

150-180 cm.dt.

ได้ทำการขุดคันในพื้นที่ส่วน SWQ ขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 1.5 เมตร เพื่อตรวจสอบร่องรอยกิจกรรมมนุษย์หมายเลขอ 3 พบว่ากลุ่มก้อนตะกรันจากการถลุงเหล็ก ก้อนขนาดใหญ่ยังจับตัวเป็นก้อนกลุ่มแข็ง จึงทำการขุดคันเต็มพื้นที่ SWQ และทำการขุดคันเพิ่มเติมในพื้นที่ SEQ ให้อยู่ในระดับเดียวกับพื้นที่ SWQ

พื้นที่ NWQ และ NWQ ส่วนที่ขุดขยายเพิ่มเติมนั้น ยังคงเป็นชั้นดินเผา ไฟร่วมกับหลักฐานประเพกท์ก้อนตะกรันจากการถลุงเหล็ก ชิ้นส่วนของท่อดินเผาสำหรับหุ่มปลายห่อจากที่สูบลม แต่ตะกรันที่พบจะไม่เก่าตัวแน่นต่างไปจากพื้นที่ SEQ และ SWQ



180-220 cm.dt.

การขุดค้นในพื้นที่ส่วน SWQ และ SEQ พบว่าร่องรอยกิจกรรมมนุษย์หมายเลข 3 สิ่งสุดที่ระดับความลึก 189 cm.dt. โดยเปลี่ยนเป็นชั้นทรายแน่นแข็งไปจนถึงระดับความลึก 204-205 cm.dt. ซึ่งได้กำหนดให้เป็นร่องรอยกิจกรรมมนุษย์หมายเลข 4 ถัดจากนั้นลงไปจึงเป็นชั้นตะกรันจาก การถลุงแร่เหล็กอิกกรัง จนถึงระดับความลึก 220 cm.dt. ทั้งนี้ที่ระดับความลึก 200 cm.dt. พบชั้นปูนที่มุ่งผนังด้านทิศตะวันตก และในพื้นที่ส่วน SEQ พบกลุ่มก้อนตะกรันจากการถลุงเหล็ก ประปันกับชั้นส่วนของห่อдинเพาสำหรับหุ้มปลายห่อจากที่สูบลม



220-250 cm.dt.

การขุดค้นในพื้นที่ส่วน SWQ และ SEQ พบว่า มีลักษณะเป็นชั้นดินเพาไฟที่พอบอยู่ใต้ชั้นตะกรัน



250-260 cm.dt.

ในส่วนของพื้นที่ SEQ และ SWQ พบว่าเป็นชั้นพื้นดินสีน้ำตาลอ่อนหนาประมาณ 2-3 เซนติเมตร และในพื้นที่ด้าน NWQ ชั้นพื้นดินจะมีขนาดประมาณ 10 -20 เซนติเมตร สันนิษฐานว่าเป็นชั้นกิจกรรมหรือร่วมกับกิจกรรมการถลุงเหล็ก



260-270 cm.dt.

ในพื้นที่ SEQ และ SWQ ปรากฏเป็นชั้นทับถมประกอบด้วยก้อนตะกรันขนาดใหญ่ๆ และในพื้นที่ด้าน NWQ ชั้นตะกรันไม่จับตัวแน่น



270-280 cm.dt. ปรากฏเป็นชั้นพื้นดินสีน้ำตาลอ่อนทั้งพื้นที่ทำดำเนินการขุดคัน โดยพื้นที่ด้าน NWQ จะมีขนาดค่อนข้างหนาประมาณ 10 -20 เซนติเมตร นอกจากนี้ยังพบชั้นส่วนเปลือกหอย land snail ในพื้นที่ NWQ ส่วนขยายในพื้นที่ SEQ พบร่องขนาดประมาณ 2-3 เซนติเมตรที่ระดับ 273 cm.dt.

280-320 cm.dt. ทำการขุดคันต่อในพื้นที่ SEQ และ SWQ พบร่องเดาคลุ่งในพื้นที่ SWQ พบร่องแต่ปากเดาบนลิ้งกลางเตา และต่อเนื่องเข้าไปยังพื้นที่ NWQ ในระดับ 320 cm.dt. และระหว่างการขุดคันในตัวเตาพบว่าส่วนหน้าของเตาใกล้กับปากเตาไม่เศษก้อนดินอัดติดอยู่ สันนิษฐานว่าเป็นดินที่เกิดจากลมทับลงเป็นเตาเพื่อทำเป็นชั้นใช้งานใหม่ (Soil profile) นอกจากนี้ยังพบเศษตะกรันที่เกิดจากการถลุงเหล็กติดอยู่กับก้นเตาบริเวณกลางเตา ลักษณะของเตาไม่แตกต่างจากชาบทเตาที่พบในระดับอื่น โดยวงตัวในแนวทิศตะวันออกเฉียงใต้ - ตะวันตกเฉียงเหนือจึงกำหนดให้เป็นเตาถลุงหมายเลข 6 ลักษณะของดินหรือพื้นที่ใช้งานรอบเตา แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นแผ่นดินเหนียวแข็ง เนื่องจากถูกความร้อนของเตา และส่วนที่เป็นพื้นดิน (ดินปนทรัพย์) ที่อัดตัวแน่น โดยพื้นดินเหนียวเป็นส่วนที่อยู่รอบและใกล้เตา ขณะที่พื้นที่ดินอัดอยู่ดัดออกไป ทั้งสองส่วนนี้เป็นส่วนของพื้นใช้งานรอบเตา หรือระดับพื้นที่ทำงานของช่างถลุงเหล็ก



320 -350 cm.dt. ทำการขุดคันต่อในพื้นที่ SEQ ปรากฏเป็นชั้นตะกรันขนาดประมาณ 3 เซนติเมตร

360-370 cm.dt.

ในพื้นที่ SEQ ปรากฏเป็นชั้นพื้นดินสีน้ำตาลอ่อน พบร่องรอยประเพณี
ดินเผาไฟ และเศษหินถ้วย สนับนิยฐานว่าชั้นตะกรันสิ่งเหลือทิ้งจากการถลุง
เหล็ก และอาจเป็นการถมปรับพื้นที่ก่อนกระบวนการการถลุงเหล็กเตา
หมายเลข 6

380-390 cm.dt.

ในพื้นที่ SEQ พบร่องรอยตะกรันปะปนปริมาณน้อย มีลักษณะเป็นชั้นพื้น
คล้ายกับการอัดดินที่มีส่วนผสมของเม็ดทรายและอิเกลอนบนพื้นในขนาดที่
หนา ทำให้พื้นนี้น้ำอัดตัวแน่นพบร่องรอยตั้งแต่บริเวณปากเตาลงมา
จนถึงกลางเตา แต่บริเวณท้ายเตานั้นไม่พบหลักฐานที่สมบูรณ์ โดยวางตัว
ในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ ขนาดของเตาวัดจาก
หลักฐานที่พบจากการขุดคืบ ไม่รวมแนวสนับนิยฐานของท้ายเตา ด้านยาว
มีขนาด 80 เซนติเมตร ด้านกว้างมีขนาด 40 เซนติเมตร พบร่องรอยตัว
ของเศษตะกรันจำนวนมาก และชิ้นส่วนผนังเตาเป็นวงกลม ซึ่งอาจแสดง
ถึงขอบเขตของบริเวณท้ายเตา จึงได้กำหนดให้เป็นเตาถลุงหมายเลข 7



หลุมบุดกันที่ 2(TP.2)

Surface

เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชัน จึงได้เลือกใช้วิธีการบุดกันแบบหลุมยาว (Trench) โดยแบ่งพื้นที่หลุมออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ พื้นที่ A พื้นที่ B และ พื้นที่ C โดยแต่ละส่วนมีขนาดกว้าง 1.50 เมตร ยาว 2.00 เมตร



รูปที่ 3-29 แสดงสภาพหลุมบุดกันก่อนดำเนินการบุดกันหลุมบุดกันที่ 2 (ทิศเหนือ)

พื้นที่ A

ระดับผิวดิน – ระดับความลึก 220 cm.dt.

ชั้นนี้ประกอบด้วยดินร่วนสีน้ำตาลคล้ำ บางส่วนมีสีแดงเนื่องมาจากการสลายตัวของตะกรันจากการถลุงแร่เหล็ก ซึ่งกระจายตัวอยู่หนาแน่น มีรากไม้ขนาดเล็กปะปนอยู่ทั่วพื้นที่ โดยมีรากไม้ขนาดใหญ่ร่วงตัวตามแนวทิศตะวันออก - ตะวันตก พบร่องดินเพาสำหรับอุดช่องดักตะกรันที่ผนังเตาถลุง จำนวน 1 ก้อน

220-310 cm.dt.

พบตะกรันจากการถลุงแร่เหล็กจับตัวกันเป็นกลุ่มทั้งพื้นที่ พบร่วมกับชิ้นส่วนดินเพาไฟ ขนาดประมาณ 2-10 เซนติเมตร ชิ้นส่วนของห่อดินเพาสำหรับหุ้มปลายห่อจากที่สูบลม ชิ้นส่วนตุ๊กตาดินเพา จำนวน 6 ชิ้น ชิ้นส่วนภาชนะดินเพาประเภทเนื้อดินจำนวน 6 ชิ้น ขนาดประมาณ 2-10 เซนติเมตร



พื้นที่ B

ระดับ 220-300 cm.dt. ลักษณะชั้นทับถมทาง โบราณคดีคล้ายกับใน พื้นที่ A ในระดับเดียวกัน แต่มีตะกรันจากการถลุงแร่เหล็กหนาแน่นน้อยกว่า และไม่จับตัวรวมกัน เป็นก้อนใหญ่ เพียงแต่รวมตัวกันอย่างหลวมๆ โบราณวัตถุอื่นๆ ที่พบ ได้แก่ ห่วงโลหะ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2.5 เซนติเมตร ซึ่งพบใน ระดับความลึก 300 cm.dt.



พื้นที่ C

ระดับ 220-300 cm.dt. พบร่องรอยจากการดูดซึมและการหล่อกราก แต่ไม่เจ็บตัวแน่น มีรากไม้ขนาดเล็กปะปนอยู่ทั่วพื้นที่ โบราณวัตถุอื่นๆ ที่พบ ได้แก่ ก้อนดินเผาไฟ ซึ่งอาจเป็นส่วนที่แตกมาจากการผนังเตา หรืออาจเป็นชิ้นส่วนของห่อดินเผาหุ้มปลายท่อจากที่สูบลม และชิ้นส่วนก้อนดินเผาสำหรับอุดช่องดักตะกรันที่ผนังเตาลุง จำนวน 2 ชิ้น ชิ้นส่วนของห่อดินเผาสำหรับหุ้มปลายท่อจากที่สูบลม และเศษภาชนะดินเผาประเภทเนื้อดินจำนวน 11 ชิ้น ขนาดประมาณ 2-7 เซนติเมตร



300-400 cm.dt.

ชั้นทับถมทางโบราณคดีในพื้นที่ C มีลักษณะแตกต่างกัน จึงสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อย ส่วนละประมาณ 1 เมตร ที่มีลักษณะไม่เหมือนกันโดยบริเวณทางทิศเหนือนั้นมีลักษณะอ่อนกว่า ซึ่งน่าจะเป็นส่วนที่ต่อเนื่องมาจากพื้นที่ B ในขณะที่พื้นที่ทางด้านทิศใต้นั้น จำนวนหลักฐานที่พบมีปริมาณน้อยมาก

400 -520 cm.dt.

เนื่องด้วยพื้นที่ครึ่งหนึ่งทางทิศใต้ของพื้นที่ขุดคันนั้นมีตะกรันจากการถลุงแร่เหล็กอยู่ไม่นาน จึงได้เลือกทำการขุดคันต่อในพื้นที่นี้ก่อน เพื่อหาข้อมูลของกลุ่มตะกรันจากการถลุงแร่เหล็ก ลักษณะการทับถมของตะกรันจากการถลุงเหล็กที่พบในพื้นที่ขุดคันนี้ ทำให้สันนิษฐานได้ว่าพื้นที่หลุมขุดคันที่ 2 นั้น น่าจะเป็นพื้นที่สำหรับทึ่งตะกรันจากการถลุงแร่เหล็ก ซึ่งส่วนผนังเตา หรือสิ่งเหลือทิ้งที่ไม่ต้องการจากการถลุงโดยไม่มีการก่อเตาถลุงแร่เหล็กในพื้นที่ส่วนนี้ ซึ่งทำให้ทราบว่า ในการถลุงเหล็กนั้น คนในสมัยโบราณได้มีการแบ่งพื้นที่ทำงาน โดยแยกพื้นที่ตั้งเตาถลุงแร่เหล็ก และพื้นที่ทิ้งสิ่งเหลือทิ้งจากการถลุงแร่เหล็กจากกันแต่ไม่ไกลกัน



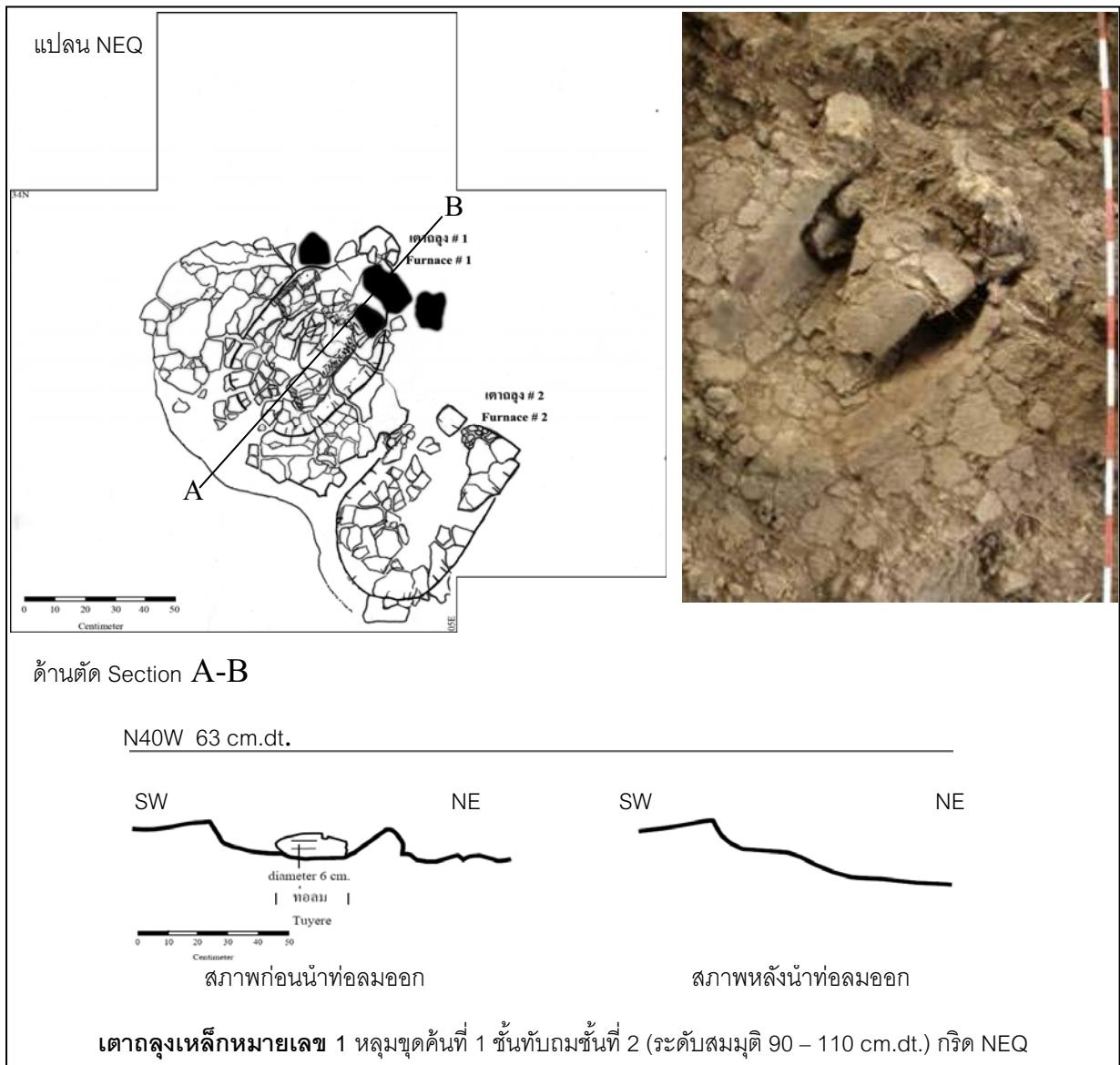
520-720 cm.dt.

การขุดคันในระดับความลึกนี้เป็นการใช้เครื่องมือเจาะดิน (Auger) ขุดเจาะเก็บตัวอย่างดิน โดยทำการเก็บตัวอย่างดินช่วงละ 20 เซนติเมตร จนถึงที่ระดับความลึกที่ 720 cm.dt. ซึ่งไม่พบตะกรันจากการถลุงแร่เหล็ก ปะปนมาในเนื้อดิน อีกทั้งพบว่าเป็นชั้นที่ประกอบด้วยดินปนทรายเป็น มีเม็ดกรวดปะปน

- หลักฐานทางโบราณคดีประเภทสำลักที่พบในการขุดคัน

1. เตาอุบลเหล็ก

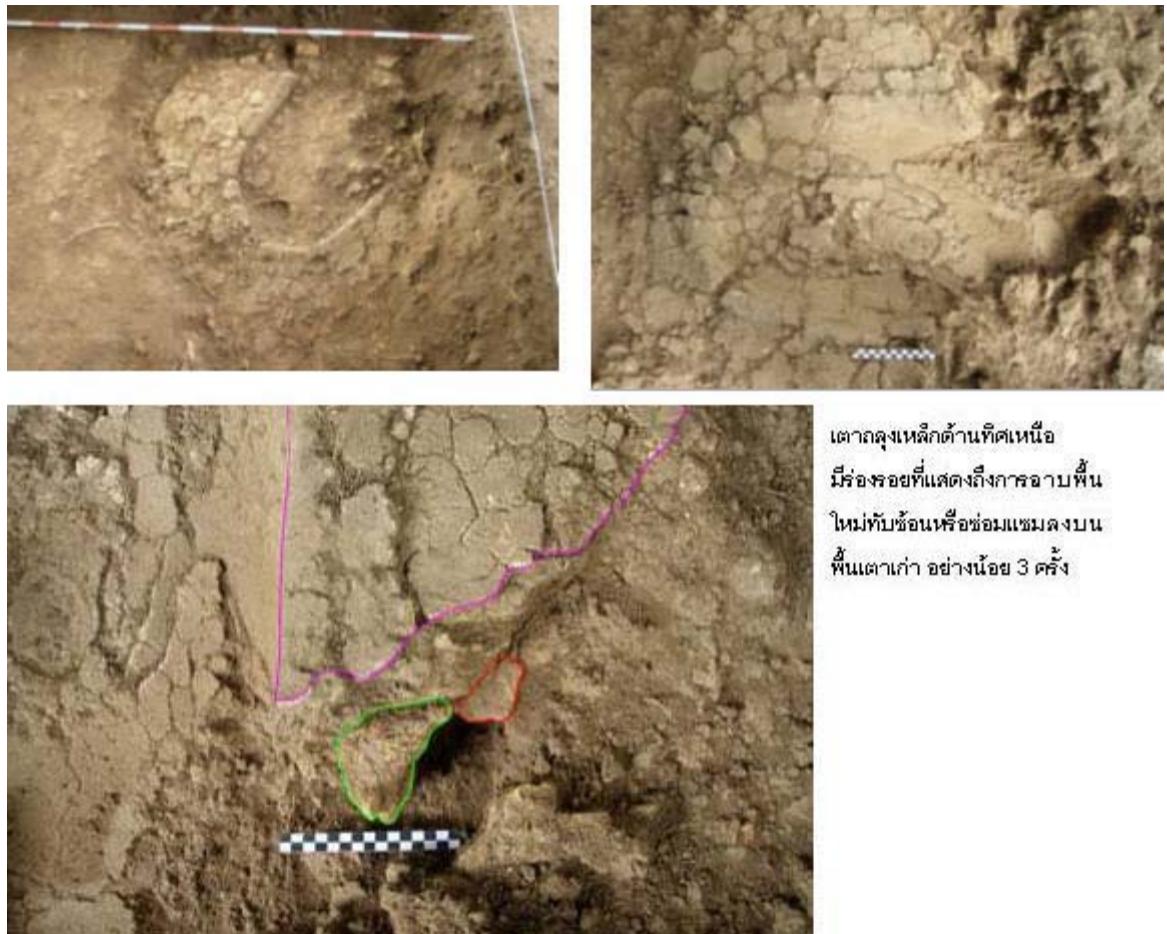
เตาอุบลเหล็กหมายเลข 1



รูปที่ 3-30 แสดงเตาอุบลเหล็กหมายเลข 1 หลุมขุดคันที่ 1 ชั้นทับถมชั้นที่ 2

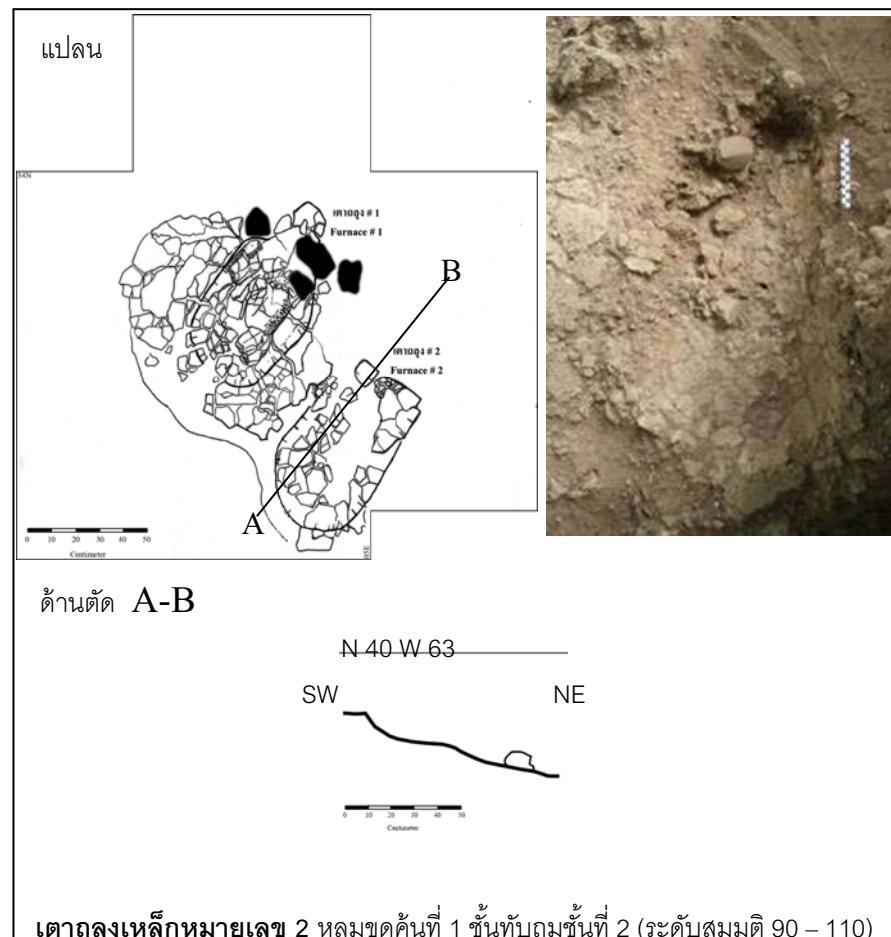
(ระดับสมมุติ 90-110 cm.dt.) กริด NEQ

พบในหลุมขุดคันที่ 1 ชั้นทับถมทางโบราณคดีชั้นที่ 2 ระดับความลึก 80-90 cm.dt. ขนาดกว้างประมาณ 34 เซนติเมตร ยาว 67 เซนติเมตร สภาพค่อนข้างสมบูรณ์ เป็นส่วนที่เหลืออยู่ของเตาอุบลเหล็กแบบเอ่งหรือเตาอ่าง (Bowl Furnace) รูปร่างเป็นทรงรี สันนิษฐานว่า



ຮູບທີ 3-31 ແສດງເຫຼັກຄຸງແລືກດ້ານທີ່ສະເໜືອ

เตาถลุงเหล็กหมายเลข 2

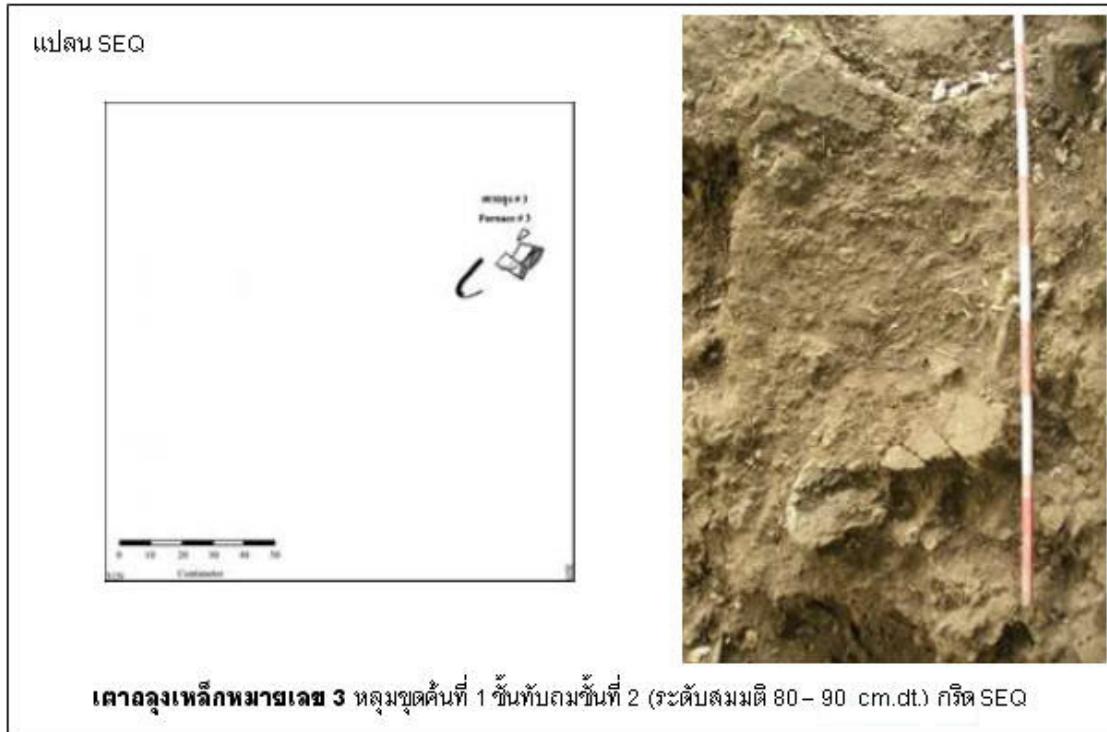


รูปที่ 3-32 แสดงเตาถลุงเหล็กหมายเลข 2 หลุมบุกดันที่ 1 ชั้นทับถมชั้นที่ 2
(ระดับสมมุติ 90-110 cm.dt.) กริด NEQ

