

ความสามารถในการกั้นรังสีเอกซ์

ของ

วัสดุต่าง ๆ ซึ่งใช้ในการก่อสร้างในประเทศไทย

(The Effectiveness of Building Material Used in
Thailand As Absorbers of Diagnostic X-Radiation)



โดย

นางสาว กุณฑล สิงห์เสณี วท.บ. (เกียรตินิยมอันดับสอง), คบ.

วิทยานิพนธ์นี้

เป็นส่วนประกอบการศึกษาคำแนะนำฉบับปริญาบัณฑิต

ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

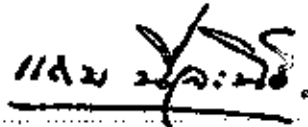
แผนกวิชาฟิสิกส์

พ.ศ. 2513

000133

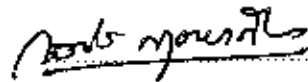
i 1547007x

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็น
ส่วนประกอบการศึกษาตามระเบียบปริญญามหาบัณฑิต

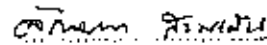


คณะบดีบัณฑิตวิทยาลัย

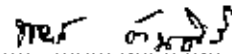
คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์



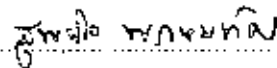
ประธานกรรมการ



กรรมการ



กรรมการ



กรรมการ

อาจารย์ผู้ควบคุมงานวิจัย

แพทย์หญิง

อักษณา สามเสน

อาจารย์

สุพจน์ พรหมทัต

วันที่ 4 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2513



บทคัดย่อ

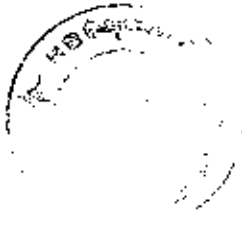
การป้องกันอันตรายจากรังสีจะได้นลก็ต่อเมื่อทราบว่าวัสดุที่จะนำมาใช้ป้องกันมีความสามารถในการดูดกลืนรังสีได้เพียงใด จากการทดลองโดยใช้รังสีเอกซ์ในช่วงพลังงานตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลวัตต์ ยวับไปบนวัสดุชนิดต่าง ๆ ที่มีคว้หนาหลายขนาด และวัดปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านออกมาโดยเครื่อง E.I.L. Electrometer ผลที่ได้แสดงว่า ความสามารถในการดูดกลืนรังสีขึ้นอยู่กับพลังงานของรังสีเอกซ์ ความหนาแน่นและความหนาของวัสดุ ค่าสัมประสิทธิ์ การดูดกลืนรังสีตามเส้น (Linear Absorption Coefficient) สำหรับวัสดุแต่ละชนิดที่ค่ากิโลวัตต์หนึ่ง ๆ ของรังสีเอกซ์ เป็นตัวเลขที่ไม่คงที่ แต่แปรกลับกับความหนา ทั้งนี้เพราะรังสีเอกซ์ที่ใช้ ประกอบด้วยหลายความถี่ หรือมีพลังงานหลายค่า (Continuous Spectrum) ค่า H.V.L. และความหนาแบบแปร เป็นปฏิภาคผกผันอย่างรวดเร็วแบบที่เร็วกว่าตัวเลขกำลัง (Exponential)

ในด้านการป้องกันสรุปได้ว่า ตะกั่ว คอนกรีตบล็อก อิฐ แบริท์ ใช้ป้องกันรังสีปฐมภูมิโคคัล (Primary X-ray Beam) สังกะสีอาจใช้ได้ในบางกรณี ส่วนกระจก กระเบื้องแผ่นเรียบ ใช้ป้องกันโคคัลเฉพาะรังสีทุติยภูมิ (Secondary X-Radiation) สำหรับไม้ทุกชนิด กระดาษอัด ไม้ฉัด เซฟวิ่งบอร์ด และวัสดุที่มีความหนาปรกติน้อยกว่าค่า $2.5 \text{ V} \cdot \text{L}$ ไม่ควรรใช้เป็นวัสดุป้องกันรังสี

Abstract

Material protection against X-radiation cannot be assessed unless the X-radiation absorption characteristic of the materials concerned are known. Experiments were conducted to determine the absorption characteristics of common building materials for X-radiation generated at potentials in the range 50 - 120 kilovolts peak, i.e. for the normal range used in diagnostic radiology. Radiation absorption was shown to depend on the kilovoltage settings and the thicknesses and densities of the building materials. At fixed kilovoltage settings, the Linear Absorption Coefficient for any given material varied with its thickness. This was due to the removal of lower energy photons from the heterogeneous X-ray beam leaving only the more penetrating components which required greater thickness of material for the same fractional absorption than did the original X-ray beam. Similarly as the density of the material increased, its absorption of radiation also increased almost logarithmically.

