

5.1 ระยะเวลาในการวิจัย

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่กระทำต่อเนื้อจากงานวิจัยการบำบัดน้ำเสียจากแป้งมันสำปะหลัง⁽⁷⁸⁾ โดยมีข้อแตกต่างกันอยู่ที่ชนิดของน้ำเสีย ในการเริ่มต้นได้ทิ้งระยะเวลาประมาณ 20 วัน โดยมีใ้ใส่น้ำสารอาหารใด ๆ เพื่อให้จุลินทรีย์ในระบบทำการผลิตก๊าซอย่างต่อเนื่องเป็นการกำจัดสารอินทรีย์ที่มีเหลืออยู่ ทั้งนี้ ได้ทำการวัดค่าพีเอชทุกวันเพื่อปรับค่าพีเอชของระบบให้มีความประมาณ 7 ค่ายสารโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) จากนั้นได้เริ่มป้อนน้ำเสียสังเคราะห์เข้าไปด้วยอัตราร้อยละ 20 และเพิ่มอีกครึ่งละร้อยละ 20 ทุก 2 วัน จนได้อัตราการบำบัดทุกการไหลของระบบตามต้องการ (60 ลิตร/วัน) อีกหนึ่งลคค่า ซีไอคี่ ลงมาเรื่อย ๆ จนถึงค่าที่กำหนด (500 มก.ซีไอคี่/ลิตร) เพื่อให้จุลินทรีย์ในระบบอยู่ในสภาพพร้อมในการย่อยสลาย

การทดลองทั้งหมดของงานวิจัยนี้ใช้เวลาารวม 294 วัน ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การปรับให้จุลินทรีย์ในระบบอยู่ในสภาพพร้อม ระยะเวลาประมาณ 20 วัน
(1 มกราคม 2529 - 20 มกราคม 2529)
2. การทดลองชุดที่ 1 ใช้ค่าการบำบัดทุกสารอินทรีย์ของระบบ 0.59 กก.ซีไอคี่/ลบ.ม.-วัน ระยะเวลา 160 วัน (21 มกราคม 2529 - 30 มิถุนายน 2529)
3. การทดลองชุดที่ 2 ใช้ค่าการบำบัดทุกสารอินทรีย์ของระบบ 2.36 กก.ซีไอคี่/ลบ.ม.-วัน ระยะเวลา 51 วัน (1 กรกฎาคม 2529 - 19 สิงหาคม 2529)
4. การทดลองชุดที่ 3 ใช้ค่าการบำบัดทุกสารอินทรีย์ของระบบ 9.45 กก.ซีไอคี่/ลบ.ม.-วัน ระยะเวลา 53 วัน (20 สิงหาคม 2529 - 12 ตุลาคม 2529)
5. การทดลองชุดที่ 4 ใช้ค่าการบำบัดทุกสารอินทรีย์ของระบบ 16.8 กก.ซีไอคี่/ลบ.ม.-วัน ระยะเวลา 15 วัน (20 ตุลาคม 2529 - 5 พฤศจิกายน 2529)

นอกจากแผนการวิจัยดังกล่าวแล้ว ผู้วิจัยได้เพิ่มการศึกษาผลของการรับโลหะหนัก

ของกระบวนการนี้ โดย

ในช่วงการทดลองชุดที่ 1 เพิ่มสารโครเมียมให้ระบบ ด้วยความเข้มข้น 0.02 มก./ลิตร เป็นเวลา 20 วัน (2 มิถุนายน 2529 - 22 มิถุนายน 2529) และในการทดลองชุดที่ 2 ได้เพิ่มสารนี้เกล็ดลงไปแทน ด้วยความเข้มข้น 0.5 มก./ลิตร เป็นระยะเวลา 17 วัน (6 สิงหาคม 2529 - 19 สิงหาคม 2529)

สำหรับในการทดลองชุดที่ 4 ซึ่งทิ้งช่วงห่างเป็นระยะเวลาประมาณ 7 วันนั้น เนื่องจากการซ่อมท่อประปาของการประปานครหลวง เป็นเหตุให้ขาดแคลนน้ำในการใช้เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์และใช้น้ำในการทดลอง จึงจำเป็นต้องหยุดชั่วคราว เมื่อน้ำเข้าปกติจึงเริ่มทำการทดลองต่อทันที

5.2 ผลการวิจัยกระบวนการตะกอนเร่งแบบแอนแอโรบิกคอนแทกต์สแตบิลิเซชัน

ผลของการทดลองแสดงด้วยรูปและตาราง ส่วนข้อมูลดิบได้แสดงเอาไว้ในภาคผนวก ค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่าง ๆ จะได้จากกลุ่มข้อมูลดิบในช่วงการทำงาน of กระบวนการที่มีสภาพคงตัวในแต่ละระดับค่าการบรรทุกลำสารอินทรีย์

ผลการทดลองของตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้จากการวิจัย สรุปได้ดังนี้

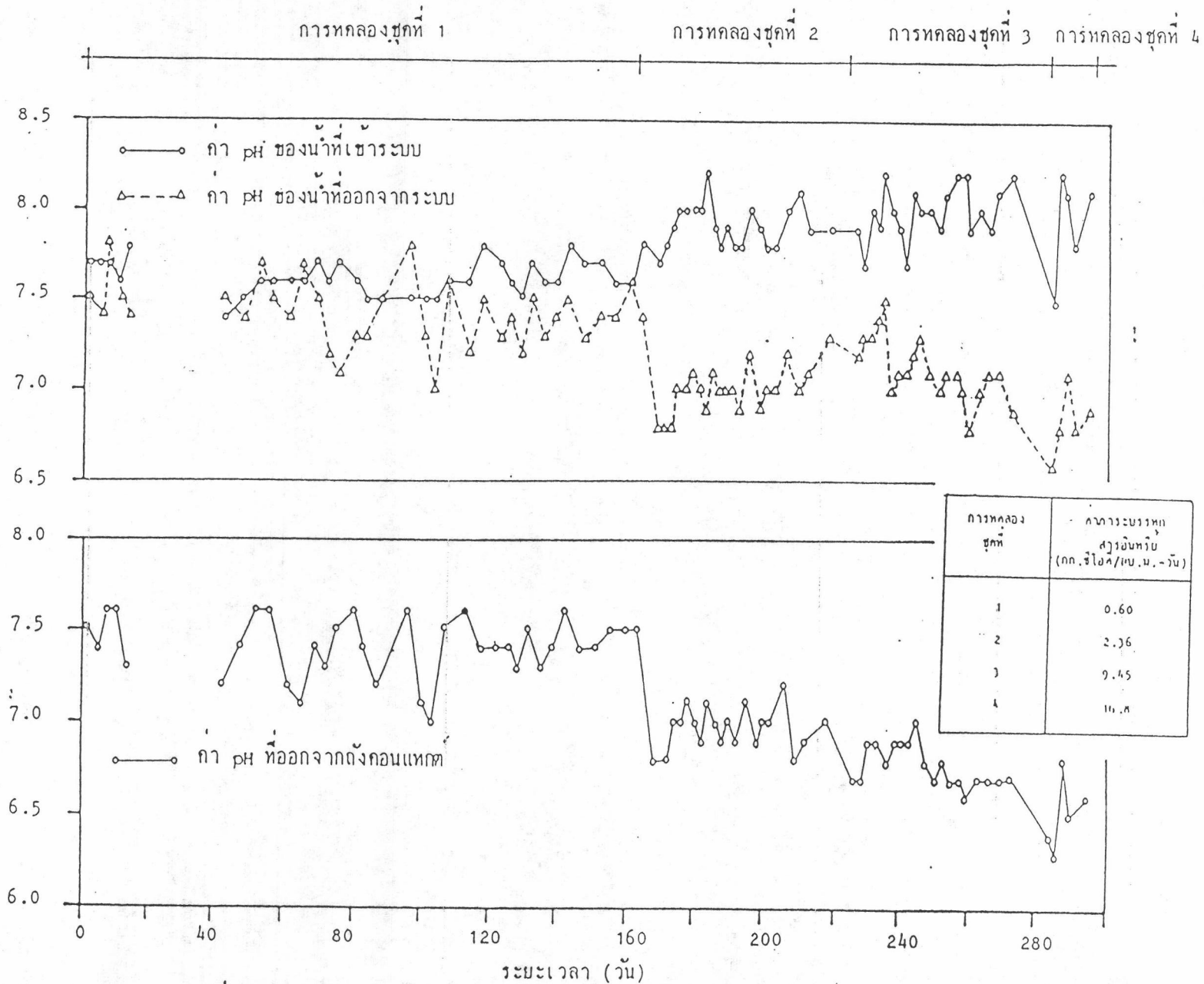
5.2.1 ค่าพีเอช (pH)

ค่าพีเอชเป็นพารามิเตอร์ตัวหนึ่งที่ใช้ควบคุมการทำงาน of กระบวนการแบบไร้อากาศ เพื่อแสดงสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ แต่เป็นค่าที่ไม่สามารถบอกล่วงหน้าถึงความล้มเหลวในการทำงาน of จุลินทรีย์ในระบบได้อย่างทันที เพราะความเสียหายของระบบมักจะเกิดขึ้นก่อนที่ค่าพีเอชจะลดลง

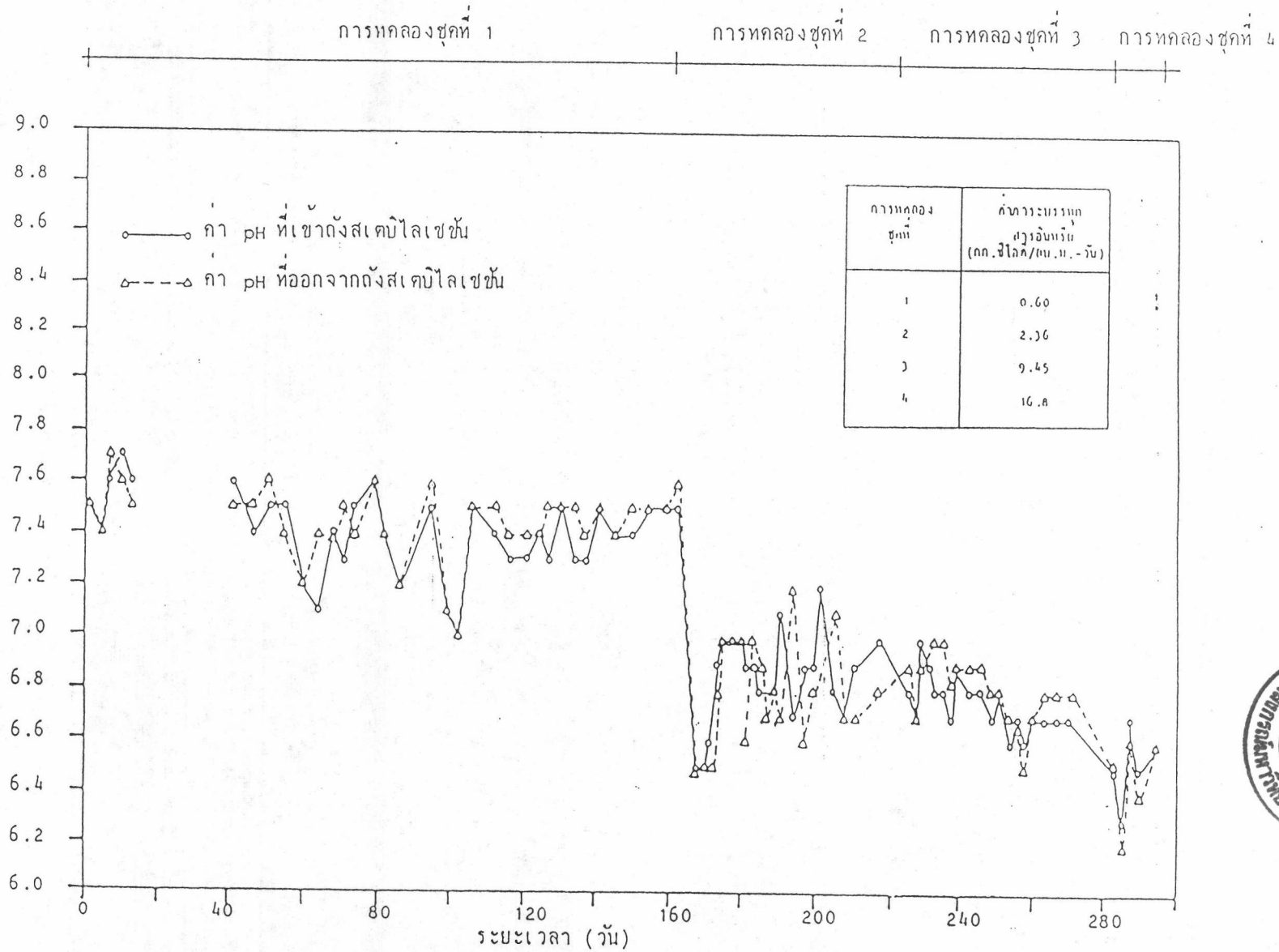
ค่าพีเอชจะวัดที่น้ำเสียสังเคราะห์ซึ่งเป็นน้ำที่เข้าสู่ระบบ วัดที่น้ำทิ้งจากถังคอนแทกต์ น้ำเข้าและออกจากถังสแตบิลิเซชัน และน้ำทิ้งของระบบ

ภาพที่ 5.1 และ 5.2 แสดงกราฟของค่าพีเอชที่เกิดขึ้น

จากการทดลอง พบว่า เมื่อเพิ่มค่าการบรรทุกลำสารอินทรีย์ในระบบ ค่า



ภาพที่ 5.1 ค่าพีเอชของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ และค่าพีเอชของน้ำที่ออกจากถังคอนแทกต์



ภาพที่ 5.2 ค่าพีเอชของน้ำที่เข้าและออกจากดังสเตบิลิเซชัน



พีเอชของทุกจุดที่ตรวจวัดจะลดลงค่าทันทีแล้วจึงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยค่าพีเอชของน้ำทิ้งของระบบและน้ำที่เข้าสู่อ่างสเติมไลเซชันมีการลดลงน้อยที่สุด และค่าพีเอชของน้ำที่ออกจากถังคอนแทกต์จะมีค่าที่ต่ำที่สุด ตามลำดับ

ที่อ่างสเติมไลเซชันค่าพีเอชของน้ำที่เข้าและออกจากถังนี้ มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากและมีแนวโน้มว่า ค่าพีเอชของน้ำที่ออกจากถังนี้จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่ไม่ชัดเจนนัก

ในการทดลองชุดที่ 1 พบว่า ค่าพีเอชของน้ำภายในระบบมีการเปลี่ยนแปลงน้อย โดยค่าพีเอชของน้ำทิ้งจากระบบมีค่าลดลงเล็กน้อย ยกเว้นในวันที่ 7, 41, 51 และ 95 ซึ่งมีค่าพีเอชสูงกว่าน้ำที่เข้าสู่อ่างระบบ และไม่พบว่ามีสารโครเมียมที่เติมเข้าสู่อ่างมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช

ในการทดลองชุดที่ 2 ค่าพีเอชไหลลดลงอย่างมากและทันที เมื่อเพิ่มค่าการบรรทุกสารอินทรีย์ในระบบ ค่าพีเอชทุกค่าที่ตรวจวัดมีค่าต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองชุดที่ 1 สำหรับค่าพีเอชในระบบ พบว่า น้ำที่ออกจากถังคอนแทกต์จะมีค่าพีเอชเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำที่เข้าระบบ โดยที่น้ำที่เข้าและออกจากอ่างสเติมไลเซชันมีค่าค่อนข้างคงที่ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชเมื่อเติมสารนี้เกิด

ในการทดลองชุดที่ 3 และ 4 พบว่า ค่าพีเอชมีค่าใกล้เคียงกับค่าพีเอชที่ตรวจวัดในการทดลองชุดที่ 2 และมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชคล้ายคลึงกัน

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าพีเอชที่ตรวจวัด ณ จุดต่าง ๆ

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าพีเอชในระบบ

การทดลองชุดที่	ระบบรวม		ถังคอนแทกต์	ถังสเติมไลเซชัน	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
1	7.61	7.41	7.4	7.38	7.43
2	7.91	7.04	7	6.89	6.82
3	8.01	7.06	6.77	6.73	6.78
4	7.9	6.82	6.52	6.5	6.44

ค่าพีเอชของน้ำที่เข้าสู่ระบบเป็นผลมาจากการเติมสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ ส่วนค่าพีเอชที่เกิดการเปลี่ยนแปลงนั้นเป็นผลจากกลไกการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในระบบโดยตรง

จะพบว่า เมื่อเพิ่มค่าการบรรทุสารอินทรีย์ในระบบ ค่าพีเอชจะเปลี่ยนแปลงในทันที ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการย่อยสลายสารอินทรีย์มากขึ้น โดยที่ดังคอนแทกต์ซึ่งเป็นที่รับน้ำเสียโดยตรงมีค่าพีเอชลดลง เนื่องจากการเปลี่ยนสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปเชิงซ้อน (Complex) เป็นกรดโวลาคิล จึงทำให้ค่าพีเอชลดลง ส่วนที่ถึงสแตบิลเซชันนั้นค่าพีเอชมีแนวโน้มสูงขึ้นก็เนื่องจากการย่อยสลายกรดโวลาคิลเป็นก๊าซมีเทน รวมทั้งยังอาจจะเกิดแอมโมเนียไฮดรอกไซด์จากแอมโมเนียและคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ค่าพีเอชสูงขึ้น

เมื่อพิจารณาค่าพีเอชของระบบโดยรวมจะเห็นได้ว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ตลอดทุกชุดการทดลอง

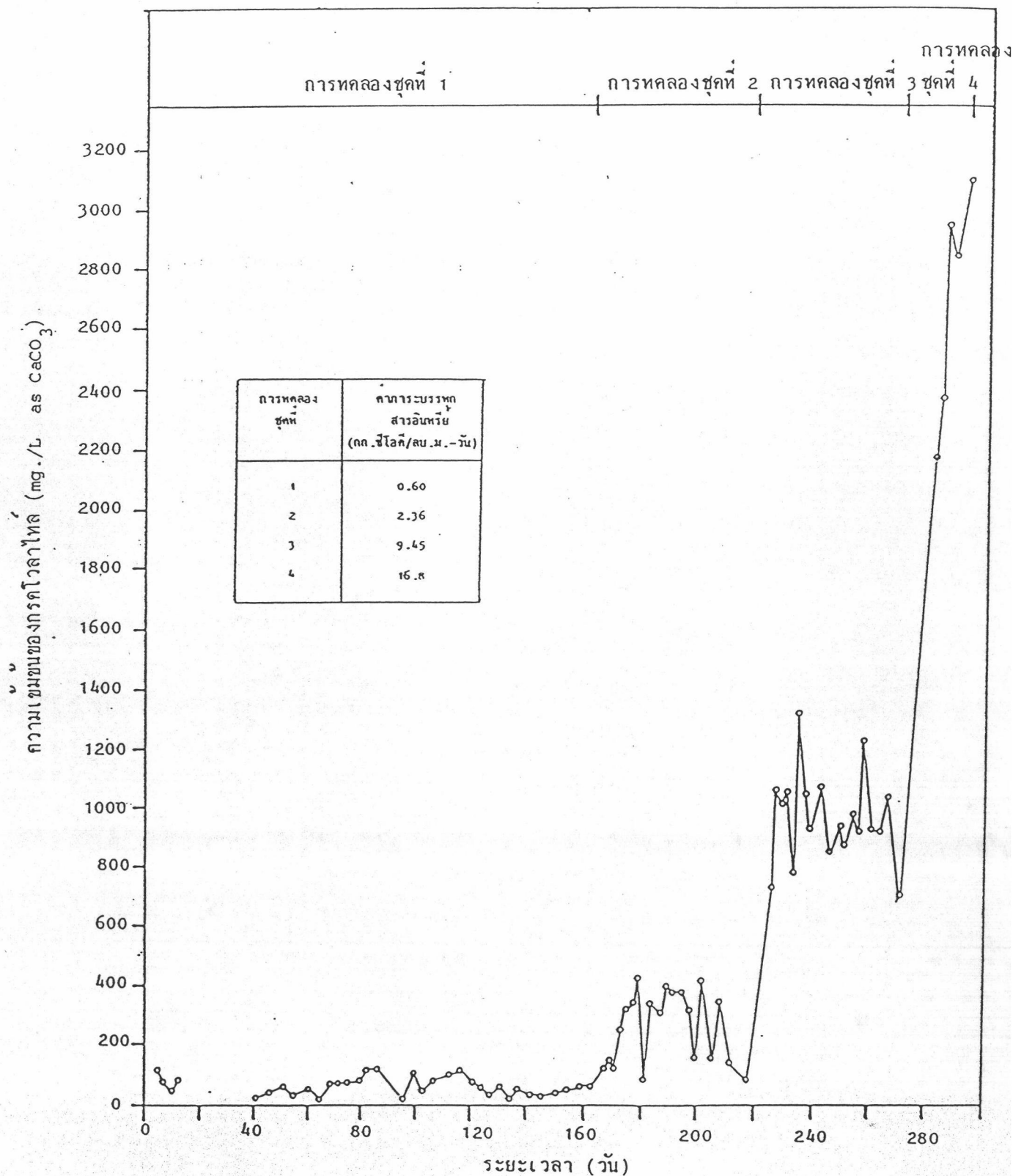
5.2.2 กรดโวลาคิล

กรดโวลาคิลเป็นพหุอะมิโนที่พบในสารอาหารของกระบวนการแบบไร้อากาศได้เป็นอย่างดี เพราะหากปริมาณของจุลินทรีย์ชนิดที่สร้างกรดและชนิดที่สร้างก๊าซมีเทนไม่สมดุลกันแล้ว จะทำให้เกิดการสะสมตัวของกรดโวลาคิลทำให้มีค่าความเข้มข้นสูงขึ้น และถ้าหากไม่มีการควบคุมที่ดีจะทำให้มีค่าพีเอชต่ำลงจนระบบไม่สามารถทำงานได้ต่อไป

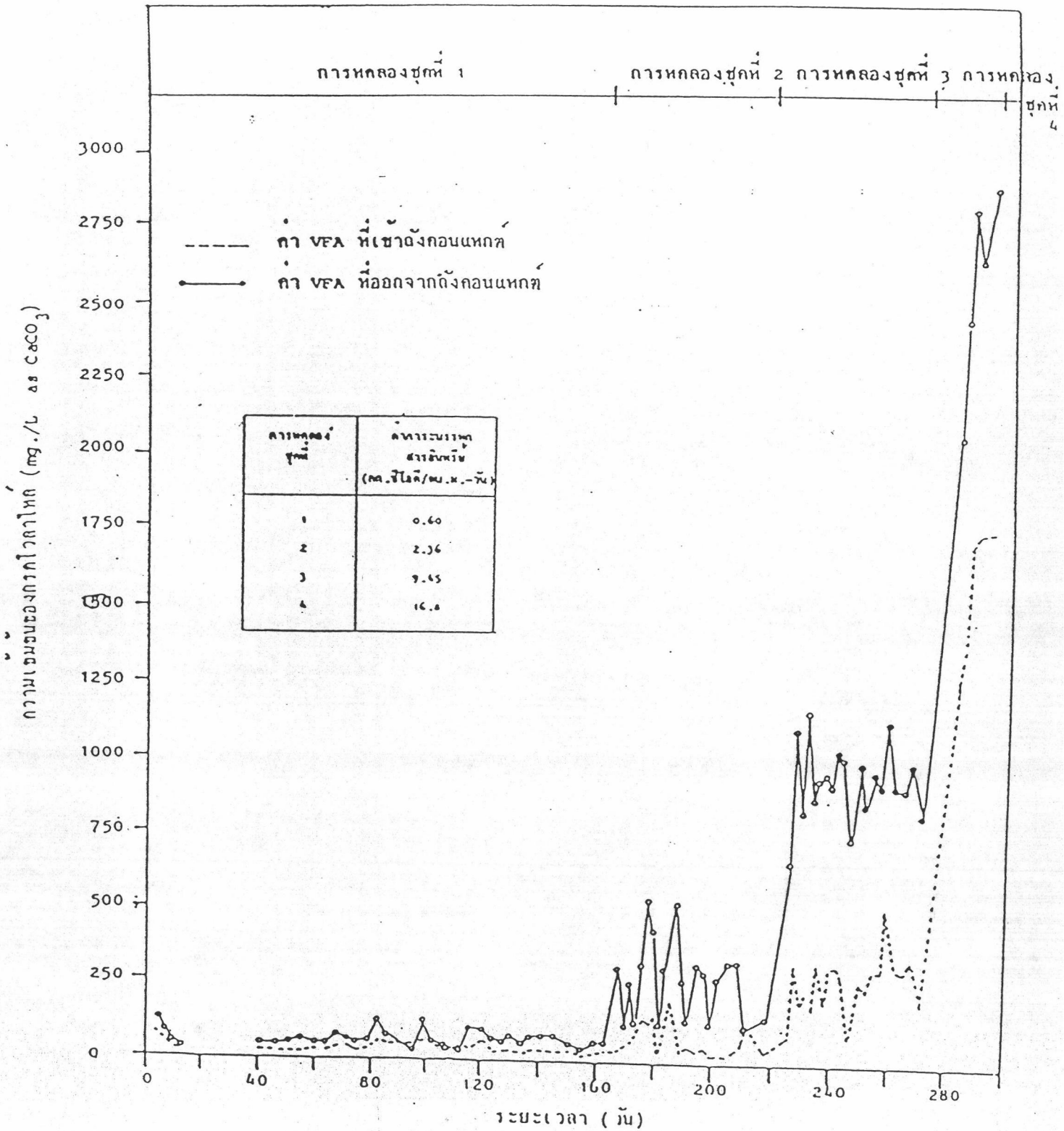
ค่ากรดโวลาคิลที่เข้าสู่ดังคอนแทกต์คำนวณจากค่ากรดโวลาคิลที่ปรากฏในน้ำที่ออกจากดังสแตบิลเซชันมา เจือจางกับน้ำที่เข้าระบบตามการไหลของน้ำในระบบนี้ ส่วนค่ากรดโวลาคิลที่ตำแหน่งอื่น ๆ ได้จากการวิเคราะห์โดยตรง

ภาพที่ 5.3, 5.4 และ 5.5 แสดงถึงค่ากรดโวลาคิลในน้ำทิ้งของระบบในน้ำที่เข้าและออกจากดังคอนแทกต์ และในน้ำที่เข้าและออกจากดังสแตบิลเซชัน ตามลำดับ

