

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของถ้ำลอยลิกไนต์

ถ้ำลอยลิกไนต์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ นำมาจาก โรงไฟฟ้าแม่เมาะ จ. ลำปาง ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometer Model EDXRF XR-200 โดยผลวิเคราะห์ตัวอย่างถ้ำ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะของถ้ำลอยลิกไนต์ที่นำมาใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ 4.1 แสดงผลวิเคราะห์ตัวอย่างแก้วลอยลิกไนต์ ด้วยวิธี X-ray fluorescence spectrometry

โรงที่	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	K <sub>2</sub> O (%)	MgO (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	SO <sub>3</sub> (%)	TiO (%)	MnO (%)
1	41.91	19.33	13.98	15.16	1.70	3.01	0.39	3.19	0.16	0.17
3	41.82	18.40	9.02	15.95	1.88	3.03	1.49	5.09	0.15	0.17
5	40.62	16.77	12.33	14.74	1.56	2.41	2.51	3.79	0.17	0.10
6	40.95	17.21	9.10	15.71	2.17	2.78	0.17	5.61	0.14	0.16
7	37.93	16.62	12.98	16.01	1.70	2.84	0.31	4.36	0.15	0.10
8	40.04	17.13	12.78	12.80	1.79	2.83	1.30	3.06	0.17	0.10
9	35.45	16.65	13.29	16.02	1.60	3.28	0.75	3.64	0.19	0.13
10	37.28	15.88	12.38	15.29	1.59	2.92	0.85	3.52	0.18	0.11
11	36.39	14.73	12.53	15.01	1.60	2.59	0.95	4.91	0.19	0.10
เฉลี่ย	39.15	16.97	12.04	14.97	1.73	2.85	0.80	4.13	0.17	0.13

จากตารางที่ 4.1 จะพบว่า เถ้าลอยมีองค์ประกอบของพวก alkalinity อยู่สูง ประกอบด้วย แคลเซียมออกไซด์ (CaO) เฉลี่ยประมาณ 15% นอกจากนี้ยังมี แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) อยู่ 2.85% ซึ่งจากการศึกษาพบว่ามีส่วนในการทำปฏิกิริยากับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ นอกจากนี้ยังมี (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาซัลเฟชัน ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพการดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ดีขึ้นเมื่อมี Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> เป็นส่วนประกอบในการดูดซึ่ม และพบว่า K<sub>2</sub>O ที่มีประมาณ 1.73% ก็มีมีส่วนช่วยในการทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเช่นกัน



รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะของเถ้าลอย ปูนขาว และยิปซั่ม ก่อนขึ้นรูป

หลังจากนำสารดูดซึ่มแต่ละตัวอย่างมาผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องกวนผสม (mixer) แล้วจึงนำไปขึ้นรูป สารดูดซึ่มที่ได้มีลักษณะเป็นทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 และ 0.57 เซนติเมตร ความยาวประมาณ 1-2 เซนติเมตร มีลักษณะดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะของสารดูดซึ่มที่ขึ้นรูปแล้ว



### ผลการวิเคราะห์หาปริมาณ CaO และ CaSO<sub>4</sub>

ปูนขาวและยิปซัมที่นำมาใช้ในการทดลอง ทำการวิเคราะห์หาปริมาณ CaO และ CaSO<sub>4</sub> ด้วยเครื่อง Energy dispersive X-ray Fluorescence Spectrometer Model EDXRF XR-200 แสดงไว้ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณ CaO และ CaSO<sub>4</sub>

สารตัวอย่าง	ปริมาณ (% โดยน้ำหนัก)
ปริมาณ CaO ที่มีในปูนขาวที่ใช้	42.5
ปริมาณ CaSO <sub>4</sub> ที่มีในยิปซัมที่ใช้	78.63

### การดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ใน packed bed

การทดลองนี้ใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากถังมาจำลองและใช้อากาศอัดจากห้องปฏิบัติการ ทำการเจือจางให้ได้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่จะใช้ในการดูดซึ่มตามที่กำหนดโดยมีความเข้มข้น 5000 พีพีเอ็ม ซึ่งค่าความเข้มข้นนี้สูงจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ แต่จากการทดลองใช้ความเข้มข้นที่สูงเนื่องจากต้องการให้เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนขณะแปรเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ โดยมีการแปรค่าตัวแปรต่างๆ ได้แก่ อัตราส่วนที่ต่างกันของสารดูดซึ่ม (เถ้าลอย : ปูนขาว : ยิปซัม) อุณหภูมิขณะดูดซึ่ม ผลการกระตุ้นสารดูดซึ่มด้วยไอน้ำ (steam curing) ต่อความสามารถในการดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เวลาที่ใช้ในการกระตุ้นสารดูดซึ่มด้วยไอน้ำ ขนาดของสารดูดซึ่ม อัตราการไหลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

1. ความสามารถในการดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของสารดูดซึ่มที่มีอัตราส่วนเถ้าลอยต่อปูนขาวต่างๆ กัน

การศึกษาถึงอัตราส่วนสารดูดซึ่ม (เถ้าลอย : ปูนขาว) ต่อความสามารถในการดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ได้ทำการทดลองกับสารดูดซึ่มตัวอย่างที่ 2 ถึง 8 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร ปริมาณสารดูดซึ่ม 100 กรัม อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 5,000 พีพีเอ็ม อัตราการไหลก๊าซ 1.5 ลิตรต่อนาที ผลการทดลองระหว่างเวลากับค่าการดูดซึ่มแสดงได้ดังรูปที่ 4.4 และผลการทดลองระหว่างเวลากับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ไม่ถูกดูดซึ่มแสดงได้ดังรูปที่ 4.5



2. อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อความสามารถในการดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์  
 อุณหภูมิในการดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นตัวแปรหนึ่งที่ทำการศึกษา โดยมีการแปรค่าอุณหภูมิต่างๆ คือ 150, 200, 250, และ 300 องศาเซลเซียส โดยใช้สารดูดซึ่มตัวอย่างที่ 5 ที่มีปริมาณแฉ่ำลอยต่อปูนขาว คือ 6 ต่อ 4 โดยน้ำหนัก ( $\text{CaO}_{\text{total}} = 26\%$ ) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร ปริมาณสารดูดซึ่ม 100 กรัม ความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 5,000 พีพีเอ็ม อัตราการไหลก๊าซ 1.5 ลิตรต่อนาที ผลการทดลองระหว่างเวลากับค่าการดูดซึ่มแสดงได้ดังรูปที่ 4.6 และผลการทดลองระหว่างเวลากับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ไม่ถูกดูดซึ่มแสดงได้ดังรูปที่ 4.7

3. อิทธิพลของอัตราการไหลก๊าซผสมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับอากาศต่อความสามารถในการดูดซึ่ม

อัตราการไหลเป็นตัวแปรที่ทำการศึกษา โดยมีการแปรค่าอัตราการไหลของก๊าซผสมของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คือ 1.5, 3.1, และ 4.1 ลิตรต่อนาที ใช้สารดูดซึ่มตัวอย่างที่ 5 ที่มีปริมาณแฉ่ำลอยต่อปูนขาว คือ 6 ต่อ 4 โดยน้ำหนัก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร ปริมาณสารดูดซึ่ม 100 กรัม อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 5,000 พีพีเอ็ม ผลการทดลองระหว่างเวลากับค่าการดูดซึ่มแสดงได้ดังรูปที่ 4.8 และผลการทดลองระหว่างเวลากับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ไม่ถูกดูดซึ่มแสดงได้ดังรูปที่ 4.9

4. อิทธิพลของยิปซัมที่มีอัตราส่วนต่างๆ กัน ต่อความสามารถในการดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ปริมาณยิปซัมเป็นตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา โดยมีการแปรค่าอัตราส่วนต่างๆ คือ แฉ่ำลอย (F) ต่อปูนขาว (L) ต่อยิปซัม (G) คือ F:L:G = 6:4:1, 6:4:2, และ 6:4:3 โดยน้ำหนัก โดยใช้สารดูดซึ่มตัวอย่างที่ 15, 25, และ 35 ตามลำดับ อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร ปริมาณสารดูดซึ่ม 100 กรัม ความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 5,000 พีพีเอ็ม อัตราการไหลก๊าซ 1.5 ลิตรต่อนาที ผลการทดลองระหว่างเวลากับค่าการดูดซึ่มแสดงได้ดังรูปที่ 4.10 และผลการทดลองระหว่างเวลากับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ไม่ถูกดูดซึ่มแสดงได้ดังรูปที่ 4.11



5. อิทธิพลของขนาดสารดูดซึมที่มีต่อความสามารถในการดูดซึมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ขนาดสารดูดซึมเป็นอีกตัวแปรที่ทำการศึกษาค้นคว้า โดยมีการแปรค่าเส้นผ่านศูนย์กลางกลางจาก 0.95 เป็น 0.57 เซนติเมตร โดยใช้สารดูดซึมตัวอย่างที่ 5 ที่มีปริมาณแฉะลอยต่อปูนขาว คือ 6 ต่อ 4 โดยน้ำหนัก ปริมาณสารดูดซึม 100 กรัม อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 5,000 พีพีเอ็ม อัตราการไหลก๊าซ 1.5 ลิตรต่อนาที ผลการทดลองระหว่างเวลากับค่าการดูดซึมแสดงได้ดังรูปที่ 4.12 และผลการทดลองระหว่างเวลากับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ไม่ถูกดูดซึมแสดงได้ดังรูปที่ 4.13

6. อิทธิพลของอุณหภูมิการให้อุณหภูมิที่มีต่อความสามารถในการดูดซึมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

นำสารดูดซึมตัวอย่างที่ 5 ที่มีปริมาณแฉะลอยต่อปูนขาว คือ 6 ต่อ 4 โดยน้ำหนัก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร ทำการกระตุ้นด้วยไอน้ำ มีการแปรค่าอุณหภูมิการกระตุ้น คือ 100, 200, 300, และ 400 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที หลังการกระตุ้นป้อนอากาศที่ 200 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งไว้อย่างน้อย 12 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดลอง

ปริมาณสารดูดซึม 100 กรัม อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 5,000 พีพีเอ็ม อัตราการไหลก๊าซ 1.5 ลิตรต่อนาที ผลการทดลองระหว่างเวลากับค่าการดูดซึมแสดงได้ดังรูปที่ 4.14 และผลการทดลองระหว่างเวลากับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ไม่ถูกดูดซึมแสดงได้ดังรูปที่ 4.15

7. อิทธิพลของเวลาการกระตุ้นด้วยไอน้ำต่อความสามารถในการดูดซึมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ระยะเวลาในการกระตุ้นเป็นตัวแปรสำคัญตัวหนึ่งที่ทำการศึกษาค้นคว้า โดยมีการแปรค่าเวลาต่างๆ คือ 3, 4, 5, 6, 9, และ 12 นาที โดยใช้สารดูดซึมตัวอย่างที่ 5 ที่มีปริมาณแฉะลอยต่อปูนขาว คือ 6 ต่อ 4 โดยน้ำหนัก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร กระตุ้นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส หลังการกระตุ้นป้อนอากาศที่ 200 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งไว้อย่างน้อย 12 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดลอง

ปริมาณสารดูดซึม 100 กรัม อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 5,000 พีพีเอ็ม อัตราการไหลก๊าซ 1.5 ลิตรต่อนาที ผลการทดลองระหว่างเวลากับค่าการดูดซึมแสดงได้ดังรูปที่ 4.16 และผลการทดลองระหว่างเวลากับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ไม่ถูกดูดซึมแสดงได้ดังรูปที่ 4.17



8. อิทธิพลของไอน้ำต่อความสามารถในการดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของสารดูดซึ่มที่มีขนาดต่างกัน

ทดลองโดยนำสารดูดซึ่มตัวอย่างที่ 5 ที่มีปริมาณแฉ่ำลอยต่อปุนขาว คือ 6 ต่อ 4 โดยน้ำหนัก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.57 เซนติเมตร กระตุ้นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที หลังการกระตุ้นป้อนอากาศที่ 200 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งไว้อย่างน้อย 12 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดลอง

ปริมาณสารดูดซึ่ม 100 กรัม อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 5,000 พีพีเอ็ม อัตราการไหลก๊าซ 1.5 ลิตรต่อนาที ผลการทดลองระหว่างเวลากับค่าการดูดซึ่มแสดงได้ดังรูปที่ 4.18 และผลการทดลองระหว่างปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ไม่ถูกดูดซึ่มแสดงได้ดังรูปที่ 4.19

9. อิทธิพลของไอน้ำต่อความสามารถในการดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมื่อสารดูดซึ่มมีเย็บซึ่มเป็นองค์ประกอบ

ทดลองโดยนำสารดูดซึ่มตัวอย่างที่ 15 ที่มีปริมาณแฉ่ำลอยต่อปุนขาวต่อเย็บซึ่ม คือ 6 ต่อ 4 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร กระตุ้นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที หลังการกระตุ้นป้อนอากาศที่ 200 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งไว้อย่างน้อย 12 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดลอง

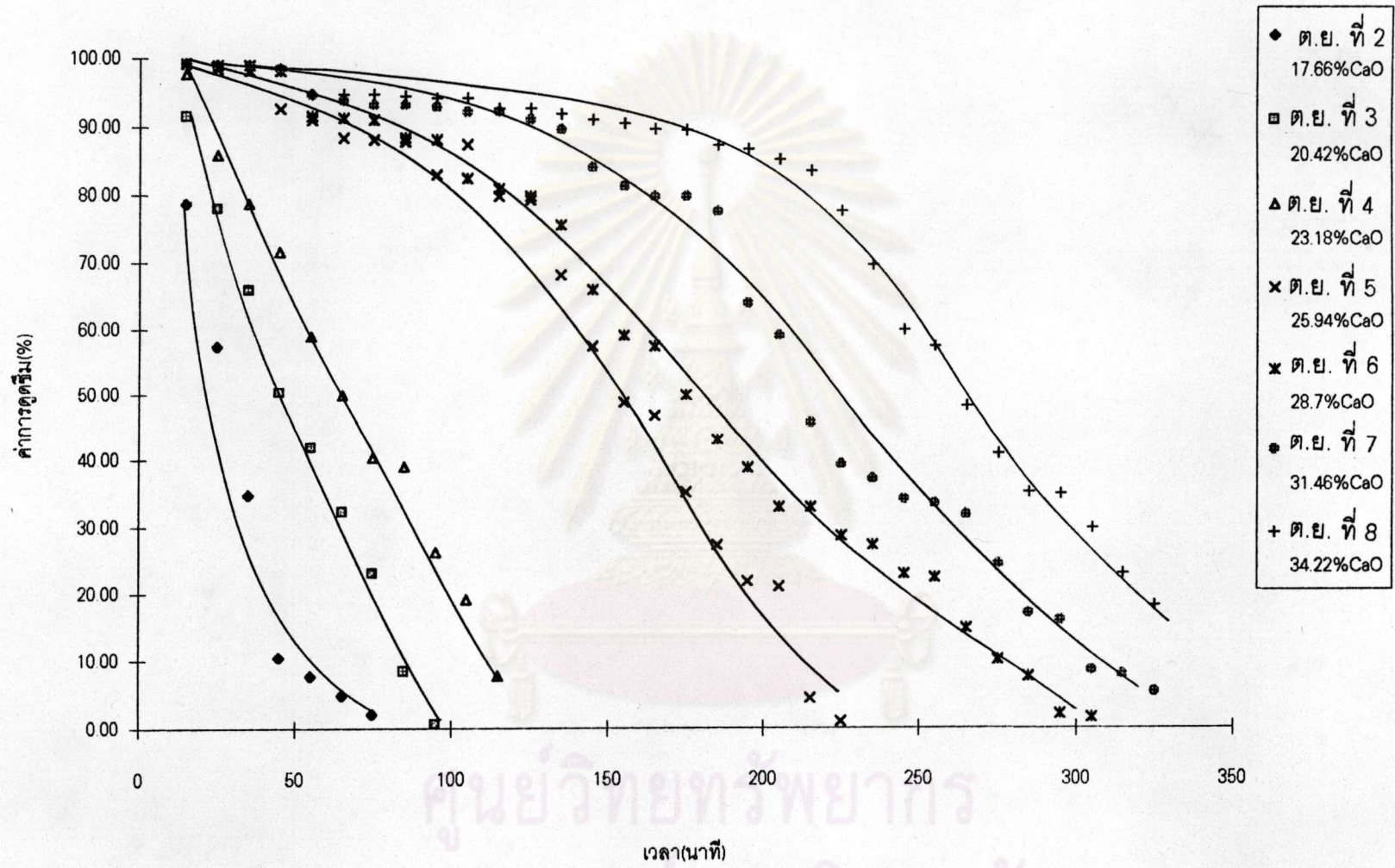
ปริมาณสารดูดซึ่ม 100 กรัม อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 5,000 พีพีเอ็ม อัตราการไหลก๊าซ 1.5 ลิตรต่อนาที ผลการทดลองระหว่างเวลากับค่าการดูดซึ่มแสดงได้ดังรูปที่ 4.20 และผลการทดลองระหว่างเวลากับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ไม่ถูกดูดซึ่มแสดงได้ดังรูปที่ 4.21

10. อิทธิพลไอน้ำและปริมาณเย็บซึ่มต่อความสามารถในการดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ทดลองโดยนำสารดูดซึ่มตัวอย่างที่ 25 ที่มีปริมาณแฉ่ำลอยต่อปุนขาวต่อเย็บซึ่ม คือ 6 ต่อ 4 ต่อ 2 โดยน้ำหนัก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร กระตุ้นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที หลังการกระตุ้นป้อนอากาศที่ 200 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งไว้อย่างน้อย 12 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดลอง

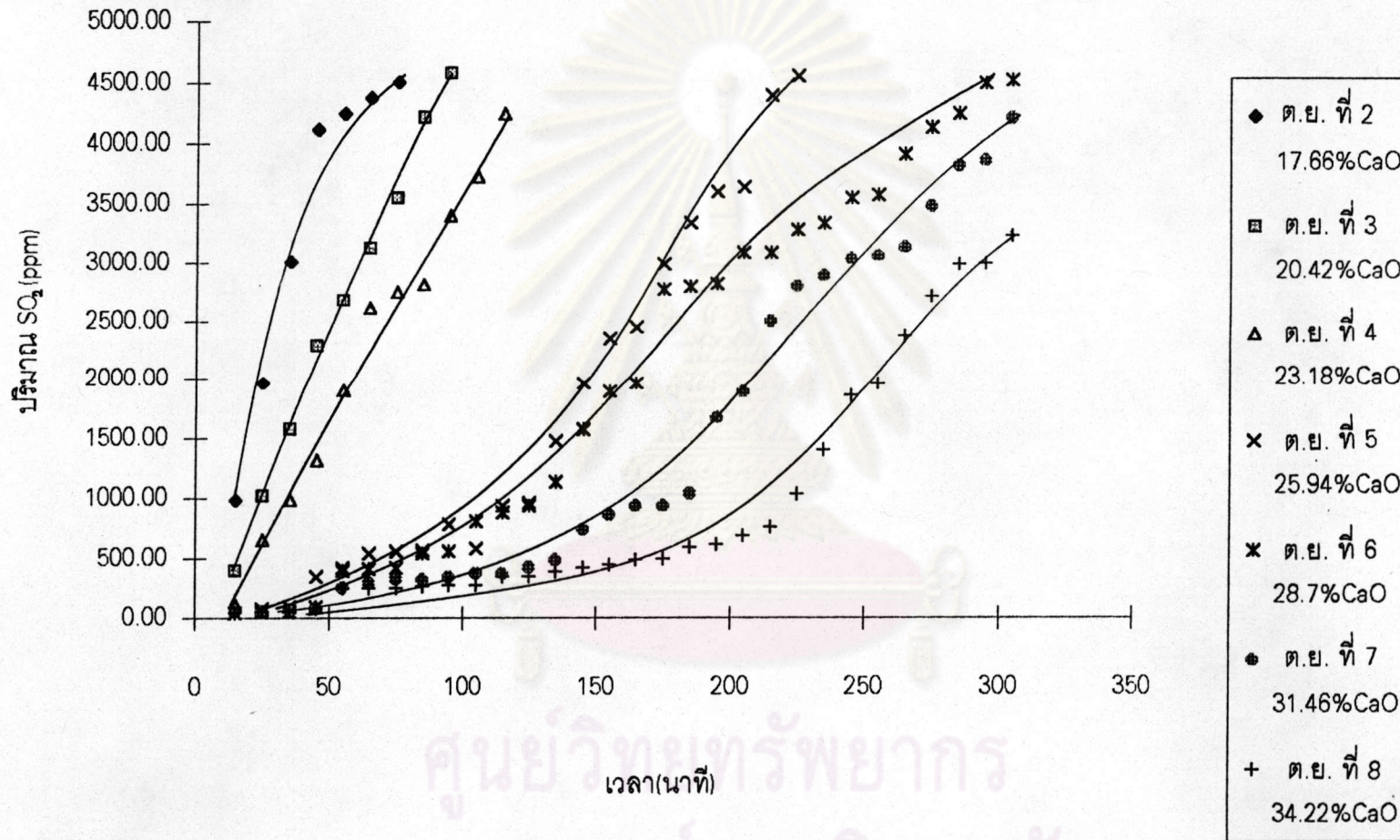
ปริมาณสารดูดซึ่ม 100 กรัม อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 5,000 พีพีเอ็ม อัตราการไหล 1.5 ลิตรต่อนาที ผลการทดลองระหว่างเวลากับค่าการดูดซึ่มแสดงได้ดังรูปที่ 4.22 และผลการทดลองระหว่างเวลากับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ไม่ถูกดูดซึ่มแสดงได้ดังรูปที่ 4.23





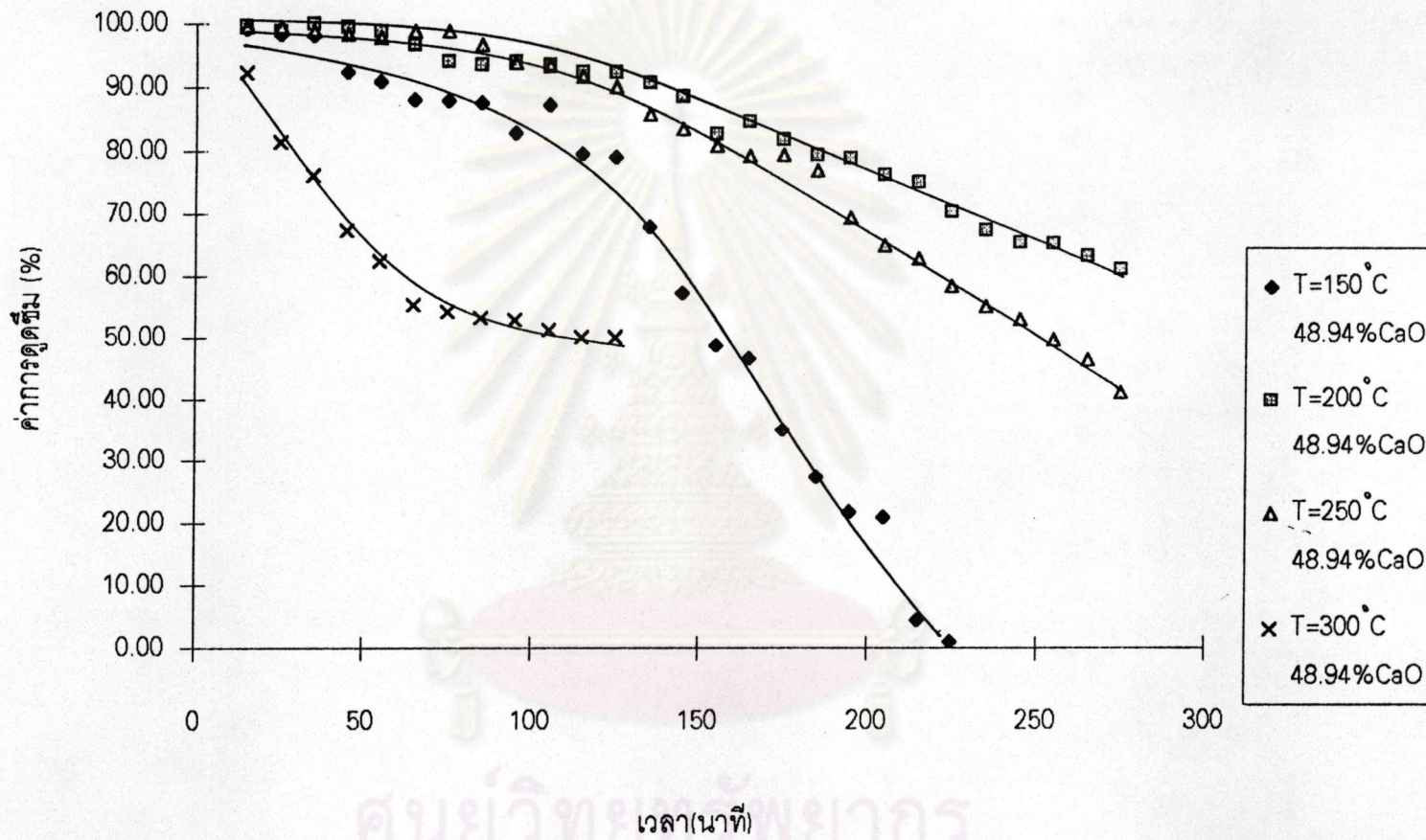
รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยสารดูดซึ่ม ต.ย. ที่ 2-8 ที่มีอัตราส่วนปูนขาวต่อแฉะลอยต่างกัน ดูดซึ่มที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส





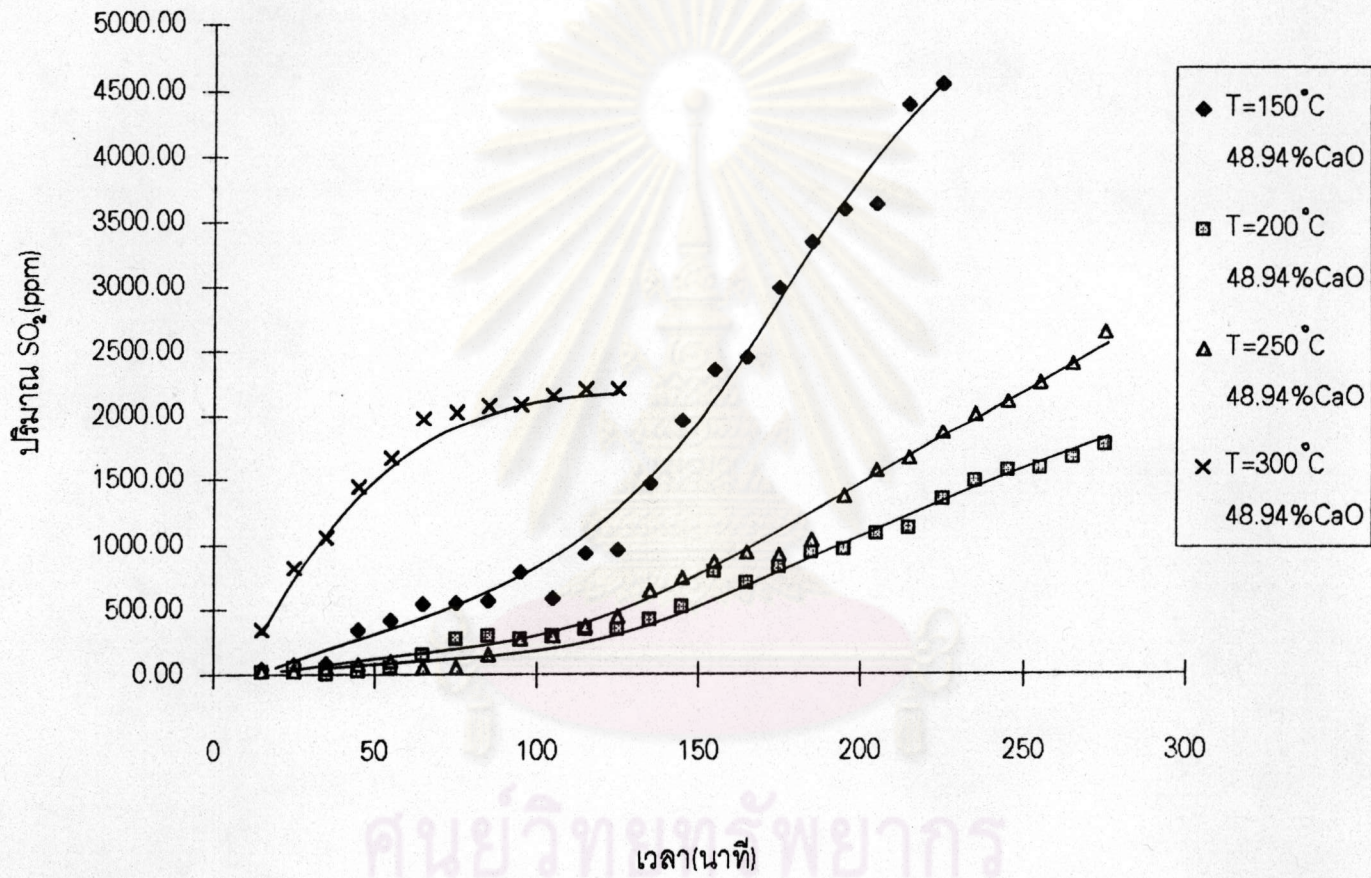
รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ไม่ถูกดูดซึมของสารดูดซึม ต.ย. ที่ 2-8 ที่มีอัตราส่วนของเถ้าลอยต่อปูนขาวต่างๆ กัน ดูดซึมที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส





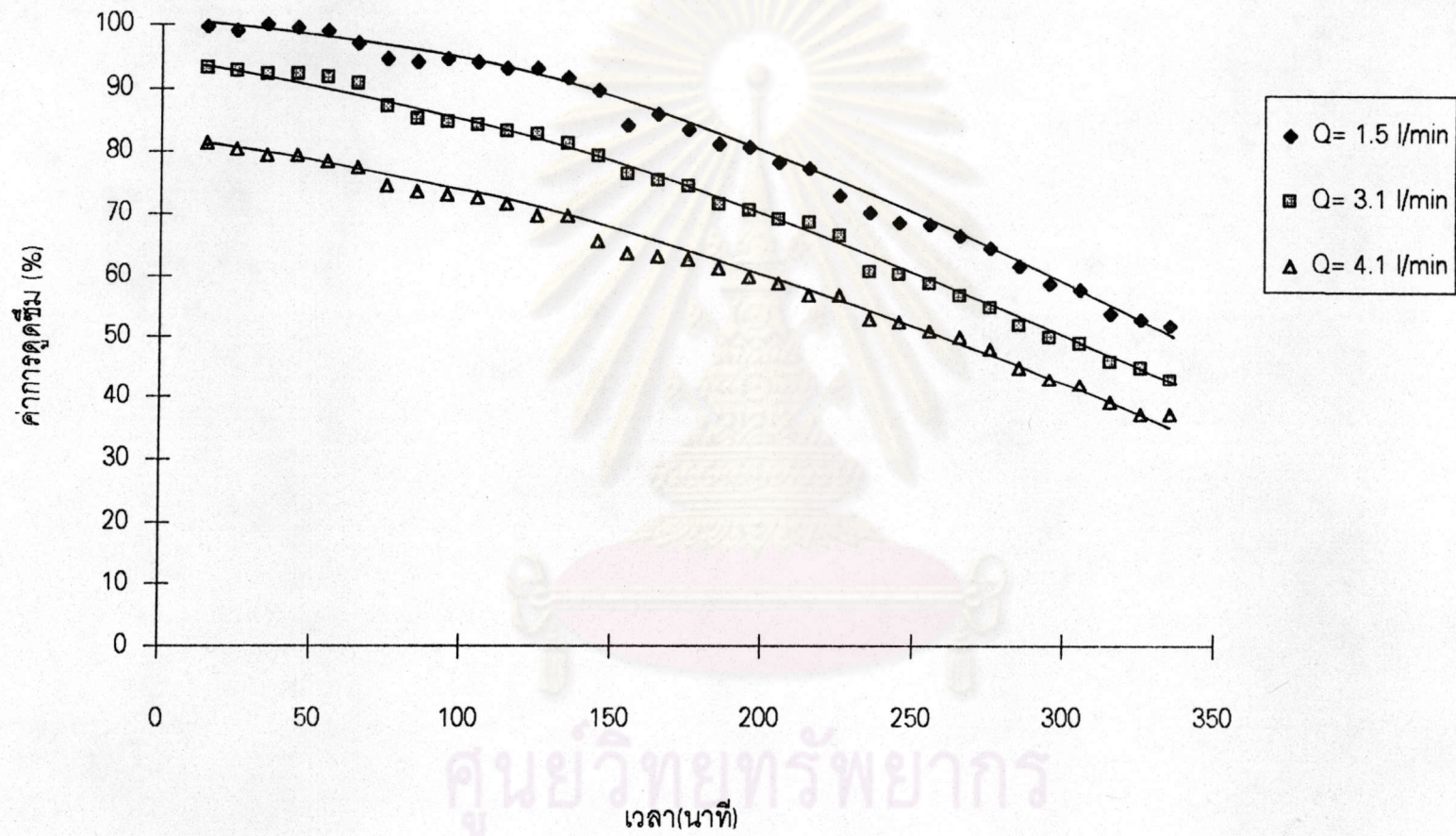
รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความสามารถในการดูดซึมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของสารดูดซึม ต.ย. ที่ 5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 ซม.





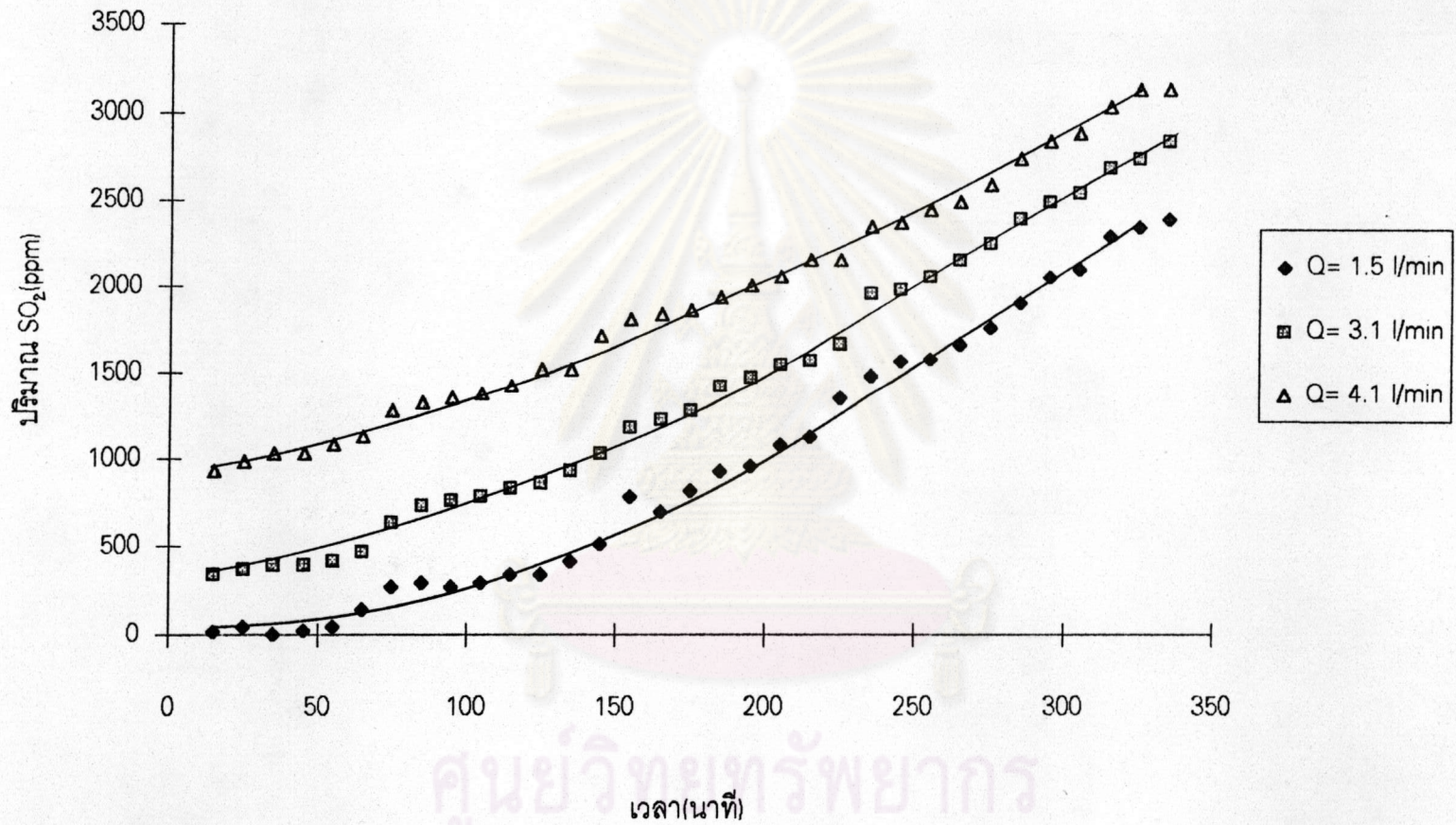
รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ไม่ถูกดูดซับที่อุณหภูมิต่างๆ ของสารดูดซับ ต.ย. ที่ 5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 ซม.





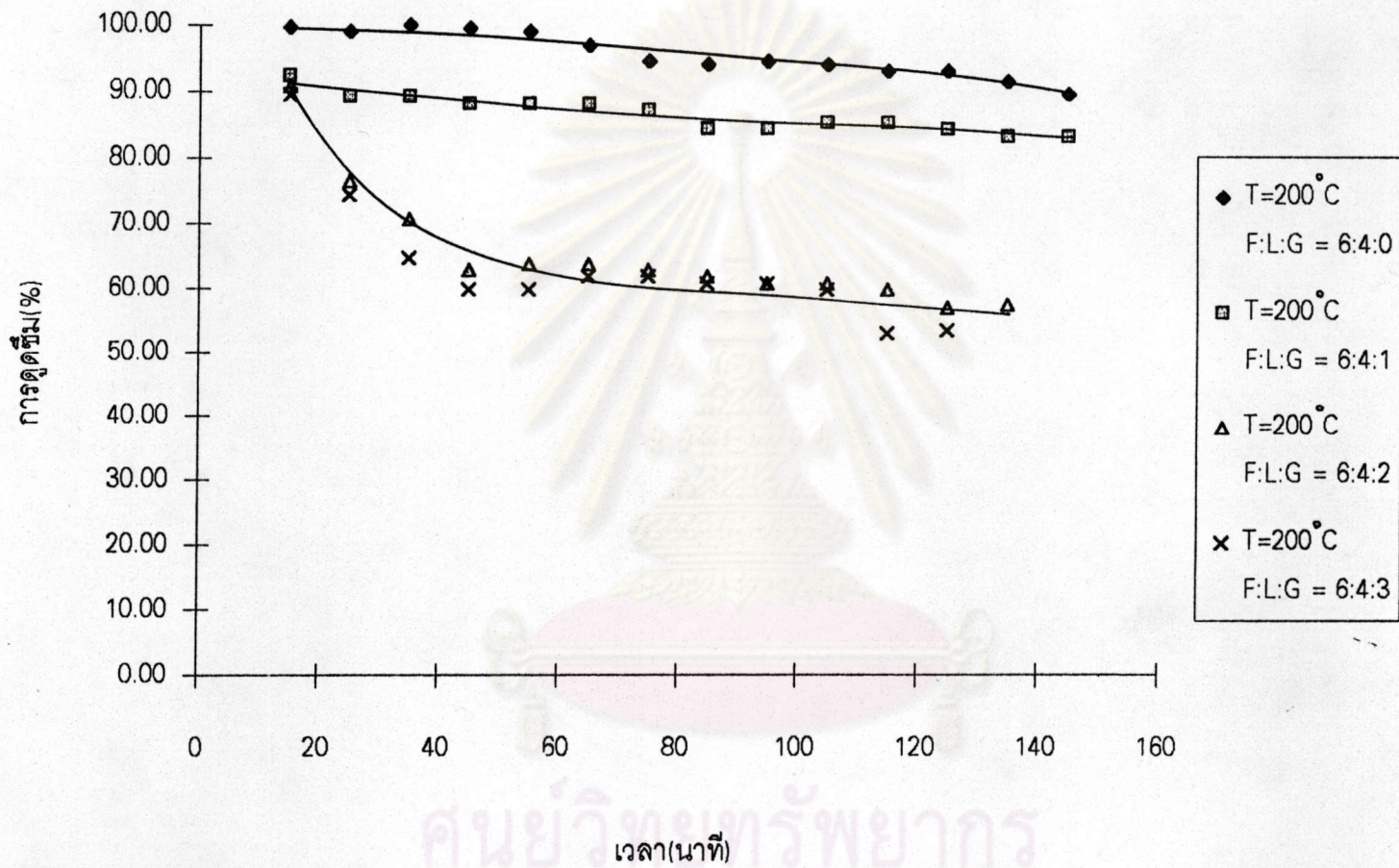
รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลก๊าซต่อความสามารถในการดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของสารดูดซึ่ม ต.ย. ที่ 5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 ซม. ดูดซึ่มที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส





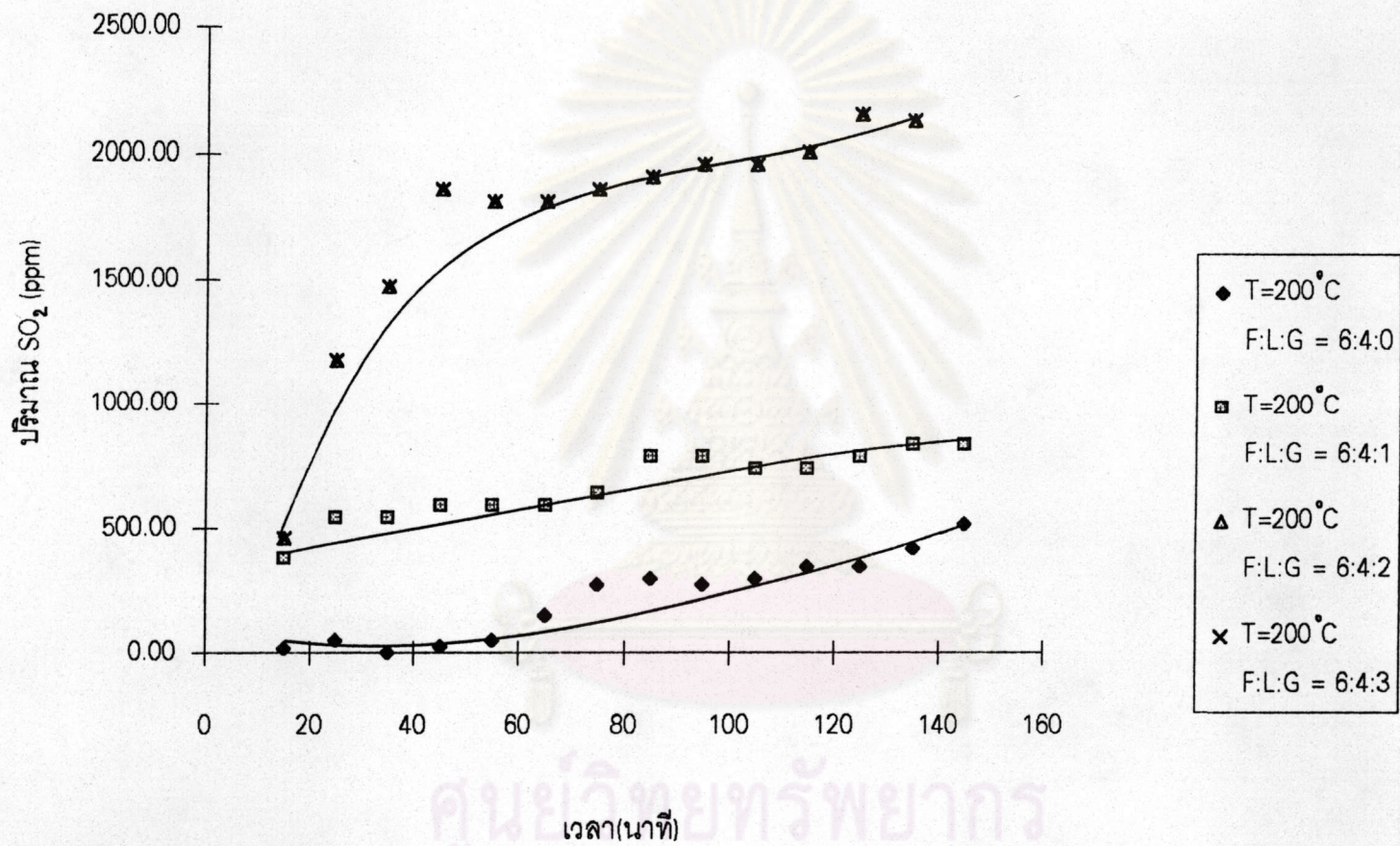
รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ไม่ถูกดูดซับที่อัตราการไหลก๊าซต่างๆ ของสารดูดซับ ต.ย. ที่ 5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 ซม. ดูดซับที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส





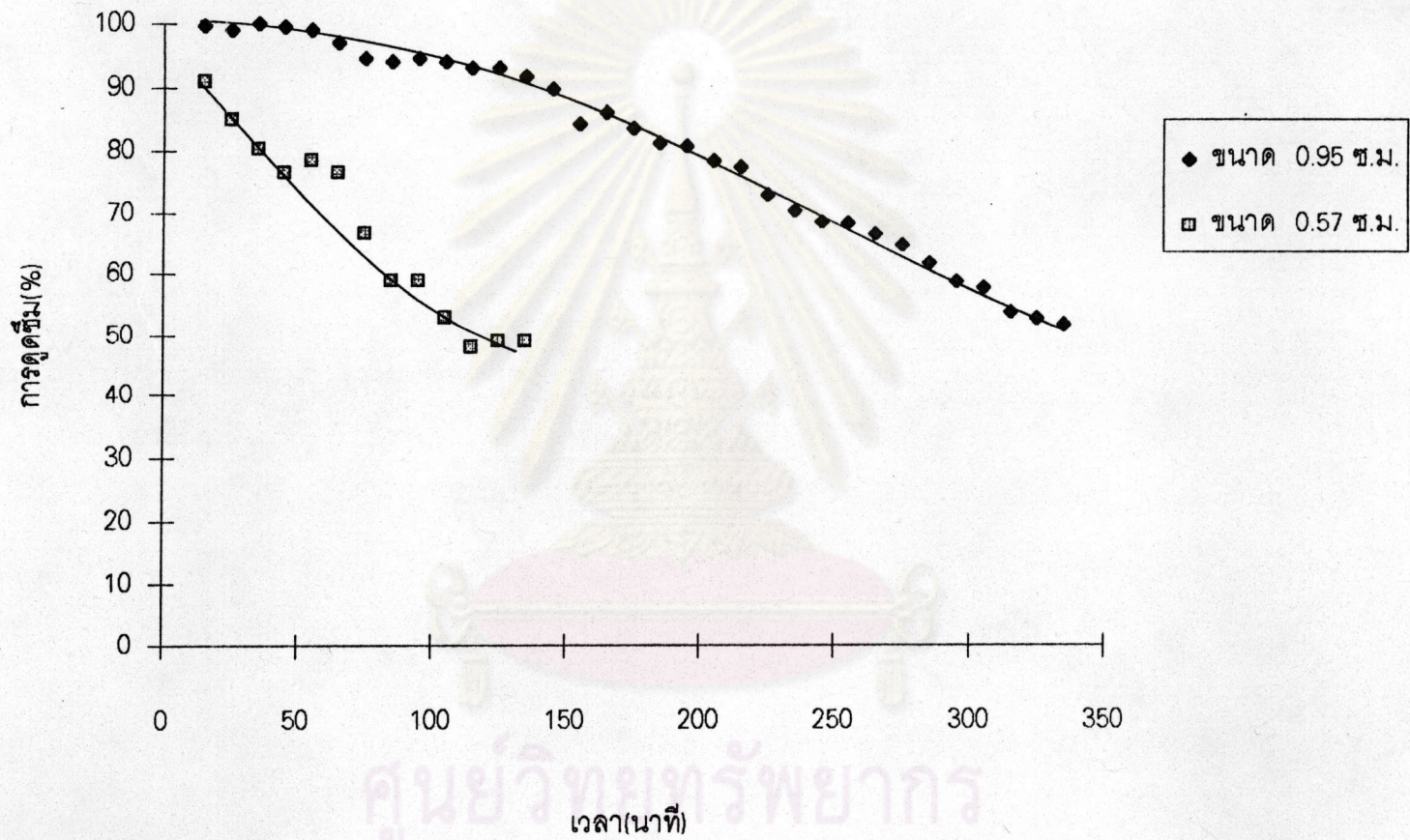
รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการดัดเชื่อมกับอัตราส่วนฟอสฟอไรต์ออกไซด์ด้วยสารดัดเชื่อม ต.ย. ที่ 5, 15, 25, และ 35 ที่มีอัตราส่วนของยิปซัมต่างๆกัน





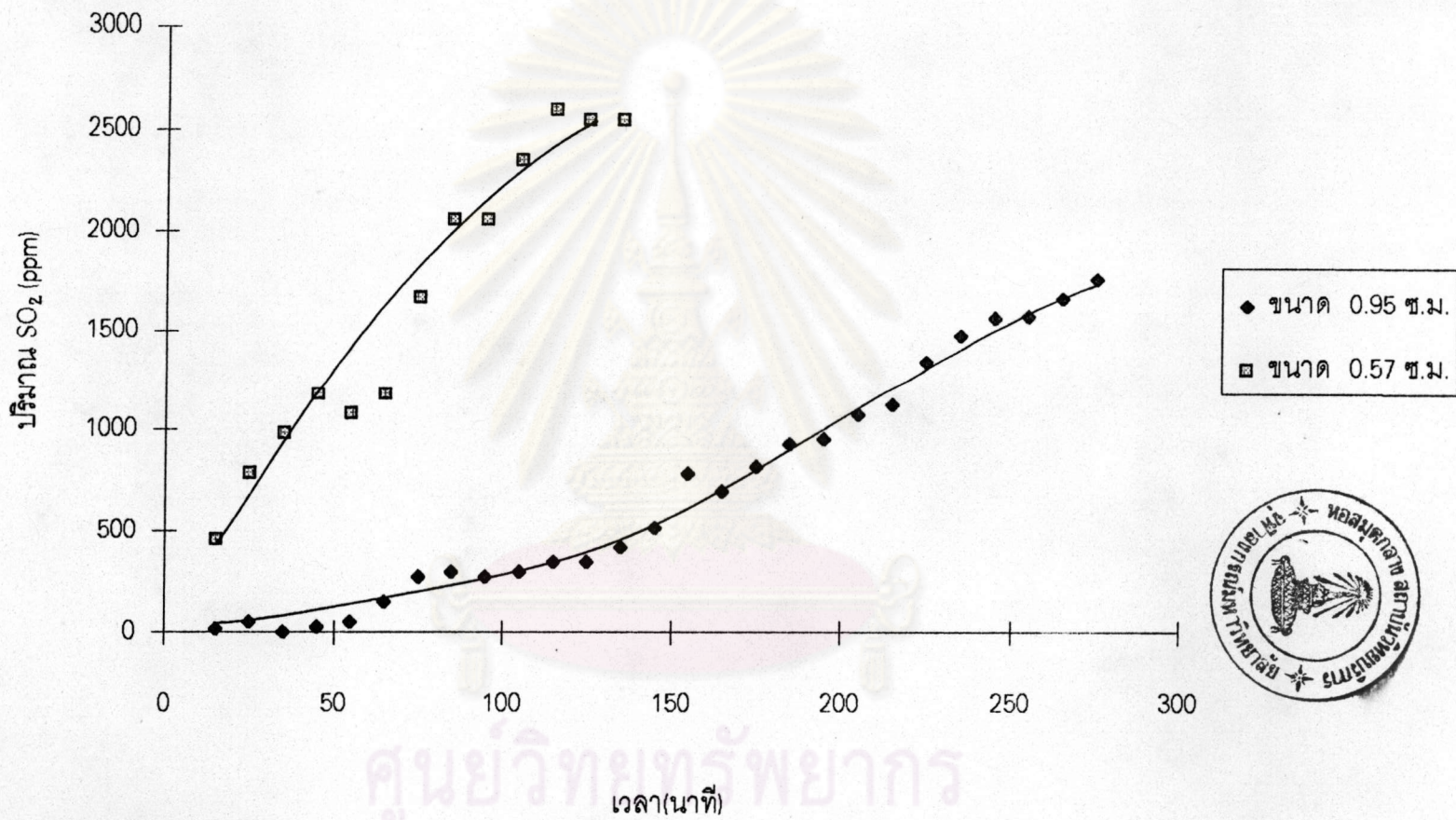
รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ไม่ถูกดูดซึมของสารดูดซึม ต.ย. ที่ 5, 15, 25, และ 35 ที่มีอัตราส่วนของยิปซัมต่างๆ กัน





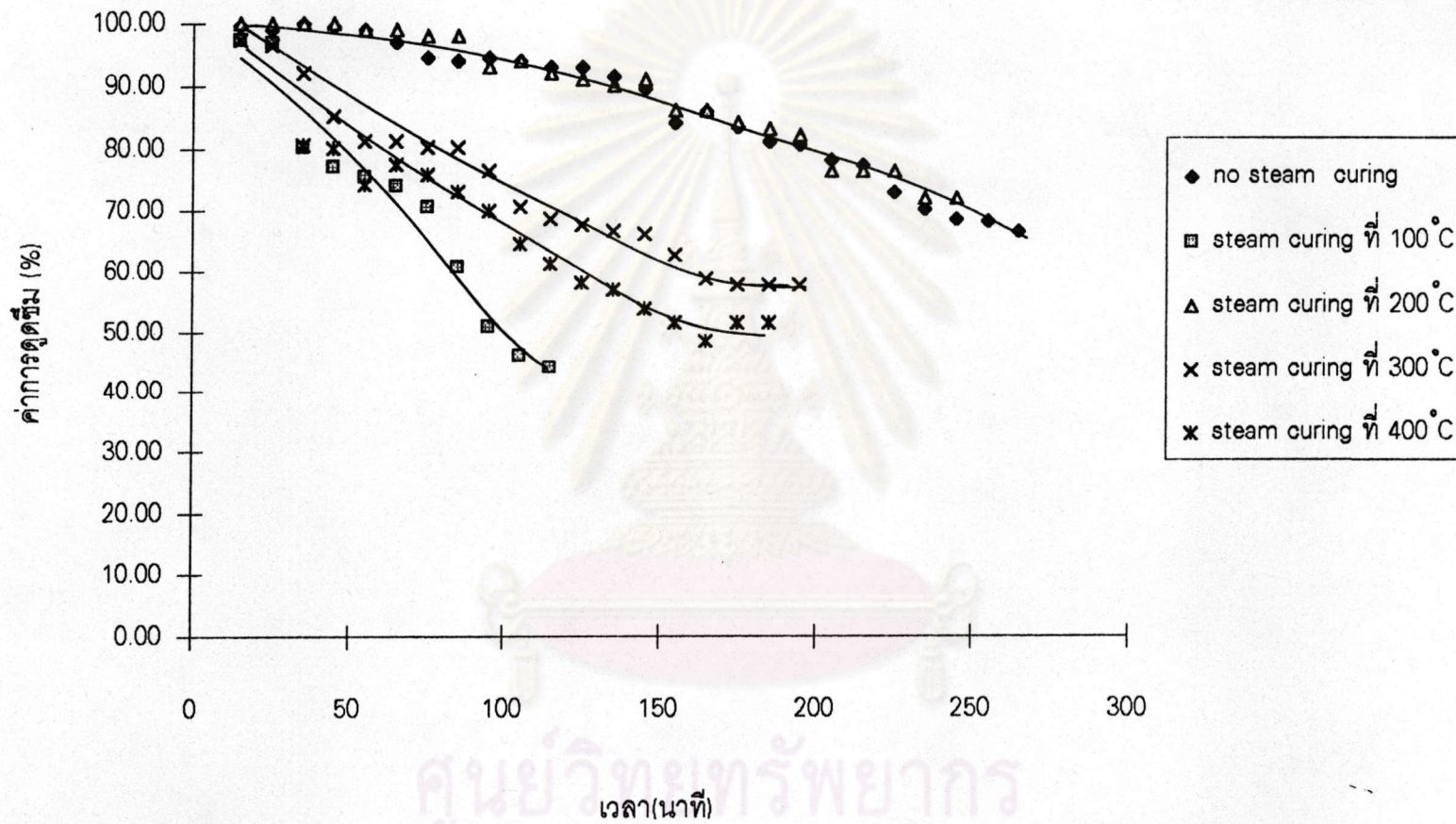
รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการดูดซึมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของสารดูดซึมที่มีขนาดต่างกัน  
ดูดซึมที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส





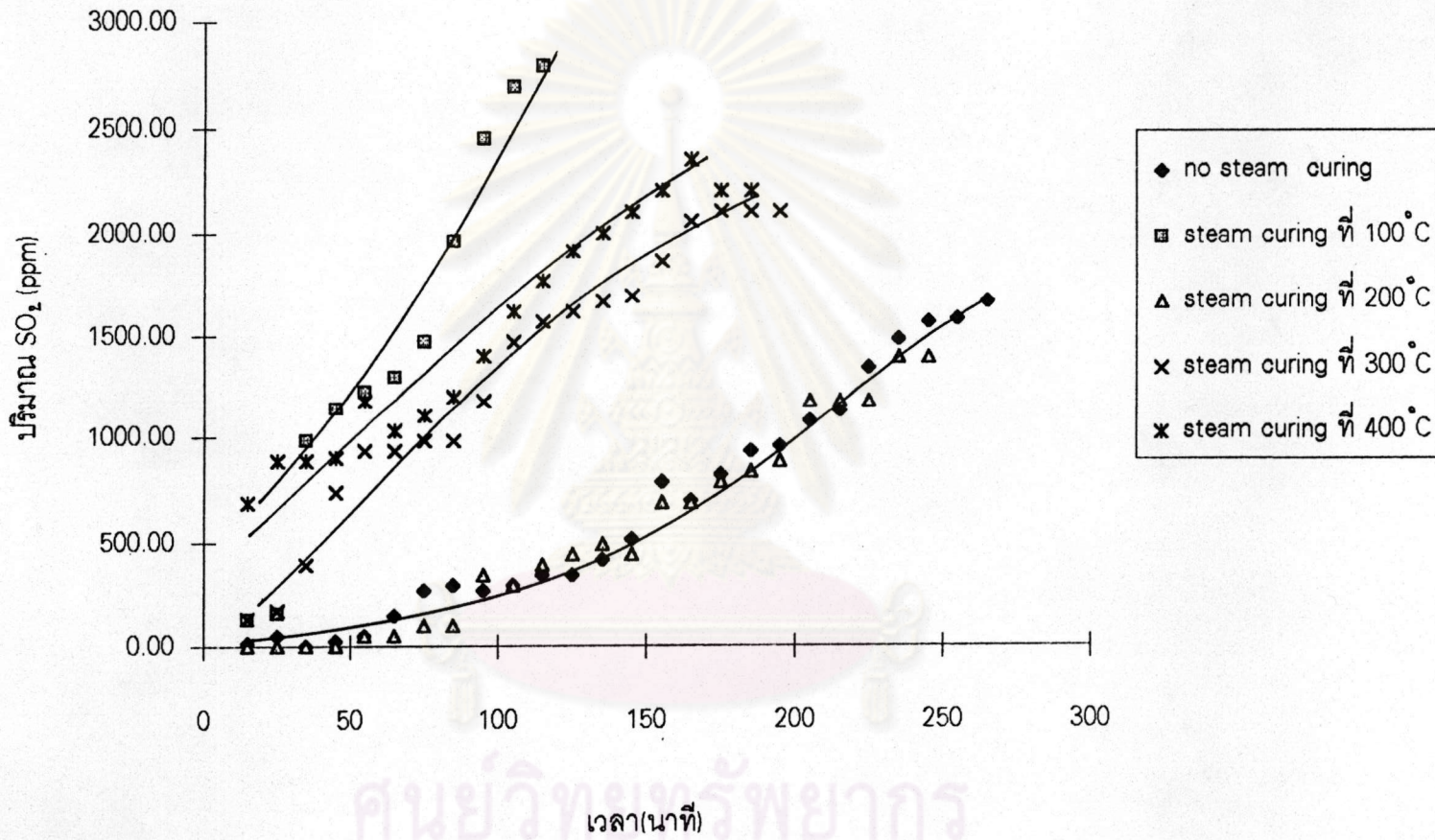
รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ไม่ถูกดูดซับของสารดูดซับที่มีขนาดต่างกัน  
 ดูดซับที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส



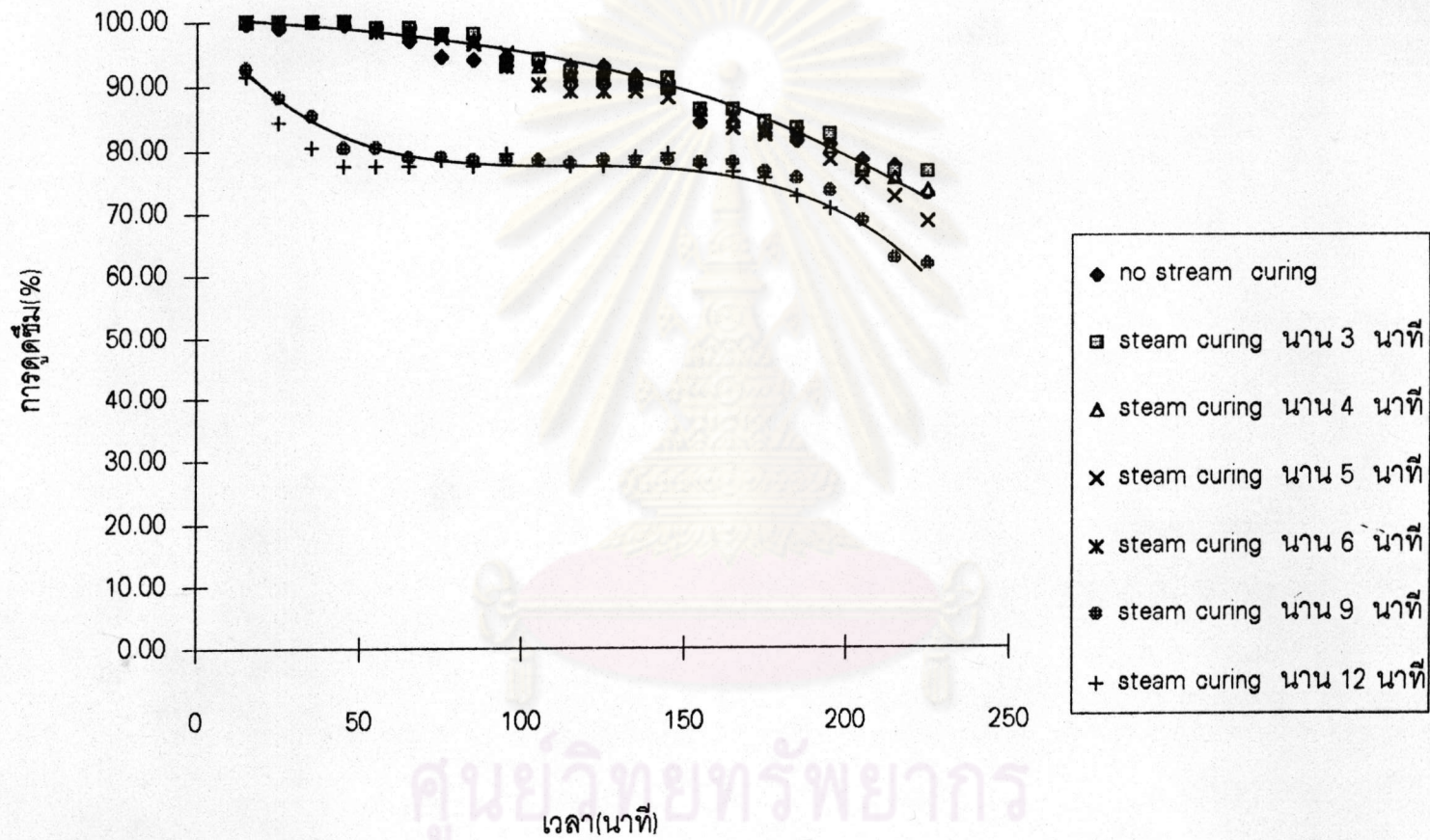


รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการดูดซึมน้ำของสารดูดซึมน้ำ 5% ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 ซม. เมื่อถูกกระตุ้นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ



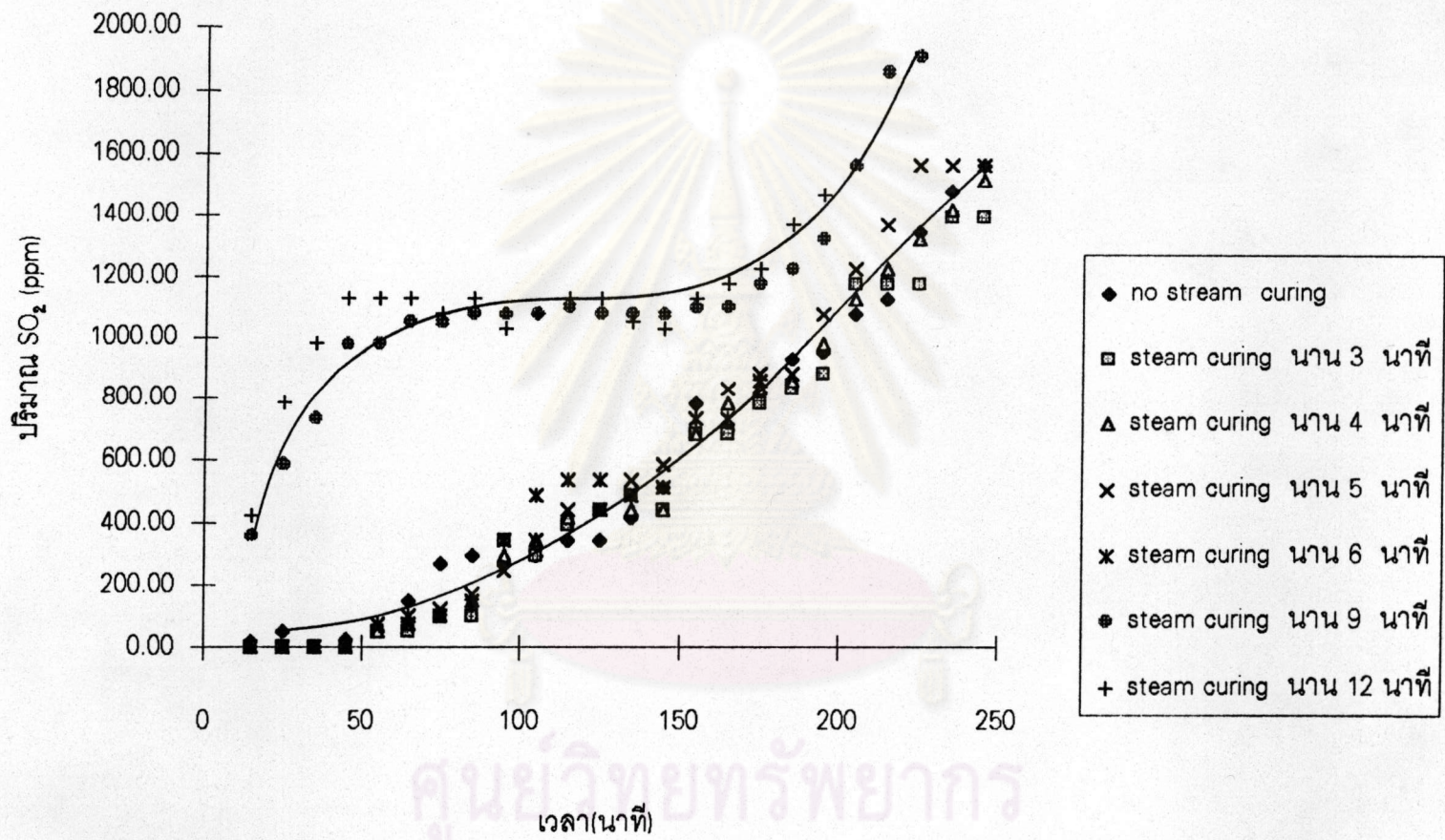


รูปที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ไม่ถูกดูดซึมของสารดูดซึม ต.ย. ที่ 5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 ซม. เมื่อถูกกระตุ้นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ



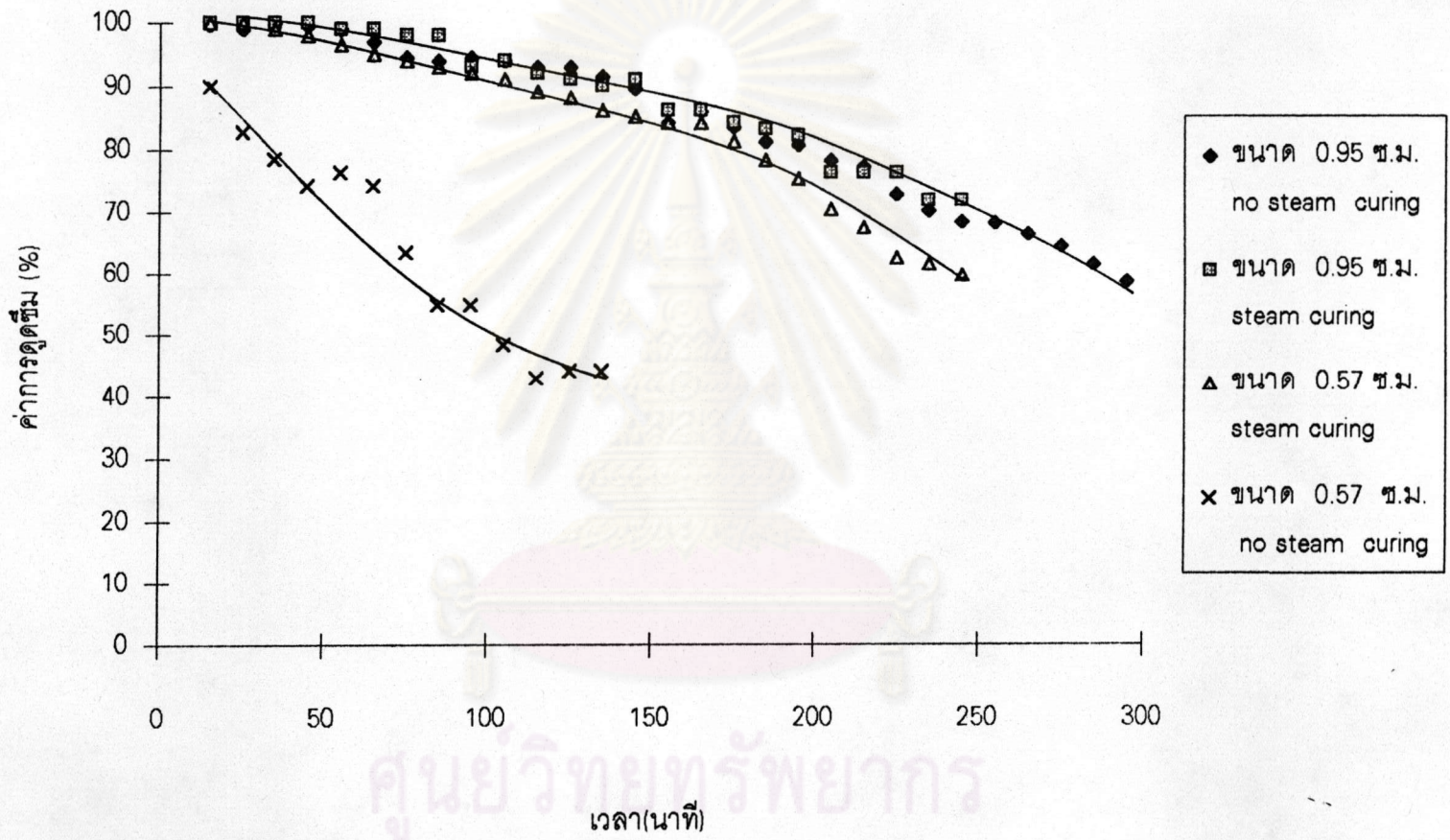
รูปที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของสารดูดซึ่ม ต.ย. ที่ 5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 ซม. เมื่อถูกกระตุ้นด้วยไอน้ำที่เวลาต่างๆ



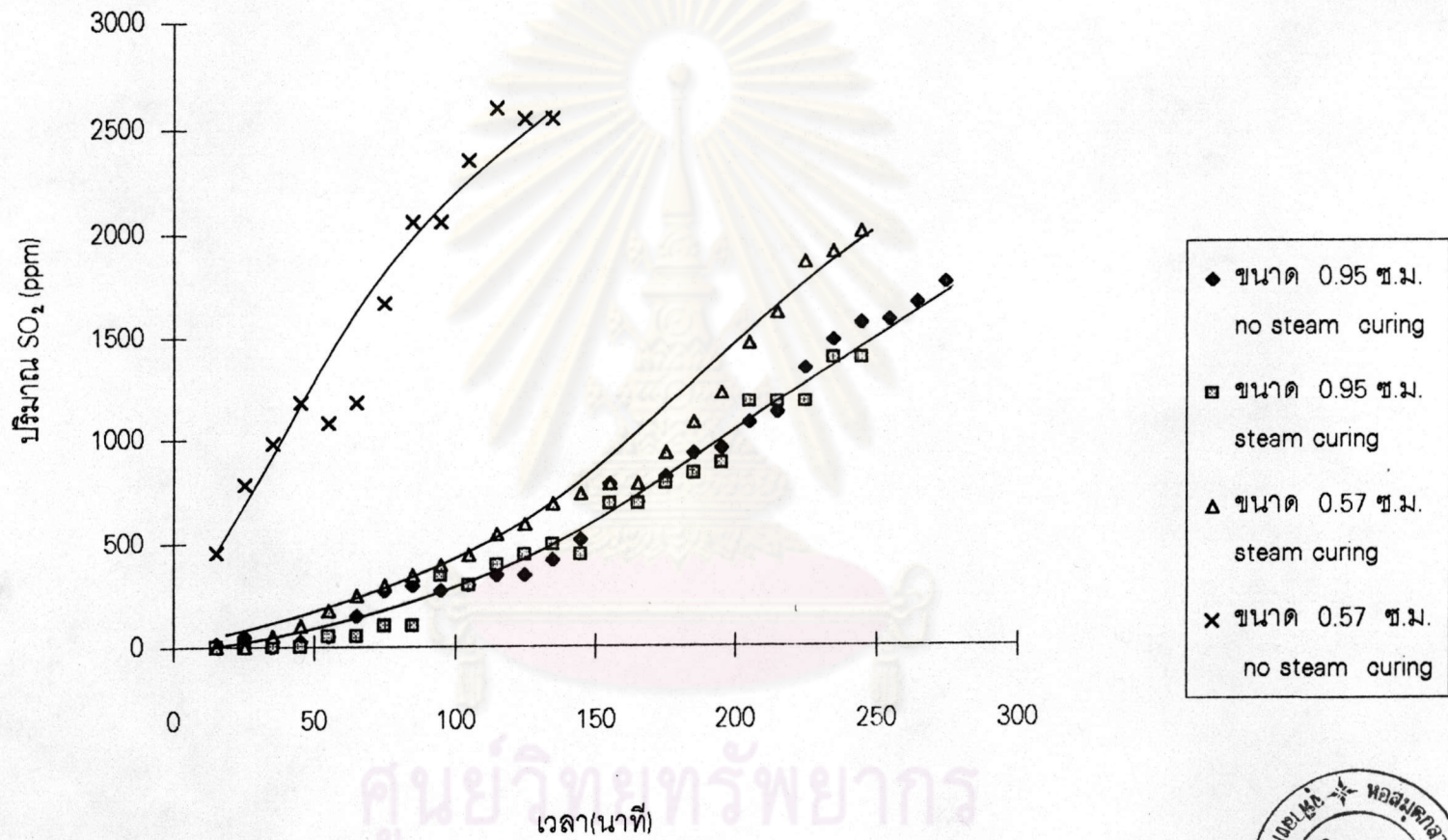


รูปที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ไม่ถูกดูดซึมของสารดูดซึม ต.ย. ที่ 5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 ซม. เมื่อถูกกระตุ้นด้วยไอน้ำที่เวลาต่างๆ





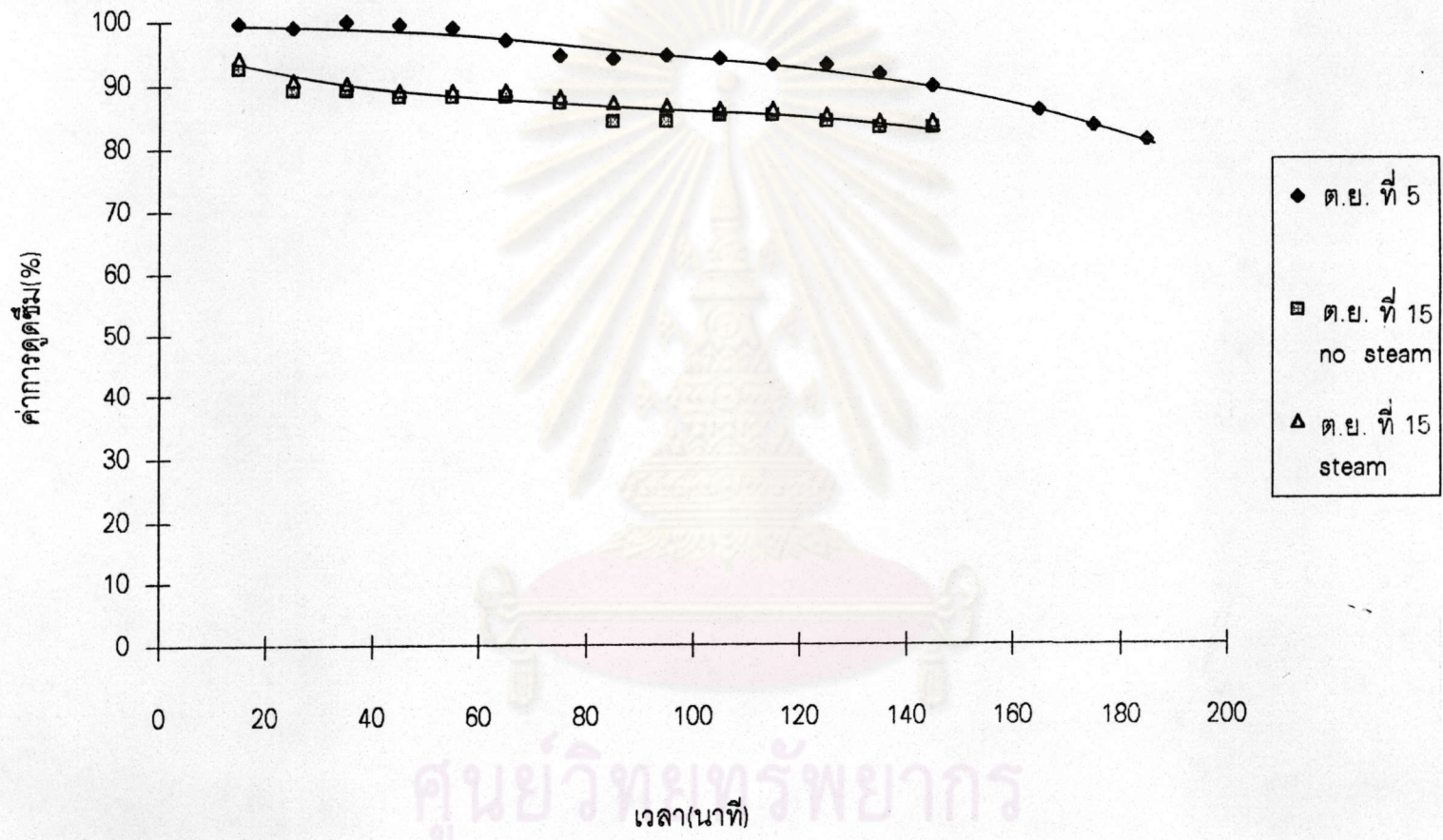
รูปที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการดูดซึมน้ำของสารดูดซึมน้ำ  
 ต.ย. ที่ 5 ที่มีขนาดแตกต่างกันเมื่อถูกกระตุ้นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 200 °C



รูปที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ไม่ถูกดูดซึมของสารดูดซึมน้ำ ต.ย. ที่ 5 ที่มีขนาดต่างกันเมื่อถูกกระตุ้นด้วยไอน้ำ ดูดซึ่มที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส

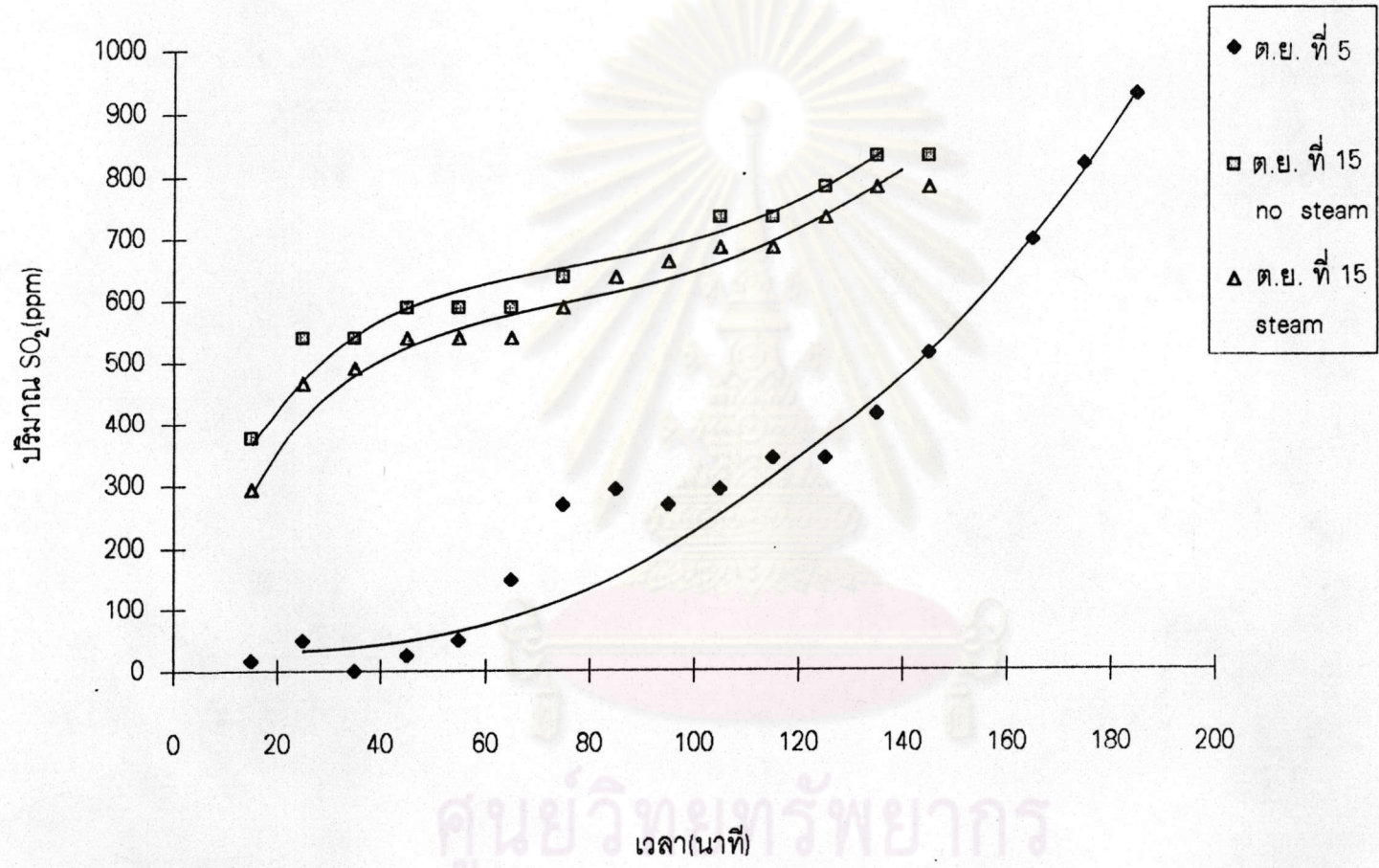






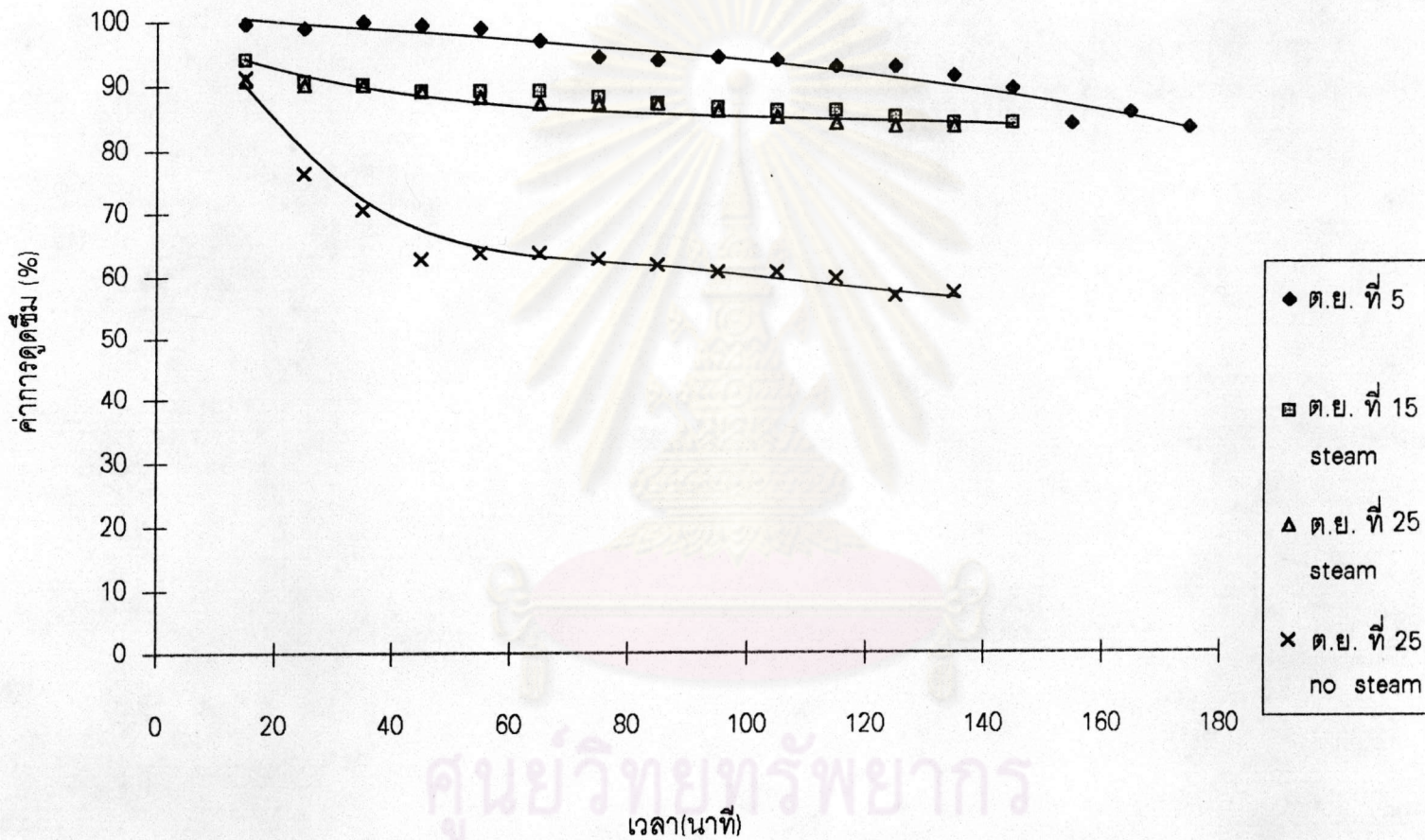
รูปที่ 4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยสารดูดซึ่มที่มีลิปซัมเป็นองค์ประกอบเมื่อถูกกระตุ้นด้วยไอน้ำ ดูดซึ่มที่อุณหภูมิ 200 °ซ





