

ຂອນເທດ ແລະວົງນາການຂອນເກລືອກົນໃດໆພົວດົນໃນໝາຍດົນທີ່ມາດີກົມໝາຍການໃນພື້ນທີ່ ກາຄດະວັນຈົກເຈີ່ງເໜັງ

Boundary and Evolution of Rock Salt in the Maha Sarakham Formation in the Northeast, Thailand

ເພິ່ງຕາ ສາຕຽກສ້າ (Peangta Satarugsa)¹
ສຸວິຈັກຂນ້າ ມີສວັດຕິ (Suvijuk Meesawat)²
ວິນິຈ ຍັງນີ້ (Winit Youngme)³

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์และแปลความจากข้อมูลธารณีวิทยาและธารณีฟิลิกส์ พบรสภานี้ให้ผู้ดินและขอบเขตของเกลือทินในหมวดทิน มหาสารคามในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือแตกต่างจากที่มีการศึกษามาแล้วซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการจัดการทรัพยากร่างเกลือทิน และลดการแพร่กระจายของดินเดิม-น้ำเดิม ข้อมูลที่ใช้สำหรับแปลความได้แก่ คลื่นสั่นสะเทือนแบบสะท้อนในการสำรวจปีต่อปีในพื้นที่ที่มีการยกเลิกสัมปทานไปแล้วจำนวน 59 แนวสำรวจ ในบริเวณแองโกราชและแองสกอลนคร ข้อมูลหลุมเจาะสำรวจเทียบเคียงกับแนวสำรวจคลื่นสั่นสะเทือน รวมทั้งการจัดลำดับอายุของหมวดทิน และสำรวจธารณีฟิลิกส์เพื่อเป็นต้นแบบในการสำรวจเพื่อหารูปแบบ 3 มิติ ของดินเกลือได้ผู้ดิน ผลการศึกษาพบว่า (1) ขอบเขตของพื้นที่ที่มีเกลือทินอยู่ได้ผู้ดินบริเวณแองโกราชและแองสกอลนคร ครอบคลุม 45,944 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 28 ของพื้นที่ทั้งภาค (2) พื้นที่ที่มีเกลือทินได้ผู้ดินครอบคลุมพื้นที่ปีกร่อง 16 จังหวัด โดยแต่ละจังหวัดมีพื้นที่มากน้อยแตกต่างกันไป จังหวัดที่มีเกลือทินมากกว่าร้อยละ 50 ได้แก่ หนองคายร้อยละ 86 มหาสารคาม ร้อยละ 85 นครพนมร้อยละ 79 ร้อยเอ็ดมีร้อยละ 66 สกอลครมีร้อยละ 58 ยโสธรร้อยละ 53 ส่วนจังหวัดที่ไม่มีเกลือทินได้ผู้ดินได้แก่ หนองบัวลำภู มหาสารคาม และเลย (3) การทำการประยุกต์การสำรวจแบบบัญชารการด้วยวิธีดัดความด้านทางไฟฟ้าจำเพาะ และคลื่นสั่นสะเทือนสามารถหารูปแบบของดินเกลือแบบ 3 มิติได้อย่างรวดเร็วและประหยัด และ (4) การตกลงสมของเกลือทินในหมวดทิน หมวดทินมหาสารคามอยู่ในช่วง 91–113 ล้านปี โดยฐานล่างของหมวดทินมหาสารคามวางตัวแบบไม่ต่อเนื่องกับหมวดทินในกลุ่มทินโกราช และผิวนบนของหมวดทินมหาสารคามลักษณะแบบต่อเนื่องกับหมวดทินภูทอง ผิวนบนของหมวดทินมหาสารคามและหมวดทินภูทอง วางตัวแบบไม่ต่อเนื่องกับหมวดทินอายุเทอร์เทียร์ในกรณีที่มีหินเทอร์เทียร์ติดสะสมและตะกอนดินอายุปัจจุบัน จากผลที่ได้พัฒนารุปวิวัฒนาการของหมวดทินมหาสารคาม โดยริบมจากการชันก้นของแผ่นโลหะสองแผ่นเมื่อประมาณ 113 ล้านปี แรงดันจากการชันทำให้เกิดการยกตัวสูงขึ้นของเทือกเขาเลย-เพชรบูรณ์ซึ่งเคยเป็นบริเวณขอบแผ่นโลหะเดิมมาก่อน ผลจากน้ำหนักดของเทือกเขานำให้เกิดเป็นแองโกร์ขึ้นมา ต่อมาเมื่อการรุกรุกของน้ำทะเลขามัยังคงทิ่งโกร์ขึ้นและเกิดการตกลงสะสมของเกลือทิน โภแทช และหินดินเทเนีย ของหมวดทินมหาสารคามภายในเอง การรุกรุกของน้ำทะเลขามัยังคงต่อเนื่องประมาณ 3 ช่วง จากนั้นสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไป แต่ที่เด่นมีน้ำทะเลขันเขิน ถูกปิดด้วยตะกอนที่พัดพามากับลมเป็นส่วนใหญ่ ตะกอนมีการซึมประทานเป็นหินทินเน็งปิดทับชั้นเกลือทิน ต่อมาเมื่อเกิดการชันกันของแผ่นโลหะเดิม-อสเตรเรียและแผ่นโลหะเรซี่ เกลือทินและหินที่ปิดทับ ถูกแรงกระทำ และเกิดการคดโค้งใน ทำให้ในส่วนที่เป็นพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แยกแยะเดิมออกเป็น 2 แห่งอย่าง คือ แองโกราชและแองสกอลนคร คั่นโดยเทือกเขา

¹ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีธุรกิจ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²ผู้ช่วยนักวิจัย โครงการศึกษาวิจัย ภาควิชาเทคโนโลยีธุรกิจ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

³ อาจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีธุรกิจ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ภูพาน ชั้นเกลือหินเมื่อถูกแรงกระทำจึงมีการคัดโคง และปูดเป็นรูปโديม เกลือหินบริเวณที่ออกเป็นภูพานจะเคลื่อนไหลงมาสู่ใจกลางแล้ว และเกลือหินในที่อยู่ในที่สูงจะถูกทำลายออกไป ปัจจุบันจึงไม่พบเกลือหินในพื้นที่ที่เป็นเทือกเขา พบรดหินที่อยู่ฐานล่างของหมวดที่นิมahaสารคาม การปูดของเกลือหิน ทำให้เกลือหินได้ผิวดินในบริเวณแองโคราและแองสกัลครร์มีความลึกไม่แน่นอน ไม่สามารถใช้การศึกษาโดยการเทียบความสัมพันธ์ ดังเช่นหมวดที่นิมนฯได้ และจากผลของการศึกษาพบว่าแผนที่ธารน้ำที่มีวิทยาศาสตร์ส่วนที่ใช้ในปัจจุบัน (1:1,000,000) ที่ขอบเขตของหมวดที่นิมahaสารคาม และหมวดที่นิมนภูทอกมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างมาก ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการวางแผนจัดการเที่ยวกับการพัฒนาทรัพยากรเกลือและแก๊สฯทางการแพร่กระจายของดินเค็ม-น้ำเค็ม

