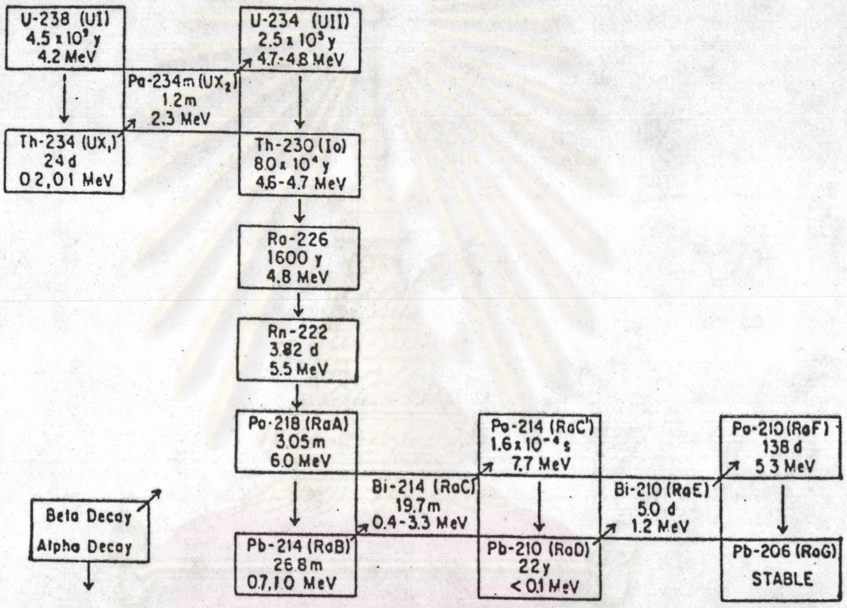
บทที่ 3

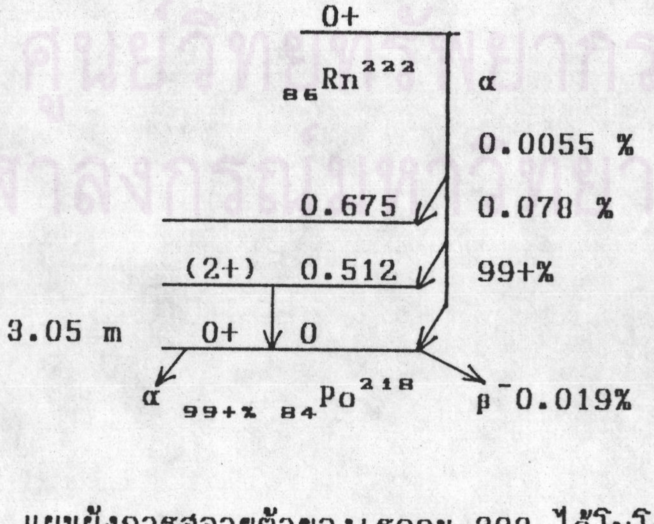
ก๊าซเรดอนและก๊าซทอรอน

3.1 ก๊าซเรดอน

ก๊าซเรดอน (^{222}Rn) เป็นก๊าซกัมมันตรังสีที่เกิดจากการสลายตัวของยูเรเนียม-238 มีค่าครึ่งชีวิต 3.82 วัน สลายตัวให้อนุภาคอัลฟา และได้โพโลเนียม-218 และนิวไคลด์ลูก และจะสลายตัวต่อเนื่องไปจนถึงตะกั่ว-206 ซึ่งเป็นธาตุที่เสถียร (stable)



รูปที่ 3.1 การสลายตัวของอนุกรมยูเรเนียม[17]



รูปที่ 3.2 แผนผังการสลายตัวของเรดอน-222 ได้โพโลเนียม-218[18]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 เรดอน-222 และนิวไคลด์ลูก[19]

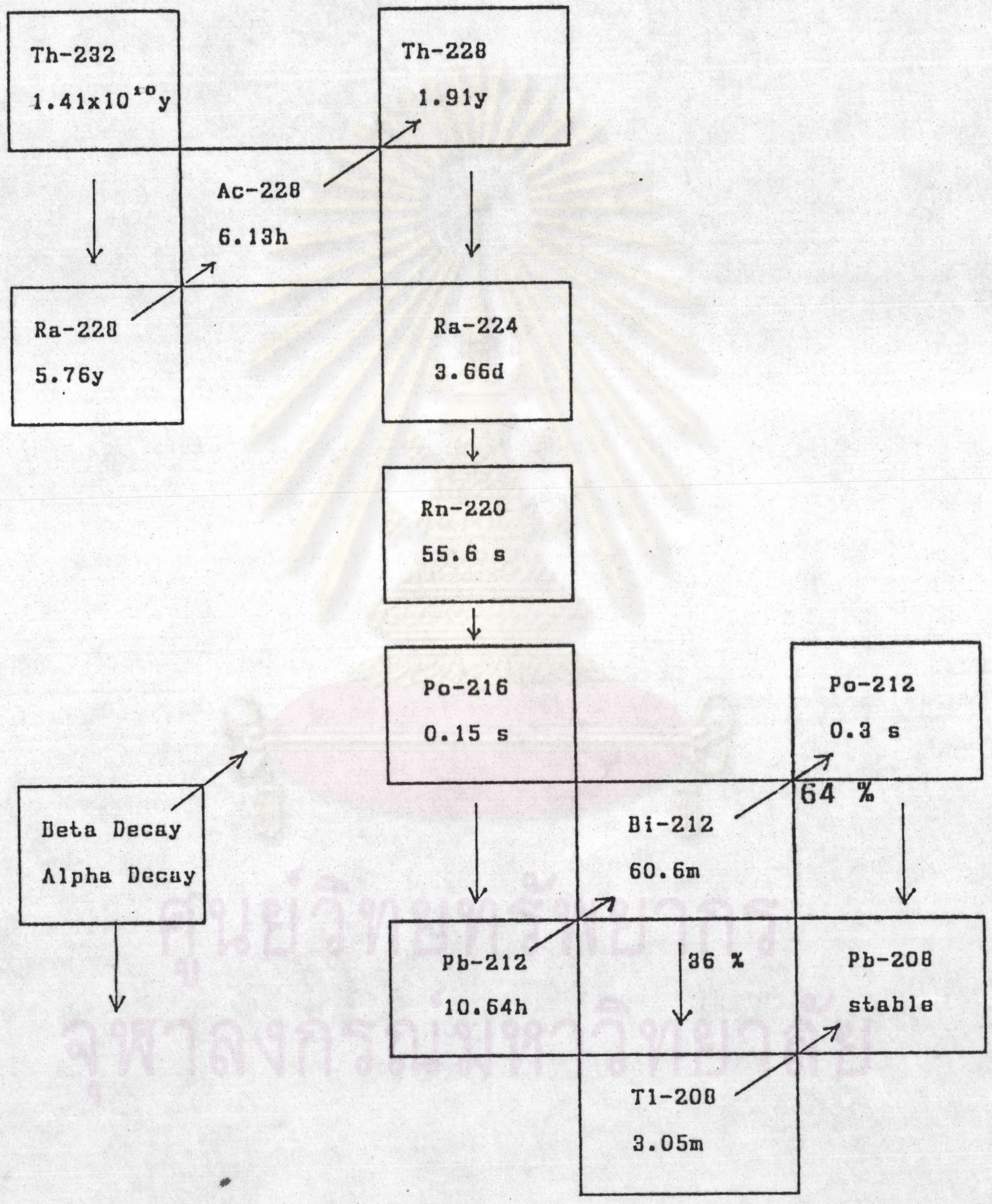
นิวไคลด์	ครึ่งชีวิต	รังสีที่เกิดจากการสลายตัว
^{222}Rn	3.824 days	5.49 MeV 100 %
$^{218}Po(RaA)$	3.05 min	6.00 MeV 99+%
$^{214}Pb(RaB)$	26.8 min	β, γ
$^{214}Bi(RaC)$	19.8 min	β, γ
$^{214}Po(RaC')$	163.7 sec	7.69 MeV 100 %
$^{214}Pb(RaD)$	22.3 yrs	β, γ

3.2 <u>ก๊าซทอรอน</u>

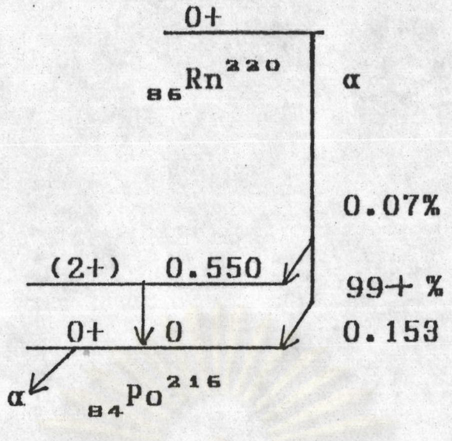
ก๊าซทอรอน (^{220}Rn หรือ Tn) เกิดจากการสลายตัวอย่างต่อเนื่องของทอเรียม-232 ซึ่งมีอยู่ในธรรมชาติ 100 เปอร์เซนต์ ก๊าซทอรอนเป็นก๊าซกัมมันตรังสีที่มีครึ่งชีวิตสั้นเพียง 55 วินาที สลายตัวให้อนุภาคอัลฟาพลังงาน 6.29 MeV ได้โพโลเนียม-216 และสิ้นสุดที่ตะกั่ว-208 ซึ่งเป็นธาตุเสถียร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.3 การสลายตัวของอนุกรมทอเรียม [20]



รูปที่ 3.4 แผนผังการสลายตัวของเรดอน-220 ได้โพโลเนียม-216[18]

ตารางที่ 3.2 การสลายตัวของทอรอน[21]

นิวไคลด์	ชื่อ	รังสีที่ปลดปล่อย	ครึ่งชีวิต	ค่าคงที่การสลายตัว(ต่อนาที)
radon-220	thoron	α	55.3 sec	0.751
polonium-216	thorium-A	α	0.15 sec	277.3
lead-212	thorium-B	β, γ	10.64 hr	0.001086
bismuth-212	thorium-C	α, β, γ	60.60 min	0.01144
lead-208	-	stable	-	-

3.3 <u>ผลจากการแพร่ของก๊าซเรดอนและก๊าซทอรอน</u>

เนื่องจากก๊าซเรดอน และ ทอรอนแพร่กระจายผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็งขึ้นมาอย่างช้า ๆ อนุภาคของก๊าซที่อยู่ใกล้บริเวณผิวหน้าของตัวกลางเพียงพอจึงจะสามารถแพร่ขึ้นมาสู่บรรยากาศได้ก่อนการสลายตัว ดังนั้นอัตราส่วนของการ

แพร่กระจายขึ้นมาสู่บรรยากาศ จึงขึ้นกับขนาดของวัตถุที่ก๊าซสะสมอยู่ สำหรับในดินซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดสำคัญของก๊าซนี้ ก๊าซจะเคลื่อนที่จากเม็ดดินมาปนกับอากาศที่อยู่ในรูพรุนของดิน ทำให้ก๊าซสามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาชั้นบนได้ทั้งโดยการแพร่กระจายของก๊าซเองและการเคลื่อนที่ของอากาศจากรูพรุนนั้น ซึ่งทั้งสองชนิดนี้ต้องเกิดขึ้นก่อนที่อะตอมของก๊าซจะสลายตัว จึงเป็นการจำกัดระดับความลึกของชั้นดินที่ก๊าซสะสมอยู่

เมื่อขึ้นมาอยู่ในชั้นบรรยากาศแล้ว จะเคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่ลมพัดมาและสลายตัวให้ธาตุอื่น ๆ (daughters) ต่อไป ซึ่งธาตุเหล่านี้เป็นต้นตอที่สำคัญของปริมาณรังสีที่ได้รับจากก๊าซทั้งสอง แต่เนื่องจากก๊าซทอรอนมีครึ่งชีวิตสั้นมาก จึงมักจะสลายตัวก่อนที่จะขึ้นมาในชั้นบรรยากาศ ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงอันตรายที่ได้รับจากรังสีแล้ว ก๊าซเรดอนจึงเป็นก๊าซกัมมันตรังสีที่สำคัญมากที่สุด

นอกจากก๊าซเรดอนจะแพร่กระจายจากชั้นดินขึ้นมาสู่บรรยากาศทั่ว ๆ ไปแล้ว ยังสามารถแพร่กระจายมาจากคอนกรีต น้ำดื่มน้ำใช้ภายในบ้านได้อีกด้วย

เพราะฉะนั้นการที่ก๊าซเรดอนและทอรอนมีปะปนอยู่ทั่วไปเช่นนี้ โอกาสที่มนุษย์จะหายใจเอาอากาศที่มีส่วนผสมของก๊าซทั้งสองเข้าไปก็มีสูง และเมื่อเข้าไปแล้วจะไปสะสมอยู่ตามอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการหายใจเช่น หลอดลม ปอด ถ้าสะสมเป็นปริมาณมาก ทำให้เป็นมะเร็งที่ปอดหรือที่ระบบทางเดินหายใจได้ ดังนั้นคณะกรรมาธิการด้านการป้องกันอันตรายจากรังสีระหว่างประเทศ (International Commission on Radiological Protection, ICRP) จึงได้กำหนดค่าความปลอดภัยสำหรับผู้ทำงานเกี่ยวข้องกับก๊าซทั้งสองนี้ คือ 5 WLM (working level months) ต่อปีสำหรับก๊าซเรดอน และ 15 WLM ต่อปีสำหรับก๊าซทอรอน[22]

อย่างไรก็ตาม เราสามารถใช้คุณสมบัติการแพร่กระจายของก๊าซทั้งสองนี้ในการสำรวจหาแหล่งแร่ยูเรเนียมและทอเรียมได้ โดยใช้การตรวจวัดอนุภาคอัลฟาที่ได้จากการสลายตัวของเรดอนและทอรอนนั่นเอง ปริมาณอนุภาคอัลฟาที่ตรวจวัดได้จะสัมพันธ์กับปริมาณของยูเรเนียมและทอเรียม สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจโดยทั่วไปใช้อัลฟามิเตอร์ (alpha meter) และวิธีการ

แทรค-เอทช์ ซึ่งพบว่าการตรวจวัดด้วยอัลฟามิเตอร์จะใช้เวลาสั้นกว่า แต่การใช้เวลานานของวิธีการแทรค-เอทช์ก็เป็นผลดีในการแก้ความแปรปรวนของปริมาณอนุภาคอัลฟาจากก๊าซเรดอนและทอรอนในช่วงเวลาสั้น ๆ ได้

ตารางที่ 3.3 ค่า dose equivalent ของเรดอน-222 และนิวไคลด์ลูก[19]

นิวไคลด์	Rem/pCi inhaled		
	ปอด	เยื่อบุผนังปอด	อวัยวะอื่น ๆ
^{222}Rn + D[a]	9.1×10^{-10}	3.6×10^{-9}	8.2×10^{-10}[b]
^{218}Po + D	1.8×10^{-8}	3.2×10^{-7}	Negligible[c]
^{214}Pb + D	7.0×10^{-8}	1.2×10^{-8}	Negligible
^{214}Bi + D	7.0×10^{-8}	1.2×10^{-7}	Negligible

(a) + D indicates that the decay energy of the short-lived daughters is included with the parent after inhalation.

(b) Dose to other organs from ^{222}Rn is approximately equivalent to the dose to the lung.

(C) Dose to organs other than the respiratory tract from radon daughters deposited in the respiratory tract is negligible.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย