

## รายการอ้างอิง

1. Pattle P. T. Pun, [www.ibri.org/Books/Pun\\_Evolution/Chapter2/2.1b.htm](http://www.ibri.org/Books/Pun_Evolution/Chapter2/2.1b.htm). Michigan : Interdisciplinary Biblical Research Institute, 1982.
2. National Association of Certified Home Inspectors, Available from [www.nachi.org/radon1.htm](http://www.nachi.org/radon1.htm). 1999.
3. จินตนา รัตนชัยเจริญ. การวัดเรดอนจากแร่โมนาไซต์ ตะกั่วดินบุก ลิกไนต์ และถ่านหิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 1987.
4. วิจิต ฝั่งกัน. การพัฒนาเทคนิคเพื่อหาปริมาณเรดอน-222 ในอาคารโดยการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 1999.
5. Lubomir Zikovsky. Determination of radon exhalation rates Canadian building materials with an international proportional counter. Nucl. Tracks Radiat. Meas., 1991.
6. E.R. van der Graff, R. ten Have. Determination of radon release rates of two types of gypsum board. Nuclear Geophysics Division, 2003.
7. W.M. Arafa, H. Alneimi, L. Al-houty and Abou-Leila. Some Improvement of Charcole Measurement Techniques Used for Indoor Radon Measurement in Qatar. Radiation, Phys. Chem, 44,12 (1994) : 237-240. 1994.
8. Environmental Protection Agency, United States, Available from [www.epa.gov/radiation/understand/equilibrium.htm](http://www.epa.gov/radiation/understand/equilibrium.htm). 2006.
9. Carl R. Nave. <http://hyperphy-astr.gsu.edu/hbase/nuclear/radon.html>. GeorgiaState University : Department of Physics and Astronomy, 2005.
10. David Bodansky, Maurice A. Robkin and David R. Stadler. Indoor Radon And Its Hazards. The University of Washington Press, 1987.
11. โครงการวิจัยร่วมภาครัฐกับเอกชน. รายงานประจำปีงบประมาณ 2548 เรื่องการหาปริมาณธาตุกัมมันตรังสีตามธรรมชาติในผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์พลอยได้ และกากจากอุตสาหกรรมแร่เชื้อเพลิง แร่หินอุตสาหกรรม แร่หนัก และกากจากการบำบัดน้ำประปา. รายงานหลัก 2, สาขาวิชาเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

## การคำนวณอัตราการปลดปล่อยเรดอน

ตัวอย่างการคำนวณอัตราการปลดปล่อยเรดอนของหินแกรนิตตัวอย่างที่ 1 สามารถคำนวณได้ดังนี้

พบว่าค่าที่วัดจากระบบวัดรังสีเป็นเวลา 80 นาที ได้ 186 counts

จะได้ค่า  $186 \pm \sqrt{186}$  counts/80 min

ซึ่งจะเท่ากับ  $0.039 \pm 0.003$  cps

จากการหาประสิทธิภาพของระบบวัดรังสีได้ 0.78 %

สามารถหาความเข้มข้นของเรดอน-222 จากหินแกรนิตตัวอย่างที่ 1 ได้จาก

$$X = \frac{cps \times 100}{\%eff \times V_T}$$

โดยที่  $cps$  คือ อัตรานับต่อวินาที

$\%eff$  คือ ประสิทธิภาพของระบบวัดรังสี

$V_T$  คือ ปริมาตรทั้งหมดของระบบวัดรังสี

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของเรดอน-222 จากหินแกรนิตตัวอย่างที่ 1} &= \frac{0.039 \times 100}{0.78 \times 0.0054} \\ &= 925.93 \text{ Bq/m}^3 \end{aligned}$$

สำหรับค่า error ก็คิดในกรณีของการคิด error ค่าคงที่ โดยจะคิดได้ต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{Error ของความเข้มข้นเรดอน} &= \frac{0.003 \times 100}{0.78 \times 0.0054} \\ &= 71.23 \text{ Bq/m}^3 \end{aligned}$$

เมื่อได้ค่าความเข้มข้นเรดอนแล้ว จากนั้นจึงทำการหาค่าอัตราการปลดปล่อยเรดอน จากสมการ

$$E_i = \frac{\lambda_i X_i V}{S(1 - e^{-\lambda_i T})}$$

โดยที่  $E$  คือ อัตราการปลดปล่อยเรดอน( $\text{Bq}/\text{m}^2\text{s}$ )

$\lambda_i$  คือ ค่าคงที่การสลายตัวของเรดอน =  $0.0000021 \text{ s}^{-1}$

$X_i$  คือ ความเข้มข้นเรดอนที่วัดได้( $\text{Bq}$ ) =  $925.93 \pm 71.23 \text{ Bq}/\text{m}^3$

$V$  คือ ปริมาตรของแซมเบอร์( $\text{m}^3$ ) =  $0.0051 \text{ m}^3$

$S$  คือ พื้นที่ผิวของตัวอย่าง( $\text{m}^2$ )

$T$  คือ ช่วงเวลาที่ทำการวัด(second) =  $4800 \text{ s}$

แทนค่าต่างๆ ลงในสมการจะได้ค่าอัตราการปลดปล่อยเรดอน ดังนี้

$$E = \frac{(0.0000021\text{s}^{-1})(925.39 \frac{\text{Bq}}{\text{m}^3})(0.0051\text{m}^3)}{(0.0947\text{m}^2)(1 - e^{-(0.0000021)(4800)})}$$

$$E = 0.0104 \text{ Bq}/\text{m}^2\text{-s}$$

$$E = 10.4 \text{ mBq}/\text{m}^2\text{-s}$$

สำหรับการคิด error ก็คิดในโดยใช้สูตรเดียวกัน ดังนี้

$$err = \frac{(0.0000021\text{s}^{-1})(71.23 \frac{\text{Bq}}{\text{m}^3})(0.0051\text{m}^3)}{(0.0947\text{m}^2)(1 - e^{-(0.0000021)(4800)})}$$

$$err = 0.00076 \text{ Bq}/\text{m}^2\text{-s}$$

$$err = 0.76 \text{ mBq}/\text{m}^2\text{-s}$$

ดังนั้นอัตราการปลดปล่อยเรดอนของหินแกรนิตตัวอย่างที่ 1 เท่ากับ  $0.0295 \pm 0.0022 \text{ Bq}/\text{m}^2\text{s}$

สำหรับตัวอย่างการคำนวณอัตราการปลดปล่อยเรดอนที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง RAD-7 สามารถคำนวณได้ในลักษณะเดียวกัน

## ภาคผนวก ข

## การคำนวณหาความแรงรังสีสุทธิของเรเดียม-226

ตัวอย่างการคำนวณหาความแรงรังสีสุทธิของเรเดียม-226 ของหินแกรนิตตัวอย่างที่ 1 สามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\text{ความแรงรังสีสุทธิต่อน้ำหนัก} = \frac{R_{\text{sample}} \times (f_{ab})_{\text{sample}}}{\text{weigh}(g)}$$

โดยที่  $R_{\text{sample}}$  = อัตรานับรังสีสุทธิของตัวอย่าง(จำนวนนับต่อวินาที)

$f_{ab}$  = ค่าอัตราส่วนการดูดกลืนตัวเอง

Weigh = น้ำหนักของตัวอย่าง(กรัม)

และหา  $f_{ab}$  ได้จาก

$$f_{ab} = \frac{\ln(I_0 / I_x)}{1 - (I_x / I_0)}$$

เมื่อ  $I_0$  = อัตราการนับสุทธิที่ทะลุผ่านขณะไม่มีตัวอย่าง(จำนวนนับต่อวินาที)

$I_x$  = อัตราการนับสุทธิที่ทะลุผ่านตัวอย่าง(จำนวนนับต่อวินาที)

$$f_{ab} = \frac{\ln(30545 / 11390)}{1 - (11390 / 30545)}$$

$$= 1.5730$$

แทนค่าต่าง ๆ เพื่อหาความแรงรังสีสุทธิต่อน้ำหนัก จะได้

$$\text{ความแรงรังสีสุทธิต่อน้ำหนัก} = \frac{0.316944 \times 1.5730}{2800}$$

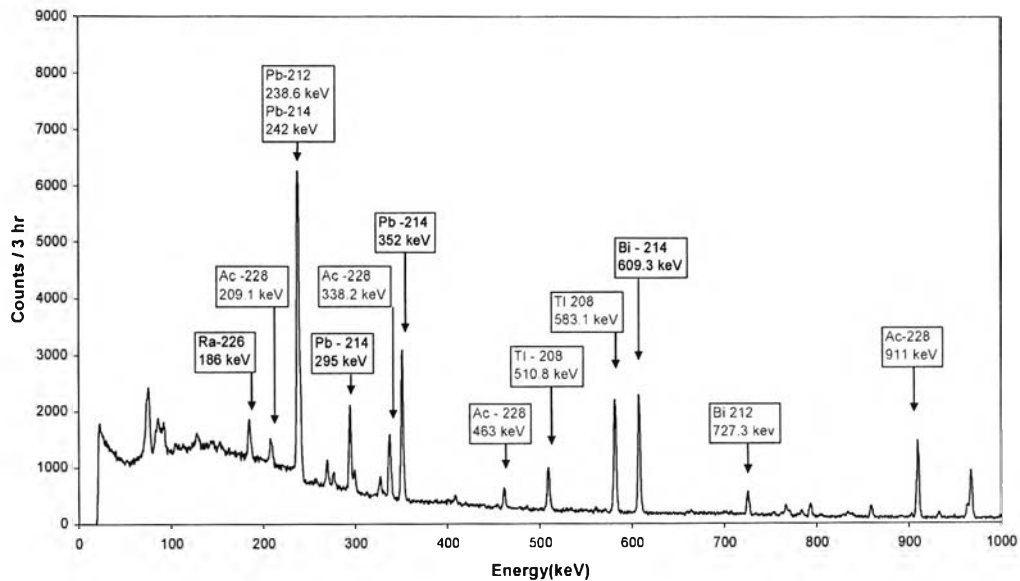
$$= 0.000178 \text{ cps/g}$$

$$= 7.69 \text{ Counts/12hr-g}$$

## ภาคผนวก ก

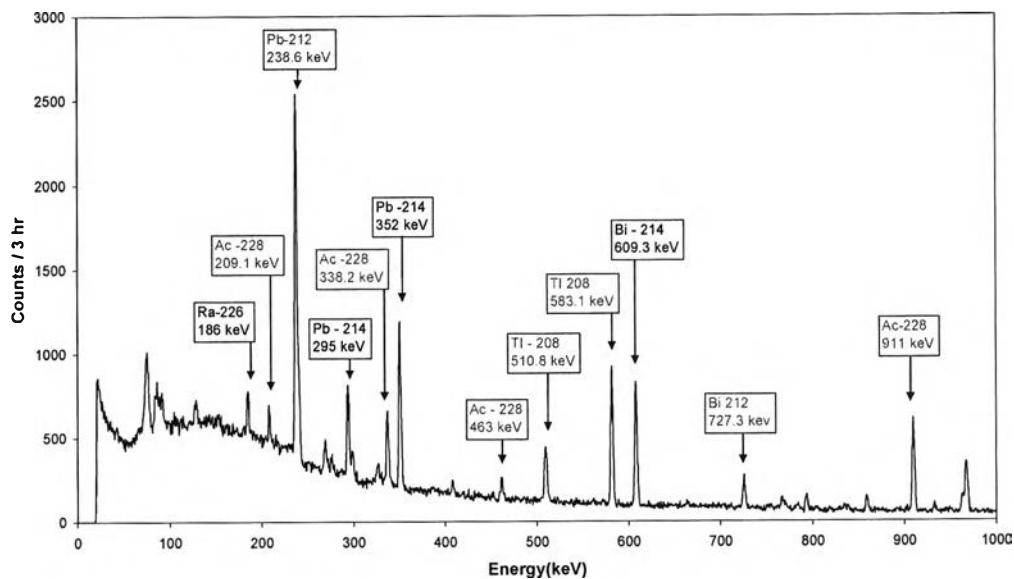
## กราฟแสดงผลการวัดรังสีแกมมา

กราฟแสดงผลการวัดรังสีแกมมาของหินแกรนิต ตัวอย่างที่ 1



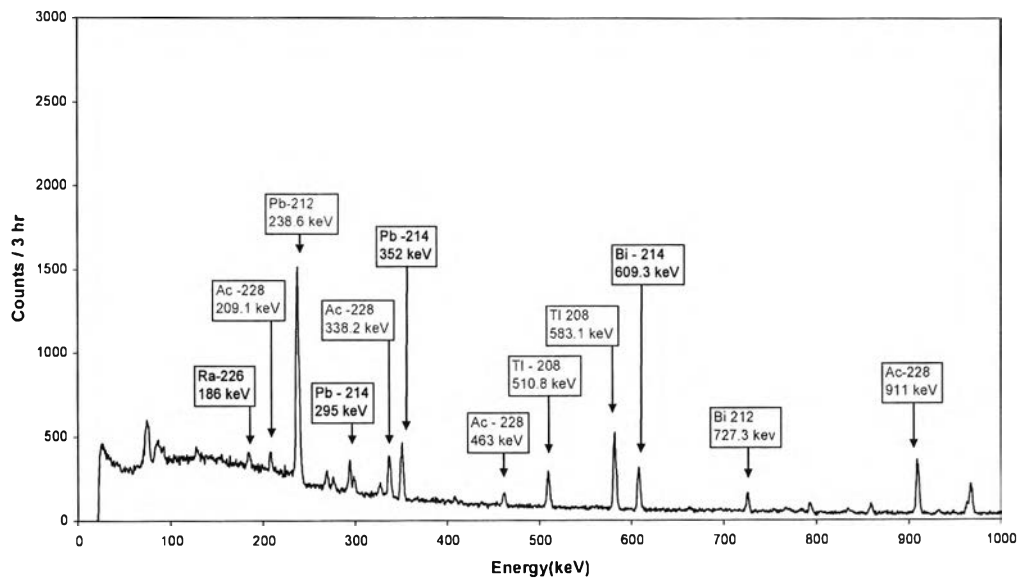
รูปที่ ก-1 ผลการวัดรังสีแกมมาของแผ่นหินแกรนิตตัวอย่างที่ 1

กราฟแสดงผลการวัดรังสีแกมมาของหินแกรนิต ตัวอย่างที่ 2



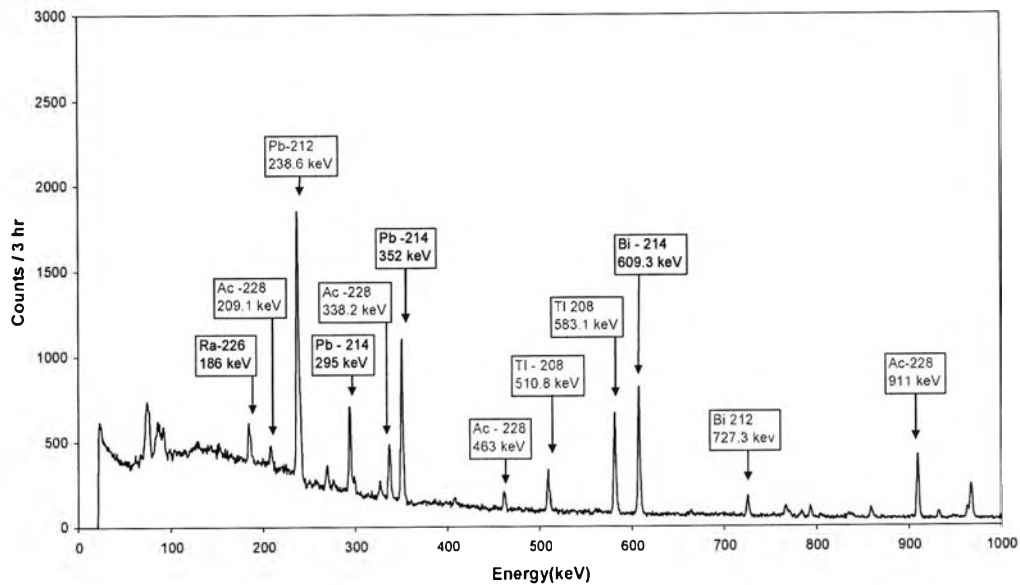
รูปที่ ก-2 ผลการวัดรังสีแกมมาของแผ่นหินแกรนิตตัวอย่างที่ 2

