

## บทที่ 2

### การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 น้ำพุร้อนในประเทศไทย

กรมทรัพยากรธรณี (2530) ทำการสำรวจแหล่งน้ำพุร้อนในประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2526 – 2544 พบว่าประเทศไทยมีแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพมากกว่า 124 แหล่ง (ภาพที่ 2-1) ซึ่งการเกิดน้ำพุร้อนโดยทั่วไปจะต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ คือ แหล่งความร้อนใต้โลก น้ำใต้ดิน และแหล่งกักเก็บหรือชั้นอุ้มน้ำ (Aquifer) โดยแหล่งความร้อนใต้โลกได้จากหินหนืด (Magma) ที่อยู่ใต้โลกในระดับตื้นกว่าปกติ ความร้อนที่ได้จากบริเวณเปลือกโลกที่ยังไม่สมดุล เช่น บริเวณภูเขาไฟที่ยังคุกรุ่น (Active volcanic belt) บริเวณที่มีความเคลื่อนไหวของเปลือกโลกตามรอยเลื่อน (fault) หรือบริเวณที่เกิดจากการจมตัวของแผ่นดิน (Subduction zone) และความร้อนที่ได้จากการสลายตัวของแร่กัมมันตรังสี เช่น แร่ยูเรเนียม ทอเรียม และโพแทสเซียม น้ำใต้ดินส่วนใหญ่เป็นน้ำฝนหรือน้ำจากบรรยากาศที่ไหลซึมลงไปตามช่องว่างของหิน หรือตามรอยแตกและรอยเลื่อนของหิน และบางส่วนอาจจะมาจากไอน้ำของหินหนืดขณะที่เย็นตัว และน้ำทะเลในอดีตที่ถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างของหิน แหล่งกักเก็บหรือชั้นหินอุ้มน้ำ จะต้องเป็นหินที่มีรูพรุนมาก และเป็นหินที่มีสมบัติให้น้ำไหลผ่านได้ดี ซึ่งได้แก่ บริเวณรอยแตก หรือรอยเลื่อนของหิน แหล่งกักเก็บที่ดีต้องมีหินกักเก็บ (Cap rock) ซึ่งเป็นหินเนื้อตัน (Impervious rock) ปิดท้ายอยู่ด้านบน



ภาพที่ 2-1 แหล่งน้ำพุร้อนในประเทศไทย (สำนักนโยบายและแผนธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2551)

ภาคตะวันตก มีแนวรอยเลื่อนพาดผ่านถึง 4 แนว ได้แก่ รอยเลื่อนแม่ปิง (MP) รอยเลื่อนแม่สะเรียง (MS) รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ (SS) และรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (TP) ซึ่งทำให้มีแหล่งน้ำพุร้อน ถึง 18 แห่ง ดังแสดงในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 แหล่งน้ำพุร้อนในภาคตะวันตก

| ลำดับ<br>ที่ | รหัส | แหล่งน้ำพุร้อน           | รอย<br>เลื่อน | อำเภอ             | จังหวัด    | อุณหภูมิ | pH   | ฟลูออไรด์<br>(ppm) |
|--------------|------|--------------------------|---------------|-------------------|------------|----------|------|--------------------|
| 1            | TK1  | บ้านแม่กาษา              | MP            | แม่สอด            | ตาก        | 75       | -    | -                  |
| 2            | TK2  | ห้วยโป่งร้อน             | MP            | แม่ระมาด          | ตาก        | 40       | -    | -                  |
| 3            | TK4  | ห้วยแม่แล                | MP            | อุ้มผาง           | ตาก        | -        | -    | -                  |
| 4            | TK5  | ห้วยแม่กลอง              | MP            | อุ้มผาง           | ตาก        | -        | -    | -                  |
| 5            | KP1  | พระร่วง                  | MP            | เมือง             | กำแพงเพชร  | 54       | 8.13 | 8.3                |
| 6            | KP2  | โป่งน้ำร้อน              | MS            | คลองลาน           | กำแพงเพชร  | 38       | -    | -                  |
| 7            | KP3  | อุทยานแห่งชาติ<br>แม่वंก | MS            | คลองลาน           | กำแพงเพชร  | 38       | -    | -                  |
| 8            | TK3  | ห้วยน้ำนก                | MS            | พบพระ             | ตาก        | 58       | 7.6  | -                  |
| 9            | KC1  | ห้องช้าง                 | TP            | ไทรโยค            | กาญจนบุรี  | -        | -    | -                  |
| 10           | KC2  | หินดาด                   | TP            | ทองผาภูมิ         | กาญจนบุรี  | 40       | 7.36 | 1.6                |
| 11           | KC3  | บ้านน้ำพุร้อน            | TP            | ทองผาภูมิ         | กาญจนบุรี  | 40       | -    | -                  |
| 12           | KC4  | บ้านเขาพัง               | TP            | ไทรโยค            | กาญจนบุรี  | 40       | 7.55 | 0.6                |
| 13           | KC6  | บ้านพุน้ำร้อน            | TP            | เมือง             | กาญจนบุรี  | -        | -    | -                  |
| 14           | KC5  | บ้านโป่งช้าง             | SS            | หนองปรือ          | กาญจนบุรี  | 42       | 8.5  | 2                  |
| 15           | SP1  | บ้านพุน้ำร้อน            | SS            | ด่านช้าง          | สุพรรณบุรี | 38       | -    | -                  |
| 16           | RB1  | บ้านบ่อคลึง              | TP            | สวนผึ้ง           | ราชบุรี    | 56       | 8.02 | 6.2                |
| 17           | RB2  | บ้านพุน้ำร้อน            | TP            | สวนผึ้ง           | ราชบุรี    | 50       | 8.3  | 20                 |
| 18           | PT1  | หนองหญ้าปล้อง            | TP            | หนอง<br>หญ้าปล้อง | เพชรบุรี   | 47       | -    | -                  |

ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี (2552), อรรถนพ (2554)

## 2.2 การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำพุร้อน

สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2551) ได้จำแนกการใช้ประโยชน์น้ำพุร้อนในประเทศไทยสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

- 1) ประโยชน์ด้านนันทนาการ การท่องเที่ยว และธรรมชาติบำบัด
- 2) ประโยชน์ด้านแหล่งน้ำเพื่อการบริโภค
- 3) ประโยชน์ด้านพลังงานความร้อนใต้พิภพ
- 4) ประโยชน์ของการเป็นคุณค่าและความสำคัญในการศึกษาปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ธรณีเคมี อุทกวิทยา และจุลชีววิทยา

การใช้น้ำแร่เพื่อการบริโภคนั้นปัจจุบัน พบว่าการบริโภคน้ำแร่กำลังได้รับความนิยมในกลุ่มคนที่รักสุขภาพเนื่องจากน้ำแร่มีแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น แคลเซียม ช่วยเสริมสร้างกระดูกและฟัน แมกนีเซียม เกี่ยวข้องกับการเกิดพลังงานในร่างกาย โพแทสเซียม ช่วยรักษาสมดุลของน้ำ สมดุลความเป็นกรด-ด่าง และการรับส่งกระแสประสาทความรู้สึทของมนุษย์ ฟลูออไรด์ ช่วยให้ฟันแข็งแรง ไบคาร์บอเนต ช่วยลดกรดในกระเพาะอาหาร และ ซัลเฟต ช่วยให้เลือดแข็งตัว ป้องกันเลือดไหลไม่หยุด และช่วยในการเจริญเติบโตของกระดูก ซึ่งจากประโยชน์ของแร่ธาตุต่างๆ ในน้ำแร่จึงทำให้มีการนำน้ำแร่มาใช้ในการบำบัดรักษา และบริโภคเพื่อสุขภาพ แต่อย่างไรก็ตามการนำน้ำแร่ธรรมชาติมาใช้ในการบริโภคต้องคำนึงถึงความปลอดภัยด้วย

กรมทรัพยากรธรณี (2546) ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของแหล่งน้ำพุร้อนหลายแห่งในประเทศไทย พบว่า น้ำพุร้อนที่พบเห็นโดยทั่วไป มีลักษณะค่อนข้างเป็นน้ำใส ไม่มีสีอุณหภูมิผิวดินอยู่ระหว่าง 40 – 100 องศาเซลเซียส มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระหว่าง 6.4 – 9.5 ค่าการนำไฟฟ้า มีค่าระหว่าง 225 – 26,000 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร น้ำพุร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 75 องศาเซลเซียส จะมีสัดส่วนของแก๊สที่ผสมอยู่ในน้ำพุร้อนเป็นปริมาณน้อยจึงทำให้ไม่มีกลิ่นของซัลไฟด์และแก๊สไข่เน่าหรืออาจได้กลิ่นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ปริมาณของฟลูออไรด์อยู่ระหว่าง 0.005 – 20.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งน้ำพุร้อนที่เกิดบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตกมีส่วนประกอบของฟลูออไรด์มากกว่า 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่น้ำพุร้อนที่เกิดบริเวณภาคใต้มีส่วนประกอบของคลอไรด์ค่อนข้างสูงมาก มีลักษณะของน้ำพุร้อนที่เป็นน้ำกร่อยหรือน้ำเค็ม ซึ่งแหล่งน้ำพุร้อนที่มีปริมาณคลอไรด์ค่อนข้างสูง สาเหตุเนื่องมาจากการผสมกับน้ำทะเลซึ่งทำให้ปริมาณของสารทั้งหมดที่ละลายได้ เช่น โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟต สูงมากขึ้นด้วย โดยปริมาณของโซเดียมมีค่าระหว่าง 4 – 5,479 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสูงมากเมื่อเทียบกับน้ำพุร้อนในบริเวณอื่นๆ ของโลก ปริมาณของโพแทสเซียมมีค่าระหว่าง 1 – 208 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแคลเซียมมีค่าระหว่าง 1.2 – 1,005 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแมกนีเซียมมีค่าระหว่าง 0.01 – 375 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของเหล็กค่อนข้างต่ำมีค่าอยู่ระหว่าง 0.005 – 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณซิลิกาค่อนข้างสูงในบริเวณน้ำพุร้อนภาคเหนือที่มีอุณหภูมิผิวดินสูงกว่า 90 องศาเซลเซียส คือ มีค่าระหว่าง 25 – 273 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของไบคาร์บอเนตค่อนข้างสูงมีค่าระหว่าง 47 – 608 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณซัลเฟตส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่บริเวณที่น้ำพุร้อนเป็นน้ำเค็มปริมาณซัลเฟตจะเพิ่มมากขึ้น

จากผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำพุร้อนจากแหล่งน้ำพุร้อนแจ้ซ้อน (กรมทรัพยากรธรณี, 2546) (ตารางที่ 2-2) จำนวน 4 ตัวอย่าง พบว่าคุณภาพน้ำมีฤทธิ์เป็นกลาง (pH 7.3 – 7.5) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (Total dissolved solid, TDS) มีปริมาณไม่สูงนัก (430 – 465 มิลลิกรัมต่อลิตร) อัตราส่วนระหว่างปริมาณของโซเดียมต่อปริมาณโพแทสเซียม (Na:K) มีค่าประมาณ 10:1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่สมดุล แมกนีเซียม มีปริมาณค่อนข้างต่ำ (0.27 – 3.3 มิลลิกรัมต่อลิตร) แสดงว่า น้ำร้อนจากใต้ดินไม่ถูกปนเปื้อนด้วยน้ำบาดาล แคลเซียม ซิลิกา และคลอไรด์ มีปริมาณไม่สูง เหล็กมีปริมาณต่ำมาก ไม่พบแมงกานีส แต่ฟลูออไรด์มีมากเกินไปกว่ามาตรฐานของน้ำสะอาดที่บริโภค ซึ่งกำหนดให้ฟลูออไรด์ มีปริมาณน้อยกว่า 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

จารุจินต์ (2550) ได้ศึกษาคุณภาพน้ำบางประการและสภาพทางนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำพุร้อนแจ้ซ้อน พบว่ามีค่าคุณภาพน้ำใกล้เคียงกับที่กรมทรัพยากรธรณี (2546) ได้รายงานไว้ (ตารางที่ 2-2) ยกเว้นค่าคลอไรด์ที่มีค่าสูงสุดสูงกว่าที่เคยรายงานไว้ ส่วนสิ่งมีชีวิตที่พบในน้ำพุร้อนพบมากที่สุดที่อุณหภูมิ 35 °C คือ 24 ชนิด, 10 ชนิดที่อุณหภูมิ 37 °C, 13 ชนิดที่อุณหภูมิ 41 °C และ 2 ชนิดที่อุณหภูมิ 56 °C โดยสิ่งมีชีวิตที่พบที่อุณหภูมิ 35 °C คือ พืชกินแมลง ตัวอ่อนแมลงวัน ไดอะตอม ซิเลียต โรติเฟอร์ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ที่อุณหภูมิ 37 °C พบ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สาหร่ายสีเขียว ด้วงน้ำ หนอนแมลงวัน หนอนแดง ที่อุณหภูมิ 37 °C พบ ซัลเฟอร์แบคทีเรีย ไดอะตอม สาหร่ายสีเขียว สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ซิเลียตโปรโตซัว หนอนตัวกลม หนอนแดง แมลงดาสน ที่อุณหภูมิ 56 °C พบ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และ filamentous bacteria เส้นใยสีขาว

อุดมลักษณ์ (2543) ทำการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยทำการเก็บตัวอย่างสาหร่ายในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 °C รวมทั้งศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำด้วย พบสาหร่ายทั้งหมด 73 ชนิด สาหร่ายส่วนใหญ่เป็นพวกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในดิวิชัน Cyanophyta รองลงมา คือ สาหร่ายพวกไดอะตอม ในดิวิชัน Bacillariophyta โดยชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบมากที่สุด คือ *Phormidium boryanum* (Bory ex Gom.) Anagen. Et Kom., *Synechococcus lividus* Nageli และ *S. areuginosus* Naeli ชนิดของไดอะตอมที่พบมากที่สุด คือ *Diatomella balfouriana* Grev. และ *Rhopalodia constricta* (W. Smith) Krammer อุณหภูมิมีความสัมพันธ์อย่างมากกับปริมาณซิลไฟด์ โดยพบว่า *Synechococcus* spp. มักพบในน้ำที่มีอุณหภูมิ 50 – 80 °C และมีปริมาณซิลไฟด์มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

Round (1975) ศึกษาจุลินทรีย์ในน้ำพุร้อน พบว่า การกระจายชนิดของสาหร่ายขึ้นกับอุณหภูมิและปริมาณของสารละลายในน้ำ ในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงถึง 85 องศาเซลเซียส พบแต่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

Rutter (1952) ศึกษาความทนทานของสาหร่ายกับสภาพความเป็นกรดและด่างของแหล่งน้ำพุร้อน พบว่าน้ำพุร้อนส่วนใหญ่มีสภาพความเป็นกรดด้วย โดยแหล่งน้ำพุร้อนที่มีสภาพเป็นกรดมักพบสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวเป็นส่วนใหญ่ เช่น *Cyanidium caldarium* และในแหล่งน้ำที่มีอุณหภูมิไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส จะพบไดอะตอม

จากการศึกษาโปรโตซัวในแหล่งน้ำพุร้อน พบว่า โปรโตซัวในแหล่งน้ำที่มีอุณหภูมิระหว่าง 36 – 61 องศาเซลเซียสเท่านั้น โปรโตซัวที่พบส่วนใหญ่อยู่ในคลาสซิลิอาตา (Ciliata) ได้แก่ พารามีเซียม พบมากเกือบทุกเดือน ส่วนช่วงเดือนกรกฎาคมถึงกันยายน พบโปรโตซัวคลาส ซาร์โคดิงา ได้แก่ อะมีบา

สำหรับสัตว์ที่กินพืชเป็นอาหาร Fogg, et.al. (1973) พบว่า แหล่งน้ำพุร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส จะไม่พบสัตว์ที่กินพืชเป็นอาหาร ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส มักพบพวก epydrid (diptera) larva

ตารางที่ 2-2 รายงานการตรวจคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของแหล่งน้ำพุร้อนแจ้ซ้อน  
อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง

| คุณสมบัติที่ตรวจวัด                          | ค่าที่ตรวจวัด             |                                 |
|--|---------------------------|---------------------------------|
|  | กรมทรัพยากรธรณี<br>(2546) | จารุจินต์ (2550)<br>(ค่าสูงสุด) |
| อุณหภูมิ (°C)                                | 75                        | 80                              |
| ความเป็นกรด - ด่าง (pH)                      | 7.3                       | 7.59                            |
| สภาพการนำไฟฟ้า (Conductivity) (µS/cm)        | 511                       | 503                             |
| ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDS) (mg/l) | 440                       | 410                             |
| โซเดียม (Na) (mg/l)                          | 116                       | 0.01 ppt (salinity)             |
| โพแทสเซียม (K) (mg/l)                        | 10.9                      |                                 |
| แคลเซียม (Ca) (mg/l)                         | 4.6                       | 58.74 (hardness)                |
| แมกนีเซียม (Mg) (mg/l)                       | 0.26                      |                                 |
| เหล็ก (Fe) (mg/l)                            | 0.09                      |                                 |
| ซิลิกา (SiO <sub>2</sub> ) (mg/l)            | 113                       |                                 |
| HCO <sub>3</sub> (mg/l)                      | 279                       |                                 |
| Cl (mg/l)                                    | 4.2                       | 15.13                           |
| F (mg/l)                                     | 3.7                       |                                 |
| SO <sub>4</sub> (mg/l)                       | 22                        |                                 |

ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี (2546) และ จารุจินต์ (2550)

Fogg, et.al. (1973) ศึกษากระบวนการผลิตน้ำพุร้อน พบว่า ระบบนิเวศของน้ำพุร้อนมีลักษณะและองค์ประกอบคงที่ตลอดเวลา มวลชีวภาพขึ้นกับองค์ประกอบทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของน้ำพุร้อน โดยที่องค์ประกอบเหล่านี้มีผลต่อน้ำพุร้อน ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. พวกที่มีผลต่ออัตราการผลิตชั้นปฐมภูมิ ได้แก่ แสง อุณหภูมิ
2. พวกที่มีผลต่ออัตราการผลิตในแง่ของพวกพลังงาน ได้แก่ อัตราการไหลของพลังงานและลักษณะการบริโภคของสิ่งมีชีวิตระดับต่างๆ

แสงและอุณหภูมิเป็นปัจจัยทางกายภาพที่สำคัญของระบบนิเวศและเป็นตัวกำหนดการปรากฏตัวของสาหร่าย มีผลต่ออัตราการผลิต สาหร่ายส่วนใหญ่จะปรากฏมากในที่ๆ ได้รับแสงเต็มที่ โดยสาหร่ายบางชนิดในน้ำพุ เป็นพวก thermophillic ซึ่ง optimum temp เท่ากับ 45 องศาเซลเซียส แต่สาหร่ายบางชนิด เช่น Mastigocladus luminous ในนิวซีแลนด์ จะตรึงไนโตรเจนได้ดีถ้าอุณหภูมิขณะนั้นแตกต่างจากอุณหภูมิปกติที่เคยอยู่

สำหรับปัจจัยจำกัดเกี่ยวกับอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในน้ำพุร้อนนั้น Brock (1994) ทำการศึกษาพบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ ซึ่งระดับอุณหภูมิสูงสุดสำหรับการเจริญของสิ่งมีชีวิตต่างๆ มีค่าไม่เท่ากัน พบว่า สิ่งมีชีวิตประเภท eukaryotes จะมีความทนต่ออุณหภูมิสูงสุดต่ำกว่าสิ่งมีชีวิตพวก Prokaryotes โดยแบคทีเรียที่มีระดับความทนต่ออุณหภูมิสูงสุด คือ ปริมาณ 115 องศาเซลเซียส รองลงมาเป็นกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและแบคทีเรียสังเคราะห์แสง ในช่วงอุณหภูมิ 70 – 73 องศาเซลเซียส

### 2.3 สถิติการเกิดแผ่นดินไหวในภาคตะวันตก

ในภาคตะวันตกของประเทศไทย มีรอยเลื่อนที่ยังมีพลังทำให้เกิดแผ่นดินไหว มีสถิติการเกิดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 โดยส่วนใหญ่จะรู้สึกได้ในจังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 สถิติการเกิดแผ่นดินไหวในภาคตะวันตก

| วัน เดือน ปี  | ศูนย์กลาง/<br>ตำแหน่งที่รู้สึก | ขนาด/<br>ความรุนแรง | บันทึกเหตุการณ์   |
|---------------|--------------------------------|---------------------|---|
| 15 เม.ย. 2526 | 14.91 N 99.10 E                | 5.5 Mb              | รู้สึกแผ่นดินไหวชัดเจนใน กทม.   |
| 22 เม.ย. 2526 | 14.93 N 99.00E                 | 5.9 Mb              | รู้สึกแผ่นดินไหวตลอดภาคกลาง และภาคเหนือ<br>หลายคนตื่นตระหนก เสียหายเล็กน้อยแก่อาคาร |
| 18 ก.ค. 2526  | 15.20N 99.02E                  | 4.7 Mb              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี   |
| 30 ส.ค. 2526  | 14.92N 99.15E                  | 4.2 Mb              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.กาญจนบุรี  |
| 25 มี.ค. 2528 | 14.88N 98.69E                  | 3.5 ML              | รู้สึกสั่นไหวที่เขื่อนเขาแหลม   |
| 29 พ.ย. 2531  | 15.05 N 99.80E                 | 4.5 ML              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.ศรีสวัสดิ์ และ อ.ทองผาภูมิ จ.<br>กาญจนบุรี                       |
| 15 ธ.ค. 2532  | 14.90N 99.80E                  | 4.0 ML              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี   |
| 28 พ.ค. 2533  | 14.90N 99.80E                  | 4.2 ML              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี   |

| วัน เดือน ปี | ศูนย์กลาง/<br>ตำแหน่งที่รู้สึก | ขนาด/<br>ความรุนแรง | บันทึกเหตุการณ์                           |
|--------------|--------------------------------|---------------------|---|
| 3 พ.ย. 2533  | 15.30N 98.90E                  | 4.0 ML              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี |
| 22 ก.พ. 2544 | 14.97N 98.59E                  | 5.0 ML              | รู้สึกได้ที่ อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี      |
| 19 ส.ค. 2545 | 17.20N 97.60E                  | 4.8 ML              | รู้สึกได้ที่ อ.แม่สอด จ.ตาก               |

ที่มา : สำนักเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา (2555)

ซึ่งการเกิดแผ่นดินไหว อาจเป็นสาเหตุหนึ่งของการเปลี่ยนตำแหน่งหรือทิศทางทางการเคลื่อนตัวและการพุ่งขึ้นของน้ำพุร้อนได้ เช่นกรณีน้ำพุร้อนโป่งข้างหนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี เป็นต้น

## 2.4 การศึกษาด้านอุทกวิทยา

อัตราการไหลหลากของน้ำท่า หรือ อัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่า (peak flow discharge) ที่เกิดขึ้นจากการตกของฝนแต่ละครั้ง จะเป็นผลที่เกิดจากการกระทำร่วมกันระหว่างฝนที่ตกลงมา กับค่าดัชนีความชื้นที่มีอยู่ก่อนในพื้นที่ หรือค่า API (Antecedent Precipitation Index) เช่น ฝนที่ตกลงมาในปริมาณมาก บนพื้นที่ต้นน้ำที่มีน้ำอยู่ในชั้นดินน้อย น้ำท่าที่ไหลในลำธารจะเพิ่มสูงขึ้นไม่มากนัก ตรงกันข้ามกับฝนที่ตกลงมาไม่มากนัก เหนือพื้นที่ต้นน้ำที่มีดินอิ่มตัวไปด้วยน้ำ ระดับน้ำท่าที่ไหลในลำธารจะสูงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

ในทำนองเดียวกัน ค่า API จะเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการกระทำร่วมกันระหว่าง ปริมาณน้ำฝนที่ตกสะสมเหนือพื้นที่ กับปัจจัยด้านลักษณะของพื้นที่ที่ทำหน้าที่ควบคุมระบบการดูดซับน้ำฝน และเก็บกักน้ำของดิน อันได้แก่ ชนิดและความลึกของชั้นดิน กับปัจจัยที่ทำหน้าที่ควบคุมการระบายน้ำจากชั้นดินลงสู่ลำธาร และการลำเลียงน้ำลงสู่พื้นที่ตอนล่าง ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศและแอ่งน้ำที่ผิวดิน

ดังนั้นการจัดทำระบบเตือนภัยน้ำท่วมโดยใช้ค่า API และความชื้นดินเป็นดัชนีในการเตือนภัย จึงให้ความแม่นยำมากกว่าการใช้เพียงปัจจัยฝนเพียงอย่างเดียวในการเตือนภัย

แนวคิดแบบจำลองการไหลหลากของน้ำท่า

SCS โดย H.L. Cook ได้สร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อประเมินค่าอัตราการไหลหลากของน้ำท่าที่เกิดขึ้นจากการตกของฝนแต่ละครั้ง ในปี ค.ศ. 1946 โดยมีรูปลักษณะดังนี้ คือ

$$Q_p = R * CN * A \quad \dots (1)$$

- เมื่อ
- Q<sub>p</sub> เป็นอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่า (ลบ.ฟุต/วินาที)
  - R เป็นปริมาณน้ำฝนภายใต้ return period ที่กำหนด (มม.)
  - CN เป็นค่าคะแนนปัจจัยพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีบทบาทต่อการให้น้ำท่าไหลในลำธาร (ไม่มีหน่วยวัด)
  - A เป็นขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (เอเคอร์)

ต่อมา Schwab et al. (1971) ได้มีการพัฒนาให้มีความถูกต้องมากขึ้น และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลายจวบจนปัจจุบัน

สำหรับในประเทศไทย Witthawatchutikul (1997) ได้นำหลักการดังกล่าว มาสร้างเป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อประเมินอัตราการไหลหลากของน้ำท่า สำหรับการประเมินสภาวะวิกฤตของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยมีรูปลักษณะดังนี้ คือ

$$Qp/A = 0.50 * R0.38 * CN0.99 * A-0.99 \quad \dots (2)$$

- เมื่อ  $Qp/A$  เป็นอัตราการไหลหลากของน้ำท่าต่อหน่วยพื้นที่ (ลบ.ม./วินาที/ตร.กม.)  
 $R$  เป็นปริมาณน้ำฝน (มม.)  
 $CN$  เป็นค่าคะแนนปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำที่มีบทบาทต่อการให้น้ำท่าไหลในลำธาร  
 $A$  เป็นขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)

