5281

การกระจายของอะลิฟาติกและอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในตะกอนบริเวณอ่าวไทย

นายจรูญ สารินทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2537

ISBN 974-631-037-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16966181

DISTRIBUTION OF ALIPHATIC AND AROMATIC HYDROCARBONS IN SEDIMENTS FROM THE GULF OF THAILAND

Mr. Charoon Sarin

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
1994

ISBN 974-631-037-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การกระจายของอะลิฟาติกและอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในตะกอนบริเวณอ่าวไทย
โดย	นายจรูญ สารินทร์
สหสาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา วัฒยากร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กำธร ธีรคุปต์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา วัฒยากร)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนสถิตย์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. อาจอง ประทัตสุนทรสาร)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

จรูญ สำรินทร์ : การกระจายของอะลิฟาติกและอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในตะกอนบริเวณอ่าวไทย (DISTRIBUTION OF ALIPHATIC AND AROMATIC HYDROCARBONS IN SEDIMENTS FROM THE GULF OF THAILAND) อ.ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา วัฒยากร. 145 หน้า ISBN 974-631-037-2

ทำการวิเคราะห์สารอะลิฟาติกและอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนตามลำดับความลึกของชั้นตะกอนที่เก็บจากบริเวณอ่าวไทยจำนวน 8 สถานี โดยทำการสกัดตะกอนด้วยวิธี soxhlet extraction เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วผ่านคอลัมน์โครมาโตกราฟีที่บรรจุด้วยซิลิกาเจล วิเคราะห์สารอะลิฟาติกและอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่แยกจากคอลัมน์โครมาโตกราฟี โดยวิธี GC ใช้คอลัมน์ชนิด Fused silica capillary column (SE-54) และตัวตรวจแบบ เฟลมไอโอไนเซชั่น ผลการวิเคราะห์พบนอร์มัล-อัลเคนที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมอยู่ในช่วง C_{15} - C_{30} ปริมาณของนอร์มัลอัลเคนรวมมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกในทุกสถานี บริเวณอ่าวไทยตอนบนมีค่านอร์มัลอัลเคนรวมดังนี้ สถานี A มีค่าระหว่าง 266.05 - 1160.08 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง สถานี B มีค่าระหว่าง 91.72-742.17 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง สถานี C มีค่าระหว่าง 61.30 - 237.50 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ชายฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยบริเวณจังหวัดชุมพรคือ สถานี D มีค่าระหว่าง 93.52 - 638.41 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ชายฝั่งตะวันออกบริเวณจังหวัดจันทบุรี - ตราด คือ สถานี E มีค่าระหว่าง 57.14 - 866.58 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และบริเวณอ่าวไทยตอนล่างมีค่าในแต่ละสถานีดังนี้ สถานี F มีค่าระหว่าง 58.33 - 108.18 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง สถานี G มีค่าระหว่าง 63.50 - 138.48 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และสถานี H มีค่าระหว่าง 63.29 - 144.22 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง เมื่อพิจารณาการกระจายของนอร์มัลอัลเคนและดัชนีต่าง ๆ บ่งชี้ได้ว่าไฮโดรคาร์บอนที่ละลมอยู่ในตะกอนบริเวณต่าง ๆ ของอ่าวไทยมีแหล่งมาจากทั้งธรรมชาติและน้ำมัน

สำหรับสารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนกลุ่ม PAHs พบน้อยมากทั้งปริมาณและชนิด โดยที่สารส่วนใหญ่ที่พบคือ ไดเบนโซไธโอฟีน 1, 2 ไดไฮโดร-1-ฟีนิล แนพธาลีน และ 2-เมทิลฟีแนนทรีน โดยมีปริมาณรวมของ PAHs ในตะกอนชั้นบนของแต่ละสถานีดังนี้ อ่าวไทยตอนบนสถานี A และ B มีค่า 38.72, 123.52 นาโนกรัมต่อกรัมและไม่พบ PAHs ใน C บริเวณชายฝั่งตะวันตก สถานี D มีค่า 66.91 นาโนกรัมต่อกรัม บริเวณชายฝั่งตะวันออก สถานี E มีค่า 43.10 นาโนกรัมต่อกรัม และในบริเวณอ่าวไทยตอนล่างมีค่า 13.63, 67.31 และ 58.32 นาโนกรัมต่อกรัม สำหรับสถานี F, G และ H ตามลำดับ

