บทที่ 4

การดำเนินการวิจัยและผลการทดลอง

การดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาการวัดระดับน้ำในถังสำรองน้ำ ด้วยเทคนิคนิวเคลียร์ เป็นแนวทางในการออกแบบสร้างเครื่องวัดและควบคุมระดับของเหลวด้วยเทคนิคนิวเคลียร์ ในรายงานผลการทดลองนี้ การวัดระดับน้ำอาศัยหลักการส่งผ่านรังสี แบบต้นกำเนิดรังสี และ หัววัดรังสีเดี่ยว โดยเลือกใช้ต้นกำเนิดรังสีแกมมา ไอโซโทป ซีเซียม-137 ความแรง 1.85×10^9 เบคเคอเรล เปรียบเทียบประสิทธิภาพ ในการวัดของหัววัดแบบเรืองรังสี และ หัววัดไกเกอร์ ศึกษา การปรับแก้ผลการวัด ให้สอดคล้องความเป็นจริง ในการลดลงของปริมาณนับรังสี กับการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำ ด้วยการใช้เทคนิคการวัดเฉพาะพลังงาน และ การบังคับลำรังสี แอกจากนี้ได้ศึกษาผลกระทบของ การกระเพื่อมของระดับน้ำ กับการอ่านค่าคลาดเคลื่อนตลอดจนประยุกต์ระบบวัดนี้ กับวัสดุอื่น เช่น ขี้เลื่อย และ น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร

4.1 การจัดเตรียมอุปกรณ์ทดลอง

4.1.1 รายการอุปกรณ์ทดลอง

4.1.1.1 หัววัดรังสีไกเกอร์ แบบหน้าต่างหน้า ขนาด 1 นิ้ว รุ่น 723 ของ LND

4.1.1.2 หัววัดเรืองรังสี ชนิดผลึกโซเดียมไอโอไดด์ ขนาด 2" X 2 " รุ่น 905-3 ของ ORTEC

4.1.1.3 ชุดอุปกรณ์วัดรังสี ตามมาตรฐาน NIM ได้แก่

- โครงใส่โมดุลพร้อมแหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าต่ำ รุ่น 1000 ของ OAEP
- แหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าสูง 3 kV , 10 mA รุ่น 456 ของ ORTEC

- ฐานหลอดทวีคูณอิเล็กตรอนพร้อมอุปกรณ์ขยายสัญญาณส่วนหน้า รุ่น 276 ของ ORTEC
- อุปกรณ์ขยายสัญญาณหลัก และ วิเคราะห์พลังงานรังสี แบบช่องเดี่ยว รุ่น 490 A ของ ORTEC
- อุปกรณ์นับรังสีเชิงเลข รุ่น 1771 ของ CANBERRA
- อุปกรณ์ควบคุมเวลานับ รุ่น 719 ของ ORTEC
- อุปกรณ์เรทมิเตอร์ รุ่น 541 ของ ORTEC

4.1.1.4 ต้นกำเนิดรังสีไอโซโทปซีเซียม - 137 ความแรง 1.85×10^9 เบคเคอเรล ของ Amersham

4.1.1.5 เครื่องกำบังรังสีขนาด ø 15 ซม. สูง 15 ซม. ตาม รายละเอียดใน รูป A6 ภาคผนวก

4.1.1.6 ถังจำลองระบบวัดใช้ถังโพลีเอธิลีนทรงกระบอก ขนาดจุ 280 ลิตร ø 57 ซม. สูง 110 ซม.

4.1.1.7 เครื่องสูบน้ำขนาด 1/4 แรงม้า อัตราการไหลของน้ำ 50 ลิตรต่อนาที

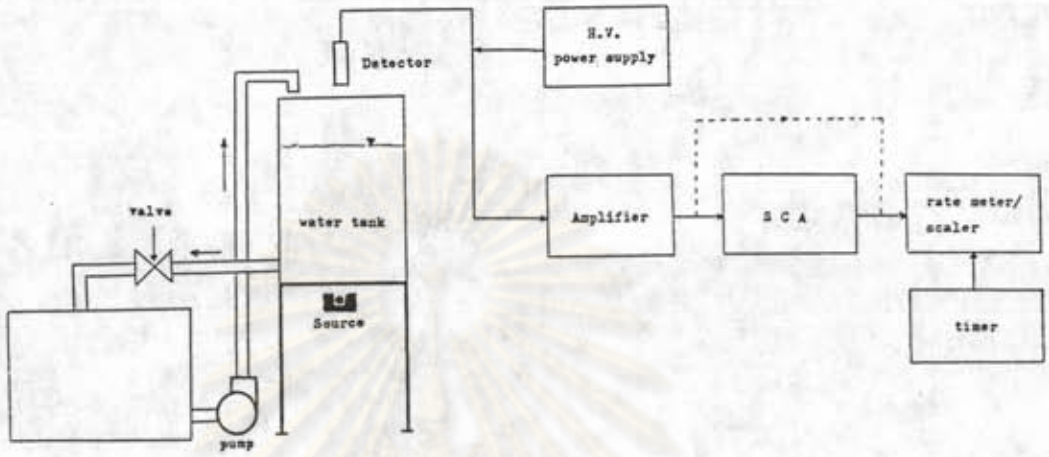
4.1.1.8 อุปกรณ์บังคับลำรังสีขนาดช่อง 0.3 ซม. และ 0.6 ซม. ดังรายละเอียดในภาคผนวก

4.1.1.9 วัสดุที่ใช้ทดลองได้แก่ น้ำ น้ำมันเครื่อง และขี้เลื่อย

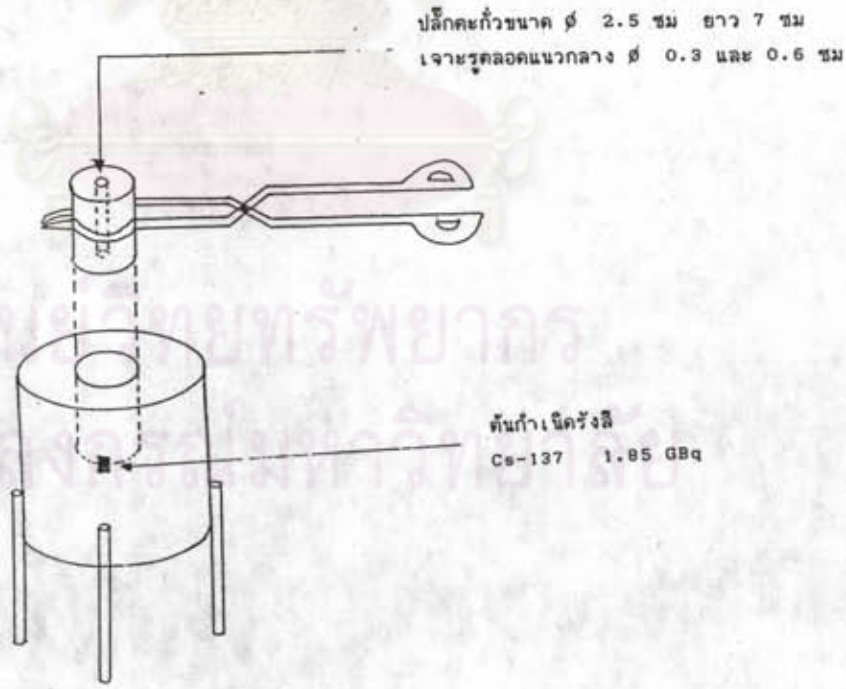
4.1.2 <u>การจัดอุปกรณ์ทดลอง</u>

การจัดอุปกรณ์วัดเพื่อศึกษาข้อมูลการวัด ระดับน้ำ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ระบบวัดส่วนหน้า และ อุปกรณ์นับรังสีเพื่ออ่านค่าปริมาณนับที่สัมพันธ์กับระดับน้ำในถังพัก ระบบวัดส่วนหน้าของการวัด ระดับ ประกอบด้วยต้นกำเนิดรังสี ซึ่งบรรจุอยู่ในเครื่องกำบังรังสี ซึ่งสามารถ เปลี่ยนช่องบังคับลำรังสีได้จากขนาด 2.5 , 0.6 และ 0.3 ซม, หัววัดรังสีจัดวางในแนวดิ่งของลำรังสี แสดงในรูป 4.1 ปริมาณความเข้มรังสีแปรเปลี่ยนสัมพันธ์กับระดับน้ำเมื่อตกกระทบหัววัดรังสีจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งผ่านอุปกรณ์นับรังสี ซึ่งมีแผนภาพการจัด

