



บทที่ 5

## วิจารณ์ผลการศึกษา

### ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำ

การกระจายของปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำทะเล ชายฝั่งจังหวัดระยองทั้ง 27 สถานี มีค่าในช่วง 0.05 - 11.84 ไมโครกรัม/ลิตร เทียบกับสารมาตรฐานโครซีน ค่าต่ำสุดพบใน สถานี 6 บริเวณอุตสาหกรรม เดือนเมษายน ซึ่งเป็นจุดที่ห่างฝั่ง 10 กม. ค่าสูงสุด คือ สถานีที่ 1 ในเดือนมิถุนายน ซึ่งเป็นจุดบริเวณหนองแพปลากุ้งแปรรูปเรือเหล็กเก่า สถานีที่ 1 นี้มีค่าค่อนข้างสูงในทุกเดือน คืออยู่ในช่วง 3.13 - 11.84 ไมโครกรัม/ลิตร ค่าเฉลี่ย 6.69 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Suthanaruk (1991) ซึ่งทำการศึกษปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำทะเล บริเวณอู่แปรรูปเรือเหล็กเก่า ในช่วงปี 2531 และ 2532 ซึ่งพบค่าในช่วง 0.027 - 1.29 ไมโครกรัม/ลิตร และ 0.14 - 1.80 ไมโครกรัม/ลิตร (พฤษภาคม 2533) แสดงว่าค่าที่พบในปัจจุบันสูงกว่าเดิมมาก บ่งชี้ว่าอู่แปรรูปเรือเหล็กเก่าแห่งนี้ยังไม่เลิกกิจการ

เมื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำทะเลจากการศึกษครั้งนี้ กับปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำทะเลชายฝั่งตะวันออกจากการศึกษาในอดีต พบว่ามีการปนเปื้อนของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนเพิ่มขึ้นกว่าเดิมเช่นกัน โดยเหตุนี้ สมพงษ์ชัยกุล และศุภวัตร แซ่ลิ้ม (2526) พบว่าค่าปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนที่พบในฤดูแล้งอยู่ในช่วง 0.04-5.65 ไมโครกรัม/ลิตร ฤดูน้ำมากอยู่ในช่วง 0.06-6.10 ไมโครกรัม/ลิตร ศรัณย์ เพ็ชรพิรุณ (2531) พบค่าปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำทะเลชายฝั่งอยู่ในช่วง 0.02-5.29 ไมโครกรัม/ลิตร น้ำทะเลที่อยู่ห่างฝั่งพบค่าในช่วง 0.01-0.07 ไมโครกรัม/ลิตร

ค่าเฉลี่ยของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในแต่ละเดือน พบค่าสูงสุดในเดือนมิถุนายน รองลงมาคือเดือนสิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงเริ่มฤดูฝน เมื่อเปรียบเทียบตามบริเวณการใช้พื้นที่ พบค่าสูงสุดในบริเวณอุตสาหกรรม แสดงถึงปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนปลดปล่อยจากบริเวณอู่ตัดเรือเหล็กเก่า จุดน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด และจุดระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ในนิคมฯมาบตาพุด ปนเปื้อนลงสู่ทะเล มากกว่า ที่ปลดปล่อยจากชุมชนบริเวณจังหวัดระยอง และชุมชนบ้านแพ ซึ่งล้วนมีประชากรอาศัยหนาแน่น

นอกจากจะพบว่าปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำทะเล บริเวณชายฝั่งจังหวัดระยองที่พบว่า มีค่าสูงขึ้นกว่าระยะเวลาที่ผ่านมาแต่เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณอื่นของโลก ก็นับว่ามีค่าอยู่ในช่วงใกล้เคียงกับทะเลเปิดส่วนอื่นๆ และถ้าเทียบกับบริเวณทะเลเปิดก็ยังมีค่าน้อยอยู่ ดังแสดงในตารางที่ 5.1



ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนไฮโดรคาร์บอนในน้ำทะเลกับบริเวณอื่นๆ

บริเวณที่ศึกษา	ปริมาณไนโตรเจนไฮโดรคาร์บอน (ไมโครกรัม/ลิตร)	เอกสารอ้างอิง
ทะเลเหนือ	1.1 - 74	Law, 1981
ช่องแคบอังกฤษ	1.5-2.5	
ทะเลไอริช	2.6	
ชายฝั่งด้านตะวันตกเฉียงใต้ของ เปอร์โตริโก	0.16-4.68	Corredor และคณะ, 1983
Carteau Bay	0.47	Siron และคณะ, 1987
Lion Gulf	1.5 - 5.5	Marchand และคณะ, 1988
ทะเลเมดิเตอร์เรเนียนตะวันตก	0.5 - 11	Marchand และคณะ, 1988
Brisbane River Estuary	2.26	Kayal and Connell, 1989
ทะเล Adriatic	0.14 - 0.65 0.14 - 4.80	Hamilton, 1989
Eastern Aegean Sea ตุรกี	0.09 - 25.5	Balci, 1993
ชายฝั่ง Patagonia อาร์เจนตินา	trace - 40.9	Esteves and Commendatore, 1993
ชายฝั่ง St-Lucia บริเวณอ่าวทะเลปิด	1.30 - 2.70 16.1 - 88.5	Corbin, 1993
ชายฝั่งบาเรนซ์ อ่าวอาร์ะเบีย	16.1 - 88.5	Madany, 1994
ชายฝั่งตะวันออก อ่าวไทย	ฤดูแล้ง 0.04 - 5.65 ฤดูน้ำมาก 0.06 - 6.10	เพ็ญใจ, ศุภวัฒน์, 2526
ชายฝั่งทะเลตะวันออก อ่าวไทย	ชายฝั่ง 0.02 - 5.29 ห่างฝั่ง 0.01 - 0.07	ศรัณย์ เพ็ชรพิรุณ, 2531
อุตสาหกรรมแปรรูปเหล็กเก่า บ้านปลา จ.ระยอง	0.27 - 1.29 (ต.ค.) 0.14 - 1.80 (พ.ค.)	Suthanaruk, (1991)
ชายฝั่งทะเล จังหวัดระยอง	0.05 - 11.84	การศึกษาค้นคว้า

เมื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนตามระยะทางที่ห่างฝั่ง พบว่า ค่าเฉลี่ยบริเวณชายฝั่งมีค่าสูงสุดและสูงกว่าบริเวณห่างฝั่ง (5-10 กม.) ถึงประมาณ 4 เท่า ระยะที่ห่างฝั่ง 5 กม. และ 10 กม. มีค่าใกล้เคียงกันมาก นั่นคือ ชายฝั่งทะเลเป็นบริเวณที่จะได้รับอิทธิพลจากการปนเปื้อนมากที่สุด แสดงให้เห็นแหล่งกำเนิดที่เกิดจากชายฝั่งทะเลมากกว่าจากกิจกรรมต่าง ๆ ในทะเล เมื่อห่างจากฝั่งออกมา 5 กม.ขึ้นไปการปนเปื้อนจึงอาจลดลงถึง 4 เท่า

นอกจากนี้รูปแบบของ Synchronous fluorescence spectrum ของตัวอย่างสามารถใช้อธิบายถึง ชนิดของกลุ่มสารอะโรมาติกที่ปนเปื้อนในตัวอย่างได้อย่างคร่าวๆ เนื่องจากการวิเคราะห์ปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน โดยวิธีฟลูออเรสเซนส์สเปกโตรสโคปีนั้น ค่าการคายคลื่นแสงฟลูออเรสเซนส์ที่ได้จากตัวอย่างเกิดจากการที่กลุ่มสารอะโรมาติกได้รับการกระตุ้นจากแสงอุลตราไวโอเลต แล้วทำให้เกิดการคายคลื่นแสงฟลูออเรสเซนส์ออกมา เมื่อมีการลดระดับพลังงานกลับไปสู่สภาวะเดิม ดังนั้นคลื่นแสงฟลูออเรสเซนส์ที่วัดได้ จึงสามารถใช้อธิบายถึงปริมาณสารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่ปนเปื้อนในตัวอย่างได้ อย่างไรก็ตามค่าการคายคลื่นแสงฟลูออเรสเซนส์ที่วัดได้จากตัวอย่าง อาจไม่ได้เกิดจากสารกลุ่มอะโรมาติกทั้งหมดก็ได้ เนื่องจากยังมีสารตัวอื่นที่สามารถเกิดปรากฏการณ์การคายคลื่นแสงฟลูออเรสเซนส์ได้เช่นเดียวกับสารอะโรมาติก ดังนั้นถ้าในตัวอย่างนั้นมีสารอินทรีย์อื่นเจือปนอยู่และสามารถให้คลื่นแสงฟลูออเรสเซนส์ได้ การวิเคราะห์สารไฮโดรคาร์บอนโดยวิธีฟลูออเรสเซนส์สเปกโตรสโคปีเพียงวิธีเดียว จึงยังไม่สามารถชี้ลงไปได้อย่างแน่ชัดเสมอว่า ค่าที่ได้เป็นปริมาณของสารอะโรมาติกเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามเราสามารถใช้อ้างอิงค่าฟลูออเรสเซนส์ในการประเมินและเปรียบเทียบการปนเปื้อนของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในแหล่งน้ำได้ในระดับหนึ่ง (เกศินี, 2534)

รูปแบบของ Synchronous fluorescence spectrum จากการศึกษาสเปกตรัมของตัวอย่างน้ำทะเลทั้งหมด 162 ตัวอย่าง พบว่าส่วนมากมีค่าสูงสุดของความยาวคลื่นการคายแสงฟลูออเรสเซนส์สูงสุดในช่วง 300-330 นาโนเมตร แสดงถึงองค์ประกอบพวกแนพธาซีน (2 rings) เป็นส่วนใหญ่ (Law, 1981) และมีรูปแบบสเปกตรัมคล้ายกับสเปกตรัมของน้ำมันดีเซล (IOC/UNEP No.20, 1992 ; Wattayakorn, 1987) ซึ่งคาดว่ามาจากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในเรือต่างๆ ที่ใช้กันในบริเวณนั้น รวมทั้งใช้ในเครื่องจักร เครื่องยนต์ ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมด้วย

สเปกตรัมของตัวอย่างบางสถานี โดยเฉพาะในเดือนมิถุนายน ซึ่งมีค่าสูงสุดความยาวคลื่นแสงฟลูออเรสเซนส์ 2 ช่วงคือ ที่ประมาณ 303 และ 324 นาโนเมตรนั้น ช่วงความยาวคลื่นแสงทั้ง 2 ยังอยู่ในช่วงของแนพธาซีน (2 rings) และเป็นรูปแบบสเปกตรัมของน้ำมันดีเซล แต่มี 2 peak นอกจากนี้ยังแสดงถึงการปนเปื้อนจากน้ำมันดีเซลแล้ว ยังมีน้ำมันชนิดอื่นปะปนอยู่ด้วย ซึ่งจากการเปรียบเทียบกับสเปกตรัมของน้ำมันชนิดต่างๆ คาดว่ามีการปนเปื้อนของน้ำมันดิบบางชนิดรวมอยู่ด้วย

## ไฮโดรคาร์บอนในตะกอนผิวหน้า

ลักษณะตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดระยอง ทั้ง 27 สถานี จากการสังเกตส่วนใหญ่เป็นโคลนปนทราย กับทรายปนโคลน มีบางสถานีเท่านั้นเป็นโคลนละเอียดมากได้แก่ สถานีที่ 13 ชายฝั่งชุมชนบ้านเพ เป็นต้น ตะกอนส่วนใหญ่มีเปลือกหอยปนอยู่ด้วย สถานีที่ 8,14,15 เดือนเมษายน และสถานีที่ 5,8 เดือน พฤศจิกายน ลักษณะเป็นทรายหยาบ จนร่อนหาอนุภาค  $< 0.25$  มม. ไม่ได้เลย สถานีที่ 5 และ 8 อยู่บริเวณอุตสาหกรรม อาจได้รับอิทธิพลจากการถมทะเลในการสร้างท่าเรืออุตสาหกรรม ทำให้ตะกอนบริเวณดังกล่าวมีลักษณะเป็นทรายมากขึ้น สถานีที่ 14,15 บริเวณชุมชน ใกล้เคียงกับเกาะเสม็ด ตัวอย่าง เดือน เมษายน ร่อนไม่ได้เลย เดือนพฤศจิกายนพอร่อนได้เล็กน้อย ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ชนิดของตะกอนโดยวิธี ไฮโดรมิเตอร์ พบว่าส่วนใหญ่เป็นทรายปนดินร่วน ดินร่วนปนทราย และทราย บริเวณที่เป็นโคลนมีอยู่เพียง 3 สถานี คือ สถานีที่ 7,20 และ 13

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน มีค่าน้อยตามชนิดของตะกอน ตะกอนที่มีอนุภาคเล็ก ดูดซับสารอินทรีย์ได้มากกว่าตะกอนขนาดใหญ่ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้ง 27 สถานี มีค่าอยู่ในช่วง 0.10 - 2.53 % (น้ำหนักแห้ง) และ 0.12 - 1.82 % (น้ำหนักแห้ง) ในเดือนเมษายน และพฤศจิกายน ตามลำดับ

### ก. ชนิดและปริมาณอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนในตะกอนผิวหน้า

1) ปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวม มีค่าอยู่ในช่วง 0.04-10.54 ไมโครกรัม/กรัม (เมษายน) และ 0.18-18.20 ไมโครกรัม/กรัม (พฤศจิกายน) การศึกษาในลักษณะเดียวกันบริเวณอุตสาหกรรมตัดเรือเหล็กเก่าชายฝั่งจังหวัดระยอง โดย Suthanaruk (1991) พบอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนในรูปนอร์มัลอัลเคนรวม มีปริมาณอยู่ระหว่าง 0.31-2.08 ไมโครกรัม/กรัม การศึกษาของ จรูญ สารินทร์ (2537) พบปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวมในตะกอนจากชายฝั่งตะวันออก ซึ่งอยู่ห่างจากฝั่งมาก (ประมาณ 68 กม.) มีค่า 0.06-0.87 ไมโครกรัม/กรัม ค่าที่พบในการศึกษาครั้งนี้ มีค่าค่อนข้างสูง เนื่องจาก ตะกอนชายฝั่ง หลายจุดเป็นแหล่งปลดปล่อยปริมาณไฮโดรคาร์บอนจากฝั่งในปริมาณสูง คือ สถานีที่ 1,4,7 ชายฝั่งบริเวณอุตสาหกรรม และสถานีที่ 13 บริเวณบ้านเพ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวม ในบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา และท่าเรือคลองเตย (วรัญญา วิรุฬห์ผล,2532) ซึ่งมีค่า 0.40-45 ไมโครกรัม/กรัม (บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา) และมีค่า 1.2-8.2 ไมโครกรัม/กรัม (บริเวณท่าเรือคลองเตย) พบว่าค่าสูงสุดจากการศึกษาครั้งนี้สูงกว่าบริเวณท่าเรือคลองเตย แต่ยังต่ำกว่าบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Pendoley ในปี 1992 ซึ่งทำการศึกษารวมของนอร์มัลอัลเคนในบริเวณ Rowley Shelf, Western Australia ที่นับได้ว่าเป็นบริเวณไม่ปนเปื้อน (unpolluted) เพราะห่างไกลจากกิจกรรมต่างๆบนบกมาก พบว่ามีค่านอร์มัลอัลเคนอยู่ในช่วง 0.015 - 0.050 ไมโครกรัมต่อกรัม ค่าที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สูงกว่าค่าในบริเวณ unpolluted ดังกล่าวอย่างชัดเจน ส่วนค่าที่พบในบริเวณที่มีการปนเปื้อน เช่น บริเวณ Puget Sound, Washington พบว่าอยู่ในช่วง 3 - 35 ไมโครกรัมต่อกรัม (Bates และคณะ, 1984)

ปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวมเฉลี่ย ตามบริเวณการใช้พื้นที่ พบว่าในเดือนเมษายนบริเวณ ชุมชนมีค่าสูงสุด ตามมาด้วยเขตอุตสาหกรรมและเพาะเลี้ยง ส่วนในเดือนพฤศจิกายน บริเวณ อุตสาหกรรมมีค่าสูงสุดตามมาด้วยบริเวณชุมชนและเพาะเลี้ยง แสดงว่าทั้งบริเวณอุตสาหกรรมและ ชุมชนเป็นแหล่งที่มีแนวโน้มการปลดปล่อยปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในปริมาณสูง

ปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวมเฉลี่ย ตามระยะทางที่ห่างฝั่ง พบว่าบริเวณชายฝั่งมี ค่าสูงที่สุด และลดลงเป็นลำดับตามระยะทางที่ห่างออกไปปริมาณนอร์มัลเคนรวม บริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัด ระยองเฉลี่ยระหว่าง 2 เดือนได้ว่า อยู่ในช่วง 0.11 - 14.37 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ค่าเฉลี่ย 2.52 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ค่าเฉลี่ยตามบริเวณการใช้พื้นที่อุตสาหกรรม ชุมชน เพาะเลี้ยง คิดเป็น 3.36, 2.88, 1.31 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โดยค่าสูงสุดอยู่ในบริเวณอุตสาหกรรม ค่า เฉลี่ยตามระยะทางชายฝั่ง ห่างฝั่ง 5 และ 10 กม. คิดเป็น 5.11, 1.25 และ 2.97 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนัก แห้ง

## 2. แหล่งที่มาของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนในตะกอนผิวหน้า

การพิจารณาถึงแหล่งที่มาของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน สามารถพิจารณาโดยใช้เกณฑ์ ต่างๆประกอบกัน ได้แก่ ลักษณะโครมาโตแกรม , คาร์บอนอะตอมตัวที่เด่น และค่าดัชนี ตารางที่ 5.4 และ 5.5 สรุปเกณฑ์ต่างๆที่นำมาใช้ในการพิจารณาแหล่งที่มาของสารไฮโดรคาร์บอน ของ ทั้ง 27 สถานี ในเดือน เมษายน และ พฤศจิกายน ซึ่งพิจารณาจากแต่ละเกณฑ์ได้ดังนี้คือ

### 2.1 พิจารณาจากลักษณะโครมาโตแกรม

สถานีชายฝั่ง จำนวน 9 สถานี จะพบลักษณะ UCM ในโครมาโตแกรม 5 สถานี ได้แก่ สถานีที่ 1,4,7 บริเวณอุตสาหกรรม และสถานีที่ 10,13 บริเวณชุมชน ซึ่งลักษณะ UCM สามารถบ่งถึง ประเภทของ ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนที่สะสมในตะกอนได้โดยที่จุดสูงสุดของ UCM ที่ปรากฏในช่วง  $C_{17} - C_{21}$  แสดงว่าได้รับการปนเปื้อนจาก light petroleum เช่นน้ำมันดีเซลและ UCM ที่ปรากฏในช่วง  $C_{27} - C_{31}$  ซึ่งว่าได้รับการปนเปื้อน จาก heavy petroleum พวกน้ำมันหล่อลื่นต่างๆ และการปรากฏของ UCM ใน ทั้ง 2 ลักษณะแสดงว่าได้รับการปนเปื้อนจากทั้ง 2 แหล่ง (Colombo และคณะ,1989) สถานีที่ 1 บริเวณ ด้านข้างอุตสาหกรรมแปรสภาพเรือเหล็กเก่า พบลักษณะ UCM ในช่วง  $C_{17} - C_{21}$  เล็กน้อย แสดงถึงการ ปนเปื้อนจากน้ำมันดีเซล ขณะเดียวกันลักษณะการแยกตัวของนอร์มัลอัลเคนแต่ละตัวค่อนข้างชัดเจน และพบว่ากระจายอยู่ในช่วง  $C_{15} - C_{34}$  ซึ่งแสดงถึงลักษณะของน้ำมันเตา ที่อาจรั่วไหลออกมาจากเรือใหญ่ ที่เข้ามาแปรสภาพ นอกจากนี้ยังมีลักษณะ  $C_{17}$  และ  $C_{19}$  ค่อนข้างเด่น แสดงถึงมีการสังเคราะห์ นอร์มัลอัลเคนโดยไฟโตแพลงตอนร่วมด้วย สถานีที่ 4 จุดระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดของนิคม อุตสาหกรรมมาบตาพุด และสถานีที่ 7 จุดระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรม

มาพบ UCM ในช่วง  $C_{27} - C_{31}$  แสดงถึงการปนเปื้อนจากน้ำมันหล่อลื่น น้ำมันที่ใช้ในเครื่องจักร เครื่องยนต์ ในโรงงานต่างๆ แต่ในเดือนพฤศจิกายน พบ UCM ในสถานีที่ 7 ทั้ง 2 ช่วง ช่วง  $C_{17} - C_{21}$  ค่อนข้างสูง อาจเนื่องมาจากกิจกรรมเดินเรือทั้งเรือเล็กเรือใหญ่ในบริเวณนั้น เพราะเป็นจุดที่อยู่ด้านข้างของท่าเรืออุตสาหกรรมด้วย นอกจากนี้ยังมีลักษณะ  $C_{16}$  และ  $C_{17}$  เด่น ซึ่งแสดงว่ามีการสังเคราะห์นอร์มัลอัลเคนโดยไฟโตแพลงตอนร่วมด้วยเช่นกัน

สถานีที่ 10 ปากแม่น้ำระยอง เดือนเมษายนพบ UCM สูงทั้ง 2 ช่วง คือ  $C_{17} - C_{21}$  และ  $C_{27} - C_{31}$  แสดงถึงการปนเปื้อนที่มาจากทั้งน้ำมันดีเซล ที่ใช้ในเรือประมงต่างๆ ซึ่งมีอยู่หนาแน่นมากในบริเวณดังกล่าว และอาจมาจากน้ำมันเครื่องเก่าที่ใช้แล้วที่ปนเปื้อนมาจากน้ำทิ้งของชุมชนจังหวัดระยอง สถานีที่ 10 เดือนพฤศจิกายนมีลักษณะโครมาโตแกรมที่มีการกระจายของนอร์มัลอัลเคนในช่วง  $C_{14} - C_{26}$  และมี UCM เป็นเนินในช่วงกว้าง แสดงถึงการปนเปื้อนจากน้ำมันดีเซลที่ใช้ในเรือประมงต่างๆ อย่างชัดเจน และเป็นลักษณะของน้ำมันที่ผ่านการย่อยสลายมาแล้วด้วย สถานีที่ 13 ชุมชนบ้านเพ พบ UCM สูงมากในช่วง  $C_{17} - C_{21}$  แสดงถึงการปนเปื้อนจากน้ำมันดีเซลสูงมาก เพราะเป็นจุดที่มีท่าเทียบเรือมากที่สุด ทั้งเรือประมงและเรือโดยสารนำนักท่องเที่ยวไปยังเกาะเสม็ด

การกระจายของนอร์มัลอัลเคนของสถานีใกล้เคียง มีการกระจายของปริมาณคาร์บอนอะตอมเลขคู่และเลขคี่เท่าๆ กัน และพบพริสเทนและไฟเทนในเกือบทุกตัวอย่าง ซึ่งบ่งถึงการปนเปื้อนจากน้ำมัน

