



บทที่ 5

## วิจารณ์ผลการศึกษา

### ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำ

การกระจายของปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนตลอดลำน้ำท่าจีนตอนล่างตั้งแต่สถานีเก็บตัวอย่างที่ 1 จนถึง 15 มีปริมาณไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ทั้งนี้อาจเนื่องจากระยะทางของแต่ละสถานี ไม่ห่างกันมากนัก และสภาพแวดล้อมของพื้นที่ลุ่มน้ำช่วงนี้ก็มีลักษณะคล้ายกันด้วย กล่าวคือสถานีต้นๆ ลำน้ำ ตั้งแต่สถานี 1 ถึง 4 มีการใช้พื้นที่ริมแม่น้ำในการทำฟาร์มสุกรกันค่อนข้างมาก และตั้งแต่สถานี 3 เรื่อยลงมาจนถึงปากแม่น้ำท่าจีน จะเป็นที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เป็นจำนวนมาก (รายละเอียดเกี่ยวกับโรงงาน แสดงไว้ในตาราง ค.3 ภาคผนวก ค) รวมทั้งยังมีเขตชุมชนริมแม่น้ำกระจายอยู่ทั่วไปด้วย จึงเห็นได้ว่าไม่สามารถแบ่งพื้นที่บริเวณนี้ออกเป็นเขตเกษตรกรรม เขตอุตสาหกรรม หรือเขตที่อยู่อาศัยได้อย่างเด่นชัด ทำให้แหล่งกำเนิดของสารไฮโดรคาร์บอนที่ลงสู่แม่น้ำท่าจีนตอนล่างจากแต่ละสถานีที่เก็บตัวอย่างมีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายกันมาก อย่างไรก็ตาม สถานีที่มีปริมาณไฮโดรคาร์บอนสูงสุดเป็นสถานีปากแม่น้ำ เนื่องจากบริเวณนี้มีชุมชนหนาแน่นตลอดริมฝั่งของปากแม่น้ำ และมีกิจกรรมต่างๆ สูงมาก อาทิเช่น การติดต่อสัญจรทางเรือ การขนส่งสินค้า การประกอบกิจการท่าเทียบเรือประมง เป็นต้น ในฤดูน้ำน้อยเนื่องจากปริมาณน้ำที่ลดน้อยลงในช่วงฤดูนี้ ทำให้พบปริมาณของไฮโดรคาร์บอนสูงกว่าฤดูน้ำหลาก ซึ่งมีอิทธิพลของการเจือจางจากน้ำจืดมากกว่า

ผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนใน 2 ช่วงฤดูพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงถึงปริมาณไฮโดรคาร์บอนในเดือนมีนาคมมีปริมาณสูงกว่าเดือนสิงหาคมที่ความเชื่อมั่น 99 % เช่นเดียวกับผลการทดสอบของ วัชรี ชาติกิตติคุณวงศ์ (2529) ที่ทำการเปรียบเทียบปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนใน 2 ช่วงฤดูตลอดลำน้ำท่าจีนที่ความเชื่อมั่น 95 %

จากค่าเฉลี่ยของปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน เมื่อเปรียบเทียบกับผลงานวิจัย

ของ วาซรี ซาติกิตติคุณวงศ์ (2529) ซึ่งได้ทำการศึกษาลอดลำนํ้าท่าจีนโดยพบว่าปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน มีค่าเฉลี่ย 0.44 ไมโครกรัม/ลิตร และ 0.34 ไมโครกรัม/ลิตร เทียบกับสารมาตรฐานโครซิน ในช่วงฤดูแล้งและฤดูน้ำหลาก ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของการปนเปื้อนของสารไฮโดรคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นในบริเวณแม่น้ำท่าจีนนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณอื่นๆ เช่น บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา (4.9 ไมโครกรัม/ลิตร) บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง (8.3 ไมโครกรัม/ลิตร) และอ่าวไทยตอนล่าง (1.3 ไมโครกรัม/ลิตร) (กัลยา วัฒนากร, 2529) พบว่าปริมาณไฮโดรคาร์บอนในบริเวณแม่น้ำท่าจีน ไม่แตกต่างจากบริเวณปากแม่น้ำสายหลักอื่นๆ ของประเทศไทย และบริเวณเอสทูรีต่างๆ ของโลก ตัวอย่างเช่น ในเอสทูรี 2 แห่งทางตอนใต้ของสหรัฐอเมริกา มีค่าในช่วง <math>0.23-9.6</math> ไมโครกรัม/ลิตร (Winyah Bay) และ 0.5-25 ไมโครกรัม/ลิตร (Charleston Harbor) (Bidleman, 1990) และบริเวณทะเล Adriatic (0.14-4.80 ไมโครกรัม/ลิตร) (Hamilton, (ed.), 1989) แต่จะสูงกว่าบริเวณกลางอ่าวไทย (1.0 ไมโครกรัม/ลิตร) (กัลยา วัฒนากร, 2529)

