

บทนำ (Introduction)



แหล่งกำเนิดของธาตุทอเรียม

ทอเรียม (Thorium) เป็นธาตุที่ถูกค้นพบตั้งแต่ปี ค.ศ. 1828 โดยชาวสวีเดน ชื่อ Baron Jöns Jakob Berzelius (1) คำว่า Thorium นั้น ได้มาจากคำว่า Thor ซึ่ง เป็นชื่อของพระเจ้า (ที่เป็นผู้ทำให้เกิดฟ้าร้องและแสงสว่าง) ในแถบสแกนดิเนเวีย

ธาตุทอเรียมเป็นธาตุกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นในธรรมชาติธาตุหนึ่ง และมีอยู่ในแร่ที่สำคัญ ๆ หลายชนิด แต่แร่ที่มีทอเรียมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญจริง ๆ มีอยู่ไม่กี่ชนิด ซึ่งได้แก่แร่ออไรท์ (Thorite) และทอเรียนไนท์ (Thorianite) (2) แร่ทั้งสองนี้เป็นพวกทอเรียมซิลิเกต มีลักษณะคล้ายกันมากกับแร่เซอร์คอน (Zircon) โดยทั่ว ๆ ไปแล้วมักจะมีสีน้ำตาล เขียวปนดำ บางครั้งอาจมีสีส้ม แร่ดังกล่าวนี้อาจมีทอเรียมอยู่ถึงร้อยละ 62 ซึ่งจะปนอยู่กับพวกซิลิเกตของ ธาตุยูเรเนียม เหล็ก มังกานีส ทองแดง แมกเนเซียม ตะกั่ว ดีบุก อลูมิเนียม โซเดียม และโปตัสเซียม

สำหรับแร่ที่มีทอเรียมมากที่สุด ได้แก่ออเรียนไนท์ (2 - 4) ซึ่งอาจมีทอเรียมออกไซด์ อยู่ถึงร้อยละ 90 โดยปนอยู่กับธาตุยูเรเนียม และพวกธาตุหายาก

ในปัจจุบันนี้แหล่งแร่ออเรียนไนท์ที่สำคัญที่สุด ได้แก่ โมนาไซต์ (Monazite) ซึ่งเป็นแร่ ฟอสเฟตของพวก ซีเรียม แลนทานัม ทอเรียม และอิตเทรียม นอกจากนี้ยังมีธาตุอื่น ๆ ปนอยู่อีก บ้าง ได้แก่ เหล็ก อลูมิเนียม คัลเซียม แมกเนเซียม ซิลิคอน ทิตเนียม เซอร์โคเนียม และยูเรเนียม แร่โมนาไซต์นี้มักจะพบว่าปนอยู่กับแร่อื่น ๆ เช่น แร่อิลเมนไนท์ (Ilmenite) เซอร์คอน (Zircon) คาสสิเทอไรท์ (Cassiterite) รูไทล์ (Rutile) แมกนีไทต์ (Magnetite) และ การ์เนท (Garnet) ในการแยกเอาแร่โมนาไซต์ออกจากแร่อื่น ๆ สามารถทำได้โดยอาศัย คุณสมบัติเกี่ยวกับการลอยตัว (Floatation) แรงโน้มถ่วงของโลก (Gravitation) หรือ อาศัยวิธีแยกด้วยแม่เหล็ก

สำหรับแร่โมนาไซต์ในประเทศไทย มักจะพบอยู่รวมกับแร่หนักอื่น ๆ ซึ่งส่วนมากได้จากการทำเหมืองดีบุกทางภาคใต้ของประเทศ เช่นที่จังหวัดพังงา ภูเก็ต นับจากเส้นรุ้งที่ 7°45' ถึง