ต่อมา พงษ์ศักดิ์ วิทวัสสุติกุล และวารินทร์ จิระสุขทวีกุล (2550) ได้นำวิธีการของ SCS-CN Methodology มาสร้างแบบจำลอง API Model II ขึ้นมาเพื่อใช้ประเมินค่า API รายวัน ก่อนที่จะนำมาเปรียบเทียบกับลักษณะการไหลและความชุ่มชื้นของน้ำท่าในลำธารในขณะที่ฝนตก เพื่อกำหนดสภาวะวิกฤตของการเกิดน้ำป่าไหลหลากและแผ่นดินถล่มในขณะนั้น โดยมีรูปลักษณะของแบบจำลองดังต่อไปนี้

$$API(t) = [API(t-1) * k(t-1)] + R(t) \quad \dots (3)$$

- เมื่อ  $API(t)$  เป็นค่า API ของวันที่  $t$  (มม.) ซึ่งเกิดขึ้นจากการให้ค่าคะแนนกับปัจจัยพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีบทบาทต่อการให้น้ำท่าไหลในลำธาร (CN) แล้วปรับค่าให้เป็น API แรกเริ่ม ด้วยปริมาณน้ำฝนรายปี ที่ตกก่อนหน้าปีที่ทำการประเมิน  
 $API(t-1)$  เป็นค่า API ของวันก่อนหน้า หรือวันที่  $t-1$  (มม.)  
 $k(t-1)$  เป็นอัตราส่วนลดของปริมาณน้ำในชั้นดิน (recession coefficient) ตามช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ที่เป็นผลมาจากการระบายให้กับลำธาร และการคายระเหยน้ำ (evapotranspiration) ซึ่งสามารถนำอัตราการลดลงเป็นรายวันของระดับน้ำท่าที่ไหลในลำธารเป็นตัวแทนได้

$$\text{ทั้งนี้} \quad k = a * e^{-b*API} \quad \dots (4)$$

- เมื่อ  $e$  เป็นค่า naparian log มีค่าเท่ากับ 2.718  
 $a$  และ  $b$  เป็นค่าสัมประสิทธิ์ ของสมการเส้นโค้งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $k$  กับค่า API  
ส่วน  $R(t)$  เป็นปริมาณน้ำฝนรายวันที่ตกลงในวันที่  $t$  (มม.)

การประเมินสถานภาพ สามารถดำเนินการได้ใน 2 ลักษณะ คือ

1) การประเมินสถานภาพแต่ละทรัพยากร โดยเลือกดัชนีชี้วัดที่สำคัญพร้อมทั้งกำหนดเกณฑ์ในแต่ละระดับ ทำการเปรียบเทียบกับลักษณะเด่นของแต่ละทรัพยากรที่ก่อให้เกิดผลดีหรือผลกระทบต่อภาวะแวดล้อมว่าอยู่ในระดับใด โดยพิจารณาจากลักษณะตามธรรมชาติ ปริมาณ การกระจาย ความหนาแน่น ความอุดมสมบูรณ์ คุณภาพของทรัพยากรนั้นๆ ว่ามีความสมบูรณ์มากเพียงใด และอาจพิจารณาเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่นๆ ที่มีลักษณะทางธรรมชาติ คล้ายคลึงกัน ตลอดจนความคงทนของทรัพยากรจากอดีตถึงปัจจุบันว่ามีความมั่นคงมากเพียงใดซึ่ง เกษม (2530) และสามัคคี (2535) ได้แบ่งระดับสถานภาพของทรัพยากรออกเป็น 4 ระดับ คือ

(1) สมดุลธรรมชาติ (Natural) หมายถึง การที่พื้นที่ลุ่มน้ำมีปริมาณคุณภาพ และการกระจายขององค์ประกอบ ที่สมบูรณ์เหมาะสม แต่ละองค์ประกอบสามารถทำหน้าที่ได้อย่างปกติ หรือเมื่อเทียบกับต่างพื้นที่กันแล้วยังมีความสมบูรณ์กว่าพื้นที่อื่น

(2) เตือนภัย (Warning) หมายถึง การที่มืองค์ประกอบบางส่วนของระบบนิเวศลุ่มน้ำถูกรบกวน แต่สามารถฟื้นตัวกลับสู่สภาพเดิมได้ในระยะเวลาไม่นาน หรืออยู่ในเกณฑ์ดีเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่น

(3) เสี่ยงภัย (Risky) หมายถึง การที่มีการรบกวนระบบนิเวศลุ่มน้ำจนทำให้ขาดความสมดุล จนทำให้บางส่วนลดลง มีชนิดอื่นเข้ามาทดแทน ทำให้ระบบการทำงานเปลี่ยนแปลงต้องใช้เวลานานกว่าจะฟื้นฟูกลับคืนสู่สภาพเดิมได้หรืออาจผลกระทบจนเกิดภัยพิบัติขึ้นได้

(4) วิกฤต (Crisis) หมายถึง มีองค์ประกอบบางส่วนถูกรบกวนจนทำให้เหลืออยู่น้อยหรือสูญพันธุ์หมดไปจากระบบ หรือไม่สามารถทำหน้าที่ของตนเองได้ทำให้การทำงานของระบบไม่ครบวงจรหรือมีประสิทธิภาพลดลงไม่สามารถฟื้นฟูสู่สภาพเดิมได้ หรืออาจต้องอาศัยเทคโนโลยีและเงินทุนที่สูง

2) การประเมินสถานภาพโดยรวม โดยการกำหนดคะแนนดัชนีของแต่ละทรัพยากรตามลำดับความสำคัญ ซึ่งพิจารณาจากผลกระทบของแต่ละทรัพยากรแล้วทำการประเมินสถานภาพรวมของกลุ่มน้ำตามสถานภาพของทรัพยากร

## 2.5 ลักษณะธรณีวิทยาของภาคตะวันตก

2.5.1 ลักษณะภูมิประเทศและภูมิสัณฐาน บริเวณตะวันตกของภาคเหนือตอนล่างและภาคตะวันตกตอนบน (West of Lower Northern and Upper Western Regions)

ลักษณะภูมิประเทศบริเวณพื้นที่ศึกษา มีลักษณะที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน พิจารณาจากภูมิสัณฐาน ระดับความสูง ธรณีโครงสร้าง ชนิด และลักษณะการเรียงลำดับชั้นหินเป็นเกณฑ์ในการจำแนกลักษณะภูมิประเทศ พื้นที่ศึกษาทั้งสองบริเวณนี้มีลักษณะภูมิประเทศที่เหมือนกัน คือ ประกอบด้วยเทือกเขาสูง(mountain ranges) สลับซับซ้อนต่อเนื่องกันหลายเทือก ส่วนใหญ่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ และตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ มีความสัมพันธ์กับลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของประเทศ และมีลักษณะสัณฐานเป็นแนวยาวติดต่อกับแนวเทือกเขาหิมาลัย รวมทั้งเทือกเขาในที่ราบสูงชานและยูเนียน ทิวเขาในบริเวณนี้ที่สำคัญ ได้แก่ ทิวเขาแดนลาว ทิวเขาถนนธงชัย ทิวเขาผีปันน้ำ และทิวเขาหลวงพระบาง เป็นต้น บริเวณที่อยู่ระหว่างเทือกเขาเหล่านี้เป็นที่ราบลุ่มระหว่างหุบเขา อันเป็นแหล่งกำเนิดของทางน้ำที่สำคัญหลายสายที่ไหลลงไปสู่ทางตอนใต้ของประเทศ

### 2.5.1.1 บริเวณที่สูงทางตะวันตกของภาคเหนือ (West of Northern Highland)

ลักษณะภูมิประเทศทางทิศเหนือตอนล่างและทิศตะวันตกส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นทิวเขาสูงที่ทอดยาวมาตามแนวเหนือ-ใต้ทางทิศตะวันตกจรดเขตประเทศเมียร์มา โดยมีทิวเขาแดนลาวกั้นพรมแดนทางทิศเหนือและ ทิวเขาถนนธงชัยกั้นพรมแดนทางทิศตะวันตก ทิวเขาเหล่านี้มียอดเขาสูงกว่า 2,000 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ทิวเขาแดนลาวมีความต่อเนื่องมาจากเทือกเขาสูงในประเทศเมียร์มา ซึ่ง ในช่วงที่เป็นแนวกั้นพรมแดนระหว่างประเทศไทยกับประเทศเมียร์มา มีความยาวประมาณ 120 กิโลเมตร และทอดตัวลงไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ไปบรรจบกับทิวเขาถนนธงชัย ซึ่งเป็นทิว เขาที่อยู่ทางทิศตะวันตกของภาคเหนือ ทิวเขาถนนธงชัยประกอบด้วยเทือกเขาที่สำคัญหลาย เทือกเขา วางซ้อนกันอยู่ในแนวเหนือ-ใต้จากด้านตะวันตกไปตะวันออก รวมความยาวทั้งหมด 880 กิโลเมตร เช่น ทิวเขาถนนธงชัยตะวันตก (เทือกเขาสุเทพ) ทิวเขาถนนธงชัยกลาง (เทือกเขาจอมทอง เทือกเขาอินทนนท์) ซึ่งมียอดเขาสูงที่สุดในประเทศไทย คือ ยอดดอยอินทนนท์ ซึ่งสูงประมาณ 2,590 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ระดับความสูงของบริเวณนี้จะมี ความสูงมากด้านทิศเหนือและทิศตะวันตกแล้วจะค่อยๆ ลดต่ำลงสู่แอ่งที่ราบเชียงใหม่-ลำพูน

บริเวณระหว่างแนวเขาเหล่านี้จะเป็นแอ่งที่ราบหุบเขา (valley plain) และที่ราบลุ่มริมน้ำ (fluvial plain) กระจายตัวอยู่ทั่วไปหลายแห่ง ซึ่งเป็นแหล่งที่ตั้งของชุมชนขนาดใหญ่ทางตะวันตกของภาคเหนือที่สำคัญ ได้แก่ แอ่งสะสมตะกอนแม่สวด แอ่งสะสมตะกอนปาย เป็นต้น

### 2.5.1.2 บริเวณที่สูงทางภาคตะวันตกตอนบน (Upper Western Highland)

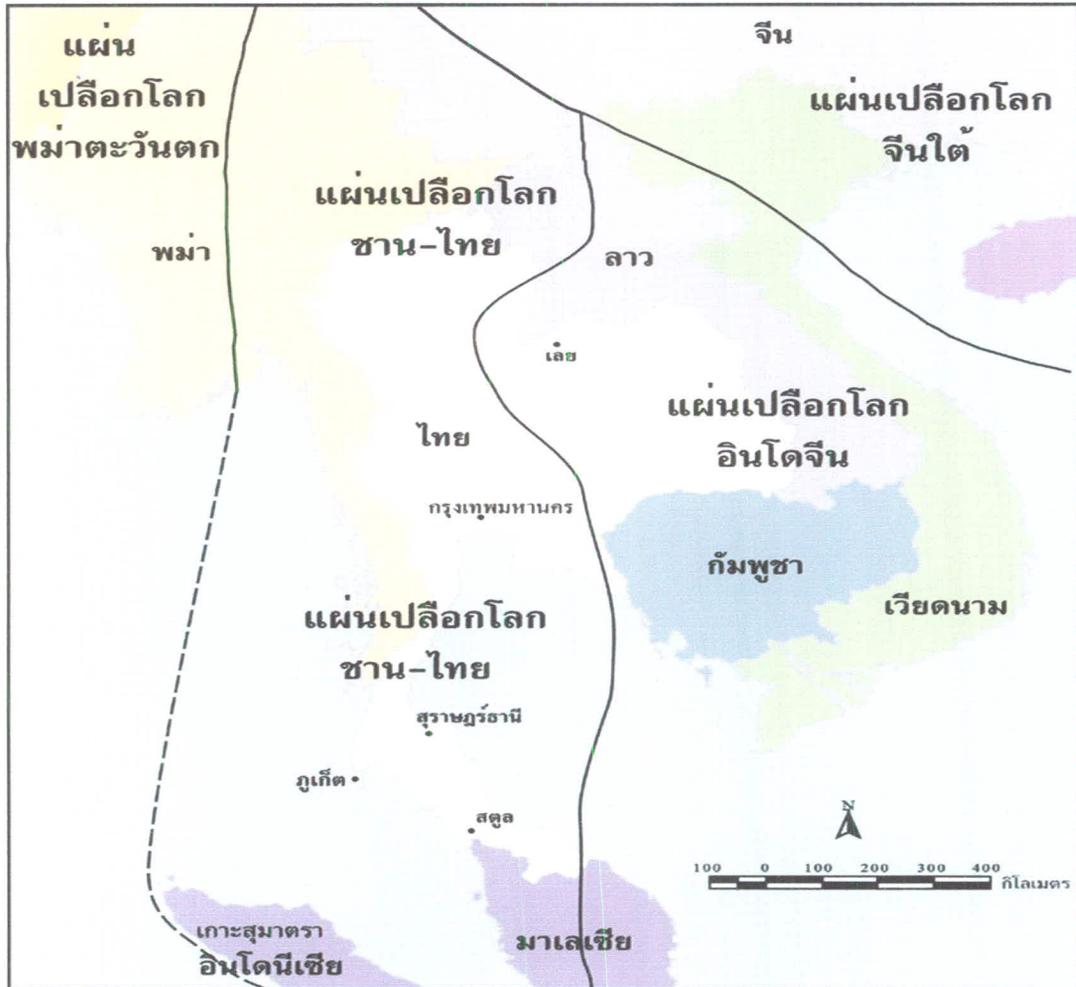
ขอบเขตของบริเวณนี้ครอบคลุมพื้นที่บริเวณจังหวัดตาก กำแพงเพชร อุทัยธานี สุพรรณบุรี และกาญจนบุรี ลักษณะภูมิประเทศประกอบด้วยเทือกเขาสูงสลับซับซ้อนที่ยาวต่อเนื่องลงมาทางใต้ของทิวเขาถนนธงชัยตะวันตก ซึ่งเป็นเทือกเขาทางด้านตะวันตกที่กั้นพรมแดนระหว่าง ประเทศไทยกับ ประเทศเมียนมา เทือกเขาเหล่านี้ส่วนใหญ่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ แล้วบิดโค้งจาก แนวเดิมมาวางตัวในแนว ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ในทิศทางเดียวกับรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (Three Pagoda Fault Zone) ระดับความสูงของเทือกเขาที่ยาวต่อเนื่องกันจะค่อยๆ ลดต่ำลงกลายเป็นภูเขาโดดๆ ขนาดเล็กสลับกับ พื้นที่ลอนลาด และแอ่งทล่งลุ่มที่ราบลุ่มภาคกลาง ซึ่งอยู่ทางด้านตะวันออก

