



## รายงานวิจัย

ประจำปี 2550

การสะสมสารโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน ในสัตว์น้ำเศรษฐกิจ และดินตะกอน  
บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของประเทศไทย

Accumulation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) of Economic Aquatic  
animals and sediments along the Eastern Coast of Thailand

ภายใต้แผนงานวิจัยเรื่อง

การใช้ตัวชี้วัดชีวภาพในการประเมินทรัพยากรสิ่งมีชีวิตแนวชายฝั่งของจังหวัดชลบุรี

ไพฑูรย์ มกกงไผ่

ปิยะวรรณ ศรีวิลาศ

พิชาญ สว่างวงศ์

กานต์พิชชา ใจดี

ร.5 ค.ย. 2552

255294

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2550

สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา

เริ่มบริการ

๒2 ก.ย. 2552

# การสะสมสารโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (พีเอเอช) ในสัตว์น้ำเศรษฐกิจและดิน ตะกอน บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย

ไพฑูรย์ มกกงไผ่<sup>1</sup> ปิยะวรรณ ศรีวิลาส<sup>1</sup> กานต์พิชชา ใจดี<sup>1</sup> พิชญา สว่างวงศ์<sup>2</sup>

1 สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา

2 ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

## บทคัดย่อ

การสะสมสารโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (พีเอเอช) ในสัตว์น้ำเศรษฐกิจและดินตะกอน โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งฤดูแล้ง (มี.ค.-พ.ค.) และในฤดูฝน (ก.ค.-ก.ย.) ปี 2550 ในตัวอย่างหอยแมลงภู่, ปลาทะเลแนวชายฝั่ง และดินตะกอนบริเวณแหล่งเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่ บริเวณอ่างศิลา, เกาะลอยศรีราชา, ท่าเรือศรีราชา (เฉพาะตัวอย่างดินตะกอน) และบริเวณแหลมท้าวเทวา พบว่าในตัวอย่างดินตะกอน บริเวณอ่างศิลามีปริมาณของอินทรีย์สารทั้งสองฤดู สูงกว่าในบริเวณอื่นๆ ขณะที่บริเวณท่าเรือศรีราชาปริมาณอินทรีย์สารต่ำกว่าในทุกๆ สถานี (ร้อยละ 1.58 – 6.68 ในฤดูแล้ง และร้อยละ 1.28 – 5.72 ในฤดูฝน) และมีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 63 ไมครอน อยู่ร้อยละ 95.71 ขณะที่บริเวณอื่นๆ จะเป็นตะกอนดินทราย จากการวิเคราะห์สาร PAHs พบว่ามีปริมาณ 0.146 – 0.892 ไมโครกรัม ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งในบริเวณอ่างศิลาในฤดูแล้งพบว่าว่ามีค่าต่ำสุด ขณะที่ท่าเรือศรีราชาในฤดูฝนมีค่าสูงสุด ในตัวอย่างหอยแมลงภู่ มีปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันในช่วง ร้อยละ 7.95 – 9.17 ในฤดูแล้ง และร้อยละ 8.59 – 9.54 ในฤดูฝน มีปริมาณอินทรีย์สารอยู่ร้อยละ 86.68 – 88.54 ในฤดูแล้ง และร้อยละ 88.93 – 89.32 ในฤดูฝน และมีสาร PAHs 3.200 – 9.191 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) โดยปริมาณสูงสุดพบบริเวณแหลมท้าวเทวาในฤดูแล้ง ขณะที่บริเวณเกาะลอยศรีราชาในฤดูฝนพบมีค่าต่ำกว่าในสถานีอื่นๆ ตัวอย่างปลาทะเล มีไขมันอยู่ร้อยละ 1.26 – 13.20 ในฤดูแล้งและร้อยละ 1.21 – 20.04 ในฤดูฝน ปริมาณอินทรีย์สารร้อยละ 84.38 – 93.74 ในฤดูแล้ง และร้อยละ 86.31 – 93.69 ในฤดูฝน มีปริมาณสาร PAHs 0.090 – 0.886 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในฤดูแล้ง โดยพบว่าปริมาณสูงสุดพบในตัวอย่างปลาบริเวณอ่างศิลาขณะที่ค่าต่ำสุดพบในปลาบริเวณเกาะลอยศรีราชา และในฤดูฝนพบปริมาณสาร PAHs อยู่ในช่วง 0.108 – 0.205 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) โดยปริมาณสูงสุดพบในปลาบริเวณแหลมท้าวเทวา ส่วนค่าต่ำสุดพบในปลาบริเวณเกาะลอยศรีราชา เช่นเดียวกันกับในฤดูแล้ง

**Accumulation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) of Economic Aquatic animals and sediments along the Eastern Coast of Thailand**

Phaithoon Makkongpai<sup>1</sup> Piyawan Srivilas<sup>1</sup> Kanpitcha Jaidee<sup>1</sup> and Pichan Sawangwong<sup>2</sup>

1 Institute of Marine Science, Burapha University, Bangsaen, Chonburi, 20131

2 Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi, 20131

**Abstract**

## กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2550 ซึ่งคณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ และขอขอบพระคุณศูนย์เครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่อำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการจนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงด้วยดี

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
บทนำ	1
การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
อุปกรณ์และวิธีการ	10
ผลและวิจารณ์ผล	20
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	xx

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สถิติการเกิดน้ำมันรั่วไหล	5
2	คุณสมบัติ สูตรโครงสร้างของสาร โพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน บางชนิด	8
3	สถานที่และจุดเก็บตัวอย่าง	13
4	เปอร์เซ็นต์ขนาดอนุภาคดินตะกอน	22
5	เปอร์เซ็นต์อินทรีย์สารในตัวอย่างดินตะกอน	23
6	เปอร์เซ็นต์ไขมันในตัวอย่างหอยแมลงภู	23
7	เปอร์เซ็นต์ไขมันในตัวอย่างปลา	24
8	เปอร์เซ็นต์อินทรีย์สารในตัวอย่างหอยแมลงภู	25
9	เปอร์เซ็นต์อินทรีย์สารในตัวอย่างปลา	26
10	ปริมาณสาร PAHs ในตัวอย่างปลา	27
11	ปริมาณสาร PAHs ในตัวอย่างหอยแมลงภู	28
12	ปริมาณสาร PAHs ในตัวอย่างดินตะกอน	29

## สารบัญภาพ

ภาพที่

หน้า

1 แผนี่แสดงจุดเก็บตัวอย่าง

14

การสะสมสารโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (พีเอช) ในสัตว์น้ำเศรษฐกิจและดิน  
ตะกอน บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย

Accumulation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) of the Economic Aquatic  
animals and sediments Along the Eastern Coast of Thailand

บทนำ

จากการพัฒนาพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก ตามแผนยุทธศาสตร์ที่เริ่มขึ้นในปี 2542 โดยกำหนดแนวทางการพัฒนาให้พื้นที่ในจังหวัดชลบุรีและจังหวัดระยอง เป็นฐานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และสังคมแห่งใหม่ เพื่อสนับสนุนนโยบายการกระจายความเจริญไปสู่ภูมิภาค จากการพัฒนาพื้นที่ดังกล่าว มีการใช้ประโยชน์พื้นที่ชายฝั่งทะเลทางด้านการเพาะเลี้ยงชายฝั่ง การท่องเที่ยว และการอุตสาหกรรม ที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่างๆตามมา ขณะเดียวกันยังเกิดเหตุการณ์ต่างๆจากการกระทำที่ขาดความระมัดระวังของมนุษย์เป็นตัวเพิ่มปริมาณสารมลพิษเข้าสู่ระบบสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น ปัญหามลพิษทางทะเลที่สำคัญและมักเกิดจากการกระทำของมนุษย์ คือมลพิษที่เกิดจากน้ำมันรั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำ ดังในเหตุการณ์ในปี 2545 เกิดอุบัติเหตุน้ำมันรั่วไหลขึ้น 2 ครั้ง จากเรือบรรทุกสารเคมีชนหินโสโครกในบริเวณอำเภอสัตหีบ เมื่อวันที่ 15 กรกฎาคม 2545 มีน้ำมันเตารั่วไหลออกมามากกว่า 200 ตัน และในวันที่ 17 ธันวาคม 2545 เรือบรรทุกคอนเทนเนอร์ ชนกับเรือน้ำมัน มีน้ำมันเตารั่วไหลประมาณ 20 ตัน ระหว่างเกาะไผ่กับเกาะล้าน อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) และไม่สามารถกำจัดออกจากระบบนิเวศทางทะเลได้มากนัก จึงพบคราบน้ำมันกระจัดกระจายสะสมในระบบนิเวศทางทะเลต่างๆ บริเวณชายหาด แหล่งเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่ คราบของน้ำมันที่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทางทะเล เนื่องจากคราบน้ำมันที่ลอยอยู่บนผิวน้ำไปขัดขวางการถ่ายเทแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนระหว่างอากาศกับน้ำ และยังปิดกั้นแสงสว่างในการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำได้ ทำให้สัตว์น้ำขาดออกซิเจนในส่วนที่มีความหนาแน่นน้อยก็จะแพร่กระจายไปตามแรงลมและกระแสน้ำพัดพาเข้าสู่ชายฝั่งไปเคลือบอยู่บนผิวน้ำพื้นดินหรือตามชายหาด ไปทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ หรือทำลายแหล่งท่องเที่ยวให้ลดลง ส่วนที่มีความหนาแน่นมากกว่าก็จะจมตัวลงตามระยะเวลาและปริมาณของน้ำมันที่รั่วลงสู่แหล่งน้ำส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำดิน ปะการัง และแหล่งหญ้าทะเล

เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำมันหรือน้ำมันดิบมีความสามารถละลายได้น้อยในน้ำ จึงคงสภาพอยู่ในแหล่งน้ำได้นาน ขณะที่องค์ประกอบของน้ำมันจะเป็นสารปิโตรเลียมที่มีสารในกลุ่มของ PAHs อยู่และมี

ความคงทนอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้นาน (Persistent Organic Pollutant, POPs) ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมทั้งในระยะเวลาอันสั้นและ/หรืออาจจะส่งผลกระทบต่อในระยะเวลานานพิษของน้ำมันต่อสิ่งมีชีวิตจึงขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณน้ำมัน เมื่อน้ำมันเข้าสู่สิ่งมีชีวิตหรือเข้าไปติดค้างในเนื้อเยื่อทำให้มีผลต่อขบวนการดำรงชีวิต เช่น ความผิดปกติของการเผาผลาญอาหารในร่างกายทำให้การเจริญเติบโตลดลง เกิดความผิดปกติในการแพร่พันธุ์ และเกิดความผิดปกติในทางพฤติกรรมกรกินอาหารรวมทั้งส่งผลกระทบต่อระบบภูมิคุ้มกันของสัตว์น้ำลดลง ส่งผลให้เกิดโรคได้ง่ายขึ้นเช่นสาร B[a]P เนื่องจากสารไปยับยั้ง CYP 450 (Malmström *et al.*, 2004.) สาร PAHs บางชนิดเช่น Phenanthrene มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจึงสามารถละลายน้ำได้มากจึงเข้าไปสะสมในสิ่งมีชีวิตในทะเลได้อย่างรวดเร็วทำให้มีความเป็นพิษสูงต่อสัตว์น้ำ (Wootton *et al.*, 2003.)