9°10' เหนือ ซึ่งอยู่ทางคานตะวันตกของคอคอดกระ (5) โดยติดกับทะเลอันดามันทางทิศตะวันตก และติดกับอ่าวพังงาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ การกระจายของแร่หนัก ๆ พบว่ามีอยู่มากที่ร้อยละ 65 โดยน้ำหนัก (6) ที่จังหวัดภูเก็ต และร้อยละ 77 โดยน้ำหนักที่จังหวัดพังงา (6) เฉพาะแร่โมนาไซต์นั้นพบว่ามีมากที่อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา คิดเป็นร้อยละ 2.3 ของปริมาณแร่หนัก ๆ หรือมีอยู่ประมาณ 4,700 ตัน รองลงมาพบมากที่อำเภอท้ายเหมือง จังหวัดพังงา ส่วนที่จังหวัดภูเก็ตมีแร่โมนาไซต์ไม่มากนัก

ลักษณะของโมนาไซต์

ลักษณะของแร่โมนาไซต์ที่พบ เป็นเม็ดทรายเล็ก ๆ กลม มีสีน้ำตาล น้ำตาลแดง หรือน้ำตาลเหลือง แต่โดยทั่ว ๆ ไปจะพบว่า เป็นเม็ดทรายสีน้ำตาลเหลือง เป็นมัน มีความแข็งประมาณ 5 - 5.5 มีดัชนีหักเห 1.786 - 1.837 และมีความถ่วงจำเพาะ 4.6 - 5.3 (7)

วิธีตรวจแร่โมนาไซต์ (Identification) (8)

ในการตรวจแร่โมนาไซต์นั้น วิธีที่ทำได้รวดเร็วและโค่นลึคือใช้วิธีดูด้วยกล้องเพื่อหาค่าดัชนีหักเห ซึ่งจะต้องมีค่าดัชนีหักเหสูง และจะแยกแสงออกเป็นแสงธรรมดาและไม่ธรรมดา (ordinary & extraordinary ray) นั่นคือแร่ที่มีสมบัติเป็นไบรีฟริงเจน (birefringence)

ในห้องปฏิบัติการใช้วิธีเป่าแล่น (blowpipe test) ก่อนแร่จะเปลี่ยนเป็นสีเทาโดยไม่หลอมเมื่อต้มกับกรดซัลฟูริก แล้วนำไปทำ flame test จะพบว่าได้เปลวไฟสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งแสดงให้ทราบว่าปริมาณของธาตุฟอสฟอรัสสูง ส่วนวิธีอื่น ๆ ที่ใช้ตรวจได้รวดเร็ว อาจทำได้โดยนำแร่มาต้มกับกรดซัลฟูริกเข้มข้น แล้วรินออกมา 2 - 3 หยด ระเหยให้เหลือปริมาณน้อย ๆ หยดสารละลายนั้นลงบนแผ่นกระจก (slide) แล้วหยดสารละลายโซเดียมอะซิเตตเข้มข้นลงไป 1 หยด ถ้ามีแร่โมนาไซต์ จะได้ผลึกเล็ก ๆ รูปไข่ของโซเดียม-อะซิเตตเกิดขึ้น

กรรมวิธีต่าง ๆ ที่ใช้ในการแยกขอเรียมออกจากแร่โมนาไซต์

เนื่องจากแร่โมนาไซต์มีลักษณะเป็นทรายแข็ง และมีสารอื่นเจือปนอยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นในการที่จะแยกเอาขอเรียมออกมา จึงจำเป็นต้องใช้กรรมวิธีและวิธีการหลาย ๆ อย่าง เข้าด้วยกัน ซึ่งมีดังต่อไปนี้

1.1 การสลายแร่โมนาไซต์ (Digestion of Monazite Sand)

ในการสลายแร่โมนาไซต์ก่อนที่จะนำไปหาปริมาณขอเรียม หรือการแยกเอาขอเรียมออกจากแร่โมนาไซต์นั้น อาจจะทำได้หลายวิธี คือใช้วิธีการสลายด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (7), กรดไฮโดรฟลูออริก (9), โบตัสเซียมไฮโดรเจนไดฟลูออไรด์ (10) หรือโซเดียมเปอร์ออกไซด์ (11) แต่โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว มักจะใช้วิธีสลายด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น และการสลายตัวของแร่โมนาไซต์นี้จะกระทำได้เร็วหรือช้า รวมทั้งความสมบูรณ์ของการสลายนั้น ยังขึ้นอยู่กับสิ่งต่าง ๆ หลายอย่างด้วยกัน เช่น การสลายแร่โมนาไซต์ด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้นนั้นขึ้นอยู่กับสิ่งต่าง ๆ คือ

