# บทที่ 3

# วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

## 3.1 วัสดุและอุปกรณ์

### 3.1.1 วัสดุ

**3.1.1.1** ตัวอย่างตะกอนดินจากอ่าวปัตตานี

**3.1.1.2** ฉลากติดกระปุกตัวอย่าง

**3.1.1.3** กระปุกสำหรับบรรจุตัวอย่าง มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร และความสูงกระบอก 7 เซนติเมตร

### 3.1.2 อุปกรณ์

**3.1.2.1** เครื่องมือเก็บตัวอย่างตะกอนดินแบบแท่ง

**3.1.2.2** เครื่องมือวัดความลึก

**3.1.2.3** เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

**3.1.2.4** เครื่องมือวัดความโปร่งใส

**3.1.2.5** เครื่องมือวัดทิศทางการไหลของกระแสน้ำ

**3.1.2.6** ชุดเครื่องวัดแกมมาสเปกโตรเมตรี ประกอบด้วย หัววัดรังสีแบบ HPGe ยี่ห้อ Canberra รุ่น GC7022 ผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกา Full width at Half-Maximum (FWHM) ของหัววัด 2.2 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ที่พลังงาน 1.33 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ ต่อกับเครื่องวิเคราะห์สัญญาณชนิดหลายช่อง (Multichannel Analyzer : MCA) และโปรแกรมวิเคราะห์ Gamma Acquisition Analysis 2000 (ของหน่วยวิจัยรังสีประยุกต์ แผนกวิชาฟิสิกส์ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)

**3.1.2.7** เครื่องบอกพิกัดภูมิศาสตร์ (Global Positioning System : GPS)

**3.1.2.8** ตะแกรงร่อนตะกอนดินขนาด 0-250 ไมครอน

**3.1.2.9** เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความละเอียด 2 ตำแหน่ง

**3.1.2.10** ตู้อบ

**3.1.2.11** สารมาตรฐาน Cs-137 (Standard Cs-137) และ Co–60 (Standard Co-60) IAEA – Soil6

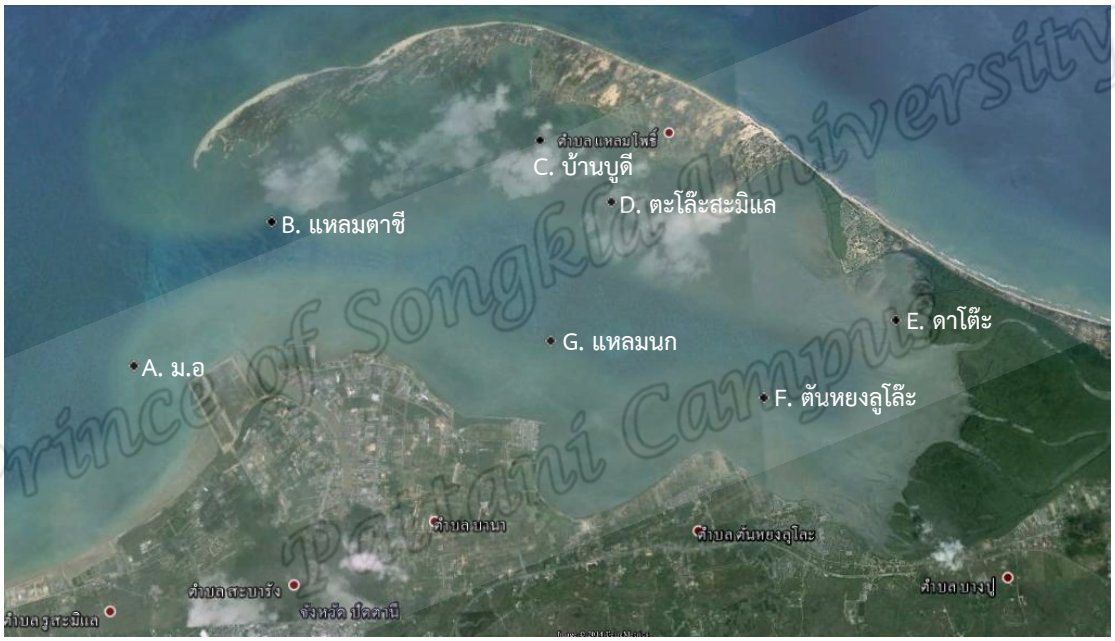
Prince of Songkla University Pattani Campus

## 3.2 วิธีการ

### 3.2.1 กำหนดตำแหน่งที่ทำการศึกษา

กำหนดพื้นที่ศึกษาได้แก่ บริเวณอ่าวปัตตานี (ภาพที่ 3.1) โดยทำการเก็บตัวอย่างตะกอนดิน ซึ่งเลือกตำแหน่งพิกัดให้ครอบคลุมพื้นที่อ่าวปัตตานี จำนวนทั้งสิ้น 7 สถานี (ตารางที่ 3.1) โดยใช้เครื่องบอกพิกัดทางภูมิศาสตร์เป็นตัวระบุตำแหน่งที่ของสถานี ดังนี้

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ แหลมตาชี บ้านบูดี ดาโต๊ะ ตันหยงลูโละ ตะโล๊ะสะมิแล และแหลมนก




**ภาพที่ 3.1** ตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างตะกอนดิน

Prince of Songkla University Pattani Campus

**ตารางที่ 3.1** ตำแหน่งพิกัดของสถานีเก็บตัวอย่างตะกอนดินบริเวณอ่าวปัตตานี

| สถานีเก็บตัวอย่างตะกอนดิน | สัญลักษณ์หรือชื่อย่อ | พิกัด | |
|---|---|---|---|
| | | ลองจิจูด | ละติจูด |
| A. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ | SPB1 | 101°13′48″ | 6°54′00″ |
| B. แหลมตาชี | SPB3 | 101°15′00″ | 6°55′12″ |
| C. บ้านบูดี | SPB5 | 101°17′24″ | 6°55′48″ |
| D. ตะโล๊ะสะมิแล | SPB6 | 101°18′16″ | 6°55′12″ |
| E. ดาโต๊ะ | SPB7 | 101°20′24″ | 6°54′00″ |
| F. ตันหยงลูโล๊ะ | SPB8 | 101°19′12″ | 6°53′24″ |
| G. แหลมนก | SPB9 | 101°17′24″ | 6°54′00″ |

### 3.2.2 การเก็บตัวอย่างตะกอนดิน

**3.2.2.1** เก็บข้อมูลพื้นฐานของอ่าวปัตตานี ที่ทุกตำแหน่งของการเก็บตัวอย่างดินตะกอน ได้แก่ ความลึก อุณหภูมิของน้ำ ความโปร่งใส และทิศทางของกระแสน้ำ โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนกรกฎาคม

**3.2.2.2** เก็บตัวอย่างตะกอนดินโดยใช้ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 4 นิ้ว สูง 60 เซนติเมตร จำนวน 7 กระบอก แต่ละกระบอกใช้เก็บตัวอย่างตะกอนดิน 1 สถานี ซึ่งมีทั้งหมด 7 สถานี โดยทำการกดท่อพีวีซีลงไปในตะกอนดินในแนวดิ่ง ให้จมลงไปในดิน ล็อคฝาปิดแล้วนำตัวอย่างตะกอนดินขึ้นมาจากน้ำ

**ภาพที่ 3.2** ท่อพีวีซีสำหรับเก็บตัวอย่างตะกอนดิน

Prince of Songkla University Pattani Campus

**3.2.2.3** วางกระบอกเก็บตัวอย่างในข้อ 3.2.2.2 ในลักษณะตั้งตรง เพื่อไม่ให้ตัวอย่างตะกอนดินถูกรบกวน หรือเกิดการเปลี่ยนรูปแบบการเรียงตัวของชั้นตะกอน

**3.2.2.4** บันทึกพิกัดตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างตะกอนดินและข้อมูลพื้นฐาน เขียนรหัสตำแหน่งที่เก็บบนกระบอกเก็บตัวอย่าง

### 3.2.3 การเตรียมตัวอย่างตะกอนดิน

**3.2.3.1** นำกระบอกที่บรรจุตัวอย่างตะกอนดินในข้อ 3.2.2.3 มาวางในแนวตั้งประมาณ 1 เดือน จากนั้นผ่าท่อพีวีซีออก จะได้ตะกอนที่แห้งพอหมาดๆ

**ภาพที่ 3.3** ตัวอย่างตะกอนดินที่แห้งพอหมาดๆ

**3.2.3.2** นำตัวอย่างตะกอนดินมาตัดแบ่งเป็นชั้นๆหนาชั้นละ 1 เซนติเมตร โดยเฉลี่ยแต่ละกระบอกจะได้ตัวอย่างตะกอนดินประมาณ 44-56 ตัวอย่าง

**ภาพที่ 3.4** การตัดแบ่งตัวอย่างตะกอนดินเป็นชั้นๆ หนาชั้นละ 1 เซนติเมตร

Prince of Songkla University Pattani Campus

**3.2.3.3** นำตัวอย่างตะกอนดินในแต่ละชั้นมาใส่ถ้วย แล้วนำไปอบเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

**ภาพที่ 3.5** การอบไล่ความชื้นของตัวอย่างตะกอนดิน

**3.2.3.4** นำตัวอย่างในข้อ 3.2.3.3 มาบดให้ละเอียดเป็นผง

**ภาพที่ 3.6** ตัวอย่างตะกอนดินที่ผ่านการอบไล่ความชื้น

**ภาพที่ 3.7** ตัวอย่างตะกอนดินที่บดละเอียดเป็นผง

**3.2.3.5** ร่อนตัวอย่างในข้อ 3.2.3.4 ด้วยตะแกรงขนาด 250 ไมครอนเพื่อให้ตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกัน

Prince of Songkla University Pattani Campus

**ภาพที่ 3.8** การร่อนตัวอย่างตะกอนดินให้เป็นเนื้อเดียวกัน

**3.2.3.6** บรรจุตัวอย่างที่บดละเอียดในกระปุกพลาสติกใส ปิดฝากระปุกให้สนิทโดยใช้เทปพันสายไฟพันรอบรอยต่อระหว่างฝากับตัวกระปุก ชั่งน้ำหนัก บันทึกรหัส

**ภาพที่ 3.9** การบรรจุตัวอย่างตะกอนดินที่บดละเอียดในกระปุกพลาสติกใส

**3.2.3.7** บันทึกน้ำหนักของตัวอย่างหลังหักลบน้ำหนักกระปุกลงบนกระปุก พร้อมทั้งบันทึกปริมาตรของตะกอนในแต่ละกระปุก

Prince of Songkla University Pattani Campus

### 3.2.4 การเตรียมเครื่องมือวัดกัมมันตภาพรังสี

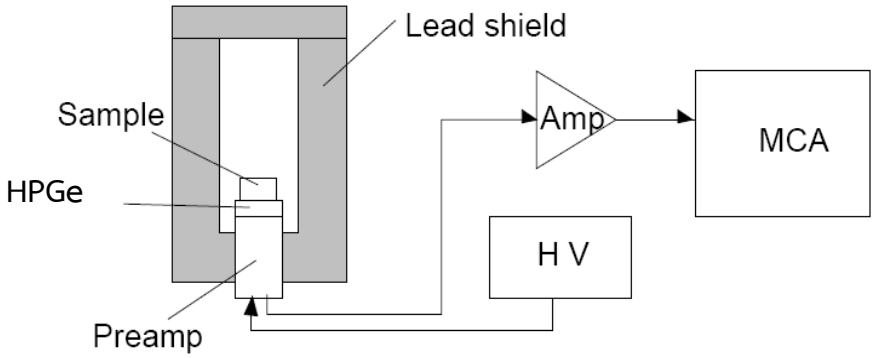
**3.2.4.1** นำตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างในข้อ 3.2.3.6 แล้วมาทำการวัดหาขนาดกัมมันตภาพรังสีโดยใช้สเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมาที่ประกอบด้วยหัววัดหัววัดรังสีแบบสารกึ่งตัวนำ HPGe โดยจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าสูง 4,000 โวลต์ ให้กับหัววัด โดยหัววัดรังสีดังกล่าวถูกกำบังรังสีด้วยตะกั่วรูปทรงกระบอก และทำการวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้าด้วยเครื่องวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายช่อง (MCA) ของบริษัท CANBERRA ประเทศสหรัฐอเมริกา รุ่น GC7022 ซึ่งแผนภาพของระบบการวัดได้แสดงในภาพที่ 3.10 โดยแต่ละตัวอย่างจะทำการวัดรังสีเป็นเวลานาน 5 ชั่วโมง ซึ่ง Full width at Half-Maximum (FWHM) ของหัววัด 2.2 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ที่พลังงาน 1.33 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ ต่อกับเครื่องวิเคราะห์สัญญาณชนิดหลายช่อง (Multichannel Analyzer : MCA) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ Gamma Acquisition Analysis 2000 ในการวิเคราะห์สเปกตรัม

**ภาพที่ 3.10** หัววัดรังสีแบบ HPGe

**3.2.4.2** ทำการปรับเทียบหัววัดรังสีโดยการนำธาตุกัมมันตรังสีที่เป็นแหล่งกำเนิด Cs-137 (661.6 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์) และ Co-60 (1173.2 และ 1332.5 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์) วางในหัววัดเป็นเวลา 300 วินาที

**3.2.4.3** นำตัวอย่างในข้อ 3.2.3.6 มาวัดรังสีแกมมาโดยใช้เวลา 18,000 วินาที ซึ่งทำเช่นเดียวกันกับสารมาตรฐาน และรังสีภูมิหลัง

Prince of Songkla University Pattani Campus




**ภาพที่ 3.11** แสดงแผนภาพระบบการวิเคราะห์กัมมันตภาพรังสีด้วยแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ของหัววัดรังสีแบบ HPGe

**ที่มา**: (พวงทิพย์, 2553)

### 3.2.5 การหาอัตราการตกตะกอนโดยวิธีการวิเคราะห์ไอโซโทปรังสี Cs-137

คำนวณหาอัตราการตกตะกอน ณ บริเวณต่างๆ โดยการวิเคราะห์ไอโซโทปรังสี Cs-137 โดยนำระดับความลึกของตะกอนดินที่พบ Cs-137 เป็นชั้นสุดท้ายนับจากระดับผิวบนของตะกอนดิน แล้วหารด้วยช่วงเวลาที่พบ Cs-137 (ปี ค.ศ.1945 จนถึงปี ค.ศ. 2012 รวม 49 ปี) ดังสมการ

$$\text{อัตราการตกตะกอน} = \frac{\text{ระดับความลึกของตะกอนดินที่พบ Cs-137 เป็นชั้นสุดท้าย}}{\text{ช่วงเวลาที่พบ Cs-137}} \quad (3.1)$$

### 3.2.6 การหาอัตราการตกตะกอนโดยวิธีการวิเคราะห์ไอโซโทปรังสี Pb-210

คำนวณหาอัตราการตกตะกอน ณ บริเวณต่างๆ โดยการวิเคราะห์ไอโซโทปรังสี Pb-210

$$P(x) = P_0 \exp(-\lambda x / V) \quad (3.2)$$

Prince of Songkla University Pattani Campus

เมื่อ $P_0$ คือ ความเข้มรังสีที่ผิวหน้าของตะกอน

$P_x$ คือ ความเข้มรังสีที่ระดับความลึก x จากผิวหน้าตะกอน

x คือ ความหนาของชั้นตะกอน

V คือ อัตราการตกตะกอน

### 3.2.7 การวิเคราะห์ความหนาแน่นตัวอย่างตะกอนดิน

ตัวอย่างตะกอนดินแต่ละชิ้น หลังจากที่ทำการอบจนแห้งจะถูกนำไปชั่งน้ำหนักและปริมาตรเพื่อนำไปคำนวณหาค่าความหนาแน่นของตะกอนแต่ละชั้นต่อไป จากความสัมพันธ์

ความหนาแน่น = มวล / ปริมาตร (3.3)

### 3.2.8 การวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพรังสี

ตัวอย่างตะกอนดินจะถูกวิเคราะห์ด้วยเครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ (Gamma Ray Spectrometer) โดยมีหัววัด HPGe (High purity Germanium) Canberra รุ่น GC7022 ผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกา Full width at Half-Maximum (FWHM) ของหัววัด 2.2 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ที่พลังงาน 1.33 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ ต่อกับเครื่องวิเคราะห์สัญญาณชนิดหลายช่อง (Multichannel Analyzer : MCA) และโปรแกรมวิเคราะห์ Gamma Acquisition Analysis 2000 ของหน่วยวิจัยรังสีประยุกต์ แผนกวิชาฟิสิกส์ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การวิเคราะห์สเปกตรัมของตัวอย่างที่ได้จากหัววัดชนิดเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์สูง (High purity germanium detector: HPGe) มีดังนี้

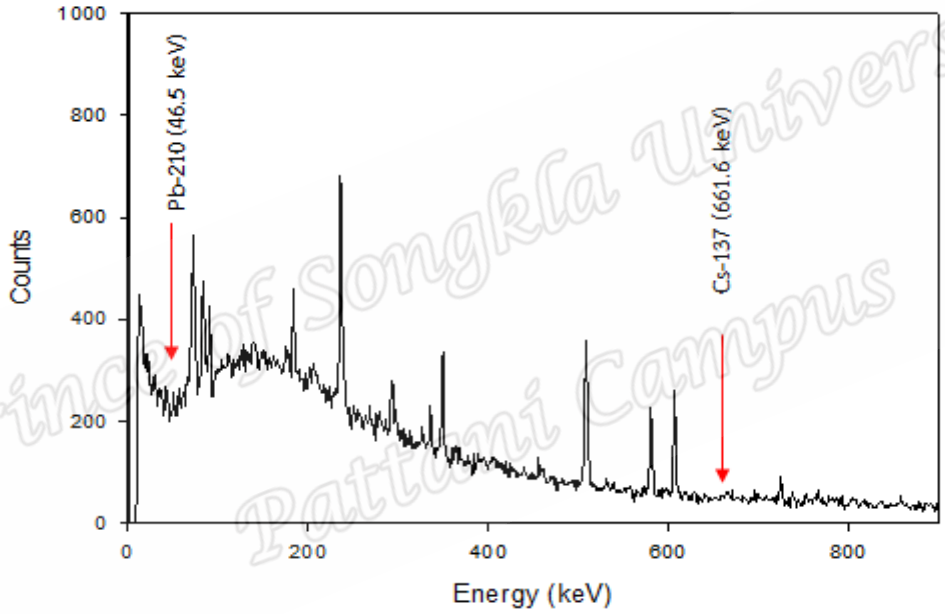
**3.2.8.1** หลังจากเปิดเครื่องมือวัดรังสีด้วยหัววัดชนิดเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์สูง (High purity germanium detector: HPGe) แล้วทำการปรับเทียบพลังงานโดยใช้แหล่งกำเนิดไอโซโทปรังสีชนิด Co-60 กับ Cs-137 จนกระทั่งสเปกตรัมของ Co-60 อยู่ที่ระดับพลังงาน 1,173.2 และ 1,332.5 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ และสเปกตรัมของ Cs-137 อยู่ที่ระดับพลังงาน 661.6 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์

**3.2.8.2** ทำการตรวจวัดรังสีภูมิหลัง ด้วยหัววัดชนิดเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์สูง (High purity germanium detector: HPGe) โดยใช้เวลา 18,000 วินาที

Prince of Songkla University Pattani Campus

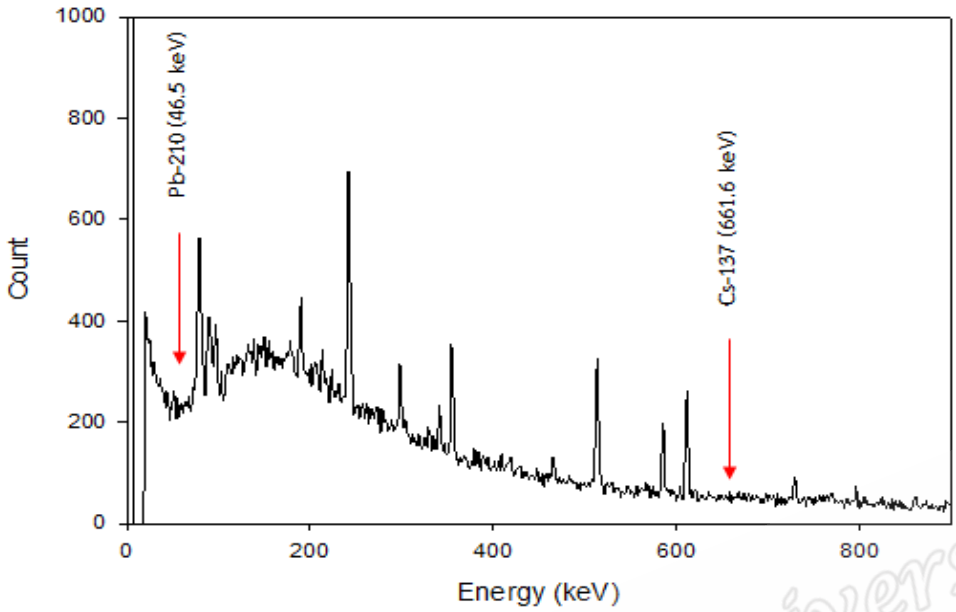
**3.2.8.3** นำตัวอย่างที่เตรียมไว้แล้วมาวัดด้วยหัววัดชนิดเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์สูง (High purity germanium detector: HPGe) ใช้เวลาในการนับวัดนาน 18,000 วินาที เช่นเดียวกับการตรวจวัดรังสีภูมิหลัง

**3.2.8.4** บันทึกพื้นที่ใต้ยอดสเปกตรัมในข้อ 3.2.8.3 ในช่วงของพลังงาน Cs-137 ที่ 661.6 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ และ Pb-210 ที่พลังงาน 46.5 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ เพื่อหาพื้นที่ใต้ยอดสเปกตรัมสุทธิ และจากการวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแกมมาตัวอย่างตะกอนดินในอ่าวปัตตานี จะได้ดังนี้

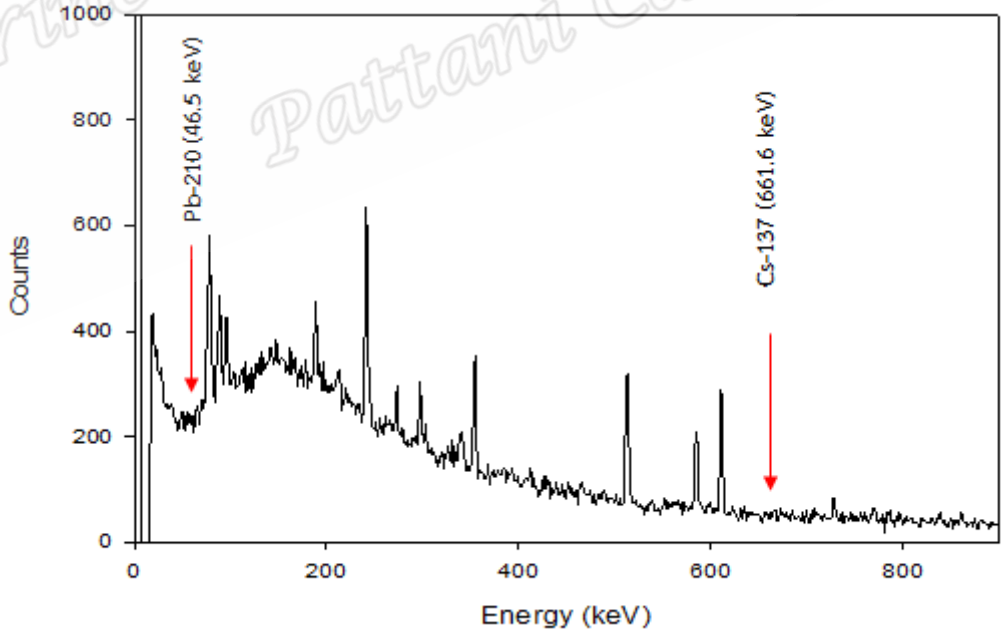



**ภาพที่ 3.12** สเปกตรัมรังสีแกมมาของ Cs-137 และ Pb-210 ในตัวอย่างตะกอนดินในอ่าวปัตตานี ณ สถานีมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (SPB1)

Prince of Songkla University Pattani Campus

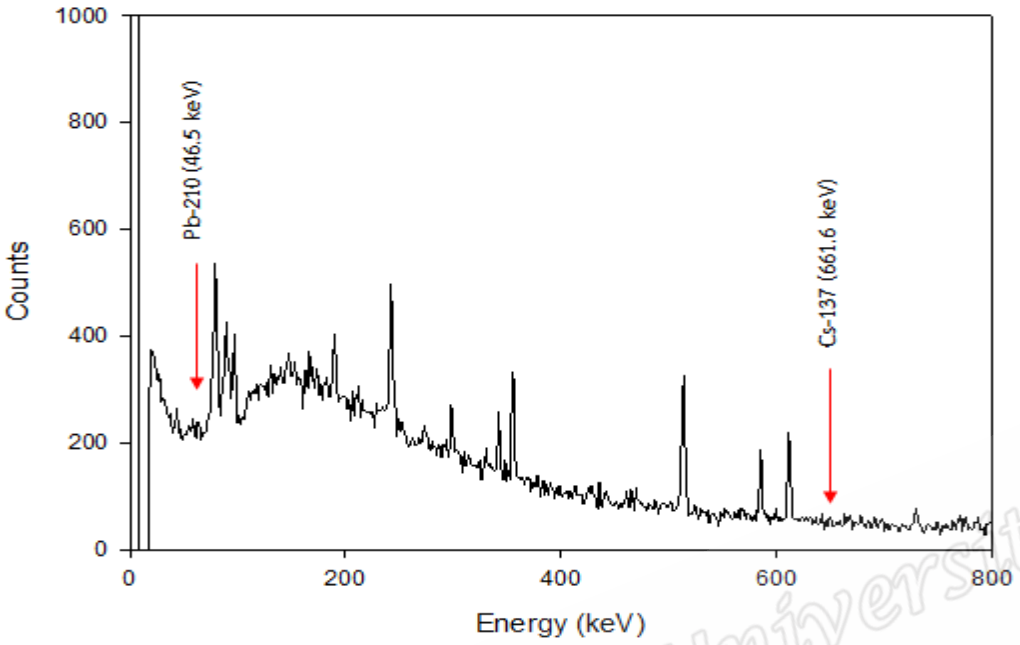



**ภาพที่ 3.13** สเปกตรัมรังสีแกมมาของ Cs-137 และ Pb-210 ในตัวอย่างตะกอนดินในอ่าวปัตตานี ณ สถานีแหลมตาชี (SPB3)

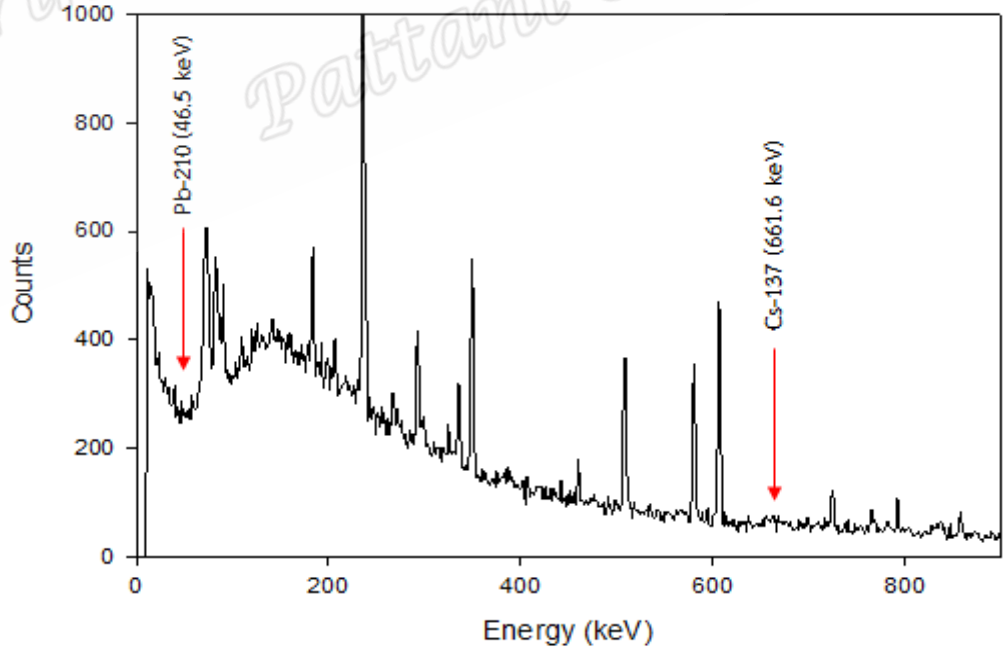



**ภาพที่ 3.14** สเปกตรัมรังสีแกมมาของ Cs-137 และ Pb-210 ในตัวอย่างตะกอนดินในอ่าวปัตตานี ณ สถานีบูดี (SPB5)

Prince of Songkla University Pattani Campus

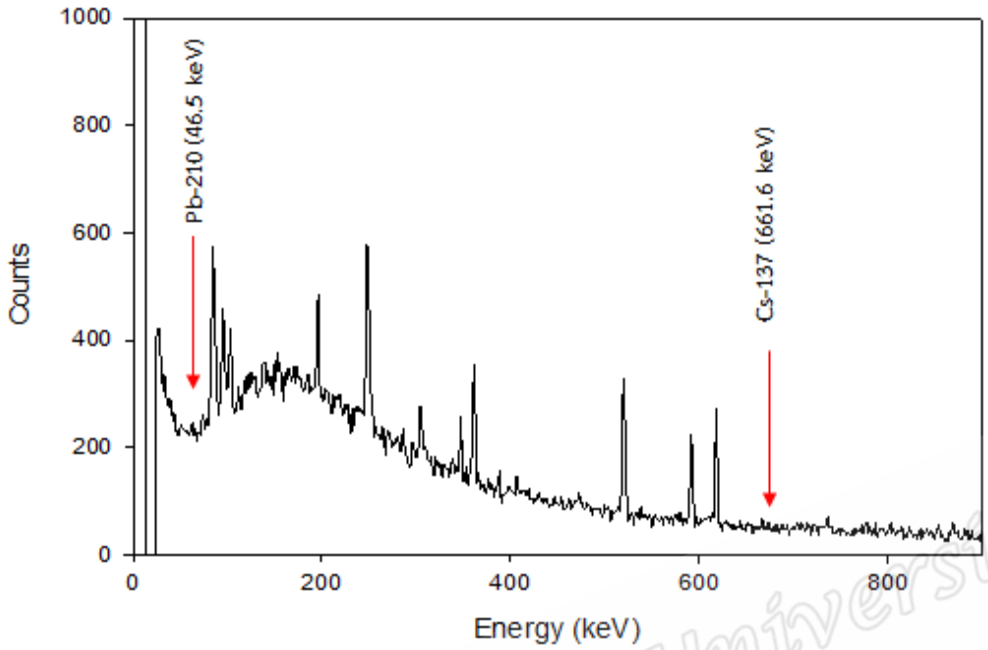



**ภาพที่ 3.15** สเปกตรัมรังสีแกมมาของ Cs-137 และ Pb-210 ในตัวอย่างตะกอนดินในอ่าวปัตตานี ณ สถานีตะโล๊ะสะมิแล (SPB6)



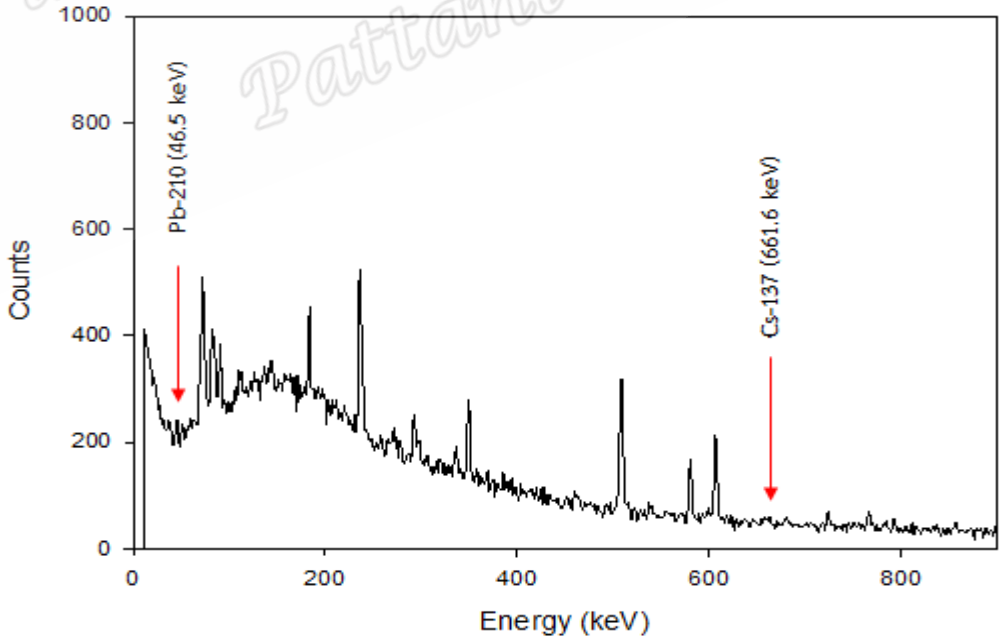

**ภาพที่ 3.16** สเปกตรัมรังสีแกมมาของ Cs-137 และ Pb-210 ในตัวอย่างตะกอนดินในอ่าวปัตตานี ณ สถานีดาโต๊ะ (SPB7)

Prince of Songkla University Pattani Campus




**ภาพที่ 3.17** สเปกตรัมรังสีแกมมาของ Cs-137 และ Pb-210 ในตัวอย่างตะกอนดินในอ่าวปัตตานี ณ สถานีตันหยังลูโล๊ะ (SPB8)

Prince of Songkla University Pattani Campus




**ภาพที่ 3.18** สเปกตรัมรังสีแกมมาของ Cs-137 และ Pb-210 ในตัวอย่างตะกอนดินในอ่าวปัตตานี ณ สถานีแหลมนก (SPB9)

**3.2.8.5** นำค่าพื้นที่ใต้ยอดสเปกตรัมสุทธิในข้อ 3.2.8.4 ไปคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของหัววัด (%Eff) จากสมการดังนี้

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Net area}}{(\text{livetime})(\text{Activity})(\%a)} \tag{3.4}$$

$$\text{Activity} = \frac{\text{Net area}}{(\text{livetime})(\text{Efficiency})(\%a)} \tag{3.5}$$

เมื่อ Activity คือ ค่ากัมมันตภาพรังสีของนิวไคลด์กัมมันตรังสี มีหน่วยเป็น Bq ของสารมาตรฐานที่พลังงานรังสีเฉพาะ

%a คือ อัตราการปลดปล่อยของรังสีแกมมา ณ พลังงานต่างๆ

Live Time คือ เวลาในการนับวัด มีหน่วยเป็น วินาที (s)

Efficiency คือ ค่าประสิทธิภาพของหัววัด ณ พลังงานรังสีแกมมา ในหน่วย cps/Bq

Net area คือ พื้นที่ใต้ยอดสเปกตรัมพลังงานรังสีที่วิเคราะห์

**3.2.8.6** คำนวณค่ากัมมันตภาพรังสีของ Cs-137 และ Pb-210 ในตัวอย่าง โดยใช้สารมาตรฐาน IAEA – Soil6 ของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติในการปรับเทียบ

### 3.2.9 การคาดคะเนเวลาของการกลายเป็นพื้นดินทั้งหมดในอ่าวปัตตานี

$$\text{คาดคะเนเวลาของการกลายเป็นพื้นดินทั้งหมดในอ่าวปัตตานี} = \frac{\text{ความลึกเฉลี่ย}}{\text{อัตราการตกตะกอน}} \tag{3.6}$$

Prince of Songkla University Pattani Campus