrocarbons from pyrogenic sources at much earlier dates when compared with sediments from stations located more than 20 km off shore. PAHs were found mostly in upper layers of sediment cores whereas hydrocarbons in much deeper sediments derived mainly from bacterial activities.

ภาควิชา สิ่งแวดล้อมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา วัฒยากร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ปรึกษาและเอาใจใส่ตลอดมา ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กำธร ธีรคุปต์ รองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนสถิตย์ และอาจารย์ ดร.อาจอง ประทัตสุนทรสาร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาตรวจทานและแก้ไข เพื่อให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณจุมพล สงวนสิน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม หัวหน้ากลุ่มสิ่งแวดล้อม ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ที่ได้เมตตาให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง รวมทั้งเจ้าหน้าที่ของกลุ่มสิ่งแวดล้อมทุกท่าน โดยเฉพาะคุณสมพงษ์ บัณฑิวิวัฒน์กุล คุณศุภวัตร กาญจนอติเรกลาภ และ คุณวินัย มหาศรัทธา

ขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์และความกรุณาในการถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจในด้านการหาอายุตะกอนของคุณขนิษฐา ศรีสุขสวัสดิ์ คุณบุญสม พรเทพเกษมสันต์ กองกำจัดกากกัมมันตรังสี สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ

ผู้เขียนขอขอบคุณและซาบซึ้งในน้ำใจของน้องๆ สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ทุกท่านที่ได้ให้กำลังใจตลอดมา ขอขอบคุณ คุณจรูญ สารินทร์ คุณเชาว์ นกอยู่ คุณลักขณา เมี้ยนกำเนิด คุณดำรงค์ศักดิ์ น้อยเจริญ คุณบุษยา เรืองศรี คุณถนอมศักดิ์ บุญภักดี คุณโชคชัย ยะชูศรี คุณศุภวิน วัชรมูล คุณธีราพร วิริวุฒิกร คุณวรินธร มโนสิทธิศักดิ์ คุณชัยวัฒน์ งามเจตนวัฒน์ คุณสมยศ เอื้ออภิสิทธิ์วงศ์ คุณดาวรุ่ง สังข์ทอง คุณตุลวิทย์ สถาปนจารุ คุณนิตยา ไชยเนตร คุณทรงกฤษณ์ ประภักดี คุณเบญจภรณ์ รุ่งพิทักษ์ไชย คุณสุรินทร บุญอนันธนสาร คุณปกรณ์ ปุริมอติกานต์ และคุณละออง เตมียวณิชย์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆจนสำเร็จลุล่วงมาด้วยดี

ขอบคุณ การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ที่ได้ให้โอกาสในการลาศึกษาต่อ และพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ของสำนักงานนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง และสำนักงานนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ทุกท่าน

ท้ายที่สุด ขอขอบคุณพี่ น้อง ที่ได้สละแรงกายแรงใจช่วยเหลือสนับสนุนในทุกๆ ด้าน ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้ความรักและกำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่

1. บทนำ 1

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 10

ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน 10

การหาอายุตะกอน 24

การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 28

3. วิธีการดำเนินการศึกษา 35

4. ผลการศึกษา 42

5. วิจารณ์ผลการศึกษา 76

6. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 96

รายการอ้างอิง 101

ภาคผนวก 108

ประวัติผู้เขียน 182

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงลักษณะสมบัติของน้ำมันเครื่องที่ใช้แล้ว	16
2.2	แสดงปริมาณของสาร PAHs ในน้ำมันเครื่องที่ใช้แล้ว	17
2.3	แสดงค่าความสามารถในการละลายน้ำของไฮโดรคาร์บอนบางชนิด	19
2.4	แสดงค่าความเข้มข้นที่ยอมให้มีได้ในน้ำดื่มของสาร PAHs บางชนิด	23
4.1	แสดงปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำทะเล	43
4.2	แสดงปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่างน้ำตามบริเวณการใช้พื้นที่	44
4.3	แสดงปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่างน้ำตามระยะทางที่ห่างฝั่ง	44
4.4	แสดงการทดสอบทางสถิติของปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำ	47
4.5	แสดงปริมาณนอร์มัลอัลเคนในตะกอนผิวหน้าตามบริเวณการใช้พื้นที่	51
4.6	แสดงปริมาณนอร์มัลอัลเคนในตะกอนผิวหน้าตามระยะทางที่ห่างฝั่ง	51
4.7	แสดงการทดสอบทางสถิติของปริมาณนอร์มัลอัลเคนในตะกอนผิวหน้า	53
4.8	แสดงปริมาณสาร PAHs ในตะกอนผิวหน้าตามบริเวณการใช้พื้นที่	61
4.9	แสดงปริมาณสาร PAHs ในตะกอนผิวหน้าตามระยะทางที่ห่างฝั่ง	61
4.10	แสดงการทดสอบทางสถิติของปริมาณ PAHs ในตะกอนผิวหน้า	63
4.11	แสดงการทดสอบทางสถิติของปริมาณไฮโดรคาร์บอนรวมใน 2 ช่วงฤดูกาล	63
4.12	แสดงค่าอายุตะกอน ปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวม และปริมาณ PAHS ของตะกอนตามความลึกสถานี A	74
4.13	แสดงค่าอายุตะกอน ปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวม และปริมาณ PAHS ของตะกอนตามความลึกสถานี B	74
4.14	แสดงค่าอายุตะกอน ปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวม และปริมาณ PAHS ของตะกอนตามความลึกสถานี C	75
4.15	แสดงค่าอายุตะกอน ปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวม และปริมาณ PAHS ของตะกอนตามความลึกสถานี D	75
5.1	เปรียบเทียบปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่างน้ำทะเลในบริเวณอื่น	77
ก.1	แสดงลักษณะตะกอน ปริมาณน้ำ และปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในตะกอนผิวหน้า เดือนเมษายน	109
ก.2	แสดงลักษณะตะกอน ปริมาณน้ำ และปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในตะกอนผิวหน้า เดือนพฤศจิกายน	111