Abstract

Analysis of geological and geophysical data in the areas of the Khorat and the Sakon Nakhon basins, Northeast Thailand has provided a new evidence of subsurface geology and evolution of the rock salt and claystone in the Maha Sarakham Formation. Results from the analysis of 59 industry seismic lines, borehole data, geochronology, and semi 3D geophysical surveys show the following. (1) Rock salt underlying below the ground surface in the two basins cover areas of 45,944 km² or about 28% of the Northeast total area. (2) The rock salt in the Maha Sarakham Formation is found in 16 provincial administrations. Each province has different area underlain by the rock salt. This can be ranked from 6 largest percentage as follows: Nongkai (86%), Maha Sarakham (85%), Nakon Phanum (79%), Roi Ed (66%), Sakon Nakhon (58%), Yasothon (53%). Nong Bua Lumpoo, Mukdaharn, and Loei provinces do not have subsurface rock salt deposit. (3) Integrated seismic and resistivity surveys can be used to map 3D of the salt dome. (4) During Abian-Cenomanian (91-113 million years) the Maha Sarakham and the Phutok formations were deposited in an inland salt lake. The bottom of the Maha Sarakham Formation overlain unconformity on the Khorat Group whereas at the top of it formed a depositional contact with the Phutok Formation. The Phutok Formation was overlain unconformity by the Tertiary rock or the Quaternary soils. Thus evolution of the Maha Sarakham Formation can be described as follows. The inland salt lake was first created by a collision of the Western Burma plate and Chan Thai plate during Cretaceous time. Thereafter, there was seawater invasion into the lake and later the formation of evaporates and clay were deposited. There were three cycles of invasion resulting in three cycle of rock salt layers and claystone. The evaporite deposits were ended because the lake had been filled with wind blown silt and sand particles. At the beginning of the Paleocene to early Eocene (60-65 million year), the Khorat and Sakon Nakhon basins and the Phu Phan fold belt were created by folding mechanism in consequence of the collision of the Indian Plate and the Eurasian Plate. The evaporites in which covered the Phu Phan areas were transported into the Khorat and the Sakon Nakhon basins, because of plasticity properties of the rock salt. These interpretations suggest that the Northeastern Thailand stratigraphic units and geologic map need revision in order to prevent misleading geologic map where the Maha Sarakham Formation and the Phu Tok Formation were outlined.

คำสำคัญ: หมวดที่นิมahaสารคาม, เกลือหิน, การสำรวจธรณีฟิสิกส์

Keywords: Maha Sarakham Formation, Rock salt, Geophysical survey

ບຖນໍາ

ในทางตรงกันข้ามการที่มีเกลือหินอยู่ใต้ผ้าดินของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้เกิดปัญหาดินเค็ม-น้ำเค็ม และการแพร่กระจายของดินเค็ม-น้ำเค็มเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ (ศูนย์วิจัยน้ำบาดาล มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2543) ซึ่งดินเค็ม-น้ำเค็มเป็นอุปสรรคต่อการเกษตรกรรมอันเป็นอาชีพหลักของคนส่วนใหญ่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนั้นการที่มีแหล่งแร่เกลือหินจึงให้ทั้งประโยชน์และโทษ

อย่างไรก็ตามความเข้าใจสภาพทางธรณีวิทยา
ให้ผู้ดินของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือในบริเวณ
แองโกราชและแองสกอนครสามารถที่จะลดการแพร่
กระจายดินเนื้ม-น้ำเดิมไม่ให้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นซึ่ง
ข้อมูลที่ต้องการคือถักภาพของการเมกลือหินให้ผู้ดิน
มากันอย่างเพียงใด ในบริเวณพื้นที่ได้บ้าง ความลึกของ
เกลือหินให้ผู้ดินมากันอย่างเพียงใด เพื่อจะได้เป็นฐาน
ความรู้ในการจัดการสิ่งแวดล้อม หรือการพัฒนาการใช้
พื้นที่อย่างเหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นพัฒนาด้าน การ
ชลประทาน การเกษตรกรรม อุทกธรณีวิทยา การนำเอา
แร่เกลือหินขึ้นมาใช้เพื่อการอุตสาหกรรม หรือแม้แต่การ

ปัจจุบันได้มีการประยุกต์สำรวจให้ผู้ดินด้วยวิธีทางธรณีฟิสิกส์ ที่สามารถทำได้รวดเร็วและประหยัด ทำให้ทราบรูปร่าง การวางตัวของชั้นทิน และธรณีวิทยา โครงสร้างที่ซัดเจน โดยเฉพาะชั้นมูลจากการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบสะท้อน ที่นำมาประยุกต์สำรวจหาแหล่งป่าตrove เลี่ยมจากบริษัทที่ยกเลิกสัมปทาน ไปแล้ว อีกทั้งพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยพบร่วงเกลือทินของหมวดหินมหานครตามมีการเคลื่อนไหวเป็นรูปโ-dom ปูดชั้นสูผู้ดิน กระჯัดกระจาดอยู่ภาย ในแอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร รูปร่างของโ-dom เกลือมีขนาดและความลึกแตกต่างกันไปมีแน่นอน ดังตัวอย่าง ผลการศึกษาของ สมเกียรติ (2530) หรือ นเรศ และ ทรงกพ (2540) และทำให้ทราบว่าต่อไปอีกว่าการที่จะศึกษาการวางตัว ลักษณะ รูปร่างโ-dom เกลือ จะต้องทำการศึกษาสภาพใต้ผิวดินแบบ 3 มิติ ชั้นมูลที่นำไปสู่ การจัดการทรัพยากรเกลือ ดินเค็ม-น้ำเค็ม ได้อย่างเหมาะสมและต่อเนื่อง

บทความวิจัยนี้นำเสนอผลสรุปของการศึกษาของโครงการวิจัยเรื่อง โครงการสร้างและวิวัฒนาการของหมวดหินมหานคร โดย วินิจฉัย และคณะ (2546) และโครงการวิจัยเรื่อง การประยุกต์สำรวจธรณีฟิลิกส์เพื่อศึกษาธรณีวิทยาใต้ผิวดินและการประมีนเพื่อคาดการณ์ภัยพิบัติทางธรรมชาติที่จะเกิดจากการยุบตัวของโครงเกลือใต้ผิวดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดย เพียงตา และคณะ (2547) วัตถุประสงค์ของบทความวิจัยคือ (1) นำเสนอผลการแปลความเพื่อหาข้อบันเขตของพื้นที่ที่มีเกลือหินใต้ผิวดินรองรับในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนพาระบริเวณแองโกราชและแองสกอลนคร

จากข้อมูลคลื่นสั่นสะเทือนแบบสะท้อน จำนวน 59 แนวสำรวจ ที่บริษัทสำรวจและผลิตปิโตรเลียมได้ยกเลิก การสัมปทานพื้นที่บริเวณนั้นๆ ไปแล้ว (2) จัดลำดับ ความรุนแรงของจังหวัดที่มีพื้นที่รองรับด้วยเกลือหิน (3) ทำการทดลองประยุกต์สำรวจธรณีฟิสิกส์ในพื้นที่ กรณีศึกษา เพื่อเป็นต้นแบบในศึกษาการวางแผนตัว ลักษณะ รูปร่างของโฉมเกลือ แบบ 3 มิติ ที่ประยุกต์และรวดเร็ว สามารถนำวิธีการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่นั้นๆ ภายใต้เงื่อนไขของโครงสร้างและสภาพแวดล้อมต่อไปในอนาคต และ (4) อธิบายการเกิดและวิวัฒนาการของเกลือหิน ในหมวดทินไม่มหาสารคาม

วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาประกอบด้วย (1) เลือกแนว สำรวจของข้อมูลคลื่นสั่นสะเทือนแบบสะท้อนบริเวณ พื้นที่แอ่งโครงสร้างและแอ่งสกلنค์ โดยกำหนดให้แต่ละ แนวสำรวจมีจุดตัดร่วมกับแนวสำรวจอย่างน้อยหนึ่ง แนว เพื่อสามารถเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างจุดตัด หรือใกล้ หลุมเจาะสำรวจ (รูปที่ 1) (2) เลือกข้อมูลหลุมเจาะ สำรวจที่ใกล้เดียวกับแนวสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือน เพื่อเทียบเคียงลำดับชั้นหิน (3) แปลความหมายหา ความลึกของฐานล่างหมวดทินไม่มหาสารคาม และความ ลึกของผิวน้ำสุดของชั้นเกลือหินที่ไม่ใช่ส่วนที่เป็นโฉม เกลือ (4) ทำแผนที่แสดงรูปร่างฐานล่างหมวดทิน มหาสารคามและแผนที่แสดงผิวน้ำของเกลือหินในส่วน ที่ไม่ใช่โฉมเกลือ (5) เลือกพื้นที่กรณีศึกษาบริเวณที่คาด ว่าเป็นโฉมเกลือ และทำการสำรวจด้วยวิธีทางธรณีฟิสิกส์ ด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบสะท้อนและแบบหักเห และ วัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (ข้อตกลงพื้นฐาน และ รูปแบบของการสำรวจ อธิบายไว้ใน เพียงตา และคณ 2544) เพื่อให้ได้ข้อมูลการวางแผนตัวของเกลือหินรูปโฉม แบบ 3 มิติ (6) วิเคราะห์ และแปลความข้อมูลที่ศึกษา ในข้อ 5 พร้อมเบรียบที่ยับผลการแปลความข้อมูลหลุ่ม เจาะทดสอบที่ได้เจาะขึ้นภายหลัง และ (7) ศึกษาข้อมูล ที่ได้รับ ได้แก่ แผนที่ธรณีที่มาราส่วน 1:1,000,000

ปี 2542 แผนที่แสดงขอบเขตของแผ่นโกลปัจจุบัน ข้อมูลลำดับการตอกตะกอนของหมวดทินไม่มหาสารคาม ข้อมูลการหาอายุของหมวดทินไม่มหาสารคาม และหมวด ทินชั้นเดียวโดย Racey et al. (1996) และข้อมูล ปฐมภูมิที่ได้จากการสำรวจและแปลความใต้ผิวดิน และ การศึกษาเพิ่มเติมในภาคสนาม เพื่อหาคำอธิบายภาพ ธรณีวิทยาไฟคัล (regional geology) ของวิวัฒนาการ ของเกลือหินใต้ผิวดินจากอดีตถึงปัจจุบัน

ผลการศึกษา

1. ผลการศึกษาขอบเขตของพื้นที่ที่มีเกลือหินใต้ผิวดิน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพตัดขวางของคลื่น สั่นสะเทือนแบบสะท้อนในบริเวณแอ่งโครงสร้างและแอ่ง สกلنค์ จำนวน 59 แนวสำรวจ พบโครงสร้างแบบโฉม เกลือ กระจายทั่วทั้งสองแอ่ง โดยในแอ่งโครงสร้างการ กระจายของโฉมเกลือมากกว่าบริเวณแอ่งสกلنค์ ขนาดความกว้างที่ปรากฏในภาพตัดขวางแตกต่างกัน ตั้งแต่ 100 เมตรถึงหลักกิโลเมตร และการปูดของโฉม เกลือมีทั้งแบบรูปเดี่ยวที่อยู่ห่างๆ กัน และแบบเป็น กระฉูดติดๆ กัน และพบลักษณะการวางแผนตัวฐานล่างของ หมวดทินไม่มหาสารคาม (รูปที่ 2) ขอบเขตของพื้นที่ที่มี เกลือหินอยู่ใต้ผิวดินในบริเวณแอ่งโครงสร้างประมาณ 25,621 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 34 ของพื้นที่แอ่ง ที่เป็นที่รับ ซึ่งมีพื้นที่อยู่จากที่มีการประเมินใน รายงานผ่ายเศรษฐกิจและ กรมทรัพยากรธรณี ที่ประเมิน ได้ 33,000 ตารางกิโลเมตร และในบริเวณแอ่งสกلنค์ มีขอบเขตของพื้นที่ที่มีเกลือหินอยู่ใต้ผิวดินประมาณ 20,323 ตารางกิโลเมตร ประเมินได้พื้นที่มากกว่าที่มี การประเมินไว้ในรายงานผ่ายเศรษฐกิจและ กรม ทรัพยากรธรณี ที่ประเมินได้ 17,000 ตารางกิโลเมตร (ปกรณ์, 2538) ความลึกมากสุดของฐานล่างหมวดทิน มหาสารคามประมาณ 1.3 กิโลเมตร อยู่ในบริเวณแอ่ง โครงสร้าง ในพื้นที่ของจังหวัดมหาสารคาม (รูปที่ 2) และ ฐานล่างหมวดทินไม่มหาสารคามบริเวณแอ่งสกلنค์ พบรดีนกว่าแอ่งโครงสร้าง (รูปที่ 2)

2. ผลการจัดลำดับของจังหวัดที่มีเกลือพิชน์ใต้ผิวดิน

ผลการศึกษาของเขตของโรงราชและ
แองสกอนครที่มีเกลือหินใต้ผิวดิน แสดงในรูปที่ 2 และ
3 โดยแบ่งเป็นพื้นที่ของจังหวัดแต่ละจังหวัดในภาค
ตะวันออกเฉียงเหนือที่มีเกลือหินอยู่ใต้ผิวดินแสดงใน
ตารางที่ 1 จังหวัดไม่มีเกลือหินรองรับใต้ผิวดินได้แก่ จัง
หวัดหนองบัวลำภู มุกดาหาร และ เลย ส่วนจังหวัดที่มี
เกลือหินใต้ผิวดินรองรับมากที่สุด คือ จังหวัดหนองคาย
ซึ่งมีร้อยละ 86 ของพื้นที่จังหวัด รองลงมาคือจังหวัด
มหาสารคาม ซึ่งมีร้อยละ 85 ของพื้นที่จังหวัด จากรูป
ที่ 2 แสดงให้เห็นว่า การที่พื้นที่ของจังหวัดที่มีเกลือหิน
อยู่ใต้ผิวดิน ในลักษณะของภูมิประเทศแตกต่างกัน การ
ปรับปรุง แก้ไขเกี่ยวกับปัญหาเรื่องดินเค็ม-น้ำเค็ม ย่อม
แตกต่าง เช่น บริเวณพื้นที่ขอบแองท์ที่เป็นบริเวณที่
ลาดชันการปรับปรุงแก้ไขปัญหาดินเค็มย่อมทำได้ยาก
การแก้ปัญหาดินเค็ม-น้ำเค็มในพื้นที่ขอบแองและเสียค่าใช้
จ่ายน้อยกว่าบริเวณพื้นที่กลางแองและเป็นที่ลุ่ม แต่พื้นที่
ขอบแอง (รูปที่ 2) มีโอกาสที่จะประสบปัญหาเกี่ยวกับ
การทรุดและยุบตัวของแองดิน อันเป็นภัยพิบัติที่มี
โอกาสเกิดขึ้นได้ในพื้นที่ที่มีเกลือหินใต้ผิวดิน บริเวณ
พื้นที่ที่ไม่มีเกลือหินรองรับใต้ผิวดิน แต่มีสภาพดินเค็ม-
น้ำเค็ม ปราศจากที่ผิวดิน จะสามารถทำการปรับปรุงแก้ไข
ได้ยากที่สุด ความยากง่ายของการปรับปรุงแก้ไข ปัญหา
ดินเค็ม-น้ำเค็ม สรุปในตารางที่ 1

