

บทที่ 4

การเสนอผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การเริ่มเลี้ยงถังหมัก (Filter Start Up)

ตะกอนเซลล์ที่เตรียมในถังกรองทั้ง 4 ไบ จะถูกนำมาจากถังหมัก (Digester tank) ของระบบกำจัดน้ำเสียการเคหะแห่งชาติชุมชนห้วยขวาง มีตะกอนแขวนลอยประมาณ 25,000-30,000 มก./ล. อยู่ในรูปของตะกอนแขวนลอยโวลลาไทล์ร้อยละ 80-85 ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด ตะกอนสลัดจ์ถูกนำมาเจือจางจนมีค่าตะกอนแขวนลอยประมาณ 1000 มก./ล. ก่อนถ่ายเข้าถังกรองด้วยวิธีกาลักน้ำเข้าทางก้นถัง

ในการทดลองครั้งที่ 1 ตะกอนเซลล์แบคทีเรียที่ใช้เป็นตัวเชื้อ (Seed) ที่เตรียมขึ้นก่อนถ่ายเข้าถังกรองมีพีเอชวัดได้ 7.2 วัด ORP. ได้ -260 มิลลิโวลต์ (E_h) ปริมาณกรดโวลลาไทล์ 450 มก./ล. ($CaCO_3$) สภาพความเป็นค่างทั้งหมด 2000 มก./ล.

สำหรับการทดลองครั้งที่ 2 ซึ่งมีการเตรียมตะกอนเซลล์แบคทีเรีย (Seed) ในลักษณะเช่นเดียวกัน มีพีเอชวัดได้ 7.4 วัด ORP. ได้ -140 มิลลิโวลต์ (E_h) ปริมาณกรดโวลลาไทล์ 100 มก./ล. ใน 2 วันแรกบ่อน้ำเสียแบบทีละเท (Batch) ให้น้ำเสียผ่านถังกรองวันละ 10 ลิตรด้วยอัตราการบ่อน้ำเสีย 20 ลิตร/ชม. ทำให้แบคทีเรียบางส่วนถูกพัดพาออกไปจากถังกรอง (Wash out) เพราะอัตราการน้ำเสียผ่านถังกรองสูงเกินไป ซึ่งจุดนี้ก็เป็นจุดบกพร่องจุดหนึ่งจากการทดลองครั้งที่ 2

สังเกตได้ว่าจากการเริ่มเลี้ยง (Start up) แบคทีเรียในถังกรองไร้ออกซิเจนจากปริมาณตะกอนเซลล์ค่า ๆ ระบบต้องใช้เวลาานมากที่จะสร้างปริมาณตะกอนเซลล์ในถังกรอง เพราะอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของแบคทีเรียพวกนี้จะต่ำกว่าแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนมาก young & McCarty⁽²⁾ แนะนำให้เริ่มเลี้ยง (Start up) แบคทีเรียในถังกรองไร้ออกซิเจนโดยใช้ตะกอนเซลล์แบคทีเรียที่แข็งแรง (Activated Sludge) สำหรับถังกรอง 4 ถังที่ใช้ในการทดลองจากการบ่อน้ำเสียผ่านถังกรองอย่างต่อเนื่องประมาณ 3 เดือนจะได้ตะกอนเซลล์แบคทีเรีย

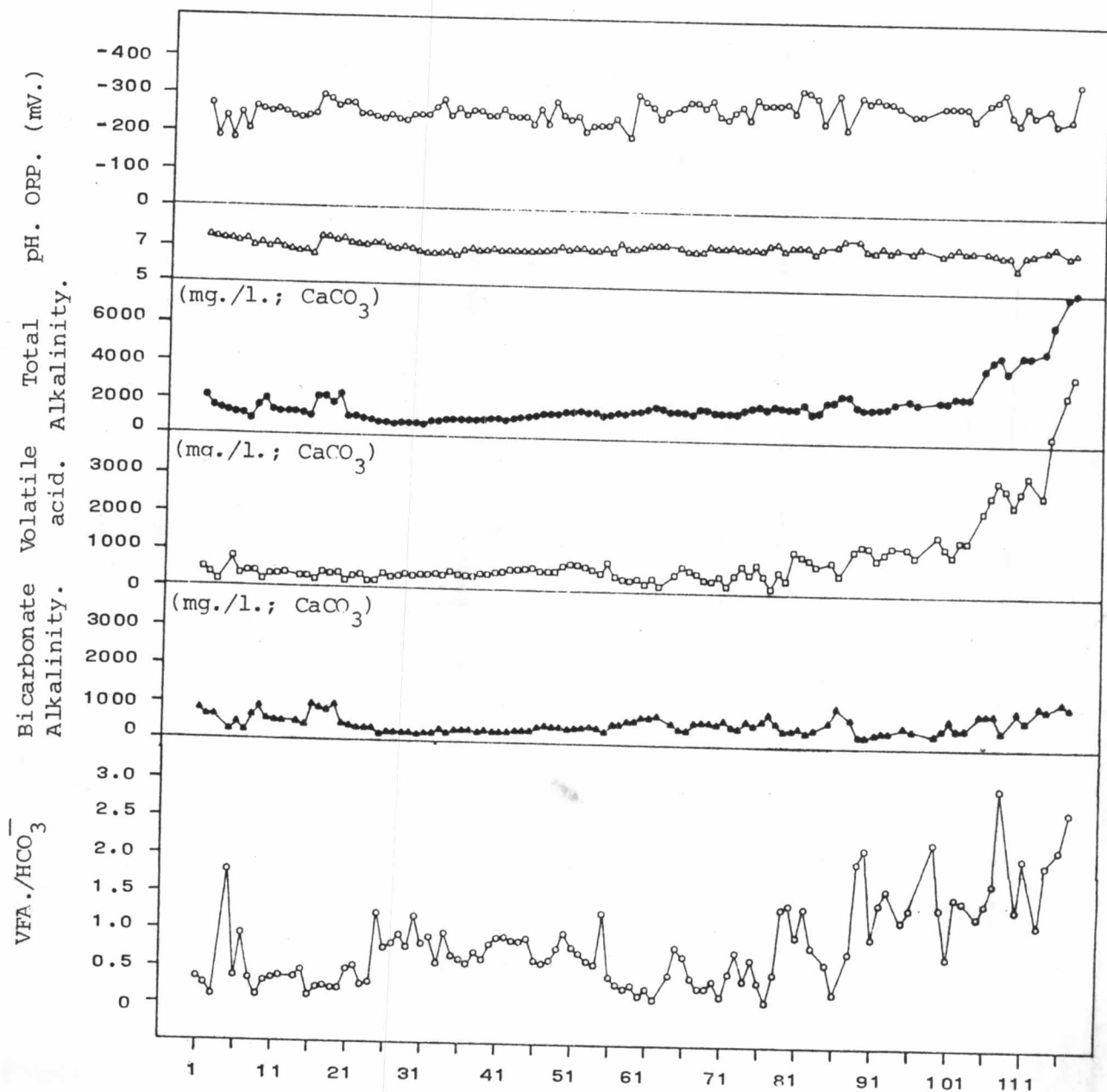
ที่ค่อนข้างแข็งแรง เพราะเป็นตะกอนเซลล์ที่สร้างขึ้นมาจากตะกอนเซลล์ต่ำ ๆ ถ้าการ Start up of Anaerobic Filter สำเร็จระบบจะสามารถทนต่อการเพิ่มออร์แกนิกโหลดคั่ง และสิ่งแฉะลุ่มอื่น ๆ เช่น พีเอช อุณหภูมิฯ กว่าระบบถังหมักแบบธรรมดา (Conventional Completely mix anaerobic digester) มาก

4.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของถังหมัก

4.2.1 ถังกรองที่มีตัวกลางเต็มถัง

จากภาพที่ 4.1-4.6 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมีของถังกรองที่มีตัวกลางเต็มถัง พิจารณาจากค่า ORP. ที่วัดได้ในถังกรอง ที่กั้นถังกรอง ณ ตำแหน่ง 1.1 จะเป็นบริเวณที่วัดได้ต่ำกว่าจุดอื่น ๆ ภายในถังกรองและน้ำทิ้งตลอดการทดลอง ซึ่งเป็นเครื่องยืนยันได้ว่ามีอัตราการย่อยสลายสูงบริเวณกั้นถังกรอง เมื่อแบคทีเรียในถังกรองสามารถเคยชินกับน้ำเสียและสิ่งแฉะลุ่มของถังกรองสามารถวัดค่า ORP. ได้เฉลี่ยประมาณ -280 ถึง -300 มิลลิโวลต์ (E_h) สำหรับค่าพีเอชที่วัดได้ในถังกรองแล้วพบว่ามีเฉพาะจุดต่ำสุดที่ตำแหน่ง 1.1 เท่านั้นที่จะวัดค่าได้ต่ำกว่าจุดอื่น ๆ เล็กน้อยตลอดการทดลอง

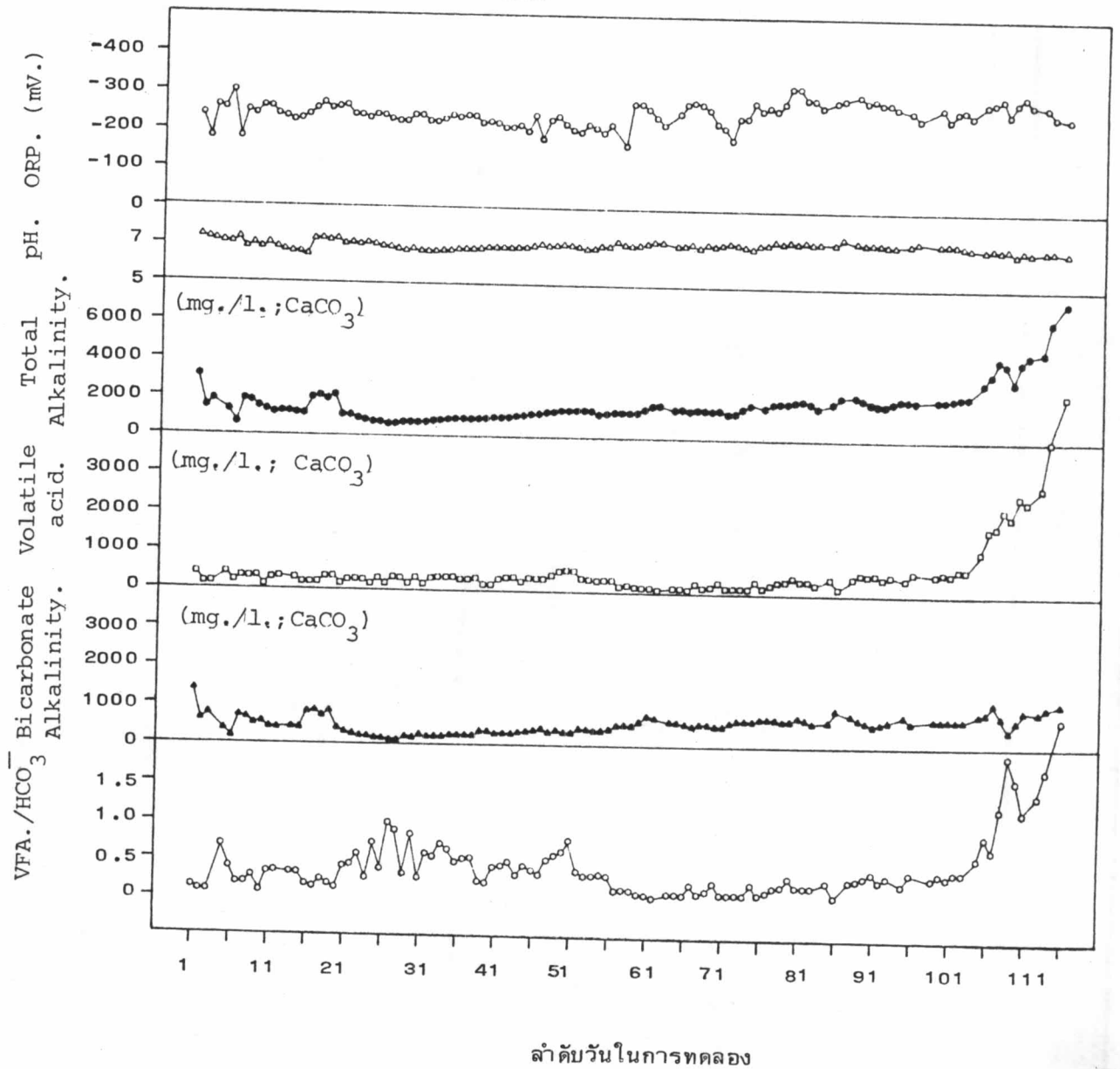
สำหรับสภาพความเป็นด่างในถังกรองวัดได้สูงบริเวณกั้นถัง ในสภาวะที่ถังกรองทำงานได้ก็มีสภาพความเป็นด่างเฉลี่ยประมาณ 1500-2000 มก./ล. ($CaCO_3$) จะเห็นได้ว่าปริมาณสภาพความเป็นด่างจะมากขึ้นตามปริมาณของไบคาร์บอเนตที่อยู่ในส่วนประกอบของน้ำเสีย พารามิเตอร์ที่นับว่าสำคัญที่สุดของการควบคุมการทำงานของถังกรองคือการเปลี่ยนแปลงปริมาณของกรดไวลาไทล์ จากการเพิ่มโหลดอย่างต่อเนื่องทำให้ปริมาณของกรดไวลาไทล์ค่อย ๆ สะสมในถังกรอง แสดงว่าอัตราการย่อยสลายของขบวนการสร้างมีเทนยังไม่ทันขบวนการผลิตกรดเมื่อเปรียบเทียบกับภายในถังกรองแล้วที่บริเวณกั้นถังกรองวัดปริมาณกรดไวลาไทล์สูงกว่าจุดอื่น ๆ และค่าที่วัดได้จะค่อย ๆ ลดลงตามความสูงจนเหลือในน้ำทิ้งต่ำสุด



ลำดับวันในการทดลอง

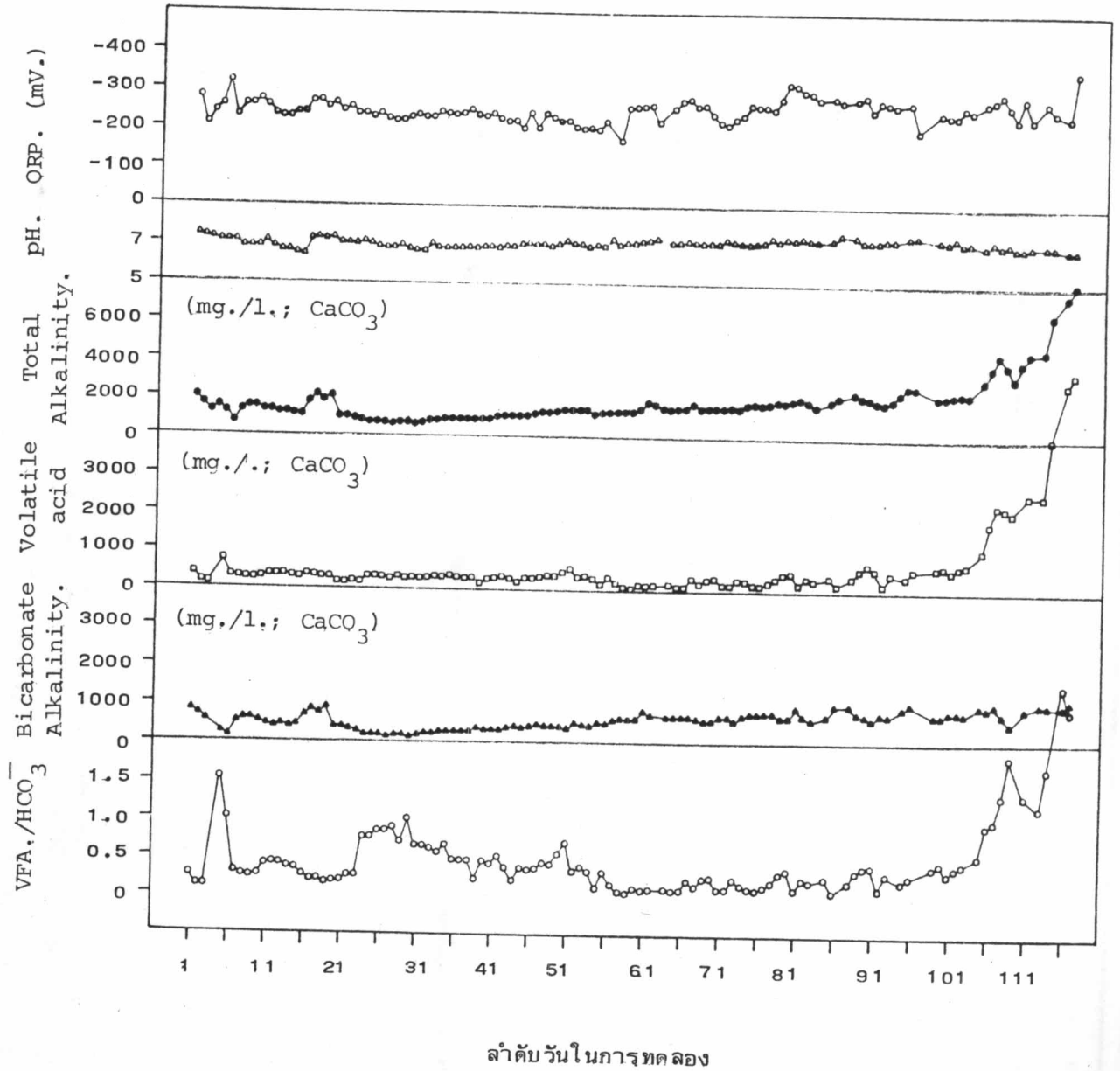
ภาพที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ. ตำแหน่ง 1.1

(15 ชม. จากกันถึงกรอง) สำหรับถัง กรอง ไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลาง เคมีถึง



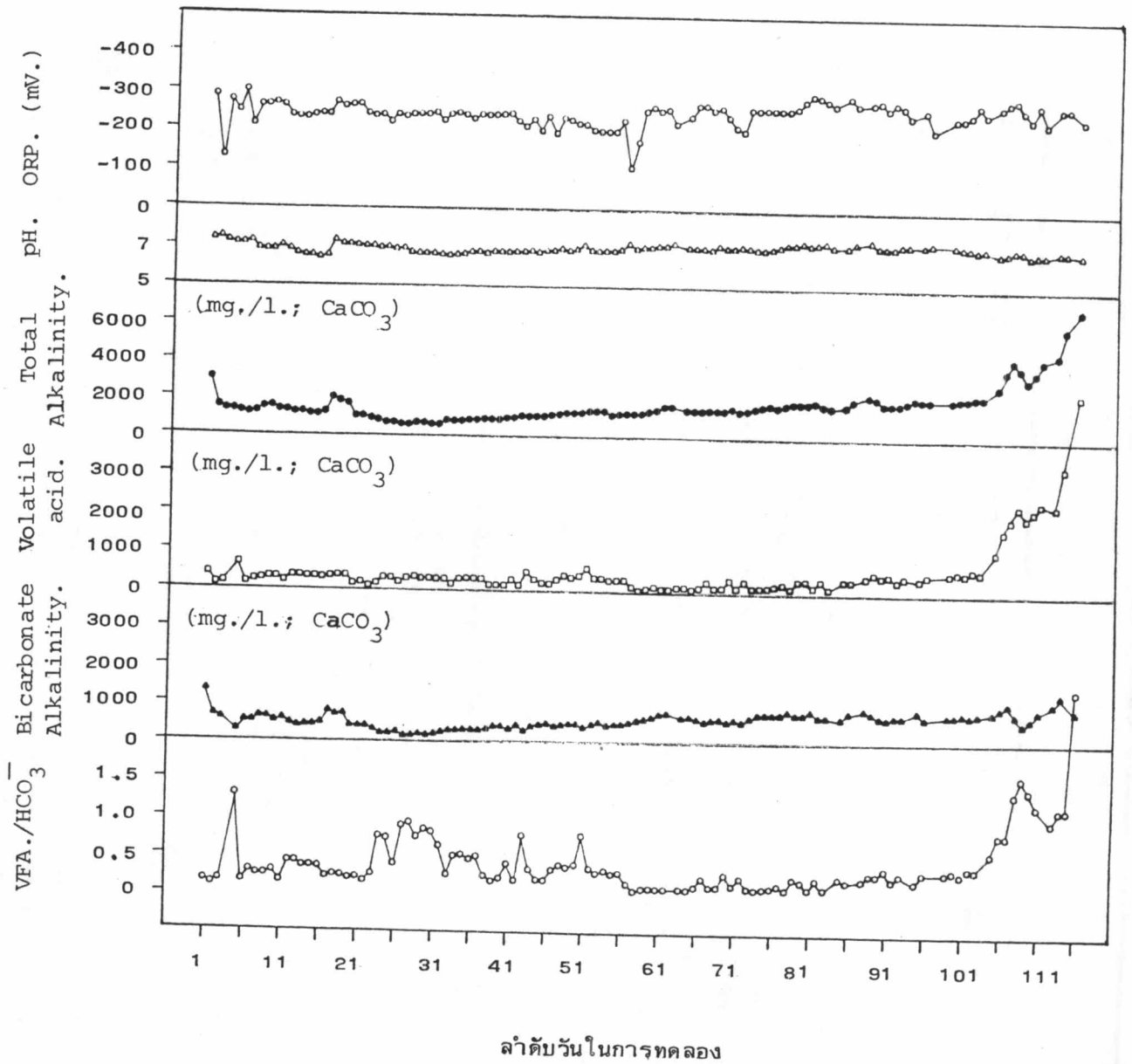
ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ. ตำแหน่ง 1.2

(30 ชม. จากกั้นถังกรอง) ล่ำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลาง เต็มถึง

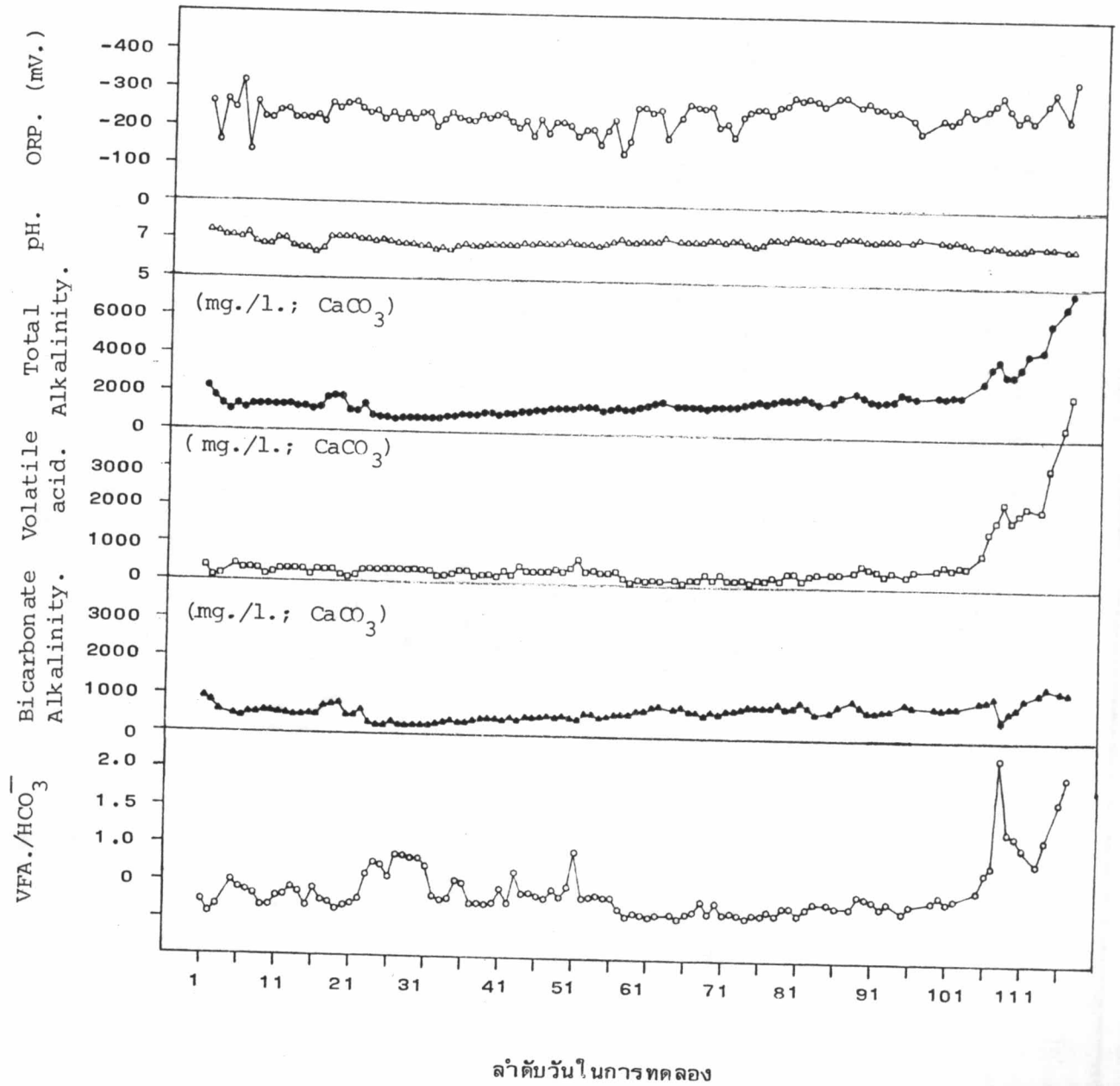


ภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ. ตำแหน่ง 1.3

(45 ชม. จากกันถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่ติดตั้งเต็มถัง

