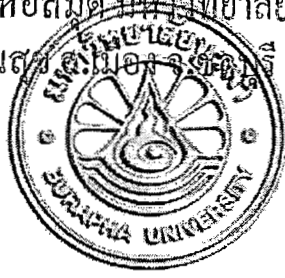


สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลกระทบของการท่องเที่ยวที่มีต่อปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณ
ชายฝั่งบางแสน-วอนนภา

โดย

ดร.ถนอมศักดิ์ บุญภักดี

ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

#b00177430

10 ก.ย. 2561

377881

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาแห่งชาติ
ประจำปีงบประมาณ 2550-2551

เริ่มบริการ

- 4 ก.ย. 2561

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณมาลินี สารพัฒน์ คุณน้ำทิพย์ บุญขวาง คุณศิริพรเพ็ญ อ่อนปานกุล และคุณประนิตดา เพ็งจิว ที่ได้ช่วยในการเก็บตัวอย่าง นับจำนวนและจำแนกตัวอย่างแมลงค์ตอนพีช และขอขอบคุณ Dr. Akihide Kasai, Graduate School of Agriculture, Kyoto University ที่ได้อำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน และสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาแห่งชาติที่สนับสนุน เงินทุนวิจัยผ่านเครือข่ายงานวิจัยภาคตะวันออก ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

ถนอมศักดิ์ บุญภักดี

บทคัดย่อ

ทำการเก็บตัวอย่างภาคสนามจำนวน 65 ครั้ง เพื่อศึกษาปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในบริเวณชายฝั่งบางแสน-วอนนภาในระหว่างเดือนกรกฎาคม 2550 ถึง เดือนพฤศจิกายน 2551 พบว่าเกิด red tide จำนวน 12 ครั้ง โดยแต่ละครั้งมีระยะเวลาสั้น 2-5 วัน และส่งผลกระทบต่อกิจการการท่องเที่ยวในบริเวณนี้เป็นอย่างมาก แพลงก์ตอนพืชที่เป็นสาเหตุหลักของการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในบริเวณที่ทำการศึกษาคือ ไดโนแฟลกเจลเลต สกุล *Ceratium furca* และไดอะตอม สกุล *Chaetoceros* spp. โดยตรวจนับเซลล์ได้มากกว่า 30 และ 1000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และพบว่าจำนวนเซลล์ของไดโนแฟลกเจลเลตจะเพิ่มขึ้น หลังการ bloom ของไดอะตอม ปัจจัยที่ผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีคือ สารอาหารอนินทรีย์ใน โตรเจนและฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ ปริมาณของ $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ และ C/N ratios ใน ตัวอย่างแพลงค์ตอนพืชขณะที่เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีนั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -20.5 ± 1.6 , -0.5 ± 4.9 และ 5.3 ± 1.15 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับที่มีในแพลงค์ตอนพืชที่มาจากทะเล บ่งชี้ให้เห็นว่าการท่องเที่ยวมิได้ส่งผลกระทบต่อ การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในบริเวณชายฝั่งบางแสน-วอนนภา

สารบัญ

สารบัญ	หน้า
บทนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา	3
เทคนิค stable isotopic and elemental analyses	14
บทที่ 2	
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
ข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ทำการศึกษา	19
บทที่ 3	
วิธีดำเนินการวิจัย	27
บริเวณที่ทำการศึกษา	27
ระยะเวลาดำเนินการศึกษา	28
วิธีการศึกษา	28
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	31
บทที่ 4	
คุณภาพน้ำ	32
ปริมาณสารอาหาร	32
ปริมาณแพลงก์ตอนและการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี	33
การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี	35
ปริมาณนักท่องเที่ยวและสถานภาพของการท่องเที่ยว	45
การทดสอบทางสถิติ	46
บทที่ 5	
สรุปและอภิปรายผลการศึกษา	56
เอกสารอ้างอิง	61

บทที่ 1

บทนำ

กิจกรรมการท่องเที่ยวทางทะเลในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณชายหาดบางแสนซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สวยงามและเป็นที่ยอมรับของนักท่องเที่ยวมาเป็นระยะเวลาช้านาน ในปี 2004 มีนักท่องเที่ยวจำนวน 1,168,082 คน และจะจากเพิ่มขึ้นเป็น 3,208,013 คนในปี 2011 (Ewasakul, 2006) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของนักท่องเที่ยวสามารถสร้างรายได้เป็นอันมากให้กับชุมชนในพื้นที่ จากอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว ทำให้ต้องมีการวางแผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและระบบการบริการสาธารณะเพิ่มเติม เช่น การสร้างถนน ปรับปรุงระบบไฟฟ้า ระบบประปา และอื่น ๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรองรับนักท่องเที่ยวที่เพิ่มขึ้นในบริเวณชายหาดบางแสน ซึ่งเป้าหมายหรือแนวทางการจัดการที่เน้นการพัฒนาการท่องเที่ยวแต่ไม่ได้คำนึงถึงความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เช่น การที่นักท่องเที่ยวจำนวนมากเข้ามาในพื้นที่ชายหาดบางแสน-วอนนภา อาจทำให้เกิดปัญหาความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำในบริเวณชายฝั่ง เนื่องจากการทิ้งขยะและปล่อยน้ำเสียที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดออกสู่ชายฝั่ง ซึ่งก็จะส่งผลกระทบต่อไปยังทรัพยากรสิ่งมีชีวิตและการท่องเที่ยวในบริเวณดังกล่าวได้ในที่สุดเช่นการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (Red tide)

ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีหรือ ซึ่ปลาตาย เกิดขึ้นเนื่องจากการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืชบางกลุ่ม เช่น ไดโนแฟลกเจลเลต (Dinoflagellate) หรือ ไดอะตอม (diatom) เป็นต้น จนทำให้น้ำทะเลเปลี่ยนสีไปจากสีน้ำทะเลธรรมชาติ โดยพบว่าหากมีการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วในระยะเวลาอันสั้น (Bloom) ในแถบชายฝั่ง จะทำให้น้ำทะเลเปลี่ยนสีต่างๆ โดยขึ้นอยู่กับชนิดของแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีจะส่งผลกระทบต่อกิจกรรมการท่องเที่ยวทางทะเลโดยตรง เนื่องจากสีและกลิ่นของน้ำทะเลที่เปลี่ยนแปลงไป และการที่สัตว์น้ำจำนวนมากตายเนื่องจากการลดลงของออกซิเจน

ในระยะเวลาที่ผ่านมาในบริเวณชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี มีแนวโน้มการเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในบริเวณอ่างศิลา แหลมแท่น บางแสน และเกาะสีชัง โดยมีระยะเวลาการเกิดอยู่ในช่วง 1 – 7 วัน (สมภพ และคณะ, 2546) ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่ออุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและสิ่งแวดล้อมในบริเวณชายฝั่งแถบนี้ อย่างไรก็ตามเทคนิคไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนและคาร์บอนได้ออกนำมาใช้อย่างแพร่หลายและเป็นที่ยอมรับในการติดตามแหล่งที่มาของมลสารในระบบนิเวศทางน้ำ (Kendall, 1998; Goni et al. 2005; Dolence et al. 2006; Lin et al 2007; Boonphakdee et al. 2008 and reference therein) ซึ่งแสดงให้เห็นประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของวิธีการดังกล่าว

ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจนเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพอย่างยิ่งในการติดตามการแพร่กระจายมลสารที่มีแหล่งกำเนิดต่างๆกัน เช่น จากการขับถ่ายของสัตว์ น้ำทิ้งจากบ้านเรือนหรือ

โรงงานบำบัดน้ำเสีย (Andrew et al. 1998; Dolence et al. 2005) สิ่งมีชีวิตที่อาศัยในน้ำที่ได้รับอิทธิพลของน้ำเสียที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์จะมีค่า $\delta^{15}\text{N}$ และ $\delta^{13}\text{C}$ แตกต่างไปจากสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันที่อาศัยในพื้นที่ที่ไม่ได้รับผลกระทบดังกล่าว (Yamamuro et al. 2003) $\delta^{15}\text{N}$ สามารถที่จะใช้เป็นตัวบ่งบอกแหล่งที่มาของไนโตรเจนได้เป็นอย่างดี ซึ่งโดยปกติแล้วในน้ำทะเลธรรมชาติจะมีค่าอยู่ระหว่าง -2 - 7 ‰ ในขณะที่มีค่า > 10 ‰ ในตัวอย่างที่มีแหล่งที่มาจากน้ำเสียจากกิจกรรมของมนุษย์

เช่นเดียวกัน ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนสามารถใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงแหล่งที่มาของคาร์บอนซึ่งเป็นสารประกอบหลักของสิ่งมีชีวิต ซึ่งโดยปกติแล้วสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในทะเลจะมีค่า $\delta^{13}\text{C}$ มากกว่าสิ่งมีชีวิตที่ได้รับคาร์บอนจากแผ่นดิน หรือได้รับจากน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Boonphakdee et al 2007 and references cited therein) อัตราส่วนของ POC/chl a ที่มีค่ามากกว่า 200 ก็สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้การปนเปื้อนของน้ำเสียจากกิจกรรมของมนุษย์ได้เช่นกัน (Cifuentes et al 1999)

อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันยังไม่มีงานวิจัยใดที่ทำการศึกษาถึงผลกระทบหรือความสัมพันธ์ของการท่องเที่ยวในบริเวณชายฝั่งทะเลที่มีต่อปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถที่จะใช้ในการคาดคะเนและควบคุมปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี ในบริเวณชายฝั่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- เพื่อศึกษาความแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในเซลล์ของแพลงตอนพืชที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี ในบริเวณชายฝั่งทะเล อ่างศิลา-บางแสน จ. ชลบุรี
- เพื่ออธิบายสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี ในพื้นที่ที่ทำการศึกษา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงกลไกในการควบคุมแหล่งที่มาของสารอาหารและสารอินทรีย์อันเป็นสาเหตุของการเกิดการเปลี่ยนสีของน้ำทะเลในระบบนิเวศชายฝั่ง
2. ทราบถึงความสัมพันธ์ของผลกระทบจากกิจกรรมการท่องเที่ยวที่มีต่อระบบสิ่งแวดล้อมชายฝั่ง ผลงานวิจัยสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมแหล่งที่มาของสารอาหารและสารอินทรีย์ในบริเวณชายฝั่งทะเล
3. ทราบถึงกลไกในการเกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสี ซึ่งจะช่วยป้องกันปรากฏการณ์นี้ได้

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ชายหาดบางแสนจัดเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีความสำคัญของจังหวัดชลบุรี มีหาดทรายที่ยาว มีทัศนียภาพที่สวยงามเหมาะแก่การพักผ่อน มีการขยายตัวทางด้านบริการ ให้บริการ สถานที่รับรองและอำนวยความสะดวกให้กับนักท่องเที่ยว ซึ่งอยู่ไม่ไกลจากกรุงเทพฯ สามารถมาเที่ยวแบบเช้าไป-เย็นกลับได้ทำให้ในวันหยุดบางแสนจะเต็มไปด้วยนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติเป็นจำนวนมาก (คาดว่าในปี พ.ศ.2554 จะมีนักท่องเที่ยว 3,208,013 คน โดยมีค่าเฉลี่ย 33,417 คนต่อวัน) แต่ในขณะที่เดียวกันการที่มีนักท่องเที่ยวจำนวนมากเข้ามาในพื้นที่หาดบางแสน อาจทำให้เกิดปัญหาความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่ง เนื่องจากการทิ้งขยะและการปล่อยน้ำเสียที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดออกสู่ชายฝั่ง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อไปยังทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในบริเวณดังกล่าวได้ในที่สุด เช่น การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (Red tide)

น้ำทะเลเปลี่ยนสี (Red tide)

หรือที่ชาวบ้านเรียกว่า “ซึ่ปลาวาฬ” เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว (Bloom) ของแพลงก์ตอนพืชบางกลุ่ม เช่น กลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต (Dinoflagellate) จนทำให้น้ำทะเลเปลี่ยนสีไปจากสีน้ำทะเลธรรมชาติ เช่นน้ำทะเลเปลี่ยนเป็นสีแดง สีเขียว หรือ สีน้ำตาลแดง อย่างไรก็ตามการที่น้ำทะเลจะเปลี่ยนเป็นสีใดนั้นก็ขึ้นอยู่กับชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่บลูมนั้นเอง

การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี ส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสัตว์น้ำ ผลกระทบโดยตรง คือ อุตสาหกรรมอาหารทะเล การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง โดยไดโนแฟลกเจลเลตหลายชนิดสามารถสร้างสารพิษได้ เมื่อสัตว์น้ำโดยเฉพาะหอยกินแพลงก์ตอนพืชกลุ่มนี้เข้าไป พิษจะสะสมอยู่ในหอยโดยไม่ทำอันตรายแก่หอยแต่จะส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคในลำดับที่สูงขึ้น ซึ่งอาจมีผลรุนแรงถึงแก่ชีวิต ส่วนผลกระทบทางอ้อม คือ เมื่อเกิดการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วจะทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดต่ำลงหรือเข้าไปอุดตันเหงือกของสัตว์น้ำ ทำให้สัตว์น้ำตายเนื่องจากขาดออกซิเจนสำหรับหายใจ

การเกิดขึ้นของปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ระยะคือ

1. ระยะเริ่มต้น (Initiation) เป็นระยะที่แพลงก์ตอนที่เป็นต้นเหตุของปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีปรากฏขึ้นในบริเวณนั้น ซึ่งแพลงก์ตอนกลุ่มนี้จะเปรียบเสมือนหัวเชื้อ ที่จะทำให้น้ำเปลี่ยนสีปรากฏขึ้น การปรากฏของแพลงก์ตอนที่เป็นหัวเชื้อนี้อาจถูกพัดพาจากบริเวณอื่นหรือเกิดขึ้นจากระยะพักที่อยู่ในบริเวณนั้น เมื่อเซลล์ของแพลงก์ตอนมาพบกับสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญ ก็จะทำใหแพลงก์ตอนเหล่านี้มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น

2. ระยะพัฒนา (Development) เป็นระยะที่แพลงก์ตอนเริ่มเข้าสู่กระบวนการพื้นฐานของการเจริญ โดยมีการแบ่งเซลล์ในอัตราสูงที่สุด นั้นหมายความว่าแพลงก์ตอนเหล่านี้ใช้เวลาสำหรับการแบ่งเซลล์จากหนึ่งเซลล์เป็นสองเซลล์น้อยที่สุด ปัจจัยที่มีผลให้แพลงก์ตอนเหล่านี้มีการเจริญอย่างรวดเร็วนั้นมีหลายปัจจัย เช่น แสงสว่าง อุณหภูมิ ความเค็ม ปริมาณสารอาหาร เป็นต้น

3. ระยะเวลาการรวมตัว (Aggregation) เป็นระยะที่ทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของสีของน้ำทะเล ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของแพลงก์ตอนเป็นจำนวนมาก และการรวมตัวกันของแพลงก์ตอนเหล่านี้อาจมีสาเหตุมาจาก การเคลื่อนที่เข้าหา หรือหนีแสง เกิดจากลม หรือเกิดจากกระแส น้ำพัดพารวมกัน ถ้า การรวมตัวกันของแพลงก์ตอนเกิดขึ้นในระดับล่าง ก็อาจทำให้ไม่สามารถตรวจสอบการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีได้

4. ระยะเวลาสลายตัว (Dissipation) เป็นระยะที่แพลงก์ตอนที่เป็นสาเหตุเริ่มมีการสลายตัวซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับกลไกต่างๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะของมวลน้ำในบริเวณนั้นด้วย ถ้าแหล่งน้ำนั้นค่อนข้างนิ่ง การสลายตัวของแพลงก์ตอนมักขึ้นอยู่กับปริมาณสารอาหารที่จะทำให้จำนวนของแพลงก์ตอนลดลง และในแพลงก์ตอนที่สามารถสร้างระยะพักได้ ก็จะมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศเกิดขึ้น ซึ่งระยะพักเหล่านี้ก็จะจมตัวลงสู่ดินบริเวณท้องน้ำ และรอจนถึงสภาวะที่เหมาะสมจึงจะเจริญเป็นเซลล์ใหม่อีกครั้งหนึ่ง นอกจากนี้เรื่องปริมาณสารอาหารที่ลดลงแล้วการถูกกินโดยสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ก็อาจเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้แพลงก์ตอนมีการสลายตัวไปหรือลดจำนวนลง

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช

1. อุณหภูมิ อุณหภูมิของน้ำมีความสำคัญต่อการกระจายของแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนพืชแพร่พันธุ์ได้ในช่วงอุณหภูมิหนึ่งเท่านั้น ซึ่งอุณหภูมิมิอิทธิพลต่อกระบวนการเคมีในทะเล การหายใจและเมแทบอลิซึมของสิ่งมีชีวิตซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการกระจายพันธุ์ และอุณหภูมียังขึ้นอยู่กับภูมิอากาศหรือฤดูกาลด้วย อุณหภูมิจะมีความสัมพันธ์กับความเข้มของแสง ถ้าปริมาณความเข้มของแสงมากก็จะทำให้อุณหภูมิตั้งขึ้นสูงขึ้น โดยทั่วไปอุณหภูมิต่ำเหมาะสำหรับแพลงก์ตอนพืชส่วนมากอยู่ในช่วงระหว่าง 20-29 องศาเซลเซียส

2. ความเค็ม ระดับความเค็มของน้ำที่แตกต่างกัน เช่น แหล่งน้ำกร่อยที่มีระดับความเค็มต่ำจนถึงทะเลเปิดซึ่งมีระดับความเค็มสูง ทำให้เกิดขีดจำกัดต่อการกระจายตัวของแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนพืชบางชนิดสามารถเติบโตและดำรงชีวิตในแหล่งน้ำที่มีช่วงความเค็มของน้ำในช่วงกว้าง เนื่องจากมีความสามารถพิเศษในการปรับปริมาตรของเซลล์เมื่อระดับ ความเค็มของน้ำลดต่ำลงถึง 5 ppt หรือเมื่อระดับความเค็มสูงขึ้นถึง 35 ppt แต่ไดอะตอมและไดโนแฟลกเจลเลตที่ไม่สามารถปรับตัวต่อแรงดันออสโมติกได้ เซลล์จะแตกได้งอหรือตายไป จากการศึกษาแพลงก์ตอนพืชที่อยู่ในทะเลลึกพบว่าความเค็มและอุณหภูมิน้ำมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดซึ่งส่งผลต่อการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืช

3. ความขุ่น ความขุ่นใสของน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญที่จะมีผลต่อการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืช ทั้งนี้เพราะความขุ่นใสจะมีความสัมพันธ์กับแสงที่ส่องลงไปใต้น้ำที่แพลงก์ตอนพืชใช้สังเคราะห์แสง ถ้าน้ำมีความขุ่นมากจะทำให้แสงไม่สามารถส่องลงไปได้ แพลงก์ตอนพืชก็จะสังเคราะห์แสงได้น้อยลง จำนวนแพลงก์ตอนพืชก็ลดลงด้วย ถึงแม้ว่าแหล่งน้ำนั้นมีธาตุอาหารสมบูรณ์ก็ตาม

4. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) เป็นตัวชี้วัดทางคุณภาพน้ำที่ใช้แสดงให้เห็นว่าน้ำมีสภาพเป็นกรดหรือเบส ค่าที่วัดได้อยู่ในช่วง 1-14 แพลงก์ตอนพืชต่าง ๆ เจริญเติบโตในความเป็นกรด-ด่างต่างกัน โดยทั่วไปแพลงก์ตอนเจริญได้ดีที่ความเป็นกรด-ด่าง 8.0-8.2 ส่วนพวกสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวและสีเขียวจะเจริญเติบโตได้ดีในช่วงความเป็นกรด-ด่าง 9-10 การสังเคราะห์แสงจะทำให้ความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น ส่วนการหายใจจะทำให้ความเป็นกรด-ด่างลดลง

5. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen) เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในการดำรงชีวิต เนื่องจากสิ่งมีชีวิตจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในกระบวนการเมตาบอลิซึมในร่างกาย ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิของน้ำ ความเค็ม ความกดดันของอากาศ ความเร็วของกระแสน้ำ อัตราการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ซึ่งออกซิเจนในน้ำมีผลต่อปริมาณแพลงก์ตอนพืชขนาดเล็ก โดยปกติแล้วออกซิเจนที่เกิดจากการสังเคราะห์แสงนั้นเกิดขึ้นประมาณ 10 เท่าของปริมาณออกซิเจนที่สิ่งมีชีวิตใช้ในการหายใจจึงนับว่ามีความสำคัญในการผลิตออกซิเจนในแหล่งน้ำ หากแหล่งน้ำมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชมากเกินไปจะเกิดปรากฏการณ์ขาดออกซิเจนในน้ำตอนเช้า และมีมากเกินพอในตอนบ่ายเนื่องมาจากการสังเคราะห์แสง แพลงก์ตอนพืชจึงมีความต้องการปริมาณออกซิเจนแตกต่างกันไปในการดำรงชีวิตของแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิด

6. ปริมาณสารอาหาร เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าการเจริญของแพลงก์ตอนพืชในธรรมชาตินั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณของธาตุอาหารที่จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งธาตุอาหารที่มักเป็นตัวจำกัดการเจริญของแพลงก์ตอนพืชในธรรมชาติ ได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสเฟต ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณธาตุอาหารทั้งสอง ย่อมส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแพลงก์ตอนพืช นอกจากนี้ธาตุอาหารบางชนิดก็มีความสัมพันธ์กับแพลงก์ตอนพืชเฉพาะกลุ่ม เช่น ซิลิกา จะเป็นธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญของแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มไดอะตอม

แพลงก์ตอนพืชที่เป็นสาเหตุของปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี

แพลงก์ตอนพืชที่พบเป็นชนิดเด่นในขณะที่เกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2500-2544 แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ดังนี้ กลุ่มแรกเป็นพวกสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว ได้แก่ *Trichodesmium erythraeum* (*Oscillatoria erythraeae*) กลุ่มที่ 2 ไคโนแฟลกเจลเลต ได้แก่ *Noctiluca scintillans*, *Ceratium furca*, *Dinophysis caudate*, *Cochlodinium* sp. Ciliated กลุ่ม *Mesodinium rubrum* และกลุ่มสุดท้ายเป็นพวกไดอะตอม ได้แก่ *Chaetoceros* spp., *Skeletonema costatum* และ *Coscinodiscus* sp. โดยมี *Noctiluca scintillans* เป็นแพลงก์ตอนที่เป็นสาเหตุทำให้น้ำทะเลเปลี่ยนสีถึงประมาณ 50 ครั้ง จากทั้งหมด 90 ครั้ง และรองลงมาเป็น *Trichodesmium erythraeum* เกิดขึ้น

ราว 16 ครั้ง *Ceratium furca* ประมาณ 9 ครั้ง กลุ่ม Ciliated *Mesodinium rubrum* จำนวน 2 ครั้ง *Cochlodinium* spp. จำนวน 1 ครั้ง พบว่ามีน้ำทะเลเปลี่ยนสีเนื่องจาก *Dinophysis caudate* ซึ่งเป็น ชนิดที่สร้างพิษท้องร่วง เพียงหนึ่งครั้งเท่านั้น สำหรับไดอะตอมมีรายงานว่า *Chaetoceros* sp. ทำให้น้ำทะเลเปลี่ยนสีจำนวน 9 ครั้ง *Skeletonema costatum* จำนวน 2 ครั้ง และ *Coscinodiscus* sp. จำนวน 1 ครั้ง ทั้งนี้สีของน้ำทะเลที่เปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่เป็นสาเหตุหรือ ชนิดเด่น (สมภพ และคณะ, 2546) ซึ่งแพลงก์ตอนที่เกิดการบลูมดังกล่าวพบได้ที่ทั้งสร้างสารพิษ (biotoxins) และไม่สร้างสารพิษ ในปัจจุบันพิษที่เกิดจากแพลงก์ตอนพืช ได้แก่

- **PSP** (Paralytic Shellfish Poisoning) พิษอัมพาตในหอย ทำให้เกิดอาการทางประโดะโดยเริ่มชาที่ปากและส่วนอื่นๆ ของร่างกาย แพลงก์ตอนพืชที่เป็นสาเหตุเช่น *Alexandrium tamarense* เป็นต้น

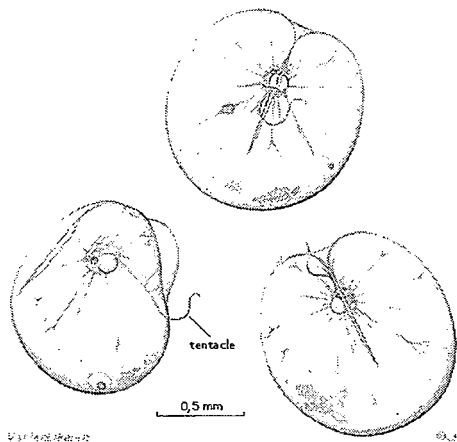
- **DSP** (Diarrhetic Shellfish Poisoning) พิษท้องร่วง ทำให้เกิดอาการท้องร่วง แพลงก์ตอนพืชที่เป็นสาเหตุ ได้แก่ *Dinophysis fortii*

