หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

สตรอนเตียม - 90 จากฝุ่นกัมมันตรังสี

การระเบิดของอาวุธนิวเคลียร์เกิดจากขบวนการฟิสชัน (fission process) ซึ่งนิวเคลียสของธาตุหนัก คือ ยูเรเนียม - 235, พลูโตเนียม - 239 หรือยูเรเนียม - 233 แตกตัวออก หรือเกิดจากขบวนการฟิวชัน (fussion process) ซึ่งเกิดจากนิวเคลียสของธาตุเบา เช่น ดิวทีเรียม (deuterium) มารวมกัน(1)

ขบวนการฟิสชันของนิวเคลียสของธาตุหนัก จะแตกตัวออกได้ไม่น้อยกว่า 40 แบบ ทำให้เกิดผลผลิตเริ่มแรกที่เป็นสารกัมมันตรังสี (primary radioactive products) ได้ถึง 80-90 ตัว ซึ่งทุกตัวจะปล่อยรังสีออกมา บางตัวจะเกิดเป็นสารกัมมันตรังสีต่อไปได้อีก ดังนั้น จากการระเบิดทางนิวเคลียร์จึงเกิดสารกัมมันตรังสีได้ถึง 200 ตัว ทั้งหมดนี้เราเรียกว่า ผลผลิตจากฟิสชัน ตัวที่สำคัญ คือ สตรอนเตียม - 90 และซีเซียม - 137

กำลังอำนาจของอาวุธนิวเคลียร์จะบ่งในรูปของพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาหรือยีลด์ (yield) เมื่อมีการระเบิด โดยเปรียบเทียบพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากการระเบิดของทีเอ็นที เช่น อาวุธนิวเคลียร์ขนาด 1 กิโลตัน หมายถึง เมื่อเกิดการระเบิดจะให้พลังงานออกมาเท่ากับการระเบิดของทีเอ็นทีหนัก 1 กิโลตัน

ในการระเบิดของอาวุธนิวเคลียร์นั้น จะเกิดความร้อนปริมาณมากขึ้นภายใน $\frac{1}{1000}$ วินาที จนทำให้อุปกรณ์การระเบิด, ผลผลิตจากฟิสชัน และอากาศรอบ ๆ มีอุณหภูมิสูงขึ้นหลายล้านองศา และกลายเป็นไอไปทันที อุณหภูมิสูงดังกล่าวจะทำให้เกิดลูกไฟ (fire ball) ซึ่งจะขยายตัวอย่างรวดเร็วและเผาสิ่งรอบข้างขณะที่มันขยายตัวโตขึ้น และเริ่มลอยสูงขึ้น เมื่อลูกไฟเย็นตัวลง วัตถุต่าง ๆ ที่หลอมละลายจะเริ่มแข็งตัว พวกที่เป็นไอจะควบแน่นและกลายเป็นของแข็ง ซึ่งจะเกิดเป็นธุลีตกกลับลงสู่พื้นโลก เรียกว่า "ฝุ่นกัมมันตรังสี (fall-out)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หรือที่ทางทหารเรียกว่า "ตกธุลี"

2.1 ฝุ่นกัมมันตรังสี (fall-out)

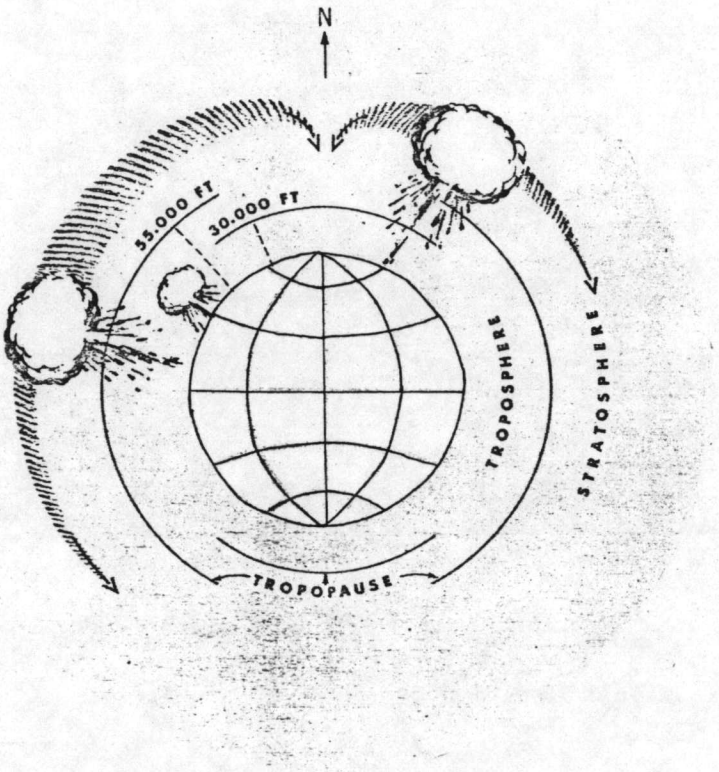
ลักษณะเฉพาะของฝุ่นกัมมันตรังสีขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 ประการ คือ ความสูงของการระเบิด ดังรูปที่ 2.1 และขนาดหรืออำนาจของการระเบิด ฝุ่นกัมมันตรังสีแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

