บทที่ 5

วิจารณ์ผลการศึกษา

ไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่างน้ำ

การปนเปื้อนของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างตั้งแต่สถานีที่ 1 ถึง 13 มีปริมาณไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก อาจเป็นเพราะสภาพแวดล้อมของลำน้ำก็มีความคล้ายคลึงกัน ในแง่ของแหล่งกำเนิดน้ำมันที่ทำให้มีการปนเปื้อนของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำ คือ ส่วนใหญ่จะเป็นชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งจากการคมนาคมขนส่งทางเรือ อย่างไรก็ตามปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนที่พบในน้ำมีปริมาณสูงสุดที่สถานีบริเวณปากแม่น้ำ สถานี 4 และ 5 เนื่องจากมีกิจกรรมต่าง ๆ สูงมากทำให้มีการปนเปื้อนสูงตามขึ้นไปด้วยโดยเฉพาะในฤดูน้ำน้อย เช่น การคมนาคมขนส่งทางเรือ ทั้งเรือสินค้า เรือโดยสารและเรือขนส่งน้ำมัน อีกทั้งเป็นเขตที่มีอุตสาหกรรมหนาแน่นของจังหวัดสมุทรปราการ ประกอบกับปริมาณน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยามีปริมาณลดน้อยลงในช่วงฤดูนี้ทำให้เป็นการเพิ่มระดับความเข้มข้นของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนให้สูงกว่าในช่วงฤดูน้ำหลาก จากผลการทดสอบความแตกต่างของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำในช่วง 2 ฤดู พบว่ามีความแตกต่างอยู่มีนัยสำคัญทางสถิติแสดงให้เห็นว่าปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในเดือนพฤษภาคมสูงกว่าในเดือนกันยายน ที่ความเชื่อมั่น 99 % ซึ่งได้ผลเช่นเดียวกับผลการทดสอบของวัชรี ชาติกิตติคุณวงศ์ (2529) ที่ทำการเปรียบเทียบปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนใน 2 ฤดู ตลอดลำน้ำเจ้าพระยาที่ความเชื่อมั่น 95%

ค่าเฉลี่ยของปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ ดังแสดงในตารางที่ 5 - 1 พบว่าจากงานวิจัยของวัชรี ชาติกิตติคุณวงศ์ ซึ่งได้ทำการศึกษาตลอดลำน้ำเจ้าพระยา ซึ่งพบว่าปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนมีค่า 0.51 - 0.80 ไมโครกรัมต่อลิตร chrysene equivalents 0.20 - 0.43 ไมโครกรัมต่อลิตร ในฤดูน้ำน้อยและฤดูน้ำหลากตามลำดับ อ่าวไทยตอนบน บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา (4.9 ไมโครกรัมต่อลิตร ในเดือนเมษายน 2528) บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง (8.3 ไมโครกรัมต่อลิตร ในเดือนเมษายน 2528) บริเวณอ่าวไทยตอนล่าง (1.3 ไมโครกรัมต่อลิตร) (กัลยา วัฒยากร, 2529) และแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง (0.93 - 4.25 ไมโครกรัมต่อลิตรในช่วงน้ำน้อย และ 1.05 - 2.47 ไมโครกรัมต่อลิตร ในช่วงน้ำหลาก) พบว่าระดับปริมาณสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างจากการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่าทุกบริเวณ โดยเฉพาะในช่วงฤดูน้ำน้อย แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของการปนเปื้อนของสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นและเมื่อเทียบกับงานวิจัยในบริเวณอื่น ๆ ได้แก่ บริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง มีค่า 2.53 ไมโครกรัมต่อลิตร ในเดือนมีนาคม 2533

