การจำแนกลักษณะองค์ประกอบของระเบิดที่เกิดขึ้นในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยใช้เทคนิค Scanning Electron Microscope/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy

The Classification of Explosive Device in Three Southern Border Provinces with Scanning Electron Microscope/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy

ธิติ มหาเจริญ*
คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

Thiti Mahacharoen*
Faculty of Forensic Science, Royal Police Cadet Academy

Received: *March 11, 2022*
Revised: *April 20, 2022*
Accepted: *April 27, 2022*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะธาตุองค์ประกอบที่สำคัญในวัตถุระเบิด รวมถึงเปรียบเทียบปริมาณธาตุองค์ประกอบในวัตถุระเบิดแต่ละชนิดที่พบในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยใช้ตัวอย่างเศษวัตถุระเบิดที่ใช้ในการก่อเหตุการณ์ความไม่สงบในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ จำนวน 9 ตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดร่วมกับเครื่องเอกซเรย์สเปคโตรสโคปีแบบกระจายพลังงาน วิเคราะห์ผลด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว ผลการวิจัยพบว่า ธาตุองค์ประกอบของวัตถุระเบิดที่มีปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้แก่ ธาตุคาร์บอน (C) ไนโตรเจน (N) ออกซิเจน (O) แมกนีเซียม (Mg) อะลูมิเนียม (Al) ซิลิกอน (Si) โพแทสเซียม (K) โครเมียม (Cr) แมงกานีส (Mn) เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) คลอรีน (Cl) แคลเซียม (Ca) และกำมะถัน (S) ส่วนธาตุองค์ประกอบที่มีปริมาณไม่แตกต่างกัน ได้แก่ ไทเทเนียม (Ti) โซเดียม (Na) และเงิน (Ag) เมื่อจำแนกธาตุองค์ประกอบแต่ละชนิดที่พบในตัวอย่างเศษวัตถุระเบิด พบว่า ธาตุคาร์บอน (C) ออกซิเจน (O) ซิลิกอน (Si) แมงกานีส (Mn) และเหล็ก (Fe) พบใน 9 ตัวอย่าง โพแทสเซียม (K) และสังกะสี (Zn) พบใน 8 ตัวอย่าง แคลเซียม (Ca) พบใน 7 ตัวอย่าง แมกนีเซียม (Mg) พบใน 6 ตัวอย่าง อะลูมิเนียม (Al) พบใน 5 ตัวอย่าง คลอรีน (Cl) พบใน 4 ตัวอย่าง ไนโตรเจน (N) โครเมียม (Cr) และกำมะถัน (S) พบใน 2 ตัวอย่าง สามารถสรุปได้ว่า วัตถุระเบิดทั้ง 9 ตัวอย่าง มีลักษณะธาตุองค์ประกอบ จำนวนและปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีลักษณะเฉพาะตัว

* ธิติ มหาเจริญ (Corresponding Author)
e-mail: m_thiti@yahoo.com

ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับสารที่มีคุณสมบัติในการระเบิดและสารที่นำมาผสมเพื่อให้มีคุณสมบัติเป็นวัตถุระเบิด

คำสำคัญ: ธาตุองค์ประกอบ วัตถุระเบิด ชายแดนภาคใต้ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เครื่องเอกซเรย์ สเปคโตรสโคปีแบบกระจายพลังงาน

Abstract

This research aimed to study and analyze elemental components of explosive bomb found in three southern border provinces, Thailand, including a comparison of elemental components in various explosive bomb by using SEM/EDX technique to classify types of explosive bomb. This research was experimental research by examining nine samples from the remaining of metal pieces of explosive bomb by using Scanning Electron Microscope/ Energy Dispersive X-ray Spectroscopy. The One-way analysis of variance (ANOVA) was used to analyze the data. The result showed that elemental components which were different at the statistical significance level of 0.05 included Carbon, Nitrogen, Oxygen, Magnesium, Aluminium, Silicon, Potassium, Chromium, Manganese, Ferrous, Zinc, Chlorine, Calcium and Sulphur. The elemental components that were not significantly different were Titanium, Sodium and Silver. The elements found in all nine samples were Carbon, Oxygen, Silicon, Manganese and Ferrous. Potassium and Zinc were found in eight samples. Calcium was found in seven samples. Magnesium was found in six samples. Aluminium was found in five samples and Chlorine was found in four samples. Elements found in two samples included Nitrogen, Chromium and Sulphur. In summary, all nine samples had elemental compounds and elemental quantity which were different at the statistical significance level of 0.05 and had a unique elemental quantity depending on the types of explosive components and how explosive was produced.

Keywords: Elemental Components, Explosive Bomb, Southern Border, Scanning Electron Microscope, Energy Dispersive X-ray Spectroscopy

บทนำ

จากสถิติเหตุการณ์ในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ พ.ศ. 2547–พ.ศ. 2562 มีจำนวนเหตุการณ์ 20,323 เหตุการณ์ มีผู้เสียชีวิต 6,997 ราย และผู้ได้รับบาดเจ็บ 13,143 ราย (Deep South Watch, 2019) เมื่อแยกประเภทของเหตุการณ์ความรุนแรงที่เกิดขึ้น พบว่า เหตุการณ์ความรุนแรงส่วนใหญ่คือการยิง ร้อยละ 40.85 การโจมตีด้วยระเบิด ร้อยละ 20.33 นอกจากนี้ยังมีการบังคับใช้กฎหมายด้วยการปฏิบัติการปิดล้อมตรวจค้น ร้อยละ 9.04 และการวางเพลิง ร้อยละ 8.39 (Jitpiromsri, 2019) แม้ว่าปัจจุบันปัญหาการก่อ

ความไม่สงบในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้มีแนวโน้มลดลงแต่ยังมีระดับความรุนแรงและความไม่สงบอย่างต่อเนื่อง (Office of the National Security Council, 2019) การก่อความรุนแรงด้วยระเบิดส่งผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินเป็นอย่างมาก ซึ่งพบว่าผู้บาดเจ็บส่วนใหญ่เป็นผลจากเหตุการณ์ระเบิด มากถึงร้อยละ 56 (Jitpiromsri, 2019) จากสถานการณ์ความไม่สงบในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ เมื่อกล่าวถึง การก่อความรุนแรงด้วยระเบิด พบว่า ผู้ก่อความไม่สงบมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบและวิธีการก่อความรุนแรงโดยใช้ระเบิดในรูปแบบต่าง ๆ โดยส่วนใหญ่ที่นิยมใช้คือ ระเบิดแสวงเครื่อง (Deep South Watch, 2017) วัตถุระเบิดแสวงเครื่องเป็นรูปแบบหนึ่งของกับระเบิด เป็นการนำวัสดุที่มีอยู่ทั่วไปที่จัดหาได้ง่าย ๆ นำมาประดิษฐ์เป็นระเบิดขึ้นมีรูปแบบหลากหลายไม่แน่นอนตายตัว ดังนั้น การที่จะนำตัวผู้กระทำความผิดที่แท้จริงมาลงโทษจึงเป็นเรื่องที่ยากลำบาก เจ้าหน้าที่ตำรวจจำเป็นต้องนำเอาความรู้ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการตรวจพิสูจน์หลักฐานจากวัตถุพยานต่าง ๆ ที่นำมาจากสถานที่เกิดเหตุ เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ต่อกระบวนการยุติธรรม สามารถอำนวยความยุติธรรมให้กับผู้เสียหายและผู้ต้องหาได้เป็นอย่างดี นิติวิทยาศาสตร์จึงเป็นการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทุกสาขามาประยุกต์ใช้ เพื่อพิสูจน์ข้อเท็จจริงในคดีความเพื่อผลในการบังคับใช้กฎหมายและการลงโทษ เพื่อให้เกิดความเป็นธรรมอย่างแท้จริง (Techasombool, 2017) ทุกครั้งที่มีการกระทำความผิดทางอาญาเกิดขึ้น พยานหลักฐานเป็นข้อมูลสำคัญของการสืบสวนสอบสวน ไม่ว่าจะเป็นวัตถุพยานที่เป็นข้อมูลบ่งชี้ว่ามีการกระทำผิดเกิดขึ้น บ่งชี้ถึงพฤติกรรมของคนร้ายและบ่งชี้หรือเชื่อมโยงถึงตัวผู้กระทำผิด นอกจากสถานที่เกิดเหตุจะเป็นแหล่งรวมของข้อมูลสำคัญดังที่กล่าวมาแล้ว ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีการตรวจพิสูจน์วัตถุพยานก็ยังเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้สถานที่เกิดเหตุมีความสำคัญมากขึ้น

คดีก่อความไม่สงบในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ในหลายคดีมักจะมีระเบิดเข้าไปเกี่ยวข้องและทำให้เกิดการสูญเสียชีวิตของทั้งพลเรือนและเจ้าหน้าที่รัฐ เช่น เมื่อวันที่ 6 เมษายน 2560 เกิดเหตุระเบิดจำนวน 26 จุด ในพื้นที่ 4 จังหวัดชายแดนภาคใต้ (Isranews, 2017) วันที่ 22 กันยายน 2560 เกิดเหตุลอบวางระเบิดรถ อาสาสมัครทหารเสียชีวิต 4 ราย บาดเจ็บ 5 ราย ที่อำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี (Khaosod online, 2017) วันที่ 20 พฤษภาคม 2561 การก่อเหตุระเบิดมากกว่า 10 จุดใน 4 จังหวัดชายแดนภาคใต้ (Thaipbs, 2018) วันที่ 8 มกราคม 2562 เกิดเหตุระเบิดคาร์บอมบ์ใกล้กับหน่วยเฉพาะกิจสงขลา เจ้าหน้าที่ได้รับบาดเจ็บ 6 ราย (Thairath Online, 2019) โดยส่วนใหญ่ภายหลังจากเกิดเหตุการณ์ระเบิด วัตถุพยานที่สามารถตรวจพบได้จะประกอบไปด้วย Lead Azide ใช้ในเชื้อปะทุ เป็นตัวจุดระเบิด PETN ใช้เป็นตัวขยายการระเบิด Ammonium Nitrate และ Fuel Oil จะใช้เป็นดินระเบิดหลัก นอกเหนือจากนี้อาจมีระเบิดแรงดันต่ำจำพวกดินดำ ดินเทาบ้าง และบางครั้งจะพบพวก Chlorate และ Perchlorate ด้วย การจำแนกและวิเคราะห์องค์ประกอบของวัตถุระเบิดนั้นมีความแม่นยำ ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย ย่อมเกิดผลดีต่อกระบวนการยุติธรรม เพราะสามารถพิสูจน์เพื่อยืนยันได้ว่าวัตถุระเบิดที่ใช้ในการก่อเหตุเป็นวัตถุระเบิดประเภทใด ซึ่งผลการวิเคราะห์สามารถนำไปสู่ความคลี่คลายในการสืบสวนสอบสวนคดีได้ อยู่ในเฉพาะ แต่ในปืนทั่วไปนั้น ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงให้ความสนใจที่จะทำการศึกษาและทำการทดลองการตรวจลักษณะธาตุองค์ประกอบในระเบิด โดยวิธี Scanning Electron Microscope/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDX) เพื่อประยุกต์ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อสามารถวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบและหาปริมาณของธาตุองค์ประกอบที่พบในระเบิดแต่ละชนิดที่ผู้ก่อความไม่สงบนำมาใช้ก่อเหตุ และ

ผลการวิจัยสามารถนำมาใช้ในการเปรียบเทียบและนำประยุกต์ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์ลักษณะและปริมาณธาตุองค์ประกอบที่สำคัญในวัตถุระเบิดที่พบในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยใช้เทคนิค SEM/EDX

2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุองค์ประกอบในวัตถุระเบิดที่พบในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยใช้เทคนิค SEM/EDX

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและกรอบแนวคิด

วัตถุระเบิด (Explosive) คือ สารเคมีจำพวกสารประกอบหรือของผสมของสารประกอบ สามารถส่งกำลังดันอย่างแรงต่อสิ่งที่ห้อมล้อมโดยฉับพลันในเวลาที่เกิดระเบิดขึ้น เมื่อได้รับการกระตุ้นที่เหมาะสมด้วยความร้อน แรงกระแทกการเสียดสีหรือแรง Shock Wave จะเกิดปฏิกิริยาการสลายตัวทันทีทันใดตามขั้นตอนของ Thermo Chemica ของวัตถุระเบิด (Udomritthawut, 2012) ซึ่งมีผลให้เกิดความร้อน และก๊าซที่มีแรงดันสูงออกมา ฉะนั้นการระเบิด (Explosion) จึงเป็นผลที่ได้จากการที่วัตถุระเบิดนั้นได้ปลดปล่อยพลังงานออกอย่างรวดเร็ว โดยค่าความร้อนในการเกิดปฏิกิริยานี้จะมีค่าประมาณ 3,000-7,000 องศาฟาเรนไฮต์ และแรงดันมีค่าประมาณ 150,000-3,980,000 psi วัตถุระเบิดสามารถแบ่งได้หลายประเภท เมื่อพิจารณาจากความเร็วในการจุดตัว (Velocity Of Detonation) สามารถแบ่งได้ดังนี้ 1) วัตถุระเบิดแรงต่ำ (Low Explosive) จะแปรสภาพจากเดิมเป็นแก๊สได้อย่างช้า ๆ มีความเร็วในการจุดตัวน้อยกว่า 1,000 เมตร/วินาที เช่น ดินดำ ดินส่งกระสุน พลุ ประทัดดอกไม้ไฟ สารไพโรเทคนิคต่าง ๆ 2) วัตถุระเบิดแรงดันสูง (High Explosive) เกิดจากการเปลี่ยนแปลงวัตถุระเบิดเป็นแก๊สอย่างรวดเร็วในอัตราเร็ว มากกว่า 1,000 เมตร/วินาที (Udomritthawut, 2012) วัตถุระเบิดแรงสูงนี้ใช้บรรจุเป็นดินระเบิดแท่ง บรรจุในทุ่นระเบิด และในลูกระเบิดต่าง ๆ เมื่อพิจารณาจากวัตถุประสงค์การใช้งานได้ สามารถแบ่งได้ดังนี้ 1) วัตถุระเบิดทางทหาร เป็นวัตถุระเบิดที่ใช้ในทางทหาร มีความคงทนต่อการกระแทกเสียดสีเปลวไฟและความร้อน ต้องใช้ตัวจุดที่เหมาะสมเท่านั้นจึงจะเกิดการระเบิด ได้แก่ ดินระเบิดมาตรฐานทางทหารชนิดต่าง ๆ เช่น TNT Comp.4 Military Dynamite เป็นต้น 2) วัตถุระเบิดทางพลเรือน เป็นวัตถุระเบิดที่ใช้ในทางพลเรือน ตามเหมืองหิน หรืองานก่อสร้างต่าง ๆ เช่น การทำลายโครงสร้างอาคารต่าง ๆ การขุดหลุม การขุดอุโมงค์ เป็นต้น มีความไวต่อการกระแทกเสียดสีเปลวไฟและความร้อนมากกว่าวัตถุระเบิดทางทหาร เช่น ดินระเบิดแบบผสมเอง (ANFO) Commercial Dynamite เป็นต้น (Ordnance Department, 2015) 3) วัตถุระเบิดทำเอง (Homemade Explosive or Dirty Bomb) เป็นวัตถุระเบิดที่สามารถทำได้ขึ้นเองจากสารระเบิด (Blasting Agent) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นที่มีใช้ทั่วไปในชีวิตประจำวันและมีจำหน่วยทั่วไปตามท้องตลาด เช่น ปุ๋ยเคมีน้ำมัน ยาปราบศัตรูพืช ยาย้อมผมด่างทับทิม แก๊สหุงต้ม เป็นต้น และหากนำมาผสมรวมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วจะกลายเป็นวัตถุระเบิดซึ่งปกติแล้วจะประกอบด้วยที่มีค่าออกซิเจนสูง ๆ (Oxidizer) และสารที่เป็นเชื้อเพลิง (Fuel) เช่น การนำ Ammonium nitrate มาผสมกับ Gasoline จนได้เป็นดินระเบิดแบบผสมเอง (Ordnance Department, 2015)

