

การประเมินค่ากัมมันตภาพรังสีธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้นในตัวอย่างดินบริเวณ จังหวัดสตูล ประเทศไทย Assessment of Natural and Anthropogenic Radioactivities in Soil Samples from Satun Province, Thailand.

มารีนา มีนา¹, ศุภวุฒิ เบ็ญจกุล², และประสงค์ เกษราธิคุณ^{3*}
Mareena meena¹, Supphawut Benjakul², and Prasong Kessaratikoon^{3*}

บทคัดย่อ

ได้ทำการตรวจวัดและวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีเริ่มต้นที่มีในธรรมชาติ (^{40}K , ^{226}Ra และ ^{232}Th) และนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น (^{137}Cs) ในตัวอย่างดินจำนวน 135 ตัวอย่าง ที่เก็บจากอำเภอเมือง อำเภอควนโดน อำเภอควนกาหลง อำเภอบ้านนาสาร อำเภอท่าแพ อำเภอละงู อำเภอทุ่งหว้า และอำเภอเมืองของ จังหวัดสตูลทางภาคใต้ของประเทศไทยโดยใช้ห้ววัดรังสีแบบเจอร์มานเนียมบริสุทธิ์และระบบวิเคราะห์แบบแกมมาสเปกโตรเมตริก ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์นิวเคลียร์และฟิสิกส์วัสดุ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตสงขลา โดยใช้เวลาในการตรวจวัดตัวอย่างละ 10,800 วินาที จากผลการทดลอง พบว่า ค่ากัมมันตภาพจำเพาะ เฉลี่ยของนิวไคลด์ ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra และ ^{137}Cs มีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 0.00 – 17,179.11 Bq/kg, 0.00 – 216.15 Bq/kg, 0.00 – 450.83 Bq/kg, และ 0.00 – 16.28 Bq/kg และมีค่าเฉลี่ย $4,020.90 \pm 246.55$ Bq/kg, 63.63 ± 2.34 Bq/kg, 98.75 ± 6.76 Bq/kg, และ 0.64 ± 0.21 Bq/kg ตามลำดับ นอกจากนี้ได้ใช้ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดและวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพ จำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีเริ่มต้นที่มีในธรรมชาติในตัวอย่างดินที่เก็บจากทั้ง 7 อำเภอ ในบริเวณจังหวัดสตูลนี้ มาคำนวณค่าดัชนีที่บ่งชี้ถึงความเป็นอันตรายต่างๆ ของผู้คนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ดังกล่าวนี้ คือค่าอัตราปริมาณ รังสีแกมมา คูณกลืน ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลของเรเดียม (Ra_{eq}) ค่าดัชนีวัดความเสี่ยงรังสีที่ได้รับภายนอก ร่างกาย (H_{ex}) และค่าปริมาณรังสียังผลที่ได้รับภายนอกร่างกายประจำปี (AED_{out}) และยังได้เปรียบเทียบ ค่าตรวจวัดและคำนวณได้ในการทำวิจัยครั้งนี้กับค่าที่ตรวจวัดได้ของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติและข้อมูล ของกลุ่มนักวิจัยในต่างประเทศทั่วโลก และยังนำข้อมูลที่ได้ี้ไปเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดไว้โดยองค์การ สหประชาชาติเกี่ยวกับผลของรังสีปรมาณู (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UNSCEAR, 1988,1993,2000) อีกด้วย

คำสำคัญ: กัมมันตภาพจำเพาะ ตัวอย่างดิน ห้ววัดรังสีแบบเจอร์มานเนียมบริสุทธิ์ ระบบวิเคราะห์แบบ แกมมาสเปกโตรเมตริก อัตราปริมาณรังสีแกมมาคูณกลืน กัมมันตภาพรังสีสมมูลของเรเดียม ดัชนีวัดความเสี่ยงรังสีที่ได้รับภายนอกร่างกาย ปริมาณรังสียังผลที่ได้รับภายนอกร่างกายประจำปี

