



การวิเคราะห์ทางนิติวิทยาศาสตร์ของตัวอย่างดินโดยใช้เทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ แบบกระจายพลังงาน Forensic Analysis of Soil Samples by Using Energy Dispersive X-Ray Fluorescence

สุกัญดา วิชาชัย

คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

Sukunda Wichachai

Faculty of Forensic Science, Royal Police Cadet Academy

Received May 9, 2023 | Revised June 11, 2023 | Accepted June 16, 2023

บทความวิจัย (Research Article)

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาธาตุในตัวอย่างดิน พร้อมเปรียบเทียบลักษณะเฉพาะของแหล่งที่มาของดินกับตัวอย่างดิน โดยทำการศึกษากลุ่มชุดดิน 5 กลุ่ม ภายในจังหวัดสุรินทร์ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 17 ต.สลักได กลุ่มชุดดินที่ 33 ต.สวาย กลุ่มชุดดินที่ 22 ต.เพี้ยราม กลุ่มชุดดินที่ 38 ต.คอโค และกลุ่มชุดดินที่ 40 ต.ตาอ้ออง โดยนำตัวอย่างดินจากกลุ่มชุดดินดังกล่าวมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน ผลการวิเคราะห์พบว่า มีธาตุทั้งหมด 9 ธาตุ โดยทุกชุดดินจะพบธาตุซิลิคอน (Si) ธาตุเหล็ก (Fe) ธาตุไทเทเนียม (Ti) และธาตุเซอร์โคเนียม (Zr) เมื่อนำผลการทดลองมาทำการเปรียบเทียบปริมาณของธาตุแต่ละชนิดในตัวอย่างดิน ด้วยวิธี ตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณของธาตุในตัวอย่างดินแต่ละชุด มีปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากนั้นทำการเปรียบเทียบปริมาณของธาตุที่พบในกลุ่มชุดดินต่าง ๆ กับกลุ่มชุดดินที่มาจากพื้นรองเท้าย ด้วยวิธี ทีเทส (T-Test) จากผลการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุในกลุ่มชุดดินต่าง ๆ กับกลุ่มชุดดินที่มาจากพื้นรองเท้าย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการวิเคราะห์นี้สามารถใช้ควบคู่กับหลักฐานอื่นที่เกี่ยวข้องกับการสืบสวน เพื่อเชื่อมโยงผู้ต้องสงสัยไปยังสถานที่ที่น่าสงสัยได้

คำสำคัญ: ธาตุในดิน, กลุ่มชุดดิน, เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน

Abstract

The purpose of this research was to study elements in soil samples and compare the characteristics of soil sources and samples by investigating five groups of soil series in Surin Province: No. 17 (Salakdai Sub-District), No. 33 (Sawai Sub-District), No. 22 (Piaram

Sub-District), No. 38 (Kho Kho Sub-District), and No. 40 (Ta-Ong Sub-District). The soil samples from these groups of soil series were analyzed using the Energy Dispersive X-Ray Fluorescence technique. The analysis revealed the presence of nine soil elements, including silicon (Si), iron (Fe), titanium (Ti), and zirconium (Zr), in all the groups. To compare the results of each element's content in the soil samples, Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) method was utilized at a 95 percent confidence level. The content of elements in each soil sample was found to be significantly different. Next, the content of trace elements identified in the different groups of soil series was compared to the groups of soil series sampled from shoes using the T-Test method. The study results indicated that there was no statistically significant difference between the average elemental content of each group of soil series and the soil series collected from the shoes. Therefore, this analysis method may be used in combination with related evidence to link suspects to specific locations.

Keywords: Elements in Soil, Groups of Soil Series, Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometer

บทนำ

ปัจจุบันมีการก่อเหตุอาชญากรรมมากมาย ไม่ว่าจะเป็นคดีฆาตกรรม ปล้น ชิงทรัพย์ ฆ่า ช่มชู้ หรือการทำร้ายร่างกาย ทุกการกระทำความผิดนั้นจะทิ้งร่องรอยพยานหลักฐานไว้เสมอ ตามทฤษฎีของหลักการแลกเปลี่ยนของโลคาร์ด ซึ่งกล่าวไว้ว่า “เมื่อของสองสิ่งหรือมากกว่าสองสิ่งสัมผัสกัน จะเกิดการแลกเปลี่ยนวัตถุพยานที่ผิวหน้าซึ่งกันและกันเสมอ” และพยานหลักฐานดังกล่าวนี้สามารถตรวจพิสูจน์ได้ (Fuller, 2015) เพราะฉะนั้นจากการตรวจสอบสถานที่เกิดเหตุในคดีต่าง ๆ มักพบวัตถุพยาน ดังนี้

1) วัตถุพยานทั่วไป เป็นวัตถุพยานที่ได้จากสิ่งไม่มีชีวิต เช่น อาวุธที่ใช้ทำร้าย เขม่าดินปืน สารพิษ เครื่องจัดแะ ปากกา รถยนต์ เป็นต้น

2) วัตถุพยานทางชีววิทยา เป็นวัตถุพยานที่ได้มาจากสิ่งมีชีวิตหรือเป็นส่วนของสิ่งมีชีวิตมาก่อน เช่น คราบเลือด คราบอสุจิ เส้นผม ฟัน น้ำลาย ปัสสาวะ อุจจาระ เป็นต้น (Sieangsung et al., 2015, p. 752)

ในการสืบสวนคดีอาญา วัตถุพยานที่สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับตัวผู้ต้องหาหรือผู้เสียหายได้อีกอย่างคือ ดิน นับเป็นวัตถุพยานที่มีความสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีคดีฆาตกรรมอำพราง ซึ่งส่วนมากมักพบในรูปแบบฆ่าฝังดิน หรือต้องการตรวจเพื่อเป็นหลักฐานในการพิสูจน์ความผิด หรือเพื่อใช้เป็นแนวทางที่จะช่วยให้การสืบสวนหาตัวผู้กระทำผิดเป็นไปได้อย่างถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

ดังนั้นในทางนิติวิทยาศาสตร์ ดินถือว่าเป็นพยานหลักฐานสำคัญที่จะเชื่อมโยงไปยังผู้กระทำผิด ซึ่งในการวิเคราะห์เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้ง จะมีการลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นหรือการประมวลเหตุการณ์ทางคดีว่า ใคร ทำอะไร เมื่อไหร่ ที่ไหน อย่างไร สาเหตุมาจากอะไร การวิเคราะห์ตัวอย่างดินก็มีส่วนสำคัญในการคลี่คลายคดีด้วยเช่นกัน ในปัจจุบันวิธีการต่าง ๆ ที่ถูกนำมาใช้ เช่น การวิเคราะห์ตัวอย่าง