สำหรับวัตถุระเบิดที่ใช้ในการก่อความไม่สงบ โดยส่วนใหญ่มักจะเป็นระเบิดแสวงเครื่อง (IED-Improvised Explosive Device (Deep South Watch, 2017) วัตถุระเบิดแสวงเครื่องเป็นรูปแบบหนึ่งของกับระเบิด เป็นการนำวัสดุที่มีอยู่ทั่วไปที่จัดหาได้ง่าย ๆ นำมาประดิษฐ์เป็นระเบิดขึ้นมีรูปแบบหลากหลาย ไม่แน่นอนตายตัว สามารถออกแบบได้สลับซับซ้อน เก็บกู้ แก้ไขได้ยาก ราคาถูก (Phetkong, 2010) การออกแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งาน และความชำนาญของผู้ประกอบระเบิด องค์ประกอบที่สำคัญของวัตถุระเบิดแสวงเครื่อง ได้แก่ แหล่งพลังงาน (Power Supply) วัตถุระเบิด (Explosive) ที่ได้จากระเบิดมาตรฐานหรือดินระเบิดแบบผสมเอง ตัวจุดระเบิด หรือเชื้อปะทุ (Detonator) ระบบควบคุมการจุดระเบิด (Switch) ภาชนะที่ใช้บรรจุ (Container) เมื่อเกิดการระเบิดขึ้น ชิ้นส่วนของภาชนะบรรจุจะแตกออกกลายเป็นสะเก็ดระเบิด (Fragment) นอกจากนี้ ผู้ประกอบระเบิดมักจะนำเอาเศษวัสดุต่าง ๆ บรรจุรวมกับวัตถุระเบิดแสวงเครื่องเพื่อเพิ่มเติมสะเก็ดระเบิดที่เกิดจากภาชนะบรรจุ เรียกว่า เศษโลหะเพิ่มเติม (Shrapnel) ซึ่งสามารถทำจากสิ่งต่าง ๆ เช่น ตะปูเหล็กเส้น โซ่รถลูกปราย เป็นต้น (Ordnance Department, 2015)

ส่วนใหญ่สารที่นำมาใช้ในการประกอบระเบิด ได้แก่ กลุ่มสารระเบิดอนินทรีย์ ซึ่งเป็นสารมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และการทหาร สังเคราะห์ได้ง่าย มีความเสถียร ราคาถูก นอกจากนี้ยังให้อำนาจการระเบิดรุนแรง (Johns et al., 2008) จึงทำให้ได้รับความนิยมในการนำมาใช้เพื่อการก่อเหตุใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ (Phetkong, 2010)

ธาตุ (Element) คือ สารบริสุทธิ์ที่ประกอบด้วยธาตุหรือสารชนิดเดียว ไม่สามารถแยกหรือสลายออกเป็นสารอื่นได้ อนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุ เรียกว่า อะตอม ซึ่งประกอบด้วยอิเล็กตรอนวิ่งวนรอบนิวเคลียสที่ประกอบด้วยโปรตอนและนิวตรอน (Pimdee, 2017) ธาตุมีทั้งสถานะที่เป็นของแข็ง เช่น ธาตุสังกะสี (Zn) ตะกั่ว (Pb) เงิน (Ag) และดีบุก (Sn) เป็นของเหลว เช่น ปรอท (Hg) เป็นแก๊ส เช่น ไนโตรเจน (N2) ฮีเลียม (He) ออกซิเจน (O2) ไฮโดรเจน (H2) เป็นต้น รวมถึงการแบ่งออกเป็น โลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ ตามสมบัติที่แตกต่างกันออกไป ดังนี้ 1) โลหะมีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิปกติ เช่น อลูมิเนียม แมกนีเซียม โซเดียม เหล็ก ตะกั่ว สังกะสี เป็นต้น ยกเว้นปรอทชนิดเดียวที่มีสถานะเป็นของเหลว 2) อโลหะเป็นธาตุที่เป็นได้ทั้ง 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ธาตุอโลหะจะมีสมบัติตรงข้ามกับโลหะคือ เปราะ มีจุดเดือดต่ำและไม่นำไฟฟ้า เช่น ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ออกซิเจน คลอรีน โบรมีน ไอโอดีน กำมะถัน อาร์กอน คาร์บอน ฮีเลียม เป็นต้น 3) กึ่งโลหะธาตุกึ่งโลหะ (Semimetals) หรือธาตุเมทัลลอยด์ (Matalliods) หมายถึง ธาตุที่มีสมบัติกึ่งโลหะและอโลหะ เช่น ธาตุซิลิคอน มีจุดเดือดสูงถึง 3,265 องศาเซลเซียส และนำไฟฟ้าได้เล็กน้อยธาตุกึ่งโลหะส่วนใหญ่จะเป็นสารกึ่งตัวนำ (Semiconductors) และส่วนใหญ่มีโครงสร้างแบบโครงผลึกร่างตาข่าย

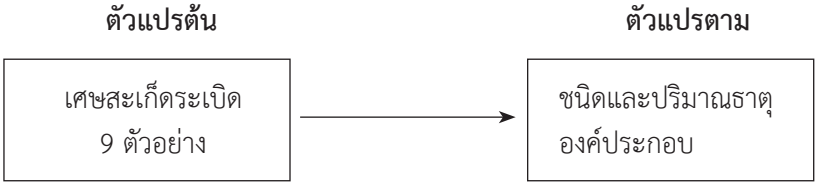
เทคนิคการตรวจโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนเป็นเทคนิคที่มีประโยชน์ในการตรวจวัตถุขนาดเล็กซึ่งจะทำให้เกิดภาพที่มีกำลังขยายสูง กำลังขยายที่สูงกว่ากล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงร่วมกับการค้นพบโครงสร้างพื้นฐานของอะตอมทำให้เกิดการประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM) เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดหนึ่งที่ถ่ายภาพชิ้นงานโดยอาศัยหลักการกราดไปบนพื้นผิวตัวอย่างด้วยลำอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูงที่ถูกปล่อยจากแหล่งกำเนิด (Electron gun) เมื่ออิเล็กตรอนดังกล่าวกระทบกับผิวชิ้นงานที่ประกอบไปด้วยอะตอมต่าง ๆ จะปล่อยสัญญาณที่สามารถนำไปประมวลผลและให้ข้อมูลเป็นภาพพื้นผิวของวัตถุ องค์ประกอบของพื้นผิว และคุณสมบัติอื่น ๆ เช่น คุณสมบัติการนำไฟฟ้า เป็นต้น

สำหรับเครื่องเอกซเรย์สเปคโตรสโคปีแบบกระจายพลังงาน สามารถวิเคราะห์ได้ตั้งแต่ ธาตุคาร์บอนถึงธาตุยูเรเนียม สามารถทดสอบได้ทั้งของแข็ง ของเหลว หรือเป็นผง สามารถวิเคราะห์ได้ตั้งแต่ธาตุโซเดียมจนถึงธาตุยูเรเนียม โดยการวิเคราะห์สามารถแสดงผลเป็นชนิดและปริมาณของธาตุ (Kasetsart University Research and Development Institute, 2017) หลักการของเทคนิคนี้ คือ ให้รังสีเอ็กซ์จากแหล่งกำเนิดเข้าไปชนสารตัวอย่างรังสีเอ็กซ์จะทำให้อิเล็กตรอนวงในสุดของอะตอมของธาตุหลุดออกไป อิเล็กตรอนในวงถัดมาจะเข้ามาแทนที่และคายพลังงานส่วนเกินออกมาในลักษณะของเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต์ซึ่งจะมีค่าพลังงานเป็นค่าเฉพาะของตัวของธาตุนั้นเป็นพื้นฐานการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและความเข้มข้นของเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต์ที่เกิดขึ้น

งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะนำเทคนิคทั้งสองเทคนิคดังกล่าวมาใช้งานร่วมกันจะทำให้สามารถระบุปริมาณธาตุองค์ประกอบของเศษวัตถุระเบิดจากที่พบในสถานที่เกิดเหตุ หรือที่ติดตามร่างกายเหยื่อและคนร้ายได้อย่างแม่นยำซึ่งสามารถเชื่อมโยงการกระทำผิดของคนร้ายเข้ากับสถานที่เกิดเหตุได้ในคดีอาชญากรรม อีกทั้งเป็นเทคนิคที่มีความจำเพาะ แม่นยำ มีความไวสูง ใช้ปริมาณตัวอย่างน้อย

กรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้นำแนวคิดการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและการวิเคราะห์เชิงปริมาณของธาตุองค์ประกอบบนสะเก็ดระเบิดและลักษณะการกระจายของธาตุองค์ประกอบที่ใช้ในการประกอบระเบิดด้วยเทคนิค SEM/EDX โดยนำข้อมูลมาเปรียบเทียบเพื่อสามารถนำมาใช้ในการแยกประเภทของวัตถุระเบิดแต่ละชนิด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

ธาตุองค์ประกอบที่พบในตัวอย่างเศษวัตถุระเบิดที่ใช้ในการก่อเหตุการณ์ความไม่สงบในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดประเภทต่าง ๆ

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะธาตุองค์ประกอบที่สำคัญในวัตถุระเบิดที่พบในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ รวมถึงเปรียบเทียบปริมาณธาตุองค์ประกอบในวัตถุระเบิดที่พบในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยใช้ SEM/EDX การวิจัย

ครั้งนี้ คือ เศษวัตถุระเบิด จำนวน 9 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นตัวอย่างที่เก็บได้จริงจากเหตุการณ์ระเบิดในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ และนำมาวิเคราะห์เพื่อจำแนกประเภทของวัตถุระเบิด โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและเครื่องเอกซเรย์สเปคโตรสโคปีแบบกระจายพลังงาน (SEM/EDX) ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุที่ใช้ในการประกอบวัตถุระเบิดแต่ละชนิด

วิธีการวิจัย

1. ทำการกำหนดพื้นที่สำหรับเก็บอนุภาคสารประกอบจากเศษชิ้นส่วนวัตถุระเบิดแต่ละตัวอย่าง โดยกำหนดให้พื้นที่แต่ละตำแหน่งไม่ทับซ้อนกัน ตัวอย่างละ 5 ตำแหน่ง

2. ทำการเก็บอนุภาคสารประกอบจากเศษชิ้นส่วนวัตถุระเบิดแต่ละตัวอย่าง โดย Stub ด้วยวิธี Lifting ในตำแหน่งที่ 1 กล่าวคือ ให้ผู้ที่ทำการเก็บตัวอย่างกด Stub ลงบนเศษชิ้นส่วนวัตถุระเบิดตัวอย่างแล้วดึง Stub ขึ้น

3. นำ Stub ที่เก็บอนุภาคสารประกอบวัตถุระเบิดตำแหน่งที่ 1 มาเก็บไว้ใน Storage Tube เพื่อป้องกันการปนเปื้อนและระบุหมายเลขหมายตำแหน่งของตัวอย่าง

4. ทำการเก็บอนุภาคสารประกอบจากเศษชิ้นส่วนวัตถุระเบิดแต่ละตัวอย่าง โดย Stub ด้วยวิธี Lifting ในตำแหน่งที่ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ และนำอนุภาคแต่ละตำแหน่งที่เก็บได้มาเก็บไว้ใน Storage Tube

5. ทำการเก็บตัวอย่างอนุภาคสารประกอบจากเศษชิ้นส่วนวัตถุระเบิดแต่ละตัวอย่าง จนครบทั้ง 9 ตัวอย่าง

6. ทำการวิเคราะห์ชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบและวิเคราะห์ปริมาณธาตุองค์ประกอบ ด้วยเครื่อง SEM/EDX และบันทึกผลการทดลอง

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) และการทดสอบสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95.0% เมื่อ $p<0.05$ ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการศึกษา

1. ผลการวิเคราะห์ลักษณะและปริมาณธาตุองค์ประกอบที่สำคัญในวัตถุระเบิดที่พบในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยใช้เทคนิค SEM/EDX

จากการวิเคราะห์ลักษณะและปริมาณธาตุองค์ประกอบที่สำคัญในวัตถุระเบิดที่พบในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ จำนวน 9 ตัวอย่าง โดยใช้เทคนิค SEM/EDX พบธาตุและปริมาณธาตุดังนี้ ธาตุคาร์บอน (C) มีปริมาณธาตุเฉลี่ยเท่ากับ 10.45±5.00 ไนโตรเจน (N) มีปริมาณธาตุเฉลี่ยเท่ากับ 2.42±2.22 ออกซิเจน (O) มีปริมาณธาตุเฉลี่ยเท่ากับ 46.32±4.37 แมกนีเซียม (Mg) มีปริมาณธาตุเฉลี่ยเท่ากับ 0.52±0.80 อะลูมิเนียม (Al) มีปริมาณธาตุเฉลี่ยเท่ากับ 3.22±3.12 ซิลิกอน (Si) มีปริมาณธาตุเฉลี่ยเท่ากับ 6.53±6.51 โพแทสเซียม (K) มีปริมาณธาตุเฉลี่ยเท่ากับ 0.27±0.30 โครเมียม (Cr) มีปริมาณธาตุเฉลี่ยเท่ากับ 0.06±0.05 แมงกานีส (Mn) มีปริมาณธาตุเฉลี่ยเท่ากับ 0.23±0.16 เหล็ก (Fe) มีปริมาณธาตุเฉลี่ยเท่ากับ 30.55±12.73 สังกะสี (Zn) มีปริมาณธาตุเฉลี่ยเท่ากับ 2.07±2.50 คลอรีน (Cl) มีปริมาณธาตุเฉลี่ยเท่ากับ 0.14±0.11 แคลเซียม (Ca) มีปริมาณธาตุเฉลี่ยเท่ากับ 0.98±1.27 กำมะถัน (S) มีปริมาณธาตุเฉลี่ยเท่ากับ 0.05±0.04

ไทเทเนียม (Ti) มีปริมาณธาตุเฉลี่ยเท่ากับ 0.19±0.29 โซเดียม (Na) มีปริมาณธาตุเฉลี่ยเท่ากับ 0.22±0.17 และเงิน (Ag) มีปริมาณธาตุเฉลี่ยเท่ากับ 0.03±0.00

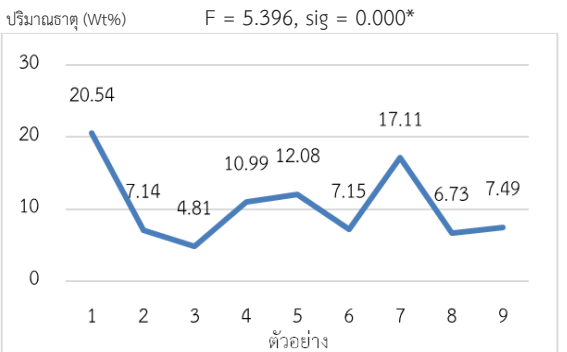
2. ผลการเปรียบเทียบปริมาณธาตุองค์ประกอบในวัตถุระเบิดที่พบในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยใช้เทคนิค SEM/EDX

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุองค์ประกอบที่พบในวัตถุระเบิดทั้ง 9 ตัวอย่างโดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) พบว่า ธาตุองค์ประกอบที่พบในวัตถุระเบิดมีปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้แก่ ธาตุคาร์บอน (C) ไนโตรเจน (N) ออกซิเจน (O) แมกนีเซียม (Mg) อะลูมิเนียม (Al) ซิลิกอน (Si) โพแทสเซียม (K) โครเมียม (Cr) แมงกานีส (Mn) เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) คลอรีน (Cl) แคลเซียม (Ca) และกำมะถัน (S)

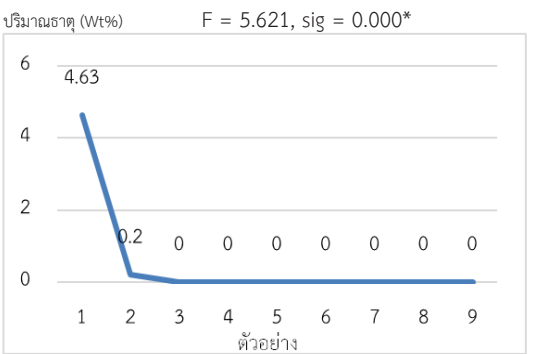
ส่วนธาตุองค์ประกอบที่พบในวัตถุระเบิดที่มีปริมาณไม่แตกต่างกัน ได้แก่ ไทเทเนียม (Ti) โซเดียม (Na) และเงิน (Ag) เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณธาตุองค์ประกอบที่พบในวัตถุระเบิด โดยใช้การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ด้วยวิธี LSD (Least-Significant Different) พบว่า

คาร์บอน (C) ที่พบในวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 1 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 2, 3, 4, 5, 6, 8 และ 9 ในตัวอย่างที่ 3 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 5 และในตัวอย่างที่ 7 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 2, 3, 6, 8 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (F = 5.396, sig = 0.000)

ไนโตรเจน (N) ที่พบในวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 1 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (F = 5.621, sig = 0.000)



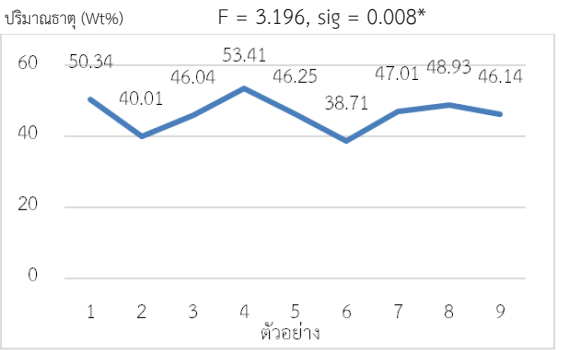
ภาพที่ 1 ปริมาณธาตุคาร์บอน (C)



