บทที่ 4

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. การเลือกบริเวณศึกษา

บริเวณที่เลือกใช้ในการรศึกษา พิจารณาจากความหลากหลายของน้ำทิ้งหรือของเสียที่เป็นสารอินทรีย์เป็นสำคัญ ได้แก่ (1) เป็นชุมชนเมืองขนาดใหญ่ ซึ่งมีการปล่อยน้ำทิ้งและของเสียที่เป็นสารอินทรีย์ปริมาณมากและต่อเนื่อง ได้แก่ ชลบุรี ศรีราชา ระยอง สภาพดินตะกอนผิวหน้าส่วนใหญ่เป็นโคลนและมีสีค่อนข้างดำโดยเฉพาะในระดับที่ลึกกว่า 5 เซนติเมตร (2) เป็นแหล่งท่องเที่ยวทางทะเล มีโรงแรม ร้านอาหาร และกิจกรรมต่าง ๆ ที่เป็นแหล่งปล่อยน้ำทิ้งสารอินทรีย์ ได้แก่ บางแสน พัทยา ลักษณะดินตะกอนเป็นเม็ดขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่ มีการรบกวนหน้าดินจากเรือและนักท่องเที่ยวสูง สภาพโดยทั่วไปค่อนข้างดี (3) เป็นบริเวณชุมชนขนาดเล็ก ได้แก่ เกาะสีชัง บางเสร่ บ้านเพ ส่วนใหญ่หน้าดินเป็นทรายมีสภาพดี ยกเว้นเกาะสีชัง ซึ่งเป็นโคลนปนซากหอย และมีสีค่อนข้างคล้ำ (4) เป็นบริเวณที่ตั้งของอุตสาหกรรมขนาดใหญ่และมีความสำคัญทางเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ ได้แก่ แหลมฉบัง และมาบตาพุด ซึ่งในปัจจุบันสภาพบริเวณนี้ยังไม่ได้รับผลกระทบจากน้ำเสียมากนัก ลักษณะดินตะกอนเป็นทรายเม็ดเล็กถึงขนาดใหญ่ โดยเฉพาะที่มาบตาพุดซึ่งอยู่ในบริเวณทะเลเปิด หน้าดินตะกอนชายฝั่งถูกคัดเซาะโดยคลื่นลมตลอดเวลา และจากการสังเกตเห็นว่ามีคุณภาพน้ำและดินตะกอนดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสถานีเก็บตัวอย่างอื่น ๆ

2. การศึกษาอัตราการใช้ออกซิเจนของจุลชีพในดินตะกอน

2.1 ผลที่ได้จากการศึกษา

อัตราการใช้ออกซิเจนของจุลชีพในดินตะกอน ในรอบ 1 ปี ของสถานีต่าง ๆ มีค่าอยู่ในช่วง 0.0389-0.1418 mg O_2/gm wet wt. sed./day โดยสามารถเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อยได้แก่ ศรีราชา > ชลบุรี > ระยอง > เกาะสีชัง > บ้านเพ > พัทยา > แหลมฉบัง > บางเสร่ > บางแสน > มาบตาพุด ตามลำดับ ซึ่งลักษณะดังกล่าวทำให้เป็นที่น่าสังเกตว่า ค่าอัตราการใช้ออกซิเจนของจุลชีพในดินตะกอน มีความเกี่ยวข้องกับปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ

เป็นสำคัญ นอกจากนี้ลักษณะของดินตะกอนอาจมีผลให้ค่าดังกล่าวสูงหรือต่ำมากขึ้นด้วย ทั้งนี้สังเกตได้จากสถานีที่มีค่าสูงในระดับต้น ๆ เป็นบริเวณที่มีลักษณะดินเป็นโคลน หรือมีเม็ดดินค่อนข้างเล็ก

