

การศึกษาสมบัติการตอบสนองต่อรังสีของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี ไอเอสแอลชนิด InLight® Radiation dose response of InLight® optically stimulated luminescence (OSL) dosimeter

ศรินันท์ หนูเพชร¹ • ปณัสตา อวิคุณประเสริฐ^{1*} • วิทิต ผึ้งกัน²

¹ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

²กลุ่มมาตรฐานการวัดทางนิวเคลียร์และรังสี สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กรุงเทพมหานคร 10900

Sirinan Nupetch¹ • Panatsada Awikunprasert^{1*} • Vithit Pungkun²

¹Department of Physics, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002

²Ionising Radiation Metrology Group, Office of Atoms for Peace, Bangkok, 10900

*Correspondence to: panaaw@kku.ac.th

Thai J Rad Tech 2018;43(1): 36-43

บทคัดย่อ

บทนำ: อุปกรณ์วัดปริมาณรังสีไอเอสแอล (Optically stimulated luminescence; OSL) นิยมใช้เป็นอุปกรณ์วัดรังสีประจำตัวบุคคล เพื่อบันทึกปริมาณรังสีที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับ และอ้างอิงกับค่าขีดจำกัดการได้รับปริมาณรังสีของผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้นประสิทธิภาพของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีประจำตัวบุคคล จึงมีความสำคัญต่อการใช้งาน **วัตถุประสงค์:** การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีไอเอสแอล (OSL) ชนิด InLight® โดยเปรียบเทียบกับแหล่งกำเนิดรังสีมาตรฐานที่ให้รังสีเอกซ์ รังสีบีตา และรังสีแกมมา และศึกษาสมบัติการตอบสนองต่อรังสีของผลึกอลูมิเนียมออกไซด์ต่อรังสีต่างชนิดกัน ปริมาณรังสีและพลังงานที่ต่างกัน เพื่อวิเคราะห์ชนิดและพลังงานของรังสี เมื่อได้รับรังสีจากการปฏิบัติงานได้ **วิธีการศึกษา:** แหล่งกำเนิด 3 ชนิด ที่มีค่าพลังงานต่างกัน ได้แก่ รังสีเอกซ์จากหลอดเอกซเรย์ รังสีบีตาจากสารกัมมันตรังสี สตรอนเชียม-90 และรังสีแกมมาจากซีเซียม-137 ช่วงพลังงานเฉลี่ยระหว่าง 33 - 662 keV กำหนดปริมาณรังสี 0.2, 2.0 และ 5.0 mSv เพื่อฉายลงบนอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ชนิด InLight® ที่ติดบนเนื้อเยื่อจำลอง โดยให้แหล่งกำเนิดรังสีทำมุม 90° กับอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL **ผลการศึกษา:** ประสิทธิภาพของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ขึ้นกับชนิด ปริมาณ และพลังงานของรังสี การวัดรังสีรังสีเอกซ์และบีตาที่มีปริมาณรังสีน้อย (0.2 mSv) พบความคลาดเคลื่อน 28% และ 74% ตามลำดับ กราฟมาตรฐานของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ชนิด InLight® สามารถแยกพลังงานของรังสีเอกซ์ได้ แต่ไม่สามารถนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณรังสีจากรังสีเอกซ์ได้ กราฟมาตรฐานรังสีของบีตาและแกมมามีความแตกต่างกัน สามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อแยกชนิดของรังสีได้ **สรุปผลการศึกษา:** การนำอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ไปใช้วิเคราะห์ชนิดและพลังงานของรังสีนั้น จำเป็นต้องสร้างกราฟมาตรฐานและศึกษาสมบัติการตอบสนองของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ต่อรังสีชนิดต่างๆ ได้แก่ รังสีเอกซ์ รังสีบีตา และรังสีแกมมา รวมถึงค่าพลังงานต่างๆ ก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์การได้รับรังสีที่ได้รับจากการปฏิบัติงานด้านรังสี นอกจากนี้ ต้องคำนึงถึงมุมระหว่างแหล่งกำเนิดรังสีและอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี

คำสำคัญ: อุปกรณ์วัดปริมาณรังสีไอเอสแอลชนิดอินไลท์, การตอบสนองต่อรังสี, เนื้อเยื่อจำลองรูปทรงลูกบาศก์บรรจุน้ำ

Abstract

Introduction: Optically stimulated luminescence (OSL) dosimeter has been widely used for personal radiation dosimeter. The radiation dose is recorded and compared with the dose limitation in order to monitor risk from working with radiation. Therefore, the efficiency of personal OSL dosimeter is importantly concerned.

Objective: The purpose of this study is to define the efficiency of InLight[®] OSL dosimeter by comparing with the standard radiation source of the x-rays (x-rays tube), beta rays (Strontium-90) and gamma rays (Cesium-137). The radiation dose responses of OSL dosimeter were studied where the findings can be used for differentiating the types and energy of radiation. **Materials and methods:** InLight[®] OSL were placed on the phantom and irradiated with three different radiation sources which were x-ray from x-ray tube, beta from Sr-90 and gamma ray from Cs-137 with different mean energy range between 33 - 662 keV and varying the radiation dose of 0.2 mSv, 2.0 mSv and 5.0 mSv. The standard radiation source is placed at an angle of 90 degrees with the OSL dosimeter. **Results:** The efficiency of OSL dosimeter depends on the type, dose, and energy of radiations. OSL dosimeter was poorly response to the low radiation dose (0.2 mSv) from x-ray and beta with the measurement error of 28% and 74%, respectively. The x-ray standard graph of OSL can be used to distinguish the energy of x-ray however; it cannot differentiate the x-ray radiation dose. The differences of beta and gamma ray standard graph can be used to distinguish the types of radiation. **Conclusion:** The use of OSL dosimeter to analyze the type, dose, and energy of radiations requires the standard graphs and radiation dose responses. The different types of radiation such as x-ray, beta, and gamma including the dose and energy of radiation must be examined before measuring the dose received from radiation workers. The angle of radiation source and dosimeter must also be concerned.

