บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการย่อยสลายแร่ด้วยกรดซัลฟูริก

จากการทดลองย่อยสลายแร่ในระดับห้องทดลอง พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการย่อยสลายมาก ยูเรเนียมจะย่อยสลายออกจากแร่ได้มากขึ้น เมื่ออุณหภูมิ สูงขึ้น ดังนั้นในการย่อยสลายแร่ยูซิไนต์ จึงควรใช้อุณหภูมิสูง ๆ (สูงกว่า 100 ^{0} ซ.)อัตราส่วนของแร่ต่อสารละลาย (Pulp - density) ควรเลือกใช้ 10 % ของแข็งเพราะจะสามารถสกัดยูเรเนียมออกได้มาก ความเข้มข้นของกรดที่ใช้ในการย่อยสลาย ควรเลือกใช้ 12.5 % H_2SO_4 เพราะเป็นความเข้มข้นที่สามารถละลายยูเรเนียมออกได้มาก ถ้าความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก มากหรือน้อยกว่านี้จะทำให้การละลายของยูเรเนียมลดลงอย่างรวดเร็ว แมงกานีสไดออกไซด์ ที่ไว้เป็นตัวออกซิแดนต์ มีความสำคัญต่อการย่อยสลายแร่ เพราะถ้าไม่ใส่แมงกานีสไดออกไซด์ในขณะย่อยสลายแร่ยูเรเนียมจะละลายได้น้อยมาก หรือบางทีไม่ละลายเลยส่วนปริมาณของตัวออกซิแดนต์ที่ใช้จะสัมพันธ์กับปริมาณของยูเรเนียมที่มีในแร่

6.2 สรุปผลการแยกยูเรเนียมให้บริสุทธิ์ โดยกระบวนการแลกเปลี่ยนอิออนแบบต่อเนื่อง

จากการทดลองจับยูเรเนียมโดยใช้เรซิน 3 คอลัมน์แบบต่อเนื่องใช้อัตราการไหล 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาทีจะสามารถผ่านสารละลายยูเรเนียม (Leach Liquor) ปริมาตรเบด (1,800 ลูกบาศก์เซนติเมตร) หรือ 18 นาที คอลัมน์แรกจะเริ่มอิ่มตัวโดยคอลัมน์ที่ 3 ยูเรเนียมหลุดไปกับสารละลายน้อยกว่า 10 เปอร์เซนต์ ของยูเรเนียมที่ป้อนเข้าระบบ แต่เวลาที่ใช้จับยูเรเนียมในวัฏจักรต่าง ๆ อาจจะแตกต่างจากนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของยูเรเนียมในสารละลายที่ป้อนเข้าระบบอัตราการไหลของสารละลายผ่านเรซินและอายุใช้งานของเรซิน ดังนั้นการใช้เครื่องมือแลกเปลี่ยนอิออนแบบต่อเนื่องชุดนี้จึงจำเป็นต้องรู้สมบัติต่าง ๆ เหล่านี้ก่อน สารละลายที่แยกยูเรเนียมออกแล้ว (Barren Solution) สามารถนำเอาไปสกัดแยกเอาทอเรียม และ อิตเตรียม (Y) ซึ่งมีอยู่มากออกมาใช้ประโยชน์ได้โดยตกตะกอนด้วยกรดออกซาลิก

การล้างเรซินด้วยกรดซัลฟูริก pH 1.4 ใช้อัตราการไหล 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที จากการทดลองพบว่า ต้องล้างเรซิน 4 ปริมาตรเบด (800 ลูกบาศก์เซนติเมตร) หรือ 8 นาที ปริมาณเหล็กจะลดลงเหลือต่ำสุด น้ำล้างเรซินหลังจากผ่านเรซินแล้วต้องเก็บไปใช้ล้างตะกอนในกระบวนการย่อยสลายแร่ เพราะในน้ำล้างเรซินในช่วงปริมาตรเบดแรก ๆ จะมียูเรเนียมปนอยู่มาก

การอีลูตยูเรเนียมออกจากเรซินด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 โมลาร์ จากการทดลองพบว่าถ้าใช้อุณหภูมิสูง ๆ จะทำให้ยูเรเนียมหลุดออกจากเรซินได้ดี แต่ไม่ควรใช้อุณหภูมิสูงกว่า 60° ซ. เพราะเรซินจะหลอมติดกันที่อุณหภูมิสูงกว่า 60° ซ. การทดลองพบว่าถ้าใช้อัตราการไหลน้อย ๆ จะทำให้ยูเรเนียมออกจากเรซินได้มาก จากผลการทดลองจึงเลือกใช้อัตราการไหล 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที อุณหภูมิ 60° ซ. ใช้การอีลูต 4ปริมาตรเบด (800 ลูกบาศก์เซนติเมตร) หรือ 16 นาที