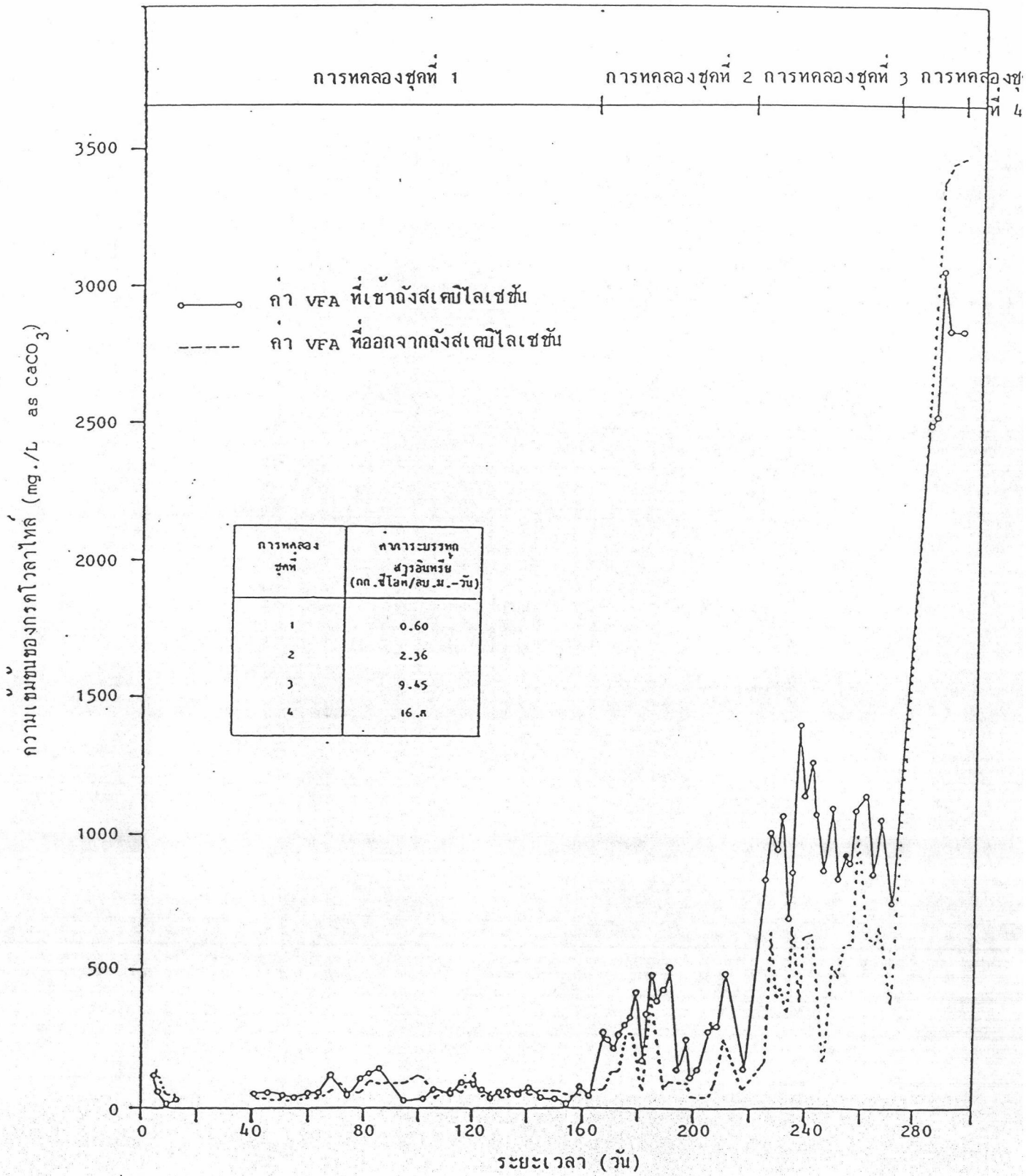
พบว่า ค่ากรดโวลาคิลจะมีการเปลี่ยนแปลงทันทีที่เพิ่มค่าการบรรทุสารอินทรีย์ในระบบ โดยค่ากรดโวลาคิลจะมีค่าเพิ่มในอัตราที่ใกล้เคียงกับการเพิ่มค่าการบรรทุสารอินทรีย์ของระบบ



ภาพที่ 5.3 ความเข้มข้นของกรดโวลไทล์ในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ



ภาพที่ 5.4 ความเข้มข้นของกรดไขมันที่เข้าและออกจากังคองแหนด



ภาพที่ 5.5 ความเข้มข้นของกรโคไวลาไทล์ที่เข้าและออกจากถังส.ค.บ.ไลเซชัน

ที่ดั่งคอนแทกต์การครวเวลาไหลจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนตามระยะเวลา
ใช้ในการบำบัด ในขณะที่ดั่งส.เคมีไลเซชันจะมีค่าการครวเวลาไหลลดลงตามระยะเวลาที่บำบัด
ส่วนการครวเวลาไหลในน้ำทิ้งของระบบมีค่าใกล้เคียงกับที่พบในน้ำที่ออกจากดั่งคอนแทกต์ แต่
มีแนวโน้มสูงกว่าเล็กน้อยเสมอ

ในวันที่ 60, 71, 74, 86, 102 และ 112 ของการทดลองชุดที่ 1
ซึ่งเกิดการอุดตันของระบบสูบน้ำสูงจนทำให้มีตะกอนบางส่วนหลุดออกจากระบบทางดั่งส.เคมีไล-
เซชัน ทำให้พบว่าค่าการครวเวลาไหลในน้ำที่เข้าดั่งส.เคมีไลเซชันมีค่าต่ำกว่าที่พบในน้ำที่ออกจาก
ถังนี้ทุกครั้ง แสดงว่าเกิดการเสียดสีของจุลินทรีย์ทั้งสองชนิด

ในการทดลองชุดที่ 1 ซึ่งมีการเติมสารโครเมียม และในการทดลองชุดที่
2 ซึ่งมีการเติมสารนิเกิล ไม่พบว่ามีผลแต่อย่างใดเกิดขึ้นที่ดั่งคอนแทกต์ แต่ที่ดั่งส.เคมีไลเซชัน
กลับพบที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น โดยที่เมื่อเติมสารโครเมียมปรากฏว่าการครวเวลาไหลในน้ำ
ที่เข้าต่ำกว่าในน้ำที่ออก คล้ายกับที่พบเมื่อมีการสูญเสียตะกอนดังกล่าวมาแล้ว คาดว่าอาจจะ
เกิดจากการเป็นพิษของโครเมียมซึ่งเป็นโลหะหนัก และเมื่อเติมสารนิเกิลปรากฏว่าการครวเวลา-
ไหลมีแนวโน้มต่ำลงแต่ไม่เด่นชัดนัก

ในการทดลองชุดที่ 4 พบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าการครวเวลาไหลผิดกว่า
การทดลอง 3 ชุดแรก กล่าวคือ มีการเพิ่มของค่าการครวเวลาไหลในทุก ๆ จุดที่ตรวจวัด

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าเฉลี่ยของการครวเวลาไหลที่จุดเก็บตัวอย่างต่าง ๆ

จากผลการทดลอง พบว่า ที่ดั่งคอนแทกต์จะมีการเพิ่มขึ้นของการครวเวลาไหล
ในขณะที่ดั่งส.เคมีไลเซชันมีการลดลงของการครวเวลาไหลเกิดขึ้น ซึ่งแสดงถึงพฤติกรรมของระบบ
ว่า ที่ดั่งคอนแทกต์เกิดการย่อยสลายในขั้นตอนของการสร้างกรด (acid former) โดยที่
ดั่งส.เคมีไลเซชันเกิดการย่อยสลายเพื่อสร้างก๊าซมีเทน (Methane former) อย่างไรก็ตาม
ข้อมูลที่ได้นี้ไม่ได้หมายความว่า ระบบนี้เป็นกระบวนการย่อยสลายแบบ 2 ขั้นตอนตามแนวความ
คิดของ Pohland และ Ghosh⁽²⁵⁾ แต่ประการใด เพราะที่ดั่งคอนแทกต์ยังคงพบที่มีการ
สร้างก๊าซมีเทนเกิดขึ้นด้วยตามปกติ

ตารางที่ 5.2 ค่าเฉลี่ยของกรควอลาไลท์ที่ดังกอนแทกต์ ดั่งส.เตปีไลเซชัน และน้ำทิ้งของระบบ (มิลลิกรัม/ลิตรในรูป CaCO_3)

การทดลอง ชุดที่	ดังกอนแทกต์		ดั่งส.เตปีไลเซชัน		น้ำทิ้งของระบบ
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	
1	30	61	62	60	59
2	58	255	300	115	273
3	289	933	997	577	959
4	1555	2534	2746	3111	2696

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณกรควอลาไลท์ที่เข้าและออกจากดั่งตะกอน โดยน้ำที่เข้าดั่งตกตะกอนจะมาจากดั่งคอนแทกต์ และน้ำที่ออกจากดั่งตกตะกอนจะมีด้วยกัน 2 ทางคือ เป็นน้ำทิ้งของระบบ และเป็นน้ำที่เข้าสู่ดั่งส.เตปีไลเซชัน จะเห็นได้ว่ามีการหายไปหรือเกิดขึ้นของกรควอลาไลท์เล็กน้อยตลอดทุกการทดลอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในดั่งตกตะกอนยังคงเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ไม่ได้ศึกษาโดยละเอียดเกี่ยวกับดั่งตกตะกอน เนื่องจากเห็นว่าประสิทธิภาพและการทำงานของระบบเกิดขึ้นที่ดั่งคอนแทกต์ และดั่งส.เตปีไลเซชัน

ในน้ำที่ออกจากดั่งส.เตปีไลเซชันมีค่ากรควอลาไลท์น้อยกว่าในน้ำที่ออกจากดั่งคอนแทกต์ในทุกชุดการทดลอง (ยกเว้นการทดลองชุดที่ 4) แสดงว่า ในดั่งส.เตปีไลเซชันมีเสถียรภาพและปริมาณของจุลินทรีย์ที่สร้างมีเทนมากกว่าในดั่งคอนแทกต์

สำหรับในการทดลองชุดที่ 4 นั้น จะเห็นได้ว่า มีการเพิ่มของกรควอลาไลท์โดยตลอด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความล้มเหลวของการเปลี่ยนกรควอลาไลท์ไปเป็นก๊าซมีเทนของจุลินทรีย์ชนิดสร้างมีเทนในดั่งปฏิกิริยาทั้งสองดั่ง

5.2.3 ความเป็นด่างรวม (Total Alkalinity)

ค่าความเป็นด่างรวมในกระบวนการแบบไร้อากาศ เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญ เนื่องจากจะเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงปริมาณบัฟเฟอร์ (buffering capacity) ของระบบ เพื่อป้องกันการลดค่าลงหรือการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของค่าพีเอช ซึ่งเป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ภายในระบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุลินทรีย์ที่สร้างมีเทน

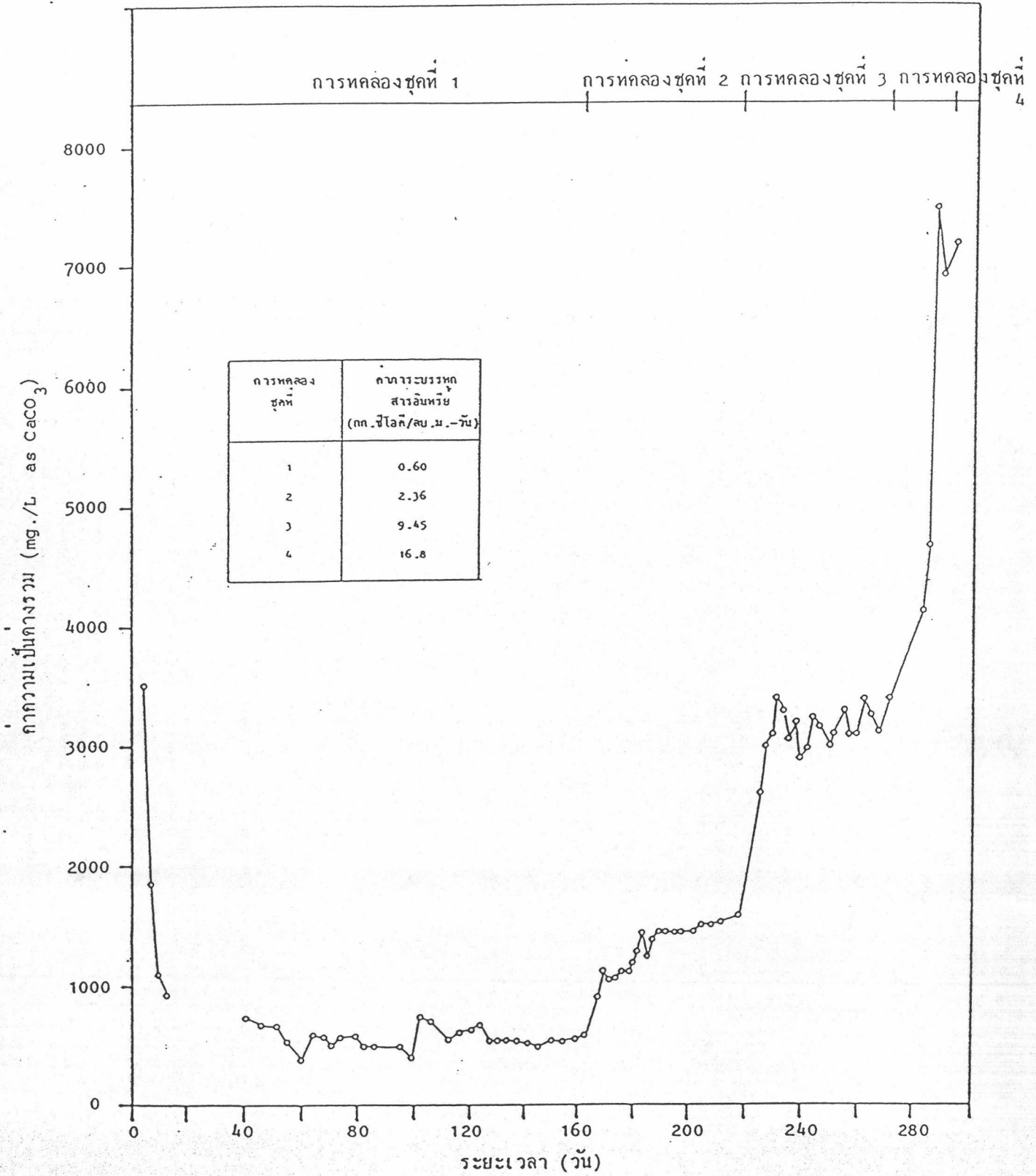
สภาพความเป็นด่างรวมของน้ำที่เข้าถังคอนแทกต์ กำหนดจากการทำสมดุลระหว่างน้ำเขาระบบกับน้ำที่ออกจากถังสแตบิลไลเซชัน ส่วนที่ค่าแก๊สอื่น ๆ นั้นได้จากการวิเคราะห์โดยตรง

ภาพที่ 5.6, 5.7, 5.8 และ 5.9 แสดงค่าของสภาพความเป็นด่างรวมที่พบในน้ำทิ้งของระบบ ในน้ำเข้าและออกจากถังคอนแทกต์ และในน้ำที่เข้าและออกจากถังสแตบิลไลเซชันตามลำดับ

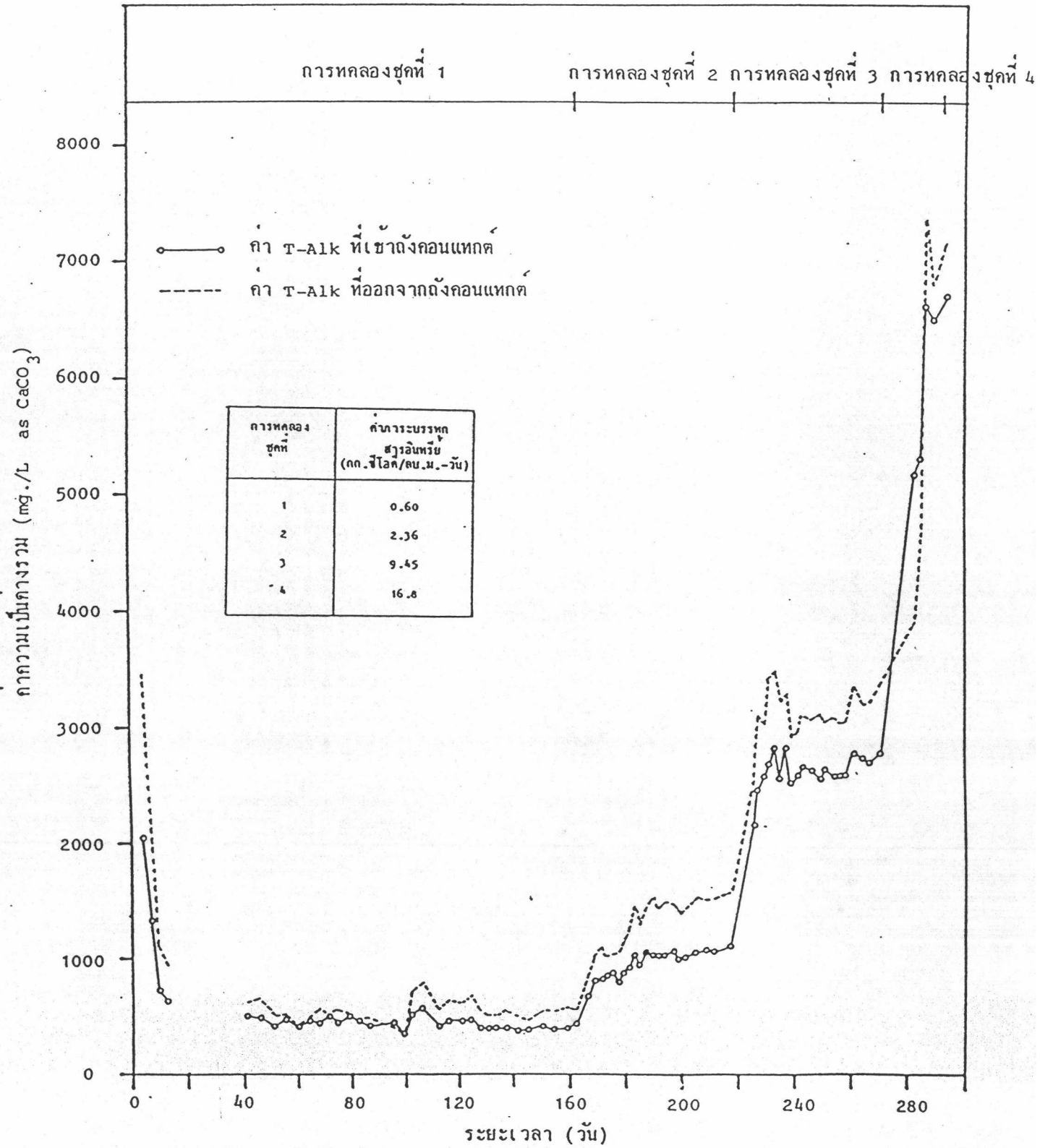
สภาพความเป็นด่างรวมของทั้งระบบมีค่าเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเติมสารโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) โดยตรง ซึ่งจะเติมเพิ่มตามการเพิ่มของค่าการบรรทุกลสารอินทรีย์ของระบบ เพื่อให้ระบบมีปริมาณบัฟเฟอร์เพียงพอ โดยในการเติมสารในช่วงแรกจะเป็นการประมาณก่อนแล้วจึงปรับค่าการเติมตามผลการทดลอง เพื่อควบคุมอัตราส่วนของกรดโวลาคิลต่อสภาพความเป็นด่างรวมให้อยู่ในช่วงค่า 0.3 - 0.4 ซึ่งเชื่อว่าเป็นค่าที่เหมาะสม แต่จะไม่ให้มีค่าสูงจนเกิดความเป็นพิษเนื่องจากโซเดียม

ในการทดลองชุดที่ 1 ค่าความเป็นด่างรวมของน้ำที่เข้าและออกจากถังคอนแทกต์ประมาณ 430 และ 545 มก./ล. ในรูป CaCO_3 ตามลำดับ และ 567 และ 640 มก./ล. ในรูป CaCO_3 ที่ในน้ำเข้าและออกจากถังสแตบิลไลเซชันตามลำดับ ไม่พบว่าโครเมียมมีผลต่อค่าความเป็นด่างรวมแต่อย่างใด

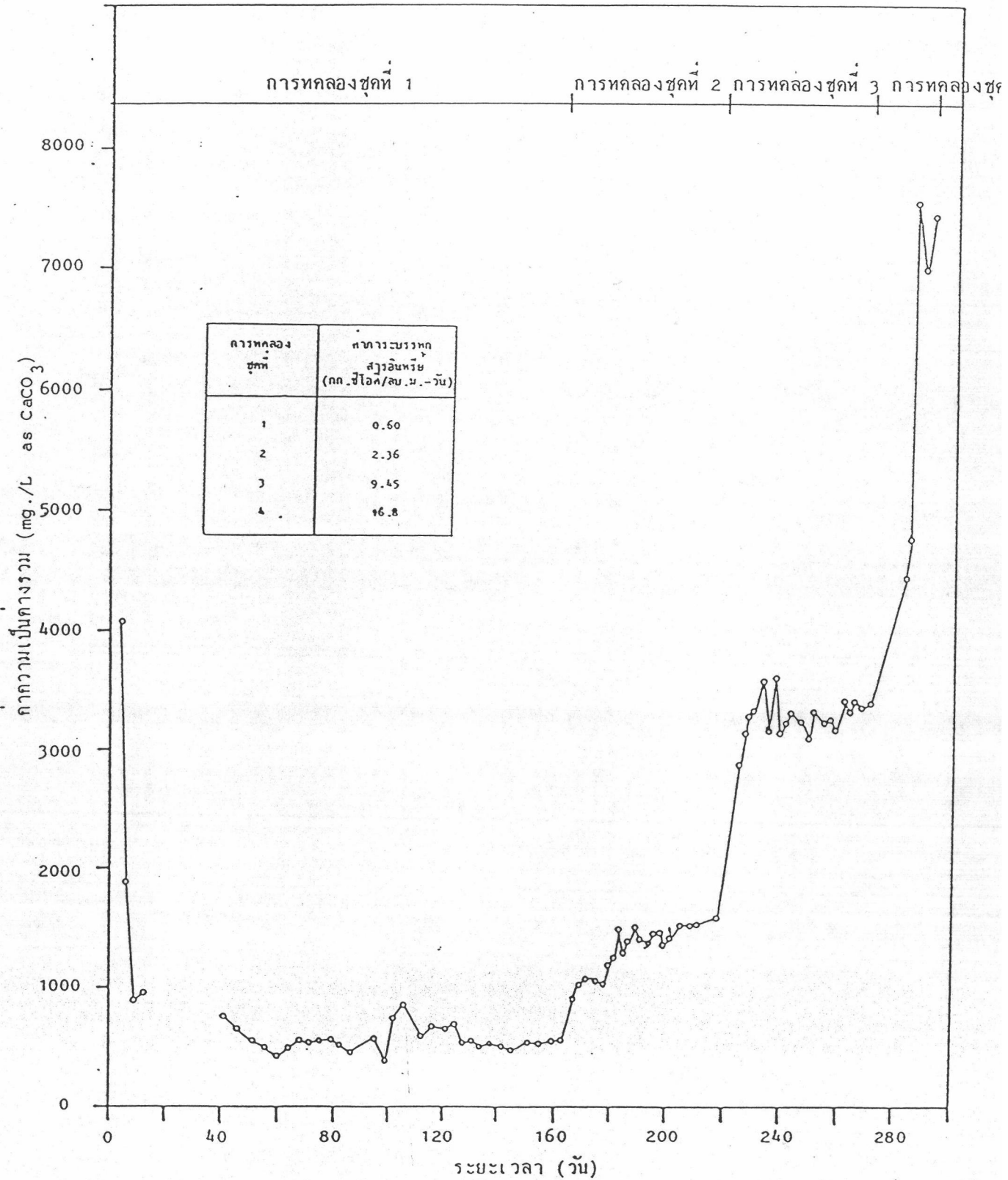
ในการทดลองชุดที่ 2 ค่าความเป็นด่างรวมของน้ำที่เข้าและออกจากถังคอนแทกต์มีค่าโดยเฉลี่ย 1026 และ 1443 มก./ล. ในรูป CaCO_3 ตามลำดับ ในน้ำเข้าและออกจากถังสแตบิลไลเซชันมีค่าโดยเฉลี่ย 1434 และ 1442 มก./ล. ในรูป CaCO_3 ตามลำดับ โดยพบว่า ค่าความเป็นด่างรวมในน้ำที่ออกจากถังคอนแทกต์จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มค่าการระ



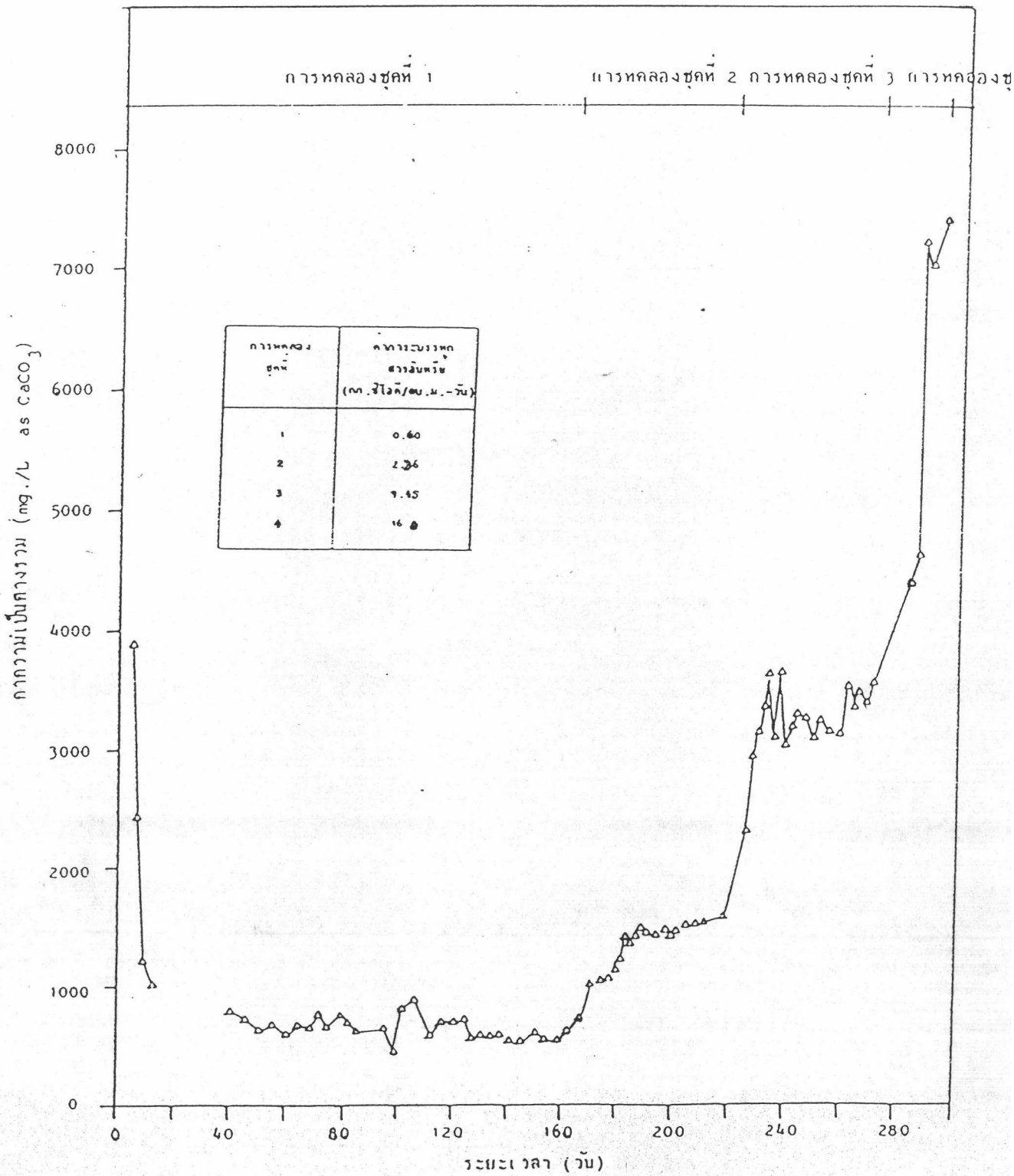
ภาพที่ 5.6 ค่าความเป็นด่างรวมในน้ำทิ้งของระบบ