พบในหลุมบุกดันที่ 1 ชั้นทับถมทางโบราณคดีชั้นสมมุติที่ 2 ระดับความลึก 80-90 cm.dt. ขนาดกว้างประมาณ 39 เซนติเมตร ยาว 78 เซนติเมตร บางส่วนของเตาหายไปน่าจะสร้างขึ้นมาใหม่เลี่ยงกับเตาถลุงหมายเลข 1 หรืออาจก่อนหน้านี้ เนื่องจากบางส่วนของเตาหมายเลข 2 มีร่องรอยคล้ายถูกซ่อนทับโดยบางส่วนของเตาถลุงหมายเลข 1



เตาถุงเหล็กหมายเลข 3

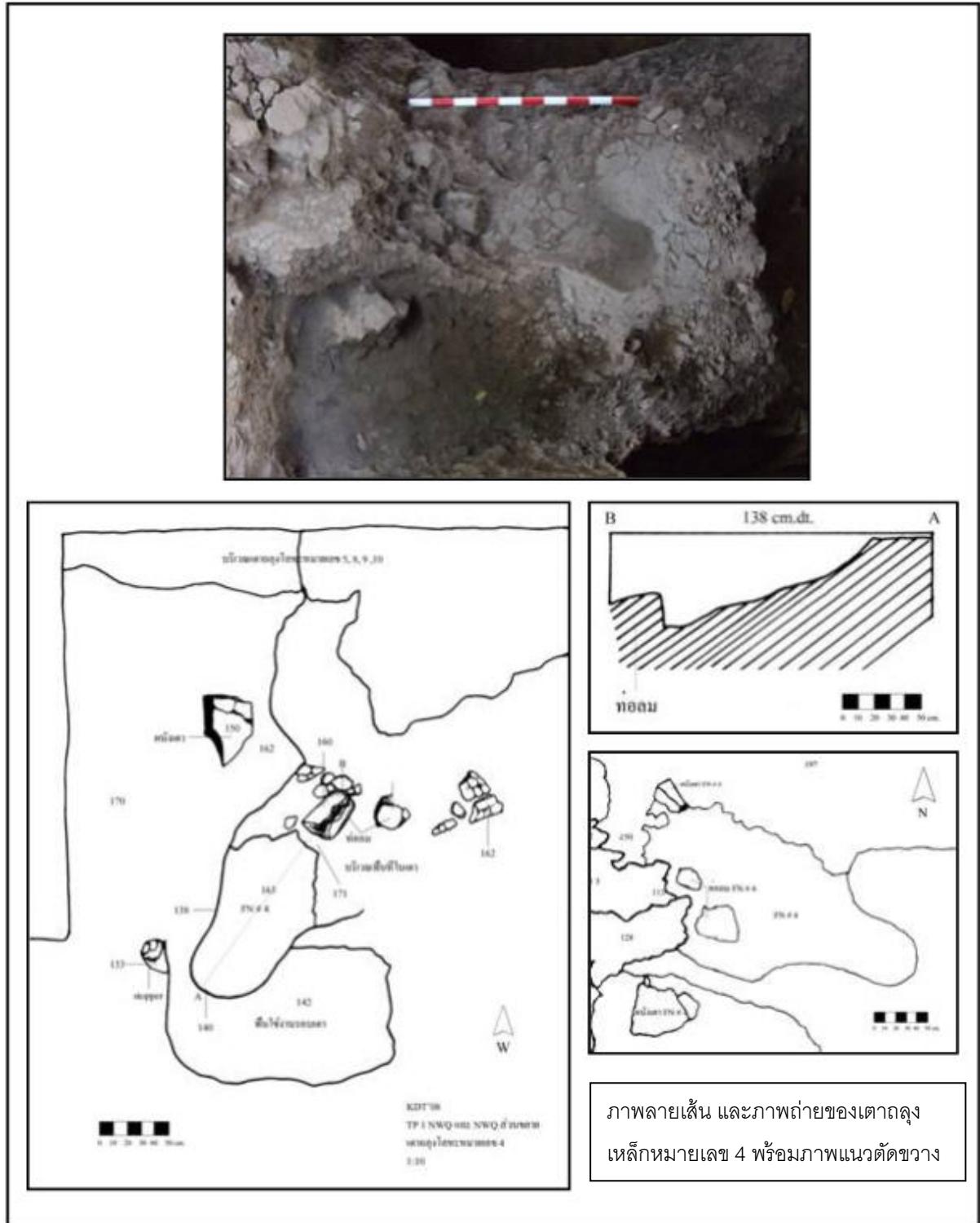


รูปที่ 3-33 แสดงเตาถุงเหล็กหมายเลข 3 หลุมขุดคืบที่ 1 ชั้นทับถมชั้นที่ 2 (ระดับสมมติ 90-110 cm.dt.) กวิช NEQ

พบในหลุมขุดคืบที่ 1 ชั้นทับถมทางโบราณคดีชั้นที่ 2 ระดับความลึก 80-90 cm.dt. สภาพไม่สมบูรณ์ เนื่องจากการลูกทุบทึบและลูกรบกวนจากการก่อเตาถุงหมายเลข 2



เตาถุงเหล็กหมายเลข 4



พบในหลุ่มบุคคลนี้ที่ 1 ชั้นทับถมทาง โบราณคดีชั้นสมมุติที่ 3 และ 5 ระดับความลึกวัด ณ จุดสูงสุด 151 cm.dt. และจุดลึกสุด 170 cm.dt. ในการทำงานทาง โบราณคดีเมื่อ พ.ศ. 2550 พบเฉพาะระดับพื้นใช้งานปากหลุ่ม และบางส่วนของปากเตาท่านั้น หลักฐานส่วนที่เหลือนั้นอยู่เข้าไปในผนังหลุ่มบุคคลนี้ด้านทิศตะวันตก ต่อมามีการดำเนินการบุคคลนี้ทาง โบราณคดีในปี พ.ศ. 2551 จึงได้ทำการขยายขนาดของหลุ่มบุคคลนี้เพิ่มเพื่อทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับเนินดลุ่งโลหะพร้อมทั้งบุคคลนี้เพิ่มเติมบริเวณเตาดลุ่งหมายเลข 4 อีกด้วย ลักษณะเป็นเตาดลุ่งที่สร้างโดยใช้วิธีการหินปูนดินเหนียวจีนเป็นตัวเตา วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงใต้-ตะวันออกเฉียงเหนือ

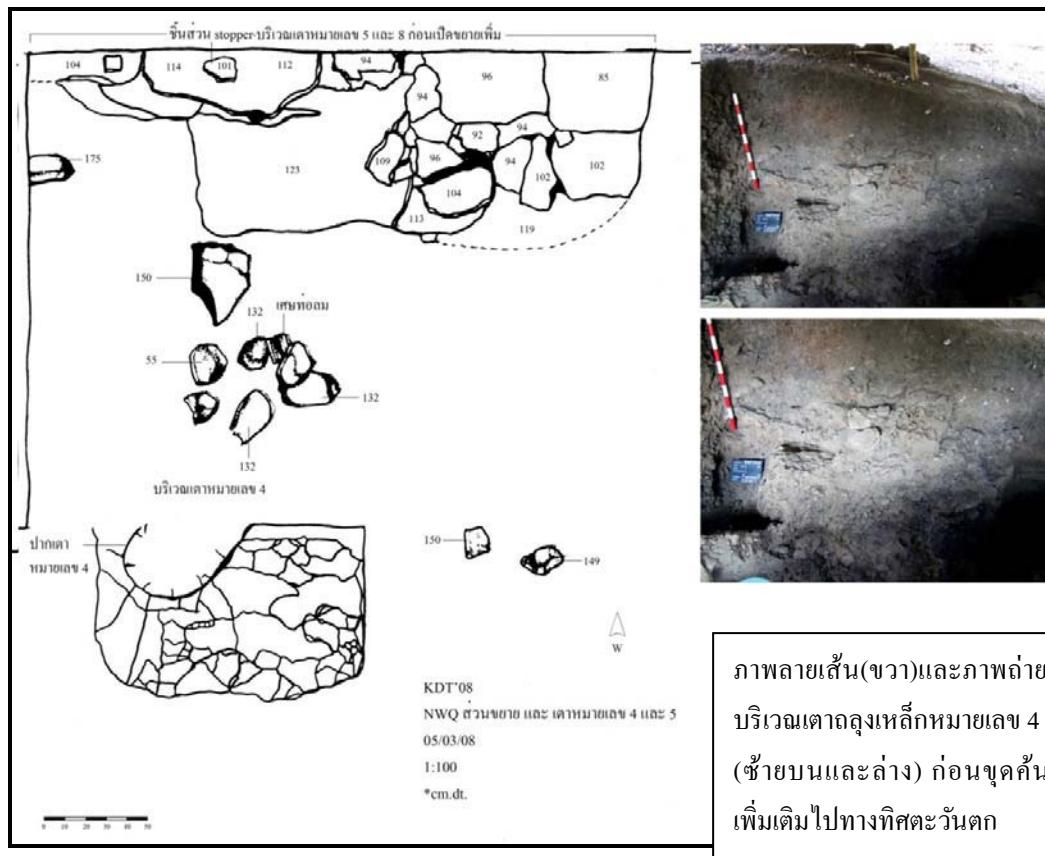
ร่องรอยของเตาหมายเลข 4 พบเหลืออยู่เฉพาะบริเวณพื้นใช้งานด้านปากเตา และพื้นเตา แต่ไม่พบผนังเตา และส่วนท้ายเตา ซึ่งสันนิษฐานว่าอาจถูกรื้อหลังจากการดลุ่งครั้งสุดท้าย หรืออาจถูกหักหักจากภัยธรรมชาติ และการบุคคลนี้ทำให้สันนิษฐานได้ว่าเตาดลุ่งหมายเลข 4 นี้สร้างโดยใช้ตะกรันที่เกิดจากการดลุ่งเหล็กเป็นฐานรากรองรับและค้ำผนังของเตา โดยเริ่มจากการดมตะกรันขึ้นเป็นชั้น และกันตะกรันเป็นช่องสำหรับสร้างเตา หลังจากนั้นจึงใช้ดินเหนียวฉาบขึ้นเป็นตัวเตา

หลักฐานทาง โบราณคดีที่พบร่วมกับเตาดลุ่งเหล็กเตานี้ประกอบด้วย

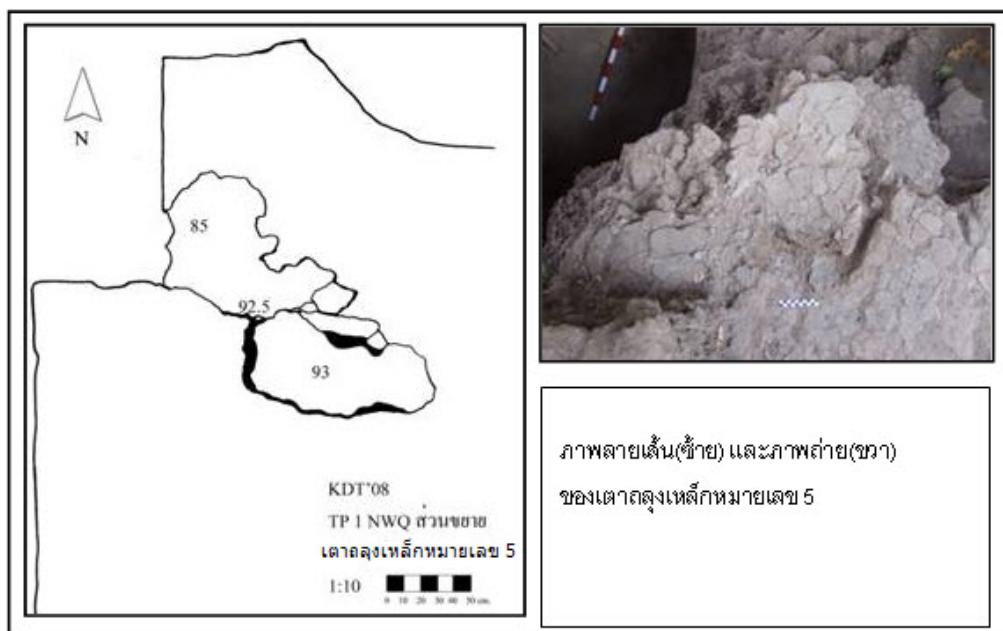
1. เศษผนังเตา พบกระจาบบริเวณรอบเตา ยกเว้นด้านหน้าเตา สันนิษฐานว่าเป็นเศษผนังเตาที่ถูกหักหักจากการใช้งานหรือฝังกลบ เศษผนังเตาเหล่านี้ทำให้สามารถสันนิษฐานขนาดและขอบเขตของเตาได้ เนื่องจากยังคงมีเศษผนังเตาบางส่วนติดอยู่กับโครงสร้างเดิมของเตา

2. ชิ้นส่วนท่อลมทำด้วยดินเผา พบบริเวณด้านปลายก้นเตา มีคราบของตะกรันเกาะอยู่ และมีคราบสีเขียวมีความแปรวัววัวซึ่งเกิดจากแร่ธาตุในดินและถ้าที่ถูกความร้อนสูงมากภายในเตาดลุ่งเหล็กจนหลอมเหลวและเคลื่อนย้ายที่ผิวท่อลมดินเผา

เตาถลุงเหล็กหมายเลข 5



รูปที่ 3-35 แสดงภาพลายเส้นและภาพถ่ายบริเวณเตาถลุงเหล็กหมายเลข 4 และ 5
ก่อนขุดคันขยายเพิ่มเติม ไปทางทิศตะวันตก



รูปที่ 3-36 แสดงภาพลายเส้นและภาพถ่ายของเตาถลุงเหล็กหมายเลข 5

พบรainหลุมบุดดกันที่ 1 ชั้นทับถมทางโบราณคดีชั้นสมมุติที่ 3 ระดับความลึกของบุดสูงสุดของเตาถุง 85 cm.dt. (พื้นใช้งานรอบเตา) และบุดลึกสุด ซึ่งอาจเป็นส่วนกันเตา 113 cm.dt. พบที่ตำแหน่งห่างจากผนังทิศตะวันออกส่วนขยาย 62 เซนติเมตร ผนังทิศใต้ส่วนขยาย 122 เซนติเมตร วางตัวซ้อนทับอยู่บนเตาหมายเลข 8 ร่องรอยของเตาถุงเหล็กหมายเลข 5 เหลืออยู่น้อยมากจึงไม่สามารถแสดงสภาพเดิมของเตา แต่อาจพ่อนุมน้ำน้ำได้ว่าสภาพและรูปแบบของเตาคงมีลักษณะไม่แตกต่างไปจากเตาถุงอื่นๆ ที่พบ คือ มีลักษณะเป็นเตาสร้างโดยปืนดินขึ้นเป็นตัวเตา เช่นเดียวกับเตาถุงที่พบรainหลุมบุดดกันที่ 1 วางตัวในแนวตะวันออก-ตะวันตก

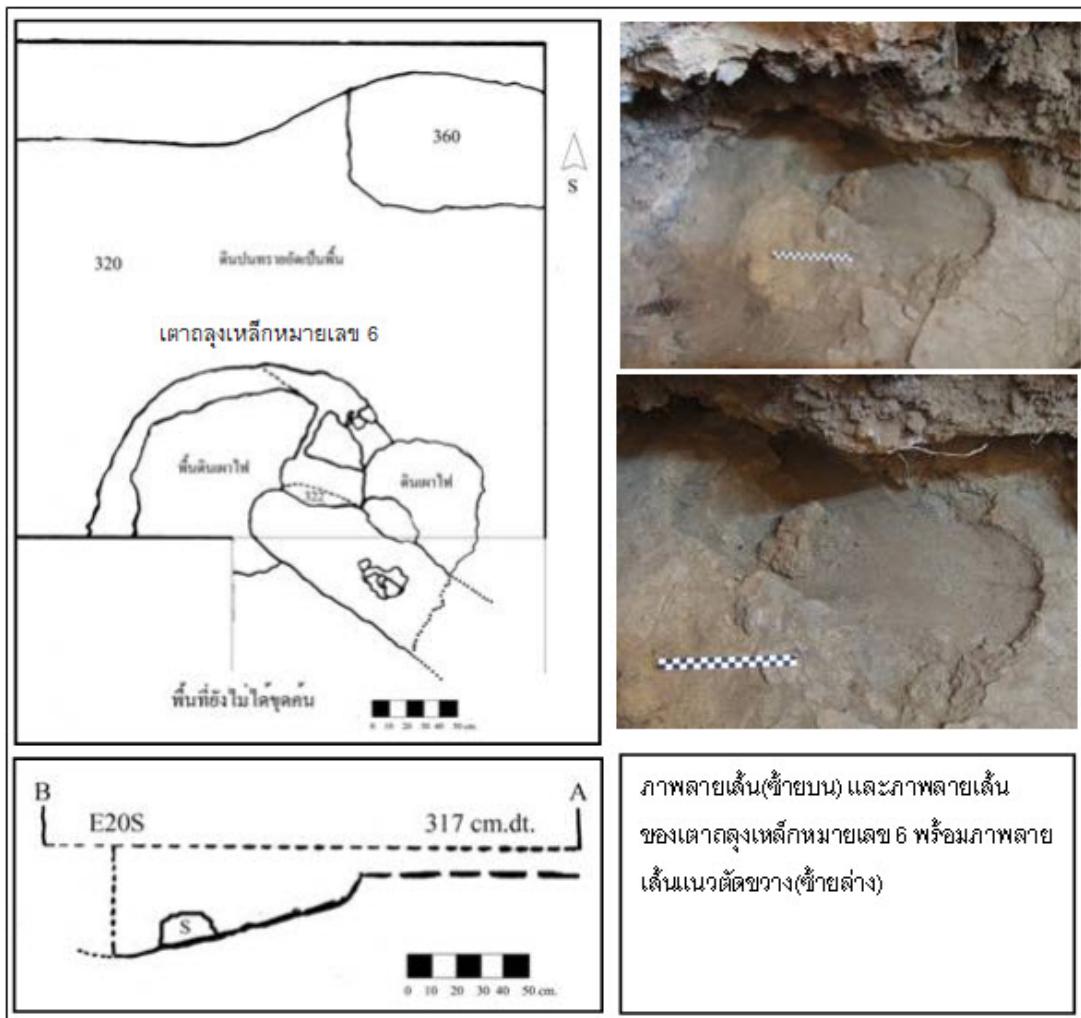
การบุดดกันบริเวณเตาถุงหมายเลข 5 พบรเพียงกองเศษก้อนดินเผาที่สันนิษฐานว่าเป็นผนังเตาที่ผุพังเกือบหมด พื้นเตา และพื้นที่ใช้งานบริเวณปากเตา ปะปนเป็นกองทับอยู่บนเตาถุงหมายเลข 8

สันนิษฐานว่าช่างอาจสร้างเตาถุงหมายเลข 5 ซ้อนทับลงบนเตาหมายเลข 8 โดยอาจเป็นการเปลี่ยนหรือปรับปรุงเตาหลังจากไม่สามารถใช้งานต่อไปได้ โดยใช้วิธีสร้างซ้อนทับลงบนตำแหน่งเตาเดิม

หลักฐานทางโบราณคดีที่พบร่วมกับเตาถุงเหล็กเตานี้ประกอบด้วย

1. ชิ้นส่วนผนังเตา และพื้นเตา เป็นดินเหนียวที่ถูกความร้อนจากการถุงเหล็ก มีก้อนขนาดต่างๆ กันหลายชิ้น เกาะกลุ่มกันกองอยู่บนเตาถุงเหล็กหมายเลข 8
2. พื้นใช้งานบริเวณปากเตา เป็นพื้นดินเหนียวขนาดกว้างประมาณ 50 เซนติเมตร ยาวประมาณ 100 เซนติเมตร พบรเฉพาะส่วนด้านหนึ่งของเตา และอยู่ในระดับความลึกเดียวกับกองชิ้นส่วนเตาของเตาถุงเหล็กหมายเลข 5

เตาถุงเหล็กหมายเลข 6

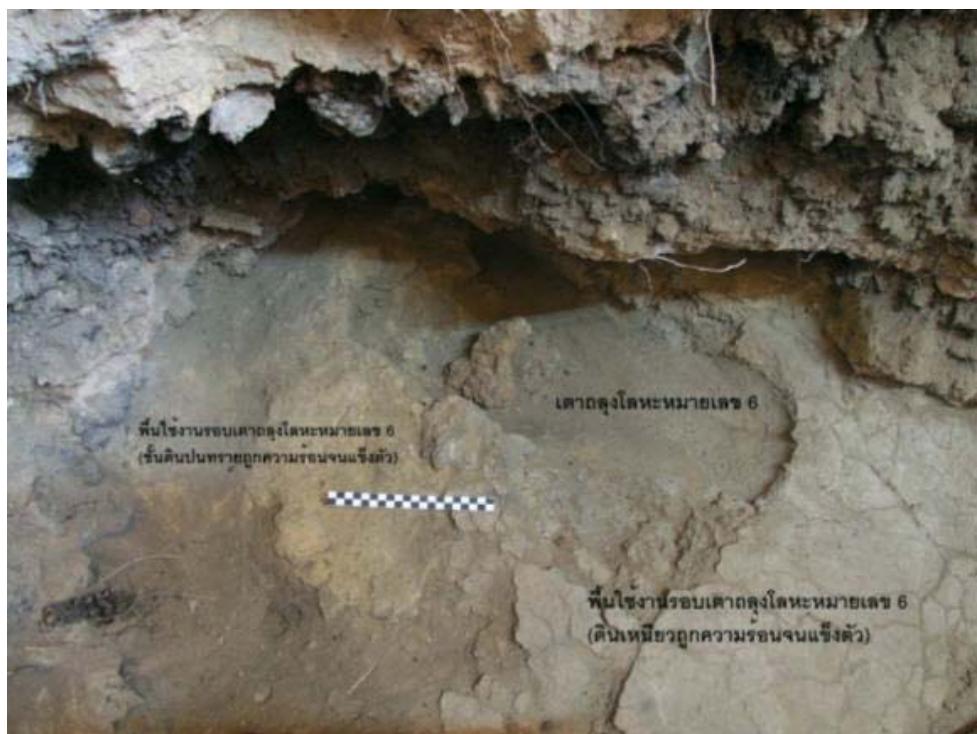


รูปที่ 3-37 แสดงภาพถ่ายเส้นและภาพถ่ายเส้นของเตาถุงเหล็กหมายเลข 6

พร้อมภาพถ่ายเส้นแนวตัดขวาง

พบในหุบเขาที่ 1 ชั้นทับถมทาง โบรามคดีชั้นสมมุติที่ 20 และ 21
หุบสูงสุดของเตา ซึ่งอาจเป็นขอบของปากเตา วัดระดับความลึกได้ 320 cm.dt. ส่วนจุดลึกสุดของเตา
วัดระดับความลึกได้ 341 cm.dt. พบอยู่ที่ตำแหน่งห่างจากผนังทิศใต้ 110 เซนติเมตร ผนังทิศ
ตะวันตก 81 เซนติเมตร มีลักษณะเป็นเตาถุงที่สร้างโดยใช้ดินเหนียวปืนขึ้นเป็นโครงสร้างของเตา
และได้รับความร้อนจนเป็นชั้นแข็ง วางตัวในแนวทิศตะวันออกเฉียงใต้-ตะวันตกเฉียงเหนือ ขนาด
ของเตาตัดจากหลักฐานที่พบจากการบุดคืบ ยาว 175 เซนติเมตร กว้าง 55 เซนติเมตร ประกอบด้วย
พื้นที่ใช้งานรอบเตา ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นแผ่นดินเหนียวแข็ง เนื่องจากถูกความ
ร้อน และส่วนที่เป็นพื้นดินปนทรายที่อัดตัวแน่น โดยพื้นดินเหนียวเป็นส่วนที่อยู่รอบและใกล้เตา