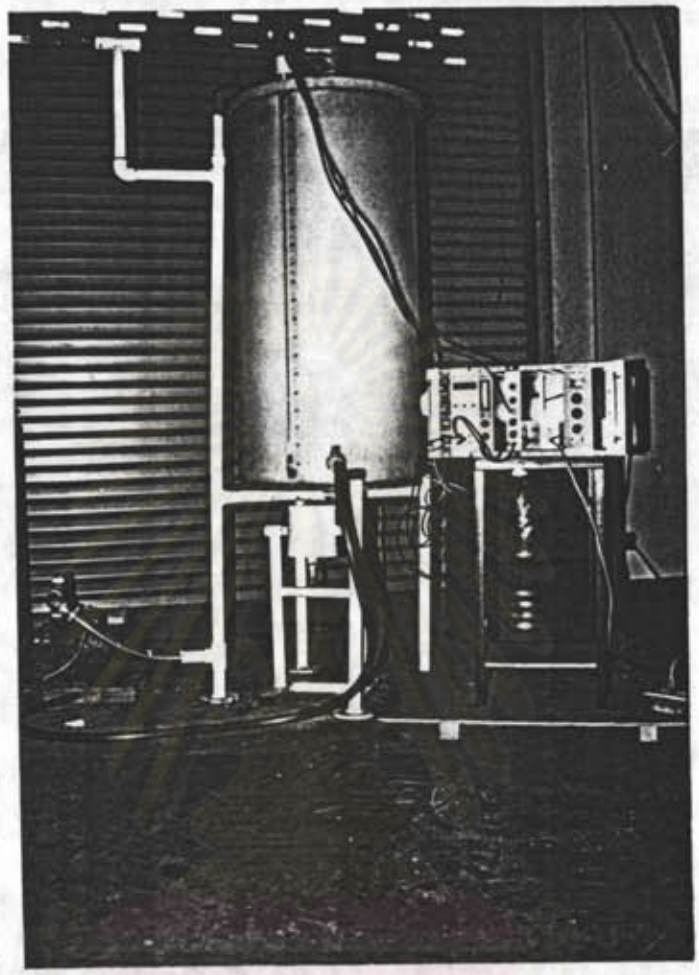
ระบบวัดในรูป 4.1 และ รูป 4.2 แสดงการเปลี่ยน อุปกรณ์บังคับลำรังสี เพื่อศึกษาผลการวัดปริมาณรังสีสัมพันธ์กับระดับน้ำเปรียบเทียบกับผลจากการคำนวณ



รูป 4.1 แผนภาพการจัดระบบวัดจำลอง



รูป 4.2 การเปลี่ยนขนาดลำรังสี



รูป 4.3 การติดตั้งของระบบจำลองวัดระดับน้ำ

4.2 ขั้นตอนการทดลอง

4.2.1 เมื่อจัดระบบวัดในแต่ละครั้งของการใช้หัววัดไกเกอร์ หรือหัววัดเรืองรังสี จะต้องปรับแนวหัววัดรังสีให้ตรงกับลำรังสีโดยสังเกตปริมาณนับสูงสุดจากเรทมิเตอร์

4.2.2 ขณะที่ถังพักว่างยังไม่บรรจุน้ำบันทึกค่าความแรงรังสี I_o เพื่อใช้เป็นข้อมูลคำนวณเปรียบเทียบ

4.2.3 แปรเปลี่ยนระดับน้ำครั้งละ 5 ซม. บันทึกปริมาณนับรังสีในแต่ละระดับจำนวน 5 ครั้ง เพื่อเฉลี่ยปริมาณนับรังสี

4.2.4 การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์วัดเพื่อศึกษาผลตอบสนอง และ ความไว ในการวัด ได้แก่

4.2.4.1 เปรียบเทียบผล การวัดปริมาณความเข้มรังสีด้วยหัววัดไกเกอร์ และ หัววัดเรืองรังสี

4.2.4.2 เปรียบเทียบผลการวัดปริมาณความเข้มตามปกติและการลด ผลของปริมาณรังสีกระเจิง เพื่อให้ผลการวัดเป็นไปตามทฤษฎี

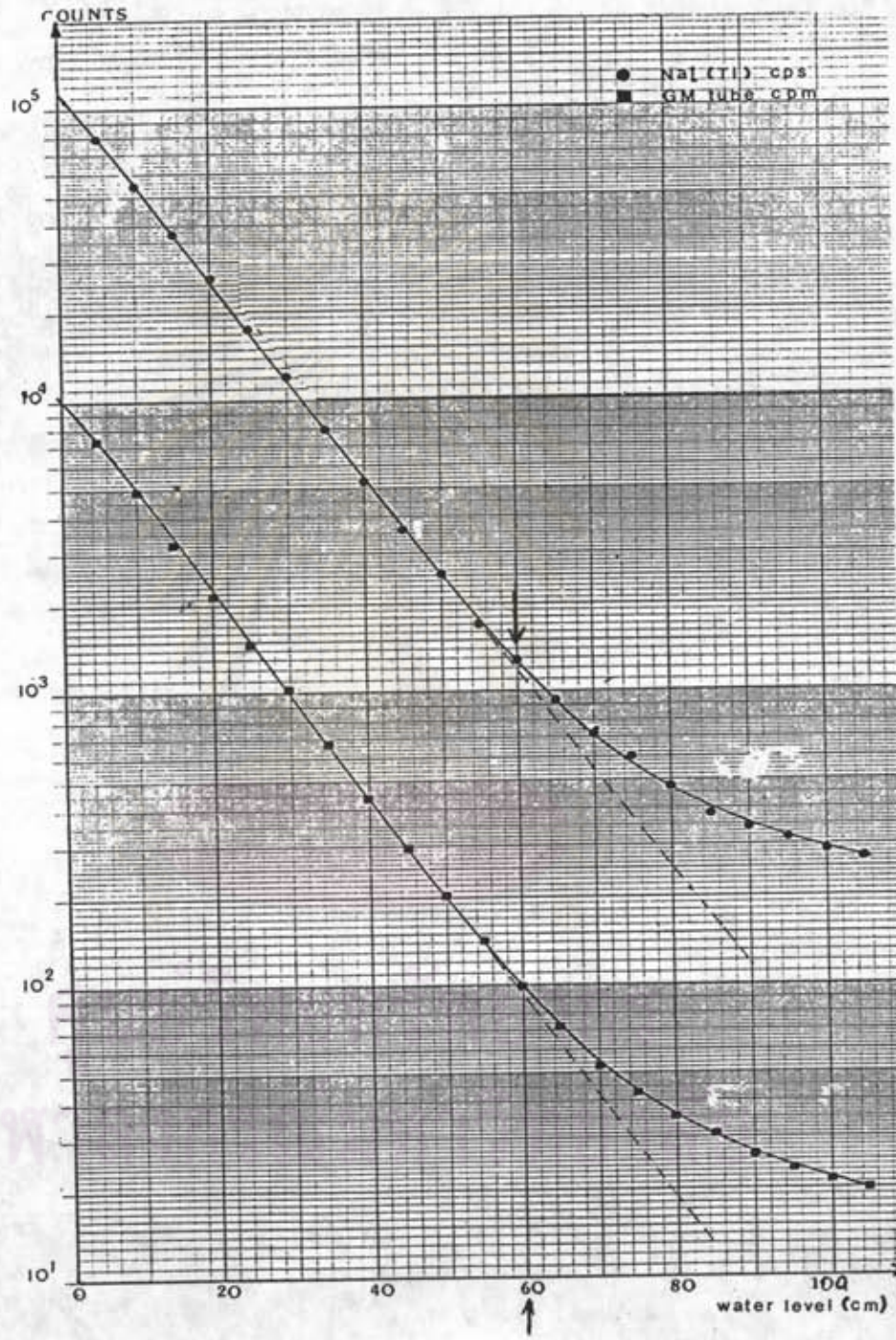
4.2.4.3 ศึกษาความไวของระบบวัด เมื่อใช้หัววัดไกเกอร์ และ หัววัดเรืองรังสี

