

บทที่ 1

บทนำ

1.1 น้ำบาดาลและน้ำในดิน

ก. น้ำบาดาล

น้ำบาดาลเริ่มจะมีบทบาทในชีวิตประจำวันของคนไทยเมื่อไม่นานมานี้เอง ทั้งนี้เพราะความจริงที่ว่าน้ำอันเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีพและการเพาะปลูก ซึ่งแต่เดิมหาได้จากแหล่งน้ำที่อยู่บนผิวดินนั้น นับวันจะหาได้ไม่เพียงพอต่อการใช้ที่ขยายตัวจากการอุปโภคและบริโภคไปเป็นการใช้เพื่อการเกษตรกรรมทั้งในการเพิ่มผลผลิต และการขยายตัวพื้นที่ทางการเกษตร จริงอยู่ระบบการชลประทานที่นิยมใช้กันทั่วไปมักจะใช้แหล่งน้ำบนผิวดิน หรือแหล่งน้ำที่ได้จากการกักเก็บน้ำโดยการสร้างเขื่อนหรือการผันน้ำที่อยู่โดยธรรมชาติให้ไหลไปสู่พื้นที่การเพาะปลูก หรือแม้แต่การสูบน้ำไปสู่พื้นที่การเกษตรโดยตรง แต่บางพื้นที่สภาพทางธรรมชาติ เช่นลักษณะภูมิประเทศ หรือความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำไม่เอื้ออำนวยในการดำเนินการชลประทานที่กล่าวมาข้างต้นให้ได้ผลดี หรือไม่มีเส้นทางที่จะทำได้ จึงได้มีความพยายามที่จะพัฒนาแหล่งน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาลขึ้นมาแทน

การใช้น้ำบาดาลเพื่อพัฒนาการเกษตรจะได้ผลดีหรือไม่จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ แต่ที่สำคัญที่สุดคือความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำบาดาล การลงทุนและชนิดของพืชที่จะทำการเพาะปลูก ทั้งนี้เพราะแหล่งน้ำบาดาลที่มีปริมาณมากพอที่จะพัฒนาขึ้นมาใช้เพื่อการเกษตรได้ ไม่ได้มีอยู่ทุกแห่งทุกหนที่ต้องการและหากจะมีก็จะต้องมีการลงทุนที่ค่อนข้างสูงจึงจะพัฒนาขึ้นมาใช้ได้ หากใช้น้ำบาดาลที่มีราคาแพงนี้ เพาะปลูกพืชที่มีผลผลิตต่ำก็จะไม่คุ้มค่าการลงทุน

แหล่งน้ำบาดาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

แหล่งน้ำบาดาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ ประเภทที่เกิดจากหินร่วนซึ่งส่วนใหญ่เกิดในแม่น้ำสายใหญ่ ๆ กับประเภทที่เกิดจากหินแข็งซึ่งมีประมาณ 90 % ของทั้งภาค แหล่งน้ำในหินร่วนที่มีปริมาณมากที่สุด ประมาณ 100 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง มีอยู่ตามแนวฝั่งแม่น้ำโขงลึกจากฝั่งประมาณ 5 - 10 กิโลเมตร ตั้งแต่อำเภอศรีเชียงใหม่ หนองคายบึงกาฬ ชว่งหนึ่ง และจากนครพนมจนถึงมุกดาหารอีกช่วงหนึ่ง สำหรับแหล่งหินร่วนของแม่น้ำมูลและแม่น้ำชี จะมีน้ำบาดาลเฉลี่ยประมาณ 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงเท่านั้น

แหล่งน้ำในหินแข็งที่มีปริมาณมากที่สุดเฉลี่ยประมาณ 50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เกิดอยู่ในระหว่าง 2 ท้องที่คือท้องที่ระหว่าง สกลนคร นครพนม (ในแนวตะวันออกเฉียง - ตะวันตก) และระหว่างอำเภอนาแก - อำเภอท่าอุเทน (ในแนวเหนือ - ใต้) ท้องที่หนึ่งกับท้องที่ของอำเภออาจสามารถ และอำเภอพนมไพรของจังหวัดร้อยเอ็ด และท้องที่ด้านตะวันออกเฉียงเหนือของจังหวัดอุบลราชธานีอีกท้องที่หนึ่ง ทั้งสองท้องที่นี้ จะพัฒนาน้ำบาดาลขึ้นมาใช้เพื่อการเกษตรขนาดย่อมได้ ส่วนท้องที่ด้านใต้ของจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์และจังหวัดสุรินทร์ กับท้องที่อันเป็นภูเขาหรือแนวต่อเนื่องของเทือกเขาภูพาน จะมีน้ำบาดาลอยู่เพียงเล็กน้อย ท้องที่อันเป็นใจกลางของแอ่ง (ซึ่งส่วนใหญ่จะคลุมทับด้วยเกลือสินเธาว์) จะมีแต่แหล่งน้ำเค็ม เว้นแต่จะใช้ความรู้ทางธรณีวิทยาและอุทกวิทยาน้ำบาดาลเข้าช่วยเป็นอย่างมาก ก็พอจะพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลระดับต้น (ลึกไม่เกิน 35 เมตร) มาใช้ได้ พื้นที่อื่น ๆ นอกจากที่กล่าวมาแล้วจะมีน้ำบาดาลเพียงพอที่จะพัฒนาขึ้นมาใช้เพื่อการปะปาชนบทได้ มีปริมาณมากในเกณฑ์ 35 - 50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และบางท้องที่ที่รองรับอยู่ด้วยหินปูน ซึ่งจะได้ น้ำ 50 - 100 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

