บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

การค้นคว้าวิจัยและพัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณยูเรเนียมและยูเรเนียมไอโซโทปในตัวกลางต่าง ๆ ถือเป็นส่วนหนึ่งในแผนการศึกษาแง่ต่าง ๆ ของปัญหาการได้รับรังสี (Radiation Exposure) อันเป็นประโยชน์ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินค่าปริมาณรังสีที่ประชาชนจะได้รับ และทั้งยังเกี่ยวเนื่องกับการกำหนดค่าระดับปลอดภัยที่ใช้ควบคุม ถึงแม้จะมีประกาศกำหนดค่าระดับความเข้มข้นของยูเรเนียมที่ยอมให้มีได้ในอากาศและน้ำแต่ทางสาธารณสุข ก็ยังพิจารณาถึงหลักความจริงที่ว่าการควบคุมค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสีที่กลุ่มบุคคลได้รับหรือค่าระดับที่ต่ำกว่าค่าสูงสุดที่อนุญาตให้มีได้นั้น ไม่ใช่หลักประกันว่าการได้รับรังสีของเฉพาะแต่ละบุคคลจะต่ำกว่าค่ากำหนด (1)

จากการศึกษาคุณประโยชน์ของวิธีการวิเคราะห์ รวมทั้งวิธีการใหม่ ๆ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณยูเรเนียมในตัวกลางสิ่งแวดล้อมและตัวอย่างทางชีวภาพบางชนิด เช่น ตัวกรองอากาศ อาหาร น้ำ ดิน และพืชผัก พบว่า ในปัจจุบันมีวิธีวิเคราะห์ได้หลายวิธี ดังได้แก่ สเปคโตรโฟโตมิตรี (Spectrophotometry), คัลเลอรีมิตรี (Colorimetry), คูลอมบ์มิตรี (Coulometry), โพลาโรกราฟฟี (Polarography) และฟลูออโรมิตรี (Fluorometry) (2) ถ้ายูเรเนียมมีปริมาณต่ำกว่า 1 มิลลิกรัม สามารถใช้วิธีเหล่านี้ ดังนั้น ยูเรเนียมอยู่ในช่วง 1 มิลลิกรัม ถึง 1 ไมโครกรัม สามารถวัดโดยวิธี โพลาโรกราฟฟี แต่ถ้าปริมาณยูเรเนียมต่ำกว่านี้ มีค่าประมาณ 10^{-11} กรัม วิธีที่ดีที่สุดคือ ฟลูออโรมิตรี วิธีนี้คือ ยูเรเนียมที่ปนอยู่ในโซเดียม ฟลูออร์ไรด์ ฟลักส์(Sodium fluoride flux) หาปริมาณโดยคุณสมบัติเฉพาะตัวของมันให้แสงสีเหลือง-เขียว เมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสงอุลตราไวโอเลต (3560 A°) แล้วยูเรเนียมไอออนจะให้แสงฟลูออร์เรสเซนต์ (fluorescence) เฉพาะตัวที่ความยาวคลื่น 5550A° ความเข้มของแสงฟลูออร์เรสเซนต์

ที่ให้เป็นสัดส่วนกับปริมาณยูเรเนียมช่วง 10^{-5} ถึง 10^{-11} กรัม และสามารถวัดความเข้มของแสงที่ออกมาด้วย photoelectric meter วิธีการเหล่านี้ (3) มีความไว ความแม่นยำและความถูกต้องสูง แต่ทั้งหมดมีข้อเสียที่ไม่สามารถวัดแยกไอโซโทปได้ สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณยูเรเนียมแบบแยกไอโซโทปได้นั้น ที่ใช้กันโดยทั่วไปจำเป็นต้องใช้เครื่องแมสสเปคโตรกราฟ (Mass Spectrograph) ซึ่งมีราคาแพง การวิเคราะห์โดยเทคนิคนิวตรอนแอคติเวชัน (Neutron Activation Technique) ที่ต้องอาศัยเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูก็สิ้นเปลืองทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายสูง จึงเป็นการสมควรที่จะพัฒนาหาวิธีที่ง่าย ทำได้รวดเร็วและค่าใช้จ่ายต่ำ ถึงแม้ความถูกต้องจะด้อยไปกว่าวิธีดังกล่าวข้างต้นบ้างเล็กน้อย แต่ก็มีประโยชน์และเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในงานประจำ อย่างเช่น วิธีอิเลคโตรดีโพซิชัน (Electrodeposition) ซึ่งมีพื้นฐานมาจากแคโทดิก ดีโพซิชัน (Cathodic deposition) ของไฮเดรตเตด ออกไซด์ (Hydrated oxide) (4) จากการศึกษาปรากฏว่า สามารถใช้วิเคราะห์หาปริมาณยูเรเนียมในสิ่งแวดล้อมได้ โดยต้องอาศัยการนับค่าความแรงรังสีอัลฟาด้วยอัลฟาสเปคโตรมิเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการแยกพีคสูง (High Resolution) แต่อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนแรกก่อนทำอิเลคโตรดีโพซิชันนั้น ต้องอาศัยกรรมวิธีทางเคมีเพื่อแยกยูเรเนียมจากสารตัวอย่างให้ได้ยูเรเนียมบริสุทธิ์ ซึ่งมี 2 วิธีด้วยกันคือ เทคนิคการแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange) และเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction) (1) วิธีการแยกเปลี่ยนไอออนนี้สามารถแยกยูเรเนียมจากสิ่งเจือปนอื่น ๆ ได้ยกเว้นเหล็กซึ่งจะถูกดูดซับ (Adsorbed) พร้อมกับยูเรเนียมอยู่ในคอลัมน์ (Column) แต่จะไม่มีผลรบกวนในการวัดรังสีของยูเรเนียม ส่วนธาตุกัมมันตรังสีอื่น ๆ ในธรรมชาติ เช่น โพแทสเซียม-40, ทอเรียม, เรเดียม จะไม่ถูกดูดซับในคอลัมน์ สำหรับวิธีการสกัดนั้นใช้อะลูมิเนียม ไนเตรท (Aluminum nitrate) ในการแยกยูเรเนียมจากสิ่งเจือปนอื่น ๆ แล้วล้างด้วยน้ำ เมื่อแยกยูเรเนียมได้แล้ว จึงนำไปผ่านขั้นตอนการทำอิเลคโตรดีโพซิชัน

วิธีอิเลคโตรดีโพซิชันที่พัฒนานี้ศึกษามาจากวิธีของ Alercio และคณะ (1) ซึ่งใช้วิธีชุบนิกเกิลบนแผ่นทองแดงบาง ๆ ด้วยไฟฟ้า แล้วทำอิเลคโตรดีโพซิชันยูเรเนียมบนแผ่นทองแดงนิกเกิล (Nickel-plated Copper Discs) และวิธีของ Harley, J.H. (5) ซึ่งทำอิเลคโตรดีโพซิชันยูเรเนียมบนแผ่นแพลทินัม (Platinum discs) แต่ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาใช้แผ่นเหล็กไร้สนิม (Stainless steel) แทนแพลทินัม จากนั้นวัดความแรงรังสี

อัลฟารวมโดยใช้หัววัดแบบเรืองแสง (Scintillation detector) และใช้หัววัดรังสีกึ่งตัวนำชนิดเซอร์เฟสแบริเออร์ (Silicon surface barrier) ในการวัดรังสีอัลฟาจากยูเรเนียมบริสุทธิ์ บนแผ่นทองแดงชุบนิกเกิลและแผ่นเหล็กไร้สนิม เนื่องจากสามารถแยกพลังงานของรังสีอัลฟาได้ดี คำนวณหาปริมาณยูเรเนียมได้โดยการเปรียบเทียบกับค่าของสารมาตรฐานที่วิเคราะห์ด้วยวิธีเดียวกัน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนาวิธีวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียม-235 และยูเรเนียม-238 แยกกันโดยวัดด้วยเครื่องอัลฟาสเปคโตรมิเตอร์

1.2.2 เพื่อใช้วิธีนี้เป็นวิธีวิเคราะห์ยูเรเนียมระดับต่ำในสารตัวอย่างที่เหลือจากขบวนการผลิตยูเรเนียม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

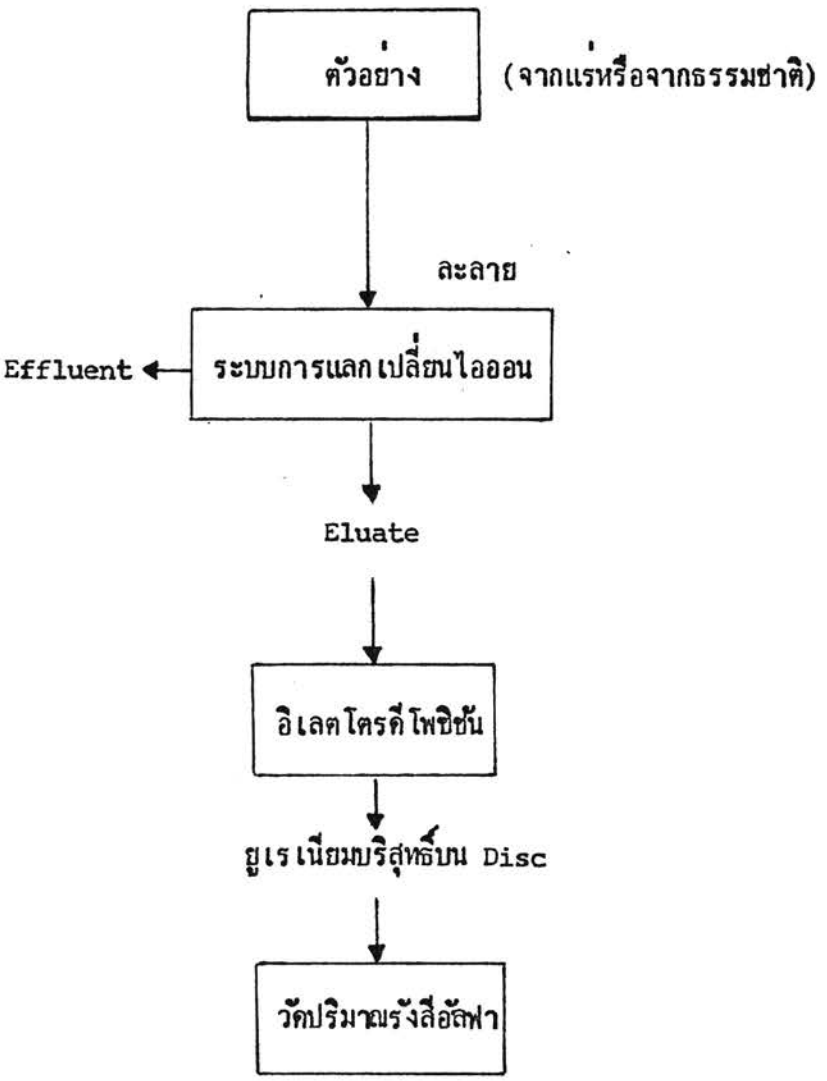
งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาหาวิธีที่เหมาะสมที่จะใช้ในการวิเคราะห์ยูเรเนียมไอโซโทปคือยูเรเนียม-235 และยูเรเนียม-238 รวมทั้งทำการวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียมและไอโซโทปของยูเรเนียมทั้งสองดังกล่าว ในตัวอย่างดีพลีทยูเรเนียม (Depleted Uranium) จากต่างประเทศ และยูเรเนียมธรรมชาติ (Natural Uranium) ในประเทศโดยเทคนิคอิเลคโตรดีโพซิชัน และวิเคราะห์ยูเรเนียมระดับต่ำในสารละลายจากขบวนการผลิตยูเรเนียม (Uranium tailing) ซึ่งพัฒนาขึ้นมา

1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 หาเงื่อนไขในการชุบนิกเกิลบนแผ่นทองแดงบาง ๆ ด้วยไฟฟ้า

1.4.2 หาเงื่อนไขการเตรียมยูเรเนียมที่บริสุทธิ์ โดยใช้วิธีแลกเปลี่ยนไอออน

ขั้นตอนของขบวนการ



1.4.3 ทำอิเลคโตรดีโพซิชัน ยูเรเนียมบนแผ่นทองแดงชุบนิกเกิลและแผ่นเหล็ก-ไร้สนิม โดยทำกับสารมาตรฐานของยูเรเนียมก่อน และเปลี่ยนความเข้มข้นของยูเรเนียมในสารมาตรฐานให้มีค่าต่าง ๆ กัน (ระดับ 10–100 ไมโครกรัม) เพื่อเตรียมเป็นเส้นกราฟมาตรฐานที่จะใช้ในการคำนวณต่อไป แล้วจึงทำอิเลคโตรดีโพซิชันของตัวอย่าง

1.4.4 วัดค่าความแรงรังสีอัลฟาของยูเรเนียมบนแผ่นทองแดงชุบนิกเกิลและแผ่นเหล็กไร้สนิม

1.4.5 ใช้วิธีที่พัฒนาและตรวจสอบความเชื่อถือได้แล้วในการวิเคราะห์หาไอโซโทปของยูเรเนียม–235 ในดีพลีทยูเรเนียมและยูเรเนียมธรรมชาติ

1.4.6 วิเคราะห์ยูเรเนียมระดับต่ำในสารละลายจากขบวนการผลิตยูเรเนียม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้

1.5.1 ได้วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไอโซโทปของยูเรเนียม–235 และยูเรเนียม–238 โดยสะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพสูง โดยใช้เครื่องมือที่หาได้ไม่ยาก

1.5.2 ประยุกต์เพื่อใช้ในการตรวจสอบและควบคุมระดับยูเรเนียมในสิ่งแวดล้อมไม่ให้เกินระดับความเข้มข้นสูงสุดที่อนุญาตให้ร่างกายรับได้ (Maximum Permissible Concentrations)

1.5.3 ประยุกต์นำไปใช้ในการหาปริมาณยูเรเนียม ซึ่งเป็น Interference ของตัวอย่างทอเรียม

1.5.4 ประยุกต์นำไปใช้ในการหาปริมาณของธาตุอื่น ๆ เช่น Pu, Th, Am