

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 น้ำพุและน้ำพุร้อน

น้ำพุและน้ำพุร้อน (Spring and Hot Spring) ที่เกิดตามธรรมชาติเกิดจากน้ำบาดาลที่ไหลพุ่งขึ้นมาสู่บนผิวโลกผ่านตามช่องเปิดใต้พื้นดินมีส่วนเกี่ยวเนื่องจากโครงสร้างหิน ที่มีส่วนสัมพันธ์กันแบบต่างๆ หลายลักษณะ น้ำพุร้อน หมายถึง น้ำบาดาลที่ไหลพุ่งขึ้นมาบนผิวโลกตามช่องเปิดใต้พื้นดิน มีอุณหภูมิสูงกว่าปกติถ้าเป็นน้ำพุร้อนที่มีการพุ่งขึ้นสูงๆ เรียกว่า ไกเซอร์ (Geyser) น้ำพุร้อนส่วนมากมักจะพบอยู่ในบริเวณที่เพิ่งเกิด ขบวนการอัคนี (Igneous activity) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำพุร้อนมีส่วนเกี่ยวข้องกับหินอัคนีที่มีอุณหภูมิสูงสุดใต้พื้นผิวโลกในบริเวณนั้น ในบางกรณีน้ำบาดาลที่ร้อนไม่มีการพุ่งขึ้นมาแต่ไหลซึมมาขังอยู่ในแอ่งพื้นผิวโลกเรียกว่า บ่อน้ำร้อน (สุวิทย์ โมนะตระกูล, 2515 หน้า 253)

การกำเนิดน้ำพุร้อนในประเทศไทยนั้น กรมทรัพยากรธรณีได้สำรวจสภาพต่างๆ ไป และสรุปไว้ว่าน้ำพุร้อนแทบทุกแห่งในประเทศไทยมักมีความสัมพันธ์หรืออยู่ภายใต้อิทธิพลของรอยเลื่อนและรอยแตก ทั้งที่เป็นรอยเลื่อนเก่าและรอยเลื่อนใหม่ โดยทั่วไปต้นกำเนิดของน้ำร้อนที่พบในแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ แต่ละแห่งในโลกเกิดจากการที่น้ำเย็นที่เป็นน้ำฝนหรือน้ำตามแม่น้ำลำคลองไหลซึมผ่านช่องว่างหรือรอยแตกของหินลึกลงไปได้ดิน น้ำเย็นนี้จะได้รับการถ่ายเทความร้อนจากหินหนืดใต้โลกทำให้มีอุณหภูมิและความดันสูงขึ้น และไหลกลับสู่เบื้องบนสะสมตัวอยู่ในแหล่งกักเก็บที่เหมาะสมหรือไหลตามรอยเลื่อนรอยแยกขึ้นมาสู่ผิวโลกทำให้เกิดปรากฏการณ์ธรรมชาติของน้ำพุร้อน (กรมทรัพยากรธรณี, 2540)

2.1.2 โลหะหนัก

โลหะหนัก หมายถึง ธาตุที่มีเลขอะตอมอยู่ในช่วง 23-92 และอยู่ในคาบที่ 4-7 ในตารางธาตุ ในสภาพปกติโลหะหนักจะเป็นผลึกบริสุทธิ์ที่มีความเป็นพิษเล็กน้อย ถ้าอยู่ในความดันไอสูง สารประกอบของโลหะหนักบางชนิดมีความเป็นพิษสูง เช่น Methylmercury ตัวอย่างโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว (Pb) ปรอท (Hg) แคดเมียม (Cd) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) โครเมียม (Cr) สารหนู (As) เป็นต้น

1) สารหนู (Arsenic)

สารหนู เป็นธาตุที่เป็นพิษจัดอยู่ในประเภทธาตุกึ่งโลหะที่อยู่ในหมู่ V A ในตารางธาตุ ใช้สัญลักษณ์ทางเคมีว่า As น้ำหนักอะตอม 74.9216 เลขอะตอม 33 ความหนาแน่น 6.7 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จุดระเหิด 613 องศาเซลเซียส(1atm) จุดหลอมเหลว 814 องศาเซลเซียส(36atm)(Richard J. Lewis, Sr., 1993 หน้า 96)

เลขออกซิเดชัน -3 , 0 , $+3$ และ $+5$ มีสีเงินเกมเทา ผิวกล้ามัว คุณสมบัติค่อนข้างเปราะ ตามปกติสารหนูที่อยู่ในรูปอิสระจะพบได้ยาก โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของสารประกอบต่างๆ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ชนิด

1. สารหนูในรูปของสารประกอบอนินทรีย์ (Inorganic Arsenic Compounds) เช่น อาร์ซีนิกไตรออกไซด์ (Arsenic Trioxide) อาร์ซีนิกเพนต็อกไซด์ (Arsenic Pentoxide) อาร์ซีนิกไตรคลอไรด์ (Arsenic Trichloride) อาร์ซีนิกไตรซัลไฟด์ (Arsenic Trisulfide) เกลือของอาร์ซีไนท์ (Arsenite Salts) และเกลือของสารประกอบอาร์ซีเนทเพนตาเวเลนต์ (Pentavalent Arsenate Salts)

2. สารหนูในรูปของสารประกอบอินทรีย์ (Organic Arsenic Compounds) เช่น กรดเมทิลอาร์โซนิค (Methylarsonic Acid) กรดไดเมทิลอาร์ซีน (Dimethylarsine Acid) กรดอาร์ซานิลิก (Arsanilic Acid) และกรดคาโคไดลิก (Cacodylic Acid) เป็นต้น

3. สารหนูในรูปก๊าซ ได้แก่ อาร์ซีน (Arsine)

สำหรับในสิ่งแวดล้อมจะพบสารหนูอยู่ทั่วไปทั้งในดิน หิน น้ำ อากาศ และในสิ่งมีชีวิต โดยพบสารหนูปบนผิวโลกประมาณ $1.5 - 2.0$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในดินที่ไม่มีการปนเปื้อนสารหนูมาก่อน $0.2 - 4.0$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในดินที่เคยมีการใช้สารหนูอาจสูงถึง 550 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และตะกอนต่างๆ ที่ถูกพัดพามาตามธรรมชาติ จะมีสารหนูอยู่ต่ำกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) พบปริมาณสารหนูในน้ำจืดน้อยกว่า $10 - 1,100$ ไมโครกรัมต่อลิตร ในน้ำทะเล $0.15 - 6.00$ ไมโครกรัมต่อลิตร ในพืชที่ปลูกในดินที่ไม่เคยได้รับสารหนู $0.01 - 5.00$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในสาหร่ายทะเล $0.7 - 12.0$ ไมโครกรัมต่อกรัม (วรพิน วิทยวราวัฒน์, 2537)

สารหนูที่ปนเปื้อนในดินมักเกิดจากการทำเหมืองแร่โลหะ การประกอบอุตสาหกรรมเคมีที่ต้องใช้แร่พวกกำมะถัน และฟอสฟอรัส การเผาไหม้ของถ่านหิน และกิจกรรมทางการเกษตร สารหนูในแหล่งน้ำส่วนใหญ่มาจากอุตสาหกรรมถลุงโลหะ อุตสาหกรรมผลิตสารเคมีกำจัดศัตรูพืช อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วเซรามิก โรงฟอกหนัง และโรงย้อมสี โดยทั่วไปสารหนูในน้ำจะอยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ซึ่งสารประกอบอินทรีย์ส่วนใหญ่ ได้แก่ กรดเมทิลอาร์โซนิค และกรดไดเมทิลอาร์ซีนิก แต่มีอยู่ในปริมาณที่น้อยกว่าในรูปสารประกอบอนินทรีย์พวกอาร์ซีไนท์ และอาร์ซีเนท สารประกอบอาร์ซีเนทสามารถละลายได้ดีในน้ำที่มีสภาวะความเป็นกรดสูง (High Acid Conditions) แต่ถ้ามีสภาวะความเป็นกรดอ่อน (Weak Acid Conditions) เป็นกลางหรือเป็นด่างจะเกิดการตกตะกอนได้ โดยจะเกิดการดูดซับกับสารประกอบของเหล็ก นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี เป็นต้น นอกจากนี้สภาวะพีเอช (pH) นับว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงให้สารหนูอยู่ในรูปของสารประกอบต่างๆ

ปริมาณสารหนูในน้ำสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพของน้ำได้ โดยทั่วไปได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของสารหนูในน้ำไว้หลายประเภท เช่น น้ำดื่ม น้ำบาดาล แหล่งน้ำผิวดินที่ไม่ใช่ทะเล ตลอดจนปริมาณสารหนูที่ยอมให้มีได้ในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ความเป็นพิษของสารหนูขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ คือ ลักษณะการเข้าสู่ร่างกาย ปริมาณและระยะเวลาที่ได้รับ อายุ เพศ และความต้านทานของแต่ละบุคคล นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับคุณลักษณะทางเคมีและทางกายภาพของสารหนู สารประกอบอนินทรีย์ของสารหนูจะมีพิษมากกว่าสารประกอบอินทรีย์ และสารประกอบอนินทรีย์ที่อยู่ในรูปของไตรวาเลนต์ (Trivalent Form) จะมีพิษรุนแรงกว่าสารหนูที่อยู่ในรูปของเพนตาวาเลนต์ (Pentavalent Form)

เมื่อมีการสะสมของสารหนูในร่างกายในปริมาณที่มากพอร่างกายจะแสดงอาการผิดปกติออกมา ซึ่งอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นมี 2 ลักษณะ คือ อาการพิษแบบเฉียบพลัน (Acute Poisoning) จะเกิดเมื่อได้รับสารหนูปริมาณมากในระยะเวลาดสั้น และอาการพิษเรื้อรัง (Chronic Poisoning) เนื่องจากร่างกายได้รับสารหนูทีละน้อยติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน

อาการพิษแบบเฉียบพลัน เมื่อร่างกายได้รับไตรวาเลนต์ อาร์ซีนิก (Trivalent Arsenic) จะมีอาการเกร็งที่ลำคอ กลืนอาหารลำบาก กระเพาะอาหารอักเสบ ปวดบริเวณช่องท้อง อาเจียน ท้องร่วง ช็อค ชีพจร และการเต้นของหัวใจอ่อนลง และอาจเสียชีวิตได้ภายใน 24 ชั่วโมง อาการพิษเรื้อรัง ได้แก่ อาการอ่อนเพลีย เจ็บปวดตามกล้ามเนื้อ กระเพาะและลำไส้อักเสบ ปวดท้องอย่างรุนแรง ผิวน้ำและเล็บมีสีผิดปกติ ปวดศีรษะ เชื่องซึม มึนงง ชาตามมือ ปลายเท้า สั่นกระตุก มีตุ่มแข็งเล็กๆ เหมือนหูดตามฝ่ามือฝ่าเท้า มีสะเก็ดตามตัวและกลายเป็นมะเร็งผิวหนังได้ในที่สุด

สารหนูไม่ว่าจะเข้าสู่ร่างกายจากทางเดินอาหาร ทางกรหายใจ ทางผิวหนัง หรือแม้แต่ทางรก ส่วนหนึ่งจะไปสะสมตามเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกาย โดยที่ผมและเล็บจะพบว่ามีปริมาณสารหนูสะสมอย่างสูง ทั้งนี้เนื่องจากในเนื้อเยื่อเหล่านี้มีคราตินมาก และไตรวาเลนต์อาร์ซีนิกจะจับกับหมู่ซัลไฟดริล (Sulfhydryl Group) แต่โดยปกติร่างกายจะขับสารหนูออกทางปัสสาวะ วันละ 0.195 มิลลิกรัม (วรพิน วิทยวราวัฒน์, 2537)

2) แคดเมียม (Cadmium)

แคดเมียมเป็นธาตุจำพวกโลหะหนักจัดอยู่ในหมู่ II B ของตารางธาตุ เช่นเดียวกับสังกะสี และปรอท ใช้สัญลักษณ์ทางเคมีว่า Cd น้ำหนักอะตอม 112.4 เลขอะตอม 48 ความถ่วงจำเพาะ 8.65 จุดเดือด 767 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลว 320.9 องศาเซลเซียส เลขออกซิเดชัน +2 มีสีเงินปนขาว เนื้อโลหะมีลักษณะอ่อนและดัดง่าย ทนทานต่อการกัดกร่อน ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในกรดไนตริก (Nitric Acid) (กองมาตรฐานสิ่งแวดล้อม, 2532 หน้า 1)

แคดเมียมเป็นโลหะหนักที่มีอยู่ในธรรมชาติน้อยเมื่อเทียบกับโลหะหนักอื่นๆ โดยทั่วไปจะพบในรูปของซัลไฟด์ (CdS) และมักเกิดขึ้นร่วมกับสินแร่สังกะสี ทั้งนี้เพราะธาตุทั้งสองมีสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์คล้ายคลึงกัน ในสินแร่สังกะสีโดยทั่วไปจะมีแคดเมียมประมาณ 0.2 – 0.4 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม พบว่า บนผิวโลกมีแคดเมียมโดยเฉลี่ย 0.15 – 0.20 ส่วนในล้านส่วน ในหินอัคนีและหินแปรมีแคดเมียมน้อยกว่า 1 ส่วนในล้านส่วน ในดินที่ไม่ถูกปนเปื้อนจาก

แคดเมียมจะมีแคดเมียมประมาณ 0.06 ส่วนในล้านส่วน ดินจากการทำการเกษตรมีแคดเมียมเฉลี่ย 0.88 ส่วนในล้านส่วน ในดินตะกอนมีแคดเมียมประมาณ 0.5 ส่วนในล้านส่วน ปริมาณแคดเมียมในน้ำจืดน้อยกว่า 1 ส่วนในพันล้านส่วน ในน้ำทะเลมีประมาณ 0.15 ส่วนในพันล้านส่วน แต่ในน้ำดื่มและน้ำธรรมชาติทั่วไปอาจมีสูงถึง 10 ส่วนในพันล้านส่วนได้ (พิมล เรียนวัฒนา, 2525)