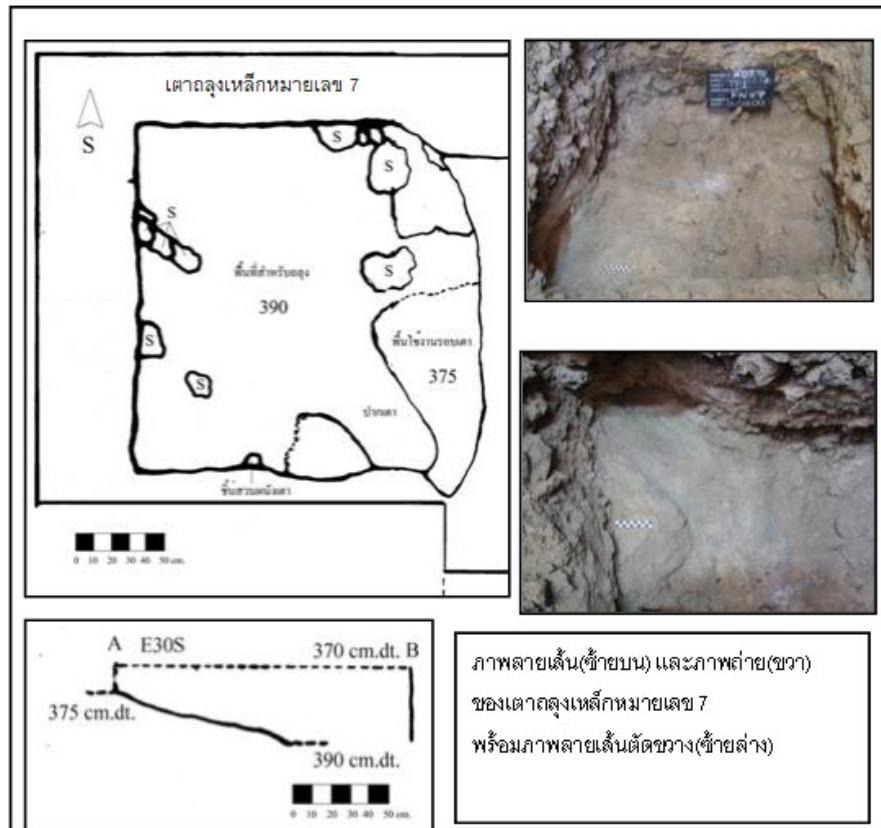
ส่วนประกอบของเตาถุงหมายเลข 6 พบร่องแต่ปากเตาจนถึงกลางเตา และระหว่างการขุดค้นในตัวเตาพบว่าส่วนหน้าของเตาใกล้กับปากเตาไม่เศษก้อนดินอัดติดอยู่ สันนิษฐานว่าเป็นดินที่เกิดจากถุงทับลงเป็นเตาเพื่อทำเป็นชั้นใช้งานใหม่ นอกจากนี้ยังพบเศษตะกรันที่เกิดจากการถุงเหล็กติดอยู่กับก้นเตาบริเวณกลางเตา อย่างไรก็ตามไม่สามารถขุดค้นเตาถุงหมายเลข 6 ต่อไปได้เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องพื้นที่



หลักฐานทางโบราณคดีที่พบร่วมกับเตาถุงเหล็กหมายเลข 6 มีดังนี้

1. ชิ้นส่วนของผนังเตา ซึ่งหลุดออกมาร้าวจากเตาถุง
2. เศษตะกรัน แยกเป็น 2 ส่วน คือ เศษตะกรันที่ยังคงติดอยู่กับก้นเตา และเศษตะกรันที่ตกอยู่ในเตา แต่ไม่เข้ามติดกับเตา

เตาถลุงเหล็กหมายเลข 7

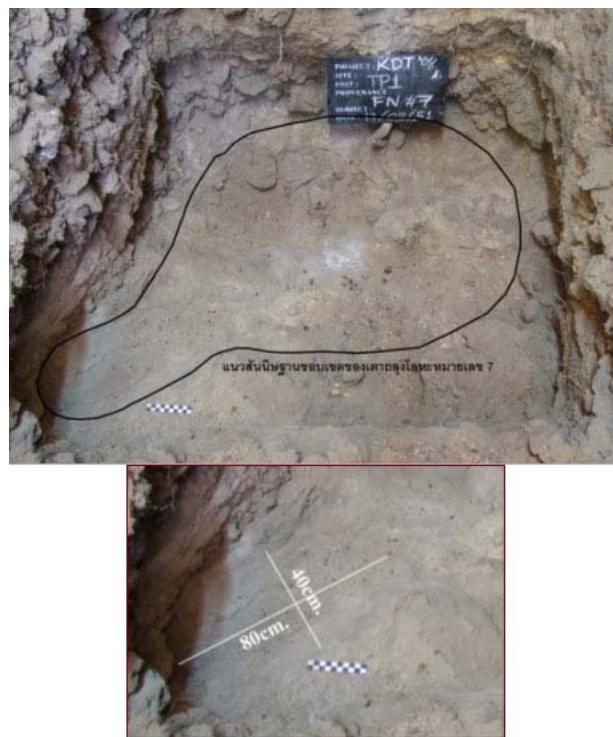


รูปที่ 3-38 แสดงภาพถ่ายเส้นและภาพถ่ายของเตาถลุงเหล็กหมายเลข 7
พร้อมภาพถ่ายเส้นตัดขวาง

พบในหลุมบุดกันที่ 1 ชั้นทับถมทางโบราณคดีชั้นสมมุติที่ 22-24 จุดสูงสุดของเตาวัดระดับความลึกได้ 375 cm.dt. และจุดลึกสุด 390 cm.dt. โดยเป็นเตาที่พับในระดับลึกที่สุดในการขุดกันครั้งนี้ เตาทำโดยใช้ดินเหนียวปืนขึ้นเป็นโครงสร้างของเตาและได้รับความร้อนจากจานจับตัวแข็ง ลักษณะโดยรวมไม่แตกต่างไปจากเตาอื่นๆ ที่พับในหลุมบุดกัน สร้างขึ้นในชั้นตะกรันที่เกิดจากการถลุงเหล็กครั้งก่อนหน้า โดยบุดหลุมดีนๆ ในชั้นตะกรัน แล้วจึงใช้ดินเหนียวปืนและจานเป็นรูปทรงเตาในหลุมนั้น หลังจากนั้นอาจเผารืออุ่นเตาเพื่อให้แข็งตัว และพร้อมสำหรับการใช้งาน ตัวเตาวางตัวในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ ขนาดของเตาวัดจากหลักฐานที่พับจากการบุดกัน ไม่รวมแนวสันนิษฐานของท้ายเตา ด้านยาวมีขนาด 80 เซนติเมตร ด้านกว้างมีขนาด 40 เซนติเมตร

ร่องรอยของเตาถลุงหมายเลข 7 พับตื้นแต่บริเวณปากเตาลงมาจนถึงกกลางเตา แต่บริเวณท้ายเตานั้น ไม่พับหลักฐานที่สมบูรณ์ พับเศษตะกรันกระจายปนอยู่จำนวนมาก โดยกระจายอยู่ในตำแหน่งที่อาจแสดงถึงขอบเขตของบริเวณท้ายเตา

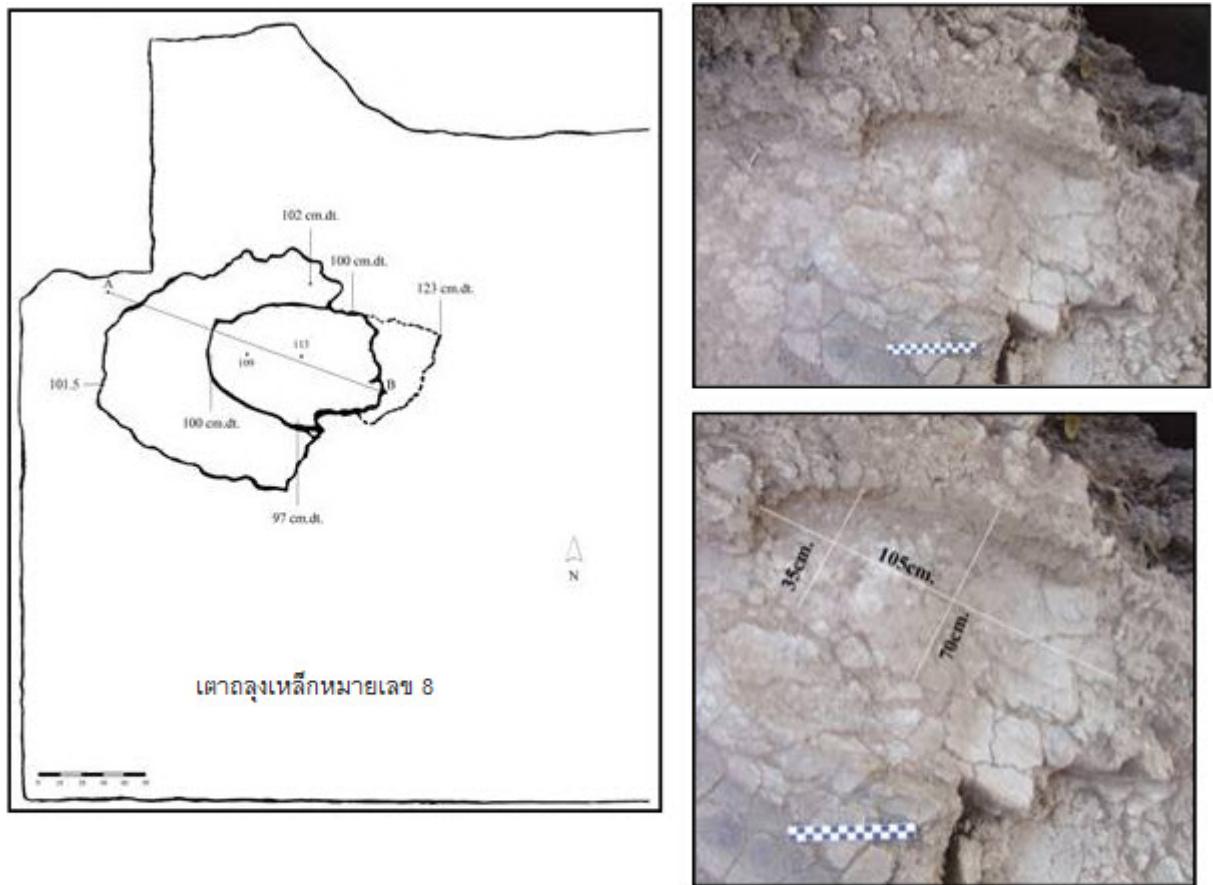
บริเวณปากเตาพบชิ้นส่วนผนังเตาจำนวน 1 ชิ้นในตำแหน่งที่น่าจะเข้มต่อกับส่วนของปากเตา และยังได้พบพื้นใช้งานรองเตาที่เป็นลักษณะของดินเหนียวaban ลงบนชั้นตะกรัน แต่แตกต่างจากพื้นใช้งานของเตาอื่น คือ พื้นบริเวณปากเตา หรือพื้นที่รอบเตาของเตาอื่นๆ เป็นพื้นลava ด้วยดินเหนียวบนพื้นหินประมวล 1-2 เซนติเมตร เมื่อแตกออกมีลักษณะเป็นแผ่นแยกออกจากกัน ยกเว้นเตาหมายเลข 7 ที่พบว่าเป็นพื้นชั้นดินหินประกอบด้วยดินที่มีเม็ดทรายละเอียดผสม อัดตัวแน่นเป็นเนื้อดีกวัก ในระหว่างการขุดคันบริเวณเตาพบกลุ่มก้อนตะกรันจำนวนมากในบริเวณที่เป็นจุดถลุงซึ่งแตกต่างจากที่พบในเตาหมายเลข 6 ที่พบเพียงก้อนเล็กนิดๆ ไม่เกิน 3 เซนติเมตร ก้อนตะกรันที่พบในเตาหมายเลข 7 นั้นบางส่วนมีรูปร่างเหมือนก้อนตะกรันที่มีรูปทรงโค้งเว้าคล้ายกับส่วนโค้งของเตา และบางก้อนยังคงหลงเหลือเศษถ่าน ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงในการถลุงเหล็กอยู่ด้วย นอกจากนี้ยังพบว่ามีเศษตะกรัน และชิ้นส่วนผนังเตากระจายเป็นแนววงกลมซึ่งอาจแสดงถึงขอบเขตของตัวเตา



หลักฐานทางโบราณคดีที่พบร่วมกับเตาหมายเลข 7 มีดังนี้

- ชิ้นส่วนผนังเตาจำนวน 1 ชิ้นพบตรงด้านทิศตะวันออกของปากเตา ซึ่งคาดว่าอาจเป็นผนังเตาที่หลุดออกมากจากเตา หลังจากที่ใช้เตาครั้งสุดท้ายก็เป็นได้
- ก้อนตะกรันจากการถลุงเหล็ก มีรูปทรงไม่แน่นอน แต่บางก้อนมีลักษณะด้านหนึ่งโค้งเหมือนกับเตา หรือโค้งของผนังเตา นอกจากนี้บางก้อนยังพบเศษถ่านแทรกปนอยู่ด้วย

เตาถุงเหล็กหมายเลข 8

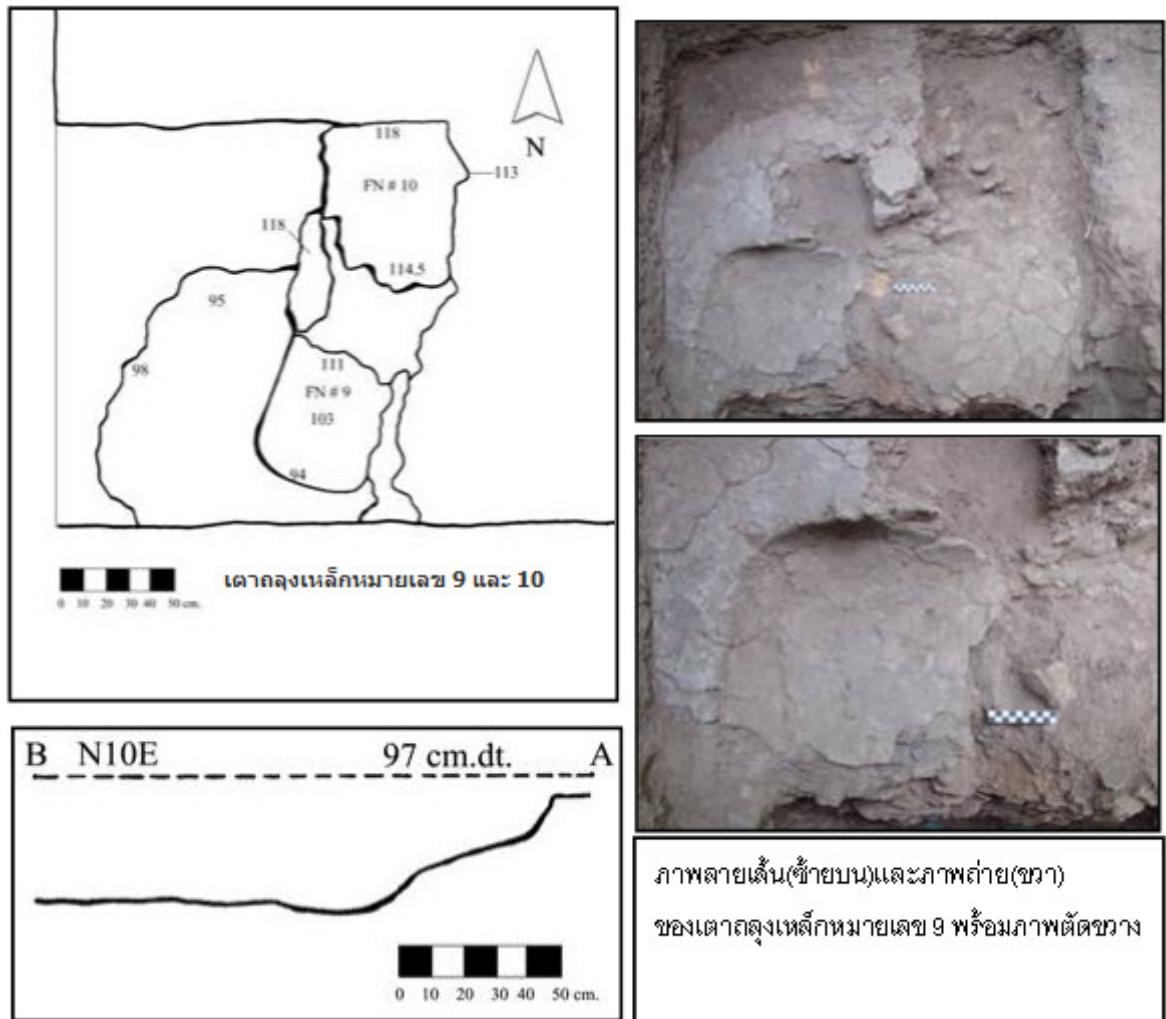


ภาพลายเส้น(ข้า) ภาพถ่าย(ขวา) และภาพลายเส้นแนวตัดขวาง(ล่าง)
ของเตาถุงหมายเลข 8

รูปที่ 3-39 แสดงภาพลายเส้น ภาพถ่าย และภาพลายเส้นแนวตัดขวางของเตาถุงเหล็กหมายเลข 8

พนในหุบกันที่ 1 ชั้นทับถมทางโบราณคดีชั้นสมบูรณ์ที่ 3 ระดับความลึกสมบูรณ์ ณ จุดสูงสุด 97 cm.dt. และจุดลึกสุด 118 cm.dt. ตำแหน่งห่างจากผนังทิศตะวันออกส่วนขยาย 59 เซนติเมตร และห่างจากผนังทิศใต้ส่วนขยาย 115 เซนติเมตร พนอยู่ใต้เตาหมายเลข 5 ในตำแหน่งเดียวกัน หลักฐานที่พนนั้นมีเพียงส่วนของปากเตา และส่วนของกล่างเตา แสดงให้เห็นว่าช่างถุงได้สร้างเตาหมายเลข 5 ช้อนทับลง ณ จุดเดิมหลังจากที่เลิกใช้เตาหมายเลข 8 ขนาดของเตาวัดตามด้านยาวได้ 105 เซนติเมตร ด้านกว้าง ณ หัวเตาได้ 35 เซนติเมตร และกล่างเตาได้ 70 เซนติเมตร

เตาถุงเหล็กหมายเลข 9



รูปที่ 3-40 แสดงภาพถ่ายเส้นและภาพถ่ายของเตาถุงเหล็กหมายเลข 9

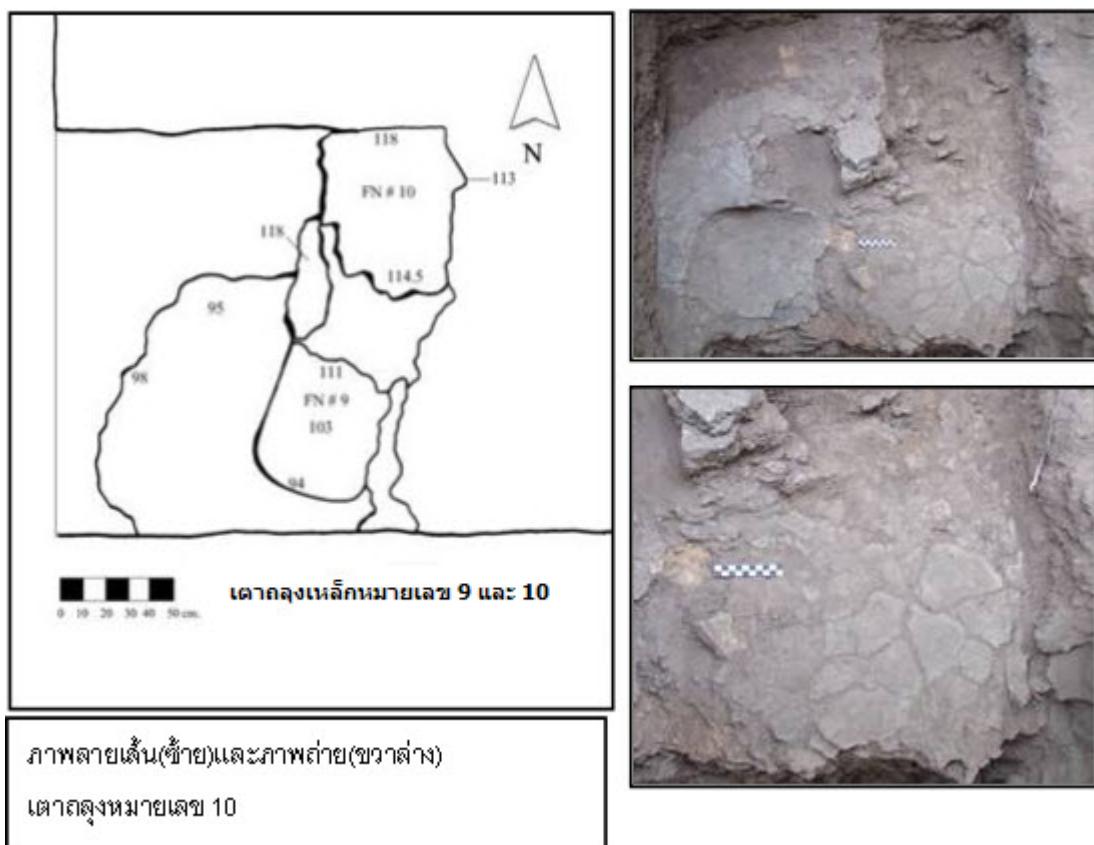
พร้อมภาพถ่ายตัดขวาง

พบในหลุมบุดคันที่ 1 ชั้นทับถมทางโบราณคดีชั้นสมมุติที่ 3 ระดับความลึกสมมุติวัด ณ จุดสูงสุดของเตาถุง 95 cm.dt. และจุดลึกสุด 118 cm.dt. ห่างจากผนังทิศตะวันออกส่วนขยาย 46 เซนติเมตร ติดกับผนังทิศใต้ส่วนขยาย โดยสร้างช่องหันหนีองบางส่วนของพื้นกันเตาที่เป็นของเตาหมายเลข 10 พับหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับเตาเฉพาะส่วนหัวของเตา และพื้นใช้งานบริเวณปากเตาท่านั้น โดยรูปแบบและลักษณะของเตาไม่แตกต่างไปจากเตาอื่นๆ ที่พบในหลุมบุดคันที่ 1 คือ สร้างจากดิน และเผาไฟ หรืออบไฟเพื่อให้ดินจับตัวแข็ง โดยปากเตามีรูปทรงเป็นรีเหลี่ยมมุมมน ซึ่งต่างจากเตาถุงหมายเลขอื่นที่ปากเตามีทรงโคงมากกว่า

นอกจากนี้ทรงบริเวณปลายเตาที่มีร่องรอยของการเผาดินซ้ำ ซึ่งอาจเป็นการซ่อมแซมเพื่อการใช้งานต่อไป ขนาดของเตา วัดตามด้านยาวมีขนาด 65 เซนติเมตร ด้านกว้างมีขนาด 55 เซนติเมตร

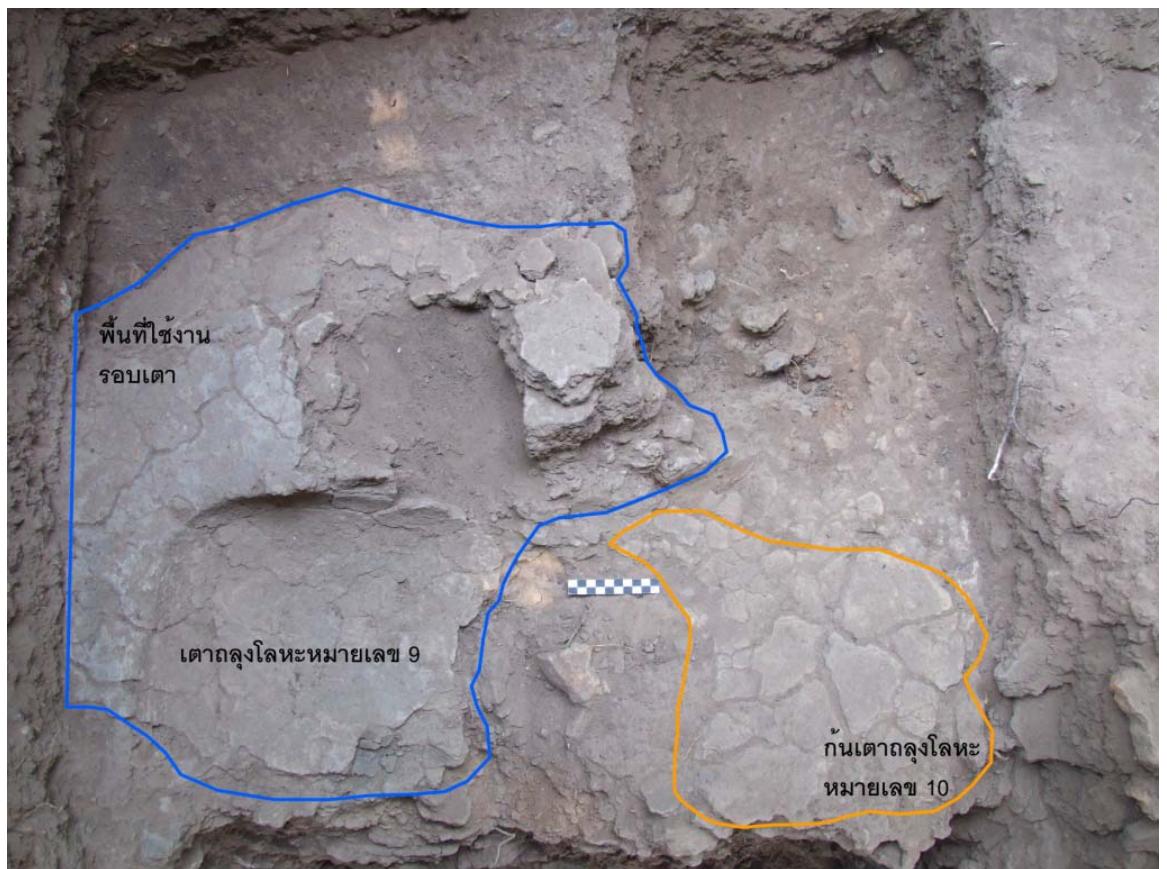
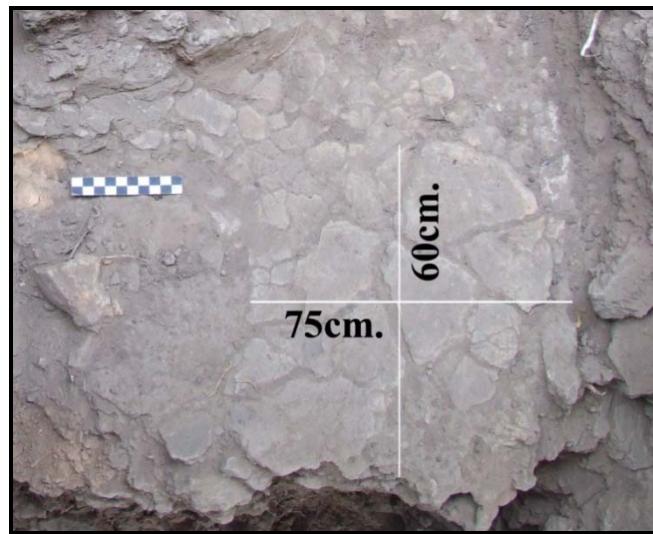


