

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 น้ำพุและน้ำพุร้อน

น้ำพุและน้ำพุร้อน (Spring and Hot Spring) ที่เกิดตามธรรมชาติเกิดจากน้ำ地下คลังไห้ในมาสู่บนผิวโลกผ่านตามช่องเปิดได้พื้นดินมีส่วนเกี่ยวเนื่องจากโครงสร้างหิน ที่มีส่วนสัมพันธ์กันแบบต่างๆ หลายลักษณะ น้ำพุร้อน หมายถึง น้ำ地下คลังไห้ไห้เหลืออยู่ในชั้นหินพื้นผิวโลกตามช่องเปิดได้พื้นดิน มีอุณหภูมิสูงกว่าปกติถ้าเป็นน้ำพุร้อนที่มีการพุ่งขึ้นสูงๆ เรียกว่า ไกเซอร์ (Geyser) น้ำพุร้อนส่วนมากมักจะพบรอยในบริเวณที่เพิ่งเกิด ขบวนการอัคคี (Igneous activity) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำพุร้อนมีส่วนเกี่ยวข้อง กับหินอัคคีที่มีอุณหภูมิสูงสุดได้พื้นผิวโลกในบริเวณนั้น ในบางกรณีน้ำ地下คลังไห้ร้อนไม่มีการพุ่งขึ้นมาแต่ไห้เหลืออยู่ในชั้นหินพื้นผิวโลกเรียกว่า นองน้ำร้อน (สุวิทย์ โนนะตรรภุล, 2515 หน้า 253)

การดำเนินน้ำพุร้อนในประเทศไทยนั้น กรมทรัพยากรธรรมชาติได้สำรวจสภาพทั่วๆ ไป และสรุปไว้ว่าว่าน้ำพุร้อนแบบทุกแห่งในประเทศไทยมีความสัมพันธ์หรืออยู่ภายใต้อิทธิพลของรอยเลื่อนและรอยแตก ทั้งที่เป็นรอยเลื่อนเก่าและรอยเลื่อนใหม่ โดยทั่วไปต้นกำเนิดของน้ำร้อนที่พบในแหล่งพัล้งงาน ความร้อนได้พิพพ แต่ละแหล่งในโลกเกิดจากการที่น้ำเย็นที่เป็นน้ำฝนหรือน้ำตามแม่น้ำลำคลองไห้เหลือ ผ่านช่องว่างหรือรอยแตกของหินลึกลงไปได้ดิน น้ำเย็นนี้จะได้รับการถ่ายเทความร้อนจากหินหนืดใต้โลกทำให้มีอุณหภูมิและความดันสูงขึ้น และไห้เหลืออยู่ในแหล่งกักเก็บที่เหมาะสม หรือไห้เหลืออยู่ในรอยเลื่อนรอยแยกชั้นมาสู่ผิวโลกทำให้เกิดปรากฏการณ์ธรรมชาติของน้ำพุร้อน (กรมทรัพยากรธรรมชาติ, 2540)

2.1.2 โลหะหนัก

โลหะหนัก หมายถึง ธาตุที่มีเลขอะตอมอยู่ในช่วง 23-92 และอยู่ในตารางที่ 4-7 ในตารางธาตุ ในสภาพปกติโลหะหนักจะเป็นผลึกบริสุทธิ์มีความเป็นพิษเล็กน้อย ถ้าอยู่ในความดันสูง สารประกอบของโลหะหนักบางชนิดมีความเป็นพิษสูง เช่น Methylmercury ตัวอย่างโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว (Pb) ปรอท (Hg) แคนเดเมียม (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 มีสีเงินแกมเทา ผิวคล้ำมัว คุณสมบัติค่อนข้างเปราะ ตามปกติสารหนูที่อยู่ในรูปอิสระจะพบได้ยาก โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของสารประกอบต่างๆ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ชนิด

- สารหนูในรูปของสารประกอบอนินทรีย์ (Inorganic Arsenic Compounds) เช่น อาร์เซนิคไตรออกไซด์ (Arsenic Trioxide) อาร์เซนิคเพนต์ออกไซด์ (Arsenic Pentoxide) อาร์เซนิคไตรคลอไรด์ (Arsenic Trichloride) อาร์เซนิคไตรซัลฟิด (Arsenic Trisulfide) เกลือของอาร์เซนิท (Arsenite Salts) และเกลือของสารประกอบอาร์เซนิทเพนตาแอลเคนท์ (Pentavalent Arsenate Salts)

- สารหนูในรูปของสารประกอบอินทรีย์ (Organic Arsenic Compounds) เช่น กรดเมทิลาร์โซนิก (Methylarsonic Acid) กรดไดเมทิลาร์เซน (Dimethylarsine Acid) กรดอาร์เซนิลิก (Arsanilic Acid) และกรดคาโคไดลิก (Cacodylic Acid) เป็นต้น

3. สารหนูในรูป ก๊าซ ได้แก่ อาร์เซน (Arsine)

สำหรับในสิ่งแวดล้อมจะพบสารหนูอยู่ทั่วไปทั้งในดิน น้ำ อากาศ และในสิ่งมีชีวิต โดยพบสารหนูบนผิวโลกประมาณ 1.5 - 2.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในดินที่ไม่มีการปนเปื้อนสารหนูมาก่อน 0.2 - 4.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในดินที่เคยมีการใช้สารหนูอาจสูงถึง 550 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และตากgon ต่างๆ ที่ถูกพัดพามาตามธรรมชาติ จะมีสารหนูอยู่ต่ำกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) พบริมาณสารหนูในน้ำจืดน้อยกว่า 10 - 1,100 ไมโครกรัมต่อลิตร ในน้ำทะเล 0.15 – 6.00 ไมโครกรัมต่อลิตร ในพืชที่ปลูกในดินที่ไม่เคยได้รับสารหนู 0.01 – 5.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในสาหร่ายทะเล 0.7 – 12.0 ไมโครกรัมต่อลิตร (วรพิณ วิทยาวรรณ์, 2537)

สารหนูที่ปนเปื้อนในดินมักเกิดจากการทำเหมืองแร่ถลุง โลหะ การประกอบอุตสาหกรรมเคมีที่ต้องใช้แร่พอกกำมะถัน และฟอสฟอรัส การเผาไหม้ของถ่านหิน และกิจกรรมทางการเกษตร สารหนูในแหล่งน้ำส่วนใหญ่มาจากการอุตสาหกรรมถลุง โลหะ อุตสาหกรรมผลิตสารเคมีกำจัดศัตรูพืช อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วเซรามิก โรงฟอกหนัง และโรงย้อมสี โดยทั่วไปสารหนูในน้ำจะอยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ซึ่งสารประกอบอินทรีย์ส่วนใหญ่ ได้แก่ กรดเมทิลาร์โซนิก และกรดไดเมทิลาร์เซนิก แต่มีอยู่ในปริมาณที่น้อยกว่าในรูปสารประกอบอนินทรีย์พอกอาร์เซนิท และอาร์เซนิท สารประกอบอาร์เซนิทสามารถละลายได้ในน้ำที่มีสภาวะความเป็นกรดสูง (High Acid Conditions) แต่ถ้าน้ำมีสภาวะความเป็นกรดอ่อน (Weak Acid Conditions) เป็นกลางหรือเป็นด่างจะเกิดการตกตะกอนได้โดยจะเกิดการดูดซับกับสารประกอบของเหล็ก นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี เป็นต้น นอกจากนี้สภาวะพิเศษ (pH) นับว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงให้สารหนูอยู่ในรูปของสารประกอบต่างๆ

ปริมาณสารหนูในน้ำสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพของน้ำได้ โดยทั่วไปได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของสารหนูในน้ำไว้หลายประเภท เช่น น้ำดื่มน้ำบาดาล แหล่งน้ำพิวดินที่ไม่ใช่ทะเล ตลอดจนปริมาณสารหนูที่ยอมให้มีได้ในน้ำทึ่งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ความเป็นพิษของสารหนูขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ คือ ลักษณะการเข้าสู่ร่างกาย ปริมาณและระยะเวลาที่ได้รับ อายุ เพศ และความต้านทานของแต่ละบุคคล นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับคุณลักษณะทางเคมี และทางกายภาพของสารหนู สารประกอบอนินทรีย์ของสารหนูจะมีพิษมากกว่าสารประกอบอนินทรีย์ และสารประกอบอนินทรีย์ที่อยู่ในรูปของไตรวาเลนท์ (Trivalent Form) จะมีพิษรุนแรงกว่าสารหนูที่อยู่ในรูปของเพนطاแวนท์ (Pentavalent Form)

เมื่อมีการสะสมของสารหนูในร่างกายในปริมาณที่มากพอร่างกายจะแสดงอาการผิดปกติอ กามา ซึ่งอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นมี 2 ลักษณะ คือ อาการพิษแบบเฉียบพลัน (Acute Poisoning) จะเกิดเมื่อได้รับสารหนูปริมาณมากในระยะเวลาสั้น และอาการพิษเรื้อรัง (Chronic Poisoning) เนื่องจากร่างกายได้รับสารหนูที่สะสมต่อ กันเป็นระยะเวลานาน

อาการพิษแบบเฉียบพลัน เมื่อร่างกายได้รับไตรวาเลนท์ อาร์เซนิค (Trivalent Arsenic) จะมีอาการเกร็งที่ลำคอ กลืนอาหารลำบาก กระเพาะอาหารอักเสบ ปวดบริเวณช่องท้อง อาเจียน ห้องร่วง ซื้อค ซึพาร และการเด่นของหัวใจอ่อนลง และอาจเสียชีวิตได้ภายใน 24 ชั่วโมง อาการพิษเรื้อรัง ได้แก่ อาการอ่อนเพลีย เจ็บปวดตามกล้ามเนื้อ กระเพาะและลำไส้อักเสบ ปวดท้องอย่างรุนแรง ผิวหนังและเล็บมีสีผิดปกติ ปวดศีรษะ เสื่อมชีม มึนงง ชาตามมือ ปลายเท้า สันกระดูก มีตุ่มแข็งเล็กๆ เหมือนหุดตามฝ่ามือฝ่าเท้า มีสะเก็ดตามตัวและกล้ายเป็นมะเร็งผิวหนังได้ในที่สุด

สารหนูไม่ว่าจะเข้าสู่ร่างกายจากทางเดินอาหาร ทางหายใจ ทางผิวหนัง หรือแม้แต่ทางรกรส่วนหนึ่งจะไปสะสมตามเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกาย โดยที่ผู้คนและเด็กจะพบว่ามีปริมาณสารหนูสะสมอย่างสูง ทั้งนี้เนื่องจากในเนื้อเยื่อเหล่านี้มีเเครตินมาก และไตรวาเลนท์อาร์เซนิคจะจับกับหมู่ชัลไฟคริล (Sulphydryl Group) แต่โดยปกติร่างกายจะขับสารหนูออกทางปัสสาวะ วันละ 0.195 มิลลิกรัม (วรพิณ วิทยาวรรณ์, 2537)

2) แคดเมียม (Cadmium)

แคดเมียมเป็นธาตุจำพวกโลหะหนักจัดอยู่ในหมู่ II B ของตารางธาตุ เช่นเดียวกับสังกะสี และ prox ใช้สัญลักษณ์ทางเคมีว่า Cd น้ำหนักอะตอม 112.4 เลขอะตอม 48 ความถ่วงจำเพาะ 8.65 จุล/คิวต 767 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลว 320.9 องศาเซลเซียส เลขออกซิเดชัน +2 มีสีเงินปนขาว เนื้อโลหะมีลักษณะอ่อนและดัดง่าย ทนทานต่อการกัดกร่อน ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในกรดไนตريك (Nitric Acid) (กองมาตรฐานสิ่งแวดล้อม, 2532 หน้า 1)

แคดเมียมเป็นโลหะหนักที่มีอยู่ในธรรมชาติน้อยเมื่อเทียบกับโลหะหนักอื่นๆ โดยทั่วไปจะพบในรูปของชัลไฟด์ (CdS) และมักเกิดขึ้นร่วมกับสินแร่สังกะสี ทั้งนี้ เพราะธาตุทั้งสองมีสมบัติทางเคมีและพิสิกส์คล้ายคลึงกัน ในสินแร่สังกะสีโดยทั่วไปจะมีแคดเมียมประมาณ 0.2 – 0.4 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม พบร่วมกับโลหะมีแคดเมียมโดยเฉลี่ย 0.15 – 0.20 ส่วนในล้านส่วน ในหินอัคนีและหินแปรมีแคดเมียมน้อยกว่า 1 ส่วนในล้านส่วน ในดินที่ไม่ถูกปนเปื้อนจาก

แคดเมียมจะมีแคดเมียมประมาณ 0.06 ส่วนในล้านส่วน คินจากทำการทำการเกณฑ์รัมมีแคดเมียมเฉลี่ย 0.88 ส่วนในล้านส่วน ในคินตะกอนมีแคดเมียมประมาณ 0.5 ส่วนในล้านส่วน ปริมาณแคดเมียมในน้ำจีด น้อยกว่า 1 ส่วนในพันล้านส่วน ในน้ำทะเลนีประมาณ 0.15 ส่วนในพันล้านส่วน แต่ในน้ำคีมและน้ำธรรมชาติทั่วไปอาจมีสูงถึง 10 ส่วนในพันล้านส่วนได้ (พิมล เรียนวัฒนา, 2525)

การปนเปื้อนของแคดเมียมในน้ำและคินตะกอน มีสาเหตุส่วนใหญ่มาจากการถลุงสินแร่สังกะสี (รวมทั้งตะกั่วและทองแดง) การระบายน้ำที่มาจากกิจกรรมของเมืองและอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น โรงงานทำแบตเตอรี่ โรงงานทำพลาสติก โรงงานชุบโลหะ เป็นต้น นอกจากนี้การปนเปื้อนของแคดเมียมยังมีสาเหตุมาจากการระเบิดของภูเขาไฟ การพุพังตามธรรมชาติของดิน หรือหินที่มีแคดเมียมเป็นองค์ประกอบ และจากกิจกรรมของแบคทีเรียที่ต้องการกำมะถัน (Sulfur Bacteria) แคดเมียมในแหล่งน้ำจะอยู่ในรูปของแคดเมียมซัลฟेट (Cadmium Sulfate) และแคดเมียมคลอไรด์ (Cadmium Chloride) ซึ่งมีคุณสมบัติละลายน้ำ แคดเมียมจะละลายได้มากขึ้นในน้ำที่เป็นกรด มีปริมาณคลอไรด์สูง และมีการบ่อน仟ต์มาร์ติน และเมยเบ็ค (Martin and Meybeck, 1978 อ้างในพิมล เรียนวัฒนา, 2525) รายงานว่า แคดเมียมมีมากในของแข็งที่แขวนลอยในน้ำจากการกระบวนการต่างๆ เช่น กีดคีเลชัน (Chelation) กับอนุภาคของสารอินทรีย์ การดูดซับ (Absorption) และการเคลือบ (Coating) บนอนุภาคที่ละเอียด ปริมาณน้ำในลำธารมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของตะกอนที่แขวนลอยในน้ำ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวบรรเทาแคดเมียมและเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายแคดเมียมในลำธาร พืชน้ำและสิ่งมีชีวิตในน้ำอาจมีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของแคดเมียมและโลหะหนักอื่นๆ ในน้ำโดยกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในน้ำที่เพิ่มน้ำให้ความเข้มข้นของแคดเมียมและโลหะหนักอื่นๆ ในน้ำลดลง สำหรับค่าพีเอช จะมีผลต่อการเกิดสารประกอบของแคดเมียมในรูปต่างๆ นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแคดเมียมในแหล่งน้ำได้แก่ ลักษณะทางภูมิศาสตร์ ถูกุกาล ความสัมพันธ์กับลักษณะทางธรณีวิทยาและธาตุอื่นๆ ตลอดจนปริมาณแคดเมียมในอากาศจากกิจกรรมของเมืองและอุตสาหกรรมที่ปะปนลงมากับน้ำฝน

แคดเมียมจัดว่าเป็นธาตุที่ไม่มีความสำคัญต่อการดำรงชีพของมนุษย์ และเป็นสารที่มีคุณสมบัติในเรื่องพิษสะสมสูง เนื่องจากมีวงจรครึ่งชีวิต (Half – Life) มากกว่า 10 ปี พิษของแคดเมียมถูกกันพบรั้งแรกในประเทศญี่ปุ่น หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 ในชื่อโรคว่า อิไไอ-อิไ (Itai-itai) ซึ่งผู้ป่วยจะมีอาการเจ็บปวดที่กระดูกหั้งร่างกาย ใต้ทำงานผิดปกติ มีภาวะของโลหิตจาง ความดันโลหิตสูง กระดูกหัก กีดการเจ็บป่วยและเสียชีวิตในที่สุด

แคดเมียมสามารถเข้าสู่ร่างกายได้หลายทาง คือ จากทางเดินอาหาร ทางเดินหายใจ รวมทั้งการสูบบุหรี่ เมื่อแคดเมียมเข้าสู่ร่างกาย ประมาณร้อยละ 6 ของแคดเมียมในอาหารจะสะสมในร่างกาย การสะสมจะมากขึ้นตามอายุ และพบว่ามีการสะสมมากที่ตับและไต อาการพิษจากแคดเมียม มี 2 ลักษณะ คือ พิษแบบเฉียบพลันและพิษแบบเรื้อรัง พิษแบบเฉียบพลัน ได้แก่ อาการคลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง ซึ่งเป็นอาการของระบบทางเดินอาหาร นอกจากนี้ยังพบอาการปวดศีรษะ เป็นตะคริว น้ำลายฟูมปาก และเกิดอาการช็อก เนื่องจากการร่างกายสูญเสียน้ำมาก และเสียชีวิตได้ภายใน 24 ชั่วโมง

อาการพิษแบบเรื้อรัง หลังจากที่ร่างกายได้รับแผลเมียในปริมาณปานกลางแต่เป็นระยะเวลานานติดต่อกัน นักจะเกิดอาการที่ໄต และกระดูก โดยทำให้การทำงานของห้อปัสสาวะในໄตเสียไป ໄตขับปัสสาวะที่มีโปรดีนมากกว่าปกติ ผลต่อระบบอื่นๆ คือ โรคปอดกระดูก โรคโลหิตจาง และการทำงานของตับเสียไป ร่างกายสามารถขับแผลเมียมออกได้โดยผ่านทางໄต และทางอุจจาระ แต่อัตราการขับออกน้อยกว่าอัตราการดูดซึม (วรพิณ วิทยาวรรณ์, 2537)

3) ตะกั่ว (Lead)

ตะกั่ว เป็นโลหะหนักที่มีอยู่ตามธรรมชาติ จัดอยู่ในหมู่ที่ IV B ของตารางธาตุ หมู่เดียวกับคาร์บอน ชิลิกอน เจอร์มาเนียมและซีบุก ใช้สัญลักษณ์ทางเคมีว่า Pb นำหน้ากະตอม 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 หรือตัดแบลลัง เป็นรูปต่างๆ ได้ง่าย ทนทานต่อการกัดกร่อน ละลายได้ในกรดในตริก และกรดกำมะถันเข้มข้น สามารถผสมกับโลหะต่างๆ เป็นโลหะผสม(Alloys) ได้หลายชนิด สารประกอบของตะกั่วแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

(1) ตะกั่วอินทรีย์ (Inorganic Lead) อยู่ในรูปเกลือและออกไซด์ เช่น ตะกั่วคาร์บอนेट (Lead Carbonate) ตะกั่วโครเมต (Lead Chromate) ตะกั่วออกไซด์ (Lead Oxide) เป็นต้น

(2) ตะกั่วอินทรีย์ (Organic Lead) เช่น ตะกั่วเตตระเอทธิล (Tetraethyl Lead) และตะกั่วตetrالمethyl (Tetramethyl Lead) ซึ่งใช้ผสมในน้ำมันเบนซิน เพื่อเพิ่มค่าออกเทนของน้ำมันให้สูงขึ้น สารประกอบอินทรีย์ของตะกั่วค่อนข้างจะมีพิษมากกว่าตะกั่วอินทรีย์

โดยธรรมชาติแล้วในสิ่งแวดล้อม เช่น ในดินและน้ำจะมีตะกั่วเจือปนอยู่ในระดับต่ำ ในดินจะมีปริมาณตะกั่วเฉลี่ยเพียง 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในน้ำธรรมชาติประมาณ 1-10 ไม่โครกรัมต่อลิตร และในดินตะกอนมีตะกั่วประมาณ 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ในสภาพของปัจจุบันที่มีความเริ่มทันทีทางด้านเทคโนโลยีและอุตสาหกรรม ตะกั่วได้ถูกนำมาใช้ในกิจกรรมต่างๆ เพิ่มมากขึ้น เป็นผลให้เกิดการปนเปื้อนของตะกั่วในสิ่งแวดล้อมต่างๆ ทั้งในน้ำ ดิน อากาศ อาหาร ตลอดจนกิจกรรมสมัยนี้ ชีวิตได้ในที่สุด

ตะกั่วที่ปนเปื้อนในน้ำและดินตะกอน ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการน้ำเสียที่ปล่อยจากโรงงาน โรงพยาบาล แหล่งชุมชน การใช้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลงศัตรูพืชที่มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบ รวมทั้งตะกั่วที่แพร่กระจายอยู่ในอากาศจากการใช้น้ำมันที่มีส่วนผสมของตะกั่ว ทั้งนี้มีรายงานว่าการที่ปริมาณสารตะกั่วในแหล่งน้ำมีความมากน้อยแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหน่วยประการด้วยกัน ยกตัวอย่างเช่น พีเอชของน้ำ และค่าความเข้มของแร่ธาตุในน้ำ โดยพบว่า ตะกั่วจะละลายในน้ำอ่อนได้ดีกว่าน้ำกรดด่าง และละลายในน้ำได้น้อยลงในสภาพที่มีพีเอชมากกว่า 7 สำหรับในดินตะกอนตะกั่วสามารถเกาะรวมตัวกับดินตะกอนได้ทั้งชนิดดินทราย ดินร่วน และดินเหนียว แต่จะมีอยู่ในดินเหนียวมากที่สุด ปริมาณตะกั่วที่พบในดินตะกอนจะมีค่ามากกว่าในน้ำจากแหล่งเดียวกันหลายเท่า เนื่องจากตะกั่วมีประจำน้ำซึ่งสามารถเกาะยึดกับดินตะกอนที่มีประจำน้ำได้ นอกจากนี้ตะกั่วในดินตะกอนยังสามารถถูกจุลินทรีย์บาง

ชนิดเปลี่ยนเป็น เตตรารอัลกิลเลด (Tetraalkyl Lead) และเตตระเมทิลเลด (Tetramethyl Lead) ได้ดีใน สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน(บัญญัติ สุขศรีงาม, 2543 หน้า 60)