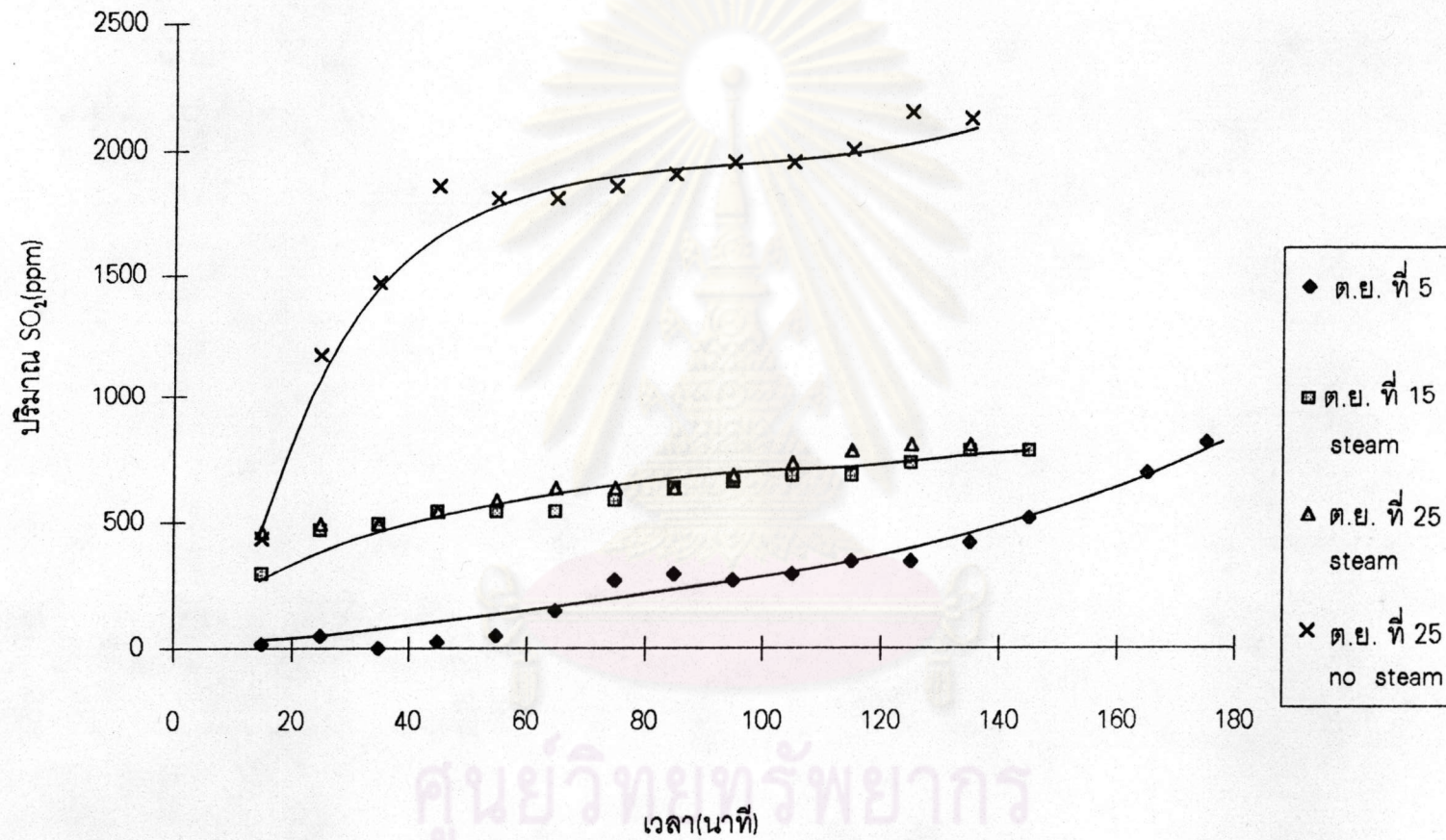
รูปที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ไม่ถูกดูดซึมของสารดูดซึมที่มีปฏิกิริยาเป็นองค์ประกอบเมื่อถูกกระตุ้นด้วยไอน้ำ ดูดซึมที่อุณหภูมิ 200 °ซ





รูปที่ 4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยสารดูดซึ่มที่มีปริมาณยิปซัมมากขึ้นเมื่อถูกกระตุ้นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 200 °ซ ดูดซึ่มที่อุณหภูมิ 200 °ซ





รูปที่ 4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ไม่ถูกดูดซึมของสารดูดซึมที่มีปริมาณอิ่มตัวมากขึ้นเมื่อถูกกระตุ้นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 200 °ซ ดูดซึมที่อุณหภูมิ 200 °ซ



### ผลการวิเคราะห์ค่าความต้านทานแรงอัด (Strength)

ทำการขึ้นรูปสารตัวอย่างเป็นลักษณะทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.54 เซนติเมตร ยาว 7.75 เซนติเมตร ทิ้งระยะหลังจากหล่อ 2 อาทิตย์ ก่อนนำมาทดสอบ ผลการทดลอง แสดงได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าความต้านทานแรงอัด

ตัวอย่าง	F:L:G	Strength กก./ซ.ม. <sup>2</sup>
5	6:4:0	22
15	6:4:1	24
25	6:4:2	32
35	6:4:3	35
2	5:5:0	29
6	9:1:0	21

จากตารางที่ 4.3 พบว่า สารตัวอย่างที่มีอัตราส่วนของยิปซัมเป็นองค์ประกอบที่มากจะมีความต้านทานแรงอัดได้มาก ทั้งนี้เพราะยิปซัมเป็นตัวประสานองค์ประกอบต่างๆ ให้แข็งแรง

### การศึกษาลักษณะของสารดูดซึมด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope)

เป็นการศึกษาลักษณะของรูพรุนของสารดูดซึมที่มีองค์ประกอบและทำการทดลองในสภาวะต่างๆ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน Model S-2500 ของบริษัท Hitachi Ltd. Tokyo Japan ที่มีกำลังขยาย 500 และ 1,000 เท่า ผลการศึกษาแสดงดังรูปที่ 4.24 ถึง 4.37 พบว่าสารดูดซึมที่มีปริมาณยิปซัมมากจะมีรูพรุนน้อยและไม่ลึก ส่วนสารดูดซึมที่มียิปซมน้อยถึงไม่มีเลย จะมีรูพรุนกระจายไปทั่วและลึก ตามลำดับ และพบว่าสารดูดซึมที่ถูกกระตุ้นด้วยไอน้ำ จะทำให้ขนาดรูพรุนใหญ่ขึ้น

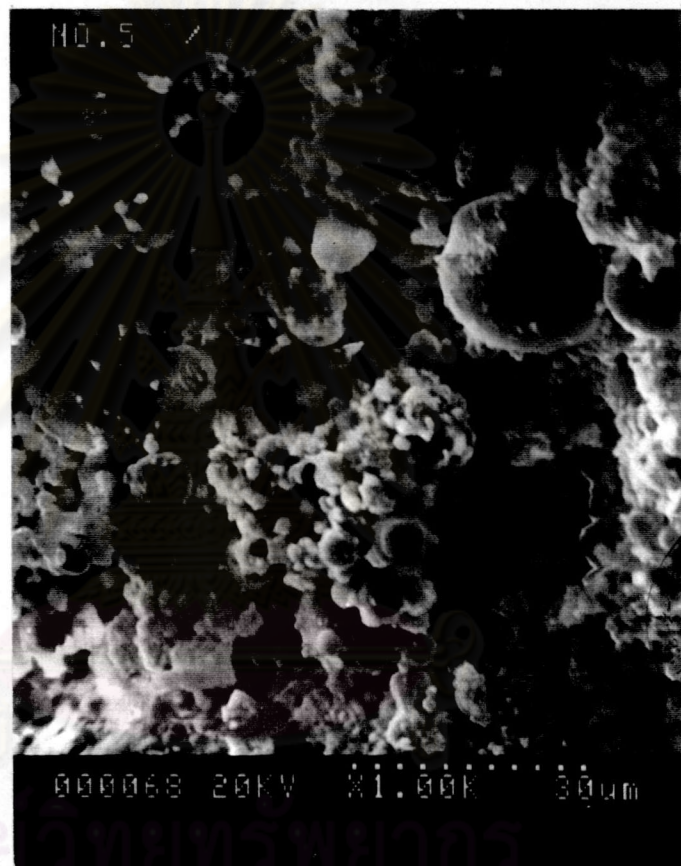


1. ผลการศึกษาลักษณะของสารดูดซึมตัวอย่างที่ 5 ที่มีเก้าลอยต่อปูนขาวในอัตราส่วน 6 ต่อ 4 โดยน้ำหนัก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร แสดงได้ดังรูปที่ 4.24 และ 4.25



ศูนย์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.24 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 500 เท่า  
ของสารดูดซึมตัวอย่างที่ 5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร

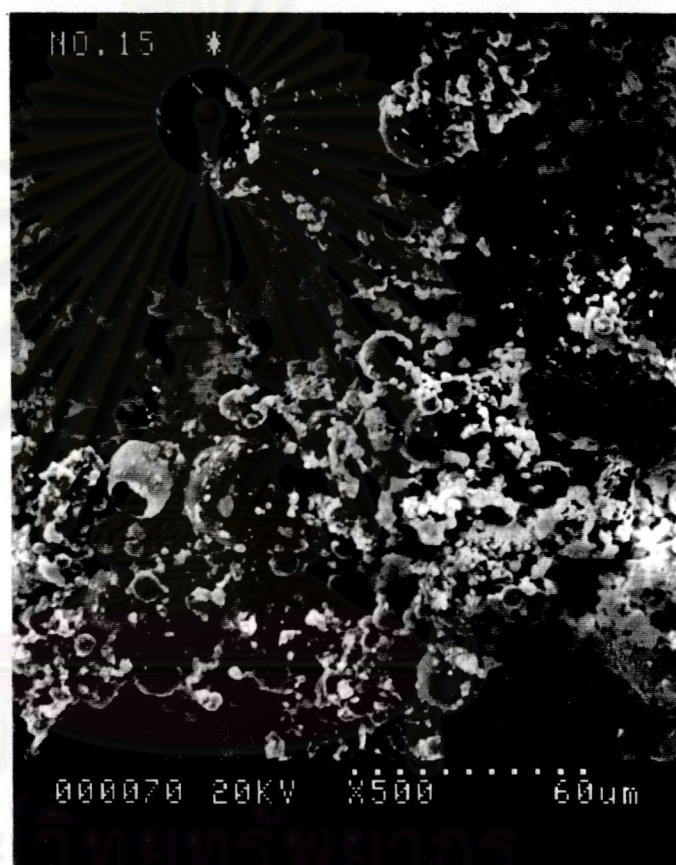


ศูนย์วิจัยและพัฒนา  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

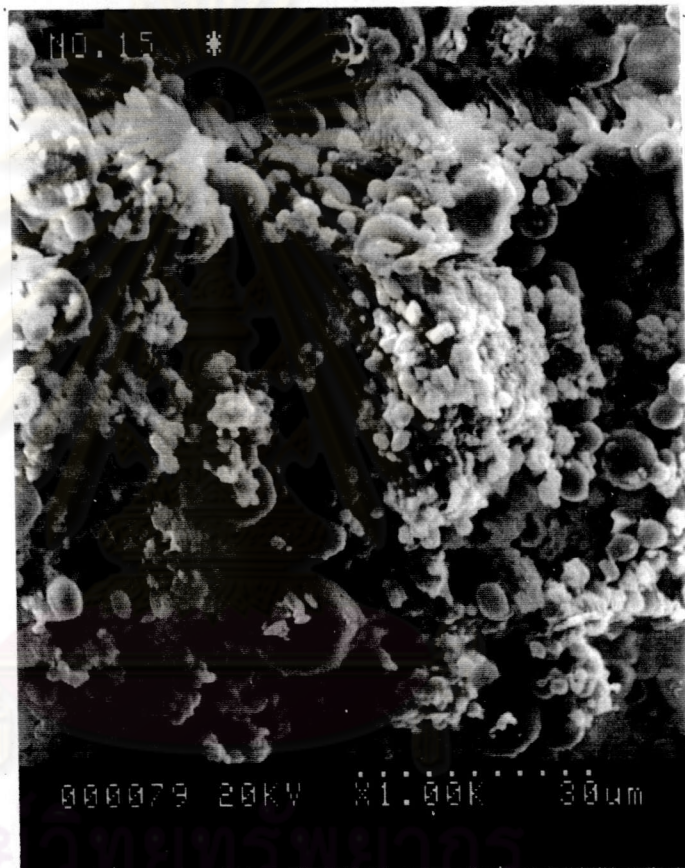
รูปที่ 4.25 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 1,000 เท่า  
ของสารดูดซึมตัวอย่างที่ 5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร



4.5.2 ผลการศึกษาลักษณะของสารดูดซึมตัวอย่างที่ 15 ที่มีเม็ดลอยต่อปูนขาวตอ ยิปซัมในอัตราส่วน 6 ตอ 4 ตอ 1 โดยน้ำหนัก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร แสดงได้ดังรูปที่ 4.26 และ 4.27



รูปที่ 4.26 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 500 เท่า ของสารดูดซึมตัวอย่างที่ 15 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร



ศูนย์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.27 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 1,000 เท่า  
ของสารดูดซึมตัวอย่างที่ 15 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร



4.5.3 ผลการศึกษาลักษณะของสารดูดซึมตัวอย่างที่ 25 ที่มีแก้วลอยต่อปูนขาวต่อ ยิปซัมในอัตราส่วน 6 ต่อ 4 ต่อ 2 โดยน้ำหนัก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร แสดงได้ดังรูปที่ 4.28 และ 4.29



ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.28 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 500 เท่า ของสารดูดซึมตัวอย่างที่ 25 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร

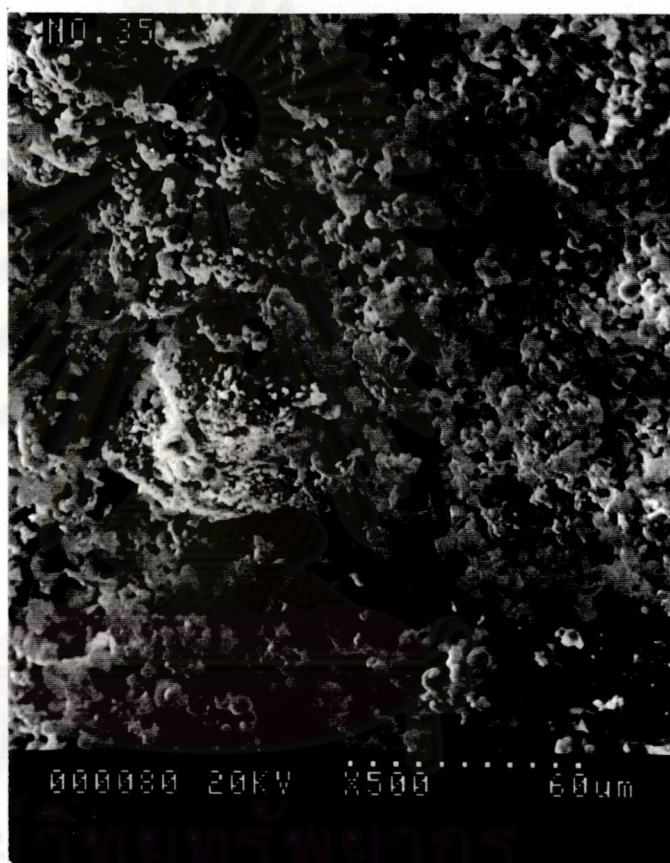


ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.29 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 1,000 เท่า  
ของสารดูดซึมตัวอย่างที่ 25 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร



4.5.4 ผลการศึกษาลักษณะของสารดูดซึมตัวอย่างที่ 35 ที่มีเก้าลอยต่อปูนขาวต่อ ยิปซัมในอัตราส่วน 6 ต่อ 4 ต่อ 3 โดยน้ำหนัก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร แสดงได้ดังรูปที่ 4.30 และ 4.31



รูปที่ 4.30 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 500 เท่า ของสารดูดซึมตัวอย่างที่ 35 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร

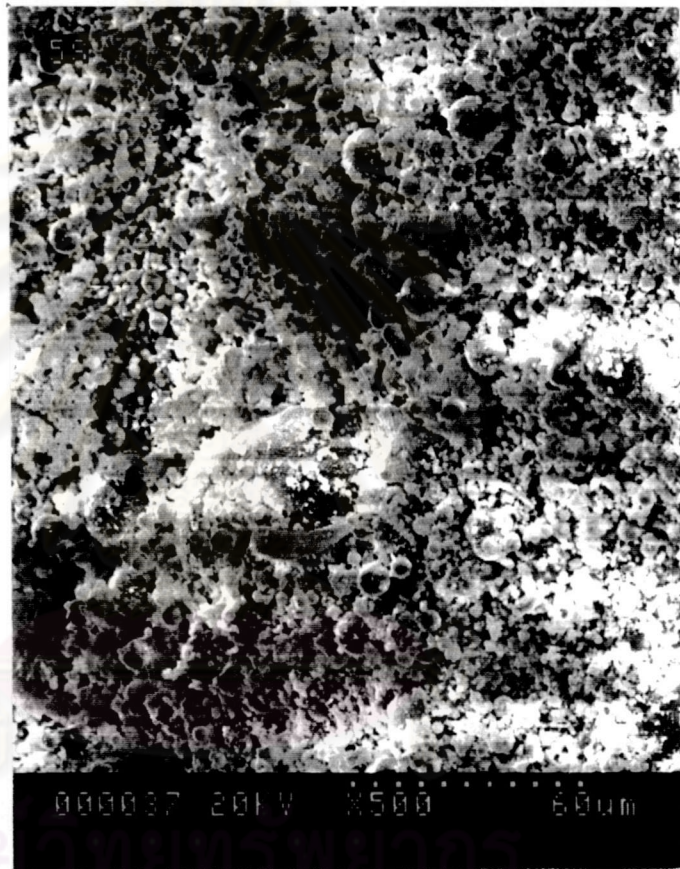


ศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.31 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 1,000 เท่า  
ของสารดูดซึมตัวอย่างที่ 35 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร

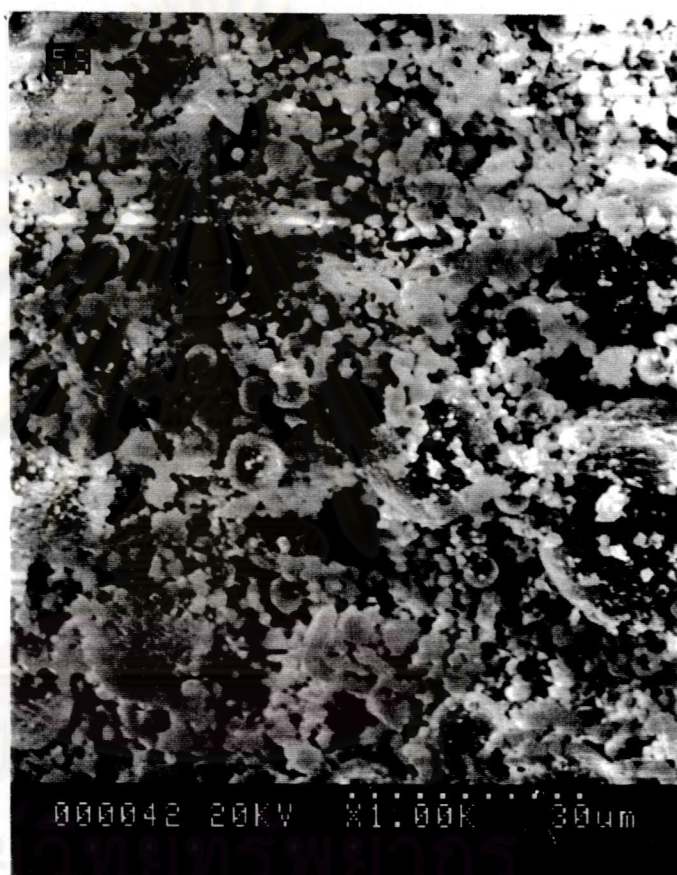


4.5.5 ผลการศึกษาลักษณะของสารดูดซึมตัวอย่างที่ 5 ที่มีแก้วลอยต่อปูนขาวในอัตราส่วน 6 ต่อ 4 โดยน้ำหนัก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.57 เซนติเมตร แสดงได้ดังรูปที่ 4.32 และ 4.33



ศูนย์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.32 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 500 เท่าของสารดูดซึมตัวอย่างที่ 5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.57 เซนติเมตร

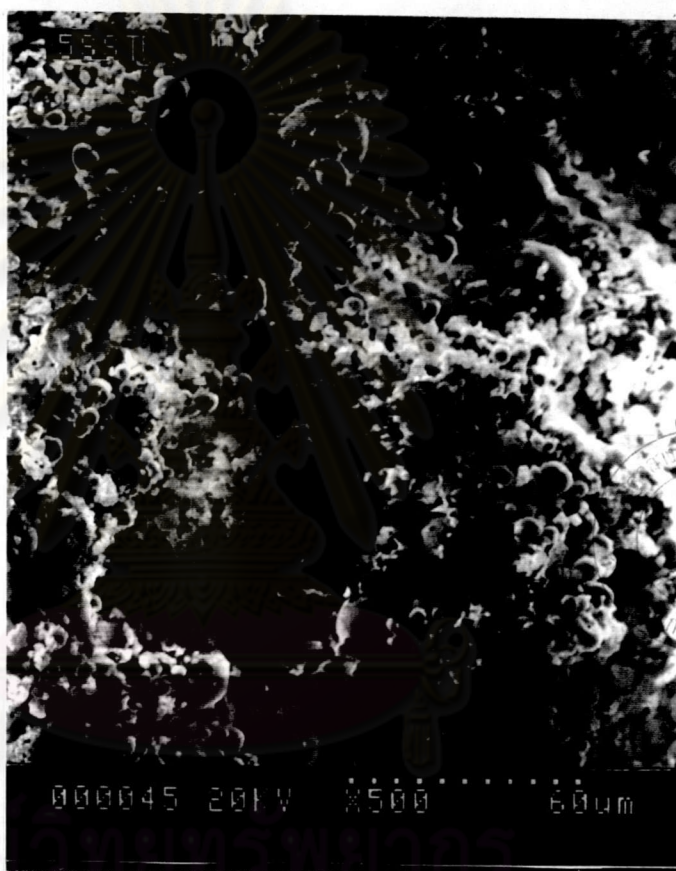


ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.33 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 1,000 เท่า  
ของสารดูดซึมตัวอย่างที่ 5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.57 เซนติเมตร

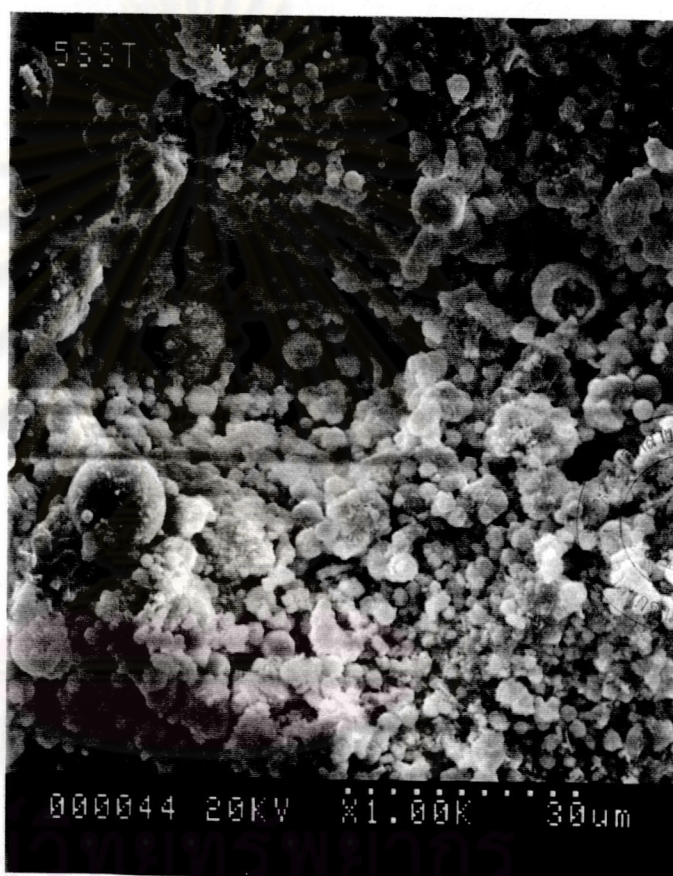


4.5.6 ผลการศึกษาลักษณะของสารดูดซึมตัวอย่างที่ 5 ที่มีแก๊ลลอยตอปูนขาวในอัตราส่วน 6 ต่อ 4 โดยน้ำหนัก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.57 เซนติเมตร ผ่านการกระตุ้นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที แสดงได้ดังรูปที่ 4.34 และ 4.35



ศูนย์วิจัยและพัฒนา  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.34 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 500 เท่าของสารดูดซึมตัวอย่างที่ 5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.57 เซนติเมตร เมื่อถูกกระตุ้นด้วยไอน้ำ

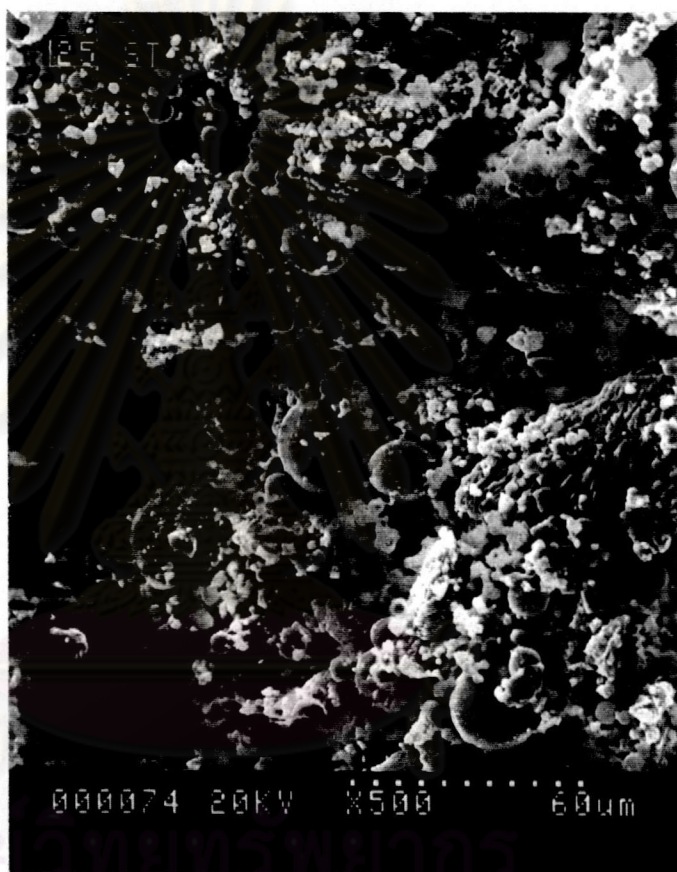


ศูนย์วิจัยและพัฒนา  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

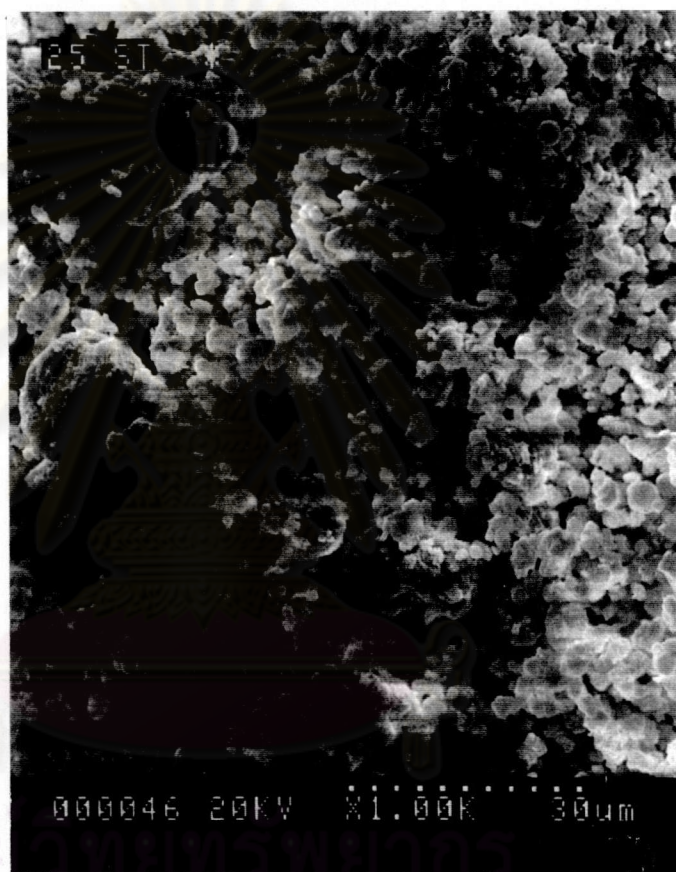
รูปที่ 4.35 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 1,000 เท่าของสารดูดซับตัวอย่างที่ 5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.57 เซนติเมตร เมื่อถูกกระตุ้นด้วยไอน้ำ



4.5.7 ผลการศึกษาลักษณะของสารดูดซึมตัวอย่างที่ 25 ที่มีแก้วลอยต่อปูนขาวต่อยิปซัมในอัตราส่วน 6 ต่อ 4 ต่อ 2 โดยน้ำหนัก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร ผ่านการกระตุ้นด้วยไอ้่น้ำที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที แสดงได้ดังรูปที่ 4.36 และ 4.37



รูปที่ 4.36 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 500 เท่าของสารดูดซึมตัวอย่างที่ 25 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร เมื่อถูกกระตุ้นด้วยไอ้่น้ำ



ศูนย์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.37 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 1,000 เท่า ของสารดูดซึมตัวอย่างที่ 25 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร เมื่อถูกกระตุ้นด้วยไอน้ำ