ดินโดยใช้เทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ สามารถบอกถึงองค์ประกอบของแร่ธาตุในดินเพื่อนำมาใช้ในการบอกแหล่งที่มาของดินได้ (Srethong, 2008, pp. 50-51)

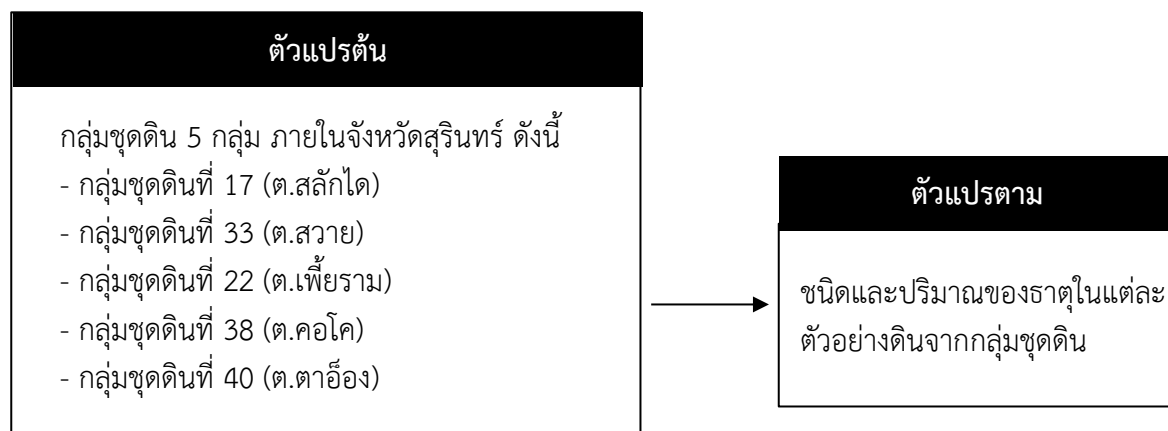
ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ตัวอย่างดินในทางนิติวิทยาศาสตร์ โดยใช้เทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน ที่อาศัยการกระตุ้นตัวอย่างด้วยรังสีเอกซ์จากหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์มาใช้ในการตรวจหาธาตุในตัวอย่างดิน และเปรียบเทียบแหล่งพื้นที่ที่พบดินกับพยานหลักฐานที่มีเศษดินหรือดินติดอยู่ เช่น พื้นรองเท้า เพื่อใช้ระบุแหล่งที่มาของดิน

วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาชนิดของธาตุที่มีอยู่ในตัวอย่างดินโดยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน
- 2) เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของธาตุที่อยู่ในแหล่งที่มาของดินกับตัวอย่างดิน

กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการวิจัยเชิงทดลองโดยการทดสอบด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน ผู้วิจัยได้ศึกษาชนิดและปริมาณของธาตุในแต่ละตัวอย่างดินจากกลุ่มชุดดิน เพื่อบ่งชี้ชนิดและปริมาณของธาตุที่มีอยู่ในตัวอย่างดิน และสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการเชื่อมโยงข้อสงสัยกับหลักฐานในสถานที่เกิดเหตุได้ ดังแสดงในภาพที่ 1



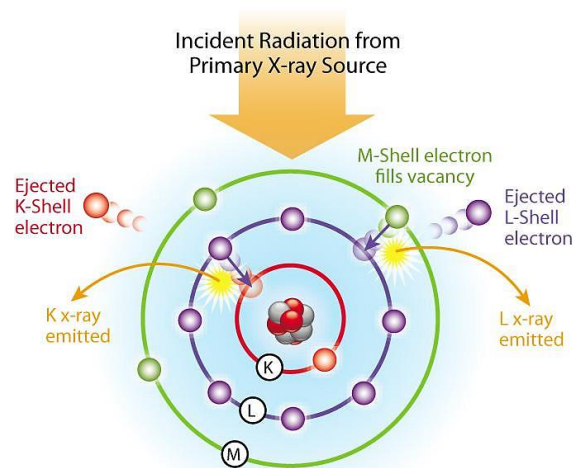
ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ทบทวนวรรณกรรม

1) การศึกษาด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน

เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน สามารถวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในสารตัวอย่างที่อยู่ในสถานะของแข็ง (ก้อนหรือผง) และของเหลวได้ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ทำด้วยธาตุโรเดียม (Rh) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ธาตุได้ตั้งแต่โซเดียม (Na) จนถึง ยูเรเนียม (U) สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย เช่น งานด้านโลหะ ปูนซีเมนต์ เซรามิก และด้านอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

หลักการเกิดรังสีเอกซ์ทุติยภูมิตามปรากฏการณ์ฟลูออเรสเซนซ์ตามภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อรังสีเอกซ์ปฐมภูมิ (Primary X-ray) จากแหล่งกำเนิดรังสีพุ่งเข้าชนสารตัวอย่าง จะส่งผลให้อิเล็กตรอนวงในสุดของอะตอมภายในสารตัวอย่างนั้นหลุดออกมาในรูปของ โฟโตอิเล็กตรอน จึงเกิดช่องว่างขึ้นทำให้ไม่เสถียร และอะตอมจะกลับสู่สถานะที่เสถียรขึ้น โดยการเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนวงนอกเข้ามาแทนที่ช่องว่างดังกล่าว ในระหว่างการเปลี่ยนระดับพลังงานจะปลดปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาเรียกว่า รังสีเอกซ์ทุติยภูมิ (Secondary X-ray) ที่มีลักษณะเฉพาะตัวขึ้นกับธาตุแต่ละชนิด โดยพลังงานของรังสีเอกซ์ที่ปล่อยออกมานั้นจะมีค่าแตกต่างกันขึ้นกับความแตกต่างของระดับพลังงานเริ่มต้นของอิเล็กตรอนวงนอก กับระดับพลังงานของช่องว่างที่เกิดจากรังสีเอกซ์ปฐมภูมิ (Wongsang, 2018, p. 74) จึงสามารถใช้หลักการของเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์วิเคราะห์หาธาตุองค์ประกอบและปริมาณธาตุของสารตัวอย่างได้



ภาพที่ 2 หลักการเกิดรังสีเอกซ์ทุติยภูมิตามปรากฏการณ์ฟลูออเรสเซนซ์
ที่มา: Wongsang, 2018, p.74

