การศึกษาองค์ประกอบธาตุในตัวอย่างดินด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ร่วมกับเทคนิค Energy Dispersive X-ray Spectroscropy เพื่อประยุกต์ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์

โดย
นางสาวกาญจนาพร สินช่วยปราบ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

การศึกษาองค์ประกอบธาตุในตัวอย่างดินด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดร่วมกับเทคนิค Energy Dispersive X-ray Spectroscropy เพื่อประยุกต์ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์

โดย
นางสาวกาญจนาพร สินช่วยปราบ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

THE ELEMENT ANALYSIS OF SOIL SAMPLES BY SCANNING ELECTROMICROSCOPY AND ENERGY DISPERSIVE X-RAY SPECTROSCROPY FOR FORENSIC APPLICATION

By

MISS Kanchanaphon SINCHUAYPRAB

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Science (FORENSIC SCIENCE)

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2021

Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	การศึกษาองค์ประกอบธาตุในตัวอย่างดินด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ร่วมกับเทคนิค Energy Dispersive X-ray Spectroscopy เพื่อประยุกต์ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์
โดย	นางสาวกาญจนาพร สินช่วยปราบ
สาขาวิชา	นิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	อาจารย์ ดร. อรทัย เขียวพุ่ม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(อาจารย์ ดร. อรทัย เขียวพุ่ม)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(อาจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(รองศาสตราจารย์ ดร. ยุภาพร สมีน้อย)

620720033 : นิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : ดิน, นิติวิทยาศาสตร์, พยานหลักฐาน, SEM, EDS, SEM-EDS

นางสาว กาญจนาพร สินช่วยปราบ: การศึกษาองค์ประกอบธาตุในตัวอย่างดินด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ร่วมกับเทคนิค Energy Dispersive X-ray Spectroscropy เพื่อประยุกต์ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อาจารย์ ดร. อรทัย เขียวพุ่ม

ตัวอย่างดินได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีประโยชน์ในงานทางนิติวิทยาศาสตร์ โดยงานวิจัยนี้มีวัตุประสงค์เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้ทางนิติวิทยาศาสตร์ของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุ (SEM/EDS) เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบในตัวอย่างดินในการศึกษาโดยการวิเคราะห์ตัวอย่างดินจากสถานที่ๆต่างกันทั้งหมด 5 แห่ง โดยตัวอย่างดิน 4 ตัวอย่างมาจากจังหวัดราชบุรีและตัวอย่างที่เหลือมาจากจังหวัดสมุทรสงคราม

ผลวิเคราะห์ภาพจากเทคนิคการสแกนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงข้อมูลเกี่ยวกับขนาด และรูปร่างของอนุภาคที่มีประโยชน์ และการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุแสดงผลข้อมูลจำนวนรังสีเอ็กซ์ที่ได้มาจากการวิเคราะห์เฉพาะจุด โดยนำผลวิเคราะห์มาประยุกต์ใช้เพื่อประโยชน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ การแยกองค์ประกอบของตัวอย่างดินที่ได้จากเทคนิค SEM-EDS นั้นให้ผลลัพธ์ที่ดีมาก โดยจากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้เทคนิค SEM-EDS ในการจำแนกตัวอย่างดินได้

มหาวิทยาลัยศิลปากร

620720033 : Major (FORENSIC SCIENCE)
Keyword : soil, Forensic, Evidance, SEM, EDS, SEM-EDS

MISS KANCHANAPHON SINCHUAYPRAB : THE ELEMENT ANALYSIS OF SOIL SAMPLES BY SCANNING ELECTROMICROSCOPY AND ENERGY DISPERSIVE X-RAY SPECTROSCROPY FOR FORENSIC APPLICATION THESIS ADVISOR : ORATHAI KHEAWPUM, Ph.D.

Soil sample has been proven to support the forensic investigation. There is an increasing demand for studies on such soil evidence. The objective of this work was to study the forensic application of scanning electron microscopy/energy dispersive X-ray spectroscopy (SEM/EDX) to the analysis of the elemental compositions in soil samples. In this study, soil samples from 5 different locations, with 4 samples coming from the Ratchaburi province and the remaining sample from Samut Songkarm province, were analysed.

The SEM image showed valuable information about the size and shape of particles. X-ray count data were obtained using area scans and spot analyses at different magnifications. The elemental compositions of these samples obtained by SEM-EDS. As very good discrimination results were obtained for the SEM-EDS analysis. From the experimental results shown that SEM-EDS techniques could be used to differentiate soil specimens.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนและคำปรึกษา รวมไปจนถึงการแก้ไข สอบถามและให้ข้อคิดเห็นจากอาจารย์ทั้งสามท่าน และได้รับความกรุณาจากอาจารย์หลายๆท่านที่ไม่ได้เอ่ยนาม อย่างไรก็ตามผู้จัดทำขอขอบคุณครอบครัว เพื่อนๆพี่ๆที่คอยให้กำลังใจ ให้คำปรึกษาทั้งทางวิชาการและทางความรู้สึก

ขอบคุณเพื่อนๆร่วมชั้นปีในระดับปริญญาโทที่สู้ไปด้วยกันตลอดมา อาจจะไม่ได้เอ่ยนามแม้จะทำงานวิจัยในคนละแขนงแต่ก็มีกำลังใจ มีแรงผลักดันคอยช่วยเหลือกัน ขอบคุณค่ะ

นางสาว กาญจนาพร สินช่วยปราบ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่ 1 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 2

1.3 สมมติฐานการวิจัย 2

1.4 ขอบเขตการวิจัย 3

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.7 ขั้นตอนการวิจัย 3

1.8 กรอบแนวคิดการวิจัย 4

ตัวแปรต้น : ลักษณะของพื้นที่ (พื้นที่เกษตรกรรมไร่,นา,เชิงเขา,เลน) 4

ตัวแปรตาม : ความแตกต่างของขนาดอนุภาค และองค์ประกอบธาตุ 4

บทที่ 2 5

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับนิติวิทยาศาสตร์ 5

2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับหลักการตรวจพิสูจน์พยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ 6

2.4 แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับดิน 9

2.5 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับธรณีวิทยา 11
2.7 เครื่องตรวจจับสัญญาณ (Detector) 12
บทที่ 3 17
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 17
3.2 วิธีการทดลอง 19
บทที่ 4 20
4.1 การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) 20
บทที่ 5 23
รายการอ้างอิง 28
ประวัติผู้เขียน 30

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ผลของการวิเคราะห์เปรียบเทียบดินแต่ละตัวอย่างใน คดีที่ 1 16

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดสถานที่ และลักษณะของตัวอย่างทั้งหมด 5 ชุด..... 18

ตารางที่ 3 แสดงการรวมผลการวิเคราะห์ SEM-EDS เพื่อดูความต่างของดินแต่ละชุด..... 24

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แผนภูมิแสดงส่วนประกอบของดิน (ด่านสุวรรณเมฆ, 2559)..... 9

ภาพที่ 2 แผนผังแสดงการเกิดดิน (ด่านสุวรรณเมฆ, 2559)..... 10

ภาพที่ 3 แสดงเครื่อง Scanning Electron Microscope มหาวิทยาลัยศิลปากร..... 17

ภาพที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างทั้ง 5 ชุดภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 150x..... 20

ภาพที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างทั้ง 5 ชุดภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 500x..... 21

ภาพที่ 6 แสดงเส้นสเปกตรัมขององค์ประกอบธาตุที่พบในอนุภาคดินตัวอย่างที่ 01 22

ภาพที่ 7 แสดงเปอร์เซ็นต์ของธาตุที่พบในอนุภาคดินตัวอย่างทั้ง 5 ชุด ตามลำดับ..... 23

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

หากกล่าวถึงความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์รวมไปจนถึงเทคโนโลยีที่พัฒนาเพิ่มมากขึ้น ส่งผลต่อสังคมมนุษย์มีการเปลี่ยนแปลงโดยจะกล่าวถึงด้านอาชญากรรม ทำให้ผู้ก่ออาชญากรรมมีความสลับซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเกิดเหตุที่ไม่ถึงแก่ชีวิต อาทิ การลักทรัพย์ ทำร้ายร่างกาย ไปจนถึงอาชญากรรมที่มีความรุนแรงต่อชีวิต การค้ามนุษย์ ก่อการร้าย หรือการลักทรัพย์ทางคอมพิวเตอร์ ทำให้การพิสูจน์ ตรวจสอบหาผู้ก่ออาชญากรรมเป็นไปได้ยากยิ่งขึ้น

ดังนั้นรูปแบบของพยานหลักฐานที่ใช้ในการพิสูจน์ความผิด หาผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในคดีเปลี่ยนแปลงไป แน่นอนว่าเพียงแค่พยานบุคคลดังเดิมไม่เพียงพอต่อการสรุปหรือพิสูจน์ให้สิ้นสงสัยได้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นเครื่องมือที่นำมาใช้ในการตรวจพิสูจน์หาข้อเท็จจริงซึ่งสามารถดำรงไว้ซึ่งความยุติธรรมให้แก่สังคม ผู้เสียหายและครอบครัวและการนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการตรวจพิสูจน์เพื่อใช้ในรูปคดี หรือใช้อ้างอิงในงานทางกระบวนการยุติธรรมนี้เป็นศาสตร์ที่เรียกว่า “นิติวิทยาศาสตร์” (นิยมไทย, 2563)

ในปัจจุบันจะพบว่าคดีที่หมายจะเอาชีวิต หรือคดีฆาตกรรมมักจะพบการฆ่าและอำพลางศพเพื่อป้องกันและทำลายหลักฐานที่สามารถเชื่อมโยงมาถึงตัวผู้ก่อเหตุ โดยหนึ่งในวิธีที่พบคือการเคลื่อนย้ายร่างผู้เสียชีวิตจากสถานที่หนึ่งไปยังสถานที่อีกที่หนึ่งดังนั้น ดิน จึงเป็นวัตถุพยานหนึ่งที่สามารถเชื่อมโยงระหว่างสถานที่เกิดเหตุ สถานที่ทิ้งศพ รวมไปจนถึงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในคดี ผู้เสียชีวิตและผู้ก่อเหตุ (ธรรมวรรณา, 2019)

วัตถุพยานนั้นสามารถพบได้หลากหลาย เช่น คราบเลือด ลายนิ้วมือแฝง คราบอสุจิ จึงนำความรู้ วิธีการเก็บ และตรวจหาพยานหลักฐานไปเผยแพร่อาจเพราะอาจส่งผลให้ผู้ก่อเหตุทราบถึงวิธีการกำจัดพยานหลักฐานเหล่านี้ออกไป หรือทำให้เกิดความคลุมเครือที่ยากต่อการตัดสิน หรือเลี่ยงที่จะสร้างพยานหลักฐานเหล่านี้ ดิน จึงเป็นหนึ่งในพยานหลักฐานสามารถเชื่อมโยงระหว่างที่เกิดเหตุและผู้ก่อเหตุมักมองข้ามไป

ดินนั้นเป็นองค์ประกอบที่เกิดจากสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่เกิดจากการทับถมกันของซากพืชและซากสัตว์ทำให้ดินในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาตรวจเพื่อวิเคราะห์แยกความแตกต่างต่างของดินที่พบ จึงสามารถใช้เชื่อมโยงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในคดี ผู้ก่อเหตุ ผู้เสียหายและพื้นที่เกิดเหตุ อย่างไรก็ตามดินสามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีการที่หลากหลาย องค์ประกอบดิน สีของดิน ชนิดดิน)

วิธีการและการตรวจพิสูจน์พยานหลักฐานต่างๆมีหลักการและวิธีการตรวจที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับผลลัพธ์ที่ต้องการ สถานที่เกิดเหตุจึงเป็นหนึ่งในจุดเริ่มต้นของกระบวนการในการสืบสวนสอบสวนเพื่อให้ได้พยานหลักฐาน สถานที่เกิดเหตุจึงเป็นพื้นที่ ๆนำไปพิสูจน์ว่ามีการก่อเหตุขึ้นจริง ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ผู้เสียหายและผู้ก่อเหตุสามารถนำว่าใช้วิเคราะห์ ติดตาม ร่องรอยที่นำไปสู่ข้อเท็จจริงทางกระบวนการยุติธรรม

พยานหลักฐานที่พบมักเชื่อมโยงเหตุการณ์ การกระทำแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ ตัวบุคคล สถานที่เกิดเหตุ โดยการตรวจสถานที่เกิดเหตุ ค้นหาและเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์รหัสพันธุกรรม (DNA) ลายนิ้วมือ ฝ่ามือ เส้นใยที่ตรวจพบ ผ้า เศษชิ้นส่วนที่ต้องสงสัย หรือวิธีการตรวจทางชีววิทยาหรือทางเคมี อย่างไรก็ตามตัวอย่างดินสามารถนำไปตรวจทางแร่วิทยาเนื่องจากแร่เองมีลักษณะฉพาะเป็นเอกลักษณ์ของแร่แต่ละชนิด โดยดินสามารถถ่ายทอดจากสถานที่หนึ่งไปสู่สถานที่หนึ่งได้ง่าย ไม่ว่าจะติดไปขณะก่อเหตุ เพื่อการปกปิดอำพรางเพื่อหวังผลต่อรูปคดี แต่ดินอาจตรวจพบได้ ไม่ว่าจะเป็นรองเท้า เสื้อผ้า ล้อรถ และถึงแม้จะพบเพียงเล็กน้อยก็สามารถนำมาตรวจพิสูจน์เบื้องต้นด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยดินจะให้ผลลัพธ์ที่มีความน่าเชื่อถือได้ในระดับหนึ่งด้านลักษณะทางสัณฐานวิทยา และคุณสมบัติแร่ (Wongkheaw[1] & Mahacharoen[2], 2018)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการวิจัยตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่แตกต่างกันทั้ง 5 ชุดตัวอย่าง โดยใช้กระบอกเจาะ (Core Sampling) ในการเก็บตัวอย่างดินวิธีการวิเคราะห์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope ; SEM) ร่วมกับเทคนิค Energy Dispersive X-ray Spectroscopy ; EDS ในการตรวจสอบการคงอยู่ของธาตุที่พบในตัวอย่างดิน

