บทที่ 5

วิจารณ์ผลการศึกษา

สารอินทรีย์คาร์บอนในตะกอน

ลักษณะตะกอนจะมีผลต่อการดูดซับสารไฮโดรคาร์บอน โดยที่ตะกอนที่ประกอบด้วยอนุภาคเล็กๆ เช่น แร่ดินเหนียวจะดูดซับสารไฮโดรคาร์บอนได้มากกว่าและตะกอนที่มีลักษณะละเอียดพวกซิลท์จะมีปริมาณสารอินทรีย์มากกว่าตะกอนที่มีขนาดใหญ่ ลักษณะของตัวอย่างตะกอนจึงเป็นสิ่งถูกนำมาพิจารณาร่วมด้วยเสมอในการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์และปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนในตะกอน ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าลักษณะตะกอนมีความแตกต่างกัน โดยแบ่งออกได้ 2 กลุ่มคือตะกอนที่มีลักษณะเป็นโคลนละเอียด และตะกอนที่มีลักษณะเป็นทรายหยาบ โดยพบว่าในสถานี A ตะกอนมีลักษณะเป็นโคลนละเอียดในขณะที่ตะกอนจากสถานี B และ C มีลักษณะเป็นทรายหยาบซึ่งผลการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนสอดคล้องกับคุณลักษณะของตะกอนโดยมีค่าร้อยละ0.56-0.91,0.40- 0.63 และ 0.31 -0.50 ในสถานี A, B และ C ตามลำดับและมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.69, 0.48 และ 0.40 ในสถานี A ,B และ C ตามลำดับ และในตะกอนจากชายฝั่งตะวันออกที่มีลักษณะเป็นโคลนละเอียดมีปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนร้อยละ 0.77- 2.10 และค่าเฉลี่ยร้อยละ 1.15 อย่างไรก็ตามปริมาณสารอินทรีย์ก็ไม่ได้ขึ้นอยู่กับเฉพาะลักษณะตะกอนเท่านั้น ดังจะเห็นได้จากตะกอนในบริเวณชายฝั่งตะวันตกที่มีลักษณะเป็นโคลนที่เป็นทรายหยาบแต่มีปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนสูงโดยมีค่าร้อยละ 0.86- 1.05 และค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.97 และบริเวณอ่าวไทยตอนล่างที่ตะกอนมีลักษณะเป็นโคลนละเอียดแต่มีปริมาณ สารอินทรีย์ต่ำโดยมีค่าร้อยละ 0.32-0.51 ,0.32-0.43 และ 0.40-0.66 และมีค่าเฉลี่ย 0.38 , 0.36 และ 0.51 ในสถานี F, G และ H ตามลำดับ ดังนั้นการพิจารณาถึงปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนจึงต้องพิจารณาถึงความสัมพันธ์กับปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนร่วมด้วย ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนกับปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนในบริเวณอ่าวไทยตอนบนมีค่า 0.81, 0.87 และ 0.67 สำหรับสถานี A, B และ C ตามลำดับ ในขณะที่ในบริเวณชายฝั่งตะวันตกมีค่า r = 0.50 บริเวณชายฝั่งตะวันออกมีค่า r=0.76 และอ่าวไทยตอนล่างในสถานี F, G และ H มีค่า r = 0.36, 0.57 และ 0.67 ตามลำดับ

