บทที่ 4

อภิปรายผล

ตะกอนเป็นแหล่งสะสมสารต่างๆ ที่เข้าสู่มวลน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารอินทรีย์ ซึ่งประกอบไปด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เมื่อเกิดการย่อยสลายโดยพวกจุลชีพ ก็จะเป็นแหล่งกำเนิดของไนโตรเจนอนินทรีย์และฟอสฟอรัสอนินทรีย์ ที่เป็นสารอาหารพืชละลายอยู่ในน้ำระหว่างตะกอน (Wetzel, 2001) ดังนั้นจึงพบว่า อินทรีย์คาร์บอนในตะกอนมีความสัมพันธ์กันสูงกับไนโตรเจนทั้งหมด และแสดงถึงแนวโน้มในการเป็นแหล่งกำเนิดสารอาหารอนินทรีย์เมื่อถูกย่อยสลายโดยจุลชีพ (สมศักดิ์ มณีพงศ์ และสุภาพร รักเขียว, 2541; Guo and Li, 2003) อย่างไรก็ดี ฟอสฟอรัสทั้งหมดอาจมีความสัมพันธ์กับอินทรีย์คาร์บอนน้อย ทั้งนี้ เพราะแหล่งฟอสฟอรัสอาจมาจากการชะล้างจากแผ่นดิน ของเสียชุมชน หรือจากการเกษตร (วิเชียร จาฏุพจน์ และคณะ, 2537; Wang *et al*., 2004)

1. องค์ประกอบขนาดของตะกอนทะเลสาบสงขลา

ตะกอนทะเลน้อยและทะเลสาบตอนบน ขนาดอนุภาคตะกอนส่วนใหญ่เป็นขนาดทรายแป้ง (2-63 ไมโครเมตร) และทั้งหมดมีลักษณะโครงสร้างของตะกอนเป็นประเภท clayey silt

สำหรับทะเลสาบตอนกลาง ตะกอนส่วนใหญ่เป็นขนาดทรายแป้งและลักษณะโครงสร้างของตะกอนส่วนใหญ่เป็นประเภท clayey silt เช่นเดียวกับทะเลน้อยและทะเลสาบตอนบน เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าคล้ายคลึงกัน คือ ประกอบด้วยทรายแป้งเป็นส่วนใหญ่ แต่การเรียกชื่อตะกอนไม่เหมือนกัน เพราะใช้หลักในการอ่านที่ต่างกันออกไป โดยอำนาจ ศิริเพชร (2543) เรียกตะกอนบริเวณนี้ว่าเป็นประเภท silty clay loam

ส่วนบริเวณทะเลสาบตอนล่าง อนุภาคตะกอนส่วนใหญ่เป็นทรายแป้งและลักษณะโครงสร้างของตะกอนเป็นประเภท clayey silt เช่นกัน ซึ่งไม่ต่างจากการศึกษาของวิเชียร จาฏุพจน์ และคณะ (2537) ที่รายงานว่า เป็น silty clay ถึง light clay โดยมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นทรายแป้ง แต่ก็มีบางบริเวณที่มีลักษณะหยาบเป็นทรายมาก อย่างไรก็ดีบริเวณแหล่งเลี้ยงปลากะพงขาวในกระชัง บริเวณบ้านล่างท่าเสา ตะกอนมีอนุภาคขนาดดินเหนียวมากขึ้น (กานดา เรืองหนู, 2543)

ตะกอนที่ถูกพัดพาลงสู่ทะเลสาบตามลำน้ำสายต่างๆ ส่วนใหญ่จะตกตะกอนภายในทะเลสาบ โดยเฉพาะตะกอนใหม่จะเกิดการตกตะกอนอย่างรวดเร็ว วิเชียร จาฏุพจน์ และคณะ (2537) อธิบายว่าเกิดมาจากอิทธิพลของความเค็มจากน้ำทะเลที่ช่วยลดแรงผลักทางไฟฟ้าสถิตระหว่างอนุภาคของตะกอนทำให้อนุภาคเกาะตัวกันเป็นก้อนแล้วจมตัวลง (flocculation) ได้เร็วกว่าอนุภาคเดี่ยว ส่วนความแตกต่างของการกระจายตัวของอนุภาคในบริเวณอื่นๆ ของทะเลสาบเกิดจากธรรมชาติของตะกอนที่น้ำพัดพามา และการเปลี่ยนแปลงของกระแสน้ำในรอบปี

โดยสรุปแล้วตะกอนในทะเลสาบสงขลาทั้งระบบจะมีลักษณะเป็น clayey silt (รูป 3-1 ในบทที่ 3) คือ ค่อนข้างละเอียด มีอนุภาคทรายแป้งเป็นองค์ประกอบเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นเพียงบางบริเวณ ค่าจะเห็นได้ชัดเจนจากรูป 3-2 ถึง 3-4 ในบทที่ 3

2. ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในตะกอนทะเลสาบสงขลา

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในตะกอนทะเลน้อยมีค่ามากกว่าทะเลสาบสงขลาส่วนอื่น โดยมีค่าเฉลี่ยของอินทรีย์คาร์บอนอยู่ที่ 6.23% ขณะที่ตะกอนในบริเวณอื่นมีอินทรีย์คาร์บอนเฉลี่ยเพียงประมาณ 1% เท่านั้น ทั้งนี้เป็นเพราะทะเลน้อยมีสภาพเป็นทะเลสาบที่ถูกปิดล้อมไปด้วยพรุ มีการถ่ายเทของน้ำจำกัด และเป็นทะเลสาบที่ตื้นมาก ดังนั้นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่ถูกชะพาลงมาในทะเลน้อยจะถูกใช้ไปเพื่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำ เมื่อพืชน้ำเหล่านี้ตายลง ก็จะทับถมต่อเนื่องมากกว่าทะเลสาบสงขลาบริเวณอื่น (Sfriso *et al*., 1995) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในตะกอนทะเลน้อยที่ตรวจพบในการศึกษาครั้งนี้ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ สมศักดิ์ มณีพงศ์ และสุภาพร รักเขียว (2541) แต่จากการศึกษาของจุติพร สิวายะวิโรจน์ (2543) รายงานค่าเฉลี่ยของอินทรีย์คาร์บอนในทะเลน้อยไว้เพียง 5.70% ซึ่งค่อนข้างต่ำ ทั้งนั้นอาจจะเป็นเพราะการเลือกจุดเก็บตัวอย่าง

อินทรีย์คาร์บอนในตะกอนทะเลสาบตอนบนและตอนกลาง อยู่ในช่วง 0.43-2.52% และพบว่าไม่แตกต่างจากงานของ เพราพรรณ แสงสกุล (2528) ที่พบอยู่ในช่วง 0.42-3.5% จึงบ่งชี้ได้ว่าในบริเวณนี้มีการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนไม่มากนัก

ส่วนทะเลสาบตอนล่าง พบค่า อินทรีย์คาร์บอนอยู่ในช่วง 0.38-1.83% ใกล้เคียงกับการศึกษาของวิเชียร จาฏุพจน์ และคณะ (2537) และฉรงค์ ณ เชียงใหม่ (2522) ที่รายงานค่าอยู่ในช่วง 0.28-2.28% และ 0.82-1.30% ตามลำดับ ในบริเวณที่เลี้ยงปลากะพงขาวจะมีการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนมากกว่าบริเวณอื่น โดยพบว่าตะกอนบริเวณที่มีกระชังปลากะพงขาว จะมีค่าอินทรีย์คาร์บอน อยู่ในช่วง 0.26-4.20% (เพิ่มศักดิ์ เพิงมาก, 2531)

รูป 3-5 (อินทรีย์คาร์บอน) และ รูป 3-7 (คาร์บอนทั้งหมด) ในบทที่ 3 เห็นได้ชัดว่า ทะเลสาบตอนบนมีการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนมากกว่าทางตอนล่างลงมา สาเหตุก็เนื่องมาจากมีการพาสารอินทรีย์จากแผ่นดินลงมาสะสม (Burone *et al*., 2003 และ Farias, 2003) อย่างไรก็ดีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในทะเลสาบสงขลามีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาที่ผ่านมาน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในช่วงฤดูฝน น้ำท่าไหลหลากรุนแรง จึงมีการพาเอามวลสารเหล่านี้ออกสู่ทะเลอ่าวไทยได้มาก ประกอบกับผลผลิตการประมงในทะเลสาบสูง สารอาหารส่วนหนึ่งที่ถูกถ่ายทอดไปสู่สิ่งมีชีวิตในน้ำได้ถูกนำออกจากระบบทะเลสาบสงขลาโดยการประมงที่เกิดขึ้นในทะเลสาบ อย่างไรก็ดีบางบริเวณ เช่น ปากคลองบริเวณทะเลสาบตอนล่างที่ได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงกอปรกับมลสารอินทรีย์ถูกพาเข้ามามาก เพราะว่าน้ำท่าที่ไหลผ่านชุมชนเมืองใหญ่ได้ชะพาสารอินทรีย์ต่างๆ จากแผ่นดินลงสู่ทะเลสาบส่วนนี้ ทำให้อินทรีย์คาร์บอนที่แขวนลอยตัวตกตะกอนลงสะสมอยู่กับตะกอนท้องน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณปากคลอง

3. ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในตะกอนทะเลสาบสงขลา

คาร์บอนทั้งหมดในตะกอนทะเลน้อย ทะเลสาบตอนบน ทะเลสาบตอนกลาง และทะเลสาบตอนล่าง มีค่าเฉลี่ย 7.94%, 1.33%, 0.76% และ 0.99% ตามลำดับ (รูป 3-7 ในบทที่ 3) และพบว่ามีความสัมพันธ์เกือบเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอินทรีย์คาร์บอน ซึ่งบ่งชี้ว่าคาร์บอนส่วนใหญ่ในตะกอนทะเลสาบสงขลาทั้งระบบเป็นอินทรีย์คาร์บอนไม่ใช่คาร์บอนอนินทรีย์หรืออินทรีย์คาร์บอนประเภทที่เฉื่อยต่อการทำปฏิกิริยาหรือย่อยสลาย (Vreca, 2003) ลักษณะเช่นนี้พบได้ในบริเวณที่มีพืชพรรณไม้น้ำอยู่มาก ตัวอย่างเช่น บริเวณป่าชายเลน Futian (Tam *et al*., 1995) มีค่าอยู่ในช่วง 0.4-4.5 เปอร์เซนต์ และจะมีน้อยลงในบริเวณที่มีพืชพรรณอยู่น้อยกว่า ได้แก่ บริเวณสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ Pearl มีค่าอยู่ในช่วง 0.30-2.03 เปอร์เซ็นต์ (Cheung *et al*., 2003)

4. ปริมาณไฮโดรเจนทั้งหมดในตะกอนทะเลสาบสงขลา

ไฮโดรเจนทั้งหมดในตะกอนทะเลน้อย ทะเลสาบตอนบน ทะเลสาบตอนกลาง และทะเลสาบตอนล่างมีค่าเฉลี่ย 1.63%, 0.60%, 0.55% และ 0.66% ตามลำดับ (รูป 3-9 ในบทที่ 3) ค่าไฮโดรเจนทั้งหมดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณสารอินทรีย์ ดังนั้นในตะกอนทะเลน้อยจึงมีค่าสูงกว่าในตะกอนทะเลสาบสงขลาทั้ง 3 ตอน

5. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในตะกอนทะเลสาบสงขลา

ไนโตรเจนทั้งหมดในตะกอนทะเลน้อย ทะเลสาบตอนบน ทะเลสาบตอนกลาง และทะเลสาบตอนล่าง มีค่าเฉลี่ย 0.70%, 0.25%, 0.15% และ 0.23% ตามลำดับ (รูป 3-11 ในบทที่ 3) โดย

ทะเลน้อยมีไนโตรเจนทั้งหมดสูงกว่าบริเวณอื่น และมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในตะกอน แสดงว่าตะกอนในทะเลน้อยเป็นแหล่งสะสมอาหารต่างๆ เมื่อผ่านการย่อยสลายก็จะปลดปล่อยไนโตรเจนอนินทรีย์ ซึ่งเป็นสารอาหารพืชออกมา (Guo and Li, 2003) ประกอบกับการถ่ายเทออกจากทะเลน้อยมีน้อย ทำให้ทะเลน้อยมีพืชพรรณขึ้นอยู่หนาแน่นตลอดเวลา

เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของ สมศักดิ์ มณีพงศ์ และสุภาพร รักเขียว (2541) และจุติพร สิวายะวิโรจน์ (2543) พบว่าที่ผ่านมาทะเลน้อยมีค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนเพียง 0.21% และ 0.49% ตามลำดับ แสดงว่าในระยะเวลา 3-4 ปีที่ผ่านมา ทะเลน้อยน่ามีการสะสมของไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้น

ทะเลสาบตอนบน ก็มีค่าไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน สมศักดิ์ มณีพงศ์ และสุภาพร รักเขียว (2541) รายงานค่าเฉลี่ยไว้เพียง 0.09% ขณะที่ทะเลสาบตอนกลางค่าไนโตรเจนเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก เมื่อเทียบกับรายงานของ อำนาจ ศิริเพชร (2543) และมงคลรัตน์ เจริญพรทิพย์ (2544) พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.01-0.40% ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ คือ 0.03-0.32%

ส่วนทะเลสาบตอนล่าง วิเชียร จาฏุพจน์ และคณะ (2537) รายงานค่าเฉลี่ยไว้ที่ 0.07% ซึ่งเห็นได้ชัดว่ามีไนโตรเจนเพิ่มขึ้น จากผลวิเคราะห์ในวิทยานิพนธ์นี้ พบว่าสถานี S57, S58 และ S59 มีไนโตรเจนสูงกว่าสถานีอื่นๆ ซึ่งตะกอนในสถานีเหล่านี้ได้รับอิทธิพลจากแหล่งเลี้ยงปลาในกระชัง คลองอู่ตะเภา และคลองพะวง ซึ่งรองรับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและชุมชน (Sfriso, 1995 และ Guo and Li, 2003) การสะสมของไนโตรเจนบริเวณปากแม่น้ำและทะเลสาบแบบลากูนก็เกิดขึ้นที่อื่นเช่นกัน อาทิ ปากแม่น้ำ Atchafalaya ในเม็กซิโก (Gordon *et al.,* 2001), Altata-Ensenada del Pabellon, lagoon complex ทางตะวันออกเฉียงเหนือของเม็กซิโก (Fernandez *et al*., 2002) และแถบ Southport Broadwater ในออสเตรเลีย (Burton *et al.*, 2004) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.17-0.22, 0.04-0.29 และ 0.00-0.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

6. ปริมาณซัลเฟอร์ทั้งหมดในตะกอนทะเลสาบสงขลา

ซัลเฟอร์ทั้งหมดในตะกอนทะเลน้อย ทะเลสาบตอนบน ทะเลสาบตอนกลาง และทะเลสาบตอนล่าง มีค่าเฉลี่ย 1.81%, 0.28%, 0.14% และ 0.27% ตามลำดับ (รูป 3-13 ในบทที่ 3) ในทะเลน้อยพบว่าค่าเฉลี่ยสูงขึ้นจากที่ สมศักดิ์ มณีพงศ์ และสุภาพร รักเขียว (2541) เคยรายงานไว้ที่ 1.30% และยังพบว่าปริมาณซัลเฟอร์ทั้งหมดมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับอินทรีย์คาร์บอน ซึ่งแสดงถึงที่มาว่าสืบเนื่องมาจากการสะสมของสารอินทรีย์ โดยตะกอนทะเลน้อยมีซัลเฟอร์ทั้งหมดสูง ขณะที่ซัลเฟอร์ทั้งหมดในทะเลสาบตอนบน และทะเลสาบตอนกลางมีอยู่ในปริมาณต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับ

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่มีการสะสมอยู่ต่ำเช่นกัน จากค่าที่เพิ่มขึ้นนี้บ่งชี้ว่าตะกอนท้องน้ำของทะเลน้อยมีสภาวะที่ขาดออกซิเจนเพิ่มขึ้น กอปรกับสีตะกอนที่เข้มและมีกลิ่นฉุนของซัลไฟด์ ยิ่งเป็นตัวชี้บ่งสภาวะที่ขาดออกซิเจน (Burone *et al*., 2003)

ในทะเลสาบตอนล่าง แหล่งที่ได้รับน้ำเสียและของเสียจากอุตสาหกรรมและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ก็มีการสะสมของซัลเฟอร์อยู่ในปริมาณสูงเช่นกัน โดยการศึกษาในครั้งนี้พบค่าอยู่ในช่วง 0.03-0.68% ซึ่งสูงกว่าที่วิเชียร จาฏุพจน์ และคณะ (2537) เคยรายงานไว้ในช่วง 0.05-0.50% อย่างไรก็ดี ซัลเฟอร์ทั้งหมดในตะกอนบริเวณทะเลสาบตอนล่างเปลี่ยนแปลงตามปัจจัย 2 อย่าง คือ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน และความเค็มของน้ำ บางบริเวณปริมาณของซัลเฟอร์มากขึ้นเมื่อความเค็มของน้ำบริเวณนั้นสูงขึ้น ทั้งนี้เพราะว่ามีการตกตะกอนของสารอินทรีย์มากเนื่องมาจากกระแสน้ำที่ชะลอตัวขณะที่เกิดน้ำขึ้นน้ำลง จึงไม่สามารถพยุงอนุภาคขนาดใหญ่ไว้ได้ ทำให้ตะกอนอนุ ณ บริเวณนั้น เช่นเดียวกันกับพบที่อ่าว Uatuba ในบราซิล (Burone *et al.*, 2003) และ Szczecin Lagoon and the Gdanks Basin, ในโปแลนด์ (Glasby *et al*., 2004) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.01-0.48 และ0.41-0.96 เปอร์เซนต์ และค่าไนโตรเจนบริเวณดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกับทะเลสาบตอนล่าง

7. ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในตะกอนทะเลสาบสงขลา

ตะกอนทะเลน้อย ทะเลสาบตอนบน ทะเลสาบตอนกลาง และทะเลสาบตอนล่าง มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดเฉลี่ย 0.020%, 0.015%, 0.013%, และ 0.021% ตามลำดับ (รูป 3-15 ในบทที่ 3) ก่อนหน้านี้สมศักดิ์ มณีพงศ์ และสุภาพร รักเขียว (2541) พบว่ามีเฉลี่ยเพียง 0.013% ในการศึกษาดังกล่าวสรุปว่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์คาร์บอน แม้ว่าอินทรีย์คาร์บอนจะไม่ได้เป็นแหล่งฟอสฟอรัสที่สำคัญในตะกอน แต่ฟอสฟอรัสที่ถูกชะล้างลงจากแผ่นดินจะตกตะกอนสะสมอยู่ในตะกอนด้วย (Wang *et al*., 2004) ดังนั้นการละลายออกสู่มวลน้ำของฟอสฟอรัสที่สะสมอยู่ในตะกอน จึงมีบทบาทสำคัญในการควบคุมปริมาณฟอสฟอรัสสะสมซึ่งพืชน้ำสามารถนำไปใช้เพื่อการสังเคราะห์แสงได้ กระบวนการที่ควบคุมนี้ คือ กระบวนการดูดซับ-คายออก (sorption) ซึ่งจะเป็นการดูดซับ (adsorption) หรือการคายออก (desorption) ก็ขึ้นอยู่กับสภาวะฟิสิโคเคมีกัล (physico-chemical condition) ของบริเวณนั้น Lourey *et al*. (2001) อธิบายว่า pH ที่ต่ำกว่า 6.5 ฟอสฟอรัสจะอยู่ในรูปแบบของออโธฟอสเฟต ซึ่งละลายน้ำ แต่ถ้ามีระดับ pH มากกว่า 8 (บริเวณปากทะเลสาบเมื่อน้ำทะเลหนุน) ฟอสฟอรัสจะตกตะกอนสะสมอยู่ในตะกอน

การศึกษาครั้งนี้ พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในทะเลน้อยและทะเลสาบตอนล่าง มีค่าสูงกว่าทะเลสาบตอนบนและตอนกลาง (รูป 3-15 ในบทที่ 3) ในตะกอนทะเลสาบตอนกลางมีการ

สะสมฟอสฟอรัสน้อยที่สุด น่าจะมีสาเหตุมาจากการถูกใช้ไปโดย “สาหร่ายหนาม” (*Najas* sp.) หรือที่ชาวบ้านเรียกว่า “สายหนาม” ที่แพร่กระจายอย่างผิดปกติจนเต็มทั่วทั้งทะเลสาบ รวมถึงช่วงเวลาที่ออกเก็บตัวอย่างด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับที่อื่นๆ เช่น แม่น้ำและทะเลสาบในประเทศจีน (Kim *et al*., 2003), ทะเลสาบแบบลากูนใน Venice (Sfriso *et al*.,1995) และ Southport Broadwater ใน Australia (Burton *et al.*, 2004) พบว่ามีค่าฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 0.034-0.088%, 0.024-0.058% และ 0.001-0.049% ตามลำดับ บริเวณดังกล่าวเป็นแหล่งรองรับของเสียจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์เช่นกัน จะเห็นได้ว่าบริเวณทะเลสาบตอนล่างมีการปริมาณของฟอสฟอรัสน้อยกว่า

8. การจัดกลุ่มของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตะกอนทะเลสาบสงขลาแต่ละส่วน

เมื่อเปรียบเทียบการจัดกลุ่มของสถานีที่ทำการศึกษาทั้งแบบ Cluster Analysis และ PCA พบว่าที่ความคล้ายคลึง 50% ของการจัดกลุ่มแบบ Cluster Analysis สอดคล้องกับการจัดกลุ่มแบบ PCA และเห็นได้ชัดว่าทะเลน้อยเป็นบริเวณที่มีลักษณะเฉพาะแตกต่างออกไปจากทะเลสาบสงขลาส่วนอื่น ดังจะเห็นได้ชัดว่าทะเลน้อยมีธาตุอาหารสะสมในตะกอนสูงกว่าบริเวณอื่นๆ ส่วนบริเวณทะเลสาบทั้ง 3 ตอน จะมีการจัดกลุ่มรวมกัน เนื่องจากพบว่าบริเวณทะเลสาบมีลักษณะของปัจจัยทั้งทางกายภาพและปัจจัยทางเคมีที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีการถ่ายเทของมวลน้ำถึงกันได้สะดวก อย่างไรก็ดี มีบางสถานีที่ถูกจัดกลุ่มแยกออกไป คือ สถานี S34, S53 และ S59 แม้ว่าทั้ง 3 สถานีนี้จะมีปัจจัยทางเคมีที่มีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มที่ 2 แต่มีปัจจัยทางกายภาพมีลักษณะเป็นทรายปนดินเหนียว จึงถูกจัดกลุ่มแยกออกมาต่างหาก เพื่อจัดกลุ่มความคล้ายคลึงตามปัจจัยทางกายภาพที่มีลักษณะเด่นแตกต่างจากปัจจัยทางเคมี (Delvalls *et al*., 1998; Calace *et al*., 2005 และ McNeil *et al*., 2005)

9. สัดส่วนโมลของอินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจน, อินทรีย์คาร์บอนต่อฟอสฟอรัส และไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสในตะกอนทะเลสาบสงขลา

คุณสมบัติทั่วไปทางเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของมวลน้ำ มักจะมีผลมาจากแผ่นดิน กิจกรรมทางการเกษตร และกิจกรรมอื่นๆ รอบๆ แหล่งน้ำ ดังนั้นพลวัตของสารอาหารจะขึ้นอยู่กับกิจกรรมของมนุษย์ที่ได้รับ การดูดซับ การเกิดใหม่ และการตกตะกอน การวิเคราะห์สัดส่วนของ C:N, C:P และ N:P สามารถทำให้เข้าใจกระบวนการของธาตุอาหารได้ดีขึ้น (Mathews and Chandramahanakumar, 2003) สัดส่วน C:N, C:P และ N:P ของบริเวณต่างๆ ในทะเลสาบสงขลาทั้งจากการศึกษาครั้งนี้และการศึกษาที่ผ่านมา แสดงไว้ในตาราง 4-1

ตาราง 4-1 สัดส่วนโมลของ C:N C:P และ N:P บริเวณทะเลน้อย และทะเลสาบสงขลา

บริเวณ	C:N	C:P	N:P	อ้างอิง
ทะเลน้อย	13.1	1176.1	88.4	การศึกษาครั้งนี้
	13.5	-	-	[1]
	43.5	2115.2	59.1	[2]
ทะเลสาบตอนบน	7.8	234.4	40.2	การศึกษาครั้งนี้
	26.3	508.8	18.0	[2]
ทะเลสาบตอนกลาง	9.9	162.4	29.4	การศึกษาครั้งนี้
	16.1	232.2	13.9	[2]
	6.6	-	-	[3]
ทะเลสาบตอนล่าง	9.0	135.2	24.2	การศึกษาครั้งนี้
	0.4	-	-	[4]
	11.9	5994.3	491.2	[5]

อ้างอิง ค่าสัดส่วนโมลของการศึกษาอื่นในตาราง ได้จากนำผลการศึกษาที่รายงานไว้ในการศึกษานั้นมาคำนวณ

[1] จุติพร สิวายะวิโรจน์ (2543)

[2] สมศักดิ์ มณีพงศ์และสุภาพร รักเขียว (2541)

[3] อำนาจ ศิริเพชร (2543)

[4] กานดา เรืองหนู (2543)

[5] วิเชียร จาฏุพจน์ และคณะ (2537)

9.1 สัดส่วน C:N

โดยทั่วไปแล้วสัดส่วน C:N สามารถนำมาใช้บ่งชี้คุณลักษณะของสารอินทรีย์ เพราะจุลินทรีย์ผลิตสารอินทรีย์ที่ประกอบไปด้วยปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนที่ต่างกัน จากการศึกษาพบสัดส่วน C:N ในตะกอนทะเลน้อย ทะเลสาบตอนบน ทะเลสาบตอนกลาง และทะเลสาบตอนล่างอยู่ในช่วง 10.7-17.4, 3.5-21.2, 2.6-32.6 และ 1.1-35.4 ตามลำดับ โดยทะเลน้อยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.1 ซึ่งสัดส่วน C:N ในบริเวณนี้ใกล้เคียงกันทั่วทั้งบริเวณ และมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของจุติพร สิวายะวิโรจน์ (2543) ที่พบค่าเฉลี่ย 13.5 แต่ สมศักดิ์ มณีพงศ์และสุภาพร รักเขียว (2541) มีค่าที่สูงกว่า คือ 43.5

ตะกอนทะเลสาบตอนบนมีสัดส่วนของ C:N ค่อนข้างต่ำ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.8) ยกเว้นสถานี N13 บริเวณปากคลองนางเรียมนอกเขื่อมต่อจากทะเลน้อยมีสัดส่วน C:N เท่ากับ 21.2 ซึ่งสูงกว่าบริเวณอื่นเพราะได้รับอิทธิพลจากทะเลน้อย ส่วนค่าที่สูงในสถานี S4, S5 และ S6 ได้รับอิทธิพลมาจากคลองประ สมศักดิ์ มณีพงศ์ และสุภาพร รักเขียว (2541) ได้ค่า C:N เท่ากับ 26.3 ซึ่งสูงกว่าในการศึกษาครั้งนี้ อาจเป็นเพราะกิจกรรมของมนุษย์ที่เริ่มมีเพิ่มมากขึ้นรอบๆ ทะเลสาบตอนบนทำให้มีการเพิ่มไนโตรเจนมาสะสมในตะกอนมากขึ้น ดังนั้นค่า C:N จึงต่ำลง

ตะกอนทะเลสาบตอนกลางมีสัดส่วน C:N เฉลี่ยเท่ากับ 9.9 โดยมีความแตกต่างของสัดส่วน C:N อย่างเห็นได้ชัดในบริเวณนี้ คือ บริเวณตอนบนของทะเลสาบตอนกลางตั้งแต่สถานี S20 ถึง S30 จะมีค่าใกล้เคียงกับทะเลสาบตอนบน ซึ่งเป็นบริเวณที่ค่อนข้างถูกรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์น้อย แต่ในบริเวณตอนล่างของทะเลสาบตอนกลางตั้งแต่สถานี S31 ถึง S36 กลับมีสัดส่วน C:N ที่เพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดบริเวณกลางคลองหลวง คือ 32.6 บริเวณเหล่านี้ได้รับผลจากการทำฟาร์มกุ้งและการเลี้ยงปลาในกระชัง จากงานของสมศักดิ์ มณีพงศ์ และสุภาพร รักเขียว (2541) และอำนาจ ศิริเพชร(2543) ได้ค่าเฉลี่ย 16.1 และ 6.6 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่แตกต่างกันนี้อาจจะมีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงของไนโตรเจนในช่วงเวลานั้นๆ ของการศึกษา หรือเป็นผลจากบริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างในแต่ะการศึกษา

ส่วนตะกอนทะเลสาบตอนล่างมีสัดส่วน C:N เฉลี่ยเท่ากับ 9.0 และมีค่าใกล้เคียงกันทั่วทั้งบริเวณ และมีเพียงสถานี S37 ถึง S39 ซึ่งอยู่บริเวณปากคลองหลวงที่เชื่อมต่อกับทะเลสาบตอนกลางจะมีค่าสูงต่อเนื่อง ซึ่งได้รับอิทธิพลมาจากคลองหลวง อย่างไรก็ตาม ค่า C:N จากงานของกานดา เรืองหนู (2543) มีค่าเฉลี่ยเพียง 0.4 ซึ่งน้อยกว่าการศึกษาครั้งนี้มาก ทั้งนี้เพราะ กานดา เรืองหนูทำการศึกษาในบริเวณที่เป็นแหล่งปลาในกระชัง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการสะสมของไนโตรเจนจากอาหารปลามาก ทำให้สัดส่วน C:N ต่ำ ส่วนวิเชียร จาฏุพจน์ และคณะ (2537) พบว่า C:N มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.9 มีค่าสูงกว่าจากการศึกษาครั้งนี้

Burone *et al.* (2003) เสนอว่าสัดส่วน C:N ที่สูงกว่า 20:1 แสดงว่าสารอินทรีย์มีแหล่งกำเนิดมาจากพื้นดิน และถ้าสัดส่วน C:N อยู่ระหว่าง 5-7 แสดงว่าสารอินทรีย์ที่มีอยู่เกิดขึ้นภายในแหล่งน้ำนั้น ซึ่งเสริมกับ Morse *et al.* (2004) ที่เสนอว่าสัดส่วน C:N ที่มากกว่า 10 จะพบในบริเวณที่สารประกอบอินทรีย์ในตะกอนมีแหล่งที่มาจากพื้นดิน ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ มีเพียงทะเลน้อยและบางบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์เท่านั้นที่มีค่า C:N มากกว่า 10 แสดงถึงอิทธิพลจากแผ่นดินอย่างชัดเจน

9.2 สัดส่วน C:P

จากการศึกษาพบสัดส่วน C:P ในตะกอนทะเลน้อย ทะเลสาบตอนบน ทะเลสาบตอนกลาง และทะเลสาบตอนล่างอยู่ในช่วง 491-1936, 147-453, 76-193 และ 63-322 ตามลำดับ ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า C:P ในตะกอนทะเลน้อยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,176 ซึ่งต่ำกว่าของ สมศักดิ์ มณีพงศ์และสุภาพร รักเขียว (2541) ที่มีค่าเฉลี่ย 2,115

ทะเลสาบตอนบนมีสัดส่วน C:P ในตะกอน เฉลี่ย 234 และสม่ำเสมอทั้งบริเวณ จากการศึกษาของสมศักดิ์ มณีพงศ์และสุภาพร รักเขียว (2541) มีค่า C:P เฉลี่ย 509 ซึ่งสูงกว่าจากการศึกษาครั้งนี้ ทะเลสาบตอนกลางมีสัดส่วน C:P ในตะกอน เฉลี่ย 162 และสม่ำเสมอทั่วทั้งบริเวณเช่นกัน จากการศึกษาของสมศักดิ์ มณีพงศ์และสุภาพร รักเขียว (2541) มีค่า C:P เฉลี่ยเท่ากับ 232 ซึ่งมีค่าสูงกว่าจากการศึกษาครั้งนี้เช่นกัน

ส่วนทะเลสาบตอนล่างมีค่า C:P เฉลี่ย 135 ซึ่งในบริเวณนี้มีค่า C:P ที่ไม่คงที่ มีค่าสูงต่ำขึ้นกับบริเวณที่ได้รับผลกระทบ อย่างไรก็ดี C:P ที่ได้มีค่าต่ำกว่าการศึกษาของวิเชียร จาฏุพจน์ และคณะ (2537) มาก ซึ่งรายงาน C:P เฉลี่ยสูงถึง 5,994 จะเห็นว่าสูงผิดปกติ คาดว่าน่าจะเป็นผลมาจากวิธีการวิเคราะห์ที่สกัดฟอสฟอรัสทั้งหมดออกมาไม่หมด (วิธีวิเคราะห์อาจสกัดได้เพียงฟอสฟอรัสที่ชะออกจากตะกอนได้ง่ายเท่านั้น) จึงทำให้ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดต่ำ ส่งผลให้สัดส่วน C:P มีค่าสูงมาก

ในทะเลสาบตอนล่าง สถานีที่มีสัดส่วน C:P เกิน 100 คือ สถานี S37 ถึง S45, S51 ถึง S52 และ S47 ซึ่งอยู่บริเวณปากทางเชื่อมออกสู่อ่าวไทย และ S57 ซึ่งอยู่ปากคลองพะวง Mathews and Chandramahanakumar (2003) กล่าวว่า พื้นที่ที่มีสัดส่วนของ C:P สูง มักจะมีมวลชีวภาพของพืชน้ำในบริเวณนั้นสูง และสัดส่วนที่ต่ำของ C:P มีสาเหตุมาจากการไหลเข้าของฟอสฟอรัสจากพื้นดินโดยเฉพาะบริเวณปากแม่น้ำ

9.3 สัดส่วน N:P

จากการศึกษาสัดส่วน N:P ในตะกอนทะเลน้อย ทะเลสาบตอนบน ทะเลสาบตอนกลาง และทะเลสาบตอนล่าง อยู่ในช่วง 17-129, 9-81, 2-67 และ 4-83 ตามลำดับ ทะเลน้อยมีสัดส่วนเฉลี่ย 88 โดยตะกอนบริเวณกลางทะเลน้อยจะมีสัดส่วน N:P สูงกว่าบริเวณอื่น และจากการศึกษาของสมศักดิ์ มณีพงศ์ และสุภาพร รักเขียว (2541) พบว่ามีค่า N:P เฉลี่ย 59 ซึ่งต่ำกว่าการศึกษาครั้งนี้ แสดงถึงการเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนสูงขึ้น

ทะเลสาบตอนบนมีสัดส่วน N:P เฉลี่ย 40 และมีค่าใกล้เคียงกันทั่วทั้งบริเวณ จากการศึกษาของสมศักดิ์ มณีพงศ์และสุภาพร รักเขียว (2541) มีค่า N:P เฉลี่ย 18 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าจากการศึกษาครั้งนี้เช่นกัน

ทะเลสาบตอนกลางมีสัดส่วน N:P เฉลี่ย 29 และมีเพียงสถานี S32 ถึง S36 บริเวณคลองที่เชื่อมต่อ (คลองหลวง) กับทะเลสาบตอนล่าง มีค่าที่ต่ำกว่า 10 จากการศึกษาของสมศักดิ์ มณีพงศ์และสุภาพร รักเขียว (2541) ที่มีค่าเฉลี่ย 14 ซึ่งต่ำกว่าการศึกษาครั้งนี้ แสดงถึงการเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนที่เข้าสู่ทะเลสาบตอนล่าง

ส่วนทะเลสาบตอนล่างพบสัดส่วน N:P เฉลี่ย 24 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันทุกสถานี ยกเว้นสถานี S37 ถึง S39 ที่มีค่าใกล้เคียงกับสถานีบริเวณคลองหลวงในทะเลสาบตอนกลาง Fernandez *et al*. (2002) กล่าวว่าบริเวณที่เป็นแหล่งรองรับน้ำเสียจะมีสัดส่วน N:P ที่สูง ซึ่งเมื่อดูจากการศึกษาครั้งนี้บริเวณที่รองรับของเสียจากแหล่งต่างๆ มากที่สุด คือ ทะเลสาบตอนล่างกลับมีค่าที่ต่ำกว่าบริเวณอื่นๆ ที่ศึกษา อย่างไรก็ดีสัดส่วนของ N:P ที่สูงอาจมาจากตะกอนผิวน้ำที่บริเวณที่ปกคลุมด้วยพืชน้ำ ฟอสฟอรัสที่มาจากการเน่าสลายของพืชพรรณไม้น้ำจะถูกปล่อยออกสู่มวลน้ำได้เร็วกว่าไนโตรเจน และความเข้มข้นของธาตุเหล่านี้ที่ตะกอนผิวน้ำอาจจะขาดความสมดุลได้ชั่วคราว (Srfiso *et al.*, 1995) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาบริเวณทะเลน้อยที่มีพรรณไม้น้ำปกคลุมอยู่มากมาย และจะเห็นได้ชัดว่าการลดลงของไนโตรเจนหรือการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัส มีส่วนในการปรับเปลี่ยนสัดส่วนของ N:P (Mathews and Chandramahanakumar, 2003)