บทที่ 4

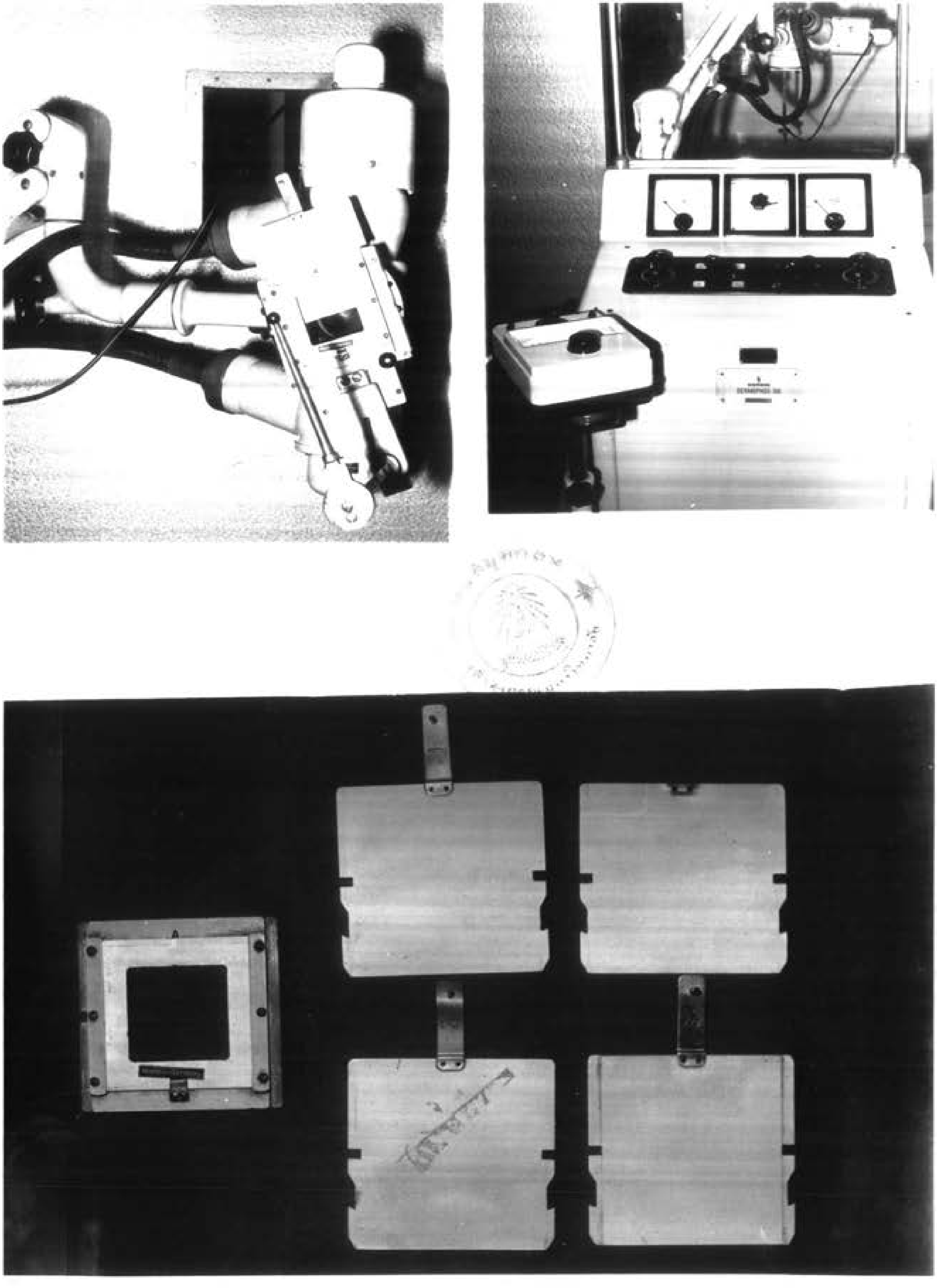
เครื่องมือและการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองนี้ได้แก่เครื่องกำเนิดรังสีเอ็กซ์ที่ใช้ในการรักษา เครื่องวัดปริมาณรังสี แผ่นฟิล์ม เครื่องตอกหมายเลขบนฟิล์ม ห้องมืดล้างฟิล์ม เครื่องวัดความดำของฟิล์ม แผ่นโลหะต่าง ๆ และแผ่นยาง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

<u>เครื่องกำเนิดรังสีเอ็กซ์</u> เป็นหลอดเอ็กซเรย์ที่ใช้ในการรักษาแบบ Superficial therapy ติดตั้งอยู่ที่แผนกรังสีวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ผลิตโดยบริษัท Siemens แห่งประเทศเยอรมันนี มีชื่อทางการค้าว่า Dermophos 100. เป็นเครื่องกำเนิดรังสีเอ็กซ์ที่มีวงจรแบบ Self rectified หลอดแช่อยู่ในน้ำมันแล้วใช้พัดลมเป่าให้น้ำมันเย็นอีกทีหนึ่ง สามารถเปลี่ยนแปลงค่า Exciting potential ได้ 4 ขั้นดังนี้

ขั้นที่	จำนวนกระแสที่มากที่สุดในไส้หลอด	ความต่างศักย์ของหลอด
1	6 mA.	50 K.V.P.
2	5 mA.	60 K.V.P.
3	4 mA.	75 K.V.P.
4	3 mA.	100 K.V.P.

บนโต๊ะที่ควบคุมการทำงานของหลอดมีปุ่มบังคับค่าความต่างศักย์ ค่ากระแส มีนาฬิกาจับเวลา (Timer) และมีกระจกผสมตะกั่วติดตั้งอยู่ แผ่นกระจกนี้กันรังสีได้มีค่าเท่ากับตะกั่วหนา 1 มิลลิเมตร ใช้กันรังสีเพื่อมิให้คนบังคับเครื่องได้รับรังสี ตัวหลอดเอ็กซเรย์หันไปได้รอบตัวยื่นต่อจากโต๊ะที่ควบคุมการทำงานออกไปเป็นระยะ 1 เมตร และอยู่สูงจากพื้นในระดับ 60 – 120 ซม. ดังนั้น จึงสามารถจัด



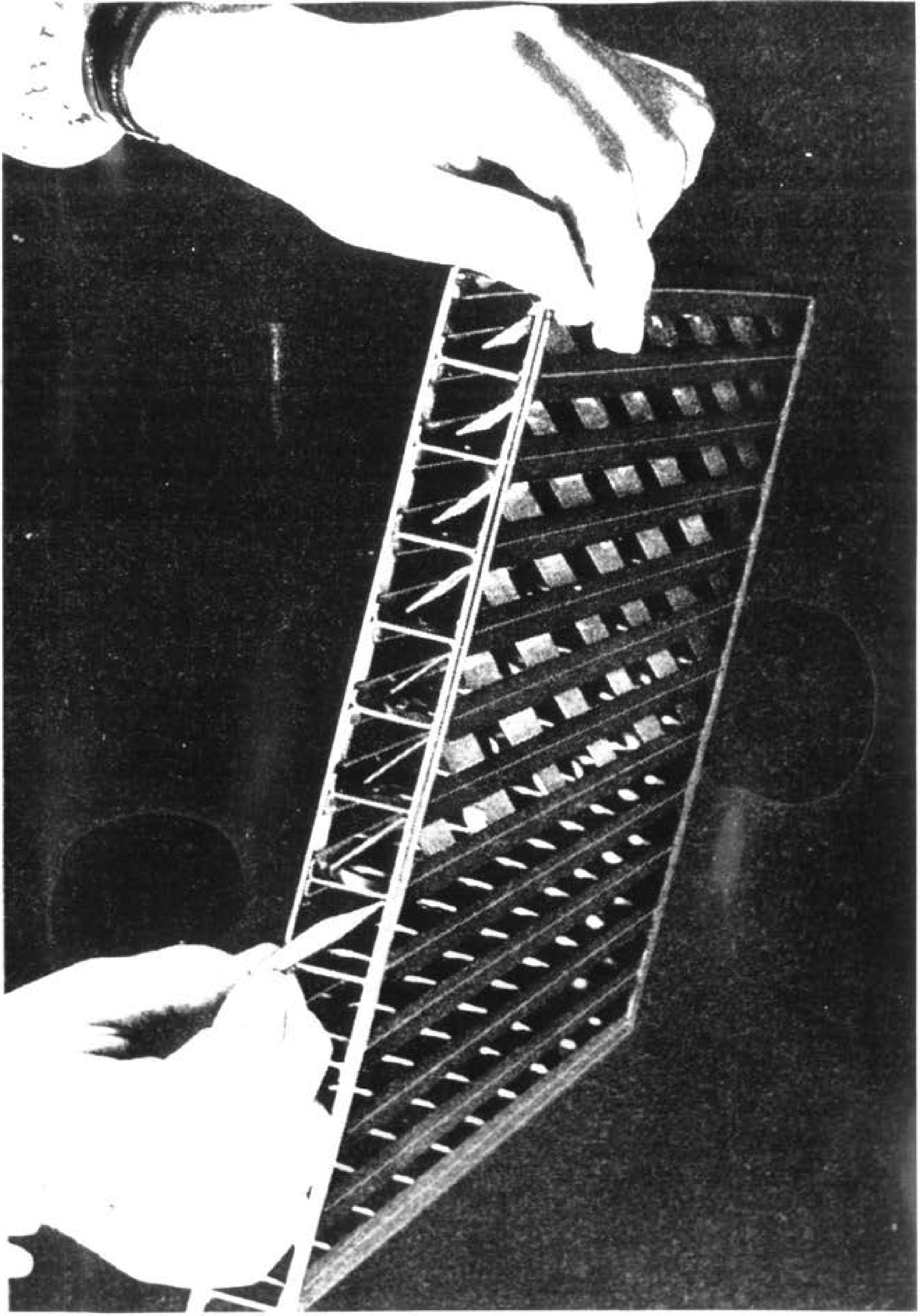
รูปที่ 4 เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ Dermophos

และ Aluminium filter.

การทดลองโดยวางฟิล์มที่ระยะ 1 เมตรจากหลอดได้สะดวก ทั้งนี้เพื่อป้องกันรังสีที่สะท้อนจากส่วนต่าง ๆ ของหลอด ที่ตัวหลอดมีปุ่มแสดงตำแหน่งกึ่งกลางของลำรังสีติดอยู่ด้วยดังแสดงไว้ในรูปที่ 4 นอกจากนี้ยังมีกรอบโลหะทำเป็นรูปสี่เหลี่ยมใช้สำหรับจำกัดขอบเขตของลำรังสี เรียกว่า Diaphragm. และมีแผ่นอลูมิเนียมหนา 0.5, 1, 2, 3, 4 มม. เป็นแผ่นโลหะกรองรังสีเรียกว่า Filter เป็นเครื่องประกอบอีกด้วย

<u>เครื่องวัดปริมาณรังสี</u> เครื่องวัดปริมาณรังสีมีหลายชนิด แต่ละชนิดสร้างขึ้นเพื่อใช้วัดปริมาณรังสีที่มีค่าพลังงานในย่านต่าง ๆ กัน เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองนี้เป็น Ionization chamber แบบ Normal Thimble Chamber ต่อเข้ากับเครื่อง Siemen Dosemeter ใช้วัดปริมาณรังสีเอ็กซ์ที่มีพลังงานสูง ๆ ที่มีค่า H.V.L 0.07 - 4.0 mm. of Cu. หรือวัดรังสีแกมม่าจาก Co^{60} ด้วยเหตุนี้จึงได้นำเครื่องมือวัดรังสีชนิดอื่น เช่น Baldwin Substandard Dosemeter มาวัดปริมาณรังสีเปรียบเทียบกัน ปรากฏว่าได้ค่าปริมาณรังสีใกล้เคียงกันมากจึงเชื่อได้ว่าค่าปริมาณรังสีเอ็กซ์ที่วัดได้นั้นถูกต้อง.

Normal Thimble Chamber เป็น Ionization chamber ขนาด 5 ลบ.ซม. มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.0 ซม. ทำด้วย Bakelite graphite เป็นแบบ Coaxial cylinder เมื่อนำ Normal Thimble Chamber ไปวางไว้ในลำรังสี แก๊สที่บรรจุอยู่ใน Chamber จะแตกตัวเกิดเป็นประจุบวกและลบเกิดเป็นกระแสมีปริมาณเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณรังสีไหลเข้า Quadrant Electrometer เครื่อง Siemen Dosemeter นี้อ่านค่ากระแสไฟเหนี่ยวนำของปริมาณรังสีโดยตรงมีหน่วยเป็น Roentgent per minute. Dosemeter ชนิดนี้ก่อนจะนำไปใช้ต้องนำ Radium standard ที่มี Activity 0.3 millicuries ให้รังสี 10 R/min. มาเปรียบเทียบก่อนเพื่อเป็นการแก้ความคลาดเคลื่อนของ Ionization ที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดันไปในตัวเสร็จ เครื่องวัดรังสีชนิดนี้



รูปที่ 5 คะแกรงล้างฟิล์ม

สามารถอ่านค่าปริมาณรังสีได้ตั้งแต่ 0 - 250 R/min. และวัดค่าปริมาณรังสีได้แม่นยำ มีความผิดพลาดไม่เกิน ± 2%

ฟิล์ม ใช้ฟิล์มของบริษัท Kodak มีชื่อว่า Kodak Personal Monitoring Film , Type 2. ซึ่งทำขึ้นใช้ในงานนี้โดยเฉพาะเคลือบด้วยอีมัลชั่นที่มี Ag Br มากกว่าฟิล์มธรรมดา อีมัลชั่นนี้มีความหนาสม่ำเสมอประมาณ 0.002 ซม. ห่อด้วยกระดาษดำและมีกระดาษขาวหุ้มอีกชั้นหนึ่งเพื่อป้องกันแสงสว่างและพวก Secondary electron จากกลักโลหะ ฟิล์มชนิดนี้สามารถรายงานปริมาณรังสีได้ตั้งแต่ 5 - 2000 มิลลิเรินเก็นต์ ในการทดลองแต่ละครั้งจะต้องใช้ฟิล์มรุ่นเดียวกันและเป็นฟิล์มที่ไม่หมดอายุ ความดำของฟิล์มจะขึ้นอยู่กับปริมาณและพลังงานของรังสี.

