

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการบริเวณหาดทราย ได้แก่ ปริมาณธาตุอาหาร (ฟอสเฟต ซิลิเกต ไนไตรท์ และ ไนเตรท) คุณสมบัติบางประการ (ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่างและความเค็ม) ของน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายกับน้ำทะเล และคุณลักษณะบางประการของทราย (ขนาดอนุภาคและปริมาณอินทรีย์สาร) จากหาดทราย 18 หาด ในภาคตะวันออกของประเทศไทย พบว่ามีความผันแปรเนื่องจากหาดและจุดที่เก็บตัวอย่าง สามารถสรุปและอภิปรายผลได้ดังนี้

ลักษณะและชนิดของหาดทราย

ผลการศึกษาหาดทรายในภาคตะวันออกพบว่าหาดทรายอยู่กระจายตลอดแนวชายฝั่งของภาคตะวันออก เมื่อน้ำลงต่ำสุดความกว้างของหาดจะไม่เกิน 200 เมตรและมีความกว้างตามภาคตัดขวางไม่มากนัก ส่วนใหญ่อิทธิพลของคลื่นและกระแสน้ำอยู่ในระดับปานกลาง สีของทรายพบว่ามีความแตกต่างกัน มีความหลากหลายของระบบนิเวศ บางแห่งพบว่าเป็นหาดโคลนและป่าชายเลนเนื่องจากทางน้ำจากแผ่นดินที่มีขนาดใหญ่พอทำให้เกิดการทับถมของดินตะกอนจากแผ่นดิน

หาดทรายในจังหวัดชลบุรีเป็นแหล่งอุตสาหกรรมและสถานที่ท่องเที่ยว ได้แก่ หาดบางแสน-วอนนภา บางพระ ศรีราชา แหลมฉบัง พัทยา และบางเสร่ ทำประมงชายฝั่งบางส่วน มีการรบกวนค่อนข้างมาก มีกิจกรรมบริเวณชายหาดมาก มีธุรกิจร้านค้าตั้งอยู่บริเวณชายหาดมากมาย มีการสร้างเขื่อนกันและทางเดินบริเวณชายหาด มีสาธารณูปโภคเพื่อรองรับการท่องเที่ยว เป็นแหล่งชุมชน มีการปล่อยน้ำเน่าเสียลงสู่หาดทราย มีการก่อสร้างท่าเรือยื่นลงไปในทะเล พบว่าระบบนิเวศของหาดทรายบางแห่งเริ่มเสื่อมโทรมโดยเฉพาะหาดบางพระและศรีราชามีการเปลี่ยนแปลงเป็นหาดโคลน นอกจากนี้พบว่าความกว้างของเขตได้แนวน้ำซึมออกจากแผ่นดินประมาณ 110-170

เมตรเมื่อน้ำลงต่ำสุด พบคลื่นแตกตัวปานกลาง ค่ากลางของขนาดอนุภาคทรายที่พบตั้งแต่ 0.71 ถึง 1.64 มิลลิเมตร สีของทรายเป็นสีน้ำตาลเทาจนถึงน้ำตาลอ่อน

หาดทรายในจังหวัดระยอง ได้แก่ หาดพูน-หาดน้ำริน หาดแม่รำพึง สวนสน หาดแม่พิมพ์ เป็นแหล่งอุตสาหกรรมและสถานที่ท่องเที่ยวเช่นเดียวกับจังหวัดชลบุรีมีชุมชนหมู่บ้านชาวประมงอาศัยอยู่ มีร้านอาหาร สาธารณูปโภคเพื่อรองรับการท่องเที่ยวและสิ่งปลูกสร้างกระจาย มีการพังทลายของชายฝั่งเนื่องจากการสร้างนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด พบว่าความกว้างของเขตได้แนวน้ำซึมออกจากแผ่นดินประมาณ 25 เมตรถึง 40 เมตร เมื่อน้ำลงต่ำสุด ไม่พบเขตคลื่นแตกตัว ค่ากลางของขนาดอนุภาคทรายตั้งแต่ 0.80 ถึง 1.25 มิลลิเมตร สีของทรายเป็นสีเทาอ่อน

หาดทรายในจังหวัดจันทบุรี ได้แก่ กุ้งวิมาน แหลมเสด็จ เจ้าหลาว แหลมสิงห์ เป็นแหล่งท่องเที่ยว มีร้านอาหารเล็กน้อย มีคลื่นลมรุนแรง ชายฝั่งพังทลาย บางหาดพบท่อน้ำทิ้งออกจากชายฝั่งทำให้เกิดเป็นทางน้ำบริเวณชายหาด แต่การรบกวนต่อระบบนิเวศไม่มากเท่ากับจังหวัดชลบุรีและระยอง พบว่าความกว้างของเขตได้แนวน้ำซึมออกจากแผ่นดินประมาณ 15 เมตรถึง 110 เมตร เมื่อน้ำลงต่ำสุด ไม่พบเขตคลื่นแตกตัว ค่ากลางของขนาดอนุภาคทรายตั้งแต่ 0.65 ถึง 1.07 มิลลิเมตร สีของทรายเป็นสีเทาอ่อนจนถึงน้ำตาลแดง

หาดทรายในจังหวัดตราด ได้แก่ หาดลานทราย หาดมุกแก้ว หาดบานชื่น หาดชาญชล เป็นแหล่งท่องเที่ยว มีที่พักและร้านอาหาร การท่องเที่ยวไม่หนาแน่นนัก บางแห่งมีการสร้างเขื่อนกั้นบริเวณชายฝั่ง มีสะพานและท่อน้ำสำหรับสูบน้ำทะเล มีธารน้ำจืดไหลลงสู่ทะเล พบว่าความกว้างของเขตได้แนวน้ำซึมออกจากแผ่นดินประมาณ 50 เมตรถึง 90 เมตร เมื่อน้ำลงต่ำสุด ไม่พบเขตคลื่นแตกตัว ค่ากลางของขนาดอนุภาคทรายตั้งแต่ 0.69 ถึง 0.76 มิลลิเมตร สีของทรายเป็นสีเทาอ่อนจนถึงขาว

ปริมาณธาตุอาหาร

ผลการศึกษาปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน ไนไตรท์ ฟอสเฟต ซิลิเกต ของน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตรจากพื้นทรายและน้ำทะเลของหาดทราย 18 หาดในภาคตะวันออกของไทยสรุปผลการศึกษาดังนี้

ไนไตรท์ ปริมาณไนไตรท์ในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายเฉลี่ยเท่ากับ 0.74 ไมโครกรัมอะตอม N/ลิตร ปริมาณไนไตรท์ของน้ำทะเลเฉลี่ยเท่ากับ 0.92 ไมโครกรัมอะตอม N/ลิตร หาดที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือหาดบางพระมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.21 ไมโครกรัมอะตอม N/ลิตร หาดที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือหาดพูนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.05 ไมโครกรัมอะตอม N/ลิตร หาดที่พบว่าจุดที่ 1 แนวน้ำซึมและเขตคลื่นแตกตัวตอนบนมีค่ามากกว่าน้ำทะเลได้แก่ บางแสน บางพระ แหลมฉบัง พูน แม่รำพึง สวนสน แม่พิมพ์ กุ้งวิมาน แหลมเสด็จ แหลมสิงห์ มุกแก้ว บานชื่น ชาญชล

ไนเตรท ปริมาณไนเตรทในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายเฉลี่ยเท่ากับ 4.41 ไมโครกรัมอะตอม N/ลิตร ปริมาณไนเตรทของน้ำทะเลเฉลี่ยเท่ากับ 3.60 ไมโครกรัมอะตอม N/ลิตร หาดที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือหาดบางพระมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.84 ไมโครกรัมอะตอม N/ลิตร หาดที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือหาดบ้านหินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.41 ไมโครกรัมอะตอม N/ลิตร หาดที่พบว่าจุดที่ 1 แนวน้ำซึมและเขตคลื่นแตกตัวตอนบนมีค่ามากกว่าน้ำทะเลได้แก่ หาดบางแสน บางพระ แหลมฉบัง พัทยา บางเสร่ พุนแม่รำพึง สวนสน แม่พิมพ์ กุ้งวิมาน แหลมเสด็จ เจ้าหลาวแหลมสิงห์ มุกแก้ว บ้านหิน ชาญชล

ฟอสเฟต ปริมาณฟอสเฟตในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายเฉลี่ยเท่ากับ 1.54 ไมโครกรัมอะตอม P/ลิตร ปริมาณฟอสเฟตของน้ำทะเลเฉลี่ยเท่ากับ 1.28 ไมโครกรัมอะตอม P/ลิตร หาดที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือหาดบางพระมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.83 ไมโครกรัมอะตอม P/ลิตร หาดที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือแหลมเสด็จมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.32 ไมโครกรัมอะตอม P/ลิตร หาดที่พบว่าจุดที่ 1 แนวน้ำซึมและเขตคลื่นแตกตัวตอนบนมีค่ามากกว่าน้ำทะเลได้แก่ หาดบางแสน บางพระ แหลมฉบัง พัทยา บางเสร่ แม่รำพึง สวนสน แม่พิมพ์ กุ้งวิมาน แหลมเสด็จ เจ้าหลาว ลานทราย บ้านหิน ชาญชล

ซิลิเกต ปริมาณซิลิเกตในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายเฉลี่ยเท่ากับ 35.88 ไมโครกรัมอะตอม Si/ลิตร ปริมาณซิลิเกตของน้ำทะเลเฉลี่ยเท่ากับ 17.51 ไมโครกรัมอะตอม Si/ลิตร หาดที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือแหลมสิงห์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 86.40 ไมโครกรัมอะตอม Si/ลิตร หาดที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือศรีราชามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.71 ไมโครกรัมอะตอม Si/ลิตร หาดที่พบว่าจุดที่ 1 แนวน้ำซึมและเขตคลื่นแตกตัวตอนบนมีค่ามากกว่าน้ำทะเลได้แก่ หาดบางแสน แหลมฉบัง พัทยา บางเสร่ พุนแม่รำพึง สวนสน แม่พิมพ์ กุ้งวิมาน แหลมเสด็จ เจ้าหลาว ลานทราย มุกแก้ว บ้านหิน ชาญชล

ปัจจัยทางกายภาพ

ผลการศึกษาปัจจัยทางกายภาพได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ความเค็ม และอุณหภูมิของน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตรจากพื้นทรายและน้ำทะเลของหาดทราย 18 หาดในภาคตะวันออกของไทยพบว่าตัวแปรทั้ง 4 มีความแตกต่างระหว่างหาด แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างจุดเก็บตัวอย่างยกเว้นปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำสรุปผลการศึกษาดังนี้

ความเค็ม ค่าเฉลี่ยของความเค็มของแต่ละสถานที่ทำการศึกษายู่ระหว่าง 28 ถึง 32 ส่วนในพันส่วน พบว่ามีความแตกต่างระหว่างหาดอย่างเด่นชัด โดยเฉพาะหาดบางพระ แหลมสิงห์ และหาดในจังหวัดตราดทั้ง 4 หาด มีความเค็มต่ำกว่าหาดทรายอื่น ๆ มาก โดยเฉพาะหาดทรายใน

จังหวัดตราดทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยของความเค็มของแต่ละสถานีที่ทำการศึกษาอยู่ระหว่าง 1 ถึง 3.5 ส่วนในพันส่วนซึ่งถือว่าต่ำมากแม้จะเป็นน้ำทะเลชายฝั่ง นอกจากนี้พบว่าจุดที่ 1 ซึ่งเป็นจุดที่มีน้ำซึมออกจากแผ่นดิน (water line) มีความเค็มต่ำกว่าจุดอื่น ๆ และจุดที่ 8 ซึ่งเป็นน้ำทะเลลึกพบว่ามีค่าความเค็มสูงที่สุดเมื่อเทียบกับจุดเก็บตัวอย่างอื่น ๆ

หาดส่วนใหญ่มีค่าความเป็นกรด - ด่างเฉลี่ย 8 ถึง 8.5 พบว่ามีความแตกต่างระหว่างหาดที่ทำการศึกษาบ้าง โดยเฉพาะที่หาดบางแสนและวอนนภาที่มีค่าความเป็นกรด - ด่างมีค่าเฉลี่ย 7 ถึง 7.5 ต่ำกว่าหาดอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้พบว่าจุดที่ 1 ซึ่งเป็นจุดที่มีน้ำซึมออกจากแผ่นดิน (water line) มีค่าความเป็นกรด - ด่างต่ำกว่าจุดที่ 8 ซึ่งเป็นน้ำทะเล

อุณหภูมิพบว่ามีความแตกต่างระหว่างหาดที่ทำการศึกษา โดยแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ หาดบางแสน ถึง หาดแม่พิมพ์ (ยกเว้น หาดพญาน - น้ำริน) ที่อุณหภูมิเฉลี่ยมีค่า 30 ถึง 35 องศาเซลเซียส เนื่องจากช่วงเวลาเก็บตัวอย่างเป็นช่วงกลางวัน และคังวิมาน ถึง หาดชาอุชลที่อุณหภูมิเฉลี่ยมีค่า 25 ถึง 30 องศาเซลเซียส เนื่องจากช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างเป็นช่วงเช้าและสำหรับผลระหว่างจุดเก็บตัวอย่างในแต่ละหาดพบว่ามีความใกล้เคียงกัน

ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำพบว่ามีความแปรปรวนของค่าออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำระหว่างจุดเก็บตัวอย่างของแต่ละหาดมากกว่าความแตกต่างระหว่างหาด ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่าค่าออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำของน้ำทะเลชายฝั่งที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงจุดเก็บตัวอย่างที่ 8 มีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับจุดอื่นและมีค่าใกล้เคียงกันทุกหาด โดยมีค่าเฉลี่ย 6 ถึง 8.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนจุดเก็บตัวอย่างอื่นมีค่าเฉลี่ย 1 ถึง 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทราย

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณลักษณะบางประการของทรายพบว่าความแตกต่างระหว่างสถานีในแต่ละหาดของค่ากลางของขนาดอนุภาคทรายและปริมาณสารอินทรีย์ในทรายมีน้อย ดังนั้นจึงพิจารณาผลเฉพาะระหว่างหาดและจุดเก็บตัวอย่างรายละเอียดของค่ากลางของขนาดอนุภาคทรายและสารอินทรีย์มีดังนี้

ค่ากลางของขนาดอนุภาคทรายพบว่าแต่ละหาดมีความแตกต่างกันไม่มากนัก ค่ากลางของขนาดอนุภาคทรายส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.5 ถึง 1.4 มิลลิเมตร หาดส่วนใหญ่จัดว่าเป็นหาดที่มีทรายละเอียด ยกเว้นหาดบางพระและศรีราชามีค่ากลางของขนาดอนุภาคทรายสูงกว่าหาดอื่นอย่างชัดเจน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.5 ถึง 2.5 มิลลิเมตร จัดว่าเป็นทรายหยาบ พิจารณาความแตกต่างระหว่างจุดเก็บตัวอย่างพบว่าส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกันและพบว่าแนวคลื่นแตกตัวอนุภาคทรายมีความละเอียดมากกว่าเขตอื่น