สารไฮโดรคาร์บอนในตะกอน

ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนทุกสถานีพบว่าปริมาณของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนลดลงตามระดับความลึกของชั้นตะกอนในทุกสถานี โดยความสัมพันธ์ของปริมาณอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนกับระดับความลึกของชั้นตะกอน พบว่ามีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามดังแสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของทั้งปริมาณสารไฮโดรคาร์บอน ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน และระดับความลึกของชั้นตะกอน พบว่ามีความสัมพันธ์ในรูปของสมการดังแสดงในตารางที่ 4.4 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนในรูปนอร์มัลอัลเคนรวมในตัวอย่างตะกอนจากบริเวณอ่าวไทยตอนบนจากการศึกษาครั้งนี้กับตัวอย่างตะกอนจากบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาและท่าเรือคลองเตย (วรัญญา วิรุฬหผล, 2532) ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธีเดียวกันพบว่ามีปริมาณแตกต่างกันไม่มากนัก โดยตัวอย่างตะกอนจากบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยามีปริมาณของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนในรูปนอร์มัลอัลเคนรวมอยู่ในช่วง 0.40-45 ไมโครกรัมต่อกรัม และจากบริเวณท่าเรือคลองเตยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.2-8.2 ไมโครกรัมต่อกรัม นอกจากนี้ยังพบว่าในการศึกษาลักษณะเดียวกันโดย พรศรี สุทธนารักษ์ (2533) ที่ศึกษาไฮโดรคาร์บอนในตะกอนจากบริเวณอุตสาหกรรมตัดเรือเหล็กเก่าชายฝั่งจังหวัดระยอง พบอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนในรูปนอร์มัลอัลเคนรวมมีปริมาณอยู่ระหว่าง 0.31-2.08 ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างที่พบในตะกอนจากอ่าวไทยตอนบนในการศึกษาครั้งนี้ซึ่งพบสารอะลิฟาติกไฮโดรไฮโดรคาร์บอนในตะกอนจากสถานี A, B และ C มีปริมาณอยู่ระหว่าง 0.26-1.16 , 0.09-0.74 และ 0.06-0.24 ไมโครกรัมต่อกรัมตามลำดับ ผลการศึกษาปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนที่ได้สอดคล้องกับการที่อ่าวไทยตอนบนถูกจัดให้เป็นพื้นที่ที่มีความเสียงต่อการรั่วไหลของน้ำมันสูงสุด (ชรัตน์ รุ่งเรืองศิลป์,2532)ซึ่งพบว่าปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวมในตะกอนเฉลี่ย 0.36 ไมโครกรัมต่อกรัม และชายฝั่งทะเลตะวันตกมีปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวมมีค่าระหว่าง 0.09-0.64 ไมโครกรัมต่อกรัมและมีค่าเฉลี่ย 0.31 ไมโครกรัมต่อกรัมซึ่งจัดเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง ส่วนปริมาณไฮโดรคาร์บอนในตะกอนจากอ่าวไทยตอนล่างมีค่าระหว่าง 0.06-0.11, 0.06-0.14 และ 0.06-0.14 ไมโครกรัมต่อกรัมและค่าเฉลี่ย 0.08, 0.10 และ 0.10 ไมโครกรัมต่อกรัม สำหรับสถานี F, G และ H และค่าเฉลี่ยรวม 0.09 ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งอยู่ในบริเวณพื้นที่ความเสี่ยงปานกลางกลับมีปริมาณต่ำกว่าในตะกอนจากชายฝั่งตะวันออกที่มีค่า 0.06-0.87 ไมโครกรัมต่อกรัม และเฉลี่ย 0.32 ไมโครกรัมต่อกรัมซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องจากทางฝั่งตะวันออกมีแหล่งที่มาของน้ำมันจากกิจกรรมของมนุษย์ คือการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออกให้เป็นแหล่งอุตสาหกรรมซึ่งทำให้มีการขยายตัวของชุมชนเพิ่มขึ้นตามมา

ในการศึกษาการปนเปื้อนของสารไฮโดรคาร์บอนในแหล่งน้ำ โดยทั่วไปนอกจากจะศึกษาถึงปริมาณของสารไฮโดรคาร์บอนแล้วยังสามารถวิเคราะห์ถึงแหล่งที่มาของการปนเปื้อนได้อีกด้วย โดยที่พิจารณาจากค่าดัชนีต่างๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่าง ซึ่งค่าดัชนีต่างๆ ที่มักจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ถึงแหล่งที่มาของสารไฮโดรคาร์บอนได้แก่ ดัชนีแสดงอัตราส่วนของผลรวมนอร์มัลอัลเคนที่น้ำหนักโมเลกุลต่ำต่อผลรวมนอร์มัลอัลเคนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง (LMW/HMW) ดัชนีแสดงอัตราส่วนของนอร์มัลอัลเคนคาร์บอนอะตอม 16 ต่อนอร์มัลอัลเคนทั้งหมด (n-16 ratio) ค่าดัชนีแสดงการกระจายของนอร์มัลอัลเคนคาร์บอนอะตอมคี่ต่อนอร์มัลอัลเคนคาร์บอนอะตอมคู่ (CPI) ค่าดัชนีแสดงอัตราส่วนของนอร์มัลอัลเคนคาร์บอนอะตอม 17 ต่อสารพริสเทน อัตราส่วนของนอร์มัลอัลเคนคาร์บอนอะตอม 18 ต่อสารไฟเทน และค่าดัชนีพริสเทนต่อไฟเทน เป็นต้น (Colombo, 1989., Pelletier , 1991., Sleeter, 1980., Saliot, 1991.)

สำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้คำนวณค่าดัชนีต่างๆ ตัวอย่างสำหรับแต่ละบริเวณดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.1-5.3 และเมื่อพิจารณาถึงการปนเปื้อนของไฮโดรคาร์บอนในตะกอนในบริเวณอ่าวไทยจะพิจารณาได้ดังนี้คือ

เมื่อพิจารณาถึงชนิดของนอร์มัลอัลเคนที่พบในตะกอน พบว่ามีนอร์มัลอัลเคนที่มีคาร์บอนอะตอมตั้งแต่ C_{15}-C_{30} ในทุกสถานี โดยในบริเวณอ่าวไทยตอนบน บริเวณชายฝั่งตะวันตก ชายฝั่งตะวันออกและบริเวณอ่าวไทยตอนล่างที่พบว่ามี C_{17}, C_{19} และ C_{21} ปริมาณสูงในทุกตัวอย่าง ซึ่งการที่พบนอร์มัลอัลเคนที่เป็น major hydrocarbon ดังกล่าวอาจชี้ได้ว่าบริเวณอ่าวไทยได้รับอิทธิพลจากไฮโดรคาร์บอนที่มีแหล่งกำเนิดจากกำเนิดจากธรรมชาติ ทั้งนี้เนื่องจากสภาพแวดล้อมทางทะเลจะพบไฮโดรคาร์บอนที่มีนอร์มัลอัลเคนที่มีคาร์บอนอะตอม C_{15}, C_{17} ,C_{19} และ C_{21} เป็นตัวหลักซึ่งไฮโดรคาร์บอนเหล่านี้มีแหล่งมาจากพวกสาหร่ายทะเล แพลงค์ตอนพืช อย่างไรก็ตามในสถานี A พบว่าปรากฏทั้ง C_{15}, C_{17}, C_{19} ในช่วงแรกพและพบ C_{27}-C_{31} ในช่วงสองที่ซึ่งแสดงว่าเป็นนอร์มัลอัลเคนที่มีแหล่งกำเนิดจากจากพืชชั้นสูงด้วย สำหรับตะกอนจากสถานี B และ C ไม่พบ C_{29}-C_{31} ซึ่งชี้ว่าได้รับอิทธิพลของอะลิฟาติกจากพืชชั้นสูงน้อยมาก เพราะว่าอยู่ไกลจากชายฝั่ง (Sleeter,1980;Farrrington, 1976)

Colombo,1989 ได้เสนอให้ใช้ค่า LMW/HMW ของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนเป็นดัชนีในการแสดงถึงแหล่งกำเนิดของไฮโดรคาร์บอนโดยค่า LMW/HMW ที่มีค่าใกล้เคียงกับ 1 อาจมีแหล่งกำเนิดจากน้ำมันในขณะที่ไฮโดรคาร์บอนที่มีแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ เช่น แบคทีเรีย สิ่งมีชีวิตในทะเลและพืชชั้นสูงจะมีค่า LMW/HMW ต่ำกว่า 1 โดยพิจารณาร่วมกับ major hydrocarbon ด้วยจากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าตะกอนตัวอย่างจากอ่าวไทยตอนบน พบว่าค่าดัชนี LMW/HMW มีค่าต่ำกว่า 1 ในทุกตัวอย่างจากทุกบริเวณดังแสดงในตารางที่ 5.1 ซึ่งชี้ได้ว่าการปนเปื้อนของไฮโดรคาร์บอนที่มีแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ เช่นเดียวกับในตัวอย่างจากบริเวณชายฝั่งตะวันตกและชายฝั่งตะวันออกซึ่งพบว่ามีค่า

LMW/HMW ต่ำกว่า 1 ในขณะที่ตัวอย่างจากบริเวณอ่าวไทยตอนล่างที่มีค่า LMW/HMW มากกว่า 1 และใกล้เคียงกับ 1 ในบางตัวอย่างซึ่งชี้ได้ว่าการปนเปื้อนของไฮโดรคาร์บอนในบริเวณอ่าวไทยตอนล่างมีแหล่งมาจากปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน

Pelletier (1991),Colombo (1989) ได้ใช้ n-C_{16} ratio เป็นดัชนีที่แสดงถึงแหล่งกำเนิดของไฮโดรคาร์บอนอีกอย่างหนึ่ง โดยที่ n-C_{16} ratio ที่มีค่าสูง เช่น 50 จะแสดงถึงไฮโดรคาร์บอนที่มีแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติซึ่งส่วนมากจะพบในตัวอย่างตะกอนที่มีนอร์มัลอัลเคนอะตอมคี่อยู่ในปริมาณสูง และค่า n-C_{16} ratio ต่ำ เช่น 15 แสดงว่าการปนเปื้อนนั้นมาจากน้ำมัน ซึ่งผลจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าบริเวณอ่าวไทยตอนบนรวมทั้งชายฝั่งตะวันออกและชายฝั่งตะวันตก มีค่า n-C_{16} ratio สูงกว่า 50 อาจชี้ได้ว่าแหล่งของไฮโดรคาร์บอนนั้นมาจากธรรมชาติ ในขณะที่บริเวณอ่าวไทยตอนล่างอาจมีแหล่งปนเปื้อนของไฮโดรคาร์บอนจากน้ำมันเนื่องจาก n-C_{16} ratio มีค่าต่ำกว่า 15 ในทุกสถานีซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากการพิจารณาค่าดัชนี LMW/HMW ข้างต้น

