

บทที่ 2

เอกstar และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชีววิทยาบางประการและการแพร่กระจายของหอยสองฝาบางชนิด

หอยสองฝา หรือหอยกาบคู่จัดอยู่ใน class Bivalvia ใน Phylum Mollusca ซึ่งหมายถึง มีฝาหรือกาบ 2 อัน หอยทุกชนิดในชั้นนี้มีเปลือกหุ้มภายนอก มีกล้ามเนื้อยึดเปลือกแข็งแรง และเปลือกทั้งสองประกบกันได้แน่นสนิท โครงสร้างของตัวมีลักษณะคล้ายคลึงกับรูปแบบของบรรพบุรุษ ลำตัวซีกซ้ายและขวาเหมือนกันและเท่ากัน หัวไม่เจริญ ที่หัวไม่มีตาและหนวด ไม่มีแผงฟัน ในช่องปากมี labial palp อยู่ 2 ข้างของปาก มีช่องปากทางด้านหน้า และช่องทวารหนักทางด้านซ้ายของลำตัว การผสมพันธุ์เป็นแบบภายนอกตัว หอยสองฝาที่เรานิยมนำมาบริโภคเป็นอาหารมีอยู่หลายชนิด เช่น หอยนางรมและหอยแมลงภู่ ซึ่งแต่ละชนิดมีลักษณะลำตัวและถิ่นที่อยู่แตกต่างกัน

หอยนางรม (Oyster : *Saccostrea cucullata*)

หอยนางรมเป็นหอยสองฝาชนิดหนึ่ง ลักษณะของหอยนางรม คือ เปลือกมีรูปร่างยาว มีลักษณะไม่เท่ากันและมีรูปร่างต่าง ๆ กัน ฝาด้านซ้ายลึกและมีลักษณะเป็นถ้วย มีร่องบาง ๆ ได้ขอบ ฝาด้านขวาแบนราบ ด้านในของฝาด้านมีสีขาวขุ่น ด้านบนอาจเป็นสีฟ้า หรือสีครีมขอบของฝาด้าน dentricle ขนาดเล็กขยายไปประมาณครึ่งทางของรอบฝา เพศแยกกันและไม่มีการฟักไข่ (รัชฎาภรณ์ อุบลพันธ์, 2522) ทั้งนี้รูปร่างของมันจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ขนาด และอายุของหอย หอยชนิดนี้ดำรงชีวิตเกาะติดกับวัตถุแข็ง โดยไม่มีการเคลื่อนที่ตลอดชีวิต มีการเคลื่อนไหวเพียงการเปิดและปิดฝาเพื่อหายใจ กินอาหาร ถ่ายของเสียและสืบพันธุ์เท่านั้น ลักษณะการกินอาหารของหอยชนิดนี้จะเป็นแบบ filter feeder คือสามารถกรองเอาสิ่งต่าง ๆ ที่แขวนลอยจากน้ำบริเวณรอบ ๆ ของตัวมัน สำหรับการสืบพันธุ์เพศผู้กับเพศเมียแยกกันคนละตัว โดยหอยนางรมตัวผู้จะฉีดน้ำเชื้อ และตัวเมียจะปล่อยไข่ที่สุกเต็มที่พร้อมจะผสมพันธุ์ และออกไปผสมกันภายนอกร่างกาย เมื่อไข่และน้ำเชื้อผสมกันแล้วจะมีวิวัฒนาการเปลี่ยนรูปร่างเจริญวัยตามขั้นต่าง ๆ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ขั้น คือ ขั้นคัพภะ (embryonic stage) ขั้นตัวอ่อน (larval stage or embryonic plankton stage) และขั้นเกสติก (spat stage) ซึ่งขั้นเกสติกเป็นระยะที่หอยเริ่มเกาะติดอยู่

กับที่และไม่มีกลิ่นที่อื่น (ไพโรจน์ พรหมมานนท์, 2505 อ้างถึงใน สิทธิพันธ์ ศิริรัตนชัย, 2523) และการเจริญเติบโตของหอยนางรมขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น แสงสว่าง อุณหภูมิ ความเค็ม ระดับน้ำ ลักษณะวัสดุที่ใช้ล่อ และความหนาแน่นของหอย

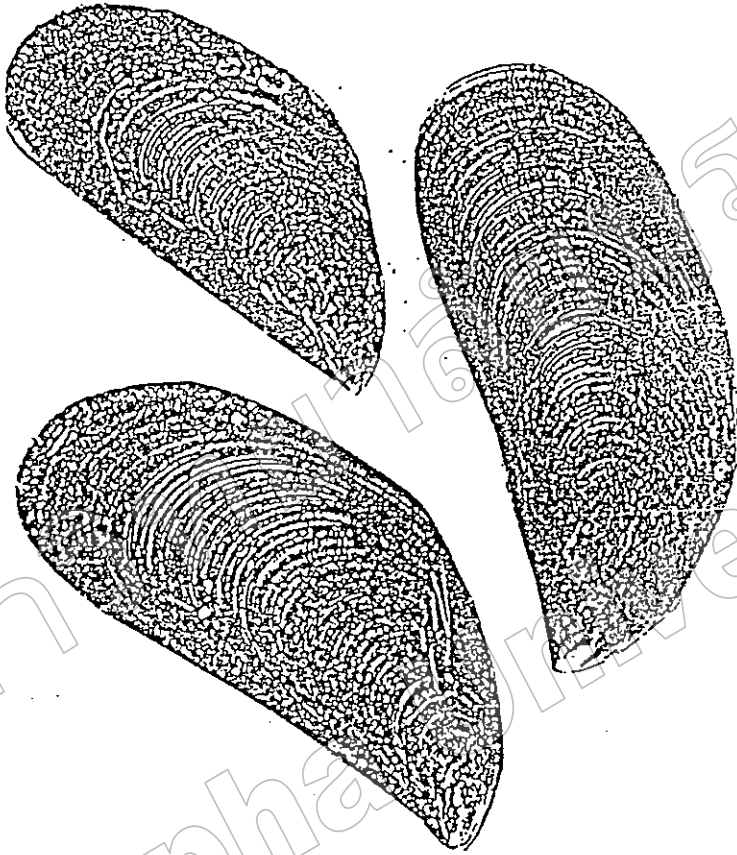


ภาพที่ 1 ลักษณะหอยนางรม

หอยแมลงภู่ (Green mussel : *Perna viridis*)

หอยแมลงภู่เป็นหอยสองฝา มีเปลือกคล้ายช้อนรูปโค้ง ขนาดยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ด้านนอกมีผิวเรียบเป็นมันสีน้ำตาลอมเขียว เมื่อแกะเปลือกออกจะเห็นเนื้อและอวัยวะภายใน ผิวเปลือกด้านในเป็นมันขาว หอยชนิดนี้จะอาศัยอยู่ในบริเวณที่น้ำตลอดเวลา ส่วนมากจะเกาะอยู่ตามหลักโป๊ะ เสาสะพาน โขดหิน หอยแมลงภู่จะมีส่วนที่เป็นหนวดเป็นกระจุกฝอยๆ สีดำอยู่ทางปลายด้านหนึ่งยื่นออกมานอกเปลือก ซึ่งจะใช้สำหรับยึดเกาะหลัก และมีรยางค์อาจมีพิษได้ ก่อน

นำมาประกอบอาหารจึงควรล้างส่วนนี้ทิ้งให้หมด ปัจจุบันมีการทำฟาร์มหอยแมลงภู โดยใช้ไม้ไผ่ปักล่อลูกหอยให้มาเกาะ



ภาพที่ 2 ลักษณะหอยแมลงภู

สมบัติทั่วไปของสารปรอท

ธาตุปรอทถูกจัดอยู่ในลำดับที่ 80 ในตารางธาตุ ในกลุ่มของธาตุทรานซิชัน มีมวลโมเลกุล 200.59 มีจุดเดือด 357°C และจุดหลอมเหลว -38.9°C ปรอทปกติมีสภาพเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 13.59 สามารถละลายน้ำได้เล็กน้อย ระเบิดได้ จัดเป็นโลหะชนิดหนึ่ง มีชื่อมาจากภาษาละตินว่า "Hydragyrum" ซึ่งมีความหมายว่าเงินเหลว (liquid silver) มีสัญลักษณ์ทางเคมี "Hg"

