

การทดสอบความใช้ได้ของตัลัับบรรจุแผ่นวัดรังสี โอเอสแอล DMSc Holder

เตวิช ตุงคะเสรีรักษ์ สถาพร กล่อมแก้ว ประเชิญ เซษฐสิงห์ ศิริณา เกิดสีทอง และ อุดมทรัพย์ จันทนร
สำนักรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนพหลโยธิน 11000

บทคัดย่อ ตัลัับบรรจุแผ่นวัดรังสีโอเอสแอล InLight® holder มีความเปราะบาง ไม่คงทน และแตกหักง่าย คณะผู้วิจัยได้พัฒนาตัลัับใหม่ชื่อ DMSc holder ซึ่งมีความแข็งแรงและใช้งานง่ายมากขึ้น โดยดำเนินการทดสอบความใช้ได้ของ DMSc holder ตามมาตรฐานของคณะกรรมการมาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่น (Japanese Industrial Standards Committee: JIS) 4339:2004 (R2016) ผลการทดสอบ พบว่าความคลาดเคลื่อนของค่าปริมาณรังสีมีค่าเท่ากับ 1.085 ความเป็นเชิงเส้นของค่าปริมาณรังสีที่ 0.1, 0.3, 0.5, 1.0 และ 10.0 mSv มีค่าเท่ากับ 1.158 ± 0.074 , 1.023 ± 0.053 , 1.034 ± 0.050 , 1.000 ± 0.043 และ 0.968 ± 0.037 ตามลำดับ การตอบสนองต่อพลังงานโฟตอนที่เอกซเรย์ 24, 47, 83 และ 117 keV มีค่าเท่ากับ 1.090 ± 0.048 , 1.040 ± 0.108 , 1.010 ± 0.091 และ 0.987 ± 0.062 ตามลำดับ และแกมมา 662 keV เท่ากับ 1.000 ± 0.054 การตอบสนองต่อมุมในการประเมินค่าปริมาณรังสีตามแนวนอน ณ มุมเอียงซ้าย 60° , เอียงซ้าย 30° , ตรง 0° , เอียงขวา 30° และเอียงขวา 60° มีค่า 0.999 ± 0.066 , 0.988 ± 0.046 , 1.000 ± 0.050 , 0.988 ± 0.053 และ 0.985 ± 0.042 ตามลำดับ โดยผลการทดสอบทั้งหมดผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน ในการเปรียบเทียบกับตัลัับ InLight® holder พบว่าความแตกต่างสำหรับการทดสอบความเป็นเชิงเส้นของค่าปริมาณรังสีและการทดสอบการตอบสนองต่อมุมในการประเมินค่าปริมาณรังสีสามารถยอมรับได้ ดังนั้น ตัลัับบรรจุแผ่นวัดรังสีโอเอสแอลที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์แก่ผู้ปฏิบัติงานด้านรังสีของห้องปฏิบัติการรังสีบุคคลได้