The experiments showed that in diagnostic radiology, lead, concrete block, brick and barytes are considered suitable for protection against the primary X-ray beam, and galvanized iron may be used in some cases. Plain glass and cement-hardboard may be used for protection against secondary radiation. Wood of any kind, hardboard plywood, shavingboard and similar materials which in thicknesses normally used will only absorb about half the incident radiation are clearly unsuitable as protective materials.



คำขอบคุณ

วิทยานิพนธ์เรื่องนี้ สำเร็จได้ด้วยความร่วมมือช่วยเหลือและแนะนำทั้งในด้านการทดลองและวิชาการจาก ศพ. ลักษณา สามเสน ผู้อำนวยการโครงการป้องกันอันตรายจากรังสี อาจารย์ สุพนิช พรหมหัตถ์ อาจารย์แผนกวิชาฟิสิกส์ ซึ่งเป็นอาจารย์ควบคุมการวิจัยทั้งสองท่าน รวมทั้งอาจารย์ ดร. กอปร กฤตยาภิรม อาจารย์แผนกวิชาฟิสิกส์ และ มร. บี. ดี. พี. วิลเลียมสัน (Mr. B.D.P. Williamson) ผู้เชี่ยวชาญจากองค์การอนามัยโลก อีกท่านหนึ่งคือ นายแพทย์พิศิษฐ์ พันธุ์จินดา หัวหน้าแผนกรังสี สถาบันมะเร็งแห่งชาติ ที่ได้กรุณาอนุญาตให้ใช้เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ในการทดลอง ผู้เขียนรู้สึกประทับใจในความกรุณาและขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นอกจากนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณ อาจารย์แผนกวิชาฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ จนกระทั่งอุปสรรคต่าง ๆ เกี่ยวกับการเสนอวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ยานพ้นไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ คุณวิศิษฎ์ ชรรวมณิษฐ์ ที่ได้ช่วยเหลือในด้านการทดลองตลอดมา รวมทั้งเจ้าหน้าที่โครงการป้องกันอันตรายจากรังสี กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์และเจ้าหน้าที่แผนกรังสี สถาบันมะเร็งแห่งชาติที่ได้สนับสนุนและร่วมมือเป็นอย่างดี

ฉะนั้น หากเกิดประโยชน์อันใดแก่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของทุกท่านดังกล่าวมาแล้วข้างต้น

สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
ประวัติการค้นพบและคุณสมบัติของรังสีเอกซ์และการจัดตั้ง ICRP.	1
1.1 ประวัติการค้นพบและคุณสมบัติของรังสีเอกซ์	1
1.2 ประวัติของ ICRP.	1
ความมุ่งหมายหลัก	2
ความมุ่งหมายเฉพาะ	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
1.3 วัสดุที่จะใช้ในการทดลอง	3
1.4 พลังงานของรังสีเอกซ์ที่ใช้ในการทดลอง	4
1.5 เครื่องมือที่จะใช้วัดรังสี	5
1.6 การจัดตำแหน่งต่าง ๆ ของวัสดุ เครื่องวัดรังสี และเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์	5
บทที่ 2 วิธีการป้องกันรังสีตามหลัก ICRP.	6
องค์ประกอบที่สำคัญในการพิจารณาการป้องกันรังสี	6
2.1 ปริมาณรังสีสูงสุดที่ ICRP. กำหนดให้แต่ละบุคคลได้รับ	6
2.2 อัตราการทำงานของเครื่อง	6
2.3 ค่ากิโลโวลต์ที่ใช้	7
2.4 ทิศทางของลำรังสีปฐมภูมิ	8
2.5 รังสีที่รั่วจากเครื่อง	9
2.6 ออกกิวเปเนชันแฟกเตอร์ และ ยูสแฟกเตอร์	10