2.1.1 โลคอลฟอลเอ้าท์ (local fall-out) หรือ เออร์ลี่ฟอลเอ้าท์ (early fall-out) เกิดจากการระเบิดบริเวณต่ำ ๆ ที่ระดับความสูงประมาณไม่เกิน 30,000 ฟุต ดิน หรือน้ำจำนวนมากจะถูกดูดขึ้นไปในลูกไฟและต่อมาเกิดการควบแน่น ดังนั้น สารกัมมันตรังสีที่ตกลงมาบนพื้นโลกจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่และหนัก และจะเกิดขึ้นภายในเวลา 24 ชม. ภายหลังการระเบิด

2.1.2 เวิลด์ไวด์ หรือ ดีเลย์ฟอลเอ้าท์ (world-wide or delayed fall-out) เกิดจากการระเบิด ณ ที่สูงมาก ๆ ที่ระดับความสูงประมาณ 30,000 ฟุตขึ้นไป จนไม่สามารถจะดูดฝุ่นละอองและน้ำเข้าไปในลูกไฟได้ ดังนั้น จึงเกิดโลคอลฟอลเอ้าท์ขึ้นน้อยมากหรือไม่เกิดเลย ส่วนใหญ่จะเป็นผลผลิตจากฟิสชันเท่านั้น ซึ่งจะกระจายไปได้ไกล และตกลงสู่พื้นโลกในที่สุด

เวิลด์ไวด์ฟอลเอ้าท์ ยังแบ่งออกได้เป็น

2.1.2.1 โทรโปสเฟียริคฟอลเอ้าท์ (tropospheric fall-out) เกิดจากการระเบิดของระเบิดแรงต่ำ (น้อยกว่า 100 กิโลตัน) ที่ผิวโลกหรือใกล้ผิวโลก จะให้ผลผลิตจากฟิสชันไม่สูงไปกว่าบรรยากาศชั้นโทรโปสเฟียร์ (troposphere) ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่สูงกว่าทรอปิค (tropics) ประมาณ 50,000-60,000 ฟุต มีการเกิดเมฆ ฝนและหมอก ฝุ่นกัมมันตรังสีในชั้นนี้จะถูกฝน หิมะ ชะล้างลงมาภายใน 1 เดือน และมีจุดศูนย์กลางอยู่บริเวณละติจูดเดียวกับการระเบิด



รูป 2.1 แสดงการระเบิดที่ความสูงระดับต่าง ๆ

2.1.2.2 สตราโตสเฟียริค ฟอลเอ้าท์ (stratospheric fall-out) เกิดจากการระเบิดแรงสูง (ขนาดเป็นล้านตัน) จะผลักดันผลผลิตจากฟิสชันเข้าไปในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ (Stratosphere) ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่สูงเหนือบรรยากาศชั้นโทรโปสเฟียร์ขึ้นไปอีก ทำให้ฝุ่นกัมมันตรังสีกระจายกว้างออกไป และตกลงสู่พื้นโลกอย่างช้า ๆ อาจใช้เวลานานกว่า 5 ปี[1]