Keywords: Optically Stimulated Luminescence dosimeter (InLight), Radiation dose response, water phantom

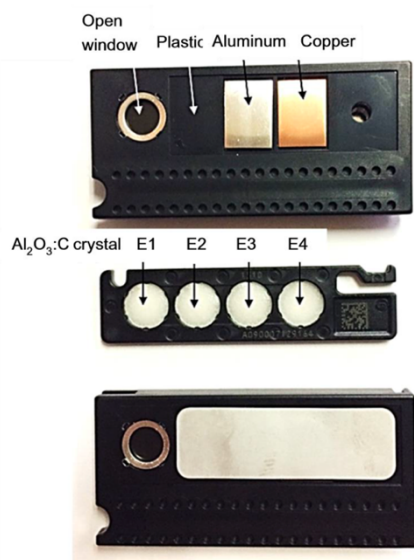
บทนำ

การทำงานกับรังสีชนิดก่อไอออน (ionizing radiation) โดยเฉพาะรังสีเอกซ์และแกมมา ก่อให้เกิดผลกระทบจากรังสีระยะยาว (delayed หรือ stochastic effects) ต่อผู้ปฏิบัติงาน เช่น ผลกระทบด้านพันธุกรรม การเกิดมะเร็ง⁽¹⁾ หรือผลกระทบจากรังสีระยะเฉียบพลัน (acute หรือ deterministic effects) เช่น อาการแสดงจากการได้รับรังสี หรือแผลไหม้ตามผิวหนัง⁽¹⁻²⁾ กฎหมายกำหนดให้ผู้ปฏิบัติงานจะต้องได้รับปริมาณรังสีไม่เกิน 20 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี (mSv/y) โดยเฉลี่ยตลอด 5 ปี และกำหนดให้มีอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีประจำตัวบุคคล เพื่อบันทึกปริมาณรังสีสะสมที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับตลอดเวลาที่ทำงานในบริเวณรังสี⁽³⁾ ในปัจจุบันนิยมใช้อุปกรณ์วัดปริมาณรังสีที่อาศัยคุณสมบัติการเรืองแสง เช่น อุปกรณ์วัดปริมาณรังสีที่แอลดี (thermoluminescent dosimeter; TLD) หรืออุปกรณ์วัดปริมาณรังสีโอเอสแอล (optically stimulated luminescence; OSL) เป็นเครื่องมือวัดปริมาณรังสีประจำตัวบุคคล ซึ่งอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีแบบ OSL มีข้อดีที่เหนือกว่าแบบที่แอลดี คือสามารถอ่านค่าปริมาณรังสีซ้ำได้หลายครั้ง อ่านค่าที่อุณหภูมิห้องปกติได้และการจางหายของสัญญาณต่ำ (fading)⁽⁴⁾ อุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ถูกนำมาใช้วัดปริมาณรังสีทั้งในด้านรังสีรักษาที่ใช้รังสีแกมมา อิเล็กตรอน และโปรตอนที่มีพลังงานสูงในระดับเมกะอิเล็กตรอนโวลต์ (MeV)⁽⁵⁾

และด้านรังสีวินิจฉัย เช่น การวัดปริมาณรังสีจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่มีพลังงานในระดับกิโลอิเล็กตรอนโวลต์ (keV)^(6,7)

อุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL มีหลายชนิด ขึ้นกับการใช้งาน ชนิดแรก มีชื่อทางการค้าว่า nanoDot[®] Dosimeter หรือเรียกว่า nanoDot[®] สามารถวัดปริมาณรังสีและอ่านค่าปริมาณรังสีที่ได้รับได้ แต่ไม่สามารถวิเคราะห์ชนิดและแยกพลังงานได้⁽⁸⁾ และอีกชนิดหนึ่ง ใช้ชื่อว่า InLight[®] Dosimeter หรือเรียกว่า InLight[®] สามารถวัดและอ่านค่าปริมาณรังสีค่าปริมาณรังสีสมมูล (equivalent dose) ในหน่วย ซีเวิร์ต (Sievert; Sv) มีคุณสมบัติการตอบสนองต่อรังสีโฟตอน (รังสีเอกซ์และรังสีแกมมา) ช่วงพลังงานตั้งแต่ 5 keV ถึง 20 MeV และอ่านค่าปริมาณรังสีต่ำสุดได้เท่ากับ 50 μ Sv สำหรับอนุภาคบีตาตอบสนองในช่วงพลังงานตั้งแต่ 150 keV ถึง 10 MeV และอ่านค่าปริมาณรังสีต่ำสุดได้เท่ากับ 100 μ Sv และสามารถแยกชนิดและช่วงพลังงานได้ โดยใช้แผ่นกรองรังสีหรือฟิลเตอร์ ทำหน้าที่จำแนกชนิดและพลังงานของรังสี⁽⁸⁾ ส่วนประกอบหลักของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ชนิด InLight[®] คือ ฟิล์มอลูมิเนียมออกไซด์กระตุ้นด้วยคาร์บอน ($Al_2O_3:C$) จำนวน 4 ฟิล์มและแผ่นกรองรังสี 4 ชนิดที่มีความหนาและคุณสมบัติในการกรองรังสีแตกต่างกัน ประกอบด้วย ส่วนที่ไม่มีแผ่นกรอง (กำหนดเป็น Element 1 หรือ E1) พลาสติก (Element 2

