

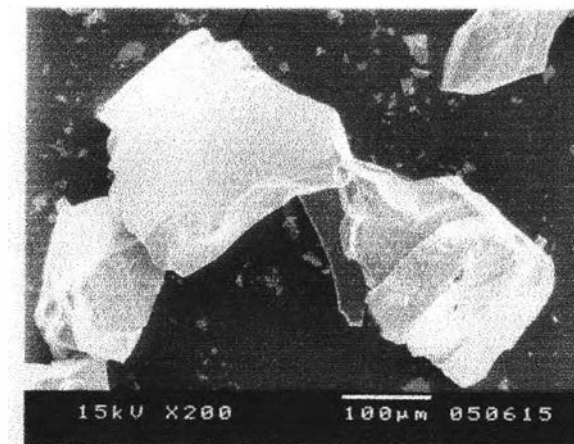


## บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

### ผลการวิเคราะห์

#### 4.1 การศึกษาลักษณะทางกายภาพ (Physical Properties) และองค์ประกอบทางเคมี (Chemical Properties) ของกากตะกอนจากการหลอมเหล็ก

กากตะกอนจากการหลอมเหล็ก มีลักษณะคล้ายเม็ดทราย มีสีขาวขุ่น พื้นที่ผิวและขนาดรูพรุนซึ่งวิเคราะห์วิธี Gas Adsorption BET method จากเครื่อง Accelerated Surface Area and Porosimetry System (ASAP 2000, USA) มีค่าประมาณ 1.67 ตารางเมตรต่อกรัม กากตะกอน รูพรุนหรือโพรงมีขนาดตั้งแต่ 20 อังสตรอม(A) จนถึง 800 อังสตรอม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่โรงงานถลุงเหล็กระบุพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมาก จึงได้สอบถามไปยังโรงงาน (Interview with M.D. Connell, Work Technical Manager of Appleby Calumite Limited, 14 January 2001)พบว่าอาจมาจากกระบวนการ Quenching ซึ่งหากน้ำในการ Quenching ขาดไปจะทำให้รูพรุน(เกิดจากก๊าซภายในขยายตัวอย่างรวดเร็ว) น้อยลง ทำให้ค่าที่ได้แตกต่างกัน เมื่อพิจารณารูปร่างจากเครื่อง Scanning Electron Microscopy (SEM) แสดงดังรูป 4.1 พบว่า รูพรุนภายในมีน้อยมาก ซึ่งสอดคล้องกับค่าพื้นที่ผิวที่วิเคราะห์ได้



รูปที่ 4.1 แสดงภาพกากตะกอนจากการหลอมเหล็กจากห้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่กำลังขยาย 200 เท่า

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ทางเคมี (Chemical Composition) จากเครื่อง X-Ray Diffraction แสดงค่าดังตาราง

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าองค์ประกอบทางเคมีของกากตะกอนจากการหลอมเหล็ก X-Ray Diffraction

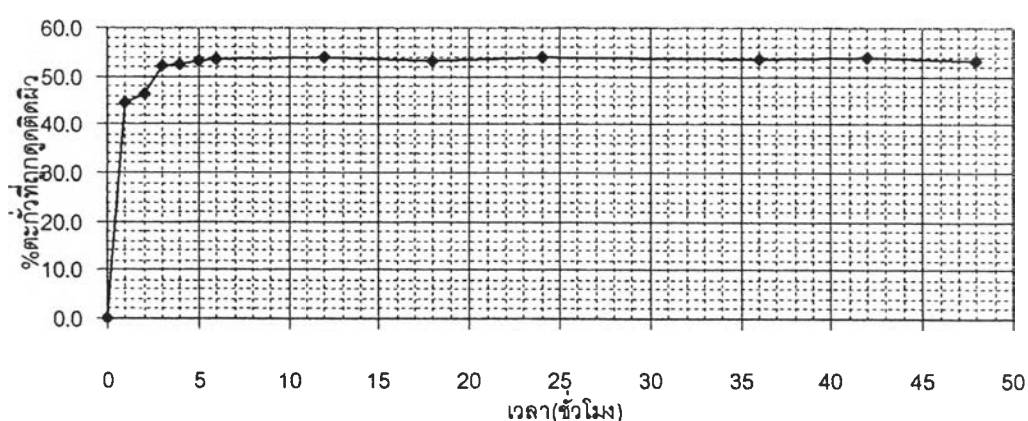
ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
CaO	42.23
SiO <sub>2</sub>	34.25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.02
MgO	7.04
K <sub>2</sub> O	0.47
Na <sub>2</sub> O	0.22
MnO	0.37
Ti <sub>2</sub> O	0.59
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.29
S <sup>2</sup>	0.887
SO <sub>3</sub>	0.10
C	0.06

พบว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นออกไซด์ของแคลเซียมและซิลิกา รวมกันแล้วกว่า 70 เปอร์เซ็นต์

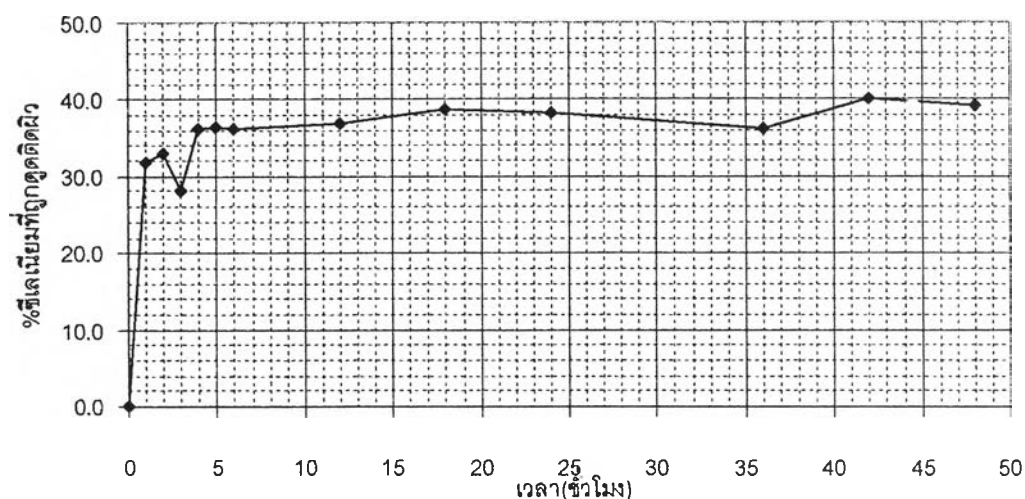
#### 4.2 ผลของการหาเวลาที่ใช้ที่สภาวะสมดุลของการกำจัดตะกั่วและซีเลเนียมต่อกากตะกั่วจากการหลอมเหล็ก

การทดลองหาเวลาที่ใช้ที่สภาวะสมดุลของการกำจัดตะกั่วและซีเลเนียมบนกากตะกั่วจากการหลอมเหล็ก โดยการใช้กากตะกั่วจากการหลอมเหล็กหนัก 1.5 กรัม เติมน้ำในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีตะกั่ว หรือซีเลเนียมความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร เติมนสารละลายโซเดียมอะซิเตท 0.01 โมลาร์ ปริมาตร 5 เป็นปริมาณ 50 มิลลิลิตร แล้วนำไปเขย่า ด้วยความเร็ว 125 รอบต่อนาที จากนั้นจึงทำการเก็บตัวอย่างน้ำ หลังทำการเขย่าแล้ว 1 ,2 ,3 ,4 ,5 , 6 ,12 ,18 ,24 ,36 ,42 ,48 ชั่วโมง แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเมมเบรน เอาเฉพาะน้ำใส ทำการวิเคราะห์ หาปริมาณตะกั่วและซีเลเนียมที่เหลืออยู่ในสารละลายนั้น

จากผลการทดลองแสดงดังตารางที่ ผ1 และแสดงดังรูป 4.2 และ 4.3 พบว่าปริมาณตะกั่วหรือซีเลเนียมจะลดลงอย่างรวดเร็วใน 1 ชั่วโมงแรกของการทดลอง แล้วหลังจากนั้นความเข้มข้นของตะกั่วและซีเลเนียมจะค่อย ๆ ลดลง จนค่อนข้างคงที่ภายหลังเขย่าแล้วประมาณ 5 ชั่วโมง ซึ่งมีความสอดคล้องกับการทดลองของ Lopaz (1998) สำหรับเวลาที่ใช้ที่สภาวะสมดุลของตะกั่ว แต่สำหรับซีเลเนียมเมื่อเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ที่สภาวะสมดุลของตัวกลางที่เป็นทรายเคลือบอลูมินาออกไซด์ (Kuan, 1998) พบว่านานกว่าประมาณ 2 ชั่วโมง



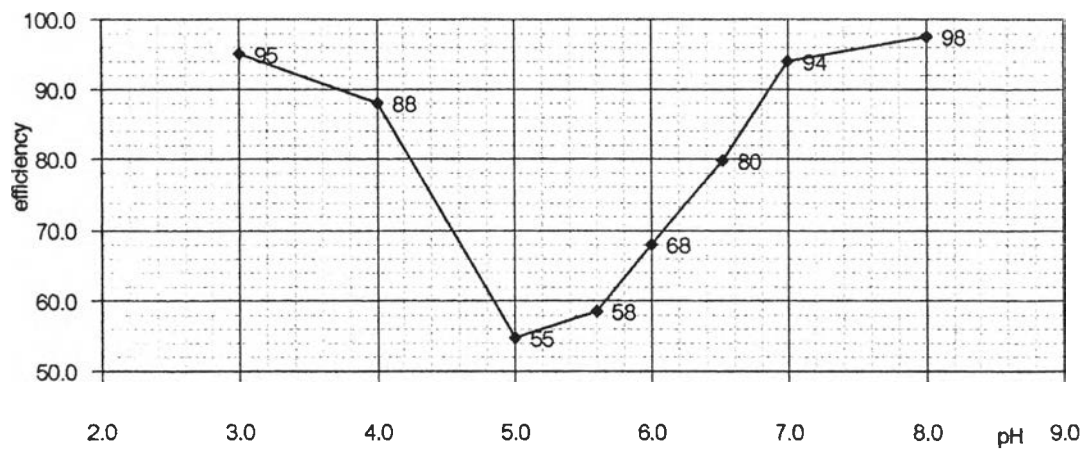
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการเขย่าและร้อยละของการดูดซับของตะกั่วบนกากตะกั่วจากการหลอมเหล็ก