การตรวจสอบปริมาณการปนเปื้อนของสาร PAHs ที่สะสมอยู่ในดินตะกอนและในสัตว์น้ำ โดยเฉพาะสัตว์น้ำกลุ่มที่มนุษย์นำมาบริโภค เช่น หอยแมลงภู่ และปลาบริเวณชายฝั่งจากแหล่งที่มีโอกาสได้รับการปนเปื้อนจากการรั่วไหลของน้ำมันลงสู่ทะเลอย่างต่อเนื่อง คือในบริเวณชายฝั่งศรีราชาอันที่อาจจะเกิดจากอุบัติเหตุหรือจากกิจกรรมการขนส่งทางน้ำ จึงนับว่ามีความสำคัญยิ่ง เพื่อให้ทราบถึงสถานการณ์คุณภาพของสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ในการที่จะทำการติดตามเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่อง ทั้งให้เกิดความตระหนักต่อการรักษาสภาพแวดล้อมให้คงอยู่ เพื่อการมีทรัพยากรใช้ต่อไปอย่างยั่งยืนต่อไป ขณะทำงานวิจัยทางด้านปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน หรือกลุ่มของสาร PAHs ในบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกยังขาดหน่วยงานที่ให้ความสนใจทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลทางด้านนี้มีอยู่น้อยและมักมีความต่อเนื่องในการตรวจสอบติดตามการปนเปื้อนของสิ่งแวดล้อมจากน้ำมัน สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล จึงตระหนักและเห็นถึงความจำเป็นที่จะดำเนินการตรวจสอบและติดตามการปนเปื้อนของสาร PAHs ในระบบสิ่งแวดล้อมทางทะเล เพื่อที่สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการหามาตรการการป้องกันและแก้ไขผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับทรัพยากรสัตว์น้ำที่อาจจะส่งผลกระทบต่อมนุษย์ และเป็นการเพิ่มขีดความสามารถ การเสริมสร้างการพัฒนาของหน่วยงานท้องถิ่นและหน่วยงานของภาครัฐในการบริหารจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนของประเทศ โดยในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. หาปริมาณการสะสมสาร PAHs ในสัตว์น้ำเศรษฐกิจ และดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก
2. เปรียบเทียบปริมาณสาร PAHs ที่สะสมในสัตว์น้ำเศรษฐกิจและดินตะกอนระหว่างฤดูกาล และ สถานที่ในบริเวณศรีราชา แหลมท่าเสา และอ่างศิลา

## การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

จากการที่พื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกได้มีการพัฒนาในโครงการ Eastern Seaboard ทำให้มีการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ชายฝั่งทั้งทางอุตสาหกรรม และการท่องเที่ยวอย่างมาก ชุมชนมีการขยายตัว มีความหนาแน่นของประชากรเพิ่มมากขึ้น และรัฐบาลมีนโยบายที่จะให้สร้างเมืองศรีราชา เป็นศูนย์กลางความเจริญในการพัฒนาเศรษฐกิจของท้องถิ่น (Sriracha Hub) จากความเจริญเติบโตของเมือง ส่งผลให้เกิดปัญหาต่างๆตามมามากมาย โดยเฉพาะปัญหาหามลพิษทางน้ำที่มีการใช้ประโยชน์ทางการขนส่งทางน้ำ และกิจกรรมต่างๆที่เกี่ยวข้องทั้งด้านการประมง และการท่องเที่ยว จึงพบเห็นการรั่วไหลของน้ำมันลงสู่ทะเลอยู่บ่อยๆทั้งจากการเกิดอุบัติเหตุเรือชนหินโสโครก หรือเรือชนกัน รวมทั้งการรั่วไหลระหว่างการถ่ายน้ำมันลงสู่เรือเพื่อการประมงหรือเพื่อการท่องเที่ยวจากท่าเรือศรีราชาไปยังเกาะสีชัง จากเหตุการณ์อุบัติเหตุน้ำมันรั่วไหลตามที่กรมควบคุมมลพิษ (2546) ได้รายงานไว้ พบว่ามีการรั่วไหลมาตั้งแต่ปี 2516-2545 รวม 88 ครั้ง โดยครั้งแรกในปี 2545 มีปริมาณน้ำมันที่รั่วไหลมากถึง 200 ตัน ที่บริเวณหินฉลาม อำเภอสัตหีบ โดยไม่ได้มีการจัดการเก็บน้ำมันที่ทันที เพราะไม่มีการแจ้งให้หน่วยงานที่รับผิดชอบเข้ามาจัดการคราบน้ำมัน จึงส่งผลให้มีการกระจายตัวของน้ำมันไปตามกระแสน้ำและคลื่นตัวเข้าหาฝั่งบริเวณหาดพลา หาดพยุหะ หาดน้ำริน หาดแสงจันทร์ หาดแม่รำพึง จังหวัดระยอง และเกาะจวง เกาะจาน เกาะขามหินหลักไม้ส้ เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี ส่วนครั้งที่สองมีการรั่วไหลของน้ำมันเตา 20 ตัน จากอุบัติเหตุเรือชนกัน บริเวณระหว่างเกาะไผ่และเกาะล้าน อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ถึงแม้ว่าจะมีการวางทุ่นกักคราบน้ำมันแต่ยังมีคราบน้ำมันบางส่วนกระจายออกสู่สิ่งแวดล้อม ในบริเวณท่าเทียบเรือแหลมฉบัง แหลมเลี้ยวหอยแมลงภู่ และยังพบมีก้อนน้ำมัน (Tar ball) ตามชายหาดบางละมุง และหาดพัทยา เกิดความเสียหายอย่างมากทั้งด้านสิ่งแวดล้อม การท่องเที่ยว และการประมง

พื้นที่ชายฝั่งทะเลในจังหวัดชลบุรี มีการใช้ประโยชน์อย่างมากทั้งด้านการท่องเที่ยว การประมง การอุตสาหกรรม รวมทั้งเป็นที่อยู่อาศัย โดยเฉพาะพื้นที่ในอำเภอสัตหีบ มีใช้ในกิจกรรมต่างๆที่มีความหลากหลายแตกต่างกันไป เช่นกลุ่มอุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมัน ท่าเรือพาณิชย์ การประมง และการขนส่งทางน้ำ จากศรีราชาสู่เกาะสีชัง จากกิจกรรมต่างๆ เหล่านี้ก่อให้เกิดการรั่วไหลของน้ำมันลงสู่ทะเลได้ตลอดเวลา แม้ว่าในอดีตที่ผ่านมาจะเกิดอุบัติเหตุน้ำมันรั่วไหลมาหลายครั้ง (ดังตารางที่ 1) จากการขนถ่ายน้ำมัน การลักลอบปล่อยน้ำล้างถังน้ำมัน หรือน้ำมันดิบไหลลงในทะเล คลื่นลมจะเป็นตัวการให้เกิดการผสมผสานของน้ำกับน้ำมันบางส่วนจะระเหย(มีจุดเดือดต่ำ มีโมเลกุลขนาดเล็ก) ส่วนที่เหลือจะดูดซับน้ำไว้ในเนื้อน้ำมันเกิดเป็นอิมัลชัน (Emulsion) จะทำให้มีปริมาณเพิ่มขึ้น 3-4 เท่าตัว คลื่นและกระแสน้ำจะพัด

พาไปได้ไกล แบคทีเรียบางชนิดจะช่วยย่อยสลายคราบน้ำมัน บางส่วนจะจับตัวเป็นก้อนสีดำจมลงสู่พื้นท้องทะเล บางส่วนจะถูกพัดพาไปสู่ชายฝั่ง จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่พื้นท้องทะเล มีผลต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิต เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพฤติกรรมการกินอาหาร เกิดความผิดปกติในการแพร่พันธุ์ และด้วยคุณสมบัติของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนมี Half life ที่ยาวนาน จึงคงอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้นาน โอกาสที่ถ่ายทอดและสะสมไปตามห่วงโซ่อาหารก็สูงมากขึ้น

น้ำมันดิบหรือปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เกิดจากการสะสมกันของสารอินทรีย์ทั้งพืชและสัตว์ที่ทับถมกันภายใต้พื้นผิวโลกเป็นระยะเวลาหลายล้านปี โดยมีธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้ยังประกอบด้วย ออกซิเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์และโลหะต่างๆ สารปิโตรเลียมจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่เกิดและอัตราส่วนขององค์ประกอบในสัดส่วนที่ต่างกัน (จรรยา , 2537.) ไฮโดรคาร์บอนแบ่งแยกออกเป็นกลุ่มทางเคมีหลักๆ คือ พาราฟิน (paraffin) คือไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวที่คาร์บอนอะตอมจับด้วยพันธะเดี่ยว แนฟทีน (naphthenes) คือไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวที่คาร์บอนอะตอมจับด้วยพันธะเดี่ยว แต่มีหน่วยของไซคลิก (cyclic) และอะโรมาติก (aromatics) คือไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว นอกจากนั้นมีสารประกอบของกำมะถัน ไนโตรเจน ออกซิเจน วานาเดียม นิกเกิลและเกลือแร่อื่นๆ และสารประกอบเอสฟาลท์ ที่ไม่สามารถถูกกลั่นออกได้อีกประกอบของไฮโดรคาร์บอนที่มีจุดเดือดต่ำจะระเหยไปก่อนสำหรับองค์ประกอบที่ละลายได้ในน้ำเรียงลำดับได้ดังนี้คือ สารประกอบเฮเทอโร > สารประกอบอะโรมาติก > ไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว

PAH (Polycyclic aromatic hydrocarbons) เป็นกลุ่มสารเคมีที่มีโครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยวงอะโรมาติก (aromatic ring) ตั้งแต่สองวงขึ้นไปต้องอาศัยคาร์บอน 2 อะตอมในการเชื่อมต่อกัน วงอะโรมาติกอาจจะมีคาร์บอน 5 หรือ 6 อะตอมก็ได้ PAH ประกอบด้วยสารที่มีสูตรโครงสร้างหลักต่างกัน 35 ชนิด (ดังตารางที่ 2) โดยแต่ละสูตรโครงสร้างหลักประกอบด้วยอนุพันธ์ต่างๆ (derivative) PAH มีปรากฏอยู่ในธรรมชาติ เช่น น้ำมันดิบ ถ่านหิน ในควันจากภูเขาไฟ นอกจากนี้PAH ยังเกิดจากการกระทำของมนุษย์อีกด้วย ที่สำคัญ คือการเผาไหม้สิ่งต่างๆในสภาวะที่ไม่สมบูรณ์ เช่น การเผาไม้ กระดาษ ยางรถยนต์ สารในกลุ่มของ PAHs บางชนิดมีความเป็นพิษต่อมนุษย์ และสารบางชนิดเป็นสารก่อมะเร็งร้ายแรง (กรมควบคุมมลพิษ, 2543.)