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

- เพื่อศึกษาองค์ประกอบของตัวอย่างดินที่ถูกเก็บด้วยกระบอกเจาะ (Core Sampling) ตรวจวิเคราะห์ความต่างของขนาดอนุภาคภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope ; SEM)
- เพื่อศึกษาความแตกต่างของธาตุในตัวอย่างดินด้วยเทคนิค Energy Dispersive X-ray Spectroscopy ; EDS
- เพื่อจำแนกความแตกต่างของตัวอย่างดินเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์

1.3 สมมติฐานการวิจัย

สามารถตรวจ เก็บ บันทึกข้อมูล ความแตกต่างของดินตัวอย่างแต่ละชนิดในแต่ละพื้นที่ในการแยกองค์ประกอบที่แตกต่างของดินในแต่ละสถานที่ เพื่อสามารถนำมาใช้ในการตรวจวิเคราะห์ความเกี่ยวข้องของวัตุพยาน พยานบุคคล และสามารถเชื่อมโยงพฤติการณ์คดีเข้าด้วยกัน

1.4 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้เทคนิค SEM/EDS ในการวิเคราะห์แยกองค์ประกอบและการมีอยู่ของธาตุในตัวอย่างดิน ประชากรและกลุ่มตัวอย่างหรือสิ่งทดลอง ตัวอย่างดินในแต่ละพื้นที่ที่แตกต่างกัน

- ตัวอย่างดินเหมืองแร่ดีบุก รหัส 01 อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี
- ตัวอย่างดินเลน รหัส 02 อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม
- ตัวอย่างดินพื้นที่เกษตรกรรม (พื้นที่นา) รหัส 03 อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี
- ตัวอย่างดินเชิงเขา รหัส 04 อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี
- ตัวอย่างดินไร่ (พื้นที่ไร่อ้อย) รหัส 05 อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี

ขอบเขตด้านระยะเวลา

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดระยะเวลาในการทำทดลองเป็นระยะเวลาทั้งหมดประมาณ 3 เดือน

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 วัตถุพยาน

วัตถุพยาน หมายถึง พยานหลักฐานเชิงวัตถุที่สามารถจับต้องได้และสามารถเป็นพยานในชั้นศาล วัตถุพยาน ได้แก่ สารเคมี ศพ ยานยนต์ ภาพจากกล้อง เป็นต้น สถานที่ที่สามารถพบวัตถุพยาน เช่น สถานที่เกิดเหตุตัวผู้ตายผู้เสียหาย หรือตัวคนร้ายเป็นต้น (ธรรมวรรณา, 2019)

1.5.2 ดิน

ดินเกิดมาจากการสลายตัวผุพังของหินและแร่ (อนินทรีย์สาร : inorganic material) รวมกับซากพืชและสัตว์ตายที่เน่าเปื่อย (อินทรีย์สาร : organic material) คลุกเคล้าเข้าด้วยกัน โดยมีกระบวนการทางธรรมชาติคอยควบคุมการเกิดดินให้ดำเนินไปอย่างต่อเนื่องติดต่อกัน โดยตลอดดังแผนผังการเกิดดิน (บางสวนหลวง, 2020)

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถแยกองค์ประกอบที่แตกต่างกันของตัวอย่างดินแต่ละสถานที่ด้วยเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope / SEM)

1.6.2 สามารถตรวจสอบชนิดของธาตุด้วยเทคนิคการวัดการกระจายพลังงานของรังสีเอกซ์ (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy / EDS)

1.6.3 สามารถนำไปประยุกต์เพื่อประโยชน์ในด้านนิติวิทยาศาสตร์ การสืบสวนวัตถุพยานเพื่อเชื่อมโยงในคดี ความเกี่ยวข้องของพยานหลักฐาน และบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องในคดี

1.7 ขั้นตอนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบที่พบในของอนุภาคดินที่อาจจะสามารถเชื่อมโยงระหว่างพยานหลักฐานและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในคดี

1.8 กรอบแนวคิดการวิจัย

ตัวแปรต้น : ลักษณะของพื้นที่ (พื้นที่เกษตรกรรมไร่,นา,เชิงเขา,เลน)

ตัวแปรตาม : ความแตกต่างของขนาดอนุภาค และองค์ประกอบธาตุ

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางการศึกษาวิจัยซึ่งผลการค้นคว้าข้อมูลดังรายละเอียดตามลำดับหัวข้อต่อไปนี้

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับนิติวิทยาศาสตร์

2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับหลักการตรวจพิสูจน์พยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์

2.3 แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการนำพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์มาใช้เป็นพยานหลักฐานในคดี

2.4 แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับดิน

2.5 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับธรณีวิทยา

2.6 การวิเคราะห์โดยเทคนิคจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสองกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM)

2.7 เครื่องตรวจจับสัญญาณ (Detector)

2.8 การเก็บตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์ดินทางกายภาพ

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับนิติวิทยาศาสตร์

การนำความรู้และเทคนิคทางวิทยาศาสตร์มาใช้เพื่อพิสูจน์ข้อเท็จจริงเพื่อใช้ในกระบวนการยุติธรรมเรียกว่า นิติวิทยาศาสตร์ (Forensic Science) เพื่อแก้ปมข้อสงสัย พิสูจน์เหตุการณที่เกิดขึ้นในคดีเพื่อคลี่คลายเหตุ บังคับใช้กฎหมาย ลงโทษผู้กระทำผิดและพิสูจน์ข้อเท็จจริงให้เป็นที่สิ้นสงสัยในคดี กล่าวคือนิติวิทยาศาสตร์สามารถแยกออกเป็น 2 ประเภท

2.1.1. นิติวิทยาศาสตร์ที่เป็นวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ อาทิ วิชาพิสูจน์หลักฐานรวมถึงการตรวจสถานที่เกิดเหตุ และเก็บรวบรวมวัตถุพยานในสถานที่เกิดเหตุ

2.1.2 นิติวิทยาศาสตร์ที่เป็นวิทยาศาสตร์ประยุกต์ การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์นำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับกระบวนการยุติธรรม เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการสืบสวนสอบสวน อาทิ การตรวจเก็บวัตถุพยาน ภาพถ่ายสถานที่เกิดเหตุ ตรวจเก็บลายนิ้วมือ ลายนิ้วมือแฝง ฝ่ามือ ฝ่าเท้า การปลอมแปลงเอกสาร ตรวจทางฟิสิกส์ คือ รอยการเกิดอุบัติเหตุ การเบรก ร่องรอยการเฉี่ยวชน เพลิงไหม้ การตรวจทางนิติเวช นิติพยาธิ นิติวิทยา ชีวเคมี และการตรวจทางชีววิทยา เช่น การตรวจเส้นผม อสุจิ การตรวจรหัสพันธุกรรมหรือดีเอ็นเอ (DNA) เลือด คราบเลือด และคราบอสุจิ เป็นต้น

พยานและหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์เป็นที่ยอมรับในระดับสากลจึงสามารถกล่าวได้ว่าการนำความรู้ด้านต่างๆมาประยุกต์ใช้ในการค้นหา พิสูจน์หลักฐาน อื่นๆที่เกี่ยวข้องกับคดีนั้นนับว่าเป็นการนำความรู้ทางวิชาการหลากหลายด้านมาประยุกต์ใช้เข้ากับกฎหมายและเป็นประโยชน์ต่อการ

สืบสวน สอบสวน และดำเนินคดีการนำตัวผู้กระทำความผิดมารับโทษหากขาดพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์คดีที่มีความซับซ้อนหลายคดียากที่จะนำตัวผู้กระทำความผิดมารับโทษและก่อให้เกิดผลร้ายแก่สังคมเพราะผู้กระทำความผิดที่ไม่ได้รับโทษนั้นอาจนำไปสู่การทำผิดซ้ำดังนั้นการนำเอานิติวิทยาศาสตร์มาใช้ร่วมกับกระบวนการยุติธรรมให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดเป็นมาตราการป้องกัน และปราบปรามการก่ออาชญากรรม (ทองทวี, 2561)

2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับหลักการตรวจพิสูจน์พยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์

พยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาตร์มีความสำคัญมากต่อกระบวนการยุติธรรมเนื่องจากข้อมูลที่ได้จากพยานหลักฐานนั้นเป็นข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงข้อเท็จจริงได้ยาก โดยพยานหลักฐานนั้นสามารถบอกรูปแบบ ลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในสถานที่เกิดเหตุ ยังเชื่อมโยงบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องในคดี โดยพยานหลักฐานที่จะนำมาใช้นั้นจะต้องมีกระบวนการเก็บและตรวจพิสูจน์ที่ถูกต้องตามมาตรฐาน รวมถึงเทคโนโลยีการตรวจวิเคราะห์ที่ทันสมัยซึ่งนำมาซึ่งข้อสรุปที่สามารถนำมาใช้ในการบวนการยุติธรรมได้ โดยประยุกต์ผลของการวิเคราะห์สอดคล้องไปกับหลักกฎหมายเพื่อนำความยุติธรรมให้เกิดแก่ประชาชนได้

ปัญหาด้านการนำพยานหลักฐานมาใช้ในกระบวนการยุติธรรมคือบุคลากรยังขาดความเข้าใจข้อจำกัดต่างๆ รวมไปจนถึงขั้นตอนและวิธีการตรวจพิสูจน์หลักฐานประเภทต่างๆอยู่มาก ซึ่งอาจส่งผลให้การนำความรู้ ผลการวิเคราะห์จากพยานหลักฐานขาดความสมบูรณ์หรืออาจจะให้ข้อสรุปที่ไม่ชัดแจ้งนัก (มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, 2559)

2.3 แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการนำพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์มาใช้เป็นพยานหลักฐานในคดี

2.3.1 แนวความคิดเกี่ยวกับการพิสูจน์หลักฐาน

การพิสูจน์หลักฐาน (Criminalistics) เป็นคำที่มีการใช้ครั้งแรกในตำรา An Introduction to Criminalistics ซึ่งเขียนโดย Charles E. O’ Hara กับ Osterberg เมื่อปี ค.ศ. 19521 โดยสมาคมนักพิสูจน์หลักฐานแห่งรัฐแคลิฟอร์เนีย (California Association of Criminalists) ได้ให้ความหมายของการพิสูจน์หลักฐานไว้ว่า “Criminalistics is that profession and scientific discipline to the recognition, identification and evaluation of physical evidence by application of the natural sciences to law-science matter” ซึ่งตีความหมายได้ว่าเป็นกฎเกณฑ์ทั้งทางวิชาชีพและทางวิทยาศาสตร์ ที่มุ่งในการให้การรับรองการชี้เฉพาะ การจำแนก และการตีความหมายของพยานวัตถุ โดยนำวิทยาศาสตร์ธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ในกรณีที่เกี่ยวข้องระหว่างกฎหมายกับวิทยาศาสตร์ อาจขยายให้ชัดเจนขึ้นได้ว่าเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งซึ่งอาศัยกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ขอวิทยาศาสตร์หลายสาขา

ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยามาร่วมกันภายใต้กฎเกณฑ์แห่งกฎหมายเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์หลัก หรือการพิสูจน์การกระทำผิดหรือความบริสุทธิ์ของผู้ถูกกล่าวหา 2 ในประเทศสหรัฐอเมริกาเรียกการพิสูจน์หลักฐานว่า Police science (วิทยาศาสตร์ตำรวจ) และต่อมาก็มีผู้นำคำว่า Forensic science (นิติวิทยาศาสตร์) มาใช้แทนPolice science เพราะคำว่า Forensic มีความหมายว่าเกี่ยวกับศาล หรือกี่ระบวนการยุติธรรมซึ่งมีความหมายกว้างกว่าคำเดิม คำว่านิติวิทยาศาสตร์จึงเป็นที่นิยมใช้ในเวลาต่อมาและแพร่หลายเมื่อ 60 - 70 ปีที่ผ่านมาการพิสูจน์หลักฐานจึงจัดได้ว่าเป็นนิติวิทยาศาสตร์ (Forensic science) แขนงหนึ่งเป็นวิทยาศาสตร์ประยุกต์อย่างหนึ่งที่นำเอาวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์มาทำให้เกิดประโยชน์แก่อรรถคดี (มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, 2559)

2.3.2 ทฤษฎีการพิสูจน์หลักฐาน ดังความหมายในข้างต้นการพิสูจน์หลักฐานจึงจัดว่าเป็นวิชาการสาขาหนึ่งของนิติวิทยาศาสตร์ที่มีการเชื่อมโยงเอาหลักเกณฑ์และทฤษฎีต่างๆ มาร่วมเข้าด้วยกันแล้วก่อให้เกิดเป็นหลักทฤษฎีที่มีหลักการสำคัญคือ

2.3.2.1 การจำแนก (Individualization) ซึ่งเป็นการจัดประเภทหรือแสดงให้เห็นความแตกต่าง ซึ่งเป็นการจำแนกก่อนที่จะมาถึงขั้นของการชี้เฉพาะ

2.3.2.2 การชี้เฉพาะ (Identification) ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่จะจัดให้สิ่งของที่มีตัวตนสิ่งหนึ่งให้ไปรวมอยู่ในประเภทหรือจำพวกที่ได้กำหนดขอบเขต หรือคุณลักษณะตายตัวเอาไว้แล้วโดยคุณลักษณะมี 2 ประเภท ได้แก่ คุณลักษณะโดยทั่วไป (Class characteristics) และคุณลักษณะเฉพาะ (Individual characteristics) ตัวอย่างเช่น รอยรองเท้า ลักษณะของพื้นรองเท้าตลอดจนรุ่น หรือแบบของบริษัทผู้ผลิตจัดว่าเป็นคุณลักษณะโดยทั่วไปซึ่งเป็นรากฐานของการชี้เฉพาะส่วนลักษณะของการสึกหรอ หรือร่องรอยความเสียหายจากการใส่ใช้งานนั้นจัดเป็นคุณลักษณะเฉพาะซึ่งเป็นสิ่งที่ใช้บอก Identity เป็นต้น

การพิสูจน์หลักฐานมีจุดมุ่งหมายในการนำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ทั้งที่เป็นวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์มาใช้ร่วมกับความชำนาญการของบุคคลเพื่อประโยชน์ในการแสวงหาความยุติธรรม โดยขอบเขตการพิสูจน์หลักฐานมีดังนี้

- การตรวจลายนิ้วมือฝ่ามือและฝ่าเท้ารวมทั้งระบบตรวจลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ
- การตรวจพยานเอกสาร ได้แก่ การตรวจหมึกพิมพ์ ตรวจลายเซ็น ลายมือเขียน ตรวจร่องรอยการขูดลบ ลบล้าง แก้ไข และเปลี่ยนแปลงข้อความเดิม เป็นต้น
- การตรวจอาวุธปืนและกระสุนปืน
- การตรวจสถานที่เกิดเหตุและการถ่ายรูป
- การตรวจทางเคมี
- การตรวจทางฟิสิกส์

- การตรวจพยานวัตถุทางชีววิทยาขนาดเล็ก

การตรวจพยานหลักฐานในที่เกิดเหตุและการพิสูจน์หลักฐานวัตถุดังกล่าวเพื่อนำไปประมวลลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นว่าคนร้ายได้กระทำอย่างไรและมีวิธีการอย่างไร พยานหลักฐานทั้งหมดจะเป็นประโยชน์ในการอ้างอิงต่อศาลเพื่อยืนยันตัวผู้กระทำผิด (มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, 2559)

2.3.3 กฎแห่งพยานหลักฐาน

กฎแห่งพยานหลักฐานมีหัวใจสำคัญอยู่ 2 ประเด็นคือความเป็นสาระสำคัญ (Materiality) และการยอมรับฟังได้ (Admissibility) การที่พยานหลักฐาน หรือพยานวัตถุใช้เป็นหลักฐานในศาลและเป็นที่ยอมรับได้นั้น จะต้องปฏิบัติตามกฎพื้นฐานแห่งพยานหลักฐาน 4 ประการหากมีการเบี่ยงเบนประเด็นไปจากกฎพื้นฐานทั้ง 4 ประการแล้วจะเป็นจุดอ่อนให้ทนายสามารถโต้แย้งในชั้นศาลทำให้พยานหลักฐานนั้นเสียคุณค่าในตัวไป

กฎข้อที่ 1 ป้องกันรักษาสถานที่เกิดเหตุ โดยเริ่มต้นตั้งแต่เมื่อเจ้าหน้าที่คนแรกไปถึงสถานที่เกิดเหตุจนกระทั่งผู้ชำนาญทำการตรวจสถานที่เกิดเหตุเสร็จสิ้น

กฎข้อที่ 2 เก็บพยานหลักฐานอย่างถูกต้องตามกฎหมายโดยบุคคลที่เก็บพยานหลักฐานนั้นจะต้องเป็นบุคคลที่กฎหมายให้อำนาจไว้ในการเข้าและเก็บวัตถุพยานต่าง ๆ ในสถานที่เกิดเหตุ เช่น พนักงานสอบสวน เจ้าหน้าที่กองพิสูจน์หลักฐาน หรือเจ้าหน้าที่วิทยาการตำรวจ เป็นต้น

กฎข้อที่ 3 กระทำการค้นหาและเก็บพยานหลักฐานอย่างเหมาะสม ผู้ตรวจสถานที่เกิดเหตุจะต้องไม่มีองข้ามหรือละเลยวัตถุพยานเลยแม้แต่เพียงชิ้นเดียว ถ้าสงสัยว่าสิ่งนั้นจะเป็นวัตถุพยานหรือไม่ ก็ให้ทำการเก็บไว้ก่อนพร้อมทั้งระบุรายละเอียดของวัตถุพยานนั้น ตำแหน่งที่พบ และการบรรจุหีบห่อรักษาไว้อย่างเหมาะสม

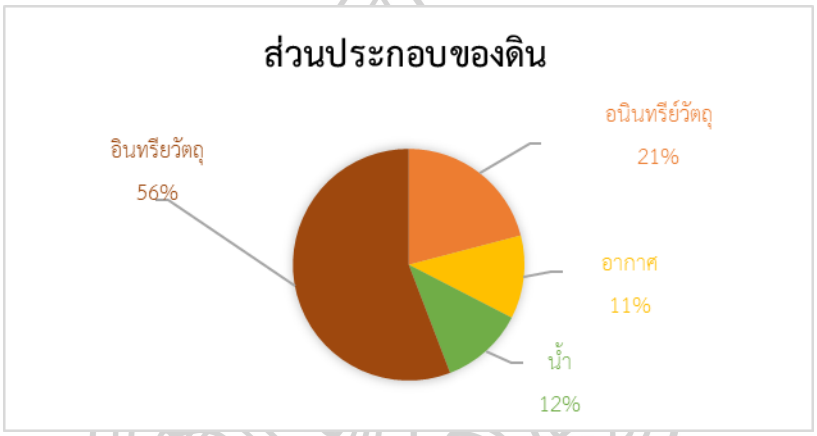
กฎข้อที่ 4 มีหลักฐานแสดงลำดับการครอบครองพยานหลักฐานโดยตลอด หมายถึง พยานหลักฐานนั้นจะต้องอยู่ภายใต้การคุ้มครองของบุคคลหรือหน่วยงาน ตั้งแต่เริ่มเก็บจนกระทั่งแสดงในชั้นศาลโดยไม่มีการขาดช่วงในการครอบครองเลย ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงช่วงการครอบครองจะต้องมีหลักฐานแสดงการรับส่งของกลางนั้นโดยตลอด ในกรณีที่ช่วงการครอบครองหลักฐานนั้นมีการเปลี่ยนแปลงไปศาลจะต้องขอหลักฐานในการระบุลำดับการรับส่งของกลางเพื่อตรวจสอบว่า การจัดการกระทำโดยบุคคลผู้เก็บวัตถุพยาน และมีการจำแนกวัตถุพยานในสถานที่เกิดเหตุโดยการระบุ วัน เดือน ปี และเวลาที่เก็บ พร้อมทั้งรายละเอียดต่าง ๆ ของพยานวัตถุนั้นจากสถานที่เกิดเหตุ

การเก็บรักษาวัตถุพยานนี้เป็นไปอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการไม่เกิดการปนเปื้อน และข้อผิดพลาดใด ๆ มีการแยกเก็บ และจำกัดให้เกี่ยวข้องได้เฉพาะผู้ที่จำเป็นเท่านั้นระหว่างการขนส่งพยานวัตถุมีการป้องกันการปะปนกันของวัตถุพยานแต่ละชิ้นรวมทั้งมีการหีบห่อวัตถุพยานและติดฉลากได้อย่างเหมาะสม ของกลางได้ส่งมอบให้แก่ผู้รับ ได้แก่ เจ้าหน้าที่ผู้ชำนาญการในห้องปฏิบัติการแพทย์หรือหน่วยงานอื่น ๆ อย่างถูกต้องและเหมาะสมโดยมีหลักฐานแสดง วัน เดือน ปี และเวลาที่รับของกลาง

รายละเอียดของของกลาง และให้ผู้รับวัตถุพยานลงลายมือชื่อวัน และเวลาไว้ในสำเนาหนังสือนำส่งด้วย (มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, 2559)

2.4 แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับดิน

ดินเป็นเทหวัตถุที่เกิดจากการสลายตัวของหิน แร่ และอินทรียวัตถุผสมคลุกเคล้ากันมีลักษณะเป็นอนุภาคดิน เม็ดดิน เนื้อดิน และโครงสร้างดินที่มีปริมาณและสัดส่วนช่องว่างเพื่อเป็นที่ยึดเกาะของรากพืชเป็นที่อยู่ของน้ำและอากาศ และแหล่งธาตุอาหารพืชเพื่อเสริมสร้างการเจริญเติบโต ส่วนประกอบของดินส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ อนินทรีย์วัตถุ 45% อากาศ 25% น้ำ 25% และอินทรียวัตถุ 5% (ดังภาพที่ 1) ขึ้นอยู่กับสลายตัวของหิน แร่กระบวนการทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ



ภาพที่ 1 แผนภูมิแสดงส่วนประกอบของดิน (ด่านสุวรรณเมฆ, 2559)

ส่วนประกอบของดิน

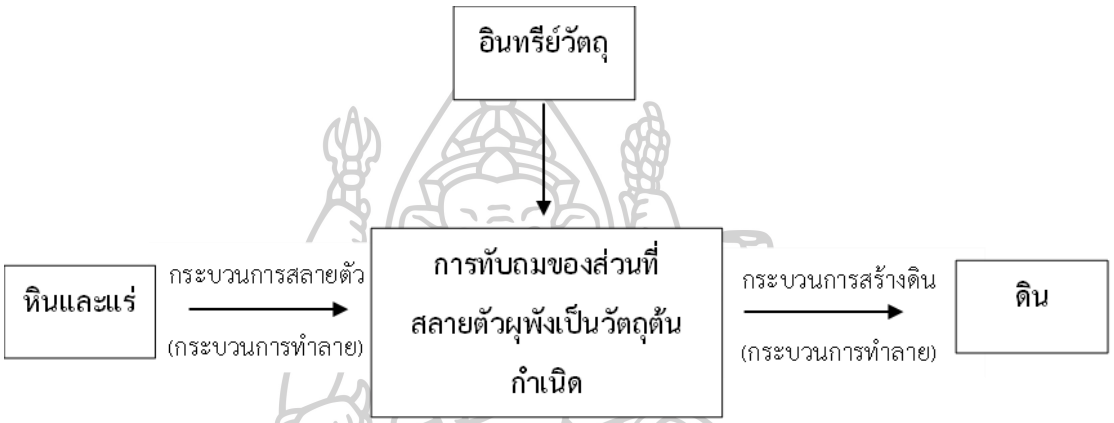
- อนินทรีย์วัตถุ (Mineral matter) เกิดจากชิ้นส่วนของแร่และหินต่าง ๆ ที่เกิดการสลายตัวทางเคมี ทางชีวเคมี และทางฟิสิกส์
- อินทรียวัตถุ (Organic matter) เกิดจากการเน่าเปื่อย ผุพัง หรือการสลายตัวของเศษซากพืชและสัตว์ที่สะสมทับถมอยู่บนดิน
- น้ำ (Water) เป็นน้ำที่อยู่ระหว่างก้อนดิน (Aggregate) หรืออนุภาคดิน (Particle) โดยเรียกช่อง หรือที่ว่างนี้ว่า pore space
- อากาศ (Air) เป็นพื้นที่ว่างในดินระหว่างก้อนดิน หรืออนุภาคของดิน โดยก๊าซที่พบโดยทั่วไปของอากาศในดิน ได้แก่ ไนโตรเจน ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ (ด่านสุวรรณเมฆ, 2559)

การเกิดดิน

การเกิดของดินจะเกี่ยวข้องกับการผุพังสลายตัวของทั้งอินทรีย์สาร และอนินทรีย์สารกับการสังเคราะห์วัตถุใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นจากอิทธิพลของกระบวนการสร้างดินต่าง ๆ และอยู่ภายใต้อิทธิพลของ

ปัจจัยควบคุมการเกิดดิน โดยทั่ว ไปมักจะแยกกระบวนการเกิดดินออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือกระบวนการทำลายและกระบวนสร้างซึ่งกระบวนการทั้งสองแบบนี้อาจจะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กันหรือเกิดกระบวนการทำลายขึ้นก่อนแล้วเกิดกระบวนการสร้างดินตามมาก็ได้ (ดังภาพที่ 2)

กระบวนการทำลาย หมายถึง กระบวนการที่ทำให้หิน แร่ และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เกิดการอ่อนตัวลงสลายตัวเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยหรือเปลี่ยนไปเป็นสารใหม่และทับถมรวมตัวกันเกิดเป็นวัตถุต้นกำเนิดดินขึ้นซึ่งอาจเกิดอยู่กับที่หรืออาจถูกพาหะต่าง ๆ พัดพาออกไปจากที่เดิมและไปสะสมรวมตัว



กัน ใหม่ในแหล่งอื่นก็ได้

กระบวนการสร้างตัวของดิน หมายถึง กระบวนการที่ทำให้เกิดพัฒนาการของลักษณะต่าง ๆ ที่ปรากฏอยู่ในดิน เช่น สีดิน เนื้อดิน โครงสร้างความเป็นกรดเป็นต่างรวมถึงการเกิดเป็นชั้นต่าง ๆ ขึ้นในหน้าตัดดินซึ่งลักษณะเหล่านี้เป็นสิ่งที่จะบ่งบอกถึงความแตกต่างของดินแต่ละชนิด แต่ละประเภทและสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ไปถึงชนิดของวัตถุต้นกำเนิดกระบวนการและผลของสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลโดยตรงต่อกระบวนการสร้างตัวของดิน ณ บริเวณนั้น อาทิเช่น สีของดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุในดินและความเปียก หรือแห้งของดิน