กราฟแสดงผลการวัดรังสีแกมมาของหินแกรนิต ตัวอย่างที่ 3



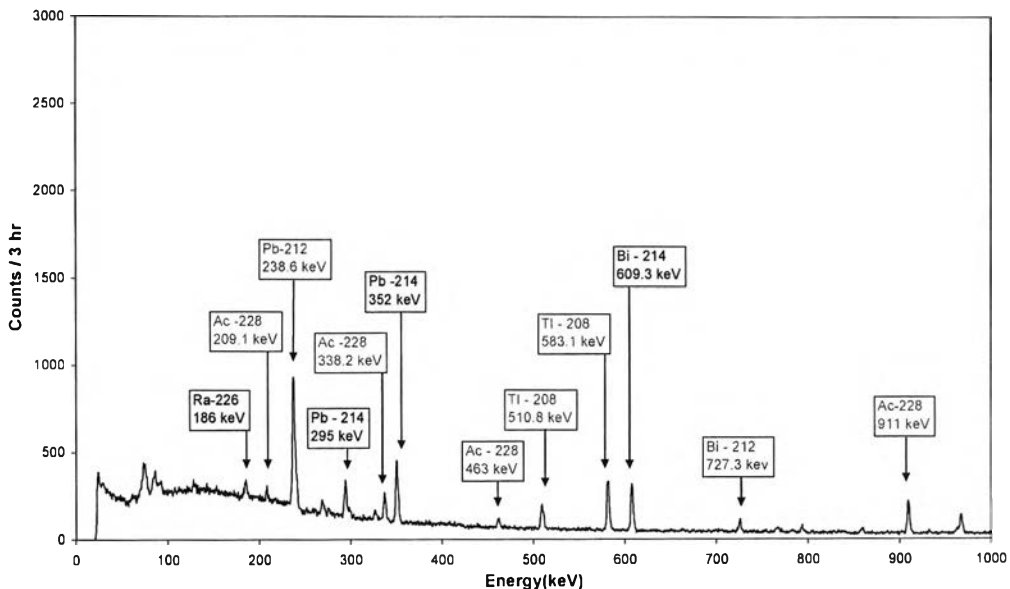
รูปที่ ค-3 ผลการวัดรังสีแกมมาของแผ่นหินแกรนิตตัวอย่างที่ 3

กราฟแสดงผลการวัดรังสีแกมมาของหินแกรนิต ตัวอย่างที่ 4



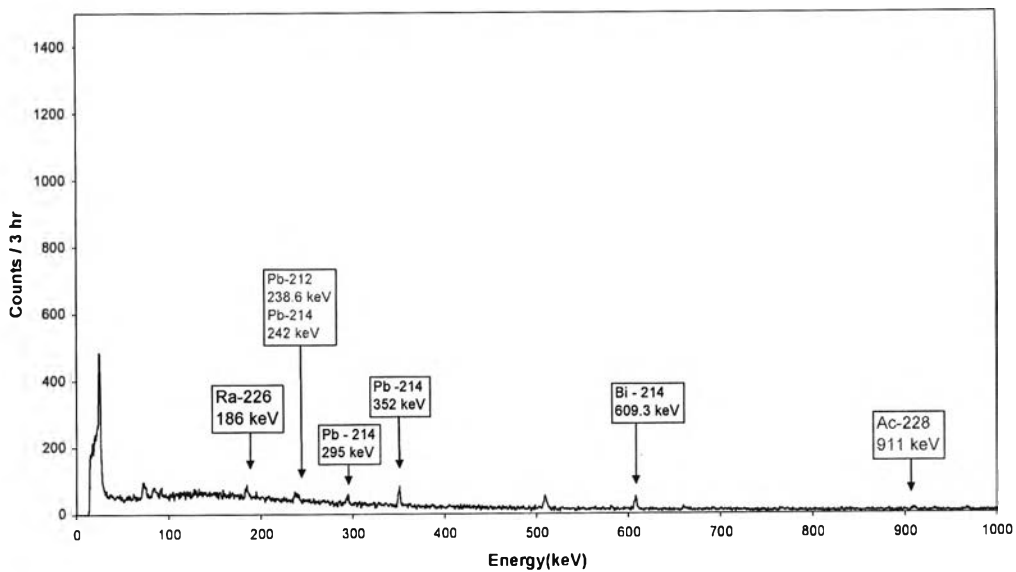
รูปที่ ค-4 ผลการวัดรังสีแกมมาของแผ่นหินแกรนิตตัวอย่างที่ 4

กราฟแสดงผลการวัดรังสีแกมมาของหินแกรนิต ตัวอย่างที่ 5



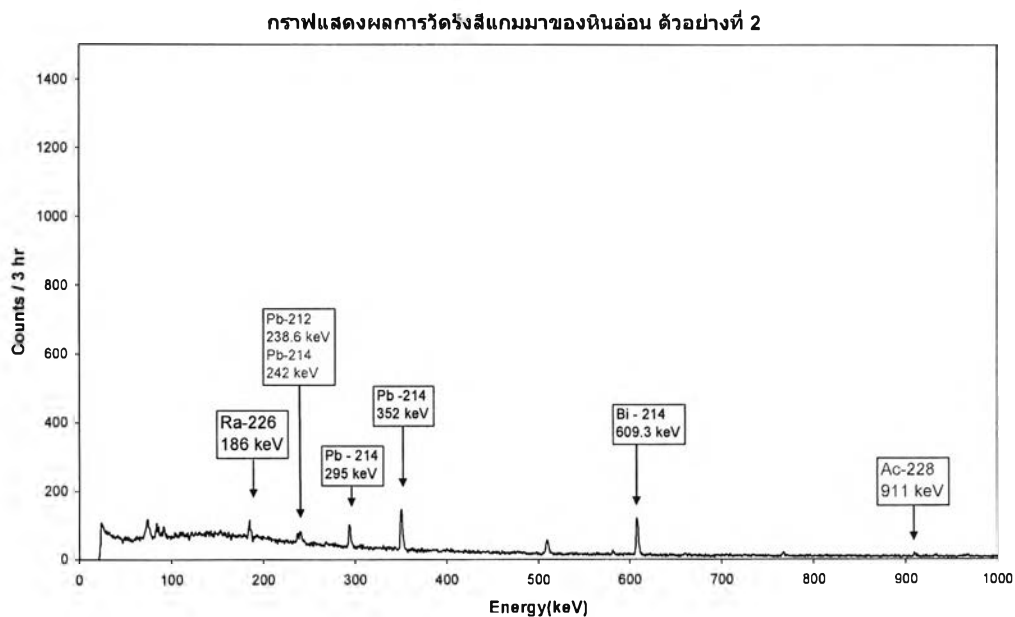
รูปที่ ค-5 ผลการวัดรังสีแกมมาของแผ่นหินแกรนิตตัวอย่างที่ 5

กราฟแสดงผลการวัดรังสีแกมมาของหินอ่อน ตัวอย่างที่ 1

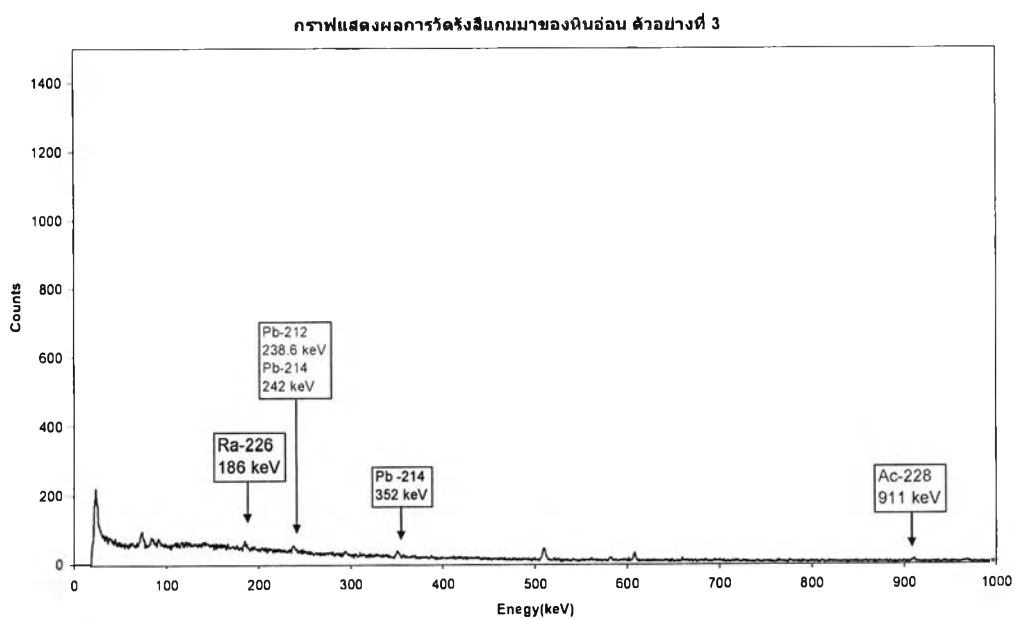


รูปที่ ค-6 ผลการวัดรังสีแกมมาของแผ่นหินอ่อนตัวอย่างที่ 1



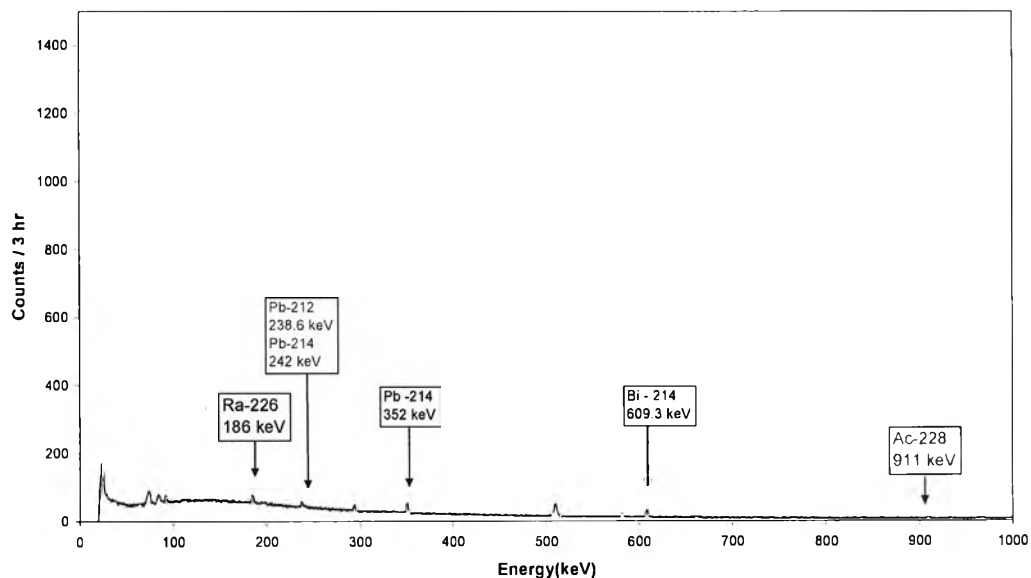


รูปที่ ค-7 ผลการวัดรังสีแกมมาของแผ่นหินอ่อนตัวอย่างที่ 2



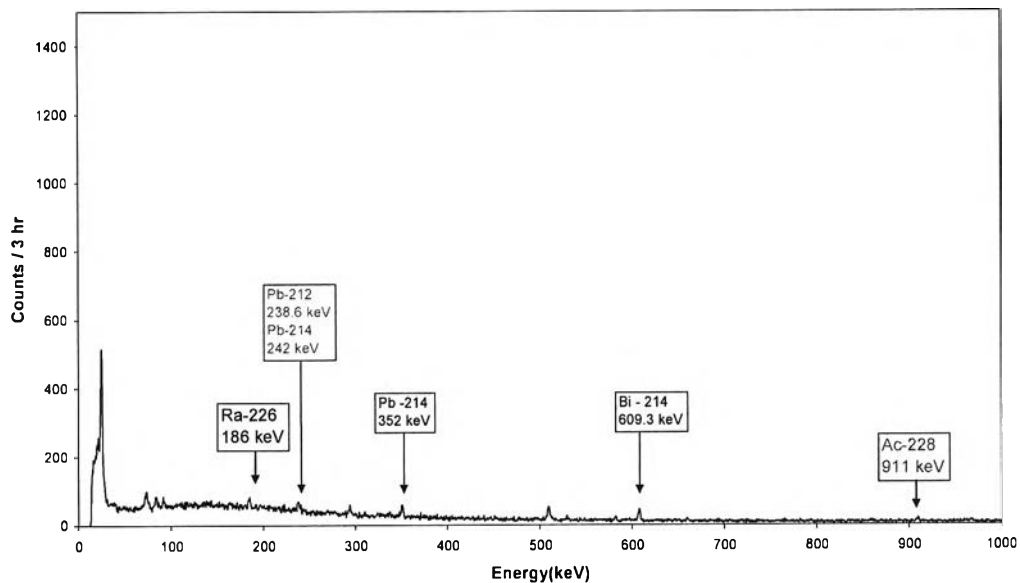
รูปที่ ค-8 ผลการวัดรังสีแกมมาของแผ่นหินอ่อนตัวอย่างที่ 3

กราฟแสดงผลการวัดรังสีแกมมาของหินอ่อน ตัวอย่างที่ 4



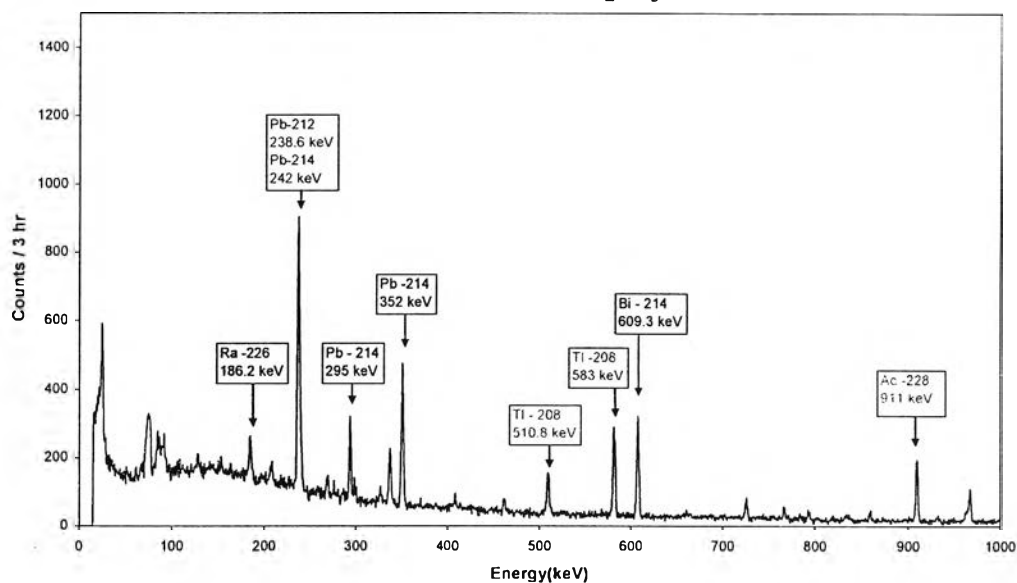
รูปที่ ก-9 ผลการวัดรังสีแกมมาของแผ่นหินอ่อนตัวอย่างที่ 4

กราฟแสดงผลการวัดรังสีแกมมาของหินอ่อน ตัวอย่างที่ 5



รูปที่ ก-10 ผลการวัดรังสีแกมมาของแผ่นหินอ่อนตัวอย่างที่ 5

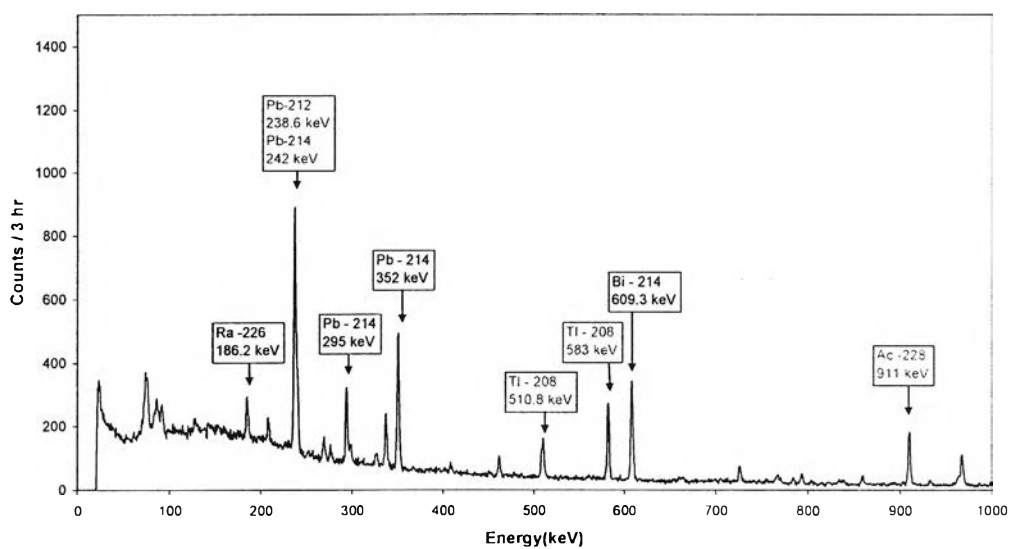
กราฟแสดงผลการวัดรังสีแกมมาของอิฐมอญ ตัวอย่างที่ 1



รูปที่ ก-11 ผลการวัดรังสีแกมมาของอิฐมอญตัวอย่างที่ 1

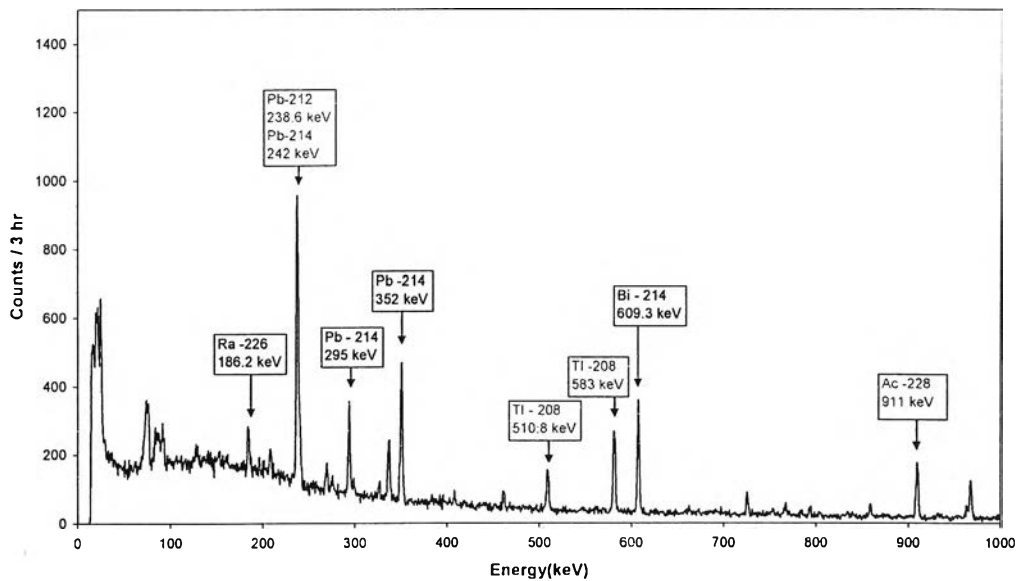
หมายเหตุ อิฐมอญตัวอย่างที่ 1 ได้ทำการบดตัวอย่างก่อนนำมาวัดรังสีแกมมา

กราฟแสดงผลการวัดรังสีแกมมาของอิฐมอญ ตัวอย่างที่ 2



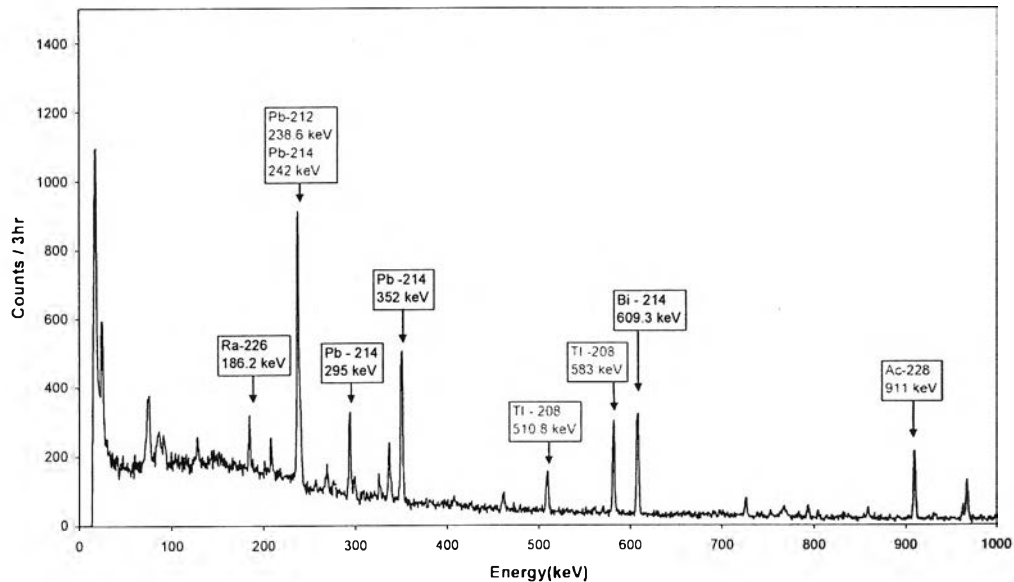
รูปที่ ก-12 ผลการวัดรังสีแกมมาของอิฐมอญตัวอย่างที่ 2

กราฟแสดงผลการวัดรังสีแกมมาของอิฐมอญ ตัวอย่างที่ 3

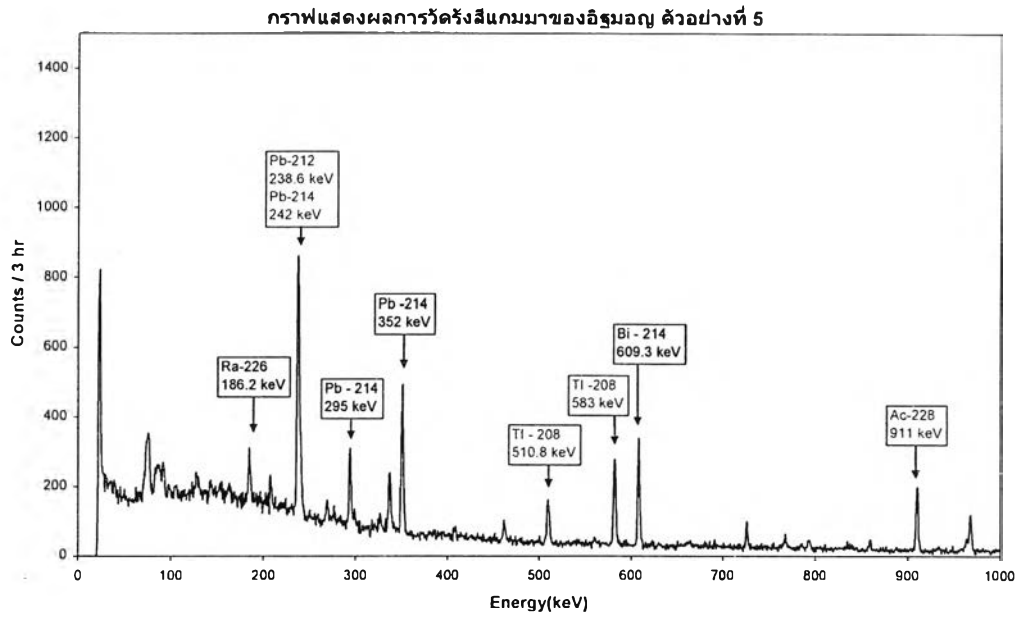


รูปที่ ค-13 ผลการวัดรังสีแกมมาของก้อนอิฐมอญตัวอย่างที่ 3

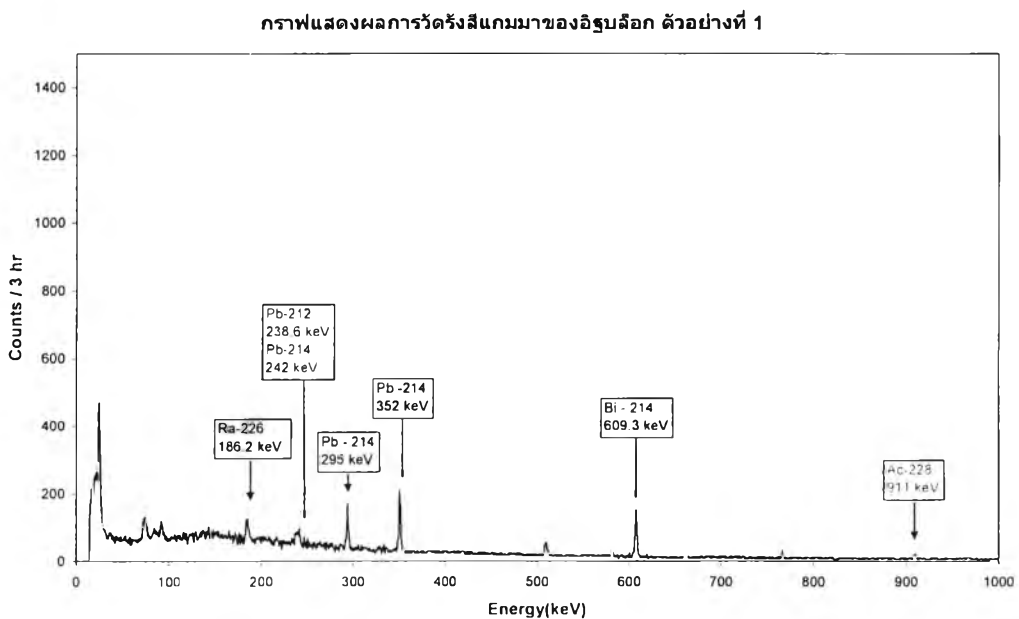
กราฟแสดงผลการวัดรังสีแกมมาของอิฐมอญ ตัวอย่างที่ 4



รูปที่ ค-14 ผลการวัดรังสีแกมมาของก้อนอิฐมอญตัวอย่างที่ 4



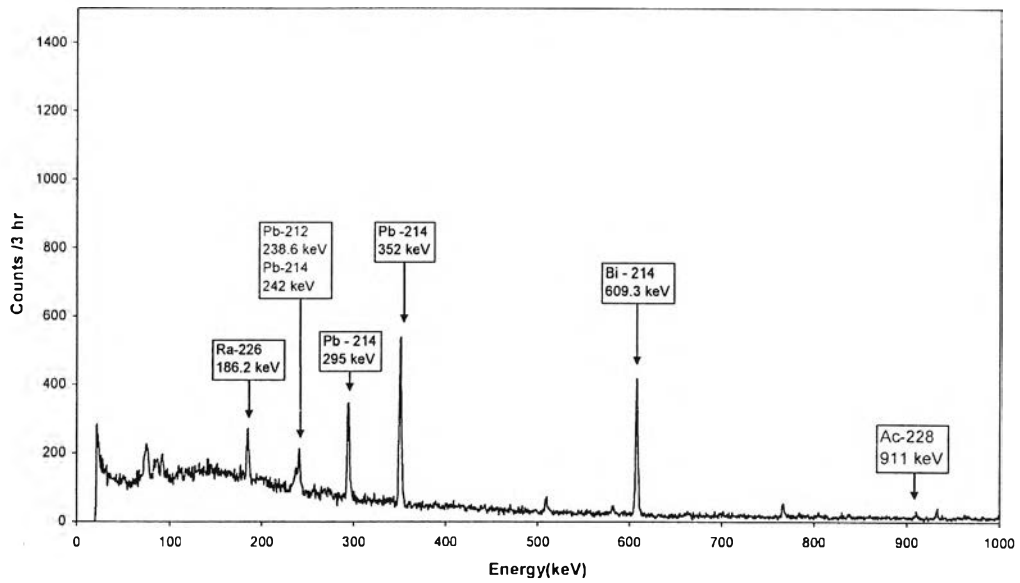
รูปที่ ค-15 ผลการวัดรังสีแกมมาของก้อนอิฐมอญตัวอย่างที่ 5



รูปที่ ค-16 ผลการวัดรังสีแกมมาของอิฐบล็อกตัวอย่างที่ 1

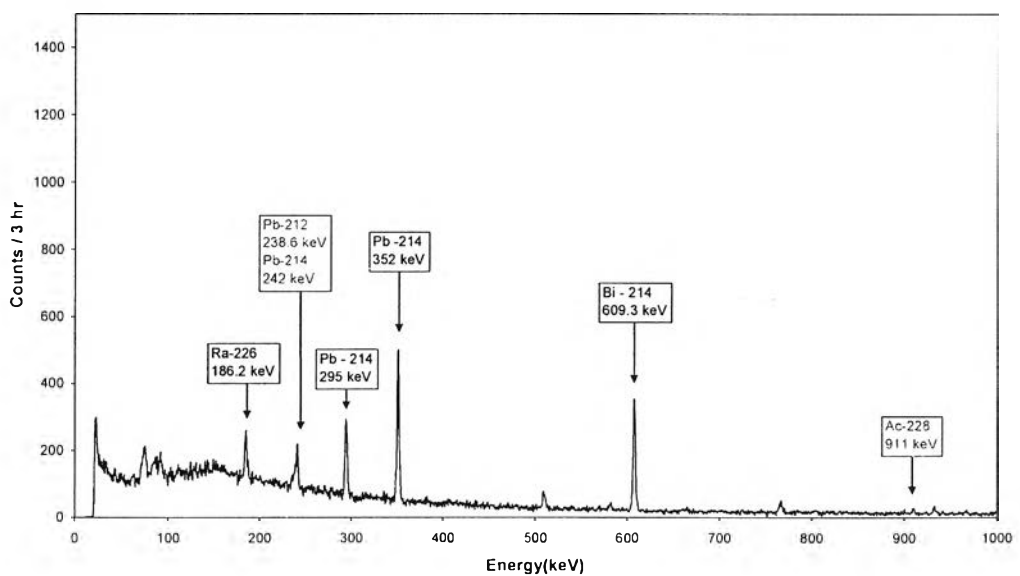
หมายเหตุ อิฐบล็อกตัวอย่างที่ 1 ได้ทำการบดตัวอย่างก่อนนำมาวัดรังสีแกมมา

กราฟแสดงผลการวัดรังสีแกมมาของอิฐบล็อก ตัวอย่างที่ 2



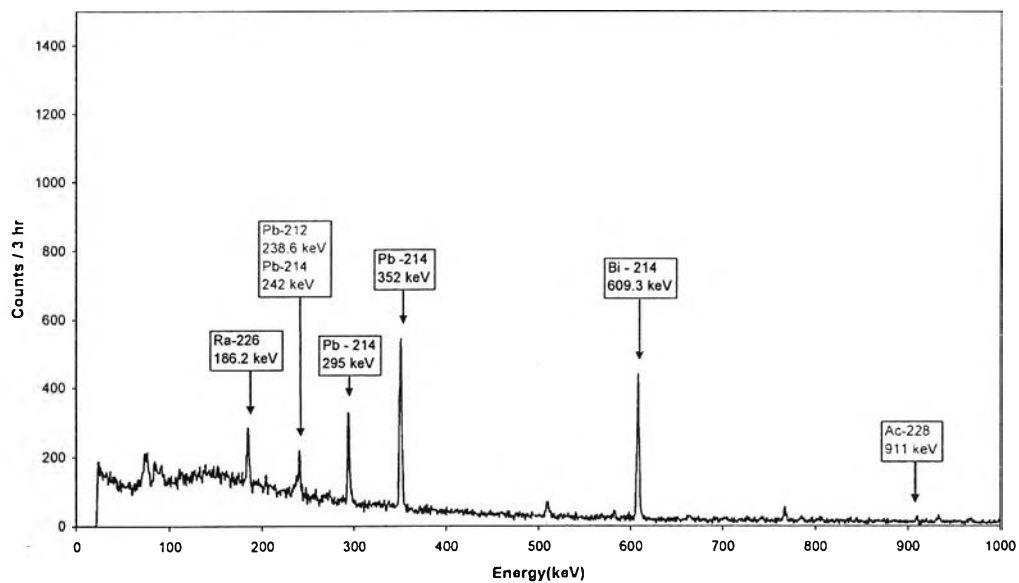
รูปที่ ก-17 ผลการวัดรังสีแกมมาของก้อนอิฐบล็อกตัวอย่างที่ 2

กราฟแสดงผลการวัดรังสีแกมมาของอิฐบล็อก ตัวอย่างที่ 3



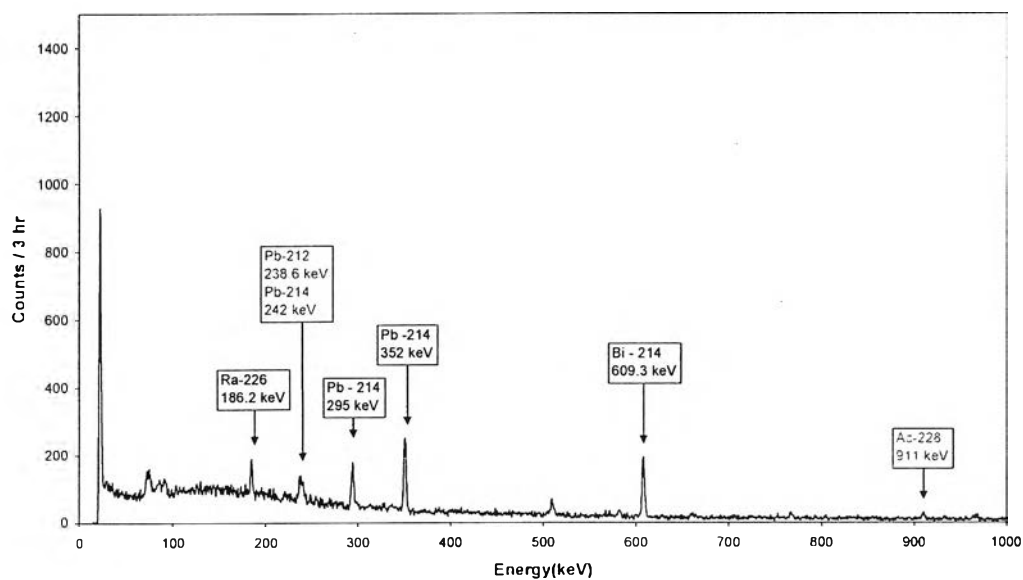
รูปที่ ก-18 ผลการวัดรังสีแกมมาของก้อนอิฐบล็อกตัวอย่างที่ 3

กราฟแสดงผลการวัดรังสีแกมมาของอิฐบล็อก ตัวอย่างที่ 4



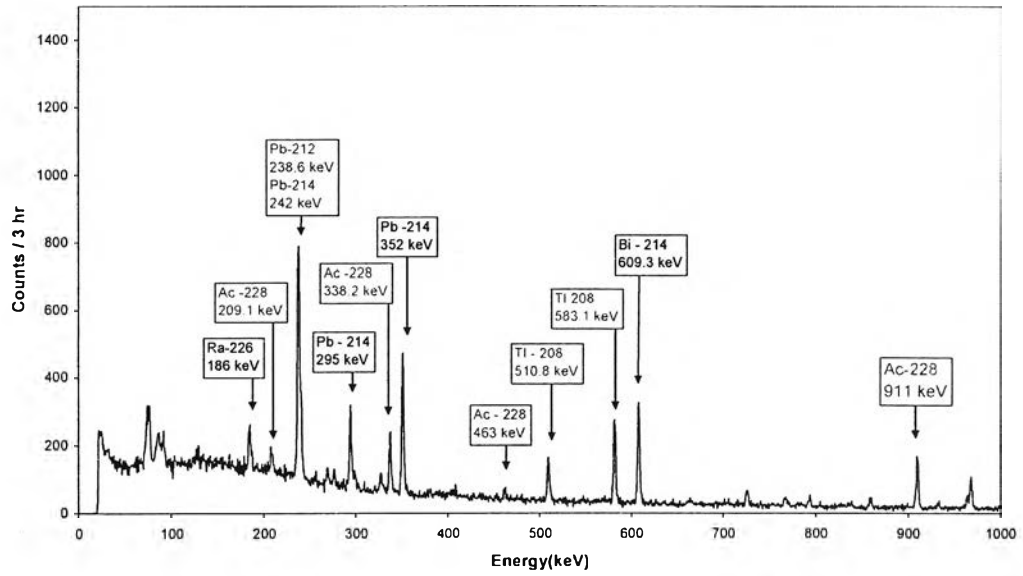
รูปที่ ค-19 ผลการวัดรังสีแกมมาของก้อนอิฐบล็อกตัวอย่างที่ 4

กราฟแสดงผลการวัดรังสีแกมมาของอิฐบล็อก ตัวอย่างที่ 5



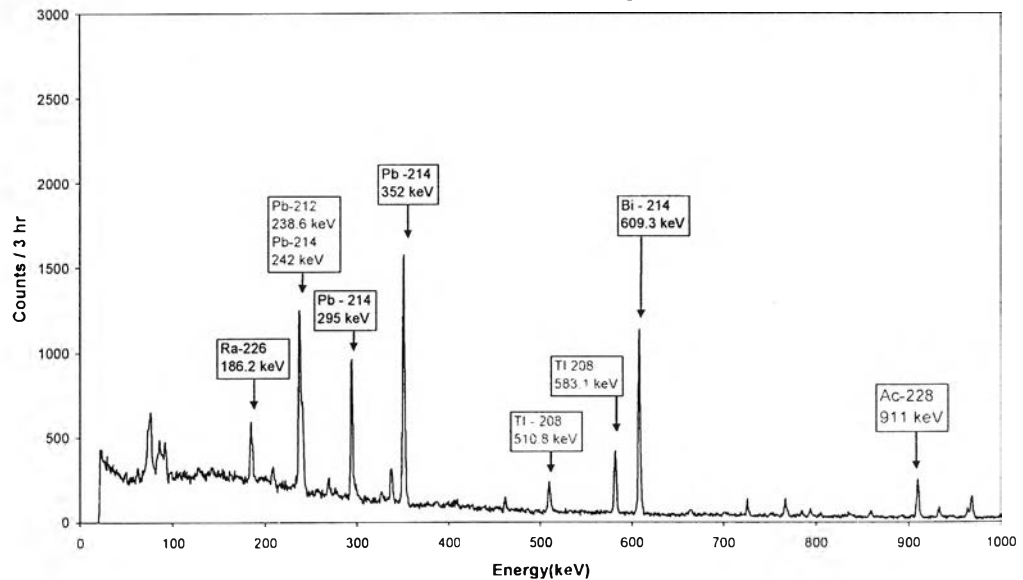
รูปที่ ค-20 ผลการวัดรังสีแกมมาของก้อนอิฐบล็อกตัวอย่างที่ 5