ตารางที่ 1 แสดงสถิติการเกิดน้ำมันรั่วไหล (กรมควบคุมมลพิษ, 2546)

ปี	จำนวนครั้งที่เกิดเหตุการณ์
2516-2530	11
2530 – 2540	33
2541	5
2542	19
2543	10
2544	8
2545	2

#### การเข้าสู่สิ่งแวดล้อมของสาร PAHs

PAH เข้าสู่สิ่งแวดล้อมได้หลายทาง ทั้งจากธรรมชาติ เช่น การซึมของน้ำมันดิบจากแหล่งน้ำมันใต้ดิน ทำให้ PAH ปนเปื้อนในแหล่งน้ำธรรมชาติและดิน การเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์นับเป็นกิจกรรมที่สำคัญที่ปล่อยสาร PAH ออกสู่สิ่งแวดล้อม รถยนต์นับเป็นแหล่งกำเนิด PAH ที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมที่สำคัญ

แหล่งที่มาของ PAHs จัดแบ่งได้ 3 แหล่งคือ แหล่งแรกที่มีความสำคัญมากที่สุดคือ การเผาไหม้ของวัตถุอินทรีย์สาร จากกิจกรรมของมนุษย์ หรือเกิดเองจากธรรมชาติ แหล่งที่สองจากการใช้ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน เพื่อพาหนะขนส่ง และแหล่งที่สามในเรซินที่มีอยู่ดั้งเดิมในธรรมชาติที่มาจากสิ่งมีชีวิตเป็นองค์ประกอบอยู่ เช่น ในน้ำมันดิบ (Garrigues *et al.*, 2001.) และยังพบในแหล่งอื่นๆ อีกด้วย เช่น จากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิง หรือในน้ำมันที่ผ่านการใช้งานแล้ว อุตสาหกรรมน้ำมัน ไอเสียรถยนต์ การย่างอาหาร น้ำมันที่ทอดอาหารซ้ำแล้วซ้ำอีก จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีทำให้เกิดอนุมูลอิสระและสารก่อมะเร็ง เช่น สาร Benzo[a]pyrene และยังพบว่า มีผลต่อการตอบสนองของภูมิคุ้มกัน ยับยั้งการสร้างแอนติบอดี และสามารถเปลี่ยนแปลง macrophages, T-cell และ B-cell (กรมควบคุมมลพิษ, 2543.)

PAHs เป็นสารประกอบที่ไม่อิ่มตัว สารในกลุ่มนี้มี แนพธาลิน (Naphthalene) มีโครงสร้างง่ายที่สุด มีโครงสร้างของโมเลกุลประกอบด้วยวงเบนซีน 2 วง (อรวรรณ, 2542.) Naphthalene เป็น PAH บริสุทธิ์เพียงสารเดียวที่มีข้อมูลการนำเข้าจากต่างประเทศ ปริมาณนำเข้าในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2538 ถึง 2542 มีปริมาณ 2,909,869 – 4,447,360 กิโลกรัม โดยเข้ามาจากประเทศหลักๆ สองประเทศ คือ ประเทศออสเตรเลีย

และ เกาหลีใต้ สารในกลุ่มของ PAH มีหลายชนิดที่มีความสำคัญทางอุตสาหกรรมต่างๆ ส่วนใหญ่ใช้ในการผลิตสารเคมีชนิดอื่นๆ คือ

Acenaphthene	ใช้ในการผลิตสารเคมีต่างๆ คือ Naphthalicanhydride ใช้ผลิตสี acenaphthylene ใช้ผลิตเรซิน
Anthracene	ใช้เป็นสารตรวจวัดกัมมันตรังสี (scintillant) และใช้ผลิต anthraquinone ซึ่งใช้ผลิตสี (dyestuffs) ชนิดต่างๆ เช่น alizarin เตรียมจากปฏิกิริยา saphonation ของ anthraquinone ได้เป็น anthraquinone-2-sulphonic acid เมื่อทำปฏิกิริยากับด่าง NaOH และ sodium chlorate ได้ alizarin sodium salt ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับ $H_2SO_4$ จึงได้สี alizarin
Fluorathene	ใช้ผลิตสีชนิดเรืองแสง
Fluorene	ใช้ผลิต fluorenone สารออกซิไดส์อย่างอ่อน (mild oxidant)
Naphthalene	ใช้ผลิตสารเคมีต่างๆ คือ phthalic anlydride สี, สารกำจัดแมลงคาร์บาริล (carbaryl), ตัวทำละลาย (alkylnaphthalene) สำหรับการผลิตกระดาษสำเนาชนิดไม่ต้องใช้กระดาษคาร์บอน (carbonlesscopy paper) และใช้เป็นสารไล่แมลงในตู้เสื้อผ้า (ลูกเหม็น, moth repellent)
Phenanthrene	ใช้ผลิตสารเคมีต่างๆ คือ phenanthrenequinone, diphenic acid
Pyrene	ใช้ผลิตสีชนิด perinon pigment

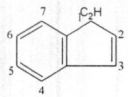
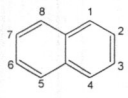
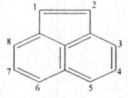
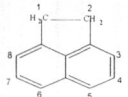
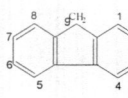
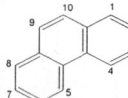
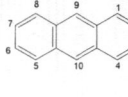
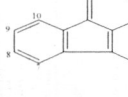
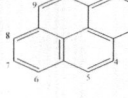
จากการรวบรวมข้อมูลการศึกษาสารปิโตรเลียม ไฮโดรคาร์บอน ที่สะสมหรือปนเปื้อนอยู่ในแหล่งต่างๆ ในระบบนิเวศทางน้ำบริเวณภาคตะวันออกของอ่าวไทยในปัจจุบันพบว่าข้อมูลอยู่น้อยมาก และไม่มีการติดตามการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมทางน้ำอย่างต่อเนื่อง

ผลจากการศึกษาหาปริมาณและชนิดของสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในดินตะกอนบริเวณเศรษฐกิจ ตามแนวชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย ของ อรุณี (2542) พบว่าตัวอย่างดินตะกอนในจังหวัดชลบุรีจากสะพานปลาอ่างศิลา ชายหาดบางแสน ศรีราชา (ท่าเทียบเรือไปเกาะสีชัง) แหลมฉบังและชายหาดพัทยา มีการปนเปื้อนน้ำมันปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน ทุกสถานี ทุกตัวอย่าง ปริมาณที่พบอยู่ในช่วง 354-1,293  $\mu\text{g/g}$  โดยนำหนักแห้ง ปริมาณสูงสุดพบที่สถานีศรีราชา นอกจากนั้นยังพบว่าการปนเปื้อนของสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในทุกตัวอย่างที่วิเคราะห์ และกรมควบคุมมลพิษ (2543) ได้รายงานสถานการณ์ปัญหามลพิษทางน้ำพบว่ามีการปนเปื้อนน้ำมันลอยอยู่บนผิวน้ำในบริเวณอ่าวชลบุรี ท่าเรือไปเกาะสีชัง หาดพัทยา อ่าวอุดม อ่าวสัตหีบ อ่าวบ้านเพ ขณะทำงานวิจัยทางด้าน

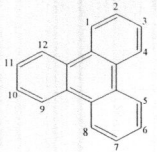
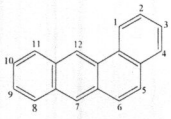
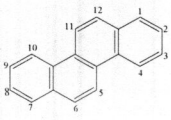
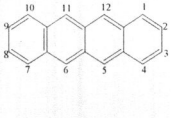
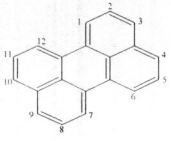
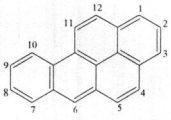
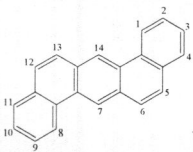
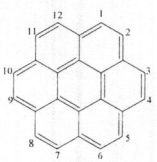
ปิโตรเลียม หรือสาร PAHs ในบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยที่ให้ความสนใจ ทำการศึกษาทำให้ขาดข้อมูลทางด้านนี้อยู่ แต่ด้วยคุณสมบัติของสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน มีความคงทนในสิ่งแวดล้อมได้นาน ทำให้สามารถสะสมถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศได้ ดัง การศึกษาการสะสมของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนรวมในห่วงโซ่อาหารทางทะเล บริเวณอ่าวบ้านเพ จังหวัดระยองของ Suwanagosoom. (2001) พบว่าปริมาณความเข้มข้นของสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนรวม ในส่วนน้ำทะเลมีความเข้มข้นเฉลี่ย  $0.61 \pm 0.26$  ไมโครกรัมต่อลิตร ในตะกอนดินความเข้มข้นเฉลี่ย  $1.53 \pm 2.39$  ไมโครกรัมต่อกรัม แต่มีการสะสมสูงในสัตว์หน้าดิน แพลงก์ตอน และหอยแมลงภู่ ตามลำดับ โดยพิจารณาจากค่าแฟกเตอร์ความเข้มข้นทางชีวภาพจากน้ำทะเล (bioconcentration factor, BCF) ขณะที่ค่าแฟกเตอร์ความเข้มข้นทางชีวภาพจากดินตะกอน พบว่าสัตว์หน้าดินมีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่ หอยแมลงภู่ หอยตลับลาย ปลาทรายขาว ปลาทรายแดง และปลาเห็ดโคนตามลำดับ