หรือ E2) อลูมิเนียม (Element 3 หรือ E3) และทองแดง (Element 4 หรือ E4) (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ชนิด InLight[®] ที่มีแผ่นกรองรังสี (filter) และผลึกอลูมิเนียมออกไซด์ (Al₂O₃:C)

สิ่งที่สำคัญในการใช้งานอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี คือ ความเที่ยงตรงและประสิทธิภาพของเครื่องมือวัด นอกจากนี้ อายุการใช้งานที่มากขึ้น และปัจจัยอื่นๆ เช่น อุณหภูมิในระหว่างที่ได้รับรังสี หรือระหว่างการอ่านปริมาณรังสีที่ได้รับ ความชื้นหรือปริมาณรังสี (base) ที่ค้างอยู่ก่อนการนำมาใช้งาน อาจส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่าปริมาณรังสี⁽⁴⁾ ดังนั้น การศึกษานี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ชนิด InLight[®] เทียบกับแหล่งกำเนิดรังสีมาตรฐาน เนื่องจากการตอบสนองต่อรังสีพลังงานในช่วง keV ของผลึกอลูมิเนียมออกไซด์ไม่เป็นเชิงเส้น⁽⁵⁾ จำเป็นต้องศึกษาสมบัติการตอบสนองของผลึกอลูมิเนียมออกไซด์ เมื่อได้รับรังสีต่างชนิดกัน เช่น รังสีเอกซ์ รังสีบีตา และรังสีแกมมา พลังงานต่างกันและปริมาณรังสีต่างกัน เพื่อสร้างกราฟมาตรฐานของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ก่อนการนำมาใช้งาน และสามารถนำมาใช้วิเคราะห์ชนิดและพลังงานของรังสี เมื่อได้รับรังสีจากการปฏิบัติงานได้

วิธีการศึกษา

การฉายรังสีเอกซ์

ติดอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ชนิด InLight[®] จำนวน 5 แผ่น บนเนื้อเยื่อจำลองรูปทรงลูกบาศก์บรรจุน้ำ (ISO water slab phantom) ขนาด 30×30×15 ซม.³ วางห่างจากแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ 1 เมตร เพื่อให้ปริมาณรังสีที่ตกลงบนเนื้อเยื่อจำลองมีความสม่ำเสมอ (ภาพที่ 2) ฉายรังสีเอกซ์ที่มีพลังงานและปริมาณรังสีต่างกัน ลงบนอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL โดยกำหนดค่าความต่างศักย์ที่ให้หลอดเอกซเรย์ (ยี่ห้อ YXLON International รุ่น MGC 41) เท่ากับ 40, 60, 80, 100, 120 และ 150 กิโลโวลต์ ซึ่งจะให้รังสีเอกซ์พลังงานเฉลี่ย 33, 48, 65, 83, 100 และ 118 keV ตามลำดับ คำนวณเวลาในการฉายรังสี และเลือกใช้แผ่นกรองรังสี เพื่อให้ได้ปริมาณรังสีเท่ากับ 0.2, 2.0 และ 5.0 mSv โดยฉายรังสีแต่ละค่าพลังงานและปริมาณรังสี 1 ครั้ง ครั้งละ 5 แผ่น ณ ห้องปฏิบัติการวัดรังสีมาตรฐานทุติยภูมิ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ (SSDL-OAP) จากนั้น นำอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ไปอ่านค่าปริมาณรังสีด้วยเครื่องอ่านการวัดรังสีแบบอัตโนมัติ (OSL Automatic Reader) รุ่น Auto200 จากนั้นนำค่าปริมาณรังสีที่วัดได้ไปคำนวณค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละความคลาดเคลื่อน เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL (สมการที่ 1-3) และนำค่าปริมาณรังสีที่วัดได้จากผลึกอลูมิเนียมออกไซด์ทั้งสี่ผลึก ไปเขียนกราฟมาตรฐานระหว่างอัตราส่วนค่านับวัด (E1/E2, E1/E3, E1/E4) และพลังงาน เพื่อศึกษาการตอบสนองต่อรังสีเอกซ์ที่พลังงานต่างๆ กัน โดยอัตราส่วนค่านับวัด มีความหมายดังนี้

E1/E2 หมายถึง อัตราส่วนค่านับวัดจาก OSL ในช่อง Open window (OW) ต่อพลาสติก (PL)

E1/E3 หมายถึง อัตราส่วนค่านับวัดจาก OSL ในช่อง Open window (OW) ต่ออลูมิเนียม (AL)

E1/E4 หมายถึง อัตราส่วนค่านับวัดจาก OSL ในช่อง Open window (OW) ต่อทองแดง (Cu)

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_5}{5} \quad \text{สมการที่ 1}$$

$$SD = \sqrt{\sum \frac{(x - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \text{สมการที่ 2}$$

$$\%error = \frac{|dose_{std} - \bar{x}|}{dose_{std}} \times 100 \quad \text{สมการที่ 3}$$

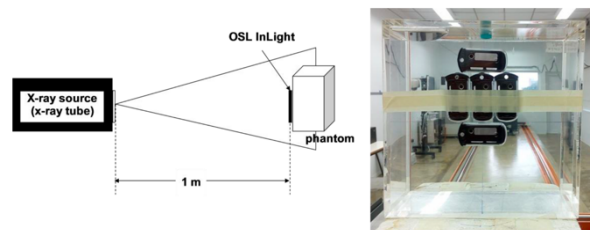
การฉายรังสีบีตา

ติดอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ชนิด InLight® จำนวน 5 แผ่น บนเนื้อเยื่อจำลองรูปทรงลูกบาศก์บรรจุน้ำ (ISO water slab phantom) วางสารกัมมันตรังสีสตรอนเชียม (Sr-90) ความแรงรังสี 1.85 กิกะเบ็กกคลอเรล สลายตัวให้รังสีบีตา พลังงานเฉลี่ย 546 keV วางห่างจากอุปกรณ์วัดรังสีเป็นระยะ 0.3 เมตรเพื่อให้ปริมาณรังสีที่ตกลงบนเนื้อเยื่อจำลองมีความสม่ำเสมอ เนื่องจากระยะทางในการเคลื่อนที่ของบีตาในอากาศสั้นกว่ารังสีเอกซ์และแกมมา จึงกำหนดระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดรังสีบีตาและเนื้อเยื่อจำลองน้อยกว่าเมื่อฉายด้วยรังสีเอกซ์และแกมมา (ภาพที่ 3) ตั้งเวลาในการฉายรังสีเพื่อให้ได้ปริมาณรังสี 0.2, 2.0 และ 5.0 mSv (ทำการฉายรังสี ณ ห้องปฏิบัติการวัดรังสีมาตรฐานทุติยภูมิ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ วันที่ 29 กรกฎาคม 2559) ฉายรังสี 1 ครั้ง ลงบนอุปกรณ์วัดรังสี OSL ทั้ง 5 แผ่น จากนั้น นำค่าปริมาณรังสีที่วัดได้จากผลคูณของนิยามออกไซด์ทั้งสี่ผลึกที่อยู่ในอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL มาคำนวณอัตราส่วนค่าหน่วยวัด (E1/E2, E1/E3, E1/E4) และเขียนกราฟมาตรฐานต่อค่าปริมาณรังสีต่างๆ เพื่อศึกษาการตอบสนองต่อรังสีบีตาที่ปริมาณต่างกัน รวมทั้งคำนวณค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละความคลาดเคลื่อน เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL (ดังสมการที่ 1)

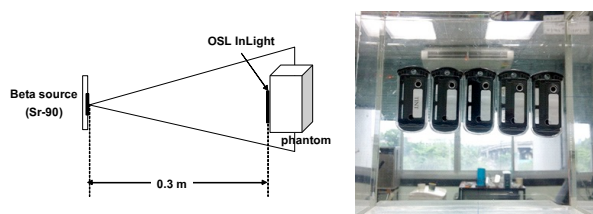
การฉายรังสีแกมมา

ติดอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ชนิด InLight® จำนวน 5 แผ่น บนเนื้อเยื่อจำลองรูปทรงลูกบาศก์บรรจุน้ำ (ISO water slab phantom) วางห่างจากต้นกำเนิดรังสีมาตรฐานเป็นระยะ 1.5 เมตร เพื่อให้ปริมาณรังสีที่ตกลงบนเนื้อเยื่อจำลองมีความสม่ำเสมอ ทำการฉายรังสี ณ ห้องปฏิบัติการวัดรังสีมาตรฐานทุติยภูมิ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ โดยใช้สารกัมมันตรังสีซีเซียม-137 (Cs-137) สลายตัวให้รังสีแกมมา พลังงาน 662 keV ความแรงรังสี 740 กิกะเบ็กกคลอเรล (ณ วันที่ 13 พฤษภาคม 2530) (ภาพที่ 4) ตั้งเวลาในการฉายรังสีเพื่อให้ได้ปริมาณรังสี 0.2, 2.0 และ 5.0 mSv ฉายรังสี 1 ครั้ง ลงบนอุปกรณ์วัดรังสี OSL ทั้ง 5 แผ่น จากนั้น นำค่าปริมาณรังสีที่วัดได้จากผลคูณของนิยามออกไซด์ทั้งสี่ผลึกที่อยู่ในอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL มาคำนวณอัตราส่วนค่าหน่วยวัด (E1/E2,

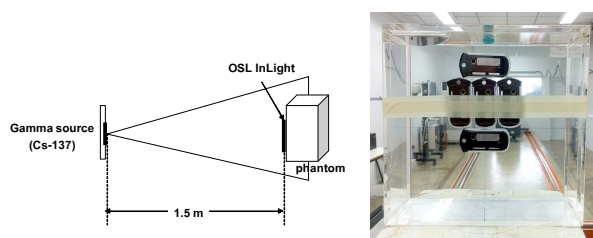
E1/E3, E1/E4) และเขียนกราฟมาตรฐานต่อค่าปริมาณรังสีต่างๆ เพื่อศึกษาการตอบสนองต่อรังสีแกมมาที่ปริมาณต่างกัน รวมทั้งคำนวณค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละความคลาดเคลื่อน เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL (ดังสมการที่ 1)



ภาพที่ 2 การฉายรังสีเอกซ์จากหลอดเอกซเรย์ลงบนอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL InLight® ที่ติดบนเนื้อเยื่อจำลอง



ภาพที่ 3 การฉายรังสีบีตาจากแหล่งกำเนิดรังสีสตรอนเชียม-90 ลงบนอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL InLight® ที่ติดบนเนื้อเยื่อจำลอง



ภาพที่ 4 การฉายรังสีแกมมาจากแหล่งกำเนิดรังสีซีเซียม-137 ลงบนอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL InLight® ที่ติดบนเนื้อเยื่อจำลอง

ผลการศึกษา

ประสิทธิภาพอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีไอเอสแอล รังสีเอกซ์

ค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีที่อ่านได้จากอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL เมื่อได้รับรังสีเอกซ์ ช่วงพลังงานเฉลี่ย 33 - 118 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นเมื่อเทียบกับ

ปริมาณรังสีจากแหล่งกำเนิดรังสีมาตรฐาน (ภาพที่ 5) ประสิทธิภาพของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL แต่เมื่ออุปกรณ์วัดปริมาณ OSL ได้รับรังสีเอกซ์ที่มีพลังงานน้อยกว่า 50 keV ที่ปริมาณรังสีต่ำ (0.2 mSv) พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีค่าสูงถึง 25% ในขณะที่เมื่อนำอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ไปวัดรังสีเอกซ์ที่มีปริมาณปานกลางและสูง (2.0 mSv และ 5.0 mSv) จะพบความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าร้อยละ 15

ประสิทธิภาพของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL เมื่อได้รับรังสีเอกซ์ช่วงพลังงานเฉลี่ย 65 – 118 keV ปริมาณรังสีต่ำ ปานกลาง และสูง พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าร้อยละ 15 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของบริษัทผู้ผลิต

รังสีบีตา

ประสิทธิภาพของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL เมื่อนำไปวัดปริมาณรังสีบีตาจากสารกัมมันตรังสีสตรอนเชียม-90 พลังงานเฉลี่ย 546 keV ที่ปริมาณรังสีต่ำ (0.2 mSv) พบความคลาดเคลื่อนสูงถึงร้อยละ 74 แต่เมื่อนำไปวัดค่าปริมาณรังสี 2.0 และ 5.0 mSv พบว่า ความคลาดเคลื่อนในการวัดปริมาณรังสีน้อยกว่าร้อยละ 10

รังสีแกมมา

ประสิทธิภาพของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL เมื่อนำไปวัดปริมาณรังสีแกมมาจากสารกัมมันตรังสีซีเซียม-137 พลังงาน 662 keV ที่ปริมาณรังสี 0.2, 2.0 และ 5.0 mSv พบว่า ความคลาดเคลื่อนในการวัดปริมาณรังสีน้อยกว่าร้อยละ 5 (ตารางที่ 1)

สมบัติการตอบสนองของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีโอเอสแอล

การแยกพลังงานของรังสีเอกซ์

การวิเคราะห์การตอบสนองต่อรังสีเอกซ์ที่พลังงานต่างๆ กัน (33, 48, 65, 83, 100 และ 118 keV) ของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ชนิด InLight[®] พบว่า อัตราส่วน E1/E2 และ E1/E3 ของรังสีเอกซ์ทุกพลังงานตั้งแต่ 33 keV จนถึง 118 keV มีค่าใกล้เคียงกับ 1 แต่เมื่อฉายรังสีเอกซ์ที่พลังงานน้อยที่สุด (33 keV) อัตราส่วนค่านับวัด E1/E4 มีค่าสูงขึ้น (ภาพที่ 6) เนื่องจากที่ตำแหน่ง E4 มีแผ่นทองแดงที่สามารถกันรังสีเอกซ์พลังงานต่ำได้ดี เมื่อเทียบกับตำแหน่ง E3 มีแผ่นอลูมิเนียมและ E2 แผ่นพลาสติก เมื่อรังสีเอกซ์พลังงานสูงขึ้นในช่วง 33 – 83 keV พบว่า อัตราค่านับวัด E1/E4 จะลดลงเรื่อยๆ แต่เมื่อพลังงานที่มากกว่าหรือเท่ากับ 100 keV

อัตราส่วนค่านับวัด จะมีค่าใกล้เคียงกับ 1 ซึ่งรังสีเอกซ์ที่มีพลังงานสูงกว่า 100 keV สามารถทะลุทะลวงผ่านแผ่นทองแดงได้ จากผลการศึกษานี้ แสดงให้เห็นว่า อุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ชนิด InLight[®] สามารถนำไปวิเคราะห์แยกพลังงานของรังสีเอกซ์ที่ต่ำกว่าหรือสูงกว่า 100 keV ได้ โดยประเมินจากอัตราส่วนค่านับวัด E1/E4

การแยกชนิดของรังสีบีตาและแกมมา

กราฟมาตรฐานระหว่างอัตราส่วนค่านับวัด (E1/E2, E1/E3, E1/E4) และค่าปริมาณรังสีของรังสีบีตาและแกมมา พบว่า อุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ตอบสนองต่อรังสีทั้งชนิดแตกต่างกัน