ตารางที่ 5 - 1 แสดงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำ

สถานที่ศึกษา	ปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่างน้ำ (ไมโครกรัมต่อลิตร)	เอกสารอ้างอิง
แม่น้ำเจ้าพระยา	0.51 - 0.80 (เฉลี่ย 0.435) มีนาคม 2533 0.02 - 0.43 (เฉลี่ย 0.337) สิงหาคม 2533 (chrysene equivalents)	วัชรี ชาติกิตติคุณวงศ์, 2529
แม่น้ำบางปะกง	0.32 - 0.68 (มีนาคม 2533) 0.06 - 0.40 (สิงหาคม 2533) (chrysene equivalents)	วัชรี ชาติกิตติคุณวงศ์, 2529
อ่าวไทยตอนบน อ่าวไทยตอนล่าง ปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปากแม่น้ำบางปะกง ปากแม่น้ำท่าจีน	0.65 - 8.30 1.3 (พฤษภาคม 2529) 4.9 (เมษายน 2528) 8.3 (เมษายน 2528) 4.5 (พฤษภาคม 2529) (crude oil equivalents)	กัลยา วัฒยากร,2530
แม่น้ำท่าจีนตอนล่าง	0.93 - 4.25 (เฉลี่ย 2.53) น้ำน้อย 1.05 - 2.47 (เฉลี่ย 1.61) น้ำหลาก (chrysene equivalents)	เกศินี สรรวานิช, 2534
ชายฝั่งทะเลตะวันออก (พัทยา - ตราด)	0.02 - 5.29 (เฉลี่ย 0.65) ชายฝั่ง 0.01 - 0.71 (เฉลี่ย 0.30) ใกล้ฝั่งและห่างฝั่ง (chrysene equivalents)	ศรันย์ เพ็ชรพิรุณ,2531
เอสทูรี - Winyah bay - Charleston Harbor	< 0.23 - 9.6 0.5 - 25 (crude oil equivalents)	Bidleman และคณะ, 1990
แม่น้ำ Rhine	0.05 - 0.50	Helman and Humer,1980 (อ้างใน Suthanaruk,1991)
North West of - Arabian Gulf - Kuwait - Saudi-Arabia - Karta - Bahrian	 1.2 - 546 2.95 4.14 3.29 0.4 - 5.7	Samra, Emara and Shunbo, 1986 (อ้างใน Suthanaruk,1991)
ทะเล Adriatic	0.14 - 4.80 (chrysene equivalents)	Hamilton, 1989
แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง	4.89 - 43.80 (เฉลี่ย 18.02) พฤษภาคม 2536 2.87 - 13.70 (เฉลี่ย 6.01) กันยายน 2536 (chrysene equivalents)	การศึกษาครั้งนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

และ 1.61 ไมโครกรัมต่อลิตร ในเดือนสิงหาคม 2533 (เกศินี สรรวานิช,2534) และ Bidleman และคณะ (1990) พบว่าปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในบริเวณเอสทูรี 2 แห่ง ทางตอนใต้ของสหรัฐอเมริกา คือ Winyah Bay มีค่าอยู่ในช่วง < 0.23 - 9.6 ไมโครกรัมต่อลิตร crude oil equivalents และ Charleston Harbor มีค่าอยู่ในช่วง 0.5 - 25 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วนปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในทะเล Adriatic มีค่าอยู่ในช่วง 0.14 - 4.80 ไมโครกรัมต่อลิตร chrysene equivalents (Hamilton, 1989) จะเห็นได้ว่าระดับของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน ที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีค่าสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ เล็กน้อย โดยเฉพาะบริเวณปากแม่น้ำสายหลักของประเทศ(ท่าจีน,บางปะกง)บริเวณเอสทูรีและทะเลรวมทั้งอ่าวไทย

รูปแบบของ fluorescence synchronous spectrum สามารถใช้บอกถึงชนิดของสาร PAHs ที่ปนเปื้อนในตัวอย่างได้อย่างคร่าว ๆ (Wakeham, 1977) ซึ่งจากการ scan ตัวอย่างน้ำ พบว่าส่วนใหญ่มีค่า maximum emission wavelenght ที่ประมาณ 310 นาโนเมตร ซึ่งแสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบพวกแนพธาลีน(2 rings) เป็นส่วนใหญ่ (Law, 1981) และจากการที่สเปกตรัมของตัวอย่างน้ำมีรูปร่างคล้ายกับสเปกตรัมของน้ำมันดีเซล แสดงให้เห็นว่าบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ได้รับการปนเปื้อนสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนจากน้ำมันดีเซล ซึ่งคาดว่าปนเปื้อนมาจากเรือหางยาว ทั้งจากเครื่องยนต์และการหกของน้ำมันระหว่างการเติมหรือถ่ายน้ำมัน การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้ยังรวมทั้งปนเปื้อนมากับน้ำทิ้งจากใต้ท้องเรือสู่แม่น้ำเจ้าพระยา การปนเปื้อนของน้ำมันบางส่วนคงมาจากน้ำทิ้งชุมชน โรงงานอุตสาหกรรมและมากับน้ำฝนที่ชะล้างตามถนน แล้วไหลลงท่อระบายน้ำลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา รวมทั้งอาจมีการปนเปื้อนไฮโดรคาร์บอนจากบรรยากาศอีกด้วย (Bidleman และคณะ, 1990)

ไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่างตะกอนผิวหน้า

ตัวอย่างตะกอนผิวหน้า จากสถานีต่าง ๆ มีลักษณะคล้ายกันมาก คือ สภาพเป็นโคลนสีเทาถึงดำคล้ำจากการวิเคราะห์ลักษณะของเนื้อดินพบว่าส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นดินโคลน (Clay) มีบางสถานีที่มีทรายปนเล็กน้อยซึ่งลักษณะดินดังกล่าวสามารถดูดซับสารไฮโดรคาร์บอนได้เป็นอย่างดี จึงสามารถตรวจพบการปนเปื้อนของสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในทุกสถานี และจากการวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์พบว่าลักษณะตะกอนที่เป็นโคลน จะมีปริมาณสารอินทรีย์มากกว่าตะกอนที่มีทรายปน (Sandy Clay loam หรือ Clay loam) ผลจากการหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนกับปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างตะกอน (Correlation ,r) โดยมีค่า r เท่ากับ 0.70 และ 0.95 ในเดือนพฤษภาคมและกันยายน ตามลำดับ แสดงว่าปริมาณไฮโดรคาร์บอนมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอินทรีย์นั่นคือ ตัวอย่างที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูงจะสามารถตรวจพบปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนสูงด้วย เนื่องจากสารไฮโดรคาร์บอนเป็นสารอินทรีย์พวกหนึ่งนั่นเอง

ผลการวิเคราะห์ชนิดของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน พบว่าสอดคล้องกับการวิจัยของ วรัญญา วิรุฬหผล (2533) ที่พบนอร์มัลอัลเคนตั้งแต่ C_{15} - C_{33} ในตะกอนบริเวณท่าเรือคลองเตยและปากแม่น้ำเจ้าพระยา เกศินี สรรวานิช (2534) พบ C_{15} - C_{32} บริเวณแม่น้ำท่าจีน และ จรูญ สารินทร์ (2537) พบ C_{15} - C_{34} บริเวณอ่าวไทย เมื่อพิจารณาลักษณะของโครมาโตแกรม พบว่าสารนอร์มัลอัลเคนที่พบมีจำนวนคาร์บอนอะตอมกระจายตัวเป็นช่วงกว้าง คือ ตั้งแต่ C_{14} - C_{34} และมี UCM ด้วย โดยพบในตัวอย่างจากทุกสถานี(ยกเว้นสถานี14) บ่งชี้ให้เห็นว่าตะกอนเหล่านี้ได้รับการปนเปื้อนของนอรีมัลอัลเคนจากน้ำมัน ลักษณะการกระจายของนอร์มัลอัลเคนในโครมาโตแกรมของทุกสถานีสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 พบนอร์มัลอัลเคนที่มีคาร์บอนอะตอม C_{15}-C_{19} ซึ่งสังเคราะห์โดยแพลงค์ตอนพืช ร่วมอยู่กับนอร์มัลอัลเคนจากน้ำมันโดยในเดือนพฤษภาคม พบที่บริเวณสถานี 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, และ 8 ส่วนในเดือนกันยายน พบบริเวณสถานี 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 และ 12 ทั้งนี้เพราะว่าสถานีที่เก็บตัวอย่างเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง จึงทำให้แพลงค์ตอนพืช จากบริเวณอ่าวไทยเข้ามาในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง เมื่อแพลงค์ตอนเหล่านี้ตายก็จะตกทับถมอยู่ในตะกอนข้างล่าง ทำให้พบ n-C_{15}-C_{19} ในปริมาณสูง กลุ่มที่ 2 พบนอร์มัลอัลเคนที่มีคาร์บอนอะตอมทั้ง C_{15}-C_{19} และ C_{27} - C_{31} ปนอยู่ในโครมาโตแกรมของน้ำมัน โดยในเดือนพฤษภาคม พบที่สถานี 9, 10 และ 13 ส่วนในเดือนกันยายน พบที่สถานี 11 และ 13 กลุ่มที่ 3 บนอร์มัลอัลเคนที่มีคาร์บอนอะตอม C_{27} - C_{31} ซึ่งสังเคราะห์โดยพืชชั้นสูง โดยพบที่สถานี 14 ทั้งในเดือนพฤษภาคม และ กันยายน ทั้งนี้เพราะว่าเป็นสถานีที่อยู่ไกลจากปากแม่น้ำ ไม่มีพวกแพลงค์ตอนพืชจากทะเล ทำให้ n-C_{27} - C_{29} เด่นกว่าคาร์บอนอะตอมอื่นๆ และพบนอร์มัลอัลเคนซึ่งแสดงร่องรอยการปนเปื้อนของน้ำมันบ้างแต่ไม่มากนัก จะเห็นได้ว่าไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่างตะกอนเหล่านี้มีแหล่งกำเนิดมาทั้งจากน้ำมันและจากธรรมชาติ คือจากแพลงค์ตอนพืช และพืชชั้นสูง

นอกจากนี้ Macko และคณะ,(1988) ได้กล่าวไว้ว่าสามารถใช้อัตราส่วนของ Pristane : Phytane, C_{17} : Pristane และ C_{18} : Phytane เป็นดัชนีแสดงถึงแหล่งกำเนิดของไฮโดรคาร์บอนได้ เพราะว่า Pristane เป็น Isoprenoid ที่พบทั้งในน้ำมันและถูกสังเคราะห์ขึ้นได้โดยสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะพวก copepod จะเป็นแหล่งกำเนิดของ Pristane ในตะกอน (Sleeter,1980) ส่วน Phytane พบเฉพาะในน้ำมัน ดังนั้นการตรวจพบ Phytane จึงใช้เป็นดัชนีแสดงถึงการปนเปื้อนของน้ำมันได้(Voudrias และ Smith,1986) จากการศึกษาพบว่ามี Phytane ในทุกสถานี ชี้ให้เห็นว่ามีการปนเปื้อนของน้ำมันในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างทุกสถานี ดัชนีอีกแบบหนึ่งที่ใช้ในการพิจารณาถึงแหล่งที่มาของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนที่ปนเปื้อนในสภาพแวดล้อม ได้แก่ CPI_1 โดยคำนวณจาก $\Sigma HC_{odd}/\Sigma HC_{even}$ โดยที่ค่า CPI_1 มีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับหนึ่ง แสดงถึงแหล่งไฮโดรคาร์บอนที่มาจากน้ำมัน แต่ถ้า CPI_1 มีค่ามากกว่าหนึ่ง

แสดงถึงแหล่งกำเนิดไฮโดรคาร์บอนมาจากธรรมชาติ (Sleeter และคณะ, 1980) และ CPI_1 มีค่ามากกว่า 5 - 7 แสดงถึงแหล่งกำเนิดไฮโดรคาร์บอนมาจากพืชชั้นสูง (Saliot, 1991,อ้างในจรูญ สารินทร์,2537) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีค่า CPI_1 อยู่ระหว่าง 0.51 - 2.75 เฉลี่ย 1.11 แสดงให้เห็นว่าไฮโดรคาร์บอนในตะกอน มีแหล่งกำเนิดมาจากทั้งน้ำมันและจากธรรมชาติ นอกจากนี้ Colombo และคณะ (1989) และ Pelletier และคณะ (1991) ยังใช้ค่า CPI_2 ที่คำนวณจาก $2 (C_{27} + C_{29}) / C_{26} + 2C_{28} + C_{30}$ ในการบ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิดของไฮโดรคาร์บอนโดยที่ ค่า CPI_2 ใกล้เคียงหนึ่ง หมายถึง การปนเปื้อนจากน้ำมัน แต่ถ้า CPI_2 มีค่าอยู่ระหว่าง 3 - 6 แสดงว่ามีแหล่งกำเนิดมาจากพืชชั้นสูง ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า ในเดือนพฤษภาคม มีค่า CPI_2 อยู่ในช่วง 0.30 - 16.50 และในเดือนกันยายน มีค่าอยู่ในช่วง 0.38 - 37.31 แสดงว่าไฮโดรคาร์บอนมีแหล่งกำเนิดมาจากน้ำมัน และมาจากพืชชั้นสูงนั่นเอง