เตาถุงเหล็กหมายเลข 10



รูปที่ 3-41 แสดงภาพถ่ายด้านล่าง(ฐาน)และภาพถ่าย(ข้างล่าง)ของเตาถุงเหล็กหมายเลข 10

พบในห้องบุดคึ้นที่ 1 ชั้นทับถมทางโบราณคดีชั้นที่ 3 ระดับความลึกจากระนาบอ้างอิงสมมุติวัด ณ จุดสูงสุดของเตาถุง 114.5 cm.dt. และจุดลึกสุด 118 cm.dt. ห่างจากผนังด้านทิศใต้ส่วนขยายประมาณ 50 เซนติเมตร ผนังทิศตะวันตกส่วนขยายประมาณ 100 เซนติเมตร สภาพไม่สมบูรณ์ พบเฉพาะพื้นก้นเตาทางด้านทิศใต้ซ่อนอยู่ใต้เตาหมายเลข 9 ลักษณะของเตาพิจารณาจากหลักฐานที่หลงเหลืออยู่แสดงให้เห็นว่า ไม่มีแตกต่างจากเตาถุงหมายเลขอื่น คือ เป็นเตาที่สร้างด้วยดินเหนียวปั้นขึ้นเป็นโครงสร้าง และใช้ไฟเผาให้ร้อนตัวแข็ง



2. ตะกรันจากการถลุงแร่เหล็ก (Iron Smelting Slag)

เป็นโบรามวัตถุที่พบมากที่สุดในการขุดคันเนื่องจากเป็นส่วนที่หลงเหลือจากการถลุงเหล็ก แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

- ก้อนตะกรันที่มีลักษณะเป็นฟอง มีรูพรุน รูปร่างไม่แน่นอน ซึ่งในหลุมขุดคันที่ 2 พบร่วมตัวคิดกันเป็นก้อนขนาดใหญ่



- ตะกรันจากการถลุงแร่เหล็กที่มีลักษณะเป็นแผ่น เนื้อค่อนข้างเรียบ รูปร่างไม่แน่นอน เมื่อหักออกดูเนื้อมีลักษณะคล้ายแก้ว พบระยะหัวทั่วไปทั้ง 2 หลุมขุดคัน



ตารางที่ 3-11 ตารางสรุปปริมาณ โบราณวัตถุประเภทตะกรันจากการถลุงเหล็กที่พบรainหลุ่มบุคคันที่

1

หลุ่มบุคคันที่	ชั้นหับคอมชั้นที่	ระดับสมมติ (CM.DT.)	ปริมาตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร)
1	1 - 4	1 (Surface – 80)	1,380,998
1	5	2 – 6 (80 – 130)	1,333,001
1	6	7 (130 – 140)	208,560
1	7	8 – 10(140 – 170)	1,601,862
1	8	11 (170 – 180)	72,000
1	9 - 12	11 – 14 (180 – 230)	296,346

ตารางที่ 3-12 ตารางสรุปปริมาณ โบราณวัตถุประเภทตะกรันจากการถลุงเหล็กที่พบรainหลุ่มบุคคันที่

2

หลุ่มบุคคันที่	ชั้นหับคอมชั้นที่	ระดับสมมติ (CM.DT.)	ปริมาตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร)
2	1 – 2	1 (Surface – 220)	379,284
2	3 - 5	2 – 31 (220 – 520)	2,662,959

โครงการวิจัยได้ส่งตัวอย่างตะกรันจากการถลุงเหล็กจำนวน 2 ตัวอย่าง ให้ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ช่วยดำเนินการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตะกรัน ด้วยอุปกรณ์ X-ray Fluorescence ได้ผลดังตารางต่อไปนี้

หมายเลข	ปริมาณธาตุต่างๆ (ร้อยละ)			
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	FeO	Total
A1	11.60	28.21	60.19	100.00
B1	9.62	39.10	51.28	100.00

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีดังตารางนี้ แสดงให้เห็นว่าตะกรันจากการถลุงเหล็กสมัยโบราณที่บ้านเขาดิน ได้ เป็นตะกรันที่มีเหล็กเหลืออยู่ปริมาณค่อนข้างสูง อันเป็นลักษณะสามัญของตะกรันที่เกิดในการถลุงเหล็กด้วยกระบวนการที่เรียกว่าการถลุงเหล็กแบบ

3. ชิ้นส่วนของห่อดินเผาหุ้มปลายห่อจากที่สูบลม (*Tuyere*)

ทำด้วยดินเผา ส่วนใหญ่มีสภาพไม่สมบูรณ์ ห่อดินเผาสำหรับหุ้มปลายห่อจากที่สูบลมที่สมบูรณ์นั้น มีลักษณะเป็นท่อทรงกรวย มีช่องทะลุตลอดจากด้านในถึงด้านปลาย โดยด้านปลายซึ่งเป็นด้านที่ลมถูกพ่นออกจากที่สูบลมเข้าสู่เตาถุงนั้น มีขนาดเล็กกว่าด้านในซึ่งอยู่ติดกับผนังเตาถุง ชิ้นส่วนของห่อดินเผาสำหรับหุ้มปลายห่อจากที่สูบลม ที่พบมีความหนาแน่นจากผิวด้านนอกมายังด้านในระหว่าง 5-10 เซนติเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องลมระหว่าง 4-11 เซนติเมตร พนทั้งชิ้นส่วนจากด้านปลายซึ่งเป็นทางออกของลม และชิ้นส่วนจากส่วนลำตัวซึ่งเป็นด้านที่อยู่ติดกับผนังเตาถุง



นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์ระดับอุลภาค โดยคุณบังพิทย์ สมประสังค์ นักวิทยาศาสตร์ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร ดังนี้

1. ชิ้นส่วนของท่อดินเผาทึบปลายท่อจากที่สูบลม (Tuyere) จากหุ่มขุด คันที่ 2 ชั้นดินทับถมที่ 4 พื้นที่ A ขนาดยาวประมาณ 11 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 9.5 เซนติเมตร ด้านในมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ลักษณะเนื้อประกอนด้วยแร่ควอตซ์ (Quartz) ขนาดอนุภาค ทรายละเอียด (Silt) และแร่เหล็กผสมมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า การรับความร้อนมีอุณหภูมิไม่สูงมากจึง ทำให้เนื้อดินมีสีส้มและสีอ่อน และการจับตัวของเนื้อดินไม่ดีจนทำให้มีรอยร้าวโดยทั่วไป ผิวด้านนอกพบรอยประทับ (Imprint) ของเกล็บข้าว ยาวประมาณ 0.6 เซนติเมตร กว้างประมาณ 0.3 เซนติเมตร และมีถิ่นที่ข้าวของเกล็บข้าวมีลักษณะเป็นจุดขนาดเล็ก โดยทั่วไป ผิวด้านในห่อ มีลักษณะเรียบเนื้อดินมีจับตัวแข็งสีน้ำตาลปนเทา มีเศษตะกรันจากการถลุง โลหะขนาดเล็กติดอยู่



ด้านนอกของท่อลม ยาว
ประมาณ 11 เซนติเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลาง 9.5
เซนติเมตร ห่อ มีเส้นผ่าน
ศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร



ด้านตัดของของท่อลม
เส้นผ่านศูนย์กลาง 9.5
เซนติเมตร เส้นผ่าน
ศูนย์กลางของห่อด้านใน
4 เซนติเมตร



เศษตะกรันจากการถลุง
โลหะ ที่ติดอยู่ด้านในห่อ
ลุม



รอยประทับของแกลบ
ข้าว ยาวประมาณ 0.6
เซนติเมตร กว้าง
ประมาณ 0.3 เซนติเมตร
และถ้าซึ่งสันนิษฐานว่า
เป็นถ้าจากแกลบข้าวน
ผิวด้านนอก ภายในได้กล้อง
จุลทรรศน์กำลังขยาย 3x



ลักษณะเนื้อบริเวณขอบ
ปากด้านในห่อ ลุม มี
ลักษณะจับตัวแข็งผิว
เรียบ ภายในได้กล้อง
จุลทรรศน์กำลังขยาย 1x

4. ก้อนดินเผาสำหรับอุดช่องดักตะกรันที่ผนังเตาถลุงแร่

ทำด้วยดินและเพาไฟ มีลักษณะเป็นก้อนรูปไข่ ปลายด้านหนึ่งของก้อนดินเผาสำหรับอุดช่องดักตะกรันที่ผนังเตาถลุงแร่ มีร่องรอยการถูกไฟในอุณหภูมิสูง จนมีชั้นของเคลือบเนื้อคล้ายแก้วเคลือบอยู่ วัตถุนี้อาจถูกใช้เป็นวัตถุอุดช่องดักให้ตะกรันไหหลอกนกเตาถลุง (Slag Tapping Hole) ชิ้นอยู่ที่ผนังเตาถลุงในระหว่างทำการถลุงเหล็ก



5. ชิ้นส่วนก้อนดินเผาไฟ

สันนิษฐานว่าเป็นชิ้นส่วนของผนังเตาถลุงแร่ พบร่องรอยไฟที่มีป่าดเพื่อตอกแต่งผนังเตาถลุงให้เรียบเป็นดินเหนียวเผาไฟจนจันตัวแข็ง พนว่าบางชิ้นมีการผสมแกลบไม้มีแกลบข้าว หนาประมาณ 2.4-5 เซนติเมตร สันนิษฐานว่าเป็นชิ้นส่วนของผนังเตา พบร่องรอยตัวโดยทั่วไป บางชิ้นพบร่องรอยน้ำมีป่าดเพื่อแต่งชิ้นรูปทรงของเตา

สามารถจัดแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. ปากเตา (Furnace Mouth) มีลักษณะเป็นสัน
2. ผนังเตา (Furnace Ling) ด้านในเตา มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบและโคลงมน และมีคราบสีน้ำตาลแดงซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นคราบตกรั่นจากการถลุงโลหะ ผิวด้านนอกมีรอยนิ้วมือ เพื่อแต่งชิ้นรูปเตา
3. ก้นเตา (Furnace Floor) มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ และโคลงมน



ตารางที่ 3-13 ตารางรายละเอียดชิ้นส่วนเตาถลุงเหล็กเพื่อสร้างภาพขนาดเตาฯ

หมายเลข	รหัส โบราณวัตถุ	ร่องรอย กิจกรรมมนุษย์	รัศมี (cm.)	กว้าง (cm.)	ยาว (cm.)	หนา (cm.)
1	164/1	เตา#5	28	13	21	4
2	162/1	เตา#5	มากกว่า 28	8	9.5	3.5
3	164/1	เตา#5	7	10	11	3.5

6. ชิ้นส่วนศักดิ์สิทธิ์

พบร่วมกับชิ้นส่วนหินที่ 2 จำนวนรวมทั้งสิ้น 6 ชิ้น ลักษณะคล้ายรูปสัตว์ โดยมีชิ้นหนึ่งคล้ายรูปปีนของวัว



7. ชิ้นส่วนภาชนะดินเผา แบ่งออกเป็น

ภาชนะเนื้อดิน (Earthenware)

หกชิ้นที่ 1

รูปทรงภาชนะส่วนมากไม่สามารถระบุได้ มีลักษณะสีน้ำตาล สีเข้ม สีเทา สีเทา-ดำ โดยมีความหนามากที่สุดประมาณ 1.9 เซนติเมตร มีความหนาňอยที่สุด

1. ส่วนปากภาชนะ (Rim)
2. ส่วนไหล่ภาชนะ (Shoulder)
3. ส่วนลำตัวภาชนะ (Body)
4. ส่วนก้นภาชนะ (Base)
5. ส่วนฐานภาชนะ (Pedestal)

การตกแต่งผิวภาชนะ ได้แก่

1. กดประทับลายเชือกทาบ เป็นการกดประทับด้วยเชือกควันลงบนเนื้อรอบตัวภาชนะ
2. กดประทับลูกกลิ้ง เป็นการกดประทับด้วยลูกกลิ้งซึ่งมีลายลักษณะต่างๆ ลงบนเนื้อรอบตัวภาชนะ
3. ทາน้ำดิน เป็นทາน้ำแร่ดินเคลือบผิวภาชนะ เพื่อให้ผิวภาชนะมีความมันวาว
4. ขุดปีด เป็นการใช้ไม้ปลายแหลมหรือของมีคมขุดสร้างลวดลายลักษณะต่างๆ ลงบนเนื้อรอบตัวภาชนะ

หลุมขุดคันที่ 2

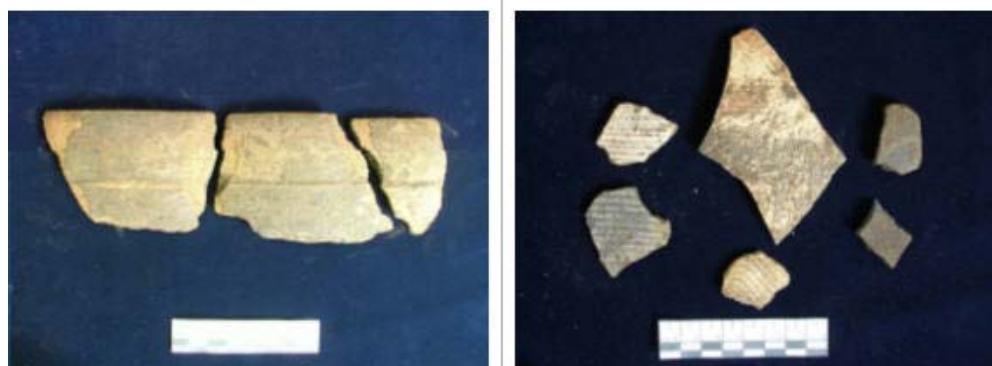
การขึ้นรูป ได้แก่

1. การขึ้นรูปเป็นหมุน มีลักษณะเป็นร่องเส้นตรงแนวอนพางรอบตัวภาชนะ
2. การขึ้นรูปเมือ มีลักษณะเป็นรอยเว้าลึกลงในเนื้อ ซึ่งส่วนมากจะพบร่องรอยที่ด้านในของส่วนลำตัวภาชนะ

รูปทรงไม่สามารถระบุได้ มีลักษณะสีน้ำตาล สีส้ม สีเทา สีเทา-ดำ โดยความหนามากที่สุดประมาณ 1.1 เซนติเมตร และความหนาน้อยที่สุดประมาณ 0.3 เซนติเมตร และสามารถแบ่งเป็นส่วนต่างๆ ของภาชนะดินเผา เช่นเดียวกับหลุมขุดคันที่ 1

การตกแต่งผิวภาชนะ ได้แก่

1. บูดขีด เป็นการใช้ไม้ปลายแหลมหรือของมีคมบูดขีดสร้างลวดลายลักษณะต่างๆ ลงบนเนื้อรอบตัวภาชนะ
2. บูดขีดลายซึ่งไม่ เป็นการใช้ซึ่งไม้หรือของมีคมบูดขีดสร้างลวดลายลักษณะต่างๆ ลงบนเนื้อรอบตัวภาชนะ



จากการวิเคราะห์ระดับชั้นภาค¹ พบร่องรอยต่างๆ ได้แก่

1. โบราณวัตถุหมายเลข 172/1 หลุมขุดคื้นที่ 1 ชั้นทับถมทาง
โบราณคดีระดับชั้นสมมติที่ 10 ระดับ 160-170 cm.dt. กริด SWQ

ชิ้นส่วนภาชนะดินเผาเนื้อดิน (Earthenware) ส่วนลำตัวภาชนะ
หนา 0.4 เซนติเมตร ด้านนอกตกแต่งด้วยการกดประทับลายเชือกทاب และอาจจะมีการเคลือบด้วย
น้ำเคลือบไม่สมบูรณ์ ด้านในมีเศษกระนจาก การถลุงโลหะ เป็นก้อนกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด
ประมาณ 1 เซนติเมตร เนื้อมีรูพรุนปริมาณมาก



ด้านนอกของชิ้นส่วน
ภาชนะดินเผาเนื้อดิน
ส่วนลำตัวภาชนะ หนา
0.4 เซนติเมตร ตกแต่ง
ด้วยการกดประทับลาย
เชือกทاب และอาจจะมี
การเคลือบด้วยน้ำเคลือบ
ไม่สมบูรณ์



ด้านในของชิ้นส่วน
ภาชนะดินเผาเนื้อดิน
ส่วนลำตัวภาชนะ หนา
0.4 เซนติเมตร และมีเศษ
กระนจาก การถลุงโลหะ
เส้นผ่านศูนย์กลาง
ประมาณ 1 เซนติเมตร

¹ บัณฑิตย์ สมประสังค์ นักวิทยาศาสตร์ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัย
ศิลปากร



เศษดักกรันจากการถลุง
โลหะ เส้นผ่าศูนย์กลาง
ประมาณ 1 เซนติเมตร
เนื้อมีรูพรุนปริมาณมาก
ภายในได้กล้องจุลทรรศน์
กำลังขยาย 1x

2. โบราณวัตถุหมายเลข 0178/1 หลุมขุดก้นที่ 1 ชั้นทับถมที่ 7
ชั้นสมมติที่ 9 ระดับ 150-160 cm.dt. กริด SWQ

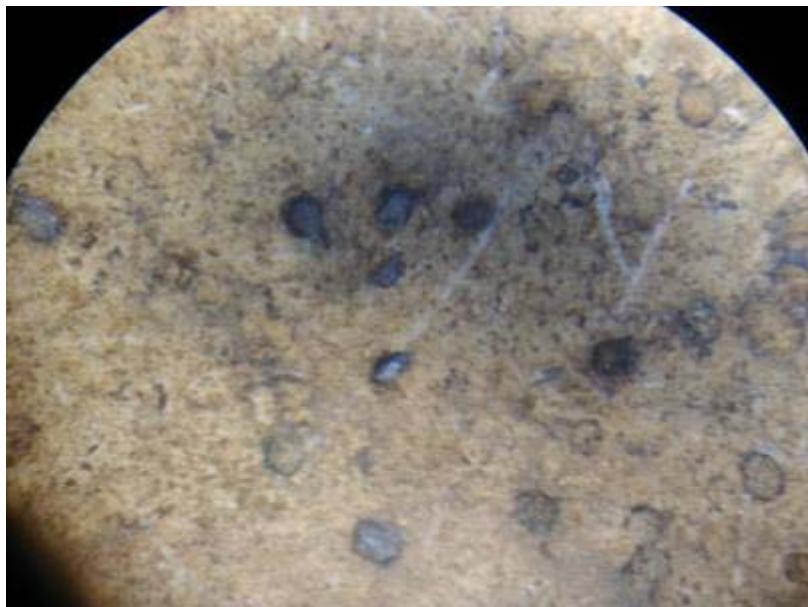
ชิ้นส่วนภาชนะดินเผาเนื้อดิน (Earthenware) ส่วนปากภาชนะ
ทรงหม้อปากผาย เส้นผ่าศูนย์กลางปาก 18 เซนติเมตร (20%) ผิวด้านนอกมีร่องรอยคราบโลหะเป็น
จุด เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.1 เซนติเมตร



ด้านนอกของชิ้นส่วน
ภาชนะดินเผาเนื้อดิน ส่วน
ปากภาชนะทรงหม้อปาก
ผาย เส้นผ่าศูนย์กลางปาก
18 เซนติเมตร ปราศ
ร่องรอยคราบโลหะเป็นจุด
เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ
0.1 เซนติเมตร



หัวในของชิ้นส่วนภาชนะ
ดินเผาเนื้อดิน ส่วนปาก
ภาชนะทรงหม้อปากพาย
เส้นผ่าศูนย์กลางปาก 18
เซนติเมตร



ร่องรอยคราบโลหะที่ผิว
ด้านนอก เส้นผ่าศูนย์กลาง
ประมาณ 0.1 เซนติเมตร
ภายในได้กล้องจุลทรรศน์
กำลังขยาย 1X

ภาชนะเนื้อแกร่ง (Stoneware) พบในหลุมบุดคันที่ 1 เพียง 1 ชิ้น ชั้นทับ
ถมทางโบราณคดีชั้นสมมุติที่ 11 ในพื้นที่ NWQ ส่วนขยาย



ภาชนะเนื้อละอีด (Porcelain) พบเพียง 1 ชิ้น ในหลุมบุดคันที่ 1 ชั้นดิน
ทับถมระดับผิวดิน (Surface) เป็นส่วนขอบปาก ไม่สามารถระบุรูปทรงได้ มีลักษณะเป็นน้ำเงิน
ครามใต้เคลือบลายคด โถงคล้ายพันธุ์พุกญา เนื้อสีน้ำตาลขาว กว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 4 เซนติเมตร
หนา 0.4 เซนติเมตร ซึ่งขนาดและลวดลายที่เห็น ได้น้อยมาก จึงยากต่อการสันนิษฐานเรื่องอายุสมัย
ของชิ้นส่วนภาชนะดินเผาชิ้นนี้ แต่จากการเปรียบเทียบกับเครื่องถ้วยจีนที่พบในประเทศไทย ซึ่ง
ทำการศึกษาโดยคุณปริวรรต ธรรมมาปริชาการ คุณกฤษฎา พิณศรี และคุณณัฏฐ์สุวัตร จันทวิช ทำให้
ทราบว่าชิ้นส่วนภาชนะดินเผาชิ้นนี้มีลักษณะคล้ายกับภาชนะเนื้อนวลดินเผาในหลายน้ำเงินครามได้
เคลือบที่ผลิตในประเทศไทย ซึ่งสันนิษฐานว่าคล้ายกับเครื่องถ้วยจีน 2 สมัย ได้แก่

สมัยราชวงศ์อวี่ยวน หรือราชวงศ์หยวน ที่เริ่มผลิตชิ้นครั้งแรกเมื่อราชวงศ์
หลังพุทธศตวรรษที่ 19 โดยการใช้สีน้ำเงินจากแร่โคบล็อด์มาตกลแต่งลวดลาย และมีลักษณะเด่นคือ
เนื้อดินสีขาวแกร่ง ก้นหรือฐานภาชนะไม่เคลือบ รูปทรงที่พบเป็นจาน ชาม กระปุก และไหทรง
กว้าง ตกแต่งลายกิเลน ลายเป็นก้อนบัว ลายเห็ดหลิงจื๊อ ลายกลีบบัว ลายพุทธมงคลแปด ลายปลา
ท่ามกลางพันธุ์ไม้และลายผลแตงโม เป็นต้น โดยส่วนใหญ่จะพนที่เวียงท่ากาน อำเภอสันป่าตอง
จังหวัดเชียงใหม่ ที่กรุวัดพระพายหลวง จังหวัดสุโขทัย ที่กรุวัดมหาธาตุ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ที่วัดพระธาตุหริภุญชาติ จังหวัดลำพูน ที่อำเภอเมือง จังหวัดตาก
และในแม่น้ำแม่กลอง จังหวัดราชบูรี เป็นต้น

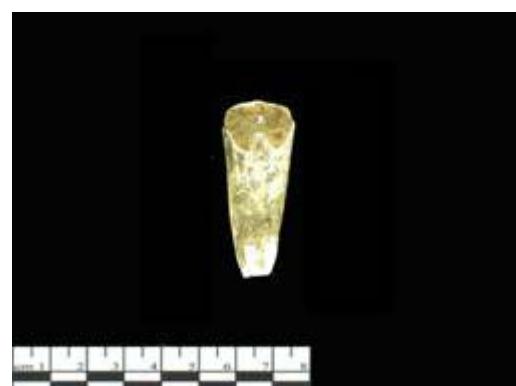
สมัยราชวงศ์หมิง ที่มีอายุราวต้นถึงกลางพุทธศตวรรษที่ 21 ผลิตจากเตา
ในมณฑลเจียงซี ฝูเจี้ยน และกว่างตง รูปทรงส่วนใหญ่เป็นจาน ชาม กระปุก โถ และถุงที่ ลักษณะ
ลวดลายของเครื่องถ้วยที่เป็นแบบที่ทำสำหรับชาวลาวคล้ายของเครื่องลายครามจีนในสมัยราชวงศ์
หมิงตอนต้น เช่น ลายพุทธมงคลแปดสลับกับลายช่อดอกไม้ ลายมังกร ลายสามเกลอ เป็นต้น



ชิ้นส่วนภาชนะดินเผาเนื้อ
นวลด (Porcelain)
ชั้นผิวดิน (Surface)
มีลักษณะเป็นลายน้ำเงิน
คราม ใต้เคลือบลายคด โถ้ง
คล้ายลายพันธุ์พุกษา เนื้อ
สีขาวนวล สันนิษฐานว่า
ผลิตในประเทศจีน สมัย
ราชวงศ์เออวี้ยน หรือหยวน
จนถึงสมัยราชวงศ์หมิง

8. ฟันหอย (Lower Incisor)

จำนวน 1 ชิ้น พบร่วมกับชิ้นที่ 1 บริเวณพื้นที่ SWQ ในระดับสมมติ
100-110 cm.dt.



² ปริวรรต ธรรมานาปรีชาการ และกฤษณา พิมครี เรียบเรียง, ศิลปะเครื่องถ้วยในประเทศไทย, (กรุงเทพฯ : บริษัท โอสถสภา (เต็กเสงอยู) จำกัด), หน้า 70-89. ; ณัฐรักษ์ จันทวิช, เครื่องถ้วยจีนที่พบจากแหล่งโบราณคดีในประเทศไทย, (กรุงเทพฯ : กรมศิลปากร, 2537), หน้า 28-37.