4.2.4.4 ทดสอบการวัดระดับในสภาวะที่น้ำกระเพื่อม เพื่อหาความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่า

4.2.4.5 ศึกษาการวัดระดับวัสดุอื่น ได้แก่ ขี้เลื่อย และน้ำมันหล่อลื่น โดยใช้หลักการส่งผ่านรังสี เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ในการวัดระดับวัสดุชนิดอื่น

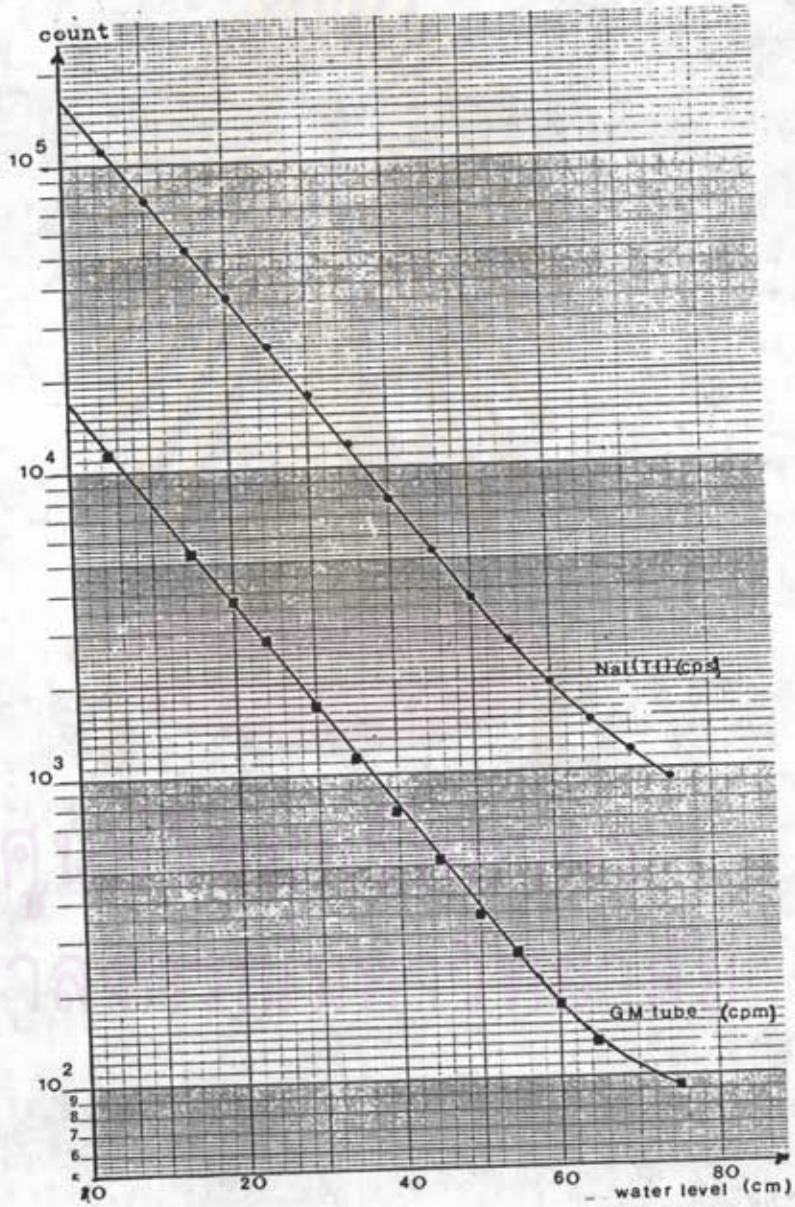
4.3 <u>ผลการเปรียบเทียบขีดความสามารถในการวัดของหัววัดรังสี</u>

การทดลองขั้นต้นเพื่อศึกษาความไว และ การตอบสนองการวัดระหว่างหัววัดรังสีไกเกอร์ขนาดหน้าต่าง 1 นิ้ว และ หัววัดเรืองรังสี ขนาด 2"X 2" โดยแปรเปลี่ยนระดับน้ำช่วง 5 - 105 ซม. โดยใช้ช่องบังคับ ลำรังสีขนาด 0.6 ซม. พบว่าความสัมพันธ์ของระดับ และ ปริมาณนับรังสีมีการลดลงแบบเอกซโปเนนเชียล เมื่อนำข้อมูลแสดงในกราฟแบบกึ่งล็อก (semilog) เส้นกราฟมีลักษณะเป็นเชิงเส้นจำกัดในช่วง 0 - 60 ซม. และ ความไวของหัววัดเรืองรังสีจะสูงกว่าหัววัดไกเกอร์ จึงเหมาะกับการใช้งานที่มีลักษณะการวัดต่อเนื่อง ที่ต้องการความไวสูง ผลการวัดแสดงในรูป 4.4 และ ตาราง A3 ในภาคผนวก