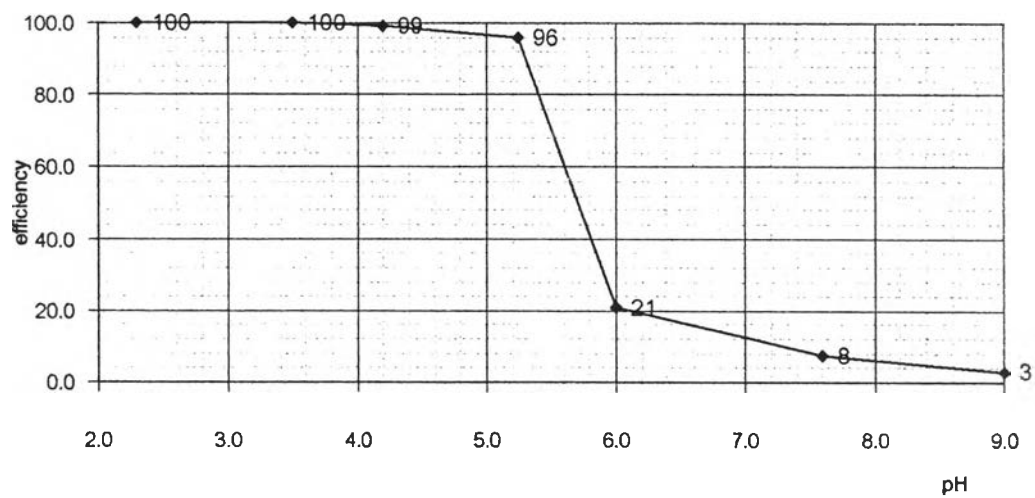
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการเขย่าและร้อยละของการดูดติดผิวของซีเลเนียมบนกากตะกอนจากการหลอมเหล็ก

#### 4.3 การศึกษาผลกระทบของพีเอช (pH) ต่อการกำจัดตะกั่วและซีเลเนียมของกากตะกอนจากการหลอมเหล็ก

การทดลองจะใช้ตะกั่วและซีเลเนียมที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 10 มก/ลิตร ในการทดสอบประสิทธิภาพการกำจัดโดยใช้กากตะกอนจากการหลอมเหล็ก 1.5 กรัม ปริมาตรน้ำตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร ความเร็วรอบในการเขย่า 125 รอบต่อนาที โดยใช้เวลาในการเขย่าซึ่งได้จากการทดลองที่ 4.2 คือ 5 ชั่วโมง ทั้งสำหรับตะกั่วและซีเลเนียม โดยใช้สารละลายโซเดียมอะซิเตท 0.01 โมลาร์ เป็นสารละลายบัฟเฟอร์ และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์และกรดไนตริก ในการปรับพีเอช ตั้งแต่ 5-8 สำหรับตะกั่ว และ 2-9 สำหรับซีเลเนียม ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ ๒ และรูปที่ 4.4 และ รูปที่ 4.5



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์พีเอชและร้อยละของการดูดติดผิวของตะกั่วบนกากตะกักรับจากการหลอมเหล็ก



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์พีเอชและร้อยละของการดูดติดผิวของซีเลเนียมบนกากตะกักรับจากการหลอมเหล็ก

### วิเคราะห์ผลของพีเอชต่อการกำจัดตะกั่ว

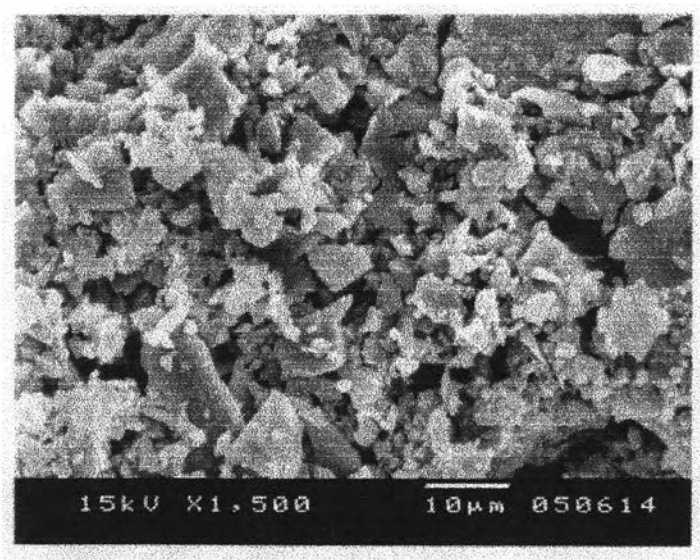
พบว่า ช่วงพีเอชมากกว่า 5 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของกากตะก้นจากการหลอมเหล็กจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อพีเอชเพิ่มขึ้น แต่ที่พีเอชน้อยกว่า 5 ประสิทธิภาพกลับเพิ่มขึ้นอีกครั้ง และที่พีเอชเท่ากับ 5 ประสิทธิภาพในการกำจัดจะน้อยที่สุด ซึ่งสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ว่า

พีเอชมากกว่า 5 กากตะก้นจากการหลอมเหล็กผิวหน้าที่สัมผัสกับน้ำจะฟอร์มตัวในรูปไฮดรอกซิลรูป น้ำมีตะกั่วไอออนอยู่จะเกิดการดูดติดที่ผิวหน้าของกากตะก้นโดยกากตะก้นที่สูญเสียโปรตอนจะประพติดตัวเหมือนเบสตามกฎของลิวอิส และประจุบวก(ไอออนตะกั่ว) จะประพติดตัวแบบ Competitive Complex Formation ซึ่งเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้น หมายถึง ไฮโดรเนียมไอออนมีน้อยลง การแข่งการดูดติดของตะกั่วบนกากตะก้น กับไฮโดรเนียมไอออนจะน้อยลงด้วย ดังนั้น ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วจึงเพิ่มขึ้น เมื่อพีเอชเพิ่มขึ้น (Stumm, 1991)

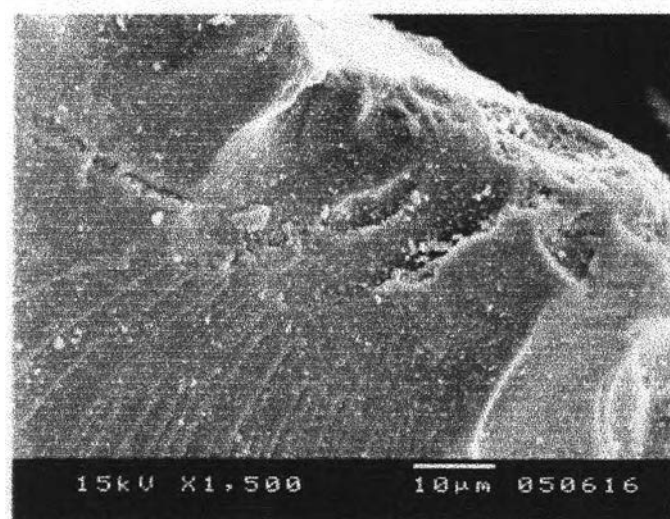
พีเอชน้อยกว่า 5 จากกราฟจะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และหากพีเอชน้อยลง ประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วจะเพิ่มขึ้น และขณะทดลองพบว่าที่พีเอชต่ำกว่า 5 เมื่อเติมกากตะก้นลงไปใต้น้ำเสียสังเคราะห์ จะเกิดการทำปฏิกิริยาเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ขึ้น และกากตะก้นจะเปลี่ยนเป็นสีดำ ซึ่งวิเคราะห์ผลการทดลองได้ว่า ตะกอนที่เกิดขึ้นจะเป็นตะกอนของตะกั่วซัลไฟด์ เนื่องจาก PbS มีค่า  $pK_{so} = 27$  (Snoeyink และ Jenkins, 1980) ดังนั้น การละลายของ PbS ที่ 25 องศาเซลเซียสจะมีค่าเท่ากับ  $4.38 \times 10^{-9}$  mg/l ซึ่งน้อยมาก (ไม่คิดผลของความแรงไอออน) และเมื่อพิจารณาองค์ประกอบกากตะก้น พบว่ามี  $S^{2-}$  0.887 % การทดลองใช้กากตะก้น 1.5 กรัม ดังนั้นจะมี  $S_2$  ประมาณ 13.33 mg จะสามารถตกตะกอน PbS ได้ถึง 44.25 กรัม (จากสมการเคมีการตกตะกอน)



ซึ่งการเกิดปฏิกิริยานี้จะขึ้นอยู่กับสมการ 4.2 Stumm and Morgan(1996) รายงานว่า ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา (K) จะมีค่าไม่แน่นอน ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดการเกิดการตกตะกอนของโลหะซัลไฟด์ และเมื่อนำกากตะก้นหลังการกำจัดตะกั่วไปส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แสดงดังรูป 4.6 ซึ่งจะมีลักษณะแตกต่างกันระหว่างการดูดติดผิวที่พีเอชมากกว่า 5 และ การตกตะกอนซัลไฟด์ที่พีเอชน้อยกว่า 5 โดยที่พีเอชต่ำกว่า 5 จะมีลักษณะเป็นตะกอนขนาดเล็ก แยกออกจากกากตะก้น