2.2 คุณสมบัติของฝุ่นกัมมันตรังสี

คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของฝุ่นกัมมันตรังสี เช่น ลักษณะทางกายภาพ ขนาดของฝุ่นกัมมันตรังสี สภาพทางเคมี (chemical form) คุณสมบัติเหล่านี้จะแตกต่างกันไปตามสภาพของการระเบิด เช่น พลังงานของการระเบิดที่ปลดปล่อยออกมา ความมากน้อย (degree) ของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างลูกไฟกับผิวโลก แร่ธาตุต่าง ๆ ที่ปรากฏอยู่ในผิวดิน รวมทั้งสารที่เป็นโครงสร้างโดยรอบ ๆ ของอุปกรณ์การระเบิด การระเบิด ณ บริเวณบนหรือใกล้ผิวดินทรายฝุ่นกัมมันตรังสีส่วนใหญ่ จะเป็นพวกซิลิกาที่ไม่ละลาย (insoluble siliceous particles) เนื่องจากการดูดดินทรายเข้าไปในลูกไฟ การระเบิด ณ ความสูงมากขึ้นจะสะท้อนวัสดุโครงสร้างรอบ ๆ อุปกรณ์ได้ด้วย เช่น วัสดุโครงสร้างเป็นเหล็ก ฝุ่นกัมมันตภาพรังสีที่เกิดขึ้นจะมีคุณสมบัติถูกแม่เหล็กดูดได้มากกว่าการใช้วัสดุโครงสร้างชนิดอื่น การระเบิดในทะเลหรือพื้นที่ที่เป็นปูนขาว (lime) จะเกิดเกลือคาร์บอเนตที่ละลายได้ การระเบิดในอากาศมักให้ฝุ่นกัมมันตรังสีที่ละลายได้ดี

ดังได้กล่าวมาแล้ว ผลผลิตจากฟิสชันของนิวเคลียสของธาตุหนัก จะเป็นเรดิโอนิวไคลด์ (radionuclide) ประมาณ 200 ตัว ซึ่งมีเลขมวล 72-158 นอกจากนั้นยังมีเรดิโอนิวไคลด์ที่มีเลขมวลมากกว่านี้อีก โดยเกิดจากการที่นิวตรอนชน (bombard) วัสดุที่อยู่รอบ ๆ บริเวณที่เกิดการระเบิด เรดิโอนิวไคลด์ที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ จะมีครึ่งชีวิต (half-life) สั้น และสลายตัวไปอย่างรวดเร็วภายในเวลาเพียง 2-3 ชั่วโมง

2.3 สตรอนเตียม - 90 จากผลผลิตจากฟิสชัน

ในบรรดาผลผลิตจากฟิสชันทั้งหมดนั้น สตรอนเตียม - 90 นับว่าสำคัญมากที่สุดตัวหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากเกิดขึ้นปริมาณสูง มีครึ่งชีวิต ยาวถึง 28.9 ปีและมีคุณสมบัติคล้ายแคลเซี่ยมในวงจรของสิ่งมีชีวิตบางอย่าง ดังนั้น เมื่อสะสมอยู่ในร่างกายเกินปริมาณที่ยอมให้บุคคลได้รับแล้วจะก่อให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์ได้

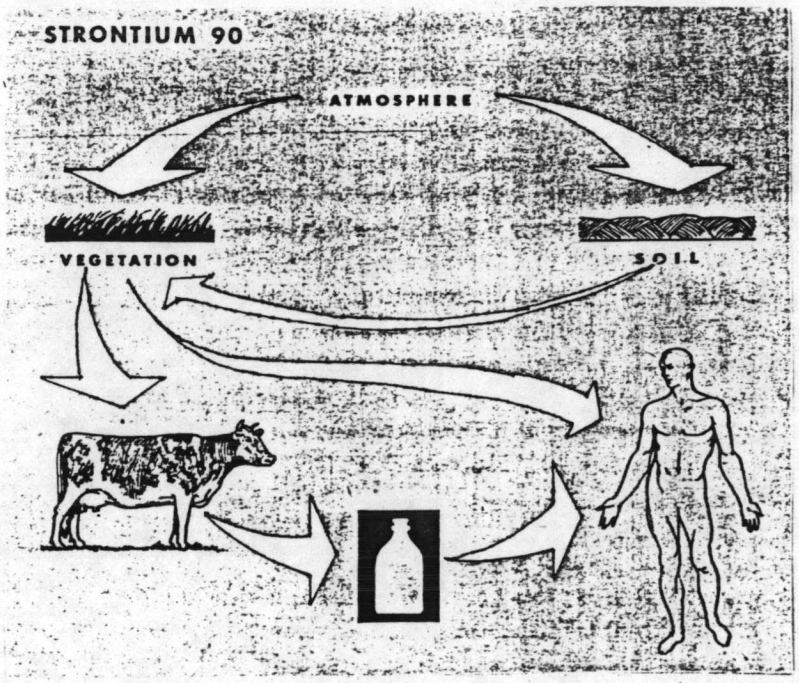
สตรอนเตียม - 90 ในดีเลย์ฟอลเอ้าท์จะถูกฝนหรือหิมะชะลงสู่พื้นโลก เมื่อตกลงไปในทะเลไปสะสมอยู่ในผลผลิตทางทะเล เช่น สัตว์ทะเลทุกชนิดที่เป็นอาหารของมนุษย์ ถ้าตกลงสู่พื้นดินจะทำให้พืชและน้ำบริโภคเปื้อนรังสีได้ สตรอนเตียม - 90 สามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์โดยผ่านทางลูกโซ่อาหาร (food chain) ทั้งทางตรงโดยการบริโภคน้ำและพืช และทางอ้อม คือ สตรอนเตียม - 90 ผ่านจากดินไปยังพืช, สัตว์และมนุษย์ในที่สุด ดังรูปที่ 2.2

2.4 สตรอนเตียม - 90 ในพืช

เนื่องจากสตรอนเตียมมีคุณสมบัติทางเคมีเหมือนแคลเซี่ยมซึ่งเป็นธาตุที่จำเป็นต่อพืชและสัตว์ ดังนั้น การพิจารณาจึงมักแสดงในหน่วยของ "หน่วนสตรอนเตียม" (pCi Sr-90/ g Ca) เสมอ อัตราส่วนของสตรอนเตียมต่อแคลเซี่ยมในคนจะไม่เท่ากับอัตราส่วนในดิน เนื่องจากลูกโซ่ของการถ่ายทอดทางชีววิทยาของธาตุเหล่านี้ มายังร่างกายมนุษย์ได้ลดปริมาณสตรอนเตียมลง 2-10 เท่า ขบวนการซึ่งมีอิทธิพลต่อการที่สตรอนเตียม - 90 จะเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์มีหลายขั้นตอน ดังนี้

2.4.1 การดูดสตรอนเตียม - 90 จากดินโดยรากพืช

เนื่องจากสตรอนเตียม - 90 ที่อยู่ในชั้นสตราโตสเฟียร์อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ถึง 90%[2] เมื่อถูกฝนหรือหิมะชะลงสู่พื้นโลกจะกระจายลงสู่ดินได้ถึง 98% สตรอนเตียม - 90



รูป 2.2 แสดงทางผ่านของสตรอนเตียม - 90 จากฝุ่นกัมมันตรังสี มาสู่ลูกโซ่อาหาร [1]

จะเข้าไปอยู่ในดินได้ลึกประมาณ 6 นิ้ว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการเปลี่ยนอิออนของดินและความหนาแน่นของดิน

จากการทดลองในเรือนกระจก (green house) ได้พบความแตกต่างเล็กน้อยในการดูดแคลเซี่ยมและสตรอนเตียมจากดินของพืชส่วนใหญ่ มีเงื่อนไขหลายอย่างที่ทำให้การเปรียบเทียบอัตราส่วนของ Sr-90/g Ca ในพืชกับในดินที่พืชขึ้นอยู่ทำได้ยาก ประการแรกคือพืชจะได้รับแร่ธาตุส่วนมากผ่านทางราก ระบบรากของพืชแต่ละชนิดจะต่างกัน บางชนิดมีรากลึก บางชนิดมีรากตื้น สตรอนเตียม - 90 ส่วนมากจะอยู่ในบริเวณใกล้ผิวดิน กรณีที่ดินไม่ใส่ปุ๋ย รากของพืชจะหยั่งลึกลงดินต่ำกว่าระดับของสตรอนเตียม - 90 ที่มีอยู่ รากจึงดูดไอโซโทปนี้ไปได้น้อย ประการที่สอง เนื่องจากคุณสมบัติทางเคมีของสตรอนเตียมและแคลเซี่ยมจะคล้าย ๆ กัน ดังนั้น ทั้งสองตัวนี้น่าจะเข้าสู่ระบบรากของพืชได้พอ ๆ กัน แต่ความจริงแล้ว แคลเซี่ยมในดินที่สามารถดูดไปได้นั้นไม่ใช่ปริมาณที่มีอยู่ในดินทั้งหมด เนื่องจากสารประกอบของแคลเซี่ยมตามธรรมชาติในดินบางตัวไม่สามารถละลายน้ำได้ พืชจึงดูดไปใช้ไม่ได้จนกว่าจะถูกเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ ส่วนสตรอนเตียม - 90 ส่วนใหญ่ในดีเลย์ฟอลเอ้าท์ (delayed fall-out) นั้นจะอยู่ในสภาพที่ละลายน้ำได้[3]

การเติมปุ๋ยลงในดิน เพื่อเติมแร่ธาตุที่เป็นอาหารของพืชที่ถูกดูดไปใช้หรือถูกฝนหรือระบบการชลประทานชะออกไปก็มีผลต่อการดูดสตรอนเตียม - 90 ของรากพืช เช่น มีการศึกษาโดยการเติมแคลเซี่ยมที่เสถียรลงไปในดินที่ปลูกพืชไว้ พบว่า การเติม $Ca(NO_3)_2$, $Ca_3(PO_4)_2$ $CaCO_3$ หรือ $CaSO_4$ ลงในดินที่เป็นกรดซึ่งมีแคลเซี่ยมต่ำจะไปลดการดูดสตรอนเตียม - 90 ของพืช แต่ในดินที่มีแคลเซี่ยมเพียงพอสำหรับการเติบโตของพืชอยู่แล้ว การเติมแคลเซียม เพิ่มลงไปอีกจะไม่มีผล[4, 5]