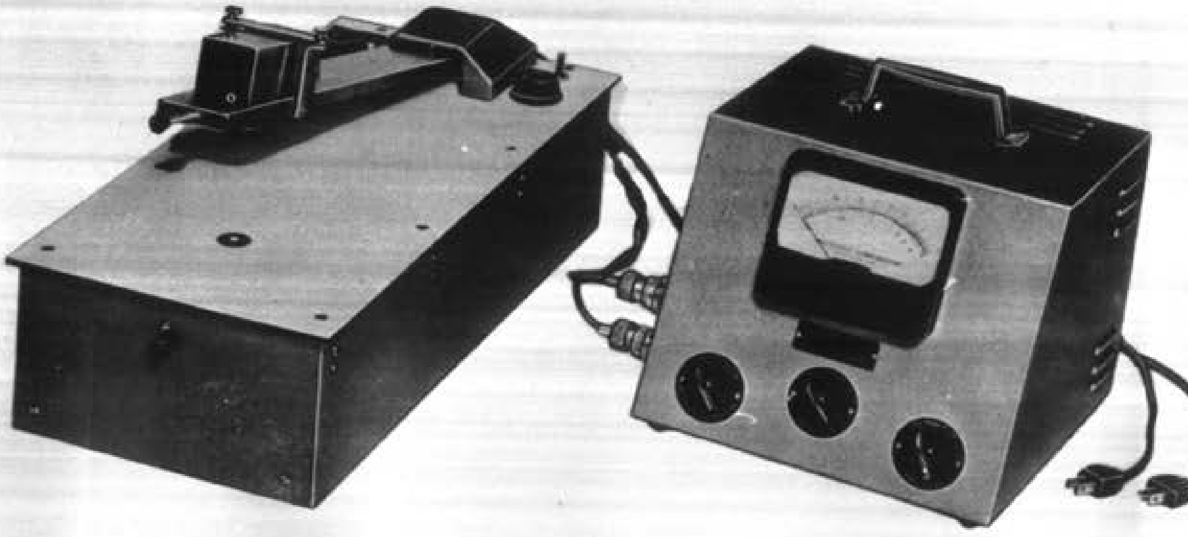
เครื่องตอกหมายเลขบนฟิล์ม (Percussion stress) ใช้ตอกหมายเลขลงไปบนแผ่นกระดาษที่หุ้มห่อฟิล์ม แรงกดจะทำให้ฟิล์มดำเป็นรอยตัวเลขเป็นเครื่องหมายแสดงให้ทราบว่าฟิล์มได้รับรังสีชนิดใด ปริมาณเท่าไร.

ห้องมืดล้างฟิล์ม เป็นห้องที่มืดสนิทแสงเข้าไม่ได้ ฟิล์มชนิดนี้ไวต่อแสงมาก แม้แต่แสงสีแดงก็ทำให้ฟิล์มดำ ภายในห้องล้างฟิล์มจะต้องมีตะแกรงล้างฟิล์มใช้ล้างได้ทีละร้อยแผ่น ฟิล์มที่ถอดออกจากกระดาษแล้วจัดวางเอาสันขึ้นสลับกันไปมาในตะแกรงนี้ ดังรูป 5 ส่วนน้ำยาล้างฟิล์มใส่ถังเล็ก ๆ แช่อยู่ในถังใบใหญ่ซึ่งบรรจุน้ำเต็ม น้ำนี้ไหลเข้าอยู่ตลอดเวลาโดยผ่านเครื่องทำความเย็นเสียก่อนเพื่อให้ความเย็นคงที่สม่ำเสมอที่ 68°F หรือ 20°C ส่วนผสมของน้ำยาล้างฟิล์มนี้ทางบริษัทได้บรรจุมาเป็นห่อ ๆ ชั่งน้ำหนักไว้เสร็จพอจะใช้ก็ผสมห่อ A และห่อ B ซึ่งเป็นพวก Chemical compound ลงในน้ำกลั่นคนให้ละลายแล้วใส่ห่อ C ซึ่งเป็น Sodium hydroxide ลงไป เติมน้ำกลั่นจนได้ 19 ลิตร คนจนกระทั่งผงเคมีละลายหมดเป็นน้ำยา Developer ส่วนน้ำยา Fixer เป็นสารพวก Hypo ผสมลงในน้ำ 15 ลิตรที่อุณหภูมิธรรมดา คนอยู่ตลอดเวลาแล้วเติมน้ำ

PHOTOVOLT

Radiation-Detection Densitometer

Mod. 501-R



A photoelectric instrument for the exact measurement of density of X-ray film employed in personnel monitoring for protection against radiation in nuclear, radioactive isotope, and X-ray work

FIG 6 Densitometer.

จนเป็น 19 ลิตร นำถัง Fixer นี้ไปแช่ในถังน้ำเย็นใบใหญ่คู่กับถังใส่น้ำยาล้างฟิล์ม การล้างฟิล์มล้างที่ อุณหภูมิ 68°F หรือ (20°C) โดยแช่ฟิล์มใน Developer เป็นเวลา 5 นาที แล้วยกมาล้างในน้ำธรรมดา 2 - 3 วินาที แช่ใน Fixer อีก 5 นาทีแล้วแช่ในน้ำเปล่าอีก 30 นาที ในขณะที่แช่ใน Developer และ Fixer ต้องกวนน้ำยาให้กระเพื่อมเบา ๆ เพื่อให้น้ำยาทำปฏิกริยากับอีมัลชันอย่างสม่ำเสมอ ถ้ากวนน้ำยาแรงจะทำให้ฟิล์มเป็นรอยเพราะเกิดประจุอิเลคตรอนขึ้นในระหว่างการเสียดสีของน้ำยาและฟิล์ม การล้างฟิล์มทุกครั้งจะต้องใส่ฟิล์มที่ไม่ถูกรังสีลงไปด้วยเพื่อวัดค่า Fog ของแผ่นฟิล์ม หลังจากแช่ฟิล์มไว้ในน้ำนาน 30 นาที แล้วนำมาอบในตู้อบฟิล์มอีก 45 นาที ที่อุณหภูมิ 140°F จนฟิล์มแห้งแล้วนำมาอ่านความดำของฟิล์ม.

<u>เครื่องวัดความดำของฟิล์ม</u> (Densitometer) มีชื่อทางการค้าว่า Photovolt เป็นเครื่องมือ Photoelectric ดังรูปที่ 6 เครื่องนี้ออกแบบโดยเฉพาะสำหรับอ่านค่าความดำฟิล์มที่ใช้ในการวัดรังสี ความดำของฟิล์มนี้เนื่องมาจากการสะสมกันของปริมาณรังสีในขณะที่ผู้ใช้ฟิล์มได้รับรังสี Densitometer เครื่องนี้มีความไวมากสามารถอ่านความดำได้แม้ฟิล์มจะดำเพียงนิดเดียวอันเนื่องมาจากปริมาณรังสีจำนวน 5 มิลลิเรินเก้นต์ Densitometer นี้ประกอบด้วยชิ้นส่วน 2 ชิ้น คือ Density unit และ Electronic photometer แยกกันอยู่คนละส่วน

ใน Density unit มีหลอดไฟขนาด 6 volt ต่อกับ Transformer ที่มีความต่างศักย์คงที่ มีเลนซ์รวมแสงให้เป็นจุดสว่างที่ช่องกลม ๆ สำหรับวางฟิล์ม หัว Photometer ติดอยู่บนคานบนตู้ของ Density unit รับแสงที่ผ่านจากฟิล์มเข้าตัว Photometer ซึ่งมี Electronic amplifier ทำหน้าที่ขยายค่ากระแสอันเนื่องจากแสงที่ผ่านฟิล์มมาเข้าเครื่องวัดที่ติดอยู่อ่านค่าออกมาเป็น Optical density ของฟิล์ม

ก่อนจะใช้ Densitometer จะต้องเปิดไฟที่เครื่อง (Warm up) ทิ้งไว้ 30 นาที แล้วจัดให้เข็มอยู่ที่ 0 โดยยังไม่เปิดไฟที่ Density unit แล้วนำฟิล์มที่ล้างแล้วชนิดที่ไม่ได้รับรังสี (Control film) มาวางบนดวงไฟของ Density unit กดหัว Photometer ลงมาชิดกับแผ่นฟิล์ม การกดต้องออกแรงกดแต่ปานกลางสม่ำเสมอกันทุกครั้ง เพราะการกดหนักไปหรือเบาไปทำให้ค่า Density ที่อ่านได้ผิดพลาดไปมาก อ่านค่า Density ของ Control film นี้ไว้เป็นค่า Fog จากนั้นก็อ่านค่าความดำของฟิล์มแผ่นอื่น ๆ ด้วยวิธีอย่างเดียวกัน นำค่าความดำของฟิล์มที่อ่านได้นี้ตั้งเอาความดำของ Fog หักออกจะได้เป็นค่าความดำอันเนื่องมาจากปริมาณรังสีโดยแท้จริง เครื่อง Densitometer เครื่องนี้สามารถอ่าน Density ได้ตั้งแต่ 0 ถึง 4 หน่วย คิดเป็นค่าปริมาณรังสีได้ตั้งแต่ 0 - 2000 มิลลิเรินเก้นหรืออาจจะมากกว่านี้หรือน้อยกว่านี้ต้องแล้วแต่การล้างฟิล์มแต่ละครั้ง ค่าปริมาณและพลังงานของรังสีค่าเดียวกันอาจให้ความดำแก่ฟิล์มไม่เท่ากันในทุกครั้งที่ล้างฟิล์ม.

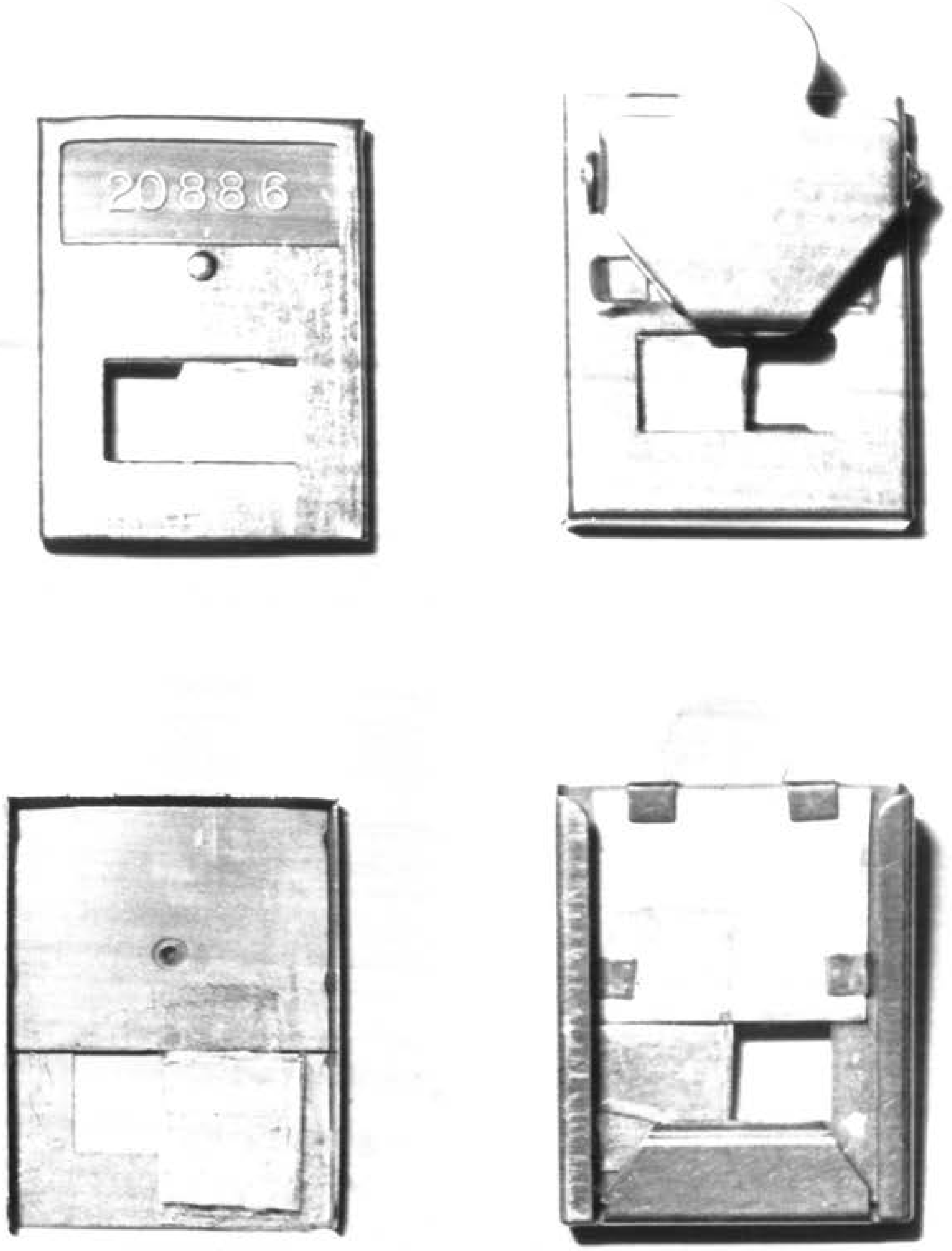
<u>แผ่นโลหะต่าง ๆ</u> ใช้แผ่น อลูมิเนียม (Aluminium) ทองแดง (Copper) อินเดียม (Indium) และตะกั่ว (Lead) ที่มีความสม่ำเสมอทำเป็นหน้าต่างของกลักฟิล์ม ความหนาของแผ่นโลหะเหล่านี้เท่าที่หาได้มีขนาดดังนี้ แผ่น อลูมิเนียม หนา 0.117 ม.ม. และ 0.9 ม.ม. แผ่นทองแดงหนา 0.180 ม.ม. แผ่นอินเดียม หนา 0.075 ม.ม. และแผ่นตะกั่ว หนา 0.092 ม.ม. ฉะนั้นการเพิ่มความหนาของหน้าต่างจึงทำได้โดยการเพิ่มเป็นเท่าตัวคือใช้โลหะเหล่านี้ตัดเป็นแผ่น ๆ ขนาด 1.5 x 1.5 ซม. แล้วใช้แผ่นเหล่านี้ซ้อนทบกันขึ้นไปให้มีความหนาต่าง ๆ กันเพื่อใช้ในการทดลอง.

<u>แผ่นยาง</u> เป็นแผ่นยางนิ่ม ๆ รูปสี่เหลี่ยมขนาด 25 x 25 x 2 ซม. ใช้วางในลำรังสีเพื่อแทนตัวคนไข้ เรียกว่า Phantom นำมาใช้ในการทดลองตอนศึกษารังสีทุติยภูมิ (Scattered radiation หรือ Secondary radiation)

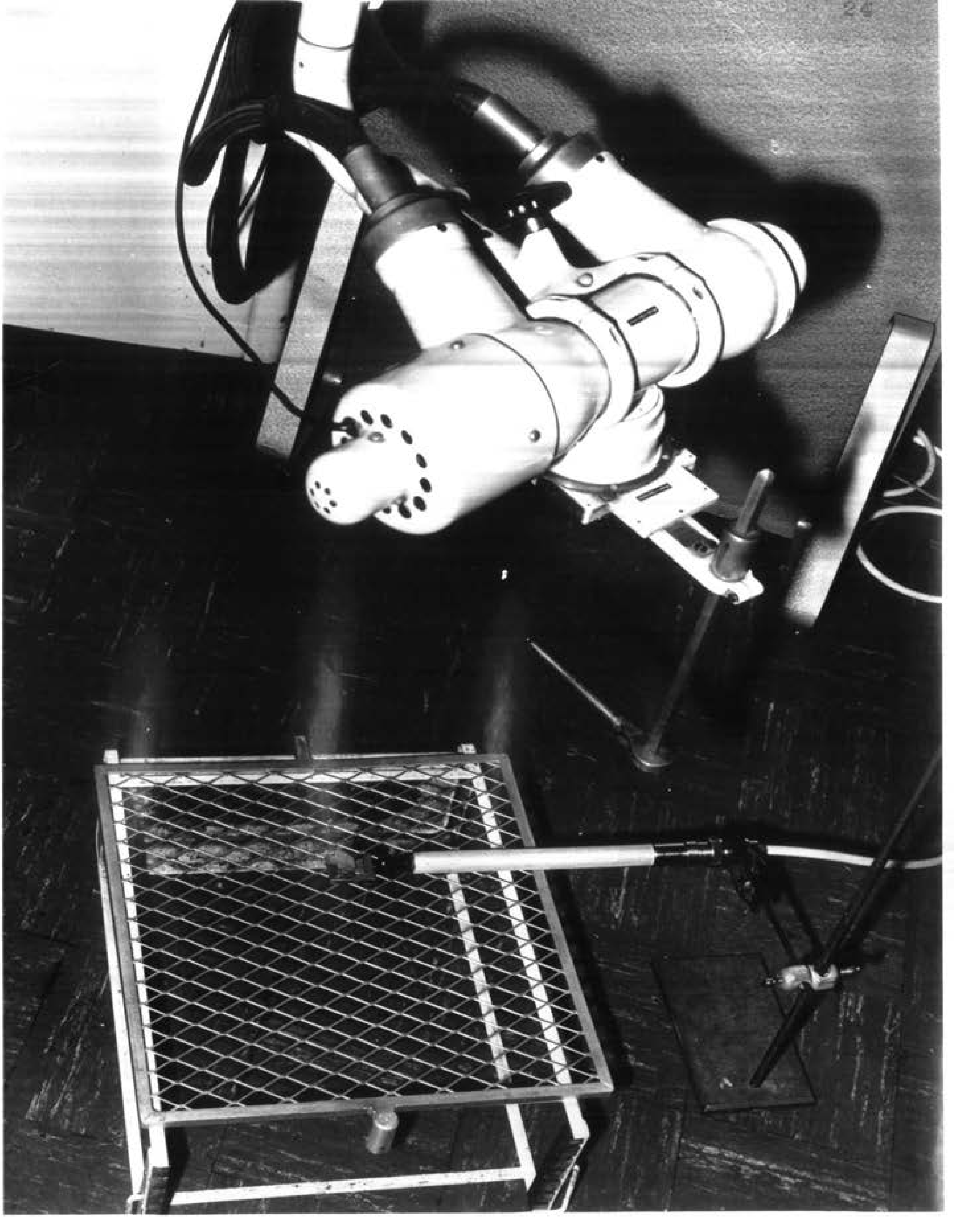
4.1 การศึกษา Energy dependence ของฟิล์มเนื่องจากรังสีเอ็กซ์

ความมุ่งหมายในการศึกษาเรื่องนี้คือ ต้องการจะสำรวจว่าฟิล์มแบดจ์ที่ใช้ในงานเอ็กซเรย์ขณะนี้ให้ค่าปริมาณรังสีถูกต้องเพียงใด เนื่องจากรังสีเอ็กซ์ให้ความดำแก่ฟิล์มไม่คงที่ขึ้นอยู่กับค่าพลังงานของรังสีเอง ในปัจจุบันฟิล์มแบดจ์ที่ใช้งานนี้ทำด้วย Stainless steel มีหน้าต่างเพียงหน้าต่างเดียวคือหน้าต่างอลูมิเนียม (Al-window) และเหนือบริเวณหน้าต่างอลูมิเนียมขึ้นไปมีแผ่นแคดเมียมติดอยู่กับตัวกลักเพื่อใช้ในการตรวจหาปริมาณรังสีแกมม่า ด้วยเหตุนี้การทดลองจึงแบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ

(ก) นำฟิล์มแบดจ์ในปัจจุบันมา 1 กลัก แกะหน้าต่างอลูมิเนียมออก ตัดความยาวของแผ่นอลูมิเนียมออกไปครึ่งหนึ่งแล้วปิดประเข้ากับกลักตามเดิม การทำเช่นนี้จะทำให้ได้หน้าต่าง 2 หน้าต่าง คือ Al-window และ Open-window ส่วนแผ่นแคดเมียมยังคงอยู่เหนือหน้าต่างทั้งสองตามปกติ ดังรูปที่ 7 จากรูปจะสังเกตเห็นได้ว่า หน้าต่างแต่ละชนิดอยู่ตรงกันทั้งด้านหน้าและด้านหลังของกลัก ทั้งนี้เพื่อให้รังสีทะลุฟิล์มในสภาพเดียวกัน คือ ต้องผ่านหน้าต่างชนิดนั้น ๆ เสมอไม่ว่ารังสีจะเข้ากลักฟิล์มทางด้านหน้าของกลักหรือด้านหลังของกลัก เมื่อบรรจุฟิล์มใส่กลักแล้วนำไปวางไว้ที่กึ่งกลางของลำรังสีบนตะแกรงลวดที่วางราบเหนือพื้นประมาณ 20 ซม. วางในระดับที่ขนานกับขอบของ Diaphragm โดยห่างจาก Diaphragm 1 เมตร การวางฟิล์มบนตะแกรงวางให้คู่ชิดกับหัว Ionization chamber ทั้งนี้เพื่อว่าค่าปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับนั้นเป็นค่าที่ถูกต้องที่สุด ดังรูปที่ 8 ในกรณีของ Ionization chamber นี้มีหัวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2.0 ซม. และความหนาของกลักฟิล์มมีขนาด 0.8 ซม. ฉะนั้นเมื่อวางฟิล์มคู่กับ Chamber ระดับของฟิล์มกับระดับของ Central axis ของ Chamber มีระดับใกล้เคียงกันจึงไม่จำเป็นจะต้องแก้ความคลาดเคลื่อนของระยะทางตามกฎกำลังสองผกผันของปริมาณรังสี ความคลาดเคลื่อนอย่างอื่นเป็นต้นว่าความไม่สม่ำเสมอ



รูปที่ 7 แสดงตำแหน่งของ Al-window
และ Open-window ของกลักฟิล์ม



รูปที่ 8 แสดงการทดลองในการศึกษา Energy dependence
ของฟิล์มเนื่องจากรังสีเอกซ์

C00263

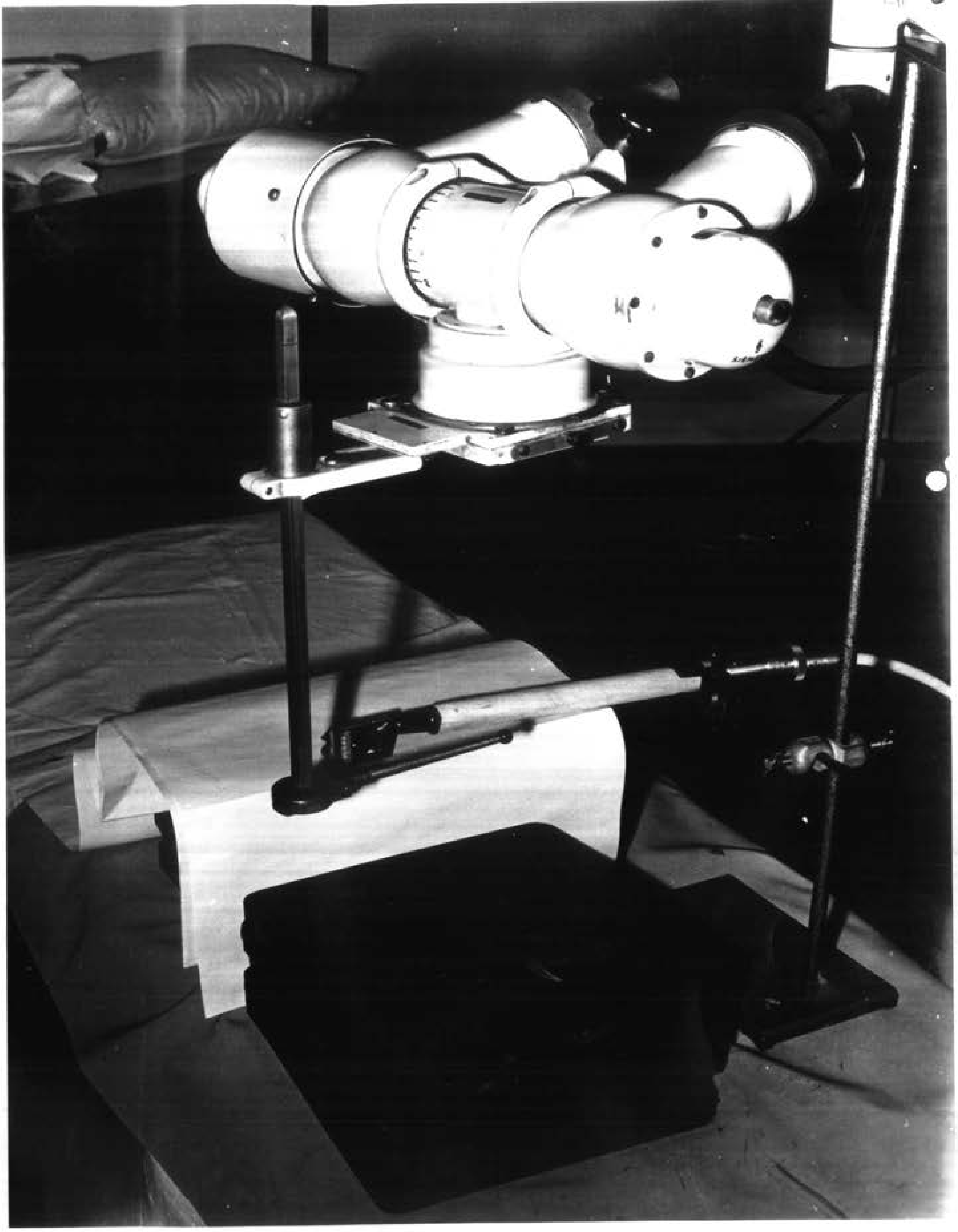
ของค่า Voltage ที่หลอดเอ็กซเรย์มีค่ามากกว่า อย่างไรก็ตามในการทดลองทุกครั้งได้พยายามบังคับให้ค่า Voltage คงที่สม่ำเสมอที่สุด ถ้าใช้ Ionization chamber ที่มีขนาดใหญ่จำจะต้องวางฟิล์มให้ได้ที่ระดับ Central axis มิฉะนั้นจะต้องใช้กฎกำลังสองของปริมาณรังสีมาคำนวณแก้ให้ได้ค่าที่ถูกต้อง สิ่งที่จะต้องปฏิบัติในการทดลองทุกครั้งคือ เครื่อง Dosemeter จะต้องเปรียบเทียบกับ Standard Radium ที่ให้รังสี 10 R/min. และต้องลองเดินเครื่องตั้งค่ากระแส mA และค่า K.V.P ให้ได้ค่า Dose rate ตามต้องการเสียก่อน ค่า Dose rate ไม่ควรจะสูงเกินไปจนกระทั่งใช้เวลาในการนำฟิล์มไปวางไว้ในลำรังสีต่ำกว่า 10 วินาที เพราะอาจจะทำให้ค่าปริมาณรังสีคลาดเคลื่อนอันเกิดจากความผิดพลาดของเวลาในเรื่องการปิดเปิดเครื่อง ในการทดลองครั้งนี้นำฟิล์มไปรับรังสีเอ็กซ์ที่เกิดจาก Exciting potential 50, 60, 75, 100 K.V.P โดยไม่ใช้ Filter กรองรังสีเลย ในแต่ละค่า K.V.P ฟิล์มจะรับรังสีเป็นปริมาณ 50, 75, 100, 150, 200 mr. จุดมุ่งหมายในการทดลองครั้งนี้เพื่อต้องการจะตรวจดู Energy dependence และ Sensitivity คือตรวจดูความดำของฟิล์มอันขึ้นอยู่กับค่าพลังงานและปริมาณรังสี และความแตกต่างระหว่างความดำของฟิล์มใต้ Open-window และ Al-window.

(ข) การทดลองขั้นนี้ทำเช่นเดียวกับข้อ ก. ต่างกันแต่เพียงใช้ 100 K.V.P เป็นค่า Exciting potential เพียงค่าเดียวและใช้ Filter หนา 2 mm of Al. ซึ่งเป็น Filter ที่มีความหนามากพอที่จะกรองความยาวคลื่นขนาดยาวของรังสีเอ็กซ์ไว้ได้หมด ลำรังสีที่ผ่าน Filter นี้มาได้มีค่าพลังงานสูง ทั้งนี้เพื่อจะศึกษาว่ารังสีเอ็กซ์ที่มีพลังงานสูงนี้สามารถจะทำให้ฟิล์มใต้แผ่นแคดเมี่ยม หนา 1 ม.ม. มีความดำมากน้อยเท่าไร ทำการทดลองโดยนำฟิล์มใส่กลักไปรับรังสีเอ็กซ์มีปริมาณ 100, 500, 1000, 1500 ถึง 2000 mr.