Pelletier และคณะ (1991), Colombo และคณะ (1989) ได้ใช้ n - C_{16} ratio ซึ่งเป็นดัชนีแสดงอัตราส่วนของนอร์มัลอัลเคนทั้งหมดต่อนอร์มัลอัลเคนคาร์บอนอะตอม16 เป็นดัชนีแสดงถึงแหล่งกำเนิดไฮโดรคาร์บอนอีกอย่างหนึ่ง โดยที่ n-C_{16} ratio ที่มีค่าสูง เช่น 50 จะแสดงถึงแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ และค่า n - C_{16} ratio ต่ำ เช่น 15 แสดงถึงมีการปนเปื้อนจากน้ำมัน ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า ส่วนใหญ่เกือบทุกสถานีมีค่า n-C_{16} ratio ต่ำกว่า 50 แสดงว่าไฮโดรคาร์บอนมีแหล่งกำเนิดมาจากน้ำมัน ยกเว้นสถานี 11 ในเดือนพฤษภาคม มีค่า n - C_{16} ratio เท่ากับ 97.46 หมายถึง มีแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ

Colombo และคณะ (1989) ได้เสนอให้ใช้ค่าที่แสดงอัตราส่วนของผลรวมนอร์มัลอัลเคนที่น้ำหนักโมเลกุลต่ำต่อผลรวมของนอร์มัลอัลเคนที่น้ำหนักโมเลกุลสูง (LMW/HMW) เป็นดัชนีในการบ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิดของไฮโดรคาร์บอน โดยค่า LMW/HMW ที่มีค่าใกล้เคียงหนึ่ง อาจมีแหล่งกำเนิดมาจากน้ำมัน และค่าต่ำกว่าหนึ่ง แสดงว่ามีแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ เช่น แบคทีเรีย สิ่งมีชีวิตในทะเลและพืชชั้นสูง จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าตะกอนจากแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง มีค่า LMW/HMW ทั้งใกล้เคียงหนึ่ง(สถานี 5, 6, 7, 8, 9 และ 14 ในเดือนพฤษภาคม และสถานี 7 และ 11 ในเดือนกันยายน) ค่ามากกว่าหนึ่ง(สถานี 7, 12 และ 13 ในเดือนพฤษภาคม และ สถานี 10 และ 14 ในเดือนกันยายน) และค่าต่ำกว่าหนึ่ง (สถานี 1, 2, 3, 4 และ11 ในเดือนพฤษภาคม และสถานี 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 12 และ 13 ในเดือนกันยายน) แสดงว่าไฮโดรคาร์บอนที่ตรวจพบมีแหล่งกำเนิดทั้งจากน้ำมันและจากธรรมชาติ

การปรากฏของ UCM ในโครมาโตแกรม เป็นลักษณะอีกประการหนึ่งที่บ่งบอกถึงการปนเปื้อนจากน้ำมันและ pyrolytic source ทั้งนี้เนื่องจาก UCM มีโครงสร้างซับซ้อนไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้โดยกระบวนการทางชีวภาพ จากการศึกษาพบว่ามี UCM ปรากฏในโครมาโตแกรมของตัวอย่างจากทุกสถานี ยกเว้น สถานี 14 แสดงในเห็นว่ามีการปนเปื้อนมาจากน้ำมันนั่นเอง

ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของสาร PAHs ในตะกอน พบว่ามีการปนเปื้อนของสาร PAHs ที่มีโครงสร้างตั้งแต่ 2 ring คือ แนพธาลีน ถึง 6 ring คือ เบนโซ(จี,เอ็ช,ไอ)เพอรีลีน ทุกสถานี ซึ่งมีความแตกต่างกันไม่มากนักทั้งชนิดและปริมาณในแต่ละสถานี โดยที่มีสาร PAHs บางตัวที่พบเกือบทุกสถานี ได้แก่ แนพธาลีน 2- เมทิลแนพธาลีน ไดเบนโซฟูราน ฟลูออรีน 1-เมทิลฟลูออรีน ฟีแนนทรีน แอนทราซีน ฟลูออแรนทีน ไพรีน เบนโซ(บี)ฟลูออรีน เบนซ์(เอ)แอนทราซีน ไครซีน ฟีแนนทรีน ไดเบนซ์(เอ,เอ็ช)แอนทราซีน ส่วน PAHs ที่เชื่อว่าเป็นสารก่อมะเร็งที่ตรวจพบ ได้แก่ เบนซ์(เอ)แอนทราซีน เบนโซ(อี)ไพรีน เบนโซ(เอ)ไพรีน ไครซีน ไดเบนซ์(เอ,เอ็ช)แอนทราซีน และ เบนโซ(จี,เอ็ช,ไอ)เพอรีลีน

ปริมาณของ PAHs แต่ละชนิดเมื่อเทียบกับในบริเวณปากแม่น้ำอื่น ๆ ของไทย และต่างประเทศที่มีกิจกรรมต่าง ๆ กันดังแสดงในตารางที่ 5 - 2 จะเห็นว่า PAHs ที่พบในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง มีค่าใกล้เคียงกับบริเวณอื่น ๆ ที่มีกิจกรรมเหมือนกัน คือ เป็นทั้งบริเวณที่ตั้งของชุมชนและอุตสาหกรรม เช่นบริเวณปากแม่น้ำ Brisbane ประเทศออสเตรเลีย และ สูงกว่าบริเวณปากแม่น้ำที่ห่างไกลตัวเมือง เช่น แม่น้ำอะเมซอน ประเทศบราซิล และแม่น้ำ Ross และ Burdekin ในเขตชนบทของประเทศออสเตรเลีย และจะมีปริมาณต่ำกว่าบริเวณที่มีอุตสาหกรรมหนาแน่นมาก เช่น แม่น้ำ Usk ในประเทศอังกฤษ และบริเวณแม่น้ำ Charles และ Elizabeth ในประเทศสหรัฐอเมริกา

แหล่งกำเนิดของ PAHs ที่ปนเปื้อนในตะกอนบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง คาดว่ามาทั้งจากน้ำมัน (petrogenic) และการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงต่าง ๆ (pyrogenic) ซึ่ง PAHs จะมีแหล่งกำเนิด แตกต่างกัน เช่น พวก alkylated PAHs เช่น 2,6-ไดเมทิลแนพธาลีน จะพบในน้ำมัน และพวก unsubstituted PAHs เช่น ฟลูออแรนทีน ไพรีน และ ไครซีน มักจะเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง การปนเปื้อนของสาร PAHs ในแม่น้ำมักเกิดจากการใช้น้ำมันของเรือชนิดต่าง ๆ หรือปนเปื้อนมาจากน้ำทิ้งจากชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม และกิจกรรมท่าเรือรวมทั้งคลังน้ำมันและสถานีบริการน้ำมันริมแม่น้ำ

ไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่างหอยแมลงภู่

การวิเคราะห์ปริมาณไขมันในตัวอย่างหอยแมลงภู่ทั้ง 4 ตัวอย่าง ซึ่งแยกเป็นขนาดเล็กและขนาดใหญ่ และแยกตามเพศ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันมาก ทั้งสองขนาดและสองเพศ วัชรินทร์ ศิรวจนะกุล(2533) กล่าวไว้ว่าโดยทั่วไปแล้วหอยแมลงภู่มักจะสะสมสารไฮโดรคาร์บอนไว้ในส่วนที่เป็นไขมันในเนื้อเยื่อ เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการสะสมไฮโดรคาร์บอนในเนื้อเยื่อหอยแมลงภู่จึงขึ้นอยู่กับปริมาณไขมันด้วย และจากผลการวิเคราะห์พบว่ามีปริมาณไฮโดรคาร์บอนใกล้เคียงกัน ผลการศึกษา

ตารางที่ 5 - 2 เปรียบเทียบผลการศึกษาปริมาณรวมของ PAHs ในตัวอย่างตะกอนบริเวณต่าง ๆ (ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง)

Location	Phen	Anth	Flu	Pyr	BaA	Chry	BeP	BaP	Per	BghiP	PAHs รวม
Usk River, U.K. (industrialized)	9.00	-	30.0	0.50	-	25.0	24.0	11.0	-	-	99.50
Charles River, MA, U.S.A. (highly urbanized)	5.00	-	15.0	13.0	-	21.0	-	33.0	0.62	-	87.62
Elizabeth River, VA, U.S.A. (highly urbanized)	25.0	-	42.0	28.0	11.0	19.0	6.0	9.0	-	-	140.0
Amazon River System, Brazil (mostly remote)	0.005	-	0.003	0.003	-	0.007	-	0.0009	-	-	0.00189
Ross River, Qld Australia (rural)	-	-	0.06	0.04	0.02	0.02	-	0.04	-	0.01	0.19
Burdekin River, Qld, Australia (some boating activity)	-	-	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01	-	0.01	0.06
Brisbane River Extuary, Australia (urbanized & industrialized)	0.45	0.11	0.89	0.80	0.30	0.43	0.28	0.38	0.36	0.35	1.35
Tha Chin River	0.70	0.40	-	0.40	0.20	0.20	0.10	0.10	0.04	0.01	2.15
Chao Phraya River (Present study)	1.07	0.37	0.85	1.09	0.74	0.90	0.30	0.38	0.23	0.32	6.25

ที่มา : เกศินี สรรวานิช,2534

ครั้งนี้จึงไม่สามารถบอกความแตกต่างของการสะสมสารไฮโดรคาร์บอนในเนื้อเยื่อหอยแมลงภู่ตามขนาด เพศและปริมาณไขมันได้ อาจเนื่องจากขนาดหอยแมลงภู่ ไม่ได้แตกต่างกันมากอย่างชัดเจน

สารอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนที่พบในตัวอย่างเนื้อเยื่อหอยแมลงภู่ คือนอร์มัลอัลเคน ซึ่งมีจำนวนคาร์บอนอะตอมตั้งแต่ C_{15} - C_{25} ซึ่งคาดว่าได้รับมาจากน้ำมันดีเซลที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ ดังกล่าวไว้แล้วในตอนต้น และยังพบลักษณะของคาร์บอนอะตอมเลขคี่มีปริมาณสูงกว่าคาร์บอนเลขคู่ ได้แก่ มีปริมาณของ C_{17} C_{19} และ C_{21} สูงกว่านอร์มัลอัลเคนตัวอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของเกศินี สรรวานิช(2533) และได้กล่าวไว้ว่าหอยแมลงภู่ในบริเวณที่ศึกษาได้รับไฮโดรคาร์บอนโดยตรงจากการกินอาหาร (filter feeding) จำพวกแบคทีเรียและแพลงค์ตอนพืช

สาร PAHs ที่พบในการวิเคราะห์ตัวอย่างเนื้อเยื่อหอยแมลงภู่มีตั้งแต่ 2 ถึง 4 ring ซึ่ง ได้แก่ แนพธาลีน ไบเฟนิล 2,6 - ไดเมทิลแนพธาลีน ฟลูออรีน แอนทราซีน 1 - เมทิลฟีแนนทรีน ฟลูออแรนทีน ไพรีน และ ไครซีน ซึ่งในสภาพแวดล้อมสารเหล่านี้จะมีแหล่งกำเนิดต่าง ๆ กัน เช่น ฟลูออแรนทีน ไพรีน และ ไครซีน มักจะเกิดจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงและพวก alkylated PAHs เช่น 2,6-ไดเมทิลแนพธาลีน จะพบในปิโตรเลียม เป็นต้น(Prahl,1984) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของ เกศินี สรรวานิช (2534) บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ซึ่งพบ แนพธาลีน ไบเฟนิล 2,6-ไดเมทิลแนพธาลีน ไดเบนโซฟูราน ฟลูออแรนทีน ไพรีน และ ไครซีน จะเห็นว่ารายละเอียดของชนิด PAHs ที่พบจะไม่เหมือนกันทุกชนิด และมีค่าอยู่ในช่วง 0.07 - 0.18 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณสาร PAHs ที่พบในตัวอย่างเนื้อเยื่อหอยแมลงภู่ที่เก็บจากบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง (0.24 - 0.47 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง) มีค่าสูงกว่าจากบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน

เมื่อศึกษาเปรียบเทียบระดับปริมาณสาร PHAs ที่พบในการศึกษาครั้งนี้กับตัวอย่างสิ่งมีชีวิตในบริเวณอื่น ๆ เช่น mussel (Mytilidae sp.) บริเวณอ่าวแม็กซิโก มีสาร PAHs รวมเท่ากับ 0.147 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักเปียก ใน mussel (Mylilus edulis) ที่อ่าว Naples พบว่ามี PAHs รวมเท่ากับ 0.259 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักเปียก เป็นต้น (รายละเอียดผลการวิจัยต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 5 - 3) เมื่อพิจารณาแล้วปริมาณสาร PAHs ในตัวอย่างหอยแมลงภู่ที่ศึกษาซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.24 - 0.47 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง และมีค่าเฉลี่ย 0.37 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง เนื่องจากมีค่าอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับบริเวณอื่น ๆ ที่ไม่มีปัญหาภาวะมลพิษจากน้ำมันโดยที่ปัญหาการปนเปื้อนจากน้ำมัน โดยพิจารณาจากการศึกษาของ Pancirov และ Brown (1977),Cocchieri และคณะ (1990)(อ้างใน เกศินี สรรวานิช, 2534) ที่เสนอว่าปริมาณสาร PAHs ในสิ่งมีชีวิตในบริเวณที่ไม่เป็นมลพิษ (unpolluted) จะมีค่าตั้งแต่ <0.5 - 148.0 นาโนกรัมต่อกรัม น้ำหนักเปียก ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 140.0 นาโนกรัมต่อกรัม น้ำหนักเปียก

ตารางที่ 5 - 3 แสดงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณ PAHs ในสิ่งมีชีวิตในน้ำ ในบริเวณต่าง ๆ

Sample	Location	Concentration	Method	Reference
1. mussel (Mytilus edulis)	Boston Harbor Massuchusetts,USA	12.2 µg/g dry wt. (chrysene equivalents)	UVF	Farrington and Meyer,1988
2. bivalve (Anomalocardia brasiliana)	Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil	0.1 - 5.1 µg/g wet wt. (total n-alkanes) <0.1 - 3.3 µg/g wet wt. (total PAHs)	GC	Tavare และคณะ , 1988.
3. mussels oysters	French Coasts	<0.10-303.00 µg/g wet wt. (total n-alkanes) <0.10-69.50 µg/g wet wt. (total PAHs)	HPLC	Hamilton, 1989
4. mussel (Mytilus edulis)	Venice Area Nouth-East Italy	0.2-19.6 µg/g wet wt. (chrysene equivalents)	UVF	Nasci และคณะ , 1989.
5. mussel (Mytilidae sp.)	Gulf of Mexico	0.147 µg/g dry wt.	GC	Wade และคณะ , 1990.
6. mussel (Mytilus edulis)	Gulf of Naples	0.295 µg/g wet wt.	LC/HPLC	Cocchieri และ คณะ, 1990.
7. green mussel (Perna viridis)	Tha Chin River	0.07-0.18 µg/g dry wt. 0.13 (mean)	GC	เกศินี สรรวานิช, 2534
8. bivalve (Donax sp.)	Gulf of Thailand	0.06 - 1.87 µg/g dry wt.	GC	Suthanaruk,1991
9. green mussel (Perna viridis)	The Lawer Chao Phraya River	0.19-0.33 µg/g dry wt. 0.27 (mean)	GC	การศึกษาครั้งนี้