บทความวิจัย

การตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีธรรมชาติ และมนุษย์สร้างขึ้นในตัวอย่างดิน บริเวณจังหวัดภูเก็ต

Quantitative Measurement of Specific Activities of Natural and Anthropogenic Radionuclides in Soil Samples from Phuket Province

ฤทัยรัตน์ บุญครองชีพ[1] ศุภวุฒิ เบ็ญจกุล[2] และประสงค์ เกษราธิคุณ[3*]

Ruthairat Boonkrongcheep[1], Supphawut Benjakul[2] and Prasong Kessaratikoon[3*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจวัดและวิเคราะห์กัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีธรรมชาติ (^{40}K ^{226}Ra และ ^{232}Th) และนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น (^{137}Cs) ในตัวอย่างดิน ที่เก็บจากบริเวณต่าง ๆ ในอำเภอเมือง อำเภอกะทู้ และอำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต จำนวน 103 ตัวอย่าง โดยใช้หัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์และระบบการวิเคราะห์แบบแกมมาสเปกโตรเมตรี ณ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์นิวเคลียร์และฟิสิกส์วัสดุ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตสงขลา โดยใช้แหล่งกำเนิดรังสีมาตรฐานซีเซียม–137 (^{137}Cs) โคบอลท์–60 (^{60}Co) และแบเรียม–133 (^{133}Ba) ในการปรับเทียบพลังงาน และใช้สารมาตรฐานชนิด IAEA/ RGU–1 IAEA/RGTh–1 และ KCl ในการวิเคราะห์และคำนวณกัมมันตภาพจำเพาะของ U (or Ra), Th และ K ตามลำดับ ในตัวอย่างดินทั้งหมด และใช้สารมาตรฐานชนิด IAEA/SL–2 ในการวิเคราะห์และคำนวณกัมมันตภาพจำเพาะของ ^{137}Cs ในการตรวจวัดแต่ละตัวอย่างใช้เวลาเป็น 10,800 วินาที หรือ 3 ชั่วโมง จากผลการวิเคราะห์กัมมันตภาพจำเพาะเฉลี่ยของ ^{40}K ^{226}Ra ^{232}Th และ ^{137}Cs ในตัวอย่างดิน พบว่า มีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 202.30 – 18,803.28 Bq/kg สำหรับ ^{40}K 0.00 – 830.82 Bq/kg สำหรับ ^{226}Ra 20.23 – 1,014.21 Bq/kg สำหรับ ^{232}Th และ 0.00 – 11.26 Bq/kg สำหรับ ^{137}Cs โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 4,092.29 ± 267.05 Bq/kg, 212.55 ± 10.18 Bq/kg, 203.98 ± 9.58 Bq/kg และ 1.15 ± 0.57 Bq/kg ตามลำดับ ทั้งนี้ ได้คำนวณอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืนใน

---

[1] นิสิตปริญญาโท หลักสูตร วท.ม.(ฟิสิกส์) สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000
Master's Degree Student, Department of Physics, Faculty of Science, Thaksin University, Songkhla, 90000, Thailand.

[2] ผู้ช่วยวิจัย สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000.
Research Assistant, Department of Physics, Faculty of Science, Thaksin University, Songkhla, 90000, Thailand.

[3] อาจารย์ประจำ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000.
Dr.,Department of Physics, Faculty of Science, Thaksin University, Songkhla, 90000, Thailand.

* Corresponding author : โทรศัพท์ : 081-5423598 E-mail: prasong@tsu.ac.th

อากาศ (D) กัมมันตภาพสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) ดัชนีความเสี่ยงรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกาย (H_{ex}) และอัตราปริมาณรังสียังผลที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (AED_{out}) โดยใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพจำเพาะของ ^{40}K ^{226}Ra และ ^{232}Th ในตัวอย่างดินที่ตรวจวัดได้ และได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ตรวจวัดได้นี้กับข้อมูลจากรายงานประจำปีของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่เก็บจากจังหวัดสงขลา และผลงานวิจัยของนักวิจัยในต่างประเทศทั่วโลกอีกด้วย

คำสำคัญ : กัมมันตภาพจำเพาะ อัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืนในอากาศ กัมมันตภาพสมมูลเรเดียม ดัชนีความเสี่ยงรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกาย อัตราปริมาณรังสียังผลที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี

Abstract

Specific activity of natural (^{40}K, ^{226}Ra and ^{232}Th) and anthropogenic radionuclides (^{137}Cs) in 103 soil samples collected from Muang, Kathoo and Thalang districts in Phuket province, have been measured and analyzed. Experi mental results were obtained by using a high–purity germanium (HPGe) detector and gamma spectrometry analysis system at Nuclear and Material Physics laboratory in Department of Physics, Faculty of Science, Thaksin University Songkhla Campus. Gamma ray radioactive standard sources (Cesium-137(Cs-137) Cobolt-60 (Co-60) and Barium -133(Ba-133)) were used to calibrate the measurement system. The IAEA/RGU–1 IAEA/RGTh–1 and KCl obtained from the International Atomic Energy Agency were also used to analyze and compute the U (or Ra), Th and K specific activity in all soil samples, respectively. The IAEA/SL-2 was also used to evaluate the specific activity of ^{137}Cs in all soil samples. The measuring time of each sample is 10,800 seconds or 3 hours. It was found that specific activities range from 202.30 – 18,803.28 Bq/kg for ^{40}K, 0.00 – 830.82 Bq/kg for ^{226}Ra, 20.23 – 1014.21 Bq/kg for ^{232}Th and 0.00 – 11.26 Bq/kg for ^{137}Cs with mean values of 4,092.29 ± 267.05 Bq/kg, 212.55 ± 10.18 Bq/kg, 203.98 ± 9.58 Bq/kg and 1.15 ± 0.57 Bq/kg, respectively. Furthermore, absorbed dose rate in air (D), radium equivalent activity (Ra_{eq}), external hazard index (H_{ex}), and annual effective dose rate of this area were also evaluated by using the mean values of specific activities of the ^{40}K, ^{226}Ra and ^{232}Th. Moreover, the experimental results were also compared with Office of Atoms for Peace (OAP) research data from Songkhla province, Thailand and global radioactivity measurement and evaluations.

Keywords: Specific Activity, Absorbed Dose Rate in Air, Radium Equivalent Activity, External Hazard Index, Annual Effective Dose Rate

คำนำ

มนุษย์และสิ่งมีชีวิตทุกชนิดอาศัยอยู่บนโลกที่มีกัมมันตภาพรังสีในสิ่งแวดล้อมอยู่ทั่วไป โดยส่วนใหญ่เป็นรังสีที่มีอยู่ตามธรรมชาติ (natural occurring radiation) และบางส่วนเกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ (man made radiation) โดยแหล่งที่ก่อให้เกิดรังสีมากที่สุด ได้แก่ รังสีจากธรรมชาติ ซึ่งอาจมาจากทั้งภายในและภายนอกโลก เช่น จากการสลายตัวของนิวไคลด์รังสีปฐมภูมิของอนุกรมสารกัมมันตรังสีที่มีในพื้นดิน สินแร่ และสิ่งแวดล้อมจากอากาศที่เราหายใจ ในอาหารที่เราบริโภค แม้กระทั่งใน

ร่างกายของเรา เนื่องจากนิวไคลด์กัมมันตรังสีจากธรรมชาติ มีเจือปนอยู่ในผิวดินทั่วไป จึงถูกดูดซับโดยพืชและเข้าสู่ร่างกายทางน้ำและอาหารได้ ส่วนนิวไคลด์รังสีที่มนุษย์ผลิตขึ้น มีแหล่งกำเนิดรังสีหลายรูปแบบ เช่น จากการเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู การใช้เครื่องเร่งอนุภาค เครื่องเอกซเรย์ รวมทั้งการผลิตสารกัมมันตรังสีจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ต่าง ๆ หากปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสีเหล่านี้มีมากเกินไปในธรรมชาติ จะทำให้มนุษย์โลกได้รับรังสีในปริมาณที่มากตามไปด้วย ด้วยเหตุนี้ จึงได้มีกลุ่มของนักวิจัยมากมายทางด้านการวัดปริมาณรังสีในธรรมชาติทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับการตรวจวัดและวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในธรรมชาติ [1] เช่น ได้ทำการตรวจวัดค่าเฉลี่ยความเข้มข้นกัมมันตภาพรังสีของนิวไคลด์รังสีบางชนิด เช่น ^{232}Th ^{238}U และ ^{40}K ในตัวอย่างทรายจากบริเวณที่มีการตรวจพบว่ามีระดับรังสีในธรรมชาติสูง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ค้นพบใหม่ทางชายฝั่งตะวันออกของรัฐ Orissa ประเทศอินเดีย [2] ได้ศึกษากระบวนการแจกแจงและความเข้มข้นกัมมันตภาพรังสีของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในอนุกรมทอเรียม (^{232}Th series) อนุกรมยูเรเนียม (^{238}U series) และธาตุโพแทสเซียม (^{40}K) ในทรายบริเวณชายฝั่งทะเล 2 แห่ง บนเกาะ Ilha Grande ฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ในประเทศบราซิล [3] คือ ชายหาด ได้ทำการศึกษานิวไคลด์กัมมันตรังสีธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้นในตัวอย่างหินและทรายชายหาด ณ ภูมิภาค Ezine รัฐ Anatolia ทางตะวันตก ประเทศตุรกี อีกทั้งยังได้ตรวจวัดกัมมันตภาพรังสีสมมูลของเรเดียม (radium equivalent activity) ในหินและทรายอีกด้วย Kessaratikoon [4] ได้มีการตรวจวัดและคำนวณอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน และการแจกแจงของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในธรรมชาติจากทรายชายหาด บริเวณชายหาดชลาทัศน์และชายหาดสมิหลาจังหวัดสงขลา Benjakul [5] ได้ทำการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีในธรรมชาติ ในตัวอย่างดินบริเวณเขตเทศบาลอำเภอเมือง และตัวอย่างทรายชายหาดบริเวณชายหาดชลาทัศน์และชายหาดสมิหลา จังหวัดสงขลา อีกทั้งได้ทำการประเมินปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศสำหรับภายนอกอาคารบ้านเรือน นอกจากนี้ ทางสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ได้ทำการศึกษาวิจัยและประเมินปริมาณกัมมันตรังสีในสิ่งแวดล้อม จากตัวอย่างสิ่งแวดล้อมประเภทน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ น้ำฝน น้ำทะเล ดิน ทราย หญ้า อาหารประเภทต่าง ๆ จากตัวอย่างที่บริเวณต่าง ๆ ทั่วประเทศไทย [6]

จังหวัดภูเก็ต เป็นจังหวัดหนึ่งทางภาคใต้ของประเทศไทยที่มีลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นเกาะ มีจำนวนประชากร 335,913 คน ในปี พ.ศ. 2552 พื้นที่โดยรอบประกอบด้วยภูเขา เกาะและชายหาด มีขนาดเนื้อที่ประมาณ 543.03 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของภาคใต้ ชายฝั่งทะเลอันดามันมหาสมุทรอินเดีย ที่ละติจูด 7^{o} 45′ ถึง 8^{o} 15′ เหนือ ลองจิจูดที่ 98^{o} 15′ ถึง 98^{o} 40′ ตะวันออก แบ่งออกเป็น 3 อำเภอ คือ อำเภอเมือง อำเภอกะทู้ และอำเภอถลาง ในอดีตส่วนใหญ่คนที่มีความเจริญรุ่งเรืองทางเศรษฐกิจจะเป็นคนจีนที่ทำเหมืองแร่ และพ่อค้าคนกลางขายยางพารา จึงถือได้ว่าภูเก็ตเป็นดินแดนแห่งเศรษฐีเหมืองแร่ดีบุก แต่ปัจจุบันความรุ่งเรืองทางเศรษฐกิจมาจากอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว โดยมีสถานที่ท่องเที่ยวทั้งที่เป็นธรรมชาติ เช่น แหลมพรหมเทพ หาดป่าตอง อุทยานแห่งชาติสิรินาถ (หาดในยาง) ฯลฯ ซึ่งสมกับสมญานามที่ได้ชื่อว่า "ไข่มุกแห่งอันดามัน" และสถานที่สำคัญทางศิลปวัฒนธรรมและสิ่งก่อสร้าง เช่น วัดฉลอง ภูเก็ตแฟนตาซี อนุสาวรีย์สองวีรสตรีท้าวเทพกระษัตรีท้าวศรีสุนทร ฯลฯ โดยรายได้หลักของจังหวัดภูเก็ตมาจากธุรกิจการท่องเที่ยวซึ่งขยายตัวเพิ่มขึ้นทุกปี รองลงมาเป็นรายได้จากการค้าส่งและค้าปลีก การเกษตร การบริการทางด้านการคมนาคมขนส่ง และอุตสาหกรรม เป็นต้น

