



04

โบราณวิทยาเรื่องโลหะสำริด
ในยุคก่อนประวัติศาสตร์ของประเทศไทย

Archaeology of Bronze in Prehistory of Thailand

สุรพล นาทะพินธุ*
Surapol Natapintu

* รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์หลักคือการเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับการทำและใช้โลหะสำริดในยุคก่อนประวัติศาสตร์ของประเทศไทย เนื้อหาหลักของบทความแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อใหญ่ คือ 1.) ความนำ 2.) การทำและใช้สำริดในยุคก่อนประวัติศาสตร์ของประเทศไทย และ 3.) ความเห็นเรื่องผลกระทบของการพัฒนาการด้านโลหกรรมต่อสังคมและวัฒนธรรมมนุษย์สมัยอดีต

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการทางเทคโนโลยีโลหกรรมและวัฒนธรรมสมัยโบราณในดินแดนต่างๆของโลกพบว่า พัฒนาการของเทคโนโลยีนี้มักสัมพันธ์กับการเกิดสังคมและวัฒนธรรมที่มีโครงสร้างแบบซับซ้อน สำหรับกรณีของประเทศไทยนั้น แม้ว่าจวบจนขณะนี้ยังไม่มีผลการศึกษาที่เน้นเฉพาะเจาะจงเพื่อหาความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ทางวัฒนธรรมทั้ง 2 ประการมากนัก แต่ก็มีหลักฐานทางโบราณคดีชี้ความเป็นไปได้ว่าเทคโนโลยีโลหกรรมคงเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่มีผลต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงของวัฒนธรรมยุคก่อนประวัติศาสตร์ตอนปลายในประเทศไทยเช่นเดียวกับในดินแดนอื่นของโลก

คำสำคัญ: สำริดก่อนประวัติศาสตร์

Abstract

This article represents an attempt to disseminate knowledge on the production and use of bronze during the prehistoric period in Thailand and is divided into 3 parts; namely, 1. Introduction, 2. Bronze manufacturing and use in prehistoric Thailand, 3. The impact of metallurgical development on past human society and culture.

The studies focus on the relationship between the development of metallurgical technology and ancient culture in various parts of the world which suggest that the development, in most cases, is related to the emergence of complex society and culture. In the case of Thailand, although there is still not much study specifically designed for the elucidation of the relationship, there is some archaeological evidence which suggests that the development of metallurgy was one of the major factors which shaped the cultural changes during the late prehistoric period of Thailand.

Keywords: Bronze in prehistory

บทนำ

แม้ว่ามนุษยชาติได้ปรากฏขึ้นในโลกมาตั้งแต่เมื่อนับแสนปีมาแล้ว และได้มีวิวัฒนาการมาอย่างต่อเนื่อง แต่ทว่า ในช่วงเพียงไม่กี่พันปีมาแล้วเท่านั้นเอง ที่มนุษย์เริ่มรู้จักใช้โลหะ

โลหะชนิดแรกๆ ที่มนุษย์ตั้งแต่ยุคก่อนประวัติศาสตร์นำมาใช้ได้แก่ ทองคำ เงิน และทองแดง โดยในช่วงแรกๆ นั้นนำมาใช้ทำเครื่องประดับ รูปลักษณะง่ายๆ แต่ต่อมาเมื่อมีประสบการณ์และความเข้าใจในการทำวัตถุจากโลหะเหล่านั้นมากขึ้น จึงเริ่มพัฒนาความรู้เรื่องคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของทองแดงซึ่งมีลักษณะพิเศษบางประการเหนือกว่าโลหะมีค่าอื่นๆ ในกรณีที่ใช้โลหะเหล่านี้ทำเป็นเครื่องมือใช้สอย เมื่อประกอบเข้ากับความรู้ด้านเทคโนโลยีการใช้ไฟและความร้อนที่มนุษย์มีอยู่มาแต่เดิมแล้ว มนุษย์จึงนิยมทำเครื่องมือใช้สอยจากทองแดงมากขึ้น ทองแดงจึงเริ่มกลายเป็นโลหะสำคัญที่มนุษย์ต้องการและเสาะแสวงหามาใช้ทำเครื่องมือสำหรับเพิ่มพูนประสิทธิภาพในการดำรงชีวิตและดำรงสังคมของตน

เนื่องจากทองแดงเป็นโลหะที่เกิดอยู่ในเฉพาะบางสภาพทางธรณีวิทยา หรือมีอยู่เฉพาะในบางพื้นที่เท่านั้น มิได้มีอยู่มากทั่วไป ทองแดงจึงกลายเป็นของมีค่าสูงในหลายภูมิภาคของโลก และเป็นทรัพยากรประการหนึ่งที่มีส่วนร่วมทำให้เกิดพัฒนาการของสังคมและวัฒนธรรมที่มีความแตกต่างกันในความมั่งคั่งทางเศรษฐกิจ สถานภาพ สิทธิพิเศษ และอำนาจบางลักษณะ เมื่อสมัยโบราณ

การใช้ทองแดงในสมัยแรกๆ นั้นปรากฏขึ้นในตะวันออกเฉียงเมื่อไม่นานกว่า 9,000 ปี มาแล้ว โดยมนุษย์ได้นำทองแดงธรรมชาติ (native copper) มาใช้ (ดู Cambel, 1974; Smith, 1969; France-Lanord and Contenson, 1973; Muhly, 1981) ทั้งนี้ คงเป็นเพราะวัสดุนี้เป็นโลหะที่เกิดขึ้นมาโดยกระบวนการทางธรรมชาติ มนุษย์สามารถแยกแยะความแตกต่างของโลหะทองแดงธรรมชาติออกจากหินได้โดยง่าย จึงสามารถรวบรวมทองแดงธรรมชาติมาทำเป็นสิ่งของต่างๆ ได้ทันทีโดยผ่านวิธีการทุบและตีเพื่อบิบบและรีดก้อนทองแดงธรรมชาติให้เปลี่ยนรูปร่างเป็นชิ้นงานที่ต้องการ ทั้งนี้ มนุษย์คงเริ่มเรียนรู้ไปด้วยว่าวัตถุที่ตีขึ้นมาจากทองแดงนั้นมีความแข็งและความเปราะมากกว่าก้อนทองแดงธรรมชาติที่ไม่ได้ผ่านการตีเพื่อเปลี่ยนรูปร่าง ทำให้การตีขึ้นรูปทองแดงธรรมชาติในสมัยแรกๆ นั้น ทำได้ในระดับที่จำกัด สิ่งของที่ทำขึ้นมาจึงล้วนเป็นเครื่องประดับชนิดที่มีรูปทรงง่ายๆ ไม่ซับซ้อน เช่น ลูกปัด ปิ่นปักผม เข็มปลายแหลม เป็นต้น

ผลการวิเคราะห์โบราณวัตถุทำจากทองแดงธรรมชาติรุ่นแรกๆ อายุราว 9,000-8,000 ปี มาแล้ว ที่พบในตะวันออกเฉียง แสดงให้เห็นว่า หลังจากการเริ่มใช้ทองแดงธรรมชาติไม่นาน มนุษย์เริ่มเรียนรู้ว่ากระบวนการเผาทองแดงให้ร้อนถึงอุณหภูมิประมาณ 450 องศาเซลเซียส แล้วทิ้งให้เย็นตัวลงอย่างช้าๆ ช่วยให้อายุที่ตีขึ้นจากทองแดงนั้นคลายความเปราะลง และสามารถนำมาตีรีดต่อไปให้เป็นชิ้นงานที่ต้องการได้ และสามารถทำให้มีรูปลักษณะซับซ้อนขึ้น

ต่อมา ในช่วงก่อน 7,000 ปีมาแล้วไม่มากนัก มนุษย์เริ่มเข้าใจกระบวนการผลิตวัตถุจากทองแดงธรรมชาติด้วยวิธีการหลอม (melting) และหล่อ (casting) เครื่องประดับและอาวุธขนาดเล็ก ที่มีรูปทรงซับซ้อนและมียุทศาสตร์ประดับจึงเริ่มถูกผลิตขึ้นมา และเป็นสิ่งของผู้คนต้องการมากขึ้น

