รายงานการเดินทางไปราชการ ณ ประเทศญี่ปุ่น

ระหว่างวันที่ 16 - 22 กรกฎาคม 2566

1. คณะเดินทาง

1) นางสาวกุลธิดา ฉิมมา นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

2) นางสาวมนชลัส ปิติสินชูชัย นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

3) นางสาวชนิดาภา ศิริรมยานนท์ นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

2. สถานที่

1) พิพิธภัณฑ์เมืองฟูกูโอกะ

2) ศูนย์อนุรักษ์โบราณวัตถุใต้น้ำ ทาคาชิมา

3) พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ คิวชู

3. กำหนดเวลา

ระหว่างวันที่ 16 - 22 กรกฎาคม 2566

4. วัตถุประสงค์

1) สามารถนำความรู้เดิมมาประยุกต์ใช้กับการแลกเปลี่ยนความรู้จากการศึกษาดูงานเพื่อดำเนินการอนุรักษ์โบราณวัตถุ ศิลปวัตถุ จากการขุดค้นทางโบราณคดีในแหล่งเรือโบราณพนมสุรินทร์ตามขั้นตอนการอนุรักษ์ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

2) ได้ข้อมูลด้านการอนุรักษ์โบราณวัตถุ ศิลปวัตถุ จากการขุดค้นทางโบราณคดีของแหล่งเรือโบราณเพิ่มมากขึ้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานศึกษาวิจัยต่อไป

3) สามารถนำผลสัมฤทธิ์ของโครงการไปพัฒนาเป็นองค์ความรู้เพื่อสร้างความรู้ความเข้าในเรื่องการอนุรักษ์โบราณวัตถุ ศิลปวัตถุ ที่ได้จากการขุดค้นทางโบราณคดีของแหล่งเรือโบราณในพื้นที่อื่น ๆ

4) สามารถผลักดันไปสู่การเป็นศูนย์กลางการอนุรักษ์มรดกทางวัฒนธรรมที่ได้จากการขุดค้นแหล่งโบราณคดีเรือโบราณขนาดใหญ่ของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ประชาคมอาเซียน)

5) มรดกทางวัฒนธรรมของชาติได้รับการดูแลมากขึ้น โดยผู้มีส่วนร่วมทุกภาคส่วนร่วมกันอนุรักษ์ไว้เป็นแหล่งเรียนรู้ของท้องถิ่น/ของชาติสืบไป และเป็นแหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรม

6) นักวิทยาศาสตร์ผู้รับผิดชอบโครงการมีศักยภาพและประสิทธิภาพในการอนุรักษ์โบราณวัตถุ ศิลปวัตถุ จากการขุดค้นทางโบราณคดีของแหล่งเรือโบราณเพิ่มขึ้นจากองค์ความรู้ที่ได้แลกเปลี่ยนศึกษาความรู้

5. กิจกรรม

1) การศึกษาดูงาน

คณะเดินทางได้ดำเนินการศึกษาดูงานเกี่ยวกับการจัดแสดงภายในพิพิธภัณฑ์ รวมถึงการอนุรักษ์และการจัดผังโครงสร้างอาคารของพิพิธภัณฑ์ จำนวน 3 แห่ง ได้แก่ พิพิธภัณฑ์เมืองฟูกูโอกะ ศูนย์อนุรักษ์โบราณวัตถุใต้น้ำ ทาคาชิมา และพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ คิวชู มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- **พิพิธภัณฑ์เมืองฟูกูโอกะ (Fukuoka City Museum)**

รูปที่ 1 พิพิธภัณฑ์เมืองฟูกูโอกะ (Fukuoka City Museum)

การจัดแสดงภายในพิพิธภัณฑ์ แบ่งออกเป็น 3 บริเวณ ได้แก่ การจัดแสดงแบบนิทรรศการถาวร การจัดแสดงนิทรรศการหมุนเวียน และห้องเปิดประสบการณ์สัมผัสเพื่อเรียนรู้ นิทรรศการถาวรของพิพิธภัณฑ์แห่งนี้เป็นการแสดงชิ้นงานในลักษณะที่เป็นการเล่าเรื่องราวทางประวัติศาสตร์และวัฒนธรรมของฟูกูโอกะ โดยจัดแสดงแบบเรียงตามยุคสมัย ในส่วนของนิทรรศการหมุนเวียนจะมีการเปลี่ยนแปลงเนื้อหาในการจัดแสดงทุกๆ 2 เดือน สำหรับห้องเปิดประสบการสัมผัสเพื่อเรียนรู้จะเป็นการจัดแสดงของเล่น เครื่องแต่งกาย และเครื่องดนตรีจากคิวชูและจากประเทศต่างๆ ในเอเชีย โดยผู้เข้าชมสามารถสัมผัส หยิบจับ หรือนำมาเล่นได้

รูปที่ 2 ห้องเปิดประสบการณ์สัมผัสเพื่อเรียนรู้ พิพิธภัณฑ์เมืองฟูกูโอกะ

ในการจัดแสดงของพิพิธภัณฑ์มีการควบคุมด้านสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้แก่ แสงสว่าง ความชื้น อุณหภูมิ ซึ่งมีวิธีการควบคุม ดังนี้

ı. แสงสว่าง

ในพิพิธภัณฑ์มีการจัดแสงไฟไม่ให้กระทบตัววัตถุโดยตรง มีการจัดแสงจากทางด้านบนหรือจากด้านข้างและด้านล่างของตู้จัดแสดง และบางตู้จัดแสดงที่ช่องไฟที่ตกกระทบลงมาจะมีแผ่นกรองแสงอีก 1 ชั้น

II. ความชื้นและอุณหภูมิ

มีการติดตั้ง Data logger ในตู้จัดแสดงเพื่อเก็บข้อมูลความชื้นและอุณหภูมิ ตู้จัดแสดงจะมีช่องว่างระหว่างแผ่นกระจกเพื่อให้มีการระบายอากาศได้ ไม่ได้ปิดสนิททั้งหมด ภายในห้องจัดแสดงจะมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ และด้านล่างของตู้จัดแสดงจะมีเครื่องควบคุมความชื้นติดตั้งอยู่

นอกจากนี้ในพิพิธภัณฑ์ยังมีการใช้วัสดุและวิธีการจัดแสดงที่ไม่ส่งผลกระทบต่อวัตถุและคำนึงถึงการเข้าชมของประชาชนด้วยเช่นกัน

