

## บทที่ ๔

### การดำเนินงานวิจัยและผลการวิจัย

#### จัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์

ก่อนทำการวิจัยเรื่องราวใดๆ ในทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง คือ เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ ต่างๆ ที่ต้องใช้ในการทดลอง ทดสอบ ดังนั้นก่อนเริ่มทำงานทางด้านวิจัยอย่างแท้จริง จึงต้องมีขั้นตอนในการจัดหาหรือเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องใช้ไว้ก่อนให้พร้อม และเนื่องจากฐานะทางเศรษฐกิจของประเทศจัดอยู่ในขั้นต่ำ ไม่สามารถจัดหาหรือซื้ออุปกรณ์ที่จำเป็นมาใช้ในงานวิจัยงานหนึ่งงานใดโดยเฉพาะได้ จึงใช้อุปกรณ์เท่าที่หาได้และพอมืออยู่แล้วได้แก่

๑. เครื่องนับรังสีชนิดพอร์ทเทเบิล ได้รับความอนุเคราะห์ให้ยืมจากสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ (พปส.)

๒. หัวสำรวจความหนาแน่นของดิน (Probe) ทำการประกอบขึ้นเอง โดยแผนกวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ใช้หัววัดรังสีแกมมา ที่ยืมจาก พปส. มาดัดแปลงให้เป็นหัวสำรวจความหนาแน่น โดยประกอบตะกั่วที่เป็นตัวกำบังรังสีและต้นกำเนิดรังสี ซีเซียม-๑๓๗ ขนาดความแรง ๑๐ มิลลิวูรี่ ของแผนกวิชานิวเคลียร์ฯ ที่มีอยู่แล้วเข้าไป

๓. ตัวกำบังรังสีและที่เก็บหัวสำรวจ เนื่องจากใช้ซีเซียม-๑๓๗ มีความแรงขนาด ๑๐ มิลลิวูรี่ จึงจำเป็นต้องมีตัวกำบังรังสีและที่เก็บเพื่อความปลอดภัย ซึ่งได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นเองโดยผู้วิจัย พร้อมกับชุดหย่อนและเก็บสายเคเบิล สำหรับหลุมเจาะลึกๆ

๔. ถังไม้สำหรับใส่ดิน จัดสร้างขึ้นโดยใช้เศษไม้เหลือใช้ของแผนกฯ

๕. เครื่องชั่งขนาดใหญ่ ได้รับความอนุเคราะห์ให้ยืมจากห้องปฏิบัติการพลศาสตร์ สามารถชั่งได้ถึง ๕๐๐ กก. แต่ยังไม่พอสำหรับน้ำหนักที่ต้องรับในงานวิจัยครั้งนี้ จึงได้สร้างคานช่วย แบ่งรับน้ำหนักตามหลักกลศาสตร์อย่างง่ายขึ้น ทำให้สามารถชั่งได้เพิ่มขึ้นเป็น ๑,๐๐๐ กก.

๖. ชุดเจาะและเก็บตัวอย่างดิน ได้รับความอนุเคราะห์ให้ยืมจากห้องปฏิบัติการ ปฐพีกลศาสตร์ พร้อมทั้งได้รับการเอื้อเฟื้อให้ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อทดสอบ ตัวอย่างดินในงานวิจัยครั้งนี้ด้วย

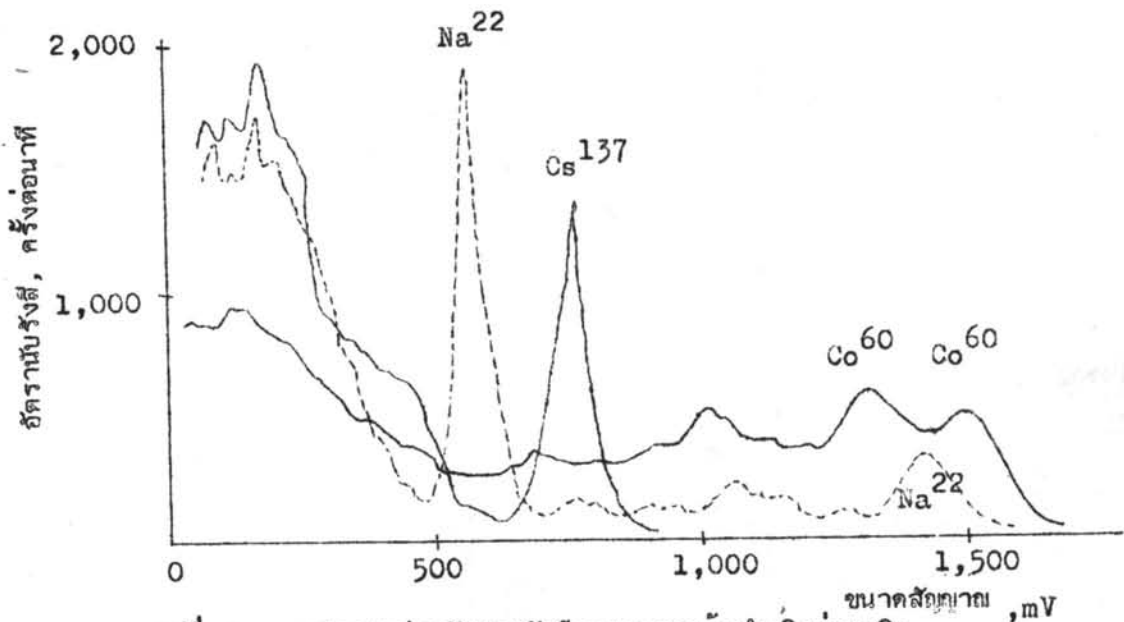
#### ศึกษาเครื่องมือและอุปกรณ์

ในการวิจัยขั้นต้นนี้ เป็นการศึกษาถึงคุณลักษณะของอุปกรณ์และเครื่องมือที่จะใช้ในงานวิจัย ทั้งนี้เพื่อเข้าใจและรู้วิธีในการปรับแต่งเครื่องมือ และขอบเขตความสามารถในการใช้งานของเครื่องมือ ซึ่งจะทำให้ผลการวัดการทดลองถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

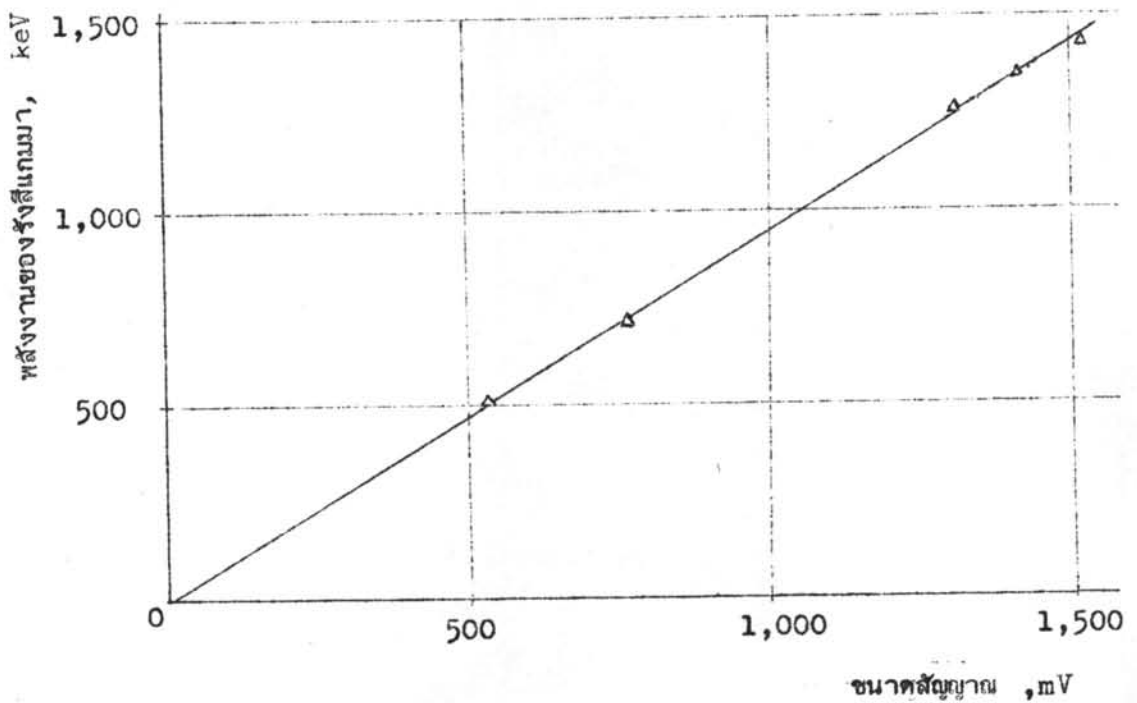
๑. ปรับเทียบพลังงานรังสีแกมมา กับขนาดสัญญาณ ใช้ต้นกำเนิดรังสีแกมมามาตรฐาน ขนาด ๑ ไมโครคูรี เป็นตัวปรับเทียบกับขนาดสัญญาณที่ได้จากหัววัดรังสี เนื่องจากรังสีแกมมานั้นๆ คือ