ความต้องการวัตถุที่ทำด้วยทองแดงที่เกิดขึ้นในเวลาต่อมา ซึ่งมนุษย์ตั้งแต่สมัยประมาณไม่น้อยกว่า 7,000 ปีมาแล้ว ก็สามารถตอบสนองความต้องการนี้ได้โดยพัฒนาเทคโนโลยีการถลุงโลหะ (smelting) ขึ้นมา (ดู Muhly, 1981; Munchajev and Merpert, 1977) ความรู้ในกระบวนการถลุงโลหะที่ประกอบด้วยการใช้ความร้อนและปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นในเตาถลุงเพื่อเปลี่ยนให้สินแร่ทองแดง (copper ores) ให้เป็นโลหะทองแดง (metallic copper) ที่สามารถนำไปหลอมและหล่อเป็นวัตถุต่างๆ ทำให้การใช้ทองแดงแพร่หลายขึ้นอย่างมาก รวมทั้งนำไปสู่การผลิตสิ่งของเครื่องใช้และเครื่องประดับที่มีรูปปลั๊กซ์ม์ต่างๆ ในหลากหลายสังคมและวัฒนธรรม

ตามธรรมชาติแล้ว ธาตุทองแดงมักเกิดอยู่ร่วมกับธาตุโลหะอื่นๆ หลายชนิด แร่ธาตุที่มักพบปนอยู่กับทองแดงเสมอๆ ได้แก่ เงิน ตะกั่ว อาร์เซนิก เหล็ก สังกะสี และบางครั้งก็มีดีบุกด้วย ทั้งนี้ ชนิดและปริมาณของธาตุแทรกปนอื่นๆ นั้นไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับกระบวนการเกิดและธรรมชาติของแหล่งแร่แต่ละแห่ง

ด้วยเหตุที่แหล่งแร่ทองแดงมักมีแร่ธาตุอื่นๆ อยู่ด้วยนี้เอง จึงทำให้ช่างโลหะสามารถสังเกตเห็นคุณสมบัติที่แตกต่างกันไปของทองแดงที่ถลุงออกมาจากแร่ที่มาจากแหล่งต่างๆ กัน รวมทั้งสามารถตรวจสอบและทดลองจนเกิดความรู้ความเข้าใจว่าแร่ธาตุแทรกปนบางชนิดก็คือปัจจัยที่ทำให้ทองแดงมีคุณสมบัติเปลี่ยนไป ส่งผลให้เกิดการจงใจเพิ่มปริมาณธาตุที่ช่วยให้ทองแดงมีคุณสมบัติแข็งขึ้น และกำจัดธาตุแทรกปนอื่นๆ ออกให้มากที่สุด ความรู้ความเข้าใจและความสามารถดัดแปลงคุณสมบัติของทองแดงเช่นนี้ ได้นำไปสู่การคิดค้นและประดิษฐ์โลหะผสมของทองแดง (copper alloys) ขึ้น ในเวลาต่อมา

โลหะผสมระหว่างทองแดงและอาร์เซนิก หรือที่เรียกว่าสำริด อาร์เซนิก (arsenical bronze) จัดเป็นโลหะผสมของทองแดงชนิดแรกที่มนุษย์ตั้งใจประดิษฐ์ขึ้นมาใช้แทนที่โลหะทองแดงบริสุทธิ์ตั้งแต่ราว 5,000-6,000 ปีมาแล้ว (ดู Charles, 1967) ทั้งนี้เพราะ โลหะผสมนี้มีความแข็งกว่าทองแดงมาก สามารถใช้ทำอาวุธและเครื่องมือใช้สอยที่มีความทนทานต่อแรงกระแทกแตกได้ดีกว่าทองแดงบริสุทธิ์

ในตะวันออกกลางนั้น สมัยของการใช้สำริด (Bronze Age) เริ่มขึ้นตั้งแต่ไม่น้อยกว่า 5,600 ปีมาแล้ว หลังจากนั้นไม่นาน สังคมที่ประกอบไปด้วยประชากรแบ่งเป็นชนชั้นต่างๆ หรือที่เรียกว่าสังคมแบบรัฐ (state) แห่งแรกของโลกก็ได้ปรากฏขึ้นมาในดินแดนดังกล่าว ซึ่งก็คือการเกิดอาณาจักรเมโสโปเตเมียขึ้นเมื่อราว 5,500 ปีมาแล้วนั่นเอง อย่างไรก็ตาม การประดิษฐ์คิดค้นสำริดที่แท้จริง ซึ่งหมายถึงโลหะผสมระหว่างทองแดงและดีบุก ในช่วงก่อนหน้า 4,000 ปีมาแล้วเล็กน้อย กลับเป็นปัจจัยหลักที่นำไปสู่พัฒนาการและการขยายตัวของการทำเหมืองแร่ทองแดงและการผลิตทองแดงระดับอุตสาหกรรม รวมทั้ง ยังก่อให้เกิดการพัฒนาเครือข่ายของการติดต่อแลกเปลี่ยนค้าขายที่กว้างขวางให้เป็นที่สื่อในการเคลื่อนย้ายและกระจายทั้งทองแดงและดีบุกไปยังชุมชนสำคัญต่างๆ ที่ต้องการสำริดมาทำเครื่องมือใช้สอย อาวุธ และเครื่องประดับ

การทำและใช้สำริดในยุคก่อนประวัติศาสตร์ของประเทศไทย

การค้นคว้าทางโบราณคดีที่เน้นด้านโบราณโลหกรรมในประเทศไทยนั้น ได้รับความสนใจและพัฒนาขึ้นมากหลังจากการขุดค้นแหล่งโบราณคดีโนนนกทา อ. ภูเวียง จ. ขอนแก่น (Solheim 1967, 1968, 1970 ; Bayard 1970, 1971, 1972, 1977, 1979) และแหล่งโบราณคดีบ้านเชียง อ. หนองหาน จ. อุดรธานี (ศาสตราจารย์ ชิน อยู่ดี 2515; Gorman and Charoenwongsa, 1967; Charoenwongsa, 1983; White, 1982, 1986)

ซึ่งเป็นแหล่งโบราณคดีที่พบร่องรอยวัฒนธรรมยุคก่อนประวัติศาสตร์สมัยที่ใช้สำริดรุ่นแรกของประเทศไทย ปัจจุบันได้พบแหล่งโบราณคดีอีกนับร้อยๆ แห่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยที่มีวัฒนธรรมเดียวกัน หรือสัมพันธ์กับวัฒนธรรมที่โนนนกทาและบ้านเชียง

การศึกษาหลักฐานทางโบราณคดีที่เกี่ยวข้องกับวัฒนธรรมและโบราณโลหกรรมที่ได้มาจากการขุดค้นที่แหล่งโบราณคดีโนนนกทาและบ้านเชียง ช่วยให้สามารถสรุปกว้าง ๆ ได้ว่า การโลหกรรมยุคก่อนประวัติศาสตร์ที่บ้านเชียงเริ่มต้นโดยการใช้สำริดเมื่อช่วงเวลาประมาณ 3,500-4,000 ปีมาแล้ว หลังจากนั้นระหว่างราว 2,700-2,500 ปีมาแล้ว จึงเริ่มใช้เหล็ก

เทคโนโลยีการทำสำริดยุคก่อนประวัติศาสตร์

การศึกษาค้นคว้าเรื่องการใช้โลหะสมัยโบราณในประเทศไทยที่เพิ่มมากขึ้น ช่วยให้พบหลักฐานแสดงถึงเกือบทุกขั้นตอนของกระบวนการทำสำริดยุคก่อนประวัติศาสตร์ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

การทำเหมืองแร่ทองแดง

ในประเทศไทยปัจจุบัน ได้พบแหล่งแร่ทองแดงที่มีร่องรอยการทำเหมืองในยุคก่อนประวัติศาสตร์ทั้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง โดยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบที่ภูโล้น อ. สังคม จ. หนองคาย (Pigott and Natapintu, 1988; Pigott, 1985; Natapintu, 1988) ส่วนในภาคกลาง พบในพื้นที่ย่านเขาวงพระจันทร์ เขต อ. โคกสำโรง และ อ. เมือง จ. ลพบุรี (Pigott and Natapintu 1988; Natapintu, 1988; Bennett, 1988)

เหมืองแร่ทองแดงสมัยโบราณในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ภูโล้น อ. สังคม จ. หนองคาย เป็นภูเขาที่มีร่องรอยเหมืองและการทำเหมืองแร่ทองแดงสมัยโบราณปรากฏอยู่ชัดเจน