จากการทดลองแยกยูเรเนียมให้บริสุทธิ์โดยกระบวนการแลกเปลี่ยนอิออนจะใช้เวลาในช่วงจับยูเรเนียม (Adsorption) 8 นาที แต่ใช้เวลาล้างเรซินและอีลูตรวมกัน 24 นาที - ดังนั้นควรขยายช่วงจับยูเรเนียมให้นานขึ้นโดยลดความเข้มข้นของยูเรเนียมในการละลายที่ป้อนเข้าระบบโดยการล้างตะกอนในช่องย่อยสลายแร่ให้มากขึ้น

6.3 สรุปผลการเพิ่มความบริสุทธิ์ ของยูเรเนียมโดยกระบวนการสกัดด้วยไดรออกทิลเอมีน

จากการศึกษาคุณสมบัติในการสกัด พบว่าไดรออกทิลเอมีนใช้เวลาสกัดและสตริปจนอิ่มตัวอย่างน้อยประมาณ 20 วินาที อัตราของการแยกชั้นของชั้นสกัดจะนาน (50 วินาที) ทั้งนี้เพราะเมื่อยูเรเนียมละลายเข้าไปในเอมีนจะทำให้ความหนาแน่นของเอมีนสูงขึ้นจึงทำให้มีความหนาแน่นใกล้เคียงกับน้ำมากขึ้น ส่วนในการสตริปจะใช้เวลาแยกชั้นน้อยกว่าทั้งนี้เพราะยูเรเนียมละลายกลับลงมาในชั้นน้ำทำให้สารละลายชั้นน้ำ มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น จึงทำให้ความหนาแน่นระหว่างชั้นสารละลายเอมีนและชั้นน้ำแตกต่างกันมากจึงทำให้สารละลายทั้งสองแยกชั้นได้ง่าย

จากเส้นสมดุล ของการสกัดในรูป 5.14 จะเห็นว่าสารละลาย ไดรออกทิลเอมีน เริ่มอิ่มตัวที่ความเข้มข้น 5.5 กรัมยูเรเนียมต่อลิตร ดังนั้นจึงเหมาะใช้สกัดยูเรเนียมสารละลายที่มีความเข้มข้นของยูเรเนียมต่ำประมาณ 5 - 6 กรัม ยูเรเนียมต่อลิตร

6.4 ข้อเสนอแนะในการทำยูเรเนียมให้บริสุทธิ์โดยกระบวนการแลกเปลี่ยนอิออนแล้วตามด้วยกระบวนการสกัดด้วยเอมีน

วิธีการทำยูเรเนียมให้บริสุทธิ์โดยกระบวนการนี้ เหมาะกับสารละลายยูเรเนียม (Leach-Liquor) ที่มีความเข้มข้นของยูเรเนียมต่ำ ๆ เพราะสามารถใช้กับกระบวนการแลกเปลี่ยน เพื่อเพิ่ม