ก. ขนาดของแร่ (grain size) ถ้าพิจารณาแล้วจะเห็นว่าถ้าขนาดของแร่โมนาไซต์ยิ่งเล็กลงเท่าใด ก็จะช่วยลดปริมาณและความเข้มข้นของกรดที่ใช้ได้รวมทั้งเวลาที่ใช้ในการสลายแร่โมนาไซต์ด้วย

ข. อุณหภูมิที่ใช้ในการต้มแร่กับกรดก็มีส่วนสำคัญ เพราะถ้าใช้อุณหภูมิสูง จะช่วยให้แร่สลายตัวได้ดีขึ้น แต่ไม่ควรเกิน 300° ซ. มิฉะนั้นจะทำให้เกิดขอเรียมไพโรฟอสเฟต ตกเป็นตะกอนออกมาได้

ค. ปริมาณของกรดที่ใช้ ทั้งปริมาณและความเข้มข้นของกรดที่จะใช้สลายตัวของแร่นั้นมีผลอยู่มาก เพราะถ้าใช้มากเกินไป ซัลเฟตไอออนอาจจะทำให้เกิดการยุ่งยากในการแยกขอเรียมต่อไปได้

ง. เวลา ระยะเวลาที่ใช้ในการสลายแร่นั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณของกรด ปริมาณของแร่ ตลอดจนอุณหภูมิที่ใช้

1.2 การแยกขอเรียมออกจากสารอื่น (Separation of Thorium)

หลังจากการสลายแร่โมนาไซต์แล้ว ก่อนที่จะนำไปหาปริมาณของขอเรียมนั้น จำเป็นที่จะต้องแยกเอาขอเรียมออกจากสารเจือปนอื่น ๆ เสียก่อน โดยเฉพาะพวกธาตุหายาก คือยูเรเนียม ทิเทเนียม

เซอร์โคเนียม และตัวอื่น ๆ เตาที่จำเป็น โดยมีผู้ทำการทดลองใช้วิธีต่าง ๆ แยกเอาขอเรียมออกมา ซึ่งรวบรวมได้ดังต่อไปนี้

1.2.1 การแยกโดยวิธีตกตะกอน (Precipitation Methods)

ก. วิธีตกตะกอนเป็นฟอสเฟต (Phosphate precipitation) หลังจากที่ได้รับถูกสลายด้วยกรดซัลฟูริกแล้ว ใช้วิธีควบคุมความเป็นกรด (pH) ของสารละลายให้พอดี โดยนำมาเติมน้ำแล้วปรับ pH ด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ จนได้ pH ประมาณ 1.3 จะทำให้ขอเรียมฟอสเฟตตกตะกอนออกมาสมบูรณ์ ส่วนพวกธาตุหายากจะอยู่ในสารละลาย วิธีนี้นับได้ว่าเป็นวิธีที่ง่ายที่ใช้สำหรับแยกขอเรียมออกจากพวกธาตุหายาก ส่วนตะกอนนั้นต้องล้างด้วยน้ำ เพื่อขจัดปริมาณของซัลเฟตและฟอสเฟตไอออนให้ลดลง เพราะอาจจะเข้าไปยุ่งเกี่ยวในขบวนการแยกต่อไป