การศึกษาทางโบราณคดีที่แหล่งเหมืองแร่ทองแดงยุคก่อนประวัติศาสตร์ที่ภูโล้นดำเนินการโดยโครงการโบราณโลหวิทยาในประเทศไทย

(Thailand Archaeometallurgy Project) ในระหว่าง พ.ศ. 2527-2528 (ดู Pigott and Natapintu, 1988; Pigott and Weisgerber, 1998) ซึ่งได้พบว่า ตัวอย่างถ่านจากพื้นที่บริเวณที่มีร่องรอยการเตรียมและแต่งแร่ ซึ่งเรียกว่า “ลานเศษภาชนะดินเผา”(Pottery Flat) นั้น แสดงว่ากิจกรรมการทำเหมืองแร่ทองแดงที่ภูโล้นครั้งแรกๆ นั้นอาจเริ่มขึ้นตั้งแต่ราวสหัสวรรษที่ 2 ก่อนศักราชสามัญ (second millennium BCE.) อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าเศษชิ้นหินปนแร่ ซึ่งเกิดจากการขุดแร่ นั้น ทับถมกันเป็นชั้นหนา กว่า 10 เมตร จึงอาจเป็นไปได้ว่าการเริ่มขุดแร่ทองแดงที่แหล่งนี้ อาจเริ่มต้นมาก่อนระยะเวลาดังกล่าว โดยอาจเริ่มขึ้นตั้งแต่ช่วงที่เริ่มมีการใช้สำริดครั้งแรกๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เมื่อไม่น้อยกว่าราว 3,500-4,000 ปีมาแล้ว ก็เป็นไปได้ นอกจากนี้ หลักฐานจากแหล่งนี้ยังชี้ว่า การทำเหมืองทองแดงน่าจะทำต่อมาในสมัยหลังๆ เมื่อประมาณครึ่งหลังของสหัสวรรษที่ 1 ก่อนศักราชสามัญด้วย (second half of the first millennium BCE.)

รูปร่างของอุโมงค์จากการขุดแร่ก็ชี้ว่ามีเทคนิคการทำเหมืองอย่างน้อย 2 ระดับ กล่าวคือ การทำเหมืองรุ่นแรกๆ ใช้ “พะเนินขุดแร่” (mining maul) ทำจากหินกรวดก้อนแม่น้ำขนาดใหญ่ๆ อุโมงค์จากการทำเหมืองจึงมีลักษณะค่อนข้างกลม ผนังค่อนข้างเรียบ หินกรวดจากแม่น้ำโขงก้อนขนาดใหญ่ที่มีร่องรอยการใช้งานลักษณะทุบ/กระแทกจนแตกกะเทาะที่ปลายทั้ง 2 ข้างนั้น ได้พบเป็นจำนวนมาก ปนอยู่ทั่วไปในชั้นเศษหินจากการทำเหมือง ซึ่งนับเป็นหลักฐานสนับสนุนความคิดนี้ ส่วนการทำเหมืองทองแดงในสมัยหลังๆ น่าจะใช้เครื่องมือเหล็ก ทำให้อุโมงค์จากการทำเหมืองมีลักษณะแคบ ยาว ซอกซอนและววน ไปหลายทิศทาง ผนังอุโมงค์มีร่องรอยเป็นเหลี่ยม มีแง่มุม ในอุโมงค์บางแห่งยังมีร่องรอยเหล็ก คล้ายรอยคมเหล็กสกัดปรากฏอยู่ สันนิษฐานได้ว่า เป็นรอยจากเครื่องมือเหล็กที่ใช้ขุดแร่

การขุดค้นที่ภูโล้นยังได้พบเศษเบ้าหลอมและเศษโลหะสำริด เป็นหลักฐานแสดงว่ามีการหล่อสำริดที่บริเวณนี้ด้วย ศาสตราจารย์ William

Vernon ซึ่งเป็นผู้ร่วมงานของโครงการโบราณโลหวิทยา ได้ศึกษาเศษเบ้าดินเผาที่ได้จากการขุดค้นบริเวณลานเศษภาชนะดินเผาของภูโล้น และพบว่า เศษโลหะที่ติดอยู่ด้านในของเศษเบ้านี้มีทั้งที่เป็นทองแดงธรรมชาติ (native copper) สำริด (tin-bronze) และโลหะดีบุก (metallic tin) แสดงว่าการผลิตทองแดงที่ภูโล้นนั้น สัมพันธ์กับการผลิตสำริด และชาวเหมืองที่ภูโล้นสามารถเข้าถึงหรือได้รับดีบุกมาเพื่อผลิตสำริดด้วย

เหมืองแร่ทองแดงสมัยโบราณในภาคกลาง

ร่องรอยของเหมืองแร่ทองแดงสมัยโบราณในภาคกลางของประเทศไทยนั้น ได้พบอย่างชัดเจนบนภูเขา 4 ลูกในพื้นที่ย่านเขาวงพระจันทร์ (ดู Natapintu 1988, : 115) ส่วนที่อยู่ในเขต อ. โคกสำโรงและ อ. เมือง จ. ลพบุรี ได้แก่

1. เขาทับควาย อ. โคกสำโรง จ. ลพบุรี เขาทับควายเป็นภูเขาลูกเล็กๆ อยู่ริมถนนพหลโยธิน โดยอยู่ห่างจากตัว อ. เมืองลพบุรีไปตามถนนพหลโยธิน ประมาณ 15 กิโลเมตร กว่า 20 ปีที่ผ่านมาแล้วนั้น เขาทับควายเป็นที่รู้จักกันว่าเป็นแหล่งแร่เหล็กที่สำคัญแห่งหนึ่งของประเทศไทย

อย่างไรก็ตาม ใน พ.ศ. 2528 นักโบราณคดีได้สำรวจพบว่า นอกจากเขาทับควายเป็นแหล่งแร่เหล็กของคนสมัยปัจจุบันแล้ว ยังเคยเป็นแหล่งแร่ทองแดงและแร่เหล็กของคนสมัยโบราณเมื่อนับพันๆ ปีมาแล้วอีกด้วย

หลักฐานที่แสดงว่ามีการทำเหมืองแร่ทองแดงสมัยโบราณที่เขาทับควายได้แก่ ร่องรอยของเหมืองปล่องซึ่งมีลักษณะเป็นอุโมงค์ที่ขุดเป็นแนวตั้ง ลัดเลาะไปตามสายแร่ทองแดง ร่องรอยของการทำเหมืองนี้ พบอยู่บริเวณที่ค่อนมาทางหัวเขาทับควายด้านทิศเหนือ

นอกจากร่องรอยของเหมืองปล่องแล้ว ในบริเวณด้านทิศเหนือยังได้พบก้อนหินอัคนีหลายก้อนที่มีร่องรอยการใช้งานเป็นพะเนินสำหรับทุบและขุดแร่ แสดงให้เห็นว่าการทำเหมืองแร่ทองแดงครั้งแรกๆ ที่เขาทับควายอาจจะเกิดขึ้นในช่วงที่ยังไม่มีการใช้เครื่องมือเหล็กในการขุดแร่ หรือกล่าวในอีกนัยหนึ่งก็คือมีความเป็นไปได้ว่าการทำเหมืองแร่ทองแดงที่เขาทับควาย

เริ่มขึ้นตั้งแต่ยุคก่อนประวัติศาสตร์สมัยสำริดของภาคกลางประเทศไทยซึ่งมีอายุราว 3,500-2,700 ปีมาแล้ว และน่าจะเป็นหนึ่งในแหล่งที่มาของแร่ทองแดงที่คนยุคก่อนประวัติศาสตร์นำไปทำการถลุงที่บริเวณโนนป่าหวาย ซึ่งเป็นแหล่งถลุงทองแดงยุคก่อนประวัติศาสตร์ที่อยู่ห่างจากเขาทับควายไปทางทิศตะวันออกประมาณ 7 กิโลเมตร

2. เขาพุคา อ. เมือง จ. ลพบุรี เขาพุคาอยู่ในเขตของศูนย์การบินทหารบก จ. ลพบุรี ร่องรอยของการทำเหมืองแร่ทองแดงสมัยโบราณบนเขาพุคาได้แก่อุโมงค์จากการขุดแร่อย่างน้อย 5 แห่ง และมีร่องรอยการทำเหมืองเปิดลักษณะเป็นหลุมและเป็นร่องยาวตามแนวสายแร่อีกหลายแห่งกระจายอยู่บนยอดเขาภูนี้