กากตะกอนที่พีเอช 3



กากตะกอนที่พีเอช 7

รูปที่ 4.6 แสดงรูปกากตะกอนจากกลีงจุลทรรศน์อิเล็กตรอนหลังผ่านการบำบัดจากน้ำเสียตะกั่วสังเคราะห์ที่พีเอช 3 และพีเอช 7

ซึ่งจากผลการทดลองนั้นสอดคล้องกับการทดลองของ Srivastava(1997) ที่พบว่า Activated Blast Furnace Slag สามารถกำจัดตะกั่วได้ดีที่พีเอชมากกว่า 4 และจะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้น เมื่อพีเอชลดลง ประสิทธิภาพจะลดลงเรื่อย ๆ ที่พีเอช 1 จะมีประสิทธิภาพต่ำสุด ซึ่งค่าที่ได้ขัดแย้งกันที่พีเอชต่ำ ๆ Activated Slag จะไม่สามารถกำจัดตะกั่วได้ที่พีเอชต่ำ ซึ่งคิดว่าผลของการ Activated ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วที่พีเอชต่ำ ๆ ลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลของการทดลองของ Yamashita พบว่ากากตะกั่ว สามารถกำจัดตะกั่วได้ที่พีเอช 2 ด้วยเช่นกัน

เนื่องจากการวิจัยนี้จะเน้นการศึกษาการดูดติดผิวของกากตะกั่ว ดังนั้น การศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้น , ปริมาณกากตะกั่ว, ไอโซเทอมการดูดติดผิว จะทดลองที่พีเอชตั้งแต่ 5-8

#### ผลของพีเอชต่อการกำจัดซีเลเนียม

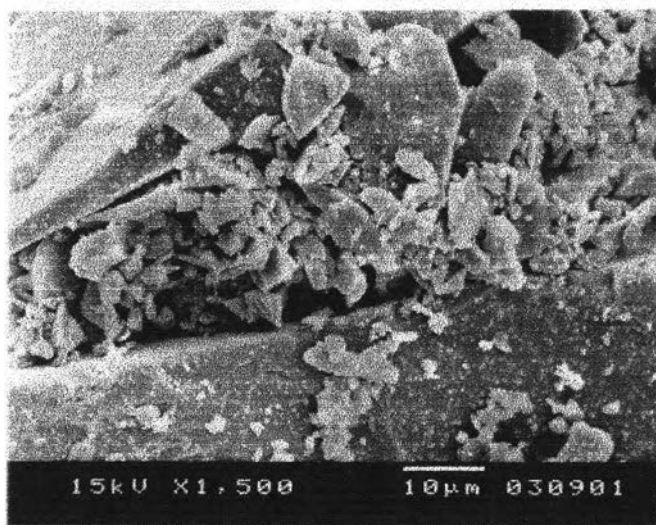
พบว่า เมื่อประสิทธิภาพการกำจัดซีเลเนียมจะแปรผกผันกับพีเอช กล่าวคือ เมื่อพีเอชเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดซีเลเนียมของกากตะกั่วจะลดลง โดยจุดที่พีเอชระหว่าง 5-6 ประสิทธิภาพจะลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่ง เป็นปรากฏการณ์การดูดติดผิวบน Oxide surface เช่นเดียวกับการดูดติดผิวตะกั่ว แต่ปรากฏการณ์จะตรงกันข้ามกล่าวคือเกิดจากการประพุดิตัวแบบ Competitive Complex Formation ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Leckie (1980) อ้างถึงใน David and Kent (1990) ได้ศึกษาผลของการดูดติดผิวของซีเลไนท์ และซีเลเนต บน Ferrihydrite ได้อธิบายถึงปรากฏการณ์การกำจัดซีเลเนียมว่า เกิดจาก Competitive Complex Formation ทั้งในลักษณะของ Outer-Sphere Complex และการแลกเปลี่ยนโปรตอน (Protonated surface exchange)

และจากการทดลองที่พีเอชต่ำกว่า 5 จะเกิดการทำปฏิกิริยาเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ขึ้น และเกิดตะกอนสีเหลืองของซีเลเนียมซัลไฟด์ Webelements(2002) แยกออกจากการตะกั่วได้โดยง่าย ลักษณะของกากตะกั่วจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่พีเอชต่ำกว่า 5 และพีเอชมากกว่า 5 แสดงดังรูป 4.7

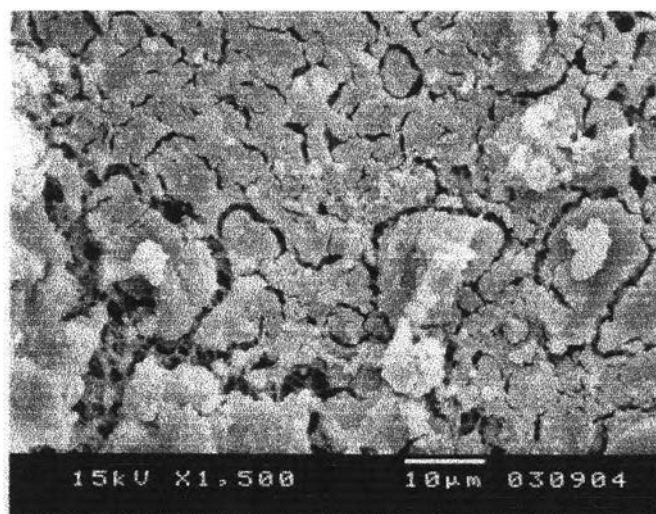
ดังนั้น การศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้น , ปริมาณกากตะกั่ว, ไอโซเทอมการดูดติดผิว ของซีเลเนียมบนกากตะกั่ว จะทดลองที่พีเอชในช่วง 4-8



เมื่อพิจารณา point of zero charge อ้างถึงใน Lopez(1998) มีค่าเท่ากับ 3.31 ซึ่งจากการทดลองควรจะอยู่ประมาณ 5-6 ความแตกต่างกันอาจมาจากการที่ช่วง พีเอช 3-4 การกำจัดโลหะหนักของซีเลเนียมจะเป็นการตกตะกอนทางเคมี



กากตะกอนที่พีเอช 7

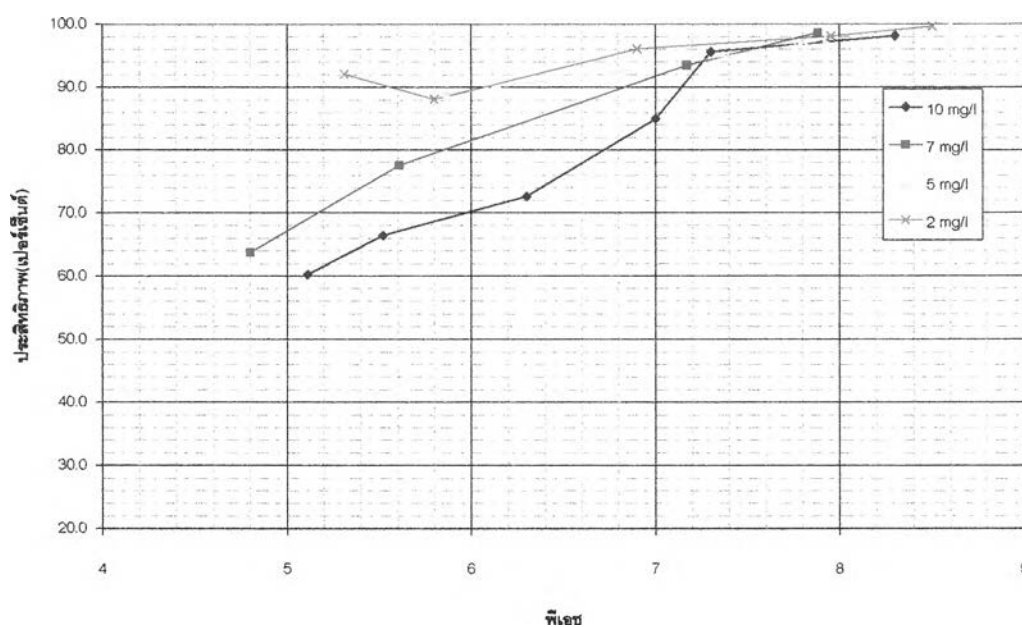


กากตะกอนที่พีเอช 3

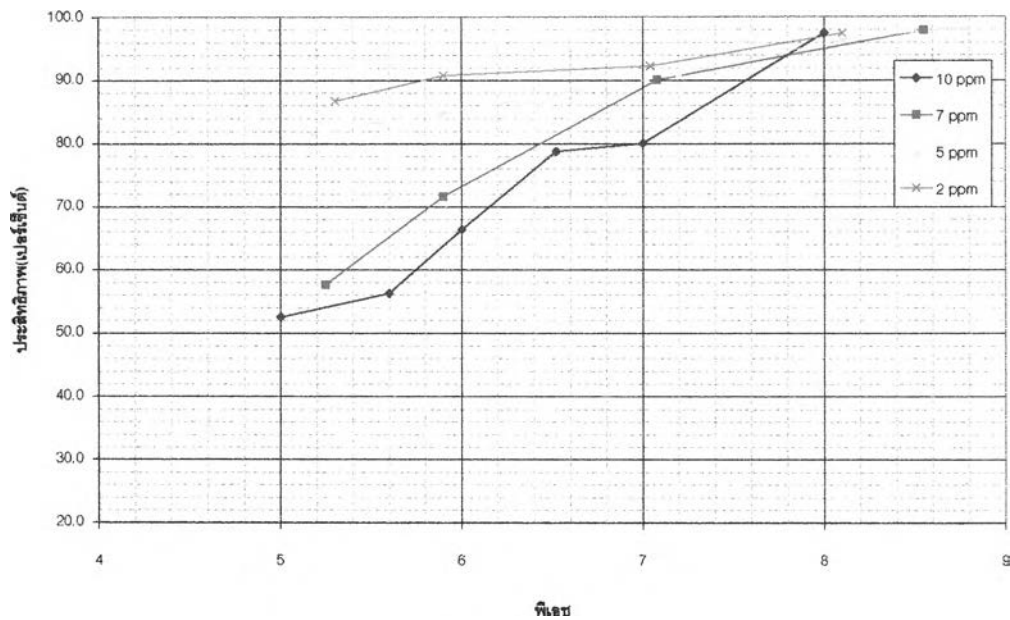
รูปที่ 4.7 แสดงรูปกากตะกอนจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนหลังผ่านการบำบัดจากน้ำเสียซีเลเนียมสังเคราะห์ที่พีเอช 3 และ พีเอช 7