ภูเขาในบริเวณนี้เป็นหน้าผาดั้งชันมากกว่าทางตอนเหนือ จึงทำให้มีที่ราบหุบเขาและที่ราบลุ่ม ริมน้ำแคบๆ กระจายตัวอยู่ทั่วไปมากกว่าทางตอนเหนือ ทางน้ำที่เกิดจากทิวเขาถนนธงชัย ได้แก่ แม่น้ำแควใหญ่ แม่น้ำแควน้อย ซึ่งไหลตามแนวรอยเลื่อนขนาดใหญ่และมีเทือกเขาหินปูนคั่น ระหว่างกลางซึ่ง มีความสูงประมาณ 1,300 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง แม่น้ำทั้งสองไหล มารวมกันเป็นแม่น้ำแม่กลองที่ ตำบลปากแพรก จังหวัดกาญจนบุรี นอกจากนั้นยังมีแม่น้ำเมยเป็นแม่น้ำกั้นพรมแดนระหว่างประเทศไทยกับ ประเทศเมียนมา บริเวณอำเภอแม่สวด จังหวัดตาก มีทิศทางการไหลย้อนกลับไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และไหลไปบรรจบกับแม่น้ำสาละวิน ในเขตประเทศเมียนมา และแม่น้ำสะแกกรังซึ่งไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ผ่านจังหวัดอุทัยธานี มาบรรจบกับแม่น้ำเจ้าพระยา เป็นต้น

### 2.5.2 ธรณีวิทยาทั่วไปบริเวณภาคตะวันตก

ประเทศไทยประกอบด้วยแผ่นเปลือกโลก (ภาษาอังกฤษมีหลายคำที่ใช้เรียก คือ plate, block, craton, microcontinent แต่ปัจจุบันนิยมคำว่า terrane) ขนาดเล็กซึ่งเป็นรอยตะเข็บ (suture) ที่เชื่อมต่อกัน 2 แผ่นคือ แผ่นเปลือกโลกฉานไทย ซึ่งอยู่ด้านทิศตะวันตกและแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน ซึ่งอยู่ด้าน ตะวันออก (ภาพที่ 2-2) พื้นที่ของแผ่นเปลือกโลกฉานไทย ครอบคลุมบริเวณด้านตะวันออกของเมียนมา บริเวณทางภาคเหนือ ภาคตะวันตกและภาคใต้ของไทย รวมถึงบริเวณประเทศมาเลเซีย และบริเวณเหนือของ เกาะสุมาตรา พื้นที่ของแผ่นเปลือกโลกอินโดจีนครอบคลุมบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก ของประเทศไทย บริเวณประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว บริเวณประเทศกัมพูชา รวมถึง บางส่วนของประเทศเวียดนาม พื้นที่ประเทศไทยอยู่ในส่วนแผ่นเปลือกโลกฉานไทยรองรับด้วยหินตั้งแต่ มหายุคพรีแคมเบรียน มหายุคพาสิโอโซอิก มหายุคมีโอโซอิก และมหายุคซีโนโซอิกเป็นส่วนใหญ่ แต่ใน ส่วน แผ่นเปลือกโลกอินโดจีนรองรับด้วยหินมหายุคพาสิโอโซอิก มหายุคมีโอโซอิก และมหายุคซีโนโซอิกเป็น ส่วนใหญ่ โดยแผ่นเปลือกโลกอินโดจีนและฉานไทยมีประวัติว่าแยกตัวออกจากแผ่นเปลือกโลกก่อนตัวรานาหรือ ประเทศออสเตรเลียปัจจุบัน เช่น จากการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกอินเดียเข้ามาชนกับแผ่นเปลือกโลกยูเรเซียในช่วงยุคเทอร์เชียรี ทำให้ชั้นหินของแนวสุโขทัย (Sukhothai Fold Belt) และชั้นหินแนวเลย-เพชรบูรณ์ (Loei-Petchabun Fold Belt) ซึ่งอยู่ระหว่างขอบรอยต่อ ของแผ่นเปลือกโลกฉานไทยและอินโดจีนเกิดการ

คดโค้ง และพัฒนาเกิดแนวรอยเลื่อนที่สำคัญในประเทศไทยหลายแนวด้วยกัน อาทิ รอยเลื่อนตามแนวระดับ (Strike-slip fault) ในทิศทางตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ เช่น รอยเลื่อนแม่ปิง รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ และทิศทางตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ เช่น รอยเลื่อนอุตรดิตถ์-น่าน รอยเลื่อนระนอง รอยเลื่อนคลองมะรุ่ย เป็นต้น



ภาพที่ 2-2 แผนที่แสดงขอบเขตของแผ่นเปลือกโลกของประเทศไทยและภูมิภาคใกล้เคียง

### 2.5.2.1 ธรณีวิทยาบริเวณตะวันตกของภาคเหนือตอนล่างและภาคตะวันตกตอนบน

#### ธรณีวิทยาทั่วไป

ธรณีวิทยาบริเวณตะวันตกของภาคเหนือตอนล่างและภาคตะวันตกตอนบน ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่อกเขาสูงสลับซับซ้อนต่อเนื่องกันในแนวเหนือ-ใต้ และตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ประกอบด้วยหินยุคต่างๆ กัน โดยที่อกเขาเหล่านี้มักถูกกำหนดโดยลักษณะธรณีวิทยา โครงสร้างและชนิดของหินที่ปรากฏ

### ธรณีวิทยาแนวแม่ฮ่องสอน - แม่สออด - ทองผาภูมิ

ชั้นหินที่สำคัญในแนวนี้ประกอบด้วยหินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน-คาร์บอนิเฟอรัส ส่วนใหญ่ ได้แก่ หินเชิร์ต หินดินดาน หินทรายและหินทรายชนิดซั้บเกรย์แวก สลับกับชั้นหินปูน โดยมีหินทรายแดงและหินกรวดมนยุคคาร์บอนิเฟอรัส วางตัวอยู่ข้างบน แนวเทือกเขาที่ต่อลงมาทางใต้ในเขตอำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี พบหินประเภทต่างๆ ที่มีอายุเกือบจะครบตลอดอายุทางธรณีกาล คือ ตั้งแต่ช่วงต้นยุคแคมเบรียนถึงช่วงปลายยุคเทอร์เชียรี หินส่วนใหญ่เป็นหินตะกอน มีหินอัคนีและหินแปรเพียงส่วนน้อย หินแปร เช่น หินไนส์ หินซีสต์ หินควอร์ตไซต์ หินแคลก์ซิลิเกตและหินอ่อน ซึ่งเชื่อว่าเป็นหินยุคแคมเบรียน พบเป็นแนวยาวอยู่สองบริเวณ คือ บริเวณน้ำตกคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชรและแนวระหว่างลำน้ำแควใหญ่กับลำน้ำแควน้อย ช่วงระหว่างอำเภอศรีสวัสดิ์กับอำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี โดยต่อเนื่องลงมาตามแนวลำน้ำแควใหญ่ถึงบริเวณด้านใต้ของอำเภอน้ำมวง จังหวัดกาญจนบุรี เป็นหินปูนและหินตะกอนมหายุคพาเลโอโซอิกตอนล่าง ยุคออร์โดวิเซียน-ดีโวเนียน ที่ถูกแปรสภาพชั้นต่ำไม่รุนแรงนัก ส่วนหินยุคดีโวเนียน-คาร์บอนิเฟอรัส พบอยู่ด้านตะวันตกของลำน้ำแควน้อยต่อเนื่องลงไปทางใต้ ลักษณะเด่นประการหนึ่งในพื้นที่นี้ คือ มีหินปูนยุคเพอร์เมียน หินทรายและหินทรายแป้งสีแดงที่เกิดจากการสะสมตัวในทะเลมหายุคมีโซโซอิกแผ่กระจายเป็นบริเวณกว้างขึ้นไปถึงเขตอำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก

### ธรณีวิทยาแนวดอยอินทนนท์ - ตาก

แนวเทือกเขานี้ทอดยาวจากทางเหนือลงมาจรดแนวรอยเลื่อนแม่น้ำปิงยาวประมาณ 300 กิโลเมตร กว้างมากกว่า 70 กิโลเมตร ซึ่งมีลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างเป็นแกนรูปประทุนของภูมิภาค (Baum et al., 1970) ประกอบด้วยหินแปรกรดสูง เช่น หินพาราไนส์ หินควอร์ตซิติคซีสต์ หินไบโอไทต์ซีสต์ หินแคลก์ซิลิเกตซีสต์และหินอ่อน (Baum et al., 1970 และ Campbell, 1975) แนวชั้นหินด้านทิศเหนือวางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ แล้วค่อยๆ เบนไปเป็นแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ใกล้เคียงกับแนวรอยเลื่อนแม่ปิงพบว่ามีหินอัคนีชนิดหินแกรนิต หินแกรโนไดออไรต์ และหินเพกมาไทต์ แทรกอยู่หลายๆ บริเวณตลอดแนวเทือกเขา หินแปรกรดสูงทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือของอำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอนและทางตะวันตกของอำเภอจอมทองและอำเภอฮอดจังหวัดเชียงใหม่ ถูกปิดทับด้วยหินทรายยุคแคมเบรียน และ/หรือ หินปูนยุคออร์โดวิเซียนแบบไม่ต่อเนื่อง (Baum et al., 1970)

#### 2.5.3 ข้อมูลธรณีวิทยาของแต่ละจังหวัดในพื้นที่ศึกษา

##### จังหวัดตาก

จังหวัดตากเป็นจังหวัดที่มีรูปร่างขอบเขตวางตัวแกนยาวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ มีเทือกเขาถนนธงชัยสลับซับซ้อนเป็นแกนกลางของจังหวัด ทางตอนใต้จนถึงทิศตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่แนวสันเขาวางตัวในทิศทางตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และค่อยเปลี่ยนแนวการวางตัวเป็นแนวเหนือ-ใต้ทางตอนทิศเหนือของจังหวัดตากประกอบด้วยที่ราบลุ่มแม่น้ำไปจนถึงเทือกเขาสูง ตั้งแต่บริเวณทิศใต้จนถึงทิศเหนือของพื้นที่ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะภูมิประเทศภูเขาสูง และค่อยเปลี่ยนเป็นแอ่งที่ราบลุ่มแม่น้ำระหว่างภูเขาของแม่น้ำเมยทางด้านทิศตะวันตกติดกับประเทศพม่า ในด้านทิศตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ เช่น แม่น้ำปิงและแม่น้ำวัง ซึ่งไหลมาบรรจบกันที่จังหวัดตาก แม่น้ำในจังหวัดตากส่วนใหญ่จะ

ไหลไปทิศใต้ ยกเว้นแม่น้ำเมยไหลย้อนไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือบรรจบกับแม่น้ำสาละวิน และไหลลงทางทิศใต้

ธรณีวิทยาประเทศไทย (กรมทรัพยากรธรณี, 2544, 2552) เรียกพื้นที่ของจังหวัดตากว่า ธรณีวิทยาแนวตอยอินทนนท์-ตาก และตั้งอยู่ในแผ่นอนุทวีปฉานไทย ช่วงเวลาดั้งแต่มหายุคพรีแคมเบรียน (ประมาณมากกว่า 570 ล้านปี) จนถึงปัจจุบัน พื้นที่ของจังหวัดตาก มีการสะสมตะกอนในสภาวะแวดล้อมทั้งแบบภาคพื้นสมุทรและภาคพื้นทวีป ต่อมาเปลือกโลกบริเวณนี้มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากรอยเลื่อนและการแทรกดันของหินอัคนี มีการบีบอัดทำให้ชั้นหินเกิดการคดโค้งเกิดกระบวนการกัดกร่อน ผุพังและสะสมตะกอน ร่วนในบริเวณแอ่งสะสมตะกอนด้านตะวันออกและตะวันตกของจังหวัด กระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือก และลักษณะภูมิประเทศที่เห็นในปัจจุบันมีวิวัฒนาการยาวนานและซับซ้อน พื้นที่จังหวัดตากรองรับด้วยหิน แปร หินตะกอนหินอัคนีและตะกอนร่วน โดยมีอายุตั้งแต่มหายุคพรีแคมเบรียน (> 570 ล้านปี) ถึงปัจจุบัน