ภาควิชา สหสาขา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C426155 : MAJOR INTER-DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE
KEY WORD: ALIPHATIC HYDROCARBONS/AROMATIC HYDROCARBONS/SEDIMENTS/GULF OF THAILAND.
CHAROON SARIN : DISTRIBUTION OF ALIPHATIC AND AROMATIC HYDROCARBONS IN SEDIMENTS FROM THE GULF OF THAILAND. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. GULLAYA WATTAYAKORN, Ph.D., 145 pp ISBN 974-631-037-2

Sediment core samples collected from 8 stations in the Gulf of Thailand were soxhlet extracted with dichloromethane for twenty four hours and further fractionated into two fractions by silica gel column chromatography. The aliphatic and aromatic hydrocarbons from column chromatography were determined by fused silica capillary column (SE-54) gas chromatographic analysis, using flame ionization detector. Results of sediment samples analysed show n-alkanes ranging from C_{15} - C_{30} and concentrations decrease with depth in all cores. Concentrations of total n-alkanes in sediments from the Upper Gulf area ranging from 26.05 - 116.08 ng/g dry weight at station A 91.72 - 742.17 ng/g dry weight at station B and 61.30 - 237.50 ng/g dry weight at station C and 93.52 - 638.41 ng/g, and 57.14 - 866.58 ng/g dry weight at station D (west coast) and E (east coast). In the Lower Gulf total n-alkane concentrations ranging from 58.33 - 108.18 ng/g, 63.50 - 138.48 ng/g and 63.29 - 144.22 ng/g at stations F, G and H respectively. The patterns of n-alkane distributions and other indices indicating that aliphatic hydrocarbons in the sediments, from all stations are biogenic and petrogenic in origin.

Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAHs) at all stations were found to be rather low in concentrations and few in species. Dominance PAHs found include dibenzothiophene, 2-methylphenanthrene, and 1, 2-dihydro-1-phenyl napthalene. Concentrations of total PAHs in surface sediments from the Upper Gulf area are 38.72, 123.52 and 0 ng/g dry weight at stations A, B and C and 66.91 ng/g, 43.10 ng/g dry weight at station D (west coast) and E (east coast). In the Lower Gulf, total PAHs are 13.63 ng/g 67.31 ng/g and 58.32 ng/g at stations F, G and H respectively.

ภาควิชา สหสาขา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา วัฒยากร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ท่านได้กรุณาให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือโดยสม่ำเสมอ ผู้เขียนใคร่ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้และกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กำธร ธีรคุปต์ รองศาสตราจารย์เปรมจิตต์ แทนสถิตย์และอาจารย์ ดร.อาจอง ประทัตสุนทรสาร ที่เป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และกรุณาตรวจทานแก้ไข เพื่อให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ในการนี้ขอขอบคุณโครงการผลิตและพัฒนาอาจารย์ ทบวงมหาวิทยาลัย (UDC) และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (NSTDA) ที่กรุณาให้ทุนในการศึกษาและทำวิจัยครั้งนี้อีกทั้งขอบคุณกองกำจัดกากกัมมันตรังสี สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่สนับสนุนสารเคมีเพื่อใช้ในการวิจัย

นอกจากนี้ขอขอบคุณ คุณขนิษฐา ศรีสุขสวัสดิ์และเจ้าหน้าที่กองกำจัดกากกัมมันตรังสีที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างและขอขอบคุณ คุณลักขณา เมี้ยนกำเนิด คุณกฤตยาพร ทัพภะทัต คุณปัญญานีย์ พราพงษ์ คุณเชาวน์ นกอยู่ คุณโชคชัย ยะชูศรี คุณธันยกร จินต์ประเสริฐ คุณนิตยา ไชยเนตร และพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ สหสาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อมทุกคน ที่คอยถามข่าวความก้าวหน้าเกี่ยวกับวิทยานิพนธ์และให้กำลังใจตลอดมา พร้อมกันนี้ขอบคุณ คุณศิริพรรณ ชิดบุรี ที่เป็นกำลังใจตลอดมา

ท้ายนี้ กราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้ความรักและกำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่

1. บทนำ 1
2. ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในสิ่งแวดล้อม : แหล่งน้ำ 4
3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา 29
4. ผลการศึกษา 44
5. วิจารณ์ผลการศึกษา 99
6. สรุปการศึกษาและข้อเสนอแนะ 111

รายการอ้างอิง 114

ภาคผนวก 118

ประวัติผู้เขียน 145

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนที่ปนเปื้อนลงสู่ทะเล....7

2.2 แสดงปริมาณสารสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาลงสู่อ่าวไทย....16

2.3 แสดงสถิติการปนเปื้อนของน้ำมันลงสู่อ่าวไทย....19

3.1 แสดงค่า LOD ของการวิเคราะห์นอร์มัลอัลเคน....42

3.2 แสดงค่า LOD ของการวิเคราะห์สารอะโรมาติก....43

4.1 แสดงปริมาณน้ำและปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนในตะกอนบริเวณต่างๆ....45

