บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาอัตราการไหลโดยเทคนิคเครื่องมือวัดน้ำ ประกอบด้วย

ก. เรือพร้อมด้วยเครื่องเรือ

ข. เครื่องวัดน้ำแบบ Hilger & Watts

ค. เครื่องกว้านพร้อมสายสลิง

ง. เครื่องบันทึกรอบ

จ. นาฬิกาจับเวลา

ฉ. รางน้ำ, ขุดลุ่มน้ำ, ถังตวง

ช. รอก และอุปกรณ์อำนวยความสะดวกอื่น ๆ

3.1.2 วัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้หาอัตราการไหลโดยเทคนิคนิวเคลียร์

3.1.2.1 สารรังสีที่ใช้เป็นราดิโอเทรเซอร์ ได้แก่

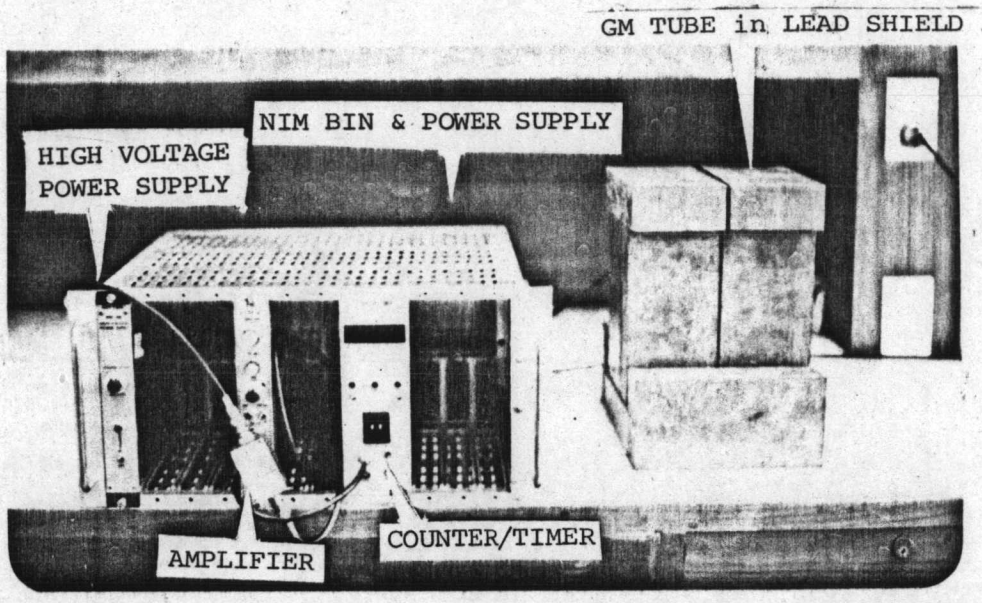
ก. โซเดียม -24 (^{24}Na) ในรูปของโซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate; Na_2CO_3) ละลายในน้ำ

ข. ฟอสฟอรัส -32 (^{32}P) ในรูปของกรดออโธฟอสฟอริค (orthophosphoric acid; H_3PO_4) ละลายในกรดเกลือ (hydrochloric acid; HCl) เจือจาง

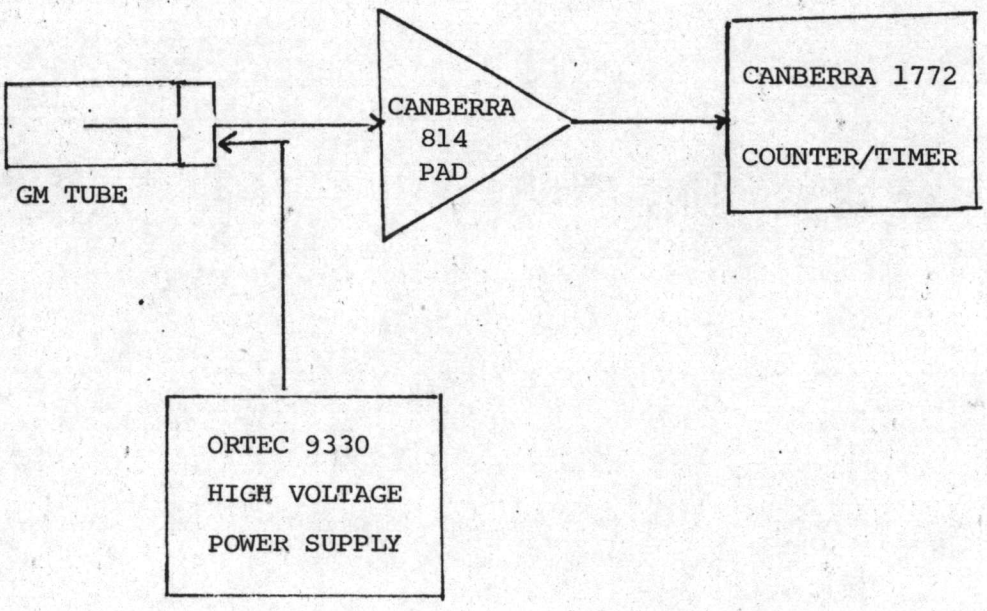
ค. ฟอสฟอรัส -32 (^{32}P) ในรูปของแอมโมเนียมฟอสเฟต [ammonium phosphate; $(NH_4)_3PO_4$)] ละลายในน้ำ

3.1.2.2 เครื่องวัดรังสีแบบ Geiger-Müller Counter ประกอบด้วย

ก. หัววัดรังสีแบบ Geiger-Müller อยู่ในตะกั่วซึ่งทำหน้าที่กำบังรังสีจากภายนอก



รูปที่ 3.1 เครื่องวัดรังสีแบบ Geiger-Müller



รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงการต่ออุปกรณ์เครื่องวัดรังสีแบบ Geiger-Müller

ข. ORTEC Model 9330 high voltage power supply

ค. CANBERRA Model 814 Preamplifier/amplifier/discriminator

ง. CANBERRA Model 1772 counter/timer

จ. NIM BIN และ power supply

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การวิจัยในห้องปฏิบัติการ และการวิจัยภาคสนาม

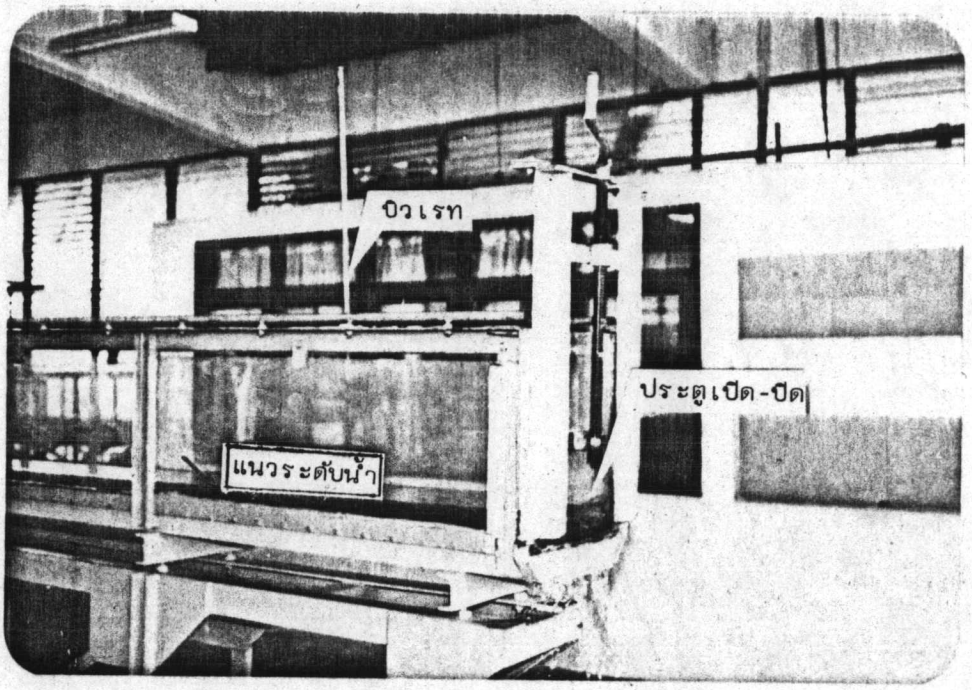
3.2.1 การวิจัยในห้องปฏิบัติการ

การวิจัยในห้องปฏิบัติการได้ใช้ร่องน้ำในห้องปฏิบัติการชลศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา เพื่อทดลองหาอัตราการไหลของน้ำด้วยเทคนิควิเคลียร์ โดยเลือกใช้สารละลายของโซเดียม -24 เป็นราดิโอเทรเซอร์ เนื่องจากโซเดียม -24 มีครึ่งชีวิตสั้นเพียง 15 ชั่วโมง เพื่อตัดปัญหาเรื่องการเปรอะเปื้อนรังสีที่อาจจะเกิดขึ้นได้

3.2.1.1 ลักษณะร่องน้ำในห้องปฏิบัติการชลศาสตร์ (ดังแสดงในรูปที่ 3.3) มีลักษณะเป็นท่อหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยม ทำด้วยพลาสติกใสมีความกว้างของร่องน้ำเท่ากับ 30 เซนติเมตร สูง 33 เซนติเมตร ร่องน้ำมีความยาวทั้งหมดเท่ากับ 12.23 เมตร สามารถปรับระดับความเอียงของร่องน้ำได้ มีท่อน้ำขนาดใหญ่สำหรับปล่อยน้ำเข้าร่องน้ำด้านหนึ่ง อีกด้านหนึ่งเป็นทางน้ำไหลออกมีประตูเปิดปิด ด้านประตูน้ำไหลออกนี้มีถังรองน้ำพร้อมเครื่องชั่งน้ำหนัก

3.2.1.2 การปรับอัตราการไหลของน้ำในร่องน้ำ เพื่อให้ได้อัตราไหลที่ต่ำและคงที่ ได้ทดลองปล่อยน้ำปริมาณน้อยในร่องน้ำ และตรวจสอบปริมาตรของน้ำที่ไหลออกมาจากร่องน้ำทุก ๆ 4 นาที จนได้อัตราไหลที่คงที่ ผลปรากฏว่าได้ค่าเฉลี่ยของอัตราน้ำไหล 6.1 ลิตรใน 4 นาที ซึ่งหมายถึงอัตราการไหลของน้ำมีค่าเท่ากับ $\frac{6.1}{4} = 1.5250$ ลิตรต่อนาที

3.2.1.3 การคำนวณหาค่าช่วงผสม (mixing length, L_{min}) ในร่องน้ำในห้องปฏิบัติการชลศาสตร์



รูปที่ 3.3 ลักษณะร่องน้ำ ในห้องปฏิบัติการชลศาสตร์

จากสมการที่ 2.12 $L_{min} = \frac{0.13C\ (0.7C + 6)}{g} \frac{b^2}{d}$

C = Chezy coefficient

$= 1.486 \frac{R^{1/6}}{n}$

R = hydraulic radius $= \frac{\text{cross section area}}{\text{wetted length}}$

cross section area ของร่องน้ำที่ระดับ 0.05 เมตรมีค่าเท่ากับ 0.1667 ตารางฟุต และ wetted length (ซึ่งหมายถึงระยะความยาว ส่วนที่สัมผัสกับน้ำของรูปตัดลำน้ำ) มีค่าเท่ากับ 0.4 เมตร = 1.3333 ฟุต

n = Manning roughness coefficient ดูจากตารางที่ 2.1 ได้ค่า n เท่ากับ 0.010 $ft^{1/6}$

ดังนั้น $C = 1.486 \left(\frac{.1667/1.3333}{0.01}\right)^{1/6}$

$= 2.264$

b = average channel width = 0.3 เมตร

d = average river depth = 0.05 เมตร

3.2.1.4 การใช้สารละลายโซเดียม -24 หาอัตราการไหลของน้ำในร่องน้ำ ดำเนินการวิจัยดังนี้

ก. นำสารละลายโซเดียม -24 จำนวน 100 มิลลิลิตร มีความแรงรังสีจำเพาะขณะเริ่มทำการวิจัยเท่า 0.01164 ไมโครคูรีต่อมิลลิลิตร แบ่งออกเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 มี 3 มิลลิลิตร ดูดแบ่งออกเป็น 3 ตัวอย่างละ 1 มิลลิลิตร ใส่ภาชนะวัดรังสี นำไประเหยแห้งด้วยแสงอินฟราเรด (infrared) แล้วนำไปวัดรังสี ตัวอย่างละ 2 ครั้ง ๆ ละ 5 นาที เพื่อหาประสิทธิภาพในการวัดรังสี จากโซเดียม -24 ได้ผลการวิจัยแสดงในตารางที่ 3.1

ส่วนที่ 2 มี 50 มิลลิลิตร ใส่ในบิวเรท (burette) นำไปปล่อยในร่องน้ำในอัตรา 0.794 มิลลิลิตรต่อวินาที ตักตัวอย่างน้ำที่ระยะ 41 เซนติเมตรมา 3 ตัวอย่าง ๆ ละ 2 มิลลิลิตร ใส่ภาชนะวัดรังสี แล้วนำไประเหยแห้งด้วยแสงอินฟราเรด ทำการวัดรังสีเช่นเดียวกับส่วนที่ 1 ผลการวิจัยแสดงในตารางที่ 3.1

ส่วนที่ 3 มี 47 มิลลิลิตร ทำการทดลองซ้ำเหมือนส่วนที่ 2 ผลการวิจัยแสดงในตารางที่ 3.1

ตัวอย่างการคำนวณ เช่น

ส่วนที่ 1 หมายเลข 1/2 ครั้งที่ 1 วัดได้ 15,170 ต่อ 5 นาที = 3034.0 ต่อนาที

แก้ค่า coincidence loss โดยใช้สมการ

$$R = \frac{r}{1-r\tau}$$

เมื่อ R = จำนวนนับที่ถูกต้อง

r = จำนวนนับที่นับได้จากการวัดรังสี ในที่นี้ = 3034 ต่อนาที

τ = ค่า resolving time ของหัววัดรังสี ในที่นี้

= 727×10^{-6} วินาที = 1.2117×10^{-5} นาที

ดังนั้นจำนวนนับที่ถูกต้อง = $\frac{3034.0}{1-3034.0 \times 1.2117 \times 10^{-5}}$

ตารางที่ 3.1

ผลการนับรังสีของสารละลายโซเดียม -24 มาตรฐานและตัวอย่างจากการหาอัตราการไหลของน้ำ

ในร่องน้ำห้องปฏิบัติการชลศาสตร์

ตัวอย่าง	เวลาเริ่มนับรังสี (ชั่วโมง :นาที)	จำนวนนับ ต่อ 5 นาที	จำนวนนับสุทธิ ต่อนาที	ความแรงรังสีจำเพาะ (ไมโครคูรีต่อมิลลิลิตร)
ส่วนที่ 1 (สารละลายมาตรฐาน 1 มล.				
1/1 นับครั้งที่ 1	00:00	15,170	3117.41	
1/1 นับครั้งที่ 2	00:25	14,940	3128.12	
1/2 นับครั้งที่ 1	00:31	12,126	2526.60	
1/2 นับครั้งที่ 2	00:36	11,928	2497.17	
1/3 นับครั้งที่ 1	00:46	12,730	2689.38	
1/3 นับครั้งที่ 2	01:01	12,873	2752.92	
			เฉลี่ย =2785.27	0.01164
ส่วนที่ 2 (ตัวอย่างน้ำ 2 มล.)				
2/1 นับครั้งที่ 1	01:43	998	184.22	
2/1 นับครั้งที่ 2	01:49	938	172.11	

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ตัวอย่าง	เวลาเริ่มนับรังสี (ชั่วโมง นาที)	จำนวนนับ ต่อ 5 นาที	จำนวนนับสุทธิ ต่อนาที	ความแรงรังสีจำเพาะ (ไมโครคูรีต่อมิลลิลิตร)
2/2 นับครั้งที่ 1	01:19	1,098	201.62	
2/2 นับครั้งที่ 2	01:25	1,031	188.32	
2/3 นับครั้งที่ 1	01:07	979	174.28	
2/3 นับครั้งที่ 2	01:14	1,040	188.37	
			เฉลี่ย= 184.84	3.8623×10^{-4}
ส่วนที่ 3 (ตัวอย่างน้ำ 2 มล.)				
3/1 นับครั้งที่ 1	01:32	1,052	194.04	
3/1 นับครั้งที่ 2	01:37	1,124	210.52	
3/2 นับครั้งที่ 1	01:55	1,048	197.21	
3/2 นับครั้งที่ 2	02:02	1,086	206.84	
3/3 นับครั้งที่ 1	02:09	1,035	196.81	
3/3 นับครั้งที่ 2	02:14	1,080	207.72	
			เฉลี่ย 202.19	4.2249×10^{-4}

* หมายถึง จำนวนนับต่อนาที ที่แก้ค่า coincidence loss แก้ค่าเนื่องจากการสลายตัวของโซเดียม -24 และหักค่า background แล้ว

(ค่า resolving time ของหัววัดรังสีเท่ากับ 727×10^{-6} นาที)

I19012618

= 3149.79 ต่อนาที

แก้ค่าการสลายตัวของโซเดียม -24 โดยใช้สมการ

$$R = R_o e^{-\lambda t}$$

นั่นคือ $$R_o = Re^{\lambda t}$$

เมื่อ R_o = จำนวนนับที่เวลา = 0

t = เวลาที่เริ่มนับรังสี ในที่นี้ = 0

ค่าคงที่การสลายตัวของโซเดียม -24 = $\frac{0.693}{15}$ ต่อชั่วโมง

ดังนั้น

$$R_o = 3149.79\ e^{\frac{0.693 \times 0}{15}}$$

นั่นคือ จำนวนนับที่ถูกต้องที่เวลา = 0 คือ 3,149.79 ต่อนาที

การหักค่า background

จำนวนนับของ background มีค่า = 1,942 ต่อชั่วโมง = 32.37 ต่อนาที

ดังนั้น จำนวนนับที่ถูกต้องของ background = $\frac{32.37}{1 - 32.37 \times 1.2117 \times 10^{-5}}$

= 32.38 ต่อนาที

ดังนั้นจำนวนนับสุทธิของส่วนที่ 1 ตัวอย่าง 1/1 = 3149.79 - 32.38

= 3117.41 ต่อนาที

3.2.1.5 การคำนวณหาค่าประสิทธิภาพในการวัดรังสีจากโซเดียม -24

ปริสิทธิภาพในการวัดรังสี = $\frac{\text{จำนวนนับ}}{\text{ความแรงรังสี}}$ x 100 %

ส่วนที่ 1 เป็นสารละลายโซเดียม -24 มาตรฐานมีความแรงรังสี เท่ากับ 0.01164 ไมโครคูรีต่อมิลลิลิตร (ขณะเริ่มทำการวัดรังสี)

จากค่าที่นับได้โดยเฉลี่ยของส่วนที่ 1 เท่ากับ 2785.27 ต่อนาที

$\therefore$ ประสิทธิภาพในการวัดรังสี $= \dfrac{2785.27}{0.01164 \times 3.7 \times 10^{4} \times 60} \times 100\ \%$

$= 10.7786\ \%$

ถ้าประสิทธิภาพในการวัดรังสีจะได้ใช้ในการหาความแรงรังสีจำเพาะของสารละลายส่วนที่ 2 และส่วนที่ 3 เช่น ส่วนที่ 2 นับรังสีได้เฉลี่ย 184.84 ต่อนาทีต่อ 2 มิลลิลิตร

ดังนั้นคิดเป็นความแรงรังสีเท่ากับ $\dfrac{184.84}{2} \times \dfrac{100}{10.7786}$ ต่อนาทีต่อมิลลิลิตร

$= \dfrac{184.84}{2} \times \dfrac{100}{10.7786} \times \dfrac{1}{60 \times 3.7 \times 10^{4}}$

$= 3.8623 \times 10^{-4}$ ไมโครคูรี/มิลลิลิตร

3.2.1.5 การคำนวณหาค่าอัตราการไหลของน้ำจากผลการวัดความแรงรังสี

จากสมการที่ 2.10 อัตราไหลของน้ำ $Q = \dfrac{q_i C_i}{C_s}$

จากข้อมูลของส่วนที่ 2

q_i = อัตราการปล่อยสารรังสี = 0.794 มิลลิลิตรต่อวินาที

C_i = ความเข้มข้นของสารรังสีก่อนปล่อยลงน้ำ 0.01164 ไมโครคูรีต่อมิลลิลิตร

C_s = ความเข้มข้นของสารรังสี ณ จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

$= 3.8623 \times 10^{-4}$ ไมโครคูรีต่อมิลลิลิตร

ดังนั้น คำนวณหาค่าอัตราการไหลของน้ำได้

$= \dfrac{0.794 \times 0.01164}{3.8623 \times 10^{-4}}$

$= 23.9292$ มิลลิลิตรต่อวินาที

$= 1.4358$ ลิตรต่อนาที

ตารางที่ 3.2

ผลการหาค่าอัตราไหลของน้ำโดยเทคนิคนิว เคลียร์

ในร่องน้ำห้องปฏิบัติการชลศาสตร์

การวิจัยครั้งที่	อัตราการไหลของน้ำ ($\frac{\text{ลิตร}}{\text{นาที}}$)		เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อน
	เทคนิคนิว เคลียร์	จากการตวง	
1 (สารละลายส่วนที่ 2)	1.4358	1.5250	5.85
1 (สารละลายส่วนที่ 3)	1.3125	1.5250	13.93
เฉลี่ย	1.3742		

3.2.2 การวิจัยภาคสนาม

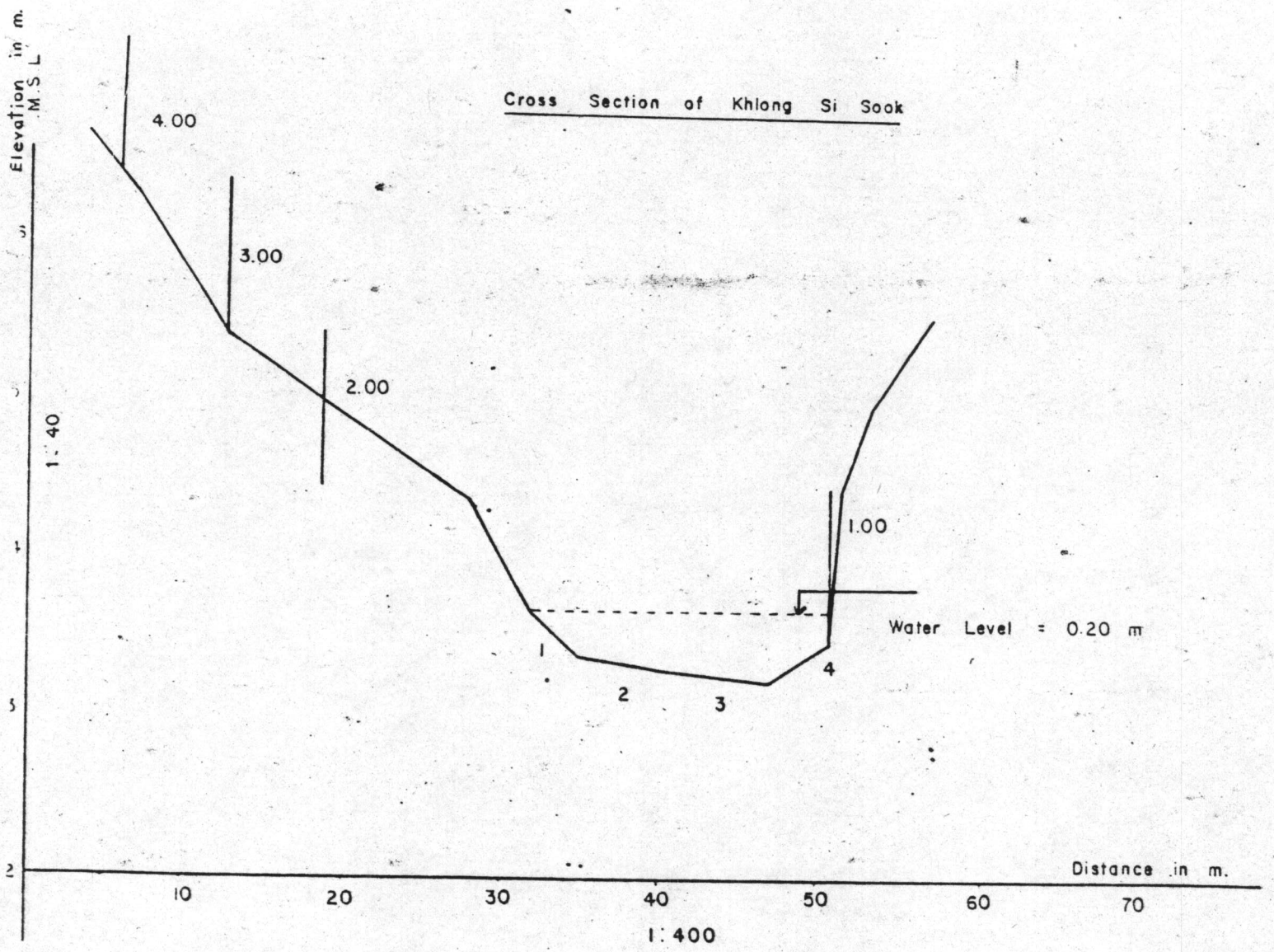
การวิจัยภาคสนาม ได้เลือกลำน้ำทางตรงขนาดเล็ก ที่คลองท่านด่าน บ้านคลองลีลุก อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก

3.2.2.1 ลักษณะของลำน้ำที่ทำการวิจัย

ลักษณะของลำน้ำเป็นลำน้ำทางตรง ขนาดเล็ก มีสภาพเป็นดินเหนียวปนหิน ซึ่งยากแก่การเปลี่ยนแปลงของท้องน้ำ ความเร็วของน้ำต่ำ คือ ไม่เกิน 0.8 เมตรต่อวินาที มีความกว้าง 2.50 เมตร ความลึกเฉลี่ย 0.25 เมตร พื้นที่หน้าตัดของลำน้ำแสดงไว้ในรูปที่ 3.4

3.2.2.2 การหาค่าอัตราการไหลของน้ำโดยเทคนิคเครื่องมือวัด

วิธีการหาค่าอัตราการไหลของน้ำในลำน้ำโดยเทคนิคเครื่องมือวัด ได้ใช้เครื่องวัดน้ำแบบ Hilger&Watts เพื่อหาอัตราการไหลของน้ำ ตามวิธีการดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.1 ผลการวัดได้ค่าอัตราการไหลของน้ำในลำน้ำดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 0.04465 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที



รูปที่ 3.4 แสดงหน้าตัดของลำน้ำตามแนวเก็บตัวอย่างที่คลองท่าด่าน บ้านคลองลีลุ่ก อ.เมือง จ.นครนายก

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลการวัดน้ำที่คลองท่าด่าน บ้านคลองสี่สุก ด้วยวิธีเทคนิคเครื่องมือวัดน้ำ

สำนักงานพลังงานแห่งชาติ

ชื่อลำน้ำ คลองท่าด่าน สถานี บ้านคลองสี่สุก วันที่ 6 เดือน กันยายน พ.ศ. 2524 แนวที่ทำการวัดห่างจาก เสารหัส 1.09 แผ่นที่ ตรง ๆ แผ่นที่ จำนวน แผ่น

ชื่อผู้สำรวจ บุญเกิด ความกว้างของลำน้ำ 2.50 ม. ความลึกเฉลี่ย 0.25 ม. ระดับน้ำเปลี่ยนแปลง – ม. ในเวลา – ชั่วโมง – นาที

ชื่อผู้คำนวณ บุญเกิด พื้นที่หน้าตัด 0.62 ม² ความเร็วเฉลี่ย 0.082 ม./วพ. วิธีการวัด จำนวนจุดที่วัด 4 จุด

ชื่อผู้ตรวจ บุญเกิด ปริมาณน้ำ 0.045 ม³/วพ. ระดับน้ำเฉลี่ย 0.20 ม. ชนิดของเครื่อง Hilger&Watts

หมายเลข 205264

จำนวนรอบหมุน/ชั่วโมง

ลูกตุ้มหนัก – กิโลกรัม

อุณหภูมิ อากาศ – เซ็นติเกรด

น้ำ – เซ็นติเกรด

บันทึก/สรุปผลการปฏิบัติงาน

ระดับน้ำอ่านได้ (เมตร)			
เวลา	จากกราฟ	จากเครื่องอัตโนมัติ	จากเสาระดับน้ำ
14.35 น.	เริ่ม		0.20
15.10 น.	เสร็จ		0.20

หัวหน้าสายงาน/สถานี

เลขที่	ชื่อผู้ปฏิบัติงาน	ตำแหน่ง	ชื่อเครื่องมือและหมายเลข	สภาพเครื่องมือ ก่อนใช้	สภาพเครื่องมือ ใช้แล้ว	ชื่อชิ้นส่วนประกอบเครื่องมือ	หมายเหตุ
			Hilger&Watts 205264	ดี	ดี		

๑. ลักษณะอากาศ
- แจ่มใส /
- เมฆฝน
- ฝนตกหนัก

๒. ลักษณะ
- ลงบ /
- ปานกลาง
- แรง

ก. ชนิดเครื่องมือบันทึกรอบ
- สัญญาณกระดิ่ง /
- เครื่องวัด
- หมุน /

ข. ความลึกโดย
- สายเคเบิล
- พยุง /

ค. สรุปผลการวัด
- ดีมาก /
- ดี
- พอใช้

๓. การไหลของน้ำ
- สูงกว่าเสมอ /
- ปั่นป่วน

๔. เสาระดับ
- ดีมาก /
- ดี
- พอใช้

สพน. ป.๑๐

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

การวัดปริมาณน้ำ　　　　สำนักงานพลังงานแห่งชาติ　　　　แผนกอุทกวิทยา

ชื่อลำน้ำ คลองท่าค่าน　　ชื่อสถานี บ้านคลองสีสุก　　แนวที่ทำการวัด 1.09 ใต้เสาระดับ　วันที่ 6 กันยายน 2524　　แผ่นที่ 2　จำนวน 2 แผ่น

ความกว้าง (ม.)		ความลึก (ม.)					เนื้อที่	ความเร็ว (ม./วท.)								ปริมาณน้ำ
ระยะห่างจากจุดเริ่ม	ความกว้าง	ความลึก	มุมเอียงในแนวดิ่ง	ความลึกที่ท้องแก	ความลึกจริง	ความลึกเฉลี่ย	(ม²)	ความลึกที่วัดจากผิว	เวลาวัดเป็นวินาที	จำนวนรอบที่เครื่อง	ความเร็วที่จุดวัด	ความเร็วเฉลี่ยในแนวตั้ง	ส.ป.ส. ความเร็ว	ความเร็วเฉลี่ยที่แก้แล้ว	ความเร็วรูปตัด	(ม³/วท.)
0	L.B.															
	0.5					0.16	0.08								0.045	0.0036
0.50		0.32			0.32			0.20	67	8	0.090	0.090	1.0	0.090		
	0.5					0.32	0.16								0.075	0.0120
1.00		0.32			0.32			0.20	67	5	0.060	0.060	1.0	0.06		
	0.5					0.34	0.17								0.095	0.0161
1.50		0.35			0.35			0.21	56	10	0.130	0.130	1.0	0.13		
	0.5					0.30	0.15								0.08	0.0120
2.00		0.25			0.25			0.15	68	2	0.030	0.030	1.0	.030		
	0.5					0.12	0.0[illegible]								0.015	0.0009
2.50																0.04465
							รวม 0.62								รวม	0.045

3.2.2.3 การคำนวณหาค่าช่วงผสม (L_{min}) ของราดิโอเทรเซอร์ในลำน้ำ

จากสมการที่ 2.12 ช่วงผสม $L_{min} = 0.13C \frac{(0.7C + 6)}{g} \frac{b^2}{d}$

C = Chezy coefficient

$= 1.486\frac{R}{n}^{1/6}$

R = hydraulic radius

= cross section area ÷ wetted length

cross section area ของลำน้ำที่ระดับ 0.02 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.62 ตารางเมตร (6.8889 ตารางฟุต) และ wetted length มีค่า = 23.2 เมตร 77.3333 ฟุต (หาได้จากรูป 3.3)

n = Manning roughness coefficient ดูจากตารางที่ 2.1

ได้ค่า n เท่ากับ 0.025 $ft.^{1/6}$

ดังนั้น $C = 1.486 \left(\frac{6.8889/77.3333}{0.025}\right)^{1/6}$

$= 1.836$

b = averge river width = 2.50 เมตร

d = averge river depth = 0.25 เมตร

ดังนั้นช่วงผสม $L_{min} = 0.13 \times 1.516 \left(\frac{0.7 \times 1.516 + 6}{9.81}\right) \frac{(2.5)^2}{0.25}$

$= 4.43$ เมตร

ดังนั้นในการหาค่าอัตราการไหลด้วยเทคนิคนิวเคลียร์ ต้องทำการปล่อยสารรังสี (ราดิโอ-เทรเซอร์)ที่ระยะ 4.43 เมตร เหนือจุดวัดน้ำเป็นอย่างน้อย เพื่อให้สารรังสีผสมกับน้ำในลำน้ำสม่ำเสมอ

3.2.2.3 การหาค่าอัตราการไหลของน้ำในลำน้ำโดยเทคนิคนิวเคลียร์

การหาค่าอัตราการไหลของน้ำในลำน้ำที่ทำการวิจัย ได้เลือกใช้ฟอสฟอรัส -32 ในรูปของกรดออโธฟอสฟอริคละลายในกรดเกลือ และในรูปของแอมโมเนียมฟอสเฟตละลายในน้ำ การที่ต้องเลือกใช้ฟอสฟอรัส -32 เพราะว่าในการวิจัยต้องเดินทางไปที่จังหวัดนครนายก ฟอสฟอรัส -32 มีครึ่งชีวิตไม่สั้นมาก คือ 14.3 วัน จึงเหมาะที่จะนำไปใช้ในภาคสนาม โดยดำเนินการวิจัยดังนี้

ก. การสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสลายตัวของฟอสฟอรัส -32 กับจำนวนนับรังสีต่อนาที

ดูดสารละลายฟอสฟอรัส -32 ซึ่งมีความแรงรังสีจำเพาะเท่ากับ 0.597, 2.308, 1,841 และ 0.389 มิลลิคูรี ต่อมิลลิลิตร มาอย่างละ 1 มิลลิลิตร ใส่ภาชนะวัดรังสีแล้วระเหยแห้งด้วยแสงอินฟราเรด นำไปวัดรังสีตัวอย่างละ 3 ครั้ง ๆ ละ 1 นาที จากผลการวัดรังสีนำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสลายตัวของฟอสฟอรัส -32 กับจำนวนนับรังสีต่อนาที

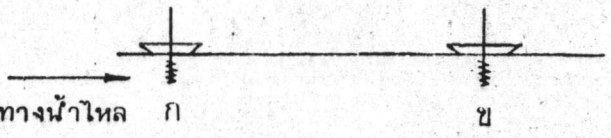
ตารางที่ 3.4 ผลการวัดรังสีฟอสฟอรัส -32 ความแรงรังสีต่าง ๆ กัน

ความแรงรังสีของฟอสฟอรัส -32 ในตัวอย่าง (มิลลิคูรี/มล)	เวลาเริ่มวัดรังสี (นาที)	จำนวนนับสุทธิต่อนาที			จำนวนนับสุทธิเฉลี่ยต่อนาที *
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1.37	0	1540	1630	1620	1641
1.23	10	1473	1460	1458	1472
0.36	20	432	443	448	442

* หมายถึง จำนวนนับที่แก้ค่า coincidence loss (resolving time ของหัววัดรังสีที่ใช้มีค่าเท่ากับ 252×10^{-6} วินาที) และหักค่า background แล้ว

ข. วิธีดำเนินการหาอัตราการไหลของน้ำในลำน้ำด้วยเทคนิควิเคลียร์

ทำการวิจัยโดยใช้สารละลายฟอสฟอรัส -32 4 ชุด ดังนี้



รูปที่ 3.4 ภาพแสดง ก. จุดปล่อยสารรังสี

ข. จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

ชุดที่ 1 ฟอสฟอรัส -32 ในรูปของกรดออโธฟอสฟอริค ละลายในกรดเกลือเจือจาง มีความแรงรังสีจำเพาะขณะเริ่มทำการวิจัยเท่ากับ 0.597 มิลลิคูรีต่อมิลลิลิตร 100 มิลลิลิตร ปล่อยลงน้ำด้วยอัตรา 20 มิลลิลิตรต่อวินาที เหนือจุดเก็บตัวอย่างน้ำ 4.43 เมตร ตักตัวอย่างน้ำเพื่อนำไปวัดรังสีจำนวน 2 ขวด ให้เป็น A_1 และ A_2

ชุดที่ 2 ใช้ฟอสฟอรัส -32 ในรูปของกรดออโธฟอสฟอริคละลายในกรดเกลือเจือจาง มีความแรงรังสีจำเพาะขณะเริ่มทำการวิจัย เท่ากับ 2.308 มิลลิคูรีต่อมิลลิลิตร จำนวน 100 มิลลิลิตร ปล่อยลงน้ำ และเก็บตัวอย่างน้ำ 2 ขวด เช่นเดียวกับชุดที่ 1 ให้เป็น B_1 และ B_2

ชุดที่ 3 ใช้สารละลายฟอสฟอรัส -32 ในรูปของแอมโมเนียมฟอสเฟตละลายในน้ำ มีความแรงรังสีจำเพาะขณะเริ่มทำการวิจัย เท่ากับ 1.841 มิลลิคูรีต่อมิลลิลิตร จำนวน 100 มิลลิลิตร ปล่อยลงน้ำและเก็บตัวอย่างน้ำ 2 ขวด เช่นเดียวกับชุดที่ 1 ให้เป็น C_1 และ C_2

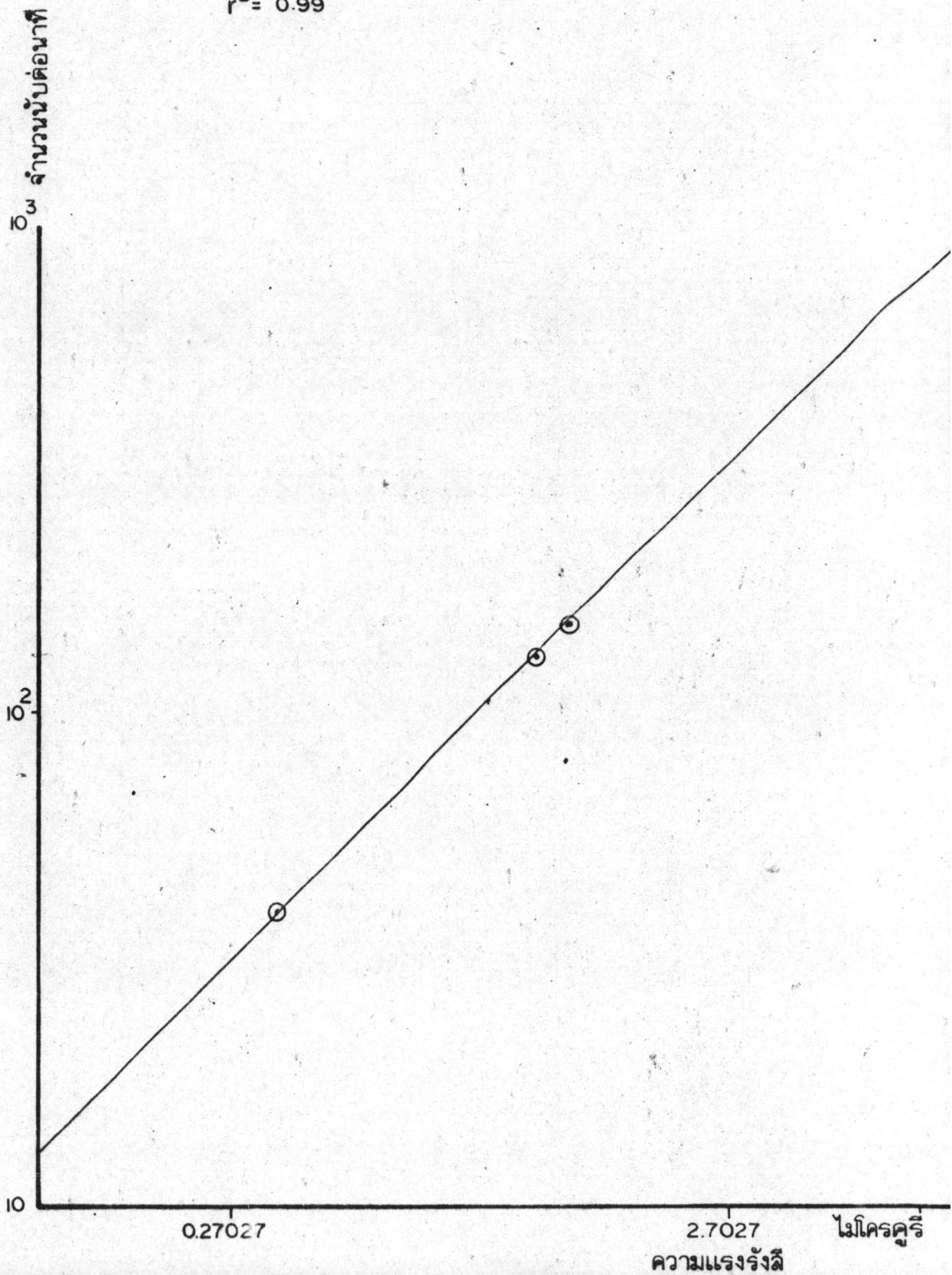
ชุดที่ 4 ใช้สารละลายฟอสฟอรัส -32 ในรูปของแอมโมเนียมฟอสเฟตละลายในน้ำ มีความแรงรังสีจำเพาะขณะเริ่มทำการวิจัยเท่ากับ 0.389 มิลลิคูรีต่อมิลลิลิตร จำนวน 100 มิลลิลิตร ปล่อยลงน้ำและเก็บตัวอย่างน้ำ 2 ขวด เช่นเดียวกับชุดที่ 1 ให้เป็น D_1 และ D_2

สารละลายตัวอย่างทุกชุดทุกขวด จะถูกดูดมา 1 มิลลิลิตร ไประเหยแห้งด้วยแล่งอินฟราเรด และทำการวัดรังสีตัวอย่างละ 3 ครั้ง ๆ ละ 1 นาที ผลการวิจัยแสดงไว้ในตารางที่ 3.4

รูปที่ 3.6 กราฟแสดงผลความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสี กับ อัตรานับต่อนาที

$Y = 14.8485 + 1185.9243\ X$

$r^2 = 0.99$



ตารางที่ 3.5 แสดงผลการวัดรังสีของตัวอย่างน้ำที่ตักจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำในลำน้ำ

ตัวอย่าง (1 มิลลิลิตร)	เวลาที่นับจากวันและเวลาที่เริ่มปล่อยสารรังสีลงน้ำถึงเวลาเริ่มวัดรังสี	จำนวนนับสุทธิต่อนาที *				ความแรงรังสีจำเพาะ μCi/ml
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
	(ชม. นาที)					
A_1	69:15	34.50	36.80	34.50	35.27	0.2676
A_2	69:32	34.52	32.22	34.52	33.75	0.2622
B_1	69:16	132.33	138.08	142.68	137.70	0.9454
B_2	69:20	138.10	139.25	135.80	137.72	0.9457
C_1	68:55	106.93	103.47	103.47	104.62	0.8378
C_2	69:08	104.67	103.52	102.37	103.52	0.8372
D_1	69:05	24.14	22.99	22.99	23.37	0.2050
D_2	69:10	25.30	23.00	24.15	24.15	0.2027

* หมายถึง จำนวนนับที่แก้ค่า coincidence loss (หัววัดรังสีมีค่า resolving time = 252×10^{-6} วินาที) หักค่า background และแก้ค่าการสลายตัวของฟอสฟอรัส - 32 แล้ว

3.2.2.4 การคำนวณหาค่าความแรงรังสีจำเพาะของสารละลายตัวอย่าง

การหาค่าจำนวนนับสุทธิ คำนวณเช่นเดียวกับ ในหัวข้อที่ 3.2.1.4

ตัวอย่าง A_1 ได้ค่าจำนวนนับรังสีสุทธิเฉลี่ย = 35.27 ต่อนาที

จากกราฟ ในรูปที่ 3.6 อ่านค่าความแรงรังสีได้เท่ากับ 0.2676 ไมโครคูรี นั่นหมายถึงสารละลายตัวอย่าง มีความแรงรังสีได้ 0.2676 ไมโครคูรี/มล.

3.2.2.5 การคำนวณหาค่าอัตราการไหลของน้ำในลำน้ำจากผลการวัดความแรงรังสีจำเพาะของตัวอย่าง

จากสมการที่ 2.10 อัตราไหลของน้ำ $Q = \frac{q_i c_i}{c_s}$

จากข้อมูลของตารางที่ 3.5

q_1 = อัตราการปล่อยสารรังสี = 20 มิลลิลิตรต่อวินาที

c_i = ความเข้มข้นของสารรังสีก่อนปล่อยลงน้ำ 0.597 มิลลิคูรี

c_s = ความเข้มข้นของสารรังสี ณ จุดเก็บตัวอย่างน้ำ = 0.0002649 มิลลิคูรี

ดังนั้น คำนวณหาค่าอัตราการไหลของน้ำได้

$$= \frac{20 \times 0.597}{0.0002649}$$

= 45073.6127 มิลลิลิตรต่อวินาที

= 0.0451 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

ตารางที่ 3.6

แสดงค่าความแรงรังสีจำเพาะของฟอสฟอรัส -32 ในสารละลายก่อนปล่อยลงน้ำ

และในสารละลายตัวอย่างพร้อมผลการคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำ

การวิจัยชุดที่	ความแรงรังสีจำเพาะก่อนปล่อยลงน้ำ (มิลลิคูรีต่อมิลลิลิตร)	ความแรงรังสีจำเพาะของตัวอย่างที่ตักได้ (มิลลิคูรีต่อมิลลิลิตร)			อัตราการไหลที่คำนวณได้โดยเทคนิคนิวเคลียร์ (ลบ.ม./วินาที)	อัตราการไหลที่คำนวณได้โดยเทคนิคเครื่องมือวัดน้ำ (ลบ.ม./วินาที)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจากเทคนิคเครื่องมือวัดน้ำ
		ขวดที่ 1	ขวดที่ 2	เฉลี่ย			
1	0.597	0.0002676	0.0002622	0.0002649	0.0451	0.04465	0.22
2	2.308	0.0009454	0.0009457	0.0009456	0.0488	0.04465	8.44
3	1.841	0.8378	0.8372	0.8372	0.0439	0.04465	2.44
4	0.389	0.2050	0.2027	0.2027	0.0382	0.04465	15.11