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละสถานีตลอดระยะเวลาการศึกษา ยังทำให้ทราบถึงการแบ่งเป็นระดับต่าง ๆ ของค่าเฉลี่ย โดยสถานีศรีราชาที่มีค่าสูงที่สุดนั้น พบว่า ไม่แตกต่างจากสถานีชลบุรีแต่อย่างใด ซึ่งสภาพแวดล้อมของทั้งสองสถานีมีความแตกต่างจากสถานีอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด ระดับต่อมา ได้แก่ สถานีระยอง เกาะสีชัง และบ้านเพ โดยมีค่าระดับกลางค่อนข้างสูงและไม่แตกต่างกัน ระดับที่ต่ำลงมาอีก ได้แก่ สถานีพัทยา แหลมฉบัง บางเสร่ และบางแสน ซึ่งแตกต่างจากระดับอื่นแต่ไม่แตกต่างในระดับเดียวกัน และค่าที่ต่ำที่สุดและแตกต่างจากสถานีอื่น ๆ ทั้งหมด คือ สถานีมาบตาพุด ซึ่งเป็นบริเวณที่ไม่มีแหล่งสารอินทรีย์ที่ชัดเจน อย่างไรก็ตามการศึกษายังทำให้ทราบอีกว่า ค่าที่ได้จากการศึกษาทั้งหมด 6 ครั้งในแต่ละบริเวณ ไม่มีความแตกต่างกันอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลในรอบปีแต่อย่างใด จึงเป็นที่น่าคิดว่า ในการที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในบริเวณชายฝั่งทะเลแห่งใดแห่งหนึ่งนั้น ต้องมีการปล่อยสารอินทรีย์ในปริมาณมากและต่อเนื่อง และต้องใช้เวลานานพอสมควร ซึ่งเกี่ยวกับเรื่องนี้ Kazumi and Capone (1994) กล่าวว่า โดยธรรมชาติของสภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำสามารถจัดการตัวเองได้ระดับหนึ่งอยู่แล้ว

2.2 การเปรียบเทียบกับการศึกษาในต่างประเทศ

ค่าอัตราการใช้ออกซิเจนของจุลชีพในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งตะวันออกของอ่าวไทย ซึ่งอยู่ในหน่วย mg O_2/gm wet wt. sed/day อันแสดงถึงการมีความแน่นอนของตัวอย่างดินตะกอนที่ใช้วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ สามารถเปลี่ยนให้อยู่ในหน่วย g O_2/m^2/day ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายได้ โดยพบว่าค่าที่ได้อยู่ในช่วง 0.344-1.253 g O_2/m^2/day ในการเปรียบเทียบกับการศึกษาในต่างประเทศ พบว่า ผลการศึกษาครั้งนี้มีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Edwards and Rolley (1965) ที่ศึกษาใน River mud และของ Smith (1973) ที่ศึกษาใน Georgia sublittoral ซึ่งมีค่า 2.4 และ 2.6 g O_2/m^2/day ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ค่าต่ำสุดจากการศึกษาในต่างประเทศคือ 0.01 g O_2/m^2/day ซึ่งได้จากการศึกษาใน Alantic slope (Smith and Teal, 1973) (ทั้งหมดได้มีการรวบรวมไว้ในรายงานของ Kawai and Maeda, 1983) จากการเปรียบเทียบดังกล่าว เป็นไปตามคำกล่าวของ Al-Ghadban et al. (1994) ที่ว่าความใกล้ไกลของบริเวณศึกษากับแหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์เป็นปัจจัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ

3. <u>การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของอัตราการใช้ออกซิเจนของจุลชีพในดินตะกอนกับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง</u>