ข. วิธีตกตะกอนเป็นออกซาลेट (Oxalate precipitation) ในบรรดาวิธีที่จะทำให้ขอเรียมและพวกธาตุหายากตกตะกอนออกมาได้คือจากสารละลายโมนาไซต์ซัลเฟต (monazite sulphate) ต้องปรับความเป็นกรดของสารละลายให้พอเหมาะ เพราะออกซาลेटของขอเรียมและธาตุหายากมีการละลายที่ขึ้นถ้าสารละลายเป็นกรดมาก ๆ ดังนั้นก่อนจะเติมสารละลายกรดออกซาลิก ควรจะปรับ pH ของสารละลายให้อยู่ระหว่าง 0.4 - 3.0 ในการแยกเอาขอเรียมออกจากพวกธาตุหายากอาจทำได้โดยนำตะกอนออกซาลेटที่ได้ไปเผา แล้วละลายด้วยกรดไนตริกเพื่อนำไปสกัดเอาขอเรียมออกมาอีกครั้งหนึ่ง หรืออาจจะกระทำได้โดยใช้วิธีตกตะกอนสองครั้ง คือตกตะกอนครั้งแรกเป็นฟอสเฟตจากการปรับ pH ด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ แล้วจึงตกตะกอนเป็นออกซาลेटอีกครั้งหนึ่ง

ค. วิธีตกตะกอนเป็นไฮดรอกไซด์ (Hydroxide precipitation) เนื่องจากตะกอนที่ตกออกมาเป็นฟอสเฟตหรือซัลเฟตนั้นก่อให้เกิดความยุ่งยากในการทำให้บริสุทธิ์ ดังนั้นเมื่อต้องการกำจัดไอออนพวกนี้จึงสามารถทำได้ด้วยการเปลี่ยนให้เป็นตะกอนไฮดรอกไซด์ ด้วยการใส่โซเดียมไฮดรอกไซด์ซึ่งอาจจะเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสารอย่างอื่นที่เหมาะสมแก่การทำให้บริสุทธิ์ต่อไป

1.2.2 การแยกโดยวิธีสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ (Organic Solvent Extraction)

การสกัดเอาขอเรียมออกจากสารอื่นเพื่อทำให้บริสุทธิ์ด้วยการใช้ตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์นั้นอาจจะกระทำได้หลายวิธีซึ่งมีผู้ศึกษาและทำการทดลอง โดยการสกัดขอเรียมทั้งในสารละลายที่เป็น

กรดไฮโดรคลอริก กรดไนตริกหรือในของผสมระหว่างกรดไนตริกกับเกลือไนเตรต ด้วยการใช้ตัวทำละลายต่าง ๆ ชนิดกัน

ก. ไซเมสิติลออกไซด์ (Mesityl oxide) $\text{CH}_3-\overset{\text{CH}_3}{\underset{|}{\text{C}}}=\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$

เมสิติลออกไซด์เป็นของเหลวที่มีลักษณะเป็นน้ำมัน ไม่มีสี มี ถ.พ. 0.856 ที่ 20° ซ. จุดเดือด 128° ซ. Levine และ Grimaldi (12) ได้ใช้สารนี้เป็นตัวสกัดขอเรียมเพื่อหาปริมาณขอเรียมจากแร่ และยังใช้เป็นวิธีทำให้ปริมาณของขอเรียมเข้มข้นขึ้นจากสารละลายที่มีขอเรียมน้อย ๆ ซึ่งเนื่องมาจากวิธีการอย่างอื่นอาจใช้แยกได้ไม่ดีพอและแม้ว่าจะมีอออนพวก ฟอสเฟต ซัลเฟต หรืออาร์เซเนตปนอยู่ วิธีนี้ก็สามารสกัดได้เป็นผลดี เพราะอออนเหล่านี้จะไปทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับอคูมิเนียมอออนจากการเติมอคูมิเนียมไนเตรตลงไป

