

รายงานผลการดำเนินงานโครงการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม

โครงการการสร้างฐานข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อบันทึกรูปร่างและองค์ประกอบของโบราณวัตถุ

หัวหน้าโครงการ

รศ.เรวัฒน์ เหล่าไพบุลย์¹
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ผู้ร่วมโครงการ

รศ.จินตนา เหล่าไพบุลย์¹
คุณสุกัญญา เบาเนิด²

¹ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

² สำนักงานศิลปากรที่ 11 จังหวัดอุบลราชธานี

ได้รับจัดสรรงบประมาณดำเนินโครงการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมจาก
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2547

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่กรุณา
แนะแนวทางและให้การสนับสนุนโครงการวิจัยนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ คุณอนันต์ ชูโชติ ผู้อำนวยการสำนักศิลปากรที่ 11 อุบลราชธานี ที่
กรุณาให้ข้อมูลและสนับสนุนโครงการวิจัยนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณลำพูน อกอุ้น ที่ช่วยด้านข้อมูลและจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

เรวัตน์ เหล่าไพบูลย์

หัวหน้าโครงการ

เรื่อง	สารบัญ	หน้า
กิตติกรรมประกาศ		ก
สารบัญ		ข
สารบัญภาพ		ค
หลักการและเหตุผล		1
วัตถุประสงค์		1
กลุ่มเป้าหมาย		1
แผนการปฏิบัติงาน		2
ผลการดำเนินโครงการ		3
สรุปผลการดำเนินโครงการฯและข้อเสนอแนะ		68
ปัญหาและอุปสรรค		68
บรรณานุกรม		

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 2.1 แสดงการแทนที่ของพลังงานชั้นต่าง ๆ	5
ภาพที่ 2.2 แสดงแผนภาพของหลอดรังสีเอกซ์	6
ภาพที่ 2.3 แสดงการเรืองรังสีเอกซ์	7
ภาพที่ 2.4 แสดงส่วนประกอบของ WDXRF	8
ภาพที่ 2.5 แสดงพื้นที่และอาณาเขตของทุ่งกุสาร้องไห้	10
ภาพที่ 3.1 แสดงเครื่อง X - ray Fluorescence ยี่ห้อ Philips รุ่น Magix	12
ภาพที่ 3.2 แสดงเครื่องชั่งดิจิตอล(Digital) ยี่ห้อ Precisa รุ่น 40SM_200A	12
ภาพที่ 3.3 แสดงหน้าจอการใช้งาน Auto CAD 2002	13
ภาพที่ 3.4 แสดงหน้าจอ Auto CAD 2002	14
ภาพที่ 3.5 แสดงการเลือกตัวอย่าง Auto CAD 2002	15
ภาพที่ 3.6 แสดงหน้าจอการหมุนตัวอย่างเพื่อดูรูปทรงของตัวอย่าง	16

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงพื้นที่อาณาเขตทุ่งกุลาร้องไห้	9
ตารางที่ 4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างโบราณวัตถุจำนวน 48 ตัวอย่าง	18
ตารางที่ 4.2.1 ผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence ของตัวอย่างกลุ่มที่ 1 ตัวอย่างที่เป็นเครื่องปั้นดินเผา	66
ตารางที่ 4.2.2 ผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence ของตัวอย่างกลุ่มที่ 2 ตัวอย่างที่เป็นหิน	67
ตารางที่ 4.2.3 ผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence ของตัวอย่างกลุ่มที่ 3 ตัวอย่างที่เป็นโลหะ	67
ตารางที่ 4.2.4 ผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence ของตัวอย่างกลุ่มที่ 4 ตัวอย่างที่เป็นสำริด	67

หลักการและเหตุผล

การสำรวจแหล่งโบราณคดีต่างๆในประเทศไทยโดยสำนักงานศิลปากร (เดิมชื่อ สำนักงานโบราณคดีและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ) ทั้งในอดีตและปัจจุบันได้มีการพบหลักฐานทางประวัติศาสตร์มากมาย จากการขุดตรวจและขุดกู้โบราณวัตถุ และมีการบันทึกข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ตำแหน่ง ระดับความลึกที่พบ รูปร่างลักษณะ ประเภทของวัสดุโดยผู้มีความชำนาญในการวาดภาพ ร่วมกับนักโบราณคดีซึ่งต้องใช้เวลานานเพื่อรวบรวมข้อมูลเหล่านั้น และมีการนำโบราณวัตถุบางส่วนไปเก็บในพิพิธภัณฑสถานต่างๆ ซึ่งโบราณวัตถุบางชิ้นเป็นสิ่งล้ำค่าไม่สามารถประเมินเป็นราคาได้ ถ้าโบราณวัตถุดังกล่าวถูกขโมยไปและมีการทำเลียนแบบขึ้นทำให้ยากต่อการตรวจสอบ ดังเช่นในอดีตกรณีทับหลังนารายณ์บรรทมศีล ที่สูญหายไปจากปราสาทเขาพนมรุ้ง และได้มีผู้พบที่ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อได้กลับคืนมาก็ยากแก่การตรวจสอบได้แน่ชัด เนื่องจากขาดข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญในการตรวจพิสูจน์

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีได้ตระหนักถึงความสำคัญดังกล่าวจึงได้มีแนวคิดที่จะนำข้อมูลต่างๆของโบราณวัตถุ ตลอดจนการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุในวัตถุโบราณด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ ซึ่งเป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญที่จะตรวจพิสูจน์ได้บันทึกไว้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในกรณีโบราณวัตถุสูญหายและมีการค้นพบภายหลัง ทำให้สามารถตรวจพิสูจน์ย้อนกลับไปได้โดยใช้ฐานข้อมูลที่ได้นบันทึกไว้แล้ว

วัตถุประสงค์

1. เพื่อบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับรูปร่างลักษณะภายนอกของโบราณวัตถุด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
2. เพื่อหาองค์ประกอบและปริมาณของธาตุในตัวอย่างโบราณวัตถุ

ลักษณะของโครงการ : เป็นโครงการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม :-

- ☒ ลักษณะการสำรวจ ศึกษา และวิจัยเพื่อการรวบรวมข้อมูล
- ☐ ลักษณะการศึกษาจากสิ่งก่อสร้าง สถาปัตยกรรมและวัฒนธรรมท้องถิ่น
- ☐ ลักษณะการเผยแพร่ เช่น การจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ ประชุม และสัมมนา
- ☐ อื่น ๆ (ระบุ).....

กลุ่มเป้าหมาย

หน่วยงานที่จะได้รับประโยชน์มากที่สุดคือ สำนักศิลปากรที่ 11 จังหวัดอุบลราชธานี และสำนักศิลปากรอื่นๆ ทั่วประเทศ พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ กรมศิลปากร

แผนการปฏิบัติการ: ตุลาคม 2546-กันยายน 2547

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินโครงการ	พ.ศ. 2546			พ.ศ. 2547								
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1. ศึกษาและใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้อง	←————→											
2. ศึกษาเทคนิคการเรียงรังสีเอกซ์ที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์โบราณวัตถุ	←————→											
3. เตรียมตัวอย่างโบราณวัตถุที่จะนำมาศึกษา		←————→										
4. วิเคราะห์ตัวอย่างโบราณวัตถุเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ					←————→							
5. บันทึกข้อมูลรูปร่างลักษณะและองค์ประกอบของธาตุในตัวอย่างโบราณวัตถุ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์							←————→					
6. สรุปและเขียนรายงาน											←————→	

ผลที่คาดว่าจะได้รับในการดำเนินโครงการ :

1. ได้ฐานข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานต่าง ๆ เช่น สำนักศิลปากรที่ 11 จังหวัดอุบลราชธานี สำนักศิลปากรและพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติต่าง ๆ
2. ได้เทคนิคที่เหมาะสมในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของตัวอย่างโบราณวัตถุ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

สืบเนื่องจากการสำรวจแหล่งโบราณคดีต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยกลุ่มวิชาการโบราณคดี สำนักศิลปากรที่ 11 อุบลราชธานี (ชื่อเดิมคือ ฝ่ายวิชาการสำนักงานโบราณคดีและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติที่ 8 อุบลราชธานี) ทำการขุดตรวจและขุดกู้โบราณวัตถุ และมีการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ ระดับความลึกที่พบ รูปร่าง ลักษณะและประเภทของวัสดุ โดยมีผู้ชำนาญในการวาดภาพร่วมกับสำนักโบราณคดี ซึ่งต้องใช้เวลานานในการรวบรวมข้อมูลเหล่านั้นให้ละเอียด และมีการนำโบราณวัตถุบางส่วนไปเก็บไว้ในพิพิธภัณฑสถานต่าง ๆ โบราณวัตถุบางชิ้นเป็นสิ่งล้ำค่าไม่สามารถประเมินเป็นราคาได้ ถ้าโบราณวัตถุดังกล่าวถูกขโมยไปและมีการทำเลียนแบบขึ้นทำให้ยากแก่การตรวจสอบ ดังเช่นในอดีต กรณีที่หลังนารายณ์บรมมหาราชวังสูญหายไปจากปราสาทพนมรุ้ง จังหวัดบุรีรัมย์ และได้มีผู้พบที่ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อประเทศไทยได้กลับคืนก็ยากแก่การตรวจสอบเนื่องจากขาดข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญในการตรวจพิสูจน์

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีได้ตระหนักถึงความสำคัญดังกล่าว จึงได้มีแนวคิดที่จะนำข้อมูลต่าง ๆ ของโบราณวัตถุตลอดจนการวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญที่จะตรวจพิสูจน์ได้บันทึกไว้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในกรณีโบราณวัตถุสูญหายและมีการค้นพบภายหลังก็สามารถตรวจพิสูจน์ย้อนกลับได้โดยใช้ข้อมูลที่มีการบันทึกไว้แล้ว

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับรูปร่างลักษณะภายนอกของตัวอย่างโบราณวัตถุ ด้วยโปรแกรม AutoCAD 2002
- 1.2.2 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์เชิงคุณภาพของธาตุต่าง ๆ ในโบราณวัตถุด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์แบบกระจายความยาวคลื่น

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- 1.3.1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างโบราณวัตถุจากแหล่งโบราณคดีทุ่งกุลาร้องไห้ บริเวณบ้านเมืองบัว อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด
- 1.3.2 วิเคราะห์ตัวอย่างโบราณวัตถุเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์
- 1.3.3 สร้างฐานข้อมูลของโบราณวัตถุที่นำมาศึกษา

1.4 สถานที่ทดลอง

- 1.1.4 ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ถนนสกลมารค์ อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190
- 1.1.5 สำนักงานศิลปากรที่ 11 อุบลราชธานี ซอยศรีพนม ถนนเลี่ยงเมือง อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี 34000

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

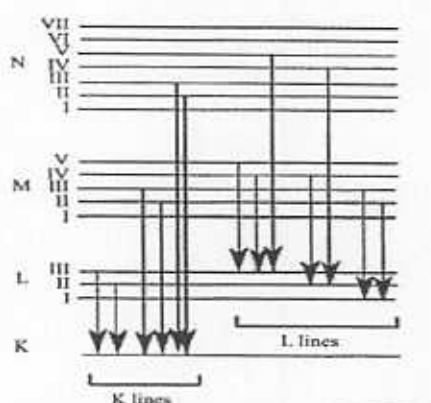
- 1.5.1. เป็นฐานข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
- 1.5.2. ใช้เป็นแนวทางในการทำฐานข้อมูลของโบราณวัตถุต่าง ๆ ที่สำคัญ
- 1.5.3. ได้เทคนิคที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ตัวอย่างโบราณวัตถุเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ
- 1.5.4. เป็นแนวทางในการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาร่วมศึกษาเกี่ยวกับทางโบราณคดี

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1. การเรืองรังสีเอกซ์ (X-ray Fluorescence : XRF)

รังสีเอกซ์เกิดขึ้นได้จากการระดมยิง (bombard) วัตถุ เช่น โลหะ หรือสารประกอบเป็นต้น ด้วยอนุภาคที่มีพลังงานสูง เช่น ลำอิเล็กตรอน (electron beam) หรือโปรตอน หรือโฟตอน (รังสีเอกซ์ หรือรังสีแกมมา) อิเล็กตรอนของอะตอมที่ประกอบอยู่ในวัตถุนั้นเมื่อถูกระดมยิง ทำให้อิเล็กตรอนในเชลล์ (shell) ใน หลุดออกไป เมื่อเกิดที่ว่างขึ้นอิเล็กตรอนจากเชลล์นอกซึ่งมีพลังงานสูงกว่าจะเข้ามาแทนที่ เช่น จาก L หรือ M ไป K, M ไป L หรือ N ไป M จะทำให้เกิดรังสีเอกซ์ขึ้นดังแสดงในรูป 2.1



รูปที่ 2.1 การแทนที่พลังงานในชั้นต่าง ๆ

เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงชนเป้า (target) ในหลอดรังสีเอกซ์ พลังงานส่วนใหญ่ของอิเล็กตรอนจะเปลี่ยนเป็นความร้อนประมาณ 99 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เหลือประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์จะอยู่ในรูปรังสีเอกซ์ สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

$$E = h\nu \quad (2.1)$$

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (2.2)$$

โดยที่

- E คือ พลังงานของรังสีเอกซ์ มีหน่วยเป็นจูล (J)
- h คือ ค่าคงที่ของพลังค์ (Planck's Constant) มีหน่วยเป็นจูล.วินาที (J.s)
- ν คือ ความถี่ของรังสีเอกซ์ มีหน่วยเป็นเฮิรต (Hertz)
- c คือ ความเร็วของแสงในสุญญากาศ มีหน่วยเป็น เมตร/วินาที (m/s)
- λ คือ ความยาวคลื่น มีหน่วยเป็น เมตร (m)

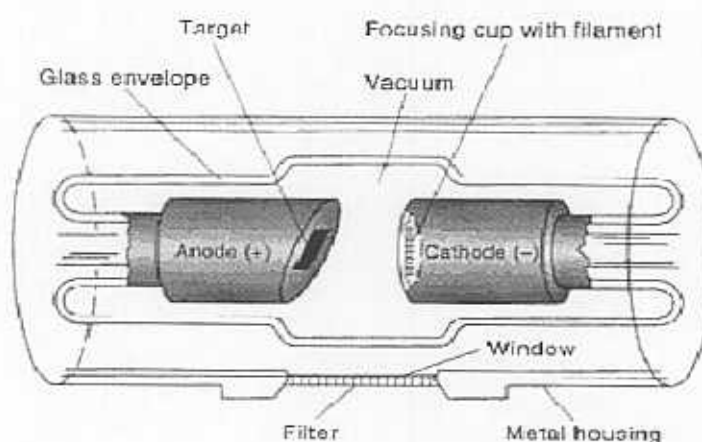
เมื่อแทนค่า h และ c ลงในสมการ(2.2) จะได้

$$E = \frac{1.2396}{\lambda} \quad (2.3)$$

เมื่อ

E มีหน่วยเป็นกิโลอิเล็กตรอนโวลท์(keV)

λ มีหน่วยเป็นนาโนเมตร(nm)

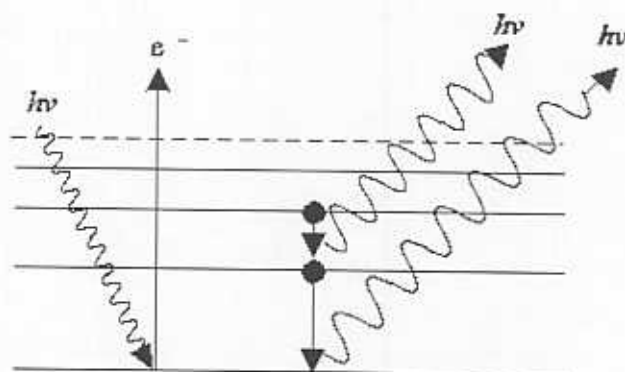


รูปที่ 2.2 แผนภาพของหลอดรังสีเอกซ์

พิจารณารูปที่ 2.2 แผนภาพภายในของหลอดรังสีเอกซ์ โดยที่รังสีเอกซ์เกิดจากการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปทำให้ไส้(filament) ของขั้วแคโทด(cathode)ร้อนขึ้นซึ่งทำให้อิเล็กตรอนเกิดขึ้นที่ไส้หลอดนี้อย่างหนาแน่น เมื่อทำให้ขั้วแคโทดและขั้วแอโนด(anode) มีค่าศักย์ต่างกันมากๆโดยใช้ศักย์ไฟฟ้าสูงๆ ขนาด 100 kV จะทำให้อิเล็กตรอนวิ่งเข้าชนขั้วแอโนด รังสีเอกซ์ที่เกิดขึ้นจะผ่านหน้าต่าง(window)ที่ทำด้วยเบอริเลียมออกมา รังสีเอกซ์ที่เกิดขึ้นจะมี 2 ชนิด คือ รังสีเอกซ์ต่อเนื่อง (Continuous X-ray หรือ White X-ray หรือ Bramsstrahlung หรือ Breaking radition) และ รังสีเอกซ์เฉพาะตัว (Characteristic X-ray)