แนวสถานีที่ห่างฝั่ง 5 กม. ส่วนใหญ่ไม่พบ UCM ในโครมาโตแกรม พบพริสเทนและไฟเทนในบางตัวอย่าง และการกระจายของคาร์บอนอะตอมเลขคี่สูงกว่าเลขคู่ โดยมี  $C_{17}$ ,  $C_{19}$  และ  $C_{21}$  ในปริมาณสูง แสดงถึงแหล่งกำเนิดจากการสังเคราะห์นอร์มัลอัลเคนโดยสาหร่ายและไฟโตแพลงตอนบางชนิด สถานีห่างฝั่ง 5 กม. บริเวณชุมชน พบลักษณะ UCM เล็กน้อย แสดงถึงอิทธิพลการปนเปื้อนของน้ำมันที่เริ่มแผ่มาถึง

แนวสถานีที่ห่างฝั่ง 10 กม. ไม่พบ UCM ในโครมาโตแกรม และพบปริมาณคาร์บอนอะตอมเลขคี่สูงกว่าเลขคู่ พบพริสเทนและไฟเทนน้อยมาก พบ  $C_{17}$ ,  $C_{19}$ ,  $C_{21}$ ,  $C_{27}$ ,  $C_{29}$  และ  $C_{31}$  ในปริมาณสูง แสดงถึงแหล่งกำเนิดไฮโดรคาร์บอนที่มาจากกระบวนการทางชีวภาพ ทั้งจากการสังเคราะห์โดยไฟโตแพลงตอนและพืชชั้นสูง

บริเวณเพาะเลี้ยงซึ่งไม่พบลักษณะ UCM ในโครมาโตแกรมเลยนั้น (ยกเว้นสถานีที่ 22 เดือนพฤศจิกายน) แสดงให้เห็นว่าเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลของมนุษย์น้อยมาก และการกระจายของนอร์มัลอัลเคนที่พบปริมาณสูงทั้งในช่วง  $C_{17}$ ,  $C_{21}$  และ  $C_{27}$ ,  $C_{29}$ ,  $C_{31}$  ก็แสดงถึงแหล่งกำเนิดที่มาจาก การสังเคราะห์ตามธรรมชาติทั้งโดยไฟโตแพลงตอน สาหร่ายบางชนิด และพืชชั้นสูง

## 2.2 พิจารณาจากค่าดัชนี ต่างๆ

ในการศึกษาถึงแหล่งที่มาของสารไฮโดรคาร์บอนที่สะสมในตะกอน นอกจากจะพิจารณาจากรูปแบบการกระจายของนอร์มัลอัลเคน และการปรากฏของ UCM ในโครมาโตแกรมของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนดังกล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังสามารถพิจารณาถึงแหล่งที่มาของสารไฮโดรคาร์บอนจากค่าดัชนีต่างๆ ได้อีกด้วย ค่าดัชนีต่างๆได้จากการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่างซึ่งค่าดัชนีต่างๆที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ถึงแหล่งที่มาของสารไฮโดรคาร์บอนในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ดัชนีแสดงอัตราส่วนของนอร์มัลอัลเคนคาร์บอนอะตอมคือต่อนอร์มัลอัลเคนคาร์บอนอะตอมคู่ (CPI) ค่าดัชนีแสดงอัตราส่วนของนอร์มัลอัลเคนคาร์บอนอะตอม 17 ต่อสารพริสเทน (C<sub>17</sub>/Pr) อัตราส่วนของนอร์มัลอัลเคนคาร์บอนอะตอม 18 ต่อสารไฟเพน (C<sub>18</sub>/Phy) และค่าดัชนีพริสเทนต่อไฟเพน (Pr/Phy) เป็นต้น

สำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้คำนวณค่าดัชนีต่างๆ สำหรับแต่ละตัวอย่าง ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.1 และข.2 และนำมาพิจารณาถึงการปนเปื้อนของไฮโดรคาร์บอนในตะกอนผิวหน้าบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดระยอง ได้ดังนี้คือ

การพิจารณาค่าดัชนี CPI (Carbon Preference Index) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณนอร์มัลอัลเคนที่มีคาร์บอนเลขคู่กับคาร์บอนเลขคี่ โดยที่ค่า CPI ที่มีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับ 1 แสดงถึงแหล่งกำเนิดของไฮโดรคาร์บอนที่มาจากน้ำมัน และค่า CPI มากกว่า 1 แสดงถึงแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ (Sleeter และคณะ, 1980) และ CPI มากกว่า 5-7 แสดงถึงแหล่งกำเนิดมาจากพืชชั้นสูง (Colombo, 1989) การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้พบว่า เดือนเมษายน สถานีที่มีค่า CPI ใกล้เคียงหรือเท่ากับ 1 ได้แก่ สถานีที่ 1, 4, 7, 10, 11, 12, 13, 17, 18, 25 และ 27 ส่วนเดือนพฤศจิกายนได้แก่สถานีที่ 3, 4, 7, 10, 12, 13, 15, 17 และ 20, 21, 22, 23

นอกจากนี้ Colombo และคณะ (1989) Pelletier และคณะ (1991) ใช้ค่า CPI<sub>2</sub> ที่คำนวณจาก  $2(C_{27}+C_{29})/(C_{26}+2C_{28}+C_{30})$  ในการแสดงถึงแหล่งกำเนิดของ ไฮโดรคาร์บอนโดยค่า CPI<sub>2</sub> มีค่าใกล้เคียง 1 แสดงถึงการปนเปื้อนจากน้ำมัน CPI<sub>2</sub> มีค่าอยู่ระหว่าง 3-6 แสดงว่ามีแหล่งกำเนิดมาจากพืชชั้นสูง ดัชนี CPI<sub>2</sub> จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า บริเวณอุตสาหกรรม สถานีซึ่งมีค่า CPI<sub>2</sub> ใกล้เคียง 1 ได้แก่ สถานีที่ 1, 2, 4, 5, 7 เดือนเมษายน) นอกนั้นมี CPI<sub>2</sub> อยู่ระหว่าง 2-9 ส่วนเดือนพฤศจิกายน CPI<sub>2</sub> มีค่าใกล้เคียง 1 บริเวณสถานีที่ 7 เท่านั้น นอกนั้นพบค่า CPI<sub>2</sub> ต่ำกว่า 1 เมื่อพิจารณาร่วมกับค่า CPI<sub>1</sub> พบว่า สถานีชายฝั่งบริเวณอุตสาหกรรม มีดัชนีบ่งถึงการปนเปื้อนจากน้ำมัน เมื่อห่างฝั่งออกมาทั้ง 5 และ 10 กม. พบแนวโน้มว่ามีแหล่งกำเนิดของสารไฮโดรคาร์บอนจากพืชชั้นสูง

บริเวณชุมชนเดือนเมษายน พบค่า CPI<sub>2</sub> ใกล้เคียง 1 บริเวณสถานี 12, 13 (สถานีที่ 10 หา CPI<sub>2</sub> ไม่ได้) ส่วนเดือนพฤศจิกายนพบ CPI<sub>2</sub> ใกล้เคียง 1 ในสถานี 15 สถานี 16 สูงกว่า 1 นอกนั้นหาค่า CPI<sub>2</sub> ไม่ได้ เมื่อพิจารณาร่วมกับดัชนี CPI<sub>1</sub> ก็พบว่าสถานีชายฝั่งบริเวณชุมชนมีดัชนีบ่งถึงการปนเปื้อนจากน้ำมัน และมีอิทธิพลแผ่ออกมาถึงสถานีห่างฝั่งประมาณ 5 กม. และ 10 กม. ด้วย



บริเวณเพาะเลี้ยง พบค่า  $CPI_2$  ใกล้เคียง 1 ที่สถานี 19, 23, 25 (เดือนเมษายน) นอกนั้นสูงกว่า 1 เดือนพฤศจิกายนพบค่า  $CPI_2$  ใกล้เคียง 1 ที่สถานี 20, 21, 22, 23, 24, 26 นอกนั้นสูงกว่า 1 เล็กน้อย เมื่อพิจารณาร่วมกับค่า  $CPI_1$  พบว่าบริเวณเพาะเลี้ยงนี้ดัชนีที่บ่งชี้ของสถานีชายฝั่งห่างฝั่ง 5 กม. และห่างฝั่ง 10 กม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน กล่าวได้ว่าในแต่ละสถานีของทั้ง 3 แนว มีแหล่งที่มาของสารไฮโดรคาร์บอนจากทั้งการปนเปื้อนของน้ำมัน และจากการสังเคราะห์โดยธรรมชาติร่วมกัน

Colombo และคณะ(1989) ใช้อัตราส่วนของ  $C_{17}$  ต่อพริสเทน และ  $C_{18}$  ต่อไฟเทน เป็นดัชนีในการบอกภาวะของไฮโดรคาร์บอนที่ปนเปื้อนอยู่ในตะกอน โดยที่ค่า  $C_{17}$  ต่อพริสเทน และ  $C_{17}$  ต่อไฟเทน ที่มีค่าสูงแสดงว่าน้ำมันนั้นยังไม่ถูกย่อยสลายด้วยกระบวนการทางชีวภาพ เนื่องจากเพิ่งมีการปนเปื้อนมาไม่นาน

Sleeter และคณะ(1980) ได้ใช้อัตราส่วนของพริสเทนต่อไฟเทนในการแสดงถึงแหล่งกำเนิดของไฮโดรคาร์บอนทั้งนี้เนื่องจากทั้งพริสเทนและไฟเทนเป็นไอโซพรีนอยด์ที่มักจะตรวจพบเสมอในตะกอน โดยที่พริสเทนเป็นไอโซพรีนอยด์ที่สามารถสังเคราะห์ขึ้นโดยสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะพวกโคพิพอด (copepod) (Sleeter และคณะ, 1980) จะเป็นแหล่งสำคัญของพริสเทนในตะกอน ส่วนไฟเทนนั้นจะพบในตะกอนที่ปนเปื้อนจากน้ำมัน แม้ว่าจะตรวจพบไฟเทนบ้างในตะกอนที่มีอายุมากๆ (ancient sediment) ซึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาจากไฟทาไดอิน (phytadienes) ที่พบในพวก phytoplankton ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาอันยาวนาน ดังนั้นการพบไฟเทนในตะกอนจึงเป็นดัชนีบ่งชี้ได้ว่าได้รับการปนเปื้อนจากน้ำมัน โดยเฉพาะในตะกอนที่มีอายุไม่มากนัก (recent sediment) ซึ่งอัตราส่วนของพริสเทนต่อไฟเทนที่มีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับ 1 จะแสดงถึงการปนเปื้อนจากน้ำมัน และอัตราส่วนนี้มากกว่า 1 ชี้ถึงการปนเปื้อนจากธรรมชาติ

ผลการวิเคราะห์พบว่า บริเวณอุตสาหกรรม เดือนเมษายน สถานีที่ 1 มีค่าพริสเทนต่อไฟเทน ใกล้เคียง 1 สถานีที่ 7 มีค่าพริสเทนต่อไฟเทน สูงกว่า 1 นอกนั้นหาอัตราส่วนไม่ได้ เดือนพฤศจิกายนสถานีที่ 1 มีค่าพริสเทนต่อไฟเทน ต่ำกว่า 1 มาก สถานีที่มีค่าใกล้เคียง 1 คือ สถานีที่ 4 นอกนั้นสูงกว่า 1 บริเวณชุมชนสถานีที่ค่าพริสเทนต่อไฟเทน ใกล้เคียง 1 ได้แก่ 10, 16, 17 ในเดือนเมษายน และ 10, 12, 13, 16 ในเดือนพฤศจิกายน บริเวณเพาะเลี้ยงพบค่าพริสเทนต่อไฟเทน ใกล้เคียง 1 ที่สถานี 27 ในเดือนพฤศจิกายนแห่งเดียว นอกนั้นสูงกว่า 1 ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าบริเวณเพาะเลี้ยงส่วนใหญ่ปนเปื้อนมาจากการสังเคราะห์โดยธรรมชาติจากพวกไฟโตแพลงตอน เมื่อพิจารณาจากดัชนีนี้

