รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การสะสมโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมทางน้ำและผลกระทบต่อโลมาอิรวดี
บริเวณอ่าวตราด จังหวัดตราด

Accumulation of Heavy Metals in Aquatic Environment and Impacts on
Irrawady Dolphins in Trat bay, Trat Province

ดร. ภัทราวุธ ไทยพิชิตบูรพา
ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

รศ.ดร. เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์
ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นางสาวชลาทิพ จันทร์ชมภู
ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก
กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๑
มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ...............................

สัญญาเลขที่ ๒๑๕/๒๕๖๑

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การสะสมโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมทางน้ำและผลกระทบต่อโลมาอิรวดี
บริเวณอ่าวตราด จังหวัดตราด

Accumulation of Heavy Metals in Aquatic Environment and Impacts on Irrawady Dolphins in Trat bay, Trat Province

ดร. ภัทราวุธ ไทยพิชิตบูรพา
ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

รศ.ดร. เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์
ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นางสาวชลาทิพ จันทร์ชมภู
ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก
กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง

สิงหาคม ๒๕๖๒

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 215/2561

Acknowledgment

This work was financially supported by the Research Grant of Burapa University Through National Research Council of Thailand (Grant no. 215/2561)

บทคัดย่อ

การสะสมโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมทางน้ำและผลกระทบต่อโลมาอิรวดี บริเวณอ่าวตราด จังหวัดตราด มีเป้าหมายเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงและผลกระทบของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมต่อโลมาอิรวดี ในบริเวณพื้นที่อ่าวตราด โดยการศึกษาแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ช่วงเวลาซึ่งเป็นตัวแทนของฤดูกาลได้แก่ เดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และสิงหาคม 2561 ทั้งนี้ทำการศึกษาโลหะหนักประกอบด้วยทองแดง ตะกั่ว และแคดเมียม ที่สะสมในน้ำ ดินตะกอน ปลา และโลมาอิรวดีที่เกยตื้นบริเวณอ่าวตราด โดยทำการเก็บตัวอย่างครอบคลุมพื้นที่อ่าวตราดทั้งสิ้น 9 สถานี ผลการศึกษาพบว่า การปนเปื้อนของโลหะหนัก ตะกั่ว แคดเมียม และทองแดง พบโลหะหนักในน้ำและดินตะกอนมีความสัมพันธ์กับฤดูกาล ($p<0.05$) ซึ่งฤดูฝนจะพบโละหนักในน้ำมากกว่าฤดูแล้ง ส่วนช่วงฤดูแล้งจะพบโลหะหนักในดินตะกอนมากกว่าฤดูฝน โดยโลหะหนักที่พบในน้ำและดินตะกอนมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำและดินตะกอนที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด ส่วนการสะสมในสัตว์น้ำที่เป็นอาหารของโลมาพบว่า ปลาที่หากินบริเวณผิวหน้าดิน (demersal fish) จะมีการสะสมโลหะหนักมากกว่ากลุ่มปลากลางน้ำ (pelagic fish) ซึ่งค่าที่พบในปลาทั้ง 2 กลุ่มยังคงมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน อย่างไรก็ตาม โลหะหนักในกลุ่มของตะกั่วและแคดเมียมมีแนวโน้มสะสมในเนื้อปลาค่อนข้างสูง จึงควรมีการเฝ้าระวังในปลากลุ่มดังกล่าว สำหรับการสะสมโละหนักในโลมาพบว่า โลมาที่เข้ามาเกยตื้นบริเวณอ่าวตราดช่วงที่ทำการศึกษามีการสะสมของ ตะกั่ว แคดเมียม และทองแดง ต่ำกว่าการศึกษาอื่น ๆที่ผ่านมา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมบริเวณอ่าวตราดมีการปนเปื้อนของมลพิษในกลุ่มของโลหะหนักในระดับต่ำดังที่กล่าวมาแล้ว อีกทั้งบริเวณนี้ยังคงไม่มีแหล่งกำเนิดด้านโลหะหนักที่ชัดเจน ดังนั้นควรมีการพิจารณาพื้นที่อ่าวตราดเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับการอยู่อาศัยของสัตว์ในกลุ่มเลี้ยงลูกด้วยนม (โลมา) และมีมาตรการในการคุ้มครองพื้นที่ในอนาคตต่อไป

Abstract

Heavy metal accumulation in the aquatic environment and the impacts on the Irrawaddy dolphin In the Gulf of Trat, Trat Province. The aims of this study are to determine the changing and effects of heavy metals in the environment and animals. The 9 stations sampling site was in February, May and August 2018. To measurement of Cu, Pb, and Cd in seawater, sediment, fish tissues, and carcasses dolphin tissue sample. The results showed that heavy metal concentration in seawater and sediment related to sampling season ($p<0.05$). The high concentration in seawater was in the rainy season. In the sediment was a high concentration in the dry season. The accumulation of Pb and Cd in fish tissues found that the demersal fish was higher than the pelagic fish. However, all those samples the concentration of heavy metal was low due to the water quality standard. The concentration in the carcasses dolphin tissue sample was lower than the literature reviewed. Due to the environment in Trat Bay is contaminated with a low level of heavy metal. There are few sources of heavy metal. Therefore, could be considered that the Trat Bay is a friendly environment for the marine mammal as habitat, foraging, and nursing. The further effort to promote this area to a protected area in the future

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		i
Acknowledgement		ii
บทคัดย่อ		iii
Abstract		iii
สารบัญ		iv
สารบัญตาราง		v
สารบัญภาพ		vi
บทที่ 1	**บทนำ**	1
	1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
	1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
	1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	3
บทที่ 2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	5
บทที่ 3	**วิธีการศึกษา**	11
	3.1 การศึกษาโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมทางน้ำ	11
	3.2 การศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนัก ตัวอย่างสัตว์น้ำที่เป็นอาหารโลมาและเนื้อเยื่อโลมา	13
บทที่ 4	**ผลการศึกษา**	13
	4.1 คุณภาพน้ำทั่วไปบริเวณอ่าวตราด	13
	4.2 คุณภาพดินตะกอนบริเวณอ่าวตราด	20
	4.3 การปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมบริเวณอ่าวตราด	23
บทที่ 5	**บทวิเคราะห์ผลการศึกษาวิจัย**	36
บทที่ 6	**สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ**	43
บทที่ 7	**ผลผลิต**	44
	7.1 ผลงานเตรียมพิมพ์เผยแพร่	44
	7.2 ผลงานเชิงสาธารณะ	44
รายงานสรุปการเงิน		45
บรรณานุกรม		46
ภาคผนวก		50
ประวัติผู้วิจัย		56

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่		หน้า
4-1	ชนิดของปลาที่พบในการศึกษาการสะสมโลหะหนักบริเวณอ่าวตราดในช่วงฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์)	30
4-2	การสะสมของโลหะหนักในปลาที่ทำการศึกษาในบริเวณอ่าวตราด ช่วงฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์)	30
4-3	ชนิดของปลาที่พบในการศึกษาการสะสมโลหะหนักบริเวณอ่าวตราดในช่วงฤดูฝน (เดือนสิงหาคม)	32
4-4	การสะสมของโลหะหนักในปลาที่ทำการศึกษาในบริเวณอ่าวตราด ช่วงฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์)	33
4-5	การปนเปื้อนของโลหะหนัก ทองแดง ตะกั่ว และแคดเมียม ในโลมาอิรวดีที่เกยตื้น บริเวณอ่าวตราด	35
5-1	การปนเปื้อนของโลหะ ทองแดง ตะกั่ว และแคดเมียม ในปลาบริเวณอ่าวตราด	39
5-2	การปนเปื้อนของโลหะหนักในโลมาอิรวดี	40

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่		หน้า
2-1	แผนภาพแสดงการรูปแบบการถ่ายทอดสารเคมีระหว่างโลมากับสิ่งแวดล้อม	10
3-1	สถานีศึกษาและเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนเพื่อศึกษาโลหะหนัก	11
3-2	บริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำที่เป็นอาหารของโลมา จากชาวประมงบริเวณอ่าวตราด	12
4-1	ความลึกของน้ำ (Depth, m) บริเวณพื้นที่อ่าวตราด ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา	14
4-2	ความโปร่งแสงของน้ำ (transparency ; m) บริเวณพื้นที่อ่าวตราดในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา	15
4-3	ความโปร่งแสงของน้ำ (transparency ; m) บริเวณพื้นที่อ่าวตราดในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา	16
4-4	การแพร่กระจายของความเค็ม (salinity ; psu) บริเวณอ่าวตราด ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา	17
4-5	การแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen; mg/L) บริเวณอ่าวตราด ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา	18
4-6	ความเป็นกรด-เบส (pH) บริเวณอ่าวตราด ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา	19
4-7	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดิน (water content; %) บริเวณอ่าวตราด ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาและปากน้ำแหลมสิงห์ จังหวัดจันทบุรี	21
4-8	การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์รวมในดิน (total organic mater; %) บริเวณอ่าวตราดในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา	22
4-9	ความเข้มของตะกั่ว (Pb) ในน้ำ (ppb) บริเวณอ่าวตราดในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา	24
4-10	ความเข้มของแคดเมียม (Cd) ในน้ำ (ppb) บริเวณอ่าวตราด ในช่วงระยะเวลาที่ศึกษา	25
4-11	ความเข้มของทองแดง (Cu) ในน้ำ (ppb) บริเวณอ่าวตราดในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา	26
4-12	ความเข้มของตะกั่ว (Pb) ในดิน (ppm) บริเวณอ่าวตราดในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา	27
4-13	ความเข้มของทองแดง (Cu) ในดิน (ppm) บริเวณอ่าวตราดในช่วงระยะเวลาที่ศึกษา	28
4-14	ลักษณะที่อยู่อาศัยของปลาในกลุ่มต่างที่ทำการศึกษา	29
4-15	ภาพตัวอย่างปลาตะเพียนน้ำเค็ม *Anodontostoma chacunda* (Shortnose gizzard shad)	31
4-16	ภาพตัวอย่างปลาจวดหัวแหลม *Dendrophysa russelii* (Goatee croaker)	31
4-17	ภาพตัวอย่างปลาจิ้งจก *Cociella crocodilus* (Crocodile flathead)	32
4-18	ภาพตัวอย่างปลาสีกุน, มงกลม *Carangoides gymnostethus* (Bludger)	33
4-19	ภาพตัวอย่างผลากะพงแดงข้างแถว *Lujanus vitta* (Brownstripe red snapper)	34
4-20	ภาพตัวอย่างปลาดอกหมากกระโดง *Gerres filamentosus* (Whipfin silver-biddy)	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
5-1	ความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำทะเล (ppb) บริเวณอ่าวตราด	36
5-2	ความเข้มข้นของแคดเมียมในน้ำทะเล (ppb) บริเวณอ่าวตราด	36
5-3	ความเข้มข้นของทองแดงในน้ำทะเล (ppb) บริเวณอ่าวตราด	36
5-4	ความเข้มข้นของตะกั่วในดินตะกอน (ppm) บริเวณพื้นที่อ่าวตราด	38
5-5	ความเข้มข้นของทองแดงในดินตะกอน (ppm) บริเวณพื้นที่อ่าวตราด	39
5-6	การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเลบริเวณอ่าวตราด	41
5-7	ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน (%) ในบริเวณพื้นที่อ่าวตราด	42

บทที่ 1

1.1 ความสำคัญและที่มา

การเพิ่มขึ้นของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมทางทะเลในปัจจุบัน มีผลมาจากความเจริญก้าวหน้าทางอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีของมนุษย์ ทำให้มีการนำโลหะหนักมาใช้ในกระบวนการผลิตมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการแพร่กระจายของโลหะหนักไปยังส่วนต่าง ๆของสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ ทั้งโลหะหนักที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่ปนอยู่กับของเสียในรูปแบบต่าง ๆ

โลหะหนักเป็นสารที่มีความคงทนในธรรมชาติสลายตัวได้ยาก นอกจากนี้โลหะหนักหลายชนิดเช่น ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม ล้วนเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตอย่างร้ายแรง โดยปริมาณโลหะหนักที่มีในตัวของสิ่งมีชีวิตนั้นสามารถเป็นตัวบ่งชี้สภาวะแวดล้อมนั้น ๆได้ หากว่าเป็นสัตว์น้ำที่มาจากแหล่งที่มีการสะสมของโลหะต่างมาก ก็จะเกิดผลกระทบต่อระบบห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศได้อย่างรุนแรง โดยเฉพาะในระบบนิเวศทางทะเลซึ่งมีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตมาก มีความซับซ้อนของห่วงโซ่อาหารทำให้โอกาสที่สัตว์ที่เป็นผู้ล่า (predator) หรือในกลุ่มของสัตว์ที่กินสัตว์ชนิดอื่นเป็นอาหาร (carnivore) มีโอกาสสะสมโลหะหนักได้สูงกว่าสัตว์ในกลุ่มอื่น ๆที่อยู่ในระบบนิเวศเดียวกัน

อ่าวตราด ถือว่าเป็นระบบนิเวศทางทะเลที่มีความสมบูรณ์แห่งหนึ่งในประเทศไทย และเป็นแหล่งทรัพยากรที่สำคัญของภาคตะวันออก ซึ่งมีลักษณะเป็นอ่าวกึ่งปิด มีทางติดต่อกับทะเลเปิดอย่างอิสระตรงบริเวณปากอ่าว พื้นที่ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดตราด มีเนื้อที่ประมาณ 200 ตารางกิโลเมตร ทางด้านบนของอ่าวและบริเวณรอบๆ อ่าวมีแม่น้ำและลำคลองหลายสายที่ไหลลงสู่อ่าวตราด โดยเฉพาะแม่น้ำตราด ซึ่งเป็นแม่น้ำที่สำคัญที่สุดของจังหวัดตราด มีความยาว 150 กิโลเมตร ไหลผ่านหลายอำเภอ ทำให้แม่น้ำสายนี้เป็นแหล่งรองรับน้ำจืด สิ่งชะล้างต่างๆจากชุมชน และมีตะกอนจำนวนมากที่มากับแม่น้ำสายนี้โดยเฉพาะในเขตตำบลบ่อพลอยและตำบลหนองบอน อำเภอบ่อไร่ ซึ่งเป็นแหล่งขุดพลอยที่สำคัญของจังหวัดตราด แล้วไหลลงผ่านอำเภอเขาสมิง อำเภอเมืองตราด ลงสู่ทะเลบริเวณบ้านปากคลอง อำเภอเมืองตราด ผลจากการขุดล้างพลอยนี้ทำให้เกิดการชะล้างตะกอนต่างๆจากแผ่นดิน ส่งผลทำให้เกิดการแพร่กระจายของโลหะออกไปสู่สภาวะแวดล้อมมากขึ้น

ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่เข้ามาอยู่ในบริเวณอ่าวตราด จะมีโอกาสสะสมโลหะหนักชนิดต่างๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดสัตว์น้ำ ที่อยู่อาศัย และพฤติกรรมการกินอาหาร โดยเฉพาะสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดใหญ่และกินอาหารที่หลากหลาย ก็จะมีโอกาสได้รับโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายในปริมาณที่มาก ยกตัวอย่างเช่น โลมา ที่อาศัยอยู่ในบริเวณอ่าวตราด จะมีพฤติกรรมการกินอาหารอยู่ในบริเวณใกล้ชายฝั่ง บางครั้งจะพบในบริเวณใกล้กับปากแม่น้ำหรือคลอง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความเสี่ยงในการปนเปื้อนโลหะหนัก นอกจากนี้ในบริเวณดังกล่าวยังมีอาหารค่อนข้างชุกชุม โดยปกติโลมาจะเป็นสัตว์ที่เป็นผู้ล่า กินอาหารค่อนข้างหลากหลายและในปริมาณมาก ซึ่งอาหารที่สามารถพบได้ในกระเพาะของโลมา ยกตัวอย่างเช่น ปลา กุ้ง หมึก เป็นต้น นอกจากนี้โลมายังสามารถกินสิ่งมีชีวิต ทั้งที่อยู่กลางน้ำ (pelagic) และพื้นท้องน้ำ (demersal) โลมาถือเป็นผู้บริโภคขั้นสูง (High-order carnivores) และมีช่วงชีวิตค่อนข้างยาวดังนั้นโลมาจึงถูกพิจารณาให้เป็น indicator species สำหรับการติดตามตรวจสอบการสะสมของมวลสาร (Bioindicator) เหล่านี้ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

นอกจากโลมาจะมีความสำคัญต่อระบบนิเวศทางทะเลแล้ว โลมายังมีความสำคัญในเชิงเศรษฐกิจการท่องเที่ยว เนื่องจากรูปร่าง และพฤติกรรมที่น่ารัก และเป็นมิตรทำให้มีประชาชนจำนวนมากเดินทางมาเพื่อชมโลมาในสถานที่ต่างๆ เป็นกรสร้างรายได้และส่งเสริมการอนุรักษ์ทรัพยากรโลมาอีกทางหนึ่ง สำหรับโลมาที่พบได้บ่อยในหลายพื้นที่ทั้งปากแม่น้ำ และทะเลได้แก่ โลมาอิรวดี (Irrawaddy dolphin: *Orcaella brevirostris*) ซึ่งจากข้อมูลการสำรวจของกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งปี 2554 พบแหล่งที่มีโลมาอิรวดีแพร่กระจายอยู่ได้แก่ อ่าวตราด จ. ตราด ไปจรดชายแดนกัมพูชา กลุ่มประชากรทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 100 ตัว ปากแม่น้ำบางปะกง จ. ฉะเชิงเทรา ออกไปจนถึงอ่างศิลา จ.ชลบุรี ประชากรอย่างน้อย 30 ตัว ปากแม่น้ำท่าจีน อ.เมือง จ.สมุทรสาคร ประชากรอย่างน้อย 30 ตัว ปากแม่น้ำบางตะบูน อ.บ้านแหลม จ.เพชรบุรี ประชากรอย่างน้อย 30 ตัว ทะเลสาบสงขลา (ส่วนของทะเลน้อย จ.พัทลุง) ประชากรเหลืออยู่น้อยมาก อาจต่ำกว่า 20 ตัว และ หมู่เกาะสาหร่าย อ.เมือง จ.สตูล ประชากรประมาณ20 ตัว (กาญจนา, 2554) จากข้อมูลดังกล่าวเห็นว่าอ่าวตราดมีประชากรโลมาอิรวดีมากที่สุดเมื่อเทียบกับพื้นที่อื่นในประเทศไทย

ในระยะหลังช่วง 1-2 ปีที่ผ่านมา พบมีการรายงานข่าวการเกยตื้นของโลมาในบริเวณอ่าวตราดอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการเกยตื้นของโลมาอิรวดีจะพบอยู่ในช่วง 20-25 ตัวต่อปี โดยจะพบการเกยตื้นมากในช่วงเดือนมกราคมและเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งในบางครั้งสามารถพบการเกยตื้นของโลมาในบริเวณอ่าวตราดได้ถึง 4 ตัว ภายในหนึ่งวัน โดยลักษณะของโลมาที่เกยตื้นบางตัวจะไม่พบบาดแผลที่เกิดจากเครื่องมือประมง ทำให้อาจสันนิษฐานได้ว่าโลมาที่เกยตื้นดังกล่าวอาจเกิดจากความอ่อนแอของร่างกายจากการได้รับสารพิษบางชนิดอย่างต่อเนื่อง

การศึกษาปริมาณและการสะสมของโลหะหนัก ในสิ่งแวดล้อมทางน้ำ มีความเชื่อมโยงโดยตรงกับสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณดังกล่าว อีกทั้งการสะสมสามารถถ่ายถอดผ่านห่วงโซ่อาหารไปยังสิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่ และเป็นผู้ล่าอย่างเช่น โลมา ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพและความแข็งแรงของโลมาโดยตรง จากความสำคัญดังกล่าว การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำทะเล ดินตะกอน และในอาหารของโลมาอิรวดี บริเวณอ่าวตราด เพื่อประเมินผลกระทบของการสะสมโลหะในระบบนิเวศทางทะเล และโอกาสที่โลมาจะได้รับผลกระทบจากโลหะหนักที่ปนเปื้อนจากอาหารและสิ่งแวดล้อมทางน้ำบริเวณอ่าวตราด

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำและดินตะกอนบริเวณอ่าวตราด
2. ศึกษาการสะสมโลหะหนักในสิ่งมีชีวิตที่เป็นอาหารของโลมาอิรวดี
3. ศึกษาการสะสมของโลหะหนักในโลมาอิรวดี ที่มีการเกยตื้นบริเวณอ่าวตราด
4. ประเมินผลกระทบของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมทางน้ำต่อโลมาอิรวดี ที่อาศัยอยู่ในบริเวณพื้นที่อ่าวตราด

1.3 ขอบเขตโครงการวิจัย

1. ดำเนินการศึกษาโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมทางน้ำและดินตะกอน บริเวณอ่าวตราด และติดตามการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล
2. ดำเนินการศึกษาโลหะหนักที่สะสมในสิ่งมีชีวิตที่เป็นอาหารของโลมาอิรวดี และโลมาอิรวดีที่เกยตื้นบริเวณอ่าวตราด
3. วิเคราะห์สถานภาพ และความเสี่ยงด้านโลหะหนักต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตที่สำคัญบริเวณอ่าวตราด
4. เสนอแนวทางการดูแลคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำ เพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรและความปลอดภัยของทรัพยากรจากการปนเปื้อนของโลหะหนัก สำหรับพื้นที่อ่าวตราด

1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวคิดโครงการวิจัย

ปัจจุบันจากการพัฒนาด้านเศรษฐกิจ สังคม และชุมชน ทำให้มีการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ชายฝั่ง และการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมจากธรรมชาติ จากสภาวะโลกร้อน ทำให้มีการปลดปล่อยสารมลพิษต่าง ๆเข้าสู่ธรรมชาติลงสู่แหล่งน้ำ โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล ซึ่งเป็นบริเวณพื้นที่รองรับมลพิษจากแผ่นดินทุกประเภท โดยเฉพาะน้ำทิ้งทีมีการปนเปื้อนของสารโลหะหนัก โลหะหนักเหล่านี้จะเข้าสู่ระบบนิเวศ และปนเปื้อนในน้ำ ดินตะกอน รวมถึงสิ่งมีชีวิต (bioaccumulation) ที่อาศัยอยู่ในบริเวณนี้ โดยโลหะหนักสามารถถ่ายทอดผ่านทางระบบห่วงโซ่อาหาร (bio magnification)

โลหะหนักมีรูปแบบการเคลื่อนตัวในระบบนิเวศและในห่วงโซ่อาหารค่อนข้างชัดเจน เนื่องจากเป็นแร่ธาตุที่สลายตัวได้ยากมีครึ่งชีวิตที่ยาวนาน ทำให้สามารถสะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของระบบนิเวศ นอกจากนี้ปริมาณของโลหะหนักที่สะสมอยู่ในร่างกายจะเพิ่มขึ้นตามความซับซ้อนของห่วงโซ่อาหาร เช่น ในสัตว์ที่กินอาหารที่หลากหลาย หรือเป็นผู้ล่าจะมีโอกาสสะสมโลหะหนักได้มากกว่าสิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้ผลิต หรือกลุ่มที่มีการกินอาหารไม่หลากหลาย ทำให้สัตว์ที่เป็นผู้บริโภคลำดับสุดท้าย (top consumer) มีความเสี่ยงในการสะสมโลหะหนักมากที่สุด

โลมาถือว่าเป็น Top consumer หรือ ผู้บริโภคขั้นสูง (High-order carnivore) โดยโลมาเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่มีวิวัฒนาการลงไปอาศัยอยู่ในทะเล เป็นสัตว์ที่มีการอพยพย้ายถิ่นในพื้นที่ที่กว้างมาก โดยอาจเป็นการโยกย้ายตามแหล่งอาหาร ฤดูกาล และย้ายแหล่งเพื่อการผสมพันธุ์ โลมาเป็นสัตว์ที่กินสัตว์อื่นเป็นอาหาร (carnivores) ซึ่งข้อมูลและการศึกษาเกี่ยวกับโลมาและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในทะเลสำหรับประเทศไทยยังมีอยู่น้อยมาก ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาที่ได้ตัวอย่างมาจากซาก (การเกยตื้น) โดยจำนวนโลมาในประเทศไทยพบว่ามีการลดลงอย่างรวดเร็ว ทั้งจากการเจ็บป่วยตามธรรมชาติ ตายโดยติดเครื่องมือประมงโดยบังเอิญ และการตายโดยไม่ทราบสาเหตุทำให้โลมาถูกจัดเป็นสัตว์ที่มีความเสี่ยงในการสูญพันธุ์สูง (Endangered species)

ในกรณีของการตายโดยไม่ทราบสาเหตุนั้น อาจคาดการได้ว่าเกิดจากความผิดปกติของร่างกาย เช่น มีการสะสมของสารพิษ อวัยวะภายในมีความผิดปกติ เป็นต้น ซึ่งการตายลักษณะดังกล่าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากปัจจุบันมีการบังคับใช้กฎหมายเกี่ยวกับการประมงที่มีความรุนแรงมากขึ้น รวมถึงการปิดอ่าวในช่วงห้ามทำการประมงทำให้โอกาสที่โลมาจะตายด้วยเครื่องมือประมงเริ่มลดลง เพราะฉะนั้นในอนาคตสาเหตุสำคัญที่น่าจะเป็นสิ่ง

ที่ส่งผลกระทบต่อโลมาน่าจะเป็นการเสื่อมโทรมลงของสิ่งแวดล้อมซึ่งเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ โดยเฉพาะโลหะหนัก

จากความสำคัญด้านการปนเปื้อนของโลหะหนักในระบบนิเวศบริเวณชายฝั่งทะเล ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงมุ่งเน้นศึกษาโลหะหนักที่มีการปนเปื้อน ทั้งในน้ำ ดินตะกอน และอาหารที่โลมากิน เพื่อประเมินผลกระทบต่อโลมาอิรวดี บริเวณอ่าวตราด ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐาน และเป็นแนวทางในการป้องกันปัญหาสิ่งแวดล้อมบริเวณชายฝั่งอย่างยั่งยืนต่อไป

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ การพัฒนาเทคโนโลยี การขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม ทำให้มีการปล่อยของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อมเกินขีดจำกัด ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่มีความรุนแรงและยากต่อการแก้ไข หนึ่งในผลกระทบนั้นคือการรั่วไหลและปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งน้ำ โลหะหนักจัดอยู่ในกลุ่มธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 4 ขึ้นไป ธาตุที่อยู่ในกลุ่ม Transition metals ซึ่งเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต โลหะหนักเป็นสารที่คงตัว ไม่สามารถสลายตัวได้ในกระบวนการธรรมชาติ จึงมีบางส่วนตกตะกอนสะสมอยู่ในดินตะกอนที่อยู่ในน้ำ รวมถึงการสะสมอยู่ในสัตว์น้ำ โลหะหนักเป็นวัตถุดิบที่ถูกนำมาใช้ในหลายภาคส่วน เช่น ในด้านอุตสาหกรรม เราใช้โลหะหนักในการผลิตพลาสติก พีวีซี สี ถ่านไฟฉาย สำหรับทางด้านการเกษตร โลหะหนักเป็นส่วนผสมของยาฆ่าแมลงและปุ๋ย

โลหะหนักบางชนิดสามารถให้ทั้งคุณและโทษต่อสิ่งมีชีวิต ขึ้นกับชนิดของสิ่งมีชีวิตและปริมาณที่ได้รับเข้าไป ตัวอย่างเช่น แบคทีเรียต้องการ โคบอลท์ (Cobalt-Co) ทองแดง (Copper-Cu) แมงกานีส (Manganese-Mn) โมลิบดีนัม (Molybdenum-Mo) แวแนเดียม (Vanadium-V)และสังกะสี (Zinc-Zn) ในปริมาณที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตามปริมาณโลหะที่มากเกินไปจะสร้างสิ่งแวดล้อมที่เป็นพิษต่อจุลินทรีย์เหล่านี้ ส่งผลให้ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ สำหรับโลหะหนักบางชนิด เช่น ปรอท (Mercury-Hg) และแคดเมียม (Cadmium-Cd) จัดเป็นสารพิษที่มีความเป็นพิษสูงต่อสิ่งมีชีวิต และส่งผลร้ายแรงถึงชีวิตได้ (Sawyer et al., 2003)

โดยทั่วไปการปนเปอนของโลหะหนักที่พบในแหลงน้ำ อันเปนผลที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย สามารถแบงแหลงกำเนิดของโลหะหนักไดเปน 3 แหลงใหญๆ ดังนี้

1) แหลงอุตสาหกรรม จากการปลอยน้ำเสียลงสูแหลงน้ำ โดยโรงงานบางประเภทนำโลหะหนักมาใช้เปนวัตถุดิบในการผลิต เชน ผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ ผลิตถานไฟฉาย ทำสีย้อมผา โรงงานกระดาษ เป็นต้น โลหะหนักเหลานี้มักถูกถายเทลงสูแหลงน้ำ และถูกพัดพาออกมาตามแมน้ำสายสำคัญตางๆ และไหลออกสูทะเลตอไป

2) แหลงเกษตรกรรม จากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชบางประเภทที่มีสวนผสมของโลหะหนัก เชน ยาฆาเชื้อรามีสวนผสมของทองแดงเปนองคประกอบอยู และเกิดการสะสมอยูในพื้นที่เกษตรกรรม สารเหล่านี้จะถูกชะล้างลงสูแหลงน้ำเมื่อเกิดการกัดเซาะหนาดินโดยน้ำฝนในรูปของตะกอน

3) แหลงชุมชน จากการทิ้งขยะมูลฝอยที่มีสวนผสมของโลหะหนักเปนองคประกอบ เชน ถานไฟฉาย กากแบตเตอรี่ เศษภาชนะที่เคลือบดวยโลหะ ทอประปา สังกะสี เปนตน สารเหลานี้จะสะสมและถูกถายเทลงสูแหลงน้ำ ทำใหมีปริมาณมากขึ้น และสามารถรวมตัวกับสารประกอบอินทรียสะสมในหวงโซอาหารของสิ่งมีชีวิต ซึ่งเปนการเสี่ยงตอการสะสมอยูในมนุษย ผูที่เปนผูบริโภคขั้นสุดทายโลหะหนักที่มีความสำคัญและส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตมีหลายชนิดยกตัวอย่าง เช่น

ตะกั่ว (Lead)

ตะกั่วเปนเปนธาตุในหมู IVA ของตารางธาตุ มีเลขอะตอม 82 น้ำหนักอะตอม 207.19 ตะกั่วบริสุทธิ์มีลักษณะเปนของแข็ง สีเทาเขม ตะกั่วเปนโลหะที่มีความออนตัวคอนขางสูง ซึ่งสามารถแปรรูปไดโดยการทุบ ตี รีด ดึง หลอมเปนรูปตางๆไดงาย ตะกั่วมีคาความถวงจำเพาะ 11.35 จุดหลอมเหลว 327.4 และจุดเดือด 1,725 องศาเซลเซียส ละลายไดในกรดไนตริกเจือจาง ไมละลายน้ำ แต่สามารถละลายไดอย่างช้าๆในน้ำที่เปนกรดออน และกลายเปนไอไดดีที่อุณหภูมิสูงๆ มีความสามารถในการนำไฟฟาไดดี ดูดกลืนเสียงและการสั่นสะเทือนไดดี มีสีเงินปนเทา โดยธรรมชาติแลวตะกั่วมีการกระจายตัวอยูทั่วไปในสิ่งแวดลอม บริเวณเปลือกโลกสวนใหญพบอยูในรูปของสารประกอบ เชน สารประกอบตะกั่วกำมะถัน (PbS) serusite ($PbCO_3$) anglesite ($PbSO_4$) และยังพบตะกั่วปะปนอยูกับสินแร ทองแดง แคดเมียม สังกะสี บิสมัส สารหนู และเงิน ในปริมาณเล็กนอย

ตะกั่วถูกนำไปใชประโยชนในดานตางๆ เชน บัดกรีเชื่อมโลหะ ทำขั้วไฟฟา แบตเตอรี่ เซรามิค ยากำจัดศัตรูพืช ใชปองกันอันตรายจากการทะลุทะลวงของกัมมันตภาพรังสี (radiation shielding) และใชควบคุมความดังของเสียงของเครื่องจักรกลเนื่องจากตะกั่วมีความหนาแนนสูงมาก และใชในการเติมลงในน้ำมันเบนซินเพื่อเพิ่มคาออกเทน ชวยลดการสะดุดของเครื่องยนต์

สารประกอบของตะกั่วมี 2 ประเภท คือ สารประกอบอนินทรีย ซึ่งเปนสารประกอบที่เปนเกลือหรือออกไซด อีกประเภทหนึ่ง คือ สารประกอบอินทรีย ที่นำมาใช คือ ตะกั่วอัลคีล (alkyl lead) ที่ผสมในน้ำมัน แกสโซลีน สารประกอบทั้ง 2 ประเภท ทำใหเกิดความเปนพิษตอรางกาย ทำใหเกิดโรค เชน โรคจากพิษตะกั่วอินทรียจะเปนโรคของระบบประสาทสวนกลาง ถารางกายไดรับสารตะกั่วระดับ 0.5 กรัมตอกิโลกรัมของน้ำหนักตัว จะทำใหเกิดพิษเฉียบพลันได้ทันที (Berman, 1980; Reilly, 1980)

รายงานสถานการณคุณภาพสิ่งแวดลอมภาคตะวันตก (สำนักงานสิ่งแวดลอมภาค 8, 2557) พบวาปริมาณตะกั่วในน้ำทั้งหมดในลุมน้ำแมกลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.68 mg/l โดยจุดเก็บตัวอยางที่มีคาเกินมาตรฐานน้ำผิวดิน (0.05 mg/l) อยูบริเวณ ปากแม่น้ำแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงคราม ซึ่งเป็นบริเวณตอนล่างของแม่น้ำ นอกจากนี้ยังพบการปนเปื้อนของตะกั่วในบริเวณลำน้ำตอนบน ทั้งแม่น้ำแควน้อยและแควใหญ่ซึ่งมีค่าสูงสุดประมาณ 1.41 mg/l ในอ่าวไทยจากการศึกษาของกรมควบคุมมลพิษปี (2554) พบว่า ตะกอนดินในอ่าวไทยตอนในหลังสถานการณ์อุทกภัยปี 2554 มีปริมาณตะกั่วที่ปนเปื้อนในดินตะกอนบริเวณอ่าวไทยอยู่ในช่วง 2.6-38 μg/g

แคดเมียม (Cadmium)

แคดเมียมเปนธาตุหมู IIB ของตารางธาตุมีเลขอะตอม 48 น้ำหนักอะตอม 112.4 โดยปกติจะพบปริมาณของแคดเมียมในดินตะกอนทะเลอยูไมเกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แตถาหากพบวาดินตะกอนที่มีปริมาณของแคดเมียมสูงกว่านี้ สวนมากจะมาจากกิจกรรมตางๆของมนุษย (Sadiq, 1992) แคดเมียมมีจุดหลอมเหลวที่ 320.9 และจุดเดือด 769 องศาเซลเซียส คาความถวงจำเพาะ 8.65 เปนโลหะออนมีสีเงิน ละลายไดในกรดไนตริก และสารละลายแอมโมเนียมไนเตรท เนื่องจากแคดเมียมมีโครงสรางอะตอมและคุณสมบัติทางเคมีคลายสังกะสีจึงมักพบในแหลงแรสังกะสี แคดเมียมเปนโลหะหนักที่พบนอยในธรรมชาติ มักพบในรูปของ greenoekite (CdS) ปกติพบบนผิวโลกประมาณ 0.1 มิลลิกรัมตอกิโลกรัม (Alloway, 1990) ปริมาณแคดเมียมในน้ำและดินตะกอนจะ

เปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะต้นกำเนิดดิน สภาวะแวดล้อม คาพีเอช โดยดินที่เปนเบสจะทำการดูดซับแคดเมียมไว ในรูปคารบอเนตที่ละลายน้ำไดมาก (Berman, 1980; Reilly, 1980)

แคดเมียมถูกนำมาใชประโยชนแทนอลูมิเนียม เหล็ก สแตนเลส และสังกะสีในการฉาบวัสดุ อุปกรณที่เปน โลหะตางๆ ใช้รวมกับนิกเกิลเพื่อทำแบตเตอรี่ ใช้ทำโลหะผสม ใช้ย้อมสีบางชนิด กำจัดเชื้อรา ใช้เปนสวนผสมของ ปุย ได้แก ปุ๋ยพวกฟอสเฟต ซึ่งจะมีแคดเมียมเจือปนมากกวาปุยชนิดอื่น ในแหลงน้ำจะมีแคดเมียมสะสมอยู่ในรูป ของคอลลอยด ซึ่งอนุภาคของดินเหนียวจะทำให้ปริมาณแคดเมียมที่อยู่ในแหลงน้ำสูงขึ้น นอกจากนี้ลักษณะทาง กายภาพและเคมีของสิ่งมีชีวิตก็เปนตัวกำหนดปริมาณแคดเมียมในแหล่งน้ำด้วย (Bram and Anthony, 1983; Van der Zee et al., 1988) ปริมาณแคดเมียมที่มีอยูในดินตะกอนเปนสัดสวนโดยตรงกับปริมาณสารอินทรียที่ สลายตัวเปนดินตะกอน ในดินโคลนจะมีพวก Humic materials เปนสวนประกอบอยูและเปนสวนสำคัญในการ ดูดซับแคดเมียมด้วย Absorbtion process ซึ่งถือวาเปนขบวนการลดปริมาณแคดเมียมในแหลงน้ำ จุลินทรียใน ดินสามารถทำการยอยสลายสารอินทรียในดิน ทำใหลดความเขมข้นของแคดเมียมในดินได (Francis and Dodge, 1988; Hirsch and Banin, 1990) ความเปนพิษของแคดเมียมเข้าสูรางกายจะสะสมเพิ่มขึ้นตามอายุ ถ้ามีการ สะสมในปริมาณมากทำให้คนหรือสัตวเปนหมันและเปนมะเร็ง อันตรายตอตับและไต แคดเมียมยัง เข้าไปแทนที่ สังกะสี ซึ่งเปนสวนประกอบของเอนไซม ทำให้เอนไซมทำงานผิดปกติ ในประเทศไทยสามารถพบการปนเปื้อน ของแคดเมียมได้ทั้งในดินและในน้ำ เช่น ในบริเวณอ่าวไทยสามารถพบแคดเมียมในดินตะกอนอยู่ในช่วง 0.003-0.07 ไมโครกรัมต่อกรัม (กรมควบคุมมลพิษ, 2554) ในน้ำสามารถพบได้ในช่วง 0.21-0.62 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบริเวณปากแม่น้ำเพชรบุรี (สิ่งแวดล้อมภาค 8, 2557 เป็นต้น นอกจากนี้ในบริเวณภาคตะวันออกยังพบการ สะสมของแคดเมียมบริเวณแมน้ำบางปะกง โดยมีคาความ เข้มข้นเฉลี่ยในน้ำเทากับ 0.17 ไมโครกรัมต่อลิตร ใน ดินตะกอนพบคาเฉลี่ยของโลหะแคดเมียมเทากับ 0.13 ไมโครกรัมต่อกรัม สวนคาในปลาพบว่ามีคา 0.02 ไมโครกรัมต่อกรัม wet weight (Petpiroon and Petpiroon, 1996)

***ทองแดง** (Copper)*

ทองแดงเปนโลหะสีแดงส้มจัดวามีความจำเปนตอการดำรงชีวิตของพืชและสัตว มีคุณสมบัติที่ทนตอการ กัดกรอน นำความร้อนและนำไฟฟาได้ดีรองมาจากเงินและเปนโลหะที่ออนดัดงอได้งาย ความหนาแนน 8.96 จุด หลอมเหลว 1,083 องศาเซลเซียส (Reilly, 1980) ไอของทองแดงเปนสีเขียวทำปฏิกิริยากับกำมะถันได้ดี กวาออกซิเจน ปกติไมพบในรูปอิสระแตพบในรูปแรและสารประกอบ ทองแดงในธรรมชาติจะเปนสินแรที่มีมาก ที่สุด เชนเดียวกับสังกะสี และมักพบปะปนอยูกับแรสังกะสี โดยพบอยูในรูปของแร Cholcocite หรือ copper glanes (Cu_2S) cuprite (Cu_2O) หรือ copperpyrite ($CuFeS_2$) รูปแบบของสารประกอบทองแดงจะอยู่ในรูปของ คลอไรด ซัลเฟต ไนเตรท มีความสามารถในการละลายน้ำไดดี สวนสารประกอบที่อยู่ในรูปของ คารบอเนต ไฮดรอกไซด ออกไซด และซัลไฟด จะไมละลายน้ำ

ทองแดงถูกนำมาใชประโยชนในรูปแบบตางๆ เชน ทำลวดตัวนำไฟฟา การทอผา เม็ดสีในการผลิตเซรามิค ใช้เปนสีทากันตะไคร่น้ำ ใช้ผสมกับโลหะตางๆ เชน สังกะสี ดีบุก ทอง และเงิน ใช้เปนสวนผสมของยากันเชื้อรา ถาอยู่ในรูปของผลึกจุนสี ($CuSO_4$) ใชกำจัดสาหราย และหอยในแหลงน้ำได

การแพรกระจายของทองแดงที่ปนเปอนลงสูแหลงน้ำ สวนใหญเกิดจากการกระทำของมนุษย เชน การถลุงแร การใชสารกำจัดศัตรูพืช การกำจัดเชื้อราและจุลินทรีย การเติมเกลือทองแดงลงในแหลงน้ำเพื่อควบคุมการเจริญเติบโตของสาหราย ปจจัยทั้งหลายนี้เปนตัวการสำคัญที่ทำใหเกิดการสะสมของทองแดงในแหลงน้ำ และทองแดงมักจะถูกดูดซับไดดีในทรายละเอียดและดินเหนียว (Depinto et al., 1983)

ความเปนพิษของทองแดง ทองแดงเปนธาตุที่มีความจำเปนสำหรับสิ่งมีชีวิต คือ เปนองคประกอบของเอนไซม เชน Tyrosinase Ascorbic acid oxidase Cytochrome oxidase Monamine oxidase และยังมีสวนในการสรางฮีโมโกลบิน (Berman, 1980) ทองแดงเขาสูรางกายโดยการปนเปอนทางอาหารและการหายใจ การดูดซับทองแดงจะเกิดที่กระเพาะอาหารเปนสวนใหญและสะสมไวที่ตับ ไต สมอง หัวใจ และเสนผม ในคนปกติจะมีองคประกอบของทองแดงในเลือด 1 มิลลิกรัมตอลิตร ในเพศหญิงจะมีทองแดงในเลือดสูงกวาเพศชาย โดยเฉพาะชวงการตั้งครรภ เมื่อรางกายไดรับทองแดงในปริมาณที่สูงเกินไปจะทำใหอาเจียน ทองเดินเปนน้ำ ตับไมทำงาน ความดันเลือดต่ำ (ศุภชัย, 2534) การปนเปื้อนของทองแดงที่สามารถพบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมทางน้ำ เช่น พบความเข้มของทองแดงที่ปนเปื้อนสูงสุดในน้ำประมาณ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบริเวณปากแม่น้ำปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ (สิ่งแวดล้อมภาค 8, 2557) เป็นต้น

การปนเปื้อนของโลหะหนักในสัตว์ทะเล จากการศึกษาของ สมชาย และคณะ (2551) ปริมาณโลหะหนักในสัตว์ทะเลจากเรือประมงอวนลากและอวนล้อมจับบริเวณน่านน้ำไทยพบการปนเปื้อนของแคดเมียมในสัตว์น้ำฝั่งอ่าวไทยอยู่ในช่วง 0.001-3.561 ไมโครกรัมต่อกรัม โดยพบในหมึกสายเฉลี่ยสูงสุด ตะกั่วพบในสัตว์น้ำฝั่งอ่าวไทยมีค่าอยู่ในช่วง 0.002-4.462 ไมโครกรัมต่อกรัม พบในหมึกกระดองเฉลี่ยสูงสุด และทองแดงพบในสัตว์น้ำฝั่งอ่าวไทยอยู่ในช่วง 0.026-22.120 ไมโครกรัมต่อกรัม โดยพบในหมึกสายเฉลี่ยสูงที่สุด

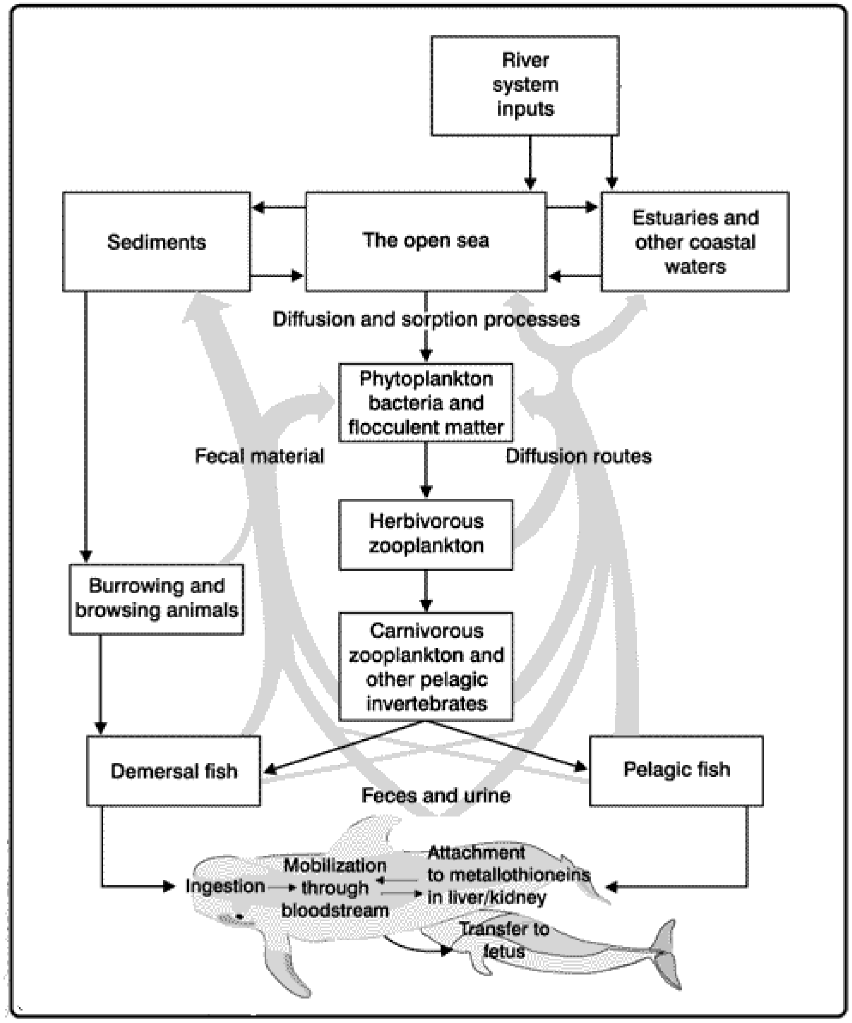
นอกจากนี้ สมชาย และคณะ (2549) ได้ทำการศึกษาการปนเปื้อนของปรอท แคดเมียม และตะกั่วในสัตวทะเลบางชนิดบริเวณชายฝงอาวไทยตอนลาง พบว่า ความเขมขนของ สารปรอทในหอยและกุงเฉลี่ยอยูในชวง 0.036-0.080 ไมโครกรัมตอกรัม โดยหอยแมลงภูบริเวณ อาวบานดอน มีการปนเปอนเฉลี่ยมากสุด และกุงตะกาดบริเวณอาวนครศรีธรรมราช มีการปนเปอน เฉลี่ยนอยสุด สารแคดเมียมที่ปนเปอนในหอยและกุงเฉลี่ยอยูในชวง 0.096-1.742 ไมโครกรัมตอ กรัม พบวาหอยแครงบริเวณอาว บานดอน มีการปนเปอนเฉลี่ยมากสุด และกุงแชบวยบริเวณอาว นครศรีธรรมราช มีการปนเปอนเฉลี่ย นอยสุด สารตะกั่วที่ปนเปอนในหอยและกุงอยูในชวง 0.170-0.690 ไมโครกรัมตอกรัม พบวาในหอยแมลงภูบริเวณอาวบานดอน และหอยลาย บริเวณอาว นครศรีธรรมราช มีการปนเปอนเฉลี่ยมากสุด และ กุงแชบวยบริเวณอาวนครศรีธรรมราชมีการ ปนเปอนนอยที่สุด

โลมาอิรวดี (Irrawaddy dolphin, *Orcaella brevirostris*) อยู่ในวงศ์โลมามหาสมุทร (Delphinidae) รูปร่างหน้าตาคล้ายโลมาทั่วไป แต่มีลักษณะเด่นคือ หัวที่มนกลมคล้ายบาตรพระ ลำตัวสีเทาเข้ม แต่บางตัวอาจมีสีอ่อนกว่า ตามีขนาดเล็ก ปากอยู่ด้านล่าง ครีบข้างลำตัวแผ่กว้างเป็นรูปสามเหลี่ยม ครีบบนมีขนาดเล็กมาก มีรูปทรงแบนและบางคล้ายเคียว มีขนาดประมาณ 180-275 เซนติเมตร มีพฤติกรรมพบได้บริเวณที่มีน้ำขุ่น สามารถอยู่ใต้ผิวน้ำได้นานถึง 70-150 วินาที แล้วจะโผล่ขึ้นมาหายใจสลับกัน ออกลูกครั้งละ 1 ตัวตั้งท้องนาน 9 เดือน ลูกที่เกิดมามีขนาด 40 เปอร์เซ็นต์ ของตัวโตเต็มวัย อาหาร ได้แก่ กุ้ง ปลา และหอยที่อยู่บนผิวน้ำและใต้โคลนตม

โลมาเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่พบแพร่กระจายอยู่ในทะเลบริเวณชายฝั่งของประเทศอินเดียฝั่งตะวันออกจนถึงตอนเหนือของประเทศออสเตรเลีย (Stacey and Leatherwood, 1997) โลมาอิรวดีเป็นหนึ่งในโลมาเพียงไม่กี่ชนิดที่มีความสามารถในการปรับตัวให้อาศัยอยู่ในน้ำจืดได้ ทั่วโลกพบว่ามีกลุ่มประชากรของโลมาอิรวดีที่อาศัยอยู่ในน้ำจืดเพียง 5 แห่งได้แก่ แม่น้ำอิรวดี ประเทศพม่า (แม่น้ำอิรวดีเป็นที่มาของชื่อโลมาชนิดนี้เนื่องจากมีการค้นพบและบันทึกเป็นครั้งแรกจากตัวอย่างโลมาที่ได้จากแม่น้ำแห่งนี้) แม่น้ำโขง ในส่วนที่เป็นของประเทศลาวและกัมพูชา, แม่น้ำมะหะขาม ประเทศอินโดนีเซีย, ทะเลสาบชิลิก้า ประเทศอินเดีย และทะเลสาบสงขลา ประเทศไทย (Smith et al., 2007) จากการศึกษาพบว่าประชากรโลมาอิรวดีทั่วโลกมีจำนวนลดลง ทำให้มีความพยายามอย่างมากในการอนุรักษ์โลมาอิรวดี ในการประชุม CITES ครั้งที่ 13 เมื่อปี 2546 ประเทศไทยได้เสนอให้โลมาอิรวดีเป็นสัตว์ป่าคุ้มครองบัญชีที่ 1 (Appendix I) อันมีผลทำให้โลมาอิรวดีได้รับความคุ้มครองในระดับนานาชาติ (Kittiwattanawong et al., 2007)

การสะสมโลหะหนักในโลมา ในประเทศไทยมีข้อมูลค่อนข้างน้อย โดย สันติ และคณะ (2556) ได้ทำการศึกษาการสะสมสารโลหะหนักในสัตว์ทะเลหายากเกยตื้น บริเวณทะเลอ่าวไทยและอันดามัน พบว่า มีการสะสมของโลหะหนัก ตะกั่ว แคดเมียม ปรอท และสารหนู ในโลมาอิรวดีอยู่ในช่วงระหว่าง ND-0.060, 0.006-40.660, 0.940-24.790 และ 0.167-3.369 mg/kg ตามลำดับ ในส่วนของอวัยภายในของโลมาได้มีการศึกษาการตกค้างของโลหะหนักในส่วนต่างๆโดย สุวรรณา และคณะ (2557) รายงานการสะสมโลหะหนัก ปรอท แคดเมียม สังกะสี ตะกั่ว และทองแดง ในตับมีค่าอยู่ในช่วง 0.670-62.277, 0.0992.499, 28.124-50.945, 0.017-0.034 และ 1.271-8.003 μg/g ตามลำดับ และพบในไตมีค่าอยู่ในช่วง 0.412-8.534, 0.937-9.618, 18.124-29.142, 0.017-0.081 และ 1.580-4.328 μg/g ตามลำดับ

การสะสมขอโลหะหนักในสิ่งมีชีวิตถูกแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ Bioaccumulation และ Biomagnification โดยการบ่งบอกถึงการสะสมของสารเคมีในสิ่งมีชีวิตนิยมใช้ว่า bioaccumulation หรือที่เรียกว่า ratio bioconcentration (BCF) ซึ่งหมายถึงสัดส่วนความเข้มข้นของสารเคมีในสิ่งมีชีวิต หรือเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตต่อความเข้มข้นในสิ่งแวดล้อมที่เป็นตัวกลาง (ซึ่งปกติเป็นน้ำ) ค่านี้จะเป็นประโยชน์ต่อการประเมินผลกระทบของสารเคมีในสิ่งมีชีวิตที่เป็นตัวน้ำถ้าค่าสูงหมายถึงมีผลกระทบต่อสิ่งแวด ล้อมมากส่วน Biomagnification คือการเพิ่มระดับหรือการสะสมของสารเคมีในสิ่งมีชีวิตผ่านทางห่วงโซ่อาหารตามลำดับขั้นของผู้บริโภค โดยสิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้ล่าจะมีระดับของสารเคมีที่สะสมสูงกว่าผู้ถูกล่า ซึ่งสำหรับในกรณีของการสะสมสารเคมีหรือสารพิษในโลมานั้น Gaskin (1982) ได้แสดงแผนภาพความเชื่อมโยงระหว่างสิ่งแวดล้อม และโลมา ดังภาพที่ 1-1



ภาพที่ 2-1 แผนภาพแสดงการรูปแบบการถ่ายทอดสารเคมีระหว่างโลมากับสิ่งแวดล้อม
(ดัดแปลงจาก Gaskin,1982)

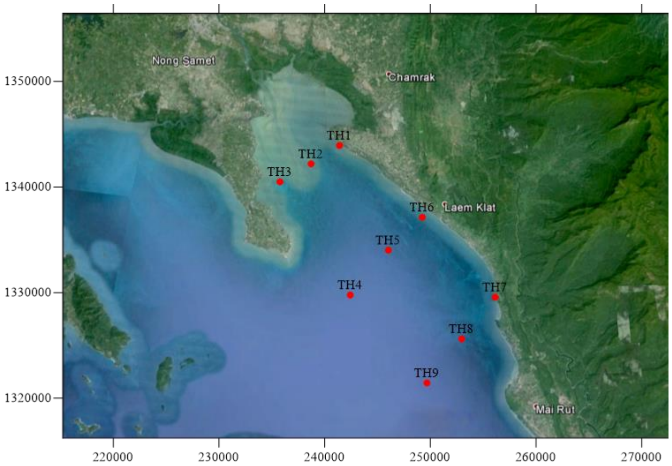
จากภาพที่ 1 จะเห็นรูปแบบการถ่ายทอดของสารเคมีในสิ่งแวดล้อมทางน้ำตั้งแต่ รับเข้ามาจากแม่น้ำ ผ่านมายังบริเวณที่เป็นปากแม่น้ำ ชายฝั่ง และทะเลเปิดซึ่งสารต่างๆเหล่านี้จะเข้าสู่ระบบของสิ่งมีชีวิตตั้งแต่กลุ่มที่เป็นผู้ผลิตขั้นต้น ไปจนถึงผู้บริโภคลำดับต่อๆไป ซึ่งในส่วนของโลมานั้นจะมีพฤติกรรมการกินอาหารที่สามารถกินสิ่งมีชีวิตได้ 2 กลุ่ม ประกอบด้วย ปลาที่อยู่บริเวณหน้าดิน (Demersal fish) และปลาผิวน้ำ (Pelagic fish) ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะช่วยในการประเมินผลกระทบจากการปนเปื้อนของสารพิษในสิ่งแวดล้อมทางน้ำต่อสิ่งมีชีวิตในกลุ่มเป้าหมายที่ทำการศึกษา

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

3.1 การศึกษาโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมทางน้ำ

การศึกษาปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำและดินตะกอนจะทำการศึกษา โลหะหนัก 3 ชนิด ซึ่งประกอบไปด้วย ตะกั่ว แคดเมียม และทองแดงโดยทำการศึกษาและเก็บตัวอย่างในอ่าวตราดดังภาพที่ 3-1 รวมทั้งสิ้น 9 สถานีโดยทำการศึกษาตัวอย่างน้ำและดินตะกอน ปีละ 3 ครั้ง ซึ่งเป็นตัวแทนของฤดูกาล และใช้เครื่อง Graphite Furnace Atomic Absorption ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง



ภาพที่ 3-1 สถานีศึกษาและเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนเพื่อศึกษาโลหะหนัก

<u>การศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำ</u>

โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำด่วยกระบอกเก็บน้ำบริเวณกึ่งกลางความลึกของน้ำ นำน้ำตัวอยางบรรจุใสขวด polyethylene ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ที่ผานการแชทำความสะอาด ดวยกรดไนตริก 40 เปอรเซ็นต เปนเวลา 24 ชั่วโมง เรียบร่อยแล่ว หลังจากนั้นทำการกรองตัวอยางด่วยกระดาษกรอง GF/C แล่วเก็บน้ำตัวอยางไว่ รักษาตัวอย่างน้ำโดยการปรับ pH ของน้ำให่ต่ำกวา 2 ด่วย กรดไนตริกเข่มข่น แชขวดน้ำตัวอยางในน้ำแข็งจนถึงห่องปฏิบัติการ แล่วทำการเก็บรักษาตัวอยางน้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกวาจะนำไปวิเคราะห การวิเคราะหปริมาณ ตะกั่ว แคดเมียม และทองแดง ในน้ำตามวิธีการ วิเคราะห ของ Sukasem (1989)

<u>การศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินตะกอน</u>

เก็บตัวอยางดินตะกอนด่วย Sediment corer ขนาดเส่นผานศูนยกลาง 5 เซนติเมตร ตัดขอบของดินตะกอนที่สัมผัส corer ดานในออกใหเปน 8 เหลี่ยม เพื่อปองกันการปนเปอนของแตละชั้นดิน แลวตัดดินตามระดับความลึกชั้นละ 1 เซนติเมตร เก็บดินที่ไดในแตละชั้นใสถุง polyethylene และปดปากถุงให่สนิท แชน้ำแข็งจนกว่าจะถึงห่องปฏิบัติการ แล่วเก็บรักษาตัวอยางที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส จนกวาจะนำไปวิเคราะห การวิเคราะหปริมาณ ตะกั่ว แคดเมียม และทองแดง ในดินตะกอน จะดำเนินการวิเคราะหด่วยวิธีที่ดัดแปลงมาจาก Hungspreugs and Yuangthong (1983)

3.2 การศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนัก ตัวอย่างสัตว์น้ำที่เป็นอาหารโลมาและเนื้อเยื่อโลมา

การศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในตัวอย่างสัตว์น้ำที่เป็นอาหารโลมา

เนื่องจากทรัพยากรสัตว์น้ำในพื้นที่อ่าวตราดมีความหลากหลายค่อนข้างสูง จึงเลือกสัตว์น้ำที่เคยมีการพบในกระเพาะของโลมาที่มีการเกยตื้นเช่น กุ้ง หมึกกระดอง ปลาขนาดเล็ก เป็นต้น ซึ่งตัวอย่างดังกล่าวจะเก็บชาวประมงที่ทำการประมงในบริเวณอ่าวตราด (ภาพที่ 3-2) โดยการทำการประมงจะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลและความชุกชุมของสัตว์น้ำ ซึ่งโดยปกติโลมาจะเข้ามาหาชาวประมงที่ทำการประมงในบริเวณดังกล่าว โดยจะทำการเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำจากชาวประมง ให้ครอบคลุมจำนวนชนิดมากที่สุด อย่างน้อย 3 สถานี ตัวอย่างสัตว์น้ำที่ได้จะทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส การวิเคราะห์ปริมาณ ตะกั่ว แคดเมียม และทองแดง ในตัวอย่างสัตว์น้ำจะดำเนินการวิเคราะห์ดวยวิธีที่ดัดแปลงมาจาก Hungspreugs and Yuangthong (1983)

ภาพที่ 3-2 บริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำที่เป็นอาหารของโลมา จากชาวประมงบริเวณอ่าวตราด

การศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในตัวอย่างเนื้อเยื่อโลมา

ในการศึกษาเกี่ยวกับโลมาซึ่งเป็นสัตว์คุ้มครอง ตาม พ.ร.บ. สัตว์สงวนและคุ้มครอง พ.ศ. 2535 จำเป็นต้องขออนุญาตศึกษาวิจัยเพื่อประโยชน์ทางวิชาการ ผ่านทางผู้อำนวยการส่วนอนุญาตและกำหนดมาตรการประมง กรมประมง โดยการศึกษาการและการเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อโลมา จะทำการเก็บจากโลมาที่ตายและเกยตื้นอยู่ในบริเวณอ่าวตราด ซึ่งจะทำการศึกษาร่วมกับ ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง อ่าวไทยฝั่งตะวันออก และเครือข่ายชาวประมงในพื้นที่อ่าวตราด เมื่อมีการเกยตื้นของโลมาก็จะเข้าไปศึกษาและเก็บตัวอย่างในพื้นที่ ส่วนตัวอย่างที่ได้จะเก็บรักษาและวิเคราะห์เช่นเดียวกับการศึกษาโลหะหนักสัตว์น้ำ

บทที่ 4
ผลการศึกษา

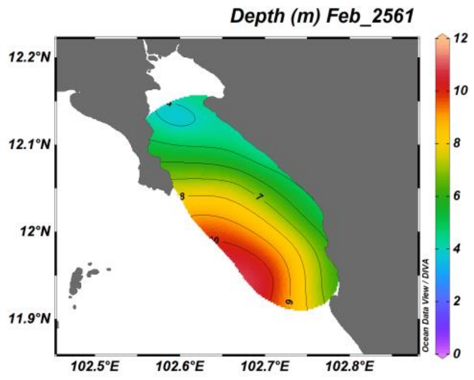
ในการงานวิจัยครั้งนี้จะทำการศึกษาและเก็บตัวอย่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำ และดินตะกอน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ควบคู่กับการศึกษาปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำและดินตะกอนในบริเวณพื้นที่อ่าวตราด จังหวัดตราด โดยทำการศึกษาทั้งสิ้นจำนวน 10 สถานี (TH1-TH10) ดังภาพที่ 2 ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และกรกฎาคม พ.ศ.2561 ผลการศึกษาเบื้องต้น มีดังนี้

4.1 คุณภาพน้ำทั่วไปบริเวณอ่าวตราด

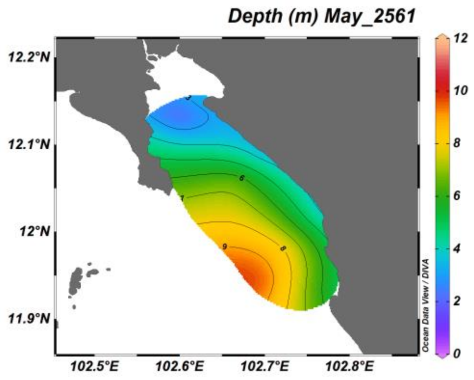
บริเวณพื้นที่อ่าวตราดจะทำการศึกษาคุณภาพน้ำทั่วไป ซึ่งประกอบด้วย ความลึก (Depth, m) ความโปร่งแสง (Transparency; cm) อุณหภูมิของน้ำ (Temperature; ^{o}C) ความเค็มของน้ำ (Salinity; psu) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; mg/L) ความเป็นกรด-เบส (pH) โดยมีผลการศึกษาดังนี้

ความลึกน้ำ

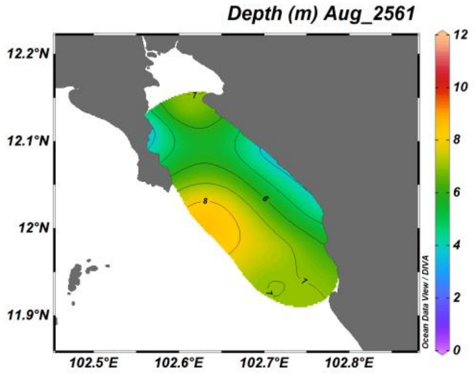
ความลึกของน้ำบริเวณอ่าวตราด เดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และกรกฎาคม พ.ศ.2561 มีค่าอยู่ในช่วง 3.6-10.4, 2.20-9.40 และ 3.90-8.50 เมตรตามลำดับ (ภาพที่ 4-1) โดยบริเวณตอนในของอ่าวจะมีลักษณะที่ค่อนข้างตื้น โดยเฉพาะบริเวณที่ติดกับแม่น้ำตราดฝั่งตะวันตกโดยความลึกของน้ำจะมีแนวโน้มที่มีความลึกเพิ่มมากขึ้นในบริเวณกลางอ่าวทางด้านนอก ในส่วนของบริเวณฝั่งตะวันออกจะเป็นบริเวณชายหาดซึ่งมีความลึกไม่มาก ทั้งนี้การเปลี่ยนความลึกของนในช่วงที่ทำการศึกษาขึ้นอยู่กับระดับน้ำขึ้นน้ำลง แต่มีผลไม่มากเนื่องจากผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลในช่วงของน้ำตาย (Neap tide) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในรอบวันค่อนข้างน้อยไม่เกิน 0.5 เมตร อย่างไรก็ตาม บริเวณพื้นที่ด้านในอ่าว (สถานี TH1-TH3) จะมีการเปลี่ยนแปลงความลึกระหว่างเดือนค่อนข้างชัดเจน



(a)



(b)



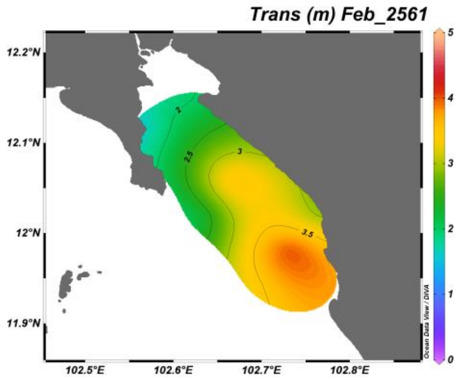
(c)

ภาพที่ 4-1 ความลึกของน้ำ (Depth, m) บริเวณพื้นที่อ่าวตราด ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา

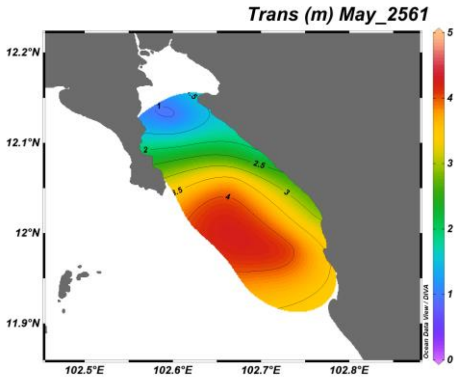
<u>ความโปร่งแสง</u>

ความโปร่งแสงของน้ำหรือการส่องผ่านของแสงลงสู่แหล่งน้ำเป็นการวัดความลึกของน้ำในระดับที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตา ซึ่งเป็นการประมาณค่า โดยค่าความลึกที่ได้จะขึ้นอยู่กับปริมาณแพลงก์ตอน อนุภาคของสารอินทรีย์ในน้ำ รวมทั้งตะกอนแขวนลอยต่าง ๆ

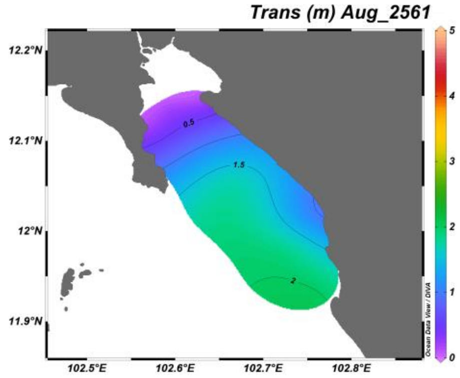
จากการศึกษาความโปร่งแสงของน้ำบริเวณอ่าวตราด เดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และกรกฎาคม พ.ศ. 2561 พบว่า ค่าความโปร่งแสงของน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 1.7-4.0, 0.9-4.1 และ 0.1-2.0 เมตร ตามลำดับ โดยมีความโปร่งแสงของน้ำสูงสุดอยู่ที่บริเวณสถานีตอนกลาง (TH4-TH6) และตอนนอก (TH7-TH9) ซึ่งเป็นสถานีที่ตั้งอยู่แนวด้านนอกของพื้นที่อ่าว ซึ่งเป็นนบริเวณที่น้ำมีความลึกมาก (ภาพที่ 4-2) ส่วนบริเวณตอนในของอ่าวจะมีความขุ่นของน้ำสูง ซึ่งได้รับอิทธิพลมากจากมวลน้ำของแม่น้ำตราด และลำคลองโดยรอบของอ่าว สำหรับการเปลี่ยนแปลงความโปรงแสงของน้ำตามฤดูกาลของอ่าวตราดพบว่า ในช่วงฤดูฝน (เดือนสิงหาคม) ความขุ่นของน้ำเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เนื่องจากอิทธิพลของปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในช่วงดังกล่าว สำหรับช่วงต้นฝน (เดือนพฤษภาคม) จะมีความขุ่นของน้ำสูงบริเวณปากแม่น้ำเท่านั้น



(a)



(b)



(c)

ภาพที่ 4-2 ความโปร่งแสงของน้ำ (transparency ; m) บริเวณพื้นที่อ่าวตราด ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา

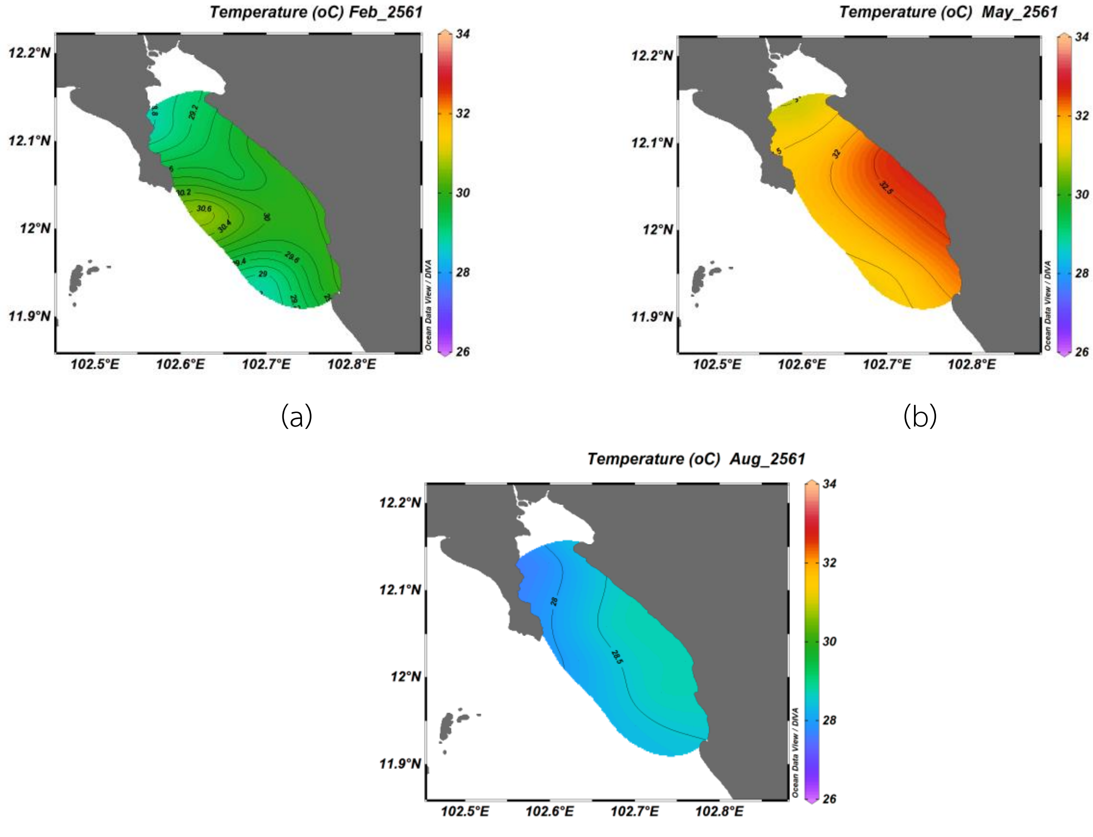
โดยภาพรวม พบว่า ค่าความโปร่งแสงของน้ำอยู่ในเกณฑ์ปกติ คือ ไม่ต่ำกว่า 30 เซนติเมตร ซึ่งเหมาะแก่การอยู่อาศัยและเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ บริเวณสถานีเก็บตัวอย่างที่อยู่ทางด้านในของอ่าวมีความลึกน้อยจะมีความโปร่งแสงน้อยกว่าสถานีที่อยู่ทางด้านนอกของอ่าวที่มีความลึกมากกว่า ซึ่งเป็นผลมาจากระดับความลึกของน้ำ และบริเวณที่มีความลึกมีโอกาสเกิดกระบวนการฟุ้งกระจายของตะกอนพื้นท้องน้ำสู่มวลน้ำเป็นผลทำให้มีความโปร่งแสงต่ำได้ นอกจากนี้ควรเฝ้าระวังในช่วงของการเปลี่ยนฤดูกาล โดยเฉพาะช่วงต้นฝน และฤดูฝน ซึ่งมีการชะตะกอนดินมาจากแม่น้ำ และคลองต่าง ๆ โดยในช่วงเวลาดังกล่าวจะมีคลื่นลมที่รุนแรงเข้ามาเสริมอีกด้วย

<u>อุณหภูมิของน้ำ</u>

อุณหภูมิในแหล่งน้ำจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงอาทิตย์ และอุณหภูมิอากาศ น้ำจะดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์เอาไว้ ซึ่งพบว่าความร้อนส่วนใหญ่จะถูกดูดซับอยู่ในน้ำชั้นบน ในแหล่งน้ำที่มีปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำและมีสารแขวนลอย จะมีการดูดซับพลังงานความร้อนจากแสงสูงที่ระดับน้ำผิวบน เมื่อเทียบกับน้ำที่ใสกว่า การถ่ายเทพลังงานความร้อนจากน้ำที่อยู่ข้างบนลงสู่น้ำข้างล่าง ส่วนใหญ่จะพึ่งการเคลื่อนไหวของมวลน้ำที่เกิดจากกระแสลมที่พัดมวลน้ำให้ผสมกัน

จากการศึกษาอุณหภูมิของน้ำในบริเวณพื้นที่อ่าวตราด เดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และกรกฎาคม พ.ศ. 2561 พบว่า อุณหภูมิของน้ำบริเวณผิวหน้าน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 28.80-30.70, 31.10-32.60 และ 28.10-28.80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ภาพที่ 4-3) นอกจากนี้พบว่าในช่วงต้นฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม) มีความแตกต่างของอุณหภูมิบริเวณผิวน้ำค่อนข้างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาอื่นทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิของกาศที่มีค่อนข้างร้อนจัดประกอบกับมีฝนตกลงมาในบางช่วงทำให้อุณหภูมิที่วัดได้มีความแตกต่างตามพื้นที่โดยเฉพาะบริเวณใกล้ฝั่งที่น้ำค่อนข้างตื้นจะมีความร้อนสูงกว่าบริเวณอื่น

โดยภาพรวม จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิจะมีความแตกต่างกันตามพื้นที่เพียงเล็กน้อยตามช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างและระดับความลึกของน้ำบริเวณอ่าวตราด ซึ่งเป็นถือว่าเป็นอุณหภูมิของน้ำที่ค่อนข้างปกติ โดยอุณหภูมิของน้ำมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิอากาศค่อนข้างชัดเจน

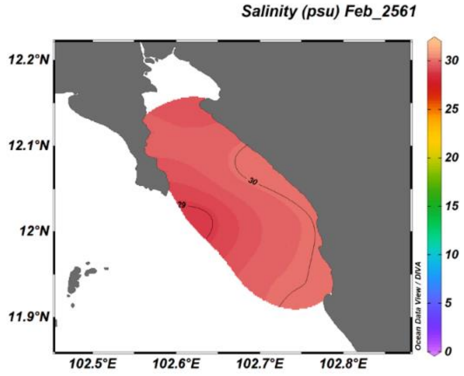


(c)

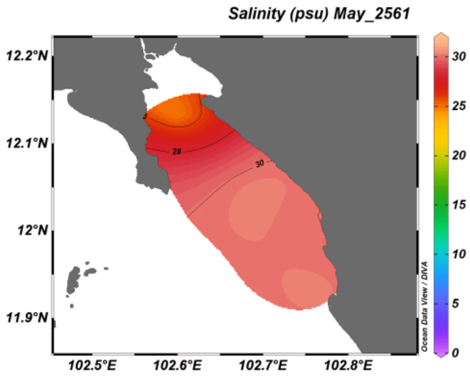
ภาพที่ 4-3 การแพร่กระจายของอุณภูมิน้ำ (temperature ; °C) บริเวณอ่าวตราด บริเวณผิวน้ำ ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา

ความเค็ม

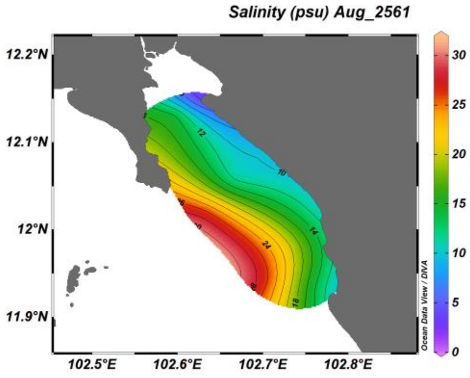
ค่าความเค็มของน้ำบริเวณอ่าวตราด ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และสิงหาคม พ.ศ. 2561 พบว่าความเค็มของน้ำผิวหน้าน้ำบริเวณอ่าวตราดมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 26.6-30.1, 24.80-30.30 และ 4.10-27.10 psu โดยมีค่าความเค็มสูงสุดในสถานี แนวด้านนอกของอ่าว และต่ำสุดในสถานีตอนในติดปากแม่น้ำซึ่งตั้งอยู่ทางด้านในของอ่าวตราด (ภาพที่ 4-4) ค่าความเค็มของน้ำในพื้นที่อ่าวตราดในช่วงเวลาที่ทำการศึกษามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าความเค็มของน้ำเล็กน้อย ค่าความเค็มจะมีค่าต่ำบริเวณด้านในของอ่าวตราด โดยสถานีที่อยู่ทางด้านในของอ่าวจะมีค่าความเค็มต่ำกว่าสถานีที่อยู่ทางด้านนอกของอ่าว และค่าความเค็มจะเพิ่มสูงขึ้นตามระยะทางที่ห่างจากฝั่งสู่ทะเล ซึ่งแสดงให้เห็นอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง อิทธิพลของน้ำจืดจากแม่น้ำ และการไหลของปริมาณน้ำท่าลงสู่ทะเลและมีค่าเพิ่มสูงขึ้นบริเวณด้านนอกของอ่าว และค่าความเค็มบริเวณพื้นท้องน้ำมีค่าสูงกว่าบริเวณผิวหน้าน้ำเล็กน้อย



(a)



(b)



(c)

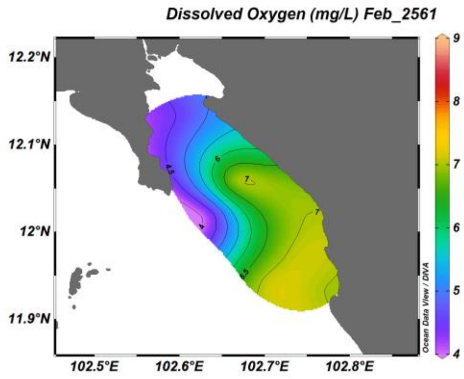
ภาพที่ 4-4 การแพร่กระจายของความเค็ม (salinity ; psu) บริเวณอ่าวตราด ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา

ทั้งนี้ในช่วงฤดูแล้งและต้นฤดูฝนความเค็มของน้ำจะมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันโดยเฉพาะบริเวณตอนกลางและด้านนอกของอ่าว ส่วนในตอนในของอ่าวในช่วงต้นฤดูฝนจะมีความเค็มที่ลดต่ำลงเล็กน้อย เนื่องจากเป็นช่วงต้นฝนจะมีมวลน้ำจืดบางส่วนที่เริ่มลงมายังอ่าวตราด ซึ่งจะมีปริมาณไม่มากจึงทำให้ความเค็มลดต่ำลงเฉพาะบริเวณตอนในของอ่าว ซึ่งต่างจากช่วงฤดูฝน (เดือนสิงหาคม) ที่มีปริมาณน้ำฝนเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนส่งผลให้มวล

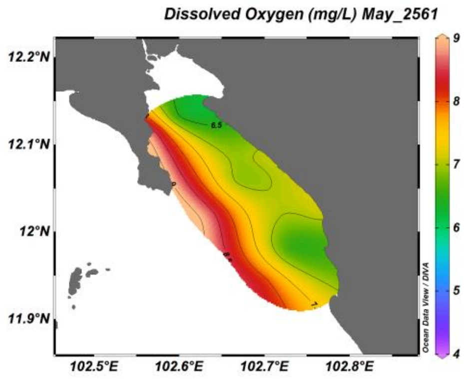
น้ำจืดจากแผ่นดินไหลลงมาในบริเวณอ่าวได้อย่างต่อเนื่องทำให้ความเค็มลดลงอย่างชัดเจน ซึ่งโดยปกติแล้วมวลน้ำจืดจากแผ่นดินจะเป็นตัวการที่พัดพาเอาสารต่าง ๆ ละลายปะปนมากับน้ำด้วยจึงทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวมักพบค่าของสารต่าง ๆสูงอยู่เสมอ

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

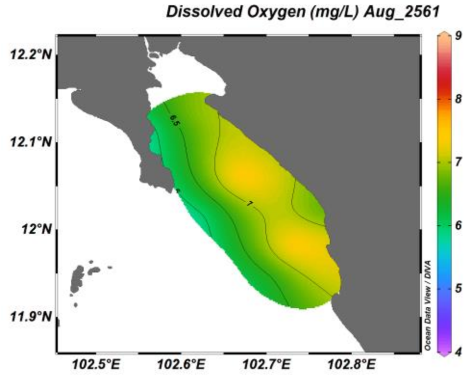
ออกซิเจนเป็นสารที่สำคัญมีบทบาทในการควบคุมกระบวนการเมตาโมลิซึมของสิ่งมีชีวิตและยังเป็นดัชนีบ่งบอกสภาพของแหล่งน้ำได้ การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนในน้ำทำ ให้คุณภาพน้ำบางตัวมีการเปลี่ยนแปลง ความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจนขึ้นอยู่กับความกดอากาศ อุณหภูมิ และความเค็ม จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561 บริเวณอ่าวตราด พบว่า ออกซิเจนละลายน้ำบริเวณผิวหน้าน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 2.6-7.1, 6.3-8.8 และ 6.0-8.4มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 4-5)



(a)



(b)



(c)

ภาพที่ 4-5 การแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen; mg/L) บริเวณอ่าวตราด ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา

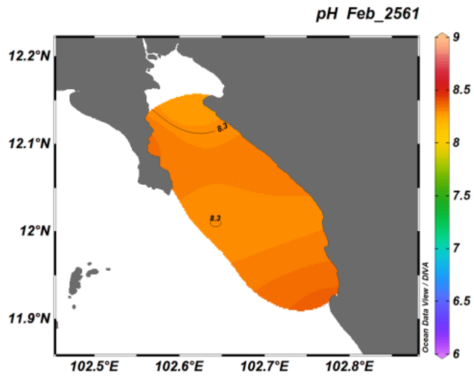
ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนในช่วงที่ทำการศึกษาพบว่า ช่วงฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์) เป็นช่วงเวลาที่ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำสุดโดยเฉพาะบริเวณตอนในและฝั่งตะวันตกของอ่าว (ภาพที่ 4-5a) โดยช่วงเวลาดังกล่าวเป็นที่ตั้งของแหล่งชุมชนขนาดใหญ่จึงมีโอกาสที่จะได้รับน้ำทิ้งจากชุมชนคนข้างมาก อีกทั้งยังเป็นบริเวณที่เป็นแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง (หอยนางรม) จึงทำให้การถ่ายเทของมวลน้ำบริเวณดังกล่าวไม่ดีนัก ทำให้มีโอกาสการสะสมของเสียและเกิดกระบวนการย่อยสลายทำให้ออกซิเจนในบริเวณนี้ลดต่ำลง ส่วนในช่วงต้นฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม) เป็นช่วงที่น้ำฝนมีการชะล้างสารอาหารเข้ามาในอ่าวมากขึ้นทำให้เกิดการสะพรั่งของแพลงก์ตอนส่งผลให้ออกซิเจนในมวลน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในสถานแนวนอกด้านตะวันตก (ภาพที่ 4-5b)

โดยภาพรวมแล้วปริมาณออกซิเจนละลายน้ำบริเวณอ่าวตราดมีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (มากกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร) ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีเพียงสถานีตอนใน ช่วงฤดูแล้งเท่านั้นที่พบค่าปริมาณออกซิเจนที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้น ออกซิเจนในบริเวณดังกล่าวควรมีการติดตามและเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่อง

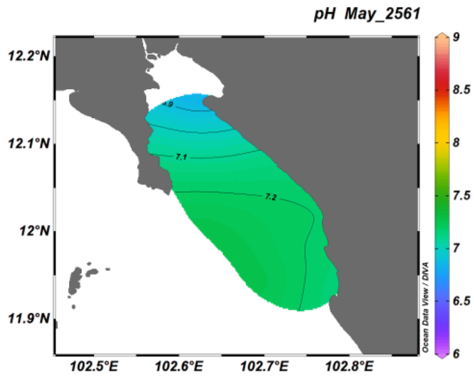
<u>ความเป็นกรด-เบส</u>

ความเป็นกรด-เบสของน้ำเป็นค่าที่แสดงถึงความเป็นกรด ด่างของน้ำโดยในแหล่งน้ำที่มีความเป็นกรด-เบส ประมาณ 6-9 เป็นค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น นอกจากนี้ความเป็นกรด-เบสยังมีบทบาทต่อการปล่อยสารอาหาร เช่น เหล็ก ฟอสฟอรัส เป็นต้น จากการศึกษาความเป็นกรด-เบสของน้ำ ในบริเวณอ่าวตราด ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และสิงหาคม พ.ศ. 2561 พบว่า ความเป็นกรด-เบสของน้ำบริเวณผิวหน้าน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 7.82-8.4, 6.86-7.26 และ 6.61-8.74 (ภาพที่ 4-6)

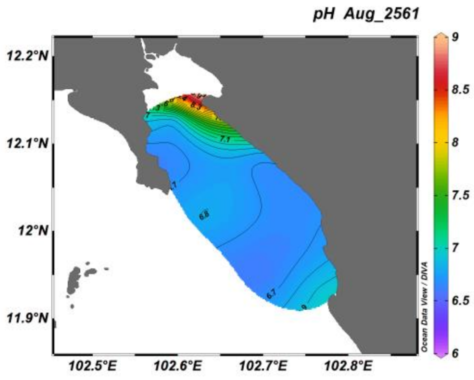
โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในช่วงฤดูแล้ง (ภาพที่ 4-6a) (เดือนกุมภาพันธ์) ทั้งนี้ในแต่ละฤดูกาลพีเอชของน้ำจะมีความแตกต่างกันระหว่างสถานีค่อนข้างน้อย (ใกล้เคียงกันทั้งพื้นที่ศึกษา) เนื่องจากการผสมผสานของมวลน้ำประกอบกับคลื่นและลมในช่วงเวลาที่ทำการศึกษาทำให้มีโอกาสที่พีเอชของน้ำจะมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งยกเว้นบริเวณตอนในของฤดูฝนซึ่งพบว่ามีพีเอชสูงกว่าในบริเวณอื่นค่อนข้างชัดเจน (ภาพที่ 4-6c) ทั้งนี้อาจได้รับอิทธิพลโดยตรงจากมวลน้ำบริเวณคลองแหลมกลัดอย่างไรก็ตามความเป็นกรด-เบสของน้ำในช่วงเวลาดังกล่าวที่ทำการศึกษา พบว่า ยังอยู่ในเกณฑ์ปกติ มีค่าความเป็นกรด-เบส มีการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่เพียงเล็กน้อยบริเวณด้านในของอ่าว ซึ่งรับอิทธิพลจากน้ำจืดจากคลองสาขาบริเวณอ่าวตราด มีค่าความเป็นกรด-เบส ต่ำกว่าสถานีที่อยู่ทางด้านนอกของอ่าว และความเป็นกรด-เบสบริเวณผิวหน้าน้ำมีความแตกต่างกับพื้นท้องน้ำเพียงเล็กน้อย



(a)



(b)



(c)

ภาพที่ 4-6 ความเป็นกรด-เบส (pH) บริเวณอ่าวตราด ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา

4.2 คุณภาพดินตะกอนบริเวณอ่าวตราด

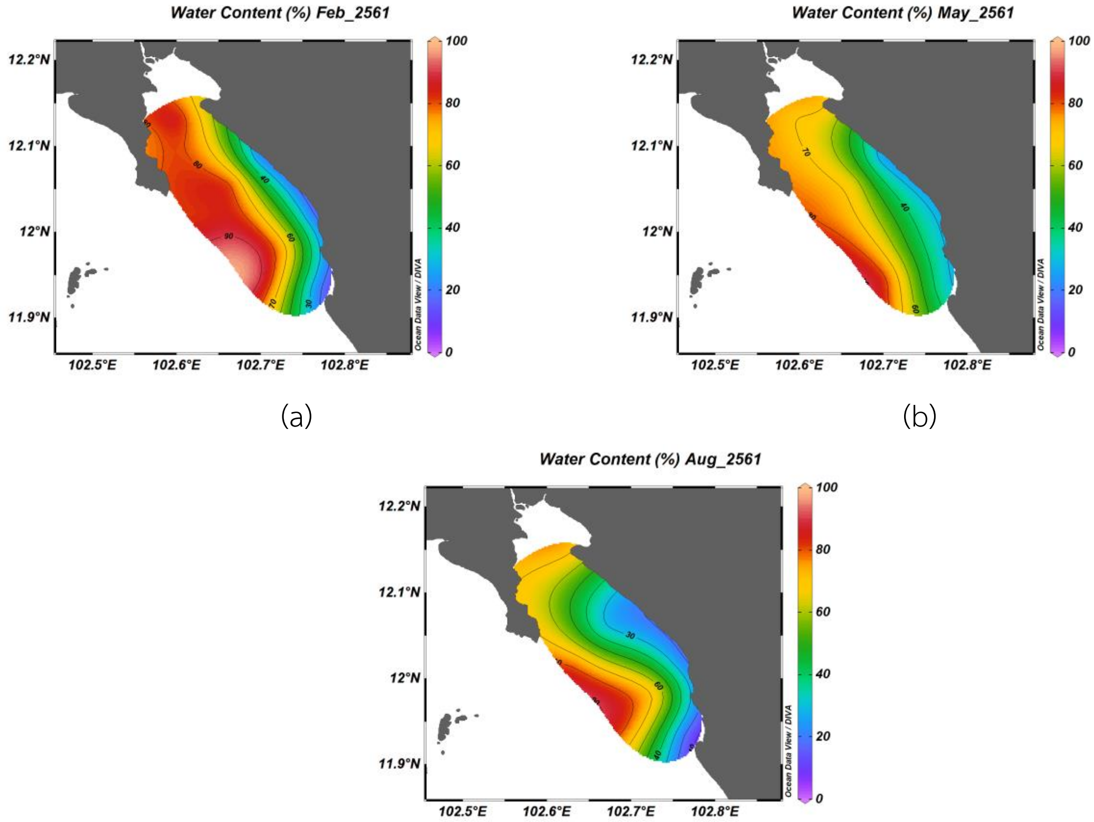
ปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ ปริมาณน้ำในดิน (water content ; WC) และ ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดิน (total organic matter; TOM) โดยมีผลการศึกษาดังนี้

<u>ปริมาณน้ำในดินตะกอน</u>

ดินตะกอนมีองค์ประกอบของมวลดิน 3 ส่วนใหญ่ๆ ส่วนแรกคือส่วนที่เป็นเม็ดดินหรือของแข็ง ส่วนที่สองคือส่วนที่เป็นน้ำหรือของเหลวและส่วนที่สามคือส่วนที่เป็นอากาศหรือก๊าซ โดยปริมาณน้ำในดินจะเป็นปัจจัยที่บ่งบอกถึงลักษณะทางกายภาพของดิน

โดยเฉพาะด้านความเหมือนหหรือแตกต่างกันตามพื้นที่ นอกจากนี้ยังสามารถบ่งบอกถึงโอกาสในการสะสมของสารอินทรีย์ที่เป็นปัจจัยในการเชื่อมโยงการสะสมมลพิษต่าง ๆในดินตะกอนได้อีกทางหนึ่ง สำหรับผลการศึกษาปริมาณน้ำในดินตะกอนบริเวณอ่าวตราดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และสิงหาคม พ.ศ. 2561 พบว่า ปริมาณน้ำในดินตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง 22.6-89.5, 27.05-82.33 และ 20.42-76.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยปริมาณน้ำในดินจะมีแนวโน้มสูงขึ้นบริเวณฝั่งตะวันออกของอ่าวตราด (ภาพที่ 4-7)

ในทุกฤดูกาล โดยในช่วงฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์) จะมีปริมาณน้ำในดินสูงที่สุดเนื่องจากเป็นช่วงที่น้ำค่อนข้างนิ่ง ตะกอนจากแผ่นดินมีลงมาค่อนข้างน้อยทำให้ทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวพบตะกอนละเอียดซึ่งปริมาณน้ำในดินตะกอนสูง (ภาพที่ 4-7a) ส่วนในช่วงต้นฤดูฝนและฤดูฝนพบว่าปริมาณน้ำในดินมีแนวโน้มที่ลดลง (ภาพที่ 4-7b และ 4-7c) ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของมวลน้ำในช่วงดังกล่าวพัดพานำตะกอนขนาดเล็กที่เคยอยู่บริเวณชายฝั่งออกไปไกลมากขึ้นทำให้ตะกอนขนาดใหญ่เข้ามาแทนที่ซึ่งส่งผลให้น้ำในดินตะกอนลดลง



(a) (b)

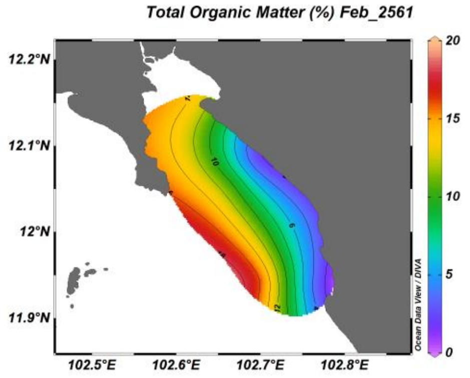
(c)

ภาพที่ 4-7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดิน (water content; %) บริเวณอ่าวตราด ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา

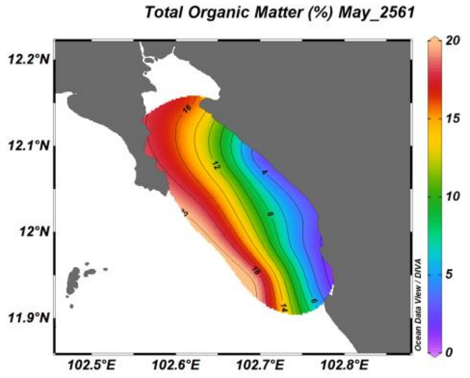
อย่างไรก็ตามภาพรวมของปริมาณน้ำในดินตะกอนมีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่ค่อนข้างชัดเจน โดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งตะวันออกและตะวันตก ซึ่งมีปริมาณน้ำในดินตะกอนมีความแตกต่างปริมาณ 3-4 เท่า ซึ่งค่าที่แสดงออกนี้สะท้อนให้เห็นถึงพื้นที่อยู่อาศัย หรือ habitats ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังนั้นโอกาสที่จะเกิดการสะสมมลพิษจึงมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนซึ่งจะสะท้อนให้เห็นจากหลายๆปัจจัย

<u>*ปริมาณสารอินทรีย์รวม*</u>

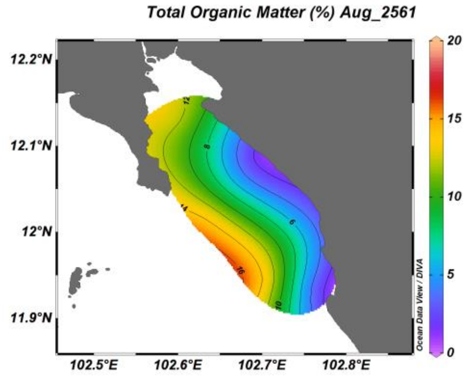
สารอินทรีย์ในระบบพื้นท้องน้ำนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งในการเป็นอาหารและแหล่งพลังงานที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตพื้นท้องน้ำ ทั้งนี้สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายแล้วนั้นจะกลายเป็นสารอนินทรีย์ซึ่งสามารถแพร่สู่มวลน้ำด้านบนได้และเป็นเข้าสู่การผลิตขั้นต้นในห่วงโซ่อาหารต่อไป สารอินทรีย์ที่พบในระบบนิเวศพื้นท้องมีหลายรูปแบบ ได้แก่ สารละลายอินทรีย์ในดินตะกอน สารแขวนลอยบริเวณพื้นรอยต่อของน้ำกับผิวดิน และกลุ่มสารอินทรีย์ที่ตกตะกอนสะสมในมวลดินโดยไม่ถูกย่อยสลาย นอกจากเป็นแหล่งสะสมด้านแร่ธาตุอาหาร (nutrient) สารอินทรีย์ยังเป็นแหล่งสะสมสารพิษที่ปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อม อาทิเช่น สารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน (TPH) สารกำจัดศัตรูพืช (pesticide) สารกลุ่มโลหะหนัก (heavy metal) เป็นต้น ดังนั้นสารอินทรีย์จึงสามารถสะท้อนถึงความเสื่อมโทรมด้านการสะสมมลพิษได้เป็นอย่างดี



(a)



(b)



(c)

ภาพที่ 4-8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์รวมในดิน (total organic mater; %) บริเวณอ่าวตราด ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา

จากการศึกษาปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนบริเวณอ่าวตราดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และสิงหาคม พ.ศ. 2561 พบว่า ปริมาณสารอินทรีย์รวมมีค่าอยู่ในช่วง 3.0-15.0, 2.9-18.8 และ 1.4-14.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มปริมาณสารอินทรีย์รวมสูงในบริเวณฝั่งตะวันออกของอ่าว (ภาพที่ 4-8) ซึ่งเดือนพฤษภคม จะมีปริมาณสารอินทรีย์รวมสูงสุด (ภาพที่ 4-8b) เมื่อเปรียบเทียบกับเดือนอื่น ๆโดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งบริเวณแหลมศอก ซึ่งเป็นที่ตั้งของชุมชนขนาดใหญ่อีกทั้งยังเป็นพื้นที่เลี้ยงหอยนางรมที่สำคัญของอ่าวตราด จึงทำให้บริเวณดังกล่าวมีค่าปริมาณสารอินทรีย์ค่อนข้างสูง

ทั้งนี้ในช่วงฤดูฝน (เดือนสิงหาคม) จะพบปริมาณสารอินทรีย์ที่ต่ำลงโดยเฉพาะบริเวณด้านตะวันตกของอ่าว ซึ่งเกิดมาจากอิทธิพลของฝนและน้ำท่าพี่เพิ่มขึ้นในช่วงดังกล่าว มีการพัดพาตะกอนขนาดเล็ก (ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นกลุ่มของสารอินทรีย์) ทำให้บริเวณดังกล่าวไม่มีการสะสมสารอินทรีย์ (พื้นท้องน้ำเป็นทราย)

โดยภาพรวม พบว่า พบว่าปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนบริเวณอ่าวตราด มีระดับความอุดมสมบูรณ์ที่สูงมาก ปริมาณสารอินทรีย์ที่ได้สอดคล้องกับปริมาณน้ำในดินตะกอน ซึ่งตามหลักการแล้วพารามิเตอร์ทั้งสองนี้จะมีค่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันเสมอ การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์ในพื้นที่อ่าวตราดจะลักษณะคล้ายกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในดิน คือจะมีค่าสูงบริเวณด่านนอกของอ่าว และมีค่าต่ำบริเวณทางด้านในของอ่าวตราด

4.3 การปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมบริเวณอ่าวตราด

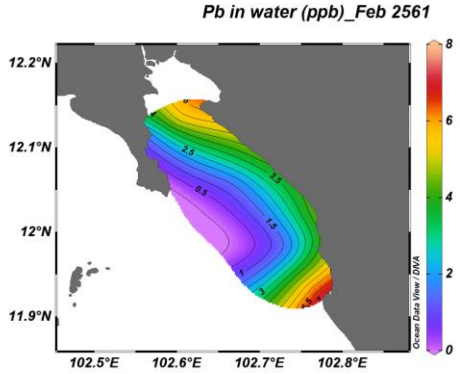
การศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำและดินตะกอนบริเวณอ่าวตราด ทำการศึกษาและเก็บทั้งสิ้น 10 สถานี โดยปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และทองแดง โดยมีผลการศึกษาดังนี้

4.3.1 โลหะหนักในน้ำ

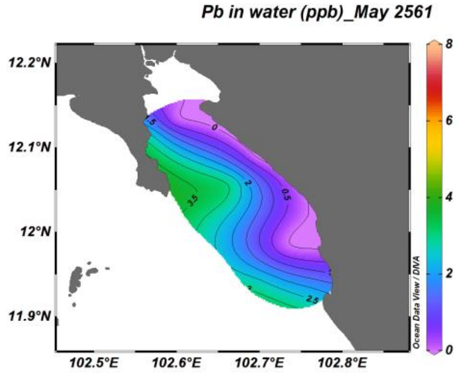
ตะกั่ว (Pb)

ความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำ ในเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และสิงหาคม พ.ศ. 2561 มีค่าอยู่ในช่วง nd-6.00, nd-3.00 และ 3.00-6.50 ppb ตามลำดับ โดยการแพร่กระของปริมาณตะกั่วในน้ำจะมีรูปแบบไม่แน่นอน ซึ่งในช่วงฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์) ความเข้มข้นของตะกั่วจะสูงอยู่บริเวณชายฝั่งตะวันออกของอ่าวโดยเฉพาะบริเวณด้านในใกล้ปากคลองแหลมกลัด ส่วนฝั่งตะวันตกจะมีค่าต่ำมาก (ภาพที่ 4-9a) แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูต้นฝนความเข้มข้นของตะกั่วจะกระจายออกมาทางด้านฝั่งตะวันตกมากขึ้น (ภาพที่ 4-9b) ซึ่งอาจได้รับอิทธิพลจากมวลน้ำจืดในช่วงต้นฤดูฝนพลักดันมวลน้ำดังกล่าวออกมาซึ่งสอดคล้องกับความเค็มที่มีแนวโน้มลดลงในช่วงดังกล่าว ทั้งนี้ในช่วงฤดูฝนมวลน้ำที่ไหลผ่านพื้นดินโดดรอบได้นำโลหะหนักในกลุ่มของตะกั่วเข้ามาในพื้นที่อย่างชัดเจน (ภาพที่ 4-9c) โดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งตะวันตก อย่างไรก็ตามปริมาณของตะกั่วที่พบดังกล่าวยังไม่สามารถระบุได้ว่ามาจากการปนเปื้อนจากกิจกรรมใดที่มนุษย์สร้างขึ้น หรือเป็นโลหะหนักที่พบอยู่ตามธรรมชาติ (background) ของพื้นที่อ่าวตราดอยู่แล้ว

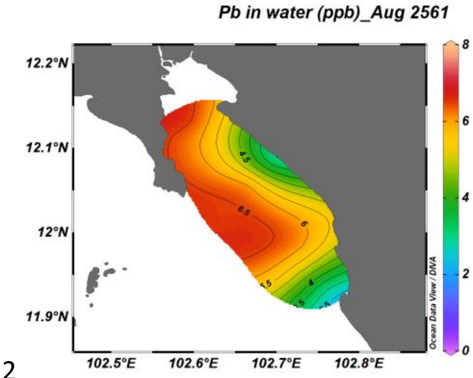
แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า บริเวณพื้นที่อ่าวตราดมีการปนเปื้อนของตะกั่วไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลและชายฝั่ง (8.50 ppb)) ที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งมาตรฐานดักล่าวจะถูกกำหนดต่างกันไปตามประเทศ ภูมิภาค หรือหน่วยงานที่มีสวนเกี่ยวข้อง



(a)



(b)



2

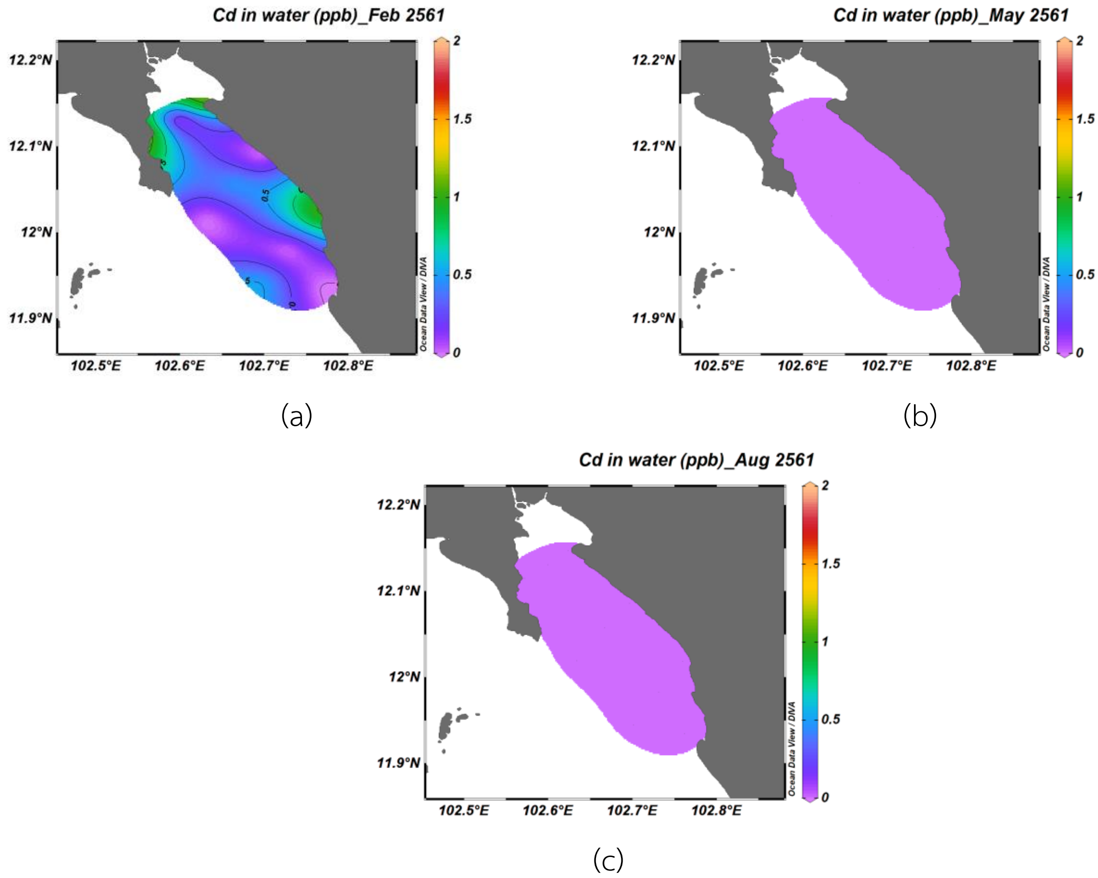
(c)

ภาพที่ 4-9 ความเข้มของตะกั่ว (Pb) ในน้ำ (ppb) บริเวณอ่าวตราดในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา

<u>แคดเมียม (Cd)</u>

ความเข้มข้นของแคดเมียมในน้ำ ในเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และสิงหาคม พ.ศ.2561 มีค่าอยู่ในช่วง nd-1.00, nd และ nd ppb ตามลำดับ ทั้งนี้จากผลการศึกษาปริมาณแคดเมียมในน้ำ พบเฉพาะในช่วงฤดูแล้งเท่านั้น (เดือนกุมภาพันธ์) (ภาพที่ 4-10a)

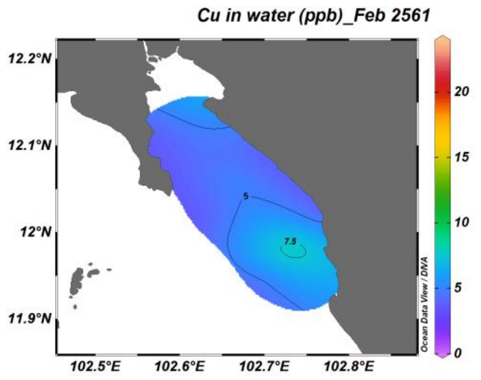
ซึ่งค่าที่พบอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำโดยบริเวณปากแม่น้ำจะมีค่าสู่กว่าวบริเวณอื่น ๆค่อนข้างชัดเจน รวมไปถึงบริเวณที่ใกล้แหล่งชุมชนก็มีแนวโน้มของปริมาณแคดเมียมที่สูงขึ้นเช่นเดียวกัน เนื่องจากแคดเมียมเป็นโลหะหนักที่ละลายน้ำได้ค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับโลหะหนักชนิดอื่น ๆ ทำให้มีโอกาสพบแคดเมียมในน้ำได้ต่ำมากโดยเฉพาะในบริเวณทะเลและชายฝั่ง อย่างไรก็ตามบริเวณพื้นที่อ่าวตราดมีการปนเปื้อนของแคดเมียมในระดับต่ำและไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลและชายฝั่ง (5 ppb)



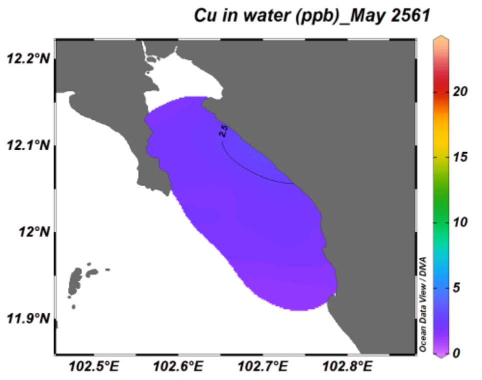
ภาพที่ 4-10 ความเข้มของแคดเมียม (Cd) ในน้ำ (ppb) บริเวณอ่าวตราด ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา

<u>*ทองแดง (Cu)*</u>

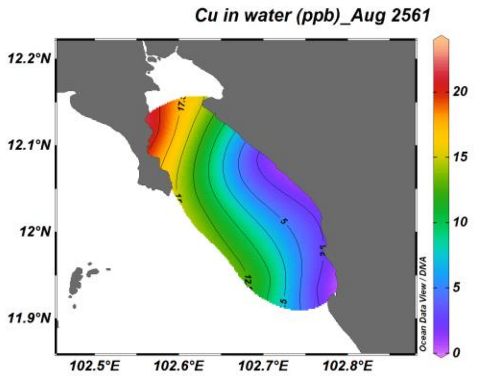
ความเข้มข้นของทองแดงในน้ำ ในเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และสิงหาคม พ.ศ.2561 มีค่าอยู่ในช่วง 4.00-8.00, 1.50-3.00 และ 2.00-20.50 ppb (ตามลำดับ) ความเข้มข้นของทองแดงในน้ำทะเลมีความแตกต่างกันกามฤดูกาลค่อนข้างชัดเจน (ภาพที่ 4-11) โดยความเข้มข้นของทองแดงในน้ำมีแนวโน้มสูงในช่วงฤดูฝนหรือฤดูน้ำหลาก (เดือนสิงหาคม) โดยเฉพาะในบริเวณฝั่งตะวันตกของอ่าวและอยู่ใกล้ปากแม่น้ำ (ภาพที่ 4-11c) ซึ่งบริเวรฝั่งตะวันตกของอ่าวจะมีค่าต่ำสุด ทั้งนี้บริเวณที่มีปริมาณทองแดงในน้ำสูงจะอยู่ใกลกับแหล่งชุมชนเช่นเดียวกับโลหะหนักชนิดอื่น ๆ ซึ่งคาดว่าจะถูกพัดมากับมวลน้ำในช่วงฤดูฝน หรือฤดูน้ำหลากซึ่งโดยปกติทองแดงมีปริมาณค่อนข้างสูงอยู่บนพื้นโลก



(a)



(b)



(c)

ภาพที่ 4-11 ความเข้มของทองแดง (Cu) ในน้ำ (ppb) บริเวณอ่าวตราดในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา

โดยภาพรวม พบว่า บริเวณพื้นที่อ่าวตราดมีการปนเปื้อนของทองแดงในน้ำในระดับต่ำและไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลและชายฝั่ง (8 ppb) ที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ ยกเว้น ในสถานี TH3 ในช่วงฤดูฝน ซึ่งตั้งอยู่ทางด้านในฝั่งตะวันตกของอ่าวตราด เป็นจุดที่มีการปนเปื้อนของทองแดงสูงถึง 20 ppb ซึ่งบริเวณที่ได้รับอิทธิพลการปนเปื้อนทองแดงจากน้ำจากชุมชนและแหล่งโรงงานอุตสาหกรรม เช่นสารเคมีทางเกษตร สารกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น ดังนั้น บริเวณดังกล่าวควรมีการติดตามและเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่อง

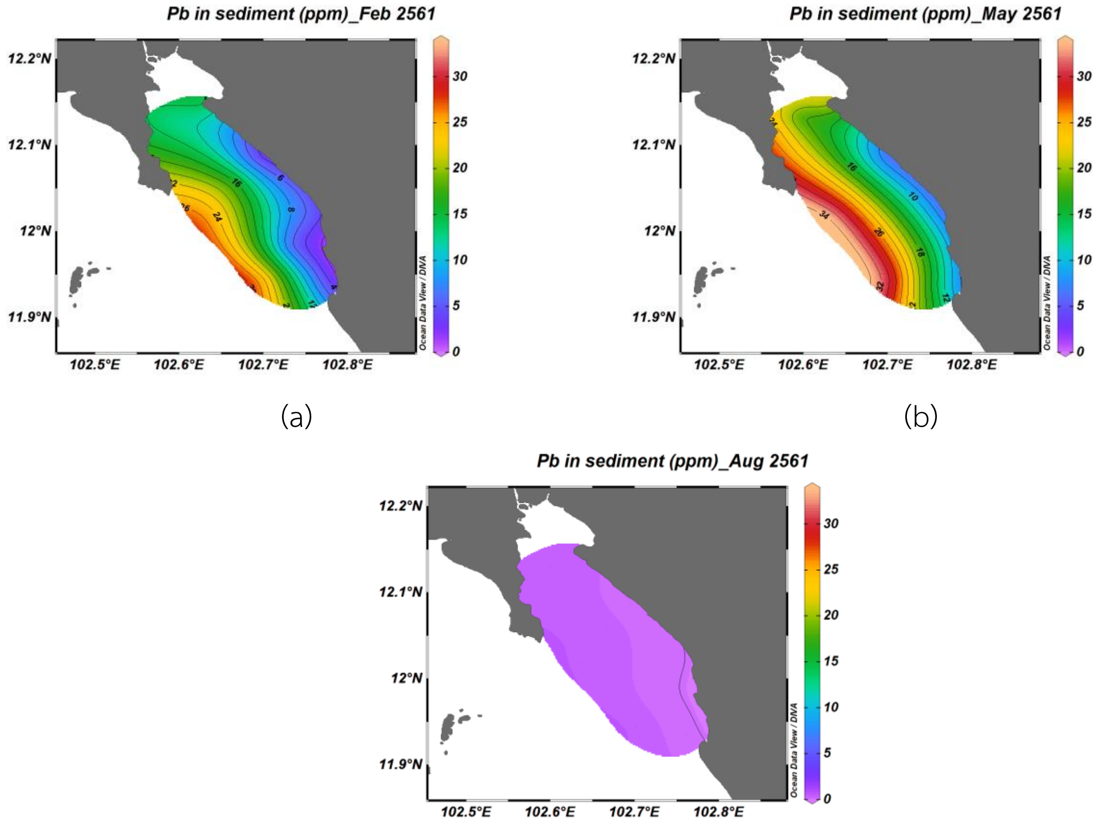
4.3.2 ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน

ตะกั่ว (Pb)

ความเข้มข้นของตะกั่วในดิน ในเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และสิงหาคม พ.ศ.2561 มีค่าความเข้มข้นของตะกั่วอยู่ในช่วง 3.71-25.38, 7.00-33.00 และ ND-0.59 ppm ตามลำดับ (ภาพที่ 4-12) จากผลการศึกษาแสดงให้ว่าปริมาณตะกั่วในดินตะกอนมีค่าสูงในช่วงฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์) และต้นฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม) (ภาพที่ 4-12a และ 4-12b) โดยช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่คลื่นลมสงบ และมีปริมาณมวลน้ำเข้ามาในพื้นที่อ่าวค่อนข้างน้อยทำให้โลหะหนักสามารถสะสมอยู่ในดินตะกอนได้ง่ายขึ้น โดยเฉพาะในบริเวณที่มี

สารอินทรีย์ในดินตะกอนสูงบริเวณฝั่งตะวันตกของอ่าว ซึ่งทั้งสองช่วงฤดูกาลมีรูปแบบการกระจายที่คล้ายกันซึ่งเป็นไปตามการสะสมของสารอินทรีย์ ส่วนในช่วงฤดูฝนหรือฤดูน้ำหลาก (เดือนสิงหาคม) พบว่าทั่วทั้งอ่าวมีปริมาณตะกั่วที่ลดลงอย่างชัดเจน (ภาพที่ 4-12c) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.48 ppm ซึ่งต่ำกว่าในช่วงฤดูแล้งและต้นฤดูฝนประมาณ 30 เท่า ทั้งนี้เนื่องมาจากในช่วงฤดูฝนคลื่นลมค่อนข้างแรงประกอบกับมวลน้ำที่ไหลเข้ามาในพื้นที่จะชะล้างเอาตะกอนเบาซึ่งเป็นสารอินทรีย์กระจายไปยังบริเวณอื่น ทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวพบตะกั่วในดินตะกอนได้ลดลง

โดยภาพรวม พบว่า มีการปนเปื้อนของตะกั่วในดินบริเวณทางด้านในของอ่าวมีค่าสูงกว่าทางด้านนอกอ่าว และปริมาณตะกั่วจะค่อยๆ ลดต่ำเมื่อออกมาทางด้านนอกของพื้นที่อ่าว แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า บริเวณพื้นที่อ่าวตราดมีการปนเปื้อนของตะกั่วไม่เกินค่ามาตรฐานตะกอนดินชายฝั่งทะเล (52 ppm)) ที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ



(c)

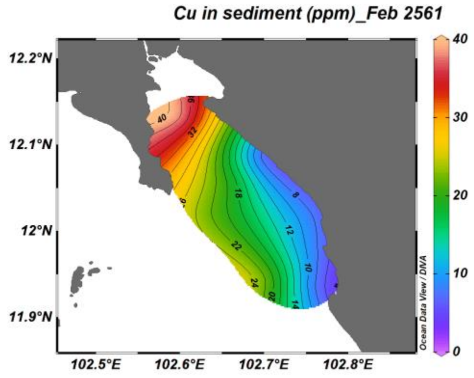
ภาพที่ 4-12 ความเข้มของตะกั่ว (Pb) ในดิน (ppm) บริเวณอ่าวตราดในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา

แคดเมียม (Cd)

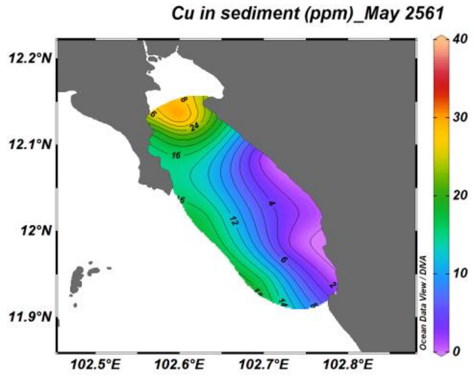
ความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน ในเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และสิงหาคม พ.ศ.2561 พบว่าแคดเมียมมีค่าต่ำมากจนไม่สามารถตรวจพบได้ในทุกสถานีที่ทำการศึกษา เนื่องจากแคดเมียมเป็นค่าที่มีปริมาณน้อยมากในธรรมชาติ จึงตรวจพบได้น้อยและมีค่าต่ำมาก

ทองแดง (Cu)

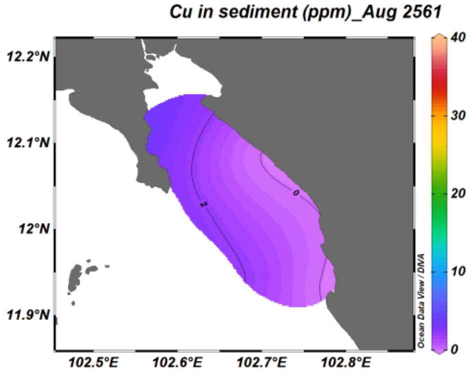
ความเข้มข้นของทองแดงในดิน ในเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และสิงหาคม พ.ศ.2561 มีค่าอยู่ในช่วง 7.41-38.62, 1.50-31.50 และ ND-3.43 ppm ตามลำดับ การกระจายและความเข้มข้นของทองแดง มีรูปแบบคล้ายกับตะกั่ว โดยจะมีความเข้มข้นของทองแดงในดินตะกอนสูงในบริเวณชายฝั่งตะวันตกและตอนในของอ่าว ในฤดูแล้งและต้นฤดูฝน (ภาพที่ 4-13a และ 4-13b) ซึ่งในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าเล็กน้อย ส่วนในช่วงฤดูฝนความเข้มข้นของทองแดงในดินตะกอนจะลดลงโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.22 ppm โดยลดลงจากฤดูแล้งประมาณ 20 เท่า โดยภาพรวมการปนเปื้อนของทองแดงในดินมีค่าสูงและเกินค่ามาตรฐานตะกอนดินชายฝั่งทะเล (25 ppm) ที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ โดยเฉพาะสถานีที่ตั้งอยู่ทางด้านในของอ่าวตราด ซึ่งดังกล่าวเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลการปนเปื้อนทองแดงจากแผ่นดิน น้ำทิ้งจากชุมชนและแหล่งโรงงานอุตสาหกรรม เช่นสารเคมีทางเกษตร สารกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น ดังนั้น บริเวณดังกล่าวควรมีการติดตามและเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่อง



(a)



(b)

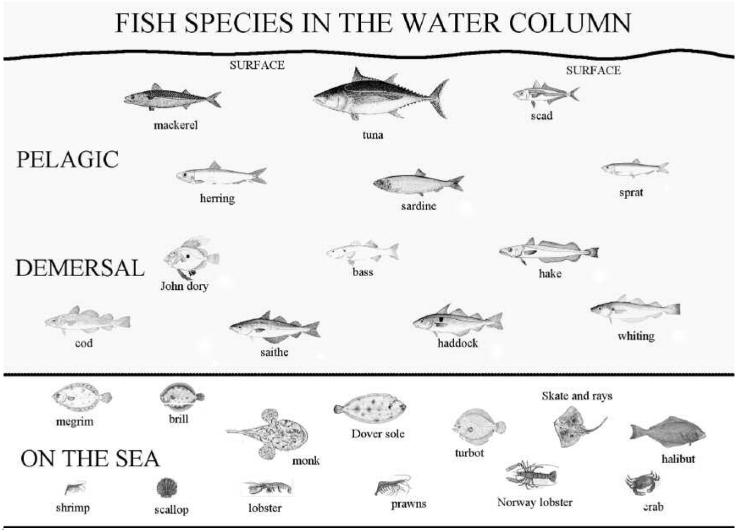


(c)

ภาพที่ 4-13 ความเข้มของทองแดง (Cu) ในดิน (ppm) บริเวณอ่าวตราดในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา

4.3.3 การสะสมของโลหะหนักในปลา

การศึกษาการสะสมของโลหะหนักในเนื้อปลาบริเวณอ่าวตราด จะทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างปลาขนาดเล็ก บริเวณชายฝั่งจากชาวประมงซึ่งปลาส่วนใหญ่จะติดมากับอวน ปลาที่พบส่วนใหญ่จะเป็นปลาตัวเต็มวัยขนาดเล็ก ซึ่งจะทำการเก็บตัวอย่าง 2 ช่วงเวลาได้แก่ ช่วงฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์) และฤดูฝน (เดือนสิงหาคม) ปลาที่พบในการศึกษาครั้งนี้ สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มปลากลางน้ำ (pelagic fish) และ ปลาหน้าดิน (demersal fish) อาหารของปลาเหล่านี้ส่วนใหญ่คือแพลงก์ตอนสัตว์ (zoo plankton) และสัตว์หน้าดินขนาดเล็ก (benthic fauna) (ภาพที่ 4-14)



ภาพที่ 4-14 ลักษณะที่อยู่อาศัยของปลาในกลุ่มต่างที่ทำการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้พบปลาบริเวณอ่าวตราดในช่วงฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์) 15 ชนิด 14 ครอบครัว ดังตารางที่ 4-1 โดยส่วนใหญ่เป็นปลาที่อาศัยอยู่หน้าดิน

สำหรับกลุ่มปลากลางน้ำที่พบได้แก่ ปลาแป้นยักษ์ ปลากะพงแดงข้างแถว ปลากะพงข้างเหลือง ปลากระบอก ปลาข้างเหลือง และ ปลาสาก ส่วนที่เหลือจะเป็นกลุ่มปลาที่หากินบริเวณพื้นท้องน้ำเป็นหลัก ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว ปลาที่หากินอยู่บริเวณหน้าดินจะมีโอกาสสัมผัสกับสารที่ปนเปื้อนอยู่ในดินตะกอนมากกว่าปลาที่อยู่กลางน้ำ ซึ่งเชื่อมโยงกับข้อมูลการสะสมของโลหะหนักในดินตะกอนมากกว่าในมวลน้ำ โดยการศึกษาครั้งนี้พี่พบว่าดินตะกอนมีการสะสมของโลหะหนักมากกว่าในน้ำประมาณ 100-1000 เท่า

ซึ่งจากการวิเคราะห์การสะสมโลหะหนักที่ปนเปื้นในเนื้อปลาที่เก็บตัวอย่างได้จากอ่าวตราดช่วงฤดูแล้ง พบว่า การสะสมของทองแดง ตะกั่ว และแคดเมียม มีค่าอยู่ในช่วง 0.182-1.705, ND-0.609 และ ND-0.174 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 4-2)

ตารางที่ 4-1 ชนิดของปลาที่พบในการศึกษาการสะสมโลหะหนักบริเวณอ่าวตราดในช่วงฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์)

Local name	Scientific name	Family	Habitat
ปลาตะเพียนน้ำเค็ม	*Anodontostoma chacunda*	Clupeidae	demersal
ปลาจิ้งจก	*Cociella crocodilus*	Scorpaeniformes	demersal
ปลาจวด	*dendrophysa russelii*	Sciaenidae	demersal
ปลาดอกหมาก	*Gerres filamentosus*	Gerreidae	demersal
ปลาแป้นยักษ์	*Leiognathus equulus*	Leiognathidae	pelagic
ปลากะพงแดงข้างแถว	*Lujanus vitta*	Lutjanidae	pelagic
ปลากะพงข้างเหลือง	*Lutjanus lineolatus*	Lutjanidae	pelagic
ปลาทรายแดง	*Nemipterus virgatus*	Nemipteridae	demersal
ปลากระบอก	*Planiliza subviridis*	Mugilidae	pelagic
ปลาข้างเหลือง	*Selaroides leptolipis*	Carangidae	pelagic
ปลาเห็ดโคนจุด	*Sillago maculate*	Sillaginidae	demersal
ปลาสาก	*Sphyraena barracuda*	Sphyraenidae	pelagic
ปลาแมว	*Thryssa mystax*	Engraulidae	demersal
ปลาแพะลาย	*Upeneus tragula*	Mullidae	demersal
ปลาแพะเหลือง	*Upeneus sulphureus*	Mullidae	demersal

ตารางที่ 4-2 การสะสมของโลหะหนักในปลาที่ทำการศึกษาในบริเวณอ่าวตราด ช่วงฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์)

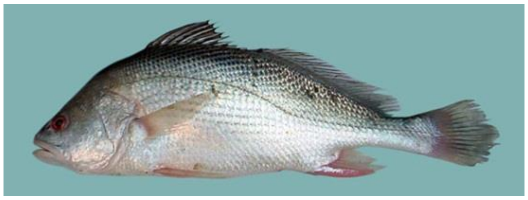
Scientific name	Local name	Heavy metal (ppm)			Habitat
		Cu	Pb	Cd	
Anodontostoma chacunda	ปลาตะเพียนน้ำเค็ม	1.705	ND	ND	demersal
Cociella crocodilus	ปลาจิ้งจก	0.261	0.000	0.174	demersal
dendrophysa russelii	ปลาจวดหัวแหลม	0.485	0.485	0.000	demersal
Gerres filamentosus	ปลาดอกหมาก	0.265	0.205	0.053	demersal
Leiognathus equulus	ปลาแป้นยักษ์	0.542	0.136	0.000	pelagic
Lujanus vitta	ปลากะพงแดงข้างแถว	0.378	0.273	0.049	pelagic
Lutjanus lineolatus	ปลากะพงข้างเหลือง	0.459	ND	ND	pelagic
Nemipterus virgatus	ปลาทรายแดง	0.182	ND	ND	demersal
Planiliza subviridis	ปลากระบอก	0.517	ND	ND	pelagic
Selaroides leptolipis	ปลาข้างเหลือง	0.261	0.609	ND	pelagic
Sillago maculate	ปลาเห็ดโคนจุด	0.360	0.270	ND	demersal
Sphyraena barracuda	ปลาสาก	0.254	ND	ND	pelagic
Thryssa mystax	ปลาแมว	0.412	ND	0.043	demersal
Upeneus tragula	ปลาแพะลาย	0.224	0.075	ND	demersal
Upeneus sulphureus	ปลาแพะเหลือง	0.310	0.148	ND	demersal

โดยปลาที่มีการสะสมของทองแดงสูงสุดคือ ปลาตะเพียนน้ำเค็ม (*Anodontostoma chacunda*) ซึ่งมีรูปร่างคล้ายกับปลาตะเพียนที่พบในน้ำจืด (ภาพที่ 4-15) ลักษณะลำตัวป้อมสั้นจะงอยปากสั้นทู่ ตามีเยื่อไขมันหุ้มปากเล็ก ท้องแบนเป็นสันคมซึ่งเกิดขึ้นเพราะการเปลี่ยนรูปของเกล็ดไปทำหน้าที่ในการป้องกันตัว ครีบหางเว้าลึก ครีบอื่น ๆ มีขนาดเล็ก สีของลำตัวด้านหลังมีสีดำปนเทา ทางด้านท้องสีขาวเงิน หลังช่องเปิดเหงือกมีจุดสีดำข้างละจุด มีความยาวประมาณ 14–20 เซนติเมตร ปลาชนิดนี้กินซากสัตว์และพืชเน่าเปื่อยเป็นอาหาร มีพฤติกรรมอาศัยอยู่รวมกันเป็นฝูง หากินตามพื้นที่หน้าดินตามชายฝั่งและบริเวณปากแม่น้ำ

ภาพที่ 4-15 ภาพตัวอย่างปลาตะเพียนน้ำเค็ม *Anodontostoma chacunda* (Shortnose gizzard shad)

ที่มา : http://fishesofaustralia.net.au/home/species/2050

การสะสมของตะกั่วมีปริมาณสูงสุดในปลาจวด (*Dendrophysa russelii*) ปลาจวด มีรูปร่างยาวรีหรือรูปไข่ ลำตัวมีลักษณะแบนข้าง (ภาพที่ 4-16) บริเวณจะงอยปากมีรู 4 รู และบริเวณใต้คางมีรู 5 รู ส่วนขากรรไกรอาจเสมอหรือมีขากรรไกรล่างยื่นยาวกว่า ขอบกระดูกแก้มอันแรกเป็นหยัก และที่แผ่นแก้มมีหนามแบนๆ 2 อัน ส่วนฟันในปากมีลักษณะเป็นซี่เล็กๆขึ้นถี่เหงือกมีซี่เหงือก 4 อัน เกล็ดเป็นแบบ cycloid c ปกคลุมทั่วลำตัวไปจนถึงครีบหลัง และครีบก้น มีเส้นข้างลำตัว 1 เส้น เริ่มตั้งแต่หลังเหงือกยาวไปจนถึงโคนหาง พื้นสีลำตัวส่วนบนมีสีน้ำตาลหรือสีเทา ส่วนพื้นสีลำตัวส่วนล่างมีสีเงิน ปลาจวด เป็นปลาที่หากินบริเวณพื้นท้องน้ำ มีอาหารที่สำคัญได้แก่ กุ้ง ปู และปลาขนาดเล็ก เป็นต้น



ภาพที่ 4-16 ภาพตัวอย่างปลาจวดหัวแหลม *Dendrophysa russelii* (Goatee croaker)

ที่มา: http://www.fishbase.us/FieldGuide/FieldGuideSummary.php?genusname=Dendrophysa&

การสะสมของแคดเมียมในปลาสูงสุดได้แก่ ปลาจิ้งจก (ภาพที่ 4-17) ปลาจิ้งจกมีลักษณะหัวค่อนข้างแบน ปากยาว ดวงตาอยู่ค่อนทางด้านบน ครีบคู่ แผ่แบนออกได้ลักษณะคล้ายพัด อาศัยอยู่บริเวณหน้าดินเป็นส่วนใหญ่ โดยทั่วไปจะหากินอยู่บริเวณพื้นท้องน้ำเป็นหลักโดยกินซากสัตว์และพืชที่เน่าเปื่อยเป็นอาหาร

ภาพที่ 4-17 ภาพตัวอย่างปลาจิ้งจก *Cociella crocodilus* (Crocodile flathead)
ที่มา: http://www.fishbase.us/summary/SpeciesSummary.php?id=7895&lang=thai

สำหรับช่วงฤดูฝน (เดือนสิงหาคม) ทำการเก็บตัวอย่างปลาได้ทั้งหมด 16 ชนิด 14 ครอบครัว (ตารางที่ 4-3) โดยช่วงฤดูฝนตัวอย่างของปลาที่เก็บได้อยู่ในกลุ่มของปลากลางน้ำ (pelagic fish) เป็นส่วนใหญ่ ระยะการเจริญเติบโตของปลาที่พบคล้ายกับในช่วงฤดูลแล้ง คือเป็นตัวเต็มวัย ยกเว้น ปลากะลังและกะพง ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าตัวเต็มวัย

ตารางที่ 4-3 ชนิดของปลาที่พบในการศึกษาการสะสมโลหะหนักบริเวณอ่าวตราดในช่วงฤดูฝน (เดือนสิงหาคม)

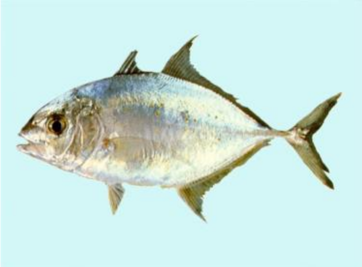
Local name	Scientific name	Family	Habitat
ปลาตะเพียนน้ำเค็ม	*Anodontostoma chacunda*	Clupeidae	demersal
ปลาสีกุน	*Carangoides gymnostethus*	Carangidae	pelagic
ปลากะรังจุดเหลือง	*Epinephelus bleekeri*	Serranidae	demersal
ปลาดอกหมากกระโดง	*Gerres filamentosus*	Gerreidae	pelagic
ปลาแป้นยักษ์	*Leiognathus fasciatus*	Leiognathidae	pelagic
ปลาหมูสีฟ้า	*Lethrinus lebtijan*	Lethrinidae	pelagic
ปลากะพงแดงข้างแถว	*Lujanus vitta*	Lutjanidae	pelagic
ปลากะพงข้างเหลือง	*Lutjanus lineolatus*	Lutjanidae	pelagic
ปลากะพงข้างปาน	*Lutjanus russellii*	Lutjanidae	pelagic
ปลาจวด	*Otolithes ruber*	Sciaenidae	demersal
ปลาแพะทองเหลือง	*Parupeneus cinnabarinus*	Mullidae	demersal
ปลาแป้นแก้ว	*Pentaprion longimanus*	Gerreidae	pelagic
ปลาสลิดหินแขก	*Siganus javus*	Siganidae	demersal
ปลาเห็ดโคนขาว	*Sillago sihana*	Sillaginidae	demersal
ปลาสาก	*Sphyraena obstusata*	Sphyraenidae	pelagic
ปลากะตัก (เกล็ดขาว)	*Stolephorus indicus*	Engraulidae	pelagic

ซึ่งจากการวิเคราะห์การสะสมโลหะหนักที่ปนเปื้นในเนื้อปลาที่เก็บตัวอย่างได้จากอ่าวตราดช่วงฤดูแล้ง พบว่า การสะสมของทองแดง ตะกั่ว และแคดเมียม มีค่าอยู่ในช่วง 0.288-0.927, ND-0.500 และ ND-0.096 ppm ตามลำดับ **(ตารางที่ 4-4)**

ตารางที่ 4-4 การสะสมของโลหะหนักในปลาที่ทำการศึกษาบริเวณอ่าวตราด ช่วงฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์)

Scientific name	Local name	Heavy metal (ppm)			Habitat
		Cu	Pb	Cd	
Anodontostoma chacunda	ปลาตะเพียนน้ำเค็ม	0.448	0.045	0.045	demersal
Carangoides gymnostethus	ปลาสีกุน	0.927	0.385	ND	pelagic
Epinephelus bleekeri	ปลากะรังจุดเหลือง	0.341	0.114	ND	demersal
Gerres filamentosus	ปลาดอกหมากกระโดง	0.288	0.192	0.096	pelagic
Leiognathus fasciatus	ปลาแป้นยักษ์	0.867	0.190	ND	pelagic
Lethrinus lebtijan	ปลาหมูสีฟ้า	0.453	0.216	0.043	pelagic
Lujanus vitta	ปลากะพงแดงข้างแถว	0.600	0.500	ND	pelagic
Lutjanus lineolatus	ปลากะพงข้างเหลือง	0.350	ND	ND	pelagic
Lutjanus russellii	ปลากะพงข้างปาน	0.354	0.250	ND	pelagic
Otolithes ruber	ปลาจวด	0.403	0.484	ND	demersal
Parupeneus cinnabarinus	ปลาแพะทองเหลือง	0.289	0.058	ND	demersal
Pentaprion longimanus	ปลาแป้นแก้ว	0.430	0.035	ND	pelagic
Siganus javus	ปลาสลิดหินแขก	0.667	ND	ND	demersal
Sillago sihana	ปลาเห็ดโคนขาว	0.366	ND	ND	demersal
Sphyraena obstusata	ปลาสาก	0.536	ND	ND	pelagic
Stolephorus indicus	ปลากะตัก (เกล็ดขาว)	0.874	ND	ND	pelagic

ปลาที่มีการสะสมทองแดงสูงสุดได้แก่ ปลาสีกุน (*Carangoides gymnostethus*) เป็นปลาที่มีขนาดกลางและใหญ่ในวงศ์นี้ (ภาพที่ 4-18) มีลักษณะโดยรวม คือ ลำตัวแบนข้างเล็กน้อย หน้าครีบก้นมีหนามแข็ง 2 อันพับได้ คอดหางแคบ เกล็ดบนเส้นข้างตัวมีขนาดใหญ่ เป็นเหลี่ยมแข็งโดยเฉพาะที่บริเวณคอดหาง ส่วนหัวสั้นทู่ มีสีลำตัวเป็นสีขาวและสีเงิน อยู่รวมกันเป็นฝูง เป็นปลาที่กินเนื้อ กินปลาและสัตว์น้ำที่มีขนาดเล็กกว่า



ภาพที่ 4-18 ภาพตัวอย่างปลาสีกุน, มงกลม *Carangoides gymnostethus* (Bludger)

ที่มา: https://www.fishwisepro.com/Pictures/details?SId=28414&PictureId=9&Zoom=True&Info

ปลาที่มีการสะสมของตะกั่วสูงสุดได้แก่ ปลากะพงแดงข้างแถว (*Lujanus vitta*) เป็นปลาทะเลที่มีรูปร่างคล้ายคลึงกับปลากะพงทั่วไปลำตัวค่อนข้างยาว ด้านข้างแบนหัวโต จะงอยปากค่อยข้างยาว ปากกว้าง มีฟันแหลมคม นัยน์ตาค่อนข้างโตและใกล้แนวหลังของหัว มีเกล็ดขนาดเล็กที่หัวและลำตัว ครีบหลังยาว ปลายจรดโคนครีบหาง ครีบหูเล็กปลายเรียวแหลม ครีบท้องอยู่ใต้ครีบหูและมีขนาดใกล้เคียงกัน ครีบก้นสั้น ครีบหางมีขนาดใหญ่ปลายเว้าเล็กน้อยพื้นลำตัวด้านบนสีเหลืองอมแดง ท้องสีขาว มีแถบเล็ก ๆ สีเทาปนดำที่ข้างตัวหลายแถบเรียงเป็นแถว ครีบทุกครีบสีเหลือง (ภาพที่4-19) อาหารของปลา อาหารของปลา กินปลาหน้าดินขนาดเล็ก

ภาพที่ 4-19 ภาพตัวอย่างผลากะพงแดงข้างแถว *Lujanus vitta* (Brownstripe red snapper)

ที่มา: http://siamfishing.com/board/view.php?tid=86581&onlyuserid=0&begin=100

ปลาที่สะสมโลหะหนักแคดเมียมสูงสุดได้แก่ ปลาดอกหมากกระโดง *Gerres filamentosus* (4-20) ปลาดอกหมากกระโดงมีรูปร่างของลำตัวป้อมดูคล้ายรูปไข่หรือสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนแบนข้าง หัวเล็กสั้น นัยน์ตาโต จะงอยปากแหลม ปากยืดหดได้ เกล็ดเล็กหลุดง่ายมีความแวววาวเงางาม ตัวโตเต็มวัยก้านครีบแข็งอันที่สองของครีบหลังจะเจริญยาวเป็นเส้นเดี่ยว ครีบอกยาว ครีบหางลึกเว้ารูปส้อม สีลำตัวอมเทามีสีดำแต้มเป็นจุดประปราย ท้องสีขาวเงิน ครีบทุกครีบสีเทาอมเหลือง มีความยาวประมาณ 11-22 เซนติเมตร เป็นปลาที่กินสัตว์น้ำเล็ก ๆ รวมทั้งพืชเป็นอาหาร ใช้ประโยชน์เป็นปลาที่บริโภคเนื้อเป็นอาหาร

ภาพที่ 4-20 ภาพตัวอย่างปลาดอกหมากกระโดง *Gerres filamentosus* (Whipfin silver-biddy)

ที่มา: http://fishesofaustralia.net.au/home/species/2432

4.3.4 การปนเปื้อนของโลหะหนักในโลมา

ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษาพบโลมาอิรวดี (Irrawaddy dolphin: Orcaella brevirostris) เกยตื้นบริเวณชายหาดรอบอ่าวตราดทั้งสิ้น 3 ตัว ทั้งนี้จากการที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก (ระยอง) ได้ทำการเก็บชิ้นส่วนเนื้อมาเพื่อทำการตรวจวัดปริมาณโลหะหนัก พบว่า การสะสมของทองแดง ตะกั่ว และแคดเมียมของโลมามีค่าอยู่ในช่วง 0.109-2.42, 0.004-0.011 และ 0.008-0.408 ppm (ตารางที่ 4-5)

ตารางที่ 4-5 การปนเปื้อนของโลหะหนัก ทองแดง ตะกั่ว และแคดเมียม ในโลมาอิรวดีที่เกยตื้น บริเวณอ่าวตราด

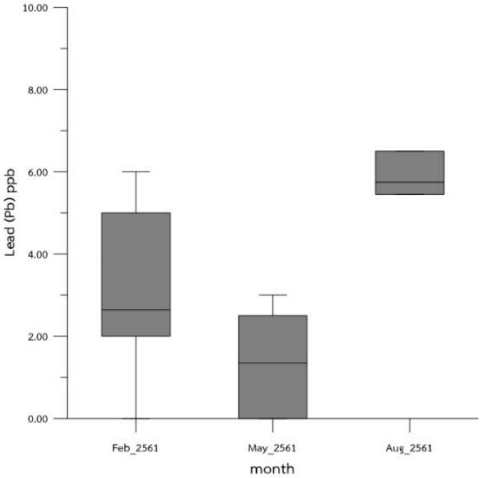
no-code	Length (cm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Cd (ppm)
1-378	110	0.109	0.006	0.008
2-417	188	0.104	0.004	0.408
3-418	155	0.242	0.011	0.027

ทั้งนี้จากข้อมูลการศึกษาด้านโลหะหนักในโลมาอิรวดี ทั้งในประเทศและต่างประเทศค่อนข้างน้อย ซึ่งจากการรวมรวบข้อมูลพบว่า โลหะหนักที่พบในโลมาของการศึกษาครั้งนี้มีค่าต่ำกว่า การศึกษาของ สุเทพ และคณะ 2557 (อ่าวไทยฝั่งตะวันออก) และ Ursula Siebert and Krishna Das, 2003 (แม่น้ำโขง) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสะท้อนในให้เห็นถึงสถานการณ์การปนเปื้อนของโลหะหนักที่อยู่ในระดับที่ค่อนข้างดี

บทที่ 5
บทวิเคราะห์ผลการศึกษาวิจัย

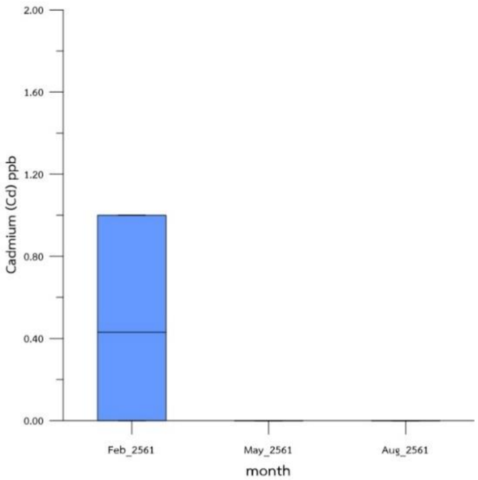
การศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำและดินตะกอนบริเวณอ่าวตราด

การศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนัก ทองแดง ตะกั่ว และแคดเมียมในน้ำ พบว่า ปริมาณตะกั่วในน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลซึ่งในช่วงฤดูแล้ง ความเข้มข้นของตะกั่วจะสูงอยู่บริเวณชายฝั่งตะวันออกของอ่าว โดยเฉพาะบริเวณด้านในใกล้คลองที่รับน้ำจากแผ่นดิน ส่วนด้านฝั่งฝั่งตะวันตกจะมีค่าต่ำมาก แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูต้นฝนความเข้มข้นของตะกั่วจะกระจายออกมาทางด้านฝั่งตะวันตกมากขึ้น ซึ่งได้รับอิทธิพลจากมวลน้ำจากแผ่นดินในช่วงต้นฤดูฝนพลักดันมวลน้ำออกมาซึ่งสอดคล้องกับความเค็มที่มีแนวโน้มลดลงในช่วงดังกล่าว นอกจากนี้ยังพบว่าการปนเปื้อนของตะกั่วในน้ำยังคงอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ซึ่งกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 8.5 ppb ในทุกช่วงเวลาทาที่ทำการศึกษา (ภาพที่ 5-1)



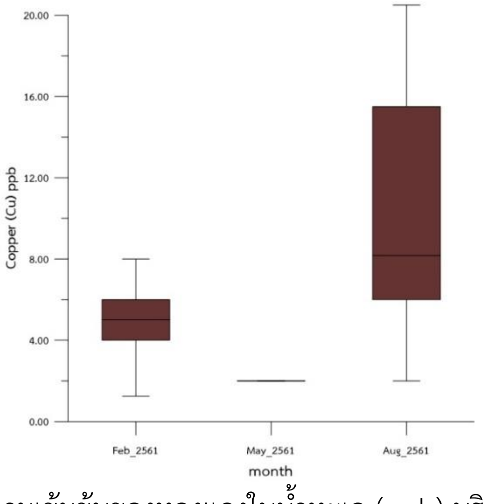
ภาพที่ 5-1 ความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำทะเล (ppb) บริเวณอ่าวตราด

การปนเปื้อนของแคดเมียมในน้ำ พบเฉพาะในช่วงฤดูแล้งเท่านั้น ซึ่งพบการปนเปื้อนอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้บริเวณปากแม่น้ำจะมีค่าสูงกว่าบริเวณอื่น ๆค่อนข้างชัดเจน รวมไปถึงบริเวณที่ใกล้แหล่งชุมชนก็มีแนวโน้มของปริมาณแคดเมียมที่สูงขึ้นเช่นเดียวกัน เนื่องจากแคดเมียมเป็นโลหะหนักที่ละลายน้ำได้ค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับโลหะหนักชนิดอื่น ๆ ทำให้มีโอกาสพบแคดเมียมในน้ำได้ต่ำมากโดยเฉพาะในบริเวณทะเลและชายฝั่ง อย่างไรก็ตามบริเวณพื้นที่อ่าวตราดมีการปนเปื้อนของแคดเมียมในระดับต่ำและไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลและชายฝั่ง (5 ppb) (ภาพที่ 5-2)



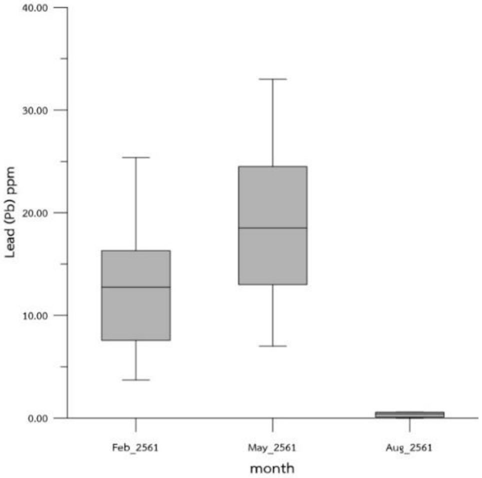
ภาพที่ 5-2 ความเข้มข้นของแคดเมียมในน้ำทะเล (ppb) บริเวณอ่าวตราด

การปนเปื้อนของทองแดงในน้ำทะเลมีความแตกต่างกันกามฤดูกาลค่อนข้างชัดเจน โดยความเข้มข้นของทองแดงในน้ำมีแนวโน้มสูงในช่วงฤดูฝนหรือฤดูน้ำหลาก โดยเฉพาะในบริเวณฝั่งตะวันตกของอ่าวซึ่งอยู่ใกล้ปากแม่น้ำ และบริเวณพื้นที่ฝั่งตะวันตกจะมีค่าต่ำสุด ทั้งนี้บริเวณที่มีปริมาณทองแดงในน้ำสูงจะอยู่ใกลกับแหล่งชุมชนเช่นเดียวกับโลหะหนักชนิดอื่น ๆ ซึ่งคาดว่าจะถูกพัดมากับมวลน้ำในช่วงฤดูฝน โดยปกติทองแดงมีปริมาณค่อนข้างสูงอยู่บนพื้นโลก ทั้งนี้ความเข้มข้นของทองแดงที่พบในการศึกษาครั้งนี้ถือดได้ว่ามีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลและชายฝั่ง ซึ่งกำหนดค่าไม่เกิน 2.9 ppb ดังนั้นควรมีการเฝ้าระวังการปนเปื้อนของทองแดงในน้ำบริเวณอ่าวตราด โดยเฉพาะช่วงฤดูน้ำหลากเนื่องจากบางสถานีมีค่าเกินมาตรฐานถึง 7 เท่า (ภาพที่ 5-3)



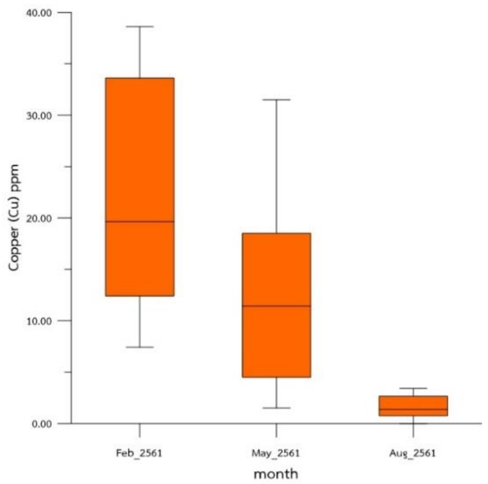
ภาพที่ 5-3 ความเข้มข้นของทองแดงในน้ำทะเล (ppb) บริเวณอ่าวตราด

การปนเปื้อนของตะกั่วในดินตะกอนพื้นท้องน้ำ พบมีค่าสูงในช่วงฤดูแล้ง และต้นฤดูฝนช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่คลื่นลมสงบ ทำให้โลหะหนักสามารถสะสมอยู่ในดินตะกอนได้ง่ายขึ้น โดยเฉพาะในบริเวณฝั่งตะวันตกของอ่าวที่มีสารอินทรีย์ในดินตะกอนสูง ส่วนในช่วงฤดูฝนหรือฤดูน้ำหลาก พบว่า ความเข้มข้นของตะกั่วในดินตะกอนลดลงอย่างชัดเจน ซึ่งต่ำกว่าในช่วงฤดูแล้ง 30 เท่า ทั้งนี้เนื่องมาจากในช่วงฤดูฝนคลื่นลมค่อนข้างแรงประกอบกับมวลน้ำที่ไหลเข้ามาในพื้นที่จะชะล้างเอาตะกอนเบาซึ่งเป็นสารอินทรีย์กระจายไปยังบริเวณอื่น (ภาพที่ 5-4) ทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวพบตะกั่วในดินตะกอนได้ลดลง ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานตะกอนดินทะเลและชายฝั่งสาหรับประเทศไทยที่กำหนดไม่เกิน 52 ppm (กรมควบคุมมลพิษ, 2558) พบว่า ความเข้มข้นของตะกั่วที่ปนเปื้อนในดินตะกอนบริเวณอ่าวตราดยังคงมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน (ประมาณ 1-2 เท่า) นอกจากนี้ยังพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาการปนเปื้อนของตะกั่วในดินตะกอนบริเวณอ่าวไทย (พรศรี และคณะ 2555) อย่างไรก็ตามควรมีการเฝ้าระวังในช่วงฤดูแล้งที่มีแนวโน้มของความเข้มข้นที่สูงขึ้น



ภาพที่ 5-4 ความเข้มข้นของตะกั่วในดินตะกอน (ppm) บริเวณพื้นที่อ่าวตราด

ความเข้มข้นของทองแดงในดินตะกอน จะมีค่าสูงในบริเวณด้านตะวันตกและตอนในของอ่าว ซึ่งในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสูง ส่วนในช่วงฤดูฝนความเข้มข้นของทองแดงในดินตะกอนจะลดลง ประมาณ 20 เท่าโดยภาพรวมการปนเปื้อนของทองแดงในดินมีค่าสูงและเกินค่ามาตรฐานตะกอนดินชายฝั่งทะเล (25 ppm) ที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ โดยเฉพาะพื้นที่ด้านในของอ่าวตราด (ใกล้ปากแม่น้ำตราด) ซึ่งดังกล่าวเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลการปนเปื้อนทองแดงจากแผ่นดิน น้ำทิ้งจากชุมชนและแหล่งโรงงานอุตสาหกรรม เช่นสารเคมีทางเกษตร สารกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น ดังนั้น บริเวณดังกล่าวควรมีการติดตามและเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 5-5 ความเข้มข้นของทองแดงในดินตะกอน (ppm) บริเวณพื้นที่อ่าวตราด

การสะสมโลหะหนักในสิ่งมีชีวิตที่เป็นอาหารของโลมาอิรวดี

การศึกษาการสะสมโลหะหนักในสิ่งมีชีวิตที่คาดว่าเป็นอาหารของโลมาจะทำการวิเคราะห์การปนเปื้อนของโลหะหนักในปลาซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ฤดูกาล การสะสมของโลหะหนักในปลาที่ทำการศึกษาในบริเวณอ่าวตราดช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน จากการศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในปลาบริเวณอ่าวตราดซึ่งคาดว่าเป็นอาหารของโลมา ในช่วงฤดูแล้งทำการสุ่มตัวอย่างสัตว์น้ำ 11 ชนิด โดยพบความเข้มข้นของทองแดงมีค่ามากที่สุด แต่ยังคงต่ำกว่าค่ามาตรฐานของหน่วยงานต่าง ๆ (ตารางที่ 5-1) ยกเว้น แคดเมียม ซึ่งมีค่าสูงเกินมาตรฐานของปลาบางชนิด อย่างไรก็ตามถ้าสังเกตเฉพาะกลุ่มปลาหน้าดิน (demersal fish) จะพบว่าปริมาณโลหะหนักในภาพรวมมีแนวโน้มสูงกว่าปลาที่อาศัยอยู่บริเวณกลางน้ำ

ตารางที่ 5-1 การปนเปื้อนของโลหะ ทองแดง ตะกั่ว และแคดเมียม ในปลาบริเวณอ่าวตราด

Scientific name	Local name	Heavy metal (ppm)			Habitat
		Cu	Pb	Cd	
ฤดูฝน (rainy season)					
Anodontostoma chacunda	ปลาตะเพียนน้ำเค็ม	1.705	ND	ND	demersal
Cociella crocodilus	ปลาจิ้งจก	0.261	0.000	0.174	demersal
dendrophysa russelii	ปลาจวดหัวแหลม	0.485	0.485	0.000	demersal
Gerres filamentosus	ปลาดอกหมาก	0.265	0.205	0.053	demersal
Leiognathus equulus	ปลาแป้นยักษ์	0.542	0.136	0.000	pelagic
Lujanus vitta	ปลากะพงแดงข้างแถว	0.378	0.273	0.049	pelagic
Lutjanus lineolatus	ปลากะพงข้างเหลือง	0.459	ND	ND	pelagic
Nemipterus virgatus	ปลาทรายแดง	0.182	ND	ND	demersal
Planiliza subviridis	ปลากระบอก	0.517	ND	ND	pelagic
Selaroides leptolipis	ปลาข้างเหลือง	0.261	0.609	ND	pelagic
Sillago maculate	ปลาเห็ดโคนจุด	0.360	0.270	ND	demersal

ฤดูแล้ง (dry season)					
Anodontostoma chacunda	ปลาตะเพียนน้ำเค็ม	0.448	0.045	0.045	demersal
Carangoides gymnostethus	ปลาสีกุน	0.927	0.385	ND	pelagic
Epinephelus bleekeri	ปลากะรังจุดเหลือง	0.341	0.114	ND	demersal
Gerres filamentosus	ปลาดอกหมากกระโดง	0.288	0.192	0.096	pelagic
Leiognathus fasciatus	ปลาแป้นยักษ์	0.867	0.190	ND	pelagic
Lethrinus lebtijan	ปลาหมูสีฟ้า	0.453	0.216	0.043	pelagic
Lujanus vitta	ปลากะพงแดงข้างแถว	0.600	0.500	ND	pelagic
Lutjanus lineolatus	ปลากะพงข้างเหลือง	0.350	ND	ND	pelagic
Lutjanus russellii	ปลากะพงข้างปาน	0.354	0.250	ND	pelagic
Otolithes ruber	ปลาจวด	0.403	0.484	ND	demersal
Parupeneus cinnabarinus	ปลาแพะทองเหลือง	0.289	0.058	ND	demersal
Pentaprion longimanus	ปลาแป้นแก้ว	0.430	0.035	ND	pelagic
Siganus javus	ปลาสลิดหินแขก	0.667	ND	ND	demersal
Sillago sihana	ปลาเห็ดโคนขาว	0.366	ND	ND	demersal
Sphyraena obstusata	ปลาสาก	0.536	ND	ND	pelagic
Stolephorus indicus	ปลากะตัก (เกล็ดขาว)	0.874	ND	ND	pelagic
IAEA 2003 (standard score)	เนื้อปลาธรรมชาติ	3.28	0.12	-	
Announcement of Ministry of Public Health, Issue 98, 1986)	เนื้อปลาธรรมชาติ	20	1	-	
European Commission Regulation, No.881, 2006)	เนื้อปลาธรรมชาติ		0.3	0.05	

การสะสมของโลหะหนักในโลมาอิรวดี ที่มีการเกยตื้นบริเวณอ่าวตราด

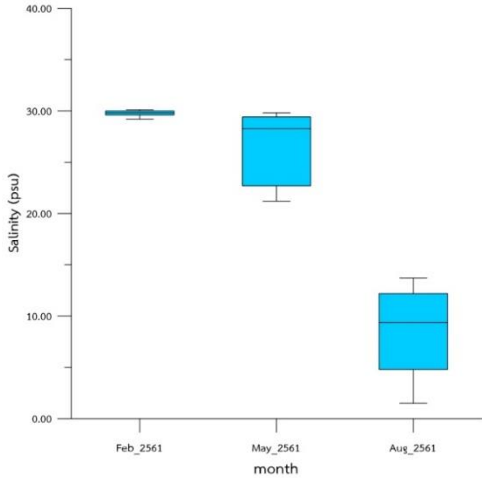
การสะสมโลหะ ทองแดง ตะกั่ว และแคดเมียมในโลมาอิรวดีที่เกยตื้นบริเวณอ่าวตราด พบว่า มีค่าการสะสมของ ทองแดง ตะกั่ว และแคดเมียม อยู่ในช่วง 0.104-0.242, 0.004-0.011 และ 0.008-0.408 ppm ทั้งนี้จากข้อมูลการศึกษาด้านโลหะหนักในโลมาอิรวดี ทั้งในประเทศและต่างประเทศค่อนข้างน้อย ซึ่งจากการรวมรวบข้อมูลพบว่า โลหะหนักที่พบในโลมาของการศึกษาครั้งนี้มีค่าต่ำกว่า การศึกษาของ สุเทพ และคณะ 2557 (อ่าวไทยฝั่งตะวันออก) และ Ursula Siebert and Krishna Das, 2003 (แม่น้ำโขง) (ตารางที่ 5-2) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสะท้อนในให้เห็นถึงสถานการณ์การปนเปื้อนของโลหะหนักที่อยู่ในระดับที่ค่อนข้างดี

ตารางที่ 5-2 การปนเปื้อนของโลหะหนักในโลมาอิรวดี

	Station	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Cd (ppm)
This study	อ่าวตราด	0.104-0.242	0.004-0.011	0.008-0.408
สุเทพ และคณะ 2557	อ่าวไทยฝั่งตะวันออก	-	N.D.-0.57	N.D.-4.585
Ursula Siebert and Krishna Das, 2003	Mekong River	1.7-111	0.007-0.21	0.0025-1.0

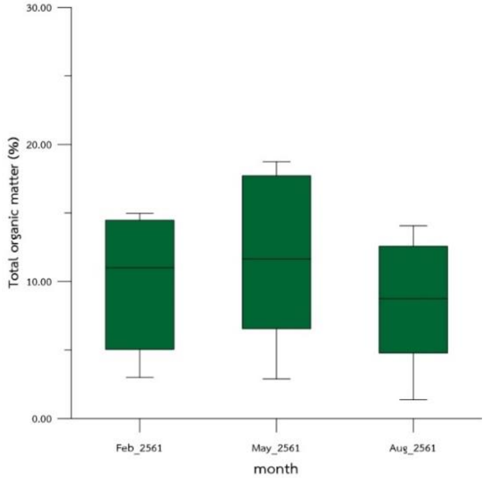
ประเมินผลกระทบของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมทางน้ำ

ความเค็มของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทองแดงและตะกั่วในน้ำ ในทิศทางตรงกันข้ามสองตัวนี้มีค่าสูงขึ้นในช่วงน้ำหลาก หรือฤดูฝน โดยเมื่อความเค็มของน้ำทะเลมีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 5-6) ความเข้มข้นของตะกั่วและทองจะเพิ่มขึ้น (P<0.05) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่ามวลน้ำจืดที่ไหลลงมานำพาพาโลหะหนักในกลุ่มดังกล่าวมาด้วย



ภาพที่ 5-6 การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเลบริเวณอ่าวตราด

ในทางตรงกันข้ามความเค็มที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ดินตะกอนมีกาสะสมตะกั่วและทองแดงเพิ่มมากขึ้น (P< 0.05) ทั้งนี้เนื่องมากจากในช่วงฤดูแล้ง ความเค็มของน้ำทะเลมีค่าสูงแสดงถึงการไม่ถูกรบกวนจากมวลน้ำ รวมถึงคลื่นลม ทำให้โลหะหนักสามารถสะสมในดินตะกอนได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันระหว่างปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน (total organic matter)(ภาพที่ 5-7) กับโลหะหนักทองแดง และตะกั่วที่สะสมในดินตะกอน ทั้งนี้เนื่องจากเป็นกลไกการสะสมตัวของสารพิษที่มักชอบเกาะติดกับตะกอนที่มีสารอินทรีย์อยู่ค่อนข้างสูง



ภาพที่ 5-7 ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน (%) ในบริเวณพื้นที่อ่าวตราด

นอกจากนี้บริเวณที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดการสะสมของโลหะหนักในดินตะกอนได้มาค่อนข้างสูงได้แก่บริเวณที่ดินตะกอนมีขนาดอนุภาคค่อนข้างเล็กมาก (> 63 μm) โดยเฉพาะโลหะหนักในกลุ่มของทองแดงซึ่งพบความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันมากว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$) และเมื่ออนุภาคของตะกอนเพิ่มขึ้นการสะสมก็จะลดลงเช่นเดียวกัน ซึ่งการพิจารณาขนาดของตะกอนจะสามารถสะท้อนให้เห็นถึงความแรงของกระแสน้ำน้ำและโอกาสการตะกอนของโลหะหนักพื้นที่ต่าง ๆได้เป็นอย่างดี

จาการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโลหะหนัก ทองแดง แคดเมียม ตะกั่ว ในน้ำ ดินตะกอน สัตว์น้ำ และโลมา ในบริเวณอ่าวตราด พบว่า โลหะหนักในน้ำและดินตะกอนมีความสัมพันธ์กับฤดูกาล ซึ่งฤดูฝนจะพบโละหนักในน้ำมาก ส่วนช่วงฤดูแล้งจะพบโลหะหนักในดินตะกอนมาก โดยโลหะหนักที่พบในน้ำและดินตะกอนมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำและดินตะกอนที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด ส่วนการสะสมในสัตว์น้ำที่เป็นอาหารของโลมาพบว่าปลาที่หากินบริเวณผิวหน้าดิน (demersal fish) จะมีการสะสมโลหะหนักมากกว่ากลุ่มปลากลางน้ำ (pelagic fish) ซึ่งค่าที่พบยังคงมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน อย่างไรก็ตาม โลหะหนักในกลุ่มของตะกั่วและแคดเมียม มีแนวโน้มสะสมในเนื้อปลาค่อนข้างสูง จึงควรมีการเฝ้าระวังในปลากลุ่มดังกล่าว ในด้านการสะสมโละหนักในโลมาพบว่า โลมาที่เข้ามาเกยตื้นบริเวณอ่าวตราดในช่วงที่ทำการศึกษาพบโลหะหนักในกลุ่มของ ตะกั่ว แคดเมียม และทองแดงค่อนข้างต่ำกว่าการศึกษาอื่นที่ผ่านมา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมบริเวณอ่าวตราดมีการปนเปื้อนของมลพิษในกลุ่มของโลหะหนักในระดับต่ำดังที่กล่าวมาแล้ว อีกทั้งบริเวณนี้ยังคงไม่มีแหล่งกำเนิดด้านโลหะหนักที่ชัดเจน ดังนั้นควรมีการพิจารณาพื้นที่อ่าวตราดเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมด้านสภาวะการอยู่อาศัยของสัตว์ในกลุ่มเลี้ยงลูกด้วยนม (โลมา) และมีมาตรการในการคุ้มครองพื้นที่ในอนาคตต่อไป

บทที่ 6
สรุปผลการศึกษา

จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำทั่วไป และ คุณภาพดินตะกอนในบริเวณพื้นที่บริเวณอ่าวตราด จังหวัดตราด ผลการศึกษาเบื้องต้นแสดงให้เห็นว่า บริเวณอ่าวตราด คุณภาพสิ่งแวดล้อมโดยภาพรวมยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

การปนเปื้อนของโลหะหนัก ตะกั่ว แคดเมียม และทองแดง ในสิ่งแวดล้อมทางน้ำบริเวณพื้นที่อ่าวตราด พบโลหะหนักในน้ำและดินตะกอนมีความสัมพันธ์กับฤดูกาล ซึ่งฤดูฝนจะพบโละหนักในน้ำมาก ส่วนช่วงฤดูแล้งจะพบโลหะหนักในดินตะกอนมาก โดยโลหะหนักที่พบในน้ำและดินตะกอนมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำและดินตะกอนที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด ส่วนการสะสมในสัตว์น้ำที่เป็นอาหารของโลมาพบว่าปลาที่หากินบริเวณผิวหน้าดิน (demersal fish) จะมีการสะสมโลหะหนักมากกว่ากลุ่มปลากลางน้ำ (pelagic fish) ซึ่งค่าที่พบยังคงมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน อย่างไรก็ตาม โลหะหนักในกลุ่มของตะกั่วและแคดเมียม มีแนวโน้มสะสมในเนื้อปลาค่อนข้างสูง จึงควรมีการเฝ้าระวังในปลากลุ่มดังกล่าว ในด้านการสะสมโละหนักในโลมาพบว่า โลมาที่เข้ามาเกยตื้นบริเวณอ่าวตราดในช่วงที่ทำการศึกษาพบโลหะหนักในกลุ่มของ ตะกั่ว แคดเมียม และทองแดงค่อนข้างต่ำกว่าการศึกษาอื่นที่ผ่านมา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมบริเวณอ่าวตราดมีการปนเปื้อนของมลพิษในกลุ่มของโลหะหนักในระดับต่ำดังที่กล่าวมาแล้ว อีกทั้งบริเวณนี้ยังคงไม่มีแหล่งกำเนิดด้านโลหะหนักที่ชัดเจน ดังนั้นควรมีการพิจารณาพื้นที่อ่าวตราดเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมด้านสภาวะการอยู่อาศัยของสัตว์ในกลุ่มเลี้ยงลูกด้วยนม (โลมา) และมีมาตรการในการคุ้มครองพื้นที่ในอนาคตต่อไป

บทที่ 7

ผลผลิต

โครงการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีผลผลิตในรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้

7.1 ผลงานเตรียมพิมพ์เผยแพร่

ภัทราวุธ ไทยพิชิตบูราพ เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์ และชลาทิพ จันทรชมภู. 2562. การเคลื่อนตัวของโลหะหนักในระบบนิเวศทางทะเล บริเวณอ่าวตราด จังหวัดตราด. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา.

ธัญพิสิษฐ์ จิตรจะโปะ. 2562. การประเมินคุณภาพดินตะกอนบริเวณอ่าวตราด. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี

7.2 ผลงานเชิงสาธารณะ

1) นำไปใช้ประกอบในการเรียนการสอนกับนักศึกษาระดับอุดมศึกษา ในมหาวิทยาลัยบูรพา
2) นำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนจัดการเชิงพื้นที่ให้กับกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง
3) นำไปใช้ประกอบการสอนในค่ายวิทยาศาสตร์ “โครงการค่ายโครงงานวิทยาศาสตร์ทางทะเล ณ โรงเรียนวัดพลา จังหวัดระยอง”

รายงานสรุปการเงิน

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๑ มหาวิทยาลัยบูรพา สัญญาเลขที่ ๒๑๕/๒๕๖๑

ชื่อโครงการ การสะสมโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมทางน้ำและผลกระทบต่อโลมาอิรวดีบริเวณอ่าวตราด จังหวัดตราด

หัวหน้าโครงการ ดร. ภัทราวุธ ไทยพิชิตบูรพา
รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ ๓๐ พฤษภาคม ๒๕๖๑ ถึงวันที่ ๒๒ สิงหาคม ๒๕๖๒
ระยะเวลาดำเนินการ ๑ ปี ๑๑ เดือน ตั้งแต่วันที่ ๑ ตุลาคม ๒๕๖๐ – ๒๒ สิงหาคม ๒๕๖๒

รายรับ

จำนวนเงินที่ได้รับ
งวดที่ ๑ (๕๐%) ๑๙๗,๘๐๐ บาท เมื่อ ๒๐ ตุลาคม ๒๕๖๐
งวดที่ ๒ (๔๐%) ๑๕๘,๒๔๐ บาท เมื่อ ๓๐ พฤษภาคม ๒๕๖๑
งวดที่ ๓ (๑๐%) ๓๙,๕๖๐ บาท เมื่อ (รออนุมัติปิดโครงการ)
รวม ๓๙๕,๖๐๐ บาท

รายจ่าย

รายการ	**งบประมาณที่ตั้งไว้**	**งาบประมาณที่ใช้จริง**	**จำนวนคงเหลือ/เกิน**
๑. ค่าตอบแทน	๑๕,๐๐๐	๑๕,๐๐๐	๐
๒. ค่าจ้าง	-	-	-
๓. ค่าวัสดุ	-	-	-
๔. ค่าใช้สอย	๓๔๑,๐๔๐	๓๔๑,๐๔๐	๐
๕. ค่าครุภัณฑ์	-	-	-
๖. ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	-	-	-
- ค่าบริหารโครงการสำหรับมหาวิทยาลัยสำหรับมหาวิทยาลัยร้อยละ ๑๐	๓๙,๕๖๐	๓๙,๕๖๐	๐
รวม	๓๙๕,๖๐๐	๓๙๕,๖๐๐	๐

(..)
ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ. 2558. ประกาศกรมควบคุมมลพิษเรื่อง การกำหนดเกณฑ์คุณภาพดินตะกอนชายฝั่งทะเล. กรมควบคุมมลพิษ, กรุงเทพฯ

กาญจนา อดุลยานุโกศล สุรศักดิ์ ทองสุกดี ธีรวัตร เปรมปรี และสุระชัย ภาสดา.2554. คู่มือในการชมโลมาและปลาวาฬ. ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ

จิรารัตนุเรี่ยมเจริญ และวิชำญ ชูสุวรรณ. 2559. การปนเปื้อนของโลหะหนักในตะกอนดินและสัตวน้ำบริเวณพื้นที่อนุรักษ โลมาในทะเลสาบสงขลาตอนบน. ประมวลบทความการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 5 วันที่ 1-3 มิถุนายน พ.ศ.2559 โรงแรมรามาการ์เด้นส์ กรุงเทพฯ

พรศรี มิ่งขวัญ มารุต สุขสมจิตร และสุภกิจ จิ๋วเจริญ. 2555. การประเมินคุณภาพตะกอนดินในอ่าวไทยตอนในหลังสถานการณ์อุทกภัยปี 2554. ส่วนแหล่งน้าทะเล สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ,กรุงเทพฯ

พรศรี มิ่งขัวญ สุภกิจ จิ๋วเจริญ และรังสรรค์ปิ่นทอง. 2557. การสะสมตัวของโลหะหนักในตะกอนดินอ่าวไทย. เรื่องเต็ม การประชุมวิทยาศาสตร์ทางทะเลครั้งที่ 4 , 10-12 มิถุนายน 2557, กรุงเทพ

พรศรี มิ่งขวัญ และคณะ.2555.การประเมินคุณภาพตะกอนดินในอ่าวไทยตอนในหลังสถานการณ์อุทกภัยปี 2554. ส่วนแหล่งน้ำทะเล สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ, กรุงเทพฯ สำนักงาน

รัชดา อิทธิพงษ์ และวลัย คลี่ฉายา. 2557. การปนเปื้อนโลหะหนักในสัตว์น้ำจากสะพานปลาท่าเทียบเรือ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2557 .กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เวียงชัย จงศรีรัตนกุล อุดมลักษณ์ คงสังข์ และ ธงชัย สุธีรศักดิ์. 2561. การกระจายตัวและการสะสมตัวของตะกั่วในตะกอนดินอ่าวภูเก็ต บริเวณพื้นที่รองรับน้ำทิ้งจากคลองบางใหญ่. เรื่องเต็ม การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 6 มหาวิทยาลัยบูรพา 18 - 20 มิถุนายน 2561

สมชาย วิบุญพันธ์ ธิดารัตน คงชัย อุทิศ โชติธรรมโม และพิมพ์วิมล อินทร์แก้ว. 2558. ศึกษาปริมาณโลหะหนักในสัตว์น้ำและแหล่งประมงบริเวณชายฝั่งจังหวัดสงขลา พ.ศ. 2554. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4/2558. กองวิจัยประมง กรมประมง, กรุงเทพฯ

สมชาย วิบุญพันธ ณรงคศักดิ์ คงชัย วิวิธนนท บุญยัง และ ทรงฤทธิ์ โชติธรรมโม.2549. การปนเปอ นของสารโลหะหนักในสัตวทะเลบางชนิดบริเวณชายฝงอาวไทยตอนลาง. ศูนยวิจัยและพัฒนาประมงทะเลอาวไทยตอนลาง สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ

สมชาย วิบุญพันธ์ ไพรัช เถาชาลีย์ ชุมโชค สิงหราชัย รัตนามั่นประสิทธิ์ และทศพล กระจ่างดารา.2551. ปริมาณโลหะหนักในสัตว์ทะเลจากเรือประมงอวนลากและอวนล้อมจับบริเวณน่านน้ำไทย. สำนักวิจัยประมงทะเล กรมประมง, กรุงเทพฯ

สุเทพ เจือละออง ชลาทิพ จันทร์ชมภู ชาติชาย เพ็ญเพียร ศักดา อิงเอนุ และณฐกฤตพรรณ พึ่งสำราญ. 2557. การสะสมของสารโลหะหนักในสัตว์ทะเลหายากเกยตื้นบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก. เรื่องเต็ม การประชุมวิทยาศาสตร์ทางทะเลครั้งที่ 4 , 10-12 มิถุนายน 2557, กรุงเทพ

สิ่งแวดล้อมภาคที่ 8 ราชบุรี.2557. รายงานคุณภาพน้าแหล่งน้ำผิวดิน ปี 2557. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ

สันติ นิลวัตน์, อติชาต อินทองคา ก้องเกียรติ กิตติวัฒนาวงศ์ กาญจนา อดุลยานุโกศล เผ่าเทพ เชิดสุขใจ ภัชราภรณ์ แก้วโม่ง ชินกร ทองไชย และนิศารัตน์ ทวิสุวรรณ.2556. การสะสมสารโลหะหนักใน สัตว์ทะเลหายากเกยตื้น บริเวณทะเลอ่าวไทยและอันดามัน. กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ

ศุภชัย รัตนมณีฉัตร. 2534. มลพิษสิ่งแวดล้อมน้ำและอากาศ. หน่วยเวชศาสตร์ป้องกัน คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล. กรุงเทพฯ.

อาวุธ หมั่นหาผล แววตา ทองระอา ฉลวย มุสิกะ และวันชัย วงสุดาวรรณ. 2557. คุณลักษณะดินตะกอนในบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทย. เรื่องเต็ม การประชุมวิทยาศาสตร์ทางทะเลครั้งที่ 4 , 10-12 มิถุนายน 2557, กรุงเทพ

อุดมลักษณ์ คงสังข์ ธงชัย สุธีรศักดิ์. 2561. การปนเปื้อนของโลหะหนักในตะกอนดิน ไส้เดือนทะเลและหอยแครงในพื้นที่รองรับน้ำทิ้งคลองบางใหญ่ จังหวัดภูเก็ต. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. ปีที่ 41 ฉบับที่ 4

Albert Ebo Duncan, Nanne de Vries and Kwabena Biritwum Nyarko. 2018. Assessment of Heavy Metal Pollution in the Sediments of the River Pra and Its Tributaries. Water Air Soil Pollut (2018) 229: 272

Alloway, B.J. 1990. Heavy Metals in Soils. Halsted Press, New York, U.S.A.

Berman, E. 1980. Toxic Metals and Their Analysis. Cambridge University Press, London.

Bram, E. and W. Anthony. 1983. Cadmium and lead through an agricultural food chain. Texas A. and M. Univ., Sci. Total Environ. 28: 295-307.

Depinto, J.V., T.C. Young and S.C. Matin. 1983. Metal composition of soil sediment and Urban dust and dirt samples from the Menomoce River Watershed. U.S.A. Water Air Soil Pollut. 22 (3): 257-278.

Francis, A.J. and C.J. Dodge. 1988. Anaerobic microbial dissolution of transition and heavy metal oxides. Appl. Environ. Microbiol. 54: 1,009-1,014.

Gaskin, D. E. 1982. Environmental contaminants and trace elements: their occurrence and possible significance in Cetacea. P. 393-433, In: Gaskin D.E. The Ecology of Whales and Dolphins. Heinemann, London.

Hazrat Ali and Ezzat Khan. 2018. Bioaccumulation of non-essential hazardous heavy metals and metalloids in freshwater fish. Risk to human health. Environmental Chemistry Letters (2018) 16:903–917

Kittiwattanawong, K. Chantrapornsyl, S. Ninwat and S. Chooruk. 2007. Review of the status and conservation of Irrawaddy dolphins Orcaella brevirostris in Songkhla lake of Thailand. In: Status and conservation of freshwater populations of Irrawaddy dolphins. WSC Working Paper No. 31, pp. 83-87.

McPherson C., Chapman P., Vigers G. and Kah-Sin Ong. 1999. ASEAN Marine Water Quality Criteria. EVS Environment Consultants Ltd. And Department of Fisheries Malaysia

Mst. Khadiza Begum and Mohammad Shamsur Rahman. 2016. BIOACCUMULATION OF HEAVY METALS IN NILE TILAPIA OREOCHROMIS NILOTICUS (LINNAEUS 1758) FED WITH COMMERCIAL FISH FEEDS. Bangladesh J. Sci. Res. 29(2): 89-99,

Petpiroon and Petpiroon. 1966. Distribution of heavy metals in Bangpakong river and their variation at the month of the river. Proceedings of The third Internation symposium of ENTERNET-APR: Conservation of the hydrosperic environment. Chulalongkorn University, Bangkok Thailand

Rohasliney Hashim, Tan Han Song, Noor Zuhartini Md Muslim and Tan Peck Yen. 2014. Determination of Heavy Metal Levels in Fishes from the Lower Reach of the Kelantan River, Kelantan, Malaysia. Tropical Life Sciences Research, 25(2), 21–39,

Reeves, R. R., Jefferson, T. A., Karczmarski, L., Laidre, K., O'Corry-Crowe, G., Rojas-Bracho, L., Secchi, E. R., Slooten, E., Smith, B. D., Wang, J. Y. & Zhou, K. (2008). "Orcaella brevirostris". IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.1. International Union for Conservation of Nature.

Reilly, C. 1980. Metal Contamination of Food. Applied Science Publishers Ltd., London

Sivakumar Rajeshkumar, Xiaoyu Li. 2018. Bioaccumulation of heavy metals in fish species from the Meiliang Bay, Taihu Lake, China. Toxicology Reports 5 (2018) 288–295

Md. Iqbal Hossain, Badhan Saha1, Mahmuda Begum1, Nusrat Jahan Punom,

S.M. Sharifuzzaman, Hafizur Rahman, S.M. Ashekuzzaman, Mohammad Mahmudul Islam, Sayedur Rahman Chowdhury,and M. Shahadat Hossain. 2015. Heavy Metals Accumulation in Coastal Sediments . S.M. Sharifuzzaman et al.

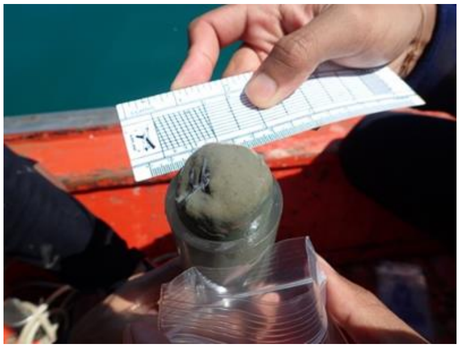
Tavakoly, S.B., Sulaiman, A.H ., Monazami, GH. and Salleh, A. 2011. Assessment of Sediment Quality According To Heavy Metal Status in the West Port of Malaysia. International Scholarly and Scientific Research & Innovation 5(2) .

Vaikosen, E. N., Ebeshi, B. U. and Airhihen, B. 2014. Bioaccumulation of Heavy Metals and Hydrocarbons in Hemichromis Fasciatus Exposed to Surface Water in Borrow Pits Located WithinOnshore Oil Exploration and Production Area. Environment and Pollution; Vol. 3, No. 3

ภาคผนวก

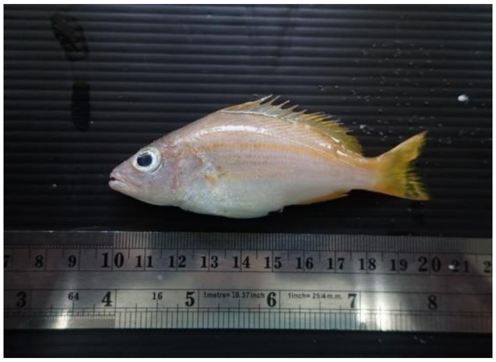
ตัวอย่างภาพในการทำงานเก็บตัวอย่างภาคสนาม บริเวณอ่าวตราด จังหวัดตราด

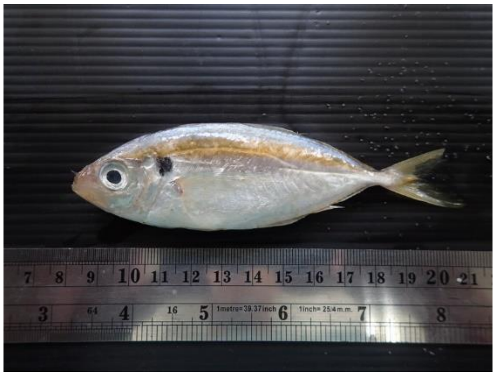
ตัวอย่างภาพในการทำงานเก็บตัวอย่างภาคสนาม บริเวณอ่าวตราด จังหวัดตราด (ต่อ)

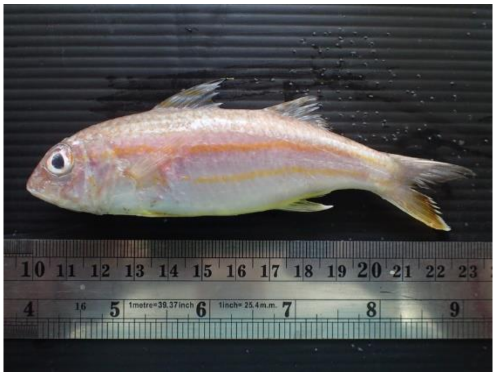


ตัวอย่างภาพในการทำงานเก็บตัวอย่างภาคสนาม บริเวณอ่าวตราด จังหวัดตราด (ต่อ)

ภาพตัวอย่างปลาที่ได้จากการการศึกษา







ภาพตัวอย่างปลาที่ได้จากการการศึกษา (ต่อ)