ภาพที่ 5.7 ค่าความเป็นค่างรวมในน้ำที่เข้าและออกจากถังคอนแทกต์



ภาพที่ 5.8 การความเป็นคางรวมในน้ำที่เข้าสู่ถังสเคมิไลเซชัน



ภาพที่ 5.9 ค่าความเป็นค่างรวมในน้ำที่ออกจากถังสเติมโลเซชัน

บรรทุกสารอินทรีย์ไ้ระบบ ไม่พบว่าการเติมสารนิเกิลมีผลกระทบต่อการทำงาน

ในการทดลองชุดที่ 3 ค่าความเป็นค่างรวมในน้ำเข้าและออกจากถังคอน-
แทกต์ เฉลี่ย 2636 และ 3126 มก./ล. ในรูป CaCO_3 ตามลำดับ ในน้ำเข้าและออกจากถัง
สเปคิไลเซชันมีค่าเฉลี่ย 3268 และ 3217 มก./ล. ในรูป CaCO_3 ตามลำดับ การเปลี่ยน-
แปลงเหมือนกับการทดลองชุดที่ 2

ในการทดลองชุดที่ 1 พบว่าในช่วงแรกที่เริ่มเพิ่มค่าการบรรทุกสารอินทรีย์
นั้น ค่าความเป็นค่างรวมในน้ำที่ออกจากถังคอนแทกต์มีค่าน้อยกว่าค่าความเป็นค่างรวมในน้ำที่
เข้า แล้วจึงเพิ่มมากกว่าในภายหลัง

โดยสรุปพบว่า ค่าความเป็นค่างรวมเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำผ่านถังคอนแทกต์ และ
คอนข้างค่างที่หรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อผ่านถังสเปคิไลเซชัน ค่าความเป็นค่างรวมโดยเฉลี่ยของ
ระบบแสดงดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ค่าความเป็นค่างรวมในถังคอนแทกต์ ถังสเปคิไลเซชัน
และน้ำทิ้งของระบบ มีหน่วยเป็น มก./ล. ในรูป CaCO_3

การทดลอง ชุดที่	ถังคอนแทกต์		ถังสเปคิไลเซชัน		น้ำทิ้งของระบบ
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	
1	430	545	567	640	559
2	1026	1443	1434	1442	1432
3	2636	3126	3268	3271	3148
4	5570	5975	6265	6141	6034

จากการทดลองพบว่า น้ำที่เข้าถังคอนแทกต์มีความเป็นด่างรวมค่าที่สูงสุด และเพิ่มขึ้นเมื่อออกจากถังคอนแทกต์ ส่วนถังสเติมไลเซชันปรากฏว่าสภาพความเป็นด่างรวมคอนข้างคงที่ตลอดทั้งถังหรือมีการเพิ่มขึ้นนอยมาก และในน้ำทิ้งของระบบมีการเปลี่ยนแปลงตามน้ำที่ออกจากถังคอนแทกต์

การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นด่างรวมที่เกิดขึ้นในระบบ เป็นการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากกลไกการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยตรง จะเห็นได้ว่าในถังคอนแทกต์ไคโรบอิทธิพลส่วนใหญ่จากน้ำที่ออกจากถังสเติมไลเซชันด้วย ทำให้อ่างคอนแทกต์มีเสถียรภาพเพิ่มขึ้น การที่ตรวจพบว่าทั้งระบบมีการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นด่างรวม เชื่อว่ามาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียที่เป็นผลจากการย่อยสลายไนโตรเจนเพื่อสร้างมีเทน แล้วเกิดเป็นแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต

5.2.4 ค่าความเป็นด่างไบคาร์บอเนต (HCO_3^- - Alkalinity)

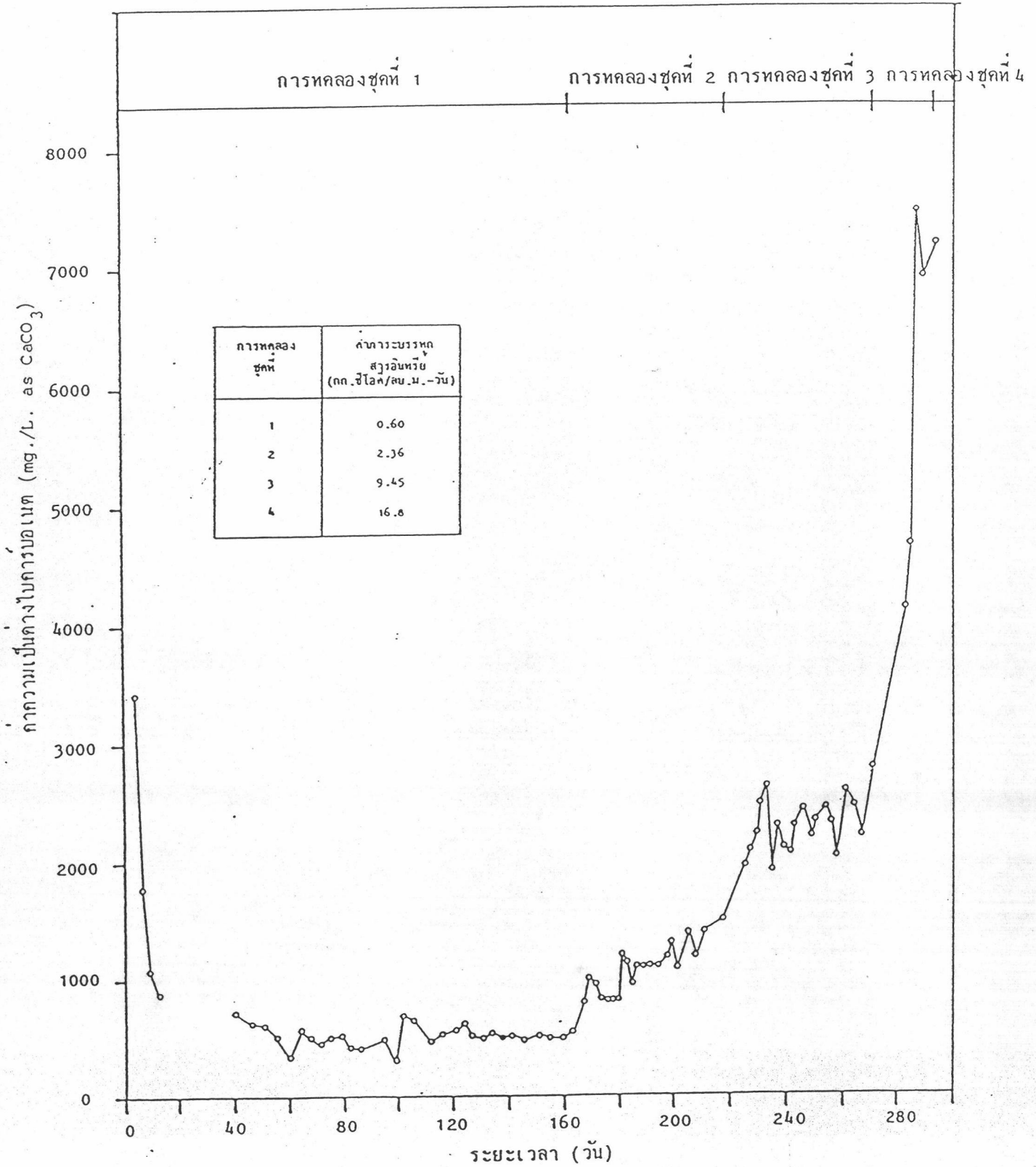
สภาพความเป็นด่างไบคาร์บอเนตสามารถบอกถึงปริมาณฟัเฟอร์ไดคัลกว่าค่าความเป็นด่างรวม เพราะค่าความเป็นด่างรวมอาจเป็นผลเนื่องมาจากค่าความเป็นด่างไบคาร์บอเนต และ/หรือ ค่าความเป็นด่างอันเนื่องจากการคโวลาไทล์ (Volatile Acid Alkalinity) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการหมักแบบไร้ออกซิเจนภายในระบบ โดยมีการสลายตัวของไนโตรเจนจากสารอาหารของแบคทีเรียในรูปของยูเรียที่เติมลงไปให้น้ำเสียสังเคราะห์

ค่าความเป็นด่างไบคาร์บอเนตได้จากการคำนวณตามข้อสรุปของ Pohland ทั้งหมด ภาพที่ 5.10, 5.11 และ 5.12 แสดงค่าความเป็นด่างไบคาร์บอเนตในน้ำทิ้งของระบบ ในน้ำที่เข้าและออกจากถังคอนแทกต์ และในน้ำที่เข้าและออกจากถังสเติมไลเซชันตามลำดับ โดยพบว่าค่าความเป็นด่างไบคาร์บอเนตแสดงผลที่แตกต่างจากค่าความเป็นด่างรวม

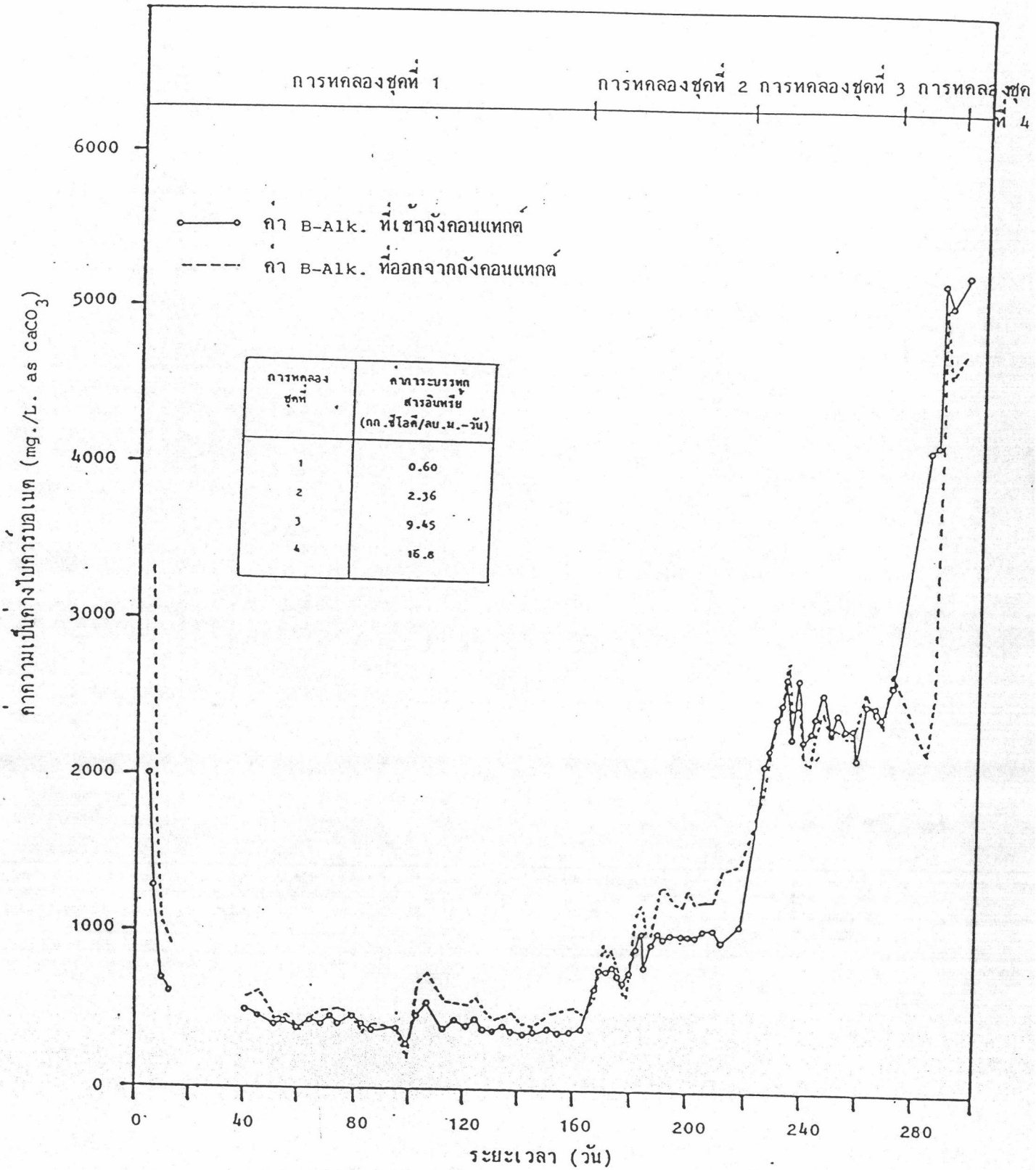
ในการทดลองชุดที่ 1 ค่าความเป็นด่างไบคาร์บอเนตที่ถังคอนแทกต์จะมีค่าสูงขึ้น และที่ถังสเติมไลเซชันมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อย ไม่พบผลกระทบจากการเติมสารโครเมียม

ในการทดลองชุดที่ 2 เหมือนกับการทดลองชุดที่ 1

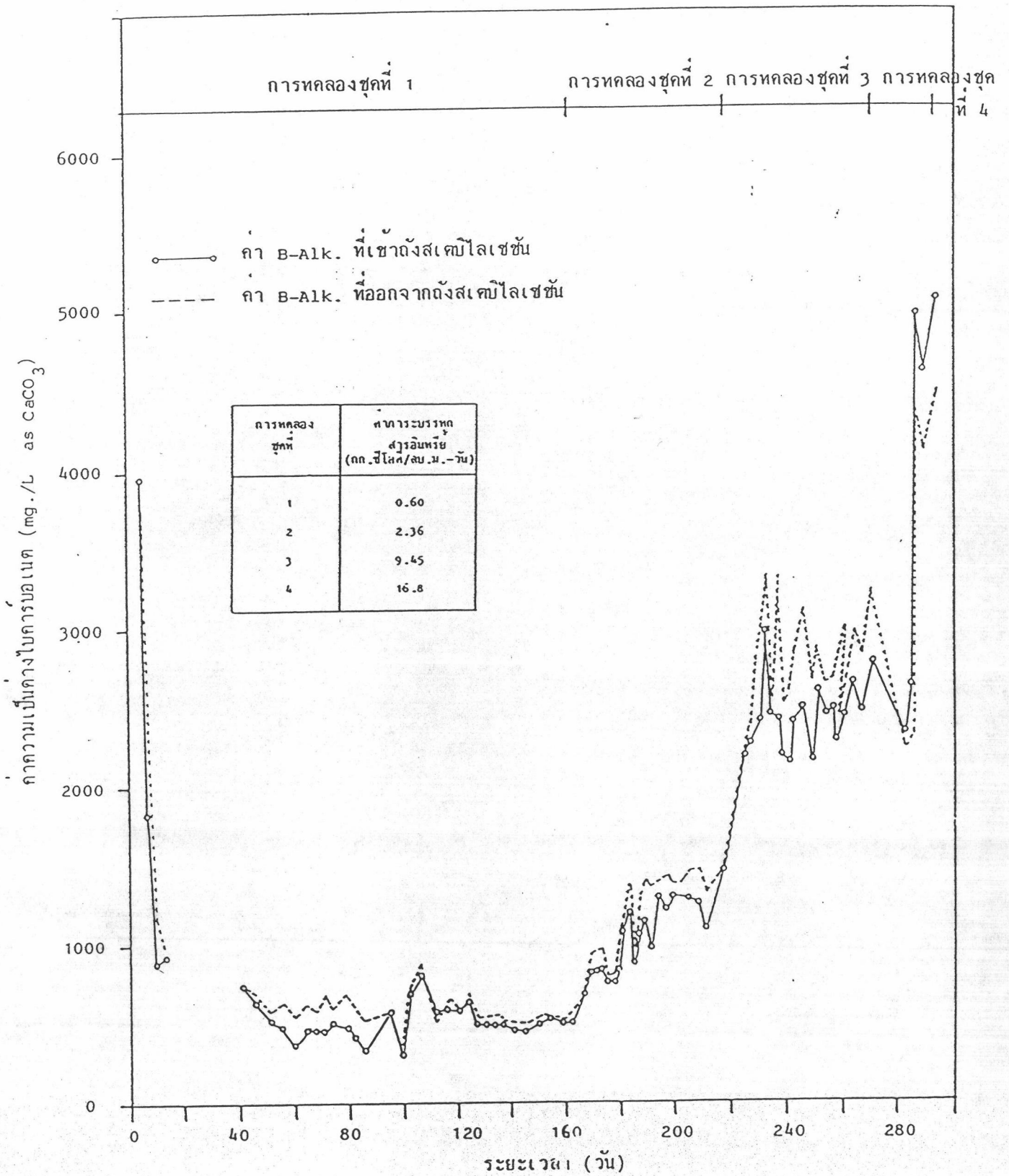
ในการทดลองชุดที่ 3 ค่าความเป็นด่างไบคาร์บอเนตในน้ำที่เข้าและออกจากถังคอนแทกต์ค่อนข้างใกล้เคียงกันมาก แต่ที่ถังสเติมไลเซชันพบว่าค่าความเป็นด่างไบคาร์-



ภาพที่ 5.10 ค่าความเป็นด่างไบคาร์บอเนตในน้ำที่ออกจากระบบ



ภาพที่ 5.11 ค่าความเป็นด่างไบคาร์บอเนตในน้ำที่เข้าและออกจากถังคอนแทกต์



ภาพที่ 5.12 ค่าความเป็นค่าไบคาร์บอเนตในน้ำที่เข้าและออกจากไตของสัตว์ทดลอง

บอเนตในน้ำที่ออกจากถังนี้มีค่าสูงกว่าในน้ำที่เข้าอย่างชัดเจน

ในการทดลองที่ 4 ก็แตกต่างจากค่าความเป็นค่ารวม โดยพบว่าทั้งถังคอนแทคและถังสเติมไลเซชันนั้น ค่าความเป็นค่าไบคาร์บอเนตของน้ำที่เข้าจะต่ำกว่าน้ำที่ออกตลอดการทดลอง

ค่าเฉลี่ยของความเป็นค่าไบคาร์บอเนต สามารถแสดงดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ค่าความเป็นค่าไบคาร์บอเนตในถังคอนแทค ถังสเติมไลเซชัน และในระบบน้ำทิ้ง มีหน่วยเป็น มก./ล. ในรูป CaCO_3

การทดลอง ชุดที่	ถังคอนแทค		ถังสเติมไลเซชัน		น้ำทิ้งของระบบ
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	
1	401	493	514	589	509
2	977	1226	1179	1344	1200
3	2347	2333	2421	2780	2333
4	4248	3830	3931	3497	3793

พิจารณาจากค่าความเป็นค่าไบคาร์บอเนตที่คำนวณได้นี้ จะเห็นได้ว่าให้แนวโน้มที่ต่างจากการใช้ค่าความเป็นค่ารวม โดยพบว่าที่ถังคอนแทคมีการเพิ่มของค่าความเป็นค่าไบคาร์บอเนตในการทดลองชุดที่ 1 และ 2 และมีค่าลดลงในการทดลองชุดที่ 3 และ 4 ส่วนที่ถังสเติมไลเซชันปรากฏว่าค่าความเป็นค่าไบคาร์บอเนตเพิ่มขึ้นในการทดลองชุดที่ 1, 2 และ 3 และมีค่าลดลงในการทดลองชุดที่ 4

การเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นค่าไบคาร์บอเนต ล้วนมาจากการที่มีคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น และผลจากการย่อยสลายไนโตรเจนเพื่อสร้างมีเทนทำให้มีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับสาเหตุที่ค่านี้อาจลดลงก็อาจเนื่องจากมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ในขั้นตอนการสร้างกรด

สำหรับการทดลองชุดที่ 4 ซึ่งมีการลดลงโดยตลอดของค่าความเป็นค่า

ไบคาร์บอเนต แสดงว่า ปริมาณพีเพอร์ของระบบถูกทำลายจนระบบมีเสถียรภาพต่ำอย่างเห็นได้ชัด ดังเห็นได้จากการสะสมตัวของกรดไวโอลาไลท์ที่เพิ่มสูงขึ้นโดยตลอด แสดงว่า แบคทีเรียชนิดที่สร้างมีเทนในกรดไวโอลาไลท์ได้น้อยกว่าปริมาณกรดไวโอลาไลท์ที่ถูกสร้างขึ้นโดยแบคทีเรียชนิดสร้างกรด

นอกจากการเปรียบเทียบการพิจารณาระหว่างค่าความเป็นค่าंगไบคาร์บอเนตกับค่าความเป็นค่าंगรวม ซึ่งแสดงแนวโน้มที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะในการทดลองชุดที่ 3 จึงเห็นได้ว่า การพิจารณาค่าความเป็นค่าंगไบคาร์บอเนตที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการแบบไร้อากาศจะให้ผลที่ดีกว่าและแสดงแนวโน้มที่เด่นชัดกว่าการใช้ค่าความเป็นค่าंगรวมในการควบคุมระบบ

5.2.5 อัตราส่วนของกรดไวโอลาไลท์ต่อค่าความเป็นค่าंगรวม (VFA/T-AIk)

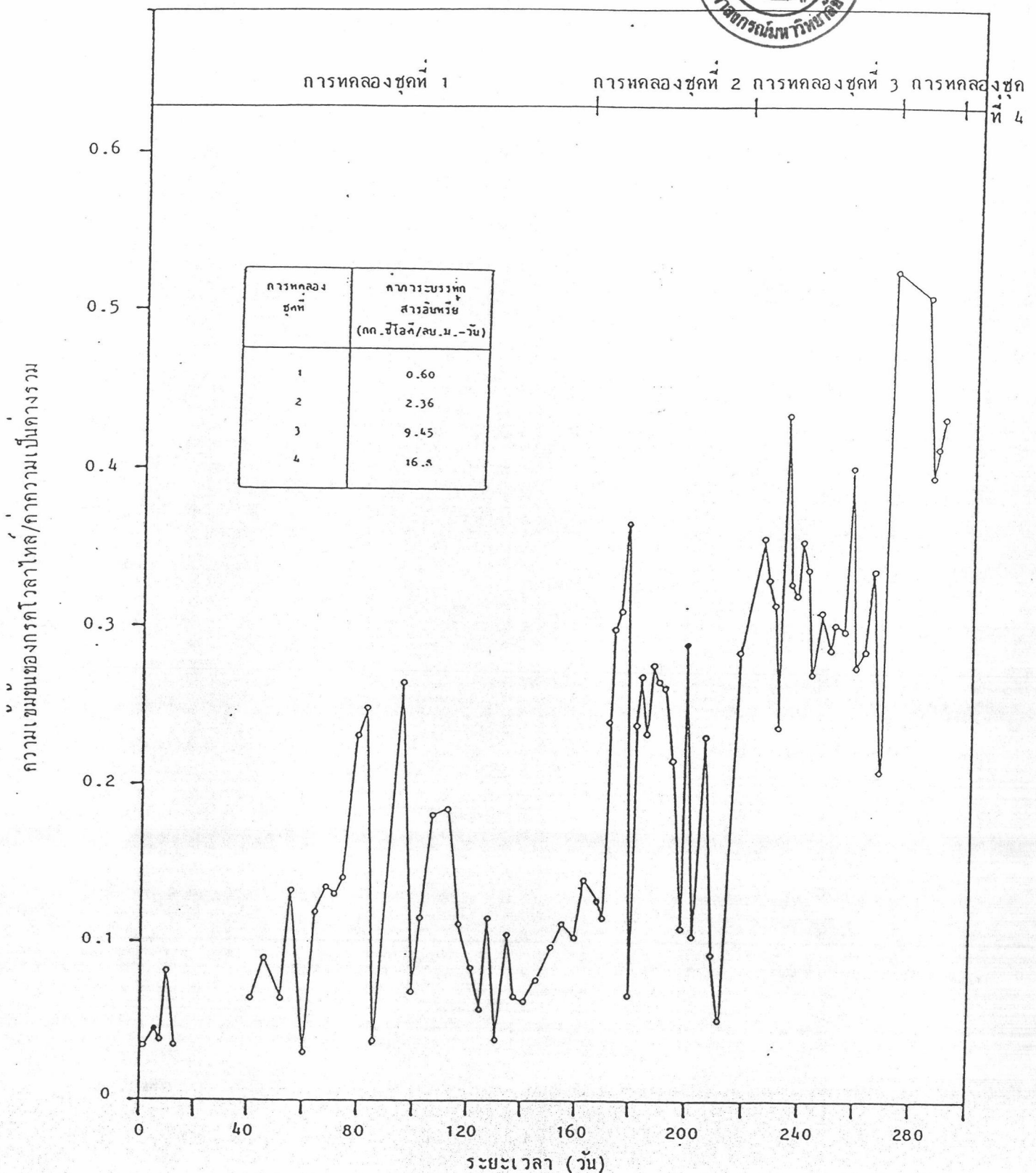
อัตราส่วนของกรดไวโอลาไลท์ต่อค่าความเป็นค่าंगรวม แสดงถึง คุณภาพระหว่างปริมาณกรดไวโอลาไลท์กับกำลังพีเพอร์ของระบบที่มีอยู่ ซึ่งใช้ในการควบคุมระบบที่ย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้อากาศ