ข. น้ำในดิน

"น้ำในดิน" หมายถึงน้ำทุกชนิดที่อยู่ในดินนับตั้งแต่ผิวดินจนถึงชั้นของหินซึ่งเป็นวัตถุต้นกำเนิดของดิน ทั้งที่เป็นประโยชน์และไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งสามารถแยกออกได้เป็น 3 ชนิดด้วยกันคือ

1. น้ำที่ยึดแน่นอยู่กับผิวอนุภาคของดินด้วยแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำและอนุภาคของดิน น้ำชนิดนี้พืชไม่สามารถดูดขึ้นมาใช้ได้และจะระเหยไปจากดินได้ยาก

2. น้ำที่เกาะยึดอยู่กับผิวอนุภาคของดินรอบนอกนั้นต่อจากชนิดที่หนึ่ง น้ำชนิดนี้มีการเคลื่อนตัวช้า พืชสามารถดูดไปใช้ได้ น้ำชนิดนี้มีความสำคัญต่อการเกษตรมากเพราะเป็นแหล่งน้ำที่มีประโยชน์ต่อพืช

3. น้ำที่ถูกเก็บกักไว้ในดินเพียงชั่วคราว เพราะน้ำชนิดนี้เกาะอยู่รอบนอกของอนุภาคดินแรงดึงดูดระหว่างอนุภาคดิน และโมเลกุลของน้ำชนิดนี้ไม่สามารถจะต้านทานแรงดึงดูดของโลกได้ จะมีการเคลื่อนตัวอย่างเร็วผ่านดินชั้นต่าง ๆ ลงไปสะสมอยู่ในดินชั้นล่าง แล้วค่อยๆ ไหลลงสู่ลำห้วย ลำธารต่อไป น้ำชนิดนี้จะมีประโยชน์เมื่อขุดหรือสูบน้ำขึ้นมาใช้

กำเนิดของน้ำในดิน

1. น้ำฝนหรือหิมะที่ตกลงมาแล้วซึมลงไปสะสมเป็นน้ำใต้ดิน
2. น้ำที่อยู่ระหว่างช่องว่างของเม็ดดิน ส่วนมากมักจะอยู่ใต้ท้องทะเลสาบหรือมหาสมุทรและเป็นน้ำที่มีแร่ธาตุหรือน้ำมันปะปนด้วย
3. น้ำที่ได้จากลำธารใต้ภูเขาหรือหินที่สึกแล้วไหลไปเป็นน้ำใต้ดิน ปกติแหล่งน้ำชนิดนี้จะมีสินแร่ที่ละลายจากภูเขาไฟและมักจะมีความร้อนสูง

1.2 ฟลูออไรด์ในธรรมชาติ

ฟลูออไรด์ในธรรมชาตินั้นเราสามารถพบได้ในรูปของสารประกอบแร่ที่สำคัญได้แก่

แร่โคริโอไลต์ (cryolite): Na_3AlF_6

ก. ที่มาของชื่อ มาจากคำภาษากรีก 2 คำซึ่งแปลว่า "frost และ stone"

ข. ลักษณะของผลึก ระบบโมโนคลินิก แต่ที่อุณหภูมิสูงกว่า 550 °C จะเปลี่ยนไปเป็นระบบ ไอโซเมตริก โดยทั่ว ๆ ไปไม่ค่อยพบผลึก มักเป็นมวลเนื้อแน่น ผลึกที่มักพบเป็นกลุ่มของผลึก ซึ่งเรียงขนานกันงอกออกมาจากส่วนที่เป็นมวลเนื้อแน่นอีกทีหนึ่ง