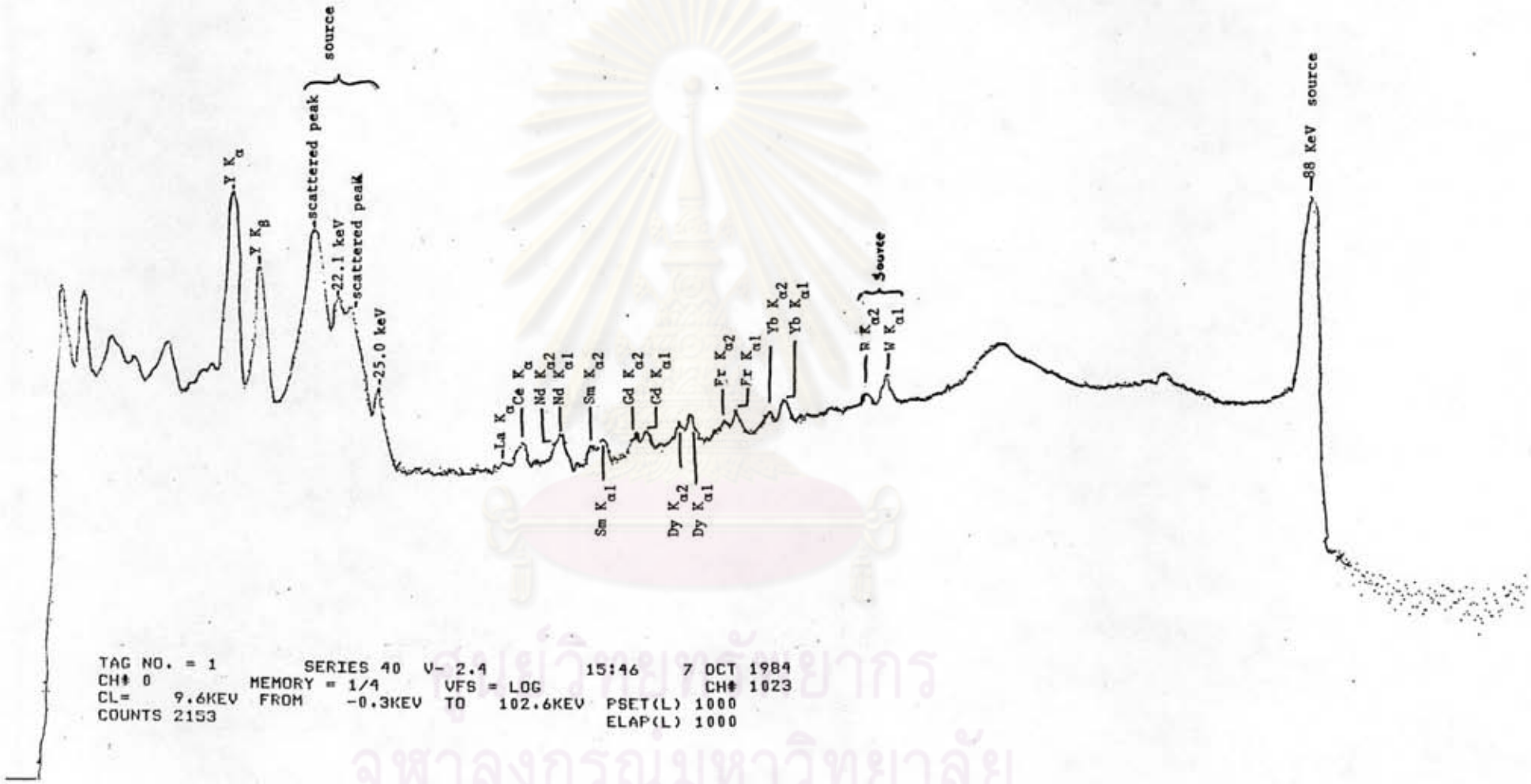
ความเข้มข้นของยูเรเนียมก่อนผ่านกระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลาย ในกระบวนการสกัดด้วยเอมีน ควรเพิ่มจำนวน Stage ในการสครีปให้มากขึ้น (4 - 5 Stages) เพื่อเพิ่มความบริสุทธิ์ของยูเรเนียม ควรให้จำนวน Stage ในการสกัด สครับ และ สครีป 7, 4, และ 4 Stages ตามลำดับ

6.5 ข้อเสนอแนะของการตกตะกอนยูเรเนียม

การตกตะกอนยูเรเนียมควรใช้ก๊าซแอมโมเนีย แทนสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ เพราะจะทำให้ปริมาตรของสารละลายที่ได้หลังจากตกตะกอนน้อนลงจะทำให้ยูเรเนียมสูญเสียไปกับสารละลายลดลง ก๊าซแอมโมเนียที่ใช้ควรผสมก๊าซไนโตรเจนลงไปด้วย เพื่อลดความเข้มข้นของแอมโมเนีย โดยผสมให้มีแอมโมเนียมประมาณ 25 - 35 % เมื่อแยกตะกอนแอมโมเนียม ไดยูเรเนต จะต้องล้างตะกอนด้วยสารละลาย 1 % NH_4OH 3 - 4 ครั้งเพื่อลดซัลเฟต และโบรอน

6.6 ข้อเสนอแนะในการนำ Barren Solution จากกระบวนการแลกเปลี่ยนอิออนไปตกตะกอน แยก Rare earth โดยใช้กรด ออกซาลิก จากการนำตะกอนที่ได้ไปวิเคราะห์จะเห็นว่ามีอิต เตรียมในปริมาณค่อนข้างสูงดังแสดงในรูปที่ 6.1 จึงจะสามารถแยกนำไปใช้ประโยชน์เพื่อเป็นผลพลอยได้ในกระบวนการผลิต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.1 แสดงสเปคตรัม (Spectrum) จากการวิเคราะห์ตะกอนออกซาเลตที่แยกออกจาก Barren Solution ของกระบวนการแลกเปลี่ยนอิออน