การเติมไนโตรเจน ในรูปของ NH_4NO_3 ลงไปในดิน[6] พบว่ามีปริมาณสตรอนเตียม - 90 สะสมอยู่ในฟางและเมล็ดข้าวโอ๊ตมากขึ้น ส่วนการเติมฟอสฟอรัสในรูปของ $Ca(H_2PO_4)_2$ จะเพิ่มการดูดสตรอนเตียม - 90 ในฟางข้าวโอ๊ต แต่ในเมล็ดข้าวโอ๊ต

ไม่พบการเปลี่ยนแปลง นอกจากนั้น ในการทดลองหลายครั้ง พบว่า การเติมไอโซโทปที่เสถียร[7, 8] ของเรดิโอนิวไคลด์ลงในดินนั้นจะเจือจางปริมาณเรดิโอนิวไคลด์ที่จะถูกดูดขึ้นไปทำให้ปริมาณในพืชลดลง แต่ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในทางปฏิบัติ เพราะจะเป็นอันตรายต่อพืชได้ ยังมีแฟคเตอร์อื่น ๆ ที่มีผลต่อการดูดสตรอนเตียม - 90 คือ พวกจุลินทรีย์ (micro organism) ได้มีการทดลองปลูกบีท (beet) และแรดดิช (radish) ในดินที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ต่าง ๆ กัน และใช้สารละลายพ่นแล้วคลุกให้เข้ากัน นำมาทดลองปลูกพืช เมื่อเก็บพืชที่โตเต็มที่แล้วมาวิเคราะห์หาปริมาณสตรอนเตียม - 90 พบว่า เมื่อสารอินทรีย์ในดินเพิ่มขึ้น ปริมาณสตรอนเตียม - 90 ในพืชจะลดลง 2-11 %[2]

2.4.2 การดูดสตรอนเตียม - 90 โดยส่วนที่อยู่เหนือดินของพืช

ส่วนที่อยู่เหนือดินของพืชได้แก่ ใบ, ต้น, ผลและเปลือกนั้นไม่ได้ทำหน้าที่เฉพาะเป็นอวัยวะสำหรับแลกเปลี่ยนก๊าซ, การสังเคราะห์แสง และเก็บส่วนที่ได้จากการเมตตะโบลิสซึม (metabolism) เท่านั้น แต่ยังเป็นทางผ่านที่สำคัญของผลผลิตจากฟิสชันที่จะเข้าสู่ลูกโซ่อาหารได้อีกด้วย จากการระเบิดในบรรยากาศซึ่งมักให้ฝุ่นกัมมันภาพรังสีที่ละลายน้ำได้มาก เมื่อตกลงบนลำต้นพืชโดยตรง จะถูกพืชดูดเข้าไปในลำต้นได้ ส่วนพวกที่ไม่ละลายน้ำ เช่น พวกสารประกอบของซิลิกาจะเกาะอยู่บนผิวของลำต้น[9] สภาพดินฟ้าอากาศ เช่น ลมและฝนมีผลทำให้ฝุ่นกัมมันตรังสี ที่ติดอยู่ตามลำต้นและใบตกลงสู่ดินได้ การล้างผักหรือปอกผิวนอกออกจะเป็นการลดปริมาณสตรอนเตียม - 90 ที่ติดอยู่ตามลำต้น, ใบได้

แม้ว่าปริมาณของสตรอนเตียม - 90 ที่สะสมอยู่ในพืชจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืชและสภาพในการเจริญเติบโต แต่พบว่าสตรอนเตียม - 90 จะสะสมอยู่ในใบมากที่สุด ในผลมีน้อย ส่วนในเมล็ดจะมีจำนวนน้อยที่สุด ได้มีการทดลองปลูกบีทและแรดดิชในดินชนิดเดียวกัน พบว่าในแรดดิชนั้นจะมีสตรอนเตียม - 90 ในใบหรือต้นมากกว่าหัว แต่ในกรณีของบีทนั้น สตรอนเตียม - 90 จะสะสมอยู่ในหัวหรือบางส่วนของหัวและจะไปหยุดยั้งการ