คำสำคัญ: DMSc holder, แผ่นวัดรังสีโอเอสแอล, การทดสอบความใช้ได้

Corresponding author E-mail: tewit.t@dmsc.mail.go.th

Received: 9 May 2023

Revised: 27 October 2023

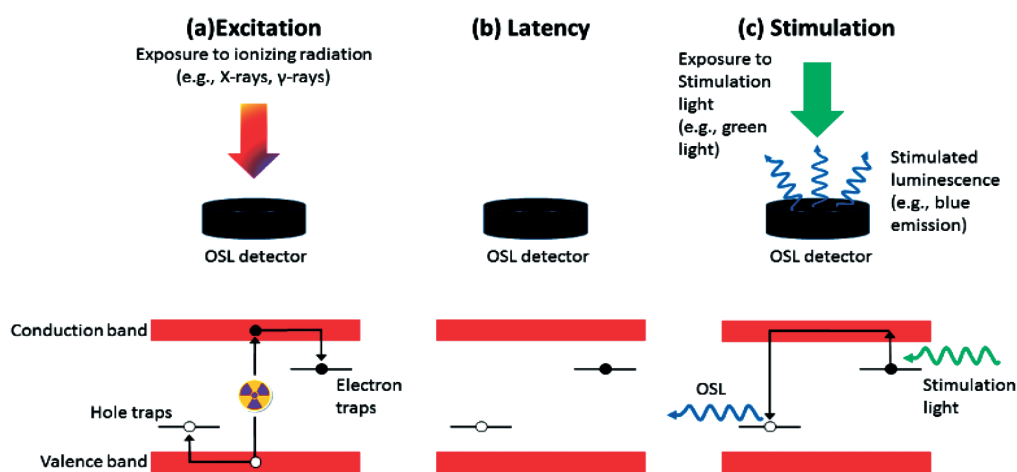
Accepted: 1 November 2023

บทนำ

ห้องปฏิบัติการรังสีบุคคล สำนักรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ มีหน้าที่ตรวจวิเคราะห์และประเมินปริมาณรังสีประจำบุคคล เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานทางรังสี และติดตามให้คำแนะนำในการแก้ไขการได้รับรังสีในปริมาณสูง รวมทั้งประเมินความเสี่ยงการได้รับรังสีให้แก่ประชาชนและผู้ให้บริการด้านรังสี⁽¹⁾ โดยได้รับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบและห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ มอก. 17025-2561 (ISO/IEC 17025:2017) ในการปฏิบัติงานที่มีการใช้เครื่องกำเนิดรังสีหรือวัสดุกัมมันตรังสี มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการประเมินและเฝ้าระวังการได้รับรังสีของเจ้าหน้าที่ในขณะปฏิบัติงานไม่ให้เกินขีดจำกัดการได้รับรังสี เพื่อลดความเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็งหรืออาการเจ็บป่วยอื่น ๆ ที่อาจเกิดจากการได้รับรังสี การตรวจวิเคราะห์และประเมินปริมาณรังสีประจำบุคคลต้องใช้อุปกรณ์สำหรับวัดค่าปริมาณรังสีบุคคล ซึ่งปัจจุบันห้องปฏิบัติการรังสีบุคคลให้บริการแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล (optically stimulated luminescence

dosimeter: OSLD) สำหรับวัดค่าปริมาณรังสีที่เจ้าหน้าที่ได้รับการปฏิบัติงาน 3 ชนิด คือ ปริมาณรังสีทั่วลำตัว $H_p(10)$ ปริมาณรังสีที่ผิวหนัง มือและเท้า $H_p(0.07)$ และปริมาณรังสีที่เลนส์ของดวงตา $H_p(3)$

แผ่นวัดรังสีไอเอสแอลเป็นสารกึ่งตัวนำ (semi-conductor) มีวัสดุหลัก คือ ผลึกของอลูมิเนียมออกไซด์เจือด้วยคาร์บอน ($Al_2O_3:C$) มีคุณสมบัติในการตอบสนองต่อรังสีเอกซ์ แกมมา บีตา และนิวตรอน เมื่อแผ่นวัดรังสีไอเอสแอลได้รับรังสีอิเล็กตรอนที่อยู่บนแถบวาเลนซ์ (valence band) จะถูกกระตุ้นไปยังแถบนำไฟฟ้า (conduction band) ดังแสดงในภาพที่ 1a ส่งผลให้แถบวาเลนซ์เกิดโฮล (hole traps) เมื่อไม่มีรังสีมากระทบ อิเล็กตรอนที่ถูกกระตุ้นจะถูกเก็บไว้ที่แถบนำไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 1b จากนั้นเมื่อแผ่นวัดรังสีไอเอสแอลถูกกระตุ้นด้วยแสง อิเล็กตรอนที่อยู่บนแถบนำไฟฟ้าจะกลับมายังโฮลบนแถบวาเลนซ์พร้อมคายพลังงานออกมาในรูปของแสง ดังแสดงในภาพที่ 1c แสงที่ได้จะถูกหลอดทวีคูณแสง (photomultiplier tubes) ตรวจจับเพื่อแปลงพลังงานแสงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ก่อนเทียบเป็นค่าปริมาณรังสีต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 1⁽²⁾



ภาพที่ 1 หลักการทำงานของแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล⁽²⁾

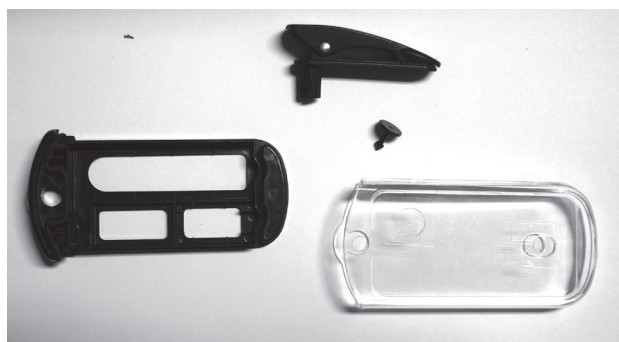
- a = เมื่อได้รับรังสี อิเล็กตรอนที่อยู่บนแถบวาเลนซ์ (valence band) จะถูกกระตุ้นไปยังแถบนำไฟฟ้า (conduction band)
- b = เมื่อไม่ถูกกระตุ้น อิเล็กตรอนจะถูกเก็บไว้ที่แถบนำไฟฟ้า
- c = เมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสง อิเล็กตรอนที่อยู่บนแถบนำไฟฟ้าจะกลับมายังโฮลบนแถบวาเลนซ์พร้อมคายพลังงานออกมาในรูปของแสง