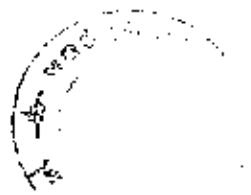
บทที่ 3	ทฤษฎีการคูกกลืนรังสีของวัสดุ	14
	3.1 การคูกกลืนแบบเลขยกกำลัง	14
	3.2 สัมประสิทธิ์การคูกกลืนตามมวล อะตอม และ อิเล็กตรอน	15
	กระบวนการคูกกลืนรังสี	16
	3.3 การคูกกลืนรังสีแบบโฟตอนชนอิเล็กตรอนหลุดจากวงโคจร	16
	3.4 การคูกกลืนรังสีแบบคอมป์ตัน	20
	3.5 การคูกกลืนรังสีแบบผลิตอิเล็กตรอนคู่	25
	3.6 สัมประสิทธิ์การคูกกลืนรวม	27
	การสูญเสียพลังงานในวัสดุ	31
บทที่ 4	วิธีคำนวณงานและวิเคราะห์ข้อมูล	34
	วิธีคำนวณงาน	34
	4.1 วัสดุที่ใช้ทดลอง	34
	4.2 เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ที่ใช้ในการทดลอง	36
	4.3 เครื่องมือที่ใช้วัดรังสี	36
	4.4 การจึกระยะระหว่างหลอดรังสีเอกซ์ ถึง เครื่องวัด	37
	4.5 ตำแหน่งของวัสดุ	40
	4.6 ขนาดของลำรังสีบนวัสดุที่จะใช้ทดลอง	42
	4.7 การกำหนดค่ามิลลิแอมป์-วินาทีในการทดลอง	46
	4.8 การกำหนดค่ากิโลโวลต์	46
	4.9 วิธีการทดลอง	46
	วิธีวิเคราะห์และผลการวิเคราะห์ข้อมูล	48
บทที่ 5	สรุปและแสดงความคิดเห็น	122
	สรุปผลการวิจัย	122

5.1	เปอร์เซ็นต์ของการทะลุผ่านออกมาของรังสีเอกซ์ที่มีควัตุต่าง ๆ	122
5.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและค่า H.V.L.	126
5.3	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสี	126
5.4	ปริมาณรังสีที่ระยะ 1 เมตร เมื่อมีวัสดุที่มีความหนาต่าง ๆ กัน	127
5.5	ตัวอย่างการคำนวณการป้องกันรังสีโดยวิธีของ ICRP.	128
	ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง	132
5.6	ความคลาดเคลื่อนของการวัด	132
5.7	ความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดรังสี	134
5.8	ความคลาดเคลื่อนอันเกิดจากเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์	134
5.9	ความคลาดเคลื่อนเนื่องมาจากวัสดุ	134
5.10	ความคลาดเคลื่อนรวมของการทดลอง	135
	ความคิดเห็น	135
	บรรณานุกรม	136
	ดัชนีประวัติ	137

รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
3-1	สัมประสิทธิ์การคูณกลืนรังสีตามมวล แบบโฟตอนชนิดอิเล็กตรอนหลุดจากวงโคจรของน้ำ และตะกั่วที่ค่าพลังงานต่าง ๆ กันของโฟตอน 18
3-2	แสดงการชนของโฟตอนและอิเล็กตรอนแบบคอมพัคต์ 20
3-3	ค่าภาคตัดขวางก่อนหน่วยมม ² $\frac{d\sigma}{d\Omega}$ ที่มุม ϕ ต่าง ๆ ของโฟตอนที่ตกกระทบด้วยพลังงาน 0, 0.1, 1 และ 10 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ 23
3-4	ค่า σ_{el} , σ_{tr} และ σ_{t} ที่ค่าพลังงานต่าง ๆ ของโฟตอน 24
3-5	พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนที่ได้รับขณะผลิตอิเล็กตรอนคู่ เมื่อโฟตอนมีพลังงาน 2, 5, 10 และ 20 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ พื้นที่ภายใต้เส้นโค้งจะเป็นสัมประสิทธิ์รวมของการผลิตอิเล็กตรอนคู่ 26
3-6	ค่าความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การคูณกลืนตามมวล ที่ค่า พลังงานต่าง ๆ ของโฟตอน ของอากาศ น้ำ ทองแดง และตะกั่ว 29
4-1	ผลของปริมาณรังสีเอกซ์เมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเปลี่ยนแปลง 39
4-2	ผลของระยะห่างระหว่างวัสดุกับรังสี และเครื่องวัดที่มีต่อปริมาณ รังสีที่วัดได้ 41
4-3	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีและขนาดของลำรังสี 44
4-ก	การจัดตั้งค่ากหนดของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ ฉากตะกั่ว และเครื่องวัดรังสี 45
4-ข	มาตรวัดรังสี เครื่องควบคุมรังสีเอกซ์ และการจัดหลอด รังสีเอกซ์ 47 ก.
4-4	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีและค่ามิลลิแอมป์-วินาที 47
4-5	เปอร์เซ็นต์ของรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ทะลุผ่านตะกั่วออกมา 94

รูปที่	หน้า
4-6	เปอร์เซ็นต์ของรังสีเอกซ์ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ทะลุผ่านอลูมิเนียมออกมา 95
4-7	เปอร์เซ็นต์ของรังสีเอกซ์ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ทะลุผ่านสังกะสีออกมา 96
4-8	เปอร์เซ็นต์ของรังสีเอกซ์ที่ 80 กิโลโวลต์ ที่ทะลุผ่าน อิฐพุ่มชานี อิฐนครปฐม และอิฐอุบลูชา 97
4-9	เปอร์เซ็นต์ของรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ทะลุผ่านอิฐอุบลูชาออกมา 98
4-10	เปอร์เซ็นต์ของรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ทะลุผ่านกระจกออกมา 99
4-11	เปอร์เซ็นต์ของรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ทะลุผ่านไม้ไผ่ค้ำยกออกมา 100
4-12	เปอร์เซ็นต์ของรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ทะลุผ่านเซฟวิ่งบอร์กออกมา 101
4-13	เปอร์เซ็นต์ของรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ทะลุผ่านไม้สักออกมา 102
4-14	เปอร์เซ็นต์ของรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ทะลุผ่านไม้จำฉาออกมา 103
4-15	เปอร์เซ็นต์ของรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ทะลุผ่านคอนกรีตบดลิกซนิคตันออกมา 104
4-16	เปอร์เซ็นต์ของรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ทะลุผ่านกระเบื้องแบนเรียบออกมา 105
4-17	เปอร์เซ็นต์ของรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ทะลุผ่านไม้ยางออกมา 106



รูปที่		หน้า
4-18	เปอร์เซ็นต์ของรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ทะลุผ่านกระดาษอัลูมิเนียม	107
4-19	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของวัสดุและค่า H.V.L.	108
4-20	ปริมาณรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ระยะ 1 เมตร เมื่อมีตะกั่วเป็นวัสดุกั้นรังสี	109
4-21	ปริมาณรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ระยะ 1 เมตร เมื่อมีลวดมู่เหน็บเป็นวัสดุกั้นรังสี	110
4-22	ปริมาณรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ระยะ 1 เมตร เมื่อมีสังกะสีเป็นวัสดุกั้นรังสี	111
4-23	ปริมาณรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ระยะ 1 เมตร เมื่อมีอิฐเป็นวัสดุกั้นรังสี	112
4-24	ปริมาณรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ระยะ 1 เมตร เมื่อมีกระจกเป็นวัสดุกั้นรังสี	113
4-25	ปริมาณรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ระยะ 1 เมตร เมื่อมีไม้ฉลวยางเป็นวัสดุกั้นรังสี	114
4-26	ปริมาณรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ระยะ 1 เมตร เมื่อมีเซฟวุ้นบอร์คเป็นวัสดุกั้นรังสี	115
4-27	ปริมาณรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ระยะ 1 เมตร เมื่อมีไม้สักเป็นวัสดุกั้นรังสี	116
4-28	ปริมาณรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ระยะ 1 เมตร เมื่อมีไม้ท้าวาเป็นวัสดุกั้นรังสี	117
4-29	ปริมาณรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ระยะ 1 เมตร เมื่อมีคอนกรีตบล็อคนิคตันเป็นวัสดุกั้นรังสี	118
4-30	ปริมาณรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ระยะ 1 เมตร เมื่อมีกระเบื้องแผ่นเรียบเป็นวัสดุกั้นรังสี	119