เคลื่อนที่ต่อไปยังใบ พบว่า สตรอนเตียม - 90 ที่สะสมอยู่ในใบของแรดดิชมากกว่าในใบของบีทถึง 4-60 เท่า แต่ในรากไม่พบความแตกต่างมากนัก[2]

2.5 สตรอนเตียม - 90 ในสัตว์

ดินและพืชที่เป็นรังสีจะเป็นตัวเชื่อมโยง ที่สำคัญของการเคลื่อนที่ของเรดิโอนิวไคลด์ผ่านลูกโซ่อาหารมายังคน มีการทดลองปลูกกล่ำปลี, ถั่วและหญ้า[2] ในดินที่มีสตรอนเตียม - 90 พบว่า หญ้าสามารถสะสม Sr-90/g Ca ได้มากกว่ากล่ำปลีและถั่ว นอกจากนั้นยังมีฝุ่นกัมมันตรังสีติดอยู่ตามลำต้นและใบอีกด้วย เมื่อสัตว์กินพืชเข้าไปก็จะได้รับสตรอนเตียม - 90 ด้วย

ในประเทศตะวันตก น้ำนมเป็นอาหารสำคัญที่นำสตรอนเตียม - 90 และแคลเซี่ยมเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ เนื่องจากเป็นอาหารประจำวัน แคลเซี่ยมและสตรอนเตียม จำนวน 3/4 ของปริมาณทั้งหมดที่ชาวอเมริกันได้รับ โดยเฉลี่ยจะอยู่ในอาหารประเภทนมและผลิตภัณฑ์ของนม จึงพิจารณาด้านการควบคุมอาหารประเภทนมเป็นหลัก ส่วนในประเทศด้อยพัฒนา หรือประเทศที่กำลังพัฒนานั้น ประชากรส่วนใหญ่จะบริโภคพืชผักมากกว่า อย่างไรก็ดีปริมาณ Sr-90/g Ca ในผลิตภัณฑ์ของสัตว์ที่บริโภคได้จะน้อยกว่าปริมาณในอาหารสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเนื้อเยื่ออ่อน (Soft tissue) จะมีน้อยมาก เป็นที่น่าสนใจว่า อัตราส่วน Sr-90/g Ca ในนมวัวจะมีค่าต่ำกว่าในอาหารของวัวมาก ซึ่งเป็นการขวางกั้นไม่ให้มนุษย์ได้รับสตรอนเตียม - 90 มากเท่ากับการบริโภคพืชโดยตรง[3]

2.6 อันตรายของสตรอนเตียม - 90 ที่มีต่อมนุษย์

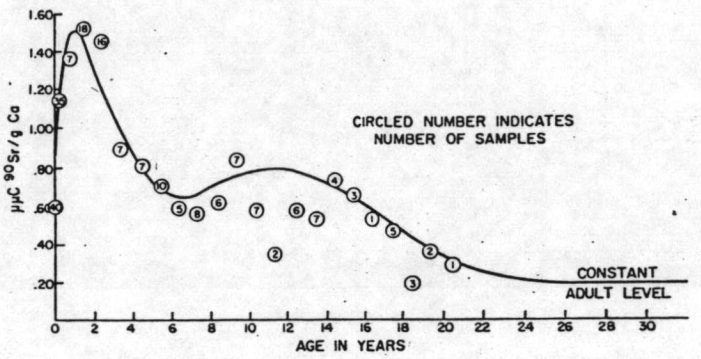
2.6.1 ผลที่มีต่อร่างกาย (somatic effect)

เนื่องจากไม่สามารถจะทำการทดลองเกี่ยวกับผลของปริมาณสตรอนเตียม - 90 ในร่างกายมนุษย์ได้ ดังนั้น จึงไม่สามารถจะทราบความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสที่จะเกิดผล

ทางชีววิทยาอย่างรุนแรงที่น่าจะเป็นไปได้กับจำนวนไอโซโทปที่มีในร่างกายได้แน่นอนนัก จากการทดลองในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมพบว่า ระบบทางเดินอาหารจะดูดสตรอนเตียมไว้ด้วยขีดจำกัด ลำไส้สามารถดูดแคลเซี่ยมได้มากกว่าสตรอนเตียมถึง 2-3 เท่า[2] สตรอนเตียม - 90 สามารถจับกับพลาสมาโปรตีน (plasma protien) ได้ประมาณ 50 % ซึ่งพลาสมาในร่างกายนี้จะต้องผ่านไตเพื่อขจัดของเสียออก แคลเซี่ยมประมาณ 99.5 % ที่กรองออกมาจะถูกดูดกลับไปไว้อีก ส่วนสตรอนเตียม - 90 จะถูกดูดไว้ได้น้อยกว่า ดังนั้น ปริมาณสตรอนเตียม - 90 ที่ขับออกมาในปัสสาวะจะมีมากกว่าแคลเซี่ยมประมาณ 2-3 เท่า[10, 11]

สตรอนเตียม - 90 ส่วนใหญ่จะพบในโครงกระดูกและฟัน สตรอนเตียมจะเข้าสู่กระดูกได้ 2 ทาง เช่นเดียวกับแคลเซี่ยม คือ การแลกเปลี่ยน (exchange) และการไปเพิ่ม (accretion) กรณีของการแลกเปลี่ยนนั้น สตรอนเตียมส่วนนี้อาจถูกสารอื่นมาแทนที่ในกระดูกได้เช่นกัน ซึ่งจะเกิดในผู้ใหญ่ ส่วนกรณีหลังเป็นกรณีของการเกิดกระดูกใหม่ สตรอนเตียมจะเข้าไปสะสมอยู่ภายในคริสตัลแลททีส (crystal lattice) ของกระดูก ซึ่งจะไม่มีการเปลี่ยนที่จนกว่ากระดูกจะเจริญจนถึงสภาพปกติ กรณีเช่นนี้จะเกิดในเด็ก จากการวิเคราะห์ตัวอย่างกระดูกทารกที่ตายในครรภ์และจากบุคคลที่เสียชีวิต พบว่า ปริมาณสตรอนเตียม - 90 ในกระดูกจะพบในเด็กที่กำลังเจริญเติบโตมากกว่าผู้ใหญ่ ดังในรูปที่ 2.3 และในผู้ใหญ่ที่มีอายุตั้งแต่ 26 ปีขึ้นไปนั้น ปริมาณสตรอนเตียม - 90 ในกระดูกจะไม่ขึ้นกับอายุของบุคคลไปจนตาย ปริมาณสตรอนเตียม - 90 ในกระดูกผู้ใหญ่ขึ้นกับระดับในอาหารและอัตราการแลกเปลี่ยนซึ่งอาจขึ้นกับเวลา โดยอัตราการแลกเปลี่ยนจะเกิดเร็วที่สุดในระยะ 2-3 ปีแรกที่ได้รับสตรอนเตียม - 90[12]

นอกจากนั้น เมื่อได้ทำการทดลองในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ยังพบว่า สตรอนเตียมและแคลเซี่ยม ยังสามารถถ่ายเทผ่านรกไปยังลูกในท้องได้อีกด้วย[13, 14]



รูป 2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะ (specific activity)ของสตรอนเตียม - 90 กับอายุของบุคคล[3]

จากการเปรียบเทียบผลของสตรอนเตียม - 90 กับเรเดียมที่มีต่อสัตว์ทดลอง และอาศัยผลของเรเดียมที่มีต่อมนุษย์ที่ทราบแล้ว พอจะอนุมานได้ว่า ถ้ามีสตรอนเตียม - 90 อยู่ในร่างกายถึง 10 uCi จะเกิดโรคมะเร็งในกระดูกเพิ่มขึ้นจนเห็นได้ชัด นอกจากนี้ ยังทำให้เกิดโรคโลหิตจาง, กระดูกผุและมะเร็งในเม็ดเลือดได้

2.6.2 ผลทางกรรมพันธุ์ (genetic effect)

ผลทางกรรมพันธุ์ของสตรอนเตียม - 90 นั้น ถือว่าน้อยมาก เพราะสตรอนเตียม - 90 จะไปสะสมอยู่ที่กระดูกมากกว่า และอนุภาคเบตา จากสตรอนเตียม - 90 ในร่างกายก็มีเรนจ์ (range) สั้นมาก จึงไม่สามารถทะลุทะลวงไปถึงอวัยวะสืบพันธุ์ได้ และปริมาณสตรอนเตียม - 90 ในเนื้อเยื่ออ่อน ซึ่งอนุภาคเบตาอาจทะลุผ่านไปยังอวัยวะสืบพันธุ์ได้ก็มีปริมาณน้อย

คณะกรรมาธิการด้านการป้องกันรังสีระหว่างประเทศ (International Commission of Radiation Protection, ICRP) ได้กำหนดค่าความแรงรังสีสูงสุดที่ยอมให้อยู่ในร่างกายได้ของสตรอนเตียม - 90 (Maximum Permissible Body Burdens, MPBB) สำหรับกระดูกมีค่า 2 uCi และทั้งร่างกายมีค่า 20 uCi

003782

2.7 การหาปริมาณสตรอนเตียม - 90

2.7.1 การหาปริมาณสตรอนเตียม - 90 โดยวัดรังสีอิตเทรียม - 90

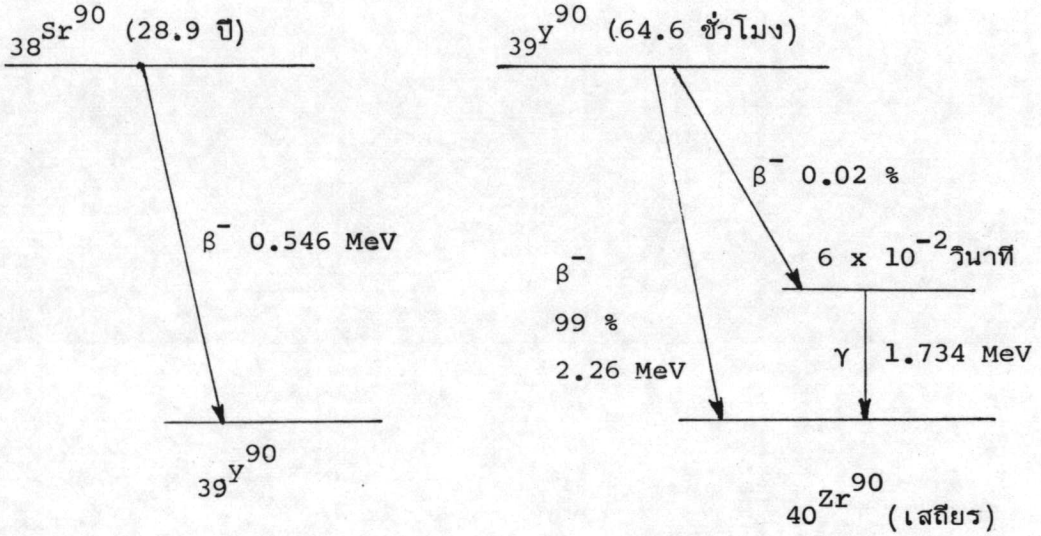
การหาปริมาณสตรอนเตียม - 90 ที่นิยมทำกันในปัจจุบันนั้น นิยมใช้วิธีนับรังสีของอิตเทรียม - 90 แทน ทั้งนี้ เนื่องจากสตรอนเตียม - 90 สลายตัวในอิตเทรียม -90 ซึ่งเป็นสารกัมมันตรังสีที่สลายตัวให้รังสีเบตาพลังงาน 2.26 MeV (ดูรูป 2.4) และมีครึ่งชีวิต 64 ชม. ดังนั้น จะเกิดภาวะสมดุลย์แบบ secular เพราะฉะนั้น เมื่อเกิดสมดุลย์แล้ว อัตราการสลายตัวของสตรอนเตียม - 90 จะเท่ากับอัตราการสลายตัวของอิตเทรียม - 90 หรือความแรงรังสีของสตรอนเตียม - 90 เท่ากับความแรงรังสีของอิตเทรียม - 90

2.7.2 การหาปริมาณสตรอนเตียม - 90 โดยวิธีวัดรังสีสตรอนเตียม - 90

การวัดรังสีสตรอนเตียม - 90 โดยตรงทำได้ยากกว่าวิธีแรก เนื่องจากสตรอนเตียม - 90 ให้รังสีเบตาพลังงานต่ำ (0.546 MeV) แต่จะให้ผลรวดเร็วกว่า ซึ่งเป็นเรื่องที่จะศึกษาโดยละเอียดในวิทยานิพนธ์

2.8 เครื่องนับรังสี

เครื่องนับรังสีเบตามีหลายชนิด เช่น เครื่องนับรังสีแบบไกเกอร์มูลเลอร์เคาน์เตอร์ (Geiger-Muller counter) พรอพพอร์ชันนัลเคาน์เตอร์ (proportional counter) ไอออนไนเซชันเคาน์เตอร์ (ionization counter) และซินทิลเลชันเคาน์เตอร์ (scintillation counter) ที่นิยมใช้กันในประเทศ ก็คือ เครื่องมือนับรังสีแบบไกเกอร์-มูลเลอร์เคาน์เตอร์ ชนิด "Low Background Anticoincidence G.M. Counter"[15, 16, 17] ส่วนในต่างประเทศนั้น ได้หันมาให้ความสนใจการใช้ซินทิลเลชันเคาน์เตอร์ ชนิด "ซิลทิลเลชันในของเหลว (Liquid scintillation)"



รูป 2.4 แสดงรูปแบบการสลายตัวของสตรอนเตียม - 90 และอิตเตรียม - 90

กันมากขึ้น รายละเอียดของเครื่องมือดังกล่าวจะได้กล่าวในบทที่ 3