4.2 แสดงค่าความสัมพันธ์ (Correlation Coefficient : r) ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน กับระดับความลึกชั้นตะกอน ปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวมกับระดับความลึกของชั้นตะกอน และปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวมต่อปริมาณสารอินทรีย์บริเวณต่างๆ ในอ่าวไทย....49

4.3 แสดงนอร์มัลอัลเคนรวมในตะกอนบริเวณต่างๆ ในอ่าวไทย....52

4.4 แสดงสมการถดถอย (Regression Equation) เพื่อทำนายปริมาณนอร์มัลอัลเคนในตะกอน บริวณต่างๆ ในอ่าวไทย....61

4.5 แสดงปริมาณสารอะโรมาติกในตะกอนชั้นบน (0-2 เซนติเมตร) บริเวณอ่าวไทย....92

5.1 แสดงค่าดัชนีต่างๆของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนในบริเวณอ่าวไทยตอนบน....105

5.2 แสดงค่าดัชนีต่างๆของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนในบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตก สถานี D และบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก สถานี E....106

5.3 แสดงค่าดัชนีต่างๆของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนในบริเวณอ่าวไทยตอนล่าง สถานี F, G และ H....108

5.4 เปรียบเทียบผลการศึกษาปริมาณรวมของ PAHs บริเวณต่างๆ....110

ก.1 แสดงปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนและสักษณะตะกอนสถานี A....118

ก.2 แสดงปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนและสักษณะตะกอนสถานี B....119

ก.3 แสดงปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนและสักษณะตะกอนสถานี C....120

ก.4 แสดงปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนและสักษณะตะกอนสถานี D....121

ก.5 แสดงปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนและสักษณะตะกอนสถานี E....122

ก.6 แสดงปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนและสักษณะตะกอนสถานี F....123

ก.7 แสดงปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนและสักษณะตะกอนสถานี G....124

ก.8 แสดงปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนและสักษณะตะกอนสถานี H....125

ข.1 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ และ ดัชนี Kovats ของสารมาตรฐานนอร์มัลอัลเคน....126

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ค.1 แสดงปริมาณนอร์มัลอัลเคนในตัวอย่างตะกอน (นาโนกรัมต่อกรัม) สถานี A.....127

ค.2 แสดงปริมาณนอร์มัลอัลเคนในตัวอย่างตะกอน (นาโนกรัมต่อกรัม) สถานี B.....128

ค.3 แสดงปริมาณนอร์มัลอัลเคนในตัวอย่างตะกอน (นาโนกรัมต่อกรัม) สถานี C.....129

ค.4 แสดงปริมาณนอร์มัลอัลเคนในตัวอย่างตะกอน (นาโนกรัมต่อกรัม) สถานี D.....130

ค.5 แสดงปริมาณนอร์มัลอัลเคนในตัวอย่างตะกอน (นาโนกรัมต่อกรัม) สถานี E.....131

ค.6 แสดงปริมาณนอร์มัลอัลเคนในตัวอย่างตะกอน (นาโนกรัมต่อกรัม) สถานี F.....132

ค.7 แสดงปริมาณนอร์มัลอัลเคนในตัวอย่างตะกอน (นาโนกรัมต่อกรัม) สถานี G.....133

ค.8 แสดงปริมาณนอร์มัลอัลเคนในตัวอย่างตะกอน (นาโนกรัมต่อกรัม) สถานี H.....134

ง.1 แสดงดัชนี ARI ของสารมาตรฐานอะโรมาติก.....135

ง.2 แสดงดัชนี ARI ของสารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนจากการ interpolate ผลการศึกษา
ของตารางที่ ง.1 เทียบกับ ARI ของ Lee and Vassilarost (1979).....136

จ.1 แสดงการปรากฏของ UCM ในโครมาโตแกรมอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน
ของสถานี A,B และ C.....143

จ.2 แสดงการปรากฏของ UCM ในโครมาโตแกรมอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน
ของสถานี D และ E.....144

จ.3 แสดงการปรากฏของ UCM ในโครมาโตแกรมอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน
ของสถานี F,G และ H.....144

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 แสดงโครงสร้างสารประกอบปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน....5

2.2 แสดงพฤติกรรมของน้ำมันเมื่อปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำ....10

2.3 แสดงพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการรั่วไหลของน้ำมัน....15

2.4 แสดงเดินทางการเดินเรือในอ่าวไทย....18

2.5 แสดงแหล่งสำรองปิโตรเลียมของประเทศไทย....21

3.1 แสดงสถานีเก็บตัวอย่าง....30

3.2 แสดงวิธีวิเคราะห์สารไฮโดรคาร์บอนในตะกอน....35

3.3 แสดงวิธีกำจัดสาร high polar ออกจากอะโรมาติกแฟรคชัน....36

3.4 แสดงโครมาโตแกรมสารมาตรฐานอะโรมาติกที่ได้จาก
การชะด้วย 10,20,30 และ 40 % ไดคลอโรมีเธน....37

4.1 แสดงปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนในตะกอนที่ระดับความลึกต่างๆ ของชั้นตะกอน
บริเวณอ่าวไทยตอนบน....46

4.2 แสดงปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนในตะกอนที่ระดับความลึกต่างๆ ของชั้นตะกอนบริเวณ
ชายฝั่งทะเลตะวันตกและบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก....47

4.3 แสดงปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนในตะกอนที่ระดับความลึกต่างๆ ของชั้นตะกอน
บริเวณอ่าวไทยตอนล่าง....48

4.4 แสดงโครมาโตแกรมของสารมาตรฐานอะลิฟาติก....50

4.5 แสดงปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวมที่ระดับความลึกต่างๆ บริเวณอ่าวไทยตอนบน....53

4.6 แสดง mass spectrum ของสารพริสเทนและไฟเทน ในตัวอย่างเทียบกับสารมารตฐาน....54

4.7 แสดงโครมาโตแกรมของสารอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนที่ระดับความลึกต่างๆ
ของชั้นตะกอนสถานี A....55

4.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารนอร์มัลอัลเคนรวมและสารอินทรีย์คาร์บอนที่
ระดับความลึกต่างๆบริเวณอ่าวไทยตอนบน....60

4.9 แสดงปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวมตามระดับความลึกบริเวณชายฝั่งตะวันตก.สถานี D....62

4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนและนอร์มัลอัลเคนรวม
ตามระดับความลึกต่างๆบริเวณ.ชายฝั่งตะวันตก สถานี D....62

4.11 แสดงโครมาโตแกรมของสารอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนที่ระดับความลึกต่างๆ
ของชั้นตะกอนสถานี D....63

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.12 แสดงปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวมตามระดับความลึกต่างๆ ของชั้นตะกอน บริเวณชายฝั่งตะวันออกสถานี E 69
4.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนและนอร์มัลอัลเคนรวม ตามระดับความลึกต่างๆ บริเวณชายฝั่งตะวันออก....69
4.14 แสดงโครมาโตแกรมของสารอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนที่ระดับความลึกต่างๆ ของ ชั้นตะกอนสถานี E 70
4.15 แสดงปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวมที่ระดับความลึกต่างๆ ของชั้นตะกอน บริเวณอ่าวไทยตอนล่าง....75
4.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณนอร์มัลอัลเคนและสารอินทรีย์คาร์บอน ที่ระดับความลึกต่างๆ บริเวณอ่าวไทยตอนล่าง....76
4.17 แสดงโครมาโตแกรมของสารอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนที่ระดับความลึกต่าง ๆ ของชั้นตะกอน สถานี H....77
4.18 แสดงปริมาณเฉลี่ยของนอร์มัลอัลเคนรวมในตะกอนชั้นบนสุดและปริมาณเฉลี่ยของ นอร์มัลอัลเคนรวม....82
4.19 แสดงโครมาโตแกรม TIC ของแฟรคชั่น 2 ที่ชะด้วย 40 % ไดคลอโรมีเธนในเฮกเซน 84
4.20 แสดง maas spectrum ของสารที่พบในอะโรมาติกแฟรคชันที่ชะด้วย 40 % ไดคลอโรมีเธนในเฮกเซนเทียบกับสารมาตรฐาน....85
4.21 แสดงโครมาโตแกรมของสารอะโรมาติกแฟรคชันสถานี B (อ่าวไทยตอนบน) 88
4.22 แสดงโครมาโตแกรมของสารอะโรมาติกแฟรคชันสถานี D (ชายฝั่งตะวันตก) 89
4.23 แสดงโครมาโตแกรมของสารอะโรมาติกแฟรคชันสถานี E (ชายฝั่งตะวันออก) 90
4.24 แสดงโครมาโตแกรมของสารอะโรมาติกแฟรคชันสถานี B (อ่าวไทยตอนล่าง) 91
4.25 แสดง mass spectrum ของสารอะโรมาติกที่พบในตะกอนจากสถานี A เทียบกับสารมาตรฐาน 93
4.26 แสดง mass spectrum ของสารอะโรมาติกที่พบในตะกอนจากสถานี B เทียบกับสารมาตรฐาน 96