ดัชนีอีกอย่างหนึ่งที่มีผู้นำมาใช้ในการพิจาณาถึงแหล่งที่มาของไฮโดรคาร์บอนที่พบอยู่ในสภาพแวดล้อมได้แก่ CPI โดยที่ค่า CPI ที่มีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับ 1 แสดงถึงแหล่งกำเนิดของไฮโดรคาร์บอนที่มาจากน้ำมัน และค่า CPI มากกว่า 1 แสดงถึงแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ (Sleeter, 1980) และ CPI> 5-7 แสดงถึงแหล่งกำเนิดมาจากพืชชั้นสูง (Saliot, 1991) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าตัวอย่างตะกอนจากบริเวณอ่าวไทยตอนบน ชายฝั่งตะวันตก และชายฝั่งตะวันออกมีค่า CPI สูงกว่า 1 อาจชี้ได้ว่าไฮโดรคาร์บอนในบริเวณดังกล่าวมาจากธรรมชาติและในบริเวณอ่าวไทยตอนล่างมีค่า CPI ใกล้เคียง 1 แสดงได้ว่าการปนเปื้อนมาจากน้ำมัน นอกจากนี้ Colombo (1989) E.Pelletier(1991) ใช้ค่า CPI_2 ที่คำนวณจาก $2(C_{27}+C_{29})/C_{26}+2C_{28}+C_{30}$ ในการแสดงถึงแหล่งกำเนิดของไฮโดรคาร์บอนโดยค่า CPI_2 มีค่าใกล้เคียง 1 แสดงถึงการปนเปื้อนจากน้ำมัน CPI_2 มีค่าอยู่ระหว่าง 3-6 แสดงว่ามีแหล่งกำเนิดมาจากพืชชั้นสูง ซึ่งการศึกษาครั้งนี้คำนวณค่า CPI_2 ได้เฉพาะตัวอย่างที่ตรวจพบนอร์มัลอัลเคนที่มีคาร์บอนอะตอม C_{26}-C_{30} ซึ่งมีผลสอดคล้องกับการพิจารณาจากค่า CPI_1 ที่กล่าวถึงแล้วข้างต้น ซึ่งจากผลการศึกษาในครั้งนี้เมื่อพิจารณาจากค่า CPI พบว่าในบริเวณอ่าวไทยตอนบน บริเวณชายฝั่งตะวันตก และบริเวณชายฝั่งตะวันออก มีค่ามากกว่า 1 ซึ่งชี้ได้ว่าไฮโดรคาร์บอนในบริเวณนี้มีแหล่งมาจากธรรมชาติ และในบริเวณอ่าวไทยตอนล่างมีค่า CPI ใกล้เคียง 1 ซึ่งอาจชี้ได้ว่าการปนเปื้อนของไฮโดรคาร์บอนมาจากปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน

Colombo(1989) ใช้อัตราส่วนของ C_{17} ต่อพริสเทน และ C_{18} ต่อไฟเทน เป็นดัชนีในการบอกภาวะของไฮโดรคาร์บอนที่ปนเปื้อนอยู่ในตะกอน โดยที่ค่า C_{17} ต่อพริสเทนและ C_{18} ต่อไฟเทน ที่มีค่าสูงแสดงว่าน้ำมันนั้นยังไม่ถูกย่อยสลายด้วยกระบวนการทางชีวภาพ เนื่องจากเพิ่งมีการปนเปื้อนมาไม่นาน แต่ในกรณีที่เป็นบริเวณที่ห่างจากฝั่งมากๆ ดัชนีดังกล่าวนี้มีค่าสูงแสดงว่ายังไม่มีการปนเปื้อนจากน้ำมัน ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ได้จากบริเวณอ่าวไทย แสดงว่ามีการปนเปื้อนจากน้ำมันเพียงเล็กน้อย