1.วัสดุที่ใช้ในการจัดแสดง

1.1 มีการใช้วัสดุประเภทไม้และผ้าเป็นฐานของตู้จัดแสดงไม่ให้วัตถุสัมผัสกับไม้โดยตรงเพราะอาจเกิดรอยขูดขีดได้ และผ้าที่ใช้เป็นผ้าที่ไม่มีการย้อมสี เนื่องจากเหตุผลของเรื่องสารเคมีที่อาจตกค้างในกระบวนการย้อมที่จะส่งผลกระทบต่อวัตถุและยังได้ความสวยงามในขณะที่เข้าชมด้วย

1.2 มีการใช้แผ่นอะคริลิกใสเข้ามาเป็นตัวรองรับวัตถุบางประเภท เช่น เครื่องปั้นดินเผาที่มีการเคลือบผิว ตราประทับ โลหะ หรือ กระดาษ เป็นต้น เพื่อให้มองเห็นวัตถุได้ชัดเจนและไม่มีผลกระทบต่อวัตถุ

1.3 ในกรณีของที่มีน้ำหนักมาก เช่น เครื่องปั้นดินเผาขนาดใหญ่ จะวางอยู่บนขาตั้งที่เป็นโลหะและมีพลาสติกที่มีความยืดหยุ่น (silicone) หุ้มบางบริเวณของขาตั้งโลหะที่จะต้องสัมผัสกับเครื่องปั้นดินเผาเพื่อลดการเสียดสีและอาจจะทำให้เกิดความเสียหายต่อวัตถุได้

2.การจัดแสดง

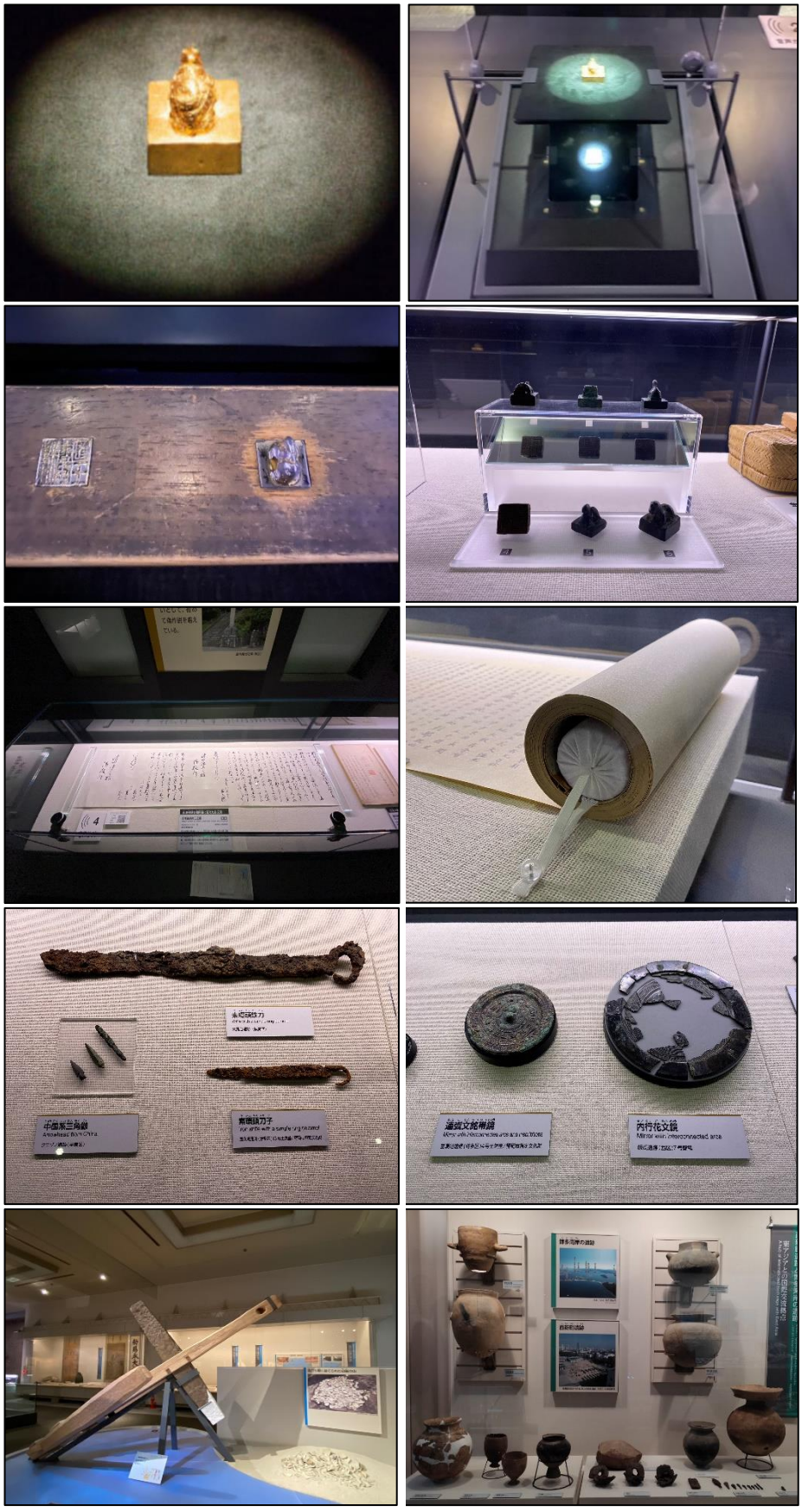
2.1 ในกรณีที่เป็นรูปทรง 3 มิติ จะมีการยกลอย เพื่อให้เห็นรูปทรงได้ชัดเจนมากขึ้น แต่หากเป็นของชิ้นใหญ่ จะจัดแสดงนอกตู้ และมีการจำกัดพื้นที่เพื่อไม่ให้มีการสัมผัส ส่วนวัตถุชิ้นเล็ก เช่น ตราประทับที่มีรายละเอียดค่อนข้างมาก จะอยู่ในตู้และวางอยู่บนแผ่นอะคริลิคใส และมีกระจกอยู่ด้านใต้ของแผ่นอะคริลิคเพื่อให้เห็นรายละเอียดได้ทั้งด้านล่างและด้านบนของตราประทับ นอกจากนี้ยังมีการจัดทำเป็นรูปแบบกราฟฟิค 3 มิติ เพื่อให้สามารถเห็นรายละเอียดได้ดีขึ้น

