บทที่ 4

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 บทสรุป

องค์ประกอบขนาดอนุภาคของตะกอนในทะเลน้อยและทะเลสาบสงขลาส่วนใหญ่เป็นทรายแป้งปนดินเหนียว (clayey silt) ซึ่งมีลักษณะที่ละเอียดถึงค่อนข้างหยาบเล็กน้อย ยกเว้น 6 สถานี คือ สถานี S3, S33 และ S49 ที่มีลักษณะตะกอนเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay) ซึ่งขนาดตะกอนจะละเอียดกว่า clayey silt เล็กน้อย สถานี S34 มีลักษณะตะกอนเป็นดินเหนียวที่มีทรายและทรายแป้งปน (sandy silty clay) และสถานี S53 และ S59 มีลักษณะตะกอนเป็นทรายที่มีทรายแป้งและดินเหนียวปน (silty clayey sand) และทรายที่มีดินเหนียวปน (clayey sand)

ดินตะกอนมีขนาดอนุภาคละเอียดและมีองค์ประกอบโดยส่วนมากเป็นดินเหนียวและทรายแป้งที่มีขนาดอนุภาค <63 μm มีผลต่อการสะสมของโลหะหนัก ซึ่งจะเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจนบริเวณสถานี S53 และ S59 ที่มีองค์ประกอบโดยส่วนมากเป็นทราย จึงพบว่า 2 สถานีนี้มีการสะสมของโลหะในปริมาณที่ต่ำ

ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และปัจจัยทางเคมีในตะกอนทะเลสาบสงขลามีการสะสมในทิศทางเดียวกันคือมีค่าสูงสุดในบริเวณทะเลน้อยและต่ำสุดในบริเวณทะเลสาบตอนกลาง ปัจจัยเหล่านี้มีความสำคัญและมีผลต่อการแพร่กระจายของโลหะในตะกอนทั้งสิ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่เคลือบหรือเกาะติดอยู่กับอนุภาคของเม็ดตะกอน โดยหมู่ฟังก์ชันที่มีจำนวนมากในสารอินทรีย์สามารถทำปฏิกิริยากับแคตไอออนของโลหะหนักที่อยู่ในน้ำ เกิดเป็นสารประกอบกับโลหะเกาะติดอยู่ที่พื้นผิวของอนุภาคตะกอน ทำให้พบว่าพื้นที่ใดที่มีการสะสมของคาร์บอนอินทรีย์สูงมักจะมีการสะสมของโลหะสูงตามไปด้วย

รูปแบบการแพร่กระจายของโลหะเกือบทุกตัว (ยกเว้นตะกั่วและแมงกานีส) มีความคล้ายคลึงกัน โดยมีการแพร่กระจายสูงสุดในบริเวณทะเลน้อย และต่ำสุดที่บริเวณทะเลสาบตอนกลาง ซึ่งทะเลน้อยนั้นมีลักษณะทางกายภาพที่เป็นรูปแบบเฉพาะแตกต่างไปจากทะเลสาบส่วนอื่น คือเป็นทะเลสาบน้ำจืดที่มีการถ่ายเทมวลน้ำค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับทะเลสาบส่วนอื่นๆ อีกทั้งยังมีพืชน้ำเป็นจำนวนมาก เมื่อพืชน้ำเหล่านี้ตายลงก็เกิดการทับถมและสะสมอยู่ในบริเวณนี้ส่งผลให้มีการสะสมของคาร์บอนอินทรีย์ ปัจจัยทางเคมีและโลหะหนักสูง และเมื่อเกิดการสะสมแล้วก็มีแนวโน้มว่าจะเกิดการสะสมในแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น เพราะโอกาสในการชะพาสารเหล่านี้ไปยังส่วน

อื่นๆ ของทะเลสาบมีน้อย ส่วนทะเลสาบตอนกลางมีการสะสมของคาร์บอนอินทรีย์และปัจจัยทางเคมีต่ำกว่าส่วนอื่นๆ จึงทำให้โลหะในบริเวณนี้มีการสะสมต่ำ ยกเว้นในบริเวณทะเลหลวง โดยเฉพาะในสถานี S34 ที่พบว่ามีการสะสมของโครเมียม แมงกานีส และเหล็กสูง ทั้งนี้เนื่องจากโครเมียมเกิดการตกตะกอนร่วมกับเหล็กและแมงกานีสออกซีไฮดรอกไซด์ในจุดนี้ ส่วนในบริเวณทะเลสาบตอนนอกนั้นเป็นบริเวณที่มีลักษณะเป็นเอสทูรี เกิดการผสมผสานระหว่างน้ำจืดและน้ำเค็ม สภาวะเช่นนี้จะก่อให้เกิดการแยกตัวของโลหะออกจากมวลน้ำ (มนุวดี หังสพฤกษ์, 2532) ทำให้พบว่าโลหะส่วนมากเกิดการแยกตัวออกจากมวลน้ำและสะสมในตะกอนร่วมกับสารอินทรีย์และ/หรือรวมตัวกับเหล็ก และแมงกานีสออกซีไฮดรอกไซด์ ดังนั้นจึงพบว่าในบริเวณทะเลสาบตอนล่างก็มีการแพร่กระจายของโลหะที่ค่อนข้างสูงโดยเฉพาะในบริเวณปากคลองอู่ตะเภา แหล่งเลี้ยงปลาในกระชังรอบๆ เกาะยอ ปากคลองพะวง รวมไปถึงท่าเทียบเรือประมงสงขลา ซึ่งในบริเวณเหล่านี้ได้รับการปนเปื้อนของสารอินทรีย์จากกิจกรรมของมนุษย์ค่อนข้างสูง

โลหะเกือบทุกตัว (ยกเว้นตะกั่ว) มีความสัมพันธ์สูงกับอลูมิเนียม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโลหะในตะกอนทะเลสาบสงขลามีแหล่งที่มาจากธรรมชาติ ซึ่งสามารถยืนยันได้จากความสัมพันธ์ที่สูง ($p<0.01$) ของโลหะเหล่านี้กับขนาดอนุภาคดินเหนียว

จากการจัดกลุ่มข้อมูลโดยใช้เทคนิค cluster analysis ร่วมกับการวิเคราะห์ปัจจัยโดยใช้ PCA สามารถจัดกลุ่มสถานีออกเป็น 4 กลุ่ม คือ <u>กลุ่ม A</u> ประกอบด้วยสถานีเก็บตัวอย่างบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนในเกือบทั้งหมด (ยกเว้นสถานี S03) ทะเลสาบตอนกลางเกือบทั้งหมด (ยกเว้นสถานี S33, S34 และ S35 ที่อยู่ในคลองหลวง) และทะเลสาบตอนนอกในส่วนด้านทิศเหนือ ซึ่งกลุ่ม A เป็นกลุ่มที่ไม่มีปัจจัยด้านใดเด่นเป็นพิเศษ และปัจจัยหลายๆ ตัวไม่ค่อยสัมพันธ์กันเท่าใดนัก <u>กลุ่ม B</u> ประกอบด้วยสถานีเก็บตัวอย่างบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่างจำนวน 2 สถานี คือ สถานี S53 และ S59 กลุ่ม B เป็นกลุ่มที่มีความเด่นในเรื่องของทราย โดยมีทรายเป็นองค์ประกอบของขนาดอนุภาค >60 % <u>กลุ่ม C</u> ประกอบด้วยสถานีเก็บตัวอย่างบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอกในส่วนด้านทิศใต้ สถานี S03 ที่อยู่บริเวณใกล้ปากคลองนางเรียม และสถานี S33, S34 และ S35 ที่อยู่บริเวณคลองหลวง กลุ่ม C เป็นกลุ่มที่เด่นในเรื่องของดินเหนียวและโลหะหนัก และกลุ่มสุดท้าย คือ <u>กลุ่ม D</u> เป็นกลุ่มที่เด่นมากในเรื่องของอินทรีย์คาร์บอน และปัจจัยทางเคมี กลุ่มนี้ประกอบด้วยสถานีเก็บตัวอย่างบริเวณทะเลน้อยทั้งหมด

การปรับฐานทางธรณีเคมี (geochemical normalization) ของโลหะหนัก พบว่าโลหะในตะกอนทะเลสาบสงขลาส่วนมากมีที่มาจากธรรมชาติ เพราะพบว่ามีค่าความแปรปรวนอยู่ในช่วงความแปรปรวนของโลหะที่มีแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ (natural geochemical population)

โลหะบางตัวในบางสถานีมีค่าที่อยู่นอกช่วงความแปรปรวนที่มีแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ แต่เมื่อทำการประเมินค่าของการปนเปื้อนของโลหะหนักที่สะสมในตะกอนจากค่าดัชนีการสะสมเชิงธรณี (geoaccumulation index : Igeo) พบว่าปริมาณโลหะทุกตัวที่สะสมในทุกสถานีไม่อยู่ในระดับที่เกิดการปนเปื้อน ยกเว้นแมงกานีสในสถานี S02 และ S04 ที่อยู่ในระดับไม่ปนเปื้อนถึงปนเปื้อนเล็กน้อย

สรุปได้ว่าตะกอนทะเลสาบสงขลาทั้งระบบจัดอยู่ในระดับที่ไม่ปนเปื้อนด้วย แคดเมียม โครเมียม ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี และเหล็ก ยกเว้น แมงกานีส ในสถานี S02 และ S04 ที่อยู่ในระดับไม่ปนเปื้อนถึงปนเปื้อนเล็กน้อย แต่โดยรวมแล้วพบว่าปริมาณโลหะหนักในตะกอนทะเลสาบสงขลามีการสะสมอยู่ในระดับต่ำ และยังไม่เกิดการปนเปื้อนจากกิจกรรมของมนุษย์รอบๆ ทะเลสาบสงขลาจนถึงขั้นที่อาจจะเกิดมลพิษได้

4.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาในระดับตะกอนผิวหน้า (surface sediment) ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลการสะสมของปริมาณโลหะหนักในตะกอนปัจจุบันหรือในช่วงที่ผ่านมาไม่นานนัก หากต้องการทราบข้อมูลการสะสมจากอดีต เพื่อใช้ประเมินแนวโน้มของการสะสมของโลหะหนัก ควรศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการแพร่กระจายความเข้มข้นของโลหะตามความลึกของตะกอน (core sediment) ทั่วทั้งทะเลสาบ เพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในช่วงที่ผ่านมา และในส่วนของทะเลน้อยที่มีการสะสมโลหะในปริมาณที่สูงกว่าส่วนอื่นๆ และน่าจะมีสภาวะเป็นรีดิวซ์ซึ่งมาก (มีปริมาณสารอินทรีย์และซัลเฟอร์สูงกว่าทะเลสาบส่วนอื่นๆ) ก็ควรมีการศึกษากระบวนการทางธรณีเคมีอย่างละเอียด เพื่อที่จะใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินการทำโครงการต่างๆ ที่อาจจะส่งผลกระทบให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาวะรีดอกซ์ของตะกอน และเกิดการละลายของโลหะกลับสู่มวลน้ำ เช่น การขุดลอกตะกอนเพื่อแก้ปัญหาการตื้นเขินของแหล่งน้ำ