#### จังหวัดกำแพงเพชร

จังหวัดกำแพงเพชร เป็นทิวเขาหินตะกอนประเภทหินปูนยุคเพอร์เมียน (หมู่หินราชบุรี) มีหิน แปร หินชนวน หินฟิลไลต์ และหินควอตไซต์ ยุคคาร์บอนิฟอรัส (หมู่หินตะนาวศรี) มีหินอัคนีแทรกซอนและ หินอัคนีฟูโผล่เป็นหย่อมๆ ตะวันตกตอนกลางแถบจังหวัดกำแพงเพชร-อุทัยธานีมีหินแกรนิตเป็นฐานมีหินแปร และหินไนส์ หินชีสต์ หินควอร์ตไซต์ยุคพรีแคมเบรียน

#### จังหวัดกาญจนบุรี

จังหวัดกาญจนบุรี ประมาณร้อยละ 75 ของพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี มีลักษณะภูมิประเทศ เป็นภูเขาสูงประกอบด้วยหินแข็งที่มีอายุมากกว่า 570-1.6 ล้านปี พื้นที่ส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 25 เป็นที่ราบ ได้แก่ ที่ราบเชิงเขา และที่ราบน้ำท่วมถึง ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของตัวจังหวัด ประกอบด้วยชั้นตะกอนที่มีอายุประมาณ 1.6-0.01 ล้านปีหินที่พบในจังหวัดกาญจนบุรีประกอบด้วย หินชั้น หินแปร และหินอัคนี นอกจากนี้ยังพบตะกอนอีกหลากหลายชนิด โครงสร้างทางธรณีวิทยาในพื้นที่ ประกอบด้วย แนวรอยเลื่อน รอยแตก และรอยคดโค้งในชั้นหิน

#### จังหวัดสุพรรณบุรี

จังหวัดสุพรรณบุรี ประกอบด้วยลักษณะแผ่นดินประเภทพื้นที่ภูเขา (mountainous landform) ทางด้านตะวันตกซึ่งต่อเนื่องอยู่ในแนวเทือกเขาด้านตะวันตกของประเทศ และประเภทพื้นที่ลาดเชิงเขา (hill slope landform) เป็นพื้นที่บริเวณรอยต่อระหว่างภูเขากับที่ราบลุ่ม มีความลาดเอียงไปทาง ตะวันออก ประเภทพื้นที่ที่ราบน้ำท่วมถึง (flood plain landform) เป็นพื้นที่ราบลุ่มสองฟากฝั่งแม่น้ำท่าจีน และประเภทพื้นที่แบบเนินเขาเตี้ยๆ และเขาโดด (monadnock landform) กระจายอยู่บางบริเวณ โดยในพื้นที่บริเวณขอบแอ่งซึ่งเป็นที่สูงทางตะวันตก มีทั้งหินแข็งและตะกอนที่ยังไม่แข็งตัว ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นต้นกำเนิดของตะกอนที่สะสมตัวในบริเวณที่ราบลุ่มดังกล่าว

#### จังหวัดราชบุรี

จังหวัดราชบุรี มีลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงทางด้านตะวันตกของพื้นที่ ตอนกลางของพื้นที่เป็นเทือกเขา เนินเขา และเขาโดด ที่มีความสูงลดหลั่นลงมา ประกอบด้วยหินแข็งที่มีอายุประมาณ

570-66.4 ล้านปี รวมพื้นที่ประมาณร้อยละ 40 พื้นที่ส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 60 เป็นพื้นที่ราบ ได้แก่ ที่ราบเชิงเขาและที่ราบน้ำท่วมถึง ประกอบด้วยชั้นตะกอนที่มีอายุประมาณ 1.6-0.01 ล้านปี ส่วนใหญ่ปกคลุมพื้นที่ทางด้านตะวันออกและด้านเหนือของจังหวัด หินที่พบในจังหวัดราชบุรี ประกอบด้วย หินตะกอน หินแปร หินอัคนี นอกจากนี้ยังพบตะกอนชนิดต่างๆ ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่พบในพื้นที่ประกอบด้วยแนวรอยเลื่อน รอยแตกและรอยคดโค้งในชั้นหิน

### จังหวัดเพชรบุรี

จังหวัดเพชรบุรี ลักษณะทางธรณีวิทยาของพบว่า ร้อยละ 65 เป็นหินแข็งจำพวกหินชั้นและหินแปร ร้อยละ 10 เป็นหินอัคนีและร้อยละ 25 เป็นตะกอนปัจจุบัน

## 2.6 ความสำคัญของพารามิเตอร์ต่างๆในการศึกษาคุณภาพน้ำ

### 2.6.1 ความสำคัญของพารามิเตอร์โดยทั่วไป

#### 1) อุณหภูมิ

ใช้ในการจำแนกประเภทของน้ำพุร้อน และประเมินความสามารถในการนำไปใช้ประโยชน์ โดยอุณหภูมิสามารถจำแนกประเภทของน้ำพุร้อนได้ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. น้ำพุร้อนชนิดร้อนจัด มีอุณหภูมิของน้ำระหว่าง 50-100 องศาเซลเซียส และมีปริมาณสารละลายค่อนข้างสูง
2. น้ำพุร้อนชนิดอุ่น มีอุณหภูมิของน้ำต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส และมีปริมาณสารละลายค่อนข้างต่ำ ซึ่งการใช้ประโยชน์ของน้ำพุร้อนในช่วงอุณหภูมิต่างๆ (กรมทรัพยากรธรณี, 2546)

#### 2) ค่าพีเอช (pH)

ค่าพีเอชเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นว่าน้ำนั้นมีคุณสมบัติเป็นกรดหรือด่าง หากน้ำมีค่าพีเอชต่ำกว่า 7 แสดงว่าน้ำนั้นมีสภาพเป็นกรด แต่ถ้ามีพีเอชมากกว่า 7 ขึ้นไป แสดงว่าน้ำมีสภาพเป็นด่าง ค่าพีเอชมีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น โดยทั่วไป น้ำดื่มควรมีค่า pH ระหว่าง 6.8-7.3 แต่มาตรฐานน้ำบริโภค(มอก.,2521) กำหนด pH ไว้ที่ 6.5-8.5

#### 3) ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลาย(TDS)

ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลาย (Total Dissolved Solid) เป็นค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลาย และแตกตัวเป็นประจุอยู่ในน้ำ ซึ่งมีประโยชน์ในการประเมินคุณภาพเบื้องต้น เช่น น้ำที่มีรสชาติแปลกๆ เช่น เค็ม ขม หรือเหมือนมีโลหะผสมอยู่ เมื่อวัดหาค่า TDS มักจะได้ค่าที่สูงซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงแร่ธาตุที่เป็นพิษ ค่าแนะนำของ EPA แนะนำค่า TDS สูงสุดในน้ำไม่ควรเกิน 500 มก./ลิตร (500ppm.)

#### 4) ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity)

ค่าการนำไฟฟ้าบอกถึงค่าการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านน้ำที่มีความเข้มข้นของไอออนโดยรวมในน้ำเป็นตัวบอกรวมปริมาณเกลือธาตุอาหารที่ละลายในน้ำในภาพรวม ซึ่งสามารถใช้ในการประเมินในเบื้องต้นได้ว่าจะมีแร่ธาตุโดยรวมมากแค่ไหน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลาย (TDS)

#### 5) ค่าแอมโมเนีย( $\text{NH}_4^+$ )

แอมโมเนียเป็นสารที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจนด้วยแบคทีเรียจนกลายเป็นแอมโมเนีย แอมโมเนียจะเป็นตัวบ่งชี้ว่ามีสิ่งปนเปื้อนของน้ำทิ้งจากห้องสุขาและการขับถ่ายของสัตว์น้ำ ถ้ามีแอมโมเนียในน้ำ แสดงว่าน้ำอาจได้รับการปนเปื้อนของน้ำทิ้งจากห้องสุขา

#### 6) ไนไตรต์ (Nitrite)

ไนไตรต์ เป็นสารที่เกิดจากการย่อยสลายสารแอมโมเนีย ถ้าพบในน้ำมีไนไตรต์ แสดงว่าการย่อยสลายสารอินทรีย์ยังไม่เสร็จสิ้นสมบูรณ์

#### 7) ไนเตรต (Nitrate)

ไนเตรต เป็นสารที่เกิดจากการย่อยสลายสารไนไตรต์ ซึ่งเกิดจากสารแอมโมเนีย ถ้าพบว่ามีสารไนเตรตในน้ำแสดงว่าสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำได้ถูกย่อยสลายจนเสร็จสิ้นสมบูรณ์ และโดยทั่วไปจะไม่มีผลอันตรายต่อสุขภาพ แต่ถ้าในน้ำมีสารไนเตรตอยู่เกินกว่า 45 มก./ลิตร ของ  $\text{NO}_3$  หรือ 10 มก./ลิตร จะเป็นอันตรายต่อเด็กทารก โดยสารไนเตรตจะทำให้เกิดอาการตัวเขียวตัวคล้ำและชัก ทำให้เสียชีวิตได้ (Blue baby หรือ Methemoglobinemia)

#### 8) ค่าความขุ่น (Turbidity)

ค่าความขุ่น(Turbidity) หมายถึง ค่าที่แสดงถึงความสามารถในการส่องผ่านของแสงในน้ำที่มีความขุ่นเนื่องจาก อินทรีย์และอนินทรีย์สารในน้ำ ตลอดจนสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ โดยปรากฏอยู่ในลักษณะสารแขวนลอย เช่น อนุภาคของดิน ทราย แพลงก์ตอน แบคทีเรีย เป็นต้น ความขุ่นมีหน่วยเป็น NTU (Nephelometric Turbidity Units) น้ำธรรมชาติจะมีความขุ่นอยู่เสมอ น้ำใสจะมีค่าความขุ่นไม่เกิน 25 NTU น้ำขุ่นปานกลางมีค่าความขุ่นระหว่าง 25 – 100 NTU น้ำขุ่นมากจะมีค่าความขุ่นเกิน 100 NTU

#### 9) สี (Colour)

สีของน้ำเกิดจากการสะท้อนแสงของสารแขวนลอยในน้ำ เช่น น้ำตามธรรมชาติจะมีสีเหลืองซึ่งเกิดจากกรดอินทรีย์ น้ำในแหล่งน้ำที่มีไม้ทับถมจะมีสีน้ำตาล หรือถ้ามีตะไคร่น้ำก็จะมีสีเขียว

#### 10) กลิ่น (Odor)

กลิ่นของน้ำจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ เช่น ซากพืช ซากสัตว์ที่เน่าเปื่อยหรือสารในกลุ่มของฟีนอล เกลือโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งจะทำให้ น้ำมีรสกร่อยหรือเค็ม

### 11) โซยาไนต์

โซยาไนต์เป็นสารพิษที่เข้าสู่ร่างกายได้ทั้งทางปาก ทางการหายใจ หรือดูดซึมผ่านผิวหนังและลูกตา ทั้งนี้คนเรามีโอกาสได้รับพิษจากโซยาไนต์โดยไม่ตั้งใจ หรือด้วยอุบัติเหตุ เนื่องจาก ปัจจุบัน มีการใช้สารเคมีที่มีส่วนประกอบโซยาไนต์ ในอุตสาหกรรมต่างๆ มากมาย ได้แก่ การผลิตสแตนเลส การถลุงเงินหรือทอง การชุบโลหะ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี การผลิตยาฆ่าแมลงและยาฆ่าหนู และยังพบได้จากเคมีภัณฑ์ในบ้าน เช่น น้ำยาล้างเล็บ ซึ่งจะมีสารอะซิโตนไนโตรด์ ที่ปลดปล่อยโซยาไนต์ได้ เป็นต้น

การเผาไหม้พวกพลาสติก สารโพลียูรีเทน หรือพรมไนลอน ก็ทำให้เกิดแก๊สโซยาไนต์ ซึ่งเป็นอันตรายอย่างมาก ถ้าสูดดมเข้าสู่ร่างกาย นอกจากนี้พืชผักบางชนิดจะมีส่วนประกอบที่เรียกว่า โซยานิคไกลโคไซด์ เมื่อรับประทานจะถูกเปลี่ยนเป็นโซยาไนต์เกิดอาการพิษได้ ส่วนใหญ่พืชผักพวกนี้พบในต่างประเทศ เช่น พืชตระกูลพุน เมล็ดผลัม และเมล็ดพืชตระกูลถั่วบางชนิด แต่ที่เป็นปัญหาในประเทศไทย ก็คือ การรับประทานมันสำปะหลังดิบ ซึ่งเคยเกิดเหตุการณ์กรณีเด็กเล็กบางคนที่ถูกครอบพลอเรือ ปล่อยให้แทะมันสำปะหลังดิบเล่นจนเด็กได้รับพิษจากโซยาไนต์

การได้รับพิษโซยาไนต์ จะเกิดอาการพิษแบบสะสม มักพบอาการผิดปกติทางสมองอาจปรากฏอาการทางโรคจิตประสาทตาเสื่อม หรือฝ่อไปได้ ส่วนผู้ที่ได้รับพิษโซยาไนต์อย่างมากจะเกิดอาการพิษเฉียบพลัน เซลล์ของร่างกายโดยเฉพาะสมองจะขาดออกซิเจน ผู้ป่วยจะมีอาการชักหมดสติ การหายใจผิดปกติ หากแพทย์ให้การรักษาไม่ทันจะเป็นอันตรายถึงชีวิต

### 12) คลอไรด์

พบอยู่ในน้ำตามธรรมชาติทั่วไป ด้วยความเข้มข้นต่างๆ กันปริมาณของคลอไรด์เพิ่มมากขึ้น เป็นสัดส่วนกับปริมาณของเกลือแร่ที่เพิ่มขึ้น น้ำตามภูเขาและที่สูงมักจะมีปริมาณคลอไรด์น้อย ในขณะที่น้ำตามแม่น้ำและน้ำใต้ดิน มีปริมาณคลอไรด์มากเนื่องจากความสามารถในการละลายของน้ำทำให้สามารถละลายคลอไรด์จากชั้นดินต่างๆ ได้มาก) คลอไรด์มักจะละลายน้ำได้ดี ทำให้น้ำมีรสกร่อย แต่ไม่มีผลต่อสุขภาพอนามัย

### 13) ซัลเฟต

ซัลเฟต ช่วยให้เลือดแข็งตัว ป้องกันเลือดไหลไม่หยุด ช่วยในการเจริญเติบโตของกระดูก เกิดจากเกลือแร่ในธรรมชาติ ทำให้เกิดน้ำด่างถาวรเป็นตะกรันในหม้อต้ม อนุมูลนี้โดยลำพังไม่มีผลต่อสุขภาพอนามัย แต่หากมีธาตุแมกนีเซียมสูงด้วยจะทำให้เกิดผลคล้ายยาระบาย โดยทั่วไปซัลเฟตมีผลทำให้เกิดรสได้น้อยกว่าคลอไรด์

### 14) ฟลูออไรด์

เกิดจากรังฟลูออไรด์ในธรรมชาติ ละลายน้ำได้ดี ทำให้น้ำดินที่ไหลผ่านแหล่งแร่ฟลูออไรด์เจือปนอยู่ด้วย ฟลูออไรด์จำนวนเล็กน้อยไม่เกิน 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร จะไม่มีผลต่อฟันและกระดูก แต่ถ้ามีมากเกินไปจะทำให้ฟันตกกระ เป็นจุดดำ และเกิดผลเสียต่อโครงกระดูกและฟัน

### 15) ค่าความกระด้าง

เกิดจากเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียมที่ละลายอยู่ในน้ำ ความกระด้างแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ 1. ความกระด้างชั่วคราว เกิดจากเกลือไบคาร์บอเนตของธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียม แก้ไขได้ด้วยการต้ม 2. เกลือกระด้างถาวรเกิดจากเกลือคลอไรด์และซัลเฟตของแคลเซียม และแมกนีเซียมไม่สามารถปรับปรุงด้วยวิธีการต้มได้ ความกระด้างไม่มีผลต่อสุขภาพอนามัยมากนัก แต่มีผลต่อการซักล้างทำให้เปลืองสบู่ ทำให้เกิดตะกอนในหม้อต้มและทำให้มีรสเฝื่อน ในระบบประปา น้ำมีความกระด้างอยู่บ้างเล็กน้อยจะเป็นประโยชน์เพราะทำให้ผนังด้านในของท่อ ไม่ฝกร่อน แต่ถ้าความกระด้างสูง ทำให้เกิดโทษ คือ การอุดตันของท่อ ในระบบหม้อน้ำท่อน้ำร้อนอาจอุดตันและเกิดระเบิดได้

### 16) สารอัลคิลเบนซินซัลโฟเนต (ABS)

อัลคิลเบนซินซัลโฟเนต หรือ เอบีเอส (ABS : Alkyl Benzene Sulfonate) เป็นสารช่วยลดแรงตึงผิวของน้ำทำให้เสื้อผ้าเปียกน้ำได้เร็ว จะให้ฟองและทำให้น้ำสามารถซึมเข้าพื้นผิวที่สกปรกได้ดี จนน้ำสามารถดึงสิ่งสกปรกออกจากพื้นผิวและกระจายอยู่ในน้ำ ช่วยละลายไขมัน และสิ่งสกปรกต่างๆ ให้หลุดออกจากเสื้อผ้าได้ง่าย จึงเป็นส่วนผสมในผงซักฟอก แต่เนื่องจากย่อยสลายยาก ปัจจุบันเลยมีการเปลี่ยนเป็นสารตัวอื่นๆ แต่ก็อาจมีตกค้างในสิ่งแวดล้อมได้

### 17) สารประกอบฟีนอล

“ฟีนอล” มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่ากรดคาร์บอลิก เป็นสารที่ได้มาจากน้ำมันถ่านหิน ซึ่งรู้จักกันมาเกือบ 200 ปีแล้ว แต่เพิ่งมารู้วิธีสังเคราะห์ได้เมื่อประมาณ 70 กว่าปีมานี้เอง โดยเริ่มจากเบนซินที่ได้จากปิโตรเลียม ฟีนอลเป็นสารที่สหรัฐอเมริกาผลิตมากติดอันดับ 50 ชนิดแรกของประเทศ

ฟีนอลเป็นของแข็งไม่มีสีถ้าบริสุทธิ์จะขาวขุ่น นอกจากใช้น้ำยาฆ่าเชื้อโรคแล้วส่วนใหญ่จะใช้เป็นสารตั้งต้นสำคัญในอุตสาหกรรมโพลีเมอร์ ที่ให้ผลิตภัณฑ์พลาสติกหลายรูปแบบออกมา เป็นต้นว่าไนลอนที่มาจากสารคาโพรแลคแอม เม็ดพลาสติกที่ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ และในกาวที่ใช้กับไม้ ขณะที่ผลิตภัณฑ์ใกล้ตัวของเราหลายอย่างก็มีฟีนอลเป็นส่วนผสม เช่น เวชภัณฑ์ต่าง ๆ ซีลิ่ง ยามมแก้เจ็บคอ น้ำยาบ้วนปาก ฯลฯ

อันตรายของฟีนอลที่ต้องระวังคือฟีนอลเข้มข้นเมื่อถูกผิวหนังจะกัดผิวหนังและซึมเข้าสู่กระแสโลหิตด้วย แผลที่ผิวหนังจะมีลักษณะพองขาว และเกิดอาการปวดแสบปวดร้อนแล้วชา ถ้าโดนกรดเป็นบริเวณกว้างหรือกลืนกินเข้าไปอาจถึงตายได้ เนื่องจากเป็นพิษต่อดับ ไต และไปกดระบบประสาทส่วนกลาง

ฟีนอลมีฤทธิ์กัดทำให้ระคายเคืองเยื่อเมือกต่าง ๆ เช่นเยื่อในปาก หลอดลม หลอดอาหาร และระบบลำไส้ ฟีนอลเป็นสารตกค้างในดินและในน้ำเป็นเวลานาน จึงต้องระมัดระวังการทิ้งลงระบบสุขภาพิบาลหรือที่สาธารณะทั่วไป

### 18) สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกนโนคลอรีน

สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน มีความคงทนสูงในสิ่งแวดล้อม สำหรับการสะสมในสิ่งมีชีวิต (bioaccumulation) ได้มีการกล่าวถึงในปี 1962 หนังสือที่แต่งโดย Rachel Carson เรื่อง Silent Spring กล่าวถึงปัญหาของระบบนิเวศจากการใช้ สาร DDT ซึ่งทำให้เกิดการศึกษาอย่างแพร่หลายในสหรัฐอเมริกา และหลายประเทศทั่วโลกปัจจุบันเป็นที่ทราบถึงพิษเฉียบพลันและพิษเรื้อรังของ DDT เช่น การทำให้เปลือกไข่

ของพวกนกบางลง (eggshell thinning) เป็นต้น สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนบางชนิดจัดเป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogens) บางชนิดมีกลไกการออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system) เช่น p,p'-DDT บางชนิดทำให้เกิดอาการใจสั่น การเคลื่อนไหวผิดปกติ ทำให้ชัก และเกิดอาการรุนแรงจนเสียชีวิตได้ (Patnaik, 1997 และ Connell, 1997)

#### 19) สารพีซีบี

ความเป็นพิษของสารพีซีบีในคน อาทิ ระบายเคืองต่อตา เชื้องซึม ปวดศีรษะ เจ็บคอ ผิวหนังและเล็บคล้ำ ผิวหนังหนาและหยาบกร้าน และอาจเกิดตุ่มเล็กๆ เรียกว่า “Chloracne” สำหรับเด็กที่เกิดจากมารดาที่ได้รับสารพีซีบีจะมีน้ำหนักน้อยและมีเม็ดสีในร่างกายผิดปกติ

#### 20) น้ำมันแร่

น้ำมันแร่ เป็นน้ำมันใส ไม่มีกลิ่นและสี เป็นผลพลอยได้จากการทำน้ำมันปิโตรเลียม มีคุณสมบัติไม่นำ ไม่เหนียวเหนียว มีการนำมาใช้เครื่องสำอาง โดยจะทำหน้าที่เป็นเหมือนฟิล์มบางๆ เคลือบบนชั้นผิว ทำให้ร่างกายถ่ายเทของเสียทางผิวหนังได้ยาก

### 2.6.2 ความสำคัญของพารามิเตอร์กลุ่มโลหะหนัก

#### 1) โครเมียม

เป็นสารพิษที่เกิดโทษต่อสุขภาพ โครเมียมในน้ำมีสองรูป  $Cr^{+3}$  และ  $Cr^{+6}$  โดยที่  $Cr^{+6}$  มีพิษมากกว่าและพบได้มากกว่า  $Cr^{+3}$  เมื่อรับเข้าสู่ร่างกายทำให้มีอาการอ่อนเพลียและปวดตามข้อ นอกจากนี้ยังเป็นสารก่อมะเร็งด้วย

#### 2) แคดเมียม

มีพิษร้ายแรง การบริโภคแคดเมียมเข้าไปจะทำให้ร่างกายเกิดอาการผิดปกติต่างๆ เช่น คลื่นเหียน อาเจียน ท้องร่วงอาจถึงแก่ชีวิตได้ แคดเมียมอาจเข้าไปสะสมอยู่ในอวัยวะต่างๆ ของร่างกายได้ เช่น ตับ ไต และตับอ่อนซึ่งอาจเป็นสาเหตุของโรคมะเร็งทางหนึ่ง

#### 3) ทองแดง

ทองแดงเป็นโลหะที่มีประโยชน์และนำมาใช้งานมากที่สุดโลหะหนึ่ง (รองจากเหล็ก) เช่น ทำเส้นลวดไฟฟ้า วงจรไฟฟ้าและเครื่องมือไฟฟ้าต่างๆ ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ใช้ในการผลิตหม้อต้มน้ำ กาน้ำ ถังน้ำ ท่อน้ำ และขดลวด กาดม้บ้ำร้อน ฯลฯ ใช้เคลือบผิวของโลหะ ใช้ทำโลหะเจือทองเหลือง (brass) คือ โลหะเจือของทองแดง (70%) และสังกะสี (30%) ทองสัมฤทธิ์ (bronze) เป็นโลหะเจือของทองแดง

ทองแดงเป็นโลหะที่ร่างกายเราต้องการในปริมาณเล็กน้อย (trace element) เช่น จำเป็นสำหรับกระบวนการเผาผลาญอาหาร (metabolism) ผู้ใหญ่ต้องการทองแดง 2 มิลลิกรัมต่อวัน และร่างกายของคนเรามีทองแดงอยู่ 100 – 150 มิลลิกรัม ซึ่งทองแดงจำนวนนี้ มีความเข้มข้นสูงสุดที่ตับและกระดูก โลหิตของ

เราก็มีทองแดงอยู่ด้วย เป็นที่ทราบกันว่าการสร้างฮีโมโกลบินต้องอาศัยทองแดง ถึงแม้ฮีโมโกลบินจะไม่มีทองแดงเป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้การสังเคราะห์เอนไซม์หลายชนิดต้องอาศัยทองแดงด้วย และยังมีเส้นใยคอลลาเจนและอีลาสตินช่วยพยุงผิวให้กระชับ

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าทองแดงในปริมาณเล็กน้อยไม่เพียงแต่ไม่เป็นพิษ ยังเป็นสิ่งที่ร่างกายเราต้องการ แต่ถ้ามีในปริมาณสูงก็จะให้โทษและเป็นพิษได้ เช่น  $\text{CuSO}_4$  27 กรัม ทำให้ตายได้ ถ้ารับประทานปริมาณน้อยกว่านี้จะเกิดอาการอาเจียน เหน็บชา และสั่นๆ ทองแดงเป็นธาตุจำเป็นสำหรับพืชด้วย เช่น จำเป็นสำหรับการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ และเอนไซม์ของพืช

