บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ทอเรียมเป็นธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติที่มีการกระจายตัวอย่างกว้างขวางบนพื้นผิวโลก ในปริมาณเฉลี่ย 10 - 20 ppm. ทอเรียมมีอยู่ในแร่ต่างๆหลายชนิดดังแสดงไว้ในตารางที่ 1.1 แร่ทางการค้าที่สำคัญที่สุดของทอเรียม คือ monazite พบมากในบราซิล อินเดีย รัสเซีย สแกนดิเนเวีย ทางใต้ของแอฟริกา และสหรัฐอเมริกา ในประเทศไทยพบว่า แร่โมนาไซต์เป็นผลพลอยได้ของการทำเหมืองแร่ดีบุก และการแต่งแร่จากทรายชายหาดทางภาคใต้ของประเทศไทย นอกจากนี้ยังพบปะปนอยู่กับแร่อื่นๆในหางแร่ดีบุก เช่น แร่อิลเมไนต์ เซอร์คอน การ์เน็ต โคลัมไบต์ แทนทาไลต์ เป็นต้น

แร่โมนาไซต์นั้นประกอบด้วยธาตุหลักคือ ซีเรียมร้อยละ 30 แลนทานัม ร้อยละ 15 ยูเรเนียม ร้อยละ 0.4 และทอเรียมร้อยละ 6.5 ในประเทศไทยโดยสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ได้จัดสร้างโรงงานต้นแบบสำหรับแปรสภาพแร่โมนาไซต์ขนาดปีละ 300 ตันแร่ เพื่อแยกธาตุหายากที่เป็นองค์ประกอบหลัก ให้มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับใช้ในกิจการอุตสาหกรรมต่างๆทดแทนการนำเข้าได้ส่วนหนึ่ง และส่งออกผลผลิตกึ่งสำเร็จรูปที่มีมูลค่าสูงอีกส่วนหนึ่ง โรงงานดังกล่าวสามารถผลิตทอเรียมออกไซด์ได้ปีละประมาณ 20 ตัน ยูเรเนียมออกไซด์ประมาณ 1 ตัน ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับการผลิตเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ได้สำหรับสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ

นอกจากธาตุทอเรียมจะเป็นไอโซโทปรังสีตามธรรมชาติแล้ว ธาตุที่เกิดจากการสลายตัวของธาตุทอเรียมก็เป็นธาตุกัมมันตรังสีด้วย ธาตุกัมมันตรังสีเหล่านี้ ส่วนใหญ่สลายตัวให้รังสีอัลฟา และเบตา ที่มีอำนาจทะลุทะลวงผ่านตัวกลางต่ำ เมื่อธาตุเหล่านี้อยู่ภายนอกร่างกายจะ

เป็นอันตรายน้อย แต่ถ้าเข้าสู่ร่างกายแล้วจะก่อให้เกิด อันตรายมาก ดังนั้น บุคคลที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการแปรสภาพแร่ดังกล่าว จะมีโอกาสในการได้รับทอเรียมเข้าสู่ร่างกายสูง จึงจำเป็นต้องศึกษาวิธีการวิเคราะห์ปริมาณทอเรียมที่เข้าสู่ร่างกาย เพื่อสามารถนำข้อมูลและวิธีการเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้ ในการประเมินอันตรายจากรังสีของบุคคลที่ทำงานเกี่ยวข้อง เพื่อประกันความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และหามาตรการลดการรับรังสีเข้าสู่ร่างกายต่อไป

1. ไอโซโทปทอเรียมที่มีในธรรมชาติ

Th-232 และ Th-228

ไอโซโทปทอเรียมในธรรมชาติเกือบทั้งหมดจะเป็น Th-232 มี Th-228 อยู่ ร้อยละ 1.35×10^{-8} ส่วน Th-234 Th-230 Th-231 และ Th-227 มีปริมาณที่น้อยมากและไม่แน่นอน

Th-234 และ Th-230

Th-234 (UX-1) และ Th-230 (ionium) ซึ่งอยู่ในอนุกรมการสลายตัวของ U-238 พบในธรรมชาติในสินแร่ทอเรียมที่มียูเรเนียมปะปนอยู่ เนื่องจากค่าครึ่งชีวิตของ Th-234 สั้น ความเข้มข้นของTh-234 ในทอเรียมจึงไม่คงที่ และสลายตัวไปอย่างรวดเร็ว ขณะที่ Th-230 มีครึ่งชีวิต 80,000 ปี จึงเป็นไอโซโทปที่พบมากในสินแร่ทอเรียมที่มียูเรเนียมปน

Th-231 และ Th-227

Th-231 และ Th-227อยู่ในอนุกรมการสลายตัวของ U-235 พบเพียงเล็กน้อยในสินแร่ทอเรียมที่มียูเรเนียมเจือปน เนื่องจากมีครึ่งชีวิตสั้น และมีน้อยเมื่อเทียบกับ U-235 ในยูเรเนียมธรรมชาติ จึงไม่มีความสำคัญในด้านเทคโนโลยีทอเรียม

2. ไอโซโทปทอเรียมที่สังเคราะห์ขึ้น

Th-233 สังเคราะห์โดย Th-232 จับนิวตรอน เป็นตัวกลางครึ่งชีวิตสั้นที่สำคัญในการผลิต U-233

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Th-229 มีครึ่งชีวิต 7340 ปี เป็น radioactive daughter ของ U-233 ที่มีครึ่งชีวิตยาวที่สุด มีความเข้มข้นน้อยมากในทอเรียมที่สลายตัวเป็นระยะเวลานาน

ตารางที่ 1.1 ปริมาณทอเรียมที่มีอยู่ในแร่ต่างๆ[1]

Name	Composition	ThO_2 content, %
	Thorium minerals	
Cheralite	$(Th,Ca,Ce)(PO_4,SiO_4)$	30, variable
Huttonite	$ThSiO_4$	81.5 (ideal)
Pilbarite	$ThO_2.UO_3.PbO.2SiO_2.4H_2O$	31,variable
Thorianite	ThO_2	Isomorphous series to UO_2
Thorite	$ThSiO_4$	25 to 63 81.5 (ideal)
Thorogummite	$Th(SiO_4)_{1-x}(OH)_{4-x}$; $x<0.25$	24 to 58 or more
	Thrium - bearing mineral	
Allanite	$(Ca,Ce,Th)_2(Al,Fe,Mg)_3Si_3O_{12}(OH)$	0 to about 3
Bastnaesite	$(Ce,La)CO_3F$	Less than 1
Betafite	$About(U,Ca)(Nb,Ta,Ti)_3O_9.nH_2O$	0 to about 1
Brannerite	$About(U,Ca,Fe,Th,Y)_3Ti_5O_{16}$	0 to 12
Euxenite	$(Y,Ca,Ce,U,Th)(Nb,Ta,Ti)_2O_5$	0 to about 5
Eschynite	$(Ce,Ca,Fe,Th)(Ti,Nb)_2O_6$	0 to 17
Fergusonite	$(Y,Er,Ce,U,Th)(Nb,Ta,Ti)O_4$	0 to about 5
Monazite	$(Ce,Y,La,Th)PO_4$	0 to about 30 ; usually 4 to 12
Samarskite	$(Y,Er,Ce,U,Fe,Th,)(Nb,Ta)_2O_6$	0 to about 4
Thucholite	Hydrocarbon mixture containing U,Th,rare earth elements	
Uraninite	UO_2(ideally)with Ce,Y,Pb,Th,etc.	0 to 14
Yttrocrasite	$About(Y,Th,U,Ca)_2(Ti,Fe,W)_4O_{11}$	7 to 9
Zircon	$ZrSiO_4$	Usually less than 1

3. ความเป็นพิษและอันตรายของทอเรียม

ก่อนปีคริสตศักราช 1945 ความสนใจทางด้านสุขภาพและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานทางรังสีมีน้อยมาก จนกระทั่งมีการใช้ประโยชน์จากพลังงานนิวเคลียร์เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อมีความสนใจใช้ทอเรียมเป็นแหล่งพลังงานนิวเคลียร์ เป็นผลให้เกิดความสนใจในความเป็นพิษและอันตรายของทอเรียมเพิ่มมากขึ้น

มหาวิทยาลัย Rochester ได้มีการวิจัยทางด้านความเป็นพิษของทอเรียม โดยร่วมกับ USAEC และได้มีการเผยแพร่รายละเอียดเกี่ยวกับเรื่องนี้สู่สาธารณะชน นอกจากนี้ยังมีรายงานอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการใช้ทอเรียม ตลอดจนได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานความเข้มข้นของทอเรียมและธาตุลูกหลานของมันในอากาศ น้ำ และร่างกาย และได้มีการรายงานถึงความเป็นพิษทางเคมีและทางรังสีของทอเรียมด้วย ความเป็นพิษทางเคมีของทอเรียมมีน้อย ส่วนความเป็นพิษทางรังสีนับเป็นอันตรายมากกว่าจึงต้องทำการควบคุมอันตรายในการได้รับทอเรียมเข้าสู่ร่างกาย

จากการศึกษาของมหาวิทยาลัย Rochester พบว่าพิษทางเคมีของสารประกอบส่วนใหญ่ของทอเรียมมีน้อยมาก อย่างไรก็ตามความเป็นพิษขึ้นอยู่กับวิธีการได้รับและรูปแบบโครงสร้างทางเคมี จากการสาธิตในห้องปฏิบัติการ โดยทดสอบในสัตว์เล็กๆ Ackerman et al , Mattis และ Salerno หาค่าปริมาณสารที่ได้รับแล้วมีโอกาสเสียชีวิต 50% ภายในเวลาที่กำหนดหลังจากการได้รับเข้าไป (50% Lethal Dose,LD_{50}) ที่มีต่อหนูโดยการให้สารละลายทอเรียมในเตรตที่มีปริมาณรังสีแตกต่างกัน วิธีการได้รับรังสีแต่ละทางจะให้ค่า LD_{50} ภายในเวลา 24 ชั่วโมง ที่ต่างกัน เช่น เมื่อฉีดสารละลายเข้าไปใน เยื่อบุช่องท้อง LD_{50}= 1700 mg/kg ของน้ำหนักตัว การให้สารละลายทางปากพบว่าค่า LD_{50} = 1000-2000 mg/kg ทางหลอดลม LD_{50}= 85 mg/kg ทางหลอดเลือดดำ LD_{50} = 42 mg/kg ข้อมูลที่ได้จากการฉีดสารละลายทอเรียมเข้าสู่ส่วนต่างๆนั้น เมื่อสารประกอบเข้าสู่ของเหลวในตัวหนูจะเกิดการตกตะกอน ตะกอนทอเรียมที่เกิดขึ้นคือทอเรียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งจะยังคงสะสมอยู่ในตัวหนู นอกจากนี้ทอเรียมอาจรวมกับไอออนบางชนิดเช่น ซิเตรต ทาร์เตรต ไบคาร์บอเนต เป็นต้น เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ละลายได้แต่ไม่มีความสำคัญในการกระจายของทอเรียมเข้าสู่ส่วนต่างๆของร่างกาย นอกจากนี้ยังมีหลักฐานแสดงให้เห็นชัดเจนว่าทอเรียมจะเคลื่อนที่อย่างช้าๆหลังฉีดเข้าไปในเนื้อกล้าม และจะขับออกทางอุจจาระ

ห้องสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

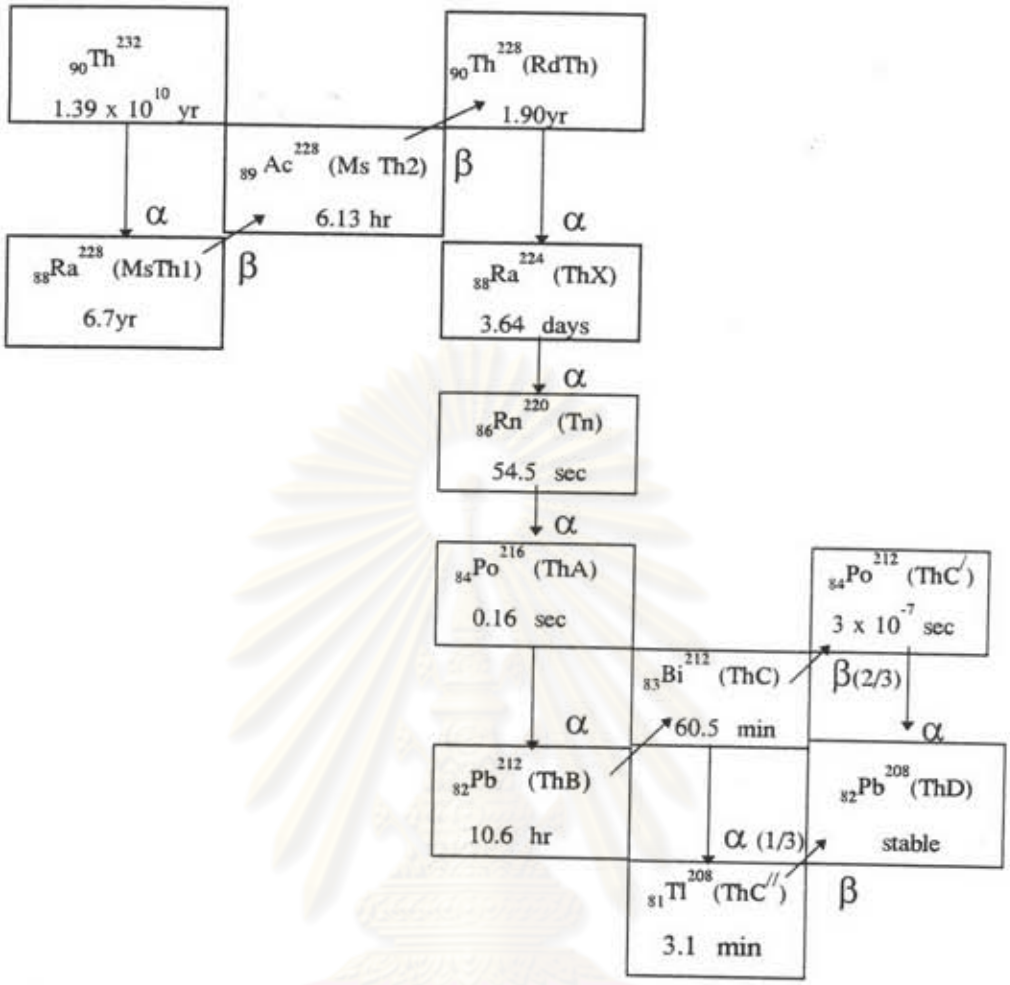
ถ้าหากไตไม่สามารถขับทอเรียมออกได้ ปริมาณทอเรียมในเลือดจะสูง นั่นแสดงว่าทอเรียมจะคงอยู่ในรูปของสารที่ไม่สามารถละลายได้ หลังจากฉีดสารละลายเข้าไปในหลอดเลือดดำ ปริมาณทอเรียมจะไปสะสมอยู่ที่ ตับ ม้าม และ ไขกระดูก ซึ่งอวัยวะดังกล่าวจะมีปริมาณของ rectiloendotherial cell เป็นจำนวนมาก โดยทอเรียมจะไปจับอยู่กับเซลล์เหล่านี้ เมื่ออวัยวะดังกล่าวได้รับรังสีจากทอเรียม จะทำให้อวัยวะเหล่านี้เกิดเซลล์ที่ผิดปกติ และอาจเกิดการกลายพันธุ์ ทำให้มีโอกาสเกิดเป็นเนื้องอกหรือเป็นมะเร็งได้

ได้มีการค้นพบว่า ทอเรียม 99 % จะถูกขับถ่ายออกมาจากปัสสาวะภายใน 9 วันหลังจากฉีดเข้าไปใต้ผิวหนังหนู และทอเรียมที่ได้รับโดยการฉีดเข้าหลอดลม และการหายใจ ปริมาณทอเรียมทั้งหมดจะเข้าไปสู่ปอด

การได้รับปริมาณทอเรียมเข้าสู่ร่างกายของคนทำงานส่วนใหญ่ได้มาจากการหายใจ และเข้าสู่ปอดมากที่สุด ถึงแม้จะไม่มีผลทางเคมี แต่ปอดก็ได้รับผลทางรังสีจากการสะสมของทอเรียมเหล่านี้ บางครั้งการหายใจรับเอาฝุ่นทอเรียมก็เป็นเหตุให้ทอเรียมเข้าไปสะสมในกระดูกและเป็นอันตรายต่อระบบการสร้างเม็ดเลือดได้

เนื่องจากทอเรียมมีอันตรายทางรังสีมากกว่าทางเคมี จึงจำเป็นต้องหามาตรการป้องกันการรับทอเรียมเข้าสู่ร่างกาย และทั้งนี้ควรทราบถึงการสลายตัวของทอเรียมซึ่งแสดงในรูปที่ 1.1 และ ตารางที่ 1.2 แสดงถึงค่าครึ่งชีวิตและค่าพลังงานของอนุกรมการสลายตัวของทอเรียม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.1 การสลายตัวของอนุกรมทอเรียม

