บทที่ 5

ผลของการทดลอง

การวิจัยนี้เริ่มทำการทดลองเมื่อวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2527 ใช้เวลาในการทดลองทั้งสิ้น 170 วัน แบ่งเป็น 3 การทดลองด้วยกันคือ ระยะเริ่มเลี้ยงจุลชีพจนสิ้นสุดการทดลองที่ 1 ใช้เวลาในการทดลอง 90 วัน การทดลองครั้งที่ 2 ใช้เวลา 45 วัน และการทดลองครั้งที่ 3 ใช้เวลา 35 วัน

5.1 ระยะเริ่มเลี้ยงจุลชีพ

การเริ่มเลี้ยงจุลชีพสำหรับเครื่องกรองแอนแอโรบิค หมายถึงการที่จะเพิ่มปริมาณจุลชีพในเครื่องกรองให้มีปริมาณมากพอที่จะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้มากพอตามเวลาที่กำหนด สำหรับเครื่องกรองแอนแอโรบิคนี้ต้องใช้เวลานาน เนื่องจากการสร้างเซลล์ใหม่ของจุลชีพชนิดไม่ใช้ออกซิเจนอิสระนั้นเป็นไปอย่างช้า ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานในรูปของก๊าซมีเทน มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่นำมาสร้างเซลล์ใหม่ ทำให้ปริมาณจุลชีพเพิ่มขึ้นได้ช้ามาก Young และ McCarty[9] แนะนำว่าควรใช้ตะกอนจุลชีพที่แข็งแรง (active sludge) เพื่อลดระยะเวลาในการเริ่มเลี้ยงจุลชีพ

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ตะกอนจุลชีพที่แข็งแรงจากถังหมัก (digester tank) ของโรงงานบำบัดน้ำเสียจากชุมชนห้วยขวางของการเคหะแห่งชาติ กรุงเทพมหานคร โดยใส่ตะกอนจุลชีพที่มีความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย 40,176 มก./ลบ.ดม. และมีตะกอนแขวนลอยไวลาไทล์ 20,449 มก./ลบ.ดม. (VSS = .509 SS) เข้าสู่เครื่องกรองแอนแอโรบิคเครื่องละ 20 ลบ.ดม. โดยเทใส่เข้าทางด้านบนของเครื่องกรอง จากนั้นก็ใส่น้ำใสจากถังหมัก (digester supernatant) จนเต็ม หลังจากบรรจุจุลชีพลงในเครื่องกรองทั้งสองเรียบร้อยก็ทำการปิดฝาเครื่องกรองให้แน่นหนาจัดเครื่องมือต่าง ๆ ให้เรียบร้อย หลังจากปล่อยเครื่องกรองทิ้งไว้ 3 วัน จะมีก๊าซเกิดขึ้นประมาณวันละ 1-2 ลบ.ดม. จากนั้นจะเริ่มทำการเลี้ยงจุลชีพโดยค่อย ๆ ป้อนน้ำเสียสังเคราะห์เข้าสู่เครื่องกรองทั้งสองตัวทางด้านล่าง

เนื่องจากการทดลองครั้งที่ 1 ภาระอินทรีย์ของเครื่องกรองคือ 3.61 กก.ซีโอดี/ม^3/วัน และมีความเข้มข้นซีโอดีในน้ำเสีย 2000 มก./ลบ.ดม. ทำให้อัตราการไหลของน้ำเสียค่อนข้างสูง คือ 65 ลบ.ดม./วัน ทำให้ระยะเวลากักน้ำของเครื่องกรองที่ 1 เป็น 10 ชั่วโมงและระยะเวลากักน้ำของเครื่องกรองที่ 2 ซึ่งมีการหมุนเวียนน้ำทิ้งด้วยอัตรา 1:1 มีค่าเพียง 5 ชั่วโมง (ตารางที่ 2.1) ในช่วงระยะเริ่มเลี้ยงจุลชีพจึงแบ่งภาระอินทรีย์เป็น 5 ระดับคือ 0.45, 0.90, 1.80, 2.71 และ 3.61 กก.ซีโอดี/ม^3/วัน อัตราการไหลของน้ำเสียและความเข้มข้นของซีโอดีแสดงในตารางที่ 5.1

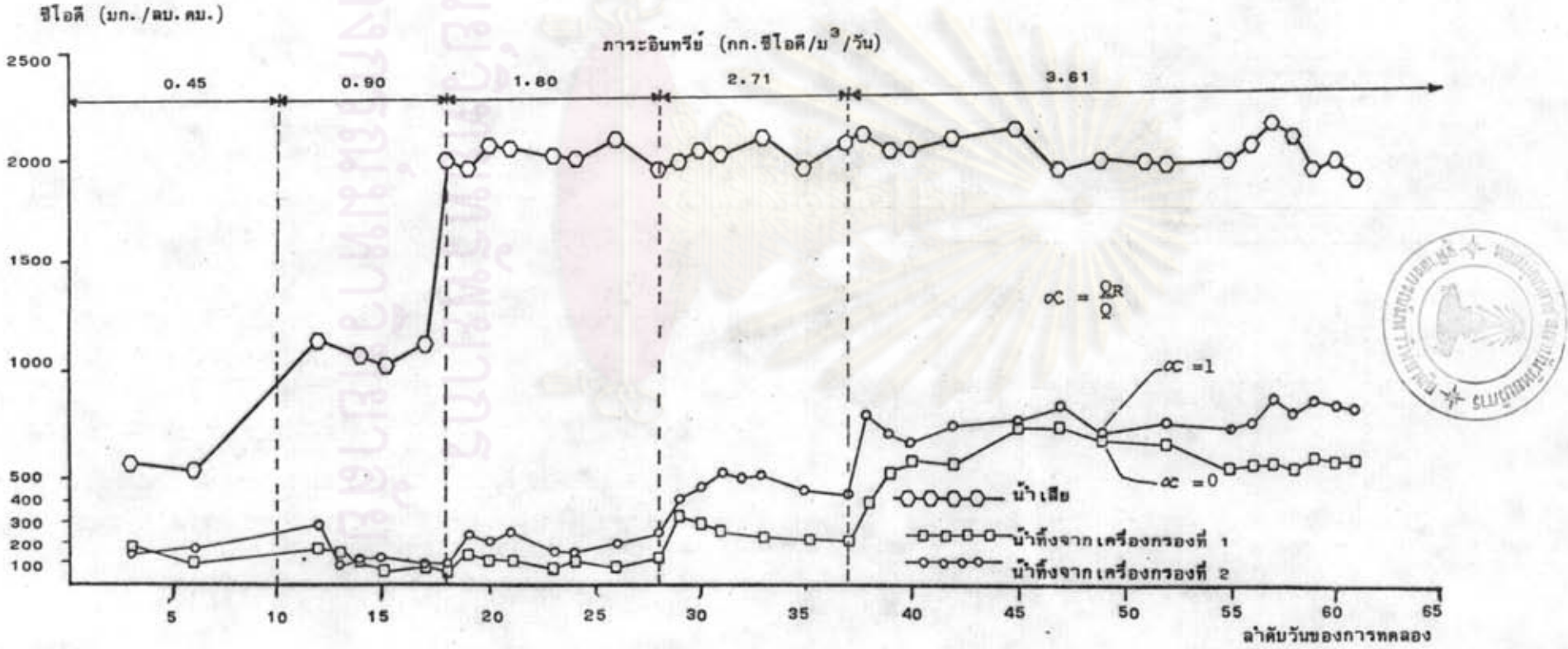
ตารางที่ 5.1 การแบ่งระดับภาระอินทรีย์ในระยะเริ่มเลี้ยงจุลชีพ

ระดับที่	ระยะเวลาทดลอง (วัน)	ความเข้มข้นซีโอดี (มก./ลบ.ดม.)	อัตราการไหล (ลบ.ดม./วัน)	ภาระอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ม^3/วัน)
1	10	500	32.5	0.45
2	8	1,000	32.5	0.90
3	10	2,000	32.5	1.80
4	9	2,000	48.75	2.71
5	25	2,000	65	3.61

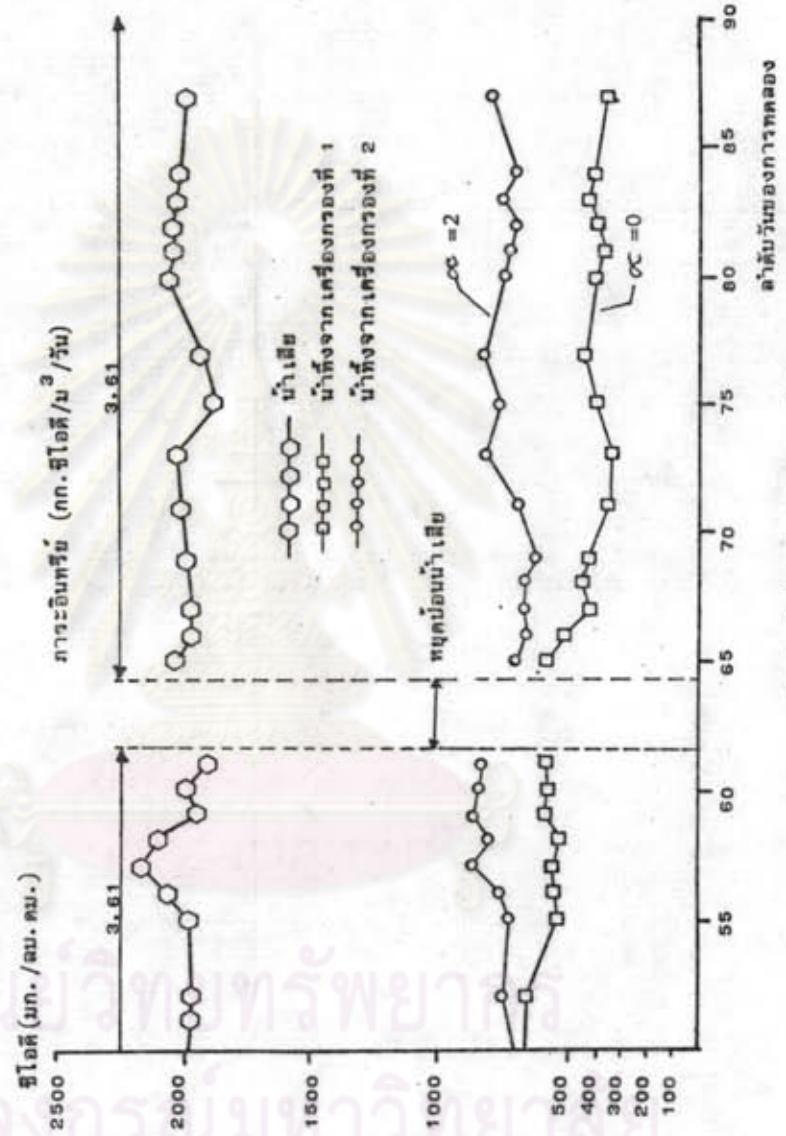
5.2 ผลการทดลอง ครั้งที่ 1

5.2.1 ซีโอดี

หลังจากที่ป้อนน้ำเสียเข้าสู่เครื่องกรองแอนแอโรบิคทั้ง 2 เครื่องจะเริ่มทำการวิเคราะห์ค่าซีโอดีละลายของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่เครื่องกรองและน้ำทิ้งที่ออกจากเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 วันเว้นวัน จากรูปที่ 5.1 ก. จะเห็นว่า ความเข้มข้นซีโอดีของน้ำทิ้งที่ออกจากเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 ไม่แตกต่างกันมากเมื่อภาระอินทรีย์อยู่ระหว่าง 0.45-1.80 กก.ซีโอดี/ม^3/วัน แต่เมื่อภาระอินทรีย์เพิ่มไปเป็น 2.71 กก.ซีโอดี/ม^3/วัน ความเข้มข้นของน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 2 จะสูงกว่าเครื่องกรองที่ 1 อย่างชัดเจน กล่าวคือ น้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 ซึ่งไม่มีการหมุนเวียนน้ำทิ้งจะมีความเข้ม



รูปที่ 5.1 ก ซีโอดีในน้ำทิ้งของการทดลองครั้งที่ 1



รูป 5.1 ข ซีโอดีในน้ำทิ้งของการทดลองครั้งที่ 1

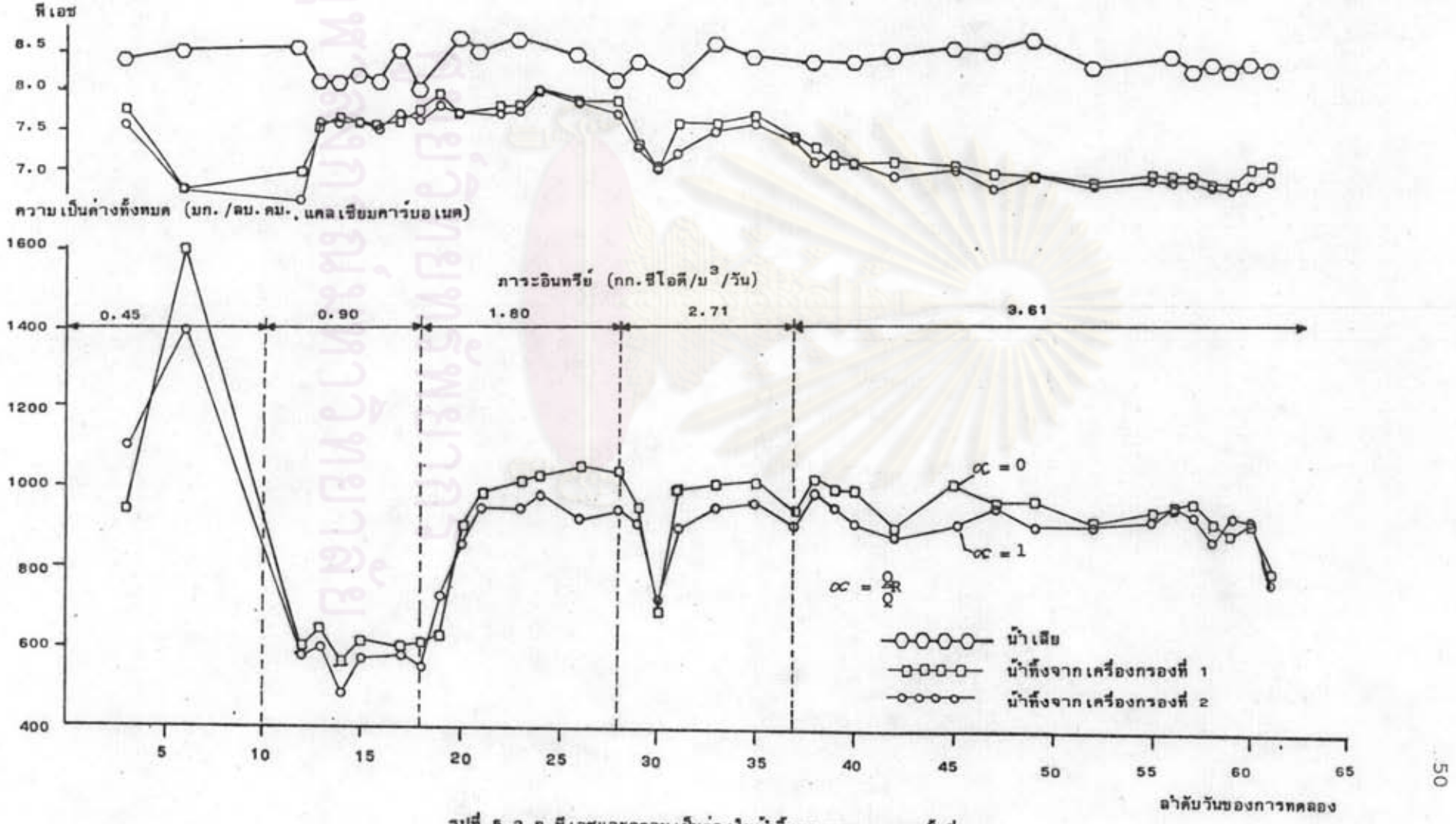
ข้นซีโอดีประมาณ 150 มก./ลบ.ดม. ส่วนน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 2 ซึ่งมีการหมุนเวียนน้ำทิ้งด้วยอัตรา 1:1 มีความเข้มข้นซีโอดีในน้ำทิ้งสูงประมาณ 450 มก./ลบ.ดม. เมื่อภาระอินทรีย์เปลี่ยนจาก 2.70 เป็น 3.61 กก.ซีโอดี/ม^3/วัน ความเข้มข้นซีโอดีในน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 จะเพิ่มขึ้นตามลำดับจนเข้าสู่ภาวะคงที่ในวันที่ 55 ของการทดลอง ความเข้มข้นซีโอดีในน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 600 และ 850 มก./ลบ.ดม. นั่นคือประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของเครื่องกรองที่ 1 ซึ่งไม่มีการหมุนเวียนน้ำทิ้งกำจัดซีโอดีร้อยละ 70 ส่วนเครื่องกรองที่ 2 ซึ่งมีการหมุนเวียนน้ำทิ้งด้วยอัตรา 1:1 จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีร้อยละ 57.5

วันที่ 62 ของการทดลองจะสิ้นสุดการทดลองช่วงแรก หยุดการทดลอง 2 วัน วันที่ 64 ของการทดลองจะเริ่มทดลองใหม่โดยเปลี่ยนอัตราการหมุนเวียนน้ำทิ้งของเครื่องกรองที่ 2 เป็น 2:1 ส่วนเครื่องกรองที่ 1 ยังควบคุมให้เหมือนเดิม ภาระอินทรีย์ของเครื่องกรองทั้งสองยังเป็น 3.61 กก.ซีโอดี/ม^3/วัน (รูปที่ 5.1 ข.) เมื่อระบบเข้าสู่ภาวะคงที่พบว่า น้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 2 ซึ่งมีการหมุนเวียนน้ำทิ้งด้วยอัตรา 2:1 ยังคงมีค่าความเข้มข้นซีโอดีสูงกว่าเครื่องกรองที่ 1 ความเข้มข้นซีโอดีในน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 400 และ 750 มก./ลบ.ดม. นั่นคือเครื่องกรองที่ 1 มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีร้อยละ 80 ส่วนเครื่องกรองที่ 2 มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีได้ร้อยละ 62.5

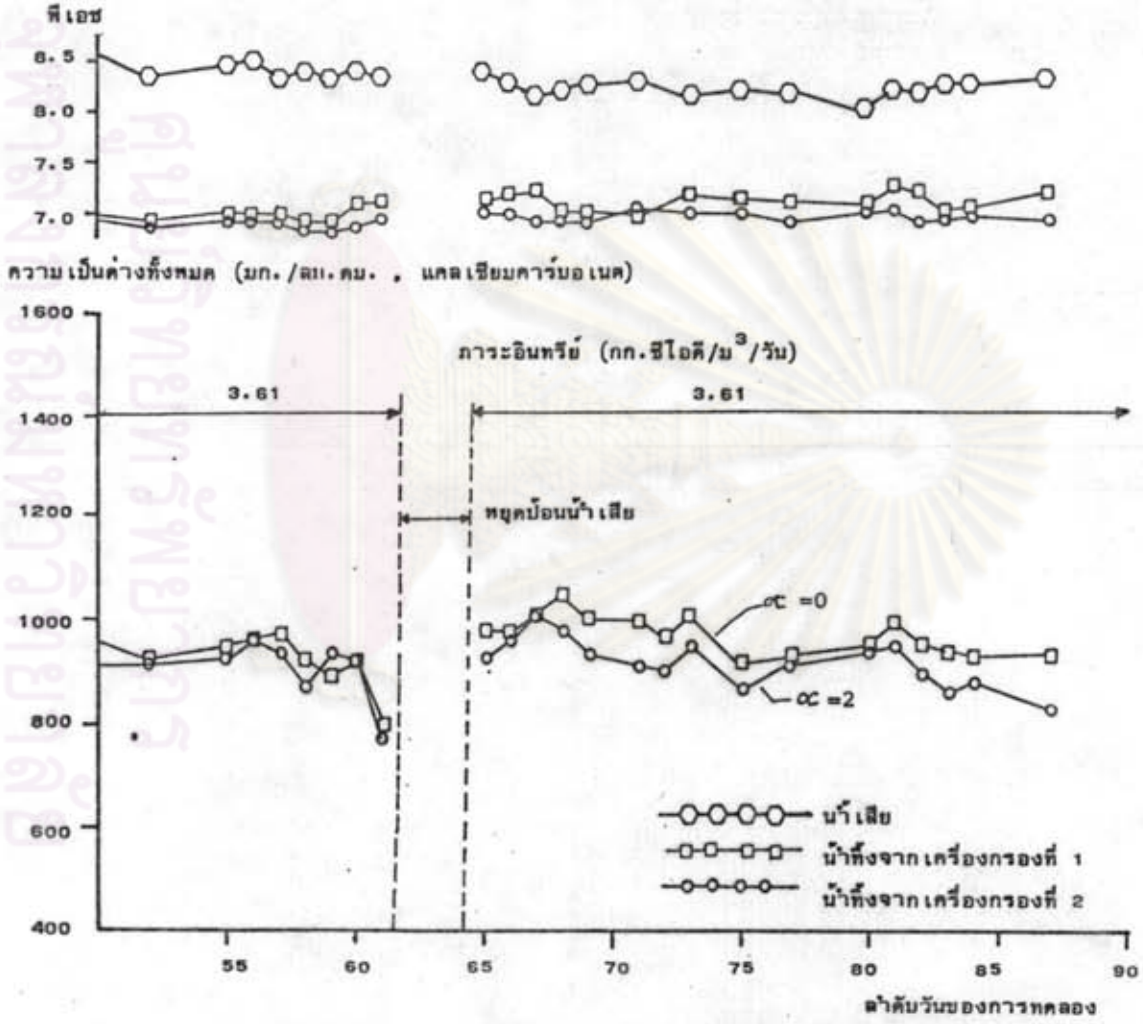
5.2.2 <u>พีเอชและสภาพความเป็นด่าง</u>

<u>พีเอช</u>

จากรูปที่ 5.2 ก. เห็นได้ว่าค่าพีเอชของน้ำทิ้งจากเครื่องกรองทั้งสองเครื่องในระยะเริ่มเลี้ยงจุลชีพช่วงแรกจะลดต่ำลงมาที่ 6.6-6.7 ขณะที่ภาระอินทรีย์เป็น 0.45 กก.ซีโอดี/ม^3/วัน จากนั้นจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 7.6-7.7 เมื่อภาระอินทรีย์เพิ่มเป็น 0.90 กก.ซีโอดี/ม^3/วัน ทั้งนี้เนื่องจากมีกรดไวลาไทล์ตกค้างอยู่ในตะกอนจุลชีพที่ใส่ลงในเครื่องกรองทั้งสอง (ดูรูปที่ 5.3 ก.) พีเอชช่วงนี้จึงต่ำกว่าที่เป็นจริง พีเอชของน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 ซึ่งไม่มีการหมุนเวียนน้ำทิ้งสูงกว่าพีเอชของน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 2 (อัตราการหมุนเวียนน้ำทิ้ง 1:1) เล็กน้อยเสมอ เมื่อเข้าสู่สภาวะคงที่แล้วพีเอชของน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2



รูปที่ 5.2 ก พีเอชและความเป็นด่างในน้ำทิ้งของการทดลองครั้งที่ 1



รูป 5.2 ข พีเอชและความเป็นด่างในน้ำทิ้งของการทดลองครั้งที่ 1

มีค่าเฉลี่ย 7.0 และ 6.9 ส่วนน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่เครื่องกรองมีค่าพีเอชเฉลี่ย 8.3

รูปที่ 5.2 ข. เปรียบเทียบพีเอชของน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 เมื่อเปลี่ยนอัตราการหมุนเวียนน้ำทิ้งของเครื่องกรองที่ 2 เป็น 2:1 เมื่อเข้าสู่ภาวะคงที่ เครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 มีพีเอชของน้ำทิ้งเฉลี่ย 7.1 และ 6.9

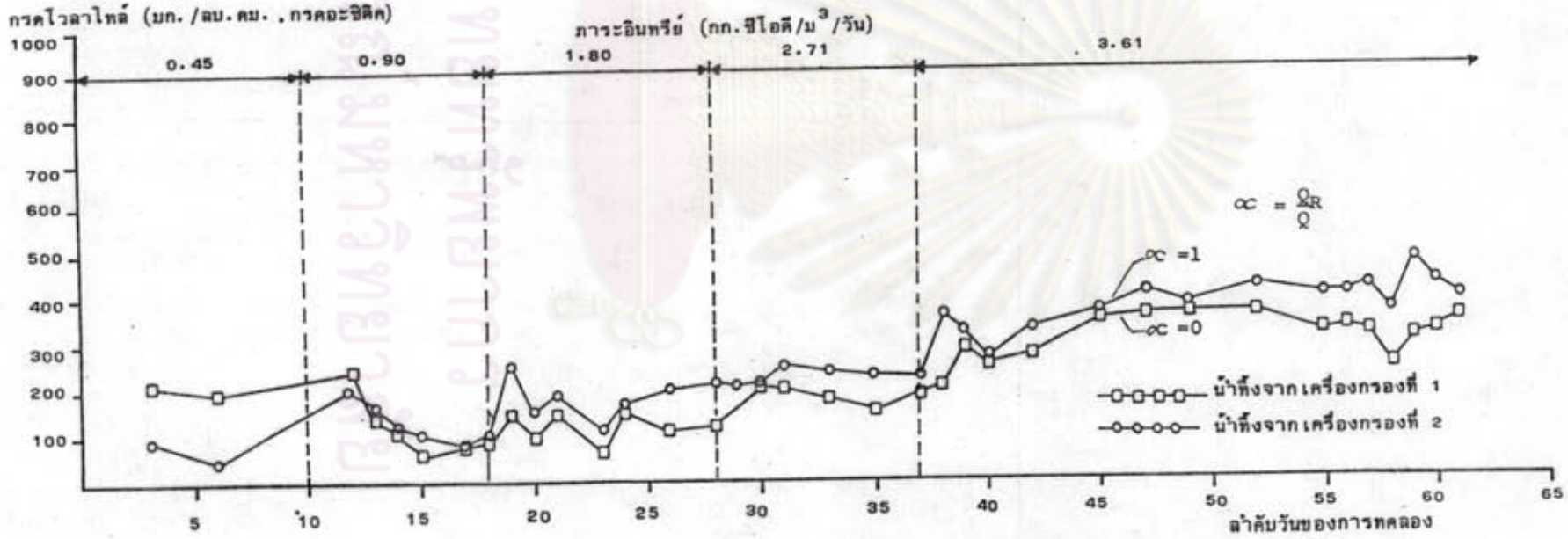
สภาพความเป็นด่าง

ในระยะการทดลองเริ่มแรกที่ภาระอินทรีย์ 0.45 กก.ซีโอดี/ม^3/วัน ความเป็นด่างในน้ำทิ้งที่ออกจากเครื่องกรองทั้งสองเครื่องสูงมาก ประมาณ 1400-1600 มก./ลบ.ดม. ในรูปของแคลเซี่ยมคาร์บอเนต จากนั้นจึงลดลงอย่างรวดเร็วเหลือประมาณ 600 มก./ลบ.ดม. เมื่อภาระอินทรีย์เปลี่ยนเป็น 0.90 กก.ซีโอดี/ม^3/วัน (รูปที่ 5.2 ก.) เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะในช่วงแรกมีความเป็นด่างตกค้างอยู่ในตะกอนจุลชีพที่ใส่ลงในเครื่องกรองทั้งสอง เมื่อเริ่มป้อนน้ำเสียเข้าเครื่องกรองน้ำเสียจะเข้าไปไล่ความเป็นด่างออกมา ทำให้ความเป็นด่างในช่วงแรกสูงกว่าที่เป็นจริง จากกราฟยังแสดงให้เห็นว่า ความเป็นด่างในน้ำทิ้งของเครื่องกรองที่ 1 สูงกว่าเครื่องกรองที่ 2 อยู่เล็กน้อยเสมอ เมื่อถึงสภาวะคงที่เครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 มีความเป็นด่างในน้ำทิ้งเฉลี่ย 950, 915 มก./ลบ.ดม. ในรูปของแคลเซี่ยมคาร์บอเนต

