พระมหากรุณาธิคุณ

บทที่ 4

การอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ความแรงรังสีรวมเบตาและปริมาณสารทรอนเซียม-90 ของตัวอย่างน้ำจากสถานีต่าง ๆ ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2523 ถึงเดือนกรกฎาคม 2524 ที่แสดงไว้ในตารางที่ 3.3-3.17 และตารางที่ 3.18 เป็นค่าเฉลี่ยตลอดทั้ง 12 เดือน พบว่าสถานีที่ 1 คือบ่อน้ำในบริเวณสำนักงาน พปส. มีค่าเฉลี่ยความแรงรังสีรวมเบตาและปริมาณสารทรอนเซียม-90 สูงที่สุดคือ 13.14 และ 2.88 พิโคคูรีต่อลิตรตามลำดับ สาเหตุนี้เนื่องจากน้ำทิ้งหลังจากผ่านโรงงานขจัดกากกัมมันตรังสีแล้วจะถ่ายลงสู่บ่อพักเพื่อตรวจสอบความแรงรังสีก่อนปล่อยออกสู่ภายนอก น้ำจากบ่อพักนี้เมื่อปล่อยออกจะไปพักอยู่ในบ่อน้ำบริเวณสำนักงานฯก่อน เพราะฉะนั้นการสะสมของสารกัมมันตรังสีในสถานีนี้จึงมีมากกว่าสถานีอื่น เช่นเดียวกับที่พบในตัวอย่างดินใต้ท้องน้ำที่สถานีที่ 1 มีการสะสมของสารทรอนเซียม-90 มากที่สุดด้วย (ตารางที่ 3.32) นอกจากนี้ค่าเฉลี่ยความแรงรังสีรวมเบตาและปริมาณสารทรอนเซียม-90 ของสถานีที่ 14 คือคูน้ำหน้าสำนักงานฯ พบว่ามีค่าสูงกว่าสถานีอื่น ๆ ยกเว้นสถานีที่ 1 เช่นกัน คือมีค่าเท่ากับ 12.14 และ 1.98 พิโคคูรีต่อลิตรตามลำดับ ทั้งนี้เพราะน้ำในบ่อของสำนักงานฯซึ่งเป็นน้ำนิ่งแต่อาจจะไหลถ่ายเทออกสู่ภายนอกได้สองทางคือ ทางแรกเมื่อระดับน้ำในบ่อสูงกว่าระดับน้ำในคูน้ำหน้าสำนักงานฯ น้ำในบ่อจะถ่ายเทสู่คลองบางเขนผ่านคูดังกล่าว อีกทางหนึ่งคือในช่วงฤดูฝนและฤดูน้ำหลาก น้ำในบ่อจะเอ่อล้นและไหลสู่คลองบางเขนเช่นกัน เนื่องจากสารทรอนเซียม-90 มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดีจึงเคลื่อนที่ไปพร้อมกับน้ำผ่านคูน้ำหน้าสำนักงานฯก่อนที่จะไหลออกสู่คลองบางเขนต่อไป

สำหรับสถานีอื่น ๆ นั้นค่าเฉลี่ยความแรงรังสีรวมเบตามีค่าอยู่ในพิสัย (range) 5-8 พิโคคูรีต่อลิตร และค่าเฉลี่ยปริมาณสารทรอนเซียม-90 มีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดของวิธีที่จะวิเคราะห์ได้หรือสูงกว่าเพียงเล็กน้อย ในการวิเคราะห์ครั้งนี้บางตัวอย่างจะรายงานผลในลักษณะของค่า ND ซึ่งเป็นค่าที่ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้เนื่องจากสารตัวอย่างที่ใช้

วิเคราะห์บางตัวอย่างไม่สามารถนับความแรงรังสีได้ คือค่าที่นับได้นั้นเท่ากับค่าแบคกราวนด์ ซึ่งแท้ที่จริงสารตัวอย่างอาจมีสตรอนเชียม-90 อยู่แต่น้อยมาก การเพิ่มปริมาณตัวอย่างให้มากขึ้นอาจจะวิเคราะห์ปริมาณสตรอนเชียม-90 ได้

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ปริมาณสตรอนเชียม-90 ของน้ำตัวอย่างของสถานีต่าง ๆ ในแต่ละเดือน พบว่ามีความแปรผัน (variation) ค่อนข้างมาก ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากปริมาณสารกัมมันตรังสีจากน้ำทิ้งที่ปลดปล่อย ฤดูกาล ความเร็ว และทิศทางของกระแสน้ำ เป็นต้น จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 3.2-3.17 อาจพอสรุปได้ว่าฤดูกาลน่าจะมีอิทธิพลมาก คือในช่วงฤดูร้อน (ประมาณเดือนมกราคม-พฤษภาคม) อัตราการระเหยของน้ำอยู่ในเกณฑ์สูง ซึ่งปริมาณสตรอนเชียม-90 ที่พบส่วนใหญ่จะมีค่าสูง สำหรับในช่วงฤดูฝนและฤดูน้ำหลาก (ประมาณเดือนกันยายน-ธันวาคม) พบว่าปริมาณสตรอนเชียม-90 ส่วนใหญ่จะมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดของวิธีที่จะวิเคราะห์ได้

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าสถานีที่ 1 และ 14 จะมีค่าเฉลี่ยความแรงรังสีรวมเบตาและปริมาณสตรอนเชียม-90 สูงกว่าสถานีอื่น ๆ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่คณะกรรมาธิการป้องกันอันตรายจากรังสีระหว่างประเทศ (ICRP) กำหนดไว้เป็นค่าสูงสุด (Maximum Permissible Concentration, MPC_w) สำหรับความแรงรังสีรวมเบตาและปริมาณสตรอนเชียม-90 ที่ยินยอมให้มีได้ในน้ำดื่มซึ่งเท่ากับ 100 พิโคคูรีต่อลิตร และ 10 พิโคคูรีต่อลิตรตามลำดับ จะเห็นว่าค่าที่วิเคราะห์ได้นี้มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดมาก ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าถึงแม้ว่าประชาชนจะนำน้ำจากสถานีดังกล่าวไปบริโภคจะไม่ก่อให้เกิดอันตรายอันเนื่องจากสตรอนเชียม-90 แต่อย่างใด

สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าความแรงรังสีรวมเบตาและปริมาณสตรอนเชียม-90 ในตัวอย่างอื่น ๆ ของแต่ละสถานีดังแสดงในตารางที่ 3.19-3.31 นั้น ได้ผลสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์น้ำ คือตัวอย่างจากสถานีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยความแรงรังสีรวมเบตาและปริมาณสตรอนเชียม-90 สูงกว่าตัวอย่างจากสถานีอื่น ๆ เช่นกัน

ในการพิจารณาเปรียบเทียบระดับสตรอนเชียม-90 ของตัวอย่างในแต่ละเดือนนั้น จะกระทำได้กับสารตัวอย่างบางประเภทเท่านั้น อาทิเช่น ผักบุ้ง สายบัว และปลา สำหรับข้อมูลของผักบุ้งนั้นรวบรวมได้จากสถานี 2 3 4 10 12 และ 14 เฉพาะในช่วงฤดูร้อน ส่วนสายบัวมีข้อมูลจากสถานีที่ 1 3 และ 10 โดยตัวอย่างจากสถานีที่ 10 และจากสถานีที่ 3 เก็บในเดือนพฤศจิกายน สำหรับปลานั้นมีเพียงข้อมูลจากสถานีที่ 1 และ 11 ในเดือนกรกฎาคมเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ในการทดลองนี้เน้นหนักไปที่สถานีที่ 1 และ 10 ดังจะเห็นได้จากประเภทของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ ทั้งนี้เนื่องจากหากมีการเกิดมลพิษทางรังสีจากสถานีที่ 1 แล้ว สถานีที่ 10 คือบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จะได้รับผลกระทบมากที่สุด

ถึงแม้ว่าจะพบว่ามีสตรอนเชียม-90 อยู่ในตัวอย่างดังกล่าวก็ตาม แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ The Federal Radiation Council (FRC) กำหนดไว้เป็นค่าสูงสุดที่ยอมให้มีสตรอนเชียม-90 ในอาหารทั้งหมดที่ประชาชนบริโภคได้ไม่เกินวันละ 200 พิโคคูรีต่อวัน โดยที่ปริมาณอาหารที่บริโภคแต่ละชนิดเฉลี่ยแล้วไม่เกินวันละ 1 กิโลกรัม [17] จะเห็นว่าปริมาณสตรอนเชียม-90 ที่ร่างกายได้รับเมื่อประชาชนบริโภคอาหารที่เก็บจากสถานีนั้น ๆ เข้าไปจะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพแต่อย่างใดทั้งสิ้น

เนื่องจากสตรอนเชียม-90 มีคุณสมบัติทางเคมีคล้ายคลึงกับธาตุแคลเซียม จึงสามารถแลกเปลี่ยนที่กันได้ การประเมินค่าอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นเมื่อได้รับปริมาณสตรอนเชียม-90 นั้นจึงกระทำโดยเทียบกับปริมาณแคลเซียมในหน่วยของพิโคคูรีสตรอนเชียม-90 ต่อกรัมแคลเซียม จากผลการวิเคราะห์ (ตารางที่ 3.31) พบว่าถึงแม้ว่าค่าเฉลี่ยปริมาณสตรอนเชียม-90 ในผักส่วนใหญ่จะมีค่าต่ำกว่าในกุ้ง หอย และปลา แต่เมื่อคิดเป็นพิโคคูรีสตรอนเชียม-90 ต่อกรัมแคลเซียม กลับพบว่าค่าของผักมีค่าสูงกว่าของกุ้ง หอย และปลามาก ดังนั้นถ้าสมมติว่าประชาชนบริโภคผักและกุ้ง หอย ปลา ในปริมาณที่เท่ากัน จะเห็นว่าปริมาณสตรอนเชียม-90 ที่ร่างกายได้รับจากผักจะมีมากกว่า

จากตารางที่ 3.31 ปริมาณสตรอนเซียม-90 ของตัวอย่างต่าง ๆ ในสถานีที่ 1 นั้น สัตว์น้ำและพืชน้ำจะสะสมสตรอนเซียม-90 ไว้ในปริมาณค่อนข้างสูง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงทางผ่านของสตรอนเซียม-90 ที่สะสมอยู่ในน้ำนั้น ๆ จะถูกดูดซึมและสะสมอยู่ในพืชน้ำและสัตว์น้ำขนาดเล็กต่าง ๆ อาทิเช่น แพลงค์ตัน (plankton) สาหร่าย จุลชีพ (micro-organism) ต่าง ๆ แล้วถูกถ่ายทอดเข้าสู่สัตว์น้ำเล็ก ๆ เช่น กุ้ง หอย แล้วถ่ายทอดเข้าสู่สัตว์น้ำประเภทปลาในขั้นสุดท้าย จากผลการวิเคราะห์ดังแสดงไว้พบว่าขนาดและชนิดของปลามีส่วนสัมพันธ์กับปริมาณรังสี เช่นปลานิลตัวเล็กจะมีปริมาณสตรอนเซียม-90 ต่ำกว่าปลานิลตัวโต

สำหรับสายบัวพบว่ามีการสะสมสตรอนเซียม-90 ไว้ในรากมากกว่าลำต้น (ตารางที่ 3.31) ทั้งนี้เพราะปริมาณสตรอนเซียม-90 ในดินตะกอนมีค่าสูงกว่าในน้ำมาก เช่นเดียวกับในกรณีของหอยขม จากการวิเคราะห์พบว่ามีการสะสมของสตรอนเซียม-90 ในปริมาณค่อนข้างสูงเช่นกัน ซึ่งก็น่าจะเป็นเช่นนั้นเพราะว่าหอยขมอาศัยอยู่กับดินตะกอน แต่ค่าที่พบมีค่าแปรผันน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าซีเซียม-137 ในหอยขมจากรายงานของ กุสุมา[18] ซึ่งพบว่ามีค่าความแปรผันสูงมาก จะเห็นว่าความแตกต่างนี้น่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง สมควรดำเนินการศึกษาวิจัยควบคู่ต่อเนื่องกันไป

นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณสตรอนเซียม-90 ที่พบในผักบุ้งนั้นมีมากกว่าในสายบัวถึง 10 เท่า โดยที่ตัวอย่างทั้งสองต่างก็เป็นพืชน้ำและอยู่ที่สถานีที่ 1 เหมือนกัน (ตารางที่ 3.31) ซึ่งความแตกต่างของระดับสตรอนเซียม-90 ระหว่างผักบุ้งและสายบัวดังกล่าวนี้ทำให้เห็นประโยชน์ว่าผักบุ้งน่าจะใช้เป็นตัวระบุว่ามีการเปรอะเปื้อนทางรังสีในสิ่งแวดล้อมหรือไม่ และเหมาะสมอย่างมากที่จะนำไปใช้ในลักษณะของงานประจำ

สำหรับผลการวิเคราะห์ดินใต้ท้องน้ำของสถานีที่ 1, 2 และบริเวณคลองบางเขน ซึ่งติดกับบ้านพักของสำนักงานฯ แสดงไว้ในตารางที่ 3.32 พบว่าสถานีที่ 1 สามารถวิเคราะห์ปริมาณสตรอนเซียม-90 ได้ตั้งแต่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร ถึง 20-30 เซนติเมตร

ระดับความลึกลงไปอีกมีค่าต่ำกว่ายีดจำกัดของวิธีที่จะวิเคราะห์ได้ ปรากฏการณ์นี้แสดงให้เห็นอย่างเด่นชัดว่าสตรอนเซียม-90 สามารถเคลื่อนที่จากผิวหน้าดินตะกอนชั้นบนลงไปยังส่วนลึกได้ โดยสะสมอยู่ในระดับความลึก 20-30 เซนติเมตรมากที่สุด ส่วนสถานีที่ 2 และบริเวณคลองบางเขนนั้นพบว่ามีค่าปริมาณสตรอนเซียม-90 ต่ำกว่ายีดจำกัดของวิธีที่จะวิเคราะห์ได้ ทั้งนี้เนื่องจากสตรอนเซียม-90 มีความสามารถในการละลายน้ำได้สูงมากจึงอยู่ในน้ำมากกว่าอยู่กับดินตะกอน แต่ที่พบว่ามีการสะสมของสตรอนเซียม-90 โดยมีการเคลื่อนที่ลงไปยังส่วนลึกในแนวตั้งตรง (vertical) ได้ในสถานีที่ 1 นั้น เนื่องจากในสระน้ำของสำนักงานฯเป็นที่รวมของน้ำทิ้งกัมมันตรังสีที่ผ่านการบำบัดจากโรงงานบำบัดกากฯแล้ว และยังคงมีสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดโดยการตกตะกอนตกค้างอยู่ซึ่งสามารถทำให้ตกตะกอนซ้ำในบ่อพักได้ และตะกอนนั้น ๆ เองจะเป็นตัวพาสตรอนเซียม-90 ลงไปอยู่ก้นบ่อด้วย

ในการวิเคราะห์ตัวอย่างจากสิ่งแวดล้อมทั้งหมดโดยกรรมวิธีทางเคมีนี้เลือกใช้เทคนิคการสกัดด้วยไตรบิวทิลฟอสเฟต (TBP) เพราะเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็ว อีกทั้งในขบวนการวิเคราะห์สามารถตรวจแก้ค่าเคมิคัลยิลด์ได้ทั้งขบวนการสกัดสตรอนเซียม-90 และการตกตะกอนอิตเทรียม-90 ทำให้ได้ค่าที่แน่นอนมากขึ้น ซึ่งประสิทธิภาพของการแยกอิตเทรียม-90 ออกจากสตรอนเซียม-90 พบว่าสามารถสกัดแยกออกจากกันได้สูงมากถึงร้อยละ 95-100 และค่าเคมิคัลยิลด์ในการตกตะกอนอิตเทรียม-90 มีค่าสูงพอควรคือร้อยละ 80-90 นอกจากนี้วิธีที่ใช้ยังมีความเชื่อถือได้สูงมาก ดังได้แสดงผลการทดสอบความเที่ยงตรงและความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์โดยตรวจสอบกับสารตัวอย่างเปรียบเทียบจากต่างประเทศไว้ในตารางที่ 3.1 ในการวิจัยนี้จะรายงานผลการวิเคราะห์ไว้เพียงค่าเดียว ทั้งนี้เนื่องจากวิธีที่นำมาวิเคราะห์มีความเชื่อถือได้สูงมากดังกล่าวไว้ข้างต้น ประกอบทั้งในชุดของการวิเคราะห์ (ประมาณ 4-8 ตัวอย่าง) จะตรวจสอบคุณภาพการวิเคราะห์อยู่ตลอดเวลาโดยการตรวจสอบสารตัวอย่างเทียม (dummy sample) และ/หรือสารตัวอย่างมาตรฐานสำหรับค่ายีดจำกัดของวิธีวิเคราะห์โดยทางเคมีนั้นอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.87-3.02 พิโคคูรี ทั้งนี้เพราะค่านี้ขึ้นกับค่าแบคกราวนด์ในระหว่างที่ทำการวัดความแรงรังสีของตัวอย่างซึ่งจะเปลี่ยน

แปลงไปในแต่ละเดือน จึงทำให้ขีดจำกัดต่ำสุดในการวิเคราะห์เปลี่ยนไป

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมนั้น จากผลการทดสอบความเชื่อถือได้ของวิธีวิเคราะห์โดยการทดสอบหาความเที่ยงตรงดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.2 นั้นจะเห็นว่าให้ค่าความคลาดเคลื่อน (error) เพียงร้อยละ 1.6 เท่านั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าที่วิเคราะห์ได้กับค่าที่กองโภชนาการ กรมอนามัย [19] ได้รายงานไว้จะเห็นว่ามีค่าใกล้เคียงกันมากอาทิเช่น

ชนิดของตัวอย่าง	ปริมาณแคลเซียม (กรัมแคลเซียมต่อกิโลกรัมสด)	
	การวิจัยครั้งนี้	กองโภชนาการ กรมอนามัย
กล้วย	0.13±0.03	0.12
กระเพรา	3.65±0.46	3.10
กวางตุ้ง	1.77	1.02
คะน้า	1.20	1.73
นม	1.08±0.06	1.18
ตอกแค	0.18±0.05	0.16
มะเขือเปราะ	0.25±0.05	0.22
มะละกอ	0.22±0.05	0.24
มันสำปะหลัง	0.17	0.26
ผักกระเฉด	0.95±0.17	1.23
สายบัว	0.09±0.01	0.08

เมื่อพิจารณาค่าแคลเซียมในผักบุ้งที่ทางกองโภชนาการ กรมอนามัย รายงานไว้มีค่าเท่ากับ 0.3 กรัมแคลเซียมต่อกิโลกรัมสด กับรายงานนี้ (ตารางที่ 3.31) จะพบว่า ค่า

แคลเซียมของผักบุ้งในรายงานนี้มีค่าสูงกว่ามาก และบางเดือนยังมีค่าค่อนข้างสูงมาก เช่น สถานีที่ 1 เดือนมกราคม สถานีที่ 3 และ 4 เดือนกุมภาพันธ์ และสถานีที่ 4 เดือนมีนาคม เนื่องจากแคลเซียมในผักบุ้งจะมาได้จากแคลเซียมอิออนในน้ำเท่านั้น และโดยทั่ว ๆ ไปแล้ว ปริมาณเกลือแร่ในน้ำรวมทั้งแคลเซียมจะมีมากในช่วงฤดูฝน ทั้งนี้เพราะมีการชะล้างของเกลือแร่ต่าง ๆ ตลอดแนวทางที่น้ำไหลผ่าน แต่ในช่วงที่พบว่ามีปริมาณแคลเซียมในผักบุ้งสูงนั้นอยู่ในต้นฤดูร้อน จึงยังผลให้ไม่สามารถสรุปผลปรากฏการณ์ดังกล่าวได้ในปัจจุบัน ยกเว้นเสียจากมีข้อมูลของปริมาณแคลเซียมอิออนในน้ำมาพิจารณาควบคู่กันไป

ในกรณีตัวอย่างปลานั้น เนื่องจากในการเตรียมสารตัวอย่างสำหรับปลาตัวเล็กจะใช้ปลาทั้งตัวจึงมีกระดูกปะปนไปด้วย ทำให้แคลเซียมในปลาตัวเล็กมีค่าสูงกว่าในปลาตัวโต อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบค่าแคลเซียมของตัวอย่างอื่น ๆ กับค่าที่กองโภชนาการ กรมอนามัย รายงานไว้ดังกล่าวแล้วข้างต้นจะเห็นว่า วิธีวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมในการวิจัยครั้งนี้ให้ผลเป็นที่น่าพอใจ.