จากที่กล่าวมาข้างต้น จังหวัดภูเก็ตมีอุตสาหกรรมการทำเหมืองแร่มาก่อน จึงทำให้มีการสะสมของสินแร่และสสารชนิดต่าง ๆ มากมาย อีกทั้งยังเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีผู้คนทั่วทุกสารทิศมาท่องเที่ยวกัน และเนื่องจากการสำรวจทางด้านรังสีในจังหวัดภูเก็ตยังมีข้อมูล

ค่อนข้างน้อย จึงเห็นควรอย่างยิ่งที่จะต้องมีการตรวจวัดและวิเคราะห์ปริมาณของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในธรรมชาติในตัวอย่างดิน ทั้งนี้เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปทำการประเมินถึงอันตรายของการได้รับรังสีจากธรรมชาติต่อผู้อยู่อาศัยและผู้คนที่มาท่องเที่ยวในพื้นที่ดังกล่าวนี้ต่อไป

ด้วยเหตุนี้ ทางคณะผู้วิจัยจึงได้มีความสนใจในการศึกษาตรวจวัดปริมาณและคุณภาพของนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่มีแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ (^{40}K ^{226}Ra และ ^{232}Th) และที่มนุษย์สร้างขึ้น (^{137}Cs) ที่มีการสะสมอยู่ในตัวอย่างดิน บริเวณแหล่งที่อยู่อาศัยของประชาชนและนักท่องเที่ยว จำนวน 103 ตัวอย่าง ในจังหวัดภูเก็ต โดยทำการตรวจวัดด้วยหัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์ (HPGe detector) และระบบวิเคราะห์แบบแกมมาสเปกโตรเมตรี ณ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์นิวเคลียร์และฟิสิกส์วัสดุ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ (เดิม) มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตสงขลา และนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้ของทางสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ข้อมูลของกลุ่มนักวิจัยจากประเทศต่าง ๆ และค่าเฉลี่ยของการวิจัยทั่วโลก ที่ได้ทำการตรวจวัดไว้แล้ว นอกจากนี้ ได้นำกัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีธรรมชาติดังกล่าวนี้ ไปใช้ในการคำนวณอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืนในอากาศ (D) กัมมันตภาพสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) ดัชนีความเสี่ยงรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกาย (H_{ex}) และอัตราปริมาณรังสียังผลที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (AED_{out}) ผลการวิจัยที่ได้ทำการศึกษาครั้งนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาและตรวจวัดปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสี ณ บริเวณแหล่งที่อยู่อาศัยในจังหวัดภูเก็ตต่อไป และยังเป็นการสำรวจเพื่อป้องกันอันตราย จากรังสีแก่ประชาชนต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วิธีการดำเนินการเก็บและเตรียมตัวอย่างดิน

1.1 สำรวจสถานที่ และวางแผนการเก็บตัวอย่างดินบริเวณอำเภอเมือง อำเภอกะทู้ และอำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต หลังจากนั้นทำการเก็บตัวอย่างดินจำนวน 103 ตัวอย่าง ตามสถานที่ที่กำหนดไว้ บันทึกสถานที่และพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่เก็บตัวอย่างดินดังกล่าวนี้ด้วย

1.2 นำตัวอย่างดินที่เก็บมาผึ่งไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้แห้งในระดับหนึ่ง หลังจากนั้นนำไปอบไล่ความชื้น ที่เหลืออยู่ในตัวอย่างดินที่อุณหภูมิ 100^{0}C เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วทำการร่อนตัวอย่างดินด้วยตะแกรงขนาด 325 mesh เพื่อเอาเศษไม้ ใบหญ้า และก้อนหินออกให้หมด และเพื่อทำให้ตัวอย่างของดินที่ได้มีขนาดที่สม่ำเสมอและใกล้เคียงกัน

1.3 นำตัวอย่างดินบรรจุลงในภาชนะพลาสติกที่เตรียมไว้ ซึ่งมีขนาดเช่นเดียวกับสารมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณกัมมันตภาพจำเพาะ ทำการปิดภาชนะพลาสติกให้สนิท และปิดผนึกภาชนะพลาสติกด้วยเทปกาว เพื่อป้องกันการปลดปล่อยแก๊สเรดอน-ทอรอน แล้วนำไปเก็บไว้เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 1 เดือน ก่อนทำการวัด ทั้งนี้เพื่อให้เกิดสภาวะสมดุลทางกัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน

2. วิธีดำเนินการทดลองเพื่อตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสี

2.1 ทำการปรับเทียบเครื่องมือตรวจวัดรังสีและระบบวิเคราะห์ และทำการตรวจวัดสเปกตรัมพลังงานของรังสีแกมมาที่เกิดจากนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่มีอยู่ในตัวอย่างดิน จำนวน 103 ตัวอย่าง โดยใช้หัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์ (HPGe detector) และระบบวิเคราะห์แบบแกมมาสเปกโตรเมตรี ใช้เวลาในการตรวจวัดตัวอย่างละ 10,800 วินาที บันทึกผล

2.2 ทำการวิเคราะห์พีคพลังงาน (photo peak) จากสเปกตรัมพลังงานของรังสีแกมมา โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Genie 2000) ของบริษัท Canberra แล้วคำนวณหากัมมันตภาพจำเพาะของ ^{40}K ^{226}Ra ^{232}Th และ ^{137}Cs ของตัวอย่างดิน ทั้ง 103 ตัวอย่างนี้ โดยการวิเคราะห์ ^{40}K จะใช้โฟโตพีคที่พลังงาน 1,460.8 keV จากเส้นสเปกตรัมพลังงานของ ^{40}K, ^{226}Ra จะใช้โฟโตพีคที่พลังงาน 351.9

keV จากเส้นสเปกตรัมพลังงานของ ^{214}Pb, ^{232}Th จะใช้โฟโตพีคที่พลังงาน 583.2 keV จากเส้นสเปกตรัมพลังงานของ ^{208}Tl และ ^{137}Cs จะใช้โฟโตพีคที่พลังงาน 661.7 keV จากเส้นสเปกตรัมพลังงานของ ^{137}Cs

2.3 นำข้อมูลค่าเฉลี่ยของกัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์ ^{40}K, ^{226}Ra และ ^{232}Th ที่ตรวจวัดได้มาใช้ในการคำนวณอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืนในอากาศ (absorbed dose rates in air ; D) [7] กัมมันตภาพสมมูลเรเดียม (radium equivalent activity ; Ra_{eq}) [8] และดัชนีความเสี่ยงรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกาย (external hazard index ; H_{ex}) [7] ของตัวอย่างดิน โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$D(nGyh^{-1}) = 0.0414C_K + 0.461C_{Ra} + 0.623C_{Th} \quad \text{..... (1)}$$

$$Ra_{eq} = 0.077C_K + C_{Ra} + 1.43C_{Th} \quad \text{..... (2)}$$

$$H_{ex} = \frac{C_K}{4810} + \frac{C_{Ra}}{370} + \frac{C_{Th}}{259} \leq 1 \quad \text{..... (3)}$$

เมื่อ C_K C_{Ra} และ C_{Th} คือ กัมมันตภาพจำเพาะของ ^{40}K ^{226}Ra และ ^{232}Th ตามลำดับนอกจากนี้ ยังได้คำนวณอัตราปริมาณรังสียังผลที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (annual effective dose rate ; AEDout) ซึ่งเป็นปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปีจากภายนอกอาคารบ้านเรือน โดยใช้ค่าองค์ประกอบสำหรับการแปลงค่า (conversion factor) เท่ากับ 0.7 Sv/Gy สำหรับใช้ในการแปลงปริมาณดูดกลืนรังสีแกมมาในอากาศเป็นปริมาณรังสีแกมมายังผลที่ได้รับโดยบุคคลทั่วไปที่ใช้เวลาอยู่ภายนอกบ้านเรือนประมาณ 20% ของเวลาทั้งหมด ใน 1 ปี [7] โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$\text{Annual Effective Dose Rate (mSv)} = \text{Absorbed Dose Rate (nGy/h)} \times 8{,}760\ \text{h} \times 0.2 \times 0.7\ \text{Sv/Gy} \times 10^{-6} \quad \text{..... (4)}$$