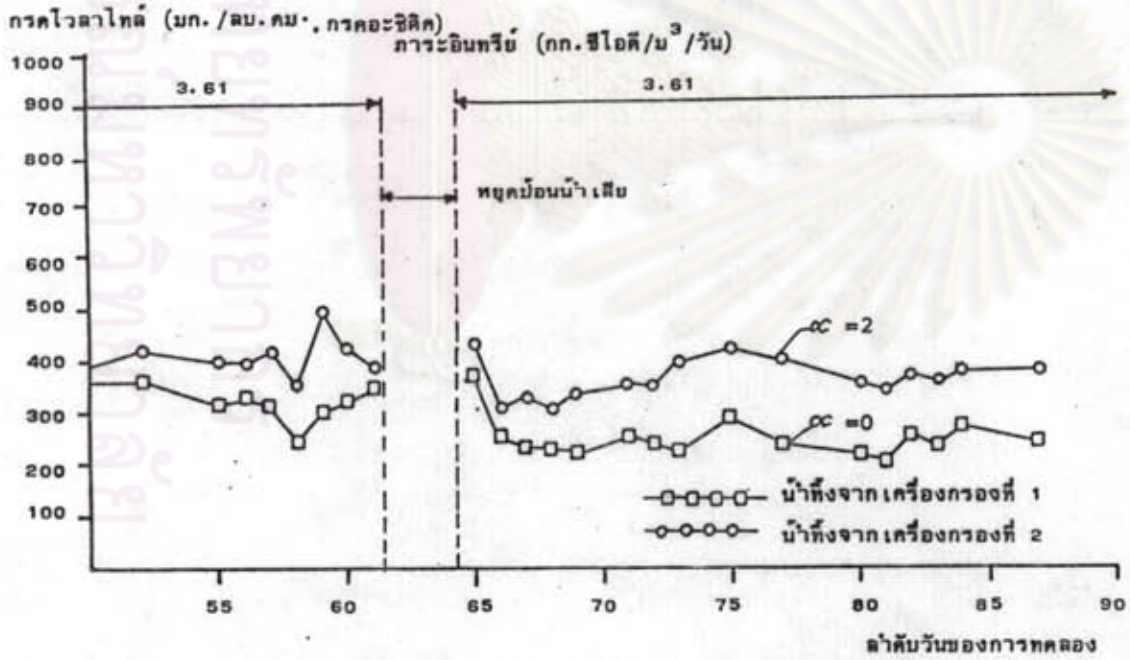
รูปที่ 5.2 ข. เปรียบเทียบความเป็นด่างในน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 เมื่อเปลี่ยนอัตราหมุนเวียนน้ำทิ้งของเครื่องกรองที่ 2 จาก 1:1 เป็น 2:1 เมื่อถึงสภาวะคงที่ ความเป็นด่างในน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 970 และ 920 มก./ลบ.ดม. ในรูปของแคลเซี่ยมคาร์บอเนต

5.2.3 กรดไวลาไทล์

เนื่องจากมีกรดไวลาไทล์ตกค้างอยู่ในตะกอนจุลชีพที่ใส่เข้าไปในเครื่องกรอง จึงทำให้น้ำทิ้งมีกรดไวลาไทล์ช่วงแรก (13 วันแรกของการทดลอง) มากกว่ากรดไวลาไทล์ที่เกิดขึ้นจริง (รูปที่ 5.3 ก.) เมื่อเพิ่มภาระอินทรีย์ให้สูงขึ้นกรดไวลาไทล์จะสูงตามไปด้วย เครื่องกรองที่ 2 ซึ่งมีการหมุนเวียนน้ำทิ้งด้วยอัตรา 1:1 จะมีกรดไวลาไทล์ในน้ำทิ้งสูงกว่าเครื่องกรองที่ 1 เสมอ เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่แล้ว น้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 จะมีกรดไวลาไทล์เฉลี่ย 325 และ 410 มก./ลบ.ดม. ในรูปของกรดอะซิติก



รูปที่ 5.3 ก กรดไวลาไทล์ในน้ำทิ้งของการทดลองครั้งที่ 1



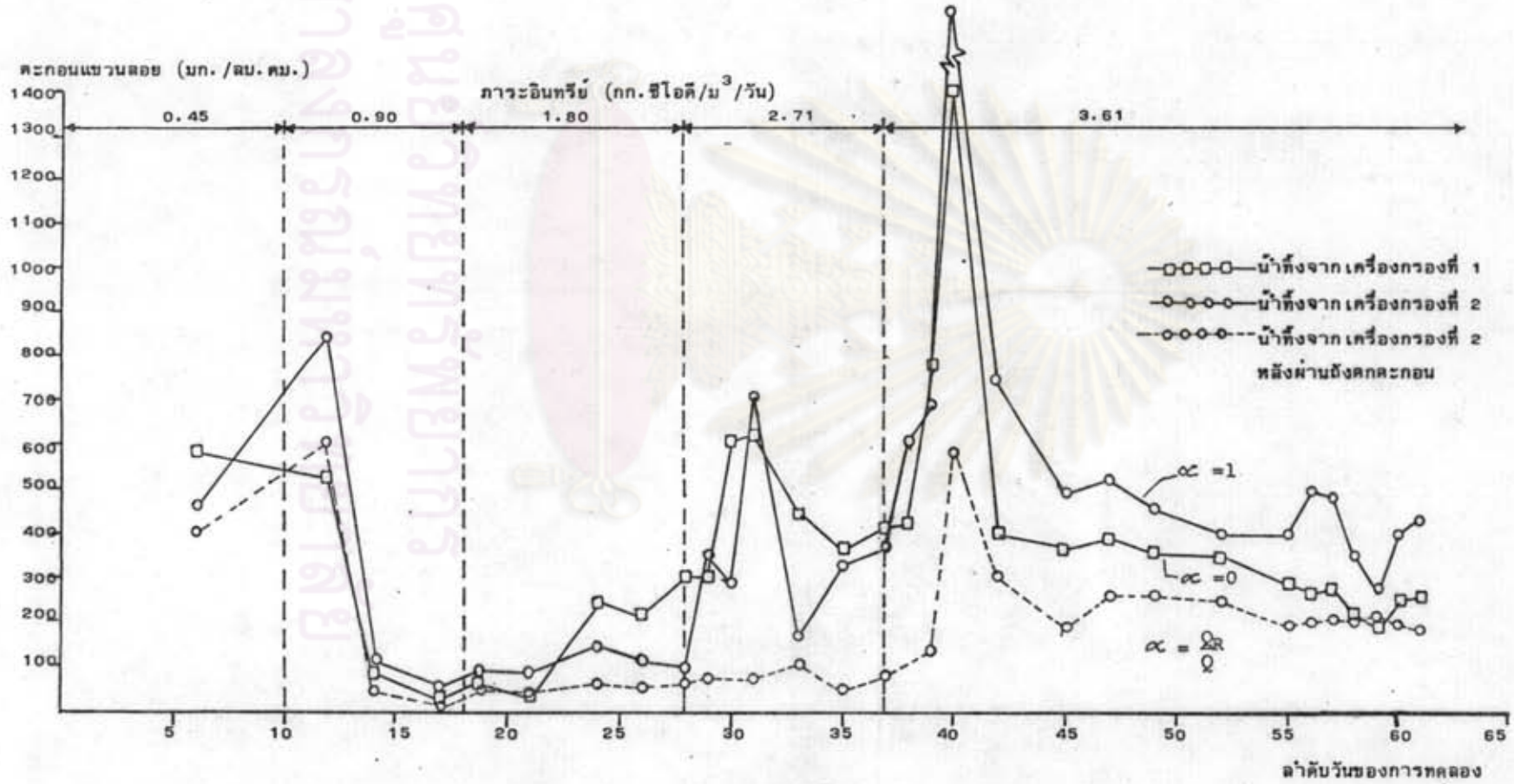
รูปที่ 5.3 ข กรดไวลาไทล์ในน้ำทิ้งของการทดลองครั้งที่ 1

รูปที่ 5.3 ข. เปรียบเทียบความเข้มข้นของกรดไวลาไทล์ในน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 เมื่อเปลี่ยนอัตราการหมุนเวียนน้ำทิ้งของเครื่องกรองที่ 2 เป็น 2:1 เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่แล้วน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 จะมีกรดไวลาไทล์เฉลี่ย 235 และ 375 มก./ลบ.ดม. ในรูปของกรดอะซิติก

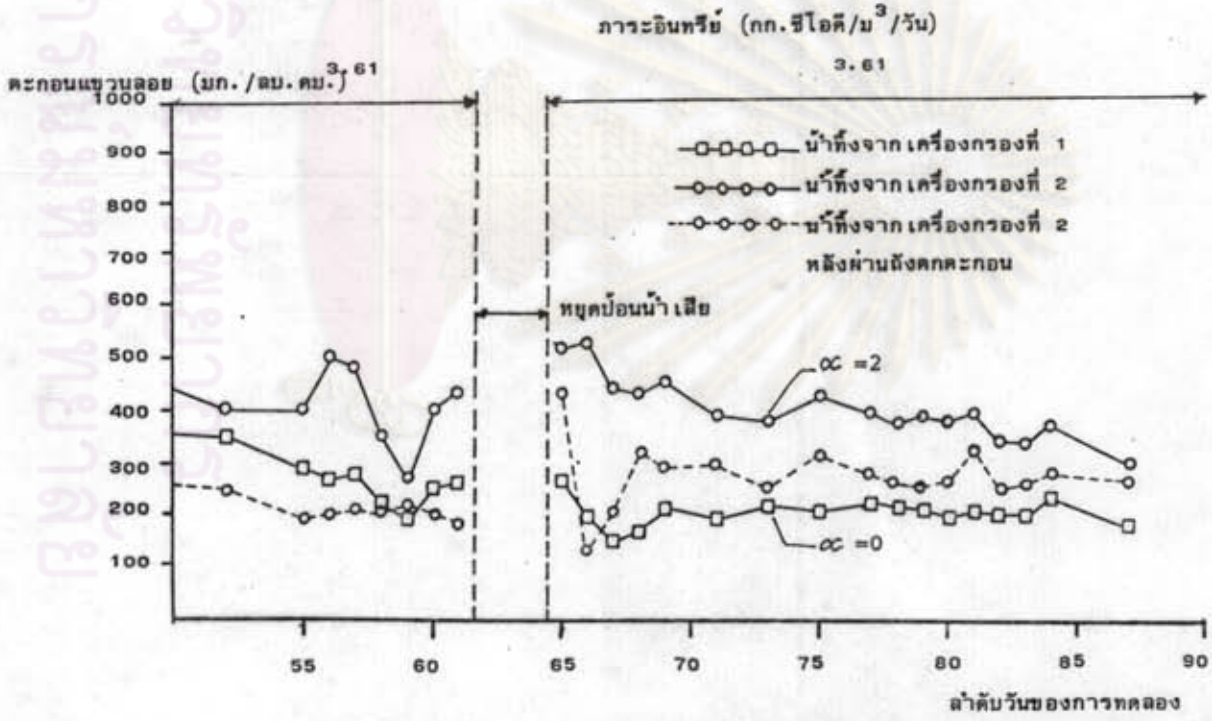
5.2.4 ตะกอนแขวนลอย

จากรูปที่ 5.4 ก. ในช่วงภาระอินทรีย์เริ่มแรกคือ 0.45 กก.ซีโอดี/ม^3/วัน ตะกอนแขวนลอยที่หลุดออกมากับน้ำทิ้งของเครื่องกรองทั้งสองมีค่าสูง (500-800 มก./ลบ.ดม.) จากนั้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะเนื่องจากตอนใส่ตะกอนจุลชีพลงในเครื่องกรองอาจมีตะกอนบางส่วนค้างอยู่บนตัวกรองข้างบน ตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งจากเครื่องกรองทั้งสองจะเพิ่มขึ้นเมื่อภาระอินทรีย์เพิ่มขึ้น และการเพิ่มภาระอินทรีย์โดยเพิ่มอัตราการไหลจะมีผลทำให้มีตะกอนแขวนลอยหลุดออกจากเครื่องกรองมากกว่าการเพิ่มภาระอินทรีย์โดยการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่เครื่องกรอง สังเกตได้จากช่วงเพิ่มภาระอินทรีย์จาก 1.80 เป็น 2.70 กก.ซีโอดี/ม^3/วัน ช่วงเพิ่มจาก 2.71 เป็น 3.61 กก.ซีโอดี/ม^3/วัน (ตารางที่ 5.1) เมื่อเครื่องกรองทั้งสองเข้าสู่สภาวะคงที่แล้ว ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งของเครื่องกรองที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 260 มก./ลบ.ดม. และมีตะกอนไวลาไทล์ร้อยละ 81 เครื่องกรองที่ 2 ซึ่งมีการหมุนเวียนน้ำทิ้งด้วยอัตรา 1:1 มีตะกอนแขวนลอยเฉลี่ย 380 มก./ลบ.ดม. และมีตะกอนไวลาไทล์ร้อยละ 78.9 ส่วนน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 2 หลังผ่านถังตะกอนแล้วมีค่าเฉลี่ย 200 มก./ลบ.ดม.

เมื่อเปลี่ยนอัตราหมุนเวียนน้ำทิ้งของเครื่องกรองที่ 2 เป็น 2:1 น้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 2 จะมีตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยที่สภาวะคงที่ 400 มก./ลบ.ดม. มีตะกอนไวลาไทล์ร้อยละ 83.0 ขณะที่น้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 มีค่าตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยที่สภาวะคงที่ 220 มก./ลบ.ดม. มีตะกอนไวลาไทล์ร้อยละ 83.5 น้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 2 หลังผ่านถังตะกอนแล้วมีค่าเฉลี่ย 270 มก.ลบ.ดม. เหตุที่น้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 2 มีค่าตะกอนแขวนลอยสูงกว่าน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 เพราะเครื่องกรองที่ 2 มีการหมุนเวียนน้ำทิ้งเข้าสู่ระบบอีก ทำให้ภาระชลศาสตร์สูงกว่าเครื่องที่ 1 ยังผลทำให้ความเร็วของน้ำเสียที่เข้าสู่เครื่องกรองที่ 2 สูงกว่าเครื่องกรองที่ 1



รูปที่ 5.4 ก ตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งของการทดลองครั้งที่ 1



รูปที่ 5.4 ข ตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งของการทดลองครั้งที่ 1

(ตารางที่ 2.1) ตะกอนจุลชีพในเครื่องกรองที่ 2 จึงมีโอกาสหลุดลอยออกมากับน้ำทิ้งมากกว่าเครื่องกรองที่ 1

5.2.5 ปริมาณก๊าซและร้อยละของก๊าซมีเทน

จากรูปที่ 5.5 ก. ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นของเครื่องกรองทั้งสองมีค่าไม่แตกต่างกันมากนักเมื่อภาระอินทรีย์อยู่ในช่วง 0.45 ถึง 1.80 กก.ซีโอดี/ม^3/วัน แต่เมื่อเพิ่มภาระอินทรีย์เป็น 2.71 กก.ซีโอดี/ม^3/วัน ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นของเครื่องกรองทั้งสองจะแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยที่เครื่องกรองที่ 1 ซึ่งไม่มีการหมุนเวียนน้ำทิ้งมีปริมาณก๊าซมากกว่าเครื่องกรองที่ 2 ซึ่งมีการหมุนเวียนน้ำทิ้งด้วยอัตรา 1:1 เมื่อเครื่องกรองทั้งสองอยู่ในสภาวะคงที่ ปริมาณก๊าซทั้งหมดที่เกิดขึ้นในเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 50.6 และ 45.7 ลบ.ดม./วัน ร้อยละของก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นมีค่าเฉลี่ย 59.3 และ 58.7 ตามลำดับ รูปที่ 5.5 ก. ยังแสดงให้เห็นอีกว่า ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นเพิ่มตามภาระอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะการเพิ่มภาระอินทรีย์เป็นการเพิ่มอัตราการป้อนสารอาหารให้กับจุลชีพทำให้จุลชีพผลิตก๊าซเพิ่มขึ้น

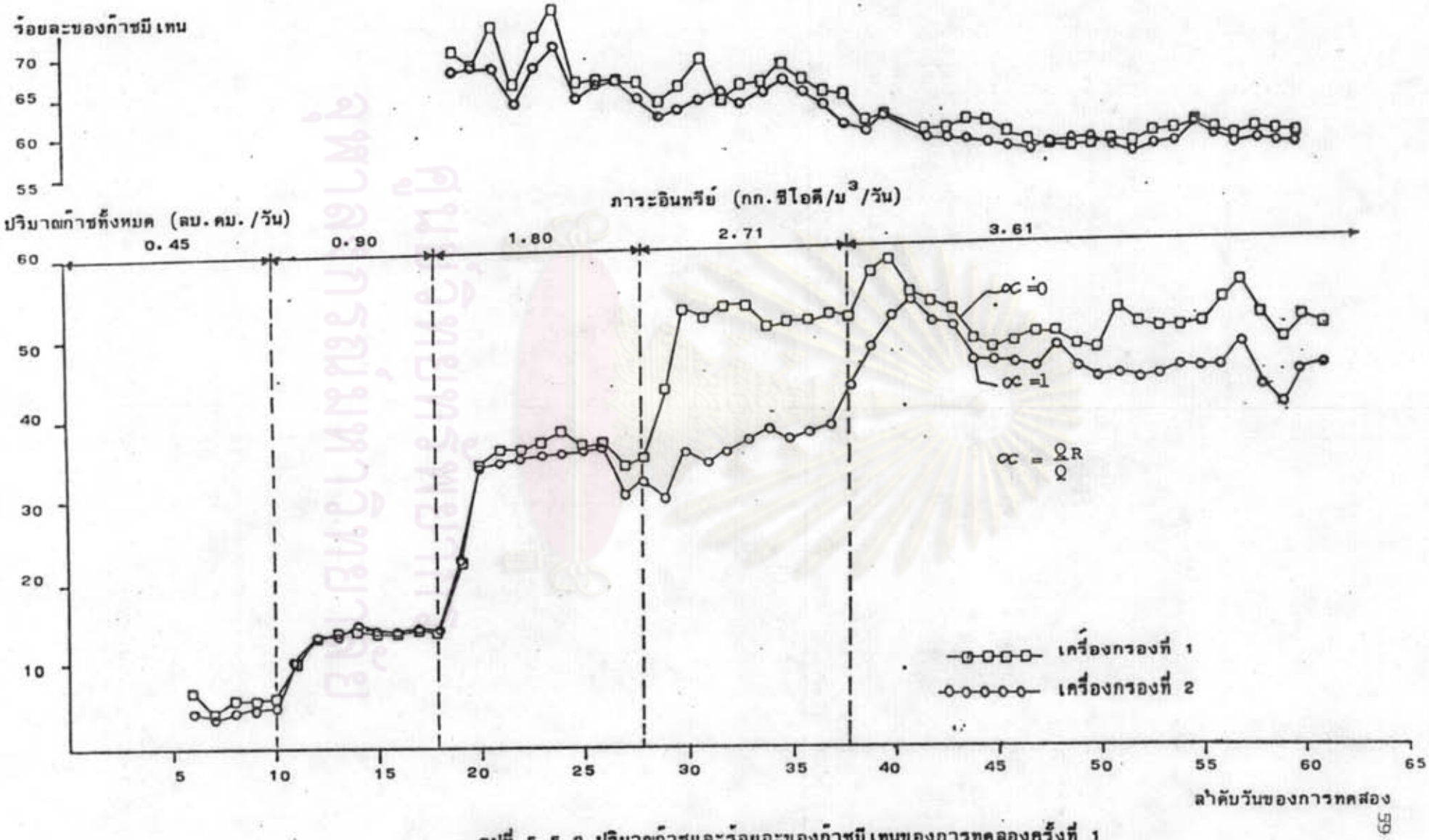
จากรูปที่ 5.5 ข. เปรียบเทียบปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 เมื่อเพิ่มอัตราการหมุนเวียนน้ำทิ้งในเครื่องกรองที่ 2 เป็น 2:1 เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่เข้าเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 มีปริมาณก๊าซเฉลี่ย 57.4 และ 36.2 ลบ.ดม./วัน ร้อยละของก๊าซมีเทนมีค่า 60.3 และ 58.5 ตามลำดับ

5.3 ผลการทดลองครั้งที่ 2

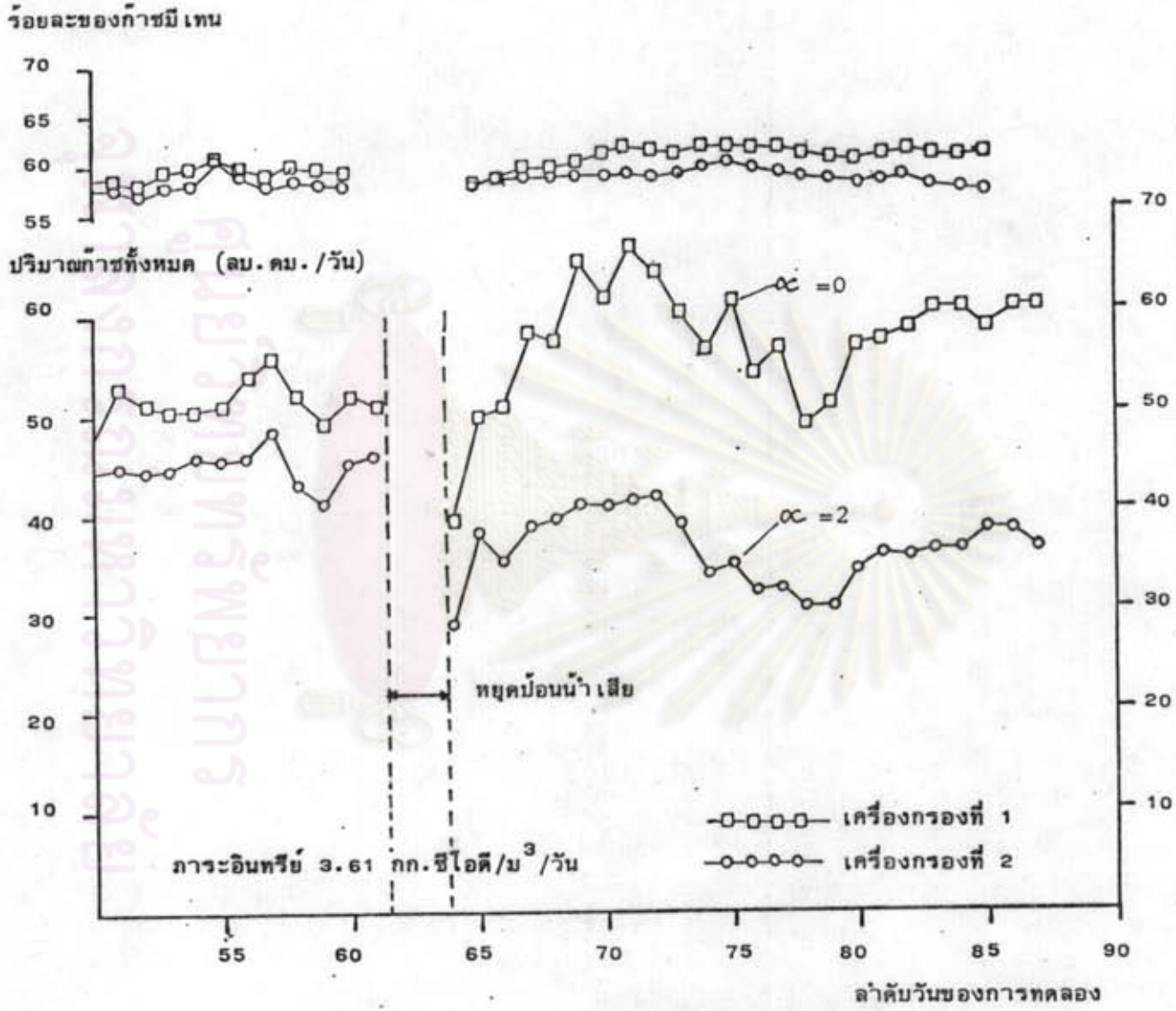
5.3.1 ซีโอดี

ซีโอดีของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่เครื่องกรองทั้งสองสำหรับการทดลองครั้งนี้มีความเข้มข้น 10,000 มก./ลบ.ดม. แต่ภาระอินทรีย์ยังควบคุมให้เท่ากับการทดลองครั้งที่ 1 คือ 3.61 กก.ซีโอดี/ม^3/วัน ทำให้ต้องลดอัตราการไหลของน้ำเสียลงเป็น 13 ลบ.ดม./วัน (ตารางที่ 2.1)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.5 ก ปริมาณก๊าซและร้อยละของก๊าซมีเทนของการทดลองครั้งที่ 1



รูปที่ 5.5 ข ปริมาณก๊าซและร้อยละของก๊าซมีเทน

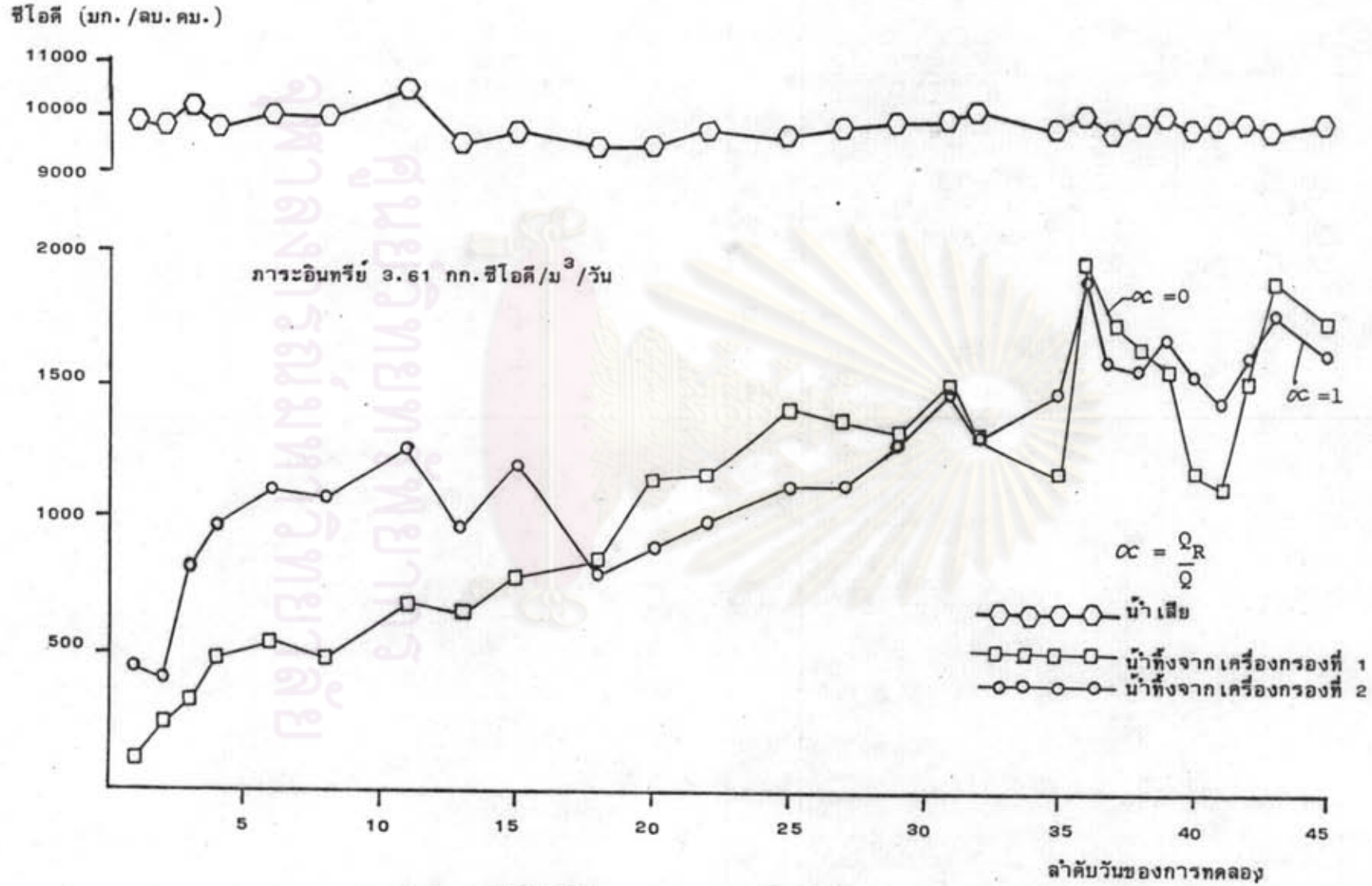
จากรูปที่ 5.6 จะเห็นว่า ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 ซึ่งไม่มีการหมุนเวียนน้ำทิ้ง จะมีค่าสูงขึ้นเรื่อย ๆ จาก 100 มก./ลบ.ดม. ในวันที่ 1 ของการทดลองเป็น 1500 มก./ลบ.ดม. ในวันที่ 31 ของการทดลอง ส่วนค่าซีโอดีของน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 2 ซึ่งมีการหมุนเวียนน้ำทิ้งด้วยอัตรา 1:1 จะมีค่าซีโอดีในน้ำทิ้งในช่วง 18 วันแรกของการทดลองสูงกว่าค่าซีโอดีในน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 ในช่วงวันที่ 18 ถึงวันที่ 29 ของการทดลองค่าซีโอดีในน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 2 กลับลดลงต่ำกว่าค่าซีโอดีในน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 ช่วงวันที่ 33 ถึงวันที่ 45 ของการทดลอง ซึ่งตรงกับช่วงวันที่ 26 มิถุนายน 2527 ถึงวันที่ 8 กรกฎาคม 2527 เป็นช่วงฤดูฝน อุณหภูมิของบรรยากาศมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าช่วงอื่น (ดูอุณหภูมิในภาคผนวก) ทำให้ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 มีความแปรปรวนอยู่มาก แต่โดยเฉลี่ยแล้วน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 มีค่าซีโอดี 1710 และ 1620 มก./ลบ.ดม. ซึ่งไม่แตกต่างกันมากนัก แต่มีแนวโน้มว่า เครื่องกรองที่ 2 ซึ่งมีการหมุนเวียนน้ำทิ้งจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีได้มากกว่าเครื่องกรองที่ 1

5.3.2 พีเอชและสภาพความเป็นด่าง

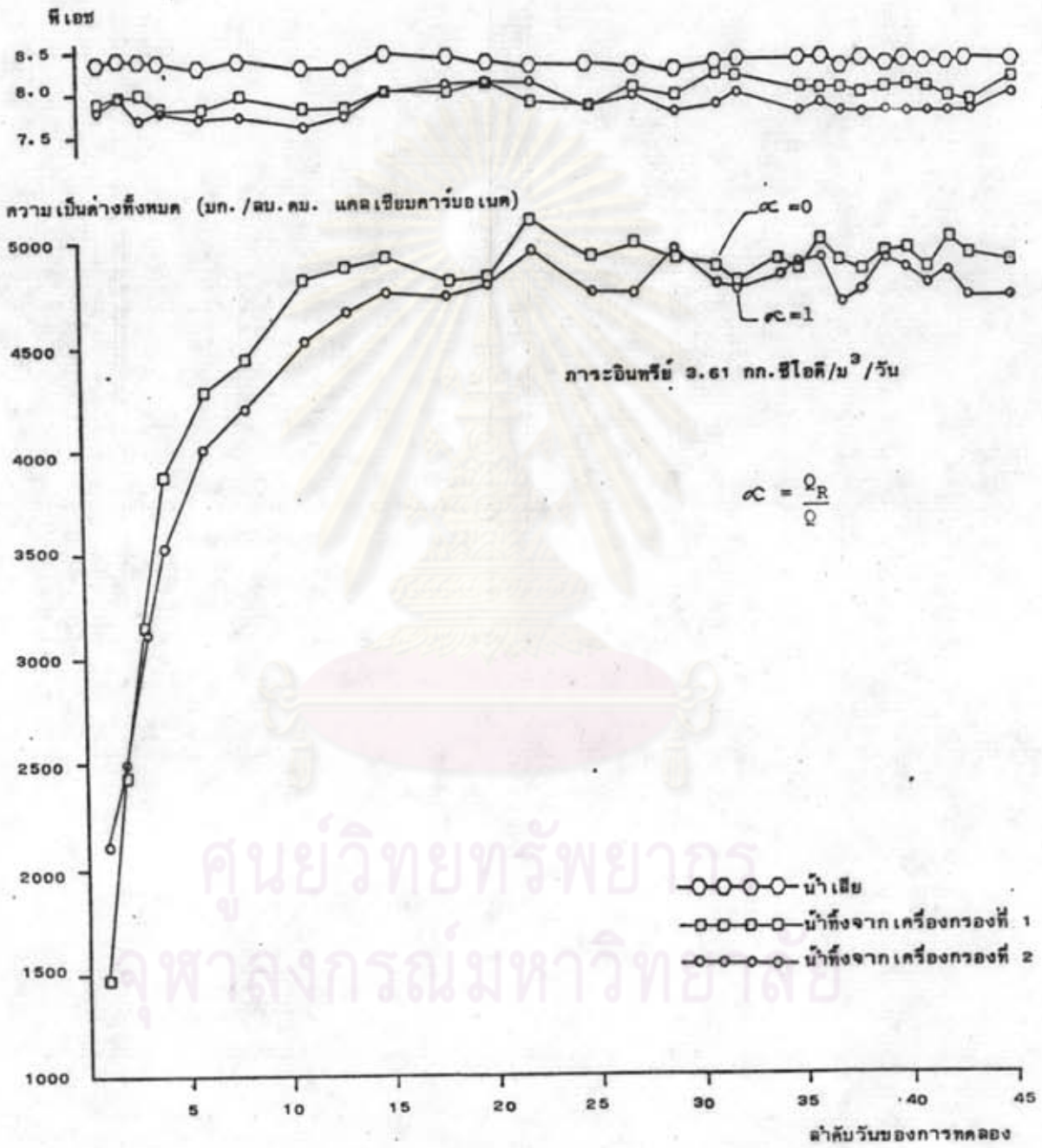
จากรูปที่ 5.7 เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่แล้ว พีเอชของน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 จะมีค่าเฉลี่ยเป็น 8.0 และ 7.7 ส่วนพีเอชของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่เครื่องกรองจะมีค่าเฉลี่ย 8.3 ความเป็นด่างจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงประมาณวันที่ 20 ของการทดลอง จากนั้นความเป็นด่างของน้ำทิ้งจากเครื่องกรองทั้งสองจะค่อนข้างคงที่ โดยเครื่องกรองที่ 1 จะมีความเป็นด่างสูงกว่าเครื่องกรองที่ 2 เล็กน้อย คือ 4930 และ 4830 มก./ลบ.ดม. ในรูปของแคลเซี่ยมคาร์บอเนต

5.3.3 กรดไวลาไทล์

จากรูปที่ 5.8 จะเห็นว่ากรดไวลาไทล์ในน้ำทิ้งจากเครื่องกรองทั้งสองจะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเหมือนค่าซีโอดี (รูปที่ 5.6) ทั้งนี้เนื่องจากกรดไวลาไทล์เป็นผลิตภัณฑ์ตรงกลาง (intermediate product) ซึ่งจะถูกใช้ต่อโดยจุลชีพที่ผลิตก๊าซมีเทน ฉะนั้นถ้ามีกรดไวลาไทล์เหลืออยู่ในน้ำทิ้งมาก ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งจะมากตามด้วย กรดไวลาไทล์ใน

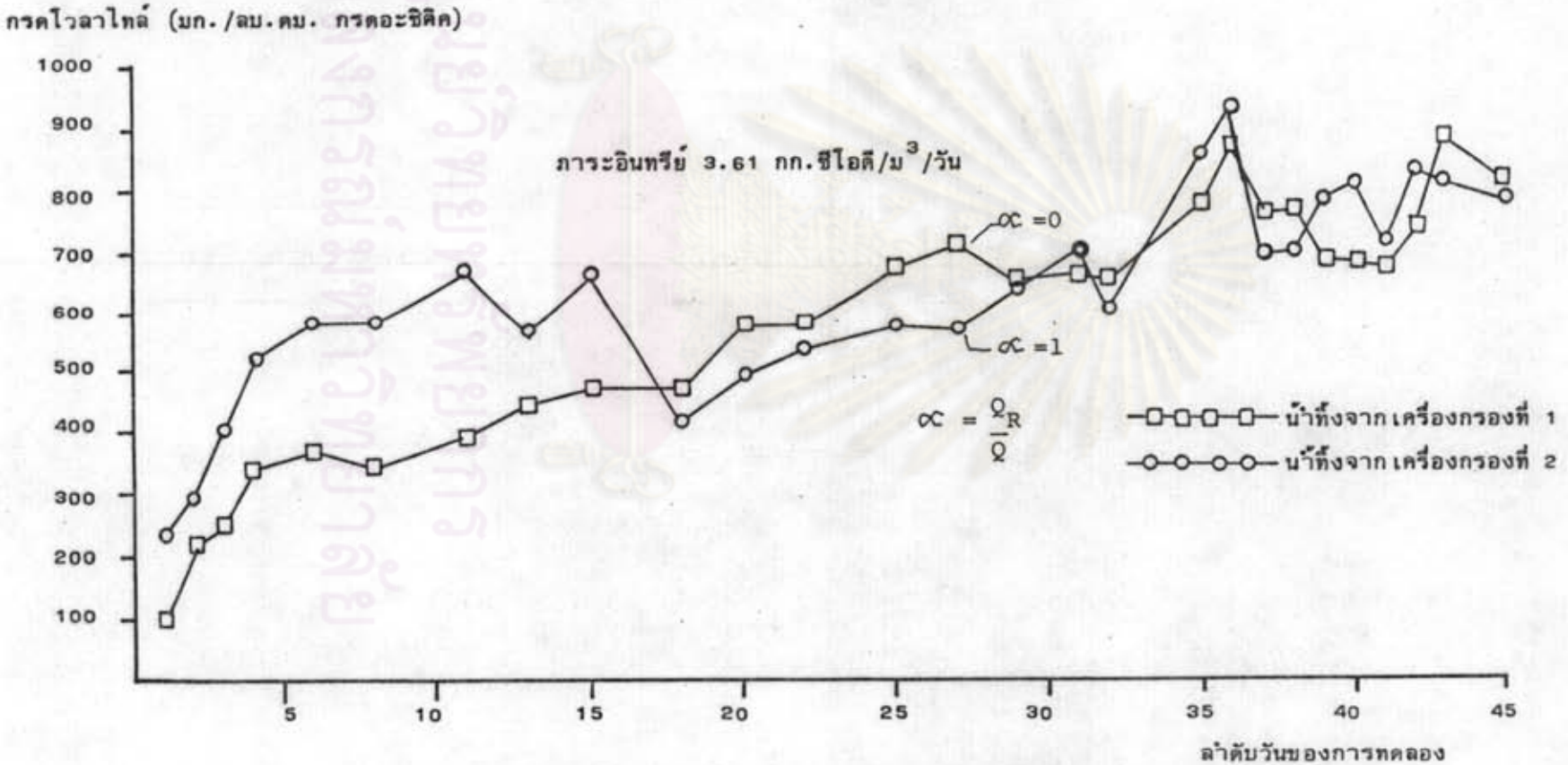


รูปที่ 5.6 ซีโอดีในน้ำทิ้งของการทดลองครั้งที่ 2



รูปที่ 5.7 พีเอชและความเป็นด่างในน้ำทิ้งของการทดลองครั้งที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.8 กรดไวลาไทล์ในน้ำทิ้งของการทดลองครั้งที่ 2

น้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 750 และ 763 มก./ลบ.ดม. ในรูปของกรดอะซิติกที่สภาวะคงที่

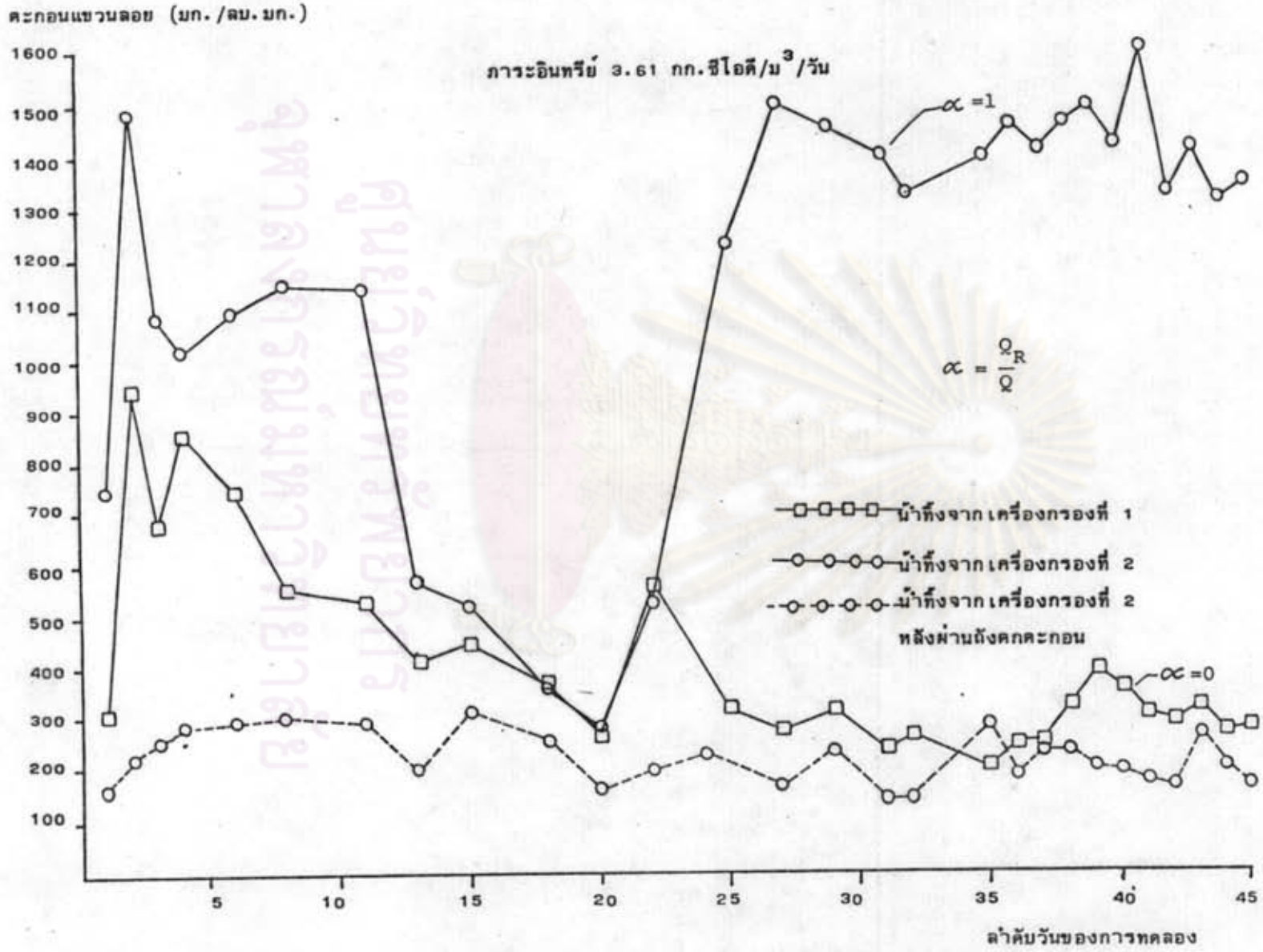
5.3.4 ตะกอนแขวนลอย

จากรูปที่ 5.9 ตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 ซึ่งไม่มีการหมุนเวียนน้ำทิ้ง ตะกอนแขวนลอยจะลดลงอย่างช้า ๆ จนถึงวันที่ 25 ของการทดลอง ตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งจะมีค่าค่อนข้างคงที่ ค่าเฉลี่ยของตะกอนแขวนลอยมีค่า 287 มก./ลบ.ดม. และมีตะกอนไวลาไทล์ร้อยละ 84.3 ส่วนตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 2 ซึ่งมีการหมุนเวียนน้ำทิ้งด้วยอัตรา 1:1 ได้เกิดปรากฏการณ์ที่น่าสนใจขึ้น กล่าวคือ ตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 2 จะมีค่าลดลงเรื่อย ๆ จากประมาณ 1480 มก./ลบ.ดม. ในวันที่ 2 ของการทดลองเหลือเป็น 270 มก./ลบ.ดม. ในวันที่ 20 ของการทดลอง จากนั้นตะกอนแขวนลอยจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว มีค่าประมาณ 1500 มก./ลบ.ดม. ในวันที่ 27 ของการทดลอง จากวันที่ 27 ถึงวันที่ 45 ของการทดลองตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งก็ยังมีค่าเฉลี่ยสูงถึง 1400 มก./ลบ.ดม. มีตะกอนไวลาไทล์ร้อยละ 83.2 และเมื่อผ่านถังตกตะกอนแล้วมีค่าเฉลี่ย 196 มก./ลบ.ดม.

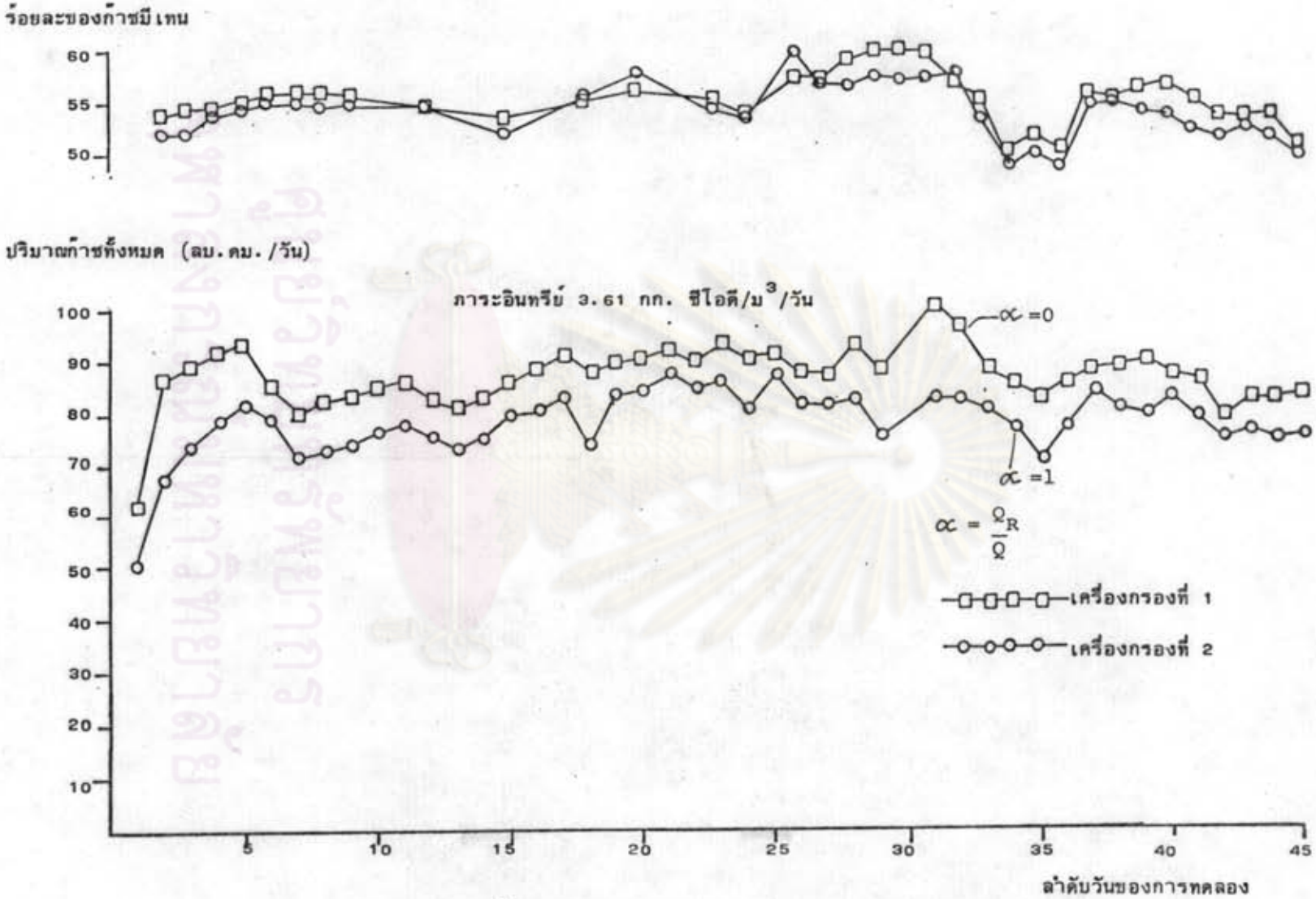
จากการที่ตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 2 มีค่าสูงมากและมีลักษณะเป็นปุยขึ้นคล้ายวุ้น (รูปที่ 5.10) เมื่อนำไปส่องกล้องจุลทรรศน์ดูเห็นเป็นเส้นใย ทำให้ผู้วิจัยคิดว่าอาจมีเชื้อราเกิดขึ้นในเครื่องกรอง จึงได้นำเอาตะกอนไปเพาะเลี้ยงแล้ววิเคราะห์ต่อไปทางชีววิทยา ปรากฏผลภายหลังว่าเป็นเชื้อแบคทีเรียชนิดเป็นท่อนสั้น ๆ

5.3.5 ปริมาณก๊าซและร้อยละของก๊าซมีเทน

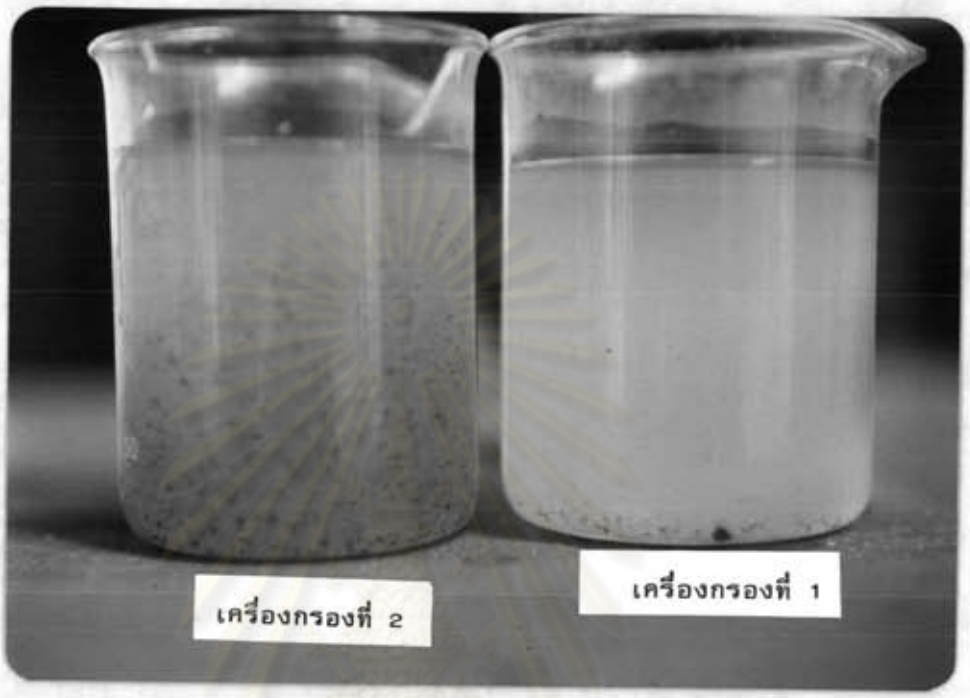
จากรูปที่ 5.11 จะเห็นว่า ปริมาณก๊าซจากเครื่องกรองที่ 1 มากกว่าปริมาณก๊าซจากเครื่องรองที่ 2 เสมอ และปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 86 และ 78.5 ลบ.ดม./วัน ร้อยละของก๊าซมีเทนมีค่าเฉลี่ย 53.1 และ 51.7 ตามลำดับ



รูปที่ 5.9 ตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งของการทดลองครั้งที่ 2



รูปที่ 5.10 ปริมาณก๊าซและร้อยละของก๊าซมีเทนของการทดลองครั้งที่ 2



รูปที่ 5.1 ลักษณะทางกายภาพของน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 ในกรณีความเข้มข้นซีโอดีของน้ำเสีย 10,000 มก./ลบ.ดม. ภาระอินทรีย์ 3.61 กก.ซีโอดี/$ม^3$/วัน

5.4 ผลการทดลองครั้งที่ 3

เนื่องจากการทดลองครั้งที่ 2 ปรากฏว่า เครื่องกรองที่ 2 ซึ่งมีการหมุนเวียนน้ำทิ้งด้วยอัตรา 1:1 มีแนวโน้มว่าจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีกอร์ปทั้งมีตะกอนแขวนลอยหลุดออกมากับน้ำทิ้งจำนวนมาก (1,400 มก./ลบ.ดม.) การทดลองครั้งนี้จึง เป็นการทดลองเพื่อยืนยันผลการทดลองครั้งที่ 2 โดยทำการสลับการหมุนเวียนน้ำทิ้ง โดยให้ เครื่องกรองที่ 1 ซึ่งในการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 ใช้เป็นชุดควบคุมหมุนเวียนน้ำทิ้งด้วยอัตรา 4:1 ส่วนเครื่องกรองที่ 2 หยุดการหมุนเวียนน้ำทิ้งใช้เป็นชุดควบคุมแทน

5.4.1 ซีโอดี

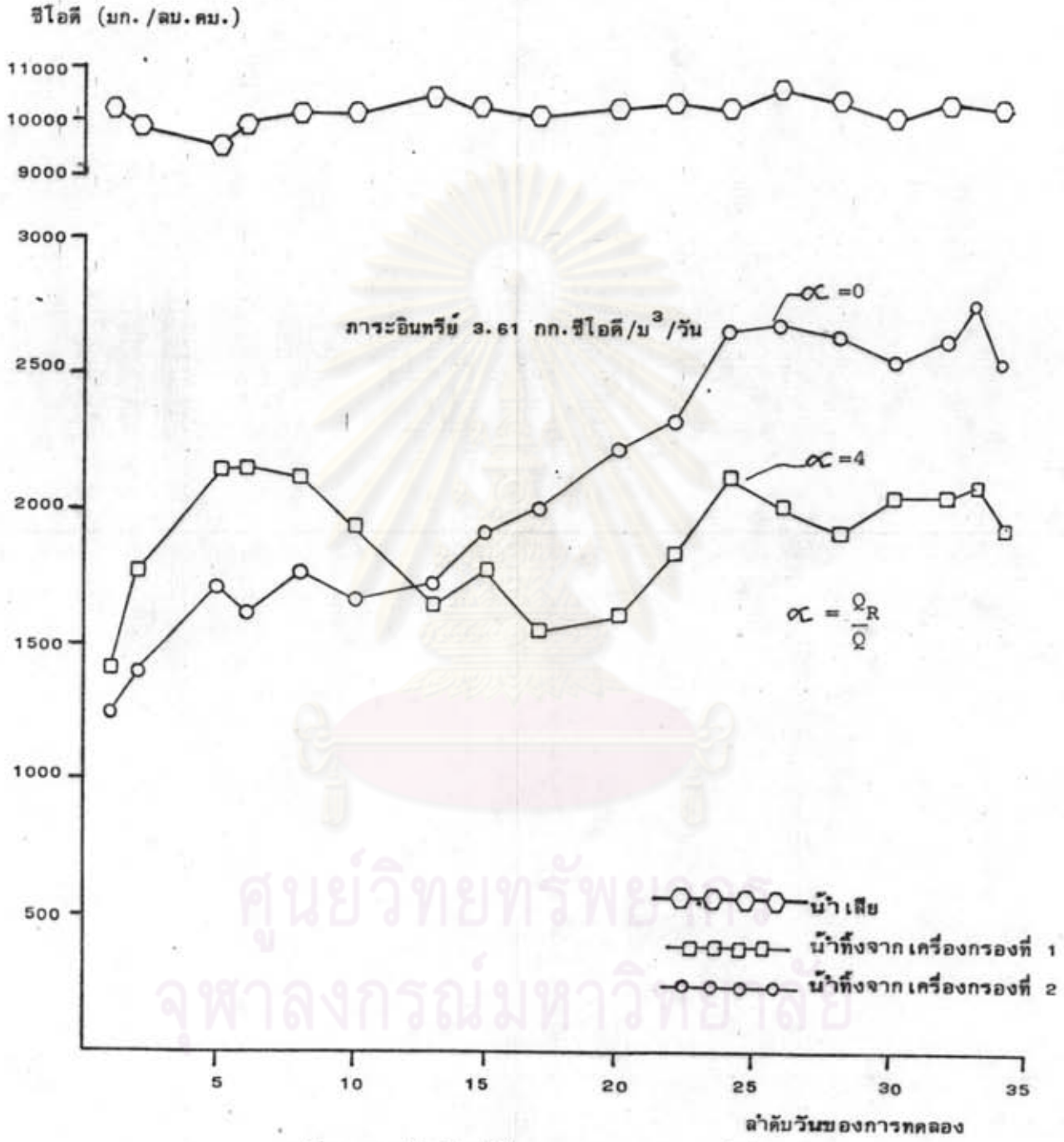
จากรูปที่ 5.12 ค่าซีโอดีในน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 2 ซึ่งใช้เป็นชุดควบคุม จะมีค่าซีโอดีสูงขึ้นเรื่อย ๆ และเมื่อเข้าสภาวะคงที่แล้วมีค่าซีโอดีเฉลี่ย 2528 มก./ลบ.ดม. ส่วนค่าซีโอดีในน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 ซึ่งมีการหมุนเวียนน้ำทิ้งด้วยอัตรา 4:1 ในช่วง 10 วันแรกของการทดลองจะมีค่าซีโอดีสูงกว่าน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 2 จากนั้นค่าซีโอดีในน้ำทิ้งจะน้อยกว่าเครื่องกรองที่ 2 จนสิ้นสุดการทดลอง ค่าซีโอดีเฉลี่ยที่สภาวะคงที่เท่ากับ 2024 มก./ลบ.ดม. ประสิทธิภาพของการกำจัดซีโอดีของเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 สามารถกำจัดซีโอดีร้อยละ 79.7 และ 74.7 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้ทำการวัดค่าซีโอดีทั้งหมด (total COD) ในช่วงที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ พบว่าซีโอดีทั้งหมดในน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 กลับสูงกว่าค่าซีโอดีทั้งหมดในน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 2 อยู่เล็กน้อย คือ 3194 มก./ลบ.ดม. และ 3018 มก./ลบ.ดม. เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะ น้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 ซึ่งมีการหมุนเวียนน้ำทิ้งด้วยอัตรา 4:1 มีตะกอนแขวนลอยหลุดออกมาจากเครื่องกรองมาก (รูปที่ 5.15) ค่าซีโอดีทั้งหมดจึงมีค่าสูง

5.4.2 พีเอชและสภาพความเป็นด่าง

ค่าพีเอชและสภาพความเป็นด่างของเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 มีค่าไม่แตกต่างจากการทดลองครั้งที่ 2 กล่าวคือ ค่าพีเอชและสภาพความเป็นด่างของเครื่องกรองที่ 1 ซึ่งมีการหมุนเวียนน้ำทิ้งด้วยอัตรา 4:1 จะมีค่าต่ำกว่าเครื่องกรองที่ 2 ซึ่งเป็นชุดควบคุม จากรูปที่ 5.13 เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่แล้ว เครื่องกรองที่ 1 มีค่าพีเอชเฉลี่ย 7.6 และมีความเป็นด่าง 4967 มก./ลบ.ดม. ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ส่วนเครื่องกรองที่ 2 มีค่าพีเอชเฉลี่ย 7.98 และมีความเป็นด่างเฉลี่ย 5200 มก./ลบ.ดม. ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต

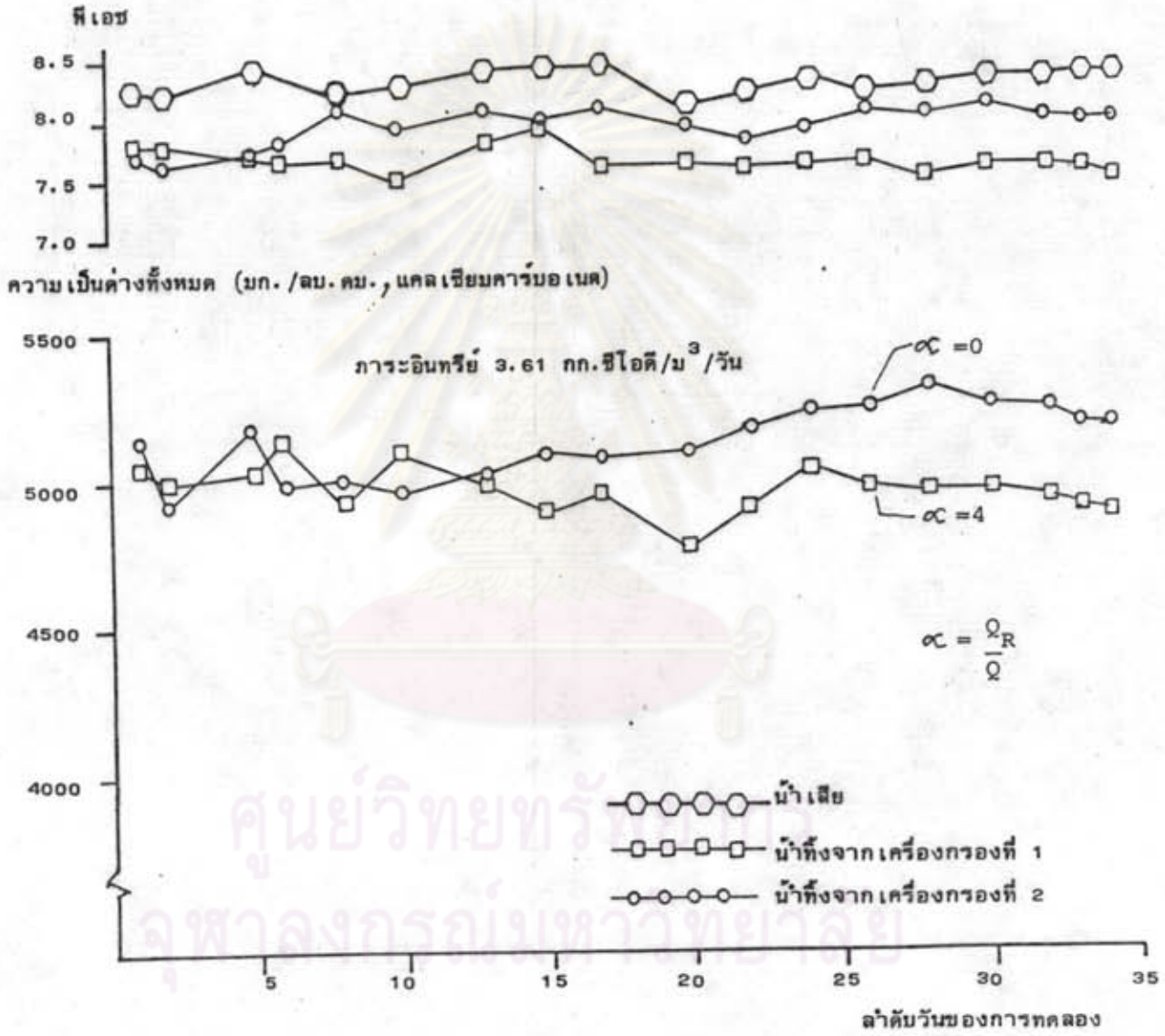
5.4.3 กรดไวลาไทล์

รูปที่ 5.14 แสดงค่าของกรดไวลาไทล์ในน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 จะเห็นได้ว่ากรดไวลาไทล์จะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเหมือนค่าซีโอดี (รูปที่ 5.12)



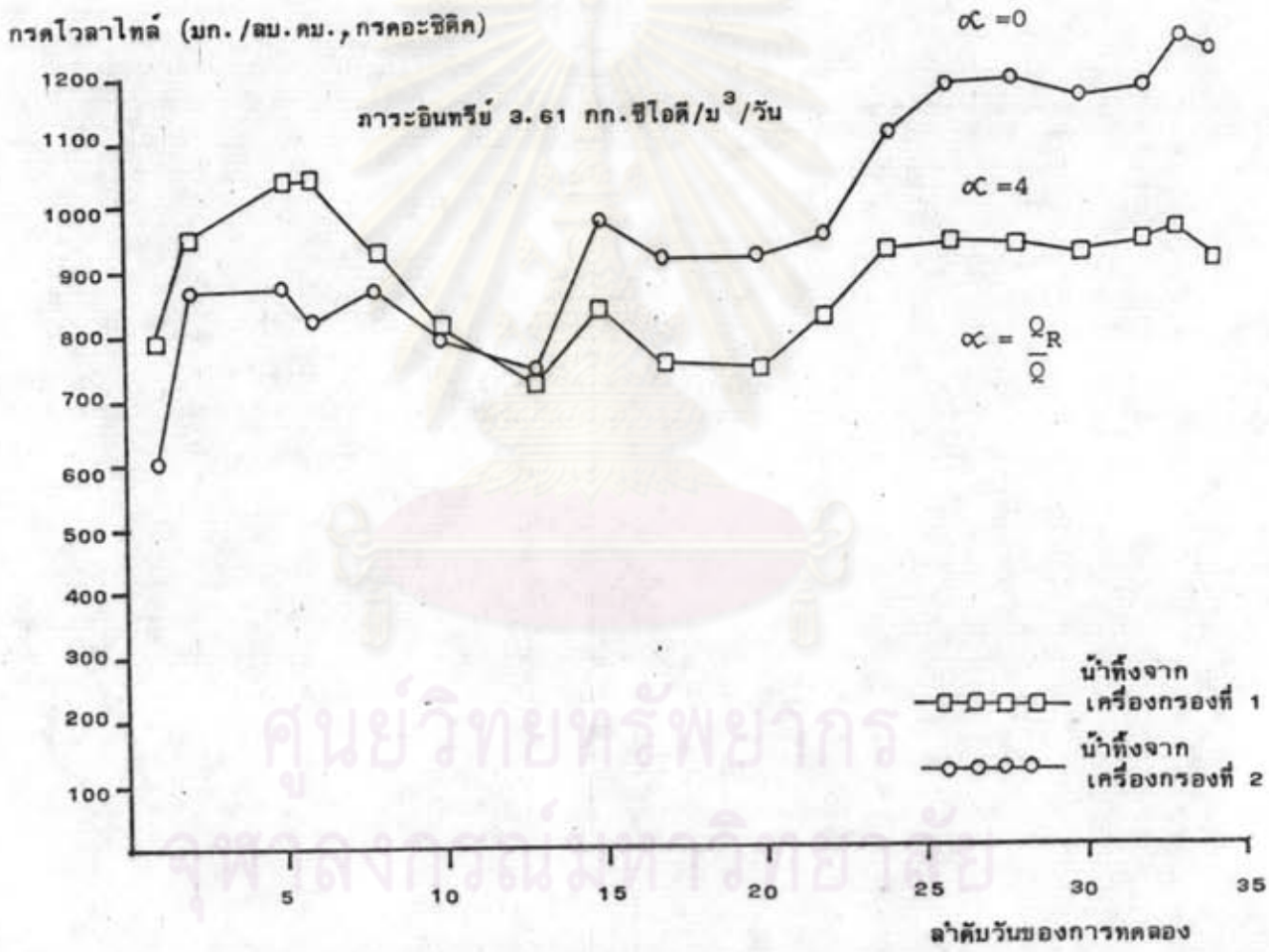
รูปที่ 5.12 ซีโอดีในน้ำทิ้งของของการทดลองครั้งที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.13 พีเอชและความเป็นด่างในน้ำทิ้งของการทดลองครั้งที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.14 กรดไวลาไทล์ในน้ำทิ้งของการทดลองครั้งที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่พบว่า กรดไวลาไทล์ในน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 ซึ่งมีการหมุนเวียนน้ำทิ้งด้วยอัตรา 4:1 มีค่าเฉลี่ย 928 มก./ลบ.ดม. ในรูปของกรดอะซิติก ส่วนเครื่องกรองที่ 2 ซึ่งเป็นชุดควบคุมจะมีค่ากรดไวลาไทล์เฉลี่ย 1175 มก./ลบ.ดม. ในรูปของกรดอะซิติก

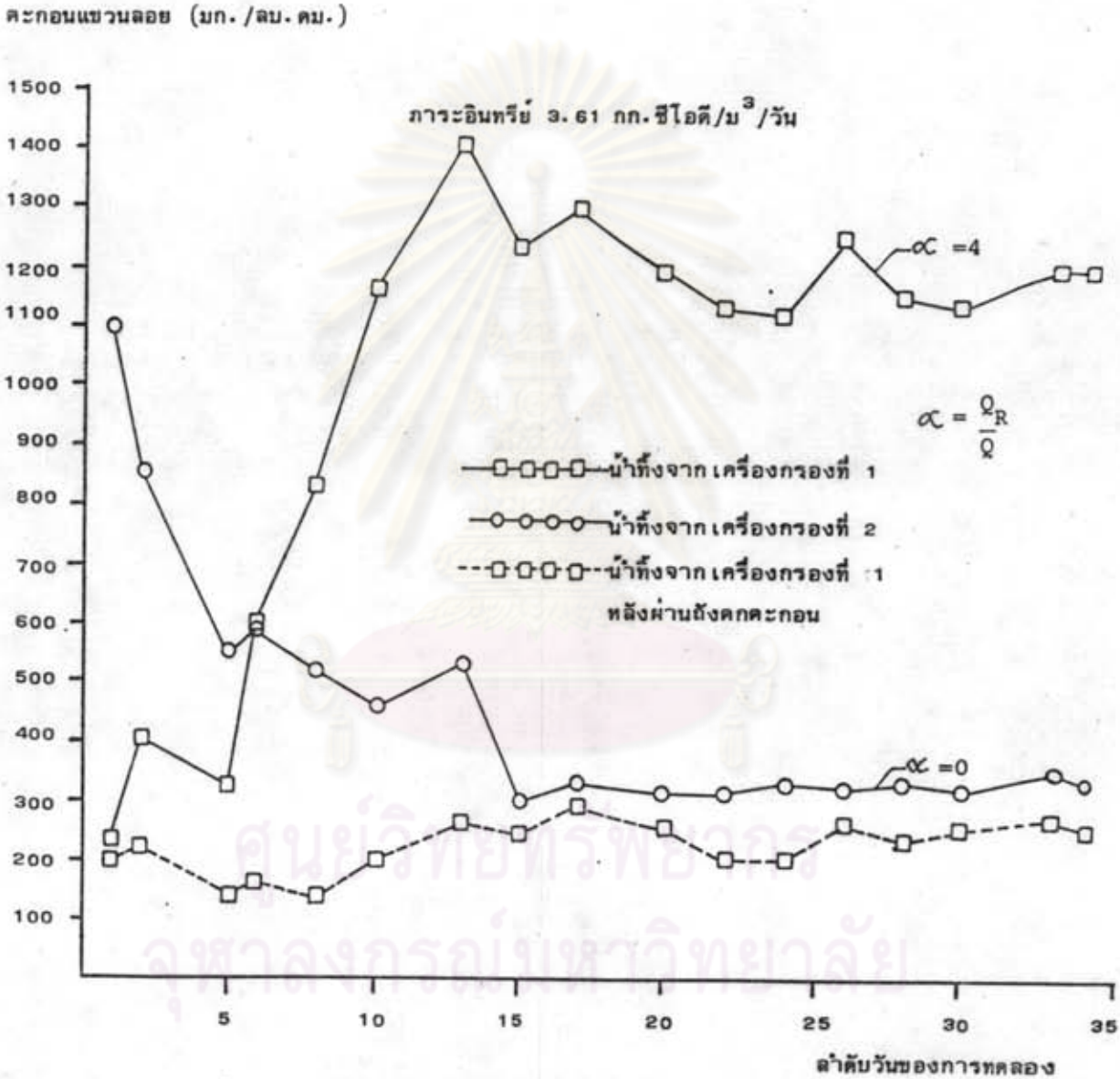
5.4.4 ตะกอนแขวนลอย

จากรูปที่ 5.15 ค่าตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 ซึ่งมีการหมุนเวียนน้ำทิ้งด้วยอัตรา 4:1 จะมีค่าสูงขึ้นเรื่อย ๆ คือมีค่าประมาณ 230 มก./ลบ.ดม. ในวันที่ 2 ของการทดลองเพิ่มเป็นประมาณ 1410 มก./ลบ.ดม. ในวันที่ 13 ของการทดลอง และเมื่อเข้าสู่สภาวะคงที่จะมีตะกอนแขวนลอยเฉลี่ย 1220 มก./ลบ.ดม มีตะกอนไวลาไทล์ร้อยละ 85.7 ส่วนค่าตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 2 ซึ่งเป็นชุดควบคุม ค่าตะกอนจะลดลงเรื่อย ๆ จากประมาณ 1100 มก./ลบ.ดม. ในวันที่ 2 ของการทดลอง เหลือเป็น 300 มก./ลบ.ดม. ในวันที่ 15 ของการทดลอง จากนั้นค่าตะกอนแขวนลอยจะอยู่ที่ระดับนี้จนสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 34 ของการทดลอง ซึ่งมีค่าตะกอนแขวนลอยเฉลี่ย 318 มก./ลบ.ดม. และมีตะกอนไวลาไทล์ร้อยละ 84.7 น้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่ 1 หลังผ่านถังตกตะกอนแล้วมีค่าตะกอนแขวนลอยเฉลี่ย 240 มก./ลบ.ดม. แสดงว่าถังตกตะกอนนั้นจำเป็นสำหรับรับน้ำทิ้งจากเครื่องกรองที่มีการหมุนเวียนน้ำทิ้ง

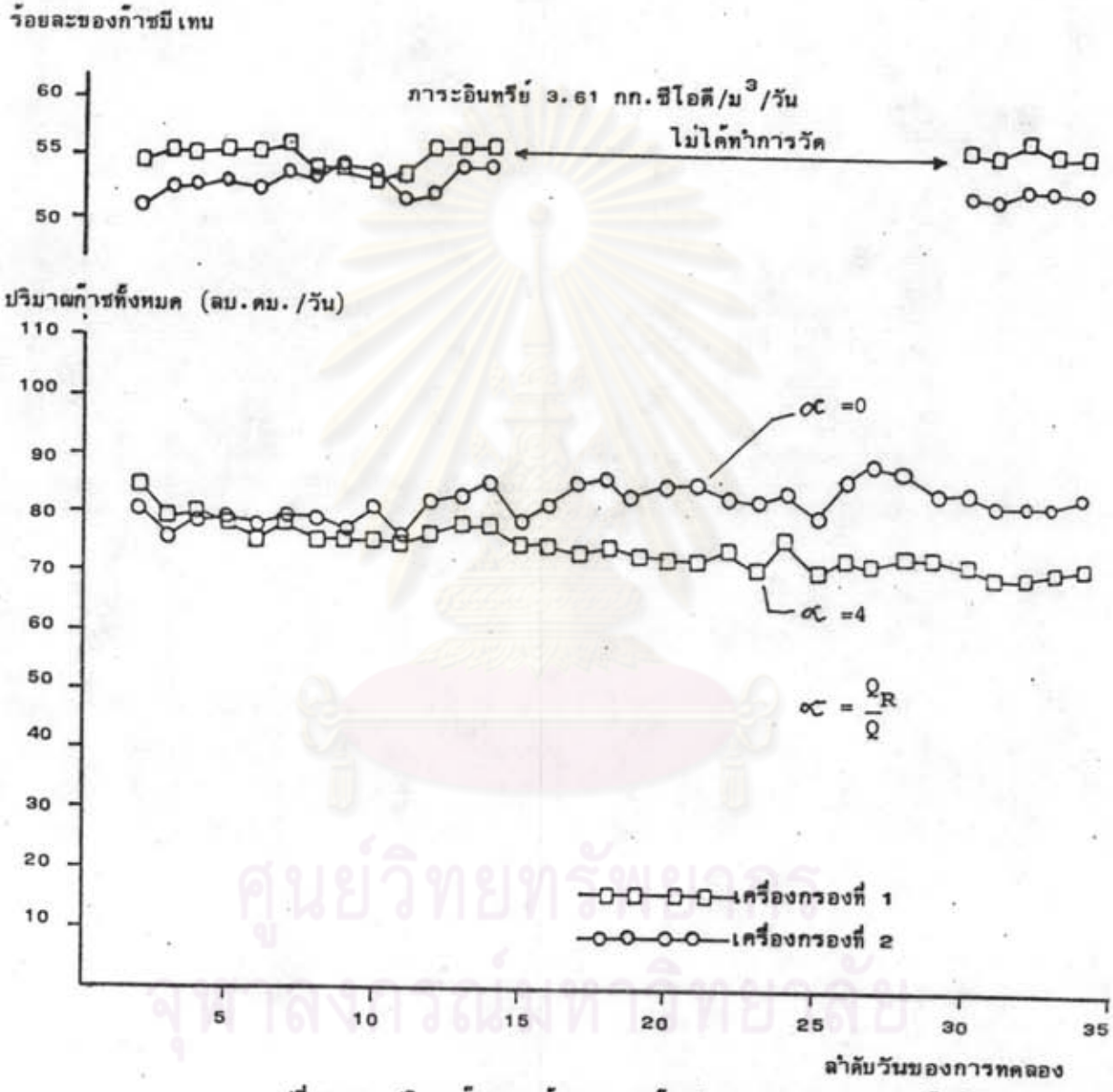
เมื่อเปรียบเทียบการทดลองครั้งนี้กับการทดลองครั้งที่ 2 สามารถสรุปได้ว่าถ้าความเข้มข้นซีโอดีของน้ำเสียสูง (10,000 มก./ลบ.ดม.) และมีอัตราการไหลต่ำ (13 ลบ.ดม./วัน) เครื่องกรองที่มีการหมุนเวียนน้ำทิ้งจะทำให้มีตะกอนแขวนลอยหลุดออกมากับน้ำทิ้งมาก

5.4.5 ปริมาณก๊าซและร้อยละของก๊าซมีเทน

จากรูปที่ 5.16 จะเห็นว่า ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 ในช่วง 10 วันแรกของการทดลอง จะมีค่าไม่แตกต่างกันมาก หลังจากนั้นปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจะเริ่มแตกต่างกันมาก โดยที่เครื่องกรองที่ 2 ซึ่งเป็นชุดควบคุมมีปริมาณก๊าซ



รูปที่ 5.15 ตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งของการทดลองครั้งที่ 3



รูปที่ 5.16 ปริมาณก๊าซและร้อยละของก๊าซมีเทนของการทดลองครั้งที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สูงกว่าเครื่องกรองที่ 1 เมื่อถึงสภาวะคงที่ เครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 มีปริมาณก๊าซเฉลี่ย 73 และ 84 ลบ.ดม./วัน ร้อยละของก๊าซมีเทนมีค่าเฉลี่ย 56.1 และ 52.6 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.2 สรุปผลของการทดลอง

RUN	Filter No.	COD_{inf} (mg/ℓ)	Flow-rate ℓ/d	Org. Loading ($kg.COD.m^3/d$)	Recirculation Ratio	HRT (hr)	Vup (cm/min)	Effluent Characteristics							Gas Production	
								pH	SS (mg/ℓ)	VSS (%)	VFA (mg/ℓ)	ALK (mg/ℓ)	COD_{eff} (mg/ℓ)	% removal	Total Gas (ℓ/d)	% CH_4
1	1	2,000	65	3.61	0	10	0.196	7.0	260	81.02	325	950	600	70	50.6	59.3
	2	2,000	65	3.61	1	5	0.393	6.9	380 200*	78.9	410	915	850	57.5	45.7	58.7
	1	2,000	65	3.61	0	10	0.196	7.1	220	83.5	235	970	400	80	57.4	60.3
	2	2,000	65	3.61	2	3.33	0.590	6.9	400 270*	83.0	375	920	750	62.5	36.2	58.5
2	1	10,000	13	3.61	0	50	0.039	8.0	287	84.3	748	4930	1711	82.8	86	53.1
	2	10,000	13	3.61	1	25	0.078	7.7	1400 196*	83.2	763	4830	1620	83.8	78.5	51.7
3	1	10,000	13	3.61	4	10	0.196	7.6	1220 240*	85.7	928	4967	2024 3194**	79.7	73	56.1
	2	10,000	13	3.61	0	50	0.039	7.98	318	84.7	1175	5200	2528 3018**	74.7	84	52.6

* ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยหลังผ่านถังตกตะกอน

** ค่าซีโอดีทั้งหมด (total COD)