แผ่นวัดรังสีโอเอสแอลที่สำนักงานรังสีและเครื่องมือแพทย์ให้บริการเป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Landauer ประเทศสหรัฐอเมริกา ชื่อ InLight® badge OSL dosimeter ประกอบด้วยแผ่นวัดรังสีโอเอสแอลชนิด InLight® และตั้บบรรจุแผ่นวัดรังสี InLight® holder ซึ่งตั้บบรรจุแผ่นวัดรังสีโอเอสแอลนี้ มีความเปราะบางแตกหักง่าย และชำรุดเป็นจำนวนมาก ทำให้ไม่เพียงพอต่อการให้บริการซึ่งผลิตภัณฑ์ใหม่ของบริษัท Landauer ชื่อ Quixel® badge OSL dosimeter ที่ประกอบด้วยแผ่นวัดรังสีโอเอสแอล ชนิด Quixel® และตั้บบรรจุแผ่นวัดรังสี Quixel® holder ผลิตขึ้นสำหรับการเปิดให้บริการประเมินค่าปริมาณรังสีบุคคลของทางบริษัท เท่านั้น ไม่จำหน่ายให้กับหน่วยงานอื่น ด้วยสาเหตุดังกล่าว

คณะผู้วิจัยจึงพัฒนาตั้บบรรจุแผ่นวัดรังสีโอเอสแอลขึ้นใหม่ชื่อ DMSc holder เพื่อใช้สำหรับบรรจุแผ่นวัดรังสีโอเอสแอลชนิด InLight® ประกอบด้วย 2 ชิ้นส่วน คือด้านหน้าและด้านหลัง ดังแสดงในภาพที่ 2 ยึดติดกันด้วยแกนที่ทำหน้าที่เป็นบานพับและมีตัวล็อกสำหรับปิดตั้บ ดังแสดงในภาพที่ 2 (A) ทำให้ง่ายต่อการบรรจุแผ่นวัดรังสีโอเอสแอลมากกว่า InLight® holder ที่มีอุปกรณ์ในการประกอบหลายชิ้น ดังแสดงในภาพที่ 2 (B) โดย DMSc holder ผลิตจากพลาสติก co-polyester ขณะที่ InLight® holder ผลิตจากพลาสติก polyvinyl chloride (PVC)⁽³⁾ คุณสมบัติของพลาสติกทั้งสอง ดังแสดงในตารางที่ 1



A



B

ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของตั้บบรรจุแผ่นวัดรังสีโอเอสแอล

A = ตั้บบรรจุแผ่นวัดรังสีโอเอสแอล DMSc holder

B = ตั้บบรรจุแผ่นวัดรังสีโอเอสแอล InLight® holder

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของพลาสติกที่ใช้ในการผลิตตั้บบรรจุแผ่นวัดรังสีโอเอสแอล⁽⁴⁾

คุณสมบัติ	InLight® holder polyvinyl chloride (PVC)	DMSc holder co-polyester
ความหนาแน่น (density)	1.38 g/cm ³	1.40 g/cm ³
อุณหภูมิหลอมเหลว (melting temperature)	212 °C	265 °C
อุณหภูมิกลาส (glass transition temperature)	87 °C	69 °C
ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)	1.30-1.58	1.29-1.40
มอดูลัสแรงดึง (tensile modulus)	2.4-4.1 GPa	2.8-4.1 GPa
ความต้านทานแรงดึง (tensile strength)	40.7-51.7 MPa	48.3-72.4 MPa
ความแข็งแรง ณ จุดคราก (yield strength)	40.7-44.8 MPa	59.3 MPa
การยืดตัวที่จุดคราก (elongation at break)	40-80 %	30-300 %

จากงานวิจัยของ Croonenborghs B. et al.⁽⁵⁾ ได้ศึกษาผลกระทบทางรังสีต่อ polymers โดยใช้แหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์พลังงาน 5 MeV และรังสีแกมมาจากสารกัมมันตรังสีโคบอลต์ (⁶⁰Co) ฉายรังสีใส่ PVC และ polymers อีก 4 ชนิด ได้แก่ polyethylene (PE), polypropylene (PP), polystyrene (PS) และ acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer (ABS) ที่ค่าปริมาณรังสี 30, 60 และ 120 kGy พบว่า polymers ทั้ง 5 ชนิด ไม่ส่งผลต่อการทะลุทะลวงของรังสีดังกล่าว แต่รังสีจะส่งผลต่อความใสของพลาสติก นอกจากนี้ Moskala EJ.⁽⁶⁾ ได้ทดสอบผลกระทบของรังสีแกมมาต่อ thermoplastic co-polyester พบว่าพลาสติกไม่ส่งผลต่อการทะลุทะลวงของรังสี แต่รังสีจะส่งผลต่อความใสของพลาสติกเช่นเดียวกัน

ห้องปฏิบัติการรังสีบุคคล สำนักรังสีและเครื่องมือแพทย์ ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นห้องปฏิบัติการที่ผ่านการรับรองความสามารถตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 ตามข้อกำหนดทั่วไปด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและห้องปฏิบัติการสอบเทียบ (ข้อ 6.4 เครื่องมือ)⁽⁷⁾ ตัลับริจแผ่นวัดรังสีไอเอสแอลที่ออกแบบใหม่จำเป็นต้องได้รับการทดสอบความใช้ได้ของตัลลก่อนนำมาใช้งาน โดยใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐาน Japanese Industrial Standards Committee (JIS) Z 4339:2004 (R2016) Optically stimulated

luminescence dosimetry systems⁽⁸⁾ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบแผ่นวัดรังสี InLight[®] ที่บรรจุใน DMSc holder ตามมาตรฐานและเปรียบเทียบผลการทดสอบกับ InLight[®] badge และ Quixel[®] badge ที่มีข้อมูลการทดสอบของบริษัทผู้ผลิตและผ่านการทดสอบตามมาตรฐานดังกล่าวแล้ว^(9,10) โดยดำเนินการทดสอบด้วยรังสีเอกซ์และแกมมาเท่านั้น ไม่รวมถึงรังสีบีตา แอลฟา และนิวตรอน เนื่องจากในสำนักรังสีและเครื่องมือแพทย์ไม่มีแหล่งกำเนิดรังสีที่ให้รังสีบีตา แอลฟา และนิวตรอนมาตรฐาน

วัสดุและวิธีการ

เครื่องมือและอุปกรณ์

การทดสอบใช้แผ่นวัดรังสีไอเอสแอล (ยี่ห้อ Landauer, รุ่น InLight[®] BasicXA, Landauer, USA) ใส่ใน DMSc holder ติดบน ISO water slab phantom ที่ผลิตจากวัสดุ polymethyl methacrylate (PMMA) ขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร และหนา 15 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3 จากนั้นนำไปฉายรังสีที่ระยะห่างจากแหล่งกำเนิด 1 เมตร⁽¹¹⁾ โดยใช้แหล่งกำเนิดรังสีแกมมาจาก Cs-137 (Buchler, England) และแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์มาตรฐาน (PTW, Germany) ณ ห้องปฏิบัติการรังสีมาตรฐานทุติยภูมิ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์



ภาพที่ 3 แผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight[®] BasicXA บรรจุใน DMSc holder ติดบน ISO water slab phantom

หลังฉายรังสีนำแผ่นวัดรังสีโอเอสแอลมาอ่านค่าปริมาณรังสีด้วยเครื่องอ่านแผ่นวัดรังสีโอเอสแอลชนิดอัตโนมัติ รุ่น OSLR (Landauer, USA) ผ่านโปรแกรมประมวลผล Whole Body Dose Algorithm for the Landauer InLight® LDR Model 2 Dosimeter⁽¹²⁾ ซึ่งสอบเทียบด้วยแผ่นวัดรังสีโอเอสแอลชนิดสอบเทียบรุ่น InLight® Basic CC (Landauer, USA) ที่ผ่านการฉายรังสีจากห้องปฏิบัติการรังสีมาตรฐานทุติยภูมิ ณ University of Wisconsin สหรัฐอเมริกา ซึ่งสอบย้อนกลับไปที่ห้องปฏิบัติการรังสีมาตรฐานปฐมภูมิ ณ the National Institute of Standards and Technology (NIST) Department of Commerce ประเทศสหรัฐอเมริกา

การทดสอบความใช้ได้ของ DMSc holder ที่บรรจุแผ่นวัดรังสี InLight®

ทดสอบความใช้ได้ตามมาตรฐาน JISZ4339:2004 (R2016) Optically stimulated luminescence dosimetry systems⁽⁸⁾ ดังนี้

ความคลาดเคลื่อนของค่าปริมาณรังสี นำกลับที่บรรจุแผ่นวัดรังสีโอเอสแอล จำนวน 10 ตลับ ฉายรังสีด้วย Cs-137 ที่ปริมาณรังสี $H_p(10)$ 2 mSv หลังการฉายรังสีทำการอ่านค่าปริมาณรังสีซ้ำ 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยของค่าปริมาณรังสี จากนั้นหาอัตราส่วนของค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด ซึ่งอัตราส่วนดังกล่าวตามมาตรฐานมีค่าที่ยอมรับได้ไม่เกิน 1.3⁽⁸⁾

ความเป็นเชิงเส้นของค่าปริมาณรังสี นำกลับที่บรรจุแผ่นวัดรังสีโอเอสแอลฉายรังสีด้วย Cs-137 ที่ปริมาณรังสี $H_p(10)$ 0.1, 0.3, 0.5, 1.0 และ 10.0 mSv โดยใช้ตลับที่บรรจุแผ่นวัดรังสีโอเอสแอล จำนวน 8 ตลับ ต่อ 1 ค่าปริมาณรังสี หลังการฉายรังสีอ่านค่าปริมาณรังสีซ้ำ 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยของค่าปริมาณรังสี จากนั้นหาค่าการตอบสนอง (response) ของแต่ละค่าปริมาณรังสี จากอัตราส่วนของค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้กับค่าปริมาณรังสีที่ทำการฉายรังสี และหาอัตราส่วนการตอบสนอง (response ratio) ระหว่างค่าการตอบสนองของแต่ละค่าปริมาณรังสีกับค่าการตอบสนองของค่าปริมาณรังสีอ้างอิง ซึ่งอัตราส่วนการตอบสนองเมื่อรวมกับค่าความกว้างของความคลาดเคลื่อนเกณฑ์การยอมรับได้ที่