ภาพที่ 5.13, 5.14 และ 5.15 แสดงถึงอัตราส่วนของกรดไวโอลาไลท์ต่อสภาพความเป็นค่าंगรวมในน้ำทิ้งของระบบ ในน้ำเข้าและออกจากถังคอนแทกต์ และในน้ำเข้าและออกจากถังสเติมไลเซชันตามลำดับ

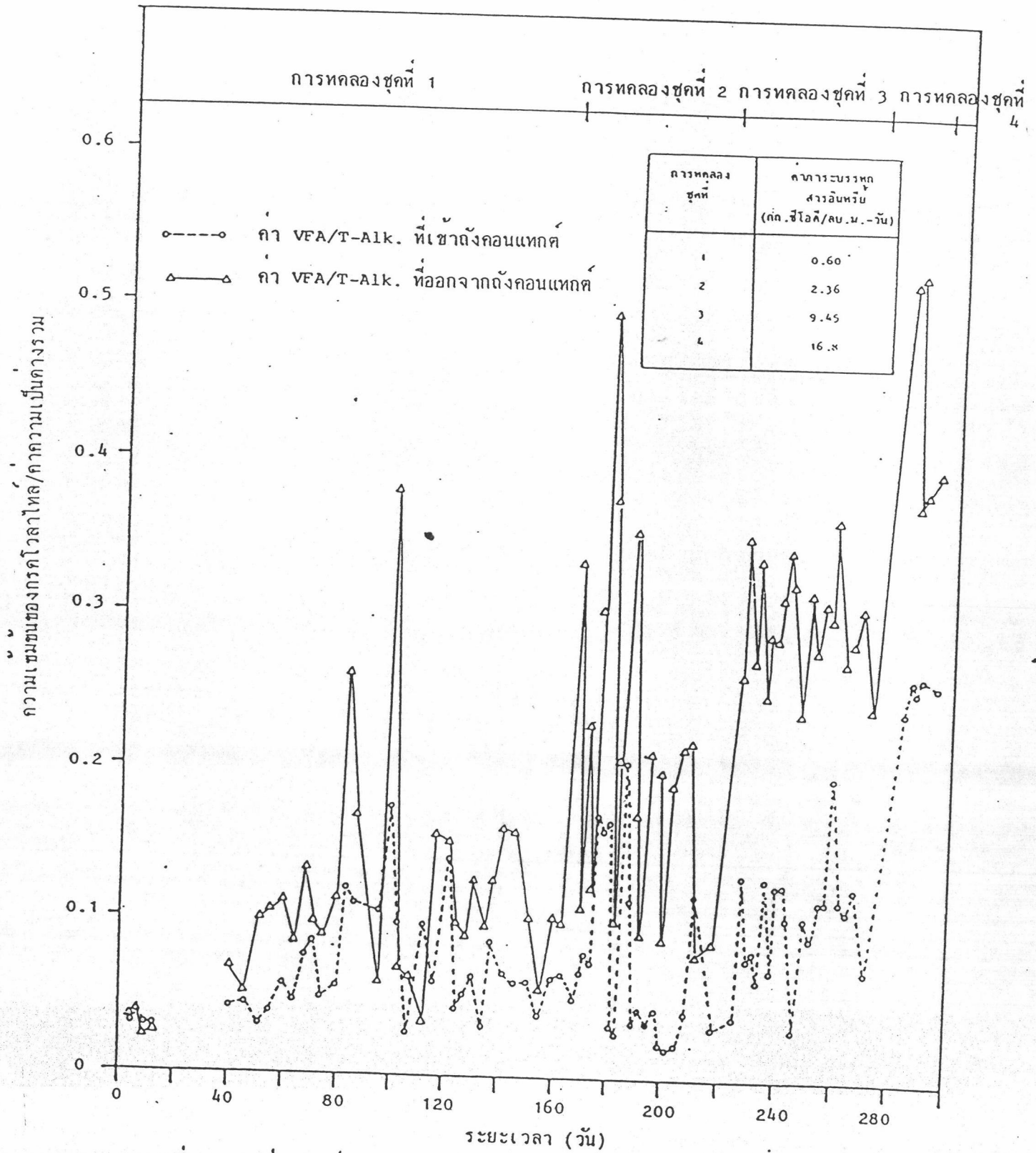
พบว่าอัตราส่วนนี้ในการทดลองชุดที่ 1, 2 และ 3 มีค่าต่ำกว่า 0.4 โดยตลอด โดยทั้งถังคอนแทกต์และถังสเติมไลเซชันมีค่าอัตราส่วนนี้ในน้ำเข้าสูงกว่าในน้ำออก และในช่วงเพิ่มค่าการบรรทุสารอินทรีย์ให้กับระบบนั้น อัตราส่วนของกรดไวโอลาไลท์ต่อค่าความเป็นค่าंगรวมมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน และไม่พบผลกระทบจากการเติมทั้งสารโคโรเมียม และนิเกิล

ส่วนในการทดลองชุดที่ 4 นั้น พบว่าที่ถังคอนแทกต์อัตราส่วนนี้ในน้ำเข้ามีค่า 0.34 แต่ในน้ำออกจากถังมีค่าสูงกว่า 0.5 ตลอด ส่วนที่ถังสเติมไลเซชันนั้น พบว่า อัตราส่วนของกรดไวโอลาไลท์ต่อค่าความเป็นค่าंगรวมในน้ำที่ออกจากถังสูงกว่า 0.4 และสูงกว่าน้ำที่เข้าถังเสมอ

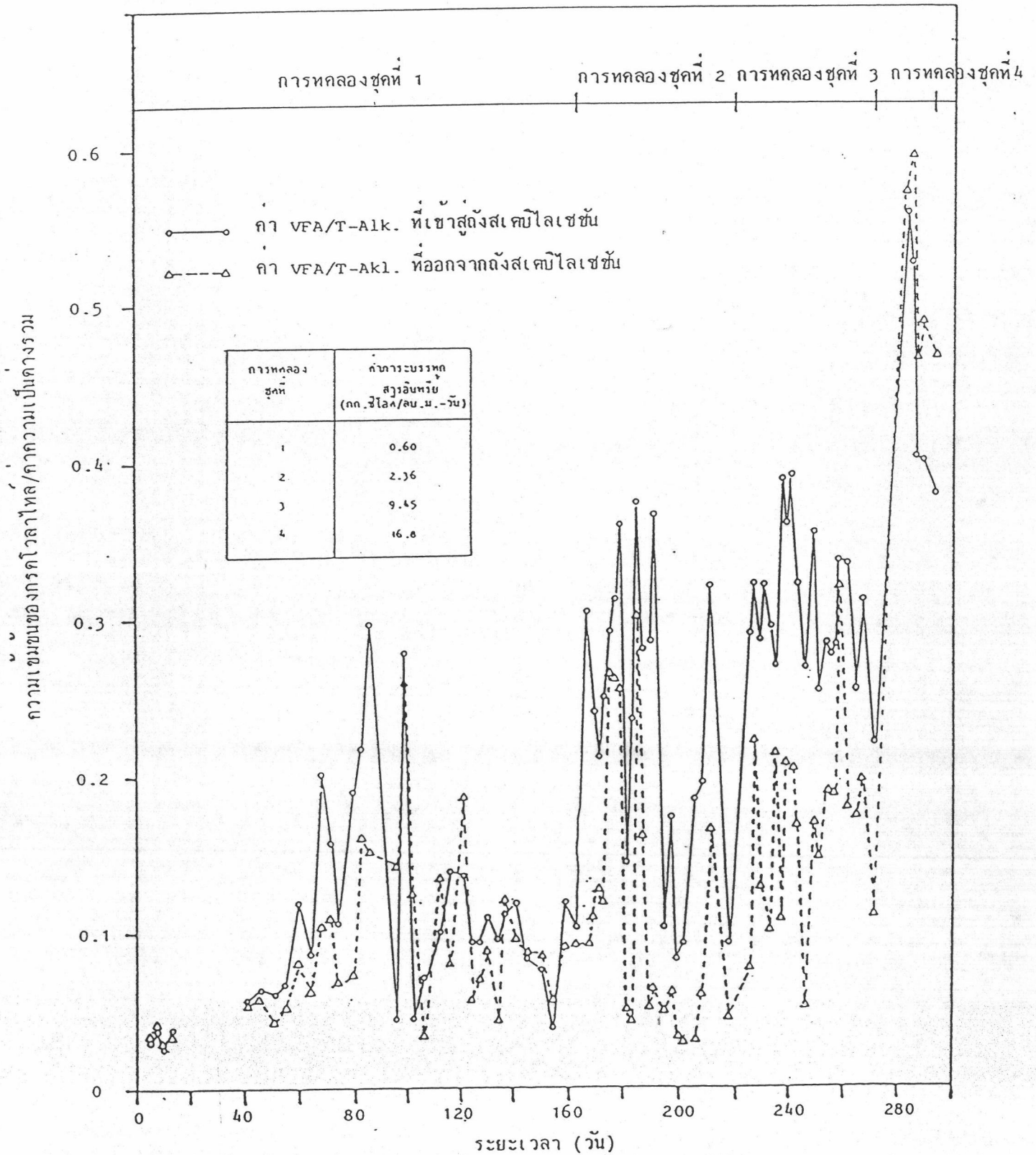
ตารางที่ 5.5 แสดงค่าอัตราส่วนของกรดไวโอลาไลท์ต่อค่าความเป็นค่าंगรวม



ภาพที่ 5.13 ค่าอัตราส่วนของกรดไวลาไลต์ต่อความเป็นด่างในน้ำทิ้งของระบบ



ภาพที่ 5.14 ค่าอัตราส่วนของกรดโวลไทลต่อค่าความเป็นด่างรวมในน้ำที่เข้าและออกจากคองแทคต์



ภาพที่ 5.15 ค่าอัตราส่วนของกรดไขมันต่อค่าความเป็นค่างรวมในน้ำที่เข้าและออกจากถังสเปลิโอเซน

โดยเฉลี่ยในระบบ

ตารางที่ 5.5 อัตราส่วนของกรโคเวลาไหลต่อความเป็นค้างรวมในระบบ

การทดลอง ชุดที่	ถังคอนแทกต์		ถังสเปคิไลเซชัน		น้ำทิ้งของระบบ
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	
1	0.08	0.13	0.13	0.11	0.13
2	0.07	0.21	0.25	0.10	0.23
3	0.13	0.36	0.37	0.21	0.36
4	0.34	0.51	0.53	0.61	0.53

ผลที่ได้จากการใช้อัตราส่วนนี้เห็นได้ชัดเกินกว่าการพิจารณาค่ากรโคเวลาไหลหรือค่าความเป็นค้างรวม หรือค่าความเป็นค้างตัวใดตัวหนึ่งเพียงอย่างเดียว โดยจะเห็นว่าค่าพีเอชของระบบมีความสอดคล้องกับค่าอัตราส่วนนี้ กล่าวคือ ที่ค่าอัตราส่วนนี้ค่าพีเอชจะสูง และที่ค่าอัตราส่วนนี้สูงค่าพีเอชจะต่ำ ทำให้สามารถควบคุมระบบได้ง่ายขึ้นรวมทั้งสิ่งเกศปัญหาที่เกิดขึ้นได้ชัดเจนมากขึ้นด้วย นอกจากนี้ค่าอัตราส่วนนี้ยังแสดงให้เห็นถึงสภาวะของระบบ. ดังจะเห็นว่าในการทดลองชุดที่ 4 ซึ่งเกิดความผิดปกติขึ้นนั้น ค่าอัตราส่วนนี้สูงกว่า 0.4 อันแสดงว่าระบบเริ่มจะมีการล้มเหลวในการกำจัดสารอินทรีย์ (ดังจะกล่าวโดยละเอียดในหัวข้อประสิทธิภาพการกำจัดชีโอดีของระบบ)

5.2.6 ของแข็งแขวนลอยในระบบ

ปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ภายในระบบ มีความสำคัญมากเนื่องจากเป็นตัวที่ทำลายสารอินทรีย์และมลสารต่าง ๆ ในระบบ ดังนั้น การรักษาระดับของจุลินทรีย์ในระบบให้มีปริมาณที่เหมาะสมจึงเป็นความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะถ้ามักน้อยเกินไปหรือมีแนวโน้มลดลงจะแสดงให้เห็นถึงความล้มเหลวของระบบ และหากมีมากเกินไปหรือมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยตลอดก็จะทำให้มีภาระการกำจัดตะกอนส่วนเกินเกิดตามมาด้วย

ค่าของแข็งแขวนลอย (suspended solids) และของแข็งแขวนลอย-

ระเหย (volatile suspended solids) ในระบบ แสดงให้เห็นถึงปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบ เนื่องจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่ส่งเข้าสู่ระบบเป็นสารละลายทั้งหมด และในการทดลองได้พบว่าอัตราส่วนของของแข็งแขวนลอยกับของแข็งแขวนลอยระเหยมีค่าค่อนข้างคงที่ ดังนั้น การสะสมตัวของของแข็งแขวนลอยในระบบ จึงอาจถือได้ว่าเกิดจากเซลล์ที่เพิ่มจำนวนขึ้น

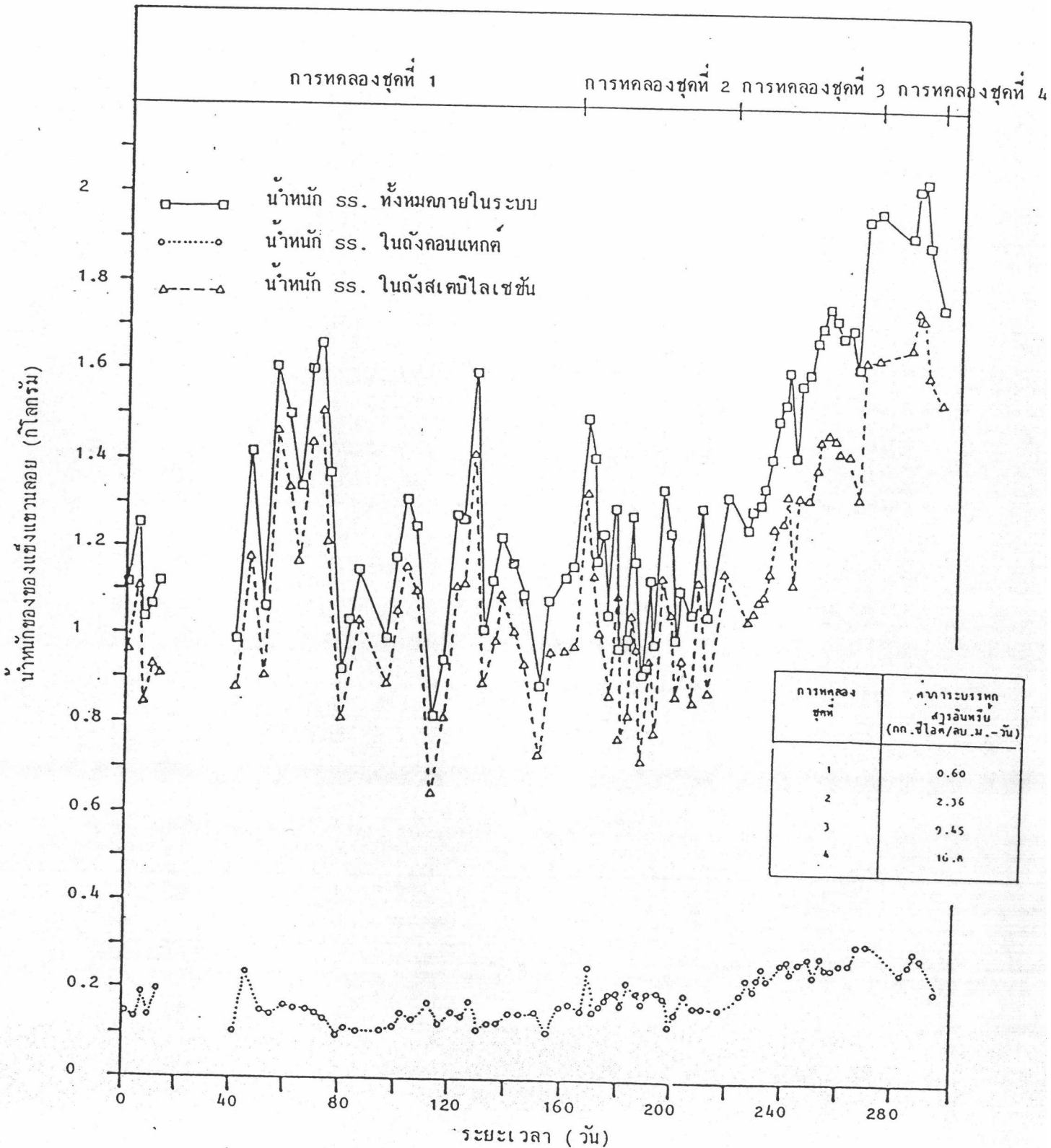
ภาพที่ 5.16 - 5.18 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงของของแข็งแขวนลอยในระบบ ปริมาณผลรวมของของแข็งแขวนลอยในระบบได้จากผลรวมของของแข็งแขวนลอยในถังคอนแทกต์และถังสเคปิลเซชัน โดยไม่ได้นำส่วนที่มีอยู่ในถังตกตะกอนมาคิด ในที่นี้จะกล่าวแยกเป็นหัวข้อดังนี้

5.2.6.1 ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในระบบ

ภาพที่ 5.16 แสดงผลรวมของของแข็งในถังคอนแทกต์และถังสเคปิลเซชัน ข้อมูลปริมาณของของแข็งในถังปฏิริยาทั้งสองคำนวณจากการเก็บตัวอย่างจากชั้นต่าง ๆ ภายในถังแล้วนำมารวมกัน ซึ่งอาจมีความผิดพลาดได้บ้างเนื่องจากภายในถังปฏิริยาไม่มีการกวนที่ค

จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของของแข็งแขวนลอยส่วนใหญ่ อยู่ในถังสเคปิลเซชันและมีการเปลี่ยนแปลงมาก ส่วนในถังคอนแทกต์มีปริมาณของแข็งแขวนลอยเปลี่ยนแปลงน้อยกว่ามาก และมีแนวโน้มว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยในระบบเพิ่มขึ้นตามลำดับทั้งสองถัง เนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งสามารถแสดงการเปลี่ยนแปลงได้ดังตารางที่ 5.6

จากตารางที่ 5.6 จะเห็นว่าของแข็งแขวนลอยส่วนใหญ่ อยู่ภายในถังสเคปิลเซชัน โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณร้อยละ 83.4 - 88.3 และมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปลี่ยนค่าการระบรทุกสารอินทรีย์ในระบบในการทดลองชุดที่ 2 และ 3 แต่มีค่าเพิ่มขึ้นในการทดลองที่ 4 ในการทดลองชุดที่ 2 และ 3 พบว่า ของแข็งแขวนลอยสะสมในถังตกตะกอนมากขึ้น จึงทำให้ปริมาณของแข็งแขวนลอยในถังสเคปิลเซชันลดลง ส่วนในการทดลองชุดที่ 4 ปรากฏว่า ระบายของของแข็งแขวนลอยในถังตกตะกอนมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก อาจกล่าวได้ว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยไปสะสมในระบบ จึงทำให้ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยกลับเพิ่มสูงขึ้น



ภาพที่ 5.16 น้ำหนักของของแข็งแขวนลอยในถังคอนแทกต์ ถังสเต็มโลเซชัน และระบบรวม

ตารางที่ 5.6 แสดงปริมาณของของแข็งโดยเฉลี่ยที่มีในระบบ อัตราส่วนของของแข็งแขวนลอยระเหย
ของของแข็งแขวนลอยในถังคอนแทก และถังสตีลเชกซ์

การทดลอง ชุดที่	ถังคอนแทก			ถังสตีลเชกซ์			ปริมาณรวม				
	SS. (กก.)	VSS. (กก.)	VSS/SS (%)	อัตราส่วน ของ SS. เมื่อ เทียบกับ SS. ทั้งหมด (%)	SS. (กก.)	VSS. (กก.)	VSS/SS. (%)	อัตราส่วน ของ SS. เมื่อ เทียบกับ SS. ทั้งหมด (%)	SS. (กก.)	VSS. (กก.)	VSS/SS. (%)
1	0.1408	0.1125	79.9	11.7	0.0509	0.8461	79.8	88.3	1.200	0.959	79.9
2	0.1777	0.1421	79.9	15.7	0.9547	0.7713	80.7	84.3	0.132	1.096	96.8
3	0.2620	0.1610	61.4	16.6	1.314	1.1780	89.6	83.4	1.576	1.339	84.9
4	0.2654	0.2478	93.4	13.8	1.6546	1.5314	92.4	86.2	1.920	1.779	92.4



5.2.6.2 ของแข็งแขวนลอยในดักคอนแทกต์

ภาพที่ 5.17 แสดงถึงปริมาณของของแข็งแขวนลอยที่เข้าและออกจากดักคอนแทกต์ และปริมาณของของแข็งทั้งหมดในดักคอนแทกต์ ค่าความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยที่เข้าดักคอนแทกต์คำนวณจากการผสมคลุกของน้ำเสียสังเคราะห์และจากน้ำที่ออกจากดักสเปคิไลเซชัน ส่วนค่าความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยที่ออกจากดักคอนแทกต์ได้จากการวิเคราะห์โดยตรง

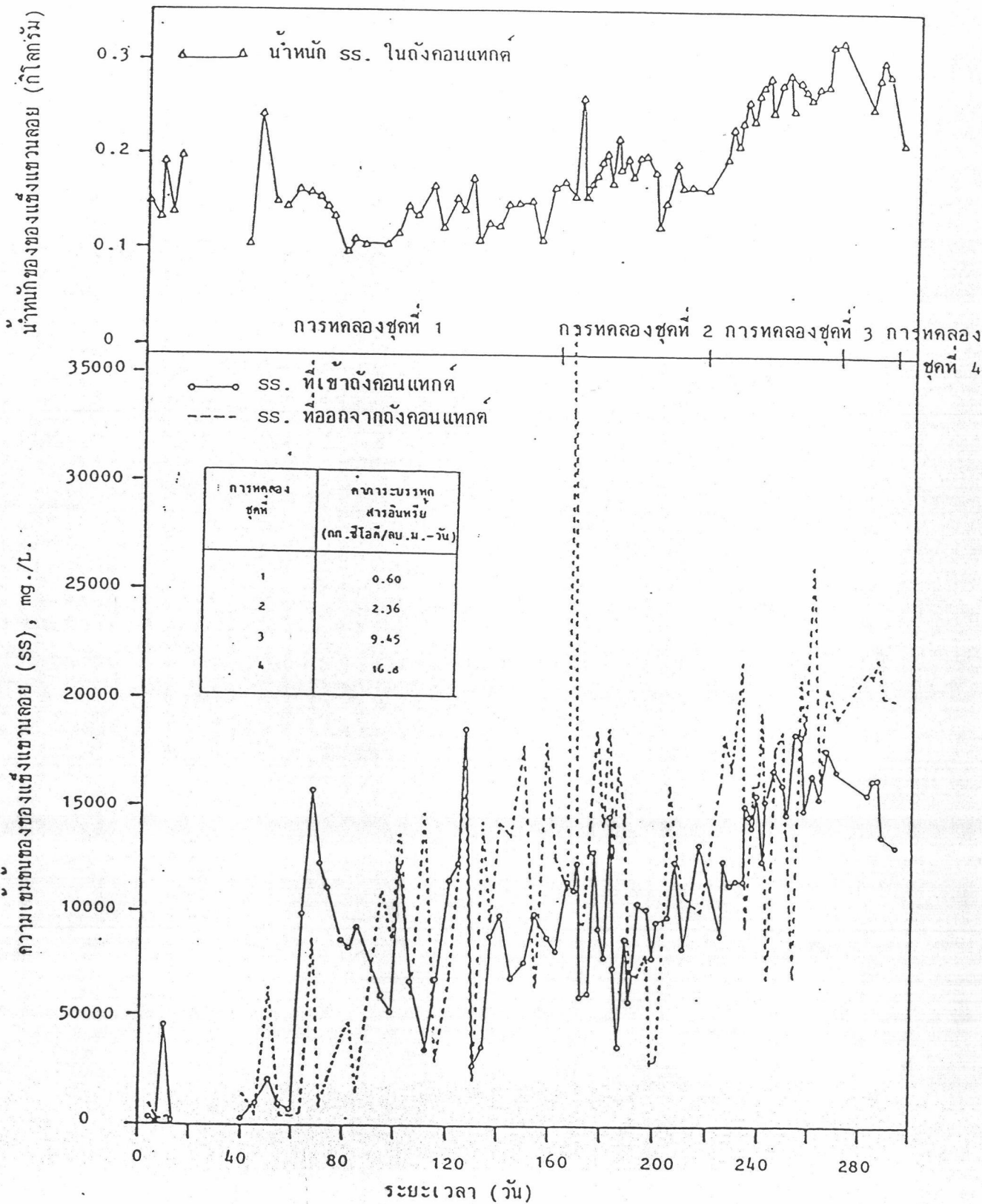
พบว่า ค่าความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยที่เข้าและออกจากดักคอนแทกต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มค่าการบรรทุกลำสารอินทรีย์ให้กับระบบ และความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยที่ออกจากดักคอนแทกต์มีแนวโน้มตามปริมาณของของแข็งทั้งหมดในระบบด้วย

ปริมาณของของแข็งแขวนลอยที่เข้าสู่ดักคอนแทกต์ของการทดลองชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ย 7571, 9200, 15861 และ 14982 มก./ล. ตามลำดับ และในน้ำที่ออกจากดักนี้มีค่าเฉลี่ย 7741, 11051, 16875 และ 20856 มก./ล. ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณของของแข็งแขวนลอยมีการเปลี่ยนแปลงสูง ประมาณร้อยละ 2.2 - 28.4 และในน้ำที่ออกจากดักคอนแทกต์จะมีค่าของแข็งแขวนลอยสูงกว่าน้ำเข้าเสมอ น้ำหนักของของแข็งแขวนลอยที่เพิ่มขึ้นนี้อาจจะเนื่องมาจากการสะสมอาหารภายในตัวจุลินทรีย์เอง รวมทั้งการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนมากขึ้น