งานวิจัยนี้ได้นำเทคนิคดังกล่าวมาใช้วิเคราะห์ธาตุของสารตัวอย่าง เนื่องจากให้ความสะดวก รวดเร็ว มีขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่างน้อย และเป็นเทคนิคการวิเคราะห์แบบไม่ทำลายตัวอย่าง ทำให้ตัวอย่างดินสามารถนำไปใช้สำหรับเทคนิคการวิเคราะห์อื่นได้

2) แผนที่ดินและข้อมูลดิน

แผนที่ดิน หมายถึง แผนที่ที่แสดงขอบเขตของดินและการกระจายทางภูมิศาสตร์ของดินชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีสมบัติเกี่ยวข้องกันและเป็นลักษณะตามธรรมชาติของดินที่พบในการสำรวจ และมีการระบุถึงชื่อต่าง ๆ ของดินตามระบบการจำแนกดินที่ใช้ การทำแผนที่ดิน เป็นการรวบรวมและประมวลผลข้อมูลดินทั้งจากภาคสนาม ผลการวิเคราะห์ต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการและข้อมูลการจัดจำแนกชนิดของดิน เพื่อจัดทำแผนที่แสดงขอบเขตและการกระจายของดินชนิดต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับสภาพภูมิประเทศ โดยจะต้องรักษามาตรฐานของความถูกต้องตามมาตรฐานที่กำหนดและประเภทของการสำรวจดิน เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการแปลความหมายเพื่อการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Land Development Department, n.d.)



กลุ่มชุดดิน เป็นหน่วยของแผนที่ดินที่กรมพัฒนาที่ดินพัฒนาขึ้นมา โดยการรวมชุดดินที่มีลักษณะสมบัติ และศักยภาพในการเพาะปลูก รวมถึงการจัดการดินที่คล้ายคลึงกัน มาไว้เป็นกลุ่มเดียวกัน เพื่อประโยชน์ในการให้คำแนะนำ การตรวจสอบลักษณะดิน การใช้ที่ดิน และการจัดการดินที่เหมาะสมให้แก่เกษตรกร และผู้สนใจทั่วไป ได้จัดจำแนกใหม่เป็น 62 กลุ่มชุดดินด้วยกัน และกรมพัฒนาที่ดินได้จัดทำแผนที่กลุ่มชุดดินสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจรายจังหวัด ทั่วประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 สำหรับกลุ่มชุดดินที่จะใช้ในการศึกษาค้นคว้านี้ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 17 กลุ่มชุดดินที่ 33 กลุ่มชุดดินที่ 22 กลุ่มชุดดินที่ 38 และกลุ่มชุดดินที่ 40 (National Agricultural Big Data Center, 2020)

3) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากงานวิจัยของ Makul (2014) ได้ทำการศึกษาลักษณะเฉพาะของตัวอย่างดินด้วยเทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ โดยเก็บตัวอย่างดินจำนวน 27 ตัวอย่าง จากสถานที่ต่าง ๆ ในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ตัวอย่างดินที่เก็บนั้นเป็นดินไร่นาสำปะหลัง ดินไร่อ้อย ดินจากหนองคลองบึง และดินจากไหล่ทางข้างถนน จากดิฟแฟรกโตแกรมที่วิเคราะห์ได้ พบว่าในดินมีธาตุซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และเคโอไลไนต์ ($\text{Si}_4\text{Al}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$) เป็นองค์ประกอบในตัวอย่างดินทั้งหมดโดยดูจากค่า 2θ ที่วิเคราะห์ได้ อย่างไรก็ตาม ดิฟแฟรกโตแกรมที่วิเคราะห์ได้ แสดงรูปแบบที่แตกต่างกันไปของตัวอย่างดิน ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า เทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ อาจนำมาใช้ในการบอกแหล่งที่มาของดินเพื่อประโยชน์ในทางนิติวิทยาศาสตร์ได้

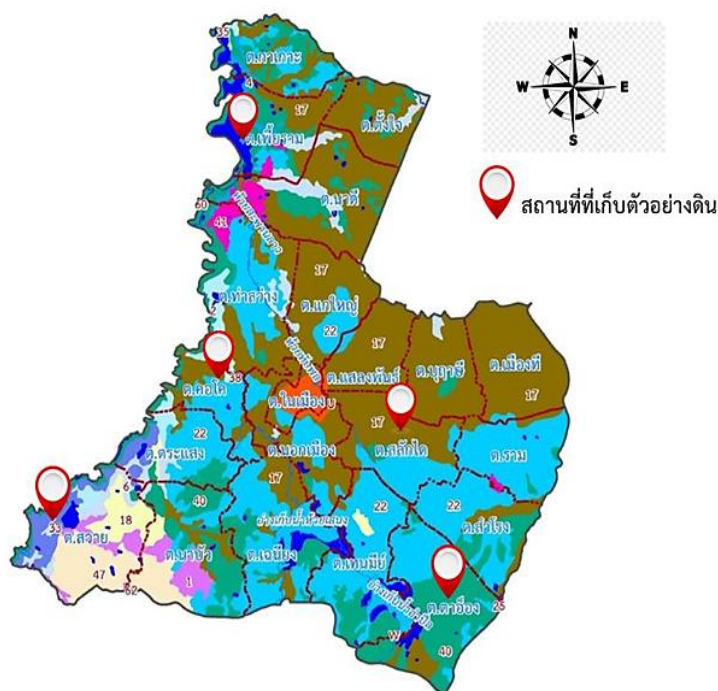
จากงานวิจัยของ Uitdehaag et al., (2016) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบตัวอย่างที่เก็บจากสถานที่เกิดเหตุกับตัวอย่างที่ได้จากผู้ต้องสงสัย โดยนำเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน มาใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุจำนวน 20 ธาตุ ใช้เทคนิคการประมวลผลข้อมูลและการวัดระยะห่างทางสถิติรูปแบบต่าง ๆ มาใช้ประเมินข้อมูลจาก 50 ตัวอย่าง และค่าล็อกแอลอาร์ (Log-LR cost Cllr) มาใช้ในการสร้างรูปแบบการจำแนกประเภท ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการอธิบายตัวอย่างของความละเอียดเชิงพื้นที่ ของวิธีการที่ใช้ในสถานที่ 3 แห่ง และแผนการเก็บตัวอย่างผลการวิเคราะห์ทั้ง 12 กรณี แสดงให้เห็นว่าวิธีการนี้ใช้ได้ผล การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการรวมเทคนิคการวิเคราะห์ฐานข้อมูลด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน และรูปแบบการจำแนกประเภทสามารถใช้เปรียบเทียบตัวอย่างดินได้อย่างรวดเร็ว