จากการศึกษาของ กิตติวดี (2546) ปริมาณของสาร พีเอเอช ตกค้างอยู่ในหอยทะเลและตะกอนดิน บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบในหอยนางรมมีมากที่สุด รองลงมาในดินตะกอน และหอยแมลงภู่ ตามลำดับ ดังนั้นการได้รับทราบถึงระดับการสะสมสารPAHs ในสัตว์น้ำในบริเวณต่างๆ จะเป็นบ่งชี้ถึงสถานะของมลพิษในสิ่งแวดล้อม อันจะนำไปสู่การป้องกันหรือแก้ไข เพื่อให้มนุษย์มีความเสี่ยงน้อยลงต่อการได้รับสารพิษที่จะถ่ายทอดผ่านทางห่วงโซ่อาหารได้

ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติ สูตรโครงสร้างของสาร โพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน บางชนิด

Molecular Structure	Compound name	CASRN	Molecular Formula	Molecular Weight
	Indene	95 - 13 - 6	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub>	116.16
	Naphthalene	91 - 20 - 3	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128.17
	Acenaphthylene	208- 96 - 8	C <sub>12</sub> H <sub>8</sub>	152.17
	Acenaphthene	83 - 32 - 9	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub>	154.21
	Fluorine	86 - 73 - 7	C <sub>13</sub> H <sub>10</sub>	166.22
	Phenanthrene	85 - 01 - 8	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	178.23
	Anthracene	120- 12 - 7	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	178.23
	Fluoranthene	206- 44 - 0	C <sub>16</sub> H <sub>10</sub>	202.26
	Pyrene	129- 00 - 0	C <sub>16</sub> H <sub>10</sub>	202.26

ตารางที่ 2 (ต่อ)

Molecular Structure	Compound name	CASRN	Molecular Formula	Molecular Weight
	Triphenylene	217- 59 – 4	C <sub>18</sub> H <sub>12</sub>	228.29
	Benz[a]anthracene	56 - 55 – 3	C <sub>18</sub> H <sub>12</sub>	228.29
	Chrysene	218- 01 – 9	C <sub>18</sub> H <sub>12</sub>	228.29
	Naphthacene	92 – 24 – 0	C <sub>18</sub> H <sub>12</sub>	228.29
	Perylene	198- 55 – 0	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	252.32
	Benzo[a]pyrene	50 – 32 – 8	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	252.32
	Dibenz [a,h]anthracene	53 – 70 – 3	C <sub>22</sub> H <sub>14</sub>	278.35
	Coronene	1911- 07 – 1	C <sub>24</sub> H <sub>12</sub>	300.29

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2543.

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. สถานที่ในการทดลอง

ห้องปฏิบัติการชีวเคมี ห้องปฏิบัติการเคมี ห้องปฏิบัติการนิเวศวิทยา ฝ่ายวิจัย สถาบันวิทยาศาสตร์  
ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา ศูนย์เครื่องมือกลาง มหาวิทยาลัยมหิดล

### 2. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

#### 2.1 อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างตะกอนดิน

- แกร็บเก็บตะกอนดินแบบปีเตอร์เซน (Petersen Grab)
- อลูมิเนียมฟอยด์พร้อมถุงพลาสติก

#### 2.2 อุปกรณ์สำหรับเตรียมตัวอย่าง

- เครื่อง Freezer dryer
- เครื่องปั่นผสมตัวอย่าง

#### 2.3. อุปกรณ์สำหรับหาขนาดอนุภาคดินตะกอน

- เครื่อง Sieve Analysis
- ตะแกรงร่อนขนาด 63, 125, 250, 500 ไมโครเมตร ขนาด 1 และ 2 มิลลิเมตร
- เตาอบให้ความร้อน (Hot air oven; Yamato, Japan)
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
- Plate แก้ว

#### 2.4. อุปกรณ์สำหรับหาปริมาณอินทรีย์สาร

- เครื่องแก้วพื้นฐาน volumetric pipette, volumetric flask, Erlenmeyer flask, Burette, Cylinder, Beaker
- Crucible
- โถดูดความชื้น (Desiccators)
- เตาเผาอุณหภูมิสูง (Muffle furnace, 48000)
- เตาอบให้ความร้อน
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

#### 2.5 อุปกรณ์สำหรับหาปริมาณไขมัน

- ชุดสกัดแบบต่อเนื่อง (Soxhlet extractor)
- Round bottom flask ขนาด 250 มิลลิลิตร

- Thimble
- เครื่องระเหยสาร (Rotary evaporation; Buchi)
- เตาอบให้ความร้อน
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

## 2.6.อุปกรณ์สำหรับหาชนิดและปริมาณสารกลุ่ม PAHs

- ชุดสกัดแบบต่อเนื่อง (Soxhlet extractor)
- Round bottom flask ขนาด 250 มิลลิลิตร
- Thimble
- เครื่องระเหยสาร (Evaporate)
- กรวยแยก (Separately funnel) ขนาด 1 และ 2 ลิตร
- คอตมันน์แก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ซม. ยาว 30 ซม. สำหรับ Clean up ตัวอย่าง
- คอตมันน์ชนิด Capillary HP-5MS ขนาดความยาว 30 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.25 มิลลิเมตร ตัวเคลือบหนา 0.25 ไมโครเมตร สำหรับแยกสารด้วยเทคนิค GC-MS

## 3. สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

### 3.1 สารเคมีสำหรับหาปริมาณอินทรีย์สาร

- Potassium dichromate ( $K_2Cr_2O_7$ )
- Conc.  $H_2SO_4$
- Conc.  $H_3PO_4$
- Diphenylamine
- Ferrous ammonium sulfate (FAS)

### 3.2 สารเคมีสำหรับหาปริมาณไขมัน

- Petroleumether 40 -60 °c      AR grade      Lab Scan, Ireland.

### 3.3.สารเคมีสำหรับหาชนิดและปริมาณสารกลุ่ม PAHs

- Dichloromethane      HPLC Grade      Lab Scan, Ireland.
- n-Hexane      HPLC Grade      Lab Scan, Ireland
- Methanol      AR Grade      QReC, NewZealand
- สารมาตรฐานกลุ่ม PAHs      Supelco, USA
- 2-Fluorobiphenyl      Supelco, USA

- Silica gel (70-230 mesh ASTM) for column chromatography		Merck, Germany
- Florisil (0.015-0.250 mm.) for column chromatography		Merck, Germany
- Potassium hydroxide	AR Grade	QReC, NewZealand
- Sodium sulfate anhydrous	AR Grade	Carlo Erba, Span

#### 4. การเก็บตัวอย่าง

##### 4.1 การเลือกพื้นที่การศึกษา

กำหนดพื้นที่ศึกษาบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียงของจังหวัดชลบุรีในเขตอุตสาหกรรมชายฝั่งทะเล และเขตเพาะเลี้ยงชายฝั่ง ได้แก่ อำเภอศรีราชาและอ่างศิลา จุดเก็บตัวอย่างแสดงผังภาพที่ 2

##### 4.2 การเก็บตัวอย่าง

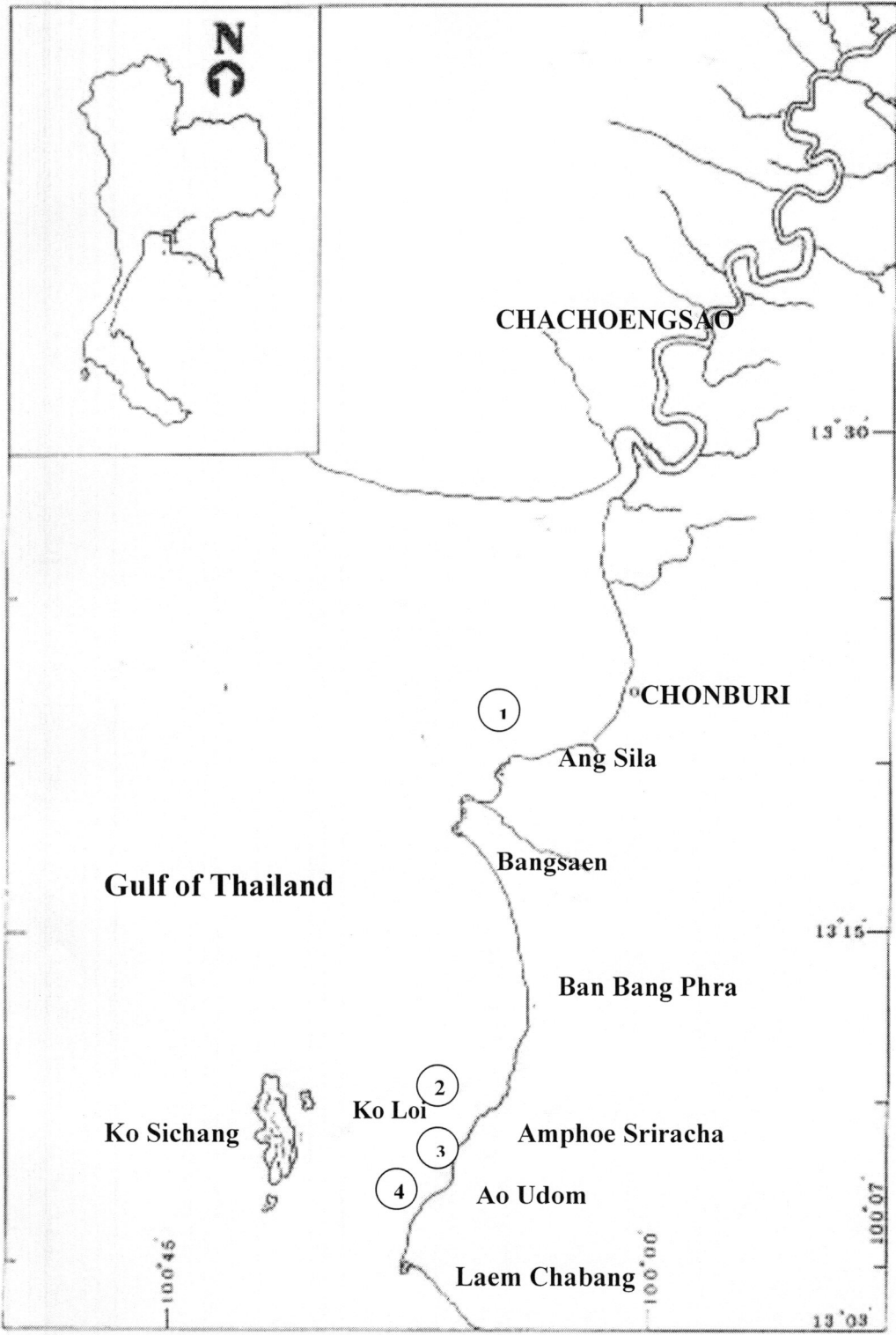
-เก็บตัวอย่างจากพื้นที่ที่กำหนด โดยทำการเก็บ 2 ช่วงเวลาในฤดูแล้ง (มีนาคม-พฤษภาคม 2550) และในฤดูฝน (กรกฎาคม-กันยายน 2550) ปลายทางเก็บในบริเวณใกล้ฝั่ง ด้วยวิธีการจ้างชาวประมงวางอวน หรือวางเบ็ด ส่วนตัวอย่างหอยแมลงภู่ Green Mussels (*Perna viridis*) และตัวอย่างดินตะกอนเก็บในบริเวณเดียวกัน