ปริมาณอินทรีย์สารสัมพันธ์ในทรายของหาดที่ทำการศึกษาพบมีค่าอยู่ในช่วง 0.2 ถึง 1.5 เปอร์เซ็นต์ แต่หาดบางแสน – วอนนภาเท่านั้นที่มีค่าสูงถึง 5 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้มีอีก 3 หาด คือ หาดบางพระ ศรีราชา หาดแหลมฉบัง หาดพัทยา ที่มีแนวโน้มพบปริมาณอินทรีย์มากกว่าหาดอื่น สำหรับความแตกต่างระหว่างจุดเก็บตัวอย่างพบว่ามีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมบริเวณหาดทราย จากผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ Pearson's correlation coefficient ที่ระดับความมีนัยสำคัญ $p < .05$

ปริมาณไนเตรทในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทราย มีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบตามกันกับอุณหภูมิ ($r = .10^*$) ซิลิเกต ($r = .12^*$) และปริมาณอินทรีย์สาร ($r = .12^*$)

ปริมาณไนไตรท์ในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทราย มีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบผกผันกับความเป็นกรดเป็นด่าง ($r = -.12^*$)

ปริมาณฟอสเฟตในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทราย มีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบตามกันกับความเค็ม ($r = .12^*$) ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ($r = .12^*$) และปริมาณอินทรีย์สาร ($r = .11^*$)

ปริมาณซิลิเกตในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทราย มีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบตามกันกับความเป็นกรดเป็นด่าง ($r = .10^*$)

อุณหภูมิในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทราย มีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบตามกันกับขนาดอนุภาคทราย ($r = .11^*$)

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมบริเวณหาดทราย กับสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่อาศัยอยู่ จากผลการวิเคราะห์ Spearman's correlation coefficient ที่ระดับความมีนัยสำคัญ 0.05

ข้อมูลสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่จากหาดทรายในภาคตะวันออกของไทยทั้งหมด 5 กลุ่ม คือ หอยสองฝา หอยฝาเดียว ครัสตาเซียน ไส้เดือนทะเล และเอคไคโนเดิร์ม รวม 73 ชนิด จำนวน 40,572 ตัว น้ำหนัก 11,648.38 กรัม (กุลธาร์ ศรีจันทพงศ์, 2545) พบความสัมพันธ์ดังนี้

ปริมาณฟอสเฟตมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบตามกันกับความชุกชุมของ *Macrophthalmus* sp. ($r = .38^*$) และมวลชีวภาพของครอบครีว *Macrophthalmus* sp. ($r = .40$) อีกทั้งพบความสัมพันธ์แบบผกผันกับความชุกชุมของ *Dotilla* sp. ($r = -.34$) *Tellina* sp.2 ($r = -.32$) และมวลชีวภาพของ *Dotilla* sp. ($r = -.32^*$) *Donax* sp.3 ($r = -.39^*$) *Tellina* sp.2 ($r = -.32^*$)

ปริมาณซิลิเกตมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบตามกันกับความชุกชุมของ *Cerithidium* ($r = .31$) *Glossus* sp. ($r = .32$) *Tellina* sp. ($r = .34^*$) และมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบตามกันกับมวลชีวภาพของครอบครีว *Dotilla* sp. ($r = .33^*$) *Cerithidium cingulata* ($r = .31^*$) *Glossus* ($r = .32^*$) *Tellina* sp.2 ($r = .34^*$)

ปริมาณไนโตรเจนมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบตามกันกับ *Alpheidae* ($r = .35^*$)

Cerithidium cingulata ($r = .35^*$) *Clea sp.1* ($r = .31^*$) *Veneridae* ($r = .32^*$) *Meretrix lusonia* ($r = .31^*$) *Gafratrix sp.* ($r = .32^*$) *Tellina sp.1* ($r = .35^*$) และมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับความชุกชุมของ *Donax sp.3* ($r = -.32$) และกับมวลชีวภาพของครอบครัว *Eunicidae* ($r = -.32^*$) และ *Donax sp.3* ($r = -.35^*$)

ปริมาณไนเตรตมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบผกผันกับความชุกชุมของ *Donax sp.3* ($r = -.33^*$) และมวลชีวภาพของ *Spionidae* ($r = -.37^*$) *Donax sp.3* ($r = -.36^*$) นอกจากนี้พบความสัมพันธ์ทางสถิติแบบตามกันกับมวลชีวภาพของครอบครัว *Neridae* ($r = .33^*$) *Alpheidae* ($r = .34^*$) *Cerithidium cingulata* ($r = .35^*$) *Clea sp.2* ($r = .31^*$) *Meretrix lusonia* ($r = .32^*$) *Gafratrix sp.* ($r = .32^*$) *Tellina sp.1* ($r = .35^*$)

ปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทราย มีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบตามกันกับความชุกชุมของ *Gafratrix sp.* ($r = .31^*$) และกับมวลชีวภาพของครอบครัว *Gafratrix sp.* ($r = .31^*$) นอกจากนี้พบว่ามีความสัมพันธ์แบบผกผันกับความชุกชุมของครอบครัว *Dotilla sp.* ($r = -.32^*$) *Clea sp.1* ($r = -.34^*$) *Meretrix lusonia* ($r = -.35$) *Anodontia edentula* ($r = -.34^*$) *Mya arenaria* ($r = -.34^*$) *Tellina sp.3* ($r = -.34^*$) และผกผันกับมวลชีวภาพของครอบครัว *Orbinidae* ($r = -.34^*$) *Maldanidae* ($r = -.33^*$) *Dotilla sp.* ($r = -.32^*$) *Clea sp.1* ($r = -.34^*$) *Meretrix lusonia* ($r = -.34$) *Anodontia edentula* ($r = -.34^*$) *Mya arenaria* ($r = -.34^*$) *Tellina sp.3* ($r = -.34^*$)

อุณหภูมิของน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทราย พบความสัมพันธ์แบบตามกันกับความชุกชุมของครอบครัว *Paguridae* ($r = .34^*$) *Siliqua ridiata* ($r = .34^*$) *Donax sp.2* ($r = .32$) และมวลชีวภาพของครอบครัว *Orbinidae* ($r = .32^*$) *Glyceridae* ($r = .34^*$) *Paguridae* ($r = .33^*$) อีกทั้งมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบผกผันกับความชุกชุมของ *Donax sp.3* ($r = -.33^*$) และมวลชีวภาพของ *Siliqua ridiata* ($r = -.34^*$)

ความเป็นกรดเป็นด่างในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบผกผันกับมวลชีวภาพของครอบครัว *Orbinidae* ($r = -.34^*$) และไม่พบความสัมพันธ์ทางสถิติกับความชุกชุมของสัตว์หน้าดิน

ความเค็มในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทราย มีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบผกผันกับความชุกชุมของครอบครัว *Cerithidium cingulata* ($r = -.35^*$) *Clea sp.1* ($r = -.39^*$) *Mya arenaria* ($r = -.39^*$) *Arcuatula arcuatulai* ($r = -.39^*$) และผกผันกับมวลชีวภาพของครอบครัว *Maldanidae* ($r = -.37^*$) *Cerithidium cingulata* ($r = -.37^*$) *Clea sp.1* ($r = -.39^*$) *Mya arenaria* ($r = -.39^*$) *Arcuatula arcuatulai* ($r = -.39^*$) อีกทั้งพบว่ามีความสัมพันธ์แบบตามกันกับความชุกชุม