2.4 เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ ในตัวอย่างดินทั้ง 103 ตัวอย่าง กับค่าที่ตรวจวัดได้ของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ข้อมูลของกลุ่มนักวิจัยในต่างประเทศทั่วโลก และการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้มาข้างต้นกับค่าที่กำหนดไว้โดยองค์กรความร่วมมือทางเศรษฐศาสตร์และการพัฒนา (Organization for Economic Cooperation and Development : OECD) [9] และคณะกรรมการวิทยาศาสตร์ขององค์กรสหประชาชาติเกี่ยวกับผลของรังสีปรมาณู (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation : UNSCEAR) [10-12]

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากผลการตรวจวัดและวิเคราะห์กัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในธรรมชาติ ^{40}K, ^{226}Ra ^{232}Th และ ^{137}Cs ที่ตรวจวัดได้ในตัวอย่างดินที่เก็บจากอำเภอเมือง อำเภอกะทู้ และอำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลการตรวจวัดและวิเคราะห์ในตัวอย่างดินที่เก็บจากบางบริเวณในจังหวัดสงขลา ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2537–2545 ของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ [6] และข้อมูลจากการวิจัยทั่วโลก โดยแสดงผลการเปรียบเทียบที่ได้ไว้ในตารางที่ 1

ส่วนผลการคำนวณอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืนในอากาศ (D) กัมมันตภาพสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) ดัชนีความเสี่ยงรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกาย (H_{ex}) และอัตราปริมาณรังสียังผลที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (AED_{out}) โดยใช้ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในธรรมชาติ ^{40}K ^{226}Ra และ ^{232}Th ที่ตรวจวัดได้ในตัวอย่างดิน นำไปเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดไว้โดยองค์กรความร่วมมือทางเศรษฐศาสตร์และการพัฒนา (Organization for Economic Cooperation and Development : OECD) และคณะกรรมการวิทยาศาสตร์ขององค์กรสหประชาชาติเกี่ยวกับผลของรังสีปรมาณู (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation : UNSCEAR) โดยแสดงผลการเปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 2

จากผลการตรวจวัดและวิเคราะห์ พบว่า ค่าเฉลี่ยของกัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์ ^{40}K ในตัวอย่างดินทั้ง 3 อำเภอ มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยจากของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติเฉพาะในเขตจังหวัดสงขลา ค่าเฉลี่ยของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติที่มีอยู่ทั่วประเทศไทยและค่าเฉลี่ยของการวิจัยทั่วโลกค่อนข้างมาก (ตารางที่ 1) ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของกัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์ ^{40}K จึงเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้อัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืนในอากาศ (D)กัมมันตภาพสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) และดัชนีความเสี่ยงรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกาย (H_{ex}) ที่คำนวณได้ในตัวอย่างดิน ทั้ง 3 อำเภอ ในจังหวัดภูเก็ต มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยทั่วโลกที่เผยแพร่โดย UNSCEAR แต่สำหรับอัตราปริมาณรังสียังผลที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (AED_{out}) มีค่าที่ได้จากการทดลอง เท่ากับค่าเฉลี่ยทั่วโลกที่เผยแพร่โดย UNSCEAR (ตารางที่ 2) ดังนั้น โดยภาพรวมเห็นได้ว่า ประชาชนผู้ที่อยู่อาศัยและนักท่องเที่ยวที่เดินทางเข้ามาท่องเที่ยวในบริเวณจังหวัดภูเก็ตจะได้รับปริมาณรังสีเฉลี่ย จากธรรมชาติมากกว่าบริเวณอื่นที่นำมาเปรียบเทียบ แต่ยังมีปริมาณรังสีเฉลี่ยจากการได้รับรังสีจากธรรมชาติอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกัมมันตภาพจำเพาะของตัวอย่างดิน ทั้ง 3 อำเภอ ในจังหวัดภูเก็ตกับข้อมูลของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ และข้อมูลจากการวิจัยทั่วโลก

รายการ	กัมมันตภาพจำเพาะเฉลี่ย (Bq/kg)			
	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	^{137}Cs
ค่าเฉลี่ยของ 3 อำเภอ จังหวัดภูเก็ต	4,092.29 ± 267.05	212.55 ± 10.18	203.98 ± 9.58	1.15 ± 0.57
ค่าเฉลี่ยของ สนง. ปส. (สงขลา)	511.04 ± 7.04	171.55 ± 3.13	211.19 ± 1.98	1.13 ± 0.49
ค่าเฉลี่ยของ สนง.ปส. (ประเทศไทย)	400	48	40	–
ค่าเฉลี่ยของการวิจัยทั่วโลก	400	35	30	–

หมายเหตุ : – หมายถึง ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืนในอากาศ (D) กัมมันตภาพสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) ดัชนีความเสี่ยงรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกาย (H_{ex}) และอัตราปริมาณรังสียังผลที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (AED_{out}) ของตัวอย่างดิน ทั้ง 3 อำเภอ ในจังหวัดภูเก็ต กับค่าเฉลี่ยทั่วโลกที่เผยแพร่โดย UNSCEAR [10-12]

สถานที่	S.A. (average) (Bq/kg)			D	Ra_{eq}	H_{ex}	AED_{out}
	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	(nGy/h)	(Bq/kg)		(mSv/y)
1. อำเภอเมือง (38 ตัวอย่าง)	4,163.29	200.51	174.99	371.94	770.75	2.08	0.46
2. อำเภอกะทู้ (15 ตัวอย่าง)	7,514.33	327.05	242.65	611.00	1,251.72	3.38	0.75
3. อำเภอถลาง (50 ตัวอย่าง)	3,011.73	187.36	214.42	341.66	725.34	1.96	0.42
ค่าเฉลี่ย (103 ตัวอย่าง)	4,092.29	212.55	203.98	392.05	818.75	2.21	0.48
UNSCEAR	–	–	–	55.00	370.00	1.00	0.48

หมายเหตุ : – หมายถึง ไม่มีข้อมูล

โดยพิจารณาจากอัตราปริมาณรังสียังผลที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (AED_{out}) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ประเมินอันตรายจากการได้รับรังสีจากนิวไคลด์กัมมันตรังสีธรรมชาติของประชาชนโดยทั่วไปตลอดทั้งปี

สรุปผลการวิจัย

จากผลการตรวจวัดและวิเคราะห์กัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในธรรมชาติ ^{40}K, ^{226}Ra และ ^{232}Th ในตัวอย่างดิน จำนวน 103 ตัวอย่าง ที่เก็บจากบริเวณต่าง ๆ ในอำเภอเมือง อำเภอกะทู้ และอำเภอถลาง ของจังหวัดภูเก็ต พบว่า พื้นที่บริเวณจังหวัดภูเก็ตมีค่าเฉลี่ยของกัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์ ^{40}K และ ^{226}Ra สูงกว่าค่าเฉลี่ยของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติเฉพาะในเขตจังหวัดสงขลา ค่าเฉลี่ยของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่มีอยู่ทั่วประเทศไทยและค่าเฉลี่ยของการวิจัยทั่วโลก ส่วน ^{232}Th ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติเฉพาะในเขตจังหวัดสงขลา แต่สูงกว่าค่าเฉลี่ยของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติที่มีอยู่ทั่วประเทศไทย และค่าเฉลี่ย ของการวิจัยทั่วโลก

เมื่อนำกัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์ ^{40}K, ^{226}Ra และ ^{232}Th ดังกล่าวที่ตรวจวัดได้ในตัวอย่างดิน ไปคำนวณอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืนในอากาศ (D) กัมมันตภาพสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) และดัชนีความเสี่ยงรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกาย (H_{ex}) พบว่ามีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยทั่วโลกที่เผยแพร่โดย UNSCEAR ยกเว้น ปริมาณรังสียังผลที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (AED_{out}) มีค่าที่ได้จากการทดลองเท่ากับค่าเฉลี่ยทั่วโลกที่เผยแพร่โดย UNSCEAR

สำหรับค่าเฉลี่ยของกัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์ ^{137}Cs ในตัวอย่างดิน จำนวน 103 ตัวอย่าง ที่เก็บจากบริเวณต่าง ๆ ทั้ง 3 อำเภอ จังหวัดภูเก็ต พบว่า มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติเฉพาะในเขตจังหวัดสงขลา

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยนี้ คือ กัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์ ^{40}K ในตัวอย่างดิน บริเวณจังหวัดภูเก็ต มีค่าค่อนข้างสูง จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจในการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมต่อไปเกี่ยวกับแหล่งที่มา สาเหตุ หรืออาจรวมไปถึงการวิจัยที่ใช้เทคนิคการตรวจวัดแบบอื่น ๆ เพื่อเป็นการสอบเทียบค่าที่ตรวจวัดได้จากงานวิจัยนี้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทแบบทั้งหมดจากทางบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยทักษิณ คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณทางสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือ สถานที่และคอยอำนวยความสะดวกในการดำเนินการทดลอง ขอขอบคุณทางภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ให้ความอนุเคราะห์สารมาตรฐาน IAEA/RGU-1, IAEA/RGTh-1, KCl และ IAEA/SL-2 เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง และสุดท้ายนี้ ขอขอบคุณนิสิตปริญญาตรี และนิสิตปริญญาโท สังกัดสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] Mohanty, A.K., Sengupta, D., Das, S.K., Vijayan, V. and Saha, S.K. (2004). Natural radioactivity in the newly discovered high background radiation area on the eastern coast of Orissa, India. **Radiation Measurements. 38**, 153–165.

[2] Freitas, A.C. and Alencar, A.S. (2004). Gamma dose rates and distribution of natural radio nuclides in sand beaches–Ilha Grande, Southeastern Brazil. **Journal of Environmental Radioactivity. 75**, 211–223.

[3] Örgün, Y., Altinsoy, N., Sahin, S.Y., Güngör, Y., Gül tekin, A.H., Karahan, G. and Karacik, Z. (2007). Natural and anthropogenic radio nuclides in rocks and beach sands from Ezine region (Çanakkale), Western Anatolia, Turkey. **Applied Radiation and Isotopes. 65**, 739–747.

[4] Kessaratikoon, P., Benjakul, S. and Udomsomporn, S. (2007). Gamma–Absorbed Dose Rate and Distribution of Natural Radionuclides in Songkhla Beach Sands. **The 10th Conference on Nuclear Science and Technology**, 16–17 August 2007, Bangkok International Trade & Exhibition Center (BITEC).

[5] Benjakul, S., Kessaratikoon,P. and Udomsomporn, S. (2007). Quantitative Assessment of Natural Radioactivity in Municipal Area of Muang District in Songkhla Province. **The 2007 Thaksin University Acadamic Meeting and Research Presentation**, 20–21 September Thailand.

[6] กองการวัดกัมมันตภาพรังสี. (2534-2546). **รายงานวิชาการประจำปี.** สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ.

[7] Singh, S., Rani, A. and Mahajan, R.K. (2005). ^{226}Ra, ^{232}Th and ^{40}K analysis in soil samples from some areas of Punjab and Himachal Pradesh, India using gamma ray spectrometry. **Radiation Measurements. 39**, 413-439.

[8] Veiga, R., Sanches, N., Anjos, R.M., Macario, K., Bastos, J., Iguatemy, M., Aguiar, J.G., Santos, A.M.A., Mosquera, B., Carvalho, C., Baptista Filho, M. and Umisedo, N.K. (2006). Measurement of Natural Radio activity in Brazilian Beach Sands. **Radiation Measurements. 41**,189-196

[9] Organization for Economic Coorperation and Development (OECD)(1979). Exposure radiation from natural radioactivity in building materials. **Report by Group of Experts of the OECD Nuclear Energy Agency**. OECD, Paris.

[10] UNSCEAR. (1988). **Sources, effects and risk of ionizing radiation.** United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. New York, United Nations.

[11] UNSCEAR. (1993). **Exposure from natural sources of radiation.** United Nations Scientific Com mittee on the Effects of Atomic Radiation. New York, United Nations.

[12] UNSCEAR. (2000). **Sources, effects and risk of ionizing radiation.** United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, New York, United Nations.