เหมืองอุโมงค์บนเขาพุคาล้วนมีลักษณะคล้ายถ้ำ มีขนาดกว้างใหญ่กว่าเหมืองปล่องที่เขาทับควาย ผนังบางส่วนของเหมืองบางแห่งมีลักษณะไม่ราบเรียบ แสดงว่าหินภูเขาแตกออกไปเป็นก้อนเหลี่ยมเหมือนผนังของเหมืองที่ถูกขุดโดยใช้เครื่องมือเหล็ก ลักษณะเหล่านี้บ่งชี้ว่าเหมืองแร่ทองแดงที่เห็นอยู่บนเขาพุคาในปัจจุบันนั้น บางส่วนอาจเป็นเหมืองแร่ของคนโบราณสมัยที่ใช้เหล็กแล้ว อย่างไรก็ตาม มีความเป็นไปได้มากกว่าการทำเหมืองแร่บนเขาพุคาอาจปรากฏขึ้นตั้งแต่ครั้งที่เริ่มมีการถลุงแร่ทองแดงในภาคกลางเมื่อก่อนหน้าสมัยเหล็ก ดังพบว่าแหล่งถลุงทองแดงรุ่นแรกๆ ในภาคกลางของประเทศไทย อันได้แก่ แหล่งโบราณคดีโนนป่าหวายและแหล่งโบราณคดีอ่างเก็บน้ำนิลกำแพงนั้น ตั้งอยู่ที่เชิงเขาพุคา และคงเป็นแหล่งที่นำแร่ทองแดงจากเขาพุคาไปถลุง

3. เขาพระงาม-เขาผาแดง อ. เมือง จ. ลพบุรี ตามความเป็นจริงแล้วเขาพระงามและเขาผาแดงเป็นภูเขาลูกเดียวกัน อยู่ริมถนนพหลโยธิน ที่ตำแหน่งห่างจากตัว จ. ลพบุรีประมาณ 10 กิโลเมตร

พบร่องรอยของเหมืองทองแดงเก่า 3 บริเวณบนภูเขานี้ ร่องรอยที่ปรากฏเหลืออยู่บ่งชี้ว่าการทำเหมืองแร่ที่แหล่งนี้เป็นแบบเหมืองเปิด อาจมีขนาดหน้าเหมืองกว้างประมาณ 50-100 เมตร ยาวประมาณ 100 เมตร

4. เขาพระบาทน้อย อ. เมือง จ. ลพบุรี เขาพระบาทน้อย อยู่ในเขต กองบิน 2 อ. เมือง จ. ลพบุรี นักธรณีวิทยาของกรมทรัพยากรธรณีได้สำรวจ พบว่า ภูเขาภูมิกี้เป็นแหล่งแร่ทองแดงและมีร่องรอยการทำเหมืองแร่เก่า ปรากฏอยู่ 2 บริเวณ ดังนี้

บริเวณที่ 1 - มีลักษณะเป็นเหมืองเปิด มีร่องรอยการขุดแร่ กระจัดกระจายคลุมพื้นที่กว้างประมาณ 80 เมตร ยาวประมาณ 130 เมตร

บริเวณที่ 2 - มีร่องรอยการขุดแร่เป็นหลุมกว้างราว 2 เมตร ยาว ประมาณ 10 เมตร ลึกไม่น้อยกว่า 3 เมตร จำนวน 2 หลุม

ในบรรดาแหล่งแร่ทองแดงแหล่งต่างๆ ในแถบพื้นที่บริเวณเขาวง พระจันทร์นั้น เขาพุกาและเขาทับควายน่าจะเป็นแหล่งสำคัญที่สุด

อนึ่ง แหล่งแร่ดีบุกที่น่าจะเป็นวัตถุดิบในการผลิตสาริตยุคก่อน ประวัติศาสตร์นั้น ก็ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดนัก มีข้อสันนิษฐานว่า แหล่ง แร่ดีบุกใกล้เมืองเวียงจันทน์ ในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว อาจเป็นหนึ่งในบรรดาแหล่งดีบุกยุคก่อนประวัติศาสตร์ก็ได้ แต่ยังไม่มียผล การศึกษาทางโบราณคดียืนยันในเรื่องนี้ นอกจากนี้ ยังมีความเป็นไปได้ว่า ดีบุกบางส่วนที่ใช้กันในสมัยสำริดของประเทศไทยนั้น อาจได้จากแหล่งดีบุก แถบภาคกลางของประเทศไทย คือแถบ จ. ราชบุรี กาญจนบุรี และอุทัยธานี ก็เป็นไปได้ ทั้งนี้เห็นได้จากการที่ราษฎรที่ทำเหมืองดีบุกแถบนี้เคยพบ ขวานหินขัดที่แหล่งแร่ดีบุกหลายแหล่ง บางแหล่งยังพบเครื่องมือเหล็กและ เศษภาชนะสำริดเหมือนชนิดที่ขุดพบที่แหล่งโบราณคดีบ้านดอนตาเพชร อ. พนมทวน จ. กาญจนบุรี ซึ่งกำหนดอายุได้ราว 300 ปีก่อนศักราชสามัญ (Glover, 1989)

การถลุงทองแดง

รายละเอียดเกี่ยวกับการถลุงทองแดงในยุคก่อนประวัติศาสตร์ของ ประเทศไทยนั้น เริ่มเป็นที่ชัดเจนขึ้นเนื่องมาจากการค้นพบและการขุดค้น แหล่งถลุงทองแดงในแถบเขาวงพระจันทร์ จ. ลพบุรี โครงการโบราณ

โลหวิทยาในประเทศไทย ซึ่งเป็นโครงการวิจัยร่วมระหว่างกรมศิลปากรของประเทศไทยกับพิพิธภัณฑ์มหาวิทยาลัยของมหาวิทยาลัยเพนซิลเวเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ศึกษาแหล่งที่เกี่ยวข้องกับการถลุงทองแดงยุคก่อนประวัติศาสตร์ในพื้นที่นี้ตั้งแต่ พ.ศ. 2529 และได้ดำเนินการต่อเนื่องมาอีกหลายปี

แหล่งถลุงทองแดงยุคก่อนประวัติศาสตร์ที่พบในพื้นที่แถบเขาวงพระจันทร์นั้นมีหลายแหล่ง (Natapintu, 1988: 114) แต่ที่นับว่าเป็นแหล่งใหญ่และมีความสำคัญได้แก่แหล่งโนนป่าหวาย และแหล่งอ่างเก็บน้ำนิลกำแหง (Pigott and Natapintu 1988 ; Natapintu 1988, 1991)

แหล่งโบราณคดีโนนป่าหวาย อยู่ในเขตบ้านห้วยโป่ง อ.โคกสำโรง จ.ลพบุรี ลักษณะแหล่งเป็นเนินขนาดเนื้อที่ประมาณ 50,000 ตารางเมตร ซึ่งมีชั้นของวัสดุเหลือทิ้งหรือขยะจากการถลุงทองแดงทับถมกันหนาเฉลี่ยประมาณ 2 เมตร

ปริมาณมหาศาลของวัสดุเหลือทิ้ง หรือขยะ จากการถลุงทองแดง จำนวนมหาศาลนั้น ประกอบด้วยตะกรันจากการถลุงทองแดง (copper smelting slag) แม่พิมพ์ชนิด 2 ชั้นประกบกัน (bivalve moulds) ทำด้วยดินเผา แม่พิมพ์ดินเผารูปทรงถ้วยและทรงกรวย (cup and conical moulds) สำหรับหล่อก้อนโลหะทองแดง (copper ingots) เศษเบ้าดินเผา (ceramic crucible) สำหรับถลุงทองแดง ฯลฯ แต่แทบจะไม่พบวัตถุโลหะเลย แสดงให้เห็นว่าในช่วงสมัยที่ 2 นี้ โนนป่าหวายได้พัฒนาขึ้นเป็นแหล่งอุตสาหกรรมการผลิตทองแดงระดับใหญ่ที่ทำการผลิตเพื่อกระจายต่อ หรือแลกเปลี่ยนค้าขายกับชุมชนอื่น