ค่าอัตราการใช้ออกซิเจนของจุลชีพในดินตะกอน ที่ได้จากการศึกษาบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทยในครั้งนี้ มีความสัมพันธ์โดยตรงต่อกันกับ ค่าบีโอดี ปริมาณซัลไฟด์ในน้ำทะเล รวมถึงปริมาณไนโตรเจน อินทรีย์คาร์บอน ฟอสฟอรัส และแบคทีเรียในดินตะกอน โดยสัมพันธ์ในทางกลับกันกับค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำ และความเป็นกรด-ด่างของน้ำทะเล ซึ่งในลักษณะดังกล่าวเป็นไปตามสมมติฐานของสารอินทรีย์และการย่อยสลายโดยจุลชีพชนิดที่ต้องการออกซิเจนในแหล่งน้ำ (Capone and Bauer, 1992; Kawai and Maeda, 1984; Libes, 1992) ในการศึกษาค่าอัตราการใช้ออกซิเจนของจุลชีพดังกล่าวยังพบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของดินตะกอน ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณชายฝั่งทะเลส่วนใหญ่มักได้รับการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในอัตราที่สูงเกินกว่าที่ความสามารถในการรองรับของดินตะกอน โดยกล่าวได้ว่าอัตราการใช้ออกซิเจนของจุลชีพในดินตะกอนบริเวณนี้ เป็นผลจากปริมาณของเสียอินทรีย์ที่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำเป็นสำคัญ โดยบริเวณที่การปนเปื้อนของสารอินทรีย์สูงอาจเกิดได้ทั้งบริเวณที่มีลักษณะดินตะกอนเป็นทรายหรือโคลนก็ได้ นอกจากนี้อัตราการใช้ออกซิเจนของจุลชีพในดินตะกอนไม่มีความสัมพันธ์กับความเค็มของน้ำทะเลซึ่งเป็นลักษณะทางกายภายของแหล่งน้ำ จากลักษณะทั้งหมดจึงเป็นการสนับสนุนการศึกษานี้ในการที่จะใช้เป็นเครื่องชี้บอกภาวะการเกิดมลพิษทางน้ำได้ตามสภาพที่แท้จริงของบริเวณ

4.. <u>ความเป็นไปได้ในการใช้อัตราการใช้ออกซิเจนของจุลชีพในดินตะกอนเพื่อเป็นเครื่องชี้บอกภาวะมลพิษ</u>

4.1 ลักษณะจำเพาะในการวิเคราะห์บีโอดีเพื่อชี้บอกภาวะมลพิษ กล่าวได้ว่า

การตรวจวิเคราะห์บีโอดีโดยทั่วไป จะทำโดยการตรวจวัดและหาความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนในน้ำเริ่มต้นและหลังจากเก็บบ่ม (incubate) เป็นเวลา 5 วัน ในสภาพอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (APHA, AWWA and WPCF, 1985) ซึ่งจะเห็นว่าต้องใช้เวลาค่อนข้างนานในการวิเคราะห์ นอกจากนี้บีโอดียังมีความจำเพาะในการใช้อีกมาก ได้แก่ (1) เป็นการยากมากในการใช้เพื่อวิเคราะห์ในบริเวณที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในอัตราสูง ซึ่งต้องมีการเจือจางตัวอย่างให้เหมาะสม เพื่อให้ขบวนการใช้ออกซิเจนในขวดทดลองเกิดได้อย่างพอดีในช่วงเวลา 5 วัน (2) ในการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างบางประเภทที่มีปริมาณจุลชีพน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับสารอินทรีย์ที่มีอยู่

วิธีการบีโอดีอนุญาตให้มีการเติมหัวเชื้อจุลชีพได้ ซึ่งอาจทำให้ค่าที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงไปได้มาก (3) สารแทรกสอด (interference) ในตัวอย่างน้ำมีบทบาทสำคัญในการทำให้เกิดความผิดพลาดในการวิเคราะห์บีโอดีได้มาก ซึ่งในลักษณะดังกล่าวองค์ประกอบความเค็มในน้ำทะเลอาจทำให้การวิเคราะห์บีโอดีในบริเวณชายฝั่งทะเลไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร นอกจากนี้ (4) ในการใช้บีโอดีเพื่อเป็นเครื่องชี้บอกภาวะมลพิษกับแหล่งน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงของมวลน้ำอย่างสูง โดยเฉพาะในบริเวณชายฝั่งทะเล ช่วงของการขึ้นและลงของน้ำยังอาจทำให้ค่าที่ได้ มีความแตกต่างจากสภาพที่แท้จริงไปมาก ซึ่งการจะใช้ให้ได้ผลอาจต้องมีการเก็บตัวอย่างที่มีจำนวนและความถี่ค่อนข้างมาก