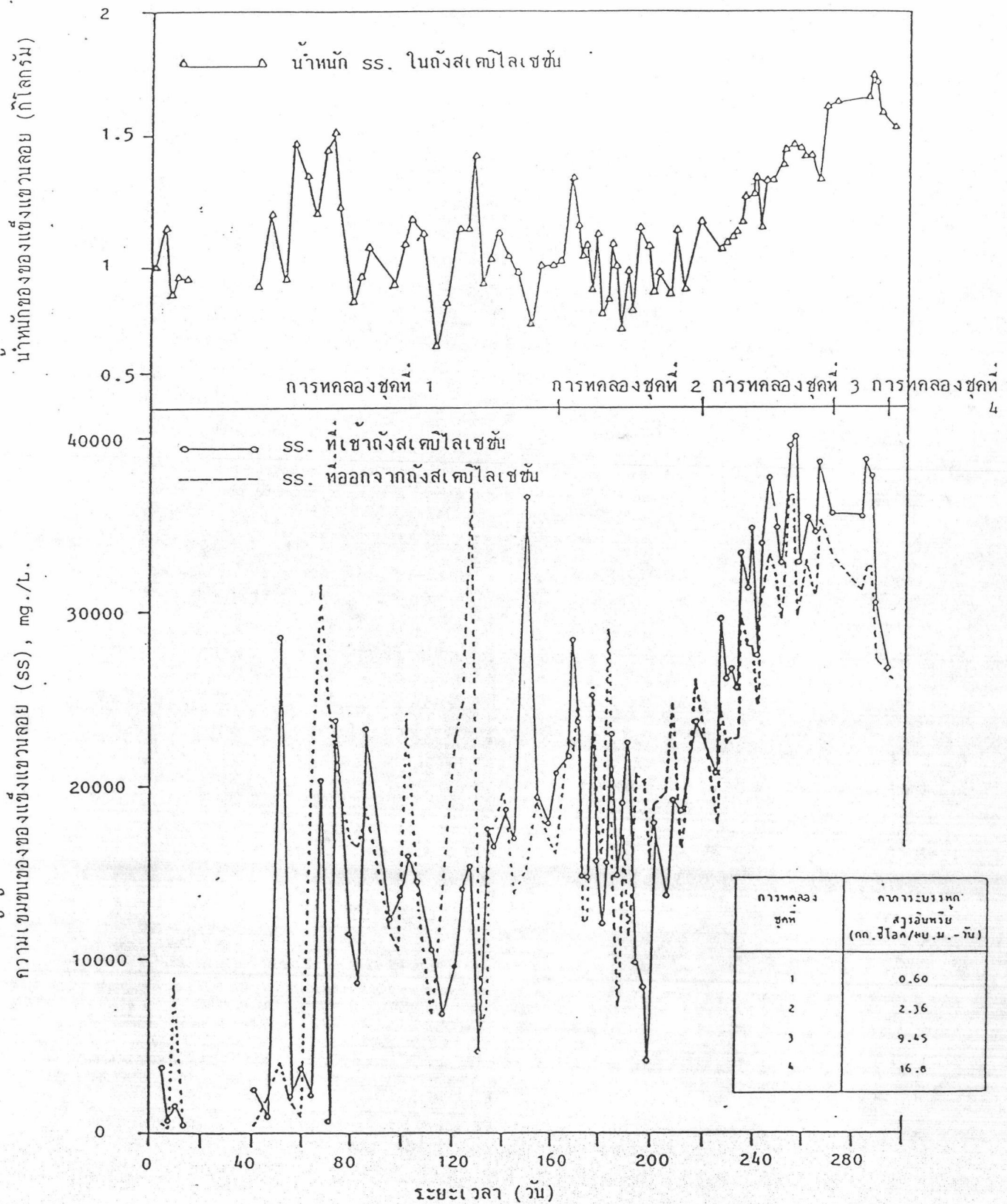
5.2.6.3 ของแข็งแขวนลอยในดักสเปคิไลเซชัน

ภาพที่ 5.18 แสดงปริมาณของของแข็งแขวนลอยที่เข้าและออกจากดักสเปคิไลเซชัน และปริมาณของของแข็งทั้งหมดในดักนี้ ของแข็งแขวนลอยที่เข้าสู่ดักสเปคิไลเซชันนี้มาจากน้ำที่ออกจากดักคอนแทกต์ไหลสู่ถังตกตะกอน น้ำในส่วนบนจะไหลออกเป็นน้ำทิ้งของระบบ ส่วนตะกอนที่จมอยู่ก้นถังตกตะกอนจะถูกสูบไปเข้าดักสเปคิไลเซชัน ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยทั้งในน้ำเข้าและออกได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างโดยตรง

จากการทดลอง พบว่า น้ำหนักของของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในดักสเปคิไลเซชันนี้มีการเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในชุดการทดลองชุดที่ 3 และ 4 เว้นแต่ปริมาตรที่



ภาพที่ 5.17 ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยที่เข้าและออกจากงังคอนแทกต์ และน้ำหนักรวมของของแข็งแขวนลอยในงังคอนแทกต์



ภาพที่ 5.18 ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยที่เข้าและออกจากนังส. คบิลเซชัน และน้ำหนักรวมของแข็งแขวนลอยในนังส. คบิลเซชัน

กับการทดลองชุดที่ 1 และ 2 โดยมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของภาระบรรทุสารอินทรีย์ จากการทดลองชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 พบว่าความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยที่ไหลเข้าสู่ ถังมีค่าเฉลี่ย 13636, 15882, 34874 และ 33746 มก./ล. ตามลำดับ และมีของแข็งแขวนลอยที่ออกจากถังนี้ เฉลี่ย 15143, 13105, 31723 และ 29964 มก./ล. ตามลำดับ แสดงว่า ค่าความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยในน้ำออกจากถังสแตบิลเซชันมีค่าลดลง เมื่อเทียบกับค่าความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยในน้ำเข้า ปรากฏการณ์สามารถอธิบายได้ว่า ภายในถังสแตบิลเซชันมีค่าสารอาหารน้อย จุลลินทรีย์มีอาหารสะสมในเซลล์น้อยลง รวมทั้ง อาจตายและถูกย่อยสลายทำให้มีน้ำหนักรวมลดลง

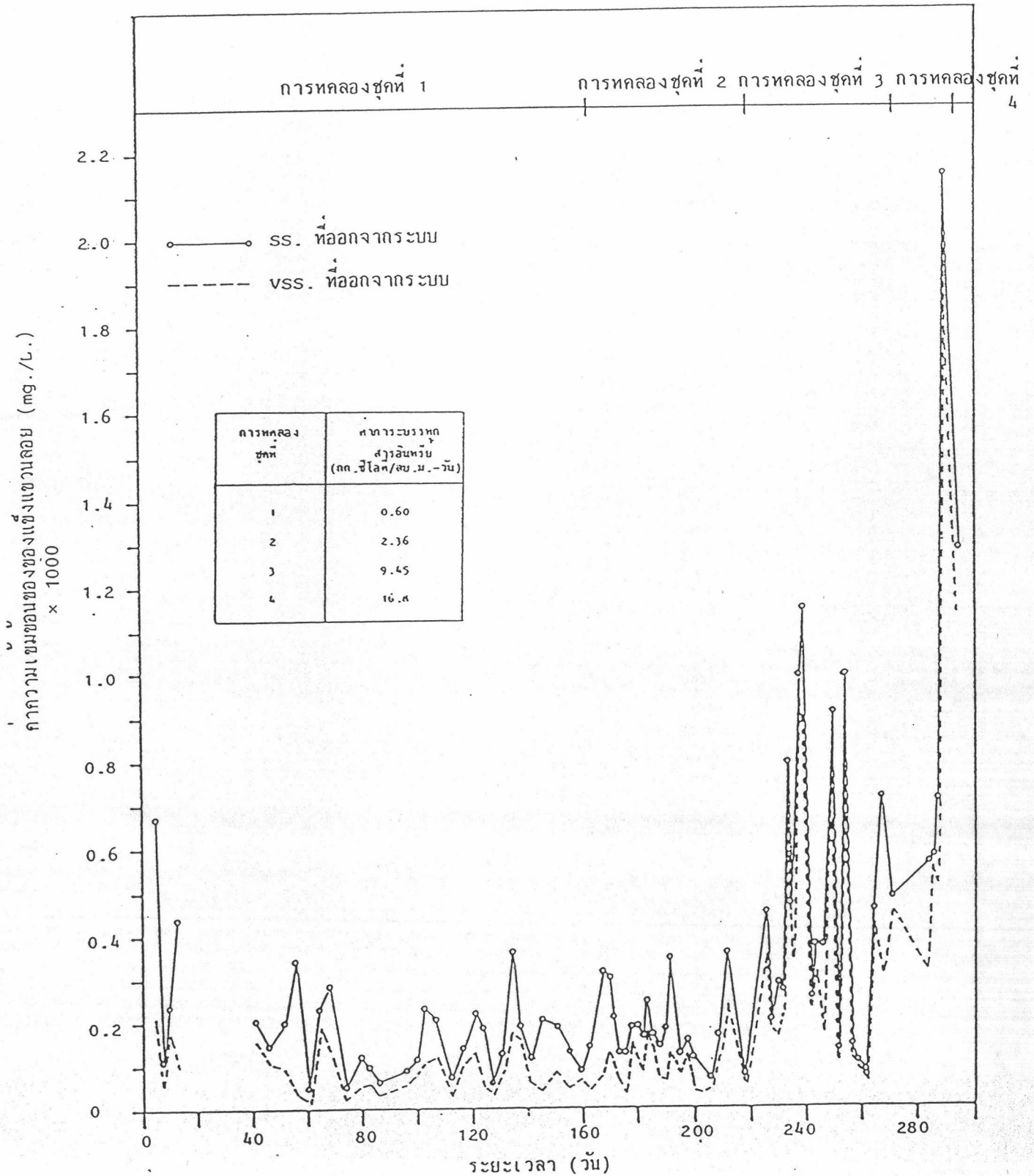
5.2.6.4 ของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งของระบบ

ภาพที่ 5.19 แสดงถึงของแข็งแขวนลอยที่หลุดออกไปกับน้ำทิ้งของระบบซึ่งผ่านการตกตะกอนแล้ว โดยพบว่าค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มค่าภาระบรรทุสารอินทรีย์ของระบบ โดยเห็นได้ชัดในการทดลองชุดที่ 3 และ 4

ในการทดลองชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 พบว่าค่าความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งมีค่าโดยเฉลี่ย 152, 164, 507 และ 1052 มก./ล. ตามลำดับ

การที่มีของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากในการเพิ่มภาระบรรทุสารอินทรีย์ในระบบ พบว่าชั้นตะกอนในถังตกตะกอนสูงขึ้นเป็นเหตุให้การจมตัวของตะกอนที่ค่าภาระบรรทุสารอินทรีย์สูงไม่ทันที่ควร และในช่วงการเปลี่ยนแปลงค่าภาระบรรทุสารอินทรีย์นั้น พบว่ามีฟองก๊าซมีคเล็ก ๆ ลอยขึ้นมา และจะหายไปเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะทรง

เมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิจัยที่ผ่านมาของกระบวนการนี้⁽⁶⁵⁾ จะเห็นได้ว่าค่าของแข็งแขวนลอยที่หลุดออกไปมีค่าต่ำกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นถึงเสถียรภาพของระบบเพิ่มขึ้นเมื่อเปลี่ยนแปลงลักษณะของระบบ และเมื่อเปรียบเทียบกับถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic filter)^(87,90) ก็พบว่ากระบวนการนี้มีปริมาณของของแข็งแขวนลอยที่หลุดออกมาน้ำออกต่ำกว่าด้วย



ภาพที่ 5.19 ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำที่ออกจากระบบ

5.2.7 ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอคี่

การกำจัดสารอินทรีย์ซึ่งในที่นี้วัดในรูปของ ซีไอคี่ นับว่าเป็นวัตถุประสงค์หลักในการบำบัดน้ำเสีย การพิจารณาประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่เหมาะสมอาจจะไม่ใช้ค่าที่มีประสิทธิภาพสูงสุดก็ได้ โดยต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการใช้งาน คุณภาพของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วที่ต้องการ รวมถึงค่าใช้จ่ายด้านต่าง ๆ และการควบคุมการทำงานของระบบ

ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคี่ของกระบวนการ สามารถแยกเป็น 3 ส่วนคือ ประสิทธิภาพรวมของทั้งระบบ ประสิทธิภาพของถังคอนแทกต์ และประสิทธิภาพของถังสเปคัลไลเซชัน

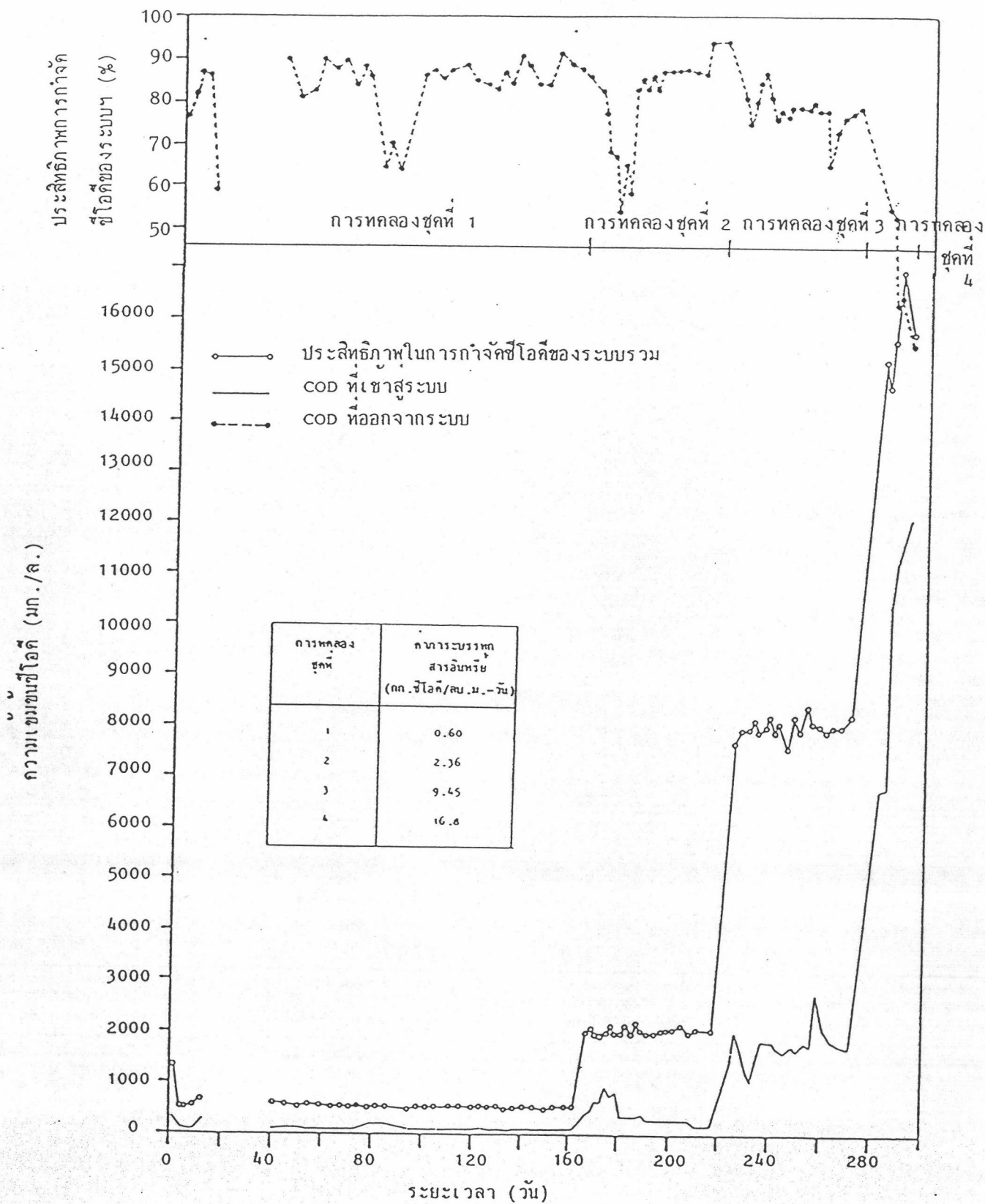
5.2.7.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคี่ของระบบ

การหาประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคี่ของระบบคำนวณจากค่าซีไอคี่ของน้ำเข้า และซีไอคี่ที่ละลายน้ำที่ออกจากถังตกตะกอน

ภาพที่ 5.20 แสดงค่าซีไอคี่ของน้ำเข้า และซีไอคี่ที่ละลายออกมากับน้ำที่ออกจากถังตกตะกอน และประสิทธิภาพรวมทั้งระบบของการทดลองทั้งหมด

ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคี่ของทั้งระบบในการทดลองชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 84.8, 87.3, 77.06 และ 37.16 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการเพิ่มค่าการบรรทุกสารอินทรีย์ของระบบ มีผลทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคี่ลดลง

ในการทดลองชุดที่ 1 มีค่าความเข้มข้นของซีไอคี่เฉลี่ย 508 มก./ล. และมีค่าการบรรทุกสารอินทรีย์เฉลี่ย 0.60 กก.ซีไอคี่/ลบ.ม.-วัน พบว่าระบบใช้เวลาปรับตัวภายหลังจากการทดลองเพียง 21 วัน ก็เข้าสู่สภาวะทรง (steady state) และเมื่อมีการชำระของระบบสูบน้ำในวันที่ 79 และ 86 ของการทดลอง จนทำให้เสียปริมาณของแข็งแขวนลอยออกจากระบบไปนั้น ระบบก็กลับสู่สภาวะคงที่โดยใช้เวลาเพียง 9 วัน และในช่วงท้ายซึ่งเติมสารโคโรเมียลงไป ปรากฏว่า ไม่ทำให้ประสิทธิภาพของทั้งระบบลดลงแต่ประการใด



ภาพที่ 5.20 ค่าซีไอค้ที่เข้าและออกจากระบบ และประสิทธิภาพการกำจัดซีไอค้ของระบบฯ

ในการทดลองชุดที่ 2 พบว่าเมื่อเปลี่ยนภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ โดยการเพิ่มความเข้มข้นของซีไอคืออีก 4 เท่าจากการทดลองที่ 1 โดยมีค่าความเข้มข้นของซีไอคือเฉลี่ย 2019 มก./ล. และมีค่าภาวะบรรทุกสารอินทรีย์เฉลี่ย 2.385 กก. ซีไอคือ/ลบ.ม.-วัน ระบบก็กลับสู่สภาวะทรงโดยใช้เวลาเพียง 15 วัน และเมื่อมีการเติมสารนี้เกลกลงไป พบว่า ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงขึ้นเล็กน้อยจากร้อยละ 87 เป็นร้อยละ 94

ในการทดลองชุดที่ 3 ซึ่งเพิ่มค่าความเข้มข้นของซีไอคือเป็น 8,000 มก./ล. และมีค่าภาวะบรรทุกสารอินทรีย์เฉลี่ย 9.47 กก. ซีไอคือ/ลบ.ม.-วัน อีก 4 เท่าจากการทดลองชุดที่ 2 พบว่าประสิทธิภาพของระบบในช่วงแรกจะสูงขึ้นแล้วลดต่ำลงเล็กน้อยจนเข้าสู่สภาวะทรงอีกครั้ง โดยใช้เวลา 12 วัน สำหรับในวันที่ 258 ของการทดลองปรากฏว่าประสิทธิภาพลดลงเนื่องจากเกิดเหตุขัดข้องที่ระบบสูบน้ำอีกครั้งหนึ่ง แต่ระบบปรับตัวโดยใช้เวลาเพียง 4 วัน ประสิทธิภาพก็ดีเหมือนเดิม

ในการทดลองชุดที่ 4 เมื่อเพิ่มค่าความเข้มข้นของซีไอคือเป็นประมาณ 15,620 มก./ล. และเพิ่มค่าภาวะบรรทุกสารอินทรีย์อีกประมาณ 2 เท่าเป็นประมาณ 16.8 กก. ซีไอคือ/ลบ.ม.-วัน ประสิทธิภาพของระบบลดลงอย่างรวดเร็ว จนจำเป็นต้องหยุดการทดลอง เนื่องจากพบว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้นที่ถังสเติมไลเซชัน คาดว่าอาจจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์มากและรวดเร็วเกินกว่าที่จุลินทรีย์จะเพิ่มจำนวนและปรับสภาพให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมได้ทัน

จากการทดลอง พบว่า ประสิทธิภาพของการกำจัดซีไอคือในการทดลองชุดที่ 2 สูงสุดมากกว่าการทดลองชุดที่ 1 ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มค่าภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ให้กับระบบสูงมากในการทดลองชุดที่ 3 และ 4 ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอคือจะลดลง

สาเหตุที่ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอคือเปลี่ยนแปลงตามค่าภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ สามารถอธิบายได้ว่า การกำจัดซีไอคือจะขึ้นอยู่กับจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ กล่าวคือ เมื่อมีจำนวนของจุลินทรีย์มากก็จะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอคือสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ในการทดลองชุดที่ 3 และ 4 แม้ว่าจะมีจำนวนจุลินทรีย์มากกว่าการทดลองชุดที่ 2 แต่

ประสิทธิภาพผลลบลดค่าลง เป็นเพราะเมื่อมีประชากรจุลินทรีย์มากเกินไปจะทำให้การสัมผัสของ จุลินทรีย์กับอาหารไม่ดีพอ หรือเกิดจากกลไกการย่อยสลายของจุลินทรีย์บางชนิดที่ผลิตสารบางอย่างไประงับการทำงานของจุลินทรีย์อีกประเภทหนึ่งก็ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Schroepfer⁽⁸¹⁾ เกี่ยวกับการหาปริมาณของแข็งแขวนลอยที่เหมาะสมในการกำจัดซีโอติ

ผลจากการทดลองจะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอติ มีค่าประมาณร้อยละ 85 ที่การบริบททุกสารอินทรีย์ประมาณ 0.60 กก.ซีโอติ/ลบ.ม.-วัน และเมื่อเพิ่มค่าการบริบททุกสารอินทรีย์สูงขึ้นอีก 16 เท่าจากเดิม เป็นประมาณ 9.47 กก.ซีโอติ/ลบ.ม.-วัน ระบบลดลงเพียงร้อยละ 17 ในขณะที่ตั้งกรองไร้อากาศมีประสิทธิภาพเพียงร้อยละ 54 ที่ค่าการบริบททุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอติ/ลบ.ม.-วัน⁽⁸⁷⁾

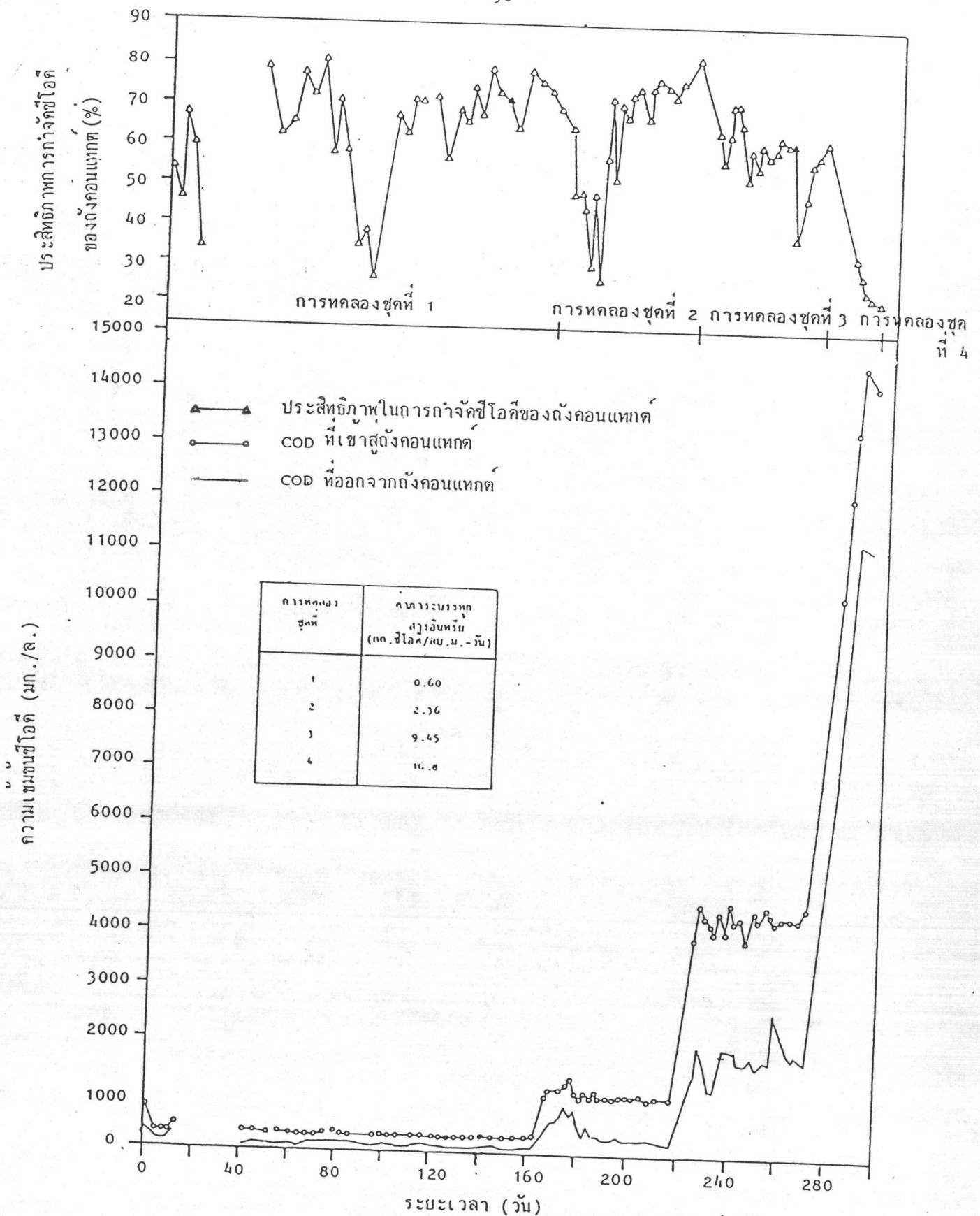
5.2.7.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอติของถังคอนแทกต์

ในการหาประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอติของถังคอนแทกต์ คำนวณจากค่าซีโอติของน้ำเข้า จากค่าสมมูลของซีโอติที่ละลายน้ำของน้ำที่ออกจากถังสเตบิลิเซชัน และน้ำเสียสังเคราะห์ และค่าซีโอติที่ละลายน้ำของน้ำที่ออกจากถังคอนแทกต์

ภาพที่ 5.21 แสดงค่าซีโอติที่เข้าและออกจากถังคอนแทกต์ และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอติของถังนี้

เมื่อพิจารณาถึงค่าการบริบททุกสารอินทรีย์ของถังนี้ (ภาพที่ 5.23) จะพบว่ามีค่าไม่คงที่ เนื่องจากค่าซีโอติของน้ำออกจากถังสเตบิลิเซชันมีค่าไม่คงที่ โดยมีค่าเฉลี่ย 3.51, 13.19, 55.26 และ 162.81 กก.ซีโอติ/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ การทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอติเฉลี่ยร้อยละ 65.8, 70.17, 55.9 และ 25.37 ตามลำดับ โดยมีการเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพทันทีที่เปลี่ยนค่าการบริบททุกสารอินทรีย์ของระบบ