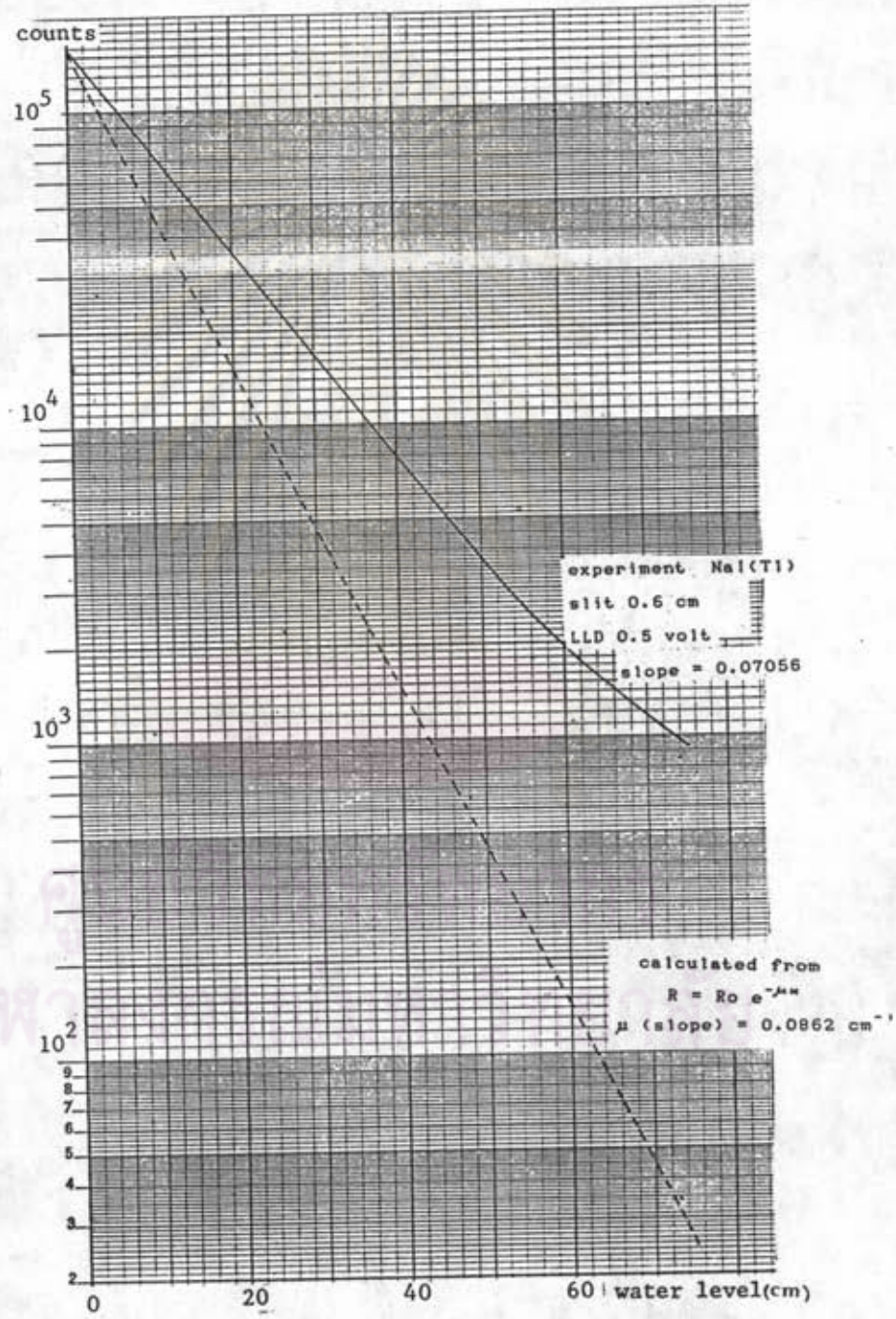
รูป 4.4 เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของระดับน้ำและปริมาณนับรังสีจากการวัดด้วยหัววัดไกเกอร์และหัววัดเรืองรังสีที่ระยะห่างหัววัดถึงต้นกำเนิดรังสี 110 ซม

จากการทดลองขั้นต้นสามารถเพิ่มความไวของระบบวัดได้ด้วยการลดระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสี และ หัววัดรังสีให้น้อยลง เนื่องจากช่วงการวัดที่ให้ผลเชิงเส้น อยู่ในช่วง 60 ซม. เมื่อลดระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสี และ หัววัดรังสีลงเป็น 75 ซม. ปริมาณนับที่ระดับต่าง ๆ จะสูงขึ้น ดังแสดงในรูป 4.5 และ ตาราง A4 และ A5 ในภาคผนวก



รูป 4.5 เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของระดับน้ำและปริมาณนับรังสีจากการวัดด้วยหัววัดไกเกอร์และหัววัดเรืองรังสีที่ระยะห่างหัววัดถึงต้นกำเนิดรังสี 75 ซม

เมื่อนำข้อมูลการวัดของหัววัด NaI(Tl) เปรียบเทียบกับผลของการคำนวณ ตามสมการ $I_x = I_o e^{-\mu x}$ โดย μ ของน้ำที่ระดับพลังงาน 662 กิโลอิเลคตรอนโวลท์ มีค่าเท่ากับ 0.0862 cm^{-1} จะเห็นว่าเส้นกราฟแสดงความแตกต่างจากผลการรบกวนของรังสีกระเจิง ซึ่งเรียกว่า บิลด์อัพแฟคเตอร์

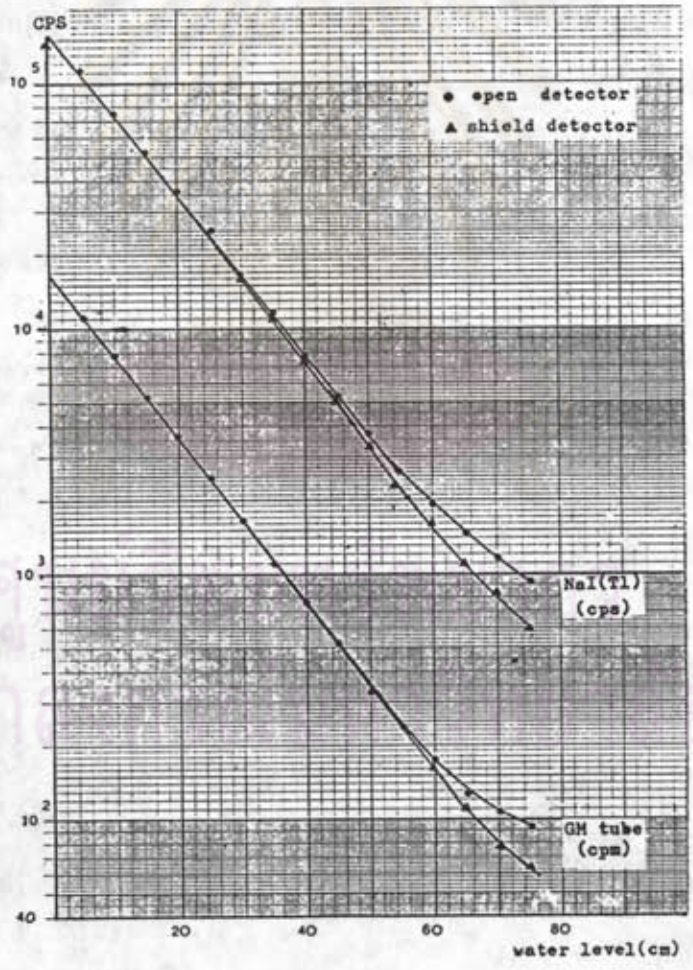


รูป 4.6 เส้นกราฟเปรียบเทียบระหว่างผลการวัดและการคำนวณ

4.4 <u>การลดปริมาณรังสีกระเจิง</u>

จากที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 การลดปริมาณรังสีกระเจิงเพื่อปรับปรุงความสัมพันธ์ของการวัดระดับ และ ปริมาณความเข้มรังสี สามารถทำได้ 2 วิธี คือการบังคับลำรังสี และ การวัดปริมาณรังสีเฉพาะพลังงาน

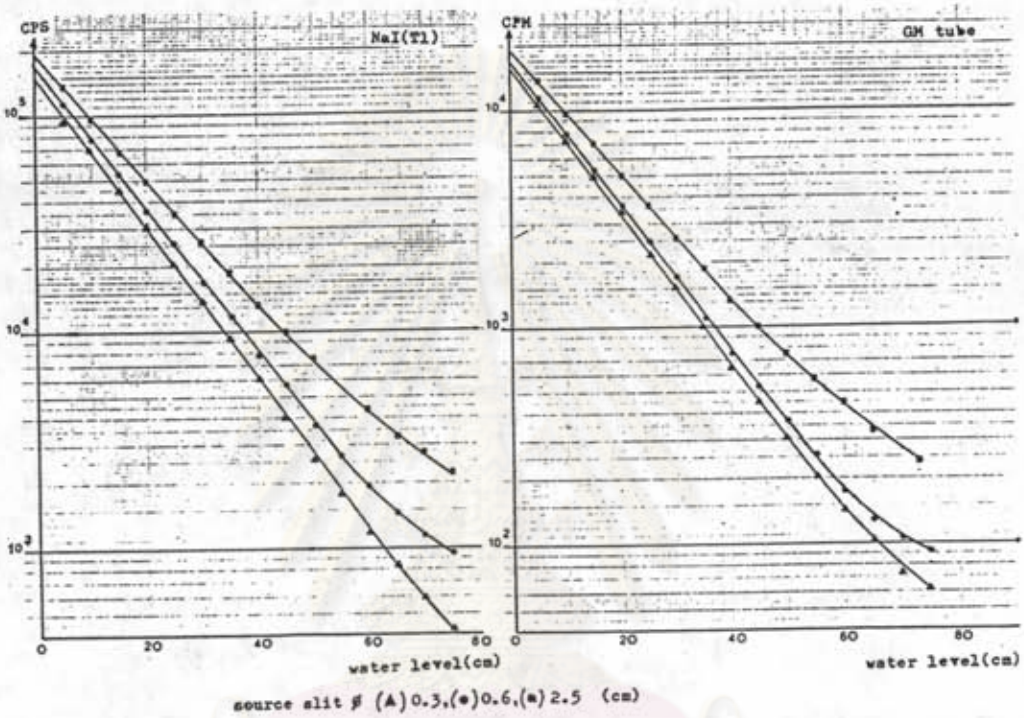
4.4.1 <u>การบังคับลำรังสี</u> เป็นการจำกัดขนาดของลำรังสีจาก ต้นกำเนิด และ การบังคับหัววัดรังสี ให้วัดเฉพาะลำรังสีซึ่งจะต้องห่อหุ้มหัววัดรังสีด้วยวัสดุกำบังรังสี เพื่อลดปริมาณรังสีกระเจิงที่หลงเหลือ จากการทดลองวัดปริมาณรังสีสัมพันธ์กับระดับน้ำที่ ขนาดช่องบังคับลำรังสี 0.6 ซม. ซึ่งใช้ในการทดลองขั้นต้นเมื่อห่อหุ้มหัววัดรังสีจะทำให้ความสัมพันธ์ของปริมาณนับรังสี และระดับน้ำมีความ เป็นเชิงเส้นดีขึ้นเล็กน้อย ดังเส้นกราฟ แสดงในรูป 4.7



รูป 4.7 เส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ และ ปริมาณนับรังสีของหัววัดไกเกอร์และหัววัดเรืองรังสี เปรียบเทียบในสภาวะ เปิดหัววัดรังสี และห่อหุ้มหัววัดรังสีด้วยวัสดุกำบังรังสี

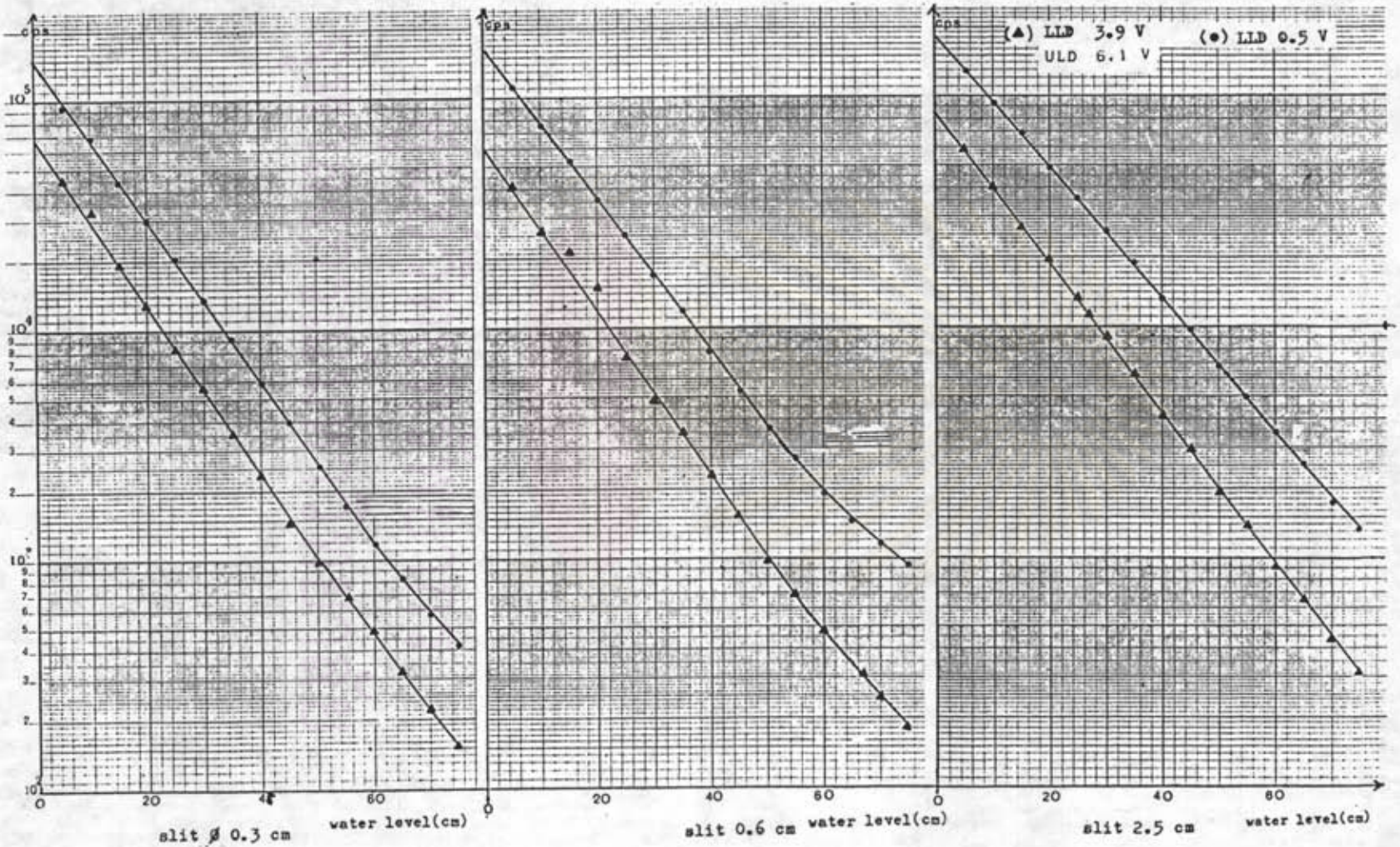
I10298034

เมื่อทดลองแปรเปลี่ยนขนาดช่องบังคับ จากขนาด 0.3, 0.6 และ 2.5 ซม. ผลปรากฏว่าขนาดของลำรังสีเล็กจะให้ผลการวัดปริมาณรังสี ใกล้เคียงกับผลการคำนวณ โดยพิจารณาจากจากความชันของเส้นกราฟ แต่ความไวจะลดลง ดังแสดงในเส้นกราฟเปรียบเทียบรูป 4.8 ก และ ข



รูป 4.8 ผลการวัดระดับเมื่อแปรเปลี่ยนขนาดช่องบังคับลำรังสี

4.4.2 <u>การวัดปริมาณรังสีเฉพาะพลังงาน</u> การใช้อุปกรณ์วิเคราะห์พลังงานแบบช่องเดี่ยว วัดเฉพาะพลังงานของรังสีปฐมภูมิโดยเลี่ยงวัดปริมาณรังสีกระเจิง ทำได้โดยการปรับเทียบระดับพลังงานของอุปกรณ์วิเคราะห์ และ เปิดหน้าต่างสำหรับวัดเฉพาะพีคของพลังงานรังสีปฐมภูมิ การวัดปริมาณรังสีเฉพาะพลังงานนี้แปรเปลี่ยนตามผลของสัมประสิทธิ์การลดพลังงานของน้ำที่ระดับต่าง ๆ จะให้ผลการวัดดีขึ้น ดังแสดงเส้นกราฟสัมพันธ์ เปรียบเทียบที่ขนาดช่องบังคับลำรังสีขนาดต่าง ๆ ในรูป 4.9

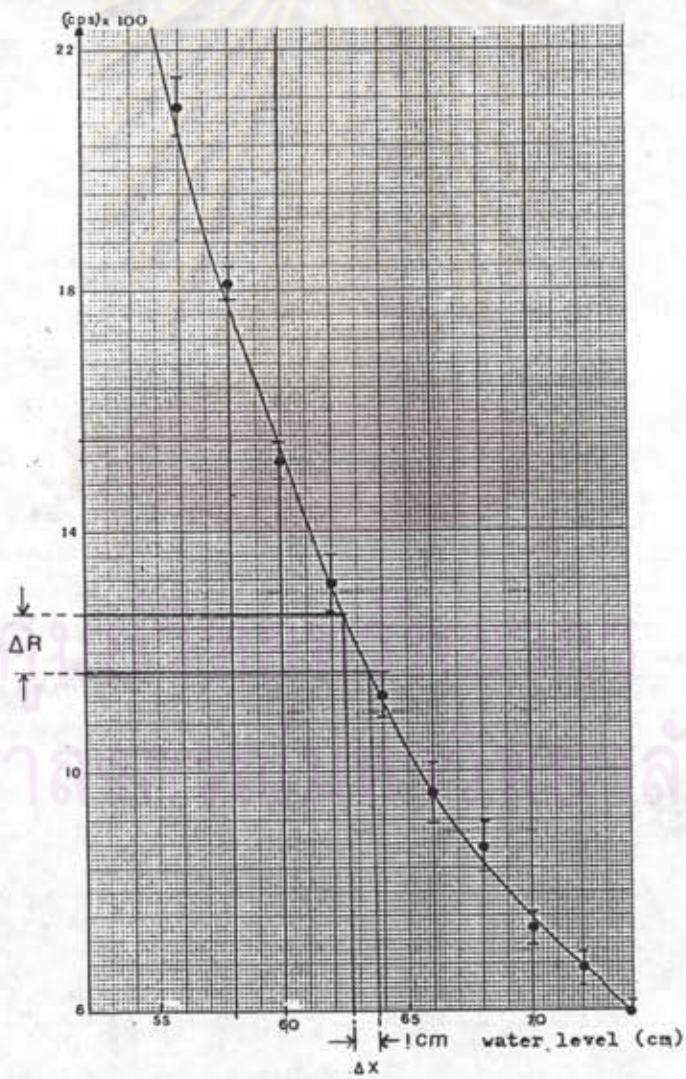


รูป 4.9 ผลการลดปริมาณรังสีกระเจิงโดยใช้ SCA

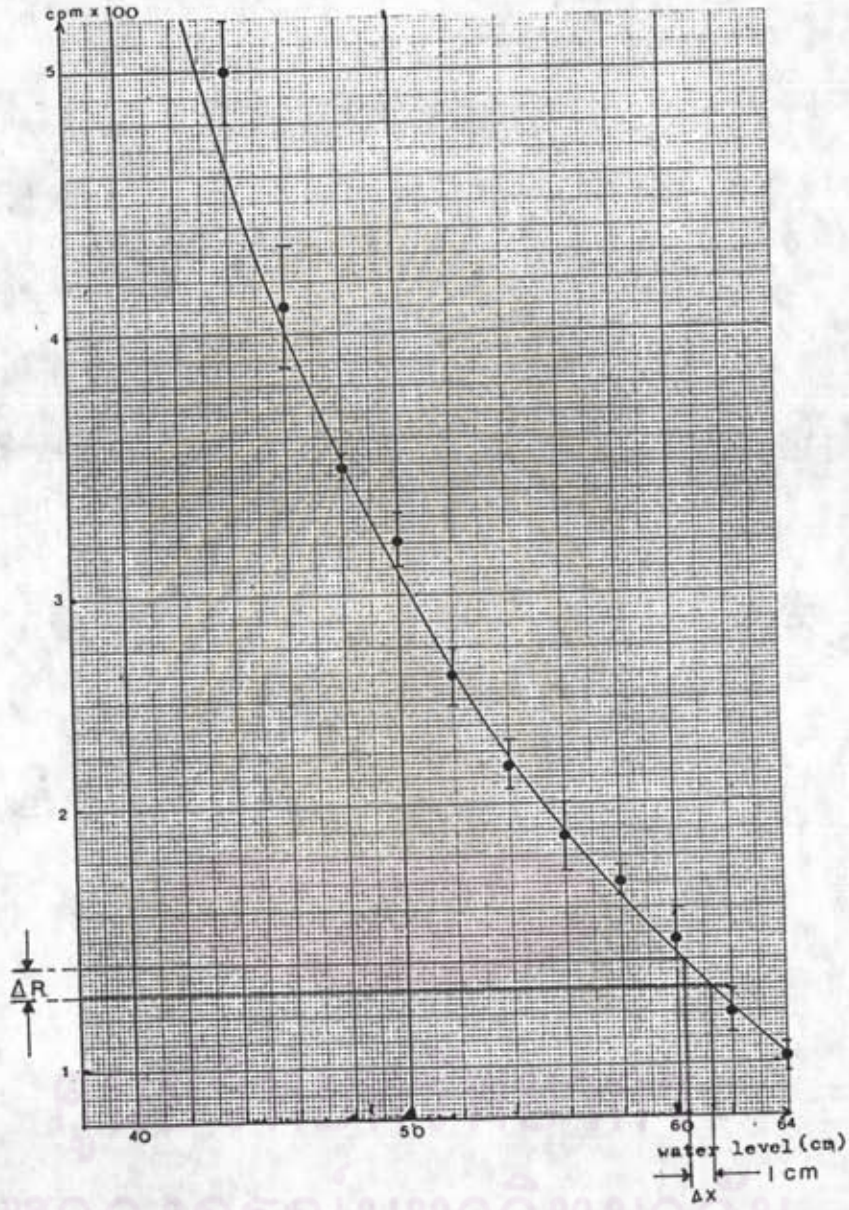
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 ขีดความสามารถในการอ่านค่าระดับ