โดยทั่วไปดินที่มีสีคล้ำควรจะมีอินทรียวัตถุมากกว่าดินสีจาง สีเทา ที่ปรากฏอยู่ในหน้าตัดดิน บ่งบอกถึงสภาวะที่ดินมีการขังนา หรือการพบจุดสีประในดิน บ่งบอกถึงสภาพที่ดินมีการเปียกสลับแห้ง เป็นต้น โดยสรุปจึงอาจกล่าวได้ว่าดินเป็นผลลัพธ์โดยตรงของหิน แร่ ที่สลายตัวผุพังแล้วทับถมกันเกิดเป็นวัตถุต้นกำเนิดดินเมื่อผสมคลุกเคล้ากับอินทรียวัตถุและผ่านกระบวนการทางดินจะปรากฏลักษณะและเกิดเป็นชั้นดินต่างๆ ขึ้นซึ่งเราสามารถประเมินคุณสมบัติและจำแนกดินออกเป็นชนิด ๆ ได้โดยการศึกษาลักษณะและชั้นดินต่างๆ ที่เรียงต่อเนื่องกันจากข้างบนลงไปข้างล่างจนถึงชั้นหินที่สลายตัวหรือชั้นของวัตถุอื่นๆ (ด่านสุวรรณเมฆ, 2559)

ภาพที่ 2 แผนผังแสดงการเกิดดิน (ด่านสุวรรณเมฆ, 2559)

2.5 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับธรณีวิทยา

"ธรณีวิทยา" เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งซึ่งเกี่ยวข้องกับประวัติของโลกสสารที่เป็นองค์ประกอบของโลก และสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลกโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ปรากฏร่องรอยอยู่ในหินต่างๆ ธรรมชาติรอบตัวเรามีความหลากหลายและมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ไม่ว่าจะเป็นภูเขา แม่น้ำ ทะเล มหาสมุทร ตลอดจนการเกิดธรณีพิบัติภัย เช่น ดินถล่ม แผ่นดินไหว สึนามิ

หลายท่านอาจสงสัยว่าสิ่งเหล่านี้เกิดขึ้นและดำรงอยู่มาได้อย่างไร และจะมีการเปลี่ยนแปลงไปทางไหนอย่างไร ผลที่เกิดตามมาจะกระทบต่อการดำรงอยู่ของสรรพสิ่งมีชีวิตอย่างรุนแรงขนาดไหน คำถามต่าง ๆ เหล่านี้สามารถอธิบายได้ด้วยความรู้ทาง "ธรณีวิทยา" (กรมทรัพยากรธรณี, 2551)

2.6 การวิเคราะห์โดยเทคนิคจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM)

เทคนิคจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) เป็นเทคนิคที่ใช้อย่างกว้างขวางมาก เนื่องจากความสามารถในการขยายสูงมากกว่าหมื่นเท่าที่ทำให้เห็นอนุภาคในระดับที่เล็กมากๆ ได้อีกทั้งภาพที่ได้ก็มีความคมชัดและความชัดลึกสูงเพราะใช้ลำแสงอิเล็กตรอนในการดูภาพ

ข้อมูลที่ได้จากเทคนิค SEM

- ภูมิลักษณ์ (Topography) บอกลักษณะความหยาบ ความละเอียดของพื้นผิวของชิ้นงาน สามารถแสดงได้ถึงระดับนาโนเมตร ภาพที่ได้เนื่องจากชิ้นงานที่หนา จึงเป็นภาพ 3 มิติ
- สัณฐานวิทยา (Morphology) เป็นการแสดงข้อมูลรูปร่างลักษณะของชิ้นงาน ขนาดการจัดเรียงตัวที่พื้นผิวของตัวอย่าง
- องค์ประกอบ (Composition) แสดงข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีธาตุและปริมาณเชิงเปรียบเทียบจากเทคนิค Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)

หลักการเกิดภาพ

แหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนที่ผ่านการเร่งด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะส่งผลให้กลุ่มอิเล็กตรอนพุ่งผ่านเข้าในเลนส์รวบรวมรังสี (Condenser Lens) กลายเป็นลำอิเล็กตรอนที่สามารถปรับลำให้ขนาดของลำอิเล็กตรอนให้เล็กหรือใหญ่ขึ้นได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานหากปรับในลำอิเล็กตรอนมีขนาดเล็กจะทำให้ภาพที่ได้มีความคมชัดและปรับระยะโฟกัสด้วยเลนส์ใกล้วัตถุ (Objective Lens) จากนั้นลำอิเล็กตรอนที่ถูกกราดลงไปบนผิวชิ้นงานจึงทำให้เกิด อิเล็กตรอนทุติยภูมิ (Secondary Electron) เมื่อลำแสงอิเล็กตรอนทุติยภูมินี้ถูกบันทึกและเปลี่ยนแปลงเป็นสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์เพื่อนำไปสร้างภาพที่จะแสดงผลบนจอโทรทัศน์ และสามารถบันทึกภาพจากหน้าจอโทรทัศน์ได้เลย โดยสัญญาณภาพที่เกิดจากการแปลงสัญญาณอิเล็กตรอนมีหลายชนิด ดังนี้

1) **สัญญาณภาพจากอิเล็กตรอนทุติยภูมิ (Secondary Electron Image, SEI)** กลุ่มอิเล็กตรอนพลังงานต่ำที่ประมาณ 3-5 อิเล็กตรอนโวลต์ โดยจะเกิดที่พื้นผิว (ความลึกไม่เกิน 10 นาโนเมตร) และมักเกิดกับธาตุที่มีแรงยึดเหนี่ยวที่ผิวต่ำ
2) **สัญญาณภาพจากอิเล็กตรอนกระเจิงกลับ (Backscattered Electron Image, BEI)** กลุ่มอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูง (สูงกว่าอิเล็กตรอนทุติยภูมิ) โดยจะเกิดที่พื้นผิวระดับลึกกว่า 10 นาโนเมตร มักเกิดกับธาตุที่มีเลขอะตอมสูง เกิดจากการสูญเสียพลังงานให้กับอะตอมในชิ้นงานบางส่วนและทำให้บางส่วนกระเจิงกลับออกมา
3) **สัญญาณภาพจากรังสีเอกซ์ (X-Ray image, XRD)** ชนิดที่เป็นรังสีเอกซ์เฉพาะตัวเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากอิเล็กตรอนในระดับชั้นโคจรต่างๆ (K, M, L,...) ถูกกระตุ้นหรือได้รับพลังงานมากพอจนหลุดออกจากวงโคจรออกมาทำให้อะตอมต้องรักษาสมดุลของโครงสร้างรวมภายในอะตอมโดยการดึงอิเล็กตรอนจากชั้นโคจรถัดไปเข้ามาแทนที่ และต้องลดระดับพลังงานภายในเนื่องจากอิเล็กตรอนที่ถูกดึงมาแทนที่มีระดับพลังงานสูงกว่าโดยการปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อทำให้ตัวเองมีพลังงานเท่ากับชั้นโคจรที่ไปแทนที่ซึ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้มีความยาวคลื่นเฉพาะในแต่ละธาตุจึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์กันในการวิเคราะห์ธาตุตามระดับพลังงานของตัวอย่างได้ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

2.7 เครื่องตรวจจับสัญญาณ (Detector)

เครื่องตรวจจับสัญญาณ (Detector) ที่ใช้ตรวจจับสัญญาณรังสีเอกซ์เพื่อวิเคราะห์ชนิดของธาตุองค์ประกอบของชิ้นงานที่นิยมใช้มีอยู่ 2 ชนิดด้วยกัน คือ (Wavelength Dispersive Spectroscopy, WDS) และ (Energy Dispersive Spectroscopy, EDS)

2.7.1 Wavelength Dispersive Spectroscopy ; WDS

มีหลักการทำงานของเครื่องคือรังสีที่ออกมาจากชิ้นงานจะส่งผ่านไปยัง Analyzing diffraction crystal และเกิดการเลี้ยวเบนรังสีเกิดมุมระหว่างตัวอย่างกับ เครื่องตรวจจับสัญญาณจะได้ความยาวคลื่นตาม Bragg' s law ผลจะแสดงเป็นความเข้มของรังสีเอกซ์ที่เกิดการเลี้ยวเบนกับมุม 2 เมื่อต้องการทราบว่าสัญญาณที่ได้สอดคล้องกับธาตุใดก็นำไปเทียบกับค่ามุมมาตรฐานสำหรับผลึกนั้นๆ เพราะผลึกที่ใช้จะสามารถเลือกใช้ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุในสารตัวอย่างถ้าธาตุที่มีเลขอะตอมสูงให้เลือกใช้ผลึกที่มีค่า d-spacing แคบ ถ้าธาตุที่มีค่าเลขอะตอมต่ำให้เลือกใช้ผลึกที่มีค่า d-spacing กว้าง

ข้อดีของ WDS คือให้ Resolution สูงเนื่องจากแค่ 30% ของรังสีเอกซ์เท่านั้นที่ถูกตรวจจับจึงสามารถใช้สำหรับทั้งงานเชิงคุณภาพวิเคราะห์และปริมาณวิเคราะห์โดยเฉพาะงานปริมาณวิเคราะห์จะเหมาะสมอย่างยิ่ง ส่วนข้อเสียของเครื่องมือชิ้นนี้คือมีขนาดใหญ่ มีราคาแพงต้องการปริมาณตัวอย่างที่มากต่อการวิเคราะห์และต้องการผลึกที่ครอบคลุมช่วงความยาวคลื่นที่ต้องการศึกษา

2.7.2 Energy Dispersive Spectroscopy ; EDS

เป็นเทคนิคที่นำความเข้มของรังสีเอกซ์เปรียบเทียบกับพลังงานที่ใช้ในการเกิดรังสีเอ็กซ์มาเปรียบเทียบกัน โดยเทคนิคนี้นั้นจะไม่เกี่ยวเรื่องของการเลี้ยวเบนรังสี การทำงานของ Si Detector ในเทคนิคนี้คือการจับรังสีเอ็กซ์ที่ออกจากชิ้นงานแล้วไปขยายสัญญาณและแสดงออกมาทางจอคอมพิวเตอร์โดยแสดงผลเป็นสเปกตรัมความเข้มรังสีเอ็กซ์และพลังงาน

การวิเคราะห์ธาตุที่พบคือการนำพีคของเส้นสเปกตรัมที่ได้มาเทียบโดยเทียบค่าพลังงานที่ตำแหน่งตรงกับพีคค่ามาตราฐานเครื่องมือชิ้นนี้เหมาะกับการวิเคราะห์เชิงคุณภาพไม่เหมาะกับงานวิเคราะห์เชิงปริมาณเนื่องจากมี Resolution ต่ำเพราะทั้ง 100% ของรังสีถูกตรวจจับซึ่งรวมถึงสัญญาณอื่นๆ ที่ไม่ได้ต้องการทำให้เกิดการบิดเบี้ยวทำให้เกิดการขยายกว้างของพีคอีกทั้งมีสัญญาณของธาตุที่เป็น Si detector รวมเข้ามาด้วย

ข้อดีของ EDS คือมีขนาดเล็กราคาถูกสามารถใช้ร่วมกับเครื่องมือขนาดใหญ่อื่น ๆ ได้เช่น SEM หรือ TEM และต้องการปริมาณตัวอย่างในการวิเคราะห์น้อย (ด่านสุวรรณเมฆ, 2559)

2.8 วิธีการเก็บตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์ดินทางกายภาพ

1. **หลักการในการเก็บตัวอย่างดิน** การเก็บตัวอย่างดินจำเป็นต้องเก็บให้ถูกต้องเป็นตัวแทนของพื้นที่ที่ต้องการทราบสมบัติและความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเก็บตัวอย่างดินที่ให้ได้ตัวอย่างดินที่ดี ข้อควรคำนึง ได้แก่
   - **ช่วงเวลาที่เหมาะสม** การเก็บตัวอย่างดินสามารถทำได้ตลอดปีแต่เวลาที่เหมาะสมที่สุดคือตอนปลายฤดูปลูกหรือภายหลังจากเก็บเกี่ยวพืชผลไปแล้วเพื่อที่จะทราบถึงสถานการณ์ของดิน
   - **ความชื้นในดิน** การเก็บตัวอย่างดินต้องไม่ควรเก็บตัวอย่างดินในขณะที่ดินยังเปียกมาก หรือมีน้ำขังอยู่เพราะทำให้การคลุกเคล้าดินได้ไม่ดี ความชื้นที่เหมาะสมแก่การเก็บ ตัวอย่างดินสังเกตได้คือเอาดินที่จะเก็บนั้นขึ้นมาบีบและกำให้แน่นเมื่อแบมือออกดินจะไม่ติดมือคงจับตัวเป็นก้อน และเมื่อบิออกจะร่วน
   - **สถานที่เก็บตัวอย่างดิน** การเก็บตัวอย่างดินจะต้องไม่เก็บตัวอย่างดินในบริเวณที่เป็นบ้านเรือน ใกล้คอกสัตว์ หรือบริเวณที่มีปุ๋ยตกค้างจะทำให้ได้ตัวอย่างที่ไม่เป็นตัวแทนที่ดีของดินในบริเวณที่ศึกษา
2. **เครื่องมือในการเก็บตัวอย่างดิน**
   - เครื่องมือสำหรับเจาะ ขุดตัวอย่างดิน อาจจะใช้เครื่องมือที่หาได้ทั่วไปตามบ้านเรือน เช่น พลั่ว จอบ เสียมหรือใช้เครื่องมือสำหรับเจาะเก็บตัวอย่างดินเฉพาะ เช่น สว่านเจาะ (soil auger) หลอดเจาะ (soil sampling tube) และกระบอกเจาะ (core type auger) ทั้งนี้แล้วแต่ความเหมาะสมของสภาพดิน และวัตถุประสงค์ในการเก็บ

