



การปรับปรุงแผนที่ธรณีวิทยาหมวดหินภูทอกที่ได้จากหลุมเจาะสำรวจเกลือหินและโพแทชจากลักษณะภูมิประเทศและจากหินโผล่บนที่ราบสูงโคราช

Geological Map of Phutok Formation Improvement explored from Potash and Rock Salt drilled holes, topography and outcrops on the Khorat Plateau

ปกรณ สุวานิช¹*

Parkorn Suwanich¹*

¹รองศาสตราจารย์ ดร.คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

* correspondent author: enpsn@mahidol.ac.th

Received July 19,2011

Accepted January 21,2012

บทคัดย่อ

หมวดหินภูทอกเป็นหมวดหินที่สำคัญหมวดหนึ่งบนที่ราบสูงโคราชที่ปิดทับอยู่บนชั้นเกลือหินของหมวดหินมหาสารคามเนื่องจากเป็นหินชั้นที่แผ่กระจายกว้างขวางบนผิวนานสุดของที่ราบสูงโคราชแต่ก็มักจะถูกปกปิดด้วยดินที่พุ่มพืชบนผิวนานทำให้ยากที่จะมองเห็น อีกทั้งที่แอ่งบนที่ราบสูงโคราชส่วนใหญ่มีลักษณะค่อนข้างราบ จะมีเนินสลับบ้างแต่เป็นเนินที่ไม่สูงนัก อย่างไรก็ตามได้แอ่งบนที่ราบสูงโคราชพบว่ามีการสร้างทางธรณีวิทยาที่สลับซับซ้อนของหมวดหินภูทอกและหมวดหินมหาสารคามที่เกิดอยู่ใต้ชั้นดินชั้นบนซึ่งเป็นอุปสรรคในการหาตำแหน่งและการกระจายตัวของหมวดหินทั้งสองเพื่อลงในแผนที่ธรณีวิทยา ดังนั้นการใช้ข้อมูลจากหลุมเจาะจึงเป็นข้อมูลอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถหาตำแหน่งและการแผ่กระจายของหมวดหินภูทอกได้ชัดเจนยิ่งขึ้น อีกทั้งเมื่อประกอบกับข้อมูลหินโผล่ (Outcrops) ที่พบเป็นบางบริเวณและภูเขาที่โผล่อย่างชัดเจนแถบจังหวัดบึงกาฬและนครพนมอันได้แก่ภูทอก ภูสิงห์ ภูวาว ภูลังกา ฯลฯ ก็จะสามารถลงขอบเขตและการแผ่กระจายของหมวดหินนี้ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ผลการศึกษาพบว่าการแผ่กระจายของหมวดหินภูทอกที่สามารถลงตำแหน่งในแผนที่ธรณีวิทยาได้มีมากกว่าแผนที่ธรณีวิทยา 1 ต่อ 1,000,000 (พ.ศ. 2542) ของกรมทรัพยากรธรณีเป็นจำนวนมาก ในขณะที่เดียวกันพื้นที่ที่เป็นหมวดหินมหาสารคามก็ถูกจำกัดมากขึ้นโดยเฉพาะในบริเวณแอ่งอีสานใต้พื้นที่ที่มีหมวดหินมหาสารคามถูกจำกัดโดยขอบเขตของแม่น้ำมูลเท่านั้น ไม่ขยายลงไปอีก

ประโยชน์ในการปรับปรุงแผนที่ธรณีวิทยาหมวดหินภูทอกและหมวดหินมหาสารคามในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่งผลให้การศึกษาวิจัยเรื่องอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับหมวดหินเหล่านี้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้นอาทิ การศึกษาเรื่องโครงสร้างของโดมเกลือ แอ่งเกลือ ดินเค็ม แม้กระทั่งเรื่องน้ำบาดาลจืด น้ำบาดาลเค็มหรือน้ำบาดาลพุ เป็นต้น

Abstract

Phutok Formation is one of the most significant rock units in Khorat plateau. It is normally cover on the tremendous rock salt of Maha Sarakham Formation. Theoretically, the Phutok Formation should extend widely as a topmost layer of rock on the Khorat plateau. However, actually it is normally covered by weathered top soil. Moreover, the Khorat plateau is rather flatted with low and small undulating hill. However beneath the basin, there are complicated rock structures of both Phutok and Maha Sarakarm Formation under the top soil. This is the obstruction to locate where Phutok or Maha Sarakarm are on geologic map on the Khorat plateau. The data from drilled holes are details to tell about the location and extension of Phutok Formation more clearly. On the other hand, if these data are analyzed together with some outcrops and some mountain ranges on the basin such as Phutok, Phu Woa, Phu Sing, Phu Langka etc. in Bung Karn and Nakhon Phanom Province, the geological map on Khorat plateau will be more accurate. The result of the study is found that the extension of Phutok Formation rock unit is broader than in 1:1,000,000 (1999) geologic map of Department of Mineral Resource of Thailand. Meanwhile, the area of Maha Sarakham Formation is limited particularly at the southern basin of Khorat plateau; the extension of Maha Sarakham Formation is not southern beyond the Muun River.

Application for improving this geologic map of Phutok and Maha Sarakham Formation is useful for the next relating researches clearly, for example the study of salt domes, salt basins, saline soil as well as fresh and brine and artesian spring groundwater on the Khorat plateau.

คำสำคัญ : หมวดหินภูทอก หมวดหินมหาสารคาม ที่ราบสูงโคราช

Keywords : Phutok Formation, Maha Sarakham Formation, Khorat Plateau

บทนำ

หมวดหินภูทอกเดิมถูกจัดอยู่ในหมวดหินมหาสารคามและเรียกเป็น Upper Clastic Unit (1) ซึ่งเป็นหน่วยหินที่เกิดทับอยู่บนชั้นเกลือหินและโพแทช 1-3 ชั้น ต่อมาภายหลังประมาณปี 2522 นักธรณีวิทยากรมทรัพยากรธรณีได้แก่ จงพันธ์ จงรักยมณี นเรศ สัตยารักษ์ ปกรณ์ สุวานิช และอื่นๆ (1) ได้พยายามแยกชั้น Upper Clastic Unit ออกมาเป็นอีกหมวดหินหนึ่งเรียกชื่อว่าหมวดหินภูทอกเนื่องจากความสัมพันธ์ทางด้านสีลวธรณมาแตกต่างกันโดยสิ้นเชิงเพราะหมวดหินภูทอกส่วนใหญ่เป็นหินทราย หินทรายแป้งและหินดินดานในขณะที่หมวดหินมหาสารคามมีเกลือหิน 1-3 ชั้นและถูกคั่นด้วยหินดินเหนียวบางๆ 2 ชั้น (2,3) หมวดหินภูทอกนี้วางตัวเบบรอยชั้นไม่ต่อเนื่องระดับ (Disconformity) กับหมวดหินมหาสารคาม

