

การอภิปรายผลการวิจัย

จากความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับจากการทำการวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์หาปริมาณยูเรเนียม ในตัวอย่างแร่โคลัมไบต์ในประเทศไทยโดยวิธีต่าง ๆ ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ทำให้พบว่าวิธีวัดแบบต่าง ๆ นั้นต่างก็มีทั้งข้อดีและข้อเสีย เป็นข้อที่น่าพิจารณาไว้ดังต่อไปนี้

5.1 การวัดรังสีที่แผ่จากแร่โดยธรรมชาติเทียบกับในสารมาตรฐานโดยใช้เครื่องนับไกเกอร์ การวัดแบบนี้ เป็นการวัดรังสีเบตาที่แผ่ออกมาทั้งหมดเป็นส่วนใหญ่ ผลจากการวัดโดยวิธีนี้ เมื่อเทียบกับวิธีหาแบบอื่น ๆ ที่ทำในงานวิจัยนี้ และวิธีหาแบบใช้นิวตรอนแอคทีเวชันซึ่งคิดที่ฟัด .306 MeV. ของ Np^{239} ปรากฏว่าได้ผลใกล้เคียงกัน มีความแตกต่างไม่เกิน 10 % ดังนั้นการวิเคราะห์โดยวิธีนี้จึงใช้ได้ และการวิเคราะห์แบบนี้ทำได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว ไม่ต้องชั่งน้ำหนักสาร ใช้เวลาวัดครั้งละ 8 นาที ก็ได้ผลการวัดที่เชื่อถือ สารที่ใช้แล้วไม่เสีย ทั้งเครื่องวัดไกเกอร์ก็มีราคาถูก หาใช้ได้ง่าย ส่วนข้อเสียของการวัดด้วยวิธีนี้คือ ถ้ามีอนุกรมธาตุที่แผ่รังสีอนุกรมอื่นนอกจากอนุกรมยูเรเนียมปะปนเข้ามาในปริมาณที่มากพอควร จะทำให้ผลการวัดคลาดเคลื่อน หรือเมื่อไม่มีอนุกรมธาตุอื่นปะปนเข้ามา ก็ตาม แผลงต่าง ๆ ในอนุกรมยูเรเนียมไม่อยู่ในสมดุลกับมันตรังสี ก็จะทำให้การวัดคลาดเคลื่อนเช่นเดียวกัน

5.2 การวัดแบบแอคทีวชันโดยใช้เครื่องวัดไกเกอร์ การวัดแบบนี้ให้ผลที่พอใช้ได้ แต่วิธีการยุ่งยากอยู่ข้างที่ต้องชั่งน้ำหนักสารให้สารที่ใส่ในภาชนะนั้นบางมากที่สุด (คือพอเกลี่ยให้กระจายไปทั่วพื้นภาชนะเท่านั้น) เพื่อลดการเกิด self absorption ให้มากที่สุด และน้ำหนักของสารมาตรฐานที่เติมเข้าไปต้องน้อยมากจนใกล้ศูนย์ เพื่อว่าเมื่อเทลงปอผสมแล้ว จะเกิด self absorption น้อยมาก ถ้าสารที่ใส่ในภาชนะหนาไป จะทำให้ผลการวัดผิดไปอย่างมากทันที นอกจากนี้ก็มีข้อเสียเช่นเดียวกับในข้อ 5.1 และสารที่ใช้ในการทดลองจะเสียไปด้วย

5.3 การวัดรังสีที่แผ่จากแร่โดยธรรมชาติเทียบกับในสารมาตรฐานโดยใช้เครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์แบบซินทิลเลชัน $NaI(Tl)$ และแบบโลหะกึ่งตัวนำ $Ge(Li)$ ผลจากการวัดด้วยเครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ทั้งสองแบบนี้ มีค่าใกล้เคียงกันมาก แตกต่างกันโดยเฉลี่ยแล้วเพียง 2 % การวัดด้วยเครื่องมือทั้ง 2 แบบนี้ กระทำได้ง่ายและสะดวกมาก สามารถเห็นสเปกตรัมของ

ธาตุต่าง ๆ ในอนุกรม ทำให้สามารถเลือกฟิสิกส์ที่คุ้มค่าที่สุดมาใช้คือค่าความเข้มสูง ไม่มีการรบกวนจากฟิสิกส์ข้างเคียง หรือรบกวนกับฟิสิกส์อื่น ฟิสิกส์ที่เลือกมาใช้ในงานวิจัยนี้คือ ฟิสิกส์ .61 MeV ของ Bi^{214} ซึ่งมีความเข้มสูงและไม่ถูกรบกวนจากฟิสิกส์อื่น ๆ แต่ Bi^{214} ต้องผ่านภาวะ ที่เป็น ภาวะคือ Em^{222} หรือ Rn มาก่อน ดังนั้นการวัด Bi อาจจะมีการคลาดเคลื่อน ฟิสิกส์ที่เลือกมาใช้คือ ฟิสิกส์ .18 MeV ของ Ra^{226} และผลการคำนวณจากทั้งสองฟิสิกส์ใกล้เคียงกันมาก สำหรับหัววัด NaI (Tl) ใช้เวลาวัดเพียง 8 นาที ต่อ 1 ตัว ก็ได้ผลที่พอใช้ ส่วนเครื่อง Ge (Li) ก็ใช้เวลาวัด 600 วินาทีต่อ 1 ตัว ก็จะได้ผลที่ ใช้ได้ก็เช่นกัน สารที่ใช้ไม่เสีย ถ้าในสารมีธาตุในอนุกรมอื่นปน เราก็ควรพยายามเลือกฟิสิกส์ที่ค่า พลังงานไม่ซ้ำ หรือใกล้เคียงกันมากเกินไปมาคิด หรือถ้าใช้หัววัดต่อกับสเปกโตรมิเตอร์แบบเชิงกล- ฐานเนด ก็สามารถที่จะ คัดการรบกวนของกัมมันตรังสีจากธาตุในอนุกรมอื่น ๆ ได้¹ แต่ที่ยังแก้ไม่ได้ ก็คือ ถ้าธาตุต่าง ๆ ในอนุกรมยูเรเนียมยังไม่อยู่ในสมมุติฐานกัมมันตรังสี ผลการวัดก็จะคลาดเคลื่อนไป

5.4 วิธีการเรียงรังสีเอกซ์ของสารตัวอย่างเทียบกับสารมาตรฐานที่เตรียมขึ้นเอง วิธีนี้

ไม่สะดวกสำหรับสารตัวอย่างที่มีธาตุต่าง ๆ อยู่หลายชนิด เพราะต้องพยายามเตรียมสารมาตรฐาน ให้ใกล้เคียงกับสารตัวอย่างมากที่สุด ยิ่งมากได้เท่าไรก็ยิ่งดี ดังนั้นจึงต้องวัดสารตัวอย่าง แล้ว ตรวจดูว่ามีธาตุอะไรในสารตัวอย่างบ้าง (หาแบบเชิงคุณภาพ) แล้วจึงมาชั่งธาตุต่าง ๆ เหล่านั้นตามที่ ตรวจพบและกะคะเนปริมาณเอง ผสมคลุกให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วจึงวัดสารมาตรฐานว่า ความ เข้มของธาตุต่าง ๆ ที่ผสมอยู่สูงพอ ๆ กับความเข้มของธาตุต่าง ๆ ในสารตัวอย่างหรือไม่ แล้วเตรียม ตัวอย่างจนได้เท่ากัน หรือใกล้เคียงกันมาก วิธีนี้จะเสียเวลาเตรียมสารมาตรฐานและคลุกสารให้ กระจายสม่ำเสมอโดยทั่วกัน ซึ่งอาจต้องเตรียมหลายครั้งจึงได้เหมือน ดังนั้นจึงทำให้สิ้นเปลืองสาร ที่ใช้เตรียมสารมาตรฐานด้วย แต่สารตัวอย่างจะไม่เสีย ฟิสิกส์ที่นำมาใช้คือค่าความเข้มคือฟิสิกส์ 13.6 KeV ของรังสีเอกซ์แอล ผลการคำนวณที่ได้จากการวัดเทียบกับสารมาตรฐาน s_1 กับ s_2, s_3, s_4, s_5 และ s_6 ตามลำดับ ยังได้ค่าที่ค่ามากไป เพราะยังเตรียมสารมาตรฐานได้ไม่ก็พอ ดังนั้นวิธีการนี้ แม้จะดีเพราะไม่ต้องคำนึงว่าค่าต่าง ๆ ในอนุกรมยูเรเนียมในสารตัวอย่างจะอยู่ในสมมุติฐานกัมมันตรังสี

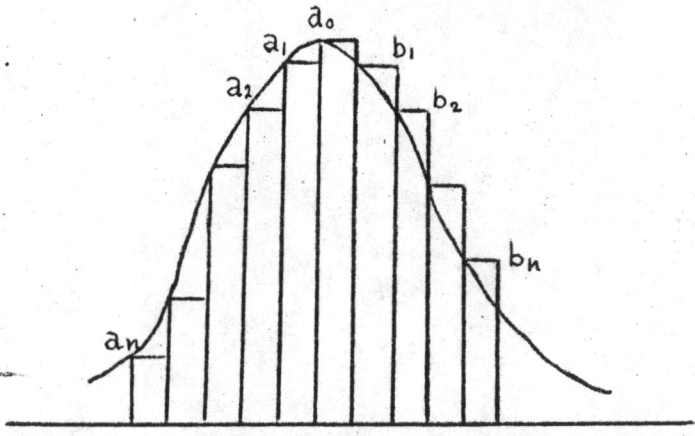
¹วันชัย สุ่มเล็ก การวิเคราะห์ปริมาณของยูเรเนียมโดยวิธีการวัดกัมมันตภาพรังสี วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต

หรือไม่ แต่ก็ต้องเสียเวลามากในการเตรียมสารมาตรฐานและต้องใช้สารมากเพื่อความหนาเป็น ∞

5.5 วิธีการเรื่องรังสีเอกซ์จากวิธีแอคทิวิตี ค่าที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีนี้ใกล้เคียงกับผลที่วัดได้โดยวิธีแอคทิวิตีเช่นกัน วิธีนี้จึงใช้ได้ผลดีมาก เมื่อปริมาณธาตุที่จะวิเคราะห์มีอยู่ไม่เกิน 5% โดยทำได้สะดวกและรวดเร็วพอควร ใช้เวลาวัด 800 วินาทีต่อ 1 ตัวอย่าง ก็ให้ผลที่แม่นยำพอควร ไม่มีความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการที่ธาตุต่าง ๆ ในอนุกรมยูเรเนียมไม่อยู่ในสมมูลกับมันตรังสี ผลเสียก็คือถ้ามีธาตุใด ๆ ที่มีสเปกตรัมของรังสีเอกซ์เฉพาะตัวที่มีค่าพลังงานใกล้เคียงกับค่า 13.6 KeV ของรังสีเอกซ์แอล ของยูเรเนียมมาก ก็จะทำให้แยกพีคไม่ออก ทำให้หาปริมาณยูเรเนียมโดยวิธีนี้ไม่ได้ และถ้าปริมาณธาตุที่ต้องการวิเคราะห์มีมากกว่า 5 % ขึ้นไป² วิธีการก็จะยุ่งยากขึ้น โดยจะต้องลดปริมาณธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ในสารตัวอย่างให้ลดลงก่อน แล้วจึงวิเคราะห์โดยวิธีนี้ได้ นอกจากนี้สารตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองก็เสียไปด้วย

วิธีต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้ ไม่ต้องใช้กรรมวิธียุ่งยากทางเคมี การคำนวณก็เทียบแบบตรงไปตรงมาง่าย ๆ นอกจากวิธีแอคทิวิตีที่มีสูตรไว้ให้ใช้เลย

5.6 การหาจำนวนนับของพีคหรือคำนวณหาพื้นที่ของพีคของสเปกตรัม ในการหาปริมาณของธาตุโดยการเปรียบเทียบพีคของสเปกตรัมของรังสีที่วัดได้นั้น ถ้าสเปกตรัมที่ได้มีสเปกตรัมของธาตุต่าง ๆ ปนอยู่หลาย ๆ ธาตุ ดังเช่นสเปกตรัมที่ได้จากการวัดด้วยวิธีการเรื่องรังสีเอกซ์ พีคของสเปกตรัมต่าง ๆ เหล่านี้จะมีการรบกวนกัน การแก้การรบกวนนี้ นิยมใช้การคำนวณพื้นที่ที่เรียกว่าพื้นที่เบส (base area) แล้วหักออกจากพื้นที่ทั้งหมดของพีคตามวิธีของ Covell ดังรูปที่ 5-1



รูปที่ 5-1 แสดงพีคของสเปกตรัมที่ได้จากการวัดรังสี

² Despujols, J. J. phys. radium, 13, Suppl. to No. 2, 31A (1952)

$$\begin{aligned}
 \text{ให้ } a_0 &= \text{จำนวนที่นับได้มากที่สุดของพืช} \\
 a_1, a_2, \dots, a_n &= \text{จำนวนที่นับได้จากช่อง (channel) ที่น้อยกว่าช่องของ } a_0 \\
 b_1, b_2, \dots, b_n &= \text{จำนวนที่นับได้จากช่องที่มีความมากกว่าช่องของ } b_n \\
 P &= \text{จำนวนที่นับได้ทั้งหมดตั้งแต่ } a_n \text{ ถึง } b_n \\
 Q &= \text{จำนวนที่นับได้ของพื้นที่เบส} \\
 N &= \text{จำนวนนับสุทธิ} \\
 P &= a_0 + \sum_{i=1}^n a_i + \sum_{i=1}^n b_i \\
 Q &= \frac{(2n-1)(a_n+b_n)}{2} + (a_n + b_n) \\
 &= \frac{(2n+1)(a_n+b_n)}{2} \\
 N &= P-Q \\
 &= a_0 + \sum_{i=1}^n a_i + \sum_{i=1}^n b_i - (n+1/2)(a_n+b_n)
 \end{aligned}$$

แต่ถ้าสเปกตรัมที่ได้เป็นสเปกตรัมของธาตุเดี่ยว หรือเป็นสเปกตรัมที่ไม่มีการรบกวนกัน อย่างเช่นสเปกตรัมของธาตุต่าง ๆ ในอนุกรมยูเรเนียมที่วัดได้จากการแผ่รังสีโดยธรรมชาติ การหาจำนวนนับของพืชหนึ่งๆ ก็คือการหาพื้นที่ทั้งหมดของพืช ลมคล้ายแบบกราว์นของจำนวนช่องในช่วงนั้น

ทดลองทดสอบวิธีนี้ โดยตั้งวัดสารมาตรฐานยูเรนิท์ 20 นาที แล้ววัดสารมาตรฐานเทอร์เบอร์ไนท์ 20 นาที แล้ววัดแบบกราว์น 20 นาที เมื่อนำมาคำนวณดูโดยให้สารตัวหนึ่งเป็นสารตัวอย่าง อีกตัวเป็นสารมาตรฐาน ค่ารวมทั้งแบบลมแบบกราว์นเฉย ๆ และไม่ลมแบบกราว์น แต่ลมคล้ายพื้นที่เบส ปรากฏว่าการหาจำนวนนับของพืชโดยวิธีเอาพื้นที่ทั้งหมดของพืชลมคล้ายแบบกราว์นนั้นจะให้ผลการคำนวณที่ใกล้เคียงกว่า ผลการคำนวณที่ได้จากการหาจำนวนนับของพืชโดยเอาพื้นที่ทั้งหมดของพืชลมคล้ายพื้นที่เบส

5.7 ความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ นอกจากความคลาดเคลื่อนที่ได้กล่าวไว้ในแต่ละวิธีการวัดแล้วนั้น วิธีการวัดทั้งหมดที่กล่าวมาต่างก็มีความคลาดเคลื่อนอีก 2 แบบ คือ

ก ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากธรรมชาติของรังสี ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่เครื่องวัดวัดได้ การคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากสาเหตุนี้ได้แสดงไว้แล้วในข้อ 4.1

ข ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการทดลอง ซึ่งได้แก่

1 รูปร่าง ของสารตัวอย่างและสารมาตรฐานต้องเหมือนกัน และทั้งวัดที่ตำแหน่งเดียวกัน ถ้าตำแหน่ง เหล่านี้ต่างกันก็จะมี ความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น

2 ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความผิดพลาดในการชั่งตวงสารตัวอย่างและสารมาตรฐาน ซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนที่พยายามลดลงให้เหลือน้อยลงให้ได้มากที่สุด และในการดำเนินการวิจัยนี้ จะมีความคลาดเคลื่อนมากที่สุดประมาณว่าไม่เกิน 1 % สำหรับสารทุกตัว

3 ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความไม่เสถียร ของเครื่องมือ ถ้าค่าบางค่าที่วัดได้แล้วนั้นผิดไปมาก เนื่องจากความไม่เสถียรของเครื่องมือ ก็ให้ตัดทิ้งไปก็ได้ หรือทดลองใหม่