การปนเปื้อนของแคดเมียมในน้ำและดินตะกอน มีสาเหตุส่วนใหญ่มาจากการถลุงสินแร่สังกะสี (รวมทั้งตะกั่วและทองแดง) การระบายน้ำทิ้งจากกิจกรรมของเมืองและอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น โรงงานทำแบตเตอรี่ โรงงานทำพลาสติก โรงงานชุบโลหะ เป็นต้น นอกจากนี้การปนเปื้อนของแคดเมียมยังมีสาเหตุมาจากธรรมชาติ เช่น จากการระเบิดของภูเขาไฟ การผุพังตามธรรมชาติของดิน หรือหินที่มีแคดเมียมเป็นองค์ประกอบ และจากกิจกรรมของแบคทีเรียที่ต้องการกำมะถัน (Sulfur Bacteria) แคดเมียมในแหล่งน้ำจะอยู่ในรูปของแคดเมียมซัลเฟต (Cadmium Sulfate) และแคดเมียมคลอไรด์ (Cadmium Chloride) ซึ่งมีคุณสมบัติละลายน้ำ แคดเมียมจะละลายได้มากขึ้นในน้ำที่เป็นกรด มีปริมาณคลอไรด์สูง และมีคาร์บอนเตต้ามาร์ติน และเมย์เบค (Martin and Meybeck, 1978 อ้างในพิมล เรียนวัฒนา, 2525) รายงานว่า แคดเมียมมีมากในของแข็งที่แขวนลอยในน้ำจากกระบวนการต่างๆ เช่น เกิดคีเลชัน (Chelation) กับอนุภาคของสารอินทรีย์ การดูดซับ (Absorption) และการเคลือบ (Coating) บนอนุภาคที่ละเอียด ปริมาณน้ำในลำธารมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของตะกอนที่แขวนลอยในน้ำ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวบรรทุกแคดเมียมและเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายแคดเมียมในลำธาร พืชน้ำและสิ่งมีชีวิตในน้ำอาจมีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของแคดเมียมและโลหะหนักอื่นๆ ในน้ำโดยกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในน้ำที่เพิ่มขึ้นทำให้ความเข้มข้นของแคดเมียมและโลหะหนักอื่นๆ ในน้ำลดลง สำหรับค่าพิเอช จะมีผลต่อการเกิดสารประกอบของแคดเมียมในรูปต่างๆ นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแคดเมียมในแหล่งน้ำได้แก่ ลักษณะทางภูมิศาสตร์ ฤดูกาล ความสัมพันธ์กับลักษณะทางธรณีวิทยาและธาตุอื่นๆ ตลอดจนปริมาณแคดเมียมในอากาศจากกิจกรรมของเมืองและอุตสาหกรรมที่ปะปนลงมากับน้ำฝน

แคดเมียมจัดว่าเป็นธาตุที่ไม่มีความสำคัญต่อการดำรงชีพของมนุษย์ และเป็นสารที่มีคุณสมบัติในแง่ของพิษสะสมสูง เนื่องจากมีวงจรครึ่งชีวิต (Half-Life) มากกว่า 10 ปี พิษของแคดเมียมถูกค้นพบครั้งแรกในประเทศญี่ปุ่น หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 ในชื่อโรคว่า อิตาอิไต (Itai-itai) ซึ่งผู้ป่วยจะมีอาการเจ็บปวดที่กระดูกทั้งร่างกาย ไตทำงานผิดปกติ มีภาวะของโลหิตจาง ความดันโลหิตสูง กระดูกผุ เกิดการเจ็บป่วยและเสียชีวิตในที่สุด

แคดเมียมสามารถเข้าสู่ร่างกายได้หลายทาง คือ จากทางเดินอาหาร ทางเดินหายใจ รวมทั้งการสูบบุหรี่ เมื่อแคดเมียมเข้าสู่ร่างกาย ประมาณร้อยละ 6 ของแคดเมียมในอาหารจะสะสมในร่างกาย การสะสมจะมากขึ้นตามอายุ และพบว่ามีกการสะสมมากที่สุดและไต อาการพิษจากแคดเมียม มี 2 ลักษณะ คือ พิษแบบเฉียบพลันและพิษแบบเรื้อรัง พิษแบบเฉียบพลัน ได้แก่ อาการคลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง ซึ่งเป็นอาการของระบบทางเดินอาหาร นอกจากนี้ยังพบอาการปวดศีรษะ เป็นตะคริว น้ำลายฟุ้งปาก และเกิดอาการช็อค เนื่องจากร่างกายสูญเสียน้ำมาก และเสียชีวิตได้ภายใน 24 ชั่วโมง

อาการพิษแบบเรื้อรัง หลังจากที่ร่างกายได้รับแคดเมียมในปริมาณปานกลางแต่เป็นระยะเวลานานติดต่อกัน มักจะเกิดอาการที่ไต และกระดูก โดยทำให้การทำงานของท่อปัสสาวะในไตเสียไป ไตขับปัสสาวะที่มีโปรตีนมากกว่าปกติ ผลต่อระบบอื่นๆ คือ โรคปวดกระดูก โรคโลหิตจาง และการทำงานของตับเสียไป ร่างกายสามารถขับแคดเมียมออกได้โดยผ่านทางไต และทางอุจจาระ แต่อัตราการขับออกน้อยกว่าอัตราการดูดซึม (วรพิน วิทยวราวัฒน์, 2537)

3) ตะกั่ว (Lead)

ตะกั่ว เป็นโลหะหนักที่มีอยู่ตามธรรมชาติ จัดอยู่ในหมู่ที่ IV B ของตารางธาตุ หมู่เดียวกับคาร์บอน ซิลิกอน เจอร์มาเนียมและดีบุก ใช้สัญลักษณ์ทางเคมีว่า Pb น้ำหนักอะตอม 207.19 เลขอะตอม 82 ความถ่วงจำเพาะ 11.40 จุดเดือด 1,740 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลว 327.50 องศาเซลเซียส เลขออกซิเดชัน 0, +2 และ +4 มีสีเทาปนขาว เนื้อโลหะมีลักษณะอ่อน สามารถทุบ รีด ดึง หรือดัดแปลงเป็นรูปต่างๆ ได้ง่าย ทนทานต่อการกัดกร่อน ละลายได้ในกรดไนตริก และกรดกำมะถันเข้มข้น สามารถผสมกับโลหะต่างๆ เป็นโลหะผสม(Alloys) ได้หลายชนิด สารประกอบของตะกั่วแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