หมวดหินทั้ง 2 ถือว่าเป็นหมวดหินที่สะสมอยู่เฉพาะในแอ่งโคราชและแอ่งสกลนครซึ่งเป็นแอ่งที่อยู่บนที่ราบสูงโคราชที่ถูกแบ่งแอ่งด้วยเทือกเขาภูพานและเนื่องจากแอ่งทั้งสองมีขนาดกว้างใหญ่และมีระดับความสูงต่ำของพื้นที่ไม่มากนักสามารถเห็นรอยต่อระหว่างหมวดหินทั้ง 2 ได้อย่างชัดเจน อีกทั้งหมวดหินมหาสารคามที่อยู่ในชั้นล่างส่วนใหญ่เป็นเกลือหินที่สามารถไหลทะลุขึ้นมาและทำให้หมวดหินภูทอกแตกออกและถูกทำลายในลักษณะการเกิดโดมเกลือ ดังนั้นบนพื้นผิวของที่ราบสูงโคราชที่เกิดเป็นแอ่ง 2 แอ่งคือแอ่งโคราชและแอ่งสกลนครจึงมีทั้งหมวดหินภูทอกและมหาสารคามเกิดซุกตัวอยู่ข้างใต้เปลือกดินและแยกออกจากกันได้ยากเพราะมีระดับที่ใกล้เคียงกันและมีชั้นดินทั้งหนาและบางปิดทับ บางบริเวณถูกปิดทับด้วยตะกอนน้ำพัดพายุคปัจจุบันหรือ Quaternary (Qa หรือ Qt)

ดังนั้นแผนที่ธรณีวิทยาของกรมทรัพยากรธรณี (รูปที่ 1) ซึ่งมักใช้การเดินสำรวจพื้นผิวเป็นหลักจึงไม่สามารถแยกหมวดหินทั้ง 2 ออกจากกันได้อย่างชัดเจน นอกจากตำแหน่งหินโผล่ที่พอมองเห็นเท่านั้น แต่ก็ไม่ได้ทำให้แยกกันออกจากกันได้ง่ายเพราะตอนล่างของหมวดหินภูทอกที่เป็นหินดินดานหากดูแต่ละครั้งโดยไม่นำมาเปรียบเทียบกันจะดูเหมือนกับชั้นดินเหนียวในหมวดหินมหาสารคาม อีกทั้งภูมิประเทศที่ปกคลุมด้วยหินแต่ละหมวดก็แทบจะไม่มี ความแตกต่างกันอย่างเด่นชัดทำให้เกิดปัญหาในการลงหมวดหินแยกเป็นแต่ละหมวดได้ยาก ทำให้ศึกษาทั้งชั้นหิน ชั้นน้ำบาดาลเค็ม ชั้นน้ำบาดาลพุ หรือแม้กระทั่งชั้นดินที่ทำให้เกิดดินเค็มได้อย่างชัดเจน ซึ่งยังคงเป็นปัญหามาจนถึงทุกวันนี้

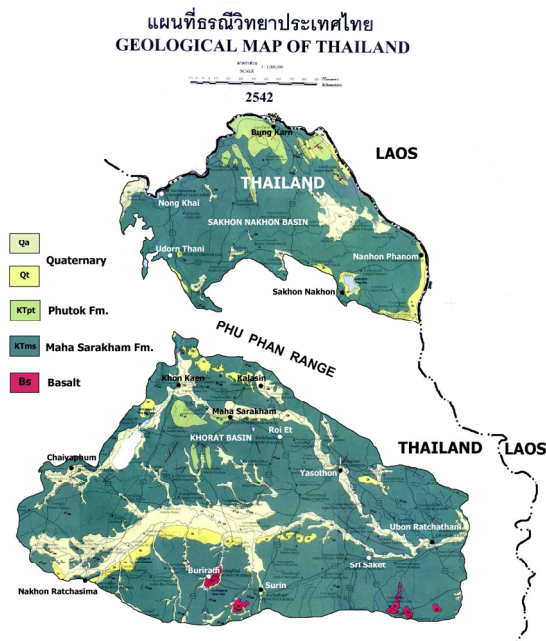
ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะใช้ข้อมูลจากหลุมเจาะมากกว่า 100 หลุมมาช่วยในการวิเคราะห์และแยกหมวดหินมหาสารคามและภูทอกออกจากกันให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ซึ่งนอกจากจะใช้ข้อมูลจากหลุมเจาะแล้วยังได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบชั้นหินจากหินโผล่ในที่ต่างๆ ตามลักษณะภูมิประเทศในแอ่งภาคตะวันออกเฉียงเหนืออีกด้วย

อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้จะไม่นำเอาชั้นตะกอนปัจจุบันหรือ Quaternary (Qa หรือ Qt) มาแสดงให้เห็นเพราะตะกอนดินเหล่านี้ส่วนใหญ่ปิดทับอยู่บนหมวดหินมหาสารคาม

จากแผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทยบริเวณที่ราบสูงโคราชมาตราส่วน 1 ต่อ 1,000,000 ในรูปที่ 1 พบว่าหมวดหินมหาสารคามเกิดอยู่ในแอ่ง 2 แอ่ง แอ่งเหนือคือแอ่งสกลนครและแอ่งใต้คือแอ่งโคราช แอ่งใต้มีขอบเขตเลยแม่น้ำมูลลงมาทางใต้ค่อนข้างมากทำให้พื้นที่ตั้งของตัวสามจังหวัดชายแดนในพื้นที่อีสานใต้ได้แก่จังหวัดบุรีรัมย์ สุรินทร์ และศรีสะเกษ จะมีชั้นเกลือหินรองรับอยู่ข้างใต้

ส่วนพื้นที่ที่มีหมวดหินภูทอกปรากฏพบว่ามีน้อยมากโดยเฉพาะในแอ่งโคราช ส่วนแอ่งสกลนครมีหมวดหินภูทอกปรากฏในพื้นที่ขนาดใหญ่มากกว่าและพบอยู่ทางตอนเหนือของแอ่งค่อนข้างจะติดกับประเทศลาว ส่วนหินในยุคปัจจุบันหรือควอเตอร์นารีจะพบ

ปรากฏอยู่ตามลำน้ำทั้งชีและมูลเป็นส่วนใหญ่ของแอ่งใต้และแม่น้ำสงครามในแอ่งเหนือ



รูปที่ 1 แสดงแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:1,000,000 พ.ศ. 2542 ของประเทศไทยบริเวณที่ราบสูงโคราชภาคตะวันออกเฉียงเหนือแสดงพื้นที่ที่เป็นหมวดหินภูทอกและมหาสารคาม (ดัดแปลงจากแผนที่ธรณีวิทยา 1:1,000,000 ปี พ.ศ. 2542, กรมทรัพยากรธรณี) (13)

1.1 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

วัตถุประสงค์ในการวิจัยนี้เพื่อการสร้างแผนที่ธรณีวิทยาที่สามารถแยกหมวดหินมหาสารคามและภูทอกออกจากกันได้อย่างชัดเจนที่สุดและชัดเจน

