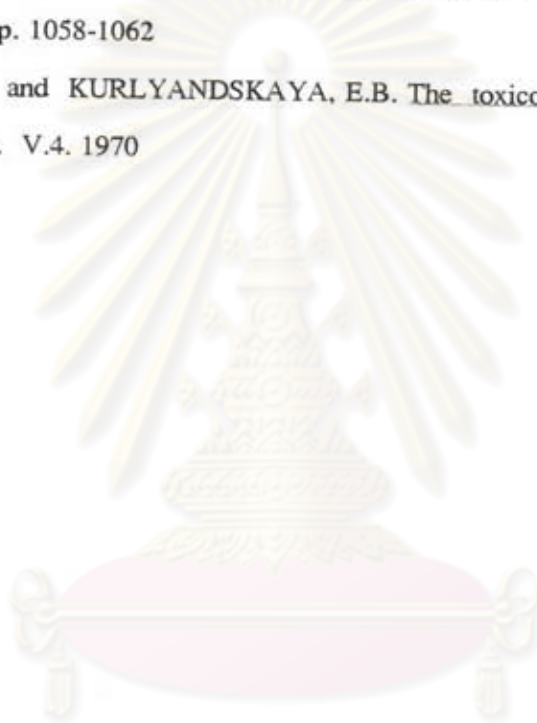


## รายการอ้างอิง

1. KOLTHOFF, I.M. and PHILLIP, J., ELVING. Treatise on Analytical Chemistry, Part II.V.5 . Newyork. 1961. p.139-210
2. HERBERT , L., VOLCHOK . EML Proceder Manual . U.S. Department of Energy. Report HASL-300 . 1983
3. DANG, H.S. ; JAISWAL, D.D. ; SUNTA, C.M. and SOMAN, S.D. A Sensitive Method for The Determination of Th in Body Fluids. HP.V.57 No. 3 . U.S.A. 1989. p. 393-396
4. DARRELL R. FISHER ,PETER . O. JACKSON , GWEN . G. BRODACZYNSKI and ROBERT , I., SCHERPELZ Level of 234 U , 238U and 230Th in Excreta of Uranium Mill Crushermen . HP. V. 45 . No 3. U.S.A. 1983. p. 617-629
5. TWITTY , B.L and BOBACK , M.W. Rapid Determination of Thorium in Urine by Thermal Neutron Activation . Anal. Chem. Acta. 49,1970
6. CUTHBERT, F.L. Thorium Production Technology, Massachusetls. U.S.A. 1958, Addison-Wesley Publishing Company.inc
7. NARAYANT P. SINGH. Thorium , uranium and plutonium in human tissues of world wide general population. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. Articles. Vol 138. No.2 .1990. p 347-364
8. GARCIA-LEON, M. and MADURGA, G. Lowlevel measurements and their applications to environmental radiactivity . 1987.p 419-489
9. JACK SCHUBERT. Ion Exchange Technology . Acadamic press inc. Publishers New York . 1956 . p 1-26
10. ICRP 2. Permissible Dose for Internal Radiation . 1959. p 78-79
11. เบลูจพล สํารวจ . การหาความเข้มข้นไอโซโทปยูเรเนียมในปัสสาวะโดยวิธีแอลฟาสเปกโตรเมตรี . วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535
12. ICRP 54 Limits for Intakes of Radionuclides by Worker. 1st ed. 1988 . p. 195-208
13. สุทธิชัย โง้วศิริ . หลักสูตรสถิติ . พิมพ์ที่โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง. กรุงเทพมหานคร, 2518 หน้า 217 - 219

14. CHARLES, V., BANKS. Analysis of Thorium. Anal. Chem. V.1. Newyork. 1959  
p.36-37
15. CLEMENT, J., RODDEN. Analytical Chemistry of The Manhattun Project. 1st ed.  
McGRAW-HILL Book Company.1950. p 160-207
16. DANON, J. Separation of Thorium and Rare eart element in Nitric acid media by  
Anion Exchange . J. Inorg. Nucl. Chem.5. 1958. p 237
17. FURMAN, N., HOWELL. Standard Methods of Chemical Analysis. 6th ed. V.1.  
Newyork. p. 1058-1062
18. LETAVET, A.A. and KURLYANDSKAYA, E.B. The toxicology of radioactive  
substances. V.4. 1970



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การหาประสิทธิภาพของหัววัดรังสี (Eff)

การหาประสิทธิภาพของหัววัดรังสี (Eff) ทำได้โดยการนำสารรังสีมาตรฐานที่มีค่าพลังงานใกล้เคียงกับทอเรียม มาทำการวัดรังสีอัลฟาเป็นเวลา 3000 วินาที ในที่นี้ใช้สารรังสีมาตรฐาน ดังนี้

