

ความสัมพันธ์ของค่านับวัดกับค่าพลังงาน สำหรับงานรังสีวินิจฉัย

ยุทธนา บางม่วง และสิริชัย เขียวรัตนกุล

สำนักรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนติวานนท์ นนทบุรี 11000

บทคัดย่อ ปัจจุบันมีการนำรังสีมาใช้อย่างแพร่หลายในงาน รวมถึงด้านการแพทย์ที่มีการนำรังสีมาใช้ในการวินิจฉัยและรักษาผู้ป่วย ดังนั้นการวัดปริมาณรังสีจึงมีความสำคัญต่อการเฝ้าระวังอันตรายจากรังสีต่อทั้งผู้ปฏิบัติงานและผู้ป่วย โดยแผ่นวัดรังสีไอออนอสแตทรุ่น InLight-LDR Model 2 เป็นแผ่นวัดรังสีบุคคล ประกอบด้วยผลึก Al_2O_3 ที่เจือด้วยสาร C ทั้งหมด 4 ผลึก ที่อยู่ในช่องบรรจุที่มีตัวกรองในการวัดปริมาณรังสี ซึ่งมีหน้าที่ในการกรองรังสีแตกต่างกันในแต่ละช่อง เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณรังสีบุคคลในเทอมของปริมาณรังสียังผล (effective dose), ปริมาณรังสีสมมูลที่ผิวหนัง และปริมาณรังสีสมมูลที่เลนส์ตา รวมถึงแยกแยะชนิดของรังสีจากค่านับวัดจากผลึก Al_2O_3 ในแต่ละช่อง ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ของค่านับวัดและพลังงานของรังสีเอกซ์จากรังสีทั้งแบบ N-Series และ RQR แล้วนำมาเปรียบเทียบค่านับวัดในช่วงระดับพลังงานของงานรังสีวินิจฉัย ซึ่งจากการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของค่านับวัดที่ E2/E1 จะมีค่าใกล้เคียงกัน ประมาณ 1.0 ตามพลังงานเฉลี่ยของเอกซเรย์ แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงมากที่อัตราส่วนของค่านับวัดที่ E3/E1 และ E4/E1 ที่จะเพิ่มขึ้นตามพลังงานของเอกซเรย์ ซึ่งสามารถนำผลที่ได้มาใช้ในการจำแนกพลังงาน โดยเทียบจากกราฟความสัมพันธ์ของค่าอัตราส่วนของค่านับวัดที่ E3/E1 และ E4/E1 กับพลังงานเฉลี่ยของคุณภาพรังสีที่ต้องการศึกษา ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงค่าพลังงานเฉลี่ยและสามารถนำไปใช้ร่วมกับการศึกษาค่าปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากงานรังสีวินิจฉัย และการศึกษาปริมาณรังสีที่เลนส์ตาสำหรับบุคลากรในงานรังสีร่วมรักษา ต่อไป

Accepted for publication, 19 August 2016

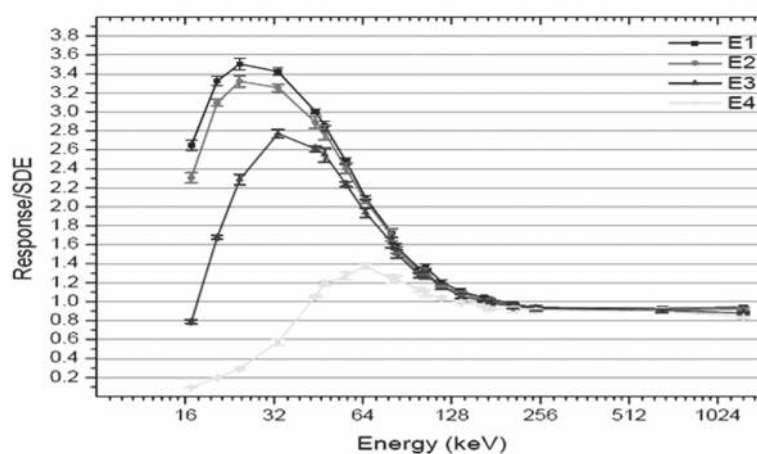
บทนำ

ในปัจจุบันมีการนำรังสีมาใช้ประโยชน์ในงานหลายๆ ด้าน รวมถึงด้านการแพทย์ที่นำรังสีมาใช้ในการตรวจวินิจฉัย และรักษา ซึ่งในงานรังสีวินิจฉัยจะนำเครื่องกำเนิดรังสีที่ปล่อยรังสีเอกซ์ในการวินิจฉัยโรค เช่น เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT) เครื่องเอกซเรย์วินิจฉัยทั่วไป เครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคป เป็นต้น รวมถึงการร่วมในการรักษาในงานรังสีร่วมรักษา (interventional radiology) ซึ่งการได้รับรังสีของผู้ปฏิบัติงานส่วนใหญ่เกิดจากรังสีกระเจิงจากตัวผู้ป่วยในการรักษา ซึ่งไม่ใช้การได้รับรังสีโดยตรง ดังนั้นในการศึกษาค่าปริมาณรังสีในงานรังสีวินิจฉัยจะต้องมีการศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ รวมถึงพลังงานของรังสีเอกซ์ที่กระเจิงออกมา วิธีการวัดปริมาณรังสีในงานรังสีวินิจฉัยจะมีการสอบเทียบเครื่องมือวัด และเครื่องมือตรวจสอบคุณภาพเครื่องที่ฉายด้วยลำรังสีแบบ RQR แตกต่างจากการสอบเทียบแผ่นวัดรังสีบุคคลที่ฉายรังสีแบบ N-Series

การวัดค่าปริมาณรังสีสมมูลที่บุคลากรด้านรังสีได้รับเป็นส่วนหนึ่งในการป้องกันไม่ให้เกิดผลกระทบที่ปฏิบัติงานด้านรังสีได้รับปริมาณรังสีเกินค่าขีดจำกัดจนเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ทั้งนี้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดโดยคณะกรรมการป้องกันอันตรายจากรังสีระหว่างประเทศ (International Commission on Radiation Protection: ICRP) ใน ICRP Publication 103⁽¹⁾ การวัดปริมาณรังสีที่บุคคลได้รับประเมินจากการใช้แผ่นวัดรังสีโอเอสแอล (Optically Stimulated Luminescence Dosimeter: OSLD) ซึ่งสามารถประเมินค่าปริมาณสมมูลจากสนามรังสีเอกซ์แกมมา ปีตา และนิวตรอนได้ โดยขึ้นอยู่กับรุ่นของแผ่นวัดรังสีที่ใช้ และยังสามารถนำแผ่นวัดรังสีโอเอสแอลมาใช้ในการวิจัย หรือศึกษาค่าปริมาณรังสีที่บุคลากรและผู้ป่วยได้รับการวินิจฉัยและรักษาได้

