

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ได้ดำเนินการศึกษาทางธรณีฟิสิกส์ ในพื้นที่บ้านหนองหอย ตำบลวัดขนุน อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้วิธีการวัดทางธรณีฟิสิกส์ กำหนดตำแหน่งของฐานเตาเผาโบราณชุมชนปะโอ ซึ่งพื้นที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ประกอบด้วย 2 พื้นที่ คือ พื้นที่โคกโพ มีขนาด 22x21 ตารางเมตร และพื้นที่ TM III มีขนาด 12x13 เมตร โดยการศึกษาวัดครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธีการวัดทางธรณีฟิสิกส์ที่ประกอบด้วย การวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก การวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของชั้นดิน และการวัดเรดาร์หยั่งความลึกศึกษาชั้นดิน นอกจากนี้ยังได้ดำเนินการวัดสมบัติทางฟิสิกส์ของเศษวัสดุเตาเผาโบราณและเศษโบราณวัตถุในห้องปฏิบัติการ เพื่อกำหนดสมบัติทางฟิสิกส์ของเศษวัสดุเหล่านั้น

การวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กบริเวณผิวดินในพื้นที่โคกโพ สามารถแสดงบริเวณที่เป็นฐานเตาเผาและบริเวณที่มีการกระจายของเศษโบราณวัตถุอย่างหนาแน่นได้จากบริเวณที่มีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กสูงกว่า  $49 \times 10^{-6}$  cgs. (0.62 mSI) โดยในพื้นที่โคกโพได้พบบริเวณที่มีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กสูงกว่า  $49 \times 10^{-6}$  cgs. จำนวน 3 บริเวณ จากผลการสังเกตลักษณะของพื้นที่โคกโพและผลการขุดค้นทางโบราณคดีพบว่า บริเวณที่มีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กสูงดังกล่าว เป็นบริเวณที่เป็นฐานเตาเผาโบราณชุมชนปะโอจำนวน 1 บริเวณ และเป็นบริเวณที่มีการกระจายของเศษโบราณวัตถุอย่างหนาแน่น 2 บริเวณ ส่วนพื้นที่ TM III นั้นพบบริเวณที่มีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กสูงกว่า  $49 \times 10^{-6}$  cgs. จำนวน 3 บริเวณเช่นเดียวกับพื้นที่โคกโพ และจากผลการขุดค้นทางโบราณคดีในพื้นที่ที่มีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กสูงดังกล่าว พบว่าเป็นบริเวณที่มีการกระจายของเศษโบราณวัตถุอย่างหนาแน่นทั้ง 3 บริเวณ ขณะที่ผลการวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของเศษวัสดุเตาเผาโบราณในห้องปฏิบัติการของพื้นที่โคกโพ (จำนวน 10 ตัวอย่าง) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.6 mSI และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.0 mSI และพื้นที่ TM III (จำนวน 10 ตัวอย่าง) มีค่าเฉลี่ยของค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของเศษวัสดุเตาเผาโบราณเท่ากับ 6.2 mSI และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.0 mSI ส่วนผลการวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของดินในพื้นที่โคกโพ (จำนวน 10 ตัวอย่าง) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.0 mSI และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.4 mSI ส่วนพื้นที่ TM III (จำนวน 10 ตัวอย่าง) มีค่าเฉลี่ยของค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของดินเท่ากับ 0.5 mSI และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.4 mSI โดยจะพบว่า

ค่าเฉลี่ยของค่าสภาพปรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของเศษวัสดุเตาเผาโบราณมีค่าสูงกว่าดินในพื้นที่ศึกษาทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญ และเนื่องจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวัดค่าสภาพปรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของเศษวัสดุเตาเผาและดินมีค่าสูงมากในทั้งสองพื้นที่ ซึ่งวิธีการหนึ่งที่สามารถแก้ไขไม่ให้เกิดค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานดังกล่าวมีค่าสูงเกินไปคือ การเพิ่มจำนวนตัวอย่างที่นำมาวัดให้มากขึ้นนั่นเอง

การใช้เรดาร์หยังความลึกศึกษาชั้นดินในทั้งสองพื้นที่ ถึงแม้ว่าไม่สามารถกำหนดตำแหน่งฐานของเตาเผาได้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากค่าอิมพีแดนซ์ระหว่างฐานเตาเผากับดินที่ปิดฝังอยู่ไม่ได้มีความแตกต่างกันมากนัก แต่เนื่องจากพื้นที่ๆทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ถูกรบกวนจากการขุดค้นทางโบราณคดีในอดีต จึงทำให้ดินบริเวณดังกล่าวสูญเสียการเรียงลำดับของชั้นดินตามปกติ ซึ่งบริเวณที่ถูกรบกวนสามารถแสดงให้เห็นได้ชัดเจนในเรดาร์แกรมดังภาพประกอบ 54-55 นอกจากนี้การใช้เรดาร์หยังความลึกยังช่วยในการกำหนดระดับความลึกของชั้นดินที่ถูกรบกวนจากกิจกรรมต่างๆในอดีต จากลักษณะของสัญญาณสะท้อนที่ปรากฏในช่วงที่ 2 ของเรดาร์แกรม (ตั้งแต่ความลึก 0.4 เมตรและ 0.5 เมตรลงไปในพื้นที่โคกโพและพื้นที่ TM III ตามลำดับ) ที่มีลักษณะราบเรียบสม่ำเสมอตลอดแนววัด ซึ่งจากผลการขุดค้นทางโบราณคดี พบว่าชั้นดินในช่วงดังกล่าวเป็นดินทรายที่อัดแน่นสม่ำเสมอ จึงไม่น่าที่เป็นชั้นดินที่ถูกรบกวนจากกิจกรรมในอดีต ทำให้การกำหนดระดับความลึกของการขุดค้นทางโบราณคดีจะกระทำอยู่ภายในสัญญาณสะท้อนช่วงที่ 1 (จากผิวดินลงไปจนถึงระดับ 0.4 และ 0.5 เมตรในพื้นที่โคกโพและพื้นที่ TM III ตามลำดับ) ดังนั้นการนำเรดาร์หยังความลึกมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ถึงแม้ไม่อาจช่วยในการกำหนดตำแหน่งฐานของเตาเผาได้โดยตรง แต่ก็ช่วยในการกำหนดบริเวณที่เป็นร่องรอยจากกิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้นในอดีต และยังช่วยในการกำหนดระดับความลึกในการขุดค้นทางโบราณคดี ทำให้การดำเนินงานขุดสำรวจทางโบราณคดีที่จะเกิดขึ้นในภายหลังประหยัดเวลาในการสำรวจได้มากขึ้น

การวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของชั้นดินในพื้นที่ศึกษาทั้งสองพื้นที่ ไม่สามารถที่จะกำหนดตำแหน่งของฐานเตาเผาโบราณชุมชนปะโอได้อย่างชัดเจน ถึงแม้ว่าจะพบบริเวณที่มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าสูง (สูงกว่า 84 โอห์ม.เมตร) แทรกอยู่ระหว่างบริเวณที่มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ (พื้นที่ส่วนใหญ่ของพื้นที่โคกโพและพื้นที่ TM III มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำกว่า 60 โอห์ม.เมตร) แต่ก็ไม่ได้มีความต่อเนื่องกันในแต่ละระดับความลึก ทั้งนี้่าจะมีสาเหตุมาจากฐานเตาเผาที่มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าอยู่ในช่วงเดียวกันกับค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของดินในพื้นที่ศึกษา และเนื่องจากระดับความลึกของ  $n=1$  มีค่าความลึกยังผล (effective depth) ในการสำรวจเท่ากับ 0.416a (EDWARDS, 1977) เมื่อ  $a = 0.5$  เมตร ( $a$  คือ ระยะห่างระหว่างขั้ว  $C_1$  กับ  $C_2$  หรือระหว่างขั้ว  $P_1$