1.2 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

สำหรับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่หมวดหินมหาสารคามหมายถึงหมวดหินที่อยู่ใต้หมวดหินภูทอก ประกอบด้วยเกลือหิน 1-3 ชั้น แร่โพแทช 1 ชั้นพบอยู่เหนือเกลือชั้นล่าง เกลือหินแต่ละชั้นถูกคั่นด้วยดินเหนียวสีน้ำตาลแดงเข้ม

แร่เกลือหินและโพแทชหมายถึงแร่เกลือระเหย (Evaporite) ที่ได้จากการระเหยของน้ำที่มีสารละลายโซเดียมคลอไรด์และโพแทสเซียมแล้วตกผลึกเป็นแร่

เกลือหินหรือเฮไลต์ (Halite) และแร่โพแทช (Potash)

หมวดหินภูทอกหมายถึงหมวดหินที่เกิดทับอยู่บนหมวดหินมหาสารคาม ประกอบด้วยหินทราย หินทรายแป้งและหินดินดานสีน้ำตาลแดงอิฐ เดิมถูกจัดให้อยู่ในหมวดหินมหาสารคามตอนบนสุด (Upper Clastic)

1.3 กรอบแนวความคิดในการวิจัยและวรรณกรรมสนับสนุนกรอบแนวคิด

เนื่องจากแผนที่ธรณีวิทยาของกรมทรัพยากรธรณีไม่สามารถแยกหมวดหินทั้ง 2 หมวดออกจากกันได้ อย่างชัดเจน ทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ตามมาเช่นการศึกษาชั้นหินที่พบอยู่บนสุดของที่ราบสูงโคราช ชั้นน้ำบาดาลเค็ม ชั้นน้ำบาดาลพุ หรือแม้กระทั่งชั้นดินที่ทำให้เกิดดินเค็มได้อย่างชัดเจน

จากการเจาะสำรวจแร่เกลือหินและโพแทชในประเทศไทยพบว่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในส่วนที่เรียกว่าที่ราบสูงโคราชและเกิดขึ้นเป็นที่ราบสูงประมาณ 100-200 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลางโดยเฉลี่ย ประกอบด้วยแอ่งขนาดใหญ่ 2 แอ่งคือแอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร เมื่อประมาณ 100 ล้านปีก่อนหรือในยุคปลายครีเทเชียส (2,4) เคยมีน้ำทะเลไหลเข้าไปสะสมเกิดการตกตะกอนตามกระบวนการทางเคมีเกิดเป็นแร่เกลือระเหย (Evaporites) หลายชนิดตั้งแต่ยิปซัม-แอนไฮไดรต์, เกลือหิน และโพแทช

1.3.1 ธรณีวิทยาชั้นหินของหมวดหินมหาสารคาม

ในประเทศไทยหมวดหินที่มีแร่เกลือระเหยเรียกว่าหมวดหินมหาสารคาม (Maha Sarakham Formation) ซึ่งเป็นหมวดหินที่วางตัวอยู่บนหินทรายปนกรวดสีน้ำตาลแดงม่วงของหมวดหินโคกกรวด ในหมวดหินมหาสารคามจะประกอบด้วยชั้นหินเรียงตัวจากล่างสุดขึ้นมาบนสุดคือชั้นแอนไฮไดรต์ชั้นฐาน ถัดขึ้นมาเป็นเกลือชั้นล่างที่มีความหนาแน่นมากกว่าเกลือหินชั้นอื่นๆ ถัดขึ้นมาเป็นชั้นโพแทช แร่โพแทชที่พบเป็นแร่หลักได้แก่แร่คาร์เนลไลต์และแร่วิลเลต์ ถัดขึ้นมาเป็นชั้นเกลือหินสีชั้นบาง ถัดขึ้นมาจะเป็นชั้นตะกอนชั้นล่างส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวสีน้ำตาลแดงเข้มซึ่งวางตัวได้ชั้นเกลือหินชั้นกลางซึ่งเป็นชั้นเกลือหินทางโดยทั่วไปหนาน้อยกว่า

เกลือหินชั้นล่าง จากนั้นเป็นตะกอนชั้นกลางเกิดเป็นดินเหนียวสีน้ำตาลแดง และบนสุดเป็นชั้นเกลือชั้นบน หมวดหินที่ทับอยู่บนหมวดหินมหาสารคามคือหมวดหินภูทอก เดิมเรียกว่าตะกอนชั้นบนซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินดินดาน หินทรายแป้ง และหินทรายสีน้ำตาลแดงอิฐซึ่งอยู่บนสุด ต่อมาเปลี่ยนเป็นหมวดหินภูทอกเพื่อแยกจากชั้นที่มีเกลือหินและโพแทชเป็นส่วนใหญ่ ความหนาของหมวดหินมหาสารคามประมาณ 500-800 เมตร โดยเฉลี่ยแต่ก็มีบางหลุมเจาะโดยเฉพาะกลางแอ่งหนาถึง 1,000 เมตร แต่ถ้าพบตามขอบแอ่งจะหนาน้อยกว่า 100 เมตร (2,3)

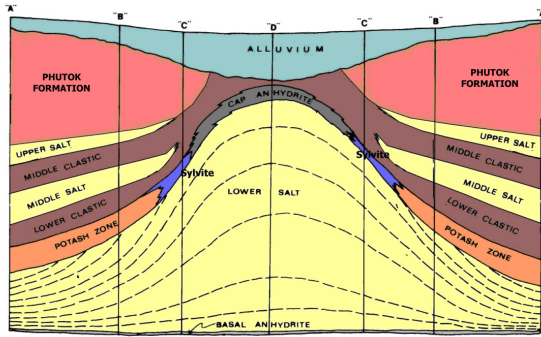
1.3.2 ธรณีวิทยาโครงสร้างของหมวดหินมหาสารคาม

จากการที่หมวดหินมหาสารคามประกอบไปด้วยเกลือหินจำนวนมากเป็นหลัก เกลือหินเมื่อมีจำนวนมากรวมกันอยู่และมีชั้นหนาก็จะมีลักษณะทางกายภาพเป็นแบบพลาสติก คืออ่อนตัว ไหลได้ และไม่แตกหัก เกลือสามารถไหลจากขอบแอ่งไปอยู่กลางแอ่งได้หรือไหลจากชั้นล่างมาชั้นบนก็ได้ เมื่อถูกแรงบีบ การเคลื่อนที่ของเกลือเรียกว่า Salt tectonic (5, 6)

จากการศึกษาธรณีวิทยาลำดับชั้นหินหมวดหินมหาสารคามที่พบจากหลุมเจาะโดยทั่วไปจะมี 4 ลักษณะได้แก่

1. พวกที่มีเกลือหิน 3 ชั้น (Three salt bed)
2. พวกที่มีเกลือหิน 2 ชั้น (Two salt bed)
3. พวกที่มีเกลือหินชั้นเดียวและมีชั้นโพแทช (Potash-bearing one salt bed) และ
4. พวกที่มีเกลือหินชั้นเดียวแต่ไม่มีชั้นโพแทช (Potash-barren one salt bed) (7)

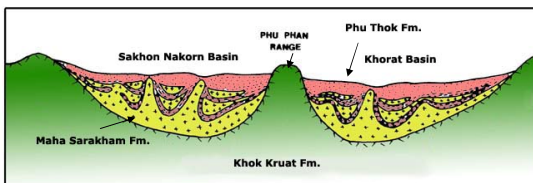
เมื่อนำสภาพของชั้นหินที่มีเกลือหิน 3 ชั้น 2 ชั้น และชั้นเดียวมาเรียงต่อกัน โดยให้ A เป็นชั้นหินที่มีโครงสร้างของเกลือหิน 3 ชั้น B เป็นชั้นหินที่มีโครงสร้างเกลือหิน 2 ชั้น และ C เป็นโครงสร้างชั้นเกลือหินชั้นเดียวและมีแร่โพแทช ในขณะที่ D เป็นโครงสร้างที่มีชั้นเกลือหินเพียงชั้นเดียวและไม่มีโพแทช และนำมาต่อกัน จะได้โครงสร้างและธรณีวิทยาภาคตัดขวางของหมวดหินมหาสารคามตามรูปที่ 2 ซึ่งโครงสร้างดังกล่าวสามารถพบได้ทั่วไปในแอ่งเหนือและแอ่งใต้ (2,3)



รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างของเกลือหินและโพแทชในหมวดหินมหาสารคาม (2)

พื้นที่ที่พบว่ามีชั้นเกลือหินเพียงชั้นเดียวและไม่มีชั้นแร่โพแทช (ลักษณะที่ 4) ก็คือพื้นที่ที่มีโดมเกลืออยู่ข้างใต้ซึ่งจากการเปรียบเทียบกับสภาพภูมิประเทศจะพบว่าเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำกว่าปกติมักจะถูกน้ำท่วมในฤดูฝนและมักจะแห้งและมีเกลือสีขาวเทาสะสมบนผิวดินในหน้าแล้ง

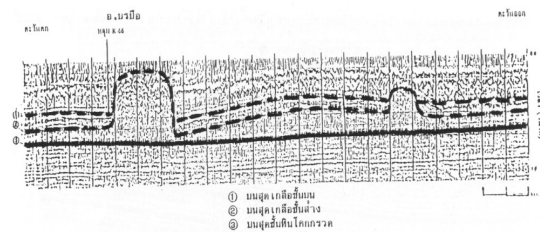
ดังนั้นในพื้นที่ที่มีชั้นเกลือหินสะสมอยู่ใต้ดินในแอ่งสกลนครและแอ่งโคราช โอกาสที่จะเกิดโดมเกลือจึงมีจำนวนมากคล้ายกับรูปที่ 3 ที่แสดงโครงสร้างทั่วไปของเกลือหินในหมวดหินมหาสารคามในแอ่งโคราชและแอ่งสกลนครบนที่ราบสูงโคราช หมวดหินโคกกรวดจึงมองดูคล้ายกับขามที่ห่อหุ้มเกลือหินไว้ข้างใน ในหมวดหินมหาสารคามจะพบว่ามีเกิดโดมเกลือจำนวนมากและเกลือในหมวดหินมหาสารคามจะถูกปกปิดไม่ให้ถูกทำลายได้ง่ายด้วยหินทราย หินทรายแป้งและหินดินดานในหมวดหินภูทอกยกเว้นจุดที่เกิดเป็นโดมเกลือที่อยู่ใกล้ผิวดินมากที่สุด



รูปที่ 3 ภาพแสดงโครงสร้างโดยทั่วไปของหมวดหินมหาสารคามในแอ่งสกลนครและแอ่งโคราช (2)

1.3.3 โดมเกลือที่ได้จากการสำรวจทางคลื่นไหวสะเทือน

การสำรวจโดยใช้คลื่นไหวสะเทือน (seismic) เป็นการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ที่ใช้เสียงส่งเป็นคลื่นลงไปใต้ดินแล้ววัดการสะท้อนกลับของคลื่นเพื่อศึกษาโครงสร้างทางธรณีวิทยาใต้ดินได้อย่างชัดเจน วิธีการนี้ได้นำมาใช้ในการสำรวจปิโตรเลียมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยและสามารถมองเห็นชั้นเกลือหินที่ปูดขึ้นมาเป็นโดมเกลือขนาดใหญ่ใต้ดินเป็นจำนวนมาก (รูปที่ 4) (8) ซึ่งตรงกับข้อมูลการเจาะสำรวจแร่เกลือหินของกรมทรัพยากรธรณีตามที่ได้กล่าวไปแล้ว



รูปที่ 4 โครงสร้างหมวดหินมหาสารคามใต้จากการศึกษาคลื่นไหวสะเทือนจะพบว่าโดมเกลือก่อตัวบนเส้นทางบ้านไผ่ บรือ วาปีปทุม (8)

1.3.4 ธรณีวิทยาชั้นหินของหมวดหินภูทอก

หมวดหินภูทอกซึ่งเดิมก็คือชั้น Upper Clastic ในหมวดหินมหาสารคาม ประกอบด้วยหิน 3 ชนิด ตอนบนสุดจะเป็นทรายเนื้อละเอียดสีแดง มีชั้นเหนียวสลับขนาดใหญ่ และหินทรายสีแดง พบชั้นเหนียวสลับขนาดเล็ก ความหนาของหมวดหินนี้ไม่ต่ำกว่า 200 เมตร หินทรายนี้กำเนิดจากการสะสมตัวในสภาพแวดล้อมแบบตะกอนพัดพาจากลมเป็นส่วนใหญ่ ถัดลงมาจะค่อยๆ เปลี่ยนเป็นหินทรายแป้งสีน้ำตาลแดงและล่างสุดจะเป็นหินดินดานหรือหินโคลนสีน้ำตาลแดงอิฐ ตอนล่างสุดมีรอยแตกมากมักมีทั้งแคลไซต์และยิปซัมแทรก โดยบริเวณแนวสัมผัสจะมีการแปรเปลี่ยนแบบค่อยเป็นค่อยไป จากหินโคลนเป็นหินโคลนสลับหินทราย และแปรเปลี่ยนเป็นหินทรายของหมวดหินภูทอก (1,9)

ชั้นหินแบบฉบับ (Type Section) อยู่ที่เขาภูทอกน้อย อำเภอศรีวิไล จังหวัดหนองคายปัจจุบันอยู่ในจังหวัดบึงกาฬมีความหนา 139 เมตร แต่ที่หินที่พบโผล่เป็น Outcrops ส่วนใหญ่เป็นหินทรายสีน้ำตาลแดงอิฐซึ่งเป็นตอนบนสุดของหมวดหินภูทอกดังนั้นกรมทรัพยากรธรณีจึงแยกออกเป็นหมู่หินภูทอกน้อย ส่วนหินชั้นกลางที่เป็นหินทรายแป้งให้ชื่อว่าหมู่หินคำตะกล้า และชั้นล่างสุดซึ่งเป็นหินดินดานหรือหินโคลนเป็นส่วนใหญ่และเรียกเป็นหมู่หินนาหว้า (9)

ดังนั้นในแต่ละพื้นที่ที่พบหมวดหินภูทอกเป็นหินโผล่จึงอาจจะพบหมู่หินเพียงหมู่เดียวเช่นอาจพบหมู่หินภูทอกน้อยที่เป็นหินทรายเป็นส่วนใหญ่เช่นพบที่พลาญหินแก่งซึ่งปิดทับหินทรายแป้งและหินดินดานของหมู่หินคำตะกล้าและนาหว้าอยู่ข้างใต้ในขณะที่บางแห่งพบหมู่หินคำตะกล้าเนื่องจากหมู่หินภูทอกน้อยถูก eroded ออกไปหมดในขณะที่หมู่หินนาหว้าก็ถูกปิดทับ และในบางแห่งก็พบเฉพาะหินดินดานของหมู่หินนาหว้าเนื่องจากหมู่หินภูทอกน้อยและคำตะกล้าถูก eroded ออกไปหมดแล้ว ในหลุมเจาะสำรวจแร่โพแทชบางหลุมเท่านั้นที่สามารถพบหมวดหินภูทอกจนครบทุกหมู่หิน

อย่างไรก็ตามในรายงานฉบับนี้จะไม่แยกหมวดหินภูทอกออกเป็นหมู่หินเหล่านี้แต่จะรวมเรียกว่าหมวดหินภูทอก

2. วิธีการวิจัย

ในการวิจัยเป็นการรวบรวมข้อมูลจากหลุมเจาะสำรวจแร่โพแทชและเกลือหินของกรมทรัพยากรธรณี ในหนังสือ Potash and rock salt in Thailand, Appendix A (Core Log of K-Holes), Appendix C (Core Log of Bamnet Narong Area) และ Appendix F (Location map of drilled holes) (10, 11 และ 12) และหนังสืออื่นๆ ที่กรมทรัพยากรธรณีได้มีการเจาะสำรวจเพิ่มเติม นำมาหาตำแหน่งในแผนที่ 1 ต่อ 250,000 แล้วคัดแยกหลุมเจาะที่พบว่ามีความสูงของภูทอกทับอยู่บนหมวดหินมหาสารคามออกจากหลุมเจาะที่มีแต่หมวดหินมหาสารคามอย่างเดียวโดยไม่มีหมวดหินภูทอกทับอยู่ข้างบน

ตัวอย่างหลุมเจาะที่พบและไม่พบหมวดหินภูทอกวางตัวอยู่บนหมวดหินมหาสารคามแสดงอยู่ในตารางที่ 1 และ 2

จากนั้นศึกษาแผนที่ภูมิประเทศจากแผนที่ 1 ต่อ 250,000 โดยใช้ทฤษฎีที่โนนมโคมเกลือที่นั่นมักเกิดหลุมยุบ (2) นอกจากนี้ยังศึกษาจากหินโผล่ที่ชัดเจนในบางบริเวณที่สามารถแยกได้ว่าเป็นหมวดหินภูทอกหรือหมวดหินมหาสารคาม

จากนั้นนำมาตรวจสอบเขตของหมวดหินภูทอกที่ทับอยู่บนหมวดหินมหาสารคามออกมาได้จากแผนที่ธรณีวิทยาของกรมทรัพยากรธรณีที่ยังไม่สามารถแยกหมวดหินเหล่านี้ออกมาจากกันได้

ตารางที่ 1 ตัวอย่างหลุมเจาะที่พบหมวดหินภูทอกวางตัวอยู่บนหมวดหินมหาสารคาม
K-2 KM 10.5, Nong Khai-Pone Phisai Highway, Amphoe Muang Nong Khai

Intervals (m)	Thickness (m)	Rock Formation	Rock Unit	Description
0.00-6.10	6.10		Top Soil	Clay - Reddish brown with green clay mottling.
6.10-46.94	40.84	Phu Thok		Claystone & Siltstone - Claystone, with interbedded siltstone, reddish brown color, locally green clay, mottling, calcareous of calcite stringers and flakes.
46.94-280.11	233.17			Claystone - Reddish brown color, some calcite and gypsum as veinlets. Greyish green color of about 3 cm. thick at the end of the interval.
280.11-336.14	56.03	Maha Sarakhm	Upper Salt	Rock Salt - Colorless to white with alternation of darker layers of anhydrite (up to 60 cm thick) of about 5 %.
336.14-339.03	2.89			Anhydrite - Grey color, massive, about 2 % of halite interbedded.
339.03-344.87	5.84			Rock salt - Same as 280.11 - 336.14 m
344.87-365.75 (364.63-368.81 Core lost)	20.88		Middle Clastic	Clay - Reddish brown color, locally green clay interbedded.
365.75-421.49	55.74		Middle Salt	Rock salt - Same as 280.11 - 336.14 m.
421.49-422.86	1.37			Anhydrite - Grey color, dense.
422.86-435.14	12.28			Rock salt - Same as 280.11 - 336.14 m.
435.14-463.46 (457.20-460.55 Core lost)	28.32		Lower Clastic	Clay - Reddish brown with green mottling, some white to colorless halite layers (7 - 10 cm thick) of about 3 %)
463.46-466.66	3.20		Color Salt	Rock salt - Mostly white halite (90%) with interlayers of red sylvite (5%), and some (5%) of pink to red carnallite.
466.66-471.54	4.88		Potash Zone	Tachyhydrite & Carnallite & Halite - About 80% of tachyhydrite of yellow color, easily dissolved, 15% of pink to red carnallite, and 5% of colorless halite.
471.54-472.76	1.22			Anhydrite & Carnallite - About 7% of dark grey impured anhydrite, 20% of red carnallite, 10 % of yellow tachyhydrite and colorless halite.
472.76-497.45 (473.07-478.84; 487.53-493.18 Core Lost)	24.69			Halite & Carnallite - About 70-95% halite of colorless and white, massive, 5-30 % carnallite of pink to colorless, and few pods of yellow tachyhydrite.

ตารางที่ 1 ตัวอย่างหลุมเจาะที่พบหมวดหินภูทอกวางตัวอยู่บนหมวดหินมหาสารคาม (ต่อ)

K-2 KM 10.5, Nong Khai-Pone Phisai Highway, Amphoe Muang Nong Khai

Intervals (m)	Thickness (m)	Rock Formation	Rock Unit	Description
497.45-511.52 (547.27-551.52 Core Lost)	54.07		Lower Salt	Rock salt - Colorless to white halite, with interlayers of grey anhydrite. (Hole was abandoned in rock salt)

ที่มา : Potash and rock salt in Thailand. Appendix A (10)

ตารางที่ 2 ตัวอย่างหลุมเจาะที่ไม่พบหมวดหินภูทอกวางตัวอยู่บนหมวดหินมหาสารคาม

K - 1 Irrigation Center, Watana Road, Amphoe Muang Udorn Thani

Intervals (m.)	Thickness (m.)	Rock Formation	Rock Unit	Description
0.00-42.67	42.67		Top Soil	Sand - Grey to tan .to light brown color, mostly fine to medium grained.
42.67-64.92	22.25	Maha Sarakham	Middle Clastic	Clay - Reddish brown color, massive, locally green clay mottling.
64.92-65.12	0.2		Middle Salt Remain	Anhydrite - Grey color.
65.12-70.10	4.98		Lower Clastic	Clay - Reddish brown color, massive, locally green clay mottling.
70.10-80.87	10.77			Clay - Same as interval 65.12 - .70 10 m, but halite as thin veins (1-3 cm wide)
80.87-85.14	4.27			Clay - Reddish brown clay with alternation of grayish green clay.
85.14-85.22	0.08		Color Salt Remain	Anhydrite - Grey color with some greenish grey clay, soft and partly friable.
85.22-89.71	4.49		Color Salt	Rock salt - Mostly colorless halite with alternation of red to pink to orange shades, banded, dense.
89.71-91.69	1.98		Potash Zone	Halite & Carnallite - About 60 % of white to grey halite. About 30 % of carnallite as red to orange color easily dissolved. About 10 % anhydrite of grey to dark grey color.

ตารางที่ 2 ตัวอย่างหลุมเจาะที่ไม่พบหมวดหินภูทอกวางตัวอยู่บนหมวดหินมหาสารคาม (ต่อ)

K - 1 Irrigation Center, Watana Road, Amphoe Muang Udon Thani

Intervals (m.)	Thickness (m.)	Rock Formation	Rock Unit	Description
91.69-129.08	37.39			Carnallite & halite - About 30 - 100 % carnallite of mostly colorless and white, easily dissolved, partly pink to purple shade. About 0-70 % halite of white to colorless
129.08-334.67	205.59		Lower Salt	Rock salt - Mostly halite colorless and white color, massive, partly show bedding of light brown or smoky halite bands, about 1 % of gypsum occurring as pods and stringers.
334.67-336.01	1.34		Basal Anhydrite	Anhydrite - Grey to brown color, dense, massive, partly show boudinage structure.
336.01-346.31	10.30	Khok Kruat		Siltstone - Grayish green color, massive, medium hard.
346.31-349.40	3.09			Siltstone - Reddish brown color, massive, few green silt mottling.

ที่มา : Potash and rock salt in Thailand. Appendix A (10)

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

ผลการวิจัยพบว่าเมื่อเปรียบเทียบชั้นหินที่ได้จากการเจาะสำรวจเกลือหินและโพแทชพบว่าหมวดหินภูทอกเกิดแผ่กระจายทับอยู่บนหมวดหินมหาสารคามมากกว่าที่ปรากฏอยู่ในแผนที่ธรณีวิทยาของกรมทรัพยากรธรณีมาตราส่วน 1:1,000,000 พ.ศ. 2542 (13) ในขณะเดียวกันการแผ่กระจายของหมวดหินมหาสารคามก็ ถูกจำกัดขอบเขตน้อยลงจากเดิมที่แผ่ขยายลงมาใต้แม่น้ำมูลและอยู่ใต้ตัวจังหวัดหลักๆ ของอีสานใต้ทั้งหมด มาเป็นขอบเขตของหมวดหินมหาสารคามจะหยุดลงที่แม่น้ำมูลเท่านั้น เนื่องจากการเจาะสำรวจเกลือหินและโพแทช ใกล้กับแม่น้ำมูลที่อำเภอเสถียร จังหวัดบุรีรัมย์ใกล้แม่น้ำมูลฝั่งเหนือพบว่าชั้นหินมหาสารคามมีเพียงชั้นแอนไฮไดรต์ที่สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชั้นอย่างชัดเจน ชั้นบนเป็น Cap Anhydrite ขณะที่ชั้นล่างเป็น Basal Anhydrite (10) ในขณะที่ชั้นเกลือหินชั้นล่างหายไปแล้วอย่างไรก็ตามชั้นแอนไฮไดรต์ก็ยังถือว่าเป็นตัวแทนของหมวดหินมหาสารคาม

นอกจากนั้นยังมีผลการเจาะสำรวจเกลือหินและโพแทชในตัวจังหวัดสุรินทร์ (แต่ไม่มีการบันทึกในรายงานการเจาะสำรวจ) พบว่ามีแต่หมวดหินโคกกรวดซึ่งเป็นหมวดหินที่อยู่ถัดลึกลงไปจากหมวดหินมหาสารคาม แสดงว่าปัจจุบันในพื้นที่ดังกล่าวทางตอนใต้ของแม่น้ำมูลไม่มีชั้นหมวดหินมหาสารคาม แต่ในอดีตน่าจะเคยมีหมวดหินมหาสารคามปิดทับอยู่ เมื่อมีการยกตัวของที่ราบภาคอีสาน โดยขอบแอ่งถูกยกตัวสูงกว่ากลางแอ่งในลักษณะการเกิดท้องช้างเหมือนกับแอ่งที่ราบสูงทั่วไป ทำให้ชั้นเกลือหินซึ่งเป็นของแข็งที่ไหลได้เคลื่อนที่เข้าไปสะสมสะสมกันกลางแอ่ง

การพัฒนาของแม่น้ำมูลซึ่งโดยปกติจะไหลอยู่ในช่วงรอยต่อของหมวดหินโคกกรวดกับหมวดหินมหาสารคามซึ่งถือว่าเป็นช่วงต่อที่อ่อนแอที่สุด (Weak Zone) ก็จะเกิดการเคลื่อนที่ตามหรือเคลื่อนที่ตัวไปทางทิศเหนือในขณะที่ยังไหลไปลงแม่น้ำโขงทางทิศตะวันออก

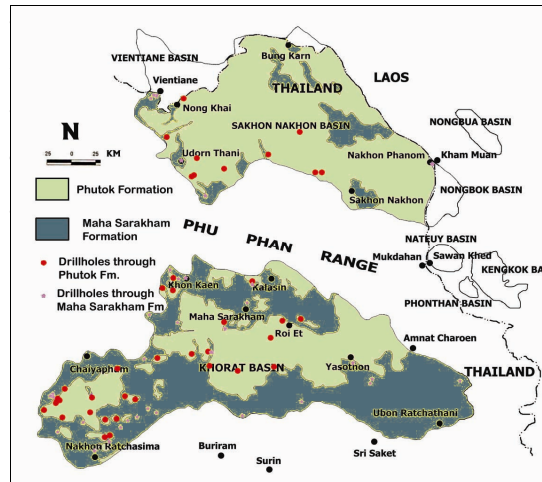
ดังนั้นแม่น้ำมูลจึงเป็นตัวกำหนดขอบเขตระหว่างหมวดหินโคกกรวดและหมวดหินมหาสารคาม โดยที่ถัดจากแม่น้ำมูลขึ้นไปทางทิศเหนือจะเป็นหมวดหินมหาสารคามและถัดลงไปทางตอนใต้จะเป็นหมวดหินโคกกรวด (11) ในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงขอบเขตของหมวดหินมหาสารคามบนที่ราบสูงโคราชภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยซึ่งขอบเขตด้านทิศใต้แตกต่างไปจากแผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:1,000,000 พ.ศ. 2542 กรมทรัพยากรธรณี ในรูปที่ 1

