บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรทั้งหมดที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยกลุ่มเจ้าหน้าที่รังสีในประเทศไทย ที่ทำงานเกี่ยวกับรังสีทั้งหมด 4 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มแพทย์	จำนวน	195	คน
2. กลุ่มพยาบาล	จำนวน	578	คน
3. กลุ่มคนงาน	จำนวน	262	คน
4. กลุ่มวิจัย	จำนวน	87	คน

รวมเจ้าหน้าที่รังสีทั้งหมด 1,122 คน จากสถาบันต่าง ๆ ได้แก่ โรงพยาบาล สถานพยาบาล สถานคลินิค สถาบันวิจัยอื่น ๆ และรวมทั้งสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติด้วย ทั้งหมด 181 แห่ง[1] แต่ละกลุ่มเจ้าหน้าที่รังสีสุ่มตัวแทนมากลุ่มละ 36 คน โดยวิธีสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) ด้วยวิธีจับฉลาก รวมสุ่มตัวอย่างทั้งหมด 144 คน

---

[1] ดูรายชื่อและสถานที่ตั้งในภาคผนวก ก.

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้ต้องใช้เครื่องมือต่าง ๆ ดังนี้

1. ฟิล์มวัดรังสี [2] ใช้ฟิล์มวัดรังสีของบริษัทโกดัค (Kodak) มีชื่อว่าโกดัค เรดิเอชั่น มอนิตอริง ไทพ 2 เอสตาเบส (Kodak Radiation Monitoring type 2 estar base) ออกแบบเฉพาะเพื่อบันทึกปริมาณรังสีเอกซ์ รังสีแกมม่า และรังสีเบต้า ฟิล์มห่อด้วยกระดาษสีขาวห่อละ 1 ฟิล์ม แผ่นฟิล์มแต่ละด้านเคลือบด้วยอีมัลชั่นต่างกัน ด้านหน้าเคลือบด้วยอีมัลชั่นที่ไวต่อรังสีสูง (Fast emulsion) ด้านหลังเคลือบด้วยอีมัลชั่นที่ไวต่อรังสีต่ำ (Slow emulsion) มีช่วงบันทึกปริมาณรังสีกว้าง คือบันทึก - ปริมาณรังสีแกมม่า (High energy gamma rays) ได้ตั้งแต่ 15 มิลลิเรินท์เกน ถึง 1,800 เรินท์เกน และเมื่อบันทึกปริมาณรังสีมาก เช่นเมื่อบันทึกรังสีเกิน 3 เรินท์เกน (High energy X or gamma rays) จะทำให้ความดำ (Density) สูงมากเกินที่จะอ่านจากเครื่องเดนซิโตมิเตอร์ (Densitometer) ก็สามารถลอกเอาอีมัลชั่นด้านหน้า คืออีมัลชั่นที่ไวต่อรังสีสูง (Fast emulsion) ออกได้ แล้วอ่านค่าความดำเฉพาะด้านหลัง คืออีมัลชั่นที่ไวต่อรังสีต่ำ (Slow emulsion) ได้ตามต้องการ

2. กลักใส่ฟิล์ม (Holders) ฟิล์มวัดรังสีนี้เวลาจะใช้บันทึกรังสีจะต้องใส่ในกลัก (Holders) กลักมีรูปร่างต่าง ๆ กันไปตามความเหมาะสมของงานที่ทำ เช่นเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าบ้าง เป็นวงแหวนบ้าง ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ใช้กลักใส่ฟิล์มแบบเดียวกับที่ใช้ในสถาบันวิจัยพลังงานปรมาณู หน่วยป้องกันอันตรายจากรังสีในประเทศอังกฤษ (Atomic Energy Research Establishment/Radiation Protection Service of United Kingdom : AERE/RPS) ซึ่งมีขนาด $1\frac{1}{4} \times 1\frac{5}{8}$ นิ้ว หรือ 3.2 x 4.1 เซ็นติเมตร กลักทำด้วยโปลีโพรไพลีน (Polypropyline) มีช่องหน้าต่าง 5 ช่อง

---

[2] Estman Kodak Company. Kodak Personal Monitoring Films. Rochester N.Y. 14650. Kodak Pamphlet No. P. 31

ดังรูปที่ 1 หลักการออกแบบกลักใส่ฟิล์มนี้ก็คือ มีช่องหน้าต่างฟิลเตอร์ใหญ่พอ และมีจำนวนฟิลเตอร์เพียงพอในการที่จะหารายละเอียดปริมาณรังสีและชนิดของรังสี หน้าที่ของช่องหน้าต่างก็คือ

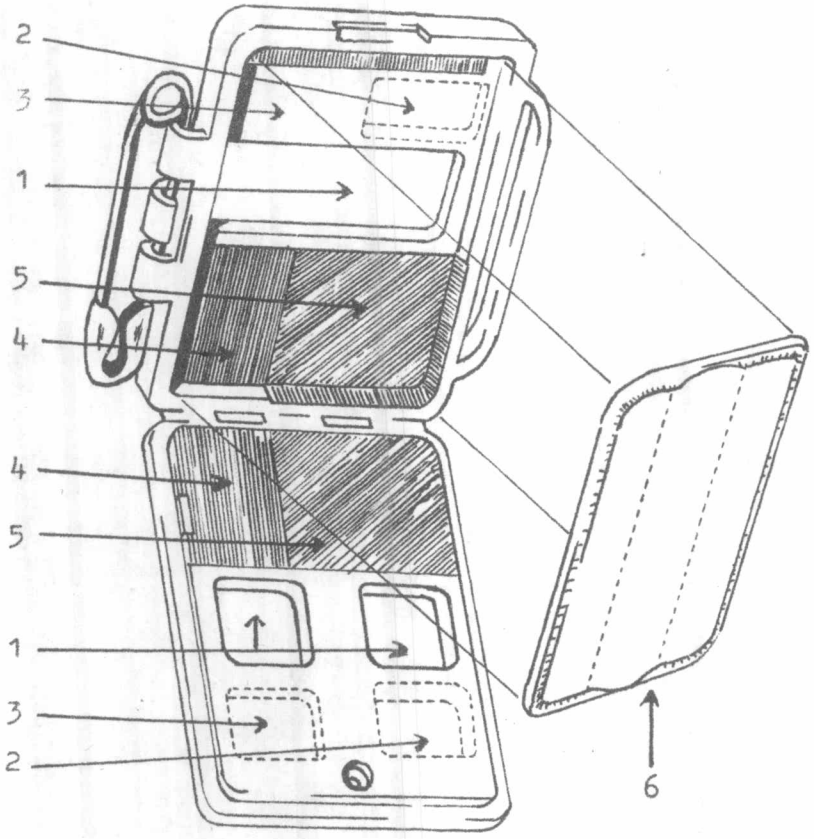
2.1 ช่องกลางไม่มีฟิลเตอร์ (Open window) ช่องนี้รังสีทุกชนิดผ่านได้และกว้างกว่าช่องอื่น ๆ เพื่อสำหรับให้มองเห็นตัวเลขบนฟิล์มได้ง่าย

2.2 ช่องปลาสติคบาง (Thin plastics filter) เป็นฟิลเตอร์ หนา 0.02 นิ้ว หรือ 0.51 มิลลิเมตร หรือมีปลาสติคหนัก 50 มิลลิกรัมต่อตารางเซ็นติเมตร ช่องนี้โฟตอน (Photons) ชนิดต่าง ๆ ผ่านได้ แต่รังสีเบต้าที่มีพลังงานต่ำ ๆ (Soft beta rays) จะถูกดูดกลืนไว้บ้าง

2.3 ช่องปลาสติคหนา (Thick plastics filter) เป็นฟิลเตอร์หนา 0.11 นิ้ว หรือ 2.9 มิลลิเมตร หรือมีปลาสติคหนัก 300 มิลลิกรัม ต่อตารางเซ็นติเมตร ช่องนี้โฟตอน (Photons) ต่าง ๆ ผ่านได้ เว้นแต่โฟตอนที่มีพลังงานต่ำ ๆ และดูดกลืนรังสีเบต้าไว้เกือบหมด จะผ่านได้เฉพาะรังสีเบต้าที่มีพลังงานสูง ๆ (Hard beta rays) เท่านั้น

2.4 ช่องดูรอลฟิลเตอร์ (Dural filter) เป็นส่วนผสมของอลูมิเนียม ทองแดง แอลลอย (Aluminium copper alloy) หนา 0.04 นิ้ว หรือ 1 มิลลิเมตร ช่องนี้รังสีจะผ่านได้เป็นอัตราส่วนเปลี่ยนแปลงไปกับช่องฟิลเตอร์ปลาสติค ตั้งแต่พลังงาน 65 กิโลอิเลคตรอน โวล์ท (KeV) จนถึง 15 กิโลอิเลคตรอนโวล์ท (KeV) แล้วช่องนี้จะกั้นรังสีไว้ได้หมด

2.5 ช่องฟิลเตอร์ดีบุก-ตะกั่ว (Tin-Lead filter) มีดีบุกหนา 0.028 นิ้ว หรือ 0.71 มิลลิเมตร ตะกั่วหนา 0.012 นิ้ว หรือ 0.30 มิลลิเมตร ช่องนี้สำหรับรังสีที่มีพลังงานสูง ๆ คือ ตั้งแต่ 75 กิโลอิเลคตรอนโวล์ท (KeV) ถึง 2 มิลเลียนอิเลคตรอนโวล์ท (MeV)



รูปที่ 1 แสดงกลักใส่ฟิล์ม และแผ่นฟิล์มวัดรังสี (Film badges)

1 ช่องกลางไม่มีฟิลเตอร์ (Open window)

2 ช่องปลาสติคบาง (Thin plastics filter)

3 ช่องปลาสติคหนา (Thick plastics filter)

4 ช่องดูรอลฟิลเตอร์ (Dural filter)

5 ช่องดีบุก–ตะกั่ว (Tin-Lead filter)

6 แผ่นฟิล์มวัดรังสี

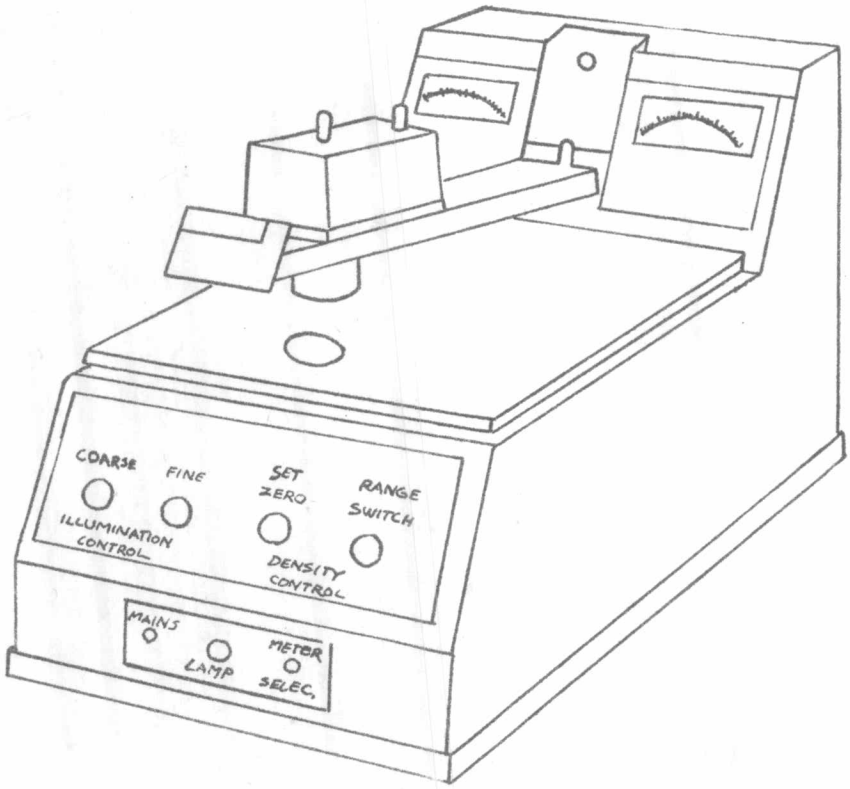
อาศัยหลักที่มีฟิลเตอร์ต่างชนิดกันนี้เองก็สามารถคำนวณหาปริมาณรังสีของรังสีชนิดต่าง ๆ ได้

3. เครื่องตอกหมายเลขบนฟิล์ม ใช้ตอกหมายเลขลงบนแผ่นกระดาษห่อหุ้มฟิล์ม แรงกดจะทำให้ฟิล์มดำเป็นรอยตัวเลข เป็นเครื่องหมายแสดงให้ทราบว่าฟิล์มหมายเลขนี้เป็นฟิล์มของเจ้าหน้าที่รังสีผู้ใด ในการใช้ฟิล์มแต่ละรุ่นจะใช้ตัวเลขเรียงลำดับกันไป เครื่องตอกหมายเลขบนแผ่นกระดาษห่อหุ้มฟิล์มนี้ สามารถตอกเรียงเลขตั้งแต่ 0000 ถึง 9999

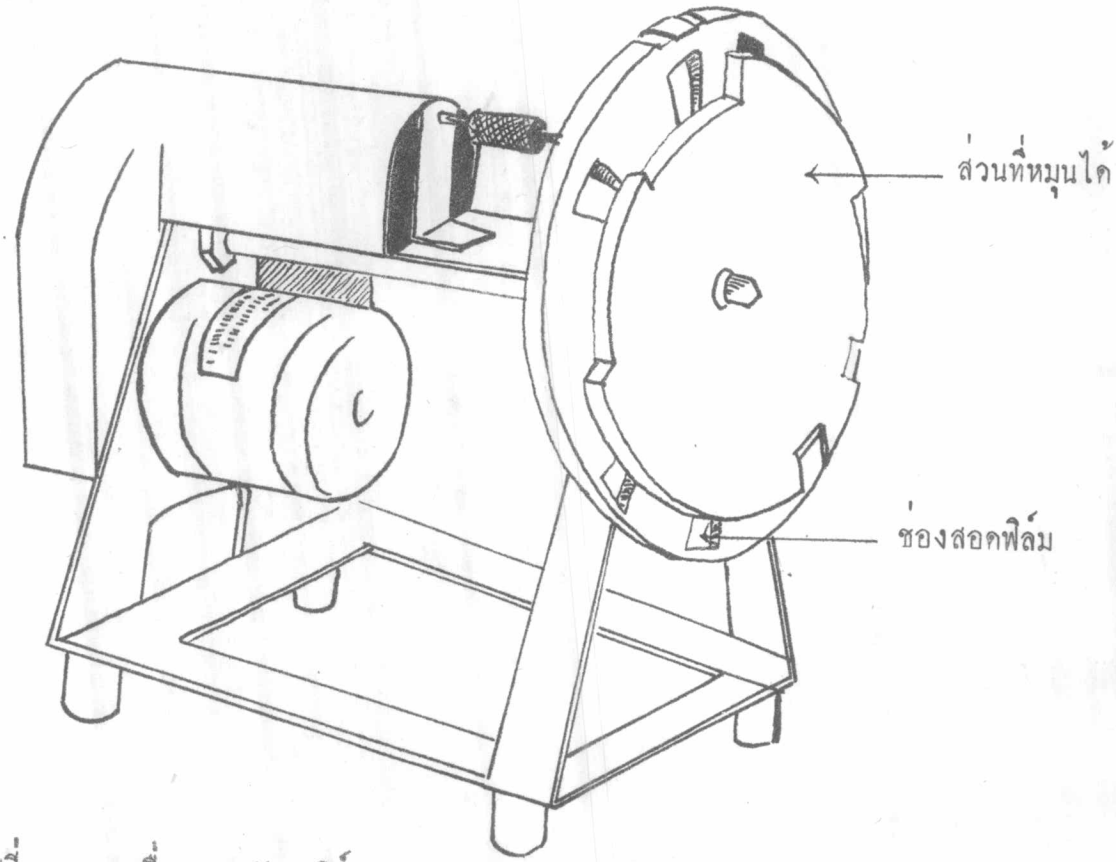
4. เครื่องวัดความดำบนฟิล์ม (Densitometer) เครื่องนี้ออกแบบโดยเฉพาะสำหรับอ่านค่าความดำบนฟิล์มที่ใช้วัดรังสีโดยเฉพาะ เครื่องวัดความดำบนฟิล์มนี้มีชื่อว่า ราดิโอโลจิคอล เดนซิโตมิเตอร์ (Radiological Densitometer) ดังรูปที่ 2 เครื่องนี้มีความไวมาก สามารถอ่านความดำได้ แม้ฟิล์มจะดำเพียงนิดเดียว คือ 0.01 หน่วย ความสามารถของเครื่องจะอ่านคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm$ 0.02 หน่วย สเกลที่เล็กที่สุดคือ 0.02 หน่วย แต่เราก็สามารถอ่านค่าที่ระหว่างสเกล 0.01 หน่วยได้ และสามารถอ่านความดำได้จาก 0 หน่วย ถึง 4.00 หน่วย แต่ถ้ากรณีฟิล์มดำเกิน 4.00 หน่วย ก็สามารถวัดความดำของฟิล์มได้ด้วยการเพิ่มฟิลเตอร์เข้าไป ซึ่งจะทำให้สามารถอ่านความดำได้สูงสุดถึง 6.00 หน่วย