จากอนุกรมการสลายตัวพบว่า ค่าครึ่งชีวิตของธาตุลูกทุกไอโซโทปสั้น ค่าครึ่งชีวิตที่ยาวนานที่สุดคือ Ra-228 ซึ่งค่าครึ่งชีวิตมีค่าเท่ากับ 6.7 ปี และTh-228 มีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 1.9 ปี ส่วนค่าครึ่งชีวิตของไอโซโทปอื่นๆ ในอนุกรมนี้ อยู่ในช่วง 0.3 μsec ถึง 3.64 วัน

การสลายตัวของทอเรียมเริ่มจาก Th-232 ที่มีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 1.39 x 10^{10} ปีและสิ้นสุดที่ Pb-208 ซึ่งเป็นไอโซโทปเสถียร จากอนุกรมการสลายตัวของทอเรียมจะให้ไอโซโทปทั้งหมด 10 ไอโซโทป 4 ไอโซโทปให้รังสีเบตา และ 5 ไอโซโทปให้รังสีอัลฟา ส่วน Bi-212 อาจจะสลายตัวให้รังสีเบตาหรืออัลฟา

ตารางที่ 1.2 พลังงานที่ได้จากการสลายตัวของอนุกรมทอเรียม

α,γ Energies	α,MeV	γ,MeV	β-γ Energies	β,MeV	γ,MeV
1 Th^{232}	4.0, 4.2		2 Ra^{228} (MsTh)	0.002	
4 Th^{228} (RdTh)	5.4	0.09	3 Ac^{228} (MsTh2)	1.55	0.97
5 Ra^{224} (ThX)	5.7, 5.4	0.25			0.91
6 Rn^{220} (Tn)	6.3				0.46
7 Po^{216} (ThA)	6.8				0.33
9 Bi^{212} (ThC)	6.1	0.29, 0.14			0.06
10 Po^{212} (ThC′)	8.8		8 Pb^{212} (ThB)	0.33 (88%)	0.24 90%
				0.57 (12%)	0.30 5%
					0.12 2%
					0.18 1%
			9 Bi^{212} (ThC)	2.25	0.72 18%
					0.83 16%
					1.03 6%
					1.35 6%
					1.61 12%
					1.80 10%
			11 Tl^{208} (ThC″)	1.79	2.62 40%
					0.58 40%
					0.51 20%

กรรมวิธีในการวิเคราะห์ทอเรียมจากแร่หรือเกลือจะให้ธาตุต่างๆมากมายซึ่งมีคุณสมบัติทางเคมีที่ต่างกัน เนื่องจากผลผลิตที่ได้จากการสลายตัวของอนุกรมทอเรียมมีค่าครึ่งชีวิตสั้น ปัญหาที่เกิดขึ้นทางเคมีจึงยึดถือเพียง 2 ไอโซโทปเท่านั้นคือ ไอโซโทปของทอเรียมและเรเดียม ฉะนั้นหลังจากแยกส่วนของทอเรียม (thorium fraction) และส่วนที่ไม่ใช่ทอเรียม (non-thorium fraction)ออกจากกันแล้ว ส่วนประกอบในแต่ละส่วนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ในส่วนที่ไม่มีทอเรียมจะมี Ra-228 ซึ่งจะสลายตัวให้ Th-228 ปริมาณ Th-228 อาจสูงขึ้นหรือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สูงกว่าส่วนของทอเรียม ทั้งนี้สามารถควบคุมปริมาณ Th-228 ได้โดยการแยกออกจากส่วนที่ไม่มีทอเรียมอีกครั้งหนึ่ง ส่วน Ra-224 ที่อยู่ในส่วนที่ไม่มีทอเรียมจะสลายตัวให้ Rn-220 ซึ่งเป็นแก๊ซกัมมันตรังสีที่มีค่าครึ่งชีวิตสั้น และอาจทำให้ระดับรังสีในบริเวณปฏิบัติงานมีค่าสูงขึ้นได้

เมื่อแยกทอเรียมออกจากไอโซโทปอื่นๆในอนุกรมการสลายตัวแล้ว ส่วนของทอเรียมจะมีแต่ไอโซโทปที่สลายตัวให้รังสีอัลฟาเท่านั้น ไม่มีรังสีเบตา แต่จะมีรังสีแกมมาพลังงานต่ำ(0.09 MeV) จากการสลายตัวของ Th-228 เนื่องจากอนุภาคอัลฟาก่อให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออนต่อระยะทางของตัวกลางที่เคลื่อนที่ผ่านมีค่าสูง จึงต้องนำมาพิจารณาถึงผลทางรังสีที่เกิดภายในร่างกายมนุษย์ ส่วนรังสีเบตาและรังสีแกมมานั้นจะพิจารณาผลที่มีต่อภายนอกร่างกาย อันตรายที่สำคัญที่สุดจากการสลายตัวของทอเรียมคือ ทำให้เกิดแก๊ซ Rn-220 ไม่เพียงแต่ตัวมันจะเป็นอันตรายแล้วเท่านั้น ลูกหลานของมันยังมีอันตรายอีกด้วย และจะสลายตัวอย่างรวดเร็วให้รังสีอัลฟาพลังงานสูง ถ้าไม่กำจัดออกจะทำให้พื้นที่นั้นมีระดับรังสีสูงได้ นอกจากนี้ผลจากการสลายตัวของทอเรียม ยังให้รังสีแกมมาพลังงานสูงที่เกิดจากการสลายตัวของ Bi-212 และ Tl-208 อีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาปริมาณทอเรียมในตัวอย่างปัสสาวะโดยวิธีอัลฟาสเปกโตรเมตรี

ขอบเขตของการวิจัย

1. วิเคราะห์ปริมาณทอเรียมในปัสสาวะของผู้ที่เกี่ยวข้อง และไม่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสกัดแร่โมนาไซต์โดยวิธีอัลฟาสเปกโตรเมตรี จำนวนไม่น้อยกว่า 50 คน

2. เปรียบเทียบการวิเคราะห์ทอเรียมในปัสสาวะของผู้ที่เกี่ยวข้อง และไม่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสกัดแร่โมนาไซต์โดยวิธีอัลฟาสเปกโตรเมตรี และประเมินผลการวิเคราะห์

ขั้นตอนการวิจัย

ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนคือ

1. ศึกษาและค้นคว้ารวบรวมเอกสาร
2. ศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างปัสสาวะเพื่อพร้อมที่จะทำการวิเคราะห์
3. เตรียมตัวอย่างให้อยู่ในสภาพพร้อมในการวิเคราะห์ด้วยวิธีอัลฟาสเปกโตรเมตรี
4. วิเคราะห์ปริมาณทอเรียมโดยวิธีอัลฟาสเปกโตรเมตรี
5. เปรียบเทียบและประเมินผลการวิเคราะห์
6. สรุปและเขียนวิทยานิพนธ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทราบปริมาณทอเรียมในปัสสาวะของผู้ที่ทำงานเกี่ยวข้อง และไม่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสกัดแร่โมนาไซต์
2. สามารถนำวิธีการวิเคราะห์ ไปประยุกต์ใช้งานที่เกี่ยวข้องกับการประเมินการได้รับปริมาณทอเรียมสำหรับบุคคลที่ทำงานเกี่ยวข้องกับทอเรียม เช่น โครงการแปรสภาพแร่โมนาไซต์ เป็นต้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

EML (1983)[2] ทำการวิเคราะห์ปริมาณทอเรียมและตัวอื่นๆที่ได้จากปัสสาวะที่ไม่ละลายในhydroxide , phosphate และ sulphate โดยการตกตะกอนร่วมกับแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ทำการกำจัดสารอินทรีย์ โดยการตกตะกอนร่วมกับแคลเซียม และทอเรียมออกซาเลต ทำการแยกทอเรียมออกจากไอออนอื่นๆ โดยการดูดจับบน cation exchanger ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเจือจาง ล้างด้วยน้ำ elute ด้วยกรดซัลฟุริกเจือจาง สุดท้ายทำการตกตะกอนร่วมเป็นทอเรียมไฮดรอกไซด์ ทำให้ทอเรียมเป็นสารประกอบเชิงซ้อนโดยเติม 1 ใน 3 ของสีย้อมอินทรีย์ และหาปริมาณได้ด้วยวิธีการใช้ spectrophotometer

Dang H.S. (1989)[3] ศึกษาวิธีการที่ไวต่อการวิเคราะห์ทอเรียมของของเหลวในร่างกายโดยใช้วิธี neutron activation หลังจากการแยกด้วยวิธีเคมีรังสี และนำมาประยุกต์หาความเข้มข้นของทอเรียมใน blood serum และปัสสาวะ วิธีนี้จะมีความไวเพียงพอที่จะหา

ปริมาณ ทอเรียม-232 ได้ถึง 0.025 ng ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของทอเรียมใน blood serum และปัสสาวะโดยทั่วๆไปมีค่า 7.9 ng/L และ 2.7 ng/L ตามลำดับ

EML (1983)[2] ทำการวิเคราะห์หลังจากที่ได้เตรียมตัวอย่างไว้อย่างเหมาะสมในสารละลายกรดซัลฟุริก ยูเรเนียมจะถูกสกัดออกมาด้วย tertiary amine ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลสูง และทอเรียมจะถูกสกัดด้วย primary amine และถูกสกัดกลับด้วย กรดไฮโดรคลอริกระเหยให้เกือบแห้ง และเผาให้เป็นเถ้าที่ 600 องศาเซลเซียส ทำให้กากเปียกชุ่มด้วยกรดไฮโดรคลอริก ต่อจากนั้นละลายในกรดไนตริกเจือจางระเหย aliquot บน planchet แล้วทำการนับ Activity ของรังสีแบต้า และหรือ อัลฟา ทอเรียมทั้งหมดอาจจะหาปริมาณได้ด้วยเครื่อง spectrophotometer

DARRELL R. FISHER (1982)[4] หาระดับของ U-234 U-238 และTh-230 ในของเสียที่ขับถ่ายออกจากร่างกายของผู้ที่ทำหน้าที่บด ในโรงย่อยแร่ยูเรเนียม โดย Pacific Northwest Laboratory ทำการวิจัยเพื่อที่จะวัดระดับยูเรเนียม ทอเรียม ในสิ่งขับถ่ายของเจ้าหน้าที่ดังกล่าวซึ่งเป็นผู้ที่ได้รับฝุ่นยูเรเนียมเป็นประจำ จากตัวอย่างปัสสาวะและอุจจาระจากคนที่ทำงานดังกล่าว 14 คน จากคนที่ออกจากการทำงานทางด้านนี้ไปแล้วจำนวน 4 คน และจากผู้ที่ไม่เคยทำงานด้านนี้เลยเป็นกลุ่มควบคุม 3 คน เพื่อนำไปเปรียบเทียบกัน โดยวิเคราะห์ทางเคมีรังสีแยกยูเรเนียมและทอเรียม และทำการ electroplated บน stainless steel discs และนำไปวัดรังสีอัลฟาด้วยเครื่อง α-spectrometer

เปอร์เซ็นต์ที่พบในปัสสาวะของยูเรเนียมและทอเรียมคือ 52 และ 43 ตามลำดับ ส่วนในอุจจาระพบ 36 และ 53 ตามลำดับปริมาณทอเรียมที่พบในปัสสาวะของผู้ที่ทำงานทางด้านนี้โดยเฉลี่ย 0.2704 dpm/d สำหรับผู้ที่ออกจากการทำงานทางด้านนี้มีค่า 0.162 dpm/d ส่วนกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ทำงานเกี่ยวข้องมีค่า 0.037 dpm/d ในอุจจาระผู้ที่ทำงานทางด้านนี้มีค่า 189.1938 dpm/d ผู้ที่ออกจากการทำงานทางด้านนี้มีค่า 3.814 dpm/d กลุ่มที่ควบคุมมีค่า 1.24 dpm/d

BRYCE L. TWITTY (1970)[5] ทำการวิเคราะห์ปริมาณทอเรียมในปัสสาวะอย่างรวดเร็วโดยวิธี Thermal neutron activation analysis โดยทำการตกตะกอนทอเรียมด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ แล้วนำไปต่อกระบวนการ thermal nutron activation analysis พบว่าปริมาณทอเรียมจากตัวอย่างปัสสาวะของคนที่ทำงานเกี่ยวข้องกับทอเรียมมีค่า

เฉลี่ย 6.02×10^{-8} gTh/L จากตัวอย่างที่ประกอบด้วยตัวอย่างปัสสาวะจำนวน 4 ราย ที่ไม่ได้รับทอเรียมมีค่าเฉลี่ย 0.13×10^{-8} gTh/L และจากตัวอย่างอื่นๆของคนที่ไม่ได้รับทอเรียมมีค่า 0.16 0.25 และ 0.43×10^{-8} gTh/L

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย