

การจำลองระบบตรวจวัตถุระเบิดที่ใช้เทคนิคการกระตุ้นด้วยนิวตรอนอุณหภูมิโดยโปรแกรมมอนติคาร์โล

วรศิษย์ อุชัย*

Worasi U-Chai,* (2005). Monte Carlo Simulation of the Explosive Detection System Using Thermal Neutron Activation Technique. *Suranaree J. Sci. Technol.* 12(2):132-142.

Received: Dec 23, 2004; Revised: Apr 18, 2005; Accepted: Apr 21, 2005

Abstract

In this research, Monte Carlo simulation of the Explosive Detection System (EDS) using Thermal Neutron Activation (TNA) technique was performed. MCNP-4C Monte Carlo program was used for the simulation and the prototype of the EDS is a luggage inspection system using TNA technique with ^{252}Cf as neutron source. Six vertical arrayed-gamma ray detectors were used to detect gamma ray fluxes resulted from thermal neutron activation of nuclei of the interrogated materials. Gamma ray fluxes of the six arrayed-gamma ray detectors are calculated for comparison. Polyethylene is used as the neutron moderator and shielding. Samples used in the simulation include silk, wool, nylon and explosive(C-4) which were put in the luggage both separately and mixed together. The simulation results show that the EDS using TNA technique is able to indicate the existence and positions of explosive.

Keywords: Monte Carlo simulation, MCNP program, explosive detection system, thermal neutron activation technique

บทคัดย่อ

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการจำลองระบบตรวจวัตถุระเบิดที่ใช้เทคนิคการกระตุ้นด้วยนิวตรอนโดยการใชโปรแกรมมอนติคาร์โล โปรแกรมมอนติคาร์โลที่ใช้สำหรับการจำลองครั้งนี้คือ โปรแกรม MCNP-4C และต้นแบบของระบบตรวจวัตถุระเบิดที่ใช้คือ ระบบตรวจกระเป๋าเดินทางที่ใช้เทคนิคการกระตุ้นด้วยนิวตรอนโดยมีแหล่งกำเนิดนิวตรอนเป็น ^{252}Cf ชุดของหัววัดรังสีแกมมาจำนวน 6 หัววัดซึ่งวางซ้อนกันในแนวตั้ง ถูกนำมาใช้เพื่อวัดฟลักซ์ของรังสีแกมมาที่เกิดขึ้นจากการอันตรกิริยาของการกระตุ้นด้วยนิวตรอนอุณหภูมิในนิวเคลียสของวัสดุที่นำมาตรวจสอบ ค่าฟลักซ์ของรังสีแกมมาระหว่างหัววัดรังสีทั้ง

อาจารย์ประจำสาขาวิชาฟิสิกส์ สำนักวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 0-4422-4597 โทรสาร 0-4422-4293

E-mail: uchai@sut.ac.th

*ผู้เขียนที่ให้การติดต่อ

วารสารเทคโนโลยีสุรนารี 12(2):132-142

6 หัววัดได้รับการคำนวณเพื่อการเปรียบเทียบ วัสดุลดทอนพลังงานและวัสดุกำบังรังสีของนิวตรอนที่ใช้ในการจำลองคือ โพลีเอทิลีน สารตัวอย่างที่ใช้ในการจำลองประกอบด้วย ผ้าไหม ผ้าขนสัตว์ ผ้าไนลอน และ วัสดุระเบิด (C-4) โดยการบรรจุสารตัวอย่างเหล่านี้ในกระเป๋าดำเดินทางมีทั้งบรรจุเฉพาะอย่างและบรรจุหลายอย่างไว้รวมกัน ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าระบบตรวจวัดวัสดุระเบิดที่ใช้เทคนิคการกระตุ้นด้วยนิวตรอนสามารถตรวจหาวัสดุระเบิดและตำแหน่งของวัสดุระเบิดได้