พบว่า การเติมสารโครเมียมหรืออนิเกิล ไม่มีผลโดยตรงต่อ ประสิทธิภาพของถังนี้ และแม้แต่ในการทดลองชุดที่ 4 ซึ่งจำเป็นต้องหยุดไปภายในระยะเวลา ทดลองอันสั้น ถังคอนแทกต์ก็ยังคงทำหน้าที่ในการลดค่าซีโอติได้ แต่ไม่คืนัก



ภาพที่ 5.21 ความเข้มข้นของซีโอดีที่เข้าและออกจากถังคอนแทก และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังคอนแทก

ดังคอนแทคต์เป็นดังที่มีหน้าที่สำคัญมากในการกำจัดซีไอคี่
คังเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของระบบจะต่ำลงเมื่อประสิทธิภาพที่ดั่งนี้ต่ำลง แม้ว่าประสิทธิภาพของ
ดั่งส.เคบี.ไอ.เซชันจะสูงก็ตาม (คังภาพที่ 5.24) ที่ดั่งคอนแทคต์นี้ การลดค่าความเข้มข้นของ
ซีไอคี่เกิดขึ้นโดย 2 กระบวนการคือ เจือจาง และการย่อยสลายของจุลินทรีย์

การลดลงของค่าความเข้มข้นซีไอคี่ที่ดั่งคอนแทคต์ โดยการเจือ
จางเกิดขึ้นเมื่อน้ำที่เข้าสู่ระบบผสมกับน้ำที่ออกจากดั่งส.เคบี.ไอ.เซชัน ซึ่งในการทดลองนี้เมื่อมี
การสูบน้ำกลับร้อยละ 100 จะมีการลดลงถึงประมาณร้อยละ 50 อย่างไรก็ตามการลด
ค่าความเข้มข้นของซีไอคี่โดยวิธีนี้กลับจะเป็นการเพิ่มค่าการบรรเทาสารอินทรีย์ของดั่งคอนแทคต์
ตามค่าความเข้มข้นของซีไอคี่ในน้ำออกจากดั่งส.เคบี.ไอ.เซชัน และอัตราการสูบน้ำกลับ
อย่างไรก็ตามจากปรากฏการณ์ทำให้เห็นได้ว่า ค่าการบรรเทาการไหลของดั่งคอนแทคต์มีความ
สำคัญน้อยกว่าค่าการบรรเทาสารอินทรีย์

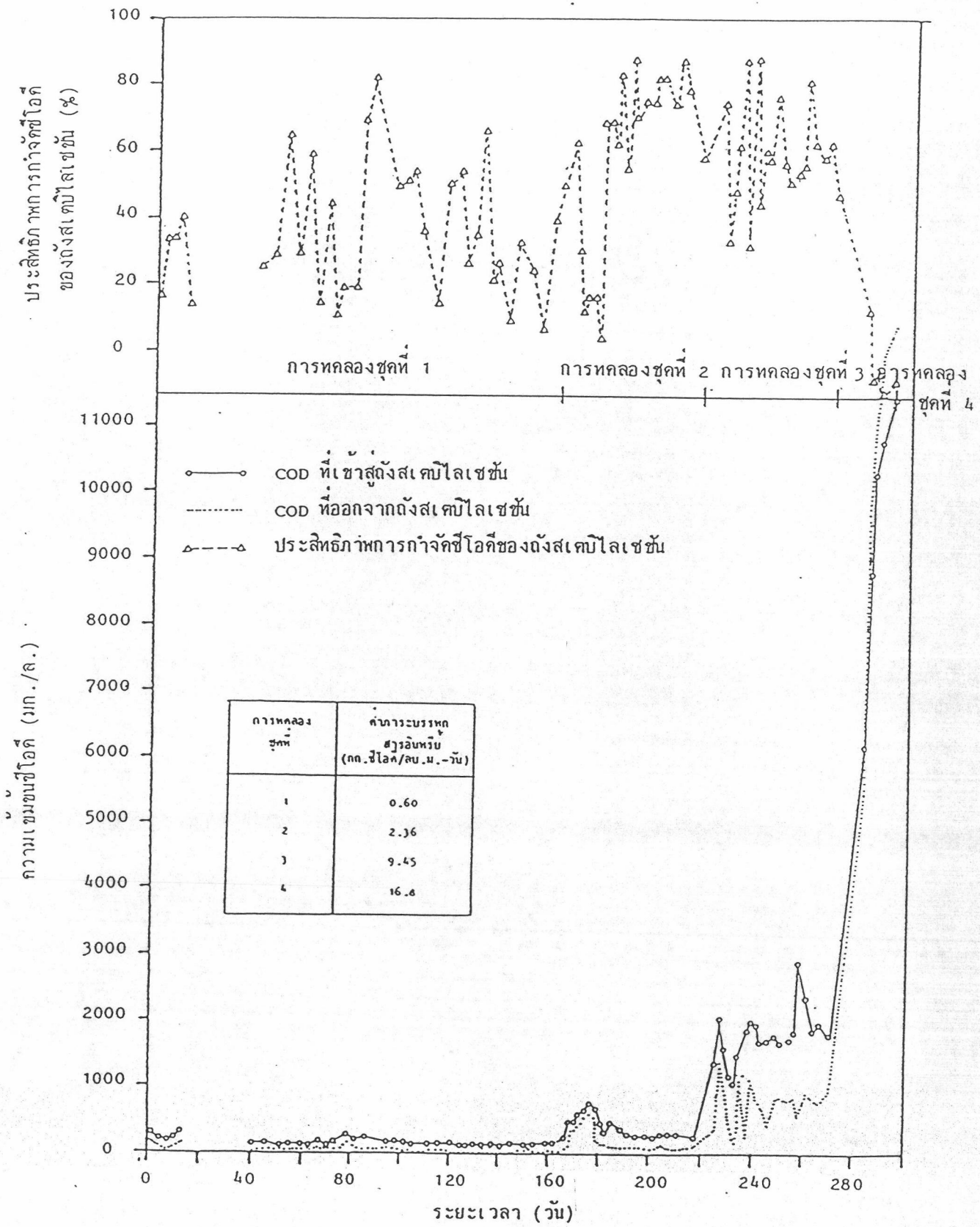
จากปฏิกิริยาทางชีวเคมีของกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อา-
ภาศ ซึ่งมีอยู่ 2 ขั้นตอนคือ ช่วงการสร้างกรด และช่วงการสร้างมีเทนนั้น พบว่าที่ดั่งคอน-
แทคต์มีเกิดขึ้นทั้ง 2 ขั้นตอน กล่าวคือ มีปริมาณกรดโวลไทล์เพิ่มขึ้น และมีก๊าซมีเทนเกิดขึ้น
แสดงว่า มีจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดเจริญเติบโตอยู่ในดั่งคอนแทคต์

5.2.7.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคี่ของดั่งส.เคบี.ไอ.เซชัน

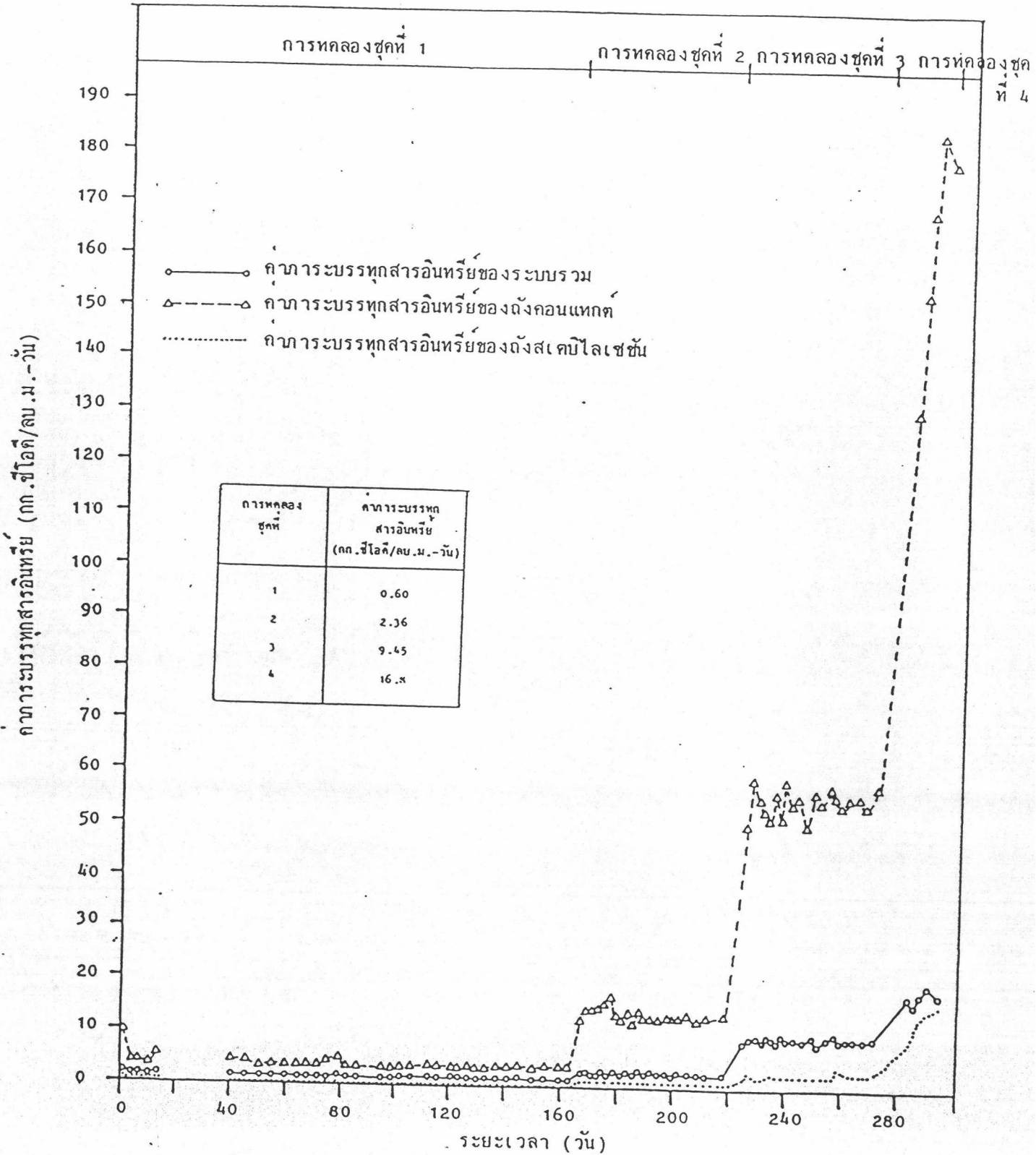
ในการคำนวณหาประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคี่ที่ดั่งส.เคบี.ไอ.เซชัน
คำนวณจากค่าซีไอคี่ที่ละลายน้ำเข้า และค่าซีไอคี่ที่ละลายน้ำของน้ำออกจากดั่งส.เคบี.ไอ.เซชัน

ภาพที่ 5.22 แสดงค่าซีไอคี่ที่เข้าและออกจากดั่งส.เคบี.ไอ.เซชัน
และประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคี่ของดั่งนี้

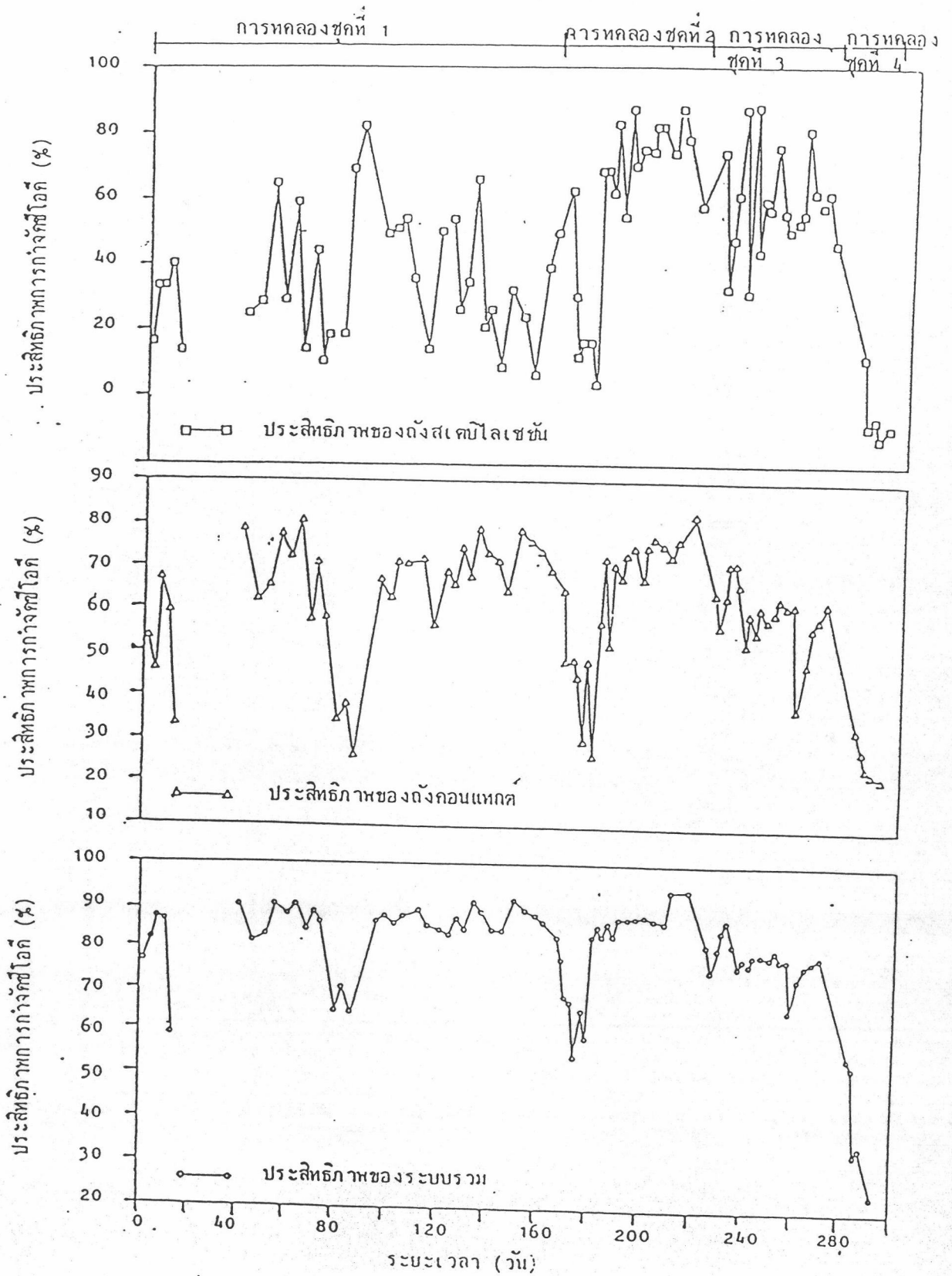
สำหรับค่าการบรรเทาสารอินทรีย์ที่คำนวณจากค่าซีไอคี่ที่ละลาย
น้ำของการทดลองชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 ซึ่งมีค่าประมาณ 0.114, 0.404, 2.751, และ
13.80 กก.ซีไอคี่/ลบ.ม.-วัน นั้น มีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำเข้าดั่งส.เค-
บี.ไอ.เซชันจะมีตะกอนจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ผสมเข้ามามาก แต่ก็ไม่สามารรถนำมาคำนวณรวม
กับค่าซีไอคี่ละลายน้ำได้ ดังนั้น จึงพบว่ามีความคลาด



ภาพที่ 5.22 ความเข้มข้นของซีไอคที่เข้าและออกจากถังสเติมไลเซชัน



ภาพที่ 5.23 ค่าการบรรทุกสารอินทรีย์ของระบบรวม ถังคอนแทรกต์ และถังสเปคิโลเซชัน



ภาพที่ 5.24 ประสิทธิภาพของระบบรวม ดังคอนแทคต์ และดังสเคปิลเซชัน

ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของถังสแตมิลเซชันในการทดลองชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าประมาณร้อยละ 36.6, 74, 60.6 และ -5.4 ตามลำดับ โดยมีระยะเวลาบำบัดในถังสแตมิลเซชัน 16.52 ชม. ในการทดลองชุดที่ 1, 2 และ 3 ส่วนในการทดลองชุดที่ 4 มีระยะเวลาในการบำบัด 18.52 ชั่วโมง

ในการทดลองชุดที่ 1 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมีค่าประมาณร้อยละ 36.6 พบว่า เมื่อมีค่าซีโอดีเข้าสู่ถังนี้สูงประสิทธิภาพจะสูงขึ้น และเมื่อมีการเติมสารโครเมียม ปรากฏว่า ประสิทธิภาพของถังสแตมิลเซชันในการกำจัดซีโอดีมีค่าต่ำลง

ในการทดลองชุดที่ 2 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีจะสูงถึงร้อยละ 74 และถังสแตมิลเซชันปรับตัวโดยใช้เวลา 15 วัน และเมื่อมีการเติมนิเกิลลงไปในระบบก็พบว่า มีผลต่อการเกิดก๊าซของถังน้อยอย่างเห็นได้ชัด (จะกล่าวต่อไปในหัวข้อก๊าซชีวภาพ)

ในการทดลองชุดที่ 3 ประสิทธิภาพของการกำจัดซีโอดีลดลงจากเดิม และมีระยะเวลาปรับตัวสู่สภาวะทรง 14 วัน ผลจากการเสียของแข็งแขวนลอยจากถังนี้ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีลดลง

ในการทดลองชุดที่ 4 ปรากฏว่าเกิดความเสียหายอย่างรุนแรงต่อประสิทธิภาพของถังนี้ โดยพบว่า ค่าซีโอดีที่ออกมีค่าความเข้มข้นมากกว่าที่ส่งเข้าถัง ซึ่งน่าจะเกิดการรั่วไหลของสารอินทรีย์ที่ส่งไปอย่างกระชั้นชิด แต่จากผลการทดลองกระบวนการนี้⁽⁷⁸⁾ โดยใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง พบว่า ระบบสามารถทำงานได้ โดยเพียงแต่ลดค่าการบรรทุกลการไหลให้มีระยะเวลาบำบัดเพิ่มเป็น 3.4 ชั่วโมงในถังคอนแทกต์ และ 29.5 ชั่วโมง ในถังสแตมิลเซชัน⁽⁷⁸⁾ หรืออาจแก้ไขโดยป้องกันสภาพ Shock load โดยค่อย ๆ เพิ่มค่าการบรรทุกลการอินทรีย์อย่างเป็นขั้นตอน ก็เชื่อว่าระบบจะยังคงสามารถทำงานได้

เป็นที่น่าสังเกตว่า ปฏิกริยาทางชีวเคมีหลักของถังสแตมิลเซชัน ได้แก่ การใช้กรดโวลาคิลเพื่อสร้างมีเทน โดยมีแบคทีเรียชนิดสร้างมีเทน ค่าความเข้มข้นของกรดโวลาคิลในน้ำออกจะน้อยกว่าในน้ำเข้าดังเสมอ นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อมีการเพิ่มการบรรทุกลการอินทรีย์มีผลทำให้เกิดก๊าซมีเทนมากขึ้น จะทำให้ค่าความเป็นค่าเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับที่เกิดในถังหมักตะกอนแบบไร้อากาศ (Anaerobic Digestion)

ตารางที่ 5.7 แสดงค่าการบรรทุกสารอินทรีย์และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอติของถังคอนแทกต์ ถังสเปคโบลเซชัน และระบบรวม

ตารางที่ 5.7 ค่าเฉลี่ยการบรรทุกสารอินทรีย์และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอติ

การทดลอง ชุดที่	ระบบรวม		ถังคอนแทกต์		ถังสเปคโบลเซชัน	
	ค่าการ บรรทุกสาร อินทรีย์ (กก.ซีโอติ/ ลบ.ม.-วัน)	ประสิทธิ- ภาพการ กำจัดซีโอติ (%)	ค่าการ บรรทุกสาร อินทรีย์ (กก.ซีโอติ/ ลบ.ม.-วัน)	ประสิทธิ- ภาพการ กำจัดซีโอติ (%)	ค่าการ บรรทุกสาร อินทรีย์ (กก.ซีโอติ/ ลบ.ม.-วัน)	ประสิทธิ- ภาพการ กำจัดซีโอติ (%)
1	0.600	84.8	3.51	65.8	0.114	36.6
2	2.385	87.3	13.91	70.2	0.040	74
3	9.470	77.06	55.26	55.9	2.751	60.6
4	18.45	37.16	162.81	25.4	13.80	-5.4

5.2.8 การผลิตก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากระบบโคแยกวัคปริมาณและเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณของก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากถังคอนแทกต์ และถังสเปคิไลเซชัน ส่วนในถังตกตะกอนมีก๊าซเกิดขึ้นเล็กน้อยจึงไม่ได้นำมารวมด้วย ปริมาณก๊าซที่วัดได้จาก การทดลองจะนำมาคำนวณเปรียบเทียบเป็นปริมาณที่สภาวะอุณหภูมิและความดันมาตรฐาน (STP)

ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นนี้ ปกติมีส่วนประกอบคือ ก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่น ๆ อีกเล็กน้อย อัตราส่วนของก๊าซมีเทนหรือปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำเสีย เช่น น้ำเสียที่มันน้ำตาลกลูโคสเป็นส่วนประกอบสำคัญ จะให้ปริมาณก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ใกล้เคียงกัน แต่ในน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ต่ำนั้น ปรากฏว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพจะเกิดขึ้นน้อย อีกทั้งชนิดและอัตราส่วนของก๊าซที่ได้จะแตกต่างกันเมื่อบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ต่าง ๆ กันด้วย

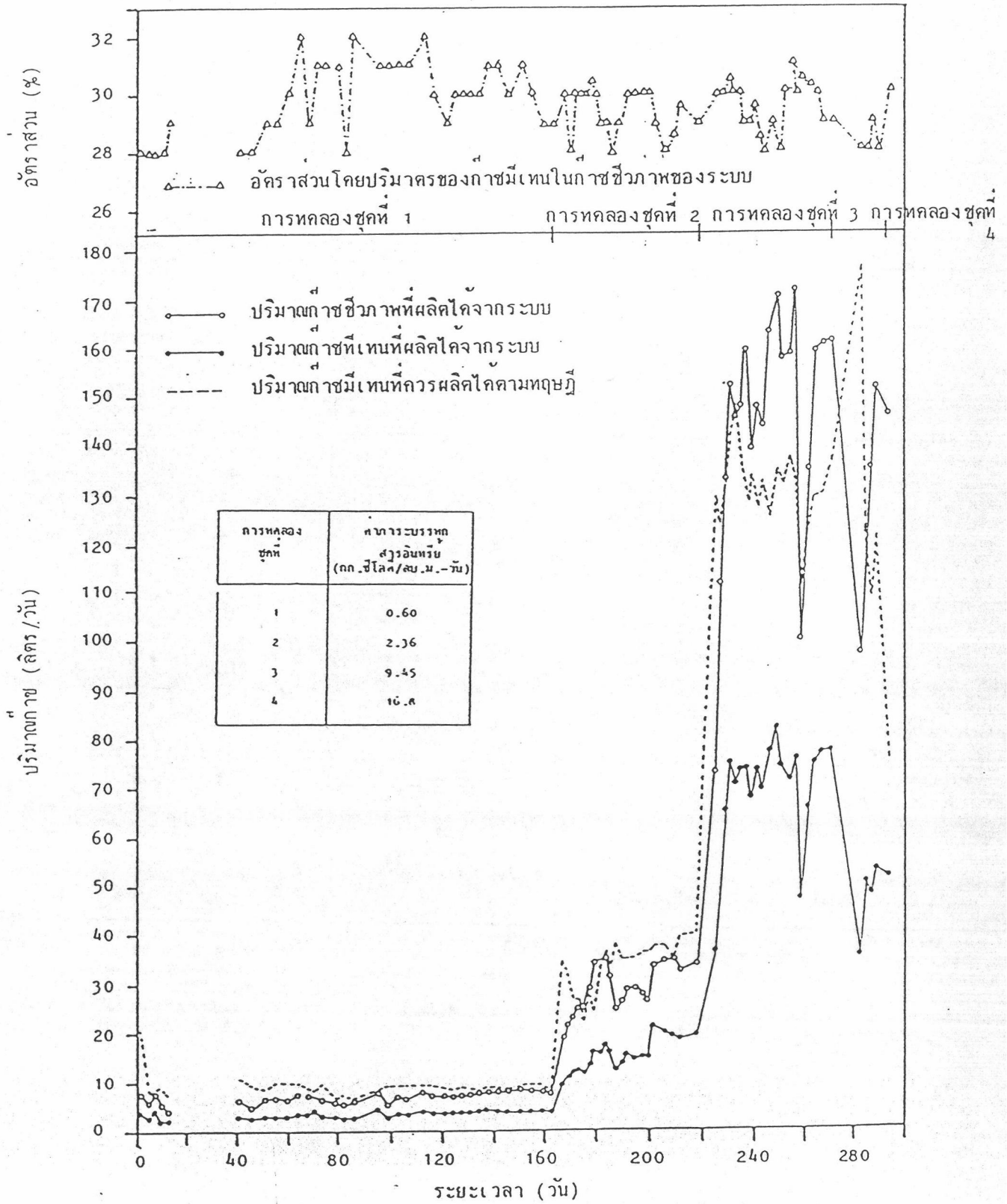
5.2.8.1 ก๊าซชีวภาพรวมของระบบ

ปริมาณก๊าซชีวภาพรวมของระบบและปริมาณก๊าซมีเทนรวมของระบบ คำนวณจากปริมาณรวมของก๊าซที่เกิดขึ้นในถังคอนแทกต์และถังสเปคิไลเซชัน