แผ่นวัดรังสีโอเอสแอลเป็นผลึกของ Al_2O_3 ที่เจือด้วย C ซึ่งมีคุณสมบัติในการตอบสนองต่อรังสี และเมื่อนำมากระตุ้นด้วยแสงสีเขียวจากหลอด LED (ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร) ก็จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในและปลดปล่อยออกมาในรูปของการเรืองแสง เรียกปฏิกิริยานี้ว่า Optical Stimulated luminescence⁽²⁾ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการประเมินค่าปริมาณรังสีบุคคล โดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 รุ่น ที่ใช้ในงานรังสีวินิจฉัย คือ รุ่น InLight - LDR Model 2 ใช้สำหรับการประเมินค่าปริมาณรังสีในเทอมของ Hp(10), Hp(0.07) และ Hp(3) ส่วนรุ่น nanoDot ใช้สำหรับการประเมินค่าปริมาณรังสีเฉพาะตำแหน่งในเทอมของ Hp(0.07) หรือ Absorbed dose

ผลึก Al_2O_3 ที่เจือด้วย C มีคุณสมบัติการตอบสนองต่อรังสี ตั้งแต่ช่วงพลังงาน 5 keV ถึง 20 MeV สำหรับโฟตอน⁽²⁾ (ภาพที่ 1) โดยแสดงการตอบสนองต่อพลังงานของผลึก Al_2O_3 ที่เจือด้วย C ที่ผ่านตัวกรองแต่ละตัว โดยเฉพาะช่วงพลังงานต่ำจะมีการเปลี่ยนแปลงสูง และตั้งแต่ช่วงพลังงานสูงกว่า 120 keV ค่าการตอบสนองของผลึก Al_2O_3 ที่เจือด้วย C จะเป็นเริ่มเป็นเส้นตรง ซึ่งเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการวัดค่าปริมาณรังสีบุคคล



ภาพที่ 1 กราฟแสดงการตอบสนองต่อพลังงานของผลึก Al_2O_3 ที่เจือด้วย C ที่ผ่านตัวกรองแต่ละตัว⁽²⁾

หมายเหตุ E1 คือ คำนับวัดของผลึก Al_2O_3 ที่เจือด้วย C ผ่านตัวกรองที่เป็น Open window (OW)

E2 คือ คำนับวัดของผลึก Al_2O_3 ที่เจือด้วย C ผ่านตัวกรองที่เป็นพลาสติก (PL)

E3 คือ คำนับวัดของผลึก Al_2O_3 ที่เจือด้วย C ผ่านตัวกรองที่เป็นอะลูมิเนียม (Al)

E4 คือ คำนับวัดของผลึก Al_2O_3 ที่เจือด้วย C ผ่านตัวกรองที่เป็นทองแดง (Cu)

โดยในช่วงพลังงานต่ำเป็นช่วงที่ใช้ในงานรังสีวินิจฉัยเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นเครื่องกำเนิดรังสีที่ให้พลังงานอยู่ในช่วง 15 keV ถึง 100 keV ในการสอบเทียบแผ่นวัดรังสีส่วนใหญ่จะใช้ลำรังสีแบบ N-Series ซึ่งมีลักษณะสเปกตรัมของพลังงานแคบ ซึ่งแตกต่างการสอบเทียบเครื่องวัดทางรังสีวินิจฉัยที่มีการใช้ลำรังสีแบบ RQR มีลักษณะสเปกตรัมของพลังงานกว้าง ซึ่งมีความใกล้เคียงกับสเปกตรัมของการใช้งานจริงในงานรังสีวินิจฉัย

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์กันของค่านับวัดและพลังงานของรังสีเอกซ์จากลำรังสีทั้งสองแบบ และเปรียบเทียบค่านับวัดตามระดับพลังงานของรังสีเอกซ์ ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาค่าปริมาณรังสีสมมูลที่บุคลากรด้านรังสี และผู้ป่วยได้รับ

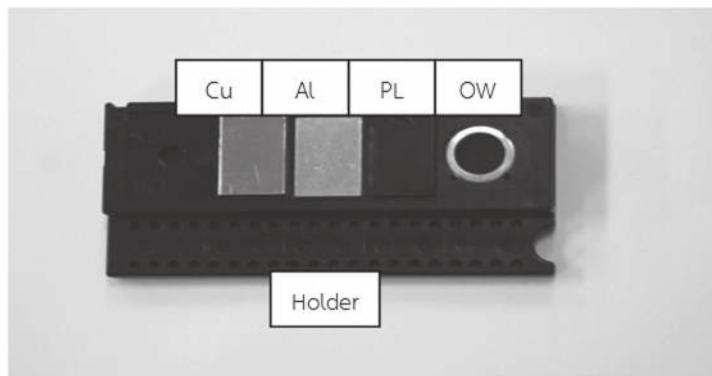
วัสดุและวิธีการ

เครื่องมือ

1. แผ่นวัดรังสีไอเอสแอลรุ่น InLight-LDR Model 2 (ภาพที่ 2) ประกอบด้วย ผลึกของ Al_2O_3 ที่เจือด้วย C จำนวน 4 ผลึก และช่องบรรจุ (holder) ที่มีตัวกรองจำนวน 4 ช่อง (ภาพที่ 3) ซึ่งมีความหนาแน่นต่อพื้นที่ และการมีหน้าที่ในการประเมินรังสีแตกต่างกันตามคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้เป็นตัวกรอง ซึ่งสามารถประเมินปริมาณรังสีเอกซ์, แกมมา และบีตาได้ (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 2 แผ่นวัดรังสีไอเอสแอล รุ่น InLight-LDR Model 2



ภาพที่ 3 ตัวกรองที่อยู่บนช่องบรรจุผลึกของ Al_2O_3 ที่เจือด้วย C จำนวน 4 ผลึกที่อยู่ด้านใน

ตารางที่ 1 รายละเอียดของตัวกรองทั้ง 4 ช่อง บนช่องบรรจุแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล รุ่น InLight - LDR Model 2

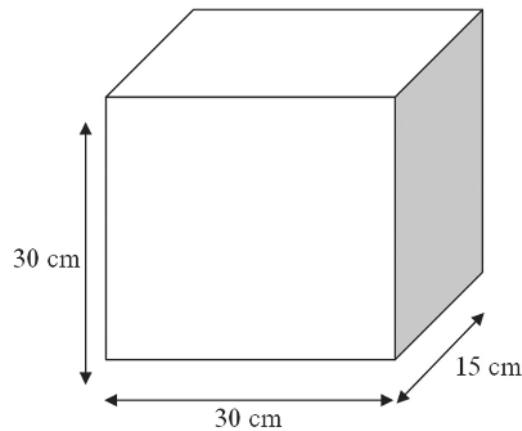
Position (primary filter)	Filtration (approx $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$)	Use
OW (open window)	29	Beta response
PL (plastic)	275	Beta characterization photon response
Al (aluminum)	375	Photon characterization
Cu (copper)	545	Photon response and characterization

2. เครื่องอ่านรุ่นอัตโนมัติรุ่น InLight 200A (ภาพที่ 4) มีระบบควบคุมการทำงานในการอ่านแผ่นวัดรังสี ซึ่งประกอบด้วย หลอด LED สีเขียว เพื่อใช้ในการประเมินปริมาณรังสี โดยใช้ 6 หลอด สำหรับค่าปริมาณรังสี สูงกว่า 150 มิลลิซีเวิร์ต และ 36 หลอด สำหรับค่าปริมาณรังสีต่ำกว่า 150 มิลลิซีเวิร์ต รวมถึงหลอดทวีคูณแสง (PMT) เพื่อขยายสัญญาณแสงสีน้ำเงินที่ปล่อยออกมา และแปรผลสัญญาณออกมาในหน่วยของ Counts



ภาพที่ 4 เครื่องอ่านแผ่นวัดรังสี ไอ เอส แอล ชนิดอัตโนมัติ รุ่น InLight 200A ที่ใช้ในการศึกษา

3. หุ่นจำลอง ขนาด $30 \times 30 \times 15$ cm ทำจากวัสดุ PMMA สำหรับการสอบเทียบแผ่นวัดรังสีบุคคล (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 PMMA slab phantom สำหรับการสอบเทียบแผ่นวัดรังสีบุคคล

4. เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์มาตรฐานยี่ห้อ GE รุ่น Isovolt Triton ที่คุณสมบัติของลำรังสีแบบ N-Series และ RQR (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 รายละเอียดของลำรังสีแบบ N-Series และ RQR ที่ใช้ในการฉายรังสีแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล รุ่น-LDR Model 2^(3,4)

Hp(d)	RQ	Tube potential (kV)	Mean Energy (keV)	Conversion Coefficient
Hp(10)	N-60	60	48	1.65
	N-80	80	65	1.88
	N-100	100	83	1.88
	N-120	120	100	1.81
	N-150	148	118	1.73
	RQR4	60	34.44	0.79
	RQR6	80	41.64	0.91
	RQR8	100	48.64	1.06
	RQR9	120	56.2	1.24
	RQR10	150	66.56	1.55
Hp(0.07)	N-60	60	48	1.55
	N-80	80	65	1.72
	N-120	120	100	1.67
	RQR4	60	34.44	1.29
	RQR6	80	41.64	1.36
	RQR9	120	56.2	1.5

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่านับวัดของแผ่นวัดรังสีโอเอสแอล รุ่น InLight-LDR Model 2 บนหุ่นจำลอง PMMA จากลำรังสีแบบ N-Series และ RQR

จัดวาง หุ่นจำลอง PMMA บนแท่นวางสำหรับฉายรังสี แล้วตั้งระยะและตำแหน่งโดยใช้เลเซอร์ด้านข้าง ในการกำหนดระยะ และใช้เลเซอร์ด้านหลังที่จุดกึ่งกลางของหุ่นจำลอง PMMA (ภาพที่ 6) นำแผ่นวัดรังสีติดที่บริเวณ จุดกึ่งกลางของหุ่นจำลอง PMMA จำนวน 4 แผ่น ต่อการฉายรังสี 1 พลังงาน แล้วฉายรังสีด้วยลำรังสีแบบ N-Series และ RQR จากเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์มาตรฐาน พลังงานละ 2,000 μSv (ตารางที่ 2)

โดยคำนวณหาเวลาของการฉายในแต่ละลำรังสีจากสูตร

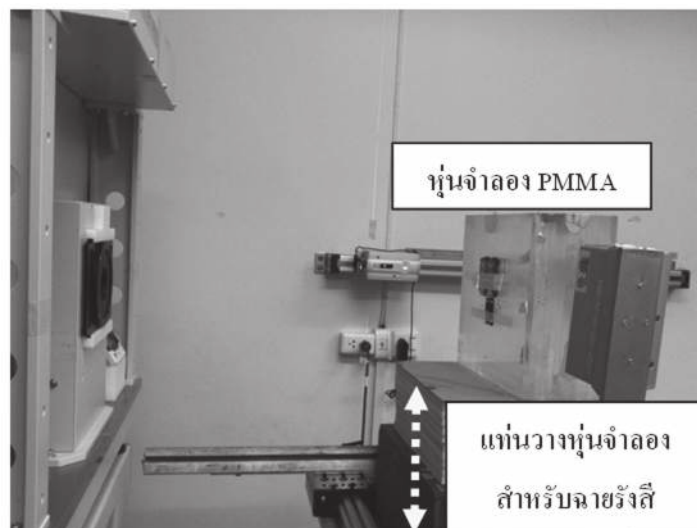
$$t = \text{Hp}(d)/h.K^0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

เมื่อ $\text{Hp}(d)$ คือ ปริมาณรังสีสมมูลที่เกิดขึ้นในเนื้อเยื่อ ที่ระดับความลึก d มิลลิเมตร ใช้ในการประเมิน ปริมาณรังสีบุคคล ประกอบด้วย $\text{Hp}(10)$, $\text{Hp}(0.07)$ และ $\text{Hp}(3)$

h คือ Conversion Coefficient (Sv/Gy)

t คือ เวลาสำหรับการฉายรังสี (sec)

K^0 คือ Air Kerma Rate (Gy/sec)



ภาพที่ 6 การตั้งระยะ และตำแหน่งของหุ่นจำลอง PMMA บนแท่นฉาย

หลังจากฉายรังสีเอกซ์ 24 ชั่วโมง นักกลับมาอ่านค่าปริมาณรังสี $\text{Hp}(d)$ ด้วยเครื่องอ่านแผ่นวัดรังสี โอเอสแอล แบบอัตโนมัติ รุ่น 200A นำผลที่ได้มาหาความสัมพันธ์ระหว่าง $\text{Hp}(d)$ จากลำรังสีแบบ N-Series และ RQR โดยนำค่านับวัดที่ประเมินได้มาเปรียบเทียบกับกระหว่างค่านับวัดจากแต่ละผลึกในเทอมของ $E2/E1$, $E3/E1$ และ $E4/E1$ และศึกษาความสัมพันธ์ของแผ่นวัดรังสีโอเอสแอลที่ผ่านตัวกรองทั้ง 4 ชนิด

ผล

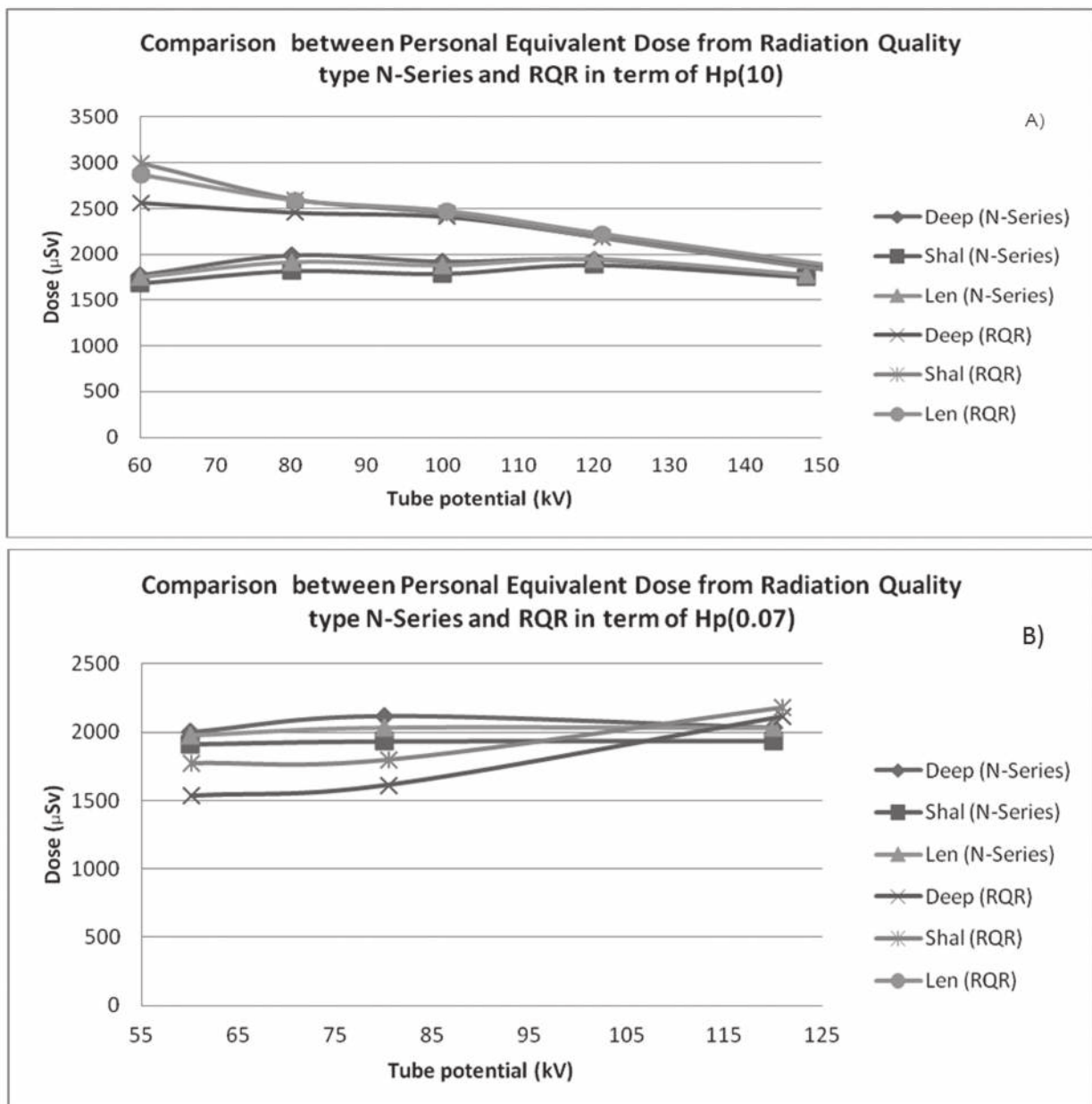
ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณรังสีที่วัดได้จากลำรังสีแบบ N - Series และ RQR ในทอม Hp(10) และ Hp(0.07) จากแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล รุ่น InLight-LDR Model 2 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ปริมาณรังสีที่ประเมินได้จากแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล รุ่น InLight-LDR Model 2 ที่ฉายในทอม Hp(10) และ Hp(0.07)

Hp(d)	RQ	Tube voltage (kV)	Mean Energy (keV)	Hp(10) (μSv)	Hp(0.07) (μSv)	Hp(3) (μSv)	%Diff Hp(10)	%Diff Hp(0.07)	%Diff Hp(3)
Hp(10)	N-60	60.0	48.0	1773	1683	1745	-11.38	-15.88	-12.75
	N-80	80.0	65.0	1993	1818	1910	-0.38	-9.13	-4.50
	N-100	100.0	83.0	1923	1788	1875	-3.88	-10.63	-6.25
	N-120	120.0	100.0	1945	1883	1945	-2.75	-5.88	-2.75
	N-150	148.0	118.0	1773	1750	1773	-11.38	-12.50	-11.38
	RQR4	60.1	34.4	2563	2993	2868	28.13	49.63	43.38
	RQR6	80.4	41.6	2455	2600	2588	22.75	30.00	29.38
	RQR8	100.6	48.6	2408	2443	2470	20.38	22.13	23.50
	RQR9	121.0	56.2	2185	2180	2220	9.25	9.00	11.00
	RQR10	151.6	66.6	1863	1822	1870	-6.85	-8.90	-6.50
Hp(0.07)	N-60	60.0	48.0	1998	1910	1978	-0.13	-4.50	-1.13
	N-80	80.0	65.0	2115	1935	2033	5.75	-3.25	1.63
	N-120	120.0	100.0	2030	1938	2030	1.50	-3.13	1.50
	RQR4	60.1	34.4	1533	1775	1705	-23.38	-11.25	-14.75
	RQR6	80.4	41.6	1613	1800	1733	-19.38	-10.00	-13.38
	RQR9	121.0	56.2	2113	2178	2190	5.63	8.88	9.50

ค่าปริมาณรังสีที่ประเมินได้จากแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล รุ่น InLight-LDR Model 2 ที่ฉายด้วยลำรังสีแบบ N-Series และ RQR ในทอม Hp(10) จะมีความแตกต่างกัน โดยค่าปริมาณรังสีที่ฉายด้วยลำรังสีแต่ละ RQR ที่ Hp(10) มีค่าเท่ากับ 2,563, 2,455, 2,408, 2,185 และ 1,863 μSv ตามลำดับ ส่วนค่าปริมาณรังสีที่ฉายด้วยลำรังสีแต่ละ N-series ที่ Hp(10) มีค่าเท่ากับ 1,773, 1,993, 1,923, 1,945 และ 1,773 μSv ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่าปริมาณรังสีที่ฉายในทอม Hp(10) ด้วยลำรังสีแบบ RQR จะมีค่าลดลงตามค่าความต่างศักย์ที่ป้อนให้กับหลอดเอกซเรย์ แต่ค่าปริมาณรังสีที่ฉายด้วยลำรังสีแบบ N - series จะมีค่าใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 7 (A))

ค่าปริมาณรังสีที่ฉายด้วยลำรังสีแบบ N-Series และ RQR ในเทอม Hp(0.07) จะมีลักษณะใกล้เคียงกัน โดยค่าปริมาณรังสีที่ฉายด้วยลำรังสีแต่ละ RQR ที่ Hp(0.07) มีค่าเท่ากับ 1,775, 1,800 และ 2,178 μSv ตามลำดับ ส่วนค่าปริมาณรังสีที่ฉายด้วยลำรังสีแต่ละ N-series ที่ Hp(0.07) มีค่าเท่ากับ 1,910, 1,935 และ 1,938 μSv ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่าปริมาณรังสีที่ด้วยลำรังสีในเทอม Hp(0.07) ทั้งแบบ RQR และ N-series จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าความต่างศักย์ที่ป้อนให้กับหลอดเอกซเรย์ (ภาพที่ 7 (B))



ภาพที่ 7 การเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีในเทอมต่างๆ จากการฉายรังสีแบบ N-Series และ RQR ในเทอม A) Hp(10) และ B) Hp(0.07)

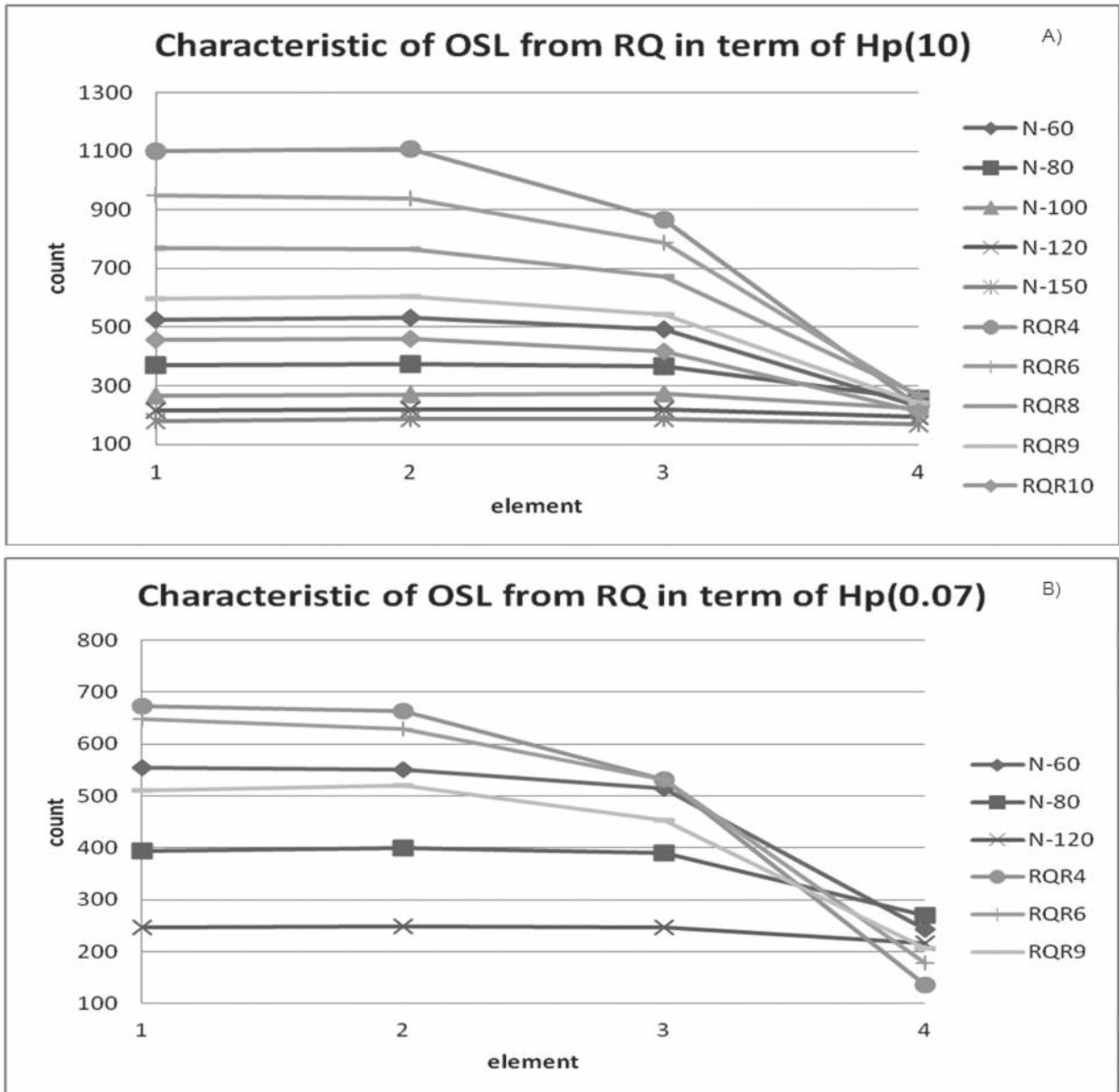
ส่วนการประเมินค่านับวัดจากแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล รุ่น InLight-LDR Model 2 จากการ การฉาย ด้วยลำรังสีแบบ RQR และ N-series ในทอม Hp(10) และ Hp(0.07) พบว่ามีตอบสนองแต่ละพลังงาน ดัง (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ค่านับวัดแผ่นวัดรังสีไอเอสแอลรุ่น InLight-LDR Model 2 และอัตราส่วนระหว่างค่านับวัดแต่ละผลึก

Hp(d)	RQ	Tube Voltage (kV)	Mean Energy (keV)	E1	E2	E3	E4	E2/E1	E3/E1	E4/E1
Hp(10)	N-60	60.0	48.0	526	532	491	231	1.01	0.95	0.44
	N-80	80.0	65.0	370	374	365	255	1.01	1.00	0.70
	N-100	100.0	83.0	267	270	272	221	1.01	1.03	0.84
	N-120	120.0	100.0	217	219	220	195	1.01	1.03	0.91
	N-150	148.0	118.0	179	186	186	171	1.04	1.05	0.97
	RQR4	60.1	34.4	1102	1109	866	229	1.01	0.80	0.21
	RQR6	80.4	41.6	951	940	787	264	0.99	0.84	0.28
	RQR8	100.6	48.6	771	765	672	270	0.99	0.88	0.35
	RQR9	121.0	56.2	597	603	541	242	1.01	0.92	0.41
	RQR10	151.6	66.6	458	460	416	213	1.01	0.92	0.47
Hp(0.07)	N-60	60.0	48.0	554	550	514	244	0.99	0.94	0.45
	N-80	80.0	65.0	394	400	390	270	1.02	1.00	0.70
	N-120	120.0	100.0	247	250	248	216	1.02	1.02	0.89
	RQR4	60.1	34.4	674	664	531	137	0.99	0.80	0.21
	RQR6	80.4	41.6	648	630	532	178	0.97	0.83	0.28
	RQR9	121.0	56.2	510	520	453	207	1.02	0.90	0.41

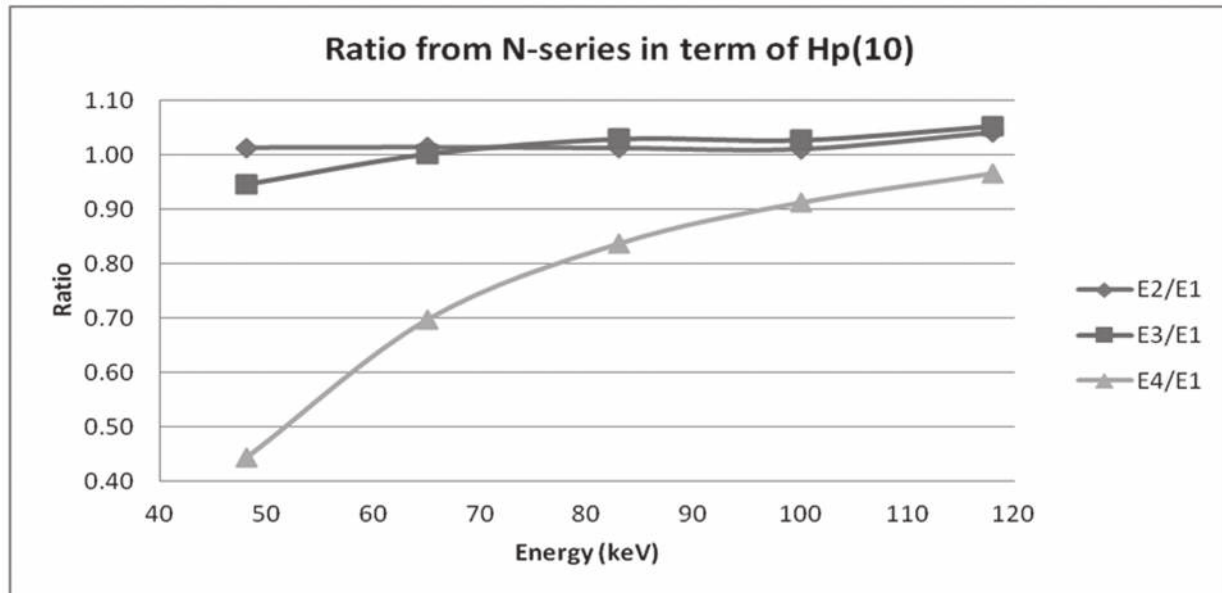
ค่าอัตราส่วนค่านับวัด E2/E1 ของทั้งกรณีฉายด้วยลำรังสีแบบ RQR และ N-series มีค่าใกล้เคียง 1 ทั้งหมด โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.97 - 1.04 เนื่องจากพลังงานของรังสีเอกซ์สามารถผ่านตัวกรองช่องที่เป็น OW และ PL ได้จึงทำให้ค่านับวัด E1 และ E2 มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนอัตราส่วนค่านับวัด E3/E1 มีค่าอยู่ในช่วง 0.80 - 1.05 เนื่องจากช่อง E3 มีตัวกรองที่เป็นอะลูมิเนียม ซึ่งสามารถกรองพลังงานเอกซเรย์ต่ำ ทำให้ค่านับวัดมีค่าลดลงไป และที่อัตราส่วนค่านับวัด E4/E1 มีค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด มีค่าอยู่ในช่วง 0.21 - 0.47 สำหรับการฉาย ด้วยลำรังสีแบบ RQR และ 0.44 - 0.97 สำหรับการฉายด้วยลำรังสีแบบ N-series จากอัตราส่วนค่านับวัดที่ได้ ที่ฉายด้วยลำรังสีทั้งแบบ RQR และ N-series ที่ฉายในทอม Hp(10) จะมีค่าใกล้เคียงกับการฉายในทอม Hp(0.07)

ความสัมพันธ์ระหว่างค่านับวัดของแต่ละผลึกที่ฉายจากลำรังสีแบบ N-Series และ RQR ในเทอม Hp(10) และ Hp(0.07) (ภาพที่ 8) มีลักษณะเหมือนกันเนื่องมาจากตัวกรองที่ใช้มีความหนาสมมูลแตกต่างกันโดยเฉพาะ อะลูมิเนียม และทองแดงจะสามารถกรองรังสีเอกซ์ได้ทำให้ค่านับวัดในช่องที่ 3 และ 4 มีค่าลดลงจากการถูกตัวกรองกั้นรังสีไว้ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์พลังงานที่แผ่นวัดรังสีไอเอสแอลได้รับการฉายรังสี

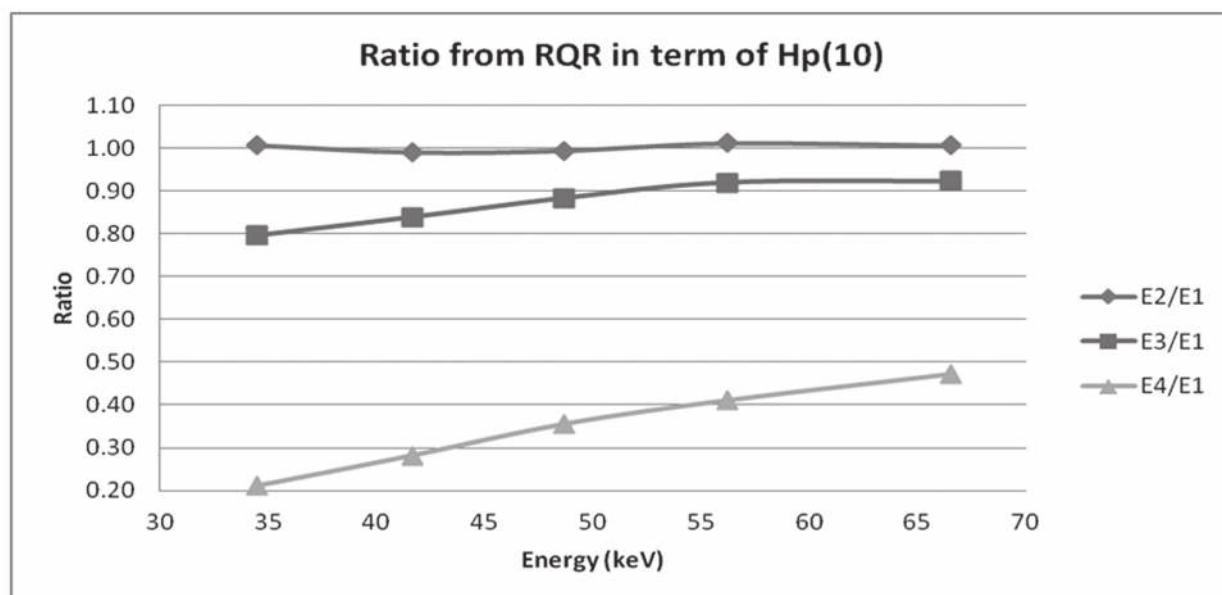


ภาพที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่านับวัดของแต่ละผลึก Al_2O_3 ที่เจือด้วย C ของแผ่นวัดรังสีไอเอสแอลกับลำรังสีแบบ N-Series และ RQR ที่ฉายในเทอมของ A) Hp(10) และ B) Hp(0.07)

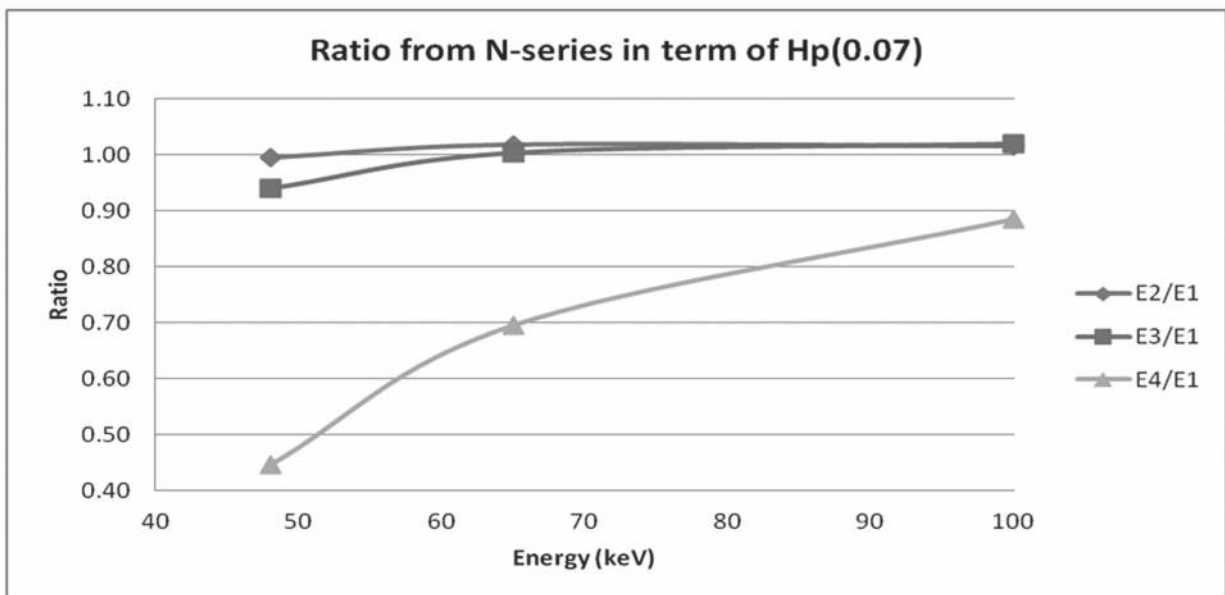
อัตราส่วนระหว่าง $E2/E1$, $E3/E1$ และ $E4/E1$ ของลำรังสีแบบ N-Series (ภาพที่ 9, 10) และ RQR (ภาพที่ 11, 12) ที่ฉายในทอม Hp(10) และ Hp(0.07) พบว่ามีลักษณะคล้ายกันตามแบบของลำรังสีที่ฉาย ซึ่งอัตราส่วน $E2/E1$ จะมีค่าใกล้เคียง 1.0, $E3/E1$ จะมีค่าใกล้เคียงกับ $E2/E1$ โดยเพิ่มขึ้นค่าประมาณ 0.9 จนใกล้เคียง 1 ตามพลังงาน ส่วน $E4/E1$ มีลักษณะเพิ่มขึ้นตามพลังงาน แต่มีค่าน้อยกว่า $E2/E1$ และ $E3/E1$ (ภาพที่ 13)



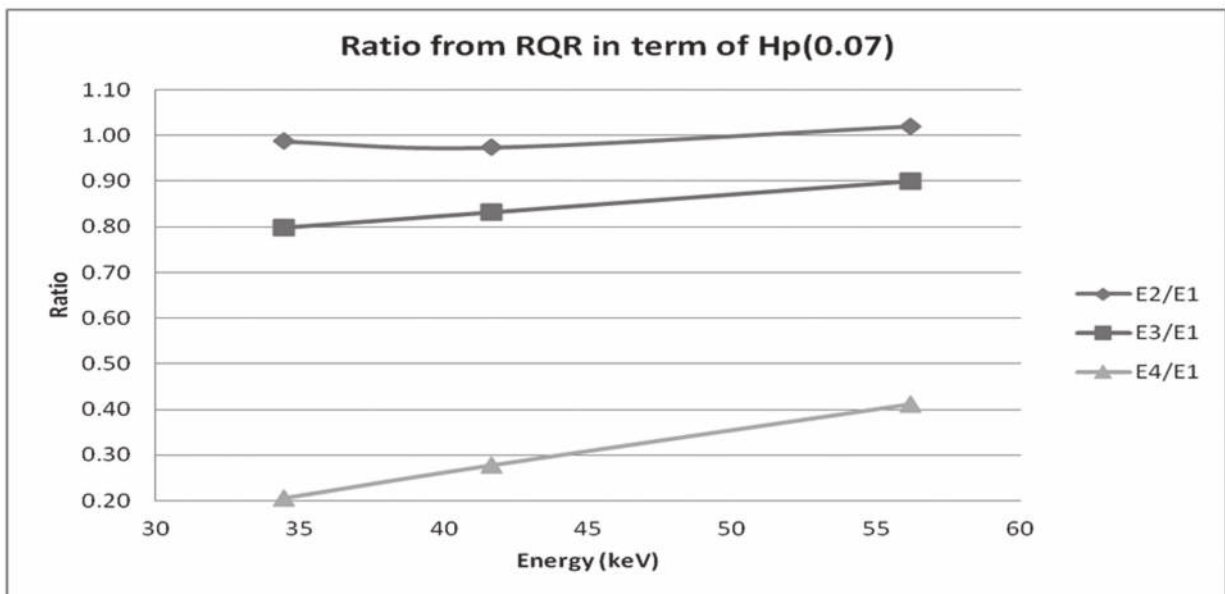
ภาพที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของแผ่นวัดรังสีไอเอสแอลกับลำรังสีแบบ N - Series ที่ฉายในทอมของ Hp(10)



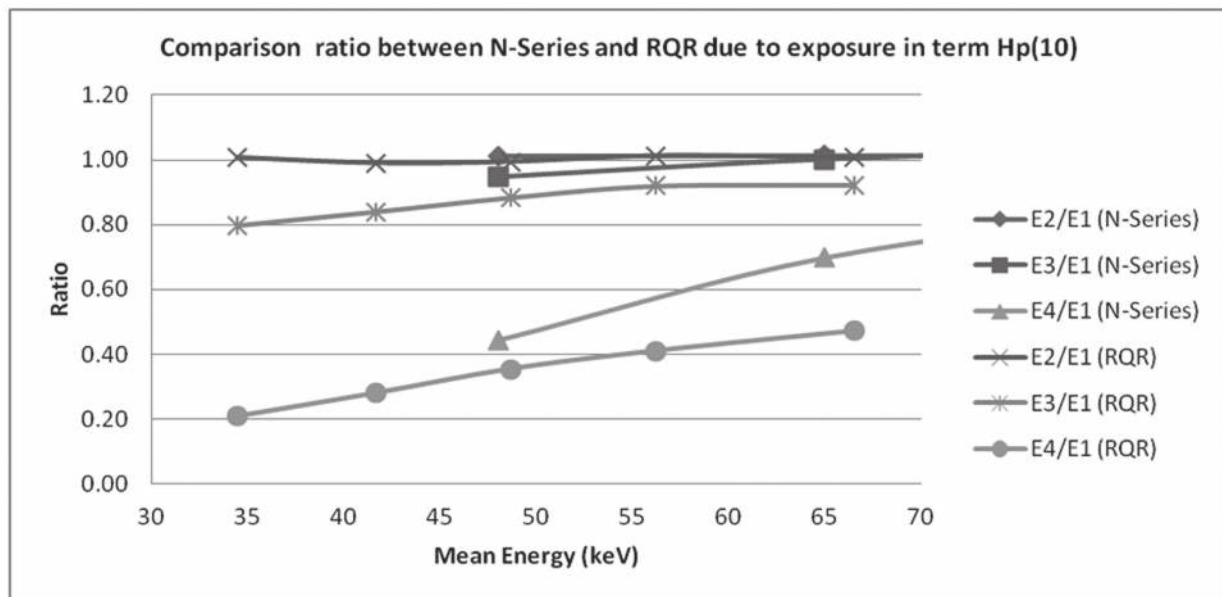
ภาพที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของแผ่นวัดรังสีไอเอสแอลกับลำรังสีแบบ RQR ที่ฉายในทอมของ Hp(10)



ภาพที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของของแผ่นวัดรังสีไอเอสแอลกับลำรังสีแบบ N - Series ที่ฉายในเทอมของ Hp(0.07)



ภาพที่ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของแผ่นวัดรังสีไอเอสแอลกับลำรังสีแบบ RQR ที่ฉายในเทอมของ Hp(0.07)



ภาพที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของแผ่นวัดรังสีไอเอสแอลกับลำรังสีแบบ N-Series และ RQR ที่ฉายในเทอมของ Hp(10)