#### 4.4 การศึกษาผลของปริมาณกากตะกอน,ความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกัวและซีเลเนียม ใน น้ำเสียสังเคราะห์ต่อการดูดติดผิว

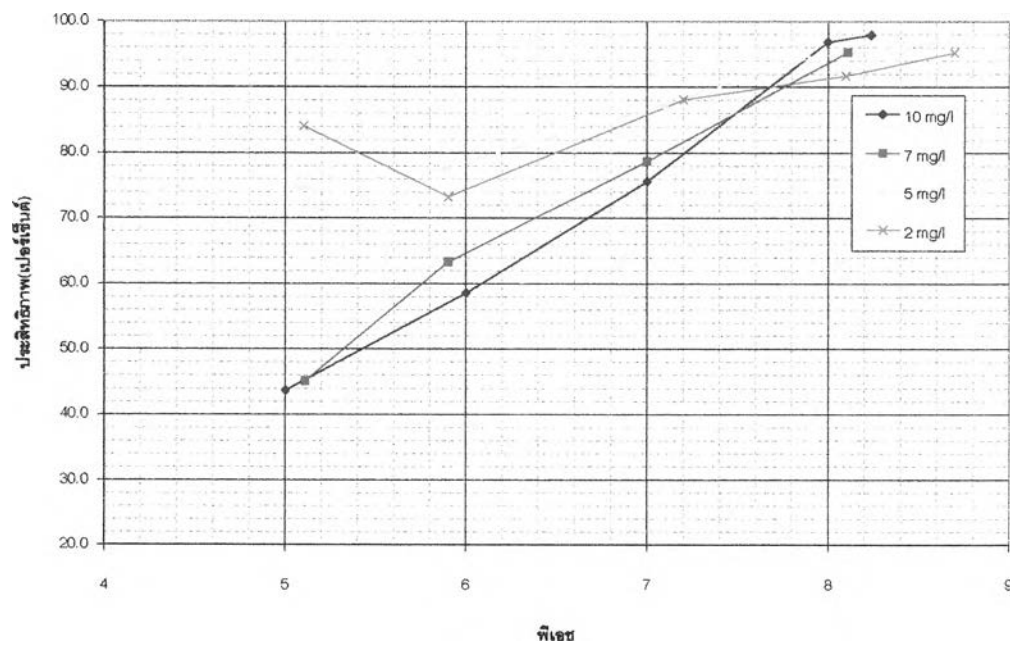
การทดลองนี้จะใช้ตะกัวและซีเลเนียม น้ำเสียสังเคราะห์เป็นปริมาณ 50 มิลลิลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 , 7 , 5 , 2 มิลลิกรัมต่อลิตร การทดสอบการดูดติดผิวบนกากตะกอนจากการหลอมเหล็ก เป็นปริมาณ 1%,2%,3%และ 4% น้ำหนักต่อปริมาตร ความเร็วรอบของการเขย่า 125 รอบต่อนาที โดยใช้เวลาในการเขย่า 5 ชั่วโมง ใช้สารละลายโซเดียมอะซิเตทเป็นสารละลายบัฟเฟอร์ 0.01 โมลาร์ และใช้กรดไนตริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในการปรับพีเอชตั้งแต่ 5-8 สำหรับตะกัว และ 4-8 สำหรับซีเลเนียม ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ ผ 3 – ผ 10 และรูปที่ 4.8 ถึง 4.14



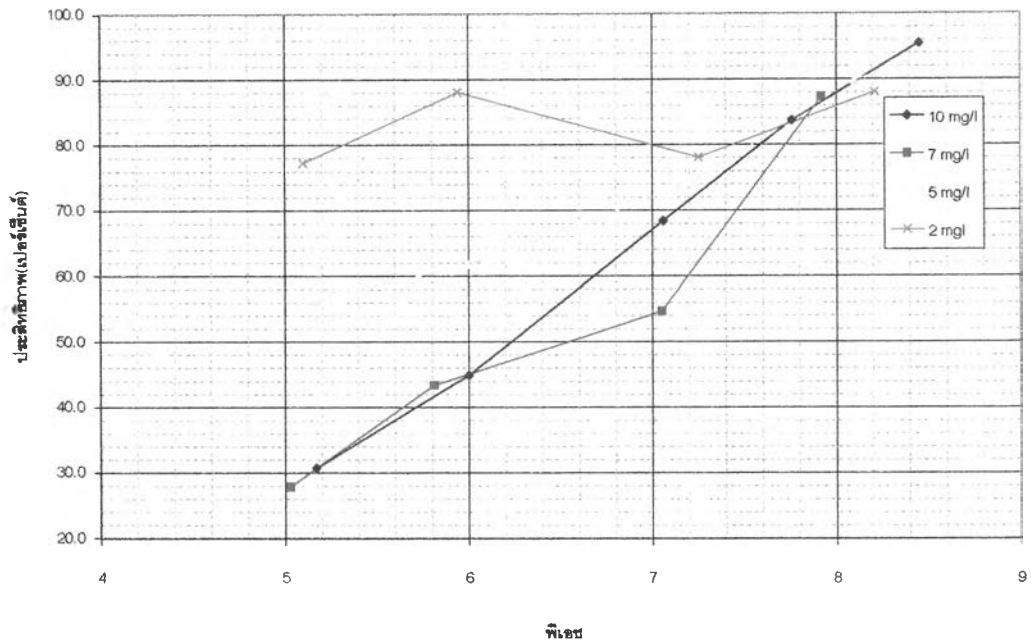
รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดตะกัว ที่ปริมาณกากตะกอน 2 กรัม ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10, 7, 5, 2 มิลลิกรัมต่อลิตร



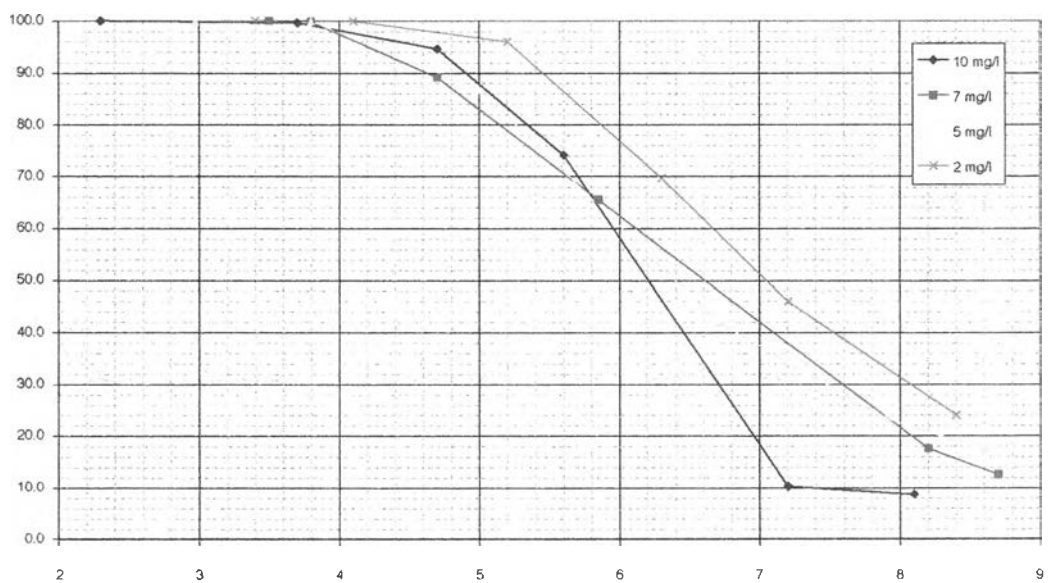
รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว ที่ปริมาณกากตะกั่ว 1.5 กรัม ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10, 7, 5, 2 มิลลิกรัมต่อลิตร