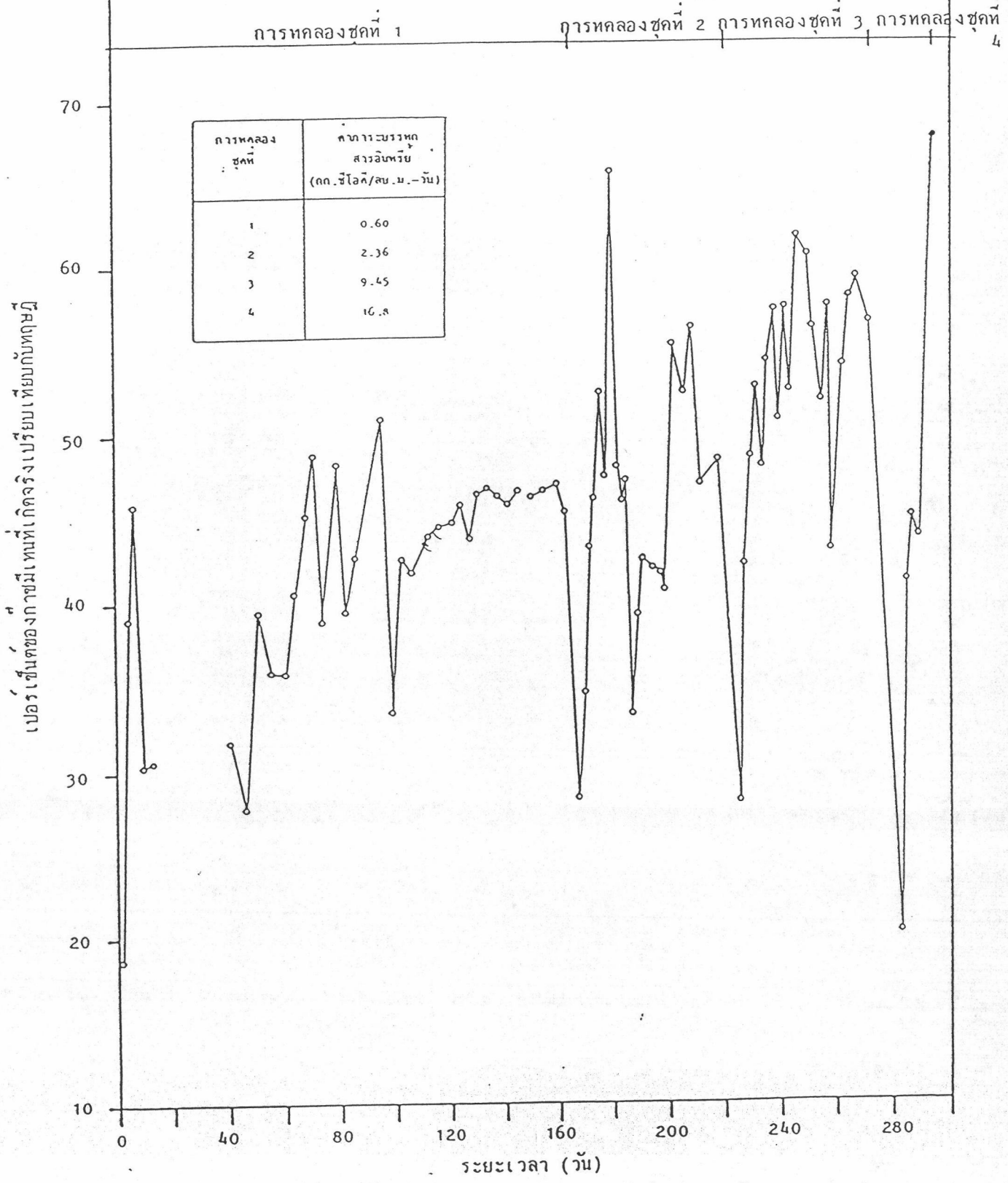
ภาพที่ 5.25 แสดงถึงปริมาณรวมของก๊าซชีวภาพรวมของระบบ ปริมาณก๊าซมีเทนรวมของระบบ ปริมาณของก๊าซมีเทนที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎี (คำนวณจากปริมาณซีโอดี 1 กรัม ผลิตก๊าซมีเทนได้ 0.351 ลิตร) และอัตราส่วนโดยปริมาตรของก๊าซมีเทนที่พบในก๊าซชีวภาพ

ผลจากการทดลอง แสดงว่า มีก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นในการทดลองชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าโดยเฉลี่ย 6.92, 30.92, 157.97 และ 134.04 ลิตร/วันตามลำดับ และมีก๊าซมีเทนเกิดขึ้นเฉลี่ย 3.31, 16.97, 72.4 และ 48.22 ลิตร/วัน ตามลำดับ ซึ่งเมื่อคำนวณปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจริงเปรียบเทียบกับก๊าซมีเทนที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎีพบว่า มีค่าเฉลี่ยประมาณร้อยละ 42, 46, 56 และ 40 ตามลำดับ (ดูภาพที่ 5.26)

ปริมาณของก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนจะเปลี่ยนแปลงทันทีในวันแรก และค่อยเพิ่มมากขึ้นจนถึงค่าคงที่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการบำบัดสารอินทรีย์ของระบบ



ภาพที่ 5.25 ปริมาณก๊าซชีวภาพ ก๊าซมีเทน และก๊าซมีเทนที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎี และอัตราส่วนโดยปริมาณของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพของระบบรวม



ภาพที่ 5.26 เปรอ์เซ็นต์ของกำขามีเทนที่เก็จจริงเปรียบเทียบกับที่ควรผลลคไคตามทฤษฎีในระบบรวม

และจะเห็นได้ว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพจะต่ำลงเมื่อมีการชำระคของระบบสูบน้ำเกิดขึ้นทุกครั้ง โดยจะเห็นได้ชัดเจนในการทดลองชุดที่ 2 และ 3

ในทุกชุดของการทดลอง พบว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพและปริมาณก๊าซมีเทนรวมของระบบมีค่าค่อนข้างคงที่ แต่อัตราส่วนโดยปริมาตรของก๊าซมีเทนที่มีอยู่ในก๊าซชีวภาพจากแต่ละถังปฏิกริยา จะเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลา แสดงว่ามีการปรับปริมาณของจุลินทรีย์แต่ละชนิดระหว่างถังคอนแทกต์และถังสแตบิลไลเซชัน

5.2.8.2 ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในถังคอนแทกต์

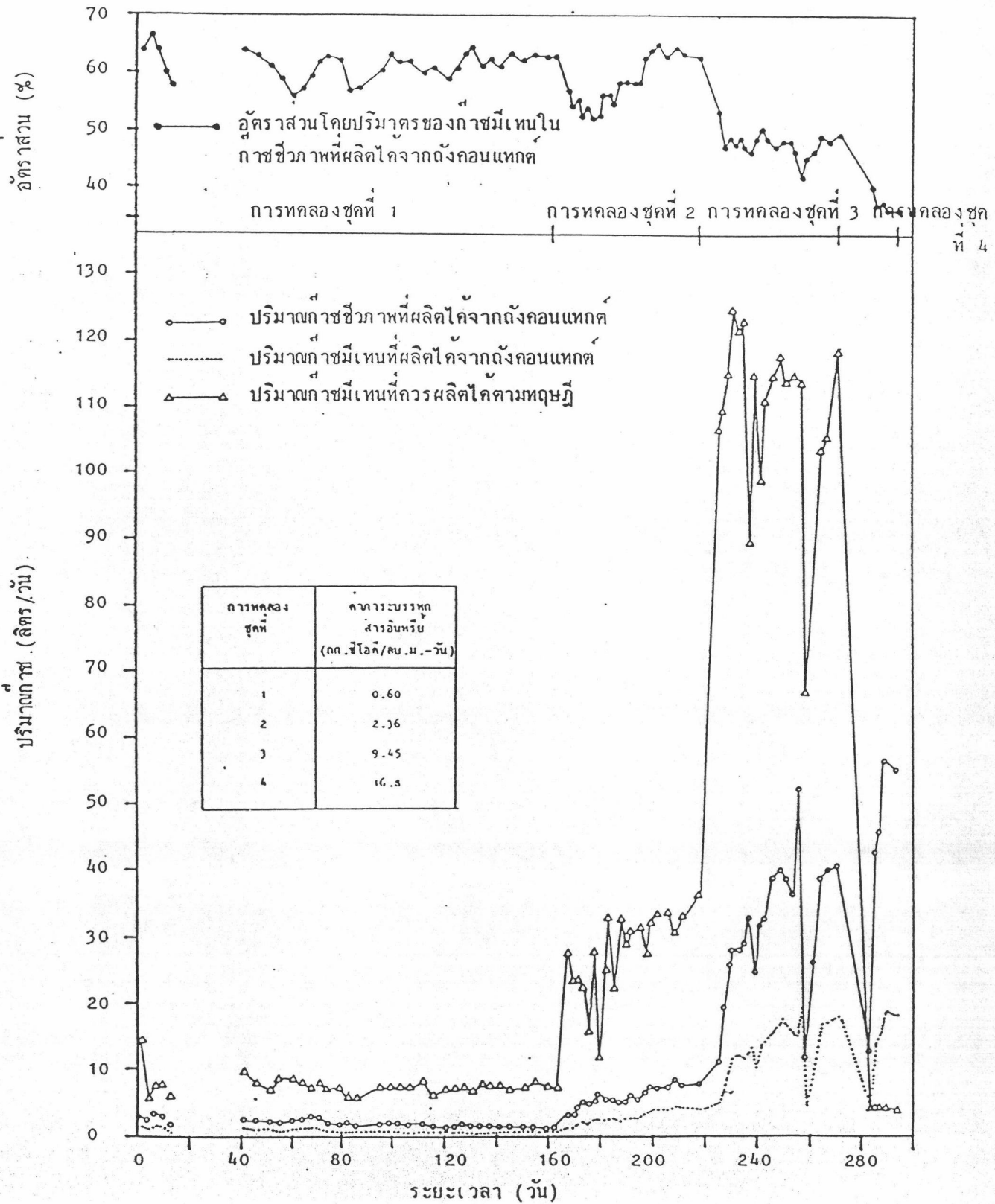
ภาพที่ 5.27 แสดงถึงปริมาณของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น ปริมาณของก๊าซมีเทน ปริมาณของก๊าซมีเทนที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎี และอัตราส่วนโดยปริมาตรของก๊าซมีเทนที่พบในก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในถังคอนแทกต์

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณของก๊าซชีวภาพของการทดลองชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าโดยเฉลี่ย 1.29, 6.24, 34.74 และ 42.63 ลิตร/วัน ตามลำดับ มีก๊าซมีเทนเฉลี่ย 0.71, 3.45, 14.95 และ 14.28 ลิตร/วัน ตามลำดับ โดยมีอัตราส่วนของการเกิดก๊าซมีเทนเมื่อเปรียบเทียบกับที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎีประมาณร้อยละ 9.87, 11.21, 14.28 และ 352.5 ตามลำดับ (ภาพที่ 5.28)

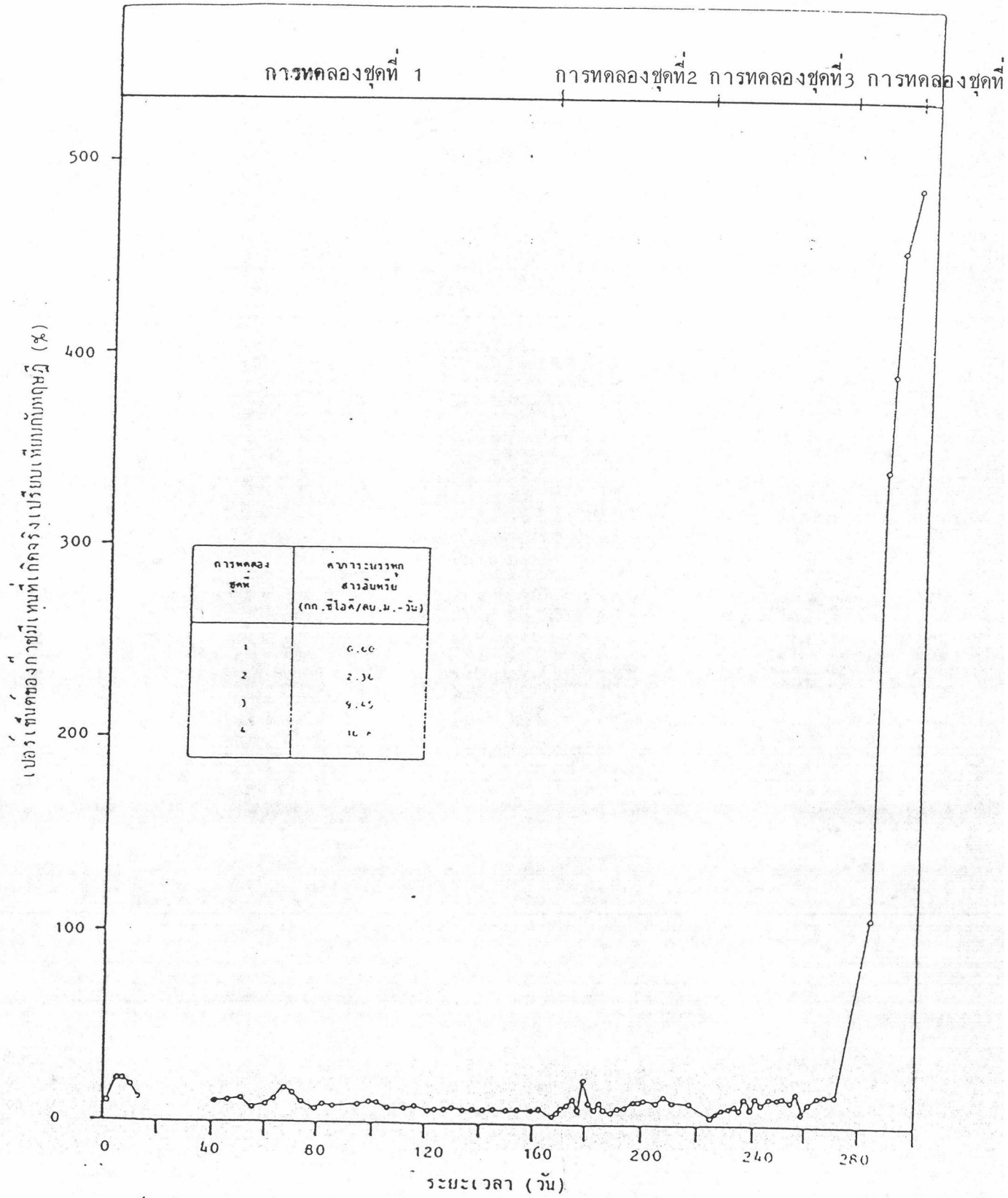
อัตราส่วนของก๊าซมีเทนโดยปริมาตรที่พบในก๊าซชีวภาพในการทดลองชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าร้อยละ 60.9, 60.2, 47.3 และ 37.3 ตามลำดับ โดยปรากฏว่าอัตราส่วนนี้เปลี่ยนแปลงทันทีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าการบรรทุกสารอินทรีย์ในระบบ แล้วจึงคงที่เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะทรง

ปริมาณของก๊าซมีเทนที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎีจะมีค่าสูงกว่าปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจริงโดยตลอดในการทดลองชุดที่ 1, 2 และ 3 แต่ในการทดลองชุดที่ 4 ปรากฏว่า ปริมาณก๊าซมีเทนที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎีมีค่าต่ำกว่าปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจริง

ในการทดลองชุดที่ 1 จะเห็นได้ว่า ในช่วงแรกขณะที่ระบบปรับตัวเข้าสู่สภาวะทรงจะมีปริมาณก๊าซมีเทนสูงกว่าโดยตลอด เมื่อเทียบกับสภาวะทรง และในวันที่เกิดความเสียหายของระบบสูบน้ำที่ถังสแตบิลไลเซชัน จะมีก๊าซมีเทนสูงขึ้นด้วย และไม่พบผล



ภาพที่ 5.27 ปริมาณก๊าซชีวภาพ ก๊าซมีเทน ก๊าซมีเทนที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎีจากถังคอนแทคต์ และอัตราส่วนโดยปริมาตรของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากถังคอนแทคต์



ภาพที่ 5.28 อัตราส่วนของก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกับที่ควรผลิตให้ตามทฤษฎีในถังกวนแบบค้

กระทบของการเติมสารโครเมียมลงไปในตัวเสียที่เข้าระบบ

ในการทดลองชุดที่ 2 พบว่า ในช่วงแรกเมื่อเปลี่ยนค่าการบรรทุกสารอินทรีย์ในระบบ อัตราส่วนของก๊าซมีเทนจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด และเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะทรง อัตราส่วนของก๊าซมีเทนจะมีค่าสูงขึ้นใกล้เคียงกับการทดลองชุดที่ 1 และไม่พบว่ามีผลกระทบใดเมื่อมีการเติมสารนี้เกล็ดใหญ่ในระบบ

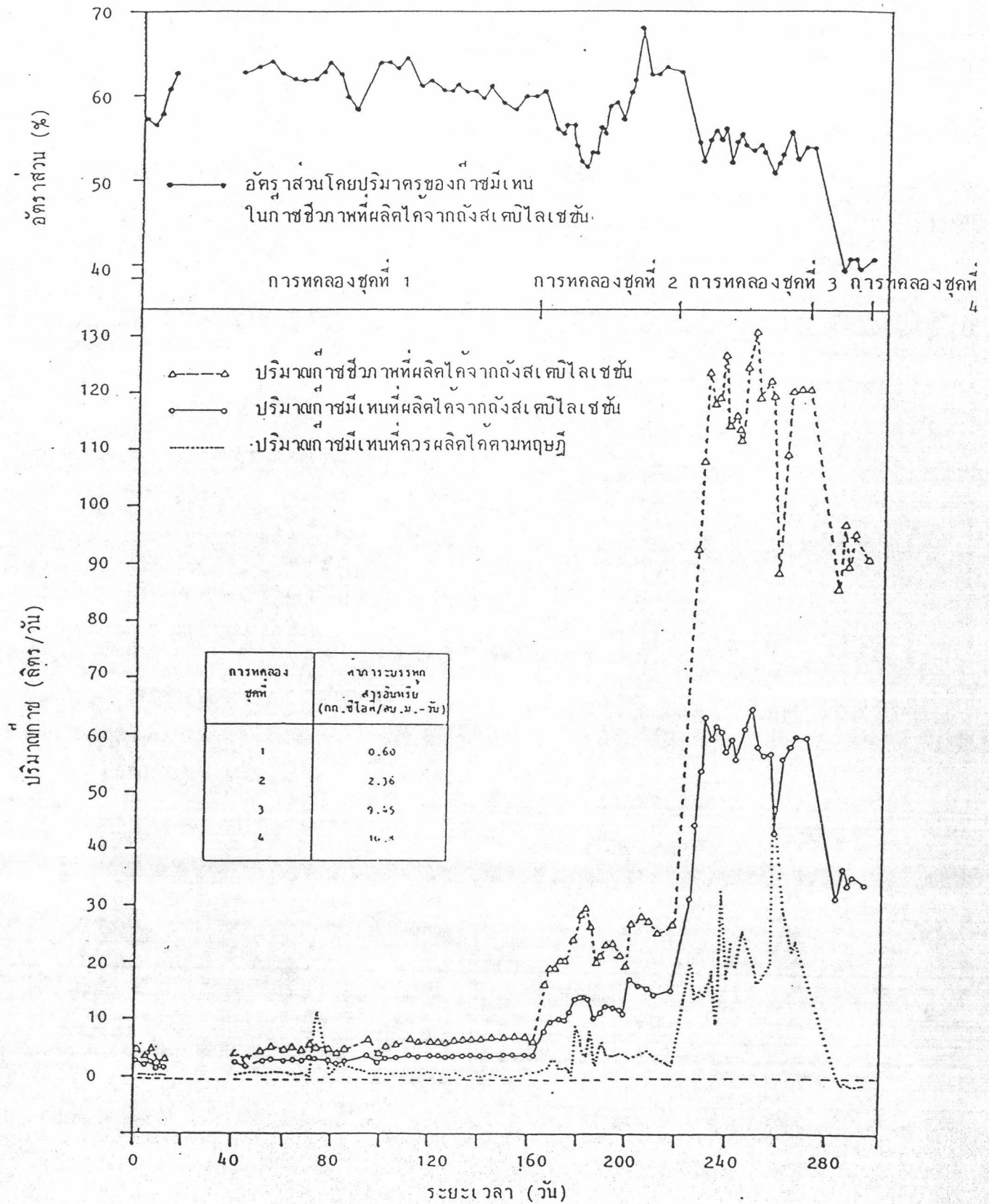
ในการทดลองชุดที่ 3 พบว่า อัตราส่วนโดยปริมาตรของก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นที่ดังนั้นลดลงอย่างรวดเร็วและมีค่าต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด และเมื่อระบบอยู่ในสภาวะทรงอัตราส่วนนี้ก็เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และปรากฏว่าเมื่อมีการชำระคของระบบสูบน้ำที่ดังส.ศบ.ไลเซชัน ทั้งอัตราส่วนของก๊าซมีเทนและปริมาณของก๊าซมีเทนลดลงอย่างเห็นได้ชัด

ในการทดลองชุดที่ 4 มีข้อสังเกตเหตุผิดปกติ คือ ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นมีค่าสูงกว่าปริมาณก๊าซมีเทนที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎี โดยมีอัตราส่วนของก๊าซมีเทนและปริมาณก๊าซมีเทนต่ำลงเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองชุดที่ 3 สาเหตุที่เกิดขึ้นเนื่องจากจุลินทรีย์ที่สร้างมีเทนในถังส.ศบ.ไลเซชันไม่สามารถย่อยสลายกรดไขมันในถังส.ศบ.ไลเซชันได้หมด จึงมาผลิตก๊าซมีเทนอยู่ในถังคอนแทกต์

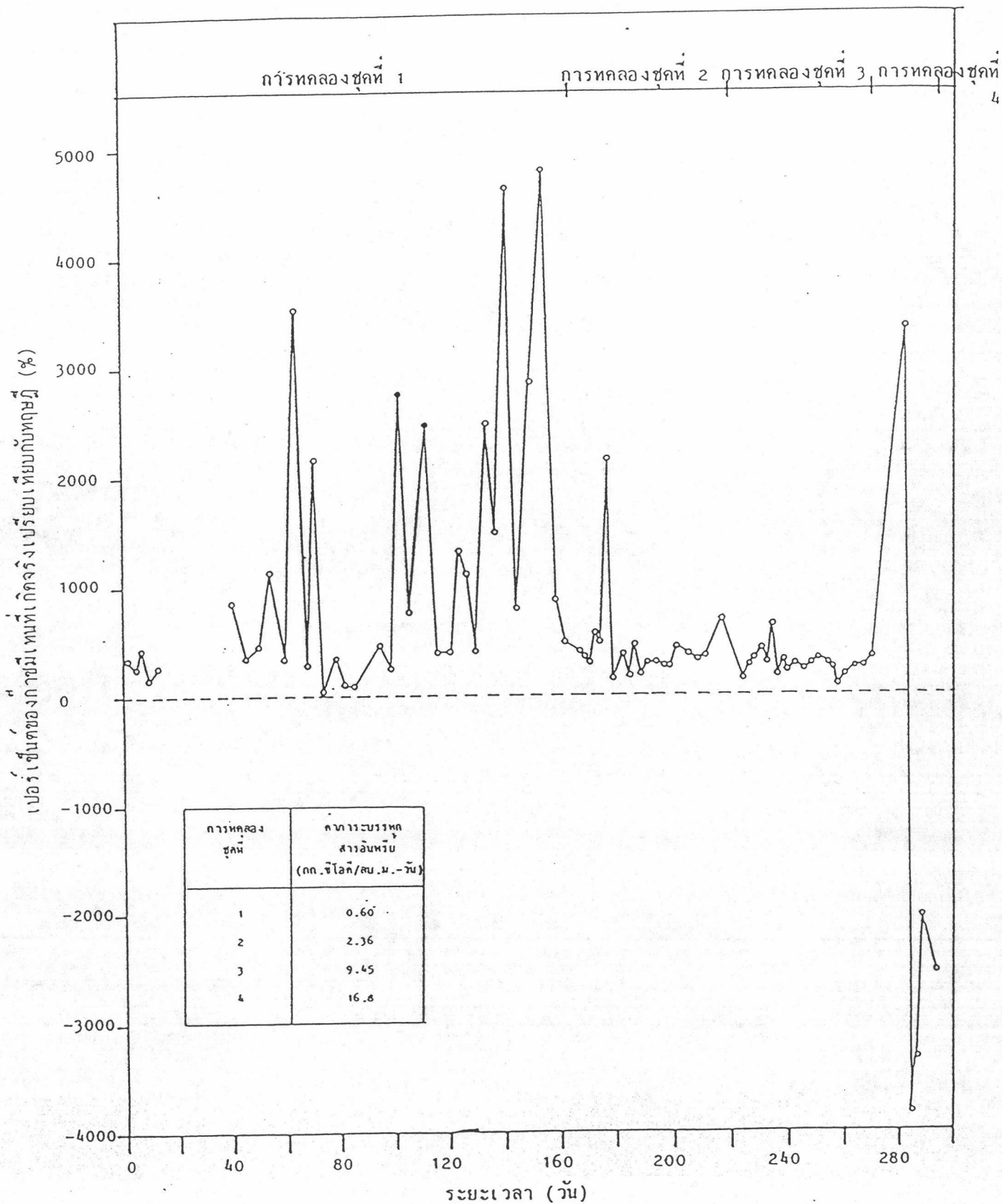
5.2.8.3 ก๊าซชีวภาพที่เกิดจากถังส.ศบ.ไลเซชัน

ภาพที่ 5.29 แสดงถึงปริมาณก๊าซชีวภาพ ปริมาณก๊าซมีเทน ปริมาณก๊าซมีเทนที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎี และอัตราส่วนโดยปริมาตรของก๊าซมีเทนที่พบในก๊าซชีวภาพ ภาพที่ 5.30 แสดงเปอร์เซ็นต์ของก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจริงเปรียบเทียบกับที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎี

จากการทดลองชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 พบว่า มีก๊าซชีวภาพเฉลี่ย 5.63, 24.68, 117.23 และ 91.40 ลิตร/วัน ตามลำดับ โดยมีก๊าซมีเทนเกิดขึ้นเฉลี่ย 3.15, 13.5, 54.7 และ 33.9 ล./วันตามลำดับ มีค่าอัตราส่วนของก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับทฤษฎีร้อยละ 332, 307, 234 และ -4137 ตามลำดับ และมีอัตราส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพร้อยละ 61.7, 60, 53.8 และ 40.6 ตามลำดับ โดยพบว่าเมื่อมีการเพิ่มการบรรทุกสารอินทรีย์ในระบบจะทำให้มีการเพิ่มปริมาณของก๊าซชีวภาพ และมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนโดยปริมาตรของก๊าซมีเทนที่พบในก๊าซชีวภาพในทันที แต่เมื่อระบบเข้า



ภาพที่ 5.29 ปริมาณก๊าซชีวภาพ ก๊าซมีเทน ก๊าซมีเทนที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎี และอัตราส่วน
โดยปริมาตรของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากถังสแตบิลไอเซชัน



ภาพที่ 5.30 เปอร์เซนต์ของก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกับที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎีในถังสแตบิลไลเซชัน

สู่สภาวะทรงค่าอัตราส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยลง ยกเว้นในการทดลองชุดที่ 4 ที่มีค่าต่ำลงมากกว่ารวมทั้งปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ด้วย ในวันที่มีการชำระคของระบบสูบน้ำเกิดขึ้น พบว่าปริมาณของก๊าซมีเทนจะเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด

ในการทดลองชุดที่ 1 พบว่า เมื่อมีการชำระคของระบบสูบน้ำที่ดังสเคปิลเซชัน อัตราส่วนของก๊าซมีเทนที่พบในก๊าซชีวภาพจะไม่เปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด แต่อัตราส่วนของปริมาณก๊าซมีเทนเมื่อเปรียบเทียบกับทฤษฎีจะสูงขึ้นจนผิดสังเกต เนื่องจากจุลินทรีย์ยังคงสามารถใช้สารอาหารที่เหลืออยู่ต่อไปได้ และเมื่อมีการเติมสารโครเมียมก็พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกัน

สำหรับวันที่ 74 ในการทดลองชุดที่ 1 ซึ่งมีค่าอัตราส่วนของกาเกิดก๊าซมีเทนเมื่อเปรียบเทียบกับทางทฤษฎีต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด น่าจะเกิดจากท่อน้ำก๊าซไปสู่หัววัดปริมาตรเกิดการรั่ว ซึ่งตรวจพบภายหลังในวันต่อมา

ในการทดลองชุดที่ 2 เมื่อมีการเติมสารนิเกิลให้กับระบบพบว่า อัตราส่วนของก๊าซมีเทนที่พบในก๊าซชีวภาพ และปริมาณก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด คาดว่าเกิดจากการที่สารนิเกิลเมื่อมีปริมาณเล็กน้อย สามารถกระตุ้นให้แบคทีเรียชนิดที่สร้างมีเทนเจริญเติบโตได้มากขึ้น เช่นเดียวกับผลการวิจัยของ Thauer (61)

ในการทดลองชุดที่ 3 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการชำระคของระบบสูบน้ำเกิดขึ้นที่ดังสเคปิลเซชัน ปริมาณก๊าซมีเทนจะลดลงมาก แต่จะกลับสู่สภาพปกติอย่างรวดเร็วภายในระยะเวลาประมาณ 3 วัน

และในการทดลองชุดที่ 4 พบว่า ยังคงมีก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นแต่มีปริมาณที่ต่ำลงกว่าที่ผลิตได้ใน การทดลองชุดที่ 3 ทั้งนี้ไม่มีการลดค่าซีโอซีเลยในดังสเคปิลเซชัน อีกทั้งพบว่าอัตราส่วนของก๊าซมีเทนโดยปริมาตรที่พบในก๊าซชีวภาพมีค่าน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับการทดลองชุดที่ 1, 2 และ 3 คาดว่าเนื่องจากจุลินทรีย์ในระบบไม่สามารถปรับตัวได้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นถึงสองเท่าได้ในทันที โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์ซึ่งสูงมากอยู่แล้ว

ค่าเฉลี่ยของก๊าซมีเทนโดยสรุปสามารถแสดงดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 ค่าเฉลี่ยของก๊าซมีเทนในถังคอนแทกต์ ถังสเคปิลเซชัน และระบบรวม

การทดลอง ชุดที่	ระบบรวม			ถังคอนแทกต์			ถังสเคปิลเซชัน		
	เกิดจริง (ล./ วัน)	ทฤษฎี (ล./ วัน)	(1) %	เกิดจริง (ล./ วัน)	ทฤษฎี (ล./ วัน)	(1) %	เกิดจริง (ล./ วัน)	ทฤษฎี (ล./ วัน)	(1) %
1	3.81	9.074	42.03	0.712	7.35	9.87	3.15	0.947	332.6
2	16.97	37.10	45.74	3.45	30.77	11.21	13.51	4.39	307.5
3	72.40	130.12	55.64	14.95	104.7	14.28	54.75	24.52	234.3
4	48.22	121.5	39.68	14.28	4.05	352.5	33.93	-0.82	-4137

หมายเหตุ (1) หมายถึง อัตราส่วนเป็นร้อยละของค่าปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซมีเทนที่คำนวณได้จากทฤษฎี

ส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในระบบสามารถแสดงดังตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 แสดงส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ

การทดลอง ชุดที่	ถังคอนแทกต์			ถังสเคปิลเซชัน		
	CH ₄	CO ₂	N ₂	CH ₄	CO ₂	N ₂
1	60.9	17.4	18.3	61.7	16.4	20.1
2	60.2	26.3	10.1	60.0	21.1	12.4
3	47.3	45.2	5.1	53.8	44.3	1.25
4	37.3	62.7	-	40.63	59.3	-

5.2.9 การเกิดก๊าซมีเทนเมื่อเปรียบเทียบกับค่าจำกัดสารอินทรีย์

ก๊าซมีเทนส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 70 - 82 เกิดขึ้นในถังสแตบิลิเซชัน และส่วนที่เหลือเกิดในถังคอนแทคต์ของปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในระบบ เมื่อพิจารณาอัตรา ส่วนของก๊าซมีเทนที่วัดได้เปรียบเทียบกับค่าคำนวณทางทฤษฎี จะเห็นได้ว่า ถังคอนแทคต์มี อัตราการเกิดก๊าซมีเทนที่ต่ำมาก คือ น้อยกว่าร้อยละ 20 ของที่คำนวณได้ทางทฤษฎี ยกเว้น การทดลองชุดที่ 4 ซึ่งมีค่าสูงถึงร้อยละ 352 เนื่องจากเกิดการไม่สมดุลของจุลินทรีย์ในถัง ปฏิกริยาทั้งสอง แต่อัตราส่วนกลับสูงมากที่ถังสแตบิลิเซชัน กล่าวคือ เกิดขึ้นมากกว่าร้อยละ 300 (ยกเว้นการทดลองชุดที่ 4) ซึ่งปรากฏการณ์นี้ได้รับการบันทึกในงานวิจัยหลายชิ้น^(65,78) การที่ก๊าซมีเทนเกิดขึ้นน้อยมากในถังคอนแทคต์เมื่อเปรียบเทียบกับความสามารถในการกำจัด ซีไอซีของถังนี้ แต่ไปเกิดมากในถังสแตบิลิเซชัน อาจอธิบายได้ด้วยทฤษฎีการดูดซับและย่อยสลาย (adsorption and stabilization)^(91,92) กล่าวคือ เมื่อน้ำเสียเข้าสู่ถังคอนแทคต์จะเกิด การย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นกรดไขมันอย่างรวดเร็ว และจุลินทรีย์จะดูดซับกรดไขมัน- ไขมัน รวมทั้งสารอินทรีย์บางส่วนที่ยังไม่ถูกย่อยสลายเข้าไว้ที่ผิว ทำให้เกิดการลดค่าซีไอซี อย่างรวดเร็วเป็นปริมาณสูงในระยะเวลานั้น ทั้งนี้ สารอินทรีย์ส่วนใหญ่ที่ถูกจุลินทรีย์ ดูดซับเอาไว้ ยังไม่ถูกย่อยสลายจนถึงกระบวนการขั้นสุดท้ายที่โถก๊าซมีเทน ดังนั้น เมื่อค่า- คำนวณปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นเมื่อเทียบกับการกำจัดค่าซีไอซีแล้ว จึงมีค่าต่ำมาก จากนั้นน้ำที่ ปล่อยจากถังคอนแทคต์จะถูกส่งไปแยกเอาตะกอนจุลินทรีย์ออก โดยใช้ถังตะกอน ตะกอนจุลินทรีย์ ที่ดูดซับสารอินทรีย์ต่าง ๆ เอาไว้ซึ่งจมอยู่ที่ก้นถัง ก็จะถูกส่งไปบำบัดคอกในถังสแตบิลิเซชัน โดยภายในถังนี้จะมีการลดค่าสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเพิ่มขึ้นไม่มากนัก แต่จุลินทรีย์จะผลิต ก๊าซมีเทนจากสารอาหารต่าง ๆ ที่ดูดซับเอาไว้ในถังคอนแทคต์ จึงทำให้มีปริมาณก๊าซมีเทนเกิด ขึ้นมากกว่าที่คำนวณได้ตามทฤษฎี แต่ในระยะเวลาในการบำบัดในถังคอนแทคต์นานเกินไป จะ ทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์มาเป็นกรดไขมันมากขึ้น โดยพบว่า ในน้ำออกจากถัง ตะกอนมีค่ากรดไขมันสูงกว่าในน้ำที่เข้า และเนื่องจากกรดไขมันยังคงเป็นสารอินทรีย์ และสามารถละลายน้ำได้ ดังนั้น การที่มีค่ากรดไขมันสูงขึ้นจึงไม่เกิดผลดีต่อการทำงาน ของระบบ

อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองพบว่า การผลิตก๊าซมีเทนของระบบนี้มี ค่าปานกลางซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้ แต่ก็ค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับค่าคำนวณทาง

ทฤษฎี เชื่อว่า ส่วนหนึ่งของก๊าซมีเทนได้ละลายน้ำหลุดไปกับน้ำทิ้งของระบบ บางส่วนหลุดไป เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความดัน เนื่องจากการไหลของน้ำในระบบ เพราะบางจุดของระบบ เป็นระบบเปิดสัมผัสกับบรรยากาศ และบางส่วนของสารอินทรีย์ถูกใช้เพื่อนำไปสร้างเซลล์ จึง ทำให้ค่าที่วัดได้ต่ำกว่าความเป็นจริง

เมื่อพิจารณาค่าการไหลก๊าซมีเทน (methane yield) ของระบบ ก็พบว่า มีค่าไม่ต่ำกว่าระบบอื่นมากนัก โดยมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น กล่าวคือ 0.150, 0.161, 0.195 และ 0.153 ลิตร/กรัมซีโอดีที่กำจัด ตามลำดับชุดการทดลอง (ไม่รวมมีเทนที่ละลายน้ำ) สาเหตุที่ได้ค่าต่ำกว่าระบบอื่น เชื่อว่า เป็นเพราะการสร้างมีเทนจากการบ่อนไคออกไซด์โดยกลไก Reduction Methane Formation ต่ำ โดยสังเกตจากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในทุกครั้งที่เพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ให้กับระบบ

5.2.10 ผลกระทบจากการเติมโครเมียมและนิเกิล

การผลิตก๊าซชีวภาพในช่วงการทดลอง การเติมสารประกอบของโครเมียมลงไป โดยมีค่าความเข้มข้น 0.02 มก./ล. นั้น พบว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพยังคงเดิมแต่มีข้อน่าสังเกต คือ อัตราส่วนของการผลิตก๊าซมีเทนเปรียบเทียบกับทฤษฎีที่ตั้งสเปคิไลเซชันมีค่าสูงมาก และที่ปรากฏว่า ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังนี้ลดลงเช่นเดียวกัน จึงอาจกล่าวได้ว่าสารโครเมียมไปยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ที่สร้างมีเทนบางส่วน แต่จุลินทรีย์ในระบบที่ไม่ได้รับผลกระทบนี้จะได้รับสารอินทรีย์มากขึ้น ดังนั้น ปริมาณก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนรวมของระบบจึงไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

และเมื่อเติมสารประกอบนิเกิลลงไป โดยมีค่าความเข้มข้นของนิเกิล 0.5 มก./ล. พบว่า การผลิตก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนในถังสเปคิไลเซชันเพิ่มขึ้น และปริมาณก๊าซรวมของระบบก็เพิ่มขึ้น แสดงว่า สารนิเกิลเป็นสารที่ช่วยเร่งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่สร้างมีเทนดังที่พบในงานวิจัยของ Dickert⁽⁶⁰⁾ และ Thauer^(58,61) อย่างไรก็ตามในงานวิจัยบางชิ้น^(59,93) พบว่า สารนิเกิลเป็นพิษต่อระบบ อาจอธิบายได้ว่า สารนิเกิลซึ่งเป็นโลหะหนัก ถ้ามีจำนวนมากไปจะช่วยให้การเร่งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ แต่ถ้ามีมากเกินไปจะเป็นพิษ

5.2.11 ปริมาณก๊าซไนโตรเจนในก๊าซชีวภาพ

จากตารางที่ 5.9 แสดงให้เห็นว่าที่ค่าการบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำ เช่น ในการทดลองชุดที่ 1 จะมีปริมาณก๊าซไนโตรเจนปนอยู่เป็นปริมาณสูงถึงร้อยละ 18 - 20 แต่เมื่อค่าการบรรทุกสารอินทรีย์สูงขึ้น ปริมาณก๊าซไนโตรเจนจะค่อย ๆ ลดลงจนเหลือร้อยละ 1 - 5 ในการทดลองชุดที่ 3 และตรวจไม่พบในการทดลองชุดที่ 4

จากการค้นคว้าในเอกสารอ้างอิง ยังไม่พบงานวิจัยใดที่กล่าวถึงกลไกในการเกิดก๊าซไนโตรเจน ซึ่งมีอัตราการเกิดเปลี่ยนแปลงไปตามค่าการบรรทุกสารอินทรีย์ และกระบวนการทางชีวเคมีของธาตุไนโตรเจนในกระบวนการนี้ ก็อยู่นอกเหนือขอบเขตของงานวิจัย จึงไม่สามารถยืนยันเหตุผลที่เกิดขึ้นได้

อย่างไรก็ตาม คาดว่า ก๊าซไนโตรเจนส่วนใหญ่เกิดจากอาหารเสริม ในรูปไนโตรเจนซึ่งผสมลงไปในน้ำเสียสังเคราะห์ และอีกส่วนหนึ่งเกิดจากการที่ก๊าซไนโตรเจน ละลายลงไปในน้ำที่ส่งเข้าไปบำบัด ในกรณีที่ค่าการบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำ จุลินทรีย์จะใช้ ธาตุไนโตรเจนเพื่อการเจริญเติบโต ดังนั้น อาจจะมีจุลินทรีย์บางชนิดที่ย่อยสลายสาร ประกอบที่เติมลงไปแล้วไอก๊าซไนโตรเจน แต่เมื่อมีการเพิ่มค่าการบรรทุกสารอินทรีย์ทำให้ จุลินทรีย์มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น จึงต้องใช้ธาตุไนโตรเจนในการสร้างเซลล์เพิ่มขึ้น เป็นผลให้ มีธาตุไนโตรเจนเหลือน้อยลง และเกิดก๊าซไนโตรเจนน้อยลงในที่สุด

5.3 สมดุลย์ของสารอินทรีย์ในระบบ (Organic Balance)

การหาสมดุลย์ของสารอินทรีย์ เป็นการประเมินสมดุลย์ของมวลในระบบที่สภาวะ คงตัว วิธีหาสมดุลย์ของมวลโดยวัดจากสารอินทรีย์ มีหลักการดังนี้

$$\text{สารอินทรีย์เข้าสู่ระบบ} = \text{สารละลายอินทรีย์ (ซีโอดี) ในน้ำทิ้ง} + \text{ก๊าซมีเทนที่ผลิตได้} + \text{ก๊าซมีเทนที่ละลายไปกับน้ำทิ้ง} + \text{สารอินทรีย์ที่สะสมในระบบ} + \text{ตะกอนแขวนลอยโวลูไทล์ในน้ำทิ้ง}$$

ตารางที่ 5.13 แสดงการหาสมดุลย์ที่เกิดขึ้นในแต่ละชุดการทดลอง สารอินทรีย์ที่สะสมในระบบ หรือตะกอนโวลูไทล์ (VSS.) ที่สะสม เนื่องจากเป็นปริมาณของจุลินทรีย์ และสารละลายอินทรีย์ที่ถูกดูดซึม ทำให้ยากแก่การประเมินค่าปริมาณที่สะสมเพิ่มขึ้นแท้จริงได้ จึงไม่ได้นำข้อมูลส่วนนี้มาคำนวณ สมดุลย์ของสารอินทรีย์ในแต่ละส่วนจะคิดเทียบเป็น

ตารางที่ 5.10 สมดุลของสารอินทรีย์ในระบบ

การทดลอง ชุดที่	สารอินทรีย์ที่ เขาระบบ	สารอินทรีย์ที่ออกจากระบบ						
	ซีโอดีน้ำเสีย (gm COD/d)	ซีโอดีน้ำทิ้ง (gm COD/d)	ก๊าซมีเทน (gm COD/d)	มีเทนที่ละลายน้ำ (gm COD/d)	ตะกอนโวลูไทล์ ในน้ำทิ้ง (gm COD/d)	สารอินทรีย์ สะสมในระบบ (gm COD/d)	ผลรวม (gm COD/d)	อัตราส่วนสาร อินทรีย์ที่ออก/เข้า
1	30.48	4.644	11.861	3.841	7.56	-	27.546	0.904
2	121.14	15.444	52.775	3.442	9.09	-	80.751	0.67
3	481.08	110.340	225.157	2.704	35.46	-	373.661	0.78
4	937.20	590.940	149.959	2.134	82.89	-	825.923	0.88

หมายเหตุ

สมมุติฐานประกอบด้วย

- 1) 1 กรัมซีโอดี = 0.351 ลิตรมีเทน
- 2) น้ำทิ้งมีก๊าซมีเทนละลายอิมตัว
- 3) ของแข็งแขวนลอยโวลูไทล์ 1 กรัม = ซีโอดี 1.5 กรัม

ค่าซีไอคือ โดยการเปรียบเทียบอัตราส่วนของสารอินทรีย์ที่ออกจากระบบต่อสารอินทรีย์ที่เข้าระบบ ผลปรากฏว่ามีค่าใกล้เคียงกับ 1 แสดงถึงความน่าเชื่อถือในการทดลอง

5.3.1 สภาพของตะกอนจุลินทรีย์ภายในระบบ

สภาพของตะกอนจุลินทรีย์ในถังปฏิกริยาซึ่งมีด้วยกัน 3 ถัง คือ ถังคอนแทกต์ ถังสเคปิลเซชัน และถังตกตะกอน สรุปได้ดังนี้

ภายในถังคอนแทกต์ ตะกอนจุลินทรีย์ความเข้มข้นประมาณ 2% อยู่เต็มถึงบริเวณตอนล่างจะมีความเข้มข้นมากที่สุด และน้อยที่สุดในตอนบนของถัง

ที่ถังตกตะกอน จะมีตะกอนจุลินทรีย์จมอยู่ก้นถัง มีความเข้มข้นประมาณ 3% ซึ่งแสดงว่ามีการตกตะกอนที่ดี ส่วนบนเป็นน้ำใสแต่มีความสูงไม่มากนัก และขณะที่เปลี่ยนค่าการบรรทุกสารอินทรีย์ จะมีฟองก๊าซเล็ก ๆ จับอยู่ที่ผิวน้ำ และจะหายไปเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะทรง

สำหรับในถังสเคปิลเซชัน จะมีชั้นตะกอนหนาแน่นมากบริเวณสูงจากทางเข้าที่ก้นถังเล็กน้อย โดยมีความเข้มข้นของตะกอนโดยเฉลี่ย 2.5% และจะน้อยลงเหลือประมาณ 2% ในระดับที่สูงขึ้นไป

ลักษณะของจุลินทรีย์ภายในถังคอนแทกต์ และถังสเคปิลเซชันค่อนข้างคล้ายคลึงกัน คือ พบว่ามีแบคทีเรียพวกทรงกลม (Coccus), Spirillum, Curved Rod และ Filamentous โดยกระจายอยู่ตลอดทั้งถัง ที่ถังตกตะกอนในส่วนน้ำใสที่อยู่ตอนบนจะมีพวก Protozoa อยู่ด้วย แต่พบไม่มากนัก

เนื่องจากถังปฏิกริยาทั้งสองถังไม่มีการกวนที่ดี ดังนั้น ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ที่ไหลออกจกแต่ละถัง จึงมีค่าเปลี่ยนแปลงสูงมาก ทำให้ไม่สามารถควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ได้ตามความต้องการ ซึ่งเป็นข้อที่ควรปรับปรุงต่อไป

ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั้ง 4 การทดลอง ได้สรุปเอาไว้ในตารางที่ 5.14 - 5.16

ตารางที่ 5.14 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลระบบรวม

ข้อมูล	หน่วย	การทดลองชุดที่ 1			การทดลองชุดที่ 2			การทดลองชุดที่ 3			การทดลองชุดที่ 4		
		n	\bar{x}	$\sqrt{s_{n-1}}$	n	\bar{x}	$\sqrt{s_{n-1}}$	n	\bar{x}	$\sqrt{s_{n-1}}$	n	\bar{x}	$\sqrt{s_{n-1}}$
Dissolved COD ที่เข้าระบบ	มก./ล.	30	508	21.2	14	2019	52.4	14	8018	182.5	5	15620	871
Dissolved COD ที่ออกจากระบบ	มก./ล.	30	77.4	34.4	14	257.4	64.8	14	1839	280.5	5	9849	2109
VFA ที่ออกมากับน้ำทิ้งของระบบ	มก./ล. as. CaCO ₃	30	58.9	28.2	14	273.3	117.2	14	958.8	120.2	5	2696	358
SS ที่ออกมากับน้ำทิ้งของระบบ	มก./ล.	30	152.3	79.9	14	164.5	80.4	14	507.1	358.7	5	1052	675.7
ปริมาณก๊าซชีวภาพรวม	ล./วัน	30	6.917	0.918	14	30.917	3.533	14	151.973	17.655	5	134.034	18.784
ปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ (STP)	ล./วัน	30	3.814	0.55	14	16.97	2.46	14	72.4	7.93	5	48.22	6.30
ปริมาณก๊าซมีเทนที่ควรผลิตได้	ล./วัน	30	9.074	0.81	14	37.10	1.974	14	130.12	6.45	5	121.5	32.4
อัตราส่วนของก๊าซมีเทนที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับทางทฤษฎี	%	30	42.03	-	14	45.74	-	14	55.64	-	5	39.68	-
การบรรทุกระบบอินทรีย์ในระบบ	กก.ชีโอคี้/ ลบ.ม.-วัน	30	0.600	0.025	14	2.385	0.619	14	9.470	0.215	5	17.20	1.03
ค่าการไหลก๊าซมีเทน (Methane Yield)	ล./กก.ชีโอคี้	30	0.150	0.019	14	0.161	0.021	14	0.195	0.016	5	0.153	0.053
ประสิทธิภาพในการกำจัดชีโอคี้	%	30	84.8	6.72	14	87.3	3.37	14	77.06	3.48	5	37.16	11.87

ตารางที่ 5.15 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลของถังคอนแทกต์

ข้อมูล	หน่วย	การทดลองชุดที่ 1			การทดลองชุดที่ 2			การทดลองชุดที่ 3			การทดลองชุดที่ 4		
		n	\bar{x}	σ_{n-1}	n	\bar{x}	σ_{n-1}	n	\bar{x}	σ_{n-1}	n	\bar{x}	σ_{n-1}
Dissolved COD ที่เข้าถัง	มก./ล.	30	277.5	18.5	14	1044.4	30.4	14	4374.7	171.3	5	12889	1709
Dissolved COD ที่ออกจากถัง	มก./ล.	30	95.6	39.7	14	311.3	79.1	14	1922.6	270.8	5	9682	1627
SS. ที่เข้าถัง	มก./ล.	30	7571	4429	14	9200	2777	14	15861	1605	5	14982	1478
SS. ที่ออกจากถัง	มก./ล.	30	7744	58.2	14	11051	4810	14	16895	4986	5	20856	814
VFA. ที่ออกจากถัง	มก./ล. as CaCO ₃	30	60.97	25.04	14	254.6	109.7	14	933.9	93.3	5	2535	295
ปริมาณก๊าซชีวภาพ	ล./วัน	30	1.287	0.413	14	6.236	1.059	14	34.744	9.114	5	42.629	15.942
อัตราส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ	%	30	60.9	2.2	14	60.2	3.3	14	47.3	1.9	5	37.3	1.5
ปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ (STP)	ล./วัน	30	0.712	0.223	14	3.45	0.75	14	14.95	3.75	5	14.28	5.08
ปริมาณก๊าซมีเทนที่คำนวณได้จากทฤษฎี	ล./วัน	30	7.35	0.79	14	30.77	3.62	14	104.7	14.21	5	4.05	0.194
อัตราส่วนของก๊าซมีเทนที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับทางทฤษฎี	%	30	9.87	-	14	11.21	-	14	14.28	-	5	352.5	-
การะบรทุกสารอินทรีย์	กก.ซีไอที/ ลบ.ม.-วัน	30	3.51	0.23	14	13.19	0.38	14	55.26	2.61	5	162.81	21.58
ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอที	%	30	65.8	12.7	14	70.17	7.65	14	55.9	6.62	5	25.37	4.71

ตารางที่ 5.16 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลของดั่งสเทปีไลเซชัน

ข้อมูล	หน่วย	การทดลองชุดที่ 1			การทดลองชุดที่ 2			การทดลองชุดที่ 3			การทดลองชุดที่ 4		
		n	\bar{x}	σ_{n-1}	n	\bar{x}	σ_{n-1}	n	\bar{x}	σ_{n-1}	n	\bar{x}	σ_{n-1}
Dissolved COD ที่เขาดัง	มก./ล.	30	78.17	40.16	14	278	70.7	14	1896	317	5	9501	2075
Dissolved COD ที่ออกจากดั่ง	มก./ล.	30	46.73	27.88	14	69.5	24.5	14	731	213	5	10157	2853
SS. ที่เขาดัง	มก./ล.	30	13636	8444	14	15882	5572	14	34874	3270	5	33747	5057
SS. ที่ออกจากดั่ง	มก./ล.	30	15143	8857	14	13105	4351	14	31723	3210	5	29964	2957
VFA. ที่ออกจากดั่ง		30	59.5	27.7	14	115.2	99.3	14	577	180	5	3111	400
ปริมาณก๊าซชีวภาพ	ล./วัน	30	5.630	1.092	14	24.681	3.144	14	117.229	95.620	5	91.404	3.933
อัตราส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ	%	30	61.7	1.7	14	60.0	4.1	14	53.8	1.3	5	40.63	0.51
ปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ (STP)	ล./วัน	30	3.15	0.57	14	13.15	1.96	14	57.45	4.68	5	33.93	1.62
ปริมาณก๊าซมีเทนที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎี	ล./วัน	30	0.947	0.54	14	4.39	1.43	14	24.52	8.23	5	-0.82	0.916
อัตราส่วนของก๊าซมีเทนเปรียบเทียบกับทางทฤษฎี	%	30	332.6	-	14	307.5	-	14	234.3	-	5	-4137	-
ภาวะบรรทุสารอินทรีย์	กก.ซีไอที/ลบ.ม.-วัน	30	0.114	0.058	14	0.404	0.103	14	2.754	0.461	5	13.80	3.02
ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอที	%	30	36.6	19.6	14	74	9.96	14	60.6	12.4	5	-5.36	9.77