¹นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

²นักวิจัย สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

³ผศ. ดร.,สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

*Corresponding author : E-mail : prasong@tsu.ac.th Tel. 074-31185-7 ext. 2115

Abstract

Specific activities of natural (^{40}K , ^{232}Th and ^{226}Ra) and artificial anthropogenic (^{137}Cs) radionuclides in 135 soil samples collected from Muang, Khuan Don, Khuan Kalong, Tha Phae, Langu, Thung Wa and Manang Districts in Satun province have been measured and analyzed. Experimental results were obtained by using a high-purity germanium (HPGe) detector and gamma spectrometry analysis system. Experimental set-up and measurements were operated and carried out at Nuclear and Material Physics Laboratory in Department of Physics, Faculty of Science, Thaksin University, Songkhla Campus. The measuring time of each sample is 10,800 seconds. It was found that, the soil specific activity ranges from 0.00 – 17,179.11 Bq/kg for ^{40}K , 0.00 – 216.15 Bq/kg for ^{232}Th , 0.00 – 450.83 Bq/kg for ^{226}Ra and 0.00 - 16.28 Bq/kg for ^{137}Cs with mean values of $4,020.90 \pm 246.55$ Bq/kg, 63.63 ± 2.34 Bq/kg, 98.75 ± 6.76 Bq/kg, and 0.64 ± 0.21 Bq/kg, respectively. Furthermore, the results were also used to evaluate the absorbed dose rates in air (D), the radium equivalent (Ra_{eq}), the external hazard index (H_{ex}) and the annual effective dose rate (AED_{out}) for this area. Moreover, experimental results were also compared to the Office of Atoms for Peace (OAP) research data, Thailand and global radioactivity measurements and evaluation, the recommended values which were proposed by the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR, 1988, 1993, 2000).

Keywords : Specific activity, Soil Sample, High-Purity Germanium (HPGe) Detector, Gamma Spectrometry Analysis System, Absorbed Dose Rates (D), Radium Equivalent (Ra_{eq}), External Hazard Index (H_{ex}), Annual Effective Dose Rate

บทนำ

เป็นที่ทราบกันดีว่าร่างกายของคนนั้นได้รับกัมมันตภาพรังสีจากธรรมชาติอยู่ตลอดเวลา เพราะทุกวินาทีที่ผ่านไปจะมีอนุภาคคอสมิกจากนอกโลกจำนวนมากวิ่งผ่านเข้ามาและวิ่งทะลุเข้าสู่ร่างกาย ร่างกายของคนเราอาจได้รับกัมมันตภาพรังสีจากธาตุกัมมันตรังสีที่มีอยู่ในหิน ดิน ทราย น้ำ หรือตามผนังอาคารต่างๆ ที่ก่อสร้างขึ้นมาอีกด้วย ซึ่งแหล่งกำเนิดของสารกัมมันตรังสีที่กล่าวมานี้มีอยู่ตามธรรมชาติ กัมมันตภาพรังสีที่เราเผชิญอยู่นี้จึงเป็นประสบการณ์ที่เราทุกคนหลีกเลี่ยงไม่ได้ นอกจากกัมมันตรังสีที่มีอยู่ตามธรรมชาติแล้วมนุษย์ก็ยังต้องเผชิญกับค่ากัมมันตภาพรังสีที่นักวิทยาศาสตร์ประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่างๆ ทั้งในการแพทย์ อุตสาหกรรม เกษตรกรรม อวกาศสงคราม การระเบิดของระเบิดนิวเคลียร์ การเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู และการศึกษาวิจัยต่างๆ เป็นต้น ซึ่งแต่ละบุคคลจะได้รับปริมาณค่ากัมมันตภาพรังสีดังกล่าวนี้ในปริมาณที่แตกต่างกันออกไป

เนื่องจากในปัจจุบันกัมมันตภาพรังสีพบได้ในทุกๆ บริเวณตามธรรมชาติ โดยในแต่ละบริเวณก็มีปริมาณของค่ากัมมันตภาพรังสีที่แตกต่างกัน ทำให้มีนักวิจัยสนใจทำการตรวจวัดปริมาณรังสีที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่น การตรวจวัดนิวไคลด์รังสีในธรรมชาติ (^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th) และนิวไคลด์รังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น (^{137}Cs) ในดินและทรายชายหาดในจังหวัดภูเก็ต จำนวน 179 ตัวอย่าง โดยใช้หัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์ และระบบการวิเคราะห์แบบแกมมาสเปกโตรสโกปี (1) การตรวจวัดนิวไคลด์กัมมันตรังสีธรรมชาติ (natural radionuclide) ชนิด ^{226}Ra , ^{232}Th และ ^{40}K ในตัวอย่างดิน 26 ตัวอย่างจาก Upper Siwaliks ของ Kala

จากงานประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 21 ประจำปี 2554

Amb, Nahan และ Morni Hills ทางตอนเหนือของประเทศอินเดีย โดยใช้ระบบวิเคราะห์แบบแกมมาสเปกโตรเมตรี (2) การตรวจวัดนิวไคลด์กัมมันตรังสีธรรมชาติ(natural radionuclide) ชนิด ^{226}Ra , ^{232}Th และ ^{40}K ในตัวอย่างดินบริเวณทะเลคัตะวันออกของประเทศตุรกี (3) การตรวจวัด ^{226}Ra , ^{232}Th และ ^{40}K ในตัวอย่างดินบริเวณ Himachal Pradesh ประเทศอินเดีย โดยใช้ระบบวิเคราะห์แบบแกมมา สเปกโตรเมตรี (4) เป็นต้น

จังหวัดสตูลเป็นจังหวัดสุดเขตแดนใต้ของประเทศไทยทางชายฝั่งทะเลอันดามันมีเนื้อที่ประมาณ 2,807.522 ตารางกิโลเมตร หรือเท่ากับ 1,754,701ไร่ เป็นลำดับที่ 63 ของประเทศ และลำดับที่ 12 ของภาคใต้ พื้นที่ส่วนที่เป็นเกาะประมาณ 105 เกาะ มีชายฝั่งทะเลยาว 144.80 กิโลเมตร มีจำนวนประชากรอาศัยอยู่ประมาณ 280,643 คน (www.satunprovince.net) จังหวัดสตูลเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีสถานที่ท่องเที่ยวหลายแห่งที่มีภูมิทัศน์ที่สวยงาม มีทั้งสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติและสถานที่ท่องเที่ยวทางวัฒนธรรม ซึ่งในแต่ละปีจะมีนักท่องเที่ยวเดินทางเข้ามาเที่ยวชมความงามของแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดสตูลเป็นจำนวนมาก และในปัจจุบันจังหวัดสตูลได้ดำเนินงานด้านการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวตามโครงการพัฒนาฟื้นฟูแหล่งท่องเที่ยว โครงการก่อสร้างสะพานท่าเทียบเรืออ่าวตะโลเลว อุทยานแห่งชาติตะรุเตา และโครงการปรับปรุงท่าเทียบเรือปากบารา เป็นต้น ซึ่งเป็นการเรียกความสนใจให้นักท่องเที่ยวหลั่งไหลเข้ามาท่องเที่ยวเพิ่มมากขึ้น(www.mfa.go.th) รวมทั้งจังหวัดสตูลยังเป็นจังหวัดชายแดนที่มีเขตติดต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน ดังนั้นจำนวนนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติที่เข้ามาท่องเที่ยวในจังหวัดสตูลจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงเป็นการสมควรอย่างยิ่งที่ต้องมีการตรวจวัดปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสีเริ่มต้นที่มีในธรรมชาติ (^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th) และนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น (^{137}Cs) ในตัวอย่างดินจังหวัดสตูล บวกกับประชากรในจังหวัดสตูลยังคงมีการประกอบอาชีพปลูกข้าวและทำการเกษตรอยู่ทั่วทุกพื้นที่ของจังหวัดสตูล และที่สำคัญยังไม่เคยมีผลงานวิจัยเกี่ยวกับการตรวจวัดปริมาณรังสีในดินในบริเวณจังหวัดสตูลไม่ว่าเป็นการตรวจวัดในพื้นที่บางส่วนหรือทั้งจังหวัด

