บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

ปรอทเป็นโลหะหนักที่มีความเป็นพิษสูง เช่นเดียวกับโลหะหนักชนิดอื่นๆ ปรอทจะไม่สลายตัว แต่รูปแบบทางเคมีอาจเปลี่ยนแปลงไป ปรอทแพร่กระจายลงสู่แหล่งน้ำด้วยวิธีต่างๆ ทั้งโดยธรรมชาติและปนเปื้อนจากกิจกรรมของมนุษย์ ปรอทจากกิจกรรมของมนุษย์จะปนเปื้อนมากับน้ำทิ้งจากชุมชนและอุตสาหกรรม ปรอทอนินทรีย์ที่เข้าสู่แหล่งน้ำจะเปลี่ยนรูปเป็นปรอทอินทรีย์ซึ่งมีความเป็นพิษสูงโดยการกระทำของจุลินทรีย์ ปรอทอินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมที่พบมาก ได้แก่ เมทิลเมอร์คิวรี (methyl mercury) (NOAA, 1996; Dill *et al.*, 2006) ซึ่งสามารถสะสมในร่างกายสิ่งมีชีวิตและถ่ายทอดสู่สิ่งมีชีวิตตามระดับขั้นผู้บริโภค (trophic level) ปรอทที่ปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มาจากธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์มีปริมาณใกล้เคียงกัน (Pacyna and Munch, 1991) ในพื้นที่อุตสาหกรรมและชุมชนเมืองจะมีการสะสมของปรอทเพิ่มสูงขึ้น ปรอทจะมีผลต่อระบบการทำงานของร่างกาย อาทิ ระบบหายใจ ระบบทำงานของอวัยวะภายใน และระบบประสาท ถ้าได้รับมากๆ อาจถึงกับเสียชีวิตได้ในที่สุด ตัวอย่างความเป็นพิษของปรอท ได้แก่ กรณีการปนเปื้อนของปรอทในอ่าวมินามาตะ (Minamata Bay) ประเทศญี่ปุ่น ในช่วงกลางศตวรรษที่ 50 (Fujiki and Tajima, 1992)

การปนเปื้อนของปรอทพบทั่วไปในสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำจะสะสมปรอทในเนื้อเยื่อ ในรูปของปรอทอินทรีย์ แม้แต่ในปลาทะเลลึก เช่น ปลาทูน่า ก็มีปรอทปนเปื้อนอยู่ (Rasmussen *et al.*, 2006) ปัจจุบันพบว่าปรอทที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมและในอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเนื้อปลาทะเล มีปริมาณสูงขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นการตรวจวัดปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมต่างๆ จึงได้รับความสนใจในระดับนานาชาติ คาดว่าปรอทที่ปนเปื้อนลงสู่สิ่งแวดล้อมชายฝั่งและทะเลมีแหล่งกำเนิดหลักมาจากแผ่นดิน (land-based pollution) เช่น น้ำทิ้งและของเสียจากบ้านเรือนและอุตสาหกรรม ขยะมูลฝอย เป็นต้น (PCD, 2000)

ทะเลสาบสงขลาเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญยิ่งต่อชุมชนรอบทะเลสาบแห่งนี้ ทะเลสาบสงขลาเป็นทะเลสาบธรรมชาติที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย และในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จะใหญ่เป็นที่สองรองจากตองเลสาบ ในประเทศกัมพูชา ทะเลสาบสงขลามีลักษณะต่างจากทะเลสาบอื่น คือ เป็นทะเลสาบกึ่งปิด เรียกว่า ลากูน (lagoon) โดยเฉพาะทะเลสาบ

สงขลาตอนนอก มีระบบนิเวศทั้งน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม ลักษณะทางกายภาพ แบ่งเป็น 4 ส่วน คือ ทะเลน้อย, ทะเลสาบตอนใน (หรือทะเลหลวง), ทะเลสาบตอนกลาง (หรือทะเลสาบ) และทะเลสาบตอนนอก (หรือทะเลสาบสงขลา) มีระบบนิเวศที่ให้ผลผลิตทั้งพืชและสัตว์นานาชนิด ทำให้เป็นแหล่งประมงที่สำคัญ พื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาถูกใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ มีการทำประมง เกษตรกรรม เหมืองแร่ และโรงงานอุตสาหกรรม กิจกรรมเหล่านี้เป็นแหล่งกำเนิดของสารมลพิษทั้งโดยตรงและโดยอ้อม ทำให้ทะเลสาบสงขลากลายเป็นแหล่งปนเปื้อนและสะสมของสารมลพิษซึ่งรวมถึงปรอท

ผลิตผลที่เป็นอาหารจากทะเลสาบสงขลามีทั้งสัตว์และพืชน้ำ หากมีปรอทสะสมในปริมาณที่ค่อนข้างสูงก็จะเพิ่มความเสี่ยงต่อผู้บริโภค แม้ว่าระดับปรอทในทรัพยากรประมงของทะเลสาบสงขลาในปัจจุบันจะยังไม่อยู่ในระดับที่เป็นพิษเฉียบพลัน แต่จะสะสมและเข้มข้นขึ้นตามลำดับขั้นผู้บริโภค (trophic level) ที่สูงขึ้นไปในห่วงโซ่อาหาร (food chain) ผู้ที่ได้รับปรอทเข้าไปสะสมถึงระดับหนึ่งก็จะเกิดเป็นพิษแบบเรื้อรัง (chronic) ได้ เพราะพิษของปรอทจะมีผลต่อระบบการทำงานของร่างกาย ระบบหายใจ ระบบทำงานของอวัยวะภายใน และระบบประสาท ซึ่งจะทำให้เกิดโรคพิษปรอทหรือโรคมินามาตะ (Minamata disease) และอาจเสียชีวิตได้ในที่สุด (WHO, 1976; ATSDR, 1999)

การศึกษาการแปรผันและการแพร่กระจายของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำที่จับจากทะเลสาบสงขลามีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะเป็นการศึกษาและเฝ้าระวังปริมาณสารปรอทที่สะสมในสัตว์น้ำ ซึ่งเป็นอาหารของมนุษย์ เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายจากการบริโภคสัตว์น้ำที่ปนเปื้อนปรอท นอกจากนี้ยังเป็นการศึกษาการปนเปื้อนและการแพร่กระจายของปรอทจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ได้อีกทางหนึ่งด้วย การบ่งชี้การปนเปื้อนของปรอทในทะเลสาบสงขลาก่อนที่จะมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด เป็นสิ่งที่พึงเร่งกระทำก่อนที่การปนเปื้อนจะส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมในทะเลสาบสงขลาและมนุษย์ นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้นำไปใช้คำนวณเพื่อหาปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคสัตว์น้ำจากทะเลสาบสงขลา และจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการสิ่งแวดล้อมและแนวทางในการควบคุมการปนเปื้อนของปรอทในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

1.2 ปรอทและประเภทของปรอท

ในธรรมชาติพบปรอทแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในดิน น้ำ และอากาศ มีทั้งที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ วัฏจักรของปรอทในธรรมชาติเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องตลอดเวลา ในสภาวะปกติปรอทบริสุทธิ์จะมีสถานะเป็นของเหลว มีสีขาวคล้ายเงินจึง

เรียกว่า “Liquid Silver” หรือ “Quick Silver” และเป็นโลหะชนิดเดียวที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ เมื่ออุณหภูมิลดลงจะเป็นของแข็งที่มีความเปราะและระเหิดเป็นไอได้ คุณสมบัติอื่นๆ คือ สะท้อนแสงและเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 200.59 จุดเดือดเท่ากับ 356.9^{o}C จุดเยือกแข็งเท่ากับ -38.87^{o}C ความหนาแน่นที่ 20^{o}C เท่ากับ 13.546 กรัมต่อมิลลิลิตร ความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 13.545 มีความสามารถในการละลายน้ำต่ำ ในธรรมชาติปรอทที่สะสมอยู่ในดินจะระเหยเป็นไอขึ้นสู่อากาศ และน้ำฝนก็จะชะล้างจากอากาศ กลับลงสู่ทะเล แม่น้ำ และพื้นดิน (Hylander and Meili, 2003; กรมควบคุมมลพิษ, 2541) รูปแบบของปรอทแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

1.2.1 สารประกอบปรอทอนินทรีย์

สารประกอบอนินทรีย์ ได้แก่ เมอร์คิวรัสคลอไรด์ (mercurous chloride: Hg_2Cl_2) และเมอร์คิวริกคลอไรด์ (mercuric chloride: $HgCl_2$) $HgCl_2$ มีฤทธิ์ขัดขวางปฏิกิริยาในร่างกายได้มากกว่า Hg_2Cl_2

1.2.2 สารประกอบปรอทอินทรีย์

สารประกอบอินทรีย์เป็นรูปแบบที่เป็นพิษมากที่สุด ได้แก่ สารประกอบอัลคิลเมอร์คิวรี (alkyl mercury) เช่น สารประกอบเมทิลเมอร์คิวรี (methyl mercury) เอทิลเมอร์คิวรี (ethyl mercury) เมทิลเมอร์คิวรีมีความเป็นพิษสูงมาก เนื่องจากละลายได้ดีในไขมัน จึงสะสมในร่างกายได้ดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเนื้อเยื่อสมองและสามารถเคลื่อนย้ายผ่านเนื้อเยื่อ BBB (blood-brain barrier) เข้าไปขัดขวางการทำงานของระบบประสาท ทำให้ระบบประสาททำงานผิดปกติและเป็นสาเหตุของโรคมินามาตะ นอกจากนี้สารประกอบปรอทอินทรีย์ยังสามารถซึมผ่านรก เข้าสู่ทารกในครรภ์มารดา ทำให้ทารกที่เกิดมามีอาการผิดปกติทางระบบประสาทและภูมิปัญญา และทำให้เกิดการผิดปกติทางโครโมโซมของมนุษย์ ซึ่งส่งผลกระทบระยะยาวทางกรรมพันธุ์ (ATSDR, 1999)

1.3 ปรอทในสิ่งแวดล้อม

สารประกอบปรอทประเภทต่างๆ ที่แพร่ออกสู่สิ่งแวดล้อมมีที่มาจากแหล่งกำเนิด 2 แหล่งใหญ่ คือ

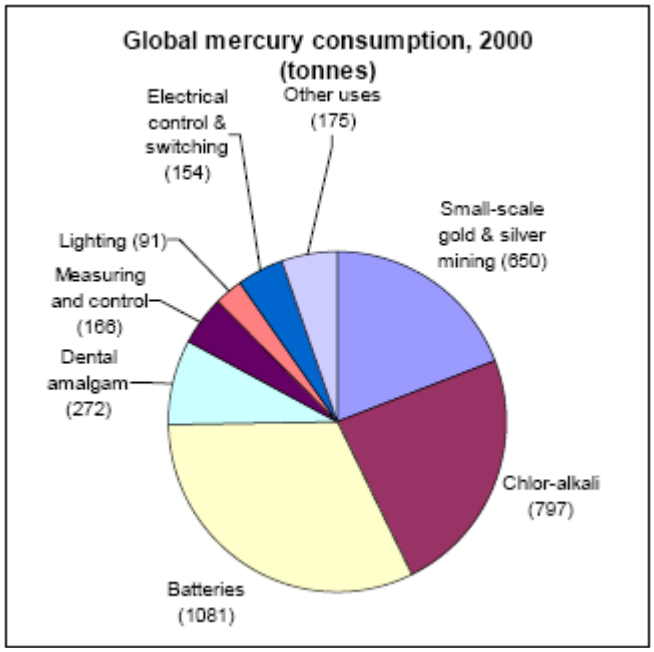
1.3.1 แหล่งกำเนิดที่เป็นธรรมชาติ

ปรอทพบได้ทั่วไปตามธรรมชาติ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องตลอดเวลา แต่พบในปริมาณที่น้อยเมื่อเทียบกับพื้นที่ของโลก ปรอทที่พบมากในธรรมชาติ คือ โลหะปรอท (Hg) และปรอทซัลไฟด์ (HgS) ความเข้มข้นในธรรมชาติจะน้อยกว่า 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร อย่างไรก็ตามการแพร่กระจายจากแหล่งธรรมชาตินั้นมีปริมาณน้อยมาก เมื่อเทียบกับปริมาณที่ก่อเกิดจากการกระทำของมนุษย์ (วรวิทย์ ชีวาพร และคณะ, 2542)

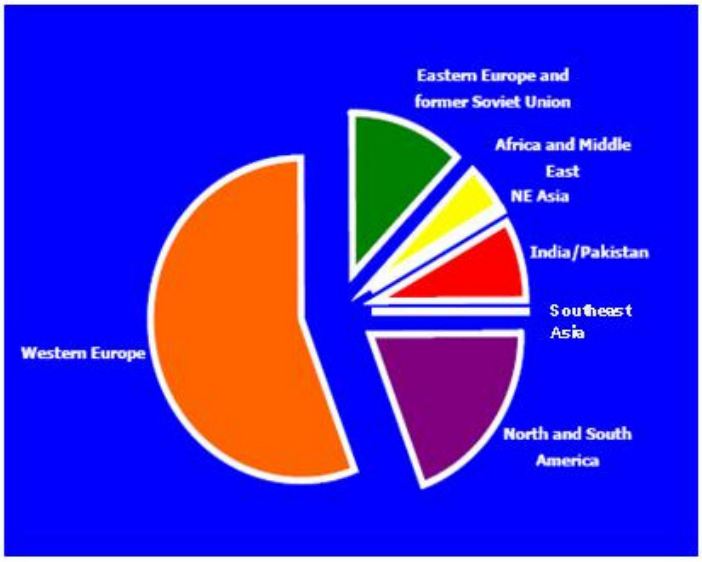
1.3.2 แหล่งกำเนิดที่มาจากการกระทำของมนุษย์

ปรอทเป็นสารที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์กันอย่างกว้างขวาง และใช้ในกระบวนการอุตสาหกรรมต่างๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมทำสี อุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมการเกษตร เป็นต้น ทำให้มีการปนเปื้อนของสารปรอทในสิ่งแวดล้อม

จากการสำรวจปริมาณการใช้สารปรอททั่วโลกปี 2000 พบว่ามีการใช้ปรอทถึง 3,386 ตันต่อปี ส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมการทำแบตเตอรี่ (1,081 ตันต่อปี) รองลงมา คือ Chlor-alkali (797 ตันต่อปี) (รูปที่ 1-1) (ECDGE, 2004) และพบว่าในทวีปยุโรปตะวันตก มีอัตราการใช้ปรอทสูงที่สุด (ร้อยละ 56) ตามด้วยทวีปอเมริกาเหนือและใต้ (ร้อยละ 19) (รูปที่ 1-2) ทำให้ปรอทแพร่กระจายและตกค้างในธรรมชาติ ดังตัวอย่างที่พบในประเทศญี่ปุ่นที่ประชาชนจำนวนมากป่วยเป็นโรคมินามาตะ เนื่องจาก บริโภคสัตว์น้ำที่มีการปนเปื้อนของสารปรอทในรูปของเมทิลเมอร์คิวรี (CH_3Hg^+) ในปริมาณที่สูง (Fujiki and Tajima, 1992)



รูปที่ 1-1 ปริมาณการใช้สารปรอทในกิจกรรมต่างๆ (ECDGE, 2004)



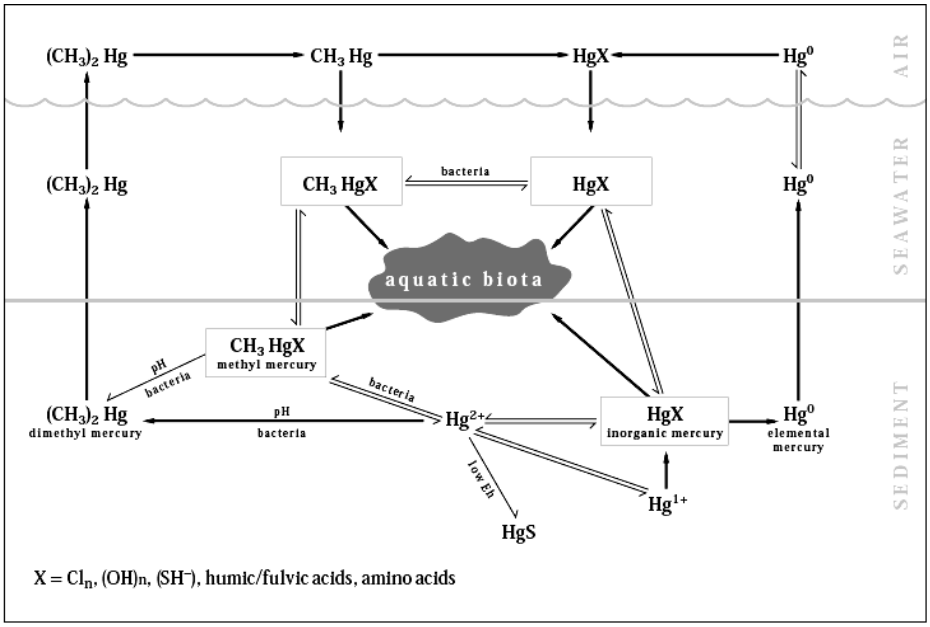
รูปที่ 1-2 ปริมาณการใช้สารปรอททั่วโลก (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

1.4 การเปลี่ยนรูปและการแพร่กระจายของปรอทในสิ่งแวดล้อม

การเผาไหม้ขยะก็เป็นแหล่งกำเนิดของสารปรอทสู่สิ่งแวดล้อมเช่นกัน เมื่อเกิดฝนตกหรือน้ำหลากในลุ่มน้ำทะเลสาบ ก็จะชะล้างปรอทจากที่ต่างๆ ลงสู่แหล่งน้ำ และในที่สุดสะสมอยู่ในตะกอนซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเป็นแหล่งผลิตอาหารที่สำคัญของระบบนิเวศ

ทั้งในแง่การเป็นแหล่งอาหาร เส้นทางอพยพชั่วคราวของสัตว์น้ำ และเป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนหลายชนิด (Acevedo-Figueroa *et al.*, 2006; Augelli *et al.*, 2006) ดังนั้นหากตะกอนดินมีการปนเปื้อนสารปรอทก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตทั้งจากการกลืนกินโดยตรงหรือจากที่ปลดปล่อยออกจากตะกอน และก่อให้เกิดการถ่ายทอดและสะสมในสิ่งมีชีวิต (bioaccumulation) ตามลำดับขั้นผู้บริโภคที่สูงขึ้นในห่วงโซ่อาหาร ดังนั้นสิ่งมีชีวิตในลำดับผู้บริโภคที่สูงจึงมีความเข้มข้นของสารปรอทสะสมในร่างกายสูง (biomagnification) เช่น ปลา ปู กุ้ง สัตว์น้ำต่างๆ และแม้แต่สัตว์บกก็มีโอกาสได้รับปรอทด้วย (NOAA, 1996; Evans *et al.*, 2000; Clark *et al.*, 2001)

เมื่อปรอทเข้าสู่สิ่งแวดล้อมจะมีการเปลี่ยนรูปแบบในตัวการต่างๆ เช่น ในอากาศ ในดิน ในน้ำ ในตะกอนดิน และในสัตว์น้ำ การเปลี่ยนแปลงรูปแบบทางเคมีของปรอทในแหล่งน้ำแสดงไว้ในรูป 1-3 (NOAA, 1996)



รูปที่ 1-3 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบทางเคมีของปรอทในแหล่งน้ำ (NOAA, 1996)

1.4.1 ปรอทในอากาศ

กระแสลมในบรรยากาศจะพัดพาไอปรอทให้ไปได้ไกลจากแหล่งกำเนิด ส่วนปรอทในรูปแคตไอออน (cation) และอนุภาค (particles) ส่วนใหญ่จะตกสะสมไม่ไกลจากแหล่งกำเนิดนัก ดังนั้นปริมาณปรอทที่มีอยู่ในอากาศตามแหล่งต่างๆ จะแตกต่างกัน เช่น พื้นที่ชนบท พบว่ามีความเข้มข้นของปรอทเจือปนอยู่ในบรรยากาศประมาณ 1-5 นาโนกรัมต่อ

ลูกบาศก์เมตร ส่วนในเขตชุมชนหรือเมืองต่างๆ พบว่ามีค่าสูงประมาณ 7-10 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (UNEP, 1984) ไอปรอทในบรรยากาศตกลงสู่พื้นดินและพื้นน้ำ โดยกระบวนการ 2 ประเภท (Lindqvist *et al*., 1991) คือ แบบแห้ง (dry deposition) โดยปรอทที่อยู่ในรูปอนุภาค เช่น ปรอทที่เกาะอยู่กับอนุภาคพวกเขม่า จะตกลงสู่พื้นโลกโดยแรงโน้มถ่วง และแบบเปียก (wet deposition) โดยหยาดน้ำฟ้าประเภทต่างๆ จะชะปรอททั้งประเภทที่ถูกออกซิไดซ์ไปเป็นไอออน และปรอทที่เป็นอนุภาคให้ตกลงสู่พื้นดิน

สำหรับในประเทศไทยนั้นในปี พ.ศ. 2533 สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดชลบุรีตรวจพบว่าคุณภาพอากาศในจังหวัดชลบุรีมีความเข้มข้นของปรอทปนเปื้อนในระดับเฉลี่ย 2.19 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในปัจจุบันได้มีการตรวจวัดปริมาณปรอทในสถานที่ประกอบการซึ่งมีปรอทเป็นส่วนประกอบ เพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของกระทรวงมหาดไทยซึ่งกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2550)

1.4.2 ปรอทในดิน

ปรอทที่สะสมในดิน มักจะอยู่ในรูปสารประกอบร่วมกับสารอื่นในดิน กลายเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ เมื่อมีกิจกรรมการใช้ที่ดิน เช่น การเกษตร การพัฒนาที่ดินเพื่ออยู่อาศัย การขุดดิน การทำเหมือง การทำถนน ฯลฯ จะทำให้สารประกอบปรอทเหล่านี้เปลี่ยนแปลงรูปแบบทางเคมี การเปิดหน้าดินทำให้ปรอทถูกเซาะกร่อนและถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย ทำให้ปรอทเปลี่ยนรูปแบบทางเคมีมาอยู่ในรูปแบบที่ละลายน้ำได้มากขึ้น และส่งผลต่อการเคลื่อนตัวของปรอทจากดินเข้าสู่แหล่งน้ำ (Blake, 1980)

ปรอทที่สะสมอยู่ในดินมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น

1) สารประกอบที่ละลายน้ำ เช่น เมอร์คิวรีคลอไรด์ (mercury chloride)
2) ดูดซับอยู่บนพื้นผิวของสารอื่น เช่น แร่ดินเหนียว (clay minerals)
3) เกิดพันธะเชิงซ้อนกับสารอินทรีย์ เช่น กรดฟูลวิก (fulvic acid)
4) เป็นสารประกอบในตะกอน เช่น ในรูปซัลไฟด์ (sulfide), คาร์บอเนต (carbonate) และไฮดรอกไซด์ (hydroxide)
5) ปรอทอินทรีย์ เช่น เมทิลเมอร์คิวรี (methyl mercury)

ความเข้มข้นของปรอทในดินอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ในดินที่ไม่มีการปนเปื้อนมีความเข้มข้นเฉลี่ยประมาณ 0.07 ไมโครกรัมต่อกรัม ส่วนดินบริเวณที่มีการทำเหมืองแร่หรือดินที่มีการปนเปื้อน จะมีความเข้มข้นของปรอทสูงกว่า 500 ไมโครกรัมต่อกรัม และมีระยะเวลาการคง

ตัว (residence time) อยู่ภายในดินนานถึง 1,000 ปี จิรวัฒน์ ขวัญแก้ว (2549) พบว่าปริมาณปรอทในดินรอบทะเลสาบสงขลายังมีค่าต่ำ และอยู่ในระดับที่พบได้ตามธรรมชาติ โดยมีค่าระหว่าง 11.0- 483.5 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง)

1.4.3 ปรอทในน้ำ

ปรอทปะปนอยู่ในน้ำได้หลายรูปแบบ แต่ส่วนใหญ่สารปรอทที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำจะมีอยู่ 5 รูป ดังนี้ (เปี่ยมศักดิ์, 2538)

1) Inorganic divalent mercury, Hg^{2+}
2) Metallic mercury, Hg^{0}
3) Phenyl mercury, $C_6H_5Hg^{+}$
4) Methyl mercury, CH_3Hg^{+}
5) Alkoxy-alkyl mercury, $CH_3O\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}Hg^{+}$

เมื่อสารปรอทถูกปลดปล่อยเข้าสู่สิ่งแวดล้อมทางน้ำแล้ว บางส่วนจะยึดติดอยู่กับอินทรีย์วัตถุที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ และตกตะกอนลงสู่ท้องน้ำในเวลาต่อมา ปรอทอนินทรีย์ที่ตกตะกอนอยู่ในแหล่งน้ำนั้น จะเปลี่ยนเป็นปรอทอินทรีย์ในรูปเมทิลเมอร์คิวรี (CH_3Hg^{+}) ได้โดยกระบวนการทางชีวภาพ (Schuhmacher *et al.*, 1994)

1.4.4 ปรอทในตะกอนดิน

ปรอทที่สะสมอยู่ในตะกอนดินท้องน้ำจะเกิดการเปลี่ยนรูปแบบทางเคมีเช่นเดียวกับที่เกิดในดิน กระบวนการเปลี่ยนรูปทางเคมีที่เกิดขึ้นและก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพคือ กระบวนการเมทิลเลชัน (methylation) สารฮิวมิกในตะกอนมีส่วนช่วยในการเกิดกระบวนการนี้โดยเป็นตัวปลดปล่อยกลุ่มเมทิล (methyl group) ซึ่งจะเข้าทำปฏิกิริยากับปรอท เมื่อปรอทเข้าสู่แหล่งน้ำในที่สุดก็จะไปสะสมอยู่ในตะกอนดิน และก่อให้เกิดการถ่ายทอดและสะสมในสิ่งมีชีวิต

จากการศึกษาปริมาณปรอทในตะกอนดินบริเวณทะเลสาบสงขลา โดย Sompongchaiyakul and Dharmvanij (inpreparation) ได้เก็บตัวอย่างตะกอนดินจากทะเลสาบสงขลาทั้งระบบ (ครอบคลุม ตั้งแต่ทะเลน้อย ถึงทะเลสาบตอนนอก) ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2546 ถึง มกราคม พ.ศ. 2547 มาวิเคราะห์หาความเข้มข้นของปรอทที่สะสมในตะกอนดิน พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ย (ค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุด) ของปรอทในตะกอนดิน บริเวณทะเลน้อย ทะเลสาบตอนในทะเลสาบตอนกลาง และทะเลสาบตอนนอก เท่ากับ 89±15 (63-113), 36±7 (24-49), 40±11(32-62) และ 48±9 (27-63) ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ประไพศรี ธรฤทธิ์ (2546)

วิเคราะห์ตะกอนดินจากทะเลสาบสงขลาตอนนอก 9 จุด คือ ปากคลองอู่ตะเภา ปากคลองพะวง ชุมชนเกาะยอ ชุมชนหัวเขาแดง ปากทะเลสาบสงขลา ปากคลองขวาง ท่าเรือประมงท่าสะอ้าน ปากคลองสำโรง และทะเลสาบสงขลาตอนนอก พบว่าค่าปรอทในตะกอนดินอยู่ในช่วง 47.9-280.2 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งทุกจุดยังมีค่าต่ำกว่าค่าเกณฑ์คุณภาพตะกอนดินของประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ (150-1000 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง)

กรมควบคุมมลพิษ (PCD, 2000) รายงานว่าตะกอนดินกลางอ่าวไทย มีการปนเปื้อนของปรอทแต่ยังอยู่ในระดับต่ำและไม่เกิน Sediment Qualify Guideline (ที่กำหนดโดยประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนด์) แต่ตัวอย่างปลาบางส่วนมีค่าปรอทสูง อย่างไรก็ดีตะกอนดินรอบแท่นขุดเจาะก๊าซธรรมชาติกลางอ่าวไทย มีปรอทสูงถึง 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง แต่ปรอทที่พบอยู่ในรูป HgS หรือที่เรียกว่า ซินนาบาร์ (cinnabar) ซึ่งเป็นรูปแบบทางเคมีที่ไม่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต (non-bioavailable) เพราะถูกตรึงไว้ในรูปของแข็งที่ไม่ละลาย ทั้งนี้ปริมาณที่สูงเกิดจากกิจกรรมขุดเจาะก๊าซธรรมชาติ (Tetra Tect Inc., 1998)

1.4.5 ปรอทในสัตว์น้ำ

ในธรรมชาติการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตต่างๆ มักมีการเกี่ยวข้องกัน “การที่สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งกินสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่งเพื่อการดำรงชีวิต” พฤติกรรมตามธรรมชาตินี้เรียกว่าห่วงโซ่อาหาร ซึ่งในห่วงโซ่อาหารจะมีลำดับขั้นของการบริโภคต่างๆ แต่ละขั้น เรียกว่า “trophic level” โดยพืชสีเขียวเป็นผู้ผลิต และสัตว์กินพืชเป็นลำดับขั้นของการบริโภคที่ 1 สัตว์กินสัตว์เป็นลำดับขั้นของการบริโภคที่ 2 จุดเริ่มต้นของห่วงโซ่อาหารจึงอยู่ที่พืชสีเขียว และถูกกินโดยผู้บริโภคที่กินพืชนี้ก็ถูกกินโดยผู้บริโภคอื่น ผู้บริโภคสิ่งมีชีวิตหนึ่งอาจเป็นผู้บริโภคได้หลายลำดับ ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารของสิ่งมีชีวิตนั้น โดยห่วงโซ่อาหารมี 2 แบบ แบบที่หนึ่งเริ่มจากพืชไปยังสัตว์กินพืช และสัตว์กินสัตว์ ส่วนอีกแบบหนึ่งเริ่มจากซากพืช ซากสัตว์ พวกนี้ถูกย่อยสลายโดยผู้ย่อยสลาย (decomposer)

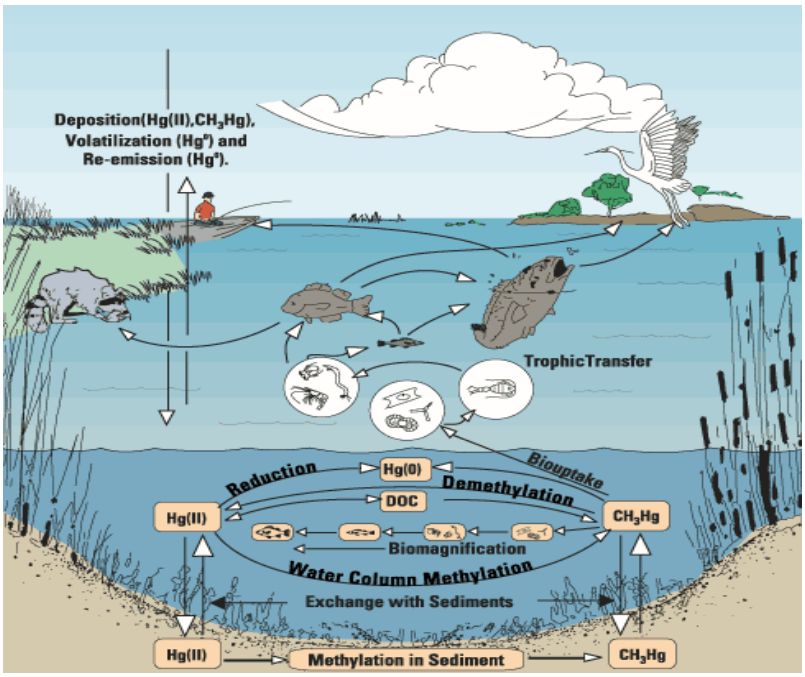
เมื่อปรอทเข้าสู่แหล่งน้ำแล้ว จะสร้างพันธะกับสารอินทรีย์หรือถูกดูดซับโดยสารอินทรีย์ที่แขวนลอยในน้ำ และสะสมในน้ำ ตะกอนดิน และเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในแหล่งน้ำนั้นได้ ปริมาณปนเปื้อนของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำ เกิดจากกระบวนหลัก 3 กระบวนการ (Hudson *et al*., 1992) คือ

1) Bioconcentration หมายถึง การที่ปลาได้รับปรอทโดยตรงจากน้ำ ผ่านทางช่องเหงือก

2) Bioaccumulation หมายถึง การที่ปลาได้รับปรอททั้งโดยตรงและโดยอ้อมจากน้ำ คือ ผ่านอาหารที่กินเข้าไป และจากตะกอนดินท้องน้ำ

3) Biomagnification หมายถึง การเกิดจากการสะสมปรอทเพิ่มมากขึ้นในสิ่งมีชีวิตตามระดับขั้นผู้บริโภค ที่สูงขึ้นไปในห่วงโซ่อาหาร

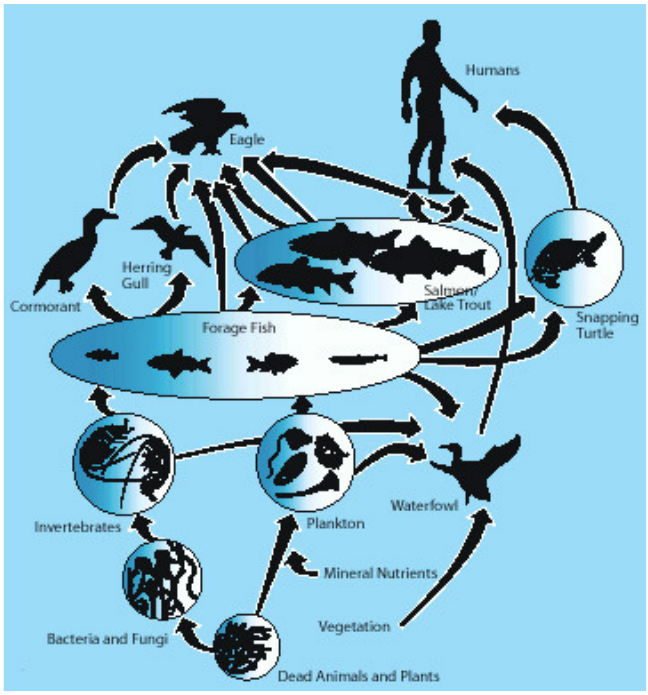
รูปที่ 1-4 แสดงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบทางเคมีของปรอทในแหล่งน้ำและกระบวนการสะสมปรอทในสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นในแหล่งน้ำหนึ่งๆ



รูปที่ 1-4 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบทางเคมีของปรอทและกระบวนการสะสมปรอทที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ (Risch, 2005)

การสะสมของปรอทในสัตว์น้ำเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของปรอทที่ละลายในมวลน้ำ เนื่องจากสัตว์น้ำหายใจโดยปั๊มน้ำผ่านเหงือกเพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนออกซิเจน และนอกจากนี้ยังเพิ่มขึ้นตามปริมาณปรอทที่สะสมอยู่ในอาหารที่สัตว์น้ำนั้นบริโภค (Houserova *et al.*, 2006) ปริมาณการสะสมของปรอทในสัตว์น้ำยังแตกต่างกันตามอายุ ชนิดและขนาด (น้ำหนัก, ความยาว) อาหารที่กิน อัตราการเจริญเติบโต และอุณหภูมิของแหล่งน้ำ รวมทั้งสภาพพื้นที่ที่สัตว์น้ำอาศัยอยู่ (Windom and Cranmer, 1998; กรมควบคุมมลพิษ, 2550) ปลาผิวน้ำขนาดใหญ่บางชนิดสะสมของปรอทสูงถึง 4.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก ปรอทในเนื้อปลาส่วนใหญ่ (ประมาณ 90%)

อยู่ในรูปเมทิลเมอร์คิวรี (Windom and Cranmer, 1998) และปริมาณปรอทที่สะสมอยู่จะเพิ่มขึ้นของเมทิลเมอร์คิวรี ในสัตว์น้ำส่วนใหญ่รับสารปรอทโดยผ่านการกินอาหารในลักษณะต่างๆ และสะสมเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ตามลำดับขั้นการบริโภค (Cheevaporn, 1996; Evans *et al.*, 2000; Clark *et al.*, 2001) ดังรูปที่ 1-5



รูปที่ 1-5 การถ่ายทอดสารปรอทตามลำดับขั้นการบริโภค (Environment Canada, 2005)

Hansen and Riisgard (1990) ศึกษาการสะสมปรอทที่เพิ่มขึ้นตามห่วงโซ่อาหาร โดยศึกษาในสาหร่าย *Phaeodactylum triornutu* ซึ่งอยู่ในระดับขั้นผู้บริโภคล่างสุดของห่วงโซ่อาหาร ถัดขึ้นมา คือ หอยแมลงภู่ (*Mytilus edulis)* และปลา Flounders (*Platichthys flegus*) เป็นลำดับสุดท้าย พบว่าการสะสมของปรอทมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงตามระดับขั้นของผู้บริโภค ส่วนการสำรวจสารปรอทในนกกินปลาทั้งที่อาศัยอยู่ในทะเลและแหล่งน้ำจืดทั่วไป พบว่า มีการสะสมของปรอทสูง โดยเฉพาะในแหล่งที่มีการปนเปื้อน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของปลาที่เป็นอาหารของนกด้วย (Piotrowski and Inskip, 1981) สำหรับประเทศไทย Menasveta (1995) รายงานพบค่าปรอทในปลาบริเวณแท่นขุดเจาะก๊าซธรรมชาติบางส่วนมีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุข ประเทศไทย

1.5 เกณฑ์มาตรฐานปรอทในสัตว์น้ำ

ในปี พ.ศ. 2529 กระทรวงสาธารณสุข ได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานสารปนเปื้อนสำหรับอาหารซึ่งรวมถึงปลาหรือสัตว์น้ำที่นำมาบริโภคด้วย ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขโดยกำหนดปริมาณให้ปรอทในอาหารทะเลมีค่าได้ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และมีได้ไม่เกิน 0.02 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม สำหรับอาหารประเภทอื่น นอกจากนี้ปริมาณปรอทที่ให้มีได้ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ยังเป็นมาตรฐานที่ใช้กำหนดในอาหารทะเลส่งออกของไทยและประเทศต่างๆ ตารางที่ 1-1 แสดงค่าปรอทสูงสุดที่ยอมรับให้มีได้ในสัตว์ทะเลของประเทศต่างๆ สำหรับเกณฑ์มาตรฐานของปรอทในสัตว์น้ำที่กำหนดโดยหน่วยงานต่างๆ ซึ่งเป็นที่ยอมรับในระดับสากลและนิยมใช้ในการอ้างอิง มีทั้งในรูปของปรอทรวมและปรอทอินทรีย์ (เมธิลเมอร์คิวรี) และกลุ่มสัตว์น้ำที่ครอบคลุมถึง แสดงในตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1-1 ปริมาณปรอทสูงสุดที่ยอมรับให้มีได้ในสัตว์ทะเล โดยประเทศต่างๆ

ประเทศ	ประเภทผลิตภัณฑ์	ปริมาณปรอท (ng/g wet weight)	เอกสารอ้างอิง
ไทย	อาหาร	500	กระทรวงสาธารณสุข, 2529
กรีก	ปลาและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ	700	FAO, 1989
ฝรั่งเศส	ปลาและผลิตภัณฑ์	500	”
	ปลาทูน่าและปลากระโทงแทง	700	”
เยอรมัน	ปลาและผลิตภัณฑ์	500	”
เดนมาร์ก	ปลาและผลิตภัณฑ์	300	”
	หอยทุกชนิด	300	”
เนเธอร์แลนด์	ปลาและผลิตภัณฑ์	1000	”
	หอยนางรมและหอยลาย	1000	”
	หอยชนิดอื่น	300	”
สเปน	ปลาและผลิตภัณฑ์	500	”
สวิตเซอร์แลนด์	ปลาและผลิตภัณฑ์	500	”
อิตาลี	ปลาและผลิตภัณฑ์	700	”
ญี่ปุ่น	ปลา	400	”
สหรัฐอเมริกา	ปลาและผลิตภัณฑ์	500	US-FDA
แคนาดา	ปลาและผลิตภัณฑ์หมึก	500	Uthe and Bligh, 1971

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2546)

ตารางที่ 1-2 เกณฑ์มาตรฐานของปริมาณปรอทอินทรีย์และปรอทรวมที่อนุญาตให้มีได้ในสัตว์น้ำ ซึ่งกำหนดโดยองค์กรนานาชาติ

องค์กรนานาชาติ	ปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มี (ng/g wet weight)	หมายเหตุ
เมทิลเมอร์คิวรี		
สำนักงานอาหารและยา (FDA)	1000	FDA action level for methyl mercury
องค์การอนามัยโลก (WHO)	500	ปลาทุกชนิดยกเว้นปลานักล่า
	1000	ปลานักล่า ได้แก่ ฉลาม, ปลาดาบ, ทูน่า, ปลาpike และอื่นๆ
สำนักงานพิทักษ์สิ่งแวดล้อมสหรัฐ (US-EPA)	300	ปลาทุกชนิด
สารปรอทรวม		
สำนักงานอาหารและยา (FDA)	1000	มีนาคม พ.ศ. 2542
องค์การอนามัยโลก (WHO)	500	ปลาทุกชนิด

ที่มา : US-EPA (2001); UNEP (2002)

1.6 ความเป็นพิษของปรอท

ตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าปรอทในธรรมชาติมีอยู่หลายรูปแบบ ทั้งปรอทอินทรีย์และปรอทอนินทรีย์ และยังสามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบทางเคมีได้โดยแบคทีเรีย สัตว์ หรือพืชบางชนิด ซึ่งปรอทแต่ละรูปแบบทางเคมีจะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตไม่เท่ากัน ดังแสดงในตารางที่ 1-3 ปรอทในรูปสารประกอบอินทรีย์เป็นกลุ่มที่มีความเป็นพิษที่สุด ได้แก่ เมธิลเมอร์คิวรี ร่างกายมนุษย์สามารถดูดซึมเมธิลเมอร์คิวรี ในทางเดินอาหารได้สูงถึง 95-98% แต่ขับออกมาในรูปของเสียได้น้อยมาก เมธิลเมอร์คิวรีสามารถยึดติดกับเม็ดเลือดแดงและแพร่กระจายไปยังทุกส่วนของร่างกายประมาณ 15% จะสะสมอยู่ในสมอง ส่วนปรอทที่สามารถเกิดพิษเฉียบพลันคือไอระเหยของธาตุปรอทถ้าหายใจเข้าไปในช่วง 1,200-8,500 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนสารประกอบอนินทรีย์ของปรอทมีความเป็นพิษน้อยที่สุด เพราะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายโดยทางเดินอาหารได้น้อยกว่า และถูกขับออกมาจากร่างกายได้ง่าย (NOAA, 1996)

ตารางที่ 1-3 รูปแบบทางเคมีและความเป็นพิษของสารปรอท

รูปแบบ	ความเป็นพิษ
Hg	โลหะปรอท : ไม่เป็นพิษ แต่ไอปรอทเป็นพิษอย่างร้ายแรงเมื่อสูดดมเข้าไป
Hg_2^{2+}	ประจุเมอร์คิวรัส : มีความเป็นพิษไม่มาก ไม่ละลายน้ำ เมื่ออยู่ในรูปของสารประกอบคลอไรด์ เช่น Hg_2Cl_2
Hg^{2+}	ประจุเมอร์คิวริก : มีความเป็นพิษแต่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายข้ามเนื้อเยื่อ BBB ซึ่งกั้นระหว่างกระแสโลหิตกับเนื้อเยื่อสมอง แต่สามารถสะสมและทำอันตรายต่อไตได้ เช่น $HgCl_2$
RHg^+	สารประกอบอินทรีย์เชิงเดี่ยว : มีความเป็นพิษสูง โดยเฉพาะ CH_3Hg^+ สามารถเคลื่อนย้ายข้ามเนื้อเยื่อ BBB ได้ ทำให้เกิดการทำลายระบบประสาทส่วนกลางและสมองอย่างถาวร เข้าสู่สิ่งมีชีวิตได้โดยห่วงโซ่อาหาร มีอันตรายร้ายแรงต่อระบบประสาท โดยทำลายเซลล์สมอง ประสาท ไต และเนื้อเยื่ออื่นๆ และมีผลทำให้โครโมโซมผิดปกติ
R_2Hg	สารประกอบอินทรีย์เชิงคู่ : มีความเป็นพิษต่ำ แต่สามารถเปลี่ยนรูปเป็น RHg^+ ได้ในตัวกลางที่เป็นกรด เช่น $(CH_3)_2Hg$
HgS	สารประกอบซัลไฟด์ : ไม่ละลายน้ำและไม่เป็นพิษ พบตามธรรมชาติในรูปของแร่ซินนาบาร์

ที่มา : De (1994); Cappon (1994)

1.6.1 ความเป็นพิษต่อสัตว์

IRPTC (1982 อ้างถึงใน กรมควบคุมมลพิษ, 2541) ได้กล่าวถึงความเป็นพิษของสารปรอทที่มีต่อสัตว์ทดลองไว้ ดังนี้

1) ความเป็นพิษเฉียบพลัน

(1) ปรอทในอากาศที่ระดับความเข้มข้น 0.04-3 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ทำให้หนู albino mice ที่ได้รับสารพิษดังกล่าวเป็นเวลา 6 ชั่วโมงต่อวัน ตายในระยะเวลา 2-3 เดือน แต่ถ้าระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น 3-5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ปรากฏว่าหนูทดลองจะตายภายในระยะเวลาเพียง 115 ชั่วโมง

(2) ปรอทในอากาศที่ระดับความเข้มข้น 10-16 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ทำให้หนู guinea mice ที่ได้รับสารพิษดังกล่าวเป็นเวลา 2-4 ชั่วโมงต่อวัน ตายภายใน 3 วัน

(3) ปรอทในอากาศที่ระดับความเข้มข้น 15-20 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ทำให้สุนัขที่ได้รับสารพิษดังกล่าวเป็นเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน ตายได้ภายใน 1-3 วัน

2) ความเป็นพิษเรื้อรัง

(1) ทำให้น้ำหนักตัวเปลี่ยนแปลง

(2) ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของต่อมไธรอยด์ลดลง

(3) รบกวนกระบวนการเมแทบอลิซึมของโปรตีนภายในร่างกาย

(4) มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบต่อมต่างๆ ภายในร่างกาย

(5) มีผลต่อระบบสืบพันธุ์

สำหรับผลกระทบของปรอทที่มีต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ พบว่าสิ่งมีชีวิตทุกชนิดในน้ำสามารถสะสมปรอทไว้ในเนื้อเยื่อได้ และมีการสะสมปรอทในรูปของเกลือและในรูปสารประกอบอินทรีย์เพิ่มขึ้นตามลำดับขั้นการบริโภคในสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ ปรอทจะสะสมในสัตว์น้ำที่ไม่มีกระดูกสันหลังได้สูง ปรอทที่สะสมในเนื้อเยื่อปลาส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเมธิลเมอร์คิวรี ซึ่งเป็นชนิดที่มีพิษต่อร่างกายมากที่สุด สำหรับความเป็นพิษของปรอทที่อยู่ในรูปสารประกอบอนินทรีย์จะขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นด้วย เช่น อุณหภูมิ ความเค็ม ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ และความกระด้างของน้ำ

1.6.2 ความเป็นพิษต่อมนุษย์

พิษของปรอททำอันตรายต่อระบบต่างๆ ภายในร่างกายทั้งในลักษณะที่เป็นพิษเฉียบพลันและพิษเรื้อรัง

1) ความเป็นพิษเฉียบพลัน อาจเกิดจากการได้รับปรอทด้วยสาเหตุต่างๆ เช่น การพยายามฆ่าตัวตาย หรือการเกิดอุบัติเหตุในการทำงาน เป็นต้น อาการที่เกิดหลังจากได้รับปรอทเข้าสู่ร่างกายทางปาก ได้แก่ ปากเป็นแผลพุพอง อักเสบ และมีเลือดออก นอกจากนี้ระบบทางเดินอาหารจะถูกทำลาย มีอุจจาระเป็นเลือด รวมทั้งเกิดการอาเจียน เป็นลมหมดสติ และอาจทำให้ถึงตายได้

2) ความเป็นพิษเรื้อรัง

(1) ทำลายระบบทางเดินหายใจ

(2) ผลกระทบต่อระบบขับถ่าย คือ การทำลายไต ทำให้ปัสสาวะได้น้อยหรือปัสสาวะไม่ออก

(3) ผลกระทบต่อระบบส่วนกลาง คือ ทำให้ระบบประสาทเกี่ยวกับการได้ยิน การมองเห็นสูญเสียไป นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางจิตใจ ความจำเสื่อม กล้ามเนื้อ

กระตุก การทรงตัวไม่ดี ชา อ่อนเพลีย นอกจากนี้ปรอทในเลือดยังสามารถผ่านสู่ทารกในครรภ์มารดา และทำให้พัฒนาการของเด็กผิดปกติได้

โรคจากพิษปรอทต่อมนุษย์ที่รู้จักกันดี คือ โรคมินามาตะ (Minamata disease) ซึ่งเกิดจากการรับประทานอาหารจำพวกปลาและหอยที่มีปรอทปนเปื้อนสูง ผู้ป่วยโรคนี้จะมีอาการชาตามมือ เท้า แขน ขา และริมฝีปาก ม่านตาหรี่เล็ก อารมณ์หงุดหงิด กระวนกระวาย พูดช้าและไม่เป็นภาษา การใช้มือและเท้าหรือกล้ามเนื้อแขนขาไม่สัมพันธ์กัน ในรายที่มีอาการหนักมากจะควบคุมตนเองไม่ได้ และทำให้เกิดเป็นอัมพาตได้ในที่สุด องค์การอนามัยโลกแนะนำว่าคนปกติไม่ควรได้รับปรอทในรูปของปรอทอินทรีย์ เข้าสู่ร่างกายเกิน (Provisional tolerable weekly intake; PTWI) 3.3 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อสัปดาห์ (WHO, 1972; 1976; 2000) ต่อมาในปี 2003 ได้ปรับลดค่า PTWI เป็น 1.6 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อสัปดาห์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสตรีมีครรภ์และเด็ก ส่วนผู้ใหญ่อาจรับได้มากกว่านี้ (JECFA, 2006)

1.7 การสะสมของปรอทในสัตว์น้ำในทะเลสาบสงขลาและบริเวณที่ต่างๆ

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อปรอทลงสู่แหล่งน้ำจะถ่ายเทเคลื่อนย้ายสู่ตัวกลางต่างๆ และสะสมอยู่ในนั้น พร้อมที่จะถ่ายทอดสู่สิ่งมีชีวิตตามระดับขั้นผู้บริโภคที่สูงขึ้นตามลำดับ แต่การศึกษาปรอทในสัตว์น้ำในระยะเวลาที่ผ่านมาการศึกษาเกี่ยวกับการสะสมปรอทในสัตว์น้ำในทะเลสาบสงขลายังมีน้อยมาก ส่วนใหญ่ศึกษาเพียงบางบริเวณ ดังแสดงในตารางที่ 1-4 สำหรับความเข้มข้นของปรอทในบริเวณอื่นๆ ในประเทศไทย แสดงไว้ในตารางที่ 1-5

จากตารางที่ 1-4 และ 1-5 เห็นได้ชัดว่าในบางแห่งที่มีการปนเปื้อนมากจะมีปรอทสะสมในตัวสิ่งมีชีวิตมากกว่าบริเวณที่ไม่ปนเปื้อนหรือปนเปื้อนน้อย เช่น การสะสมของปรอทในปลากระบอกบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยามีค่าความเข้มข้นสูงกว่าปากแม่น้ำระยองและปากแม่น้ำปากพนัง นอกจากนี้ในบริเวณเดียวกันสิ่งมีชีวิตต่างชนิดยังมีการเลือกที่จะสะสมปรอท เช่น บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปลากระบอกสะสมปรอทไว้ในเนื้อเยื่อของมันมากกว่ากุ้งแชบ๊วย เป็นต้น

1.8 พื้นที่ในการศึกษา

ทะเลสาบสงขลาเป็นแอ่งรองรับน้ำจืด (น้ำฝน น้ำจืดจากคลอง และน้ำหลากจากแผ่นดิน) จากลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา โดยมีน้ำเค็มจากทะเลไหลเข้ามาผสมผสาน พื้นที่ทะเลสาบทั้งหมดประมาณ 1,042 ตารางกิโลเมตร มีลักษณะคอดเป็นตอนๆ ลักษณะทางกายภาพแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ตารางที่ 1-4 ปริมาณปรอทในสิ่งมีชีวิตในน้ำในทะเลสาบสงขลา

สถานที่ศึกษา	ชนิดตัวอย่าง	ปริมาณปรอทเฉลี่ย (ng/g wet weight)	อ้างอิง
ทะเลน้อย	กุ้งก้ามกราม	10	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2529)
	ปลาดุก	60	
	ปลาช่อน	170	
ทะเลน้อย	ปลาดุก	70	ณรงค์ ณ เชียงใหม่ และอรุณโชติ คงพล (2530)
	ปลาช่อน	190	
ทะเลสาบตอนนอก	ปลากะพงขาว	50	ประดิษฐ์ มีสุข และ สัชญา เบญจกุล (2541)
	กุ้งกุลาดำ	10	
	หอยแมลงภู่	10	
	ปูทะเล	20	
	สาหร่ายผมนาง	20	
ทะเลสาบตอนนอก	ปลาโคก	70	ประไพศรี ธรฤทธิ์ (2546)
	ปลากระบอกดำ	70	
	ปลากระบอกขาว	30	
	ปลาแป้นเล็ก	40	
	ปลากดขี้ลิง	40	
	ปลากดหัวโม่ง	40	
	ปลากะพงขาว	130	

1) ทะเลน้อย เป็นทะเลสาบน้ำจืดอยู่ตอนบนสุด ลึกเฉลี่ย 1.2 เมตร มีพื้นที่ประมาณ 27 ตารางกิโลเมตร มีคลองเชื่อมต่อกับทะเลสาบตอนใน 3 คลอง คือ คลองนางเรียม คลองบ้านกลาง และคลองยวน มีพืชน้ำนานาชนิดขึ้นอยู่มากมาย รอบทะเลน้อยเป็นป่าพรุขนาดใหญ่ คือ พรุควนเคร็ง ซึ่งเป็นแหล่งอาศัยของนกน้ำ ทั้งที่ประจำถิ่น และนกอพยพ โดยเฉพาะในเขตพื้นที่ที่เรียกว่า “ควนขี้เสี้ยน” ได้รับการจัดให้เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับโลก หรือ RAMSAR Site

2) ทะเลสาบตอนใน (หรือทะเลหลวง) อยู่ถัดจากทะเลน้อยลงไปถึง ต.เกาะใหญ่ อ.กระแสสินธุ์ จ.สงขลา ทางฝั่งตะวันออกของทะเลสาบ และบ้านแหลมจองถนน อ.ปากพะยูน จ.พัทลุง ทางฝั่งตะวันตกของทะเลสาบ เป็นห้วงน้ำที่กว้างใหญ่ที่สุด มีพื้นที่ประมาณ 473 ตารางกิโลเมตร ลึกเฉลี่ย 2 เมตร มีคลองท่าแนะ คลองนาท่อม และคลองท่ามะเดื่อ ระบายน้ำลงสู่ทะเลสาบตอนใน ส่วนใหญ่ในรอบปีน้ำจะเป็นน้ำจืด แต่บางปีที่แล้งจัดจะมีการรุกตัวของน้ำเค็มในช่วงฤดูแล้ง อาจทำให้ในบางพื้นที่ค่าความเค็มสูงถึง 10 psu

ตารางที่ 1-5 ปริมาณปรอทในสิ่งมีชีวิตในน้ำ บริเวณอื่นๆ ในประเทศไทย

สถานที่ศึกษา	ชนิดตัวอย่าง	ปริมาณปรอทเฉลี่ย (ng/g wet weight)	อ้างอิง
แท่นขุดเจาะก๊าซธรรมชาติ	ปลา	20-3170	Menasveta (1995)
ชายฝั่งทะเลบางเสร่	แพลงก์ตอนพืช	10	ปิยะนารถ ตุ้มวอน (2539)
	แพลงก์ตอนสัตว์	10	
	ปลาสลิดจุดขาว	90	
	ปลากะตัก	70	
	ปลาข้างเหลือง	220	
	ปลาแป้นเขี้ยว	90	
	ปลาวัว	660	
	ปลาเก๋าหางซ้อน	480	
	ปลาข้างตะเภา	370	
	ปลาหางแข็ง	440	
	ปลาสาก	520	
	ปลาอินทรีบั้ง	460	
	ปลาหมูสี	730	
ชายฝั่งตะวันออกของอ่าวไทย	กุ้ง	30	ชุติมา วงศ์สุขสิน (2540)
	ปลา	340	
	หมึก	20	
	ปู	60	
	หอย	20	
ชายฝั่งตะวันออกของอ่าวไทย	ปลาทะเล	10	Kan-atireklap *et al*. (1999)
อ่างศิลา	กุ้งแชบ๊วย	100	Cheevaporn *et al*. (2000)
	ปูม้า	240	
	หมึกกล้วย	400	
	หอยแมลงภู่	170	
	ปลาทรายแดงกระโดง	390	
	ปลาเห็ดโคนจุด	170	
	ปลาสีกุนบั้ง	230	
แหลมฉบัง	กุ้งแชบ๊วย	210	
	ปูม้า	270	
	หมึกกล้วย	810	
	หอยแมลงภู่	190	
	ปลาทรายแดงกระโดง	270	
	ปลาเห็ดโคนจุด	370	
	ปลาสีกุนบั้ง	210	

ตารางที่ 1-5 (ต่อ)

สถานที่ศึกษา	ชนิดตัวอย่าง	ปริมาณปรอทเฉลี่ย (ng/g wet weight)	อ้างอิง
บ้านเพ	กุ้งแชบ๊วย	230	Cheevaporn *et al*. (2000)
	ปูม้า	440	
	หมึกกล้วย	330	
	หอยแมลงภู่	160	
	ปลาทรายแดงกระโดง	200	
	ปลาเห็ดโคนจุด	100	
	ปลาสีกุนบั้ง	970	
ปากแม่น้ำระยอง	ปลากระบอก	20	กรมควบคุมมลพิษ (2546)
	ปลาทู	30	
	ปลาทู	*<3*	หมายเหตุ:
	กุ้งแชบ๊วย	30	- ตัวปกติ แทนข้อมูลที่ทำการสำรวจปี พ.ศ.2541
	กุ้งตะกาด	<3	- ตัวเอียง แทนข้อมูลที่ทำการสำรวจปี พ.ศ.2542
ปากแม่น้ำปัตตานี	ปลากระบอก	40	
	ปลากระบอก	*<3*	
	ปลาทู	<3	
	ปลากะตัก	<3	
	กุ้งแชบ๊วย	20	
	กุ้งแชบ๊วย	*<3*	
	กุ้งตะกาด	20	
ปากแม่น้ำปากพนัง	ปลากระบอก	10	
	ปลาเขือ	20	
	กุ้งแชบ๊วย	40	
ปากแม่น้ำเจ้าพระยา	ปลากระบอก	60	
	ปลาทู	10	
	กุ้งแชบ๊วย	<3	
	กุ้งตะกาด	<3	

3) ทะเลสาบตอนกลาง (หรือทะเลสาบ) อยู่ถัดลงไปถึงบริเวณบ้านปากรอ ต.ปากรอ อ.สิงหนคร จ.สงขลา มีพื้นที่ประมาณ 360 ตารางกิโลเมตร ลึกเฉลี่ย 2 เมตร มีเกาะแก่งมากมาย เช่น เกาะสี่ เกาะห้า (ซึ่งเป็นสัมปทานรังนกนางแอ่น) เกาะหมาก เกาะนางคำ ทะเลสาบตอนกลางเชื่อมต่อกับทะเลสาบตอนนอกโดยคลองหลวงและอ่าวท้องแบน มีคลองพรุพ้อ คลองพานไทร และคลองป่าบอน ระบายน้ำลงสู่ทะเลสาบตอนกลาง ทะเลสาบช่วงนี้มีระบบนิเวศที่เป็นทั้งน้ำจืดและน้ำกร่อย ค่าความเค็มอยู่ในช่วง 0-20 psu

4) ทะเลสาบตอนนอก (หรือทะเลสาบสงขลา) เริ่มจากบ้านปากรอ ไปจนถึงจุดที่เชื่อมต่อกับอ่าวไทยที่ปากร่องน้ำทะเลสาบสงขลา มีพื้นที่ประมาณ 182 ตารางกิโลเมตร ลึกเฉลี่ยไม่ถึง 2 เมตร ยกเว้นบริเวณปากร่องน้ำทะเลสาบ ซึ่งเป็นช่องทางเดินเรือจะลึกประมาณ 12-14 เมตร คลองที่ระบายน้ำลงสู่ทะเลสาบตอนนอก ได้แก่ คลองอู่ตะเภา คลองรัตภูมิ คลองบางโหนด คลองพะวง เป็นต้น ทะเลสาบส่วนนี้ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลงมากกว่าส่วนอื่น ค่าความเค็มอยู่ในช่วง 20-30 psu ในฤดูแล้ง และเกือบเป็นศูนย์ในฤดูฝน ทะเลสาบส่วนนี้มีการวางเครื่องมือประมงประเภทไซนั่งและโพงพางเกือบทั้งทะเลสาบ ทางตอนใต้มีพื้นที่ป่าชายเลนปกคลุมโดยทั่วแต่ปัจจุบันถูกเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่อยู่อาศัยและพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งและสัตว์น้ำชายฝั่ง (อาแว มะแส และคณะ, 2548)

แม้ว่าการขยายตัวของเมืองหลักอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม จะก่อให้เกิดการปนเปื้อนของปรอทและไปสะสมอยู่ในทะเลสาบซึ่งเป็นแอ่งรับน้ำก่อนออกสู่ทะเล แต่การปนเปื้อนปรอทในทะเลสาบสงขลาอาจมีค่าสูงจากสาเหตุธรรมชาติ อาทิ จากการผุกร่อนของหิน (ไตรภพ ผ่องสุวรรณ และดรุณี ผ่องสุวรรณ, 2545) นอกจากนี้จากการศึกษาของ Sompongchaiyakul and Sirinawin (2005) พบว่าตะกอนจากทะเลน้อยซึ่งเป็นบริเวณที่มีการปนเปื้อนจากการขยายของตัวเมืองและอุตสาหกรรมน้อยที่สุดในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา กลับมีปรอทสะสมอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าในทะเลสาบสงขลาอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เพราะว่าตะกอนทะเลน้อยมีสารอินทรีย์สะสมอยู่สูงมาก

1.9 ลักษณะทางนิเวศวิทยาและความหลากหลายของชนิดพันธุ์สัตว์น้ำในทะเลสาบสงขลา

ลักษณะทางนิเวศวิทยาของสิ่งมีชีวิตในทะเลสาบสงขลา ไม่ว่าเป็นพืชหรือสัตว์ พบว่ามีลักษณะแตกต่างกันไปในแต่ละตอน ทำให้อุปนิสัยการกินอาหารของสัตว์น้ำแตกต่างกันด้วย (ประดิษฐ์ มีสุข และสัชญา เบญจกุล, 2541) โดยทั่วไปแล้ว สามารถแบ่งสัตว์น้ำตามอุปนิสัยการกินอาหารได้ 4 ประเภท (สุภาพร สุกสีเหลือง, 2538) คือ

1. สัตว์กินแพลงก์ตอน (plankton feeder) เป็นสัตว์ที่กินแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดเล็กที่อยู่ในน้ำและพืชก้นบ่อเป็นอาหาร เช่น ปลาสลิด ปลาซ่ง (หัวโต) ปลาเกล็ดเงิน กุ้ง ปู เป็นต้น

2. สัตว์กินพืช (herbivores) ได้แก่ สัตว์น้ำที่กินพืชขนาดเล็ก และขนาดกลางที่อยู่ในน้ำและตามขอบบ่อ เช่น ปลาตะเพียนขาว ปลาเฉา ปลาแรด เป็นต้น

3. สัตว์กินเนื้อ (carnivores) ได้แก่ สัตว์ที่ล่าสัตว์ที่มีขนาดเล็กกว่าหรืออ่อนแอกว่ากินเป็นอาหาร เช่น ปลาช่อน ปลาฉลาม ปลาเทราท์ ปลาเฉาดำ กบ จระเข้ เป็นต้น

4. สัตว์กินพืชและเนื้อสัตว์ (omnivores) โดยกินพืชและเนื้อสัตว์ที่อยู่ในน้ำหรือกินซากเน่าเปื่อยที่อยู่บริเวณก้นบ่อ เช่น ปลายี่สกไทย ปลาสวาย ปลานิล และหอย เป็นต้น

จากสภาพทางกายภาพที่หลากหลายทำให้ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามีความหลากหลายของพันธุ์สัตว์น้ำสูง (มูลนิธิสารานุกรมวัฒนธรรมไทย ธนาคารไทยพานิชย์, 2542) แบ่งกลุ่มสัตว์น้ำตาลักษณะทางนิเวศวิทยาได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่อาศัยอยู่ในแหล่งหนึ่งแหล่งใดอย่างถาวร, กลุ่มที่อพยพเพื่อหาอาหารและการสืบพันธุ์ และกลุ่มที่พลัดหลงผ่านมาเป็นการชั่วคราว ตารางที่ 1-6 แสดงประเภทสัตว์น้ำที่พบ จำแนกตามพื้นที่ (อาแว มะแส และคณะ, 2548)

ตารางที่ 1-6 สัตว์น้ำที่พบในทะเลสาบสงขลาจำแนกตามพื้นที่

พื้นที่	ชนิดเด่น	ชนิดรอง
ทะเลน้อย	ปลาสลาด ปลาหมอช้างเหยียบ ปลาแขยง ปลาเนื้ออ่อน กุ้งน้ำจืด	ปลาบู่จาก ปลาช่อน
ทะเลสาบตอนใน	ปลากดทะเล ปลามะลิ	ปลาตะเพียน
ทะเลสาบตอนกลาง	ปลากดทะเล ปลาแป้น ปลาโคก ปลาดุกทะเล	ปลากะตัก ปลาตะกรับ
ทะเลสาบตอนนอก	กุ้งตะกาด ปลากระบอก ปลาแป้น ปลากะพงขาว ปลาช่อนทราย กุ้งทะเลชนิดต่างๆ	ปลากะพงข้างปาน ปลาอีคุด ปลาสีกุน

ที่มา : อาแว มะแส และคณะ (2548)

1.10 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาปริมาณปรอทที่สะสมในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำที่อาศัยในทะเลสาบสงขลาตามชนิดและลักษณะการกินอาหารของสัตว์น้ำนั้น ตลอดจนคำนวณหาปริมาณปลอดภัยที่สามารถบริโภคได้ต่อคนต่อหน่วยเวลา

1.11 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบระดับของปรอทที่สะสมในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำในทะเลสาบสงขลา และทราบปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภค นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้สามารถใช้ร่วมกับข้อมูลพื้นฐานอื่นๆ เพื่อนำไปสู่การจัดการสิ่งแวดล้อมเพื่อลดปัญหาการปนเปื้อนของปรอทในทะเลสาบสงขลา