วิธีสกัดนั้นทำได้โดยหลังจากละลายแร่แล้วนำไปตกตะกอนออกมาเป็นออกซาเลต ละลายตะกอนด้วยกรดไนตริก แล้วเติมอคูมิเนียมไนเตรต ต่อไปจึงสกัดขอเรียมด้วยเมสิติลออกไซด์โดยใช้ปริมาณเท่า ๆ กัน ขอเรียมจะถูกสกัดออกมาจากสารอื่นที่เจือปนอยู่เกือบทั้งหมด รวมทั้งพวกธาตุหายากด้วย สำหรับธาตุหายากที่ติดออกมาด้วยเล็กน้อยสามารถกำจัดให้หมดไปด้วยการล้างสารละลายด้วยสารละลายของกรดไนตริกผสมกับอคูมิเนียมไนเตรต

ข. ไซไตรบิวทิลฟอสเฟต (Tributyl phosphate, TBP) สารนี้อยู่ตัวดี มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกประมาณ 8 ไม่ระเหยที่อุณหภูมิห้อง ละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อย เสถียรต่อสารเคมี แม้จะเป็นกรดไนตริกเข้มข้น มีความหนืดสูง และมีความหนาแน่น 0.973 ที่ 25° ซ.

TBP ใช้เป็นตัวทำละลายกันอย่างกว้างขวางในการสกัดยูเรเนียมและขอเรียมออกจากแร่ในทางอุตสาหกรรม แต่เนื่องจาก TBP มีความหนืดสูงและมีความหนาแน่นใกล้เคียงกับน้ำ จึงทำให้ไม่สะดวกในการใช้ TBP บริสุทธิ์เพียงอย่างเดียวสำหรับสกัดขอเรียม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำให้เจือจางลงด้วยตัวทำละลายอย่างอื่น เช่นไซคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl₄) นอร์มอล-บิวทิล อีเธอร์ (n-butyl ether) เฮปเทน (heptane) เบนซีน (benzene) เคโรซีน (kerosene) หรือของผสมพวกไฮโดรคาร์บอน โดยทั่วไปแล้วมักจะทำให้เจือจางลงเป็น 10 - 40% โดยปริมาตร แม้ว่าสารละลายที่เจือจางจะทำให้ความสามารถในการสกัดลดลงก็ตาม สารเจือปนอื่น ๆ ที่จะถูกสกัดออกมาด้วยก็จะลดลงไปเช่นกัน

ขอเรียมที่สกัดออกมาได้นั้นอยู่ในชั้นของ TBP สามารถทำให้กลับไปยังชั้นของน้ำได้อีกด้วยการเขย่า TBP (ที่มีขอเรียมอยู่) กับน้ำกลั่น หรือสารละลายกรดเจือจาง

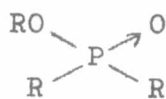
ค. โซโมโนอัลคิลและไดอัลคิลฟอสเฟต (Mono and Dialkyl phosphate)

เมื่อผสมกับตัวทำละลายเฉื่อย (inert solvent) อย่างอื่น จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการสกัดสูงสำหรับการสกัดขอเรียม แม้ว่าสารละลายนั้นจะมีกรดและเกลือที่มีความเข้มข้นต่ำ ตัวทำละลายเหล่านี้เขียนสูตรทั่วไปได้เป็น



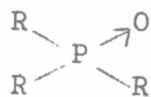
G อาจเป็น บิวทิล (butyl) หรือ 2 - เฮกซิล เฮกซิล (2-acyl hexyl) หรือออกทิลฟีนิล (octyl phenyl) ตัวทำละลายเหล่านี้ในโทลูอีน (toluene) สามารถสกัดเอา Th (IV) อีออนของธาตุหายาก Zr (IV), Np (IV), Pu (IV), Bk (IV) และอีออนอื่น ๆ เข้าไปอยู่ในตัวทำละลายได้ดี แต่ทั้งนี้การสกัดก็ยังขึ้นอยู่กับสิ่งอื่น ๆ อีกหลายอย่าง เช่นความเข้มข้นของสารที่ใส่สกัด ความเข้มข้นของกรด เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามตัวทำละลายเหล่านี้มีโอกาสที่ใส่สกัดขอเรียมได้ดี

นอกจาก TBP และโมโนหรือไดอัลคิลเอสเทอร์ (Mono or Dialkyl ester) ของกรดฟอสฟอริกแล้ว ยังมีสารประกอบอีกหลายชนิดที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบนั้นได้มีผู้พยายามทดลองเพื่อใช้เป็นตัวสกัดสำหรับยูเรเนียมและขอเรียม หรือธาตุอื่นซึ่งได้แก่



ไดอัลคิลฟอสฟีนออกไซด์

(dialkyl phosphine oxide)



ไตรอัลคิลฟอสฟีนออกไซด์

(trialkyl phosphine oxide)

R = หมู่อัลคิล (alkyl groups)

มีสารหลายชนิดที่จัดเข้าลักษณะนี้ เป็นสารที่ใส่สกัดขอเรียม ยูเรเนียมและธาตุอื่น ๆ (13) ได้ดีกว่าใช้ TBP

1.2.3 การแยกโดยใช้วิธีแลกเปลี่ยนไอออน (Ion-exchange)

ก. การแลกเปลี่ยนไอออนบวก ขอเตรียมไอออนจะถูกดูดซับอยู่บนเรซินชนิดแลกเปลี่ยนไอออนบวกได้ดีกว่าไอออนตัวอื่น ๆ จึงทำให้สามารถแยกขอเตรียมซึ่งมีปริมาณน้อย ๆ จากสารละลายจำนวนมาก โดยใช้เรซินเพียงเล็กน้อย เมื่อด่างเรซินด้วยกรดอินทรีย์หรือสารละลายอย่างอื่น ไอออนที่ถูกดูดซับได้ดีน้อยกว่าจะถูกล้างออกมาก่อน Diamond, Street และ Seaberg (14) ได้ศึกษาโดยใช้ Dowex 50 เป็นตัวจับขอเตรียม แล้วล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริกโดยใช้ความเข้มข้นต่างกัน พบว่า Sr (II), La (III), Ce (III), Ac (III) จะถูกล้างออกมาอย่างรวดเร็ว ส่วน Th (IV) ยังคงถูกจับอยู่บนเรซิน ซึ่งสามารถนำออกมาได้โดยการผ่านสารพวกที่ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน เช่น กรดซิติริก กรดแลคติก ฟลูออไรด์ คาร์บอเนต ซัลเฟต หรือออกซาเลต เป็นต้น เข้าไปซึ่งเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับขอเตรียมได้ดี

ข. การแลกเปลี่ยนไอออนลบ แบ่งออกได้เป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ใช้กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid system)

เนื่องจากขอเตรียมจะไม่เกิดไอออนเชิงซ้อนที่มีประจุลบกับคลอไรด์ไอออน ดังนั้นจึงไม่ถูกดูดซับบนเรซินชนิดแลกเปลี่ยนไอออนลบ ส่วนธาตุหนักอื่น ๆ เกิดสารประกอบเชิงซ้อนได้กับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นจึงถูกจับไว้บนเรซิน Kraus, Moore และ Nelson (15) ได้ทำการศึกษาคูสมบัติของขอเตรียมกับการแลกเปลี่ยนไอออนลบ และได้แนะนำวิธีการทำไว้หลายอย่าง Poiver และ Bearse (16) ได้ศึกษาการแยกยูเรเนียมและขอเตรียมโดยเฉพาะจากแรมโมนาไซท์ด้วยการแลกเปลี่ยนไอออนลบ และยังได้ศึกษาถึงอิทธิพลของไอออนอื่น ๆ ในการแยกตลอดจนถึงชนิดของเรซินที่ใช้

กรณีที่ 2 ใช้กรดไนตริก (Nitric acid system)

Danon (17) ได้พบว่าขอเตรียมสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไนเตรตไอออนในสารละลายกรดไนตริก และถูกจับอยู่บนเรซินซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของกรดไนตริก จากการศึกษาพบว่าสารประกอบเชิงซ้อนของขอเตรียมถูกจับไว้ได้ดีที่สุดเมื่อใช้กรดไนตริกเข้มข้น 7 โมลาร์ จากความจริงนี้จึงได้มีผู้นำมาใช้สำหรับแยกขอเตรียมออกจากพวกธาตุหายาก ยูเรเนียม เซอร์โคเนียม และธาตุอื่น ๆ โดยใช้ Dowex 1, Dowex 2 หรือ De-acidite FF (18)