เมื่ออิเล็กตรอนถูกกระตุ้นด้วยรังสีเอกซ์เริ่มแรก (Primary X-ray) ทำให้อิเล็กตรอนจากวงโคจรชั้นใน(ชั้น K หรือ L ชั้น) มีพลังงานสูงกว่าพลังงานยึดเหนี่ยวของอะตอม แล้วหลุดออกไปจากวงโคจร จะทำให้เกิดช่องว่างขึ้น อิเล็กตรอนที่อยู่ในวงโคจรชั้นนอกซึ่งมีพลังงานสูงกว่าก็จะเข้ามาแทนที่ในช่องว่างนั้น พร้อมปลดปล่อยพลังงานส่วนหนึ่งออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เรียก

รังสีเอกซ์เรือง(Fluorescence X-ray) และเรียกกระบวนการนี้ว่า การเรืองรังสีเอกซ์ (X-ray Fluorescence : XRF) ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูป 2.3 การเรืองรังสีเอกซ์

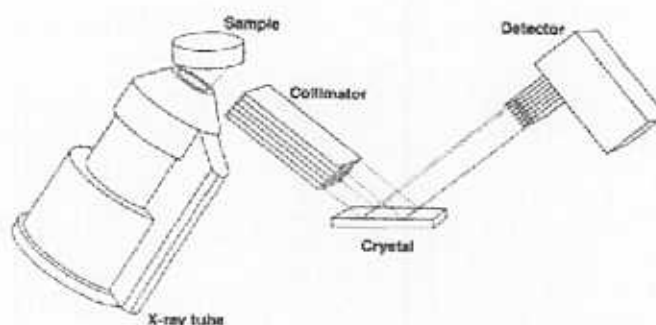
XRFเป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์แบบไม่ทำลายตัวอย่าง (non-destructive analysis) สามารถทำได้ทั้งวิเคราะห์ธาตุเดี่ยวที่ละธาตุ หรือวิเคราะห์หลายธาตุพร้อมกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งคอมพิวเตอร์และโปรแกรมที่ทันสมัยมีความสามารถสูงได้นำมาใช้ในระบบประมวลผลข้อมูลช่วยทำให้เทคนิคนี้ได้รับความนิยมมากขึ้นทั้งในด้านอุตสาหกรรมและการวิจัย และสามารถนำไปใช้วิเคราะห์ได้เกือบทุกชนิดของสารตัวอย่างในระดับความเข้มข้นสูงถึงระดับความเข้มข้นต่ำ ซึ่งวิเคราะห์ได้ง่ายและรวดเร็ว การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRF มีอยู่ด้วยกัน 2 ระบบ คือ ระบบวัดพลังงาน(Energy Dispersive X-Ray : EDX)และระบบวัดความยาวคลื่น(Wavelength Dispersive X-Ray : WDX)แต่ในที่นี้จะกล่าวถึง XRF ระบบวัดความยาวคลื่นเท่านั้น

2.2 การเรืองรังสีเอกซ์ ระบบกระจายความยาวคลื่น (Wavelength Dispersive X-ray

Fluorescence : WDX)

ระบบนี้อยู่บนพื้นฐานการวัดความยาวคลื่น และความเข้มรังสีเอกซ์เรืองจากตัวอย่าง ส่วนสำคัญของการวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับผิวหน้าของตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ เนื่องจากรังสีเอกซ์ปฐมภูมิทะลุทะลวงได้ 2-3 ไมครอน สำหรับธาตุหนักเช่นทองแดง และทะลุทะลวงได้ประมาณ 0.5 มิลลิเมตร สำหรับธาตุเบาเช่น อลูมิเนียม ส่วนประกอบของเครื่องดังแสดงในรูป 2.7 ซึ่งจะประกอบไปด้วย

1. Sample Chamber สำหรับใส่ตัวอย่างโดยรังสีปฐมภูมิจะกระตุ้นตัวอย่างบริเวณนี้
2. Collimator สำหรับแยกรังสีเอกซ์เรือง
3. หัววัดและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 2.4 แสดงส่วนประกอบของ WDXRF

จากรูปที่ 2.4 รังสีเอกซ์ปฐมภูมิจากหลอดรังสีกระตุ้นตัวอย่าง ทำให้เกิดรังสีเอกซ์เรืองเฉพาะธาตุในตัวอย่าง แล้วผ่าน collimator ด้วยระบบสลิตไปยังผลึก โดยผลึกจะติดอยู่บนแท่นหมุนขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ เมื่อผลึกหมุนของรังสีเอกซ์จะเปลี่ยน ไปเป็นมุม θ ตามสมการ Bragg ดังนี้

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (2.4)$$

เมื่อ

d	คือ	ระยะห่างระหว่างระนาบของผลึก
θ	คือ	มุมตกกระทบ
n	คือ	จำนวนเต็ม
λ	คือ	ความยาวคลื่น

รังสีเอกซ์จะสะท้อนออกจากผลึกผ่านสลิตเข้าสู่หัววัด เนื่องจากหัววัด และแท่นหมุนที่ผลึกติดอยู่จะหมุนพร้อมๆกัน เมื่อผลึกหมุนเป็นมุม θ หัววัดจะหมุนเป็นมุม 2θ ทำให้ หัววัดอยู่ในตำแหน่งวัดรังสีสะท้อนจากผลึกเสมอ

2.3 แหล่งโบราณคดีและที่มาของตัวอย่างโบราณวัตถุ

จากหลักฐานทางโบราณคดีในประเทศไทยเรื่องพิธีกรรมการทำศพ ทำให้ทราบว่าการประกอบพิธีกรรมการทำศพเริ่มมีครั้งแรกสมัยก่อนประวัติศาสตร์ยุคแรก ๆ ต่อมาจนถึงยุคประวัติศาสตร์ นักโบราณคดีพบหลักฐานการประกอบพิธีกรรม 2 ลักษณะ คือ การฝัง (Interment) และการเผาศพ (Cremation) เมื่อ 2,500 ปี ที่ผ่านมาหรือในสมัยก่อนประวัติศาสตร์ตอนปลายบริเวณแอ่งโคราชหรือภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ได้พบพิธีกรรมที่แตกต่างออกไป คือ การฝังศพครั้งที่สอง (secondary burial) กล่าวคือเป็นการนำศพไปฝัง ณ ที่ใดที่หนึ่งในระยะเวลาหนึ่ง แล้วขุดขึ้นมาเพื่อบรรจุในภาชนะเครื่องปั้นดินเผา (burial jar) แล้วนำไปฝังอีกครั้ง

จากสภาพทางภูมิศาสตร์แอ่งโคราชหรือบริเวณทุ่งกุลาร้องไห้ดังรูปที่ 2.5 มีสภาพภูมิศาสตร์ที่โดดเด่น เรียกว่าแบบ Broad depression หรือแอ่งกระทะมีเนื้อที่ 2.1 ล้านไร่ ความยาวของทุ่งกุลาร้องไห้ตามแนวตะวันออก-ตะวันตก ประมาณ 150 กิโลเมตร และความกว้างตามแนวทิศเหนือ-ใต้ ประมาณ 50 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 5 จังหวัด 10 อำเภอ 1048 หมู่บ้าน ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตาราง 2.1 แสดงพื้นที่อาณาเขตทุ่งกุลาร้องไห้

จังหวัด	พื้นที่ทั้งหมด (ไร่)	อำเภอ	พื้นที่(ไร่)	จำนวน 3 ตำบล
ร้อยเอ็ด	986,807	เกษตรวิสัย	390,600	7
		โพนทราย	186,600	4
		ปทุมรัตน์	162,207	3
		สุวรรณภูมิ	162,207	-
สุรินทร์	575,933	ชุมพลบุรี	400,400	7
		ท่าตูม	175,593	2
ยโสธร	64,000	มหาชนะชัย	-	3
		ค้อวัง	-	3
มหาสารคาม	193,890	พยัคฆภูมิสัย	-	5
ศรีสะเกษ	287,000	ราษีไศล	-	10



รูปที่ 2.5 แสดงพื้นที่และอาณาเขตของทุ่งกุลาร้องไห้

สำหรับงานวิจัยนี้ได้เก็บตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีบ้านเมืองบัว ซึ่งตั้งอยู่ที่บ้านเมืองบัว หมู่ที่ 6 ตำบลเมืองบัว อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด ซึ่งอยู่บริเวณเส้นรุ้งที่ 15 องศา 36 ลิปดา 20 ฟลิปดาเหนือ เส้นแวงที่ 103 องศา 35 ลิปดา 55 ฟลิปดาตะวันตก ลักษณะเป็นชุมชนโบราณ มีคูน้ำล้อมรอบ รูปร่างค่อนข้างรี กว้างประมาณ 1000 เมตร ยาวประมาณ 1200 เมตร ภายในเป็นเนินดินสูงประมาณ 7-10 เมตร จากพื้นที่โดยรอบ เมืองโบราณบ้านเมืองบัวนั้นเป็นหนึ่งในจำนวนเมืองโบราณอีกหลายเมืองที่ตั้งอยู่ในแถบลุ่มแม่น้ำเสียวใหญ่และลำเตา ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของแม่น้ำมูล เมืองโบราณบ้านเมืองบัวตั้งอยู่ในบริเวณลำน้ำสองสายไหลมาบรรจบกัน คือ ลำน้ำเสียวและลำเตา ซึ่งเป็นทำเลที่เหมาะสมมากที่คนไทยโบราณเลือกใช้ตั้งถิ่นฐานตลอดมา

บทที่ 3

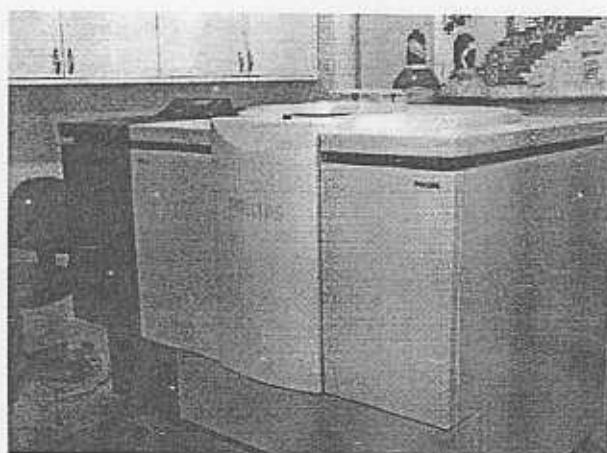
วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ และวิธีการทดลอง

3.1. วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ

- 3.1.1. ตัวอย่างโบราณวัตถุจากแหล่งโบราณคดีทุ่งกุลาร้องไห้ บริเวณบ้านเมืองบัว อ.เกษตรวิสัย จ.ร้อยเอ็ด
- 3.1.2. เครื่อง X-ray Fluorescence ยี่ห้อ Philips รุ่น Magix ดังรูปที่ 3.1
- 3.1.3. เครื่องชั่งละเอียดตณนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Precisa รุ่น 40SM_200A ดังรูปที่ 3.2
- 3.1.4. โปรแกรม Auto CAD 2002 ดังรูปที่ 3.3

3.2 วิธีการทดลอง

- 3.2.1. เก็บตัวอย่างโบราณวัตถุที่มีลักษณะพิเศษแตกต่างจากที่พบโดยทั่วไปในบริเวณบ้านเมืองบัว พร้อมบันทึกระดับความลึกที่ขุดพบ
- 3.3.2. ศึกษาลักษณะทางกายภาพ บันทึกขนาด และรูปร่างของตัวอย่างโบราณวัตถุ โดยใช้กล้องดิจิทัล และโปรแกรม Auto CAD 2002
- 3.3.3. ชั่งน้ำหนักของตัวอย่างโบราณวัตถุ
- 3.3.4. วิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของตัวอย่างโบราณวัตถุด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence ระบบกระจายความยาวคลื่น
- 3.3.5. สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินโครงการ



รูปที่ 3.1 เครื่อง X-ray Fluorescence ยี่ห้อ Philips รุ่น Magix

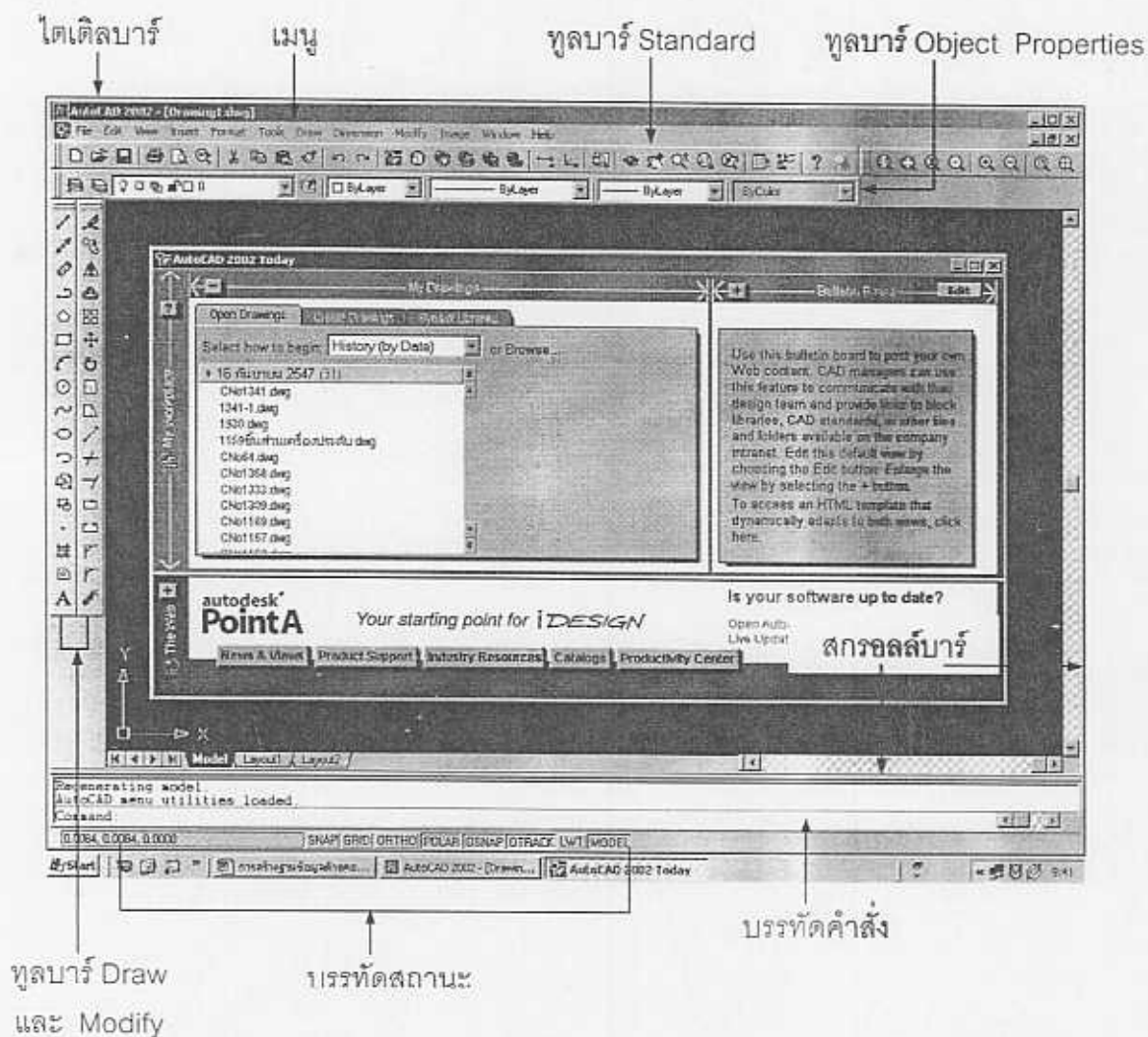


รูปที่ 3.2 เครื่องชั่งดิจิตอล (Digital) ยี่ห้อ Precisa รุ่น 40SM_200A

3.3 การใช้งาน Auto CAD 2002

การแสดงผลของ Auto CAD 2002 เพื่อดูลักษณะรูปทรงภายนอกของตัวอย่างโบราณวัตถุ มีขั้นตอนดังนี้

3.3.1 เข้าไปที่ Auto CAD 2002 จะปรากฏหน้าจอของ Auto CAD 2002 ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงหน้าจอการใช้งาน Auto CAD 2002

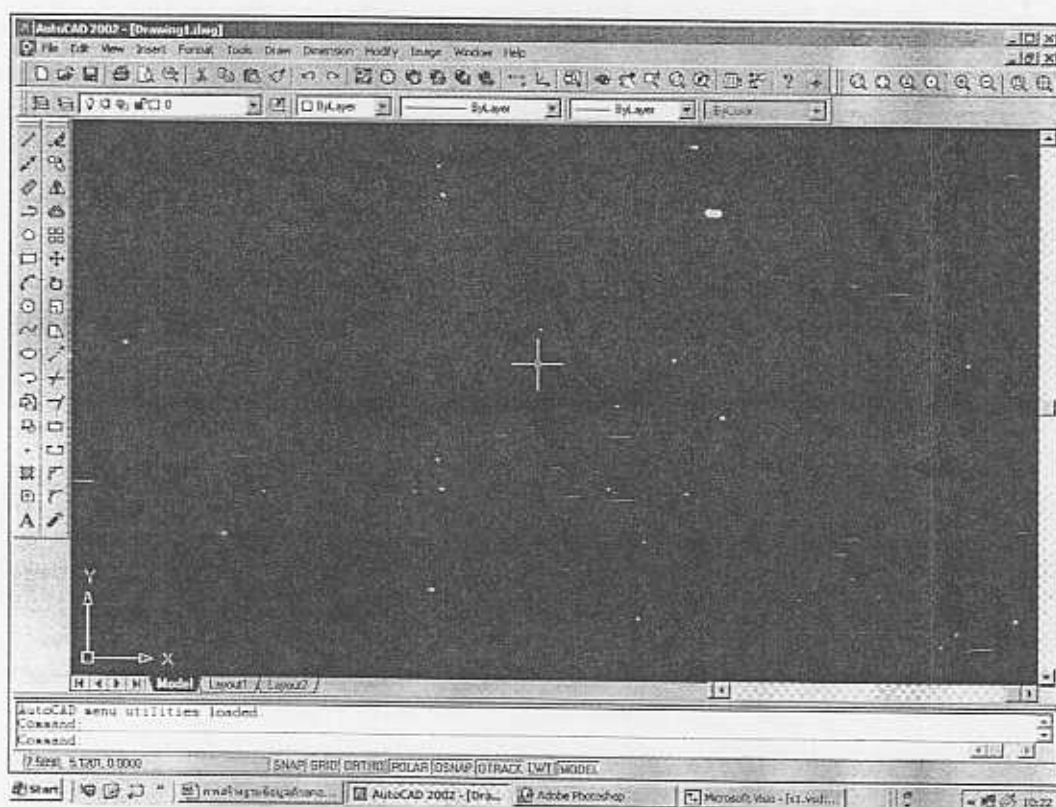
3.4 ไต่เคิลบาร์ แสดงว่าเป็นหน้าจอของโปรแกรม Auto CAD 2002

3.5 เมนู เป็นรายการแสดงข้อความให้เลือกคำสั่งการใช้งาน โดยแบ่งเป็นหมวดหมู่

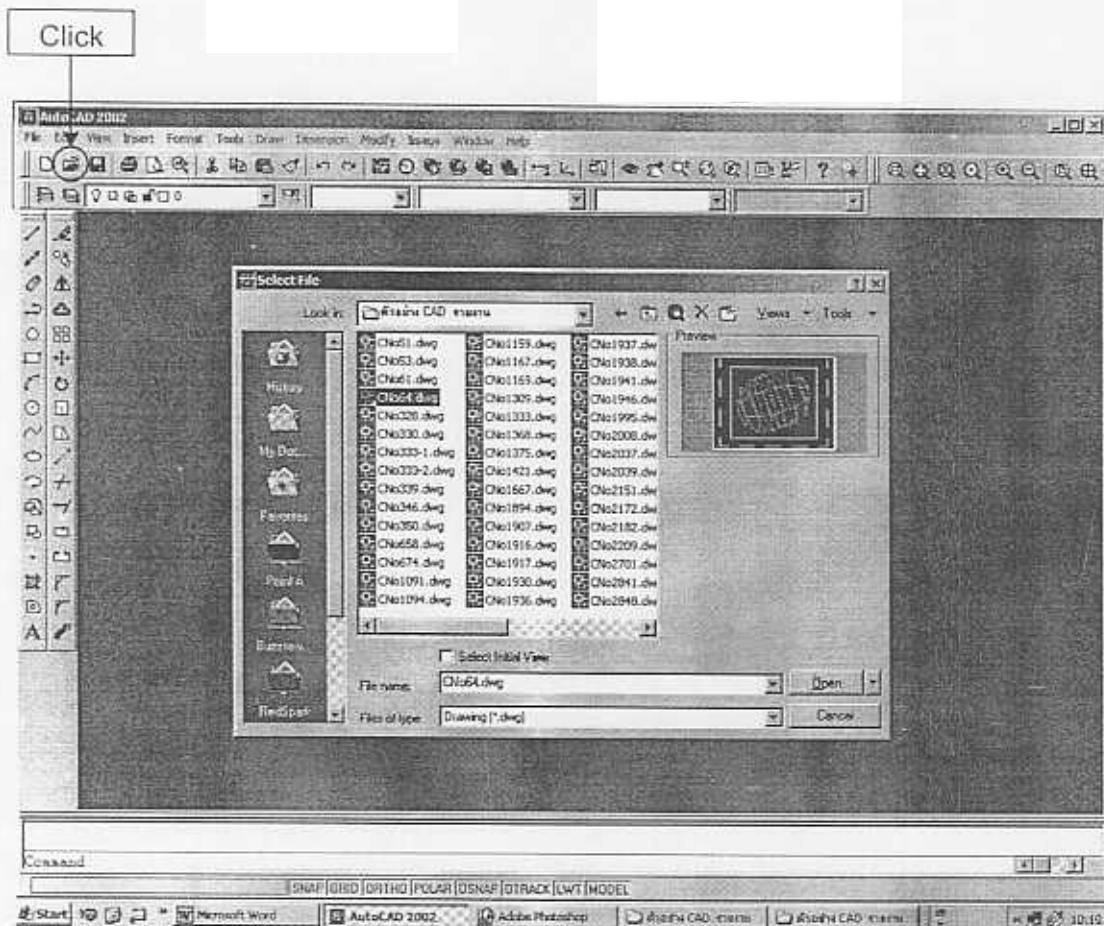
3.6 ทูลบาร์ เป็นคำสั่งการเรียกใช้งานโปรแกรม Auto CAD 2002

- 3.7 บรรทัดคำสั่ง เป็นส่วนที่แสดงผลโต้ตอบกับผู้ใช้เมื่อมีการ run คำสั่ง
- 3.8 พื้นที่วาดรูป เป็นบริเวณที่ใช้วาดรูป
- 3.9 บรรทัดแสดงสถานะ แสดงสถานะของการกำหนดค่า SNAP, GRID, ORTHO, POLAR, OSNAP, OTRACK, LWT, PAPER
- 3.10 สกรอลล์บาร์ใช้เลื่อนดูส่วนต่าง ๆ ของแบบบนพื้นที่วาดรูป

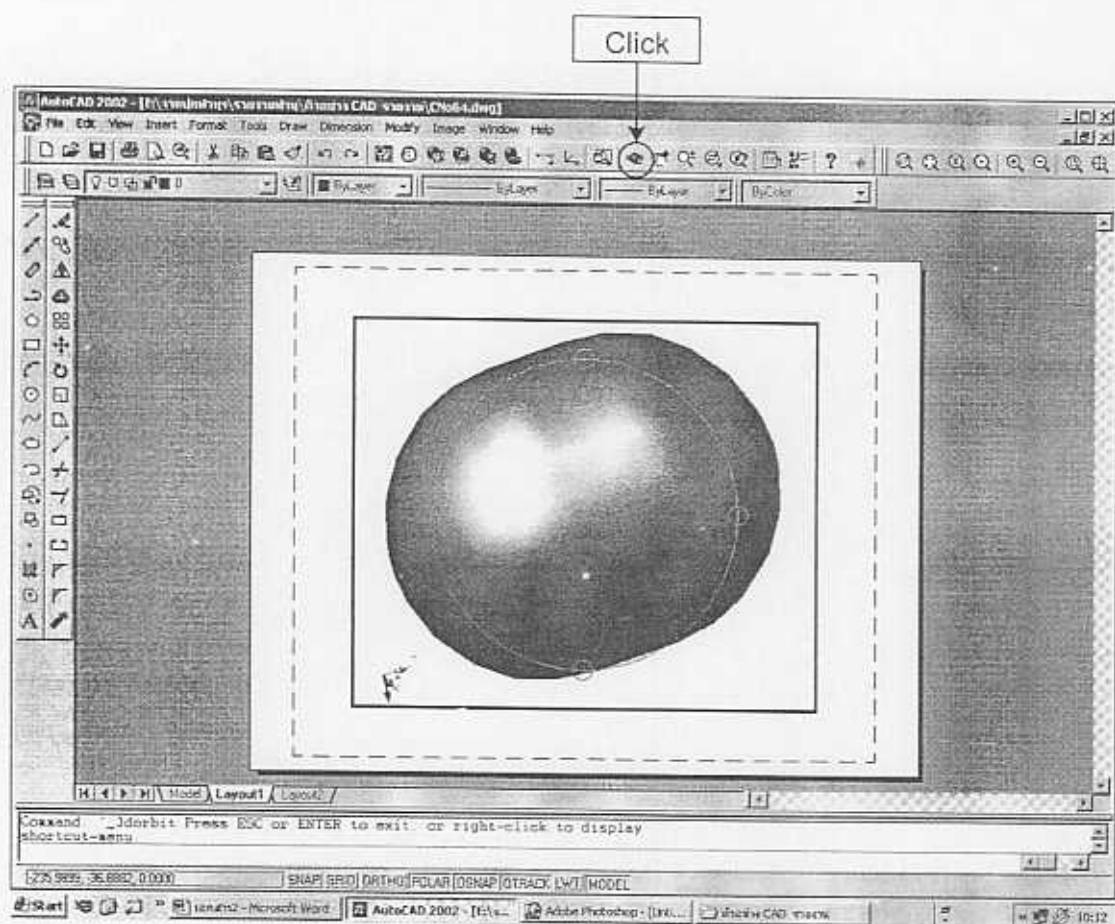
ส่วนหน้าจอ Auto CAD 2002 Today สามารถปิดได้เลย



รูปที่ 3.4 แสดงหน้าจอ Auto CAD 2002



รูปที่ 3.5 แสดงการเลือกตัวอย่าง Auto CAD 2002



รูปที่ 3.6 แสดงหน้าจอการหมุนตัวอย่างเพื่อดูรูปทรงของตัวอย่าง

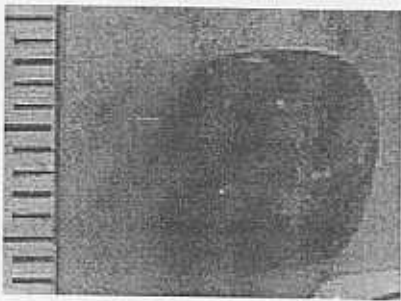
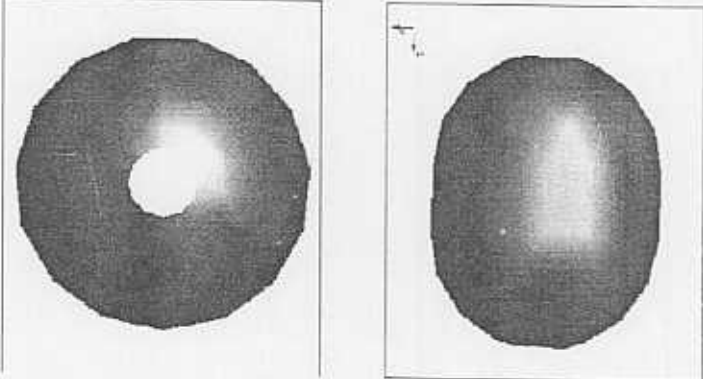
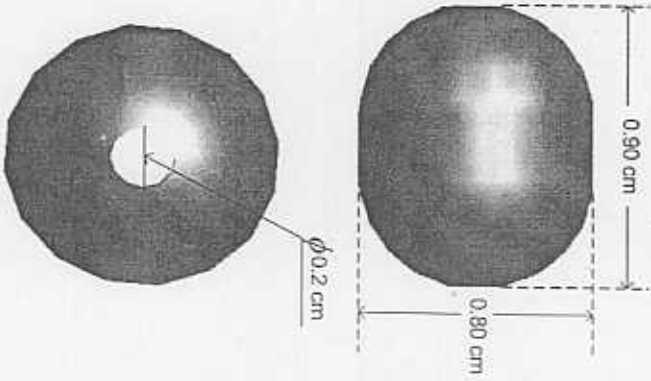
บทที่ 4

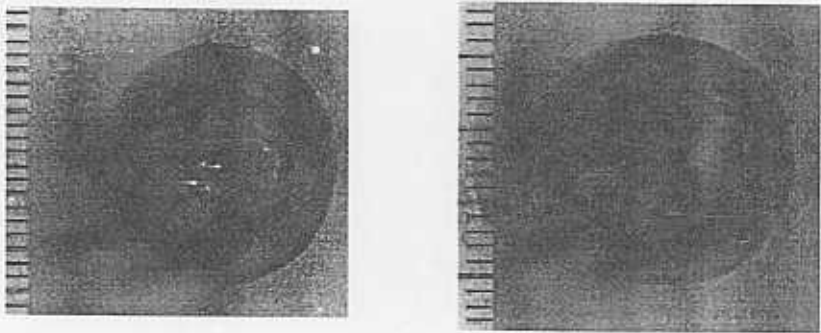
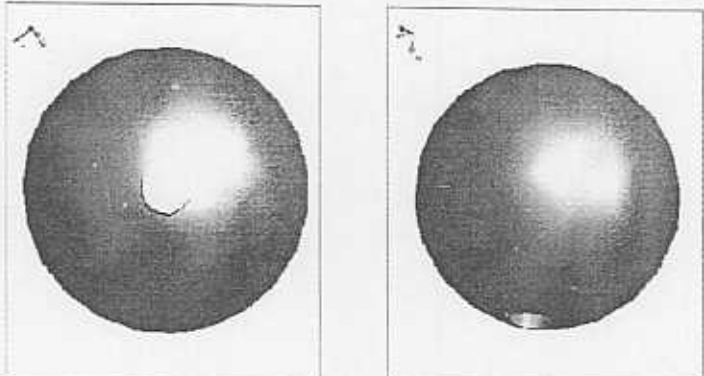
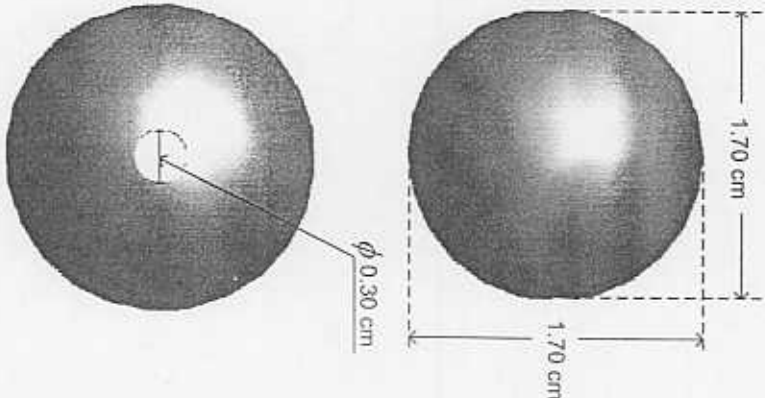
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

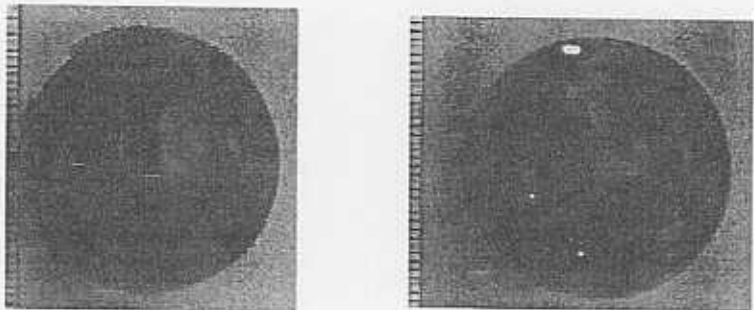
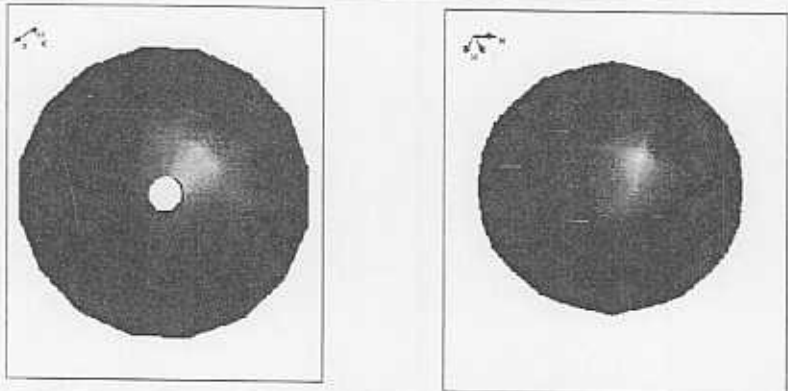
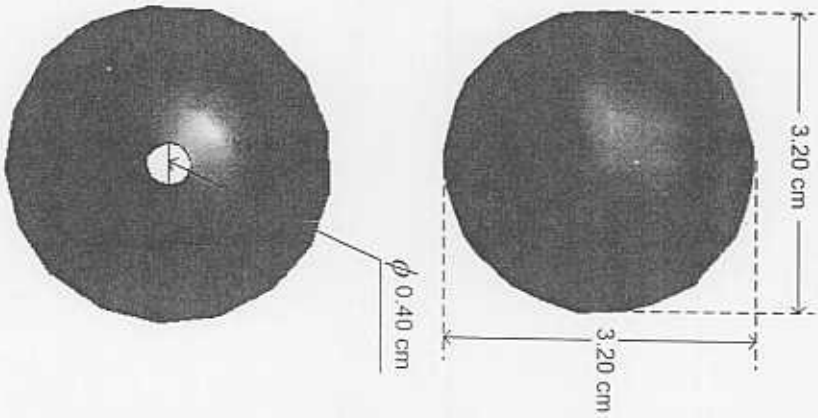
4.1 ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างโบราณวัตถุ

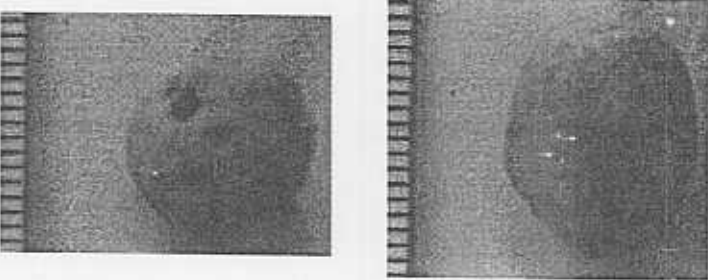
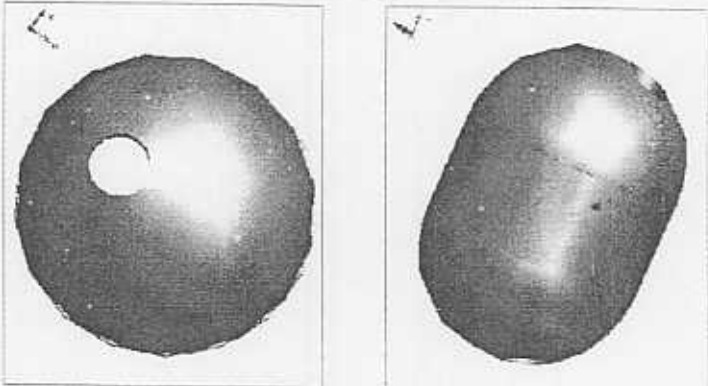
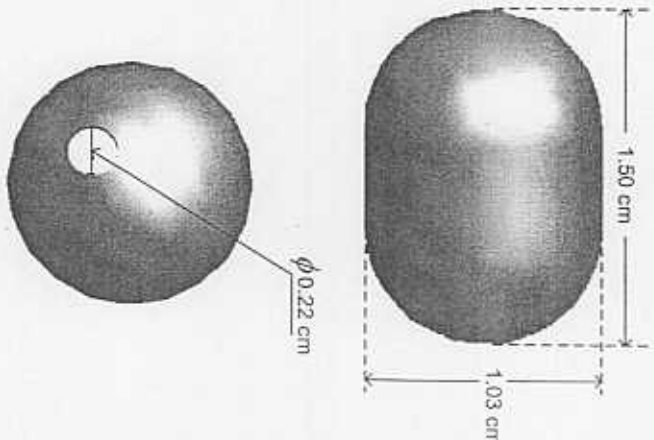
จากการศึกษาโดยการถ่ายภาพ พร้อมบันทึกขนาดและรูปร่าง ของตัวอย่างโบราณวัตถุ จำนวน 48 ตัวอย่าง จากแหล่งโบราณคดีทุ่งกุลาร้องไห้ โดยใช้โปรแกรม Auto Cad 2002 วาดจำลอง ลักษณะรูปร่าง(ภาพ Isometric) และวาดภาพมิติของตัวอย่าง(dimensions) ซึ่งเป็นการศึกษาทางกายภาพ ได้ผลดังตารางที่ 4.1

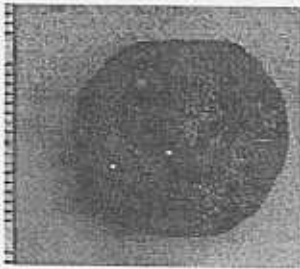
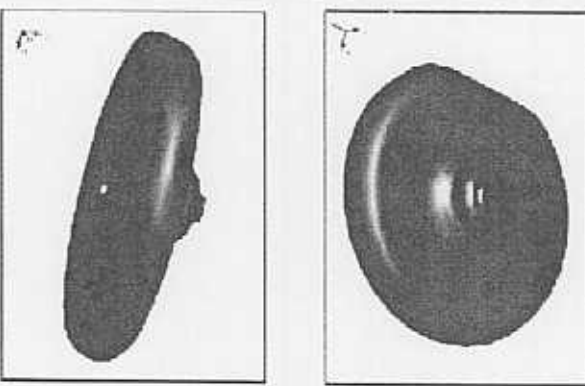
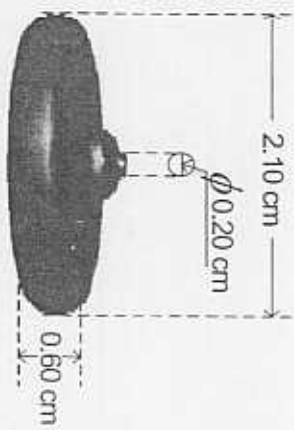
ตาราง 4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของโบราณวัตถุ

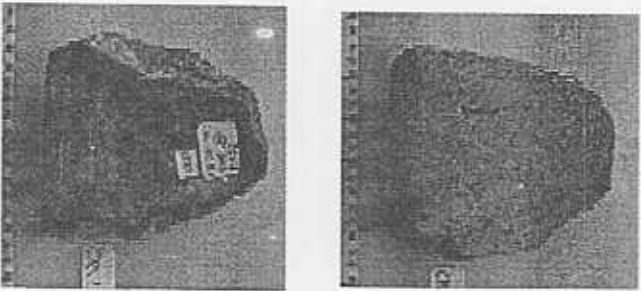
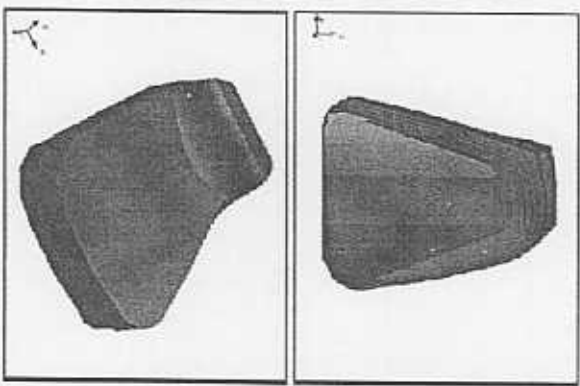
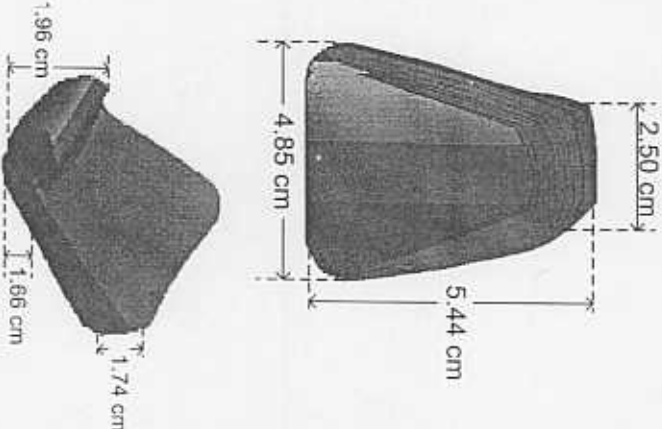
ตัว อย่างที่	รายละเอียดของตัวอย่าง และเงื่อนไขการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRF	ภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัล	ภาพ 3D/Auto Cad (Isometric)	ภาพ 3D/Auto Cad (Dimension)
1	-C.No 2037 -ลูกปัดแก้วสีฟ้า -Material : แก้ว -พบที่ระดับ: 140-150cm.D1 -น้ำหนัก: 5.82 g หมายเหตุ : ไม่ได้ศึกษาด้วยเครื่อง XRF เนื่องจากมีผลต่อสีของลูกปัด			

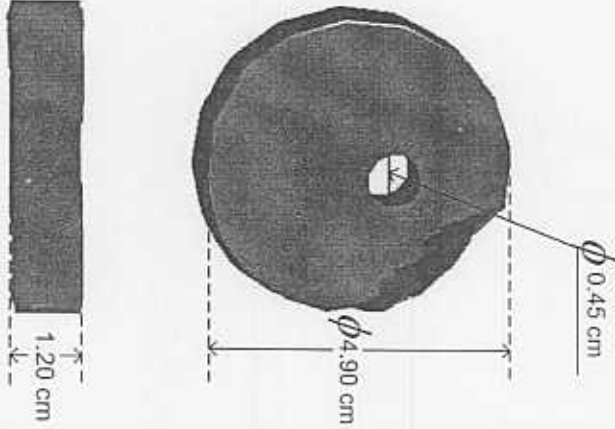
2	-C.No 2849 -ชื่อเรียก : ลูกปัดหินคาร์เนเลียน -Material : หิน -พบที่ระดับ: 108-112cm.Dt -น้ำหนัก: 18.26 กรัม หมายเหตุ : ไม่ได้ศึกษาด้วยเครื่อง XRF เนื่องจากมีผลต่อสีของลูกปัด			
---	---	---	--	--

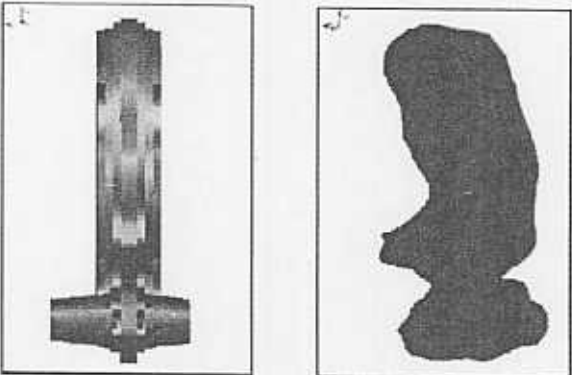
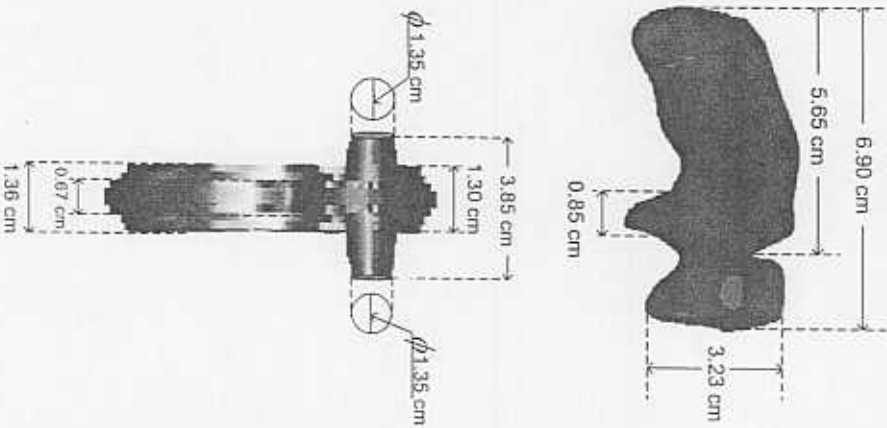
3 -C.No 2039 -ชื่อเรียก : ลูกปัดหินสีต่ำ -Material : หิน -พบที่ระดับ: 63-66cm.D1 -น้ำหนัก: 25.13 g ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 27 mm			 3.20 cm 3.20 cm ϕ 0.40 cm
--	---	--	---

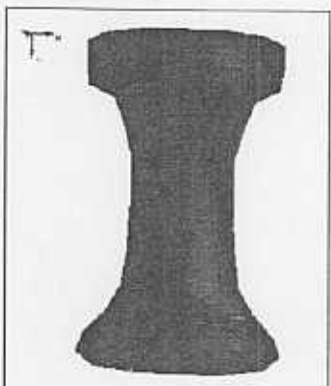
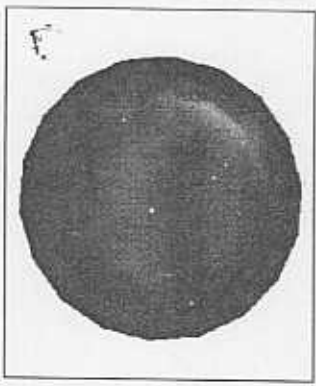
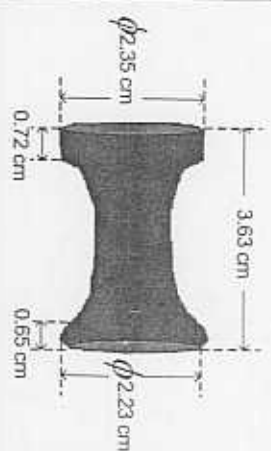
4	-C.No 1917 -ชื่อเรียก : ลูกปัดดินเผา -Material : ดินเผา -พบที่ระดับ: 470-480cm.Di -น้ำหนัก: 18.68g ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm			
---	--	---	--	--

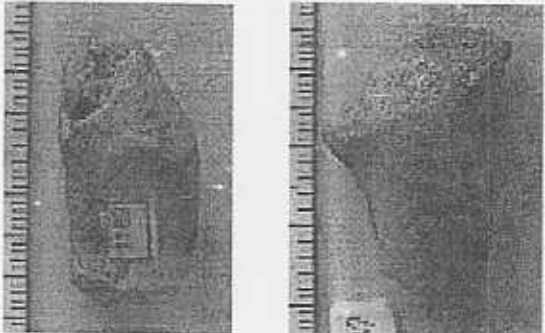
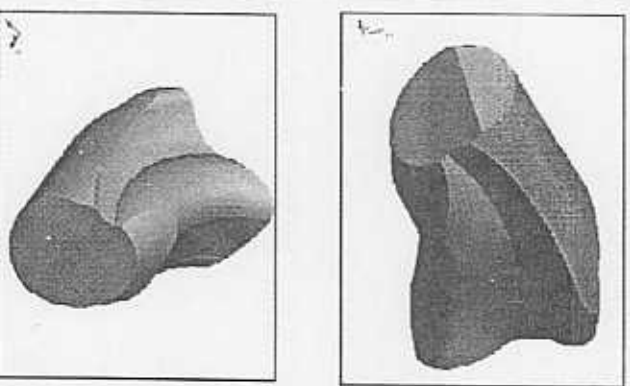
5	-C.No 2151 -ชื่อเรียก : ลูกปัดดินเผา -Material : ดินเผา -พบที่ระดับ: ผีวัดิน ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm			
---	---	---	--	--

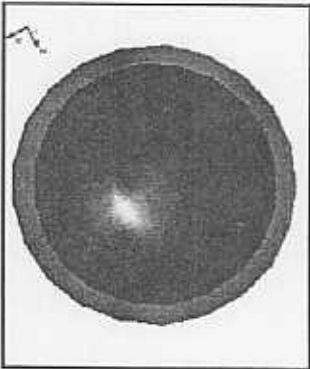
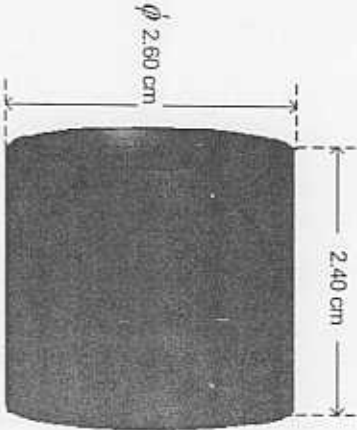
6	-C.No 1309 -ชื่อเรียก : เบ้าหลอม -Material : ดินเผา -พบที่ระดับ: 280-290 -น้ำหนัก: 1.71 g หมายเหตุ: ไม่ได้ศึกษาด้วยเครื่อง XRF เนื่องจากขนาดของตัวอย่างมีขนาดใหญ่กว่า Cup ใส่ตัวอย่างของเครื่อง XRF			
---	---	---	--	--

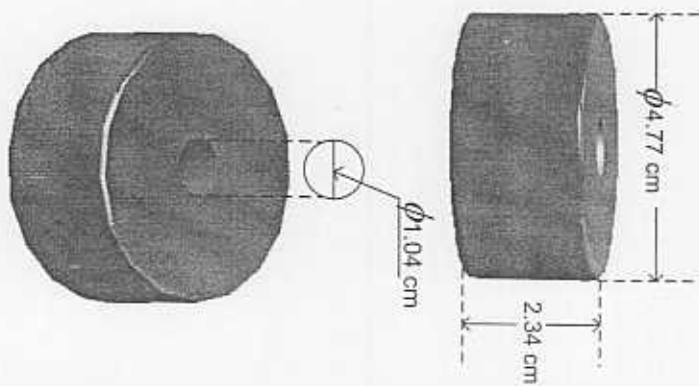
7	-C.No 1167 -ชื่อเรียก : เครื่องประดับ -Material : ดินเผา -พบที่ระดับ : 300-320cm.Dt -น้ำหนัก : 25.48g หมายเหตุ: ไม่ได้ศึกษาด้วยเครื่อง XRF เนื่องจากขนาดของตัวอย่างมีขนาดใหญ่กว่า Cup ใส่ตัวอย่างของเครื่อง XRF			
---	---	---	--	--

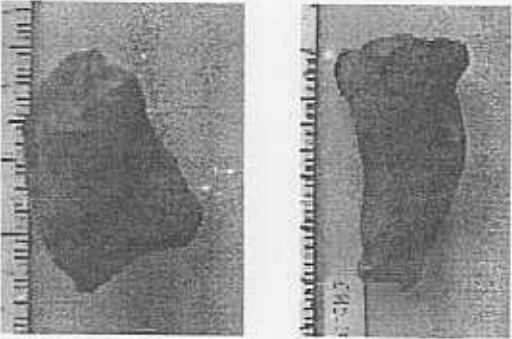
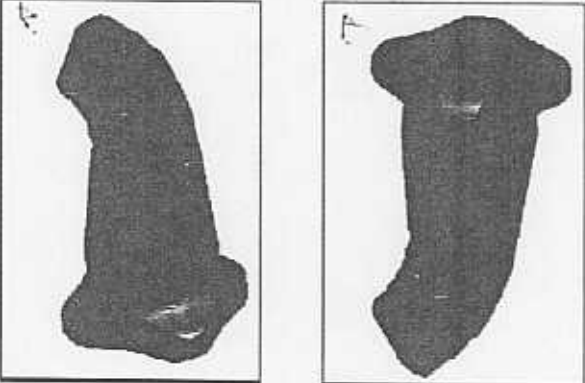
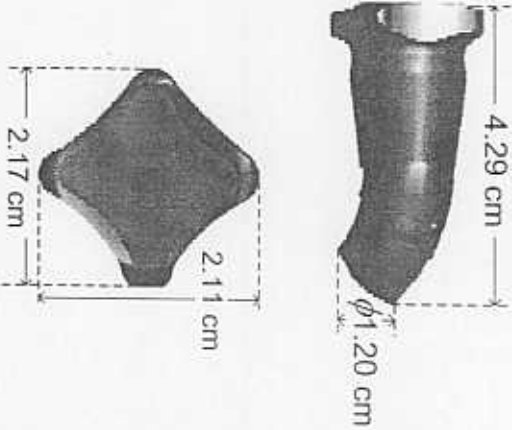
8	-C.No 1938 -ชื่อเรียก : ประติมากรรมสัตว์ -Material : ดินเผา -พบที่ระดับ: 320- 330cm.Dt -น้ำหนัก: 58.076 g หมายเหตุ: ไม่ได้ศึกษาด้วยเครื่อง XRF เนื่องจากขนาดของตัวอย่างมีขนาดใหญ่กว่า Cup ใส่ตัวอย่างของเครื่อง XRF			
---	---	---	--	--

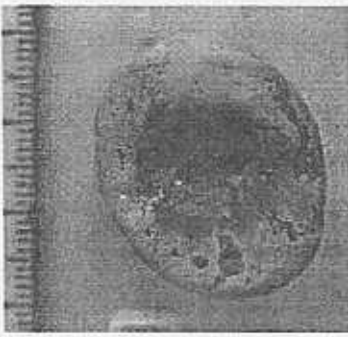
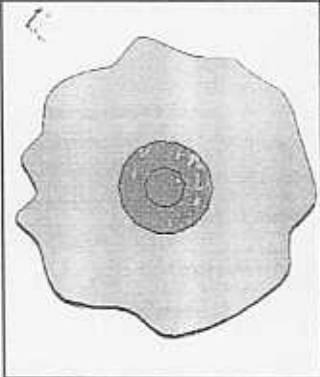
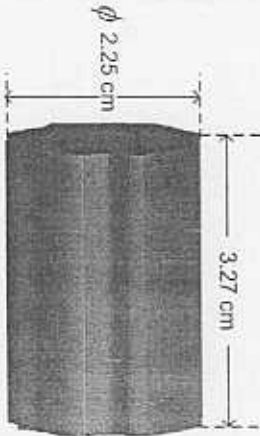
9	-C.No 61 -ชื่อเรียก : ต่างหูดินเผา -Material : ดินเผา -พบที่ระดับ: 340-350cm.Dt -น้ำหนัก: 15.97g หมายเหตุ:ไม่ได้ศึกษาด้วยเครื่อง XRF เนื่องจากขนาดของตัวอย่างมีขนาดใหญ่กว่า Cup ใส่ตัวอย่างของเครื่อง XRF	 	 	
---	---	--	--	--

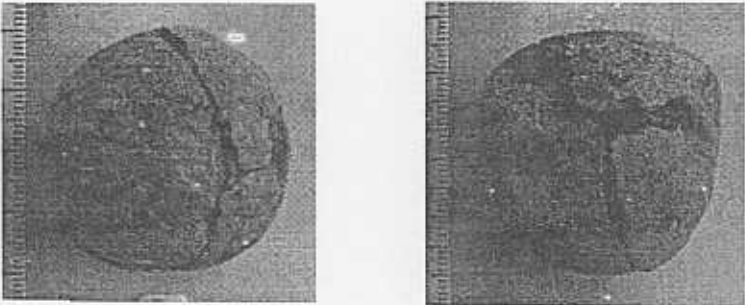
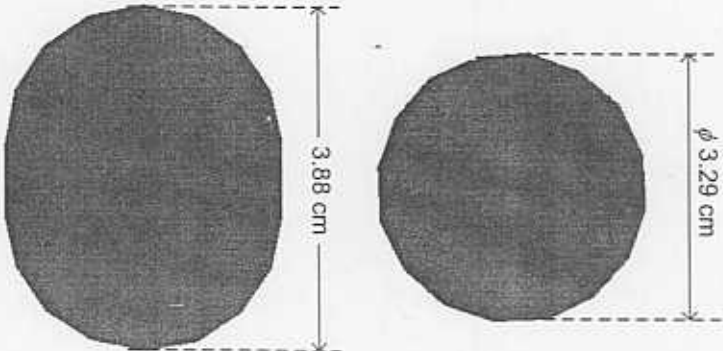
10	-C.No 1169 -ชื่อเรียก : เหล็กตีดินเผา -Material : ดินเผา -พบที่ระดับ: 420-430cm.DI -น้ำหนัก: 9.84 กรัม ผลการศึกษด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm			
----	---	---	--	--

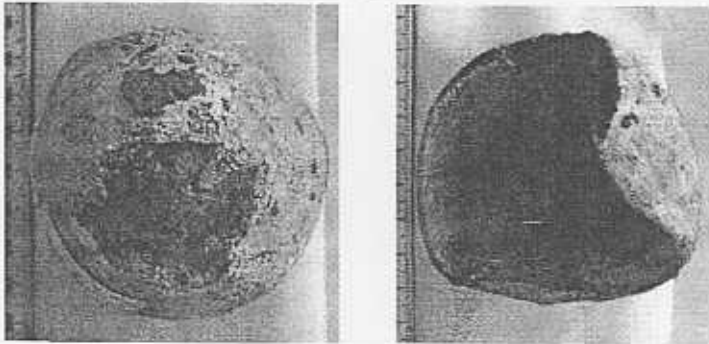
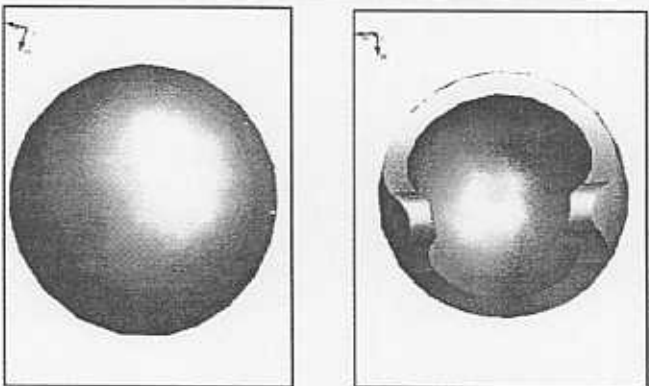
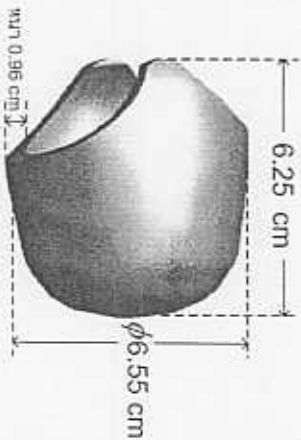
11	-C.No 1916 -ชื่อเรียก : ดินเผาทรงกระบอก -Material : ดินเผา -พบที่ระดับ: 430-440 cm.Dt ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm			
----	--	---	--	--

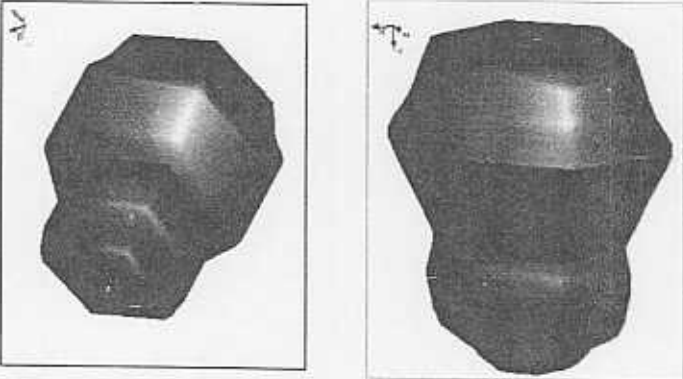
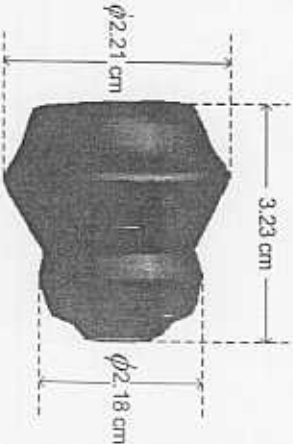
12	-C.No 1907 -ชื่อเรียก : เครื่องประดับ -Material : ดินเผา -พบที่ระดับ: 443 cm.Dt -น้ำหนัก: 82.28 g ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 27 mm	 	 	
----	--	--	--	--

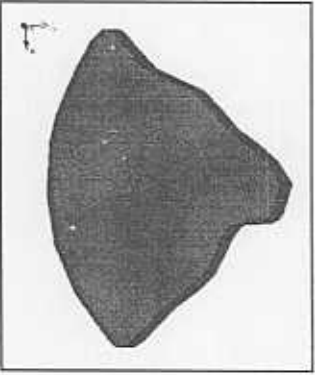
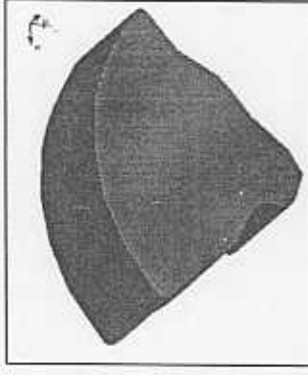
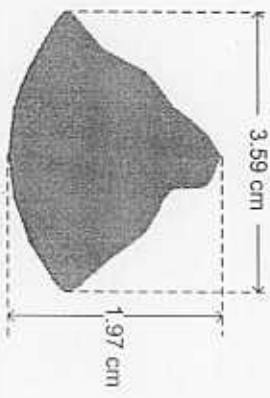
13	-C.No 1937 -ชื่อเรียก : ตุ๊กตาดินเผา -Material : ดินเผา -พบที่ระดับ: 440-450 cm.Dc -น้ำหนัก: 17.70 g หมายเหตุ: ไม่ได้ศึกษาด้วยเครื่องมือ XRF เนื่องจากขนาดของตัวอย่างมีขนาดใหญ่กว่า Cup ใส่ตัวอย่างของเครื่อง XRF			
----	---	---	--	--

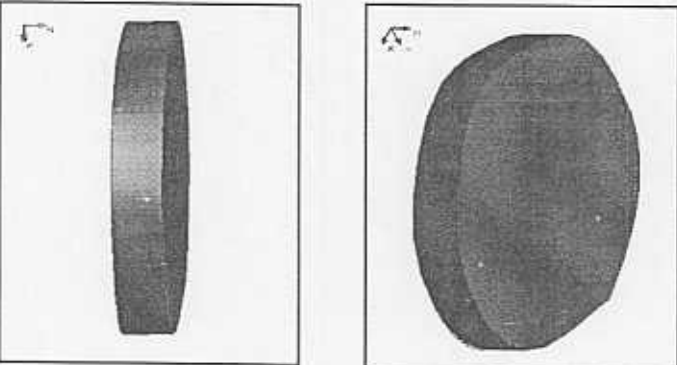
14	-C.No 1094 -ชื่อเรียก : แท่งดินเผา -Material : ดินเผา -พบที่ระดับ: 440-450cm.Dt -น้ำหนัก: 19.71g ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm	 	 	
----	--	--	--	--