2.2 กรณีที่เป็นกระดาษ จะวางไว้บนแผ่นอะคริลิคใสและมีการทับด้วยแผ่นอะคริลิคใส หรือ หากมีความยาวมากจะมีการม้วนกระดาษด้วยแกนที่มีผ้าหุ้มเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นต่อวัตถุ

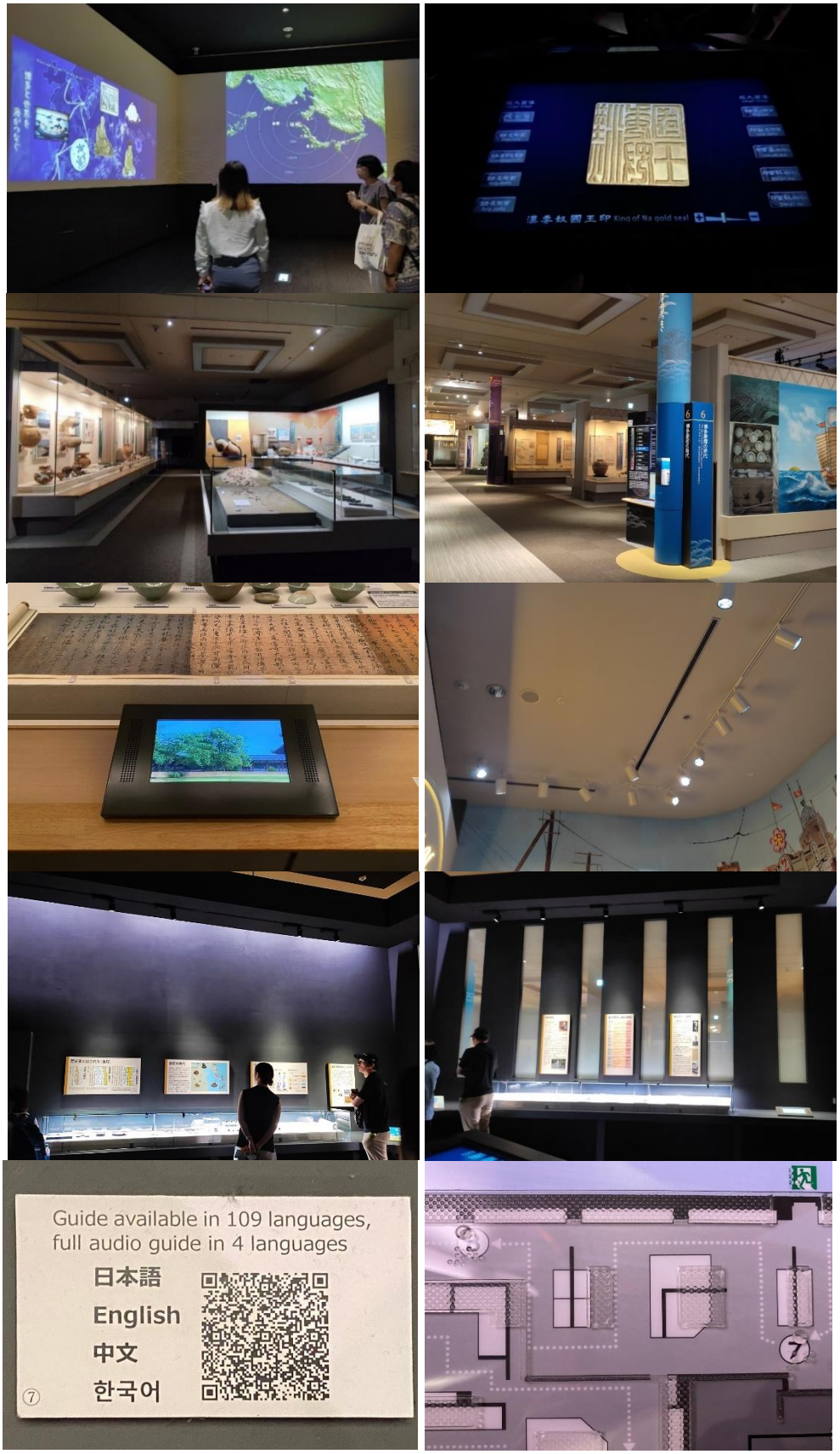
2.3 กรณีที่เป็นผ้าหรือเครื่องแต่งกาย จะจัดแสดงในตู้และมีการทำฐานที่ว่างให้เข้ากับรูปทรงของเครื่องแต่งกายนั้น เช่น หมวก จะมีฐานที่วางเป็นรูปศีรษะเพื่อให้วางแล้วไม่เสียรูปทรงเดิม และทำให้เกิดการบิดงอพับน้อยที่สุด

2.4 มีการใช้ของจำลองแทนวัตถุจริงที่อาจจะเกิดความเสียหายได้ง่ายหากนำมาจัดแสดง

2.5 มีป้ายแสดงข้อความหลายภาษาและมีเสียงอธิบายสำหรับผู้พิการทางสายตา



รูปที่ 3 การจัดแสดงชิ้นงาน ณ ห้องจัดแสดงแบบนิทรรศการถาวร พิพิธภัณฑ์เมืองฟูกูโอกะ



รูปที่ 3 (ต่อ) การจัดแสดง ณ ห้องจัดแสดงแบบนิทรรศการถาวร พิพิธภัณฑ์เมืองฟูกูโอกะ

- **พิพิธภัณฑ์ ณ ศูนย์อนุรักษ์โบราณวัตถุใต้น้ำ ทาคาชิมา (Takashima underwater site)**

รูปที่ 4 พิพิธภัณฑ์ ณ ศูนย์อนุรักษ์โบราณวัตถุใต้น้ำ ทาคาชิมา (Takashima underwater site)

ศูนย์อนุรักษ์โบราณวัตถุใต้น้ำ ทาคาชิมา (Takashima underwater site) แบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 อาคาร ได้แก่ อาคารพิพิธภัณฑ์จัดแสดงโบราณวัตถุจากแหล่งโบราณคดีใต้ อาคารสำนักงานและการเรียนรู้ และอาคารงานอนุรักษ์โบราณวัตถุจากแหล่งโบราณคดีใต้น้ำ