Sleeter(1980)ได้ใช้อัตราส่วนของพริสเทนต่อไฟเทนในการแสดงถึงแหล่งกำเนิดของไฮโดรคาร์บอนทั้งนี้เนื่องจากทั้งพริสเทนและไฟเทนเป็นไอโซพรินอยด์ที่มักจะตรวจพบเสมอในตะกอน โดยที่พริสเทนเป็นไอโซพรินอยด์ที่สามารถสังเคราะห์ขึ้นโดยสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะพวกโคพิพอด (copepod) (Sleeter,1980) จะเป็นแหล่งสำคัญของพริสเทนในตะกอน ส่วนไฟเทนนั้นจะพบในตะกอนที่ปนเปื้อนจากน้ำมันแม้ว่าจะตรวจพบไฟเทนบ้างในตะกอนที่มีอายุมากๆ (ancient sediment) ซึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงทางปฏิกริยาจากไฟทาดีน (phytadiens) ที่พบในพวก phytoplankton ซึ่งต้องใช้ระยะเวลานาน ดังนั้นการพบไฟเทนในตะกอนจึงเป็นดัชนีบ่งชี้ได้ว่าได้รับการปนเปื้อนจากน้ำมัน โดยเฉพาะในตะกอนที่มีอายุไม่มากนัก (recent sediment) ซึ่งอัตราส่วนของพริสเทนต่อไฟเทนที่มีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับ 1 จะแสดงถึงการปนเปื้อนจากน้ำมันและอัตราส่วนนี้มากกว่า 1 ชี้ถึงการปนเปื้อนจากธรรมชาติ ผลจากการศึกษาครั้งนี้อาจชี้ได้ว่า บริเวณอ่าวไทยตอนบน ชายฝั่งตะวันออก และอ่าวไทยตอนล่างที่พบทั้งพริสเทนและไฟเทน อาจชี้ได้ว่าไฮโดรคาร์บอนที่สะสมอยู่ในตะกอนมาจากธรรมชาติ โดยที่อัตราส่วนพริสเทนต่อไฟเทนสูงกว่า 1 เล็กน้อย อาจชี้ได้ว่าการปนเปื้อนจากทั้งธรรมชาติและจากน้ำมัน ส่วนบริเวณชายฝั่งตะวันตกดัชนีดังกล่าวต่ำกว่า 1 ซึ่งการปนเปื้อนอาจมาจากน้ำมัน

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีต่างๆ รวมกัน กล่าวได้ว่าแหล่งที่มาของไฮโดรคาร์บอนในตะกอนจากบริเวณต่างๆ ของอ่าวไทยมาจากทั้งธรรมชาติและน้ำมัน

นอกจากดัชนีต่างๆที่กล่าวมาข้างต้นแล้วการพิจารณาถึงแหล่งที่มาของไฮโดรคาร์บอนที่ปนเปื้อนในตะกอนยังมีดัชนีที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่บ่งชี้ถึงแหล่งของไฮโดรคาร์บอนที่ปนเปื้อนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น นั่นคือการปรากฏของ UCM ในโครมาโตรแกรมของแฟรคชั่นอะลิฟาติกโดยที่ UCM เป็นดัชนีของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนที่เป็น branched และ cyclic saturated alkanes ซึ่งยากต่อการแยกด้วยเทคนิคแกสโครมาโตกราฟ (Robert C.brown,1985) ลักษณะการปรากฏของ UCM บนโครมาโตแกรมสามารถแสดงถึงประเภทของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนที่ปนเปื้อนได้ โดยที่จุดสูงสุดของUCM อยู่ในช่วง C_{19}-C_{20} แสดงว่าเกิดจากการปนเปื้อนของ light petroleum และ UCM ที่จุดสูงสุดอยู่ในช่วง C_{31}-C_{32} แสดงว่าปนเปื้อนจาก heavy petroleum และการปรากฏของ UCM ทั้ง 2 ลักษณะแสดงว่ามีการปนเปื้อนของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนทั้ง 2 ประเภท (Colombo 1989) ดังที่พบในผลการวิเคราะห์ตัวอย่างที่บริเวณผิวของตะกอน(0-2 เซนติเมตร) ในทุกสถานีโดยเฉพาะในบริเวณอ่าวไทยตอนบน

เมื่อพิจารณาถึงประวัติการปนเปื้อนของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในตะกอนบริเวณอ่าวไทยโดยพิจารณาจากการปรากฏของ UCM ในโครมาโตแกรมของอะลิฟาติกแฟรคชัน พบว่าในบริเวณอ่าวไทยตอนบน สถานี A ปรากฏลักษณะของ UCM ในโครมาโตแกรมตั้งแต่ระดับความลึกประมาณ 40 เซนติเมตรขึ้นมาจนถึงชั้นบนสุดโดยปรากฏชัดเจนมากขึ้นในชั้นบน ในสถานี B ปรากฏ UCM ตั้งแต่ระดับความลึกประมาณ 16 เซนติเมตรขึ้นมา ส่วนในสถานี C ไม่ปรากฏ UCM ให้เห็นชัดเจนเนื่องจากเป็นสถานีที่อยู่ไกลจากฝั่ง ในบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตกพบว่าในสถานี D ลักษณะการปรากฏ

ของ UCM เริ่มชัดเจนตั้งแต่ระดับความลึกประมาณ 16 เซนติเมตรขึ้นมาจนถึงชั้นบนสุด บริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก สถานี Eพบ UCM ตั้งแต่ระดับความลึกประมาณ 14 เซนติเมตรขึ้นมา ส่วนอ่าวไทยตอนล่าง สถานี H ปรากฏลักษณะของ UCM ตั้งแต่ระดับความลึกประมาณ 20 เซนติเมตรขึ้นมาจนถึงชั้นบนสุด สถานี F และ G ไม่ปรากฏลักษณะของ UCM ให้เห็นอย่างชัดเจน