การวิเคราะห์ตะกรันและเศษเบ้าถลุงทองแดงทั้งโดย Anna Bennett (1988) และโดยดอกเตอร์ William Rostoker และคณะ (Rostoker, Pigott and Dvorek, 1989) ทำให้ทราบเทคนิคการถลุงทองแดงยุคก่อนประวัติศาสตร์ของประเทศไทยดีขึ้นและมีวิธีการโดยสรุปดังนี้

ช่างถลุงทองแดงใช้วิธีนำแร่ทองแดง 2 ชนิด คือ แร่ทองแดงชนิดซัลไฟด์และแร่ทองแดงออกไซด์ผสมกัน แล้วบรรจุลงในเต้าดินเผารูปถ้วยทรงกระบอก ขนาดสูงประมาณ 20 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางของเต้าประมาณ 15-25 เซนติเมตร เต้ามีความจุระหว่าง 200-1,200 ลูกบาศก์เซนติเมตร อาศัยการใช้แร่เหล็กชนิดเฮมาไทต์(Hematite) เป็นเชื้อถลุง(Flux) การถลุงคงใช้วิธีสูมไฟ และเร่งให้อุณหภูมิสูงถึงราว 1,000-1,200 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิและสภาพบรรยากาศในกองไฟจะทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีของแร่ทองแดง และการแยกตัวของธาตุโลหะทองแดงออกมาจากธาตุอื่นๆ แล้วหลอมเหลวรวมลงสู่ส่วนก้นของเต้า ในขณะที่ธาตุแทรกปนและธาตุมลทินต่างๆ ก็หลอมเหลวรวมตัวกันเป็นตะก้นลอยอยู่เหนือระดับของทองแดงเนื่องจากมีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่า เมื่อการหลอมเหลวและการถลุงในเต้าเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้ว ช่างจึงยกเต้าออกจากกองไฟ แล้วเทตะก้นหลอมเหลวที่ลอยอยู่ระดับบนของเต้าทิ้งไป จนเมื่อเหลือแต่ชั้นของทองแดงแล้วจึงเทลงในพิมพ์สำหรับหล่อก้อนทองแดง หลังจากทองแดงเย็นและแข็งตัวแล้ว จึงนำออกจากแม่พิมพ์ ซึ่งสามารถนำไปใช้หลอมและหล่อเป็นสิ่งของตามต้องการได้ต่อไป

แม้ว่าที่โนนป่าห้วยนี้จะได้พบแม่พิมพ์ดินเผาสำหรับหล่อวัตถุที่อาจเป็นสิ่งของเครื่องใช้ เช่น หัวลูกศร หรือเครื่องมือขนาดเล็กบ้าง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณมหาศาลของแม่พิมพ์ดินเผา รูปถ้วยขนาดเล็กและรูปถ้วยทรงกรวยแล้ว เห็นได้ว่ามีปริมาณน้อยมาก ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้อย่างยิ่งว่าผลผลิตหลักของแหล่งอุตสาหกรรมการผลิตทองแดงที่โนนป่าห้วยนั้นก็คือ ก้อนทองแดงขนาดเล็กๆ ซึ่งน่าจะเป็นขนาดและรูปร่างที่สะดวกต่อการ “บรรจุเป็นหีบห่อ” สำหรับเคลื่อนย้ายไปยัง “ตลาด” อีกทั้งยังอาจเป็นคุณลักษณะที่เอื้ออำนวยต่อการ “วัดปริมาณ” ทองแดงให้ได้สัดส่วนที่ถูกต้องในการผสมกับดีบุก หรือผสมกับดีบุกและตะกั่วในการทำสำริดอีกด้วย

เทคนิคการทำวัตถุสำริด

ในทางโลหวิทยานั้น “สำริด”(Bronze) หมายถึงโลหะผสมที่มีทองแดงเป็นส่วนผสมหลักและมีดีบุกที่ช่างโลหะตั้งใจเติมลงไปผสมอยู่ตั้งแต่ 1 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปเป็นส่วนผสมรอง แต่โดยทั่วไปนั้น สำริดที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับใช้ทำเครื่องมือเครื่องใช้จะมีดีบุกผสมอยู่ราว 10-15%

วัตถุสำริดยุคก่อนประวัติศาสตร์สมัยสำริดที่พบจากการขุดค้นในประเทศไทยนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องประดับประเภทกำไลข้อมือและข้อเท้า ส่วนเครื่องมือใช้สอยก็มีบ้าง ประกอบด้วยประเภทต่างๆ เช่น ใบหอก หัวขวาน หัวลูกศร นอกจากนี้ยังมีเบ็ดตกปลา ซึ่งพบไม่มากนัก

การหล่อวัตถุสำริดยุคก่อนประวัติศาสตร์ในประเทศไทยนั้นมีเบ้าดินเผารูปถ้วยเล็กๆ ส่วนปากจیبเป็นพวยสำหรับเทโลหะและแม่พิมพ์ชนิด 2 ชั้นประกบกัน (bivalve mould) เป็นอุปกรณ์สำคัญ

ศาสตราจารย์ C. S. Smith (1973: 28) เคยศึกษาเบ้าดินเผาสำหรับหลอมสำริดที่ขุดค้นพบที่แหล่งโบราณคดีโนนนกทา และสรุปไว้ว่า การให้ความร้อนในการหลอมสำริดนั้น ใช้วิธีสูบลมไฟคลุมทับเบ้าที่มีโลหะบรรจุอยู่หรือเรียกได้ว่าใช้วิธีให้ความร้อนจากด้านบน

แม่พิมพ์ชนิดสองชั้นประกบกัน เท่าที่พบแล้วในประเทศไทยนั้น มีทั้งที่ทำด้วยหินทรายและดินเผา โดยแม่พิมพ์ที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมักทำจากหินทราย ในขณะที่แม่พิมพ์ที่พบในภาคกลางนั้นส่วนใหญ่ทำด้วยดินเผา

ส่วนในด้านเทคนิคการทำเครื่องมือเครื่องใช้และเครื่องประดับสำริดนั้น สามารถสรุปได้จากผลวิเคราะห์วัตถุสำริดที่มีนักวิชาการทำไว้แล้วหลายคน โดยเฉพาะผลวิเคราะห์สำริดที่พบจากแหล่งสำคัญในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น บ้านเชียง (Stech Wheeler and Maddin, 1976; Stech and Maddin, 1988) โนนนกทา (Smith, 1973 ; Pittioni, 1970; Selimkhanov, 1979; Stech Wheeler and Maddin, 1976 ; Rajpitak,

1983) และบ้านนาดี (Rajpitak, 1983; Rajpitak and Seeley, 1984 ; Maddin and Weng, 1984) ทำให้เห็นได้ว่า ช่างสำริดยุคก่อนประวัติศาสตร์สมัยสำริดในประเทศไทยมีพื้นฐานทางด้านโลหวิทยาอย่างดี และมีความสามารถในเทคนิคการทำโลหะระดับพัฒนา ดังได้พบว่าช่างสำริดตั้งแต่ไม่น้อยกว่า 1,500 ปีก่อนศักราชสามัญ รู้จักวิธีการหล่อทั้งโดยใช้แม่พิมพ์ชนิดสองชิ้นและการหล่อโดยวิธีขี้ผึ้ง (lost-wax casting) นอกจากนี้ยังมีความเข้าใจเรื่องการตีโลหะขณะเย็นเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของโลหะ (work-hardening) รวมทั้งยังมีความรู้เรื่องการใช้ความร้อนช่วยคืนความเหนียวของโลหะ หรือลดความเปราะที่เกิดเนื่องมาจากการตีขณะเย็น ซึ่งทำได้โดยวิธีที่เรียกว่าการอบคลายหรือแอนนิลิ่ง (annealing) อันประกอบด้วย การเผาโลหะที่ผ่านการตีขณะเย็นให้ร้อนเป็นสีแดงแล้วทิ้งให้เย็นตัวลงอย่างช้าๆ เทคนิควิธีการทำโลหะสำริดดังกล่าวนี้ได้มีการทำและสืบทอดต่อเนื่องมาโดยตลอดในยุคสมัยถัดมาซึ่งจัดเป็นสมัยเหล็ก

มีตัวอย่างผลการวิเคราะห์วัตถุสำริดรุ่นแรกของประเทศไทยที่สำคัญคือการวิเคราะห์สำริดชิ้นที่เก่าที่สุดที่พบที่บ้านเชียง ซึ่งก็คือใบหอกที่พบในหลุมฝังศพหลุมหนึ่งของระยะที่ 3 ของบ้านเชียงสมัยต้น ซึ่งจัดเป็นหลุมฝังศพที่อาจมีอายุราว 3,500-4,000 ปีมาแล้ว การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีของใบหอกนี้โดย Stech Wheeler and Maddin (1976) พบว่าเป็นสำริดที่มีดีบุกผสมอยู่ราว 3% ซึ่งจัดว่าเป็นปริมาณดีบุกที่ค่อนข้างต่ำกว่าในสำริดชนิดสามัญ ส่วนการวิเคราะห์ลักษณะผลึกของโครงสร้างภายในของใบหอกสำริดชิ้นนี้บ่งชี้ว่า ขั้นตอนแรกในการทำวัตถุชิ้นนี้คือการหล่อโดยใช้แม่พิมพ์ชนิด 2 ชิ้นประกบกัน จากนั้นก็มีการนำใบหอกที่หล่อได้ไปตีในขณะที่ยังเพื่อตกแต่งให้ได้รูปร่างสมบูรณ์ แต่เนื่องจากการตีในขณะที่โลหะเย็นนั้นทำให้โครงสร้างเดิมของโลหะเกิดการบิดเบี้ยวและคุณสมบัติของโลหะสำริดเปลี่ยนไปเป็นมีความเปราะมากขึ้น จึงมีการนำใบหอกชิ้นนี้ไปลดความเปราะที่เกิดเนื่องจากการตีขณะเย็น โดยการเผาใบหอกให้ร้อนจนเป็นสีแดงแล้วทิ้งให้เย็นตัวลงอย่างช้าๆ ร่องรอยของผลึกโลหะที่แสดงชัดเจนว่าใบหอก

สำริดชิ้นนี้ทำโดยผ่านกรรมวิธีการอบคลายด้วยนั้น ชี้ให้เห็นว่าช่างสำริดรุ่นแรกที่บ้านเชียงมีความรู้และความเข้าใจในเทคนิคมาตรฐานของการโลหกรรมสำริดเป็นอย่างดีแล้ว

ผลการวิเคราะห์โลหะสำริดที่ผลิตที่บ้านเชียงตั้งแต่ช่วงระยะปลายของสมัยต้นนั้นยังพบว่า ส่วนใหญ่เป็นชนิดสำริด ซึ่งหมายถึงสำริดที่มีทองแดงผสมอยู่ราว 85-90% และมีดีบุกราว 10-15% แต่ก็พบว่ยังมีสำริดชนิดที่ผสมตะกั่วเพิ่มลงไปเป็นองค์ประกอบหลักชนิดที่ 3 นอกเหนือจากทองแดงและดีบุกอีกด้วย

การผสมตะกั่วลงในสำริดนั้นเป็นวิธีการทางโลหวิทยาที่ทำให้โลหะสำริดมีคุณลักษณะเปลี่ยนไปหลายประการ ประการแรกคือทำให้หลอมเหลวได้ง่ายขึ้น ประการที่ 2 ทำให้โลหะเหลวมีความหนืดลดลงจึงช่วยให้โลหะไหลเต็มท้วแม่พิมพ์ได้ดีขึ้น และประการที่ 3 คือ ช่วยลดฟองอากาศในโลหะเหลวทำให้วัตถุที่หล่อออกมามีคุณภาพดีขึ้น

อย่างไรก็ตาม สำริดที่มีตะกั่วผสมอยู่ด้วยมีความแข็งน้อยกว่าสำริดชนิดที่มีเฉพาะทองแดงและดีบุกเป็นส่วนผสม จึงไม่ค่อยเหมาะสมต่อการใช้ทำเครื่องมือหรืออาวุธที่ต้องการความแข็งและทนทานต่อแรงกระทบกระแทก แต่เหมาะสมดีสำหรับใช้ทำเครื่องประดับ โดยเฉพาะประเภทที่มีลักษณะรูปทรงซับซ้อนหรือมีลวดลายประดับอย่างวิจิตร เช่น กำไลที่มีลูกกระพรวนประดับ ซึ่งต้องทำขึ้นด้วยวิธีการหล่อแบบซับซ้อน อันเป็นวิธีที่ต้องการโลหะที่ค่อนข้างเหลวและไหลเต็มแม่พิมพ์ที่มีรูปร่างซับซ้อนได้ง่ายๆ กำไลสำริดแบบที่มีลูกกระพรวนตกแต่งซึ่งเป็นเครื่องประดับที่พบมาตั้งแต่ช่วงระยะท้ายๆ ของวัฒนธรรมบ้านเชียงสมัยต้น ล้วนแต่หล่อขึ้นมาด้วยวิธีนี้ทั้งสิ้น

ผลการวิเคราะห์สำริดที่พบที่บ้านเชียงยังชี้ให้เห็นว่ามีพัฒนาการด้านโลหกรรมที่สำคัญอีกประการหนึ่งเกิดขึ้นในช่วงยุคก่อนประวัติศาสตร์ตอนปลายเมื่อราว 2,300-2,500 ปีมาแล้ว นั่นก็คือ การทำสำริดชนิดที่มีดีบุกผสมในปริมาณสูง (high tin bronze) ซึ่งหมายถึงสำริดที่มีดีบุกผสม

อยู่กว่า 20% ดิบุกปริมาณสูงเช่นนี้มีผลทำให้โลหะผสมชนิดนี้มีความแข็งแรงมากแต่ก็เปราะมาก เนื้อโลหะมีสีตั้งแต่คล้ายทองจนถึงคล้ายเงินโดยขึ้นอยู่กับปริมาณดิบุกที่ผสม คุณสมบัติด้านความแข็งแรงแต่เปราะของโลหะผสมชนิดนี้ทำให้ไม่สามารถผลิตสิ่งของที่มีคุณสมบัติเหมาะสมใช้งานออกมาได้โดยวิธีการหล่อสำริดแบบสามัญ แต่จะต้องประยุกต์เอาวิธีการของการตีเหล็กมาใช้ร่วมด้วยจึงจะได้วัตถุที่มีคุณสมบัติ คือ มีความแข็งแรงแต่ไม่เปราะ วิธีการดังกล่าวประกอบด้วย การเผาแล้วตีในขณะที่โลหะร้อนเป็นสีแดงจนได้รูปร่างวัตถุที่ต้องการ จากนั้นต้องเผาวัตถุที่ตีขึ้นรูปจนได้ที่แล้วให้ร้อนเป็นสีแดงอีกครั้งแล้วชุบลงไปใต้น้ำเย็นทันที ด้วยการใช้เทคนิคเช่นนี้ทำให้ช่างโลหะสามารถทำเครื่องประดับและภาชนะสำริดที่มีความแข็งแรงมาก มีความทนทานและมีสีสวยงามกว่าสำริดชนิดสามัญ

อนึ่ง ในขณะนี้ มีผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของเครื่องสำริด ของยุคก่อนประวัติศาสตร์ตอนปลาย ซึ่งอาจมีอายุประมาณ 2,300-1,800 ปีมาแล้ว พบที่แหล่งโบราณคดีบ้านโป่งมะนาว ต. ห้วยขุนราม อ. พัฒนานิคม จ. ลพบุรี พบว่าวัตถุสำริดที่แหล่งโบราณคดีนี้แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. สำริดที่ทำจากทองแดงผสมดิบุก
2. สำริดที่ทำจากทองแดงผสมดิบุกและตะกั่ว
3. สำริดที่ทำจากทองแดงผสมตะกั่ว

ความเห็นเรื่อง ผลกระทบของพัฒนาการด้านโลหกรรมต่อสังคม-วัฒนธรรมมนุษย์สมัยอดีต

ผลการศึกษาเรื่องโลหกรรมสมัยโบราณในดินแดนต่างๆทำให้นักวิชาการส่วนใหญ่เห็นพ้องตรงกันว่า การโลหกรรมนั้น เป็นวิทยาการที่ซับซ้อนมาก ต้องอาศัยความรู้ความสามารถในด้านเทคโนโลยีการใช้ความร้อน (pyrotechnology) ที่สั่งสมมาเป็นเวลานานและพบว่าเป็นเทคโนโลยีที่มักพัฒนาขึ้นในสังคม-วัฒนธรรมที่มีโครงสร้างระดับซับซ้อนแล้ว