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข.1 แสดงปริมาณอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนในตะกอนผิวหน้าสถานีต่าง ๆเดือนเมษายน 113

ข.2 แสดงปริมาณอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนในตะกอนผิวหน้าสถานีต่าง ๆเดือนพฤศจิกายน.....116

ค.1 แสดงปริมาณปริมาณสาร PAHs ในตะกอนผิวหน้าสถานีต่าง ๆเดือนเมษายน.....119

ค.2 แสดงปริมาณสาร PAHs ในตะกอนผิวหน้าสถานีต่าง ๆเดือนพฤศจิกายน.....122

ง.1 แสดงปริมาณน้ำและปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในตะกอนตามความลึกสถานี A.....125

ง.2 แสดงปริมาณน้ำและปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในตะกอนตามความลึกสถานี B.....125

ง.3 แสดงปริมาณน้ำและปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในตะกอนตามความลึกสถานี C.....126

ง.4 แสดงปริมาณน้ำและปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในตะกอนตามความลึกสถานี D.....126

จ.1 แสดงปริมาณอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนในตะกอนตามความลึกสถานี A.....127

จ.2 แสดงปริมาณอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนในตะกอนตามความลึกสถานี B.....128

จ.3 แสดงปริมาณอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนในตะกอนตามความลึกสถานี C.....129

จ.4 แสดงปริมาณอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนในตะกอนตามความลึกสถานี D.....130

ฉ.1 แสดงปริมาณสาร PAHs ในตะกอนตามความลึกสถานี A.....131

ฉ.2 แสดงปริมาณสาร PAHs ในตะกอนตามความลึกสถานี B.....131

ฉ.3 แสดงปริมาณสาร PAHs ในตะกอนตามความลึกสถานี C.....132

ฉ.4 แสดงปริมาณสาร PAHs ในตะกอนตามความลึกสถานี D.....132

ช.1 แสดงการพิจารณาแหล่งที่มาของไฮโดรคาร์บอนในสถานีต่าง ๆ เดือนเมษายน.....133

ช.2 แสดงการพิจารณาแหล่งที่มาของไฮโดรคาร์บอนในสถานีต่าง ๆ เดือนพฤศจิกายน.....135

ช.3 แสดงค่าดัชนีในการวิเคราะห์อะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนในตะกอนชั้นผิวหน้าของตะกอนตามความลึกสถานี A, B, C และ D.....136