4-31	ปริมาณรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ระยะ 1 เมตร เมื่อมีไม้ยางเป็นวัสดุกันรังสี	120
4-32	ปริมาณรังสีเอกซ์ ตั้งแต่ 50 ถึง 120 กิโลโวลต์ ที่ระยะ 1 เมตร เมื่อมีกระดาษอัดเป็นวัสดุกันรังสี	121

รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
2-1	ค่า T ณ บริเวณต่าง ๆ ที่จะพิจารณาป้องกันรังสี 12
2-2	ค่า C ตามบริเวณต่าง ๆ ที่จะพิจารณาป้องกันรังสี 13
3-1	ความสำคัญสัมพัทธ์ของการกุกกั้นรังสีหึ่งสามแบบในน้ำ..... 30
3-2	วัฏจักรการสูญเสียพลังงานของโฟตอนในสิ่งมีชีวิต-ค 33
4-1	วัสดุที่ใช้ทดลอง ความหนา และความหนาแน่น 35
4-2	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับระยะทางจากจุดโฟกัส 38
4-3	ผลของระยะห่างระหว่างวัสดุกับรังสีและเครื่องวัดที่มีต่อปริมาณรังสี ที่วัดได้ 38
4-4	การเปลี่ยนแปลงปริมาณรังสีเมื่อลำรังสีชนวัสดุมีขนาดต่าง ๆ กัน 43
4-5	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีและคามิลลีแอมป์-วิบาที 43
4-6	การกุกกั้นรังสีเอกซ์ของตะกั่ว 51-53
4-7	การกุกกั้นรังสีเอกซ์ของอลูมิเนียม 54-56
4-8	การกุกกั้นรังสีเอกซ์ของสังกะสี 57-59
4-9	เปรียบเทียบการกุกกั้นรังสีเอกซ์ของอีก 3 ชนิด 59-60
4-10	การกุกกั้นรังสีเอกซ์ของอิฐยู่รบบา 61-62
4-11	การกุกกั้นรังสีเอกซ์ของกระจก 63-67
4-12	การกุกกั้นรังสีเอกซ์ของไม้ฉัท 67-69
4-13	การกุกกั้นรังสีเอกซ์ของเซฟิ่งบอรัค 70-72
4-14	การกุกกั้นรังสีเอกซ์ของไม้สัก 73-75
4-15	การกุกกั้นรังสีเอกซ์ของไม้ฉำฉา 75-77
4-16	การกุกกั้นรังสีเอกซ์ของคอนกรีตบล็อกชนิดตัน 78-79
4-17	การกุกกั้นรังสีเอกซ์ของกระเบื้องแผ่นเรียบ 80-82

ตารางที่ ๕

4-18	การคูกกลืนรังสีเอกซ์ของไม้ยาง	82-85
4-19	การคูกกลืนรังสีเอกซ์ของกระดาษอัด	85-87
4-20	การคูกกลืนรังสีเอกซ์ของอิฐบล็อก	88-
4-21	การคูกกลืนรังสีเอกซ์ของคอนกรีตบล็อกชนิดมีโพรง	89
4-22	การคูกกลืนรังสีเอกซ์ของอิฐทนไฟ	90
4-23	การคูกกลืนรังสีเอกซ์ของแม่ไรท์	91
4-24	เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การคูกกลืนรังสีเอกซ์ของตะกั่วและไม้อัด	92
4-25	เปรียบเทียบค่า H.V.L. ความหนาแน่นและราคาก่อสร้างมาตรฐาน	93
5-1	ชนิด ความหนา และราคาก่อสร้าง เพื่อป้องกันรังสีเอกซ์ตามตัวอย่าง ที่ 1 ไม้เพียงพอ	129
5-2	ชนิด ความหนา และราคาก่อสร้าง เพื่อป้องกันรังสีเอกซ์ตาม ตัวอย่างที่ 2 ไม้เพียงพอ	131
5-3	ความคลาดเคลื่อนของการหาเปอร์เซ็นต์ของรังสีที่ทะลุผ่านสังกะสี ออกมา	133