



โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

การหาอายุอิฐด้วยวิธีการเปล่งแสง จากแหล่งโบราณคดีสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี

โดย

นางสาวเอมมิกา โลจนานันท์

เลขประจำตัวนิติต 6032741323

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2563

การหาอายุอิฐด้วยวิธีการเปล่งแสง จากแหล่งโบราณคดีสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี

นางสาวเอมมิกา โจนานันท์

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2563

LUMINESCENCE DATING OF BRICKS FROM SUPHAN BURI ARCHAEOLOGICAL SITE,

SUPHAN BURI PROVINCE

MISS EMMIKA LOCHANANAN

A Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Bachelor of Science Program in Geology

Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Academic Year 2020

หัวข้อโครงการ

การหาอายุอิฐด้วยวิธีการเปล่งแสง จากแหล่งโบราณคดี

สุพรรณบุรีจังหวัดสุพรรณบุรี

โดย

นางสาวเอมมิกา โสจนานันท์

สาขาวิชา


ธรณีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก

ศาสตราจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้

วันที่ส่ง..... 14/5/2564

วันที่อนุมัติ..... 7/5/2564



.....
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก
(ศาสตราจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้)

Project Title LUMINESCENCE DATING OF BRICKS FROM SUPHAN BURI
ARCHAEOLOGICAL SITE, SUPHAN BURI PROVINCE
By Miss Emmika Lochananan
Field of Study Geology
Project Advisor Professor Santi Pailoplee, Ph. D.

Submitted date.....14/5/2021.....
Approval date.....7/5/2021.....



.....

Project Advisor
(Professor Santi Pailoplee, Ph. D.)

เอมมิกา โลจนานันท์ : การหาอายุอิฐด้วยวิธีการเปล่งแสง จากแหล่งโบราณคดีสุพรรณบุรี
จังหวัดสุพรรณบุรี. (LUMINESCENCE DATING OF BRICKS FROM SUPHAN BURI
ARCHAEOLOGICAL SITE, SUPHAN BURI PROVINCE) อ.ที่ปรึกษาโครงการหลัก :
ศาสตราจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้, 54 หน้า.

จากการขุดค้นพบกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี ในโครงการอนุรักษ์และพัฒนากำแพงเมือง
โบราณสุพรรณบุรี ตำบลรั้วใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี โดยสำนักศิลปากรที่ 2 สุพรรณบุรี
กรมศิลปากร พบว่าเป็นร่องรอยของผังเมืองโบราณซ้อนทับกันสองเมือง โดยเมืองที่เก่ากว่ามีขนาดใหญ่
และครอบคลุมสองฝั่งของแม่น้ำสุพรรณบุรี ส่วนเมืองที่ใหม่กว่าเป็นเมืองขนาดเล็กทางทิศตะวันตกของ
แม่น้ำสุพรรณบุรี เนื่องจากมีการรื้อและปรับปรุงแนวกำแพงอยู่หลายครั้ง อีกทั้งร่องรอยกำแพงที่พบใน
ปัจจุบันนั้น อยู่ในสภาพที่ค่อนข้างทรุดโทรม ทำให้เป็นประเด็นปัญหาทางโบราณคดีในการพิสูจน์
หลักฐาน เพื่อให้ทราบถึงอายุ และสามารถอธิบายถึงลำดับการก่อสร้างกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี
ผู้จัดทำโครงการได้ทำการศึกษาการหาอายุด้วยวิธีเปล่งแสง เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถประยุกต์ใช้กับ
การหาอายุอิฐได้ ตัวอย่างอิฐจากกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรีที่ทำการศึกษา มีทั้งหมด 2 ชุด คือ
ตัวอย่าง SPN (ตัวอย่างจากกำแพงด้านทิศเหนือ) และตัวอย่าง SPE (ตัวอย่างจากกำแพงด้านทิศ
ตะวันออกฝั่งเหนือ) การทดลองแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกคือการหาค่า ED ด้วยเครื่อง TL/OSL
reader และค่าที่สองคือ ค่า AD ซึ่งหาได้จากเครื่อง Gamma-ray spectrometer พบว่าตัวอย่าง
SPN-1 มีอายุ 350-380 ปีก่อนปัจจุบัน ตัวอย่าง SPN-2 มีอายุ 439-493 ปีก่อนปัจจุบัน ตัวอย่าง SPE-
1 มีอายุ 654-692 ปีก่อนปัจจุบัน และ SPE-2 มีอายุ 605-623 ก่อนปัจจุบัน ทำให้สามารถสรุปผลได้ว่า
SPN-2 เป็นอิฐจากสมัยแรกของแนวกำแพงเมืองด้านทิศเหนือ ที่มีการสร้างกะเปาะยื่นออกมาจากแนว
กำแพงเมือง และ SPN-1 คาดว่าเป็นสมัยที่สองที่มีนำอิฐใหม่มาทำการปรับระดับพื้นใช้งานให้สูงขึ้น
กว่าเดิม ส่วนตัวอย่าง SPE-1 และ SPE-2 คาดว่าเป็นอิฐจากการสร้างกำแพงเมืองอิฐในระยะที่ 1 ซึ่งมี
อายุแก่กว่า SPN-1 และ SPN-2 โดยสันนิษฐานว่าตัวอย่าง SPE-1 และ SPE-2 ถูกนำมาสร้างกำแพงอิฐ
นี้ หลังจากได้รับอิทธิพลการเข้ามาของสุโขทัย ราวช่วงกลางถึงช่วงปลายพุทธศตวรรษที่ 19

ภาควิชา ธรณีวิทยา

ลายมือชื่อนิสิต.....เอมมิกา โลจนานันท์.....

สาขาวิชา ธรณีวิทยา

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก.....*Santi B.*.....

ปีการศึกษา 2563

6032741323 : MAJOR GEOLOGY

KEYWORDS : DATING / LUMINESCENCE / BRICK / SUPHAN BURI ARCHAEOLOGICAL SITE

EMMIKA LOCHANANAN : LUMINESCENCE DATING OF BRICKS FROM SUPHAN BURI ARCHAEOLOGICAL SITE, SUPHAN BURI PROVINCE. ADVISOR : PROFESSOR SANTI PAILOPLEE, Ph. D., 54 pp.

The Fine Art Department of Thailand found the Suphan Buri ancient city wall which is located at Tambon Rua Yai, Mueang Suphan Buri District, Suphan Buri Province. According to the conservation and development project's report, there were two cities in different times located in this area which had overlapped city walls. The older city is large and covers both sides of the Suphan Buri River. The newer city is a small town on the west side of the Suphan Buri River. Therefore, it is an archaeological issue in providing evidence for the ages and can explain the construction sequence of the Suphan Buri ancient city wall. The project researcher used the luminescence dating method to determine the age of the city wall because it can be applied to bricks. Brick samples from the Suphan Buri ancient city wall were studied in 2 sets, SPN samples (bricks from northern city wall) and SPE samples (bricks from eastern city wall). The experiment was divided into two parts. The first part is to determine the ED with a TL/OSL reader. The second part is AD by measuring with a Gamma-ray. The results show the SPN-1 samples were 350-380 years before present and the SPN-2 samples were 439-493 years before present. Therefore, it can be concluded that SPN-2 is a brick from the first period of the northern city wall and the SPN-1 is expected to be the second period that new bricks have been leveled up to a higher level than before. The samples of SPE-1 and SPE-2 are bricks from the construction of a brick wall in phase 1 that are older than SPN-1 and SPN-2 and assume that the brick wall was built after being influenced by the entry of the Sukhothai Empire around the middle to the end of the 19th century.

Department : Geology

Field of Study : Geology

Academic Year : 2020

Student's Signature... เอมมิกา โลจนานันท์

Advisor's Signature... Santi P.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิทยาศาสตร์เรื่อง สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยได้รับความเมตตาและความช่วยเหลือจากผู้อื่นพระคุณทุกท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้อนุมัติให้มีการจัดทำโครงการวิทยาศาสตร์และอนุมัติงบประมาณสำหรับจัดทำโครงการในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ได้มอบโอกาสในการทำโครงการฉบับนี้ อีกทั้งได้สละเวลาเป็นที่ปรึกษางานวิจัย พร้อมทั้งให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางที่ถูกต้อง รวมไปถึงประสบการณ์ในการทำงานวิจัย ตลอดจนคอยแก้ไขข้อบกพร่อง ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน และการเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณ คุณศุภมาส ดวงสกุล นักโบราณคดีชำนาญการ สำนักศิลปากรที่ 2 สุพรรณบุรี กรมศิลปากร ที่ได้มอบโอกาสในการทำโครงการครั้งนี้ รวมไปถึงอำนวยความสะดวกทั้งในส่วนของสถานที่เก็บตัวอย่าง การเก็บตัวอย่าง รวมไปถึงในส่วนของข้อมูลทางด้านประวัติศาสตร์ของกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการทำโครงการ

ขอขอบพระคุณ คุณศุภชัย นวการพิศุทธิ์ นักโบราณคดีผู้ดำเนินการขุดค้นโบราณสถานหมายเลข 14 บ้านศรีสรรเพชญ์ ตำบลอุ้มทะมิก อำเภอบางปลาม้า จังหวัดสุพรรณบุรี ที่ได้มอบโอกาสในการเข้าถึงพื้นที่ศึกษา การอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่าง รวมไปถึงการให้ข้อมูลทางด้านประวัติศาสตร์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการทำโครงการ

ขอขอบคุณภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่อง TL/OSL reader และภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่อง Gamma-ray spectrometer ทดลองหาค่า AD เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับโครงการ

ขอขอบพระคุณบุคลากรในภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่คอยให้คำแนะนำ คอยช่วยเหลือ และคอยประสานงานด้านต่าง ๆ ในการทำโครงการ และขอขอบคุณรุ่นพี่และรุ่นน้องธรณีวิทยาทุกคน ที่คอยให้คำแนะนำและให้กำลังใจที่ดีมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ครอบครัวของผู้จัดทำโครงการ และขอบคุณเพื่อน ๆ ธรณีวิทยา รุ่น 61 ทุกคน ที่คอยรับฟังปัญหา ให้คำแนะนำในด้านต่าง ๆ รวมถึงให้กำลังใจที่สำคัญเสมอมาตลอดการทำโครงการ ทำให้โครงการฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

นางสาวเอมมิกา โลงนานันท์

ผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
นิยามศัพท์เฉพาะ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	4
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.4 พื้นที่ศึกษา	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัย	13
2.1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
2.2 การดำเนินงานวิจัย	23
3.1 ผลการหาร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง (Water content (W))	32
3.2 ผลการหาค่าอัตราการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติต่อปี (Annual Dose (AD))	33
3.3 ผลการหาปริมาณของอิเล็คตรอนที่สะสมตัวในตัวอย่าง (Equivalent Dose (ED))	33
บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลอง	46
4.1 ผลอายุที่ได้จากการทดลอง	46

4.2 สรุปผลอายุที่ได้จากการทดลอง	49
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	51
5.1 สรุปผลอายุ	51
5.2 ข้อเสนอแนะ	53
บรรณานุกรม	ฉ

สารบัญรูปภาพ

	หน้า	
รูป 1.1	แสดงการเปรียบเทียบของภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google Earth (ซ้าย) แผนที่ทหาร (กลาง) และแผนผังแนวกำแพงเมืองสุพรรณบุรี (ขวา) จากรายงานการดำเนินงานโครงการอนุรักษ์และพัฒนากำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี ตำบลรั้วใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี	2
รูป 1.2	ประตูเมืองฝั่งตรงข้ามป้อมด้านทิศเหนือ ของกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี	3
รูป 1.3	กำแพงเมืองสุพรรณบุรีด้านทิศเหนือฝั่งตะวันออก	4
รูป 1.4	โบราณสถานหมายเลข 14 วิหารใต้ดิน เมืองโบราณอุทอง	4
รูป 1.5	แสดงที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา กำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี	5
รูป 2.1	แบบจำลองแสดงรูปแบบการเปล่งแสงของแร่ (สันติ ภัยหลบลี้, 2563)	14
รูป 2.2	แสดงการสะสมตัวและการถูกปลดปล่อยของอิเล็กตรอน ในเหตุการณ์ต่าง ๆ (ธนีสรณั พุทธกาล, 2563)	15
รูป 2.3	(ซ้าย) OSL decay curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการอบแสง กระตุ้น (แกนนอน) และจำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) (แกนตั้ง) และ (ขวา) growth curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ทราบค่า (Gy) และจำนวนอิเล็กตรอนที่ตรวจวัดได้จากวิธีเปล่งแสงจากการกระตุ้นด้วยแสง (หน่วย count/sec) ที่มีอยู่ในตัวอย่าง (สันติ ภัยหลบลี้, 2563)	20
รูป 2.4	แสดงพื้นที่ศึกษาที่ 1 กำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี และจุดเก็บตัวอย่าง	24
รูป 2.5	แสดงพื้นที่ศึกษาที่ 2 โบราณสถานหมายเลข 14 และจุดเก็บตัวอย่าง	24
รูป 2.6	การหาร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง โดยการชั่งและบันทึกค่าน้ำหนักก่อนอบและหลังอบ	27
รูป 2.7	กระปุกพลาสติกบรรจุตัวอย่างทั้งหมด 6 ตัวอย่าง สำหรับการทดลองหาค่า AD	29
รูป 2.8	แผนภาพแสดงวิธีการทดลองหาค่า Annual Dose	30
รูป 2.9	เครื่องแยกแม่เหล็ก isodynamic magnetic separator ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	31
รูป 2.10	บรรยากาศการเตรียมตัวอย่างเพื่อหาค่า ED ในห้องมืด	31
รูป 3.1	แสดงผลการหาค่า ED ในรูปแบบ OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตัวอย่าง SPN-1_01	34

รูป 3.2	แสดงการหาค่าตัวแทน ED ของตัวอย่าง SPN-1 สำหรับนำไปคำนวณการกำหนดค่าอายุ	35
รูป 3.3	แสดงผลการหาค่า ED ในรูปแบบ OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตัวอย่าง SPN-2_01	36
รูป 3.4	แสดงการหาค่าตัวแทน ED ของตัวอย่าง SPN-2 สำหรับนำไปคำนวณการกำหนดค่าอายุ	37
รูป 3.5	แสดงผลการหาค่า ED ในรูปแบบ OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตัวอย่าง SPE-1_02	38
รูป 3.6	แสดงการหาค่าตัวแทน ED ของตัวอย่าง SPE-1 สำหรับนำไปคำนวณการกำหนดค่าอายุ	39
รูป 3.7	แสดงผลการหาค่า ED ในรูปแบบ OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตัวอย่าง SPE-2_01	40
รูป 3.8	แสดงการหาค่าตัวแทน ED ของตัวอย่าง SPE-2 สำหรับนำไปคำนวณการกำหนดค่าอายุ	41
รูป 3.9	แสดงผลการหาค่า ED ในรูปแบบ OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตัวอย่าง UT-1_02	42
รูป 3.10	แสดงการหาค่าตัวแทน ED ของตัวอย่าง UT-1 สำหรับนำไปคำนวณการกำหนดค่าอายุ	43
รูป 3.11	แสดงผลการหาค่า ED ในรูปแบบ OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) UT-2_02	44
รูป 3.12	แสดงการหาค่าตัวแทน ED ของตัวอย่าง UT-2 สำหรับนำไปคำนวณการกำหนดค่าอายุ	45
รูป 4.1	แสดงการกระจายตัวของอายุ จากตัวอย่าง SPN-1 และ SPN-2	48
รูป 4.2	แสดงการกระจายตัวของอายุ จากตัวอย่าง SPE-1 และ SPE-2	49
รูป 4.3	แสดงการกระจายตัวของอายุ จากตัวอย่าง UT-1 และ UT-2	49
รูป 5.1	แสดงอายุของแต่ละตัวอย่างจากกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี	51
รูป 5.2	แสดงอายุของแต่ละตัวอย่างจากโบราณสถานหมายเลข 14	52

สารบัญตาราง

		หน้า
ตาราง 2.1	แสดงประสิทธิภาพและความเหมาะสมของการหาอายุด้วยวิธีต่าง ๆ กับตัวอย่างแต่ละชนิด (Aitken, 1990)	16
ตาราง 2.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสีกับปริมาณรังสีชนิดต่างๆที่ธาตุกัมมันตรังสีแต่ละชนิดปล่อยออกมา (Bell, 1979)	18
ตาราง 2.3	แสดงข้อมูลและภาพตัวอย่างอิฐ จากพื้นที่ศึกษาที่ 1 กำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี	25
ตาราง 2.4	แสดงข้อมูลและภาพตัวอย่างอิฐ จากพื้นที่ศึกษาที่ 2 โบราณสถานหมายเลข 14	26
ตาราง 2.5	ภาพตัวอย่างทั้งหมด 6 ตัวอย่าง สำหรับการทดลองหาค่าร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง	27
ตาราง 2.6	แสดงภาพตัวอย่างอิฐสำหรับนำไปบดด้วยเครื่อง Vibratory Disc Mill เพื่อเตรียม AD	28
ตาราง 3.1	แสดงผลการหา Water content ของอิฐทั้ง 6 ตัวอย่าง	32
ตาราง 3.2	แสดงผลการหาปริมาณความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสี	33
ตาราง 3.3	แสดงผลการหาค่า Annual Dose (AD)	33
ตาราง 3.4	แสดงผลการหาค่า Equivalent dose (ED) จากตัวอย่างอิฐ SPN-1	35
ตาราง 3.5	แสดงผลการหาค่า Equivalent dose (ED) จากตัวอย่างอิฐ SPN-2	37
ตาราง 3.6	แสดงผลการหาค่า Equivalent dose (ED) จากตัวอย่างอิฐ SPE-1	39
ตาราง 3.7	แสดงผลการหาค่า Equivalent dose (ED) จากตัวอย่างอิฐ SPE-2	41
ตาราง 3.8	แสดงผลการหาค่า Equivalent dose (ED) จากตัวอย่างอิฐ UT-1	43
ตาราง 3.9	แสดงผลการหาค่า Equivalent dose (ED) จากตัวอย่างอิฐ UT-2	45
ตาราง 4.1	ผลการหาอายุของตัวอย่าง SPN-1	46
ตาราง 4.2	ผลการหาอายุของตัวอย่าง SPN-2	46
ตาราง 4.3	ผลการหาอายุของตัวอย่าง SPE-1	47
ตาราง 4.4	ผลการหาอายุของตัวอย่าง SPE-2	47
ตาราง 4.5	ผลการหาอายุของตัวอย่าง UT-1	47
ตาราง 4.6	ผลการหาอายุของตัวอย่าง UT-2	48

ตาราง 4.7	แสดงค่าอายุของอิฐทั้งหมด 6 ตัวอย่าง	50
ตาราง 4.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างอิฐทั้ง 6 ตัวอย่าง และช่วงอายุ	50

นิยามศัพท์เฉพาะ

การเปล่งแสงด้วยการกระตุ้นด้วยแสง (optically stimulated luminescence)

การเปล่งแสงด้วยการกระตุ้นด้วยแสง เป็นการใช้แสงในการกระตุ้นให้อิเล็กตรอนในหลุมกักเก็บอิเล็กตรอนไปตกที่ศูนย์กลางการเปล่งแสง เกิดเป็นการรวมตัวใหม่อีกครั้งและมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น โดยเป็นการปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปแบบโฟตอน

Equivalent Dose (ED)

Equivalent Dose (ED) คือ ค่าปริมาณอิเล็กตรอนที่มีอยู่ในหลุมกักเก็บอิเล็กตรอน ซึ่งในธรรมชาติโครงสร้างผลึกจะมีความไม่สมบูรณ์อยู่ เมื่อตัวอย่างถูกกระตุ้นด้วยการอาบรังสี จะสามารถตรวจวัดพลังงานที่ได้รับด้วยเครื่อง TL/OSL reader โดยมีหน่วยเป็น เกรย์ (Gy)

Annual Dose (AD)

Annual Dose (AD) หรืออัตราการแผ่รังสี

ต่อปี เป็นการประเมินหาค่าความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติ ได้แก่ ยูเรเนียม (U) ทอเรียม(Th) และโพแทสเซียม (K) จากนั้นธาตุกัมมันตรังสีดังกล่าวจะให้พลังงาน 3 ชนิด และเปลี่ยนสภาพเป็นธาตุใหม่ในรูปของอนุภาค ได้แก่ 1) อนุภาคแอลฟา 2) อนุภาคเบตา และ 3) อนุภาคแกมมา ซึ่งทั้ง 3 อนุภาคนี้ เป็นสิ่งที่ไปกระตุ้นให้อิเล็กตรอนเข้าไปอยู่ในหลุมกักเก็บอิเล็กตรอน ซึ่งสามารถทำการตรวจวัดได้โดยใช้เครื่อง Gamma-ray Spectrometry

อายุสัมพัทธ์ (relative-age dating)

การหาอายุสัมพัทธ์ เป็นการบอกถึงการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ต่าง ๆ ก่อนหรือหลัง โดยใช้หลักฐานและข้อมูลที่มีอยู่มาหาความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และสามารถอธิบายถึงลำดับของเหตุการณ์ รวมไปถึงวิวัฒนาการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ ในทางธรณีวิทยา มีการใช้อายุสัมพัทธ์ในการอธิบายถึงลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอดีต โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต เช่น ความสัมพันธ์ของการลำดับชั้นหิน ธรณีวิทยาโครงสร้าง รวมไปถึงซากดึกดำบรรพ์ที่พบในชั้นหิน และในทางโบราณคดีมีการอธิบายเหตุการณ์และเรื่องราวที่เกิดขึ้นในประวัติศาสตร์ โดยใช้ข้อมูลจากหลักฐานที่พบ ทั้งโบราณวัตถุต่าง ๆ เช่น เครื่องปั้นดินเผา สิ่งของเครื่องใช้ รวมไปถึงโบราณสถาน ซึ่งเป็นหลักฐานที่ไม่เป็นลายลักษณ์อักษร โดยสามารถนำไปอธิบายได้ว่าเหตุการณ์ใดเกิดขึ้นก่อน หรือเหตุการณ์ใดเกิดขึ้นในภายหลัง

อายุสัมบูรณ์ (absolute-age dating)

การหาอายุสัมบูรณ์ เป็นการหาค่าอายุของสิ่งต่าง ๆ จากการคำนวณและวิเคราะห์ โดยใช้เครื่องมือและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอน ทำให้มีความน่าเชื่อถือของข้อมูลมากยิ่งขึ้น การหาอายุสัมบูรณ์มีวิธีการหาที่หลากหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับสิ่งที่ต้องการทราบค่าอายุ โดยต้องมีการเลือกใช้ให้ถูกต้องและเหมาะสม เพราะการหาอายุบางวิธีเหมาะกับตัวอย่างที่มีอายุอ่อนกว่าหลักหมื่นปี บางวิธีเหมาะกับตัวอย่างที่มีอายุหลักแสนปี ไปจนถึงหลักล้านปี การหาอายุสัมบูรณ์สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานหลากหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นทางธรณีวิทยา ที่นิยมนำธาตุกัมมันตรังสี เช่น ธาตุยูเรเนียม-238 ธาตุคาร์บอน-14 เป็นต้น มาคำนวณค่าครึ่งชีวิตที่อยู่ในซากดึกดำบรรพ์หรือหิน ส่วนทางโบราณคดีนิยมหาอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมกับตัวอย่างอายุต่ำกว่า 50,000 ปี และต้องเป็นตัวอย่างของสารประกอบอินทรีย์ เช่น ถ่าน หรือโครงกระดูกมนุษย์

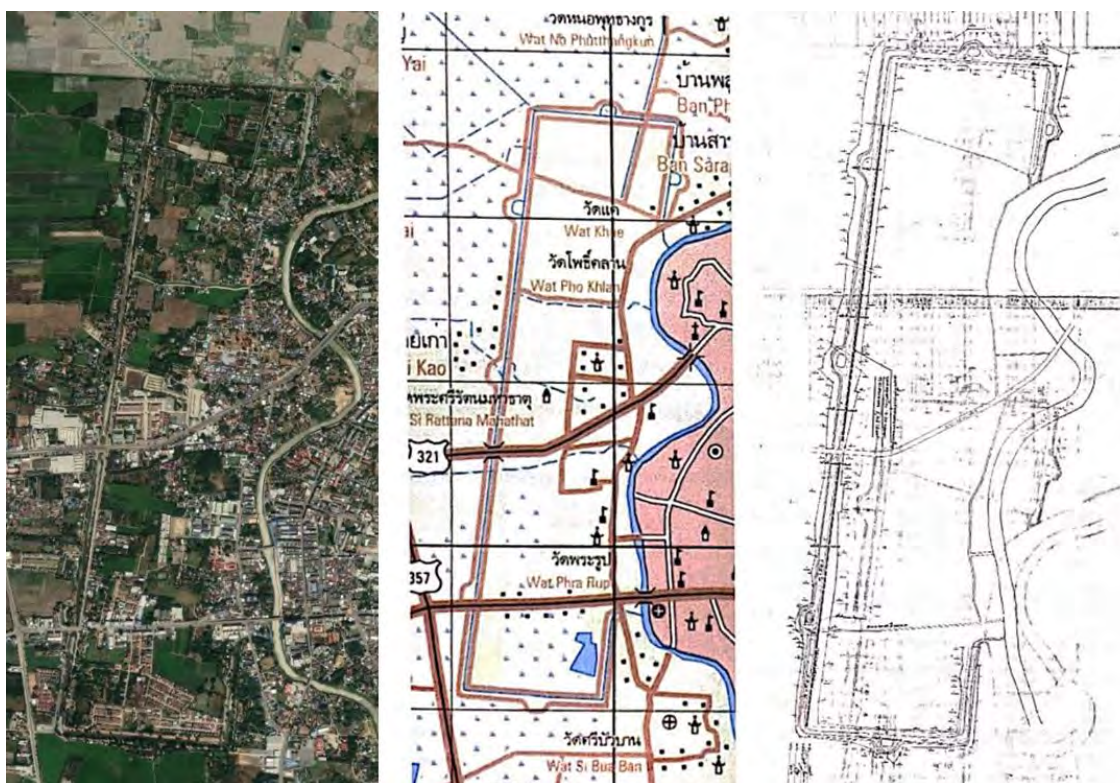
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

แหล่งโบราณคดีกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี ตั้งอยู่ที่ตำบลรั้วใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี มีร่องรอยการวางผังเมืองโบราณขนาดใหญ่สองเมืองซ้อนทับกัน คือ เมืองขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นเมืองที่เก่ากว่า ครอบคลุมสองฝั่งแม่น้ำสุพรรณบุรี ในลักษณะที่มีแม่น้ำผ่ากลางเมือง ขนาดกว้าง 1,900 เมตร ยาว 3,000 เมตร ส่วนเมืองที่สร้างซ้อนทับขึ้นใหม่ภายหลังปรากฏหลักฐานร่องรอยกำแพงเมืองและคูเมือง พบว่าเป็นเมืองขนาดเล็กทางฝั่งตะวันตกของแม่น้ำสุพรรณบุรี ลักษณะเป็นแนวกำแพงอิฐและมีการตั้งเมืองเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าในลักษณะแนวยาวเหนือ-ใต้ และเอียงไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือเล็กน้อย ขนาดกว้าง 900 เมตร ยาว 4,000 เมตร (รูป 1.1) อาณาเขตด้านทิศเหนือ ด้านทิศตะวันตก และด้านทิศใต้ติดกับแนวคูเมืองสุพรรณบุรี ด้านทิศตะวันออกติดกับบ้านเรือนประชาชน กำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรีก่อด้วยอิฐขนาด 15 x 30 x 5 เซนติเมตร มีการก่ออิฐของกำแพง เป็นแบบสลัبد้านสั้น 2 ก้อน และด้านยาว 1 ก้อน (รูป 1.2 และรูป 1.3) มีการสร้างป้อมปราการในลักษณะเกาะลอย หรือในพงศาวดารกรุงศรีอยุธยาเรียกว่า หอโชน ซึ่งปรากฏหลักฐานชัดเจนอยู่ 6 ป้อม ได้แก่ ป้อมทางด้านทิศเหนือหนึ่งป้อม ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือหนึ่งป้อม ทางทิศตะวันตกสามป้อม และทางทิศใต้หนึ่งป้อม ซึ่งป้อมนี้ถูกสร้างขึ้นเพื่อไว้รับศึกกับพม่าเนื่องจากเป็นเมืองหน้าด่านทางทิศตะวันตก ตามการโปรดเกล้า ฯ ของสมเด็จพระมหาจักรพรรดิ

ลักษณะการสร้างป้อมกลางน้ำพบปรากฏอยู่ที่เมืองพิษณุโลกฝั่งตะวันตก เมืองพิริตรเก่า และเมืองกำแพงเพชร ซึ่งล้วนแต่เป็นเมืองในสมัยอยุธยาตอนต้นทั้งสิ้น เนื่องจากเมืองสุพรรณบุรีหรือเมืองสุพรรณภูมิได้พัฒนาเป็นชุมชนตั้งแต่ก่อนการสถาปนารุงศรีอยุธยา ในปีพุทธศักราช 1893 และได้ถูกผนวกเข้าเป็นส่วนหนึ่งของกรุงศรีอยุธยาในฐานะเมืองลูกหลวง และต่อมาสมเด็จพระมหาจักรพรรดิ ได้โปรดให้หรือกำแพงเมืองสุพรรณบุรีออก ในปีพุทธศักราช 2091 เพื่อใช้ในการทำสงครามและเพื่อป้องกันไม่ให้ข้าศึกที่เข้ามาตีเมืองได้นั้น ใช้สำหรับเป็นที่พักอาศัย โดยมีการขุดคู้อมให้เป็นเกาะยื่นออกไปจนเห็นเป็นป้อมหรือประตูเมือง ซึ่งอาจจะมีสะพานเชื่อมระหว่างตัวเมืองกับป้อม



รูป 1.1. แสดงการเปรียบเทียบของภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google Earth (ซ้าย) แผนที่ทหาร (กลาง) และแผนผังแนวกำแพงเมืองสุพรรณบุรี (ขวา) จากรายงานการดำเนินงานโครงการอนุรักษ์และพัฒนา กำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี ตำบลรั้วใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี

จากการศึกษาของสำนักศิลปากรที่ 2 สุพรรณบุรี กรมศิลปากร โดยการกำหนดอายุด้วย คาร์บอน-14 และการแปลความหมายเบื้องต้นทางประวัติศาสตร์ พบว่าลำดับพัฒนาการและอายุของ กำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี แบ่งได้เป็น 3 ชั้นวัฒนธรรม ประกอบด้วยชั้นวัฒนธรรมที่ 1 คือชั้นที่อยู่อาศัยเดิมก่อนมีการสร้างกำแพงเมืองสุพรรณบุรี ชั้นวัฒนธรรมที่ 2 คือ กำแพงเสาไม้ระเนียด และชั้น วัฒนธรรมที่ 3 คือชั้นกำแพงอิฐ โดยชั้นวัฒนธรรมที่ 3 เป็นชั้นที่นิสิตผู้จัดทำโครงการได้ทำการศึกษา สามารถแบ่งย่อยเป็น 3 ระยะคือ ระยะแรก คือระยะการถมคันดินทับแนวเสาไม้ระเนียดของชั้น วัฒนธรรมที่ 2 ระยะที่สอง คือระยะการขยายขอบเขตกำแพงเป็นกำแพงคู่สองเส้น และระยะที่สาม คือ ระยะการรื้อกำแพงออกเหลือไว้เพียงแนวกำแพงเส้นนอก มีการหาอายุเพียงแค่อายุสัมพัทธ์ (relative-age dating) จากลักษณะอิฐและโบราณวัตถุที่พบ พบว่าตรงกับสมัยอยุธยา ดังนั้น จึงต้องมีการกำหนด อายุสัมบูรณ์ (absolute-age dating) โดยใช้การเปล่งแสงด้วยการกระตุ้นด้วยแสง (optically stimulated luminescence) ร่วมด้วย

จากงานวิจัยของ ปาณิสรา นวสมัครการ (2554) กล่าวว่า การกำหนดอายุด้วยวิธีการเปล่งแสง จากการกระตุ้นด้วยแสง เป็นวิธีหนึ่งที่เหมาะสมแก่การนำมากำหนดอายุวัตถุทางโบราณคดี เนื่องจาก

วัตถุประสงค์ที่ผ่านกระบวนการเผาในขั้นของการผลิต นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับการกำหนดอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสงในการหาอายุของอิฐและสถานที่ต่าง ๆ เช่น การกำหนดอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสงสามารถใช้แทนการกำหนดอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยความร้อนได้ ซึ่งจะได้อายุที่ใกล้เคียงกัน (Pailoplee et al., 2016) โดยอายุที่ได้จะมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าอายุจากการเทียบสัมพัทธ์ทางโบราณคดี จากประเด็นปัญหาดังกล่าว ผู้จัดทำโครงการได้มีความสนใจในการทดลองเพื่อกำหนดอายุอิฐด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสง และนำผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์ไปวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับอายุสัมพัทธ์ทางโบราณคดี เพื่ออภิปรายถึงลำดับการสร้างกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี

นอกจากอิฐจากกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรีแล้ว ผู้จัดทำยังได้ทำการศึกษาอิฐจากโบราณสถานหมายเลข 14 บ้านศรีสรรเพชญ์ ตำบลอุทง อำเภอกู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี (รูป 1.4) ซึ่งเป็นวิหารโบราณใต้ดิน มีลักษณะการสร้างให้พื้นอาคารจมลงไปใต้ดิน มีการก่อผนังด้วยอิฐเสริมหินสูงขึ้นมาจากพื้นอาคารประมาณ 4 เมตร และสูงจากระดับพื้นดินปกติไม่มากนัก คาดว่าเป็นรูปแบบการสร้างเพื่อให้อาคารมีความกว้างมากขึ้นโดยไม่ต้องยกเสาตั้งโครงสร้างอาคารให้สูงจากพื้นดินมากนัก เพื่อป้องกันตัวอาคารที่อาจจะได้รับความเสียหายจากภัยธรรมชาติที่จะเกิดขึ้น เช่น พายุฝน หรือพายุฤดูร้อน เนื่องจากในสมัยนั้นเทคโนโลยียังมีข้อจำกัด



รูป 1.2. ประตูเมืองฝั่งตรงข้ามป้อมด้านทิศเหนือ ของกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี



รูป 1.3. กำแพงเมืองสุพรรณบุรีด้านทิศเหนือฝั่งตะวันออก



รูป 1.4. โบราณสถานหมายเลข 14 วิหารใต้ดิน เมืองโบราณอู่ทอง

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อหาอายุกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี ตำบลรั้วใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี จากตัวอย่างอิฐ

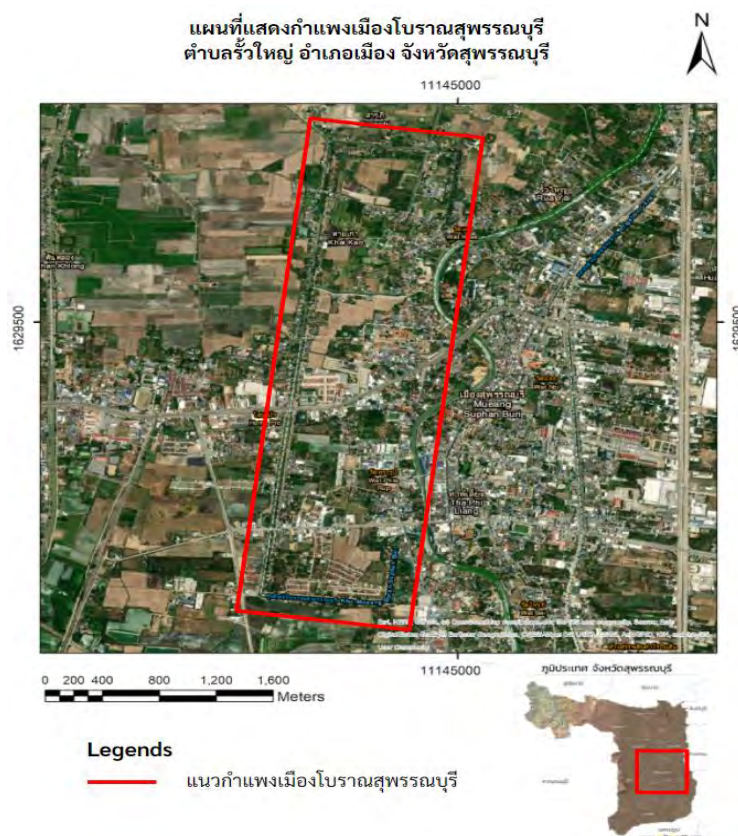
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ผลที่ได้จากการทดลองเป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้ประกอบกับข้อมูลทางประวัติศาสตร์ เพื่อการอธิบายถึงลำดับการก่อสร้างกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี

1.4 พื้นที่ศึกษา

1.4.1 ข้อมูลพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาในการทำโครงการครั้งนี้คือ กำแพงเมืองสุพรรณบุรี ในโครงการอนุรักษ์และพัฒนา กำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรีของสำนักศิลปากรที่ 2 สุพรรณบุรี กรมศิลปากร ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ ตำบลรั้วใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี มีพิกัดทางภูมิศาสตร์คือ ละติจูดที่ $N 14^{\circ} 28' 12''$ ถึง ละติจูดที่ $N 14^{\circ} 28' 33''$ ลองจิจูดที่ $E 100^{\circ} 6' 26''$ ถึง $E 100^{\circ} 6' 55''$ (พิกัดกริด 47N 619309E 1600540N แผนที่ทางทหาร มาตราส่วน 1 : 50000 ลำดับชุด L7018 ระวัง 5037 IV จังหวัดสุพรรณบุรี) พื้นที่ศึกษาทางด้านทิศเหนือติดกับแนวคูเมืองด้านทิศเหนือ ด้านทิศตะวันออกติดกับบ้านเรือนประชาชน ด้านทิศใต้ติดกับแนวคูเมืองทางด้านทิศใต้ ส่วนด้านทิศตะวันตกติดกับแนวคูเมืองด้านทิศตะวันตก (รูป 1.5)



รูป 1.5. แสดงที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา กำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี

1.4.2 ข้อมูลลักษณะทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศของจังหวัดสุพรรณบุรี

สุพรรณบุรีเป็นจังหวัดของภาคกลางด้านตะวันตกของประเทศไทย พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นไร่นาและป่า มีพื้นที่ราบลุ่มตามแนวแม่น้ำท่าจีน ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปทางทิศเหนือเป็นที่ราบ มีภูเขาขนาดเล็ก ในพื้นที่อำเภออู่ทอง ทางตอนใต้เป็นที่ราบลุ่มโดยตลอด ทางทิศเหนือและทิศตะวันตกมีภูเขาและป่ามากในอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรีมีระดับความสูงชันมาจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 4-10 เมตร มีพื้นที่ทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 5.2 ของพื้นที่ทั้งหมดของภาคกลาง หรือประมาณ 5,358.008 ตารางกิโลเมตร โดยอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของกรุงเทพมหานคร และอยู่ห่างออกไปประมาณ 107 กิโลเมตร มีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ใกล้เคียงดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	จังหวัดอุทัยธานีและชัยนาท
ทิศใต้	ติดต่อกับ	จังหวัดนครปฐม
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	จังหวัดพระนครศรีอยุธยา อ่างทอง และสิงห์บุรี
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	จังหวัดกาญจนบุรี

ลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดสุพรรณบุรี สามารถจำแนกได้ตามระดับความสูงของพื้นที่ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่ม และบางส่วนเป็นที่ราบสูง พื้นที่ที่มีความลาดชันประมาณร้อยละ 0-3 ซึ่งเป็นพื้นที่ทางด้านตะวันออกของจังหวัด พื้นที่ต่ำสุดอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ พื้นที่ของจังหวัดส่วนใหญ่เหมาะสำหรับการทำนา มีแม่น้ำ หนอง บึง ลำคลอง อยู่ทั่วไป มีแม่น้ำท่าจีน หรือแม่น้ำสุพรรณบุรีเป็นแม่น้ำสายสำคัญ ไหลผ่านจากเหนือไปใต้ ในฤดูฝนจะทำให้เกิดน้ำท่วมในบางพื้นที่ เนื่องจากน้ำไหลหลาก เช่น อำเภอสองพี่น้องและอำเภอบางปลาม้าทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ อำเภออู่ทองที่ขนานกับเส้นกั้นเขตแดนระหว่างจังหวัดกาญจนบุรีกับจังหวัดสุพรรณบุรีขึ้นไปทางเหนือ ซึ่งมีลักษณะพื้นที่เป็นเนินเขาสลับกับลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชันของพื้นที่ประมาณร้อยละ 2-8 ด้านตะวันตกของอำเภอด่านช้างเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดสลับกับลอนชันจนถึงภูเขาสูง มียอดเขาที่สูงประมาณ 1,002 เมตร ซึ่งอยู่ใกล้กับบ้านห้วยดินดำ จากระดับน้ำทะเลปานกลาง

ฤดูกาลของจังหวัดสุพรรณบุรี แบ่งออกเป็น 3 ฤดู ดังนี้ ฤดูหนาว เป็นฤดูที่ได้รับอิทธิพลมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณความกดอากาศสูงจากประเทศจีน ที่มีคุณสมบัติแห้งและเย็นแผ่ลงมาปกคลุมประเทศไทย โดยฤดูหนาวเริ่มนับตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมไปจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ แต่จังหวัดสุพรรณบุรีมีอากาศหนาวเย็นช้ากว่า เนื่องจากอิทธิพลการแผ่ลงมาจากความกดอากาศสูงจากประเทศจีนในช่วงฤดูหนาวจะช้ากว่าภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเริ่มมีอากาศหนาวประมาณกลางเดือนพฤศจิกายนเป็นต้นไป ฤดูร้อนเริ่มประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม ภายหลังสิ้นสุดลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยในรยะนี้มีความร้อนมาปกคลุมประเทศไทยตอนบน ซึ่งเป็นหย่อมความกดอากาศต่ำ ทำให้มีอากาศร้อนอบอ้าว และในเดือนเมษายนมีอากาศร้อนที่สุด บางปีที่มีอากาศร้อนจัดที่สุดอยู่ในเดือนพฤษภาคม เช่น ปี 2506 ฤดูฝนเป็นช่วงที่มรสุม

ตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทย เริ่มจากกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม เกิดเป็นร่องความกดอากาศต่ำที่พัดผ่านบริเวณภาคใต้ของประเทศไทย และเลื่อนขึ้นมาพัดผ่านบริเวณภาคกลางและภาคเหนือ โดยตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมเป็นต้นไปมีฝนตกชุกมากขึ้น และมีฝนตกชุกในรอบปีมากที่สุดอยู่ในเดือนกันยายน และเป็นช่วงที่มีความชื้นสูงเช่นเดียวกับเดือนตุลาคม

เนื่องจากจังหวัดสุพรรณบุรีมีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่ม มีแม่น้ำ ลำคลอง หนอง และบึง โดยทั่วไป มีภูเขาเตี้ย ๆ อยู่บ้างเป็นบางส่วนทางตอนเหนือ จึงมีอากาศร้อนอบอ้าวและมีอุณหภูมิต่ำกว่าในฤดูร้อน แต่ฤดูหนาวมีอากาศไม่หนาวมาก อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 28.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดที่ตรวจวัดได้คือ 7.5 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2542 ส่วนอุณหภูมิสูงสุดที่ตรวจวัดได้คือ 42.6 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 16 พฤษภาคม 2506

1.4.3 ข้อมูลทางประวัติศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา

การกล่าวถึงประวัติความเป็นมาที่เกี่ยวข้องกับกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี ต้องกล่าวถึงตามสภาพความเป็นอยู่ของบ้านเมืองที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ โดยเฉพาะช่วงระยะเวลาในการสร้างบ้านเมือง ที่ปรากฏชื่อเมืองว่า “สุพรรณบุรี” เป็นหลัก จากการศึกษาของนักวิชาการ พบว่าเมืองที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่แนวกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรีในปัจจุบันนั้น ได้ปรากฏหลักฐานเอกสารอยู่ทั้งสิ้น 2 เมือง คือ “เมืองสุพรรณภูมิ” และ “เมืองสุพรรณบุรี” ซึ่งมีเนื้อหา ดังนี้

1) เมืองสุพรรณภูมิ ปรากฏนามขึ้นครั้งแรกในจารึกสุโขทัยหลักที่ 1 ศิลาลาจารึกพ่อขุนรามคำแหง (ด้านที่ 4 บรรทัดที่ 17-22) บอกเล่าเรื่องราวเกี่ยวกับเมืองสุโขทัยสมัยพ่อขุนรามคำแหงมหาราช ซึ่งเสวยราชสมบัติอยู่ที่เมืองสุโขทัยในช่วงต้นพุทธศตวรรษที่ 19 ซึ่งมีใจความสรุปว่า ในรัชกาลของพ่อขุนรามคำแหงมหาราชนั้น ทรงปราบเมืองไปได้ทั้งสิ้นที่จจรดคาบสมุทรมลายู มีเมืองสุพรรณภูมิหรือสุพรรณบุรีด้วย และคงเป็นเมืองเดียวกันกับเมืองสุพรรณภูมิในจารึกหลักที่ 48 วัดสองคอบ จังหวัดชัยนาท ซึ่งจารึกขึ้นเมื่อปีพุทธศักราช 1951 ตรงกับรัชกาลของสมเด็จพระรามาธิบดีราชธิราช (พุทธศักราช 1938 ถึง 1952) ที่กล่าวถึงเจ้าเมืองขุนเพชญ์สาร ว่าได้เคยทำบุญอุทิศบ้านเรือนเพื่อถวายวัดที่ตั้งอยู่เมืองศรีอยุธยา และเมืองศรีสุพรรณภูมิ ซึ่งมีใจความสรุปว่า การทำบุญของขุนเพชญ์สาร เจ้าเมืองกรุงไชยสถานนาม (ชัยนาท) ว่าได้ทำบุญในเมืองต่าง ๆ ซึ่งแสดงถึงขอบเขตและเครือข่ายของเมืองสำคัญในอาณาจักรกรุงศรีอยุธยาในเวลานั้น ได้แก่ เมืองศรีสุพรรณภูมิ กรุงศรีอยุธยา และเมืองนครพระราม (ลพบุรี) อันแสดงว่า ในเวลานั้นเมืองทั้งสามเมืองนี้มีลักษณะใกล้เคียงกันและต่างเป็นเมืองที่มีพระศรีรัตนมหาธาตุกลางเมืองจึงเป็นหลักฐานสำคัญที่แสดงให้เห็นว่าในเวลานั้นศรีสุพรรณภูมิเป็นเมืองใหญ่ที่สำคัญจนในที่สุดสามารถเข้ามายึดครองกรุงศรีอยุธยาได้สำเร็จ

เพื่อพิจารณาชื่อ “เมืองสุพรรณภูมิ” ตามที่มีการปรากฏอยู่ในจารึกทั้งสองหลัก ที่มีอายุห่างกันประมาณ 100 ปี ประกอบกับการพบหลักฐานโบราณวัตถุสถานสมัยสุโขทัยในเขตเมืองสุพรรณบุรีเก่าหรือเมืองสุพรรณภูมิด้วย แสดงให้เห็นว่า เรื่องนี้มีการอยู่อาศัยต่อเนื่องมาตั้งแต่สมัยสุโขทัยจนถึงสมัย

กรุงศรีอยุธยา โดยไม่ได้ทิ้งร้างแต่อย่างใด อีกทั้งจากเนื้อความในจารึกวัดสองคบสะท้อนให้เห็นถึงการมี กษัตริย์ปกครองชุมชน จึงน่าจะเชื่อได้ว่าเมืองสุพรรณภูมิที่มีการกล่าวถึงในช่วงนี้ คาดว่าคงจะมีความสำคัญในสมัยอยุธยาอย่างแน่นอน เมื่อความสำคัญมีมากการสร้างบ้านเมืองให้มีความมั่นคง แข็งแรงเป็นรูปแบบเมืองที่มีคันคูและแนวกำแพงเมืองล้อมรอบจึงน่าจะเกิดขึ้นในช่วงสมัยนี้เป็นอย่างน้อย

นอกจากนี้ใน “ชินกาลมาลีปกรณ์” ที่พระรัตนปิยะเถระ พระภิกษุชาวล้านนา เป็นผู้แต่ง เมื่อพุทธศักราช 2060 ได้เล่าเรื่องพระสีหลปฏิมาหรือพระพุทธสิหิงส์ มีใจความบางตอนที่กล่าวถึงเรื่องราว การขยายอำนาจของกรุงศรีอยุธยาไปยังสุโขทัยสมัยที่พระมหาธรรมราชาลิไทครองเมืองสุโขทัย โดยมีการกล่าวถึงขุนหลวงพะงั่ว ขณะที่ครองเมืองสุพรรณบุรีก่อนที่จะมาครองราชสมบัติในกรุงศรีอยุธยา ทรงพระนามว่าสมเด็จพระบรมมหาราชราชาธิราชที่ 1

2) เมืองสุพรรณบุรี เป็นชื่อเรียกเมืองในสมัยอยุธยาที่ปรากฏหลักฐานครั้งแรกอยู่ในพงศาวดาร ฉบับวันวลิต เขียนโดยชาวฮอลันดา ชื่อ เยเรเมียส ฟาน ฟลิต (Jeremais van Vliet) ที่เดินทางเข้ามา ในกรุงศรีอยุธยาในรัชสมัยพระเจ้าปราสาททอง (พุทธศักราช 2182) และพระราชพงศาวดารฉบับ หลวงประเสริฐอักษรนิติ์ ที่เป็นเอกสารที่เขียนขึ้นสมัยแผ่นดินสมเด็จพระนารายณ์มหาราช (พุทธศักราช 2199-2231) โดยกล่าวถึงเหตุการณ์ตอนที่สมเด็จพระรามาธิบดีที่ 1 (พระเจ้าอู่ทอง) เสด็จสวรรคต และให้พระราชกุมาร (สมเด็จพระรามศวร) เสวยราชสมบัติต่อมา หลังจากนั้นสมเด็จพระบรมมหาราชราชาธิราช เจ้า (ขุนหลวงพะงั่ว) เสด็จมาจากเมืองสุพรรณบุรีและสั่งให้พระรามศวรไปเสวยราชสมบัติที่ลพบุรี ส่วนพระองค์ก็ขึ้นครองราชสมบัติที่กรุงศรีอยุธยาแทน

จากหลักฐานทางจารึกและเอกสารดังที่กล่าวมานี้ แสดงว่าเมือง “สุพรรณภูมิ” ที่ปรากฏชื่ออยู่ในจารึกสุโขทัยหลักที่ 1 จารึกลานทองวัดสองคบ จังหวัดชัยนาท หลักที่ 48 และชินกาลมาลีปกรณ์ที่กล่าวถึงเรื่องราวของขุนหลวงพะงั่ว เป็นเมืองเดียวกันกับเมือง “สุพรรณบุรี” ที่ขุนหลวงพะงั่วเคยครองอยู่ก่อนจะขึ้นครองราชย์ในกรุงศรีอยุธยานั่นเอง และสาเหตุที่พงศาวดารในสมัยกรุงศรีอยุธยาไม่ได้กล่าวถึงชื่อเมืองสุพรรณภูมินั้น น่าจะเป็นเพราะเอกสารพงศาวดารในสมัยกรุงศรีอยุธยาเหล่านี้ล้วนเขียนขึ้นในสมัยหลังที่ได้เปลี่ยนชื่อเมืองมาเป็นสุพรรณบุรีแล้ว

เหตุการณ์ทางประวัติศาสตร์ตั้งแต่สมัยอยุธยา ที่เมืองสุพรรณบุรีได้ปรากฏในเอกสาร พงศาวดารต่างๆมีดังนี้

1) สมัยอยุธยา โดยสมัยอยุธยาตอนต้น พระเจ้าอู่ทองหรือสมเด็จพระรามาธิบดีที่ 1 ได้โปรดให้ตั้งขุนหลวงพะงั่วเป็นพระบรมราชา ให้อยู่ครองเมืองลูกหลวง ซึ่งก็คือเมืองสุพรรณบุรีเดิม และยังเป็นเมืองหน้าด่านด้านทิศตะวันตกอีกด้วย โดยในสมัยนั้นถือเป็นเมืองที่มีความสำคัญในการทำศึกสงครามเป็นอย่างมาก และโปรดให้พระรามศวรพระราชโอรส ครองเมืองหน้าด่านทางทิศเหนือ ซึ่งก็คือเมืองลพบุรีแทน

ในสมัยสมเด็จพระรามาธิบดีที่ 1 (พระเจ้าอู่ทอง) เมืองสุพรรณบุรีมีกองกำลังทหารที่เข้มแข็งมาก เมื่อเกิดกรณีของแปรพักตร์ สมเด็จพระรามาธิบดีที่ 1 (พระเจ้าอู่ทอง) โปรดให้ พระราชโอรส (พระรามศวร) ยกทัพไปตีเมืองเขมร แต่ฝ่ายเขมรนั้นรู้ตัวเสียก่อน จึงยกทัพโจมตีทัพหน้าแตก มาปะทะทัพหลวง เมื่อความทราบถึงกรุงศรีอยุธยา สมเด็จพระรามาธิบดีที่ 1 (พระเจ้าอู่ทอง) โปรดให้ขุนหลวงพะงั่วยกทัพไปช่วยหลาน และสามารถช่วยตีนครธมได้สำเร็จ แต่ยังไม่ทราบปีที่ตีได้แน่ชัดว่าเป็นปีใด โดยอาจจะเป็นพุทธศักราช 1895 หรือพุทธศักราช 1912 ปลายรัชกาลพระเจ้าอู่ทอง

ในช่วงเวลาต่อมาเมืองลพบุรีกับเมืองสุพรรณบุรี ซึ่งเป็นเมืองลูกหลวงกัน ก็เกิดการแข่งขันและไม่ไว้ใจกัน เห็นได้ชัดจากตอนที่สมเด็จพระรามาธิบดีที่ 1 (พระเจ้าอู่ทอง) สวรรคต จากนั้นสมเด็จพระรามศวร พระราชโอรสก็เสวยราชสมบัติต่อมาได้เพียง 1 ปี ขุนหลวงพะงั่วก็เสด็จมาจากเมืองสุพรรณบุรีเข้ามายังกรุงศรีอยุธยาและได้สถาปนาตนเองเป็นสมเด็จพระบรมราชาธิราชที่ 1 แห่งกรุงศรีอยุธยา ส่วนพระรามศวรก็ต้องเสด็จกลับไปครองเมืองลพบุรีดั้งเดิม ต่อมาเมื่อสมเด็จพระเจ้าทองรัน ซึ่งเป็นพระราชโอรสในสมเด็จพระบรมราชาธิราชที่ 1 ขึ้นครองราชสมบัติได้เพียงเจ็ดวัน พระรามศวรก็ยกทัพจากเมืองลพบุรีมาจับตัวพระเจ้าทองรันและทำการสำเร็จโทษ จากนั้นจึงได้ขึ้นครองราชบัลลังก์เป็นครั้งที่ 2 การแย่งอำนาจกันระหว่างเมืองลพบุรีและเมืองสุพรรณบุรียังคงเกิดขึ้นสืบเนื่องต่อมา จนเมื่อถึงพุทธศักราช 1991-2031 สมัยรัชกาลสมเด็จพระบรมไตรโลกนาถ พระองค์ทรงประกาศให้ใช้ระบบขุนนางแทนระบบเมืองลูกหลวงเป็นต้นมา

ต่อมาในรัชกาลสมเด็จพระมหาจักรพรรดิ เมื่อพุทธศักราช 2091 พระเจ้าตะเบ็งชเวตี้แห่งพม่าได้ยกทัพใหญ่มาตีกรุงศรีอยุธยา โดยมีเมืองสุพรรณบุรี เป็นปราการด่านแรกที่ตั้งรับกองทัพพม่า แต่เนื่องจากกองทัพไทยมีจำนวนน้อยกว่าจึงทิ้งเมืองสุพรรณบุรีให้แตก แล้วถอยร่นเข้ามายังกรุงศรีอยุธยา แต่กองทัพพม่าไม่สามารถตีกรุงศรีอยุธยาให้แตกได้ จึงได้ทำการถอยทัพกลับไป เหตุการณ์นี้แสดงให้เห็นว่า ถึงแม้เมืองสุพรรณบุรีจะมีป้อมปราการและคูน้ำคันดินรอบ แต่ก็ไม่สามารถรับมือไว้ได้ เมื่อมีศึกใหญ่ยกทัพมาตีเมือง และถ้าข้าศึกตีเมืองได้แล้วนั้น อาจจะใช้เป็นสถานที่ตั้งมั่นได้อีกด้วย พระมหาจักรพรรดิจึงโปรดให้รื้อป้อมกำแพงเมืองเสียซีกหนึ่ง เพื่อที่ว่าถ้าข้าศึกเข้ามาตีเมืองได้แล้ว ก็จะไม่มีโอกาสใช้เมืองเป็นที่อยู่อาศัยได้อีก หลังจากนั้นทรงโปรดให้แบ่งพื้นที่เมืองสุพรรณบุรีและเมืองราชบุรีตั้งเป็นเมืองนครชัยศรีหรือกำแพงเมืองสุพรรณบุรีลงในครั้งนี้ปรากฏในประชุมพงศาวดารภาคที่หกเรื่องไทยรบพม่าครั้งกรุงเก่า

ในรัชกาลสมเด็จพระมหาธรรมราชา ปีพุทธศักราช 2127 พระนเรศวรผู้เป็นโอรส ได้ทรงประกาศอิสรภาพไม่ยอมเป็นเมืองขึ้นกับพม่า เป็นเหตุให้พระเจ้านันทบุเรงโกรธ และได้ทำการยกทัพเข้ามาตีกรุงศรีอยุธยา โดยเคลื่อนทัพผ่านทางด่านเจดีย์สามองค์ปะทะกองทัพไทยที่ตำบลสามขนอนเมืองสุพรรณบุรี และพม่าได้ถูกทัพเรือไทยภายใต้บังคับบัญชาของเจ้าพระยาจักรีตีแตกพ่ายกลับไป

หลังจากนั้นพม่าได้ยกกองทัพเข้ามาตีกรุงศรีอยุธยาอีก 2 ครั้ง โดยเคลื่อนทัพผ่านทางสุพรรณบุรี ด้านเจดีย์สามองค์ และเมืองกาญจนบุรี โดยมีสมเด็จพระนเรศวรมหาราชเป็นแม่ทัพในการรบทั้งสองครั้ง เนื่องจากทรงชำนาญภูมิประเทศและยุทธศาสตร์เป็นอย่างดี จึงได้กำหนดพื้นที่ตำบลตะพังกรู เมืองสุพรรณบุรี เป็นสนามรบทั้งสองครั้ง การรบครั้งแรกในปีพุทธศักราช 2133 กองทัพพม่าถูกบุกโจมตีขณะที่ผ่านช่องแคบ จากรับสั่งของสมเด็จพระนเรศวรมหาราช แล้วให้ถอยไปแตกทัพที่ริมแม่น้ำจรเข้สามพัน ความประมาทของกองทัพพม่าจึงถูกกองกำลังทหารไทยโจมตีแตกพ่ายยับเยินหมดทุกทัพ ส่วนพระมหาอุปราชา ได้หนีกลับไปด้วยความเกรงกลัวในพระบรมราชานุภาพของสมเด็จพระนเรศวรมหาราช

ต่อมามีการยกทัพเข้ามาตีประเทศไทยของพระมหาอุปราชาอีก เป็นครั้งที่ 2 เมื่อ ปีพุทธศักราช 2135 ฝ่ายสมเด็จพระนเรศวรมหาราชจึงวางแผนให้บริเวณตระพังน้ำหนองสาหร่ายเป็นพื้นที่สำหรับออกตั้งค่ายหลวง เพื่อปิดทางเข้าออกแดนลุ่มพลิวของกรุงศรีอยุธยาไว้ และพระองค์ได้ใช้พระแสงของ้าวฟันพระมหาอุปราชาสวรรคตบนหลังช้างพระที่นั่ง ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมาพม่าก็ไม่กล้ายกกองทัพเข้ามาตีประเทศไทยเป็นเวลานานถึง 165 ปี ต่อมาถึงรัชกาลพระเจ้าเอกทัศก่อนจะเสียกรุงไม่นาน บริเวณเมืองสุพรรณบุรีก็ได้เกิดสงครามกับพม่าอีกครั้ง กองทัพไทยถูกกองทัพพม่าตีจนแตกพ่ายยับเยิน

จากเหตุการณ์ทางประวัติศาสตร์สมัยอยุธยาที่กล่าวมาข้างต้นพบว่า สงครามระหว่างกรุงศรีอยุธยากับพม่าที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่เขตเมืองสุพรรณบุรีจริง ๆ นั้น เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียว คือคราวที่พระเจ้าตะเบ็งชเวตี้แห่งพม่าเข้าตีเมืองสุพรรณบุรีจนแตกพ่าย ต้องถอยร่นเมืองหนีเท่านั้น ซึ่งอยู่ในรัชกาลสมเด็จพระมหาจักรพรรดิ ส่วนการศึกสงครามในคราวอื่นๆเพียงเกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ส่วนอื่นของเมืองเท่านั้นไม่ได้เกิดขึ้นภายในเมืองอันแสดงให้เห็นถึงบทบาทของเมืองที่ไม่มีความสำคัญอีกต่อไป

2) สมัยธนบุรี สมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราชทรงย้ายเมืองหลวงจากพระนครศรีอยุธยาที่ตั้งที่กรุงธนบุรี และได้ทำสงครามกับพม่าอีกหลายครา แต่เนื่องจากเมืองหลวงตั้งอยู่ทางทิศใต้ห่างจากเมืองหลวงเดิม 70 กิโลเมตรและพระนครศรีอยุธยาก็ตั้งอยู่ทางตะวันออกเฉียงใต้ของเมืองสุพรรณบุรี 80 กิโลเมตร กองพม่าที่เดินทัพผ่านเข้ามาทางด่านเจดีย์สามองค์ จึงไม่ต้องเคลื่อนกองทัพย้อนกลับขึ้นไปตีเมืองสุพรรณบุรีก่อน เนื่องจากไม่อยู่ในเขตสนามรบ ต่อมาเมื่อพุทธศักราช 2319 ในสมัยธนบุรีมีการรบกันในเขตเมืองสุพรรณบุรีเพียงครั้งเดียว หลังจากนั้นก็ไม่มีการรบกับกองทัพพม่าภายในเขตเมืองสุพรรณบุรีอีกเลย

3) สมัยรัตนโกสินทร์ ตอนต้นกรุงรัตนโกสินทร์ คาดว่าเมืองสุพรรณบุรีมีการย้ายที่ตั้งเมืองมาอยู่ทางฝั่งตะวันออกของแม่น้ำท่าจีนแต่ไม่มีหลักฐานแน่นอน โดยเมืองใหม่ที่ตั้งปัจจุบันที่ย้ายมาตั้งใหม่นั้นไม่ได้มีการทำเป็นเมืองป้อม นั่นคือไม่มีการตั้งค่าย คู และหอรบ เหมือนเมืองเก่า คาดว่าคงเป็นปารก นอกจากนี้ในปีพุทธศักราช 2451 คราวสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวเสด็จประพาสลำน่านมะขาม

เผ่าได้มีการเสด็จเยือนเมืองสุพรรณบุรีในการประพาสครั้งนี้มีการบรรยายถึงลักษณะกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรีไว้ ความตอนหนึ่งว่า

“...เมื่อคราวก่อนนี้ไปทางถนน คราวนี้ถนนน้ำท่วม คลองนี้เป็นคลองตัดกลางเมืองไปแต่วัดประตูศาลทางสัก 25 เส้นถึงเชิงเนินเมือง เมืองสุพรรณนี้มีกำแพงเป็นสองฟาก เหมือนพิชฌุโลก ยื่นขึ้นไปจากฝั่งน้ำราว 25 เส้น คูกว้างประมาณ 6 วานอกเชิงเนิน แต่ยวานั้นยังไม่สู้แน่ พระสุนทรสงครามว่า ราวสาม 17 เส้น...”

จากข้อความทางประวัติศาสตร์ที่กล่าวถึง เมืองสุพรรณบุรีในช่วงธนบุรี-ต้นรัตนโกสินทร์ แสดงให้เห็นถึงการถูกลดบทบาทของเมืองลงไปอย่างชัดเจน อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนเส้นทางในการทำสงครามระหว่างไทยกับพม่า กลายเป็นเมืองที่มีสภาพกร้าง แต่อย่างไรก็ตามร่องรอยหลักฐานโบราณสถานตลอดจนการอยู่อาศัยของผู้คนก็ยังคงมีปรากฏอยู่ต่อเนื่องเรื่อยมา

1.4.4 ลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา

ธรณีวิทยาของพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรีประกอบด้วยหินแปรยุคแคมเบรียน-ออร์โดวิเซียน (อายุประมาณ 570-438 ล้านปี) หินตะกอนและหินแปรยุคออร์โดวิเซียน (อายุประมาณ 505-438 ล้านปี) หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน (อายุประมาณ 438-360 ล้านปี) หินตะกอนยุคเพอร์เมียน (อายุประมาณ 256-245 ล้านปี) หินตะกอนยุคไทรแอสซิก (อายุประมาณ 245-210 ล้านปี) หินอัคนีแทรกซอนยุคไทรแอสซิก ส่วนพื้นที่ที่ราบลุ่มส่วนใหญ่ถูกปกคลุมด้วยตะกอนยุคควอเทอร์นารี (อายุประมาณ 1.6-0.01 ล้านปี) ในการแบ่งชุดหินออกเป็นหน่วยย่อย อาศัยลักษณะการวางตัวของชั้นหินและลักษณะทางศิลาวิทยาเป็นหลัก

สำหรับพื้นที่ศึกษาของโครงการนี้ ตั้งอยู่ในตำแหน่งของตะกอนยุคควอเทอร์นารี ซึ่งเป็นตะกอนทรายและโคลนทะเล ประกอบด้วยดินเคลย์ ดินเคลย์ปนทราย ทรายละเอียด สีเทาปนเขียวถึงสีเทา เนื้อนิ่ม ไม่แสดงจุดประ ไม่พบเศษพืช บางจุดพบเศษเปลือกหอย พบแผ่กระจายตัวบริเวณตอนกลางและด้านตะวันตกเฉียงใต้ของจังหวัด โดยที่ราบลุ่มภาคกลางเกิดจากการเคลื่อนไหวของรอยเลื่อนใหญ่ ในยุคครีเทเชียสตอนปลายถึง ยุคเทอร์เชียรีซึ่งต่อเนื่องจากการเปิดตัวของอ่าวไทยทางใต้ และเกิดการเปิดแอ่งเทอร์เชียรีในบริเวณภาคเหนือ และภาคตะวันตกตอนบน จากนั้นจึงเกิดรอยเลื่อนในแนวเหนือ-ใต้ตามมา ทำให้เกิดการทรุดตัวเป็นแอ่งกราเบน (graben) ใหญ่ ซึ่งทางด้านตะวันออกจะทรุดตัวเร็วกว่าทางด้านตะวันตก ตะกอนที่สะสมตัวในช่วงไพลสโตซีน ส่วนใหญ่จะเป็นตะกอนที่สะสมตัวโดยทางน้ำบนบก เช่น ตะกอนน้ำพา ตะกอนธารน้ำพา โดยทางด้านตะวันตกส่วนที่อยู่ใกล้ที่สูงจะเกิดการสะสมตัวแบบตะกอนน้ำพารูปพัดต่อมาในช่วงปลายไพลสโตซีนถึงช่วงต้นโฮโลซีน น้ำทะเลได้รุกเข้ามาในแผ่นดิน ทำให้เกิดการสะสมตัวของตะกอนที่ได้รับอิทธิพลของน้ำทะเลขึ้นและเมื่อน้ำทะเลได้

ถอยกลับขบวนการการสะสมตัวของแม่น้ำสายต่าง ๆ ก็เกิดขึ้นเป็นตะกอนดินเคลย์ดินเคลย์ปนทรายปิดทับตะกอนทะเลทั้งหมด

1.4.5 ข้อมูลชุมชนโบราณและการผลิตอิฐในพื้นที่ใกล้เคียง

ร่องรอยชุมชนเมืองเก่าสุพรรณบุรีมีอาณาบริเวณครอบคลุมสองฝั่งแม่ทั้งทางด้านตะวันออกและ ตะวันตก ลักษณะเมืองมีคูน้ำคันดิน กำแพงเมือง และป้อมปราการที่สร้างด้วยอิฐล้อมรอบเชื่อมต่อแม่น้ำ สุพรรณบุรี เกิดเป็นผังเมืองรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีแม่น้ำไหลผ่านกลางเมือง ตามแนวทิศเหนือ-ใต้ ในลักษณะของเมืองอกแตก โดยคูเมืองด้านทิศตะวันออกเริ่มจากหมู่บ้านตาหมัน ยาวขนานกับแม่น้ำผ่านบ้านน้อย ไปจนถึงโรงเรียนนครบรรพตเก่า ปัจจุบันคือโรงเรียนวัดสุวรรณภูมิ ด้านทิศตะวันตกเป็นคูเมืองเดิมผ่านกลางเมือง โอบล้อมวัดพระศรีรัตนมหาธาตุ ซึ่งเป็นวัดประจำเมือง รวมทั้งวัดอื่น ๆ ทางฝั่งตะวันตกไว้ มีการขุดคูอ้อมเป็นเกาะยื่นออกจากแนว ตรงบริเวณที่เป็นป้อม แสดงให้เห็นเป็นลักษณะเป็นป้อมหรือประตูเมืองอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นลักษณะเด่นและสำคัญของเมืองเก่าแห่งนี้ ป้อมบางแห่งได้ถูกทำลายไปหมดและได้ปรากฏร่องรอยการสร้างเมืองทับซ้อนขึ้นมาในภายหลัง

ลักษณะเมืองเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 900 เมตร ยาว 4,000 เมตร ตัวกำแพงก่อด้วยอิฐหนาประมาณ 4 เมตร กำแพงทางด้านทิศตะวันตกของเมืองมีการสร้างอย่างแข็งแรงเป็นพิเศษ คือ เป็นลักษณะของกำแพงสองชั้น มีคูน้ำกั้น ชั้นนอกมีเนินดินไปจนถึงแม่น้ำด้านตะวันออก ไม่พบตัวกำแพงเพราะถูกรื้อในสมัยสมเด็จพระมหาจักรพรรดิ พื้นที่บริเวณคูเมืองและกำแพงเมืองเก่าสุพรรณบุรี มีการจัดสรรพื้นที่ให้ราษฎรที่ขาดแคลนพื้นที่อยู่อาศัย ได้เช่าปลูกสร้างบ้านเรือนอยู่อาศัยตั้งแต่ปี พุทธศักราช 2535 เป็นต้นมา เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คูเมืองและกำแพงเมืองเสื่อมสภาพ จนกระทั่งปี พุทธศักราช 2539 สำนักงานโบราณคดีและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติที่ 2 สุพรรณบุรี ได้ดำเนินงานขุดแต่งกำแพงเมือง โดยเริ่มจากด้านทิศใต้ ซึ่งพบว่ากำแพงเมืองสุพรรณบุรีสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นส่วนขอบของกำแพงเมืองด้านนอกเมือง ก่อด้วยอิฐหนาประมาณ 2 เมตร ลักษณะการก่ออิฐเป็นแบบขวางสลับยาว ส่วนที่สองเป็นกำแพงด้านในเมือง ก่ออิฐหนาประมาณ 1 เมตร โดยมีคานหรือเอ็นประสานต่อกับกำแพงเมืองด้านนอกเป็นช่วง ๆ ช่วงละ ประมาณ 5 เมตร ยาวตลอดแนวกำแพงเมือง ตรงกลางมีการถมอัดด้วยดินและเศษอิฐ โบราณวัตถุที่พบจากการขุดแต่งบริเวณนี้ส่วนมากเป็นภาชนะดินเผา มีการตกแต่งสวดลายที่แตกต่างกันออกไป ภาชนะดินเผาเนื้อแกร่งผลิตจากบ้านบางปูน เต่าแม่น้ำน้อยซึ่งตั้งอยู่บริเวณวัดพระพรหม สันนิษฐานว่าเป็นแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาที่ใหญ่ที่สุดในสมัยกรุงศรีอยุธยา และนอกจากนี้ยังพบหลักฐานที่เป็นเครื่องถ้วยจากประเทศจีนอีกด้วย ส่วนอิฐจากพื้นที่ศึกษา คาดว่าไม่ได้มีแหล่งการผลิตที่ชัดเจน เป็นเพียงการสุ่มไฟเผาอิฐกลางแจ้งเท่านั้น

บทที่ 2

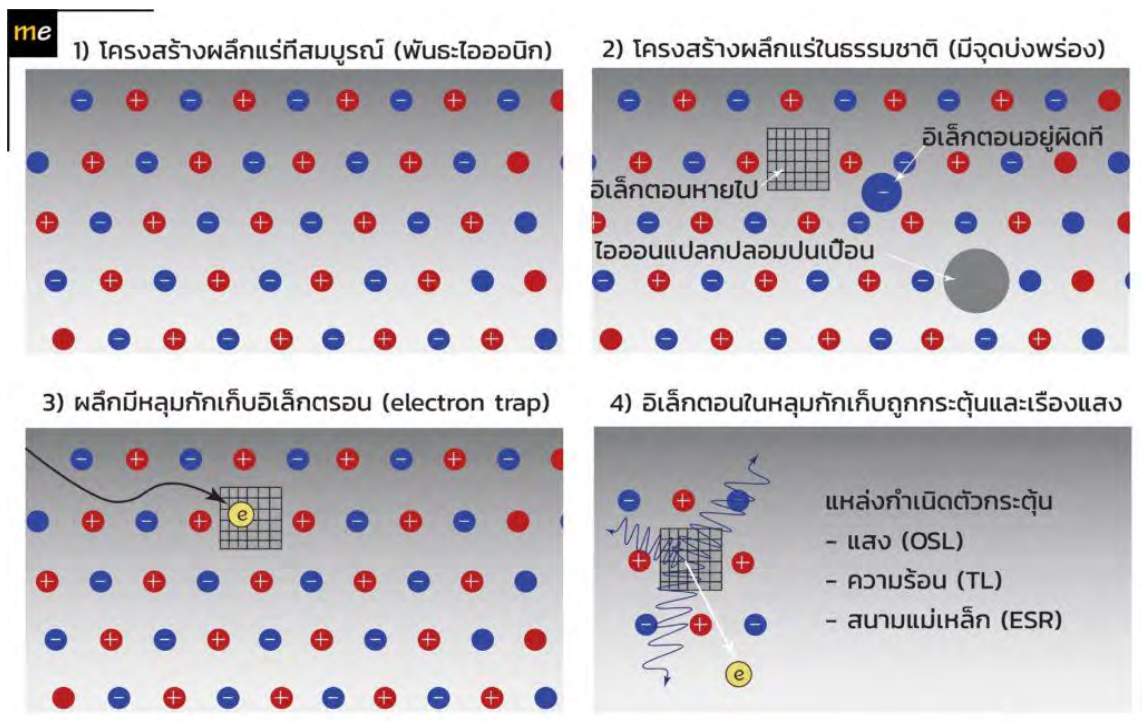
ทฤษฎีและงานวิจัย

2.1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ทฤษฎีการหาอายุด้วยวิธีเปล่งแสง

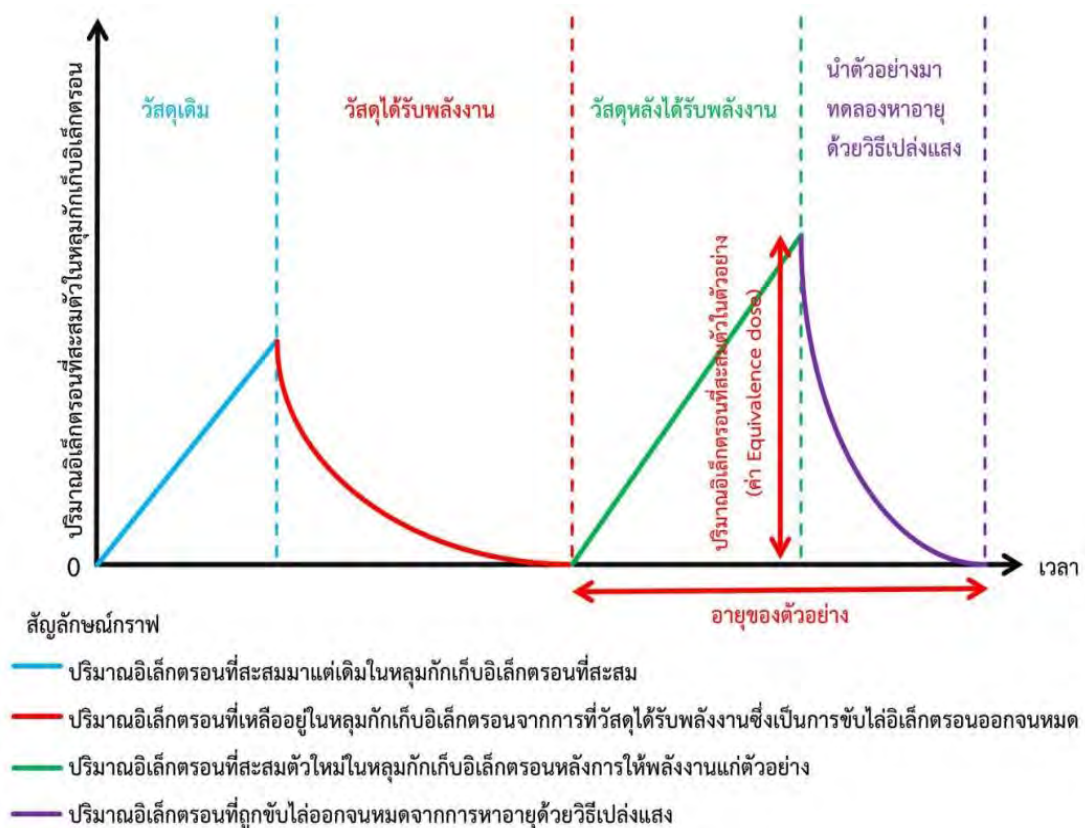
การเปล่งแสงแบบโฟโตไลสเซนส์ (phosphorescence) เป็นการเปล่งแสงที่เกิดกับแร่ ซึ่งเป็นของแข็งสามารถอธิบายได้ในรูปแบบของการกักเก็บอิเล็กตรอน และระดับพลังงานของอิเล็กตรอน โดยผลึกแร่ที่มีความสมบูรณ์ในทางทฤษฎี จะประกอบด้วยประจุบวกและประจุลบที่ยึดเหนี่ยวกันอยู่อย่างสมดุล ในรูปโครงข่ายผลึก แต่ในธรรมชาติ ผลึกแร่ส่วนใหญ่มีความไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะแร่ที่อยู่ในหินเนื่องจากสาเหตุหลายประการ ได้แก่ ประจุลบแทรกอยู่ระหว่างกลางโครงข่ายผลึก (negative - ion interstitial) ประจุลบหายไปจากตำแหน่งที่สมดุล (negative - ion vacancy) หรือความผิดปกติเนื่องจากการมีธาตุอื่นเข้ามาแทนที่ในช่องว่างทำให้เกิดเป็นศูนย์กลางความไม่บริสุทธิ์ (substitution impurity center) เป็นต้น บางตำแหน่งที่ไม่พบประจุลบ จะมีคุณสมบัติเป็นหลุมกักเก็บอิเล็กตรอน (electron trap) ซึ่งเป็นจุดที่ทำให้อิเล็กตรอนอื่น ๆ ในบริเวณรอบข้างให้เข้ามาฝังตัว เนื่องจากเป็นหลุมกักเก็บอิเล็กตรอนที่มีระดับพลังงานกระตุ้นกึ่งเสถียร (meta state) หลังจากพลังงานที่มีอยู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นพลังงานที่เกิดจากการที่ธาตุยูเรเนียม ทอเรียม และโพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติได้แผ่รังสีออกมาเพื่อเข้าไปกระตุ้นผลึกแร่ อิเล็กตรอนในผลึกแร่จะถูกกระตุ้นและไปฝังตัวอยู่ในหลุมกักเก็บอิเล็กตรอน จากนั้นถ้ามีแสงหรือความร้อนมากระตุ้นผลึกแร่อีก เกิดการเปล่งแสงขึ้นจากการที่อิเล็กตรอนหลุดออกมาจากหลุมกักเก็บ

การเปล่งแสงจากการกระตุ้นด้วยแสง (Optically Stimulated Luminescence, OSL) ถูกคิดค้นขึ้นครั้งแรกโดย Huntley et al. (1985) ซึ่งเกิดแบบเดียวกับการเปล่งแสงจากการกระตุ้นด้วยความร้อน (Thermoluminescence, TL) ที่ถูกคิดค้นขึ้นครั้งแรกโดย Aitken (1985) เริ่มต้นโดยการที่อิเล็กตรอนในหลุมกักเก็บอิเล็กตรอน (electron trap) ไปตกที่ศูนย์กลางการเปล่งแสง (luminescence center) จากการถูกกระตุ้นด้วยแสง จนเกิดการรวมตัวใหม่อีกครั้ง (recombination) และมีการเปล่งแสงขึ้น ซึ่งเป็นการปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของโฟตอน (รูป 2.1)



รูป 2.1. แบบจำลองแสดงรูปแบบการเปล่งแสงของแร่ (สันติ ภัยหลบลี, 2563)

การกำหนดอายุวัสดุด้วยการเปล่งแสงจากการกระตุ้นด้วยแสง ทั้งทางโบราณคดีหรือทางธรณีวิทยา ตัวแปรที่ต้องทำการประเมินค่าเพื่อให้ได้มาซึ่งอายุของวัสดุ ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ 1) Equivalent Dose (ED) คือ ค่าจำนวนของอิเล็กตรอนที่ไปตกอยู่ในหลุมกักเก็บอิเล็กตรอน ซึ่งเป็นผลมาจากการถูกกระตุ้นโดยการแผ่รังสีจากบริเวณรอบ ๆ ของธาตุกัมมันตรังสี มีหน่วยเป็น Gy และ 2) Annual dose (AD) คือ อัตราการแผ่รังสีต่อปีของธาตุกัมมันตรังสี ได้แก่ ยูเรเนียม (U) ทอเรียม (Th) และ โพแทสเซียม (K) ที่มีอยู่ในบริเวณรอบ ๆ ซึ่งเป็นธาตุกัมมันตรังสีที่สำคัญ ไปจนถึงรังสีคอสมิก (cosmic ray) ที่มาจากชั้นบรรยากาศ แต่ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อมากนัก มีหน่วยเป็น Gy/year จากนั้นจึงนำค่าที่ได้ทั้ง ED และ AD มาหาความสัมพันธ์ระหว่างกัน เพื่อคำนวณหาอายุโดยวิธีเปล่งแสงขึ้น โดยอายุที่ได้จากการทดลองโดยวิธีนี้จะป็นอายุที่นับตั้งแต่วัตถุนั้นได้รับพลังงานเป็นครั้งสุดท้าย (รูป 2.2) และ เป็นเวลาเดียวกันกับที่อิฐผ่านกระบวนการเผาในขั้นตอนผลิต (Martini and Sibilis, 2001)



รูป 2.2. แสดงการสะสมตัวและการถูกปลดปล่อยของอิลีกตรอน ในเหตุการณ์ต่าง ๆ

(ธนีสรณ์ พุทธกาล, 2563)

2.1.2 ตัวอย่างที่เหมาะสมกับการหาอายุด้วยวิธีเปล่งแสงจากการกระตุ้นด้วยแสง

แร่ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการเปล่งแสง ซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ แร่ควอตซ์ (quartz) เนื่องจากเป็นแร่ที่มีความแข็งแรงมาก นอกจากนี้ แร่ควอตซ์ยังพบแพร่หลายและมีความเสถียรมากบนพื้นผิวโลก โดยในสภาวะปกติแร่ จะมีการสะสมอิลีกตรอนด้วยอัตราที่คงที่อยู่ตลอดเวลา ตามอัตราการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติ เมื่อแร่ได้รับความร้อนที่เพียงพอ ประมาณ 300-500 องศาเซลเซียส (Feathers, 2002) เช่น พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผา อิลีกตรอนที่เคยสะสมตัวอยู่ในแร่ จะหลุดออกจากหลุมกักเก็บอิลีกตรอน ทำให้แร่เดิมมีการสะสมตัวใหม่อีกครั้งของอิลีกตรอนในหลุมกักเก็บนั้น เมื่อเราทำการตรวจวัดค่าการเปล่งแสงของอิลีกตรอนจากการวัดจำนวนอิลีกตรอน พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับจำนวนของอิลีกตรอนที่เคยสะสมตัวอยู่ในแร่นั้น นับตั้งแต่แร่ได้รับพลังงานความร้อนครั้งสุดท้ายจนถึงวันที่นำแร่มาทำการศึกษาทดลอง

2.1.3 การคำนวณอัตราการแผ่รังสีต่อปี (Annual dose (AD))

ธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติที่นิยมนำมาคำนวณอัตราการแผ่รังสีต่อปี มีอยู่ด้วยกัน 3 ธาตุหลัก คือ ยูเรเนียม (U) ทอเรียม (Th) และ โพแทสเซียม (K) ซึ่งมีผลต่อการกระตุ้นอิเล็กตรอนให้เข้าไปฝังตัวอยู่ในหลุมเก็บอิเล็กตรอน โดยการหาอัตราการแผ่รังสีต่อปีหรือค่า AD นั้น เริ่มจากการประเมินหาค่าความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสี (radioactive element) ที่ปะปนอยู่ในดิน ทั้งภายในและโดยรอบตัวอย่าง โดยทั้ง 3 ธาตุดังกล่าว จะมีการแผ่รังสีและการสลายตัวไปตามเวลาที่เฉพาะตัวของแต่ละธาตุ หรือเรียกว่า ค่าครึ่งชีวิต (half life) จากนั้นธาตุกัมมันตรังสีดังกล่าวจะเปลี่ยนสภาพเป็นธาตุใหม่ และให้พลังงาน 3 ชนิด ออกมาในรูปของอนุภาค ได้แก่ 1) อนุภาคแอลฟา 2) อนุภาคเบตา และ 3) อนุภาคแกมมา ซึ่งทั้ง 3 อนุภาคนี้ เป็นสิ่งที่ไปกระตุ้นให้อิเล็กตรอนเข้าไปอยู่ในหลุมกักเก็บอิเล็กตรอน ดังนั้นอัตราการกระตุ้นอิเล็กตรอนหรืออัตราการแผ่รังสีจะมากหรือน้อย ก็ขึ้นอยู่กับปริมาณของอนุภาคทั้ง 3 และอนุภาคทั้ง 3 จะมีมากน้อยแค่ไหน ก็ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสียูเรเนียม (U) ทอเรียม (Th) และ โพแทสเซียม (K) ซึ่งวิธีที่ใช้ในการตรวจวัดสำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ วิธี Gamma-ray Spectrometry

ผลที่ได้จากการตรวจวัดข้างต้นด้วยวิธีต่าง ๆ จะได้สามารถหาค่าความเข้มข้นของธาตุยูเรเนียม และ ทอเรียม ในหน่วยของ part per million (ppm) หรือ 1:1,000,000 ส่วนในกรณีของธาตุโพแทสเซียมจะได้ในหน่วยเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียม (%K) จากค่าต่าง ๆ ที่ได้ นั้น นิยมใช้ตารางที่นำเสนอโดย Bell (1979) ซึ่งเป็นตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของแต่ละธาตุกัมมันตรังสีและปริมาณการแผ่รังสีต่อปี (ตาราง 2.2) นำมาคำนวณหาอัตราการแผ่รังสีต่อปี หน่วยเป็น เกรย์/ปี (Gy/year)

จากค่า AD ที่ได้ถึงขั้นตอนนี้ เป็นค่าอัตราการแผ่รังสีต่อปีในทางอุดมคติ โดยที่ไม่มีปัจจัยอื่น ๆ ที่เป็นสาเหตุที่ทำให้สัญญาณเกิดการลดทอนเข้ามาบรรจบกัน แต่ในทางปฏิบัติ มีอยู่ 2 ปัจจัยหลัก ที่ทำให้อัตราการแผ่รังสีเกิดการลดทอน และจำเป็นต้องนำมาพิจารณาร่วมกับการประเมินค่า AD คือ ขนาดของผลึกแร่ หรือขนาดของเม็ดตะกอน ซึ่งทำให้สัญญาณถูกลดทอน โดยมีความสัมพันธ์โดยตรงกับระยะทางในการเดินทางจากแหล่งกำเนิดของอนุภาค (แอลฟา เบตา แกมมา) ไปสู่แร่ที่ต้องการหาอายุที่ไม่เท่ากัน โดยอนุภาคแกมมานั้นมีอำนาจในการทะลุทะลวงมากที่สุด รองลงมาคืออนุภาคเบตา และอนุภาคแอลฟามีอำนาจในการทะลุทะลวงน้อยที่สุด และอีกหนึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการลดทอนคือ ปริมาณน้ำหรือความชื้นที่มีอยู่ในดินในธรรมชาติ ซึ่งในแต่ละอนุภาคนั้น ความชื้นหรือปริมาณของน้ำจะมีประสิทธิภาพการลดทอนที่แตกต่างกัน โดยแปรผกผันกับอำนาจในการทะลุทะลวง กล่าวคือ ปริมาณ

ของน้ำจะปลดทอนรังสีแอลฟาได้ประมาณ 50% ลดทอนรังสีเบตาได้ประมาณ 25% และลดทอนรังสีแกมมาได้ประมาณ 14%

ตาราง 2.2. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสีกับปริมาณรังสีชนิดต่างๆที่ธาตุกัมมันตรังสีแต่ละชนิดปล่อยออกมา (Bell, 1979)

ธาตุกัมมันตรังสี	ความเข้มข้น	ปริมาณ Radionuclide ($\mu\text{Gy/y}$)		
		รังสีแอลฟา	รังสีเบตา	รังสีแกมมา
ยูเรเนียม (U)				
- No radon loss	1 ppm	2783	146.2	114.8
- 100% radon loss		1262	60.9	5.6
ทอเรียม (Th)				
- No thoron loss	1 ppm	738	2806	51.4
- 100% thoron loss		309	10.3	20.8
โพแทสเซียม (K)	1%	-	830.3	249.2
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	1%	-	689.3	206.9
รูบิเดียม (Rb)	100 ppm	-	46.4	-

จากปัจจัยต่าง ๆ ข้างต้น ที่ทำให้อัตราการแผ่รังสีเกิดการลดทอน สามารถนำมาใช้กับสมการอย่างง่ายของ Aitken (1985) ในการคำนวณค่า AD หรืออัตราการแผ่รังสีต่อปี มีหน่วยเป็น mGy/year (สมการ 2.1)

$$AD = D\alpha + D\beta + D\gamma + DC$$

สมการ 2.1

โดย

AD คือ ค่า Annual Dose ทั้งหมด มีหน่วยเป็นมิลลิเกรย์ต่อปี (mGy/y)

$D\alpha$ คือ ค่า Annual Dose จากอนุภาคแอลฟา
มีค่าเท่ากับ $a(2.783U+0.738Th) / (1+1.50W)$

$D\beta$ คือ ค่า Annual Dose จากอนุภาคเบตา
มีค่าเท่ากับ $b(0.1462U+0.0286Th+0.8303K) / (1+1.25W)$

$D\gamma$ คือ ค่า Annual Dose จากรังสีแกมมา
มีค่าเท่ากับ $(0.1148U+0.0514Th+0.2492K) / (1+1.14W)$

DC คือ ค่า Annual Dose จากรังสีคอสมิก กำหนดให้มีค่าคงที่ เท่ากับ 0.15

เมื่อ

K คือ ปริมาณ Radionuclide ชนิดต่าง ๆ ที่โพแทสเซียม (K) ปลดปล่อยออกมา

U คือ ปริมาณ Radionuclide ชนิดต่าง ๆ ที่ยูเรเนียม (U) ปลดปล่อยออกมา

Th คือ ปริมาณ Radionuclide ชนิดต่าง ๆ ที่ทอเรียม (Th) ปลดปล่อยออกมา

W คือ ร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง

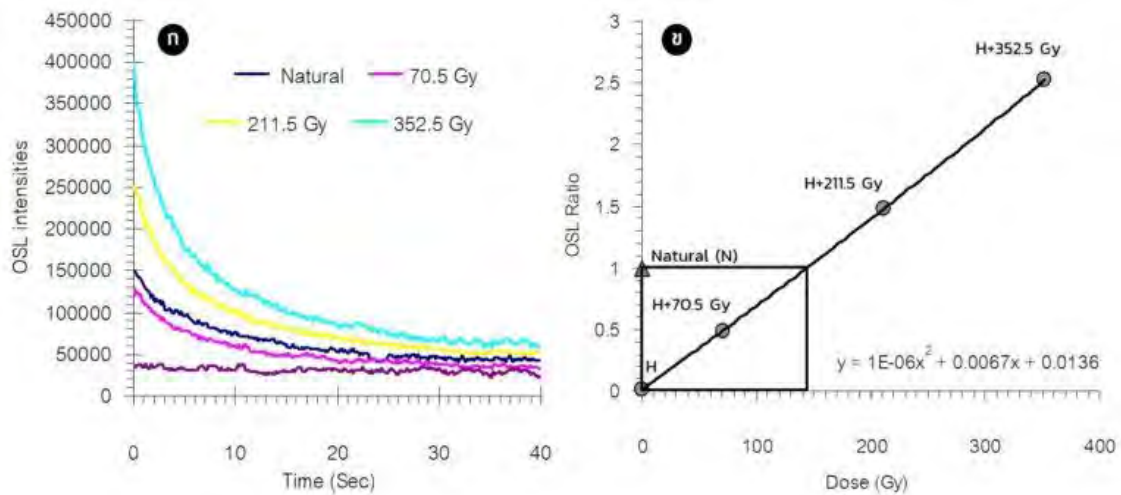
a และ b ขึ้นอยู่กับขนาดเม็ดตะกอน

2.1.4 การคำนวณค่าปริมาณอิเล็กตรอนที่สะสมตัวในตัวอย่าง Equivalence dose (ED)

จำนวนของอิเล็กตรอนที่มีอยู่ในตัวอย่างนั้นมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของการเปล่งแสง โดยที่สัญญาณของการเปล่งแสงที่ตรวจวัดได้จะปรากฏออกมาในรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างแกนตั้งคือปริมาณโฟตอน หรือ ปริมาณการเปล่งแสงที่ลดลงเรื่อยๆ จากการถูกแสงกระตุ้น และแกนนอนคือเวลาที่ผ่านไป จนถึงระดับค่าภูมิหลัง ซึ่งเป็นระดับที่สัญญาณการเปล่งแสงนั้นมีค่าต่ำที่สุด เรียกกราฟความสัมพันธ์นี้ว่า กราฟ OSL decay curve (รูป 2.3 (ก))

การประยุกต์ใช้ OSL decay curve เพื่อการหาอายุด้วยวิธีกระตุ้นด้วยแสง (OSL dating) กับวัตถุทางธรณีวิทยาและโบราณคดี ถูกคิดค้นโดย Huntley และคณะ (1985) โดยใช้แสงสีเขียวซึ่งมีความยาวคลื่น 514 นาโนเมตร มากระตุ้นการเปล่งแสงในแร่ควอตซ์ที่สกัดจากตะกอนที่ต้องการรู้อายุ การสะสมตัว โดยจาก OSL decay curve ที่ได้จากการตรวจวัด Banerjee และคณะ (1999b) ได้ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับอัตราส่วนสัญญาณ OSL ต่อสัญญาณรบกวน เพราะต้องการตรวจวัดสัญญาณ OSL ให้มีความแม่นยำในระดับมิลลิเกรย์ (mGy) โดยขั้นตอนการตรวจวัดทำได้โดยการลบ

สัญญาณ OSL ที่วัดได้ ด้วยสัญญาณค่าภูมิหลังในช่วง 10 วินาทีสุดท้ายของการวัดสัญญาณ ส่วนการเลือกสัญญาณ OSL decay curve มาเป็นตัวแทนในการสร้าง growth curve (รูป 2.3 (ข)) ควรใช้สัญญาณในช่วง 2-3 วินาทีแรก จึงจะให้ค่าสัญญาณที่มีความถูกต้องมากที่สุด



รูป 2.3. (ซ้าย) OSL decay curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการอบแสงกระตุ้น (แกนนอน) และจำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) (แกนตั้ง) และ (ขวา) growth curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ทราบค่า (Gy) และจำนวนอิเล็กตรอนที่ตรวจวัดได้จากวิธีแปลงแสงจากการกระตุ้นด้วยแสง (หน่วย count/sec) ที่มีอยู่ในตัวอย่าง (สันติ ภัยหลบลี้, 2563)

2.1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รายงานของ Tudela et al. (2011) เรื่องการหาอายุอัญมณีด้วยวิธีการแปลงแสงจากการกระตุ้นด้วยความร้อน, วิธีการแปลงแสงจากการกระตุ้นด้วยแสง และวิธีคาร์บอน-14 ของตะกอนและอัญมณีจากสุสานมัมมีแมซีในประเทศบราซิล โดยทำการศึกษาทั้งสิ้น 6 ตัวอย่าง ประกอบด้วยดินโคลนจากผนัง “Taipa” (MTR6), ตะกอนที่อยู่ใกล้กับมัมมีด้านหน้า (MTR8), ตะกอนที่อยู่ระหว่างมัมมีด้านหน้าและด้านใน (MTR9), ตะกอนที่อยู่ใกล้กับมัมมีด้านใน (MTR10), อัญมณีจากผนัง (MTR11) และดินโคลนจากผนังสุสาน (MTR12)

ทำการทดลองโดยสกัดควอตซ์ให้บริสุทธิ์ จากนั้นนำไปหาอายุด้วยวิธีการแปลงแสงจากการกระตุ้นด้วยความร้อน (TL) โดยให้ความร้อนในอัตรา 10 องศาเซลเซียสต่อวินาที ภายใต้สภาวะไนโตรเจน และการหาอายุด้วยวิธีการแปลงแสงจากการกระตุ้นด้วยแสง (OSL) ดำเนินการกระตุ้นด้วยแสงสีน้ำเงิน ผลจากการหาอายุคือ ตัวอย่างจากดินโคลนจากผนัง “Taipa” มีอายุที่ได้จากการทำ OSL คือ 163 ปี และวิธีการทำ TL คือ 168 ปี และมีความสัมพันธ์กับการหาอายุจากคาร์บอน 14 ที่ได้ 131 ปี ค่าอายุจากตัวอย่างตะกอนที่อยู่ใกล้กับมัมมีด้านหน้า, ตะกอนที่อยู่ใกล้กับมัมมีด้านใน และอัญมณี

จากผนัง มีค่าอายุที่ได้จากวิธีการทำ TL คือ 233 ปี, 236 ปี และ 224 ปี ตามลำดับ ส่วนจากวิธีการทำ OSL คือ 210 ปี, 224 ปี และ 204 ปี ตามลำดับ ซึ่งสัมพันธ์กับค่าอายุที่ได้จากการหาด้วยวิธีคาร์บอน 14 คือ 231 ปี ซึ่งตรงกับช่วงศตวรรษที่ 18 ส่วนตัวอย่างจากตะกอนที่อยู่ระหว่างมัมมีด้านหน้าและด้านใน และตัวอย่างดินโคลนจากผนังสุสาน ได้ค่าอายุที่แก่เกินไป คาดว่าเกิดจากการที่สัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ถูกลบล้างออกไปไม่หมด

ผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่ามัมมีทั้งสองถูกฝังในเวลาที่แตกต่างกัน โดยตะกอนจากมัมมีที่อยู่ด้านในมีอายุมากกว่าตะกอนจากมัมมีที่อยู่หน้า นอกจากนี้ค่าอายุที่ได้จากวิธีการทำ TL และ OSL มีค่าไม่แตกต่างกัน และมีค่าใกล้เคียงกับวิธีคาร์บอน 14

รายงานของ Pailoplee et al. (2016) เรื่องการหาอายุอัฐด้วยวิธีเปล่งแสงจากการกระตุ้นด้วยความร้อนและการเปล่งแสงจากการกระตุ้นด้วยแสงจากโบราณสถานทุ่งตึก อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา ได้ทำการศึกษาอัฐทั้งหมด 6 ก้อน โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน คือ แยกระหว่างเนื้ออัฐส่วนนอกและเนื้ออัฐส่วนใน ซึ่งการหาอายุทั้งจากวิธีการเปล่งแสงจากการกระตุ้นด้วยความร้อนและการเปล่งแสงจากการกระตุ้นด้วยแสงให้ค่าอายุที่ใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 840-1,500 ปี โดยมีอัตราส่วนระหว่าง ED(OSL)/ED(TL) อยู่ในช่วง 0.8 ถึง 1.5 ซึ่งถือว่ามีความน่าเชื่อถือและยอมรับได้ ซึ่งจากการศึกษาของ Gredmaier et al. (2011) กล่าวว่า สีที่แตกต่างกันของอัฐส่วนนอกและอัฐส่วนในเป็นผลมาจากความแตกต่างของโครงสร้างผลึกของแร่ที่มีสูตรเคมีเหมือนกัน นอกจากนี้สีที่แตกต่างกันระหว่างอัฐส่วนนอกและอัฐส่วนในเป็นผลมาจากการได้รับความร้อนที่ไม่สมบูรณ์ทั้งก้อนในขั้นตอนของกระบวนการเผาอัฐ และพบว่าเนื้ออัฐส่วนนอกให้ค่าอายุที่แม่นยำกว่า เนื่องจากได้รับความร้อนที่เพียงพอในขั้นตอนการเผา ส่วนเนื้ออัฐส่วนในให้ค่าอายุที่สูงกว่าปกติ และมีค่า ED ที่แปรปรวนกว่าเนื้ออัฐส่วนนอก และถ้าอัฐมีอายุน้อยเกินไปก็อาจจะบอกได้ว่าเป็นอัฐสมัยใหม่ที่ถูกนำมาบูรณะโบราณสถาน การหาอายุอัฐมีความสำคัญเนื่องจากสามารถบอกถึงอายุที่อัฐนั้นถูกสร้างขึ้นมา ซึ่งจะเป็นอายุเดียวกับอายุของโบราณสถานอีกด้วย

รายงานของ Puttagun T. (2017) เรื่องการหาอายุอัฐจากกำแพงเมืองสงขลาด้วยวิธีเปล่งแสง โดยนำตัวอย่างอัฐจากกำแพงอัฐที่วางที่วางตัวอย่างบนกำแพงหิน และตัวอย่างที่วางตัวแนบอยู่กับด้านมนของตัวเมือง ซึ่งจุดพบที่บริเวณแนวกำแพงเมืองสงขลา ทางด้านทิศตะวันตกของเมือง โดยผู้จัดทำโครงการได้ทำการเก็บตัวอย่างอัฐจากกำแพงเมืองสงขลาทั้งสิ้น 13 ตัวอย่าง โดยแบ่งตัวอย่างอัฐออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุด SK1 เป็นตัวอย่างอัฐที่วางตัวอย่างบนกำแพงหิน โดยอัฐมีลักษณะทางกายภาพภายนอกเป็นสีส้ม ผิวขรุขระ มีการเจาะรูเข้าไปในเนื้ออัฐ ส่วนตัวอย่างอัฐชุดที่ 2 คือ ชุด SK2 เป็นตัวอย่างอัฐที่วางตัวแนบผนังด้านในของกำแพงหิน โดยอัฐมีลักษณะทางกายภาพภายนอกเป็นสีน้ำตาลเหลือง ผิวเรียบ ไม่มีการเจาะรูเข้าไปในเนื้ออัฐ แต่จากตัวอย่างทั้งหมด 13 ตัวอย่าง ผู้จัดทำโครงการได้ทำการเลือก

เฉพาะตัวอย่าง SK1-1 และ SK2-1 เนื่องจากลักษณะทางกายภาพภายในของเนื้ออิฐทั้ง 2 ตัวอย่างมีสี และเป็นเนื้อเดียวกันทั่วทั้งก้อน เริ่มต้นจากการเตรียมตัวอย่างโดยสกัดให้ได้แร่ควอตซ์บริสุทธิ์เพื่อนำไป ทดลองหาค่า ED ด้วยเครื่อง TL / OSL reader และตัวอย่างที่เหลือนำไปทดลองหาค่า AD โดยใช้ เครื่อง Gamma-ray spectrometer ทั้งนี้ผู้จัดทำโครงการได้ทำการทดลองหาค่า ED จาก 2 แหล่ง ได้แก่ ห้องปฏิบัติการของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) และห้องปฏิบัติการ ของภาควิชาธรณีศาสตร์มหาวิทยาลัยไฟร์บวร์ก สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี จากนั้นนำผลการทดลองที่ ทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % พบว่าตัวอย่างอิฐ SK1-1 มีอายุ 120-141 ปีก่อนปัจจุบัน และตัวอย่างอิฐ SK2-1 มีอายุ 151-173 ปีก่อนปัจจุบัน

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า หลังจากการก่อสร้างกำแพงหินเพื่อวางรากฐานกำแพงเมือง สงขลาในปี พ.ศ. 2379 ถึงปี พ.ศ. 2385 เสร็จสิ้นแล้วนั้น ได้มีการก่อสร้างอิฐแนบกับแนวกำแพงหิน ทางด้านในของตัวเมืองเพิ่มเติมในช่วงประมาณปี พ.ศ. 2387 ถึงปี พ.ศ. 2409 และต่อมามีการก่อสร้าง กำแพงอิฐซึ่งวางทับอยู่บนกำแพงเมืองที่เป็นกำแพงหินเพิ่มเติมในช่วงประมาณปี พ.ศ. 2419 ถึงปี พ.ศ. 2440

รายงานของ Panzeri et al. (2018) ได้ทำการหาอายุด้วยวิธีการเปล่งแสงทั้ง 2 วิธี คือ วิธีการ เปล่งแสงจากการกระตุ้นด้วยความร้อน และวิธีการเปล่งแสงจากการกระตุ้นด้วยแสง โดยทำการศึกษา ตัวอย่างชิ้นส่วนของอิฐและปูน จากมหาวิหารและหอคอย Ghirlandina ซึ่งเป็นแหล่งมรดกโลกตั้งอยู่ที่ เมืองโมเดนา ทางตอนเหนือของประเทศอิตาลี จากการศึกษาพบว่าการหาอายุด้วยวิธีการเปล่งแสงจาก การกระตุ้นด้วยความร้อนนั้น อิฐส่วนใหญ่มีอายุเก่าแก่กว่าการสร้างมหาวิหารมาก จัดอยู่ในยุคโรมัน ข้อมูลเหล่านี้สอดคล้องกับการศึกษาขนาดของอิฐและแผ่นหินประดับ ที่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแผ่นหิน ที่ถูกนำกลับมาใช้ใหม่ (Lugli et al., 2009) แต่มีเพียง 2 ตัวอย่างเท่านั้นที่มีอายุอยู่ในช่วงหลังยุคโรมัน โดยมีการผลิตอิฐใหม่เพื่อนำมาบูรณะหอคอยให้เสร็จสมบูรณ์ และมีการปรับเปลี่ยนพื้นที่เพื่อให้ความ กลมกลืนกับศิลปะสมัยใหม่ในขณะนั้น ส่วนการหาอายุด้วยวิธีเปล่งแสงจากการกระตุ้นด้วยแสง ให้ ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับช่วงของการก่อสร้างมหาวิหาร แต่ตัวอย่างที่มีอายุสอดคล้องมีเพียง 3 ตัวอย่าง จากหอคอย Ghirlandina และ 1 ตัวอย่างจากมหาวิหารส่วนตัวอย่างอื่น ๆ ให้ผลอายุที่มากกว่าที่ คาดการณ์ไว้ ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการฟอกสีควอตซ์ที่ยังไม่เสร็จสมบูรณ์

2.1.6 ข้อจำกัดของการหาอายุด้วยวิธีเปล่งแสง

เนื่องจากการหาอายุด้วยวิธีเปล่งแสง ใช้หลักการสะสมตัวใหม่ของอิเล็กตรอนในหลุมกักเก็บ อิเล็กตรอน เพราะฉะนั้นจึงเหมาะกับวัตถุที่ผ่านความร้อนที่เพียงพอมาแล้ว (300-500 °C; Feathers, 2003) หรือเป็นการสะสมตัวของตะกอนดินครั้งสุดท้าย ที่ควรจะได้รับแสงอาทิตย์มาแล้วอย่างน้อย 6-8 ชั่วโมง (Aitken, 1985) จึงจะทำให้อิเล็กตรอนเดิมที่เคยอยู่ในหลุมกักเก็บหลุดออกไปจนหมดสำหรับ

ตัวอย่างที่ผ่านการได้รับความร้อน หรือ มีระดับอิเล็กทรอนิกส์รอนเท่ากับค่าคงเหลือสำหรับตัวอย่างตะกอน นอกจากนี้การหาอายุด้วยวิธีเปล่งแสงนั้น ในขั้นตอนของการหาค่า Equivalent dose (ED) ผนิวต์จะ ต้องไม่ผ่านการสัมผัสกับแสง ดังนั้นจึงต้องมีการขัดผิวหน้าวัตถุที่เคยสัมผัสกับแสงออกก่อน และทำการทดลองต่อในห้องปฏิบัติการสภาวะห้องมืดหรือภายใต้แสงสีแดง ซึ่งเป็นแสงที่ตามองเห็นและมีความถี่น้อย เพื่อลดการรบกวนอิเล็กทรอนิกส์รอนในตัวอย่างอิฐ

นอกจากนี้ยังข้อจำกัดทางด้านอายุ ที่ถูกเสนอโดย Colman et al. (1987) และ Colman and Pierce (2000) ว่า ความเหมาะสมของตัวอย่างที่นำมาใช้การหาอายุด้วยวิธีเปล่งแสงนั้น ควรมีความอายุไม่เกิน 100,000 ปี เนื่องจากตัวอย่างที่มีอายุมากกว่านี้ มักมีความเข้มข้นของสัญญาณสูญหายไปตั้งแต่ต้น

2.2 การดำเนินงานวิจัย

2.2.1 การเก็บตัวอย่าง

ผู้จัดทำโครงการได้ดำเนินการส่งเอกสารราชการ และติดต่อประสานงานไปยังคุณศุภมาศ ดวงสกุล นักโบราณคดีชำนาญการ สำนักศิลปากรที่ 2 สุพรรณบุรี กรมศิลปากร เพื่อขออนุญาตเข้าถึงพื้นที่ศึกษาและทำการเก็บตัวอย่างอิฐ โดยได้ทำการเก็บตัวอย่างอิฐจากกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี มาทั้งสิ้น 2 ชุด (รูป 2.4) คือ ชุด SPN เป็นอิฐจากประตูเมืองที่อยู่ตรงข้ามกับป้อมด้านทิศเหนือของกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี ลักษณะภายนอกเป็นอิฐสีน้ำตาลส้ม ผิวภายนอกค่อนข้างหยาบและขรุขระ มีจำนวนทั้งสิ้น 2 ตัวอย่าง คือ SPN-1 และ SPN-2 และชุด SPE เป็นอิฐจากบริเวณด้านทิศตะวันออกตอนเหนือของกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี ลักษณะภายนอกเป็นอิฐสีส้ม ผิวภายนอกค่อนข้างขรุขระ มีจำนวนทั้งสิ้น 2 ตัวอย่าง คือ SPE-1 และ SPE-2 (ตาราง 2.3)

นอกจากนี้ ยังมีตัวอย่างอิฐจากโบราณสถานหมายเลข 14 บ้านศรีสรรเพชญ์ ตำบลอุ่มทอง อำเภอยู่งทอง จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งเป็นวิหารโบราณใต้ดิน โดยได้ทำการติดต่อประสานงานไปยังคุณศุภชัย นวการพิศุทธิ์ นักโบราณคดีผู้ดำเนินการขุดค้น มีอิฐทั้งสิ้นจำนวน 2 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่าง UT-1 เป็นอิฐจากผนังวิหาร และตัวอย่าง UT-2 เป็นอิฐจากพื้นวิหาร (รูป 2.5) โดยลักษณะภายนอกของอิฐทั้งสองก้อนเป็นอิฐสีเทาขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับอิฐจากกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี ผิวนอกหยาบและขรุขระมาก (ตาราง 2.4) รวมมีตัวอย่างอิฐสำหรับงานวิจัยนี้ทั้งสิ้น 6 ตัวอย่าง



รูป 2.4. แสดงพื้นที่ศึกษาที่ 1 กำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี และจุดเก็บตัวอย่าง







รูป 2.5. แสดงพื้นที่ศึกษาที่ 2 โบราณสถานหมายเลข 14 และจุดเก็บตัวอย่าง

ตาราง 2.3. แสดงข้อมูลและภาพถ่ายตัวอย่างอิฐ จากพื้นที่ศึกษาที่ 1 กำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี

ตัวอย่าง	ตำแหน่งตัวอย่าง	ขนาด (เซนติเมตร)			ภาพถ่าย	
		กว้าง	ยาว	หนา	สภาพพื้นที่เก็บ	ตัวอย่าง
SPN-1	กำแพงตรงข้ามกับ ป้อมด้านทิศเหนือ (ประตูเมือง)	12.8	26.0	4.3		
SPN-2	กำแพงตรงข้ามกับ ป้อมด้านทิศเหนือ (ประตูเมือง)	12.5	25.5	4.0		
SPE-1	กำแพงด้านทิศ ตะวันออกฝั่งเหนือ	14.0	28.0	4.8.0		
SPE-2	กำแพงด้านทิศ ตะวันออกฝั่งเหนือ	14.5	27.5	5.0		

ตาราง 2.4. แสดงข้อมูลและภาพตัวอย่างอิฐ จากพื้นที่ศึกษาที่ 2 โบราณสถานหมายเลข 14

ตัวอย่าง	ตำแหน่งตัวอย่าง	ขนาด (เซนติเมตร)			ภาพตัวอย่าง	
		กว้าง	ยาว	หนา	สภาพพื้นที่เก็บ	ตัวอย่าง
UT-1	ผนังวิหาร	22.5	44.5			
UT-2	พื้นวิหาร	21.5	35			

2.2.2 การเตรียมตัวอย่างและการทดลอง

1) การทดลองหาร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง (Water content (W)) และการเตรียมตัวอย่าง เริ่มจากการนำตัวอย่างที่ทำการขัดผิวหน้าอิฐ เพื่อเอาตัวเชื่อมประสานจากการสร้างกำแพงและซีเมนต์ออก จากนั้นแบ่งตัวอย่างเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกแบ่งมาประมาณร้อยละ 40 ของก้อนอิฐทั้งหมดสำหรับทำ ED และอิฐอีกประมาณร้อยละ 60 ไว้สำหรับทำ AD แล้วจึงนำอิฐส่วนที่แบ่งไว้สำหรับทำ AD มาทุบด้วยค้อน เพื่อให้มีขนาดเล็กลง แล้วจึงแบ่งตัวอย่างมาประมาณ 25 ถึง 50 กรัม เพื่อนำไปหาร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง (ตาราง 2.5) ซึ่งและบันทึกค่าน้ำหนักอิฐก่อนอบ จากนั้นนำตัวอย่างไปอบในตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) เพื่อให้ น้ำในตัวอย่างระเหยจนหมด เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วจึงทำการชั่งและบันทึกค่าน้ำหนักตัวอย่างแห้งหลังอบ (รูป 2.6) นำค่าน้ำหนักตัวอย่างแห้งและค่าน้ำหนักตัวอย่างเปียกมาแทนในสูตรเพื่อคำนวณหาร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง (W) ซึ่งนำค่า W นี้ ไปใช้ต่อในการคำนวณหาอัตราการแผ่รังสีต่อปี (Annual dose, AD) (สมการ 2.2)

$$\text{ร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างเปียก} - \text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}} \quad \text{สมการ 2.2}$$



รูป 2.6. การหาร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง โดยการชั่งและบันทึกค่าน้ำหนักก่อนอบและหลังอบ

ตาราง 2.5. ภาพตัวอย่างทั้งหมด 6 ตัวอย่าง สำหรับการทดลองหาค่าร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ภาพตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง	ตัวอย่าง	ภาพตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง
SPN-1		SPN-2	
SPE-1		SPE-2	

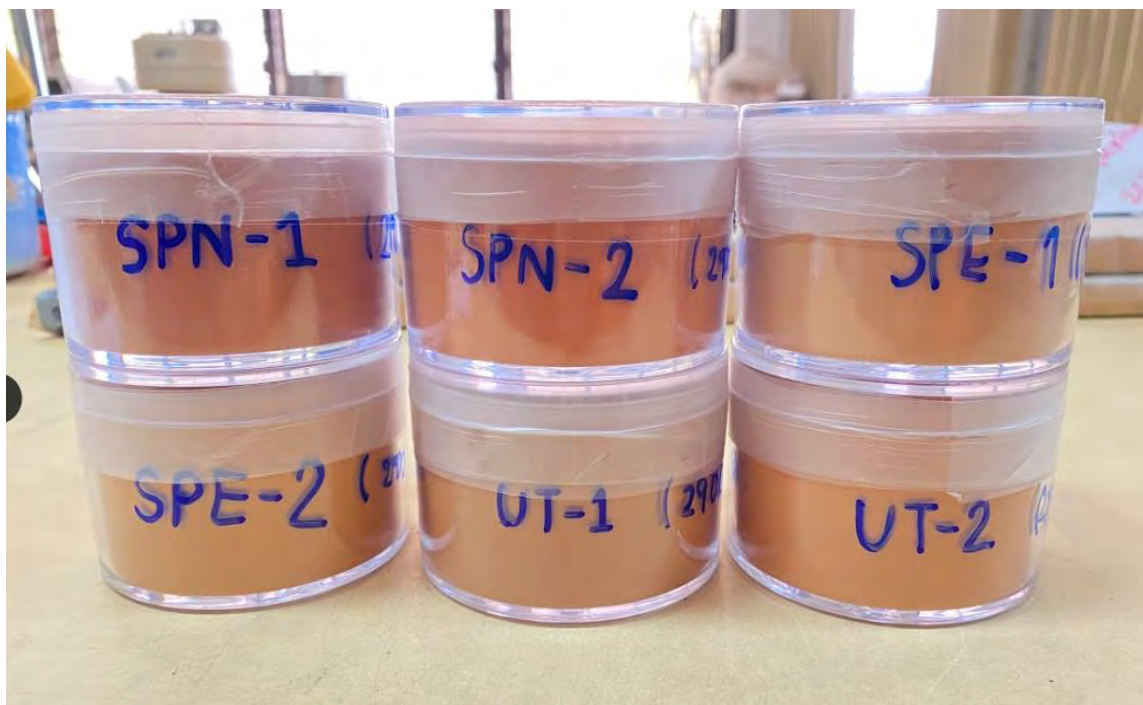
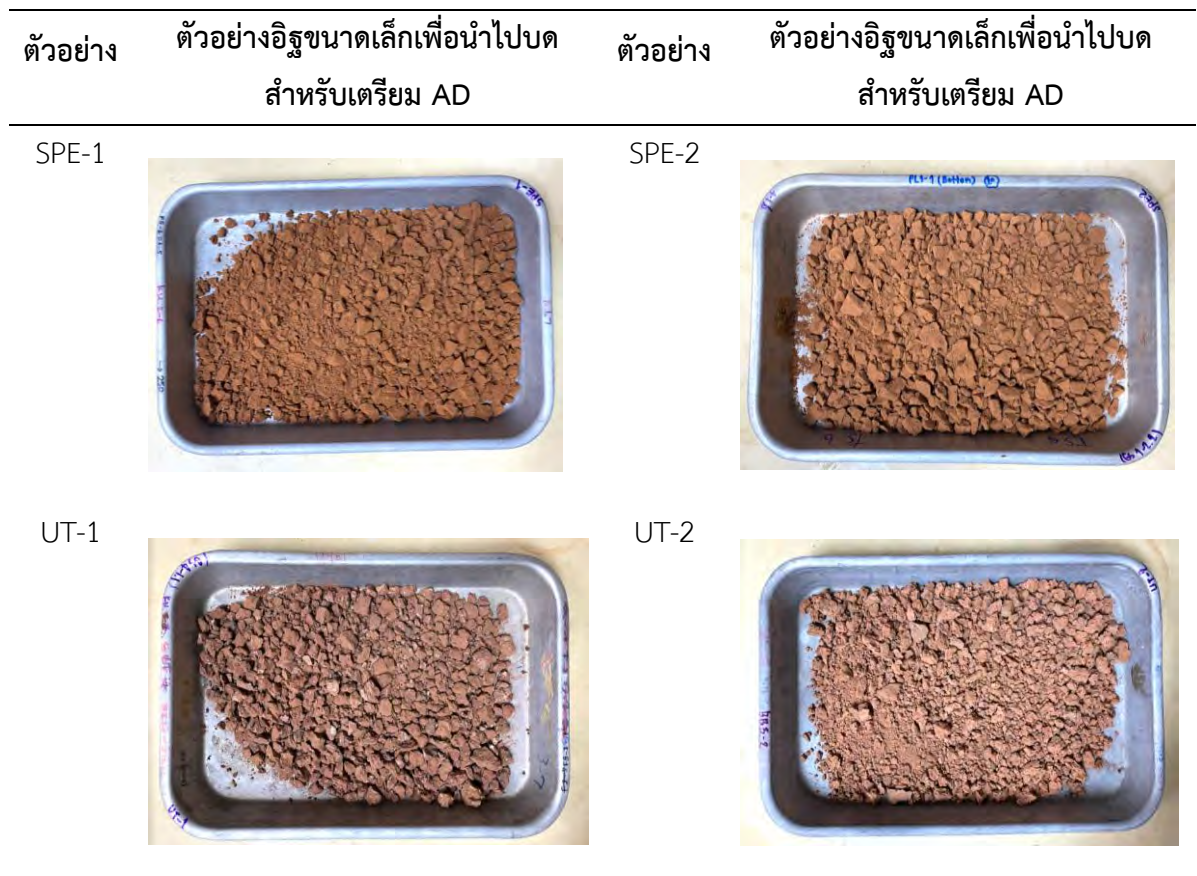
ตัวอย่าง	ภาพตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง	ตัวอย่าง	ภาพตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง
UT-1		UT-2	

2) การทดลองสำหรับการหาอัตราการแผ่รังสีต่อปี (Annual Dose (AD) และการเตรียมตัวอย่าง เริ่มจากนำตัวอย่างมาทุบด้วยค้อนให้มีขนาดเล็กลงอีก (ตาราง 2.6) แล้วจึงนำตัวอย่างไปอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้ตัวอย่างแห้ง จากนั้นนำไปบดละเอียดด้วยเครื่อง Vibratory Disc Mill เพื่อชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 290 กรัม นำมาบรรจุใส่กระปุกพลาสติกใส กั้นกระปุกเรียบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร แล้วปิดด้วยพาราฟิล์ม เอ็ม ให้แน่นหนา (รูป 2.7) โดยการเก็บตัวอย่างในส่วนนี้ ไม่จำเป็นต้องเก็บไว้ในที่มืด เนื่องจากสามารถสัมผัสแสงได้

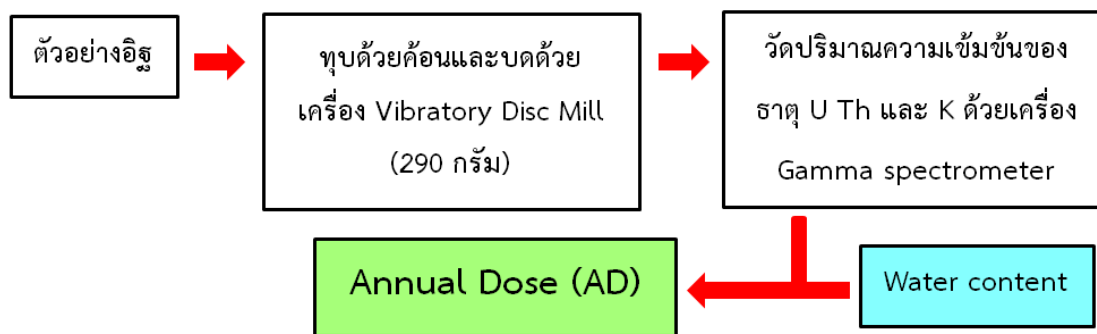
จากนั้นนำกระปุกตัวอย่างที่เตรียมในขั้นตอนข้างต้น ทั้งไว้ประมาณ 1 เดือน แล้วจึงนำไปทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสีที่มีอยู่ในธรรมชาติ ได้แก่ ยูเรเนียม (U) ทอเรียม (Th) และ โพแทสเซียม (K) แล้วจึงนำค่าที่ได้ไปใช้คำนวณร่วมกับค่าร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง เพื่อใช้ประเมินอัตราการแผ่รังสีต่อปี (AD) (รูป 2.8) โดยใช้เครื่อง Gamma-ray Spectrometer ของภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 2.6. แสดงภาพตัวอย่างอิฐสำหรับนำไปบดด้วยเครื่อง Vibratory Disc Mill เพื่อเตรียม AD

ตัวอย่าง	ตัวอย่างอิฐขนาดเล็กเพื่อนำไปบด สำหรับเตรียม AD	ตัวอย่าง	ตัวอย่างอิฐขนาดเล็กเพื่อนำไปบด สำหรับเตรียม AD
SPN-1		SPN-2	



รูป 2.7. กระจกพลาสติกบรรจุตัวอย่างทั้งหมด 6 ตัวอย่าง สำหรับการทดลองหาค่า AD



รูป 2.8. แผนภาพแสดงวิธีการทดลองหาค่า Annual Dose

3) การทดลองเพื่อหาปริมาณของอิเล็กตรอนที่สะสมตัวในตัวอย่าง (Equivalence dose (ED) และการเตรียมตัวอย่าง ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างสำหรับส่วนของ ED นี้ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อสกัดเฉพาะแร่ควอตซ์ ซึ่งนิยมใช้เป็นแร่ตัวแทนในการหาค่า ED และอายุด้วยวิธีเปล่งแสง (Aitken, 1985) มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 บดตัวอย่างที่แบ่งไว้สำหรับทำ ED เบา ๆ ด้วยครกเหล็กจนเป็นผง

ขั้นตอนที่ 2 นำตัวอย่างจากขั้นตอนที่ 1 เทใส่ถ้วยพลาสติก จากนั้นกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่ความเข้มข้น 10% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อสกัดแร่กลุ่มคาร์บอเนตออกจากตัวอย่าง หลังจากนั้นเทกรดทิ้งแล้วล้างด้วยน้ำกลั่นอีกประมาณ 5 ครั้ง

ขั้นตอนที่ 3 นำตัวอย่างจากขั้นตอนที่ 2 มากัดด้วยกรดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ความเข้มข้น 10% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อสกัดอินทรีย์สารออกจากตัวอย่าง หลังจากนั้นเทกรดทิ้งแล้วล้างด้วยน้ำกลั่นอีกประมาณ 5 ครั้ง

ขั้นตอนที่ 4 นำตัวอย่างจากขั้นตอนที่ 3 ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 80 (ขนาด 0.177 มิลลิเมตร) และค้ำบนตะแกรงเบอร์ 140 (ขนาด 0.105 มิลลิเมตร)

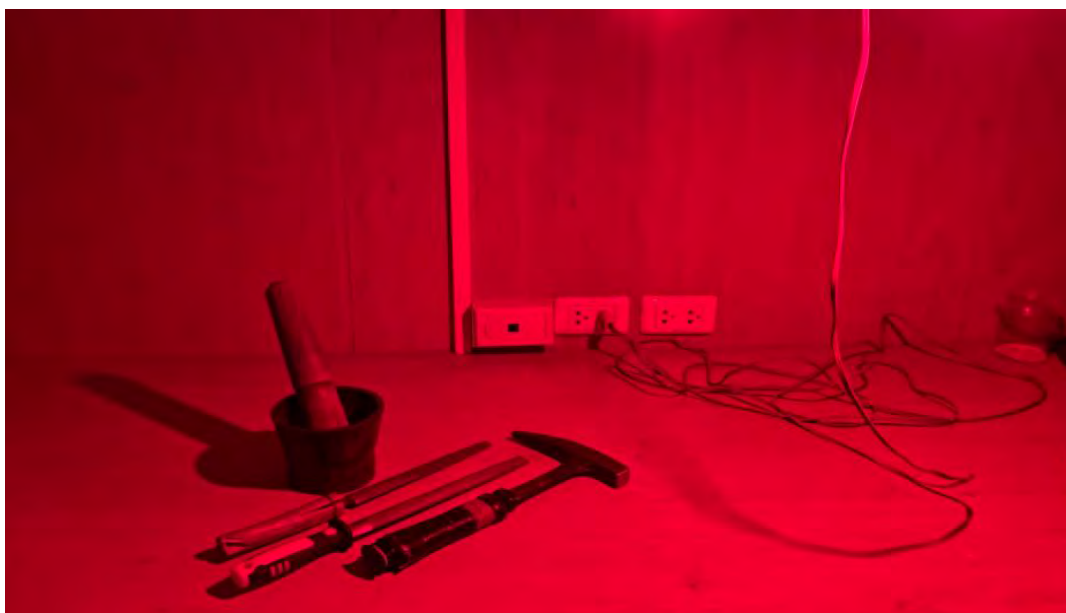
ขั้นตอนที่ 5 นำตัวอย่างจากขั้นตอนที่ 4 มากัดด้วยกรดไฮโรฟลูออริก (HF) หรือกรดกัดแก้ว ที่ความเข้มข้น 37 % เป็นเวลา 40 นาที เพื่อสลายแร่เฟลด์สปาร์ จากนั้นเทกรดทิ้ง และล้างด้วยน้ำอีกประมาณ 5 ครั้ง แล้วจึงเติมกรดไฮโดรคลอริก (HCl) อีกครั้ง ที่ความเข้มข้น 37 % เป็นเวลา 40 นาที จากนั้นเทกรดทิ้ง และล้างด้วยน้ำอีกประมาณ 5 ครั้ง จากนั้นอบให้แห้งเป็นเวลาประมาณ 1 วัน ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ขั้นตอนที่ 6 นำตัวอย่างที่แห้งสนิทแล้วไปแยกกลุ่มแร่เหล็กออกด้วย เครื่องแยกแม่เหล็ก isodynamic magnetic separator (รูป 2.9) โดยผ่านกระแสไฟฟ้าขนาด 1.8 แอมแปร์ ที่ความเอียงประมาณ 25 องศา

การเตรียมตัวอย่างจนถึงกระบวนการวัดสัญญาณจากตัวอย่างนั้น จำเป็นต้องทำในห้องมืด (red subdue room) (รูป 2.10) เพื่อป้องกันการสูญเสียสัญญาณเพราะแสงจากการทำงานที่มากกระตุ้นสัญญาณที่มีอยู่ในตัวอย่าง



รูป 2.9. เครื่องแยกแม่เหล็ก isodynamic magnetic separator ภาควิชาธรณีวิทยา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 2.10. บรรยากาศการเตรียมตัวอย่างเพื่อหาค่า ED ในห้องมืด

บทที่ 3

ผลการทดลอง

3.1 ผลการหาร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง (Water content (W))

จากผลการทดลองหาค่า Water content (W) (ตาราง 3.1) พบว่า ตัวอย่างอิฐจากประตูเมืองที่อยู่ตรงข้ามกับป้อมด้านทิศเหนือของกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรีนั้น SPN-2 มีร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่างมากกว่า SPN-1 เนื่องจาก SPN-2 เป็นตัวอย่างที่ถูกผิติดทับด้านบนด้วยอิฐก้อนอื่น ส่วน SPN-1 เป็นตัวอย่างที่เป็นอิฐก้อนบนสุดของแนวกำแพง ดังนั้น ทำให้การได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์และการสูญเสียน้ำของตัวอย่าง SPN-2 มีค่าน้อยกว่า SPN-1 ส่วนอิฐจากบริเวณด้านทิศตะวันออกตอนเหนือของกำแพง พบว่า SPE-1 มีร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่างมากกว่า SPE-2 เนื่องจาก SPE-1 เป็นตัวอย่างที่ถูกผิติดทับด้านบนด้วยอิฐก้อนอื่นลึกลงไปประมาณ 60 เซนติเมตร จากอิฐก้อนบนสุด ส่วน SPE-2 เป็นตัวอย่างที่เป็นอิฐก้อนบนสุดของแนวกำแพง ดังนั้น ทำให้การได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์และการสูญเสียน้ำของตัวอย่าง SPE-1 มีค่าน้อยกว่า SPE-2 ดังนั้นจากลักษณะที่ตั้งของตัวอย่างทั้ง 4 สอดคล้องกับผลการทดลองหาร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง ดังแสดงในตารางข้างต้น ส่วนตัวอย่างอิฐจากโบราณสถานหมายเลข 14 ทั้ง UT-1 และ UT-2 มีค่าร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่างใกล้เคียงกันและมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับตัวอย่างจากกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี

ตาราง 3.1. แสดงผลการหา Water content ของอิฐทั้ง 6 ตัวอย่าง

ตัวอย่าง	SPN-1	SPN-2	SPE-1	SPE-2	UT-1	UT-2
น้ำหนักภาชนะ + น้ำหนักตัวอย่างเปียก (กรัม)	94.98	76.30	96.91	102.55	94.68	90.06
น้ำหนักภาชนะ + น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)	93.98	73.19	91.92	98.07	94.55	89.79
น้ำหนักตัวอย่างเปียก (กรัม)	43.48	25.88	49.01	54.81	44.67	44.90
น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)	42.48	22.77	44.02	50.33	44.54	44.63
ร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง (%)	2.35	13.66	11.34	8.90	0.29	0.60

3.2 ผลการหาค่าอัตราการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติต่อปี (Annual Dose (AD))

ผลการทดลองหาค่า Annual Dose (AD) โดยใช้เครื่อง Gamma-ray Spectrometer ของภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสี หลังจากทิ้งตัวอย่างที่เตรียมไว้ประมาณ 1 เดือน ที่มีอยู่ในธรรมชาติ ได้แก่ ยูเรเนียม (U) ทอเรียม (Th) และ โพแทสเซียม (K) (ตาราง 3.2) แล้วจึงนำค่าที่ได้ไปใช้คำนวณร่วมกับค่าร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง เพื่อใช้ประเมินอัตราการแผ่รังสีต่อปี (AD) (ตาราง 3.3)

ตาราง 3.2. แสดงผลการหาปริมาณความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสี

ตัวอย่าง	U-238	Error	Th-232	Error	K-40	Error
	(ppm)	U-238	(ppm)	Th-232	(%)	K-40
SPN-1	3.73	0.02	13.60	0.11	1.71	0.01
SPN-2	4.01	0.02	14.79	0.11	1.55	0.01
SPE-1	4.20	0.02	14.60	0.11	1.39	0.01
SPE-2	3.85	0.02	14.74	0.11	1.51	0.01
UT-1	2.53	0.01	16.29	0.12	2.33	0.01
UT-2	3.66	0.02	13.41	0.11	1.78	0.01

ตาราง 3.3. แสดงผลการหาค่า Annual Dose (AD)

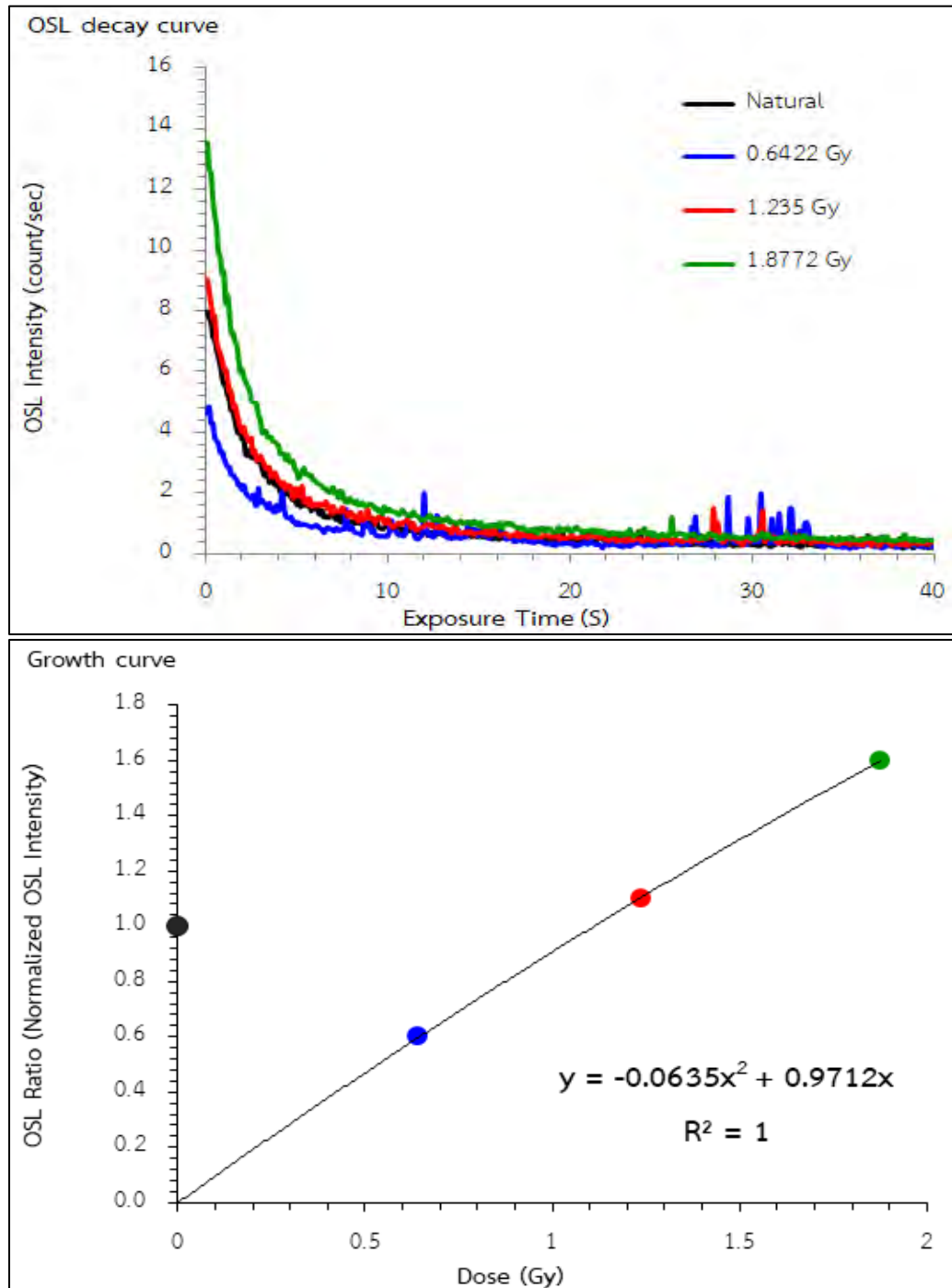
ตัวอย่าง	Water content	AD (mGy/y)	Error AD (mGy/y)	Error AD (%)
SPN-1	2.35	3.43	0.03	0.87
SPN-2	13.66	3.02	0.03	0.99
SPE-1	11.34	2.98	0.03	1.01
SPE-2	8.90	3.10	0.03	0.97
UT-1	0.29	4.05	0.04	0.99
UT-2	0.60	3.55	0.03	0.85

3.3 ผลการหาปริมาณของอิเลกตรอนที่สะสมตัวในตัวอย่าง (Equivalent Dose (ED))

ผลของค่า Equivalent Dose (ED) จากการนำแร่ควอตซ์ที่มีความบริสุทธิ์สูง ที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างทั้งหมด 6 ตัวอย่าง คือ SPN-1, SPN-2, SPE-1, SPE-2, UT-1 และ UT-2 มาทำการ

ทดลองที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ด้วยเครื่อง TL/OSL Reader เป็นดังนี้

3.3.1 ผลการหาค่า Equivalent Dose (ED) จากตัวอย่างอิฐ SPN-1

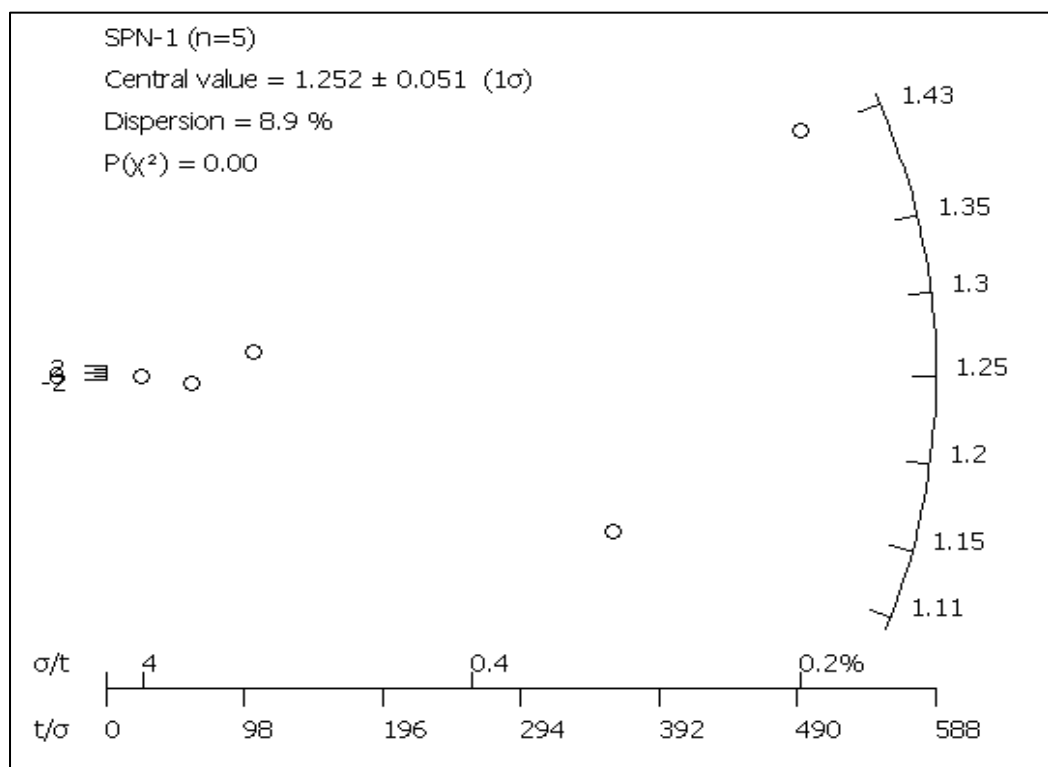


รูป 3.1. แสดงผลการหาค่า ED ในรูปแบบ OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตัวอย่าง SPN-1_01

ตาราง 3.4. แสดงผลการหาค่า Equivalent Dose (ED) จากตัวอย่างอิฐ SPN-1

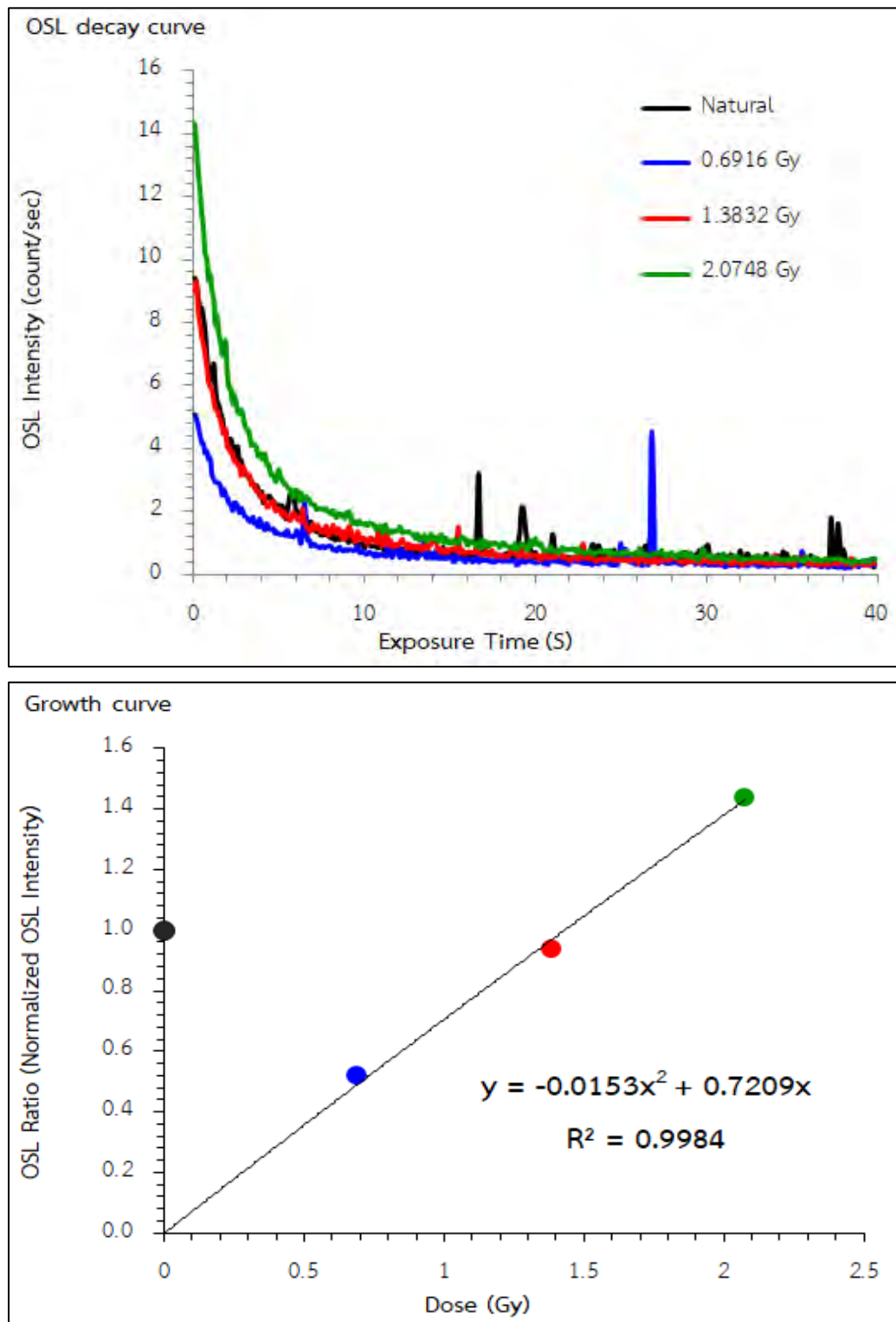
ตัวอย่าง	ED (Gy)	ED Error (Gy)	ED Error (%)
SPN-1_01	1.11	0.00	0.27
SPN-1_02	1.22	0.05	3.89
SPN-1_03	1.43	0.00	0.20
SPN-1_04	1.19	0.02	1.63
SPN-1_05	1.32	0.01	0.96
ค่าเฉลี่ย	1.25	0.05	

จากผลค่า ED ทั้งหมด สามารถนำไปคำนวณหาค่า ED ตัวแทน โดยใช้โปรแกรม RadialPlotter เพื่อหาอายุของตัวอย่างอิฐ สรุปได้ว่า ค่า ED หน่วย Gy โดยเฉลี่ยของตัวอย่าง SPN-1 มีค่าเท่ากับ 1.25 และค่า ED Error หน่วย Gy โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.05 (รูป 3.2)



รูป 3.2. แสดงการหาค่าตัวแทน ED ของตัวอย่าง SPN-1 สำหรับนำไปคำนวณการกำหนดค่าอายุ

3.3.2 ผลการหาค่า Equivalent dose (ED) จากตัวอย่างอิฐ SPN-2

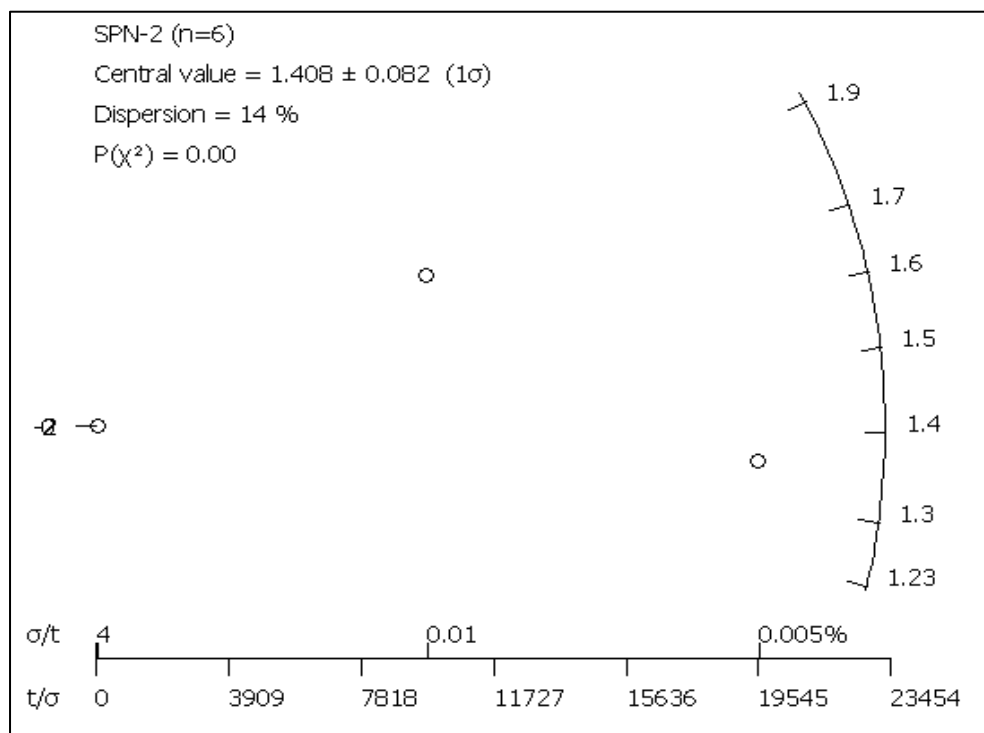


รูป 3.3. แสดงผลการหาค่า ED ในรูปแบบ OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตัวอย่าง SPN-2_01

ตาราง 3.5. แสดงผลการหาค่า Equivalent dose (ED) จากตัวอย่างอิฐ SPN-2

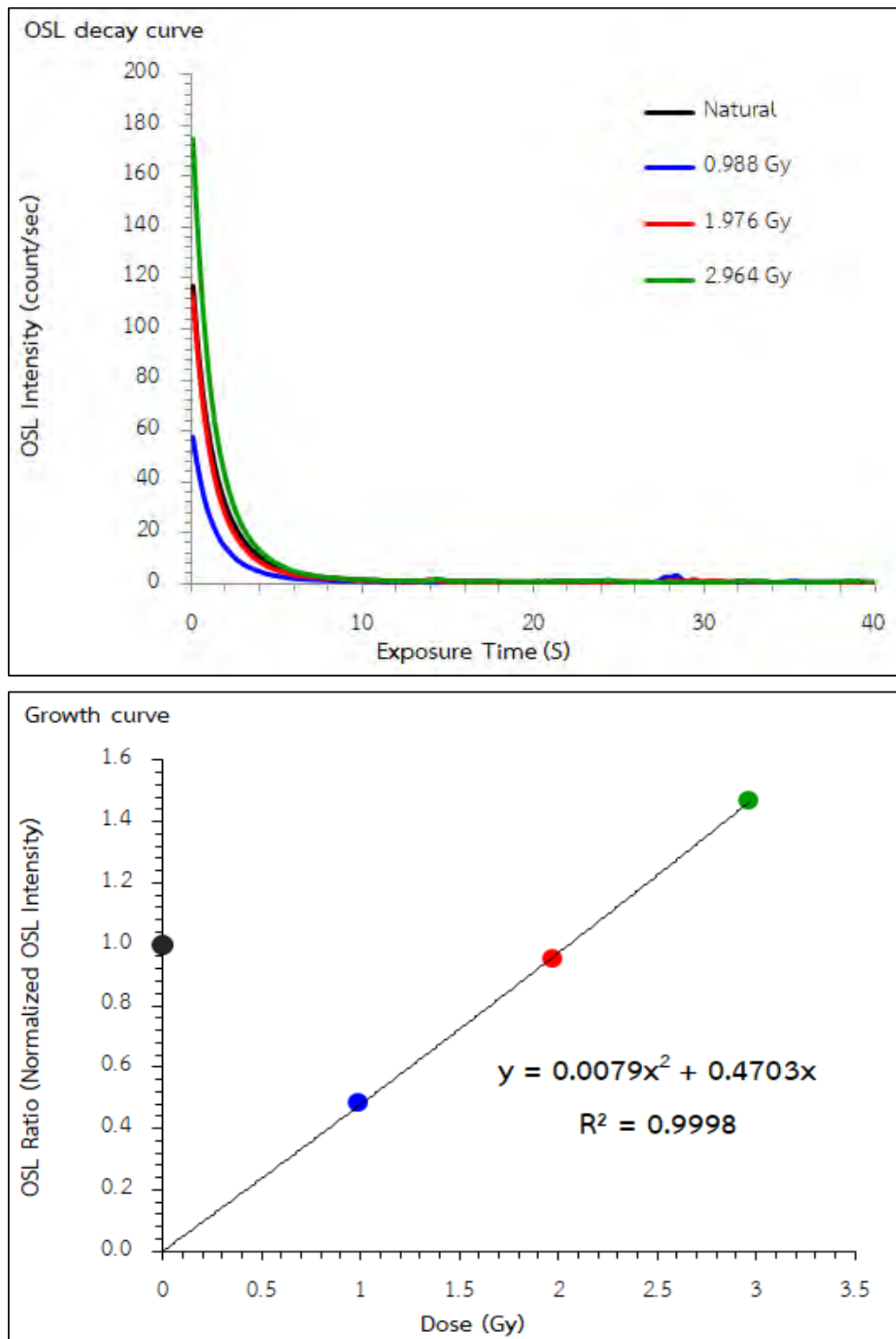
ตัวอย่าง	ED (Gy)	ED Error (Gy)	ED Error (%)
SPN-2_01	1.43	0.05	3.79
SPN-2_02	1.27	0.03	2.48
SPN-2_03	1.23	0.02	1.79
SPN-2_04	1.35	0.03	2.02
SPN-2_05	1.36	0.00	0.01
SPN-2_06	1.89	0.00	0.01
ค่าเฉลี่ย	1.48	0.08	

จากผลการหาค่า ED ทั้งหมด สามารถนำไปคำนวณหาค่า ED ตัวแทน โดยใช้โปรแกรม RadialPlotter เพื่อหาอายุของตัวอย่างอิฐ สรุปได้ว่า ค่า ED หน่วย Gy โดยเฉลี่ยของตัวอย่าง SPN-2 มีค่าเท่ากับ 1.48 และค่า ED Error ในหน่วย Gy โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.08 (รูป 3.4)



รูป 3.4. แสดงการหาค่าตัวแทน ED ของตัวอย่าง SPN-2 สำหรับนำไปคำนวณการกำหนดค่าอายุ

3.3.3 ผลการหาค่า Equivalent Dose (ED) จากตัวอย่างอิฐ SPE-1

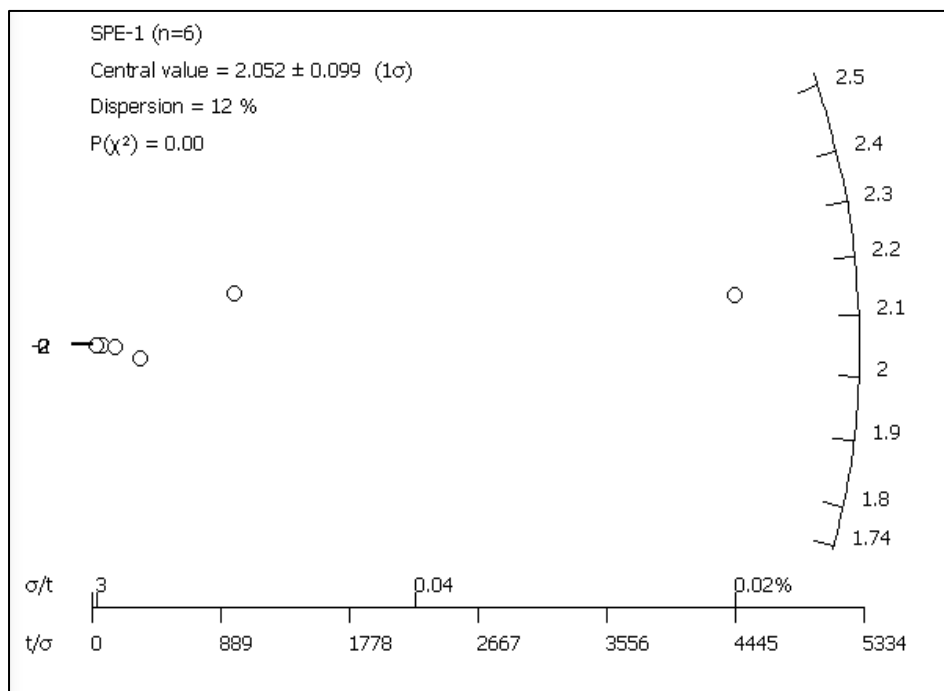


รูป 3.5. แสดงผลการหาค่า ED ในรูปแบบ OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตัวอย่าง SPE-1_02

ตาราง 3.6. แสดงผลการหาค่า Equivalent Dose (ED) จากตัวอย่างอิฐ SPE-1

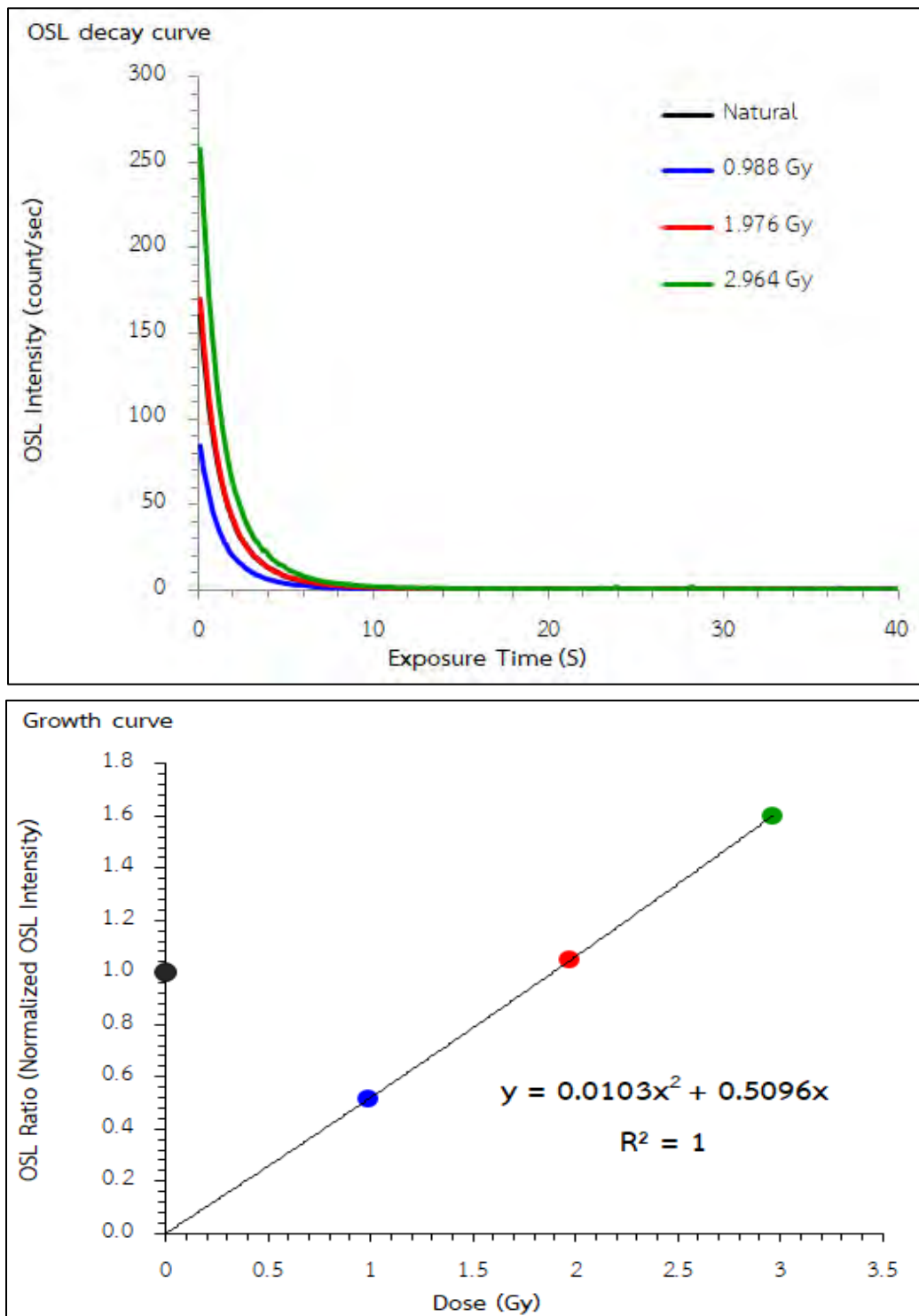
ตัวอย่าง	ED (Gy)	ED Error (Gy)	ED Error (%)
SPE-1_01	2.55	0.00	0.10
SPE-1_02	2.06	0.03	1.34
SPE-1_03	1.92	0.01	0.60
SPE-1_04	1.98	0.06	2.85
SPE-1_05	2.15	0.00	0.02
SPE-1_06	1.74	0.01	0.30
ค่าเฉลี่ย	2.05	0.10	

จากผลการหาค่า ED ทั้งหมด สามารถนำไปคำนวณหาค่า ED ตัวแทน โดยใช้โปรแกรม RadialPlotter เพื่อหาอายุของตัวอย่างอิฐ สรุปได้ว่า ค่า ED หน่วย Gy โดยเฉลี่ยของตัวอย่าง SPE-1 มีค่าเท่ากับ 2.05 และค่า ED Error ในหน่วย Gy โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.10 (รูป 3.6)



รูป 3.6. แสดงการหาค่าตัวแทน ED ของตัวอย่าง SPE-1 สำหรับนำไปคำนวณการกำหนดค่าอายุ

3.3.4 ผลการหาค่า Equivalent dose (ED) จากตัวอย่างอิฐ SPE-2

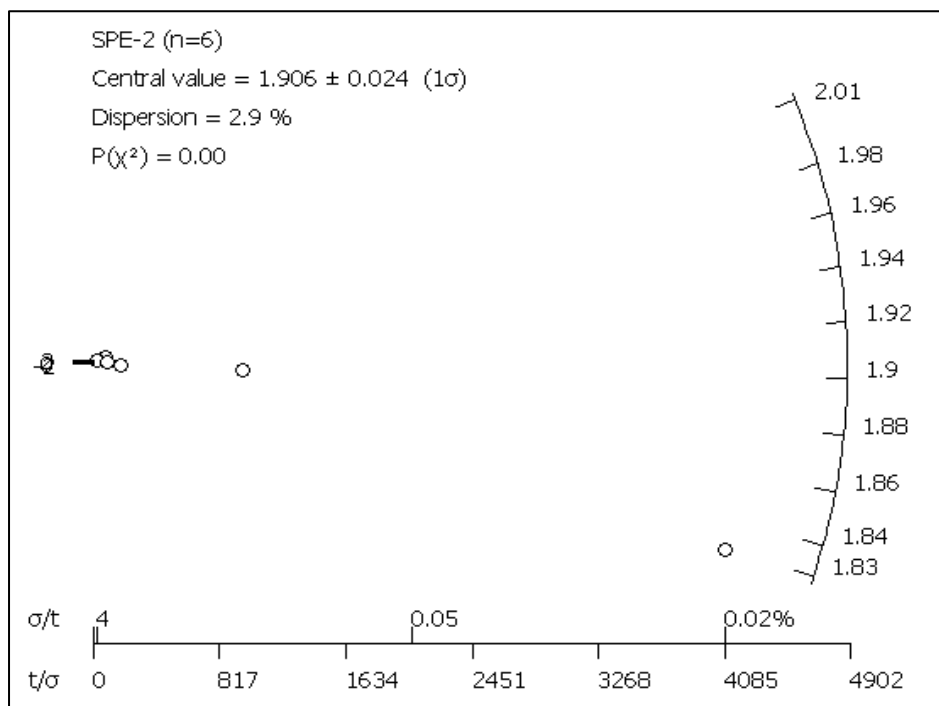


รูป 3.7. แสดงผลการหาค่า ED ในรูปแบบ OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตัวอย่าง SPE-2_01

ตาราง 3.7. แสดงผลการหาค่า Equivalent dose (ED) จากตัวอย่างอิฐ SPE-2

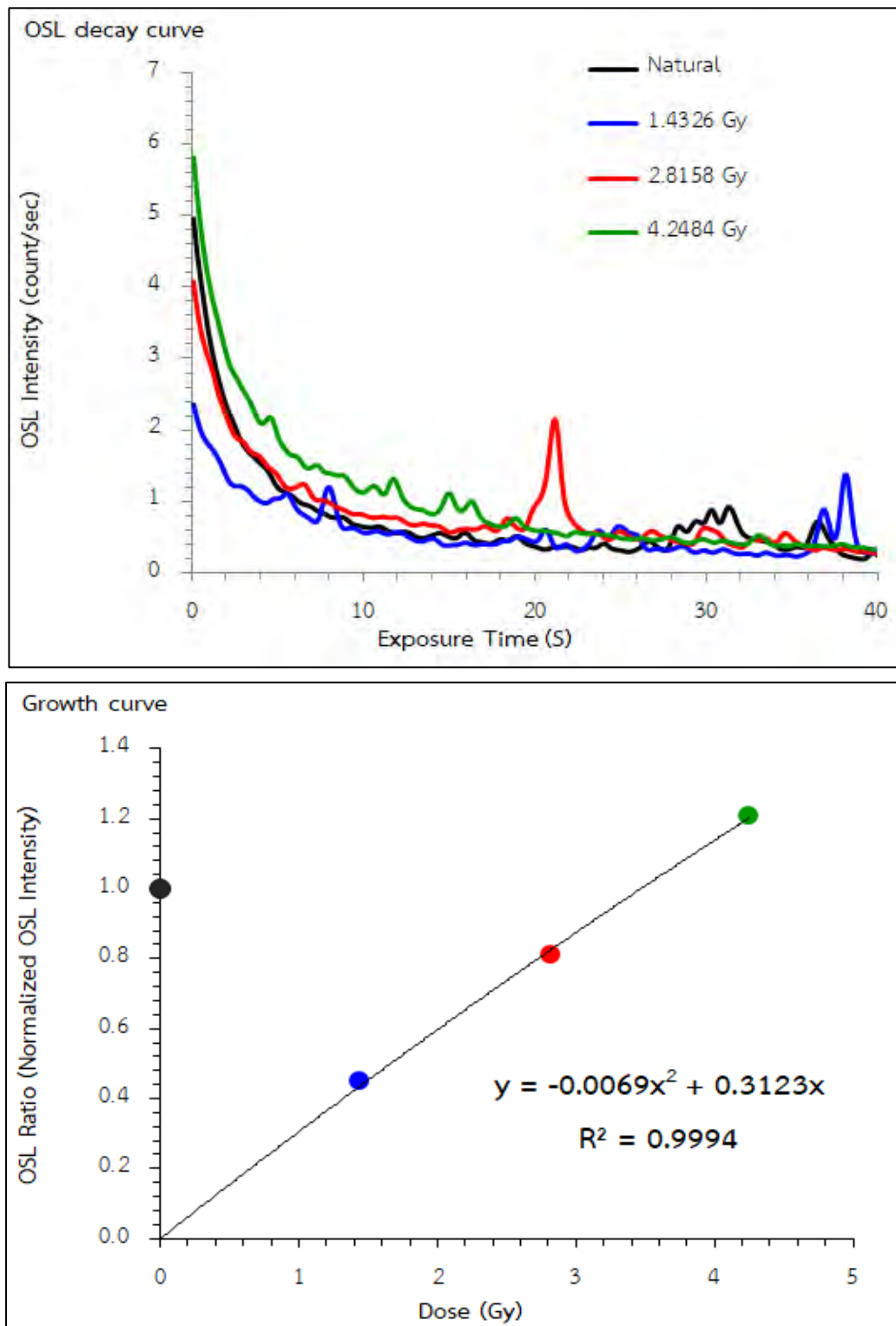
ตัวอย่าง	ED (Gy)	ED Error (Gy)	ED Error (%)
SPE-2_01	1.89	0.00	0.10
SPE-2_02	1.88	0.01	0.57
SPE-2_03	1.83	0.00	0.02
SPE-2_04	2.01	0.02	1.17
SPE-2_05	1.98	0.08	3.91
SPE-2_06	1.92	0.02	1.09
ค่าเฉลี่ย	1.91	0.03	

จากผลการหาค่า ED ทั้งหมด สามารถนำไปคำนวณหาค่า ED ตัวแทน โดยใช้โปรแกรม RadialPlotter เพื่อหาอายุของตัวอย่างอิฐ สรุปได้ว่า ค่า ED หน่วย Gy โดยเฉลี่ยของตัวอย่าง SPE-2 มีค่าเท่ากับ 1.91 และค่า ED Error ในหน่วย Gy โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.03 (รูป 3.8)



รูป 3.8. แสดงการหาค่าตัวแทน ED ของตัวอย่าง SPE-2 สำหรับนำไปคำนวณการกำหนดค่าอายุ

3.3.5 ผลการหาค่า Equivalent dose (ED) จากตัวอย่างอิฐ UT-1

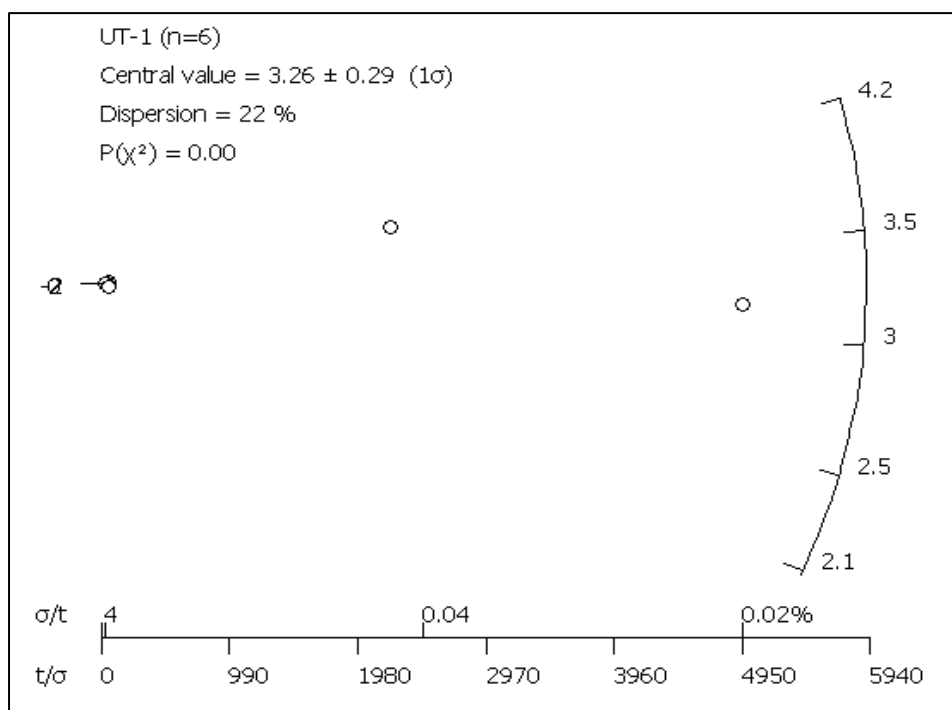


รูป 3.9. แสดงผลการหาค่า ED ในรูปแบบ OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตัวอย่าง UT-1_02

ตาราง 3.8. แสดงผลการหาค่า Equivalent dose (ED) จากตัวอย่างอิฐ UT-1

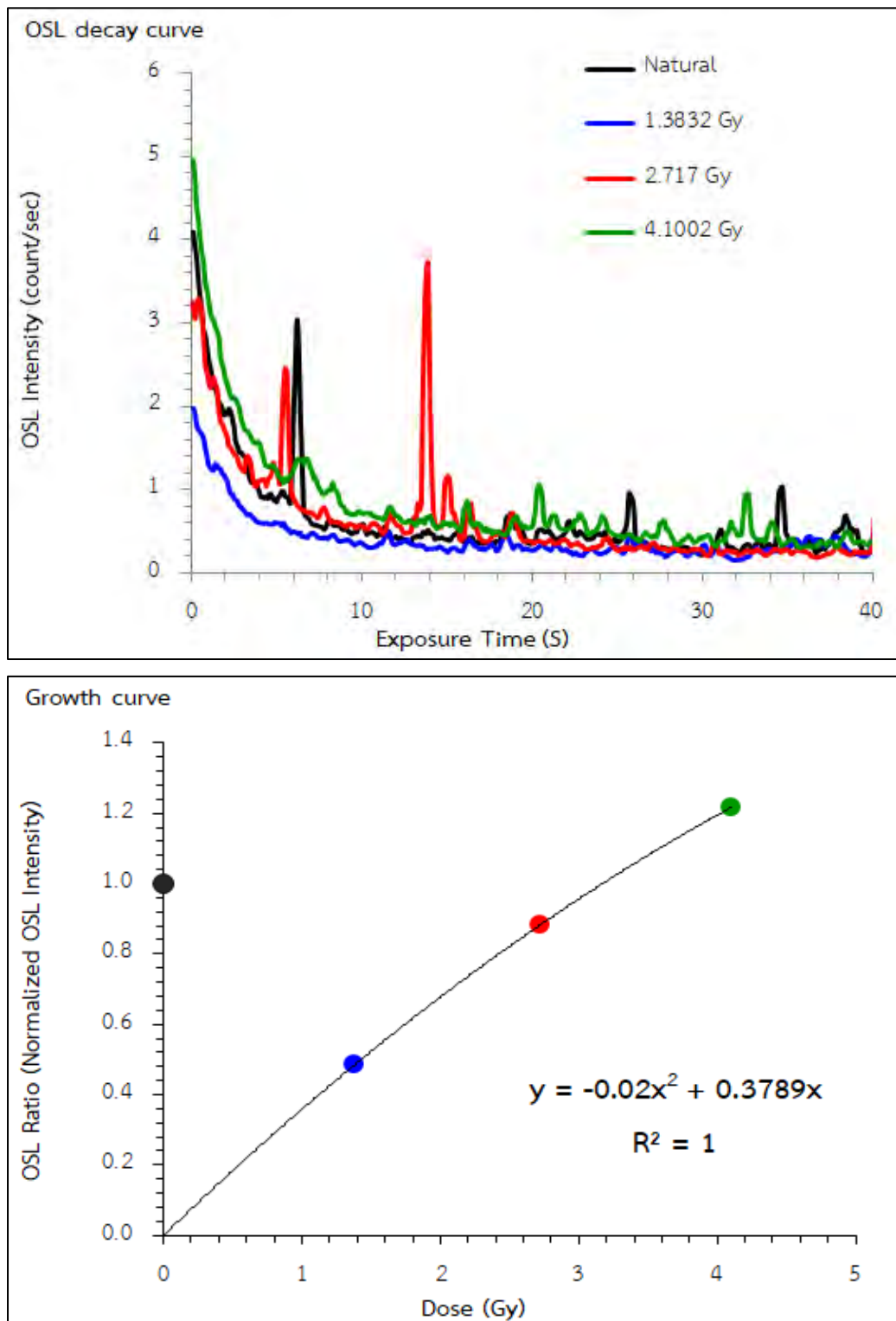
ตัวอย่าง	ED (Gy)	ED Error (Gy)	ED Error (%)
UT-1_01	4.21	0.07	1.72
UT-1_02	3.47	0.07	2.13
UT-1_03	3.97	0.00	0.04
UT-1_04	3.04	0.11	3.66
UT-1_05	2.15	0.03	1.61
UT-1_06	3.16	0.00	0.02
ค่าเฉลี่ย	3.26	0.29	

จากผลการหาค่า ED ทั้งหมด สามารถนำไปคำนวณหาค่า ED ตัวแทน โดยใช้โปรแกรม RadialPlotter เพื่อหาอายุของตัวอย่างอิฐ สรุปได้ว่า ค่า ED หน่วย Gy โดยเฉลี่ยของตัวอย่าง UT-1 มีค่าเท่ากับ 3.26 และค่า ED Error ในหน่วย Gy โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.29 (รูป 3.10)



รูป 3.10. แสดงการหาค่าตัวแทน ED ของตัวอย่าง UT-1 สำหรับนำไปคำนวณการกำหนดค่าอายุ

3.3.6 ผลการหาค่า Equivalent dose (ED) จากของตัวอย่างอิฐ UT-2

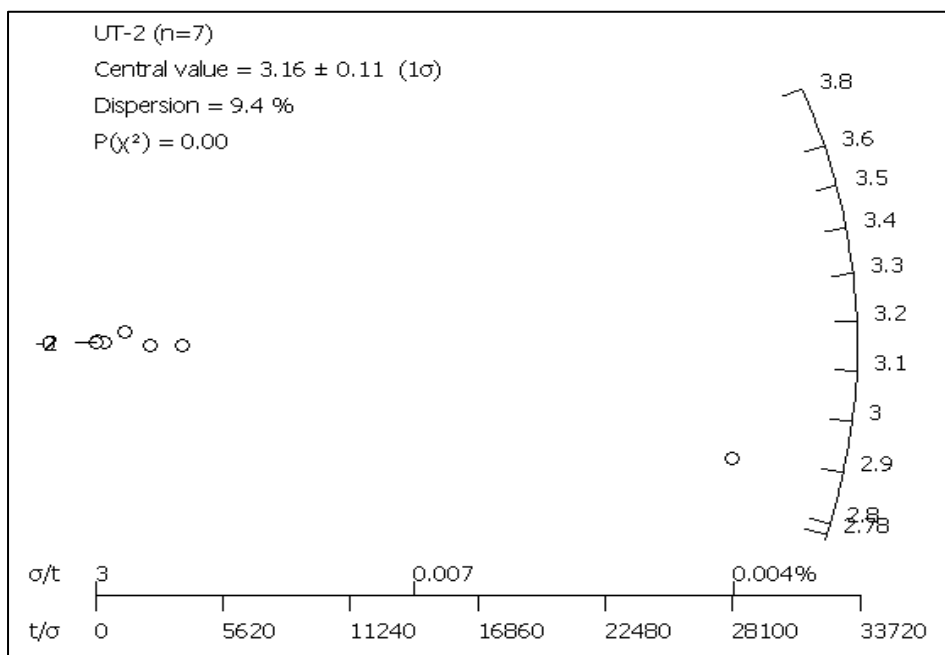


รูป 3.11. แสดงผลการหาค่า ED ในรูปแบบ OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตัวอย่าง UT-2_02

ตาราง 3.9. แสดงผลการหาค่า Equivalent dose (ED) จากตัวอย่างอิฐ UT-2

ตัวอย่าง	ED (Gy)	ED Error (Gy)	ED Error (%)
UT-2_01	3.43	0.03	0.74
UT-2_02	3.17	0.01	0.25
UT-2_03	2.89	0.00	0.00
UT-2_04	3.76	0.00	0.08
UT-2_05	2.78	0.08	2.75
UT-2_06	3.11	0.00	0.03
UT-2_07	3.04	0.00	0.04
ค่าเฉลี่ย	3.16	0.11	

จากผลการหาค่า ED ทั้งหมด สามารถนำไปคำนวณหาค่า ED ตัวแทน โดยใช้โปรแกรม RadialPlotter เพื่อหาอายุของตัวอย่างอิฐ สรุปได้ว่า ค่า ED หน่วย Gy โดยเฉลี่ยของตัวอย่าง UT-2 มีค่าเท่ากับ 3.16 และค่า ED Error ในหน่วย Gy โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.11 (รูป 3.12)



รูป 3.12. แสดงการหาค่าตัวแทน ED ของตัวอย่าง UT-2 สำหรับนำไปคำนวณการกำหนดค่าอายุ

บทที่ 4

วิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลอายุที่ได้จากการทดลอง

จากผลการทดลอง สามารถนำมาคำนวณหาอายุของตัวอย่างอิฐทั้ง 6 ตัวอย่าง คือ SPN-1, SPN-2, SPE-1, SPE-2, UT-1 และ UT-2 ได้ โดยใช้ค่า ED และ AD มาแทนในสูตรของ Aitken (1985) คือ ED ในหน่วย Gy หาค่าด้วย AD ในหน่วย Gy/y

ตาราง 4.1. ผลการหาอายุของตัวอย่าง SPN-1

ตัวอย่าง	ED (Gy)	Error ED (Gy)	AD (mGy/y)	Error AD (mGy/y)	Age (y)	Error Age (y)
SPN-1_01	1.11	0.00	3.43	0.03	323	3
SPN-1_02	1.22	0.05	3.43	0.03	354	14
SPN-1_03	1.43	0.00	3.43	0.03	417	4
SPN-1_04	1.19	0.02	3.43	0.03	348	6
SPN-1_05	1.32	0.01	3.43	0.03	386	5

ตาราง 4.2. ผลการหาอายุของตัวอย่าง SPN-2

ตัวอย่าง	ED (Gy)	Error ED (Gy)	AD (mGy/y)	Error AD (mGy/y)	Age (y)	Error Age (y)
SPN-2_01	1.43	0.05	3.02	0.03	474	18
SPN-2_02	1.27	0.03	3.02	0.03	419	11
SPN-2_03	1.23	0.02	3.02	0.03	408	8
SPN-2_04	1.35	0.03	3.02	0.03	448	10
SPN-2_05	1.36	0.00	3.02	0.03	450	4
SPN-2_06	1.89	0.00	3.02	0.03	625	5

ตาราง 4.3. ผลการหาอายุของตัวอย่าง SPE-1

ตัวอย่าง	ED (Gy)	Error ED (Gy)	AD (mGy/y)	Error AD (mGy/y)	Age (y)	Error Age (y)
SPE-1_01	2.55	0.00	2.98	0.03	854	7
SPE-1_02	2.06	0.03	2.98	0.03	690	11
SPE-1_03	1.92	0.01	2.98	0.03	645	7
SPE-1_04	1.98	0.06	2.98	0.03	664	20
SPE-1_05	2.15	0.00	2.98	0.03	722	6
SPE-1_06	1.74	0.01	2.98	0.03	584	5

ตาราง 4.4. ผลการหาอายุของตัวอย่าง SPE-2

ตัวอย่าง	ED (Gy)	Error ED (Gy)	AD (mGy/y)	Error AD (mGy/y)	Age (y)	Error Age (y)
SPE-2_01	1.89	0.00	3.10	0.03	609	5
SPE-2_02	1.88	0.01	3.10	0.03	606	6
SPE-2_03	1.83	0.00	3.10	0.03	589	5
SPE-2_04	2.01	0.02	3.10	0.03	647	9
SPE-2_05	1.98	0.08	3.10	0.03	636	25
SPE-2_06	1.92	0.02	3.10	0.03	618	8

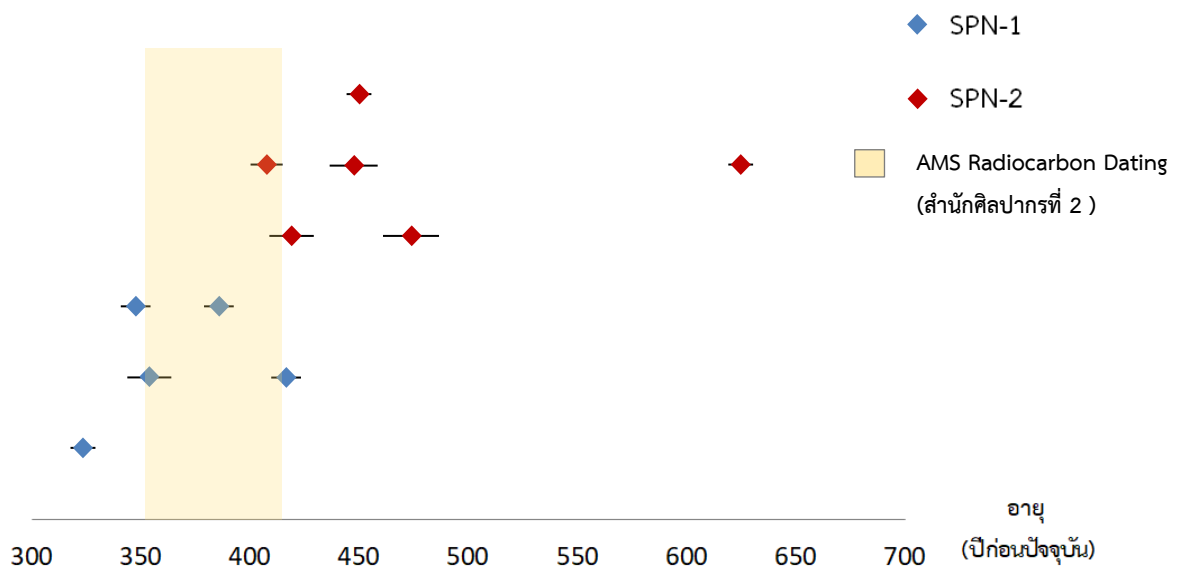
ตาราง 4.5. ผลการหาอายุของตัวอย่าง UT-1

ตัวอย่าง	ED (Gy)	Error ED (Gy)	AD (mGy/y)	Error AD (mGy/y)	Age (y)	Error Age (y)
UT-1_01	4.21	0.07	4.05	0.04	1,040	20
UT-1_02	3.47	0.07	4.05	0.04	857	20
UT-1_03	3.97	0.00	4.05	0.04	981	9
UT-1_04	3.04	0.11	4.05	0.04	752	28
UT-1_05	2.15	0.03	4.05	0.04	530	10
UT-1_06	3.16	0.00	4.05	0.04	780	7