การวิเคราะห์ปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนโดยวิธีฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรสโกปีนั้นเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปแล้วว่า ผลของค่าการคายคลื่นแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ได้จากตัวอย่างเกิดจากการที่สารกลุ่มอะโรมาติกได้รับการกระตุ้นจากแสงอุลตราไวโอเลต แล้วทำให้เกิดการคายคลื่นแสงฟลูออเรสเซนซ์ออกมา เมื่อมีการลดระดับพลังงานกลับไปสู่สภาวะเดิม ดังนั้นคลื่นแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่วัดได้ จึงสามารถไขบอกลถึง ปริมาณสารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่ปนเปื้อนในตัวอย่างได้ อย่างไรก็ดี ค่าการคายคลื่นแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่วัดได้จากตัวอย่าง บางครั้งอาจไม่ได้เกิดจากสารกลุ่มอะโรมาติกทั้งหมดก็ได้ เนื่องจากยังมีสารตัวอื่นๆ ที่สามารถเกิดปรากฏการณ์การคายคลื่นแสงฟลูออเรสเซนซ์ได้ เช่นเดียวกับสารอะโรมาติก ดังจะเห็นได้จากผลการศึกษาของ Ehrhardt และคณะ (1990) ที่ได้วิเคราะห์สารไฮโดรคาร์บอนในแม่น้ำเจ้าพระยา โดยนำตัวอย่างน้ำที่สกัด และวิเคราะห์โดยวิธีฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรสโกปี ซึ่งพบการปนเปื้อนจากปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน มาศึกษาในรายละเอียด โดยเทคนิค GC/MS เพื่อชนิดและปริมาณของสารอินทรีย์ในตัวอย่างนั้น ผลการศึกษาพบว่า พบสารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ในปริมาณค่อนข้างน้อย ส่วนสารประกอบส่วนใหญ่ที่พบ คือ isomeric phenoxy-tetradecanes ซึ่งเป็นสารที่เกิดจากการรวมตัวกันของสารพวกไลโปฟิลิก ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ถ้าในตัวอย่างน้ำมีสารอินทรีย์อื่นเจือปนอยู่และสามารถให้คลื่นแสงฟลูออเรสเซนซ์ได้ การวิเคราะห์สารไฮโดรคาร์บอนโดยวิธีฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรสโกปีเพียงวิธีเดียว จึงยังไม่สามารถชี้ลงไปอย่างแน่ชัดเสมอว่าค่าที่ได้เป็นปริมาณของสารอะโรมาติกเท่านั้น แต่อย่างไรก็

ตาม เราสามารถใช้ค่าฟลูออเรสเซนซ์ในการประเมินและเปรียบเทียบการปนเปื้อนของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในแหล่งน้ำได้ในระดับหนึ่ง

รูปแบบของ synchronous fluorescence spectrum ของตัวอย่างสามารถใช้บอกถึงชนิดของกลุ่มสารอะโรมาติกที่ปนเปื้อนในตัวอย่าง ได้อย่างคร่าวๆ (Wakeham, 1977) ซึ่งจากการศึกษาสเปกตรัมของตัวอย่างน้ำทั้งหมด 30 ตัวอย่าง พบว่าตัวอย่างส่วนมากมีค่าสูงสุดของความยาวคลื่นแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ประมาณ 310 นาโนเมตร ซึ่งแสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบพวกแนพทาซีน (2 rings) เป็นส่วนใหญ่ (Law, 1981) นอกจากนี้ยังพบฟลูออเรสเซนซ์ที่ช่วงคลื่น 390-400 นาโนเมตร ซึ่งเป็นลักษณะของสารอะโรมาติกที่จับรวมตัวกัน 4-5 rings ที่อาจเกิดจากการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิง (Wakeham, et al., 1980 อ้างถึงใน Wattayakorn, 1987) หรืออาจมาจากคราบน้ำมันดิบ แต่พบปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และจากการที่สเปกตรัมของตัวอย่างน้ำ มีรูปแบบคล้ายกับสเปกตรัมของน้ำมันดีเซล แสดงให้เห็นว่าบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนล่างนี้ ได้รับการปนเปื้อนของสารไฮโดรคาร์บอนส่วนมากมาจากน้ำมันดีเซล ซึ่งคาดว่า มาจากการใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงในเรือหางยาว ที่ใช้กันเป็นจำนวนมากในบริเวณนั้น ทั้งนี้เพราะนอกจากจะเกิดการปนเปื้อนโดยตรงจากการใช้น้ำมันในเครื่องยนต์ในเรือ หรือจากการเผาไหม้น้ำมันแบบไม่สมบูรณ์แล้ว การรั่วไหลของน้ำมันจากถังน้ำมันตลอดจนการหกของน้ำมันในระหว่างเติมหรือถ่ายน้ำมัน ก็เป็นสาเหตุสำคัญ ที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการวิดน้ำออกจากเรือ ซึ่งมักจะมีคราบน้ำมันบนเรือปนเปื้อนมาด้วย ทำให้มีน้ำมันลงไปใต้มัน้ำในปริมาณค่อนข้างสูงตลอดระยะทางที่แล่นเรือ นอกจากนี้ทั้งจากบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม ตลอดจนน้ำฝนที่ชะล้างตามถนนหนทางแล้วไหลลงท่อระบายน้ำ รวมทั้งไฮโดรคาร์บอนในบรรยากาศ ก็อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารไฮโดรคาร์บอนในแหล่งน้ำได้เช่นกัน (Bidleman, 1990)

### ไฮโดรคาร์บอนในดินตะกอน

จากการศึกษา สามารถตรวจพบการปนเปื้อนของสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่างดินตะกอนทุกสถานี ทั้งนี้จากการสังเกตลักษณะดินตะกอนจากสถานีต่างๆ พบว่ามีลักษณะคล้ายกันมาก คือ มีสภาพเป็นโคลน สีดำคล้ำ บางสถานีมีทรายละเอียดปนเล็กน้อย ซึ่งลักษณะของดินตะกอนดังกล่าวจะสามารถดูดซับปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนได้เป็นอย่างดี ดินตะกอนที่ประกอบด้วยอนุภาคเล็กๆ (<44 ไมโครเมตร) เช่น แร่ดินเหนียว จะดูดซับสารไฮโดร-

คาร์บอนได้มาก (Ocean Affairs Board, 1975) และตะกอนละเอียด พวกซิลท์จะมีปริมาณสารอินทรีย์มากกว่าตะกอนขนาดใหญ่ที่เป็นทรายประมาณ 2 เท่า ส่วนโคลนจะมีปริมาณสารอินทรีย์มากกว่าตะกอนขนาดใหญ่ประมาณ 4 เท่า (Bordovskiy, 1965 อ้างถึงใน มาลี เลาสุทแสน, 2528) ดังนั้นจึงสามารถพบการปนเปื้อนของสารไฮโดรคาร์บอนในดินตะกอนได้ทุกตัวอย่าง

จากผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในดินตะกอนพบว่า ปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนในเดือนมีนาคมและสิงหาคม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณไฮโดรคาร์บอนเป็นรายสถานี เปรียบเทียบระหว่างเดือนมีนาคมและสิงหาคม พบว่า มีบางคู่ที่ปริมาณแตกต่างกันมาก ทั้งนี้อาจเนื่องจากจุดเก็บตัวอย่างบางสถานีอาจไม่ตรงกันทีเดียวทั้งสองครั้ง จากปัญหา 2 ประการคือ ประการแรก ในเดือนมีนาคมมีปัญหาผักตบชวามากจนไม่สามารถเข้าไปเก็บ ณ จุดเก็บกลางแม่น้ำได้ ประการที่ 2 ดินตะกอนบริเวณนั้นอาจมีลักษณะไม่ homogeneous ที่เดียว ทำให้ปริมาณการสะสมของสารไฮโดรคาร์บอนทั้งสองครั้งแตกต่างกันได้

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่างดินตะกอนที่วิเคราะห์ได้กับตัวอย่างดินตะกอนจากบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา และท่าเรือคลองเตย (วรัญญา วิรุณหผล, 2532) ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธีเดียวกัน พบว่ามีปริมาณการสะสมของสารไฮโดรคาร์บอนไม่แตกต่างกันมากนัก โดยตัวอย่างดินตะกอนจากบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา พบปริมาณสารอะโรมาติกรวม 44.47 ไมโครกรัม/กรัม (น้ำหนักแห้ง) เทียบกับสารมาตรฐานโครซิน และจากบริเวณท่าเรือคลองเตย พบปริมาณสารอะโรมาติกรวม 53.39 ไมโครกรัม/กรัม

ผลการหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน กับปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างดินตะกอน พบว่าปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอินทรีย์ นั่นคือ ตัวอย่างที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูง จะสามารถตรวจพบปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนสูงด้วย ทั้งนี้เนื่องจากสารไฮโดรคาร์บอนเป็นสารอินทรีย์พวกหนึ่งนั่นเอง อย่างไรก็ตาม ลักษณะตัวอย่างดินตะกอนในเดือนสิงหาคม บางตัวอย่างจะมีเศษซากพืชปนอยู่มากซึ่งไม่สามารถจะแยกออกจากดินตะกอนได้เมื่อทำให้แห้งแล้ว จึงมีผลทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ที่วิเคราะห์ได้มีค่าสูงไปด้วย ในขณะที่ปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนอาจจะไม่สูงขึ้นในสัดส่วนเดียวกัน ในการหาค่าความสัมพันธ์ จึงไม่นำตัวอย่างบางสถานีที่มีลักษณะตัวอย่างดังกล่าวเข้ามาวิเคราะห์ ซึ่งทำให้ได้ความสัมพันธ์ ( $r = 0.87$ ) สูงกว่าที่คำนวณจากทุกตัวอย่าง ( $r = 0.26$ )

การหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำและดินตะกอน พบว่าค่าสหสัมพันธ์ มีค่าต่ำมาก (0.05 และ 0.15 ในเดือนมีนาคม และสิงหาคม ตามลำดับ)

แสดงว่าปริมาณไฮโดรคาร์บอนในน้ำและดินตะกอน ไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ทั้งนี้อาจอธิบายได้ว่า ปริมาณไฮโดรคาร์บอนที่สะสมในดินตะกอนเกิดจากการตกตะกอนอย่างช้าๆ และขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ (กล่าวไว้ในหัวข้อการตกตะกอน ในบทที่ 2) ในขณะที่การกระจายของไฮโดรคาร์บอนในน้ำเกิดขึ้นแทบจะทันทีที่ได้รับการปนเปื้อน และจะกระจายออกไป และเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตามกระแสน้ำ ซึ่งมีอิทธิพลต่อการกระจายของมลสารได้ค่อนข้างมากในกรณีของแม่น้ำ ดังนั้น สถานที่ที่พบปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนในน้ำค่อนข้างสูงจึงอาจเป็นไปได้ที่จะพบปริมาณไฮโดรคาร์บอนในดินตะกอนที่สถานีเดียวกัน มีค่าต่ำกว่าปริมาณที่พบในสถานีอื่น (ที่มีปริมาณไฮโดรคาร์บอนในน้ำต่ำกว่า)

ลักษณะของฟลูออเรสเซนซ์สเปกตรัมที่ได้จากตัวอย่างดินตะกอน แสดงค่าสูงสุดของความยาวคลื่นแสงฟลูออเรสเซนซ์ ที่ 310-320 นาโนเมตร ซึ่งเป็นค่าฟลูออเรสเซนซ์ของสารอะโรมาติกที่มี 2 rings หรือพาคแนพทาซีน ตัวอย่างที่มีสารอะโรมาติก 3-4 rings จะแสดงค่าสูงสุดของความยาวคลื่นแสงฟลูออเรสเซนซ์ ในช่วง 340-350 นาโนเมตร (Wakeham, 1977 ; Law, 1981) และสำหรับอะโรมาติกที่แสดงค่าสูงสุดของคลื่นแสงฟลูออเรสเซนซ์ >400 นาโนเมตร (>5 rings) ซึ่งคาดว่าเกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมัน (Hamilton (ed)., 1989) พบปริมาณน้อยมากในการศึกษาครั้งนี้

ผลการวิเคราะห์ชนิดของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Onodera, และคณะ (1987) ที่พบนอร์มัลอัลเคนตั้งแต่  $C_{17}$ - $C_{33}$  บริเวณแม่น้ำท่าจีน และวีริย์ ศวิตชาติ (2521) พบนอร์มัลอัลเคนตั้งแต่  $C_{10}$  -  $C_{30}$  บริเวณอ่าวไทย จากลักษณะโครมาโตแกรมของ FID ของตัวอย่างดินตะกอนที่ศึกษา แสดงการกระจายของปริมาณนอร์มัลอัลเคนที่มีจำนวนอะตอมคาร์บอนเลขคี่และเลขคู่ตัวถัดไปไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งสอดคล้องกับค่า CPI ที่มีค่าประมาณหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากค่า CPI เป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณนอร์มัลอัลเคนที่มีคาร์บอนเลขคี่กับเลขคู่ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับหนึ่งในน้ำมันปิโตรเลียม (Readman, 1986) การกระจายของนอร์มัลอัลเคนบางสถานี แสดงลักษณะของคาร์บอนเลขคี่มีปริมาณสูงกว่าคาร์บอนเลขคู่มาก ซึ่งแสดงถึงแหล่งกำเนิดจากกระบวนการทางชีวภาพ นอกจากนี้ในตัวอย่างเดียวกัน ยังพบ UCM ซึ่งเป็นลักษณะการปนเปื้อนจากน้ำมันด้วย (ดังโครมาโตแกรมในกลุ่มที่ 2 รูปที่ 4.14) แสดงว่าตัวอย่างดินตะกอนในกลุ่มนี้ได้รับสารไฮโดรคาร์บอนจากทั้งธรรมชาติและน้ำมันในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกัน จึงแสดงลักษณะเด่นของทั้งสองแหล่ง สำหรับตัวอย่างที่พบปริมาณนอร์มัลอัลเคนต่ำเมื่อเทียบกับปริมาณของ UCM ดังแสดงลักษณะโครมาโตแกรมในรูปที่ 4.15 นั้น สามารถบอกได้ว่าตัวอย่างนี้ได้รับการปนเปื้อนจากน้ำมันมาเป็นเวลานานพอสมควร ซึ่งสังเกตได้จากสารนอร์มัลอัล

เคนถูกย่อยสลายไปจนเกือบหมด ส่วน UCM ซึ่งมีโครงสร้างซับซ้อนจะยังคงสภาพอยู่เช่นเดิม

Sleeter (1980) เสนอว่า ค่า  $CPI > 2.4$  แสดงถึงแหล่งกำเนิดที่มาจากกระบวนการสังเคราะห์ทางชีววิทยา โดยตัวอย่างที่ได้รับอิทธิพลจากพืชชั้นสูง จะมีลักษณะของคาร์บอนเลขที่มีปริมาณสูงกว่าคาร์บอนเลขคู่มาก โดยเฉพาะที่  $C_{25}$ ,  $C_{25}$ ,  $C_{27}$ ,  $C_{29}$  และ  $C_{31}$  (Voudrias, 1986) ซึ่งจะเห็นชัดบริเวณสถานะต้นๆ ส่วนบริเวณปากแม่น้ำซึ่งได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเล จะแสดงลักษณะของคาร์บอนเลขที่มีปริมาณสูงกว่าคาร์บอนเลขคู่มาก ที่  $C_{15}$ ,  $C_{17}$  และ  $C_{19}$  โดยอาจมีแหล่งกำเนิดมาจากแบคทีเรียและแพลงตอนพืช (Risebrough, 1983) ซึ่งจากการศึกษาลักษณะโครมาโตแกรมของตัวอย่างจากแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง อาจบอกได้ว่า ได้รับอิทธิพลทั้งจากน้ำมันและจากธรรมชาติ เนื่องจากพบลักษณะของน้ำมัน (UCM) ทุกสถานะ และบางสถานะ พบลักษณะเด่นของนอร์มัลอัลเคนจากพืชชั้นสูง ( $C_{25}$ ,  $C_{25}$ ,  $C_{27}$ ,  $C_{29}$ ) ในโครมาโตแกรม เช่น ตัวอย่างจากสถานี 4 (มีนาคม) 2 และ 5 (สิงหาคม) และสถานีปากแม่น้ำจะพบปริมาณของ  $C_{15}$ ,  $C_{17}$ ,  $C_{19}$  สูงกว่านอร์มัลอัลเคนอื่นๆ คาดว่าเนื่องจากอิทธิพลของแพลงตอนพืช

Macko และคณะ (1987) ได้กล่าวไว้ว่าสามารถใช้อัตราส่วนของฟริสเทนต่อไฟเทน  $C_{17}$  ต่อฟริสเทน และ  $C_{18}$  ต่อไฟเทน เป็นตัวบ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิดของไฮโดรคาร์บอนได้ เนื่องจาก ฟริสเทนเป็น ไอโซพรีนอยด์ ที่พบทั้งในน้ำมันและสามารถถูกสังเคราะห์ขึ้นโดยสิ่งมีชีวิตได้ โดยเฉพาะพวกโคคีนพอด จะเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของฟริสเทนในดินตะกอน (Thomas, 1980) ส่วนไฟเทนนั้น พบเฉพาะในน้ำมัน ดังนั้นการปรากฏของไฟเทน จึงอาจใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงการปนเปื้อนจากน้ำมันได้ (Voudrias, 1986) นอกจากนี้อัตราส่วนของฟริสเทนต่อไฟเทน ที่มีค่าต่ำกว่าหนึ่ง ซึ่งได้แก่ ตัวอย่างจากสถานี 1, 2 และ 4 (มีนาคม) 3, 4 และ 8 (สิงหาคม) ยังแสดงถึง weathered oil ซึ่งเป็นผลจากการย่อยสลายโดยกระบวนการทางชีวภาพ ทั้งนี้เพราะ ไฟเทนถูกย่อยสลายได้ยากกว่าฟริสเทน จึงทำให้อัตราส่วนที่ได้มีค่าต่ำกว่าหนึ่ง (Siron, et al., 1987) ผลที่ได้นี้สอดคล้องกับลักษณะของโครมาโตแกรมที่ได้ ซึ่งแสดงถึง weathered oil จากลักษณะการกระจายของนอร์มัลอัลเคนในปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับ UCM (ดังรูปที่ 4.15)

การปรากฏของ UCM ในโครมาโตแกรม เป็นลักษณะเด่นอีกประการหนึ่งของการปนเปื้อนจากน้ำมันและ pyrolytic source (Voudrias, 1986) ทั้งนี้เนื่องจากสารประกอบที่มีโครงสร้างซับซ้อนมากดังเช่น UCM นั้นจะไม่สามารถถูกสังเคราะห์ขึ้นได้โดยกระบวนการทางชีวภาพ ดังนั้น แหล่งกำเนิดที่เป็นไปได้ของสารพวกนี้คือ จากปิโตรเลียม นอกจากนี้

นอร์มัลอัลเคนที่ปรากฏบนจุดสูงสุดของ UCM อาจใช้ในการทำนายชนิดของน้ำมันได้อย่างคร่าวๆ กล่าวคือ จุดสูงสุดของ UCM อยู่ตรงกับ  $C_{19}$  หรือ  $C_{23}$  คาดว่าเกิดจาก light petroleum fraction เช่น น้ำมันดีเซล และถ้าจุดสูงสุดอยู่บริเวณ  $C_{24}$  และ  $C_{27}$  คาดว่าเกิดจาก lubricating oils heavy petroleum (Voudrias, 1986) ซึ่งเมื่อพิจารณาโครมาโตแกรมจากตัวอย่างที่ศึกษาครั้งนี้ พบว่า โครมาโตแกรมของตัวอย่างส่วนมากมีจุดสูงสุดของ UCM อยู่ในช่วง  $C_{19}$  และ  $C_{23}$  ทำให้บอกได้ว่าบริเวณที่ศึกษานี้ได้รับการปนเปื้อนจากน้ำมันดีเซล ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาจากฟลูออเรสเซนซ์สเปกตรัมด้วย

ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของสารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในดินตะกอน พบการปนเปื้อนของสารที่มีโครงสร้างตั้งแต่ แนพทาลีน (2 rings) ถึงเบนโซ(จีเอชไอ)เพอริลีน (6 rings) ซึ่งจะแตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณในแต่ละสถานี อย่างไรก็ตามก็ยังมีอะโรมาติกบางตัวที่มีลักษณะค่อนข้างเด่นชัด และสามารถตรวจพบได้ในเกือบทุกสถานี และมีปริมาณสูงกว่าตัวอื่นๆ เช่น ไบเฟนิล 2,6-ไดเมทิลแนพทาลีน และ 1-เมทิลพีแนนทริน ซึ่งปริมาณสารทั้งสามชนิดรวมกันคิดเป็น 17-75 % ของปริมาณอะโรมาติกรวม (ค่าเฉลี่ย 38%) จึงอาจใช้ปริมาณรวมของสารทั้งสามชนิดนี้เป็นตัวแทนของค่าโดยประมาณของปริมาณอะโรมาติกรวมในดินตะกอนได้ เช่นเดียวกับที่ Kaya (1989) ใช้ฟลูออแรนทีน และไพรีนซึ่งพบในปริมาณสูงกว่าตัวอื่นๆ เป็นตัวแทนในการประมาณค่าอะโรมาติกรวมในดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำ Brisbane ประเทศออสเตรเลีย สารอะโรมาติกที่เชื่อกันว่าเป็นสารก่อมะเร็ง ได้แก่ เบนซ์(เอ)แอนทราซีน เบนโซ(อี)ไพรีน เบนโซ(เอ)ไพรีน ไครซีน ไดเบนซ์(เอเอช)แอนทราซีน และ เบนโซ(จีเอชไอ)เพอริลีน ตรวจพบในปริมาณน้อยมาก (trace-179.83 นาโนกรัม/กรัม)

เป็นที่น่าสังเกตว่าในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินตะกอน มักจะไม่ค่อยพบอะโรมาติกที่มีโมเลกุลใหญ่มาก เช่น ไครซีน เบนโซ(เอเอช)แอนทราซีน เบนโซ(จีเอชไอ)เพอริลีน หรือพบในปริมาณน้อยมาก ยกเว้นเพอริลีน ซึ่งเป็นอะโรมาติกที่น่าสนใจอีกตัวหนึ่งและมักจะพบเสมอในดินตะกอน ทั้งนี้เพราะเพอริลีน สามารถเกิดขึ้นเองได้ในธรรมชาติจากปฏิกิริยาเคมีที่จะเปลี่ยน pigment พากควิโนน ให้เป็นเพอริลีน ในสภาพที่ปราศจากออกซิเจน (Kaya, 1989) แต่ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการเก็บตัวอย่างจากบริเวณผิวซึ่งเป็นสภาพที่ยังมีออกซิเจนอยู่เล็กน้อย เพอริลีนที่พบ จึงคาดว่าไม่ได้เกิดจากกระบวนการที่กล่าวมา แต่อาจเป็นเพอริลีน ที่ปนมากับตะกอนจากการกัดกร่อนของแผ่นดินบริเวณต้นน้ำ เช่นเดียวกับที่พบในดินตะกอน (0-2 ซม.) บริเวณ Puget Sound (Barrick, 1987)

แหล่งกำเนิดของสารอะโรมาติกที่เข้าสู่บริเวณพื้นที่ศึกษา คาดว่ามาจากทั้งปิโตรเลียม และจากการเผาไหม้ของสารอินทรีย์ ทั้งนี้เนื่องจาก จากผลการศึกษาในตัวอย่างน้ำพบการปนเปื้อนจากน้ำมันดีเซลซึ่งเป็นเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งในบริเวณกว้าง องค์ประกอบส่วนหนึ่งในน้ำมันดีเซลจะมีการเปลี่ยนแปลงและตกทับถมในดินตะกอน ส่วนการเผาไหม้น้ำมันที่ไม่สมบูรณ์ ก็ก่อให้เกิดสารอะโรมาติกได้เช่นกัน สำหรับสารอะโรมาติกในกรณีนี้ศึกษา คาดว่ามี แหล่งกำเนิดมาจากหลายสาเหตุ ได้แก่ การใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงในเรือ การปนเปื้อนของน้ำมันในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำทิ้งจากบ้านเรือน และกิจกรรมต่างๆ ในชุมชน และการประกอบกิจการท่าเรือ

ปริมาณของอะโรมาติกแต่ละชนิดเมื่อเปรียบเทียบกับในบริเวณปากแม่น้ำอื่นๆ ของโลก ที่มีกิจกรรมต่างๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 5.1 จะเห็นว่าปริมาณใกล้เคียงกับบริเวณที่มีกิจกรรมคล้ายกัน คือเป็นที่ตั้งของชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม เช่น บริเวณปากแม่น้ำ Brisbane ประเทศออสเตรเลีย แต่จะมีปริมาณสูงกว่าบริเวณที่อยู่ห่างไกลจากเมืองอย่างเช่น บริเวณลุ่มน้ำอะเมซอน ประเทศบราซิล และบริเวณแม่น้ำ Ross และ Burdekin ซึ่งอยู่ในชนบทของประเทศออสเตรเลีย และจะมีปริมาณต่ำกว่าบริเวณที่เป็นเขตอุตสาหกรรมสูง เช่น Usk River ในประเทศอังกฤษ และบริเวณแม่น้ำ Charles และ Elizabeth สหรัฐอเมริกา

การตรวจพบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในดินตะกอนบริเวณจุดเก็บตัวอย่างทุกสถานี คาดว่ามีแหล่งที่สำคัญมาจากการเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่บริเวณลุ่มน้ำทำเงินตอนล่าง มีลักษณะเป็นที่ราบเหมาะต่อการประกอบอาชีพเกษตรกรรม โดยครอบคลุมพื้นที่ในจังหวัดนครปฐม และสมุทรสาคร สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม พบตั้งกระจายอยู่ทั่วไปตลอดลำน้ำทำเงินตอนล่าง โดยจะหนาแน่นมากบริเวณปากแม่น้ำ ของเสียจากการเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ดังกล่าว จะถูกพามาบน้ำทิ้งและการชะล้าง โดยน้ำฝนลงสู่แม่น้ำทำเงิน จากรายงานของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พบว่ามีปริมาณยาปราบศัตรูพืชที่ไหลลงสู่แม่น้ำทำเงินประมาณวันละ  $0.387 \times 10^{-6}$  กก.ต่อไร่ (ONEB, 1987)

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม ดีดีที ในตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำทำเงิน ในปี 2525-2526 ของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ถึงแม้ว่าตัวอย่างส่วนมากจะมีปริมาณไม่เกินค่าตามมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ (รายละเอียดของมาตรฐานต่างๆ ของสารกำจัดศัตรูพืชในแหล่งน้ำแต่ละประเภท ตามมาตรฐานน้ำดื่มของหน่วยงาน EPA สหรัฐอเมริกา น้ำดื่มในประเทศไทย และน้ำผิวดินของสหรัฐอเมริกา และมาตรฐานน้ำใช้ของหน่วยงาน EPA สหรัฐอเมริกา แสดงในตาราง ค.1 ภาคผนวก ค) แต่ก็จัดว่ามี



ค่าค่อนข้างสูง สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชในดินตะกอน พบว่า อัลดริน ดีลดริน และ คลอเดน ถูกตรวจพบอย่างกว้างขวาง แสดงว่าสารเคมีทั้งสามชนิดมีการใช้ในทางกลีกรรมกันอย่างแพร่หลาย ส่วน บีเอชซี, เอนดริน และ ดีดีที นั้น แม้ว่าจะถูกห้ามนำเข้ามาตั้งแต่ปี 2525 และ 2526 แล้วก็ตาม (ปริมาณการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนบางชนิด แสดงในตาราง ค.3 ภาคผนวก ค) แต่ก็ยังสามารถตรวจพบได้ในดินตะกอน ทั้งนี้เนื่องจากการกำจัดศัตรูพืชเป็นสารเคมีตกค้างที่มีความคงทนต่อการสลายตัวในสภาพธรรมชาติ นอกจากนี้ยังมีการใช้สารเคมีเป็นยาฆ่าแมลงภายในบ้านเรือน ชุมชน รวมทั้งในโรงงานอุตสาหกรรมอีกด้วย และจากการสำรวจจำนวนโรงงานที่ตั้งบริเวณลุ่มน้ำท่าจีนตอนล่างของฝ่ายอนุรักษ์ลำน้ำและชายฝั่งทะเล กองสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม เมื่อปี 2529 พบว่ามีโรงงานที่ประกอบกิจการยาปราบศัตรูพืช และยาฆ่าแมลง รวม 2 โรง บริเวณคลองอ้อมน้อยและถนนเศรษฐกิจ 1 ในเขตอำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาครด้วย ซึ่งถึงแม้ว่าโรงงานทั้งสองแห่งจะมีบ่อกักเก็บน้ำแบบไม่ระบายออก แต่เชื่อว่าอาจมีน้ำทิ้งบางส่วนรั่วลงสู่ลำคลองได้

ตารางที่ 5.1 แสดงปริมาณ PAHs ในดินตะกอนจากบริเวณต่างๆ (ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง)

สถานที่	Phen	Anth	Flu	Pyr	BaA	Chry	BeP	BaP	Per	BghiP
Usk River, U.K. (industrialized)	— 9.0 —		30.0	0.50	-	25.0	24.0	11.0	-	-
Charles River, MA, U.S.A. (highly urbanized)	— 5.0 —		15.0	13.0	— 21.0 —		— 33.0 —		0.62	-
Elizabeth River, VA, U.S.A. (highly urbanized)	25.0	-	42.0	28.0	11.0	19.0	6.0	9.0	-	-
Amazon River System, Brazil (mostly remote)	0.005	-	0.003	0.003	— 0.007 —			0.001	-	-
Ross River, Qld Australia (rural)	-	-	0.06	0.04	0.02	0.02	-	0.04	-	<0.01
Burdekin River, Qld, Australia (some boating activity)	-	-	0.01	0.01	<0.01	<0.01	-	<0.01	-	<0.01
Brisbane River Estuary, Australia (urbanized & industrialized)	0.45	0.11	0.89	0.80	0.30	0.43	0.28	0.38	0.36	0.35
The Chin River (Present study)	0.7	0.4	-	0.4	0.2	0.2	<0.01	<0.01	0.04	<0.01
(number of samples)	(13)	(3)	-	(17)	(3)	(5)	(3)	(15)	(17)	(6)
range	0.04-1.4	-	-	0.06-0.3	-	-	<0.01	0.01-0.07	-	-
		0.1-0.6	0.05-1.9		0.09-0.2		<0.01		<0.01	

Phe = ฟีนานทรีน, Anth = แอนทราซีน, Flu = ฟลูออแรนทีน, Pyr = ไพรีน, BaA = เบนซ(เอ)แอนทราซีน  
 Chry = ไครซีน, BeP = เบนโซ(อี)ไพรีน, BaP = เบนโซ(เอ)ไพรีน, Per = เพอร์ลิซีน,  
 BghiP = เบนโซ(จีเอชไอ)เพอร์ลิซีน

ที่มา : Kayal (1989)

### ไฮโดรคาร์บอนในเนื้อเยื่อหอยแมลงภู่

ปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่างเนื้อเยื่อหอยแมลงภู่ทั้ง 4 ตัวอย่าง ซึ่งแยกออกเป็นขนาดเล็กและใหญ่ และแยกตามเพศ พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกันมาก ทำให้ไม่สามารถบอกถึงความแตกต่างของการสะสมปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนตามขนาด และ/หรือเพศได้ ทั้งนี้อาจเนื่องจากขนาดของหอยแมลงภู่ที่ใช้เป็นตัวแทนมีขนาดไม่แตกต่างกันมากนัก ทำให้ได้ตัวอย่างที่มีอายุและสภาพร่างกายที่คล้ายกัน จึงอาจทำให้ไม่พบความแตกต่างของปริมาณการสะสมสารไฮโดรคาร์บอนในหอยแมลงภู่ทั้งสองขนาด โดยทั่วไปแล้วหอยแมลงภู่มักจะสะสมสารไฮโดรคาร์บอนไว้ในบริเวณที่เป็นไขมันเป็นส่วนใหญ่ (Schener, 1977 อ้างถึงใน วัชรินทร์ ศิรงานะกุล, 2533) ซึ่งผลการทดลองพบว่า ปริมาณไขมันในตัวอย่างหอยทั้ง 4 ตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นการสะสมสารไฮโดรคาร์บอน จึงขึ้นอยู่กับปริมาณไขมันในร่างกาย ผลการศึกษาครั้งนี้ ไม่สามารถบอกความแตกต่างของการสะสมสารไฮโดรคาร์บอน ระหว่างเพศผู้และเพศเมียได้

นอร์มัลอัลเคนที่พบในตัวอย่างเนื้อเยื่อหอยแมลงภู่ แสดงลักษณะของคาร์บอนเลขคี่มีปริมาณสูงกว่าคาร์บอนเลขคู่มาก กล่าวคือ มีปริมาณของ  $C_{17}$ ,  $C_{19}$  และ  $C_{21}$  สูงกว่านอร์มัลอัลเคนตัวอื่นๆ ทั้งนี้เพราะ หอยแมลงภู่โดยทั่วไปได้รับไฮโดรคาร์บอนโดยตรงจากการกินอาหาร (filter feeding) จำพวกแบคทีเรีย และแพลงตอนพืชที่สังเคราะห์นอร์มัลอัลเคนที่มีคาร์บอนเลขคี่ของ  $C_{17}$ ,  $C_{19}$  และ  $C_{21}$  สูงกว่านอร์มัลอัลเคนตัวอื่นๆ (Anderlini, 1981 ; Risebrough, 1983)

สารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่พบในตัวอย่างเนื้อเยื่อหอยแมลงภู่ มีตั้งแต่ 2 ถึง 4 rings ซึ่งได้แก่ แนพทาลีน ไบเฟนิล 2,6-ไดเมทิลแนพทาลีน ไดเบนโซฟูราน ฟลูออแรนทีน ไพรีน และไครซิน ซึ่งสารเหล่านี้ในสภาพแวดล้อมจะมีแหล่งกำเนิดต่างๆ กัน เช่น ฟลูออแรนทีน ไพรีน และไครซิน มักเกิดจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง (Prah, 1984) สารพวก Alkylated PAHs เช่น 2,6-ไดเมทิลแนพทาลีน จะพบในปิโตรเลียม เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของ มนุติ หังษพุกษ์ และคณะ (2527) ซึ่งพบสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่างเนื้อเยื่อหอยแมลงภู่จากบริเวณอ่าวไทยตอนบน คือ ฟิแนนทีน (4.4 นาโนกรัม/กรัม), อะซีแนพทีน (16.2 นาโนกรัม/กรัม), อะซีแนฟโทลีน (18.0 นาโนกรัม/กรัม) และ เบนโซ(เอ)ไพรีน (1.0 นาโนกรัม/กรัม) และเมื่อพิจารณาปริมาณของสารอะโรมาติกแต่ละชนิดโดยรวมเทียบกับผลการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งแม้ว่าในรายละเอียด

ของชนิดอะโรมาติกที่พบจะไม่ใช้ชนิดเดียวกัน ก็อาจแสดงให้เห็นอย่างคร่าวๆ ได้ว่า ปริมาณสารอะโรมาติกแต่ละชนิดที่พบในตัวอย่างเนื้อเยื่อหอยแมลงภู่ที่เก็บจากบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน มีค่าสูงกว่าจากบริเวณอ่าวไทยตอนบน และจากผลการวิเคราะห์หาปริมาณอะโรมาติกกรวม ในตัวอย่างเนื้อเยื่อหอยแมลงภู่ โดยเพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล และ ศุภวัตร แซ่ลิ้ม (2526) ซึ่งเก็บตัวอย่างจากบริเวณอ่าวไทยตอนบน และวิเคราะห์ด้วยวิธีฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรสโคปี พบปริมาณ 0.06 ไมโครกรัม/กรัม เทียบกับสารมาตรฐานโครซิน ซึ่งมีค่าต่ำกว่าที่พบบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนเช่นกัน

เมื่อศึกษาเปรียบเทียบระดับปริมาณสารอะโรมาติกที่พบในการศึกษาครั้งนี้กับตัวอย่างสิ่งมีชีวิตในบริเวณอื่นๆ เช่น ในหอยแมลงภู่ (*Mytilus edulis*) บริเวณชายฝั่งของอ่าว Naples พบปริมาณสารอะโรมาติกในช่วง 185-295 นาโนกรัม/กรัม (น้ำหนักเปียก) ในหอยสองฝาบริเวณ Ebro Delta พบในช่วง 0.4-66 ไมโครกรัม/กรัม (น้ำหนักแห้ง) และบริเวณชายฝั่งแคลิฟอร์เนียพบ 3-290 ไมโครกรัม/กรัม (น้ำหนักแห้ง) (Risebrough, 1983) เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดของผลงานวิจัยจากที่ต่างๆ แสดงดังตารางที่ 5.2 จะเห็นว่าปริมาณสารอะโรมาติกในตัวอย่างหอยแมลงภู่ที่ศึกษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับบริเวณอื่นๆ ที่ไม่มีมลภาวะจากน้ำมัน ส่วนบริเวณที่มีปัญหาจากน้ำมัน พบว่ามีปริมาณไฮโดรคาร์บอนค่อนข้างสูง เช่น บริเวณชายฝั่งของ Ebro Delta ทะเลเมดิเตอร์เรเนียน พบปริมาณในช่วง 100-800 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง (Risebrough, 1983) ผลการศึกษานี้พบในช่วง 1.18-1.44 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณที่มีการปนเปื้อนจากน้ำมันแล้ว จะเห็นว่าตัวอย่างหอยแมลงภู่บริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนล่างนี้ยังมีค่าต่ำมาก

เป็นที่น่าสังเกตว่าการศึกษานี้ไม่พบสารกำจัดศัตรูพืชในตัวอย่างหอยแมลงภู่เลย ถึงแม้ว่าจะพบการสะสมของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนในปริมาณค่อนข้างสูงก็ตาม ทั้งนี้เพราะหอยแมลงภู่เป็นสัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะมีปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชละลายอยู่น้อยกว่าส่วนที่ตกสะสมในดินตะกอน

ตารางที่ 5.2 แสดงผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณไฮโดรคาร์บอนในหอยแมลงภู่งูบริเวณต่างๆ

ตัวอย่าง	สถานที่	สารไฮโดรคาร์บอน (ไมโครกรัม/กรัม)	วิธี	อ้างอิง
หอยแมลงภู่งู ( <i>Mytilus edulis</i> )	Southern Baltic Sea	230 (เทียบกับ Ekofisk crude oil)	ฟลูออเรสเซนซ์ สเปกโตรสโคปี	Law and Andrulewicz, 1983.
หอยสองฝา (หอยแมลงภู่งู, หอยนางรม และหอยกาบ)	Ebro Delta, สเปน	18-740 (อะลิฟาติกกรม) 0.4-66 (โพลีไซคลิกอะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอนรวม)	แกสโครมา โตกราฟี	Risebrough, et al., 1983.
หอยแมลงภู่งู ( <i>Mytilus californianus</i> )	ชายฝั่งของ แคลิฟอร์เนีย	7-180 (อะลิฟาติกกรม) 3-290 (โพลีไซคลิกอะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอนรวม)	แกสโครมา โตกราฟี	Risebrough, et al., 1983.
หอยแมลงภู่งู ( <i>Mytilus edulis</i> )	Port Valdez, อลาสกา	11-936 (ไฮโดรคาร์บอนรวม)	แกสโครมา โตกราฟี	Shaw, et al., 1986.
หอยแมลงภู่งู	Cape Peninsula อเมริกาใต้	53-1147 (อะลิฟาติกกรม) 1-50 (โพลีไซคลิกอะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอนรวม)	แกสโครมา โตกราฟี ฟลูออเรสเซนซ์ สเปกโตรสโคปี	Mason, 1987.
หอยแมลงภู่งู ( <i>mytilus edulis</i> )	Boston Harbor Massachusetts, USA	12.2	ฟลูออเรสเซนซ์ สเปกโตรสโคปี	Farrington, et al., 1988.

## ตารางที่ 5.2 (ต่อ)

ตัวอย่าง	สถานที่	สารไฮโดรคาร์บอน (ไมโครกรัม/กรัม)	วิธี	อ้างอิง
หอยสองฝา ( <u>Anomalocardia brasiliensis</u> )	Todos os Santos Bay, Bahia, บราซิล	0.1-5.1 (นอร์มัลอัลเคนราม) <0.1-3.3 (โพลีไซคลิกอะโรมาติก) ไฮโดรคาร์บอน)	แกสโครมา โทกราฟี	Tavares, et al., 1988.
หอยแมลงภู่ หอยนางรม	ชายฝั่งของ ประเทศฝรั่งเศส	<0.01-303.00 <0.10-69.50 (โพลีไซคลิกอะโรมาติก) ไฮโดรคาร์บอน)	HPLC	Hamilton, (ed.) 1989.
หอยแมลงภู่ ( <u>Mytilus edulis</u> )	Venice Area North-East อิตาลี	0.2-19.6 (เทียบกับโครซีน)	ฟลูออเรสเซนซ์ สเปกโตรสโคปี	Nasci, et al., 1989.
หอยแมลงภู่ ( <u>Mytilidae sp.</u> )	อ่าวเม็กซิโก	147 นาโนกรัม/กรัม (โพลีไซคลิกอะโรมาติก) ไฮโดรคาร์บอน)	แกสโครมา โทกราฟี	Wade, et al., 1989.
หอยแมลงภู่ ( <u>mytilus edulis</u> )	อ่าวเนเปิล	295 (โพลีไซคลิกอะโรมาติก) ไฮโดรคาร์บอน)	LC/HPLC	Cocchieri, et al., 1990
หอยแมลงภู่ ( <u>Perna viridis</u> )	อ่าวไทย	39.6 (โพลีไซคลิกอะโรมาติก) ไฮโดรคาร์บอน)	แกสโครมา โทกราฟี	มนูดี หังสพฤกษ์, 2527