9. เครื่องมือเหล็ก

จำนวน 1 ชิ้น พนในหลุมบุดกันที่ 1 ระดับสมมุติ 46 cm.dt. ขนาดยาว 9.5 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร



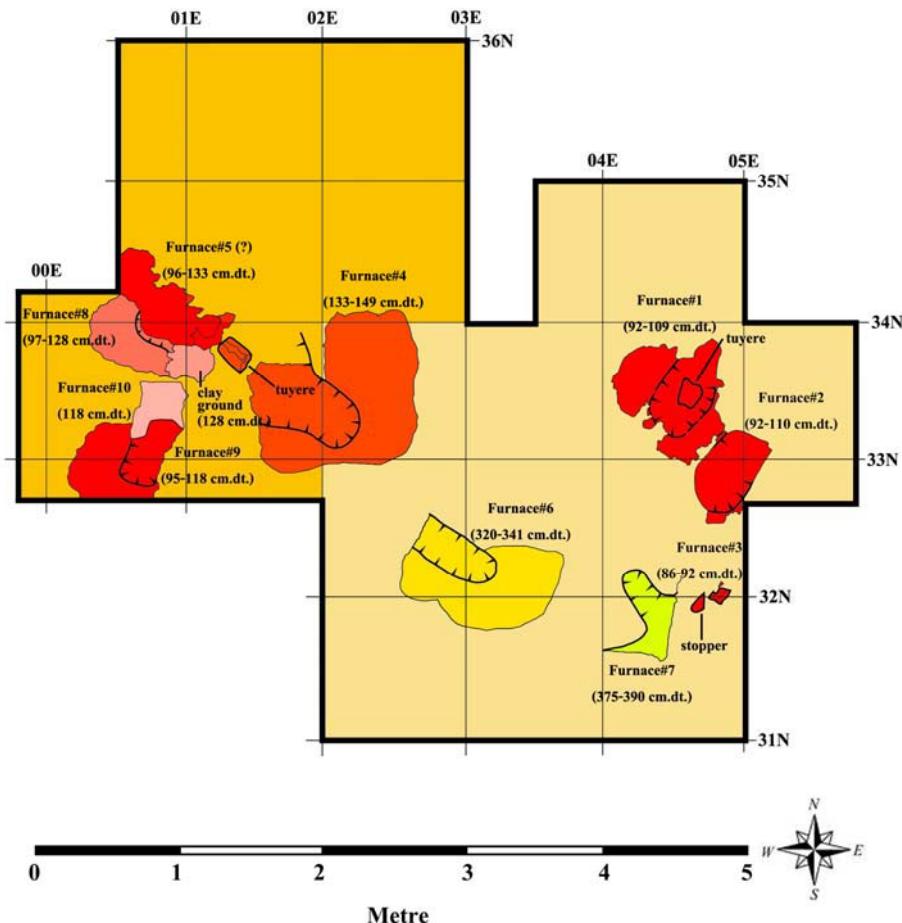
10. ห่วงโลหะ

น่าจะใช้เป็นปลอกเข้าด้านกับเครื่องมือบางชนิด จำนวน 1 ชิ้น พนในหลุมบุดกันที่ 2 ระดับสมมุติ 220-300 cm.dt.



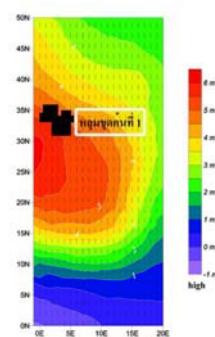
ลำดับขั้นวัฒนธรรมการผลิตเหล็กจากหลุมบุดกันที่ 1

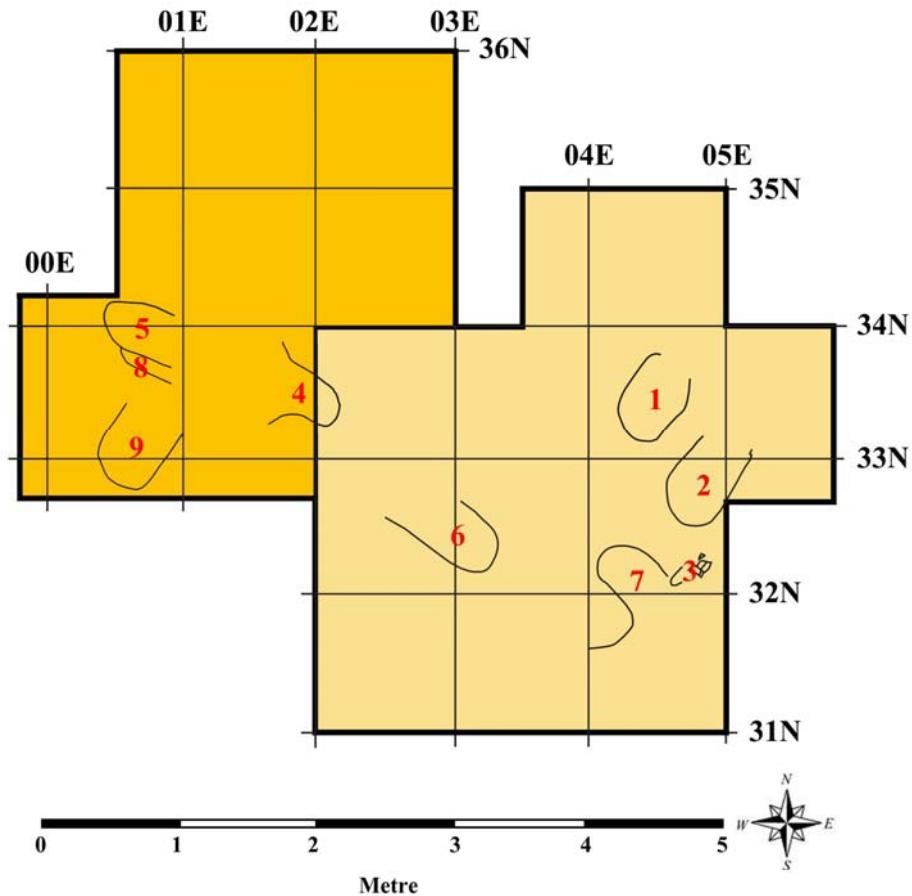
การบุดกันในปี พ.ศ. 2550 พนจากเตาถลุงทั้งหมด 4 เตา คือ เตาหมายเลข 1-4 และในปี พ.ศ. 2551 พนเพิ่มอีกจำนวน 6 เตา คือ เตาหมายเลข 5-10 รวมหลักฐานประเภทเตาถลุงที่พนในหลุมบุดกันที่ 1 ทั้งหมด 10 เตา การกระจายตัวของเตาถลุงเหล็กสมัยโบราณที่บุดกันพน มีดังแผนผังต่อไปนี้



แหล่งโบราณคดีบ้านเขาดินใต้ หมู่ 9 อ.บ้านกรวด จ.บุรีรัมย์
การขุดคัน ปี พ.ศ. 2550 - 2551

Living Angkor Road Phase II
แผนผังการกระจายตัวของเตาอุ่นเหล็ก
ห้องขุดคันที่ 1
■ การขุดคันปี พ.ศ. 2550 Excavation 2007
■ การขุดคันปี พ.ศ. 2551 Excavation 2008





ແຫ່ງໂນຣາມຄົດນິ້ນເຫາດິນໃຕ້ ໜູ້ 9 ອ.ນ້ານກຽວດ ຈ.ນຸ້ຽຮັມຍ
ກາຮຸດຄົນ ປີ ພ.ສ. 2550 - 2551

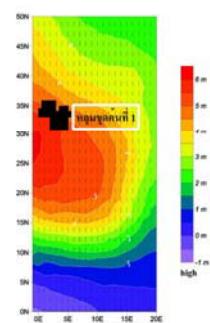
Living Angkor Road Phase II

ແກ່ນັ້ງກາງກະຈາຍຕົວຂອງເຫາດິນເຫັນ

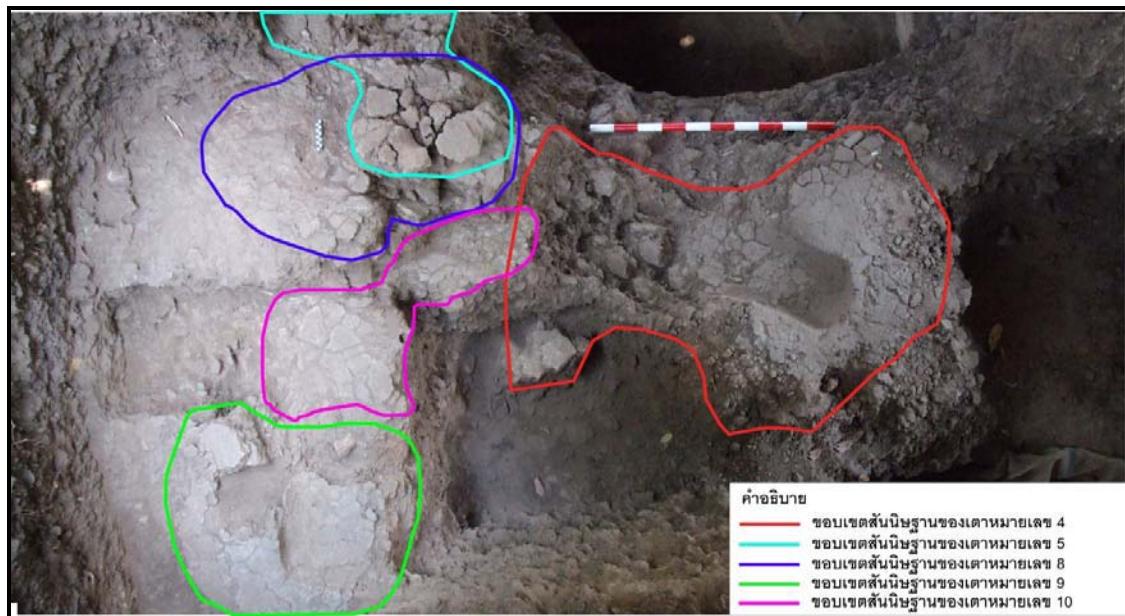
ຮຸດຄົນທີ 1

■ ກາຮຸດຄົນປີ ພ.ສ. 2550 Excavation 2007

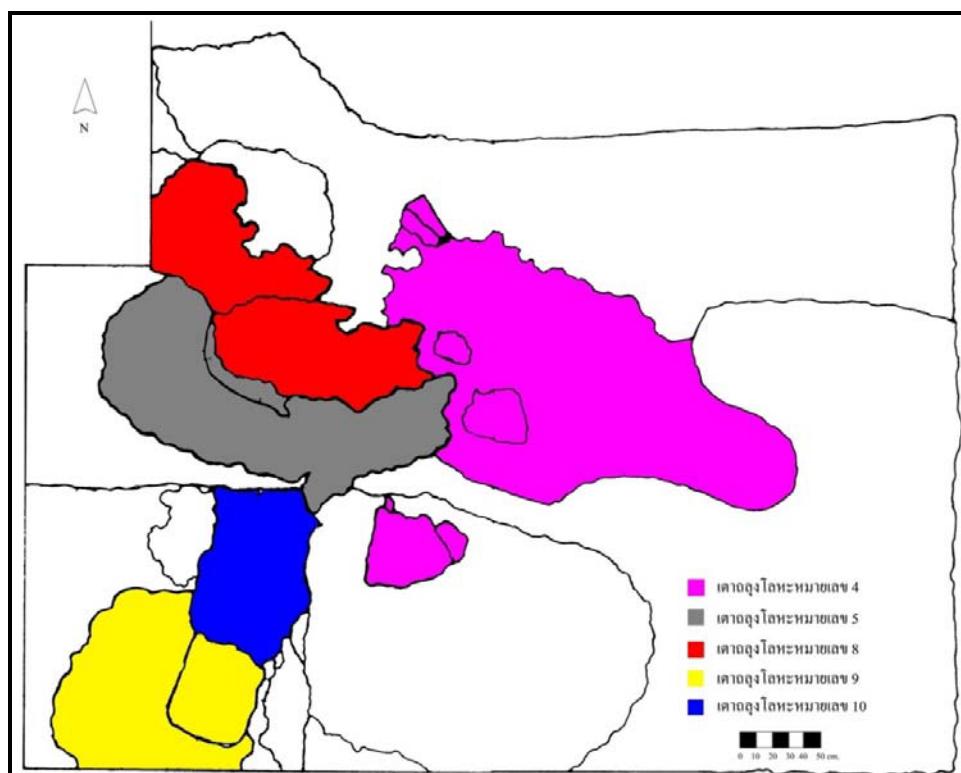
■ ກາຮຸດຄົນປີ ພ.ສ. 2551 Excavation 2008



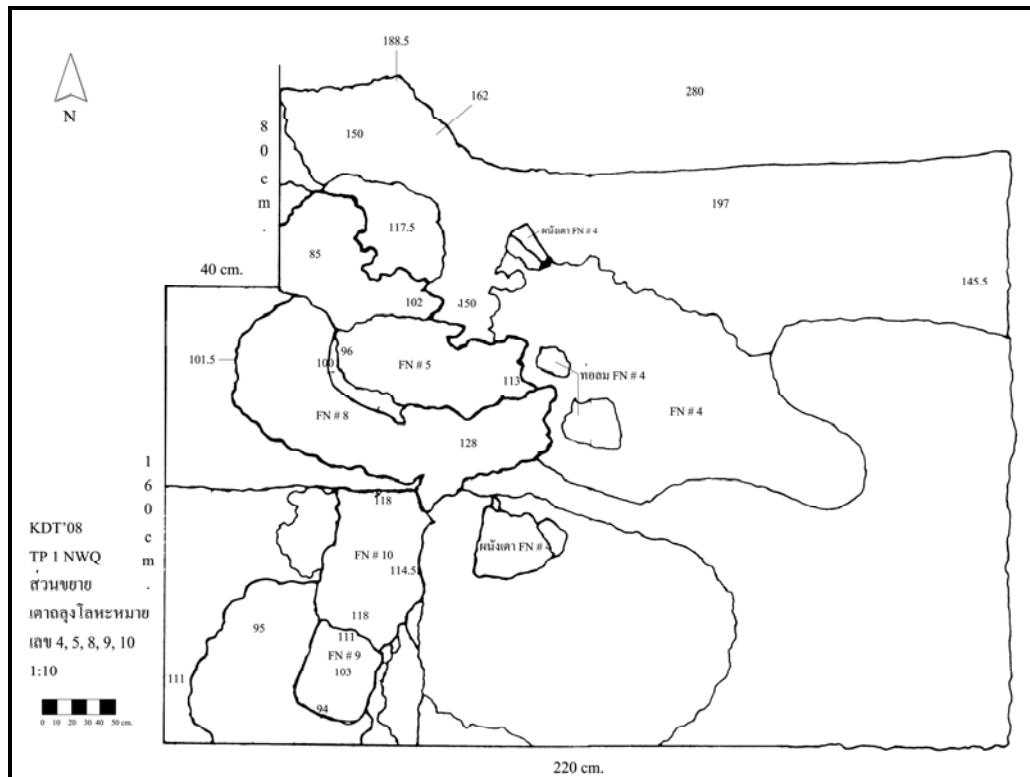
เตาถุงที่พบริพารกระเจาด้วยตัวในบริเวณแนวกลางหุบ และอยู่ในลักษณะช้อนทับระหว่างกัน หากพิจารณาจากระดับความลึก พบร่างเตาหมายเลข 7 ปรากฏในระดับลึกที่สุด และเตาหมายเลข 1 และ 2 พบร่างระดับบนสุด



รูปที่ 3-42 ภาพถ่ายแสดงเตาหมายเลข 4, 5, 8, 9 และ 10



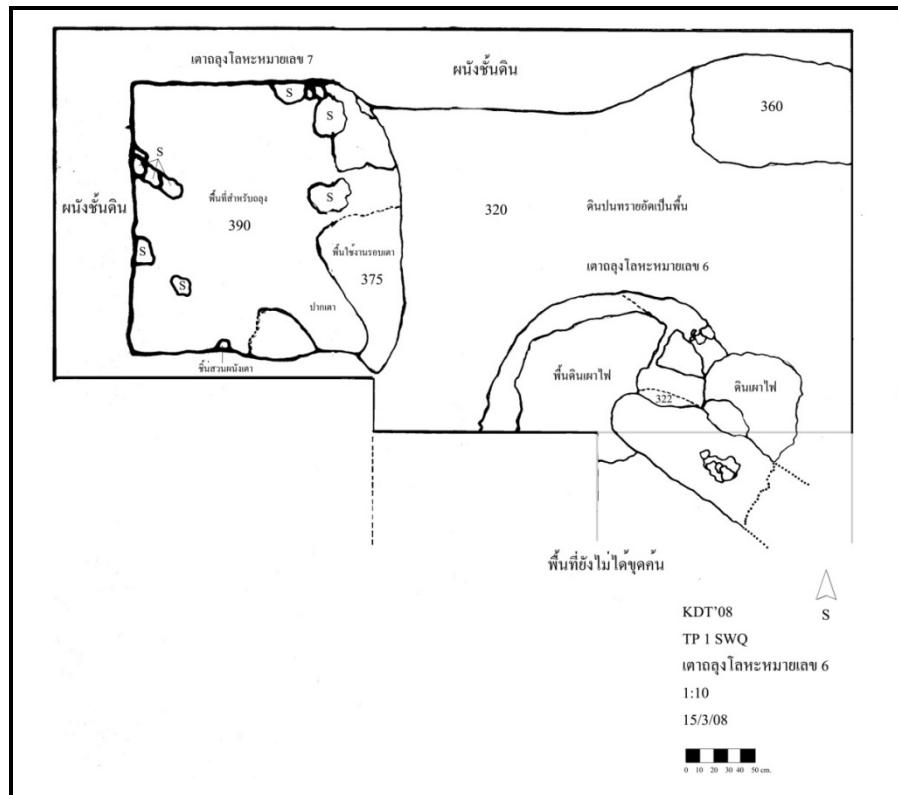
รูปที่ 3-43 ภาพลายเส้นแสดงเตาที่พบริเวณหุบคลื่นที่ 1 NWQ ส่วนขยาย



รูปที่ 3-44 ภาพถ่ายเส้นแสดงตำแหน่งภายในห้องน้ำด้าน TP 1 NWQ ส่วนขยาย
พร้อมระดับสมมุติ ที่พบ



รูปที่ 3-45 ภาพถ่ายแสดงเตาหมายเลข 6 และ 7 ในบริเวณกริด SWQ (หมายเลข 6) และ SEQ (หมายเลข 7)



รูปที่ 3-46 ภาพลายเส้นแสดงเตาหมายเลข 6 และ 7

บริเวณกริด SWQ และ SEQ ของ TP1

เมื่อทำการศึกษาชั้นทับถมทางโบราณคดีภายในห้องขุดคันที่ 1 พบร่วมกับด้วยชั้นของตะกรันจากการถลุงเหล็ก และชั้นดินบางๆ รวมทั้งหมด 24 ชั้น ชั้นดังกล่าวเนี้ยเกิดจากกิจกรรมการถลุงโลหะที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ซึ่งสันนิษฐานว่ากิจกรรมดังกล่าวเกิดขึ้นอย่างน้อยไม่ต่ำกว่า 8 ชั้น โดยสันนิษฐานจากหลักฐานที่ปรากฏบนชั้นดิน และเตาถลุงจำนวน 10 เตาที่อนุ mano ได้ว่า การถลุงเริ่มต้นจากการสร้างเตาบนพื้นดิน เมื่อทำการถลุงเสร็จจะมีสิ่งเหลือทั้งที่เกิดจากการถลุงเหล็กแต่ละครั้ง เช่น ตะกรันจำนวนมาก เศษผังเตา เศษท่อถม เป็นต้น โดยส่วนหนึ่งถูกนำไปปั้นบริเวณทิศใต้ของห้องขุดคัน ซึ่งคือพื้นที่ห้องขุดคันที่ 2

ขณะที่อีกส่วนหนึ่งกระจายทั่วไปบนระดับพื้นใช้งานของกิจกรรมครั้งดังกล่าว

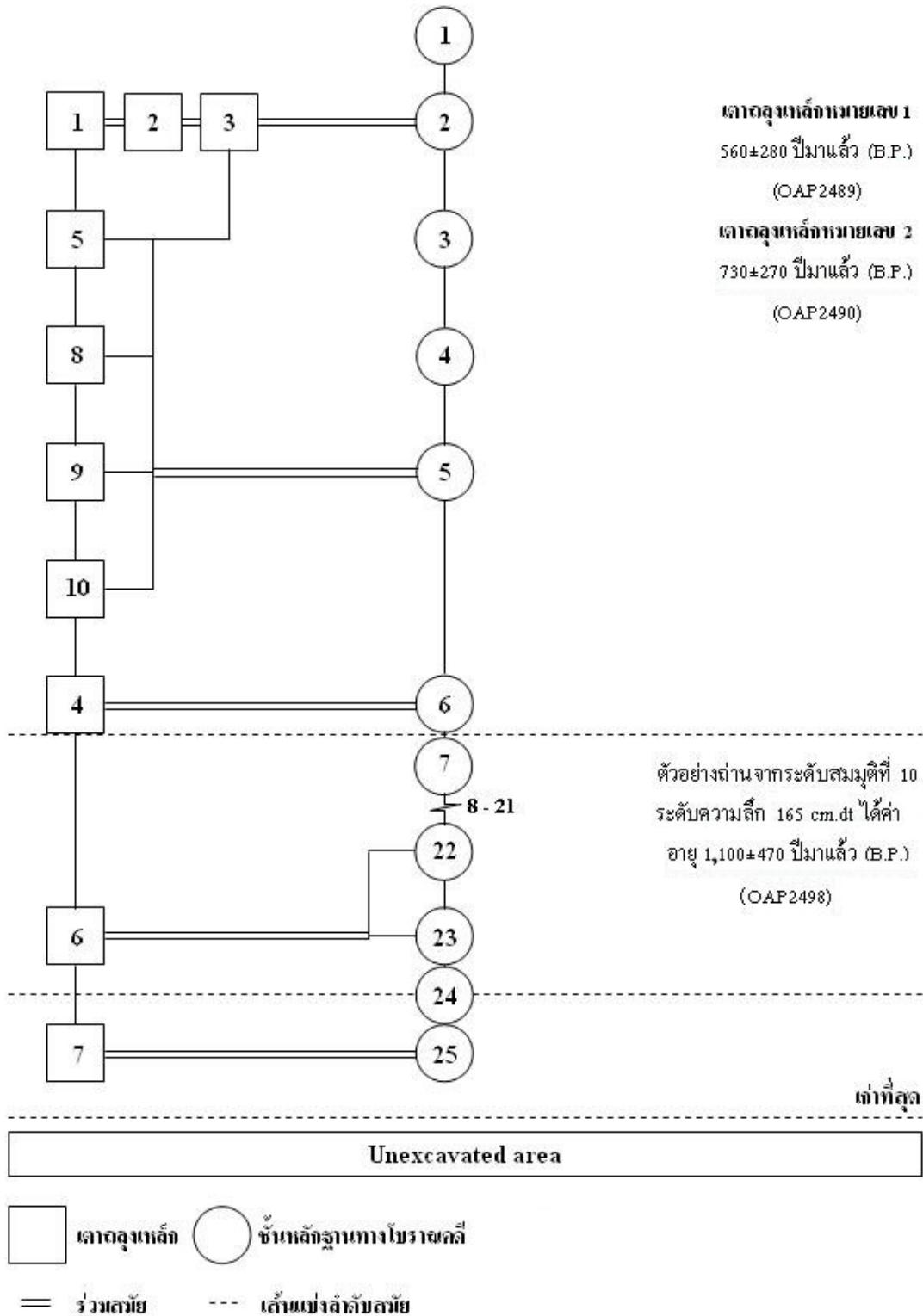


รูปที่ 3-47 ลักษณะชั้นหินทับถมทางโบราณคดีที่ประกอบด้วยชั้นตะกรันจากการถลุงเหล็ก สลับกับชั้นดินป่าเป็นระดับพื้นที่ทำกิจกรรมการถลุงเหล็ก

เมื่อพิจารณาจากชั้นหินทับถมทางโบราณคดีพบว่าเมื่อทำการถลุงเสร็จในคราวหนึ่ง ช่างอาจทำการเกลี่ยปรับพื้นที่โดยนำสิ่งเหลือทิ้งที่หลงเหลือจากการถลุงให้เป็นพื้นที่เหมาะสมสำหรับก่อเตาเพื่อทำการถลุงครั้งต่อไป จากนั้นจึงนำดินเหนียว ซึ่งอาจได้มาจากการบดก้อนหิน ไกล หรือเศษหินมาถมเพื่อปรับพื้นที่ หลักฐานสนับสนุนแนวคิดนี้ คือ ชั้นดินที่พบว่าเป็นการสลับระหว่างชั้นสิ่งเหลือทิ้งจากการถลุงและชั้นดินบางจำนวนหลายชั้น และลักษณะของเตาที่เป็นการก่อในชั้นตะกรัน ขณะที่พื้นใช้งานร้อนเตาอยู่ในระดับของชั้นดิน เช่นที่พบกับเตาหมายเลข 4 หมายเลข 6 และหมายเลข 7

ดำเนินการปราบภูหรือการสร้างเตาถลุงเหล็กจากเตาที่มีดำเนินการสร้างเก่าที่สุดไปใหม่ที่สุด มีดังแผนภูมิต่อไปนี้

ພາກເຊົ້າລ້ານວ່າເພື່ອໃຫຍ່ຂອງຄາດຄຸນທີ່ຈະລົບໄຫວ້ໄນ້ຮາມແລະ ຂັ້ນທີ່ຈະລົບໄຫວ້ໄນ້ຮາມຕີ່
ພາກໃນເກມວິຊາບົດດັ່ງກ່ານທີ່ 1 ແຫ່ງສ່ວນໄນ້ເພື່ອລົບໄຫວ້ໄນ້ຮາມຕີ່ ທຸມ 2 ອັນເຄີຍບ້ານອົງ ວັດ ຈັກວັນຍຸງໄວ້ຮັບຍໍ



