KKU Res. J. 2014; 19(6): 834-842
http : //resjournal.kku.ac.th

ความสัมพันธ์ของโครงสร้างทางธรณีวิทยาต่อการแพร่กระจายตัวของดินเค็มพื้นที่ผลกระทบท้ายเขื่อนอุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น

The Relationship between Geological Structures and the Distribution of Saline Soil in Downstream Impacted Area of Ubonratana Dam, Khon Kaen Province

รุ่งโรจน์ อาจเวทย์, พัชร์สุ วรรณขาว, หล้า อาจวิชัย, และลัดดา วรรณขาว*
Rungroj Arjwech, Patchrasu Wanakao, Laa Archwichai, and Ladda Wannakao*

ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002
Department of Geotechnology, Faculty of Technology, Khon Kaen University, Muang, Khon Kaen, 40002
**Correspondent author: rungroj@kku.ac.th*

บทคัดย่อ

การศึกษาการกระจายตัวของดินเค็มบริเวณพื้นที่ผลกระทบท้ายอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของโครงสร้างธรณีวิทยาใต้ดินต่อการกระจายตัวของดินเค็ม พื้นที่อำเภอพระยืน อำเภอบ้านฝาง และอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ทำการศึกษาโดยแปลภาพถ่ายทางอากาศ สำรวจธรณีวิทยาโครงสร้างพื้นผิว ศึกษาข้อมูลจากหลุมเจาะสำรวจแร่โพแทช และสำรวจการกระจายตัวของดินเค็มบนผิวดิน ผลการศึกษาพบว่าดินเค็มมีการกระจายตัวปกคลุม พื้นที่ลุ่มน้ำธารประสานสาย และที่ราบน้ำท่วมถึงของพื้นที่ลุ่มน้ำธารคดเคี้ยว ซึ่งการกระจายดินเค็มในแต่ละพื้นที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยมีโครงสร้างธรณีวิทยาและรอยแตกใต้ดินเป็นตัวควบคุม สามารถแบ่งการกระจายตัวของดินเค็มได้เป็น การกระจายตัวของดินเค็มบริเวณใกล้โครงสร้างรูปประทุนหงาย มีการกระจายตัวของดินเค็มน้อย (<10%) และปานกลาง (10-50%) การกระจายตัวของดินเค็มบริเวณใกล้โครงสร้างรูปประทุนคว่ำ มีการกระจายตัวของดินเค็มมาก (>50%) ส่วนการกระจายตัวของดินเค็มเนื่องจากแนวแตกลึกของชั้นหินตะกอนหนาที่ปิดทับชั้นเกลือหิน ทำให้เกิดการกระจายตัวของดินเค็มตามแนวแตกรูปรัศมี มีการกระจายดินเค็มตั้งแต่น้อยถึงมาก (<10%, 10-50%, >50%)

Abstract

The study of soil salinity distribution in downstream impacted areas of Ubonratana dam aims to correlate between corresponding subsurface geological structures and the distribution of saline soils in the areas of Prayeun District, Baan Faang District, and Muang Dristrict, Khon Kaen Province. In this study, data were collected from aerial photo interpretation, field studies, and the information of potassium mineral resource exploration in Khon Kaen. It is found that the distributions of saline soils are widely spread on meandering and flood plain in braided

drainage areas. However all of these distributions are natural occurrences and they are controlled by subsurface geological structures and fractures that can be classified into; less (<10%) and medium (10-50%) distributions over syncline structures, intensive (>50%) distribution over anticline structures. Moreover, all of three categories of the distribution are encountered along rock fractures with radial distribution pattern.

คำสำคัญ: โครงสร้างทางธรณีวิทยา การกระจายตัวของดินเค็ม เกลือหิน
Keywords: Geological structure, Saline soil distribution, Rock salt

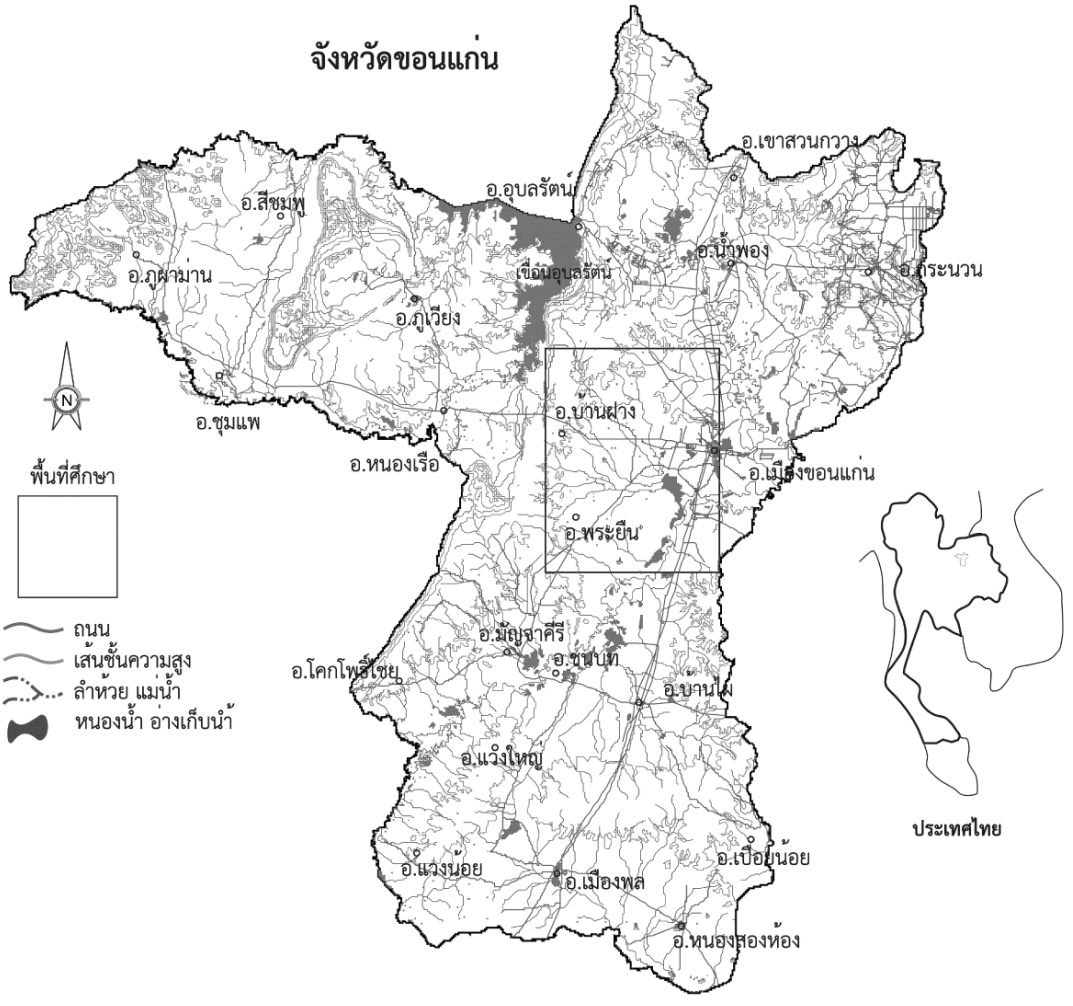
1. บทนำ

ดินเค็ม (Saline soil) คือ ดินที่มีเกลือละลายอยู่ในเนื้อดินในปริมาณที่สูงมากเกินไป ทำให้เกิดผลกระทบต่อการเจริญเติบโตต่อพืช เนื่องจากเกิดอาการขาดน้ำและมีการสะสมตัวของไอออนมากเกินไป และยังทำให้พืชเสียสมดุลของธาตุอาหารอีกด้วย (1) ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย พบมีการกระจายตัวประมาณ 11.5 ล้านไร่ ครอบคลุมเกือบทุกจังหวัด (2) จังหวัดขอนแก่นมีพื้นที่ดินเค็มมากกว่า 2.1 ล้านไร่ ซึ่งมีระดับความรุนแรงมากกว่าจังหวัดอื่นๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (3) สาเหตุของดินเค็มและน้ำเค็มมีความสัมพันธ์กับธรณีวิทยา เนื่องจากการมีชั้นเกลือหินที่เป็นส่วนหนึ่งของชุดหินมหาสารคามแผ่กระจายตัวใต้ดินอย่างต่อเนื่องเป็นบริเวณกว้างที่ความลึกแตกต่างกันออกไปในแต่ละพื้นที่ (4, 5) การกดทับของชั้นหินตะกอนที่วางตัวอยู่ด้านบนและอิทธิพลของธรณีแปรสัณฐานทำให้เกลือหินปูดและแทรกดันขึ้นมาในบริเวณที่มีรอยแตกของชั้นหินกลายเป็นโดมเกลือและโครงสร้างประทุนหงาย-คว่ำ (6)

น้ำบาดาลระดับลึกและระดับตื้นคือปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการกระจายตัวของดินเค็ม เมื่อเกลือหินถูกละลายกลายเป็นน้ำเค็มจะเคลื่อนที่ไปตามระบบการไหลเวียนของน้ำบาดาลลงสู่ที่ราบลุ่มที่มีระดับแรงดันน้ำอยู่ต่ำกว่า และอิทธิพลของแรงดึงดูดของเหลวในช่องว่างขนาดจิ๋วน้ำบาดาลเค็มสามารถแพร่กระจายขึ้นสู่ผิวดินด้านบนได้ เมื่อน้ำระเหยขึ้นไปสู่อากาศส่วนที่เป็นเกลือจะถูกทิ้งเอาไว้ที่ผิวดิน (6, 7) ในขณะเดียวกันการสร้างเขื่อนในพื้นที่ทำให้เกิดความต่างของแรงดันน้ำใต้ดินส่งผลให้การไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้นและระดับลึกเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นการเพิ่มความเสี่ยงต่อการละลายชั้นเกลือหินทำให้เกิดการแพร่กระจายของดินเค็มได้มากขึ้นเช่นกัน (8) ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างธรณีวิทยาใต้ดิน (Subsurface geological structure) และอิทธิพลของเขื่อนอุบลรัตน์ต่อการกระจายตัวของดินเค็มรูปแบบต่างๆ ข้อมูลที่ได้สามารถใช้เป็นฐานข้อมูลการจัดการพื้นที่อย่างเหมาะสม อย่างเช่น การชลประทาน การเกษตรกรรม หรือการสร้างอ่างเก็บน้ำ เพื่อลดการแพร่กระจายของดินเค็มได้

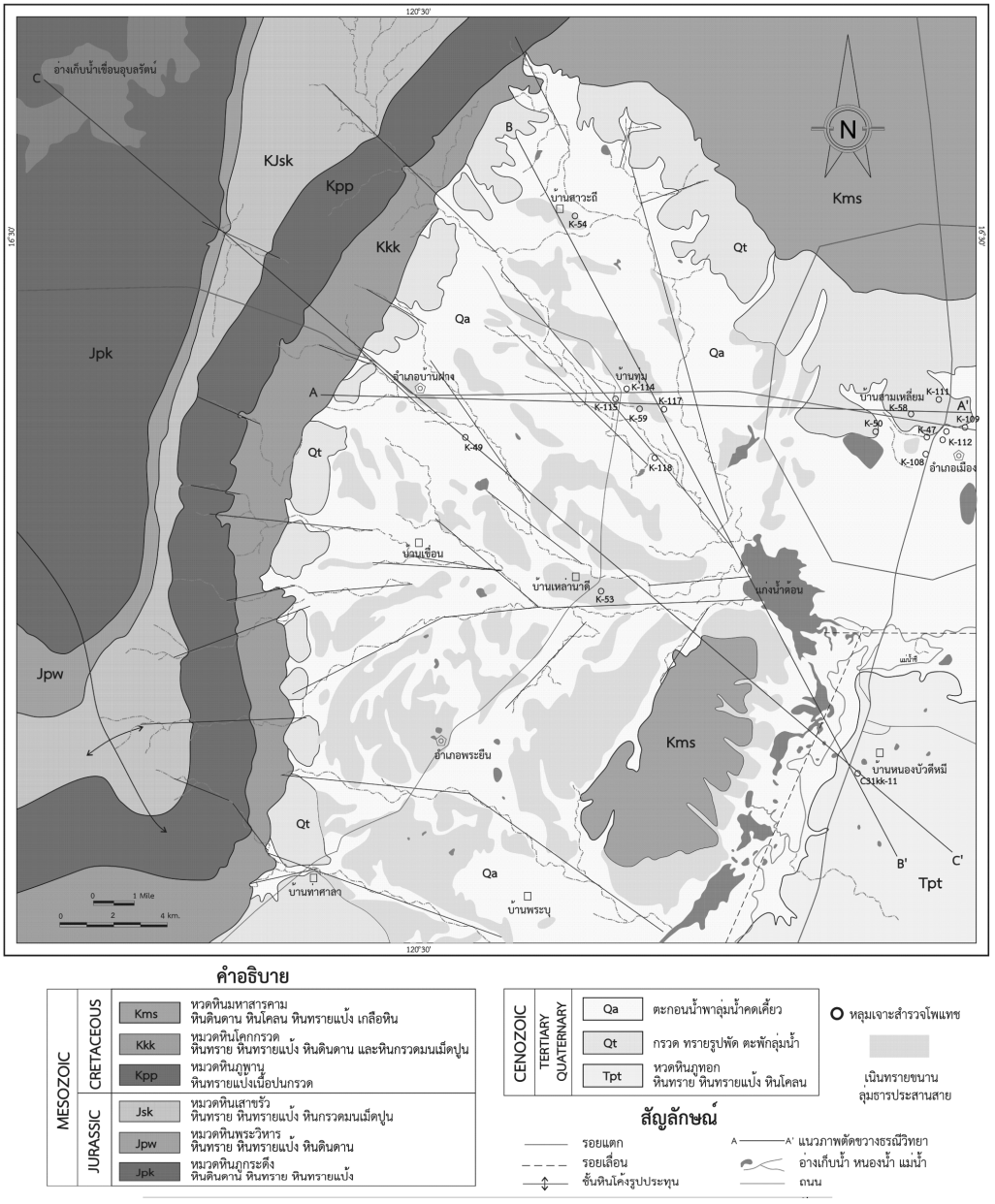
2. วิธีการวิจัย

ทำการวิจัยโดยคัดเลือกพื้นที่ที่จะเกิดผลกระทบจากความต่างของแรงดันน้ำใต้ดินบริเวณท้ายอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ ครอบคลุมบริเวณพื้นที่บางส่วนของอำเภอพระยืน อำเภอบ้านฝาง และอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น (รูปที่ 1) ซึ่งมีลักษณะทั่วไปเป็นแอ่งมีการเอียงเทของชั้นหินจากสันเขื่อนอุบลรัตน์ด้านทิศตะวันตก-ตะวันตกเฉียงเหนือไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้เข้ารองรับใต้หมวดหินมหาสารคามที่มีอายุอ่อนกว่า ทำให้เป็นพื้นที่ที่มีโอกาสส่งผลให้เกิดการไหลเวียนของน้ำใต้ดินลงไปละลายชั้นเกลือหินและมีแนวโน้มทำให้เกิดการกระจายตัวของดินเค็มได้มากขึ้น