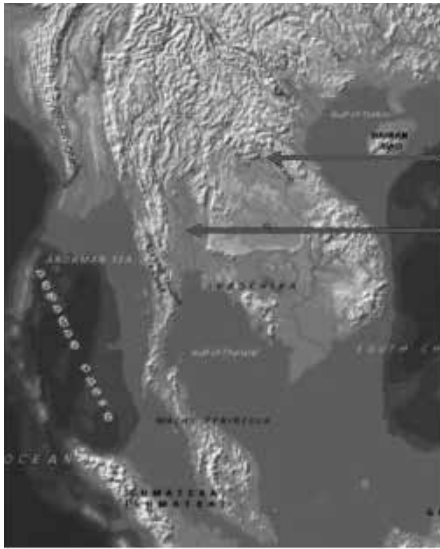
การศึกษาค้นคว้าทางโบราณคดีและโบราณโหลวิทยาในหลายภูมิภาคของโลก เช่น แถบเมโสโปเตเมียและที่ราบสูงอนาโทเลียของตะวันออกกลาง แถบลุ่มแม่น้ำไนล์ทางตอนเหนือของทวีปอาฟริกา แถบยุโรปตอนกลางและแถบทะเลอีเจียนของยุโรป แถบลุ่มแม่น้ำสินธุของอินเดีย และแถบลุ่มแม่น้ำฮวงโหของจีน ล้วนแต่พบหลักฐานแสดงว่าการเริ่มปรากฏโลหะสำริดในดินแดนเหล่านี้ สัมพันธ์กับการเริ่มพัฒนาของชุมชนดั้งเดิมไปสู่ชุมชนใหญ่ที่มีระบบสังคม การเมือง และเศรษฐกิจที่ซับซ้อน ซึ่งเป็นต้นเค้าที่พัฒนาต่อมาไปเป็นสังคมระดับรัฐในสมัยโบราณ ทั้งสิ้น

ในกรณีของประเทศไทยนั้น แม้ว่าจะยังไม่สามารถสรุปได้แน่นอนว่า พัฒนาการด้านโลหกรรมมีผลโดยตรงที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสังคม-วัฒนธรรมขนาดใหญ่อย่างฉับพลันที่หรือไม่ แต่ก็เห็นได้ว่าหลังจากเริ่มรู้จักใช้โลหะแล้วความนิยมใช้โลหะได้เกิดเพิ่มมากขึ้นจนก่อให้เกิดแหล่งผลิตโลหะระดับอุตสาหกรรม และการกระจายผลผลิตออกไปตามเครือข่ายการค้าติดต่อแลกเปลี่ยนสิ่งของมีมูลค่าข้ามภูมิภาคที่พัฒนามากแล้ว นอกจากนี้ยังพบว่าชุมชนโบราณขนาดใหญ่ ที่มีคูล้อมรอบ หรือบางแห่งมีทั้งคูและคันดินล้อมรอบ ที่มักเรียกกันว่าเมืองโบราณหรือเมืองโบราณสมัยทวารวดีนั้น ล้วนปรากฏขึ้นมาในช่วงหลังจากเริ่มใช้โลหะเป็นวัสดุหลักในการทำเครื่องมือเครื่องใช้แล้วทั้งสิ้น จึงเป็นไปได้ว่าการเริ่มใช้และผลิตโลหะในอดีตของประเทศไทยก็คงมีผลนำไปสู่ความเปลี่ยนแปลงทางสังคม-วัฒนธรรมด้วย เช่นเดียวกับในดินแดนอื่นๆ ของโลก

จึงอาจกล่าวได้ว่าผลของการศึกษาทางโบราณโหลวิทยา นอกจากจะทำให้เราเข้าใจเรื่องภูมิปัญญาที่ก้าวหน้าของมนุษย์ในสมัยอดีตเมื่อนับพันๆ ปีแล้ว ยังชี้ให้เห็นว่า การทำและใช้โลหะนับเป็นพัฒนาการทางเทคโนโลยีที่สำคัญซึ่งมีผลกระทบต่อสังคม-วัฒนธรรมของมนุษย์ทั่วโลกเป็นอย่างมาก และจัดเป็นพัฒนาการที่ยิ่งใหญ่ประการหนึ่งในประวัติศาสตร์ของมนุษยชาติ ทั้งนี้โดยจัดเป็นพัฒนาการสำคัญที่เป็นรองก็เพียงแต่พัฒนาการด้านการใช้ไฟและการเกษตรกรรมที่เกิดขึ้นมาแล้วก่อนหน้าการใช้โลหะ

นอกจากนี้ การศึกษาทางโบราณคดียังชี้ให้เห็นว่า นับตั้งแต่มนุษย์เริ่มรู้จักใช้โลหะแล้ว ก็เริ่มนำตนเข้าไปผูกพันและพึ่งพิงโลหะมากขึ้นเรื่อยๆ โลหะจึงกลายเป็นวัสดุที่มีความสำคัญต่อสังคมและวัฒนธรรมของมนุษย์ในหลายๆ ด้านมาโดยตลอดในสมัยอดีต แม้กระทั่งในปัจจุบัน มนุษย์ก็ยังคงพึ่งพิงโลหะเป็นอย่างมากจนคาดคะเนได้ว่า โลหะจะยังคงมีความสำคัญต่อมนุษย์ต่อไปในอนาคตอีกยาวนาน

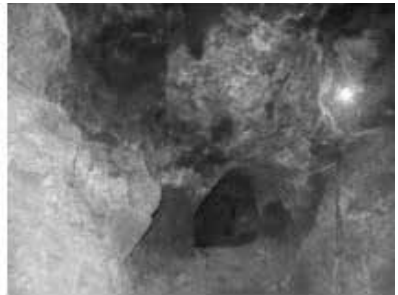




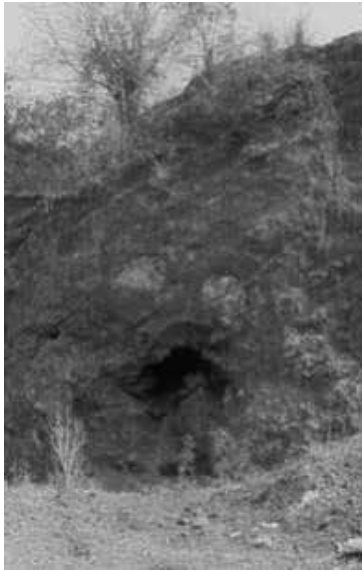
ภูโล้น อำเภอสว่างค์ม จังหวัดหนองคาย

บ้านเขาวงพระจันทร์ จังหวัดสพบุรี

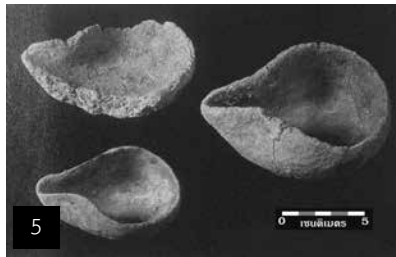
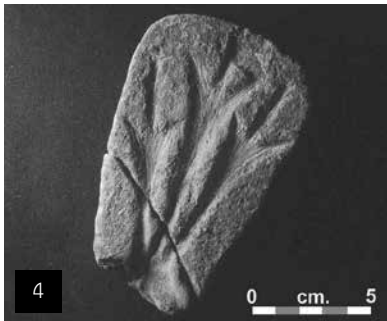
รูปที่ 1 แผนที่แสดงตำแหน่งของเหมืองแร่ทองแดงสมัยโบราณในประเทศไทย



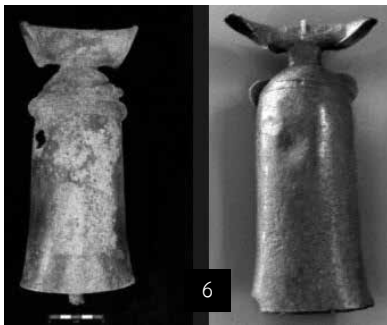
รูปที่ 2 เหมืองแร่ทองแดงสมัยโบราณที่ภูโล้น อำเภอสว่างค์ม จังหวัดหนองคาย