- ภาชนะสำหรับเก็บรวบรวมตัวอย่างดินและบรรจุตัวอย่างดิน ได้แก่ ถัง พลาสติค ผ้าพลาสติค ถุงพลาสติค ขวดพลาสติค หรือกล่องกระดาษเครื่องมือที่ใช้เก็บตัวอย่างดินและบรรจุดินจะต้องสะอาดไม่มีดิน ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง ยากำจัดโรคพืช และวัชพืช หรือสิ่งสกปรกอื่นๆ ติดอยู่แม้จะเข้าไปปะปนเพียงเล็กน้อยก็ตามทำให้ผลการวิเคราะห์ดินไม่ถูกต้อง

3. ขนาดของแปลงที่เก็บตัวอย่างดิน

- ลักษณะภูมิประเทศ เช่น สภาพพื้นที่พื้นที่ลาดชัน หรือราบเรียบ
- ลักษณะดินในภาคสนาม เช่น สีดิน เนื้อดิน ประวัติการใช้ที่ดินชนิดของพืชที่ปลูก และวัตถุต้นกำเนิดดิน เป็นต้น

4. การเก็บตัวอย่างดินเพื่อการจำแนกดิน โดยการขุดหลุมในบริเวณที่กำหนดไว้โดยที่หลุมดินมีขนาดกว้าง 1.5 เมตร ยาว 2.0 เมตร และลึก 2.0 เมตร หรือถึงชั้นวัสดุที่เป็นหินแข็ง การเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ โดยเก็บตัวอย่างดิน 2 แบบ คือ

- **ตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน (disturbed soil samples)** การเก็บตัวอย่างดินในลักษณะที่ถูกรบกวน โดยการเก็บตัวอย่างดินทุกชั้นดินที่ได้แบ่งชั้นดินวินิจฉัยของหน้าตัดดิน ชั้นดินวินิจฉัยแต่ละชั้นเก็บตัวอย่างดินหนึ่งตัวอย่างตัวอย่างละประมาณ 2 กิโลกรัม เพื่อนำไปศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางเคมีและทางแร่วิทยาในห้องปฏิบัติการต่อไป
- **ตัวอย่างดินสภาพธรรมชาติคือตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวน (undisturbed soil samples)** การเก็บตัวอย่างดินสภาพธรรมชาติเป็นการเก็บตัวอย่างดินในสภาพที่ใกล้เคียงกับสภาพธรรมชาติมากที่สุด การเก็บตัวอย่างดินี้นจำเป็นต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ โดยเก็บตัวอย่างดินด้วยภาชนะเฉพาะ มี 2 แบบ คือ
  - **การเก็บตัวอย่างดินด้วยกระบอกกลม (core)** การเก็บตัวอย่างดินด้วยกระบอกกลม (core) เพื่อการศึกษาสมบัติดินทางกายภาพ
  - **การเก็บตัวอย่างดินด้วยกล่องสี่เหลี่ยม (Kubiena box)** การเก็บตัวอย่างดินด้วย Kubiena box เพื่อการศึกษาด้านจุลสัณฐานดินข้อควรคำนึงในการเก็บตัวอย่างดินเพื่อให้ได้ผลวิเคราะห์ดินที่ถูกต้องน่าเชื่อถือ (เกิดชนะ, 2559)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- ในปี 1996 Erich P. Junger ได้ทำการศึกษาตัวอย่างดินที่ใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์นำมาวิเคราะห์แยกความแตกต่างด้วยการกำหนดสี การกระจายของอนุภาค และรูปแบบทางแร่วิทยาของแร่ธาตุที่พบมากที่สุดในดิน 25 ชนิด ผลจากการศึกษาพบว่าจากตัวอย่างทั้งหมด 300 ตัวอย่าง มากกว่าครึ่งสามารถแยกแยะความแตกต่างได้เพียงแค่ใช้ความต่างของสีเท่านั้น โดยส่วนหนึ่งสามารถตรวจสอบความต่างได้เพียงแค่วิเคราะห์การกระจายของอนุภาค การศึกษาวิเคราะห์หรือตรวจสอบแร่ธาตุจึงไม่จำเป็น เนื่องจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการ

เหล่านี้สามารถวิเคราะห์ด้วยอุปกรณ์ และการวิเคราะห์ที่มีราคาไม่สูงนักทำให้สามารถนำไปใช้ในการฝึกอบรมได้และประหยัดเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่ไม่สูงนัก

- ในปี 2004 Salih Cengiz และคณะ ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ด้วย SEM-EDS โดยเก็บตัวอย่างดิน 17 พื้นที่ ๆ แตกต่างกันในเมืองอิสทันบูล ตัวอย่างที่ถูกทำให้แห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 110–120 8 °C และ ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มม. จากนั้นนำเศษตะแกรงด้านล่าง (<0.5 มม.) วิเคราะห์โดยผลการศึกษาพบว่าความแตกต่างหรือความเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณของแอนไอออนของคลอไรด์ ไนเตรต ซัลเฟตและฟอสเฟตสรุปได้ว่าจากการศึกษานี้ SEM–EDS สามารถนำไปใช้ในการตรวจพิสูจน์หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ได้รวดเร็ว เชื่อถือได้และให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำแม้ตัวอย่างมีจำนวนน้อยมาก การใช้เทคนิคเทคนิค CE ร่วมกับ SEM–EDS ทำให้ได้ผลลัพธ์มีประสิทธิภาพ
- ในปี 2008 Nicholas Petraco และคณะ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องกับดินทางนิติวิทยาศาสตร์ที่เคยเกิดขึ้นโดยกล่าวถึงคดีต่างๆดังนี้
    - **คดีที่ 1** ข้อพิพาทเกี่ยวกับดินทางหลวงต้องสงสัยที่ถูกนำมาทิ้งไว้ในบริเวณพื้นที่ส่วนบุคคล (ดังตารางที่ 1) โดย 6 ตัวอย่างสามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่าตัวอย่างที่ S1 มีที่มาแตกต่างจากดินทั้ง 5 ชุดเท่าเหลือและประเมินว่าชุดดินที่ S3 และ S6 มีต้นกำเนิดจากพื้นที่ ๆ มีต้นกำเนิดของดินที่คล้ายกันเช่นเดียวกับตัวอย่างดิน S2 , S4 และ S5
    - **คดีที่ 2** ในฤดูใบไม้ผลินักวิ่งจ็อกกิ้งหลายคนพบเห็นร่างของหญิงสาววัยรุ่นได้ถูกพบลอยไปตามแม่น้ำอีสต์ใกล้กับใจกลางเมืองแมนแฮตตัน โดยภายหลังทราบว่าศพเป็นหญิงสาวที่ถูกแจ้งว่าเป็นบุคคลสูญหาย ผลจากการชันสูตรพบว่าเหยื่อถูกยิงด้วยปืนพก ในการสอบสวนมีการออกหมายค้นสำหรับที่อยู่ของเขาขณะดำเนินการตามหมายจับเจ้าหน้าที่ที่เกิดเหตุพบรองเท้าข้างขวาของผู้ชายที่เปื้อนน้ำอยู่ในตู้เสื้อผ้าห้องนอนของผู้ต้องสงสัย เมื่อพลิกรองเท้ากลับพบว่ามีทรายจำนวนเล็กน้อยเกาะติดอยู่ที่ส่วนด้านในของส้นรองเท้า รองเท้าถูกส่งไปยังห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจสอบโดยจุลทรรศน์สเตอริโอ ทรายต้องสงสัย (QS1) เกาะบริเวณส้นรองเท้าทั้งหมด 10 มก. ถูกนำออกจากรองเท้านำไปเปรียบเทียบกับทรายจากชายหาดท้องถิ่น (KSI) ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD) ผลการวิเคราะห์พบว่าทรายต้องสงสัย QS1 อาจมีต้นกำเนิดมาจากทรายจากหาดท้องถิ่น (KSI)
- ในปี 2018 การนำคุณสมบัติเฉพาะของแร่ธาตุในดินมาตรวจด้วยเทคนิคกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ โดยชนัญธิดา วงศ์เขียว และพันตำรวจโท ดร.ธิติ มหาเจริญ พบว่าหลังจากการตรวจสอบพบความแตกต่างด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยากล่าวคือ สี ลักษณะของผลึก

ความโปร่งใส และยังพบความแตกต่างของคุณสมบัติทางแสงของแร่พบว่าให้ค่า Refractive Index, Relief, Interference Color, Becke Line และ Pleochroism ที่ต่างกันทำให้สามารถกล่าวได้ว่าในการศึกษาที่ใช้เทคนิคกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์นั้นสามารถนำมาใช้จำแนก ระบุถึงเอกลักษณ์ ความแตกต่างของแร่ธาตุที่พบในดินได้ ดังนั้นแร่ธาตุในดินจึงสามารถนำมาใช้ตรวจพิสูจน์หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสถานที่เกิดเหตุและผู้กระทำความผิด

- ในปี 2016 เพียรทิพย์ ด่านสุวรรณเมฆ ได้ทำการศึกษาวิจัยคุณสมบัติของดินเพื่อใช้สำหรับการระบุดินทางนิติวิทยาศาสตร์ผลการศึกษาในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าสามารถนำการวัดสีของดินมาประยุกต์ใช้สำหรับการจำแนกดินที่มาจากต่างสถานที่กันได้และสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับเก็บตัวอย่างดินในการตรวจสถานที่เกิดเหตุเพื่อประกอบการพิจารณาคดีในส่วนของการตรวจสอบลักษณะอนุภาคของตัวอย่างดินด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและการวัดการกระจายพลังงานของรังสีเอกซ์ (SEM-EDS) พบว่าลักษณะของอนุภาค และธาตุที่เป็นองค์ประกอบในตัวอย่างดิน สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการพิจารณาร่วมกับการวัดสีดินในสภาวะต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความถูกต้องมากยิ่งขึ้นในการจำแนกดินแต่ละกลุ่มชุดดินและสืบค้นแหล่งที่มาของดินทางนิติวิทยาศาสตร์ได้

<u>ตารางที่ 1</u> ผลของการวิเคราะห์เปรียบเทียบดินแต่ละตัวอย่างใน **คดีที่ 1**

Specimen	Soil color[a]	Construction debris	Vegetation	Asphalt[b]
S1	7.5 YR 5/4	None	(-)	(-)
S2	10 YR 5/2	Plaster,concrete and architectural glass	(+)	(+)
S3	2.5 Y 5/4	Plaster and concrete	(-)	(++)
S4	10 YR 5/2	Plaster and concrete	(+)	(+)
S5	10 YR 4/4	Plaster, brick and concrete	(+)	(+)
S6	2.5 Y 5/2	Plaster and concrete	(-)	(+++)

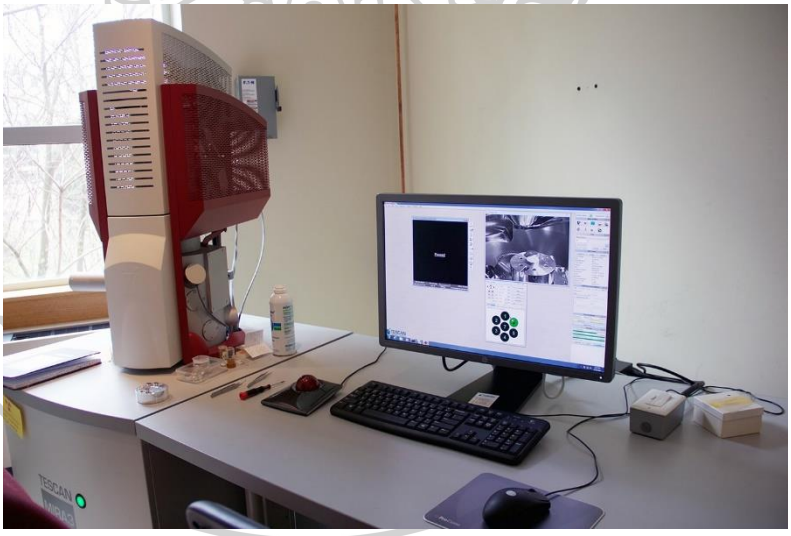
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองเพื่อนำข้อมูลจากการวิเคราะห์นำมาใช้แยกความแตกต่างของดินในแต่ละพื้นที่ที่แตกต่างกันโดยมีขั้นตอนและรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

- กระบอกเจาะ, กระบอกกลม (Core Sampling)
- เสียม (Shovel)
- ถุงซิปล็อค (Zipper Bag)
- ป้ายสติ๊กเกอร์ (Sticker Lable)
- โกร่งบดยา (Motar & Pestle)
- เครื่อง Scanning Electromicroscop ยี่ห้อ Tescan รุ่น Mira 3



<u>ภาพที่ 3</u> แสดงเครื่อง Scanning Electron Microscope มหาวิทยาลัยศิลปากร

ถ่ายโดยคุณวิฑูรย์ วรรธนะนิตย์ เมื่อ 10 กันยายน 2560

- เครื่องตรวจจับเครื่องตรวจจับสัญญาณ (Detector) Energy Dispersive Spectroscopy, EDS ใช้ตรวจจับสัญญาณรังสีเอกซ์เพื่อวิเคราะห์ชนิดของธาตุ

3.1.2 ตัวอย่างดินที่ใช้ในการวิจัย

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้ทำการวิจัยได้ใช้ตัวอย่างดินที่แตกต่างกันทั้งหมด 5 กลุ่ม ผู้วิจัยเลือกตัวอย่างดินที่ต่างกันโดยหวังผลถึงความเป็นไปได้ในหลายๆกรณี อาทิ คดีฆ่าหมกป่า หรือการฆ่าทิ้งน้ำ และกรณีแวดล้อมอื่นๆที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในแต่ละพื้นที่ๆ แตกต่างกัน รายละเอียดและที่มาของตัวอย่างดินทั้ง 5 ชุด ที่ใช้ในการวิจัยนี้ (ตารางที่ 2)

<u>ตารางที่ 2</u> แสดงรายละเอียดสถานที่ และลักษณะของตัวอย่างทั้งหมด 5 ชุด

สถานที่เก็บตัวอย่าง	ภาพตัวอย่างดิน	พิกัด (อ้างอิงจาก Google Map)
ณ อุทยานธรรมชาติวิทยา ตามพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี จังหวัดราชบุรี		13.521615242036495,99.2466378837765
ณ บริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง ถนนไชยพร ตำบล แม่กลอง จังหวัดสมุทรสงคราม		13.399346358418429,99.990534538797
ณ ตำบล เขาแร้ง อำเภอ เมืองราชบุรี จังหวัดราชบุรี		13.6047570, 99.7439210
พื้นที่บริเวณอาณาเขตวัดหนองหอย จังหวัดราชบุรี		13.605888, 99.765139
ณ ตำบล หินกอง อำเภอ เมืองราชบุรี จังหวัดราชบุรี		13.5921556, 99.6972662

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเก็บตัวอย่างดินด้วยกระบอกกลม (core) วิธีเก็บตัวอย่างแต่ละพื้นที่ในการวิจัยนี้ โดยอ้างอิงจาก คู่มือการวิเคราะห์ดินทางกายภาพ วันเพ็ญ วิริยะกิจนทีกุล, ชนิดา เกิดชนะ (2559, น.6) การเก็บตัวอย่างดินด้วยกระบอกกลม (core) เพื่อการศึกษาสมบัติดินทางกายภาพ ได้แก่ สภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว (saturated hydraulic conductivity) และความหนาแน่นรวม (bulk density) การเก็บตัวอย่างดินด้วยกระบอกกลมนี้ควรเก็บตัวอย่างดินอย่างน้อยสองตัวอย่างเพื่อที่จะได้ผลวิเคราะห์ที่เป็นตัวแทนที่ดีและถูกต้องของดินในสภาพธรรมชาติ

3.2.2 การเตรียมตัวอย่างเพื่อนำไปตรวจวิเคราะห์ ในการศึกษาวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างดินอย่างน้อย 2 จุด และนำทั้ง 2 จุดในพื้นที่เดียวกันมาผสมเพื่อใช้เป็นตัวแทนของดินในพื้นที่นั้นๆ ก่อนเก็บตัวอย่างดินในแต่ละครั้งผู้วิจัยเช็คความสะอาดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างทุกครั้ง เตรียมหน้าดินให้พร้อม ความสม่ำเสมอของหน้าดินบริเวณผิวดินต้องไม่มีหญ้าหรือเศษใบไม้ หรือสิ่งที่ไม่ต้องการบริเวณผิวดินที่ต้องการเก็บ นำกระบอกเจาะกดลงไปตรงๆบริเวณพื้นที่ ๆ ต้องการทำซ้ำอย่างน้อย 2 จุดเพื่อใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่นั้น
เทตัวอย่างบนภาชนะหรือผ้าพลาสติก ผึ่งในที่ร่มหากตัวอย่างดินเปียก
บดตัวอย่างในโกร่ง หรือครก จนกว่าตัวอย่างไม่เป็นก้อน และละเอียดทั่วกัน

3.2.3 การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM-EDS

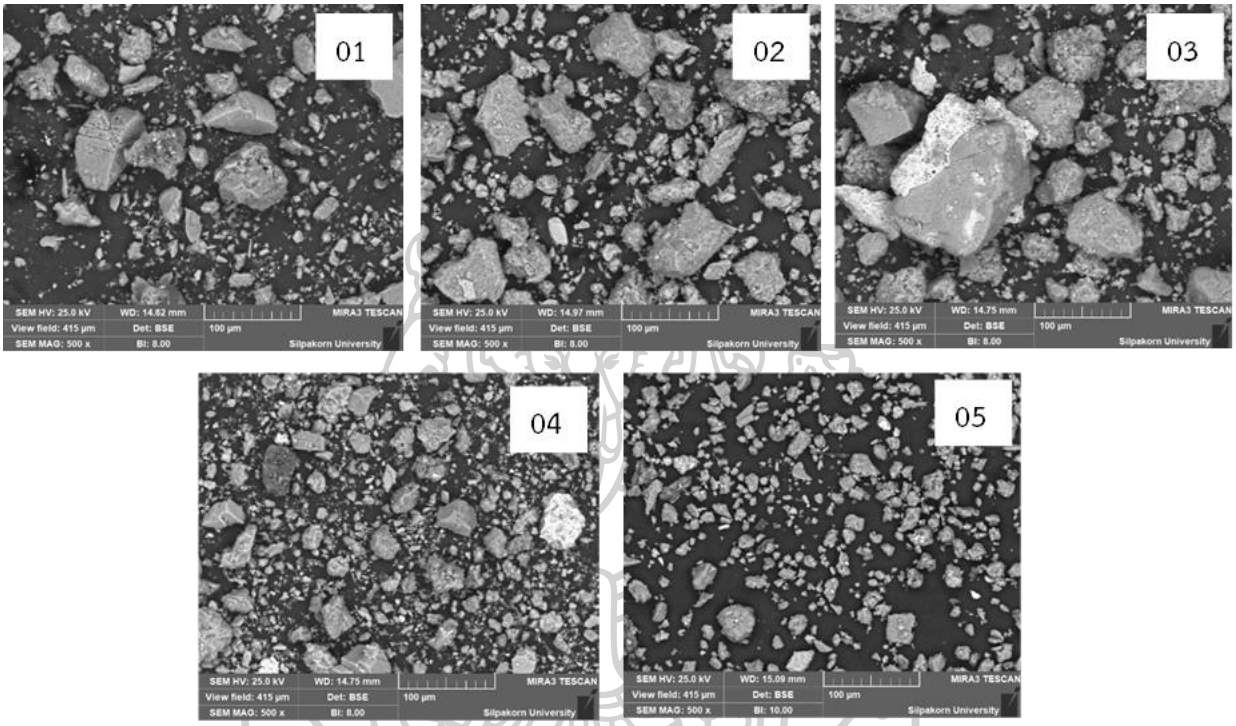
เครื่อง Scanning Electron Microscope ยี่ห้อ Tescan รุ่น Mira 3 และ EDS โดยตั้งค่า SEM ที่ 25 kV โหมด HV ที่กำลังขยาย 150x และ 500x วิเคราะห์ลักษณะของอนุภาคในตัวอย่างดิน รวมถึงธาตุที่กระจายอยู่ในอนุภาคของดินตัวอย่างทั้ง 5 ชุด ได้แก่

- รหัส 01 ดินเหมืองดีบุก
- รหัส 02 ดินเลน
- รหัส 03 ดินพื้นที่เกษตรกรรม (นา)
- รหัส 04 ดินเชิงเขา
- รหัส 05 ดินพื้นที่เกษตรกรรม (ไร่อ้อย)

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)

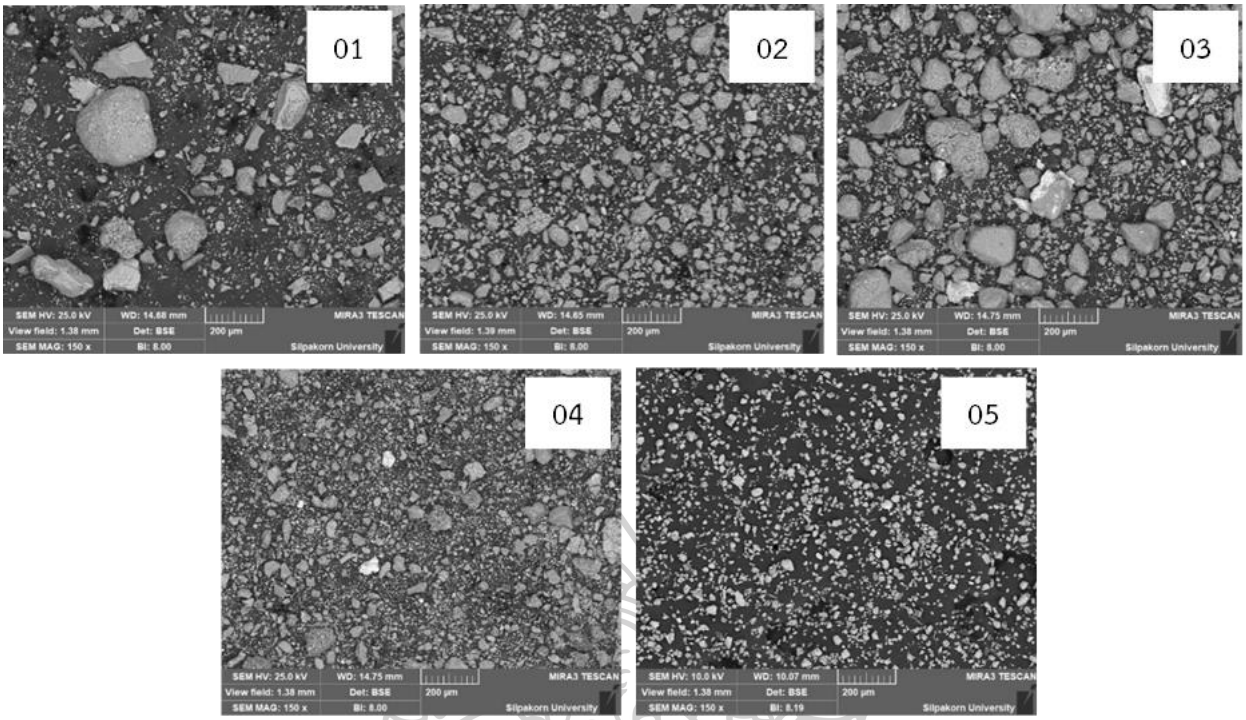
จากการศึกษาวิเคราะห์องค์ประธาตุที่อยู่ในตัวอย่างดินทั้ง 5 ชุด ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) เพื่อวิเคราะห์ตัวอย่างดินทั้ง 5 ชุด



ภาพที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างทั้ง 5 ชุดภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 150x

4.1.1 โหมด HV (High Vacuum) ที่กำลังขยาย 150x สเกลภาพที่ 200 ไมครอน (μm)

จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินทั้ง 5 ชุด ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope (SEM)) ขนาดอนุภาคของตัวอย่างทั้ง 5 ชุดนั้นมีขนาดที่แตกต่างกันเปรียบเทียบขนาดของอนุภาคของตัวอย่างจะเห็นได้ว่าตัวอย่างที่ 01 02 และ 03 มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าตัวอย่างที่ 04 และ 05 ตามลำดับ



ภาพที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างทั้ง 5 ชุดภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 500x

4.1.2 โหมด HV (High Vacuum) ที่กำลังขยาย 500x สเกลภาพที่ 100 ไมครอน (μm)

จากการศึกษาวิเคราะห์องค์ประธาตุที่อยู่ในตัวอย่างดินทั้ง 5 ตัวอย่าง ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) ผลการวิเคราะห์ที่กำลังขยาย 500x (ดังภาพที่ 4 และ 5) ขนาดอนุภาคของตัวอย่างนั้นมีขนาดที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบขนาดของอนุภาคของตัวอย่างจากอนุภาคใหญ่ไปจนถึงเล็ก จะเห็นได้ว่าดินตัวอย่าง 03 (ดินพื้นที่เกษตรกรรม) จะมีทั้งขนาดเล็ก และใหญ่ปนอยู่ด้วยกันโดยมีขนาดใหญ่ที่สุดประมาณ 200 ไมโครเมตร และขนาดโดยเฉลี่ยส่วนใหญ่อยู่ที่ 100 ไมโครเมตร เนื่องมาจากการทำเกษตรกรรมที่อาจมีการผสมดินหลากหลายชนิดเพื่อใช้ในการเพาะปลูก

ในดินตัวอย่าง 01 (ดินเหมืองแร่ดีบุก) และดินตัวอย่าง 02 (ดินเลน) ขนาดโดยส่วนใหญ่จะอยู่ที่ประมาณ 100 ไมโครเมตรที่อาจเกิดจากการที่เป็นดินที่มีการรวมตัวกันแน่นไม่ร่วนจึงทำให้มีขนาดใหญ่แตกต่างจากดินตัวอย่าง 04 (ดินเชิงเขา) และดินตัวอย่าง 05 (ดินไร่อ้อย) มีขนาดที่เล็กที่สุดซึ่งมีขนาดโดยเฉลี่ยประมาณ 20-50 ไมโครเมตร ซึ่งที่มีขนาดเล็กเนื่องมาจากการเพาะปลูกที่มีการพรวนดินจึงทำให้มีขนาดเล็กสม่ำเสมอ

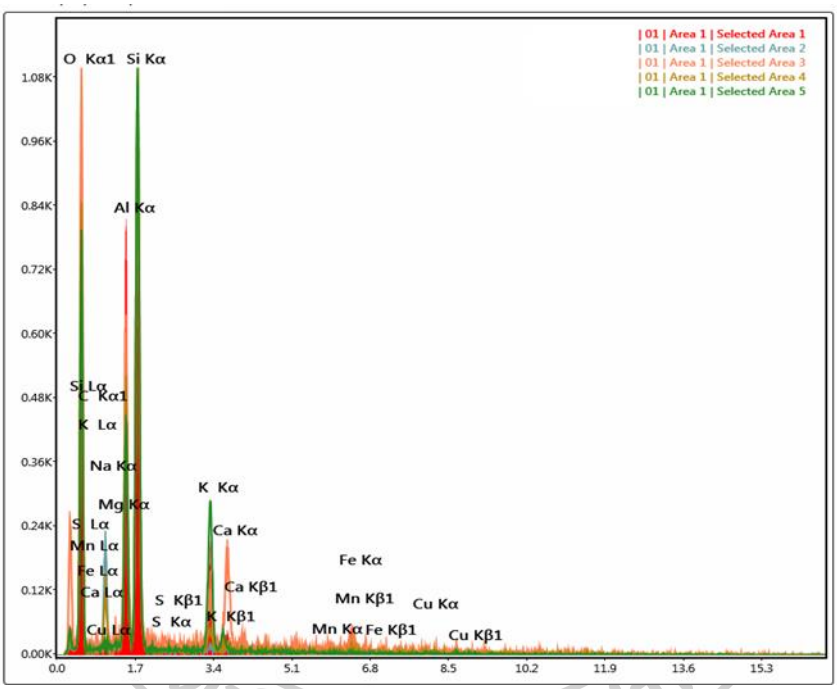
การตรวจวัดขนาดของอนุภาคอาจทำให้สามารถแยกแยะความแตกต่างของตัวอย่างดินต้องสงสัยเพื่อคัดใช้แยกความแตกต่างเบื้องต้นได้ และหลังจากผ่านการวิเคราะห์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแล้วนั้นตัวอย่างที่นำมาใช้ในการตรวจวิเคราะห์ไม่เกิดความเสียหาย

เสื่อมสภาพ หรือสูญเสียตัวพยานหลักฐานที่อาจมีจำนวนไม่มากนักจึงทำให้สามารถนำตัวอย่างมาใช้ร่วมกับวิธีการอื่นๆทางนิติวิทยาศาสตร์

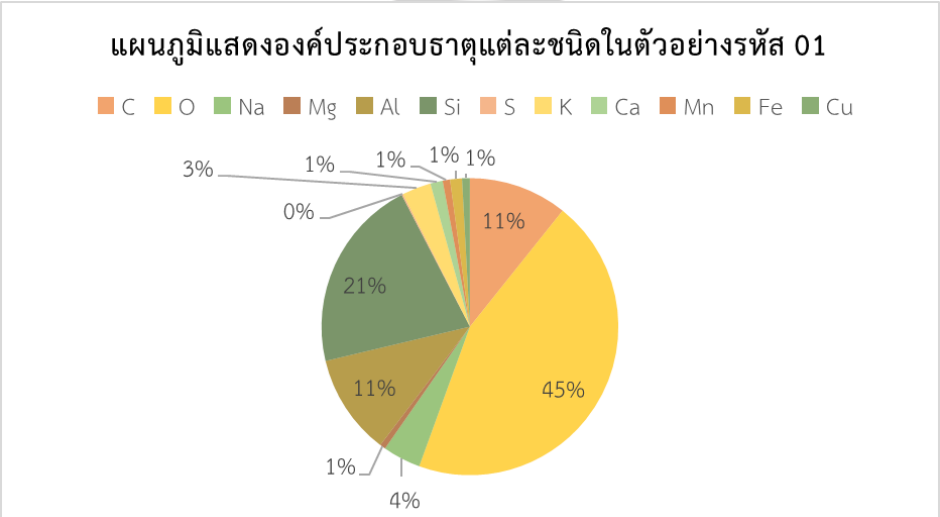
4.2 การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS)

ตรวจสอบชนิดของธาตุด้วยเทคนิคการวัดการกระจายพลังงานของรังสีเอกซ์ (Energy Dispersive Spectroscopy, EDS) แบบ EDS-Point Analysis ผลวิเคราะห์ของตัวอย่างดินทั้ง 5 ชุดนั้น แสดงผลออกเป็นกราฟเส้นสเปกตรัม และจัดทำแผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ของธาตุที่พบในตัวอย่าง

ตัวอย่างรหัส 01 ตัวอย่างดินเหมืองแร่ดีบุก ต.สวนผึ้ง อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี



ภาพที่ 6 แสดงเส้นสเปกตรัมขององค์ประกอบธาตุที่พบในอนุภาคดินตัวอย่างที่ 01

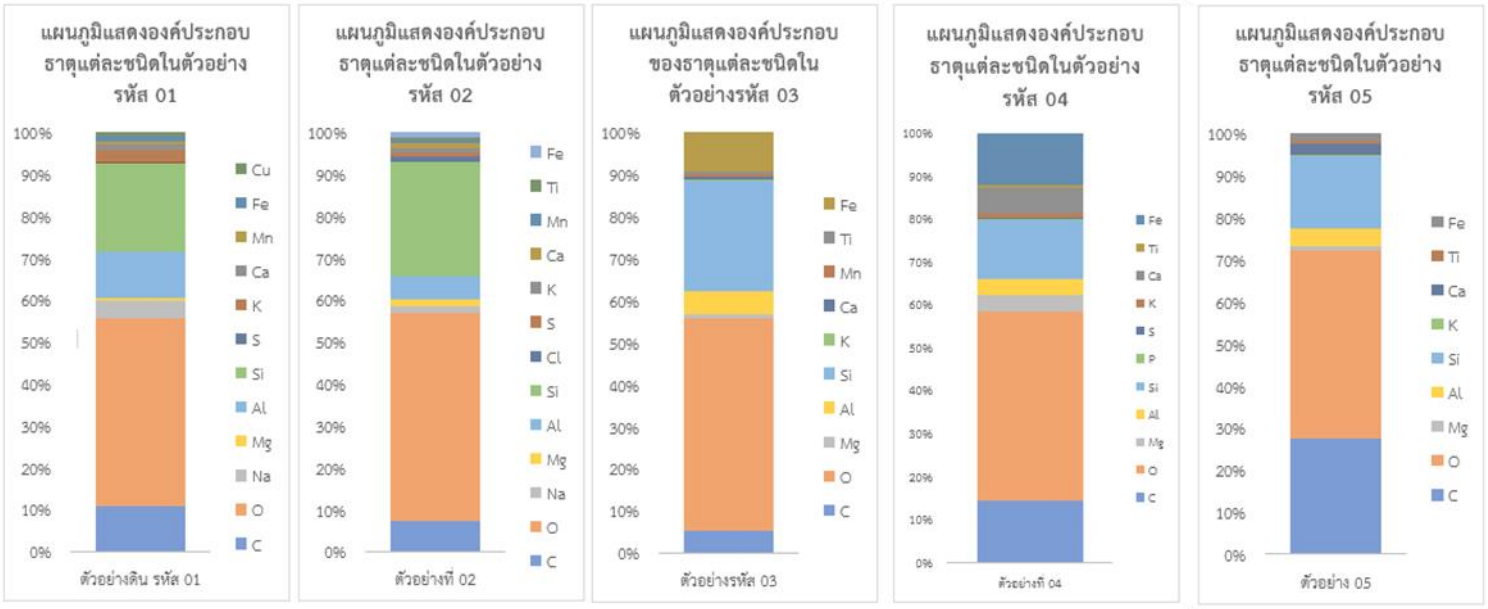


บทที่ 5
สรุปผล

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาดินการกระจายและชนิดของธาตุองค์ประกอบในดิน วิเคราะห์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope ; SEM) จะเห็นได้ว่าขนาดของอนุภาคดินตัวอย่างทั้ง 5 ชุด มีความแตกต่างกันที่กำลังขยายเท่ากันนั้น ผู้วิจัยจึงแยกขนาดอนุภาคดิน

- กลุ่มที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ ได้แก่ L01 L02 และ L03
- กลุ่มที่มีอนุภาคขนาดเล็ก ได้แก่ L04 และ L05

ตรวจสอบชนิดของธาตุด้วยเทคนิคการวัดการกระจายพลังงานของรังสีเอกซ์ (Energy Dispersive Spectroscopy, EDS) พบธาตุทั้งหมด 15 ธาตุ ได้แก่ ออกซิเจน (O) ซิลิคอน (Si) อะลูมิเนียม (Al) เหล็ก (Fe) คาร์บอน (C) แมกนีเซียม (Mg) โซเดียม (Na) คลอรีน (Cl) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) ไทเทเนี่ยม (Ti) กำมะถัน (S) และแมงกานีส (Mn) ฟอสฟอรัส (P) และทองแดง (Cu)



ภาพที่ 7 แสดงเปอร์เซ็นต์ของธาตุที่พบในอนุภาคดินตัวอย่างทั้ง 5 ชุด ตามลำดับ

ธาตุที่พบในตัวอย่างทั้ง 5 ชุด มีทั้งหมด 5 ธาตุ คือ คาร์บอน (C) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) เหล็ก (Fe) แมกนีเซียม (Mg) ตัวอย่าง 01 และ 02 อาจมีวัตถุต้นกำเนิดที่คล้ายกัน เช่น แร่เฟลด์สปาร์ (Feldspar) หรือ หินฟันม้า เนื่องจากพบทั้งธาตุ ซิลิคอน (Si) และ โซเดียม (Na) จากข้อมูลของ (วันวิสาข์ ธรรมานนท์, 2555) ธาตุที่พบในตัวอย่าง 02, 03, 04 และ 05 คือ ไทเทเนี่ยม (Ti) ธาตุที่พบใน

ตัวอย่าง 03, 04 และ 05 มีทั้งหมด 3 ธาตุ คือ ออกซิเจน (O) ซิลิคอน (Si) อะลูมิเนียม (Al) ธาตุที่พบในตัวอย่าง 01, 02 และ 03 คือ แมงกานีส (Mn) ธาตุที่พบในตัวอย่าง 01, 02 และ 04 คือ กำมะถัน (S)

- ธาตุที่พบเฉพาะในตัวอย่าง 01 คือ ทองแดง (Cu)
- ธาตุที่พบเฉพาะในตัวอย่าง 02 คือ คลอรีน (Cl)
- ธาตุที่พบเฉพาะในตัวอย่าง 04 คือ ธาตุฟอสฟอรัส (P)

ตารางที่ 3 แสดงการรวมผลการวิเคราะห์ SEM-EDS เพื่อดูความต่างของดินแต่ละชุด

รหัสตัวอย่าง	ขนาดอนุภาค		ธาตุที่พบเฉพาะในตัวอย่าง
	Large (L)	Small (S)	
01	L01		ทองแดง (Cu)
02	L02		คลอรีน (Cl)
03	L03		
04		S04	ฟอสฟอรัส (P)
05		S05	

ทำให้สามารถแยกแยะความแตกต่างของชุดดินทั้ง 5 ชุดออกจากกันได้ด้วยการใช้ SEM/EDS ร่วมกันพบว่าธาตุบางตัวจะพบเฉพาะในตัวอย่างใดตัวอย่างหนึ่งเท่านั้น และจากการดูผลโดยรวมจากการใช้ SEM-EDS ร่วมกันจะสามารถแยกความต่างของดินแต่ละชุดได้มากยิ่งขึ้น (ดังตารางที่ 3) เนื่องจากการตรวจตัวอย่างดินโดยใช้ SEM-EDS การเตรียมตัวอย่างไม่ซับซ้อน รวมถึงให้ผลการวิเคราะห์ที่รวดเร็ว แม้ตัวอย่างมีปริมาณน้อยก็สามารถตรวจได้ ดังการศึกษาวิจัยของ (Luis Valério Prandel [A] 2019) ที่ได้นำตัวอย่างดินจากพื้นที่ทางตอนใต้ของประเทศบราซิลทั้งหมด 32 ตัวอย่าง นำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDXRF-FTIR โดยระบุว่าใช้ตัวอย่างดินเพียงแค่ 2 กรัมก็สามารถนำมาตรวจหาความแตกต่างเชิงปริมาณได้ถึง 16 รูปแบบ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการใช้เทคนิคร่วมนี้สามารถนำมาใช้ตรวจวิเคราะห์เพื่อหาความเหมือน ต่าง และนำไปเปรียบเทียบระหว่างดินต้องสงสัยและดินที่ทราบแหล่งที่มาได้แต่ทั้งนี้เพื่อความแม่นยำควรตรวจสอบผลของธาตุที่วิเคราะห์ได้เพิ่มด้วยวิธีอื่นๆ อาทิเช่น การตรวจผลึกแร่ในดิน จุลินทรีย์ในดิน อ้างอิงจากผลการศึกษาวิจัยของ (ด่านสุวรรณเมฆ, 2559) ที่ได้นำกลุ่มชุดดินมาเพื่อตรวจวิเคราะห์เปรียบเทียบชุดดิน และจำลองสถานการณ์ที่เกิดเหตุโดยผลพบว่าสเปกตรัมการกระจายพลังงานของรังสีเอกซ์ (EDS) เมื่อเปรียบเทียบดินจากรองเท้าผู้ต้องสงสัยที่ได้จากเหตุการณ์อาชญากรรมจำลองและตัวอย่างดินควบคุมพบว่ามีชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของอนุภาคดินจาการสร้างอาชญากรรมจำลองคล้ายกับตัวอย่างควบคุม หรือการใช้เทคนิคในการแยกสี