ตาราง 4.6. ผลการหาอายุของตัวอย่าง UT-2

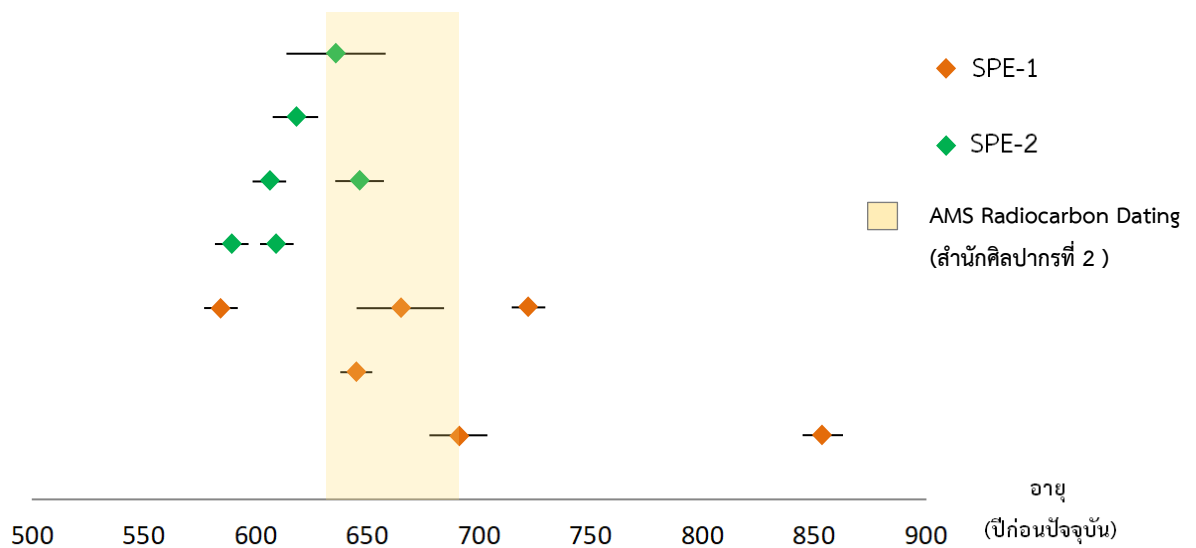
ตัวอย่าง	ED (Gy)	Error ED (Gy)	AD (mGy/y)	Error AD (mGy/y)	Age (y)	Error Age (y)
UT-2_01	3.43	0.03	3.55	0.03	967	11
UT-2_02	3.17	0.01	3.55	0.03	894	8
UT-2_03	2.89	0.00	3.55	0.03	812	7
UT-2_04	3.76	0.00	3.55	0.03	1,061	9
UT-2_05	2.78	0.08	3.55	0.03	783	23
UT-2_06	3.11	0.00	3.55	0.03	877	8
UT-2_07	3.04	0.00	3.55	0.03	859	7

แผนภาพแสดงการกระจายตัวของช่วงอายุ จากตัวอย่าง SPN-1 และ SPN-2



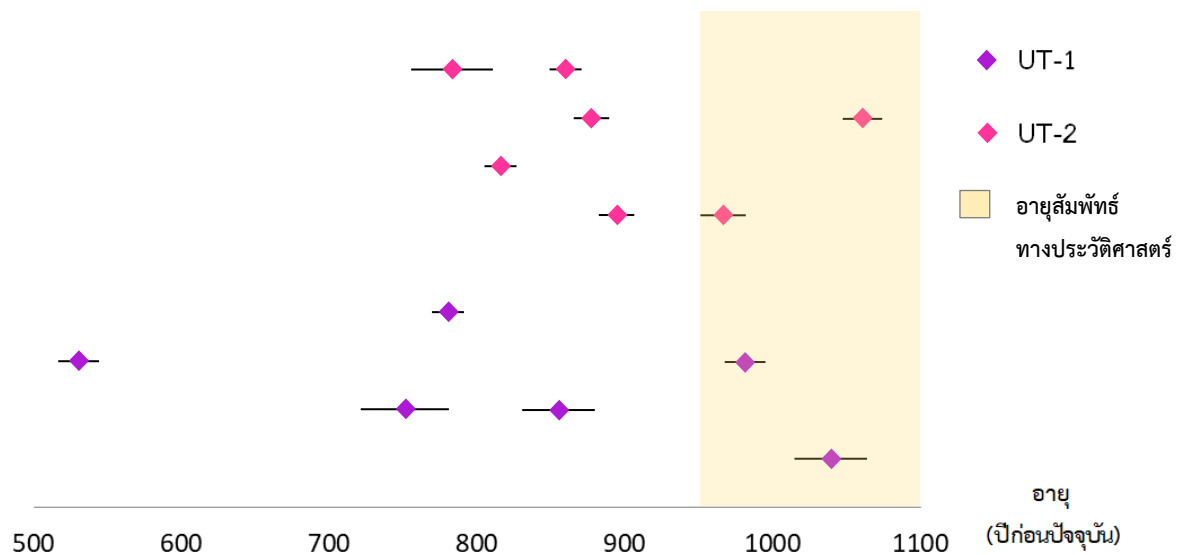
รูป 4.1. แสดงการกระจายตัวของอายุ จากตัวอย่าง SPN-1 และ SPN-2

แผนภาพแสดงการกระจายตัวของช่วงอายุ จากตัวอย่าง SPE-1 และ SPE-2



รูป 4.2. แสดงการกระจายตัวของอายุ จากตัวอย่าง SPE-1 และ SPE-2

แผนภาพแสดงการกระจายตัวของช่วงอายุ จากตัวอย่าง UT-1 และ UT-2



รูป 4.3. แสดงการกระจายตัวของอายุ จากตัวอย่าง UT-1 และ UT-2

4.2 สรุปผลอายุที่ได้จากการทดลอง

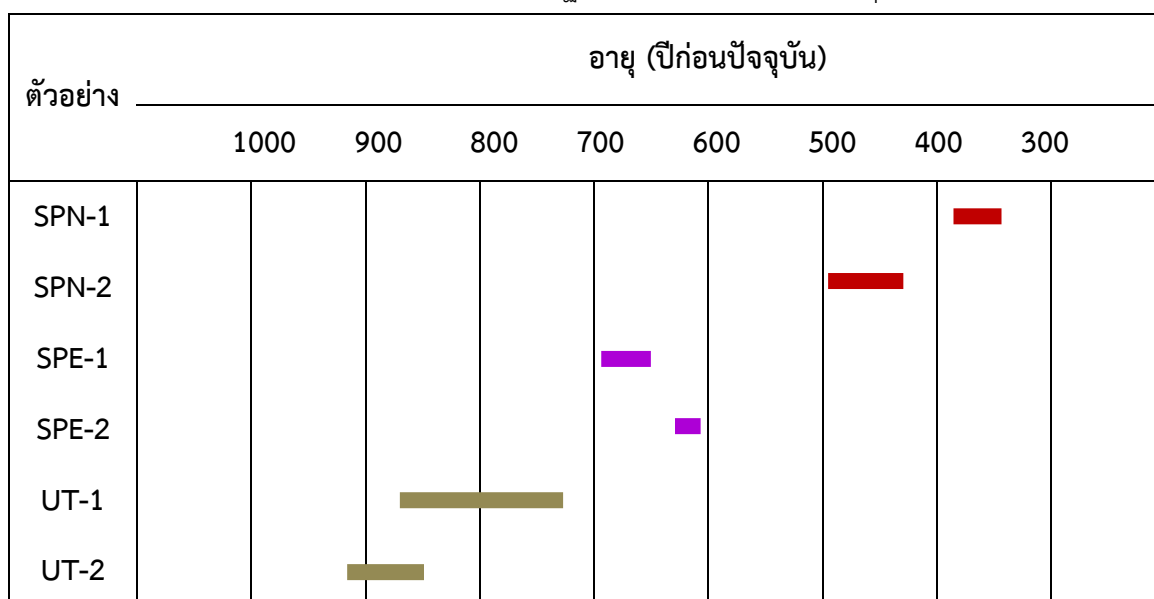
จากผลอายุที่คำนวณได้จากการทดลองของตัวอย่างทั้งหมด 6 ตัวอย่าง แบ่งออกเป็นตัวอย่างจากกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรีจำนวน 4 ตัวอย่าง คือ SPN-1, SPN-2, SPE-1 และ SPE-2 และ

ตัวอย่างจากโบราณสถานหมายเลข 14 จำนวน 2 ตัวอย่าง คือ UT-1 และ UT-2 สามารถสรุปได้ดัง ตาราง 4.7 และแสดงเป็นตารางความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างและช่วงอายุได้ดัง ตาราง 4.8

ตาราง 4.7. แสดงค่าอายุของอิฐทั้งหมด 6 ตัวอย่าง

ตัวอย่าง	อายุ (ปีก่อนปัจจุบัน)	ความแปรปรวนอายุ (ปี)	พุทธศตวรรษ
SPN-1	365	± 15	22
SPN-2	466	± 27	21
SPE-1	688	± 34	19
SPE-2	614	± 9	20
UT-1	806	± 72	18
UT-2	891	± 32	17

ตาราง 4.8. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างอิฐทั้ง 6 ตัวอย่าง และช่วงอายุ



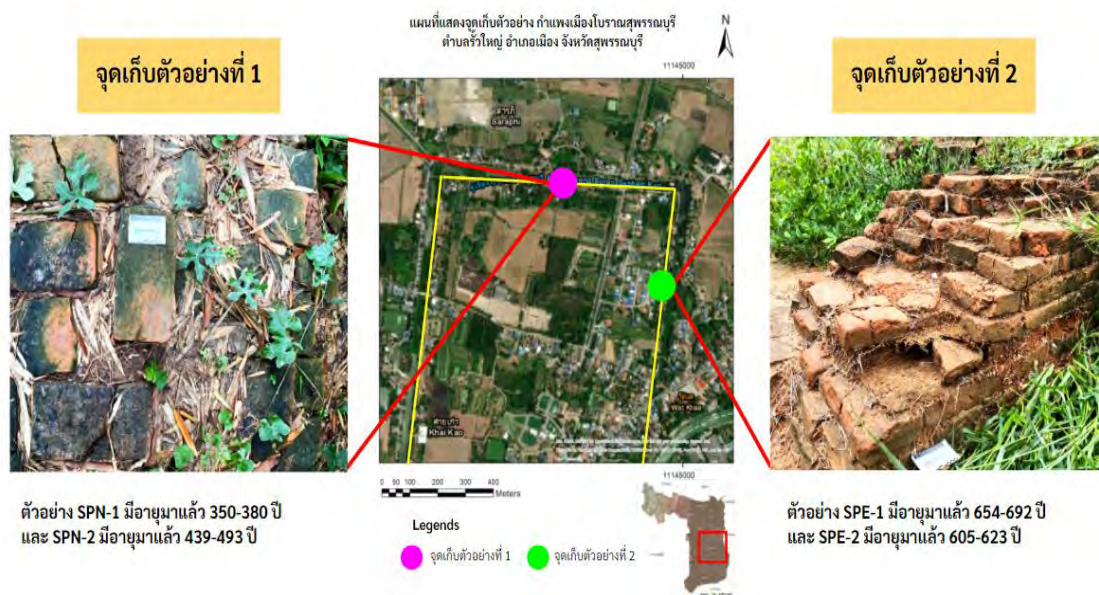
- กำหนด
- คือ ช่วงอายุที่ได้จากการทดลองของตัวอย่าง SPN-1 และ SPN-2
 - คือ ช่วงอายุที่ได้จากการทดลองของตัวอย่าง SPE-1 และ SPE-2
 - คือ ช่วงอายุที่ได้จากการทดลองของตัวอย่าง UT-1 และ UT-2

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลอายุ

จากการนำตัวอย่างทั้งหมด 6 ตัวอย่าง ประกอบด้วย ตัวอย่างจากกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรีจำนวน 4 ตัวอย่าง คือ SPN-1, SPN-2, SPE-1 และ SPE-2 และตัวอย่างจากโบราณสถานหมายเลข 14 จำนวน 2 ตัวอย่าง คือ UT-1 และ UT-2 ไปทำการทดลองหาอายุด้วยวิธีการหาอายุอิฐ ด้วยวิธีการเปล่งแสง สามารถสรุปได้ว่า ตัวอย่างอิฐจากกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี ตัวอย่างที่ 1 (SPN-1) มีอายุอยู่ในช่วง 350-380 ปีก่อนปัจจุบัน ตัวอย่างที่ 2 (SPN-2) มีอายุอยู่ในช่วง 439-493 ปีก่อนปัจจุบัน ตัวอย่างที่ 3 (SPE-1) มีอายุอยู่ในช่วง 654-692 ปีก่อนปัจจุบัน ตัวอย่างที่ 4 (SPE-2) มีอายุอยู่ในช่วง 605-623 ปีก่อนปัจจุบัน (รูป 5.1) และตัวอย่างอิฐจากโบราณสถานหมายเลข 14 ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ 5 (UT-1) มีอายุอยู่ในช่วง 734-878 ปีก่อนปัจจุบัน และตัวอย่างที่ 6 (UT-2) มีอายุอยู่ในช่วง 859-923 ปีก่อนปัจจุบัน (รูป 5.2)



รูป 5.1. แสดงอายุของแต่ละตัวอย่างจากกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี



รูป 5.2. แสดงอายุของแต่ละตัวอย่างจากโบราณสถานหมายเลข 14

จากการนำผลอายุทั้งหมดซึ่งเป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ มาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลทางประวัติศาสตร์ สามารถอธิบายได้ดังนี้

จากข้อมูลทางประวัติศาสตร์ นักโบราณคดีได้คาดการณ์ไว้ว่า กำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี มีระยะการสร้างกำแพงทั้งหมด 4 ระยะ ประกอบด้วย ระยะที่ 1 เป็นการสร้างกำแพงด้วยเสาไม้ ระยะที่ 2 เป็นการสร้างกำแพงด้วยอิฐ โดยมีการสร้างทับบนแนวเสาไม้เดิม ระยะที่ 3 เป็นระยะการขยายกำแพงอิฐเดิม ให้มีความหนาเพิ่มขึ้นเป็น 4 เมตร โดยคาดว่ามีกรก่ออิฐเข้ามาด้านในจากแนวกับแวงเดิม และระยะที่ 4 เป็นการรื้อกำแพงหนา 4 เมตรออก แล้วก่อกำแพงใหม่ให้มีขนาดเหลือเพียง 2 เมตร พร้อมทั้งมีการปรับระดับพื้นใช้งานใหม่ให้สูงขึ้นกว่าเดิม

ตัวอย่างที่ 1 (SPN-1) และ ตัวอย่างที่ 2 (SPN-2) เป็นตัวอย่างอิฐชุดกำแพงใหม่ ที่มีการรื้อและขยายขนาดกำแพง โดยทำการเก็บมาจากชั้นประตูตรงข้ามป้อมด้านทิศเหนือ ของกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี ซึ่งตัวอย่างที่ 1 มีอายุอ่อนกว่าตัวอย่างที่ 2 เมื่อวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลทางประวัติศาสตร์ คาดว่า กำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรีตรงข้ามป้อมด้านทิศเหนือนี้ สามารถแบ่งการสร้างออกเป็น 2 ระยะ โดยตัวอย่างที่ 2 เป็นอิฐจากระยะที่ 3 ของการก่อสร้างกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี ที่มีการขยายกำแพงให้มีขนาดกว้าง 4 เมตร ส่วนตัวอย่างที่ 1 คาดว่าเป็นอิฐจากระยะที่ 4 ที่มีการรื้อกำแพงหนา 4 เมตรออก แล้วปรับให้เหลือเพียง 2 เมตร อีกทั้งยังมีการนำอิฐใหม่มาทำการปรับระดับพื้นใช้งานใหม่ให้สูงขึ้นจากเดิมประมาณ 36 เซนติเมตร และเป็นระยะที่มีการใช้งานของกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรีเป็นครั้งสุดท้าย

ตัวอย่างที่ 3 (SPE-1) และ (SPE-2) เป็นตัวอย่างอิฐชุดกำแพงเก่า ที่มีการเก็บตัวอย่างมาจาก กำแพงบริเวณด้านทิศตะวันออกฝั่งเหนือ ซึ่งมีค่าอายุแก่กว่าตัวอย่างอิฐชุดกำแพงใหม่ โดยคาดว่า ตัวอย่างที่ 3 เป็นอิฐจากการก่อสร้างกำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรีในระยะที่ 2 ซึ่งถือเป็นระยะที่มีการ ก่อกำแพงด้วยอิฐเป็นครั้งแรก โดยสามารถเทียบได้กับการกำหนดค่าอายุทางวิทยาศาสตร์ของเสาไม้ค้ำ หลังกำแพงอิฐ โดยสำนักศิลปากรที่ 2 สุพรรณบุรี กรมศิลปากร ซึ่งสันนิษฐานว่ามีการสร้างกำแพงอิฐนี้ ขึ้นหลังจากได้รับอิทธิพลการเข้ามาของสุโขทัย หรือราวช่วงกลางถึงช่วงปลายพุทธศตวรรษที่ 19 ส่วน ตัวอย่างที่ 4 สำหรับในทางโบราณคดีคาดว่า เป็นอิฐจากการก่อสร้างกำแพงในระยะที่ 3 แต่จากข้อมูล อายุที่กำหนดได้จากการทดลองด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ในโครงการนี้ พบว่าตัวอย่างที่ 4 มีอายุใกล้เคียง กับตัวอย่างที่ 3 ดังนั้น จึงคาดว่าตัวอย่างที่ 4 นี้ อาจจะเป็นการนำอิฐเก่าในระยะที่ 2 มาใช้สร้างกำแพง ระยะที่ 3 ซึ่งเป็นการขยายกำแพงให้มีความหนา 4 เมตร

ตัวอย่างที่ 5 (UT-1) และตัวอย่างที่ 6 (UT-2) เป็นอิฐจากโบราณสถานหมายเลข 14 ลักษณะ เป็นอาคารใต้ดิน ตั้งอยู่ที่ตำบลอุทอง อำเภออุทอง จังหวัดสุพรรณบุรี จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์ที่ พบ เช่น พระพิมพ์สมัยทวารวดี รวมไปถึงภาชนะดินเผาต่าง ๆ นักโบราณคดีจึงสามารถคาดการณ์ได้ว่า อาคารแห่งนี้มีอายุอยู่ในสมัยทวารวดี (ช่วงพุทธศตวรรษที่ 12-16) แต่จากอายุที่กำหนดได้จากวิธีทาง วิทยาศาสตร์ในโครงการนี้พบว่า ตรงกับสมัยลพบุรีตอนปลาย (ช่วงพุทธศตวรรษที่ 16-19) ซึ่งเป็นช่วงที่ อิทธิพลของเขมรเข้ามามีบทบาท ตั้งแต่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก มาจนถึงภาค กลาง จากการปรึกษากับนักโบราณคดีแล้วนั้น สามารถสรุปได้ว่า อาคารแห่งนี้คาดว่าเกิดเหตุเพลิงไหม้ อาคารขึ้นในราวสมัยลพบุรีตอนปลาย โดยวิเคราะห์จากการพบร่องรอยการถูกเพลิงไหม้ของเสาไม้ ภายในอาคารประกอบกับค่าอายุทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดได้ ทำให้ค่าอายุของอิฐที่กำหนดได้นั้น มี อายุอ่อนกว่าที่คาดการณ์ไว้ค่อนข้างมาก ทั้งนี้เป็นเพราะมีการสะสมตัวใหม่อีกครั้งของอิฐที่ตรวนใน ตัวอย่าง จากการที่ตัวอย่างอิฐในอาคารได้รับความร้อนจากเหตุเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ควรทำการเก็บตัวอย่างในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมากกว่า 1 ตัวอย่าง เพื่อให้ข้อมูลที่ได้จาก การทดลองมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

2) ควรทำการทดลองอย่างน้อยตัวอย่างละ 20 ซ้ำ ในการหาค่า ED จะทำให้ข้อมูลที่ได้มีความ แม่นยำในทางสถิติและมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น เนื่องจากการทดลองของโครงการนี้ มีการทดลองเพียง ตัวอย่างละ 6 ซ้ำ เป็นอย่างน้อย เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องระยะเวลาและสถานการณ์การแพร่ระบาดของ เชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ทำให้ไม่สามารถเข้าไปทำการทดลองเพิ่มเติมที่ภาควิชาธรณีวิทยา คณะ วิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้อย่างเต็มที่

3) เนื่องจากโครงการนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือนกันยายน ปี 2563 ที่ผ่านมา และได้มีการห่อบรรจุตัวอย่างอิฐด้วยถุงพลาสติกสีดำอย่างแน่นหนา แต่ได้เริ่มทำการทดลองในปลายปี 2563 ทำให้ค่าร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่างที่คำนวณได้ อาจมีค่าคลาดเคลื่อนไปเล็กน้อย ดังนั้น เมื่อทำการเก็บตัวอย่างมาแล้ว ควรรีบดำเนินการทดลองเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของค่า Water content

4) อุปกรณ์สำหรับการทดลองบางอย่าง รวมไปถึงสถานที่ทำการทดลอง ยังขาดความพร้อมและความเหมาะสมสำหรับการทดลองในบางขั้นตอน โดยเฉพาะการสกัดแร่ควอตซ์บริสุทธิ์ ซึ่งเป็นการเตรียมตัวอย่างเพื่อหาค่า ED และบางครั้งเครื่องมือเกิดการชำรุดระหว่างการทดลอง เนื่องจากเครื่องมือมีอายุการใช้งานมานานแล้ว ทำให้การดำเนินการทดลองเกิดความล่าช้า

บรรณานุกรม

- กรมทรัพยากรธรณี. (2557). **การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี**
จังหวัดสุพรรณบุรี. กรุงเทพฯ: บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).
- ธนีสรรณ พุทธกาล. (2560). **การหาอายุอัฐจากกำแพงเมืองสงขลาด้วยวิธีเปล่งแสง**. โครงการงาน
 การศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
 มหาวิทยาลัย.
- ปาณิสรา นวสมัครการ. (2554). **การกำหนดอายุเตาเผาโบราณด้วยวิธีการเรืองแสง**. โครงการงาน
 การศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
 มหาวิทยาลัย.
- พงษ์ภัทร์ ชื่นอร่ามรุ่งเรือง. (2561). **การกำหนดอายุอัฐด้วยวิธีเปล่งแสงบริเวณอุทยานประวัติศาสตร์**
พระนครศรีอยุธยาและจังหวัดกาญจนบุรี. โครงการงานการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร-
 บัณฑิต ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สันติ ภัยหลบลี. (2563). **การหาอายุด้วยวิธีเปล่งแสง**. สืบค้นเมื่อ 17 กันยายน 2563, จาก
<http://www.mitrearth.org>
- ห้างหุ้นส่วนจำกัด กนกลักษณ์ บิลด์ดิ้ง โฮม. (2563). **รายงานการดำเนินงานโครงการอนุรักษ์และ**
พัฒนากำแพงเมืองโบราณสุพรรณบุรี ตำบลรั้วใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี.
 เชียงราย: กนกลักษณ์ บิลด์ดิ้ง โฮม.
- องค์การบริหารส่วนจังหวัดสุพรรณบุรี. (2562). **ข้อมูลพื้นฐานจังหวัดสุพรรณบุรี**. สืบค้นเมื่อ 1
 มีนาคม 2564, จาก <https://www.suphan.go.th/content-10-182.html>
- Aitken, M. J. (1985). **Thermoluminescence dating**. Academic Press, London, U.K.
- Aitken, M. J. (1990). **Science-based dating in archaeology**. Routledge.
- Antrobus, A. (2004). **Luminescence Dating of Brick Chimneys**. *Vernacular
 Architecture*, 35(1), 21-31.
- Bailiff, I. K. (2007). **Methodological Developments in the Luminescence Dating of
 Brick from English Late-Medieval and Post-Medieval Building**. *Archaeometry*,
 49(4), 827– 851.
- Bailiff, I. K., and Holland, N. (2000). **Dating bricks of the last two millennia from**

- Newcastle upon Tyne: a preliminary study.** *Radiation Measurements*, 32(5), 615–619.
- Bell, W.T. (1979). **Attenuation factors for the absorbed radiation dose in quartz inclusions for Thermoluminescence dating.** *Ancient TL*, 8, 2-13.
- Diego R.G. T., Sonia H. T., Márcio Y., Silvio L.M. B., and José L. M. (2011). **TL, OSL and C-14 Dating Results of the Sediments and Bricks from Mummified Nuns' Grave.** *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 84(2)
- Leung, P. L., Tang, Q., Li, M., and Zhang, C.-X. (2005). **The preliminary application of OSL in comparison with TL for authentication of ancient Chinese bricks.** *Radiation measurements*, 40(1), 1–4.
- Pailoplee, S., Won-In, K., Chaisuwan, B., and Charusiri, P. (2016). **Thermoluminescence and optically stimulated luminescence dating of bricks from the Thung Tuk archaeological site, Southern Thailand.** *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 38(6).
- Panzeri, L., Caroselli, M., Galli, A., Lugli, S., Martini, M., Sibilìa, E. (2019). **Mortar OSL and brick TL dating: The case study of the UNESCO world heritage site of Modena.** *Quaternary Geochronology*, 49, 236–241.
- Takashima, I., and Honda, S. (1989). **Comparison between K-Ar and TL dating results of pyroclastic flow deposits in the Aizutajima area, Northeast Japan.** *Chishitsugaku Zasshi*, 95(11), 807–816.
- Vermeesch, P. (2009). **RadialPlotter: a Java application for fission track, luminescence and other radial plots,** *Radiation Measurements*, Accessed April 20, 2021, from <https://www.ucl.ac.uk/~ucfbpve/radialplotter/>
- Victoria University of Wellington. (2020). **Luminescence dating facility.** Accessed March 24, 2021, from <https://www.wgtn.ac.nz>