รูปที่ 3 เหมืองแร่ทองแดงสมัยโบราณที่เขาทับควาย อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี



รูปที่ 4 เบ้าดินเผาสำหรับหลอมสำริด พบที่แหล่งโบราณคดีในวัฒนธรรมบ้านเชียง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย



รูปที่ 5 แม่พิมพ์ทำด้วยดินเผา สำหรับหล่อหัวลูกศร 3 ลูก พร้อมกัน พบที่แหล่งโบราณคดีเนินคลองบัวรุ่ง อำเภอท่าหลวง จังหวัดลพบุรี

รูปที่ 6 กระจดสังริดพบที่บ้านโป่งมะนาว จังหวัดลพบุรี (ซ้าย) และกระจดสังริดแบบคล้ายกัน พบที่แหล่งโบราณคดีบ้านก้านเหลือง จังหวัดอุบลราชธานี

บรรณานุกรม

- ชิน อยู่ดี, ศาสตราจารย์. (2515). **วัฒนธรรมบ้านเชียง**. กรุงเทพฯ : กรมศิลปากร.
- พิสิฐ เจริญวงศ์. (2530). **มรดกวัฒนธรรมบ้านเชียง**. กรุงเทพฯ กรมศิลปากร.
- Bayard, Donn T. (1970). "Excavation at Non Nok Tha, Northeastern Thailand, 1968 : An Interim Report. " **Asian Perspectives** XIII : 109-143.
- _____. (1971). **Non Nok Tha : The 1968 Excavation, Procedure, Stratigraphy, and a Summary of Evidence**. University of Otago : Studies in Prehistoric Anthropology 4.
- _____. (1972). "Early Thai Bronze Analysis and New Dates." **Science** 176 : 1411-1412.
- _____. (1977). "Phu-Wiang Pottery and the Prehistory of Northeastern Thailand." In **Modern Quaternary Research in Southeast Asia**. Vol.3, 57-102.
- _____. (1979). "The Chronology of Prehistoric Metallurgy in Northeast Thailand : Silabhumi or Samrddhabhumi?." In ed. R.B. Smith and W. Watson. **Early South-East Asia**. London : Oxford University Press.
- Bennett, Anna T. (1982). "Iron Artifacts form Thailand." BSc. Report, Institute of Archaeology, University of London.
- _____. (1988). "Copper Metallurgy in Genral Thailand." Ph.D Thesis, Institute of Archaeology, University of London.
- Cambel, H. (1974) "The Southeast Anatolian Prehistoric Project and Its Significance for Culture History." **Bellekten** 38: 375-377.
- Charles, J. A. (1967). "Early Arsenical Bronze-A Metallurgical View." **American Journal of Archaeology** 71: 21-26.
- Charoenwongsa, Pisit. (1983). "Southeast Asian Bronze Metallurgy : A Summary of Data and Thoughts." The SPAFA Training Course in Conservation of Bronze Objects, Bangkok, National Museum.
- France-Lanord, A. and H. de Contenson. (1973) "Une Pendelogue en Cuivre Natif de Ramad." **Paléorient** 1: 109-115.

- Glover, Ian C. (1989). **Early Trade Between India and Southeast Asia : A Link in the Development of A World Trading System**. University of Hull Centre for South-East Asian Studies, Occasional Paper No.16.
- Gorman, C. F. and P. Charoenwongsa, 1976, "Ban Chiang : A Mosaic of Impressions from the First Two Years." **Expedition** 18, 4: 14-26.
- Maddin, R. and Y.Q. Weng. (1984). "The Analysis of Bronze Wires." in eds. C.F.W. Higham and A. Kijagam. **Prehistoric investigations in Northeast Thailand**, BAR Series 231, 1: 112-16.
- Muhly, James D. (1981). "Summary of the Conference on the Origin of Agriculture and Technology-West or East Asia." **Technology and Culture** 22, 1: 124-148.
- Munchajev, K. M. and N. I. Merpert. (1977). "The Earliest Mesopotamian Metallurgy." (in Russian with French Summary). **Sovetskaja Arkheologica** 3: 154-163.
- Natapintu, Surapol. (1988). "Current Research on Ancient Copper-Base Metallurgy in Thailand." In **Prehistoric Studies The Stone and Metal Ages in Thailand**, 107-124. (eds.) P. Charoenwongsa and B. Bronson. Bangkok : The Thai Antiquity Working Group.
- _____. (1991). "Archaeometallurgical Studies in the Khao Wong Prachan Valley, Central Thailand." In **Indo-Pacific Prehistory Volume 2 (IPPA Bulletin)**, no.11 : 153-159.
- Pigott Vincent C. (1985), "Pre-Industrial Mineral Exploitation and Metal Production in Thailand." **MASCA Journal** 3, 5 : 170-174.
- Pigott, Vincent C. and Gerd Weisgerber. (1998). "Mining Archaeology in Geological Context. The Prehistoric Copper Mining Complex at Phu Lon, Nong Khai Province, Northeast Thailand." In **Metallurgica Antiqua : In Honour of Hans-Gert Bachmann and Robert Maddin**. Der Anschnitt, Beiheft 8. (eds) T. Rehren, A. Hauptmann and J. D. Muhly. Bochum : Deutschen Bergbau-Museum.
- Pigott, Vincent C. and S. Natapintu. (1988). "Archaeological Investigations into Prehistoric Copper Production : The Thailand Archaeometallurgy Project 1984-86." In **The Beginnings of the Use of Metals and Alloys**, 156-162. (ed.) R. Maddin. Cambridge, Mass : MIT Press.
- Pittioni, R. (1970). "Spectro-analytical Research on Bronze from Northeastern Thailand." Translated by K. Hutterer, **Asian Perspectives** XIII : 158 – 161.

- Rajpitak, W. (1983). "The Development of Copper Alloy Metallurgy in Thailand in the Pre-Buddhist Period, with Special Reference to High-Tin Bronzes." Ph.D. Thesis, University of London.
- Rajpitak, W. and N.J. Seeley. (1984). "The Bronze Metallurgy." In **Prehistoric Investigations in Northeast Thailand**, 102-12. (eds.) C.F.W. Higham and A. Kijngam. BAR Series 231(1).
- Rostoker, W., V. Pigott and J. Dvorek. (1989). "Direct Reduction to Copper Metal by Oxide-Sulfide Interaction." **Archaeomaterials** 3: 69-87.
- Selimkhanov, I. R. (1979). "The Chemical Characteristics of Some Metal Finds from Non Nok Tha." In **Early South-East Asia**, 33-38. (eds.) R.B. Smith and W. Watson. Oxford : Oxford University Press.
- Smith, C. S. (1969). "Analysis of the Copper Bead from Alikosh." Appendix II in **Prehistory and Human Ecology of the Deh Luran Plain**, 427-428. (eds.) F. Hole, K. V. Flannery and J. A. Neeley. Memoirs of Museum of Anthropology, University of Michigan No.1.
- _____. (1973). "Bronze Technology in the East : A Metallurgical Study of Some Early Thai Bronzes, With Some Speculations on the Cultural Transmission of Technology." In **Changing Perspectives in the History of Science : Essays in Honour of Joseph Needham**, 21-32. (eds.) M.Teich and R.Young, London : Heineman.
- Solheim, W. G. (1967). "Southeast Asia and the West." *Science* 157 : 896-902.
- _____. (1968). "Early Bronze in Northeastern Thailand." **Current Anthropology** 9, 1 : 59-62.
- _____. (1970). "Northern Thailand, southeast Asia, and World Archaeology." **Asian Perspectives** XIII : 145-158.
- Stech Wheeler, T. and R. Maddin. (1976). "The Techniques of the Early Thai Metalsmith." **Expedition** 18, 4 : 38-47.
- _____. (1988). "Reflections on Early Metallurgy in Southeast Asia." **The Beginnings of the Use of Metals and Alloys**. (ed.) R.Maddin. Cambridge : MIT Press.

White, J. (1982). **Ban Chiang : The Discovery of a Lost Bronze Age**. Philadelphia : University of Pennsylvania Press.

_____. 1986, "A Revision of the Chronology of Ban Chiang and its Implications for The Prehistory of Northeast Thailand." Ph.D dissertation, University of Pennsylvania.