



## 2.1 โลหะหนัก (Heavy Metals)

โลหะหนัก หมายถึงโลหะที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 5 เท่าตัวขึ้นไป มีอัตราการสลายตัวตามธรรมชาติค่อนข้างช้า จะทำให้สะสมและตกค้างอยู่ในธรรมชาติได้นาน และเป็นโลหะที่มีอะตอมมีกัมมันต์เบอรอยู่ระหว่าง 22-92 อยู่ในคาบ 4-7 ในตารางธาตุ เช่น อาร์เซนิก (As), แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) ปรอท (Hg) แมงกานีส (Mn) นิกเกิล (Ni) ตะกั่ว (Pb) สังกะสี (Zn) บารีียม (Ba) และเซเลเนียม (Se) เหล่านี้เป็นต้น

โลหะหนักดังกล่าวนี้ หากมีการนำมาใช้หรือปล่อยสู่สภาวะแวดล้อมมากก็จะเกิดมีการสะสมขึ้นในสิ่งแวดล้อม เช่น ในดิน น้ำ และอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเกิดการละลายหรือเจือปนไปกับแหล่งน้ำมากถึงขีดอันตราย จะทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ มันจะไม่มีลักษณะแสดงให้เห็นล่วงหน้าได้เด่นชัด ซึ่งอาจจะแตกต่างกับสิ่งแวดล้อมเป็นพิษอันเนื่องมาจากสารอินทรีย์ หากมีสะสมมากในแม่น้ำลำคลองหรือแหล่งน้ำต่าง ๆ แหล่งน้ำนั้นจะเกิดสภาพที่เน่าเสีย เพราะว่าสารอินทรีย์ที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำเป็นตัวการที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำโดยธรรมชาติ มีปริมาณลดน้อยลงเนื่องจากปฏิกิริยาทางชีวภาพของจุลินทรีย์ที่ไปย่อยสลายสารอินทรีย์ ปลาหรือสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำก็จะมีออกซิเจนไม่พอเพียง เป็นเหตุให้ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในที่สุดอาจถึงตาย ซึ่งจะ เป็นลักษณะที่แสดงให้เห็นได้เด่นชัด

## 2.2 การแพร่กระจายของโลหะหนักในแหล่งน้ำ

โลหะหนักที่เจือปนอยู่ในแหล่งน้ำตามธรรมชาตินั้นเกิดขึ้นได้สองสาเหตุใหญ่ ๆ คือเกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติและจากการกระทำหรือกิจกรรมของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ในธรรมชาติโลหะหนักมาจากขบวนการกัดเซาะของหิน เปลือกโลกบนทวีปมีอยู่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ปัจจุบันพบว่าปริมาณของโลหะหนักในแหล่งน้ำสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดว่ามาจากการกระทำหรือกิจกรรมของมนุษย์คือ น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะสารพวกโลหะหนักอาร์เซนิก,

แคดเมียม, โครเมียม, ทองแดง, พรอท แมงกานีส, นิเกิล ตะกั่ว และสังกะสี จัดเป็นสารพิษที่ก่อปัญหามากที่สุด (Dyrssen et al., 1970) ซึ่งโลหะหนักเหล่านี้จะแพร่กระจายไปตามบรรยากาศ และระบบแม่น้ำลงไปสู่ทะเลในที่สุด Goldberg (1970) ซึ่งประมาณว่าปริมาณของพรอทที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมโดยมนุษย์นั้น มีค่าเท่าเทียมกับปริมาณของส่วนที่ถูกกักตุนจากแหล่งธรรมชาติ Goldberg (1975) เปรียบเทียบจำนวนพรอทในสารแขวนลอย จากบริเวณปากแม่น้ำของแม่น้ำ Rhine และทะเล Wadden ในปี 1970 พบว่ามีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของปี 1958-1960 ถึง 28% ซึ่งชี้ให้เห็นว่าเป็นอิทธิพลของโลหะหนักที่เกิดขึ้นจากผลของขบวนการอุตสาหกรรม

จากข่าวสารขององค์การอนามัยโลก (1974) กล่าวว่า มีการทิ้งสารประกอบพรอทประมาณ 4,000-5,000 ตัน ผ่านแหล่งน้ำลงสู่มหาสมุทรทุกปี ในน้ำฝนปริมาณหนึ่งลูกบาศก์เมตร มีปริมาณพรอทเจือปน 0.05-0.48 ไมโครกรัม (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.2 ไมโครกรัม) บ่อเกิดของพรอทในแหล่งน้ำธรรมชาติมักพบในเขตเหมืองแร่พรอท ในปี ค.ศ. 1968 สถิติการผลิตพรอทในโลกสูงถึง 8,000 เมตริกตัน บ่อเกิดของพรอทในแหล่งน้ำที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีสารพรอทเจือปน เช่น โรงงานผลิตโซดาไฟและคลอรีน โรงงานอุตสาหกรรมพลาสติก โรงงานผลิตสี โรงงานเภสัชกรรม จากโรงงานอุตสาหกรรมดังกล่าวพบว่าโรงงานผลิตโซดาไฟและคลอรีนซึ่งใช้โลหะพรอทในกระบวนการผลิตปล่อยน้ำทิ้งที่มีพรอทเจือปนลงสู่แหล่งน้ำมากที่สุด

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต (2525) ได้อ้างถึง Jernelov, (1969) ว่ารูปสารพรอทที่ถูกปล่อยหรือระบายลงสู่แหล่งน้ำ มีอยู่ทั้งหมด 5 รูป ดังนี้คือ

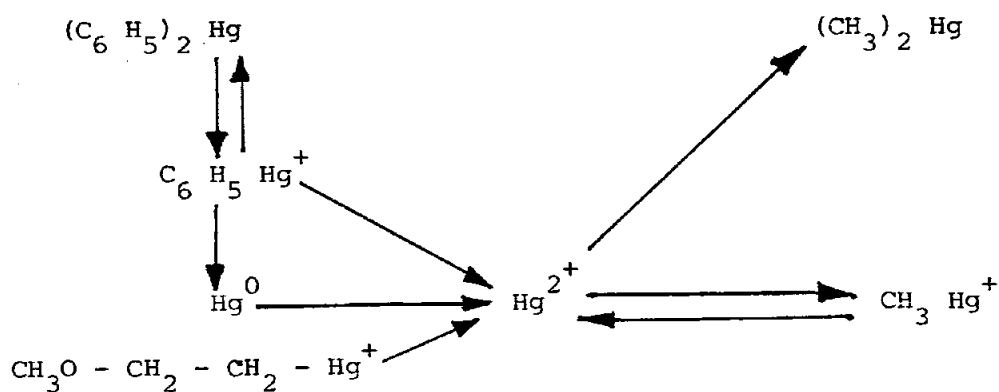
- Divalent mercury,  $\text{Hg}^{2+}$
- Metallic mercury,  $\text{Hg}^0$
- Phenyl mercury,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Hg}^+$
- Methyl mercury,  $\text{CH}_3\text{Hg}^+$
- Alkoxyalkyl mercury,  $\text{CH}_3\text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{Hg}^+$

เมื่อสารพรอทได้ถูกปล่อยหรือระบายลงสู่สิ่งแวดล้อมของน้ำแล้ว บางส่วนจะเข้าไปติดอยู่กับอินทรีย์วัตถุที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ Bothner และ Carpenter (1972) ได้รายงานว่าปริมาณ 50% ถึง 75% ของพรอทอออนในแม่น้ำโคลัมเบียจะเข้าไปสะสมอยู่กับวัตถุที่แขวนลอยอยู่ในน้ำภายใน 10 ถึง 60 ชั่วโมง หลังจากที่ได้ปล่อยอออนดังกล่าวนี้ลงไป Honnerz (1969) ได้พบว่าสิ่งแขวนลอย

ในน้ำจะทำหน้าที่คล้าย ๆ กับตัวกำจัดปรอทออกไปจากน้ำแต่ก็ไปสะสมอยู่ในตะกอนก้นแม่น้ำโดยที่มันเหนียวน้ำให้ปรอทที่ออกมาเกาะติดแล้วก็จะเกิดการตกตะกอนลงสู่พื้นของแหล่งน้ำในเวลาต่อมาความสามารถของปรอทในการที่จะแทรกซึมเข้าไปติดอยู่กับวัตถุที่อยู่ใกล้ตัวมันได้ถูกแสดงไว้โดย Jonasson (1970) เขาพบว่าประมาณ 70% ของปรอทที่มีความเข้มข้น 500 ppb. สามารถซึมซับเข้าไปในภาชนะแก้วที่บรรจุอยู่ภายในระยะเวลา 5 ถึง 10 วัน

สารปรอทที่เจือปนอยู่ในสิ่งแวดล้อมจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปดังต่อไปนี้

(Jernelov, 1969)



ในสภาวะที่มีการลด (Reducing condition) ปรอทในน้ำจะถูกเปลี่ยนให้เป็นปรอทซัลไฟด์ (Mercuric sulfide) แล้วเกิดการตกตะกอน ปรอทในรูปนี้จะละลายน้ำได้น้อยมากหรือไม่ละลายเลยอย่างไรก็ดีปรอทซัลไฟด์อาจถูกเติมออกซิเจน (Oxidation) ได้โดยเฟอร์ริกไอออน ( $\text{Fe}^{+++}$ ) และมีโอกาสละลายน้ำออกมาได้อีก ในแม่น้ำที่มีการขาดออกซิเจนนั้นที่บริเวณพื้นที่ก้นแม่น้ำจะมีไฮโดรเจนซัลไฟด์อยู่มาก ดังนั้นปฏิกิริยาการเปลี่ยนปรอทให้เป็นซัลไฟด์จึงมีโอกาสเกิดขึ้นได้มากกว่าแม่น้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่ในระดับปกติ

ปรอทอินทรีย์ที่อยู่ในตะกอนของพื้นก้นแหล่งน้ำจะมีโอกาสเปลี่ยนเป็นปรอทอินทรีย์ในรูปของ Methylmercury ปรอทรูปนี้สามารถละลายน้ำได้ดีมาก จึงมีโอกาสเข้าสะสมในร่างกายของสิ่งมีชีวิตได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามถ้าสภาวะที่พื้นก้นแหล่งน้ำเป็นแบบที่ไม่มีอากาศ ปรอทก็ไม่สามารถถูกเปลี่ยนให้เป็นปรอทอินทรีย์ได้ (Jernelov, 1969) Gillespie (1972) ได้ทำการศึกษาอัตราการเปลี่ยนตำแหน่งของสารปรอทจากดินตะกอนเข้าสู่ปลาโดยทำการศึกษากับสารปรอทสามชนิด กล่าวคือ Mercuric chloride, Mercuric sulphide และ Metallic mercury ผลการวิจัยพบว่าความเข้มข้นปรอทในตัวปลาได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในหน่วยทดลอง

ที่ได้ผสม Metallic mercury ไว้ในดินตะกอน อัตราส่วน Methylmercury ในตัวปลาของหน่วยทดลอง Mercuric chloride, Mercuric sulphide และ Metallicmercury มีค่าเป็น 40%, 45% และ 30% ของปรอทรวม (Total mercury) ตามลำดับ

Matsumura et al. (1972) ได้รายงานว่าการเปลี่ยนรูปของปรอทอนินทรีย์ไปเป็นอินทรีย์นั้นขึ้นอยู่กับตัวประกอบสิ่งแวดล้อมหลายประการ เช่น ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอน ชนิดและปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ในดินตะกอน Jense และ Jernelov (1969) ได้พบว่าปรอทในรูป Divalent ในโคลนคัมสามารถถูกเปลี่ยนให้เป็นปรอทอินทรีย์ในรูปของ Methylmercury ได้ โดยขบวนการทางชีวภาพ แบคทีเรียที่มีความสามารถเปลี่ยนรูปปรอทอนินทรีย์ให้เป็นปรอทอินทรีย์ได้แก่ "Methanogenic bacteria" การเปลี่ยนรูปดังกล่าวนี้จะทำให้เกิดปรอทอินทรีย์ได้ทั้งสองรูปแบบคือ Mono และ Dimethylmercury (Wood et al., 1968) Monomethylmercury เป็นรูปของปรอทที่สามารถคงสภาพอยู่ในน้ำได้ แต่ Dimethylmercury เป็นรูปของปรอทที่มีความสามารถในการระเหยสูง ดังนั้นส่วนใหญ่จะระเหยออกจากแหล่งน้ำไป ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนรูปของปรอท ในสภาวะที่เป็นด่างจะทำให้เกิด Dimethylmercury (Larsson, 1970) แต่ถ้ายู่สภาวะที่เป็นกลางหรือเป็นด่างเล็กน้อยก็จะทำให้มีการเปลี่ยนรูปเป็น Monomethylmercury มากขึ้น (Study Group on Mercury Hazards, 1970) นอกจากนี้สภาวะที่เป็นกรดจะมีผลทำให้ Dimethylmercury เปลี่ยนรูป Monomethyl ได้โดยง่าย

ณรงค์ ณ เชียงใหม่ (2525) ได้อ้างถึงรายงานของ Dell Aglio (1968) กล่าวว่า แม่น้ำซึ่งรับน้ำทิ้งที่มีปรอทเจือปนหลายสายในประเทศอิตาลี พบว่ามีปรอทสูงถึง 136 ppb และจากเอกสารรายงานของ U.S. Geological Survey Professional Paper 713 (1970) กล่าวว่า จากการรวบรวมค่าปรอทที่ตรวจพบในประเทศยุโรปและอเมริกาในแหล่งน้ำผิวดิน ได้แก่ แม่น้ำมีปริมาณปรอทอยู่ระหว่าง 0.07-0.20 ppb และในน้ำทะเลมีปริมาณระหว่าง 0.15-3.60 ppb

Chow et al. (1973) รายงานถึงปริมาณตะกั่วในแหล่งน้ำบริเวณแคลิฟอร์เนีย คอนได้ว่ามีปริมาณมากกว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณตะกั่วที่เกิดโดยธรรมชาติ 4 เท่า

โดยทั่วไปแล้วการแพร่กระจายของโลหะหนักในน้ำทะเลส่วนใหญ่จะมีความเข้มข้นสูงที่บริเวณพื้นผิวของน้ำทะเล (Liss, 1975) โดยเฉพาะตะกั่วนั้น Chow and Patterson

(1966) รายงานว่าปริมาณของตะกั่วมีความเข้มข้นสูงในบริเวณผิวน้ำของทุกมหาสมุทรทั้งนี้ เนื่องจากการใช้สารตะกั่ว เป็นส่วนผสมในน้ำมันเบนซิน ทำให้เกิดการแพร่กระจายอยู่ตามบรรยากาศ โดยพบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของตะกั่วที่ผิวน้ำในบริเวณชายฝั่งทะเลซีกโลกเหนือมีค่าประมาณ 0.07 ppb ซึ่งเปรียบเทียบกับในสมัยก่อนที่จะมีการใช้ Lead alkyls ผสมในน้ำมันเบนซินนั้น มีปริมาณเพียง 0.01-0.02 ppb เท่านั้น และจากการศึกษาของ Chester and Stoner (1974) แสดงให้เห็นว่าปริมาณของโลหะหนักที่ผิวน้ำบริเวณใกล้ชายฝั่งนั้นมีปริมาณมากกว่าที่ผิวน้ำในบริเวณมหาสมุทรเปิด ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของโลหะส่วนใหญ่ถูกชะล้างมาจากแผ่นดิน Goldberg (1957) ได้รวบรวมผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในทะเล และประมาณว่ามีตะกั่ว อยู่ในน้ำทะเล 0.003 ppb แคลเซียมอยู่ในน้ำทะเลโดยเฉลี่ย 0.11 ppb

การศึกษาเกี่ยวกับปริมาณและการแพร่กระจายของโลหะหนักในแหล่งน้ำบริเวณต่าง ๆ นั้น ในต่างประเทศมีผู้ศึกษากันมาก เช่น Riley and Taylor (1972); Chester and Stoner (1974); Albests et al. (1975); Frache et al. (1976); Bernhard (1978) เหล่านี้ เป็นต้น อย่างไรก็ตามปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักเหล่านี้ในน้ำโดยทั่วไป ยังมีปริมาณน้อยและแตกต่างกันออกไปในแต่ละบริเวณและช่วงเวลา นอกจากนั้นในการศึกษาของ แต่ละคนก็ยากที่จะนำมาเปรียบเทียบกันได้ ทั้งนี้เพราะส่วนมากใช้วิธี และเทคนิคในการวิเคราะห์ ต่างกัน (Frache, 1976; Bernhard, 1978)

### 2.3 การแพร่กระจายของโลหะหนักในดินตะกอน

โลหะหนักส่วนใหญ่ที่อยู่รวมกับสารแขวนลอยในน้ำนั้น เมื่ออัตราการไหลเวียนของน้ำ ช้าลง อนุภาคที่มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากจะตกตะกอนก่อน ซึ่งขบวนการเช่นนี้เกิดมากในบริเวณ ปากแม่น้ำ ส่วนสารแขวนลอยที่มีขนาดเล็กและเบาว่านั้นจะมีอัตราการตกตะกอนช้าสามารถที่จะ อยู่ในรูปสารแขวนลอยได้เป็นเวลานาน และถูกพัดพาไปได้เป็นระยะทางไกล ดังนั้นตะกอนเหล่านี้ จึงสามารถสะท้อนถึงถึงสภาวะความแปรปรวนของแหล่งน้ำในบริเวณนั้นได้ โดยทั่ว ๆ ไปแล้วพบว่าสารแขวนลอยในน้ำจะมีความเข้มข้นของโลหะหนักอยู่สูงกว่าในส่วนของตะกอนที่ตกลงสู่พื้นแล้ว (De Groot et al., 1976) ในดินตะกอนของท้องทะเลหลวงบริเวณ East Pacific Rise ในมหาสมุทรแปซิฟิก Bostrom และ Fisher ได้รายงานในปี ค.ศ. 1969 ว่ามีปรอทอยู่ระหว่าง 1-2 และ 400 ppb

Chow et al. (1973) รายงานถึงปริมาณของโลหะที่สะสมในดินตะกอนในอ่าวตอนในหลายแห่งของชายฝั่งแคลิฟอร์เนียว่ามีปริมาณสูงขึ้น และจากการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณของโลหะหนักที่สะสมอยู่ในดินตะกอนหลายแห่ง จากบริเวณแหล่งอุตสาหกรรมที่ต่างกัน สามารถที่จะบอกได้ว่าโลหะตะกั่ว สังกะสี ทองแดง เหล็ก และแมงกานีสนั้น มีกำเนิดมาจากผลของโรงงานอุตสาหกรรม ในทางตรงกันข้ามพบว่าโลหะนิกเกิลนั้นอาจจะมาจากขบวนการกัดกร่อนจากธรรมชาติมากกว่า ส่วนเหล็กและแมงกานีสในบางแห่งพบว่าปริมาณส่วนใหญ่มาจากแหล่งธรรมชาติมากกว่าส่วนที่เกิดจากผลของอุตสาหกรรม (Goldberg, 1975) ซึ่ง Takematsu, (1978) ได้ศึกษาถึงที่มาของโลหะในดินตะกอนจากทะเลลึก พบว่าแมงกานีสส่วนใหญ่มีกำเนิดภายในแหล่งน้ำ ส่วนทองแดงนั้น 34-68% ของจำนวนทั้งหมดเป็นส่วนที่มีกำเนิดภายในแหล่งน้ำ และสังกะสี ส่วนที่มีกำเนิดภายในแหล่งน้ำมีประมาณ 30% ที่เหลือ เป็นส่วนที่มาจากบนพื้นดินและในดินตะกอนบริเวณใกล้ชายฝั่งนั้น ปริมาณของโลหะหนักที่มาจากส่วนที่มีแหล่งกำเนิดภายในแหล่งน้ำมีจำนวนน้อยกว่าในดินตะกอนของทะเลลึกมาก ยกเว้นโลหะสังกะสี

จากการศึกษาด้วยไอโซโทปกัมมันตรังสีของ Pb-210 ทำให้ทราบว่าตะกั่วเป็นโลหะที่สามารถส่งผ่านหรือถ่ายเทจากชั้นน้ำลงสู่ดินตะกอนได้เร็วมาก ซึ่งบางที่อาจจะถูกพาไปกับสิ่งเน่าเปื่อยของสิ่งมีชีวิต Chow et al. (1973) ทำการศึกษาอัตราการสะสมตัวของตะกั่วในดินตะกอน ในบริเวณชายฝั่งตอนใต้ของรัฐแคลิฟอร์เนีย โดยใช้วิธีทางกัมมันตรังสีพบว่าอัตราการสะสมตัวของตะกั่วในดินตะกอนเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในปลายทศวรรษ 1940 ซึ่งเป็นเวลาประมาณ 25 ปี หลังจากที่มีการใช้ Lead alkyls เป็นส่วนผสมในน้ำมันเชื้อเพลิง

Schell and Barnes (1974) ได้ทำการศึกษาปริมาณตะกั่วในแท่งตะกอนที่เก็บขึ้นมาจากก้นทะเลสาบวอชิงตันในมลรัฐวอชิงตัน สหรัฐอเมริกา เขาได้พบว่าปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในแท่งดินตะกอนได้เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ตั้งแต่ชั้นตะกอนของปี ค.ศ. 1916 เป็นต้นมา อัตราการเพิ่มมีสหพันธ์กับปริมาณการใช้ น้ำมันเบนซินอย่างเห็นได้ชัด การที่ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในชั้นตะกอนของปี 1963-1967 ได้ลดลงนั้น ก็เนื่องมาจากมีการก่อสร้างสะพานข้ามทะเลสาบทำให้มีตะกอนจากการก่อสร้างเพิ่มขึ้นในน้ำ ตะกอนเหล่านี้มีน้ำหนักรวมมากกว่าตะกอนในธรรมชาติ จึงตกตะกอนได้รวดเร็ว และไม่ได้นำพาตะกั่วลงไปด้วย

โลหะหนักที่สะสมอยู่ในดินตะกอนหลังจากถูกพัดพาไปสู่แหล่งน้ำแล้วปริมาณของโลหะในดินตะกอนจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีและแร่ธาตุต่าง ๆ ของดินตะกอนนั้น ฉะนั้นดินตะกอน

ที่มาจากบริเวณเดียวกันแต่มีขนาดของตะกอนต่างกันมีปริมาณอินทรีย์สารต่างกัน ปริมาณโลหะที่สะสมอยู่จะต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าดินตะกอนส่วนใหญ่ในบริเวณปากแม่น้ำจะมีปริมาณของโลหะสะสมอยู่ในระดับสูง ดังเคยมีรายงานพบปริมาณของโลหะโครเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี สูงถึง 1000, 300, 900 และ 3,000  $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ (Mackey and Leatherland, 1976) และปริมาณของโลหะเหล่านี้จะลดลงเช่นเดียวกับปริมาณสารอินทรีย์เมื่อระยะทางห่างจากชายฝั่งเพิ่มขึ้น ซึ่งคาดว่า การลดลงของปริมาณโลหะดังกล่าว ส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์อันมีต้นกำเนิดมาจากแผ่นดิน ทำให้เกิดการสูญเสียโลหะหนักที่ติดมากับสารอินทรีย์ออกสู่ทะเล นอกจากนี้แล้วโลหะหนักที่มีต้นกำเนิดมาจากแผ่นดิน และถูกนำมาโดยแม่น้ำผ่านบริเวณน้ำกร่อยลงสู่ทะเลนั้น จะมีการเปลี่ยนแปลงภาวะทางเคมีบางประการ เช่น เปลี่ยนแปลงภาวะการจาก Oxidizing environment ไปสู่สภาวะ Reducing environment ซึ่งการเปลี่ยนแปลงภาวะการทางเคมีดังกล่าว ทำให้โลหะบางชนิดที่เคยอยู่ตัวในภาวะ Oxidizing environment เช่น เกิดการเป็นโลหะซัลไฟด์ขึ้น และโลหะหนักบางชนิดที่สะสมอยู่ในดินตะกอน อาจถูกปล่อยออกสู่ชั้นน้ำที่อยู่เหนือดินตะกอนและน้ำที่อยู่ระหว่างดินตะกอน (Interstitial water) ได้ (De Groot, Salomons and Allersma, 1976)

#### 2.4 การแพร่กระจายของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย

สำหรับการศึกษาถึงปริมาณโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย มีผู้ได้ศึกษาและทำการวิจัยไว้หลายหน่วยงานด้วยกัน แต่จะขอกล่าวเฉพาะรายงานที่เกี่ยวข้องและใกล้เคียงกับโครงการวิจัยนี้เท่านั้น กล่าวคือ

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต (2521) ได้เสนอ "การแพร่กระจายของโลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง" การวิจัยได้ศึกษาถึงการแพร่กระจายของ ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) และปรอท (Hg) ในน้ำดินตะกอนและสิ่งมีชีวิตของแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ในการนี้ได้ตั้งสถานีขึ้น 9 แห่งในบริเวณตั้งแต่ในทะเลซึ่งห่างจากปากแม่น้ำออกไป 16 กิโลเมตร ขึ้นมาจนถึงกิโลเมตรที่ 64 ของแม่น้ำซึ่งอยู่เหนือกรุงเทพฯ ขึ้นไป ประมาณ 10 กิโลเมตร โดยทั่วไปแล้วพบว่าสถานีที่ตั้งอยู่ในบริเวณกรุงเทพฯ แหล่งอุตสาหกรรมซึ่งอยู่ได้ลงมาและบริเวณปากแม่น้ำมีความเข้มข้นของโลหะหนัก ทั้งห้าชนิดในดินตะกอน และในน้ำสูงกว่า สถานีที่ตั้งอยู่นอกบริเวณดังกล่าว ความเข้มข้นของโลหะหนักทั้งห้าชนิดในดินตะกอน และในน้ำสูงกว่า สถานีที่ตั้งอยู่นอกบริเวณดังกล่าว ความเข้มข้นของ แคดเมียม ตะกั่ว ปรอท ที่ละลายอยู่ในน้ำ

ยังคงมีค่าต่ำกว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโลก ความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอน มีค่าสูงกว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโลก สำหรับโลหะหนักตะกั่วมีค่าต่ำกว่า หรือใกล้เคียงกับความเข้มข้นเฉลี่ยของโลก ในจำนวนโลหะหนักทั้ง 5 ชนิด มีเพียงตะกั่วเท่านั้นที่มีแนวโน้มว่ามีความเข้มข้นในสัตว์น้ำสูงขึ้น

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต ชลธีรัตน์ พยอมแย้ม และพิชาญ สว่างวงศ์ (2522) ได้รายงานว่ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี มีการแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในชั้นที่สูงกว่าปกติเล็กน้อย ย่านอุตสาหกรรมพระประแดงมีการเจือปนของโลหะหนักสูงกว่าบริเวณอื่น ตารางที่ 2.1 แสดงผลสรุปช่วงของการแพร่กระจายของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมของบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

ตารางที่ 2.1 ช่วงการแพร่กระจายของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมของบริเวณ  
แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

ชื่อสารมีพิษ	ชนิดของตัวอย่าง	ช่วงความเข้มข้น (ppm)
ตะกั่ว	น้ำ	0.014 - 0.52
	ดินตะกอน	0.155 - 3.500
ปรอท	น้ำ	0.00001 - 0.0007
	ดินตะกอน	0.006 - 0.334
แคดเมียม	น้ำ	0.001 - 0.005
	ดินตะกอน	0.114 - 0.850
ทองแดง	น้ำ	0.002 - 0.004
	ดินตะกอน	0.304 - 4.105
สังกะสี	น้ำ	0.266 - 0.501
	ดินตะกอน	0.756 - 7.421

แหล่งที่มา : เปี่ยมศักดิ์และคณะ (2522)



ทวิศักดิ์ ปิยะกาญจน์ อ่ำไพ อินธิเกษม และรวีวรรณ วัชรารักษ์กุล (2520) ได้เสนอ "การเปลี่ยนแปลงของปริมาณตะกั่ว ปรอท และแคดเมียมในน้ำ และดินตะกอนในอ่าวไทยตอนบน" การวิจัยได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของโลหะหนัก คือ ตะกั่ว (Pb) ปรอท (Hg) แคดเมียม (Cd) ในอ่าวไทยตอนบน จากตัวอย่างที่เก็บมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2516-2519 โดยใช้วิธีทางสถิติ ผลการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณธาตุโลหะหนักทั้งสามชนิด ซึ่งตรวจพบในน้ำทะเล และในดินตะกอนของอ่าวไทยตอนบนในระหว่างปี พ.ศ. 2517-2519 นั้น แสดงลักษณะที่แตกต่างกันดัง เช่น ปริมาณของตะกั่วที่ตรวจพบในน้ำ และในดินตะกอนของอ่าวไทยตอนบนในระยะเวลา 3 ปี จะมีค่าแตกต่างที่ไม่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ผลของการเปรียบเทียบในระยะเวลา 2 ปีนี้ แสดงให้เห็นว่าปริมาณของแคดเมียม และปรอทในน้ำระหว่างปี 2518-2519 จะลดน้อยลงสำหรับในดินตะกอน ปริมาณของตะกั่วที่พบในดินตะกอนในปี 2519 จะเพิ่มมากขึ้นกว่าในปี 2518

สมพร สุทธาโรจน์ (2516) ได้เสนอ "ปริมาณสารปรอทในแหล่งน้ำประเทศไทย" การวิจัยได้วิเคราะห์ปริมาณของสารปรอทที่มีอยู่ในแหล่งน้ำต่าง ๆ ของประเทศไทยเพื่อหาสาเหตุการเจือปนของสารปรอท ในการหาปริมาณปรอทของแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่าบริเวณพระประแดง สมุทรปราการ วัดไทรมาใต้ มีปริมาณปรอทสูงกว่าบริเวณอื่น ค่าสูงสุดที่บริเวณพระประแดงเท่ากับ 11.77 ppb. ที่วัดไทรมาใต้ เท่ากับ 31.9 ppb. จากผลการวิเคราะห์ปรอทในแม่น้ำเจ้าพระยา แสดงว่าน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณดังกล่าวได้รับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีปรอทเจือปน

พิชาญ สว่างวงศ์ (2520) ได้เสนอ "การศึกษาการกระจายสารตะกั่ว และปรอท บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง" ผลการศึกษาพบว่า สารตะกั่วและปรอทในน้ำอยู่ในสภาพที่เกาะพันกับวัตถุแขวนลอยอยู่ 85% และ 15% ตามลำดับ และพบว่าสารทั้งสองชนิดนี้ทั้งในน้ำและดินตะกอนมีแนวโน้มสูงขึ้น ในบริเวณในเมือง และเขตอุตสาหกรรม นอกจากนี้ผลการวิจัยของเขาแสดงว่าค่าของโลหะหนักทั้งสองชนิดมีค่าสูงมากในบางบริเวณ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินตะกอนที่เก็บมาจากสถานีที่อยู่บริเวณร่องน้ำนอกสันดอนปากแม่น้ำ

สุรพันธ์ บริสุทธิ์ (2523) ได้เสนอ "การแพร่กระจายของปรอทในแหล่งน้ำบริเวณโรงงานผลิตโซดาไฟ ในเขตอุตสาหกรรมพระประแดง" การวิจัยได้วิเคราะห์ตัวอย่างที่เก็บมาจากแหล่งน้ำรอบโรงงานผลิตโซดาไฟ บริเวณเขตอุตสาหกรรมพระประแดง โดยวิธี Flamlass Atomic Absorption Spectrophotometer ปรากฏว่าตัวอย่างน้ำที่เก็บจากบริเวณท่าระบายน้ำ

ภายในโรงงาน มีปริมาณปรอทอยู่ในช่วง 19.5-26.0 ppb. ส่วนตัวอย่างน้ำที่เก็บบริเวณบ่อพัก ซึ่งมีการกำจัดปรอทแล้วและบริเวณหลังโรงงานมีปริมาณปรอทอยู่ในช่วง 1.9-5.3 ppb. ในขณะที่ตัวอย่างดินตะกอนที่เก็บจากบริเวณบ่อหน้าโรงงานมีปริมาณปรอทอยู่ในช่วง 14.46-15.19 ppm. ส่วนตัวอย่างปลาที่จับได้จากบริเวณบ่อหน้าโรงงานมีปริมาณปรอทอยู่ในช่วง 1.24-1.53 ppm. ปริมาณปรอทที่ได้จากการวิเคราะห์ในแต่ละช่วงของเวลา มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับปริมาณปรอทมาตรฐานที่กระทรวงอุตสาหกรรมกำหนด ปรากฏว่าปริมาณปรอทที่วิเคราะห์จากตัวอย่างมีปริมาณสูงมาก ซึ่งแสดงว่าการแพร่กระจายของปรอทในแหล่งน้ำดังกล่าว เป็นไปอย่างกว้างขวางในปริมาณที่มีอันตรายต่อสิ่งที่มีชีวิตได้

สิทธิพันธ์ ศิริรัตนชัย (2523) ได้เสนอ "ปริมาณสะสม คีตีที ทีซีบี และโลหะหนัก บางชนิดในหอยตะไกรและหอยนางรม ในอ่าวไทย" การวิจัยได้ศึกษาปริมาณสะสม คีตีที ทีซีบี และโลหะหนักบางชนิด ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดง และแมงกานีสที่สะสมอยู่ในตัวอย่างน้ำ ดิน หอยตะไกร และหอยนางรมในอ่าวไทย จากบริเวณฟาร์มหอยที่สำคัญ 3 แห่ง คือบริเวณตำบลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี, อำเภอเกาะกูด จังหวัดสุราษฎร์ธานี และอำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี จากผลการศึกษา ปรากฏว่าตรวจพบปริมาณ คีตีที สะสมอยู่ในตัวอย่างหอยและดิน ทุกตัวอย่างที่นำมาทำการศึกษาในครั้งนี้ สำหรับโลหะหนักพบว่าในหอยทั้งสองชนิดนี้มีปริมาณโลหะหนัก สะสมอยู่ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะในหอยนางรม บริเวณอ่างศิลามีปริมาณการสะสมของโลหะ เหล่านี้ ที่สะสมอยู่ในหอยทั้งสองชนิดก็ยังคงต่ำกว่าขีดสูงสุด ที่ยอมให้มีได้ในสัตว์ทะเล ยกเว้นปริมาณโลหะ ทองแดง และสังกะสี ที่มีแนวโน้มใกล้เคียงกับขีดสูงสุด ที่ยอมให้มีได้สำหรับอาหารทะเล

มนูวดี หังสพฤกษ์ และกัลยา วัฒนยากร (2521) ได้รายงานว่ามีปริมาณของโลหะหนัก ในน่านน้ำไทยนั้น พบว่าค่าเฉลี่ยในช่วงเวลา 3 ปี ของโลหะแคดเมียม, สังกะสี และตะกั่ว ในอ่าวไทยตอนบนบริเวณใกล้ปากแม่น้ำยังอยู่ในระดับปกติ ยกเว้นโลหะทองแดงเท่านั้น มีค่าสูงกว่าปกติเล็กน้อย แต่ยังไม่ถึงขั้นอันตราย

ทวีศักดิ์ ปิยะกาญจน์ (2521) ได้เสนอรายงานจากข้อมูลของคณะกรรมการศึกษา น้ำเสียในน่านน้ำอ่าวไทยว่า จากตัวอย่างที่เก็บในระหว่างวันที่ 20-30 ตุลาคม พ.ศ. 2516 มีตะกั่วอยู่ในน้ำทะเลโดยเฉลี่ย 700 ppb. ในดินตะกอนของอ่าวไทยตอนบนตรวจไม่พบ ส่วน ตะกอนอ่าวไทยตอนล่าง มีตะกั่วอยู่ในช่วง 0.0-0.5 ppm. และพบปรอทอยู่ในดินตะกอนของ อ่าวไทยตอนบนอยู่ในช่วง 17.9-49.3 ppm. และปรอทในอ่าวไทยตอนล่างอยู่ในช่วง

0.00-4.39 ppm. พบแคดเมียม (Cd) ในอ่าวไทยตอนบนอยู่ในช่วง 0.02-0.03 ppb.  
อ่าวไทยตอนล่าง 0.02-0.05 ppm.

วรวิทย์ ชีวาภรณ์วัฒน์ (2522) รายงานการวิจัยได้กล่าวถึง การตรวจพบการสะสมตัวและการแพร่กระจายของโลหะหนักในดินตะกอนจากปากแม่น้ำสายที่ไหลลงสู่อ่าวไทยตอนบน ปรอท ตะกั่ว และสังกะสี ตรวจพบความเข้มข้นสูงสุดในดินตะกอนจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาตอนบน ขณะที่ตรวจพบแคดเมียม และแมงกานีส สูงสุดในปากแม่น้ำบางปะกง และแม่น้ำท่าจีน ตามลำดับ (ตารางที่ 2.2) นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของปรอท ตะกั่ว แมงกานีส และสังกะสี มีลักษณะในเชิงนิเสธกับระยะทางเหนือปากแม่น้ำเจ้าพระยา

ตารางที่ 2.2 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในดินตะกอนจากปากแม่น้ำสาย  
(ppm dry weight)

ปากแม่น้ำ	Hg	Pb	Cd	Mn	Zn
แม่กลอง	0.66	6.90	0.18	292.25	69.85
ท่าจีน	1.09	7.10	0.19	519.50	63.0
เจ้าพระยา	2.20	12.90	0.26	311.75	101.60
บางปะกง	0.62	5.25	0.29	325.25	63.75

แหล่งที่มา : วรวิทย์ (2522)

Huschenbeth and Harms (1974) ได้ศึกษาการสะสมสารมีพิษในสัตว์น้ำของบริเวณทะเลชายฝั่งของไทย และบริเวณปากแม่น้ำหลายแห่งรวมทั้งแม่น้ำเจ้าพระยาในปี 2515 เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลจากการศึกษาของ เปี่ยมศักดิ์และคณะ (2522) จะพบว่าปรอท แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ไม่มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในระยะ 3-4 ปีที่ผ่านมา นี้คงมีแต่ตะกั่วที่มีแนวโน้มว่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด การที่เบ็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะปริมาณการใช้เบนซินได้เพิ่มขึ้น ในน้ำมันเบนซินมีสารตะกั่วละลายอยู่ เมื่อน้ำมันเบนซินถูกใช้ ตะกั่วจะถูกปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต และวรวิทย์ ชีวาภรณ์วัฒน์ (2524) ได้รายงานการตรวจวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในหอยแมลงภู่ ซึ่งเก็บจากบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา แม่กลอง ท่าจีน และบางปะกง พบว่าปริมาณตะกั่วในหอยแมลงภู่มีระดับสูงกว่าที่เคยรายงานมาแล้วในอดีต

สำหรับปรอทนั้นพบว่ามีปริมาณค่อนข้างสูงในบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา

นวลฉวี ไยบัวเทศ นวลศรี กาญจนกุล และวินัย สมบูรณ์ (2521) ได้ทำการศึกษาปริมาณตะกั่วในดินในกรุงเทพมหานคร พบว่าตะกั่วที่สะสมในดินมีต้นเหตุมาจากไอเสียรถยนต์ ตะกั่วที่สะสมเหล่านี้อาจถูกพัดพาไปกับน้ำในระยะฤดูฝนสู่แม่น้ำลำคลอง

Polprasert, C. et al. (1979) ได้ศึกษาปริมาณโลหะหนักตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม ทองแดง สังกะสี และปรอท ที่สะสมอยู่ในน้ำและดินตะกอนของแม่น้ำเจ้าพระยา ตอนล่าง พบว่าค่าความเข้มข้นของโลหะดังกล่าวเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาและสถานที่เก็บตัวอย่าง ค่าเฉลี่ยของโลหะตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม ทองแดง สังกะสี ปรอททั้งหมด และปรอทอิสระในน้ำ 42.8, 8.4, 18.8, 19.1, 38.7, 2.297, 0.100 ไมโครกรัมต่อลิตร (ppb.) ตามลำดับ และค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะดังกล่าวในดินตะกอน 81.00, 2.74, 17.86, 14.30, 57.05, 0.279, 0.23 ไมโครกรัมต่อกรัม (ppm.) ตามลำดับ

Polprasert, C. et al. (1980) พบว่าปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนัก แคดเมียม ทองแดง โครเมียม ตะกั่ว สังกะสี ปรอททั้งหมดและปรอทอิสระที่สะสมอยู่ในน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยามีค่าความเข้มข้นน้อยกว่าที่เคยรายงานเมื่อปี 1979 ส่วนในดินตะกอนปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของทองแดง โครเมียม สังกะสี มีค่าสูงกว่ารายงานของ Polprasert, C. et al. (1979) ยกเว้นโลหะแคดเมียม ปรอททั้งหมด และปรอทอิสระ ที่มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำกว่า