จากงานวิจัยของ Singh et al., (2012) ได้ทำการศึกษาแร่ธาตุในดินเพื่อตรวจสอบสารประกอบของดินที่สำคัญและการหาธาตุรองและธาตุที่จำเป็น ได้นำเทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์มาใช้ในการศึกษาค้นคว้านี้ ซึ่งเป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมในการค้นหาองค์ประกอบต่าง ๆ ของตัวอย่างดิน ในปัจจุบันแนวทางการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักนี้ นำมาใช้เพื่อตรวจวิเคราะห์ธาตุที่มีอยู่ในตัวอย่างดินในเชิงคุณภาพ งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลความเข้มข้นของธาตุ 17 องค์ประกอบ โดยพิจารณาควบคู่กับเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน การวิเคราะห์ตัวอย่างดินด้วยเทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ เพื่อวิเคราะห์หาธาตุต่าง ๆ พบว่า มีธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักอยู่ในดิน และการวิเคราะห์ธาตุในดินโดยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน และเทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ร่วมกันช่วยให้การศึกษาแร่ธาตุในดินมีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

ระเบียบวิธีวิจัย

1) กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างมีทั้งหมด 5 กลุ่มชุดดิน ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 17 ต.สลักได กลุ่มชุดดินที่ 33 ต.สวาย กลุ่มชุดดินที่ 22 ต.เพ็ญราม กลุ่มชุดดินที่ 38 ต.คอโค และกลุ่มชุดดินที่ 40 ต.ตาอ้อง สุ่มมา 5 ตัวอย่าง เนื่องจากชุดดินเหล่านี้เป็นชุดดินที่พบใน 5 จังหวัด ได้แก่ นครราชสีมา ขอนแก่น บุรีรัมย์ สุรินทร์ และศรีสะเกษ ซึ่งเป็นพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีสถิติการเกิดคดีเกี่ยวกับชีวิต ร่างกาย เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก (National Statistical Office, 2019) สำหรับตัวอย่างชุดดินที่นำมาทดลองเก็บจากพื้นที่ที่พบชุดดินได้ใน จังหวัดสุรินทร์ดังแสดงตามภาพที่ 3 จากการศึกษาลักษณะของกลุ่มชุดดินดังกล่าวและแผนที่ดินของแต่ละ จังหวัด และทำการทดลองเก็บตัวอย่างดินจากพื้นรองเท้าทั้งหมด 5 ชุดดิน

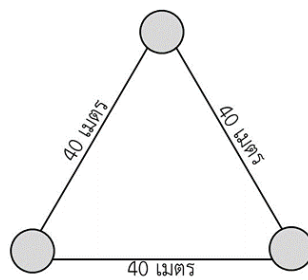


ภาพที่ 3 แผนที่ชุดดิน อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์

ที่มา: (Land Development Department, 2015)

2) การเก็บรวบรวมข้อมูล มีดังนี้

(1) การเตรียมตัวอย่างดิน เก็บโดยการสุ่ม (Random sampling) และทำการวัดค่าพิกัดบริเวณจุดเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องมือ จีพีเอส (GPS) ตัวอย่างดินทั้งหมด 5 กลุ่มชุดดิน ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 17 ต.สลักได กลุ่มชุดดินที่ 33 ต.สวาย กลุ่มชุดดินที่ 22 ต.เพี้ยราม กลุ่มชุดดินที่ 38 ต.คอโค และกลุ่มชุดดินที่ 40 ต.ตาอ้อง โดยเก็บจากผิวหน้าดิน 0-5 เซนติเมตร พื้นที่ละ 3 จุด ที่ระยะห่างจุดละ 40 เมตร ภาพที่ 4 เก็บจุดละประมาณ 500 กรัม และนำมารวมกันในถุงพลาสติกเพื่อคลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้นผึ่งให้แห้งและเก็บในโถงหมึกห้องจนกว่าจะนำไปวิเคราะห์ ดัดแปลงจาก (Srethong, 2008, p. 28)



ภาพที่ 4 แผนผังการเก็บตัวอย่างดิน

สำหรับสถานที่ที่เก็บตัวอย่างดินเป็นพื้นที่ในอำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ ได้แก่ ต.สลักได กลุ่มชุดดินที่ 17 ต.สวาย กลุ่มชุดดินที่ 33 ต.เพี้ยราม กลุ่มชุดดินที่ 22 ต.คอโค กลุ่มชุดดินที่ 38 และ ต.ตาอ้อ กลุ่มชุดดินที่ 40 ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างดินแต่ละชุดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์บริเวณสถานที่ที่ดำเนินการเก็บตัวอย่างดิน

ชื่อตัวอย่างดิน	จุดพิกัดตำแหน่งเก็บตัวอย่างดิน	
	Latitude (ละติจูด)	Longitude (ลองจิจูด)
กลุ่มชุดดินที่ 17	14.85465	103.56905
กลุ่มชุดดินที่ 33	14.78095	103.29776
กลุ่มชุดดินที่ 22	15.08754	103.44630
กลุ่มชุดดินที่ 38	14.89679	103.42700
กลุ่มชุดดินที่ 40	14.73166	103.61183

(2) การสร้างเหตุการณ์อาชญากรรมจำลอง เพื่อเก็บตัวอย่างดินจากพื้นรองเท้า นำดินซึ่งเก็บมาจากหลายๆ จุดใน 1 แปลง มาคลุกเคล้าให้เข้ากันดินบนแผ่นพลาสติกที่สะอาด หลังจากนั้นทำให้ดินชื้นด้วยการรดน้ำประมาณ 2 ลิตร แล้วเดินไปเดินมาประมาณ 3 รอบ บนแผ่นพลาสติกที่เตรียมไว้ที่ละชุดดินทั้งหมด 5 ชุดดิน จากนั้นเก็บตัวอย่างดินที่ติดบนพื้นรองเท้ามาวิเคราะห์ธาตุในตัวอย่างดินต่อไป ซึ่งการเก็บตัวอย่างดินแต่ละชุด จะนำรองเท้ามาล้างทำความสะอาดพื้นรองเท้าด้วยการใช้แปรงสีฟันขัด และล้างด้วยน้ำเปล่า จากนั้นใช้ผ้าเช็ดให้แห้งทุกครั้ง อุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่างดินในแต่ละครั้งจะมีการทำความสะอาดทุกครั้ง ก่อนการเก็บตัวอย่างดินในชุดถัดไป

(3) การวิเคราะห์ธาตุในตัวอย่างดินด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน (ดัดแปลงจาก Uitdehaag et al., 2016, p. 863)

(3.1) เตรียมถ้วยใส่ตัวอย่างโดยนำแผ่นฟิล์มโพลีนหนา 4 ไมครอน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 24 มิลลิเมตร ใส่เข้ากับถ้วยสำหรับใส่ตัวอย่าง

(3.2) ใส่ตัวอย่างดิน 1-3 กรัม ลงในถ้วย

(3.3) นำสารตัวอย่างใส่เครื่องวิเคราะห์ธาตุเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน สารควรอยู่กึ่งกลางช่องยิงรังสี โดยสังเกตได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์ ปิดฝาเครื่อง จากนั้นกดสตาร์ท

(3.4) เมื่อเครื่องทำงาน จะแสดงธาตุที่เครื่องตรวจพบในแต่ละตัวอย่างออกมาเป็นหน่วยร้อยละ โดยใน 100 เปอร์เซ็นต์ของสารตัวอย่างพบธาตุอะไรบ้าง และแต่ละธาตุที่พบมีปริมาณกี่เปอร์เซ็นต์

(3.5) นำผลที่ได้แต่ละตัวอย่างมาวิเคราะห์ผล

3) เครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย เครื่องวิเคราะห์ธาตุเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน ยี่ห้อ ฮอริบา (HORIBA) รุ่น XGT-5200WR ตะแกรงร่อน ขนาด 250 ไมครอน เครื่องชั่งสาร ถังซีปล็อกพลาสติกใส และรองเท้าผ้าใบ

4) การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั้งหมดนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ สถิติที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือ ตัวสถิติทดสอบพิสัย พหุคูณใหม่ของดินแดน ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์หาข้อมูลทางสถิติ (SPSS) เพื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุที่พบแต่ละชนิดของแต่ละชุดดินว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติหรือไม่

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาธาตุในตัวอย่างดิน 5 กลุ่มชุดดิน ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 17 ต.สลักได กลุ่มชุดดินที่ 33 ต.สวาย กลุ่มชุดดินที่ 22 ต.เพี้ยราม กลุ่มชุดดินที่ 38 ต.คอโค และกลุ่มชุดดินที่ 40 ต.ตาอ้อ และได้ทำการเปรียบเทียบลักษณะเฉพาะของแหล่งที่มาของดินกับตัวอย่างดิน ซึ่งตัวอย่างดินที่สุ่มเก็บมาทั้งหมด 5 กลุ่มชุดดินๆ ละ 3 จุด รวม 15 ตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างดินชุดละ 3 จุด มาคลุกเคล้าให้เข้ากัน จะได้กลุ่มตัวอย่างดินทั้งหมด 5 กลุ่ม และทำการแบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดดินที่มาจากแหล่งที่มาของดิน กับชุดดินที่จะใช้ในการสร้างเหตุการณ์อาชญากรรมจำลอง นำตัวอย่างดินดังกล่าวไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างดินละ 3 ซ้ำ 2 ชุด รวม 30 ตัวอย่าง โดยเครื่องจะวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ที่ตรวจพบ ผลการศึกษาวิจัยสรุปได้ดังต่อไปนี้

เมื่อทำการวิเคราะห์ชนิดของธาตุในตัวอย่างดิน 5 กลุ่มชุดดิน พบว่ามีทั้งหมด 9 ธาตุ ประกอบไปด้วยธาตุซิลิคอน (Si) ธาตุเหล็ก (Fe) ธาตุไทเทเนียม (Ti) ธาตุแคลเซียม (Ca) ธาตุเซอร์โคเนียม (Zr) ธาตุแมงกานีส (Mn) ธาตุโครเมียม (Cr) ธาตุทองแดง (Cu) และ ธาตุเทลลูเรียม (Te) ดังตารางที่ 2 โดยตัวอย่างดินทุกชุดจะพบธาตุซิลิคอน (Si) ธาตุเหล็ก (Fe) ธาตุไทเทเนียม (Ti) และธาตุเซอร์โคเนียม (Zr) จึงไม่สามารถนำมาใช้ในการบอกลักษณะเฉพาะของดินแต่ละกลุ่มชุดดินได้ ส่วนธาตุแคลเซียม (Ca) จะพบอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 17 33 22 และ 38 ธาตุแมงกานีส (Mn) จะพบอยู่ในกลุ่มชุดดินอยู่เพียง 1 กลุ่มชุดดิน คือ กลุ่มชุดดินที่ 33 ธาตุโครเมียม (Cr) จะพบอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 22 และ 40 ธาตุทองแดง (Cu) จะพบอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 38 และ 40 ธาตุเทลลูเรียม (Te) จะพบอยู่ในกลุ่มชุดดินอยู่เพียง 1 กลุ่มชุดดิน คือ กลุ่มชุดดินที่ 40 สามารถนำมาใช้ในการบอกลักษณะเฉพาะของดินแต่ละกลุ่มชุดดินได้ และสามารถใช้ในการคัดหลักฐานหรือวัตถุพยานที่ไม่เกี่ยวข้องกันที่เกิดเหตุทางนิติวิทยาศาสตร์ได้



ตารางที่ 2 ชนิดและปริมาณเฉลี่ยของธาตุ (ร้อยละ) ในตัวอย่างดินที่แตกต่างกัน ด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน

ตัวอย่างกลุ่ม ชุดดิน	ปริมาณของธาตุ (ร้อยละ)								
	Si	Fe	Ti	Ca	Zr	Mn	Cr	Cu	Te
17	86.06	10.2	2.59	0.87	0.29	0	0	0	0
33	94.09	4.08	0.715	0.33	0.41	0.37	0	0	0
22	92.03	6.8	0.7	0.52	0.31	0	0.14	0	0
38	92.61	5.72	0.9	0.19	0.53	0	0	0.06	0
40	93.8	4.07	1.56	0	0.29	0	0.16	0.03	0.11

เมื่อนำผลการทดลองมาทำการเปรียบเทียบปริมาณของธาตุแต่ละชนิดในตัวอย่างดิน ด้วยวิธี ตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของดันแคน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยจะพิจารณาค่า Sig. ถ้าต่ำกว่า 0.05 แสดงว่ามีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ถ้าเท่ากับหรือมากกว่า 0.05 แสดงว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 3 ได้ผลดังนี้

- ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุซิลิคอน (Si) ในกลุ่มชุดดินที่ 17 มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันกับชุดดินอีก 4 กลุ่ม คือ ชุดดินที่ 33 22 38 และ 40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าน้อยที่สุด และค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุซิลิคอน (Si) ในชุดดินที่ 22 และ 38 มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุในชุดดินอีก 3 กลุ่ม คือ ชุดดินที่ 17 33 และ 40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุซิลิคอน (Si) ในชุดดินที่ 33 และ 40 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุในชุดดินอีก 3 กลุ่ม คือ ชุดดินที่ 17 22 และ 38 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่ามากที่สุด

- ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุเหล็ก (Fe) ในกลุ่มชุดดินที่ 33 และ 40 มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุในชุดดินอีก 3 กลุ่ม คือ ชุดดินที่ 38 22 และ 17 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าน้อยที่สุด ส่วนค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุเหล็ก (Fe) ในกลุ่มชุดดินที่ 17 มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันกับชุดดินอีก 4 กลุ่ม คือ ชุดดินที่ 33 40 38 และ 22 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่ามากที่สุด

- ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุไทเทเนียม (Ti) ในกลุ่มชุดดินที่ 33 และ 22 มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุในชุดดินอีก 3 กลุ่ม คือ ชุดดินที่ 38 40 และ 17 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าน้อยที่สุด ส่วนค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุไทเทเนียม (Ti) ในกลุ่มชุดดินที่ 17 มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันกับชุดดินอีก 4 กลุ่ม คือ ชุดดินที่ 33 22 38 และ 40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่ามากที่สุด

- ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุแคลเซียม (Ca) ในกลุ่มชุดดินที่ 40 มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันกับชุดดินอีก 4 กลุ่ม คือ ชุดดินที่ 38 22 33 และ 17 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าน้อยที่สุด ส่วนค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุแคลเซียม (Ca) ในกลุ่มชุดดินที่ 17 มีค่ามากที่สุด

- ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุเซอร์โคเนียม (Zr) ในกลุ่มชุดดินที่ 17 33 22 และ 40 มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุในชุดดินอีก 1 กลุ่ม คือ ชุดดินที่ 38 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าน้อยที่สุด ส่วนค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุเซอร์โคเนียม (Zr) ในกลุ่มชุดดินที่ 38 และ 33 มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่ามากที่สุด

- ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุแมงกานีส (Mn) ในกลุ่มชุดดินที่ 33 มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันกับชุดดินอีก 4 กลุ่ม คือ ชุดดินที่ 17 22 38 และ 40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่ามากที่สุด

- ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุโครเมียม (Cr) ในกลุ่มชุดดินที่ 17 33 และ 38 มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุในชุดดินอีก 2 กลุ่ม คือ ชุดดินที่ 22 และ 40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าน้อยที่สุด ส่วนค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุโครเมียม (Cr) ในกลุ่มชุดดินที่ 22 และ 40 มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่ามากที่สุด

- ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุทองแดง (Cu) ในกลุ่มชุดดินที่ 38 มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันกับชุดดินอีก 4 กลุ่ม คือ ชุดดินที่ 40 22 33 และ 17 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่ามากที่สุด

- ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุเทลลูเรียม (Te) ในกลุ่มชุดดินที่ 40 มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันกับชุดดินอีก 4 กลุ่ม คือ ชุดดินที่ 38 22 33 และ 17 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่ามากที่สุด

ดังนั้น ถึงแม้ว่าชุดดินทุกชุดที่ศึกษาจะมีปริมาณของธาตุซิลิคอน (Si) ธาตุเหล็ก (Fe) ธาตุไทเทเนียม (Ti) และธาตุเซอร์โคเนียม (Zr) แต่เมื่อนำค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุในชุดดินต่าง ๆ มาเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติในบางกลุ่ม ทำให้มีความเป็นไปได้ที่จะใช้ปริมาณเฉลี่ยของธาตุในชุดดินบางกลุ่มในการคัดหลักฐานที่ไม่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบปริมาณเฉลี่ยของธาตุต่าง ๆ ทางสถิติ ที่พบในกลุ่มตัวอย่างดิน 5 ชุด ที่เก็บจากพื้นที่ต่าง ๆ ในหน่วยความเข้มข้นเป็นร้อยละ

ตัวอย่างกลุ่มชุดดิน	ปริมาณของธาตุ (ร้อยละ)								
	Si	Fe	Ti	Ca	Zr	Mn	Cr	Cu	Te
17	86.06 ^a	10.20 ^d	2.59 ^d	0.87 ^e	0.29 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
33	94.09 ^c	4.08 ^a	0.72 ^a	0.33 ^c	0.41 ^{ab}	0.37 ^b	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
22	92.03 ^b	6.80 ^c	0.70 ^a	0.52 ^d	0.31 ^a	0.00 ^a	0.14 ^b	0.00 ^a	0.00 ^a
38	92.61 ^b	5.72 ^b	0.90 ^b	0.19 ^b	0.53 ^b	0.00 ^a	0.00 ^a	0.06 ^c	0.00 ^a
40	93.80 ^c	4.07 ^a	1.56 ^c	0.00 ^a	0.29 ^a	0.00 ^a	0.16 ^b	0.03 ^b	0.11 ^b

จากตารางที่ 3 เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างดินทีละคู่ ด้วยวิธี ตัวสถิติทดสอบพหุคูณใหม่ของดันแคน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ผลการเปรียบเทียบใช้สัญลักษณ์ตัวอักษร (a b c d e) โดยค่าเฉลี่ยของตัวอย่างดินที่แตกต่างกันทางสถิติจะมีตัวอักษรที่ต่างกัน ส่วนค่าเฉลี่ยของตัวอย่างดินที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติจะมีตัวอักษรที่เหมือนกัน



เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณของธาตุที่พบในกลุ่มชุดดินต่าง ๆ กับ กลุ่มชุดดินที่มาจากพื้นรองเท้า ด้วยวิธี ทีเทส โดยจะพิจารณาค่า Sig. (2-tailed) ถ้าต่ำกว่า 0.05 แสดงว่ามีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ถ้าเท่ากับหรือมากกว่า 0.05 แสดงว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจากผลการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุในกลุ่มชุดดินต่าง ๆ กับ กลุ่มชุดดินที่มาจากพื้นรองเท้า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังตารางที่ 4 แสดงว่าปริมาณของธาตุสามารถนำไปใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์ได้

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณธาตุต่าง ๆ ที่พบในสถานที่ต่าง ๆ กับ พื้นรองเท้าในชุดดินแต่ละชุด ในหน่วยความเข้มข้นเป็นร้อยละ