ด้วยเหตุนี้ทางผู้วิจัยจึงได้มีความสนใจในการศึกษาและตรวจวัดปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสีเริ่มต้นที่มีในธรรมชาติ (^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th) และนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น (^{137}Cs) ในตัวอย่างดินที่เก็บจากบริเวณ 7 อำเภอของจังหวัดสตูล จำนวน 135 ตัวอย่าง ได้แก่ อำเภอเมืองสตูล อำเภอละงู อำเภอกวนกาหลง อำเภอทุ่งหว้า อำเภอกวนโดน อำเภอท่าแพ และอำเภอมะนัง โดยใช้หวัตรังสีแบบเจอร์มานเนียมบริสุทธิ์ (HPGe detector) และระบบวิเคราะห์แบบแกมมาสเปกโตรเมตรี ทั้งนี้ยังสามารถนำค่ากัมมันตภาพรังสีเริ่มต้นที่มีในธรรมชาติในตัวอย่างดินบริเวณจังหวัดสตูลไปคำนวณหาค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (gamma-absorbed dose rate: D) ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลของเรเดียม(radium equivalent activity: Raeq) ค่าดัชนีวัดความเสี่ยงรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกาย (external hazard index: Hex) พร้อมกันนี้ได้คำนวณค่าปริมาณรังสียังผลที่ได้รับภายนอกร่างกายประจำปี (annual external effective dose rate: AEDout) เพื่อเป็นการประเมินค่าการเพิ่มขึ้นของความเป็นอันตรายจากรังสีในธรรมชาติ (radiation hazard arising) ได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดค่ากัมมันตภาพรังสีธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้นในตัวอย่างดินจังหวัดสตูลไปเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้ของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติและข้อมูลของนักวิจัยในต่างประเทศทั่วโลก และข้อมูลที่ได้นี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของค่ากัมมันตภาพรังสีธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้นในบริเวณจังหวัดสตูลต่อไป รวมทั้งสามารถนำไปใช้ในการศึกษาถึงโอกาสและความเป็นไปได้ในการป้องกันอันตรายและการสะสมของสารกัมมันตรังสีในบริเวณจังหวัดสตูลได้อีกทางหนึ่งด้วย

วิธีการวิจัย

ศึกษาพื้นที่บริเวณจังหวัดสตูลจากแผนที่ทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดสตูล และวางแผนเก็บตัวอย่างดิน โดยเก็บตัวอย่างดินในทุกๆตำบลของจังหวัดสตูล อย่างน้อยตำบลละ 1 ตัวอย่าง และเก็บเพิ่มโดยพิจารณาจากความหนาแน่นของจำนวนประชากรที่อาศัยอยู่ในแต่ละตำบลและความกว้างของพื้นที่แต่ละตำบล นอกจากนี้ได้เก็บเพิ่มในบริเวณแนวสันเขาและแนวชายหาดของแต่ละตำบลอีกด้วย (ถ้ามี) รวมตัวอย่างดินทั้งหมด 135 ตัวอย่าง จากนั้นลงพื้นที่เก็บตัวอย่างดินตามวิธีมาตรฐานการเก็บตัวอย่างดิน โดยการเกลี่ยหน้าดินออกประมาณ 2 เซนติเมตร แล้วขุดให้ลึกอีกประมาณ 8 เซนติเมตร คลุกเคล้าให้เข้ากันแล้วนำไปบรรจุในถุงพลาสติก ให้น้ำหนักประมาณ 1,500 กรัม จากนั้นนำตัวอย่างดินไปผึ่งไว้ในภาชนะที่อุณหภูมิห้องพร้อมกับพลิกตัวอย่างดินทุกวันจนเกือบแห้งประมาณ 2 สัปดาห์ แล้วนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสประมาณ 8 - 10 ชั่วโมงจนมั่นใจว่าตัวอย่างดินแห้งสนิท จากนั้นนำไปร่อนด้วยตะแกรงร่อนขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อเอาเศษตะกอนต่างๆออก แล้วจึงนำไปบรรจุในภาชนะพลาสติกทรงกระบอกปิดฝาให้สนิทพร้อมกับใช้เทปกาวยันรอบฝาอีกครั้งหนึ่ง แล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 เดือน เพื่อให้เกิดภาวะสมดุลทางรังสี จากนั้นนำไปวัดค่ากัมมันตภาพจำเพาะ โดยใช้เวลาในการวัดตัวอย่างละ 10,800 วินาที การคำนวณค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra และ ^{137}Cs จะใช้พีคพลังงานของรังสีแกมมา ^{40}K (1460.8 keV), ^{212}Pb (238.6 keV), ^{214}Pb (351.9 keV) และ ^{137}Cs (661.7 keV) ตามลำดับ และสามารถคำนวณค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์รังสีต่างๆได้จากสมการที่ (1) ดังต่อไปนี้

$$\text{S.A.} = \frac{\text{cps}}{\xi \times P_\gamma \times m} \quad (1)$$

เมื่อ S.A. คือ ค่ากัมมันตภาพจำเพาะ (Specific activity) ในตัวอย่าง P_γ คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ที่รังสีแกมมา ออกมา จากแหล่งกำเนิดรังสี (%yield) cps คือ คำนับที่ได้จากการทดลอง (count per second) คือ ประสิทธิภาพของหัววัดรังสี และ m คือ มวลของตัวอย่างที่ทำการวัดรังสี (kg)

และนำค่ากัมมันตภาพจำเพาะ มาคำนวณค่าดัชนีที่บ่งชี้ถึงความเป็นอันตรายต่างๆของรังสี คือ ค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (D) ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลของเรเดียม (R_{eq}) ค่าดัชนีวัดความเสี่ยงรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกาย (H_{ex}) และค่าปริมาณรังสียังผลที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (AED_{out}) ได้จากสมการที่ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ

$$D(\text{nGy/h}) = 0.461 A_{\text{Ra}} \times 0.623 A_{\text{Th}} \times 0.0414 A_{\text{K}} \quad (2)$$

$$R_{\text{eq}}(\text{Bq/kg}) = A_{\text{Ra}} + 1.43 A_{\text{Th}} + 0.077 A_{\text{K}} \quad (3)$$

$$H_{\text{ex}} = \frac{A_{\text{Ra}}}{370} + \frac{A_{\text{Th}}}{259} + \frac{A_{\text{K}}}{4810} \quad (4)$$

$$\text{AED}_{\text{out}}(\text{mSv/y}) = D \times 8,760 \text{ h} \times 0.2 \times 0.7 \times 10^{-6} \quad (5)$$

เมื่อ A_{Ra} , A_{Th} และ A_{K} คือ ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ ^{226}Ra , ^{232}Th และ ^{40}K ตามลำดับ มีหน่วยเป็น Bq/kg

จากงานประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 21 ประจำปี 2554

ผลการวิจัย

ค่าพิสัยและค่ากัมมันตภาพจำเพาะเฉลี่ยของนิวไคลด์ ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra และ ^{137}Cs ในตัวอย่างดินที่เก็บจากบริเวณ 7 อำเภอของจังหวัดสตูล จำนวน 135 ตัวอย่าง ได้แก่ อำเภอเมืองสตูล อำเภอละงู อำเภอกวนกาหลง อำเภอทุ่งหว้า อำเภอกวนโดน อำเภอท่าแพ และอำเภอมะนัง บริเวณจังหวัดสตูล ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ค่าพิสัยและค่ากัมมันตภาพจำเพาะเฉลี่ยของนิวไคลด์ ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra และ ^{137}Cs ในตัวอย่างดินจาก 7 อำเภอ บริเวณจังหวัดสตูล

สถานที่	ค่าพิสัยและค่ากัมมันตภาพจำเพาะเฉลี่ย(Bq/kg)			
	^{40}K	^{232}Th	^{226}Ra	^{137}Cs
1. อำเภอเมือง (30)	0.00 – 10,897.99	19.08 – 149.50	21.89 – 383.88	0.00 – 10.55
	$4,019.46 \pm 239.16$	63.52 ± 2.37	106.49 ± 7.07	0.79 ± 0.29
2. อำเภอกวนโดน (12)	2,865.96 – 17,179.11	56.58 – 144.13	70.08 – 450.83	0.00 – 6.25
	$7,805.15 \pm 335.09$	91.96 ± 2.90	168.79 ± 8.70	0.52 ± 0.30
3. อำเภอกวนกาหลง (18)	7,97.56 – 11,411.75	11.92 – 216.15	38.00 – 374.58	0.00 – 4.20
	$4,465.45 \pm 253.55$	79.53 ± 2.57	152.39 ± 7.81	0.23 ± 0.09
4. อำเภอท่าแพ (12)	0.00 – 3468.63	16.78 – 113.91	18.14 – 165.74	0.00 – 5.57
	$1,317.61 \pm 177.06$	48.80 ± 2.11	59.73 ± 5.85	0.46 ± 0.25
5. อำเภอละงู (26)	564.07 – 5152.23	0.00 – 102.49	0.00 – 352.57	0.00 – 16.28
	$3,185.78 \pm 243.05$	53.29 ± 2.11	79.61 ± 6.20	1.24 ± 0.28
6. อำเภอทุ่งหว้า (27)	506.41 – 11,608.87	3.38 – 123.28	0.00 – 237.27	0.00 – 6.69
	$4,168.17 \pm 244.14$	56.00 ± 2.19	68.56 ± 5.81	0.25 ± 0.08
7. อำเภอมะนัง (10)	1,827.22 – 5,805.88	26.54 – 85.63	90.40 – 121.38	0.00 – 7.37
	$3,701.62 \pm 248.82$	66.67 ± 2.48	73.04 ± 6.78	0.74 ± 0.24
พิสัยทั้งหมด	0.00 – 17,179.11	0.00 – 216.15	0.00 – 450.83	0.00 – 16.28
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด (จังหวัดสตูล)	$4,020.90 \pm 246.55$	63.63 ± 2.34	98.75 ± 6.76	0.64 ± 0.21

เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 นี้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่มีอยู่ในประเทศไทยและข้อมูลของการวิจัยทั่วโลก และได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบค่ากัมมันตภาพจำเพาะเฉลี่ยในตัวอย่างดินจาก 7 อำเภอในบริเวณจังหวัดสตูลกับข้อมูลของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติที่มีอยู่ในประเทศไทยและข้อมูลของการวิจัยทั่วโลก

รายการ	ค่ากัมมันตภาพจำเพาะเฉลี่ย (Bq/kg)			
	⁴⁰ K	²³² Th	²²⁶ Ra	¹³⁷ Cs
ค่าเฉลี่ยทุกอำเภอในจังหวัดสตูล	4,020.90 ± 246.55	63.63 ± 2.34	98.75 ± 6.76	0.64 ± 0.21
ค่าเฉลี่ยของสนง.ปส. (ภาคใต้)	511.04 ± 7.04	73.95 ± 4.15	108.55 ± 31.19	1.13 ± 0.49
ค่าเฉลี่ยของสนง.ปส. (ประเทศไทย)	400	40	48	-
ค่าเฉลี่ยของการวิจัยทั่วโลก	400	30	35	-

หลังจากนั้นได้นำค่ากัมมันตภาพจำเพาะเฉลี่ยของนิวไคลด์ ⁴⁰K, ²³²Th และ ²²⁶Ra ในตัวอย่างดินที่เก็บจากบริเวณ 7 อำเภอ จำนวน 135 ตัวอย่าง ของจังหวัดสตูลดังกล่าวนี้ ไปคำนวณค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (gamma-absorbed dose rate: D) ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลของเรเดียม (radium equivalent activity: Ra_{eq}) ค่าดัชนีวัดความเสี่ยงรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกาย (external hazard index: H_{ex}) พร้อมกันนี้ได้คำนวณค่าปริมาณรังสียังผลที่ได้รับภายนอกร่างกายประจำปี (annual external effective dose rate: AED_{out}) เพื่อเป็นการประเมินค่าการเพิ่มขึ้นของความเป็นอันตรายจากรังสีในธรรมชาติ (radiation hazard arising) ของบริเวณจังหวัดสตูล ประเทศไทย และยังสามารถเปรียบเทียบกับข้อมูลของ UNSCEAR (1988, 1993, 2000) อีกด้วย ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ค่ากัมมันตภาพจำเพาะเฉลี่ยของนิวไคลด์ ⁴⁰K, ²³²Th และ ²²⁶Ra ในตัวอย่างดินจำนวน 135 ตัวอย่างจาก 7 อำเภอ ในจังหวัดสตูล พร้อมทั้งค่าปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (D) ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลของเรเดียม (Ra_{eq}) ค่าดัชนีวัดความเสี่ยงรังสีที่ได้รับภายนอกร่างกาย (H_{ex}) และค่าปริมาณรังสียังผลที่ได้รับภายนอกร่างกายประจำปี (AED_{out}) และการเปรียบเทียบกับข้อมูลของ UNSCEAR (1988, 1993, 2000)