Na <sup>22</sup>	ต้นกำเนิดรังสีแกมมาพลังงาน	0.511, 1.275 MeV
Cs <sup>137</sup>	ต้นกำเนิดรังสีแกมมาพลังงาน	0.662 MeV
Co <sup>60</sup>	ต้นกำเนิดรังสีแกมมาพลังงาน	1.17, 1.33 MeV

๑.๑ สเปกตรัมพลังงานของรังสีแกมมา จากต้นกำเนิดแต่ละตัวดังกล่าว หาได้ โดยใช้หัววัดรังสีและเครื่องนับรังสีที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ วิเคราะห์สเปกตรัมออกมาในรูปของขนาดสัญญาณและความเข้มหรืออัตรานับรังสีดังรูปที่ ๔.๑



รูปที่ ๔.๑ แสดงสเปกตรัมของรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดต่างชนิด ที่หัววัดรังสี NaI (TL) ขนาด ๑" x ๑" วัดได้



รูปที่ ๔.๒ รูปเปรียบเทียบค่าพลังงานของรังสีแกมมา กับขนาดสัญญาณที่ได้จาก หัววัดรังสี

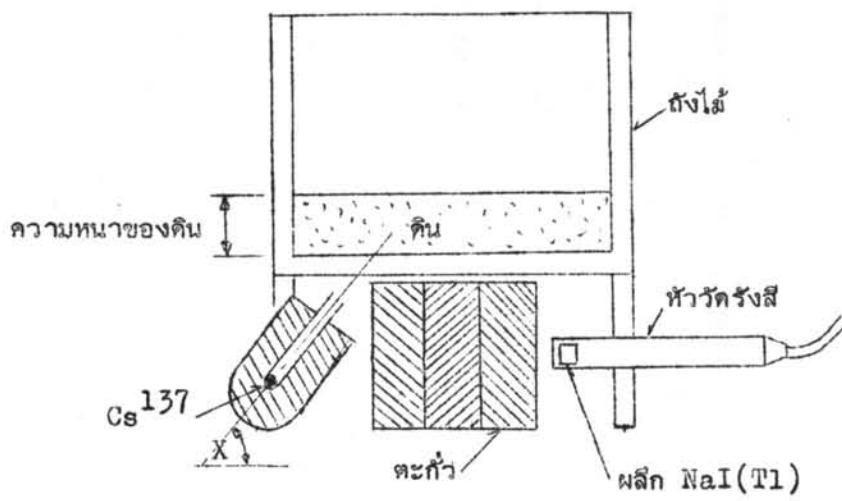
๑.๒ โฟโตพีค (Photopeak) ของสเปกตรัม คือ รังสีแกมมาจากต้นกำเนิดที่ยังไม่สูญเสียพลังงานไป ดังนั้น สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานของรังสีแกมมา กับขนาดสัญญาณ (ตำแหน่งโฟโตพีค) ได้ ดังแสดงในตารางที่ ๔.๑ และรูปที่ ๔.๒ เมื่อใช้ method of least squares หาค่าความสัมพันธ์ จะได้ว่า

$$E_Y = 0.9 V_S - 3$$

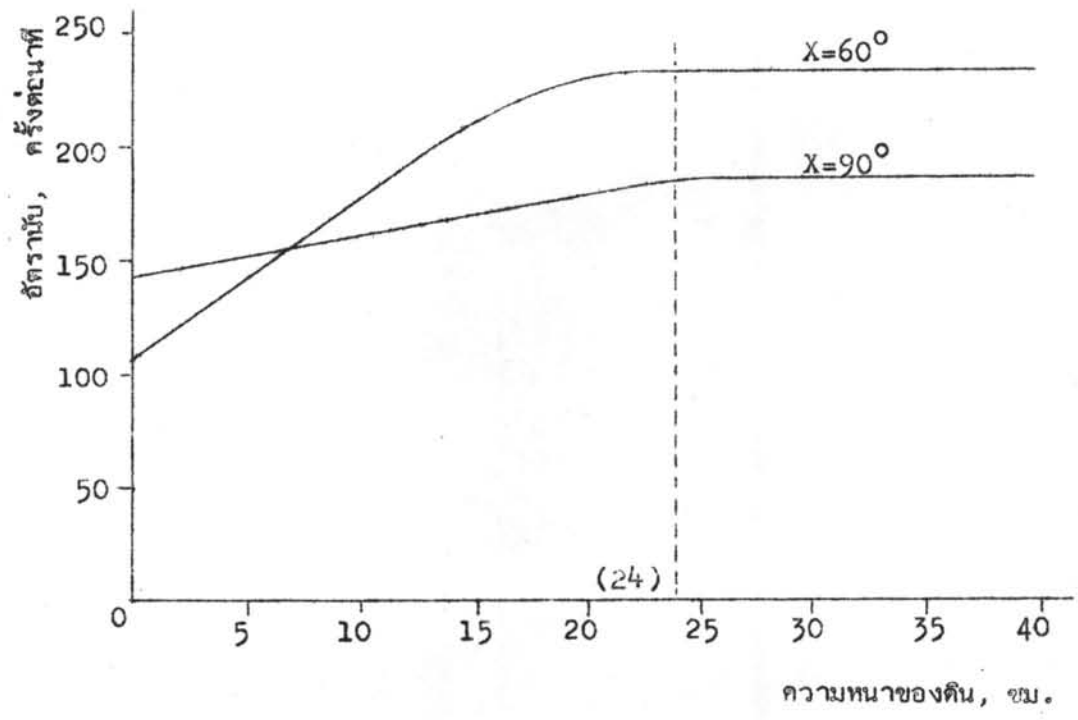
เมื่อ  $E_Y$  เป็น พลังงานของรังสีแกมมา, keV  
 $V_S$  เป็น ขนาดของสัญญาณ, mV