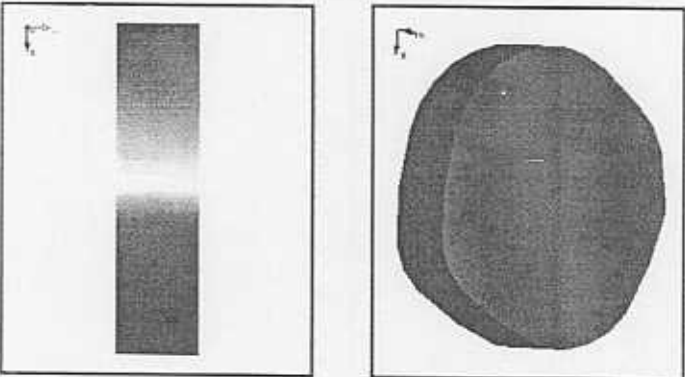
15	-C.No 64 -ชื่อเรียก : หินตุ -Material :ดินเผา -พบที่ระดับ: 470-480cm.Dt -น้ำหนัก: 56.08g ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm			
----	--	---	---	--

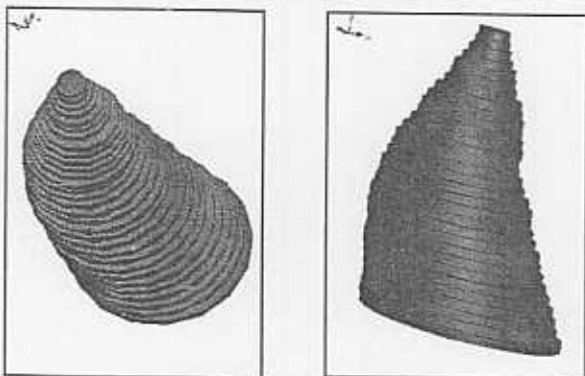
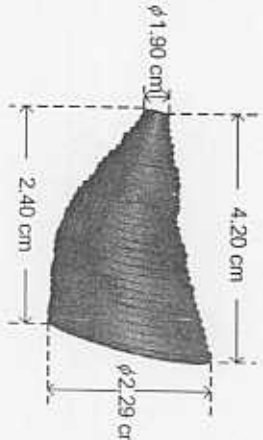
16	-C.No 1941 -ชื่อเรียก : เบ้าหลอม(ดินเผา) -Material : ดินเผา -พบที่ระดับ: ผีวัดิน -น้ำหนัก: 130.41 g หมายเหตุ: ไม่ได้ศึกษาด้วยเครื่อง XRF เนื่องจากขนาดของตัวอย่างมีขนาดใหญ่กว่า Cup ใส่ตัวอย่างของเครื่อง XRF			
----	---	---	--	--

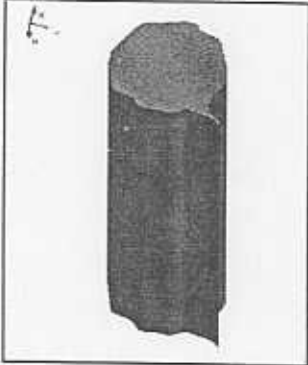
17	-C.No 328 -ชื่อเรียก : ดินเผามีรอยแตกต่าง -Material : ดินเผา -พบที่ระดับ: 490-500cm.Dt -น้ำหนัก: 12.75g ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm			
----	---	---	--	--

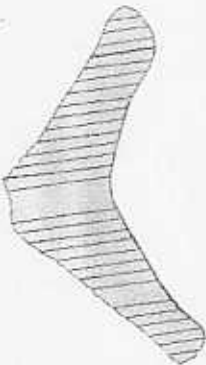
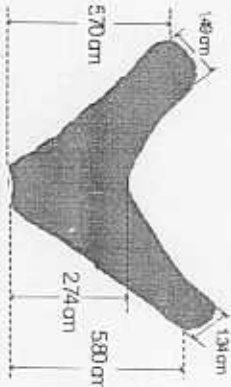
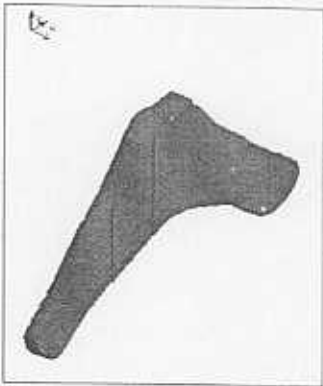
18	-C.No 350 -ชื่อเรียก : ชิ้นส่วนเบ้าดินเผา -Material : ดินเผา -พบที่ระดับ: 510-520 cm.D1 -น้ำหนัก: 10.0 g ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm	 	 	 
----	--	--	--	--

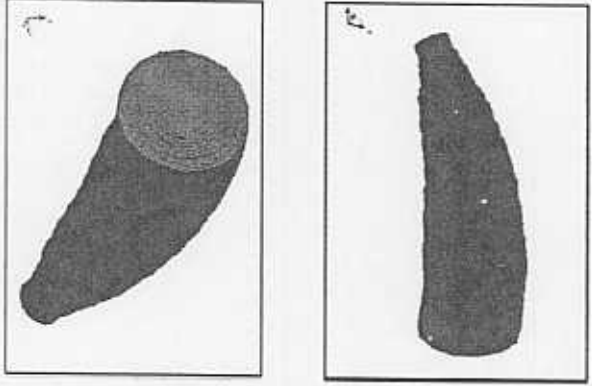
19	-C.No 333/1 -ชื่อเรียก : เบี้ยดินเผา -Material : ดินเผา -พบที่ระดับ: 540-550 cm.Dt -น้ำหนัก: 11.64 g ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm			
----	--	---	--	---

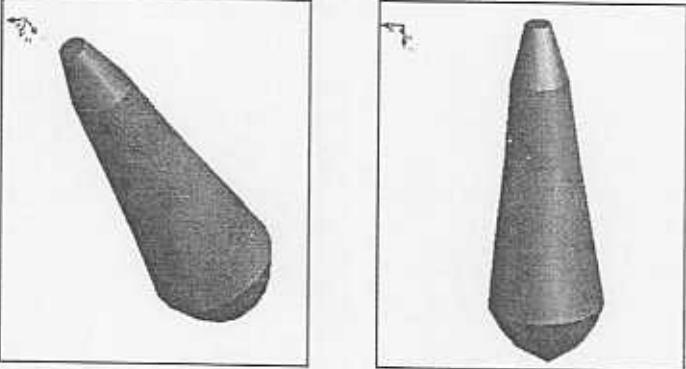
20	-C.No 333/2 -ชื่อเรียก : เบ้าดินเผา -Material : ดินเผา -พบที่ระดับ: 540-550 cm.Dt -น้ำหนัก: 10.70 g ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm			
----	---	---	--	--

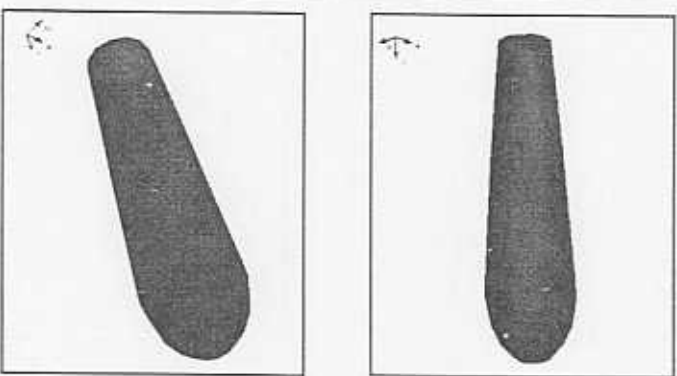
21	-C.No 658 -ชื่อเรียก : เขาสัตว์ตีนแมว -Material : ดินเผา -พบที่ระดับ: 350-360 cm.Dt -น้ำหนัก: 18.68 กรัม ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm			
----	--	---	--	--

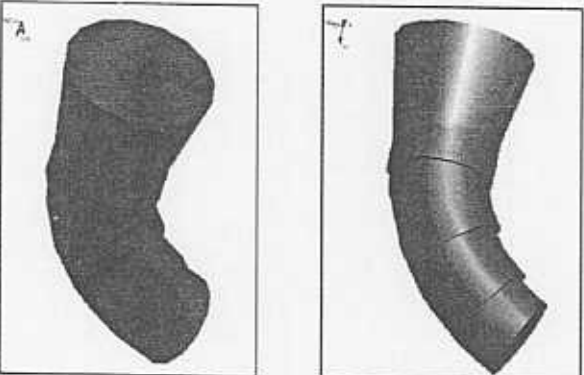
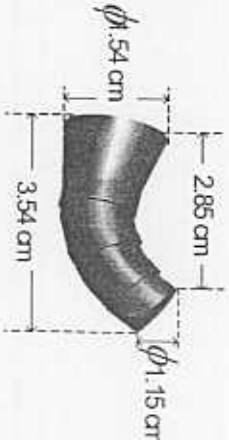
22	-C.No 330 -ชื่อเรียก : แห้งดินเผา -Material : ดินเผา -พบที่ระดับ: 670-680cm.D1 -น้ำหนัก: 23.24g หมายเหตุ: ไม่ได้ศึกษาด้วยเครื่อง XRF เนื่องจากขนาดของตัวอย่างมีขนาดใหญ่กว่า Cup ใส่ตัวอย่างของเครื่อง XRF		 	
----	---	--	--	--

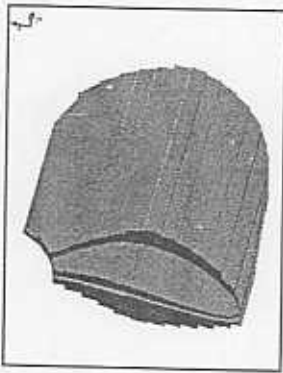
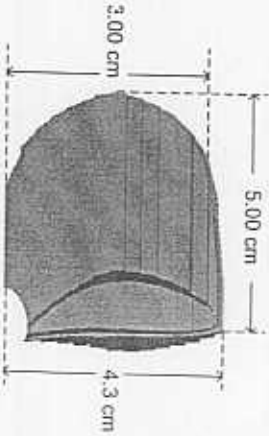
23	-C.No 2701 -ชื่อเรียก : เครื่องประดับดินเผา -Material : ดินเผา -พบที่ระดับ: ผีวัดดิน -น้ำหนัก: 19.66 กรัม หมายเหตุ: ไม่ได้ศึกษาด้วยเครื่อง XRF เนื่องจากขนาดของตัวอย่างมีขนาดใหญ่กว่า Cup ใส่ตัวอย่างของเครื่อง XRF			
				

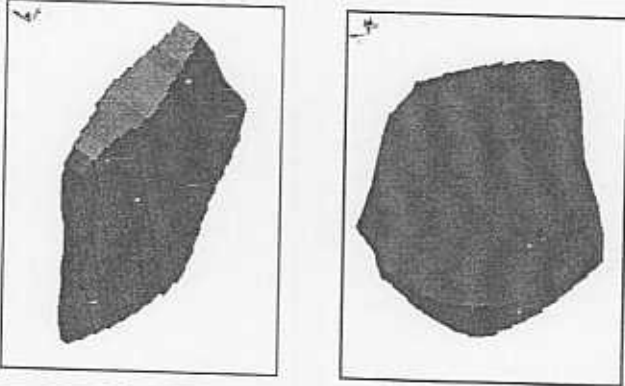
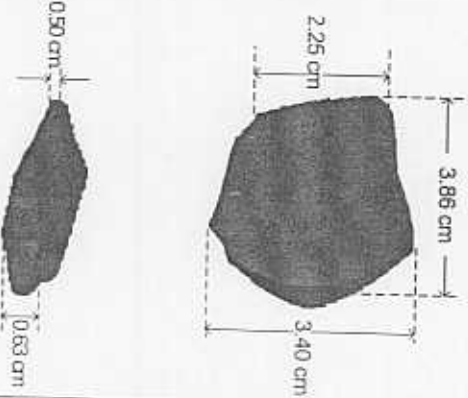
24	-C.No 1894 -ชื่อเรียก : ชิ้นส่วน ประติมากรรม -Material : ดินเผา -พบที่ระดับ: 450-460 cm.Dt ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm			
----	---	---	--	--

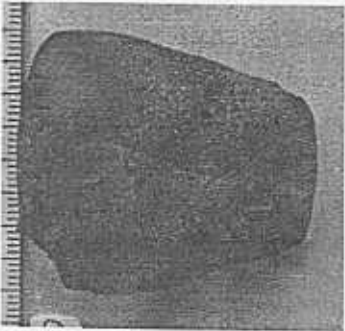
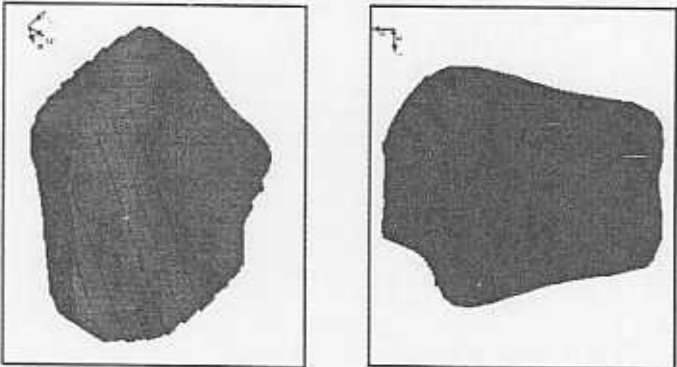
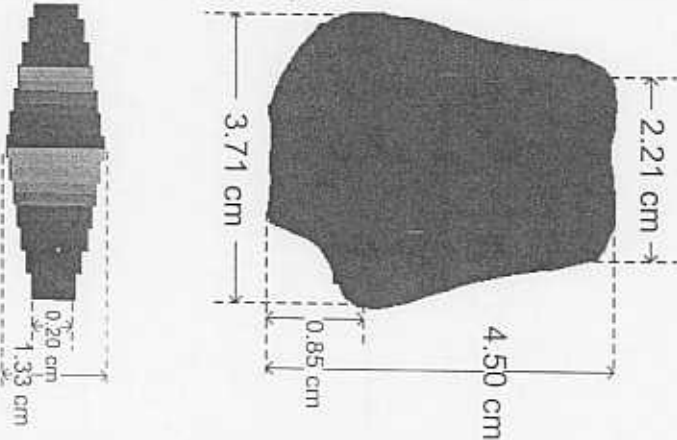
25	-C.No 2841 -ชื่อเรียก : เครื่องประดับดินเผา -Material : ดินเผา -พบที่ระดับ: 190-200 cm.Dt ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm				
----	--	---	--	--	---

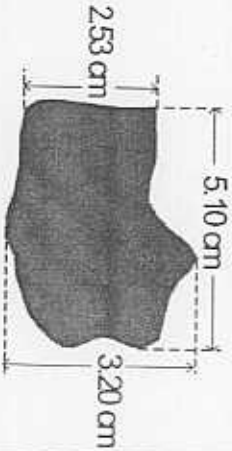
26	-C.No 2848 -ชื่อเรียก : ชิ้นส่วนเครื่องประดับ -Material : ดินเผา -พบที่ระดับ: 70 – 80 cm.Dt -น้ำหนัก: 1.71 g ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm			
----	--	---	--	--

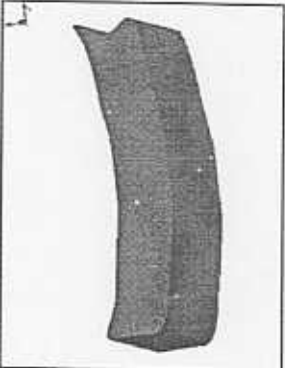
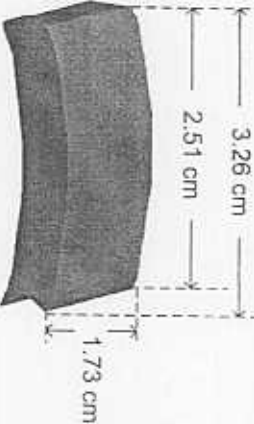
27 -C.No 346 -ชื่อเรียก : เขาสัตว์ตีนเผา -Material : ตีนเผา -พบที่ระดับ: 510-520 cm.Dt -น้ำหนัก: 10.24 g ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm			
---	---	--	--

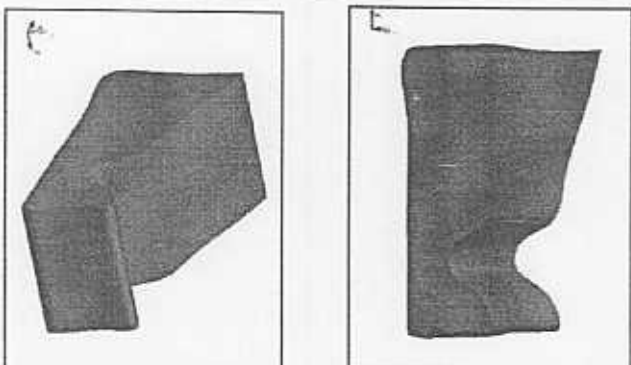
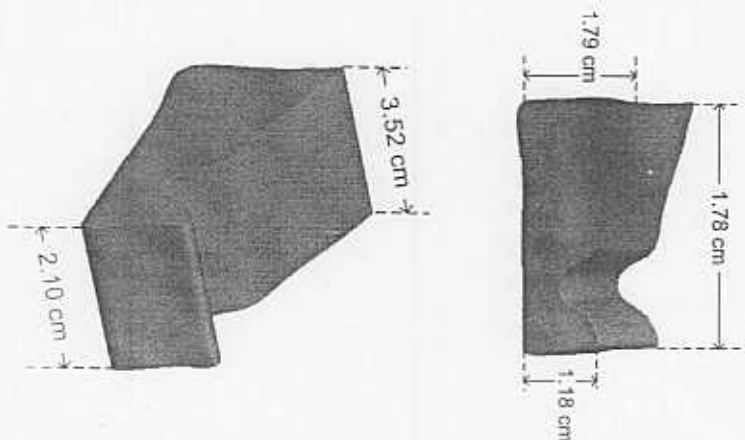
28	-C.No 2182 -ชื่อเรียก : ขวานหิน -Material : หิน -พบที่ระดับ: 449 cm Dt ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm		 	 
----	---	---	--	--

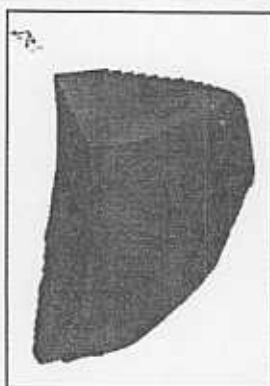
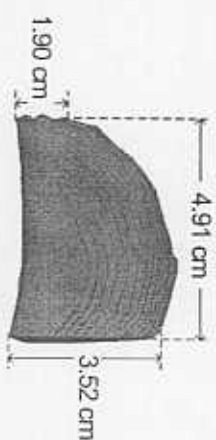
29	-C.No 2008 -ชื่อเรียก : ขวานหินขัด -Material : หิน -พบที่ระดับ: 567 cm.DI -น้ำหนัก: 12.00 กรัม ผลการศึกษด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm):27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 27 mm						
----	---	---	--	--	--	--	--

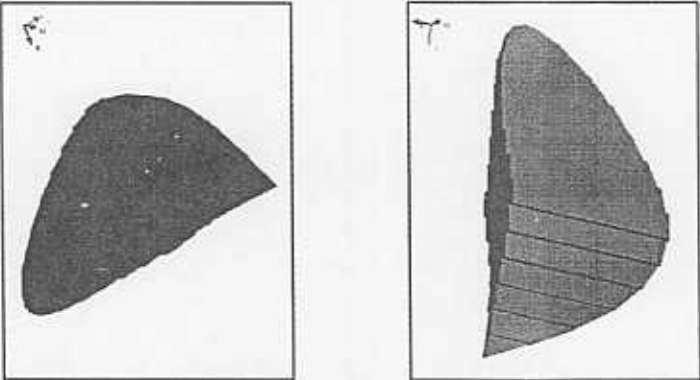
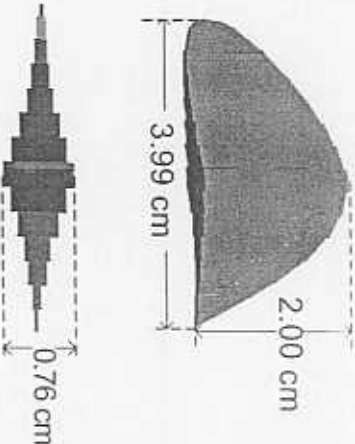
30	-C.No 1368 -ชื่อเรียก : ชาวหิน -Material : หิน -พบที่ระดับ: 520-530cm.Di -น้ำหนัก:34.65 g ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 27 mm			
----	--	---	--	--

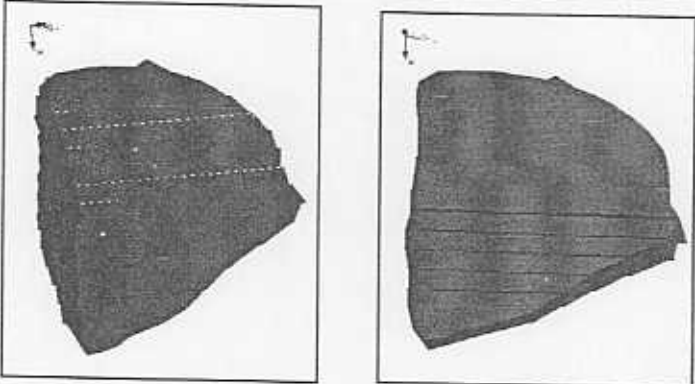
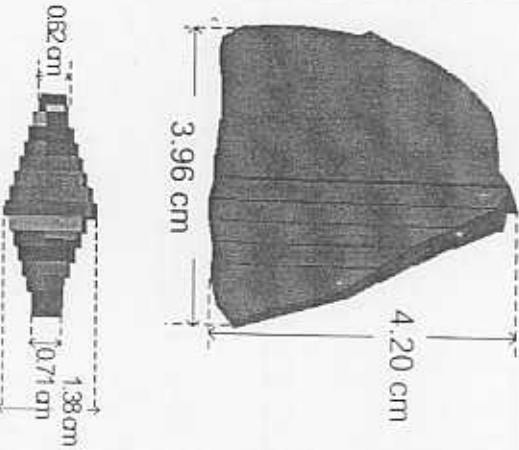
31	-C.No 1936 -ชื่อเรียก : กำไลหิน -Material : หิน -พบที่ระดับ: 640 - 650cm.Dt -น้ำหนัก: 20.045 กรัม หมายเหตุ: ไม่ได้ศึกษาด้วยเครื่อง XRF เนื่องจากขนาดของตัวอย่างมีขนาดใหญ่กว่า Cup ใส่ตัวอย่างของเครื่อง XRF	 	 	 
----	---	--	--	--

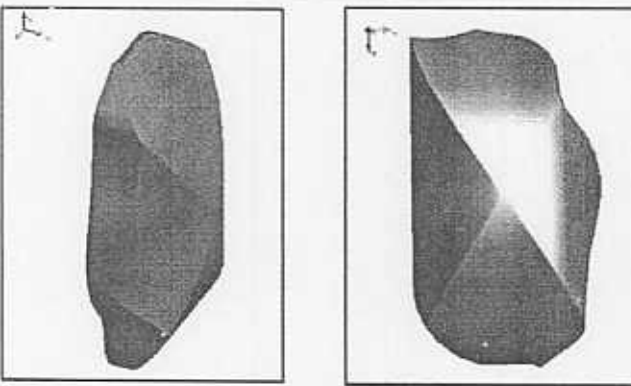
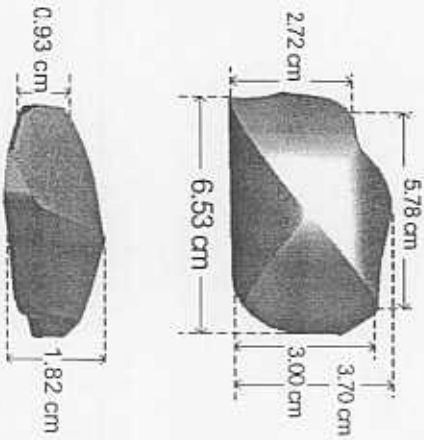
32	-C.No 674 -ชื่อเรียก : กำไลหิน -Material : หิน -พบที่ระดับ: 450 - 460 cm.Dt -น้ำหนัก: 7.12 g ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm	 	 	 
----	--	--	--	--

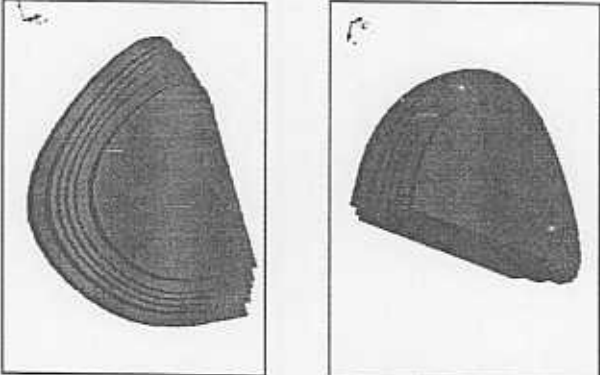
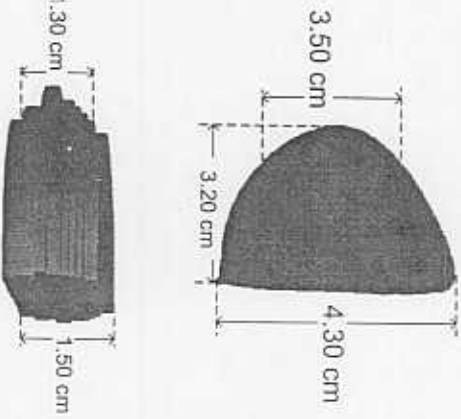
33	-C.No 1091 -ชื่อเรียก : หินลับ -Material : หิน -พบที่ระดับ: 490-500 cm.Dt -น้ำหนัก: 19.62 g ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm			
----	---	---	--	--

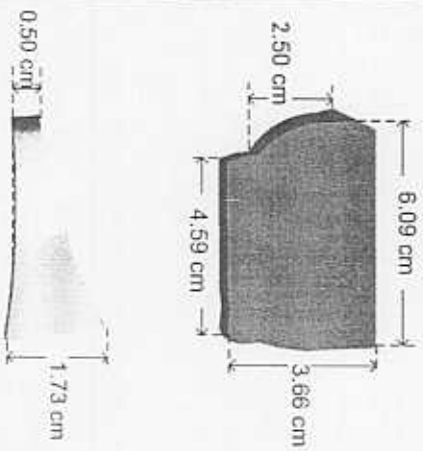
34	-C.No 1995 -ชื่อเรียก : ขวานหิน -Material : หิน -พบที่ระดับ: 500 – 510 cm.Dt -น้ำหนัก: 25.52 g หมายเหตุ: ไม่ได้ศึกษาด้วยเครื่อง XRF เนื่องจากขนาดของตัวอย่างมีขนาดใหญ่กว่า Cup ใส่ตัวอย่างของเครื่อง XRF	 	 	 
----	--	--	--	--

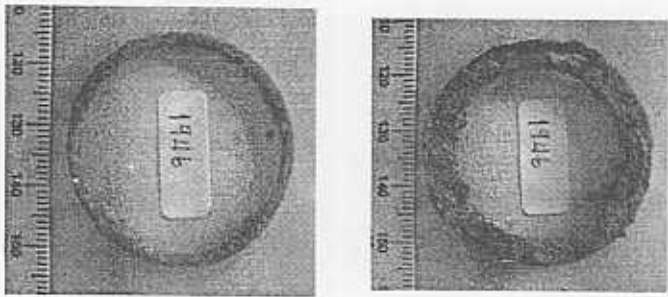
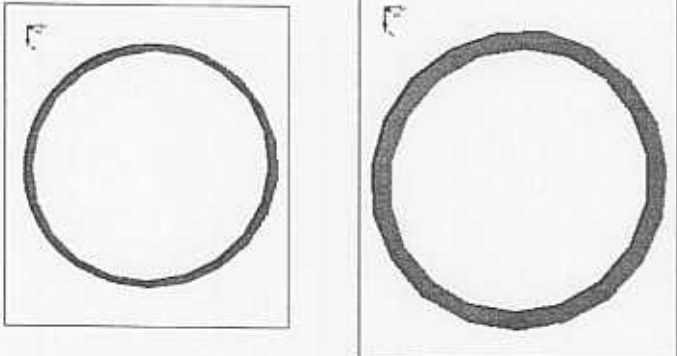
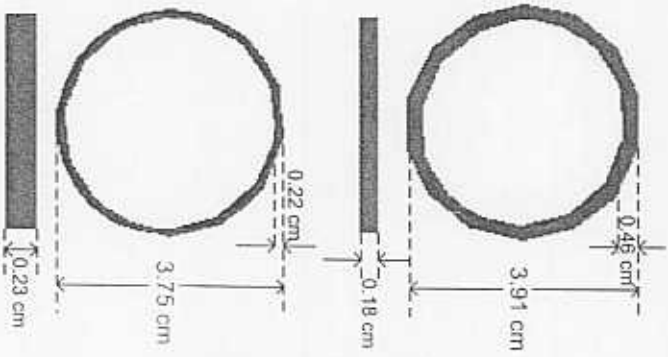
35	-C.No 1341 -ชื่อเรียก : ขวานหิน -Material : หิน -พบที่ระดับ: 520-530 cm.Dt -น้ำหนัก: 15.75 กรัม ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm			
----	---	---	--	--

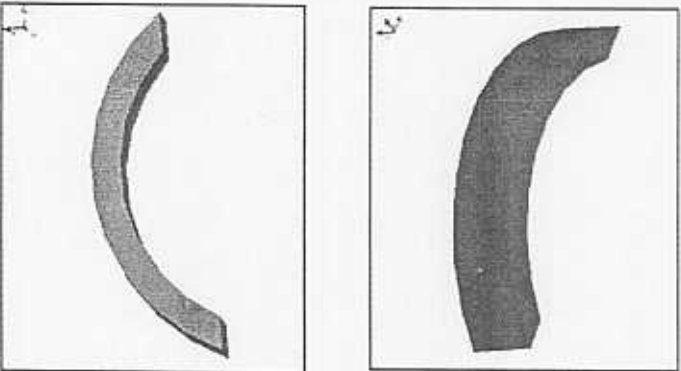
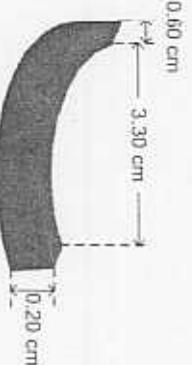
36	-C.No 1333 -ชื่อเรียก : ขวานหิน -Material : หิน -พบที่ระดับ: 540-550 cm.Dt -น้ำหนัก: 20.65 g ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 27 mm			
----	---	--	--	--

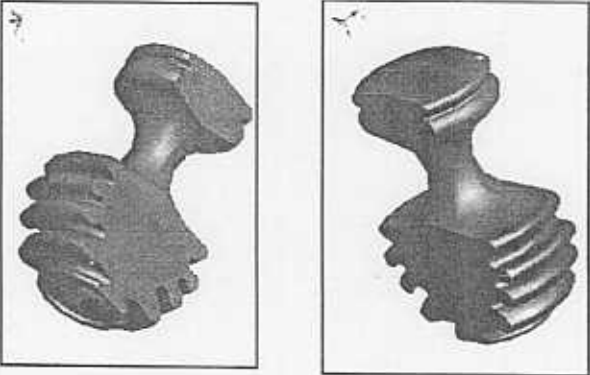
37 -C.No 1930 -ชื่อเรียก : หินทรายมีลาย -Material : หิน -พบที่ระดับ: 540 – 550 cm.Dt -น้ำหนัก: 56.439 กรัม หมายเหตุ: ไม่ได้ศึกษาด้วยเครื่อง XRF เนื่องจากขนาดของตัวอย่างมีขนาดใหญ่กว่า Cup ใส่ตัวอย่างของเครื่อง XRF			
---	---	--	--

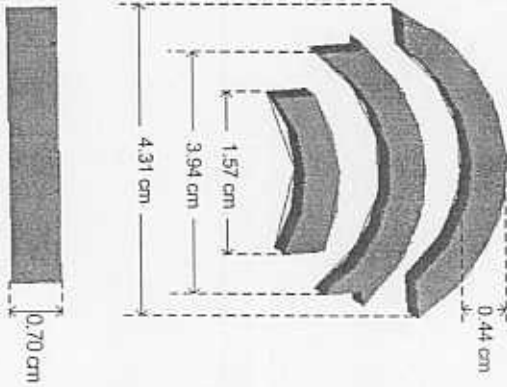
38	-C.No 1375 -ชื่อเรียก : ขวานหิน -Material : หิน -พบที่ระดับ: 550-560 cm Dt -น้ำหนัก: 20.23 กรัม ผลการศึกษด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 27 mm			
----	---	---	--	--

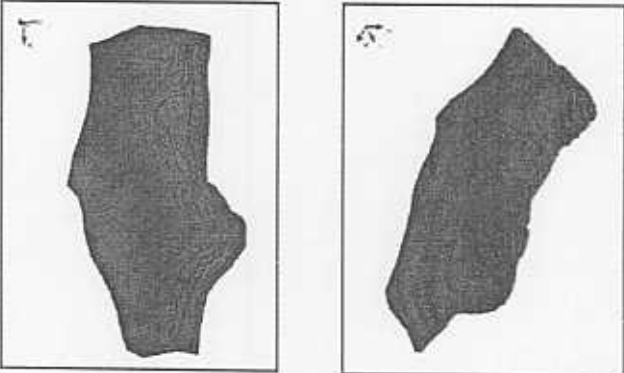
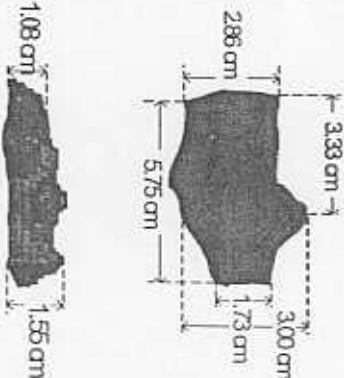
39	-C.No 339 -ชื่อเรียก : หินลับ -Material : หิน -พบที่ระดับ: 480-490 cm.Dt -น้ำหนัก: 45.96 g หมายเหตุ:ไม่ได้ศึกษาด้วยเครื่อง XRF เนื่องจากขนาดของตัวอย่างมีขนาดใหญ่กว่า Cup ใส่ตัวอย่างของเครื่อง XRF			
----	---	---	---	--

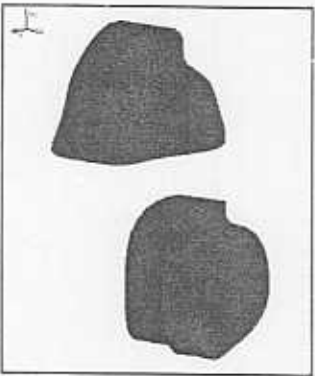
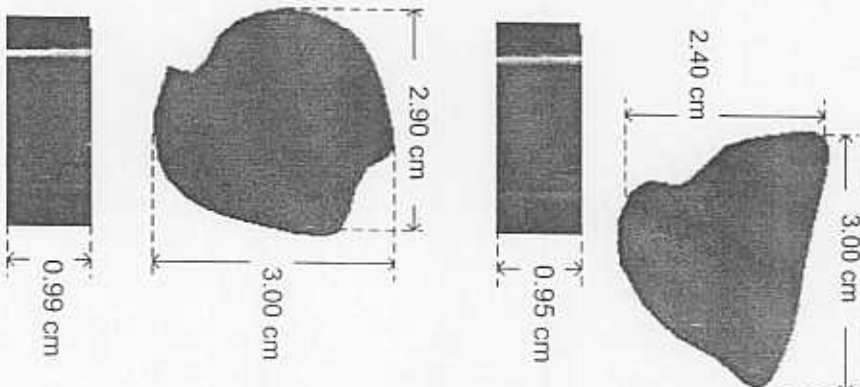
40 -C.No 1946 -ชื่อเรียก : กำไลสำริด -Material : สำริด -พบที่ระดับ: 105-109cm.D1 น้ำหนัก: รวใหญ่ 4.99 g/1อัน : รวเล็ก 3.46 g/ 1อัน หมายเหตุ: ไม่ได้ศึกษาด้วยเครื่อง XRF เนื่องจากขนาดของตัวอย่างมีขนาดใหญ่กว่า Cup ใส่ตัวอย่างของเครื่อง XRF			
--	---	--	--

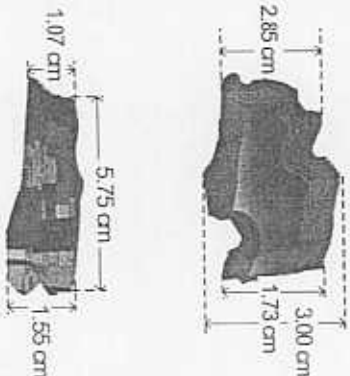
41	-C.No 1421 -ชื่อเรียก : ชิ้นส่วนกำไล -Material : สำริด -พบที่ระดับ: 270 – 280 cm Dt ผลการศึกษาด้วยเครื่องมือ XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm			
----	---	--	--	---

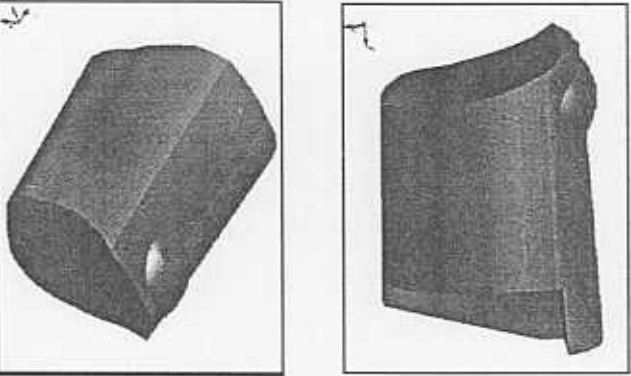
42	-C.No 1159 -ชื่อเรียก : ชิ้นส่วนเครื่องประดับ -Material : สำริด -พบที่ระดับ: 280 - 290 cm.Dt ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm			
----	---	---	--	--

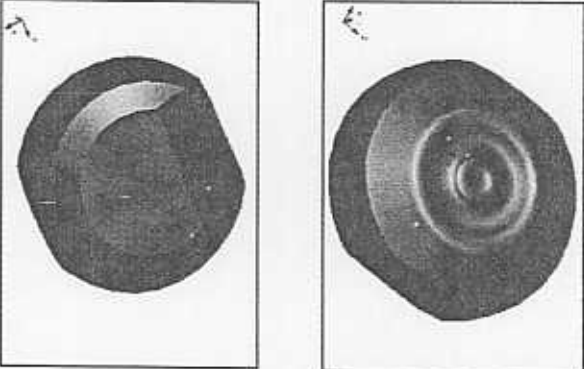
43	-C.No 1667 -ชื่อเรียก : กำไลสำริด -Material : สำริด -พบที่ระดับ: 310-320 cm.Dt -น้ำหนัก: 9.24 g ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm			
----	---	---	--	--

44	-C.No 2209 -ชื่อเรียก : เครื่องมือเหล็ก -Material : เหล็ก -พบที่ระดับ: 0-50 cm.Dt -น้ำหนัก: 29.958 กรัม หมายเหตุ:ไม่ได้ศึกษาด้วยเครื่อง XRF เนื่องจากขนาดของตัวอย่างมีขนาดใหญ่กว่า Cup ใส่ตัวอย่างของเครื่อง XRF			
----	--	---	--	--

45	-C.No 51 -ชื่อเรียก : ชิ้นส่วนโลหะเหล็ก -Material : เหล็ก -พบที่ระดับ: 50-60 cm.Dt -น้ำหนัก: 10.69 g ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm			
----	--	--	---	--

46	-C.No 53 -ชื่อเรียก : เศษชิ้นส่วนเหล็ก -Material : เหล็ก -พบที่ระดับ: 50-60 cm.Dt ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm			
----	--	---	---	--

47	-C.No 2854 -ชื่อเรียก : แท่งโลหะเหล็ก -Material : เหล็ก -พบที่ระดับ: 180-190 cm.Dt ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm			
----	---	---	--	--

48 -C.No 2172 -ชื่อเรียก : ก้อนโลหะ -Material : เหล็ก -พบที่ระดับ: 490-500 cm.Dt ผลการศึกษาด้วยเครื่อง XRF เงื่อนไขการศึกษา : Condition : Quantitative Program Analysis Medium : vacuum Collimator mask(mm): 27 mm Sample type: solid Sample Cup: Steel 6 mm			
--	---	--	---

4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างโบราณวัตถุด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์

นำตัวอย่างโบราณวัตถุไปวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณด้วยเครื่อง X – ray Fluorescence ดังแสดงผลในตารางที่ 4.2.1-4.2.4

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างโบราณวัตถุไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทุกตัวอย่างเนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องขนาดจึงไม่สามารถนำตัวอย่างดังกล่าวไปใส่ใน chamber ของเครื่องได้และเป็นตัวอย่างที่ไม่สามารถทำลายได้และเป็นหลักฐานทางโบราณคดีที่สำคัญ ซึ่งมีผลต่อระนาบตัวอย่างที่รังสีเอกซ์กระทำตามเงื่อนไขสมการของแบร็ก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีผลเฉพาะการหาเชิงคุณภาพของตัวอย่างส่วนการหาปริมาณธาตุจะมีเพียงบางตัวอย่างเท่านั้น

ผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่มตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 4.2.1 ถึง 4.2.4

ตารางที่ 4.2.1 ผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence ของตัวอย่างกลุ่มที่ 1 ตัวอย่างที่เป็นเครื่องปั้นดินเผา

C.No	ปริมาณธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	Si	Al	P	Cl	K	Ca	Na	Mg	Ti	Fe	O	Mn	Zr	Sr	Mo	Cr
1169	72.48	14.33	7.35	2.77	3.06	0.00	0.00	0.00	<<	-	0.00	-	-	-	-	-
1094	73.56	15.48	7.73	3.22	-	-	0.00	0.00	<<	0.00	0.00	-	-	-	-	-
1894	79.89	12.27	4.48	3.35	<<	0.00	0.00	0.00	<<	0.00	0.00	-	-	-	-	-
2841	79.75	13.49	3.39	0.00	3.36	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-	-
2848	70.82	23.32	2.94	2.92	0.00	<<	0.00	0.00	<<	0.00	0.00	-	-	-	-	-
328	78.82	11.91	3.44	3.10	2.73	0.00	0.00	0.00	<<	0.00	0.00	-	-	-	-	-
340	78.83	13.98	3.80	0.00	3.39	0.00	0.00	0.00	<<	0.00	0.00	-	-	-	-	-
346	76.44	11.88	4.52	4.08	3.10	0.00	0.00	0.00	<<	0.00	0.00	-	-	-	-	-
350	78.51	11.90	4.30	2.40	2.89	0.00	0.00	0.00	<<	0.00	0.00	-	-	-	-	-
64	76.61	16.11	5.21	-	2.03	0.00	<<	0.00	0.00	-	0.00	-	-	-	-	-
2151	75.99	14.23	3.79	0.00	5.99	0.00	0.00	0.00	<<	0.00	0.00	-	-	-	-	-
1916	62.06	18.76	17.45	-	1.72	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-	-
333/1	78.07	14.68	5.47	0.19	1.05	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-	-
333/2	76.54	16.86	5.67	-	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00	-	-	-
658	75.48	15.88	6.02	2.63	<<	0.00	0.00	0.00	<<	0.00	0.00	-	-	-	0.00	-
1907	83.88	11.70	1.50	<<	2.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
1917	70.72	14.18	12.94	2.16	<<	0.00	-	-	<<	0.00	0.00	-	-	<<	0.00	0.00

ตารางที่ 4.2.2 ผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence ของตัวอย่าง
กลุ่มที่ 2 ตัวอย่างที่เป็นหิน

C.No.	ปริมาณธาตุ (% โดยน้ำหนัก)												
	Si	Al	P	K	Cl	S	Na	Mg	Ca	Ti	Fe	Mn	O
1375	76.45	14.36	7.24	1.19	0.43	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1368	78.43	18.32	2.12	0.89	0.23	<<	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1091	72.72	15.98	7.02	3.98	0.19	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2008	75.16	19.46	4.06	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2182	72.60	18.36	8.49	0.00	0.38	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1341	65.69	12.84	3.22	<<	0.00	18.25	0.00	0.00	0.00	<<	0.00	0.00	0.00
674	64.01	12.63	4.52	<<	2.79	16.03	0.00	0.00	0.00	<<	0.00	0.00	0.00
1333	83.30	13.12	2.72	<<	0.35	0.52	0.00	0.00	0.00	-	0.00	-	0.00
2039	99.09	0.77	0.13	-	<<	<<	<<	0.00	0.00	-	0.00	-	0.00

ตารางที่ 4.2.3 ผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence ของตัวอย่าง
กลุ่มที่ 3 ตัวอย่างที่เป็นโลหะ

C.No.	ปริมาณธาตุ (% โดยน้ำหนัก)										
	Si	Al	P	S	K	Ca	Ti	Fe	O	Cr	Cl
51	79.10	17.43	2.18	0.19	1.08	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
53	59.96	14.77	<<	25.26	-	-	<<	0.00	0.00	-	-
2172	69.88	19.93	3.65	<<	6.54	0.00	0.00	0.00	0.00	-	<<
2854	61.69	10.04	2.84	23.11	-	-	-	0.00	0.00	0.00	2.31

ตารางที่ 4.2.4 ผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence ของตัวอย่าง
กลุ่มที่ 4 ตัวอย่างที่เป็นสำริด

C.No.	ปริมาณธาตุ (% โดยน้ำหนัก)							
	Si	Al	P	Cl	Fe	Cu	Sn	O
1159	57.01	6.68	23.72	12.58	0.00	0.00	0.00	-
1421	68.62	9.80	21.57	0.00	0.00	0.00	<<	0.00
1667	55.72	7.27	28.43	8.58	0.00	0.00	0.00	-

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ 0.00 หมายถึง ไม่สามารถคำนวณหาปริมาณจาก Software IQ⁺ ได้

<< หมายถึง มีปริมาณธาตุในตัวอย่างน้อยมาก

- หมายถึง ไม่พบธาตุดังกล่าวในตัวอย่าง

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินโครงการ และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

สามารถบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับรูปร่างลักษณะภายนอกของโบราณวัตถุได้และสามารถหาคัดประกอบของธาตุในตัวอย่างโบราณวัตถุด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ได้ ซึ่งโครงการนี้เป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับสำนักงานศิลปากรที่ 11 จังหวัดอุบลราชธานีและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การเก็บข้อมูลลักษณะ รูปร่าง รูปทรง และขนาด ให้มีความละเอียดควรใช้เครื่อง Techno 3-D Digitizer.
2. การวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของตัวอย่างโบราณวัตถุควรใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบกระจายพลังงาน (EDXRF : Energy Dispersive X-ray Fluorescence) ร่วมด้วย เพื่อแก้ไขข้อจำกัดที่ WDXRF ไม่สามารถทำได้

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

เนื่องจากรูปร่างลักษณะของตัวอย่างโบราณวัตถุที่ได้นำมาศึกษานั้น บางตัวอย่างมีลักษณะรูปทรงที่ซับซ้อนจึงทำให้การใช้โปรแกรม AutoCAD 2002 ยังไม่สามารถวาดภาพที่มีความสมบูรณ์ใกล้เคียงกับตัวอย่างโบราณวัตถุจริงได้

สรุปค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการฯ (แยกตามหมวดค่าใช้จ่าย)

งบประมาณที่ได้รับการจัดสรร 137,000 บาท/ปี

ก.หมวดค่าตอบแทน

-ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย 92,720 บาท

ข.ค่าใช้จ่าย

-ค่าถ่ายเอกสารหนังสืออ้างอิง 239 บาท

ค.ค่าวัสดุ

-ค่าน้ำมัน+ค่าวัสดุโฆษณาและเผยแพร่ 2,294 บาท

-หมวดค่าครกบดสาร 42,536 บาท

รวมงบประมาณที่ใช้จริง 137,789 บาท

สรุปว่า : การใช้เงินในโครงการฯนี้ มีค่าใช้จ่ายที่เกินจากงบประมาณเป็นเงิน -789 บาท

บรรณานุกรม

1. สำนักงานศิลปากรที่ 11 อุบลราชธานี, "การสำรวจแหล่งโบราณคดีในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ เล่ม 1 และ 2", กรมศิลปากรที่ 11, 2544.
2. D.Ertel, "X-ray Fluorescence Analysis," Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe, 1988.
3. R. Tertian and F.Clasisse, "Principle of Quantitative X- Ray Fluorescence Analysis, " HEYDEN, London, 1982.
4. [Http://www.wcaslab.com/tech/xrf.htm](http://www.wcaslab.com/tech/xrf.htm)