กับ  $P_2$ ) ซึ่งจะมีค่าประมาณ 0.21 เมตร ทำให้ไม่ปรากฏข้อมูลค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าที่ระดับความลึกก่อนหน้านั้น ซึ่งหากฐานเตาเผาโบราณอยู่ในระดับความลึกดังกล่าว ก็จะไม่สามารถกำหนดตำแหน่งของฐานเตาเผาโบราณชุมชนปะโอได้ ขณะที่ 60 เปอร์เซ็นต์ของผลการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของเศษวัสดุเตาเผาโบราณในห้องปฏิบัติการจากทั้งสองพื้นที่ (10 ตัวอย่าง/พื้นที่) มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าสูงกว่า 100 โอห์ม.เมตร ซึ่งสูงกว่าบริเวณส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษาทั้งสองพื้นที่ (60 โอห์ม.เมตร) จึงมีความเป็นไปได้ที่จะกำหนดตำแหน่งของฐานเตาเผาโบราณชุมชนปะโอจากการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า แต่ทั้งนี้ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับความชื้น (water content) ของวัสดุ ดังนั้นหากฐานเตาเผาในพื้นที่ศึกษามีค่าความชื้นที่ใกล้เคียงกับดินที่ปิดอยู่ ก็จะส่งผลให้เกิดความยุ่งยากในการกำหนดตำแหน่งฐานเตาเผาโบราณด้วยวิธีวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าได้

ขณะที่ผลการวัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของพื้นที่โคกไผ่วัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.8 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.6 ส่วนพื้นที่ TM III มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.3 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.4 โดยค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของทั้งสองพื้นที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูง ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มจำนวนตัวอย่างในการวัดให้มากขึ้นเช่นเดียวกับการวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กในห้องปฏิบัติการ และจากผลการวิเคราะห์สเปกตรัมการเรืองรังสีเอกซ์แบบ Semi-quantitative measurement ของเศษวัสดุเตาเผาโบราณจากทั้งสองพื้นที่พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของธาตุออกซิเจน (O) และธาตุซิลิกอน (Si) สูงกว่าธาตุอื่นๆ อย่างชัดเจน จึงอาจทำให้สารประกอบภายในฐานเตาเผาโบราณชุมชนปะโอเป็นสารประกอบในกลุ่มซิลิเกตเสียส่วนใหญ่ ส่วนผลการศึกษาคาร์บอนเรซินพบสารประกอบภายในเศษภาชนะดินเผา คือ ควอตซ์ ( $\text{SiO}_2$ ) อะราโกไนต์ ( $\text{CaCO}_3$ ) และออลไจต์ ( $\text{Ca(Fe,Mg)Si}_2\text{O}_6$ ) ซึ่งไม่ปรากฏกลุ่มสารประกอบของแร่ดินอยู่เลย แตกต่างไปจากภาชนะดินเผาจากแหล่งโบราณคดีอื่นๆ ทั้งนี้ อาจจะเป็นผลเนื่องมาจากการเผาที่อุณหภูมิสูงๆ ทำให้กลุ่มสารประกอบภายในภาชนะดินเผามีการจัดเรียงตัวกันใหม่กลายเป็นสารประกอบใหม่ที่ส่งผลให้ภาชนะดินเผาจากเตาเผาชุมชนปะโอมีความแกร่งโดยไม่ต้องผสมหินเหมือนกับภาชนะดินเผาจากแหล่งชุมชนร่วมสมัยอื่นๆ

การนำระเบียบวิธีทางธรณีฟิสิกส์มาประยุกต์ใช้ในงานทางโบราณคดีครั้งนี้ พบว่าวิธีการวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กมีความเหมาะสมที่สุดสำหรับกำหนดบริเวณที่เป็นฐานเตาเผาโบราณชุมชนปะโอ เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กสูงกว่าดินในบริเวณข้างเคียง ส่วนการวัดเรดาร์ยังความลึกศึกษาชั้นดิน ถึงแม้ไม่สามารถกำหนดรูปทรงของฐานเตาเผาได้เด่นชัด แต่ก็สามารถกำหนดตำแหน่งของฐานเตาเผาได้จากลักษณะของดินชั้นบนที่ถูกรบกวนเนื่อง

จากการชูดัชนีทางโบราณคดีก่อนหน้านี้ ขณะที่การวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าไม่สามารถกำหนดตำแหน่งฐานของเตาเผาได้เนื่องจากค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของฐานเตาเผาและดินในบริเวณข้างเคียงไม่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับการนำเศษวัสดุเตาเผาโบราณมาวัดสมบัติทางฟิสิกส์นั้นควรเพิ่มจำนวนตัวอย่างที่นำมาวัดให้มากกว่า 10 ตัวอย่างต่อพื้นที่ ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่ง ที่ลดค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำให้ค่าเฉลี่ยจากผลการวัดมีความใกล้เคียงกับค่าที่เป็นจริงมากขึ้น