

ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในสภาวะแวดล้อมทางทะเล
บริเวณอุตสาหกรรมแปรรูปสภาพเรือเหล็กเก่า มาบตาพุด จังหวัดระยอง



นางสาวพรศรี สุกขนารักษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2534

ISBN 974-579-471-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017679

1111111111

PETROLEUM HYDROCARBONS IN THE MARINE ENVIRONMENT
AROUND SHIP-BREAKING INDUSTRY AREA, MAP TA PHUT, RAYONG PROVINCE



MISS PORNSRI SUTHANARUK

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Marine Science

Graduate School

Chulalongkorn University

1991

ISBN 974-579-471-6

Thesis Title Petroleum Hydrocarbons in the Marine Environment
 around ship-breaking industry area, Map Ta Phut,
 Rayong Province.

By Miss Pornsri Suthanaruk

Department Marine Science

Thesis Advisor Associate Professor Gullaya Wattayakorn
 Mr. Saran Petpiroon



Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University
in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master' Degree

Thavorn Vajrabhaya.....Dean of Graduate School
(Professor Thavorn Vajrabhaya, Ph.D.)

Thesis Committee

Twesukdi Piyakarnchana.....Chairman
(Professor Twesukdi Piyakarnchana, Ph.D.)

Gullaya Wattayakorn.....Thesis Advisor
(Associate Professor Gullaya Wattayakorn, Ph.D.)

Saran Petpiroon.....Thesis Co-Advisor
(Mr. Saran Petpiroon, Ph.D.)

Mahunnop Banpapong.....Member
(Mr. Mahunnop Banpapong, Ph.D.)

Monthip S. Tabucanon.....Member
(Ms. Monthip S. Tabucanon)

Sittiporn Kajornatiyudh.....Member
(Mr. Sittiporn Kajornatiyudh, Ph.D.)



พิมพ์ต้นฉบับที่กักตุนด้วยวิทยานิพนธ์ภายในกวอานต์เขียวนี้เพียงหนึ่งเล่มเดียว

พระศรี สุทธนารักษ์: ซีโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในล่าวาแควดล้อมทางทะเลบริเวณ
อุตสาหกรรมแปรสภาพเรือเหล็กเก่า มาบตาพุด จังหวัดระยอง (PETROLEUM
HYDROCARBONS IN THE MARINE ENVIRONMENT AROUND SHIP-BREAKING
INDUSTRY AREA, MAP TA PHUT, RAYONG PROVINCE) อ.ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์
ดร.กัลยา วัฒยากร และ ดร.ศรัณย์ เพ็ชรพิรุณ, 206 หน้า. ISBN 974-579-471-6

ศึกษาปริมาณซีโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน ในน้ำที่ระดับลึก 1 เมตร และระดับผิวบริเวณ
อุตสาหกรรมแปรสภาพเรือเหล็กเก่า มาบตาพุด จังหวัดระยอง ในเดือนตุลาคม 2531 ซึ่งเป็นช่วงก่อนการ
ตัดเรือเดือนมิถุนายนและเดือนพฤศจิกายน 2532 ซึ่งเป็นช่วงกำลังตัดเรือบรรทุกน้ำมันและภายหลังการตัด
เรือในเดือนพฤษภาคม 2533 โดยวิธีฟลูออเรสเซนซ์เลปโทโรสโคปี (UVF) พบว่าช่วงที่มีการตัดเรือทั้ง
2 ครั้งในเดือนมิถุนายนและเดือนพฤศจิกายนจะมีสารซีโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนปนเปื้อนในน้ำสูงกว่าช่วง
ก่อนและภายหลังการตัดเรือ การกระจายของซีโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในช่วงการตัดเรือในเดือน
มิถุนายน พบว่ามีความปนเปื้อนของสารซีโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน ในน้ำทะเลบริเวณสถานีใกล้ฝั่งทางทิศ
ตะวันออกของจุดตัด สูงกว่าทางทิศตะวันตก การกระจายของซีโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในเดือน
พฤศจิกายน พบความปนเปื้อนที่สถานีใกล้ฝั่งและห่างฝั่งหน้าโรงงานตัดเรือสูงกว่าสถานีใกล้ฝั่งทางทิศ
ตะวันตก และทิศตะวันออกของจุดตัดเรือ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับทิศทางลู่ทริซของการะเลน้ำในบริเวณ
ดังกล่าว ซึ่งมีผลต่อการกระจายของสารซีโตรเลียมที่ปนเปื้อนในน้ำในทิศตะวันออกเฉียงใต้ในเดือน
พฤษภาคม และทิศตะวันตกเฉียงใต้ก่อนมาทางใต้ในเดือนพฤศจิกายน

วิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารซีโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน ในตัวอย่างตะกอนดินและตัวอย่าง
หอยเสียบที่เก็บในบริเวณอุตสาหกรรมแปรสภาพเรือเหล็กเก่าแห่งนี้ โดยทำการสกัดด้วยไดคลอโรมีเทน
(โดยวิธี Soxhlet extraction เป็นเวลา 24 ชั่วโมง) แล้วผ่านคอลัมน์โครมาโตกราฟีที่บรรจุด้วย
ซิลิกาเจล วิเคราะห์สารอะโรมาติก และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่แยกจากคอลัมน์โครมาโตกราฟี
โดยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟี (GC) ใช้คอลัมน์ชนิด fused silica capillary column (SE-54)
และตัวตรวจแบบแฟลมไอโอไนเซชัน ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนดิน พบสารอัลคิลเบนที่มีจำนวน
คาร์บอนอะตอมในช่วง $C_{15} - C_{30}$ ปริมาณอะโรมาติกโดยรวมมีค่าเฉลี่ย 0.35 และ 0.36 ไมโครกรัม/กรัม
น้ำหนักแห้งในเดือนตุลาคมและมิถุนายน ตามลำดับ พบสารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ในช่วง
0.06 - 0.87 และ 0.27 - 1.87 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ด้วยค่าเฉลี่ย 0.33 และ 0.69
ไมโครกรัม/กรัม ในเดือนตุลาคมและมิถุนายน ตามลำดับ ในตัวอย่างหอยเสียบพบสารอัลคิลเบนใน
ช่วง $C_{15} - C_{27}$ ปริมาณรวมในช่วง 6.18 - 14.91 ไมโครกรัม/กรัม ในเดือนตุลาคม และ
10.84 - 38.94 ไมโครกรัม/กรัม ในเดือนมิถุนายน สาร PAH ที่พบได้แก่ อะซีแนฟโทลีน
อะซีแนฟทีน ไดเบนโซโรโอฟิน ฟิเนนทรีนแอนทราซีน 1-เมทิลฟิเนนทรีน ฟลูออแรนทีน ไพรีน
และเบนโซเอไพรีน

ศึกษาการกระจายของน้ำมันดินบนชายหาด ระยะทางประมาณ 14 กิโลเมตร ตลอดชายฝั่ง
ครอบคลุมบริเวณอุตสาหกรรมตัดเรือ พบการกระจายของน้ำมันดินในช่วง 0.62 - 20.83, 0.10 -
113.89, 0.47 - 209.11 และ 0.85 - 69.11 กรัม/เมตร ในช่วงก่อนตัดเรือ กำลังตัดเรือ
ทั้ง 2 ครั้ง และหลังการตัดเรือ ตามลำดับ โดยพบค่าน้ำมันดินบนชายหาดในปริมาณสูงสุดบริเวณจุด
ตัดเรือ

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล
สาขาวิชา ชีววิทยาทางทะเล
ปีการศึกษา 2533

ลายมือชื่อนิติ Pornsri Suthanaruk
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Kullaya Wattayakorn
..... Saran Detwong

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมที่เขียนเส้นเดียว

PORNSRI SUTHANARUK : PETROLEUM HYDROCARBONS IN THE MARINE ENVIRONMENT AROUND SHIP-BREAKING INDUSTRY AREA, MAP TA PHUT, RAYONG PROVINCE. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. GULLAYA WATTAYAKORN Ph.D., AND MR. SARAN PETPIROON, Ph.D., 206 PP. ISBN 974-579-471-6

Dissolved/dispersed petroleum hydrocarbons in seawater samples collected at 1m depth and in surface microlayer of the coastal area around ship-breaking factories in Map Ta Phut, Rayong Province were determined by fluorescence spectroscopy. Petroleum hydrocarbon concentrations were found to be higher in the two scraping periods in June and November 1989. In June, petroleum concentrations were higher in nearshore and offshore stations, eastwards of the scraping area, than those on the west site. In November, concentrations of petroleum hydrocarbons were found to be higher at the front of the breaking site when compared to the eastward and westward areas. The SE and SSW directions of net tidal drift observed in June and November confirmed the effect of wind and current in transporting contaminated oil from this ship-breaking point source.

Sediments and bivalve, *Donax* sp. tissue samples were extracted with dichloromethane (twenty four hour soxhlet extraction) followed by silica gel column chromatography and capillary column (SE-54) gas chromatographic analysis, using flame ionization detector. The results of sediment sample analyses showed n-alkane ranging from C_{15} - C_{30} . The average total aliphatics are 0.35 and 0.36 ug/g dry weight for October and June samples. Total aromatics ranged from 0.06 - 0.87 ug/g dry weight with the average of 0.33 ug/g in October and 0.27 - 1.87 ug/g with the average of 0.69 ug/g in June. *Donax* sp. tissue contained total n-alkane (C_{15} - C_{26}) ranging 6.18 - 14.91 ug/g in October and 10.84 - 38.94 ug/g in June. PAH found included acenaphthene, acenaphthylene, dibenzothiophene, phenanthrene, anthracene, 1-methylphenanthrene, fluoranthrene, pyrene and benzo(a)pyrene.

The amount of beach tar deposited along the coastline were also observed. The deposition ranges are from 0.62 - 20.83, 0.10 - 113.89, 0.47 - 209.11 and 0.85 - 69.11 g/m in October 1988, June and November 1989 and May 1990. The highest deposition was found at the scraping site.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล
สาขาวิชา สิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2533

ลายมือชื่อนิติกร Pornsri Suthanaruk
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Gullaya Wattayakorn
.....



ACKNOWLEDGEMENTS

vi

I wish to express my deepest gratitude and appreciation to Dr.Gullaya Wattayakorn, my advisor and Dr.Saran Petpiroon, my co-advisor for their encouragements, discussions, supports and helpful guidance throughout this research, and most of all suggestions to improve the manuscript of this thesis. I would like to acknowledge my thesis committee chairman, Dr.Twesukdi Piyakanchana, and the members of my thesis committee, Dr.Mahunnop Banpapong, Ms.Monthip S. Tabucanon, and Dr. Sittiporn Kajornatiyudh, for their suggestions , advice and encouragements and supports throughout this research.

I am very grateful to Mr. Somsak Junlasorn, Director of the Eastern Marine Fishery Development Center (EMFDEC) for giving me a chance to take part in the the Fishery and Environment research works; Mr. Suphawat Karn-atileaklarp, Mr. Joompol Sanguansin and the officers of EMFDEC for their help during the field surveys.

Gratitude are also expressed to Ms. Sripan Muksombat for the analysis of grain size and organic matter and the officer of the Meteorological Department for providing the meteorological data. Special thanks are also due to Mr. Sorawit Powtongsook and Mr. Chonlatee Cheewasedtham for their tireless helps in computer works.

Finally, I wish to express my deepest thanks to my parents and my younger brothers for their understanding and continued encouragement throughout a long way of my education.

This work was supported by the Environmental Fishery Section, EMFDEC, Ministry of Agriculture and Cooperatives and in parts by the Graduate School of Chulalongkorn University.



LIST OF CONTENTS

| | Page |
|---|------|
| Abstract (Thai)..... | iv |
| Abstract (English)..... | v |
| Acknowledgements..... | vi |
| List of Tables..... | x |
| List of Figures..... | xii |
| Chapters | |
| I Introduction | 1 |
| Literature Review..... | 4 |
| Petroleum Hydrocarbons in the World Wide Marine Environment..... | 4 |
| petroleum Hydrocarbons in ASEAN Waters..... | 9 |
| Petroleum Hydrocarbons in Thai Waters..... | 10 |
| Observation of Tar Balls in various Regions..... | 18 |
| Effects of Petroleum Hydrocarbons on Organisms (Bioassay)..... | 22 |
| II Petroleum Hydrocarbons in the Marine Environment | 29 |
| 2.1 The composition of Petroleum Hydrocarbons..... | 29 |
| 2.2 Origin of Hydrocarbons in the Marine Environment..... | 31 |
| 2.3 Differentiation of Petroleum Hydrocarbons from Biogenic Hydrocarbons..... | 36 |
| 2.4 Fate of Oil Entering the Sea..... | 37 |
| 2.5 Effects of Petroleum Hydrocarbons in Organisms..... | 50 |
| 2.6 Sources of Oil Pollution in Thailand..... | 53 |
| 2.7 Study Area..... | 59 |
| 2.7.1 Characteristic of Map Ta Phut Sea Coast..... | 59 |
| 2.7.2 Source of Petroleum Hydrocarbons in Map Ta Phut Area..... | 60 |
| III Materials and Methods..... | 61 |
| 3.1 Study Area and Location..... | 61 |
| 3.2 Sampling Methods..... | 65 |
| 3.2.1 Seawater Samples..... | 65 |
| 3.2.1.1 Drop-bottle technique..... | 65 |
| 3.2.1.2 Triangular Screen Technique..... | 66 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 3.2.2 | Sediments..... | 67 |
| 3.2.3 | Bivalves..... | 68 |
| 3.2.4 | Beach Tar..... | 68 |
| 3.3 | Analytical Procedures..... | 69 |
| 3.3.1 | Seawater Samples..... | 69 |
| 3.3.2 | Sediment Samples..... | 72 |
| 3.3.2.1 | Sample Preparation and Extraction..... | 72 |
| 3.3.2.2 | Adsorption Chromatography..... | 73 |
| 3.3.2.3 | Determination of Petroleum Hydrocarbons in Sediment by Using UVF Technique..... | 74 |
| 3.3.2.4 | Determination of Petroleum Hydrocarbon in Sediment by Using Gas Chromatography with Flame Ionization Detector..... | 74 |
| 3.3.2.5 | Determination of Petroleum Hydrocarbons by Using Gas Chromatography/Mass Spectroscopy (GC/MS)..... | 77 |
| 3.3.2.6 | Oxidizable Organic Carbon Content in Sediment Samples..... | 78 |
| 3.3.2.7 | Grain Size Analysis of sediment Samples..... | 78 |
| 3.3.3 | Bivalve Tissue..... | 78 |
| 3.3.4 | Beach Tars..... | 82 |
| 3.3.5 | Current Measurement..... | 82 |
| IV | Results | 83 |
| 4.1 | Circulation pattern of the study area..... | 83 |
| 4.2 | Petroleum hydrocarbons in water samples..... | 87 |
| 4.2.1 | Concentrations of petroleum hydrocarbons in seawater | 87 |
| 4.2.2 | Enrichment factors | 92 |
| 4.2.3 | Distribution patterns of petroleum hydrocarbons..... | 93 |
| 4.2.4 | Fluorescence spectra..... | 93 |
| 4.3 | Distribution of tar balls | 102 |
| 4.4 | Distribution of petroleum hydrocarbons in sediment samples | 105 |
| 4.4.1 | Sediment types and organic contents..... | 105 |
| 4.4.2 | Distributions of aliphatic hydrocarbons (fraction 1) in sediments..... | 108 |
| 4.4.3 | Distributions of aromatic hydrocarbons (fraction 2) in sediments..... | 123 |
| 4.4.3.1 | Aromatic hydrocarbons by UVF technique..... | 123 |
| 4.4.3.2 | Aromatic hydrocarbons by GC technique..... | 127 |

| Table | Page |
|-------|--|
| 4-13 | Aliphatic hydrocarbon concentrations in sediment core134 |
| 4-14 | Distribution of n-alkane in sediment core from station C.....140 |
| 4-15 | Aliphatic hydrocarbon concentration from sediment core sample.....140 |
| 4-16 | Aromatic hydrocarbon concentrations from sediment core sample.....144 |
| 4-17 | Concentration of petroleum hydrocarbons in bivalve <u>Donax</u> sp. collected at ship-breaking industry area before and during operations in October 1988 and June 1989, respectively, analyzed by UVF method...145 |
| 4-18 | n-Alkane distribution in bivalve <u>Donax</u> sp. in October, 1988.....147 |
| 4-19 | n-Alkane distribution in bivalve <u>Donax</u> sp. in June, 1989.....147 |
| 4-20 | Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) found in <u>Donax</u> sp. (October, 1988).....148 |
| 4-21 | Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) found in <u>Donax</u> sp. (June, 1989).....148 |
| 5-1 | Concentrations of PAH in sediments and soils from around the world.....163 |



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

| Table | Page |
|-------|--|
| 1-1 | Related researches on petroleum hydrocarbons in the marine environment in various regions of the world.....23 |
| 1-2 | Studies of petroleum hydrocarbons in various kinds of bivalves in the world.....27 |
| 1-3 | Related researches on beach tar observation in various regions.....28 |
| 2-1 | Composition of distilled oils.....29 |
| 2-2 | Incidents of oil spills in Thailand.....56 |
| 2-3 | The worst incidents of oil spills in the world.....57 |
| 3-1 | Schedule for sample collection in this study.....62 |
| 4-1 | Concentration of dissolved and dispersed petroleum hydrocarbons in seawater and creek water.....88 |
| 4-2 | Enrichment factors of hydrocarbon concentration between bulk water and sea surface water.....94 |
| 4-3 | Synchronous spectrum of water samples collected in four study periods.....99 |
| 4-4 | Distribution on of beach tar (g/m) deposited around ship-breaking factories Map Ta Phut sea coast.....103 |
| 4-5 | Grain size analysis for some selected sediment samples around the ship-breaking area at Map Ta Phut, Rayong province (October, 1988).....106 |
| 4-6 | Grain size analysis for some selected sediment samples around the ship-breaking area at Map Ta Phut, Rayong Province (June 1989).....106 |
| 4-7 | Organic matter and water content in sediment samples collected at ship-breaking industry area at Map Ta Phut, Rayong Province, in October 1988 and June 1989.....107 |
| 4-8 | Aliphatic Hydrocarbons in the Map Ta Phut sediments collected in October, 1988.....118 |
| 4-9 | Aliphatic Hydrocarbons in the Map Ta Phut sediments collected in June, 1989.....119 |
| 4-10 | Concentration of aromatic hydrocarbons from the Map Ta Phut sediments around the ship-breaking area before and during operations in October 1988 and June 1989, respectively, determined by UVF method.....123 |
| 4-11 | Identified aromatic hydrocarbons from the Map Ta Phut sediments in October, 1988.....129 |
| 4-12 | Identified aromatic hydrocarbons from the Map Ta Phut sediments in June, 1989.....130 |
| 4-13 | Petroleum hydrocarbon concentration in sediment core.....134 |

| Table | Page |
|-------|---|
| 4-13 | Aliphatic hydrocarbon concentrations in sediment core134 |
| 4-14 | Distribution of n-alkane in sediment core from station C.....140 |
| 4-15 | Aliphatic hydrocarbon concentration from sediment core sample.....140 |
| 4-16 | Aromatic hydrocarbon concentrations from sediment core sample.....144 |
| 4-17 | Concentration of petroleum hydrocarbons in bivalve <u>Donax</u> sp. collected at ship-breaking industry area before and during operations in October 1988 and June 1989, respectively, analyzed by UVF method...145 |
| 4-18 | n-Alkane distribution in bivalve <u>Donax</u> sp. in October, 1988.....147 |
| 4-19 | n-Alkane distribution in bivalve <u>Donax</u> sp. in June, 1989.....147 |
| 4-20 | Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) found in <u>Donax</u> sp. (October, 1988).....148 |
| 4-21 | Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) found in <u>Donax</u> sp. (June, 1989).....148 |
| 5-1 | Concentrations of PAH in sediments and soils from around the world.....163 |



 ศูนย์วิจัยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

| Figure | Page |
|--------|--|
| 2-1 | Chemical structures of petroleum hydrocarbons.....29 |
| 2-2 | Diagenetic pathways from phytol to pristane a) in the presence of oxygen b) in the absence of oxygen.....32 |
| 2-3 | Fate of oil in the marine environment.....38 |
| 3-1 | Sampling stations set up in this study area around the ship-breaking factories.....62 |
| 3-2 | Procedure for petroleum hydrocarbons analysis in water samples71 |
| 3-3 | A summary of analytical procedure for sediments samples.....74 |
| 3-4 | A summary of analytical procedure for bivalve tissue.....75 |
| 4-1 | Plotting predicted tide from tidetable at Sattahip and Chong Samed which cover the Map Ta Phut area. a) 21-22 June, 1989 b) 24-25 November, 1989.....85 |
| 4-2 | The hourly recorded surface current and the progressive vector diagram. a) The hourly recorded surface current in June. b) The progressive vector diagram in June. c) The hourly recorded surface current in November. d) The progressive vector diagram in November.....86 |
| 4-2 | Petroleum hydrocarbon concentration in seawater samples collected at surface microlayer in 4 study periods. a) October 1988 b) June 1989 c) November 1989 c) May 1990.....86 |
| 4-3 | Petroleum hydrocarbon concentration in creek water samples collected (1m-depth) in 4 study periods .89 |
| 4-4 | Petroleum hydrocarbon concentration in seawater samples collected at surface microlayer in 4 study periods. a) October 1988 b) June 1989 c) November 1989 c) May 1990.....90 |
| 4-5 | Petroleum hydrocarbons concentration in creek water samples collected in 4 study periods.....91 |
| 4-6 | Distribution patterns of petroleum hydrocarbons in surface water in June 1989 and November 1989.....95 |
| 4-7 | Distribution patterns of petroleum hydrocarbons in water column (1 m-depth) in June 1989 and November 1989.....96 |

| Figure | Page |
|--------|---|
| 4-8 | The fluorescence emission spectra of water samples (a) hexane solvent (b,c,d) spectra of most samples.....97 |
| 4-9 | Three type of the representative fluorescence synchronous spectra.....100 |
| 4-10 | Fluorescences synchronous spectra of reference oils...101 |
| 4-11 | Distribution of beach tar around ship-breaking factories on the Map Ta Phut sea coast.....104 |
| 4-12 | Gas chromatograms of aliphatic hydrocarbons in the sediments at Map Ta Phut area. (a) Standard aliphatic hydrocarbons (b) Station N (October, 1988) (c) Station N (June, 1989) (d) Station N18 (October, 1988) (e) Station N18 (June, 1989) (f) Station N8 (October, 1988) (g) Station N8 (June, 1989) (h) Station N15 (October, 1988) (i) Station N15 (June, 1989) (j) Station O5 (October, 1988).....111 |
| 4-13 | Distribution of total n-alkane in the Map Ta Phut sediments (a) October, 1988 (b) June, 1989.....120 |
| 4-14 | Distribution of aliphatic UCM in the Map Ta Phut (a) October, 1988 (b) June, 1989.....121 |
| 4-15 | Distribution of total aliphatic hydrocarbons in the Map Ta Phut sediments (a) October, 1988 (b) June, 1989.....122 |
| 4-16 | Distribution of total aromatic hydrocarbons in the Map Ta Phut sediments (UVF technique). (a) October, 1988 (b) June, 1989.....125 |
| 4-17 | Synchronous fluorescence Spectra from the Map Ta Phut sediment.....126 |
| 4-14 | Gas chromatograms of the mixture of standard aromatic hydrocarbons.....120 |
| 4-15 | Representative gas chromatograms depicted from stations N6 and O6 in June, 1989.....124 |
| 4-16 | Distribution of total aromatic hydrocarbons in the Map Ta Phut sediments (UVF technic). (a) October, 1988 (b) June, 1989.....125 |
| 4-17 | Synchronous fluorescence spectra from sediment core sample collected at various depth at station C.....128 |
| 4-18 | Gas chromatogram of standard aromatic hydrocarbon mixture131 |
| 4-19 | Representative gas chromatograms depicted from station N6 and O6 in June, 1989.....133 |

| Figure | | Page |
|--------|---|------|
| 4-20 | Fluorescence spectrum of sediment core sample collected at various depth at station C..... | 135 |
| 4-21 | Distribution of n-alkane in various depths of sediment core sample. (a) 0-10 cm (b) 10-20 cm (c) 20-30 cm and (d) 30-40 cm..... | 136 |
| 4-22 | Distribution of aromatic hydrocarbons in various depths of sediment core sample. (a) 0-10 cm (b) 10-20 cm (c) 20-30 cm. and (d) 30-40 cm..... | 141 |



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย