

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แหล่งกำเนิดตะกอน

ดิน นับเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งของมนุษย์ และเป็นสิ่งที่ต้องสงวนไว้ใช้ประโยชน์ให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้ ตามปกติดินจะมีธาตุอาหารพืชคงอยู่ในดินเป็นระยะเวลานาน ซึ่งเหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืชเกือบทุกชนิด แต่ถ้าหากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมแล้ว จะทำให้ประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดินลดลง สาเหตุที่ทำให้ดินเสื่อมคุณภาพนั้น เนื่องจากหลายสาเหตุคือ

1. การกษัยการของดิน
2. ธาตุอาหารพืชหมดไปจากดิน
3. การขาดน้ำในดิน
4. การขาดธาตุอาหารในดิน
5. สภาพทางกายภาพของดินเลวมากจนกระทั่งรากพืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ทะลุผ่านไปได้
6. ดินมีเกลือสะสมอยู่มาก
7. มีสารพิษตกค้างอยู่ในดิน

การกษัยการของดิน เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดตะกอน ซึ่งตะกอนที่เกิดจากการกษัยการ จะเกิดตามสภาพภูมิศาสตร์แบบค่อยเป็นค่อยไปตามธรรมชาติ (Natural erosion) โดยการเคลื่อนย้ายหน้าดิน เกิดจากน้ำ น้ำแข็ง ลม หรือแรงโน้มถ่วงของโลก หรืออาจจะเกิดจากการกระทำของมนุษย์และสัตว์เป็นตัวเร่งโดยมีน้ำและลมเป็นตัวการสำคัญ(ภาควิชาปฐพีวิทยา,

การเกิดดินตะกอนจะประกอบด้วยกระบวนการหลายอย่าง เช่น กระบวนการสึกกร่อน
พังทลาย ตกตะกอน และการรวมตัวกันจึงเกิดเป็นตะกอนขึ้น การเคลื่อนย้ายดินตะกอนลงสู่แหล่งน้ำ
จะทำให้คุณภาพของน้ำลดลง

ความสัมพันธ์ระหว่างดินตะกอนกับน้ำ

ดินตะกอนมีความสัมพันธ์กับแหล่งน้ำทั้งนี้เนื่องจากดินตะกอนจะเป็นแหล่งสะสมสารต่างๆ
ที่ตกลงสู่แหล่งน้ำ ได้แก่ธาตุอาหารต่างๆ ที่พืชต้องการ และยังมีโลหะอื่นๆ อีกที่ดินตะกอนสามารถ
ดูดซับเอาไว้ได้ (Oschwald, 1972)

เกษม จันทร์แก้ว และนิพนธ์ ตั้งธรรม (2517) ได้แบ่งตะกอนออกเป็น 2 ชนิดคือ

1. ตะกอนลอย (Suspended sediment) ซึ่งเป็นตะกอนขนาดเล็ก มีทั้งอนินทรีย์
และอินทรีย์วัตถุแขวนลอยปะปนกับน้ำ สามารถถูกพัดพาไปได้ไกลๆ
2. ตะกอนก้นลำธาร (Bed load sediment) เป็นตะกอนขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก
ถูกพัดพาไปตามท้องน้ำ เช่น พวงกรวด ทราย เป็นต้น

โดยทั่วไป ตะกอนแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1. ตะกอนที่มีขนาดเล็กมาก อยู่ในลักษณะที่เป็นเมือกหรือละลายน้ำไปตกสู่พื้นท้องน้ำ
เรียกว่า Dissolved material
2. ตะกอนขนาดใหญ่ สามารถลอยอยู่ในน้ำได้เมื่อกระแสน้ำมีความเร็วขนาดหนึ่ง
จะตกลงสู่พื้นท้องน้ำเมื่อมีความเร็วขนาดหนึ่ง เรียกว่า ตะกอนแขวนลอย (Suspended load)
ซึ่งตะกอนแขวนลอยนี้แบ่งได้เป็น 3 ชนิดคือ
 - 2.1 wash load เป็นตะกอนที่ถูกพัดพาจากผิวหน้าดินจากต้นน้ำลำธาร
 - 2.2 bed material เป็นตะกอนที่ถูกพัดพามาจากตัวแม่น้ำ
 - 2.3 bed load เป็นตะกอนที่มีขนาดใหญ่กว่าตะกอนแขวนลอยไหลลัดไปตาม
พื้นท้องน้ำ (แผนกอุทกวิทยา, 2506)

ตะกอนที่เล็กกว่าจะตกตะกอนได้ช้ากว่าตะกอนที่มีอนุภาคที่ใหญ่กว่า เช่น อนุภาคที่มี
ขนาด 60 ไมโครเมตร จะตกตะกอนด้วยความเร็ว 0.25 เซนติเมตรต่อวินาที ขณะที่อนุภาค
2 ไมโครเมตร จะตกตะกอนด้วยความเร็ว 1 เซนติเมตรต่อชั่วโมง อนุภาค 0.5 ไมโครเมตร

จะตกถ้าความเร็วของกระแสต่ำกว่า 10 เซนติเมตรต่อวินาที หากความเร็วสูงกว่านั้นจะไม่เกิดการตกตะกอน (McLusky, 1974)

ลักษณะของตะกอน

ตะกอนประกอบด้วยลักษณะโดยทั่วไปเช่นเดียวกับดินและหินตะกอน ซึ่งสามารถพิจารณาได้ใน 3 ลักษณะคือ

1. ลักษณะทางกายภาพ จะประกอบด้วยทราย (Sand) ซิลต์ (Silt) และอนุภาคดินเหนียว (Clay) โดยส่วนใหญ่แล้วจะมีทรายปนอยู่ด้วยจำนวนมาก แต่ทั้งนี้อัตราส่วนของ Sand: Silt: Clay จะขึ้นอยู่กับสภาพของตะกอนที่ถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ
2. ลักษณะทางเคมี ตะกอนโดยทั่วไปมีปริมาณน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 50-95 น้ำที่อยู่รอบๆ ตะกอนเหล่านี้จะมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และไอออนต่างๆ ละลายอยู่ ค่า pH ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 6-7.5 เนื่องจากบัฟเฟอร์ของสารเคมีต่างๆ
3. ลักษณะทางชีววิทยา ขึ้นอยู่กับความหนาแน่น (Density) และความหลากหลายพันธุ์ (Diversity) ของสิ่งมีชีวิต ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนภายในแหล่งน้ำที่สัมผัสกับตะกอนด้วย (Bautista, 1983)

สมบัติบางประการของดินตะกอน

เนื้อดิน (Soil texture)

เป็นสมบัติของดินที่ขึ้นอยู่กับความหยาบและความละเอียดของชั้นส่วนขององค์ประกอบหลักของดิน ซึ่งได้แก่อนินทรีซสารและอินทรีซสารทุกชนิดที่คลุกเคล้าผสมกันให้มีสัดส่วนเฉพาะของดินนั้น เนื้อดินส่วนใหญ่ไม่มีผลกระทบโดยตรงต่อการให้ผลผลิตของพืช แต่เป็นสิ่งที่ควบคุมสมบัติอื่นๆ ต่อดิน เช่น การคูดินน้ำ การคูดินชื้นและไอออนและการแลกเปลี่ยนก๊าซ เป็นต้น (ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2526) ประกอบด้วยอัตราส่วนของ Sand: Silt: Clay

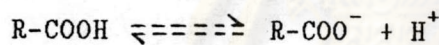
การแลกเปลี่ยนไอออนบวกของดิน (CEC)

ปัจจัยที่มีผลต่อการแลกเปลี่ยนความจุของไอออนบวกของดิน (CEC) ได้แก่ ชนิดของ

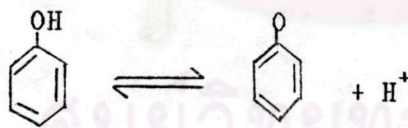
อนุภาคแร่ดินเหนียว (Clay) ตามความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ดินที่มีปริมาณแร่ดินเหนียวสูง ย่อมมีความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกสูงกว่าดินเหนียว หรือดินทราย (วิโรจ อัมพิทักษ์, 2531) ทำให้สามารถดูดซับไอออนของโลหะอื่นๆ เข้ามาอยู่ในอนุภาคของดินได้ดีกว่า

อินทรีย์วัตถุในดิน (Organic matter)

ประกอบด้วยสารประกอบแทบทุกชนิด ที่สามารถเกิดได้เองในธรรมชาติ เช่น สารประกอบในพืชและสัตว์ จุลินทรีย์ทั้งที่มีชีวิตอยู่และตายแล้ว สารประกอบที่จุลินทรีย์สังเคราะห์ขึ้น และสารประกอบที่เกิดขึ้นเนื่องจากกิจกรรมการสลายตัวของจุลินทรีย์ ซึ่งช่วยส่งเสริมให้อนุภาคของดินจับตัวกันเป็นก้อน ถ่ายเทอากาศได้ดี ช่วยให้ดินมีความจุในการอุ้มน้ำ และช่วยดูดซับไอออนบวกสูงขึ้น 2 - 30 เท่าถ้าในดินตะกอนนั้นมีอินทรีย์วัตถุในปริมาณสูงมาก (ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป, 2534) โดยเกิด dissociation ของ carboxylic group



และเกิด dissociation ของ phenolic group



ทำให้เกิดประจุลบ ซึ่งสามารถ adsorb cation ไว้ในอนุภาคดินได้สูง

ความชื้นของดิน (Moisture)

มีผลกระทบต่อสมบัติต่างๆ ของดิน เป็นส่วนที่อยู่ในช่องว่าง (pore) ระหว่างอนุภาคดิน เมื่อดินมีความชื้นมากดินย่อมมีก๊าซน้อยลง ทำให้การแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างดินกับบรรยากาศเหนือผิวดินเป็นไปได้ยากขึ้น ทำให้ออกซิเจนหรือสารต่างๆ ละลายอยู่ในสภาวะสารละลายในดิน ซึ่งเป็นสภาวะที่พืชพร้อมที่จะดูดสารละลายเหล่านี้ไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต

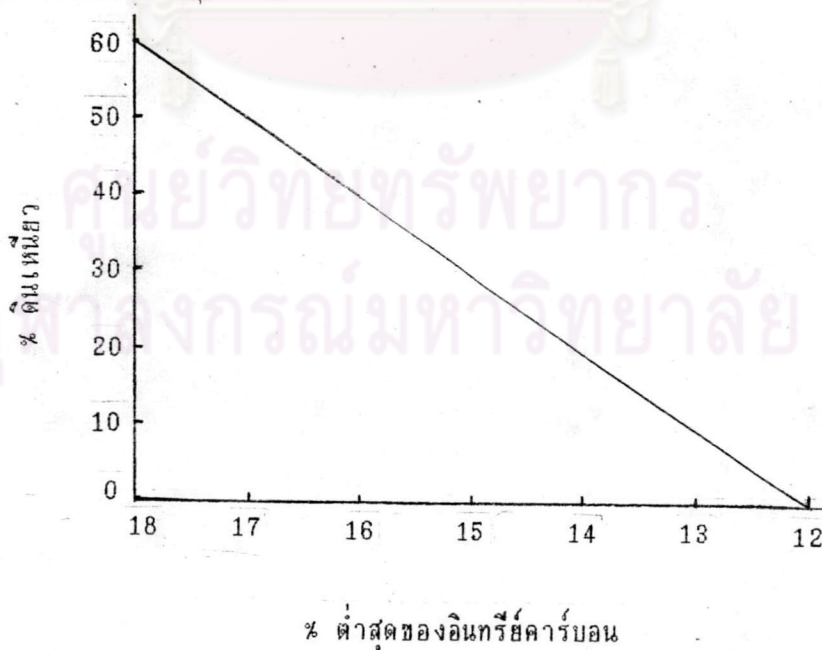
ชนิดของดินตะกอนที่น่าสนใจ ได้แก่ดินตะกอนอินทรีย์ ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับดินตะกอน

ภายในบ่อพักน้ำชะมูลฝอย

ดินตะกอนอินทรีย์ เป็นดินที่เกิดจากการสะสมของอินทรีย์สาร ในที่ซึ่งกระบวนการผุพังเน่าเปื่อย และการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุของอินทรีย์วัตถุช้ากว่ากระบวนการสะสมของอินทรีย์สาร (Nikonov and Sluka, 1964) อ้างถึงใน เอบี เชียร์นรมณ์ (2533) จะเกิดขึ้นในบริเวณที่มีน้ำขังอย่างต่อเนื่อง มีองค์ประกอบเชิงอินทรีย์เป็นปริมาณที่สูง เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณองค์ประกอบของแร่ธาตุในดิน

ลักษณะที่สำคัญของดินตะกอนอินทรีย์ คือ จะมีความจุในการอุ้มน้ำสูงทั้งโดยน้ำหนักและปริมาตร สามารถหดตัวได้สูงเมื่อแห้ง และจะต้องมีส่วนที่เป็นอินทรีย์วัตถุมากกว่าครึ่งหนึ่งโดยปริมาตรของส่วนที่เป็นดิน

ปัจจัยที่เด่นที่สุดของดินอินทรีย์ที่เกิดจากตะกอนอินทรีย์นี้คือ ในกรณีที่เป็นดินที่มีการอุ้มน้ำด้วยน้ำเป็นช่วงเวลานาน ดินจะต้องมีอินทรีย์คาร์บอนมากกว่าร้อยละ 18 ถ้าหากส่วนที่เป็นวัสดุแร่ธาตุของดินนั้นมีดินเหนียวร้อยละ 60 หรือมากกว่า แต่ถ้าหากดินนั้นไม่มีส่วนที่เป็นวัสดุแร่ธาตุของดินเหนียวเลย ดินอินทรีย์นี้จะต้องมีอินทรีย์คาร์บอนอย่างน้อยร้อยละ 12 และหากในวัสดุดินแร่ธาตุมีดินเหนียวอยู่ในช่วงร้อยละ 60 ถึงไม่มีเลย จะต้องมีอินทรีย์คาร์บอนเป็นสัดส่วนอย่างน้อยอยู่ในช่วงร้อยละ 12 ถึง 18 ดังรูปที่ 2.1 (เอบี เชียร์นรมณ์, 2533)



รูปที่ 2.1 แสดงปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่จำเป็นสำหรับชั้นที่สามารถกำหนดได้ว่าเป็นชั้นดินอินทรีย์
ที่มา : เอบี เชียร์นรมณ์ ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2533

สมบัติทางเคมีโดยสังเขปของดินอินทรีย์นั้น จะมีความเป็นกรดจัดถึงจัดมาก ค่า pH อยู่ในช่วง 5.5-3.5 มีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) สูงมาก มีอินทรีย์วัตถุในพิสัยร้อยละ 5-20 แต่ถ้าผิวหน้าของดินอินทรีย์หนาและอินทรีย์วัตถุมีการสลายตัวพุงน้อย ไปจนถึงเป็นดินที่มีชั้นดินอินทรีย์เพียงบางๆ อยู่บนผิวหน้า จะไม่จัดเป็นดินอินทรีย์

รูปแบบและการสะสมโลหะหนักในดินตะกอน

จากที่กล่าวมาข้างต้น ตะกอนมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับปัจจัยต่างๆ และปริมาณสารต่างๆ ในแหล่งน้ำ ทั้งนี้เพราะในแหล่งน้ำจะมีสมดุลของสารเคมีต่างๆ ซึ่งตะกอนจะเป็นตัวการสำคัญในการที่จะปลดปล่อยหรือดูดซับสารต่างๆ ไว้

ปริมาณโลหะหนักในดินในแต่ละชาติมีไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดของดินตะกอนว่าเป็นเช่นไร ซึ่งอาจจะพบอยู่ในลักษณะของเม็ดแร่ (Course in organic particles) อยู่ในลักษณะอนุภาคเล็กๆ ที่ปะปนอยู่กับเม็ดดิน (Colloidal inorganic particles) หรืออยู่ในช่องว่างอากาศภายในเม็ดดิน (The soil atmosphere) (Giesecking, 1978) อ้างตาม Solomons (1984)

ปริมาณโลหะหนักที่พบในดินตะกอน จะเกิดใน 2 รูปแบบคือ

1. เกิดจากการสะสมตัวในตะกอนตามกระบวนการตามธรรมชาติ ได้แก่การชะล้างเกลือแร่ที่อยู่บนพื้นดินลงสู่แหล่งน้ำ

2. เกิดจากการปล่อยโลหะโดยตรงลงสู่แหล่งน้ำจากกิจกรรมของมนุษย์ (จิระ, 2526) ซึ่งทำให้โลหะหนักมีพิษบางตัวสะสมเพิ่มมากขึ้นในดินตะกอน

Mortner และ Wittmann (1981) กล่าวว่า โลหะหนักสามารถเกิดการสะสมตัวอยู่ในตะกอน โดยมีความเข้มข้นสูงกว่าความเข้มข้นของโลหะนั้นที่มีอยู่ในมวลน้ำเหนือดินตะกอนมาก และความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอนส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่ผิวหน้าของดินตะกอน จนถึงระดับความลึก 20-30 เซนติเมตร (Price et.al., 1976)

โลหะหนักในตะกอนมักแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. Residual Heavy Metal เป็นโลหะหนักที่มีอยู่ใน Lattice ของอนุภาคดินเหนียว ในตะกอนมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในธรรมชาติ

2. Non-residual Heavy Metal เป็นโลหะหนักที่มีอยู่ในตะกอนที่เกิดจากการ adsorption เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับสารอินทรีย์ในตะกอน และโลหะหนักที่อยู่ในรูป สารประกอบที่ละลายน้ำได้ หรือตกตะกอนลงสู่ท้องน้ำโดยตรงเป็นส่วนใหญ่

ถ้าหากแหล่งน้ำใดมีตะกอนในปริมาณที่สูง จะทำให้มีการดูดซับสารอาหารในปริมาณที่สูง จากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตะกอนและจะมีการดูดซับสารพิษตกค้างสะสมตัวอยู่ในตะกอนได้

บทบาทของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม

งานศึกษาปริมาณโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม ส่วนใหญ่จะศึกษาในพื้นที่ที่มีปัญหา เช่น การศึกษาปริมาณโลหะหนักจากแม่น้ำสายหลักของประเทศไทยที่เริ่มมีการปนเปื้อนและเน่าเสียของ แหล่งน้ำ ส่วนการศึกษาปริมาณโลหะหนักในแหล่งน้ำโดยทั่วไป และดินตะกอนยังมีน้อยมาก เนื่องจากในอดีตการปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งน้ำและในดินตะกอนยังอยู่ในระดับต่ำมาก ซึ่ง เป็นการปนเปื้อนที่เกิดโดยธรรมชาติ แต่ในปัจจุบันในบริเวณอุตสาหกรรมมีการปนเปื้อน เนื่องจาก ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมีมากอย่างเห็นได้ชัด และโลหะหนักจากกองมูลฝอย สามารถ เจือปนในแหล่งน้ำและสะสมในดินตะกอนได้เช่นเดียวกันจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ จึงนับเป็น ปัญหาที่ควรให้ความสนใจ

Van Nostrand's Scientific Encyclopedia (1976) ได้ให้ความหมายของ คำว่า "โลหะหนัก" ว่าเป็นโลหะที่มีสมบัติเหมือนกับโลหะอื่นทั่วไปในการนำไฟฟ้า นำความร้อน มีความวาว ความเหนียว การสะท้อนแสง มีค่าเลขออกซิเดชันได้หลายค่า สามารถรวมตัวกับ สารประกอบอินทรีย์ได้สารประกอบใหม่ที่มีความเสถียรกว่าเดิม และสะสมในสิ่งมีชีวิตได้โดย กระบวนการทางชีวภาพถ่ายทอดตามห่วงโซ่อาหาร ทำให้เกิดพิษของโลหะหนักขึ้นได้

Waldiehuik (1974) นิยามความหมายของโลหะหนักว่า คือ ธาตุที่มีเลขอะตอมใน ช่วง 23-92 และอยู่ในคาบที่ 4-7 ในตารางธาตุ

โลหะหนักเป็นสารอินทรีย์ที่มีความคงทนในธรรมชาติ สลายตัวได้ยาก โลหะหนักหลาย ชนิด เช่น ปปรอท ตะกั่ว แคดเมียม แมงกานีส ล้วนเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตอย่างร้ายแรง ในแหล่งน้ำ หรือในดินตะกอนโดยทั่วไปจะมีปริมาณโลหะหนักมากน้อยแตกต่างกันไป การรับและการสะสม โลหะหนักของสิ่งมีชีวิตนั้น ถ้ามีปริมาณเกินระดับหนึ่งก็อาจจะเกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้ในทันที

การที่มีโลหะหนักเหล่านี้ในระดับต่ำในสิ่งแวดล้อมก็อาจจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ได้เพราะโลหะหนักบางชนิดมีพิษมาก และสามารถถ่ายทอดไปตามขั้นตอนของห่วงโซ่อาหาร โดยที่ความเข้มข้นจะสูงขึ้นไปเรื่อยๆ

บทบาทของปรอทในดินตะกอน

ปรอท เป็นโลหะสีเงินอยู่ในหมู่ IIB ของตารางธาตุ มีน้ำหนักอะตอม 200.61 เลขอะตอม 80 ค่าความถ่วงจำเพาะ 13.6 จุดหลอมเหลว -38.7 องศาเซลเซียส มีสถานะของเหลวที่อุณหภูมิปกติ มีเลขออกซิเดชันได้ 2 ค่า คือ +1 และ +2 สามารถรวมตัวกับสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ได้ดี (Encyclopedia Britannica, 1981) ในธรรมชาติจะสามารถพบปรอทได้ในเกือบทุกแห่ง ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในรูปของซัลไฟด์ มีการประมาณว่า มีปรอทอยู่ถึงร้อยละ 2.7×10^{-6} ของเปลือกโลกทั้งหมด สามารถหมุนเวียนทั้งในส่วนของเปลือกโลกที่เป็นของแข็ง ส่วนของบรรยากาศ น้ำ ดิน และในส่วนของสิ่งมีชีวิต

จากการกระทำของมนุษย์ ปรอทจะถูกปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีมากขึ้นตั้งแต่ปี 1960 ปรอทที่ผลิตได้จะใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ปรอท ได้แก่

- โรงงานผลิตคลอรีนและโซดาไฟ
- โรงงานผลิตเยื่อกระดาษ
- โรงงานอุตสาหกรรมพลาสติก
- อุตสาหกรรมอุปกรณ์ไฟฟ้า
- โรงงานเภสัชกรรม
- อุตสาหกรรมทำสี
- การหลอมโลหะด้วยวิธีอะมีนัม

ส่วนใหญ่โรงงานสารเคมีจะปล่อยของเสียที่มีปรอทอยู่ในรูปอนินทรีย์ ได้มีการประมาณกันว่า ในปีหนึ่งๆ มนุษย์ได้ปลดปล่อยของเสียในรูปของปรอทราวๆ 2,000 กิโลกรัม สารปรอทเมื่อถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ส่วนใหญ่จะถูกดูดซึมเข้าไปอยู่ในอนุภาคของตะกอนที่แขวนลอย ทั้งที่

เป็นพวกสารอินทรีย์และอนินทรีย์ และจะตกตะกอนลงสู่พื้นท้องน้ำในเวลาต่อมา ในระดับปกติ ดินตะกอนในแหล่งน้ำ ทั้งแม่น้ำ ทะเลสาบ มหาสมุทร จะมีปรอทต่ำกว่า 0.07-0.10 ไมโครกรัม ต่อกรัม ถ้าหากในแหล่งน้ำนั้นมีสารประกอบอินทรีย์ เช่น humate หรือ fulvate ละลายอยู่ สารละลายของสารอินทรีย์ดังกล่าว สามารถรวมตัวกับสารปรอทได้เป็นสารปรอทเชิงซ้อน ทั้งที่ ละลายน้ำได้และไม่ได้ ส่วนของปรอทเชิงซ้อนที่ไม่ละลายน้ำจะตกตะกอนลงสู่ท้องน้ำทันที ส่วนที่ ละลายน้ำได้ก็จะถูกดูดซับโดยอนุภาคของตะกอนแขวนลอย และจะมีการตกตะกอนเกิดขึ้นเช่นกัน

ความเข้มข้นของปรอทในดินตะกอนขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างของดินตะกอนด้วย ถ้า ดินตะกอนมีลักษณะเป็นดินเหนียว (Clay) และมีสารอินทรีย์อยู่มากจะมีปริมาณปรอทสูง คือจะมีอยู่ ในช่วง 0.05-0.15 ไมโครกรัมต่อกรัม ส่วนดินตะกอนที่มีลักษณะเป็นดินทรายซึ่งมีปริมาณ สารอินทรีย์ต่ำ ก็จะมีปริมาณปรอทต่ำกว่า คือจะมีอยู่ในช่วง 0.01-0.05 ไมโครกรัมต่อกรัม

Krenkel, 1975 พบว่า การสะสมของปรอทจะมีมากเมื่อดินตะกอนมีขนาดเล็กกว่า 16 ไมโครเมตร แต่ถ้าขนาดของดินตะกอนเล็กกว่า 2 ไมโครเมตร จะไม่มีผลต่อการสะสมของปรอท นอกจากนี้ ปริมาณของปรอทยังมีความสัมพันธ์กับสารอินทรีย์ในดินตะกอน โดยดินตะกอน ที่มีความเข้มข้นของปรอทสูง จะมีปริมาณสารอินทรีย์อยู่มาก (Warren et.al., 1996 และ Reimers และ Krenkel, 1974)

Reimers และ Krenkel, 1975 ยังพบว่า pH มีผลต่อการดูดซับปรอทของสารอินทรีย์ ในดินตะกอนจากธรรมชาติด้วย โดย pH ต่ำจะสามารถดูดซับปรอทได้มาก

พิชาญ สว่างวงศ์, 2519 ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ ดินตะกอน และสิ่งมีชีวิตในเขต อุตสาหกรรมบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ในเดือนมกราคม และเดือนพฤษภาคม เพื่อหาปริมาณ ของปรอท พบว่าในดินตะกอนในช่วงเดือนมกราคม จะมีความเข้มข้นของสารปรอทน้อยกว่าใน เดือนพฤษภาคมและสารปรอทนี้จะมีแนวโน้มสูงขึ้นในสถานที่ที่อยู่ในบริเวณเมืองและเขตอุตสาหกรรม ตลอดจนร่องน้ำที่ปากแม่น้ำ และมีค่าสูงบางบริเวณ แต่จากการศึกษาพบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน ของสารปรอททั้งสองฤดูที่ทำการศึกษา

Smith และ Smith (1975) อ้างถึงใน Edward A. Laws, 1981 p.314 ตรวจ พบความเข้มข้นของปรอทในดินตะกอนบริเวณอ่าวมิแนมาตะในระหว่างที่เกิดโรคมินามาตะ อยู่ในช่วง 10-100 ไมโครกรัมต่อกรัม ในน้ำหนักดินตะกอนเปียก และสูงถึง 2,000 ไมโครกรัมต่อ กรัม ในดินโคลนใกล้ปากทางระบายน้ำจากโรงงาน Chisso



Andren และ Harriss (1973) อ้างถึงใน Edward A. Laws, 1981 พบว่า ปริมาณปรอทในดินตะกอนบริเวณแม่น้ำ Mississippi และอ่าว Mobile อยู่ระหว่าง 0.08-0.6 ไมโครกรัมต่อกรัม ในน้ำหนักดินตะกอนแห้ง

มีการศึกษาถึงปริมาณโลหะหนักต่างๆ ในดินตะกอนเปียกกับดินตะกอนแห้ง พบว่า ถ้าประเมินว่า น้ำหนักดินตะกอนเปียก (wet weight) หมายถึงตะกอนที่มีน้ำอยู่ร้อยละ 30-70 จะพบว่า ถ้ารายงานเป็นน้ำหนักดินตะกอนแห้ง (dry weight) จะมีค่าเพิ่มขึ้นระหว่าง 3-10 เท่าของปริมาณที่พบในน้ำหนักดินตะกอนเปียก

Klein และ Goldberg (1970) ตรวจสอบพบปริมาณปรอทในดินตะกอนน้ำเค็มที่ La Jolla และ Palos Verdes, California อยู่ระหว่าง 0.02-1.0 ไมโครกรัมต่อกรัม (dry weight)

มาลี (2528) ได้ศึกษาการแพร่กระจายของปรอทในดินตะกอนจากแม่น้ำเจ้าพระยา ตอนล่างบริเวณเขตอุตสาหกรรมพระประแดง ตลอดปี 2527 โดยทำการเก็บตัวอย่างดินตะกอนทุก 3 เดือน พบว่าในดินตะกอนมีปรอทเมทิลอยู่ในช่วง ND-4.36 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และไม่พบปรอทเอทิลในทุกตัวอย่าง

รูปแบบของปรอทที่พบในดินตะกอน

สารประกอบปรอทสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. สารประกอบอินทรีย์ แบ่งเป็นกลุ่มของเอริล (aryl) และกลุ่มของอัลคิล (alkyl) เมอร์คิวรี โดยเอริลเมอร์คิวรีจะมีความคงทนในธรรมชาติมากกว่ากลุ่มอัลคิลเมอร์คิวรี แต่มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตน้อยกว่ากลุ่มอัลคิลเมอร์คิวรี

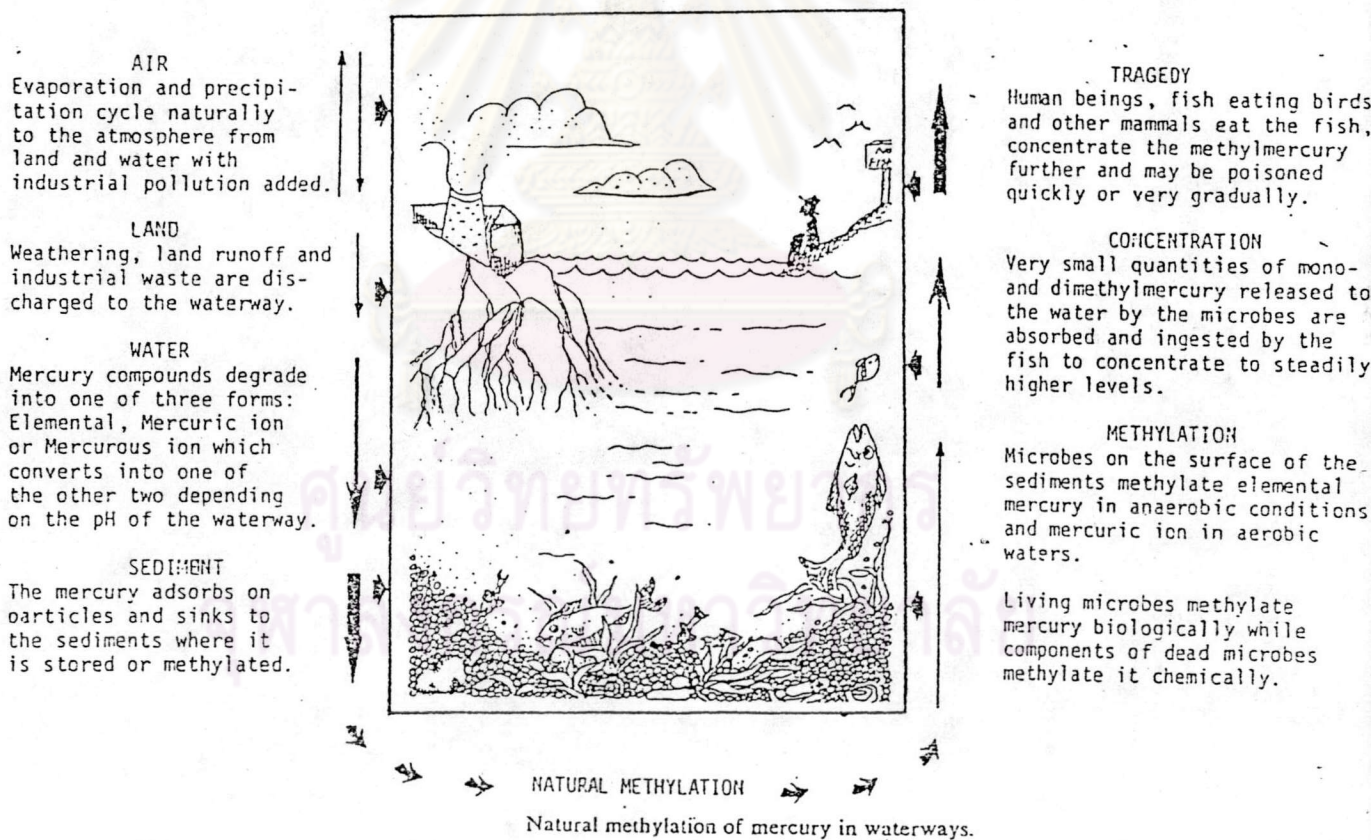
2. สารประกอบอนินทรีย์ มักจะอยู่ในรูปของธาตุปรอท (elemental mercury), สารประกอบของเมอร์คิวรีไอออน (mercurous ion (Hg^+)) และเมอร์คิวรีไอออน (mercuric ion (Hg^{2+}))

แต่ปริมาณปรอทที่ตรวจพบเมื่อได้ตลอดเข้าสู่สิ่งแวดล้อม และละลายลงสู่แหล่งน้ำและสะสมอยู่ในดินตะกอน แบ่งเป็น 4 รูปแบบ คือ

1. metallic mercury, Hg^0

2. inorganic divalent mercury, Hg^{2+}
3. phenylmercury, $C_6H_5Hg^+$
4. alkoxy alkylmercury, $CH_3OCH_2CH_2Hg^+$ หรือ alkylmercury terms

เริ่มแรกปรอทส่วนใหญ่ในดินตะกอนจะอยู่ในรูปของปรอทอินทรีย์แต่ต่อมาปรอทดังกล่าวจะถูกเปลี่ยนให้เป็นปรอทอินทรีย์ได้ในรูปของปรอทเมทิล (methylmercury) ซึ่งเรียกว่าการเกิดเมทิลเลชัน (Methylation) ดังรูปที่ 2.2 (D'Itri, 1977)



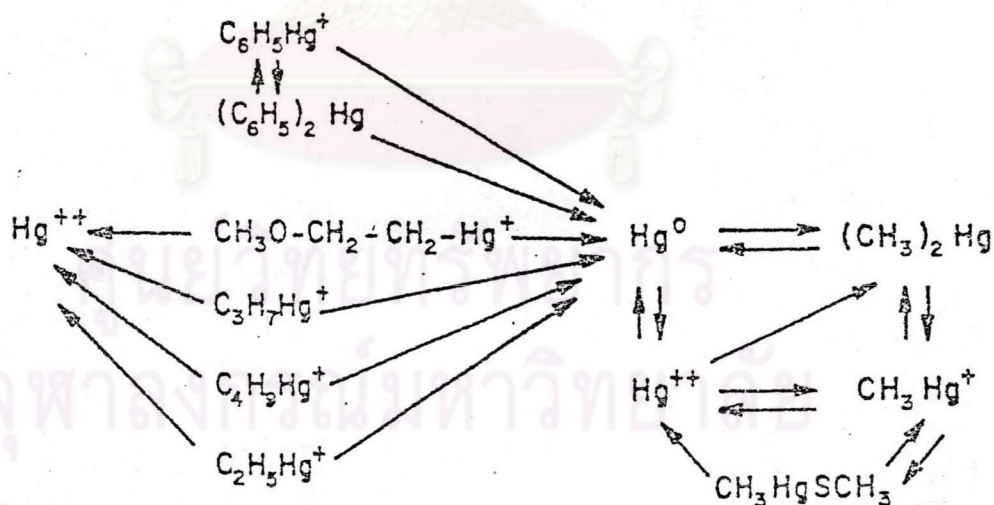
รูปที่ 2.2 การเกิดเมทิลเลชันในแหล่งน้ำธรรมชาติ (D'Itri, 1977)

การเกิดเมทิลเลชัน ทำให้ปรอทมีความเป็นพิษมากขึ้นกว่าปรอทในรูปอื่นๆ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในกระบวนการนี้เกิดขึ้นโดย

1. โลหะปรอท (metallic mercury) จะถูกออกซิไดซ์ (oxidized)
2. ปรอทฟีนิล (phenylmercury) และปรอทอัลคิล (alkylmercury) จะถูกสลายพันธะ

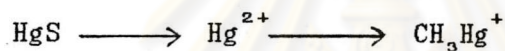
จากนั้นแบคทีเรียในดินตะกอน, ปริมาณสารอินทรีย์, pH ของน้ำจะเข้าร่วมในกระบวนการ โดยอ็อกซิเจนของปรอทจะถูกเมทิลเลต (methylated) จะได้ผลดังนี้

1. ปรอทโมโนเมทิล ซึ่งจะถูกละสมในสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ
2. ปรอทไดเมทิล จะระเหยไปสู่บรรยากาศ แต่ถ้าบรรยากาศมีสภาพเป็นกรดก็จะเปลี่ยนเป็นปรอทโมโนเมทิลตกลงมาพร้อมกับฝนอีก การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นแสดงได้ดังรูปที่ 2.3 (D'Itri, 1975)



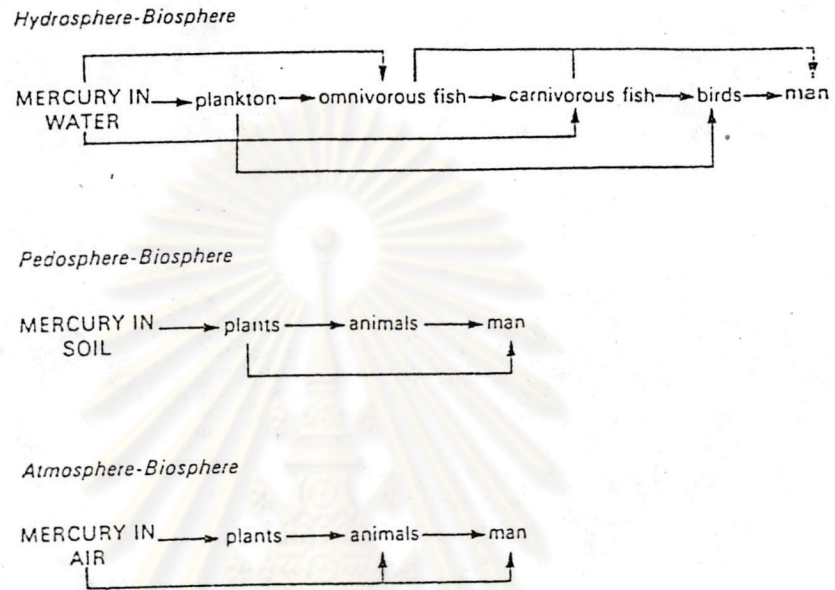
รูปที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของปรอทในสิ่งแวดล้อม (D'Itri, 1975)

สำหรับในแหล่งน้ำที่อยู่ในสภาวะขาดออกซิเจน จะเกิดการเมทิลเลชันได้น้อยมาก เนื่องจากในสภาวะขาดออกซิเจนในดินตะกอนและน้ำ จะมีไฮโดรเจนซัลไฟด์อยู่ ถึงแม้จะเกิดการรวมตัวกับปรอทเป็นปรอทซัลไฟด์ (HgS) ได้แต่ไม่สามารถจะเกิดการออกซิเดชันเปลี่ยนซัลไฟด์ (Sulphide) เป็นซัลเฟต (Sulphate) เพื่อให้ได้ Hg^{2+} ได้ ซึ่งก็หมายความว่า ในระบบนิเวศของแหล่งน้ำและดินตะกอนที่อยู่ในสภาวะขาดออกซิเจน และมีไฮโดรเจนซัลไฟด์อยู่ ก็จะมีผลยับยั้งการเกิดเมทิลเลชันของปรอท แต่ถ้าปรอทซัลไฟด์ (HgS) ในสภาวะที่ขาดออกซิเจนถูกพัดพา หรือถ่ายเทไปสู่แหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไป ก็จะสามารถเกิดเมทิลเลชันของปรอทซัลไฟด์ได้เช่นเดียวกัน โดยปรอทซัลไฟด์จะถูกออกซิไดซ์เปลี่ยนเป็นปรอทซัลเฟต ($HgSO_4$) และขบวนการทางชีววิทยาจะทำให้เกิดเมทิลเลชันขึ้นดังสมการ



การสะสมปรอทในสิ่งมีชีวิต

สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำจะได้รับสารปรอทโดยตรงจากน้ำ และจากการสะสมตามลำดับขั้นในห่วงโซ่อาหาร ความเข้มข้นของปรอทในน้ำธรรมชาติไม่เกิน 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อปรอทมีความเข้มข้นมากกว่า 10-20 ไมโครกรัมต่อลิตร จะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และปรอทสามารถสะสมตกค้างอยู่ในดินได้ เนื่องจากการใช้ปรอทในทางเกษตรกรรม ซึ่งอาจถูกดูดซึมไปสู่ส่วนต่างๆ ของพืชที่เพาะปลูกในส่วนหนึ่ง และเป็นอันตรายต่อมนุษย์ในที่สุด ซึ่งก่อให้เกิดการสะสมปรอทในสิ่งมีชีวิตกันต่อไปตามลำดับของห่วงโซ่อาหาร ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงวงจรการถ่ายทอดสารปรอทในห่วงโซ่อาหารในสิ่งแวดล้อม (D'Itri, 1977)

การสะสมปรอทในสิ่งมีชีวิตซึ่งได้รับโดยตรงจากน้ำและดินตะกอนและจากการสะสมตามลำดับขั้นในห่วงโซ่อาหาร การสะสมจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์น้ำ (Species), ช่วงเวลาที่ได้รับ (exposure interval), ลักษณะนิสัยการกินอาหาร (feeding habit), อัตราเมตาบอลิซึม (metabolic rate), อายุหรือขนาดของสิ่งมีชีวิต, คุณภาพน้ำ และปริมาณปรอทในแหล่งน้ำและในดินตะกอน (D'Itri, 1975)

สำหรับความเป็นพิษของปรอทในร่างกายของสิ่งมีชีวิตนั้น จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของสารประกอบปรอท โดยปรอทในรูปโลหะ (metallic mercury) เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะเกิดพิษไม่มากนัก แต่ถ้าได้รับในรูปไอปรอทจะเป็นอันตรายต่อร่างกายมากกว่า สารปรอทอินทรีย์จะมีความเป็นพิษมากกว่าสารปรอทอนินทรีย์ ซึ่งสารปรอทอินทรีย์แต่ละชนิดก็มีระดับความเป็นพิษแตกต่างกัน โดยที่ alkylmercury และ methylmercury จะมีความเป็นพิษสูง ส่วน

alkoxyalkylmercury จะมีพิษต่ำมาก ซึ่งปรอทจะส่งผลความเป็นพิษต่อระบบต่างๆ ในร่างกาย ดังนี้

1. ผลทางระบบประสาท โดยมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้เกิดการสลายของเซลล์ (cell degeneration) โดยเฉพาะใน granular layer ของสมองส่วนบน (Cerebellum) ม้านสมองส่วนนอกของศีรษะด้านหลัง (Cortex of Occipital) และที่ parietal lobes

2. ผลทางเอนไซม์ โดยปรอทเป็นสาเหตุในการลดความสามารถในการนำพาออกซิเจนของฮีโมโกลบิน

3. ผลทางกรรมพันธุ์ สารประกอบปรอทสามารถทำให้โครโมโซม (Chromosome) แตกออกได้ โดยทำให้มีผลทางการแบ่งเซลล์ โดยยับยั้งขบวนการ mitosis ทำให้เกิดการแพร่กระจายของโครโมโซมเดี่ยวผิดปกติ

ผลความเป็นพิษของปรอทต่อระบบร่างกายข้างต้น จะทำให้เกิดอาการพิษปรอทได้ดังนี้

1. อาการทางจิต ซึ่งพบก่อนที่จะเกิดอาการอื่น เริ่มตั้งแต่รู้สึกหัวไม่ว่าง ประหม่า ง่าย ขาดความเชื่อมั่นในตนเอง จนถึงขั้นมีอาการของสติปัญญาเสื่อมโทรม และมีอาการโรคจิตได้

2. อาการทางสมองและประสาท มักเกิดอาการสั่นตามมือ เท้า และทั่วร่างกาย มีอาการชาตามปลายมือและปลายเท้า พุดไม้ขีด ถ้าเป็นรุนแรงอาจเป็นอัมพาต

3. อาการทางสายตา สภาพการมองเห็นอาจลดลง ซึ่งอาจส่งผลให้ตาบอดได้

4. อาการทางผิวหนัง อาจพบในลักษณะของผื่นคันซึ่งแยกจากโรคผิวหนังอื่นลำบาก

5. อาการทางระบบทางเดินอาหาร เริ่มตั้งแต่ปากและเหงือกอักเสบ กระเพาะอาหารและลำไส้อักเสบ

6. อาการทางระบบขับถ่ายปัสสาวะ เป็นอาการสำคัญและอาจทำให้ผู้รับพิษถึงแก่ความตายได้รวดเร็ว โดยเฉพาะในรายที่มีไตวายอย่างเฉียบพลัน มักเกิดกับผู้ที่ได้รับพิษปรอทในปริมาณสูง กรณีอาการไม่รุนแรงจะเกิดอาการบวมและมีไข่ขาวออกมาทางปัสสาวะ (Nephrotic syndrome)

ปริมาณปรอทที่ร่างกายได้รับ ในปริมาณเพียง 0.001 กรัม ก็อาจถึงแก่ความตายได้ ถ้าหากผู้ที่มีความไวต่อการแพ้พิษ ซึ่งปกติปริมาณที่ทำให้คนตายโดยเฉลี่ยประมาณ 0.02 กรัม ส่วนผู้ที่ทนทานอาจต้องมีปริมาณถึง 0.02-0.1 กรัม

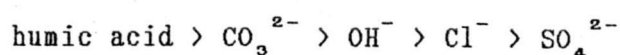
บทบาทของแคดเมียมในดินตะกอน

แคดเมียมเป็นโลหะอ่อน มีสีเงิน จุดหลอมเหลวที่ 320.9 องศาเซลเซียส จุดเดือด 769 องศาเซลเซียส มีความถ่วงจำเพาะ (ที่ 20 องศาเซลเซียส) 8.65 โลหะหนักชนิดนี้ไม่มีประโยชน์ต่อร่างกาย แต่ให้ความเป็นพิษต่อร่างกาย มักพบว่าแคดเมียมเป็นแร่ที่กระจายปะปนกับแร่ชนิดอื่น โดยมักพบปะปนอยู่ในแร่สังกะสี ในปริมาณร้อยละ 0.1-5 ซึ่งปริมาณแคดเมียมจะมีมากหรือน้อย จะขึ้นอยู่กับปริมาณสังกะสีในแร่ คือถ้าในแร่มีปริมาณสังกะสีสูง ปริมาณแคดเมียมจะสูงตามไปด้วย (Fulkerson et.al., 1973) อัตราส่วนระหว่างแคดเมียมและสังกะสีในแร่จะมีค่าตั้งแต่ 1:350 ถึง 1:100 นอกจากนี้อาจพบแคดเมียมปะปนอยู่ในแร่ตะกั่วและทองแดง แต่ในปริมาณที่น้อยกว่า

แคดเมียมเพียงจะมีการนำมาใช้ประโยชน์เมื่อไม่นานมานี้ สำหรับประเทศไทยเพิ่งเริ่มมีการผลิตแคดเมียม ซึ่งเป็นของเหลือจากกระบวนการผลิตของการถลุงสังกะสี ของบริษัท ผาแดง อินดัสตรี จำกัด จังหวัดตาก ได้มีการนำแคดเมียมมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เช่น นำมาผสมกับโลหะอื่นเป็นโลหะผสม (alloy) เพื่อเพิ่มความเหนียวและทนต่อการสึกกร่อน ใช้ในการชุบโลหะ ใช้เป็นเม็ดสีในกิจกรรมอุตสาหกรรม ใช้ผลิตแบตเตอรี่ใช้ในเครื่องคิดเลข แพล็ตต์ถ่ายรูป และใช้ในการผลิตหลอดฟลูออเรสเซนต์ (กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2532)

การปนเปื้อนของแคดเมียมสู่สิ่งแวดล้อมนั้น มีได้ทั้งปนเปื้อนสู่ดิน น้ำ และบรรยากาศ จากโรงงานอุตสาหกรรม และเกษตรกรรมที่ใช้ปุ๋ยฟอสเฟต ซึ่งมีแคดเมียมปะปนอยู่ (Nuthukumaraswamy, 1988) เมื่อเข้าสู่สิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในแหล่งน้ำธรรมชาติแล้ว จะพบอยู่ในหลายรูปแบบ เช่น ในรูปของไอออน สารประกอบของโลหะอินทรีย์ หรือโลหะอินทรีย์ แต่ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ divalent cadmium ion (Cd^{2+}) ซึ่งจะละลายน้ำได้ดี ยิ่งเมื่ออยู่ในรูปเกลือแคดเมียม เช่น เกลือซัลเฟต, ซัลไฟด์และไนเตรต จึงทำให้สะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้มาก

pH และปริมาณสารอินทรีย์ เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้แคดเมียมอยู่ในรูปอื่น โดยไอออนของแคดเมียมจะรวมตัวกับสารหรือไอออนอื่นๆ ที่อยู่ในน้ำเป็นสารประกอบ ตามลำดับดังนี้

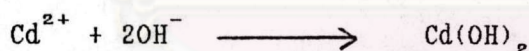


โดยเมื่อ pH เพิ่มขึ้นก็จะไปเพิ่มการเปลี่ยนแปลงรูปของแคดเมียมมากขึ้น (EPA, 1979)

Yamagata และ Shigematsu, 1970 ได้ตรวจสอบปริมาณแคดเมียมในแม่น้ำที่เกิดมลพิษจากแคดเมียม ผลการศึกษาพบว่าได้ตรวจสอบไม่พบแคดเมียมในน้ำ ในขณะที่ตรวจสอบพบปริมาณแคดเมียมในดินตะกอนชั้นบนเป็นปริมาณมาก โดยเฉพาะในสภาพน้ำที่มี pH เป็นกลางหรือเป็นเบส

เมื่อแคดเมียมละลายน้ำอยู่ในสิ่งแวดล้อม ถ้าหากปัจจัยทางกายภาพและทางเคมีเปลี่ยนแปลงไป จะทำให้แคดเมียมรวมตัวเป็นสารประกอบที่เป็นของแข็งตกลงสะสมอยู่ในดินตะกอนใต้น้ำได้

เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2531 รายงานว่า ในการเปลี่ยนแปลงรูปโดยปฏิกิริยาของน้ำ แคดเมียมจะรวมตัวเป็นสารประกอบกับ hydroxyl group (OH^-) เช่น CdOH^+ , $\text{Cd}(\text{OH})_2$ (aq), $\text{Cd}(\text{OH})_3^-$, $\text{Cd}(\text{OH})_4^{2-}$ แคดเมียมที่ละลายน้ำเกือบทั้งหมดจะอยู่ในรูปของ divalent cation แต่เมื่อ pH สูงขึ้น (pH มากกว่า 9) แคดเมียมจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่เป็นของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ คือ $\text{Cd}(\text{OH})_2$ ดังนี้



ซึ่ง $\text{Cd}(\text{OH})_2$ จะตกลงอยู่ในท้องน้ำสะสมอยู่ในดินตะกอน

สารอินทรีย์ในดินตะกอน มีส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการสะสมของแคดเมียมในดินตะกอน นอกเหนือจาก pH โดยจะพบว่าปริมาณแคดเมียมในดินตะกอน จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณสารอินทรีย์ที่สูญหายไปดินตะกอน

Refeal Paroo et.al., (1989) ได้ตรวจสอบคุณภาพดินตะกอนในแม่น้ำ Pisuerga ประเทศสเปน โดยเฉพาะโลหะกลุ่ม Zn, Cd, Pb, Ar, Ni, Co ที่ถูกปล่อยออกจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ริมแม่น้ำ พบแคดเมียม 1.05 ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งพบว่ามันสามารถดูดซับอยู่ในดินตะกอนได้มาก เมื่อบริเวณนั้นๆ มีอินทรีย์สารมาก

ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการ Sorption แคดเมียม โดยให้แคดเมียมติดอยู่กับผิวของสารอินทรีย์ต่างๆ หรือพวกเกลือแร่ต่างๆ ซึ่งเป็นวิธีการที่ช่วยลดปริมาณแคดเมียมในน้ำ เช่น

จากการศึกษาของ Gardiner (1974) ในห้องทดลองเกี่ยวกับการ Sorption ของแคดเมียมด้วยโคลน (mud solids), ดินเหนียวและสารอินทรีย์ ซึ่งได้รายงานไว้ใน EPA (1979) พบว่าโคลนจะสามารถดูดซับแคดเมียมในแหล่งน้ำจืดได้ดี และพบว่า Concentration factor ของแคดเมียมในโคลนมีค่า 5,000-50,000 ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของโคลน ปริมาณแคดเมียมในน้ำ อุณหภูมิ pH และสารอินทรีย์

การสะสมของแคดเมียมในสิ่งมีชีวิต

สำหรับการสะสมของแคดเมียมในสิ่งมีชีวิตนั้น เนื่องจากแคดเมียมละลายได้ดีในกรดแม้ในกรดอ่อนๆ ดังนั้นเมื่อเข้าสู่ร่างกายสิ่งมีชีวิตแล้ว ย่อมจะเกิดพิษอย่างเฉียบพลัน และมีสมบัติในแง่ของพิษสะสมสูง เนื่องจากมีครึ่งชีวิตมากกว่า 10 ปี จากการศึกษาถึงการสะสมแคดเมียมของหอยแมลงภู่ (*Perna viridis* (Lin.), Mollusca) ในบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา โดยจรมัน, 2525 พบปริมาณแคดเมียมในเนื้อหอยแมลงภู่ไม่เท่ากัน โดยเมื่อหอยแมลงภู่มีขนาดใหญ่มาก ปริมาณแคดเมียมในเนื้อหอยจะมากขึ้นด้วย

โดยเฉลี่ยแล้วแต่ละวันมนุษย์เราจะได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายประมาณวันละ 50 ไมโครกรัม โดยผ่านทางอาหารเป็นส่วนใหญ่ และได้รับจากน้ำดื่มในปริมาณที่น้อยมากเมื่อเทียบกับในอาหาร WHO ได้กำหนดว่าในน้ำดื่มไม่ควรมีแคดเมียมเกินกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งการปนเปื้อนของแคดเมียมในน้ำดื่ม อาจมีสาเหตุมาจากการปนเปื้อนเนื่องจากอุตสาหกรรม หรือจากท่อน้ำที่เป็นโลหะและพลาสติก เมื่อแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายคนแล้วจะสะสมในร่างกาย และปริมาณการสะสมจะเพิ่มขึ้นตามอายุ มีการประมาณว่า คนทั่วไปที่มีอายุ 50 ปี จะมีแคดเมียมสะสมอยู่ในร่างกาย 10 มิลลิกรัมถึง 50-60 มิลลิกรัม ส่วนเด็กแรกเกิดจะมีแคดเมียมในร่างกายเพียง 1 ไมโครกรัม

การดูดซึมแคดเมียมในร่างกายจะมีประสิทธิภาพดี เมื่อปริมาณแคดเมียม เหล็ก และโปรตีนในร่างกายต่ำกว่าปกติ และพบว่าร้อยละ 50 ของแคดเมียมที่ร่างกายได้รับเข้าไป มักจะไปสะสมอยู่บริเวณตับและไต ซึ่งมักเป็นปริมาณแคดเมียมที่มีความเข้มข้นสูงๆ แต่ถ้าในปริมาณความเข้มข้นต่ำๆ จะไปสะสมอยู่ส่วนต่างๆ ของร่างกาย เช่น ผิวหนัง เลือด และเม็ดเลือด เป็นต้น (Rahola et.al., 1972 อ้างถึงใน John Doull et.al., 1975) ใน

ร่างกายคนปกติสามารถขับแคดเมียมออกจากร่างกายได้ (Excretion) โดยทางปัสสาวะ อุจจาระ และเหงื่อ

แคดเมียมเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ ทางการหายใจ ทางอาหาร และทางผิวหนัง ที่มีแผล มนุษย์มีโอกาสรับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายจากการรับประทานอาหารที่มีแคดเมียมสะสม ตามลำดับชั้นในระบบนิเวศมากกว่าการหายใจและทางผิวหนัง โดยเฉพาะอาหารจากสัตว์น้ำที่ไม่มี กระดุกสันหลัง ซึ่งมักหากินอยู่ตามหน้าดิน และอาหารที่นำมาจากตับและไต รวมทั้งอาจได้รับปะปน จากภาชนะบรรจุอาหารที่เคลือบผิวด้วยโลหะผสม

ร่างกายมนุษย์สามารถดูดซึมแคดเมียมได้แค่ร้อยละ 4.7-7 (ในระบบทางเดินอาหาร) แต่การดูดซึมของแคดเมียมทางผิวหนังจะสูงถึงร้อยละ 4 โดยเฉพาะทางผิวหนังที่เกิดบาดแผล (Rahola et.al., 1972 อ้างถึงใน John Doull et.al., 1975)

ความเป็นพิษที่เกิดขึ้น ก็จะเกิดบริเวณทางเดินหายใจและไต ซึ่งจะมีอาการเจ็บคอ แ่น้ำออก งดลมพอง การทำงานของหัวใจและปอดล้มเหลว

ปริมาณต่ำสุดของแคดเมียมที่ทำให้คนตายได้เมื่อผ่านทางปาก อยู่ระหว่าง 350-8,900 มิลลิกรัม

บทบาทของแมงกานีสในดินตะกอน

แมงกานีสเป็นโลหะสีเทา มีจุดหลอมเหลว 1,220 องศาเซลเซียส ความหนาแน่น 7.21 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แมงกานีสเป็นโลหะที่แข็ง ทำปฏิกิริยาได้ดีขึ้นเมื่อเผาให้ร้อน ละลายได้ในกรดเจือจาง เช่น กรดกำมะถัน กรดเกลือ แล้วเกิดเป็นแมงกานีส (II) อีออน กับก๊าซไฮโดรเจน ในธรรมชาติมักพบเกิดร่วมกับธาตุอื่นๆ ได้หลายรูป เช่น ไพโรลูไซต์ (MnO_2), บรอนไนท์ (MnO_3), แมงกาไนท์ ($Mn_2O_3 \cdot H_2O$) และพบอยู่ประมาณร้อยละ 0.1 ในหินที่เกิด จากภูเขาไฟ สารประกอบของแมงกานีสในธรรมชาติจะอยู่ในรูปสารประกอบออกไซด์ ส่วนใหญ่พบ อยู่ในรูปที่มีความเสถียร

ประโยชน์ของแมงกานีส

1. ในทางโลหกรรม โดยนำมาผสมกับเหล็ก เพื่อให้เกิดความเหนียว ยืดหยุ่น และความคงทน เช่น รางรถไฟ หัวชุด หัวเจาะ เหล็กทุบ เป็นต้น



2. ใช้ทางอโลหะกรรม ซึ่งได้แก่

- อุตสาหกรรมการทำถ่านไฟฉาย
- อุตสาหกรรมเคมีบางประเภท เช่น ในการเตรียมด่างทับทิม ซึ่งใช้เป็นยาฆ่าเชื้อโรค การเตรียมสารที่ใช้ในการฟอกหนัง ย้อมหนัง
- การผลิตวัสดุภัณฑ์เคมี จำเป็นต้องใช้แร่แมงกานีสเป็นตัวยุติ การทำสีทำปุ๋ยสังเคราะห์ ผสมในการทำอิฐทำให้อิฐทนความร้อนสูง

ในแหล่งน้ำธรรมชาติจะสามารถพบแมงกานีสได้ในปริมาณ 1-500 ไมโครกรัมต่อลิตร สำหรับในน้ำดื่มจะพบในปริมาณ 5-25 ไมโครกรัมต่อลิตร สำหรับความเข้มข้นของแมงกานีสที่พบในดินตะกอนขึ้นอยู่กับลักษณะของดิน การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบแมงกานีสในดิน ปริมาณสารอินทรีย์ pH และการดูดซับแมงกานีสของพืช

Swaine และ Mitchell (1960) ได้รายงานองค์ประกอบของแมงกานีสในดินทั่วไปว่ามีแมงกานีสอยู่ระหว่าง 200-300 ไมโครกรัมต่อกรัมแต่ในแหล่งน้ำจืดแมงกานีสจะเปลี่ยนแปลงไปตามความลึก โดสในบริเวณท้องน้ำจะมีความเข้มข้นของแมงกานีสสูง โดยทั่วไปพบอยู่ระหว่าง 0.1-5 ไมโครกรัมต่อลิตร

สำหรับในดินตะกอนปริมาณแมงกานีสจะขึ้นอยู่กับปริมาณสารอินทรีย์และอนุภาคดินเหนียวในดินตะกอน (Teraoka และ Ogawa, 1984) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของศิรินา (2530) ที่ว่า ความเข้มข้นของแมงกานีสในดินตะกอนลุ่มน้ำที่ค่อนข้างสูงตามปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนที่จุดนั้น และดินตะกอนในลุ่มน้ำที่มีอนุภาคดินเหนียวเป็นส่วนใหญ่ด้วย ทำให้สามารถดูดซับไว้ในดินตะกอนได้ดีกว่าดินตะกอนที่มีอนุภาคดินเหนียวในปริมาณน้อย (Oliver, 1973)

อย่างไรก็ตาม ปริมาณสารอินทรีย์และอนุภาคดินเหนียวในดินตะกอน จะขึ้นอยู่กับความรุนแรงของการกักขังของดินจากน้ำที่ไหลผ่านหน้าดิน ความลาดชันของพื้นที่ และความสามารถในการตกตะกอนด้วย

นอกจากนี้ ค่า pH ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้แมงกานีสถูกดูดซับอยู่ในดินตะกอนได้มากขึ้น จากการศึกษาของ Polprasert (1980) พบว่าช่วง pH 7.1-8.4 เป็นช่วง pH ที่ทำให้โลหะต่างๆ รวมทั้งแมงกานีสตกตะกอนได้ดี ความเข้มข้นของแมงกานีสในดินตะกอนจึงมีค่าสูงกว่าความเข้มข้นของแมงกานีสทั้งหมดในน้ำ ถ้าในสภาพดินที่เป็นกรด (pH ต่ำกว่า 6) ประสิทธิภาพการดูดซับแมงกานีสให้อยู่ในบริเวณผิวหน้าของดินตะกอนจะลดลง

การสะสมแมงกานีสในสิ่งมีชีวิต

เนื่องจากแมงกานีสอยู่ในรูปสารประกอบที่พบในธรรมชาติ และกิจกรรมของมนุษย์ที่นำเอาแร่แมงกานีสในธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ จึงทำให้แมงกานีสสามารถกระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้ เช่น แพร่กระจายสู่บรรยากาศ โดยการปลดปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมที่นำแมงกานีสมาใช้ประโยชน์ ส่วนปริมาณแมงกานีสในแหล่งน้ำธรรมชาติ จะเพิ่มความเข้มข้นได้จากการที่ฝนตกชะล้างเอาแมงกานีสในบรรยากาศ และจากกิจกรรมบางอย่างของมนุษย์ลงสู่แหล่งน้ำ และดูดซับอยู่ในดินตะกอน รูปแบบของแมงกานีสที่พบได้ในดินตะกอน จะอยู่ในรูปของแมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) ซึ่งไม่ว่าแมงกานีสจะละลายในน้ำ หรือถูกดูดซับอยู่ในดินตะกอน ก็สามารถถูกดูดซับโดยพืชหรือสัตว์อีกทอดหนึ่ง และตกทอดไปตามห่วงโซ่อาหาร เนื่องจากแมงกานีสเป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์รวมทั้งมนุษย์ด้วย ซึ่งความสามารถดูดซับโดยพืชแต่ละชนิดนั้นในปริมาณที่ต่างกันขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแมงกานีส pH ความเข้มข้นของอิออนบวก อิออนลบ Total salts ค่า CEC การระบายน้ำ และอุณหภูมิ ในช่วง pH ที่เป็นกลางถึงเบส จะเป็นช่วงที่พืชสามารถดูดซับเอาแมงกานีสไว้ได้มากที่สุด

แมงกานีสเป็นธาตุที่มีประโยชน์ต่อพืช สัตว์ และมนุษย์ ถ้าได้รับเข้าไปมากเกินไปเกินขีดจำกัดความเป็นพิษของแมงกานีสก็จะเกิดขึ้นได้ เช่น ในพืช แมงกานีสจะไปทำลายฮอร์โมนออกซิน (auxin) ใน Japanese morning glory เป็นต้น

สำหรับในสัตว์และมนุษย์ ความเป็นพิษของแมงกานีสจะคล้ายคลึงกัน โดยทั่วไปมนุษย์มีความต้องการแมงกานีสในระดับวันละ 2-3 มิลลิกรัมในผู้ใหญ่ และ 1.25 มิลลิกรัมในเด็ก โดยปกติจะได้รับจากอาหารถึงวันละ 2-9 มิลลิกรัม ส่วนที่เกินความต้องการสามารถขับออกทางปัสสาวะ อุจจาระและจะขับออกทางปัสสาวะเป็นส่วนน้อย

McLeod และ Robinson, 1972 ศึกษาพบว่า ปริมาณแมงกานีสเพียงร้อยละ 0.1-1.3 ของปริมาณที่ร่างกายมนุษย์รับเข้าไป จะถูกขับออกมาทางปัสสาวะ

แมงกานีสสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทางด้วยกัน คือ

1. ทางจมูก โดยการสูดหายใจเอาฝุ่น หรือไอของแมงกานีสเข้าสู่ปอดและกระจายไปสู่ระบบต่างๆ ของร่างกายจนถึงถุงลมปอด ซึ่งนับเป็นทางเข้าที่สำคัญมากที่สุด ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ

2. ทางปาก โดยการรับประทานอาหารที่มีแมงกานีสปะปนอยู่

3. ทางผิวหนัง เป็นทางที่มีโอกาสเข้าสู่ร่างกายได้น้อยที่สุด ส่วนใหญ่มักจะเกิดกับผู้ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับแมงกานีสโดยตรง

เมื่อเข้าสู่ร่างกายไม่ว่าทางใดทางหนึ่งแล้ว จะแพร่กระจายและไปสะสมอยู่ที่ตามอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย ความเข้มข้นที่จะเกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์นั้น จะขึ้นอยู่กับชนิดของอวัยวะและเนื้อเยื่อที่แมงกานีสไปสะสมอยู่ ซึ่งจะพบว่าเกิดการสะสมของแมงกานีสที่เนื้อเยื่อของตับ ตับอ่อน ไต และลำไส้ (WHO, 1981) อาการแพ้แมงกานีสที่พบมีดังนี้

1. การแพ้พิษเฉียบพลัน ซึ่งเกิดจากการหายใจเอาฝุ่นแมงกานีสที่มีความเข้มข้นสูงๆ เข้าไปทำให้เกิดอาการ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดกล้ามเนื้อ ซึ่งจะปรากฏอาการหลังจากที่รับแมงกานีสเข้าไปหลายชั่วโมง และจะเป็นปกติภายใน 1-2 วัน

2. การแพ้พิษเรื้อรัง เกิดกับผู้ที่เกี่ยวข้องกับสัมผัสกับแมงกานีสโดยตรง ได้รับซ้ำๆ เป็นเวลานาน ซึ่งจะมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลางและปอด จนถึงการเป็นอัมพาตของร่างกาย

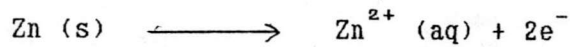
สำหรับระดับความเป็นอันตรายถึงตายนั้น (Lethal dose) ในการทดลองกับหนูด้วย MnO_2 โดยฉีดผ่านชั้นผิวหนัง จะมีค่า Lethal dose 100 (LD_{100}) เท่ากับ 550 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสัตว์ตัวอย่าง ซึ่งโดยปกติแล้ว แมงกานีสในรูป divalent จะมีพิษรุนแรงกว่า trivalent ประมาณ 2.5-3 เท่า

ถ่านไฟฉาย (Dry cell, non-rechargeable battery)

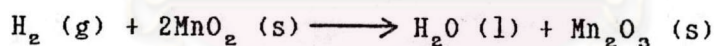
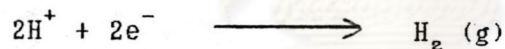
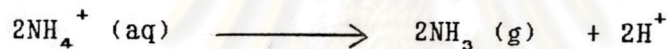
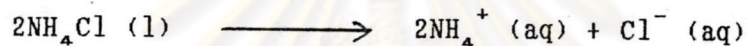
ถ่านไฟฉาย เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดปฐมภูมิ (Primary cell) มีความต่างศักย์ไฟฟ้าค่าประมาณ 1.5 โวลต์

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในถ่านไฟฉายเป็นปฏิกิริยาแบบไม่ผันกลับ (Irreversible) เมื่อใช้ไปนานๆ สารตัวใดตัวหนึ่งหมด ถ่านไฟฉายนั้นก็จะไม่ให้กระแสไฟฟ้าอีก ซึ่งหมายถึงถ่านหมด ทั้งนี้เป็นเพราะปฏิกิริยาภายในถ่านเข้าสู่สมดุล ทำให้ความต่างศักย์ของขั้วทั้งสองเท่ากัน จึงไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลระหว่างขั้วทั้งสอง ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในถ่านไฟฉายระหว่างขั้วทั้งสองสามารถสรุปได้ดังนี้

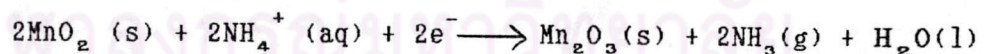
ขั้วลบ : สังกะสีจะเป็นฝ่ายให้อิเล็กตรอน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) กลายเป็น Zn^{2+}



ขั้วบวก : สารละลายน้ำไฟฟ้าแอมโมเนียมคลอไรด์ จะเป็นตัวเข้าร่วมปฏิกิริยารับอิเล็กตรอนจากสังกะสี และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะอยู่รอบๆ แท่งถ่าน (Carbon rod) ซึ่งเป็นปฏิกิริยารีดักชัน (Reduction)



ปฏิกิริยารวมที่ขั้วบวก



วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านไฟฉาย

ขั้วบวก

1. แมงกานีสไดออกไซด์ (Manganese dioxide) ถือเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดที่มีผลต่ออายุการใช้งานของถ่าน เนื่องจากแมงกานีสไดออกไซด์จะใช้เป็นตัวดีโพลารไรเซอร์ (depolarizer) คือ ตัวช่วยลดก๊าซไฮโดรเจน ที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาของสารละลาย

แอมโมเนียมคลอไรด์ (ตั้งสมการข้างต้น) โดยไฮโดรเจนจะไปเกาะติดอยู่ที่แท่งคาร์บอน ทำให้กระแสไฟฟ้าเดินไม่สะดวก

2. แกรไฟต์ (Graphite) เป็นผงถ่านที่ใช้บดละเอียดสำหรับผสมลงไปเพื่อให้เป็นตัวนำไฟฟ้า

3. ผงเขม่าดำ (Carbon black or Acetylene black) เป็นคาร์บอนบริสุทธิ์บดละเอียดเป็นผงสีดำ ใช้สำหรับดูดสารละลายนำไฟฟ้า

4. แท่งคาร์บอน (Carbon rod) ใช้เป็นหัวบวกทำจากถ่านโค้กผสมกับสารที่ทำให้ติดแน่น (binding agent) จะต้องมีรูพรุน พอที่ก๊าซไฮโดรเจนจะแทรกอยู่ได้ แต่ต้องไม่ดูดซึมสารละลายจนซึมไปจนถึงจุลโหลหะ เพราะจะทำให้เกิดการผุกร่อน

ขั้วลบ

ได้แก่สังกะสี อาจเป็นโลหะผสม (Zinc alloy) เช่น สังกะสีผสมกับปรอทหรือแคดเมียม เพื่อให้ทนต่อการผุกร่อน แต่ในกรณีที่สารละลายนำไฟฟ้าใส่เมอร์คิวริกคลอไรด์ (mercuric chloride) ลงไป ไม่จำเป็นต้องใช้โลหะผสมของสังกะสี

สารละลายนำไฟฟ้า

1. แอมโมเนียมคลอไรด์ (Ammonium chloride, NH_4Cl)

2. เมอร์คิวริกคลอไรด์ (Mercuric chloride, HgCl_2) ใช้ผสมลงไปเพื่อให้เกิดซิงค์อะมัลกัม (Zinc amalgam) คือเป็นสารผสมระหว่างสังกะสีที่ขั้วลบกับปรอท ทำให้ลดการผุกร่อนของสังกะสี นอกจากนั้นยังเป็นสารป้องกันเชื้อราให้กับสารละลายนำไฟฟ้าอีกด้วย

3. เจลลิง เอเจนท์ (Gelling agent) ใช้เป็นสารที่เติมลงไปเพื่อทำให้สารละลายนำไฟฟ้ามีสถานะเป็นแข็งเปื่อย ได้แก่ น้ำแข็งชนิดต่างๆ

สารประกอบอื่นๆ

ได้แก่สารสำหรับผนึก (Sealing compounds) ใช้ปิดส่วนบนของกระบอกสังกะสี เช่น ยางมะตอย หรือเรซิน กระจกสำหรับห่อถักถ่านขั้วบวก เพื่อแยกไม่ให้สัมผัสกับขั้วลบ เป็นต้น (ชรรชัช, 2527)

แบตเตอรี่ (Rechargeable battery)

สำหรับเซลล์ปฐมภูมิเช่นถ่านไฟฉาย เมื่อปฏิกิริยาภายในเซลล์เกิดขึ้นและดำเนินไปแล้ว จะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์และเกิดไปข้างหน้า จนกระทั่งความต่างศักย์ระหว่างขั้วจะค่อยๆ ลดลง จนเท่ากับศูนย์ หรือที่ทราบกันว่านำมาอัดไฟใหม่ไม่ได้ แต่สำหรับแบตเตอรี่เป็นเซลล์สะสมไฟฟ้า อีกชนิดหนึ่งที่ใช้หมดแล้วก็สามารถนำกลับมาอัดไฟใช้ใหม่ได้อีก

เซลล์สะสมไฟฟ้าที่นิยมใช้กันมากคือ เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว ซึ่งใช้เป็นแบตเตอรี่ในรถยนต์ แต่ข้อเสียก็คือ เลด (II) ซัลเฟต ที่เกิดขึ้นขณะจ่ายไฟ อาจจะหลุดออกจากแผ่นตะกั่ว ตกเป็นตะกอนอยู่ก้นภาชนะ ทำให้แผ่นตะกั่วสึกกร่อนไปเรื่อยๆ แบตเตอรี่แบบตะกั่วจึงเสื่อมคุณภาพได้

ปัจจุบัน เซลล์นิแคด หรือเซลล์นิกเกิล-แคดเมียม ได้รับความสนใจมาก เนื่องจากไม่เกิดปัญหาเช่นเดียวกับเซลล์แบบตะกั่ว แต่ก็อาศัยหลักการทํางานเช่นเดียวกัน

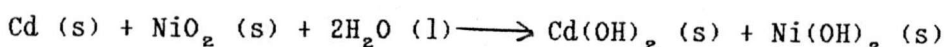
ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์นิแคด หรือเซลล์นิกเกิล-แคดเมียม สามารถสรุปได้ดังนี้

ขั้วลบ : โพลหะแคดเมียมจะเป็นฝ่ายให้อิเล็กตรอน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) กลายเป็น Cd^{2+}

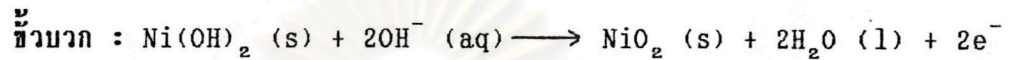
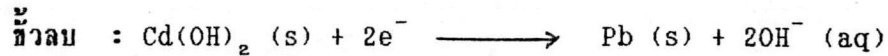


ขั้วบวก : สารละลายเบสจะเป็นสารละลายนำไฟฟ้า จะเป็นตัวเข้าร่วมปฏิกิริยารับอิเล็กตรอนจากแคดเมียม และมีนิกเกิล (VI) ออกไซด์เป็นขั้วบวก ซึ่งเป็นปฏิกิริยารีดักชัน (Reduction)

ปฏิกิริยารวม คือ



ขณะที่เซลล์จ่ายกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบและที่ขั้วบวกจะมี $\text{Cd}(\text{OH})_2$ เกิดขึ้นเรื่อยๆ จนในที่สุดไฟจะหมด เนื่องจากที่ขั้วทั้งสองจะมี $\text{Cd}(\text{OH})_2$ (s) เกิดขึ้นเหมือนกัน สามารถนำไปอัดไฟอีกที่ขั้วลบและขั้วบวก ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับดังนี้



เซลล์สะสมไฟฟ้าประเภทนี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เซลล์ทุติยภูมิ (Secondary cell) มีศักย์ไฟฟ้าประมาณ 1.4 โวลต์ ใช้ในเครื่องไฟฟ้า เช่น เครื่องโกนหนวด เครื่องคิดเลขไฟฟ้า และแฟลชสำหรับกล้องถ่ายรูป เป็นต้น

สถานการณ์การปนเปื้อนของปรอท แคดเมียม แมงกานีสในดินตะกอนในแหล่งน้ำของไทย

การศึกษาปริมาณโลหะหนัก ในดินตะกอนในแหล่งน้ำของไทย โดยเฉพาะในบริเวณอ่าวไทย และบริเวณใกล้เคียงนั้นยังมีการศึกษาวิจัยกันน้อยมาก จะพบว่าส่วนใหญ่จะทำการศึกษาในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งเป็นแม่น้ำสายหลักที่สำคัญของประเทศมากที่สุด ส่วนการตรวจสอบหรือติดตามคุณภาพน้ำในแหล่งอื่นๆ ในอดีตจะทำการเป็นกรณีๆ เมื่อมีเหตุร้องเรียนเพื่อเสนอมาตรการแก้ไข และป้องกันแก่รัฐบาล

จากการศึกษาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันพบว่า การสะสมของโลหะหนักต่างๆ ในดินตะกอน โดยเฉพาะปรอท แคดเมียม แมงกานีส มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี โดยจะพบความเข้มข้นของโลหะหนักเหล่านี้เพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาที่ทำการสำรวจ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณปรอท แคดเมียม แมงกานีสในดินตะกอนจากแหล่งน้ำต่างๆ ในประเทศไทย

พื้นที่	พ.ศ.	ปรอท ($\mu\text{g/g}$)	แคดเมียม ($\mu\text{g/g}$)	แมงกานีส ($\mu\text{g/g}$)	ผู้ทำการศึกษา
<u>บึงมีกกะสัน</u>	2530	2×10^{-4} - 7.8×10^{-4}	5×10^{-5} - 2.1×10^{-3}	88-244	จรรย์ พานิชกุลและคณะ, 2530
<u>แม่น้ำ</u>					
<u>เจ้าพระยา</u>	2518	9.8×10^{-4}	-	-	กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2520
	2520	-	0.172-0.378	-	เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต และ พิชาญ สว่างวงศ์, 2522
	2522	-	0.26	311.75	Cheevaparanapirat, 1979
	2523	-	ND	-	กรมประมง, 2524
<u>-ท่าเรือ</u>					
คลองเตย	2523	0.09	-	-	สุรพันธ์ บริสุทธิ์, 2523
	2524	-	ND	-	กรมประมง, 2525
	2524				คณะกรรมการสิ่งแวดล้อม แห่งชาติ, 2525
<u>-โรงจักร</u>	มี.ค.	0.098	-	-	
พระนครใต้	ต.ค.	0.087	-	-	
<u>-อำเภอ</u>	มี.ค.	0.120	-	-	"
พระประแดง	ต.ค.	0.130	-	-	

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หมู่ พนก	พ.ศ.	ปรอท	แคดเมียม	แมงกานีส	ผู้ทำการศึกษา
-ปากคลอง	ม.ค.	0.087	-	-	"
พระโขนง	ต.ค.	0.090	-	-	
-ท่าเทียบเรือ	ม.ค.	0.089	-	-	คณะกรรมการสิ่งแวดล้อม
กรุงเทพ	ต.ค.	0.087	-	-	แห่งชาติ, 2525
-เขต					
อุตสาหกรรม					
พระประแดง	2526	0.103-0.377	-	-	มาลี เลาส์ทแนส, 2528
	2527	1.16×10^{-3}	0.4	771	คณะกรรมการสิ่งแวดล้อม แห่งชาติ, 2528
-คลองตลอด					
แนวแม่น้ำ					
เจ้าพระยา	2527	9.4×10^{-4}	0.54	572	"
<u>แม่น้ำท่าจีน</u>	2518	1.92×10^{-3}	-	-	กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2520
	2520	-	0.19	519.80	วรวิทย์ ธีวากรณวัฒน์, 2520

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

พื้นที่	พ.ศ.	ปรอท	แคดเมียม	แมงกานีส	ผู้ทำการศึกษา
<u>แม่น้ำ</u>					
<u>แม่กลอง</u>	2518	1.08×10^{-4}	-	-	กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2520
	2520	-	0.18	295.25	วรวิทย์ ธีวากรณ์วัฒน์, 2520
<u>แม่น้ำ</u>					
<u>ป่ากรบบุรี</u>	2518	7.5×10^{-4}	-	-	กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2520
<u>แม่น้ำ</u>					
<u>เพชรบุรี</u>	2518	7.4×10^{-4}	-	-	กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2520
<u>แม่น้ำ</u>					
<u>บางปะกง</u>	2518	9.5×10^{-4}	-	-	กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2520
	2520	-	0.29	325.25	วรวิทย์ ธีวากรณ์วัฒน์, 2520



ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

พื้นที่	พ.ศ.	ปรอท	แคดเมียม	แมงกานีส	ผู้ทำการศึกษา
<u>อ่าวไทย</u>					
<u>ดอนบน</u>	2516	17.9-49.3	-	-	ทวีศักดิ์ ปิระภาณุจน์ และคณะ, 2525
	2517	-	0.122	-	wet weight
	2518	-	0.135	-	"
	2519	-	0.009	-	"
	2522				อ่าวไทย อภิธิเกษม และคณะ,
	ม.ค.	0-0.2	-	-	2530
	มี.ค.	0-0.7	-	-	"
	ต.ค.	0-0.24	-	-	"
	2523				
	มี.ธ.	0.01-1.2	-	-	"
	ก.ธ.	0-0.12	-	-	"
	2524	0.01-0.14	-	-	คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2525
	2526-				
	2527	0.14	0.57	-	กรมทรัพยากรธรณี, 2530
<u>อ่าวไทย</u>					
<u>ดอนล่าง</u>	2516	0-43.9	-	-	ทวีศักดิ์ ปิระภาณุจน์ และคณะ, 2525

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ชื่อพืช	พ.ศ.	ปรอท	แคดเมียม	แมงกานีส	ผู้ทำการศึกษา
<u>อ่าวไทย</u>					
<u>ตอใน</u>	2524	17.0-35.0	-	-	อ่ำไพ อภิเกียรติ และคณะ, 2530
<u>อ่างศิลา</u>					
<u>จ.ชลบุรี</u>	2524	10.5	-	-	มนูดี หังสพฤกษ์ และคณะ, 2530
<u>นอกชายฝั่ง</u>					
<u>จ.ระยอง</u>	2524	ND	-	-	คณะกรรมการสิ่งแวดล้อม แห่งชาติ, 2530
<u>ค่าเฉลี่ยปกติ</u>					
<u>ทองตะกอน</u>		80.0 ppm			
<u>ชายฝั่ง</u>		(80 µg/g)			Burton, 1976

- ในตาราง หมายถึง ไม่ได้ตรวจสอบ-

สุทธาโรจน์ (2519) รายงานว่าแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไป ซึ่งไม่อยู่ในแหล่งแร่ปรอท พบว่าจะมีปริมาณปรอทต่ำกว่า 1 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วนแหล่งน้ำที่อยู่ในเขตอุตสาหกรรมซึ่งมีน้ำทิ้งปรอทเจือปนจะมีปริมาณปรอทสูงกว่า 5 ไมโครกรัมต่อลิตร แหล่งน้ำในประเทศไทย เช่น แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำแม่กลอง และแม่น้ำปรางบุรี ตรวจพบค่าของปรอทสูงกว่า 5 ไมโครกรัมต่อลิตร

วรวิทย์ (2520) ได้ทำการตรวจสอบปริมาณปรอทรวม และปริมาณของปรอทอินทรีย์ในปลา 22 ชนิดรวม 191 ตัวอย่าง สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังสองชนิดรวม 27 ตัวอย่าง แพลงตอนจากอ่าวไทยตอนบน 10 ตัวอย่าง พบว่าค่าปรอทรวมอยู่ในช่วง 2.0 - 653.0 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีค่าเฉลี่ย 40.92 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และค่าปริมาณของปรอทอินทรีย์อยู่ในช่วง 0-280.7 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีค่าเฉลี่ย 22.47 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม

Suckcharoen (1980) ได้รายงานปริมาณปรอทในกุ้งก้ามกราม ซึ่งเก็บตัวอย่างจากบริเวณหน้าโรงงานแบตเตอร์ อาชาสี โรงงานสารเคมี และบริเวณที่ควบคุมที่ไม่มีเขตอุตสาหกรรม ในเขตจังหวัดสมุทรปราการ พบปริมาณปรอท 0.08, 0.02, 0.02, 0.07 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และพบปริมาณของปรอทในพืชอยู่ในช่วง 0.33 - 7.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่บริเวณโรงงานอาชาสี

สุทธิชัย เต็มยวนิชย์ และคณะ (2527) พบปริมาณการสะสมของโลหะหนักในบริเวณอ่าวไทยมีปริมาณสูงสุดในรอบ 10 ปี

รัชนีกร บำรุงราชหิรัณย์ และคณะ (2530) สํารวจปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนบริเวณอ่าวไทยตอนบนและชายฝั่งทะเลตะวันออก ระหว่างปี 2526-2529 พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนน้ำในอ่าวไทยตอนบนและชายฝั่งทะเลตะวันออกจะเพิ่มมากขึ้นทุกๆ ปี

รัชนีกร บำรุงราชหิรัณย์ และคณะ (2530) ได้วิเคราะห์หาปริมาณ แคดเมียม ปรอท ตะกั่ว และสังกะสี ในตัวอย่างดินตะกอน ซึ่งเก็บจากบริเวณปากแม่น้ำปรางบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และที่ชายทะเลชะอำกับอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ผลการวิเคราะห์พบว่าดินตะกอนบริเวณอำเภอบ้านแหลม มีโลหะหนักสะสมอยู่มากกว่าตัวอย่างจากปรางบุรี และชะอำ แต่พบว่า สังกะสีมีปริมาณมากอย่างเห็นได้ชัดคือ สูงถึง 255 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ปากแม่น้ำปรางบุรี

อรพินท์ จันทร์พ่องแสง (2528) ได้ศึกษาหาปริมาณโลหะปริมาณน้อยในน้ำทะเลและในดินตะกอนบริเวณจังหวัดชุมพรถึงสงขลา ระหว่างปี 2525-2527 และศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงโลหะปริมาณน้อยระหว่างฤดูมรสุมที่ต่างกัน พบว่าบริเวณนอกฝั่งจังหวัดชุมพรถึงสุราษฎร์ธานี ในดินตะกอนปริมาณเฉลี่ยของโลหะหนักปริมาณน้อยทุกตัว (โดยเฉพาะทองแดงและแคดเมียม) ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าสูงขึ้น แต่อาจเนื่องมาจากการทิ้งของเสียหรือสิ่งปฏิกูล และในบริเวณจังหวัดนครศรีธรรมราชถึงสงขลา พบว่าปริมาณของโลหะปริมาณน้อยแทบทุกตัวในน้ำทะเล (ยกเว้นแคดเมียม) มีค่าค่อนข้างสูงในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ แต่ในดินตะกอนพบปริมาณของโลหะในทั้งสองฤดู แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

ลัดดาวัลย์ โรจนพรหมทิพย์ และคณะ (2530) ได้วิเคราะห์หาปริมาณปรอทในสัตว์ทะเลจากบริเวณน่านน้ำไทย ตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2516 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2529 ได้วิเคราะห์ตัวอย่างสัตว์ทะเลจากอ่าวไทยตอนบน ตอนล่าง และทะเลอันดามัน จากการสำรวจ 37 ครั้ง รวม 94 ชนิด จำนวน 1680 ตัวอย่าง โดย Flameless AAS ปริมาณปรอทสูงสุดที่พบคือ 0.810 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยพบตัวอย่างที่มีปริมาณปรอทเกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 81 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 4.82

แววตา ทองระอา และคณะ (2530) ได้วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักบางชนิดในปลาทะเลที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ ที่ได้จากสะพานปลาบ้านเพ จังหวัดระยอง ในช่วงระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม 2529 รวม 7 เดือน วิเคราะห์เฉพาะในส่วนเนื้อปลาที่ใช้บริโภค พบว่า ปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดง มีค่าเท่ากับ 0.036, 0.010, 5.888 และ 0.314 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักสด) ตามลำดับ ซึ่งปริมาณการสะสมของโลหะหนักดังกล่าวนี้ ยังคงอยู่ในระดับที่ปลอดภัยสำหรับการบริโภค