ธาตุที่สามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนได้กับไนเตรตนั้นมีน้อย แม้จะมีพวก อัลคาไล อัลคาไลน์เอิร์ธ หรือธาตุหายากปนอยู่เป็นจำนวนมาก ก็สามารถแยกออกจากธอเรียมได้อย่างรวดเร็ว แต่ตามีสารอย่างอื่นปนอยู่ก็สามารถทำให้วิธีนี้ได้โดยใช้ทั้งคลอไรด์และไนเตรตเข้าด้วยกัน

1.3 การหาปริมาณของธอเรียม (Determination of Thorium)

ในการหาปริมาณของธาตุธอเรียมนั้น ได้มีผู้ทำการทดลองไว้หลายวิธีด้วยกัน (19) ซึ่งพอจะสรุปและรวบรวมได้ดังต่อไปนี้

1.3.1 โดยวิธีชั่งน้ำหนัก (Gravimetric method) ใช้วิธีทำให้ธอเรียมตกตะกอนออกมาเป็นออกซาลेट ด้วยสารละลาย 0.1% กรดออกซาลิก (20) แต่ทั้งนี้จะต้องไม่มีพวกธาตุหายากและฟอสเฟตปนอยู่ ซึ่งถ้ามีก็อาจใช้วิธีตกตะกอนด้วยสารละลายกรดซีบาคิก (sebacic acid) เมื่อกรองตะกอนออกและล้างให้สะอาดแล้วนำตะกอนไปเผาให้อยู่ในรูปของ ThO_2 ซึ่งหาปริมาณของธอเรียมได้

1.3.2 โดยวิธีติเตรต (Titrimetric method) ใช้วิธีติเตรต (titrate) ให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนของธอเรียมกับเกลือไซเคียมของ EDTA (19) ธอเรียมจะทำปฏิกิริยากับ EDTA ได้สารประกอบเชิงซ้อน ซึ่งมีอัตราส่วนเป็น 1:1 และมีค่า $\text{pK} = 23.2$ สำหรับอินดิเคเตอร์ที่ใช้มีอยู่หลายชนิด เช่น

ก. Acid Alizarin Black SN (21) ใช้เป็นอินดิเคเตอร์ในการติเตรตสารละลายธอเรียมกับ EDTA โดยที่จุดยุติจะเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีส้มที่ pH 4 ในสารละลายอะซีเตตบัฟเฟอร์ (acetate buffer)

ข. SPADNS ใช้เป็นอินดิเคเตอร์ เมื่อติเตรตในสารละลายกรดไนตริก pH 2.5-3.5 จะได้จุดยุติเปลี่ยนจากสีม่วงน้ำเงินเป็นสีแดงสด

ค. Xylenol orange ใช้เป็นอินดิเคเตอร์ในสารละลายกรดไนตริก หรือใช้อะซีเตตบัฟเฟอร์ที่ pH 1.7 - 3.5 จุดยุติเปลี่ยนจากสีม่วงแดงเป็นสีเหลือง

1.3.3 โดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมตริก (Spectrophotometric method)

ก. Clinch (22) ได้หาปริมาณของธอเรียมโดยใช้ธอริน [Thorin; 0 - (2-hydroxy-3, 6-disulfo-1-naphthylazo) benzenearsonic acid] ทำให้เกิด

สารประกอบเชิงซ้อนกับซอเรียมเป็นสีแดง มีอัตราส่วนซอเรียมต่อซอรินเป็น 1 : 2 แล้วนำสารประกอบเชิงซ้อนที่ได้ไปวัดค่า absorbance ที่ความยาวคลื่น 545 nm. และพบว่าถ้าสารละลายมี U (IV) Zr (II) ฟลูออไรด์ และฟอสเฟตปนอยู่จะรบกวน (interfere) ได้

ข. Fletcher และ Milkey (23) ได้ใช้ Morin (2', 3, 4', 5, 7-pentahydroxy flavone) เป็นสารที่ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับซอเรียม มีอัตราส่วนซอเรียมต่อ Morin เป็น 1:2 โดยให้ค่า absorbance สูงสุดที่ความยาวคลื่น 410 nm.

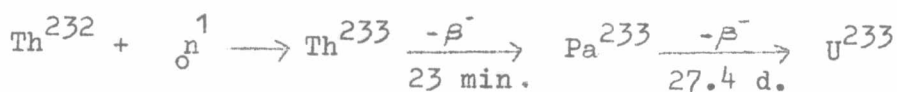
1.4 ประโยชน์ของซอเรียม

ธาตุซอเรียมและสารประกอบของซอเรียมนั้นมีประโยชน์มากต่อค่านอุตสาหกรรมต่าง ๆ หลังจากที่ได้นพบธาตุซอเรียมตั้งแต่ปี ค.ศ. 1828 แล้ว ซอเรียมได้ถูกนำมาใช้เป็นประโยชน์สำหรับทำให้ตะเกียงซึ่งให้แสงสว่างมากขึ้นเมื่อเวลาจุด แม้ว่าเมื่อมีกระแสไฟฟ้าใช้แล้วซอเรียมก็ยังมีบทบาทเกี่ยวกับอุตสาหกรรมหลอดไฟฟ้า โดยที่โลหะผสมของซอเรียมกับทั้งสแตนทำให้โลหะผสมนี้ง่ายต่อการยึดเป็นเส้น หลอดไฟก็มีอายุทนขึ้น และซอเรียมยังใช้ผสมกับโมลิบดีนัมใช้ทำโลหะสำหรับเชื่อม

ในทางเซรามิกส์ (Ceramics) ซอเรียมออกไซด์มีจุดหลอมตัวสูง ($3220 \pm 16^{\circ}\text{C}$.) จึงใช้สำหรับทำเบ้าหลอมและใช้ทำวัตถุทนไฟ

ซอเรียมที่บริสุทธิ์ อาจใช้เพียงเล็กน้อยในการทำกระจกชนิดพิเศษ ใช้ทำเป็นตัวเร่งในการเตรียมซิลเฟอร์ไตรออกไซด์จากซิลเฟอร์ไดออกไซด์ ทำวอเตอร์แก๊ส (water gas) อัมโมเนีย และกรดไนตริก

สำหรับประโยชน์ในทางปรมาณูเพื่อสันติ (Nuclear uses) นั้น ซอเรียมไม่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้โดยตรง แต่ถ้าให้ซอเรียม-232 จับนิวตรอนเสียก่อน แล้วหลังจากสลายตัวจะทำให้เกิดยูเรเนียม-233 จึงจะใช้เป็นเชื้อเพลิง (fissionable material) ในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู ได้ดังสมการ



ดังนั้น ยูเรเนียม -233 จึงอาจใช้เป็นเชื้อเพลิงได้สำหรับในการสร้าง power reactor เพื่อผลิตไฟฟ้า ซึ่งประเทศไทยกำลังจะสร้างขึ้น

จากประโยชน์ของธอเรียมซึ่งได้กล่าวมาแล้วนี้ และธอเรียมก็จัดว่าเป็นโลหะที่มีราคาแพง ฉะนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงได้ศึกษาหาปริมาณของธอเรียมจากแรมโมนาไซต์ซึ่งมีอยู่ตามแหล่งต่าง ๆ ใน ประเทศไทยว่ามีปริมาณมากพอที่จะดำเนินการทำเป็นอุตสาหกรรมได้หรือไม่ ผู้ศึกษาคิดว่าการศึกษาครั้งนี้คงจะเป็นประโยชน์สำหรับประเทศบางไม่มากนัก