4.2 ข้อได้เปรียบในการใช้อัตราการใช้ออกซิเจนของจุลชีพในดินตะกอน

เนื่องจากดินตะกอนท้องน้ำเป็นแหล่งรองรับและสะสมของเสียและน้ำทิ้งต่าง ๆ ที่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ กิจกรรมการย่อยสลายของจุลชีพจะเกิดในอัตราสูงในบริเวณนี้ (Kazumi and Capone, 1994) (1) การศึกษาในดินตะกอนซึ่งเป็นส่วนที่อยู่กับที่และมีการเปลี่ยนแปลงน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนของน้ำ ลักษณะดังกล่าวเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้การศึกษาอัตราการใช้ออกซิเจนของจุลชีพในดินตะกอน สามารถบ่งชี้ภาวะการเกิดมลพิษที่แท้จริงของบริเวณนั้นได้ดีกว่าการใช้บีโอดี โดยเฉพาะน้ำทะเลในบริเวณชายฝั่ง ทั้งนี้สิ่งที่เกิดขึ้นในดินตะกอนสามารถถ่ายเทสู่น้ำได้ตลอดเวลา ฉะนั้นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดกับดินตะกอนจึงส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในมวลน้ำเบื้องบนอย่างทั่วถึงเช่นกัน (2) การสามารถเป็นตัวแทนที่ดีของค่าอัตราการใช้ออกซิเจนของจุลชีพในดินตะกอนในบริเวณต่าง ๆ ทำให้ไม่จำเป็นต้องออกเก็บในระยะเวลาที่ถี่มากนัก (3) จำนวนจุลชีพในดินตะกอนมีมากกว่าในน้ำทะเล เนื่องจากการมีพื้นที่ (substrate) ให้ยึดเกาะได้มาก (Capone and Bauer, 1992) จึงสามารถวิเคราะห์สภาพที่แท้จริงได้อย่างถูกต้องดีกว่าบีโอดี (4) ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาเพียง 24 ชั่วโมง ทำให้สามารถทราบผลการวิเคราะห์ได้เร็วกว่าบีโอดีมาก และในกรณีที่ดินตะกอนมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ที่สูงมาก ค่าที่ได้ในแต่ละช่วงในการสุ่มเก็บตัวอย่างในการทดลอง สามารถนำมาคำนวณเป็นค่าอัตราการใช้ออกซิเจนของจุลชีพในดินตะกอนได้ ซึ่งเป็นแก้ปัญหาที่ดีกว่าการเจือจางตัวอย่างในการวิเคราะห์บีโอดี (5) การตรวจวิเคราะห์ทำได้ไม่ยากและเสียค่าใช้จ่ายน้อย (6) ผลที่ได้จากการศึกษาอัตราการใช้ออกซิเจนของจุลชีพในดินตะกอน และได้เปรียบเทียบกับค่าปัจจัยคุณภาพน้ำและดินตะกอนที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ พบว่า มีความสัมพันธ์ในระดับสูงเป็นไปตามสมมติฐาน อันแสดงถึงความสามารถในการใช้เป็นเครื่องชี้บอกภาวะมลพิษอันเนื่องจากการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในบริเวณต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจนของวิธีนี้ โดยที่สภาพความเค็มของน้ำทะเล และขนาดดินตะกอน ไม่มีอิทธิพลต่อผลการศึกษาแต่อย่างใด อันเป็นข้อได้เปรียบในการนำวิธีการนี้ไปประยุกต์ใช้ได้กับแหล่งน้ำเกือบทุกประเภท