ตัวอย่างดินด้วย FTIR spectrophotometry การศึกษาวิจัยของ (บางสวนหลวง, 2020) การวิเคราะห์สีถูกนำมาใช้แยกความแตกต่างของตัวอย่างดินจำนวน 41 ตัวอย่างได้มาจากพื้นที่หลากหลายที่มีสภาพแวดล้อมต่างกันในประเทศไทย โดยใช้เทคนิค ATR-FTIR ที่อยู่ในช่วงรังสีอินฟราเรดกลาง (mid-IR) จะถูกนำมาใช้เพื่อหาสเปกตรัมของตัวอย่างดิน ข้อมูลสเปกตรัมชี้ให้เห็นสารอนินทรีย์และสารอินทรีย์ในสัดส่วนที่ต่างกัน สำหรับตัวอย่างต่างชนิด ค่าของสีในตัวอย่างดินหาได้จากระบบสี CIE L*a*b* โดยใช้เครื่องสเปกโตรมิเตอร์สี (color spectrometer) การรวมกันของ FTIR spectroscopy และการตรวจวัดสีสามารถใช้แยกความแตกต่างของตัวอย่างที่ศึกษาเทคนิคทั้งสองนี้เป็นวิธีที่สะดวกและง่ายใช้ตัวอย่างปริมาณน้อยมากและไม่ต้องเตรียมตัวอย่างผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าวิธีทั้งสองมีศักยภาพในการตรวจทางนิติวิทยาศาสตร์ของตัวอย่างดิน ลักษณะของอนุภาคและธาตุที่เป็นองค์ประกอบในตัวดินสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการพิจารณาร่วมกับการวัดสีดินในสภาวะต่างๆ เพื่อเพิ่มความถูกต้องมากยิ่งขึ้นในการจำแนกดินแต่ละกลุ่มชุดดินและสืบค้นแหล่งที่มาของดินทางนิติวิทยาศาสตร์ได้

อภิปรายผล

การตรวจวัดขนาดของอนุภาคอาจทำให้สามารถแยกแยะความแตกต่างของตัวอย่างดินต้องสงสัยเพื่อคัดใช้แยกความแตกต่างเบื้องต้นได้ และหลังจากผ่านการวิเคราะห์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแล้วนั้นตัวอย่างที่นำมาใช้ในการตรวจวิเคราะห์ไม่เกิดความเสียหายเสื่อมสภาพ หรือสูญเสียตัวพยานหลักฐานที่อาจมีจำนวนไม่มากนักจึงทำให้สามารถนำตัวอย่างมาใช้ร่วมกับวิธีการอื่นๆทางนิติวิทยาศาสตร์

(Junger, 1996) ได้ทำการศึกษาตัวอย่างดินที่ใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์นำมาวิเคราะห์แยกความแตกต่างด้วยการกำหนดสี การกระจายของอนุภาค และรูปแบบทางแร่วิทยาของแร่ธาตุที่พบมากที่สุดในดิน 25 ชนิด ผลจากการศึกษาพบว่าจากตัวอย่างทั้งหมด 300 ตัวอย่าง มากกว่าครึ่งสามารถแยกแยะความแตกต่างได้เพียงแค่ใช้ความต่างของสีเท่านั้น โดยส่วนหนึ่งสามารถตรวจสอบความต่างได้ เพียงแค่วิเคราะห์การกระจายของอนุภาค อย่างไรก็ตามหากเป็นตัวอย่างดินที่มีความซับซ้อนหรือต้นกำเนิดที่คล้ายคลึงกัน การตรวจเพิ่มเติมด้วยเทคนิคอื่นๆอาจจะเพิ่มประสิทธิภาพในการระบุความเหมือนและต่างของตัวอย่างดินออกจากกันได้

การใช้ SEM/EDS ร่วมกันจะเห็นได้ว่าธาตุบางตัวจะพบเฉพาะในตัวอย่างใดตัวอย่างหนึ่งเท่านั้น และจากการดูผลโดยรวมจากการใช้ทั้งสองเทคนิคนี้ร่วมกันจะสามารถแยกความต่างของดินแต่ละชุดได้มากยิ่งขึ้น โดยใช้ SEM-EDS นั้นมีค่าใช้จ่ายที่ไม่สูงนัก การเตรียมตัวอย่างไม่ซับซ้อนรวมถึงให้ผลการวิเคราะห์ที่รวดเร็วแม้ตัวอย่างมีปริมาณน้อยก็สามารถนำมาใช้ตรวจวิเคราะห์สอดคล้องกับการศึกษาของ (Yingzi Liu[1], 2015) ได้ทำการเก็บตัวอย่างดิน 18 ตัวอย่างในพื้นที่มณฑลซานตงของจีนที่ระบุว่าเทคนิค SEM-EDS สามารถแยกความแตกต่างของดินได้ทั้งในกรณีทางสัณฐานวิทยาและเปอร์เซ็นโดยมวลขององค์ประกอบธาตุที่พบในตัวอย่างทั้ง 18 ชนิดมีความแตกต่าง

กันเช่นในกรณีตัวอย่างดิน S1 ,S8 ,S10 และ S13 มีความใกล้เคียงในขนาดอนุภาคตัวอย่างและตัวอย่าง S1 ,S6 และ S7 มีองค์ประกอบธาตุแคลเซียมสูงกว่าตัวอื่นๆจึงคาดคะเนว่าอาจเป็นผลเนื่องมาจากมีองค์ประกอบของหินปูน และยังอ้างอิงถึงการพบค่าของธาตุโซเดียมและอะลูมิเนียมที่ค่อนข้างคงที่ในตัวอย่างทั้ง 18 ตัวอย่าง ในช่วง 6.53%-10.61% และ 0.46%-1.54%

ทั้งนี้เพื่อความแม่นยำควรตรวจสอบผลของธาตุที่วิเคราะห์ได้เพิ่มด้วยวิธีอื่นๆ อาทิ การตรวจผลึกแร่ในดิน จุลินทรีย์ในดิน อ้างอิงจากผลการศึกษาวิจัยของ (ด่านสุวรรณเมฆ, 2559) ตรวจวิเคราะห์เปรียบเทียบชุดดิน และจำลองสถานการณ์ที่เกิดเหตุโดยผลพบว่าสเปกตรัมการกระจายพลังงานของรังสีเอกซ์ (EDS) เปรียบเทียบกับดินจากรองเท้าผู้ต้องสงสัยจากเหตุอาชญากรรมจำลองและตัวอย่างดินควบคุมพบว่ามีชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของอนุภาคดินจากการสร้างอาชญากรรมจำลองคล้ายกับตัวอย่างควบคุม หรือการใช้เทคนิคในการแยกสีตัวอย่างดินด้วย FTIR spectrophotometry การศึกษาวิจัยของ (บางสวนหลวง, 2020) วิเคราะห์สีถูกนำมาใช้แยกความแตกต่างของตัวอย่างดินจำนวน 41 ตัวอย่างได้มาจากพื้นที่หลากหลายที่มีสภาพแวดล้อมต่างกันในประเทศไทย โดยใช้เทคนิค ATR-FTIR ที่อยู่ในช่วงรังสีอินฟราเรดกลาง (mid-IR) จะถูกนำมาใช้เพื่อหาสเปกตรัมของตัวอย่างดิน ข้อมูลสเปกตรัมชี้ให้เห็นสารอนินทรีย์ และสารอินทรีย์ในสัดส่วนที่ต่างกัน สำหรับตัวอย่างต่างชนิด ค่าของสีในตัวอย่างดินหาได้จากระบบสี CIE L*a*b* โดยใช้เครื่องสเปกโตรมิเตอร์สี (Color spectrometer) การรวมกันของ FTIR spectroscopy และการตรวจวัดสีสามารถใช้แยกความแตกต่างของตัวอย่างที่ศึกษาเทคนิคทั้งสองนี้เป็นวิธีที่สะดวกและง่ายใช้ตัวอย่างปริมาณน้อยมากและไม่ต้องเตรียมตัวอย่าง หรือการศึกษาของ (Brenda Woods[a], 2014) ที่สรุปผลของการวิเคราะห์ตัวอย่างดินจากออสเตรเลีย 17 ตัวอย่าง และดินจากพื้นที่แครนเบอร์รา 12 ตัวอย่าง โดยใช้เทคนิค LIBS ,XRD และ SEM/EDX ในการวิเคราะห์พบว่าเทคนิคเหล่านี้สามารถใช้แยกความแตกต่างของตัวอย่างดินได้ถึง 92.4% 98.5% และ 99.5% ตามลำดับ

ผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าวิธีทั้งสองเมื่อใช้ร่วมกันมีศักยภาพในการตรวจทางนิติวิทยาศาสตร์ของตัวอย่างดินลักษณะของอนุภาคและธาตุที่เป็นองค์ประกอบในตัวดินสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้ ไม่เพียงแค่ตรวจหาผู้ก่อเหตุ หรือผู้เสียหายเท่านั้น ยังสามารถเชื่อมโยงความเกี่ยวข้องของคดี สถานที่เกิดเหตุ สถานที่ทิ้งศพ การยืนยันข้อเท็จจริง หรือใช้ตรวจสอบการให้ปากคำของพยาน ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในคดีได้

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม การพิจารณาตัวอย่างดิน ผู้วิจัยเห็นว่าควรใช้ร่วมกับเทคนิคการวัดสีดิน ขนาดอนุภาคดิน ลักษณะเฉพาะของแร่ หรือการตรวจวิเคราะห์จุลชีพ หรือใช้เทคนิคร่วม 2 เทคนิคขึ้นไปเพื่อเพิ่มความแม่นยำของผลลัพธ์ในการจำแนกดินอย่างไรก็ตามวัตถุพยานที่ดีควรมีความ

น่าเชื่อถือโดยถูกเก็บจากผู้เชี่ยวชาญและรักษาภายใต้ห่วงโซ่การครอบครองวัตถุพยาน (chain of custody)

รายการอ้างอิง

Brenda Woods[a,] K. P. K., Chris Lennard[c], James Robertson[a]. (2014). Soil examination for a forensic trace evidence laboratory – Part 2: Elemental analysis. *Forensic Science International*, *245*, 195-201. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2014.10.018.

Junger, E. (1996). Assessing the Unique Characteristics of Close-Proximity Soil Samples: Just How Useful Is Soil Evidence? *Journal of Forensic Sciences*, *41*(1), 27-34. https://doi.org/10.1520/JFS13892J

Luis Valério Prandel [A] , V. F. M. [B.,] Samara Alves Testoni [B, D] , André Maurício Brinatti [A] , Sérgio da Costa Saab [A] and Lorna Anne Dawson [C]. (2019). Spectroscopic techniques applied to discriminate soils for forensic purposes. *Soil Research*, *58*(2), 151-160. https://doi.org/https://doi.org/10.1071/SR19066

Wongkheaw[1,] C., & Mahacharoen[2,] P. L. t. C. T. (2018). The Study of Soil Mineral Polarized Light Microscope Technique for Forensic Application. *Journal of Criminology and Forensic Science*, *4*(1), 143-155. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/forensic/article/view/192016

Yingzi Liu[1,] Y. L., Qiang Li[2],Jie Bao[2],Dakui Hao[2],Zhiwen Zhao[1],Dongxue Song[2],Jiajia Wang[2],and Zhiheng Hu[2]. (2015). Micro- to Nanoscale Morphologies and Chemical Components ofSoils Investigated by SEM-EDS for Forensic Science. *Journal of Chemistry*, *2015*(4), 1-5. https://doi.org/10.1155/2015/734560 (Hindawi)

กรมทรัพยากรธรณี. (2551). การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี จังหวัดราชบุรี. กรมทรัพยากรธรณี.

เกิดชนะ, ว. ว. แ. (2559). คู่มือการวิเคราะห์ดินทางกายภาพและการแปลผลเพื่อการสำรวจและจำแนกดิน *Methods of Soil Analysis and Interpretation for Soil Survey and Classification:Physical Properties* สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.

ด่านสุวรรณเมฆ, เ. (2559). คุณสมบัติของดินเพื่อใช้สำหรับการระบุดินทางนิติวิทยาศาสตร์ = *Soil Properties for Forensic Soil Identification* มหาวิทยาลัยเชียงใหม่]. เชียงใหม่. https://cmudc.library.cmu.ac.th/frontend/Info/item/dc:124307

ทองทวี, จ. (2561). ความเข้าใจ และความคิดเห็นของเจ้าหน้าที่กู้ภัยมูลนิธิพิทักษ์กาญจน์ต่อการป้องกันและรักษาวัตถุ

พยานในสถานที่เกิดเหตุ Silpakorn University]. http://ithesis-ir.su.ac.th/dspace/handle/123456789/1923

ธรรมวรรณา, ส. (2019). การตรวจสอบความคงอยู่ของคราบเลือดบนผิวดินโดยวิธีทดสอบด้วยลูมินอล Silpakorn University]. http://www.sure.su.ac.th/xmlui/handle/123456789/22528

นิยมไทย, อ. (2563). พยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์. In จุลนิติ (Vol. 17, pp. 174). สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา. https://dl.parliament.go.th/handle/lirt/571995

บางสวนหลวง, ส. (2020). การวิเคราะห์ตัวอย่างดินด้วยวิธี *FTIR spectrophotometry* และการตรวจวัดสีเพื่อการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ Silpakorn University]. http://www.sure.su.ac.th/xmlui/handle/123456789/21227

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, ค. (2559). การพัฒนาแนวทางการรับฟังพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์เพื่อพิสูจน์ความจริงในคดี.

วันวิสาข์ ธรรมานนท์, ด. อ. (2555). การใช้เทคนิควิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาภาชนะดินเผาโบราณจากแหล่งเตาเผาบ้านดี จังหวัดปัตตานี. https://soreda.oas.psu.ac.th/show_detail.php?research_id=944

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	กาญจนาพร สินช่วยปราบ
วัน เดือน ปี เกิด	9 มิถุนายน 2539
วุฒิการศึกษา	ปี 2561 การศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร (วท.บ.) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ที่อยู่ปัจจุบัน	90/3 หมู่ 3 ต.ลาดใหญ่ อ.เมือง จ.สมุทรสงคราม 750000