บทที่ ๒

กัมมันตภาพรังสีตามธรรมชาติในอาหาร

กัมมันตภาพรังสีที่มีอยู่ในธรรมชาตินั้น เราอาจแยกได้ดังนี้ คือ

ก. <u>รังสีคอสมิค</u> (Cosmic Radiation)

รังสีคอสมิค เป็นรังสีที่มาจากภายนอกโลก รังสีนี้พุ่งเข้าสู่โลกทุกทิศทุกทาง และทุกขณะ แหล่งกำเนิดอันสำคัญที่ส่งรังสีคอสมิคมายังโลกก็คือ ดวงอาทิตย์ รังสีคอสมิคประกอบด้วยอนุภาคหลายชนิด อาจจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. <u>รังสีปฐมภูมิ</u> (Primary Radiation) เป็นรังสีที่เกิดจากภายนอกโลก และวิ่งเข้าสู่บรรยากาศของโลก รังสีนี้ประกอบด้วยอนุภาคต่าง ๆ ซึ่งส่วนมากเป็นโปรตอน และอนุภาคแอลฟ่า มีนิวไคลด์หนัก ๆ ปนอยู่เป็นส่วนน้อย ปรากฏว่ามีโปรตอน 79 เปอร์เซนต์ แอลฟ่า 20 เปอร์เซนต์ และนิวไคลด์หนัก ๆ อยู่เพียง 1 เปอร์เซนต์

Energy Spectrum ของโปรตอน เขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$N(E) = \frac{A}{(E + 5.3)^{1.75}}$$

เมื่อ $N(E)$ คือจำนวนโปรตอนที่มีพลังงานมากกว่า E Bev.

A คือค่าคงที่

Energy Spectrum จะคิดที่จุดใดจุดหนึ่งก็ได้ แต่ค่าคงที่ คือ A จะเปลี่ยนไป

---

๑ Bruno Rossi, <u>High Energy Particles</u>, (Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, Inc., 1956), หน้า ๖

2. <u>รังสีทุติยภูมิ</u> (Secondary Radiation) เมื่อรังสีปฐมภูมิวิ่งเข้ามาในบรรยากาศของโลก ก็จะชนและเกิดปฏิกริยาทางนิวเคลียร์กับนิวเคลียสของอะตอมของบรรยากาศ ให้รังสีทุติยภูมิ ซึ่งประกอบด้วย โปรตอน นิวตรอน พาย-เมซอน (Pi-meson) มิว-เมซอน (Mu-meson) และอิเลคตรอน พาย-เมซอน เป็นตัวสำคัญทำให้เกิดรังสีแกมม่า ดังปฏิกริยาการสลายตัวต่อไปนี้

$$\pi^0 \longrightarrow 2\gamma$$

$$\pi^0 \longrightarrow \gamma + e^+ + e^-$$

$$\pi^+ \longrightarrow \mu^+ + \nu$$

$$\pi^- \longrightarrow \mu^- + \bar{\nu}$$

สำหรับพวกมิวออนนั้น เมื่อมันเกิดปฏิกริยาที่ไม่รุนแรงกับนิวเคลียส คือไม่อาจทำลายนิวเคลียสได้ พลังงานของมันจะเสียไปโดยเกิด ไอออไนเซชั่น กับการสลายตัว ทำให้เกิดอิเลคตรอน และ นิวตริโน เป็นจำนวนมากจนถึงพื้นดิน

$$\mu^{\pm} \longrightarrow e^{\pm} + \nu + \bar{\nu}$$

ความเข้ม (Intensity) ของรังสีคอสมิคนั้น เปลี่ยนแปลงไปตามความสูง และที่ตำบลต่างกันความเข้มของรังสีคอสมิคก็จะต่างกันออกไปด้วย สาเหตุที่ทำให้ความเข้มของรังสีคอสมิคเปลี่ยนไปก็คือ