จากการศึกษาโดยใช้ข้อมูลจากหลุมเจาะเกลือหินและโพแทช มากกว่า 100 หลุม ซึ่งเจาะโดยกรมทรัพยากรธรณีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2516-2526 พบว่า ส่วนพื้นที่ของแอ่งโคราชและแอ่งสกลนครที่มีลักษณะการปิดทับของหมวดหินภูทอกและไม่มีการปิดทับของหมวดหินภูทอกหรือเท่ากับการไหลให้เห็นของหมวดหินมหาสารคามที่ได้จากข้อมูลการเจาะสำรวจโครงการต่างๆ (2, 10, 11 และ 12) สามารถรวบรวมและนำมาแยกชั้นหิน ตลอดจนสร้างขึ้นเป็นแผนที่ได้ใหม่ในรูปที่ 6

สำหรับการศึกษาเปรียบเทียบหมวดหินทั้ง 2 ที่ได้จากการพบเห็นหินโผล่ในพื้นที่ต่างๆ ที่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้เช่นการศึกษาชั้นหินทรายที่พบเป็นหินโผล่ต่างๆ ในแอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร เช่น พลาญหินแก่งที่พบในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น ห่างจากตัวจังหวัดขอนแก่นไปทางตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 15-20 กิโลเมตร (รูปที่ 7) ใกล้เส้นทางโกสุมพิสัย-



รูปที่ 6 แสดงขอบเขตของแอ่งหมวดหินมหาสารคามและการถูกปิดทับด้วยหมวดหินภูทอกที่กระจายตัวมากกว่าในแผนที่ 6 ของกรมทรัพยากรธรณี



รูปที่ 7 หมวดหินภูทอกที่พบที่พลาญหินแก่ง ที่จังหวัดขอนแก่น ใกล้เส้นทางโกสุมพิสัย-มหาสารคาม

ภูมิประเทศที่มีหมวดหินภูทอกปกคลุมมักเป็นเนินสูงกว่าที่ราบทั่วไป ดินไม่เค็ม ไม่ปรากฏคราบเกลือ ดินที่พื้ตบถมแบบไม่เคลื่อนที่จะมีสีแดงอิฐ (สามารถเทียบได้กับหลุมเจาะที่เจาะพบชั้นหินภูทอกทั่วไป)

ส่วนหมวดหินมหาสารคามที่ไม่สามารถพบเห็นชั้นเกลือหินโผล่ขึ้นมาบนผิวดินได้เพราะจะถูกชะล้าง ละลายไปหมดเมื่อมีฝนตก แต่อย่างไรก็ตามสิ่งที่สามารถพบเห็นหมวดหินมหาสารคามได้ก็คือชั้นหินดินเหนียวที่เกิดคั่นอยู่ระหว่างเกลือหินชั้นต่างๆ โดยเฉพาะชั้น Lower Clastic ที่คั่นระหว่างเกลือหินชั้นกลางและชั้นล่างซึ่งชั้นดินเหนียวในหมวดหินมหาสารคาม

นี้เมื่อโผล่และสัมผัสกับอากาศภายนอกจะทำให้ชั้นหินแข็งขึ้นและกลายเป็นหินดินดานที่มีรอยแตกมาก สึกดำมากขึ้น ลักษณะเช่นนี้สามารถพบเห็นได้ชัดเจนตามลำน้ำสงครามในเขตจังหวัดสกลนครและนครพนม อย่างไรก็ตามหากผู้ไม่มีความชำนาญพออาจแยกออกจากกันค่อนข้างยาก

ลักษณะของชั้นหินในหมวดหินมหาสารคามสามารถมองเห็นได้จากการก่อสร้างอาคารพาณิชย์ขนาดใหญ่ในจังหวัดต่างๆ ที่มีการขุดหลุมขนาดใหญ่ (มักใช้เป็นที่ยอดรถไถอากร) เช่นการก่อสร้างโรงแรมและห้างสรรพสินค้าในตัวจังหวัดขอนแก่น เป็นต้น

นอกจากนี้พื้นที่ชนบทพื้นที่ใดที่เกิดเป็นโคกเป็นเนิน (อาจดูจากชื่อที่คนอีสานใช้เรียกชื่อหมู่บ้านต่างๆ ก็ได้) เมื่อเปรียบเทียบกับหลุมเจาะแร่โพแทชและเกลือหินแล้วจะพบว่ามีหมวดหินภูทอกปกคลุมอยู่เสมอ ในขณะที่พื้นที่ใดที่เป็นลุ่มต่ำกว่า (อาจพบดินจี่เทาหรือดินเอือดหรือดินจี่เกลือเกิดขึ้นในฤดูแล้ง) มักเป็นพื้นที่ของหมวดหินมหาสารคาม โดยไม่มีหมวดหินภูทอกปกคลุมอยู่ข้างบนก็จะกลายเป็นพื้นที่ที่ที่แผนที่จะต้องลงเป็นหมวดหินมหาสารคาม ดังนั้นการศึกษาพื้นที่ดินเค็มก็ควรศึกษาในพื้นที่ที่เป็นส่วนของหมวดหินมหาสารคามปรากฏในแผนที่รวมทั้งการศึกษาหลุมยุบที่สามารถเกิดขึ้นในธรรมชาติจนเกิดเป็นหนองน้ำธรรมชาติต่างๆ และเกิดขึ้นเพราะการท่าเกลือแบบสูบน้ำเค็มของมนุษย์

ลักษณะภูมิประเทศดังกล่าวจะสามารถมองเห็นได้ชัดเจนเมื่อมีฝนตกและเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ต่างๆ ของแอ่งในภาคอีสาน พื้นที่ใดที่มีหมวดหินภูทอกจะไม่ถูกน้ำท่วมหรือน้ำจะท่วมน้อยกว่า ตื่นกว่า ในพื้นที่ที่มีเฉพาะหมวดหินมหาสารคาม (รูปที่ 8)



รูปที่ 8 แสดงพื้นที่เป็นโคก (พื้นที่หมู่บ้าน) มักมีน้ำท่วม น้อยกว่าพื้นที่ต่ำกว่าพบว่าส่วนใหญ่เป็นหมวดหินภูทอก

พื้นที่ใดก็ตามที่สามารถพบน้ำบาดาลพุและเป็นน้ำจืด ส่วนหนึ่งจะเป็นขอบเขตตอนล่างๆ ของหมวดหินภูทอกใกล้กับรอยต่อหมวดหินมหาสารคาม เพราะน้ำบาดาลจืดมักจะพบในหมวดหินภูทอกในขณะที่น้ำบาดาลเค็มมักพบในพื้นที่ที่หมวดหินมหาสารคาม และที่พุก็เนื่องมาจากเป็นชั้นน้ำที่อยู่ต่ำ แต่ต่อมาจากเนินหินภูทอกที่อยู่สูงกว่า ตัวอย่างที่สามารถพบเห็นน้ำบาดาลจืดพุได้แก่ที่บ้านโนนสมบูรณ์ ถึงอำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น มีอัตราการไหลของน้ำสูงถึง 170 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (14) ซึ่งเป็นส่วนใกล้กับส่วนต่อระหว่างหมวดหินทั้ง 2 หมวด ดังนั้นหากต้องการหาน้ำบาดาลพุและจืดในพื้นที่จังหวัดอื่นก็สามารถหาได้จากพื้นที่ใกล้ส่วนต่อของหมวดหินทั้ง 2 นี้ได้เช่นกัน

ส่วน Hydraulic Head ในพื้นที่ที่มีน้ำบาดาลพุจะมาจากส่วนที่เป็นเนินของหมวดหินภูทอกซึ่งอยู่สูงกว่าน้ำบาดาลพุมาก เช่นการพบน้ำบาดาลพุบริเวณท่าพระ จะได้มาจาก Head ของภูทอกที่อยู่ทางด้านตะวันออกซึ่งก่อตัวเป็นชั้นหนาเช่นที่พลาญหินเก็ง

3.1 การอภิปรายผล

จากการเปรียบเทียบแผนที่ที่กรมทรัพยากรธรณีได้ทำการศึกษาและลากขอบเขตของหมวดหินมหาสารคามและหมวดหินภูทอกกับแผนที่ที่ผู้เขียนทำการศึกษาร่วมกับผลการเจาะสำรวจและการศึกษาชั้นหินไพล์จะพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนดังต่อไปนี้

1. ขอบเขตของหมวดหินมหาสารคามเปลี่ยนไปโดยแผนที่กรมทรัพยากรธรณีได้ให้ขอบเขตของหมวดหินมหาสารคามครอบคลุมเลยตัวจังหวัดบุรีรัมย์ สุรินทร์และศรีสะเกษลงมาทางตอนใต้เกือบถึงสันปันน้ำที่แบ่งประเทศไทยกับกัมพูชา แต่ขอบเขตของหมวดหินมหาสารคามของผู้เขียนจะพบว่ายุคอยู่ที่เส้นทางแม่น้ำมูลเท่านั้นเนื่องจากมีผลเจาะสำรวจที่ตัวจังหวัดสุรินทร์พบว่ามีชั้นหมวดหินโคกกรวดรองรับโดยไม่มีหมวดหินมหาสารคามเลย
2. พื้นที่การกระจายตัวของหมวดหินภูทอกมีมากขึ้นกว้างขึ้นมากกว่าแผนที่กรมทรัพยากรธรณี
3. พื้นที่การกระจายตัวของหมวดหินภูทอกในแอ่งเหนือหรือแอ่งสกลนครพบว่ามีเกือบเต็มแอ่ง ในขณะที่แอ่งใต้หรือแอ่งโคราชมีประมาณครึ่งเดียวและพบมากในบริเวณตอนกลางของแอ่ง
4. พื้นที่ที่เป็นหมวดหินมหาสารคามที่เกิดตอนกลางของแอ่งระหว่างหมวดหินภูทอก ส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างของเกลือหินแบบโดมเกลือ

4. สรุปข้อเสนอแนะ

เมื่อได้ข้อมูลการแยกชั้นของหมวดหินภูทอกและมหาสารคามอย่างชัดเจนตามที่กล่าวไปแล้วหรือการกำหนดขอบเขตระหว่างหมวดหินมหาสารคามและหมวดหินโคกกรวดแล้ว ควรจะมีการลงไปสำรวจรายละเอียดในภาคพื้นดินเพื่อการยืนยันความถูกต้องอีกครั้งหนึ่งเพื่อกำหนดขอบเขตในแผนที่ได้อย่างชัดเจน อีกทั้งเป็นข้อมูลในการพัฒนาการศึกษาพื้นที่ดินเค็มหรือพื้นที่การเกิดน้ำบาดาลพุ ตามที่กล่าวไว้ในรายงานข้างต้น

5. เอกสารอ้างอิง

- (1) Department of Mineral Resources, Geology of Thailand. Bangkok, Celebration for the King's birth day 5 December 1999, Department of Mineral Resources, Ministry of Industry, 2001. Thai.
- (2) Suwanich P, Potash and rock salt in Thailand. Nonmetallic Minerals Bulletin No. 2, Economic Geology Division, Dept., of Min. Res., Bangkok, Thailand; 1986.
- (3) Suwanich P, Geology of Potash and Rock Salt Mineral Resources of Thailand. 1st ed. Bangkok; Kampeewan Publishing; 2007. Thai.
- (4) Bunopas S, et. al. Growing of Asia in the late Triassic continent-continent collision of Shan-Thai and Indochina against south China. Proceeding of the Symposium on geology of Thailand, Bangkok, Thailand. 2002.

- (5) Suwanich P, Potassium bromide (KBr) contents in the Maha Sarakham formation, northeastern Thailand: indicator of origin and deformation of rock salt strata. *J Sci Technol MSU*. 2010; 29(3): 249-258.
- (6) Suwanich P, Geology and geological structure of potash and rock salt deposits in Chalerm Phrakiat district, Nakhon Ratchasima province in northeastern Thailand. *Kasetsart Journal (Natural Science)*. 2010; 44(6): 1058-1068.
- (7) Department of Primary Industries and Mines. Project of stipulation standards and environmental management for mining and metallurgical industries of potash minerals (absolute report), prepared by Faculty of environment and resource studies, Mahidol university, Bangkok, 2007. Thai.
- (8) Satayarak N, Janmaha S, Julawong J, Suwanich P, Japakasetr T. Influence of rock salt layer to groundwater in northeastern of Thailand. Proceeding of the symposium of geology and the development of green Isan project by Geological Society of Thailand. 1987. Thai
- (9) Tiemwong P and Lertnok W, Geological Map Sheet of Phanna Nikom District (5343 I) and Nawha District (5343 IV) Academic Report No. 4/2548, Office of Geology, Department of Mineral Resource, 2005 Thai
- (10) Japakasetr T, Suwanich P. Potash and rock salt in Thailand. Appendix A. Nonmetallic Minerals Bulletin No.2 DMR. Bangkok: 1982.
- (11) Japakasetr T, Suwanich P. Potash and rock salt in Thailand. Appendix F. Nonmetallic Minerals Bulletin No.2 DMR. Bangkok: 1983.
- (12) Japakasetr T, Suwanich P. Potash and rock salt in Thailand. Appendix C, Nonmetallic Minerals Bulletin No.2 DMR. Bangkok: 1984.
- (13) Department of Mineral Resources. Geologic Map of Thailand Scale 1:1,000,000. Bangkok, 1999
- (14) Ban Muang Newspaper. Isan will not be drought; the artificial groundwater found; biggest in the country [cited 2006 December 15]. Available from: <http://www.ryt9.com/s/bmnd>. Thai