#### 4) นิกเกิล

กรรณิการ์ (2546) ศึกษาพบว่านิกเกิลในปริมาณสูงจะมีระดับความเป็นพิษมากและจัดเป็นสารก่อมะเร็งในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม นิกเกิลค่อนข้างเป็นพิษต่อพืช โดยทั่วไปพืชจะทนพิษของนิกเกิลได้น้อยกว่าตะกั่ว

#### 5) เหล็ก

เกิดจากสารประกอบของเหล็กในดิน มีกลิ่นเฉพาะตัวและมีรสที่ไม่พึงประสงค์ เหล็กที่อยู่ในรูปของ ferric ละลายน้ำได้น้อยมากหรืออาจพูดได้ว่าไม่ละลายน้ำ แต่ถ้าอยู่ในรูป ของ ferrous ก็จะละลายน้ำได้ดีมาก ดังนั้น รูปของเหล็กจึงขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจน ที่ละลายอยู่ในน้ำ เหล็กถือว่าเป็นธาตุที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ แต่ทำให้เกิดปัญหาให้กับผู้ใช้น้ำประปา เช่น ทำให้น้ำขุ่น เกิดปัญหาในการซักล้าง ทำให้เกิดคราบสนิมที่สุขภัณฑ์ กำจัดได้ด้วยการกรองหรือตกตะกอน ถึงแม้ว่าไม่มีพิษต่อร่างกาย แต่ถ้ามีปริมาณมากเกินไปร่างกายจะขับออกมาไม่หมด ทำให้เหลือสะสมไว้ในตับทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับตับได้

#### 6) แมงกานีส

แมงกานีสส่วนใหญ่แล้วพบในน้ำบาดาลมากกว่าผิวดิน ในน้ำที่แมงกานีสอยู่มากจะเกิดการออกซิไดซ์ให้อยู่ในรูปของสารไม่ละลายน้ำ เมื่อถูกกับอากาศจะตกตะกอนเป็นสีดำ ทำให้น้ำขุ่นไม่น่าใช้ เกิดความกระด้าง เครื่องสุขภัณฑ์สกปรกและมีผลต่อสุขภาพ แม้จะไม่มีอาการเฉียบพลัน แต่พิษจะสะสมเรื้อรัง ซึ่งมีผลต่อสุขภาพด้านร่างกายและจิตใจ ทำให้มีอาการของโรคจิต และสายตาเสื่อม เม็ดเลือดขาวถูกทำลาย

#### 7) แคลเซียม

ธาตุแคลเซียมใช้ทำโลหะเจือกับ Al, Pb และ Cu ใช้ในอุตสาหกรรมถลุงโลหะ โดยการเกิดไนไตรด์ (nitrides) และคาร์ไบด์ (carbides) กับแร่ที่มี N และ C เป็นองค์ประกอบ เป็นตัวออกซิไดซ์สำหรับโลหะเจือหลายชนิด เช่น Cr-Ni, Fe-Ni, Ni-Co, Ni-Co-Fe เป็นตัวรีดิวซ์ในการเตรียมโลหะ Be, Cr, แคลเซียมไม่เป็นพิษ เป็นธาตุจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิต แคลเซียมช่วยฟื้นฟูสภาพ ผู้ใหญ่วัยทอง ต้องได้รับแคลเซียมในการบำรุงกระดูก คนที่กินนมวัวไม่ได้ เด็กที่กำลังโต จะได้แคลเซียมจากน้ำแร่ ซึ่งมีงานวิจัยพบว่าธาตุแคลเซียมในน้ำแร่ดูดซึมได้ดีกว่าจากนมวัวสด

## 8) สังกะสี

สังกะสีใช้ประโยชน์ในรูปของโลหะเจือ เช่น ทองแดง (Cu) และอะลูมิเนียม (Al) ในการผลิตแผ่นโลหะเจือใช้เคลือบผิว (galvanizing) เหล็กกล้าเพื่อป้องกันการขึ้นสนิมของเหล็กกล้า ใช้เติมในยางและสี

สังกะสีในรูปธาตุไม่ปรากฏเป็นพิษ และสังกะสียังช่วยผลิตเซลล์ผิวใหม่ และตามความเป็นจริงแล้วสังกะสีเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของคนและสัตว์ แต่สารประกอบหลายชนิดอาจเป็นพิษ แต่จัดอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ เพราะสามารถถูกขจัดออกจากร่างกายอย่างรวดเร็ว

## 9) โซเดียม

ใช้ประโยชน์ในด้านอาศัยสมบัติทางกายภาพของโซเดียม เนื่องจากโลหะนี้เป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้าที่ดีมาก จึงใช้เป็นตัวกลางแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchange medium) เป็นตัวหล่อเย็นในปฏิกรณ์นิวเคลียร์ เป็นตัวนำไฟฟ้า ใช้ประโยชน์ในด้านอาศัยสมบัติทางเคมี เช่น ใช้เติมใส่แก๊สโซลีนเพื่อเพิ่มเลขออกเทนของน้ำมันแก๊สโซลีน ใช้เป็นตัวรีดิวซ์และเป็นตัวเร่งในปฏิกิริยาหลายประเภท ความเป็นพิษโซเดียมไอออน ( $\text{Na}^+$ ) จำเป็นสำหรับร่างกายจึงไม่เป็นพิษ แต่โซเดียมในรูปธาตุอิสระ เป็นพิษอย่างแรง กัดเนื้อเยื่อทำให้เกิดอาการคันและผื่นแดง ในน้ำแร่ที่มีโซเดียมจะช่วยรักษาระบบความสมดุลของน้ำในร่างกาย ช่วยในการรับส่งประสาทความรู้สึก กลือซัลเฟตของโซเดียม ช่วยเรื่องระบบขับถ่าย เป็นยาระบาย

## 10) แมกนีเซียม

แมกนีเซียมเป็นโลหะที่ใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง คือ ใช้เตรียมน้ำยา Grignard องค์ประกอบของพลูไฟและหัวไม้ขีดไฟ ใช้ผลิตเซลล์สะสมไฟฟ้า (battery) ที่มีขนาดเล็กและเบาบางชนิด ใช้เป็น cathodic protection และใช้ในงานโครงสร้าง ซึ่งทั้งหมดใช้ในรูปของโลหะเจือ เช่น ชิ้นส่วนรถยนต์ กระจา ภาชนะบรรจุของ เครื่องยนต์ เฟอร์นิเจอร์ ฯลฯ

แมกนีเซียมไม่เป็นพิษต่อร่างกายยังเป็นธาตุที่ร่างกายเราต้องการด้วย เช่น การทำงานของเอนไซม์หลายชนิด ค่ะตะโลสโดย Mg คลอโรฟิลล์ของพืชมี Mg เป็นตัวหลักตัวหนึ่ง และแมกนีเซียมช่วยด้านความเหนียวล้าของผิว กลือซัลเฟตของแมกนีเซียม ช่วยเรื่องระบบขับถ่าย เป็นยาระบาย

## 11) ตะกั่ว

ตะกั่วเตตระเอทิล จะมีความเป็นพิษมากกว่าตะกั่วอินทรีย์ ( $\text{Pb}^{2+}$ ) เพราะตะกั่วเตตระเอทิลจะถูกดัดเปลี่ยนไปเป็นตะกั่วไตรเอทิล (triethyl lead :  $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{Pb}^+$ ) โดยที่หมู่ไฮโดรคาร์บอนไม่มีขั้ว ทำให้ออนสามารถข้ามผ่านชั้นเมมเบรนได้ง่ายกว่าสารเชิงซ้อนของ  $\text{Pb}^{2+}$  และสามารถทำลายเอนไซม์ได้หลายชนิด ตะกั่วไตรเอทิลจะสะสมในเนื้อเยื่อของสมอง ทำให้มีอาการปวดศีรษะ อ่อนเพลีย ความจำเสื่อม และมีอาการประสาทหลอนร่วมด้วย เมื่อเป็นมากๆ อาจจะชัก เป็นอัมพาต หรือหมดสติ บางรายอาจถึงกับตาบอด หูหนวก เนื่องจากสูญเสียระบบประสาทที่เกี่ยวกับการรับรู้ความรู้สึกทางตาและหู นอกจากนี้ความผิดปกติของระบบประสาทส่วนกลางยังสามารถเกี่ยวข้องให้เกิดอาการปวดท้องอย่างรุนแรงได้ (Needleman, 1980; Harrison and Laxen, 1981 และ Raymond, 1991)

ส่วนตะกั่วอินทรีย์ จะไปขัดขวางการสร้างฮีโมโกลบิน (haemoglobin) ของเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบินประกอบด้วยส่วนใหญ่ๆ 2 ส่วนด้วยกัน คือ “โกลบูลินโปรตีน” (globulin protein) และหน่วยที่

บรรจุเหล็กอยู่ซึ่งเรียกว่า “ฮีม” (heme) ฮีมนี้ถูกสังเคราะห์โดยปฏิกิริยาทางชีวเคมี ALA-dehydrase ซึ่งเป็นน้ำย่อยเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนชนิดหนึ่งชื่อ ALA จะทำให้เกิดโพรไฟริน (prophyrin) ซึ่งต่อมาเหล็กจะถูกเติมเข้าไปติดในโพรไฟรินทำให้เกิดฮีม ต่อมาเมื่อฮีมรวมตัวกับโกลบูลินโปรตีน จึงทำให้เกิดฮีโมโกลบินขึ้น ตะกั่วขัดขวางการสร้างฮีโมโกลบินสองจุดด้วยกัน คือ จุดแรกขัดขวางการทำงานของ ALA-dehydrase ฉะนั้นโพรไฟรินจึงถูกผลิตขึ้นมาได้น้อยมาก จุดที่สองนั้น ตะกั่วขัดขวางการรวมตัวกันระหว่างโกลบูลินโปรตีนกับฮีม ด้วยเหตุนี้เองที่ทำให้เกิดโรคโลหิตจาง (Raymond, 1991; เปี่ยมศักดิ์, 2538)

#### 12) พรอท

พรอทเป็นสารที่มีพิษสูงและไม่มีประโยชน์ใดๆ ต่อร่างกายพรอทมีผลทำให้เกิดอาการทางประสาทประสาทหลอน ปวดตามข้อ ชักกระตุก พิการ และถ้าได้รับในปริมาณมากๆ ทำให้ตายได้

#### 13) สารหนู

สารหนูพบได้ทั่วไปในอากาศ ดิน น้ำ อาหาร สารหนูในสิ่งแวดล้อมที่มีสาเหตุมาจากธรรมชาติ เกิดจากการชะล้างหินและแร่ที่มีสารหนูเป็นองค์ประกอบ สำหรับสาเหตุที่เกิดมาจากกิจกรรมการดำรงชีวิตของมนุษย์ ได้แก่ การทำเหมืองแร่ การใช้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลง พิษของสารหนูพบได้ทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง โดยแบบเฉียบพลันทำให้ระบบทางเดินหายใจระคายเคือง ปัสสาวะน้อย โลหิตจาง ปวดท้องรุนแรงคลื่นไส้อาเจียนท้องร่วงถ่ายเป็นสีน้ำขาวหรือเป็นเลือด ปวดศีรษะ ชักหมดสติได้ ส่วนแบบเรื้อรังทำให้เกิดมะเร็ง ที่ผิวหนัง กระดูก ปอด กระเพาะปัสสาวะและไต

#### 14) พลวง

พลวงเป็นสินแร่สำคัญที่นำมาถลุงเอาโลหะพลวง ผสมกับตะกั่วทำตัวพิมพ์ หล่อตุ๊กตาโลหะ ทำสีทาบ้าน ทำหัวไม้ขีดไฟ ทำแบตเตอรี่ ทุ้มสายโทรศัพท์ ทำควันทันตียุญธณ์ ให้สีต่างๆ ของแก้ว ทำยาป้องกันเชื้อโรค ทำ Baring เป็นต้น แร่พลวงและโลหะพลวงทุกชนิดเป็นพิษ มีผลกระทบต่อร่างกายมนุษย์เช่นเดียวกับสารหนู กระตุ้นประสาททั้งภายในและภายนอกร่างกาย มีผลกระทบต่อหัวใจ การหายใจและระบบประสาท

#### 15) เซเลเนียม

เซเลเนียมเป็นเกลือแร่ที่จำเป็นสำหรับผู้หญิง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวัยหมดประจำเดือน เพราะเซเลเนียมสามารถลดอาการวัยหมดประจำเดือนได้ดี ในขณะที่เดียวกัน ผู้ชายก็ต้องการเกลือแร่ชนิดนี้ เนื่องจากมีการค้นพบว่า ครึ่งหนึ่งของเซเลเนียมที่มีอยู่ในร่างกาย พบได้ที่อัณฑะและท่อนำน้ำเชื้อ เซเลเนียมทำให้ผิวหนังเต่งตึง อ่อนเยาว์อยู่เสมอ ช่วยป้องกันและทำลายสารก่อมะเร็ง ช่วยลดอาการของวัยหมดประจำเดือน อาการร้อนวูบวาบ วิงเวียน จะหายไปโดยไม่ต้องพึ่งฮอร์โมนทดแทน