1. Geomagnetic Latitude สนามแม่เหล็กของโลกจะป้องกันไม่ให้อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าซึ่งมีพลังงานต่ำ ๆ เข้ามายังโลก เพราะเหตุว่าอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเมื่อวิ่งผ่านสนามแม่เหล็กในทิศทางซึ่งไม่ขนานกับสนามแม่เหล็ก มันจะเบนไปทางอื่น เพื่อไม่ให้ตัดกับแนวสนามแม่เหล็ก สำหรับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าตัวที่มีพลังงานน้อย ๆ จะเบนออกจากแนวเส้นแรงแม่เหล็กได้มาก ส่วนอนุภาคตัวที่มีพลังงานมากจะเบนออกจากแนวเส้นแรงแม่เหล็กได้น้อย และสำหรับอนุภาคตัวที่มีพลังงานมาก ๆ ก็อาจจะไม่เบนไปเลย คือสามารถวิ่งผ่านทะลุแนวสนามแม่เหล็กไปได้ ดังนั้น เมื่ออนุภาคคอสมิควิ่งมาถึงเขตสนามแม่เหล็กโลก บางอนุภาค

ก็จะเบนทิศกลับไป หรือไปทางอื่น อนุภาคที่มีพลังงานสูง ๆ ก็อาจจะทุ่งผ่านสนามแม่เหล็กโลกลงมาสู่พื้นโลกได้ เนื่องจากการจัดตัวของเส้นแรงแม่เหล็กโลกเปลี่ยนไปตาม Geomagnetic Latitude ดังนั้น อำนาจการป้องกันรังสีคอสมิคของแม่เหล็กโลกจึงเปลี่ยนแปลงไปตาม Geomagnetic Latitude ที่ Geomagnetic Equator ปรากฏว่ารังสีคอสมิคมาถึงพื้นดินได้น้อยที่สุด ที่ Geomagnetic Latitude สูง ๆ ขึ้นไป รังสีคอสมิคเข้ามาถึงพื้นมีมากขึ้น

สำหรับการเปลี่ยนแปลงความเข้มของรังสีคอสมิคตามเส้นรุ้งนั้นก็มีอยู่บ้างเหมือนกันแต่ว่าน้อยมาก

2. ความสูง ความเข้มของรังสีคอสมิคเปลี่ยนแปลงไปมากตามความสูง เมื่อสูงขึ้นไปความเข้มจะเพิ่มมากขึ้น และจะมีความเข้มมากที่สุดที่ความสูงประมาณ 70,000 ฟุต ที่ความสูงนี้ Ionization Intensity จะมีค่ามากเป็น 150 เท่าของที่ระดับน้ำทะเล ที่ความสูงต่อจากนี้ไปความเข้มของรังสีคอสมิคจะลดน้อยลงทุกที ทั้งนี้ เพราะว่าที่ ๆ สูงจากระดับน้ำทะเล 70,000 ฟุต เป็นบริเวณที่รังสีปฐมภูมิทำปฏิกริยากับนิวเคลียสของอะตอมของอากาศเกิดเป็นรังสีทุติยภูมิ ค่า Ionization Intensity ที่วัดได้จึงมีค่ามาก แต่เมื่อเลยระดับความสูง 70,000 ฟุตขึ้นไป อากาศเริ่มบางลงปฏิกริยาดังกล่าวแล้วมีน้อยลงทุกที ที่ความสูงนี้มีรังสีปฐมภูมิเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นความเข้มที่วัดได้จึงเกิดจากรังสีปฐมภูมิเท่านั้น ความเข้มของรังสีที่วัดได้จึงน้อยลง

รังสีคอสมิคอาจจะก่อให้เกิดกัมมันตภาพรังสีบางชนิดขึ้นได้ อาทิเช่น คาร์บอน^{14} และตริเตียม ซึ่งทั้งสองชนิดนี้เกิดขึ้นโดยการที่นิวตรอนของรังสีคอสมิคทำปฏิกริยาทางนิวเคลียร์กับไนโตรเจน^{14} ดังสมการหน้า ๘

ตริเตียมอาจจะมาสู่พื้นโลก โดยการติดลงมากับน้ำฝน ส่วน คาร์บอนนั้น จะเข้ารวมกับออกซิเจน เป็น $C^{14}O_2$ ซึ่งต้นไม้จะดูดเข้าไป รายละเอียดของตริเตียม และคาร์บอน^{14} ดูในตารางที่ 1 หน้า ๘

$$_{7}N^{14} + _{0}n^{1} \longrightarrow [_{7}N^{15}] \longrightarrow {}_{6}C^{12} + {}_{1}H^{3} \quad .....(2.1)$$

$$_{7}N^{14} + _{0}n^{1} \longrightarrow [_{7}N^{15}] \longrightarrow 3\,{}_{2}He^{4} + {}_{1}H^{3} \quad ....(2.2)$$

$$_{7}N^{14} + _{0}n^{1} \longrightarrow [_{7}N^{15}] \longrightarrow {}_{6}C^{14} + {}_{1}H^{1} \quad .....(2.3)$$

ตาราง ๑

รายละเอียดของตริเตียมและคาร์บอน[14] ๑

Element	Symbols	Radiation	Half-life (yr.)
Tritium	$_{1}H^{3}$	Beta	12.26
Carbon-14	$_{6}C^{14}$	Beta	5600

ข. สารกัมมันตภาพรังสีที่เกิดในธรรมชาติ

สารกัมมันตภาพรังสีที่เกิดในธรรมชาติที่สำคัญได้แก่ คาร์บอน[14] โปแต๊สเซียม[40] เรเดียม[226] ธอเรียม[232] ยูเรเนียม[238] และตัวที่ได้จากการสลายตัวของเรเดียม[226] โปแต๊สเซียม[40] และ คาร์บอน[14]

---

๒ Henry Semat, Introduction to Atomic and Nuclear Physics, (New York: Rinehart Company, Inc., 1958), หน้า ๔๓๕

๓ เรื่องเดียวกัน หน้า ๓๕๔ และ ๓๕๗

๔ เรื่องเดียวกัน หน้า ๓๕๔

เรเดียม ^{226} เป็นสารกัมมันตภาพรังสีที่เกิดในธรรมชาติที่คนรู้จักกันดีที่สุด สารนี้มีอยู่ทั่ว ๆ ไปตามเปลือกโลก แต่ยังมีปริมาณน้อยกว่า โปแตสเซียม ^{40} หรือ คาร์บอน ^{14}

โปแตสเซียม ^{40} พบอยู่ในหิน ดิน น้ำ พืช สัตว์ และในร่างกายมนุษย์

คาร์บอน ^{14} เกิดขึ้นในบรรยากาศ โดยการที่นิวตรอนในรังสีคอสมิคชนกับอะตอมของไนโตรเจนในอากาศ ด้วยเหตุนี้จึงพบ คาร์บอน ^{14} ในน้ำฝน และในสารอินทรีย์ทุกชนิด

<u>กัมมันตภาพรังสีในดินและในหิน</u>

ในดินและในหินนั้น ปรากฏว่ามี ยูเรเนียม และธอเรียม ปะปนอยู่เป็นส่วนใหญ่ ปริมาณของธาตุกัมมันตภาพรังสีมีอยู่ในดินและหินเป็นตัวเลขคร่าว ๆ ดังนี้

ยูเรเนียม 6 ส่วน ในล้านส่วน โดยน้ำหนัก

ธอเรียม 12 " " "

เรเดียม 2×10^{-6} " " "

โปแตสเซียม 10^{-3} ถึง 3×10^{-2} กรัมต่อดินหนัก 1 กรัม

รูบิเดียม มีใน Igneous Rock ประมาณ 1.2 เปอร์เซนต์ แร่ที่มีรูบิเดียมมากที่สุด ได้แก่ Biolite

เรดอน ธรรมชาติของมันเป็นแกส มีบางส่วนติดอยู่ในดินบ้าง ในดิน 1 กรัม มีเรดอนประมาณ 10^{-12} ถึง 10^{-12} คูรี่

<u>กัมมันตภาพรังสีในน้ำ</u>

ในน้ำลำคลองทั่วไปมีกัมมันตภาพรังสีปะปนอยู่มีจำนวนมากน้อยแตกต่างกันไปตามสภาพของท้องถิ่น กัมมันตภาพรังสีที่มีอยู่ในแม่น้ำลำคลองส่วนมากเป็นพวกเรเดียม นอกนั้นเป็น ยูเรเนียม และเรดอนปะปนอยู่บ้าง ส่วนในน้ำประปานั้นมีเรเดียมปนอยู่

ในน้ำทะเลและมหาสมุทร ธาตุกัมมันตภาพรังสีที่ปะปนอยู่ส่วนใหญ่ได้แก่ โปแตสเซียม นอกจากนั้นก็มี รูบิเดียม ยูเรเนียม ธอเรียม แลนแธนัม และมี เรเดียม ปนอยู่บ้าง ปริมาณของธาตุต่าง ๆ เหล่านี้[๕] ในน้ำทะเลมีดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2

ปริมาณของธาตุกัมมันตภาพรังสีในน้ำทะเล

element	mg/kg (ppm.)
Potassium	380
Rubidium	0.2
Uranium	6.2 ——→ 28.2×10^{-6}
Thorium	1.2 ——→ 10×10^{-6}
Lanthanum	3×10^{4}
Radium	0.2 to 3×10^{-6}

กัมมันตภาพรังสีในอากาศ

ในอากาศมีสารกัมมันตภาพรังสีสำคัญ ดังนี้คือ

เรดอน ($_{86}Rn^{222}$) ส่งรังสีแอลฟ่า มีเวลาชีวิตครึ่ง 3.82 วัน

---

[๕] เย็น สุนทรวิจารณ์, แสวง โพธิ์เงิน, ฯลฯ กัมมันตภาพรังสีในพระนครและธนบุรี (แผนกฟิสิกส์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย 2504) หน้า ๖

โธรอน ($_{86}Rn^{220}$) ส่งรังสีแอลฟ่า มีเวลาชีวิตครึ่ง 52.0 วินาที ทั้งสองชนิดนี้มีลักษณะเป็นแกสทั้งคู่ เรดอน เกิดจากการสลายตัวของยูเรเนียม ส่วน โธรอน เกิดจากการสลายตัวของพวกธอเรียมในดิน เนื่องจากทั้งสองชนิดนี้มีลักษณะเป็นแกส จึงลอยปะปนในอากาศ แต่ก็มีบางส่วนที่ติดอยู่กับดิน เรดอน มีเวลาชีวิตครึ่งนานกว่าโธรอน ดังนั้นจึงอยู่ได้นานกว่าโธรอนและมีจำนวนมากกว่าด้วย ปรากฏว่าในอากาศ 1 ลบ.ซม. มีเรดอนอยู่ประมาณ 10^{-17} - 10^{-12} คูรี ส่วนโธรอน มีประมาณ 2-3 เปอร์เซนต์ของเรดอน

<u>วิธีที่สารกัมมันตภาพรังสีเข้าสู่อาหาร</u>

ในบรรยากาศประกอบด้วยกัมมันตภาพรังสีเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีค่าแตกต่างกันออกไปตามท้องถิ่นต่าง ๆ สารกัมมันตภาพรังสีที่อยู่ในอากาศนี้จะมีผลทางลมหายใจไม่เกี่ยวข้องกับผลทางอาหาร แต่มันอาจเข้าสู่อาหารได้โดยทางอื่น คือ เมื่อฝนตกลงมา พวกกัมมันตภาพรังสีก็จะติดลงมากับน้ำฝนลงสู่ผืนดิน และไหลไปตามแม่น้ำลำคลอง พวกสารกัมมันตภาพรังสีได้แพร่ออกจากดิน และน้ำได้ก็โดยพืชซึ่งเป็นอาหารของคนและสัตว์ดูดเข้าไป ดังนั้น เมื่อคนและสัตว์กินพืชเข้าไป • สารกัมมันตภาพรังสีก็จะเข้าไปสู่ร่างกาย ถ้าสารนั้นมี Biological Half Life[๖] สั้น มันก็อาจจะหมดไปจากสิ่งที่มีชีวิตนั้นในระยะเวลาไม่นานนัก แต่ถ้ามี Biological Half Life ยาว มันก็จะค่อย ๆ หมดไปทีละน้อย ดังนั้น สารกัมมันตภาพรังสีชนิดนี้ก็จะคงอยู่ในส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิตได้เป็นระยะเวลายาวนาน เช่น คาร์บอน^{14} มีชีวิตครึ่ง ประมาณ 5600 ปี จึงสามารถคงจะอยู่ในสิ่งมีชีวิตได้นานมาก เมื่อสิ่งมีชีวิตนั้นตายไปแล้วกินเวลาหลายพันปีกว่า คาร์บอน^{14} จะสลายตัวไปหมดจากปริมาณคาร์บอน^{14} ที่เหลืออยู่ในทรากของสิ่งมีชีวิต ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถคำนวณหาอายุของสิ่งมีชีวิตนั้นว่าตายมานานเท่าใดแล้ว ซึ่ง

---

๖ Biological Half Life คือระยะเวลาที่สารกัมมันตภาพรังสีเหลือครึ่งหนึ่งเมื่อมันอยู่ในสิ่งที่มีชีวิต

เป็นประโยชน์ต่อวิชาธรณีวิทยา ในการคำนวณหาอายุของหิน. ดิน. โครง
กระดูกของมนุษย์และสัตว์ในสมัยโบราณ