3. ผลการศึกษาเพื่อหาต้นแบบวิธีการศึกษาเพื่อให้ได้รูปร่างของโดมเกลือໃต้ผ้าดินแบบ 3 มิติ

การศึกษาเพื่อหารูปทรง 3 มิติของโดมเกลือในพื้นที่กรนท์ศึกษาบ้านโนนแสบง บ้านบ่อแดง และพื้นที่โกลเดียง ที่ได้จากข้อมูลการสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเหและแบบสะท้อน และการสำรวจด้วยความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ที่เป็นการสำรวจแบบบูรณาการ (integrated geophysical surveys) (รูปที่ 3) พบแกนการปูดของโดมเกลือ 2 แนว แสดงถึงทิศทางของแรงที่มากระทำไม่คงที่ สภาพผิวน้ำดินบริเวณที่มีโดมเกลือพบเป็นบริเวณที่รากลุ่ม (รูปที่ 4) มีลักษณะตัดผ่านสภาพของแนวของล้ำห้วย หรือร่องน้ำไม่สัมพันธ์กับรูปทรงของโดมเกลือที่อยู่ใต้ผิวดิน

4. วิวัฒนาการของเกลือหินในหมวดหินมหานคร

ลำดับการสะสมตัวหรือวิวัฒนาการของหมวดทินมหาสารคาม เริ่มจากการชนกันของแผ่นโลกพม่า ตะวันตกกับแผ่นโลกланไทยที่ได้เชื่อมกับแผ่นโลกอินโดจีนา ในช่วงยุคครีเตเชียสตอนปลาย ประมาณ 113 ล้านปี ผลของแรงอัดจากการชน ทำให้เกิดการยกตัวสูงขึ้นของเทือกเขาเลย-เพชรบูรณ์บริเวณขอบแผ่นโลกланไทยและแผ่นโลกอินโดจีนา ผลจากน้ำหนักกดของเทือกเขาร้าทำให้เกิดเป็นแง่งในบริเวณที่ไม่มีน้ำหนักกด ต่อมามีการรุกรุกของน้ำทะเลข้ามายังแง่งที่อยู่ในแผ่นดิน เกิดการตัดสะสมของเกลือทินโพแทซ และทินดินเหนียว ของหมวดทินมหาสารคาม ลำดับการตัดกอนของหมวดทินมหาสารคามมี 3 ช่วง เป็นการจบสิ้นลำดับการตัดกอนของหมวดทินมหาสารคาม จากนั้นสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไป แองท์ที่เคยมีน้ำทะเลตื้นเขิน ถูกปิดด้วยตะกอนที่พัดพามากับลมเป็นส่วนใหญ่ ขนาดของตะกอนมีขนาดใหญ่ขึ้นจากตะกอนขนาดทราย แบ่งเป็นตะกอนขนาดทรายละเอียดถึงหยาบ ตัดสะสมอยู่ภายใต้ในแองและมีการเชื่อมประสานเป็นทินแข็ง ปิดทับชั้นเกลือทิน ทินที่ปิดทับชั้นเกลือทิน คือ หมวดทินภูทอก ซึ่งหมวดทินภูทอกหยุดการตัดสะสมเมื่อเกิดการชนกันของแผ่นโลกอินเดียและแผ่นโลกยูเรเซียที่ทำให้เกิดเทือกเขาหิมาลัย เมื่อประมาณ 60-65 ล้านปี หมวดทินมหาสารคามและหมวดทินภูทอกรวมทั้ง

หมวดหินที่รองรับอยู่ส่วนล่างทั้งหมดถูกแรงกระทำ
เกิดการคดโก้ง ในส่วนของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียง
เหนือปัจจุบัน

จากผลของการคดโก้งทำให้แยกแยะเกลือ
ออกเป็น 2 องค์รูปกระหงายคือแองโกราชและแอง
สกอลนคร โครงสร้างรูปกระหงายคือเทือกเขาภูพาน
(รูปที่ 1) แต่เนื่องจากชั้นเกลือหินเป็นชั้นหินที่ง่ายต่อ
การเปลี่ยนแปลงลักษณะ (deformation) เพราะมี
ลักษณะเป็นแบบพลาสติก ดังนั้นในขณะที่เกิดการ
คดโก้งเป็นรูปกระหงายของเทือกเขาภูพาน และ
รูปกระหงายของแองโกราชและแองสกอลนคร ชั้น
เกลือหินบริเวณเทือกเขาภูพานได้เคลื่อนไหลงตาม
ความลาดของการคดโก้งมาอยู่ล่างลง และปูดขึ้นเป็น
รูปโฉมเกลือ (ดังภาพตัวอย่างในรูปที่ 3 หรือ รูปที่ 4)
การปูดเกิดจากแรงที่ทำให้เกิดการคดโก้งทั้งภูมิภาค
จากผลของการปูดของเกลือหิน ทำให้ความลึกของเกลือ
หินในแองโกราชและแองสกอลนครพบในลักษณะที่
ไม่แน่นอน ไม่สามารถทำนายหรืออัดการศึกษาแบบ
เทียบความสัมพันธ์ (correlation) ได้ รูปร่างของโฉม
เกลือมีรูปร่างไม่แน่นอน (รูปที่ 4) ชั้นเกลือหินภายใน
แองโกราชและแองสกอลนครจึงไม่ได้มีการวางแผนในแนว
ราบอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับการตอกสะสมในครั้งแรก
เกลือหินในพื้นที่ของแองโกราชและแองสกอลนครจึง
พบได้ในระดับตื้นและลึกแตกต่างกันไป ส่งผลให้พื้นที่
บางพื้นที่ภายในแองโกราชและแองสกอลครามีสภาพ
เป็นดินเค็ม กระจัดกระจายไป และปัจจุบันยังไม่สามารถ
ทำนายรูปแบบการกระจายของดินเค็มที่สามารถ
ตรวจสอบ (verify) ได้อย่างเหมาะสม แม่นยำ

อภิปรายผลและเสนอแนะ

1. การศึกษาใต้ผิวดินเพื่อทำการวางแผนตัวของเกลือหิน ใต้ผิวดิน

เนื่องสภาพของเกลือหินใต้ผิวดินในพื้นที่แอง
โกราชและแองสกอลครามวางแผนแบบชั้นหินชั้นระดับ
ปูดเป็นรูปโฉม (รูปที่ 3) หรือขาดหายไปไม่ต่อเนื่อง

ดังนั้นในการสำรวจใต้ผิวดินเพื่อทำการวางแผนตัว หากทำใช้
วิธีเทียบความสัมพันธ์ (correlation) เพื่อคาดคะเนความ
ลึก และการวางแผนตัวของเกลือหินใต้ผิวดิน เช่นเดียวกับ
หมวดหินอื่นๆ ที่อยู่ใต้หมวดหินมหานครตาม นั้น
ไม่สามารถทำให้ได้ภาพที่ถูกต้อง และคำอธิบายที่กล่าว
มาได้ด้วยข้อสงสัยที่ว่า “ทำให้ภาพตัดขวางแสดง
การวางแผนตัวของเกลือหินใต้ผิวดิน ที่สร้างโดยอาศัยการ
เทียบความสัมพันธ์ (correlation) ด้วยข้อมูลทั่ว
ๆ หรือเมื่อมีการเจาะหลุมทดสอบ (verify)
พบว่าผลการแปลความไม่สอดคล้องตามความลึกที่
คาดคะเนไว้” ดังนั้นหากต้องการความถูกต้องแม่นยำ
ในการคาดคะเนและวางแผนตัวของเกลือหินใต้ผิวดิน
ควรประยุกต์ใช้การสำรวจด้วยวิธีทางธรณีฟิสิกส์ เพื่อให้
ได้ภาพ 3 มิติ ดังตัวอย่างในรูปที่ 4 ซึ่งการสำรวจธรณี
ฟิสิกส์เป็นวิธีที่สามารถทำได้รวดเร็วและที่สำคัญคือ
ประหยัดค่าใช้จ่ายค่อนข้างมาก

2. การเปิดเผยข้อมูลและใช้ข้อมูลร่วมกัน

การศึกษาของคณะกรรมการผู้วิจัย พนอุปสรุคเกี่ยวกับ
การสำรวจและขอศึกษาข้อมูลเก่าค่อนข้างมาก อีกทั้ง
ข้อมูลการศึกษาธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ค่อนข้างจำกัดกระจาย เพาะมีการศึกษาจากหลาย
หน่วยงาน ซึ่งการศึกษาจากหลาย หน่วยงานนับว่าเป็น
สิ่งที่ดี แต่ปรากฏว่าเป็นการศึกษาแบบข้ามอน แล้วมี
กันไม่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกัน ดังนั้น
ในอนาคตควรมีศูนย์รวมรวมข้อมูลการศึกษาธรณีวิทยา
ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือหรือของประเทศไทย เพื่อให้
ผู้ที่สนใจได้เข้าไปทำการศึกษาข้อมูลเก่าที่ไม่มีการทำการ
สำรวจมาแล้ว ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลของนักวิจัย ข้อมูลของ
องค์กรอิสระ ข้อมูลของบริษัทสำรวจแหล่งแร่หรือ
ปิโตรเลียมที่ได้ยกเลิกพื้นที่สัมปทานหรือกิจการไปแล้ว
หรือข้อมูลของหน่วยงานราชการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ทั้ง
นี้เพื่อจะได้ให้ผู้ที่สนใจได้ศึกษา วิเคราะห์ แบบต่อยอด
ไม่ใช่มาเริ่มทำการสำรวจเพื่อให้ได้ข้อมูลใต้ผิวดินช้าเดิม
ในพื้นที่เดิมๆ อยู่เรื่อยไปดังเช่นปัจจุบัน

ស៊រុប

การศึกษาขอบเขต และวิัฒนาการของเกลือ
หินในหมวดหินมหาสารคาม จากการแปลความข้อมูล
คลื่นสั่นสะเทือนแบบสะท้อนในการสำรวจปีต่อเลี่ยม
จำนวน 59 แนวสำรวจของแข็งโครงชาและแข็งสกلنดร
ศึกษาข้อมูลหลุมเจาะสำรวจเที่ยบเคียงกับแนวสำรวจ
คลื่นสั่นสะเทือน ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับอายุของหมวดหิน
จากการศึกษาที่ได้มีการศึกษามาแล้ว และทำการ
สำรวจเพื่อหาฐานรากแบบ 3 มิติ ด้วยการวัดคลื่นสั่น
สะเทือนแบบหักเหและแบบสะท้อนและวัดความด้าน
ท่านไฟฟ้าจำเพาะในพื้นที่กรณีศึกษาบ้านโนนแสงบ
บ้านบ่อแดงและพื้นที่ใกล้เคียง อำเภอบ้านม่วง จังหวัด
สกลนคร พบร้า

(2) จังหวัดที่มี เกลือทินใต้ผิวดินเรียงจาก
มากไปหาน้อยมีลำดับดังต่อไปนี้ มหาสารคาม (86%)
หนองคาย (85%) นครพนม (79%) ร้อยเอ็ด (66%)
สกลนคร (58%) ยโสธร (53%) อุดรธานี (38%)
นครราชสีมา (28%) ขอนแก่น (27%) อำนาจเจริญ
(19%) ชัยภูมิ (9%) กาฬสินธุ์ (9%) บุรีรัมย์ (7%)
สุรินทร์ (6%) อุบลราชธานี (6%) และ ศรีสะเกษ (4%)
ส่วนจังหวัดที่ไม่มีพื้นที่ที่มีเกลือทินอยู่ใต้ผิวดินได้แก่
จังหวัดหนองบัวลำภู มุกดาหาร และเลย จังหวัดที่อยู่
ตามขอบแง่งโคราชและแง่งสกลนคร การแก้ปัญหาดิน
เค็ม-น้ำเค็ม จะสามารถทำได้ยากกว่าจังหวัดที่มีพื้นที่อยู่
กลางแจ้ง

(3) การสำรวจหารูป่าวของโถมเกลือแบบ 3 มิติ ควรใช้วิธีวัดคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเห และ/หรือแบบสะท้อน และ/หรือ การวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ หรือใช้ร่วมกัน การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะทำได้รวดเร็วกว่าการสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือน

(4) วิวัฒนาการของหมวดที่นิมามาสารความเริ่มจากผลของการชนกันของแผ่นส่องแพร่ประมาณ 113 ล้านปีมาแล้ว ผลจากการชนกันเกิดการคดโค้งเป็นแอง และมีการรุกรุกของน้ำทะเลเข้ามายังแอง พร้อมกับการตัดสะสมของชั้นเกลือทิน โพแทช และทินดินเหนียวจากน้ำสีขาวแผลดล้มเปลี่ยนไป แองเกิดการตื้นขึ้นและถูกปิดด้วยตะกอนที่ส่วนใหญ่พัฒนาแก้บล็อก เป็นส่วนใหญ่ ตะกอนที่ถูกปิดทับต่อมามีการซึมประทานเป็นทินแข็ง จากนั้นเมื่อมีการชนกันของแผ่นโลกในช่วงประมาณ 60-65 ล้านปี แองถูกแรงกระทำทำให้เกิดการคดโค้ง พื้นที่ในส่วนที่เป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือปัจจุบัน เกิดการคดโค้งขึ้นและโค้งลงแยกพื้นที่ของแอง โคงลงหรือรูประทัศทาง 2 แอง ตือแอง โคราชและแองสกอนคร และรูประทัศทางค่ำคือเทือกเขาภูพาน ชั้นเกลือทิน เมื่อถูกแรงกระทำมีการคดโค้ง และการปูดเป็นรูปโถมสูงๆ ต่ำๆ กระจายตัวอยู่ภายนอก แอง ส่วนใหญ่กระจุกตัวอยู่กลางแอง หมวดที่นิมามาสารความที่เคยครอบคลุมเทือกเขาภูพานผุกร่อนออกไป แต่มวลเกลือทินบริเวณเทือกเขาภูพานส่วนใหญ่เคลื่อนไหลงมาอยู่กลางแองในช่วงที่เกิดขบวนการคดโค้ง ผลจากการปูดของเกลือทินจากการถูกแรงกระทำทำให้เกิดการคดโค้งทั่วทั้งภูมิภาคทำให้พบความลึกของเกลือทินได้ผิดติดในบริเวณแอง โคราชและแองสกอนครไม่แน่นอนไม่สามารถใช้การศึกษาโดยการเทียบความสัมพันธ์ (correlation) ดังเช่นหมวดที่นิมามาสารความ

(5) แผนที่ธุรกิจวิทยาของกรมทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ฉบับปัจจุบัน มาตราส่วน 1:1,000,000 ครอบคลุมขอบเขตของหมวดหมู่ที่นิมน้ำท่าอากาศใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลใหม่ที่สามารถบ่งบอกขอบเขตของหมวดหมู่น้ำท่าอากาศ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัย
จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีงบประมาณ พ.ศ. 2546
และ 2547 เรื่อง โครงสร้างและวิถีพนธุกรรมของหมาด
ที่นิมหาราชาน และโครงการวิจัยเรื่อง การประยุกต์

สำรวจธรณีฟิลิกส์เพื่อศึกษาธรณีวิทยาใต้ผิวดินและการประเมินเพื่อคาดการณ์ภัยพิบัติทางธรรนชาติที่จะเกิดจากการยุบตัวของโครงสร้างเกลือใต้ผิวดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่อยู่ในชุดโครงสร้างวิจัยเรื่อง การจัดการทรัพยากรถลือ ดินเค็ม น้ำเค็ม ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คณะผู้ศึกษาขอบเขตพะคุณ ผู้อำนวยการกองเชื้อเพลิงธรรมชาติ กรมทรัพยากร กระทรวงอุตสาหกรรม (เดิม) ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการสำรวจวัดคลื่นสั่นสะเทือนแบบสะท้อนในพื้นที่ที่ยกเลิกสัมปทานไปแล้วบางส่วน ขอบเขตพะคุณ คุณนเรศ สัตยารักษ์ ที่ให้คำแนะนำ และข้อคิด เกี่ยวกับสภาพธรณีวิทยาของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรณี. 2542. แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตราส่วน 1:1,000,000. กรุงเทพ: กรมทรัพยากรธรณี.

นเรศ สัตยารักษ์ และทรงภา พลจันทร์. 2540. เกลือหินใต้ที่ราบสูงโคราช. เอกสารการประชุมทางวิชาการประจำปี. กรมทรัพยากรธรณี. หน้า 1-13.

ปรณัณ สุวนิช. 2538. ความเป็นไปได้ในการผลิตแร่โปแทชในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ใน เอกสารประกอบการประชุมการพัฒนาเทคโนโลยีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ขอนแก่น: คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย ขอนแก่น. 253-287.

เพียงตา สาตรักษ์, สุทาทัด ทองมี, พุนจิตร ไชยทองศรี และ ชัญชนา คำชา. 2544. การประยุกต์วิธีการสำรวจทางธรณีฟิลิกส์เพื่อศึกษาหาความลึกของโครงสร้างเกลือและชั้นเกลือหินในบริเวณบ้านโนนแสงงา อำเภอบ้านม่วง จังหวัดสกลนคร. วารสารวิจัย มหา. (1): 63-74.

เพียงตา สาตรักษ์, วินิจ ยังมี, สุรชัย สมพุดุง, และรุ่งเรือง เลิศศิริวงศ์. 2547. รายงานการวิจัยเรื่อง การประยุกต์สำรวจธรณีฟิลิกส์เพื่อศึกษาธรณีวิทยาใต้ผิวดินและการประเมินเพื่อคาดการณ์ภัยพิบัติทางธรรนชาติที่จะเกิดจากการยุบตัวของโครงสร้างเกลือใต้ผิวดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ขอนแก่น: ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

คุณย์วิจัยน้ำบาดาล มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2543. รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 5 การศึกษา Hydrogeological model เพื่อคาดคะเนการกระจายดินเค็มในระยะยาว โครงการโขงชี นูล. ขอนแก่น: ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วินิจ ยังมี, เพียงตา สาตรักษ์, สุรชัย สมพุดุง, ณัฐวุฒิ มีสวัสดิ์ และ วัชรากรณ์ ทองแม่น. 2546. รายงานการวิจัยเรื่อง โครงสร้างและวิัฒนาการของหมวดหินมหาสารคาม: ผลจากการศึกษาด้วยคลื่นสั่นสะเทือนและวิธีวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ขอนแก่น: ภาควิชาเทคโนโลยี ธรณี คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย ขอนแก่น.

สมเกียรติ จันทร์มห้า. 2530. หน้าตาโตามเกลือใต้ที่ราบสูงโคราช: เอกสารการประชุมทางวิชาการ. กรมทรัพยากรธรณี. หน้า 301-317.

Racey, A. Love, M. A., Canham, A. C., Goodall, J. G. S., Polachan, A. and Jones, P. D. 1996. Stratigraphy and reservoir potential of the Mesozoic Khorat Group, Northeastern Thailand, Part I: Stratigraphy and sedimentary evolution. *Journal of Petroleum Geology*. 19: 5-40.

Salt Institute homepage. Cited 16 September 2004.

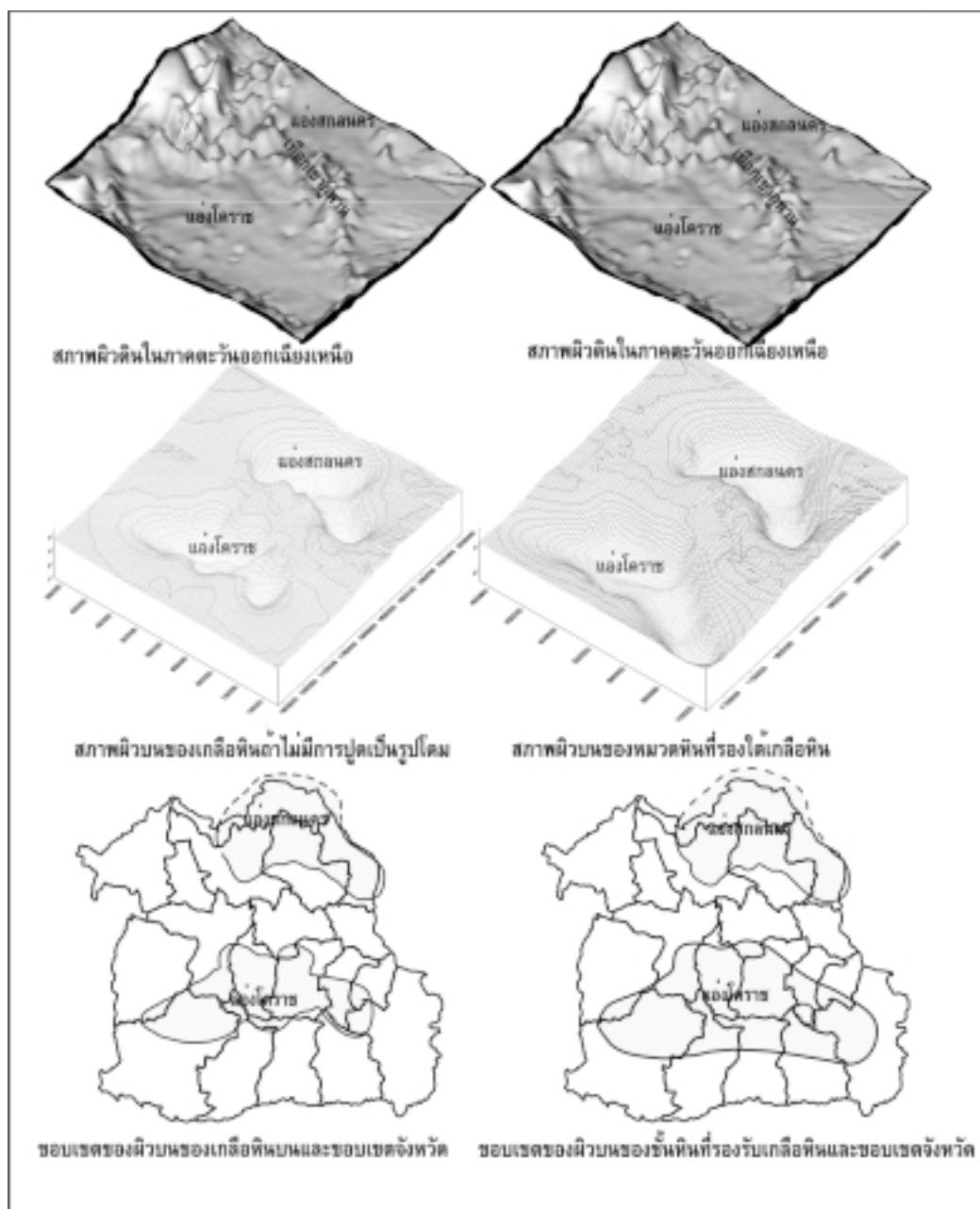
Available from URL:<http://www.saltinstitute.org>.

ตารางที่ 1 พื้นที่จังหวัดที่มีเกลือหินอยู่ใต้ผิวดิน มีการผลิตเกลือสินເเจ້ວ และสภาพปัญหาดินเค็ม-น้ำเค็ม

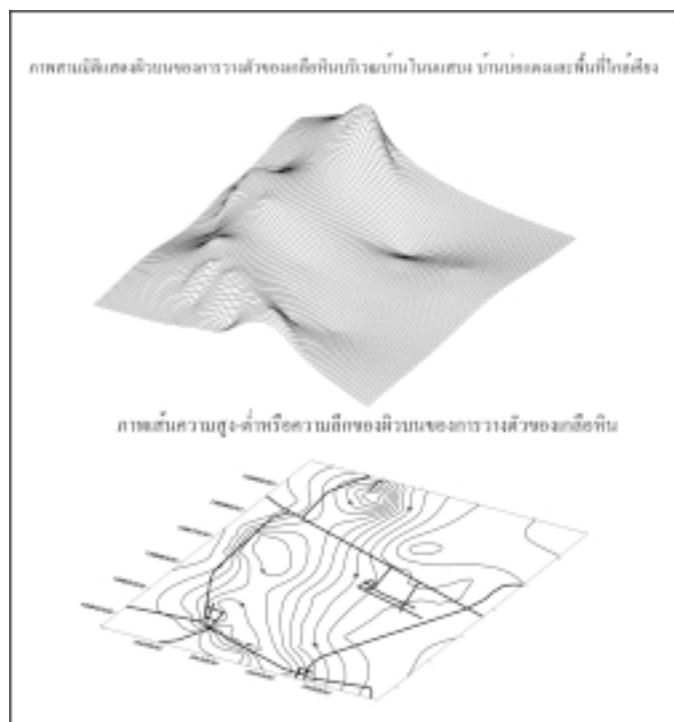
จังหวัด	พื้นที่จังหวัด ตร.กม.	พื้นที่เกลือหินใต้ผิวดิน ตร.กม. (ร้อยละ)	การผลิตเกลือ แบบนาตาข	สภาพปัญหาดินเค็ม- น้ำเค็ม
1 หนองคาย	7,222	6,201(86)	มี	แก้ไขได้ยากมาก
2 มหาสารคาม	5,602	4,771(85)	มี	แก้ไขได้ยากมาก
3 นครพนม	5,449	4,312(79)	มี	แก้ไขได้ยากมาก
4 ร้อยเอ็ด	7,802	5,157(66)	มี	แก้ไขได้ยากมาก
5 สกลนคร	9,525	5,563(58)	มี	แก้ไขได้ยากมาก
6 ยโสธร	4,092	2,175(53)	ไม่มี	แก้ไขได้ยากมาก
7 อุดรธานี	11,063	4,247(38)	มี	แก้ไขได้ยากมาก
8 นครราชสีมา	20,720	5,711(28)	มี	แก้ไขได้ยาก
9 ขอนแก่น	10,609	2,894(27)	ไม่มี	แก้ไขได้ยาก
10 อำนาจเจริญ	3,240	609(19)	ไม่มี	แก้ไขได้ยาก
11 ชัยภูมิ	12,690	1,200(9)	ไม่มี	แก้ไขได้ง่าย
12 กาฬสินธุ์	6,897	596(9)	ไม่มี	แก้ไขได้ง่าย
13 บุรีรัมย์	10,075	750(7)	ไม่มี	แก้ไขได้ง่าย
14 สุรินทร์	8,804	511(6)	ไม่มี	แก้ไขได้ง่าย
15 อุบลราชธานี	15,478	871(6)	ไม่มี	แก้ไขได้ง่าย
16 ศรีสะเกษ	88,640	3,762(4)	ไม่มี	แก้ไขได้ง่าย
17 เลย	10,588	0 (0)	ไม่มี	มีปัญหาน้ำอยมาก แก้ไขได้ง่าย
18 มุกดาหาร	4,161	0 (0)	ไม่มี	มีปัญหาน้ำอยมาก แก้ไขได้ง่าย
19 หนองบัวลำภู	4,135	0 (0)	ไม่มี	มีปัญหาน้ำอยมาก แก้ไขได้ง่าย
รวมพื้นที่	167,020	45,944 (28)	-	-



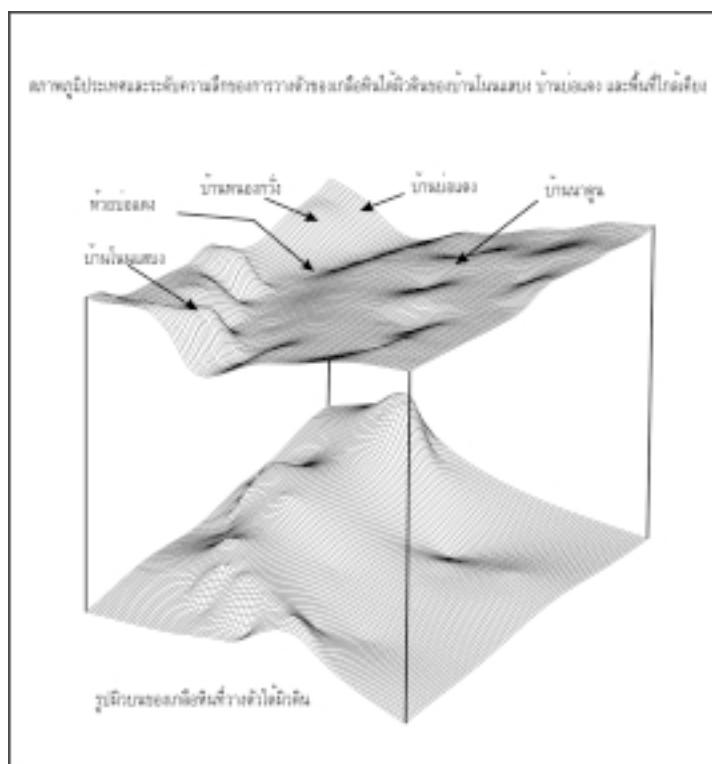
รูปที่ 1 แผนที่แสดงตำแหน่งของแนวล้ำค่าสันส์สะเทือนที่ใช้ในการวิเคราะห์การวางตัวของเกลือหิน และขอบเขต
ของพื้นที่ลังหัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



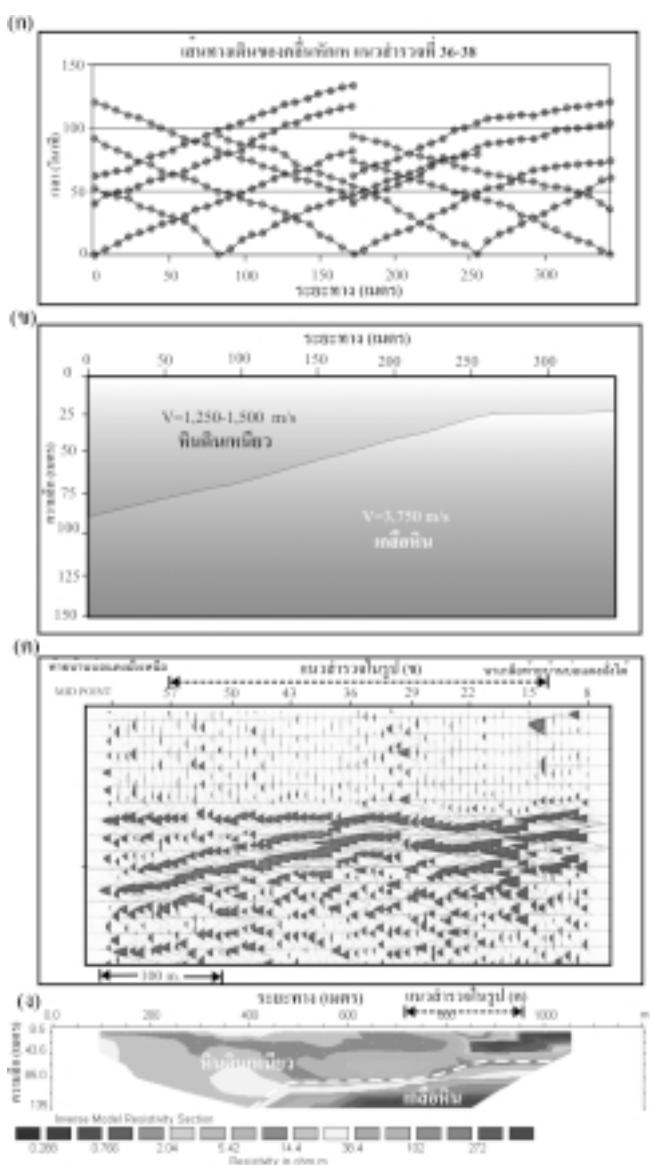
รูปที่ 2 ภาพบนแสดงภาพ 3 มิติของความสูงต่ำของภูมิประเทศในพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาพกลาง ช้ายมีแสดงความลึกของผิวนของเกลือทิน ภาพกลางช้ายมีแสดงฐานล่างของหมวดทินมหาสารคามหรือ ผิวนของชั้นหินที่ร่องรับหินและหินที่หินและขอบเขตจังหวัด ภาพล่างช้ายมีแสดงฐานล่างของหมวดทินมหาสารคามในบริเวณแองโกราช และแองสกอลนคร ที่ได้จากการแปล ความหมายคลื่นลับสะเทือนแบบสะท้อน ภาพล่างช้ายมีแสดงขอบเขตพื้นที่ของจังหวัดและขอบเขต ผิวนของเกลือทินซึ่งเฉดสีเทิน ภาพล่างช้ายมีแสดงขอบเขตพื้นที่จังหวัดและขอบเขตของฐานล่างเกลือทิน หมายเหตุ: บริเวณขอบของแองสกอลนครที่เกินเข้าไปในพื้นที่ประเทศลาว คณะผู้วิจัยไม่มีข้อมูลในส่วนนี้ ดังนั้นขอบเขตของแองสกอลนครในส่วนที่อยู่ในประเทศลาวอาจจะไม่ถูกต้อง



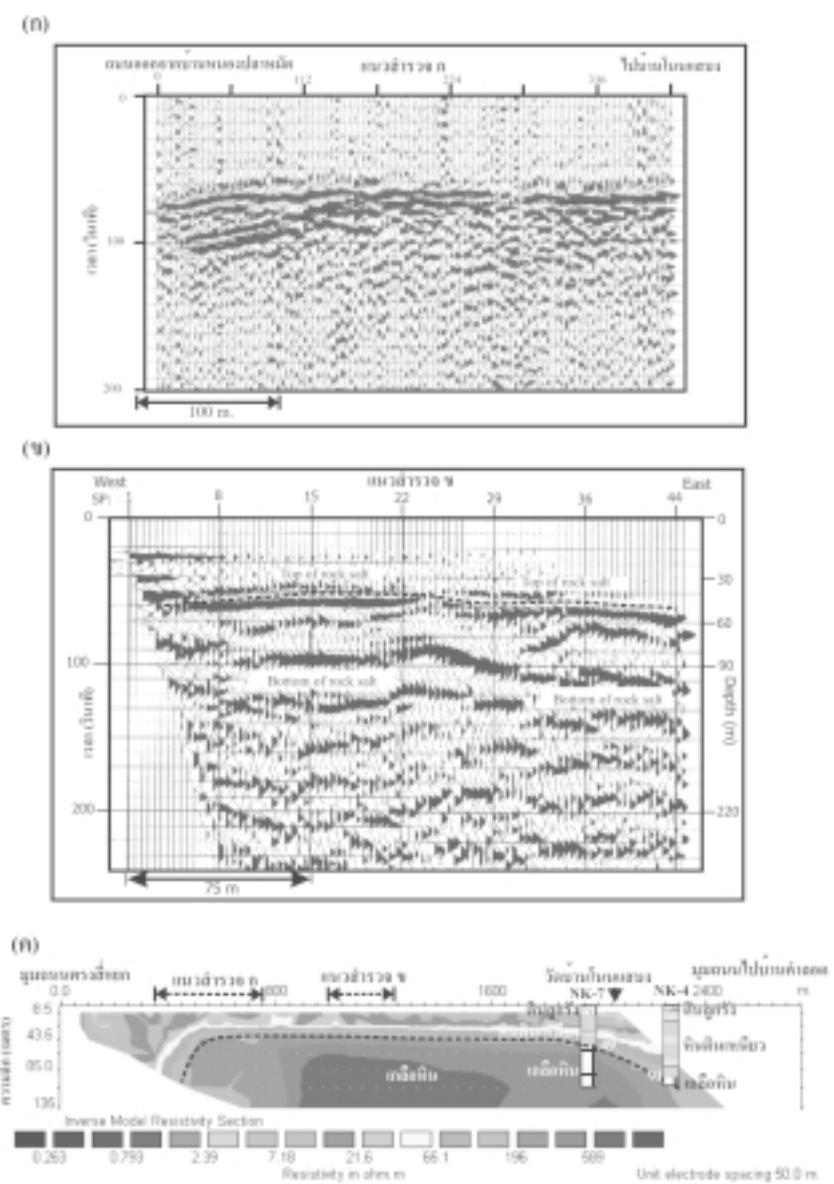
รูปที่ 3 แผนที่แสดงความลึกของผิวนของภาระตัวของเกลือหินใต้ผิวดินในพื้นที่บ้านโนนแสง บ้านบ่อแดง และพื้นที่ใกล้เคียง และภาพ 3 มิติ ที่สร้างจากเส้นความลึกของผิวนของเกลือหินใต้ผิวดิน



รูปที่ 4 ภาพ 3 มิติ แสดงลักษณะภูมิประเทศและรูปร่างของโดมเกลือใต้ผิวดินบริเวณพื้นที่บ้านโนนแสงและบ้านบ่อแดง



รูปที่ 5 ภาพเปรียบเทียบผลการสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเหและแบบสะท้อน และการสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะที่สำรวจแนวเดียวกัน (ก) ผลการสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเห (ข) ผลการแปลความหมายใต้ผิวดินจากข้อมูลในภาพ ก (ค) ผลการสำรวจแบบสะท้อนที่แสดงด้วย common offset gather ที่ระยะ 60 เมตร (ง) ผลการสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ



รุปที่ 6 ภาพผลการสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนสะท้อน การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ และข้อมูลหมุนเวียนสำรวจ (ก) ผลการสำรวจแบบสะท้อนที่แสดงด้วย common offset gather ที่ระยะ 60 เมตร (ข) ผลการสำรวจแบบสะท้อนแสดงด้วย stack section ที่มีจุดสะท้อนร่วม 12 ครั้ง เมตร (ค) ผลการสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