- **ASP** (Amnesic Shellfish Poisoning) พิษชนิดนี้เพิ่งค้นพบในปี ค.ศ. 1987 ที่ประเทศแคนาดา มีอาการทางสมอง ทำให้สมองเสื่อม ความจำเสื่อม แพลงก์ตอนพืชที่เป็นสาเหตุ ได้แก่ *Nitzschia pungens* (ไดอะตอม)

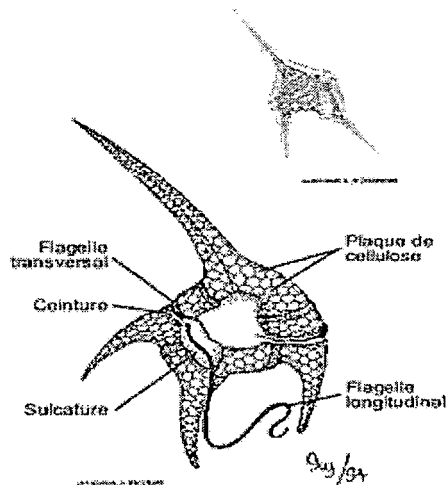
- **ซิกัวเทอราทอกซิน** (Ciguatera toxin) ทำให้เกิดอาการท้องร่วง คลื่นไส้ อาเจียน ปวดแสบปวดร้อน และเป็นผื่นคัน แพลงก์ตอนพืชที่เป็นสาเหตุ ได้แก่ *Gambierdiscus toxicus* (สมถวิล จริตควร, 2540)

แพลงก์ตอนพืชบางชนิด เช่น ไคโนแฟลกเจลเลต หรือไดอะตอม สามารถสร้างซิสต์ (cysts) หรือสปอร์ (spores) เมื่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมได้ ซึ่งการเกิดซิสต์ หรือสปอร์ดังกล่าว อาจเป็นสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีได้ กล่าวคือซิสต์หรือสปอร์ที่อยู่ใต้พื้นท้องทะเล เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมมันจะออกมาจากซิสต์เป็นเซลล์ปกติอยู่ในน้ำ และถ้าสภาพแวดล้อมขณะนั้นเหมาะสมมันจะ

เจริญเติบโตเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วทำให้เกิดน้ำเปลี่ยนสีได้ (สมถวิล จริตควร, 2540) ตัวอย่างเช่น การเพิ่มจำนวนของ *Noctiluca scintillans* ซึ่งเป็นไดโนแฟลกเจลเลตที่มีขนาดใหญ่ (Elbrachter & Qi, 1998) ซึ่งจะทำให้เกิด NH₃ และทำให้ปริมาณออกซิเจนบริเวณผิวน้ำลดลง เมื่อเกิดการบลูม (Smayda, 1997)



ภาพที่ 1 เซลล์ของ Noctiluca



ภาพที่ 2 เซลล์ของ Ceratium

ที่มา: www.vattenkikaren.gu.se/.../noctscce.jpeg

บริเวณที่พบปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี

ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีตามที่มีรายงาน พบได้ในบริเวณชายฝั่งทั่วอ่าวไทย โดยเฉพาะบริเวณปากแม่น้ำและบริเวณอ่าวไทยตอนบน ตั้งแต่ทางฝั่งตะวันตกจากจังหวัดเพชรบุรีไปจนถึงจังหวัดชลบุรีทางฝั่งตะวันออก บริเวณอ่าวไทยตอนบนฝั่งตะวันออกในเขตจังหวัดชลบุรีเป็นบริเวณที่มีความถี่ของการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2520 จนถึงปัจจุบัน รองลงมาเป็นบริเวณตอนกลางในเขตจังหวัดสมุทรสาครและเขตจังหวัดสมุทรปราการ ส่วนบริเวณฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยตอนบนในเขตจังหวัดเพชรบุรีและจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีน้อยกว่าบริเวณอื่นทั้งนี้เนื่องจากอ่าวไทยตอนบนเป็นอ่าวไทยที่มีลักษณะกึ่งปิดและมีการหมุนเวียนถ่ายเทของมวลน้ำน้อย และได้รับสารอาหารปริมาณสูงจากแม่น้ำสายหลักทั้ง 4 สาย ได้แก่ แม่น้ำกลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำบางปะกง (สมภพ และคณะ, 2546)

สถิติการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในประเทศไทย

รายงานเกี่ยวกับปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในประเทศไทยเริ่มมีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2495 ซึ่งระบุเพียงสีของน้ำทะเลที่เปลี่ยนไปและการตายของสัตว์น้ำเท่านั้น สำหรับการรายงานที่ระบุชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่เป็นสาเหตุเริ่มมีการรายงานในปี พ.ศ. 2500 จนถึงปัจจุบัน ซึ่งพบว่ามีการปรากฏการณ์น้ำทะเล

เปลี่ยนสีเกิดขึ้นประมาณ 90 ครั้ง ซึ่งส่วนใหญ่พบน้ำทะเลเปลี่ยนเป็นสีเขียว (ประมาณเกือบ 70 ครั้ง) นอกนั้นพบว่าน้ำทะเลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเหลืองหรือสีน้ำตาลแดง ในช่วง 10 ปี(พ.ศ. 2534-2544) ที่ผ่านมาพบว่ามีความโน้มของการเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การประมง และการท่องเที่ยวเป็นอย่างมาก(สมภพ และคณะ, 2546)

กรณีศึกษาการตรวจติดตาม และเฝ้าระวังการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณจังหวัด ชลบุรี

การติดตามตรวจสอบเพื่อเฝ้าระวังปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณจังหวัดชลบุรี ซึ่งดำเนินการโดยสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำร่วมกับกรมควบคุมมลพิษในปีพ.ศ. 2544 ได้ดำเนินการโดยการติดตามตรวจสอบเพื่อเฝ้าระวังปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีแบบประจำ ในบริเวณอ่างศิลา แหลมแท่น บางแสน และเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรีในช่วงเดือนพฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน ตุลาคม และพฤศจิกายน พ.ศ. 2544 รวมระยะเวลา 7 เดือน ในช่วงเวลาเดียวกันมีการติดตามตรวจสอบเพื่อเฝ้าระวังปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีแบบเฉพาะกิจ 6 ครั้ง ซึ่งเกิดบ่อยครั้งในช่วงเดือนกรกฎาคมและตลอดเดือนสิงหาคม 4 ครั้ง และในช่วงต้นเดือนกันยายนอีก 2 ครั้ง พบว่าในช่วงที่ทำการศึกษาดังแต่เดือนพฤษภาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2544 มีปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีเกิดขึ้นบริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรีรวมทั้งสิ้น 12 ครั้ง สรุปผลได้ดังต่อไปนี้

1) องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในบริเวณจังหวัดชลบุรี

องค์ประกอบแพลงก์ตอนพืชที่พบมีด้วยกัน 3 กลุ่มใหญ่คือกลุ่มไดอะตอมกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต และกลุ่มสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว ซึ่งปกติจะพบไดอะตอมสูงกว่าไดโนแฟลกเจลเลต แพลงก์ตอนพืชที่พบอยู่เป็นประจำแต่ไม่ทำให้เกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสีได้แก่ ไดอะตอม *Chaetoceros spp.* ส่วนแพลงก์ตอนพืชที่ทำให้เกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสีในบริเวณนี้ได้แก่ไดโนแฟลกเจลเลต *Ceratium furca*, *Noctiluca scintillans*, ไดอะตอม *Skeletonema costatum* และสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Trichodesmium sp.* ส่วนแพลงก์ตอนพืชที่สามารถสร้างสารชีวพิษที่พบได้ในบริเวณนี้ ได้แก่ไดโนแฟลกเจลเลต *Alexandrium spp.*, *Ceratium spp.*, *Dinophysis caudate* และ *Prorocentrum micans* ในการศึกษาครั้งนี้พบแพลงก์ตอนกลุ่มนี้ในปริมาณน้อยยกเว้น *Ceratium spp.* แต่อย่างไรก็ตามไดโนแฟลกเจลเลต *Ceratium furca* ซึ่งเป็นแพลงก์ตอนพืช ที่เป็นสาเหตุของน้ำทะเลเปลี่ยนสีในบริเวณนี้ไม่เคยมีรายงานการสร้างสารชีวพิษ

2) แพลงก์ตอนพืชที่เป็นสาเหตุของปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชที่ทำให้เกิดทะเลเปลี่ยนสี

ไดโนแฟลกเจลเลต *Ceratium furca* เป็นแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่เป็นสาเหตุของปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีที่พบทั้งหมด 12 ครั้ง รองลงมาได้แก่ กลุ่มอะตอม *Skeletonema costatum* พบว่าเป็นสาเหตุของน้ำทะเลเปลี่ยนสีจำนวน 2 ครั้งในจำนวนปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีร่วมกับ *Ceratium furca* ด้วย 2 ครั้งในเดือนสิงหาคม ส่วน *Noctiluca scintillans* พบทำให้เกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสีเป็นสีเขียวเพียงครั้ง

เดียวในช่วงเดือนกันยายนบริเวณเกาะสีชัง การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้สนับสนุนการศึกษาการเปลี่ยนแปลงชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่เป็นสาเหตุของปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในบริเวณจังหวัดชลบุรี ระหว่างปี พ.ศ. 2500-2544 ที่พบว่าปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในบริเวณนี้แต่เดิมมักเกิดจากไดโนแฟลกเจลเลต *Noctiluca scintillans* เป็นส่วนใหญ่ทำให้เกิดน้ำทะเลเปลี่ยนเป็นสีเขียวและบางครั้งเกิดจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Trichodesmium* sp. แต่ในระยะหลังนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 เป็นต้นมามีการพบน้ำทะเลเปลี่ยนสีเป็นสีแดงหรือน้ำตาลแดงเนื่องจาก *Ceratium furca* สีของน้ำทะเลที่เปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่เป็นสาเหตุหรือที่เป็นชนิดเด่นในการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในแต่ละครั้ง ซึ่งเป็นการศึกษาค้นคว้าที่สามารถสรุประดับความหนาแน่นของเซลล์แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นแต่ละชนิดที่ทำให้เกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสี โดยวิเคราะห์จากความหนาแน่นของเซลล์ที่พบในข้อมูลการติดตามตรวจสอบน้ำทะเลเปลี่ยนสีแบบประจำและ แบบเฉพาะกิจเมื่อมีรายงานการเกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสีจากเครือข่ายดังเช่นในช่วงการติดตามตรวจสอบเพื่อเฝ้าระวังการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีแบบเฉพาะกิจในระหว่างวันที่ 15-16 สิงหาคม พ.ศ. 2544 และในวันที่ 11 กันยายน พ.ศ. 2544 ซึ่งเป็นช่วงที่มีการเพิ่มจำนวนอย่างมากของ *Ceratium furca* ทำให้เห็นน้ำทะเลเปลี่ยนสีชัดเจนจึงได้มีการเตือนภัยจากเครือข่ายการเฝ้าระวังปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีทั้ง 2 ครั้ง ในช่วงต้นเดือนกันยายนมีการเพิ่มจำนวนของ *Noctiluca scintillans* รอบเกาะสีชังทำให้น้ำเปลี่ยนสีเป็นสีเขียว พบจำนวนเซลล์ส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 240-280 เซลล์ต่อลิตร จำนวนเซลล์สูงสุดในครั้งนี้เท่ากับ 1,830 เซลล์ต่อลิตร

3) ช่วงเวลาในรอบปีหรือฤดูกาลที่พบปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี

ผลการศึกษาค้นคว้าพบว่าปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีเริ่มพบในช่วงกลางเดือนมิถุนายนเป็นต้นไป และพบถี่มากขึ้นในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์แนวโน้มของการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีมักเกิดขึ้นในช่วงฤดูฝน โดยเฉพาะช่วงเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม ซึ่งพบได้บ่อยครั้งที่สุดในเดือนสิงหาคม

4) บริเวณที่พบปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีและการกระจาย

บริเวณที่พบปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีพบได้บ่อยบริเวณอ่างศิลาแหลมแท่นและบางแสน บริเวณที่เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีจะเกิดจากบริเวณ อ่างศิลา แหลมแท่น บางแสน และบางครั้งกระจายตัวไปถึงเกาะสีชัง ระยะเวลาที่เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีพบได้ตั้งแต่ระยะเวลา 1-7 วัน การกระจายของปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีขึ้นกับกระแสน้ำขึ้นน้ำลงและกระแสลม

ผลกระทบของการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในการศึกษาค้นคว้านี้ไม่พบกลุ่มแพลงก์ตอนพืชที่สามารถสร้างสารชีวพิษและไม่มีผลกระทบต่อสัตว์น้ำ

5) ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม

การศึกษาค้นคว้าการผันแปรของแพลงก์ตอนพืช คุณภาพน้ำ และปริมาณสารอาหารที่ละลายน้ำในระหว่างเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2544 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2544 พบว่าปัจจัยทางสภาวะสองปัจจัย คือ

อุณหภูมิ และความเป็นกรด-เบสมีความแปรปรวนต่ำส่วนความเค็มของน้ำและปริมาณออกซิเจนละลายมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง

เมื่อพิจารณาในบริเวณที่ศึกษาแต่ละบริเวณ เช่น อ่างศิลา แหลมแท่น และบางแสนก็พบแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงปัจจัยแวดล้อมดังกล่าวเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณออกซิเจนละลายมีค่าค่อนข้างต่ำคือ น้อยกว่า 6.00 มิลลิกรัม/ลิตร ที่บริเวณบางแสนน้อยกว่า 5.00 มิลลิกรัม/ลิตร ที่บริเวณแหลมแท่น และน้อยกว่า 4.00 มิลลิกรัม/ลิตร ที่บริเวณอ่างศิลา ในระยะเวลาตั้งแต่ปลายเดือนกันยายนถึงกลางเดือนตุลาคม พ.ศ. 2544 และช่วงเวลาเดียวกับที่ความเข้มข้นแสงสูงและความโปร่งแสงในน้ำมีค่าสูงด้วยคือแสงสามารถส่องลงไปใต้น้ำได้ลึกกว่าช่วงเวลาอื่น ประกอบกับความเค็มของน้ำเริ่มสูงขึ้น ในช่วงเวลาก่อนหน้านี้อุณหภูมิของแสงและความโปร่งแสงมีค่าสูงในระหว่างต้นเดือนกรกฎาคมและต้นเดือนสิงหาคม เช่นเดียวกัน (สมภพ และคณะ, 2546)

การเปลี่ยนแปลงแทนที่ตามฤดูกาลของประชากรแพลงก์ตอนพืช (Seasonal succession in phytoplankton)

ตามปกติแพลงก์ตอนพืชมีการเปลี่ยนแปลงตลอดปี ทั้งในแง่จำนวนและชนิด การเปลี่ยนแปลงชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่พบเด่นๆ จากฤดูกาลหนึ่งไปอีกฤดูกาลหนึ่งเรียกว่าการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยจะพบไดอะตอมหรือไดโนแฟลกเจลเลต 1 ชนิด หรือมากกว่าชนิดเด่นๆ และจะถูกแทนที่ด้วยชนิดอื่นๆ ต่อไป รูปแบบดังกล่าวจะพบมีแนวโน้มซ้ำๆ กันทุกปี ซึ่งจะพบบ่อยและเห็นเด่นชัดในเขตอบอุ่น โดยในฤดูใบไม้ผลิจะมีไดอะตอมซึ่งมีขนาดเล็กและแบ่งตัวอย่างรวดเร็ว จากนั้นจะถูกแทนที่ด้วยไดอะตอมที่มีขนาดใหญ่กว่าในต้นฤดูร้อน จากนั้นไดโนแฟลกเจลเลตจะเพิ่มจำนวนมากขึ้นในปลายฤดูร้อนและต้นฤดูใบไม้ร่วงและจะมีไดอะตอมจำนวนมากและเด่นในฤดูหนาวอีกครั้ง ส่วนในฤดูร้อนมักพบไดอะตอมและไดโนแฟลกเจลเลตเด่นตลอดปีขึ้นกับสถานที่

การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของประชากรแพลงก์ตอนพืชมีสาเหตุมาจากปัจจัยหลายประการ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม วงจรชีวิตที่แตกต่างกัน เช่น การสร้างสปอร์ และการผสมพันธุ์ รวมทั้งปริมาณธาตุอาหาร ซึ่งแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดชอบในปริมาณมากน้อยต่างกัน นอกจากนี้แพลงก์ตอนพืชบางชนิดสามารถสร้างและขับสารบางอย่างซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์หรือที่เรียกว่า เมตาโบไลต์ (metabolites) ซึ่งมีผลยับยั้งหรืออาจเป็นพิษ (toxin) ต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เช่น ไดโนแฟลกเจลเลตบางชนิดสามารถสร้างสารพิษได้ นอกจากนี้ เมตาโบไลต์อาจช่วยเสริมสร้างการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตบางชนิดได้ เช่น เป็นวิตามินที่สิ่งมีชีวิตบางชนิดชอบก็เจริญเติบโตเพิ่มจำนวนขึ้นมาแทน ซึ่งแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดจะชอบวิตามินที่แตกต่างกัน เช่น วิตามินบี 12 ไทอะมิน และไบโอติน เป็นต้น หรืออาจเป็นกรดอะมิโน คาร์โบไฮเดรต และกรดไขมัน ซึ่งอาจมีผลทั้งยับยั้งและเสริมสร้างการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่นได้ (สมถวิล จริตควร, 2540)

ผลกระทบของปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี

ได้มีการสำรวจผลกระทบและความเสียหายที่เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี พอสรุปได้ดังนี้

- 1) ก่อให้เกิดความตื่นตระหนกแก่ประชาชนโดยทั่วไปเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะประชาชนส่วนใหญ่คิดว่าเป็นผลมาจากการปล่อยน้ำเสีย หรือสารพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม และมีหนังสือพิมพ์หลายฉบับลงข่าวการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี และผลกระทบที่เกิดขึ้นติดต่อกันหลายวัน
- 2) มีผลกระทบต่อระบบนิเวศชายฝั่งโดยทำให้ปลา และสัตว์ทะเลหลายชนิดตายเป็นจำนวนมาก
- 3) ทำให้ทัศนียภาพของทะเล และชายหาดสกปรกมีกลิ่นเหม็น สร้างความรำคาญให้แก่ประชาชนผู้อยู่อาศัยในบริเวณชายฝั่งเป็นอย่างมาก
- 4) มีผลกระทบต่อประมงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำบริเวณนี้เป็นอย่างมาก
- 5) เนื่องจากน้ำทะเลสกปรกมีกลิ่นเหม็น มีผลกระทบต่อธุรกิจการท่องเที่ยวเป็นอย่างมาก ไม่สามารถลงเล่นน้ำทะเลได้ ทำให้ปริมาณนักท่องเที่ยวลดลง

แหล่งกำเนิดมลพิษและสารอินทรีย์

มลพิษทางทะเลเกิดจากการพัฒนาอย่างต่อเนื่องของอุตสาหกรรมและชุมชนเมืองต่างๆ และการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ที่ดินบริเวณชายฝั่งทะเล เช่น การเปลี่ยนพื้นที่การเกษตรไปเป็นพื้นที่อุตสาหกรรม การเปลี่ยนป่าชายเลนไปเป็นนาเกลือ ทำให้สิ่งแวดล้อมทางทะเลเสื่อมโทรมอย่างรวดเร็ว โดยมีแนวโน้มจะทวีความรุนแรงมากขึ้นในอนาคต แหล่งกำเนิดมลพิษดังกล่าวสามารถแบ่งประเภทได้ดังนี้

1) แหล่งกำเนิดมลพิษจากชายฝั่ง

ที่ก่อให้เกิดปัญหามากที่สุดคือ ชุมชน สถานที่ท่องเที่ยว และแหล่งอื่นๆ ที่สำคัญ ได้แก่ อุตสาหกรรม เกษตรกรรม ท่าเรือ ซึ่งส่วนใหญ่จะตั้งอยู่บริเวณชายฝั่งทะเล และริมฝั่งแม่น้ำที่ไหลลงสู่ทะเล ซึ่งกิจกรรมจากชายฝั่งดังกล่าวทำให้ทรัพยากรธรรมชาติบริเวณชายฝั่งและในทะเลเสื่อมโทรมลง

2) แหล่งกำเนิดมลพิษในทะเล

เกิดจากกิจกรรมในทะเลที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมทางทะเลได้แก่ การเดินเรือ การทำประมง และทำเทียบเรือบริเวณชายฝั่งทำให้ทะเลมีการปนเปื้อนของน้ำมันที่รั่วไหล นอกจากนี้ การขุดร่องน้ำ การขุดเจาะก๊าซธรรมชาติ และการทำเหมืองแร่ในทะเลก่อให้เกิดการฟุ้งกระจาย และเกิดการปนเปื้อนของสารมลพิษรวมทั้งปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี ซึ่งทำให้น้ำทะเลเกิดการเน่าเสียและเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ

สารอินทรีย์ (Organic matter; OM)

สารอินทรีย์ (Organic matter) หมายถึง กลุ่มของสารซึ่งมาจากสิ่งมีชีวิตทั้งสัตว์และพืช ที่มีธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญและอาจมีธาตุออกซิเจน ไนโตรเจน และธาตุอื่นๆ รวมอยู่ด้วย เป็นสารที่มีความสำคัญมากในห่วงโซ่อาหาร ซึ่งมีอยู่สองรูปคือ สารอินทรีย์แขวนลอยที่มีขนาด 0.45 ไมครอนขึ้นไป (Particulate Organic matter; POM) และสารอินทรีย์ละลายในน้ำได้ที่มีขนาดเล็กกว่า 0.45 ไมครอน (Dissolved Organic matter; DOM) สารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปของสารละลายหรือสารแขวนลอย พบทั้งในน้ำทะเลและในน้ำจืดทุกประเภท หลักฐานที่ชี้ชัดของสารอินทรีย์ที่พบในแหล่งน้ำมีลักษณะเป็นสีเหลืองน้ำตาลอยู่ในหนองน้ำหรือบึง ทะเลสาบบางแห่ง และแม่น้ำ แม่น้ำในน้ำที่สะอาด เช่น ทะเลสาบลึกๆ ในพื้นที่ที่ไกลจากมนุษย์หรือในทะเลเปิด สารอินทรีย์ที่มีขนาดเล็กมากและมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 1-3 มิลลิกรัมต่อลิตร

วิธีการวิเคราะห์สารอินทรีย์ในน้ำที่มีอยู่จริงส่วนใหญ่วัดโดยใช้คาร์บอนเป็นตัวชี้วัด คาร์บอนเป็นธาตุที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของสารประกอบอินทรีย์ ในสภาพแวดล้อมจะมีสารอินทรีย์ที่อยู่ในกลุ่มของคาร์บอนเนตเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยเหมือนกัน การวัดคาร์บอนเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับใช้แยกความแตกต่างระหว่างสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ อย่างไรก็ตามปฏิกิริยาต่อเนื่อง เช่น กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การหายใจ และการคายออกซิเจน หลากๆชนิดสามารถที่จะมีการเปลี่ยนแปลงไปมาได้

คาร์บอนที่พบในบรรยากาศส่วนใหญ่คือ คาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนในน้ำพบคาร์บอนเนต เช่น HCO_3^- , CO_3^{2-} , และแร่ธาตุต่างๆที่มีคาบอนเนตอยู่ในดินตะกอน ซึ่งจำนวนของสารประกอบคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์พบอยู่ในอากาศ น้ำ และบนพื้นดินในปริมาณที่น้อยมาก แต่สารประกอบเหล่านี้มีบทบาทสำคัญมาก (Valoon & Duffy, 2005)

แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในน้ำ

สารอินทรีย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาตินั้น ได้มาจากพืชและจุลินทรีย์ที่อยู่บนพื้นดิน ต้นไม้ ใบไม้ที่ร่วงหล่น ซากพืชซากสัตว์ และอื่นๆ ซึ่งจุลินทรีย์ที่เจริญอยู่ในดิน เมื่อคายลงจำนวนสสารของสิ่งมีชีวิตที่เป็นสารอินทรีย์เหล่านี้จะเพิ่มลงไปดินในปริมาณที่น้อยมาก แต่เมื่อพิจารณาถึงความสำคัญทางชีวภาพแล้ว สิ่งที่ได้มาจากการขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กและจุลินทรีย์ เช่น โมเลกุล เมื่อปล่อยสารอินทรีย์เหล่านี้ ออกมาโดยตรงในบริเวณที่อยู่ใกล้จุลินทรีย์หรือรากของพืชที่เจริญเติบโตอยู่ จะมีบทบาทสำคัญที่จะช่วยส่งเสริมให้สิ่งมีชีวิตเหล่านี้ได้รับสารอาหารที่สมบูรณ์มีการเจริญเติบโตที่ดี ส่วนที่เหลือของสารอินทรีย์ที่ถูกผลิตบนแผ่นดินนั้นจะมีการเคลื่อนย้ายจากดิน ไปยังส่วนที่เป็นน้ำ การเคลื่อนย้ายนี้เกิดขึ้นโดยตรงจากการไหลของน้ำฝนที่ตกลงมาหรือการไหลซึมออกมาจากชั้นดินที่มีสารอินทรีย์ทั้งที่ละลายน้ำได้และสารแขวนลอยไปยังแม่น้ำลำธาร ทะเลสาบ และมหาสมุทร หรือลงสู่ลำน้ำได้ดิน

สารอินทรีย์มีอยู่ในแหล่งน้ำทั้งที่เป็นแหล่งน้ำตามธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น ซึ่งถือว่าที่แห่งนั้นจะอุดมสมบูรณ์ไปด้วยพืช ชั้นบนของดินตะกอนที่อยู่ในหนองน้ำส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่เกิดจาก

การนำเปื้อน และการเสื่อมสลายของซากสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำในรูปแบบของสารแขวนลอย หรือ สารละลาย ในแหล่งน้ำอื่นๆ เช่น แม่น้ำ ทะเลสาบ และมหาสมุทร พืชและสัตว์น้ำจะใช้ในการเจริญเติบโต ด้วย ซึ่งสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่จะกลายเป็นส่วนหนึ่งของระบบแหล่งน้ำ ปริมาณจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินจะ ขึ้นอยู่สภาพแวดล้อม เช่น สาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีการสังเคราะห์ด้วยแสงต้องการแสงอาทิตย์และ ออกซิเจนในการเจริญเติบโต ดังนั้นสาหร่ายจึงเจริญเติบโตอยู่บริเวณผิวน้ำ ส่วนแบคทีเรีย และจุลินทรีย์ ชนิดอื่นๆจะอยู่ในดินตะกอนที่มีความอุดมสมบูรณ์ จุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องการนำสารอาหารต่างๆไปใช้ในการเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ ในระหว่างที่พืชต่างๆและจุลินทรีย์ดำรงชีวิตนั้นจะมีการผลิตสารอินทรีย์ ปล่อยออกสู่ชั้นน้ำ สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมากจะปล่อยสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ออกจากร่างกาย ซึ่งใน โลกนี้ประเมินได้ว่ามีกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมากในน้ำที่มีการผลิตสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ ประมาณ 10%

ชนิดของสารอินทรีย์ในน้ำ

- OM organic mater
- OC organic carbon
- TOC total organic carbon; readily measured by a carbon analyzer
- DOC dissolved organic carbon
- POC particulate organic carbon

หลังจากที่พืชและสัตว์ตายแล้ว ซากของสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนเป็นสารอินทรีย์โดยผู้ย่อย สลายต่างๆ จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินหรือในน้ำจะเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาจำนวนมากช่วยในการ เปลี่ยนแปลงให้เป็นสารอินทรีย์ชนิดต่างๆได้โดยง่าย บางครั้งสารอินทรีย์เหล่านี้จะเกิดการสลายตัวและ เกิดการสังเคราะห์ขึ้นใหม่อยู่ในรูปสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้และสารอินทรีย์แขวนลอยไปอยู่ชั้นน้ำ

นอกจากแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติแล้ว มนุษย์ยังเป็นผู้ที่ทำให้สารอินทรีย์ลงไปแหล่งน้ำ ซึ่ง ประกอบด้วยของเสียจำนวนมาก เช่น สิ่งปฏิกูลจากบ้านเรือนที่ปล่อยออกมาโดยตรงหลังจากทำการบำบัด แล้วจึงปล่อยลงสู่แม่น้ำ ทะเลสาบ และมหาสมุทร นอกจากนี้ยังเกิดจากสารเคมีที่ใช้ในกิจกรรมการเกษตร ผลิตภัณฑ์ยา และผลิตภัณฑ์หรือผลพลอยได้ของขบวนการทางอุตสาหกรรม ความแตกต่างระหว่างแหล่ง ที่เกิดจากธรรมชาติและเกิดจากมนุษย์ไม่สามารถแบ่งได้ชัดเจนได้ ซึ่งสารอินทรีย์ที่เกิดจากธรรมชาติเป็น ผลมาจากการนำเปื้อนของซากใบไม้ ในขณะที่ใช้ผงซักฟอกนั้นจะมีการปล่อยสาร nitrilotriacetic acid (NTA) ลงสู่แม่น้ำลำธารทำให้เกิดการนำเสียขึ้นได้ ในกรณีอื่นๆ พบในปริมาณที่น้อยกว่า คือ Trichloromethane (chloroform) ซึ่งอยู่ในกลุ่ม chlorinated hydrocarbon เป็นสารที่ผลิตโดยตรงจาก กระบวนการอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตามมีการแสดงให้เห็นว่าในแต่ละปีสารประกอบหนึ่งล้านตันถูก สร้างโดยตรงมาจากปฏิกิริยาตามธรรมชาติ แท้จริงแล้ว organochlorines มากกว่า 1,500 ชนิด ถูกระบุว่าเป็นผลผลิตมาจากธรรมชาติที่พบในสิ่งมีชีวิต ขณะที่สารประกอบที่มีมวลโมเลกุลต่ำ เช่น mono- และ

trichloromethane และ 2,4,6-trichlorophenol มีความซับซ้อน โดยเป็นส่วนหนึ่งของ chlorinated organics ที่มีมวลโมเลกุลสูงจะเกิดขึ้นในสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ ดังนั้นสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปสารแขวนลอยและที่ละลายน้ำได้ที่มีอยู่มากมายในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ นั้น เป็นแหล่งที่มาทั้งจากธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น (Valoon & Duffy, 2005)

Stable isotopic and elemental analyses

Stable carbon and nitrogen isotopic analyses เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพอย่างยิ่งในการติดตามการแพร่กระจายน้ำเสียที่มีแหล่งกำเนิดต่าง ๆ กัน เช่น จากการขับถ่ายของสัตว์ น้ำทิ้งจากบ้านเรือนหรือโรงงานบำบัดน้ำเสีย (Costanzo et al., 2006; Dolence et al., 2005) สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำที่ได้รับอิทธิพลของน้ำเสียที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์จะมีค่า $\delta^{13}\text{C}$ และ $\delta^{15}\text{N}$ แตกต่างไปจากสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันที่อาศัยในพื้นที่ที่มีผลกระทบดังกล่าวโดยผ่านสายใยอาหาร (food web) (Yamamuro et al., 2003) เนื่องจาก $\delta^{15}\text{N}$ สามารถที่จะเป็นตัวบ่งบอกแหล่งที่มาของสารอาหารในโครงกระดูกได้เป็นอย่างดี

เช่นเดียวกับ stable carbon isotope สามารถที่จะใช้บอกถึงแหล่งที่มาของสารอินทรีย์คาร์บอนซึ่งเป็นสารประกอบหลักของสิ่งมีชีวิต ซึ่งโดยปกติแล้วสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในทะเลจะมีค่า $\delta^{13}\text{C}$ มากกว่าสิ่งมีชีวิตที่ได้รับสารอินทรีย์คาร์บอนจากแผ่นดิน (Boonphakdee et al., 2007) อัตราส่วนของ POC/chl a ที่มีค่ามากกว่า 200 ก็สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้การปนเปื้อนของน้ำเสียจากกิจกรรมของมนุษย์ได้เช่นกัน (Cifuentes et al., 1999)

ไอโซโทป

1. ไอโซโทป (isotope) คืออะตอมต่าง ๆ ของธาตุชนิดเดียวกันที่มีจำนวนโปรตอนหรือเลขอะตอมเท่ากัน แต่มีจำนวนนิวตรอนต่างกัน ส่งผลให้เลขมวลต่างกันด้วย และเรียกเป็นไอโซโทปของธาตุนั้น ๆ ไอโซโทปของธาตุต่าง ๆ จะมีสมบัติทางเคมีฟิสิกส์เหมือนกัน ยกเว้นสมบัติทางนิวเคลียร์ที่เกี่ยวข้องกับมวลอะตอม ธาตุแต่ละธาตุจะมีจำนวนของไอโซโทปแตกต่างกันไป เช่น ไฮโดรเจนมี 3 ไอโซโทป คือ protium (hydrogen), deuterium และ tritium ซึ่งมีเลขอะตอมเท่ากับ 1 แต่มีเลขมวลเป็น 1, 2 และ 3 ตามลำดับ protium เป็นไอโซโทปของไฮโดรเจนที่มีมากที่สุดในธรรมชาติ คือ มีปริมาณ 99.99% ส่วน deuterium มีปริมาณน้อยมาก สำหรับ tritium เป็นไอโซโทปที่ไม่เสถียรมีคุณสมบัติเป็นสารกัมมันตรังสีและไม่เกิดในธรรมชาติแต่สามารถสังเคราะห์ได้ เขียนสัญลักษณ์ได้ดังนี้ ^1H , ^2H และ ^3H (สิรินทร์ญา ภัคดี, 2547) นอกจากนี้ยังมีไอโซโทปของธาตุอื่นๆอีก เช่น ไอโซโทปของธาตุออกซิเจน ได้แก่ ^{16}O ^{17}O ^{18}O , ไอโซโทปของธาตุคาร์บอน ได้แก่ ^{12}C ^{13}C ^{14}C และไอโซโทปของธาตุไนโตรเจน ได้แก่ ^{14}N ^{15}N

2. ไอโซโทปกัมมันตรังสีหรือสารรังสี (radioactive isotope or radioisotope) เป็นสารที่องค์ประกอบส่วนหนึ่งมีลักษณะเป็นไอโซโทปที่มีโครงสร้างปรมาณูไม่คงตัว (Unstable isotope) และจะสลายตัวโดยการปลดปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมาในรูปของรังสีอัลฟา รังสีเบตา รังสีแกมมา หรือรังสีเอกซ์รูปใดรูปหนึ่ง หรือมากกว่าหนึ่งรูปพร้อมๆกัน ไอโซโทปที่มีคุณสมบัติดังกล่าวนี้เรียกว่า ไอโซโทปกัมมันตรังสี หรือ ไอโซโทปรังสี (Radioisotope) คุณสมบัติที่สำคัญอีกประการหนึ่งของไอโซโทปรังสีคือ อัตราการสลายตัวด้วยค่าคงตัวที่เรียกว่า “ครึ่งชีวิต (Half life)” ซึ่งหมายถึง ระยะเวลาที่ไอโซโทปจำนวนหนึ่งจะสลายตัวลดลงเหลือเพียงครึ่งหนึ่งของจำนวนเดิม ตัวอย่างเช่น ทอง-198 ซึ่งเป็นไอโซโทปที่ใช้รังสีแกมมารักษามะเร็ง มีครึ่งชีวิต 2.7 วัน หมายความว่า ถ้าท่านซื้อทอง-198 (ทองที่สามารถสลายตัวได้) มา 10 กรัม หลังจากนั้น 2.7 วัน ท่านจะมีทองเหลืออยู่เพียง 5 กรัม แล้วต่อไปอีก 2.7 วัน ก็จะเหลืออยู่เพียง 2.5 กรัม (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2550)

3. ไอโซโทปเสถียร (stable isotope) เป็นไอโซโทปของธาตุที่ไม่มีการสลายต่อไปการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไอโซโทปเสถียรโดยทั่วไปใช้ไอโซโทปของคาร์บอน ไนโตรเจน ออกซิเจน และซิลเฟอร์ ซึ่งไอโซโทปเหล่านี้สามารถใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับพฤกษศาสตร์ ชีววิทยาของพืช ระบบนิเวศวิทยา ธรณีวิทยา และวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ส่วนใหญ่จะใช้คาร์บอนและไนโตรเจนในการวิเคราะห์ ส่วนการศึกษาด้านอื่นๆ เช่น การวิเคราะห์อุณหภูมิของบรรยากาศในอดีตที่ผ่านมาจะใช้ออกซิเจนในการวิเคราะห์ และยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยภูมิอากาศของโลกได้อีกด้วย อย่างไรก็ตามไอโซโทปที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติเกือบทั้งหมดจะมีความเสถียร และมีจำนวนน้อยมากที่จะเป็นสารกัมมันตรังสี (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2550)

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันยังไม่มียานวิจัยใดในประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ไอโซโทปเสถียร ในการบ่งบอกแหล่งที่มาของน้ำเสียจากกิจกรรมของมนุษย์ แม้แต่ในต่างประเทศก็ยังมีการศึกษาไม่มากนัก (Tucker et al, 1999; Dolence et al. 2005) ซึ่งส่วนใหญ่ก็จะเป็นใช้ไอโซโทปเสถียรในการศึกษาการแพร่กระจายของคาร์บอนและไนโตรเจนในระบบนิเวศแหล่งน้ำ (Sugimoto et al. 2006 and reference therein)

สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในทะเลทั้งที่เป็นพวกแพลงก์ตอนหรือสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ จะสามารถที่จะสะสมไนโตรเจนที่มาจากน้ำเสียจากกิจกรรมมนุษย์ได้ซึ่งจะมีปริมาณของไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนจะต่ำกว่า 3 ‰ (Andrew et al. 1998) และไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนจะมีค่าน้อยกว่า -25 ‰ (Cifuentes et al. 1999)

Andrew et al (1998) ทำการศึกษาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์คาร์บอนในอ่าวฮันส์โดยใช้ไอโซโทปเสถียรคาร์บอนและสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในน้ำและในตะกอนดินเพื่อบ่งบอกแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ พบว่าในอ่าวฮันส์ได้รับน้ำเสียจากกิจกรรมของมนุษย์เช่น น้ำเสียจากโรงงานกระดาษ และโรงงานน้ำตาล เช่นเดียวกับการศึกษาของ Boonphakdee et al. (2008) ที่พบว่าแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในปากแม่น้ำบางปะกงมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยจะมาจากดินในนาข้าวและจากพืชบกในช่วงฤดูน้ำมาก และมาจากทะเลและน้ำทิ้งจากกิจกรรมของมนุษย์ในระหว่างฤดูน้ำน้อย

Dolence et al (2005) ได้ตรวจสอบการแพร่กระจายของน้ำเสียจากมนุษย์ใน Adriatic Sea โดยใช้เทคนิคไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนพบว่ามีการแพร่กระจายของน้ำเสียจากชุมชนลงสู่พื้นที่ศึกษาและไนโตรเจนจากแหล่งกำเนิดดังกล่าวยังแพร่เข้าไปอยู่ในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตต่างๆที่อาศัยในพื้นที่นั้น โดยผ่าน food web โดยการแพร่กระจายดังกล่าวยังแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล

Dela-Cruz et al (2002) พบว่าปริมาณของ *Noctiluca scintillans* ในบริเวณชายฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศออสเตรเลียมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยกับปริมาณของไคอะตอม (*Thalassiosira partheneia*) ซึ่งพบใน food vacuole ของ *Noctiluca* และจากวิเคราะห์ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจนพบว่าที่มาของสารอาหารซึ่ง *Thalassiosira* ใช้ในการเจริญเติบโต มีแหล่งที่มาจากน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งลงสู่อ่าวซิดนีย์ ซึ่ง สอดคล้องกับรายงานของ Gaston and Suthers (2004) ที่พบว่าปลาที่กินแพลงก์ตอนเป็นอาหาร (planktivorous fish) ในอ่าวซิดนีย์ มีการสะสมไนโตรเจนและคาร์บอนที่มาจากน้ำทิ้งของชุมชนเมืองซิดนีย์

Mutchler et al (2007) ใช้ไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในการติดตามแหล่งที่มาของไนโตรเจนในบริเวณชายฝั่งทะเลแคริบเบียน ประเทศเม็กซิโก และได้สรุปว่าไนโตรเจนที่มีแหล่งกำเนิดจาก

น้ำทิ้งของกิจกรรมจากมนุษย์และไหลลงสู่พื้นที่ชายฝั่งโดยผ่านระบบน้ำใต้ดินจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศชายฝั่งทะเลและปะการังที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียง

สมภพ และคณะ (2546) รายงานถึงปริมาณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช (*Skeletonema costatum*) มากกว่า 1,000,000 เซลล์/ลิตร และ *Noctiluca scintillans* มากกว่า 100,000 เซลล์/ลิตร จึงจะทำให้เกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสี ซึ่งการเติบโตและการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตองดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการเช่น การเคลื่อนที่ของมวลน้ำ การผสมของมวลน้ำ ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความเค็ม และปริมาณสารอาหาร อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาใดที่ระบุได้อย่างชัดเจนว่าปัจจัยใดที่ทำหน้าที่ควบคุมการเพิ่มปริมาณของแพลงก์ตอนพืชได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

Dela-Cruz et al. (2002) ทำการศึกษารูปแบบของ red tide ที่เกิดจากไดโนแฟลกเจลเลต *Noctiluca scintillans* โดยศึกษาที่ชายฝั่งทะเลทิศตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศออสเตรเลีย พบว่า *Noctiluca scintillans* มีความอุดมสมบูรณ์มากในฤดูใบไม้ผลิและฤดูร้อน โดยมีปริมาณเซลล์ 16 เซลล์ต่อลิตร แต่จะลดน้อยลงในฤดูใบไม้ร่วงและฤดูหนาว ซึ่งมีปริมาณเซลล์น้อยกว่า 1 เซลล์ต่อลิตร ค่าความอุดมสมบูรณ์มีมากถึง 79 เซลล์ต่อลิตร บางครั้งการบลูมของไดอะตอมจะอยู่ในช่วงฤดูใบไม้ผลิและฤดูร้อน ซึ่งการบลูมของไดอะตอมชนิด *Thalassiosira partheneia* ก็มีอิทธิพลเช่นเดียวกัน เซลล์ของ *Noctiluca* จะมีสารแขวนลอยอยู่ใน vacuoles ในระหว่างการบลูมของไดอะตอมจะกระตุ้นให้ปริมาณของ *Noctiluca* เพิ่มขึ้น *Noctiluca* ที่ยังมีขนาดเล็ก เมื่อเกิดการบลูมของไดอะตอม ก็จะทำให้ *Noctiluca* เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว การใช้ ^{15}N isotope ตรวจสอบเซลล์ *Noctiluca* ที่ทำให้เกิด red tide เพื่อที่จะได้รู้แหล่งที่มาของสารอาหาร

Costanzo, S.D. et al. (2001) ได้ศึกษาวิธีการตรวจสอบผลกระทบที่เกิดจากน้ำเสีย โดยการเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนมีส่วนทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันไปทั่วโลก ผลเกิดจากการเพิ่มจำนวนของประชากรที่อยู่บริเวณชายฝั่งทะเล ในโตรเจนจะไหลเข้ามาพร้อมกับน้ำเสีย มีการกระจาย และส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตเพิ่มมากขึ้นจากรายงานนี้แสดงให้เห็นเทคนิคที่ใช้บ่งชี้ แหล่งที่มาของไนโตรเจน โดยใช้ประเมินระบบนิเวศที่อยู่บริเวณชายฝั่งทะเล ซึ่งเป็นวิธีพื้นฐานที่จะใช้ศึกษาไนโตรเจน ซึ่งศึกษาจากเนื้อเยื่อของพืชทะเล โดยใช้ ^{15}N แล้วนำค่าที่ได้ไปสร้างแผนที่ ค่าที่ได้แสดงให้เห็นว่าเนื้อเยื่อพืชทะเลที่ศึกษาได้รับน้ำเสียที่ไหลมาจาก More Bay ประเทศ ออสเตรเลีย ซึ่งเป็นอ่าวปิดโดยได้รับน้ำเสียจากหลายทาง การแพร่กระจายของไนโตรเจนที่อยู่ในน้ำเสียที่ได้จากแผนที่นั้น จะใช้เป็นแนวทางในการควบคุมปริมาณสารอาหาร ไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

Minagawa and Wada. (1986) ได้ใช้ nitrogen isotope ratios ตรวจสอบไนโตรเจน ที่เกิดจากปรากฏการณ์ red tide โดยเกิดจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Anabaena cylindrica* ค่าของ ^{15}N ของสาหร่ายนี้จะมีค่าคงที่ โดยไม่คำนึงถึงการเจริญเติบโต เช่นเดียวกับรายงานเมื่อสมัยก่อน ที่ใช้จุลินทรีย์ตรวจวัดไนโตรเจน การวิเคราะห์ไนโตรเจนด้วยไอโซโทปนั้นศึกษาจากแพลงก์ตอนพืชที่อยู่ในทะเลจีนด้านตะวันออกเฉียงใต้ โดยศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ที่เกิดจาก red tide โดยไนโตรเจนได้รับอิทธิพลมา

จากการตรึงไนโตรเจนจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Trichodesmium spp.* ค่าของ $\delta^{15}\text{N}$ แสดงให้เห็นว่าในอากาศมีก๊าซไนโตรเจนเป็นก๊าซหลักที่เป็นแหล่งที่มาของการเกิด red tide การที่เกิด red tide แสดงให้เห็นว่า พื้นที่นั้นมีความอุดมสมบูรณ์ของสารอาหาร

Bax et. al. (2001) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ที่ประเทศออสเตรเลีย ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูใบไม้ผลิ ในปี 1994 โดยศึกษาจากแพลงก์ตอนบลูม ชนิด *Thalassiosira partheneia* ซึ่งเป็นไดอะตอมที่มีขนาดเล็ก เป็นชนิดแรกที่แสดงให้เห็นว่าการบลูมจะเกิดขึ้นในฤดูใบไม้ผลิ และมีช่วงอายุสั้น จากการศึกษารังควัตถุจะแสดงให้เห็นว่าแพลงก์ตอนพืชกลุ่มนี้มีความสัมพันธ์ กับมหาสมุทรแห่งนี้ การบลูมเกิดอย่างหนาแน่นที่ทางเหนือ โดยที่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้มีกระแสลมพัดมาปกคลุม ทำให้มีปริมาณสารอาหารมาก แต่ทางทิศใต้เป็นบริเวณที่ลมพัดไปไม่ถึง การบลูมจะเกิดขึ้นเป็นหย่อมๆ ข้อมูลที่ได้จาก stable isotope แสดงให้เห็นว่า สารอินทรีย์มีปริมาณน้อยมากที่มาจากทะเล $\delta^{13}\text{C}$ ใช้อธิบายได้ว่า สาหร่ายที่มีขนาดใหญ่เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่แล้วตายลงแล้วทับถมกันเป็นชั้นตะกอนจะส่งผลทำให้น้ำตื้นจืด และเป็นตัวกระตุ้นที่ทำให้เกิดการบลูมได้

Pastuszak et. al. (2004) ศึกษาทะเล Baltic ที่เกิด ปรากฏการณ์ยูโทฟิเคชัน ที่เกิดขึ้นในอดีตและปัจจุบัน ซึ่งเป็นปัญหาต่อระบบนิเวศบริเวณชายฝั่ง Polish ทางทิศใต้ของทะเล Baltic โดยได้รับอิทธิพลจากแม่น้ำที่ไหลลงสู่ทะเล 2 สายหลัก คือ Odra และ Vistula และยังมีแม่น้ำสายเล็กๆ ไหลลงสู่ชายฝั่งทะเลนี้เช่นเดียวกัน ซึ่งเกิดจากการพัฒนาของมนุษย์ การเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารอาหาร จะมีมากขึ้นในฤดูหนาว ซึ่งจะทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทฟิเคชัน ส่วนในฤดูร้อนปริมาณของไนโตรเจนรวมฟอสเฟตรวม และออกซิเจน มีค่าน้อยมาก จากการวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่ปี 1959-2001 จนถึงปัจจุบันมีแนวโน้มการเสื่อมถอยของสิ่งแวดล้อมไปเรื่อยๆ ส่วนในอนาคต ทะเล Baltic น่าจะส่งผลให้เกิดการวิวัฒนาการมากขึ้น

Tucker et. al. (1999) ศึกษาโดยใช้ stable isotopes ประเมินผลกระทบระยะยาวของน้ำเสียที่ไหลเข้ามาใน Boston Harbor และได้ขยายเข้ามาในอ่าว Massachusetts โดยใช้ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($\delta^{15}\text{N}$ และ $\delta^{34}\text{S}$) โดยดูจากแหล่งที่มาของธาตุ, สารอินทรีย์, สารแขวนลอย สาหร่าย และสัตว์ ข้อมูลของไอโซโทป แสดงให้เห็นการแพร่กระจายของน้ำเสียที่มีแหล่งกำเนิดมาจากสารแขวนลอย และสารละลาย น้ำเสียที่ไหลมารวมตัวกันที่มาจากท่าเรือ และไหลไปยังอ่าว Massachusetts ค่าของ $\delta^{15}\text{N}$ แสดงอย่างชัดเจน การเปลี่ยนแปลงเกิดเนื่องจาก น้ำเสียไหลเข้ามา หอยก็ได้รับสารแขวนลอย และตะกอนเหล่านี้ด้วย ค่าของ $\delta^{15}\text{N}$ และ $\delta^{34}\text{S}$ จะแสดงอย่างชัดเจน จากเนื้อเยื่อหอย ซึ่งมีความสำคัญต่อกระบวนการของห่วงโซ่อาหาร

ข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ทำการศึกษา

ที่ตั้ง

ชายหาดบางแสน-วอนนภา ตั้งอยู่ในเขตเทศบาลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี ห่างจากกรุงเทพมหานคร 74 กิโลเมตร และครอบคลุม 3 ตำบล ตำบลแสนสุขเป็นตำบลหลัก (15 หมู่บ้าน) บางส่วนของตำบลเหมือง (หมู่ 1-4) และ บางส่วนของตำบลห้วยกะปิ (หมู่ 5) มีพื้นที่ทั้งหมด 20,268 ตารางกิโลเมตร

ขอบเขต

ในปี 1988 มีการก่อตั้งเทศบาลแสนสุขในเขตอำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี และจำกัดพื้นที่ของเทศบาลแสนสุขในเวลาต่อมา

ทิศเหนือ : เริ่มจากหลักเขตที่ 1 เป็นจุดสิ้นสุดของเขาสามมุข และต่อด้วยชายฝั่งของอ่าวไทยไปทางทิศตะวันออกถึงหลักเขตที่ 2 เป็นบริเวณปากคลองบางโปร้งที่ไหลลงสู่อ่าวไทย

จากหลักเขตที่ 2 ไปตามฝั่งคลองบางโปร้งในทิศตะวันออกลงมาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ผ่านทางหลวงหมายเลข 3 กรุงเทพ ฯ – ตราด (ถนนสุขุมวิท) หลักเขตที่ 3 อยู่ทางทิศเหนือของคลองบางโปร้งเป็นจุดที่มีความจำเป็นที่จะต้องมีส่วนแบ่งของเขาสามมุขและตำบลเหมือง

ทิศตะวันออก : เริ่มจากหลักเขตที่ 3 เป็นเส้นแบ่งระหว่างสามมุขกับตำบลเหมืองไปถึงทางใต้ของหลักเขตที่ 4 เคียงทางหลวงหมายเลข 3144 โดยแบ่งจากทางหลวงหมายเลข 3 (แสนสุข) – วนอุทยานเขาเขียวทางทิศใต้ผ่านจุดที่พบกันของเส้นแบ่งแสนสุขกับตำบลเหมือง

จากหลักเขตที่ 4 ตามทางหลวงจังหวัดหมายเลข 3144 ถึงทิศตะวันตกของหลักเขตที่ 5 เคียงทางหลวงหมายเลข 3144 ระยะทางจากจุดศูนย์กลางของการแบ่งถนนถึงทางหลวงหมายเลข 3 กรุงเทพ ฯ – ตราด (สุขุมวิท) สนใจที่ทิศตะวันออกเฉียงเหนือเป็นคลองน้ำหมื่นไปถึงทิศตะวันออก

ทิศใต้ : เริ่มจากหลักเขตที่ 6 ไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ถึงหลักเขตที่ 7 บริเวณกลางคลองสะพาน ระยะทางจากจุดศูนย์กลางของทางหลวงหมายเลข 3 กรุงเทพ ฯ – ตราด (สุขุมวิท) ไปถึงทิศตะวันออก 1000 เมตร

จากหลักเขตที่ 7 จากคลองสะพานไปทางทิศตะวันตกและข้ามทางหลวงหมายเลข 3 กรุงเทพ ฯ – ตราด (สุขุมวิท) ไปยังหลักเขตที่ 8 ตั้งอยู่บริเวณกลางปากคลองสะพานซึ่งต่อกับอ่าวไทย

ทิศตะวันตก : เริ่มจากหลักเขตที่ 8 ไปตามชายฝั่งของอ่าวไทยทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือไปจนถึงหลักเขตที่ 9 คือแหลมแท่นเป็นจุดสุดท้าย

จากหลักเขตที่ 9 ไปตามแนวชายฝั่งของอ่าวไทยไปทางทิศตะวันออกและไปทางทิศเหนือต่อกับหลักเขตที่ 1 : เทศบาลแสนสุขมีขอบเขตดังนี้

ทิศเหนือ : ติดต่อกับตำบลบ้านปึก ตำบลเสม็ด อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี

ทิศตะวันออก : ติดต่อกับตำบลห้วยกะปิ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

ทิศใต้ : ติดต่อกับตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

ทิศตะวันตก : ติดต่อกับอ่าวไทย

ภูมิศาสตร์

ภูมิศาสตร์ของเทศบาลแสนสุขเป็นที่ราบจากทิศตะวันออกที่ระดับน้ำทะเลปานกลางเฉลี่ย 3 เมตรลาดไปทางทิศตะวันตกและทิศเหนือของชายฝั่ง ความชันเฉลี่ย 0.30 – 0.75 % พื้นที่ทางทิศเหนือของเทศบาลเป็นพื้นที่ต่ำ

ชายหาดบางแสน – วอนนภเป็นหาดยาวจากแหลมแท่นไปจนถึงสุดเขตเทศบาล น้ำทะเลมีความลึก 2 เมตรเมื่อห่างจากชายฝั่ง 600 เมตรถึง 2 กิโลเมตร และชายหาดบางแสนมีส่วนที่เป็นหาดสาธารณะเพียง 2.5 กิโลเมตร นอกจากนี้เป็นชายหาดส่วนบุคคลไปจนถึงสุดเขตเทศบาลแสนสุข

ภูมิอากาศ

สภาพอากาศของเทศบาลแสนสุขจัดอยู่ในแบบมรสุมเมืองร้อนหรือแบบทุ่งหญ้าเมืองร้อน ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ สภาพอากาศมีความชื้นและฝนตก แต่จะแห้งแล้งในฤดูหนาว

- อุณหภูมิ

พื้นที่เทศบาลแสนสุขมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 26.5-32.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละเดือนดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 อุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณเทศบาลแสนสุข

เดือน	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)
มีนาคม-มิถุนายน	31.3
กรกฎาคม-ตุลาคม	31.3
พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์	31.3

ที่มา : เทศบาลแสนสุข (1996)

- ความชื้น

เทศบาลแสนสุขมีความชื้นเฉลี่ยทั้งปีอยู่ระหว่าง 68.1%-82.5% เฉพาะช่วงเดือน พฤษภาคม – พฤศจิกายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนมีความชื้นสูงสูงกว่า 75 %

- ปริมาณน้ำฝน

เทศบาลแสนสุขมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่ 1,267.50 มิลลิเมตรต่อปี จัดอยู่ในระดับน้ำฝนปานกลาง ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในแต่ละเดือนดังตาราง 2-3

ตารางที่ 2-3 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยบริเวณเทศบาลแสนสุข

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตรต่อปี)
มีนาคม-มิถุนายน	11
กรกฎาคม-ตุลาคม	10
พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์	10

ที่มา : เทศบาลแสนสุข (1996)

ฤดูฝนในเทศบาลแสนสุขเริ่มจากเดือน มิถุนายน-ตุลาคม เปรียบเทียบการระเหยของน้ำโดย ปริมาณน้ำฝนมีปริมาณน้ำน้อยลงในเดือน ธันวาคม-เมษายน

- ลม

ลมจะพัดจากทิศใต้เป็นเวลา 8 เดือนนับตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์-ตุลาคม ความเร็วลมเฉลี่ย 5.9-7.8 นอต ความเร็วสูงสุดที่บันทึกไว้คือ 68 นอต

ทรัพยากรธรรมชาติ

ดิน

การแบ่งประเภทของดินในการทำการเกษตรในเทศบาลแสนสุขแบ่งเป็น 3 กลุ่มมีรายละเอียดดังนี้

- พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการทำนา

กระจายอยู่ 3 พื้นที่ทางเหนือของทางหลวงแผ่นดิน 31337 และทางทิศใต้ของเทศบาลแสนสุขเป็น พื้นที่ที่เหมาะสมมากในการทำนา ระบบชลประทานสามารถส่งน้ำไปได้อย่างทั่วถึงตลอดทั้งปี ปัจจุบัน เป็นพื้นที่ที่มีการทำนามากที่สุด

- พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนา

กระจายตัวเป็นทางยาวจากทิศตะวันออกของทางหลวงหมายเลข 3 (สุขุมวิท) จากทิศเหนือถึงทิศ ใต้ของเทศบาลแสนสุขเหมาะสำหรับการปลูกข้าวแต่มีปัญหาในเรื่องของผิวดินซึ่งเป็นดินทรายและมี คุณภาพต่ำ ปัจจุบันนี้เป็นพื้นที่ที่ใช้ในการทำนา

- พื้นที่สำหรับการพัฒนาแต่กลายเป็นพื้นที่ทำปศุสัตว์

เป็นพื้นที่ชายฝั่งทะเลและไม่เหมาะสำหรับการเกษตรแต่สามารถพัฒนาเป็นพื้นที่ทำปศุ สัตว์ได้ ในปัจจุบันกลายเป็นสถานที่ท่องเที่ยวและสวนผลไม้

แหล่งน้ำธรรมชาติ

แหล่งน้ำธรรมชาติในเทศบาลแสนสุขมาจากน้ำฝน น้ำท่า และน้ำใต้ดิน

- น้ำฝน

เนื่องจากเทศบาลแสนสุขไม่มีสถานีตรวจวัดอากาศ สถิติที่ได้มาจากสถานีตรวจวัดอากาศชลบุรี ปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จึงถูกนำมาใช้แทน เทศบาลแสนสุขมีปริมาณน้ำฝน 1267.50 มิลลิเมตรต่อปี ฤดูฝน เริ่มจากเดือน มิถุนายน-ตุลาคม ในเดือนอื่น ๆ มีฝนเพียงเล็กน้อย

- น้ำท่า

คลองบางโพรงเป็นคลองเดียวเท่านั้นที่รองรับปริมาณน้ำฝนในฤดูฝน

- น้ำใต้ดิน

มีแหล่งน้ำใต้ดิน 5 แห่ง เป็นแหล่งน้ำของ โรงผลิตน้ำแข็งไทยพีพัฒนา วัดเก่าโบราณ มหาวิทยาลัย บูรพา พื้นที่เก็บน้ำรวม 550,450 ตารางเมตร เป็นจำนวน 750 คิวบิกเมตร จากการศึกษาโดย Department of

Underground Resources พบว่าได้รับมาจากชั้นดินที่มีความหนาแน่นน้อย เช่น ดินเหนียว ทราย และทราย ของตะกอนใหม่และมีการดูดซึมต่ำทำให้มีน้ำท่วมขัง ระดับน้ำต่ำกว่า 12 เมตร มีน้ำ 2.5-7 ลิวบิกเมตรต่อ ชั่วโมง มากกว่า 60 % ถูกจัดเก็บเป็นน้ำคุณภาพดี น้ำที่มีคุณภาพต่ำเนื่องมาจาก เหล็กและคลอไรด์

- คุณภาพน้ำทะเล

จากการสำรวจและวิเคราะห์คุณภาพน้ำทะเลจากรายงานภาคตะวันออกเฉียงเหนือในปี 1995 โดยกรม ควบคุมมลพิษพบว่าหาดบางแสนมีคุณภาพน้ำในระดับที่น่าพอใจ และดีกว่าในปี 1994 ปริมาณแบคทีเรีย ในกลุ่มโคลิฟอร์มมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน คือพบต่ำสุด 2 หน่วย และสูงสุด 540 หน่วย (มาตรฐานสำหรับน้ำ ที่ใช้ในการว่ายน้ำจะต้องน้อยกว่า 1000 หน่วย)

รายงานการศึกษาจากการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทยในบริเวณเทศบาลแสนสุขมีแหล่งที่มาของ มลพิษทางน้ำจากบริเวณหาดบางแสน ซึ่งมีร้านค้าและโรงแรม ชุมชนและสถานที่อื่น ๆ ที่ตั้งอยู่บริเวณ ชายฝั่งรวมทั้งโรงงานในจังหวัดชลบุรีและจังหวัดฉะเชิงเทราบริเวณแม่น้ำบางปะกง เนื่องจากลมมรสุม ตะวันตกเฉียงใต้เป็นสาเหตุที่ทำให้น้ำทะเลในอ่างไทยหมุนวนเข้มนาฬิกาทำให้สิ่งปฏิกูลจากแม่น้ำบาง ปะกงลงสู่หาดบางแสนไม่เพียงเท่านั้นในเดือนกรกฎาคม ปี 1996 ปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีบริเวณหาดบาง แแสน

ประชากร

ในปี 2005 เทศบาลแสนสุขมีประชากรทั้งหมด 193,736 คน เป็นชาย 93,190 คน เป็นหญิง 99,826 คน โดยแบ่งตามช่วงอายุจากผู้มีชื่อตามทะเบียนบ้านดังตารางที่ 2-4

ตาราง 2-4 ประชากรในเทศบาลแสนสุขในปี 2005

ช่วงอายุ	เพศ	
	ชาย	หญิง
0-5	1,444	1,540
6-10	3,593	2,296
11-20	2,504	2,534
11-20	2,427	2,630
11-20	2,585	2,621
41-50	1,317	1,894
51-60	1,068	1,117
61 ปีขึ้นไป	1,067	1,041
รวม	16,005	15,673

ที่มา : DOPA (2005)

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา

ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

จากผู้ที่ซื้อตามทะเบียนบ้านประกอบด้วย 14,360 ครัวเรือนเฉลี่ยครัวเรือนละ 5 คน ค่าเฉลี่ยในการย้ายเข้า 1,044 คน และย้ายออก 1,945 คนต่อปี มีการเกิด 410 คน และมีการตาย 120 คนต่อปี เป็นผู้มีสิทธิในการเลือกตั้ง 24,170 คน รายได้เฉลี่ยของประชากร 208,925 บาทต่อคนต่อปี มีจำนวนประชากรเฉลี่ย 1,703 คน/ตารางกิโลเมตร ประชากรส่วนใหญ่อาศัยอยู่บริเวณชายฝั่ง จากปากคลองบางโปรงถึงหาดวอนนภา และอาศัยอยู่ตามถนนสุขุมวิท (ทางหลวงหมายเลข 3) ซึ่งมีความสำคัญในการขนส่ง ตลาดหนองมนและทางหลวงจังหวัดหมายเลข 3137 แยกจากทางหลวงหมายเลข 3 จนถึงหาดบางแสนเป็นอีกที่หนึ่งที่เป็นที่อยู่อาศัยของประชากร

ประชากรของเทศบาลแสนสุขเปลี่ยนแปลง 1.72 % ต่อปี เปรียบเทียบในปี 1983ถึงปี 1993 ในอนาคตคาดว่าจะมีประชากรเพิ่มขึ้น 2.84 % เพราะฉะนั้นจะมีประชากร 54,364 คนในปี 2011 (การทอ้งเทียบแห่งประเทศไทย, 1997)

ระบบบริการสาธารณะ

- การจัดสรรน้ำ

เทศบาลแสนสุขมีการจัดสรรน้ำจากบางแสนซึ่งอยู่ภายใต้การทำงานของเขตชลบุรี อาศัยน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำบางพระ โดยสถานีกรองน้ำบางพระ 1และ2 กรองน้ำได้ 62,4000 ลบ.ม/วัน จ่ายน้ำให้คนที่อาศัยอยู่ใน จ.ชลบุรี และมีอ่างเก็บน้ำ หนองค้อ เป็นแหล่งน้ำสำรองน้ำในปี 1996 สามารถจ่ายน้ำได้ถึง 23,000 หลังคาเรือน

จากการคาดการณ์ล่วงหน้าว่าประชากรของเทศบาลแสนสุขในปี 2011 จะมี 54,364 คน ซึ่งการประเมินการใช้น้ำพบว่าจะมีการใช้น้ำ 250 ลิตร/คน แสดงให้เห็นว่าในอนาคต จะมีการใช้น้ำ 13,591 ลบ.ม./วัน

สำหรับนักท่องเที่ยวที่มาแบบ ไป – กลับ จะมีการใช้น้ำ 80 ลิตร/คน/วัน ส่วนนักท่องเที่ยวค้างคืน จะมีการใช้น้ำ 200 ลิตร/คน/วัน ปริมาณนักท่องเที่ยวที่มาช่วง วันหยุด และช่วงเทศกาล 13,417 คน ซึ่งนักท่องเที่ยวที่มาแบบ ไป – กลับ และนักท่องเที่ยวค้างคืนมีการใช้น้ำ 1,754 และ 2,258 ลบ.ม./วัน ตามลำดับ และปริมาณการใช้น้ำทั้งหมดในพื้นที่ 17,643 .ลบ.ม./วัน

จากการคาดการณ์ล่วงหน้าการใช้น้ำในปี 2011 พบว่าปริมาณน้ำมีความเพียงพอกับประชาชน และนักท่องเที่ยวในพื้นที่หาดบางแสน ในอีก 15 ปี เพราะการใช้น้ำในอนาคตมีอัตราส่วน 1:3 ของน้ำในปัจจุบันในระยะยาวต้องมีการหาแหล่งน้ำดิบเพิ่ม เพื่อให้เพียงพอสำหรับความต้องการน้ำหลัง 15 ปี จะมีมาตรฐานการจัดการน้ำจากแหล่งธรรมชาติในระยะยาว และการใช้ได้สูงสุด

- ไฟฟ้า

จังหวัดชลบุรีใช้ไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าบางปะกง บางแสนมีสถานีไฟฟ้าย่อยในพื้นที่ ซึ่งสามารถให้ไฟฟ้า กับ พื้นที่เทศบาลแสนสุข, ตำบลอ่างศิลา, ตำบลหัวขะปิ และตำบลเหมืองเทศบาลแสนสุขเพียง

377881

579.87
ก192๑
8.2

แห่งเดียวใช้ไฟฟ้ามากถึง 98% มีประชากรอาศัยอยู่ 25,341 คน และใช้ไฟฟ้า 14,079,578.37 หน่วย/เดือน และบริการสาธารณะอื่นๆ 76 แห่ง ใช้ไฟฟ้า 105,213 หน่วย/เดือน

จากข้อมูลการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทยในปี 1997 มีรายงานการศึกษาโดยการสัมภาษณ์ผู้บริหารและผู้ร่วมงาน กับการกล่าวถึงการจ่ายไฟฟ้าในพื้นที่หาดบางแสน มีความเพียงพอสำหรับความต้องการที่จะใช้ และการใช้ไฟฟ้าในหลายสถานที่ เป็นตัวกำหนดการสร้างสถานีย่อยเพราะฉะนั้น การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของบางแสนจะไม่ใช่เป็นอุปสรรคกับการใช้ไฟฟ้า และการลงทุนทั้งในปัจจุบัน และอนาคต

- ระบบระบายน้ำ

เทศบาลแสนสุขเคยพบน้ำท่วม 0.2% ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นระหว่าง ตุลาคม – พฤศจิกายน โดยเฉลี่ยน้ำท่วมระยะเวลา 30 วัน ทำให้เกิดความเสียหายกับระบบบริการสุขภาพสาธารณะ และทรัพย์สินสาธารณะ ทางเทศบาลมีการแก้ไขปัญหา มีการก่อสร้างท่อระบายน้ำใหม่ยาวเป็นระยะทางยาว 42.82 กิโลเมตร ป้ม 7 ตัว และมีผู้ปฏิบัติงาน 10คน/วัน เป็นการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสม กับสถานการณ์ปัจจุบัน

- การบำบัดน้ำเสีย

สถานียำบัดน้ำเสียของเทศบาลแสนสุข ได้รับการสนับสนุนจาก Public Works Department จัดสร้างเป็นเงิน 800 ล้านบาท เป็นระบบบำบัดแบบใช้อากาศแบบ AS ประกอบด้วย บ่อวงรี ลึก 2.5 เมตร และติดตั้งเครื่องให้อากาศเพื่อให้อากาศกับน้ำเสีย ซึ่งสิ่งมีชีวิตต้องการออกซิเจน 20 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้น้ำมีกรไหลเวียนภายในบ่อ 0.3-0.6 เมตร/วินาที น้ำเสียจากคลองวนเวียนจะส่งไปที่ถังคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรค และปล่อยลงสู่ทะเล ตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียจะถูกกำจัด

- ปริมาณน้ำเสีย

มีการคาดการณ์ว่าในปี 2011 จะมีน้ำเสียออกจากชุมชนเทศบาลแสนสุข 300 ลิตร/คน ระบบบำบัดน้ำเสียบำบัดได้ 16,309 ลบ.ม./วัน จากประชากรทั้งหมด 54,364 คน และปริมาณน้ำเสียจากนักท่องเที่ยวในปีเดียวกันนี้มีการคาดการณ์ในช่วงระหว่างวันหยุดจะมีนักท่องเที่ยวมา 33,417 คน/วัน นักท่องเที่ยวแบบไป – กลับ และนักท่องเที่ยวค้างคืน จะปล่อยน้ำเสีย 64 และ 200 ลิตร/คน/วัน ซึ่งน้ำเสียจากนักท่องเที่ยวแบบไป – กลับ มีปริมาณ 1,403 ลบ.ม./วัน และนักท่องเที่ยวค้างคืน มีปริมาณ 2,298 ลบ.ม./วัน น้ำเสียทั้งหมดที่ต้องบำบัด 20,010 ลบ.ม./วัน

จากการคาดการณ์ปริมาณน้ำเสีย และพิจารณาเปรียบเทียบกับความสามารถของระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาล พบว่าความสามารถของระบบมีความเหมาะสมที่จะรับปริมาณน้ำเสียได้ในปัจจุบัน แต่ในระยะยาวเป็นสิ่งจำเป็นที่ทางเทศบาลต้องหาพื้นที่ในการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียให้มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียให้มากขึ้น โดย Public Works Department ให้การสนับสนุน ศึกษาความเหมาะสมของระบบ และให้งบประมาณในการก่อสร้าง

- การจัดเก็บขยะ

การกำจัดมี 2 วิธี คือ กองรวมบนพื้นและการฝังกลบ ปัจจุบันพื้นที่การกำจัดขยะมี 5 ไร่ อยู่บริเวณ ต.เหมือง, ห่างจาก อ.เมือง 15 กม. แต่มีสถานที่จำกัดเทศบาลจึงซื้อที่ดินเพิ่มในปี 1988 สำหรับกำจัดขยะมีพื้นที่ 167 ไร่ที่ ต.บางพระและอ.ศรีราชา ห่างจากเทศบาล 10 กิโลเมตร ภาษีจากการจัดเก็บขยะมีมูลค่า 1,740,000 บาท/ปี

จากการคาดการณ์ในปี 2011 ในเทศบาลแสนสุขจะมีปริมาณการทิ้งขยะของประชาชน 0.8 กิโลกรัม/คน/วัน มีขยะที่ต้องกำจัด 43.49 ตัน/วัน จากประชากร 54,364 คน ในปีเดียวกันมีการคาดการณ์จำนวนนักท่องเที่ยวแบบไป – กลับ ช่วงวันหยุดทั้งหมด 33,417 คน/วัน จะมีปริมาณขยะจากนักท่องเที่ยว 0.66 กิโลกรัม/คน นักท่องเที่ยวค้างคืน 0.8 กิโลกรัม/คน ซึ่งเท่ากับประชาชนของเทศบาล โดยมีขยะจากนักท่องเที่ยวแบบไป – กลับ 14.47 ตัน และนักท่องเที่ยวค้างคืน 9.19 ตัน มีขยะทั้งหมดที่ต้องกำจัด 67.5 ตัน

จากปริมาณขยะที่คาดการณ์ไว้ จำเป็นต้องใช้พื้นที่ 163 ไร่ ลึก 5 เมตร สำหรับการฝังกลบขยะ ซึ่งจะเพิ่มขึ้นอีกในอีก 15 ปีข้างหน้า ในเวลาเดียวกันเทศบาลต้องซื้อที่ 167 ไร่ จึงจะเพียงพอกับการจัดการขยะที่จะเพิ่มขึ้นใน ปี 2011

การท่องเที่ยว

สถานที่ท่องเที่ยว

การท่องเที่ยวมีความสำคัญกับเศรษฐกิจในพื้นที่เทศบาลแสนสุข เพราะมีนักท่องเที่ยวจำนวนมากในพื้นที่นี้ ทำให้มีการจ้างงาน, เป็นการสร้างอาชีพ และการกระตุ้นการลงทุนในพื้นที่เทศบาลแสนสุข

- สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล

อยู่ในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยบูรพา ประกอบด้วยพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ, เป็นแหล่งศึกษาการเพาะพันธุ์สัตว์น้ำเค็ม และการวิจัย เปิดทำการทุกวัน จากสถิติในปี 2005 มีผู้เยี่ยมชมจำนวน 180,703 คน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเดือน เมษายน และตุลาคม มีผู้มาเยี่ยมชมเป็นจำนวนมาก

- หาดบางแสน

เป็นสถานที่ที่มีชื่อเสียง และมีนักท่องเที่ยวนิยมมาท่องเที่ยวเป็นเวลานาน และห่างจากตัวเมืองชลบุรีเพียง 13 กิโลเมตร. พื้นที่ของชายหาดยาว 2.5 กิโลเมตร และกว้าง 50-200 เมตร หาดบางแสนเต็มไปด้วยสิ่งอำนวยความสะดวกไม่ว่าจะเป็น, บังกะโล, ห้องอาบน้ำจืด, ร้านอาหารทะเล และกีฬาทางน้ำ เช่น บานาน่าโบท, สกูตเตอร์, บาสเกตบอล และการให้เช่าจักรยานปัจจุบันชายหาดบางแสน มีการพัฒนาโครงการจัดการตามแนวชายหาดโดยมีการปลูกมะพร้าว, จัดระเบียบแนวชายหาด มีการรักษาความสะอาด และมาตรฐานราคาการจำหน่ายสินค้าในการรักษาคุณภาพการท่องเที่ยว

- แหลมแท่น

เป็นสถานที่ที่เป็นธรรมชาติ มีความสวยงาม ซึ่งถัดจากหาดบางแสนไปทางเหนือ

- เขาสามมุข

อยู่ทางเหนือของหาดบางแสน มีศาลเจ้าแม่สามมุขซึ่งตั้งอยู่บนหน้าผาดจากทะเล โดยบุคคลทั่วไปให้การเคารพ และนับถือ เป็นสถานที่ที่มีประวัติเกี่ยวกับความรักของคู่รัก และมีลิงป่าจำนวนมาก, นักท่องเที่ยวที่มาบางแสนจะมาดูลิง ให้กล้วยกับลิง และมากราบไหว้เจ้าแม่เขาสามมุข หรือมารับประทานอาหารทะเล ก่อนกลับ

จำนวนนักท่องเที่ยว

นักท่องเที่ยวที่เดินทางมาเที่ยวหาดบางแสนส่วนใหญ่เป็นนักท่องเที่ยวชาวไทยที่อาศัยอยู่ในจังหวัดใกล้เคียง เช่น กรุงเทพฯ เนื่องจากอยู่ไม่ไกลและมีความสะดวกในการเดินทาง

มีรายงานว่าจำนวนนักท่องเที่ยวเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี ค.ศ.1976 พบว่าในช่วงสุดสัปดาห์มีนักท่องเที่ยวจำนวน 15,068 คน ในหาดบางแสน ในปี ค.ศ.1990 พื้นที่การพักผ่อนในบางแสน เขาสามมุข และแหลมแท่น มีนักท่องเที่ยวจำนวน 1,374,360 คน โดยมีอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.16 ต่อปี และจากการสำรวจในปี ค.ศ.1996 พบว่ามีนักท่องเที่ยวมากถึง 2,188,416 คน จากข้อมูลนี้คาดว่าในปี ค.ศ.2011 จะมีนักท่องเที่ยว 3,208,013 คน โดยมีค่าเฉลี่ย 33,417 คนต่อวัน

ในเวลาเดียวกันจำนวนนักท่องเที่ยวก็ไม่คงที่ และจำนวนนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติก็ลดลง เพราะฉะนั้นความร่วมมือระหว่าง ความรับผิดชอบของแต่ละหน่วยงานในหาดบางแสน เป็นสิ่งจำเป็นในการพัฒนาและ ปรับให้เหมาะสมกับการตลาดและกิจกรรมการท่องเที่ยว เช่น การพัฒนาถนนเพื่อการท่องเที่ยว การจัดการเรื่องรถโดยสารเพื่อความสะดวกในการท่องเที่ยว ซึ่งเป็นการรักษาการท่องเที่ยวในพื้นที่ และเป็นช่องทางทำให้เกิดการลงทุน

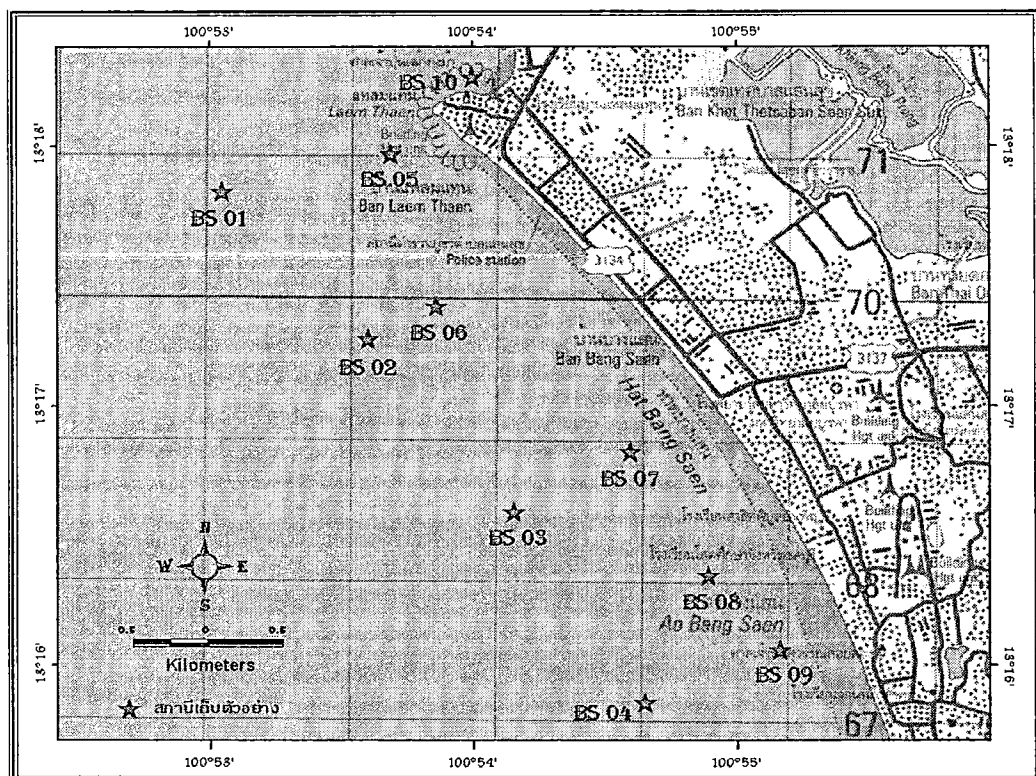
หาดบางแสนเป็นหาดสาธารณะที่มีนักท่องเที่ยวจำนวนมาก ทำให้เกิดความเสื่อมโทรม ในเวลาเดียวกันหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบเพียงหน่วยงานเดียวคือ เทศบาลแสนสุข มีการจัดการปัญหาในทางตรง เช่น จัดการขยะที่พัดมาบนชายหาดในช่วงเกิดลมมรสุม มาจากนักท่องเที่ยวที่ขาดจิตสำนึก ในสวนสาธารณะตลอดทางบางแสนสาย1 ซึ่งมีพนักงานที่ช่วยการจัดการไม่เพียงพอ เพราะฉะนั้นเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินขึ้นก็จะมีการพิจารณาตามจำนวนนักท่องเที่ยวที่มี และมีแต่หน่วยงานที่แก้ปัญหาเฉพาะหน้าเท่านั้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

บริเวณที่ทำการศึกษา

ศึกษาและเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณหาดวอนนภาถึงหาดบางแสนจ.ชลบุรี ในสถานีต่าง ๆ ทั้งหมด 10 สถานี ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณหาดวอนนภาถึงหาดบางแสน จ.ชลบุรี

ระยะเวลาดำเนินการศึกษา

ทำการศึกษาดังแต่เดือนกรกฎาคม 2550 – พฤศจิกายน พ.ศ. 2551 รวมการเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 65 ครั้ง โดยในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 – 9, 12-16, 20-22, 54-56 จะทำการเก็บตัวอย่างทุกสถานี นอกนั้นจะทำการเก็บตัวอย่างเฉพาะสถานี BS05 และ BS09

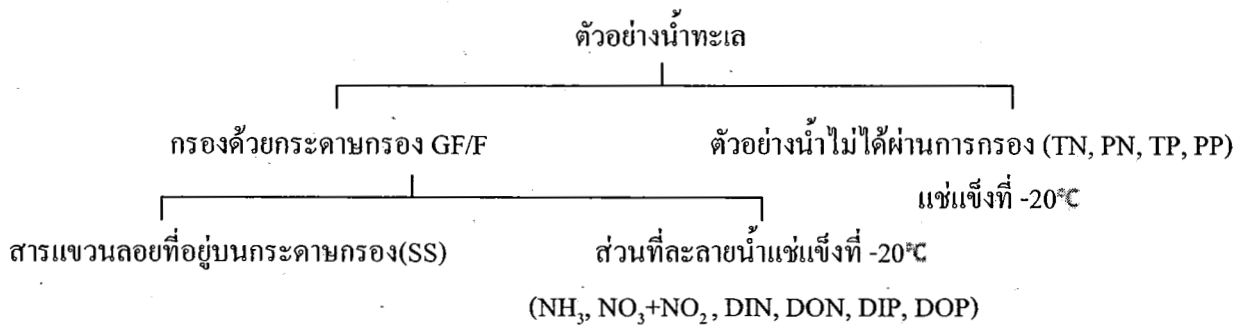
วิธีการศึกษา

3.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ระดับความลึก 0.5 เมตรจากผิวน้ำโดยใช้กระบอกเก็บน้ำแบบ Kitahara ขนาด 1 ลิตรทำการถ่ายน้ำตัวอย่างใส่ขวดเก็บตัวอย่างเพื่อนำตัวอย่างน้ำกลับไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ ทำการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์คุณภาพน้ำต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ ออกซิเจนละลายน้ำ การนำไฟฟ้า และความเค็ม โดยใช้เครื่อง Multi probe YSI 85

3.2 การเตรียมตัวอย่างน้ำในห้องปฏิบัติการ

นำน้ำตัวอย่างไปกรองทันทีภายใน 1 ชม. หลังการเก็บตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง Whatman GF/F และใส่ขวดโพลีเอทิลีนปริมาตร 50 มล. จำนวน 2 ขวด ทำการแช่ตัวอย่างน้ำที่ -20°C จนกว่าจะทำการวิเคราะห์



ขั้นตอนการกรองและเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ

ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย(NH_3) ไนเตรท(NO_3) ไนโตรเจนรวม(TN) สารอินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ(DON) ไนโตรเจนแขวนลอย(PN) และสารอาหารฟอสฟอรัสในรูปของฟอสฟอรัสรวม(TP) สารอินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ(DOP) และฟอสฟอรัสแขวนลอย(PP) ด้วยเครื่อง Auto analyzer3 ตามวิธีของ Grasshoff et al. (1983)

3.3 การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชที่ระดับผิวน้ำทะเล

ทำการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชโดยใช้ถุงลากแพลงก์ตอนขนาดตา 60 ไมครอน พร้อมทั้งวัดพารามิเตอร์ปัจจัยสิ่งแวดล้อม (อุณหภูมิ ความเค็ม ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ความนำไฟฟ้า และความโปร่งแสง)

3.4 การจำแนกชนิดของแพลงก์ตอนพืช

จำแนกชนิดของแพลงก์ตอนพืชโดยเทียบจากคู่มือแพลงก์ตอนพืชของลัดดา วงศ์รัตน์ (2542) ซึ่งทำการนับตัวอย่างสุกภายใต้กล้องจุลทรรศน์และระบุความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดที่พบ (เซลล์ต่อลิตร) จากการนับใน Sedgewick Rafter Chamber ขนาด 1 มิลลิลิตร ภายใต้กล้องจุลทรรศน์เช่นกัน

การคำนวณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช (กรมควบคุมมลพิษและสถาบันวิจัย ทรัพยากรทางน้ำ, 2545)

1. คำนวณปริมาตรน้ำที่กรองผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนพืชโดยใช้สูตร

$$V = \pi R^2 h$$

V = ปริมาตรน้ำที่กรองผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนพืช (ลิตร)

R = รัศมีของปากถุงลากแพลงก์ตอนพืช

h = ระยะทางที่ลากถุงลากแพลงก์ตอนพืช

2. คำนวณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชโดยใช้สูตร

$$D = N \times \frac{d \times v \times 1000}{V}$$

V

D = ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช (เซลล์ต่อลิตร)

N = จำนวนเซลล์ที่ตรวจนับได้ใน Sedgewick Rafter Chamber

d = จำนวนเท่าที่เจือจาง (ถ้ามี)

v = ปริมาตรน้ำในขวดตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

V = ปริมาตรน้ำที่กรองผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนพืช (ลิตร)

3.5 การเก็บและเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ตามวิธีของ Parsons *et al.* (1984) อ้างโดยกรมควบคุมมลพิษและสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ (2545)

การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ จะเก็บน้ำทะเลที่ระดับความลึกเดียวกันกับการเก็บแพลงก์ตอนพืชด้วยกระบอกเก็บน้ำ หลังจากนั้นนำตัวอย่างซึ่งผสมกันดีแล้วมากรองผ่านผ้ากรองไนลอนขนาดตาประมาณ 200 ไมครอนเพื่อกำจัดแพลงก์ตอนขนาดใหญ่ที่ติดมาในตัวอย่างออก แล้วจึงกรองลงบนกระดาษกรองใยแก้ว GF/F เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร (จุดบันทึกปริมาตรน้ำที่ใช้ในการกรองไว้สำหรับคำนวณต่อไป) เก็บแผ่นกรองที่ได้ไว้สำหรับวิเคราะห์หาคลอโรฟิลล์เอ โดยวิธี spectrophotometry (Parsons *et al.* 1984)

ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ(ไมโครกรัม/ลิตร) Chlorophyll a ($\mu\text{g}/\text{l}$) = $\frac{26.7(665_0 - 665_5) \times V}{v}$

v

665₀ แทน ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวช่วงคลื่นต่าง 665 นาโนเมตรก่อนการเติมกรดเกลือ

665₅ แทน ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวช่วงคลื่นต่าง 665 นาโนเมตรหลังการเติมกรดเกลือ

v แทน ปริมาตรของน้ำที่กรอง (ลิตร)

v แทน ปริมาตรของ acetone ที่ใช้ (มิลลิลิตร)

3.6 การเก็บและเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารแขวนลอยโดยวิธี gravimetric

(มันลิน ดัชนีอุตสาหกรรม, 2543) เก็บตัวอย่างน้ำด้วยกระบอกเก็บน้ำ หลังจากนั้นนำตัวอย่างน้ำมากรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว GF/F เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถทำแห้ง ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (จดปริมาตรน้ำที่ผ่านการกรอง) นำแผ่นกรองที่ได้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (หรือจนกว่าจะแห้ง) เก็บในโถทำแห้งจนเย็นเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งหาน้ำหนักกระดาษกรองใหม่

$$\text{ปริมาณสารแขวนลอย (มิลลิกรัม/ลิตร)} = \frac{\text{น้ำหนักของกระดาษกรองที่เพิ่มขึ้น (กรัม)} \times 10^6}{\text{ปริมาตรของตัวอย่างน้ำ (มล.)}}$$

การเตรียมตัวอย่าง

การเตรียมตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช นำกระดาษกรองที่ผ่านการกรองจากถุงเก็บแพลงก์ตอนขนาด 60 ไมโครเมตร ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำกระดาษกรองไป decarbonate ด้วยกรดไฮโดรคลอริก หลังจากนั้นทำการกำจัดกรดออก แล้วนำกระดาษกรองไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อีกครั้งเป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นลอกชั้นกระดาษกรองออกให้บางที่สุดนำไปบรรจุในฟลอยด์ (tin capsule) นำไปวิเคราะห์โดยเครื่อง Isotope Ratio Mass Spectrometer

การวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน

ทำการวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจนด้วยเครื่อง Isotope Ratio Mass Spectrometer ที่มหาวิทยาลัยเกียวโต ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งข้อมูลของค่าไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจนที่รายงานออกมานั้นเป็นความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันระหว่างสัดส่วนของตัวอย่างและสารมาตรฐาน

$$\delta X(\text{‰}) = [(R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}}) - 1] \times 10^3$$

เมื่อ X แทน ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน (^{13}C และ ^{15}N)

R แทน ค่าของสัดส่วนไอโซโทป ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ และ $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$)

นำข้อมูลที่ได้ไปทำกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\delta^{13}\text{C}$ และ $\delta^{15}\text{N}$ ซึ่งใช้เปรียบเทียบกับค่า $\delta^{13}\text{C}$ และ $\delta^{15}\text{N}$ ของแหล่งกำเนิดสารอินทรีย์ที่สำคัญ เช่น น้ำทิ้งจากกิจกรรมของมนุษย์ อนุภาคสารอินทรีย์จากบนบก และอนุภาคสารอินทรีย์จากน้ำทะเล โดยทำ Fractional contributions Diagram เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบสัดส่วนแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในสิ่งมีชีวิต น้ำและดินตะกอน โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\delta^{13}C_s = f_1 d^{13}C_1 + f_2 d^{13}C_2 + f_3 d^{13}C_3$$

$$\delta^{15}N_s = f_1 d^{15}N_1 + f_2 d^{15}N_2 + f_3 d^{15}N_3$$

$$f_1 + f_2 + f_3 = 1$$

เมื่อ f_1 , f_2 และ f_3 แทน ค่าของคาร์บอนและไนโตรเจนในตัวอย่างที่มาจากแหล่งกำเนิดที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

C_1 , C_2 และ C_3 แทน ค่าของคาร์บอนไอโซโทปของแหล่งกำเนิดทั้ง 3 แหล่ง ตามลำดับ

N_1 , N_2 และ N_3 แทน ค่าของคาร์บอนไอโซโทปของแหล่งกำเนิดทั้ง 3 แหล่ง ตามลำดับ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลปริมาณความเข้มข้นของ แอมโมเนีย(NH_3) ไนเตรท(NO_3) ปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ(DIN) ปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ(DON) ปริมาณไนโตรเจนรวม(TN) ปริมาณไนโตรเจนแขวนลอย(PN) ปริมาณสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ(DIP) ปริมาณสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ(DOP) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม(TP) ปริมาณฟอสฟอรัสแขวนลอย(PP) ที่ได้ทำการศึกษามาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) แบบ Factorial design โดยทำการทดสอบสมมติฐาน (Assumption) เพื่อตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลว่ามีการกระจายตัวแบบปกติหรือไม่โดยวิธี Kolmogorov – Smirnov Test และทำการหาความสัมพันธ์ปริมาณสารอาหารกับความเค็ม โดยใช้ pearson correlation และ spearman correlation

บทที่ 4

ผลการศึกษา

คุณภาพน้ำ

1. อุณหภูมิ(Temperature) ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษามีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 24.5-34.4°C (ค่าเฉลี่ย 29.9±0.35°C) โดยพบว่ามีอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม และเดือนพฤศจิกายน 2551 ตามลำดับ (รูปที่ 4.1 ก)

2. ความเค็ม(Salinity) ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาวรรณหาคอนเนกามีความเค็มอยู่ในช่วง 11.2-33.5 (ค่าเฉลี่ย 24.5±1.02) โดยพบว่ามีค่าความเค็มสูงสุดและต่ำสุดในเดือนมีนาคมและเดือนกันยายน 2551 ตามลำดับ (รูปที่ 4.1 ข)

3. ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ(DO) ตลอดระยะเวลาปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 2.6-11.9 mg/l (ค่าเฉลี่ย 6.58±1.41 mg/l) โดยพบว่ามีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงสุดและต่ำสุดในเดือนมีนาคม 551 และเดือนตุลาคม โดยมีค่าเฉลี่ย ตามลำดับ (รูปที่ 4.2 ก)

1.4 ค่าความโปร่งแสง ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาวรรณหาคอนเนกามีค่าความโปร่งแสงอยู่ในช่วง 0.2-2.8 m. (ค่าเฉลี่ย 1.32±0.31 m.) โดยพบว่ามีค่าความโปร่งแสงสูงสุดและต่ำสุดในเดือนตุลาคม และเดือนสิงหาคม (รูปที่ 4.2 ข)

ปริมาณสารอาหาร

1. ปริมาณไนโตรเจนในไตรเจนละลายน้ำ (DIN) ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาปริมาณไนโตรเจนในไตรเจนละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 10.7-425.9 µg/l (ค่าเฉลี่ย 84.5±53.3 µg/l) โดยพบว่ามีปริมาณไนโตรเจนในไตรเจนละลายน้ำสูงสุดและต่ำสุดในเดือนเมษายน และสิงหาคม 2551 โดยมีค่าเฉลี่ยตามลำดับ (รูปที่ 4.3 ก)

2. ปริมาณไนโตรเจนฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP) ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาปริมาณไนโตรเจนฟอสฟอรัสละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 3.8-51.6 µg/l (ค่าเฉลี่ย 22.1±7.4 µg/l) โดยพบว่ามีปริมาณไนโตรเจนฟอสฟอรัสละลายน้ำสูงสุดและต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม และพฤศจิกายน 2551 โดยมีค่าเฉลี่ยตามลำดับ (รูปที่ 4.3 ข)

3. ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON) ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 24.8-1613.8 $\mu\text{g/l}$ (ค่าเฉลี่ย $269.9 \pm 96.2 \mu\text{g/l}$) โดยพบว่ามีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ สูงสุดและต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม 2550 และเมษายน 2551 โดยมีค่าเฉลี่ยตามลำดับ (รูปที่ 4.4 ก)
4. ปริมาณอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP) ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาปริมาณอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ มีค่าอยู่ในช่วง 0.9-24.5 $\mu\text{g/l}$ (ค่าเฉลี่ย $9.6 \pm 5.2 \mu\text{g/l}$) โดยพบว่ามีปริมาณอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ สูงสุดและต่ำสุดในเดือนตุลาคม และพฤศจิกายน 2551 โดยมีค่าเฉลี่ยตามลำดับ (รูปที่ 4.4 ข)
5. ปริมาณไนโตรเจนรวม (TN) ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาปริมาณไนโตรเจนรวมมีค่าอยู่ในช่วง 160.2-2066.5 $\mu\text{g/l}$ (ค่าเฉลี่ย $547.1 \pm 217.1 \mu\text{g/l}$) โดยพบว่ามีปริมาณไนโตรเจนรวมสูงสุดและต่ำสุดในเดือนกันยายน 2550 และตุลาคม 2551 โดยมีค่าเฉลี่ยตามลำดับ (รูปที่ 4.5 ก)
6. ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (TP) ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสมีค่าอยู่ในช่วง 11.3-120.4 $\mu\text{g/l}$ (ค่าเฉลี่ย $42.5 \pm 7.35 \mu\text{g/l}$) โดยพบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสรวมสูงสุดและต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม และพฤศจิกายน 2551 โดยมีค่าเฉลี่ยตามลำดับ (รูปที่ 4.5 ข)
7. ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (Chlorophyll a) ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์เอมีค่าอยู่ในช่วง 0.16-6.35 $\mu\text{g/l}$ (ค่าเฉลี่ย $1.24 \pm 1.17 \mu\text{g/l}$) โดยพบว่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์เอสูงสุดและต่ำสุดในเดือนกันยายน และกรกฎาคม 2551 โดยมีค่าเฉลี่ยตามลำดับ (รูปที่ 4.6 ก)
8. อัตราส่วนระหว่างไนโตรเจนรวม (TN) และ ฟอสฟอรัสรวม (TP) ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาอัตราส่วนระหว่างไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวมมีค่าอยู่ในช่วง 4.1-56.1 (ค่าเฉลี่ย 13.7 ± 7.5) โดยพบว่ามีอัตราส่วนระหว่างไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวมสูงสุดและต่ำสุดในเดือนธันวาคม 2550 และตุลาคม 2551 โดยมีค่าเฉลี่ยตามลำดับ (รูปที่ 4.6 ข)

ปริมาณแพลงก์ตอนและการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี

จากการศึกษาชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในบริเวณหาดบางแสน-วอนนภา ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2550 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2551 จากการศึกษาพบว่า

พบแพลงก์ตอนพืช 17 สกุล โดยพบไดอะตอมมากที่สุด 11 สกุล รองลงมาได้แก่ ไดโนแฟลกเจลเลต 5 สกุล และแพลงก์ตอนพืชสีเขียวแกมน้ำเงิน 1 สกุล แพลงก์ตอนพืชสกุลที่มีความหนาแน่นสูงได้แก่ *Chaetoceros* spp. *Lauderia* sp. *Ceratium furca* *Coscinodiscus* spp. และ

Thalassiothrix sp. ตามลำดับ สกุลที่พบเป็นประจำได้แก่ *Coscinodiscus* spp. *Chaetoceros* spp. *Thalassiothrix* sp. และ *Ceratium furca* ดังแสดงในตารางที่ 4.1 แพลงก์ตอนพืชที่เป็นสาเหตุหลักของการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในบริเวณที่ทำการศึกษาค้นคว้าได้แก่ ไคโนแฟลกเจลเลต สกุล *Ceratium furca* ความหนาแน่นเซลล์ที่ตรวจนับได้มากกว่า 3 แสนเซลล์ต่อลิตร ส่งผลให้ในเดือนกรกฎาคม 2551 น้ำทะเลเปลี่ยนเป็นสีแดงอยู่ในช่วง 1 – 2 วัน และไดอะตอม สกุล *Chaetoceros* spp. ความหนาแน่นที่ตรวจนับได้มากกว่า 8 พันสายต่อลิตร ส่งผลให้ในเดือนตุลาคม 2551 น้ำทะเลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงอยู่ในช่วง 1 – 5 วัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของแววตา ทองระอา(2539) ที่ทำการศึกษาแพลงก์ตอนพืช 2 กลุ่ม ได้แก่ ไดอะตอมและไคโนแฟลกเจลเลตบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงถึงศรีราชา จังหวัดชลบุรี พบแพลงก์ตอนพืช *Ceratium* sp. เพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วและเป็นแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นซึ่งพบ 98 เปอร์เซ็นต์ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด และประยูร สุรตระกูล (2531) ที่ทำการศึกษการเปลี่ยนแปลงประชากรแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี พบแพลงก์ตอนพืช *Chaetoceros* sp. เป็นชนิดเด่น เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอมสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ของแหล่งน้ำได้ดี

ตารางที่ 4.1 แพลงก์ตอนพืชที่พบบริเวณชายหาดบางแสนและวอนนภา จ.ชลบุรี ในระหว่างเดือนกรกฎาคม 2550 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2551

Division	Class	Order	Family	Genus			
Cyanophyta	Cyanophyceae	Nostocales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp.			
Chromophyta	Bacillariophyceae	Biddulphiales	Thalassiosiraceae	<i>Planktoniella sol</i>			
				<i>Lauderia</i> sp.			
			Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus</i> spp.			
			Rhizosoleniaceae	<i>Rhizosolenia</i> spp.			
			Chaetoceraceae	<i>Bacteriastrum</i> sp.			
				<i>Chaetoceros</i> spp.			
			Eupodiscaceae	<i>Odontella</i> sp.			
				<i>Triceratium</i> sp.			
			Dinophyceae		Bacillariales	Thalassionemataceae	<i>Thalassionema</i> sp.
							<i>Thalassiothrix</i> sp.
		Naviculaceae			<i>Pleurosigma</i> spp.		
	Dinophysiales	Dinophysiaceae			<i>Dinophysis</i> sp.		
	Noctilucales	Noctilucaceae			<i>Noctiluca scintillans</i>		
Gonyaulacales			Ceratiaceae	<i>Ceratium</i> sp.			
			<i>Ceratium furca</i>				
		Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Protoperidinium</i> sp.			

การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี

ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษายพบปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีทั้งสิ้นจำนวน 8 ครั้ง รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 23 วัน โดยแพลงก์ตอนพืชที่เป็นสาเหตุของปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี ได้แก่ ไดอะตอม สกุล *Chaetoceros* spp. ความหนาแน่นที่ตรวจนับได้มากกว่า 3 ล้านเซลล์ต่อลิตร ส่งผลให้ในเดือนมีนาคม เมษายน และตุลาคม 2551 น้ำทะเลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงอยู่ในช่วง 1 – 7 วัน ไดโนแฟลกเจลเลต สกุล *Ceratium furca* ความหนาแน่นเซลล์ที่ตรวจนับได้มากกว่า 3 แสนเซลล์ต่อลิตร ส่งผลให้ในเดือนกรกฎาคม และสิงหาคม 2551 น้ำทะเลเปลี่ยนเป็นสีแดงอยู่ในช่วง 1 – 2 วัน และไดโนแฟลกเจลเลต สกุล *Noctiluca scintillans* ความหนาแน่นเซลล์ที่ตรวจนับได้มากกว่าแสนเซลล์ต่อลิตร ส่งผลให้ในเดือนเมษายนและพฤษภาคม 2551 น้ำทะเลเปลี่ยนเป็นสีเขียวอยู่ในช่วง 1 – 5 วัน

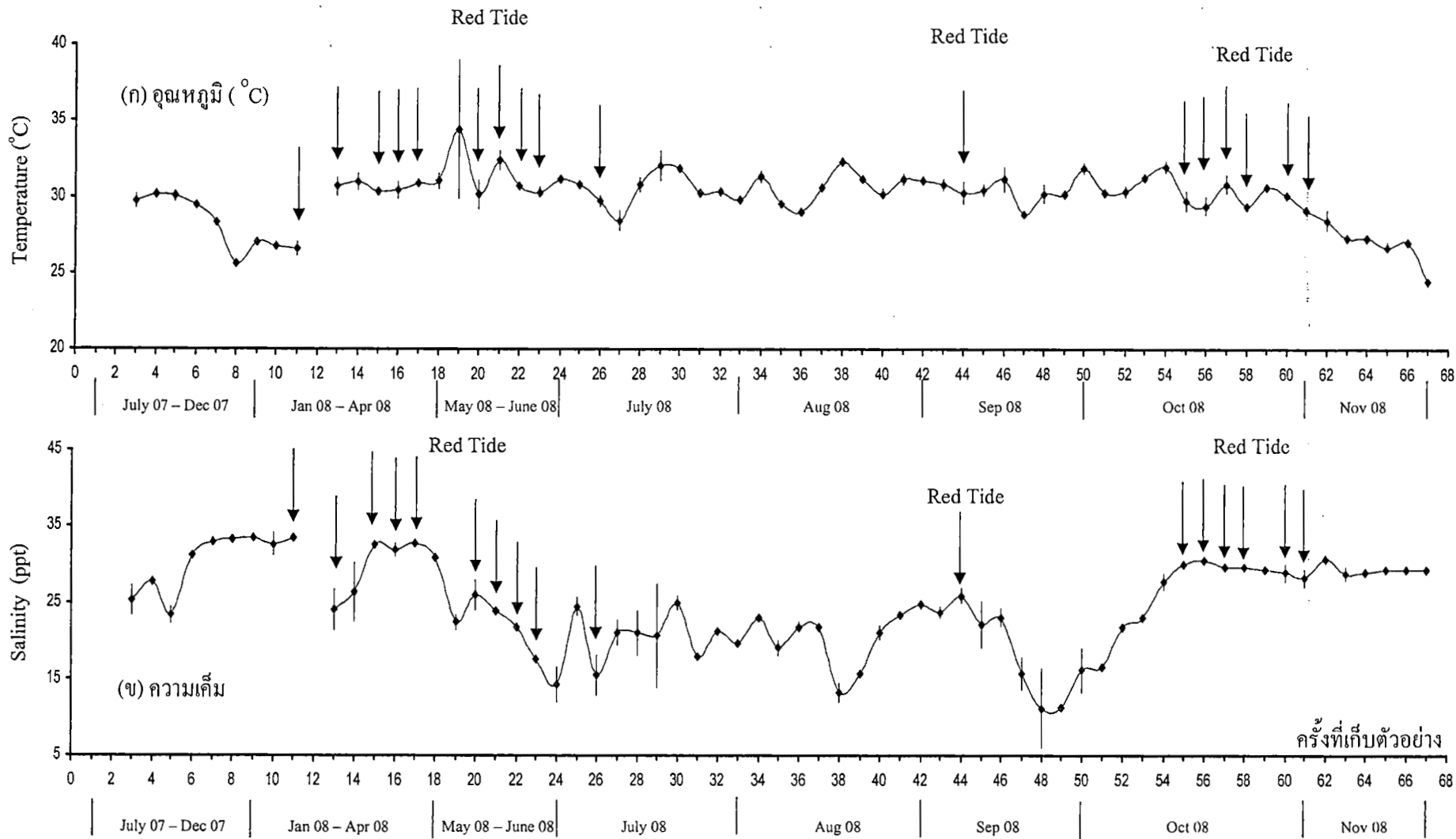
ตาราง.4.2. แสดงวันที่ จำนวนครั้ง ช่วงเวลา และแพลงก์ตอนชนิดที่เป็นสาเหตุของการเกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสี (red tide)

วัน เดือน ปี	จำนวนครั้ง	ช่วงเวลา (วัน)	สาเหตุ
5 มีนาคม 2551	1	1-2	<i>Chaetoceros</i> spp.
4-9 เมษายน 2551	2	1-5	<i>Chaetoceros</i> spp.
5 เมษายน 2551			<i>Noctiluca scintillans</i>
22-23 พฤษภาคม 2551	1	1-5	<i>Noctiluca scintillans</i>
6 กรกฎาคม 2551	1	1-2	<i>Ceratium furca</i>
7 สิงหาคม 2551	1	1-2	<i>Ceratium furca</i>
13-19 ตุลาคม 2551	2	1-7	<i>Chaetoceros</i> spp.
26-30 ตุลาคม 2551			

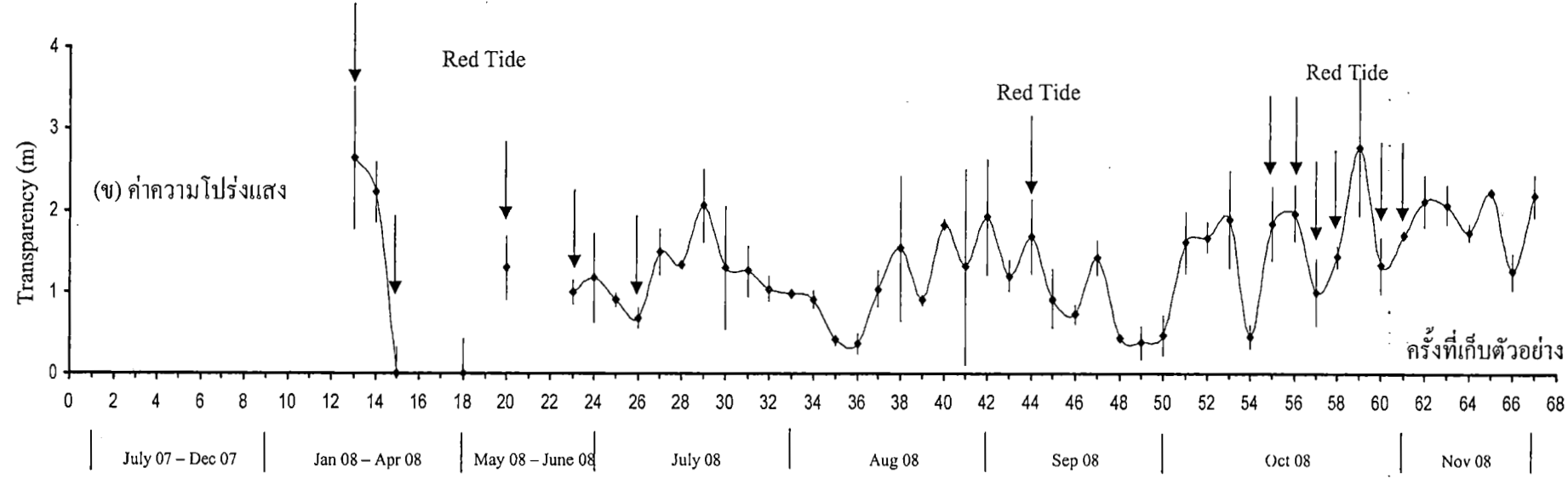
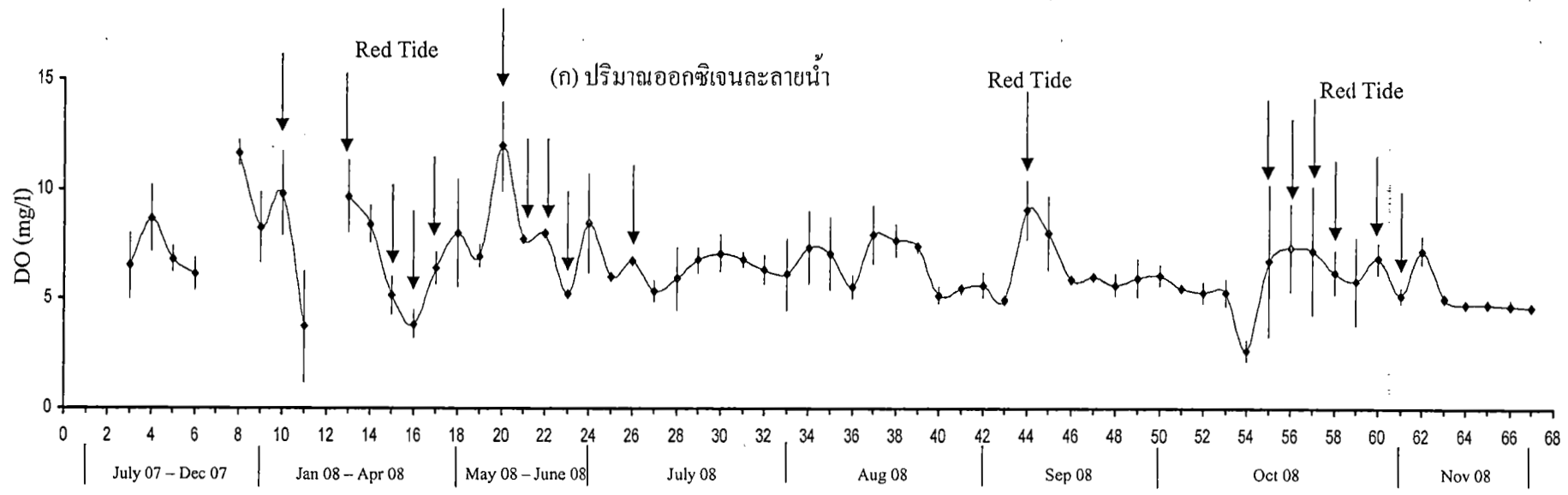
โดยการบ่งบอกว่าเป็นปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีหรือไม่จะพิจารณาจากความหนาแน่นของเซลล์แพลงก์ตอนพืช โดยมีเกณฑ์ดังนี้คือ

ชนิดของแพลงก์ตอนพืช	ความหนาแน่น ($\times 10^3$ เซลล์ต่อลิตร)
<i>Noctiluca scintillans</i>	200
<i>Ceratium furca</i>	200
<i>Chaetoceros</i> spp	1000

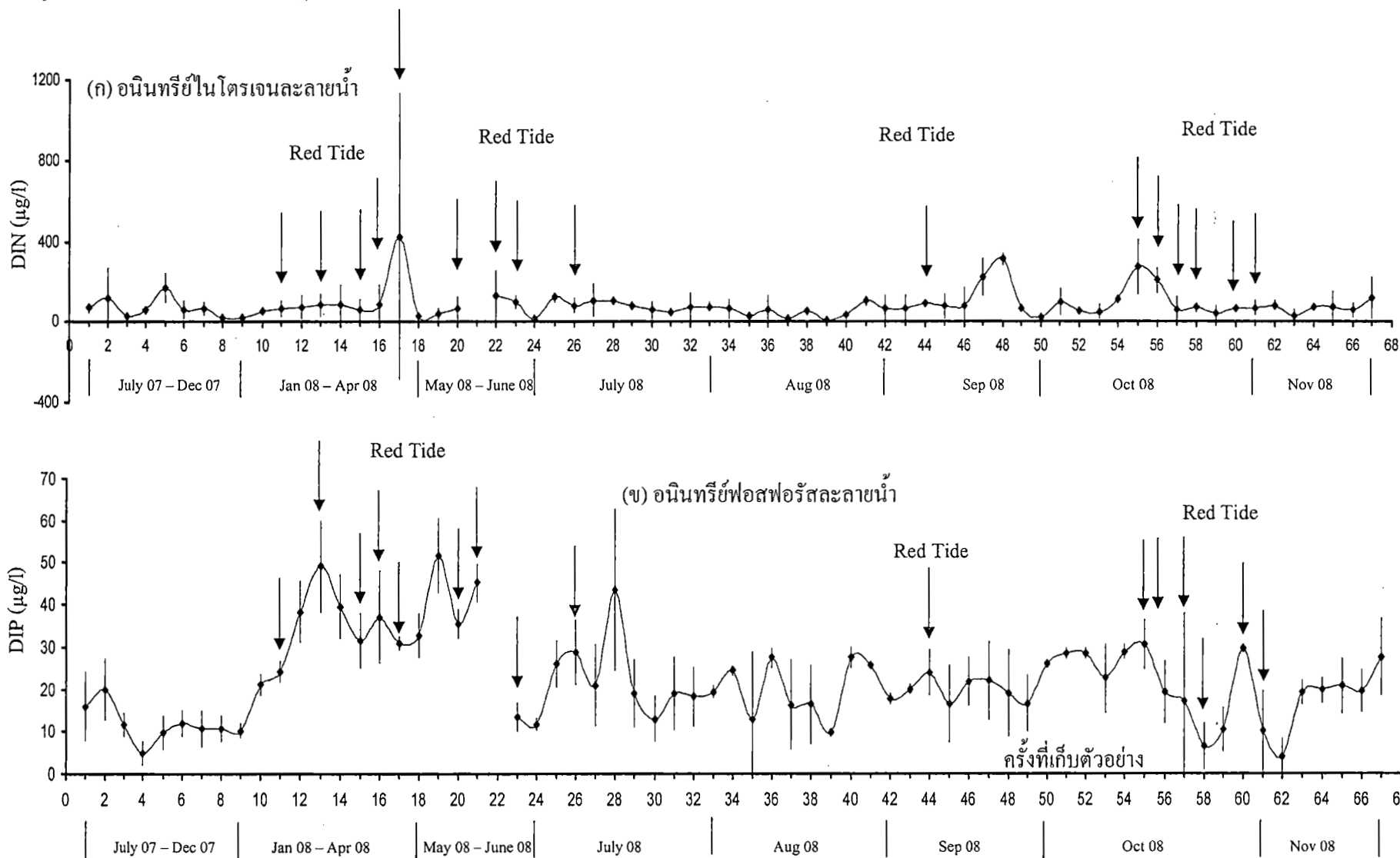
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษและสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ, 2545



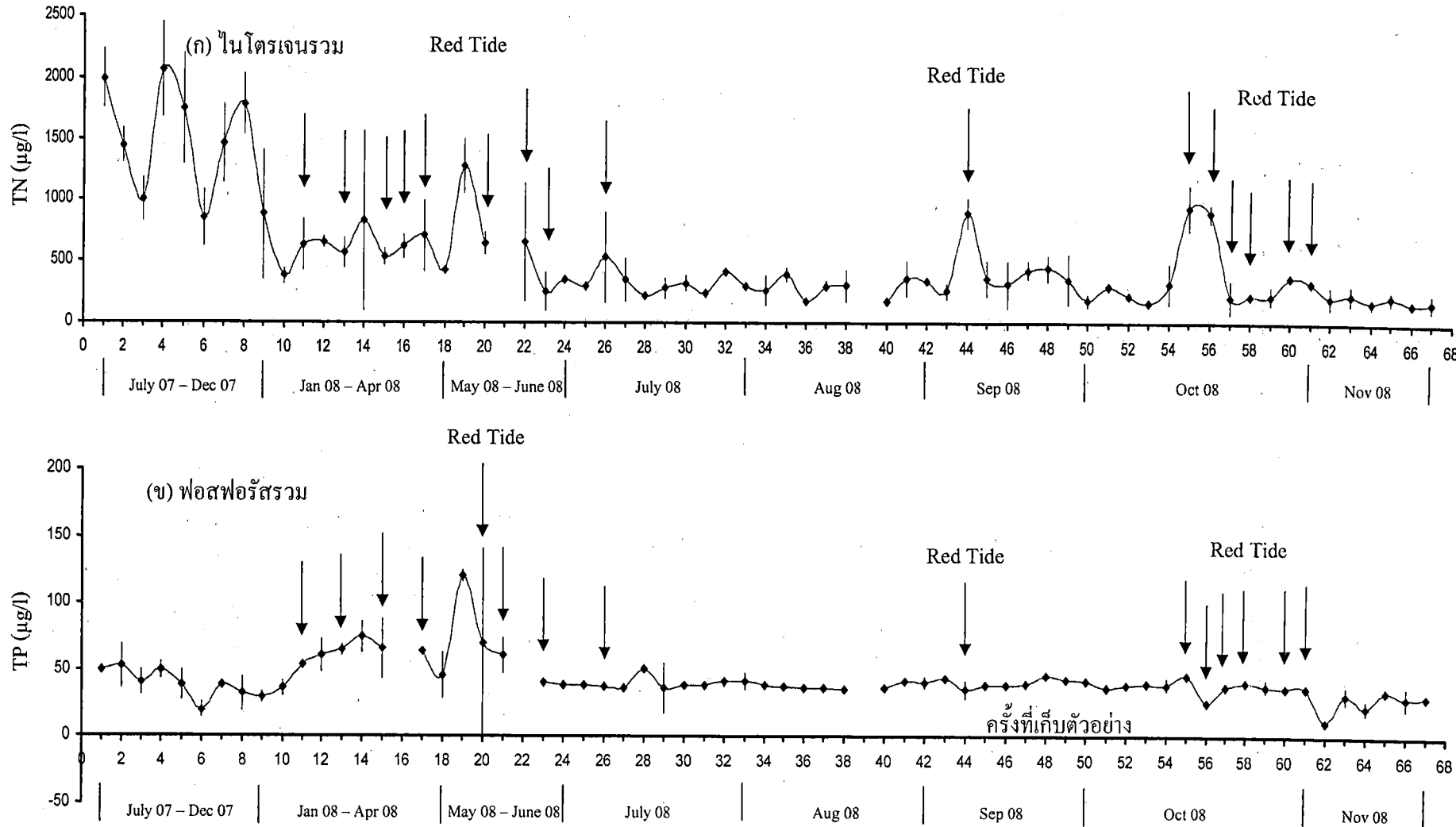
รูปที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความเค็มตลอดระยะเวลาทำการศึกษาในบริเวณชายหาดบางแสนและวอนนภา error bar แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ลูกศรชี้ลง หมายถึง การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี



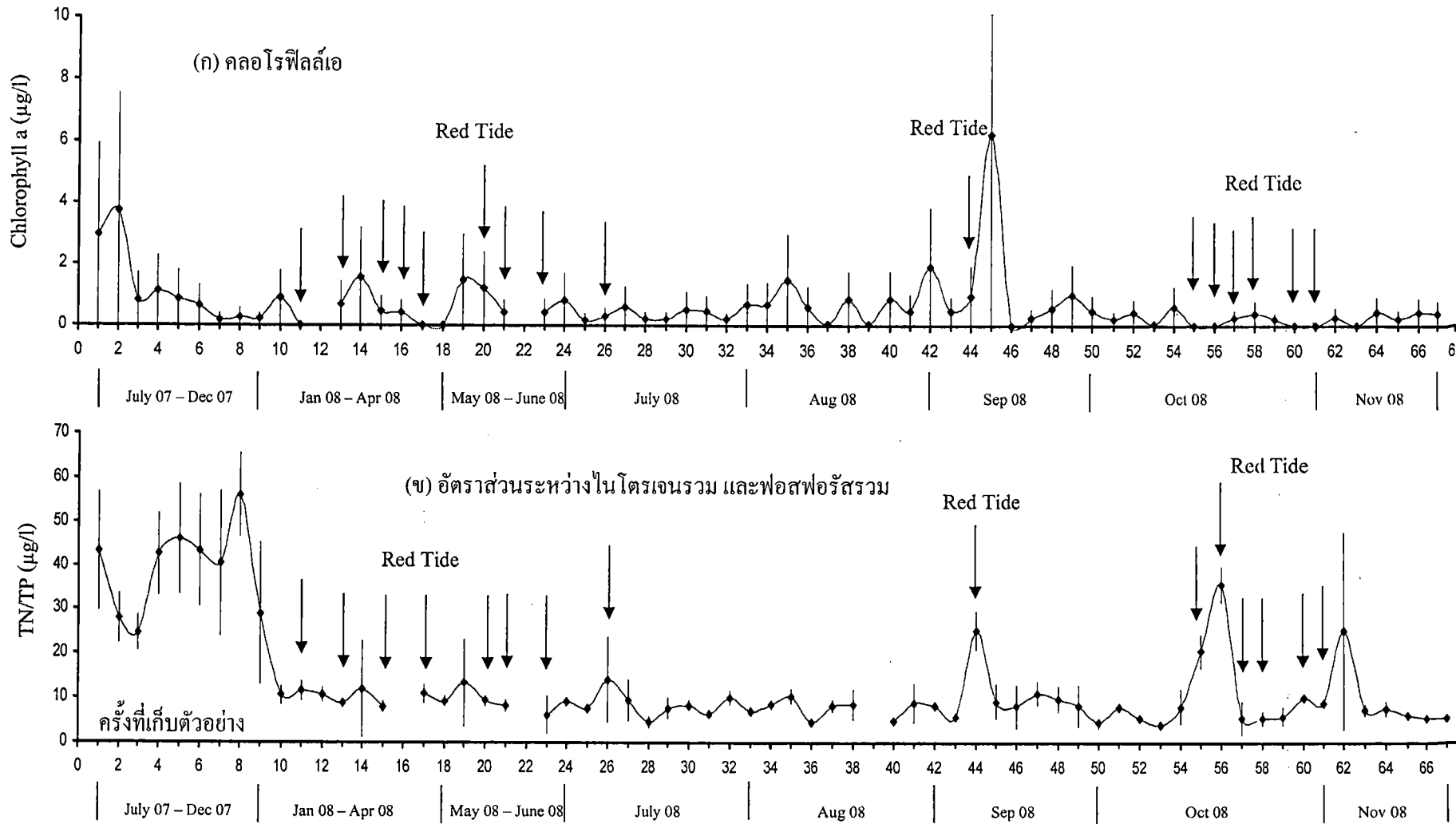
รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและค่าความโปร่งแสงตลอดระยะเวลาทำการศึกษาในบริเวณชายหาดบางแสนและวอนนภา error bar แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ลูกศรชี้ลง หมายถึงการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี



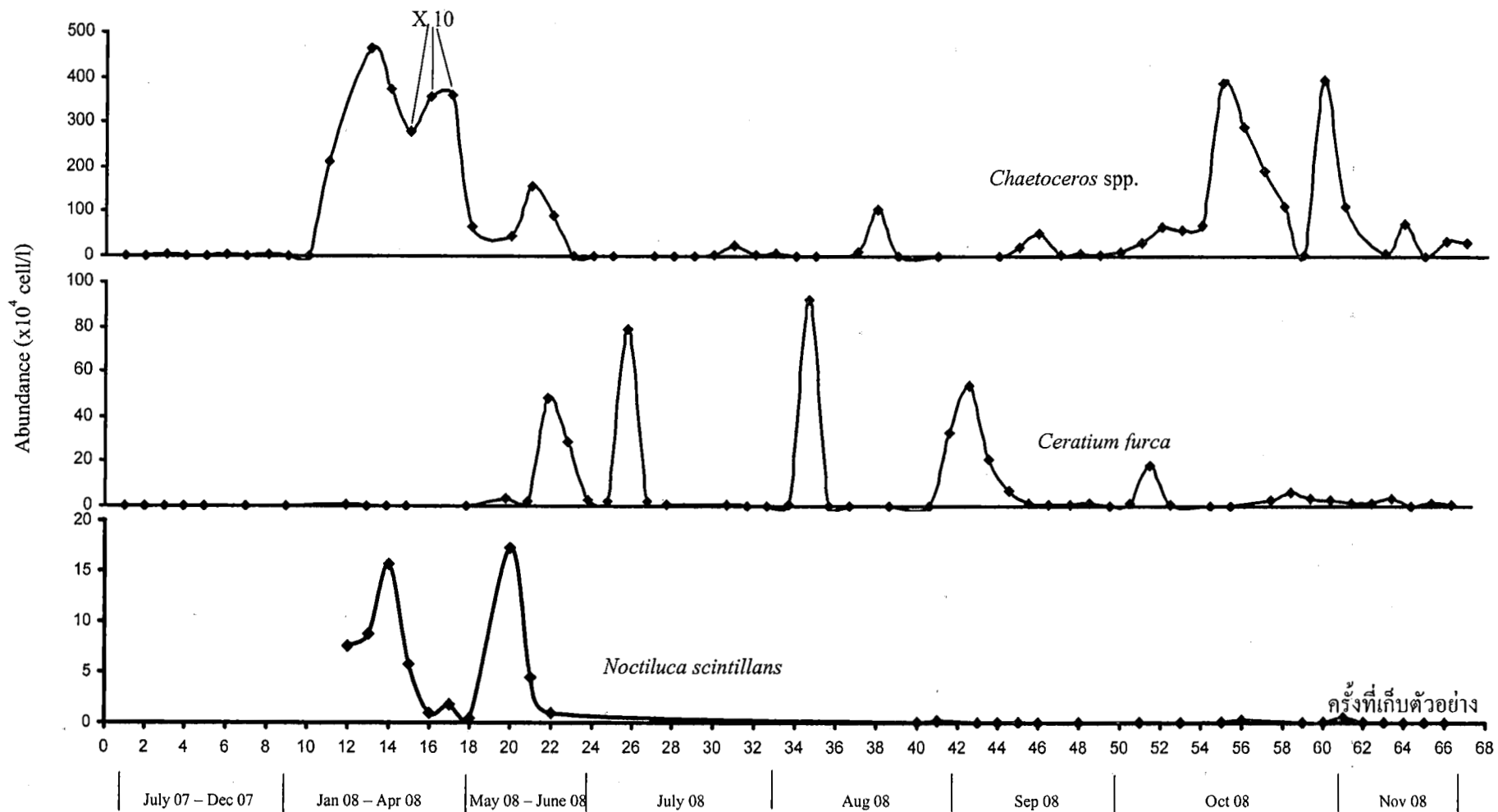
รูปที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยของอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON) และอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP) ตลอดระยะเวลาทำการศึกษาในบริเวณชายหาดบางแสนและวอนนภา error bar แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ลูกศรชี้ลง หมายถึงการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี



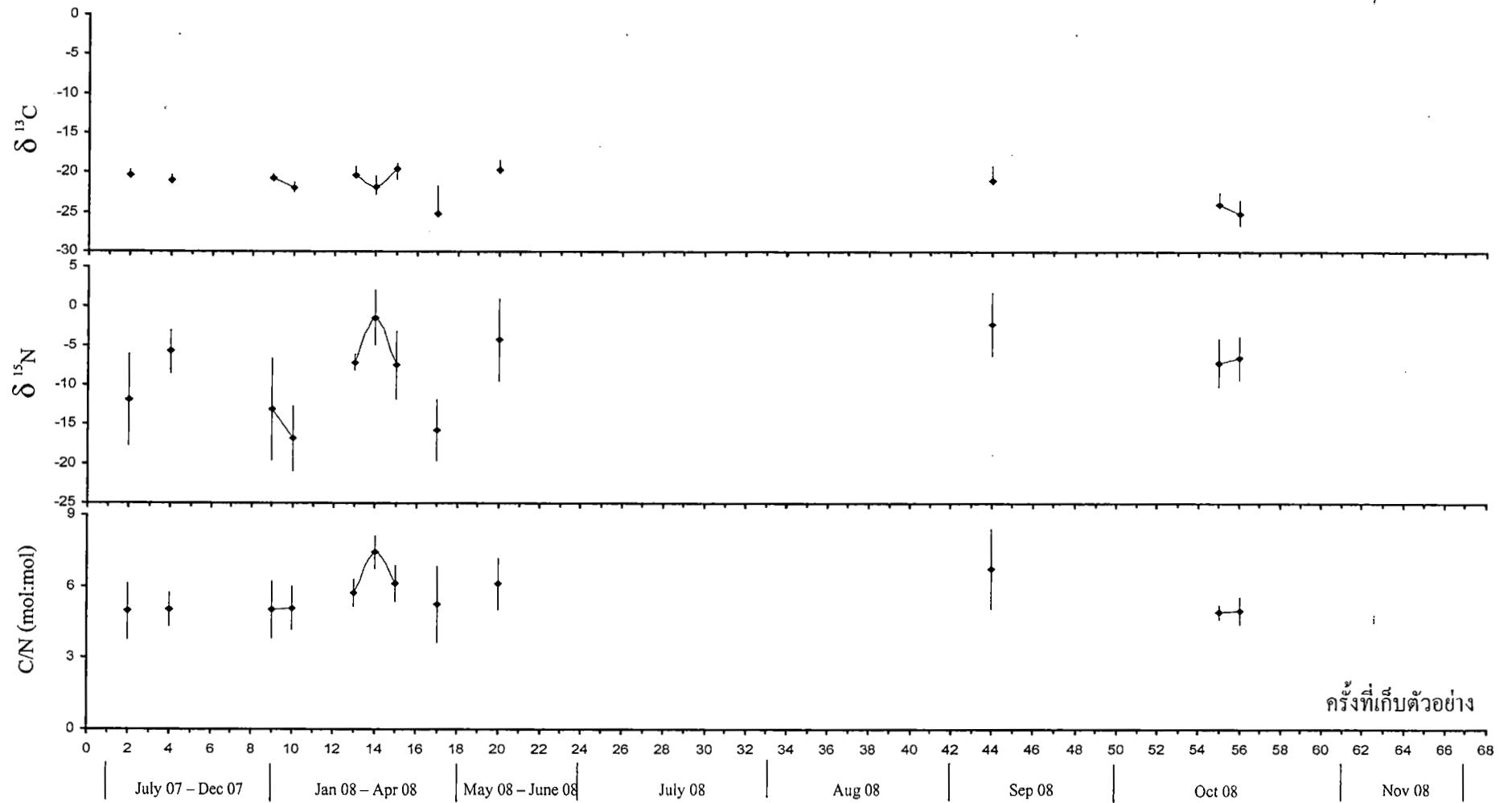
รูปที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนรวม (TN) และฟอสฟอรัสรวม (TP) ตลอดระยะเวลาทำการศึกษาในบริเวณชายหาดบางแสนและวอนนภา error bar แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ลูกศรชี้ลง หมายถึงการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี



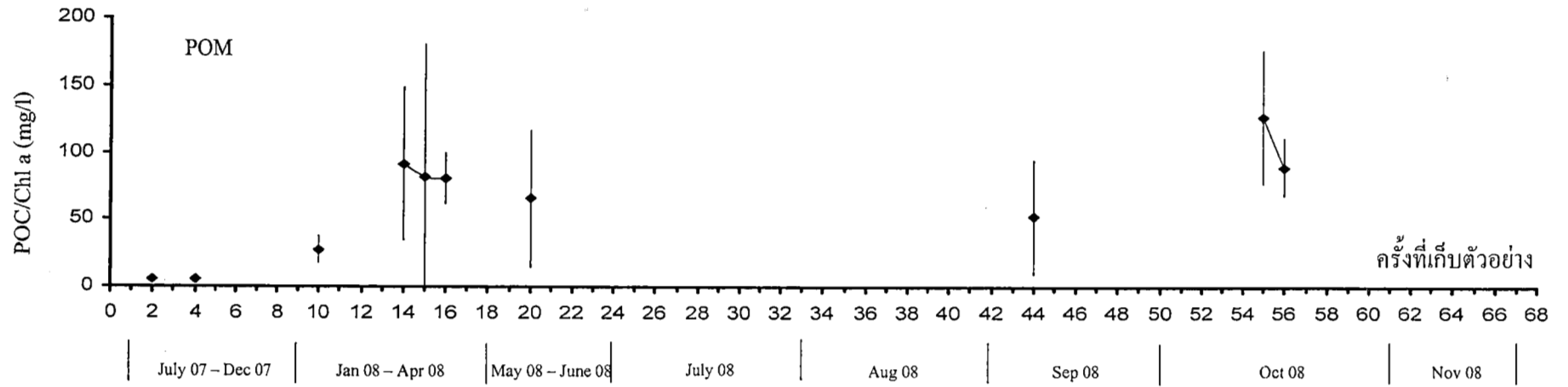
รูปที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์เอ และอัตราส่วนระหว่างไนโตรเจนรวม (TN) และฟอสฟอรัสรวม (TP) ตลอดระยะเวลาทำการศึกษาในบริเวณชายหาดบางแสนและวอนนภา error bar แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ลูกศรชี้ลง หมายถึงการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี



รูปที่ 4.7 ปริมาณเซลล์ (10⁴ cell/l)ของแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่เป็นสาเหตุของน้ำทะเลเปลี่ยนสี ตลอดระยะเวลาทำการศึกษาในบริเวณชายหาดบางแสนและวอนนภา



รูปที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยของปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ไอโซโทปเสถียรไนโตรเจน และอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนตลอดระยะเวลาทำการศึกษาน
บริเวณชายหาดบางแสนและวอนนภา error bar แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ปริมาณนักท่องเที่ยวและสถานภาพของการท่องเที่ยว (Ewasakul, 2006)

หาดบางแสนมีความยาว 2.5 กิโลเมตร มีความสำคัญมากในการท่องเที่ยว หาดบางแสนมีพื้นที่รวม 76 ไร่ (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 1997) กิจกรรมของกลุ่มตัวอย่างมีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน คือ ว่ายน้ำ เดินเล่นพักผ่อน ชมวิว ซิสทูเตอร์ และเล่นกีฬาชายหาด โดยคิดเป็น 20.50 %, 18.75 %, 16.50 %, 15.75 %, 15.00 % และ 13.5 % ตามลำดับ

จากการศึกษากลุ่มนักท่องเที่ยวตัวอย่างพบว่าจะมาหาดบางแสน 2.39 ครั้ง/ปี จะมีนักท่องเที่ยว 1,168,082 คน/ปี (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2005) และ การคำนวณจาก ZTCM (Zonal travel cost method) นักท่องเที่ยวจะมีค่าใช้จ่าย 933.05 บาท/ครั้ง หรือ 2,229.98 บาท/คน หรือจะใช้การคำนวณจาก ITCM (Individual travel cost method) นักท่องเที่ยวจะมีค่าใช้จ่าย 1,329.26 บาท/ครั้ง หรือ 3,176.92 บาท/คน

ความหนาแน่นของจำนวนนักท่องเที่ยวในหาดบางแสน

จากการสำรวจในพื้นที่ในวันหยุดสุดสัปดาห์จะมีนักท่องเที่ยว 9,100 คน ซึ่งมากกว่าวันธรรมดาที่มีนักท่องเที่ยวเพียง 3,000 คน ดังภาพที่ 4-3 หาดบางแสนมีเนื้อที่ 76 ไร่ (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 1997) จะมีนักท่องเที่ยว 119.74 คน/ไร่ ในวันหยุดสุดสัปดาห์ และมีนักท่องเที่ยว 39.47 คน/ไร่ ในวันธรรมดา และมีเวลาในการท่องเที่ยว(ชั่วโมง)ต่อครั้งในวันหยุดสุดสัปดาห์มากกว่าวันธรรมดาดังตารางที่ 4-22

ตารางที่ 4.2 ลักษณะเฉพาะของพฤติกรรมของนักท่องเที่ยว

ช่วงเวลา	จำนวนนักท่องเที่ยว คน/วัน	ความหนาแน่น คน/ไร่	เวลาในการท่องเที่ยว ชั่วโมง/ครั้ง
วันธรรมดา	3,000	39.47	5 ช.ม. 30 น.
วันหยุดสุดสัปดาห์	9,100	119.74	6 ช.ม. 45 น.

จากค่ามาตรฐานกำหนดไว้ว่าไม่ควรมีย่านนักท่องเที่ยวเกิน 400 คน/ไร่ (Lowson and Band-Bovy, 1997) เมื่อเปรียบเทียบกับหาดบางแสนเห็นได้ว่ายังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคือ มีนักท่องเที่ยว 39.47 คน/ไร่ในวันธรรมดา และมีนักท่องเที่ยว 119.74 คน/ไร่ในวันหยุดสุดสัปดาห์

ทั้งนี้หากพิจารณาถึงปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากนักท่องเที่ยวที่เข้ามาในพื้นที่ชายหาดบางแสนนั้นมีปริมาณไม่มากนัก เนื่องจากนักท่องเที่ยวส่วนใหญ่ (>85 %) มีพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่ชายหาดบางแสนเพียงการแวะพักชั่วคราวโดยมิได้พักค้างแรม ซึ่งต่างจากแหล่งท่องเที่ยวอื่นๆ นอกจากนี้ Ewasakul (2006) ยังได้รายงานว่าจำนวนนักท่องเที่ยวที่เข้ามาในพื้นที่ยังไม่เกินศักยภาพในการรองรับ (physical carrying capacity) ซึ่งรวมถึงความสามารถในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นด้วย

การทดสอบทางสถิติ

การทดสอบสมมติฐาน (assumption) เพื่อการกระจายแบบปกติของข้อมูลคุณภาพน้ำปริมาณสารอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 การทดสอบสมมติฐาน (assumption) เพื่อการกระจายแบบปกติของข้อมูลคุณภาพน้ำปริมาณสารอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช

พารามิเตอร์	K-S*	Sig.
DO	1.120	0.163
Temp	2.027	0.163
DO	2.027	0.163
Salinity	2.027	0.000
NH ₃	3.419	0.000
NO ₃ ⁻	3.419	0.000
DIN	2.740	0.000
DON	3.269	0.000
TDN	3.528	0.000
PN	2.968	0.000
TN	2.968	0.000
DIP	1.391	0.000
DOP	2.334	0.000
TDP	2.016	0.000
PP	3.095	0.000
TP	2.562	0.000
ความหนาแน่นของแพลงก์ตอน	6.406	0.000

* K-S = Kolmogorov-Smirnov Z

การทดสอบสมมติฐาน (assumption) ของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO), pH และ พบว่ามีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่อุณหภูมิ (Temperature), ความเค็ม (Salinity), ปริมาณแอมโมเนีย (NH₃), ไนเตรท (NO₃⁻), อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN), ไนโตรเจนแขวนลอยในน้ำ (PN), ไนโตรเจนรวม (TN), อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP), ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP),

ฟอสฟอรัสแขวนลอยในน้ำ (PP), ฟอสฟอรัสรวม (TP) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน พบว่ามีการแจกแจงแบบไม่ปกติ ดังนั้นจึงทำการแปลงค่าของ โดยใช้ฟังก์ชัน natural logarithm (ln) ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลจากการแปลงค่าอุณหภูมิ (Temperature), ความเค็ม (Salinity), ปริมาณแอมโมเนีย (NH_3), ไนเตรท (NO_3^-), อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN), ไนโตรเจนแขวนลอยในน้ำ (PN), ไนโตรเจนรวม (TN), อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP), ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP), ฟอสฟอรัสแขวนลอยในน้ำ (PP), ฟอสฟอรัสรวม (TP) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน

พารามิเตอร์	K-S*	Sig.
ln(Temperature)	2.219	0.000
ln(Salinity)	2.523	0.000
ln(NH_3)	1.182	0.122
ln(NO_3^-)	0.820	0.122
ln(DIN)	1.182	0.122
Ln(DON)	1.182	0.000
ln(TDN)	1.182	0.000
ln(PN)	1.132	0.000
ln(TN)	1.132	0.122
ln(DIP)	2.219	0.000
ln(DOP)	1.668	0.008
ln(TDP)	3.113	0.000
ln(PP)	0.820	0.000
ln(TP)	2.883	0.000
ln(ความหนาแน่นของแพลงก์ตอน)	0.895	0.000

* K-S = Kolmogorov-Smirnov Z

จากการแปลงค่าของอุณหภูมิ (Temperature), ความเค็ม (Salinity), ปริมาณแอมโมเนีย (NH_3), ไนเตรท (NO_3^-), อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN), ไนโตรเจนแขวนลอยในน้ำ (PN), ไนโตรเจนรวม (TN), อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP), ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP), ฟอสฟอรัสแขวนลอยในน้ำ (PP), ฟอสฟอรัสรวม (TP) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน โดยใช้ฟังก์ชัน natural logarithm (ln) พบว่า

แอมโมเนีย (NH_3), ไนเตรท (NO_3^-), อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนรวม (TN), และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน มีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามอุณหภูมิ (Temperature), ความเค็ม (Salinity), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN), ไนโตรเจนแขวนลอยในน้ำ (PN), อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP) ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP), ฟอสฟอรัสแขวนลอยในน้ำ (PP), และ ฟอสฟอรัสรวม (TP) พบว่ามีการแจกแจงแบบไม่ปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.000, 0.000, 0.014, 0.030, 0.004, 0.008, 0.000, 0.002 และ 0.000 ตามลำดับ ถึงแม้ว่าการแจกแจงของข้อมูลจะเป็นแบบไม่ปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ข้อมูลที่ได้จากการแปลงค่าของฟังก์ชัน \ln ก็ทำให้การแจกแจงของข้อมูลใกล้เคียงแบบปกติมากขึ้น

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของข้อมูลคุณภาพน้ำปริมาณสารอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละครั้งที่เก็บตัวอย่าง (ตารางที่ 4.5) และในแต่ละสถานี (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของข้อมูลคุณภาพน้ำปริมาณสารอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละครั้งที่เก็บตัวอย่าง

พารามิเตอร์	F	Sig.
DO	5.684	0.000
$\ln(\text{Temperature})$	45.065	0.000
pH	14.054	0.000
$\ln(\text{Salinity})$	38.370	0.000
$\ln(\text{NH}_3)$	4.565	0.000
$\ln(\text{NO}_3^-)$	5.833	0.000
$\ln(\text{DIN})$	5.833	0.000
$\ln(\text{DON})$	8.856	0.000
$\ln(\text{TDN})$	38.370	0.000
$\ln(\text{PN})$	4.142	0.000
$\ln(\text{TN})$	21.901	0.000
$\ln(\text{DIP})$	10.031	0.000
$\ln(\text{DOP})$	4.250	0.000
$\ln(\text{TDP})$	11.255	0.000
$\ln(\text{PP})$	5.684	0.000
$\ln(\text{TP})$	11.255	0.000
$\ln(\text{ความหนาแน่นของแพลงก์ตอน})$	17.846	0.000

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พบว่า ออกซิเจนละลายน้ำ (DO), อุณหภูมิ (Temperature), pH, ความเค็ม (Salinity), ปริมาณแอมโมเนีย (NH₃), ไนเตรท (NO₃⁻), อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN), ไนโตรเจนแขวนลอยในน้ำ (PN), ไนโตรเจนรวม (TN), อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP), ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP), ฟอสฟอรัสแขวนลอยในน้ำ (PP), ฟอสฟอรัสรวม (TP) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน ในแต่ละครั้งเก็บตัวอย่าง ที่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของข้อมูลคุณภาพน้ำ ปริมาณสารอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละสถานี

พารามิเตอร์	F	Sig.
DO	1.371	0.197
ln(Temperature)	2.134	0.024
pH	0.937	0.024
ln(Salinity)	1.013	0.434
ln(NH ₃)	1.287	0.246
ln(NO ₃ ⁻)	4.889	0.000
ln(DIN)	4.889	0.000
Ln(DON)	1.197	0.246
ln(TDN)	1.197	0.198
ln(PN)	1.096	0.000
ln(PN)	1.096	0.197
ln(DIP)	0.000	0.525
ln(DOP)	2.145	0.525
ln(TDP)	1.133	0.000
ln(PP)	1.133	0.000
ln(PP)	1.096	0.000
ln(ความหนาแน่นของแพลงก์ตอน)	2.414	0.010

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พบว่าอุณหภูมิ (Temperature), ปริมาณไนเตรท (NO₃⁻), อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน ในแต่ละสถานีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ออกซิเจนละลายน้ำ (DO), pH, ความ

เค็ม (Salinity), ปริมาณแอมโมเนีย (NH_3), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN), ไนโตรเจนแขวนลอยในน้ำ (PN), ไนโตรเจนรวม (TN), อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP), ฟอสฟอรัสแขวนลอยในน้ำ (PP) และฟอสฟอรัสรวม (TP) ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.197, 0.496, 0.434, 0.246, 0.298, 0.198, 0.368, 0.183, 0.067, 0.525, 0.083 และ 0.069

ตารางที่ 4.7 การทดสอบสมมติฐาน (assumption) เพื่อดูการกระจายแบบปกติของข้อมูลคุณภาพน้ำ ปริมาณสารอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช ของการเกิด Red tide

พารามิเตอร์	เกิด Red tide		ไม่เกิด Red tide	
	K-S*	Sig.	K-S*	Sig.
DO	0.476	0.977	1.238	0.093
Temperature	1.472	0.026	1.648	0.009
pH	1.112	0.169	0.718	0.680
Salinity	1.310	0.065	1.857	0.002
NH_3	1.725	0.065	2.837	0.600
NO_3	1.787	0.003	3.139	0.600
DIN	1.472	0.035	2.330	0.600
DON	1.277	0.077	3.297	0.600
TDN	1.670	0.003	3.250	0.600
PN	1.252	0.089	2.502	0.009
TN	0.985	0.287	3.114	0.600
DIP	0.860	0.450	1.659	0.009
DOP	1.299	0.068	1.927	0.093
TDP	0.860	0.467	1.913	0.093
PP	2.181	0.060	2.984	0.000
PP	1.028	0.241	2.364	0.000
ความหนาแน่นของ แพลงก์ตอน	2.887	0.000	5.442	0.000

* K-S = Kolmogorov-Smirnov Z

การทดสอบสมมติฐาน (assumption) ของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO), pH พบว่ามีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ของการเกิด Red tide เหมือนกันจึงสามารถนำไปทดสอบความ

แตกต่างของค่าเฉลี่ย (T-test) ของการเกิด Red tide ต่อได้ ดังตารางที่ 4.8 แต่อุณหภูมิ (Temperature), ความเค็ม (Salinity), ปริมาณแอมโมเนีย (NH₃), ไนเตรท (NO₃), อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN), ไนโตรเจนแขวนลอยในน้ำ (PN), ไนโตรเจนรวม (TN), อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP), ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP), ฟอสฟอรัสแขวนลอยในน้ำ (PP), ฟอสฟอรัสรวม (TP) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน พบว่าการเกิด Red tide มีการแจกแจงทั้งแบบปกติ และไม่ปกติ อยู่ในพารามิเตอร์เดียวกันจึงไม่สามารถนำไปทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (T-test) การเกิด Red tide ต่อได้ อย่างไรก็ตามยังสามารถนำไปทดสอบความแตกต่างการเกิด Red tide ได้ โดยใช้การทดสอบ nonparametric แบบ Mann-Whitney U test ได้ ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (T-test) ของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) และ pH ของการเกิด Red tide

พารามิเตอร์	Sig.
DO	0.590
DO	0.590

ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (T-test) การเกิด Red tide พบว่า pH มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.590

ตารางที่ 4.9 การทดสอบความแตกต่าง ของอุณหภูมิ (Temperature), ความเค็ม (Salinity), ปริมาณแอมโมเนีย (NH_3), ไนเตรท (NO_3^-), อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN), ไนโตรเจนแขวนลอยในน้ำ (PN), ไนโตรเจนรวม (TN), อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP), ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP), ฟอสฟอรัสแขวนลอยในน้ำ (PP) ฟอสฟอรัสรวม (TP) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนของการเกิด Red tide ใช้การทดสอบ nonparametric แบบ Mann-Whitney U test

พารามิเตอร์	Sig.
Temperature	0.436
Salinity	0.436
Salinity	0.436
NO_3^-	0.436
DIN	0.436
DON	Sig.
NO_3^-	Sig.
NO_3^-	0.436
Salinity	Sig.
DIN	0.436
HPO_4^{2-}	0.436
NO_3^-	0.436
DIN	0.213
DIN	0.436
ความหนาแน่นของแพลงก์ตอน	0.436

ผลการทดสอบความแตกต่างของการเกิด Red tide พบว่าปริมาณแอมโมเนีย (NH_3), ไนเตรท (NO_3^-), อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), ไนโตรเจนแขวนลอยในน้ำ (PN), อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP), ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP), ฟอสฟอรัสรวม (TP) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่อุณหภูมิ (Temperature), ความเค็ม (Salinity), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN), ไนโตรเจนรวม (TN) และฟอสฟอรัสแขวนลอยในน้ำ (PP) ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.436, 0.070, 0.764, 0.339, 0.501 และ 0.213

ตารางที่ 4.10 การทดสอบสมมติฐาน (assumption) เพื่อดูการกระจายแบบปกติของข้อมูลคุณภาพน้ำปริมาณสารอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช ของประเภทยาน (วันธรรมดา และวันหยุด)

พารามิเตอร์	วันหยุด		วันธรรมดา	
	K-S*	Sig.	K-S*	Sig.
DO	0.915	0.373	0.850	0.465
Temperature	1.596	0.012	1.481	0.025
pH	0.863	0.446	0.801	0.542
Salinity	1.880	0.301	1.653	0.008
NH ₃	2.598	0.000	2.177	0.000
NO ₃	2.935	0.000	1.879	0.000
DIN	1.997	0.000	1.696	0.000
DON	2.354	0.000	2.239	0.000
TDN	2.441	0.000	2.533	0.000
PN	2.155	0.000	2.035	0.000
TN	1.997	0.000	1.481	0.025
DIP	1.555	0.012	0.575	0.859
DOP	1.880	0.043	1.967	0.000
TDP	1.494	0.043	1.696	0.012
PP	2.155	0.000	2.210	0.000
TP	1.757	0.000	1.788	0.025
ความหนาแน่นของแพลงก์ตอน	5.503	0.000	0.000	0.000

* K-S = Kolmogorov-Smirnov Z

การทดสอบสมมติฐาน (assumption) ของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO), pH พบว่ามีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ของประเภทยาน (วันธรรมดา และวันหยุด)เหมือนกันจึงสามารถนำไปทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (T-test) ของประเภทยาน (วันธรรมดา และวันหยุด)ต่อได้ ดังตารางที่ 4.11 แต่อุณหภูมิ (Temperature), ความเค็ม (Salinity), ปริมาณแอมโมเนีย (NH₃), ไนเตรท (NO₃), อินินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), อินินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN),

ไนโตรเจนแอมโมเนียมในน้ำ (PN), ไนโตรเจนรวม (TN), อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP), ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP), ฟอสฟอรัสแอมโมเนียมในน้ำ (PP), ฟอสฟอรัสรวม (TP) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน พบว่าของประเภทวัน (วันธรรมดา และวันหยุด) มีการแจกแจงทั้งแบบปกติ และไม่ปกติ อยู่ในพารามิเตอร์เดียวกันจึงไม่สามารถนำไปทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (T-test) ของประเภทวัน (วันธรรมดา และวันหยุด) ได้ อย่างไรก็ตามยังสามารถนำไปทดสอบความแตกต่างของประเภทวัน (วันธรรมดา และวันหยุด) ได้ โดยใช้การทดสอบ nonparametric แบบ Mann-Whitney U test ได้ ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 4.11 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (T-test) ของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) และ pH ของประเภทวัน (วันธรรมดา และวันหยุด)

พารามิเตอร์	Sig.
Sig.	Sig.
Sig.	Sig.

ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (T-test) ของประเภทวัน (วันธรรมดา และวันหยุด) พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO), pH ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.217, 0.651

ตารางที่ 4.12 การทดสอบความแตกต่าง ของอุณหภูมิ (Temperature), ความเค็ม (Salinity), ปริมาณแอมโมเนีย (NH₃), ไนเตรท (NO₃), อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN), ไนโตรเจนแวนลอยในน้ำ (PN), ไนโตรเจนรวม (TN), อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP), ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP), ฟอสฟอรัสแวนลอยในน้ำ (PP) ฟอสฟอรัสรวม (TP) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนของประเภทวัน (วันธรรมดา และวันหยุด) ใช้การทดสอบ nonparametric แบบ Mann-Whitney U test

พารามิเตอร์	Sig.
Temperature	Sig.
Sig.	Sig.
NH ₃	Sig.
NO ₃	0.000
Temperature	Sig.
NH ₃	Sig.
พารามิเตอร์	Sig.
Temperature	Sig.
Temperature	พารามิเตอร์
NH ₃	Sig.
NH ₃	Sig.
NH ₃	Sig.
NH ₃	Sig.
Temperature	Sig.
ความหนาแน่นของแพลงก์ตอน	Sig.

ผลการทดสอบความแตกต่างของประเภทวัน (วันธรรมดา และวันหยุด)พบว่าของอุณหภูมิ (Temperature), ความเค็ม (Salinity), ไนเตรท (NO₃), อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN), ไนโตรเจนแวนลอยในน้ำ (PN), ไนโตรเจนรวม (TN), อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP), ฟอสฟอรัสรวม (TP) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ปริมาณแอมโมเนีย (NH₃),อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP) และฟอสฟอรัสแวนลอยในน้ำ (PP) ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.051, 0.311 และ 0.436

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

จากผลการศึกษาสามารถสรุปและอภิปรายผลได้ดังนี้

1. คุณภาพน้ำโดยเฉพาะปริมาณสารอาหารที่ละลายน้ำในบริเวณชายหาดบางแสนมีปริมาณแตกต่างกันระหว่างวันหยุดและวันทำงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงให้เห็นว่าปริมาณนักท่องเที่ยวที่มีมากในช่วงวันหยุด (9100 คน/วัน) ส่งผลทำให้มีปริมาณสารอาหารในน้ำมีปริมาณมากขึ้น ทั้งนี้ อาจเกิดขึ้นเนื่องจากกิจกรรมของนักท่องเที่ยวที่เกิดขึ้นในบริเวณชายหาด เช่น การว่ายน้ำ การเล่นของเรือ และสกีวอเตอร์ในเขตน้ำตื้น ซึ่งจะทำให้เกิดการปั่นป่วนของมวลน้ำเกิดการปลดปล่อยสารอาหารที่สะสมอยู่ในตะกอนดินออกมามวลน้ำ ส่งผลให้ปริมาณสารอาหารในน้ำเพิ่มสูงขึ้น

นอกจากนี้การที่มีนักท่องเที่ยวเข้ามาในพื้นที่เป็นจำนวนมากในวันหยุดแม้ว่าจะไม่ใช่การเข้ามาพักค้างแรมในบริเวณชายหาด แต่กิจกรรมของนักท่องเที่ยวที่นิยมการรับประทานอาหารบนชายหาด ก็อาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการปลดปล่อยของเสียลงสู่น้ำทะเลบริเวณชายหาดโดยตรงในรูปของการล้างภาชนะหรือทำความสะอาดพื้นที่รวมถึงการอาบน้ำชำระร่างกายของนักท่องเที่ยว

2. ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืช

จากการศึกษาในระยะเริ่มต้นที่เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี พบว่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชมีผลต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำคือเมื่อปริมาณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสูงจะพบปริมาณออกซิเจนสูงซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชที่ให้ออกซิเจนในแหล่งน้ำมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Shirota (1966) อ้างโดย ธิดารัตน์ น้อยรักษา และสุพัตรา ตะเหลบ (2549) แต่ปริมาณออกซิเจนในน้ำจะลดลงเมื่อเข้าสู่ระยะสลายตัว และเมื่อแพลงก์ตอนพืชบางส่วนตาย แบคทีเรียจะย่อยสลายโดยต้องใช้ออกซิเจน ส่งผลทำให้น้ำเริ่มเน่า สิ่งมีชีวิตทั้งในน้ำ และสัตว์หน้าดิน เช่น ไส้เดือนดิน หอยทับทิม ปูเสฉวน หอยเสียบ ปูม้า ปลา เริ่มขาดอากาศหายใจและตายเป็นจำนวนมาก

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำที่มีสัมพันธ์กับความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช ได้แก่ ความเค็ม ความโปร่งแสง ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ปริมาณสารแขวนลอย และความเข้มข้นของสารอาหาร(แอมโมเนีย ไนเตรต และฟอสเฟต) พบว่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์กับความเค็มของน้ำทะเลและปริมาณสารแขวนลอยในทางเดียวกัน ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ความโปร่งแสง และปริมาณสารอาหาร (แอมโมเนีย ไนเตรต และฟอสเฟต) ไม่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช

ความเค็มมีอิทธิพลต่อความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช เนื่องจากความเค็มของน้ำเป็นปัจจัยที่จำกัดต่อการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืช (ลัดดา วงรัตน์, 2542.) จากการศึกษาพบว่าความหนาแน่นของแพลงก์

ตอนพีชสูงในช่วงเวลาที่มีความเค็มสูง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของจุมพล สงวนสิน และคณะ (2548) กล่าวว่าในบริเวณใดหรือช่วงเวลาใดที่มีความเค็มสูงแล้วจะพบปริมาณแพลงก์ตอนพีชมากกว่าในขณะที่มีความเค็มต่ำ

ปริมาณสารแขวนลอยมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพีช พบว่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพีชสูงในช่วงเวลาที่มีปริมาณสารแขวนลอยสูง เนื่องจากปริมาณสารแขวนลอยบางส่วนคือปริมาณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพีชที่มีอยู่ในมวลน้ำ

ปริมาณคลอโรฟิลล์เอไม่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพีช เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์เอ และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพีชขึ้นกับองค์ประกอบของกลุ่มประชากรแพลงก์ตอนพีช ช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างและการรวมกลุ่มของประชากรแพลงก์ตอนพีช รวมถึงการเปลี่ยนแปลงในรอบวันและในช่วงน้ำขึ้น-น้ำลง (กรมควบคุมมลพิษ และสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ, 2545) แพลงก์ตอนพีชแต่ละชนิดมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอไม่เท่ากัน เช่น *Noctiluca scintillans* 1 เซลล์มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอสูงกว่า *Ceratium furca* 1 เซลล์ (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2542) ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้คลอโรฟิลล์เอเป็นตัววัดมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพีชได้ทุกชนิด แต่สามารถใช้คลอโรฟิลล์เอเป็นตัววัดมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพีชในบางชนิดได้

ความโปร่งแสงและปริมาณสารอาหาร (แอมโมเนีย ไนเตรต และฟอสเฟต)ไม่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพีช เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพีชกับความโปร่งแสงและปริมาณสารอาหารขึ้นกับปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่นด้วย ขัดแย้งกับการศึกษาของโสภณา บุญญาภิวัฒน์ (2521) พบว่าความโปร่งแสงมีผลต่อการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพีชคือน้ำที่มีความโปร่งแสงสูงจะพบปริมาณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพีชสูงด้วย และในบริเวณที่มีปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนสูงโดยเฉพาะไนเตรต ถ้าตรวจพบในน้ำมีมากแล้วจะพบปริมาณแพลงก์ตอนพีชมากด้วย

2.2 การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพีช

รูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแพลงก์ตอนพีช โดยพบว่าเมื่อแพลงก์ตอนพีชในกลุ่มไดอะตอม (*Chaetoceros* spp.) มีความหนาแน่นมาก ก็จะพบว่าไดโนแฟลกเจลเลต (*Noctiluca scintillans* และ *Ceratium furca*) จะมีความหนาแน่นสูงขึ้นไปด้วย โดยจะมี time delay ประมาณ 3 – 5 วัน ทั้งนี้เนื่องจากแพลงก์ตอนกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถได้รับสารอินทรีย์ทั้งจากการสังเคราะห์แสงและดูดสารอินทรีย์จากสิ่งมีชีวิตอื่น (mixotroph) เช่น จากไดอะตอมเข้าสู่เซลล์เพื่อไปใช้ในการเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนส่งผลให้ไดอะตอมมีจำนวนลดลงจนถึงระดับหนึ่ง เมื่อไดโนแฟลกเจลเลตมีจำนวนลดลงแล้วหากมีสภาพปัจจัยที่เหมาะสมไดอะตอมก็จะกลับมามีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นอีกครั้ง

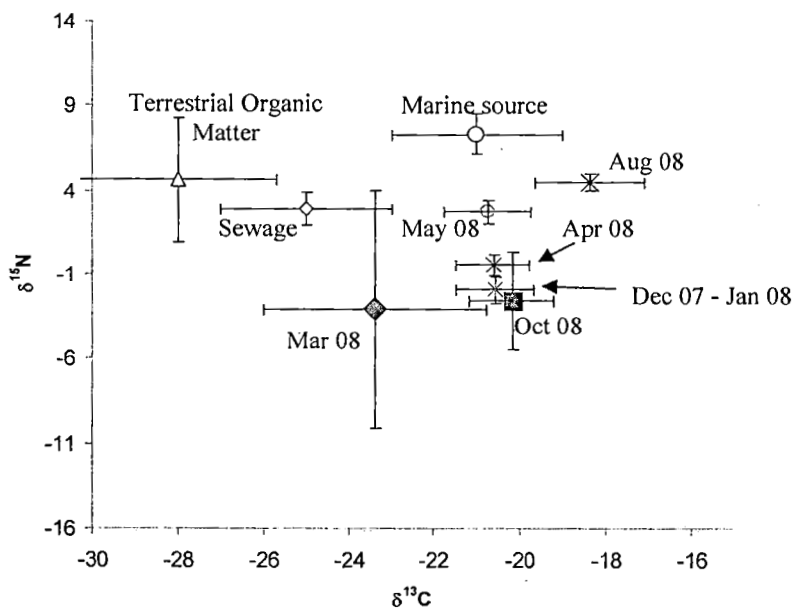
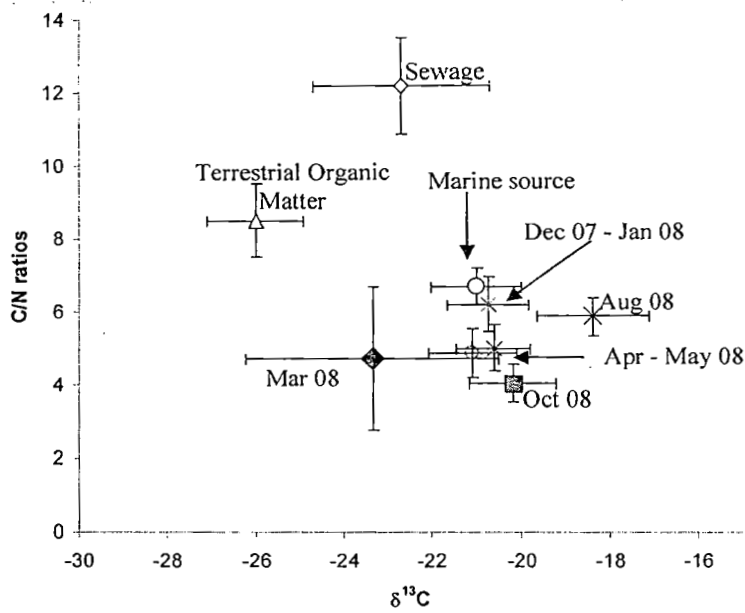
ซึ่งการเพิ่มขึ้นของไดอะตอมนั้นจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ความเค็ม อุณหภูมิ และปริมาณของสารอาหารที่เหมาะสม ทั้งนี้หากพิจารณาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มจำนวนของไดอะตอมในบริเวณชายหาดบางแสน ดังในตารางที่ 5.1 จะพบว่าปริมาณสารอาหารอนินทรีย์ที่ละลายในน้ำ จะมีอิทธิพลอย่างมากในการเจริญเติบโตของไดอะตอมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 5.1 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(Spearman's Rho Correlation) ระหว่างปริมาณแพลงตอนพืชชนิดที่เป็นสาเหตุของการเกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสีกับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม

ชนิดของแพลงตอนพืช / ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม	Ceratium	Chaetoceros	Noctiluca	Chl a
NH3	0.271*	-0.086	0.007	0.277**
NO3	0.174	0.067	0.061	-0.116
DON	-0.319**	-0.607**	0.007	0.101
TN	-0.453**	-0.573**	0.168	0.384**
IN	-0.528**	-0.164*	0.262*	0.433**
DIP	0.691**	0.688**	0.398**	0.206**
TP	0.196	0.474**	0.689**	0.206**
PP	-0.188	0.195*	0.441**	0.433**
DOIN	-0.363**	-0.367**	0.087	0.180*
DO	0.341**	-0.216**	0.007	-0.069
Temp	0.483**	0.409**	0.182	0.276**
pH	0.256*	0.004	-0.215	-0.157
Salinity	-0.296*	-0.113	-0.403**	-0.540**
DIN/DIP	-0.485**	-0.683**	-0.392**	0.232**
TN/TP	-0.367**	-0.225**	-0.128	0.188*
PN/PP	-0.204*	-0.485**	-0.226	-0.106

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับนัยสำคัญ 0.01

* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับนัยสำคัญ 0.05



รูปที่ 5.2 แผนภูมิแหล่งที่มาของสารอินทรีย์และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนไนโตรเจน และอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน ในตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชขณะที่เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี

1. แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีและผลกระทบจากนักท่องเที่ยว

เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน ในตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชขณะที่เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี ดังแสดงในรูปที่ 5.1 พบว่า $\delta^{13}\text{C}$ $\delta^{15}\text{N}$ และ C/N ในตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชขณะที่เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีนั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -20.5 ± 1.6 , -0.5 ± 4.9 และ 5.3 ± 1.15 ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับ $\delta^{13}\text{C}$ $\delta^{15}\text{N}$ และ C/N ที่มีในแพลงก์ตอนพืชที่มาจากทะเล (Andrew et al, 1998; Goni et al, 2005) นอกจากนี้แล้วเมื่อพิจารณาถึงสัดส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนแขวนลอยกับคลอโรฟิลล์ เอ (POC/chl a) ในตะกอนอินทรีย์แขวนลอยพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 61.6 ± 35.4 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 200 แสดงให้เห็นอินทรีย์คาร์บอนแขวนลอยในน้ำนั้น เป็นคาร์บอนที่เกิดจากการสร้างขึ้นโดยแพลงก์ตอนพืช (Boonphakdee et al, 2008) มิใช่มาจากของเสียจากมนุษย์ ซึ่งCifuentes et al(1996)ได้รายงานว่ามีค่ามากกว่า 800

ดังนั้นจึงสามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่ากิจกรรมการท่องเที่ยวในบริเวณชายหาดบางแสนและวอนนภา มิได้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในพื้นที่นี้แต่อย่างไร

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษและสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ. (2545). การเฝ้าระวังปรากฏการณ์น้ำทะเล เปลี่ยนสี. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ประยูร สุระตระกูล. (2533). การศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชากรแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งแหลมฉบัง จ. ชลบุรี ปี 2529-2531. ชลบุรี: สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา
- พรศิลป์ ผลพันธ์. (2544). คู่มือการศึกษาไดโนแฟลกเจลเลต. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- มันสิน ตันฑุลเวศม์. (2543). คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. (พิมพ์ครั้งที่4). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. (2542). แพลงก์ตอนพืช. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- แหวด ทองระอา. (2539). การศึกษาปรากฏการณ์บริเวณชายฝั่งปากแม่น้ำบางปะกงถึงศรีราชา จังหวัด ชลบุรี. ชลบุรี: สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา
- สมภพ รุ่งสุภา, ชลธยา ทรงรูป, อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์, ณิชฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์, อานุกาฬ พานิชผล และเอนก โสภณ. 2546. สถานการณ์การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในประเทศไทย. ใน: การตรวจเฝ้าระวัง ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในประเทศไทย. สถาบันวิจัยทรัพยากรน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. หน้า 74-104.
- อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์, อธิษิตา สีวายุพรหมณ์, ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ์, ชลธยา ทรงรูป และณิชฐา รัตน์ ธิ. 2546. การจำแนกชนิด สัตว์ฐานวิทยา และนิเวศวิทยาของแพลงก์ตอนพืชที่เป็น ตัวการให้เกิด ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี และแพลงก์ตอนที่สร้างสารชีวพิษในประเทศไทย. ใน: การตรวจเฝ้าระวัง ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในประเทศไทย. สถาบันวิจัยทรัพยากรน้ำ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. หน้า -41.
- Andrews, J. E., Greenaway, A. M. and Dennis, P. F., 1998. Combined Carbon Isotope and C/N Ratios as Indicators of Source and Fate of Organic Matter in a Poorly Flushed, Tropical Estuary: Hunts Bay, Kingston Harbour, Jamaica . *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 46, 743–756
- Boonphakdee, T., Kasai, A., Fujiwara, T., Sawangwong, P. and Cheevaporn, V. (2008). Combined Stable Carbon Isotope and C/N Ratios as Indicators of Source and Fate of Organic Matter in the Bangpakong River Estuary, Thailand. *EnvironmentAsia* 1(1): 28-36.
- Cifuentes, L.A., Coffin, R.B., Solorzano, L., Cardenas, W., Espinoza, J., Twilley, R.R., 1996. Isotopic and elemental variations of carbon and nitrogen in a mangrove estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 43, 781-800.
- Costanzo, D.S., O'Donohue, J.M., Dennison, C.W., Loneragan, R.N and Thomas M., 2001. A new approach for detecting and mapping sewage Impacts. *Marine Pollution Bulletin* 42(2), 149-156.

- Dela-Cruz, J., Ajani, P., Lee, R., Pritchard, T., and Suthers, I., 2002. Temporal abundance patterns of the red tide dinoflagellate *Notiluca Scintillans* along the southeast coast of Australia. *Marine Ecology Progress Series* 236, 75-88.
- Dolence, T., Vokal, B., and Dolence, M., 2005. Nitrogen-15 signals of anthropogenic nutrient loading in *Anemonia sulcata* as a possible indicator of human sewage impacts on marine coastal ecosystem: a case study of Pirovac Bay and the murter sea (Central Adreatic). *Croatica Chemica Acta*, 78(4), 593-600.
- Ewasakul, N., 2006. Recreational valuation and carrying capacity: a case study of Bangsaen Beach, Chonburi Province. Master thesis in Technology of Environmental management, Mahidol University, 102 p.
- Goni, M. A., Cathey, M. W., Kim, Y. H., Voulgaris, G., 2005. Fluxes and sources of suspended organic matter in an estuarine turbidity maximum region during low discharge conditions. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 63(4), 683-700.
- Mutcher, T., Dunton, H.K., Townsend-Small, A., Fredriksen, S. and Rasser, K.M., 2007. Isotopic and elemental indicators of nutrient sources and status of coastal habitats in the Carribean Sea, Yucatan Peninsula, Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 74, 449-457.
- Strickland, J. D. and T. R. Parson., 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board Canadian. Bulletin, 2nd edit., Ottawa, Canada. 167 pp.
- Sugimoto, R., Kasai, A., Yamao, S., Fujiwara, T., Kimura, T., 2006. Short-term variation in behavior of allochthonous particulate organic matter accompanying changes of river discharge in Ise Bay, Japan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 66, 267-279.
- Tucker, J., Sheats, N., Giblin, A.E., Hopkinson, C.S., and Montoya, J.P., 1999. Using stable isotopes to trace sewage-derived material through Boston Harbor and Massachusettes Bay. *Marine environment Research* (48) 353-375.
- Yamamuro, M., Kayanne, H. and Yamano, H., 2003. $\delta^{15}\text{N}$ of seagrass leaves for monitoring anthropogenic nutrient increases in coral ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*. (46) 452-458.