-ตัวอย่างแต่ละชนิดในแต่ละพื้นที่ที่เก็บแต่ละครั้งจะนำมารวมกัน (composite sample)

-สุ่มเก็บตัวอย่างปลาและหอยแมลงภู่ ใส่ในถุงพลาสติกเก็บในถังแช่เย็นนำมาคัดแยกส่วนที่ไม่ต้องการออก จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาด แกะ/แยกเอาเฉพาะส่วนเนื้อเก็บใส่ในฟลอยด์ ที่ผ่านการชะล้างด้วย Hexane แล้ว นำเข้าแช่ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ - 40 องศาเซลเซียส ก่อนนำเข้าเครื่องทำแห้ง (freeze dryer) แล้วจึงเก็บไว้ในขวดสีชาที่ล้างด้วย Hexane แล้วนำเข้าตู้แช่แข็งในกรณีที่ยังไม่ได้สกัดทันที ส่วนตัวอย่างดินตะกอนเก็บ ส่วนบน นำมาผ่านตะแกรง (sieve) ขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อคัดแยกส่วนที่ไม่ต้องการออก จากนั้นเก็บและทำแห้งเช่นเดียวกันกับตัวอย่างเนื้อเยื่อ เมื่อแห้งสนิทแล้ว เก็บใส่ขวดแก้วสีชาที่ล้างด้วย Hexane แล้ว เก็บในถังแช่เย็น และนำมาเก็บในตู้แช่แข็งรอการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป

ตารางที่ 3 สถานีและจุดเก็บตัวอย่าง

พื้นที่	สถานี	รหัส สถานี	รหัสฤดูกาล แล้ง / ฝน	ละติจูด	ลองจิจูด
อ่างศิลา	ท่าเรืออ่างศิลา	A	D / W	13°20'54.4" N	100°55'01.5" E
ศรีราชา	เกาะลอยศรีราชา	K	D / W	13°10'34.8" N	100°55'25.8" E
ศรีราชา	ท่าเรือประมง	P	D / W	13°10'00.9" N	100°55'25.6" E
อ่าวอุดม	แหลมท้าวเทวา	L	D / W	13°09'16.1" N	100°54'18.6" E



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่าง

## 5. วิธีการทดลอง

### 5.1 การหาขนาดอนุภาคดินตะกอน (Duangkaew, 2003)

วิเคราะห์หาขนาดอนุภาคดินตะกอน ด้วยเทคนิค Sieve Analysis มีขั้นตอนดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักดินตะกอน 50 กรัม (น้ำหนักแห้ง) จากนั้นนำไปบรรจุใส่ชุดตะแกรงร่อนแบบอัตโนมัติ Fritsch analysette 3 PRO โดยมีระบบการร่อนแบบ Horizontal ร่อนผ่านตะแกรงขนาด mesh size 63, 125, 250, 500 ไมโครเมตร และ 1, 2 มิลลิเมตร ตามลำดับ

2. นำตัวอย่างดินตะกอนที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาดต่าง ๆ ใส่ใน plate แก้ว (plate แก้วที่อบและชั่งน้ำหนักแล้ว) จากนั้นนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถสุญญากาศ จากนั้นชั่งน้ำหนักของดินตะกอน แล้วนำมาคำนวณหาขนาดอนุภาคดังนี้

$$\% \text{ Grain size of sediment} = \frac{\text{Dry weight of each size} \times 100}{\text{Total dry weight of sediment}}$$

### 5.2 การหาปริมาณอินทรีย์สาร

ตัวอย่างดินตะกอน (วิธี wet oxidation; Walkley and Black, 1934)

1. ชั่งตัวอย่างดินตะกอนที่ร่อนผ่านตะแกรง 0.5 มิลลิเมตร 0.5-2.0 กรัม (W)
2. เติมสารละลาย 1N.  $K_2Cr_2O_7$  10 มิลลิลิตร
3. เติม conc.  $H_2SO_4$  20 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งให้ทำปฏิกิริยา 30 นาที
4. เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เติม Conc  $H_3PO_4$  10 มิลลิลิตร แล้วเติม Diphenylamine 2 มิลลิลิตร สีของสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงปนน้ำเงิน
5. ไตเตรทสารละลายด้วย Ferrous ammonium sulfate (FAS) จนกระทั่งสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีเขียวจุดปริมาณของ FAS ที่ใช้ (T)
6. ทำ Blank ดังวิธีเดียวกับตัวอย่าง จดปริมาณของ FAS ที่ใช้ (S)  
คำนวณปริมาณอินทรีย์สารในดินตะกอนดังนี้

$$\% \text{ OM} = 100(1-T/S) (0.3/W)$$

เมื่อ

T = ปริมาณสารละลาย FAS ที่ไตเตรทกับตัวอย่าง (ml).

S = ปริมาณสารละลาย FAS ที่ไตเตรทกับ blank (ml).

W = น้ำหนักดินตะกอน (g)

- ตัวอย่างหอย และปลา (%Ignition loss)

1. อบ Crucible ที่ 100 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งให้เย็นใน โถดูดความชื้น
2. ชั่งตัวอย่างปลา และหอย 1 กรัม ใส่ใน Crucible ชั่งน้ำหนัก ( $W_1$ ) นำไปเผาที่เตาเผาอุณหภูมิสูง 550 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน โถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก Crucible ( $W_2$ )
3. คำนวณหาปริมาณอินทรีย์สารดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์อินทรีย์สาร} = \frac{W_1 - W_2}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

5.3. การหาปริมาณไขมัน (AOAC, 1990)

1. อบขวดก้นกลมที่ 100 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งให้เย็นใน โถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก ( $W_1$ )
2. ชั่งตัวอย่างหอยและปลา 1 กรัม (SW) ใส่ใน Thimble สกัดหาปริมาณไขมันโดยใช้ Petroleum ether ชนิด 40 -60 °C ด้วยชุดสกัดแบบต่อเนื่อง Soxhlet extraction เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
3. ลดปริมาตรด้วยชุดระเหยสาร Rotary evaporation จากนั้นนำตัวอย่างไปอบที่เตาอบให้ความร้อน 90 °C เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นใน โถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก ( $W_2$ ) คำนวณหาปริมาณไขมันดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{W_2 - W_1}{SW} \times 100$$

เมื่อ:

$W_1$  = น้ำหนักขวดก้นกลม

$W_2$  = น้ำหนักไขมัน+ น้ำหนักขวดก้นกลม

SW = น้ำหนักตัวอย่าง

## 5.4 การหาชนิดและปริมาณโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs)

### 5.4.1 ชนิดสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) ที่ทำการศึกษา

ทำการศึกษาหาชนิดและปริมาณสารกลุ่ม PAHs จำนวน 16 ชนิด ดังนี้ Naphthalene, Acenaphthylene, Acenaphthene, Fluorine, Phenanthrene, Anthracene, Fluoroanthene, Pyrene, Benzo(a)anthracene, Chrysene, Benzo(b)fluoroanthene, Benzo(k)fluoroanthene, Benzo(a)pyrene, Indenol (1,2,3-cd) pyrene, Dibenzo (a,h) anthracene, Benzo(ghi)perylene.

### 5.4.2 วิธีการสกัดหาชนิดและปริมาณสารกลุ่ม PAHs

#### ตัวอย่างดินตะกอน

1. ชั่งตัวอย่างดินตะกอน น้ำหนักแห้ง 3 กรัมใส่ในกระดวยกรองที่ล้างด้วยเฮกเซนแล้ว เติม 2-ฟลูออโรไบฟีนิล (2-Fluorobiphenyl) 250 ไมโครลิตร
2. สกัดตัวอย่างด้วยเทคนิคการสกัดแบบต่อเนื่อง (Soxhlet extraction) โดยใช้ ไดคลอโรมีเทน ทำการสกัดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
3. ลดปริมาณสารที่สกัดด้วยชุดระเหยสาร จากนั้นเติมแผ่นทองแดงเพื่อกำจัดซัลเฟอร์ (แผ่นทองแดงล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริก ล้างด้วยน้ำ และล้างด้วยอะซีโตน) จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 5 มิลลิลิตร ด้วยเฮกเซน
4. นำตัวอย่างไปกำจัดสิ่งปนเปื้อนด้วยผ่านคอลัมน์ที่บรรจุด้วย ซิลิกาเจลสูง 17.5 ซม. และโซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำสูง 1 ซม. (ซิลิกาเจลที่ผ่านการ activated โดยอบที่ 220 °C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้น Deactivated โดยเติมน้ำกลั่น 5% ของน้ำหนักซิลิกาเจล จากนั้นทิ้งไว้ 1 คืนก่อนใช้งาน)
5. ชะคอลัมน์ด้วยเฮกเซน 15 มิลลิลิตร ทิ้งสารละลายส่วนนี้ไป จากนั้นชะด้วย 10% ไดคลอโรมีเทนในเฮกเซน จำนวน 30 มิลลิลิตร เก็บสารละลายส่วนนี้ จากนั้นชะด้วย 50% ไดคลอโรมีเทนในเฮกเซน จำนวน 20 มิลลิลิตร เก็บสารละลายรวมกัน
6. ลดปริมาณสารที่ผ่านออกจากคอลัมน์ด้วยชุดระเหยสาร จากนั้นระเหยแห้งด้วยแก๊สไนโตรเจน ปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 2 มิลลิลิตร ด้วยเฮกเซน นำไปหาชนิดและปริมาณสารกลุ่ม PAHs ด้วยเทคนิค GC-MS ต่อไป

#### ตัวอย่างดินหอยและปลา

1. ชั่งตัวอย่างหอยและปลา น้ำหนักแห้ง 2 และ 3 กรัม ตามลำดับ ใส่ในกระดวยกรองที่ล้างด้วยเฮกเซนแล้ว เติม 2-Fluorobiphenyl 250 ไมโครลิตร
2. สกัดตัวอย่างด้วยเทคนิคการสกัดแบบต่อเนื่อง (Soxhlet extraction) โดยใช้ 30:70 ไดคลอโรมีเทน : 1N โซเดียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ในเมทธานอล ทำการสกัดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3. นำตัวอย่างเทใส่กรวยแยก เติมน้ำที่ผ่านการล้างด้วยเฮกเซน 50 มิลลิลิตร เติม เฮกเซน 50 มิลลิลิตร สกัดตัวอย่างตั้งทิ้งให้แยกชั้น จากนั้นเก็บสารละลายส่วนบน โดยกรองผ่านโซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำ ทำการสกัดตัวอย่างด้วยเฮกเซนซ้ำอีก 2 ครั้ง เก็บสารละลายที่ได้รวมกัน

4. ลดปริมาณสารที่สกัดด้วยชุดระเหยสารจากนั้นปรับปริมาตรเป็น 5 มิลลิลิตร ด้วยเฮกเซน

5. นำตัวอย่างไปกำจัดสิ่งปนเปื้อนด้วยผ่านคอลัมน์ที่บรรจุด้วยซิลิกาเจลสูง 17.5 ซม. ฟลอริซิลสูง 5 ซม. และโซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำสูง 1 ซม. (ซิลิกาเจลและฟลอริซิลที่ผ่านการ Activated โดยอบที่ 220 °C และ 250 °C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้น Deactivated โดยเติมน้ำกลั่น 5% และ 0.5% ของน้ำหนักซิลิกาเจล และน้ำหนักฟลอริซิล ตามลำดับ จากนั้นทิ้งไว้ 1 คืนก่อนใช้งาน)

6. ชะคอลัมน์ด้วยเฮกเซน 15 มิลลิลิตร ทิ้งสารละลายส่วนนี้ไป จากนั้นชะด้วย 10% ไดคลอโรมีเทนในเฮกเซน จำนวน 30 มิลลิลิตร เก็บสารละลายส่วนนี้ จากนั้นชะด้วย 50% ไดคลอโรมีเทนในเฮกเซน จำนวน 20 มิลลิลิตร เก็บสารละลายรวมกัน

7. ลดปริมาณสารที่ผ่านออกจากคอลัมน์ด้วยชุดระเหยสาร จากนั้นระเหยแห้งด้วยแก๊สไนโตรเจน ปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 2 มิลลิลิตร ด้วยเฮกเซน นำไปหาชนิดและปริมาณสารกลุ่ม PAHs ด้วยเทคนิค GC-MS ต่อไป

### 5.4.3 การวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs)

นำตัวอย่างที่สกัดแล้วผ่านกระบวนการกำจัดสิ่งปนเปื้อนเรียบร้อยแล้วมาวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารกลุ่ม PAHs ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ของ Agilent Technologies 6890N ตัวตรวจวัดแบบเครื่องวัดมวลสาร (GC-MSD) โดยมีสถานะในการวิเคราะห์ดังนี้  
สถานะที่ใช้ในการวิเคราะห์

คอลัมน์: HP -5MS ขนาด 30 m. x 0.25 mm. x 0.25  $\mu$ m

(length x id x film thickness)

แก๊สเคลื่อนที่: แก๊สฮีเลียม อัตราการไหล 1.4 มล./นาที

อุณหภูมิเตาอบ: 90 °C (0.5 min)

17 °C/min  $\longrightarrow$  200 °C

9 °C/min  $\longrightarrow$  250 °C

10 °C/min  $\longrightarrow$  270 °C (18 min)

อุณหภูมิห้องฉีดสาร:	270 °C
อุณหภูมิเครื่องตรวจวัด:	280 °C
Transfer line temp.:	280 °C
เครื่องตรวจวัด:	Mass Selective Detector (MSD)
ชนิดการฉีด:	splitless on time
ปริมาตรที่ฉีด:	1 µl

#### 5.4.4 การคำนวณและการวิเคราะห์ข้อมูล

หาชนิดของสารกลุ่ม PAHs โดยนำสารมาตรฐานความเข้มข้น 1, 2.5 และ 5 ppm. ฉีดเข้าเครื่อง GC ตัวตรวจวัด Mass Selective Detector (MSD) โดยเครื่องวัดมวลสาร (Mass spectrometer ทำให้ได้ข้อมูลการแตกตัวและมวลโมเลกุลของสารมาตรฐานที่เรียกว่า Mass spectrum นำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับ Library ในเครื่องเพื่อเทียบหาความเป็นไปได้ของสารโดยดู Target Peak และ Qualifier ion จากนั้นนำ Retention Time (RT) ของสารมาตรฐานเปรียบเทียบกับสารตัวอย่างต่อไป

การหาปริมาณสารกลุ่ม PAHs ทำโดยสร้างกราฟสารมาตรฐานที่ความเข้มข้น 1, 2.5, และ 5 ppm. เทียบกับอัตราส่วนการตอบสนองสัญญาณ (response ratio) ของสารมาตรฐานกับ surrogate standard จากนั้นนำค่าอัตราส่วนการตอบสนองของสัญญาณของสารตัวอย่างกับ surrogate standard ไปเปรียบเทียบหาความเข้มข้นกับกราฟสารมาตรฐานจะได้ความเข้มข้นของสาร (µg/ml) นำค่าที่ได้ไปคูณ Dilution factor คำนวณเป็นความเข้มข้นของสารตัวอย่างต่อไป

#### การวิเคราะห์ข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลทั่วไป เช่น ปริมาณไขมันในเนื้อเยื่อ ขนาดอนุภาคดินตะกอน และปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอน และข้อมูลปริมาณสาร PAHs มาทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS ช่วยในการวิเคราะห์

-วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (analysis of variance, ANOVA) ของปริมาณสาร PAHs

-วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณสาร PAHs กับปริมาณไขมันในเนื้อเยื่อ กับขนาดอนุภาคดินตะกอน และปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอน โดยใช้วิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r)

## ผลและวิจารณ์ผล

การศึกษาการสะสมสารโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (พีเอเอช) ในสัตว์น้ำเศรษฐกิจ และดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทยโดยศึกษาในบริเวณชายฝั่งทะเลภาค ตะวันออกของจังหวัดชลบุรีในเขตอุตสาหกรรมชายฝั่งทะเล และเขตเพาะเลี้ยงชายฝั่ง ได้แก่ อำเภอศรีราชา และอ่างศิลา เก็บตัวอย่างจากพื้นที่ที่กำหนด โดยทำการเก็บ 2 ช่วงเวลาในฤดูแล้ง (มีนาคม-พฤษภาคม 2550) และในฤดูฝน (กรกฎาคม-กันยายน 2550) ปลาทะเล เก็บในบริเวณใกล้ฝั่ง จากอวนชายฝั่ง และโป๊ะดักปลา ของชาวประมงในแต่ละพื้นที่ ส่วนตัวอย่างหอยแมลงภู่ Green Mussels (*Perna viridis*) เก็บจากแพ หอยแมลงภู่งูที่ชาวประมงทำการเลี้ยงไว้ในพื้นที่ทั้งจากอ่างศิลา เกาะลอยศรีราชา และแหลมท้าวเทวาและ ตัวอย่างดินตะกอนเก็บในบริเวณเดียวกันทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารโพลีไซคลิก อะโรมาติกไฮโดร คาร์บอน (PAHs) ในตัวอย่างหอยแมลงภู่งู, ปลาทะเลแนวชายฝั่งและดินตะกอนบริเวณแหล่งเพาะเลี้ยง หอยแมลงภู่งู ในบริเวณ อ่างศิลา, เกาะลอยศรีราชา, ท่าเรือศรีราชา (เฉพาะตัวอย่างดินตะกอน) และบริเวณ แหลมท้าวเทวา ผลจากการศึกษาพบว่าในตัวอย่างดินตะกอนบริเวณอ่างศิลามีปริมาณเปอร์เซ็นต์ของอินทรีย์ สารทั้งสองฤดูสูงกว่าในบริเวณอื่นๆ ขณะที่บริเวณท่าเรือศรีราชาปริมาณอินทรีย์สารต่ำกว่าในทุกๆ สถานี (ร้อยละ 1.58 – 6.68 ในฤดูแล้ง และ ร้อยละ 1.28 – 5.72 ในฤดูฝน) ขณะเดียวกันดินตะกอนในบริเวณอ่าง ศิลา พบว่ามีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 63 ไมครอน อยู่ร้อยละ 95.71 ขณะที่บริเวณอื่นๆ จะมีลักษณะเป็นดิน ทราย และจากการวิเคราะห์สาร PAHs พบว่ามีปริมาณ 0.146 – 0.892 ไมโครกรัม ต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่ง ในบริเวณอ่างศิลาในฤดูแล้งพบว่ามีค่าต่ำสุด ขณะที่ท่าเรือศรีราชาในฤดูฝนมีค่าสูงสุด ในตัวอย่าง หอยแมลงภู่งู มีปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันอยู่ในช่วง ร้อยละ 7.95 – 9.17 ในฤดูแล้ง และร้อยละ 8.59 – 9.54 ใน ฤดูฝน มีปริมาณเปอร์เซ็นต์อินทรีย์สาร อยู่ในช่วง 86.68 – 88.54 ในฤดูแล้ง และร้อยละ 88.93 – 89.32 ใน ฤดูฝน และจากการวิเคราะห์สาร PAHs พบว่ามีปริมาณ 3.200 – 9.191 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) โดยปริมาณสูงสุดพบในบริเวณแหลมท้าวเทวาในฤดูแล้ง ขณะที่บริเวณเกาะลอยศรีราชาในฤดูฝนพบมีค่า ต่ำกว่าในสถานีอื่นๆ ในตัวอย่างปลาทะเล ได้แก่ปลาเห็ดโคน ปลาสลิคหินลาย ปลาโคมงาม ปลาดอกหมาก ปลากะพง ปลากระบาง ปลาข้างตะเกียบ และปลาสีกุน มีปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมัน อยู่ในช่วง 1.26 – 13.20 ใน ฤดูแล้งและร้อยละ 1.21 – 20.04 ในฤดูฝน มีปริมาณอินทรีย์สารร้อยละ 84.38 – 93.74 ในฤดูแล้ง และร้อยละ 86.31 – 93.69 ในฤดูฝน และจากการวิเคราะห์สาร PAHs พบว่ามีปริมาณ 0.090 – 0.886 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในฤดูแล้ง โดยพบว่ามีปริมาณสูงสุดพบในตัวอย่างปลาเห็ดโคนในบริเวณอ่างศิลาขณะที่ค่า ต่ำสุดพบในปลากระบางในบริเวณเกาะลอยศรีราชา และในฤดูฝนพบปริมาณสาร PAHs อยู่ในช่วง 0.108 –

0.205 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) โดยปริมาณสูงสุดพบในปลาเห็ดโคนในบริเวณแหลมท้าวเทวา ส่วนต่ำสุดพบในปลากะบางในบริเวณเกาะลอยศรีราชา เช่นเดียวกันกับในฤดูแล้ง

ผลการตรวจวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4 - 12 จากการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างดินตะกอน หอยแมลงภู่ และปลาทะเล บางตัวอย่างอยู่ระหว่างการคำนวณค่าความเข้มข้นของสารที่ตรวจในตัวอย่าง ทำให้ยังไม่สามารถดำเนินการทางสถิติ และอภิปรายผลถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่างๆได้ เมื่อได้ข้อมูลพร้อมแล้วจะดำเนินการวิเคราะห์ทางสถิติทันที

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณเปอร์เซ็นต์ขนาดอนุภาคดินตะกอนของตัวอย่างดินตะกอน

สถานี	ขนาดอนุภาคดินตะกอน	ฤดูแล้ง ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE (%)		ฤดูฝน ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE (%)	
อ่างศิลา	>1mm	0.1	$\pm$ 0.02	0.03	$\pm$ 0.01
	1mm	0.19	$\pm$ 0.08	0.03	$\pm$ 0.01
	500	0.37	$\pm$ 0.18	0.10	$\pm$ 0.04
	250	10.32	$\pm$ 2.59	0.50	$\pm$ 0.21
	125	10.09	$\pm$ 2.96	3.64	$\pm$ 1.26
	< 63	78.92	$\pm$ 4.18	95.71	$\pm$ 0.74
เกาะลอย	>1mm	8.95	$\pm$ 1.19	5.93	$\pm$ 0.56
	1mm	8.44	$\pm$ 2.73	10.26	$\pm$ 0.51
	500	13.97	$\pm$ 5.02	27.62	$\pm$ 1.85
	250	10.85	$\pm$ 1.14	12.42	$\pm$ 0.78
	125	13.26	$\pm$ 2.77	7.45	$\pm$ 0.39
	< 63	44.53	$\pm$ 7.31	36.31	$\pm$ 1.23
ท่าเรือ ศรีราชา	>1mm	5.74	$\pm$ 2.38	12.16	$\pm$ 1.47
	1mm	6.75	$\pm$ 1.99	11.42	$\pm$ 1.94
	500	14.93	$\pm$ 5.64	11.21	$\pm$ 1.27
	250	20.44	$\pm$ 4.84	12.46	$\pm$ 1.53
	125	21.84	$\pm$ 6.36	14.25	$\pm$ 3.44
	< 63	30.3	$\pm$ 3.36	38.50	$\pm$ 2.47
แหลม ท้าวเทวา	>1mm	0.05	$\pm$ 0.01	0.06	$\pm$ 0.02
	1mm	0.08	$\pm$ 0.03	0.20	$\pm$ 0.17
	500	0.21	$\pm$ 0.04	0.43	$\pm$ 0.29
	250	4.05	$\pm$ 0.59	2.65	$\pm$ 1.17
	125	19.66	$\pm$ 0.63	18.96	$\pm$ 6.37
	< 63	75.96	$\pm$ 1.20	77.70	$\pm$ 7.99

ตารางที่ 5 แสดงปริมาณเปอร์เซ็นต์อินทรีย์สารของตัวอย่างดินตะกอน

สถานี	ปริมาณเปอร์เซ็นต์อินทรีย์สาร	
	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE (เปอร์เซ็นต์)	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE (เปอร์เซ็นต์)
อ่างศิลา	6.68 $\pm$ 0.00	5.72 $\pm$ 0.22
เกาะลอย	2.68 $\pm$ 0.65	1.52 $\pm$ 0.08
ท่าเรือศรีราชา	1.58 $\pm$ 0.37	1.28 $\pm$ 0.00
แหลมท้าวเทวา	2.48 $\pm$ 0.20	2.41 $\pm$ 0.08

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันของตัวอย่างหอยแมลงภู

สถานี	ชนิดตัวอย่าง	ฤดูแล้ง		ฤดูฝน	
		รหัสตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE	รหัสตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE
			(เปอร์เซ็นต์)		(เปอร์เซ็นต์)
อ่างศิลา	หอยแมลงภู	MusAD1	7.36 $\pm$ 0.17	MusAW1	9.93 $\pm$ 0.22
	หอยแมลงภู	MusAD2	7.81 $\pm$ 0.18	MusAW2	8.80 $\pm$ 0.04
	หอยแมลงภู	MusAD3	8.70 $\pm$ 0.69	MusAW3	9.89 $\pm$ 0.30
เกาะลอย	หอยแมลงภู	MusKD1	8.34 $\pm$ 0.30	MusKW1	9.49 $\pm$ 0.56
	หอยแมลงภู	MusKD2	7.79 $\pm$ 0.28	MusKW2	8.21 $\pm$ 0.20
	หอยแมลงภู	MusKD3	8.48 $\pm$ 0.48	MusKW3	9.25 $\pm$ 0.00
แหลมท้าว เทวา	หอยแมลงภู	MusLD1	9.03 $\pm$ 0.56	MusLW1	9.39 $\pm$ 0.06
	หอยแมลงภู	MusLD2	9.70 $\pm$ 0.25	MusLW2	8.52 $\pm$ 0.42
	หอยแมลงภู	MusLD3	8.77 $\pm$ 0.15	MusLW3	7.88 $\pm$ 0.03

615.9511  
ก523  
ฉ. 5

255294

ตารางที่ 7 แสดงค่าปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันของตัวอย่างปลา

สถานี	ชนิดตัวอย่าง	ฤดูแล้ง			ฤดูฝน		
		รหัสตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE		รหัสตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE	
			(เปอร์เซ็นต์)			(เปอร์เซ็นต์)	
อ่างศิลา	ปลาเห็ดโคน	FisAD2	1.26	$\pm 0.10$	FisAW5	4.20	$\pm 0.51$
	ปลาสลิคหิน	FisAD3	3.51	$\pm 0.01$	FisAW9	9.09	$\pm 0.17$
	ปลาโถมงาม	FisAD6	5.44	$\pm 0.13$	FisAW12	4.24	$\pm 0.16$
	ปลาดอกหมาก	FisAD7	5.44	$\pm 0.45$	FisAW13	3.05	$\pm 0.18$
เกาะลอย	ปลากะพง	FisKD5	3.37	$\pm 0.18$	FisKW1	11.17	$\pm 0.63$
	ปลาสลิคหินลาย	FisKD3	3.37	$\pm 0.18$	FisKW12	4.14	$\pm 0.61$
	ปลากะบาง	FisKD10	1.99	$\pm 0.06$	FisKW5	1.21	$\pm 0.02$
	ปลาดอกหมาก	FishKD1	5.54	$\pm 0.30$	FisKW15	5.71	$\pm 0.30$
แหลมท้าว ทเวา	ปลาเห็ดโคน	FishLD1	12.73	$\pm 0.56$	FisLW10	2.15	$\pm 0.28$
	ปลาข้างตะเภา	FishLD3	9.00	$\pm 0.24$	FisLW6	20.04	$\pm 0.39$
	ปลาสีกุน	FisLD5	4.26	$\pm 0.03$	FisLW12	9.41	$\pm 0.10$
	ปลาดอกหมาก	FisLD4	13.195	$\pm 0.04$	FisLW4	6.35	$\pm 0.29$

ตารางที่ 8 แสดงปริมาณเปอร์เซ็นต์อินทรีย์สารของตัวอย่างหอยแมลงภู

สถานี	ชนิดตัวอย่าง	ฤดูแล้ง		ฤดูฝน	
		รหัส ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE	รหัส ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE
			(เปอร์เซ็นต์)		(เปอร์เซ็นต์)
อ่างศิลา	หอยแมลงภู	MusAD1	87.15 $\pm$ 0.26	MusAW1	89.045 $\pm$ 0.09
	หอยแมลงภู	MusAD2	85.74 $\pm$ 0.48	MusAW2	89.315 $\pm$ 0.11
	หอยแมลงภู	MusAD3	87.17 $\pm$ 0.02	MusAW3	89.595 $\pm$ 0.03
เกาะลอย	หอยแมลงภู	MusKD1	85.74 $\pm$ 0.36	MusKW1	89.685 $\pm$ 0.42
	หอยแมลงภู	MusKD2	89.41 $\pm$ 0.05	MusKW2	88.835 $\pm$ 0.09
	หอยแมลงภู	MusKD3	89.32 $\pm$ 0.00	MusKW3	88.785 $\pm$ 0.06
แหลมท้าว เตวา	หอยแมลงภู	MusLD1	88.51 $\pm$ 0.10	MusLW1	89.3 $\pm$ 0.27
	หอยแมลงภู	MusLD2	89.03 $\pm$ 0.09	MusLW2	88.63 $\pm$ 0.00
	หอยแมลงภู	MusLD3	88.1 $\pm$ 0.04	MusLW3	88.86 $\pm$ 0.18

ตารางที่ 9 แสดงค่าปริมาณเปอร์เซ็นต์อินทรีย์สารของตัวอย่างปลา

สถานี	ชนิดตัวอย่าง	ฤดูแล้ง		ฤดูฝน	
		รหัส ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE	รหัส ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE
			(เปอร์เซ็นต์)		(เปอร์เซ็นต์)
อ่างศิลา	ปลาเห็ดโคน	FisAD2	89.58 $\pm$ 0.02	FisAW5	89.37 $\pm$ 0.07
	ปลาสลิดหิน	FisAD3	93.74 $\pm$ 0.25	FisAW9	93.65 $\pm$ 0.03
	ปลาโถมงาม	FisAD6	93.69 $\pm$ 0.43	FisAW12	93.69 $\pm$ 0.04
	ปลาดอกหมาก	FisAD7	84.38 $\pm$ 0.08	FisAW13	87.31 $\pm$ 0.13
เกาะลอย	ปลากะพง	FisKD5	89.13 $\pm$ 0.09	FisKW1	93.23 $\pm$ 0.10
	ปลาสลิดหินลาย	FisKD3	93.03 $\pm$ 0.16	FisKW12	87.93 $\pm$ 0.30
	ปลากะบาง	FisKD10	91.42 $\pm$ 0.18	FisKW5	87.84 $\pm$ 0.03
	ปลาดอกหมาก	FisKD1	89.52 $\pm$ 0.47	FisKW15	91.95 $\pm$ 0.50
แหลม ท้าวเทวา	ปลาเห็ดโคน	FisLD1	88.48 $\pm$ 0.15	FisLW10	87.67 $\pm$ 0.05
	ปลาข้างตะเกา	FisLD3	88.46 $\pm$ 0.55	FisLW6	88.48 $\pm$ 0.35
	ปลาสีกุน	FisLD5	89.35 $\pm$ 0.15	FisLW12	86.31 $\pm$ 0.35
	ปลาดอกหมาก	FisLD4	88.13 $\pm$ 0.12	FisLW4	90.46 $\pm$ 0.30

ตารางที่ 10 แสดงปริมาณสาร PAHs ( $\mu\text{g/g}$  : DW) ในตัวอย่างปลาทะเล

สถานี	ชนิด ตัวอย่างปลา	ฤดูแล้ง		ฤดูฝน	
		$\sum 7$ carcPAHs	$\sum 16$ PAHs	$\sum 7$ carcPAHs	$\sum 16$ PAHs
		ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE
อ่างศิลา	ปลาเห็ดโคน	0.627 $\pm$ 0.020	0.886 $\pm$ 0.022	0.021 $\pm$ 0.000	0.117 $\pm$ 0.005
	ปลาสลิดหิน	0.593 $\pm$ 0.001	0.851 $\pm$ 0.007	0.018 $\pm$ 0.003	0.115 $\pm$ 0.005
	ปลาโถมงาม	0.589 $\pm$ 0.002	0.841 $\pm$ 0.010	0.027 $\pm$ 0.004	0.126 $\pm$ 0.017
	ปลาดอกหมาก	0.586 $\pm$ 0.000	0.862 $\pm$ 0.005	0.021 $\pm$ 0.004	0.127 $\pm$ 0.005
	<b>เฉลี่ย</b>	<b>0.599 <math>\pm</math> 0.013</b>	<b>0.860 <math>\pm</math> 0.014</b>	<b>0.022 <math>\pm</math> 0.003</b>	<b>0.121 <math>\pm</math> 0.004</b>
เกาะลอย	ปลากะพง	0.123 $\pm$ 0.122	0.165 $\pm$ 0.116	0.019 $\pm$ 0.003	0.118 $\pm$ 0.000
	ปลาสลิดหินลาย	0.122 $\pm$ 0.121	0.168 $\pm$ 0.119	0.019 $\pm$ 0.003	0.118 $\pm$ 0.000
	ปลากะบาง	0.019 $\pm$ 0.002	0.090 $\pm$ 0.007	0.026 $\pm$ 0.002	0.108 $\pm$ 0.001
	ปลาดอกหมาก	0.173 $\pm$ 0.171	0.437 $\pm$ 0.173	0.021 $\pm$ 0.000	0.112 $\pm$ 0.012
	<b>เฉลี่ย</b>	<b>0.139 <math>\pm</math> 0.067</b>	<b>0.304 <math>\pm</math> 0.147</b>	<b>0.021 <math>\pm</math> 0.002</b>	<b>0.114 <math>\pm</math> 0.003</b>
แหลมท้าวเทวา	ปลาเห็ดโคน	0.122 $\pm$ 0.121	0.168 $\pm$ 0.119	0.094 $\pm$ 0.063	0.205 $\pm$ 0.079
	ปลาข้างตะเกา	0.001 $\pm$ 0.000	0.059 $\pm$ 0.006	0.040 $\pm$ 0.022	0.139 $\pm$ 0.048
	ปลาสีกุน	0.025 $\pm$ 0.006	0.108 $\pm$ 0.002	0.015 $\pm$ 0.008	0.135 $\pm$ 0.024
	ปลาดอกหมาก	0.025 $\pm$ 0.005	0.135 $\pm$ 0.003	0.047 $\pm$ 0.012	0.186 $\pm$ 0.051
	<b>เฉลี่ย</b>	<b>0.043 <math>\pm</math> 0.038</b>	<b>0.117 <math>\pm</math> 0.033</b>	<b>0.049 <math>\pm</math> 0.023</b>	<b>0.166 <math>\pm</math> 0.025</b>

ตารางที่ 11 แสดงปริมาณสาร PAHs ( $\mu\text{g/g}$ : DW) ในตัวอย่างหอยแมลงภู

สถานี	จุดเก็บหอยแมลงภู	ฤดูแล้ง		ฤดูฝน	
		$\sum 7 \text{ carcPAHs}$	$\sum 16 \text{ PAHs}$	$\sum 7 \text{ carcPAHs}$	$\sum 16 \text{ PAHs}$
		ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE
อ่างศิลา	1	2.086 $\pm$ 0.187	3.730 $\pm$ 0.181	1.615 $\pm$ 0.098	3.248 $\pm$ 0.098
	2	2.087 $\pm$ 0.185	3.720 $\pm$ 0.191	1.718 $\pm$ 0.001	3.318 $\pm$ 0.018
	3	1.901 $\pm$ 0.001	3.531 $\pm$ 0.005	1.717 $\pm$ 0.200	5.545 $\pm$ 2.426
	เฉลี่ย	<b>2.025<math>\pm</math>0.062</b>	<b>3.660<math>\pm</math>0.065</b>	<b>1.684<math>\pm</math>0.034</b>	<b>4.037<math>\pm</math>0.754</b>
เกาะลอย	1	1.899 $\pm$ 0.002	3.530 $\pm$ 0.004	1.615 $\pm$ 0.102	3.200 $\pm$ 0.104
	2	1.717 $\pm$ 0.002	3.300 $\pm$ 0.003	1.715 $\pm$ 0.198	3.305 $\pm$ 0.201
	3	1.716 $\pm$ 0.003	3.294 $\pm$ 0.003	1.515 $\pm$ 0.000	3.095 $\pm$ 0.001
	เฉลี่ย	<b>1.777<math>\pm</math>0.061</b>	<b>3.375<math>\pm</math>0.078</b>	<b>1.615<math>\pm</math>0.058</b>	<b>3.200<math>\pm</math>0.061</b>
แหลมหัวเตวา	1	1.716 $\pm$ 0.002	3.317 $\pm$ 0.029	2.269 $\pm$ 0.002	3.932 $\pm$ 0.030
	2	1.613 $\pm$ 0.099	3.197 $\pm$ 0.093	1.903 $\pm$ 0.001	3.538 $\pm$ 0.003
	3	2.517 $\pm$ 0.676	12.128 $\pm$ 6.819	2.084 $\pm$ 0.187	3.720 $\pm$ 0.189
	เฉลี่ย	<b>2.037<math>\pm</math>0.245</b>	<b>6.214 <math>\pm</math>5.122</b>	<b>2.085<math>\pm</math>0.106</b>	<b>3.730<math>\pm</math>0.114</b>

ตารางที่ 12 แสดงปริมาณสาร PAHs ( $\mu\text{g/g}$ : DW) ในตัวอย่างดินตะกอน

สถานี	จุดเก็บดินตะกอน	ฤดูแล้ง		ฤดูฝน	
		$\sum 7 \text{ carcPAHs}$	$\sum 16 \text{ PAHs}$	$\sum 7 \text{ carcPAHs}$	$\sum 16 \text{ PAHs}$
		ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE
อ่างศิลา	1	0.043 $\pm$ 0.013	0.166 $\pm$ 0.017		
	2	0.010 $\pm$ 0.001	0.113 $\pm$ 0.010		
	3	0.029 $\pm$ 0.017	0.160 $\pm$ 0.032		
	เฉลี่ย	<b>0.027<math>\pm</math>0.010</b>	<b>0.146<math>\pm</math>0.017</b>		
เกาะลอย	1				
	2				
	3				
	เฉลี่ย				
ท่าเรือศรีราชา	1				
	2				
	3				
	เฉลี่ย				
แหลมท้าวเทวา	1	0.054 $\pm$ 0.021	0.225 $\pm$ 0.030		
	2	0.061 $\pm$ 0.027	0.231 $\pm$ 0.069		
	3	0.090 $\pm$ 0.009	0.320 $\pm$ 0.008		
	เฉลี่ย	<b>0.027<math>\pm</math>0.012</b>	<b>0.259<math>\pm</math>0.031</b>		

### เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2543). รายงานสถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางน้ำ ปี พ.ศ. 2543. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2543). พีเอเอช (โพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน). กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2546). ทะเลไทยวันนี้. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- กิตติวิดี ดวงแก้ว. (2546). สารตกค้างกลุ่มออร์กาโนคลอรีน พีซีบีและพีเอเอช ในหอยทะเลและดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- เกศินี สรรวานิช. (2543). ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำ ดินตะกอนและหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) บริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จรรยา สารินทร์. (2537). การกระจายของอะลิฟาติก และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในตะกอนบริเวณอ่าวไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อรรวรรณ วัฒน. (2542). การคัดแยกแบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อยสลายน้ำมันดิบและสารประกอบ PAHs จากดินปนเปื้อนสารประกอบไฮโดรคาร์บอน. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาจุลชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- อรุณี เทิดเทพพิทักษ์. 2542. การหาปริมาณและชนิดของสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในดินตะกอนบริเวณเศรษฐกิจ ตามแนวชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย. ภาควิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis. *Association of Official Agricultural Chemists*. USA.
- Chulahorn Research Institute International Center for Environmental and Industrial Toxicology. 2007. Distribution and Origins of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Riverine Estuarine and Marine sediment in Thailand. *CRI/ICEIT Newsletter*, Vol.17 No. 3, July 2007.
- Chumchuchan, C., G, Watayakorn., W, Tuanwechayan., P, Suthanaruk. 1999. Petroleum Hydrocarbon Contamination in Coastal Environment of the Upper Gulf of Thailand: Extent and Sources. *ASEAN marine Environmental management toward sub stainable Development and Integrated Management of the Marine*

*Environment in ASEAN*. 26-30 October 1998, Malaysia.

Garrigues, Ph., Barth, H., Walker, C.H. & Narbonne, J-F. (2001). Biomarkers in marine organisms a Practical Approach. Amsterdam, Netherlands.

Malmström, C.M., Koponen, K., Lindström-Seppä, P., & Bylund, G. (2004).

Induction and localization of hepatic CYP4501A in flounder and rainbow trout exposed to benzo[a]pyrene. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 58, 365-372.

Sarin, C. and K. Srisuksawad. 2000. *Distribution of Aliphatic and Aromatic Hydrocarbon in dated sediment cores of the Gulf of Thailand*. Regional Training Course (RCA) on Apply of Traces to study transport processes and Sedimentation Rate in the Marine Environment, 21 Feb-4 Mar 2000, Thailand.

Suwanagosoom, S. 2001. *Accumulation of Total Petroleum Hydrocarbon in Marine food chain around Phe Bay, Rayong province*. Master's thesis, Department of Technology of Environmental Management, Graduate Studies, Mahidol University.

Wootton.E.C., Dyrinda, E. A., Pipe, R. K., & Ratcliffe, N.A. (2003). Comparisons of PAH-induced immunomodulation in three bivalve mollusks. *Aquatic Toxicology*. 65, 13-25.