รูปที่ 1 แผนที่จังหวัดขอนแก่นและพื้นที่ศึกษา

การวิจัยได้ทำการวิเคราะห์แผนที่ภูมิประเทศและแปลภาพถ่ายทางอากาศเพื่อสร้างแผนที่ธรณีวิทยาภาพถ่าย (รูปที่ 2) แล้วทำการสำรวจภาคสนามเพื่อตรวจสอบผลการแปลภาพถ่ายทางอากาศ ศึกษาการกระจายตัวของดินเค็มบนผิวดิน สำรวจธรณีวิทยาโครงสร้างพื้นผิว วัดการวางตัวของชั้นหินโดยละเอียด และรวบรวมข้อมูลจากหลุมเจาะสำรวจแร่โพแทชในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น นำมาศึกษาเปรียบเทียบกันเพื่อสร้างภาพตัดขวางแสดงโครงสร้างธรณีวิทยาใต้ดินในแนวที่สำคัญต่อการติดตามการไหลเวียนของน้ำใต้ดินและการแพร่กระจายตัวของดินเค็ม และทำแผนที่การกระจายตัวของดินเค็ม

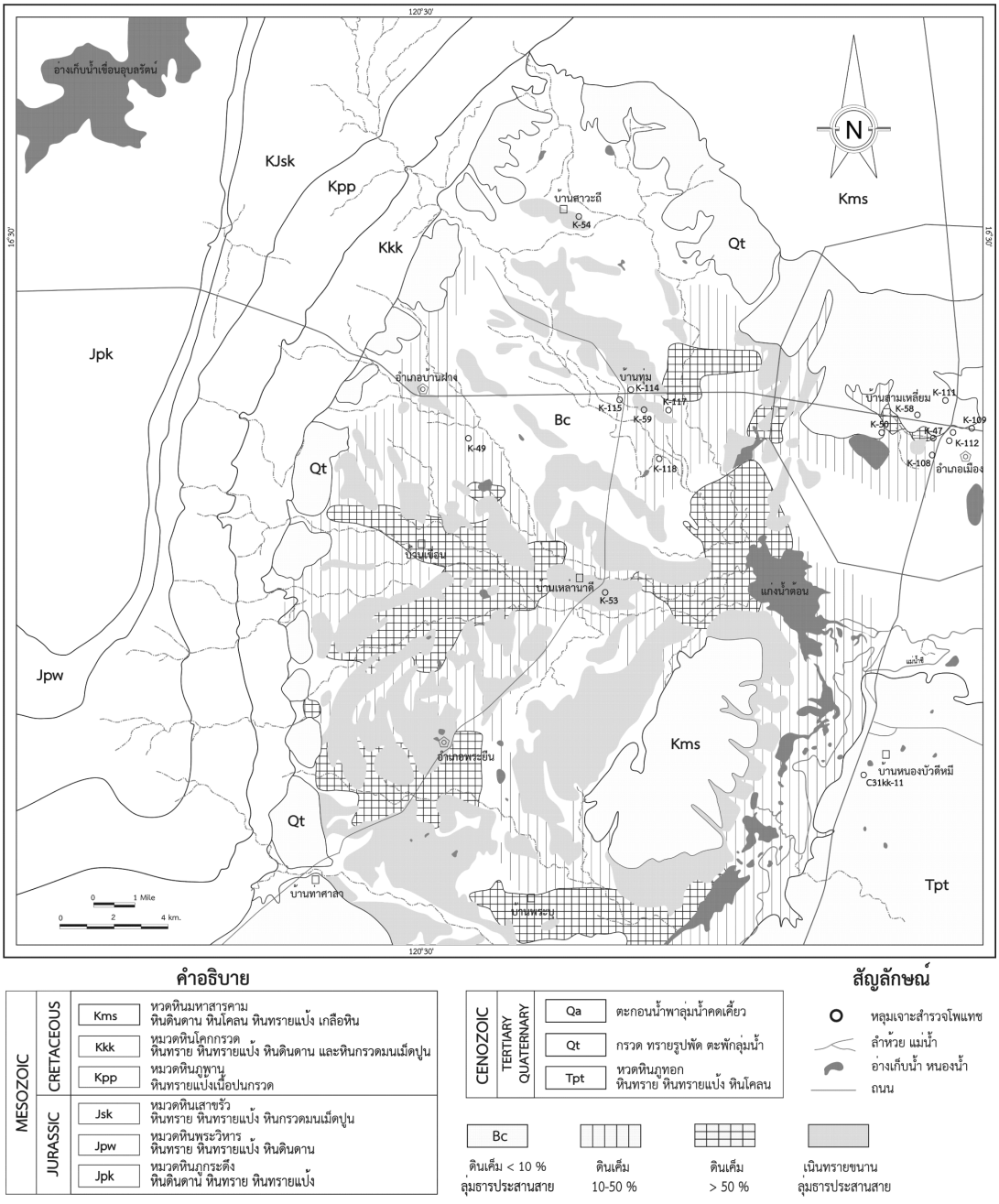


รูปที่ 2 แผนที่ธรณีวิทยาจากการแปลภาพถ่ายทางอากาศและการสำรวจธรณีวิทยาพื้นผิว

3. ผลการวิจัย

3.1 รูปแบบการกระจายตัวของดินเค็ม

การกระจายตัวดินเค็มเมื่อเทียบสัมพันธ์กับธรณีวิทยาพื้นผิว (รูปที่ 3) มักมีรูปแบบการกระจายตัวปกคลุมพื้นที่บริเวณที่เป็นลุ่มน้ำลำธารประสานสาย