การศึกษาค่าอันตรกริยาระหว่างรังสีแกมมากับดินและคุณสมบัติในการกำบังรังสี

Study of Gamma Ray Interactions with Soils and Radiation Shielding Properties

ปองกานต์ รอดพลอย[1] พัชรินทร์ อาจจินดา[1] กิตติพงษ์ เสียงเสนาะ[1,2*]
ศุภรัตน์ ทัศน์เจริญ[1,2] และจักรพงษ์ แก้วขาว[1,2]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[2]ศูนย์วิจัยแก้วและวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[*]first_f@windowslive.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาค่าอันตรกริยาระหว่างรังสีแกมมากับดิน ว่าดินชนิดใดสามารถกำบังรังสีได้ดี โดยมีตัวอย่างดิน 2 ชนิด ไม่มีการเติมสารใด ศึกษาสมบัติดินทั้ง 2 ชนิดสามารถสรุปผลได้ว่า Si และ Fe เป็นองค์ประกอบหลักของดินทั้ง 2 ชนิด ส่วนค่าความหนาแน่นของดินทั้ง 2 ชนิด มีค่าความหนาแน่นดังนี้ 5.0367, 7.6256 ตามลำดับ และผลจากการวัดด้วยเครื่องรังสีแกมมาสเปกโตรมิเตอร์เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ในการทดลองพบว่าดินชนิด 2.1 และชนิด 2.2 มีคุณสมบัติในการกำบังรังสีได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: รังสีแกมมา กำบังรังสี สัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวล

Abstract

This research was conducted to study the interaction between gamma rays and the soil. soil that can shielding gamma rays, And no have addition of any substance. Characterization of Soil 2 species, the conclusion is that Si and Fe is a main component of soil 2 types. The density of the soil 2 type with density values are 5.0367, 7.625 and the result of measurement with a gamma ray spectrometer to determine the coefficients showed that soil. type 2.1 and type 2.2 has the ability to get the best shielding.

Keywords: gamma, shielding, attenuation coefficients mass

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันได้มีการศึกษาค้นคว้าในหลายด้านมากขึ้นจึงทำให้เกิดความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และตอนนี้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาท ต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก ทั้งในด้านเกษตรกรรม ด้านอุตสาหกรรมและด้านการแพทย์ ความเจริญก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนี้ยังรวมไปถึงการนำ

รังสีไปใช้ประโยชน์ในหลายๆด้าน เช่นด้านการถนอมอาหาร ด้านพลังงานและด้านการศึกษา เป็นต้น จากที่กล่าวมาการจะนำรังสีไปใช้ประโยชน์นั้นต้องมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง เพราะรังสีสามารถทำให้เกิดประโยชน์และเกิดโทษต่อผู้ที่ใช้งานและสาธารณะได้ และรังสีเป็นอนุภาคที่ร่างกายของมนุษย์ไม่สามารถรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัส จึงไม่สามารถรู้ได้ว่ารับรังสีเข้าสู่ร่างกายแล้ว เพื่อความปลอดภัยของมนุษย์และผู้ที่เกี่ยวข้องกับรังสีจึงจำเป็นต้องหาวิธีการการป้องกันที่ปลอดภัยที่สุดจึงมีผู้ที่ศึกษาอุปกรณ์กำบังรังสีขึ้นมา โดยอาศัยหลักการขององค์กรป้องกันอันตรายจากรังสีนานาชาติ คือ ALARA (As Low As Reasonably Achievable) ด้วยการใช้อุปกรณ์กำบังรังสีเพื่อป้องกันไม่ให้ร่างกายได้รับรังสีเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้วัสดุที่สามารถป้องกัน รังสีเอ็กซ์และรังสีแกมมาได้คือ ตะกั่ว คอนกรีต เหล็ก

จากหลักการดังกล่าวจึงได้ใช้ดินในการศึกษา ดินมีสารผสมที่ซับซ้อนของแร่ธาตุและสารอินทรีย์ที่มีช่องว่างรูพรุนเต็มไปด้วยน้ำ ดินมีคุณสมบัติทางเคมีที่เป็นองค์ประกอบของธาตุเช่น C, K, S, P, CA, Mg, Na, ฯลฯ งานวิจัยครั้งนี้จึงได้นำดินที่ต่างแหล่งและขนาดต่างกันมาเพื่อทำการศึกษาอันตรกริยาระหว่างรังสีกับดิน เปรียบเทียบการเกิดอันตรกริยาระหว่างดิน 6 ตัวอย่าง และทราบถึงคุณสมบัติการกำบังรังสีของดิน

ในการศึกษานี้รังสีแกมมาป้องกันสมบัติของดินได้รับการตรวจสอบครั้งแรกเป็นวัสดุป้องกันรังสี โปรตอนรวมค่าสัมประสิทธิ์มวลลดทอนไมโครเมตรชั้นมูลค่าครึ่งหนึ่ง (HVL) ชั้นมูลค่าสิบ (TVL) และเส้นทางฟรีค่าเฉลี่ย (MFP) ค่าได้รับการกำหนดทดลองสำหรับพลังงานโปรตอนที่ 0.244, 0.262, 0.342, 0.600, 0.778 , 1.173, 1.332, 1.408 และ 1.728 MeV ข้อมูลทางทฤษฎีจะมีการคำนวณโดยใช้รหัสคอมพิวเตอร์ WinXCom ในตอนท้ายเราได้รับข้อตกลงที่ดีระหว่างค่าทดลองและทฤษฎี เช่นเดียวกับการรวมค่าสัมประสิทธิ์มวลลดทอนเรายังได้คำนวณเลขอะตอมที่มีประสิทธิภาพ Z_{eff} จำนวนที่มีประสิทธิภาพอิเล็กตรอน N_{eff} รวมอะตอมข้ามส่วน $\sigma_{t,A}$ รวมอิเล็กทรอนิกส์ข้ามส่วน $\sigma_{t,E}$ ค่า สำหรับดินและวัสดุก่อสร้างบางส่วน ดังนั้นผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าดินสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุป้องกันรังสีแกมมา (Gülbiçim et al, 2017)

การศึกษาการป้องกันรังสีแกมมาและนิวตรอน โดยตัวอย่างคอนกรีต มี และไม่มีสารเติมแต่งแร่ การรวมมวล 12 ลดทอนและสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้น ค่าครึ่งความหนา เลขอะตอมที่มีประสิทธิภาพ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนที่มีประสิทธิภาพ และอะตอมส่วนข้ามที่โปรตอนมีการวัด และคำนวณพลังงานของ keV ค่าตรวจวัด และคำนวณ 661 และ 59.5 ได้มาเปรียบเทียบ และได้รับการปฏิบัติในข้อตกลงที่เหมาะสมยังค่าบันทึกไว้แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงพลังงานและองค์ประกอบของตัวอย่างคอนกรีต นอกจากนี้ ป้องกันนิวตรอนได้รับการปฏิบัติในแง่ของแนวคิดกำจัดด้วยตาเปล่าส่วนข้าม (∑R, cm−1) โปรแกรม WinXCom และ NXcom ถูกใช้เพื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนของรังสีแกมมาและนิวตรอนตามลำดับ (Yılmaz, 2011)

สภาพแวดล้อมรังสีพื้นที่ที่มีความสำคัญต่อภารกิจประจำในอนาคตและรวมถึงโปรตอนในบทความนี้คุณสมบัติการลดทอนของรังสีแกมมาใน จะถูกตรวจสอบ หมายเลขอะตอมที่มีประสิทธิภาพสำหรับกา 20รปฏิสัมพันธ์ Z_{eff} โปรตอนและการดูดซึมพลังงานโปรตอนสำหรับหลากหลายของพลังงานโปรตอนจะถูกกำหนด ผลการวิจัยพบว่า ตัวอย่างพอลโล17 สามประเภทแต่ละตัวมีคุณสมบัติในการลดทอนที่คล้ายกันในวงกว้าง เช่นเดียวกับผลการศึกษาพบว่า Z_{eff} ได้รับการประสบความสำเร็จในลักษณะและความสัมพันธ์ตัวอย่างดินที่แตกต่างกับการผสมของหินในท้องถิ่นที่แพร่หลาย (El-Khayatt, 2015)

ในงานวิจัยนี้ ศึกษาตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์รังสี 40K, 226Ra และ 232Th ในตัวอย่างดินจำนวน 108 ตัวอย่างจากทุกตำบลใน 8 อำเภอของจังหวัดยะลา โดยใช้หัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูงและระบบวิเคราะห์แบบแกมมาสเปกโตรเมตรี ในการตรวจวัดแต่ละตัวอย่างใช้เวลาเป็น 10,800 วินาที จากผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะเฉลี่ยของ 40K, 226Raและ232Th มีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 192.56 – 14,173.74 Bq/kg, 11.06 – 513.74 Bq/kg และ 20.46 – 312.13 Bq/kg ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3,607.70 ± 235.48 Bq/kg, 128.94 ± 7.42 Bq/kg และ 85.93 ± 6.13 Bq/kg ตามลำดับ นำข้อมูลที่ตรวจวัดได้นี้ เปรียบเทียบกับข้อมูลของนักวิจัยในบริเวณภาคใต้ของประเทศไทย (ปีพ.ศ. 2552-2553) ข้อมูลจากรายงานประจำปีของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ และข้อมูลของงานวิจัยทั่วโลก นอกจากนี้ยังได้

สร้างแผนภาพทางรังสี ของค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ ^{40}K, ^{226}Ra และ ^{232}Th โดยใช้ข้อมูลที่ตรวจวัดได้ในตัวอย่างดินบริเวณจังหวัดยะลาโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ArcGIS Version 9.3 (Akbal, 1999)

ดินเหนียวที่สามารถใช้เป็นสารเติมแต่งสำหรับการป้องกันวัสดุกัมมันตรังสี ในการศึกษานี้คุณสมบัติป้องกันปูนซีเมนต์ micronize ดินเหนียวสีขาวควันดินซิ ฟูมซิลิกาฟูมซิลิกาและโคลนสีแดงที่ระดับพลังงานที่แตกต่างกันมีการตรวจสอบ นอกจากนี้การบดอัดและการทดสอบการบีบอัดไร้ข้อ จำกัด ได้ดำเนินการในกลุ่มตัวอย่าง ผลที่ได้จากดินเหนียวและตัวอย่างอื่นๆที่ถูกเมื่อเทียบกับคนอื่นๆ เป็นผลให้พบว่าดินเหนียวผสมปูนซีเมนต์โดยเฉพาะอย่างยิ่งดินเหนียวสีขาวได้ดีกว่าตัวอย่างอื่นๆ ในการป้องกันสารกัมมันตรังสี (Akbulut, 2015)

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

2.2 ทำการวัดความหนาแน่นของดินทั้ง 2 ตัวอย่าง

2.3 ทำการวัดความหนาของดินทั้ง 2 ตัวอย่าง

2.4 นำดินทั้ง6ตัวอย่างไปวัดที่เครื่อง แกมมาสเปกโตรมิเตอร์ (Gamma Spectrometer) โดยทำการวัดตัวอย่างละ 8 มุม แต่ละมุมใช้เวลา 600 วินาที

2.5 วัดค่า XRF ของดินทั้ง 2 ตัวอย่าง

2.6 คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การทดลอนเชิงมวลทางทฤษฎีของดินตัวอย่าง ด้วยโปรแกรม XCOM

2.7 คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การทดลอนเชิงมวลทางการทดลอง จากสูตร $\mu_m = \ln\frac{I_0/I}{\rho t}$ พร้อมทั้งหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

2.8 คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การทดลอนเชิงมวลของธาตุแต่ละชนิด ด้วยโปรแกรม XCOM และคำนวณหาค่าต่างๆที่จะต้องใช้

2.9 คำนวณค่าและนำไปใช้ในการคำนวณ Z_{eff} และ N_{el}

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 คุณสมบัติของดิน

จากการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบที่อยู่ในดินตัวอย่างทั้ง 2 ตัวอย่าง ด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์เรืองรังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงาน ผลการวิจัยเป็นไปดังตารางที่ 3.1 และ 3.2

ตารางที่ 3.1 ธาตุประกอบของตัวอย่างดิน 2.1

ธาตุองค์ประกอบที่พบในตัวอย่างดิน 2.1	ปริมาณองค์ประกอบธาตุ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
Si	54.478
K	11.728
Ca	10.18
Ti	2.597
Mn	0.297
Fe	19.918

Zn	0.067
Rb	0.241
Sr	0.052
Zr	0.379
Pb	0.061

ตารางที่ 3.2 ธาตุประกอบของตัวอย่างดิน 2.2

ธาตุองค์ประกอบที่พบในตัวอย่างดิน 2.2	**ปริมาณองค์ประกอบธาตุ (น้ำหนักร้อยละโดย)**
Si	53.525
K	12.882
Ca	9.471
Ti	2.339
Cr	0.035
Mn	0.238
Fe	20.396
Zn	0.075
Rb	0.259
Sr	0.059
Zr	0.342
Ba	0.318
Pb	0.062

3.2 ค่าความหนาแน่นของตัวอย่างดิน

จากการวัดค่าความหนาแน่นของตัวอย่างดินใช้หลักการของอาร์คีมีดิส) Archimedes' s principle (โดยใช้เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ของบริษัท AND รุ่น HR-200 ได้ผลตามตาราง 3.3

ตารางที่ 3.3 ค่าความหนาแน่น

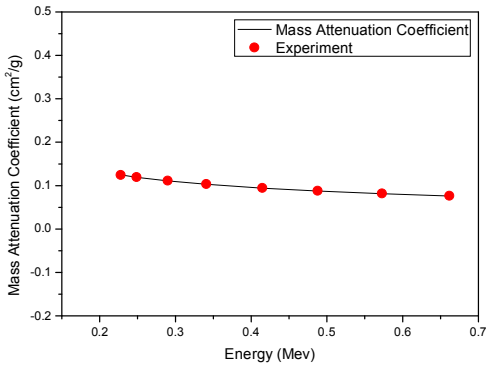
ชนิดตัวอย่าง	ค่าความหนาแน่น (g/cm^3)
ดิน 2.1	5.0367
ดิน 2.2	7.6256

3.3 ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวล

จากการได้วัดค่าจากเครื่อง รังสีแกมม่าสเปกโตรมิเตอร์ แล้วนำมาคำนวณ เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ในการทดลอง แล้วเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎีที่ได้จาก โปรแกรม WinXCom ผลเป็นไปตามตารางที่ 3.4 และ 3.5 และภาพที่ 1 และ 2

ตารางที่ 3.4 ค่า μ_m ของดิน 2.1

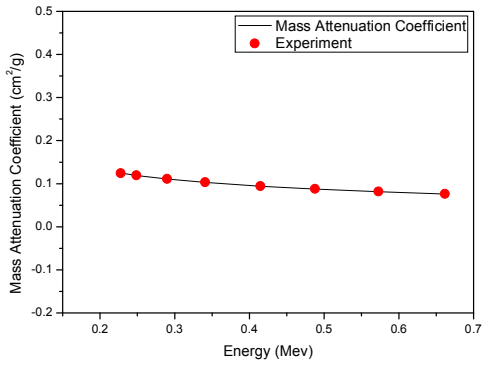
ค่าพลังงาน (Mev)	μ_mทฤษฎี (cm_2/g)	μ_mทดลอง (cm_2/g)
0.228	1.25E-01	1.24E-01
0.249	1.19E-01	1.19E-01
0.29	1.11E-01	1.11E-01
0.341	1.03E-01	1.03E-01
0.415	9.41E-02	9.41E-02
0.488	8.76E-02	8.74E-02
0.573	8.15E-02	8.12E-02
0.662	7.62E-02	7.62E-02



ภาพที่ 1 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวทฤษฎี และทดลองของดิน 2.1

ตารางที่ 3.5 ค่า μ_m ของดิน 2.2

ค่าพลังงาน (Mev)	μ_mทฤษฎี (cm_2/g)	μ_mทดลอง (cm_2/g)
0.228	1.25E-01	1.24E-01
0.249	1.19E-01	1.19E-01
0.29	1.11E-01	1.11E-01
0.341	1.03E-01	1.03E-01
0.415	9.41E-02	9.41E-02
0.488	8.76E-02	8.74E-02
0.573	8.15E-02	8.12E-02
0.662	7.62E-02	7.62E-02



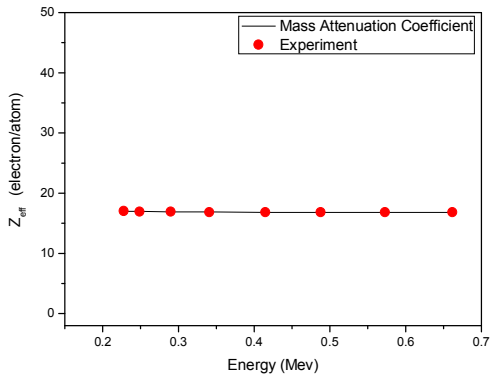
ภาพที่ 2 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลทฤษฎี และทดลองของดิน 2.2

3.4 ค่า Z_{eff}

จากการได้วัดค่าจากเครื่อง รังสีแกมม่าสเปกโตรมิเตอร์ แล้วนำมาคำนวณ เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ในการทดลอง แล้วเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎีที่ได้จาก โปรแกรม WinXCom ผลเป็นไปตามตารางที่ 3.6 และ 3.7 และภาพที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3.6 ค่า Z_{eff} ของดิน 2.1

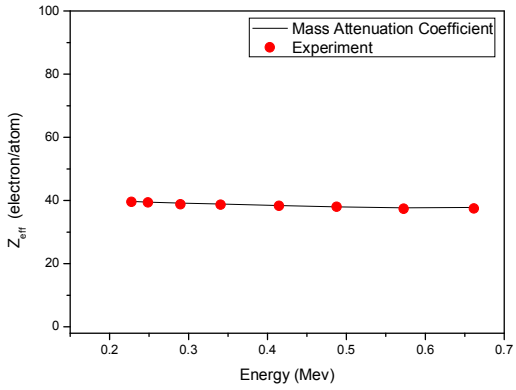
ค่าพลังงาน (Mev)	Z_{eff}ทฤษฎี	Z_{eff}ทดลอง
0.228	1.70E+01	1.70E+01
0.249	1.70E+01	1.69E+01
0.29	1.69E+01	1.69E+01
0.341	1.69E+01	1.68E+01
0.415	1.68E+01	1.68E+01
0.488	1.68E+01	1.68E+01
0.573	1.68E+01	1.68E+01
0.662	1.68E+01	1.68E+01



ภาพที่ 3 เปรียบเทียบค่าZ_{eff} ทฤษฎีและทดลองของดิน 2.1

ตารางที่ 3.7 ค่า Z_{eff} ของดิน 2.2

ค่าพลังงาน (Mev)	Z_{eff}ทฤษฎี	Z_{eff}ทดลอง
0.228	3.97E+01	3.95E+01
0.249	3.95E+01	3.93E+01
0.29	3.92E+01	3.87E+01
0.341	3.89E+01	3.86E+01
0.415	3.84E+01	3.82E+01
0.488	3.80E+01	3.79E+01
0.573	3.77E+01	3.73E+01
0.662	3.78E+01	3.74E+01



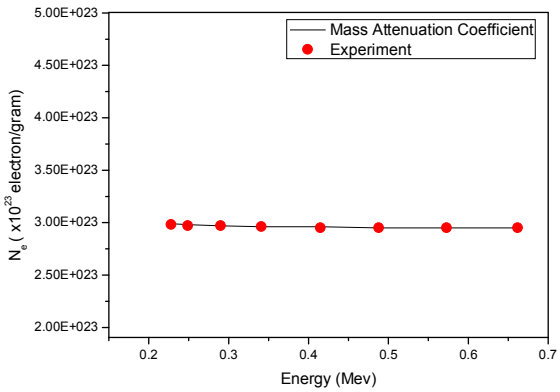
ภาพที่ 4 เปรียบเทียบค่า Z_{eff} ทฤษฎีและทดลองของดิน 2.2

3.5 ค่า N_{el}

จากการได้วัดค่าจากเครื่อง รังสีแกมม่าสเปกโตรมิเตอร์ แล้วนำมาคำนวณ เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ในการทดลอง แล้วเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎีที่ได้จาก โปรแกรม WinXCom ผลเป็นไปตามตารางที่ 3.6 และ 3.7 และภาพที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3.8 ค่าN_{el}ของดิน 2.1

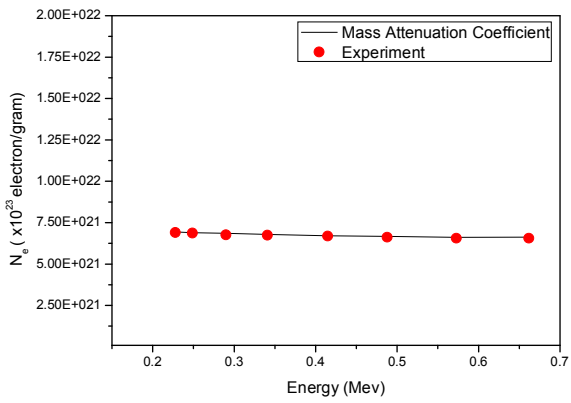
ค่าพลังงาน (Mev)	N_{el}ทฤษฎี	N_{el}ทดลอง
0.228	2.99E+23	2.98E+23
0.249	2.98E+23	2.97E+23
0.29	2.97E+23	2.97E+23
0.341	2.96E+23	2.96E+23
0.415	2.96E+23	2.95E+23
0.488	2.95E+23	2.95E+23
0.573	2.95E+23	2.95E+23
0.662	2.95E+23	2.95E+23



ภาพที่ 5 เปรียบเทียบค่า N_{el} ทฤษฎีและทดลองของดิน 2.1

ตารางที่ 3.9 ค่า N_{el} ของดิน 2.2

ค่าพลังงาน (Mev)	N_{el}ทฤษฎี	N_{el}ทดลอง
0.228	6.941E+21	6.892E+21
0.249	6.895E+21	6.86E+21
0.29	6.856E+21	6.757E+21
0.341	6.787E+21	6.735E+21
0.415	6.712E+21	6.682E+21
0.488	6.67E+21	6.618E+21
0.573	6.61E+21	6.55E+21
0.662	6.63E+21	6.56E+21



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบค่า N_{el} ทฤษฎีและทดลองของดิน 2.2

4. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาค่าอันตรกริยาระหว่างรังสีแกมมากับดิน ว่าดินชนิดใดจะมีคุณสมบัติในการกำบังรังสีได้ดี โดยตัวอย่างมีดิน 2 ชนิด คือ2.1 , และไม่มีการเติมสารลงไป 2.2 จากนั้นจึงเริ่มทำการทดลองศึกษาสมบัติดินที่ 2 ชนิด ผลที่ได้สามารถสรุปได้ว่า

4.1 คุณสมบัติของดิน

จากการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบที่อยู่ในดินตัวอย่างทั้ง 2 ตัวอย่าง ด้วยเครื่อง สเปกโตรมิเตอร์เรืองรังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงาน ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง ดิน พบว่ามีปริมาณของ Si และ Fe ในปริมาณที่มากซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของดินทั้ง 2 ชนิด

4.2 ค่าความหนาแน่น ρของตัวอย่างดิน

จากการวัดค่าความหนาแน่นของตัวอย่างดินใช้หลักการของ อาร์คีมีดิส)Archimedes' s principleโดยใช้เครื่อง (ชั่ง4 ตำแหน่ง ได้ผลความหนาแน่นของดิน คือ ดิน 2.1 ค่าความหนาแน่น 5.0367g/cm^3 ดิน ค่าความหนาแน่น 2.2 7.6256g/cm^3ตามลำดับ

4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวล

จากการได้วัดค่าจากเครื่อง รังสีแกมม่าสเปกโตรมิเตอร์ แล้วนำมาคำนวณ เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ในการทดลอง แล้วเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎีที่ได้จาก โปรแกรม WinXCom พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ลดทอนรังสีเชิงมวลของดิน อยู่ในช่วงพลังงาน 0.228,0.249,0.29 ,0.341 ,0.415 ,0.488 ,0.573 , 0.662 Mev ตามลำดับ โดยผลการทดลองพบว่า ดินชนิด 2.1 มีคุณส 2.2 และ ชนิดมบัติในการกำบังรังสีได้ดีที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือของ อาจารย์กิตติพงษ์ เสียงเสนาะ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัย อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินการอีกด้วย และให้ข้อเสนอแนะในการทำวิจัย นอกจากนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ โปรแกรมวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่คอยเป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยเรื่องนี้

6. เอกสารอ้างอิง

Hasan Gülbiçim, ,M.Çağatay Tufan, M.Nureddin Türkan. 2017. **The investigation of vermiculite as an alternating shielding material for gamma rays.** Radiation Physics and Chemistry. Volume 130. 112-117.

E.Yılmaz, 2011. **Gamma ray and neutron shielding properties of some concrete materials, Annals of Nuclear Energy.** Volume 38. Issue 10. 2204-2212.

A.M. El-Khayatt,M.A. Al-Rajhi. 2015. **Analysis of some lunar soil and rocks samples in terms of photon interaction and photon energy absorption**. Advances in Space Research. Volume 55. Issue 7. 1. 1816-1822.

S. Akbal. 1999. **Measurement of photon attenuation coefficient in soil samples.** M.Sc. Thesis ITU. Istanbul.

Suat Akbulut, Arvin Sehhatigdiri, Hayrettin Eroglu, Semet Çelik, 2015. **A research on the radiation shielding effects of clay, silica fume and cement samples**. Radiation Physics and Chemistry. Volume 117. 88-92.