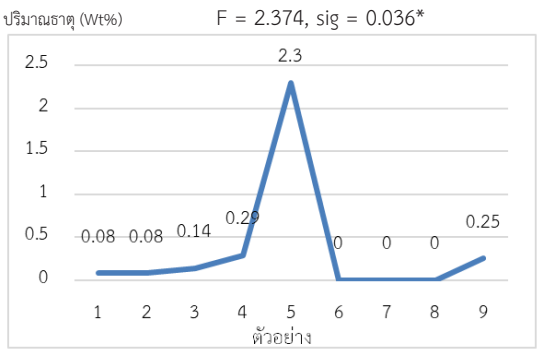
ภาพที่ 2 ปริมาณธาตุไนโตรเจน (N)

ออกซิเจน (O) ที่พบในวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 1 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 2 และ 6 ในตัวอย่างที่ 2 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดประเภทที่ 4 และ 8 และตัวอย่างที่ 6 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดประเภทที่ 4, 5, 7, 8 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (F = 3.196, sig = 0.008)

แมกนีเซียม (Mg) ที่พบในวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 5 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดประเภทที่ 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (F = 2.374, sig = 0.036)



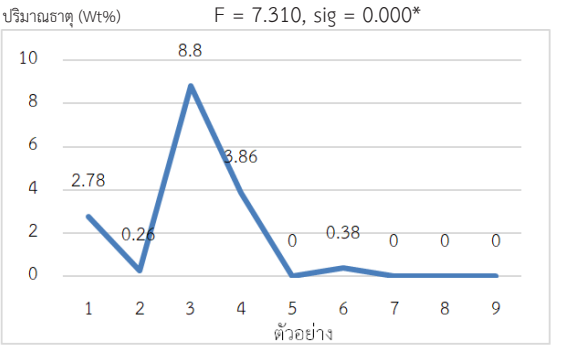
ภาพที่ 3 ปริมาณธาตุออกซิเจน (O)



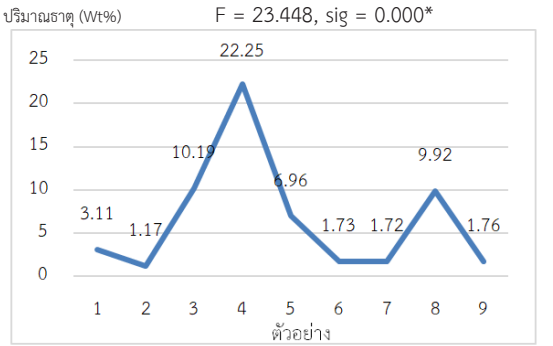
ภาพที่ 4 ปริมาณธาตุแมกนีเซียม (Mg)

อะลูมิเนียม (Al) ที่พบในวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 3 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 และในตัวอย่างที่ 4 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดประเภทที่ 2, 5, 6, 7, 8 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (F = 7.310, sig = 0.000)

ซิลิกอน (Si) ที่พบในวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 3 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดประเภทที่ 1, 2, 4, 6, 7 และ 9 ในตัวอย่างที่ 4 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดประเภทที่ 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 และ 9 ตัวอย่างที่ 5 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดประตัวอย่างที่ 2, 6, 7 และ 9 และตัวอย่างที่ 8 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดประเภทที่ 1, 2, 6, 7 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (F= 23.448, sig = 0.000)



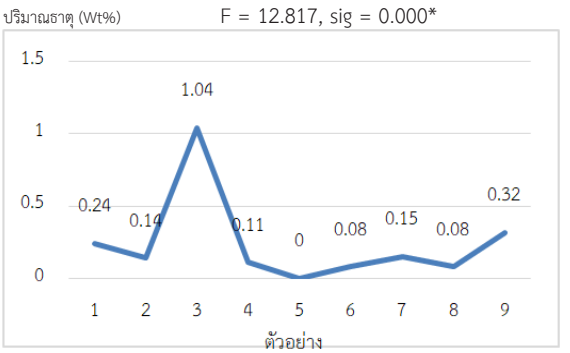
ภาพที่ 5 ปริมาณธาตุอะลูมิเนียม (Al)



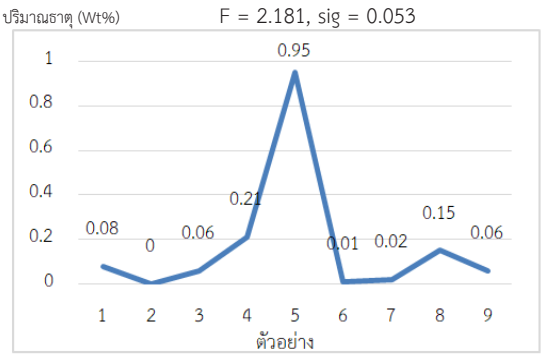
ภาพที่ 6 ปริมาณธาตุซิลิกอน (Si)

โพแทสเซียม (K) ที่พบในวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 3 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดประเภทที่ 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 และในตัวอย่างที่ 5 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (F = 12.817, sig = 0.000)

ไทเทเนียม (Ti) ที่พบในวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 5 มีปริมาณไม่แตกต่างกับวัตถุระเบิดประเภทที่ 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 และ 9 (F = 2.181, sig = 0.053)



ภาพที่ 7 ปริมาณธาตุโพแทสเซียม (K)

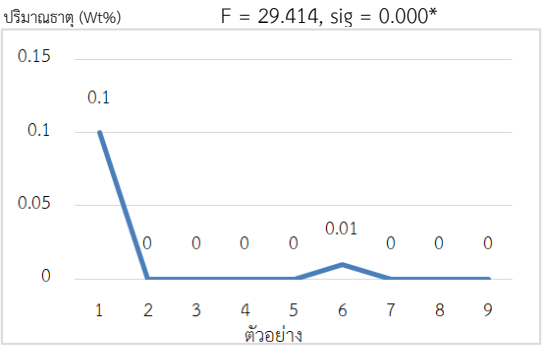


ภาพที่ 8 ปริมาณธาตุไทเทเนียม (Ti)

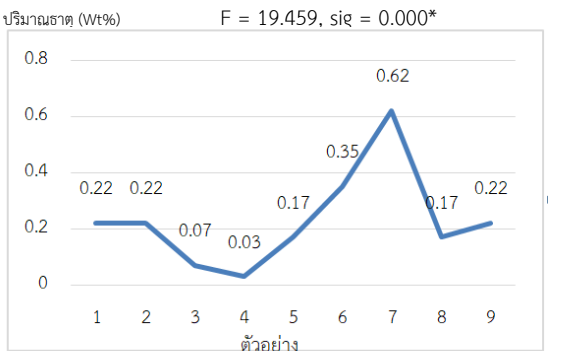
โครเมียม (Cr) ที่พบในวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 1 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดประเภทที่ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (F = 29.414, sig = 0.000)

แมงกานีส (Mn) ที่พบในวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 3 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดประเภทที่ 1, 2, 6 และ 9

ในตัวอย่างที่ 4 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดประเภทที่ 1, 2, 5, 6, 8 และ 9 ตัวอย่างที่ 6 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดประเภทที่ 1, 2, 5, 8 และ 9 และในตัวอย่างที่ 7 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดประเภทที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (F = 19.459, sig = 0.000)



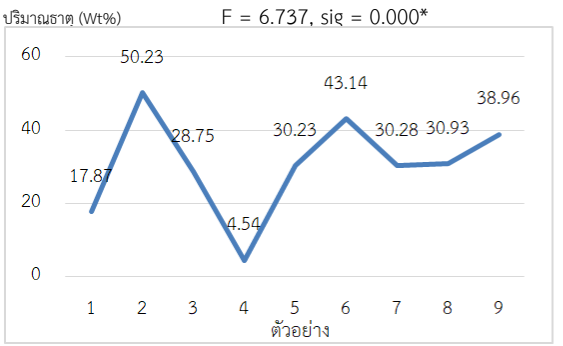
ภาพที่ 9 ปริมาณธาตุโครเมียม (Cr)



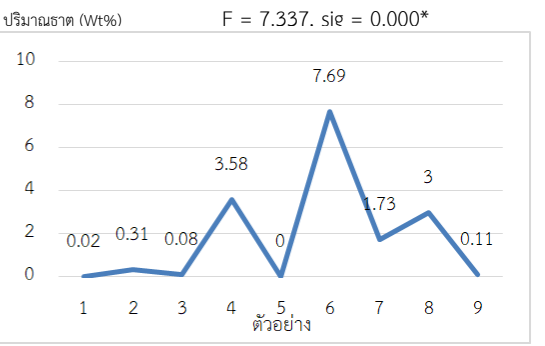
ภาพที่ 10 ปริมาณธาตุแมงกานีส (Mn)

เหล็ก (Fe) ที่พบในวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 1 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 6 และ 9 ในตัวอย่างที่ 2 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 1, 3, 4, 5, 7 และ 8 และในตัวอย่างที่ 4 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 2, 3, 5, 6, 7, 8 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (F = 6.737, sig = 0.000)

สังกะสี (Zn) ที่พบในวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 4 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดประเภทที่ 1, 2, 3, 5, 6 และ 9 ในตัวอย่างที่ 6 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดประเภทที่ 1, 2, 3, 5, 7, 8 และ 9 และตัวอย่างที่ 8 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดประเภทที่ 1, 3, 5 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (F = 7.337, sig = 0.000)



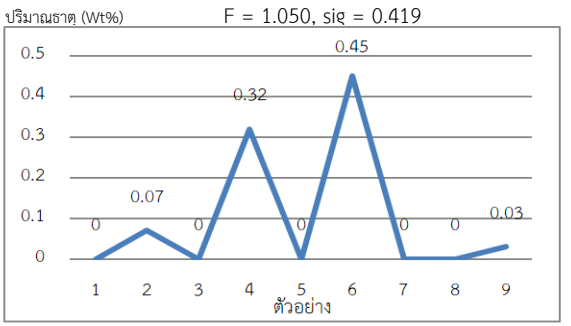
ภาพที่ 11 ปริมาณธาตุเหล็ก (Fe)



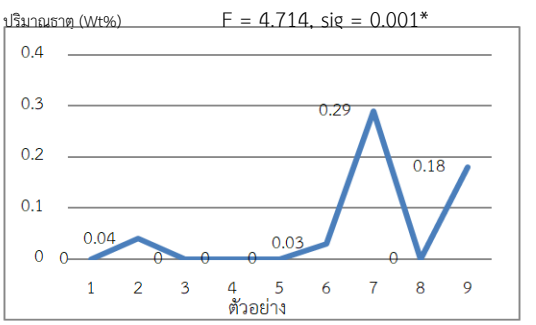
ภาพที่ 12 ปริมาณธาตุสังกะสี (Zn)

โซเดียม (Na) ที่พบในวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 6 มีปริมาณไม่แตกต่างกันกับวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8 และ 9 (F = 1.050, sig = 0.419)

คลอรีน (Cl) ที่พบในวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 7 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดประเภทที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 8 และในตัวอย่างที่ 9 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดประเภทที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (F = 4.714, sig = 0.001)



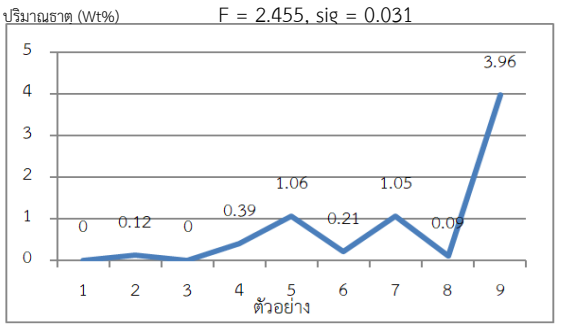
ภาพที่ 13 ปริมาณธาตุโซเดียม (Na)



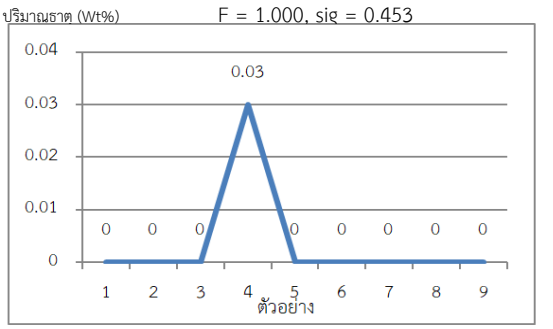
ภาพที่ 14 ปริมาณธาตุคลอรีน (Cl)

แคลเซียม (Ca) ที่พบในวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 9 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดประเภทที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (F = 2.455, sig = 0.031)

เงิน (Ag) ที่พบในวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 4 มีปริมาณไม่แตกต่างกับวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 และ 9 (F = 1.000, sig = 0.453)

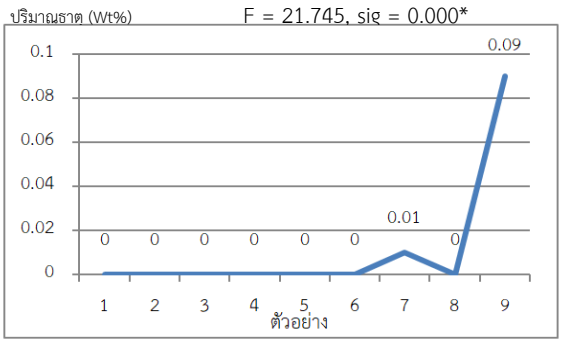


ภาพที่ 15 ปริมาณธาตุแคลเซียม (Ca)



ภาพที่ 16 ปริมาณธาตุคลอรีน (Cl)

กำมะถัน (S) ที่พบในวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 9 มีปริมาณแตกต่างกับวัตถุระเบิดตัวอย่างที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (F = 21.745, sig = 0.000)



ภาพที่ 17 ปริมาณธาตุกำมะถัน (S)

อภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ลักษณะและปริมาณธาตุองค์ประกอบที่สำคัญในวัตถุระเบิดที่พบในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ จำนวน 9 ตัวอย่าง โดยใช้เทคนิค SEM/EDX พบธาตุและปริมาณธาตุดังนี้ ธาตุคาร์บอน (C) ไนโตรเจน (N) ออกซิเจน (O) แมกนีเซียม (Mg) อะลูมิเนียม (Al) ซิลิกอน (Si) โพแทสเซียม (K) โครเมียม (Cr) แมงกานีส (Mn) เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) คลอรีน (Cl) แคลเซียม (Ca) กำมะถัน (S) ไทเทเนียม (Ti) โซเดียม (Na) มี และเงิน (Ag) ซึ่งพบว่า ธาตุองค์ประกอบที่พบเหล่านี้เป็นธาตุองค์ประกอบสำคัญในการผลิตวัตถุระเบิด โดยพบว่าวัตถุระเบิดที่ใช้ในการก่อความไม่สงบ ส่วนใหญ่มักจะเป็นระเบิดแสวงเครื่อง (Deep South Watch, 2017) มีส่วนประกอบของสารระเบิดอนินทรีย์ ซึ่งเป็นสารที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายและเป็นสารตั้งต้นที่มีใช้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน เช่น ปุ๋ยเคมีน้ำมัน ยาปราบศัตรูพืช เป็นต้น โดยปกติแล้วจะประกอบด้วยที่มีค่าออกซิเจนสูง ๆ และสารที่เป็นเชื้อเพลิง จนได้เป็นดินระเบิดแบบผสมเอง (Ordnance Department, 2015)

นอกจากนี้จากผลการศึกษา พบว่า วัตถุระเบิดแต่ละประเภทมีลักษณะและธาตุที่เป็นองค์ประกอบแตกต่างกัน เนื่องจากการผลิตระเบิดแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันของสารที่เป็นส่วนประกอบหลักของวัตถุ

ระเบิด ซึ่งจะเป็นตัวก่อให้เกิดแรงดันจำนวนมหาศาล โดยความเสียหายที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุระเบิดและปริมาณของวัตถุระเบิดที่ใช้ ส่วนใหญ่วัตถุระเบิดที่ใช้เป็นวัตถุระเบิดหลักจะเป็นดินระเบิดมาตรฐานทางพลเรือนและดินระเบิดชนิดทำเอง วัตถุระเบิดมาตรฐานทางพลเรือนที่พบว่ามีการใช้กันมากและถูกใช้มาอย่างต่อเนื่องนั้นก็คือ แอมโมเนียมไนเตรทซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปในงานที่เกี่ยวข้องกับเหมืองหิน ซึ่งเมื่อนำมาผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงในอัตราส่วนที่พอเหมาะจะกลายเป็นวัตถุระเบิดที่เรียกว่า ANFO (Ordnance Department, 2015) นอกจากนี้ยังสามารถนำปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 สารปราบศัตรูพืช (Sodium Chlorate) มาใช้ทดแทนได้ และอีกประเภทหนึ่งที่นำมาใช้กันอย่างกว้างขวางและต่อเนื่องก็คือ Emulsion Explosive หรือที่เรียกกันว่า Power Gel นิยมนำมาใช้เป็นส่วนขยายการระเบิด (Booster) ทำให้การระเบิดสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ยังพบว่ามีการใช้วัตถุระเบิดแรงดันต่ำประเภทดินดำและสารไพโรเทคนิค ซึ่งเป็นสารให้แสงสว่างและสีต่าง ๆ มาใช้เป็นวัตถุระเบิดหลักด้วย (Explosive Ordnance Disposal, 2012)

จากการตรวจสถานที่เกิดเหตุคดีระเบิดในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ พบว่า ระเบิดที่คนร้ายใช้ส่วนใหญ่เป็นระเบิดแสวงเครื่อง (Deep South Watch, 2017) ที่ถูกประกอบขึ้นจากวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น และมีราคาถูก เป็นระเบิดที่ผลิตและประกอบขึ้นเอง (Phetkong, 2010) จึงไม่มีมาตรฐานและขั้นตอนที่แน่นอน ขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้ประกอบ โดยมีส่วนบรรจุเป็นสารระเบิดมาตรฐานหรือสารระเบิดที่ผสมขึ้นเอง ใช้วัสดุที่หาได้ง่าย ระเบิดแสวงเครื่องจึงไม่มีรูปแบบที่แน่นอน (Phetkong, 2010) เมื่อจำแนกตามประเภทของสารประกอบระเบิดที่ผู้ก่อเหตุใช้ในช่วงปี 2547-2549 สารระเบิดที่พบบ่อยที่สุดคือ ปุ๋ยยูเรียผสมกับน้ำมันเบนซิน หลังจากที่มีการควบคุมปุ๋ยยูเรียผู้ก่อความไม่สงบจึงนำสารแอมโมเนียมไนเตรทมาใช้แทนยูเรีย ต่อมาในปี 2550 พบว่ามีการนำโซเดียมคลอเรตหรือยาฆ่าหญ้ามาใช้ในการผลิตระเบิดจนกระทั่งถึงปัจจุบัน ซึ่งพบว่ามีการนำดินดำในประทัดมาเป็นดินระเบิดบ้างแต่ไม่มาก (Isranews, 2013)

ส่วนประกอบหลักที่ใช้ในการผลิตระเบิดแสวงเครื่องมี 2 ส่วน คือ สารให้ออกซิเจน (Oxidizer) ก็คือสารพวกกลุ่มไนเตรท (NO_3) และกลุ่มคลอเรต (ClO_3) เป็นต้น และเชื้อเพลิง (Fuel) ได้แก่ น้ำมันเชื้อเพลิง ถ่านไม้ น้ำตาลทราย ผงอะลูมิเนียม เป็นต้น (Border Patrol Police Bureau, 2016) หากได้รับการกระตุ้นที่เหมาะสมด้วยความร้อน แรงกระแทก การเสียดสีหรือคลื่นกระแทก จะเกิดปฏิกิริยาสลายตัวทันที ทำให้เกิดการระเบิดและการลุกไหม้อย่างรวดเร็ว สารองค์ประกอบสำคัญที่พบในวัตถุระเบิด ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน อะลูมิเนียม โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์หรือกำมะถัน สังกะสี คลอไรด์ โครเมท ไนเตรท คลอเรต เปอร์คลอเรต ไฮโปคลอไรต์ แอมโมเนียม แบเรียม แคลเซียม โซเดียม แมกนีเซียม แมงกานีส และดินดำ เป็นต้น ซึ่งสารที่นำมาใช้ในการประกอบวัตถุระเบิดส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มสารระเบิดอนินทรีย์ (Inorganic Explosives) สามารถสังเคราะห์ได้ง่าย มีความเสถียร ราคาถูก ซื้อขายได้ง่าย และมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และทางทหาร และให้อำนาจการระเบิดที่รุนแรง จากการวิจัยนี้ก็ตรวจพบธาตุหรือสารองค์ประกอบเหล่านี้อยู่ในวัตถุระเบิดตัวอย่าง เมื่อระเบิดแสวงเครื่องเกิดการระเบิดจะทำให้เกิดสารหรือไอออนต่าง ๆ ไอออนดังกล่าวนี้มีทั้งที่มาจากสารประกอบที่นำมาใช้ทำวัสดุสำหรับประกอบระเบิดแสวงเครื่องและมาจากสารที่นำมาใช้ประกอบระเบิด เมื่อเกิดการระเบิดสารเหล่านั้นจะเกิดการเผาไหม้และเกิดเปลี่ยนรูปไป จะมีบางส่วนที่ตกค้างอยู่ ซึ่งการตรวจสอบและพิสูจน์หาสารตกค้างที่เกิดขึ้นภายหลังจากการระเบิดจะสามารถระบุชนิดของสารที่นำมาใช้ประกอบระเบิด และสามารถใช้เป็นหลักฐานเกี่ยวโยงกับผู้ต้องสงสัยได้ และเมื่อทราบชนิดของสารที่นำมาใช้ในการประกอบระเบิดก็จะสามารถนำไปสืบหาพยานหลักฐานเพิ่มเติมได้

(Hutchinson et al., 2007) ในการวิจัยนี้สามารถจำแนกสารองค์ประกอบที่พบในวัตถุระเบิด โดยแบ่งตามไอออนที่เหลือจากการระเบิดได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มไอออนบวก ประกอบด้วย แมกนีเซียม (Mg) อะลูมิเนียม (Al) โพแทสเซียม (K) โครเมียม (Cr) แมงกานีส (Mn) เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) และแคลเซียม (Ca) และกลุ่มไอออนลบ ประกอบด้วย คาร์บอน (C) ไนโตรเจน (N) ออกซิเจน (O) ซิลิกอน (Si) คลอรีน (Cl) และกำมะถัน (S)

การตรวจพิสูจน์หาสารประกอบระเบิดสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FTIR), Capillary Electrophoresis (CE),Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS),High Performance Liquid Chromatography (HPLC) เป็นต้น ซึ่งเทคนิคดังกล่าวใช้เวลาในการตรวจวิเคราะห์และเตรียมตัวอย่างค่อนข้างนาน และต้องใช้ผู้ชำนาญหรือผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบ นอกจากนี้ยังเป็นเครื่องมือที่มีราคาสูงและมีค่าใช้จ่ายในการดูแลและบำรุงรักษาเครื่องสูง สำหรับการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค SEM/EDX นั้น เป็นวิธีที่มีความแม่นยำสูง สามารถแสดงผลออกเป็นภาพสามมิติ คือมีทั้งความกว้าง ความยาว และความลึกได้อย่างชัดเจน และสามารถระบุชนิดของธาตุองค์ประกอบและวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ได้หลายธาตุในเวลาเดียวกัน ด้วย Energy Dispersive X-ray Spectroscope (EDX) ซึ่งมีความไวสูง สามารถวิเคราะห์ธาตุที่มีปริมาณน้อยมากได้ นอกจากนี้การเตรียมตัวอย่างทำได้ง่ายและใช้เวลาในการตรวจแสดงผลอย่างรวดเร็ว (Porntaywabanchar, 2013) สามารถนำมาใช้ในการตรวจวิเคราะห์ลักษณะและปริมาณธาตุหรือสารองค์ประกอบสำคัญในวัตถุระเบิดแต่ละชนิดได้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

1. เทคนิค Scanning Electron Microscope/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDX) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะและปริมาณธาตุหรือสารองค์ประกอบสำคัญในวัตถุระเบิดแต่ละชนิดได้เป็นวิธีที่มีความแม่นยำสูง แสดงผลรวดเร็ว และสามารถวิเคราะห์ธาตุที่มีปริมาณน้อยมาก

2. ธาตุองค์ประกอบที่สำคัญที่ตรวจพบในวัตถุระเบิดส่วนใหญ่มักเป็นกลุ่มสารระเบิดอนินทรีย์ ซึ่งเป็นสารมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม ดังนั้น เพื่อเป็นการควบคุมและลดระดับความเสี่ยงในการก่อความไม่สงบโดยวัตถุระเบิด หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการควบคุมการซื้อขายสารเคมี ปุ๋ยเคมี สารปราบศัตรูพืช วัสดุ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องที่ใช้เป็นองค์ประกอบในการประกอบวัตถุระเบิด

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการเพิ่มจำนวนตัวอย่างในการวิจัยให้มีความหลากหลายมากขึ้น ทั้งสารที่ใช้เป็นองค์ประกอบหลักและสารที่นำมาใช้เป็นส่วนขยายการระเบิด เพื่อให้งานวิจัยมีความครอบคลุมและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์และกระบวนการสืบสวน

2. ควรมีการศึกษาถึงความแตกต่างของสารประกอบที่นำมาใช้ทำวัสดุสำหรับประกอบระเบิดและสารที่นำมาใช้ประกอบระเบิด เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการเปรียบเทียบและนำไปประยุกต์ใช้ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมสรรพาวุธทหารบก. (2558). **คู่มือการป้องกันเกี่ยวกับวัตถุต้องสงสัย สำหรับประชาชน.** กรุงเทพฯ: กรมสรรพาวุธทหารบก.

กองบัญชาการตำรวจตระเวนชายแดน. (2559). **การระวังป้องกันเหตุลอบวางระเบิด.** [Online]. Available: https://bpptrain.go.th/New/EOD3.pdf. [2562, มกราคม 15].

ข่าวสดออนไลน์. (2017). **เหตุการณ์ระเบิดทหารพราน.** [Online]. Available: https://www.khaosod.co.th/breaking-news/news_522271. [2562, มิถุนายน 22].

ณปภัช พิมพ์ดี. (2560). **ธาตุและสารประกอบ.** [Online]. Available: https://www.scimath.org/lesson-chemistry/item/7175-2017-06-05-13-51-33. [2562, กุมภาพันธ์ 4].

พรสวรรค์ อุดมฤทธาวุฒิ. (2555). **การวิเคราะห์รูปแบบและวิธีการก่อเหตุระเบิดใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้.** การค้นคว้าอิสระ หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ไทยพีบีเอส. (2018). **เหตุการณ์วางระเบิด.** [Online]. Available: https://news.thaipbs.or.th/content/272323 [2562, มกราคม 17].

ไทยรัฐออนไลน์.(2562). **คาร์บอมบ์.** [Online]. Available: https://www.thairath.co.th/news/local/south/1464848 [2562, มกราคม 23]. (in Thai)

ภูริภัทร เพชรคง. (2555). **การตรวจวัดสารระเบิดอนินทรีย์ที่นิยมใช้ใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ของประเทศไทย โดยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ศูนย์เฝ้าระวังสถานการณ์ภาคใต้. (2560). **สรุปเหตุการณ์ในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้.** [Online]. Available: https://deepsouthwatch.org/index.php/th. [2562, มกราคม 15].

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2560). **กล้องจุลทรรศน์.** [Online]. Available: http://www3.rdi.ku.ac.th/cl/webpages/microscope.htm. [2562, กุมภาพันธ์ 4].

สมพงษ์ เตชะสมบูรณ์. (2560). **นิติวิทยาศาสตร์กับการเสริมสร้างความยุติธรรม.** [Online]. Available: http://www.dsdw2016.dsdw.go.th/doc_pr/ndc_2560-2561/PDF/.pdf. [2562, มกราคม 9].

สำนักข่าวอิศรา. (2556). **เรื่องเด่น-ภาคใต้.** [Online]. Available: https://www.isranews.org/.../20840-htm. [2561, ตุลาคม 15].

สำนักข่าวอิศรา. (2560). **สรุประเบิดเสาไฟฟ้า.** [Online]. Available: https://www.isranews.org/south-news/other-news/55288-pole-55288. [2562, มกราคม 20].

สำนักงานสภาความมั่นคงแห่งชาติ. (2562). **นโยบายการบริหารและการพัฒนาจังหวัดชายแดนภาคใต้ พ.ศ. 2560-2562.** กรุงเทพฯ: สำนักงานสภาความมั่นคงแห่งชาติ.

ศรีสมภพ จิตร์ภิรมย์ศรี. (2562). **อัลกอริทึมของความแปรปรวนในความรุนแรง 15 ปีชายแดนใต้.** [Online]. Available: https://deepsouthwatch.org/th/node/11928. [2562, ตุลาคม 27].

หน่วยทำลายล้างวัตถุระเบิด. (2555). **วัตถุระเบิด.** [Online]. Available: https://sites.google.com/site/ordcrma/watthu-rabeid. [2561, ตุลาคม 15].

References

Hutchinson, J. P., Evenhuis, C. J., Johns, C., Kazarian, A. A., Breadmore, M. C., Macka, M., Hilder, E. F., Guijt, R. M., Dicinoski, G. W., and Haddad, P. R. (2007). Identification of Inorganic Improvised Explosive Devices by Analysis of Postblast Residues Using Portable Capillary Electrophoresis Instrumentation and Indirect Photometric Detection with a Light-Emitting Diode. **Analytical Chemistry. 79** (18), 7005-7013.

Johns, C., Shellie, R. A., Potter, O. G., O'Reilly, J. W., Hutchinson, J. P., Guijt, R. M., Breadmore, M. C., Hilder, E. F., Dicinoski, G. W., Haddad, P. R. (2008). Identification of homemade inorganic explosives by ion chromatographic analysis of post-blast residues. **J Chromatogr A.** 1182 (2) :205-14. doi: 10.1016/j.chroma.2008.01.014. Epub 2008 Jan 11. PMID: 18221942.

Translated Thai References

Border Patrol Police Bureau. (2016). **Surveillance Detection for Bombing Prevention.** [Online]. Available: https://bpptrain.go.th/New/EOD3.pdf. [2019, January 15]. (in Thai)

Deep South Watch. (2017). **Summary of Incidents in Southern Thailand.** [Online]. Available: https:// deepsouthwatch.org/index.php/th. [2019, February 8]. (in Thai)

Deep South Watch. (2019). **Summary of Incidents in Southern Thailand.** [Online]. Available: https://deepsouthwatch.org/th/node/11931. [2019, August 29]. (in Thai)

Explosive Ordnance Disposal. (2012). **Explosive Material.** [Online]. Available: https://sites.google.com/site/ordcrma/watthu-rabeid [2018, May 15]. (in Thai)

Isranews. (2013). **Highlights-Southern.** [Online]. Available: https://www.isranews.org/.../20840-htm. [2018, May 15]. (in Thai)

Isranews. (2017). **Summary of electric pole explosions.** [Online]. Available: https://www.isranews.org/south-news/other-news/55288-pole-55288. [2019, January 20]. (in Thai)

Jitpiromsri, S. (2019). **The Algorithm of Variance for 15-year Violence in the Southern Border of Thailand.** [Online]. Available: https://deepsouthwatch.org/th/node/11928. [2019, October 27]. (in Thai)

Kasetsart University Research and Development Institute. (2017). **Microscope.** [Online]. Available: http://www3.rdi.ku.ac.th/cl/webpages/microscope.htm. [2019, February 8]. (in Thai)

Khaosod Online. (2017). **Army Bombing Incident.** [Online]. Available: https://www.khaosod.co.th/breaking-news/news_522271. [2018, June 22]. (in Thai)

Office of The National Security Council. (2019). **Southern Border Provinces Administration and Development Policy 2017–2019.** Bangkok. Office of The National Security Council. (in Thai)

Ordnance Department. (2015). **Handbook of Preventing Suspicious Item For Civillian Precaution** Bangkok: Ordnance Department. (in Thai)

Phetkong, P. (2010). **Determination of lonorganic explosives widely used in three border Provinces of Southern Thailand using Lon Chromatography.** Thesis mart Master of Science Program in Forensic Science, Faculty of Science, Graduate School, Prince of Songkla University. (in Thai)

Pimdee, N. (2017). **Element and Chemical Compound.** [Online]. Available: https://www.scimath.org/lesson-chemistry/item/7175-2017-06-05-13-51-33. [2019, February 4]. (in Thai)

Porntaywabanchar, I. (2013). Gunshot residues analysis in vehicle by Scanning Electron Microscope and Energy. Dispersive X-ray Spectroscope (SEM/EDX) techniques. **Veridian E-Journal Science and Technology Silpakorn University. 1** (2), 117-123.

Techasombool, S. (2017). **Forensic Science and enhancement of justice.** [Online]. Available: http:// www.dsdw2016.dsdw.go.th/doc_pr/ndc_2560-2561/PDF/.pdf. [2019, January 9]. (in Thai)

Thaipbs. (2018). **Bomb incident.** [Online]. Available: https://news.thaipbs.or.th/content/272323. [2019, January 17]. (in Thai)

Thairath Online. (2019). **Car Bomb.** [Online]. Available: https://www.thairath.co.th/news/local/south/1464848. [2019, January 23]. (in Thai)

Udomritthawut, P. (2012). **Analysis of Patterns and Methods of Bombing in Three Southern Provinces.** An Independent Study Master of Science Program in Forensic Science Graduate School, Silpakorn University. (in Thai)

ผู้เขียน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พันตำรวจเอก ดร. ธิติ มหาเจริญ

คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

เลขที่ 90 หมู่ 7 ตำบลสามพราน อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม 73110

e-mail: m_thiti@yahoo.com