บทนำ

หลังจากเหตุการณ์การลอบวางระเบิดเครื่องบินของสายการบินแอร์อินเดียที่ประเทศแคนาดา เมื่อปี พ.ศ. 2528 และเครื่องบินของสายการบินแพน แอม ที่ประเทศสกอตแลนด์ เมื่อปี พ.ศ. 2531 ทำให้รู้ว่าการตรวจระเบิดที่มียูเรเนียมในขณะนั้นไม่สามารถตรวจวัดระเบิดบางชนิดได้ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาเพื่อหาเทคนิคใหม่ ๆ ที่สามารถตรวจวัดระเบิดได้ทุกชนิด เทคนิคที่ได้รับความสนใจในขณะนั้นก็คือ เทคนิคการกระตุ้นด้วยนิวตรอนอุณหภาพ ซึ่งเรียกชื่อว่า "Thermal Neutron Activation (TNA)" ในเทคนิค TNA (Gozani *et al.*, 1992) นี้ จะใช้อิออนนิวตรอนเป็นสื่อในการตรวจ โดยมีหลักการว่าเมื่อยิงนิวตรอนอุณหภาพซึ่งมีพลังงานต่ำ (0.025 eV) ไปกระทบกับนิวเคลียสของวัสดุที่นำมาตรวจสอบนิวตรอนอาจถูกดูดกลืนโดยนิวเคลียสนั้น แล้วกลายเป็นนิวเคลียสที่ถูกกระตุ้นเนื่องจากนิวเคลียสที่ถูกกระตุ้นจะไม่มีเสถียรภาพจึงพยายามกลับสู่สถานะพื้นโดยการปลดปล่อยรังสีแกมมาที่มีพลังงานเฉพาะออกมา พลังงานดังกล่าวจะมีค่าแตกต่างกันสำหรับนิวเคลียสต่างชนิดกัน ดังนั้นเราจึงสามารถใช้ข้อมูลของพลังงานของรังสีแกมมาที่เกิดขึ้นเป็นข้อมูลในการวินิจฉัยชนิดของวัสดุที่นำมาตรวจสอบได้

บริษัท Science Application International Corporation (SAIC) ซึ่งเป็นบริษัทในประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นบริษัทแรกที่ทำการวิจัยและพัฒนาาระบบตรวจวัดวัสดุระเบิดที่ใช้เทคนิค TNA ซึ่งสามารถทำงานได้เป็นที่น่าพอใจ (Michael and Hoopengardner, 1992) อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวมีราคาสูงและน้ำหนักมากเกินไป ต่อมา Bartko and

Ruddy จาก Westinghouse Science & Technology Center (Bartko and Ruddy, 1996) ได้ทำการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบตรวจวัดวัสดุระเบิดที่ใช้เทคนิค TNA นี้ และได้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ จนในเวลาต่อมาองค์การการบินพลเรือนของสหรัฐอเมริกา (The U.S. Federal Aviation Administration) ได้สนับสนุนการสร้างเครื่องต้นแบบของเทคนิค TNA ขึ้นมาและนำไปทดสอบในสนามบินของเมืองชิคาโกและฟิลาเดลเฟีย ผลการทดสอบพบว่าระบบดังกล่าวสามารถตรวจวัดวัสดุระเบิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีค่าอัตราการตรวจพบ (detection rate) สูงถึง 99.2 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการตรวจผิดพลาด (false alarm rate) ต่ำกว่า 5 เปอร์เซ็นต์

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการจำลองการทำงานของระบบตรวจวัดวัสดุระเบิดที่ใช้เทคนิค TNA โดยใช้โปรแกรมมอนติคาร์โล MCNP ซึ่งย่อมาจากคำว่า "A General Monte Carlo N-Particle Transport Code" โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองการเคลื่อนที่ของอนุภาคผ่านสสารซึ่งเริ่มต้นพัฒนาขึ้นมาสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 ที่ห้องทดลองแห่งชาติของสหรัฐอเมริกาที่เมืองลอสอลามอส โปรแกรมดังกล่าวได้รับการพัฒนาหลายรุ่นแล้วและรุ่นที่ใช้ในการจำลองครั้งนี้คือรุ่น MCNP-4C (Radiation Shielding Information Center, 1993) โดยใช้ข้อมูลของ cross section สำหรับอันตรกิริยาระหว่างนิวตรอนและรังสีแกมมากับสสารจาก "The Evaluated Nuclear data File B-VI" เนื่องจากโปรแกรม MCNP เป็นที่รู้จักและใช้กันอย่างแพร่หลาย ผู้เขียนจึงไม่ได้อธิบายถึง