ตัวอย่างกลุ่มชุดดิน	ปริมาณของธาตุ (ร้อยละ)								
	Si	Fe	Ti	Ca	Zr	Mn	Cr	Cu	Te
17 (control)	86.06 ^{ns}	10.20 ^{ns}	2.59 ^{ns}	0.87 ^{ns}	0.29 ^{ns}	0.00	0.00	0.00	0.00
17 (shoe)	84.60 ^{ns}	11.21 ^{ns}	2.28 ^{ns}	1.77 ^{ns}	0.29 ^{ns}	0.00	0.00	0.00	0.00
33 (control)	94.09 ^{ns}	4.08 ^{ns}	0.72 ^{ns}	0.33 ^{ns}	0.41 ^{ns}	0.37 ^{ns}	0.00	0.00	0.00
33 (shoe)	94.61 ^{ns}	4.21 ^{ns}	0.76 ^{ns}	0.22 ^{ns}	0.27 ^{ns}	0.26 ^{ns}	0.00	0.00	0.00
22 (control)	92.03 ^{ns}	6.80 ^{ns}	0.70 ^{ns}	0.52 ^{ns}	0.31 ^{ns}	0.00	0.14 ^{ns}	0.00	0.00
22 (shoe)	91.87 ^{ns}	5.98 ^{ns}	1.04 ^{ns}	0.72 ^{ns}	0.39 ^{ns}	0.00	0.07 ^{ns}	0.00	0.00
38 (control)	92.61 ^{ns}	5.72 ^{ns}	0.90 ^{ns}	0.19 ^{ns}	0.53 ^{ns}	0.00	0.00	0.06 ^{ns}	0.00
38 (shoe)	91.49 ^{ns}	5.90 ^{ns}	1.48 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.50 ^{ns}	0.00	0.00	0.09 ^{ns}	0.00
40 (control)	93.80 ^{ns}	4.07 ^{ns}	1.56 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.29 ^{ns}	0.00	0.16 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.11 ^{ns}
40 (shoe)	92.95 ^{ns}	4.92 ^{ns}	1.15 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.67 ^{ns}	0.00	0.18 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.08 ^{ns}

จากตารางที่ 4 พบว่าค่าเฉลี่ยที่อยู่ในสดมภ์เดียวกันตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี ทีเทส

สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาธาตุในตัวอย่างดิน พร้อมเปรียบเทียบลักษณะเฉพาะของแหล่งที่มาของดินกับตัวอย่างดินด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน จากการศึกษาธาตุในตัวอย่างดิน จำนวน 5 กลุ่มชุดดิน สามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

1. การศึกษาชนิดของธาตุในดิน จากจำนวน 5 ชุดดิน ผลการวิเคราะห์ตรวจพบธาตุ จำนวน 9 ธาตุ ได้แก่ ธาตุซิลิคอน (Si) ธาตุเหล็ก (Fe) ธาตุไทเทเนียม (Ti) ธาตุแคลเซียม (Ca) ธาตุเซอร์โคเนียม (Zr) ธาตุแมงกานีส (Mn) ธาตุโครเมียม (Cr) ธาตุทองแดง (Cu) และ ธาตุเทลลูเรียม (Te) โดยทุกชุดดินจะพบธาตุซิลิคอน (Si) ธาตุเหล็ก (Fe) ธาตุไทเทเนียม (Ti) และธาตุเซอร์โคเนียม (Zr) ดังนั้นจึงไม่สามารถนำมาใช้ในการบอกลักษณะเฉพาะของดินแต่ละกลุ่มชุดดินได้ ส่วนธาตุแคลเซียม (Ca) ธาตุแมงกานีส (Mn)

ธาตุโครเมียม (Cr) ธาตุทองแดง (Cu) และธาตุเทลลูเรียม (Te) สามารถนำมาใช้ในการบอกลักษณะเฉพาะของดินแต่ละกลุ่มชุดดินได้ และสามารถใช้ในการคัดหลักฐานหรือวัตถุพยานที่ไม่เกี่ยวข้องกันที่เกิดเหตุทางนิติวิทยาศาสตร์ได้

2. เมื่อนำผลการทดลองมาทำการเปรียบเทียบปริมาณของธาตุแต่ละชนิดในตัวอย่างดิน ด้วยวิธีตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของดันแคน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ พบว่าปริมาณของธาตุในตัวอย่างดิน แต่ละชุดมีปริมาณเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น ถึงแม้ว่าชุดดินทุกชุดที่ศึกษาจะมีธาตุซิลิคอน (Si) ธาตุเหล็ก (Fe) ธาตุไทเทเนียม (Ti) และธาตุเซอร์โคเนียม (Zr) ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุก็ยังแตกต่างกันทางสถิติในบางกลุ่ม ทำให้มีความเป็นไปได้ที่จะใช้ปริมาณของธาตุในชุดดินบางกลุ่มในการคัดหลักฐานที่ไม่เกี่ยวข้องกันเหตุการณ์ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้

3. เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณของธาตุที่พบในกลุ่มชุดดินต่าง ๆ กับกลุ่มชุดดินที่มาจากพื้นรองเท้า ด้วยวิธี ทีเทส จากผลการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุในกลุ่มชุดดินต่าง ๆ กับ กลุ่มชุดดินที่มาจากพื้นรองเท้า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น การวิเคราะห์นี้สามารถใช้ควบคู่กับหลักฐานอื่น ที่เกี่ยวข้องกับการสืบสวนเพื่อเชื่อมโยงผู้ต้องสงสัยไปยังสถานที่ที่น่าสนใจได้ การเก็บตัวอย่างดินจากสถานที่หนึ่งๆ เป็นไปได้ที่คนร้ายจะเหยียบดินจากพื้นที่ต่าง ๆ ได้ ดังนั้นในการวิเคราะห์ควรสุ่มเก็บตัวอย่างดินที่มีความหลากหลาย เช่น สุ่มเก็บตัวอย่างดินจากจุดเกิดเหตุ สุ่มเก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่ที่อยู่ใกล้เคียงกับจุดเกิดเหตุ และสุ่มเก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่ที่ไม่เกี่ยวข้อง หรือจากพื้นที่อื่น ๆ มาทำการเปรียบเทียบกับแหล่งที่มาของตัวอย่างดิน เพื่อความน่าเชื่อถือในการระบุแหล่งที่มาของตัวอย่างดิน อีกวิธีหนึ่ง

ตัวอย่างดินจากแหล่งต่าง ๆ ที่ศึกษาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน พบว่า มีชนิดและปริมาณธาตุของตัวอย่างดินที่แตกต่างกันไปแต่ละสถานที่ เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพของดินแต่ละสถานที่ต่างกัน และการปรับปรุง ป้องกัน แก้วดินแต่ละสถานที่ต่างกัน เช่น มีวิธีการปรับปรุงบำรุงดินให้ดีขึ้น โดยใช้ปุ๋ยเคมี หรือปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อแก้ปัญหาคือการเป็นแผ่นแข็งบนผิวดิน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ (Uitdehaag et al., 2016) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบตัวอย่างดินที่เก็บจากสถานที่เกิดเหตุกับตัวอย่างที่ได้จากผู้ต้องสงสัยโดยนำเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงานมาใช้ในการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของธาตุจำนวน 20 ธาตุ พบว่าวิธีนี้สามารถแยกตัวอย่างดินจากแหล่งที่มาของดินออกจากตัวอย่างดินที่เก็บจากที่อื่น ๆ ได้

งานวิจัยนี้ เป็นการสุ่มเก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่จังหวัดสุรินทร์ ควบคู่กับการดูแผนที่ดินและข้อมูลสารสนเทศทรัพยากรดินรายจังหวัด ของกรมพัฒนาที่ดิน มาวิเคราะห์ตัวอย่างดิน ด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน เป็นเทคนิคที่ใช้ปริมาณตัวอย่างน้อย และใช้เวลาในการวิเคราะห์ที่รวดเร็ว ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างไม่ซับซ้อน สามารถวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของธาตุที่มีอยู่ในตัวอย่างดิน ธาตุที่ตรวจพบในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์ ถือเป็นฐานข้อมูลเบื้องต้น ซึ่งจะมีประโยชน์ต่อเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง สามารถนำข้อมูลไปใช้ประกอบในการสุ่มเก็บตัวอย่างดินมาตรวจพิสูจน์เบื้องต้น เพื่อใช้ในการเชื่อมโยงหลักฐานระหว่างสถานที่เกิดเหตุกับผู้ต้องสงสัยได้ เป็นวิธีการที่สามารถส่งเสริมกระบวนการทางนิติวิทยาศาสตร์ได้อีกวิธีหนึ่ง



ข้อเสนอแนะ

1) ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การศึกษาลักษณะเฉพาะของดิน สามารถนำไปใช้ในการคัดหลักฐานหรือวัตถุพยานที่ไม่เกี่ยวข้องกับที่เกิดเหตุทางนิติวิทยาศาสตร์ได้ แต่ต้องนำข้อมูลไปเชื่อมโยงกับหลักฐานประเภทอื่น ๆ ซึ่งเป็นการให้ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อระบุ หรือชี้ขาด หรือสถานที่เฉพาะเจาะจงที่เกี่ยวข้องกับการสืบสวน

2) ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรบดสารที่นำไปวิเคราะห์ให้ละเอียด เพื่อให้สารเป็นเนื้อเดียวกัน เพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์ (Vanhoof et al., 2004)

2.2 ควรมีการศึกษาตัวอย่างดินชุดเดียวกัน จากแหล่งที่อยู่ต่างกัน เนื่องจากดินมีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพที่คล้ายคลึงกัน

2.3 ควรมีการศึกษาวิธีวิเคราะห์ตัวอย่างดินร่วมกับวิธีอื่น ๆ เช่น การวัดสีโดยโครมามิเตอร์ (Chroma meter) หรือ การวิเคราะห์หาขนาดอนุภาคของดินโดยเครื่องวิเคราะห์ขนาดอนุภาค (Particle size analyzer) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

เอกสารอ้างอิง

- Fuller, J., (2015). *Locard's Exchange Principle – How stuff works*. Retrieved May 6, 2020. From <https://science.howstuffworks.com/locards-exchange-principle1.htm>
- Land Development Department. (2015) *LDD Soil Guide*. Retrieved May 6, 2020. From <http://www1.ddd.go.th/th-TH/LDD-Soil-Guide/>. (In Thai).
- Land Development Department. (n.d.). *Land Use*. Retrieved May 3, 2020. From http://oss101.ddd.go.th/web_soils_for_youth/s_map2.htm. (In Thai).
- Makul, S. (2014). *Forensic Analysis of Soil Samples by The X-ray Diffraction (XRD) Method*. Master of Science Program in Forensic Science Thesis, Silpakorn University, Nakhon Pathom. (In Thai).
- National Agricultural Big Data Center. (2020). *Soil groups*. Retrieved May 3, 2020. From <https://nabc-catalog.oae.go.th/dataset/ddd0003>. (In Thai).
- National Statistical Office. (2019). *The arrest statistics report the number of arrests made*. Retrieved May 6, 2020. From <https://bit.ly/3LvE9ia>. (In Thai).
- Sieangsung, S., & Supreyasunthorn, K. (2015). *The Admissibility of Forensic Evidence in The Criminal Case of Thailand : A Case Study Especial Biological Evidence Follows Judgment of The Supreme Court*. Kasetsart university annual conference of Humanities and Social Sciences. February 3-5, 2015. Bangkok. (In Thai).
- Singh, V. and Agrawal, H.M. (2012). Qualitative Soil Mineral Analysis by EDXRF, XRD and AAS Probes. *Radiation Physics and Chemistry*, 12(81), 1796-1803.
- Srethong, J. (2008). *Identification of Soil Unique Properties as Accessory Evidence for Forensic Science*. Master of Science Thesis, Prince of Songkla University, Songkla. (In Thai).



- Uitdehaag, S., Wiarda, W., Donders, T. and Kuiper I. (2016). Forensic Comparison of Soil Samples Using Nondestructive Elemental Analysis. *The Journal of Forensic Sciences*, 4(62), 861-868.
- Vanhoof C, Corthouts V, Tirez K. (2004). Energy-dispersive X-ray fluorescence systems as analytical tool for assessment of contaminated soils. *Environmental Monitoring*, 6, 344-350.
- Wongsang, N. (2018). *Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometer*. Retrieved May 10, 2020. from https://ubu.ac.th/web/files_up/00048f2020041707435257.pdf. (In Thai).

ประวัติผู้เขียน

คำนำหน้า ชื่อ-สกุล	นางสาวสุกัญดา วิชาชัย *
ตำแหน่ง/สถานะ	นักศึกษาปริญญาโท
ที่อยู่หน่วยงาน/สังกัด	คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ ตำบลสามพราน อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม 73110
ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์	sukunda.wichachai@gmail.com

* ผู้ประพันธ์บรรณกิจ (Corresponding Author)