รูปที่ 5 ลักษณะการจัดแสดงโบราณวัตถุจากแหล่งโบราณคดีใต้น้ำหลักการอนุรักษ์

ในการศึกษาดูงานครั้งนี้ได้เข้าศึกษาเฉพาะอาคารงานอนุรักษ์โบราณวัตถุจากแหล่งโบราณคดีใต้น้ำ โดยภายในอาคารจะแบ่งพื้นที่ออกเป็น 6 ส่วน คือ บริเวณจัดแสดง, โถงกลางอาคารที่เป็นบริเวณอนุรักษ์โบราณวัตถุขนาดใหญ่, ห้องคลัง ห้องประชุม, ห้องทำงาน และห้องปฏิบัติการที่มีเครื่องมือวิทยาศาสตร์ โดยพื้นที่ที่สามารถให้ประชาชนหรือนักท่องเที่ยวเข้าชมได้มีเพียงบริเวณจัดแสดงเท่านั้น

รูปที่ 6 บริเวณโถ่งกลางที่ใช้ในการอนุรักษ์โบราณวัตถุขนาดใหญ่

รูปที่ 7 ห้องปฏิบัติการอนุรักษ์ที่มีเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

รูปที่ 8 บริเวณห้องประชุม

- พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติคิวชู (Kyushu national museum)

รูปที่ 9 พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติคิวชู (Kyushu national museum)

รูปที่ 10 แผนผังการจัดแสดงและ QR code การนำชม

รูปที่ 11 ลักษณะการจัดแสดงโบราณวัตถุขนาดใหญ่และ QR code บรรยายประวัติความเป็นมา

รูปที่ 12 แสดงแผ่นกาวดักฝุ่นและชั้นเปลี่ยนรองเท้า

ในการเข้าห้องอนุรักษ์และห้องปฏิบัติการหรือสถานที่ปฏิบัติงานซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการควบคุมความสะอาด จะมีการใช้แผ่นกาวดักฝุ่น (Sticky mats) ปูไว้หน้าห้องเพื่อให้เจ้าหน้าที่เหยียบก่อนเข้าห้องควบคุมเพื่อดักจับฝุ่นหรือสกัดฝุ่นที่ติดพื้นรองเท้าและป้องกันสิ่งปนเปื้อนติดเข้าไปในห้องควบคุม นอกจากนี้ยังมีชั้นวางรองเท้าสำหรับเจ้าหน้าที่และผู้ที่เข้ามาศึกษาดูงานในการเปลี่ยนเป็นรองเท้าที่เตรียมไว้

รูปที่ 13 ห้องปฏิบัติการอนุรักษ์โบราณวัตถุขนาดใหญ่

นอกจากจะมีห้องปฏิบัติการอนุรักษ์โดยทั่วไปแล้ว ยังมีห้องอนุรักษ์โบราณวัตถุขนาดใหญ่ และมีห้องผลิตกระดาษเพื่อการอนุรักษ์โดยเฉพาะแยกออกมา (ไม่อนุญาตให้ถ่ายรูป) เพื่อผลิตกระดาษและอนุรักษ์โบราณวัตถุประเภทกระดาษรวมถึงเอกสารต่างๆ โดยในการพิจารณาการผลิตจะพิจารณาเป็นรายกรณีเพื่อผลิตกระดาษที่เหมาะสมที่สุดในการอนุรักษ์แต่ละชิ้นงาน เช่น สี ความหนา และความเรียบของกระดาษ ซึ่งเป็นวิธีการผลิตเฉพาะ

ด้านการบริหารจัดการในการอนุรักษ์ ดำเนินการโดยนักอนุรักษ์จากพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติคิวชูและมีการจ้างนักอนุรักษ์จากภายนอกที่มีใบอนุญาติ (license) เข้ามาทำงานร่วมด้วย โดยมีสัญญาเป็นรายปี ซึ่งในการอนุรักษ์จะมีทีมนักอนุรักษ์จากพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติคิวชู เป็นคนกำหนดแนวทางในการอนุรักษ์

รูปที่ 14 ห้องถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์และ CT SCAN (Computerized Tomography Scan)

รูปที่ 15 โมเดลจากการพิมพ์ 3 มิติ (3D Printing)

มีการใช้การพิมพ์ 3 มิติ (3D Printing) เพื่อสร้างโมเดลจำลองของโบราณวัตถุแทนการจัดแสดงด้วยของจริงที่ค่อนข้างเปราะบางต่อการจัดแสดง

2) การเข้าอบรมความรู้ด้านการอนุรักษ์

รูปที่ 16 เข้ารับการอบรมความรู้ด้านการอนุรักษ์
ณ พิพิธภัณฑ์ทาคาชิม่า (Takashima underwater site)

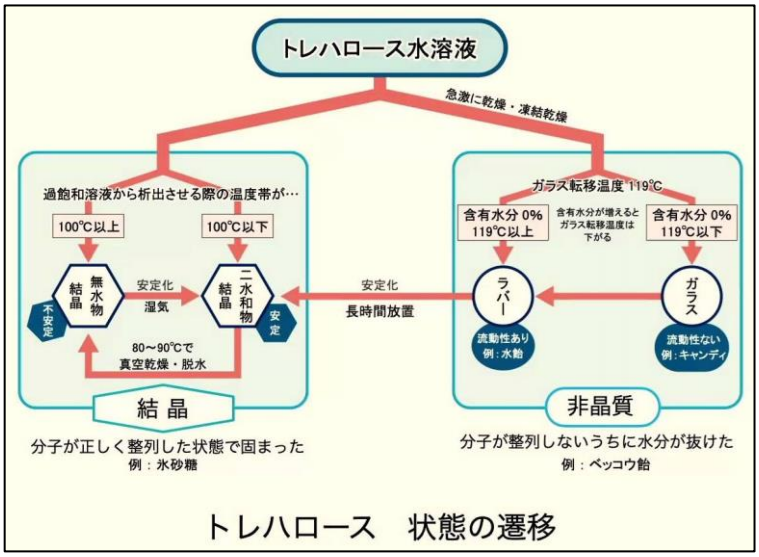
คณะเดินทางได้เข้ารับการอบรมความรู้ด้านการอนุรักษ์จากศาสตราจารย์ Koji Ito จาก Tohoku university ณ พิพิธภัณฑ์ทาคาชิม่า (Takashima underwater site) ระหว่างวันที่ 18-20 กรกฎาคม 2566 โดยเนื้อหาการอบรมแบ่งออกเป็น ภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ รายละเอียดดังนี้

- **ภาคทฤษฎี**

ศาสตราจารย์ Koji Ito ได้ให้ความรู้ในด้านการอนุรักษ์โบราณวัตถุโดยการใช้เทรฮาโลส และได้สอนเกี่ยวกับกระบวนการอนุรักษ์ โดยเริ่มต้นจากการตรวจสภาพและบันทึกข้อมูลโบราณวัตถุ เช่น การชั่งน้ำหนัก แล้วแช่ด้วยน้ำยาอนุรักษ์ (ในที่นี้คือสารละลายเทรฮาโลส) เมื่อเกิดความความอิ่มตัวของเทรฮาโลสในตัววัตถุ (สังเกตจากการชั่งน้ำหนักจนน้ำหนักคงที่) แล้วจึงปล่อยให้แห้งและกำจัดน้ำตาลส่วนเกินที่เคลือบบนผิววัตถุ จากนั้นซ่อมแซมและสำรวจ ศึกษา จัดเก็บ หรือจัดแสดงต่อไป

สาเหตุที่ศาสตราจารย์ Koji Ito เลือกใช้เทรฮาโลสในการอนุรักษ์ คือ เทรฮาโลสเป็นเทคนิคที่ง่าย ขั้นตอนหรือกระบวนการในการอนุรักษ์ไม่ยุ่งยากซับซ้อนและมีขั้นตอนไม่มาก รวมถึงไม่จำเป็นต้องใช้ความเข้มข้นที่สูงมากเท่า PEG (Polyethylene glycol) อีกทั้งเทรฮาโลสไม่ทำให้เกิดแรงเครียดในตัววัตถุ ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัตถุ แทรกซึมเข้าไปในเนื้อของวัตถุได้ง่าย แข็งตัวเร็ว และสามารถกำจัดออกได้โดยไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัตถุ และที่สำคัญคือโบราณวัตถุที่อนุรักษ์ด้วยเทรฮาโลสสามารถจัดเก็บหรือจัดแสดงได้ในทุกสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะในสภาะแวดล้อมที่ร้อนชื้น ทั้งนี้เหตุผลหรือการตัดสินใจในการอนุรักษ์ขึ้นอยู่กับวิสัยทัศน์ของผู้อนุรักษ์

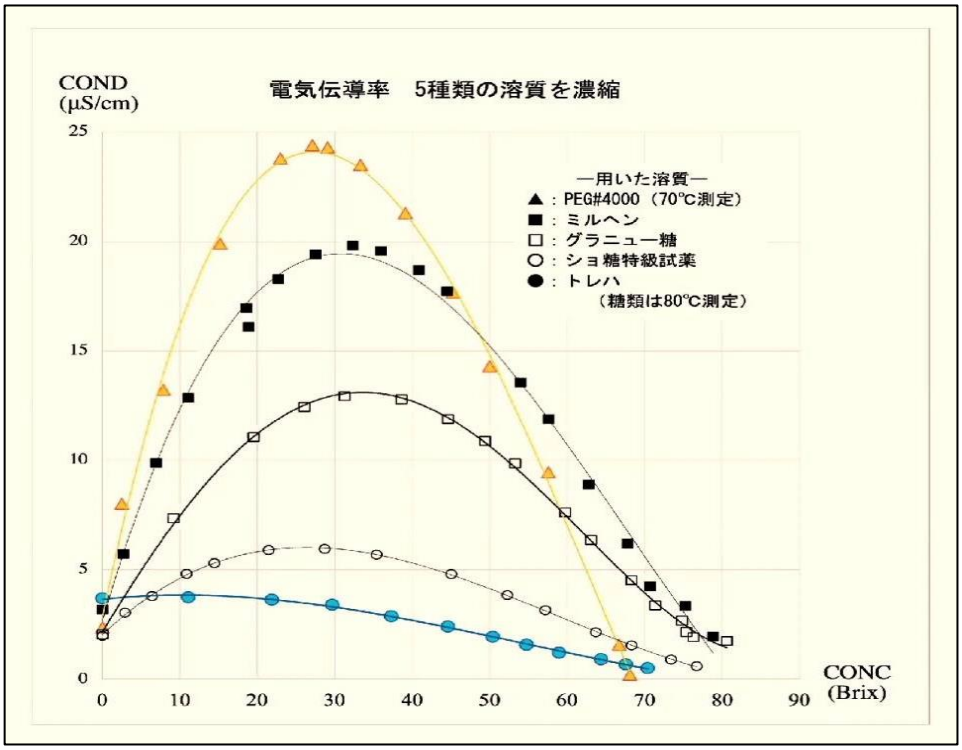
คุณสมบัติหนึ่งของเทรฮาโลสที่ทำให้เทรฮาโลสถูกเลือกใช้ในกระบวนการอนุรักษ์คือคุณสมบัติด้านการเปลี่ยนสถานะ หลังจากที่เทรฮาโลสถูกทำให้แห้งโดยวิธีต่างๆ แล้วจะสามารถแข็งตัวหรือเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งได้ 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่เป็นผลึก (Crystal) และรูปแบบอสัณฐาน (Amorphous : โครงสร้างของสารที่มีการจัดเรียงของอะตอมอย่างไม่มีระเบียบหรือไม่มีรูปแบบที่แน่นอน) การสร้างผลึกของเทรฮาโลสหรือการทำให้อยู่ในรูปแบบคริสตัลทำได้โดยการเพิ่มความเข้มข้นของเทรฮาโลสและปล่อยให้เกิดการแห้งตัวอย่างช้าๆ สารละลายเทรฮาโลสจะเปลี่ยนเป็นไดไฮเดรตคริสตัลที่มีความเสถียร แต่หากทำให้เทรฮาโลสในรูปไดไฮเดรตคริสตัลแห้งในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส ผลึกจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของแอนไฮเดรตคริสตัลซึ่งไม่เสถียรและมีความไวต่อความชื้นในอากาศ เพื่อทำให้แอนไฮเดรตคริสตัลเสถียรอีกครั้งมันจะดูดซึมน้ำและกลับสู่รูปแบบไดไฮเดรตคริสตัล เป็นวัฏจักรต่อไป ในขณะที่การทำสารละลายเทรฮาโลสให้อยู่ในรูปแบบของอสัณฐานซึ่งแบ่งเป็นลักษณะที่เป็นผิวใสๆ แต่ยังไม่ได้ตกผลึก (Glassy state) และลักษณะที่ยังมีความหนืด (Rubbery state) จะต้องทำให้แห้งอย่างรวดเร็ว เมื่ออุณหภูมิที่ถูกทำให้แห้งต่ำกว่าค่าอุณหภูมิเปลี่ยนสภาพคล้ายแก้ว (Glass transition temperature; Tg) สารละลายเตรฮาโลสจะอยู่ในรูปแบบของแข็งที่ใส (กลาส) แต่หากให้ความร้อนต่อเนื่องหรือมีการเติมความชื้นเข้าไป จากกลาสจะถูกเปลี่ยนเป็นสภาวะรับเบอร์ อีกหนึ่งวิธีที่จะเปลี่ยนสารละลายเทรฮาโลสให้เป็นสภาวะรับเบอร์ คือการทำให้แห้งโดยใช้อุณหภูมิที่สูงกว่าค่าอุณหภูมิเปลี่ยนสภาพคล้ายแก้ว (ค่าอุณหภูมิเปลี่ยนสภาพคล้ายแก้วของเทรฮาโลสมีค่าเท่ากับ 119 องศาเซลเซียส) ทั้งนี้เทรฮาโลสที่อยู่ในสภาวะรับเบอร์จะไม่เสถียร มันจะยังคงดูดความชื้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งกลายเป็นไดไฮเดรตคริสตัลและเข้าสู่วัฏจักรที่เป็นคริสตัลต่อไป แสดงรายละเอียดดังผิดพลาด! ไม่พบแหล่งการอ้างอิง17



รูปที่ 17 การเปลี่ยนสถานะของสารละลายเทรฮาโลส

การอนุรักษ์ด้วยการใช้เทรฮาโลสไม่เพียงแค่ใช้ในการอนุรักษ์อินทรียวัตถุเท่านั้น แต่ยังสามารถใช้ในการอนุรักษ์โบราณวัตถุประเภทโลหะโดยการใช้เป็นสารเคลือบป้องกันสนิมได้อีกด้วย เนื่องจากเทรฮาโลสหลังจากที่อยู่ในสถานะที่เป็นของแข็ง (ในรูปแบบสารเคลือบที่แห้งแล้ว) มีคุณสมบัติในการดูดความชื้นและนำไฟฟ้าต่ำ ส่งผลให้โลหะไม่ขึ้นสนิมหรือโอกาสการเกิดสนิมต่ำมาก จากการเข้าอบรมมีการนำเสนอข้อมูลการเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ PEG (▲) MILHEN (■) นมข้นหวาน (□) ซูโครส (○) และ เทรฮา (●) พบว่า ที่ความเข้มข้นต่ำสารละลายทั้ง 5 ชนิด มีความสามารถในการนำไฟฟ้ามากกว่าที่ความเข้มข้นสูง เนื่องจากสารละลายทั้ง 5 ชนิด มีน้ำเป็นตัวทำละลาย ซึ่งน้ำมีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้า แต่เมื่อสารละลายเริ่มอิ่มตัวและเพิ่มความเข้มข้นมากขึ้นเรื่อยๆ ค่าการนำไฟฟ้าจึงลดลง ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบสารละลายทั้ง 5 ชนิด แสดงดัง**ผิดพลาด! ไม่พบแหล่งการอ้างอิง**พบว่าเทรฮามีความสามารถในการนำไฟฟ้าได้ต่ำที่สุด และใช้ความเข้มข้นน้อยกว่าสารละลายอื่นๆ ยกเว้น PEG ที่ทำให้ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเข้าใกล้ศูนย์ แต่การใช้ PEG นั้นมีข้อจำกัดในเรื่องของความชื้น หากใช้เคลือบโลหะทิ้งไว้ PEG จะดูดความชื้นในอากาศ ซึ่งเป็นเหตุให้โลหะเกิดสนิมเพิ่มขึ้นได้

รูปที่ 18 การนำเทรฮาโลสมาใช้ในการอนุรักษ์โบราณวัตถุประเภทต่างๆ



รูปที่ 19 การเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย 5 ชนิด

- **ภาคปฏิบัติ**

คณะเดินทางได้ลงมือปฏิบัติในขั้นตอนการอนุรักษ์ด้วยเทรฮาโลส ขั้นตอนและรายละเอียดแสดงดัง **ตารางที่ 1**

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการอนุรักษ์โบราณวัตถุด้วยเทรฮาโลส

ขั้นตอนการอนุรักษ์	ภาพประกอบ
1. เตรียมสารละลายเทรฮาโลส -การอนุรักษ์วัตถุประเภทไม้ใช้ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นบริกซ์ -การอนุรักษ์วัตถุประเภทโลหะใช้ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นบริกซ์	
2. ชั่งน้ำหนักวัตถุก่อนการอนุรักษ์และจดบันทึกน้ำหนักที่อ่านค่าได้	

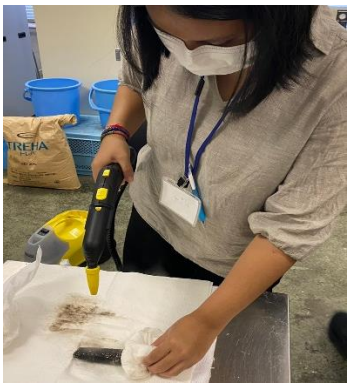
ตารางที่ 1 (ต่อ) ขั้นตอนการอนุรักษ์โบราณวัตถุด้วยเทรฮาโลส