การใช้เครื่องจะต้องเปิดไฟที่อุ่นเครื่องไว้นาน 15 นาที (Warm up) และจัดให้เข็มอยู่ที่ศูนย์ (Set Zero) ก่อนจะวัดทุกครั้งจะต้องตรวจดูความถูกต้องก่อน ด้วยการทดสอบกับฟิลเตอร์มาตรฐานซึ่งมีความดำ 1.07 หน่วย ค่าที่อ่านได้จากเครื่องจริง ๆ จะต้องอยู่ระหว่าง 1.07 $\pm$ 0.02 หน่วย จึงจะใช้ได้

การอ่านค่าความดำบนฟิล์มจะต้องสอดฟิล์มให้ตรงช่องที่แสงผ่าน แล้วกดแขนของเครื่อง (Arm) ลงไปเบา ๆ พอแตะฟิล์มหรือบริเวณที่จะวัด (Areas) แล้วเปิดไดอะแฟรม (Diaphram) อ่านเข็มที่หน้าปัทม์ตามต้องการ



รูปที่ 2 เครื่องวัดความดำฟิล์มวัดรังสี (Densitometer)



รูปที่ 3 เครื่องสำหรับทำฟิล์มมาตรฐาน (Sensitometer)

5. เครื่องเซนซิโตมิเตอร์ (Sensitometer) เป็นเครื่องที่สร้างขึ้นสำหรับทำฟิล์มมาตรฐาน (Standard films) เครื่องนี้เป็นแบบล้อหมุน (Wheeling) ดังรูปที่ 3 ลักษณะที่สำคัญคือส่วนหน้ามีที่สอดฟิล์มและมีส่วนที่หมุนได้ ส่วนที่หมุนได้นี้เองเจาะช่องให้ลำแสงรังสีเอกซ์ผ่านไปถูกฟิล์มได้อัตราส่วน 2, 5, 10 และ 20 มิลลิ - เรินท์เกน ตามลำดับ เมื่อเวลาทำฟิล์มมาตรฐาน สอดฟิล์มไว้ในช่องที่สอดฟิล์ม แล้วเปิดสวิสซ์ส่วนที่หมุนได้จะหมุนด้วยความเร็วคงที่ คือ 400 รอบต่อนาที ลำแสงเอกซ์ที่ออกมาจากเครื่องเอกซเรย์จะผ่านไปถูกฟิล์ม ซึ่งจะได้อัตราส่วน 2, 5 10 และ 20 มิลลิเรินท์เกน

6. เครื่องมือวัดปริมาณรังสีในการทำฟิล์มมาตรฐานนั้นใช้เครื่องมือชนิดไอออไนส์เซชั่น แชมเบอร์ (Ionization chamber) ของบริษัทอิเลคโทรนิค อินสทรูเมนท์ลิมิตเตด โมเดอน 37 ซี (Electronic Instrument Ltd. : EIL, Model 37C) ซึ่งออกแบบไว้วัดรังสีเอกซ์วินิจฉัยโดยเฉพาะ ดังรูปที่ 4 ตัวเครื่องวัด (Chamber) มีหลายขนาดคือ 3.5, 35 และ 350 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร สามารถวัดได้ทั้งปริมาณรังสี (Integral doses) และอัตราปริมาณรังสี (Dose-rate) ในช่วงตั้งแต่ 0.3 มิลลิเรินท์เกน ถึง 100 เรินท์เกน หรือ 0.3 มิลลิเรินท์เกน ต่อนาที ถึง 100 เรินท์เกน ต่อนาที มีความคลาดเคลื่อนในการวัดรังสีเอกซ์ที่พลังงานต่าง ๆ ในช่วงวินิจฉัยโรคสูงสุด ±10 เปอร์เซ็นต์

ในการทำฟิล์มมาตรฐานใช้หัววัด (Chamber) ของเครื่องมือนี้ตั้งไว้ที่ระดับฟิล์ม เมื่อเปิดเครื่องเอกซเรย์ฟิล์มและหัววัด (Chamber) จะได้รับรังสี ต้องการให้ฟิล์มได้รับรังสีเท่าไรก็อ่านค่าบนหน้าปัทม์ของเครื่องนี้ได้ตามต้องการ

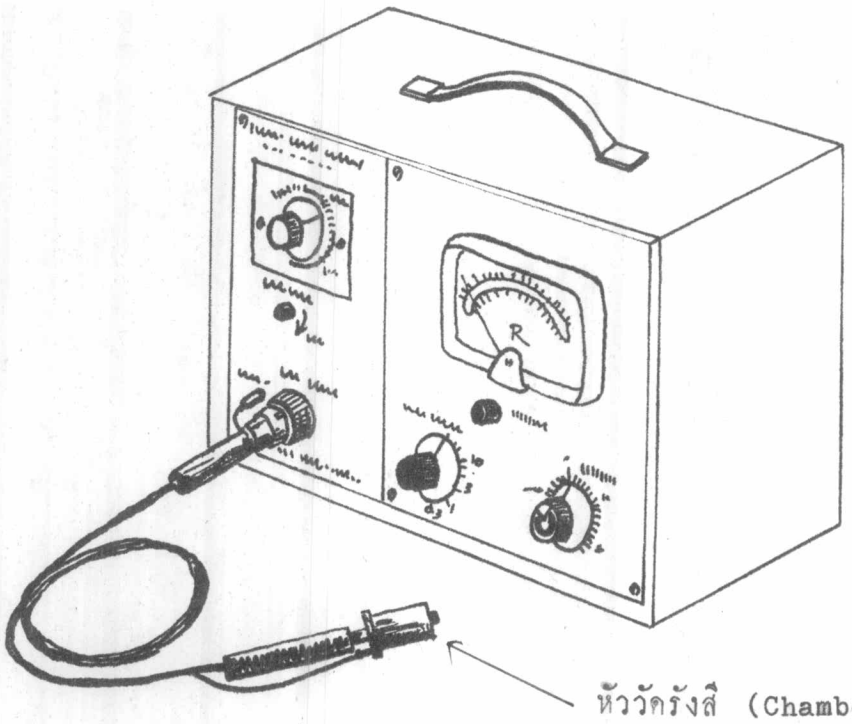
7. เครื่องควบคุมอุณหภูมิ ใช้สำหรับควบคุมอุณหภูมิน้ำยาล้างฟิล์ม การวิจัยนี้ใช้ของบริษัทโกดัคมีชื่อว่าโกดัค พรีไซส์ - เทมพ์ คอนโทรล โมเดอน 40 เอ (Kodak Precise-Temp. Control Model 40 A) ในการล้างฟิล์มจะต้องควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ระดับอุณหภูมิที่เหมาะที่สุด คือ 68 องศาฟาเรนไฮท์ หรือ 20 องศาเซ็นติเกรด ที่อุณหภูมิ

ระดับนี้ น้ำยาจะทำปฏิกิริยากับผิวของฟิล์มได้ดีที่สุดทำให้ภาพที่ได้บนฟิล์มชัดเจน ดังนั้นในการล้างฟิล์มจึงต้องมีเครื่องควบคุมอุณหภูมิให้น้ำยามีอุณหภูมิที่พอเหมาะตลอดเวลา

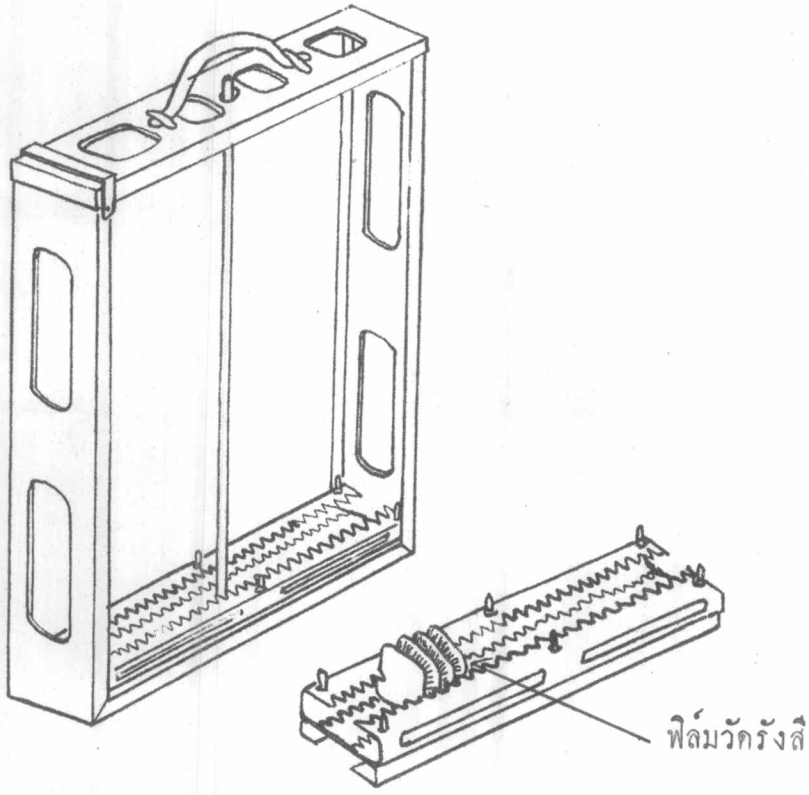
8. ห้องล้างฟิล์ม (Dark room) เป็นห้องที่จัดขึ้นเป็นพิเศษ สามารถที่จะควบคุมแสงสว่างไม่ให้เข้าไปในห้องนี้ได้ในขณะล้างฟิล์ม เพราะฟิล์มวัดรังสีเป็นฟิล์มที่ไวต่อแสงมาก ถ้ามีแสงเพียงเล็กน้อยจะทำให้ฟิล์มดำทันที ภายในห้องมีตะแกรงล้างฟิล์ม (Racks)ดังรูปที่ 5 เมื่อสอดฟิล์มในช่องตะแกรงเรียงลำดับกันเรียบร้อยแล้วนำลงจุ่มในน้ำยา แต่ละชั้นตะแกรง (Racks)จุได้ 34 ฟิล์ม ล้างคราวละ 7 ชั้น รวมล้างฟิล์มได้ครั้งละ 238 ฟิล์ม น้ำยาล้างฟิล์มใส่ในถังเล็ก ๆ (Insert tanks) จุ่มอยู่ในถังใบใหญ่ (Master tank) ซึ่งบรรจุน้ำเต็มถังใบใหญ่ น้ำไหลอยู่ตลอดเวลาผ่านเครื่องควบคุมอุณหภูมิเพื่อควบคุมน้ำยาให้มีอุณหภูมิตามต้องการ

9. น้ำยาล้างฟิล์ม (Developer) น้ำยาที่ใช้ล้างฟิล์มใช้ของบริษัทโกดัค มีชื่อว่าโกดัค ดี-19 ดีวีโลปเปอร์ เพาเดอร์ (Kodak D-19 developer powder)ทำในประเทศออสเตรเลีย การเตรียมน้ำยาล้างฟิล์มดีวีโลปเปอร์ (Developer) 1 กระป๋องผสมน้ำได้ 1 แกลลอน หรือ 4.5 ลิตร การเตรียมใช้น้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 100 องศาฟาเรนไฮท์ หรือ 38 องศาเซ็นติเกรด น้ำยามี พี เอช 10 ถึง 11.5 เก็บไว้ได้โดยใส่ภาชนะที่เป็นปลาสติคสีน้ำตาลหรือภาชนะที่ทำด้วยสเตนเลสสตีล (Stainless steel) และปิดฝาให้แน่นเพื่อป้องกันน้ำยาเสียเร็ว เพราะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ

การล้างฟิล์ม (Film processing) เป็นขบวนการเคมีเพื่อที่จะลดจำนวนอนุภาคซิลเวอร์โบรไมด์ (Silver bromide)ที่ถูกรังสีแล้ว (Exposed) แตกตัวเหลือแต่ซิลเวอร์ ดังนั้นการล้างฟิล์มจึงต้องใช้อุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของน้ำยาที่พอเหมาะ อุณหภูมิที่น้ำยาทำปฏิกิริยากับอีมัลชั่นที่เคลือบบนผิวฟิล์มดีที่สุดคือ อุณหภูมิ 68 องศาฟาเรนไฮท์ หรือ 20 องศาเซ็นติเกรด เมื่อจุ่มฟิล์มลงในน้ำยาดีวีโลปเปอร์ (Developer) ต้องยกฟิล์มขึ้นลง (Agitated) เพื่อไล่ฟองอากาศที่จับอยู่ที่ผิวของฟิล์มให้หมดไป และช่วยให้น้ำยาทำปฏิกิริยากับผิวของฟิล์มสม่ำเสมอ การยกฟิล์มขึ้นลงนาทีละครั้งก็พอ การล้างฟิล์มใช้เวลา 6 นาที



รูปที่ 4 เครื่องวัดปริมาณรังสี (Electronic Instrument Ltd. : EIL)



รูปที่ 5 ตะแกรงล้างฟิล์ม (Racks)

10. สต๊อบบาท (Stop bath) สต๊อบบาทที่ใช้คือใช้กรดอาซีติคเข้มข้น (Gracial acetic acid) ผสมกับน้ำบริสุทธิ์ 2 เปอร์เซ็นต์ ถึง 3 เปอร์เซ็นต์ สต๊อบบาทมีหน้าที่ช่วยทำให้น้ำยาดีวีโลปเปอร์ (Developer) หยุดทำปฏิกิริยากับฟิล์ม มิฉะนั้นเมื่อยกฟิล์มขึ้นจากน้ำยาดีวีโลปเปอร์ น้ำยาที่ติดอยู่บนผิวของฟิล์มจะยังคงทำปฏิกิริยากับฟิล์มต่อไป จะทำให้เกิดเป็นรอยดำเป็นทาง ๆ (Streaking) น้ำยาดีวีโลปเปอร์มีคุณสมบัติเป็นด่าง มี พีเอช 10 ถึง 11.5 ส่วนน้ำยาสต๊อบบาทมีคุณสมบัติเป็นกรด มีพีเอช 2 ถึง 2.4 เมื่อจุ่มฟิล์มลงในสต๊อบบาทจะทำให้ฟิล์มมีคุณสมบัติเป็นกรดด้วย เมื่อจุ่มฟิล์มลงในน้ำยาฟิกเซอร์ (Fixer) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรดมี พีเอช 4.5 ถึง 5 จะทำให้น้ำยาฟิกเซอร์คงทนและมีคุณภาพเหมือนเดิมอีกด้วย

การจุ่มฟิล์มลงในสต๊อบบาทใช้เวลานาน 30 วินาที โดยยกฟิล์มขึ้นลง (Agitated) 2 หรือ 3 ครั้งก็พอ

11. น้ำยาฟิกเซอร์ (Fixer) น้ำยาฟิกเซอร์ที่ใช้ของบริษัทโกดัค ชื่อว่า โกดัค ยูนิฟิกซ์ เพาเดอร์ หมายเลข 5/10 (Kodak Unifix Powder No. 5/10) ในการเตรียมใช้ผสมน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาฟาเรนไฮท์ หรือ 27 องศาเซ็นติเกรด ใน 1 กล่องเตรียมน้ำยาได้ 5 แกลลอน หรือ 22.5 ลิตร มีคุณสมบัติเป็นกรด มี พีเอช 4.5 ถึง 5 เก็บไว้ได้โดยใส่ภาชนะที่เป็นปลาสติค หรือทำด้วยสเตนเลส สตีล

น้ำยาฟิกเซอร์ (Fixer) มีหน้าที่ละลายซิลเวอร์โบรไมด์ (Silver bromide) ที่ไม่ถูกรังสี (Unexposed) ออกไป เพราะซิลเวอร์โบรไมด์นี้เมื่อถูกแสงมันจะมีสีดำทำให้ภาพที่เราต้องการเสียไป และในน้ำยาฟิกเซอร์ยังมีสารทำให้ผิวของฟิล์มแข็ง (Hardening agent) เพื่อกันผิวฟิล์มยุ่ยหรือเปื่อย และทำให้ฟิล์มคงทนเก็บไว้ได้นานอีกด้วย

การฟิกซ์ใช้เวลา 10 นาที หรือใช้นาน 2 เท่าของการล้างฟิล์ม ยกฟิล์มขึ้นลง (Agitated) นาทีละ 1 ครั้ง

12. การล้างน้ำและการตากฟิล์ม (Washing and drying) เมื่อฟิกซ์เสร็จแล้วจุ่มฟิล์มลงในน้ำที่ถ่ายเทได้ตลอดเวลา อุณหภูมิควรใกล้เคียงกับ 68 องศาฟาเรนไฮท์ หรือ 20 องศาเซ็นติเกรด เพื่อล้างน้ำยาฟิกเซอร์ที่ติดบนผิวฟิล์มให้หมดไป ใช้เวลาล้างนาน 30 นาที แล้วนำฟิล์มไปตาก (Dry) ให้แห้ง โดยตั้งที่มีอากาศถ่ายเทได้ และปราศจากฝุ่นละออง อุณหภูมิไม่ควรเกิน 104 องศาฟาเรนไฮท์ หรือ 40 องศาเซ็นติเกรด จนฟิล์มแห้งสนิท

การดำเนินงานรวบรวมข้อมูล

แหล่งข้อมูลอยู่ที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ซึ่งผู้วิจัยทำงานอยู่ที่โครงการบริการป้องกันอันตรายจากรังสี กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ การเก็บรวบรวมข้อมูลเหล่านี้ผู้วิจัยมีวิธีดำเนินการดังนี้

1. ศึกษารายชื่อของโรงพยาบาล สถานพยาบาลคลินิค โรงงานอุตสาหกรรม ตลอดจนสถาบันการวิจัยอื่น ๆ ทั่วประเทศไทยที่มีการใช้รังสี และมีเจ้าหน้าที่รังสี เมื่อทราบแล้วก็ส่งแบบสอบถาม[3] พร้อมทั้งจดหมายในนามของโครงการบริการป้องกันอันตรายจากรังสี กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ แจ้งความประสงค์เรื่องการใช้และการบริการฟิล์มวัดรังสี (Film badge service) แก่เจ้าหน้าที่รังสีทุกคนที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับรังสี โดยจัดส่งฟิล์มวัดรังสีพร้อมด้วยกลักใส่ฟิล์มมาให้ ขอให้หัวหน้าสถาบันเหล่านั้นกรอกข้อความต่าง ๆ ลงในแบบสอบถาม แล้วส่งคืนโครงการบริการป้องกันอันตรายจากรังสี กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

---

[3] ดูภาคผนวก ข.

จำนวนแบบสอบถามที่ส่งทั้งหมด 200 สถาบัน ได้รับคืน 190 สถาบัน หรือได้รับคืน 95 เปอร์เซ็นต์ อีก 5 เปอร์เซ็นต์ หรือ 10 สถาบันไม่ได้รับคืน เนื่องจากสถาบันเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นของเอกชน ได้แก่พวกคลินิคต่าง ๆ ที่มีเครื่องเอกซเรย์ และสถาบันเหล่านี้ส่วนใหญ่เปิดบริการเฉพาะตอนเช้าหรือตอนเย็น ไม่สามารถติดต่อทางไปรษณีย์ได้ จำนวน 190 สถาบันนี้ให้ความร่วมมือในการบริการฟิล์มวัดรังสีเป็นอย่างดี แต่การวิจัยนี้ข้อมูลที่สามารถนำมาวิจัยได้ทั้งสิ้น 180 สถาบัน รวมทั้งสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติด้วย เป็น 181 สถาบัน ส่วนอีก 10 สถาบันเป็นของเอกชน เจ้าหน้าที่รังสีของสถาบันเหล่านี้ลาออกระหว่างการวิจัย และมีเจ้าหน้าที่ใหม่เข้ามาแทนจึงนำข้อมูลมาใช้ไม่ได้ เพราะไม่ครบช่วงเวลา 1 ปี แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยเชื่อว่าจะไม่ทำให้ผลของการวิจัยคลาดเคลื่อนแต่อย่างใด เพราะ 10 สถาบันนี้มีเจ้าหน้าที่รังสีเพียง 17 คนเท่านั้น ซึ่งเป็นจำนวนน้อยมากเมื่อเทียบกับเจ้าหน้าที่รังสีทั้งหมดที่นำมาวิจัยนี้

2. เมื่อได้รับแบบสอบถามคืนแล้ว ผู้วิจัยก็ตรวจดูว่าแต่ละสถาบันมีจำนวนเจ้าหน้าที่รังสีอยู่กี่คน เมื่อทราบแล้วก็จัดส่งฟิล์มวัดรังสี (Film badges) ตามจำนวนเจ้าหน้าที่รังสีที่มีอยู่ในแต่ละสถาบัน พร้อมทั้งอธิบายถึงความมุ่งหมาย การดำเนินงานการใช้ฟิล์มวัดรังสีให้แก่สถาบันเหล่านั้นทุก ๆ สถาบัน เฉพาะต่างจังหวัดจะส่งทางไปรษณีย์ ส่วนในนครหลวงกรุงเทพธนบุรีบางสถาบันผู้วิจัยจะนำไปให้ด้วยตนเอง

การใช้ฟิล์มวัดรังสี เจ้าหน้าที่รังสีทุกคนจะต้องใช้ฟิล์มวัดรังสีนี้เฉพาะในขณะเวลาปฏิบัติงานอยู่กับรังสีเท่านั้น คือแขวนฟิล์มวัดรังสีไว้ที่เสื้อบริเวณระดับอกหรือแขวนไว้ที่เข็มขัดขณะปฏิบัติงาน เมื่อรังสีมาถูกเจ้าหน้าที่ในขณะเดียวกันก็จะถูกฟิล์มด้วย ฟิล์มก็จะบันทึกปริมาณรังสีไว้ได้ การใช้ฟิล์มแต่ละรุ่นมีกำหนด 4 สัปดาห์ เมื่อครบกำหนดเวลาจะต้องเปลี่ยนฟิล์มใหม่ ซึ่งผู้วิจัยจะส่งฟิล์มใหม่ไปให้ล่วงหน้าเสมอ ส่วนฟิล์มที่ใช้แล้วนั้นก็ให้

I15459032

เจ้าหน้าที่รังสีผู้ใช้ฟิล์มส่งคืนมายังโครงการบริการป้องกันอันตรายจากรังสี กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เพื่อนำฟิล์มนั้นมาวิเคราะห์ค่าปริมาณรังสี ค่าปริมาณรังสีที่วัดได้จากฟิล์มเท่าใด ก็คือปริมาณรังสีที่เจ้าหน้าที่รังสีผู้นั้นได้รับนั่นเอง

การเตรียมฟิล์มมาตรฐาน (Standard films)

ในการส่งฟิล์มวัดรังสีให้เจ้าหน้าที่รังสีใช้นั้น ฟิล์มแต่ละกล่องซึ่งมีกล่องละ 150 ฟิล์ม จะต้องเหลือเก็บไว้บ้าง 1 หรือ 2 ฟิล์ม เพื่อสำหรับใช้ทำเป็นฟิล์มมาตรฐาน (Standard films) การล้างฟิล์มแต่ละครั้งนั้นจะต้องมีฟิล์มมาตรฐานควบคู่อยู่ด้วย ฟิล์มมาตรฐานคือฟิล์มซึ่งทราบปริมาณรังสีที่ได้รับแล้วนำค่าความดำของฟิล์มนี้ไปเขียนกราฟคู่กับปริมาณรังสี

การทำฟิล์มมาตรฐานจะใช้รังสีแกมม่าหรือรังสีเอกซ์ก็ได้ แต่ในการวิจัยนี้ใช้รังสีเอกซ์ เครื่องมือที่ใช้ทำฟิล์มมาตรฐานได้แก่

1. เครื่องเอกซเรย์ ซึ่งเป็นของสถาบันมะเร็งแห่งชาติ เป็นเครื่องของบริษัทโตชิบา (Toshiba) มีขนาดของเครื่อง 150 กิโลอิเลคตรอน โวลท์ (KeV) และ 500 มิลลิแอมแปร์ (mA)

2. เครื่องเซนซิโตมิเตอร์ (Sensitometer)

3. เครื่องวัดปริมาณรังสี (Electronic Instrument Ltd. :EIL)

การปฏิบัติตั้งเครื่องเซนซิโตมิเตอร์ ห่างจากจุดกำเนิดเอกซเรย์ (Focus) เป็นระยะทาง 200 เซ็นติเมตร และวางหัววัดรังสี (Chamber) ระหว่างหลอดเอกซเรย์กับเครื่องเซนซิโตมิเตอร์ โดยให้ห่างจากเครื่องเซนซิโตมิเตอร์ 25 เซ็นติเมตร และให้อยู่กลางลำแสงของเอกซเรย์ (X-ray beam) สอดฟิล์มที่ใช้เป็นฟิล์มมาตรฐานไว้ที่เครื่องเซนซิโตมิเตอร์ เปิดสวิสซ์ให้วงล้อหมุน แล้วเปิดเครื่องเอกซเรย์ให้รังสีออก อ่านค่าปริมาณรังสีบนหน้าปัทม์ของเครื่องอิเลคโทรนิค อินสทรูเมนท์ ลิมิตเตท เมื่อฟิล์มได้รับปริมาณรังสีเอกซ์พอแล้วก็ปิดเครื่องเอกซเรย์ อัตราส่วนปริมาณรังสีบนฟิล์มมาตรฐานที่ต้อง

การ คือ 2, 5, 10, 20, 40, 100, 200 และ 400 มิลลิเรินท์เกน

พลังงานของรังสีเอกซ์ที่ใช้ทำฟิล์มมาตรฐานคือ 85 กิโลอิเลคตรอนโวล์ท และมีความหนาครึ่งค่า (Half value layer) เท่ากับ 2.7 มิลลิเมตรของอลูมิเนียม (Aluminium)

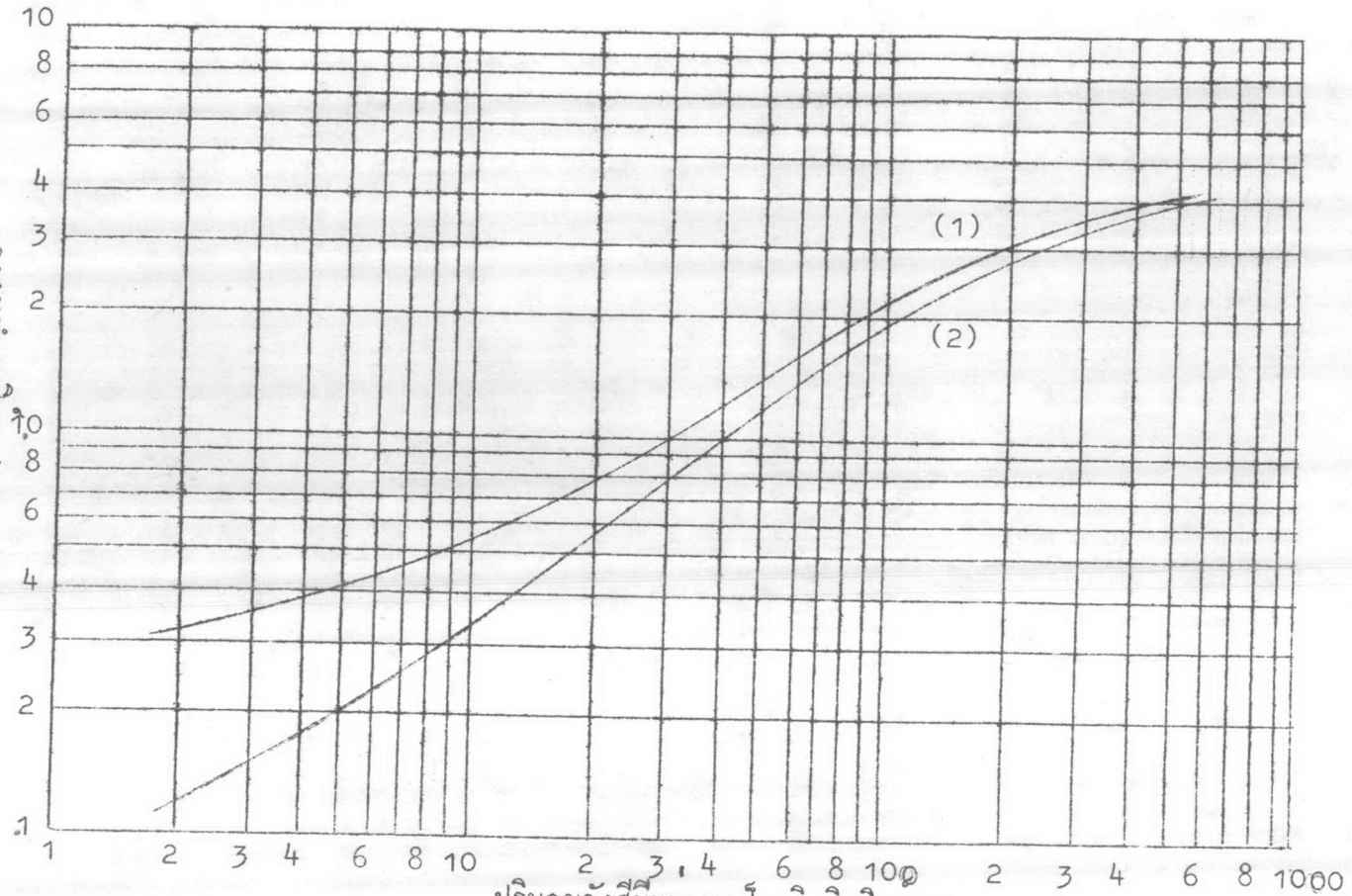
การวิเคราะห์ปริมาณรังสีจากฟิล์มวัดรังสี

เมื่อเจ้าหน้าที่รังสีใช้ฟิล์มครบ 4 สัปดาห์แล้ว จะต้องนำฟิล์มเหล่านั้นมาหาค่าปริมาณรังสีที่แต่ละฟิล์มได้รับดังนี้ ซึ่งผู้วิจัยดำเนินงานเอง

1. การล้างฟิล์ม (Film processing) การล้างฟิล์มแต่ละครั้งประกอบไปด้วยฟิล์มที่เจ้าหน้าที่รังสีใช้แล้ว (Unknown films) และต้องมีฟิล์มมาตรฐาน 1 ฟิล์ม (Standard film) นำฟิล์มที่ใช้แล้วมาเขียนหมายเลขลงบนกระดาษที่เตรียมไว้ พร้อมทั้งเขียนชื่อ นามสกุล เจ้าหน้าที่รังสี และวัน เดือน ปี ที่ใช้ นำฟิล์มเหล่านั้นเข้าห้องล้างฟิล์มซึ่งน้ำยาได้ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 68 องศาฟาเรนไฮท์ หรือ 20 องศาเซ็นติเกรด แกะกระดาษหุ้มฟิล์มออกเรียงฟิล์มลงในชั้นตะแกรงล้างฟิล์ม (Racks)จุ่มลงในน้ำยาล้างฟิล์มดีวีโลปเปอร์ (Developer) 6 นาที และในขณะเดียวกันต้องยกฟิล์มขึ้นลง (Agitated) นาทีละ 1 ครั้ง เมื่อครบ 6 นาทีแล้ว ยกฟิล์มจุ่มลงในสตอบบาท (Stop bath) $\frac{1}{2}$ นาที แล้วจุ่มลงในน้ำยาฟิกเซอร์ (Fixer) 10 นาที ยกฟิล์มขึ้นลงนาทีละ 1 ครั้ง เมื่อครบ 10 นาทีแล้ว นำฟิล์มไปแช่น้ำที่ถ่ายเทได้ (Washing) อีก 30 นาที จากนั้นจึงนำฟิล์มไปตาก (Dry) ให้แห้ง

2. การอ่านค่าความดำบนฟิล์มวัดรังสี (Density) อ่านด้วยเครื่องเดนซิโตมิเตอร์ (Densitometer) อ่านความดำบนฟิล์มมาตรฐาน (Standard film)และความดำของฟิล์มที่เจ้าหน้าที่รังสีใช้แล้ว (Unknown films) นำผลที่อ่านได้จากฟิล์มมาตรฐานไปเขียนกราฟ ดังรูปที่ 6 โดยใช้ความดำควบคู่กับปริมาณรังสี นำค่าความดำจากฟิล์มที่เจ้าหน้าที่รังสีใช้แล้วไปเทียบกับความดำบนกราฟ เพื่อหาค่าปริมาณรังสีบนฟิล์มเหล่านั้น (Unknown films) ต่อไป

รูปที่ 6 แสดงการตอบสนองของฟิล์มมาตรฐาน (Standard film)



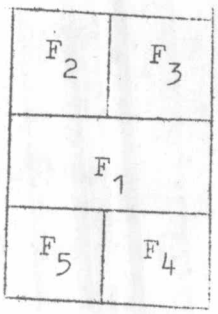
(1) กราฟความดำยังไม่ได้เอาฟอกออก (Gross density)

(2) กราฟความดำที่เอาฟอกออกแล้ว (Net density)

เนื่องจากฟิล์มมาตรฐานทำขึ้นจากรังสีเอกซ์ แต่เจ้าหน้าที่รังสีทำงานเกี่ยวกับรังสีหลายชนิด คือรังสีเอกซ์ รังสีแกมมา และรังสีเบต้า กลักใส่ฟิล์ม (Holders) มีช่องหน้าต่างที่มีฟิลเตอร์ต่าง ๆ กัน จึงมีวิธีการคำนวณหาปริมาณรังสีดังนี้

2.1 เมื่อฟิล์มของเจ้าหน้าที่รังสีได้รับรังสีเอกซ์ นำค่าความดำบนฟิล์มที่ได้รับรังสี ไปเทียบกับความดำของฟิล์มมาตรฐานบนกราฟ ก็จะทราบค่าปริมาณรังสีบนฟิล์มนั้น ๆ ได้

2.2 เมื่อฟิล์มของเจ้าหน้าที่รังสีได้รับรังสีแกมมาหรือเบต้า มีวิธีหาได้ดังนี้[4]



เมื่อ F_1 คือ ช่องหน้าต่างไม่มีฟิลเตอร์ (Open window)
F_2 คือ ช่องพลาสติคบาง (Thin plastics filter)
F_3 คือ ช่องพลาสติคหนา (Thick plastics filter)
F_4 คือ ช่องดูรอลฟิลเตอร์ (Dural filter)
F_5 คือ ช่องดีบุก-ตะกั่ว (Tin-Lead filter)

2.2.1 เมื่อฟิล์มได้รับรังสีแกมมา

อ่านค่าความดำบนฟิล์มนั้นที่ช่อง F_3, F_4 และ F_5 ตามลำดับ

ปริมาณรังสีแกมมา $= 25 \times F_5 + \frac{F_4}{2} + 2.5 (F_3 - F_4)$ มีหน่วยเป็นมิลลิเรม

2.2.2 เมื่อฟิล์มนั้นได้รับรังสีเบต้า จะต้องใช้ค่าแก้ โดยอ่านค่าความดำของฟิล์มนั้นที่ช่อง F_1, F_2 และ F_3 ตามลำดับ ตารางที่ 2 แสดงถึงค่าแก้ในการคำนวณหาปริมาณรังสีเบต้า

---

[4] Radiation Protection Service Film Assessment Record, 2512

R (Ratio) = $\frac{a}{b}$	C.F.
< 2.2	30
2.2 - 3.6	40
3.7 - 7.0	50
> 7.0	60

เมื่อ a คือค่าความดำของหน้าต่างไม่มีฟิลเตอร์ (F_1) - ค่าความดำของหน้าต่างปลาสติคหนา (F_3)

b คือค่าความดำของหน้าต่างไม่มีฟิลเตอร์ (F_1) - ค่าความดำของหน้าต่างปลาสติคบาง (F_2)

C.F. คือค่าแก้สำหรับปริมาณรังสีเบต้า (Correction Factor for beta ray doses)

ปริมาณรังสีเบต้า = C.F. (F_1 - F_3) มีหน่วยเป็นมิลลิเรม

2.2.3 เมื่อฟิล์มได้รับปริมาณรังสีมาก เช่นเมื่อรับรังสีเอกซ์เกิน 400 มิลลิเรินท์เกน หรือรังสีแกมม่าเกิน 10 เรินท์เกนขึ้นไป ความดำของฟิล์มก็จะเกิน 400 หน่วย จึงต้องลอกผิวฟิล์มด้านหน้าออก (Fast emulsion) จะเหลือความดำของฟิล์มอีกด้านหนึ่ง (Slow emulsion) น้อย ทำให้สามารถใช้เครื่องอ่านความดำได้อีก

วิธีลอกฟิล์ม จุ่มฟิล์มลงในน้ำอุ่นที่อุณหภูมิประมาณ 104 องศาฟาเรนไฮท์ หรือ 40 องศาเซ็นติเกรด ประมาณ 1 นาที แล้วใช้สำลีหรือสิ่งอื่นที่คล้ายกับสำลีถูเอาอีมัลชั่น (Emulsion) ด้านหน้าออกไป แล้วล้างให้สะอาดตากให้แห้ง นำไปอ่านค่าความดำ แล้ววิเคราะห์ปริมาณรังสีบนฟิล์มนั้น เช่นเดียวกับวิธีที่กล่าวมาแล้ว