การปรากฏของ UCM ในโครมาโตแกรมอะลิฟาติกของแต่ละสถานีบริเวณต่างๆ ที่มีลักษณะชัดเจนมากขึ้นจากตะกอนชั้นล่างถึงชั้นบนสุด แสดงถึงการได้รับการปนเปื้อนจากน้ำมันตามระยะเวลาที่ผ่านมา การปรากฏของ UCM ดังกล่าวข้างต้นสามารถใช้เปรียบเทียบช่วงเวลาของการปนเปื้อนปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในแต่ละบริเวณได้ ถ้าทราบอัตราการตกตะกอนของแต่ละสถานีซึ่งจะสามารถคำนวณอายุตะกอนได้ แต่เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ไม่มีข้อมูลดังกล่าวจึงไม่สามารถเปรียบเทียบช่วงเวลาของการปนเปื้อนของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในบริเวณอ่าวไทยได้อย่างชัดเจน

จากผลการวิเคราะห์ในแฟรคชัน 2 ของตัวอย่างพบสารกลุ่มอื่นได้แก่ อัลดีไฮด์ แอลกอฮอล์ คีโตนและกรดอินทรีย์ในปริมาณสูง ทั้งนี้เนื่องจากสารกลุ่มนี้มีอยู่ในธรรมชาติซึ่งเป็นส่วนของสิ่งมีชีวิต และเมื่อกำจัดสารกลุ่มดังกล่าวข้างต้นออกไปแล้วนำตัวอย่างพบมาทำการวิเคราะห์ด้วย GC/MS พบว่ามีสารอะโรมาติกโดยเฉพาะกลุ่มโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่างในปริมาณน้อย สำหรับสารอะโรมาติกที่พบในบริเวณอ่าวไทยได้แก่ ไดเบนโซไธโอฟีน แนพธาลีน 1,2-ไดไฮโดร-1-ฟีนิลเบนโซ บี-แนพโธ 2,1-ดี ไธโอฟีน ไพรีน 2-เมทิลฟีแนนทรีน 2-เอทิลฟีแนนทรีน สารอะโรมาติกเหล่านี้พบในตะกอนชั้นบนสุดของตะกอนในทุกสถานีซึ่งแสดงแนวโน้มว่าสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่ระดับความลึกอื่นของชั้นตะกอนน่าจะมีปริมาณน้อยกว่าที่พบในชั้นบน และเมื่อพิจารณาถึงแหล่งที่มาของการปนเปื้อนของสารอะโรมาติกที่พบในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งพบสารพวกไดเบนโซไธโอฟีนและอนุพันธ์ของพวกแนพธาลีนและฟีแนนทรีน ชี้ว่ามีแหล่งมาจากน้ำมัน(Sleeter,1989)

ปริมาณรวมของ PAHs ที่พบในแต่ละสถานีในการศึกษาครั้งนี้ อ่าวไทยตอนบนมีค่าดังนี้ สถานี A 38.72 นาโนกรัมต่อกรัม สถานี B 123.52 นาโนกรัมต่อกรัม และไม่พบในสถานี C บริเวณชายฝั่งตะวันตกสถานี D 66.91 นาโนกรัมต่อกรัม บริเวณชายฝั่งตะวันออก สถานี E 43.1 นาโนกรัมต่อกรัม และบริเวณอ่าวไทยตอนล่าง สถานี F 13.63 นาโนกรัมต่อกรัม สถานี G 67.31นาโนกรัมต่อกรัม และสถานี H 58.32 นาโนกรัมต่อกรัม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในบริเวณอื่นๆ ดังในตารางที่ 5.4 พบว่าค่าที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้มีค่าต่ำกว่า ซึ่งชี้ให้เห็นว่าบริเวณต่างๆของอ่าวไทยที่ทำการศึกษาครั้งนี้ยังมีการปนเปื้อนของสารอะโรเมติกไฮโดรคาร์บอนน้อย

อย่างไรก็ตามการที่พบสารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนจากการศึกษาครั้งนี้ในปริมาณน้อยอาจเนื่องมาจากขั้นตอนในการวิเคราะห์ซึ่งต้องนำตัวอย่างมาทำการทดลองซ้ำในขั้นตอนเดียวกันหลายครั้ง จึงอาจทำให้เกิดการสูญหายของสารที่ทำการวิเคราะห์ไปได้ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์กลับคืน (recovery)ของการทดลองครั้งนี้ พบว่ามีค่าค่อนข้างต่ำ โดยอยู่ในช่วง 32.26-49.24 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าดัชนีต่างๆของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนในบริเวณอ่าวไทยตอนบน