ขั้นตอนการอนุรักษ์	ภาพประกอบ
3. เสริมความแข็งแรงให้วัตถุด้วยการแช่วัตถุในสารละลายเตรฮาโลสและควบคุมอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส กรณีวัตถุเป็นผ้าให้ใช้วิธีการสเปรย์สารละลายเทรฮาโลสลงบนผ้าพอหมาด โดยปริมาณที่ใช้ขึ้นอยู่กับลักษณะของผ้าและความต้องการของผู้อนุรักษ์หรือจุดประสงค์ที่ต้องการหลังจากอนุรักษ์แล้วเสร็จ	
4. เพิ่มความเข้มข้นของสารละลายเทรฮาโลสจนกว่าวัตถุจะดูดซับสารละลายเทรฮาโลสจนอิ่มตัว โดยสามารถสังเกตได้จากการนำวัตถุมาชั่งน้ำหนักอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่งพบว่าน้ำหนักของวัตถุมีความคงที่ - ในการเพิ่มความเข้มข้นสารละลายสามารถทราบได้โดยการคำนวณ - ควรแบ่งสารละลายเดิม (สารละลายตั้งต้น) ออกจากหม้อหรือภาชนะ แล้วค่อยๆ เติมเทรฮาโลสจนละลายแล้วใส่กลับคืน เนื่องจากความเข้มข้นที่สูงขึ้นส่งผลให้เทรฮาโลสละลายได้ยากมากขึ้น จึงต้องใช้อุณหภูมิสูงหรือความร้อนเพื่อเป็นตัวช่วยในการทำละลาย หากเติมน้ำตาลเทรฮาโลสลงในหม้อต้มหรือภาชนะโดยตรง เทรฮาโลสอาจละลายได้ไม่หมด	

ตารางที่ 1 (ต่อ) ขั้นตอนการอนุรักษ์โบราณวัตถุด้วยเทรฮาโลส

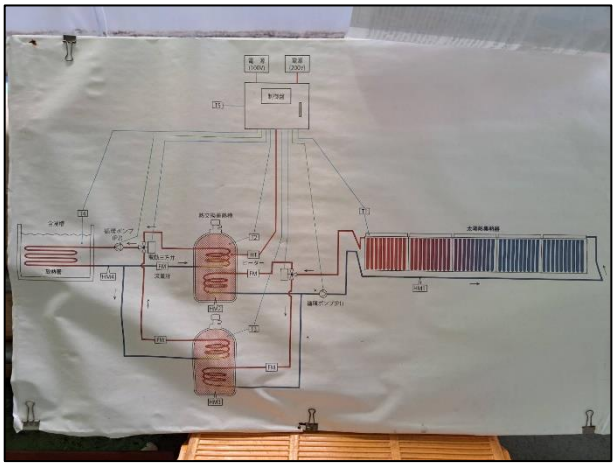
ขั้นตอนการอนุรักษ์	ภาพประกอบ
- วัดความเข้มข้นในหม้อต้มหรือภาชนะอีกครั้งด้วยเครื่องวัดบริกซ์เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้มข้นว่าได้ตามที่ต้องการหรือไม่ - ก่อนที่จะใช้เครื่องวัดบริกซ์ ควรกวนสารละลายในหม้อเพื่อให้ความเข้มข้นใหม่ที่เติมลงไปมีความกระจายอย่างทั่วถึง ไม่เช่นนั้นค่าที่ได้อาจไม่ตรงตามความเป็นจริง	
5. นำวัตถุตากแห้งหลังจากสารละลายเทรฮาโลสเข้าเสริมความแข็งแรงให้วัตถุจนอิ่มตัวแล้ว - วัตถุประเภทไม้ ปล่อยให้แห้งอย่างช้าๆ ด้วยลมธรรมชาติหรือใช้พัดลมช่วย เพื่อให้เทรฮาโลสแห้งเป็นผลึกขนาดเล็ก	
- วัตถุประเภทโลหะ ใช้ลมร้อนในการช่วยให้แห้ง	
- วัตถุประเภทผ้า สามารถปล่อยให้แห้งโดยธรรมชาติหรือใช้ลมร้อนในการทำให้แห้งก็ได้ แต่ผลลัพธ์ที่ได้จะต่างกัน คือ ลักษณะของผลึกจะไม่เหมือนกัน	

ตารางที่ 1 (ต่อ) ขั้นตอนการอนุรักษ์โบราณวัตถุด้วยเทรฮาโลส

ขั้นตอนการอนุรักษ์	ภาพประกอบ
6. หลังจากวัตถุแห้งแล้วอาจมีคราบน้ำตาลส่วนเกินเคลือบบนผิววัตถุ ให้กำจัดน้ำตาลออก โดยมีวิธการกำจัดน้ำตาล 3 แบบ ซึ่งการเลือกใช้แต่ละวิธีขึ้นอยู่กับลักษณะคราบน้ำตาลและขนาดวัตถุ - ใช้บัดกรี ในการจี้น้ำตาลออก โดยการใช้ทิชชูหรือดาษสาบางๆ วางบริเวณคราบน้ำตาล แล้วใช้พู่กันชุบน้ำทาบริเวณดังกล่าวพอหมาดๆ จากนั้นใช้บัดกรีจี้ตรงน้ำตาลให้น้ำตาลละลายออก น้ำตาลจะหลุดติดกระดาษออกมา ข้อควรระวังคือ ไม่ควรใช้น้ำที่มากเกินไป เพราะอาจจะไปละลายถึงข้างในตัววัตถุได้ และให้ระวังเรื่องความร้อน หากร้อนมากเกินไปหรือจี้นานเกินไปกระดาษอาจไหม้ติดวัตถุได้ ทั้งนี้ศาตราจารย์ผู้ให้ความรู้ได้มีการดัดแปลงหัวบัดกรีให้เป็นหัวรูปช้อนเพื่อง่ายต่อการทำงานและไม่ร้อนจนเกินไป - ใช้เครื่องเป่าลมร้อนเพื่อละลายน้ำตาล วิธีการเช่นเดียวกับบัดกรีคือ ใช้ทิชชูหรือดาษสาบางๆ วางบริเวณคราบน้ำตาล แล้วใช้พู่กันชุบน้ำทาบริเวณดังกล่าวพอหมาดๆ จากนั้นใช้บัดกรีจี้ตรงน้ำตาลที่ไม่ละลายด้วยเครื่องเป่าลมร้อน - ใช้เครื่องพ่นไอน้ำ เป็นวิธีที่สามารถกำจัดคราบน้ำตาลได้รวดเร็วกว่าวิธีอื่นๆ แต่มีข้อจำกัดคือ ห้ามใช้กับวัตถุขนาดเล็ก เนื่องจากตัวเครื่องมีแรงดันอาจก่อความเสียหายให้กับวัตถุได้ สามารถดำเนินการได้โดยพ่นไอน้ำลงบริเวณที่ต้องการแล้วใช้ทิชชูซับเพื่อเป็นการดึงคราบน้ำตาลออก ทั้งนี้ไม่ควรพ่นจนไม้มีความชื้นสะสมหรือจนเปียก หากพบว่าไม้เริ่มชื้นให้นำไปตากให้แห้งก่อน สังเกตคราบน้ำตาลแล้วจึงนำกลับมาพ่นใหม่ กรณีที่พบน้ำตาลเป็นก้อนหนาเหลืออยู่ ให้เลือกใช้บัดกรีหรือเครื่องเป่าลมร้อนในการกำจัดออกแทน	 