ตารางที่ ๔.๑ ขนาดของสัญญาณที่เกิดจากรังสีแกมมาที่มีพลังงานต่างๆ

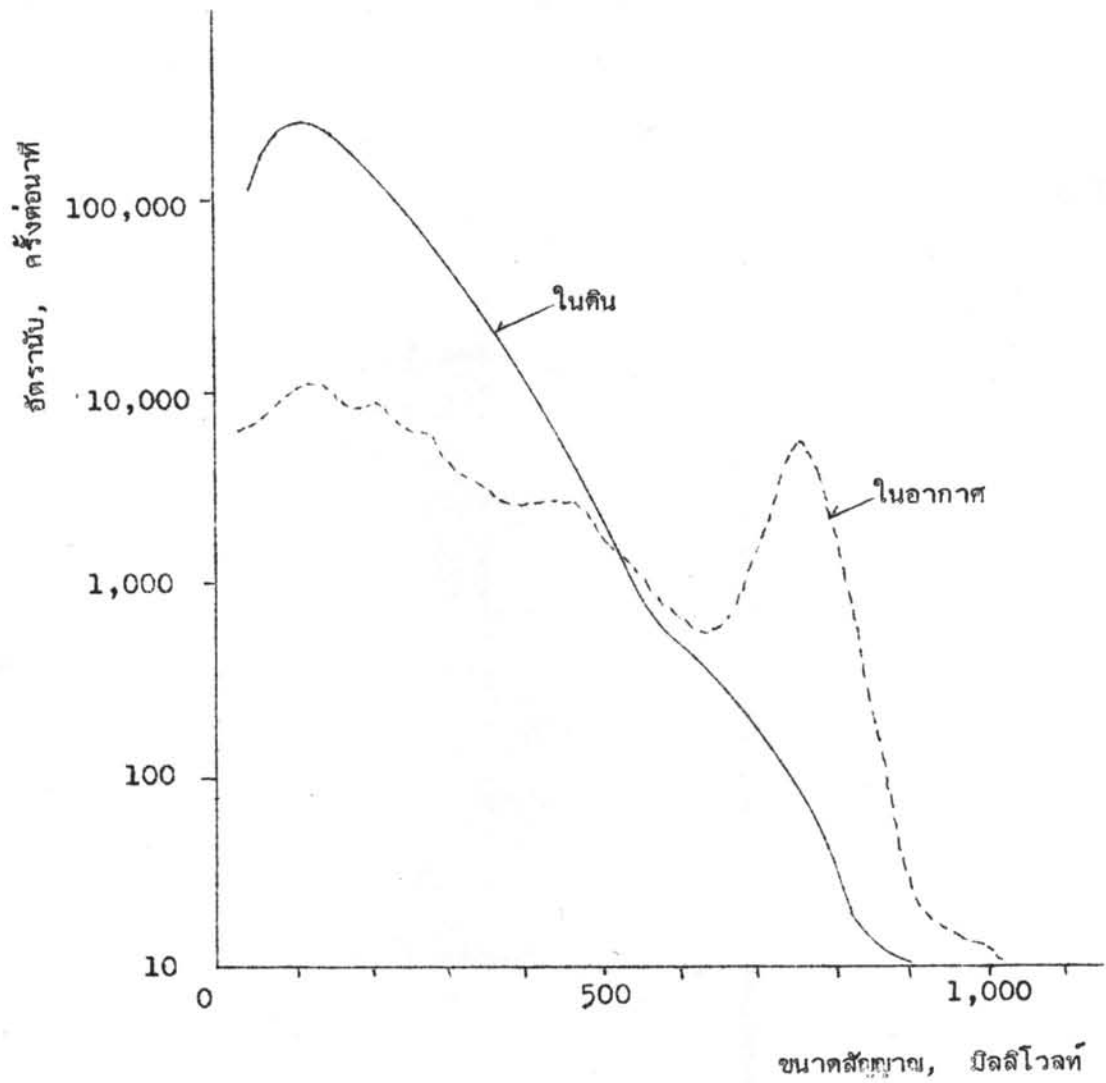
ขนาดของสัญญาณ, $V_S$ , mV	พลังงานของรังสีแกมมา, $E_Y$ , keV	ต้นกำเนิด
570	511	Na <sup>22</sup>
760	662	Cs <sup>137</sup>
1300	1170	Co <sup>60</sup>
1430	1275	Na <sup>22</sup>
1510	1330	Co <sup>60</sup>



รูปที่ ๔.๓ การหาความหนาสูงสุดของดินที่มีอิทธิพลต่อการวัดรังสีสะท้อนกลับ



รูปที่ ๔.๔ อิทธิพลของความหนาของดินต่อปริมาณรังสีสะท้อนกลับ



รูปที่ ๔.๕ สเปกตรัมของรังสีแกมมาสะท้อนกลับในดิน

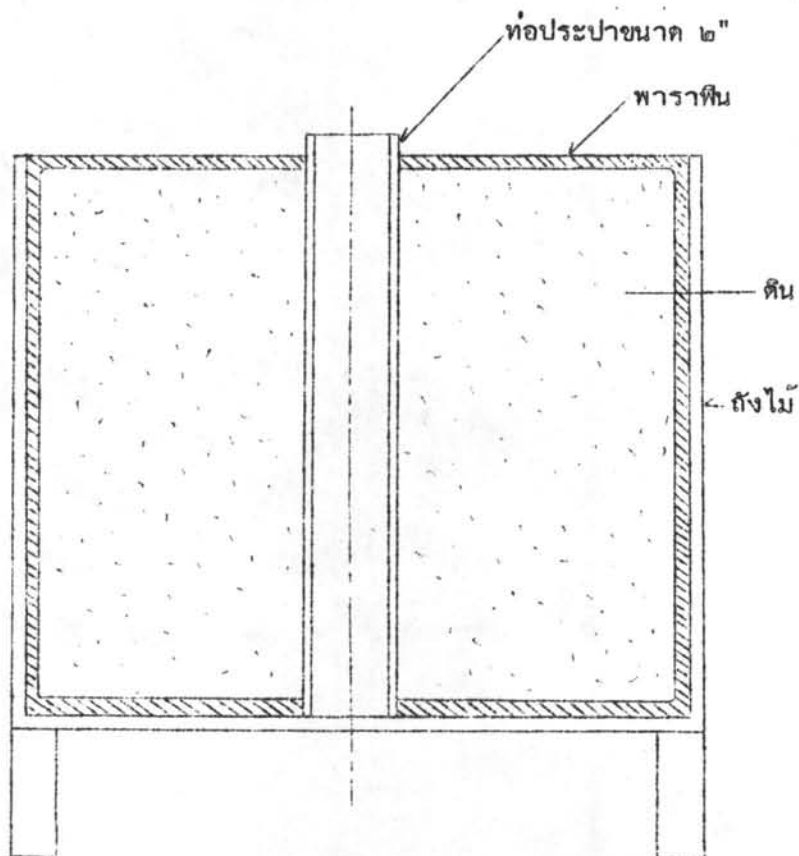
๒. ความหนาสูงสุดของดินที่มีอิทธิพลต่อการวัด เนื่องจากต้องสร้างถังใส่ดินในการทำมาตรฐานความหนาแน่นของดิน จึงต้องทราบขอบเขตหรือความหนาของดินที่มีอิทธิพลต่อการวัดเพื่อใช้ในการสร้างถังที่มีขนาดไม่ใหญ่เกินความจำเป็น จากการวัดเครื่องมือดังรูปที่ ๔.๓ แล้วเติมทรายลงในถังให้หนาขึ้นทีละ ๒ ซม. พร้อมกับวัดความชื้นของรังสีสะท้อนกลับ ได้ผลออกมาตามรูปที่ ๔.๔ ซึ่งแสดงว่าส่วนของดินที่หนาเกิน ๒๔ ซม. ขึ้นไป ไม่มีอิทธิพลต่อการวัดความหนาแน่นแบบใช้รังสีสะท้อนกลับนี้ ในกรณีนี้ใช้ทรายที่มีความหนาแน่นประมาณ ๑.๕ กรัม/ลบ.ซม. เป็นตัวอย่างในการทดสอบ ถ้าดินที่มีความหนาแน่นมากกว่านี้ ย่อมทำให้ขอบเขตดังกล่าวแคบลง เนื่องจากเกิดการลดของรังสีมากขึ้นนั่นเอง ในทางกลับกัน ถ้าดินมีความหนาแน่นน้อยลง ขอบเขตความหนาของดินที่มีอิทธิพลต่อการวัดย่อมกว้างขึ้น ดังนั้น ถังที่ใช้ใส่ดินจึงถูกสร้างให้มีขนาดบรรจุดินได้หนาประมาณ ๓๐ ซม. เพื่อไว้สำหรับดินที่มีความหนาแน่นน้อยด้วย แต่ตามปกติดินจะมีความหนาแน่นมากกว่า ๑.๕ กรัม/ลบ.ซม.

๓. สเปกตรัมของรังสีแกมมาในดิน จากการใช้ส่วนวิเคราะห์พลังงานของเครื่องนับรังสี ทำการวิเคราะห์รังสีสะท้อนกลับจากดินที่วัดได้ โดยการหย่อนหัวสำรวจความหนาแน่นลงไป ในถังที่บรรจุดินอยู่เต็ม ปรากฏว่าได้ สเปกตรัมของรังสีแกมมาสะท้อนกลับ ดังรูปที่ ๔.๕ เมื่อเปรียบเทียบกับสเปกตรัมของรังสีแกมมาในอากาศ จะเห็นได้ว่าส่วนที่เป็นโฟโตสติกหายไปหมด และส่วนที่มีพลังงานต่ำลงมาที่เกิดจากคอมพ์ตัน สแคตเตอริง จะเพิ่มขึ้นมากเป็นพิเศษ

๔. ถังอ้างอิง ในการศึกษาอุปกรณ์ครั้งนี้พบว่า เครื่องมือโดยเฉพาะหัววัดรังสี มีเสถียรภาพไม่สู้เท่าที่ควร ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสร้างถังอ้างอิงขึ้นมาช่วยในการแก้ไขข้อบกพร่องนี้ ดังจะกล่าวโดยละเอียดในบทอภิปราย

ถังอ้างอิงในที่นี้ คือ ถังที่บรรจุดินที่มีความหนาแน่น และความชื้นคงที่ ทำได้โดยอัดดินลงในถังให้แน่น แล้วหุ้มด้วยพาราฟินโดยรอบ ดังแสดงในรูปที่ ๔.๖ ถ้านำหัวสำรวจความหนาแน่น

ของดินมาร์คในถังอ้างอิงย่อมได้ค่าความเข้มรังสีสะท้อนกลับคงที่ทุกครั้ง เพื่อความสะดวกกำหนดให้  
ความเข้มของรังสีสะท้อนกลับในถังอ้างอิงมีค่า ๒๐,๐๐๐ ครั้งต่อนาที ดังนั้น ก่อนนำเครื่องมือไปใช้  
งานทุกครั้ง ต้องนำมาปรับแต่งกับถังอ้างอิง ให้วัดค่ารังสีสะท้อนกลับได้ ๒๐,๐๐๐ ครั้งต่อนาที จึงใช้  
งานได้ถูกต้อง ในที่นี้ทำการปรับปุ่ม threshold ของส่วนวิเคราะห์ผลงานของเครื่องนับรังสี



รูปที่ ๔.๖ ส่วนประกอบภายในถังอ้างอิง

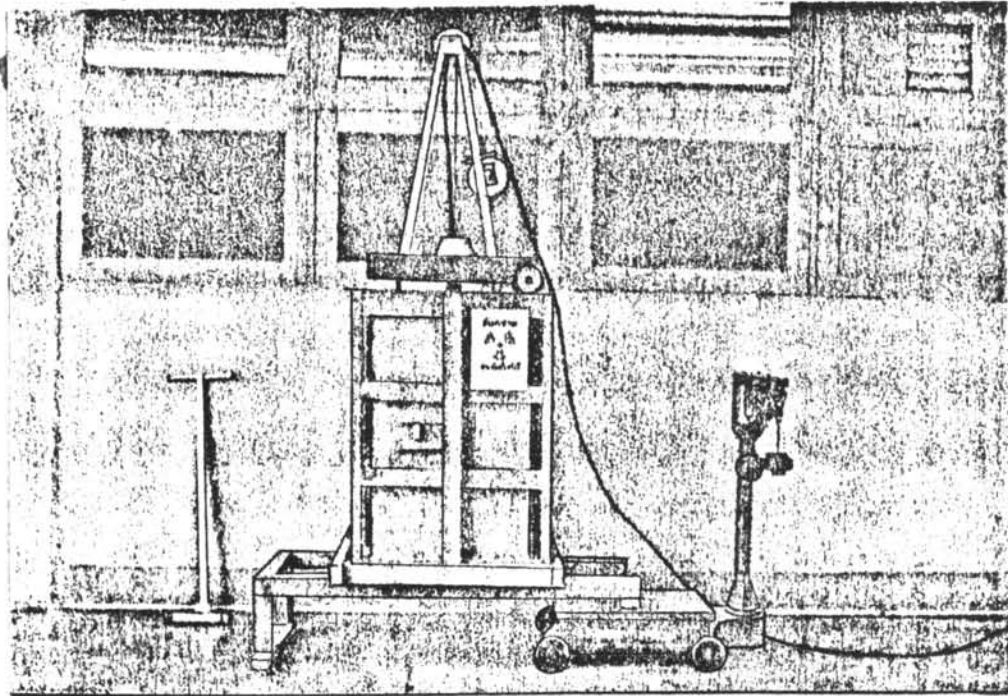


## การปรับเทียบ (Calibration)

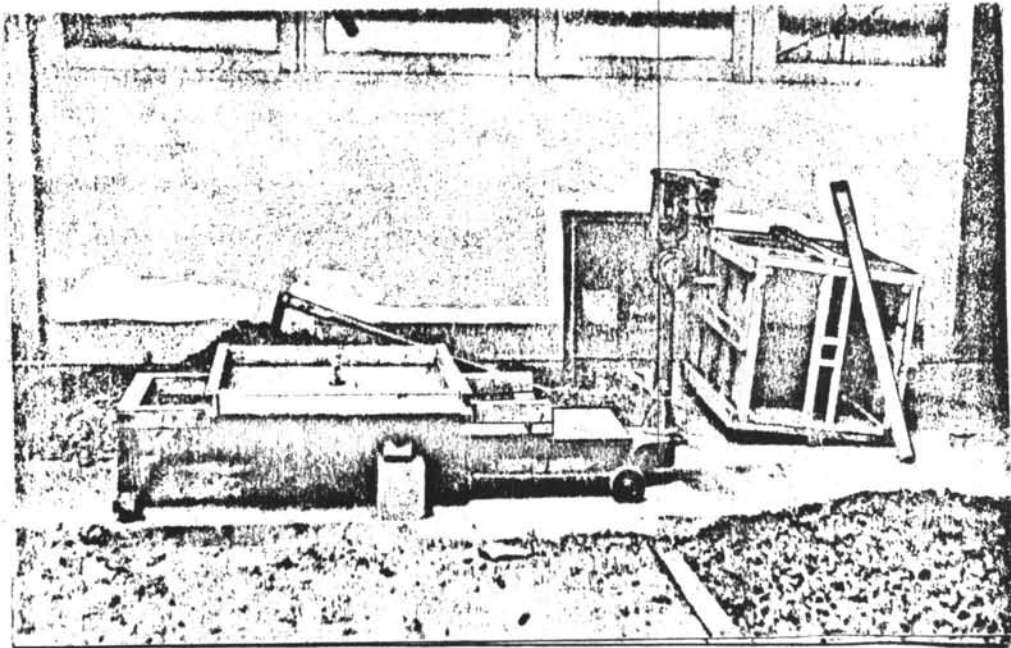
การปรับเทียบ เป็นหัวใจสำคัญสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากการวัดความหนาแน่น โดยเทคนิคนิวเคลียร์นี้เป็นวิธีทางอ้อม จึงจำเป็นต้องมีการปรับเทียบค่าความเข้มรังสีสะท้อนกลับกับความหนาแน่นของดิน ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร เพราะในการวัดจริงๆ เป็นการวัดความเข้มของรังสี ไม่ใช่ความหนาแน่นโดยตรง ความแม่นยำในการวัดความหนาแน่นของดิน จึงขึ้นอยู่กับ การปรับเทียบที่ละเอียดและถูกต้อง

๑. ปรับเทียบความหนาแน่นของดินกับรังสีสะท้อนกลับ โดยการบรรจุดินให้เต็ม ถังสำหรับใช้เป็นมาตรฐาน พร้อมกับชั่งน้ำหนักดิน และบันทึกไว้ หย่อนหัวสำรวจความหนาแน่นของดินที่เตรียมพร้อมไว้แล้ว (หมายถึง การอุ่นเครื่อง และปรับแต่งกับถังอ้างอิง) ลงในถังดินมาตรฐาน บันทึกค่าความเข้มรังสีสะท้อนกลับที่วัดได้ ในที่นี้เป็นการบันทึกเวลาที่ใช้ในการนับรังสีปริมาณ ๔๐,๐๐๐ counts [เนื่องจากเครื่องนับรังสีที่ใช้เป็นชนิดที่ต้องตั้งจำนวนนับ (preset count) ไม่ใช่แบบตั้งเวลานับ (preset time) ส่วนมาตรวัดความเข้มรังสี (ratemeter) ที่มีอยู่ก็เป็นแบบสเกลหลายๆ]

จากน้ำหนักดินและปริมาตรดินที่คำนวณจากขนาดถัง สามารถคำนวณหาความหนาแน่นของดินในแต่ละครั้งที่บรรจุได้ เมื่อเปลี่ยนดินที่มีความหนาแน่นต่างๆกัน โดยวิธีเปลี่ยนส่วนผสมของดิน เช่น ทราย ดินเหนียว ทรายปนดินเหนียว ปริมาณน้ำในดิน และการอัดให้แน่น ก็จะได้ค่าความหนาแน่นของดินต่างๆ มีความสัมพันธ์กับเวลานับรังสีสะท้อนกลับ ดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ ๔.๒