กราฟแสดงผลการวัดรังสีแกมมาของกระเบื้องปูผนัง ตัวอย่างที่ 1



รูปที่ ค-21 ผลการวัดรังสีแกมมาของแผ่นกระเบื้องปูผนังตัวอย่างที่ 1

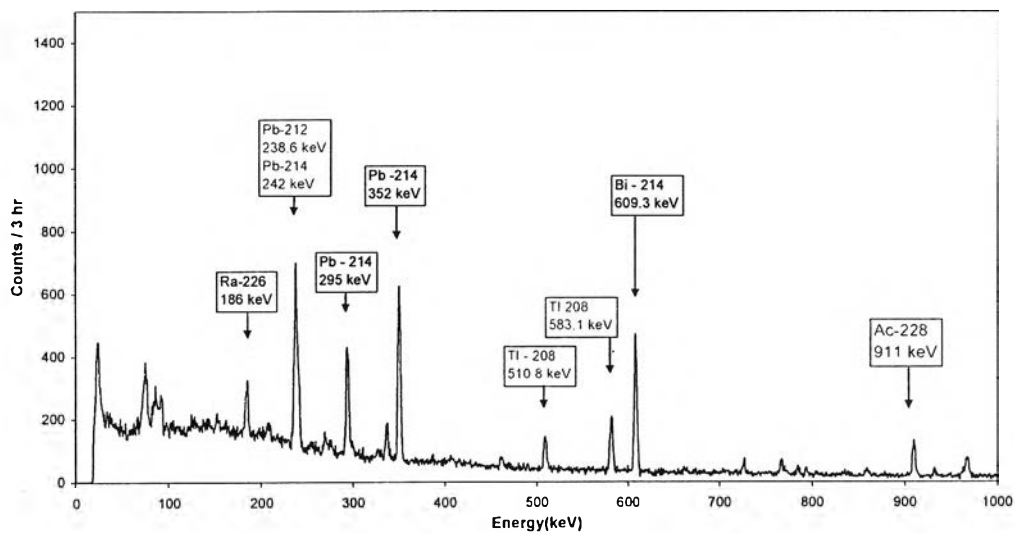
กราฟแสดงผลการวัดรังสีแกมมาของกระเบื้องปูผนัง ตัวอย่างที่ 2



รูปที่ ค-22 ผลการวัดรังสีแกมมาของแผ่นกระเบื้องปูผนังตัวอย่างที่ 2

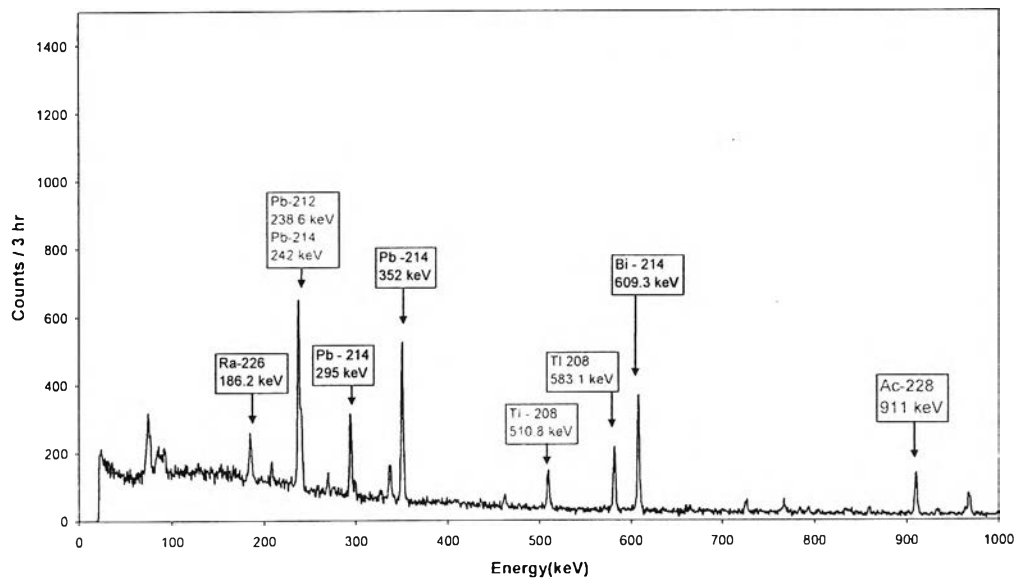


กราฟแสดงผลการวัดรังสีแกมมาของกระเบื้องปูผนัง ตัวอย่างที่ 3

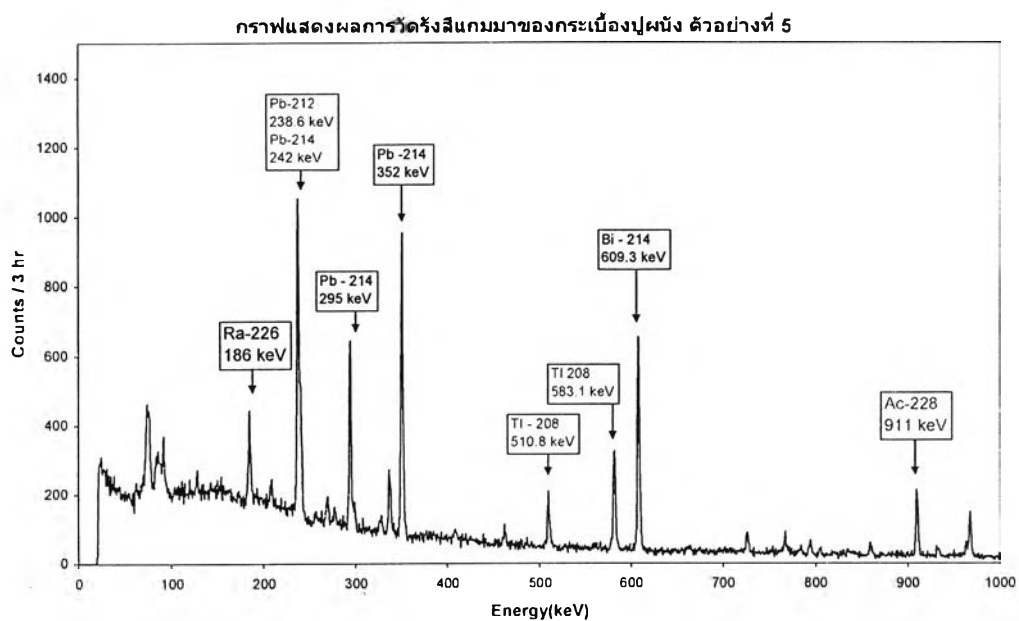


รูปที่ ก-23 ผลการวัดรังสีแกมมาของแผ่นกระเบื้องปูผนังตัวอย่างที่ 3

กราฟแสดงผลการวัดรังสีแกมมาของกระเบื้องปูผนัง ตัวอย่างที่ 4



รูปที่ ก-24 ผลการวัดรังสีแกมมาของแผ่นกระเบื้องปูผนังตัวอย่างที่ 4



รูปที่ ค-25 ผลการวัดรังสีแกมมาของแผ่นกระเบื้องปูผนังตัวอย่างที่ 5

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวนภากาญจน์ สุวรรณคช เกิดเมื่อวันที่ 11 มิถุนายน พ.ศ. 2522 ที่  
จังหวัดนครศรีธรรมราช จบการศึกษาระดับอุดมศึกษาจากภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา ได้รับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์) ในปีพ.ศ.  
2545 และเข้าศึกษาต่อระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (นิวเคลียร์  
เทคโนโลยี) ที่ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