เมื่อนำอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ไปวัดปริมาณรังสีบีตา ที่ปริมาณต่างๆ (0.2, 2 และ 5 mSv) พบว่า จากการสังเกตกราฟอัตราส่วนค่านับวัด E1/E2, E1/E3 และ E1/E4 มีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะอัตราส่วนค่านับวัด E1/E4 (ภาพที่ 7) ในขณะที่กราฟมาตรฐานของรังสีแกมมาไม่พบความแตกต่างของอัตราส่วนค่านับวัด E1/E2, E1/E3 และ E1/E4 (ภาพที่ 8) ซึ่งเป็นผลจากรังสีแกมมาสามารถทะลุทะลวงผ่านแผ่นกรองทั้งสามชนิดได้มากกว่ารังสีบีตา ส่งผลให้ค่านับวัดที่ได้จากอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL นี้ มีค่าสูงตามพลังงานและปริมาณรังสีของรังสีแกมมา

อภิปรายผลและสรุป

ปัจจุบัน อุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL นิยมใช้เป็นอุปกรณ์วัดรังสีประจำตัวบุคคล สามารถบันทึกปริมาณรังสีที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับ และใช้เพื่ออ้างอิงกับค่าขีดจำกัดการได้รับปริมาณรังสีของผู้ปฏิบัติงาน (ไม่เกิน 20 mSv/y ตามที่กฎหมายกำหนด) ดังนั้น ประสิทธิภาพของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีประจำตัวบุคคล จึงมีความสำคัญต่อการใช้งาน การศึกษานี้ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL เทียบกับแหล่งกำเนิดรังสีมาตรฐาน รวมทั้งศึกษาสมบัติการตอบสนองของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL แบบ InLight[®] เมื่อได้รับรังสีต่างชนิดกัน พลังงานและปริมาณรังสีต่างกัน เพื่อกำหนดเป็นกราฟมาตรฐานของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ก่อนการนำมาใช้งาน

ประสิทธิภาพและความแม่นยำของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL แบบ InLight[®] ขึ้นกับชนิดและพลังงานของรังสี โดยเฉพาะเมื่อนำอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ไปวัดรังสีปริมาณต่ำๆ จะพบค่าความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตาม

ตาม อุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ตอบสนองต่อรังสีเอกซ์ได้ดี สำหรับพลังงานตั้งแต่ 44 keV เป็นต้นไป หรือให้ความคลาดเคลื่อนน้อยเมื่อนำไปวัดปริมาณรังสีในช่วง 2.0 – 5.0 mSv สำหรับประสิทธิภาพการวัดรังสีปีตาที่ปริมาณต่ำๆ พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องจากแหล่งกำเนิดรังสีปีตาที่ใช้ในการศึกษาเป็นสารกัมมันตรังสีที่สลายตัวตามธรรมชาติ เมื่อต้องการรังสีปริมาณต่ำๆ การกำหนดระยะเวลาในการฉายรังสีอาจจะสั้นเกินไป ซึ่งในการศึกษานี้ใช้เวลาฉายรังสีปีตาน้อยกว่า 6 วินาที ส่งผลให้เกิดอันตรกิริยาระหว่างรังสีปีตาและอุปกรณ์วัดรังสีน้อยเกินไป ทำให้ปริมาณรังสีที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าปริมาณรังสีมาตรฐาน แต่ในทางตรงกันข้าม เมื่อวัดปริมาณรังสีสูงๆ จากแหล่งกำเนิดรังสีปีตา ค่าความคลาดเคลื่อนลดลง ขณะที่ประสิทธิภาพของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ในการวัด

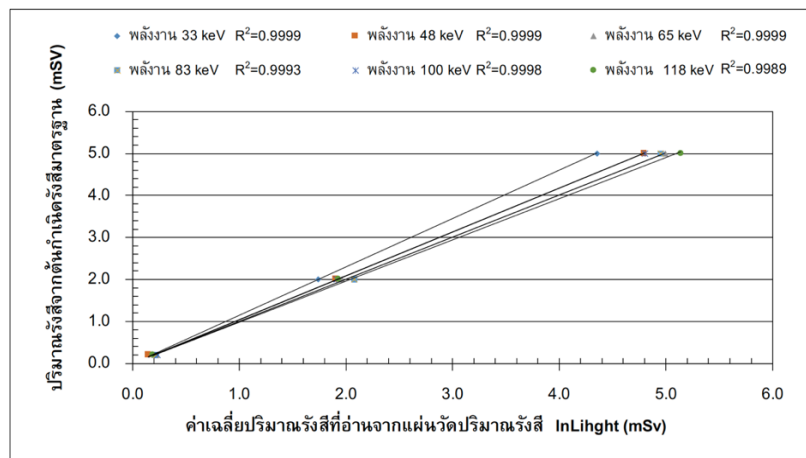
ค่าปริมาณรังสีจากแหล่งกำเนิดรังสีแกมมา ที่พลังงาน 662 keV พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 5 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของบริษัทผู้ผลิต

การตอบสนองของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ขึ้นกับชนิดของรังสี พลังงานของรังสีและปริมาณรังสี จากลักษณะของกราฟมาตรฐานที่สร้างขึ้นในการศึกษานี้ สามารถใช้เพื่อแยกพลังงานของรังสีเอกซ์ระหว่างต่ำกว่าหรือสูงกว่า 100 keV ได้ โดยอัตราส่วนค่านับวัดที่ส่งผลให้เกิดความแตกต่าง คือ ส่วนของตัวกรองรังสีที่เป็นทองแดง (E1/E4) ในขณะที่กราฟมาตรฐานของอัตราส่วนนับวัดต่อปริมาณรังสีของปีตาและแกมมามีความแตกต่างกัน ทำให้สามารถนำไปใช้วิเคราะห์เพื่อแยกชนิดของรังสีทั้งสองได้

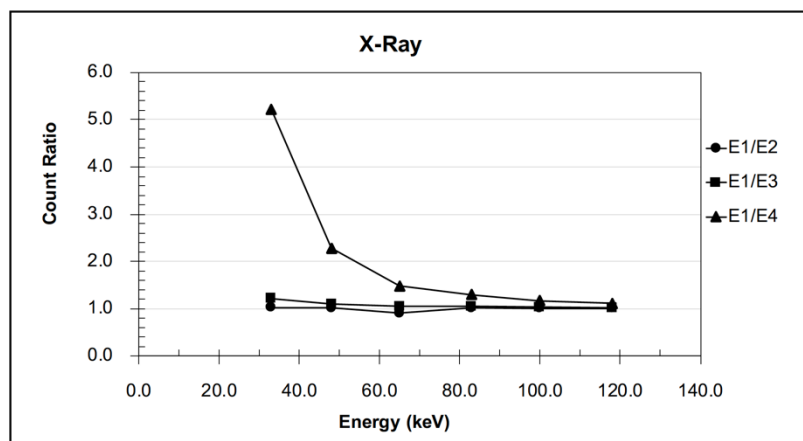
ตารางที่ 1 ค่าปริมาณรังสีเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและร้อยละความคลาดเคลื่อนจากการฉายรังสีเอกซ์ รังสีปีตาและรังสีแกมมาที่พลังงานต่างๆ ลงบนเนื้อเยื่อจำลองรูปทรงลูกบาศก์

Type of Radiation	Energy (keV)		Radiation dose (mSv)		
			0.20	2.00	5.00
X-ray	33	$\bar{X} \pm \text{S.D.}$	0.15 ± 0.01	1.73 ± 0.05	4.35 ± 0.11
		%error	25.00	13.30	12.96
	48	$\bar{X} \pm \text{S.D.}$	0.14 ± 0.01	1.90 ± 0.28	4.79 ± 0.66
		%error	28.00	5.00	4.12
	65	$\bar{X} \pm \text{S.D.}$	0.20 ± 0.02	1.96 ± 0.07	4.99 ± 0.20
		%error	2.00	2.20	0.20
	83	$\bar{X} \pm \text{S.D.}$	0.22 ± 0.06	2.07 ± 0.22	4.95 ± 0.38
		%error	9.00	3.70	1.00
	100	$\bar{X} \pm \text{S.D.}$	0.23 ± 0.00	1.91 ± 0.12	4.80 ± 0.34
		%error	14.00	4.50	3.96
	118	$\bar{X} \pm \text{S.D.}$	0.19 ± 0.01	1.93 ± 0.11	5.14 ± 0.25
		%error	6.00	3.60	2.72
Beta	546	$\bar{X} \pm \text{S.D.}$	0.05 ± 0.01	2.17 ± 0.13	5.40 ± 0.40
		%error	74.00	8.70	8.04
Gamma	662	$\bar{X} \pm \text{S.D.}$	0.21 ± 0.02	2.03 ± 0.04	5.05 ± 0.17
		%error	5.00	1.50	1.00

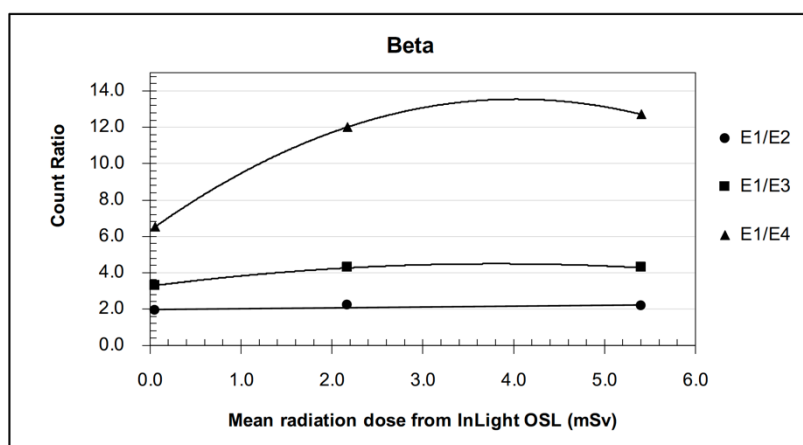
*Percentage error is $\leq 15\%$ recommended by the manufacturer⁽⁹⁾



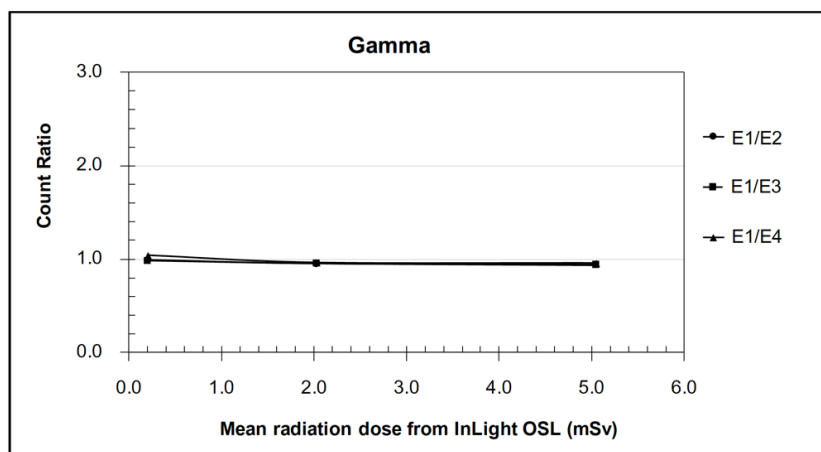
ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีจากต้นกำเนิดรังสีมาตรฐานและค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีที่อ่านค่าได้จากอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL InLight[®] เมื่อฉายรังสีเอกซ์พลังงาน 33, 48, 65, 83, 100 และ 118 keV



ภาพที่ 6 การตอบสนองของอุปกรณ์วัดรังสี OSL InLight[®] ต่อรังสีเอกซ์พลังงาน 33 – 118 keV



ภาพที่ 7 การตอบสนองของอุปกรณ์วัดรังสี OSL InLight[®] ต่อรังสีบีตาพลังงาน 546 keV



ภาพที่ 8 การตอบสนองของอุปกรณ์วัดรังสี OSL InLight[®] ต่อรังสีแกมมาพลังงาน 662 keV

ในการนำอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ไปใช้เพื่อวิเคราะห์ชนิดและพลังงานของรังสีนั้น จำเป็นต้องสร้างกราฟมาตรฐานและศึกษาสมบัติการตอบสนองของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ต่อรังสีชนิดต่างๆ ได้แก่ รังสีเอกซ์ รังสีบีตา และรังสีแกมมา รวมถึงค่าพลังงานต่างๆ ก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์การได้รับรังสีที่ได้รับจากการปฏิบัติงานด้านรังสี อย่างไรก็ตาม ในการปฏิบัติงานจริง อาจได้รับรังสีที่มีปริมาณรังสีที่ต่ำกว่า 0.2 มิลลิซีเวิร์ต หรือสูงกว่า 5.0 มิลลิซีเวิร์ต ซึ่งอยู่นอกเหนือขอบเขตของการศึกษานี้ เช่น การได้รับรังสีโดยตรงจากแหล่งกำเนิดรังสี รังสีจากการกระเจิงรังสีจากอุบัติเหตุทางรังสี หรือแหล่งกำเนิดรังสีมากกว่าหนึ่งชนิดในเวลาเดียวกัน จำเป็นต้องศึกษาประสิทธิภาพและสมบัติการตอบสนองของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL ต่อรังสีชนิดต่างๆ ในสถานการณ์อื่นๆ ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Mettler FA. Medical effects and risks of exposure to ionising radiation. J Radiol Prot 2012; 32(1): 9-13.
2. Wagner LK, Eifel PJ, Geise RA. Potential Biological Effects Following High X-ray Dose Interventional Procedures. J Vasc Interv Radiol 1994; 5(1): 71-84.
3. ราชกิจจานุเบกษา. พระราชบัญญัติพลังงานนิวเคลียร์ พ.ศ. ๒๕๕๙. [อินเทอร์เน็ต] [เข้าถึงเมื่อ ๑๒ ธ.ค. ๒๕๕๙] เข้าถึงได้จาก ; <http://www.oap.go.th/images/documents/about-us/regulations/nuclear-energy-act-2559.PDF>.
4. Sudjai W. Inlight optically stimulated luminescence for occupational monitoring service in Thailand. Bull Dept Med Sci 2012; 54(2): 110-116.
5. Agyingi EO, Mobit PN, Sandison GA. Energy response of an aluminium oxide detector in kilovoltage and megavoltage photon beams: an EGSnrc Monte Carlo simulation study. Radiat Prot Dosimetry 2006; 118(1): 28-31.
6. McKeever SWS, Akselrod MS. Radiation dosimetry using pulsed optically stimulated luminescence of Al₂O₃:C. Radiat Prot Dosimetry 1999; 84(1-4): 317-320.
7. Bauhs JA, Vrieze TJ, Primak AN, Bruesewitz MR, McCollough CH. CT dosimetry: comparison of measurement techniques and devices. Radiographics 2008; 28(1): 245-253.
8. Landauer Inc. Dosimeters: InLight[®] Systems Dosimeters. [Internet]. 2005. [cited 2017 May 20]. Available from: <https://www.nagase-landauer.co.jp/english/inlight/pdf/Dosimeters/inlightdosimeters.pdf>
9. ยุทธนา บางม่วง, วราภรณ์ สุดใจ. การสำรวจปริมาณรังสีพื้นหลังของประเทศโดยใช้แผ่นวัดรังสีชนิดโอเอสแอล. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. ๒๕๕๖;๕๕:๓๑-๓๘.



วารสารรังสีเทคนิค

The Thai Journal of Radiological Technology

การศึกษาสมบัติการตอบสนองต่อรังสีของอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี

โอเอสแอลชนิด InLight®

Radiation dose response of InLight® optically stimulated
luminescence (OSL) dosimeter

ศรินทร์ หนูเพชร • ปณัสตา อวิคุณประเสริฐ • วิฑิต ผึ้งกัน

Thai J Rad Tech 2018;43(1):36-43

วารสารรังสีเทคนิค

วารสารวิชาการของสมาคมรังสีเทคนิคแห่งประเทศไทย

ภาควิชารังสีเทคนิค คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล

แขวงศิริราช เขตบางกอกน้อย กทม. 10700

PHILIPS
Philips (Thailand) Ltd.