แร่ฟลูออไรด์ (Fluorite): CaF_2

ก. ที่มาของชื่อ มาจากคำว่า "Fluere" ในภาษาละติน แปลว่า "Flow" เนื่องจากเป็นแร่ที่หลอมละลายง่ายกว่าแร่อื่น ๆ ที่พบรวมกันหรืออาจมาจากการที่แร่ชนิดนี้ในบางแหล่งสามารถเรืองแสงได้ (Fluorescence)

ข. ลักษณะของผลึก ระบบไอโซเมตริก มักพบผลึกเป็นรูปลูกเต๋า (cube) นอกจากนี้อาจพบผลึกเป็นรูปแปดเหลี่ยม (octahedron) ผลึกรูปอื่น ๆ หายาก ผลึกที่พบมักงอกประสานกัน (penetration twins) หรือบางครั้งอาจเกิดในลักษณะประสมกันระหว่างรูปลูกเต๋าและรูปแปดเหลี่ยม บางครั้งอาจพบเป็นแผ่นหรือเป็นเกล็ดซ้อน ๆ กันเป็นเม็ดเล็ก ๆ เกาะกันเป็นก้อนหรือมวลละเอียดอัดแน่น แหล่งแร่ฟลูออไรด์อาจเกิดเป็นชั้น ๆ โดยอาจเป็นชั้นของแร่ฟลูออไรด์ที่มีสีแตกต่างกันหรือสลับกับแร่อื่นเช่นแร่ควอทซ์เนื้อละเอียดก็ได้ นอกจากนี้ยังพบเป็นรูปคล้าย ๆ พวงองุ่น (botryoidal) หรือเป็นแท่ง ๆ (columnar) ได้เช่นกัน

1.3 ทฤษฎีที่ใช้ในการทดลอง

1.3.1 วิธีการวัดค่าการนำไฟฟ้า

เป็นเทคนิคทางเคมีวิเคราะห์ที่กล่าวถึงการไหลของกระแสเหมือนกับคลอมบ์เมตรี กระแสที่ไหลเกิดจากการไมเกรชัน (migration) ของแอนไอออนหรือแคทไอออนไปที่ขั้วไฟฟ้าในสารละลายอิเล็กโทรไลต์แล้วเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือรีดักชัน ความสามารถของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ที่จะนำไฟฟ้าสัมพันธ์กับจำนวนประจุของไอออนในสารละลาย การเคลื่อนที่ของตัวกลางและขนาดของศักย์ที่ให้ระหว่างขั้ว ถ้าสารละลายประกอบด้วยอิเล็กโทรไลต์สปีชีส์ (electrolyte species) เดียว การนำไฟฟ้า (conductance) จะสัมพันธ์กันกับความเข้มข้นของสปีชีส์นั้นเมื่อให้ศักย์คงที่ และภายใต้สภาวะเดียวกันเมื่อให้ศักย์คงที่ในสารละลายที่ประกอบด้วยอิเล็กโทรไลต์สปีชีส์ หลาย ๆ ตัว การนำไฟฟ้าจะสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสปีชีส์เหล่านั้น

การนำไฟฟ้าของน้ำเป็นการ บอกให้ทราบถึงปริมาณ (จำนวน) ของไอออน ในน้ำเท่านั้น กล่าวคือถ้าค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นก็แสดงว่าไอออนในน้ำเพิ่มขึ้น หรือถ้าค่า การนำไฟฟ้าลดลงก็แสดงว่าไอออนในน้ำลดลงนั่นเอง ในการวัดค่าการนำไฟฟ้านั้นจะใช้ เครื่องมือคอนดักติวิตีมิเตอร์ (conductivity meter) ขั้วไฟฟ้าได้แก่ขั้วคอนดักติวิตีเซลล์ ในการวัดจะคาลิเบทเครื่อง โดยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 25 °C ปรับค่าการนำไฟฟ้าให้ได้ 1409 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตรแล้วจึง นำไปวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำตัวอย่าง อณหภูมิจะต้องคงที่เสมอ

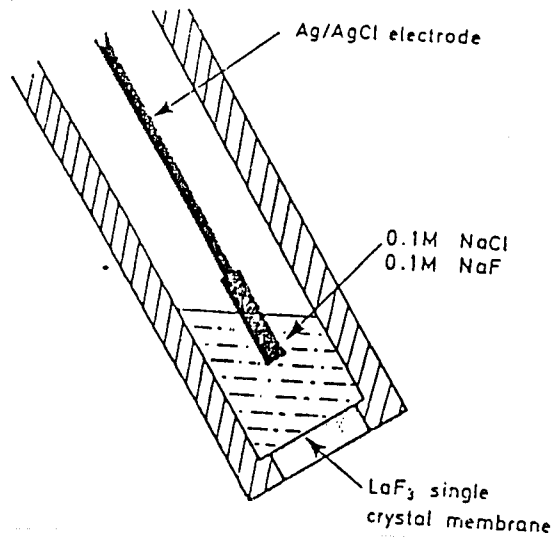
1.3.2 วิธีการวัดค่าสภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่าพี-เอชเป็นค่าแสดงถึงสภาพความเป็นกรด-ด่างของสารละลายมีค่าอยู่ ในช่วง 1-14 ถ้าค่า พี-เอชมากกว่า 7 สารละลายจะอยู่ในสภาพที่เป็นด่างและถ้าค่าพี-เอช น้อยกว่า 7 สารละลายจะอยู่ในสภาพเป็นกรดส่วนพี-เอชเท่ากับ 7 นั้นสารละลาย จะมีสภาพเป็นกลาง ขั้วไฟฟ้าที่ใช้ในการวัดค่าพี-เอช เป็นขั้วไฟฟ้าขั้วบอกแบบแก้วชนิด นิลคริสตัลไลต์ เมมเบรน (non-crystallite membane) กับขั้วไฟฟ้าอ้างอิง คาร์บอนเคลือบตัวใช้วัดหาความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) วิธีการวัดพี-เอชจะ ใช้ คาลิเบทเครื่องด้วยบัฟเฟอร์พี-เอช 4 และ 7 จึงนำไปวัดสารละลายตัวอย่าง

1.3.3 วิธีการวัดฟลูออไรด์

การวิเคราะห์หาปริมาณฟลูออไรด์มีวิธีการวิเคราะห์ได้หลายวิธีวิธีที่นิยมใช้ กันมากที่สุด คือโพเทนชิโอเมตรีโดยใช้ขั้วไฟฟ้าไอออน ฟลูออไรด์-ซีเล็คทีฟ ซึ่งสะดวก และรวดเร็วมีความแม่นยำสูงพอสมควร

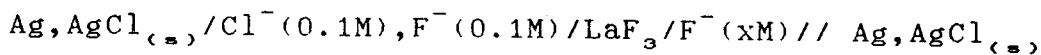
ฟลูออไรด์ไอออนซีเล็คทีฟอิเล็กโทรดจัดเป็นขั้วไฟฟ้าของแข็ง (solid state electrode) ชนิดหนึ่งคล้ายไฟฟ้าแก้วมีลักษณะดังรูปที่ 1 เป็นหลอดพลาสติก หรือหลอดแก้วด้านปลายเป็นเมมเบรน (membrane) หรือเนื้อเยื่อประกอบด้วยผลึก เดียวของแรเอิร์ท ฟลูออไรด์ (rare earth fluoride) เช่น แลนทานัม(III) ฟลูออไรด์ , LaF_3 ผสมกับยูโรเปียม(II) เล็กน้อยเพื่อเพิ่มการนำไฟฟ้า สารละลาย อิเล็กโทรไลต์ภายในประกอบด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์และโซเดียมฟลูออไรด์เข้มข้น อย่างละ 0.1M ตัวนำไฟฟ้าภายในได้แก่ลวดเงิน ซึ่งเคลือบด้วยซิลเวอร์คลอไรด์จุ่มใน คลอไรด์ไอออนจึงใช้เป็นขั้วไฟฟ้าเปรียบเทียบ



ภาพที่ 1 แสดงขั้วไฟฟ้าฟลูออไรด์ไอออน-ซีล็คทีฟ (3)

เวลาใช้มักต่อกับไฟฟ้าเปรียบเทียบกับภายนอก ปกติใช้ซิลเวอร์-ซิลเวอร์คลอไรด์แล้วจุ่มลงในสารละลายฟลูออไรด์ที่ไม่ทราบความเข้มข้น เซลล์ไฟฟ้าเคมีเขียนได้ดังนี้

ขั้วไฟฟ้าฟลูออไรด์ / สารละลาย / ขั้วไฟฟ้าซิลเวอร์-ซิลเวอร์คลอไรด์



เมื่อนำฟลูออไรด์ไอออนซีล็คทีฟอิเล็กโทรดจุ่มวัดสารละลายที่มีปริมาณของฟลูออไรด์ จะเกิดการแพร่ผ่านของฟลูออไรด์ระหว่างฟลูออไรด์ที่อยู่ในขั้วกับฟลูออไรด์ในสารละลายเพื่อรักษาความสมดุลของฟลูออไรด์จะทำให้ศักย์ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงตามสมการของเนินส์ (nernts 's equation) ดังนี้

$$E = E^\circ - \frac{2.303RT}{nF} \log \frac{[F^-]_{ext}}{[F^-]_{int}} \quad \text{-----} \quad (1)$$

เมื่อ

E = ศักย์ของขั้วไฟฟ้า (electrode potential (V))

E° = ศักย์ขั้วไฟฟ้ามาตรฐาน (standard electrode potential)

R = ค่าคงที่ของแก๊ซ = 8.314 Volt/cal.deg

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ = 273 + °C

n = จำนวนอิเล็กตรอนที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยา

F = ค่าพลังงาน 1 ฟาราเดย์ = 96500 คูลอมป์

[F⁻int] = ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ของสารอิเล็กโทรไลต์ภายใน

[F⁻ext] = ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ของสารอิเล็กโทรไลต์ภายนอก

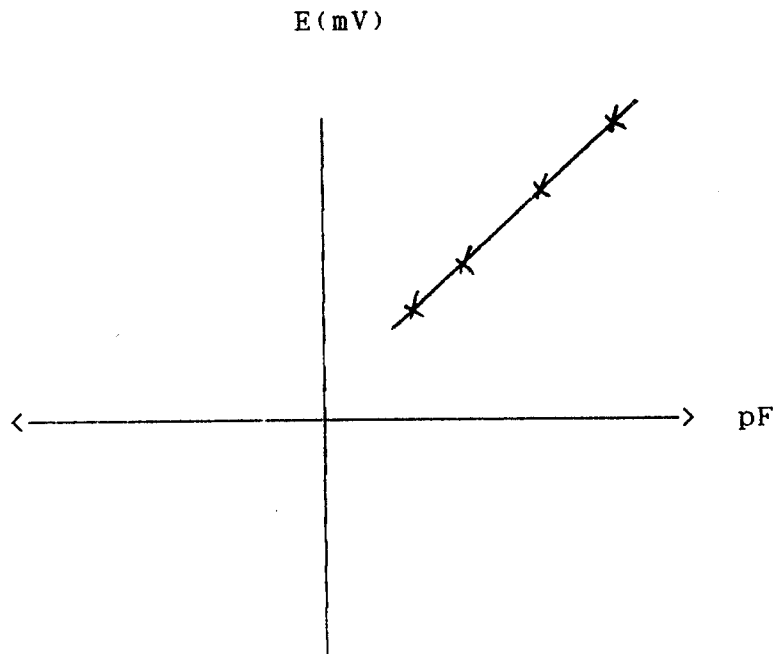
เนื่องจากความเข้มข้นของฟลูออไรด์ภายในมีค่าคงที่และ F, R เป็นค่าคงที่ด้วยที่ $n = 1$, $T = 25^\circ\text{C}$ เพราะฉะนั้นจากสมการที่ (1) จะได้

$$E = E^\circ - 0.0592 \log[F^-]_{\text{ext}}$$

$$E = E^\circ + 0.0592 \text{ pF}^-_{\text{ext}} \text{ -----} > (2)$$

เมื่อ pF^-_{ext} แทน $-\log[F^-]_{\text{ext}}$ ของสารละลายตัวอย่างจะเห็นว่าคล้ายกับ พี-เอช อีเล็คโตรดแต่การคำนวณหาค่าความเข้มข้นของฟลูออไรด์จะต้องอาศัยการสร้างกราฟมาตรฐาน

จากสมการที่ (2) เมื่อนำมาเขียนกราฟระหว่าง pF^-_{ext} ที่ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ต่าง ๆ กันในแนวแกน X กับศักย์ของขั้วไฟฟ้า (มิลลิโวลต์) ในแนวแกน Y จะได้กราฟมาตรฐานเป็นเส้นตรงค่าความชัน 59 มิลลิโวลต์/โมลาร์ ส่วนค่าตัดแกน Y นั้นจะเป็นค่าคงที่ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฟลูออไรด์ (M) หรือ $-\log [F^-]$ หรือ pF กับศักย์ของขั้วไฟฟ้า E (mV)

1.4 วัตถุประสงค์

1. หาภาวะการทดลองที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาฟลูออไรด์ในน้ำตัวอย่างซึ่งอาศัยเทคนิคโพเทนชิโอเมตรี และใช้ขั้วไฟฟ้าฟลูออไรด์ไอออน-ซีล็คทีฟในการตรวจวัด

2. ใช้สภาวะของการทดลองที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 1. วิเคราะห์หาปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลและน้ำปะปาในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

3. วัดค่าวัดสภาพความเป็นกรด-ด่างและค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) ของน้ำตัวอย่าง