Depth (cm.)	LMW/HMW			$n\text{-}C_{16}$ Ratio			CPI 1			CPI 2			C_{17} / pri			C_{18} / phy			pri / phy		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
0-2	0.73	0.69	0.43	66.65	19.88	32.90	-	3.31	5.96	2.03	3.16	11.69	6.85	-	-	2.44	16.57	2.21	1.22	-	-
2-4	-	0.39	0.51	-	32.99	26.15	-	5.39	4.40	-	1.52	0.89	-	-	-	-	-	4.01	-	-	-
4-6	-	0.45	0.40	-	20.42	23.58	-	7.00	5.80	-	-	6.61	-	-	-	-	-	4.44	-	-	-
6-8	0.88	0.31	0.34	60.07	39.15	41.81	4.66	7.32	5.57	4.46	1.01	1.04	7.49	-	-	2.57	5.45	2.91	0.82	-	-
8-10	-	0.26	0.31	-	61.28	42.46	3.69	5.25	2.58	-	1.58	0.45	-	-	-	-	18.18	6.60	-	-	-
10-13	0.80	0.47	0.23	59.93	18.54	38.80	5.69	4.82	2.71	4.04	-	1.47	6.91	-	-	6.00	11.11	5.86	1.30	-	-
13-16	0.67	0.42	0.34	58.87	32.83	23.27	3.57	3.77	4.27	4.09	-	-	7.91	-	-	5.58	3.32	4.54	1.54	-	-
16-19	0.55	0.54	0.61	111.76	20.83	14.24	4.89	3.94	3.74	4.19	-	-	18.97	-	-	3.55	3.36	-	0.18	-	-
19-22	0.47	0.87	0.56	33.87	13.62	15.82	4.34	2.25	3.41	4.48	-	-	8.68	2.83	-	12.27	12.67	5.30	2.96	4.49	-
22-25	0.42	0.88	0.46	56.81	11.60	37.64	2.87	2.33	3.83	2.65	-	-	6.89	-	-	-	11.70	-	-	-	-
25-28	0.49	0.52	0.40	121.48	15.29	18.37	6.38	4.44	4.06	3.17	-	-	-	-	-	4.59	5.47	-	-	-	-
28-31	0.42	0.42	0.59	40.31	71.33	27.86	5.87	2.39	3.22	2.83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31-34	0.34	0.34	-	47.30	16.96	-	2.68	4.10	-	3.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34-37	0.66	0.24	-	-	28.04	-	12.50	9.99		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37-40	0.66	-	-	41.01	-	-	3.11	-	-	3.78	-	-	3.37	-	-	4.76	-	-	1.27	-	-
40-43	0.13	-	-	-	-	-	-	-	-	2.81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43-46	0.61	-	-	139.50	-	-	-	-	-	3.59	-	-	4.52	-	-	8.65	-	-	1.59	-	-
เฉลี่ย	0.56	0.49	0.43	69.80	28.77	28.58	5.12	4.74	4.13	4.92	1.82	3.69	7.93	2.83	-	7.20	9.76	4.48	1.36	4.49	-

หมายเหตุ

LMW/LHW = C_{20} n/ C_{21}

$n\text{-}C_{16}$ ratio = n-ALK/C_{16}

CPI1 = $\frac{\text{odd carbon number homologs}}{\text{even carbon number homologs}}$

CPI_2 = $2(C_{27}+C_{29})/(C_{26}+2C_{28}+C_{30})$

C_{17}/PRI = C_{17}/pristane

C_{18}/PHY = C_{18}/phytane

PRI/PHY = pristane/phytane

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าดัชนีต่างๆของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนในบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตก สถานี D และบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก สถานี E

ก) แสดงค่าดัชนีต่างๆของสถานี D

DEPTH (cm.)	LMW/HMW	n-C16 RATIO	CPI1	CPI2	C17/PRI	C18/PHY	PRI/PHY
0-2	0.04	62.24	2.81	6.10	2.64	0.01	0.09
2-4	0.34	60.80	5.28	4.80	3.12	0.27	0.19
6-8	0.33	76.40	5.62	4.07	3.52	0.36	0.30
10-12	0.22	90.38	5.00	4.73	-	0.61	-
14-16	0.26	45.98	3.00	1.98	5.76	-	-
20-23	0.59	15.61	2.99	10.66	-	4.87	-
26-29	0.52	22.38	2.66	1.67	-	-	-
32-35	0.28	37.96	3.01	2.24	-	-	-
MEAN	0.32	51.47	3.80	4.53	3.76	1.22	0.19

ข) แสดงค่าดัชนีต่างๆของสถานี E

DEPTH (cm.)	LMW/HMW	n-C16 RATIO	CPI1	CPI2	C17/PRI	C18/PHY	PRI/PHY
0-2	0.38	-	2.46	3.24	3.35	6.12	2.48
4-6	0.76	13.33	2.45	-	3.16	6.10	2.29
8-10	0.93	14.87	0.93	0.74	3.30	7.51	1.61
13-16	0.30	30.59	1.40	4.77	3.13	3.10	0.89
19-22	0.79	12.82	1.91	6.47	2.44	4.63	1.61
25-28	0.64	18.71	1.96	5.41	2.26	3.00	1.01
31-34	0.21	71.76	2.67	10.92	-	-	-
37-40	0.33	25.56	5.07	-	-	-	-
MEAN	0.54	26.82	2.36	5.26	2.94	5.09	1.65

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าดัชนีต่างๆ ของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนในบริเวณอ่าวไทยตอนล่าง

ก) สถานี F

ข) สถานี G

ค) สถานี H

ก) แสดงค่าดัชนีต่างๆของสถานี F

DEPTH (cm.)	LMW/ HMW	n-C16 RATIO	CPI1	CPI2	C17/PRI	C18/PHY	PRI/PHY
0-2	0.84	9.64	1.70	3.46	1.76	3.98	2.18
10-12	1.38	6.56	1.32	-	-	4.41	-
18-21	1.69	7.07	1.33	-	-	3.96	-
27-30	0.60	8.43	1.57	-	-	-	-
36-39	1.10	6.76	1.05	2.05	2.05	4.25	2.16
45-48	1.08	8.18	1.25	-	-	6.13	-
48-51	2.07	5.51	1.25	-	-	4.04	-
เฉลี่ย	1.24	7.45	1.35	2.76	1.91	4.46	2.17

ข) แสดงค่าดัชนีต่างๆของสถานี G

DEPTH (cm.)	LMW/ HMW	n-C16 RATIO	CPI1	CPI2	C17/PRI	C18/PHY	PRI/PHY
0-2	0.05	2.70	2.40	3.28	2.58	4.44	2.14
6-8	0.83	11.72	1.86	2.36	1.90	1.79	1.19
10-13	0.72	8.66	1.59	2.05	2.58	2.34	1.02
22-25	1.13	7.67	1.10	1.84	3.71	6.73	1.87
31-34	1.29	7.38	1.25	-	3.00	3.24	0.91
43-46	1.18	9.19	1.02	1.70	0.70	2.06	1.91
49-52	0.54	39.32	1.57	5.03	2.42	1.84	0.31
52-55	0.38	73.20	1.24	1.61	3.55	3.21	0.41
เฉลี่ย	0.77	19.98	1.50	2.55	2.56	3.21	1.22

ค) แสดงค่าดัชนีต่างๆของสถานี H

DEPTH (cm.)	LMW/H MW	n-C16 RATIO	CPI1	CPI2	C17/PRI	C18/PHY	PRI/PHY
0-2	1.36	13.09	1.78	5.44	-	2.41	-
6-8	1.06	11.50	2.15	1.60	3.20	2.62	0.83
12-14	0.98	10.58	1.79	5.56	-	3.81	-
18-20	1.11	10.71	1.40	1.57	-	4.48	-
26-29	1.39	13.00	1.59	4.81	-	3.74	-
32-35	1.50	6.79	1.76	5.43	-	4.46	-
38-41	1.18	12.93	1.55	3.43	-	3.76	-
47-50	1.53	10.56	1.27	-	2.69	5.59	1.37
เฉลี่ย	1.26	11.15	1.66	3.98	2.95	3.86	1.10

ตารางที่ 5.4 เปรียบเทียบผลการศึกษาปริมาณรวมของ PAHs ในชั้นผิวของตะกอนบริเวณต่าง ๆ (Kennish,1991.,Lipiatou and Saliot,1991)

สถานที่ศึกษา	ปริมาณรวมของ PAHs (นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)	เอกสารอ้างอิง
Coastal shelf between Monaco and Rhone delta	128-238	Mille et al.(1982)
Rhone delta	1225-2427	Lipiatou et al.(1991)
Baltic Sea	258	Poutanen et al.(1981)
South Baltic Sea	50-2550	Law and Andrulewicz(1983)
Coastal area near urban centres of Barcelona and Valencia	1396-2313	Grimalt et al.(1984)
Tamar Estuary	4900	Readman et al.(1982)
Adriatic Sea	12-174	Marcomini et al.(1986)
Gulf of Lions	182-763	Lipiatou et al.(1991)
Gulf of Finland	437	Poutanen et al.(1981)
Massachusetts Bay	160-3400	Windsor and Hites(1979)
Western Mediterranean central cyclonic gyre	179	Lipiatou et al.(1991)
ปากแม่น้ำเจ้าพระยา	400-45000	วรัญญา วิรุฬหผล(2533)
อ่าวไทยตอนบน	0-123.52	การศึกษาครั้งนี้
อ่าวไทยฝั่งตะวันตก	66.91	"
อ่าวไทยฝั่งตะวันออก	43.10	"
อ่าวไทยตอนล่าง	13.63-67.31	"