สรุปผลการดำเนินการขุดคันทางโบราณคดี

จากการดำเนินงานทางโบราณคดี แหล่งโบราณคดีบ้านเขาดิน ใต้ อ.บ้านกรวด จ.บุรีรัมย์ เป็นแหล่งโบราณคดีที่ปรากฏว่าองร้อยกิจกรรมการผลิตเหล็กของมนุษย์ในอดีต จากการขุดคันทางโบราณคดี ซึ่งดำเนินการแยกเป็น 2 ช่วง คือในระหว่างวันที่ 1-31 พฤษภาคม พ.ศ. 2550 และระหว่างวันที่ 22 กุมภาพันธ์ - 22 มีนาคม 2551 พบว่า แหล่งโบราณคดีแห่งนี้ ปรากฏหลักฐานกิจกรรมการผลิตเหล็กโดยการผลิตตามกระบวนการทางตรง (direct smelting process) ซึ่งเหล็กที่ได้จากการผลิตแบบนี้ เหล็กที่เกิดขึ้นจะยังอยู่ในสภาพของเหล็กที่ยังมีตะกรันแทรกปนอยู่ในเนื้อเหล็ก ซึ่งช่างจะต้องทำการกำจัดตะกรันที่หลงเหลืออยู่ด้วยการให้ความร้อนจนเป็นสีแดง เพื่อให้ตะกรันนั้นหลอมเหลว แล้วนำไปตีเพื่อบีบอัดเนื้อเหล็ก ริดตะกรันแยกออกจากโครงสร้างภายใน ดังนั้นเหล็กที่ได้จะเป็นเหล็กอ่อนที่เรียกว่า Wrought iron ซึ่งเป็นเหล็กเกือบบริสุทธิ์ มีธาตุคาร์บอนผสมน้อยกว่า 0.5% ซึ่งสามารถนำไปตีเป็นเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ได้

สำหรับรูปแบบของเตาถุงที่พบจากการขุดคันแหล่งโบราณคดีบ้านเขาดิน ใต้ ทั้งสองครั้ง พบว่า มีลักษณะเป็นเตาที่สร้างขึ้นด้วยดินเหนียวเป็นวัสดุหลัก ทำการปืนขึ้นรูป และอาจให้ความร้อนเพื่อให้ดินเหนียวจับตัวแน่นและแข็งขึ้นพร้อมสำหรับใช้งาน โดยใช้การเผาในอุณหภูมิต่ำ หรือใช้ความร้อนระหว่างขั้นตอนการถุง เป็นการเผาเตาครั้งแรก เพื่อให้เตาสามารถทนความร้อนในอุณหภูมิสูงในระหว่างการถุง แต่อย่างไรก็ตามความคงทนต่อการถุงนั้นอาจขึ้นอยู่ส่วนผสมที่ใช้สร้างเตาด้วย

รูปทรงของเตาถุง สันนิษฐานจากหลักฐานจากของเตาถุงทั้ง 10 เตา โดยเฉพาะจากชาบทeatร์ หมายเลข 7 ซึ่งปรากฏว่ามีลักษณะคล้ายผลน้ำเต้า คือ บริเวณด้านหน้าที่เป็นส่วนขยาย และส่วนด้านหลังที่เป็นส่วนโถงกว้างเหมือนชาม จึงสันนิษฐานว่าจะมีรูปแบบที่เรียกว่า เตาปล่อง (Shaft Furnace) ซึ่งโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ พื้นที่ใช้งานรอบเตา (Activity floor or pavement) ปากเตาส่วนหน้า (Furnace mouth) ผนังเตา (Furnace lining) และกันเตา (Furnace floor) กล่าวคือ เป็นเตาถุงที่มีส่วนปล่องสำหรับเป็นห้องสำหรับบรรจุแร่และถ่านเพื่อทำการถุง ถึงแม้ว่าจะไม่พบส่วนที่สันนิษฐานว่าเป็นปล่อง หรือบริเวณใช้งานหลักของเตา พบเฉพาะพื้นที่ใช้งานรอบเตา ปากเตาส่วนหน้า ผนังเตา และกันเตา ที่เป็นชั้นนึงอาจเป็นเพราะช่าง ได้ทำลายส่วนดังกล่าวนี้เพื่อเก็บ “Bloom” หรือ ก้อนเหล็กไม่บริสุทธิ์ที่ได้จากการถุง ออกจากเตา จึงไม่เหลือหลักฐานแน่ชัด แต่ในการขุดคันพบว่า ชั้นส่วนผนังเตาที่มีความโถง และบางชั้นมีคราบตะกรันเกาะอยู่ ซึ่งทำให้สามารถบูต์แน่นของส่วนปล่องได้ โดยตัวปล่องนั้นน่าจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 60-80 เซนติเมตรแล้วแต่ขนาดของเตา

โดยมีส่วนหน้าที่ยังคงเหลืออย่างชัดเจน ซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นบริเวณสำหรับเติมเชื้อเพลิง หรืออัดอากาศจากส่วนหน้าเตา ขณะที่ชิ้นส่วนของห้องห้องเผาสำหรับหุ้มปลาญห้องจากที่สูบลมที่พับ สันนิษฐานว่าจะอยู่ด้านล่างของปล่องในตำแหน่งใดตำแหน่งนั่น เพื่ออัดอากาศเข้าสู่เตา ณ ลุ่ง

ส่วนซึ่งดักตะกรันนั้นอาจอยู่ในระดับที่ลึกกว่าเตา สำหรับดักอากาศกรันที่เกิดจากการถลุง ออกจากเตาในระหว่างการถลุง แต่จากการบุดคั่นไม่พบหลักฐานที่ชัดเจนเกี่ยวกับช่องดักตะกรัน และพื้นที่รับตะกรันเหลว แต่อย่างไรก็ตาม จากหลักฐานประเภทตะกรัน พบที่มีลักษณะเป็นริ้ว ซึ่งแสดงถึงตะกรันเหลวที่ถูกดัก และไอลอห์กตามช่องดักตะกรัน

ค่าอายุที่ได้จากการวิเคราะห์จากตัวอย่างถ่านที่ได้จากเตาถลุงโลหะ ในระดับ 80-90 cm.dt. และระหว่างชั้นดินเผาไฟ ซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นชั้นกิจกรรมถลุงโลหะกับชั้นตะกรันที่เหลือจากการถลุงเหล็ก ในระดับ 160-170 cm.dt. แสดงในตาราง ดังนี้³

ตารางที่ 3-14 ค่าอายุ Carbon – 14 ของตัวอย่างถ่านพบในการบุดคั่นแหล่งถลุงเหล็กสมัยโบราณ บ้านเขาดิน ได้³

ตัวอย่างหมายเลข	ตำแหน่งที่พบ	อายุ <BP>
SF#0002	TP.1 NWQ level 1: Surface – 80 cm.dt.	260±210
SF#0004	TP.1 NEQ Furnace 1	560±280
SF#0022	TP.1 SWQ Furnace 2	730±270
SF#0008	TP.1 SWQ level10: 160 -170 cm.dt.	1100±470

ในเมืองตันจีงกำหนดค่าอายุของเตาถลุงอยู่ที่ประมาณ 700-800 ปีมาแล้ว ซึ่งน่าจะร่วมสมัย กับแหล่งเตาเผาภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งกำหนดอายุร้าว พุทธศตวรรษที่ 18

สำหรับหุ่มบุดคั่นหมายเลข 2 นั้นสันนิษฐานว่าจะเป็นพื้นที่ใช้สำหรับทิ่งสิ่งที่เหลือจากการถลุงเหล็กโดยเฉพาะ ซึ่งหลักฐานทางโบราณคดีที่พบนั้นประกอบไปด้วย ตะกรันจากการถลุงเหล็ก ชิ้นส่วนห้องเผาหุ้มปลาญห้องจากที่สูบลม ชิ้นส่วนผนังเตา และชิ้นส่วนก้อนดินเผาอุดช่องดักตะกรันที่ผนังเตา โดยพื้นที่บริเวณหุ่มบุดคั่นที่ 2 นี้เชื่อได้ว่าจะถูกใช้งานมานานอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากไม่พบชั้นดินแทรกระหว่างชั้นตะกรันจากการถลุงเหล็ก มีเพียงความแตกต่างของ การเกาะตัวกันของกลุ่มตะกรันจากการถลุงเหล็ก ในแต่ละระดับที่น่าจะเป็นการแสดงถึงกิจกรรมที่เกิดขึ้นหลายครั้ง

³ Thailand institute of Nuclear Technology (Public Organization)

ข้อคิดเห็นจากการศึกษาทางโบราณคดีของโครงการวิจัย

เมื่อนำผลการศึกษาทางโบราณคดีในแห่งมุนต่างดังที่กล่าวถึงข้างต้นทั้งหมดมาประมวลเข้าด้วยกัน สามารถช่วยให้เห็นความสำคัญเมื่อสมัยอดีตของพื้นที่ศึกษาซึ่งประกอบด้วยแนวเส้นทางโบราณจากเมืองพระนครไปยังเมืองพิมาย และพื้นที่ปริมณฑลของแนวเส้นทางนี้ได้ชัดเจนขึ้น

แม้ว่ามีหลักฐานว่าแหล่งชุมชนสมัยโบราณที่พบในพื้นที่นี้บางแห่ง ปรากฏขึ้นตั้งแต่ยุคก่อนประวัติศาสตร์ตอนปลาย แต่ข้อมูลทางโบราณคดีส่วนใหญ่บ่งชี้ว่าเมื่อช่วงเวลาประมาณพุทธศตวรรษที่ 15-17 นั้น พื้นที่ศึกษาในโครงการนี้ อันประกอบด้วยแนวเส้นทางโบราณจากเมืองพระนครไปยังเมืองพิมาย และพื้นที่ปริมณฑลของแนวเส้นทาง จึงถูกยกเป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญในฐานะที่เป็นสื่อและช่องทางเชื่อมโยงแหล่งหน้าที่ต่างๆ เข้าด้วยกันเป็นเครือข่ายทางวัฒนธรรมที่มีความสัมพันธ์กันและต่างพึ่งพา กันรวมทั้งมีพัฒนาการและความเจริญรุ่งเรืองร่วมกันไปทั้งเครือข่ายวัฒนธรรม แหล่งหน้าที่ต่างๆ กันเหล่านี้ อย่างน้อยได้แก่ชุมชนที่อยู่อาศัยประเภทหมู่บ้านเกษตรกรรมขนาดต่างๆ ศาสนสถานที่มีหน้าที่ด้านศาสนาความเชื่อ และแหล่งหัตถกรรมและอุตสาหกรรมที่มีหน้าที่เชิงเศรษฐกิจที่ผลิตสิ่งของสนองตอบต่อความต้องการของผู้คนหรือตลาดในเครือข่าย ซึ่งอย่างน้อยก็ได้แก่แหล่งผลิตเหล็กและภาชนะดินเผา

แหล่งโบราณคดีที่ศึกษาในครั้งนี้ มีหลายแห่งมากที่สามารถพัฒนาเป็นแหล่งเรียนรู้ ประวัติความเป็นมาของสังคมและวัฒนธรรมท้องถิ่น รวมทั้งแหล่งเรียนรู้เรื่องความสัมพันธ์ ความผูกพัน และภูมิปัญญาพื้นถิ่นของประชากรท้องถิ่นเมื่อสมัยอดีต โดยเฉพาะหากสามารถดำเนินการพัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวศึกษาเพื่อการเรียนรู้ตลอดชีพและการเรียนรู้ตามอัธยาศัยแล้วน่าจะสามารถเอื้ออำนวยให้เกิดพัฒนาการทางเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตของประชากรในปัจจุบันตามมาได้

บทที่ 4

การค้นคว้าและวิธีการทางด้านธรณีฟิสิกส์

4.1 การค้นคว้าและวิธีการทางด้านธรณีฟิสิกส์บริเวณแหล่งถลุงเหล็กโบราณ บ้านเขาดิน ใต้ อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์

4.1.1 ความนำ

1. แหล่งเตาถลุงโลหะ บ้านเขาดินใต้ อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์

โครงการวิจัยทางด้านโบราณคดีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยของ สำนักงานโบราณคดี กรมศิลปากร ได้ตราชพบแหล่งถลุงเหล็กโบราณในพื้นที่ของอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ มากกว่า 20 ปีแล้ว แหล่งถลุงเหล็กโบราณในบริเวณหมู่บ้านเขาดินใต้เป็นหนึ่งใน แหล่งถลุงเหล็กโบราณที่ได้ค้นพบในช่วงเวลาดังกล่าว

การศึกษาด้านธรณีฟิสิกส์ในแหล่งถลุงเหล็กโบราณ ในบริเวณหมู่บ้านเขาดินใต้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้วิธีการทางด้านธรณีฟิสิกส์เพื่อกำหนด ตำแหน่งของเตาถลุงเหล็กโบราณ หรือวัสดุที่หลงเหลืออยู่จากกิจกรรมถลุงเหล็กโบราณในบริเวณ เนินดินแห่งหนึ่งของหมู่บ้านเขาดินใต้ ซึ่งคาดว่าเป็นแหล่งเตาถลุงเหล็กโบราณ สำหรับการ วางแผนการดำเนินการขุดค้นทางด้านโบราณคดีต่อไป

2. การศึกษาด้านธรณีฟิสิกส์

วิธีการด้านธรณีฟิสิกส์สามารถประยุกต์ใช้เพื่อกำหนดตำแหน่งโบราณสถานหรือ โบราณวัตถุซึ่งถูกฝังอยู่ได้ในระดับดินได้ด้วยการใช้ประโยชน์ในความแตกต่างของสมบัติทาง กายภาพของโบราณสถานและดินที่อยู่ในบริเวณข้างเคียง เช่น วิธีวัดค่าสนามแม่เหล็กโลกจะใช้ ประโยชน์จากสมบัติความเป็นแม่เหล็กที่แตกต่างกัน ในขณะที่วิธีเคราร์หั้งความลึกของชั้นดินจะ อาศัยสมบัติสภาพย้อมทางไฟฟ้า (electric permittivity) หรือความเร็วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเนื่องจากโบราณสถานหรือโบราณวัตถุที่ค้นพบจะถูกฝังอยู่ในระดับดิน เช่น ลึกน้อยกว่า 1 เมตร และมีความกว้างน้อยกว่า 1 เมตร การเลือกใช้วิธีธรณีฟิสิกส์ที่เหมาะสม จะต้องพิจารณาถึงความสามารถในการจำแนกวัตถุทั้งในดิ่งและแนวราบ โดยเหตุที่การวัดด้าน ธรณีฟิสิกส์ส่วนใหญ่จะทำการเก็บข้อมูลบนผิวดิน ดังนั้นการกำหนดตำแหน่งของโบราณสถาน หรือโบราณวัตถุด้วยวิธีธรณีฟิสิกส์จึงสามารถดำเนินการได้อย่างรวดเร็ว และนิยมนำมาประยุกต์ใช้

วิธีวัดค่าสนามแม่เหล็กโลกเป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้ในการนิทั่วๆไปหมายเป็นสารแม่เหล็กที่มีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กสูงกว่าดินท้องที่ เช่น ตะกรันในแหล่งเตาถุงโลหะในราก ตะกรันเหล่านี้จะมีส่วนผสมของเหล็กมากกว่าดินในบริเวณข้างเคียง หรือมีสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กสูงกว่าดินท้องที่ ดังนั้นการปราศจากอยู่ของตะกรันในแหล่งเตาถุงโลหะจะทำให้สนามแม่เหล็กโลกในบริเวณดังกล่าวถูกรบกวน วิธีการวัดค่าสนามแม่เหล็กจึงเป็นการตรวจสอบบริเวณที่สนามแม่เหล็กของโลกถูกรบกวนไป ตัวอย่างการประยุกต์ใช้วิธีการการวัดสนามแม่เหล็กในงานโบราณคดี ได้แก่ ปรีชา เล่าฯ (2538) Chavez et al.(2001) Wood et al. (2004) Chianese et al.(2004) Valfidis et al. (2005) และ Ansoy et al. (2007) เป็นต้น

วิธีการหยิบลีกชั้นดินด้วยคลื่นเรคาร์ เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้เพื่อกำหนดตำแหน่งของโบราณสถานให้ดิน โดยอาศัยหลักการส่งพัลส์สัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูง หรือย่านความถี่คลื่นเรคาร์ เช่น พัลส์เรคาร์ซึ่งมีความถี่คลัง 200 MHz ลงไปในดินเมื่อพัลส์เรคาร์เดินทางถึงผิวรอยต่อระหว่างชั้นดิน หรือผิวรอยต่อระหว่างดินกับโบราณวัตถุได้ดินที่มีสภาพยอมให้ผ่านได้ทางไฟฟ้า (electric permeability) หรือความเร็วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่างกัน พัลส์เรคาร์ส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับมาถังผิวดินและถูกตรวจจับไว้โดยสายอากาศรับสัญญาณของเครื่องมือวัด ตัวอย่างการประยุกต์ใช้วิธีการหยิบลีกชั้นดินด้วยคลื่นเรคาร์ในงานด้านโบราณคดีได้แก่ กรณีการรตตโนโกสินทร์ (วราวดี โลหะวิจารณ์, 2543) กรณีสุสานวิลันดา (อภิชาติพัฒน์วิริยะพิศาล, 2542) กรณีแหล่งโบราณคดีในแคนาดาและสหรัฐอเมริกา (Vaughan, 1986; Bevan, 1991; Sternberg and McGill, 1995) เป็นต้น

4.1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อกำหนดตำแหน่งของเตาถุงโลหะในบริเวณแหล่งเตาถุงโลหะบ้านเราดินให้ อำเภอ บ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ โดยประยุกต์ใช้วิธีกรณีฟิลิกส์ซึ่งประกอบด้วยการวัดค่าสนามแม่เหล็กโลก (Total magnetic field measurement) และเรคาร์หยิบความลึกของชั้นดิน (GPR measurement)

4.1.3 วิธีดำเนินการศึกษา

1. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาอยู่ในหมู่บ้านเราดินให้ อำเภอ บ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ หรืออยู่ระหว่างพิกัด 293048E ถึง 293066E และ 1596984N ถึง 1597036N ของระบบพิกัด WGS-84 พื้นที่

2. การวัดค่าสนามแม่เหล็กรวมของโลก

ทำการวัดค่าสนามแม่เหล็กรวมของโลกจำนวน 21 แนววัด (แนววัด 0E ถึงแนววัด 20E) ดังแสดงในรูปที่ 4-3 โดยแนววัดทุกแนววางตัวอยู่ในทิศใต้-เหนือ (00N ถึง 50N) ด้วยระยะห่างระหว่างแนววัดเท่ากับ 1.0 เมตร และระยะห่างระหว่างจุดวัดในแต่ละแนววัดเท่ากับ 1.0 เมตร จำนวนจุดวัดรวมทั้งสิ้น 400 จุด

ใช้เครื่องมือ Proton Precession Magnetometer ยี่ห้อ Geometric รุ่น G-856 จำนวน 2 ชุด โดยแต่ละชุดจัดวางหัววัดให้อยู่สูงจากพื้น 1.85 เมตร โดย Proton magnetometer ชุดที่หนึ่ง หรือ Rover Unit ใช้สำหรับวัดค่าสนามแม่เหล็กรวมของโลกที่จุดต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา ส่วน Proton magnetometer ชุดที่สอง หรือ Base Unit ใช้ทำหน้าที่บันทึกการแปรผันของสนามแม่เหล็กรวมโลกตามเวลาที่จุดวัดฐาน (base station) ซึ่งจะทางด้านใต้ของพื้นที่ศึกษา และจะนำมาใช้เพื่อทำการปรับแก้ ดิรฟท์ หรือการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กรวมของโลกตามเวลาที่วัดได้ที่จุดวัดต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา

ผลอtout แผนที่ค่าสนามแม่เหล็กรวมของโลกที่ผิดปกติของพื้นที่ศึกษา โดยค่าสนามแม่เหล็กรวมผิดปกติได้จากการหักลบค่าสนามแม่เหล็กโลกที่ໄว้ได้ออกจากค่าสนามแม่เหล็กภูมิหลังของพื้นที่ศึกษา ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดตำแหน่งและความลึกของวัตถุผิดปกติทางแม่เหล็กในพื้นที่ศึกษา

3. การสำรวจ雷达หยั่งความลึกชั้นดิน (Ground Penetrating Radar; GPR)

ทำการสำรวจ雷达หยั่งความลึกชั้นดิน จำนวน 21 แนววัด (แนววัด 0E ถึง แนววัด 20E) ดังแสดงในรูปที่ 4-4 แนววัดแต่ละแนวยาวเท่ากับ 50 เมตร (00N ถึง 50N) โดยมีระยะห่างระหว่างแนววัดเท่ากับ 1 เมตร และระยะห่างระหว่างจุดวัดในแต่ละแนววัดเท่ากับ 0.25 เมตร

การสำรวจ雷达หยั่งความลึกชั้นดิน ใช้เครื่องมือ RAMAC/GPR เลือกใช้สายอากาศรับและส่งสัญญาณที่มีความถี่คลื่นเท่ากับ 200 MHz โดยจัดให้สายอากาศส่งสัญญาณและสายอากาศรับสัญญาณอยู่ห่างกันเท่ากับ 0.6 เมตร

การประมวลผลข้อมูลใช้โปรแกรม Interprex/GRADIX โดยมีขั้นตอนในการประมวลผลดังต่อไปนี้ คือ (1) dewow หรือการกรองสัญญาณรบกวนที่มีความถี่ต่ำกว่า 20 MHz ออก (2) set time zero ตั้งเวลาเริ่มต้นของสัญญาณให้เป็นศูนย์ (3) static correction หรือ การจัดวาง

4.1.4 ผลการศึกษา

1. ผลการวัดค่าสนามแม่เหล็กรวมของโลก

ค่าพิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมของโลกในหน่วยนาโนเทสลา (nT) ของแหล่งเตาถลุงโลหะ โบราณบ้านเบาดิน ใต้ อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ แสดงด้วยแผนที่แสดงดังรูปที่ 4.5 (ข)

ในบริเวณตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา หรือ พื้นที่ระหว่าง 10N ถึง 22N ซึ่งมีลักษณะเป็นไทรล์ของเนินดินที่มียอดสูงประมาณ 5 เมตร เราจะสังเกตเห็นค่าพิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมที่มีค่าต่ำกว่า -400 nT และแสดงด้วยแถบสีน้ำเงินที่ตำแหน่ง 03E-15E และ 17N-22N โดยมีความยาวในแนวตะวันออก-ตะวันตกประมาณ 10 เมตร และมีความกว้างในแนวเหนือ-ใต้ประมาณ 5 เมตร และค่าพิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมที่มีค่าสูงกว่า 600 nT และแสดงด้วยแถบสีแดงที่ตำแหน่ง 00E-15E และ 08N-15N โดยมีความยาวในแนวตะวันออก-ตะวันตกประมาณ 15 เมตร และมีความกว้างในแนวเหนือ-ใต้ประมาณ 5 เมตร ในขณะที่พื้นที่ส่วนอื่นมีค่าพิดปกติในสนามแม่เหล็กรวมของโลก -400 nT ถึง 100 nT และอาจพิจารณาเป็นค่าพิดปกติภูมิหลังของสนามแม่เหล็กรวมของโลกในพื้นที่ศึกษานี้ ค่าพิดปกติในสนามแม่เหล็กรวมของโลกในบริเวณทางด้านใต้ของพื้นที่ศึกษาระหว่าง 8N-22N และ 0E-15E น่าจะมีสาเหตุมาจากวัตถุトイพาร์ตินที่มีสภาพความแม่เหล็กสูงกว่าดินท้องที่ซึ่งอาจจะเป็นบริเวณของเตาถลุงโลหะ หรือบริเวณที่ตะกรันของการถลุงโลหะถูกนำมากองรวมกันไว้

แบบจำลองของวัตถุพิดปกติทางแม่เหล็กของแนววัด มีรูปทรงเป็นแผ่นมวลเพื่อกำหนดตำแหน่งและความลึกของวัตถุพิดปกติทางแม่เหล็กที่เป็นต้นเหตุของค่าพิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมของโลก ดังรูปที่ 4.6 (ข) ได้สร้างเป็นรูปแผ่นมวล และคาดหมายว่าวัตถุพิดปกติทางแม่เหล็กเหล่านี้เป็นส่วนของโครงสร้างเตาถลุงโลหะที่ยังคงหลงเหลืออยู่

2. ผลการสำรวจเรดาร์หยั่งความลึกชั้นดิน

แผนภาพเรดาร์ของแนววัดทั้ง 20 แนว ประกอบด้วยแนววัด 01E ถึง 20E และแนววัดที่ 4-7 รูปที่ 4-8 รูปที่ 4-9 รูปที่ 4-10 และรูปที่ 4-11 พร้อมกับตำแหน่งที่สัญญาณเรดาร์มี

ตำแหน่งที่มีสัญญาณเรดาวัตถุพิเศษทั้งหมดในพื้นที่สำรวจแสดงไว้ในรูปที่ 4-12 ตำแหน่งเหล่านี้คาดว่าเป็นตำแหน่งของวัตถุพิเศษที่ถูกฝังอยู่ใต้ผิวดิน นอกจากนั้นจะสังเกตเห็นว่าในบริเวณตอนใต้ของพื้นที่สำรวจ หรือพื้นที่ระหว่าง 00N ถึง 20N เรายังเจอกับพื้นที่มีสนามแม่เหล็กโลกพิเศษที่ด้วยเช่นกัน ในขณะที่บริเวณตอนเหนือของพื้นที่สำรวจ หรือพื้นที่ระหว่าง 20N ถึง 50N เรายังพบว่าสนามแม่เหล็กโลกมีค่าปัจจัยในบริเวณดังกล่าว ดังนั้นจึงคาดว่าบริเวณตอนใต้ของพื้นที่สำรวจ มีวัตถุพิเศษที่ถูกฝังอยู่ใต้ผิวดินมีสมบัติความเป็นแม่เหล็กสูงกว่าดินบริเวณข้างเคียง วัตถุพิเศษเหล่านี้อาจได้เป็นกองขี้แร่ หรือ ส่วนได้ส่วนหักของเตาถ่าน โลหะ ในขณะที่วัตถุพิเศษที่ดินในบริเวณตอนเหนือของพื้นที่สำรวจไม่ได้มีสมบัติทางแม่เหล็ก แตกต่างจากดินในบริเวณข้างเคียง วัตถุพิเศษเหล่านี้อาจเป็นตัวเตาถ่าน โลหะที่มีสมบัติทางแม่เหล็กใกล้เคียงกับดินในบริเวณข้างเคียง

3. การตรวจสอบผลด้านธรณีฟิสิกส์กับการขุดคันทางโบราณคดี

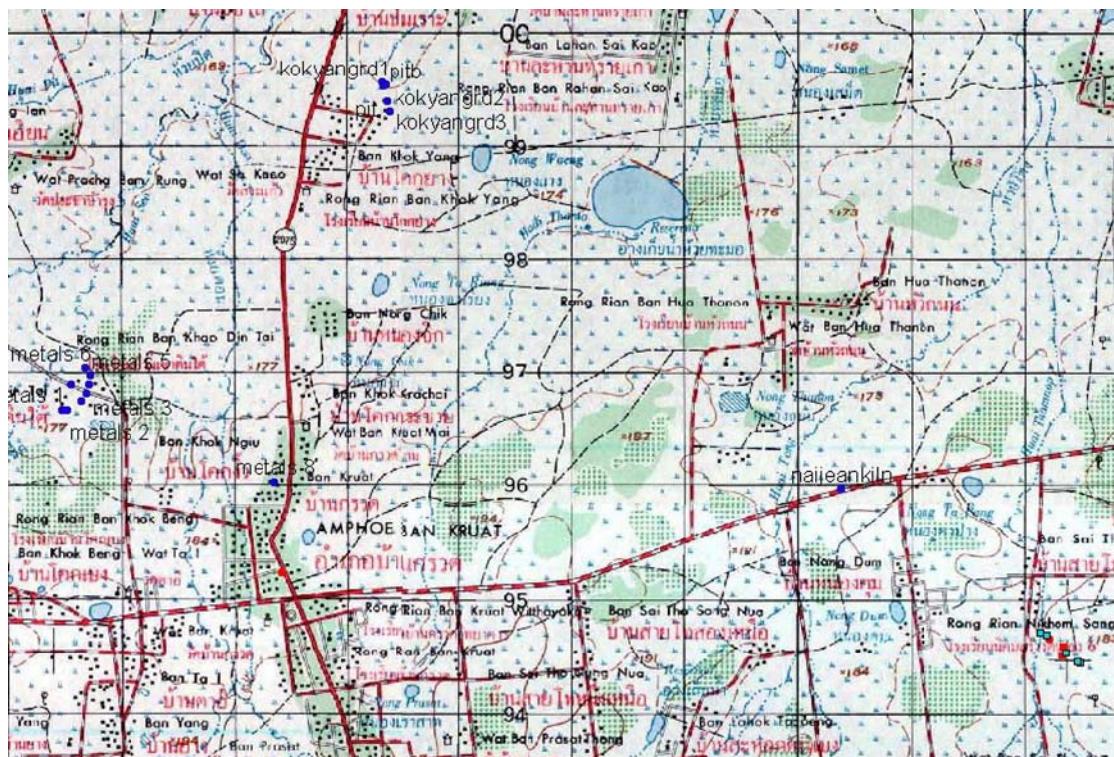
ทีมงานวิจัยจากมหาวิทยาลัยศิลปากร ได้ดำเนินการขุดคันทางโบราณคดีจำนวน 2 หลุม โดยหลุมแรก หรือ Tested pit 1 ในบริเวณด้านเหนือค่อนไปทางตะวันตกของพื้นที่ศึกษา หรือระหว่างแนววัด 03.5E-05.0E และ 32.5N-34.0N และหลุมขุดคันที่สอง หรือ Tested pit 2 ในบริเวณด้านใต้ค่อนไปทางด้านตะวันตกของพื้นที่ศึกษา หรือ ระหว่างแนววัด 06.0E-07.5E และ 09.0N-15.0N

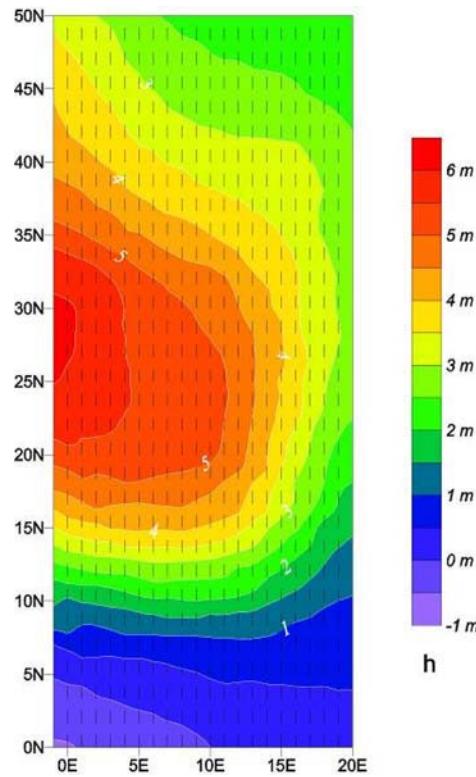
3.1 ผลการขุดคันในหลุมขุดคันที่หนึ่ง หรือ Tested pit 1 ได้ตรวจสอบเตาถ่าน โลหะจำนวน 2 เตาที่ระดับความลึกประมาณ 0.4 เมตรจากผิวดิน ซึ่งในบริเวณดังกล่าวนี้ไม่มีสนามแม่เหล็กพิเศษ แต่สัญญาณเรดาวัตถุของแนววัด 04E และแนว 05E มีลักษณะพิเศษ ดังที่ได้ทำเครื่องหมายไว้ด้วยกรอบสีแดง

3.2 ผลการขุดคันในหลุมขุดคันที่สอง หรือ Tested pit 2 ได้ตรวจสอบแผ่นตะกรันที่ระดับความลึกจากผิวดินประมาณ 1.0 เมตร โดยแผ่นตะกรันนี้มีความหนาประมาณ 0.5 เมตร ซึ่งในบริเวณดังกล่าวสนามแม่เหล็กรวมของโลกมีค่าพิเศษ และสัญญาณเรดาวัตถุของแนววัดที่ 06E และ 08E มีลักษณะพิเศษ แต่ไม่พบลักษณะพิเศษของสัญญาณเรดาวัตถุในแนววัดที่ 07E จึงมั่นใจได้ว่าตะกรันถูกนำมากองสะสมไว้แบบไม่สม่ำเสมอ แต่ในภาพรวมแล้วมีตะกรันกระจัดกระจายครอบคลุมพื้นที่ระหว่างแนววัด 15.0N-25.0N และ 04.0E-14.0E

4.1.5 สรุปผล

วิธีการด้านธรณีฟิสิกส์ซึ่งประกอบด้วยวิธีการวัดสนามแม่เหล็กรวมของโลก และวิธีการเดาร์ที่ยังความลึกของชั้นดิน ได้สามารถช่วยกำหนดตำแหน่งหลุมขุดคันทางโบราณคดีในแหล่งโบราณคดีเตาถลุง โลหะบ้านเจาดิน ได้ อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ ได้เป็นอย่างดี โดยสามารถกำหนดตำแหน่งที่มีตะกรันฟองอยู่ในบริเวณตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา โดยสังเกตจากบริเวณของพื้นที่ศึกษาที่มีค่าสนามแม่เหล็กโลกผิดปกติและสัญญาณเรดาร์มีลักษณะผิดปกติ นอกจากนั้นเตาถลุงโลหะที่ถูกฟองอยู่ได้ดินทางด้านเหนือของพื้นที่ศึกษาจะสอดคล้องกับบริเวณที่มีสัญญาณเรดาร์ผิดปกติ อย่างไรก็ตามการพิจารณาวางตำแหน่งหลุมขุดคันทางโบราณคดีนอกจากจะอาศัยตำแหน่งที่สังเกตเห็นสัญญาณผิดปกติด้านธรณีฟิสิกส์แล้วยังต้องอาศัยการสังเกตและวิเคราะห์พื้นที่ศึกษาโดยหลักการทางด้านโบราณคดีประกอบไปด้วย





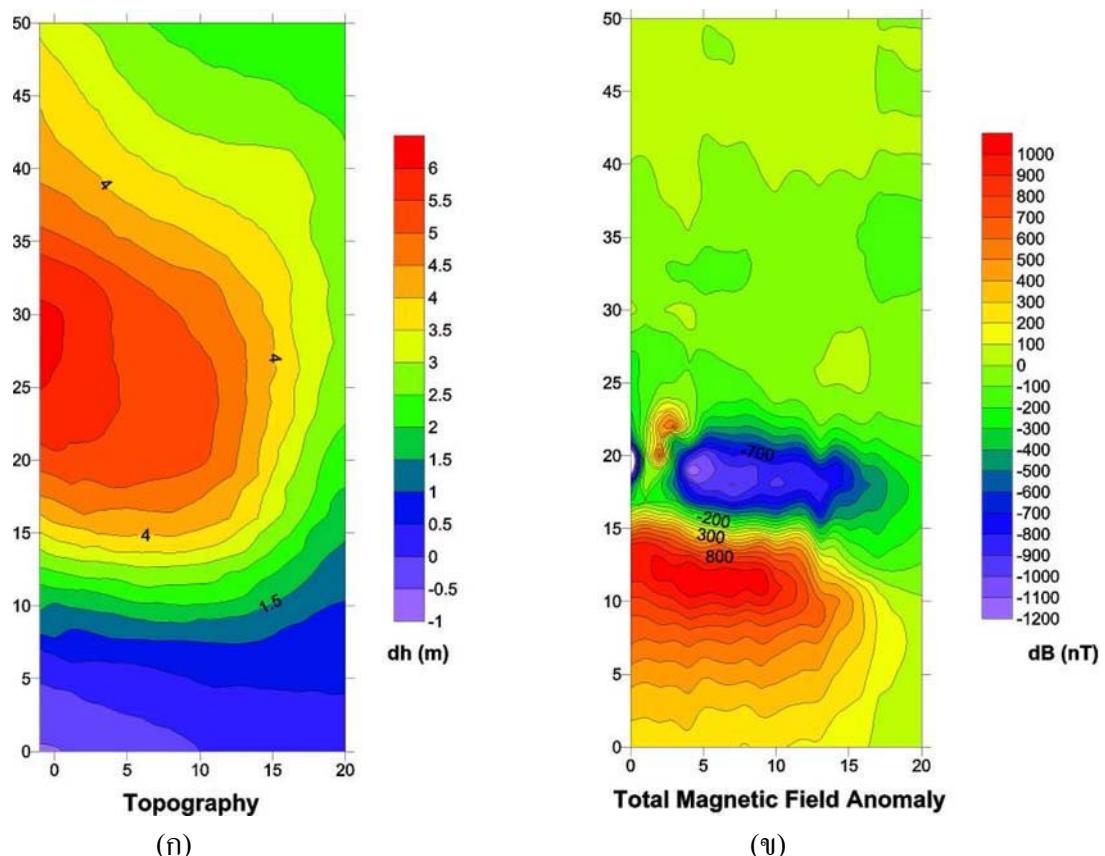
รูปที่ 4-2 แผนที่ความสูงของพื้นที่ศึกษา



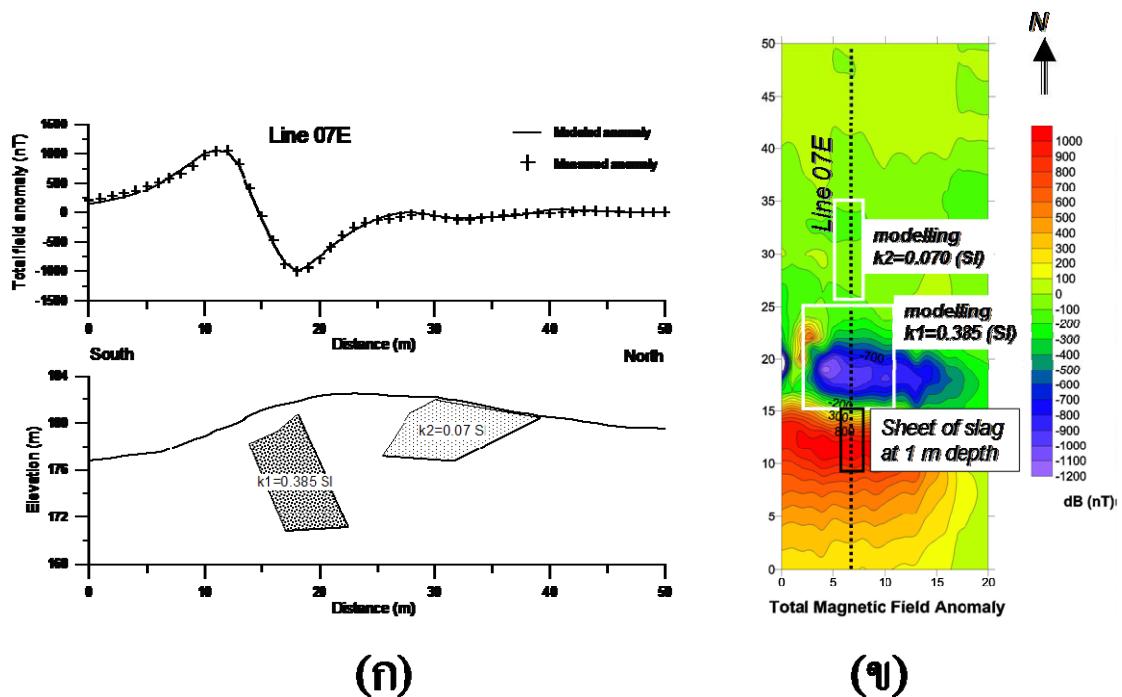
รูปที่ 4-3 การสำรวจสนามแม่เหล็กโลกในพื้นที่ศึกษา



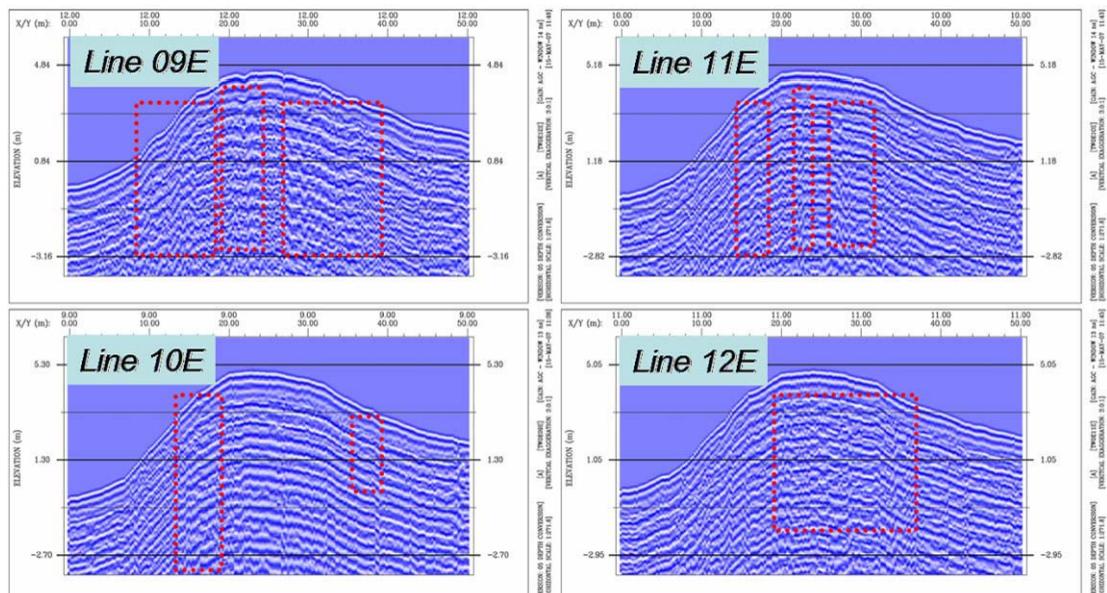
รูปที่ 4-4 การสำรวจเรดาร์ชี้ความลึกของชั้นดินในพื้นที่ศึกษา



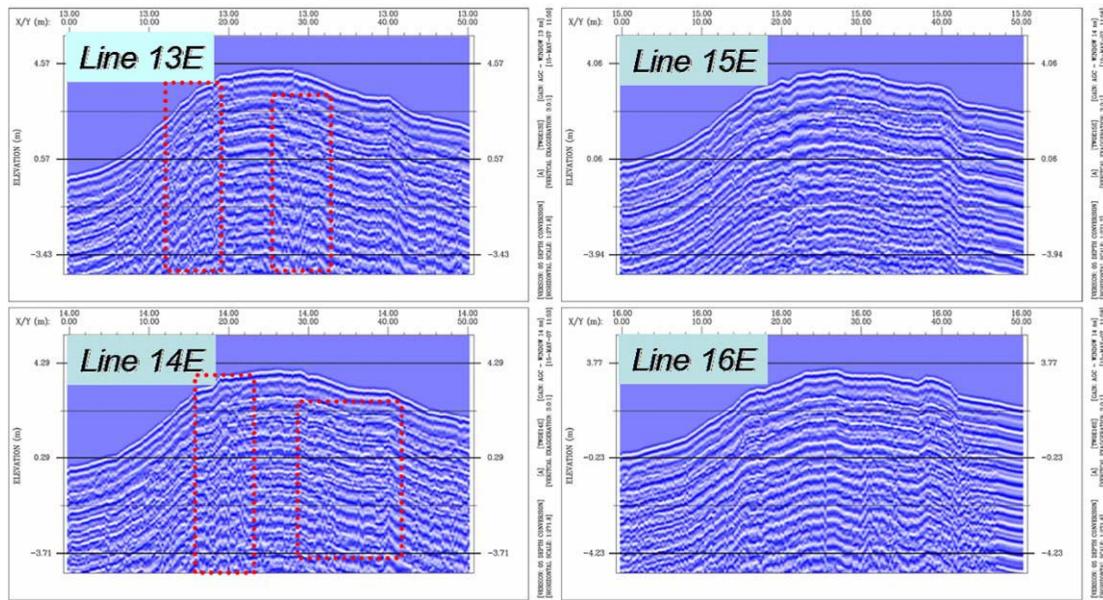
รูปที่ 4-5 (ก) แผนที่ระดับความสูง และ (ข) แผนที่ค่าสนามแม่เหล็กผิดปกติของพื้นที่ศึกษา



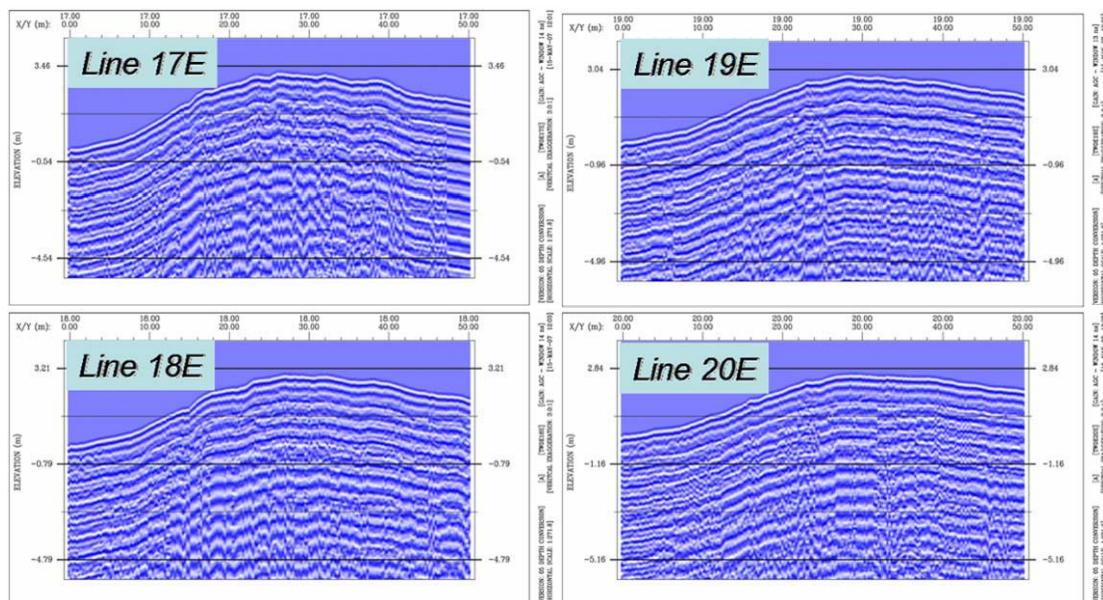
รูปที่ 4-6 (ก) ตำแหน่งและรูปทรงของวัตถุผิดปกติทางแม่เหล็ก และค่าผิดปกติทางแม่เหล็ก ในแนววัด 07E (u) แผนที่สนามแม่เหล็กผิดปกติของพื้นที่ศึกษาและตำแหน่งของแนววัด 07E



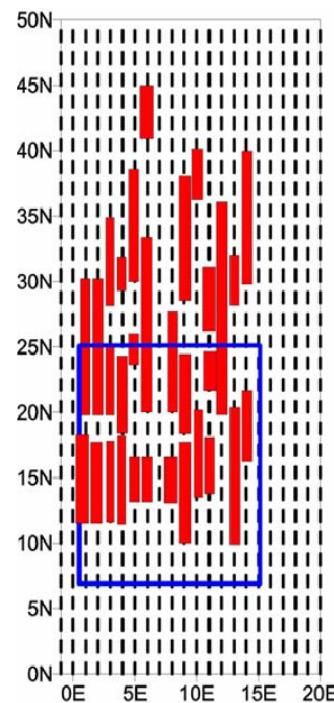
รูปที่ 4-7 แผนภาพเครื่องของแนววัดที่ 09E, 10E, 11E และ 12E พร้อมตำแหน่งและความลึกของบริเวณที่มีสัญญาณเครื่องผิดปกติ (กรอบสีเหลืองสีแดง) ในบริเวณพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 4-8 แผนภาพเรดาร์ของแนววัดที่ 13E, 14E, 15E และ 16E พร้อมตำแหน่งและความลึกของบริเวณที่มีสัญญาณเรดาร์ผิดปกติ (กรอบสีเหลืองสีแดง) ในบริเวณพื้นที่ศึกษา

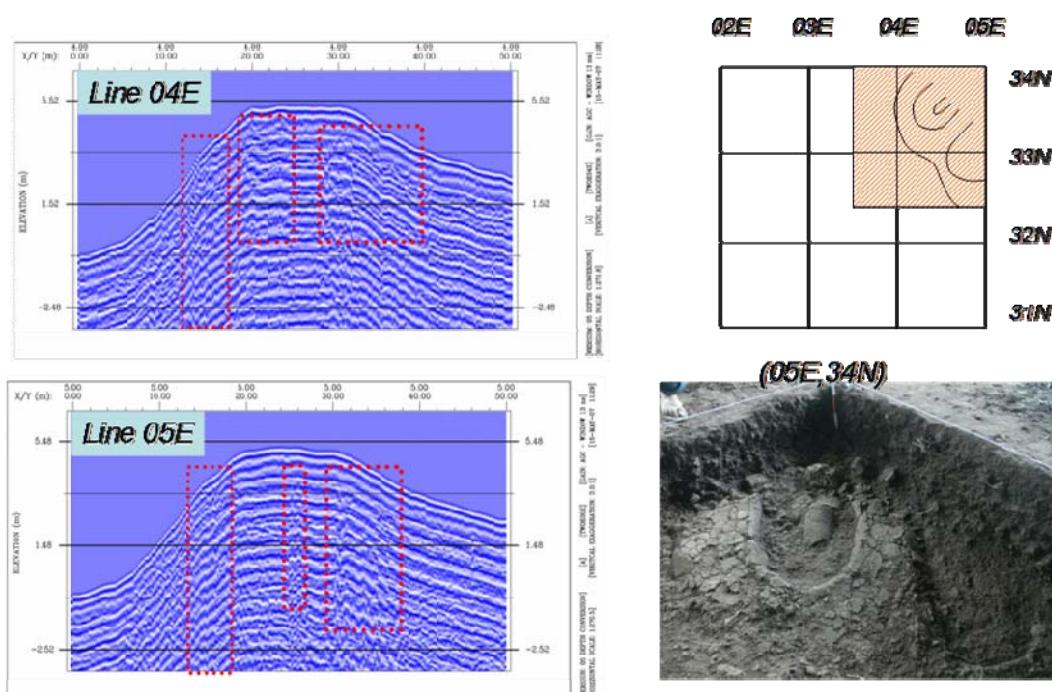


รูปที่ 4-9 แผนภาพเรดาร์ของแนววัดที่ 17E, 18E, 19E และ 20E พร้อมตำแหน่งและความลึกของบริเวณที่มีสัญญาณเรดาร์ผิดปกติ (กรอบสีเหลืองสีแดง) ในบริเวณพื้นที่ศึกษา

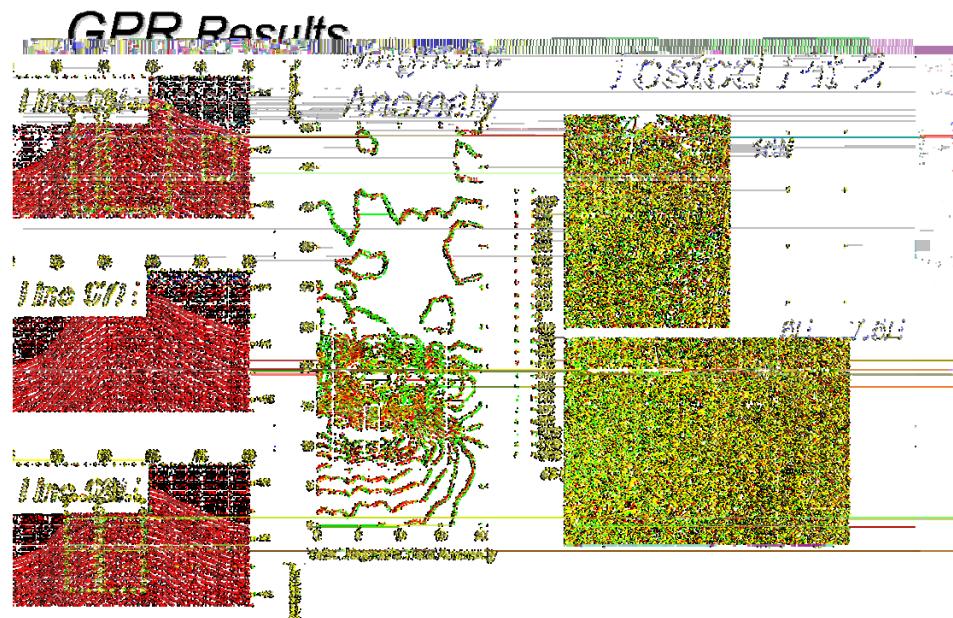


รูปที่ 4-10 ตำแหน่งที่สัญญาณเรดาร์มีลักษณะพิเศษ (ແບນສີແດງ)
และบริเวณที่มีສານມແມ່ເຫຼືກພິດປົກຕີ (ສ່ເຫຼືຍມື້ນ້ຳເງິນ) ໃນພື້ນທີ່ສຶກຍາ

Tested Pit 1



รูปที่ 4-11 หลุมຫຼຸດກົນທາງໂບຮານຄົດຫຼຸມທີ 1 (Tested pit 1) ເປົ້າຍນເທິບນກັນผลການສໍາรวจເຮດາວ
ໃນແນວວັດ 04E ແລະ 05E ໃນພື້ນທີ່ສຶກຍາ



รูปที่ 4-12 หลุมขุดค้นทางโบราณคดีหลุมที่ 2 (Tested pit 2) เปรียบเทียบกับผลการสำรวจเคราร์ ในแนววัด 06E 07E และ 08E ในพื้นที่ศึกษา

4.2 การศึกษารถไฟฟ้าสีของจังหวัดบุรีรัมย์

4.2.1 ความนำ

ตามที่มีการค้นพบเตาถุงเหล็กโบราณในเขตอําเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ เช่น แหล่งเตาถุงเหล็กบ้านเขาดินได้ จึงเป็นที่ถูกเดียงเกี่ยวกับวัตถุคดิบซึ่งใช้สำหรับการถุงเหล็กในสมัยโบราณ ทั้งนี้โดยเชื่อว่าอุตสาหกรรมการถุงเหล็กในสมัยโบราณมักจะตั้งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งวัตถุคดิบ กอร์ปกับไม่ปรากฏมีแหล่งแร่เหล็กในบริเวณพื้นที่ของจังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดใกล้เคียง จะมีเพียงแหล่งศิลาแสลง ซึ่งการนำศิลาแสลงมาใช้เป็นวัตถุคดิบสำหรับการถุงเหล็กนั้น ศิลาแสลงต้องมีปริมาณของเหล็กที่ค่อนข้างสูง และศิลาแสลงจะสัมพันธ์กับแหล่งหินที่มีธาตุเหล็กสูง เช่น หินบะซอลต์ที่มีอยู่เพร่หลายในจังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดใกล้เคียง

เหตุที่หินบะซอลต์และศิลาแสลงที่มีปริมาณเหล็กสูงนักจะมีค่าสภาพความเป็นแม่เหล็กสูงกว่าหินตะกอนซึ่งเป็นหินห้องที่ในพื้นที่ศึกษา และทำให้สามารถแม่เหล็กโลกในบริเวณที่ปักกลุ่มด้วยหินบะซอลต์หรือศิลาแสลงเบี่ยงเบนไปจากค่าสนามแม่เหล็กปกติ เรียกว่า มีสนามแม่เหล็กผิดปกติในพื้นที่ดังกล่าว ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงประยุกต์ใช้แผนที่สนามแม่เหล็กผิดปกติ (กรมทรัพยากรธรณี, 2531) เพื่อกำหนดบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กผิดปกติของโลกหรือมีค่าต่ำกว่าบริเวณข้างเคียงในบริเวณพื้นที่ของจังหวัดบุรีรัมย์ซึ่งอาจสัมพันธ์กับขอบเขตของหินบะซอลต์ที่เป็นแหล่งธาตุเหล็กให้กับศิลาแสลงในพื้นที่ศึกษาหรือขอบเขตของศิลาแสลงที่มีปริมาณเหล็กสูง

4.2.2 แหล่งแร่เหล็กในประเทศไทย

แร่เหล็กที่พบมากและนำมาใช้ประโยชน์ภายใต้ประเทศไทยเป็นแร่เหล็กจำพวกออกไซด์ ได้แก่ Hematite (Fe_2O_3) Magnetite (Fe_3O_4) และ Limonite หรือ geothite ($Fe_2O_3 \cdot H_2O$) สำหรับศิลาแลง (Laterite) อาจจะเป็นแหล่งแร่เหล็ก ได้ เพราะ ในศิลาแลงอาจมีเปอร์เซ็นต์ของเหล็กสูงถึง 30-40% แต่เนื่องจากในศิลาแลงมีสารปนเปื้อนสูงซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อการผลิต (ที่มา : อกนิษฐ์ สุวรรณสิงห์, 25??)

แร่เหล็กที่พบในประเทศไทยเกิดอยู่ 4 แบบด้วยกัน ดังนี้คือ

- 1) เกิดแบบแทนที่ (replacement deposit) ในหินкар์บอนे�ตไกส์เขตการแปรสภาพโดยการแทนที่ (contact metasomatic zone) หินท้องที่ที่พนอยู่ในยุคออร์โดวิเชียนหรือเพอร์เมียน และการ์บอนิเฟอร์ส ส่วนหินอัคนีแทรกซ่อนชนิดกรดหรือปานกลางมักอยู่ในยุคไทรแอสซิก
- 2) เกิดแบบสายแร่ (vein deposit) ในหินชั้นและหินแปรซึ่งมีอายุในช่วงมหา yokpa โลโซ-อิกเป็นส่วนใหญ่
- 3) เกิดเป็นชั้นร่วมกับหินชั้น (stratiform deposit) ตัดผ่านในหินซึ่งคาดว่ามีอายุในยุคพรีแคมเบรียน
- 4) เกิดแบบตัดตะกอนทับถมอยู่กับที่ (residual deposit) ในลักษณะศิลาแลง (laterite) โดยเกิดจากการผุพังของหินชนิดต่างๆ ซึ่งมีชาตุเหล็กในปริมาณสูง

แหล่งแร่เหล็กในประเทศไทยที่จังหวัด กระนี กาญจนบุรี กำแพงเพชร จันทรบุรี ยะลา ชลบุรี เชียงใหม่ ตั้ง ประจวบคีรีขันธ์ ปราจีนบุรี พัทลุง เพชรบูรณ์ แม่ฮ่องสอน ระนอง ระยอง ลพบุรี ลำปาง นครศรีธรรมราช นครสวรรค์ เลย สาระบุรี และสุโขทัย (ที่มา : กรมทรัพยากร ธรรมี, 2544) โดยแหล่งใหญ่ในประเทศไทยที่มีปริมาณเกินกว่า 1 ล้านตันมีเพียง 6 แหล่งเท่านั้น ทั้งนี้ไม่นับแหล่งศิลาแลง คือ (1) แหล่งเขาทับความ จังหวัดลพบุรี (2) แหล่งอึมครีม จังหวัด กาญจนบุรี (3) แหล่งหนองบอน จังหวัดยะลา (4) แหล่งภูยาง ในเขตอำเภอเชียงคาน และ แหล่งภูอ่างในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเลย (5) แหล่งแม่โภ ในเขตอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ และ (6) แหล่งท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช (ที่มา : อกนิยฐ์ สุวรรณสิงห์, 25??)

สำหรับศิลาแลง หินที่เป็นแหล่งกำเนิดศิลาแลงที่ดีมักจะมีส่วนประกอบของเหล็ก และอลูมิเนียมมาก เช่น หิน bazalt หินแกรนิต หินซีสต์ หินดินดาน และหินทรายแดง เป็นต้น เพราะหินเมื่อผุพังจะเป็นตันกำเนิดของสารละลายแร่เหล็ก ซิลิกา อลูมิเนียม เป็นต้น การผุพังมีทั้งการผุพังอยู่กับที่และผุพังเป็นตะกอนแล้วถูกพัดพาไปสะสมตัว ณ ที่ใดที่หนึ่ง ต่อมาจึงเปลี่ยนสภาพ

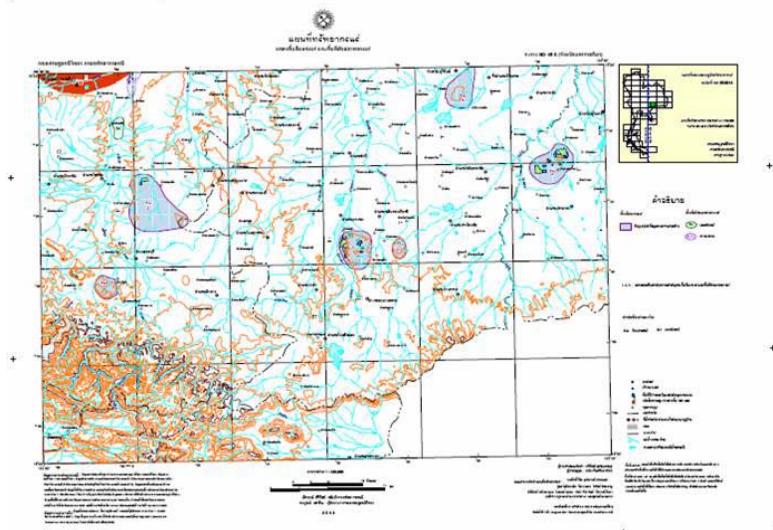
หิน bazalt ในจังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดไก่คีบเป็นหิน bazalt ที่มีแร่ ilmenite เป็นแร่ประกอบและจัดอยู่ในกลุ่มหินอัลคาไลน์ หิน bazalt มีลักษณะการเกิดจากการไหลของลาวาที่มีความหนืดน้อย หรือเกิดจากการระเบิดที่ไม่รุนแรง โดยทั่วไปของหินภูเขาไฟนี้มีลักษณะผุสลาย และบางแห่งกล้ายเป็นศิลาแลงและดินแดง (ที่มา: <http://www.buriram.go.th/general/resource.html>, 8 มีนาคม 2551)

บริเวณที่พบหิน bazalt มีดังนี้

1) บริเวณเขากระโอง บริเวณนี้ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 15 ตารางกิโลเมตร ยอดเขาประกอบเขากระโองและเขาใหญ่ มีระดับความสูงเทียบกับพื้นที่โดยรอบประมาณ 60 เมตร พื้นที่โดยรอบเนินเขากระโองนี้จะเป็นเนินชารลาวาซึ่งเป็นพื้นที่หินครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 90 ตารางกิโลเมตร ชั้นลาวานี้มีความหนาเท่ากับ 20 เมตรและแผ่กระจายไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของยอดเขามากกว่าทางทิศทางอื่น

2) บริเวณเขานมรุ้ง บริเวณนี้เป็นลักษณะของกรวยภูเขาไฟอยู่กลางที่ราบของหินตะกอนชุดโกราช โดยยอดของเขานมรุ้งสูงจากพื้นที่ข้างเคียงประมาณ 180 เมตร บริเวณเขานมรุ้งปกคลุมพื้นที่ 15 ตารางเมตร และชารลาวาไหลไปทางทิศเหนือเป็นส่วนใหญ่

3) บริเวณภูพระอังคาร บริเวณนี้มีความสูงจากพื้นที่ข้างเคียงประมาณ 130 เมตร โดยมีชารลาวาไหลปกคลุมพื้นที่ 52 ตารางกิโลเมตร ช่องประตูเป็นแอ่งกว้างถึง 600 เมตร และปล่องของภูพระอังคารนี้อยู่ห่างจากปล่องของเขานมรุ้งประมาณ 12 กิโลเมตร



รูปที่ 4-13 ตำแหน่งของแหล่งหิน bazalt ในจังหวัดบุรีรัมย์

(ที่มา : กรมทรัพยากรัฐวิถี, 2551)

4.2.3 ธรณีวิทยาของจังหวัดบุรีรัมย์

(ที่มา : Sattayararak, 1985 และ <http://www.buriram.go.th/general/resource.html>, 8 มีนาคม 2551)

พื้นที่ของจังหวัดบุรีรัมย์ส่วนใหญ่ปักคลุมด้วยกลุ่มหินชุดโคราช แผ่นกระจายตั้งแต่ตอนใต้สุดตามแนวเทือกเขาพนมดงรัก ซึ่งเป็นหินแข็งตลอดchain ไปทางทิศเหนือ และมีลักษณะการเอียงเทของชั้นหินเข้าสู่ใจกลางและโคราช-อุบล ตั้งแต่บริเวณตอนใต้ของตัวเมืองบุรีรัมย์ ลงไปจนถึงอำเภอรอง อำเภอประโคนชัย และอำเภอละหารทราย มีหย่อมหินอัคนีประเทกหินบะชอลต์ ปรากฏเป็นพื้นที่หินและเป็นเนินเขาไม่สูงนัก เช่น เขากะโง ภูพระอังคาร เขานมรุ่ง และเข้าไปรปีด เป็นต้น

ลักษณะการลำดับของชั้นหินในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ ซึ่งเรียงจากหินที่มีอายุมากไปยังหินที่มีอายุน้อยเป็นดังนี้

หินชุดโคราช เป็นกลุ่มหินตะกอนที่มีอายุประมาณยุคไทรแอดสซิกถึงยุคครีเทเชียส หรือประมาณ 230 ล้านปีมาแล้ว ซึ่งประกอบด้วยหมวดหินที่พบในพื้นที่จำนวน 5 หมวดหิน ดังนี้

หมวดหินพระวิหาร (Jpw) ประกอบด้วยหินทรายสีขาว สีชมพู มีชั้นเฉียงระดับชั้ดเจน ชั้นหนา พบริหนกรวบรวม หรือหินทรายปนกรดอยู่ส่วนบน ความหนาไม่เกิน 60 เมตร 適合ให้เห็นตามแนวเขาพนมดงรัก และบริเวณหน้าผา

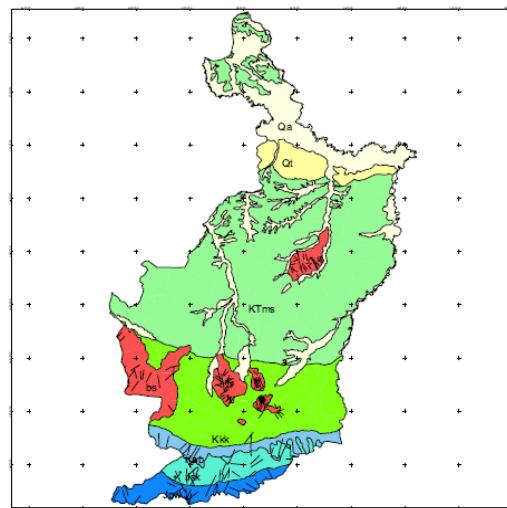
หมวดหินมหาสารคาม (KTms) ประกอบด้วยหินทรายเป็น และหินทราย มีชั้นโพแทซ ชิปชั้มและเกลือหิน หนาเฉลี่ย 200 เมตร หมวดหินนี้มีความหนาประมาณ 600 เมตร เกิดจากการสะสมตัวของอ่องซึ่งอาจแยกกันเป็น 2 แห่งคือ อ่องสกอลนกรากับอ่องโคราช อายุของหินมหาสารคามนี้มีอายุประมาณยุคครีเทเชียสตอนปลาย จากหลักฐานสามารถแม่เหล็กบรรพกาล และจากไอโอดิฟฟู ของแร่ที่มีอายุประมาณ 100 ล้านปี

หมวดหินเสาข้าว (Jsk) ประกอบด้วยหินทรายเป็นสีน้ำตาลแดงมีหินโคลนแทรกบ้าง อาจพบชั้นหินปูนบางๆ และมีชากรหอยแทรกอยู่บ้าง พบริเวณหุบเขาของเทือกเขาพนมดงรัก

หมวดหินภูพาน (Kpp) มีหินกรวดมันและหินทรายปนกรด เป็นลักษณะเด่น สีขาวถึงเทาอ่อน มีเศษกรวดสีเท็มปะปนบ้าง สีน้ำตาลอ่อนอมเหลืองบ้าง พบริเวณที่เป็นเทือกเขาซึ่งอยู่ด้านจากบริเวณหุบเขาในเทือกเขาพนมดงรัก

พินอัคนี พินอัคนีส่วนใหญ่เป็นพินนิบะซอลต์ที่มีแร่โอลิวินเป็นแร่ประกอบหลัก และจัดอยู่ในกลุ่มพินอัคต้าไวน์นิบะซอลต์ ซึ่งเกิดจากการไหลดของลาวาที่มีความหนืดน้อย ซึ่งเกิดจากการระเบิดที่ไม่รุนแรง พินนิบะซอลต์มีอายุประมาณ 7-9 แสนปี พนทีบริเวณเขากระดอง บริเวณเขาพนมรัง และบริเวณภูพระอังคาร

ตะกอนลำนำ้า (Qa) พบในบริเวณพื้นที่ลุ่มและเนินติดกับที่ลุ่มเป็นส่วนใหญ่ พบตะกอนที่น้ำพัดพามาทับกัน เช่น ราย กรวด มีอายุอยู่ในยุคควอเตอร์นารี ถึงปัจจุบัน บริเวณที่พบมากได้แก่พื้นที่ตอนเหนือของจังหวัดบุรีรัมย์ บริเวณไกล้ำลำนำ้มูลและลำนำ้สาขาต่างๆ ในเขตอำเภอเมือง อำเภอพุทไธสง และอำเภอสตึก เป็นต้น



คำอธิบายหน่วยหิน

- █ Jpw : หินกรายเนื้อครอตซ์ ชั้นหนาสีขาว ซึ่งปูนและเทา หินกรายแบ่ง หินโคลน; ยุคครีเตเชียส
- █ Jsk : หินกรายแบ่ง หินดินดาน สีน้ำตาลแดง ม่วงแดง มีเนื้อปูนปัน; ยุคครีเตเชียส
- █ Ktms : หินกรายแบ่ง หินเคลย์ สีน้ำตาลแดง มีชั้นเกลือหิน แร่โป派ตส์ อิบัลซัมและแอนไฮดรอตท์แทรก; ยุคครีเตเชียส-เทอร์เชียร์
- █ Kkk : หินกรายแบ่ง หินกราย สีน้ำตาลแดง เนื้อปูนปัน หินเคลย์และหินกรวดมัน; ยุคครีเตเชียส
- █ Kpp : หินกราย สีเทาขาว ชั้นหนา หินกรายแบ่ง หินกรวดมันนาดเล็ก ประกอบด้วยเม็ดกรวดหินลายขนาด; ยุคครีเตเชียส
- █ Qa : ตะกอนที่รากสะสมตัวโดยทางน้ำ ตะกอนกรวด ทราย หินสะสมตามร่องน้ำและที่รากผ้าหัวแม่เทือง; ยุคควอเตอร์นารี
- █ Qt : ตะกอนตะพัก กรวด ทรายแบ่ง หินเคลย์และหินแมลง; ยุคควอเตอร์นารี
- █ bs : หินบะซอลต์ สีเทาดำ เนื้อแน่น แข็ง หินอโสั�ิวันบะซอลต์; ยุคควอเตอร์นารี

รูปที่ 4-14 แผนที่หน่วยหินของจังหวัดบุรีรัมย์

(ที่มา: กรมทรัพยากรัฐวิถี, 2551)

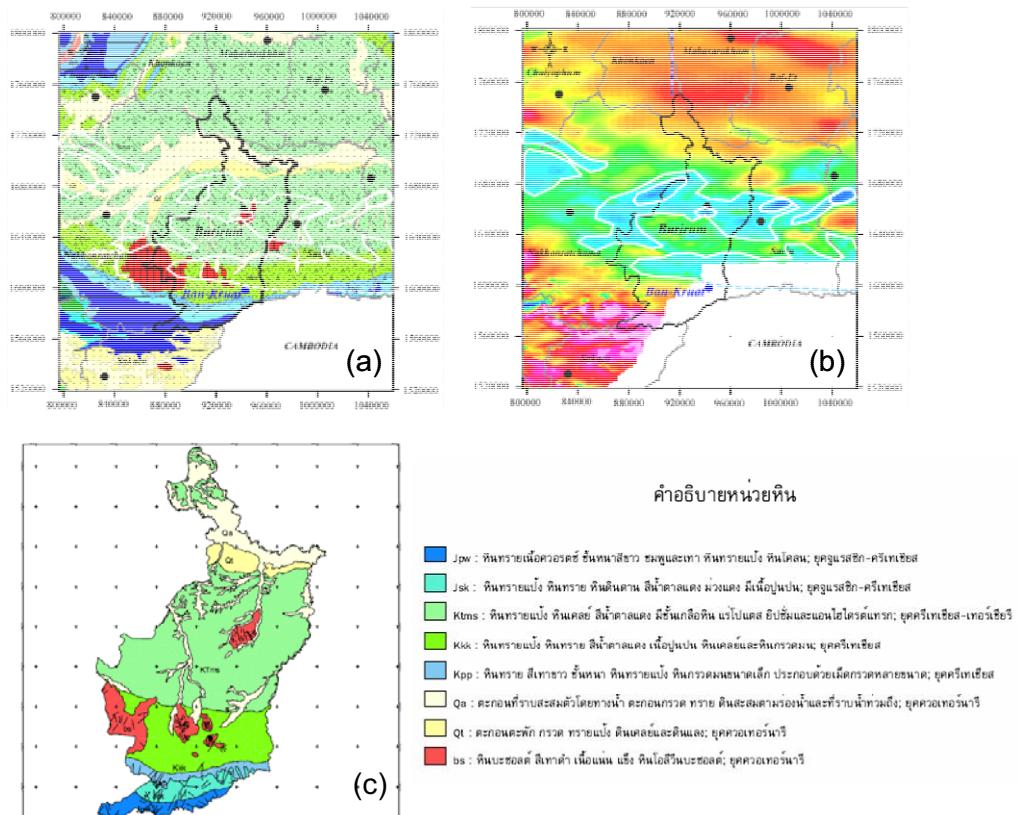
4.2.4 ธรณีฟิสิกส์ของจังหวัดบุรีรัมย์

แผนที่แสดงสีของสนามแม่เหล็กพิคปักติของจังหวัดบุรีรัมย์แสดงไว้ดังรูปที่ 4-15b (ที่มา: กรมทรัพยากรัฐวิถี, 2551) ซึ่งจะสังเกตว่าค่าสนามแม่เหล็กพิคปักติมีค่าสูง หรือ -39 ถึง 144 nT (เนคส์ติงเนคส์มิว่ง) ในบริเวณพื้นที่ตอนเหนือและพื้นที่ตอนใต้ของจังหวัดบุรีรัมย์ และ สนามแม่เหล็กพิคปักติมีค่าต่ำ หรือ -255 ถึง -39 nT (เนคส์บีบีวีส์เนคส์น้ำเงิน) ในบริเวณพื้นที่ตอนกลางของจังหวัดบุรีรัมย์

ในพื้นที่ตอนเหนือของจังหวัดบุรีรัมย์ ค่าสนามแม่เหล็กพิคปักติที่มีค่าสูงซึ่งปรากฏอยู่ในพื้นที่ซึ่งปักคลุมด้วยหมวดหินมหานาสารตาม(KTms) ซึ่งเป็นหินตะกอนยุคครีเตเชียส-เทอร์เชียร์ และ

หน้า ๑๕๘

ໜີ່ເຈົ້າປະກາດກົມດ້ວຍໝາວດທິນກູພານ (Kpp) ແນວດທິນເສາຂ້າ (Jsk) ແລະ ໝາວດທິນພະວິຫາර (Jpw)



รูปที่ 4-15 (a) แผนที่ธารณิวิทยาของจังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดไก่คีบและขอบเขตของบริเวณที่
สามารถแม่เหล็กผิดปกติมีค่าต่ำซึ่งแทนด้วยวงปิดสีขาว (b) แผนที่สามารถแม่เหล็กผิดปกติของพื้นที่
ศึกษา (c) แผนที่ธารณิวิทยาของจังหวัดบุรีรัมย์ (ที่มา : กรมทรัพยากรธารณี, 2531, 2551)

สำหรับในพื้นที่ตอนกลางของจังหวัดบุรีรัมย์ สนามแม่เหล็กพิคปักติที่มีค่าต่ำ หรือระหว่าง -39 nT ซึ่งแสดงด้วยเนคเกี้ยลส์ฟิลด์สีน้ำเงิน (รูปที่ 4-15a และ 4-15b) ปรากฏอยู่เหนือพื้นที่ซึ่งปักคุณด้วยหมวดหินมหานครารากาน (KTms) และตะกอนควอเทอร์นารี (Qa และ Qt) และค่าสนามแม่เหล็กพิคปักติซึ่งมีค่าต่ำนี้ยังต่อขยายไปยังพื้นที่ของจังหวัดสุรินทร์ซึ่งอยู่ทางด้านตะวันออกและพื้นที่ของจังหวัดนราธิวาสีมาซึ่งอยู่ทางด้านตะวันตกของจังหวัดบุรีรัมย์ นอกจากนี้ยังสังเกตเห็นว่าสนามแม่เหล็กพิคปักติที่มีค่าอยู่ระหว่าง -126 ถึง -184 nT (เนคส์ฟ้า) ปรากฏอยู่พื้นที่ซึ่งปักคุณด้วยหมวดหินภูพาน (Kpp)