รูปที่ ๔.๗ การวัดรังสีสะท้อนกลับในถังมาตรฐาน



รูปที่ ๔.๘ สภาพการถอดประกอบถังใส่ดิน

ตารางที่ ๔.๒ ข้อมูลเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของดินและ เวลาบ่มรังสี  
สะท้อนกลับ

มาตรฐาน ลำดับที่	ความหนาแน่นของดิน	ความชื้น *	เวลานับ
	กรัม/ลบ.ซม.	เซนติกรัม/ลบ.ซม.	วินาที
1	1.5868	3.63	116.9
2	1.5322	-	118.0
3	1.0868	-	101.55
4	1.6266	1.05	122.4
5	1.7626	15.30	127.05
6	1.9328	32.33	137.0
7	1.3554	9.49	111.65
8	1.4273	7.42	116.65
9	1.1854	12.74	107.3
10	1.5043	44.63	120.05
11	1.7283	17.86	126.0
12	1.8761	32.64	129.6
13	1.7731	22.35	125.0
14	1.9421	22.44	134.45
15	1.9916	27.39	133.2
16	2.0536	18.76	143.5
17	2.1295	26.35	142.5

\* หาได้จากวิธี อบไล่ความชื้นของตัวอย่างดินในตู้อบ

ข้อมูลในตารางที่ ๔.๒ ได้จากการวัดด้วยเครื่องนับรังสี BASIC Battery Scaler

โดยตั้ง

input sensitivity	100 mV
window	integral
Threshold	ดูในหัวข้อที่ ๔. <u>ถึงอ้างอิง</u>
High Voltage	1,000 V
preset count	40,000 counts

## ๒. การสร้างรูปเปรียบเทียบ

๒.๑ ความสัมพันธ์ของข้อมูล จากการเขียนกราฟของข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของดิน กับเวลานับ รังสีสะท้อนกลับ สังเกตเห็นได้ชัดว่า มีแนวโน้มที่จะมีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น ซึ่งพิสูจน์ได้โดยการหาความสัมพันธ์ร่วมเชิงเส้นจากการคำนวณ

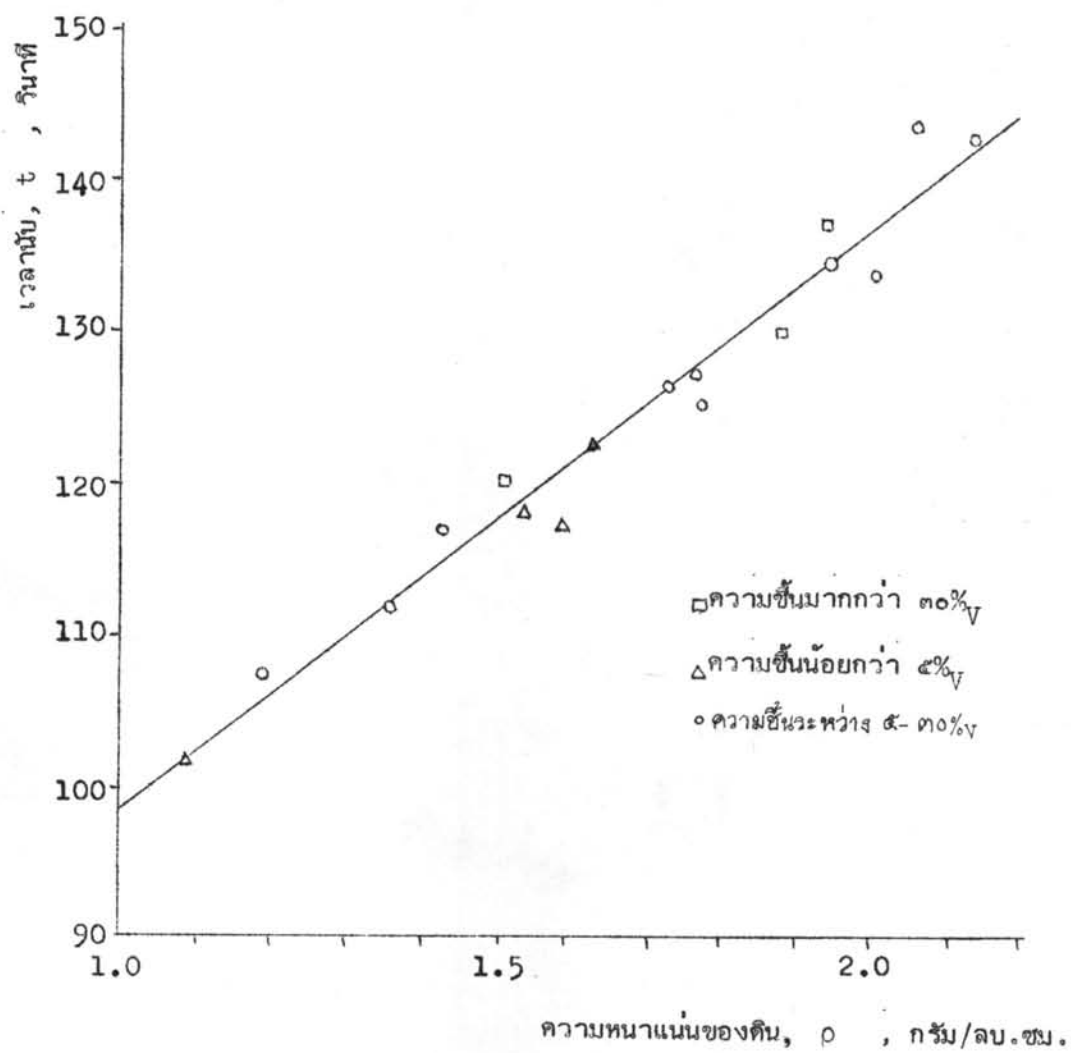
$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad \text{----- (๔.๑)}$$

เมื่อ  $r$  คือความสัมพันธ์ร่วม (correlation)

$x$  ในที่นี้คือ ความหนาแน่นของดิน , หน่วยกรัม/ลบ.ซม.

$y$  ในที่นี้คือ เวลาที่นับรังสี , หน่วย วินาที

ดังนั้นจากข้อมูลในตารางที่ ๔. ได้ว่า



รูปที่ ๔.๔ รูปเปรียบเทียบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของดิน และ เวลาที่นับรังสีสะท้อนกลับได้ ๔๐,๐๐๐ counts

$$\begin{array}{ll}
 n & = 17 & \Sigma x^2 & = 49.21835 \\
 \Sigma x & = 28.4945 & \Sigma y^2 & = 264,807.415 \\
 \Sigma y & = 2,112.8 & (\Sigma x)^2 & = 811.9365 \\
 \Sigma xy & = 3,597.1861 & (\Sigma y)^2 & = 4,463,923.84
 \end{array}$$

$$r = \frac{(17)(3597.1861) - (28.4945)(2112.8)}{\sqrt{[(17)(49.21835) - (811.9365)] [(17)(264807.415) - (4463923.84)]}}$$

$$r = 0.9806$$

$r = + 1$  หมายถึงความสัมพันธ์ระหว่าง  $x$  และ  $y$  เป็นเส้นตรงที่สมบูรณ์  
 ในกรณีนี้  $r = 0.9806$  แสดงว่าความหนาแน่นของดินและเวลานับรังสีสะท้อนกลับมีความสัมพันธ์  
 กันอย่างเชิงเส้นดีมาก

และ  $r^2 = 0.9616$  แสดงว่าข้อมูลของเวลานับรังสี ๙๖.๑๖% มีความสัมพันธ์  
 เป็นเส้นตรงกับข้อมูลของความหนาแน่นของดิน

๒.๒ สมการแทนข้อมูล เมื่อทราบว่าความหนาแน่นของดินและเวลานับรังสี  
 สะท้อนกลับมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้น จึงใช้ method of least squares หาสมการออกมาได้  
 ว่า

$$t = 60.079 + 38.304\rho \quad \text{-----} (๔.๒)$$

เมื่อ  $t$  เป็นเวลานับรังสีสะท้อนกลับได้ ๕๐,๐๐๐ counts , หน่วยวินาที  
 $\rho$  เป็นความหนาแน่นของดิน , หน่วย กรัม/ลบ.ซม.