การพิจารณาแหล่งปนเปื้อนโดยใช้ดัชนีดังกล่าว อาจมีความสับสนได้เพราะในสถานีหนึ่งอาจมีค่าดัชนีที่ไม่สอดคล้องกันทั้งหมด ทั้งนี้เมื่อมาพิจารณาแต่ละสถานีเพื่อคาดถึงแหล่งที่มาของการปนเปื้อนในบริเวณนั้น ต้องพิจารณาถึงแนวโน้มของดัชนีส่วนใหญ่ ประกอบกับลักษณะโครมาโตแกรมด้วย ดังในตารางที่ ข.1 และ ข.2 ภาคผนวก ข. พิจารณาโดยรวมได้ดังนี้คือ



## 1) บริเวณอุตสาหกรรม

สถานีชายฝั่ง 1, 4, 7 เดือนเมษายนพบว่าทั้งดัชนี  $CPI_1$ ,  $CPI_2$  บ่งถึงการปนเปื้อนที่มาจากน้ำมัน รวมทั้งการพบว่ามี UCM. ในโครมาโตแกรมด้วย ซึ่งในสถานีที่ 1 และ 7 บ่งว่ามีการปนเปื้อนจากน้ำมันดีเซล (light petroleum) และน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในเครื่องจักรเครื่องยนต์ต่างๆ (heavy petroleum) ส่วนสถานีที่ 4 แสดงถึงการปนเปื้อนจากน้ำมันหล่อลื่น น้ำมันเครื่องเป็นส่วนใหญ่ ในเดือนพฤศจิกายน ดัชนี  $CPI$  ของสถานีที่ 1 น้อยกว่า 1 และลักษณะโครมาโตแกรมก็ไม่พบ UCM แต่มีรูปแบบการกระจายของจำนวนคาร์บอนเลขคู่และเลขคี่ในปริมาณเท่าๆกัน ในช่วง  $C_{19}$ - $C_{28}$  และพบ ไฟเทน ในตะกอน ส่วนสถานีที่ 4 และ 7 ทั้งดัชนี และลักษณะโครมาโตแกรมบ่งว่า มีการปนเปื้อนจากน้ำมัน เช่นเดียวกับในเดือนเมษายน

สถานีที่ 1 อยู่ใกล้บริเวณอุตสาหกรรมตัดเรือเหล็กเก่า กล่าวโดยรวมแล้วก็นับเป็นจุดที่ได้รับการปนเปื้อนจากน้ำมัน จุดหนึ่ง

สถานีที่ 4 จุดน้ำทิ้งจากระบบบำบัดของนิคมอุตสาหกรรม มาบตาพุด ดัชนีส่วนใหญ่บ่งว่ามีการปนเปื้อนจากน้ำมัน ซึ่งอาจมาจากการระบายน้ำทิ้งและการเดินเรือเล็กใหญ่ เพราะเป็นจุดที่อยู่ด้านทิศตะวันตกของท่าเรืออุตสาหกรรมด้วย และในการเก็บตัวอย่างพบคราบน้ำมันคล้ายยางมะตอยเป็นแผ่นเกาะติดตามชายหาดด้วย

สถานีที่ 7 จุดระบายน้ำทิ้งจากโรงงานต่างๆ ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ดัชนีบ่งว่าปนเปื้อนมาจากน้ำมัน ทั้งนี้คาดว่าเป็นน้ำมันเครื่องจักร เครื่องยนต์ จากโรงงานต่างๆ ที่ระบายรั่วไหลลงมากับน้ำทิ้ง และทั้งจากการเดินเรือเล็กใหญ่บริเวณท่าเรืออุตสาหกรรมด้วยเพราะจุดนี้อยู่ด้านทิศตะวันออกของท่าเรือ สำหรับลักษณะตะกอนตอนเก็บตัวอย่าง ทรายชั้นผิวจะเป็นสีเหลือง แต่พอตกลงไปข้างล่างจะเป็นดินดำ แสดงว่ามีการสะสมของสารอินทรีย์ที่ทับถมกันมา แต่พอคลื่นซัดก็จะมีทรายมากลบผิวหน้าไปเรื่อยๆ

แนวห่างฝั่ง 5 กม. สถานีที่ 2 เดือนพฤศจิกายน ค่า  $CPI$ , ใกล้เคียง 1 แต่ไม่พบ UCM ส่วนเดือนเมษายน ค่า  $CPI_1$  มากกว่า 1 และมี  $C_{17}$ ,  $C_{19}$ ,  $C_{21}$  เป็นนอร์มัลอัลเคนที่มีความเข้มข้นสูงกว่าตัวอื่นๆ สถานีที่ 5 เดือนเมษายน ค่า  $CPI_1$  ใกล้เคียง 1 และไม่พบ UCM บริเวณนี้อยู่ห่างจากฝั่งไม่มากนัก จะยังคงได้รับอิทธิพลการปนเปื้อนของน้ำมันจากชายฝั่งมาบ้างในบางช่วง จากแหล่งอุตสาหกรรมและน้ำมันต่างๆ พร้อมกับมีลักษณะที่แสดงถึงแหล่งกำเนิดจากกระบวนการทางชีวภาพด้วย คือพบ  $C_{17}$ ,  $C_{19}$ ,  $C_{21}$  ซึ่งสังเคราะห์โดยสาหร่ายบางชนิด (Al - Saad และ Al - Timari, 1993)

แนวห่างฝั่ง 10 กม. สถานีที่ 3, 6, 9 ส่วนใหญ่ ทั้งค่าดัชนี  $CPI$  ค่าฟริสเทนต่อไฟเทน และการไม่พบ UCM เลย บ่งว่าบริเวณนี้ได้รับอิทธิพลการปนเปื้อนจากน้ำมันที่ก่อเกิดมาจากบนพื้นดินและชายฝั่งไม่มากนัก และนอร์มัลอัลเคนที่พบ  $C_{17}$ ,  $C_{19}$ ,  $C_{21}$  และ  $C_{27}$ ,  $C_{29}$ ,  $C_{31}$  ซึ่งว่า น่าจะมีแหล่งกำเนิดจากกระบวนการทางชีวภาพ ทั้งจากสาหร่ายบางชนิดและจากพืชบก ส่วนอัตราส่วนของ ฟริสเทนและไฟเทน ก็เน้นถึงแหล่งกำเนิดจากกระบวนการทางชีวภาพด้วย (Al - Saad และ Al - Timari, 1993)

บริเวณอุตสาหกรรม มีปริมาณนอร์มัลอัลเคนสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทั้ง 3 บริเวณ ในเดือน พฤศจิกายน ส่วนเดือนเมษายน มีปริมาณสูงเป็นอันดับ 2 รองจากบริเวณชุมชน

## 2) บริเวณชุมชน

แนวชายฝั่ง สถานีที่ 10 บริเวณปากน้ำระยอง และสถานีที่ 13 ชุมชนบ้านเพ ทั้งจากดัชนีต่างๆ และลักษณะโครมาโตแกรม บ่งว่า เป็นบริเวณปนเปื้อนด้วยน้ำมันอย่างชัดเจน ทั้งน้ำมันดีเซล และน้ำมันเครื่องต่างๆ นอกจากนี้ในเดือนเมษายนการพบ UCM เป็นเนินกว้าง แต่มี peak เดี่ยวๆ แสดงถึงการปนเปื้อนจากน้ำมันที่ผ่านการย่อยสลายมาแล้ว

ส่วนสถานีที่ 16 ดัชนี CPI มากกว่า 1 และพบ  $C_{17}$ ,  $C_{19}$ ,  $C_{21}$  เด่น ในเดือนพฤศจิกายน แสดงถึงมีแหล่งกำเนิดจากไฟโตแพลงตอน ขณะเดียวกันก็พบ UCM เล็กน้อยด้วย นั่นคือ มีการปนเปื้อนจากน้ำมันประกอบด้วย บริเวณนี้เป็นที่พักอาศัยของชาวประมงกลุ่มเล็กๆ กลุ่มหนึ่งที่มีกิจการเพาะเลี้ยงและทำการประมงชายฝั่งเล็กๆน้อยๆ

แนวห่างฝั่ง 5 กม. เดือนเมษายน สถานีที่ 11 และ 17 บ่งว่า ได้รับอิทธิพลการปนเปื้อนของน้ำมันแผ่ออกมาถึง ส่วนในเดือนพฤศจิกายน พบว่า มาจากทั้งการปนเปื้อนของน้ำมัน และจากการสังเคราะห์โดยสาหร่ายบางชนิด

แนวห่างฝั่ง 10 กม. สถานีที่ 12, 15 และ 18 พิจารณาโดยรวมแล้วน่าจะมาจากกระบวนการทางชีวภาพมากกว่า ได้รับอิทธิพลการปนเปื้อนของน้ำมัน

บริเวณชุมชน มีปริมาณนอร์มัลอัลเคนสูงสุดในเดือน เมษายน และ สูงเป็นที่ 2 รองจากบริเวณอุตสาหกรรมในเดือนพฤศจิกายน

## 3) บริเวณเพาะเลี้ยง

เมื่อพิจารณาโดยรวมทั้งแนวบริเวณชายฝั่ง ห่างฝั่ง 5 กม. และห่างฝั่ง 10 กม. แล้วจะเห็นว่าในเดือนเมษายน แหล่งกำเนิดส่วนใหญ่มีที่มาจากกระบวนการทางชีวภาพทั้งจากการสังเคราะห์โดยสาหร่ายบางชนิดและจากพืชชั้นสูง

ส่วนในเดือนพฤศจิกายน ดัชนีและลักษณะโครมาโตแกรมบ่งว่ามีการปนเปื้อนจากน้ำมันด้วย บริเวณเพาะเลี้ยง จึงเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากทั้งการสังเคราะห์ไฮโดรคาร์บอนทางธรรมชาติ และจากน้ำมันที่มาจากเรือประมงต่างๆ ตามชายฝั่ง ซึ่งมีท่าเทียบเรือ และ กิจการเพาะเลี้ยงนั้นบ่งชี้ได้ไม่ชัดเจนว่าปนเปื้อนจากน้ำมัน ทั้งนี้เนื่องจากตะกอนชายฝั่งมีลักษณะเป็นทราย โดยพิจารณาสถานีชายฝั่งแต่ละสถานีได้ดังนี้คือ

สถานีที่ 19 ปากแม่น้ำประแสร์ ดัชนี  $CPI_1$  และ  $CPI_2$  ในเดือนเมษายนชี้ว่า น่าจะมีการปนเปื้อนจากน้ำมัน แต่ดัชนีอื่นๆ และค่า CPI ในเดือนพฤศจิกายนซึ่งมีค่ามากกว่า 1 แสดงแหล่งที่มาของสารไฮโดรคาร์บอนจากกระบวนการทางชีวภาพไม่ชัดเจน นอกจากนี้ตามที่กล่าวมาแล้วว่าตะกอน

ชายฝั่งมีลักษณะเป็นทราย จึงพบไฮโดรคาร์บอนในปริมาณน้อย ทั้งที่ในบริเวณลำน้ำมีแนวโน้มการปนเปื้อนจากชุมชนและการเดินเรือค่อนข้างสูง โดยจะเห็นได้ว่าในเดือนเมษายน ชนิดของตะกอนเป็นดินทราย เดือนพฤศจิกายน เป็นดินร่วนปนทราย

สถานที่ 22 บริเวณเกาะลอย เป็นพื้นที่ปลูกป่าชายเลน อยู่ระหว่างปากแม่น้ำประแสร์กับปากแม่น้ำพังราด ดัชนีชี้ว่า แหล่งที่มาของไฮโดรคาร์บอนมาจากทั้งน้ำมันและธรรมชาติ ลักษณะเป็นชุมชนเล็กๆ มีกิจการเพาะเลี้ยง แต่ก็ไม่หนาแน่น สถานที่ 23, 24 ซึ่งห่างฝั่งออกมา ก็พบในลักษณะเดียวกับสถานที่ 22 คือดัชนีบ่งชี้ไม่ชัดเจน จึงคาดว่ามีแหล่งที่มาจากทั้ง 2 แหล่ง จากน้ำมันอาจมาจากเรือที่วิ่งระหว่างปากแม่น้ำประแสร์กับปากแม่น้ำพังราดก็ได้ เพราะต้องผ่านสถานที่ 23 และ 24 เป็นประจำ

สถานที่ 25 บริเวณปากแม่น้ำพังราด มีท่าเทียบเรือ และกิจการเพาะเลี้ยง แต่ตะกอนชายฝั่งเป็นทรายดังได้กล่าวมาแล้ว ดัชนี บ่งชี้ไม่ชัดเจนเช่นกัน ทำให้คาดถึงแนวโน้มของแหล่งที่มาว่าคงมาจากทั้งธรรมชาติและน้ำมัน สถานที่ 26 และ 27 ซึ่งห่างฝั่งออกมา 5 และ 10 กม. กลับมีดัชนีบ่งชี้ได้รับอิทธิพลจากการปนเปื้อนของน้ำมันมากกว่า เพราะลักษณะตะกอนเป็นโคลนมากกว่า และเป็นบริเวณที่เรือประมงแล่นเข้าออกและแล่นไปปากแม่น้ำประแสร์อยู่ตลอด โดยเฉพาะสถานที่ 27 ซึ่งห่างจากฝั่ง 10 กม. แต่มีดัชนีบ่งชี้ว่าการปนเปื้อนของน้ำมัน อย่างค่อนข้างชัดเจนเนื่องจากลักษณะตะกอน และเป็นจุดสัญจรดังกล่าวแล้วนั่นเอง

#### ข) ชนิดและปริมาณ PAHs ในตะกอนผิวหน้า

ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณ PAHs ในตะกอนผิวหน้า พบการปนเปื้อนของสาร PAHs ที่มีโครงสร้างตั้งแต่ แนพธาซีน (2 ring) ถึง เพอร์ลิซีน (5 ring) ชนิดและปริมาณที่พบแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี มี PAHs บางตัว คือ ไพรีน ที่มีลักษณะค่อนข้างเด่นชัด สามารถตรวจพบได้ในเกือบทุกสถานี และมีปริมาณสูงกว่า PAHs อื่น ๆ

##### 1) ปริมาณของ PAHs

ปริมาณของ PAHs รวมมีค่าตั้งแต่ Trace - 1.99 ไมโครกรัม/กรัม ค่าเฉลี่ย 0.29 ไมโครกรัม/กรัม ในเดือนเมษายนและ Trace - 1.32 ไมโครกรัม/กรัม ค่าเฉลี่ย 0.27 ไมโครกรัม/กรัม ในเดือนพฤศจิกายน การศึกษาของ Suthanaruk (1991) บริเวณอุตสาหกรรมแปรสภาพเรือเหล็กเก่า ชายฝั่งจังหวัดระยอง พบสาร PAHs ในช่วง 0.06-0.87 และ 0.27-1.87 ไมโครกรัม/กรัม ด้วยค่าเฉลี่ย 0.33 และ 0.69 ไมโครกรัม/กรัม ในเดือนตุลาคมและมิถุนายน ตามลำดับ จรุงยุ สารินทร์ (2537) พบสาร PAHs ในตะกอนจากทะเลฝั่งตะวันออก ในช่วง 0.07-0.93 ไมโครกรัม/กรัม ค่าเฉลี่ยใน 2 ช่วงฤดูกาลของการศึกษาค้างนี้มีค่าใกล้เคียงกัน และต่ำกว่าค่าเฉลี่ยจากการศึกษาบริเวณอุตสาหกรรมแปรสภาพเรือเหล็กเก่าในปี 2533 เพราะบริเวณแปรสภาพเรือเหล็กเก่ามีแหล่งกำเนิดของไฮโดรคาร์บอนชัดเจนและ



เป็นบริเวณชายฝั่งทั้งหมดจึงมีค่าสูงกว่า ส่วนการศึกษาครั้งนี้ มีทั้งสถานีชายฝั่ง และห่างฝั่งปนกัน และมีช่วงพื้นที่ศึกษาหลายประเภท การศึกษาของ จรุง สุรินทร์ (2537) พบปริมาณ PAHs ต่ำเนื่องจากอยู่ห่างจากชายฝั่งมาก บริเวณท่าเรือคลองเตย และปากแม่น้ำเจ้าพระยา พบสาร PAHs ในช่วง 2.2-4.5 ไมโครกรัม/กรัม (วรัญญา วิรุฬห์ผล 2533) ซึ่งสูงกว่าการศึกษาครั้งนี้นัก เพราะเป็นบริเวณแม่น้ำที่มีการปนเปื้อนของน้ำมันสูงกว่าอยู่แล้ว

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในบริเวณ unpolluted ได้แก่บริเวณ Rowey Shelf, Western Australia ของ Pendoley (1992) พบว่ามีค่า PAHs อยู่ในช่วง  $<0.005$  ไมโครกรัมต่อกรัม ส่วนค่าในบริเวณที่มีการปนเปื้อน เช่น Rhone delta พบว่าอยู่ในช่วง 1.23 - 2.43 ไมโครกรัมต่อกรัม (Lepiatou และคณะ, 1991) จากปริมาณนอร์มัลอัลเคนและปริมาณ PAHs ของการศึกษาครั้งนี้ล้วนมีค่าสูงกว่าในบริเวณ unpolluted ของโลกนั้น ทำให้กล่าวได้ว่า บริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดระยอง มีการปนเปื้อนจากสารไฮโดรคาร์บอนจากน้ำมันแล้วโดยเฉพาะบริเวณชายฝั่ง เมื่อเทียบกับบริเวณที่มีการปนเปื้อนด้วยกัน ค่าที่พบโดยเฉลี่ยยังอยู่ในปริมาณไม่สูงเกินกว่าบริเวณปนเปื้อนเหล่านั้น

ค่าเฉลี่ยของปริมาณ PAHs รวม ตามบริเวณการใช้พื้นที่ ในเดือนเมษายนพบปริมาณสูงสุดอยู่ในบริเวณชุมชนเช่นเดียวกับปริมาณนอร์มัลอัลเคน ส่วนบริเวณอุตสาหกรรมและเพาะเลี้ยงมีค่าใกล้เคียงกัน ในเดือนพฤศจิกายนค่าสูงสุดพบในบริเวณเพาะเลี้ยง และมีค่าใกล้เคียงกับบริเวณอุตสาหกรรม ส่วนบริเวณชุมชนมีค่าต่ำที่สุด แสดงว่าปริมาณสาร PAHs ในแต่ละบริเวณ มีความแปรผันตามช่วงเวลา

ปริมาณสาร PAHs เฉลี่ยตามระยะทางที่ห่างฝั่ง พบว่าค่าสูงสุดในทั้ง 2 ช่วงฤดูกาลอยู่ในบริเวณชายฝั่งและลดลงตามระยะทางที่ห่างฝั่งตามลำดับ สอดคล้องกับค่านอร์มัลอัลเคน ซึ่งแสดงถึงการปนเปื้อนที่มาจากแหล่งก่อเกิดบนพื้นดินเป็นสำคัญ

ปริมาณ PAHs บริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดระยองเฉลี่ยระหว่าง 2 เดือน อยู่ในช่วง trace-1.66 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ค่าเฉลี่ย 0.28 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ปริมาณ PAHs เฉลี่ยตามการใช้พื้นที่อุตสาหกรรม ชุมชน เพาะเลี้ยง มีค่า 0.28, 0.36 และ 0.22 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โดยมีค่าสูงสุดอยู่บริเวณชุมชน ปริมาณ PAHs เฉลี่ยตามระยะทางมีค่า 0.51, 0.20 และ 0.11 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

## 2) ชนิดของ PAHs

ลักษณะโครมาโตแกรมของ PAHs พบ UCM ในสถานีชายฝั่งบางสถานี ได้แก่ สถานีที่ 10, 13 ในเดือนเมษายน ซึ่งเป็นบริเวณชุมชน และพบ UCM เป็นเนินในช่วงกว้าง เดือนพฤศจิกายน พบในสถานีที่ 7 (อุตสาหกรรม) 10, 13 (ชุมชน) และ 19 (เพาะเลี้ยง) การพบ UCM ยืนยันถึงการปนเปื้อนของน้ำมันอย่างชัดเจน

พบสาร PAHs รวม 16 ชนิด ซึ่งแตกต่างกันไปทั้งชนิดและปริมาณในแต่ละสถานี สถานีที่พบมากที่สุดชนิดและปริมาณได้แก่ สถานีชายฝั่ง

บริเวณอุตสาหกรรม สถานีที่ 1 (เดือนเมษายน) จะพบจำนวนชนิดของสาร PAHs มากที่สุด สถานีที่ 4 พบปริมาณ PAHs รวมสูงที่สุด สถานีที่ 1,3 และ 4 พบสาร PAHs ที่เชื่อกันว่าเป็นสารก่อมะเร็ง ได้แก่ ไครซิน,เบนโซ(อี)ไพรีน และ เบนโซ(เอ)ไพรีน

เดือนพฤศจิกายน สถานีที่ 4 และ 7 พบการกระจายของชนิดมากที่สุด ปริมาณ PAHs รวมสูงสุดพบในสถานีที่ 4 เช่นกัน พบสารกลุ่มก่อมะเร็ง ในสถานีที่ 7 คือ เบนโซ(เอ)แอนทราซีน สถานีอื่นไม่พบสาร PAHs เลย

พบไพรีน และแอนทราซีนในเกือบทุกสถานี ในเดือนเมษายน เดือนพฤศจิกายน พบฟลูออรีน และ 1-เมทิลฟลูออรีนด้วย

บริเวณชุมชน ยังพบไพรีน ในเกือบทุกตัวอย่างอยู่ พบแนพธาซีนในสถานีที่ 13 (เดือนเมษายน) ซึ่งพบไพรีน, ฟลูออแรนทีน และแอนทราซีน ในปริมาณค่อนข้างสูงด้วย นอกจากนี้ยังพบ 11-เอช เบนโซ(บี)ฟลูออรีน ในสถานีที่ 10,12,13 พบไครซินในสถานีที่ 10 ไครซิน และเบนโซ(อี)ไพรีน ในสถานีที่ 13

บริเวณเพาะเลี้ยงพบไพรีนเด่นชัดในเกือบทุกตัวอย่างเช่นกัน สถานีที่ 19 จุดชายฝั่งปากแม่น้ำประแสร์ในเดือนเมษายนพบจำนวนชนิดมากที่สุด พบ เบนโซ(เอ)แอนทราซีน ทั้ง 2 ฤดู พบ ไครซิน ในเดือนเมษายน ในสถานีที่ 22

ชนิดของสาร PAHs มีลักษณะคล้ายคลึงกันทั้ง 3 บริเวณ ส่วนใหญ่จะเป็น Unsubstituted PAHs ซึ่งพบในการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์ ที่อาจปนเปื้อนลงสู่ท้องทะเลได้หลายทางได้แก่ เกิดจากการชะล้างน้ำมันเครื่องเก่า ซึ่งผ่านการเผาไหม้มาแล้ว จากบริเวณชุมชนต่างๆบนพื้นดินลงสู่แม่น้ำและทะเลในที่สุด โดยผ่านมาจากท่อระบายน้ำทิ้งและน้ำฝนที่ไหลผ่านตัวเมืองลงมา การปนเปื้อนของน้ำมันที่ใช้ในเครื่องจักร, เครื่องยนต์ทั้งหลายจากโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งผ่านการเผาไหม้แล้ว ลงสู่ทางระบายน้ำทิ้งออกสู่ทะเล รวมทั้งเกิดจากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในเรือต่างๆ ที่สัญจรไปมาในบริเวณนั้น แล้วรั่วไหลลงสู่ทะเล ซึ่งอาจเป็นน้ำมันเก่าที่ผ่านการเผาไหม้แล้วเป็นส่วนใหญ่ แล้วอาจรั่วไหลทิ้งลงสู่ทะเลได้ในขณะเปลี่ยนถ่ายน้ำมัน การพบปริมาณสูงในบริเวณชายฝั่ง และลดลงตามระยะทางที่ห่างฝั่ง ซึ่งว่าการปนเปื้อนมาจากแหล่งอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชนบนพื้นดินเป็นส่วนใหญ่ รวมทั้งกิจการท่าเทียบเรือต่างๆ ทั้งขนาดเล็กและใหญ่ที่มีอยู่ในบริเวณที่ศึกษา