สถานที่	S.A (average) (Bq/kg)						
	⁴⁰ K	²³² Th	²²⁶ Ra	D (nGy/h)	Ra _{eq} (Bq/kg)	H _{ex}	AED _{out} (mSv/y)
1. อำเภอเมือง	4,019.46	63.53	106.49	255.07	506.82	1.37	0.31
2. อำเภอกวนโดน	7,805.15	91.96	168.79	458.23	901.28	2.43	0.56
3. อำเภอกวนกาหลง	4,465.45	79.53	152.39	304.67	609.96	1.65	0.37
4. อำเภอท่าแพ	1,317.61	48.80	59.73	112.49	230.97	0.62	0.14
5. อำเภอละงู	3,185.78	53.29	79.61	201.79	401.13	1.08	0.25
6. อำเภอทุ่งหว้า	4,168.17	56.00	68.56	239.06	469.59	1.27	0.29
7. อำเภอมะนัง	3,701.62	66.67	73.04	228.45	453.40	1.22	0.28
ค่าเฉลี่ย	4,020.90	63.63	98.75	251.63	499.36	1.35	0.31
UNSCEAR (1988,1993,2000)	-	-	-	55.00	370.00	1.00	0.48

จากงานประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 21 ประจำปี 2554

สรุปผลการวิจัย

จากการพิจารณาข้อมูลการตรวจวัดนิวไคลด์กัมมันตรังสีเริ่มต้นที่มีในธรรมชาติ (^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra) โดยใช้หัววัดรังสีแบบเจอร์มานเนียมบริสุทธิ์ (HPGe detector) และระบบวิเคราะห์แบบแกมมาสเปกโตรเมตรีในตัวอย่างดิน 135 ตัวอย่างของจังหวัดสตูลทั้ง 7 อำเภอ พบว่า ค่ากัมมันตภาพจำเพาะเฉลี่ยของนิวไคลด์ ^{40}K มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติที่มีการวิจัยเฉพาะในเขตภาคใต้ของประเทศไทยและที่มีการวิจัยทั่วประเทศไทย และยิ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยของการวิจัยทั่วโลกอีกด้วย ส่วนค่ากัมมันตภาพจำเพาะเฉลี่ยของนิวไคลด์ ^{232}Th และ ^{226}Ra มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติที่มีการวิจัยเฉพาะในเขตภาคใต้ของประเทศไทย แต่มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติที่มีการวิจัยทั่วประเทศไทยและการวิจัยทั่วโลก

เมื่อนำค่ากัมมันตภาพจำเพาะเฉลี่ยของนิวไคลด์กัมมันตรังสีเริ่มต้นที่มีในธรรมชาติ (^{40}K , ^{232}Th และ ^{226}Ra) มาคำนวณค่าดัชนีที่บ่งชี้ถึงความเป็นอันตรายต่างๆ ทางรังสี คือ ค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (D) ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลของเรเดียม (Ra_{eq}) ค่าดัชนีวัดความเสี่ยงทางรังสีที่ได้รับภายนอกร่างกาย (H_{ex}) พบว่ามีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของการวิจัยทั่วโลกที่เผยแพร่โดย UNSCEAR (1988, 1993, 2000) แต่ค่าปริมาณรังสียังผลที่ได้รับภายนอกร่างกายประจำปี (AED) มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของการวิจัยทั่วโลกที่เผยแพร่โดย UNSCEAR (1988, 1993, 2000)

สำหรับค่ากัมมันตภาพจำเพาะเฉลี่ยของนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น (^{137}Cs) พบว่ามีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติที่มีการวิจัยเฉพาะในเขตภาคใต้ของประเทศไทย

คำขอบคุณ

การทำวิจัยครั้งนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับการช่วยเหลือ การชี้แนะแนวทางที่ถูกต้อง รวมทั้งคำปรึกษา ต่างๆ ในการทำวิจัยจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ดร. ประสงค์ เกษราธิคุณ ซึ่งเป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.นิคม ชูศิริ ซึ่งเป็นกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่จัดสรรให้เงินทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์แบบทั้งหมด ขอขอบคุณสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่อำนวยความสะดวกด้านอุปกรณ์ เครื่องมือและเครื่องใช้ต่างๆ และท้ายที่สุดนี้ ใคร่ขอขอบคุณ คณาจารย์ รวมทั้งบุคลากรทุกท่านของสาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ตลอดจนนิสิตปริญญาโทรุ่นพี่ทุกคน เพื่อนๆ และน้องๆ นิสิต ระดับปริญญาตรีทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ฐมวดี ทองนะ. (2553). การประเมินค่ากัมมันตภาพรังสีในธรรมชาติบริเวณจังหวัดนครศรีธรรมราช. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สงขลา : มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- [2] ชำรง เมธาศิริ. (2541). ฟิสิกส์ของนิวเคลียร์เบื้องต้น. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [3] ประสงค์ เกษราธิคุณ. (2550). ฟิสิกส์นิวเคลียร์. สงขลา : ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- [4] วิษณุ โพชะเรือง. (2550). การตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีในธรรมชาติจากตัวอย่างทรายก่อสร้างบริเวณอำเภอรัตนภูมิ จังหวัดสงขลา. โครงการฟิสิกส์ วิทยาศาสตร์บัณฑิต. สงขลา : มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- [5] ศุภวดี เบ็ญจกุล. (2550). การประเมินค่ากัมมันตภาพรังสีในธรรมชาติเชิงปริมาณ บริเวณเขตเทศบาล อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สงขลา : มหาวิทยาลัยทักษิณ.

- [6] อาชีวัน อาแว. (2550). การตรวจวัดค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ ^{238}U , ^{232}Th และ ^{40}K ในตัวอย่างดินบริเวณมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง โดยใช้หัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์(HPGe)และระบบการวิเคราะห์แบบแกมมาสเปกโตรสโกปี. โครงการงานฟิสิกส์ วิทยาศาสตร์บัณฑิต. สงขลา : มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- [7] ฤทัยรัตน์ บุญครองชีพ. (2553). การตรวจวัดนิวไคลด์รังสีในธรรมชาติ(^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th) และนิวไคลด์รังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น(^{137}Cs) ในดินและทรายชายหาด ในจังหวัดภูเก็ต. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สงขลา : มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- [8] Al-Hamarneh, Ibrahim, F., Awadallah and Mohammad, I. (2009). "Soil radioactivity levels and radiation hazard assessment in the highlands of northern Jordan," **Radiation Measurements**. 44, 102 - 110.
- [9] Al-Jundi, J., Al-Bataina, B.A., Abu-Rukah, Y. and Shehadeh, H.M. (2003). "Natural radioactivity concentrations in soil samples along the Amman Aqaba Highway, Jordan," **Radiation Measurements**. 36, 555 - 560.
- [10] Celik, N., Cevik, U., Celik, A. and Koz, B. (2009). "Natural and artificial radioactivity measurements in Eastern Black Sea region of Turkey," *Journal of Hazardous Materials*. 162, 146 - 153.
- [11] Jankovic, M.R.J., Todorovic, D.G.N. and Savanovic, M.L.V. (2008). "Radioactivity measurements in soil samples collected in the Republic of Srpska," **Radiation Measurements**. 43, 1448 - 1452.
- [12] Kurnaz, A., Kucukomeroglu, B., Keser, R., Okumusoglu, N.T., Korkmaz, F., Karahan, G. and Cevik, U. (2007). "Determination of radioactivity levels and hazards of soil and sediment samples in Firtina Valley (Rize Turkey)." **Applied Radiation and Isotopes**. 65, 1281 - 1289.
- [13] Faheem, M.N.Z., Mujahid, S.A. and Matiullah. (2008) "Assessment of radiological hazards due to the natural radioactivity in soil and building material samples collected from six districts of the Punjab province, Pakistan." **Radiation Measurements**. 43, 1443 - 1447.
- [14] Rani, A.H. and Singh, S.R.D. (2005). "Natural radioactivity levels in soil samples from some areas of Himachal Pradesh, India using γ -ray spectrometry." **Atmospheric Environment**. 39, 6306 - 6314.
- [15] Singh, J.G., Singh, H.M.J., Singh, S.R.D., Bajwa, B.S. and Sonkawade, R.G. (2009). "Comparative study of natural radioactivity levels in soil samples from the Upper Siwaliks and Punjab, India gamma-ray spectrometry." **Journal of Environmental Radioactivity**. 100, 94 - 98.
- [16] Murty, V.R.K. and Karunakara, N. (2008). "Natural radioactivity in the soil samples of Botswana." **Radiation Measurements**. 43, 1541 - 1545
- [17] Yang, Y.X., Wu, X.M., Jiang, Z.Y., Wang, W.X., Lu, J.G., Lin, L., Wang, L.M. and Hsia, Y.F. (2005). "Radioactivity concentrations in soil of the Xiazhuang granite area, China." **Applied Radiation and Isotopes**. 63, 255 - 259.