ครอบคลุมตั้งแต่เขตอำเภอพระยืน อำเภอบ้านฝาง และตำบลบ้านทุ่ม (อำเภอเมือง) และมีการกระจายตัวปกคลุมพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง ลุ่มน้ำธารคดเคี้ยวของลุ่มน้ำชี และจะมีการกระจายตัวปกคลุมเด่นชัดบริเวณใกล้ชิดขอบโครงสร้างประทุนหงายหลัก บริเวณบ้านทุ่ม-แก่งน้ำต้อน โดยเฉพาะตามแนวสัมผัสระหว่างหมวดหินมหาสารคามและหมวดหินโคกกรวด บริเวณอำเภอบ้านฝาง

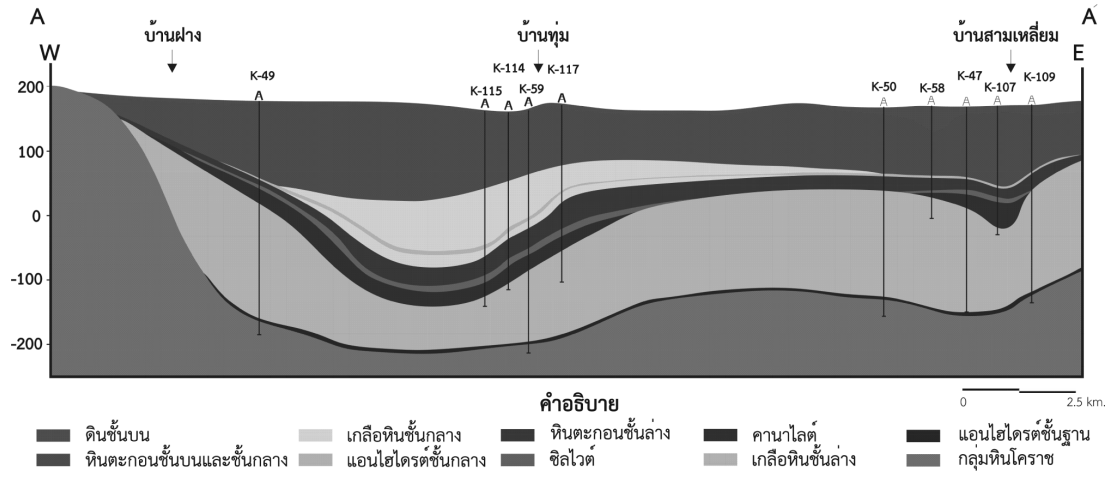


รูปที่ 3 แผนที่การกระจายตัวของดินเค็มซ้อนทับแผนที่ธรณีวิทยา

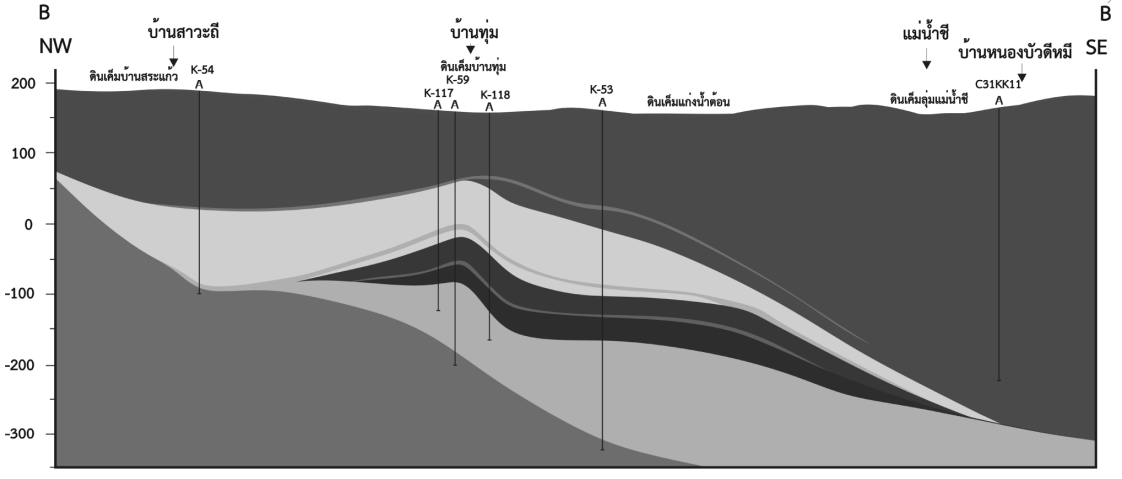
การกระจายตัวปกคลุมเป็นแนวรัศมีพบตามลุ่มน้ำธารประสานสายรวมศูนย์กลางเข้าหาแก่งน้ำต้อน และดินเค็มกระจายตัวปกคลุมขนานตามแนวขอบแอ่ง มีแนวสัมพันธ์ติดต่อระหว่างหมวดหินมหาสารคามกับหมวดหินโคกกรวด ได้แก่ ดินเค็มจัดอำเภอพระยืน-บ้านบ่อแก ดินเค็มจัดบ้านเขื่อน-ห้วยหว้า-ห้วยหนองแสง ดินเค็มจัดบ้านทุ่ม-บ้านเป็ด-บ้านเหล่าเกวียนหัก ดินเค็มจัดบ้านโพนทอง-แก่งน้ำต้อน และดินเค็มจัดห้วยพระเนาว์-บ้านพระบุ-บ้านกุดโดก

3.2 ธรณีวิทยาและธรณีวิทยาโครงสร้างใต้ดิน

ภาพตัดขวางธรณีวิทยาแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก (A-A') (รูปที่ 4) ชั้นเกลือหินปูดขึ้นมาอยู่ที่ระดับประมาณ 120 เมตร บริเวณบ้านทุ่ม และเอียงเทลงไปทางทิศตะวันตก มีโครงสร้างแบบประทุนหงายระหว่างบ้านฝาง-บ้านทุ่ม แกนการโค้งงออยู่ประมาณบ้านแดงน้อย บ้านกุดนางทุย ส่วนโครงสร้างใต้ดินของชั้นหินระหว่างบ้านทุ่ม-บ้านสามเหลี่ยมเป็นแบบประทุนคว่ำ มีแกนการโค้งงออยู่ระหว่างบ้านหนองโจด-บ้านโคกฟันโปง-สนามบินจังหวัดขอนแก่น ส่วนบริเวณบ้านสามเหลี่ยมมีโครงสร้างใต้ดินแอ่นลงเล็กน้อยเป็นรูปประทุนหงาย



รูปที่ 4 ภาพตัดขวางธรณีวิทยาแนวตะวันออก-ตะวันตก (A-A') เทียบเคียงหลุมเจาะสำรวจโพแทช



รูปที่ 4 ภาพตัดขวางธรณีวิทยาแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (B-B') เทียบเคียงหลุมเจาะสำรวจโพแทช

ภาพตัดขวางธรณีวิทยาแนวตะวันตกทิศเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (B-B') (รูปที่ 5) โดมเกลือหรือโครงสร้างรูปประทุนคว่ำบริเวณบ้านทุ่มและบริเวณแก่งน้ำต้อนเอียงเทไปทางบ้านสาวะถี ชั้นเกลือหินมีความลึกประมาณ 160 เมตร ขณะที่ความลึกของชั้นเกลือหินที่รองรับหมวดหินภูทอกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากบริเวณแก่งน้ำต้อนไปทางบริเวณบ้านหนองบัวดีหมี ชั้นเกลือหินมีระดับความลึกมากกว่า 400 เมตร

รูปที่ 5 รูปแสดงพื้นที่ดินเค็ม >50% ตามเส้นทางถนนมลิวัลย์ระหว่างบ้านเป็ด-บ้านทุ่ม คราบเกลือบนผนังกำแพงคอนกรีตและการเสื่อมสภาพของเสาคอนกรีตเนื่องจากดินเค็ม

3.3 ปัจจัยควบคุมการกระจายตัวของดินเค็ม

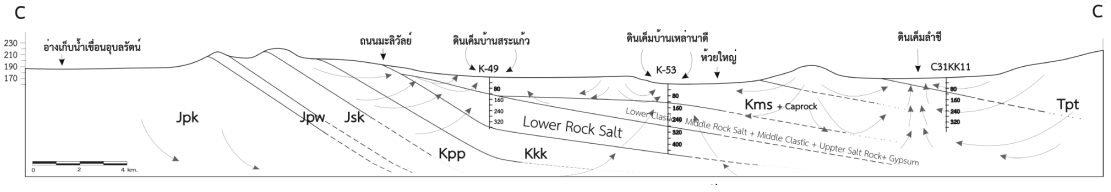
การกระจายตัวของดินเค็มโดยมีสาเหตุมาจากปัจจัยทางธรณีวิทยาโครงสร้างและรอยแตกใต้ดินเป็นตัวควบคุม สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบประกอบด้วย

1. การกระจายตัวของดินเค็มบริเวณใกล้โครงสร้างรูปประทุนหงายและประทุนคว่ำ

สาเหตุการโค้งงอเกิดจากการบีบอัดโค้งงอและเอียงเทชั้นหินของหมวดหินที่แก่กว่าที่รองรับหมวดหินมหาสารคามในช่วงยุคเทอร์เชียรีหลังการสะสมตัวของหมวดหินมหาสารคาม และการยกตัวของขอบสันที่ราบสูงโคราชส่งผลกระทบต่อชั้นเกลือหินหมวดหินมหาสารคามที่ปิดทับด้วย ทำให้บริเวณขอบแอ่งโครงสร้างชั้นเกลือหินแทรกขึ้นมาระดับตื้น มีการกระจายตัวของดินเค็มระหว่าง 10-50% ได้แก่พื้นที่ดินเค็มบริเวณอำเภอบ้านฝาง

ความสัมพันธ์ของโครงสร้างธรณีวิทยาใต้ดินของชั้นเกลือหินหมวดหินมหาสารคามกับหมวดหินอายุแก่กว่าที่รองรับ เกิดจากชั้นเกลือมีความยืดหยุ่น (Plastic) สูงกว่าชั้นหินตะกอนที่กดทับอยู่ด้านบน ดังนั้นบริเวณใดที่มีชั้นหินตะกอนหนาปิดทับบนชั้นเกลือ ชั้นเกลือก็สามารถแอ่นจมลงโค้งงอเป็นรูปประทุนหงาย ทำให้การไหลเวียนของน้ำใต้ดินลงไปตามรอยแตกและละลายชั้นเกลือหินแล้วไหลขึ้นสู่ผิวดินเกิดขึ้นได้ช้าและน้อยกว่า การกระจายตัวของดินเค็มบริเวณดังกล่าวจึงเบาบางน้อยกว่า 10% ได้แก่พื้นที่ดินเค็มระหว่างอำเภอบ้านฝาง-บ้านทุ่ม

ส่วนบริเวณที่มีชั้นหินตะกอนกดทับบางกว่าชั้นเกลือหินปูดขึ้นเป็นโครงสร้างรูปประทุนคว่ำไปจนถึงรูปกระทะคว่ำ (Salt dome) และทำให้ชั้นหินแตกหัก เนื่องจากการบีบอัดโค้งงอ การไหลเวียนของน้ำใต้ดินลงไปตามรอยแตกของชั้นหินและละลายชั้นเกลือหินแล้วไหลขึ้นสู่ผิวดินเกิดขึ้นได้เร็ว มีการกระจายตัวของดินเค็มมากกว่า 50% ได้แก่พื้นที่ดินเค็มจัดระหว่างบ้านทุ่ม-บ้านเป็ด-บ้านเหล่าเกวียนหัก พื้นที่ดินเค็มจัดบ้านเขื่อน และพื้นที่ดินเค็มจัดแก่งน้ำต้อน (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 ภาพตัดขวางธรณีวิทยาใต้ดินและแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินเชิงมโนทัศน์ แนว C-C'

2. การกระจายตัวของดินเค็มในรูปแบบรัศมีตามลุ่มน้ำร่องธารประสานสาย และลุ่มน้ำธารคดเคี้ยว

ปกคลุมด้วยดินเค็มทั้ง 3 ระดับ ตั้งแต่น้อยกว่า 10% ระหว่าง 10-50% และมากกว่า 50% สาเหตุเนื่องจากลุ่มร่องธารดังกล่าวไหลผ่านและพัฒนาลุ่มร่องธารในบริเวณแนวแตกของชั้นหินตะกอนที่ปิดทับชั้นบนของหมวดหินมหาสารคาม อันเนื่องมาจากโครงสร้างแอ่งควบคุมทำให้การแตกเป็นรูปรัศมี มีศูนย์กลางอยู่บริเวณแก่งน้ำต้อนโดยประมาณ และไม่สัมพันธ์กับโครงสร้างการโค้งงอของชั้นหินของหมวดหินอื่นๆ ที่มีอายุแก่กว่าหมวดหินมหาสารคาม จึงเชื่อว่าแนวแตกรูปรัศมีทำให้เกิดลุ่มร่องธารประสานสายเหล่านี้เกิดจากกิจกรรมของชั้นเกลือ (Salt Tectonic) โดยตรง ทำให้เกิดรอยแตกเฉพาะบนชั้นเกลือหินและชั้นหินปิดทับชั้นเกลือเท่านั้น การกระจายตัวของดินเค็มในรูปรัศมีตามลุ่มร่องธารน้ำประสานสายพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยใหญ่และลุ่มธารคดเคี้ยวแม่น้ำชี เกิดจากการที่แนวแตกของชั้นหินตะกอนปิดทับชั้นเกลือแตกลึกถึงชั้นเกลือหินชั้นบน ทำให้การไหลเวียนของน้ำใต้ดินเฉพาะแห่งลงไปถึงชั้นเกลือหินและละลายเกลือไหลเวียนขึ้นมาทำให้เกิดการกระจายตัวของดินเค็มตามแนวแตกรูปรัศมีเข้าหาแก่งน้ำต้อน โดยลุ่มธารคดเคี้ยวแม่น้ำชีน่าจะมีรอยแตกแนวตรงขนาดใหญ่และลึกถึงชั้นเกลือหิน เนื่องจากลุ่มธารแคบและเป็นแนวตรงในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ การไหลของน้ำใต้ดินระดับลึกบริเวณนี้จึงน่าจะไหลในแนวดิ่งตามรอยแตกลึกดังกล่าวจึงจะชะล้างเกลือที่อยู่ลึกมากขึ้นได้เนื่องจากชั้นหินปิดทับชั้นเกลือและหมวดหินภูทอกที่ปิดทับบนสุดบริเวณนี้มีความหนามากกว่า 400 เมตรขึ้นไป

4. สรุปและวิจารณ์

การศึกษาการกระจายตัวของดินเค็มบริเวณพื้นที่ผลกระทบท้ายอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ เพื่อหาความสัมพันธ์ของโครงสร้างธรณีวิทยาใต้ดินและอิทธิพลการกักเก็บน้ำในเขื่อนอุบลรัตน์ต่อการกระจายตัวของดินเค็ม พื้นที่อำเภอพระยืน อำเภอบ้านฝาง และอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น โดยมีปัจจัยทางโครงสร้างธรณีวิทยาและรอยแตกใต้ดินเป็นตัวควบคุมนั้น สรุปทฤษฎีการกระจายตัวของดินเค็มได้ว่า ถ้ารอยแตกในชั้นหินปิดทับและชั้นเกลือหินไม่แตกลึกต่อเนื่องถึงโครงสร้างชั้นหินของกลุ่มหินโคราชที่อายุแก่กว่าที่รองรับอยู่ด้านล่างและชั้นเกลือหินมีสภาพทึบน้ำ จะพบว่าการกระจายตัวของดินเค็มเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติด้วยอัตราอย่างค่อยเป็นค่อยไปและมีการกระจายตัวในรูปแบบต่างๆ เกิดจากการไหลเวียนชะล้างโดยน้ำใต้ดินลงไปตามรอยแตกของชั้นหินปิดทับและละลายชั้นเกลือหินชะล้างขึ้นสู่พื้นผิวดินโดยมีโครงสร้างการโค้งงอใต้ดินของชั้นเกลือหินและการแตกหักของชั้นหินตะกอนปิดทับเป็นปัจจัยควบคุม

ในกรณีที่แนวแตกของชั้นเกลือหินแตกต่อเนื่องเชื่อมโยงถึงหมวดหินอายุแก่กว่าที่รองรับอยู่ด้านล่าง การกระจายดินเค็มรูปแบบต่างๆ เกิดขึ้นตามธรรมชาติและอาจเกิดจากมนุษย์เป็นผู้กระทำเร่งอัตราการแพร่กระจายให้เร็วขึ้น เนื่องจากความแตกต่างของแรงดันน้ำระหว่างน้ำในเขื่อนอุบลรัตน์และที่ราบลุ่ม น้ำจะไหลเวียนผ่านรอยแตกชั้นหินระดับลึกที่รองรับชั้นเกลือหินสามารถชะล้างผ่านชั้นเกลือหินขึ้นสู่ผิวดินตามระบบการไหลเวียนของน้ำใต้ดินระดับลึก ซึ่งมีความเป็นไปได้สูงที่จะเกิดขึ้น (รูปที่ 7) แต่อย่างไรก็ตามโครงการวิจัยนี้สามารถสรุปอธิบายแน่นอนได้เฉพาะปัจจัยทางโครงสร้างธรณีวิทยาและรอยแตกในชั้นหินที่ปิดทับชั้นเกลือหินเป็นตัวแพร่กระจายดินเค็มรูปแบบต่างๆ ในขณะที่ปัจจัยโครงสร้างธรณีวิทยาใต้ดินและการแตกหักที่เชื่อมโยงการไหลเวียนของน้ำใต้ดินระดับลึกจากเขื่อนอุบลรัตน์กระตุ้นเร่งให้เกิดการละลายชั้นเกลือหินทำให้เกิดการกระจายตัวของดินเค็มเร็วขึ้น อาจเป็นจริงได้เช่นกัน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

(1) Arunin A. Saline Soil in Thailand. Department of Land Development. Ministry of Agriculture and Cooperatives. 2539. Thai

(2) Department of Land Development. Handbook on Saline Soil Management in Northeast of Thailand. Ministry of Agriculture and Cooperatives. 2010. Thai

(3) Department of Land Development. 2nd Proceeding on Saline Soil in Northeast of Thailand; 2014 8-9 August; Moung, Khon Kaen; 2014. Thai

(4) Sattayarak N. and Polnajan S. Rock Salt in Khorat Plateau. Department of Mineral Resources Technical Forum. 1997(1); 1-13. Thai

(5) Rattanajarurug P. Rock Salt in Thailand. Journal of Economic Geology. 2542;1(10). Thai

(6) Department of Mineral Resources. The Study on an Effect of Geological Factor to Saline Soil Distribution in Northeast of Thailand; 2004. Full Report of the Study on Geology and Hydrogeology. Ministry of Natural Resources and Environment. 2005. Thai

(7) Department of Mineral Resources. The Study on an Effect of Geological Factor to Saline Soil Distribution in Northeast of Thailand; 2005. Full Report of the Study on Society and Economy. Ministry of Natural Resources and Environment. 2006. Thai

(8) Sirithongkum N. Project on Development on Saline Soil Area in Northeast of Thailand (Phase 2), Udonthani Province. Devision of Mineral Mineral Resources. Department of Mineral Resources. 2012. Thai