ผลกระทบของความไวของระบบวัด เกิดจากความแปรปรวนของค่าวัดที่ปริมาณนับต่าง ๆ เมื่อเปลี่ยนระดับ ซึ่งหมายถึงความสามารถในการแยกระดับน้ำที่แตกต่างกันของระบบ การทดลองเพื่อหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทำโดยการแปรเปลี่ยนระดับน้ำช่วงละ 2 ซม. และ วัดค่าปริมาณนับที่แปรปรวนตามสถิติการวัดรังสี ของหัววัดไกเกอร์ และ หัววัดเรืองรังสีโดยสภาพของลำรังสีขนาด 0.6 ซม. ผลการทดลองพบว่าที่ระดับ 5 - 60 ซม. ผลการอ่านปริมาณนับรังสีสามารถแยกระดับได้ดีกว่า 1 ซม. แต่เมื่อระดับน้ำสูงกว่า 60 ซม. ความสามารถในการอ่านค่าจะน้อยลงทั้งหัววัดเรืองรังสี และ หัววัดไกเกอร์ ดังแสดงในรูป 4.10 และ 4.11 ตามลำดับ



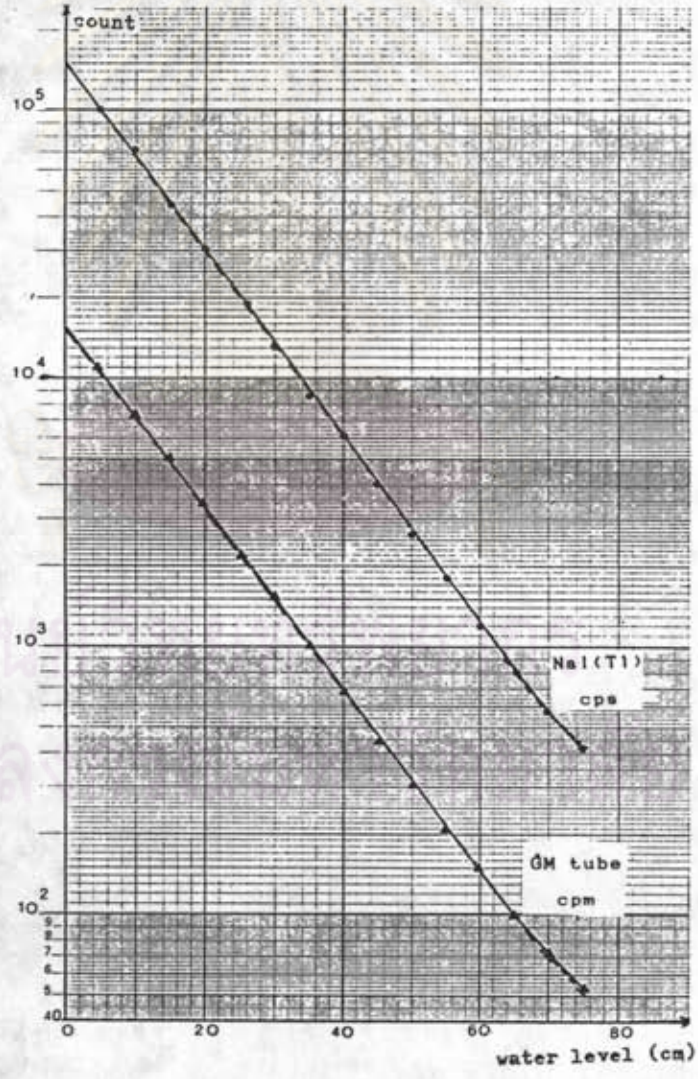
รูป 4.10 เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณนับรังสี และความสามารถในการแยกความต่างระดับโดยหัววัดเรืองรังสี



รูป 4.11 เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณนับรังสี และความสามารถในการแยกความต่างระดับโดยหัววัด ไกเกอร์

4.6 <u>การทดลองวัดระดับในสภาวะที่น้ำกระเพื่อม</u>

การทดลองผลของความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่าปริมาณนับที่ระดับหนึ่งและระดับที่กระเพื่อมด้วยการเป่าอากาศลงก้นถังพักด้วยแรงดัน 70 psi เพื่อให้ผิวน้ำกระเพื่อมจนกระทั่ง การอ่านค่าจากระดับวัดในท่อ อ่านค่าระดับน้ำจะอ่านค่าคลาดเคลื่อน ± 4 ซม. จากผลการกระเพื่อมของน้ำเมื่ออ่านค่าด้วยการวัดปริมาณวัดรังสีที่แปรเปลี่ยน จะให้ผลการอ่านค่าคลาดเคลื่อนจากสภาวะน้ำนิ่งเล็กน้อย เมื่อคิดเป็นความคลาดเคลื่อนจะน้อยกว่า ความคลาดเคลื่อนทางสถิติการวัดรังสีเดิม $[(\sigma R)=\sqrt{R}]$ ดังแสดงเส้นกราฟการอ่านค่าเปรียบเทียบจากสภาวะน้ำนิ่ง และ สภาวะน้ำกระเพื่อม ในรูป 4.11 และ ตาราง 4.1



รูป 4.12 ผลการวัดระดับในสภาวะที่น้ำกระเพื่อม เปรียบเทียบกับขณะปกติ

ตาราง 4.1 ผลความคลาดเคลื่อนในการอ่านระดับน้ำเมื่อสภาวะนิ่ง และสภาวะกระเพื่อมจากการวัดต่อเนื่อง ขนาดช่องบังคับลำรังสี 0.3 ซม.

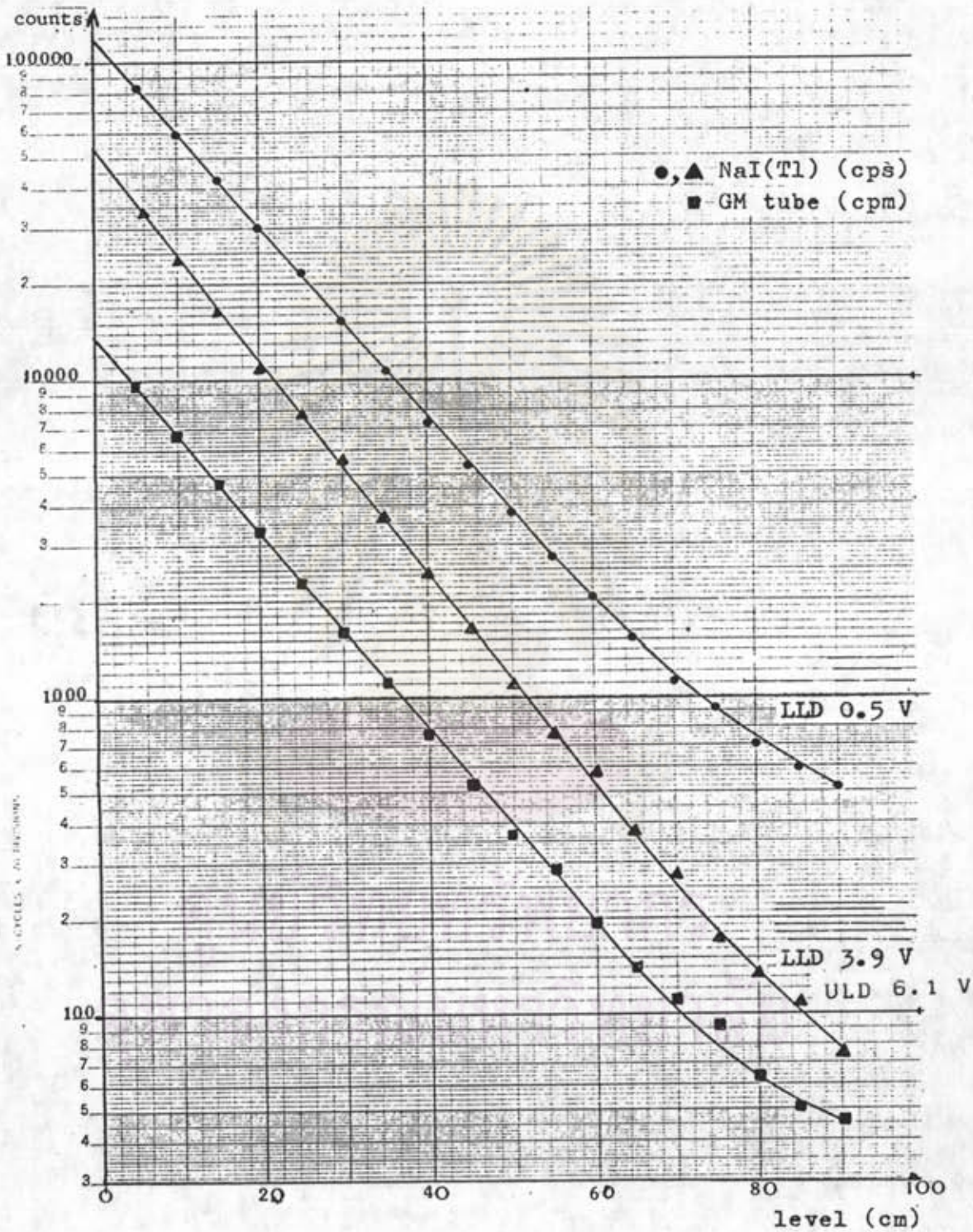
สภาวะของน้ำ	ปกติ	กระเพื่อม	
ระดับน้ำ (ซม.)	cps	cps	± (%)
5	93762	93903	+0.15
10	69112	69183	+0.10
15	44036	44059	+0.05
20	30791	30830	+0.13
25	20379	20398	+0.09
30	13753	13681	-0.52
35	9111	9068	-0.47
40	6005	6052	+0.78
45	3926	3904	-0.56
50	2544	2580	+1.41
55	1738	1744	+0.34
60	1168	1174	+0.51
65	810	819	+1.11
70	575	564	-1.91
75	418	417	-0.24

ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2 %

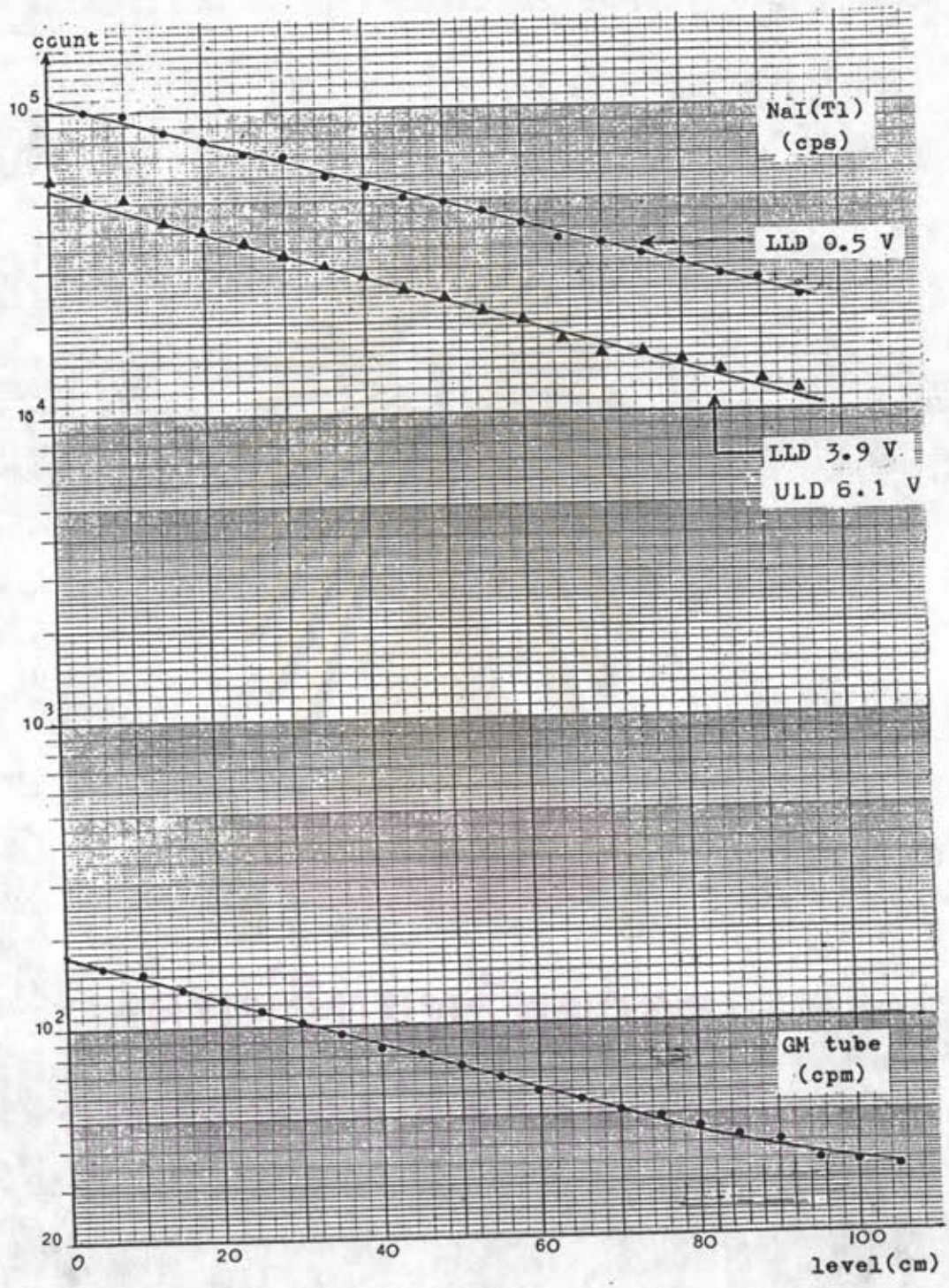
4.7 <u>การทดลองวัดระดับของวัสดุอื่น</u>

จากข้อมูลการทดลองวัดระดับน้ำที่ผ่านมา พบว่า การอ่านค่าระดับสามารถทำได้โดยความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า ±1 ซม. ซึ่งการวัดด้วยหลักการส่งผ่านรังสีนี้ อาจนำไปใช้วัดระดับวัสดุอื่นที่ต้องการ เช่น อาหารสัตว์ ปูนซีเมนต์ สารเคมี เม็ดพลาสติก เป็นต้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมในอนาคต จากการทดลองวัดระดับของวัสดุที่มีความหนาแน่น แตกต่างออกไป เช่น ขี้เลื่อย และน้ำมันหล่อลื่น โดยการใช้ ช่องบังคับลำรังสี ขนาด 0.6 ซม. วัดด้วยหัววัดทั้ง 2 ชนิด

ผลการวัดระดับน้ำมันเครื่อง และผลการวัดระดับ ขี้เลื่อย แสดงในรูป 4.13 และ 4.14 ตามลำดับ



รูป 4.13 เส้นกราฟแสดงผลการวัดระดับน้ำมันเครื่อง



รูป 4.14 เส้นกราฟแสดงผลการวัดระดับขี้เลื่อย