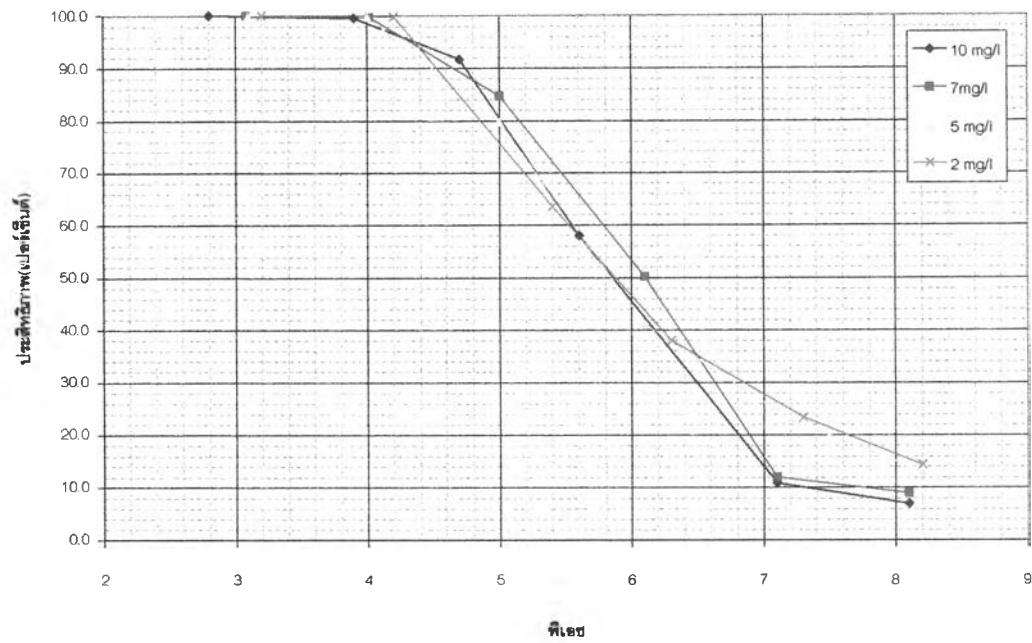
รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว ที่ปริมาณกากตะกั่ว 1 กรัม ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10, 7, 5, 2 มิลลิกรัมต่อลิตร



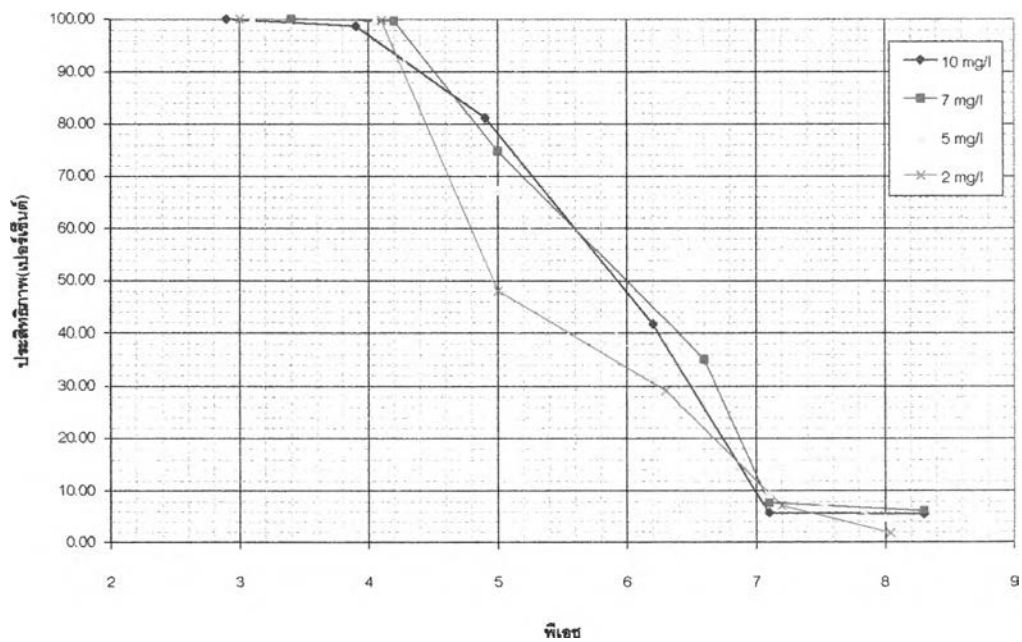
รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว ที่ปริมาณกากตะกั่ว 0.5 กรัม ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10, 7, 5, 2 มิลลิกรัมต่อลิตร



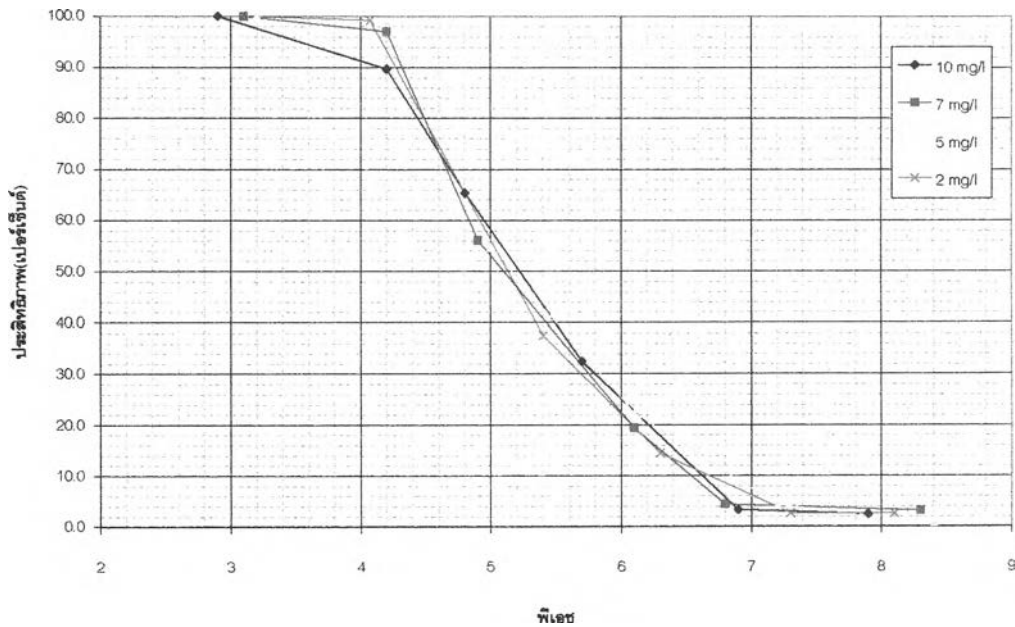
รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดซีเลเนียม ที่ปริมาณกากตะกั่ว 2 กรัม ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10, 7, 5, 2 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดซีเลเนียมที่ปริมาณกากตะกอน 1.5 กรัมที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10,7,5,2 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดซีเลเนียมที่ปริมาณกากตะกอน 1.0 กรัม ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10, 7, 5, 2 มิลลิกรัมต่อลิตร



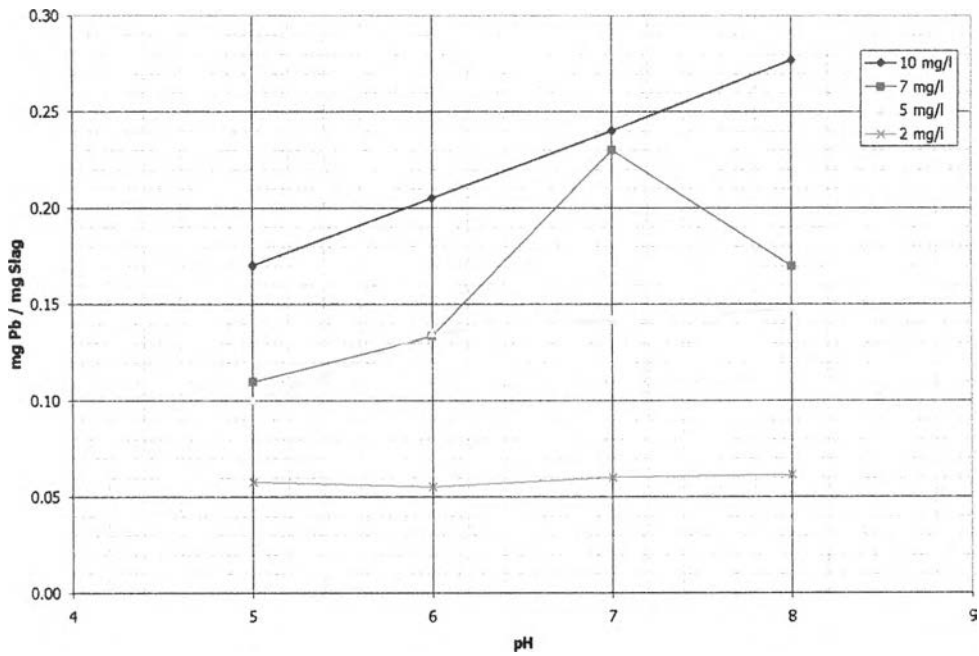
รูปที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดซีเลเนียมที่ปริมาณกากตะกอน 0.5 กรัม ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10, 7, 5, 2 มิลลิกรัมต่อลิตร

#### ผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่วและซีเลเนียม

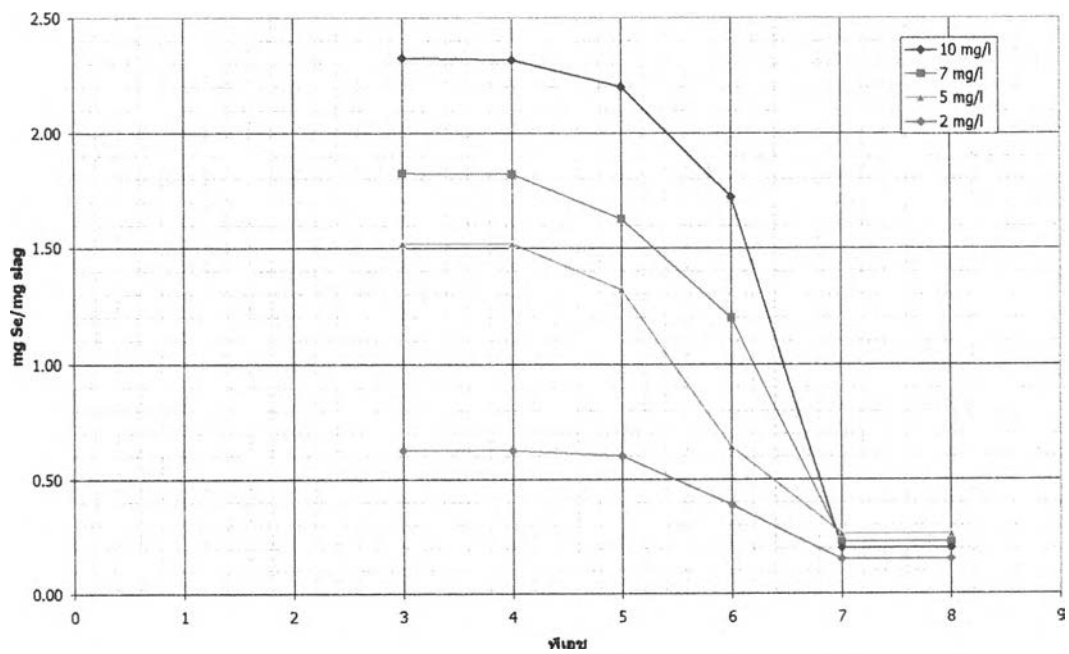
จากกราฟ 4.8 ถึง 4.11 พบว่าประสิทธิภาพการดูดซับของตะกั่วที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ ปริมาณตะกั่วที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร, 7 มิลลิกรัมต่อลิตร และต่ำสุดที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีประสิทธิภาพของการดูดซับต่ำสุด ซึ่งจะพบว่าประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นเริ่มต้น และจากกราฟ 4.12 ถึง 4.15 ประสิทธิภาพการดูดซับของซีเลเนียมที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตรมีค่าสูงสุดและประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นเริ่มต้น รองลงมาคือ ปริมาณซีเลเนียมที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร, 7 มิลลิกรัมต่อลิตรและต่ำสุดที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตรเช่นเดียวกับตะกั่ว

ซึ่งเมื่อพิจารณาแต่เมื่อพิจารณาปริมาณตะกั่ว/ซีเลเนียมที่ถูกดูดซับต่อมวลของตัวดูดซับแสดงดังรูปที่ 4.16 และ รูปที่ 4.17 จะพบว่า ที่ปริมาณความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตรจะมีปริมาณตะกั่ว/ซีเลเนียมที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักของกากตะกอนต่ำสุด และจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่ว/ซีเลเนียม ดังนั้น อัตราส่วนของปริมาณตะกั่วที่ถูกดูดซับต่อมวลของตัวดูดซับจะเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของตะกั่วและซีเลเนียมเริ่มต้นเพิ่มขึ้น ณ พีเอชค่าหนึ่ง สาเหตุที่

ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว/ซีเลเนียม ลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นเริ่มต้นขึ้น เนื่องมาจากที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่วและซีเลเนียมต่ำ ปริมาณของพื้นที่ที่ใช้ในการดูดติดผิวมีมาก เมื่อเทียบกับปริมาณของตะกั่ว/ซีเลเนียม เมื่อความเข้มข้นของตะกั่วหรือซีเลเนียมเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ที่ใช้ในการดูดติดผิวกับปริมาณตะกั่วหรือซีเลเนียมน้อยลง เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วหรือซีเลเนียมลดลง ส่วนสาเหตุที่ปริมาณตะกั่วหรือซีเลเนียมที่ถูกดูดติดผิวต่อมวลของตัวดูดซับอยู่มีค่ามากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของตะกั่วและซีเลเนียมเพิ่มขึ้น เนื่องจาก ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่วหรือซีเลเนียมสูง จะมีปริมาณของตะกั่วหรือซีเลเนียมมาก ซึ่งจะมีโอกาสในการสัมผัสกับภาคตะกั่วและเกิดการดูดติดผิวได้มากกว่าในกรณีที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่วหรือซีเลเนียมต่ำ



รูปที่ 4.16 แสดงความหนาแน่นของการดูดติดผิวของตะกั่ว ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่าง ๆ

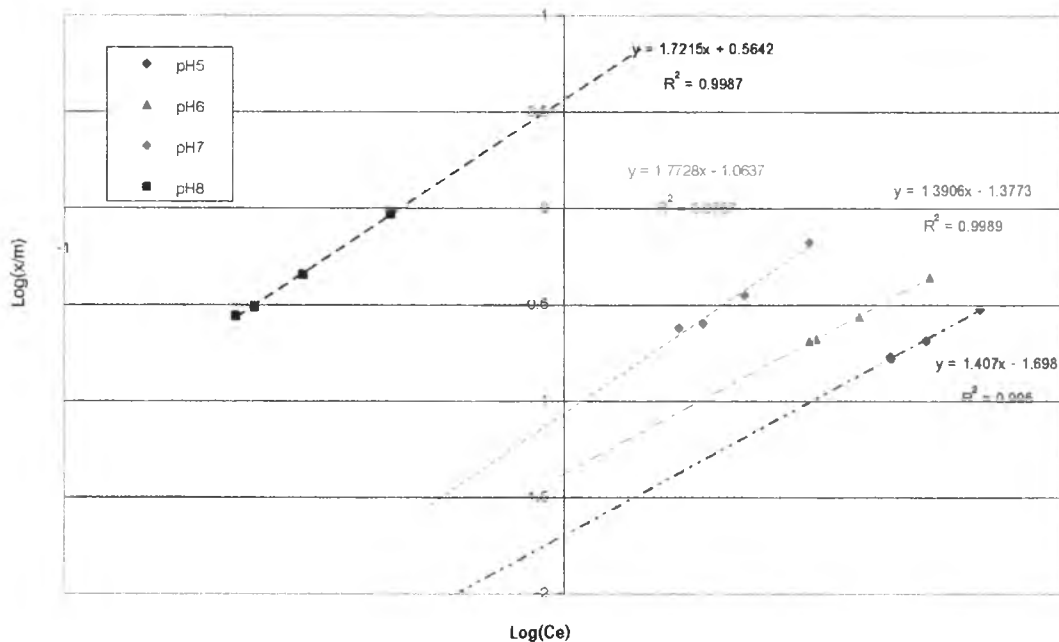


รูปที่ 4.17 แสดงความหนาแน่นของการดูดติดผิวของซีเลเนียม ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่าง ๆ

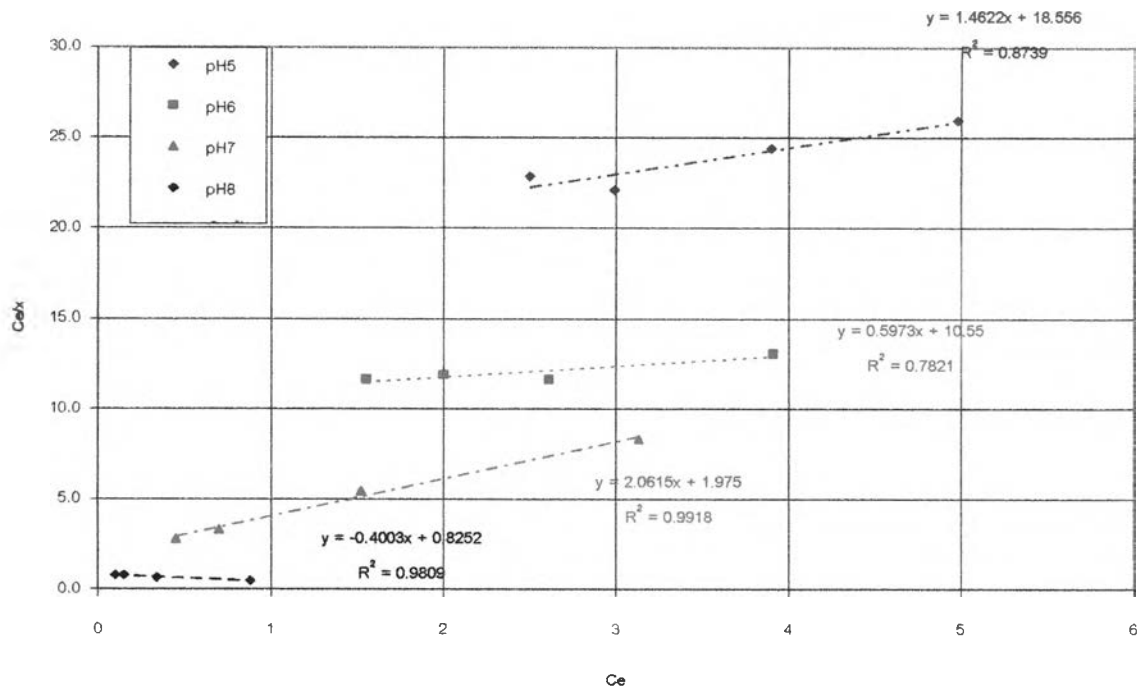


#### 4.5 การศึกษาไอโซเทอมของการดูดติดผิว(Adsorption Isotherm) ของกากตะกอนต่อตะกั่ว และซีเลเนียม ณ ค่าพีเอชต่าง ๆ

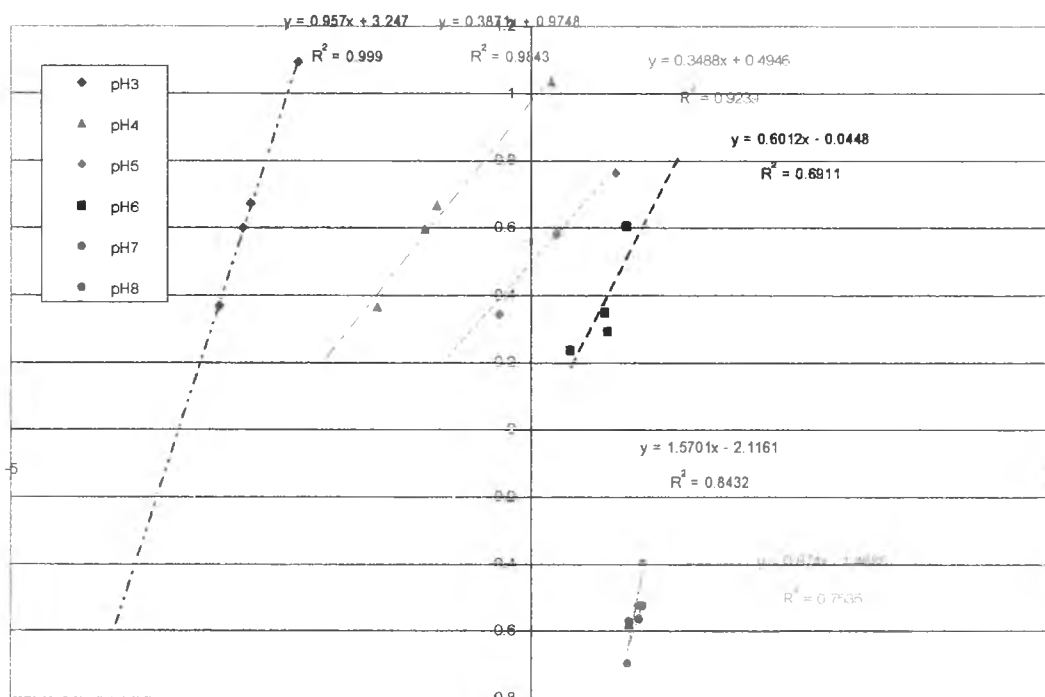
การหาไอโซเทอมของการดูดติดผิวของกากตะกอนต่อตะกั่วและซีเลเนียม จะนำผลการเดียวกับข้อ 4.4 คือที่ความเข้มข้นของตะกั่ว และ ซีเลเนียมเริ่มต้น 10, 7, 5, 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่ปริมาณกากตะกอน 1, 2, 3, 4 เปอร์เซ็นต์ นำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบแลงมัวร์ และ ไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิช ผลการวิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 4.18 – 4.21



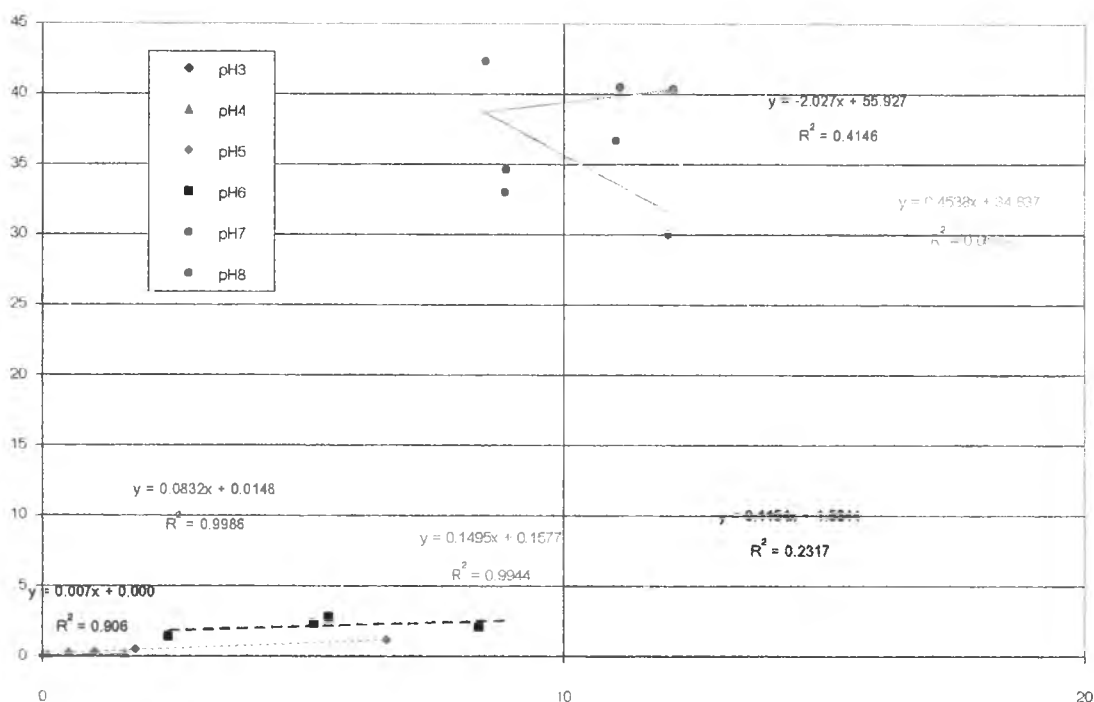
รูปที่ 4.18 แสดงฟรุนดลิช ไอโซเทอมของตะกั่วที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.19 .แสดงแลงมัวร์ไอโซเทอมของตะกั่วที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.20 แสดงพรุนดลชีไอโซเทอมของซีเลเนียมที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.21 .แสดงแลงมัวร์ไอโซเทอมของซีเลเนียมที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากกราฟการหาไอโซเทอมการดูดติดผิวของตะกั่วที่ช่วงความเข้มข้น 10 , 7 , 5 , 2 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ไอโซเทอมการดูดติดผิวของตะกั่วเป็นไปตามฟรอนดลิช ไอโซเทอม ซึ่งมีค่าคงที่ของ ฟรอนดลิช ไอโซเทอม( $1/n$ ) มีค่าประมาณ 0.8 - 1.7 และเมื่อเปรียบเทียบค่าคงที่ ฟรอนดลิช ไอโซเทอมที่พีเอชต่าง ๆ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นเดียวกัน วิเคราะห์ผลการทดลองได้ว่าการดูดติดผิวของกากตะกักรันเป็นไปตามไอโซเทอมฟรอนดลิช (แสดงว่ากากตะกักรันมีแสดงคุณสมบัติผิวเชิงซ้อน(Heterogeneous Surface)ในการดูดติดผิว) ซึ่งการดูดติดผิวจะมีกลไกซับซ้อนเนื่องจากองค์ประกอบของกากตะกักรันเอง ซึ่งไม่สามารถบอกได้โดยสมการทางเคมี ซึ่ง Dimitrova(1998) ได้ อธิบายว่า กลไกที่เกิดขึ้นอาจมีผลมาจากการแลกเปลี่ยนไอออนร่วมด้วย โดยอาจเกิดการแลกเปลี่ยนแคลเซียมจากกากตะกักรันไปสู่สารละลาย กับตะกั่วในน้ำได้ เมื่อพิจารณาค่าคงที่ของ ฟรอนดลิช ไอโซเทอม พบว่ามีเพิ่มขึ้นเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้น ซึ่งอธิบายได้ว่า กากตะกักรันจะมีความสามารถในการดูดซับตะกั่วดีขึ้น เมื่อพีเอชสูงขึ้น และเมื่อพิจารณาค่าคงที่ฟรอนดลิช พบว่ามีค่า

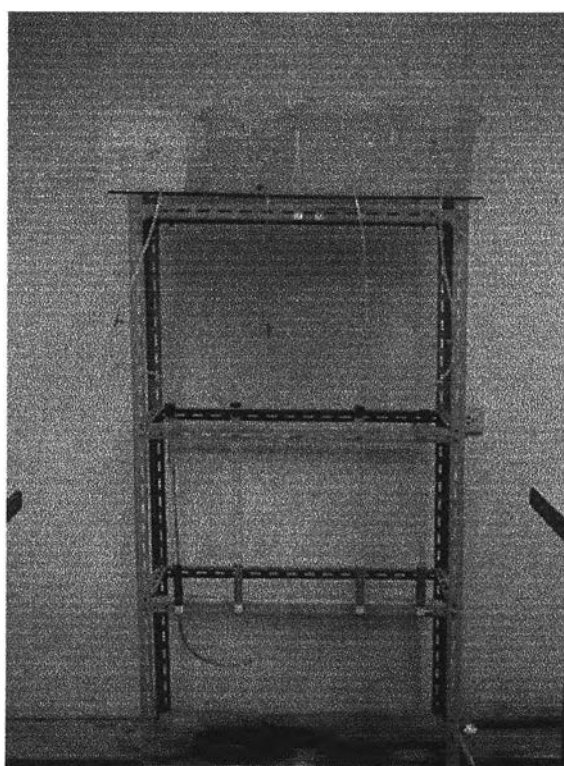
ค่อนข้างสูงมาก ซึ่งแสดงได้ว่า กากตะกอนเป็นตัวดูดซับที่มีความสามารถในการดูดซับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองที่ 4.3

จากกราฟการหาไอโซเทอมการดูดติดผิวของซีเลเนียมในช่วงความเข้มข้น 10 , 7 , 5 , 2 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ไอโซเทอมการดูดติดผิวของซีเลเนียมเป็นไปตามฟรุนดลิช เฉพาะช่วงพีเอชน้อยกว่า 5 ถ้าหากค่าพีเอชมากกว่า 5 แล้ว การดูดติดผิวจะไม่สามารถพยากรณ์ได้ กล่าวคือไม่เป็นตามทั้ง ฟรุนดลิช และแลงมัวร์ไอโซเทอม ทั้งนี้เนื่องจากที่พีเอชมากกว่า 5 ประสิทธิภาพการดูดติดผิวจะน้อยมาก จนอาจทำให้ค่าที่ได้มีความผิดพลาดได้ เมื่อพิจารณาไอโซเทอมเฉพาะช่วงพีเอชในช่วง 3-5 มีค่าคงที่ของฟรุนดลิช ไอโซเทอม(1/n) มีค่าประมาณ 0.6 – 1.1 ค่าคงที่ฟรุนดลิช ไอโซเทอมจะมีลักษณะแตกต่างกับตะกั่ว กล่าวคือ เมื่อพีเอชเพิ่มขึ้น ค่าคงที่ฟรุนดลิช ไอโซเทอมจะมีค่าลดลง อธิบายผลการทดลองได้ว่า การดูดติดผิวของซีเลเนียมจะเกิดได้ดีที่พีเอชน้อยกว่า 5 และเช่นเดียวกับตะกั่วกากตะกอนมีแสดงคุณสมบัติผิวเชิงซ้อน(Heterogeneous Surface)ในการดูดติดผิว และจะมีความสามารถในการดูดติดผิวเพิ่มขึ้น เมื่อพีเอชลดลง



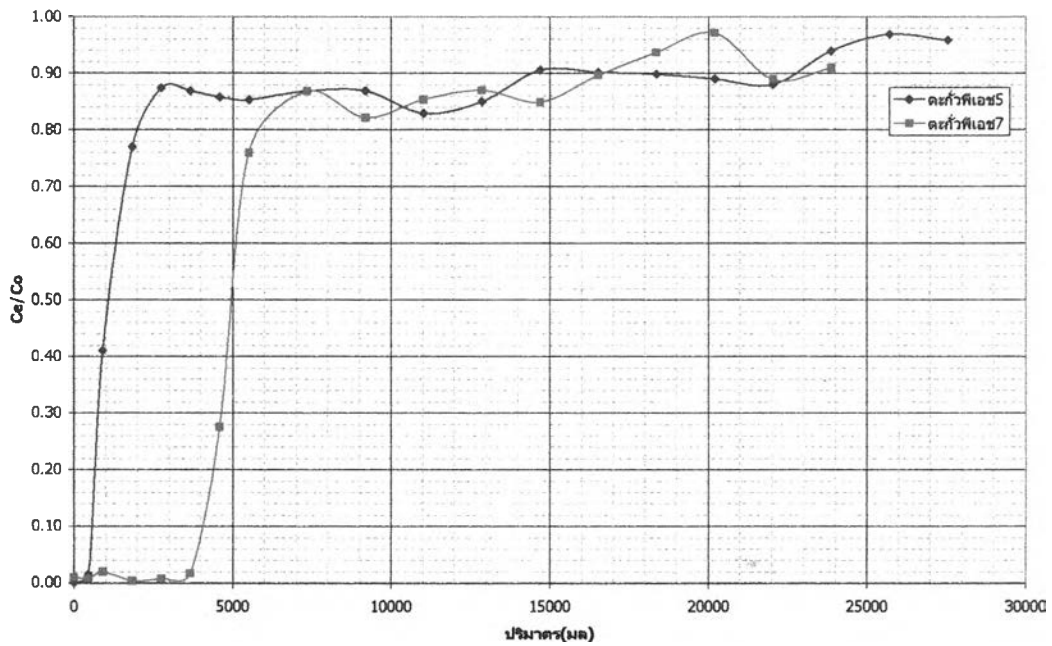
#### 4.6 การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วและซีเลเนียมในคอลัมน์การดูดติดผิว (Adsorptive Column) ซึ่งมีการป้อนน้ำเสียเข้าอย่างต่อเนื่อง

การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วและซีเลเนียมจะใช้คอลัมน์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 18 มม. ภายในบรรจุกากตะกั่วจากการหลอมเหล็กสูง 5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง ( 9 มม.) กำหนดอัตราไหลเท่ากับ 20 เท่าของปริมาตรกากตะกั่ว ต่อชม. (20 BV/Hr) โดยใช้เซรามิควูลเป็นสารรองรับไม่ให้อากตะกั่วหลุดไปกับน้ำเสียสังเคราะห์ อุปกรณ์การทดลองแสดงดังรูปที่ 4.22 ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ ผ11 - ผ 14 และรูปที่ 4.22

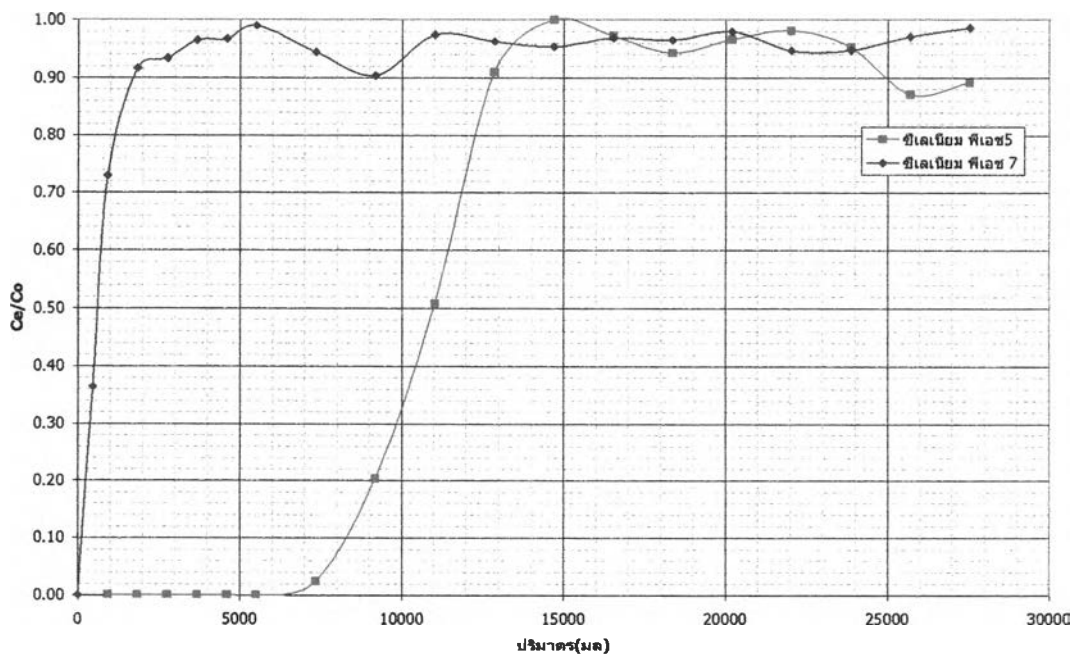


รูปที่ 4.22 แสดงรูปอุปกรณ์การทดลองศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วและซีเลเนียมในคอลัมน์ การดูดติดผิว(Adsorptive Column)

รูปที่ 4.23 แสดงกราฟเบรคทอรัจของตะกั่วที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร  
พีเอช 5 และ 7 ที่อัตราการไหล 7.65 มลต่อนาที



รูปที่ 4.23 แสดงกราฟเบรคทอรัจของซีเลเนียมที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร  
พีเอช 5 และ 7 ที่อัตราการไหล 7.65 มลต่อนาที



การทดลองนี้จะทำการศึกษาผลของประสิทธิภาพการกำจัดแบบคอลัมน์เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบคอลัมน์ดูดติดผิว โดยทำการเปรียบเทียบกับเวลาในการเบรคทูล์จในทางทฤษฎีกับการทดลองจริง จากสมการ 4.1 (Metcalf และ Eddy, 1991)

$$T_b = (x/m)bMc/(Q(C_i - (C_b/2)) * (8.34 \text{ lb/Mgal} * (\text{mg/l})))$$

โดยที่  $T_b$  = เวลาในการเบรคทูล์จ (วัน)

$(x/m)b$  = ความสามารถในการดูดซับจากการทดลอง (โดยปกติประมาณ

25-50 % จากค่าที่คำนวณได้) (กรัม/กรัม)

$C_i$  = ความเข้มข้นเริ่มต้น (มก/ล)

$C_b$  = ความเข้มข้นที่เบรคทูล์จ (มก/ล)

$Q$  = อัตราการไหล (Mgal/D)

เมื่อกำหนดให้ความเข้มข้นเบรคทูล์จของตะกั่วและซีเลเนียมไว้ที่ 0.2 และ 0.02 มก/ล ตามลำดับ (มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม) ดังนั้นสามารถคำนวณหาระยะเวลาในการเบรคทูล์จได้ ซึ่งค่าที่คำนวณได้และค่าที่ได้จากการทดลองแสดงดังตาราง 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงระยะเวลาการเบรคทูล์จที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณของตะกั่วและซีเลเนียมที่พีเอช 5 และพีเอช 7

การทดลอง	เวลาเบรคทูล์จจากการคำนวณ(ชม)	เวลาเบรคทูล์จจากการทดลอง (ชม)	เปอร์เซ็นต์ เวลาจากการทดลองเทียบกับการคำนวณ
ตะกั่วพีเอช 5	48	12	25 %
ตะกั่วพีเอช 7	5	1	20 %
ซีเลเนียมพีเอช 5	2.5	0.5	21 %
ซีเลเนียมพีเอช 7	66	16	24 %

จากตารางเมื่อเปรียบเทียบเวลาในการเบรคทอร์จจากการคำนวณเทียบกับการทดลองจริง พบว่าค่าที่ได้จะมีค่าอยู่ประมาณ 20-25 % ซึ่งค่อนข้างต่ำตังนั้น ในการประยุกต์นำเอาภาคตะกรัน ไปในถึงจุดติดผิว น่าจะต้องศึกษาถึงกระบวนการพื้นสภาพ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการใช้ภาค ตะกรันสูงสุด