(ค) จัดการทดลองเช่นข้อ ก. คือใช้ค่า Exciting potential ของหลอดขนาด 50, 60, 75 K.V.P และใช้ Filter หนา 0, 1, 2, 3 mm. of Al. นำฟิล์มใส่กลักที่มีหน้าต่างอลูมิเนียมเพียงหน้าต่างเดียวอันเป็นกลักชนิดที่ใช้ในปัจจุบันเพื่อต้องการสำรวจดูความดำของฟิล์มใต้แผ่นอลูมิเนียมนี้ว่ามีความแตกต่างกันตามค่าของ K.V.P และค่าความหนาของ Filter อย่างไรบ้าง.

4.2 การศึกษาความดำของฟิล์มเนื่องจากรังสีปฐมภูมิและทุติยภูมิ

โดยทั่ว ๆ ไปแล้วฟิล์มแบตส์ที่ใช้วัดปริมาณรังสีนี้โดยมากได้รับรังสีทุติยภูมิอันเกิดจากการสะท้อนของรังสีจากวัตถุที่ขวางลำรังสีปฐมภูมิ ด้วยเหตุนี้จึงทำการสำรวจดูว่ารังสีทุติยภูมิและปฐมภูมินั้นให้ความดำแก่ฟิล์มต่างกันอย่างไรบ้าง การทำ Calibration film ควรจะนำฟิล์มไปรับรังสีปฐมภูมิหรือทุติยภูมิ การทดลองเริ่มขึ้นด้วยการนำแผ่นยาง (Phantom) ไปวางไว้ในลำรังสีเพื่อให้แผ่นยางนี้เป็นตัวสะท้อนรังสี แล้วนำฟิล์มแบตส์ที่บรรจุฟิล์มเรียบร้อยแล้วมาวางตะแคงให้หน้าต่างหันเข้าหาทิศทางการสะท้อนของรังสีโดยวางให้มีระดับเหนือตัว Phantom และวางห่างจากขอบของ Diaphragm ประมาณ 20 ซม. เพื่อป้องกันรังสีปฐมภูมิที่เกิดจากการสะท้อนจากส่วนต่าง ๆ ของหลอดเอกซเรย์เอง ใช้ Siemens Dosemeter วัดปริมาณรังสีทุติยภูมิ ณ ตำแหน่งที่จะวางฟิล์ม การวางฟิล์มวางกลักฟิล์มตั้งให้อยู่ในแนวเดียวกับ Central axis ของ Ionization chamber โดยให้หน้าต่างอยู่ใกล้กับ Chamber มากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 9 การทดลองครั้งนี้ต้องทำด้วยความละเอียดละอออย่างยิ่งเพราะปริมาณรังสีที่วัดได้มีค่าน้อยมากขนาด 0.1 R/min. ทางที่ดีแล้วควรจะวางฟิล์มแบตส์ไว้ที่ตำแหน่งที่วัดรังสีเลยทีเดียวเพื่อปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับจะได้มีค่าถูกต้องที่สุด แต่ในทางปฏิบัตินั้นทำไม่ได้เพราะการนำฟิล์มไปรับรังสีที่มีค่า Doserate ต่ำ ๆ เช่นนี้ต้องใช้เวลานาน กระแสไฟที่ไหลเข้า Filament ของหลอดมักจะไม่สม่ำเสมอต้องคอยปรับเครื่อง



รูปที่ ๙ แสดงแบบทดลองในการศึกษา[illegible]ของ[illegible]
เมื่อ [illegible]ครั้งที่[illegible]ในสุนัข[illegible]

และวัดปริมาณรังสีที่สะท้อนนั้นอยู่ตลอดเวลา การทดลองครั้งนี้ใช้ค่า Exciting potential 50, 60, และ 100 K.V.P. ใช้ Filter หนา 1 mm. of Al. เพื่อให้พลังงานของรังสีมีค่าสูงและปริมาณรังสีที่ผ่าน Filter มาแล้วมีค่ามากพอสมควรพอที่จะทำให้ปริมาณรังสีที่สะท้อนมีค่ามากพอที่จะวัดได้ ปริมาณรังสีที่ให้แก่ฟิล์มมีค่า 50, 75, 100, 150, 200 mr. เสร็จแล้วทำการทดลองตามวิธีของข้อ 4.1 ตอน ก. คือ นำฟิล์มไปรับรังสีปฐมภูมิที่ผ่าน Filter หนา 1 mm. of Al. ที่ K.V.P. และปริมาณรังสีค่าเดียวกันกับรังสีทุติยภูมิ ทั้งนี้เพื่อเป็นการเปรียบเทียบ.

4.3 ศึกษาความดำของฟิล์มใต้ Al, Cu, Pb และ Open-window.

ในกรณีนี้จัดการทดลองโดยสร้างกลักฟิล์มขึ้นใหม่โดยใช้โลหะชนิดเดียวกันปะลงบนแผ่นกระดาษแข็งที่มีขนาดเท่ากับฟิล์ม เป็นต้นว่า กลักของโลหะทองแดงปะด้วยทองแดงหนา 0.16, 0.23, 0.40, 0.66, 0.825 มิลลิเมตรตามลำดับ รวมเป็น 5 หน้าต่าง หน้าต่างที่ 6 เป็น Open-window การปะหน้าต่างนี้ปะให้ความหนาของหน้าต่างมีค่าตรงกันทั้งด้านหน้าและด้านหลังเพื่อให้รังสีเข้าฟิล์มได้ทั้งสองทาง โดยที่รังสีจะต้องผ่านหน้าต่างที่มีความหนาค่าหนึ่งลงที่เสียก่อน. ในการทดลองขั้นนี้นอกจากจะสร้างกลักทองแดงแล้วยังสร้างกลักตะกั่ว กลักอินเดียม กลักอลูมิเนียม โดยหน้าต่างมีความหนาต่าง ๆ กันเช่นเดียวกับกลักของทองแดงอีกด้วย นำฟิล์มใส่กลักนี้ไปรับรังสีที่มีพลังงานสูงสุด คือที่ 100 K.V.P. 2 mm. of Al. เป็น Filter ปริมาณใดปริมาณหนึ่ง เช่น 150 mr. นำฟิล์มไปล้าง ปรากฏว่าปริมาณรังสีที่พลังงานสูงสุดนี้ถูกอินเดียมดูดกลืนไปจนเกือบหมดทำให้ฟิล์มไม่ดำ จึงจัดการสร้างฟิล์มใหม่เลือกความหนาของหน้าต่างที่ให้ความดำพอสมควร โดยเลือกหน้าต่างอลูมิเนียม หนา 0.9 ม.ม. หน้าต่างทองแดงหนา 0.36 ม.ม. หน้าต่างตะกั่วหนา 0.092 ม.ม. และมี Open-window อีกหนึ่งหน้าต่างรวมเป็นสี่หน้าต่างอยู่ในกลักเดียวกัน นำฟิล์มใส่กลักนี้ไปรับรังสีปริมาณ 150 mr.

โดยใช้ค่า Dose rate = 0.3 R/min รับรังสีนาน 30 วินาที เพื่อให้ค่าปริมาณรังสีผิดน้อยที่สุด ระยะจากฟิล์มถึงหลอดเอ็กซเรย์ประมาณ 1 เมตร. ฟิล์มที่รับรังสีนี้รับรังสีที่มีพลังงาน 50, 60, 75, 100 K.V.P. โดยใช้ Filter ตั้งแต่ 0, 0.5, 1, 2 mm. of Al. ในแต่ละค่าของ K.V.P. เมื่อล้างฟิล์มแล้วอ่านค่าความดำของฟิล์มในหน้าต่างชนิดต่าง ๆ ด้วย Densitometer นำค่า Density ใต้หน้าต่างเหล่านี้มาหาเรโชระหว่าง Density ของ Open-window และ Density ของฟิล์มใต้หน้าต่างโลหะ นำค่าเรโชนี้ไปหาความสัมพันธ์กับค่า H.V.L. และค่า $\overline{V}$ โดยการเขียนกราฟบนกระดาษกราฟธรรมดา จุดประสงค์ในการทดลองตอนนี้ก็เพื่อหาเรโชหรือแฟคเตอร์จากกราฟมาใช้บอกค่า H.V.L หรือค่า K.V.P. ของรังสี ซึ่งถ้าสามารถรู้ค่า H.V.L. หรือ K.V.P. แล้วก็จะสามารถเลือกทำ Calibration film ด้วยชนิดของรังสีที่มีพลังงานตรงกันอันจะช่วยให้ปริมาณรังสีที่อ่านจาก Monitoring film ถูกต้องมากที่สุด นอกจากนี้อาจจะหา Correction factor มาแก้ค่าปริมาณรังสีที่อ่านจาก Monitoring film โดยอาศัย Calibration curve อันหนึ่งได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงความแตกต่างกันของพลังงานรังสีเลย.

4.4 การศึกษาหาวิธีขยายขอบเขตของค่าปริมาณรังสีที่อ่านจากฟิล์ม

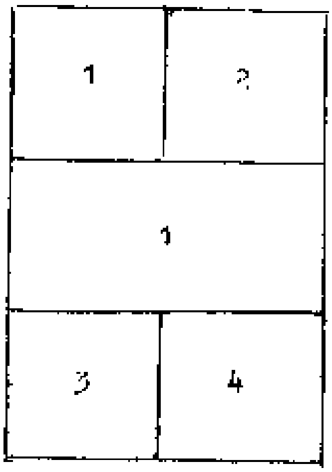
การอ่านความดำของฟิล์มโดยใช้ Densitometer นี้ปรากฏว่าปริมาณรังสีเพียง 1000 mr. ก็ทำให้ความดำใต้ Open-window ค่าสนิทอ่านไม่ได้เสียแล้ว หรือถ้าอ่านความดำใต้ Al.-window ก็อาจจะอ่านได้เพียง 2000 mr. เป็นอย่างสูง การขยายขอบเขตของการอ่านค่าปริมาณรังสีอาจทำได้หลายวิธี เช่น การใช้น้ำยา Farmer Reducing Solution ลอกฟิล์มทางด้านที่มีความไวต่อแสงออกเสีย (ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตฟิล์ม) ให้เหลือแต่ความดำของฟิล์มอันเนื่องจากอิมัลชั่นที่มีความไวต่อแสงน้อยกว่า คือเลือกฟิล์มที่ล้างแล้วแผ่นที่ดำมาก ๆ อ่านด้วย Densitometer ไม่ได้มาลอกจะได้ฟิล์มที่มีความดำน้อยลง

อ่านค่า Density ได้ แต่ผลปรากฏว่า ความดำของฟิล์มแต่ละแผ่นที่ลอกแล้วมีค่าไม่เท่ากันทั้ง ๆ ที่ปริมาณรังสีมีค่าเท่ากันและเป็นรังสีชนิดเดียวกัน. ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่มีผู้นิยม.

ในการทดลองเรื่องนี้ได้พยายามที่จะขยายขอบเขตการอ่านค่าปริมาณรังสีโดยอาศัยความดำของฟิล์มใต้หน้าต่างที่ทำด้วยโลหะหนาต่าง ๆ กัน เช่น ที่ค่าปริมาณรังสีค่าหนึ่งความดำของ Open-window อาจจะดำสนิทอ่านค่า Density ไม่ได้ แต่ที่ใต้หน้าต่างของแผ่นทองแดงหรือแผ่นตะกั่วความดำของฟิล์มมีค่าน้อยลงพอที่จะอ่านค่า Density ได้. ด้วยเหตุนี้จึงได้สร้างกลักฟิล์มขึ้นใหม่ 1 กลักเช่นเดียวกับหัวข้อที่ 4.3 แต่เปลี่ยนความหนาและชนิดของหน้าต่างดังแผนผังรูปที่ 10. จัดการทดลองดังเช่นข้อ 4.1 โดยใช้ Exciting potential 50 K.V.P. ไม่มี Filter และใช้ Exciting potential 100 K.V.P ไม่มี Filter กับมี 2 mm. of Al. เป็น Filter ในการทดลองครั้งนี้นำฟิล์มใส่กลักที่สร้างขึ้นไปรับรังสีที่มีปริมาณสูงตั้งแต่ 500, 1500, 2500, 3500 ถึง 4500 mr. เมื่ออ่านค่าความดำของฟิล์มของฟิล์มใต้หน้าต่างต่าง ๆ แล้วจะหาเรโชของความดำของฟิล์มใต้หน้าต่างเหล่านั้นโดยที่เรโชนี้จะบอกค่าปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับได้อย่างถูกต้อง.

4.5 การศึกษา Image Fading Characteristic ของฟิล์ม

Fading characteristic หรือการจางของภาพในแผ่นฟิล์มนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของอีมัลชั่น อุณหภูมิและความชื้นของบรรยากาศ ถ้าอุณหภูมิของอากาศสูงมีความชื้นมากภาพก็จะจางลงตามกาลเวลาที่ผ่านไป ตามปกติแล้วควรจะเก็บฟิล์มไว้ในที่เย็นประมาณ 5-15 °C และค่าความชื้นสัมพัทธ์ไม่ควรเกิน 40 % แต่ประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ในเขตร้อนอากาศมีความชื้นสูง ค่าความดำของฟิล์มเนื่องจากรังสีอาจจะเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลานานของฟิล์มแผ่นนั้น



รูปที่ 10. แสดงแผนผังของกลักฟิล์มที่ใช้ทดลองในการขยายขอบเขตการอ่านค่าปริมาณรังสีจากฟิล์ม

หมายเลข 1 Open-window

" 2 Pb-window
หนา 0.092 ม.ม.

" 3 Cu-window
หนา 0.360 ม.ม.

" 4 Cu-window
หนา 0.720 ม.ม.

นับแต่วันที่ฟิล์มได้รับรังสี การเปลี่ยนแปลงความดำของฟิล์มนี้เองทำให้ค่าปริมาณรังสีที่อ่านจากฟิล์มไม่ถูกต้องยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงจัดการทดลองโดยนำฟิล์มจำนวน 2 ใบไปรับรังสีชนิดปฐมภูมิที่ 50 K.V.P. ในปริมาณ 100 mr. และ 200 mr. เก็บฟิล์มแผ่นนี้ไว้ในห้องที่ไม่ได้ปรับอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 56-60 % เป็นระยะเวลานาน 3 เดือน 2 เดือน 1 เดือน และนำฟิล์มเหล่านี้มาล้างพร้อมกับฟิล์มอีก 2 ใบสุดท้ายที่เพิ่งรับรังสี เพื่อศึกษาความดำของฟิล์มว่าจะมีการจางหายของภาพเกิดขึ้นหรือไม่