(1) ตะกั่วอนินทรีย์ (Inorganic Lead) อยู่ในรูปเกลือและออกไซด์ เช่น ตะกั่วคาร์บอเนต (Lead Carbonate) ตะกั่วโครเมต (Lead Chromate) ตะกั่วออกไซด์ (Lead Oxide) เป็นต้น

(2) ตะกั่วอินทรีย์ (Organic Lead) เช่น ตะกั่วเตตระเอทิล (Tetraethyl Lead) และตะกั่วเตตระเมทิล (Tetramethyl Lead) ซึ่งใช้ผสมในน้ำมันเบนซิน เพื่อเพิ่มค่าออกเทนของน้ำมันให้สูงขึ้น สารประกอบอินทรีย์ของตะกั่วค่อนข้างจะมีพิษมากกว่าตะกั่วอนินทรีย์

โดยธรรมชาติแล้วในสิ่งแวดล้อม เช่น ในดินและน้ำจะมีตะกั่วเจือปนอยู่ในระดับต่ำ ในดินจะมีปริมาณตะกั่วเฉลี่ยเพียง 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในน้ำธรรมชาติประมาณ 1-10 ไมโครกรัมต่อลิตร และในดินตะกอนมีตะกั่วประมาณ 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ในสถานะของปัจจุบันที่มีความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีและอุตสาหกรรม ตะกั่วได้ถูกนำมาใช้ในกิจกรรมต่างๆ เพิ่มมากขึ้น เป็นผลให้เกิดการปนเปื้อนของตะกั่วในสิ่งแวดล้อมต่างๆ ทั้งในน้ำ ดิน อากาศ อาหาร ตลอดจนเกิดการสะสมในสิ่งมีชีวิตได้ในที่สุด

ตะกั่วที่ปนเปื้อนในน้ำและดินตะกอน ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากน้ำเสียที่ปล่อยจากโรงงาน โรงถลุงแร่ แหล่งชุมชน การใช้ปุ๋ยและยากำจัดศัตรูพืชที่มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบ รวมทั้งตะกั่วที่แพร่กระจายอยู่ในอากาศจากการใช้น้ำมันที่มีส่วนผสมของตะกั่ว ทั้งนี้มีรายงานว่ากรณีที่ปริมาณสารตะกั่วในแหล่งน้ำมีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการด้วยกัน ยกตัวอย่างเช่น พีเอชของน้ำ และค่าความเข้มของแร่ธาตุในน้ำ โดยพบว่า ตะกั่วจะละลายในน้ำอ่อนได้ดีกว่าน้ำกระด้าง และละลายในน้ำได้น้อยลงในสภาวะที่มีพีเอชมากกว่า 7 สำหรับในดินตะกอนตะกั่วสามารถเกาะรวมตัวกับดินตะกอนได้ทั้งชนิดดินทราย ดินร่วน และดินเหนียว แต่จะมีอยู่ในดินเหนียวมากที่สุด ปริมาณตะกั่วที่พบในดินตะกอนจะมีค่ามากกว่าในน้ำจากแหล่งเดียวกันหลายเท่า เนื่องจากตะกั่วมีประจุบวกซึ่งสามารถเกาะยึดกับดินตะกอนที่มีประจุลบได้ดี นอกจากนี้ตะกั่วในดินตะกอนยังสามารถถูกจุลินทรีย์บาง

ชนิดเปลี่ยนเป็น เตตระอัลคิลเลด (Tetraalkyl Lead) และเตตระเมทิลเลด (Tetramethyl Lead) ได้ดีในสถานะที่ไม่มีออกซิเจน(บัญญัติ สุขศรีงาม, 2543 หน้า 60)

ตะกั่วเป็นธาตุที่ไม่มีหน้าที่เกี่ยวกับเมแทบอลิซึมในร่างกาย ดังนั้นเมื่อตะกั่วเข้าสู่ร่างกายไม่ว่าจะโดยทางปาก ทางการหายใจ หรือทางผิวหนัง จะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์เช่นเดียวกับโรคมีนามะตะ โรคพิษสารหนู หรือโรคอื่นๆ ที่มีในปัจจุบัน ทั้งนี้พบว่า ตะกั่วมีความเป็นพิษมากกว่าแคดเมียม ปรอทและพลวง ถึง 5 เท่า และเนื่องจากตะกั่วมีทั้งตะกั่วอนินทรีย์และตะกั่วอินทรีย์ อาการพิษที่เกิดขึ้นจึงมีลักษณะแตกต่างกัน นอกจากนี้ตะกัวยังก่อให้เกิดผลกระทบทางอ้อม เช่น ทำให้ความต้านทานต่อโรคไข้ไทฟอยด์ลดลง การเกิดพิษจากตะกั่วขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่สัมผัส ปริมาณของสารที่เข้าสู่ร่างกาย คุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของสารนั้นๆ เช่น การดูดซับ การขับถ่าย ขบวนการเผาผลาญสารอาหารของเซลล์ในร่างกายและสถานะแวดล้อมของเซลล์ สำหรับการสะสมของตะกั่ว พบว่าตะกั่วสามารถสะสมได้ในโลหิต กระดูก ฟัน เล็บ ผม กล้ามเนื้อ น้ำมัน และน้ำเหลือง ซึ่งประมาณร้อยละ 75 ของตะกั่วจะถูกขับออกทางปัสสาวะและร้อยละ 15 จะถูกขับออกทางอุจจาระ ส่วนที่เหลือจะถูกขับออกทางเหงื่อ และทางน้ำมัน (กองอาชีวอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2535)

2.1.3 ปัญหาพิษจากโลหะหนัก

ปัญหาพิษจากโลหะหนัก ควรจะได้รับความสนใจอย่างจริงจังเนื่องจากปริมาณของโลหะหนักทำให้เกิดพิษนั้นอยู่ในระดับต่ำมากและเป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ การได้รับปริมาณโลหะหนักมีทั้งทางตรงและทางอ้อม ทางอ้อมเกิดจากการถ่ายทอดผ่านห่วงโซ่อาหาร การศึกษาเกี่ยวกับมลพิษของโลหะหนัก เริ่มศึกษาตั้งแต่ 460 ปีก่อนคริสตศักราช โดยแพทย์ชาวกรีก แต่ปัญหาความเป็นพิษของโลหะหนักที่ได้รับความสนใจและศึกษากันมากในปัจจุบัน คือ ตะกั่ว แคดเมียม ปรอท และโลหะหนักในป้อน้ำร้อนที่นิยมศึกษากันมากคือ สารหนู

แหล่งที่มาของโลหะหนักโดยทั่วไปแล้ว สามารถแบ่งได้เป็น 2 แหล่ง คือ

1. แหล่งตามธรรมชาติ เนื่องจากในธรรมชาติมีโลหะหนักต่างๆ ปะปนอยู่กับหินแร่ธาตุชนิดต่างๆ เช่นในหินอัคนีและหินแปรมีตะกั่ว 10-20 ส่วนในล้านส่วน (ppm) มีการคาดคะเนว่าทั่วโลกมีตะกั่วในทะเลสาบและแม่น้ำ 1-10 ส่วนในล้านส่วน (อภินิติ เมืองเดช, 2545) แคดเมียมพบปะปนอยู่กับแร่สังกะสี ส่วนปริมาณโลหะหนักที่จะมีในบรรยากาศจะขึ้นอยู่กับ

- ความมากน้อยของการชะกร่อนโดยลม
- องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองนั้น
- ความมากน้อยของการตกลงมาสู่พื้นดินหรือแหล่งน้ำของฝุ่นละอองนั้น

2. แหล่งที่มนุษย์เกี่ยวข้องกับ

- แหล่งที่อยู่กับที่ โรงงานต่างๆ ที่มีขบวนการผลิตเกี่ยวข้องกับโลหะหนักจะปลดปล่อยโลหะหนักสู่สถานะแวดล้อมเสมอ เช่น โรงงานแบตเตอรี่ โรงงานถลุงโลหะ โรงงานผลิตสี

เป็นต้น ปริมาณที่ปลดปล่อยออกมาขึ้นอยู่กับชนิดของขบวนการผลิตและขั้นตอนการผลิตของโรงงานนั้นๆ แต่แหล่งที่อยู่กับที่นี้ก่อให้เกิดปัญหาเฉพาะบริเวณใกล้เคียงเท่านั้น

- แหล่งที่เคลื่อนที่ เป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะและได้รับความสนใจกันกว้างขวางอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในย่านเขตชุมชนที่มีการจราจรหนาแน่นเพราะโลหะหนักที่ก่อให้เกิดปัญหามากคือ ตะกั่ว แคดเมียม ซึ่งเป็นผลจากการเติมตะกั่วเพื่อป้องกันการน็อคของเครื่องยนต์ในน้ำมัน ส่วนแคดเมียมจะถูกปลดปล่อยออกจากน้ำมันเครื่องยนต์

- การเกษตร โดยการนำเอาสารเคมีต่างๆ มาใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตทั้งในรูปของปุ๋ยซึ่งเป็นผลทางตรงและยาปราบศัตรูพืชต่างๆ ซึ่งมีผลในทางป้องกันการสูญเสียผลผลิต ดังนั้นการเกษตรจึงเป็นแหล่งที่ส่งเสริมให้มีผลตกค้างของโลหะหนักได้อีกทางหนึ่ง

- แหล่งอื่นๆ แหล่งที่มีการนำเอาโลหะหนักมาใช้

2.1.4 หลักการของอะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrophotometer: AAS)

โลหะหนักต่างๆ ที่อยู่ในสารละลายจะถูกเผาด้วยความร้อนสูงจากระบบเปลวไฟ (Flame) จนแตกตัว (Dissociation) กลายเป็นอะตอมอิสระ (Atomization) และอะตอมอิสระเหล่านี้จะดูดกลืนพลังงานแสงที่มีความยาวช่วงคลื่นเฉพาะตัว ซึ่งพลังงานแสงที่ดูดกลืนจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณอะตอมของโลหะหนักนั้นๆ โดยโลหะหนักแต่ละชนิดจะดูดกลืนพลังงานที่มีความยาวช่วงคลื่นแตกต่างกัน

ส่วนประกอบที่สำคัญของ Atomic Absorption Spectrophotometer: AAS

1. แหล่งกำเนิดแสงเฉพาะธาตุ (Light Source)

โดยทั่วไปนิยมใช้หลอดขอลโลแคโทด (Hollow Cathode Lamp, HCL) เนื่องจากให้แสงที่มีความเข้มสูง เมื่อใช้งานต้องอุ่นหลอดเป็นเวลา 5-10 นาทีเสมอ เพื่อให้ได้แสงที่ออกมาคงที่ ลักษณะของ HCL จะประกอบด้วยขั้วแคโทด ซึ่งเป็นโลหะทำเป็นรูปทรงกระบอกกลวง ผนังด้านในฉาบด้วยโลหะ (หรือสารประกอบของโลหะ) ที่ต้องทำการวิเคราะห์ โดยทั่วไปนิยมใช้โลหะหนึ่งตัวต่อ HCL 1 หลอด เช่น ถ้าต้องการวิเคราะห์ตะกั่ว (Pb) ต้องเลือกใช้ HCL ชนิดของตะกั่วด้วย

2. อุปกรณ์ทำให้เกิดอะตอมอิสระ (Atomizer)

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometer: AAS นั้น จะประสบความสำเร็จอย่างดีมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของอะตอมอิสระ (Free Atom) ของธาตุที่ทำให้เกิดขึ้น ดังนั้น ความสำคัญจึงอยู่ที่ทำอย่างไรจึงทำให้ธาตุที่มีอยู่ในสารตัวอย่างที่จะวิเคราะห์แตกตัวเป็นอะตอมอิสระได้มากๆ ซึ่งวิธีที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีดังนี้

- กระบวนการที่ทำให้สารแตกตัวเป็นอะตอมอิสระด้วยเปลวไฟ (Flame Atomization Process) สำหรับกระบวนการนี้สารตัวอย่างจะต้องเป็นสารละลายเนื้อเดียว ไม่มีสารแขวนลอยอยู่ ตัวทำละลายจะเป็นน้ำหรือสารอินทรีย์ก็ได้

- กระบวนการที่ทำให้สารแตกตัวเป็นอะตอมอิสระด้วยความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (Flameless or Electrothermal Atomization Process) กระบวนการนี้เกิดขึ้นจากการให้พลังงานความร้อนแก่ Graphite Tube ซึ่งความร้อนจะทำให้ตัวทำละลายหรือสารอินทรีย์ที่อยู่ในตัวอย่างระเหยออกไปเหลือไว้เฉพาะธาตุที่เราสนใจ

2.1.5 หลักการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Emission Spectrophotometer (ICP)

เครื่องมือวิเคราะห์ ICP Spectrophotometer เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ธาตุต่างๆ โดยใช้เครื่องวัดการคายพลังงานแสงในช่วงคลื่นต่างๆ จำเพาะตัวของแต่ละธาตุ เครื่องจะคำนวณปริมาณของธาตุตามปริมาณความเข้มของสัญญาณแสงที่ตรวจวัดได้ตามช่วงคลื่นที่เหมาะสมของธาตุแต่ละชนิด

เครื่องมือชนิดนี้จะมีอยู่ 2 ส่วนสำคัญ คือส่วนของ ICP หรือส่วนที่ทำให้อะตอมของธาตุเป็นสภาพแก๊สอยู่ในสภาพพลาสมา นั่นคือเมื่อสารละลายตัวอย่างหรือสารละลายมาตรฐานถูกฉีดเข้าไปปะปนกับแก๊ส Ar ในรูปของแอโรโซลแล้ว จะมีพลังงาน(จากเครื่อง Generator) ในรูปของคลื่นวิทยุแรงสูงมากระตุ้นให้เป็นพลาสมาที่มีความร้อนสูงมาก อะตอมต่างๆจึงแยกสลายพันธะจากกัน และเปลี่ยนสภาพเป็นพลาสมาแล้วคายพลังงานออกมา(เพื่อกลับสู่สภาพปกติหรืออะตอมของธาตุที่มีระดับพลังงานเช่นเดิม) ปริมาณพลังงานที่คายออกมาเป็นแสงช่วงคลื่นต่างๆ กันไป ซึ่งสัญญาณแสงเหล่านี้จะเคลื่อนผ่านช่องทาง slit) เข้าสู่ส่วน grating เพื่อแยกแสงเป็น โมโนโครเมเตอร์ ช่วงคลื่นต่างๆ กันไป เพื่อความสะดวกในการตรวจวัดโดย detector ค่อยไป โดยใช้สารละลายมาตรฐานมาเทียบความเข้มข้น

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุรณ ช่วยเกิด (2545) ได้ทำการศึกษาทั้งสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพุร้อน รวมทั้งองค์ประกอบของตะกอนในบ่อน้ำพุร้อนเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในจังหวัดสุราษฎร์ธานี และระนอง เปรียบเทียบกับข้อมูลเดิมที่เคยมีผู้สำรวจไว้นานแล้ว ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

สมบัติทั่วไปของน้ำพุร้อนในเขตอำเภอไชยาและท่าฉาง ของจังหวัดสุราษฎร์ธานีเป็นประเภทน้ำกร่อย ซึ่งมีความกระด้างสูงมาก ส่วนแหล่งอื่นๆ เป็นน้ำจืดที่มีสมบัติคล้ายน้ำบาดาลทั่วไป และจำนวน 8 ใน 9 แหล่งจะมีสารฟลูออไรด์สูงเกินเกณฑ์มาตรฐานของน้ำบาดาลของไทย ส่วนธาตุโลหะที่เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำพุร้อนได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม ไม่พบโลหะหนักปริมาณน้อย (trace elements) ชนิดใดสูงเกิน 0.5 ppm ค่า pH อยู่ในช่วง 6.82 - 8.30 การนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0.30 - 21.30 มิลลิโม่ห์ ความกระด้างรวม ช่วง 80-2700 ppm ในขณะที่องค์ประกอบหลักของธาตุโลหะในตะกอนน้ำพุร้อน ได้แก่ แคลเซียม โดยมีแมกนีเซียม และธาตุเหล็กในปริมาณรองลงมา และยังพบว่ามิโลหะที่เป็นพิษคือ ทองแดง แมงกานีส และสารหนูก็สูงมากในตะกอนของบางแหล่ง

เมทซ์ และ เทรไฟร์ (อ้างใน สุรน ช่วยเกิด, 2545) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลทางเคมีและแร่ธาตุ ที่มีต่อความเข้มข้นของธาตุโลหะหายากในแหล่งน้ำร้อนพบว่าองค์ประกอบของหินและการปะปนของน้ำทะเลมีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของธาตุโลหะหายาก นอกจากนี้ปริมาณทองแดง โคบอลต์และโมลบดีนัม ในน้ำจะลดลง เมื่อน้ำเย็นลงกว่า 350 องศา ในแหล่งเก็บกักได้บ่อเพราะทองแดงจะกลับไปเป็นแร่คัลโคไพไรต์ได้อีกเมื่ออุณหภูมิลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณสังกะสี (Zn) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ Cd , Pb และ As

คราว และ คณะ (อ้างใน สุรน ช่วยเกิด, 2545) ได้ทำการศึกษาการแพร่กระจายของปรอทและสารหนูสู่สิ่งแวดล้อมในนิวซีแลนด์ พบว่าความเป็นกรดทำให้เกิดออกซิเดชันของแร่ซัลไฟด์ของเหล็กและมาคาไรต์ ซึ่งเกิดจากตะกอนน้ำพุร้อน ซึ่งอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนในน้ำถึงขีดอันตรายต่อการบริโภคได้

Thongchai Kruahong (1993) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบของน้ำพุร้อนในจังหวัดสุราษฎร์ธานี และระนอง พบว่าองค์ประกอบส่วนสำคัญ คือ CaO , SiO_2 , SO_3 , MgO , Fe_2O_3 และ Al_2O_3 โดยมีส่วนที่สูญเสียจากการเผา 9.5-45.76 % ธาตุที่พบคือ U , As , Sb , Fe

Chokdee Sangsai (1993) ได้ทำการสำรวจและศึกษาองค์ประกอบบางประการของน้ำพุร้อนในภาคใต้ของประเทศไทย พบว่าน้ำมีค่า pH ในช่วง 6.3-8.8 และตะกอนจากการระเหยอยู่ในช่วง 0.23-19.81 กรัมต่อลิตร โดยน้ำพุร้อนคลองท่อม จังหวัดกระบี่ มีตะกอนในลักษณะนี้มากที่สุด

Thomson (1979 อ้างใน อารี สุวรรณมณี, 2533) ศึกษาสาเหตุของการแพร่กระจายของสารหนูในสิ่งแวดล้อมมี 2 สาเหตุ คือ เกิดจากกระบวนการตามธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ สาเหตุที่เกิดจากกระบวนการตามธรรมชาติ เช่น เกิดจากลาวาหรือไอระเหยของภูเขาไฟ น้ำพุร้อน การผุพังของหินและแร่ที่สารหนูปะปนอยู่ และได้ศึกษาปริมาณของสารหนูบริเวณรอบบ่อน้ำพุร้อนเฮลโลสโตนในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าในแม่น้ำเมคิสันมีปริมาณสารหนูเฉลี่ย 0.23 mg/L ในทะเลสาบปีโอบอกินมีปริมาณสารหนูเฉลี่ย 0.13 mg/L