ช.4 แสดงการพิจารณาแหล่งที่มาของไฮโดรคาร์บอนในตะกอนตามความลึกสถานี A และ D....143

ช.5 แสดงการพิจารณาแหล่งที่มาของไฮโดรคาร์บอนในตะกอนตามความลึกสถานี B และ C....144

ช.1 แสดงค่าดัชนี Kovats ของสารนอร์มัลอัลเคน.....145

ช.2 แสดงค่าดัชนี ARI ของสารอะโรมาติก.....146

ญ.1 แสดงค่าอายุตะกอนสถานี A 163

ญ.2 แสดงค่าอายุตะกอนสถานี B 165

ญ.3 แสดงค่าอายุตะกอนสถานี C 167

ญ.4 แสดงค่าอายุตะกอนสถานี D 169

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	แสดงแหล่งก่อเกิดของสารไฮโดรคาร์บอนที่ปนเปื้อนลงสู่ทะเล	2
1.2	แสดงพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการรั่วไหลของน้ำมัน	5
1.3	แสดงพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออก	6
2.1	แสดงโครงสร้างของสารประกอบปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน	11
2.2	แสดงพฤติกรรมของน้ำมันเมื่อปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำ	20
2.3	แสดงเส้นทางที่ Pb^{210} ลงสู่ตะกอนใต้ทะเล	25
2.4	การเปลี่ยนแปลงกัมมันตภาพรังสีของ Pb^{210} ตามความลึกของตะกอนจากไหล่ทวีป	27
3.1	แสดงสถานีเก็บตัวอย่าง	36
3.2	แสดงวิธีการวิเคราะห์ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำ	39
3.3	แสดงวิธีการวิเคราะห์ไฮโดรคาร์บอนในตะกอน	40
4.1	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่างน้ำ	45
4.2	แสดงฟลูออเรสเซนต์สเปกตรัมของน้ำมันชนิดต่าง ๆ	48
4.3ก	แสดงตัวอย่างฟลูออเรสเซนต์สเปกตรัมของสถานี 3 เดือนสิงหาคม 2537	49
4.3ข	แสดงตัวอย่างฟลูออเรสเซนต์สเปกตรัมของสถานี 6 เดือนมิถุนายน 2537	49
4.4ก	แสดงปริมาณเฉลี่ยนอร์มัลอัลเคนตามการใช้พื้นที่	52
4.4ข	แสดงปริมาณเฉลี่ยนอร์มัลอัลเคนตามระยะทางที่ห่างฝั่ง	52
4.5	แสดงโครมาโตแกรมของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนสถานีที่ 1	55
4.6	แสดงโครมาโตแกรมของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนสถานีที่ 7	56
4.7	แสดงโครมาโตแกรมของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนสถานีที่ 10	57
4.8	แสดงโครมาโตแกรมของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนสถานีที่ 22	58
4.9	แสดงโครมาโตแกรมของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนตามระยะทางที่ห่างฝั่ง บริเวณชุมชน	59
4.10ก	แสดงปริมาณเฉลี่ยสาร PAHs ตามการใช้พื้นที่	62
4.10ข	แสดงปริมาณเฉลี่ยสาร PAHs ตามระยะทางที่ห่างฝั่ง	62
4.11	แสดงโครมาโตแกรมของอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนสถานีที่ 4	64
4.12	แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำและปริมาณอินทรีย์คาร์บอน กับตัวอย่างตะกอนตามความลึก สถานี A และ B	66
4.13	แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำและปริมาณอินทรีย์คาร์บอน กับตัวอย่างตะกอนตามความลึก สถานี C และ D	67

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.14 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวมตามลำดับความลึก สถานี A และ B 69

4.15 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวมตามลำดับความลึก สถานี C และ D 70

4.16 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ PAHs ตามลำดับความลึก สถานี A และ B 71

4.17 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ PAHs ตามลำดับความลึก สถานี C และ D 72

ช.1 แสดงโครมาโตรแกรมของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนตามลำดับความลึก สถานี A 137

ฌ.1 แสดงแมสสเปกตรัมของเบนโซ(อี)ไพรีน จากการวิเคราะห์โดยเทคนิค GC/MS ของตัวอย่างสถานี 13 เดือนเมษายน 152

ฌ.2 แสดงแมสสเปกตรัมของเอ็ม-เทอร์ฟีนิล, ไพรีน, พี-เทอร์ฟีนิล และไครซีน จากการวิเคราะห์โดยเทคนิค GC/MS ของตัวอย่างสถานี 4 เดือนพฤศจิกายน 154

ฌ.3 แสดงแมสสเปกตรัมของแนพธาลีน จากการวิเคราะห์โดยเทคนิค GC/MS ของตัวอย่างสถานี A ชั้นที่ 3 159

ญ.1 แสดงค่า activity ของ Pb^{210} ตามความลึกสถานี A 161

ญ.2 แสดงค่า log ของ activity ตามความลึกสถานี A 162

ญ.3 แสดงค่าความพรุนของเนื้อดิน ตามความลึกสถานี A 162

ญ.4 แสดงค่า activity ของ Pb^{210} ตามความลึกสถานี B 164

ญ.5 แสดงค่า log ของ activity ตามความลึกสถานี B 164

ญ.6 แสดงค่าความพรุนของเนื้อดิน ตามความลึกสถานี B 165

ญ.7 แสดงค่า activity ของ Pb^{210} ตามความลึกสถานี C 166

ญ.8 แสดงค่า log ของ activity ตามความลึกสถานี C 166

ญ.9 แสดงค่าความพรุนของเนื้อดิน ตามความลึกสถานี C 167

ญ.10 แสดงค่า activity ของ Pb^{210} ตามความลึกสถานี D 168

ญ.11 แสดงค่า log ของ activity ตามความลึกสถานี D 168

ญ.12 แสดงค่าความพรุนของเนื้อดิน ตามความลึกสถานี D 169

ฏ.4 แสดงสเกลมาตรฐาน %Sand, Silt และ Clay 179