#### 16) แบริยม

แบริยมใช้ประโยชน์ไม่มากนัก ที่สำคัญมีดังนี้ ส่วนใหญ่ใช้เป็นตัว "getter" ของหลอดวิทยุเพื่อขจัดแก๊สในปริมาตรน้อยชนิดที่ยังหลงเหลืออยู่ แก๊สเหล่านี้ได้แก่ H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> และ H<sub>2</sub>O (สำหรับจุดประสงค์

ข้างต้นอาจใช้โลหะเจือของ Ba กับ Al หรือ Ba กับ Mg ก็ได้) ใช้เป็นตัว deoxidizer สำหรับทองแดงเป็นตัวหล่อลื่นสำหรับ anode rotors ในหลอดรังสี -X

ไอของ Ba เป็นพิษอย่างแรง สารประกอบของแบเรียมที่ละลายน้ำได้ทุกชนิดเป็นพิษ รวมทั้ง  $BaCO_3$  ซึ่งละลายน้ำได้น้อยมาก (0.002 กรัม/100 มิลลิลิตร ของน้ำ ที่ 20 องศาเซลเซียส) เมื่อรับประทานจะสามารถละลายโดยกรดไฮโดรคลอริกในกระเพาะได้ ขนาดของ  $BaCl_2$  ที่ทำให้เราตายได้ คือ 0.8 - 1.0 g แบเรียมไอออน เป็นตัวกระตุ้นกล้ามเนื้อเป็นพิษต่อหัวใจและทำให้เกิด ventricular fibrillation ได้ อาการพิษของแบเรียม (และสารประกอบของแบเรียม) คือ น้ำลายมากผิดปกติ ชีพจรเต้นแรง ความดันสูง แขนขาเป็นอัมพาต ออจจาระเป็นเลือด

### 17) โบรอน

โบรอน ใช้ทำโลหะเจือสำหรับการใช้งานพิเศษ เป็นตัวควบคุมนิวตรอนในเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ เพื่อควบคุมปฏิกิริยานิวเคลียร์ เส้นใยของโบรอนใช้ผสมกับโลหะ ทำให้โลหะมีความเหนียวขึ้น ใช้เป็นกึ่งตัวนำ (semiconductors) ใช้ผสมในเชื้อเพลิงขับเคลื่อน ผสมในโลหะเจือที่ใช้งาน ณ อุณหภูมิสูงมาก

โบรอนในรูปของโลหะไม่เป็นพิษ ในรูปผงหรือฝุ่นแข็ง อาจเป็นอันตรายต่อผิวหนังได้เมื่อสัมผัส นอกจากนี้ผงหรือฝุ่นของโบรอนติดไฟได้เองในอากาศ จึงอาจเกิดอัคคีภัยและการระเบิดได้ โบรอนในปริมาณเล็กน้อยจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชและเป็นพิษถ้ามีปริมาณมากเกินไป

สารประกอบของโบรอนเป็นพิษต่อระบบประสาทกลางของเรา และความเป็นพิษในแบบสะสมทำให้เกิดอาเจียน ท้องร่วง ซีด และผื่นคันที่ผิวหนังได้ อาการพิษจะร้ายแรงเพียงใดขึ้นกับปริมาณที่ร่างกายรับเข้าไปหรือมีสะสมอยู่การรับโบรอนครั้งละ 15-20 กรัม สำหรับผู้ใหญ่ และ 5-6 กรัม สำหรับเด็กทำให้ถึงตายได้

### 2.6.3 ความสำคัญของพารามิเตอร์ด้านจุลินทรีย์

พารามิเตอร์ด้านจุลินทรีย์ในการวิเคราะห์น้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องทราบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์มากเท่าใด และมีจุลินทรีย์ที่จะก่อโรค หรือเป็นอันตรายต่อมนุษย์หรือไม่ ซึ่งตามมาตรฐานจะต้องทำการวิเคราะห์ดังนี้

#### 1) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอาจเรียกว่า Total Aerobic Count หรือ Aerobic Plate Count (APC) เป็นการหาแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่าง ที่เจริญเติบโตในช่วงอุณหภูมิ 35 - 37 องศาเซลเซียส โดยยึดหลักว่าแบคทีเรีย 1 ตัว เมื่อเพาะเสร็จแล้วจะทำให้เกิดโคโลนีโคโลนี

## 2) ปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม

### 2.1) Total Coliform MPN

เป็นการตรวจวิเคราะห์หาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดการปนเปื้อนทางสุขาภิบาลอาหารที่สำคัญประการหนึ่ง (Sanitation Index) เนื่องจากโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เป็นเชื้อที่พบในลำไส้ของคนและสัตว์เลื้อยคืบ ถึงร้อยละ 95 ที่ออกมาพร้อมอุจจาระ ดังนั้น ถ้าตรวจพบเชื้อโคลิฟอร์มในตัวอย่างที่วิเคราะห์แสดงว่าตัวอย่างอาหาร หรือภาชนะอุปกรณ์นั้นถูกปนเปื้อนด้วยอุจจาระ

### 2.2) Fecal Coliform MPN

เป็นการตรวจสอบว่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เฉพาะพวกที่มีอยู่ในอุจจาระของคน และสัตว์เลื้อยคืบเท่านั้น เหมือนวิธีการ Total Coliform MPN แต่ต่างกันที่อุณหภูมิที่ใช้บ่มเพาะเชื้อ MPN Coliform ใช้อุณหภูมิ 35 – 37 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิสำหรับบ่มหา Fecal Coliform MPN คือ 44.5 องศาเซลเซียส

## 3) เชื้อก่อโรค

### 3.1) *Staphylococcus aureus*

โรคอาหารเป็นพิษที่มีสาเหตุมาจาก *Staphylococcus aureus* มีสาเหตุจากการย่อยสารพิษของ *S.aureus* สารพิษนี้ทำให้กระเพาะอาหารและลำไส้อักเสบ เชื้อที่เป็นสาเหตุ มีรูปร่างกลมเกาะกันเป็นกลุ่มคล้ายรวงองุ่น เป็นคู่ หรือเป็นสายสั้นๆ *S. aureus* สามารถผลิตสารพิษได้ 6 ชนิด ได้แก่ type A, B, C, C2, D และ E แต่ละชนิดจะมีความเป็นพิษต่างกัน อาหารเป็นพิษส่วนใหญ่มักเกิดจาก type A สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญและผลิตสารพิษแตกต่างกันไปตามชนิดของอาหาร ในอาหารประเภทแป้งและโปรตีนมักจะส่งเสริมให้ *Staphylococcus* สร้างสารพิษได้มากกว่าอาหารชนิดอื่น ส่วนช่วงอุณหภูมิสำหรับการเจริญและการผลิตสารพิษจะอยู่ระหว่าง 4 - 46 องศาเซลเซียส

โรคอาหารเป็นพิษ สาเหตุจากเชื้อ *Staphylococcus aureus* ก่อให้เกิดอาการแบบเฉียบพลันหลังรับประทานอาหารที่มีการปนเปื้อนเข้าไป อาการของโรคเกิดได้ 2 แบบ คือ 1.โรคอาหารเป็นพิษเกิดจากการกินสารพิษเอนเทอโรทอกซินของเชื้อ ซึ่งปะปนอยู่ในอาหารเข้าไป 2.เกิดจากเชื้อที่ติดต่อยาปฏิชีวนะเจริญแบ่งตัวในทางเดินอาหารทำให้เกิดอาการขึ้น ความรุนแรงของโรคขึ้นกับปริมาณและความรุนแรงของสารพิษที่ปนเปื้อนในอาหาร (ปริมาณที่ก่อโรคน้อยกว่า 1 ug) ผู้ป่วยจะมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง อ่อนเพลีย ในรายที่รุนแรงมีอาการ ปวดศีรษะ ปวดกล้ามเนื้อ ความดันโลหิตเปลี่ยนแปลง ผู้ป่วยที่มีอาการไม่รุนแรงจะดีขึ้นภายใน 3 วัน การตรวจหาสารพิษในอาหารที่สงสัย การทำ phage typing เชื้อ *S. aureus* ที่แยกได้จากอาหารผู้ป่วย และ/หรือ ผู้ปรุง/ผู้สัมผัสอาหาร จะช่วยหาสาเหตุของการก่อโรคได้ อาการของโรค ขึ้นอยู่กับความต้านทานแต่ละคน ระยะพักตัวของโรคใช้เวลา 2-4 ชั่วโมง ซึ่งแตกต่างจากอาหารเป็นพิษหรือโรคติดเชื้อชนิดอื่นๆ ที่มีระยะพักตัวนานกว่านี้ อาการขั้นแรกที่พบคือ ผู้ป่วยจะมีน้ำลายออกมากผิดปกติ คลื่นไส้ อาเจียนเป็นตะคริวที่ท้อง ท้องเสีย บางรายที่มีอาการมากอาจพบเลือดและมูกในอุจจาระ บางรายปวดศีรษะ กล้ามเนื้อเป็นตะคริว เหงื่อออก หนาวสั่น ชีพอ่อนและซีด มักพบว่ามิใช่ต่ำๆมากกว่าใช้สูง อาการจะคงอยู่ 1-

2 วันก็หายโดยไม่ต้องรักษา อาหารเป็นพิษที่เกิดจาก *Staphylococcus* ป้องกันได้โดย 1. ป้องกันการปนเปื้อนของอาหารกับเชื้อ *Staphylococcus* 2. ป้องกันการเจริญของ *Staphylococcus* 3. ทำลาย *Staphylococcus* ในอาหาร

แหล่งที่อยู่อาศัยและการแพร่กระจาย *Staphylococcus* เป็นพวกที่ปรับตัวอาศัยเฉพาะในสัตว์บางชนิด ประมาณครึ่งหนึ่งของ species ที่รู้จักพบอยู่ในคนเท่านั้น เช่น *S. cohnii* spp. พบตามผิวหนัง ทางเดินปัสสาวะและบาดแผล หรือชนิดที่อาศัยอยู่ในคนและสัตว์ด้วย เช่น *S. aureus* ซึ่งพบเซลล์ของเชื้อชนิดนี้จำนวนมากใกล้บริเวณเปิดของผิวหนัง สัตว์เลี้ยงจำนวนมากเป็นแหล่งของ *S. aureus* เช่น วัว น้า นมดิบ อาจปนเปื้อนเชื้อจากวัวที่เป็นโรคเต้านมอักเสบ ถ้าดื่มนม หรือเนยแข็งที่มีเชื้อมีปนเปื้อนก็มีโอกาสเกิดโรคอาหารเป็นพิษจากเชื้อมีได้มาก

### 3.2) *Salmonella*

ซาลโมเนลลา (*Salmonella*) เป็นชื่อสกุล (genus) ของแบคทีเรียในวงศ์ (family) Enterobacteriaceae ซึ่งก่อให้เกิดโรค (pathogen) ซึ่งมีอาหารเป็นสื่อกลาง ซาลโมเนลลามีรูปร่างเป็นท่อน (rod shape) ย้อมติดสีแกรมลบ (gram negative bacteria) จัดอยู่ในกลุ่ม facultative anaerobe คือเจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีอากาศ และไม่มีอากาศ แต่ในสภาวะที่มีอากาศ จะเจริญได้ดีกว่า ไม่สร้างสปอร์ ทำให้เกิดโรค ซาลโมเนลโลซิส (Salmonellosis) ซึ่งเป็นโรคที่เกิดจาก การติดเชื้อ (infection) ในระบบทางเดินอาหาร ทำให้เกิดอาการลำไส้อักเสบ (gastroenteritis)

### 3.3) *Clostridium perfringens*

*Clostridium perfringens* ซึ่งมีรูปร่างเป็นท่อน ย้อมติดสีแกรมบวก สร้างสปอร์ เคลื่อนที่ไม่ได้ เป็นแอนแอโรบ จีโนมที่อุณหภูมิ 43 – 47 องศาเซลเซียส แต่เจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 15 - 55 องศาเซลเซียส เชื้อจะไม่เจริญที่ pH ต่ำกว่า 5.0 หรือสูงกว่า 9.0 และถูกยับยั้งการเจริญด้วยโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 5

สามารถตรวจพบสปอร์ของ *C. perfringens* ในอาหารสดเช่นเดียวกับที่ตรวจพบในดิน น้ำเสียและอุจจาระของสัตว์ อาหารที่พบเชื้อได้เสมอคือ เนื้อสัตว์ที่ปรุงทิ้งไว้เป็นเวลานาน ก่อนจะนำไปบริโภค สปอร์ทนความร้อนได้ดี การปรุงอาหารอาจทำลายเซลล์และสปอร์บางสายพันธุ์ได้ แต่อย่างไรก็ตามสปอร์ที่ยังรอดชีวิตได้ก็ยังคงและเจริญอย่างรวดเร็ว ถ้าไม่นำอาหารไปเก็บรักษาไว้ให้ดี เมื่อได้รับ เชื้อ *Clostridium perfringens* ทำให้เกิดอาการปวดท้องอย่างรุนแรงท้องเสีย มีก๊าซ มีไข้ คลื่นไส้ อาเจียน โรคมักเกิดจากการบริโภคเชื้อเข้าไปจำนวนมากผ่านเซลล์ต่อกรัมของอาหารและ เชื้อจะปล่อยสารพิษในลำไส้ระหว่างเซลล์กำลังสร้างสปอร์เป็นผลทำให้มีการสะสมน้ำในลำไส้