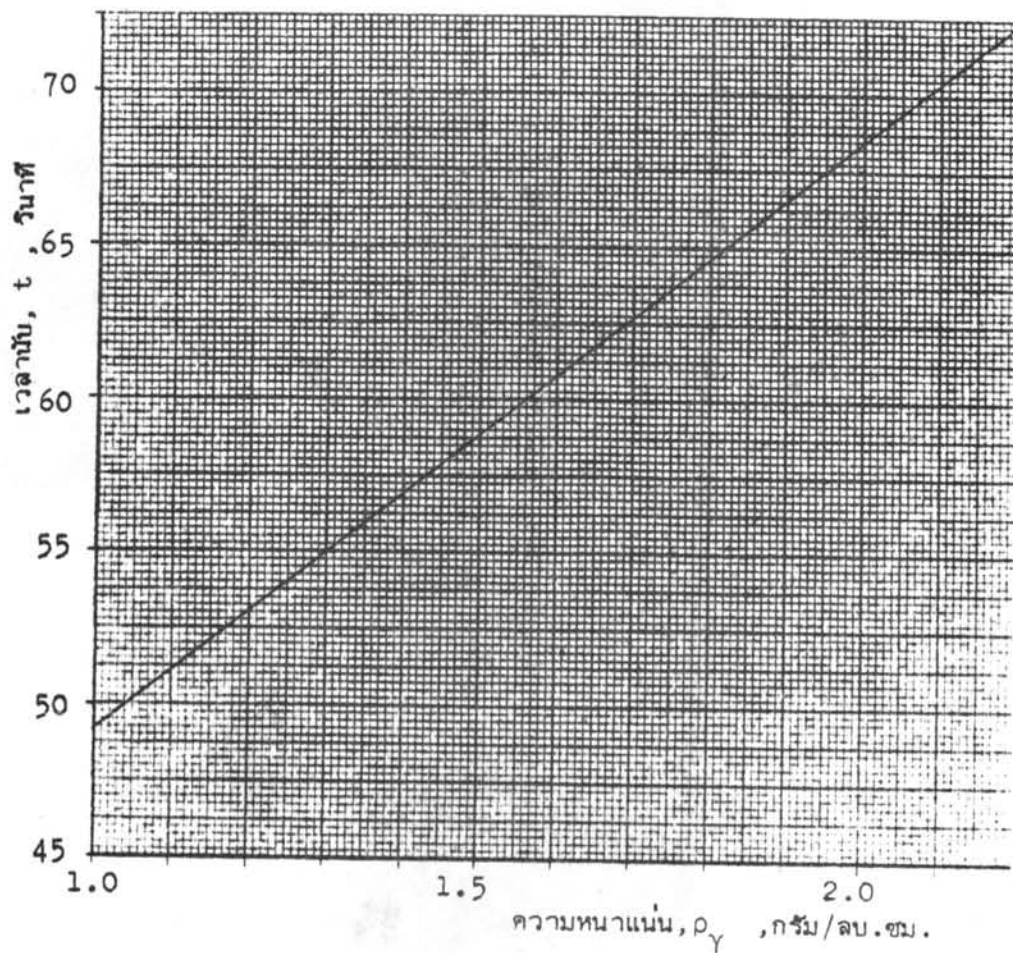
สมการที่ (๔.๒) เป็นสมการเปรียบเทียบที่ทำได้จากงานวิจัยครั้งนี้ ซึ่งเป็นค่าเฉพาะสำหรับเครื่องมือและอุปกรณ์ชุดนี้เท่านั้น

๒.๓ รูปเปรียบเทียบสำหรับใช้งาน ในขณะที่ใช้งานจริง เพื่อความสะดวกรวดเร็ว จึงปรับปรุงรูปเปรียบเทียบอีกครั้งเพื่อความเหมาะสมไว้ใช้สำหรับการตั้งจำนวนนับ (preset count) ไว้ที่ ๒๐,๐๐๐ ซึ่งจะทำให้ข้อมูลแต่ละตัวที่ทำการวัดจะใช้เวลาประมาณ ๑ นาที และยังมีความแม่นยำพอสมควร หรือสามารถคำนวณได้จากสมการเปรียบเทียบ (๔.๓) ก็ได้เช่นเดียวกัน

$$t = 30.04 + 19.15 \rho_{\gamma} \quad \text{-----} (๔.๓)$$

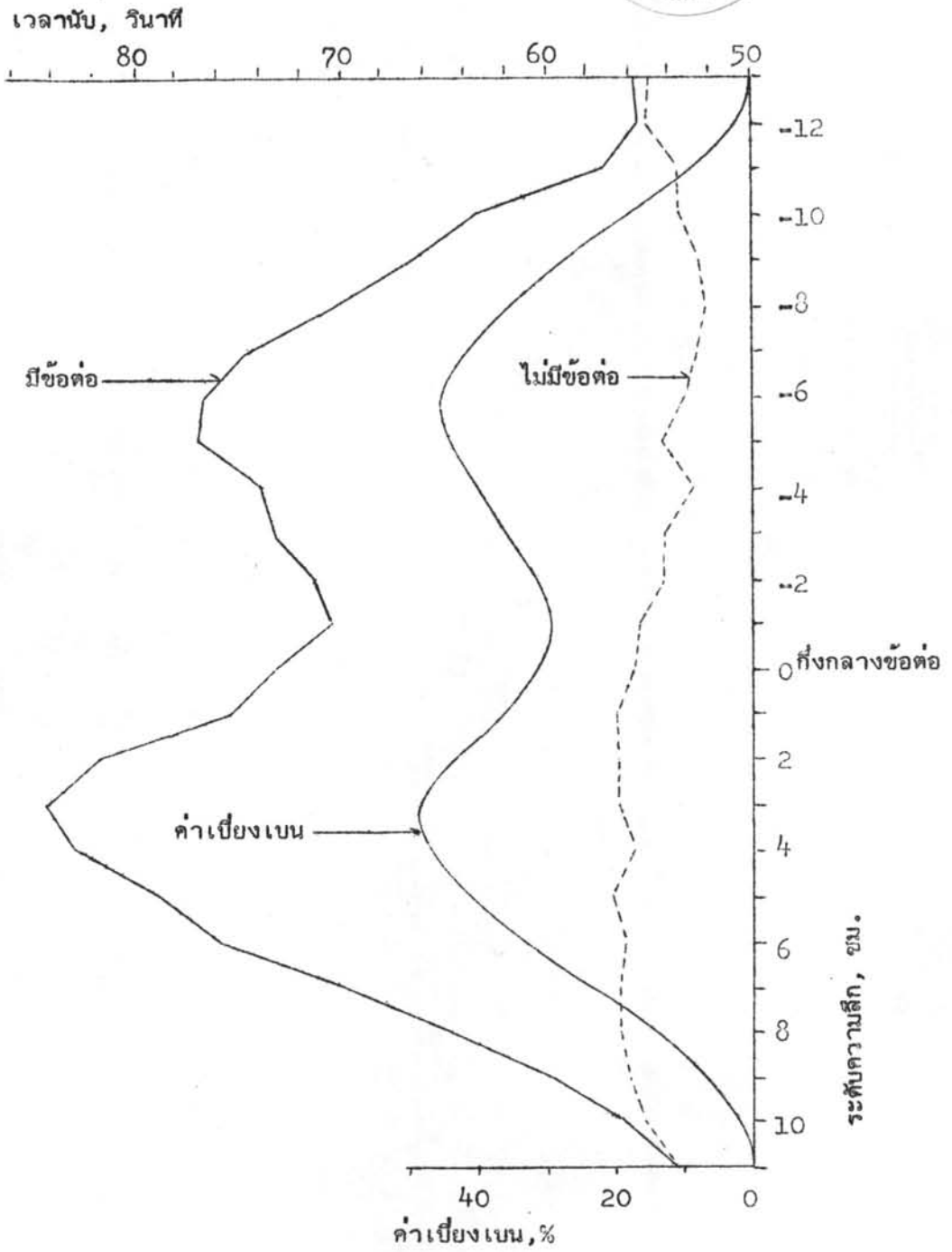
เมื่อ  $t$  เป็นเวลานับรังสีสะท้อนกลับได้ ๒๐,๐๐๐ counts, หน่วยวินาที  
 $\rho_{\gamma}$  เป็นความหนาแน่นของหินที่วัดโดยใช้รังสีแกมมา , หน่วย กรัม/ลบ.ซม.

๓. ผลของข้อต่อของท่อตีบล็อก เนื่องจากท่อตีบล็อก (casing) ของหลุมเจาะมีความยาวจำกัด (๖ เมตร) จึงต้องใช้ต่อกันหลายท่อน ด้วยข้อต่อ ทำให้บริเวณรอยต่อมีความหนาของท่อตีบล็อกมากกว่าปกติ ผลของการวัดรังสีสะท้อนกลับจึงไม่เป็นไปตามค่าเปรียบเทียบที่ทำไว้เดิม จึงต้องมีการแก้ไขค่าที่ผิดพลาดนี้ให้ถูกต้อง จากการทดลองหาผลของข้อต่อที่เข้าไปอยู่ในบริเวณทำการวัดรังสีซึ่งทำได้โดยการวัดรังสีสะท้อนกลับในหลุมเจาะ ในสภาวะที่ใช้ท่อตีบล็อกมีข้อต่อ และไม่มีข้อต่อ ที่



รูปที่ ๔.๑๐ รูปเปรียบเทียบสำหรับใช้งาน (ตั้ง Preset count ที่ ๒๐,๐๐๐)





รูปที่ ๔.๑๑ ผลของข้อต่อของท่อตีปลูก

ตำแหน่งเดียวกัน พบว่าตำแหน่งการวัดรังสีที่มีระดับสูงกว่าข้อต่อ ๑๓ ซม. หรือต่ำกว่าข้อต่อ ๑๑ ซม. จะเป็นบริเวณที่ปราศจากอิทธิพลของข้อต่อที่มีต่อการวัดรังสี ดังแสดงผลไว้ในรูปที่ ๔.๑๑ ผลของข้อต่อจะทำให้ "เวลานับ" เพิ่มขึ้น ซึ่งเวลานับที่เพิ่มขึ้นจากเดิมนี้ เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เรียกว่า "ค่าเบี่ยงเบน" ดังนั้นในการวัดความหนาแน่นของดินในบริเวณที่มีอิทธิพลของข้อต่อ จะต้องแก้ไขค่าเวลานับรังสีที่วัดได้ ก่อนนำไปเปรียบเทียบหาค่าความหนาแน่นของดินต่อไป

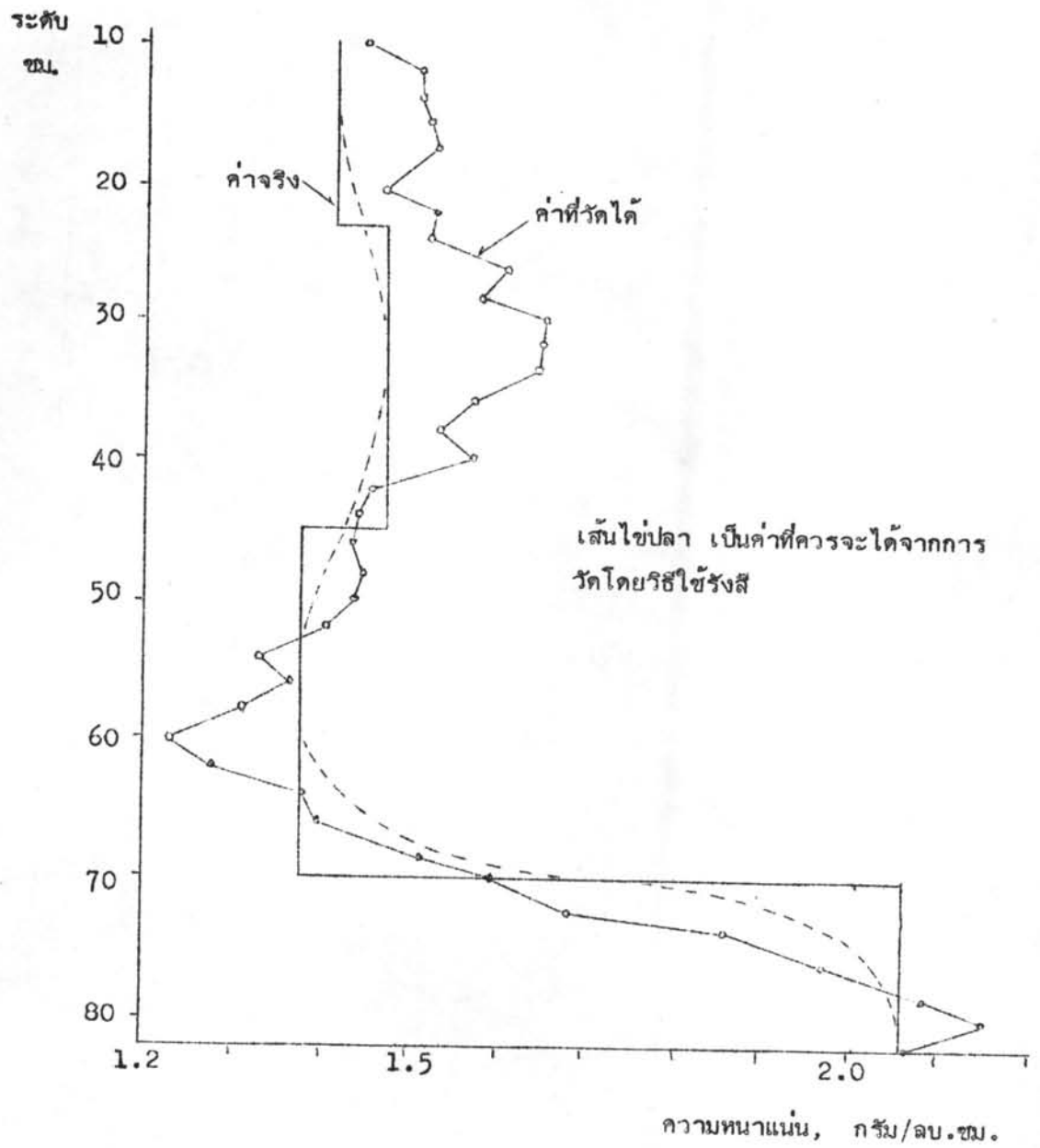
#### การทดลองใช้งาน

หลังจากเปรียบเทียบอุปกรณ์ทางนิวเคลียร์ ให้สามารถวัดความหนาแน่นของดินตั้งข้างต้นแล้วนั้น เพื่อเป็นการทดสอบสมรรถนะ ของเครื่องมือ จึงทำการทดลองใช้วัดความหนาแน่นของดิน ดังนี้ คือ

๑. วัดความหนาแน่นของดินที่รู้ค่าในถัง โดยบรรจุดินลงในถังมาตรฐานใบเดิม ให้ได้ดินที่มีความหนาแน่นต่างกัน ๔ ชั้น แล้วนำหัวสำรวจความหนาแน่นหย่อนลงไปทดลองวัด ได้ผลปรากฏดังรูปที่ ๔.๑๒ ในการวัดครั้งนี้พบว่ามีความผิดพลาดค่อนข้างสูง คือประมาณ ๑๒% ดังแสดงในตารางที่ ๔.๓

ตารางที่ ๔.๓ แสดงค่าผิดพลาดในการวัดโดยวิธีใช้รังสี

	ความหนาแน่นจริง กรัม/ลบ.ซม.	ความหนาแน่นที่วัดได้ กรัม/ลบ.ซม.	ผิดพลาด %
1	1.4120	1.51	6.94
2	1.4735	1.65	11.978
3	1.3822	1.23	11.011
4	2.0600	2.155	4.612



รูปที่ ๔.๑๒ ผลการวัดความหนาแน่นของดินที่รู้ค่าในถัง

๒. การวัดความหนาแน่นของดินโดยเทคนิคนิวเคลียร์เปรียบเทียบกับวิธีปกติ

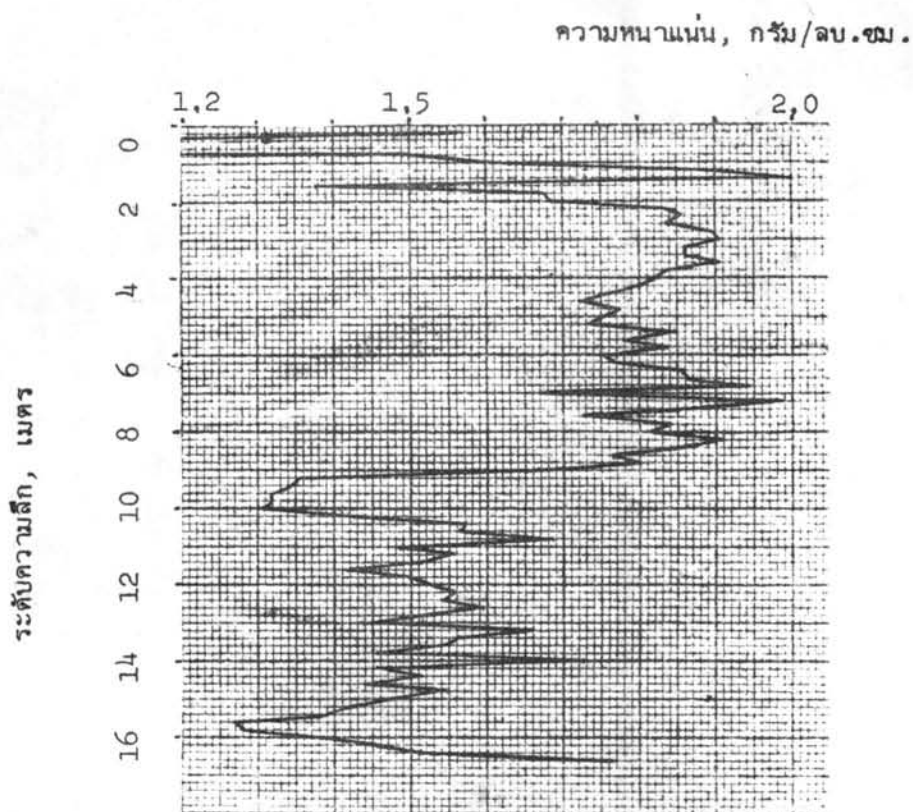
โดยวิธีปกตินั้นใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดิน แล้วนำไปหาค่าความหนาแน่นในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นจะเกิดหลุมเจาะขึ้นในดิน ให้เอาท่อตีบล็อกขนาด ๒ นิ้ว ผิงลงไป จากนั้น จึงหย่อนหัวสำรวจความหนาแน่นลงไป แล้วทำการวัดเวลานับรังสีสะท้อนกลับโดยตั้งจำนวนนับไว้ที่ ๒๐,๐๐๐ เสร็จแล้วนำไปปรับเทียบหาค่าความหนาแน่นของดินจากรูปปรับเทียบที่ ๔.๑๐ หรือจากสมการปรับเทียบที่ (๔.๓) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ ๔.๔

ตารางที่ ๔.๔ แสดงผลการวัดความหนาแน่นของดินโดยเทคนิคนิวเคลียร์จากดิน  
ในธรรมชาติ

ระดับความลึก ซม.	เวลานับ วินาที	ความหนาแน่นของดิน		แตกต่าง %
		วิธีนิวเคลียร์, $\rho_Y$ กรัม/ลบ.ซม.	วิธีปกติ, $\rho_{conv.}$ กรัม/ลบ.ซม.	
25	64.4	1.7941	1.8759	4.36
50	58.9	1.5069	1.5361	1.901
75	68.4	2.0029	1.9305	3.75
100	68.5	2.0081	1.9495	3.006

๓. วัดความหนาแน่นของดินในธรรมชาติระดับลึก หลุมเจาะที่เตรียมไว้ซึ่งมีท่อตีบล็อกอยู่เรียบร้อยแล้ว ถูกใช้เป็นที่ทดลอง ในการวัดก็เพียงแต่เคลื่อนย้ายอุปกรณ์ทั้งหมดไปที่บริเวณปากหลุม แล้วทำการหย่อนหัวสำรวจลงไปให้ละชั้นในดินนี้ใช้ชั้นละ ๒๐ ซม. พร้อมกับบันทึกค่าเวลานับรังสีสะท้อนกลับเป็นวินาที เมื่อตั้งจำนวนนับไว้ที่ ๒๐,๐๐๐

หลังจากวัดจนลึกสุดสายเคเบิลแล้ว เป็นอันยุติ นำผลที่ได้ไปแก้ความผิดพลาดเนื่องจาก  
ข้อต่อของท่อสี่ปลอก แล้วจึงนำไปปรับเทียบหาค่าความหนาแน่นของดิน ของระดับความลึกต่างๆ ที่  
บริเวณหลุมเจาะนั้น ดังแสดงผลในตารางที่ ๔.๕ เมื่อเขียนเป็นกราฟ จะมีลักษณะดังรูปที่ ๔.๑๓



\* ใ้พรงอากาศ ที่ระดับความลึก 0.4-0.6 เมตร

รูปที่ ๔.๑๓ ผลการวัดความหนาแน่นของดินในธรรมชาติ ระดับลึกโดย  
วิธีใช้รังสีแกมมาสะท้อนกลับ

ตารางที่ ๔.๔ ผลการวัดความหนาแน่นของดินในธรรมชาติระดับลึก โดยใช้รังสีแกมมา

ระดับความลึก เมตร	เวลานับ วินาที	ความหนาแน่น กรัม/ลบ.ซม.	ระดับความลึก เมตร	เวลานับ วินาที	ความหนาแน่น กรัม/ลบ.ซม.
0.2	60	1.5643	5.8	65.2	1.8359
0.4	134	—*	6.0	53.6	1.7523
0.6	223.4	—*	6.2	63.8	1.7628
0.8	58.5	1.4860	6.4	65.6	1.8567
1.0	61.1	1.6218	6.6	65.7	1.8620
1.2	66.3	1.8933	6.8	67.3	1.9455
1.4	68.5	2.0082	7.0	62.0	1.6688
1.6	56.4	1.3764	7.2	63.1	1.9873
1.8	62.1	1.6740	7.4	65.5	1.8515
2.0	62.3	1.6844	7.6	63.1	1.7262
2.2	65.2	1.8359	7.8	65.3	1.8411
2.4	65.6	1.8567	8.0	65.0	1.8254
2.6	65.2	1.8359	8.2	66.5	1.9037
2.8	62.4	1.8985	8.4	65.4	1.8463
3.0	66.5	1.9037	8.6	63.8	1.7628
3.2	65.7	1.8620	8.8	64.5	1.7993
3.4	65.7	1.8620	9.0	61.7	1.6531
3.6	66.5	1.9037	9.2	56.0	1.3555
3.8	65.1	1.8306	9.4	55.7	1.3398
4.0	65.0	1.8254	9.6	55.3	1.3189
4.2	64.5**(73.5)	1.7993	9.8	55.3	1.3189
4.4	63.7	1.7575	10.0	55.1	1.3035
4.6	63.0	1.7210	10.2	57.5** (65.5)	1.4283
4.8	63.9	1.7680	10.4	60.1	1.5696
5.0	63.6	1.7523	10.6	60.0	1.5643
5.2	63.2	1.7314	10.8	62.3	1.6844
5.4	65.4	1.8463	11.0	58.5	1.4860
5.6	64.1	1.7784	11.2	59.9	1.5591

ตารางที่ ๔.๕ (ต่อ)

ระดับความลึก เมตร	เวลานับ วินาที	ความหนาแน่น กรัม/ลบ.ซม.	ระดับความลึก เมตร	เวลานับ วินาที	ความหนาแน่น กรัม/ลบ.ซม.
11.4	59.0	1.5121	14.2	57.9	1.4547
11.6	57.1	1.4129	14.4	59.0	1.5121
11.8	58.7	1.4965	14.6	59.6	1.4390
12.0	59.2	1.5226	14.8	59.6	1.5435
12.2	59.8	1.5540	15.0	58.3	1.4756
12.4	59.6	1.5435	15.2	57.2	1.4129
12.6	60.6	1.5957	15.4	56.5	1.3816
12.8	59.1	1.5174	15.6	54.3	1.2667
13.0	57.6	1.4390	15.8	54.6	1.2824
13.2	62.0	1.6688	16.0	56.8	1.3973
13.4	59.9	1.5591	16.2	59.9** (66)	1.4547
13.6	59.6	1.5435	16.4	59.0	1.5121
13.8	57.9	1.4547	16.6	63.9	1.7680
14.0	63.1	1.7262			

\* ไม่สามารถวัดได้เนื่องจากเป็นโพรงอากาศ

\*\* ค่าในวงเล็บยังไม่ได้แก้ความเบี่ยงเบนเนื่องจากบริเวณนี้ลึกต่อ