ตะกั่วเป็นธาตุที่ ไม่มีหน้าที่เกี่ยวกับเมแทนอลตีมีในร่างกาย ดังนั้นเมื่อตะกั่วเข้าสู่ร่างกายไม่ว่า จะโดยทางปาก ทางการหายใจ หรือทางผิวหนัง จะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ เช่นเดียวกับ โรคminamata โรคพิษสารหมู หรือโรคอื่นๆ ที่มีในปัจจุบัน ทึ้งนี้พบว่า ตะกั่วมีความเป็นพิษมากกว่า แคนเดเมียม proto และพลดวง ถึง 5 เท่า และเนื่องจากตะกั่วมีทึ้งตะกั่วอนินทรีย์และตะกั่วอินทรีย์ อาการพิษ ที่เกิดขึ้นจึงมีลักษณะแตกต่างกัน นอกจากนี้ตะกั่วยังก่อให้เกิดผลกระทบทางอ้อม เช่น ทำให้ความดัน ทานต่อโรคไข้ไทยอยค์ลดลง การเกิดพิษจากตะกั่วนี้อยู่กับระยะเวลาที่สัมผัส ปริมาณของสารที่เข้าสู่ ร่างกาย คุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของสารนั้นๆ เช่น การดูดซับ การขับถ่าย ขบวนการเผาผลาญสาร อาหารของเซลล์ในร่างกายและสภาวะแวดล้อมของเซลล์ สำหรับการสะสมของตะกั่ว พบร่วมกับ สามารถสะสมได้ในโลหิต กระดูก ฟัน เล็บ ผม กล้ามเนื้อ น้ำนม และน้ำเหลือง ซึ่งประมาณร้อยละ 75 ของตะกั่วจะถูกขับออกทางปัสสาวะและร้อยละ 15 จะถูกขับออกทางอุจจาระ ส่วนที่เหลือจะถูกขับออก ทางเหงื่อ และทางน้ำนม (กองอาชีวอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2535)

2.1.3 ปัญหาพิษจากโลหะหนัก

ปัญหาพิษจากโลหะหนัก ควรจะได้รับความสนใจอย่างจริงจังเนื่องจากปริมาณของโลหะหนักที่ ทำให้เกิดพิษนั้นอยู่ในระดับต่ำมากและเป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์ชีวิตอื่นๆ การได้รับปริมาณโลหะหนัก มีทึ้งทางตรงและทางอ้อม ทางอ้อมเกิดจากการถ่ายทอดผ่านห่วงโซ่อหาร การศึกษาเกี่ยวกับผลพิษของ โลหะหนัก เริ่มศึกษาตั้งแต่ 460 ปีก่อนคริสตศักราช โดยแพทย์ชาวกรีก แต่ปัญหาความเป็นพิษของโลหะ หนักที่ได้รับความสนใจและศึกษากันมากในปัจจุบัน คือ ตะกั่ว แคนเดเมียม proto และโลหะหนักใน บ่อแร่ร่องที่นิยมศึกษากันมากคือ สารหมู

แหล่งที่มาของโลหะหนักโดยทั่วไปแล้ว สามารถแบ่งได้เป็น 2 แหล่ง คือ

- แหล่งตามธรรมชาติ เนื่องจากในธรรมชาติมีโลหะหนักต่างๆ ปะปนอยู่กับหินแร่ธาตุชนิด ต่างๆ เช่นในหินอ่อนและหินแปร มีตะกั่ว 10-20 ส่วนในล้านส่วน (ppm) มีการคาดคะเนว่าทั่วโลกมีตะกั่ว ในทะเลสาบและแม่น้ำ 1-10 ส่วนในล้านส่วน (อกรด เมืองเดช, 2545) แคนเดเมียมพบปะปนอยู่กับแร่ สังกะสี ส่วนปริมาณโลหะหนักที่จะมีในบรรยายศาสตร์ขึ้นอยู่กับ

- ความมากน้อยของการ Jazeera ร่อนโดยลม
- องค์ประกอบทางเคมีของผุ้นละอองน้ำ
- ความมากน้อยของการตกลงมาสู่พื้นดินหรือแหล่งน้ำของผุ้นละอองน้ำ

2. แหล่งที่มนุษย์เกี่ยวข้อง

- แหล่งที่อยู่กับที่ โรงงานต่างๆ ที่มีขบวนการผลิตเกี่ยวข้องกับโลหะหนักจะปลด ปล่อยโลหะหนักสู่สภาวะแวดล้อมเสมอ เช่น โรงงานแบตเตอรี่ โรงงานคลุ่งโลหะ โรงงานผลิตสี

เป็นต้น ปริมาณที่ปลดปล่อยออกมาขึ้นอยู่กับชนิดของกระบวนการผลิตและขั้นตอนการผลิตของโรงงาน นั่นๆ แต่แหล่งที่อยู่กับที่นี้ก่อให้เกิดปัญหาเฉพาะบุคคล ไม่ว่าจะเป็นกลิ่นหรือเสียง

- แหล่งที่เคลื่อนที่ เป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะและได้รับความสนใจกัน คือว่ากันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในย่านเขตชุมชนที่มีการจราจรหนาแน่น เพราะโลหะหนักที่ก่อให้เกิดปัญหามากคือ ตะกั่ว แคมเมียม ซึ่งเป็นผลจากการเติมตะกั่วเพื่อป้องกันการน้ำคองเครื่องยนต์ในน้ำมัน ส่วนแคมเมียมจะถูกปลดปล่อยออกจากน้ำมันเครื่องยนต์

- การเกษตร โดยการนำสารเคมีต่างๆ มาใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตทั้งในรูปของปุ๋ยซึ่ง เป็นผลทางตรงและยาปาราบัคต์รูพืชต่างๆ ซึ่งมีผลในทางป้องกันการสูญเสียผลผลิต ดังนั้น การเกษตรจึง เป็นแหล่งที่ส่งเสริมให้มีผลตอกด้านของโลหะหนักได้อีกทางหนึ่ง

- แหล่งอื่นๆ แหล่งที่มีการนำเอาโลหะหนักมาใช้

2.1.4 หลักการของอะตอมิกแอบซอร์ฟชันสเปกโกรไฟ (Atomic Absorption Spectrophotometer: AAS)

โลหะหนักต่างๆ ที่อยู่ในสารละลายจะถูกเผาด้วยความร้อนสูงจากระบบเปลวไฟ (Flame) จน แตกตัว (Dissociation) กลายเป็นอะตอมอิสระ (Atomization) และอะตอมอิสระเหล่านี้จะถูกกลืนพลัง งานแสงที่มีความยาวช่วงคลื่นเฉพาะตัว ซึ่งพลังงานแสงที่ถูกกลืนจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณอะตอมของ โลหะหนักนั่นๆ โดยโลหะหนักแต่ละชนิดจะถูกกลืนพลังงานที่มีความยาวช่วงคลื่นแตกต่างกัน

ส่วนประกอบที่สำคัญของ Atomic Absorption Spectrophotometer: AAS

1. แหล่งกำเนิดแสงเฉพาะธาตุ (Light Source)

โดยทั่วไปนิยมใช้หลอดหอดโลแก็ตโอด (Hollow Cathode Lamp, HCL) เนื่องจากให้แสงที่มี ความเข้มสูง เมื่อใช้งานต้องอุ่นหลอดเป็นเวลา 5-10 นาทีเสมอ เพื่อให้ได้แสงที่ออกมากที่ ลักษณะของ HCL จะประกอบด้วยขั้วแคโทด ซึ่งเป็นโลหะทำเป็นรูปทรงกระบอกกลวง ผนังด้านในควบคู่กับโลหะ (หรือสารประกอบของโลหะ) ที่ต้องทำการวิเคราะห์ โดยทั่วไปนิยมใช้โลหะหนังตัวต่อ HCL 1 หลอด เช่น ถ้าต้องการวิเคราะห์ตะกั่ว (Pb) ต้องเลือกใช้ HCL ชนิดของตะกั่วด้วย

2. อุปกรณ์ทำให้เกิดอะตอมอิสระ (Atomizer)

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometer: AAS นั้น จะประสบความ สำเร็จอย่างดีมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของอะตอมอิสระ (Free Atom) ของธาตุที่ทำให้เกิดขึ้น ดังนั้น ความสำคัญจึงอยู่ที่ทำอย่างไรจึงทำให้ธาตุที่มีอยู่ในสารตัวอย่างที่จะวิเคราะห์แตกตัวเป็นอะตอม อิสระได้มากๆ ซึ่งวิธีที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีดังนี้

- กระบวนการที่ทำให้สารแตกตัวเป็นอะตอมอิสระด้วยเปลวไฟ (Flame Atomization Process) สำหรับกระบวนการนี้สารตัวอย่างจะต้องเป็นสารละลายเนื้อเดียว ไม่มีสาร แขวนลอยอยู่ 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 เครื่องจะคำนวณปริมาณของธาตุตามปริมาณความเข้มของสัญญาณแสงที่ตรวจวัด ได้ตามช่วงคลื่นที่เหมาะสมของธาตุแต่ละชนิด

เครื่องมือชนิดนี้จะมีอยู่ 2 ส่วนสำคัญ คือส่วนของ ICP หรือส่วนที่ทำให้อะตอมของธาตุเป็นสภาพแก๊สอยู่ในสภาพพลาสม่า นั่นคือเมื่อสารละลายตัวอย่างหรือสารละลายน้ำตราชูนถูกฉีดเข้าไปปะปนกับแก๊ส Ar ในรูปของแอโรโซลแล้ว จะมีพลังงาน(จากเครื่อง Generator) ในรูปของคลื่นวิทยุแรงสูงมาระดับให้เป็นพลาสม่าที่มีความร้อนสูงมาก อะตอมต่างๆจึงแยกสลายพ้นจากกัน และเปลี่ยนสภาพเป็นพลาสมาแล้วคายพลังงานออกมานอกลับสู่สภาพปกติหรืออะตอมของธาตุที่มีระดับพลังงานต่ำลง (เดิม) ปริมาณพลังงานที่คายออกมานี้เป็นแสงช่วงคลื่นต่างๆ กันไป ซึ่งสัญญาณแสงเหล่านี้จะถูกดึงผ่านช่องทาง(lit) เข้าสู่ส่วน grating เพื่อแยกแสงเป็นโนโนโคเรเมเตอร์ ช่วงคลื่นต่างๆ กันไป เพื่อตรวจนิสัยในการตรวจวัดโดย detector ต่อไป โดยใช้สารละลายน้ำเทียนความเข้มข้น

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศูนย์ ช่วยคิด (2545) ได้ทำการศึกษาทั้งสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพุร้อน รวมทั้งองค์ประกอบของตะกอนในน้ำพุร้อนเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในจังหวัดสุราษฎร์ธานี และรับรอง เปรียบเทียบกับข้อมูลเดิมที่เคยมีผู้สำรวจ ไว้วางแผนแล้ว ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

สมบัติทั่วไปของน้ำพุร้อนในเขตอำเภอไชยาและท่าศาลา ของจังหวัดสุราษฎร์ธานีเป็นประเภทน้ำกร่อย ซึ่งมีความกระด้างสูงมาก ส่วนแหล่งอื่นๆ เป็นน้ำจืดที่มีสมบัติคล้ายน้ำบาดาลทั่วๆไป 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 มิลลิโวเอ็ฟ ความกระด้างรวม ช่วง 80-2700 ppm ในขณะที่องค์ประกอบหลักของธาตุโลหะในตะกอนน้ำพุร้อน ได้แก่ แคลเซียม โดยมีแมกนีเซียม และธาตุเหล็กในปริมาณรองลงมา และยังพบว่ามีโลหะที่เป็นพิษคือ ทองแดง แมงกานีส และสารหนูที่สูงมากในตะกอนของบางแหล่ง

เมทซ์ และ เทร ไฟร์ (อ้างใน สุชน ช่วยเกิด, 2545) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลทางเคมีและแร่ธาตุ ที่มีต่อความเข้มข้นของธาตุโลหะหายากในแหล่งน้ำร้อนพบว่าองค์ประกอบของหินและการปะปนของน้ำทະเลมีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของธาตุโลหะหายาก นอกจาคนี้ปริมาณทองแดง โคลบล็อกและโนลิตินม ในน้ำจะลดลง เมื่อน้ำเย็นลงกว่า 350 องศา ในแหล่งเก็บกักใต้ป่า เพราะทองแดงจะกลับไปเป็นแร่คัลโคไฟริดได้อีกเมื่ออุณหภูมิลดลง นอกจาคนี้ยังพบว่าปริมาณสังกะสี (Zn) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ Cd , Pb และ As

ครัว และ คณะ (อ้างใน สุชน ช่วยเกิด, 2545) ได้ทำการศึกษาการแพร่กระจายของproto และสารหนูสูตรสิ่งแวดล้อมในนิวชีแลนด์ พบว่าความเป็นกรดทำให้เกิดออกไซเดชั่นของแร่ชั้นไฟฟ์ของเหล็ก และมา卡ไซต์ ซึ่งเกิดจากตะกอนน้ำพุร้อน ซึ่งอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนในน้ำลึกลึกลับอันตรายต่อการบริโภคได้

Thongchai Kruahong (1993) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบของน้ำพุร้อนในจังหวัดสุราษฎร์ธานี และระบนอง พบร่วมกับองค์ประกอบส่วนสำคัญ 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 พบร่วมกับน้ำมีค่า pH ในช่วง 6.3-8.8 และตะกอนจากการระเหยอยู่ในช่วง 0.23-19.81 กรัมต่อลิตร โดยน้ำพุร้อนคลองท่อม จังหวัดยะลา มีตะกอนในลักษณะนี้มากที่สุด

Thomson (1979 อ้างใน อารี สุวรรณมณี, 2533) ศึกษาสาเหตุของการแพร่กระจายของสารหนูในสิ่งแวดล้อมมี 2 สาเหตุ คือ เกิดจากกระบวนการตามธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ สาเหตุที่เกิดจากกระบวนการตามธรรมชาติ เช่น เกิดจากลava หรือ ไโอระเหยของภูเขาไฟ น้ำพุร้อน การผุพังของหินและแร่ที่สารหนูปะปนอยู่ และได้ศึกษาปริมาณของสารหนูบริเวณรอบบ่อน้ำพุร้อนเบลโลสโตร์ในประเทศไทย สารรัฐอเมริกา พบร่วมกับแม่ดินสันมีปริมาณสารหนูเฉลี่ย 0.23 mg/L ในทะเลสาบบีโลเอปกินมีปริมาณสารหนูเฉลี่ย 0.13 mg/L