3. การบันทึกปริมาณรังสีที่เจ้าหน้าที่รังสีได้รับลงบนบัตร (Cards) เจ้าหน้าที่ 1 คน ใช้บัตร 1 ใบ ปริมาณรังสีที่เจ้าหน้าที่รังสีแต่ละคนได้รับบันทึกลงบนบัตรทุก ๆ 4 สัปดาห์ จนครบ 1 ปี คือตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ.2513 ถึงวันที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ.2514 รวมปริมาณรังสีที่แต่ละคนได้รับใน 1 ปี

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่รวบรวมได้เป็นจำนวนตัวเลขปริมาณรังสีที่เจ้าหน้าที่รังสีได้รับมีหน่วยเป็นมิลลิเรมต่อปี คือตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ.2513 ถึง วันที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ.2514 ประกอบไปด้วยเจ้าหน้าที่รังสี 4 กลุ่ม คือ กลุ่มแพทย์ กลุ่มพยาบาล กลุ่มคนงาน และกลุ่มวิจัย เพื่อสะดวก และเหมาะกับสถิติที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลนี้ ผู้วิจัยจึงสุ่มตัวแทนมากลุ่มละ 36 คน ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) ด้วยวิธีจับฉลาก รวมสุ่มตัวอย่างทั้งหมด 144 คน เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. คำนวณมัชฌิมเลขคณิตของปริมาณรังสีใน 1 ปี ของเจ้าหน้าที่รังสีได้รับทุก ๆ กลุ่ม คือกลุ่มแพทย์ กลุ่มพยาบาล กลุ่มคนงาน และกลุ่มวิจัย และคำนวณมัชฌิมเลขคณิตของปริมาณรังสีของเจ้าหน้าที่รังสีทั้งหมดดังกล่าวรวมกัน ใช้สูตรในการคำนวณมัชฌิมเลขคณิตดังนี้[5]

$$M = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ M คือ มัชฌิมเลขคณิตของปริมาณรังสี

X คือ ตัวแปรปริมาณรังสีแต่ละคน

N คือ จำนวนเจ้าหน้าที่รังสี

---

[5]Henry E. Garrett Statistics in Psychology and Education. (5 th ed. Bombay : Vakils, Felfer and Simons Private Ltd., c 1966) P. 27

2. ทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way Analysis of Variance) ซึ่งมีสูตรในการคำนวณดังนี้[6]

ตารางที่ 3 ตัวอย่างสรุปผลวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว

Source of variation	df	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Among group (SS_a)	k-1	$SS_a = \sum_{j=1}^{k} \frac{T_j}{n_j} - \frac{T^2}{N}$	$MS_a = \frac{SS_a}{k-1}$	$F = \frac{MS_a}{MS_w}$
Within groups (SS_w)	N-k	$SS_w = SS_t - SS_a$	$MS_w = \frac{SS_w}{N-k}$	
Total (SS_t)	N-1	$SS_t = \sum_{j=1}^{k} \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2 - \frac{T^2}{N}$		

เมื่อ X คือ ตัวแปรปริมาณรังสีของเจ้าหน้าที่รังสีแต่ละคน

T คือ ปริมาณรังสีรวม

N คือ จำนวนเจ้าหน้าที่รังสีทั้งหมดทั้ง 4 กลุ่ม

n คือ จำนวนเจ้าหน้าที่รังสีแต่ละกลุ่ม

---

[6] George A. Ferguson. Statistical Analysis in Psychology and Education. (2 nd ed. New York : McGraw-Hill Book Company, c 1966) PP. 283 - 290

k คือ จำนวนกลุ่มประชากร

j คือ ตัวแปรแทนกลุ่มประชากร

i คือ ตัวแปรแทนประชากรแต่ละคน

SS คือ ผลบวกกำลังสอง (Sum of squares) ของผลต่างระหว่างมัชฌิมเลขคณิต และปริมาณรังสีแต่ละคน

MS คือ ความแปรปรวน

a เป็นสับสคริพชั่น (Subscription) หมายถึงระหว่างกลุ่ม (Among groups)

w เป็นสับสคริพชั่น (Subscription) หมายถึงภายในกลุ่ม (Within group)

t เป็นสับสคริพชั่น (Subscription) หมายถึงรวมทุกกลุ่ม (Total)

การแปลผล

ถ้าค่า F ที่ได้จากการคำนวณน้อยกว่าค่า F จากตารางที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05 ที่ชั้นแห่งความมีอิสระของค่า F มีค่าเท่ากับ k-1 และ N-k หมายความว่าปริมาณรังสีเฉลี่ยใน 1 ปี ที่เจ้าหน้าที่รังสีแต่ละกลุ่มได้รับมีขนาดไม่แตกต่างกัน แต่ถ้าค่า F ที่ได้จากการคำนวณเท่ากับหรือมากกว่าค่า F จากตารางที่ระดับความมีนัยสำคัญดังกล่าว หมายความว่าปริมาณรังสีเฉลี่ยใน 1 ปี ที่เจ้าหน้าที่รังสีได้รับแต่ละกลุ่มมีขนาดแตกต่างกัน ในกรณีนี้ผู้วิจัยจะทดสอบความแตกต่างระหว่างปริมาณรังสีเฉลี่ยใน 1 ปี ที่เจ้าหน้าที่รังสีได้รับทั้ง 4 กลุ่ม โดยใช้วิธีทดสอบของเชฟเฟ่ (Scheffe's test for multiple comparisons) ซึ่งมีสูตรดังนี้[7]

$$F = \frac{(M_1 - M_2)^2}{MS_w\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}$$

---

[7] Ibid., PP. 246 - 297

เมื่อ M_1, M_2 คือมัชฌิมเลขคณิตของ 2 กลุ่ม ที่ต้องการทดสอบความแตกต่าง

n_1, n_2 คือจำนวนเจ้าหน้าที่รังสีแต่ละกลุ่ม

MS_w คือความแปรปรวนภายในกลุ่มที่คำนวณไว้แล้ว

การแปลผล

คำนวณค่า F จากการคำนวณตามสูตรดังกล่าว เปิดค่า F จากตารางที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05 ที่ชั้นแห่งความมีอิสสระของค่า F มีค่าเท่ากับ k-1 และ N-k คำนวณค่า F' ซึ่งมีค่าเท่ากับ (k-1) F

เปรียบเทียบค่า F กับ F' ถ้าค่า F ที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าค่า F' หมายความว่าทั้งสองกลุ่มได้รับปริมาณรังสีเฉลี่ยใน 1 ปี มีขนาดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แต่ถ้าค่า F ที่ได้จากการคำนวณเท่ากับหรือมากกว่าค่า F' หมายความว่าทั้งสองกลุ่มนี้ได้รับปริมาณรังสีเฉลี่ยใน 1 ปี มีขนาดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับดังกล่าว

3. การนำค่าปริมาณรังสีเฉลี่ยใน 1 ปี ของเจ้าหน้าที่รังสีกลุ่มต่าง ๆ ได้รับและปริมาณรังสีทั้งหมดรวมกันเฉลี่ยใน 1 ปี มาเปรียบเทียบกับปริมาณรังสีที่คณะกรรมาธิการป้องกันรังสีระหว่างประเทศยอมให้รับได้ใน 1 ปี ด้วยวิธีเทียบหาเปอร์เซนต์ของค่าสูงสุดที่กำหนดไว้ โดยคิดว่าค่าปริมาณรังสีที่คณะกรรมาธิการป้องกันรังสีระหว่างประเทศกำหนดไว้ใน 1 ปี เป็น 100 เปอร์เซนต์