ประเภทของสารปรอท

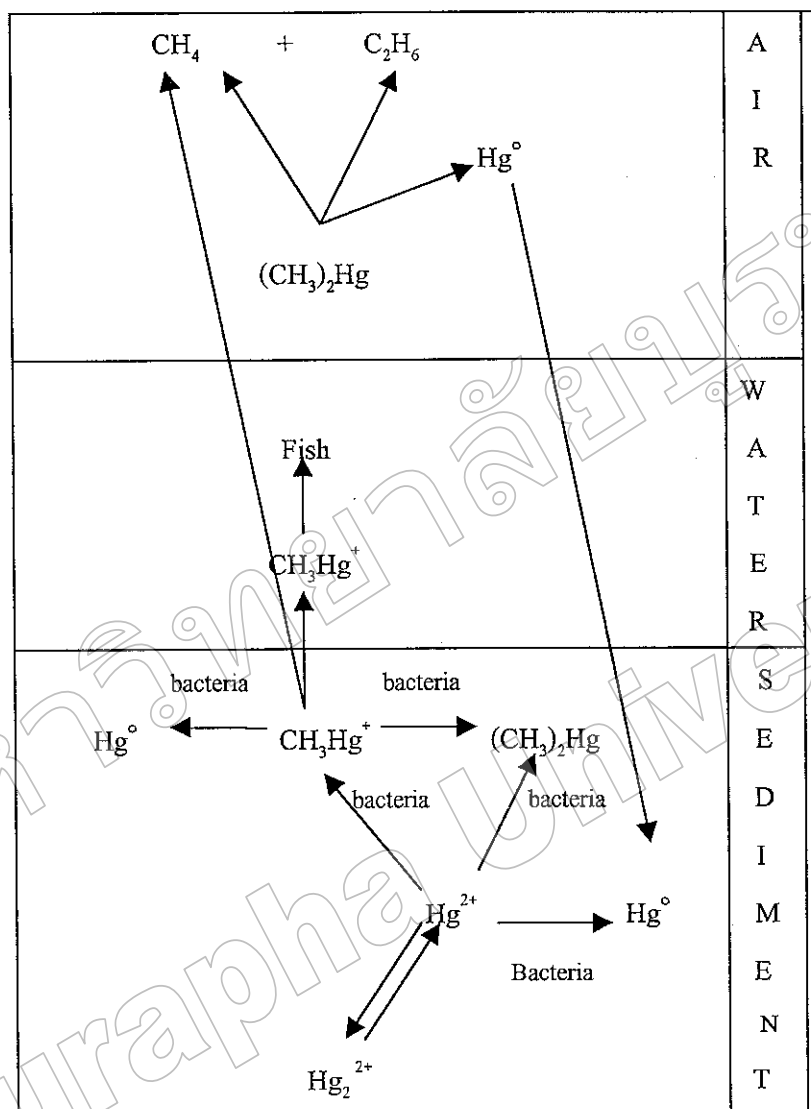
สารปรอทที่มีในสิ่งแวดล้อม สามารถแบ่งประเภทออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. สารประกอบอนินทรีย์ของปรอท (inorganic mercury compound) ได้แก่สารประกอบเมอร์คิวรียไคลด์ (Hg_2Cl_2) และสารประกอบเมอร์คิวริกคลอไรด์ (HgCl_2)

2. สารประกอบอินทรีย์ของปรอท (organic mercury compound) จัดเป็นสารประกอบปรอทที่มีความเป็นพิษมาก เช่น สารประกอบจำพวกอัลคิลเมอร์คิวรี (alkyl mercury) เช่น เมทิลเมอร์คิวรี (CH_3Hg^+) สารนี้จะละลายได้ดีในไขมัน ดังนั้นจึงสะสมได้ดีในเนื้อเยื่อต่าง ๆ รวมทั้งเนื้อเยื่อสมอง สารประกอบปรอทอินทรีย์สามารถผ่านเนื้อเยื่อ Blood Brain Barrier (BBB) ที่ช่วยป้องกันไม่ให้สารพิษผ่านจากกระแสโลหิตเข้าสู่เนื้อเยื่อสมอง ดังนั้นสารปรอทอินทรีย์จึงสามารถทำอันตรายต่อระบบประสาทส่วนกลางได้ และยังสามารถซึมผ่านรก (placenta) เข้าสู่ทารกในครรภ์มารดา ทำให้ทารกที่เกิดมามีอาการผิดปกติทางระบบประสาทและสติปัญญา นอกจากนี้ยังพบว่าสารประกอบปรอทอินทรีย์สามารถทำให้เกิดการผิดปกติทางโครโมโซมของมนุษย์ ซึ่งส่งผลกระทบต่อกรรมพันธุ์ (พวงกมล นวลสุทธี, 2542)

สารประกอบอินทรีย์ของปรอทส่วนใหญ่จะพบในรูปเมทิลเมอร์คิวรีหรืออัลคิลเมอร์คิวรี และสารประกอบอนินทรีย์ของปรอทที่มีในสิ่งแวดล้อม อาจจะพบอยู่ในรูปของธาตุอิสระ (Hg) หรือเมอร์คิวริกคลอไรด์ ปกติพบอยู่ในสินแร่ หิน ดิน น้ำ หรืออาจจะพบในสิ่งมีชีวิตทั้งในพืชและสัตว์ ซึ่งสารประกอบทั้ง 2 ประเภทมีความสัมพันธ์กัน ดังแสดงในภาพที่ 3

The mercury cycle

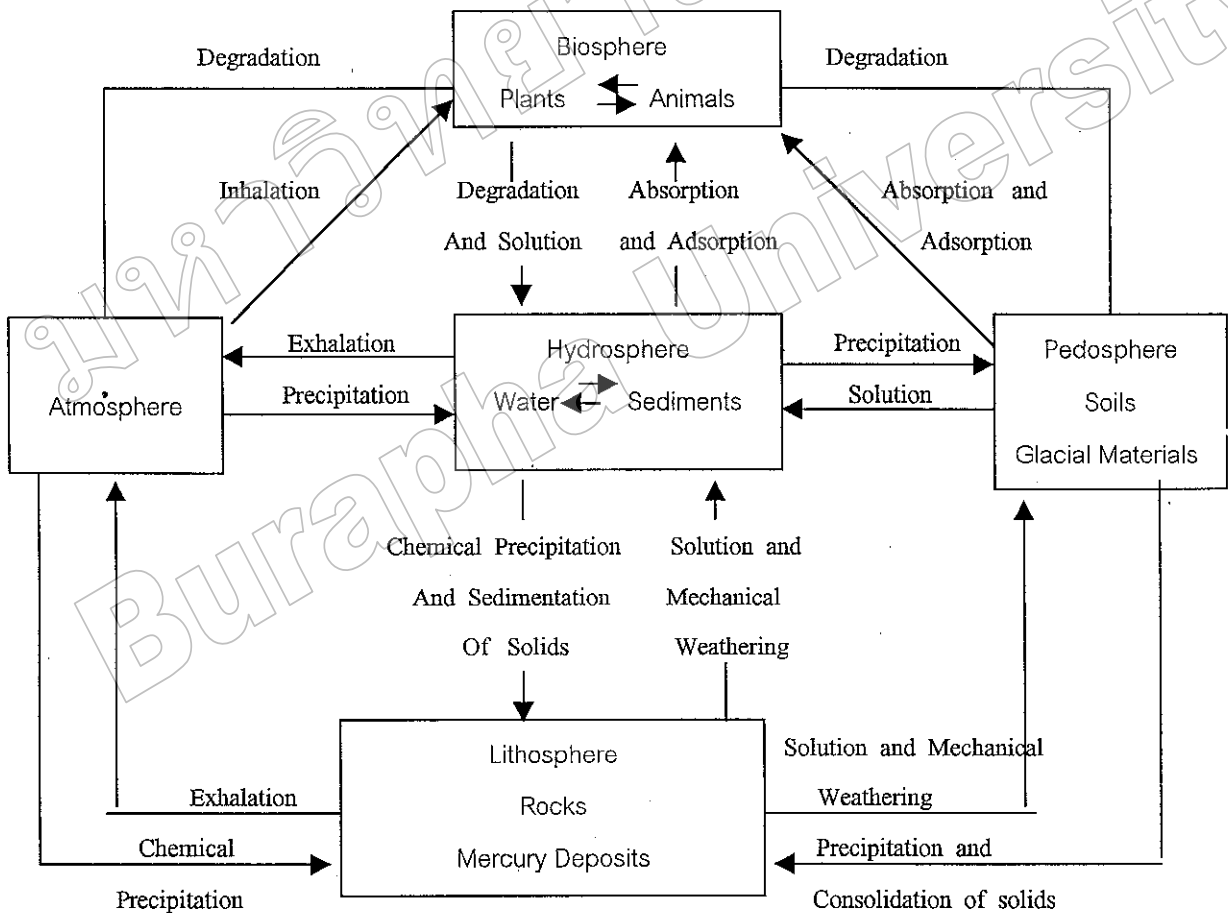


ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างสารปรอทอินทรีย์และสารปรอทอนินทรีย์ในสิ่งแวดล้อม
(โตมร มีเดช, 2528 อ้างถึงใน Wood, 1975)

แหล่งกำเนิดของสารปรอทในสิ่งแวดล้อม

สารประกอบปรอทที่แพร่กระจายในสิ่งแวดล้อมมีแหล่งกำเนิดมาจากแหล่งใหญ่ ๆ 2 แหล่ง คือ

1. แหล่งธรรมชาติ (natural sources) สารปรอทสามารถพบได้ทั่วไปในธรรมชาติ แต่พบในปริมาณที่น้อยมากเมื่อเทียบกับพื้นที่ของโลก สารปรอทที่พบมากในธรรมชาติ ได้แก่ โลหะปรอทและปรอทซัลไฟด์ ซึ่งสารปรอทที่แพร่สู่สิ่งแวดล้อมที่เกิดจากธรณีวิทยานั้น ส่วนใหญ่ได้มาจากการกัดเซาะ (erosion) และการชะล้าง (leaching) สารปรอทที่เกิดขึ้นเองด้วยกระบวนการทางธรณีวิทยาตามธรรมชาติ (ดังแสดงในภาพที่ 4) โดยน้ำฝน จากนั้นจะไหลลงสู่แม่น้ำ ทะเลสาบ และซึมลงสู่ใต้ดินในที่สุด



ภาพที่ 4 วัฏจักรของสารปรอทที่เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพทางธรณีวิทยา (D'Itri, 1975)

2. แหล่งที่มาจากการกระทำของมนุษย์ เนื่องจากปรอทเป็นสารที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง มนุษย์รู้จักและได้ใช้ประโยชน์จากสารปรอทหลายอย่าง เช่น ใช้เมอร์คิวริกออกไซด์ (HgO) และซินนาบาร์ ทำเป็นเม็ดสี (pigment) และเครื่องสำอางมาตั้งแต่ยุคก่อนประวัติศาสตร์ (Saha, 1972) ใช้เป็นอิเล็กโทรด (Hg electrode) ใช้ในกระบวนการผลิตโซดาไฟและคลอรีน (chloralkaline industry) ใช้ในอุตสาหกรรมแบตเตอรี่ สวิตช์ไฟฟ้า ใช้ในโรงพยาบาล นอกจากนี้ยังมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการเกษตร และจากสาเหตุดังกล่าวทำให้สารปรอทเกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์มากกว่าเกิดจากการกระทำโดยธรรมชาติ ทำให้เกิดการแพร่กระจายและเกิดการตกค้างของสารปรอทในสิ่งแวดล้อมในปริมาณที่สูง ซึ่งสารปรอทที่แพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมโดยมนุษย์อาจมาจากหลายทาง สรุปได้ดังนี้

2.1 ด้านอุตสาหกรรม ได้แก่ อุตสาหกรรมทำสี อุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมโซดาไฟและคลอรีน อุตสาหกรรมทอผ้า อุตสาหกรรมชุบโลหะ อุตสาหกรรมทำสารเคมี โดยเฉพาะโรงงานผลิตพลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์ (พีวีซี) ในกระบวนการผลิตมีการใช้เมอร์คิวไรต์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้สารเมอร์คิวริกคลอไรด์แพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้

2.2 ด้านเกษตรกรรม มีการใช้เมอร์คิวริกคลอไรด์เป็นส่วนผสมของยาฆ่าแมลงบางชนิด หรือใช้สารปรอทในการฉาบบ่มกล้าพืชเพื่อป้องกันแมลงและโรคพืช

2.3 จากอุปกรณ์เครื่องมือทางฟิสิกส์ เช่น เทอร์โมมิเตอร์ บารอมิเตอร์ เป็นต้น

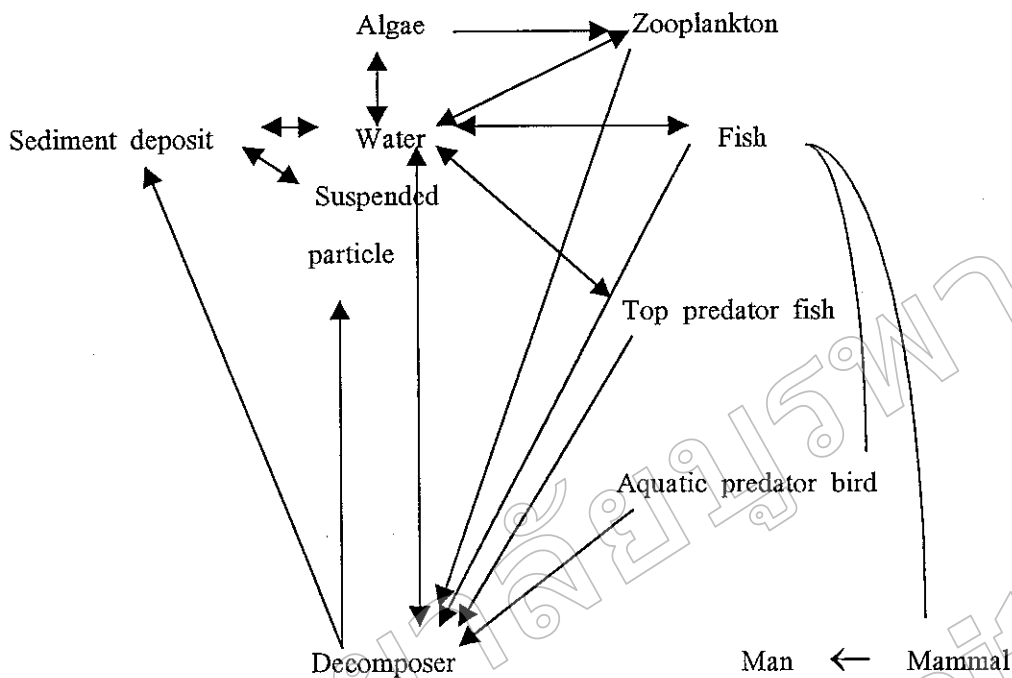
2.4 จากการทำกระจกเงาและแว่นตา เพราะสารปรอทมีการสะท้อนแสงได้ดี

2.5 ใช้ในทางการแพทย์ เช่น อะมัลกัมที่ใช้ในการอุดฟัน และใช้เป็นส่วนประกอบของยา เช่น ยาถ่ายคาโลเมล

2.6 น้ำเสียจากห้องปฏิบัติการและน้ำเสียจากครัวเรือน

2.7 จากการเผา fossil fuels โดยเฉพาะจากเชื้อเพลิงถ่านหิน

สารปรอทในสิ่งแวดล้อม สามารถกลับสู่ร่างกายมนุษย์ได้โดยผ่านทางห่วงโซ่อาหารแล้วเป็นอันตรายต่อมนุษย์ได้ในที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 5



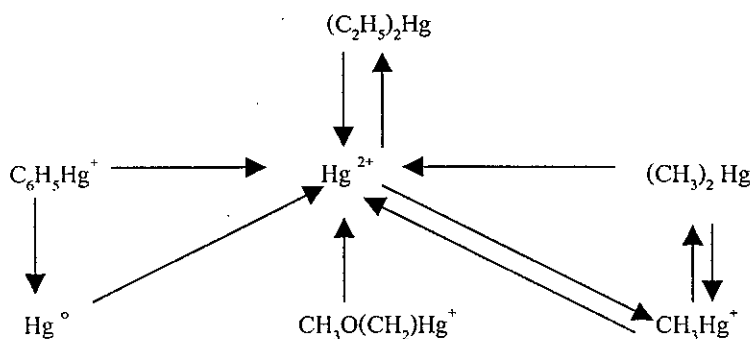
ภาพที่ 5 การถ่ายทอดสารปรอทจากสิ่งแวดล้อมผ่านห่วงโซ่อาหาร (food chain) กลับเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ (Kongpool, 1977)

การเปลี่ยนรูปของสารปรอทในสิ่งแวดล้อม

รูปแบบของสารปรอทที่มีในสิ่งแวดล้อม และปนเปื้อนอยู่ในน้ำได้หลายรูป ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปใดรูปหนึ่ง ดังนี้

1. inorganic divalent mercury, Hg^{2+}
2. metallic mercury, Hg^0
3. phenyl mercury, $\text{C}_6\text{H}_5\text{Hg}^+$
4. methyl mercury, CH_3Hg^+
5. alkoxy - alkyl mercury, $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3 - \text{Hg}^+$

เมื่อสารปรอทถูกปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมของน้ำแล้ว บางส่วนจะเข้าไปเกาะติดอยู่กับอินทรีย์วัตถุที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ แฮนเนิส (Hannerz, 1969) พบว่าสิ่งแขวนลอยในน้ำจะทำหน้าที่คล้าย ๆ กับตัวกำจัดสารปรอทออกไปจากน้ำ โดยจะเหนี่ยวนำให้สารปรอทไอออนมาเกาะตัวและตกตะกอนลงสู่พื้นของแหล่งน้ำในเวลาต่อมา สารปรอทที่เจือปนอยู่ในสิ่งแวดล้อมจะมีการเปลี่ยนรูปดังนี้



ภาพที่ 6 การเปลี่ยนรูปของสารปรอทที่เจือปนอยู่ในสิ่งแวดล้อม (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต, 2539)

สารปรอทที่อยู่ในรูปต่างๆ ที่กล่าวมาในแต่ละรูปแบบนั้นจะมีสมบัติทางเคมีและความเป็นพิษแตกต่างกัน ดังตาราง 1

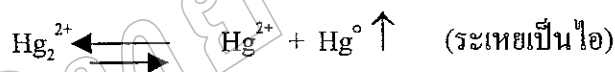
ตารางที่ 1 รูปแบบทางเคมีและความเป็นพิษของสารปรอท (De Anil, 1994)

รูปแบบ	ความเป็นพิษ
Hg^0	โลหะปรอท: ค่อนข้างเฉื่อยและไม่เป็นพิษ แต่ไอปรอทเป็นพิษอย่างร้ายแรงเมื่อสูดเข้าไป
Hg_2^{2+}	ประจุเมอร์คิวริก: เป็นพิษแต่ยังไม่สามารถที่จะเคลื่อนย้ายข้ามเนื้อเยื่อ เช่น BBB ซึ่งกั้นระหว่างกระแสโลหิตกับเนื้อเยื่อสมอง (ช่วยป้องกันไม่ให้สารพิษผ่านจากกระแสโลหิตเข้าสู่เนื้อเยื่อประสาทส่วนกลาง) สามารถสะสมและทำอันตรายต่อไต เช่น เมอร์คิวริกคลอไรด์ (HgCl_2)
RHg^+	สารปรอทอินทรีย์เชิงเดี่ยว: มีความเป็นพิษสูง โดยเฉพาะ CH_3Hg^+ (methylmercury) ทำลายระบบประสาทและสมองอย่างถาวร สามารถเคลื่อนย้ายผ่านเนื้อเยื่อกี้ดกั้น เช่น BBB ได้ สะสมได้ดีในเนื้อเยื่อไขมัน
R_2Hg	สารปรอทอินทรีย์เชิงคู่: มีความเป็นพิษต่ำ สามารถเปลี่ยนรูปแบบเป็น RHg^+ ได้ในตัวกลางที่เป็นกรด เช่น $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$
HgS	สารปรอทซัลไฟด์: ไม่ละลายน้ำและไม่เป็นพิษ พบตามธรรมชาติในรูปของแร่ซินนาบาร์ (cinnabar)
Hg_2^{2+}	ประจุเมอร์คิวรัส: ไม่ละลายน้ำ ในรูปสารปรอทคลอไรด์ความเป็นพิษต่ำ

ขบวนการเมทิลเลชันทางชีวภาพ (Biological methylation) และขบวนการขยายตัวทางชีวภาพ (Biological magnification) ของปรอทในสิ่งแวดล้อม

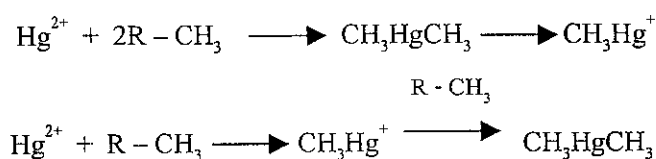
ปัญหาที่สำคัญยิ่งในระบบนิเวศเมื่อมีสารปรอทตกค้างอยู่ คือ การที่จุลชีพบางชนิดมีความสามารถที่จะเปลี่ยนเมอร์คิวริก (II) ออออน (mercuric (II) ion) กลายเป็นเมทิลเมอร์คิวรี (โตมร มีเดช, 2528) ด้วยขบวนการสังเคราะห์ทางชีวภาพ (biological synthesizing) ปัจจัยต่าง ๆ เช่น ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกทิ้งลงสู่ระบบ ความเข้มข้นของสารปรอทรวมในระบบ อุณหภูมิ และอื่น ๆ ที่ยังไม่ทราบแน่ชัดล้วนเป็นปัจจัยซึ่งมีผลเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมทิลเลชันทางชีววิทยาทั้งสิ้น

วูด (Wood, 1975) อธิบายว่าเมื่อสารปรอทตกลงสู่ชั้นของจุลชีพสิ่งแวดล้อม (microenvironment) จุลชีพจะทำให้เกิดปฏิกิริยาดังสมการ



และพบว่าแบคทีเรียที่สามารถเปลี่ยนปรอทอนินทรีย์ให้เป็นปรอทอินทรีย์ได้แก่ methanogenic bacteria (Wood et al., 1968)

ในปี ค.ศ. 1969 เจนเซน และเจเนลอฟ (Jensen & Jemelov, 1969) ได้พบว่าปรอทในรูปไดวาเลนต์ (Hg^{2+}) ในโคลนตมสามารถถูกเปลี่ยนให้เป็นปรอทอินทรีย์ในรูปเมทิลเมอร์คิวรีได้โดยกระบวนการทางชีวภาพ ซึ่งสามารถอธิบายได้อย่างชัดเจนเกี่ยวกับขบวนการในการเปลี่ยนจากสารปรอทอนินทรีย์ไปเป็นสารปรอทอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในดินตะกอนท้องน้ำ (bottom sediment) ในแหล่งน้ำจืด โดยเกิดสารประกอบของโมโนและไดเมทิลเมอร์คิวรี ดังสมการ



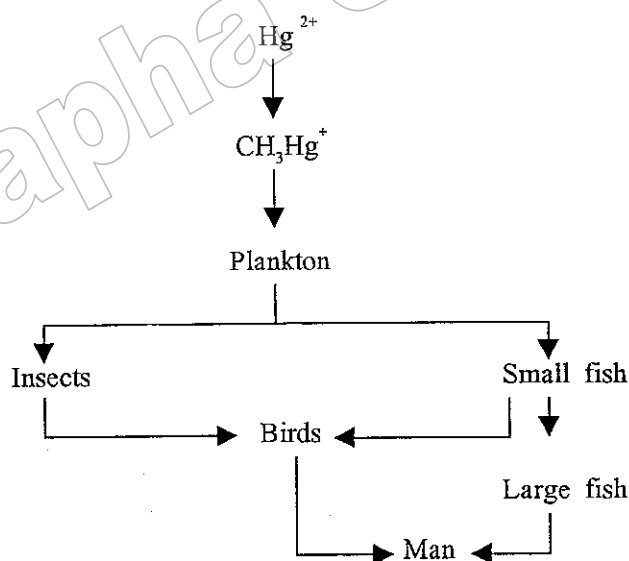
ซึ่งกระบวนการนี้เกี่ยวข้องกับจุลชีพที่ไม่ต้องการออกซิเจน (anaerobic microbes)

สิ่งมีชีวิตอาจสะสมจากแหล่งน้ำโดยตรงหรือโดยผ่านขึ้นมาตามห่วงโซ่อาหาร ในขณะที่พิษเฉียบพลันของสารประกอบปรอทต่อสิ่งมีชีวิตอยู่ในช่วง 10–20 ppb การสะสมสารปรอทในสิ่งมีชีวิตเป็นผลมาจากการถูกดูดซับสารปรอทหลังจากสิ่งมีชีวิตกลืนกินอาหารหรือจากการที่ซึม

สิ่งมีชีวิตเป็นผลมาจากการถูกดูดซับสารปรอทหลังจากสิ่งมีชีวิตกินอาหารหรือจากการที่ซึมผ่านเข้าทางผิวหนังโดยตรง หรือผ่านเข้าทางเหงือกขณะหายใจ เนื่องจากสารปรอทละลายในไขมันได้ดีกว่าน้ำหลายเท่า จึงสามารถจะถูกสกัดออกจากน้ำหรืออาหารเข้าสู่เนื้อเยื่อไขมันโดยง่าย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสิ่งมีชีวิต ช่วงเวลาที่สิ่งมีชีวิตนั้นสัมผัสอยู่กับสารปรอท ขึ้นอยู่กับอุปนิสัยในการกินอาหาร กระบวนการเมแทบอลิซึม และขนาดของสิ่งมีชีวิต ตลอดจนปัจจัยทางคุณภาพน้ำหลายประการ รวมทั้งปริมาณสารปรอทที่เจือปนอยู่ในแหล่งน้ำนั้น ๆ ด้วย ปัจจัยทางคุณภาพน้ำที่มีผลต่อกระบวนการขยายตัวของชีวภาพของปรอท ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ ปริมาณของโลหะหนักและปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำ (โตมร มีเดช, 2528 อ้างถึงใน D'Itri, 1975)

การสะสมสารปรอทในสิ่งมีชีวิต

สารปรอทเมื่อถูกปลดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะถูกดูดซับโดยอินทรีย์วัตถุที่แขวนลอยอยู่ในแหล่งน้ำ และสามารถเคลื่อนย้ายเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารได้ โดยแพลงก์ตอนพืชซึ่งเป็นผู้ผลิตที่สำคัญในห่วงโซ่อาหารได้ดูดซับสารปรอทจากน้ำและอินทรีย์วัตถุที่แขวนลอยในน้ำเข้าสู่สมในร่างกาย เมื่อสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กหรือผู้บริโภคอันดับที่ 1 บริโภคแพลงก์ตอนพืชสารปรอทก็จะเข้าสู่สมในร่างกายของสิ่งมีชีวิตนั้นได้ และจะสะสมเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ตามลำดับชั้นในห่วงโซ่อาหาร ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 กลไกการถ่ายทอดสารปรอทผ่านห่วงโซ่อาหารสู่มนุษย์ (Knauer & Martin, 1972)

ความเป็นพิษของสารปรอทต่อสัตว์และมนุษย์

ความเป็นพิษของสารปรอทในแต่ละรูปแบบทางเคมีจะไม่เท่ากัน ปรอทที่อยู่ในรูป methyl และ ethyl จะมีความเป็นพิษมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ปรอทในรูปโลหะ (metallic form) และที่มีความเป็นพิษน้อยที่สุด ได้แก่ ปรอทในรูปของสารปรอทอินทรีย์ (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต, 2539)

1. ความเป็นพิษต่อสัตว์ IRPTC (1982) ได้กล่าวถึงความเป็นพิษของปรอทที่มีต่อสัตว์ทดลองไว้ ดังต่อไปนี้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2541)

1.1 ความเป็นพิษเฉียบพลัน (acute toxicity)

1.1.1 ปรอทที่ระดับความเข้มข้น $0.04 - 3.0 \text{ mg/m}^3$ ทำให้หนูทดลองที่ได้รับสารดังกล่าวเป็นเวลา 6 ชั่วโมงต่อวัน ตายได้ในระยะเวลา 2-3 เดือน แต่ถึระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น $3 - 5 \text{ mg/m}^3$ ปรากฏว่าหนูทดลองตายได้ภายในระยะเวลาเพียง 115 ชั่วโมง

1.1.2 ปรอทที่ระดับความเข้มข้น $10 - 16 \text{ mg/m}^3$ ทำให้หนูทดลอง (guineapigs) ที่ได้รับสารดังกล่าวเป็นเวลา 2-4 ชั่วโมงต่อวัน ตายได้ภายใน 3 วัน

1.1.3 ปรอทที่ระดับความเข้มข้น $15 - 20 \text{ mg/m}^3$ ทำให้สุนัขที่ได้รับสารดังกล่าวเป็นเวลานาน 8 ชั่วโมง ตายได้ภายในเวลา 1-3 วัน

1.2 ความเป็นพิษเรื้อรัง (chronic toxicity)

1.2.1 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว

1.2.2 ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของต่อมไทรอยด์ลดลง

1.2.3 ทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมของโปรตีนภายในร่างกายถูกรบกวน

1.2.4 มีผลต่อการทำงานของระบบต่าง ๆ ภายในร่างกาย (endocrinal system)

1.2.5 มีผลต่อระบบสืบพันธุ์

อนึ่งสำหรับผลกระทบของสารปรอทที่มีต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ พบว่าปรอทที่ระดับความเข้มข้น $0.008 - 0.2 \text{ mg/L}$ ทำให้สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กหลายชนิดในน้ำตายได้ และที่ระดับความเข้มข้นประมาณ 0.05 mg/L ปรากฏว่ามีผลให้ขบวนการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำหยุดชะงักลง นอกจากนี้ยังพบว่าประสิทธิภาพในการสืบพันธุ์ของไรน้ำลดลงถ้ามีปรอทปนเปื้อนในแหล่งน้ำ $1,000 \text{ mg/L}$ (กรมควบคุมมลพิษ, 2541)

2. ความเป็นพิษต่อมนุษย์ สารปรอทรูปที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตมากที่สุด ก็ในรูปของไอระเหยของธาตุปรอทสามารถเกิดพิษเฉียบพลันถ้าหายใจเข้าไปในช่วง $1,200 - 8,500 \text{ } \mu\text{g/m}^3$

(โตมร มีเดช, 2528) โดยมีอาการของการได้รับสารพิษ เช่น อาเจียน ปวดท้องอย่างรุนแรง ท้องร่วง เหงือกและต่อมน้ำลายไหม้เกรียมและเกิดความผิดปกติของระบบประสาท ส่วนกลุ่มของสารปรอทที่เป็นอันตรายน้อยคือ กลุ่มของโมโนวาเลนซ์ของปรอท เพราะเกลือของปรอทกลุ่มนี้จะละลายน้ำได้ค่อนข้างยาก ส่วนสารปรอทอินทรีย์ เช่น เมทิลเมอร์คิวรีนับว่าเป็นสารปรอทที่เป็นพิษมากเช่นกัน ต่อมน้ำลายเพราะสามารถสะสมตัวในเนื้อเยื่อของมนุษย์ได้ดี

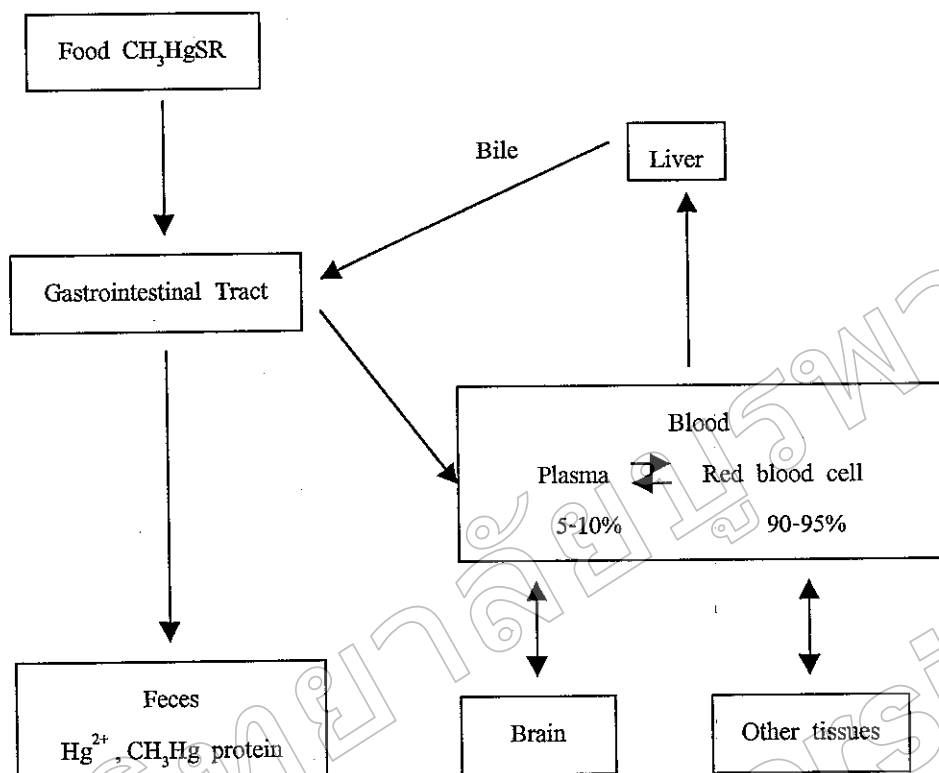
สารปรอทสามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ 3 ทาง ได้แก่

1. ทางจมูก โดยสูดหายใจเอาผงหรือไอระเหยของสารปรอทเข้าสู่ปอด ซึ่งส่วนใหญ่จะตกค้างบริเวณจมูกและทำอันตรายแก่กระดูกอ่อนที่กั้นระหว่างจมูก
2. ทางปาก โดยการรับประทานเข้าไป โดยสารปรอทปะปนมากับอาหารและน้ำดื่ม
3. ทางผิวหนัง คนงานที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับปรอท จะได้รับฝุ่นละอองหรือไอระเหยของปรอท จะเกิดปฏิกิริยาต่อผิวหนังได้ ปรอททำให้ผิวหนังเกิดการระคายเคือง และทำให้เกิดโรคผิวหนังได้

แต่ร่างกายสามารถขับสารปรอทออกได้บ้าง ถ้าได้รับในปริมาณที่ไม่สูงมากนักโดยทางน้ำลาย น้ำดี น้ำปัสสาวะ และอุจจาระ (โตมร มีเดช, 2528) เมื่อสารปรอทที่มีความเป็นพิษสูงเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ จะทำให้เกิดความผิดปกติในการทำงานของร่างกายขึ้น คือระบบประสาทและระบบการทำงานของเอนไซม์ เมื่อสารนี้เข้าสู่กระแสโลหิตไปสู่สมอง และเมื่อมีการสะสมตัวของสารนี้ จะทำให้เซลล์ของระบบประสาทส่วนกลางบางส่วนถูกทำลายลงเมื่อได้รับเข้าไปในปริมาณต่าง ๆ กัน จะเกิดอาการผิดปกติทางประสาทได้หลายประการ เช่น ไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายได้อย่างปกติ พูดติดอ่าง หูหนวก และตาบอดในที่สุด นอกจากนี้อาการทางประสาทอื่น ๆ ที่อาจปรากฏ ได้แก่ ปัสสาวะขัด ความจำเสื่อม และการมองเห็นแคบลง เป็นต้น

ส่วนผลต่อระบบเอนไซม์นั้นเกิดขึ้นเนื่องจากสารปรอทเมื่อเข้าสู่ร่างกายในรูปเมอร์คิวรัสไอออน (Hg^{2+}) และอัลคิลเมอร์คิวรีไอออน ($R-Hg^+$) สามารถจับตัวกับอนุภาคซัลไฟด์ไธล (-SH) ของเอนไซม์ ทำให้การทำงานของเอนไซม์บางประเภทถูกระงับ เช่น มีผลให้การขนถ่ายออกซิเจนของเลือดไปสู่เซลล์ได้ไม่ดีเท่าที่ควร ขบวนการเผาผลาญอาหารในระดับเซลล์ไม่สมบูรณ์ และการควบคุมสมดุลของการแลกเปลี่ยนโซเดียมและน้ำในระบบไตเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์

เมื่อร่างกายได้รับสารปรอทเข้ามาโดยผ่านทางช่องปากลงมาพร้อมกับอาหารเข้าสู่ร่างกายสามารถสรุปการแพร่กระจายของสารปรอทในร่างกายได้ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การแพร่กระจายของสารปรอท (เมทิลเมอร์คิวรี) ในร่างกายมนุษย์
(หิรัญรัตน์ สุวรรณนที , 2525)

มาตรการควบคุมสารปรอท

สารปรอทจัดอยู่ในอยู่ในวัตถุอันตรายประเภทที่ 3 ตามประกาศของ พ.ร.บ. วัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 ได้แก่ วัตถุอันตรายที่การผลิต การนำเข้า การส่งออกหรือมีไว้ในครอบครองต้องได้รับใบอนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม และยังจัดอยู่ในประเภทที่ 4 ได้แก่ วัตถุอันตรายที่ห้ามมิให้มีการผลิต การนำเข้า การส่งออกหรือมีไว้ในครอบครอง โดยกรมวิชาการเกษตร

มาตรการควบคุมสำหรับอาหาร การกำหนดมาตรฐานในปลาหรือสัตว์น้ำอื่น ๆ โดยเฉพาะในสัตว์ทะเลซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของคนไทย ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ. 2529) ในเรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน ซึ่งได้กำหนดความเข้มข้นของปริมาณสารปรอทในอาหารทะเลให้มีค่าได้ไม่เกิน 0.5 μg /อาหาร 1 g น้ำหนักเปียก หรือประมาณ 1.25 μg /g น้ำหนักแห้ง โดยให้มีค่าได้ไม่เกิน 0.02 μg /g ในอาหารประเภทอื่น

มาตรการควบคุมในต่างประเทศ

มาตรการควบคุมในแหล่งน้ำ

ประเทศสหภาพแห่งสาธารณรัฐสังคมนิยมโซเวียต ได้กำหนดให้ปริมาณความเข้มข้นของสารปรอทในแหล่งน้ำมีได้สูงสุดไม่เกิน 0.005 mg/L

ประเทศฟิลิปปินส์ได้กำหนดให้ปริมาณความเข้มข้นของสารปรอทในแหล่งน้ำจืดสูงสุดไม่เกิน 0.002 mg/L

ประเทศเซดโกสโลวาเกียได้กำหนดให้ปริมาณความเข้มข้นของสารปรอทในแหล่งน้ำมีได้สูงสุดไม่เกิน 0.005 mg/L

มาตรการควบคุมในปลา ประเทศต่าง ๆ ในโลกได้กำหนดปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้ของสารปรอทในปลาหรือผลิตภัณฑ์จากปลาไว้ตามรายละเอียดในตารางที่ 2

สำหรับเกณฑ์มาตรฐานของสารปรอทในสัตว์น้ำที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล โดยหน่วยงานทางสิ่งแวดล้อม คือ Environmental Protection Agency (EPA) ของสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดค่ามาตรฐานปรอทที่ยอมให้มีได้ในเนื้อปลาไว้ไม่เกิน 1 $\mu\text{g/g}$ น้ำหนักเปียก โดยเฉพาะในรูปของปรอทเมทิล (methylmercury) เท่านั้น สำหรับเกณฑ์มาตรฐานของสถาบัน Food and Drug Administration (FDA) ของสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดระดับความเข้มข้นสูงสุดของปรอทที่อนุญาตให้มีได้ในอาหารและปลาไว้ที่ระดับ 1 $\mu\text{g/g}$

ตารางที่ 2 ปริมาณปรอทสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในปลาโดยประเทศต่าง ๆ (กรมควบคุมมลพิษ, 2541)

ประเทศ	ปริมาณสูงสุดที่ ยอมให้มีได้ ($\mu\text{g/g}$)	หมายเหตุ
สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน เขตโกสโลวเกีย	0.1	อาหารทุกประเภทรวมทั้ง ผลิตภัณฑ์จากปลา
สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน เขตโกสโลวเกีย	0.5	ปลาทูน่า ปลากระโทงแทง และปลาลามนุ
ยูโกสลาเวีย	< 0.1-0.5	
อาร์เจนตินา	0.2	ปลาทูน่า (เล็ก)
อาร์เจนตินา	0.5	ปลาทูน่า (โตเต็มที)
แคนาดา กรีนซ ออสเตรเลีย กายอานา อังการี อิสราเอล เคน ยา คูเวต นิวซีแลนด์ ไปรูเกส สเปน สวิตเซอร์แลนด์ สหรัฐอเมริกา เวเนซุเอลา	0.5	
ฝรั่งเศส อิตาลี	0.7	
ฟินแลนด์ สวีเดน	1.0	รับประทานอาหารปลา ครั้งเดียวใน 1 สัปดาห์
ไซปรัส เดนมาร์ก เนเธอร์แลนด์	1.0	

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาปริมาณปรอทในต่างประเทศ

ฟาแลนด์ซิสซ์ และคณะ (Falandysz et al., 1997) ศึกษาปริมาณปรอทในดินตะกอนจากทางตอนใต้ของทะเลบอลติก ซึ่งเก็บตัวอย่างในปี 1980 จาก Gulf of Gdansk, Gdansk Deep และ Bornholm Deep โดยวิธี cold vapour flameless atomic absorption spectrophotometry พบว่าความเข้มข้นของปรอทรวมมีค่าระหว่าง 1,100 – 1,900 $\mu\text{g/g}$ ในบริเวณ Gulf of Gdansk 2.4 – 3,900 $\mu\text{g/g}$ บริเวณ Gdansk Deep และ 2.4 – 1,800 $\mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้งในบริเวณ Bornholm Deep

ฮาซานาน (Hasanan, 1973) ได้ทำการตรวจสอบถึงปริมาณตกค้างของสารปรอทในตัวอย่างต่าง ๆ 1,500 ตัวอย่าง ในประเทศฟินแลนด์ระหว่างปี 1966 – 1973 พบว่า ในบริเวณที่เกิดมลภาวะ (polluted) บางแห่งมีปริมาณปรอทในหอยและปลาสูง มีค่าอยู่ในช่วง 0.04 – 4.0 $\mu\text{g/g}$

แอนเดร์ และคณะ (Andre et al., 1990) ทำการวิเคราะห์ระดับการสะสมและการกระจายของปรอทรวมในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต โดยวิเคราะห์จากตัวอย่างปลาโลมา (*Stenella attenuata*) ที่จับได้ในเขต Eastern tropical ของมหาสมุทรแปซิฟิก พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารปรอทที่วัดได้มีค่าระหว่าง 0.36 mg/kg ในเลือดถึง 62 mg/kg ในตับ และระดับการปนเปื้อนเฉลี่ยในสิ่งมีชีวิตทั้งหมดมีค่าระหว่าง 1 – 5 mg/kg

แองเกอร์ และคณะ (Augier et al., 1993) ศึกษาการปนเปื้อนของสารปรอทในปลาโลมา (*Stenella coeruleolba* Meyen) จากชายฝั่ง French Mediterranean โดยวิเคราะห์จากอวัยวะและเนื้อเยื่อของปลาโลมา พบว่าความเข้มข้นของสารปรอทสูงสุดในตับ มีค่าระหว่าง 68-2,272 $\mu\text{g/g}$ ในปอดมีค่าระหว่าง 3-396 $\mu\text{g/g}$ ในไต 14-341 $\mu\text{g/g}$ ในกล้ามเนื้อ 7-155 $\mu\text{g/g}$ ในหัวใจ 4-100 $\mu\text{g/g}$ และในสมองมีค่าระหว่าง 4-81 $\mu\text{g/g}$

ฟิลิซและเออร์เมท (Filiz & Ahmet, 1994) ได้ศึกษาปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในสิ่งมีชีวิตบางชนิดจาก Izmir Bay ประเทศตุรกี โดยทำการวิเคราะห์ในพืชประเภทสาหร่าย พบความเข้มข้นของปรอทมีค่าระหว่าง 0.020-0.099 $\mu\text{g/g}$ น้ำหนักเปียก และวิเคราะห์ในสัตว์ พบว่ามีความเข้มข้นของปรอทระหว่าง 0.004-0.307 $\mu\text{g/g}$ น้ำหนักเปียก ส่วนโลหะหนักชนิดอื่นที่พบได้แก่ Cu, Cd, Pb และ Zn

ริชาร์ดสัน การ์ฮาน และเฟบริส (Richardson, Garnhan & Fabris, 1994) ทำการศึกษาปริมาณของโลหะปริมาณน้อยในหอยแมลงภู่ (*Mytilus edulis*) โดยการกักตัวอย่างหอยแมลงภู่ที่มีอายุและขนาดเท่ากันจากบริเวณอ่าวพอร์ต ฟิลลิป (Port Phillip Bay) ในรัฐวิกตอเรียไปเลี้ยงในสถานที่ต่าง ๆ กันภายในเขตชายฝั่งทางตอนใต้และทางตะวันตกของประเทศออสเตรเลีย ได้แก่ บริเวณ South Channel ในรัฐ Victoria, Kwinana ในอ่าว St. Vincent, Beacon Head ทางภาคใต้ฝั่งตะวันตก Port Pirie อยู่ใน Port Phillip Bay (เป็นบริเวณควบคุม) และ Edithburge อยู่ในบริเวณ Spencer Gulf หลังจากทำการเลี้ยงเป็นเวลา 1 เดือน (ทำ 3 ซ้ำ) พบปริมาณปรอทเฉลี่ยในแต่ละสถานี 0.078, 0.552, 0.080, 0.065 และ 0.070 $\mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบปริมาณกันแล้วพบว่าปริมาณปรอทในบริเวณอื่นมีปริมาณสูงกว่าบริเวณควบคุม หมายถึงการสะสมของสารปรอทในหอยแมลงภู่จะมากขึ้นตามปริมาณปรอทที่มีในสิ่งแวดล้อมที่มันอาศัยอยู่

โจเซ่ และคณะ (Jose et al., 1996) ศึกษาโลหะปริมาณน้อยในหอย (*C. lallina*) จากชายฝั่งแอตแลนติกทางตอนใต้ของสเปน โดยเก็บตัวอย่างจาก 14 สถานี พบว่าโลหะที่มีความเข้มข้นสูงสุด ได้แก่ Fe, Cu และ Zn มีค่าระหว่าง 70 ± 32 , 21 ± 9 และ 18 ± 4 $\mu\text{g/g}$ ตามลำดับ ส่วนโลหะที่พบในระดับต่ำกว่า ได้แก่ Hg, Cr และ Ni โดยมีค่าระหว่าง 0.088 ± 0.043 , 0.31 ± 0.12 และ 0.34 ± 0.04 $\mu\text{g/g}$ ตามลำดับ

เฮิร์ต และคณะ (Herut et al., 1996) ทำการศึกษาการพักตัวและการลดปริมาณการปนเปื้อนของปรอทในสิ่งแวดล้อมโดยการใช้กรณีศึกษาการปนเปื้อนของปรอทบริเวณอ่าวไฮฟา (Haifa Bay) ประเทศอิสราเอล โดยการเก็บตัวอย่างดินตะกอน ตะกอนผิวหน้าพื้นทะเล ตะกอนแขวนลอยในน้ำและหอยสองฝามาทำการวิเคราะห์หาปริมาณการสะสมปรอท พบปริมาณปรอทในดินตะกอนลดลงเมื่อมีความลึกมากขึ้นและมีปริมาณลดลงในแต่ละปี จากปี ค.ศ. 1985 – 1993 ส่วนในตะกอนแขวนลอยในน้ำ พบปริมาณปรอทสะสมในตะกอนที่เก็บจากระดับน้ำลึกมากกว่าในตะกอนที่เก็บจากที่ระดับน้ำตื้น แต่ปริมาณการสะสมลดลงในแต่ละปีจากปี 1984 – 1993 เหมือนกัน ส่วนปริมาณปรอทในหอยสองฝานั้นทำการเก็บตัวอย่างในระหว่างปี 1979 – 1993 จำนวนตัวอย่างทั้งหมด 1,500 ตัวอย่าง พบปริมาณปรอท 0 – 530 $\mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง และมีปริมาณการสะสมลดลงเรื่อยๆ ในแต่ละปี

มารีการ์ และคณะ (Marecar et al., 1997) ได้ทำการศึกษาระดับของโลหะในปลาบางชนิดจาก Manila Bay ประเทศฟิลิปปินส์ ซึ่งปริมาณปรอทที่พบในตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์มีค่าระหว่าง 48.8 – 1,390 $\mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง

ฟิลลิป, เฮลล์พรีนส์ และฮาร์ท (Phillips, Heilprin & Hart., 1997) ทำการศึกษาปริมาณปรอทในปลากะพง (*Paralabrax nebulifer*) ที่เก็บตัวอย่างจากบริเวณตอนใต้ของอ่าวแคลิฟอร์เนีย โดยการเก็บตัวอย่างปลากะพงในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนกรกฎาคม ค.ศ. 1993 พบปริมาณปรอทอยู่ในช่วง 100 – 360 ng/g น้ำหนักเปียก และยังได้รายงานถึงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณปรอทกับอายุและความยาวปลาด้วย

การศึกษาปริมาณสารปรอทในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทยมีการใช้สารปรอทในการเกษตร และในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากมาย ดังนั้นโอกาสที่สารปรอทจะปนเปื้อนสู่สภาวะแวดล้อมจึงมีมากพอสมควร จากการสำรวจปริมาณสารปรอทตกค้างในสิ่งแวดล้อม พบว่ามีอยู่ในระดับต่าง ๆ ดังนี้

การศึกษาปริมาณปรอทในน้ำและในสิ่งมีชีวิตบริเวณอ่าวไทย

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2516) ได้วิเคราะห์พิชดก้างของสารปรอทในปลาทะเลเล็ก ๆ ชาวไทยนิยมบริโภค พบว่าในปี 2516 มีสารปรอทปนเปื้อนระหว่าง $0.01 - 0.03 \mu\text{g/g}$ ในปี 2517 พบปริมาณ $0.048 \mu\text{g/g}$ ในปี 2518 พบปรอทในช่วง $0-0.578 \mu\text{g/g}$ ส่วนในปี 2519 พบว่าอยู่ในช่วง $0-0.253 \mu\text{g/g}$ ในปี 2520 พบว่ามีสารปรอทตกค้างในช่วง $0.002-0.652 \mu\text{g/g}$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $0.041 \mu\text{g/g}$ จึงสามารถประมาณได้ว่า ชาวไทยมีโอกาสรับประทานอาหารที่มีสารปรอทปนเปื้อน โดยเฉพาะเนื้อปลาอย่างเดียว $2.45 \mu\text{g/คน/วัน}$

ฮัสเชนเบิร์ต และฮาร์ม (Huschenbeth & Harms, 1975) ได้ทำการสำรวจปริมาณโลหะหนักในสัตว์น้ำในบริเวณชายฝั่งทะเลของอ่าวไทยในช่วงปี 2515 พบว่า ปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดงและปรอทในปลาทะเลจากบริเวณอ่าวไทยตอนในมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง $0.01-0.13$, $0.03-0.15$, $6.8-10.6$, $0.55-0.92$, และ $0.03-0.08 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ปริมาณโลหะตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดง และปรอท ในปลาทะเลจากชายฝั่งทะเลจังหวัดระยองมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงน้อยกว่า $0.01-0.14$, $0.02-0.29$, $6.2-11.8$, $0.5-1.25$ และ $0.01-0.1 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักเปียก ตามลำดับ

วรวิทย์ ชีวภรณ์ภักดิ์ (2520) ได้ทำการตรวจสอบปริมาณรวมของสารปรอทและปริมาณปรอทอินทรีย์ในตัวอย่างปลา 22 ชนิดรวม 191 ตัวอย่าง สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง 2 ชนิดรวม 27 ตัวอย่าง และตัวอย่างแพลงก์ตอน จากอ่าวไทยตอนบน 10 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าปริมาณปรอทรวมในช่วง $2.0-653.0 \text{ ng/g}$ โดยมีค่าเฉลี่ย 40.92 ng/g และค่าปริมาณปรอทอินทรีย์อยู่ในช่วง $0-280.7 \text{ ng/g}$ โดยมีค่าเฉลี่ย 22.47 ng/g

พิชญ์ สว่างวงศ์ (2520) ทำการศึกษาการแพร่กระจายของปรอทบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง โดยการเก็บตัวอย่างสิ่งมีชีวิต ในเดือนมกราคมและเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2519 ได้ตัวอย่างทั้งหมด 82 ชนิด ปริมาณปรอทที่พบอยู่ระหว่าง $0.009-0.294 \mu\text{g/g}$

พิมล เรียงวัฒนา และวิโรจน์ ปิยะพันธ์ (2521) ได้ทำการศึกษาปริมาณปรอทในปลาน้ำจืดซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธี cold vapour atomic absorption ซึ่งเก็บตัวอย่างในแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณอำเภอบางปะอิน ปลาช่อนมีปรอท $1.42-1.65 \mu\text{g/g}$ ปลากระดี่ $0.71-1.31 \mu\text{g/g}$ บริเวณใกล้โรงงานโซดาไฟอาซาฮี ปลาน้ำทรายมีปรอท $0.13-0.45 \mu\text{g/g}$ ตัวอย่างปลาจากตลาดสำโรง ปลาสดมีปรอท $0.10-0.15 \mu\text{g/g}$ ปลาตะเพียน $0.11-0.13 \mu\text{g/g}$

เมนะเสวต และชีวภรณ์ภักดิ์ (Menasveta & Cheevaparapiwat, 1979) ศึกษาเกี่ยวกับปริมาณปรอทที่สะสมอยู่ในหอยแมลงภูบริเวณปากแม่น้ำสำคัญ 4 สายของประเทศไทย ปรากฏว่า

163933

๑
๖๖.๙๔
๓๔๒๖๐

ตัวอย่างหอยแมลงภู่งจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ขนาด คือขนาดใหญ่ (5-5.5 ซม.) มีปริมาณปรอทเฉลี่ย $0.18 \mu\text{g/g}$ และมีค่าพิสัย $0.12-0.27 \mu\text{g/g}$ หอยขนาดกลาง (4-4.5 ซม.) มีปริมาณปรอทเฉลี่ย $0.19 \mu\text{g/g}$ และมีค่าพิสัย $0.18-0.2 \mu\text{g/g}$ ส่วนหอยขนาดเล็ก (เล็กกว่า 3 ซม.) มีปรอทเฉลี่ย $0.27 \mu\text{g/g}$ และมีค่าพิสัย $0.25-0.29 \mu\text{g/g}$

สุรพันธ์ บริสุทธิ (2523) ศึกษาการแพร่กระจายของสารปรอทในแหล่งน้ำใกล้บริเวณโรงงานโซดาไฟในเขตอุตสาหกรรมพระประแดง พบว่าตัวอย่างน้ำที่เก็บจากบริเวณท่อระบายน้ำภายในโรงงานมีปริมาณปรอทอยู่ในช่วง $19.5-26 \mu\text{g/L}$ ส่วนตัวอย่างน้ำที่เก็บบริเวณบ่อกักน้ำซึ่งมีการกำจัดสารปรอทแล้วและบริเวณที่ปล่อยน้ำทิ้งออกจากโรงงานมีปริมาณสารปรอท $1.9-5.3 \mu\text{g/L}$ สำหรับดินตะกอนที่เก็บจากบริเวณหลังโรงงานมีปริมาณสารปรอท $14.46-15.19 \mu\text{g/g}$ ในขณะที่ตัวอย่างดินตะกอนที่เก็บจากบริเวณบ่อน้ำหน้าโรงงานมีปริมาณสารปรอท $49.10-56.56 \mu\text{g/g}$ ส่วนตัวอย่างปลาที่จับได้จากบริเวณบ่อน้ำหน้าโรงงานมีปริมาณสารปรอท $1.24-1.53 \mu\text{g/g}$

เจริญ วัชรरังสี (2524) พบว่าปรอทและตะกั่วในน้ำบริเวณชายฝั่งทั่วไปโดยเฉพาะบริเวณอุตสาหกรรม แหล่งท่องเที่ยว แหล่งชุมชน จะมีปริมาณสูงคือ พบปรอทตั้งแต่ $0.2-220 \mu\text{g/L}$ ซึ่งสูงมากเมื่อเทียบกับน้ำทะเลที่อยู่ห่างจากฝั่งออกไป โดยเฉพาะที่เก็บจากการสำรวจน้ำทะเลอ่าวไทย สำหรับตะกั่วในน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งมีปริมาณตั้งแต่ $1-290 \mu\text{g/L}$

สุธรรม สิทธิชัยเกษม และสุวรรณี เงินบำรุง (2527) ศึกษาปริมาณโลหะหนักในสัตว์น้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง ทำจีน แม่งลอง เพชรบุรี และปราณบุรี ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2522 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2523 พบว่าปริมาณโลหะตะกั่ว สังกะสี ทองแดง แคดเมียม และปรอทมีค่าเฉลี่ยในช่วง $12.7-33.7$, $8.4-17.2$, $3.9-11.7$, $0.9-3.7$ และ $0.012-0.051 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักเปียก ตามลำดับ

โตมร มีเดช (2528) ศึกษาการแพร่กระจายของปรอทในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างบริเวณเขตอุตสาหกรรมพระประแดง ตลอดปี พ.ศ. 2527 โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำตั้งแต่บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ถึงบริเวณที่ทำการท่าเรือแห่งประเทศไทย พบว่าปริมาณปรอทรวมในน้ำอยู่ในช่วง $0-3.820 \mu\text{g/L}$ ปริมาณสารปรอทที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง $0-1.329 \mu\text{g/L}$ และปริมาณปรอทอินทรีย์ในรูปของเมทิลเมอร์คิวริกคลอไรด์มีค่า $0-0.595 \mu\text{g/L}$ ส่วนปริมาณปรอทรวมในหอยแมลงภู่งบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาพบในช่วง $0.015-0.018 \mu\text{g/L}$ ปรอทในรูปเมทิลพบในช่วง $2.395-2.829 \text{ ng/g}$ ในตัวอย่างหอยแมลงภู่งจาก จ.ระยอง พบปรอทรวมในช่วง $0.006-0.010 \mu\text{g/g}$ และปรอทในรูปเมทิลพบในช่วง $2.368-2.503 \text{ ng/g}$

ทวีศักดิ์ บุญยโชติมงคล และคณะ (2528) ทำการศึกษาหาปริมาณปรอทในหอย 3 ชนิด คือหอยนางรม หอยแมลงภู่ และหอยแครง ที่เก็บได้จากชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกบริเวณ อ่างศิลา บางโปรง บางปะกง ในช่วงปี พ.ศ. 2525-2529 โดยการเก็บตัวอย่าง 54 ครั้ง ได้จำนวน ตัวอย่าง 272 ตัวอย่าง ค่าเฉลี่ยของปริมาณปรอท $0.017 \mu\text{g/g}$ ค่าที่พบทั่วไปอยู่ระหว่าง $0.001-0.153 \mu\text{g/g}$ ค่าสูงสุด $0.193 \mu\text{g/g}$ พบในหอยนางรมที่เก็บจากอ่างศิลาจากการเก็บตัวอย่างในเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2525

ประกาย บริบูรณ์ และคณะ (2530) ศึกษาการปนเปื้อนของปรอทในสัตว์ทะเลบริเวณ น่านน้ำไทย ตามโครงการวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพสิ่งมีชีวิตในน่านน้ำไทย ตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2516 ถึง กันยายน พ.ศ. 2526 สำหรับในอ่าวไทย เก็บตัวอย่างทั้งหมด 25 ครั้ง ได้จำนวน ตัวอย่าง 945 ตัวอย่าง ปริมาณปรอทที่พบอยู่ระหว่าง น้อยกว่า $0.0001-0.578 \mu\text{g/g}$ ค่าเฉลี่ยคือ $0.040 \mu\text{g/g}$ และพบว่ามีร้อยละ 3.7 ของตัวอย่างทั้งหมดมีปริมาณปรอทเกิน $0.1 \mu\text{g/g}$

แววตา ทองระอา และคณะ (2531) ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณปรอทในปลาทะเลที่มี คุณค่าทางเศรษฐกิจจากบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย ซึ่งเก็บรวบรวมตัวอย่าง ปลาจากสะพานปลา 4 แห่ง คือ สะพานปลาอ่างศิลา สะพานปลาเขาสามมุข สะพานปลาบางเสร่ จ.ชลบุรี และสะพานปลาบ้านเพ จ.ระยอง ตั้งแต่เดือนมิถุนายน - ธันวาคม 2529 พบว่าปริมาณ เฉลี่ยของปรอทในปลาทะเลที่จับได้จากสะพานปลาอ่างศิลา และเขาสามมุข สะพานปลาบางเสร่ และสะพานปลาบ้านเพ มีค่าเท่ากับ 0.04 ± 0.043 , 0.039 ± 0.035 และ $0.046 \pm 0.041 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักเปียก ตามลำดับ

การศึกษาปริมาณปรอทในสิ่งมีชีวิตบริเวณทะเลอันดามัน

เมนะเสวต และศิริยงค์ (Menasveta & Siriyong, 1977) ทำการศึกษาหาปริมาณปรอท ในปลาล่าเหยื่อในทะเลอันดามัน 36 ตัวอย่าง ที่เก็บได้ในเดือนเมษายน ค.ศ. 1975 พบปริมาณ ปรอทใน Yellowfin tuna (*Neothunnus albacora*) $0.026-0.234 \mu\text{g/g}$ ใน Bigeye tuna (*Parathunnus sibi*) $0.027-0.233 \mu\text{g/g}$ และปลาลาม 4 ชนิด พบปริมาณปรอทในเนื้อ $0.057-0.478 \mu\text{g/g}$ นอกจากนี้ยังรายงานถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทกับน้ำหนักปลาในปลาที่ทำการศึกษามี ความสัมพันธ์ทางบวกซึ่งกันและกัน

ประกาย บริบูรณ์ และคณะ (2530) ทำการศึกษาหาปริมาณปรอทในสัตว์ทะเลที่จับได้ จากการลากอวนในทะเลอันดามัน โดยการเก็บตัวอย่าง 4 ครั้งในปี พ.ศ. 2519, 2520, 2521 และ 2522 จากบริเวณจังหวัดพังงา กระบี่ ภูเก็ตและสตูล รวมตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ 242 ตัวอย่าง

ปริมาณที่พบอยู่ระหว่าง 0.003-0.246 $\mu\text{g/g}$ และมีค่าเฉลี่ยในแต่ละปี 0.040, 0.039, 0.053 และ 0.075 $\mu\text{g/g}$ ตามลำดับ

จากการศึกษาปริมาณสารปรอทที่มีการปนเปื้อนในสิ่งมีชีวิตบริเวณอ่าวไทยและทะเลอันดามัน สรุปได้ดังตาราง 3

ตารางที่ 3 ความเข้มข้นของปรอทรวมในสิ่งมีชีวิตบริเวณอ่าวไทยและทะเลอันดามัน

ปีที่ศึกษา	บริเวณที่ศึกษา	ชนิดของสิ่งมีชีวิต	ปริมาณปรอทที่พบ ($\mu\text{g/g}$)	อ้างอิงจาก
2525	ชายฝั่งตะวันออกของไทย	ปลาหน้าดิน ปลาผิวน้ำ	0.069 0.037	สาวิกา เกษมศรี (2525)
2527	ปากแม่น้ำบางปะกง ท่าจีน แม่กลอง เพชรบุรี และปราณบุรี	สัตว์น้ำ	0.012 - 0.151	สุธรรม สิทธิชัยเกษม และ สุวรรณิ์ เณินบำรุง(2527)
2528	ปากแม่น้ำเจ้าพระยา ชายฝั่ง จ.ระยอง	หอยแมลงภู่ หอยแมลงภู่	0.015 - 0.018 0.006 - 0.010	โตมร มีเดช (2528)
2516- 2529	อ่าวไทยและทะเลใกล้ฝั่ง ทะเลอันดามัน	สัตว์ทะเล	0.024	ลักดาวัลย์ โรจนพรรณทิพย์ และคณะ (2530)
2529	สะพานปลาอ่างศิลา-เขาสามมุข	ปลาทะเล	0.041 - 0.043	แววตา ทองระอา และคณะ (2531)
	สะพานปลาบางเสร่	ปลาทะเล	0.039 - 0.035	
	สะพานปลาบ้านเพ	ปลาทะเล	0.041 - 0.046	
2530	อ่าวบ้านดอน จ.สุราษฎร์ธานี	ปลา หมีก กุ้ง หอยลาย หอยตะไกร หอยแครง	0.004-0.008 0.008 0.012 0.017 0.010-0.024 0.018-0.029	Hungspreugs และคณะ (1989)

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ปีที่ ศึกษา	บริเวณที่ศึกษา	ชนิดของสิ่งมีชีวิต	ปริมาณปรอทที่พบ ($\mu\text{g/g}$)	อ้างอิงจาก
2536	แท่นเจาะก๊าซธรรมชาติ กลางอ่าวไทย	ปลาทะเล	0.006-3.08	Menasveta (1993)
2538	แท่นเจาะก๊าซธรรมชาติ กลางอ่าวไทย	ปลาทะเล	0.01-1.27	Menasveta (1995)
2538	อ่าวไทยตอนใน	แพลงก์ตอนพืช	0.009	ปิยะนารถ คุ้มวอน (2539)
		แพลงก์ตอนสัตว์	0.013	
		ปลาทะเล	0.093-0.730	
2541	อ่าวไทย	สัตว์น้ำ	0.008-0.628	กรมควบคุมมลพิษ (2543)
	ปากแม่น้ำ	สัตว์น้ำ	0.016-0.128	
2539- 2541	นิคมอุตสาหกรรม มาบตาพุด	สัตว์น้ำ	0.012-0.416	