Pu-242	พลังงาน 4903 keV	Am-241	พลังงาน 5487 keV
Pu-239	พลังงาน 5155 keV	Cm-244	พลังงาน 5808 keV

หา % Eff ได้จากสูตร

$$\% \text{ Eff} = \frac{\text{cpm}}{\text{dpm}} \times 100$$

cpm = ค่าการนับสารรังสีมาตรฐาน

dpm = ปริมาณรังสีที่มีอยู่ในตัวอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การคำนวณปริมาณตะกอนที่ได้หลังกระบวนการวิเคราะห์ (Recovery yield, %RY)

สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\%RY = \frac{\frac{G}{T_1} - \frac{BG}{T_2}}{\text{Eff. dpm added}}$$

เมื่อ

G = ค่าการนับของทอเรียม-229

BG = ค่าการนับแบคกราวด์

T<sub>1</sub> = เวลาในการนับปริมาณทอเรียม -229 (นาที)

T<sub>2</sub> = เวลาในการนับรังสีของแบคกราวด์ (นาที)

Eff = ประสิทธิภาพของหัววัด

dpm added = ความแรงรังสีของตัวติดตามทอเรียม - 229 (dpm)

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ก.1 การคำนวณหาปริมาณทองเหลือง

สามารถหาได้จากสูตร

$$\text{Activity} = \frac{\frac{S}{T_1} - \frac{BG}{T_2}}{\text{Eff} \cdot \text{RY} \cdot V}$$

เมื่อ

S = ค่าการนับของตัวอย่าง

BG = ค่าการนับแบคกราวด์

T<sub>1</sub> = เวลาในการนับรังสีของตัวอย่าง (นาที)

T<sub>2</sub> = เวลาในการนับรังสีของแบคกราวด์ (นาที)

Eff = ประสิทธิภาพของหัววัด

RY = ค่าเปอร์เซ็นต์การแยก

V = ปริมาตรของตัวอย่างปัสสาวะ (มิลลิลิตร)

ภาคผนวก ก.2 การคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานการนับรังสีรวมแบคกราวด์ (S<sub>G</sub>)

สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$S_G = \frac{[(S/T_1^2) + (BG/T_2^2)]^{1/2}}{\text{Eff} \cdot \text{RY} \cdot V}$$

ภาคผนวก ค.3 การคำนวณปริมาณทอเรียบเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณทอเรียบเฉลี่ย ( $S_w$ )

การวัดสารรังสีนั้นค่าที่ได้แต่ละครั้งจะมีความแม่นยำต่างกันออกไป ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าเวลาในการนับแตกต่างกัน หรือ ความแรงรังสีมีค่าน้อยต่างกัน ดังนั้น ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าการนับแต่ละครั้งมีค่าต่างกันออกไป เมื่อนำค่าเหล่านี้มาเฉลี่ย จะต้องคำนึงถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละค่าด้วย

ค่าเฉลี่ยของปริมาณทอเรียบคำนวณได้จากสูตร<sup>(2)</sup>

$$\bar{x} = \frac{\sum w_i x_i}{\sum w_i}$$

เมื่อ

$$w_i = \frac{1}{S_i^2}$$

$x_i$  = ปริมาณทอเรียบแต่ละค่า

$S_i$  = standard deviation แต่ละค่า

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณทอเรียบเฉลี่ยสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$S_w = \left( \frac{1}{\sum w_i} \right)^{1/2}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

การคำนวณหาขีดจำกัดต่ำสุดของการวัดรังสี (LLD)

จอห์น ฮาเลย์ (Knoll , 1979) กำหนดค่า LLD ดังนี้

$$LLD = \frac{K_{\alpha} + K_{\beta} \cdot (S_G^2 + S_B^2)^{1/2}}{C}$$

$S_G$  = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการนับรังสีในตัวอย่าง

$S_B$  = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในการนับแบคกราวด์

$C$  = Calibration factor =  $\frac{cpm}{dpm}$

$K_{\alpha} = K_{\beta} = 1.645$  เป็นค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์สูงสุดของมาตรฐานปกติของการเลือกกำหนดว่ามีความแรงรังสีสูงกว่าค่าแบคกราวด์ ( $\alpha = 0.05$  ,  $\beta = 0.95$ )

ที่ความแรงรังสีต่ำๆ  $S_G \approx S_B$

$$LLD = \frac{2K_{\alpha} \cdot (2S_B^2)^{1/2}}{C}$$

ค่า LLD มีค่าดังตารางหน้าถัดไป

ค่า LLD ของแต่ละหัววัดมีค่าดังตาราง

เวลา (นาที)	ไอโซโทป	LLD(dpm)			
		det A	det B	det C	det D
2883	Th-232	0.0108	0.0107	0.0103	0.0114
	Th-230	0	0	0.0103	0.0114
	Th-228	0.0266	0.0214	0.0146	0.0300
5336	Th-232	0.0058	0	0	0.0087
	Th-230	0.0082	0.0057	0.0058	0.0162
	Th-228	0.0165	0.0127	0.0164	0.0150

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก จ

ปริมาณทอเรียมในปัสสาวะของคนในต่างประเทศ

ทอเรียมในปัสสาวะของคนที่ไม่ทำงานเกี่ยวข้องกับทอเรียม
$0.12 \times 10^{-8}$ - $0.47 \times 10^{-8}$ g/L (0.0003 - 0.0012 dpm/L) (H.S.Dang, et al)
$0.16 \times 10^{-8}$ g/L (0.0004 dpm/L) (Bryce L. Twitty)
$0.25 \times 10^{-8}$ g/L (0.0006 dpm/L) (Bryce L. Twitty.)
$0.43 \times 10^{-8}$ g/L (0.0011 dpm/L) (Bryce L. Twitty.)
$0.28 \times 10^{-8}$ g/L (0.0007 dpm/L) (Twitty and Boback 1970)
$0.13 \times 10^{-8}$ g/L (0.0003 dpm/L) (Twitty and Boback 1970)
$7.40 \times 10^{-8}$ g/L (0.0178 dpm/L) (Picer and strohal 1968)
$10.00 \times 10^{-8}$ g/L (0.0256 dpm/L) (Testa 1964)

ทอเรียม-230
0.2704 dpm/d สำหรับคนที่ทำงานในโรงข่อยแร่ (Darrell R. Fisher)
0.1620 dpm/d สำหรับคนที่ทำงานในโรงข่อยแร่แล้วลาออก (Darrell R. Fisher)
0.0370 dpm/d สำหรับคนที่ไม่ทำงานในโรงข่อยแร่ (Darrell R. Fisher)

หมายเหตุ การเปลี่ยนหน่วยกรัมไปเป็น dpm/L สามารถทำได้จากสูตร

$$A = N\lambda$$

เมื่อ  $A = \text{Activity (dpm)}$

$$N = \text{จำนวนอะตอมซึ่งมีค่าเท่ากับ } \frac{6.02 \times 10^{23} \times g}{\text{MW}}$$

$g = \text{จำนวนกรัม}$

$\text{MW} = \text{น้ำหนักโมเลกุล}$

$$\lambda = \frac{0.693}{t_{1/2}}$$

$t_{1/2} = \text{เวลาครึ่งชีวิต (นาที)}$

ดังนั้นจะสามารถหา Activity (dpm) ได้ดังสมการ

$$A = \frac{6.02 \times 10^{23} \times g \times 0.693}{\text{MW} \times t_{1/2}}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

ขีดจำกัดในการรับปริมาณทอเรียมอย่างต่อเนื่องในปีสภาวะมีค่าเท่ากับ ALI/365 ต่อวัน สำหรับอนุภาคที่มีขนาด  $1 \mu\text{m AMAD}$ <sup>(12)</sup>

chemical form	Inhalation class	ALI (Bq)	
		Th-232	Th-228
All except those below	W	$4 \times 10^1$	$4 \times 10^2$
Oxides and hydroxides	Y	$1 \times 10^2$	$6 \times 10^2$

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช

การทดสอบนัยสำคัญเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างสองค่าเฉลี่ย<sup>(13)</sup>

การตัดสินใจว่าค่าเฉลี่ยทั้งสองค่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่สามารถทดสอบโดยใช้สูตร

$$Z = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

โดย

$\bar{X}_1$  ,  $\bar{X}_2$  คือ ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2 ตามลำดับ

$S_1$  ,  $S_2$  คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2 ตามลำดับ

$n_1$  ,  $n_2$  คือ จำนวนตัวอย่างของตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2 ตามลำดับ

ถ้า  $Z < -1.96$  หรือ  $Z > 1.96$  แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

$-1.96 \leq Z \leq 1.96$  แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### ประวัติผู้เขียน

นางสาวดารุณี กลขุนทด เกิดวันที่ 4 ธันวาคม พ.ศ. 2510 ที่อำเภอ ด่านขุนทด จังหวัด นครราชสีมา สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมี จาก มหาวิทยาลัยรามคำแหงในปีการศึกษา 2534 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2536 ปัจจุบันรับราชการอยู่ที่ กองสุขภาพ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เขต จตุจักร กรุงเทพมหานคร



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย