



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 จากผลการทดลอง ตัวอย่างดินมียูเรเนียม อยู่ในช่วง 3.57-9.50 ppm ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.05 ppm จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีนิวตรอนแอคติเวชัน ส่วนวิธีพีซีเอ็นทีริก ได้ค่าอยู่ในช่วง 3.18-9.76 ppm ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.69 ppm จะเห็นว่าจากทั้ง 2 วิธีได้ค่าใกล้เคียงกัน และไม่มี ความแตกต่างในแต่ละฤดูกาล

ในตัวอย่างตะกอนใต้น้ำมีปริมาณยูเรเนียม อยู่ในช่วง 2.67-7.88 ppm มีค่าเฉลี่ย 5.97 ppm จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีนิวตรอนแอคติเวชัน ส่วนวิธีพีซีเอ็นทีริกได้ค่าอยู่ในช่วง 2.98-7.03 ppm ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.71 ppm เช่นเดียวกับตัวอย่างดิน ตัวอย่างตะกอนใต้น้ำค่าปริมาณยูเรเนียม จากการวิเคราะห์ทั้ง สองวิธี นอกจากนี้นักพบว่าฤดูกาล ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณยูเรเนียมในดินตะกอน อีกทั้งยังมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับปริมาณยูเรเนียมในตัวอย่างดิน

จากรายงานของ NCRP No.50 (30) ค่ายูเรเนียมเข้มข้นเฉลี่ยของโลก เท่ากับ 2.1 ppm มีค่าอยู่ในช่วง 1-4 ppm รายงานจากประเทศญี่ปุ่น มียูเรเนียมในดิน เท่ากับ 0.15-0.9 ppm เมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากการศึกษาแล้วนับว่าดินที่เก็บมานี้ มีปริมาณค่อนข้างสูงกว่าประเทศอื่น แต่ก็ยังจัดว่าอยู่ในเกณฑ์เดียวกัน หรือมีช่วงเดียวกัน

ผลวิเคราะห์ในตัวอย่างหญ้า จากทั้ง 2 วิธี มีค่าใกล้เคียงกันคือมีปริมาณยูเรเนียมเฉลี่ยเท่ากับ 0.74 ppm ในฤดูร้อน ในฤดูฝนและฤดูหนาวมีปริมาณยูเรเนียม เท่ากับ 0.26 ppm และ 0.31 ppm ตามลำดับ ที่หน้าร้อนมีปริมาณยูเรเนียมในหญ้าสูงกว่ามากถึงเท่าตัวเป็นเพราะ ค่าปริมาณยูเรเนียมในหญ้าที่ตำแหน่งจุดที่สามมีค่าสูงผิดปกติ คือสูงมากกว่าตำแหน่งอื่นๆ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า ตัวอย่างที่เก็บจากตำแหน่งนี้มีการเปราะเปื้อน ถ้าตัดค่าจากตำแหน่งนี้ออกไป จะได้ค่าเฉลี่ยของปริมาณยูเรเนียมของหญ้าในฤดูร้อนเท่ากับ 0.47 ppm ซึ่งเป็นค่าที่เป็นไปได้มากกว่า เหตุที่ปริมาณยูเรเนียมในฤดูฝน และฤดูหนาวมีค่าใกล้เคียงกัน เพราะในปี พ.ศ. 2533 มีฝนตกชุกจนถึงเดือนพฤศจิกายน และสาเหตุที่ในฤดูร้อนมีปริมาณยูเรเนียมในหญ้าสูงกว่าฤดูอื่น อาจเป็นเพราะ เมื่อน้ำมากหญ้าสามารถดูดซึมแร่ธาตุอื่นๆ ได้มาก ธาตุยูเรเนียมจึงถูกดูดซึมได้น้อยลง เพราะมีขนาดอะตอมที่ใหญ่ และไม่มีความจำเป็นต่อพืช

ในตัวอย่างน้ำ น้ำบาดาลมียูเรเนียมสูงกว่าน้ำจากตำแหน่งอื่นๆ ซึ่งเป็นแหล่งน้ำจากผิวดิน เพราะน้ำบาดาลเป็นน้ำที่อยู่ลึกจากผิวดิน แต่ทั้งน้ำผิวดิน หรือน้ำจากลำคลอง และ

น้ำบาดาลมีปริมาณยูเรเนียมในฤดูร้อนเข้มข้นสูงกว่าในฤดูฝน และฤดูหนาว และปริมาณยูเรเนียมของน้ำในฤดูฝน และฤดูหนาวมีค่าใกล้เคียงกัน โดยน้ำบาดาลมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.93 ppb ในฤดูร้อน ในฤดูฝนและฤดูหนาวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.77 ppb และ 4.77 ppb ตามลำดับ สำหรับน้ำผิวดินมีปริมาณยูเรเนียมเฉลี่ยเท่ากับ 1.55 ppb ในฤดูร้อน ในฤดูฝนและฤดูหนาวมีค่ายูเรเนียมเฉลี่ยเท่ากับ 0.81 ppb และ 0.87 ppb ตามลำดับ เมื่อเทียบกับความเข้มข้นยูเรเนียมในน้ำดื่มจากสหรัฐอเมริกา (31) มีค่า 0.032 ppb น้ำจากลำคลองและน้ำบาดาลเหล่านี้ไม่เหมาะจะใช้ดื่ม แต่เมื่อเทียบกับความเข้มข้นเฉลี่ยของยูเรเนียมในน้ำทะเลเท่ากับ 3.3 ppb ส่วนน้ำจาก 2 เมืองในประเทศศรีสัชเชียมมีปริมาณยูเรเนียมเท่ากับ 7 และ 200 ppb นับว่าค่าที่หาได้จากการศึกษานี้เป็นค่าปรกติ ไม่สูงหรือต่ำไป เพราะมีค่าอยู่ในเกณฑ์หรือกำลังเดียวกัน

5.1.2 ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและหญ้าแต่ละครั้ง จะมีสารมาตรฐานอ้างอิง (standard reference material) เป็นตัวตรวจเช็คความถูกต้องทุกครั้ง โดยใช้ coal fly ash 1633a ของ NIST soil-7 ของ IAEA เป็นสารมาตรฐานอ้างอิงสำหรับวิธีนิเวศรอนเอกติเวชัน และใช้ coal 1632a coal 2685 ของ NIST สำหรับวิธีนิชันแทรก ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.7 ซึ่งจะเห็นว่าผลการวิเคราะห์มีค่าใกล้เคียงกับที่รายงานแสดงว่าผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการศึกษานี้เป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์ที่ถูกต้อง

5.1.3 การเก็บตัวอย่างดิน ได้ขุดลึกจากผิวดิน 1-2 ฟุต เพื่อแน่ใจว่าไม่เก็บเอาตัวอย่างจากแหล่งอื่นที่ถูกนำพามาโดยคนหรือสัตว์มาตกยังที่นั้น ส่วนการเก็บตัวอย่างดินตะกอนใต้น้ำเพื่อตรวจดูปริมาณยูเรเนียมในตะกอนใต้น้ำไม่ต้องคำนึงถึงปัญหา การเลือกเก็บตัวอย่างหญ้า จะเลือกเก็บจากบริเวณที่ห่างไกลจากสิ่งก่อสร้าง หรือถูกรบกวนจากคนสัตว์ต่างๆ ไป การตัดหญ้าส่งจากพื้นดิน 5 เซนติเมตร เพื่อหลีกเลี่ยงเศษดินกรวดที่จะติดมา สำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล ได้เก็บหลังจากปล่อยน้ำทิ้งไปพอสมควร เพื่อล้างท่อก่อน

หลังจากการเก็บตัวอย่างแล้ว การจัดเก็บตัวอย่างจำเป็นต้องใช้ภาชนะที่ใหม่ สะอาดไม่ถูกปนเปื้อนใดๆ จากสิ่งที่มีแนวโน้มว่ามีปริมาณแร่ธาตุสูงกว่าตัวอย่างที่เราจะวิเคราะห์ ส่วนภาชนะที่ใช้เก็บตัวอย่างน้ำได้แช่กรดไนตริกเจือจาง 10 เท่าไว้ 1 วัน เพื่อแน่ใจว่าตัวอย่างน้ำที่จะวิเคราะห์ไม่ไปละลายเอาธาตุต่างๆ หรือยูเรเนียมที่ผิวของภาชนะออกมา และหลังจากเก็บตัวอย่างน้ำแล้วจะเติมกรดไนตริกเข้มข้น 1 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่าง เพื่อป้องกันการดูดซึมเอายูเรเนียมของผิวภาชนะ

5.1.4 บริเวณต่างๆ ที่เก็บตัวอย่าง เป็นบริเวณรอบๆ ศูนย์วิจัย 4 จุด และมีจุดห่างออกไปอีก 2 จุดที่เป็นจุดระบายน้ำทั้งจากศูนย์ฯ 2 จุดหลังนี้ได้เก็บตัวอย่างน้ำ และตะกอนใต้น้ำ

ตัวอย่างดิน ทราย และน้ำ จากจุดต่างๆ เหล่านี้ สามารถใช้เป็นตัวแทนของสิ่งแวดล้อมรอบๆ ศูนย์ฯ ได้เป็นอย่างดี และถ้าหากมีการเก็บตัวอย่างคราวต่อไป ก็ยังสามารถเก็บตัวอย่างได้ที่จุดเดิม โดยที่บริเวณต่างๆ นี้ ไม่ถูกรบกวนจากคนหรือสัตว์ ทั้งนี้ยกเว้นตัวอย่างน้ำ และตะกอนใต้น้ำ จากคลองชลประทานหรือคลองห้า ที่มีการตั้งบ้านเรือนอยู่ริมคลอง และมีการสัญจรทางน้ำ

5.1.5 การเตรียมตัวอย่าง ในตัวอย่างดินมีปริมาณยูเรเนียมเข้มข้นสูงกว่าตัวอย่างหญ้าและน้ำ การเลือกเอาเศษหิน กรวด รากไม้ออกจากตัวอย่างดิน แล้วอบ บดละเอียด อบอีกครั้งก็สามารถนำไปวิเคราะห์ได้เลย

ส่วนตัวอย่างหญ้า และน้ำมีปริมาณยูเรเนียมต่ำ การเพิ่มความเข้มข้นจึงมีความจำเป็น เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ได้ง่ายขึ้น ในตัวอย่างหญ้า หลังจากอบหญ้าจนแห้งแล้วนำไปเผา เพื่อเอาเถ้าไปวิเคราะห์ จะสะดวกต่อการอบรังสี เพราะไม่ต้องใช้ตัวอย่างปริมาณมากๆ และยูเรเนียมออกไซด์เป็นธาตุที่มีจุดเดือดสูง ไม่หายไปในขณะที่เผาตัวอย่างซึ่งประมาณ 700°C .

สำหรับตัวอย่างน้ำ การเพิ่มความเข้มข้นโดยการระเหยด้วยหลอดไฟอินฟราเรด เป็นวิธีที่สะดวก ใช้เวลานาน แต่ปลอดภัยต่อการสูญเสีย สามารถระเหยตัวอย่างในภาชนะที่เป็นพลาสติก เช่นโพลีเอทิลีนได้ ซึ่งเหมาะสมสำหรับการเตรียมตัวอย่างก่อนไปอบรังสี

5.1.6 การวิเคราะห์หายูเรเนียม โดยวิธีนิวตรอนแอคติเวชัน ตัวอย่างดิน และหญ้า ได้ใช้วิธีวิเคราะห์แบบไม่ทำลายตัวอย่าง ส่วนตัวอย่างน้ำไม่สามารถใช้วิธีนี้ได้ แม้ว่าจะเพิ่มความเข้มข้นมากขึ้นด้วยการระเหยเป็น 5 เท่า เพราะว่าธาตุโซเดียมในตัวอย่างจะเพิ่มความเข้มข้นตามมาด้วย การที่มี Na^{24} ปริมาณสูง จะบดบังพีคของ U^{230} และ Np^{230}

ดังนั้นจึงใช้แอนไอออนเรซินในรูปคลอไรด์จับยูเรเนียมในตัวอย่าง ซึ่งอยู่ในรูป $[\text{UO}_2\text{Cl}_4]^{2-}$ ไอออนของเกลืออื่นๆ ส่วนใหญ่เป็นไอออนบวกจะผ่านเรซิน และถูกชะล้างไปนำเรซินไปวัดพีคของ U^{230} วิธีนี้สามารถวิเคราะห์ยูเรเนียมได้ในระดับไม่น้อยกว่า 1 ppb เมื่อตัวอย่างถูกอบด้วยนิวตรอนเร็ว หรือทอที่หุ้มด้วยแคดเมียมเป็นเวลา 40 นาที บางตัวอย่าง ในการวิจัยมีปริมาณยูเรเนียมต่ำกว่า 1 ppb การเพิ่มความเข้มข้นให้มากขึ้นน่าจะวิเคราะห์โดยวิธีนี้ได้ แต่ว่าตัวอย่างเหล่านั้นมีเกลืออยู่ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นขึ้นอีกจะมีผลึกเกลือเกิดขึ้นมาก และไม่ละลายในสารละลายผสมระหว่างเอทธานอลและกรดไฮโดรคลอริก จึงไม่สามารถวิเคราะห์ได้ แอนไอออนเรซินที่ใช้ใน เมื่อแช่ในสารละลายผสมระหว่างเอทธานอล และกรดไฮโดรคลอริกแล้ว สามารถดูดจับยูเรเนียมได้ประมาณ 100 เปอร์เซ็นต์ วิธีนี้มีความไวต่อการวิเคราะห์ยูเรเนียมสูง แต่มีข้อเสียคือใช้เวลาวิเคราะห์

แต่ละครั้งจะวิเคราะห์ตัวอย่างได้ครั้งละ 1 ตัวอย่างนั้น เนื่องจาก U^{230} มีค่าครึ่งชีวิตสั้น คือ 22 นาที และจากกระบวนการแยกยูเรเนียมโดยใช้เรซินใช้เวลาประมาณ 18 นาที จึงจะเริ่มวัดรังสีแกมมาได้ จึงทำให้การวิเคราะห์ทำได้ครั้งละ 1 ตัวอย่าง

สำหรับตัวอย่างดินและตัวอย่างหญ้ามีปริมาณยูเรเนียมสูงกว่าตัวอย่างน้ำ การทิ้งให้ Na^{24} สลายตัวก่อน แล้วจึงวัด Np^{230} ที่สลายตัวจาก U^{230} เป็นวิธีที่สะดวก สามารถวิเคราะห์กับตัวอย่างได้ครั้งละหลายๆ และการเพิ่มความไวในการวิเคราะห์ก็ทำได้ โดยการเพิ่มเวลาในการอบรังสีนิวตรอนให้มากขึ้น หัววัดที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นหัววัดแบบ planar HPGe (วัดรังสีแกมมาในช่วงพลังงาน 30 - 350 keV) แม้ว่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของหัววัดแบบนี้ ในการวัดแกมมาพลังงานสูงจะน้อยกว่าแบบ Ge(Li) แต่การวิจัยนี้วิเคราะห์รังสีแกมมาพลังงานต่ำคือ พลังงาน 74.5 keV ของ U^{230} และ 106 keV ของ Np^{230} ซึ่งหัววัดแบบ HPGe จะมีความไว และประสิทธิภาพสูงกว่าแบบ Ge(Li) เพราะไม่มีปัญหาของการรบกวนจากการกระเจิงคอมป์ตันจากรังสีแกมมาพลังงานสูง

5.1.7 การวิเคราะห์ยูเรเนียม โดยวิธีพีซีเอ็นแตรีก เหมาะสมต่อการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มียูเรเนียมปริมาณต่ำๆ เช่นตัวอย่างสิ่งแวดล้อม สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งตัวอย่างที่เป็นของแข็งหรือสารละลาย ในการศึกษานี้ใช้แผ่นไมกามีความบริสุทธิ์สูงเป็นแผ่นบันทึกรอย จากนั้นคำนวณหาปริมาณยูเรเนียม ในตัวอย่างโดยคำนวณจากกราฟปรับเทียบ (calibration curve)

การทำกราฟปรับเทียบ โดยการนับรอยจากสารมาตรฐานต่างๆ จากการศึกษาพบว่าสารมาตรฐานจะเป็นคนละชนิดกัน เช่น soil 5 ของ IAEA , coal fly ash ของ NIST เป็นต้น แต่ก็ได้ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอยกับความเข้มข้นยูเรเนียมเป็นเส้นตรง เพราะว่ามีแต่นิวไคลด์ยูเรเนียม 235 เท่านั้นที่เกิดปฏิกิริยาฟิชชันแล้วให้รอยบนแผ่นไมกา ส่วนประกอบอื่นๆ ที่มีอิทธิพลต่อปฏิกิริยาฟิชชันได้ ก็มีค่าตัดขวางต่ำกว่าของยูเรเนียม 235 มาก วิธีนี้จึงมีความเฉพาะเจาะจงต่อยูเรเนียม 235 ดังนั้นแต่สารมาตรฐานที่ใช้จะต้องมีเปอร์เซ็นต์ของยูเรเนียม 235 เท่ากับเท่ากับของตัวอย่าง สารมาตรฐานที่ใช้กับตัวอย่างน้ำ เตรียมจากการละลาย U_3O_8 NBL 114 ซึ่งเป็นสารมาตรฐานที่เปอร์เซ็นต์ยูเรเนียม 235 เท่ากับธรรมชาติจึงเหมาะสมที่ใช้เป็นสารมาตรฐาน

นอกจากนี้แล้วจำนวนรอยที่ได้ไม่แปรตามน้ำหนักของตัวอย่าง หรือความหนาแน่นของตัวอย่าง เพราะว่ามีสีของฟิชชันแฟรกเมนต์ในตัวกลางของแผ่นบันทึกรอยมีค่าน้อยมาก (โดยศึกษาได้จากขนาดของรอย) เมื่อเทียบกับความหนาของตัวอย่าง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำโดยวิธีนิวตรอนแอกติเวชัน ใช้แอนไอออนเรซินเป็นตัวจับยูเรเนียมก่อนวัดรังสีแกมมา การจับยูเรเนียมของเรซินอาจจับได้ไม่ทั้งหมด แต่การปฏิบัติ การทดลองกับตัวอย่างและสารมาตรฐานใช้เงื่อนไขเหมือนกัน ปัญหานี้จึงมีอิทธิพลน้อยลง แต่ก็ ควรตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การจับยูเรเนียมของเรซินตามเงื่อนไขของการทดลองนี้ ด้วยการใช้ตัวติดตามที่เป็นสารรังสีผ่านคอลัมน์เรซิน นำสารละลายที่ผ่านจากเรซินไปวัดรังสี จะสามารถ ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การจับยูเรเนียมของเรซินได้ในเงื่อนไขของการทดลองนี้

5.2.2 เทคนิคที่ใช้วิเคราะห์ในการศึกษานี้ มีความเฉพาะเจาะจงต่อธาตุยูเรเนียม สามารถนำไปใช้ในการศึกษาวิจัยหาปริมาณยูเรเนียมปริมาณต่ำๆ เช่นตัวอย่างสิ่งแวดล้อมหรือ ตัวอย่างชีวภาพได้ เช่น เส้นผม ใบบนสาบ ตัวอย่างน้ำจากแหล่งต่างๆ เป็นต้น

5.2.3 การเก็บตัวอย่าง ควรเพิ่มจุดเก็บตัวอย่างให้มากขึ้น เพื่อได้ค่าที่เป็นข้อมูล ใกล้เคียงกับข้อเท็จจริงมากขึ้น และควรเก็บตัวอย่างให้ถี่มากขึ้น จะได้เห็นอิทธิพลของฤดูกาล ได้ชัดเจน