ของ *Donax sp.2* ($r = .35^*$) และกับมวลชีวภาพของครอบครัว *Emerita* ($r = .32^*$) และ *Donax sp.2* ($r = .34^*$)

ขนาดของอนุภาคทราย มีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบตามกัน กับความชุกชุมของ ครอบครัว *Xanthidae* ($r = .36^*$) *Neritina sp.* ($r = .33^*$) *Glossus sp.* ($r = .34^*$) และมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบตามกันกับมวลชีวภาพของครอบครัว *Xanthidae* ($r = .36^*$) *Neritina sp.* ($r = .33^*$) *Glossus sp.* ($r = .33^*$) อีกทั้งมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับความชุกชุมของ *Clea sp.1* ($r = -.30^*$) *Meretrix lusonia* ($r = -.36$) *Mya arenaria* ($r = -.30^*$) *Tellina sp.3* ($r = -.34^*$) และมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับมวลชีวภาพของ *Umbonium vestiarum* ($r = -.31^*$) *Clea sp.1* ($r = -.30^*$) *Meretrix lusonia* ($r = -.37$) *Meretrix meretrix* ($r = -.31^*$) *Mya arenaria* ($r = -.30^*$) *Tellina sp.2* ($r = -.34^*$)

ปริมาณอินทรีย์สารของอนุภาคทราย มีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบตามกัน กับความชุกชุมของครอบครัว *Xanthidae* ($r = .33^*$) *Cerithidum cingulata* ($r = .37^*$) *Clea sp.2* ($r = .37^*$) *Veneridae* ($r = .31^*$) *Gafratrix* ($r = .37^*$) และมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบตามกันกับมวลชีวภาพของครอบครัว *Xanthidae* ($r = .33^*$) *Cerithidum cingulata* ($r = .37^*$) *Clea sp.2* ($r = .37^*$) *Veneridae* ($r = .31^*$) *Gafratrix sp.* ($r = .37^*$) นอกจากนี้พบความสัมพันธ์แบบผกผันกับความชุกชุมของ *Donax sp.3* ($r = -.34^*$) และมวลชีวภาพของ *Donax sp. 3* ($r = -.37^*$)

อภิปรายผลการศึกษา

1. ลักษณะและชนิดของหาดทราย

หาดทรายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบกระจายแบบไม่ต่อเนื่องตลอดแนวชายฝั่ง ลักษณะของหาดทรายและดินตะกอนจะมีลักษณะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับที่ตั้งและลักษณะทางภูมิศาสตร์ของชายฝั่งทะเล อิทธิพลของคลื่น ลม และกระแสน้ำ โดยทรายหายาพบตามชายฝั่งที่มีการกระทำของคลื่นลมมาก ส่วนทรายละเอียดพบตามชายฝั่งที่มีคลื่นลมไม่รุนแรงนัก (Peters et al., 1999) นอกจากนี้หาดทรายบางแห่ง ได้แก่ หาดทรายทอง พบการพังทลายของชายฝั่งเนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การสร้างเขื่อนกั้น และการถมทะเลเพื่อสร้างท่าเรือ

จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่าหาดทรายที่ทำการศึกษาทั้งหมด 18 หาด มีความกว้างไม่มากนัก เมื่อน้ำลงต่ำสุดมีความกว้างไม่เกิน 200 เมตร สามารถแบ่งหาดตามลักษณะทางสัณฐานวิทยา อนุภาคทราย อิทธิพลของคลื่นลม ความกว้างของเขตที่อยู่เหนือและใต้ระดับน้ำได้ดิน (water line) (McLachlan & Jaramillo, 1995) ทำให้แบ่งหาดทรายออกได้เป็น 3 แบบ

หาดทรายรีเฟลคทีฟ (Reflective sandy beach) ที่เป็นหาดหน้าแคบ มีทรายหยาบ ได้รับอิทธิพลจากคลื่นลมรุนแรงซึ่งหาดที่ถูกจัดอยู่ในประเภทนี้ได้แก่ หาดพูน-น้ำริน หาดแสงจันทร์ แหลมสิงห์ แหลมเสด็จและคู้วิมาน เป็นหาดที่มีทั้งเขตทรายแห้งและเขตคลื่นแตกตัวแคบและชันมาก

หาดทรายอินเตอร์มีเดียล (Intermediate sandy beach) หาดที่มีเขตทรายแห้งแคบ แต่เขตคลื่นแตกตัวกว้าง องค์ประกอบหลักของทรายเป็นทรายละเอียดถึงละเอียดมาก เพราะได้รับอิทธิพลของคลื่นปานกลางหาดส่วนใหญ่ที่ทำการศึกษাজัดอยู่ในแบบนี้ได้แก่ หาดบางแสน บางพระ ศรีราชา พัทยา บางเสร่ เจ้าหลาว หาดชาญชล หาดบานชื่น หาดมุกแก้ว หาดลานทราย

หาดทรายดิสซิพาทีฟ (Dissipative sandy beach) เป็นหาดที่มีเขตทรายแห้งกว้าง แต่เขตคลื่นแตกตัวแคบ ทรายที่ทับส่วนใหญ่เป็นทรายละเอียดมาก ทั้งนี้มีอิทธิพลของคลื่นลมมากทำให้เกิดการเกลี่ยทรายเป็นแนวกว้าง หาดที่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ หาดแม่รำพึง หาดสวนสน และหาดแม่พิมพ์

จากการศึกษาพบว่าสีของทรายในแต่ละหาดมีความแตกต่างกันแสดงให้เห็นถึงแหล่งกำเนิดของทรายที่แตกต่างกัน เช่นหาดบางแสน-วอนนภา หาดสวนสน หาดแม่รำพึง บางพระ และศรีราชาสีของทรายเป็นสีดำและเป็นโคลน แต่หาดบานชื่น หาดลานทรายพบว่ามีสีของทรายเป็นสีน้ำตาลอ่อน-ขาวและไม่มีสิ่งสกปรกปะปน ความแตกต่างของสีของทรายส่วนหนึ่งเป็นเพราะหาดที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยมมักมีสิ่งสกปรกปะปนมาก(สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2540)

ในการศึกษาระบบนิเวศหาดทรายในประเทศไทย มีเฉพาะการศึกษาของเด็คเตอร์ Dexter, (1996) เท่านั้นที่จำแนกชนิดของหาดทรายทางด้านตะวันตกของเกาะภูเก็ต โดยพบว่า หาดทรายแก้ว หาดไม้ขาว และหาดกมลา เป็นหาดแบบรีเฟลคทีฟ หาดนายทอง หาดบางเทา หาดสุรินทร์ หาดกะรน และหาดกะตะเป็นหาดแบบอินเตอร์มีเดียล ส่วนหาดไนยางและหาดป่าตองเป็นหาดแบบ ดิสซิพาทีฟ

2. คุณสมบัติหน้าที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายจากหาดทรายในบริเวณภาคตะวันออกของไทย

การศึกษานี้ทำให้ทราบว่าอิทธิพลของน้ำจากแผ่นดินต่อระบบนิเวศหาดทรายในภาคตะวันออกของประเทศไทย ซึ่งผลการศึกษาชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่ามีน้ำจากแผ่นดินในระบบน้ำใต้ดินไหลออกสู่ชายฝั่งในบริเวณที่เป็นหาดทราย ทั้งนี้ตัวแปรที่ยืนยันการเจือปนของน้ำจืดจากแผ่นดิน ได้แก่ ความเค็ม อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจน โดยพบว่าคุณสมบัติของน้ำระหว่างอนุภาคในเขตแนวน้ำซึมออกจากแผ่นดินมีความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณ

ออกซิเจนต่ำกว่าน้ำทะเล และน้ำในเขตอื่น การที่มีน้ำจืดไหลออกมา จะมีอิทธิพลต่อระบบนิเวศ หาดทรายอย่างไรจะขึ้นกับคุณสมบัติทางเคมีของน้ำ โดยเฉพาะธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช ทั้งนี้ ปริมาณสารอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคเฉพาะเขตแนวน้ำขึ้นออกจากแผ่นดิน มีความแปรผัน ระหว่างหาดทรายที่ทำการศึกษามาก แสดงให้เห็นว่าเป็นปัจจัยที่เฉพาะขึ้นกับแต่ละพื้นที่ ทั้งนี้ ผล การศึกษามีผลที่น่าสนใจคือ กรณีของบางพระพบว่าค่าของสารอาหารทุกตัวที่ทำการศึกษามีค่าสูง มาก อีกทั้งเมื่อพิจารณาจากสภาพของหาดทรายที่มีการทับถมของโคลนและอินทรีย์สารและทอ ปล่อน้ำทิ้งลงสู่บริเวณหาดทรายจึงน่าสนใจว่ามีการปนเปื้อนของอินทรีย์สารจากบ้านเรือน ผ่าน ระบบน้ำใต้ดิน สู่บริเวณชายฝั่งทะเล ซึ่งสามารถอธิบายผลที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

ปริมาณไนโตรเจนพบว่าในแต่ละหาดมีความแตกต่างระหว่างสถานีในบางจุดเก็บ ตัวอย่าง แต่อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณไนเตรตและไนไตรท์ที่จุดแนวน้ำขึ้นและเขตคลื่นแตกตัว ตอนบนของหาดส่วนใหญ่เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทะเลพบว่ามีค่ามากกว่าน้ำทะเล แสดงให้เห็นว่าน้ำ จากแผ่นดินนำพาปริมาณไนโตรเจนสู่หาดทราย พบว่าหาดส่วนใหญ่มีปริมาณไนไตรท์และ ไนเตรตที่จุดแนวน้ำขึ้นและเขตคลื่นแตกตัวตอนบนสูงกว่าน้ำทะเล นอกจากนี้หาดที่เป็นสถานที่ ท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยมและมีโรงแรมหรือบ้านเรือนตั้งอยู่หนาแน่น พบว่ามีปริมาณไนไตรท์ และไนโตรเจนสูงกว่าหาดอื่น ๆ อย่างชัดเจน ได้แก่ หาดบางแสน พัทยา บางพระ ที่หาดเหล่านี้มี ปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าหาดอื่นอาจเป็นเพราะน้ำทิ้งที่เป็นน้ำใต้ดินที่ถูกปล่อยบริเวณชายหาดเป็น แหล่งที่มาของไนโตรเจน (Johannes, 1980) เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษารั้งนี้กับผลการศึกษาของ สุนิสา ขันท่า (2546) พบว่าเป็นไปในทางเดียวกันและมีค่าผลการศึกษาที่หาดบางแสนใกล้เคียง เช่นเดียวกัน ซึ่งพบว่าที่หาดบางแสน-วอนนภามีปริมาณไนไตรท์ในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาค ทรายบริเวณเขตน้ำขึ้นออกจากแผ่นดินมีปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยทั้งรอบปี $0.86 \pm 0.08 \mu\text{g-at N/l}$ และ ในน้ำทะเลชายฝั่งที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงพบปริมาณไนไตรท์ต่ำกว่าเขตอื่นคือมีค่าเฉลี่ยทั้งรอบปี $0.09 \pm 0.01 \mu\text{g-at N/l}$ และปริมาณไนเตรตในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายบริเวณเขตน้ำขึ้นออก จากแผ่นดินมีปริมาณไนเตรตเฉลี่ยทั้งรอบปี $15.50 \pm 1.20 \mu\text{g-at N/l}$ ซึ่งมีค่าสูงกว่าน้ำทะเลเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าน้ำจากแผ่นดินที่ไหลลงสู่หาดทรายส่วนใหญ่มีปริมาณไนโตรเจนค่อนข้างสูง

ปริมาณฟอสเฟตในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายระหว่างจุดเก็บตัวอย่างในแต่ละ หาดมีความแตกต่างน้อยมาก พิจารณาเปรียบเทียบในแต่ละหาดพบว่าปริมาณฟอสเฟตในน้ำที่ แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายมีความแตกต่างกันไม่มากนัก และพบว่าหาดส่วนใหญ่มีปริมาณ ฟอสเฟตของน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายที่จุดแนวน้ำขึ้นและเขตคลื่นแตกตัวตอนบนมีค่า มากกว่าน้ำทะเล หาดที่พบปริมาณฟอสเฟตของน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายสูงกว่าหาดอื่น อย่างชัดเจน คือ หาดบางพระและหาดบางแสน-วอนนภา ซึ่งทั้งสองหาดนี้มีชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง

เช่น บ้านพักอาศัย โรงแรม อยู่อย่างหนาแน่นและพบว่าการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่บริเวณชายหาด อีกทั้งหาดบางแสน-วอนนภาและบางพระได้รับปริมาณฟอสเฟตจากแม่น้ำบางปะกงที่เป็นพื้นที่ทำการเกษตรที่มีการระบายน้ำทิ้งที่ปนเปื้อนของปุ๋ยรวมถึงเศษซากอินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบ (เกศินี กิจกำแหง, 2543) ซึ่งปริมาณฟอสเฟตอาจมีสาเหตุมาจากการเจือจางโดยน้ำจืดที่มากับน้ำใต้ดินและน้ำล้นผิวดิน เช่น แม่น้ำ การชะล้างพื้นดินจากน้ำฝนในช่วงฤดูน้ำมากเป็นสำคัญ (มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532) อิทธิพลเหล่านี้เป็นส่วนที่ทำให้ทั้งสองหาดมีปริมาณฟอสเฟตสูงกว่าหาดอื่นอย่างชัดเจน นอกจากนี้สุนิสา ขันท่า (2546) ทำการศึกษาคุณสมบัติน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายที่หาดบางแสนพบว่า เซตน้ำซึมออกจากแผ่นดิน เซตคลื่นแตกตัวดอนบนและเซตคลื่นแตกตัวดอนล่าง ซึ่งทั้ง 3 เซตพบฟอสเฟตในปริมาณที่ใกล้เคียงกันคือมีปริมาณเฉลี่ยทั้งรอบปี $2.56 \pm 0.18 \mu\text{g-at P/l}$, $2.74 \pm 0.23 \mu\text{g-at P/l}$ และ $2.39 \pm 0.16 \mu\text{g-at P/l}$ ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าเมื่อเทียบกับในน้ำทะเลชายฝั่ง ที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงคือพบปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ยทั้งรอบปี $0.75 \pm 0.05 \mu\text{g-at P/l}$ เมื่อเปรียบเทียบผลดังกล่าวกับผลการศึกษาที่หาดบางแสนพบว่ามีความใกล้เคียงกัน

ปริมาณซิลิกาเกิดพบว่าในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและแต่ละสถานีมีความผันแปรของปริมาณซิลิกาในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายมาก แต่อย่างไรก็ตามพบว่าน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายมีปริมาณซิลิกาเฉลี่ยสูงกว่าปริมาณซิลิกาเฉลี่ยในน้ำทะเล ถ้าพิจารณาเฉพาะจุดที่มีน้ำซึมจากแผ่นดินและเซตคลื่นแตกตัวดอนบนของหาดส่วนใหญ่ที่ทำการศึกษาก็ได้ชัดเจนว่ามีปริมาณซิลิกาสูงกว่าปริมาณซิลิกาของน้ำทะเลในแต่ละหาด สำหรับความผันแปรของปริมาณซิลิกาในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายนั้น ความผันแปรของปริมาณซิลิกาในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายอาจขึ้นอยู่กับสิ่งมีชีวิตที่พบในหาดทรายนั้น เช่น ไคอะดอมที่อาศัยอยู่หน้าดินหรืออยู่ตามเม็ดทรายใช้ซิลิกอนเป็นองค์ประกอบของเปลือก (สมถวิล จริตควร, 2535)

สำหรับปัจจัยทางกายภาพของน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างทรายได้แก่ ความเค็ม ความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ พบว่าจุดที่มีน้ำซึมออกจากแผ่นดินมีความแตกต่างจากจุดอื่น ๆ และน้ำทะเลอย่างชัดเจน พิจารณาได้ดังนี้

ความเค็มพบที่มีความแตกต่างระหว่างหาดอย่างเด่นชัด โดยเฉพาะหาดบางพระ แหลมสิงห์ และหาดในจังหวัดตราดทั้ง 4 หาด มีความเค็มต่ำกว่าหาดทรายอื่น ๆ มาก โดยเฉพาะหาดทรายในจังหวัดตราดทั้งหมดมีความเค็มเฉลี่ยต่ำกว่า 5 ส่วนในพันส่วนซึ่งถือว่าต่ำมากแม้จะเป็นน้ำทะเลชายฝั่ง เนื่องจากมีทางน้ำจืดไหลลงสู่ทะเลและขณะเก็บตัวอย่างมีฝนตก นอกจากนี้ความเค็มเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ทราบว่าน้ำใต้ดินจากแผ่นดินไหลลงสู่บริเวณหาดทราย สังเกตได้จากจุดที่มีน้ำซึมออกจากแผ่นดินมีความเค็มต่ำกว่าจุดอื่น ๆ และน้ำทะเล ซึ่งเกิดจากการที่มีน้ำจืดมาเจือจาง

ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำพบว่ามีความแปรปรวนของค่าออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำระหว่างจุดเก็บตัวอย่างของแต่ละหาดมากกว่าความแตกต่างระหว่างหาด ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน เห็นได้อย่างชัดเจนว่า ค่าออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำของน้ำทะเลชายฝั่งที่ใช้เป็นจุดอ้างอิง มีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับจุดอื่นและมีค่าใกล้เคียงกันทุกหาด น้ำทะเลมีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูงเนื่องจากการกระทำของคลื่นทำให้ในน้ำทะเลมีปริมาณออกซิเจนเพียงพออยู่แล้ว แต่ปริมาณออกซิเจนในน้ำที่แทรกอยู่ในทรายมักมีปริมาณน้อย (สมถวิล, 2535)

ปัจจัยอื่น ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่างและอุณหภูมิ พบว่าแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมีค่าแตกต่างกันไม่มา ซึ่งคล้ายกับผลการศึกษาของสุนิสา ขยันทำ(2546) และ ผลการศึกษาของเสาวภาคย์ ประจงการ และ สมถวิล จริตวร (2534) กล่าวว่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการ อันได้แก่ ความเค็ม อุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่างของน้ำทะเลกับน้ำในดินที่หาดบางแสน มีค่าไม่แตกต่างกันมาก อยู่ในเกณฑ์ปกติ

นอกจากนี้พบว่าจากผลการศึกษาคณภาพน้ำทะเล (จุดอ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบกับน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทราย) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งประเภทที่ 5 คือคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการว่ายน้ำในส่วนของและมีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาของงานวิจัยที่ผ่านมาในช่วงปี 2529-2541 (ทองต่อ แยมประทุม และคณะ, 2522; ทองต่อ แยมประทุม, อรุณี เทอดเทพพิทักษ์, และธรรมบุญ เพชรยศ, 2523; ทองต่อ แยมประทุม, ธรรมบุญ เพชรยศ, วิทยา บุญถนอม และคณะ, 2524; แววดา ทองระอา และคณะ, 2535; กรมควบคุมมลพิษ, 2539; ฉลาย มุสิก และวันชัย วงศ์ดาวรรณ, 2542) ได้แก่บริเวณอ่าวระยอง พบว่าน้ำทะเลมีอุณหภูมิ 27.1 ถึง 32.0 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดเป็นด่าง 5.8 ถึง 8.4 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 5.5 ถึง 8.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเค็ม 25 ถึง 33 ส่วนในพันส่วน ไนโตรเจน 0.00 ถึง 0.44 ไมโครโมลต่อลิตร ไนเตรต 0.11 ถึง 15.5 ไมโครโมลต่อลิตร ฟอสเฟต 0.01 ถึง 8.32 ไมโครโมลต่อลิตร บริเวณสัตหีบถึงตราดพบว่า ความเป็นกรดเป็นด่าง 8.0 ถึง 8.6 ออกซิเจนที่ละลายน้ำ ผิวหน้า 5.66 ถึง 8.64 มิลลิกรัมต่อลิตร ผิวดิน 5.83 ถึง 8.23 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเค็ม 32 ถึง 33 ส่วนในพันส่วน ไนโตรเจน 0.10 ถึง 0.39 ไมโครโมลต่อลิตร ไนเตรต 0.80 ถึง 2.14 ไมโครโมลต่อลิตร ฟอสเฟต 0.08 ถึง 0.18 ไมโครโมลต่อลิตร

น้ำจากแผ่นดินมีความสำคัญต่อระบบนิเวศหาดทรายที่จะนำพาธาตุอาหารมาสู่หาดทรายและน้ำบริเวณชายฝั่ง หากมีปริมาณไนเตรต และฟอสเฟต ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่สำคัญในการเจริญเติบโตของพืชในทะเลมากเกินไป ก็จะส่งผลให้พืชเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง ประกอบกับการใช้ออกซิเจนของแบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์ เมื่อถึงจุดหนึ่งที่จำนวนพืชมากเกินไปปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอ

ความต้องการ ทำให้พืชตายในที่สุด เรียกว่าการเกิดยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ซึ่งเป็นดัชนีหนึ่งที่บ่งชี้ปัญหามลพิษทางทะเลและคุณภาพน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบนจะเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีหรือซีปลาวาฟ เกิดขึ้นบริเวณชายฝั่งและบริเวณปากแม่น้ำบ่อย ๆ อันเกิดจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น อิทธิพลของปริมาณสารอาหาร แร่ธาตุที่ละลายในน้ำบริเวณชายฝั่งบริเวณปากแม่น้ำซึ่งไหลมาตามลำน้ำสู่ทะเล (ธีรพร สุระตระกูล, 2539) หากที่มีรายงานการเกิดยูโทรฟิเคชันมากในระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมาได้แก่ หาดบางแสน – วอนนภา บางพระ ศรีราชา พัทยาและจอมเทียน จากผลการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบว่าน้ำจากแผ่นดินนำธาตุอาหารมาสู่หาดทราย และหาดทรายในแต่ละพื้นที่ได้รับผลกระทบที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพของหาดทรายในภาคตะวันออกของหาดทราย จึงควรศึกษาในเรื่องนี้ให้มากขึ้น