วิจารณ์

การสอบเทียบแผ่นวัดรังสีโดยทั่วไปจะใช้ค่ามาตรฐานลำรังสีแบบ N-Series ที่มีสเปกตรัมพลังงานอยู่ในช่วงที่แคบ ที่ใช้เป็นตัวกำหนดลำรังสีของแต่ละพลังงาน ซึ่งจะแตกต่างกับลำรังสีของเอกซเรย์ที่ใช้ในการตรวจวินิจฉัย รวมถึงงานรังสีร่วมรักษา ซึ่งมีช่วงสเปกตรัมพลังงานที่กว้าง โดยขึ้นอยู่กับชนิดของพลังงานและตำแหน่งที่ใช้ในการตรวจวินิจฉัย ซึ่งผลการศึกษาที่ได้พบว่าค่า Hp(10) จากลำรังสีแบบ N-Series และ RQR อยู่ในช่วง 1,773 - 1,993 และ 1,863 - 2,563 μSv ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้จากลำรังสี N-Series มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดในการฉายรังสีที่ 2,000 μSv โดยเฉพาะช่วงค่าความต่างศักย์ที่ตั้งให้กับหลอดเอกซเรย์ต่ำกว่า 60 kV สำหรับ N-Series และต่ำกว่า 100 kV สำหรับ RQR ซึ่งจะมีค่าความแตกต่างเกินจากค่าปริมาณรังสีที่ฉาย $\pm 10\%$ ที่ Hp(10), Hp(0.07) และ Hp(3) (ตารางที่ 3) ซึ่งหากจะนำไปใช้งานในการศึกษาวัดค่าปริมาณรังสีในงานรังสีวินิจฉัยจะต้องพิจารณาช่วงค่าพลังงานและค่าความต่างศักย์ของหลอดที่ใช้ในการศึกษาให้เหมาะสม

สำหรับการศึกษาความสัมพันธ์กันระหว่างค่านับวัดของผลึก Al_2O_3 ที่เจือด้วย C ของแผ่นวัดรังสีไอเอสแอลที่ฉายด้วยลำรังสีแบบ N-Series และ RQR พบว่าจะมีลักษณะใกล้เคียงกัน เมื่อเทียบตามค่าเฉลี่ยพลังงานที่ใช้ในการฉาย โดยอัตราส่วนของ E2/E1, E3/E1 และ E4/E1 ของ N-Series จะมีค่าสูงกว่า RQR (ภาพที่ 13) โดยเฉพาะอัตราส่วนของ E3/E1 และ E4/E1 ที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.80 - 1.05 และ 0.21 - 0.47 ตามลำดับ ซึ่งเราสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการศึกษาค่าปริมาณรังสีในงานด้านรังสีวินิจฉัย และงานรังสีร่วมรักษา เพื่อจำแนกพลังงานที่แผ่นวัดรังสีได้รับ จากการใช้แผ่นวัดรังสีไอเอสแอล รุ่น InLight-LDR Model 2 นำมานับวัดค่านับวัดในแต่ละช่องมาพิจารณาตามอัตราส่วน ซึ่งจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการฉายจากเครื่องเอกซเรย์วินิจฉัยที่ใช้จริง ซึ่งมีหลายประเภท ซึ่งจะมีลักษณะของสเปกตรัมพลังงานที่ต่างกัน รวมถึงรูปแบบเอกซเรย์ที่ใช้ในการฉาย เพื่อนำมาข้อมูลในการศึกษาความสัมพันธ์ของแผ่นวัดรังสีไอเอสแอลที่ใช้ในงาน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรังสีที่ใช้ในการวินิจฉัย และร่วมรักษาต่อไป

สรุป

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่านับวัดและลักษณะของลำรังสีทั้งแบบ N-Series และ RQR เป็นไปตามวัตถุประสงค์ในการนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดขอบเขตการศึกษาปริมาณรังสีในงานรังสีวินิจฉัย โดยสามารถนำมาใช้วัดปริมาณรังสีเอกซ์ได้ตั้งแต่พลังงานมากกว่า 50 keV ซึ่งมีค่าความแตกต่างไม่เกินค่าปริมาณรังสีที่ฉาย $\pm 10\%$ พร้อมทั้งยังสามารถระบุถึงระดับพลังงานของรังสีเอกซ์ที่ได้รับได้จากลักษณะค่านับวัดจากแผ่นวัดรังสีโอเอสแอล รุ่น InLight-LDR Model 2 เทียบกับกราฟอัตราส่วนค่านับวัด E3/E1 และ E4/E1 ที่ฉายด้วยลำรังสีแบบ RQR (ภาพที่ 9 และ 10) ซึ่งจะมีประโยชน์ในการศึกษาค่าปริมาณรังสีสำหรับบุคลากรด้านรังสีทั้งในงานรังสีวินิจฉัย และงานรังสีร่วมรักษา ร่วมกับการใช้แผ่นวัดรังสี โอเอสแอล ชนิด nanoDot ซึ่งเหมาะจะนำไปใช้ในการศึกษาวิจัยต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนักฟิสิกส์รังสี กลุ่มมาตรวิทยาทางรังสีที่ให้ความอนุเคราะห์ในการคำนวณเวลาและฉายรังสีเอกซ์ในการศึกษา และนักฟิสิกส์รังสี งานรังสีบุคคลที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเตรียมและวิเคราะห์ค่าปริมาณรังสีจากแผ่นวัดรังสีโอเอสแอล

เอกสารอ้างอิง

1. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Statement on tissue reactions, approved by the commission on. [online]. April 21, 2011; [2 screens]. Available from: URL: <http://www.icrp.org/docs/2011%20Seoul.pdf>.
2. Whole body Dose. Algorithm for the landauer. InLight basic-OSLN dosimeter. Revision: InLight_Basic_OSNL_N_2008 09/19/08. Gaithersburg, MD: Validated by National Voluntary Laboratory Accreditation Program: (NVLAP); 2008.
3. International Atomic Energy Agency. Calibration of radiation protection monitoring instruments, Safety reports series No.16. Vienna: IAEA; 2000.
4. International Electrotechnical Commission, IEC-61267: 2005, Medical diagnostic X-ray equipment-radiation conditions for use in the determination of characteristics. Geneva: IEC; 2005.

Relationship between Count and Energy for Diagnostic Radiology

Yootthana Bangmuang and Sirichai Theirrattanakul

Bureau of Radiation and Medical device, Department of Medical Science, Tiwanon Road, Nonthaburi 11000

ABSTRACT At present, radiation is used in many fields including medical diagnosis and treatment. Thus the radiation measurement is necessary for monitoring hazardous for occupational workers and patients due to radiation. OSL dosimeter InLight-LDR model 2 composes of four $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{C}$ elements with different filters is used for estimating the personal dose. It is used to evaluate the personal dose from the different radiation and energies in term of effective dose, equivalent dose at skin and equivalent dose at lens of eye along with analyzing radiation energy.

In this study, OSL dosimeters were exposed with x-ray for calibration in radiation protection level and diagnostic quality control level by using radiation beam in term N-Series and RQR, respectively. Tube voltages in both radiation beams qualities were similar for studying relationship between count and x-ray energies. From the result, the ratio of E_2/E_1 was approximate to 1.0 in all range of x-ray energies. However, the ratio of E_3/E_1 and E_4/E_1 increased numerously by x-ray energies. The result can be used to determine the diagnostic radiation energies by comparison with the graph between E_3/E_1 and E_4/E_1 with mean energy of each radiation quality. Moreover, the mean energy determined from this study can be used as reference for further studies for determination of mean energy of the dose in diagnostic radiology and the study in lens dose for interventional radiology worker.

Key words: Optically Stimulated Luminescence, Diagnostic Radiology