$\pm 30\%$ หรือน้อยกว่าที่ค่าปริมาณรังสี 0.1 mSv และ $\pm 10\%$ หรือน้อยกว่าที่ค่าปริมาณรังสี 0.3 mSv ขึ้นไป โดยใช้ค่าปริมาณรังสี 1 mSv เป็นค่าอ้างอิง⁽⁸⁾ ดังสมการที่ 1 และ 2

$$0.7 \leq \frac{\bar{R}_i}{\bar{R}_{Ref}} \pm l < 1.3 \quad \text{ที่ค่าปริมาณรังสี 0.1 mSv} \quad \text{สมการที่ 1}$$

$$0.9 \leq \frac{\bar{R}_i}{\bar{R}_{Ref}} \pm l < 1.1 \quad \text{ที่ค่าปริมาณรังสี 0.3 mSv ขึ้นไป} \quad \text{สมการที่ 2}$$

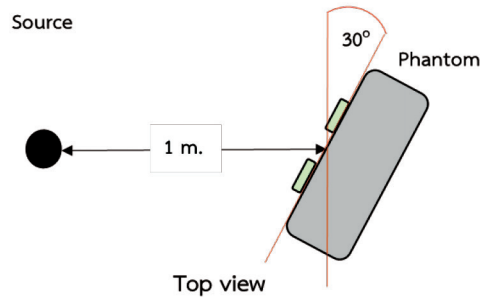
การตอบสนองต่อพลังงานโฟตอน (รังสีเอกซ์และแกมมา) นำกลับที่บรรจุแผ่นวัดรังสีโอเอสแอลฉายรังสีแกมมาจาก Cs-137 พลังงาน 662 keV และรังสีเอกซ์ลำรังสี N-series พลังงาน 24 keV (N 30), 42 keV (N 60), 87.5 keV (N100) และ 120 keV (N 150) ที่ปริมาณรังสี $H_p(10)$ 2 mSv โดยใช้ตลับที่บรรจุแผ่นวัดรังสีโอเอสแอล จำนวน 8 ตลับต่อ 1 พลังงาน หลังการฉายรังสีอ่านค่าปริมาณรังสีซ้ำ 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยของค่าปริมาณรังสี จากนั้นหาค่าการตอบสนองต่อพลังงานโฟตอนของแต่ละพลังงานจากอัตราส่วนของค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้กับค่าปริมาณรังสีที่ทำการฉายรังสี และหาอัตราส่วนการตอบสนองระหว่างค่าการตอบสนองของแต่ละพลังงานกับค่าการตอบสนองของพลังงานอ้างอิง ซึ่งอัตราส่วนการตอบสนองต่อพลังงานโฟตอนเมื่อรวมกับค่าความกว้างของความคลาดเคลื่อนมีเกณฑ์การยอมรับได้ที่ $\pm 30\%$ โดยใช้พลังงานของรังสี Cs-137 เป็นพลังงานอ้างอิง⁽⁸⁾ ดังสมการที่ 3

$$0.7 \leq \frac{\bar{E}_i}{\bar{E}_{Ref}} \pm l < 1.3 \quad \text{สมการที่ 3}$$

การตอบสนองต่อมุมในการประเมินค่าปริมาณรังสี นำกลับที่บรรจุแผ่นวัดรังสีโอเอสแอลฉายรังสีแกมมาด้วย Cs-137 ปริมาณรังสี $H_p(10)$ 2 mSv ที่มุมตามแนวนอน (horizontal direction) เอียงซ้าย 60° , เอียงซ้าย 30° , ตรง 0° , เอียงขวา 30° และเอียงขวา 60° ตัวอย่างการฉายรังสีเอียงขวา 30° ดังแสดงในภาพที่ 4 โดยใช้ตลับที่บรรจุแผ่นวัดรังสีโอเอสแอล จำนวน 8 ตลับต่อ 1 มุม หลังการฉายรังสีอ่านค่าปริมาณรังสีซ้ำ 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยของค่าปริมาณรังสี จากนั้นหาค่า

การตอบสนองต่อมุมจากอัตราส่วนของค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้กับค่าปริมาณรังสีที่ทำการฉาย และหาอัตราส่วนการตอบสนองระหว่างค่าการตอบสนองในแต่ละมุมกับค่าการตอบสนองอ้างอิง ซึ่งอัตราส่วนการตอบสนอง

เมื่อรวมกับค่าความกว้างของความคลาดเคลื่อนมีเกณฑ์การยอมรับได้ที่ $\pm 20\%$ โดยใช้มุม 0° เป็นมุมอ้างอิง⁽⁸⁾ ดังสมการที่ 4



ภาพที่ 4 การทดสอบการตอบสนองต่อมุมเอียงขวาตามแนวนอน 30° (มุมสูง)

$$0.8 \leq \frac{\bar{A}_i}{\bar{A}_{Ref}} \pm l < 1.2$$

สมการที่ 4

การหาค่าความกว้างของความคลาดเคลื่อน (**width of error**) หาค่าความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วนการตอบสนองที่คำนวณได้จากความคลาดเคลื่อนของค่าปริมาณรังสี การตอบสนองต่อ

พลังงานโฟตอน (รังสีเอกซ์และแกมมา) ความเป็นเชิงเส้นของค่าปริมาณรังสี และการตอบสนองต่อมุมในการประเมินค่าปริมาณรังสี โดยคำนวณจากสมการที่ 5

$$l = \frac{\bar{x}_i}{\bar{x}_{ref}} \sqrt{\left(\frac{t_{ni} SD_i}{\sqrt{n_i} \bar{x}_i} \right)^2 + \left(\frac{t_{nref} SD_{ref}}{\sqrt{n_{ref}} \bar{x}_{ref}} \right)^2}$$

สมการที่ 5

เมื่อ	l	=	ค่าความกว้างของความคลาดเคลื่อน (width of error)
	$\bar{x}_i, \bar{x}_{ref}$	=	ค่าเฉลี่ยการตอบสนองที่ตำแหน่ง i และตำแหน่งอ้างอิง
	SD_i, SD_{ref}	=	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ตำแหน่ง i และตำแหน่งอ้างอิง
	n	=	จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ
	t_n	=	ค่าคงที่สำหรับแต่ละ n (ในการทดสอบนี้ $n = 8$ ใช้ค่า $t_n = 2.37$)

ผล

การทดสอบความใช้ได้ของตัลบบรรจุแผ่นวัดรังสีไอเอสแอลที่ออกแบบใหม่ตามมาตรฐาน JIS Z 4339:2004 (R2016)⁽⁸⁾ ได้ผลการทดสอบ ดังนี้

ความคลาดเคลื่อนของค่าปริมาณรังสี ค่าปริมาณรังสีเฉลี่ยจากการทดสอบมีค่า 2.05, 2.01, 2.03, 2.02, 2.04, 2.02, 2.04, 2.05, 2.03 และ 1.89 โดยมีค่าต่ำสุดคือ 1.89 และมีค่าสูงสุด คือ 2.05 คำนวนค่าความคลาดเคลื่อนของค่าปริมาณรังสีได้ 1.085

ความเป็นเชิงเส้นของค่าปริมาณรังสี พบว่าอัตราส่วนการตอบสนองที่หาได้มีค่า 0.968–1.158 ดังแสดงในตารางที่ 2

การตอบสนองต่อพลังงานฟิสิกส์ พบว่าอัตราส่วนการตอบสนองที่หาได้มีค่า 0.987–1.090 ดังแสดงในตารางที่ 3

การทดสอบการตอบสนองต่อมุมในการประเมินค่าปริมาณรังสี พบว่าอัตราส่วนการตอบสนอง ณ มุมต่างๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.985–1.000 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 2 การทดสอบความเป็นเชิงเส้นของค่าปริมาณรังสี

Field	Energy (keV)	Test Dose $H_p(10)$ (mSv)	Response ratio	Width of error
Cs-137	662	0.1	1.158	0.074
		0.3	1.023	0.053
		0.5	1.034	0.050
		1.0	1.000	0.043
		10.0	0.968	0.037

ตารางที่ 3 การทดสอบการตอบสนองต่อพลังงานฟิสิกส์

Field	Energy (keV)	Test Dose $H_p(10)$ (mSv)	Response ratio	Width of error
N 30	24	2	1.090	0.048
N 60	47		1.040	0.108
N 100	83		1.010	0.091
N 150	117		0.987	0.062
Cs-137	662		1.000	0.054

ตารางที่ 4 การทดสอบการตอบสนองต่อมุมในการประเมินค่าปริมาณรังสี

Field	Energy (keV)	Test Dose $H_p(10)$ (mSv)	Angular (horizontal)	Response ratio	Width of error
Cs -137	662	2	Left 60°	0.999	0.066
			Left 30°	0.988	0.046
			Center 0°	1.000	0.050
			Right 30°	0.988	0.053
			Right 60°	0.985	0.042

การเปรียบเทียบผลการทดสอบกับ InLight® badge และ Quixel® badge

จากข้อมูลผลการทดสอบทั้ง 4 หัวข้อ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการทดสอบของ InLight® badge ที่มีการทดสอบตรงกัน 2 หัวข้อ คือ ความเป็นเชิงเส้นของ

ค่าปริมาณรังสี และการตอบสนองต่อมุมในการประเมินค่าปริมาณรังสีและ Quixel® badge ซึ่งเป็นข้อมูลตามเอกสารกำกับของ บริษัทผู้ผลิตที่มีผลการทดสอบตรงกันทั้ง 4 หัวข้อ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบระหว่าง DMSc holder ที่บรรจุแผ่นวัดรังสี InLight®, InLight® badge และ Quixel® badge

รายการทดสอบ		ผลการทดสอบ				
		DMSc	InLight®*	ร้อยละความแตกต่าง	Quixel®*	ร้อยละความแตกต่าง
ความคลาดเคลื่อนของค่าปริมาณรังสี		1.085	–	–	1.080	0.463
ความเป็นเชิงเส้นของค่าปริมาณรังสี	0.1 mSv	1.158	1.018	13.752	0.967	19.752
	0.3 mSv	1.023	1.018	0.491	1.004	1.892
	0.5 mSv	1.034	0.996	3.815	1.017	1.672
	1.0 mSv	1.000	1.000	0.000	1.000	0.000
	10.0 mSv	0.968	1.006	3.777	1.025	5.561
การตอบสนองต่อพลังงานโฟตอน	24 keV	1.090	–	–	1.003	8.674
	47 keV	1.040	–	–	1.069	2.713
	83 keV	1.010	–	–	1.046	3.442
	117 keV	0.987	–	–	1.029	4.082
	662 keV	1.000	–	–	1.000	0.000
การตอบสนองต่อมุมในการประเมินค่าปริมาณรังสี	Left 60°	0.999	0.940	6.277	0.953	4.827
	Left 30°	0.988	0.970	1.856	1.007	1.887
	Center 0°	1.000	1.000	0.000	1.000	0.000
	Right 30°	0.988	0.985	0.305	0.993	0.504
	Right 60°	0.985	0.990	0.505	0.990	0.505

หมายเหตุ: * ผลจากรายงานผลการทดสอบของบริษัทผู้ผลิต^(9,10)

วิจารณ์

ปัญหาจากการใช้งาน InLight® holder ที่มีความบางและแตกหักง่าย ส่งผลให้ตั้บไม่เพียงพอต่อการให้บริการของห้องปฏิบัติการรังสีบุคคล สำนักรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่มีผู้ใช้บริการประมาณ 30,000 ราย คณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาตั้บที่ใช้สำหรับบรรจุแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล ชนิด InLight® โดยให้ชื่อว่า DMSc holder ซึ่งมีความแข็งแรงมากกว่าตั้บแบบเดิมและสามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนของการซื้อ

ตั้บจากบริษัทผู้ผลิตลงถึง 70% และตั้บ DMSc holder ที่ออกแบบง่ายต่อการบรรจุแผ่นวัดรังสี เนื่องจากมีอุปกรณ์ที่น้อยชิ้นกว่าตั้บแบบเดิมทำให้สามารถลดระยะเวลาในการปฏิบัติงาน แต่ตั้บที่ออกแบบใหม่ต้องทำการทดสอบความใช้ได้ก่อนนำไปใช้งาน ซึ่งทางคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบโดยอ้างอิงมาตรฐาน JIS Z 4339:2004 (R2016) ใน 4 หัวข้อ ที่สอดคล้องกับการให้บริการของห้องปฏิบัติการรังสีบุคคล ที่ให้บริการผู้ปฏิบัติงานกับรังสีโฟตอนเป็นหลัก

การทดสอบ DMSc holder ที่บรรจุแผ่นวัดรังสีโอเอสแอล ชนิด InLight® พบว่าผลการทดสอบทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อนำผลการทดสอบระหว่าง DMSc holder ที่บรรจุแผ่นวัดรังสีโอเอสแอลชนิด InLight® เปรียบเทียบกับ InLight® badge และ Quixel® badge พบว่าข้อมูลที่ได้มีความสอดคล้องกัน โดยการทดสอบความเป็นเชิงเส้นของค่าปริมาณรังสีที่ 0.1 mSv มีค่าร้อยละความแตกต่างสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ InLight® badge และ Quixel® badge คือ 13.752 และ 19.752 ตามลำดับ โดยค่าร้อยละความแตกต่างมีค่ามากเมื่อทดสอบที่ค่าปริมาณรังสีต่ำหรือทดสอบที่พลังงานรังสีต่ำ เนื่องจากค่าปริมาณรังสีช่วงดังกล่าวมีค่าไม่คงที่ในการอ่านค่าปริมาณรังสีแต่ละครั้ง

จากผลการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า DMSc holder ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่นี้สามารถนำไปใช้ในการให้บริการแก่ผู้ปฏิบัติงานด้านรังสีได้ในส่วนของการทดสอบในหัวข้ออื่นๆ ยังไม่สามารถทำการทดสอบได้ ได้แก่ การทดสอบกับรังสีบีตาหรือแม้แต่การทดสอบการตอบสนองต่อมุมในการประเมินค่าปริมาณรังสีที่มุมตามแนวตั้ง (vertical direction) เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ โดยการทดสอบในหัวข้อที่ยังไม่ได้ทำการทดสอบต่อไปในอนาคตจะช่วยให้เกิดความสมบูรณ์ในการตรวจสอบความใช้ได้ของ DMSc holder

สรุป

การทดสอบ DMSc holder ที่บรรจุแผ่นวัดรังสีโอเอสแอล ชนิด InLight® มีผลผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน JIS Z 4339:2004 (R2016) ใน 4 หัวข้อ ได้แก่ ความคลาดเคลื่อนของค่าปริมาณรังสี ความเป็นเชิงเส้นของค่าปริมาณรังสีการตอบสนองต่อพลังงานโฟตอน และการทดสอบการตอบสนองต่อมุมในการประเมินค่าปริมาณรังสี และสอดคล้องกับตลับ InLight® badge สำหรับการทดสอบความเป็นเชิงเส้นของค่าปริมาณรังสีและการทดสอบการตอบสนองต่อมุมในการประเมินค่าปริมาณรังสี ดังนั้นตลับบรรจุแผ่นวัดรังสีโอเอสแอลที่ได้พัฒนาขึ้นมาใหม่นี้สามารถนำไปให้บริการแก่ผู้ปฏิบัติงานด้านรังสีของห้องปฏิบัติการรังสีบุคคลได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการรังสีมาตรฐาน ทศนิยม กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ในความอนุเคราะห์การฉายรังสีแกมมาและรังสีเอกซ์ ขอขอบคุณนักฟิสิกส์รังสี ห้องปฏิบัติการรังสีบุคคล สำนักรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ทุกท่าน ที่กรุณาให้คำปรึกษาในการทำงานวิจัย และขอขอบคุณนางสาวนลัทพร แซ่ลี ที่กรุณาให้คำปรึกษาในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. พระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน พ.ศ. 2534 กฎกระทรวงแบ่งส่วนราชการกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2552. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 126 ตอนที่ 98 ก (วันที่ 28 ธันวาคม 2552). หน้า 70.
2. Yukihiro EG, McKeever SW. Optically stimulated luminescence: fundamentals and applications. Oklahoma, USA: John Wiley & Sons; 2011. p. 13-14.
3. Landauer InLight model 2 dosimeter characterization and uncertainty analysis for National Dosimetry Services (NDS), Health Canada Rev 004. Illinois, USA: Landauer, Inc; 2009.
4. Callister WD. Materials science and engineering: an introduction. 4th ed. New York: John Wiley & Sons; 1997.
5. Croonenborghs B, Smith MA, Strain P. X-ray versus gamma irradiation effects on polymers. Radiat Phys Chem 2007; 76(11-12): 1676-8.
6. Moskala EJ. The effect of gamma irradiation on thermoplastic copolyesters. Med Device Technol 2003; 14(3): 12-6.
7. ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. Geneva: International Organization for Standardization; 2017.

8. JIS Z 4339:2004 (R2016). Optically stimulated luminescence dosimetry systems. Tokyo: The Japanese Standards Association; 2016.
 9. Nagase Landauer. InLight badge (LDR holder) type test report Ver. 1.1. Ibaraki: Nagase Landauer Ltd; 2012.
 10. Nagase Landauer. Quixel dosimeter type test report Ver. 2.0. Ibaraki: Nagase Landauer Ltd; 2014.
 11. International Atomic Energy Agency. Calibration of radiation protection monitoring instruments. (Safety reports series no.16). Vienna: IAEA; 2000.
 12. Stanford Dosimetry. Whole body dose algorithm for the Landauer InLight LDR model 2 dosimeter, Revision InLight N 2003. Washington: Stanford Dosimetry; 2003.
-

Performance Verification of the OSL DMSc Holder

**Tewit Tungkasereeruk, Sataporn Klomkaew, Prachern Chethasingha,
Sirina Kurdsithong, and Udomsap Chanthason**

Bureau of Radiation and Medical Devices, Department of Medical Sciences, Nonthaburi 11000, Thailand

ABSTRACT The InLight[®] holder, previously used to contain an optically stimulated luminescence (OSL) dosimeter, due to its fragility and insufficient durability. To address these shortcomings, we developed the Department of Medical Sciences (DMSc) holder, a more robust and user-friendly cartridge holder. This study aimed to verify the performance of DMSc holder in compliance with the Japanese Industrial Standards Committee (JIS) 4339:2004 (R2016). As a result, it was indicated a 1.085 deviation in radiation quantity measurements. The dose linearity of radiation quantities at 0.1, 0.3, 0.5, 1.0 and 10.0 mSv yielded values of 1.158 ± 0.074 , 1.023 ± 0.053 , 1.034 ± 0.050 , 1.000 ± 0.043 and 0.968 ± 0.037 , respectively. The photon energy responses at X-ray 24, 47, 83, and 117 keV, the values were measured at 1.090 ± 0.048 , 1.040 ± 0.108 , 1.010 ± 0.091 , and 0.987 ± 0.062 , while at 662 keV, it was 1.000 ± 0.054 . Regarding angular dependence in horizontal radiation quantity assessment at angles of 60° left, 30° left, 0° center, 30° right, and 60° right, the values were measured at 0.999 ± 0.066 , 0.988 ± 0.046 , 1.000 ± 0.050 , 0.988 ± 0.053 , and 0.985 ± 0.042 , respectively. In comparison with the InLight[®] holder, the DMSc holder displayed acceptable differences in dose linearity and angular response tests for horizontal radiation quantity assessment. All test results affirm that the newly developed DMSc holder is well-suited for use in personal radiation exposure risk assessment.

Keywords: DMSc holder, OSL dosimeter, Performance verification