3. ขนาดอนุภาคทรายและปริมาณอินทรีย์สารของทรายจากหาดทรายในบริเวณภาคตะวันออกของไทย

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าหาดทรายที่ทำการศึกษาทั้ง 18 หาด มีองค์ประกอบของอนุภาคที่แตกต่างกัน และยังมีความแตกต่างระหว่างเขตบนหาดทรายด้วย ทั้งนี้พบว่าหาดทรายบริเวณอ่าวไทยตอนในทั้งหมด ตั้งแต่หาดบางแสน จนถึงหาดบางเสร่ พบเป็นทรายหยาบ (> 1 มม.) มากกว่าหาดทรายที่อยู่ตอนนอกออกไป ซึ่งหาดตอนนอกตั้งแต่หาดพุน จ.ระยอง จนถึงหาดชาญชล จ.ตราด พบว่าทรายที่พบเป็นทรายละเอียด 0.125 – 1 มม. ซึ่งสอดคล้องกับชนิดของหาดที่พบ โดยที่หาดแบบดิสซิพาทีฟ (Dissipative) จะพบทรายละเอียด ส่วนหาดทรายแบบรีเฟลคทีฟ (Reflective) จะเป็นทรายหยาบ อีกทั้งอิทธิพลของคลื่นลมมีผลทำให้ทรายมีขนาดแตกต่างกัน ซึ่งหาดทรายในอ่าวไทยตอนในได้รับอิทธิพลของคลื่น – ลมน้อยกว่าหาดทรายที่อยู่ตอนนอกออกมา

สำหรับความแตกต่างของทรายที่พบในแต่ละเขตของหาดทรายนั้น มีรูปแบบที่ค่อนข้างชัดเจนที่ในเขตคลื่นแตกตัวทรายที่พบจะเป็นทรายละเอียดมาก ขณะที่ในเขตทรายแห้งที่มีการพัดพาของอนุภาคทรายมาก พบว่ามีทรายหยาบมาก (Tait, 1981) ทั้งนี้เพราะว่าในเขตคลื่นแตกตัวมีการพัดพาอนุภาคทรายเป็นเวลายาวนาน ทรายขนาดที่เข้ามาสะสมจึงเป็นทรายละเอียดที่มีความอยู่ตัว ขณะที่เขตทรายแห้งจะเป็นเขตที่ยังมีการเคลื่อนย้ายของทรายอยู่ ทั้งนี้อนุภาคที่ถูกเคลื่อนย้ายได้ง่ายจะเป็นอนุภาคขนาดใหญ่เพราะมีแรงเกาะระหว่างอนุภาคน้อย ดังนั้นทรายในเขตทรายแห้งจึงง่ายต่อการถูกรบกวนทางกายภาพ มากกว่าทรายในเขตคลื่นแตกตัว การที่ทรายในเขตต่าง ๆ มีขนาดอนุภาคต่างกัน มีผลโดยตรงกับสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ ซึ่งในเขตทรายแห้งที่ทรายไม่ค่อยอยู่ตัวสัตว์ที่อาศัยอยู่จึงเป็นพวกที่อยู่บนผิวทราย และเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าที่จะฝังตัวอยู่กับที่เหมือนกับสัตว์ที่อยู่ในเขตคลื่นแตกตัว

นอกจากองค์ประกอบของอนุภาคแล้ว ปริมาณสารอินทรีย์ที่พบในองค์ประกอบของทราย ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์ทะเลหน้าดินเช่นกัน ทั้งนี้โดยปกติปริมาณอินทรีย์สารของระบบนิเวศหาดทรายจะมีน้อย เนื่องจากถูกพัดพาได้ง่าย ซึ่งผลจากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกัน โดยพบว่าหาดส่วนใหญ่ทรายมีสารอินทรีย์อยู่เพียง 1–2% เท่านั้น อย่างไรก็ตามพบว่ามีหาดทราย 3–4 แห่งที่มีปริมาณอินทรีย์สารสูงมาก ซึ่งได้แก่บางแสน – วอนนภา บางพระ – ศรีราชา แหลมฉบัง และพัทยา ซึ่งหาดทั้งหมดอยู่ตอนในของอ่าวไทย และเป็นแหล่งท่องเที่ยวหรือแหล่งชุมชนหนาแน่น โดยเฉพาะบางแสนพบมีสารอินทรีย์สูงมาก เฉลี่ยถึง 5–14% การที่พบอินทรีย์สารในทรายมากบนหาดทราย อาจถือว่าเป็นเรื่องปกติ ถ้ามีปริมาณสารอินทรีย์มากเกินไปจะทำให้เกิดภาวะการขาดออกซิเจน พื้นที่บริเวณนั้นจะเกิดเป็นชั้นสีดำ (Colclough and Brown, 1984) และอาจเป็นสัญญาณถึงการเสื่อมสภาพของหาดทราย จากการที่มีสารอินทรีย์มาสะสมมากขึ้น ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดจนถึงการเสื่อมสภาพของหาดทรายจากการทับถมของอินทรีย์สารได้แก่ หาดทรายของอำเภอศรีราชาในส่วนระหว่างเกาะลอย และท่าเทียบเรือประมง ที่เดิมมีแผนจะทำการเก็บข้อมูล แต่เนื่องจากลักษณะของหาดที่กลายเป็นหาดโคลน จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนมาศึกษาหาดทางด้านเหนือของเกาะลอย การที่หาดทรายของศรีราชาเสื่อมสภาพน่าจะเป็นจากการขยายตัวของชุมชนที่ทำให้มีการปล่อยน้ำเสียและขยะลงมาสู่หาดทราย ประกอบกับการสร้างถนนเชื่อมต่อเกาะลอยกับแผ่นดิน ซึ่งเป็นการขวางการหมุนเวียนของน้ำ ทำให้การแลกเปลี่ยนมวลน้ำกับทะเลภายนอกมีจำกัด ในที่สุดทำให้เกิดการสะสมและตกตะกอนของอินทรีย์สารเหล่านี้ ซึ่งการเปลี่ยนสภาพนี้ยังพบได้ที่หาดบางพระ และหาดวอนนภา ซึ่งก็น่าจะติดตามดูว่าจะเสื่อมสภาพลง หรือจะสามารถฟื้นตัวกลับมาเองได้ สำหรับความแตกต่างของอินทรีย์สารในทรายระหว่างหาดต่าง ๆ แล้ว ยังพบแนวโน้มที่บริเวณเขตทรายแห้งจะมีปริมาณอินทรีย์สารต่ำกว่าในเขตคลื่นแตกตัว แสดงให้เห็นถึงการสะสมของอินทรีย์สารที่จะเกิดบริเวณเขตคลื่นแตกตัว

4. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายกับคุณสมบัติของทราย

ผลจากการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายกับคุณสมบัติทรายมีความสัมพันธ์กันค่า แต่ก็มีความสัมพันธ์ที่น่าสนใจได้แก่ ปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตพบที่มีความสัมพันธ์แบบตามกันกับปริมาณอินทรีย์สาร ซึ่งความสัมพันธ์เหล่านี้ น่าจะมีผลจากสารอินทรีย์ในช่องว่างระหว่างอนุภาคทราย อินทรีย์สารที่เกาะอยู่กับเม็ดทรายเกิดการละลายในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทราย ทำให้ช่องว่างระหว่างอนุภาคทรายนั่นมี สารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำและไม่ละลายน้ำ สารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำที่อยู่ระหว่างอนุภาคทราย ที่พบส่วนใหญ่เป็นสารประกอบไนโตรเจน ซึ่งเกิดจากย่อยสลายของซากพืชซากสัตว์ สำหรับการศึกษาครั้งนี้

ถึงแม้ว่าจะตรวจสอบความสัมพันธ์ได้บ้าง แต่ค่าความสัมพันธ์ที่ได้ค่าต่ำมากจนไม่น่าจะเป็นตัวแทนของความสัมพันธ์ได้

5. ความสัมพันธ์ของประชากรสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่ กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมบน

หาดทราย

ความชุกชุมและมวลชีวภาพของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่ที่ศึกษาในครั้งนี้ ส่วนมากไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอินทรีย์ อนุภาคทราย และคุณภาพน้ำระหว่างอนุภาคทราย ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากมีสถานีในการเก็บตัวอย่างมาก นอกจากนี้ยังมีความหลากหลายของพื้นที่ที่ทำการศึกษา โดยแต่ละหาดถูกรบกวนต่างกัน กิจกรรมของมนุษย์ที่เกิดขึ้นต่อหาดทรายแต่ละหาดต่างกัน ทำให้หาดทรายมีสภาพแตกต่างกัน ส่งผลให้โครงสร้างของสิ่งมีชีวิตเปลี่ยนแปลงไป เมื่อเฉลี่ยค่าความสัมพันธ์ของทุกสถานี จึงทำให้ค่าที่ได้ส่วนมากไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ หากมีความสัมพันธ์จะเป็นแบบตามกันปริมาณอินทรีย์สาร ขนาดอนุภาคทราย ในไตรท์ ในเตรท และซิลิเกต แต่พหุคูณกับความเป็นกรดเป็นด่างและความเค็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อนุภาคทรายหยาบจะมีช่องว่างระหว่างอนุภาคมาก ทำให้มีการเติมออกซิเจนอย่างเพียงพอ เหมาะต่อการดำรงชีวิตของสัตว์ (Brown & McLachlan, 1990) นอกจากนี้ยังพบว่าทรายหยาบซึ่งมักอยู่ตอนบนของหาดทราย (Castro & Huber, 1992) จะมีแนวโน้มซึมจากแผ่นดิน ซึ่งจะนำพาธาตุอาหารลงสู่หาดทราย โดยกระบวนการชะล้างของน้ำจากแผ่นดิน (run off) ซึ่งพบว่าน้ำทิ้งที่เกิดจากชุมชนมีปริมาณฟอสฟอรัส และไนโตรเจนค่อนข้างสูง (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวด, 2539) มีผลทำให้มีสัตว์อาศัยอยู่ในบริเวณนี้ชุกชุมมาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของฮาเกอร์เคและเคอร์ฟุต (Hagerthey & Kerfoot, 1998) พบว่าธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคทราย (pore water) มีความสัมพันธ์กับการไหลเข้าของน้ำใต้ดิน ซึ่งเป็นตัวนำพาธาตุอาหารลงสู่สิ่งแวดล้อม มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น โดยเฉพาะไนเตรทและฟอสเฟต และส่งผลต่อไปยังลักษณะทางกายภาพและเคมีของสิ่งแวดล้อมบริเวณนั้นๆ ด้วย โดยพบว่ามีมวลชีวภาพสูงขึ้น และสำหรับอนุภาคทรายขนาดปานกลางที่พบว่ามีสัตว์อาศัยอยู่น้อย อาจเนื่องมาจาก เมื่อมีสารอินทรีย์และธาตุอาหารเข้ามาในระบบการที่มีคลื่นลมปานกลาง ไม่มีการเติมออกซิเจนอย่างเพียงพอ ทำให้ออกซิเจนในระบบมีน้อย เมื่อมีการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรีย จะทำให้ออกซิเจนลดลง ส่งผลให้สิ่งมีชีวิตน้อยลงไปด้วย (Pearson & Rosenberg, 1978) สำหรับการศึกษาครั้งนี้ถึงแม้ว่าจะตรวจสอบความสัมพันธ์ได้บ้าง แต่ค่าความสัมพันธ์ที่ได้ค่าต่ำมากจนไม่น่าจะเป็นตัวแทนของความสัมพันธ์ได้

ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศหาดทรายในภาคตะวันออกและมีผลต่อสิ่งมีชีวิต ได้แก่ ลักษณะหรือชนิดของหาดทราย รวมถึงขนาดอนุภาคทราย

ซึ่งได้รับอิทธิพลจากคลื่นลมที่ต่างกัน ปริมาณธาตุอาหารที่มาจากแผ่นดินสู่หาดทรายและน้ำ บริเวณชายฝั่ง และปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการ เช่น ปริมาณออกซิเจน อุณหภูมิ ความเค็มและความเป็นกรด – ด่าง นอกจากนี้ยังชี้ให้เห็นว่าหาดทรายในภาคตะวันออกถูกรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์มาก เนื่องจากมีประชากรอยู่หนาแน่นจากการเป็นทั้งที่อยู่อาศัย แหล่งเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และการท่องเที่ยว รูปแบบการรบกวนหากไม่รุนแรงก็จะเป็นการเพิ่มของเสียจากแผ่นดินหรือสูญเสียทัศนียภาพ หากรุนแรงก็จะมีผลคือ หาดทรายถูกกัดเซาะจนไม่หลงเหลือความเป็นหาดทราย ดังเช่น หาดทรายทอง จังหวัดระยอง ที่เกิดจากการถมทะเลและการสร้างท่าเรือ บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด หรือบริเวณเกาะลอย อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ซึ่งบริเวณด้านเหนือของเกาะลอย พบว่าชายฝั่งกลายสภาพเป็นหาดโคลน ทั้งนี้ น่าจะเกิดจากการขยายตัวของชุมชนที่ทำให้มีการปล่อยน้ำเสียและขยะลงมาก ประกอบกับการสร้างถนนเชื่อมระหว่างเกาะลอยกับแผ่นดิน เป็นการขวางการหมุนเวียนของน้ำ การแลกเปลี่ยนมวลน้ำกับทะเลภายนอกจำกัด ทำให้เกิดการสะสมและตกตะกอนของอินทรีย์สารเหล่านี้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้ยังพบได้ที่หาดบางพระ และหาดวอนนภา จังหวัดชลบุรีด้วย ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำของหาดทรายทั้งทางชีวภาพและกายภาพ และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มและขยายกว้างออกไปเรื่อย ๆ

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาครั้งนี้ศึกษาหาดทรายในภาคตะวันออกของประเทศไทยซึ่งเพื่อต้องการถามความผันแปรของธาตุอาหารและปัจจัยทางกายภาพบางประการในแต่ละพื้นที่จึงควรมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงในรอบปีของหาดที่เสื่อมโทรมเช่น หาดบางแสน-วอนนภา หาดบางพระ หาดศรีราชา
2. การศึกษาครั้งนี้ทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารและปัจจัยทางกายภาพบางประการจึงควรศึกษาว่ามีสารอื่นจากแผ่นดินไหลลงสู่หาดทรายหรือไม่ เพื่อเป็นแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมในทะเล
3. การศึกษาครั้งนี้ได้ทำอุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทราย โดยใช้ท่อพีวีซีเจาะรูโดยรอบ ควรที่จะมีการพัฒนาอุปกรณ์ที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งานต่อไป