ตารางที่ 1 (ต่อ) ขั้นตอนการอนุรักษ์โบราณวัตถุด้วยเทรฮาโลส

ขั้นตอนการอนุรักษ์	ภาพประกอบ
7. ทำวัตถุให้แห้งอีกครั้ง แล้วนำไปจัดเก็บหรือจัดแสดง	



รูปที่ 20 ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศ (Solar water heating system)

ศูนย์อนุรักษ์โบราณวัตถุใต้น้ำ ทาคาชิมา ได้มีการนำระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศเข้ามาใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิให้กับน้ำ โดยหลักการทำงานของระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศ คือ ป้อนน้ำเย็นในส่วนล่างของถังเก็บน้ำร้อนเข้าสู่ด้านบนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศโดยใช้ปั๊มเป็นตัวขับเคลื่อนของไหลในระบบ ในกรณีที่น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น จะทำให้ปริมาตรของน้ำเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นในระบบจึงมีการติดตั้งถังควบคุมความดัน (Expansion tank) เพื่อให้ปริมาตรที่เพิ่มขึ้นถูกกักเก็บไว้ในถังควบคุมความดัน และเมื่อน้ำมีอุณหภูมิลดลงปริมาตรน้ำจะลดลงตามไปด้วย ถังควบคุมความดันจะดันมวลน้ำดังกล่าวกลับเข้าสู่ระบบท่อน้ำ เพื่อป้องกันการ

เกิดอากาศภายในระบบ ในส่วนของน้ำที่ได้รับความร้อนจากรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิของน้ำจะสูงขึ้นและไหลเข้าไปยังถังเก็บน้ำร้อน เมื่อน้ำร้อนมีอุณหภูมิสูงเพียงพอต่อการใช้งาน น้ำร้อนดังกล่าวจะถูกจ่ายไปใช้งานในการแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในอ่างแช่โบราณวัตถุขนาดใหญ่ และใช้สำหรับการเพิ่มอุณหภูมิของเทรฮาโลสในกระบวนการเสริมความแข็งแรง

ทั้งนี้ ศูนย์อนุรักษ์โบราณวัตถุใต้น้ำ ทาคาชิมา ได้ใช้ระบบระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศ (Solar water heating system) ร่วมกับระบบไฟฟ้า โดยการใช้ระบบไฮบริด (Hybrid) เพื่อเป็นการลดการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการอนุรักษ์

6. สรุปสาระของกิจกรรม

จากการศึกษาดูงาน ณ พิพิธภัณฑ์เมืองฟูกูโอกะ, ศูนย์อนุรักษ์โบราณวัตถุใต้น้ำ ทาคาชิมา และพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ คิวชู ประเทศญี่ปุ่น ทำให้ได้ข้อมูลด้านการอนุรักษ์โบราณวัตถุ ศิลปวัตถุ จากการขุดค้นทางโบราณคดีใต้น้ำเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะการอนุรักษ์โบราณวัตถุและศิลปะวัตถุประเภทไม้ด้วยสารเทรฮาโลส และเห็นถึงการพัฒนาในการนำสารเทรฮาโลสมาใช้ในการอนุรักษ์โบราณวัตถุประเภทอื่นๆ เช่น ผ้า เครื่องจักสาน และโลหะ เป็นต้น ซึ่งถือเป็นความก้าวหน้าในวงการอนุรักษ์อย่างมาก โดยเฉพาะกับประเทศไทยที่อยู่ในทวีปเดียวกันและมีสภาพแวดล้อมไม่ต่างกันมาก ทำให้สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้รับจากการศึกษาดูงานในครั้งนี้มาใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานศึกษาวิจัยและนำผลสัมฤทธิ์ของโครงการไปพัฒนาเป็นองค์ความรู้เพื่อสร้างความรู้ความเข้าในเรื่องการอนุรักษ์โบราณวัตถุ ศิลปวัตถุ ที่ได้จากการขุดค้นทางโบราณคดีของแหล่งเรือโบราณในพื้นที่อื่นๆ และสามารถผลักดันไปสู่การเป็นศูนย์กลางการอนุรักษ์มรดกทางวัฒนธรรมที่ได้จากการขุดค้นแหล่งโบราณคดีเรือโบราณขนาดใหญ่ของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อีกทั้งเป็นการสร้างสร้างความสัมพันธ์ระหว่างไทย-ญี่ปุ่นในการอนุรักษ์โบราณวัตถุจากแหล่งโบราณคดีชุ่มน้ำ และก่อให้เกิดเครือข่ายการทำงานร่วมกันในอนาคต

7. ข้อเสนอแนะจากการจัดกิจกรรม

1) ควรมีระยะเวลาในการศึกษาดูงานเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้มีเวลาในภาคปฏิบัติ และการแก้ไขปัญหาหน้างานที่มีผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำแนะนำเพิ่มมากขึ้น

2) ควรมีการจัดส่งบุคคลากรที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องในการอนุรักษ์โบราณวัตถุ ศิลปวัตถุ จากแหล่งโบราณคดีชุ่มน้ำเข้ารับการฝึกอบรมอย่างสม่ำเสมอเพื่อพัฒนาองค์ความรู้และเพิ่มพูนประสบการณ์

3) เนื่องจากศาสตราจารย์ Koji Ito ยินดีเป็นที่ปรึกษาและให้ความรู้ จึงควรมีการติดต่อ รายงานข้อมูลความก้าวหน้าของผลการดำเนินการจากที่อาจารย์ได้สอน และควรสอบถามหรือปรึกษาในกรณีที่เกิดปัญหาอย่างสม่ำเสมอ เพื่อการป้องกันและแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้น