เมื่อเปรียบเทียบชนิดของ PAHs ที่พบในตะกอนผิวหน้าชายฝั่งทะเลระยอง ในการศึกษาครั้งนี้ กับชนิดและปริมาณของสาร PAHs ที่มีอยู่ในน้ำมันเครื่องเก่า ในตารางที่ 2.3 (Wells และคณะ, 1993) พบว่ามีลักษณะเด่นคล้ายคลึงกันนั่นคือ สำหรับ LPAHs (Lower-molecular-weight polycyclic aromatic hydrocarbons) ในตะกอนพบแนพธาซีน, ฟลูออรีนและ แอนทราซีน ส่วน PAHs(Higher-molecular-weight polycyclic aromatic hydrocarbons) พบ ฟลูออแรนทีน ไพรีน เบนโซ(เอ)แอนทราซีน ไครซิน เบนโซ

(อี)ไพรีน เบนโซ(เอ)ไพรีน ซึ่งล้วนเป็น PAHs ที่พบในน้ำมันเครื่องเก่าทั้งสิ้น โดยเฉพาะสำหรับพวก HPAHs ซึ่งพบไพรีนปริมาณสูงสุดในน้ำมันเครื่องเก่า ในการศึกษาครั้งนี้ก็พบไพรีนในเกือบทุกตัวอย่าง และในปริมาณสูงกว่าตัวอื่น ๆ เช่นกัน การศึกษาของ Kayal และ Connell ในปี 1989 ซึ่งเก็บตัวอย่าง ตะกอน 23 ตัวอย่าง บริเวณห่างจากปากแม่น้ำ Brisbane ประเทศออสเตรเลียขึ้นไป 40 กม. มาจำแนก ชนิดและปริมาณ PAHs ก็พบว่า มีฟลูออแรนทีน และไพรีน ในความเข้มข้นสูง เช่นกัน

เกณฑ์ต่างๆ ที่ใช้พิจารณาแหล่งที่มาของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนของนอร์มัลอัลเคนใน สถานีห่างฝั่งหลายสถานี บ่งถึงแหล่งที่มาจากธรรมชาติและน้ำมันทั้งกระบวนการสังเคราะห์ทางชีวภาพ และการปนเปื้อนจากกิจกรรมมนุษย์ การพิจารณาชนิดของสาร PAHs ยืนยันว่า บริเวณนี้น่าจะมีการปนเปื้อนจากน้ำมันเครื่องเก่า ซึ่งเป็นไฮโดรคาร์บอนชนิดที่ผ่านการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์มาแล้วเป็นส่วนใหญ่ สาร PAHs ที่ปลดปล่อยจากแหล่งก่อเกิดที่อยู่บนพื้นดินนั้น มีปริมาณที่แตกต่างกันในแต่ละบริเวณอย่างชัดเจน แต่ก็ผันแปรไปตามช่วงเวลา คือ เดือนเมษายนพบปริมาณสูงสุดบริเวณชุมชน รองลงมาคืออุตสาหกรรมและเพาะเลี้ยง เดือนพฤศจิกายน พบปริมาณสูงสุดบริเวณอุตสาหกรรม รองลงมาคือเพาะเลี้ยงและชุมชน แต่การศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถจำแนกความแตกต่างของชนิดได้ในทั้ง 3 บริเวณ เนื่องจากพบสาร PAHs จำนวนน้อยชนิด ชนิดที่พบก็คล้ายคลึงกันในทุก 3 บริเวณ การที่จะระบุได้ชัดเจนว่าบริเวณใดมีสาร PAHs ชนิด , ประเภทใดเด่น ประเภทใดรองลงมานั้น ต้องใช้การ จำแนกชนิดของสารอะโรมาติกอย่างละเอียดด้วยเครื่องมือเฉพาะมากกว่านี้ ได้แก่ การวิเคราะห์ยืนยัน ด้วยเทคนิค GC/MS ทุกตัวอย่าง เป็นต้น

### ไฮโดรคาร์บอนในตะกอนตามความลึก

การเก็บตัวอย่างตะกอนตามความลึก มีความยากลำบากในทางปฏิบัติอย่างยิ่งทั้งในด้านของการเลือกบริเวณที่ไม่ถูกรบกวน ลักษณะตะกอนที่ต้องมีความเหนียวแน่นพอที่จะเจาะเป็นแท่งได้ (หากเป็นทรายก็จะเจาะไม่ได้) การเลือกขนาดของ Core และ Core liner ตลอดจนเรือที่จะใช้เก็บตัวอย่างว่าจะเข้าไปในบริเวณที่เลือกเก็บได้หรือไม่ การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนตามความลึก จำนวน 4 สถานี ซึ่งพิจารณาผลการศึกษาในแต่ละสถานีได้ดังนี้คือ

**สถานี A** บริเวณอุตสาหกรรม เก็บตัวอย่างโดยเรือจุฬารักษ์ และห่างจากฝั่งประมาณ 21กม.

ลักษณะตะกอนเป็นโคลนสีเทา มีเปลือกหอยปนมาก ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวมอยู่ในช่วง 0.27-5.01 ไมโครกรัมต่อกรัม

การพิจารณาแหล่งที่มาของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน ได้แสดงเกณฑ์ต่างๆไว้ในภาคผนวก ข. ตารางที่ ข.3 , ข.4 และ ข.5 โดยพิจารณาจากลักษณะโครมาโตแกรมและค่าดัชนีต่างๆของดัชนีชั้น

บน สำหรับสถานี A พบว่าลักษณะโครมาโตแกรมของตะกอนชั้นบนมีการกระจายของนอร์มัลอัลเคนในช่วงกว้างตั้งแต่  $C_{16} - C_{32}$  ซึ่งแสดงถึงลักษณะการปนเปื้อนจากน้ำมัน สอดคล้องกับดัชนี  $CPI_1, CPI_2$  ในตะกอนชั้นบน อย่างไรก็ตามการไม่พบลักษณะ UCM และรูปแบบของนอร์มัลอัลเคน ที่มีปริมาณสูงอยู่ในช่วง  $C_{22} - C_{27}$  โดยมีจำนวนคาร์บอนอะตอมเลขคู่และเลขคี่เท่าๆ กัน อาจแสดงถึงลักษณะของน้ำมันที่มีการย่อยสลายของนอร์มัลอัลเคนโมเลกุลเล็กๆโดยแบคทีเรียต่างๆ และอาจเป็นนอร์มัลอัลเคนจากการสังเคราะห์กลับออกมาของแบคทีเรียเหล่านั้นรวมอยู่ด้วย (Walker และ Colwell, 1979 ; Grimalt และคณะ, 1988 อ้างใน Ramos และคณะ, 1989) การพบรูปแบบของนอร์มัลอัลเคนในช่วง  $C_{20} - C_{28}$  โดยไม่มีคาร์บอนอะตอมใดเด่นออกมา และมีปริมาณสูงอยู่ในช่วง  $C_{23}$  นั้น ก็บ่งว่าอาจเกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆของแบคทีเรีย (Grimalt และคณะ, 1985 อ้างใน Al-saad และ Al-Timari., 1993) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าในแบคทีเรียบางชนิดยังประกอบไปด้วยนอร์มัลอัลเคนในช่วง  $C_{26} - C_{32}$  โดยมีจำนวนอะตอมคาร์บอนเลขคู่และเลขคี่เท่ากัน (Davis, 1968 อ้างใน Ocean Affairs Board., 1975) นอร์มัลอัลเคนที่พบในตะกอนชั้นนี้จึงน่าจะมาจากทั้งการปนเปื้อนของน้ำมัน เนื่องจากเป็นตะกอนอายุประมาณ 11 ปี และอยู่ในบริเวณที่เป็นเส้นทางสัญจรของเรือประมงต่างๆ ร่วมกับนอร์มัลอัลเคนจากการถูกย่อยสลายและการสังเคราะห์กลับออกมาโดยกิจกรรมต่างๆของแบคทีเรีย

ตะกอนในชั้นที่ 2 (อายุประมาณ 27 ปี) ชั้นที่ 3 (อายุประมาณ 45 ปี) และชั้นที่ 4 (อายุมากกว่า 45 ปี) มีปริมาณนอร์มัลอัลเคนลดลงตามลำดับ ช่วงการกระจายของนอร์มัลอัลเคนยังอยู่ในช่วง  $C_{16} - C_{32}$  แต่มีปริมาณของ  $C_{16} - C_{20}$  และ  $C_{28} - C_{32}$  น้อยลงมาก แสดงถึงอิทธิพลการปนเปื้อนของน้ำมันที่มีการย่อยสลายของนอร์มัลอัลเคนโดยแบคทีเรียเกิดขึ้นตามลำดับระยะเวลาที่ผ่านมา สอดคล้องกับผลการศึกษา PAHs ที่พบว่ากระจายอยู่ในชั้นที่ 1-3 ด้วย นอร์มัลอัลเคนคาร์บอนอะตอมที่เด่นยังอยู่ในช่วง  $C_{21} - C_{27}$  ซึ่งเป็นช่วงของนอร์มัลอัลเคนที่แบคทีเรียสามารถสังเคราะห์ได้ ตะกอนในชั้นที่ 5-9 (อายุมากกว่า 45 ปี) พบการกระจายของนอร์มัลอัลเคนในช่วง  $C_{21} - C_{27}$  โดยมี  $C_{23}, C_{24}, C_{26}$  เด่น แสดงถึงอิทธิพลจากการสังเคราะห์โดยแบคทีเรียเป็นส่วนใหญ่ โดยที่การย่อยสลายก็อาจเกิดขึ้นอยู่ร่วมด้วย ส่วนชั้นที่ 10 ซึ่งพบนอร์มัลอัลเคนต่ำลงมากนั้น (ราว 42 - 50 ซม.) อาจเป็นระดับความลึกที่กิจกรรมของแบคทีเรียลดน้อยลงมาก เนื่องจากแอนแอโรบิกแบคทีเรีย (anaerobes) สามารถดำรงชีพอยู่ในตะกอนได้ถึงระดับความลึก 40-60 ซม. ถ้าลึกมากกว่านี้แบคทีเรียก็จะค่อยๆ ตายลงไปอย่างช้าๆ อย่างไรก็ตาม กระบวนการทางจุลชีววิทยาอาจยังเกิดขึ้นต่อไปได้ที่ระดับความลึกมากกว่านี้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ แอคติวิตีของเอนไซม์ของแบคทีเรียที่สะสมอยู่ในตะกอนนั้นๆนั่นเอง ส่วนแอโรบิกแบคทีเรีย (aerobes) จะมีชีวิตอยู่ในตะกอนได้ที่ระดับความลึก 5-10 ซม.เท่านั้น (Zobell, 1968)

ปริมาณสาร PAHs รวม อยู่ในช่วง 0.04 - 0.33 ไมโครกรัม/กรัม ชนิดของสาร PAHs ที่พบในชั้นที่ 1 (อายุประมาณ 11 ปี) คือ แนพธาซีน แอนทราซีน และ ไพรีน พบ 1-เมทิลฟลูออรีนในปริมาณน้อยมาก ชั้นที่ 2 (อายุประมาณ 27 ปี) พบ แนพธาซีน, ไดเบนโซฟูแรน และ 1-เมทิลฟลูออรีน พบไพรีนในปริมาณน้อยมาก ชั้นที่ 3 (อายุประมาณ 45 ปี) พบแนพธาซีนและแอนทราซีน พบ 1-เมทิล

ฟลูออรีนและไฟรีนในปริมาณน้อยมาก ชนิดของ PAHs ที่พบส่วนใหญ่เป็น Unsubstituted PAHs ซึ่งบ่งถึงแหล่งที่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์ (Well และคณะ, 1993) ซึ่งในช่วง 11-27 ปี ก่อนหน้านั้น คาดว่าการปนเปื้อนของสาร PAHs ดังกล่าวน่าจะมาจากการใช้น้ำมันดีเซลในเรือประมงต่างๆ เนื่องจากเป็นระยะที่เริ่มมีการใช้เรือประมงติดเครื่องยนต์กันมากขึ้นในประเทศไทย (สันต์ บัณชฎกุล, 2507) ส่วนการปนเปื้อนเมื่อประมาณ 40 ปีก่อนนั้น น่าจะมาจากกิจกรรมการเดินเรือในอดีต ได้แก่ เรือกลไฟ เรือจักรไอน้ำ เนื่องจากเมืองระยองเป็นเมืองท่าที่สำคัญเมืองหนึ่งทางฝั่งทะเลตะวันออก โดยเฉพาะในสมัยกรุงรัตนโกสินทร์ ซึ่งเริ่มมีการค้าขายกับต่างประเทศมากขึ้น (หลวงประสาธน์วิเชียร, 2477 .. ละออง ศรีสุคนธ์, 2508 และเทพชู ทับทอง และคณะ, 2524) และบริเวณนี้เป็นบริเวณที่อยู่ห่างฝั่งประมาณ 20 กม. ซึ่งเรือสินค้าต่างๆสามารถใช้เป็นเส้นทางเดินเรือ เพื่อไปหลบกำบังที่เกาะเสม็ดได้ ดังจะได้กล่าวในรายละเอียดในสถานี B ต่อไป

**สถานี B** บริเวณชุมชน ปากแม่น้ำระยอง ห่างจากฝั่งประมาณ 0.5-1 กม.

ลักษณะตะกอนเป็นโคลนปนทรายละเอียดสีเทาดำ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมีค่าใกล้เคียงกันในเกือบทุกชั้น ปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวมอยู่ในช่วง 0.17-2.43 ไมโครกรัม/กรัม ดัชนีต่างๆ ของตะกอนชั้นบน (ตารางที่ ข.3 ภาคผนวก ข.) บ่งถึงแหล่งที่มาว่ามาจากการปนเปื้อนจากน้ำมันเช่นกัน ทั้งนี้จากปริมาณนอร์มัลอัลเคนที่พบว่ามีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในจำนวนทั้ง 4 สถานี (ค่าเฉลี่ย 3.32, 1.17, 2.78 และ 2.95 ไมโครกรัม/กรัม สำหรับสถานี A,B,C และ D ตามลำดับ) อาจเนื่องมาจากอนุภาคตะกอนค่อนข้างเป็นทรายทำให้ดูดซับสารอินทรีย์ได้น้อย เพราะสถานีนี้อยู่ใกล้ชายฝั่งบริเวณปากแม่น้ำ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนก็มีค่าต่ำสุดเช่นกัน (0.79, 0.42, 1.59 และ 1.99 % น้ำหนักแห้ง สำหรับสถานี A,B,C และ D ตามลำดับ)

การพิจารณาแหล่งที่มาของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน จากตารางที่ ข.4 ข.5 ภาคผนวก ข พบว่า ดัชนีของตะกอนชั้นบนบ่งถึงแหล่งที่มาจากการปนเปื้อนของน้ำมัน รูปแบบการกระจายของนอร์มัลอัลเคนในชั้นที่ 1-4 (อายุประมาณ 7-49 ปี) พบในช่วง  $C_{16} - C_{26}$  โดยมี  $C_{17}$  และ  $C_{21}$  เด่น ปริมาณที่พบมีค่าค่อนข้างต่ำและลดลงตามความลึกจากชั้นที่ 1-4 แสดงถึงลักษณะการปนเปื้อนของน้ำมันที่มีการย่อยสลายโดยแบคทีเรียเกิดขึ้นจนปริมาณนอร์มัลอัลเคนลดลง ไม่พบนอร์มัลอัลเคนจากการสังเคราะห์โดยแบคทีเรียหรืออาจมีในปริมาณน้อยมาก แสดงว่าตะกอนในช่วงนี้ยังไม่อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมของการสังเคราะห์นอร์มัลอัลเคนโดยแบคทีเรีย เนื่องจากลักษณะตะกอนในช่วงชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 4 ของสถานี B นี้มีลักษณะเป็นทรายหยาบและมีปริมาณสารอินทรีย์ต่างๆในปริมาณน้อย แต่การที่  $C_{17}$  และ  $C_{21}$  เด่น บ่งถึงการสังเคราะห์โดยไฟโตแพลงตอน (Farrington และ Meyer, 1975 ; Risebrough และคณะ, 1983) ตะกอนในชั้นที่ 5-9 (ความลึก 20-45 ซม.) มีปริมาณนอร์มัลอัลเคนสูงขึ้นมา และคาร์บอนอะตอมในช่วง  $C_{21} - C_{28}$  เด่น ซึ่งแสดงถึงลักษณะที่อาจเกิดจากกิจกรรมของแบคทีเรียอย่าง





ชัดเจน (Grimalt และคณะ, 1985 อ้างใน Al-Saad และ Al-Timari., 1993) เนื่องจากเป็นชั้นของโคลนปนทรายที่ละเอียดขึ้นปริมาณสารอินทรีย์ที่เป็นอาหารสำหรับแบคทีเรียจึงมีมากพอ ในชั้นที่ 10 มีปริมาณนอร์มัลอัลเคนน้อยลงมาก แสดงว่ากิจกรรมของแบคทีเรียเริ่มลดลงเนื่องจากแบคทีเรียเริ่มตายลงอย่างช้าๆ

ปริมาณสาร PAHs รวมอยู่ในช่วง 0.02-0.16 ไมโครกรัม/กรัม และพบกระจายอยู่ในชั้นที่ 1-6 โดยในชั้นที่ 1 (อายุประมาณ 7 ปี) พบแอนทราซีน และไพรีน พบแนพทาลีนและ 1-เมทิลฟลูออรีนในปริมาณน้อยมาก ชั้นที่ 2 (อายุประมาณ 20 ปี) พบแนพทาลีน, ไดเบนโซฟูราน, 1-เมทิลฟลูออรีน และไดเบนโซไธโอฟิน ปริมาณที่พบสูงที่สุดในชั้นนี้ ชั้นที่ 3 (อายุประมาณ 34 ปี) พบแนพทาลีนและไพรีน พบ 1-เมทิลฟลูออรีนและแอนทราซีนในปริมาณน้อยมาก ชั้นที่ 4 (อายุประมาณ 50 ปี) ไม่พบสาร PAHs เลย ชั้นที่ 5 (อายุประมาณ 66 ปี) พบแอนทราซีนและไพรีน พบ 1-เมทิลฟลูออรีนปริมาณน้อยมาก และชั้นที่ 6 (อายุประมาณ 84 ปี) พบ 1-เมทิลฟลูออรีน, แอนทราซีนและพบไพรีนในปริมาณน้อยมาก ชนิดของ PAHs ที่พบส่วนใหญ่แสดงถึงแหล่งที่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์เช่นกัน

การพบ PAHs ในชั้นที่ 6 ซึ่งอายุประมาณ 84 ปีนั้น บ่งถึงการปนเปื้อนของสารไฮโดรคาร์บอนในบริเวณปากแม่น้ำระยองว่าเริ่มมีขึ้นเมื่อราว 84 ปีที่ผ่านมา หรือตรงกับปี พ.ศ.2453 ซึ่งอยู่ในสมัยของรัชกาลที่ 6 แห่งกรุงรัตนโกสินทร์ ในสมัยนั้นเมืองระยอง(บริเวณเกาะเสม็ด) จัดเป็นเมืองท่าที่สำคัญของภาคตะวันออก โดยเป็นเมืองผ่าน เมืองแวะของการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศอังกฤษ ประเทศอินเดียกับประเทศจีน การเดินทางและการขนส่งสินค้าทางน้ำในสมัยนั้นเริ่มใช้เรือกลไฟ และเรือจักรไอน้ำกันมากขึ้น โดยมีถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงที่สำคัญ (หลวงประสารนฤชิต.,2477, ละออง ศรีสุคนธ์, 2508 และอสมิณพงศ์ จัตุราคม, 2531) ซึ่งอาจเป็นแหล่งกำเนิดของ PAHs ที่พบได้ นอกจากนี้ยังมีเมืองท่าที่สำคัญอีกแห่งหนึ่งในสมัยนั้นคือ บริเวณช่องแสมสารที่มีเรือสินค้าเข้ามาจอดอยู่เนืองๆ ปากน้ำระยอง จึงเป็นบริเวณที่อยู่ระหว่างท่าเรือสำคัญทั้งสองนี้ทั้งด้านซ้ายและขวา ตามลักษณะการไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยฝั่งตะวันออกจะเห็นว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนธันวาคม-มกราคม) กระแสน้ำจะหมุนวนเข้มนาฬิกา (วิโรจน์ พิทยภรณ์,2529) จึงอาจพัดพาเอาตะกอนจากบริเวณเกาะเสม็ด ปากน้ำประแสร์ เข้ามาทับถมบริเวณปากน้ำระยองได้ ในทำนองเดียวกันในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนพฤษภาคม - พฤศจิกายน) กระแสน้ำจะหมุนตามเข้มนาฬิกา (วิโรจน์ พิทยภรณ์, 2529) จึงอาจพัดพาเอาตะกอนจากบริเวณช่องแสมสารมาตกทับถมบริเวณปากน้ำระยองได้เช่นกัน นอกจากนี้สาร PAHs ที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์อาจถูกพัดพาจากแหล่งกำเนิด (เกาะเสม็ด และช่องแสมสาร) มาโดยลมและมาถูกทับถมในบริเวณห่างไกลออกไป (ปากน้ำระยอง) ได้ด้วย

สำหรับประวัติการใช้น้ำมันในประเทศไทยนั้น ในช่วง 100 ปีที่ผ่านมา ซึ่งตรงกับปลายสมัยรัชกาลที่ 5 ได้เริ่มมีการนำน้ำมันก๊าดเข้ามาในเมืองไทยเป็นครั้งแรก และได้เริ่มใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นน้ำมันเอนกประสงค์ในชุมชนต่างๆ จากนั้นในปลายสมัยรัชกาลที่ 6 จึงได้เริ่มมีการนำเข้าน้ำมันซีได้ (น้ำมันดีเซลหมุนช้า) และน้ำมันเบนซินเข้ามาใช้ในประเทศ จนถึงก่อนสงครามโลกครั้งที่ 2 (พ.ศ.2482-

2488) ก็ได้มีการใช้น้ำมันซีดี น้ำมันเบนซินกันอย่างแพร่หลาย โดยใช้ในเครื่องจักร เครื่องยนต์ต่างๆ เช่น เครื่องยนต์ทอร์คบิดน้ำเข้านา เครื่องเกี่ยวข้าว เครื่องนวดข้าว ตลอดจนในรถแทรกเตอร์และยานพาหนะต่างๆ เป็นต้น (เทพชู ทับทอง, 2537) ร่องรอยการปนเปื้อนของ PAHs ในตะกอนชั้นที่ 5 ซึ่งมีอายุตะกอนประมาณ 66 ปี (พ.ศ.2471) จึงน่าจะมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ใช้ในการเดินเรือในอดีตเช่นเดียวกับในตะกอนชั้นที่ 6

การปนเปื้อนในตะกอนชั้นที่ 3 ซึ่งเริ่มมีปริมาณสูงขึ้นด้วยนั้น เป็นการปนเปื้อนเมื่อประมาณ 34 ปีที่ผ่านมา หรือในราว พ.ศ.2503 ช่วงนี้การปนเปื้อนส่วนใหญ่น่าจะมาจากการใช้น้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ของเรือประมงต่างๆ เป็นสำคัญ เนื่องจากได้เริ่มมีการพัฒนาวิธีประมงโดยใช้เรือประมงติดเครื่องยนต์กันมากขึ้นมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2497 (สันต์ บัณฑุกุล, 2507) และการปนเปื้อนของสารไฮโดรคาร์บอน ในชั้นที่ 1 และ ชั้นที่ 2 (7-20 ปี) ก็น่าจะมาจากเรือประมงเหล่านี้ทั้งสิ้น เพราะมีการเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว และพื้นที่บริเวณนี้ก็เป็นที่ทำการประมงที่สำคัญตลอดมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

เมื่อเปรียบเทียบชนิดและปริมาณของ PAHs ในตะกอนชั้นบนของสถานี B กับตะกอนผิวหน้าสถานี 10 ซึ่งอยู่ใกล้เคียงกันในบริเวณปากน้ำระยองนั้น จะเห็นได้ว่าในสถานี 10 พบสาร PAHs มากกว่าตะกอนชั้นบนของสถานี B ทั้งชนิดและปริมาณ ทั้งนี้เนื่องจากสถานี 10 อยู่ใกล้ชายฝั่งมากกว่า และสถานี B อยู่ห่างจากสถานี 10 มาประมาณ 0.7 กม. ซึ่งจะเห็นได้จากปริมาณนอร์มลัลเคนรวมด้วยที่พบว่าในสถานี 10 มีค่าอยู่ในช่วง 7.94-9.02 ไมโครกรัม/กรัม ในขณะที่ในตะกอนชั้นบนของสถานี B พบเพียง 0.53 ไมโครกรัม/กรัม สาร PAHs ซึ่งมาจากเชื้อเพลิงต่างๆ ที่พบในสถานี B จึงมีน้อยกว่าในสถานี 10 ทั้งชนิดและปริมาณด้วย

นอกจากนี้ความแตกต่างที่เห็นได้ชัดเจนนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณตะกอนที่นำมาสกัดด้วยสถานี 10 เป็นตะกอนผิวหน้าจึงได้ปริมาณตะกอนที่นำมาสกัดมากกว่าสถานี B ซึ่งเป็นตะกอนตามความลึกที่เก็บได้ยากกว่า และต้องนำมาตัด section เพียงชั้นละ 5 ซม. ด้วย

สถานี C บริเวณเพาะเลี้ยง อยู่ห่างจากชายฝั่งประมาณ 0.5 - 1 กม.

ลักษณะตะกอนเป็นโคลนปนดินละเอียดสีเทาดำ มีเปลือกไม้และเปลือกหอยชิ้นใหญ่ๆ ปนอยู่มาก ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน สูงเป็นอันดับสองรองจากสถานี D (ค่าเฉลี่ย 1.59 % น้ำหนักแห้ง)

การพิจารณาแหล่งที่มาของสารอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน (ภาคผนวก ข. ตารางที่ ข.3, ข.4 และ ข.5) พบว่า ดัชนีของตะกอนชั้นบนบ่งถึงอิทธิพลการปนเปื้อนของน้ำมัน รูปแบบการกระจายของนอร์มลัลเคน พบในช่วง  $C_{16} - C_{29}$  และมีคาร์บอนอะตอมช่วง  $C_{21} - C_{28}$  เด่น แสดงถึงลักษณะการปนเปื้อนของน้ำมันพร้อมๆ กับการย่อยสลายโดยแบคทีเรียเกิดขึ้นด้วย ในชั้นที่ 2 พบว่าปริมาณของนอร์มลัลเคนลดลงมากอาจเนื่องมาจากมีย่อยสลายเกิดขึ้นได้มาก จากนั้นตะกอนในชั้นที่ 3 - ชั้นที่ 8 จึง

พบนอร์มัลอัลเคนในปริมาณสูงขึ้นมา รูปแบบการกระจายอยู่ในช่วง  $C_{16} - C_{33}$  โดยมีปริมาณสูงในช่วง  $C_{23}$ ,  $C_{24}$  และ  $C_{26}$  ซึ่งแสดงถึงการสังเคราะห์จากกระบวนการทางชีวภาพโดยแบคทีเรียต่างๆ นอกจากนี้ยังพบ  $C_{27} - C_{31}$  ในปริมาณรองลงมา และมี  $C_{27}$ ,  $C_{29}$  และ  $C_{31}$  เป็นตัวเด่น ซึ่งชี้ว่ามีการสังเคราะห์จากพืชชั้นสูงร่วมด้วย (Kennicutt และคณะ, 1992) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะธรรมชาติของบริเวณเกาะลอยที่เก็บตัวอย่างซึ่งเป็นป่าชายเลนและอยู่ห่างฝั่งเพียง 0.5-1 กม. ปริมาณสาร PAHs รวมอยู่ในช่วง trace-1.11 ไมโครกรัม/กรัม ชนิดของสาร PAHs ที่พบคล้ายคลึงกับที่พบในสถานี B ได้แก่ แนนทราซีน, ไดเบนโซฟูแรน, 1-เมทิลฟลูออรีน, ไดเบนโซไฮโอฟิน, แอนทราซีน และ ไพรีน โดยพบกระจายอยู่ในชั้นที่ 1-8 และมีปริมาณขึ้นๆลงๆ จากผลการหาอายุตะกอน พบว่าตะกอนจุดนี้มีอัตราการตกตะกอนสูงถึง 1,538 มก./ $\text{cm}^2$ /ปี อายุตะกอนที่พบก็มีอายุราว 1-14 ปีเท่านั้น activity ของ  $\text{Pb}^{210}$  มีลักษณะขึ้นลงตลอดไม่มีแนวโน้มของการสลายตัว หรือการลดลงในอัตราที่คงที่เลย แสดงว่าตะกอนบริเวณนี้ยังเป็นตะกอนใหม่ที่มีอัตราการตกตะกอนค่อนข้างสูงและยังถูกรบกวนอยู่บ้าง จุดเก็บตัวอย่างจุดนี้อยู่ห่างจากฝั่งประมาณ 0.50 - 1.00 กม. พื้นที่ชายหาดมีลักษณะเป็นป่าชายเลน บริเวณที่เก็บตัวอย่างในเวลาน้ำลงอาจเป็นส่วนหนึ่งของการปลูกป่าชายเลน จึงยังถูกรบกวนอยู่ ซึ่งสังเกตได้จากการพบเปลือกไม้ เปลือกหอยปนอยู่ในตะกอนด้วย จึงไม่อาจนำอายุตะกอนมาพิจารณาประวัติการปนเปื้อนได้

เมื่อเปรียบเทียบชนิดและปริมาณของสาร PAHs ที่พบในตะกอนชั้นบนของสถานี C กับ ตะกอนผิวหน้าสถานี 22 ซึ่งอยู่ใกล้เคียงกันในบริเวณเกาะลอย จะเห็นว่าจำนวนชนิดที่พบใกล้เคียงกัน แต่ในสถานี 22 มีปริมาณสูงกว่า เนื่องจากสถานี 22 อยู่ใกล้ชายฝั่งมากกว่า และจากปริมาณตะกอนที่นำมาสกัดซึ่งจะได้ปริมาณจากตะกอนผิวหน้ามากกว่าปริมาณตะกอนตามลำดับความลึกดังกล่าวมาแล้วนั่นเอง เมื่อพิจารณาจากปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวมพบว่า มีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยในสถานี 22 เดือนพฤศจิกายนมีค่า 4.14 ไมโครกรัม/กรัม ส่วนในตะกอนชั้นบนของสถานี C มีค่า 3.89 ไมโครกรัม/กรัม ส่วนในสถานี 22 เดือนเมษายนที่มีค่าเพียง 1.08 ไมโครกรัม/กรัม นั้น เนื่องจากตะกอนมีลักษณะเป็นทรายมากกว่า

**สถานี D** บริเวณควบคุม เก็บตัวอย่างโดยเรือจุฬารักษ์ ห่างจากฝั่งประมาณ 46.8 กม.

ลักษณะตะกอนเป็นโคลนสีเทาเข้มปนเปลือกหอยละเอียด ลักษณะที่เป็นโคลนทำให้ร่อนหาอนุภาคที่  $< 0.25$  mm. ได้มาก ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมีค่าสูงที่สุดในทั้ง 4 สถานี ( ค่าเฉลี่ย 1.99 % น้ำหนักแห้ง) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับลักษณะของตะกอน

ปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวมมีค่า 0.40 - 4.47 ไมโครกรัม/กรัม โดยมีค่าเฉลี่ย 2.95 ไมโครกรัม/กรัม ( ค่าเฉลี่ยของสถานี A,B,C ได้แก่ 3.32, 1.17 และ 2.78 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ) จัดเป็นบริเวณที่มีไฮโดรคาร์บอนปริมาณสูงเป็นอันดับ 2 การพิจารณาลักษณะโครมาโตแกรมของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนพบว่า ดัชนีของตะกอนชั้นบนไม่บ่งถึงการปนเปื้อนจากน้ำมันเลย เนื่องจากเป็น



บริเวณที่อยู่ห่างจากฝั่งมากพอสมควร รูปแบบการกระจายของนอร์มัลอัลเคนในชั้นที่ 1-4 พบการกระจายในปริมาณค่อนข้างต่ำ และลดลงจากชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 4 โดยมี  $C_{17}$  และ  $C_{21}$  เป็นตัวเด่น ซึ่งบ่งถึงการสังเคราะห์โดยธรรมชาติจากไฟโตแพลงตอนและจากการถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรีย ในชั้นที่ 4-10 พบปริมาณนอร์มัล อัลเคนสูงขึ้นมากโดยมี  $C_{21}$ - $C_{27}$  ในปริมาณสูง และมี  $C_{23}$ ,  $C_{24}$  และ  $C_{26}$  เป็นตัวเด่น แสดงลักษณะของนอร์มัลอัลเคนจากการสังเคราะห์โดยกิจกรรมต่างๆ ของแบคทีเรียเช่นเดียวกับในสถานที่อื่นๆ

ส่วนปริมาณสาร PAHs พบว่ามีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในจำนวนทั้ง 4 สถานี คืออยู่ในช่วง 0.03 - 0.06 ไมโครกรัม/กรัม และมีค่าเฉลี่ย 0.04 ไมโครกรัม/กรัม โดยค่าเฉลี่ยของ PAHs สำหรับสถานี A,B,C คือ 0.21, 0.07, 0.05 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ

ชนิดของสาร PAHs ที่พบในชั้นที่ 1 (อายุประมาณ 20 ปี)คือ 1-เมทิลฟลูออรีนและไพรีน พบแอนทราซีนในปริมาณน้อยมาก ชั้นที่ 2 (อายุประมาณ 54 ปี) พบแอนทราซีนและไพรีนในปริมาณน้อยมาก แสดงถึงร่องรอยการปนเปื้อนที่เกิดขึ้นเมื่อประมาณ 50 ปีที่ผ่านมา หรือในราว พ.ศ. 2483 เมื่อพิจารณาจากระยะทางที่ห่างฝั่งราว 40 กว่ากม. การปนเปื้อนในบริเวณนี้น่าจะเกิดจากการพัดพามาโดยลมของสาร PAHs ที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในเรือขนส่งสินค้าต่างๆในอดีต ได้แก่ เรือกลไฟ และเรือจักรไอน้ำ โดยมีบริเวณเกาะเสม็ดและปากน้ำประแสร์ เป็นท่าเรือที่สำคัญดังได้กล่าวมาแล้วในสถานี B