บทที่ 1

บทนำ

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ซีเซียมเป็นโลหะแอลคาไล (alkali metal) มีน้ำหนักอะตอม 132.90 เป็นธาตุที่มีปริมาณน้อย (trace elements) พบปะปนอยู่ในธรรมชาติทั่วไป และมีอยู่ในร่างกายมนุษย์ทั้งหมดประมาณ 0.14 ± 0.01 มิลลิกรัมโดยมากพบอยู่ในเนื้อเยื่ออ่อน (soft tissue) เช่น กล้ามเนื้อ (Boni,1966) แต่ก็ไม่นับว่าเป็นธาตุที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต

เรดิโอไอโซโทปของซีเซียมคือ ซีเซียม-137 นับว่ามีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตมาก เพราะซีเซียม-137 เป็นสารกัมมันตรังสี ซึ่งสลายตัวให้รังสีแกมม่าและรังสีเบต้า หากสารกัมมันตรังสี ซีเซียม-137 นี้เข้าไปสะสมอยู่ในร่างกายมนุษย์ก็จะก่อให้เกิดอันตรายได้

โดยปกติสารกัมมันตรังสี ต่าง ๆ ผ่านเข้าสู่ร่างกายโดยทางอาหารเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากการบริโภคพืชผักและเนื้อสัตว์ที่เปรอะเปื้อนด้วยสารกัมมันต-รังสี จากฝุ่นกัมมันตรังสี(radioactive fallout) ซึ่งเป็นผลจากระเบิดปรมาณู หรือจากการพัฒนาด้านนิวเคลียร์เทคโนโลยี่อื่น ๆ

ตั้งแต่ปี พ.ศ.2438 เป็นต้นมาหลังจากการค้นพบรังสีเอกซ์ (X-rays) โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันชื่อ William Conrad Roentgen วิทยาการด้านนิวเคลียร์ได้เริ่มวิวัฒนาการขึ้น มีการศึกษาค้นคว้ากันเป็นลำดับมา จุดประสงค์ที่สำคัญอันหนึ่งของการศึกษา ก็เพื่อมุ่งพัฒนาการใช้รังสีในกิจการต่าง ๆ ดังได้เป็นที่ปรากฏแล้วในระยะหลังว่ารังสีสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการแพทย์ เกษตร อุตสาหกรรม และอื่น ๆ ตลอดจนสามารถนำไปพัฒนาเป็นอาวุธเพื่อใช้ในการทำลายได้อีกประการหนึ่งด้วย

การใช้ระเบิดปรมาณูเพื่อการสงครามครั้งแรกในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 ตลอดจนการทดลองแสนยานุภาพของอาวุธได้กระทำต่อเนื่องกันเป็นลำดับควบคู่ไปกับการพัฒนาอาวุธปรมาณู ในปี 2505 มีการทดลองระเบิดปรมาณูในบรรยากาศมากขึ้น นักวิชาการในประเทศต่าง ๆ ได้ตระหนักดีถึงภัยอันตรายที่มีต่อมนุษย์ซึ่งเกิดจากการเปรอะเปื้อนด้วยกัมมันตรังสี ในสิ่งแวดล้อมทั่วไป ดังในก่อนปี พ.ศ.2505 Health and Safety Laboratory ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้ทำการประเมินค่าปริมาณสารกัมมันตรังสี อายุยาว อาทิ สตรอนเตียม-90 ในตัวอย่างน้ำฝนที่เก็บจากสถานที่ต่าง ๆ ทั่วโลก เพื่อศึกษาข้อมูลของปริมาณสารกัมมันตรังสีที่ผ่านสู่มนุษย์

ปัจจุบันนี้วิทยาการทางด้านนิวเคลียร์เทคโนโลยีได้วิวัฒนาการและก้าวหน้าไปอย่างมากในแทบทุกสาขาวิชา พัฒนาการด้านรังสีสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในกิจการด้านต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง ในกิจการแพทย์ได้ใช้ประโยชน์ของกัมมันตภาพรังสีสำหรับการวินิจฉัยและรักษาโรค การถ่ายภาพโลหะด้วยรังสีนับว่าเป็นเทคนิคที่มีประโยชน์มากในกิจการอุตสาหกรรม ตลอดจนการใช้พลังงานปรมาณูจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูสำหรับการศึกษาวิจัย และใช้พลังงานปรมาณูช่วยในการขุดเหมือง ขุดคลอง อ่างเก็บน้ำ ผลิตพลังงานไฟฟ้า แรงขับเคลื่อนเรือเดินทะเลและอื่น ๆ สิ่งเหล่านี้นับเป็นมูลเหตุที่ทำให้เกิดการเปรอะเปื้อนทางรังสีแก่สิ่งแวดล้อม

มนุษย์มีโอกาสได้รับรังสีจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งเกิดจากต้นกำเนิดประเภทต่าง ๆ กัน ต้นกำเนิดรังสีที่ให้รังสีแก่มนุษย์ แบ่งได้ดังนี้

ก. ต้นกำเนิดรังสีที่มีอยู่ในธรรมชาติ

1. รังสีคอสมิก (casmic) เป็นรังสีที่มีแหล่งกำเนิดใหญ่จากดวงอาทิตย์ วิ่งผ่านบรรยากาศของโลกทุกทิศทางตลอดเวลา รังสีคอสมิกมีความเร็วและมีพลังงานสูงมาก ประกอบด้วยอนุภาคโปรตอน (protons) เป็นส่วนใหญ่ และมีอนุภาคแอลฟ่า (alpha) นิวตรอน (neutrons) รวมอยู่ด้วย

2. เรดิโอไอโซโทปที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ได้แก่ เรดิโอไอโซโทปในอนุกรมธอเรียม (Thorium series) อนุกรมยูเรเนียม (Uranium series) อนุกรมแอคทิเนียม (Actinium series) และเรดิโอไอโซโทปตัวอื่น ๆ อีก อาทิ โปแตสเซียม-40 รูบิเดียม-87 แลนธานัม-138 วานาเดียม-50 คาร์บอน-14 ไฮโดรเจน-3

ข. ต้นกำเนิดรังสีที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น เช่น รังสีเอ็กซ์จากเครื่อง-เอ็กซ์เรย์ รังสีจากสารกัมมันตรังสี อาทิ โคบอลท์-60 ที่ประดิษฐ์ขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์และอุตสาหกรรม เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูและระเบิดปรมาณู

มนุษย์ได้รับรังสีจากธรรมชาติตลอดเวลา ส่วนการรับรังสีจากกรรมวิธีที่ผลิตขึ้นนั้นสามารถควบคุมและหลีกเลี่ยงได้ในหลาย ๆ กรณี นอกเสียจากในบางกรณีที่หลีกเลี่ยงได้ยาก อาทิการรับรังสีจากสารกัมมันตรังสี ซึ่งเป็นผลของระเบิดปรมาณูเป็นต้น รังสีที่มีกำเนิดตามธรรมชาตินั้น จะให้รังสีแก่สิ่งมีชีวิตทั้งหลายตลอดเวลา โดยมิอาจจะหลีกเลี่ยงได้

ระเบิดปรมาณูเป็นระเบิดที่อาศัยกระบวนการแตกตัว (fission) ของธาตุบางชนิดที่มีน้ำหนักอะตอมสูง เช่น ยูเรเนียม-233 ยูเรเนียม-235 และพลูโตเนียม-239 ภายหลังจากถูกชน (bombard) ด้วยนิวตรอน ปฏิกริยานิวเคลียร์ที่เกิดนี้สามารถทำให้เกิดการระเบิดที่มีอำนาจการทำลายสูงมาก ณ จุดระเบิด โดยเกิดแรงกระแทก ความร้อน และกัมมันตภาพรังสีปริมาณมากมาย ภายหลังการระเบิดสิ้นสุดลงแล้ว แต่อันตรายจากฝุ่นกัมมันตรังสียังคงมีอยู่ต่อไป ฝุ่นกัมมันตรังสีจากการระเบิดของลูกระเบิดปรมาณูในบรรยากาศ แบ่งประเภทได้ดังนี้

ก. Local fallout คือฝุ่นกัมมันตรังสีที่รวมตัวกันอยู่ในบริเวณจุดระเบิดในเวลา 2-3 ชั่วโมงหลังการระเบิด ประกอบด้วยสารกัมมันตรังสีที่มีมากมาย ส่วนใหญ่มีครึ่งชีวิตสั้นจนถึงปานกลาง

ข. Tropospheric fallout ประกอบด้วยฝุ่นกัมมันตรังสี ที่ถูกผลักขึ้นไปในชั้น atmosphere ที่ต่ำกว่าชั้น tropopause ด้วยอิทธิพลของกระแสลมและการหมุนของโลก ฝุ่นกัมมันตรังสีนี้จะถูกพัดพาไปไกลกว่ากรณีแรก และจะตกกลับลงสู่ผิวโลกโดยการพาของฝนและหมอก ปริมาณของฝุ่นกัมมันตรังสีนี้จะลดลงเหลือกึ่งหนึ่งในเวลา 20-30 วัน

ค. Stratospheric fallout ประกอบด้วยฝุ่นกัมมันตรังสี ที่ถูกพัดพาขึ้นไปอยู่เหนือชั้น tropopause ส่วนมากเกิดเฉพาะการทดลองที่มีแรงระเบิดสูงมาก ๆ ปริมาณของฝุ่นกัมมันตรังสีนี้จะลดลงเหลือกึ่งหนึ่งในเวลา 7 ปี (Libby, 1956)

สารกัมมันตรังสี ที่มีอยู่ในฝุ่นกัมมันตรังสีเป็นผลผลิตจากการแตกตัว (fission products) ธาตุที่สำคัญและมีอันตรายมากในทางชีววิทยา คือ ไอโอดีน-131 สตรอนเตียม-90 และซีเซียม-137 ทั้งนี้เพราะสารกัมมันตรังสีเหล่านี้จะคงอยู่ในบรรยากาศนานปีแล้ว จึงกลับตกลงมาสู่ผิวโลกในลักษณะกระจายตกทั่วไปห่างไกลออกไปจากจุดที่มีการระเบิดเป็นระยะทางหลายร้อยไมล์ได้ (Chen and Fukoda, 1969)

ไอโอดีน-131 มีครึ่งชีวิต (half life) 8.05 วัน ส่วนใหญ่สลายตัวหมดในช่วงเวลาดังกล่าว หากมีบางส่วนที่ติดไปในอาหารแล้วมนุษย์บริโภคเข้าไปจะไปสะสมที่ต่อมไทรอยด์(Blincoe, Bohman and Fountain, 1969)

สตรอนเตียม-90 มีโอกาสที่จะเกิดจากการแตกตัว (fission abundance) เพียง 5.1 % และเมื่อเข้าสู่สิ่งมีชีวิตโดยทางอาหารจะไปสะสมอยู่ในกระดูกเป็นส่วนใหญ่ (Langham, 1958)

ซีเซียม-137 มีโอกาสที่จะเกิดจากการแตกตัว (fission abundance) 6.2 % ในการแตกตัวของยูเรเนียมหรือพลูโตเนียม 100 ครั้ง จะให้ซีเซียม-137 จำนวน 6 อะตอม ซีเซียม-137 มีครึ่งชีวิตประมาณ 30.5 ปี

แผ่รังสีให้รังสีเบต้ามีพลังงาน 0.51,1.17 MeV และให้รังสีแกมม่า 0.662 MeV ธาตุนี้จะเข้าไปสะสมในร่างกายของมนุษย์และสัตว์โดยผ่านทางอาหารเป็นปริมาณไก้สูงถึง 86 เปอร์เซนต์ (Boni,1966) เมื่อเข้าไปในสิ่งมีชีวิตแล้วจะไปสะสมอยู่ในเนื้อเยื่ออ่อน (soft tissue) เช่น กล้ามเนื้อ และอวัยวะอื่น ๆ ทั่วร่างกาย (Jackson and Dolphin,1966) จึงนับได้ว่าซีเซียม-137 เป็นสารกัมมันตรังสีที่มีอันตรายมากที่สุดธาตุหนึ่ง

เมื่อธาตุซีเซียม-137 และฝุ่นกัมมันตรังสีอื่น ๆ ตกลงสู่ผิวโลกทั่ว ๆ ไป มนุษย์อาจจะหายใจเอาฝุ่นกัมมันต รังสี เหล่านี้เข้าไปได้บ้าง แต่ก็เป็นเพียงจำนวนน้อยมาก ไม่ก่อให้เกิดอันตรายมากนัก ฝุ่นกัมมันตรังสีบางส่วนจะตกลงในน้ำแล้วจะไปสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เช่น ปลา กุ้ง หอย ปูและสาหร่าย ฝุ่นกัมมันตรังสีบางส่วนตกลงบนพื้นดิน จะไปสะสมในผัก หญ้า ธัญญพืชอื่น ๆ และต้นไม้ พืชต่าง ๆ เหล่านี้ยังได้รับสารกัมมันตรังสี โดยตรงจากฝุ่นกัมมันตรังสีที่ตกลงไปบนพืชนั้น ๆ อีกด้วย เมื่อสัตว์กินหญ้าและธัญญพืชต่าง ๆ เหล่านั้นเข้าไป สัตว์ก็จะดูดซึมและสะสมสารกัมมันต รังสี เหล่านั้นไว้ในตัว และเมื่อมนุษย์บริโภคเอา ผัก ธัญญพืช ผลไม้ สัตว์บกและสัตว์น้ำต่าง ๆ เหล่านั้นเข้าไป กระเพาะอาหารและลำไส้ก็จะดูดซึมและสะสมสารกัมมันตรังสี เหล่านั้นจากอาหารเข้าไปในร่างกาย

อาหารของมนุษย์แทบทุกชนิด เช่น ธัญญพืช ผัก ผลไม้ สัตว์บกและสัตว์น้ำ มีโอกาสที่จะได้รับซีเซียม-137 จากฝุ่นกัมมันตรังสีได้ทั้งสิ้น อาหารเหล่านี้จะดูดซึมและสะสมเอาธาตุซีเซียม-137 เข้าไว้ ซึ่งนับว่าจะก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ชาติได้มาก ดังนั้นการศึกษาการวัดปริมาณธาตุซีเซียม-137 ในสิ่งแวดล้อมทั่ว ๆ ไปเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานก่อนที่จะมีการพัฒนาทางด้านนิวเคลียร์-เทคโนโลยี่อย่างอื่น ๆ อีกต่อไป จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง

ดังเป็นที่ทราบกันแล้วว่า ในสภาวะแวดล้อมทั่ว ๆ ไปนั้นมีสารกัมมันตรังสีปะปนอยู่มาก ทั้งที่เกิดจากสารกัมมันตรังสีที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น และที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่น สารกัมมันตรังสี โปแตสเซียม-40

ในร่างกายของมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม จะมีธาตุที่สำคัญและจำเป็นประกอบอยู่ด้วยกันทั้งหมด 11 ธาตุ คือ O C H N Ca P S K Na Cl และ Mg จะเห็นว่าโปแตสเซียมก็เป็นธาตุที่สำคัญและจำเป็นธาตุหนึ่งของร่างกายมนุษย์ นับเป็นอันดับที่ 4 และมีปริมาณมากเป็นอันดับที่ 7 ซึ่งโปแตสเซียมจะเป็นธาตุหนึ่งที่ประกอบอยู่ภายในเซล (Cell) ต่าง ๆ ของมนุษย์และสัตว์ โดยเฉพาะในเซลเม็ดเลือดแดง (Delwaide et al.,1962)

สารกัมมันตรังสี โปแตสเซียม-40 มีครึ่งชีวิต 1.28×10^9 ปี แผ่รังสีให้รังสีเบต้าที่มีพลังงาน 1.32 MeV และรังสีแกมม่าที่มีพลังงาน 1.46 MeV ฉะนั้นเมื่อร่างกายมนุษย์มีโปแตสเซียมประกอบอยู่ ธาตุโปแตสเซียม-40 ที่ประกอบอยู่ในโปแตสเซียมนั้น ก็จะก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์

ดังได้แสดงข้างต้นว่าทั้งซีเซียม-137 และโปแตสเซียม-40 ต่างก็เป็นสารกัมมันตรังสี ที่แผ่รังสีให้ทั้งรังสีเบต้าและแกมม่า เมื่อเข้าไปสะสมอยู่ในร่างกายก็เปรียบเสมือนเป็นต้นกำเนิดรังสีที่มีอยู่ในร่างกายเอง ซีเซียม-137 จะสะสมอยู่ตามเนื้อเยื่อออน เช่น กล้ามเนื้อ ก็จะทำให้กล้ามเนื้ออักเสบและทำงานผิดปกติได้ และเมื่อซีเซียม-137 สะสมอยู่ในระบบทางเดินอาหาร ก็จะไปทำลายเซลเยื่อบุผนังระบบทางเดินอาหารทำให้เกิดเป็นแผล โลหิตออกและเกิดการอักเสบตามทางเดินอาหาร สำหรับโปแตสเซียม-40 สะสมอยู่ในเซลต่าง ๆ ทั่วร่างกายซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายได้มากแก่ร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเซลเม็ดโลหิตแดง เมื่อปริมาณของโปแตสเซียม-40 มีมากเกินไปทำให้เซลเม็ดโลหิตแดงถูกทำลายและลดจำนวนลงเป็นเหตุให้การทำงานต่าง ๆ ของเซลในร่างกายทำงานผิดปกติไป

ในสภาวะแวดล้อมทั่ว ๆ ไปของประเทศไทย ขณะนี้ นับได้ว่ามีสารกัมมันตรังสีปะปนอยู่บ้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งได้รับมาจากฝุ่นกัมมันตรังสี ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการทดลองระเบิดปรมาณูของจีน ฝุ่นกัมมันตรังสีเหล่านี้จะถูกพัดพาลงมาสู่ประเทศไทย โดยลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนั้นในประเทศไทยจึงได้มีการค้นคว้าและวิจัยเกี่ยวกับปริมาณสารกัมมันตรังสีที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อม เช่น ไอโอดีน-131 สตรอนเตียม-90 ซีเซียม-137 และโปแตสเซียม-40 แต่ไอโอดีน-131 มีอายุครึ่งชีวิตที่สั้น จึงคงอยู่ในสภาวะแวดล้อมได้ไม่นาน ส่วนสตรอนเตียม-90 นั้นให้แต่รังสีเบต้าอย่างเดียว จึงเป็นการไม่สะดวกและรวดเร็วในการที่จะวิเคราะห์สตรอนเตียม-90 เพราะต้องใช้กรรมวิธีทางเคมีเข้าช่วย ส่วนซีเซียม-137 และโปแตสเซียม-40 ให้รังสีแกมม่าด้วย การวัดรังสีแกมม่านั้น ทำได้ง่ายและสะดวกกว่าการวัดรังสีเบต้ามาก และสามารถวิเคราะห์โดยไม่ผ่านกรรมวิธีทางเคมี เนื่องจากทั้งซีเซียมและโปแตสเซียมเป็นโลหะแอลคาไลเหมือนกัน สามารถถูกดูดซึมได้เหมือนกันตามระบบทางเดินอาหาร มีปฏิกริยาทางเคมีคล้ายคลึงกัน ฉะนั้นเมื่อซีเซียมถูกดูดซึมไว้ได้มาก ก็หมายความว่าโปแตสเซียมจะถูกดูดซึมไว้ได้มากเช่นกัน ด้วยเหตุนี้เมื่อมีการวิเคราะห์ซีเซียม-137 ก็จะมีการวิเคราะห์โปแตสเซียม-40 ควบคู่กันไปด้วยเสมอ ด้วยอันตรายของซีเซียม-137 มีมากดังกล่าวแล้ว จึงได้เริ่มดำเนินการวิจัยและค้นคว้าในการวัดปริมาณซีเซียม-137 ที่มีอยู่ในสภาวะแวดล้อมทั่วประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาหารของมนุษย์ เช่น ปลา หอย พืชผักชนิดต่าง ๆ ควบคู่ไปกับการวัดปริมาณของโปแตสเซียม-40 และเนื่องด้วยโปแตสเซียมเป็นธาตุที่สำคัญและมีมากนับเป็นลำดับที่ 7 ที่มีอยู่ในร่างกายมนุษย์ ดังนั้นจึงได้ดำเนินการวิเคราะห์และคำนวณหาปริมาณของโปแตสเซียมพร้อมกันไปด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาวิจัยวิธีวิเคราะห์ปริมาณของ สารกัมมันตรังสี ซีเซียม-137 และโปแตสเซียม-40 โดยวิธีแกมม่าสเปคโตรสโคปี

1.2.2 เพื่อศึกษาระดับปริมาณซีเซียม-137 และโปแตสเซียม-40 ในตัวอย่างสิ่งแวดล้อมของประเทศ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐาน ก่อนที่จะมีการพัฒนาทางด้านนิวเคลียร์เทคโนโลยี่อย่างอื่น ๆ อีกต่อไป

1.2.3 เพื่อตรวจสอบปริมาณของซีเซียม-137 และโปแตสเซียม-40 ในอาหารต่างชนิดกัน

1.2.4 เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของซีเซียม-137 และโปแตสเซียม-40 ในอาหารชนิดเดียวกันแต่เก็บมาจากแหล่งต่างกัน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 วิเคราะห์ปริมาณซีเซียม-137 และโปแตสเซียม-40 ในอาหารต่างชนิดกัน และในดิน

1.3.2 วิเคราะห์ปริมาณซีเซียม-137 และโปแตสเซียม-40 ในอาหารชนิดเดียวกัน แต่เก็บมาจากแหล่งต่างกัน

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษาการวัดปริมาณรังสีแกมม่าของสารกัมมันตรังสี ซีเซียม-137 และโปแตสเซียม-40 ด้วยเครื่อง multchannel analyzer ชนิด 4096 ช่อง และหัววัดรังสีแบบ Ge(Li)

1.4.2 ดำเนินการเก็บตัวอย่างผักต่าง ๆ มันสำปะหลัง หญ้า และดินจากที่ต่าง ๆ ทั่วประเทศ ในภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคใต้ เฉพาะภาคตะวันออกเก็บตัวอย่างปลาทะเลเพิ่มเติมจากตัวอย่างอื่น ๆ

1.4.3 เตรียมตัวอย่างต่าง ๆ โดยการล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น อบให้แห้งในตู้อบ (oven) และเผาจนเป็น เถ้า (ash) ในเตาเผา (farnace)

1.4.4 วัดปริมาณซีเซียม-137 และโปแตสเซียม-40 ในเถ้าตัวอย่าง

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัยนี้

1.5.1 ข้อมูลที่ได้รับจากการวิจัยนี้ สามารถนำไปประเมินค่าระดับมูลฐาน ของสารกัมมันตรังสี ซีเซียม-137 และโปแตสเซียม-40 ในอาหารต่าง ๆ ของมนุษย์ ในหญ้า และในดินที่ใช้เพาะปลูก

1.5.2 จากข้อมูลนี้ สามารถนำไปประเมินถึงปริมาณรังสีที่มนุษย์จะได้รับ จากการบริโภคอาหารต่าง ๆ เหล่านั้นเข้าไป

1.5.3 ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปประเมินถึงการเปรอะเปื้อนทางรังสี ในสิ่งแวดล้อมที่แห่งต่าง ๆ กัน ทั่วประเทศ อันเกิดจากฝุ่นกัมมันตรังสี หรือจาก การพัฒนาทางด้านนิวเคลียร์เทคโนโลยี่ต่าง ๆ

1.5.4 ทำให้ทราบถึงความแตกต่างกันในการดูดซึมสารกัมมันตรังสี ของอาหารประเภทต่าง ๆ เช่น พืชผัก หญ้า ปลาและหอยทะเล

1.6 การสำรวจการวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.6.1 การรับธาตุซีเซียม-137 และธาตุโปแตสเซียม-40 ของสิ่ง-แวดล้อม

นิวเคลียสของธาตุที่สามารถแตกตัวได้ (fissionable - materials) เช่น ยูเรเนียม-233 ยูเรเนียม-235 และพลูโตเนียม-239 เมื่อถูกชน (bombard) ด้วยนิวตรอน จะเกิดการแตกตัวให้พลังงาน และผลผลิตพลอยได้อื่น ๆ สารกัมมันตรังสี ซีเซียม-137 เป็นธาตุหนึ่งจาก ปฏิกริยาดังกล่าว Gustafson และ Miller ได้กล่าวไว้ในปี 1969 ว่า จากการแตกตัวของธาตุเหล่านั้นประมาณ 100 ครั้ง จะผลิตซีเซียม-137 ได้ 6 อะตอม จากการระเบิดของลูกระเบิดปรมาณู ธาตุซีเซียม-137 และฝุ่น-กัมมันตรังสีอื่น ๆ จะถูกแรงระเบิดและกระแสลมพัดพาขึ้นสู่บรรยากาศชั้น troposphere และ stratosphere Chen และ Fukoda กล่าวว่า ฝุ่นกัมมันตรังสีจะกรอบคลุมบริเวณจุดระเบิดของระเบิดปรมาณูและบางส่วนจะ เคลื่อนที่ไปหลายร้อยไมล์ ฉะนั้นเมื่อมีการพัฒนาทางนิวเคลียร์เทคโนโลยี่กัน อย่างกว้างขวาง ได้มีการทดลองระเบิดปรมาณูของประเทศต่าง ๆ มากขึ้น

ได้ก่อให้เกิดฝุ่นกัมมันตรังสีที่มีซีเซียม-137 ประกอบอยู่ และกระจายไปทั่วโลก ในปี 1965 Whicker และคณะกล่าวว่าเมื่ออากาศมีฝุ่นละอองมาก ระดับของซีเซียม-137 ในอากาศมีปริมาณสูงขึ้น

สำหรับสารกัมมันตรังสี โปแตสเซียม-40 นั้น มีปรากฏอยู่ตามธรรมชาติ ฉะนั้นในสิ่งแวดล้อมทั่ว ๆ ไป จึงมีโปแตสเซียม-40 เป็นส่วนประกอบ

1.6.2 การสะสมซีเซียม-137 และโปแตสเซียม-40 ในสิ่งแวดล้อม และในมนุษย์

Crossley และ Pryor ได้ทำการทดลองในปี 1959 พบว่า ซีเซียม-137 ในตัวตั๊กแตนสะสมอยู่ที่กล้ามเนื้อ ทางเดินอาหารและอวัยวะสืบพันธุ์

ในปี 1962 Chhabra และ Hukkoo กล่าวว่า ปริมาณรังสีที่มีอยู่ในพืชจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะที่พืชรับฝุ่นกัมมันตรังสีซึ่งตกลงมา เช่น พืชประเภทมีใบมากและขนาดใบใหญ่ จะมีปริมาณรังสีสะสมสูงกว่าพืชที่มีใบเล็กและมีจำนวนใบน้อยกว่า ผักประเภทมีใบจะมีสารกัมมันตรังสีสะสมสูงกว่าผักชนิดอื่น ๆ การสะสมยังขึ้นอยู่กับความหยาบของใบพืชหรือลำต้น เช่น พืชที่มีใบหยาบฝุ่นกัมมันตรังสีจะเกาะอยู่ได้มากกว่าและนานกว่าพืชที่มีใบเรียบและเป็นมันอีกประการหนึ่ง พืชดูดซึมสารกัมมันตรังสี จากดินได้น้อยกว่าที่ดูดซึมได้จากในน้ำ พืชต่างชนิดกันจะสามารถดูดซึมสารต่าง ๆ ได้ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับความต้องการธาตุอาหารที่ไม่เหมือนกันของพืชและขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของธาตุต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของดินที่ใช้ปลูกพืชนั้น ตลอดจนลักษณะการดูดซึมอาหารของพืชที่จะใช้ใบหรือลำต้นในการดูดซึม นอกจากนี้เขาได้ทำการวัดปริมาณสารกัมมันตรังสีในพืชผักชนิดต่าง ๆ รวมทั้งนมผง ปรากฏว่า พบซีเซียม-137 ในใบชามากที่สุด ลำดับรองลงไปคือ นมผง ส่วนหัวผักกาดแดงพบว่า มีสารกัมมันตรังสี ชนิดอื่น ๆ อยู่ด้วย

Grueter ได้วัดปริมาณซีเซียม-137 ในเห็ด (mushrooms) ต่าง ๆ ในเยอรมันตะวันตกในระหว่างปี 1963-1970 พบว่าในเห็ดบางชนิด มีซีเซียม-137 อยู่ถึง 5790 พิโคคูรี่ต่อกรัมน้ำหนักของโปแตสเซียมที่มีอยู่ทั้งหมดในเห็ดนั้น ($pCi^{137}Cs/gm$ potassium) ในขณะเดียวกัน ดินที่เห็ดนั้นขึ้นอยู่มีซีเซียม-137 อยู่เพียง 3350 พิโคคูรี่ต่อกรัมน้ำหนักโปแตสเซียมที่มีอยู่ในดินนั้น และได้พบว่าปริมาณซีเซียมในเห็ดมีค่าแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของเห็ดแต่ละชนิด และขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดินที่ปลูกเห็ดนั้นด้วย เขาพบว่ามีปริมาณซีเซียมในเห็ดสูงกว่าที่พบในเนื้อวัวและนมวัวมาก และครึ่งชีวิตทางชีววิทยาของซีเซียม-137 ในเห็ดประมาณ 70 วัน

Morgan และ Arkell ได้ทำการวัดซีเซียม-137 ในน้ำทะเล ในปี 1963 และพบว่าระดับของปริมาณซีเซียม-137 ในน้ำทะเลสามารถแสดงความเข้มข้นของสารกัมมันตรังสีในบริเวณนั้น ซึ่งเกิดเนื่องจากฝุ่นกัมมันตรังสีตกลงมา

Roessler, Williams และ Nettles ได้ทำการวัดปริมาณสาร-กัมมันตรังสีในน้ำนมในระหว่างปี 1963-1967 ในมลรัฐฟลอริดา พบว่าในน้ำนมจะมีปริมาณซีเซียม-137 ระหว่าง 104-193 พิโคคูรี่ต่อลิตรโดยเฉลี่ย และมีสตรอนเตียม-90 อยู่ระหว่าง 10.1-20.5 พิโคคูรี่ต่อลิตรโดยเฉลี่ย

ในปี ค.ศ.1963 Kolehmainen, Hasanen และ Miettinen ได้ทำการวัดปริมาณซีเซียม-137 ในปลาต่าง ๆ ในทะเลสาบในฟินแลนด์ พบว่าซีเซียม-137 ในปลา perch มีค่า 0.2-20 ในปลา pike มีค่า 0.15-16 และในปลา roach มีค่า 0.1-7.5 นาโนคูรี่ต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด

Delwaide และคณะได้ทำการศึกษาโปแตสเซียมในคน ในปี 1963 พบว่าในร่างกายมนุษย์มีธาตุโปแตสเซียมมากเป็นที่ 7 และมีความสำคัญรองจาก C, O, N และ H และโปแตสเซียมส่วนใหญ่จะอยู่ภายในเซล การวัดปริมาณโปแตสเซียมในสิ่งมีชีวิตวิธีที่ง่ายและสะดวกคือ การวัดปริมาณรังสีแกมม่าจากโปแตสเซียม-40 แล้วจึงนำไปคำนวณหาปริมาณของโปแตสเซียมต่อไป

ในปี 1964 Svenson และ Liden ได้ทำการวัดปริมาณซีเซียม-137 ในตะไคร่ (Lichen) และกวาง (reindeer) และในร่างกายคนที่อาศัยอยู่ทางตอนเหนือของประเทศสวีเดนพบว่า ซีเซียม-137 ที่ตะไคร่ได้รับจากฝุ่นกัมมันตรังสี จะเข้าไปสะสมอยู่ในกวางผ่านทางอาหาร และเข้าไปสะสมในร่างกายคนที่กินเนื้อกวางเป็นอาหาร ใช้เวลาทั้งสิ้น 7-10 เดือน และพบว่าในระหว่างปี ค.ศ.1962-1964 ปริมาณซีเซียม-137 ในตะไคร่เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของระยะเวลาก่อนหน้านี้ และเพิ่มขึ้นในร่างกายคนที่กินกวางเป็นอาหารประมาณ 1.8 เท่า

Yamagata และ Iinuma ได้ทำการวัดปริมาณซีเซียม-137 ในคนในปี 1964 ในคนมีซีเซียม-137 อยู่ 200 พิโคคูรี่ต่อกิโลกรัมน้ำหนักคน โดยที่ 1.3 % ของซีเซียม-137 นี้จะสะสมอยู่ในเลือด

บริเวณที่สูง ๆ จะมีโอกาสได้รับฝุ่นกัมมันตรังสี ได้มากกว่าบริเวณที่ต่ำ Whicker และคณะได้ทำการวัดปริมาณรังสีในปี 1965 ที่มลรัฐโคโลราโด เป็นเวลา 3 ปี พบว่าสารกัมมันตรังสี ในดินจะเพิ่มขึ้นตามระดับความสูงที่เพิ่มขึ้น พืชผักที่ขึ้นในที่ที่สูงกว่า 8,500 ฟุต เหนือระดับน้ำทะเล จะมีปริมาณซีเซียม-137 สูงกว่าพืชผักในที่ที่ต่ำกว่า พืชผักต่างพันธุ์กันจะมีปริมาณซีเซียม-137 ไม่เท่ากัน ส่วนใบของพืชจะมีปริมาณซีเซียม-137 สูงกว่าส่วนที่เป็นลำต้น พบว่าปริมาณซีเซียม-137 ที่มีอยู่ในกวางที่มีถิ่นอาศัยอยู่ในที่สูงกว่าระดับ 8,500 ฟุต เหนือระดับน้ำทะเล จะมีซีเซียม-137 สูงกว่าในกวางที่อาศัยอยู่ในที่ต่ำกว่า ปริมาณรังสีที่มีอยู่ในกวางจะมีปริมาณสูงกว่าปริมาณรังสีที่มีอยู่ในพืชผักนั้น ๆ และกวางจะได้รับซีเซียม-137 จากอาหารต่าง ๆ ที่กินเข้าไปมากกว่าที่ได้รับจากน้ำดื่ม

Gustafson, Brar และ Nelson ได้ทำการวัดปริมาณซีเซียม-137 ในสิ่งต่าง ๆ ที่ชิคาโก ในระหว่างปี 1965 - 1968 พบว่าซีเซียม-137 ในอากาศ ตามพื้นดินและในอาหารต่าง ๆ จะมีปริมาณสูงสุดในปี 1965 จากนี้

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

จะค่อย ๆ ลดต่ำลงจนถึงปี 1967 และปรากฏว่าในปี 1968 ก็กลับมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากจีนได้ทำการทดลองระเบิดปรมาณูในเดือนมิถุนายน 1967 ปริมาณซีเซียม-137 ในอากาศจะลดลงเหลือครึ่งหนึ่งในเวลา 12 เดือน ส่วนในอาหารชนิดต่าง ๆ คือ 15-18 เดือน ภายหลังจากปริมาณซีเซียม-137 ปรากฏว่าสูงสุดในอากาศเป็นเวลา 6-12 เดือนแล้วปริมาณซีเซียม-137 ในอาหารจึงเพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุด ส่วนการเพิ่มปริมาณในตัวคนนั้นจะมีระดับซีเซียม-137 สูงสุดในช่วงเวลา 4-5 เดือนหลังจากที่มีปริมาณซีเซียม-137 สูงสุดปรากฏในอาหาร

ในปี 1965 Ruyter และ Aten ทำการวัดปริมาณสารกัมมันตรังสีซีเซียม-137 แมงกานีส-54 ซีเรียม-144 และเบอริลเลียม-7 ในอาหารประเภทข้าว ขนมปัง และนม พบว่าในอาหารเหล่านี้มีปริมาณซีเซียม-137 สูงที่สุด ฉะนั้น แหล่งให้ซีเซียม-137 แก่มนุษย์ที่สำคัญก็คือ ธัญญหาร และนม นอกเหนือไปจากเนื้อสัตว์และปลา

ในปี 1965 Johnson, Ward และ Stewart รายงานว่าพืชประเภทที่ใช้เป็นอาหารปศุสัตว์ซึ่งเก็บเกี่ยวในปี 1961 วัดพบสารกัมมันตรังสีที่แผ่รังสีแกมม่าเพียง 2 ชนิด เท่านั้นคือ ซีเซียม-137 ซึ่งเป็นผลผลิตจากการแตกตัวและโปแตสเซียม-40 ซึ่งมีปรากฏอยู่ตามธรรมชาติ

Ward และ Johnson ได้ทำการศึกษาปริมาณของซีเซียม-137 ในเนื้อวัวในปี 1965 พบว่าในเนื้อวัวหนัก 1 กิโลกรัมของวัวธรรมดาจะมีซีเซียม-137 อยู่น้อยกว่า 1 % ของซีเซียม-137 ทั้งหมดที่วัวนั้นกินเข้าไปใน 1 วัน ส่วนในวัวที่กินอาหารมากกว่าปกติ จะมีซีเซียม-137 อยู่ถึง 3 % ส่วนในลูกวัวจะมีซีเซียม-137 อยู่ถึง 15 % และกล่าวว่ามนุษย์ได้รับซีเซียม-137 จากวัวโดยการบริโภคนมวัวมากกว่าที่ได้รับจากเนื้อ

ในปี 1965 Stara ได้ทำการวัดปริมาณซีเซียม-137 ในหนูตะเภา (guinea pig) พบว่าซีเซียม-137 ปริมาณ 65 % สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อทั่วร่างกาย และมีครึ่งชีวิตทางชีววิทยาประมาณ 10 วัน

ในปี 1965 Pendleton และคณะได้ทำการวัดปริมาณซีเซียม-137 ซึ่งรายงานว่า ในมนุษย์และสัตว์หลายชนิดมีค่าปริมาณซีเซียม-137 ต่อปริมาณโปแตสเซียม ในตัวเป็น 2-3 เท่าของอัตราส่วนที่พบในอาหาร และยังปรากฏว่าการเพิ่มอัตราส่วนนี้จะสูงขึ้นตามปริมาณที่รับเข้าไป และอัตราส่วนนี้ในผู้ใหญ่พบว่าสูงกว่าในเด็ก ซีเซียมและโปแตสเซียมสามารถถูกดูดซึมได้ดีและจะไปสะสมอยู่ตามทางเดินอาหาร ซีเซียมและโปแตสเซียมจะเข้าไปอยู่ในเซลของร่างกาย และจะอยู่อย่างถาวรในเซลนั้น ซีเซียมจะถูกขับออกจากร่างกายโดยทางปัสสาวะ

ในปี 1965 Van Dilla ได้ศึกษาปริมาณซีเซียม-137 ในมนุษย์ และพบว่าซีเซียม-137 มีครึ่งชีวิตทางชีววิทยา (biological half time) มีค่าประมาณ113-150 วัน หรือโดยเฉลี่ยมีค่า 128 วัน

Hanson และ Palmer ได้ศึกษาปริมาณซีเซียม-137 ในมนุษย์และสัตว์ในอลาสกาในปี 1965 พบว่าซีเซียม-137 ในชาวเอสกิโมจะมีปริมาณสูงในเดือนที่อากาศร้อน เพราะระยะนี้ชาวเอสกิโมกินกวาง (calibou) กันมาก แล้วซีเซียม-137 ในชาวเอสกิโมจะลดลงเรื่อย ๆ จนถึงฤดูใบไม้ผลิอีก ทั้งนี้เนื่องจากระยะนี้ชาวเอสกิโมจะกินแต่กวางที่ล่ามาเก็บไว้ และระดับซีเซียม-137 ในชาวเอสกิโมจะสูงสุดเมื่อหลังจากที่ระดับซีเซียม-137 ขึ้นสูงสุดในกวางแล้ว 1-2 เดือน

ในปี 1966 Roessler, Dunavant และ Bevis ได้ทำการวัดปริมาณซีเซียม-137 ในเนื้อวัวในรัฐฟลอริดา พบว่าปริมาณซีเซียม-137 มีค่า 205 $\pm$ 6 พิโคคูรี่ต่อกิโลกรัม ปริมาณโปแตสเซียม มีค่า 3.52 $\pm$ 0.06 กรัมต่อกิโลกรัม และมีซีเซียม-137 57.4 $\pm$ 1.9 พิโคคูรี่ต่อกรัมน้ำหนักของโปแตสเซียม

ในปี 1966 Jackson และ Dolphin กล่าวว่าซีเซียม-137 เกือบทั้งหมดจะถูกดูดซึมอย่างรวดเร็วโดยกระเพาะอาหารและลำไส้ แล้วซีเซียมนี้จะแผ่เข้าสู่ extracellular fluid ในเวลา 5 นาที แล้วจึงถูกดูดซึมโดยเซลเม็ดเลือดแดงและ soft tissue ต่อไป ซีเซียม-137 ส่วนที่เหลือจะคงอยู่

ใน extracellular fluid ในลักษณะเช่นเดียวกับโปแตสเซียม โดยมีครึ่งชีวิตทางชีววิทยา (biological half time) ของซีเซียม-137 ในคนเท่ากับ 110 วัน พบว่ามีค่ามากขึ้นตามอายุ ดังนั้นในเด็กและทารกจะมีค่าน้อยกว่า

ในปี 1966 Boni รายงานว่ามนุษย์สามารถดูดซึมซีเซียม-137 เข้าไว้ในร่างกายได้ถึง 86 % ของปริมาณซีเซียม-137 ทั้งหมดที่กินเข้าไป และครึ่งชีวิตทางชีววิทยาของซีเซียม-137 ในคนเท่ากับ 93 วัน แต่จะเป็น 68 วัน ในฤดูร้อน และเป็น 130 วันในฤดูหนาว และปริมาณซีเซียม-137 ในปัสสาวะของเด็กจะสูงกว่าในของผู้ใหญ่ นั่นแสดงว่า ครึ่งชีวิตทางชีววิทยาของซีเซียม-137 ในเด็กสั้นกว่าของผู้ใหญ่

ในปี 1966 Chhabra, Sharma และ Katoch ได้ศึกษาปริมาณซีเซียม-137 ในมนุษย์ รายงานว่าปริมาณซีเซียม-137 ที่สะสมอยู่ ขึ้นอยู่กับสภาพทางภูมิศาสตร์ของถิ่นที่อยู่และลักษณะนิสัยในการบริโภคอาหาร และพบว่าในปี 1962 ปริมาณซีเซียม-137 ของประชากรอินเดียมีประมาณ 13.6 พิโคคูรี่ต่อกรัมน้ำหนักของโปแตสเซียมที่มีอยู่ในแต่ละบุคคล แต่ในปี 1965 ปริมาณของซีเซียม-137 นี้เพิ่มเป็น 32.5 แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้ในอเมริกา ซึ่งพบว่าเป็น 200.0 พิโคคูรี่ต่อกรัมน้ำหนักของโปแตสเซียมที่มีอยู่ในแต่ละบุคคล

ในปี 1967 Hanson ศึกษาการวัดปริมาณซีเซียม-137 ในรัฐอลัสกา พบว่าซีเซียม-137 ในตะไคร่ (lichen) จะเพิ่มขึ้นตามเวลา และจะเปลี่ยนแปลงไปตามพันธุ์ กวางคาริบู (caribou) ปรากฏว่ามีปริมาณซีเซียม-137 สะสมอยู่สูงสุดในฤดูหนาว และต่ำสุดในเดือนที่มีอากาศร้อน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของตะไคร่ซึ่งมีมากในฤดูหนาว ครึ่งชีวิตทางชีววิทยาของซีเซียม-137 ในตะไคร่เป็น 13 ปี ในกวางคาริบู 5 สัปดาห์ และในชาวเอสกิโมที่กินกวางเป็น 65 วัน

001325

ในปี 1976 Mishra, Lalit และ Ramachandran ได้ศึกษาและวัดปริมาณซีเซียม-137 ในนมวัวในอินเดีย กล่าวว่าในนมวัวและผลผลิตของนมวัว

มีต้นกำเนิดรังสีแกมม่าที่สำคัญอยู่เพียง 2 อย่างเท่านั้น คือซีเซียม-137 และโปแตสเซียม-40 ปริมาณซีเซียม-137 ในนมวัวมีค่าประมาณ 1.97-7.65 พิโคคูรี่ต่อกรัมน้ำหนักโปแตสเซียม และกล่าวว่ามนุษย์ได้รับซีเซียม-137 โดยการบริโภคนมวัวและผลผลิตจากนมวัว วันละ 0.1-1.8 พิโคคูรี่ ซึ่งมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับค่าสูงสุดที่ยอมให้บริโภคได้วันละ 4,4000 พิโคคูรี่

Brar และ Nelson ได้ทำการวัดปริมาณซีเซียม-137 และโปแตสเซียมในอาหารต่าง ๆ ในชิคาโก ในเดือนเมษายน 1968 และมกราคม 1969 โดยการวัดใน ขนมปัง ไข่ ผักสด รากพืช นม เป็ดไก่ ปลา แป้ง มักโรนี เนื้อวัว ถั่วแห้ง ผลไม้ มันฝรั่ง ผลไม้กระป๋อง น้ำผลไม้กระป๋อง และผักกระป๋อง พบว่าซีเซียม-137 มีปริมาณสูงที่สุดในปลา รองลงไปพบใน แป้ง ขนมปัง และเนื้อวัว ส่วนโปแตสเซียมมีปริมาณมากในถั่วแห้ง รองลงไปคือมันฝรั่ง ขนมปัง ปลา และเนื้อวัว ตามลำดับ

ในปี 1968 Cummings และคณะได้วัดปริมาณซีเซียม-137 ในต้นข้าวโอ๊ต (oat plant) และในดินที่ใช้ปลูกข้าวโอ๊ตนั้น พบว่าต้นข้าวโอ๊ตต่างพันธุ์กันจะสามารถดูดซึมซีเซียม-137 จากดินได้ไม่เท่ากัน ต้นข้าวโอ๊ตจะดูดซีเซียม-137 จากดินได้ระหว่าง 0.003-7.1 % ของซีเซียมที่มีอยู่ในดิน

Blincoe, Bohman และ Fountain รายงานไว้ในปี 1968 ว่า ในสภาวะปกติทั่ว ๆ ไป จะพบสารกัมมันตรังสี จากฝุ่นกัมมันตรังสี เพียงอย่างเดียว คือซีเซียม-137 ในเนื้อเยื่อที่กินได้ของปศุสัตว์ ส่วนสตรอนเตียม-90 จะไปสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อบางแห่งที่มิได้ใช้เป็นอาหาร

Gustafson และ Miller กล่าวไว้เมื่อปี 1968 ว่า ในการวัดปริมาณซีเซียม-137 ในสิ่งแวดล้อม เช่น ในอาหารและในมนุษย์นั้นจะต้องวัดปริมาณโปแตสเซียมควบคู่กันไปด้วยเสมอเพราะ ทั้งซีเซียมและโปแตสเซียมเป็นธาตุที่มีคุณสมบัติทางเคมีเหมือนกัน ถูกดูดซึมสู่ระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตด้วยระบบเดียวกัน และธาตุทั้งสองนี้สามารถวัดได้พร้อมกัน ดังนั้นจึงได้แสดงผลการวัดในหน่วยของ

ซีเซียมต่อโปแตสเซียม การวัดปริมาณซีเซียม-137 ในสิ่งแวดล้อม ในอาหาร และในร่างกายคน มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาปฏิกริยาและความเกี่ยวข้องของซีเซียม-137 ในการคาดหมายปริมาณซีเซียม-137 ที่เข้าสู่ร่างกาย โดยทางอาหารและการแพร่กระจายของซีเซียม-137 ในสิ่งแวดล้อมในช่วงเวลาใด ๆ สิ่งสำคัญที่ทำให้ปริมาณซีเซียม-137 ในสิ่งแวดล้อม ในอาหาร และในร่างกายมนุษย์แปรเปลี่ยนไป คือปริมาณของฝุ่นกัมมันตรังสี ปริมาณซีเซียม-137 ที่แสดงในหน่วยของซีเซียม-137 ต่อโปแตสเซียมนั้น ค่านี้ในคนจะมีปริมาณสูงกว่าในอาหารถึง 3 เท่าเสมอ และเพิ่มขึ้นตามตำแหน่งบนพื้นโลก และมีค่าสูงสุดในช่วงของเส้นรุ้งตอนกลาง ทั้งนี้เพราะปริมาณฝุ่นกัมมันตรังสีมีปริมาณสูง โดยที่ปริมาณซีเซียม-137 เพิ่มขึ้นดังกล่าว แต่ปริมาณโปแตสเซียมมีปริมาณคงเดิม ครึ่งชีวิตทางชีววิทยา (biological half time) ของซีเซียม-137 ในร่างกายคน ประมาณ 50-150 วัน และสำหรับของโปแตสเซียมมีค่าประมาณ 25-50 วัน

มนุษย์ได้รับซีเซียม-137 จากอาหารประเภท นม เมล็ดข้าวทุกชนิด เนื้อสัตว์ ผักและผลไม้ ถึง 95 % ซีเซียม-137 ที่ตกลงบนดินนั้นจะถูกดินดูดซึมและห่อหุ้มไว้แน่นหนาจนรากพืชดูดเอาไปได้น้อยมาก ดังนั้นทางที่พืชจะได้รับซีเซียม-137 มีอยู่ทางเดียวคือการดูดซึมทางใบ ลำต้น หรือส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินเท่านั้นโดยดูดจากฝุ่นกัมมันตรังสี วัวได้รับซีเซียม-137 จากหญ้าและหญ้าก็ได้รับมาจากฝุ่นกัมมันตรังสี แต่วัวและนมวัวเป็นอาหารของมนุษย์ ฉะนั้นเมื่อปริมาณฝุ่นกัมมันตรังสีเปลี่ยนแปลงไปก็จะทำให้ปริมาณซีเซียม-137 เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ในฤดูใบไม้ผลิและในฤดูฝน ปรากฏว่าฝนพัดพาฝุ่นกัมมันตรังสีตกลงมา ทำให้ปริมาณซีเซียม-137 ในหญ้าสูง ดังนั้นนมวัวในฤดูนี้จะมีซีเซียม-137 สูงด้วย ส่วนในฤดูหนาววัวได้กินหญ้าน้อยและอยู่แต่ในคอก ปริมาณซีเซียม-137 ในนมวัวจึงน้อยด้วย และปริมาณซีเซียม-137 ในนมวัวยังขึ้นอยู่กับความยาวของฤดูกาลด้วย เช่นในปีที่ฤดูหนาวระยะสั้น วัวออกกินหญ้าได้เกือบตลอดปี นมวัวจะปรากฏมีปริมาณซีเซียม-137 สูง สำหรับปีที่มีฝนตกมากน้อยต่างกัน หรือช่วงฤดูใบไม้ผลิมีระยะเวลาต่างกัน ปริมาณซีเซียม-137 ในนมวัวพบว่าแตกต่างกันด้วย ปริมาณซีเซียม-137 ในนมวัวพบว่ามีค่าแตกต่าง

กันไปขึ้นกับฤดูกาล สำหรับปริมาณซีเซียม-137 ในเมล็ดข้าวต่าง ๆ นั้น พบว่ามีค่าไม่เปลี่ยนแปลงและขึ้นกับฤดูกาล ทั้งนี้เพราะเมล็ดพืชเมื่อเก็บเกี่ยวแล้วจะต้องเก็บเอาไว้นานเกือบปีหรือหลายปีก่อนที่จะออกขาย ดังนั้นแม้ว่าปริมาณซีเซียม-137 ในเมล็ดข้าวจะสูง แต่เมื่อถูกเก็บไว้นาน ๆ ซีเซียม-137 ก็จะสลายตัวลงไปบางส่วน

ในปี 1969 Karches ได้ทำการวัดปริมาณซีเซียม-137 ในเด็กอายุ 21 ปี ในฟลอริดาและอิลลินอยส์ พบว่าปริมาณซีเซียม-137 ในเด็กจะมีสูงสุดประมาณ 7.7 นาโนคูรี่ และค่าเฉลี่ย ประมาณ 3.4 นาโนคูรี่ ส่วนครึ่งชีวิตทางชีววิทยาของซีเซียม-137 ในเด็กประมาณ 46 วัน

Hanson ได้รายงานไว้เมื่อปี 1969 ว่า การที่สนใจศึกษาปริมาณซีเซียม-137 ในมนุษย์ด้วยเหตุผลที่ซีเซียม-137 เป็นสารกัมมันตรังสี ที่มีอยู่ในฝุ่นกัมมันตรังสี จะเข้าไปสะสมอยู่ในอาหารต่าง ๆ เมื่อมนุษย์บริโภคอาหารเหล่านั้นเข้าไปก็จะเข้าไปสะสมอยู่ในร่างกายต่อไป

Holleman, Luick และ Whicker ได้ทำการศึกษาในปี 1971 พบว่าปริมาณซีเซียม-137 ที่มีอยู่ในตะไคร่ (lichen) ภายหลังที่กวาง (reindeer) กินเป็นอาหารจะดูดซึมไว้ได้เพียง 20-30 %

ในปี 1971 Hanson และ Whicker ได้รายงานแสดงปริมาณซีเซียม-137 ที่พบในกวาง (mule deer) ซึ่งสะสมอยู่ที่กล้ามเนื้อมีปริมาณ 78 % ของซีเซียม-137 ที่มีอยู่ทั้งหมดในกวางนั้น นอกจากนั้นจะไปสะสมอยู่ในกระดูกประมาณ 4 % ในปอดและตับอย่างละ 1 % อวัยวะอื่น ๆ มีปริมาณน้อยกว่า 1 % หลังจากที่มนุษย์บริโภคเนื้อกวางเป็นอาหาร ก็จะรับปริมาณซีเซียมจากกวางไปได้เกือบทั้งหมด

ในปี 1971 Takeshita และคณะได้รายงานพบว่าในปี 1966 ปริมาณซีเซียม-137 ของประชากรเมืองฮิโรชิมา มีประมาณ 3 นาโนคูรี่

2 นาโนคูรี่ เมื่อปี ค.ศ.1967 น้อยกว่า 2 นาโนคูรี่ ใน ค.ศ.1968 และน้อยกว่า 1 นาโนคูรี่ ในปี ค.ศ.1969

ในปี 1971 Scott ได้รายงานว่าเพศชายสะสมธาตุโปแตสเซียมได้มากกว่าเพศหญิง 21 % ในร่างกายคนผิวดำมีสะสมมากกว่าคนผิวขาว 6.5 % และจะมีปริมาณลดลงตามอายุคือ 0.75 % ต่อปีที่อายุสูงขึ้น ส่วนปริมาณซีเซียม-137 ในเพศหญิงมีน้อยกว่าชาย 36 % คนผิวดำมีน้อยกว่าคนผิวขาว 24 % และคนอายุระหว่าง 20-59 ปี ปริมาณซีเซียม-137 จะลดลง 0.03 % ต่อปี และได้รายงานปริมาณซีเซียม-137 ในคนว่าขึ้นไปสูงถึง 13 นาโนคูรี่ ในปี 1959 แล้วก็ลดต่ำลงถึง 3 นาโนคูรี่ ในปี 1961 และมีปริมาณเพิ่มขึ้นอีกถึง 21 นาโนคูรี่ ในปี 1964 จากนี้ก็ลดลงไปถึง 2.8 นาโนคูรี่ ในปี 1968

Richie, McHenry และ Gill ได้ทำการวัดปริมาณซีเซียม-137 ในดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ กัน ในปี 1972 ปรากฏว่าดินในบริเวณที่เป็นป่าจากระดับผิวดินถึงระดับความลึก 2.5 เซนติเมตร จะมีซีเซียม-137 อยู่ 79-80 % ของปริมาณซีเซียม-137 ทั้งหมดที่พบอยู่ในดิน ส่วนในระดับความลึก 2.5-5.0 เซนติเมตร จะมีซีเซียม-137 อยู่ประมาณ 13-14 % ส่วนในพื้นดินที่มีหญ้าปกคลุมจะมีซีเซียม-137 อยู่เพียง 49 % ในระดับความลึกจากผิวดินถึงระดับความลึก 2.5 เซนติเมตร และจากระดับความลึก 2.5-5.0 เซนติเมตรในดินที่มีหญ้าปกคลุมนี้จะมีซีเซียม-137 อยู่เพียง 33 % ทั้งนี้เพราะหญ้าได้ดูดซึมเอาซีเซียม-137 ไปจากดิน Richie และคณะยังรายงานต่อไปอีกว่า ดินที่ถูกเซาะกร่อนโดยลมหรือน้ำ จะมีปริมาณซีเซียม-137 น้อยกว่าดินที่ไม่ถูกเซาะถึง 4 % ทั้งนี้แสดงว่าซีเซียม-137 ในดินนั้นจะสะสมอยู่ตามบริเวณผิวดินเป็นส่วนใหญ่

ในระหว่างปี 1972 Glowiak และ Pacyna ได้ทำการวัดสารกัมมันตรังสีในอากาศของประเทศโปแลนด์ พบว่าปริมาณซีเซียม-137 ในอากาศและที่ตกลงสู่พื้นดินมีปริมาณมากกว่าปริมาณของสตรอนเตียม-90 เล็กน้อย และกล่าวว่าปริมาณของฝุ่นกัมมันตรังสีที่จุดต่าง ๆ กันบนพื้นโลกจะมีปริมาณไม่เท่ากัน

ซึ่งขึ้นอยู่กับความแตกต่างในตำแหน่งที่ตั้งตามเส้นรุ้ง (latitude) เช่น บริเวณแถบซีกโลกเหนือ (northern hemisphere) และบริเวณเส้นรุ้งตอนกลาง ๆ (mid latitude) คือเส้นรุ้งที่ 40-50 ทั้งเหนือและใต้ จะมีปริมาณฝุ่นกัมมันตรังสี สูงกว่าแถบอื่น ๆ และได้ทำการวัดปริมาณรังสีในน้ำจากแม่น้ำในระหว่างปี พ.ศ.2515-2516 พบว่าจะมีปริมาณรังสีสูงสุดในฤดูใบไม้ผลิ ปริมาณรังสีในอากาศและในน้ำฝนมีปริมาณสูงสุดในฤดูใบไม้ผลินี้เช่นเดียวกัน นอกจากนี้ได้วัดปริมาณรังสีในดิน พบว่าปริมาณซีเซียม-137 ในดินมีปริมาณ 27.6 มิลลิคูรี่ต่อตารางกิโลเมตร สำหรับพืชนั้นพบว่าได้รับสารกัมมันตรังสี โดยตรงจากฝุ่นกัมมันตรังสีและจากการดูดซึมจากดิน โดยที่ดินได้รับสารกัมมันตรังสีจากฝุ่นกัมมันตรังสี พืชจะสะสมสารกัมมันตรังสีเหล่านี้ไว้ในใบ ลำต้นและราก พืชประเภทหญ้าจะมีปริมาณซีเซียม-137 สูงกว่าพืชประเภทอื่น ๆ ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าหญ้ามีใบมาก ทำให้มีพื้นที่ในการรับฝุ่นกัมมันตรังสีได้มาก ในฤดูร้อนปริมาณซีเซียม-137 ในหญ้ามีประมาณ 42.0 พิโคคูรี่ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง หรือ 393 พิโคคูรี่ต่อกรัมเถ้า ส่วนในฤดูใบไม้ร่วงปริมาณซีเซียม-137 ในหญ้าจะลดลงเป็น 37.1 พิโคคูรี่ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง หรือ 385 พิโคคูรี่ต่อกรัมเถ้า ในพืชใบ เช่น ผักกาดและกะหล่ำปลี มีปริมาณซีเซียม-137 ค่อนข้างต่ำคือประมาณ 30-40 พิโคคูรี่ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง หรือประมาณ 100-200 พิโคคูรี่ต่อกรัมเถ้า ทั้งนี้เพราะพืชเหล่านี้ดูดซึมธาตุอาหารต่าง ๆ ทางรากมากกว่าที่การดูดซึมทางใบ เนื่องด้วยปริมาณสารกัมมันตรังสีในดินมีปริมาณต่ำกว่าในอากาศ จึงทำให้ปริมาณซีเซียม-137 ในพืชใบมีน้อยกว่าในหญ้า ค่าเฉลี่ยของซีเซียม-137 ในข้าวสาลีทั้งต้นและใบมีค่า 16.5 พิโคคูรี่ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง หรือ 263 พิโคคูรี่ต่อกรัมเถ้า ส่วนปริมาณซีเซียม-137 ในเมล็ดข้าวสาลีมีเพียง 2.5 พิโคคูรี่ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ในข้าวโพดจะมีปริมาณซีเซียม-137 ประมาณ 13.5 พิโคคูรี่ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนในพืชประเภทรากและหัว เช่น มันฝรั่ง จะมีซีเซียม-137 ประมาณ 7.0 พิโคคูรี่ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง หรือ 115 พิโคคูรี่ต่อกรัมเถ้า

ในปี 1976 Lalit และ Ramachandran ได้วัดปริมาณสารกัมมันตรังสีในอาหารของชาวอินเดีย (ซึ่งมีแป้งอยู่ 45 %) พบว่าปริมาณธาตุ-โปแตสเซียม-40 เป็นสารกัมมันตรังสี ที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ในอาหาร และยังมีอยู่ในเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของมนุษย์ โปแตสเซียม-40 มีประกอบอยู่ในอาหารของชาวอินเดียประมาณ 1100-2200 พิโคคูรี่ ต่อกิโลกรัมของอาหาร และมีซีเซียม-137 อยู่สูงสุด 12 พิโคคูรี่ต่อกิโลกรัม

1.6.3 อันตรายอันเกิดจากการได้รับซีเซียม-137 เข้าสู่ร่างกาย

Pendleton และคณะรวมทั้ง Jackson และ Dolphin ต่างก็กล่าวว่า ซีเซียม-137 เมื่อเข้าไปสู่ร่างกายมนุษย์แล้วจะเข้าไปสะสมในกล้ามเนื้อต่าง ๆ เข้าไปในเซลเม็ดเลือดแดง และเซลของอวัยวะต่าง ๆ แต่ซีเซียม-137 แผ่รังสีให้ทั้งรังสีเบต้าและแกมม่าและมีครึ่งชีวิตยาวนาน ดังนั้นเมื่อซีเซียม-137 เข้าไปสะสมอยู่ในร่างกายมนุษย์ จึงสามารถแผ่รังสีทำลายอวัยวะต่าง ๆ ในเวลายาวนานต่อเนื่องกัน ดังนั้นเซลเม็ดโลหิตแดงและเซลในระบบสร้างเม็ดโลหิตจะถูกทำลายทำให้จำนวนเม็ดโลหิตที่ผลิตออกมาลดจำนวนลง เป็นสาเหตุให้ปริมาณเม็ดโลหิตในร่างกายลดลงตามไปด้วย ซีเซียม-137 บางส่วนที่สะสมอยู่ในระบบทางเดินอาหาร จะทำให้เกิดอันตรายได้เช่นเดียวกัน แม้อาจเป็นสาเหตุของลำไส้อักเสบ นอกจากนี้รังสีที่ได้รับสามารถทำลายโครโมโซมทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมได้อีกด้วย