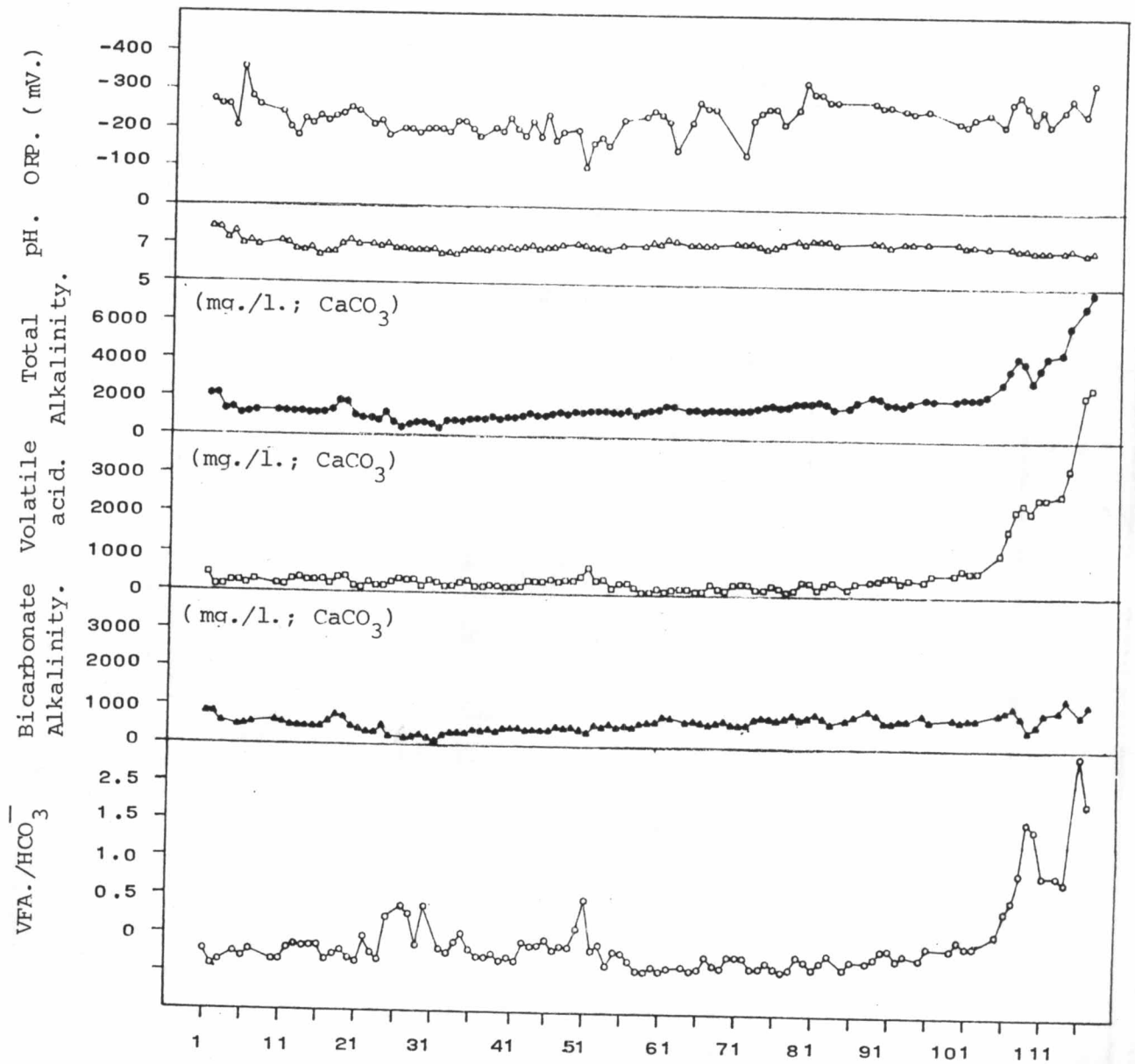


ภาพที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 1.4 (75 ชม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางเดิมถึง



ภาพที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ. ตำแหน่ง 1.5

(105 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางเต็มถัง



ลำดับขั้นในการทดลอง

ภาพที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ. ตำแหน่งของน้ำทิ้ง
สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางเติมถัง

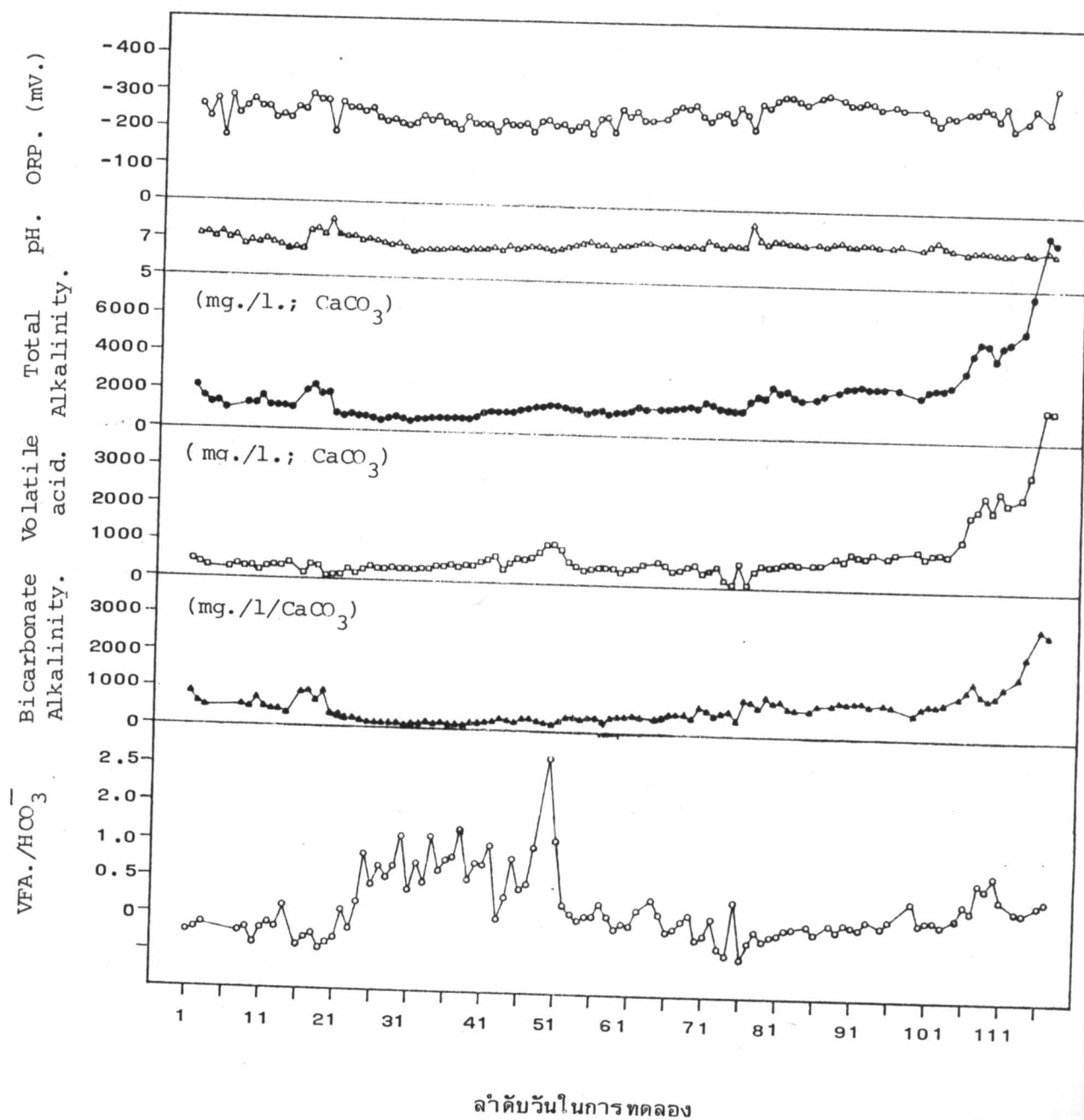
4.2.2 ถังกรองที่มีตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรอง

จากภาพที่ 4.7-4.12 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมีของถังกรองตำแหน่งความสูงต่าง ๆ ในถังกรองที่มีตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรอง สำหรับถังกรองตัวนี้วัด ORP. ที่กันถังและน้ำทิ้งต่ำกว่าจุดอื่น ๆ ในถังกรอง ที่บริเวณกันถังวัดได้ต่ำเพราะเป็นจุดหนึ่งที่มีการสะสมของตะกอน เซลล์แค้ในน้ำทิ้งจะเกิดจากตะกอนเซลล์บางส่วนซึ่งไหลลัดวงจรมาสะสมบริเวณได้ฝาถังกรองเกิดการย่อยสลายอีกครั้งหนึ่ง ORP. ที่วัดได้เฉลี่ยสำหรับถังกรองตัวนี้จะสูงกว่าถังกรองที่มีตัวกลางเต็มถึงเล็กน้อย สำหรับค่าพีเอชก็เช่นเดียวกับถังกรองตัวแรกกล่าวคือ ตลอดถังกรองไม่ค่อยพบความแตกต่างกันมากนัก โดยมีจุดที่ 2.1 จะต่ำกว่าจุดอื่น ๆ เล็กน้อยตลอดการทดลอง ค่าพีเอชวัดได้เฉลี่ยประมาณ 6.8-7.1

จากข้อสันนิษฐานข้างต้นจากการดูลักษณะค่า ORP. ก็สอดคล้องกับปริมาณของกรดเวลาไหลที่วัดได้จากถังกรอง สังเกตได้ว่าปริมาณนอกจากจะวัดได้สูงที่บริเวณกันถังกรองแล้วแต่ยังวัดได้สูงอีกครั้งในน้ำทิ้ง เพราะตะกอนเซลล์แบคทีเรียที่สะสมอยู่ใต้ฝาครอบถังกรองจะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์อีกครั้งหนึ่งแต่ยังไม่ทันครบขบวนการก็ต้องหลุกมากับน้ำทิ้งออกจากถังกรองโดยทั่วไปแล้วค่าปริมาณกรดเวลาไหลในระบบจะค่อย ๆ สะสมตามการเพิ่มออร์แกนิกโหลดตั้งให้กับระบบ เช่นเดียวกับสภาพความเป็นค่าไบคาร์บอเนตของระบบที่ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามปริมาณไบคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้นในส่วนประกอบของน้ำเสีย โดยจะไม่ค่อยพบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างที่เก็บจากตำแหน่งต่าง ๆ ภายในถังกรองและน้ำทิ้ง ในช่วงที่เครื่องกรองสามารถทำงานได้ดีมีค่าไบคาร์บอเนตเฉลี่ยประมาณ 1000-2000 มก./ล. (CaCO_3)

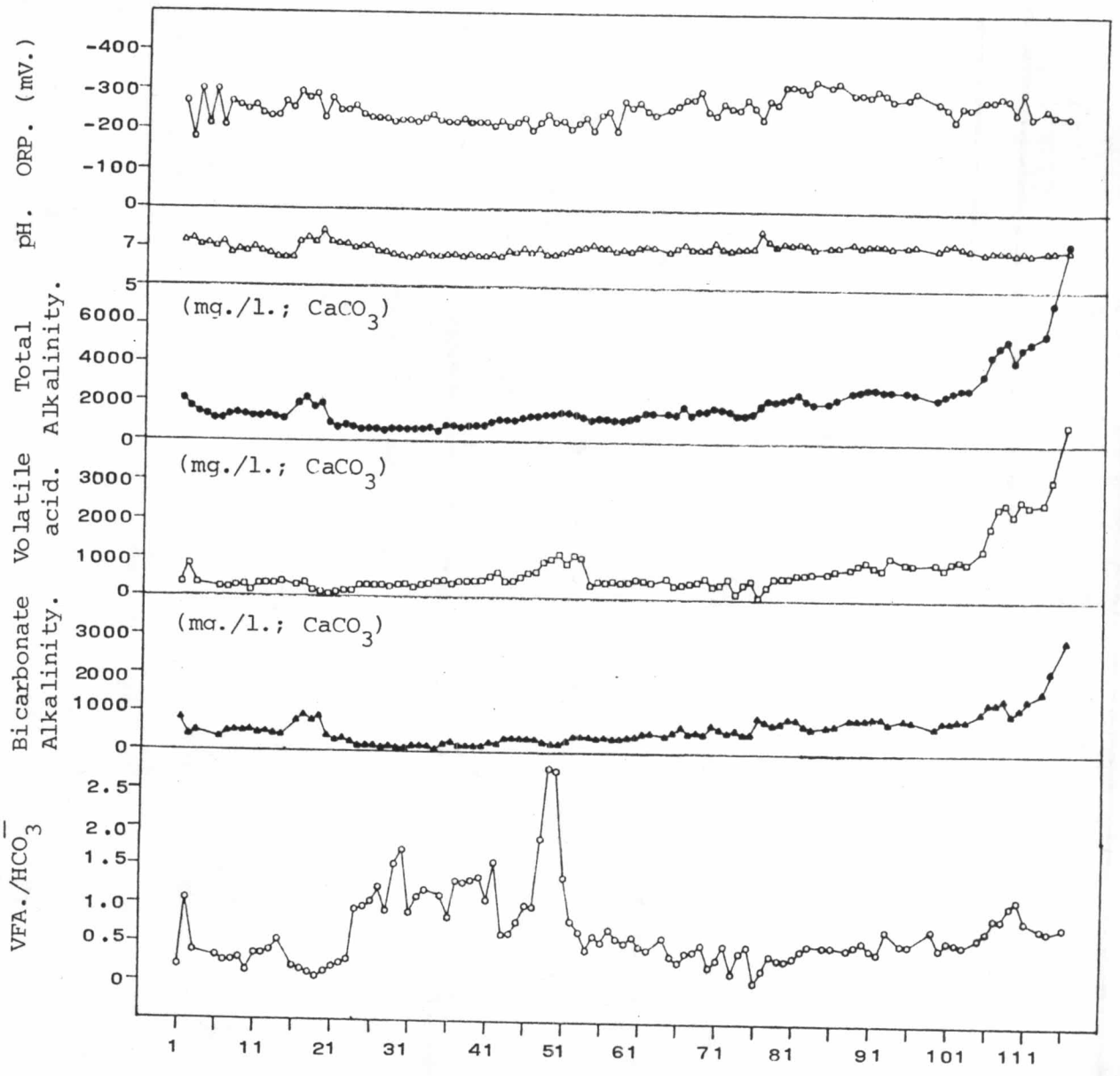
สำหรับอัตราส่วนของ $\text{VFA.}/\text{HCO}_3^-$ ก็เป็นพารามิเตอร์ที่อีกตัวหนึ่งซึ่งจะชี้ผลการทำงานของระบบ แต่อย่างไรก็ดีในบางช่วงของการทำงานของถังกรองซึ่งมีอัตราส่วนของ $\text{VFA.}/\text{HCO}_3^-$ ถึง 2.5 ก็ยังไม่ทำให้ระบบล้มเหลวอย่างสมบูรณ์แต่อย่างไร โดยเฉลี่ยสำหรับถังกรองตัวนี้ในช่วงที่ระบบทำงานได้อย่างคงที่มีค่าอัตราส่วน $\text{VFA.}/\text{HCO}_3^-$ เฉลี่ยประมาณ 0.7

เมื่อพิจารณาจากพารามิเตอร์ทางเคมีที่วัดได้จากตำแหน่งต่าง ๆ ภายในถังกรอง พอสันนิษฐานได้ว่า เมื่อชั้นตะกอนสลัดจ์บริเวณกันถังกรองนั้นมาจนถึงชั้นตัวกลางจะมีลักษณะการทำงานแบบการกวนสมบูรณ์ (Completely Mix)



ภาพที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ. ตำแหน่ง 2.1

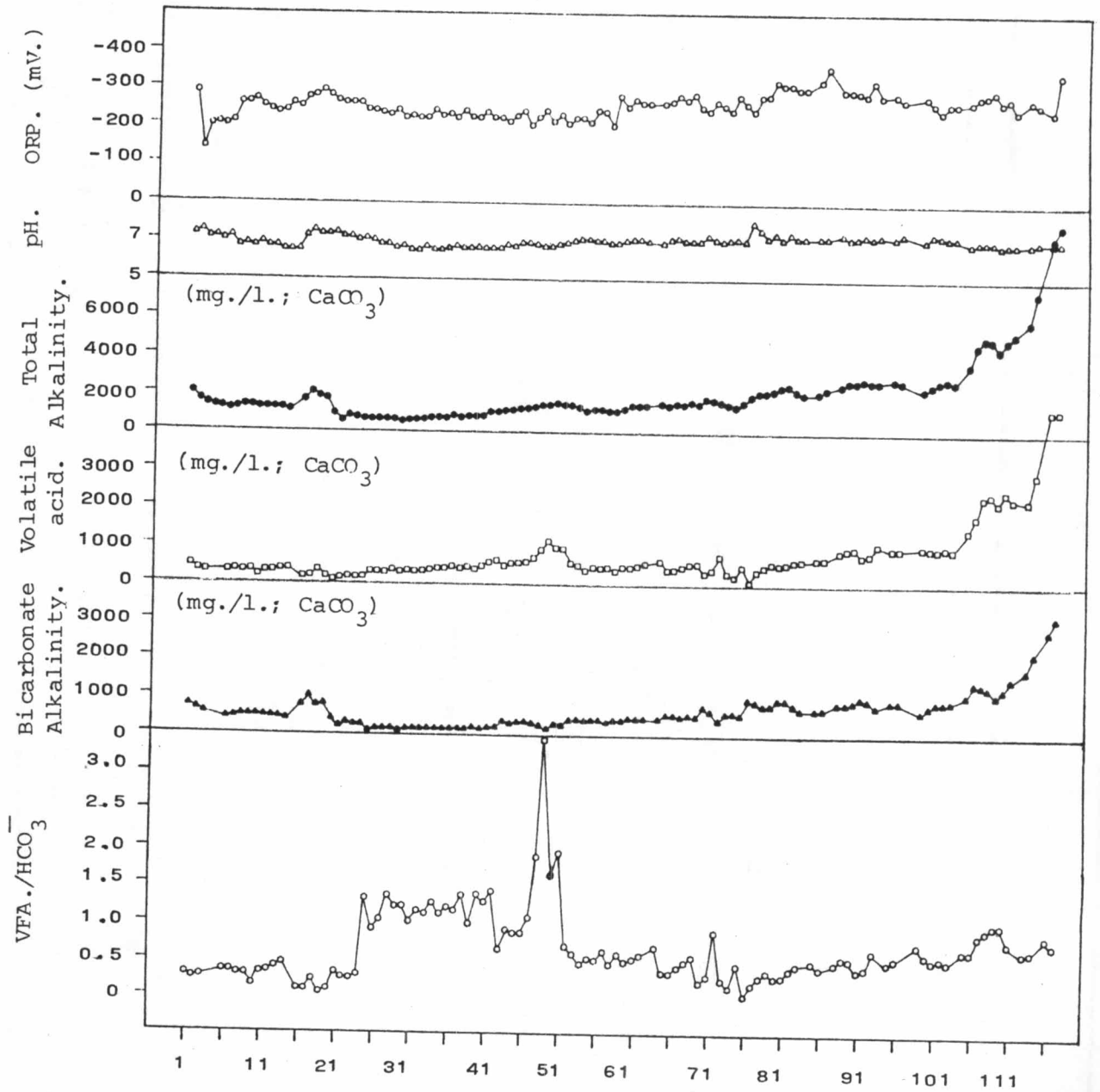
สำหรับ เครื่องกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรอง



ลำดับวันในการทดลอง

ภาพที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 2.2

สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรอง

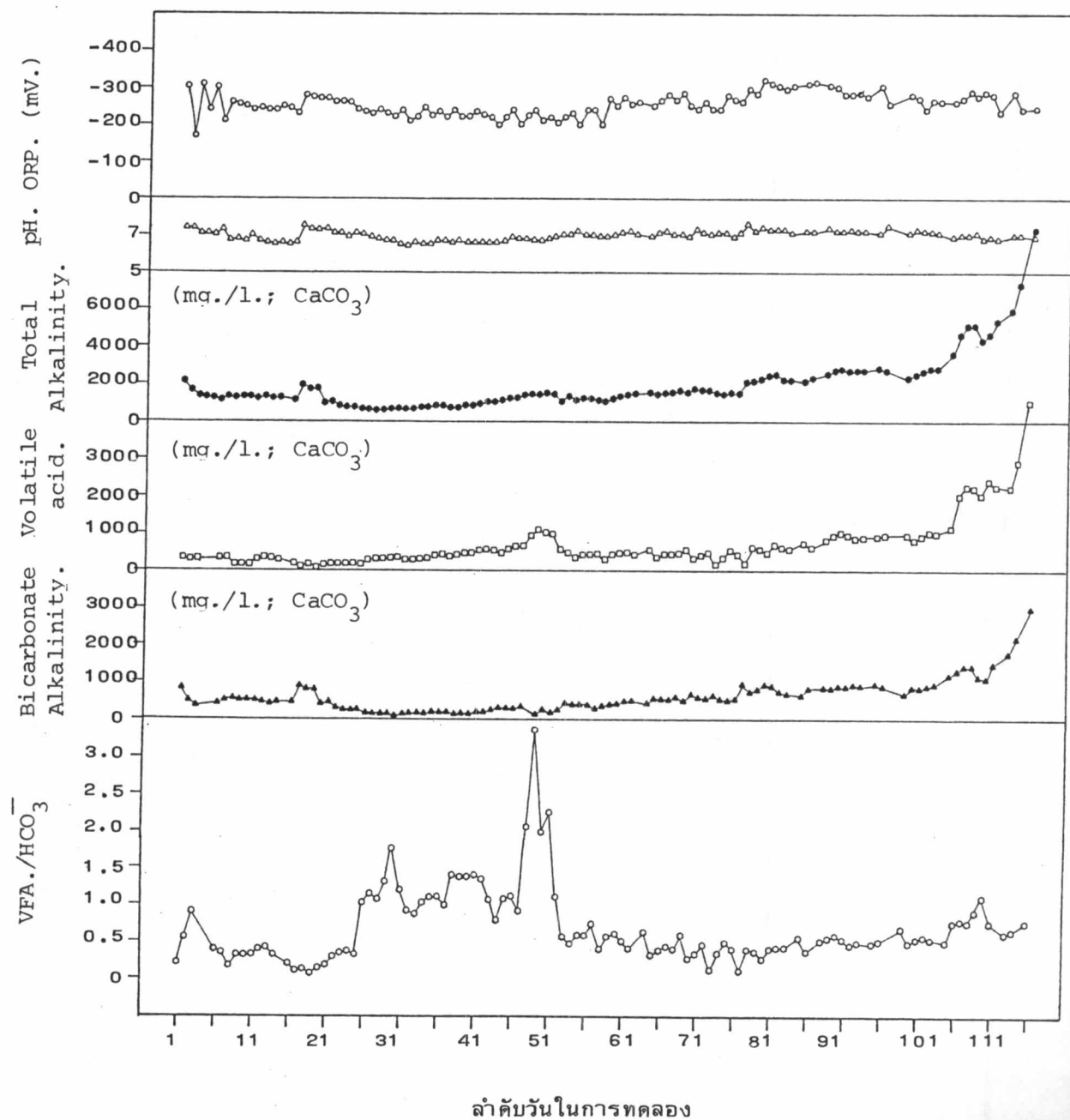


ลำดับวันในการทดลอง

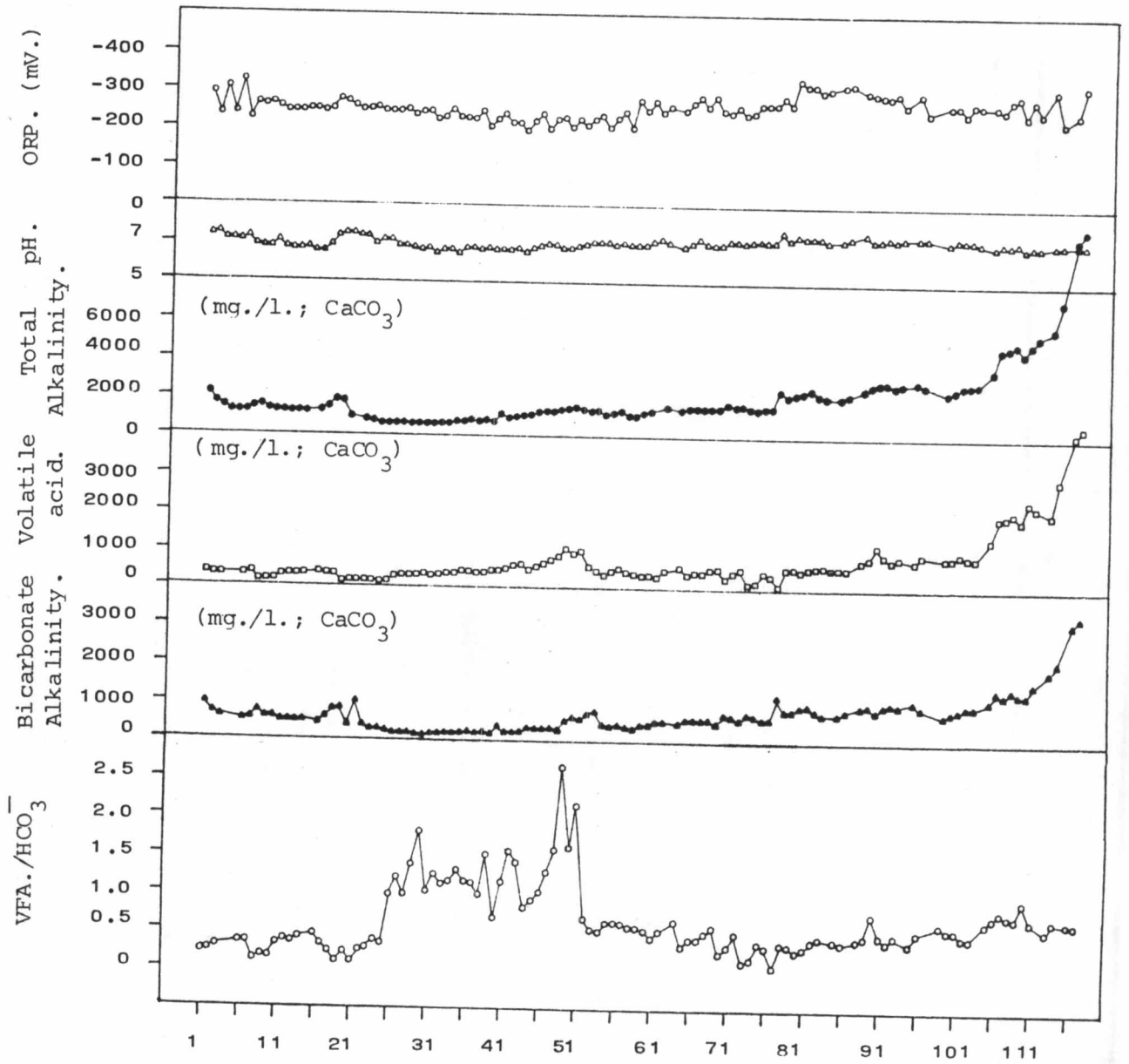
ภาพที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ. ตำแหน่ง 2.3

(45 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวลอย 25 %

ความสูงถังกรอง



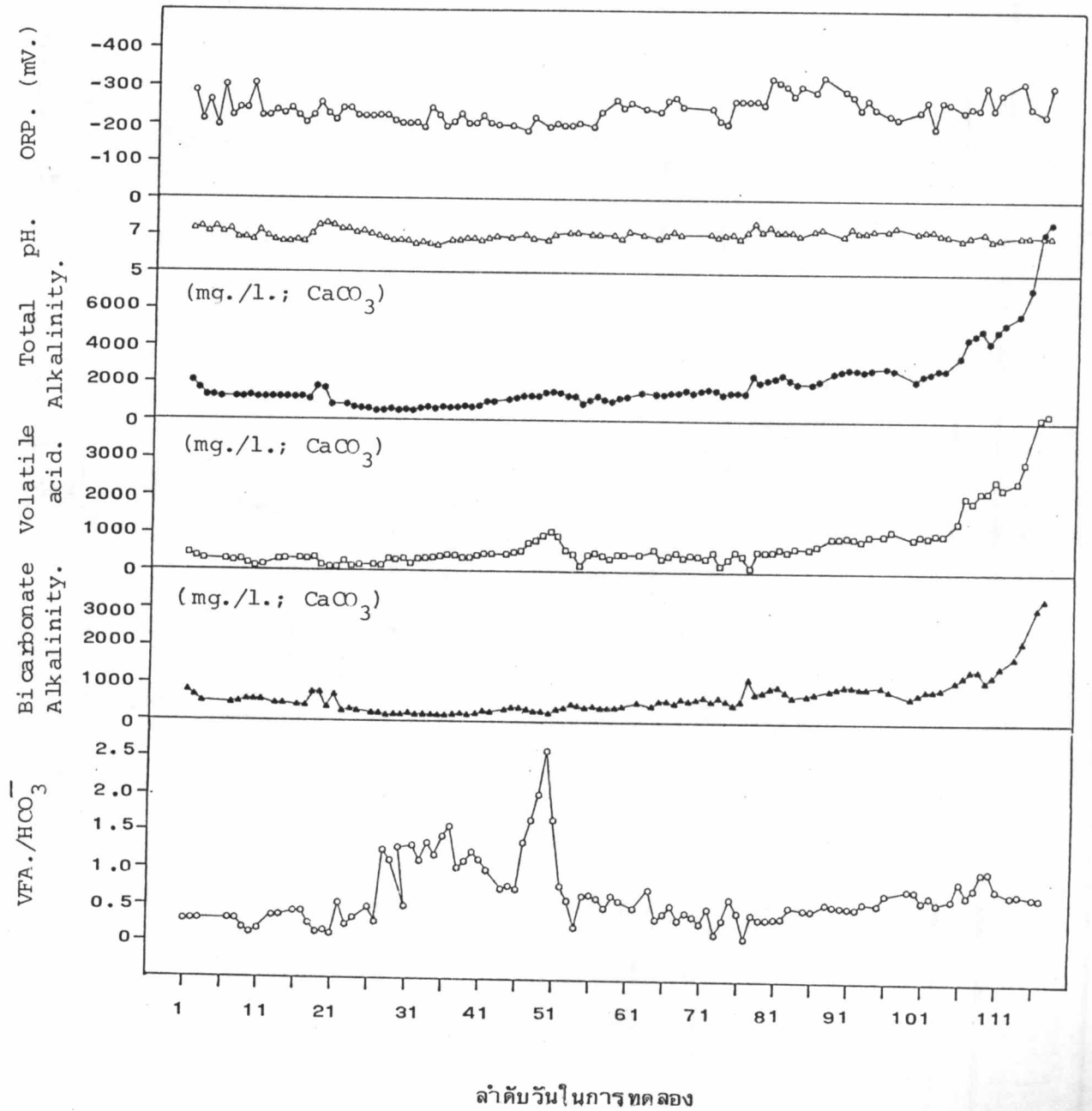
ภาพที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ. ตำแหน่ง 2.4
(75 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางลอย
25 % ความสูงถังกรอง



ลำดับวันในการทดลอง

ภาพที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ. ตำแหน่ง 2.5

(105 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรอง



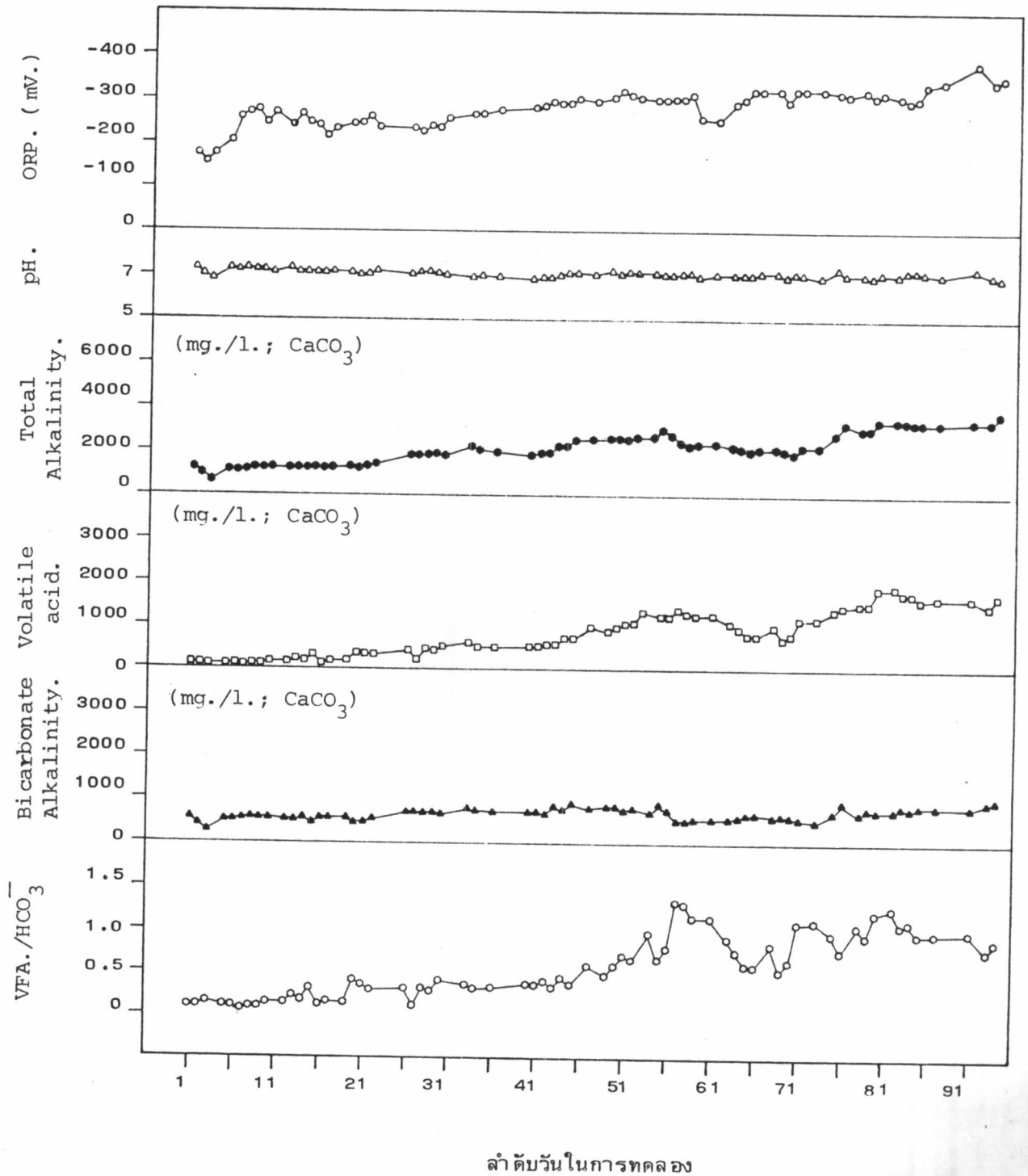
ภาพที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ. ตำแหน่งของน้ำทิ้ง
สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลาง ลอย 25 % ความสูงถังกรอง

4.2.3 ถังกรองที่มีชั้นตัวกลางลอยครึ่งถังกรอง

จากภาพที่ 4.13-4.18 แสดงการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมีของถังกรองที่ตำแหน่งความสูงต่าง ๆ ของถังกรองที่มีตัวกลางลอยครึ่งถัง สำหรับค่า ORP. ที่วัดได้จากถังกรองตัวนี้จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับถังกรองที่มีตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรองกล่าวคือ วัด ORP. ได้ค่าที่บริเวณก้นถังกรองและน้ำที่ทิ้ง คาดว่าตะกอนเซลล์แบคทีเรียจะสะสม ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในลักษณะเดียวกัน ORP. ที่วัดได้โดยเฉลี่ยประมาณ -230 ถึง -280 มิลลิโวลต์ (E_h) ค่าพีเอชในถังกรองจะไม่พบความแตกต่างกันระหว่างจุด ตลอดจนการทดลองจะคงที่ประมาณ 7.0 แต่โดยเฉลี่ยค่าพีเอชในน้ำทิ้งจะสูงกว่าภายในถังกรองเล็กน้อย สำหรับสภาพความเป็นด่างทั้งหมดของถังกรองจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามปริมาณการเพิ่มสารประกอบไบคาร์บอเนตให้กับถังกรองในน้ำเสีย แต่ไบคาร์บอเนตที่เหลือเป็นกำลังบัฟเฟอร์ (Buffer Capacity) ก่อนข้างที่ตลอดการทำงานของถังกรอง

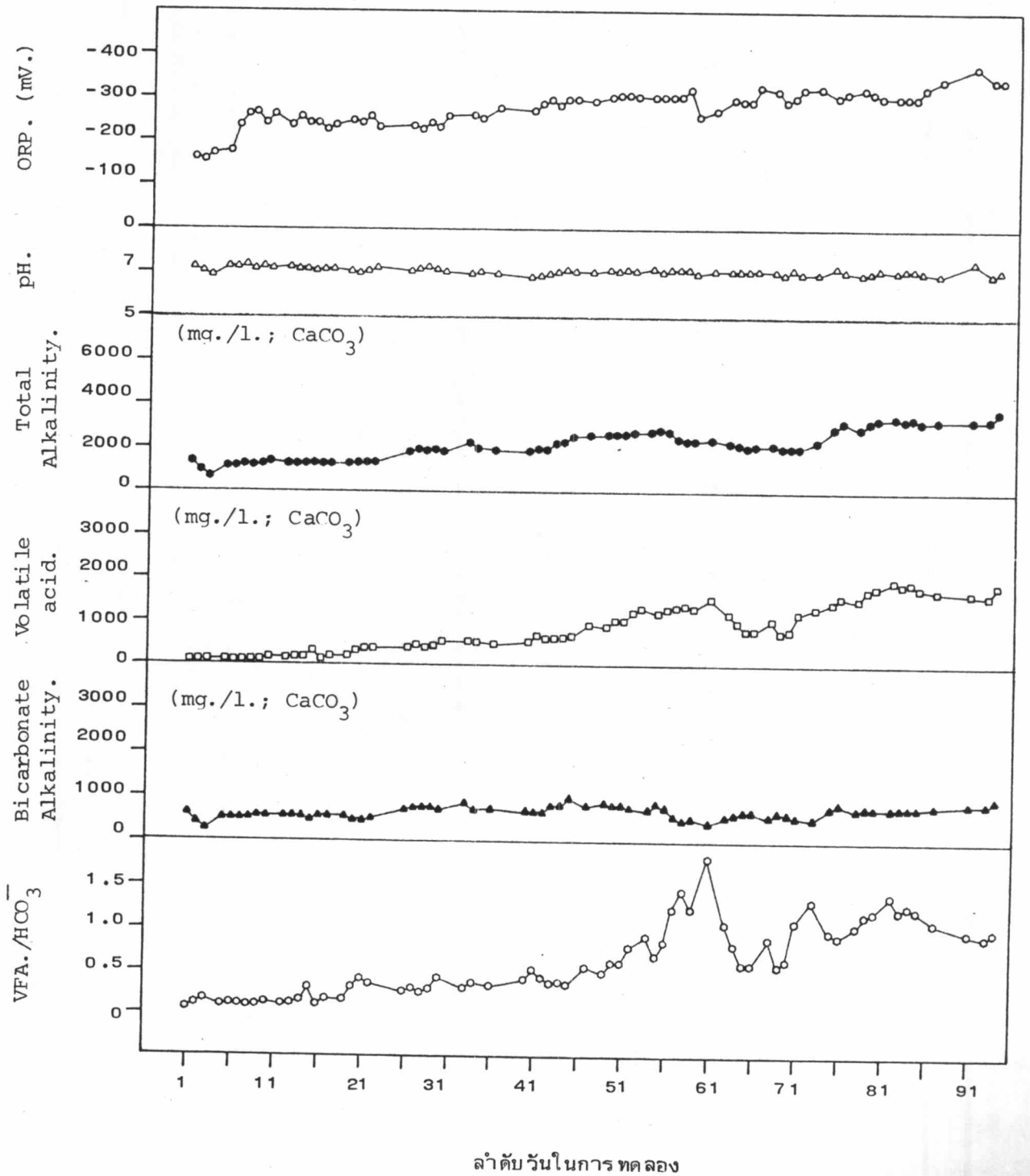
สำหรับปริมาณกรดเวลาไหลที่วัดได้ระดับความสูงต่าง ๆ ในถังกรองและน้ำทิ้ง ทำให้เห็นความแตกต่างอย่างเด่นชัดว่า การย่อยสลายสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่ได้เกิดเพียงเฉพาะก้นถังกรอง พฤติกรรมเช่นนี้มีลักษณะคล้าย ๆ กับถังกรองที่มีตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรองซึ่งเห็นได้ไม่ชัดเหมือนการทดลองสำหรับถังกรองที่มีตัวกลางลอยครึ่งถัง พอสันนิษฐานได้จากตำแหน่งการเก็บตัวอย่างรวมถึงความหนาของชั้นตัวกลางที่ลอยอยู่ในถังกรอง ค่าปริมาณกรดเวลาไหลสำหรับถังกรองตัวนี้วัดได้สูงสุดที่ตำแหน่ง 3.3 และน้ำทิ้งออกจากถังกรอง ซึ่งอาจจะสรุปได้ดังนี้

1. การย่อยสลายส่วนใหญ่ยังคงอยู่ที่บริเวณชั้นของตะกอนสลัดจ์บริเวณก้นถังกรอง แต่ในการทดลองยังวัดปริมาณกรดเวลาไหลยังไม่สูงนัก เพราะชั้นตะกอนยังสะสมไม่ถึงจุดเก็บตัวอย่างที่ 3.1
2. ที่บริเวณตำแหน่ง 3.3 ซึ่งสูงจากก้นถังกรอง 45 ซม. คาดว่าเป็นรอยต่อของชั้นตัวกลางภายในถังกรอง เพราะการที่ปล่อยให้ตัวกลางลอยอย่างอิสระในถังกรอง ตะกอนเซลล์แบคทีเรียที่หลุดลอยตามทิศทางการไหลของน้ำเสียและก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายบริเวณถังกรองจะสะสมหนาแน่นบริเวณชั้นรอยต่อของชั้นตัวกลาง ซึ่งเหตุการณ์เช่นนี้ก็ควรจะเกิดกับถังกรองที่มีตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรองด้วย แต่ไม่พบเพราะลักษณะตำแหน่งของจุดเก็บ



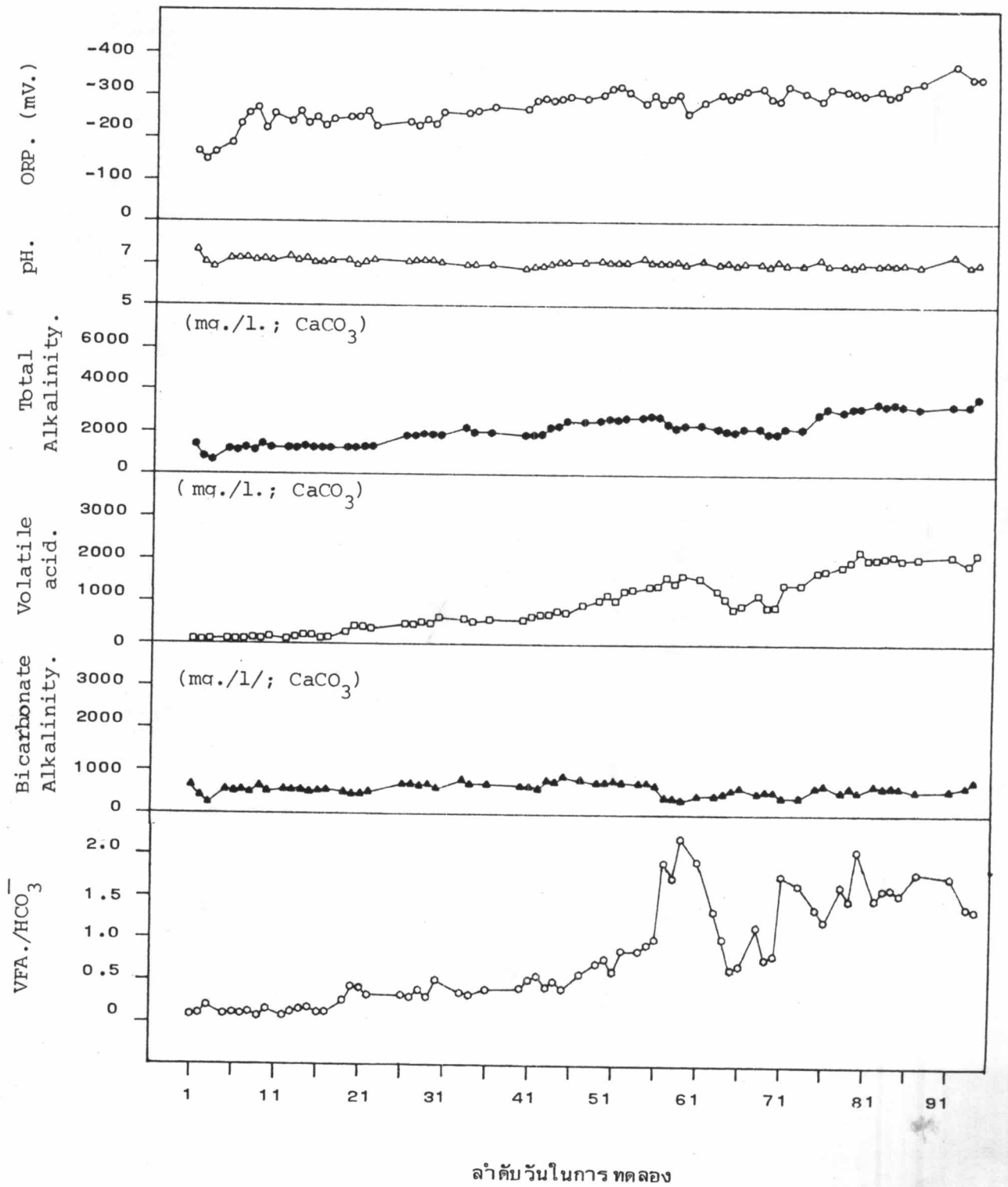
ภาพที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ. ตำแหน่ง 3.1

(15 ชม. จากกันตังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีชั้นตัวกลางลอย
ครึ่งถัง

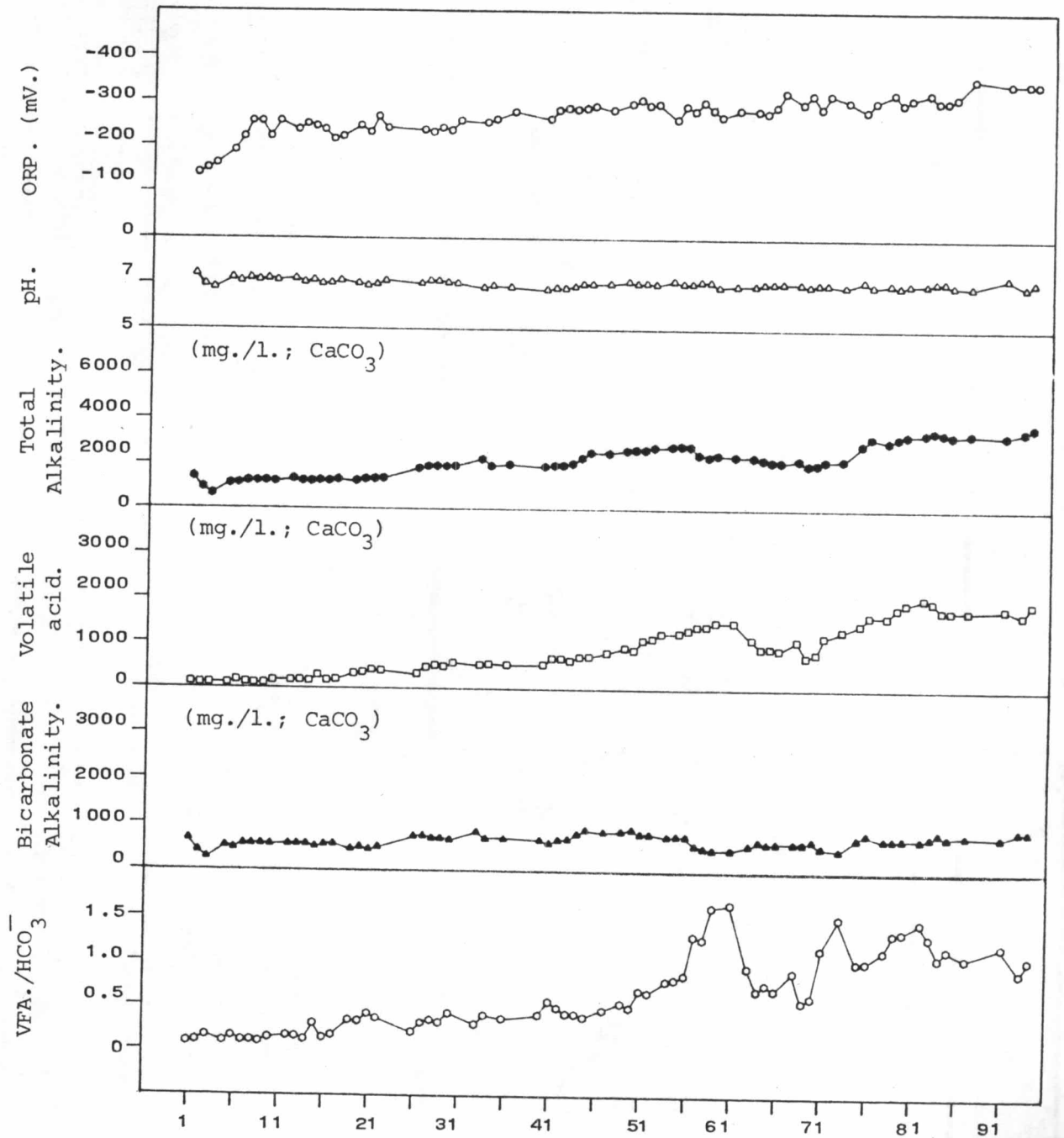


ภาพที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 3.2

(30 ชม. จากกันถังกรอง) สำหรับถัง กรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางลอย
ครึ่งถัง



ภาพที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ. ตำแหน่ง 3.3 (45 ซม. จากก้นถัง) สำหรับถัง กรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางลอย ครึ่งถัง

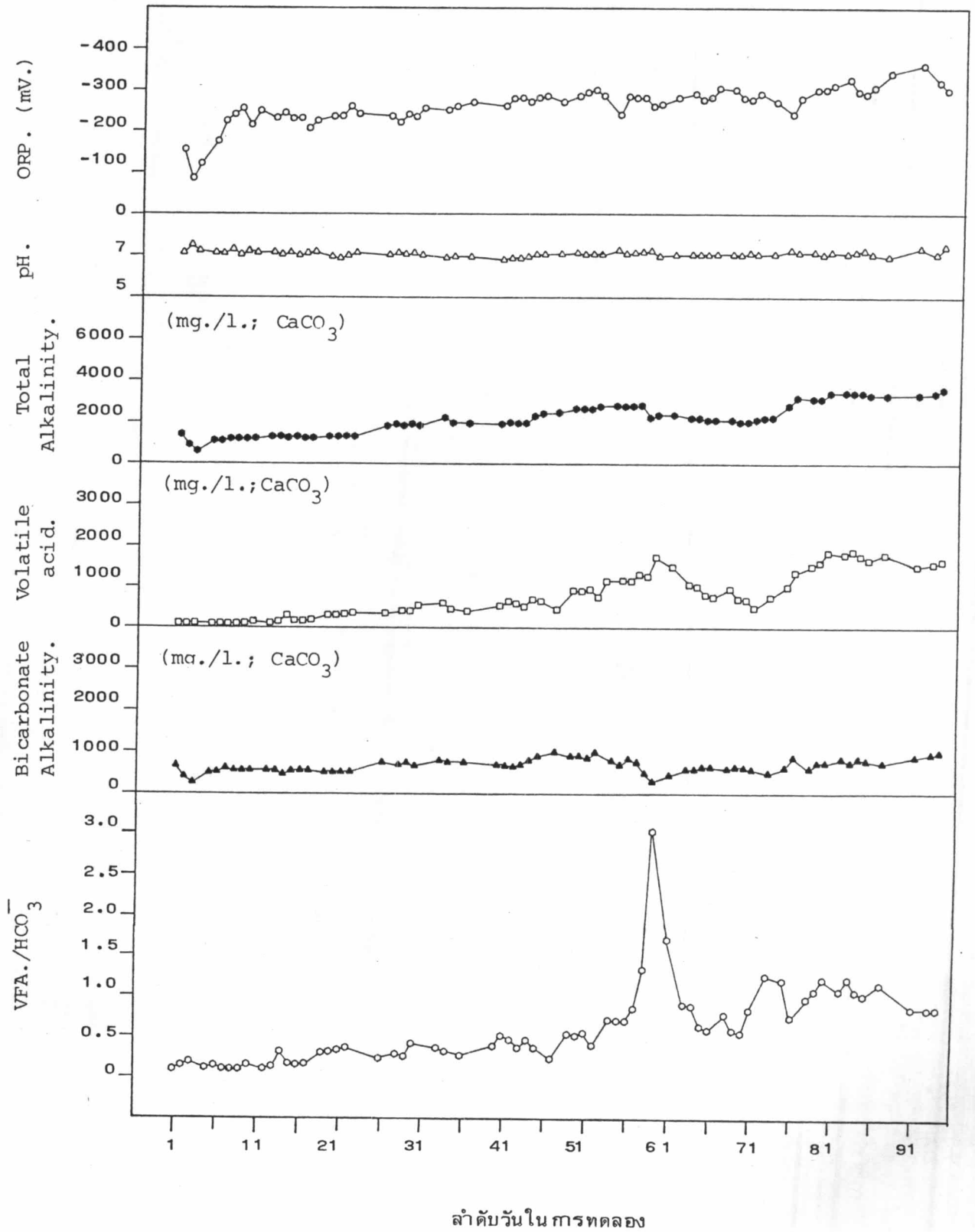


ลำดับวันในการทดลอง

ภาพที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ. ตำแหน่ง 3.4

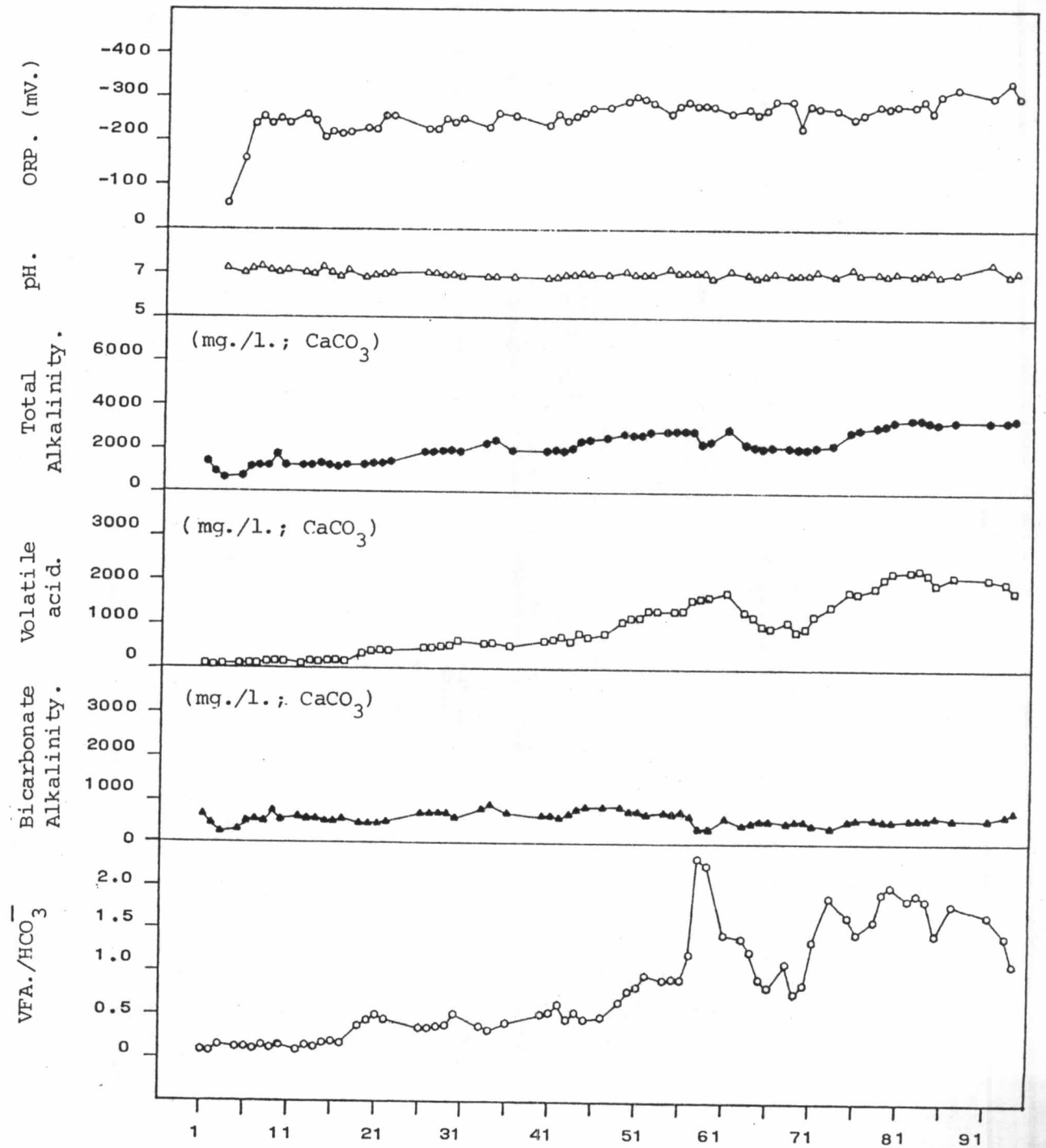
(75 ซม. จากกันถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางลอย

ครึ่งถัง



ภาพที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 3.5

(105 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถัง กรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางลอย
ครึ่งถัง



ลำดับวัน ในการทดลอง

ภาพที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่งของน้ำทิ้ง
สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางลอย ครึ่งถัง

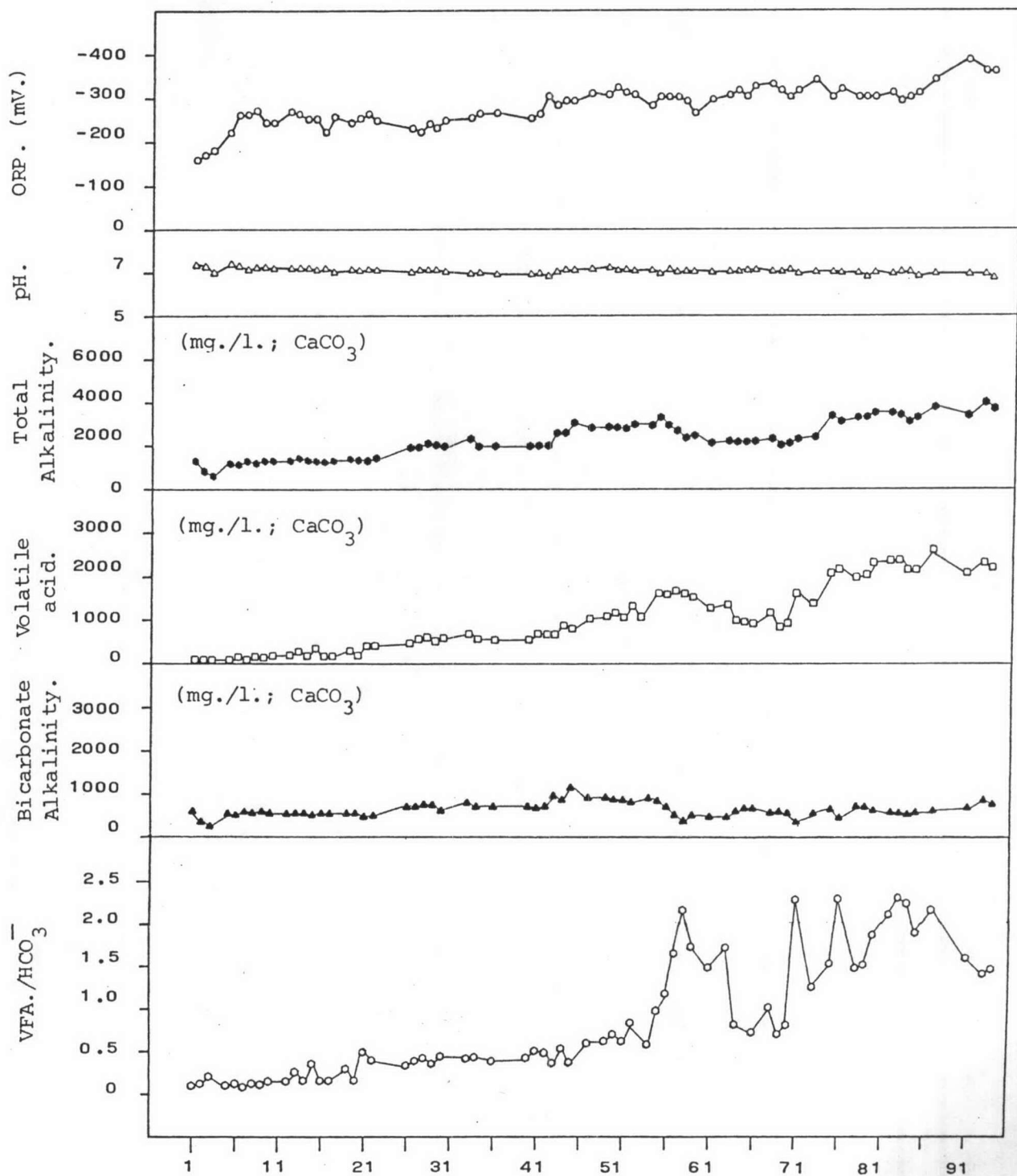
ตัวอย่างไม่ตรงกับบริเวณรอยต่อของชั้นตัวกลาง

3. สาเหตุที่วัดค่าปริมาณกรดไหลในน้ำทิ้งได้สูงกว่าอีก 2 จุดตอนบนของถังกรองและวัดได้ใกล้เคียงกับตำแหน่ง 3.3 อาจสันนิษฐานได้ว่าเกิดการการไหลลัดของน้ำเสียในถังกรองโดยไม่ผ่านชั้นตัวกลางเพราะถังกรองที่ใช้ไม่มีแหวนกัน (Baffle Ring) ประกอบกับความด้อยสมรรถภาพของจุดทางออกของถังกรอง ทำให้มีตะกอนเซลล์มาเกาะรวมตัวกันจนเป็นชั้นตะกอนอยู่บริเวณใต้ฝาครอบถังกรอง ในกรณีนี้ไม่เกิดขึ้นกับถังกรองที่มีตัวกลางเต็มถัง เพราะลักษณะการอัดแน่นของตัวกลางซึ่งสามารถจับตะกอนเซลล์ไว้ในระบบได้ดีกว่า

สำหรับอัตราส่วน $VFA./HCO_3^-$ จากตำแหน่งความสูงต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 4.13 ถึงภาพที่ 4.18 ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญอีกตัวหนึ่งที่ชี้ถึงเสถียรภาพของถังกรองสังเกตได้ว่า ในช่วง 50 วันแรกจากการเพิ่มออร์แกนิกโหลดตั้งอย่างต่อเนื่องทำให้ $VFA./HCO_3^-$ Ratio ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จาก 0.1-0.4 หลังจากระบบมีปัญหาเรื่องการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทำให้ถังกรองเริ่มเสถียรก็สังเกตเห็นได้ว่าอัตราส่วน $VFA./HCO_3^-$ จะเพิ่มขึ้นด้วยและอัตราส่วนนี้ก็กลับค่อย ๆ ลดลงในตอนปลายของการทดลองหลังจากที่ระบบกลับทำงานได้ดีขึ้น

4.2.4 ถังกรองที่มีชั้นตัวกลางจมครึ่งถังกรอง

จากภาพที่ 4.19-4.24 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมีของถังกรองที่มีตัวกลางจมครึ่งถังกรอง ในช่วงเริ่มบ่อน้ำเสียเข้าถังกรอง อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบยังต่ำมาก ค่า ORP. ที่วัดได้ยังคงสูง (ลบเข้าใกล้ศูนย์) ประมาณ -100 มิลลิโวลต์ (E_h) เพียง 6 วันของการบ่อน้ำเสียผ่านถังกรอง ค่า ORP. ในถังกรองกลับลดลงเป็น -250 มิลลิโวลต์ (E_h) เมื่อเปรียบเทียบกับในถังกรองแล้วจะเห็นว่าการย่อยสลายส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่บริเวณกันถังกรอง สังเกตได้ว่า ORP. ที่วัดได้ต่ำกว่าตำแหน่งอื่น ๆ ภายในถังกรองเมื่อถังกรองทำงานได้ดี วัด ORP. เฉลี่ยประมาณ -250 ถึง -300 มิลลิโวลต์, (E_h) สำหรับค่าพีเอชก็มีลักษณะเช่นเดียวกับอีก 3 การทดลองที่ผ่านมา กล่าวคือ ตลอดถังกรองค่อนข้างคงที่ที่ประมาณ 7.0 เช่นเดียวกับสภาพความเป็นด่างทั้งหมดของระบบจะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มไบคาร์บอเนตให้กับน้ำเสีย

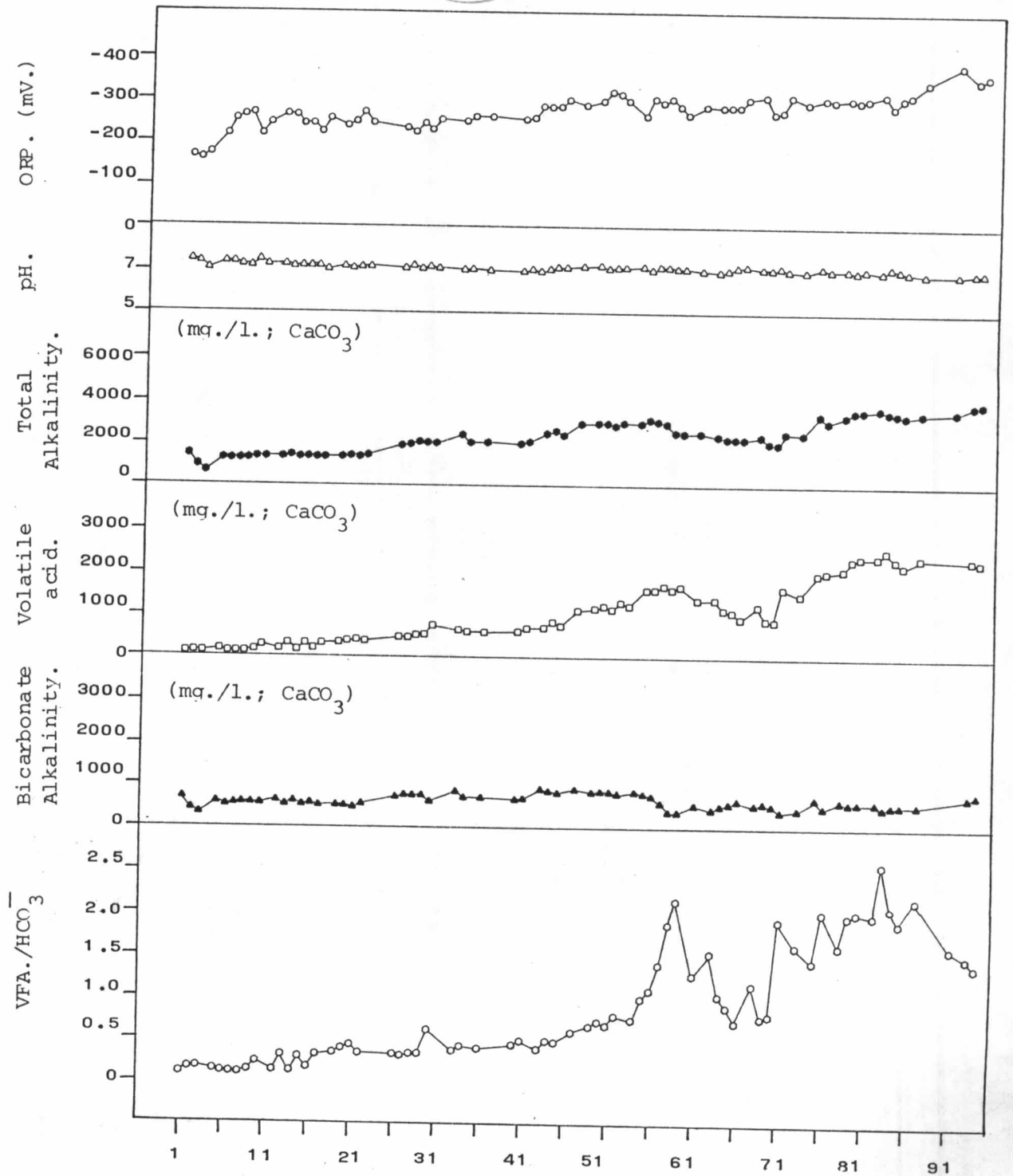


ลำดับวันในการทดลอง

ภาพที่ 4.19 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ. ตำแหน่ง 4.1

(15 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลาง

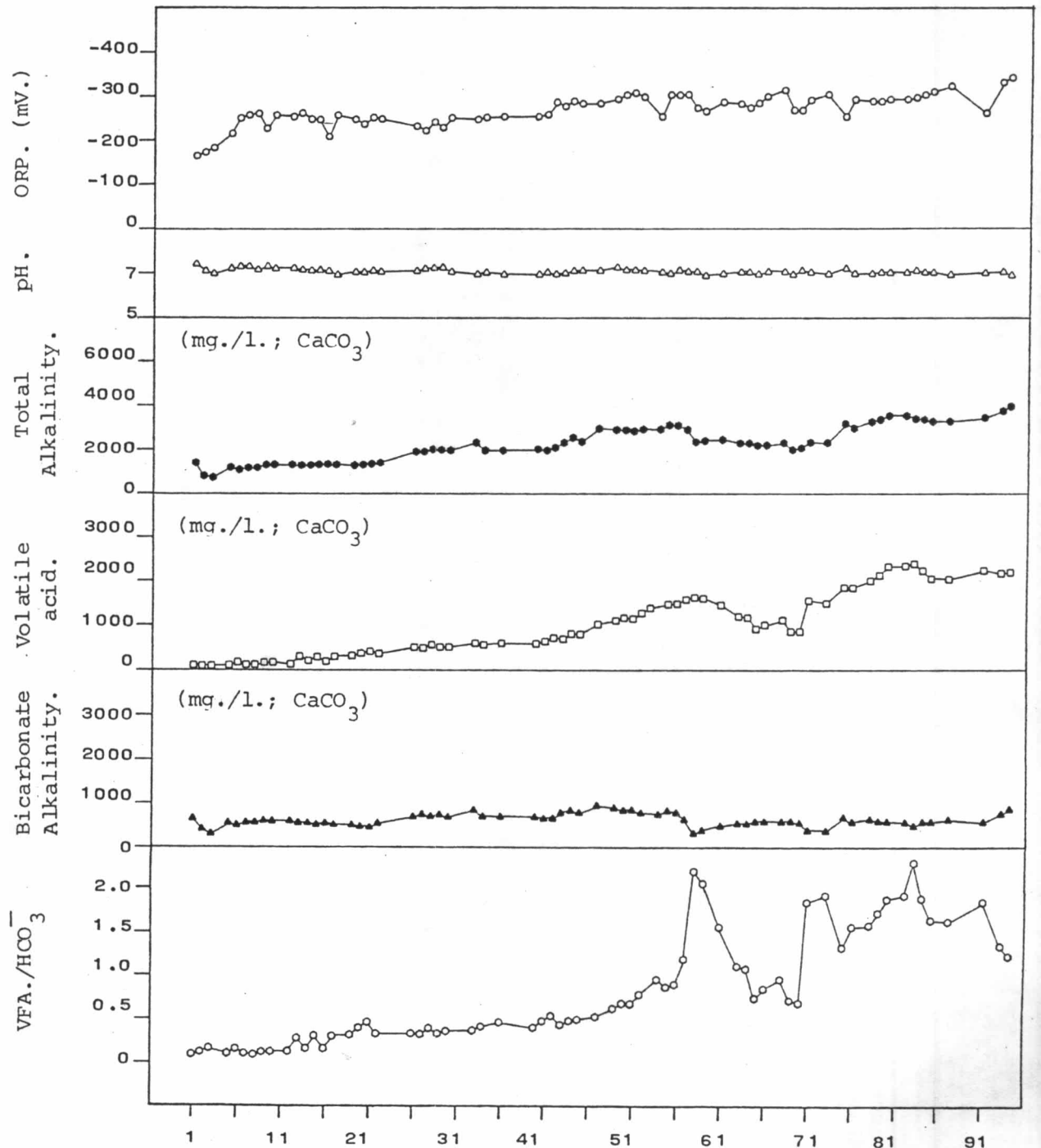
จมน้ำ



ลำดับวันในการทดลอง

ภาพที่ 4.20 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 4.2

(30 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับเครื่องกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลาง
จมครึ่งถัง

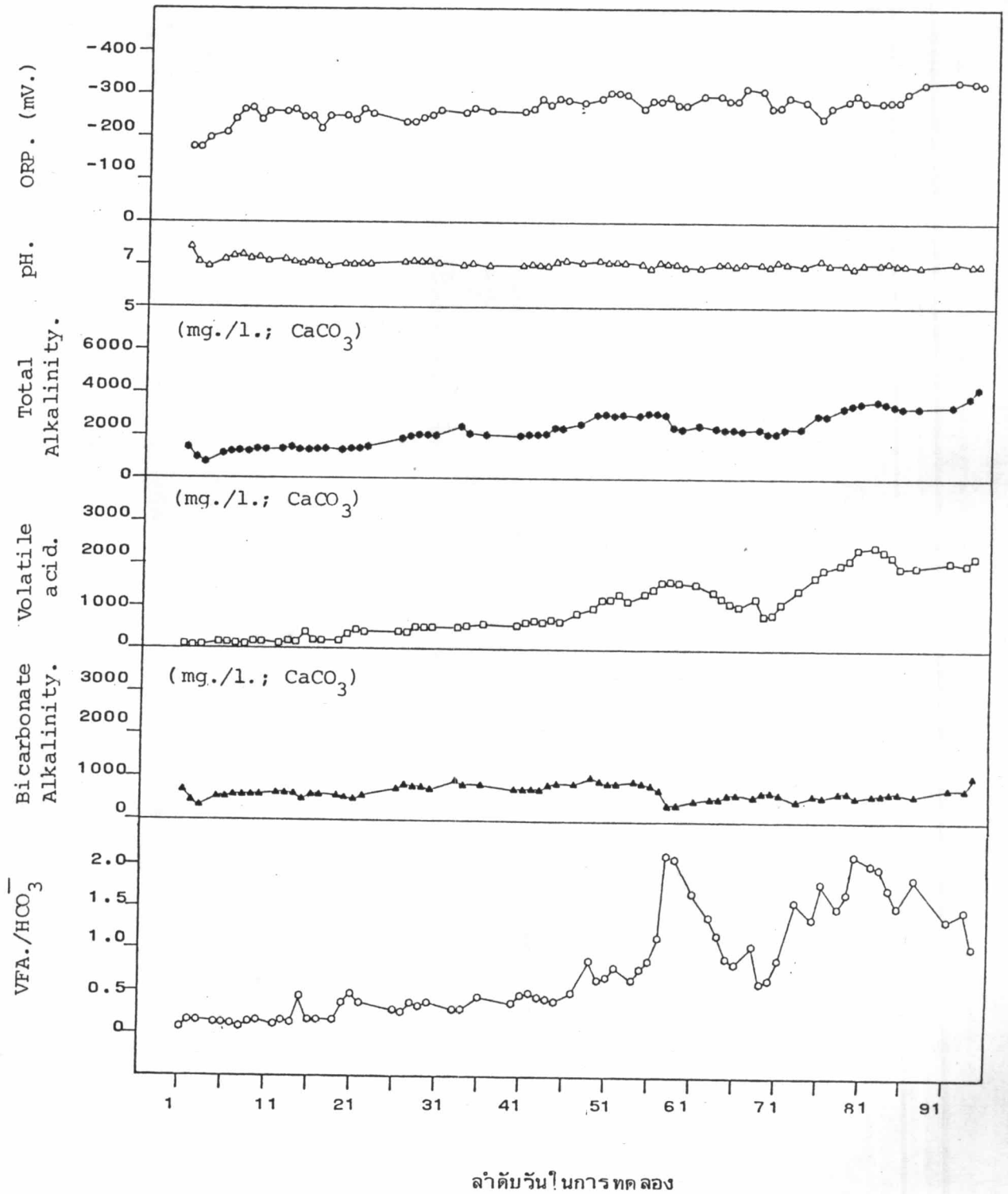


ลำดับวันในการทดลอง

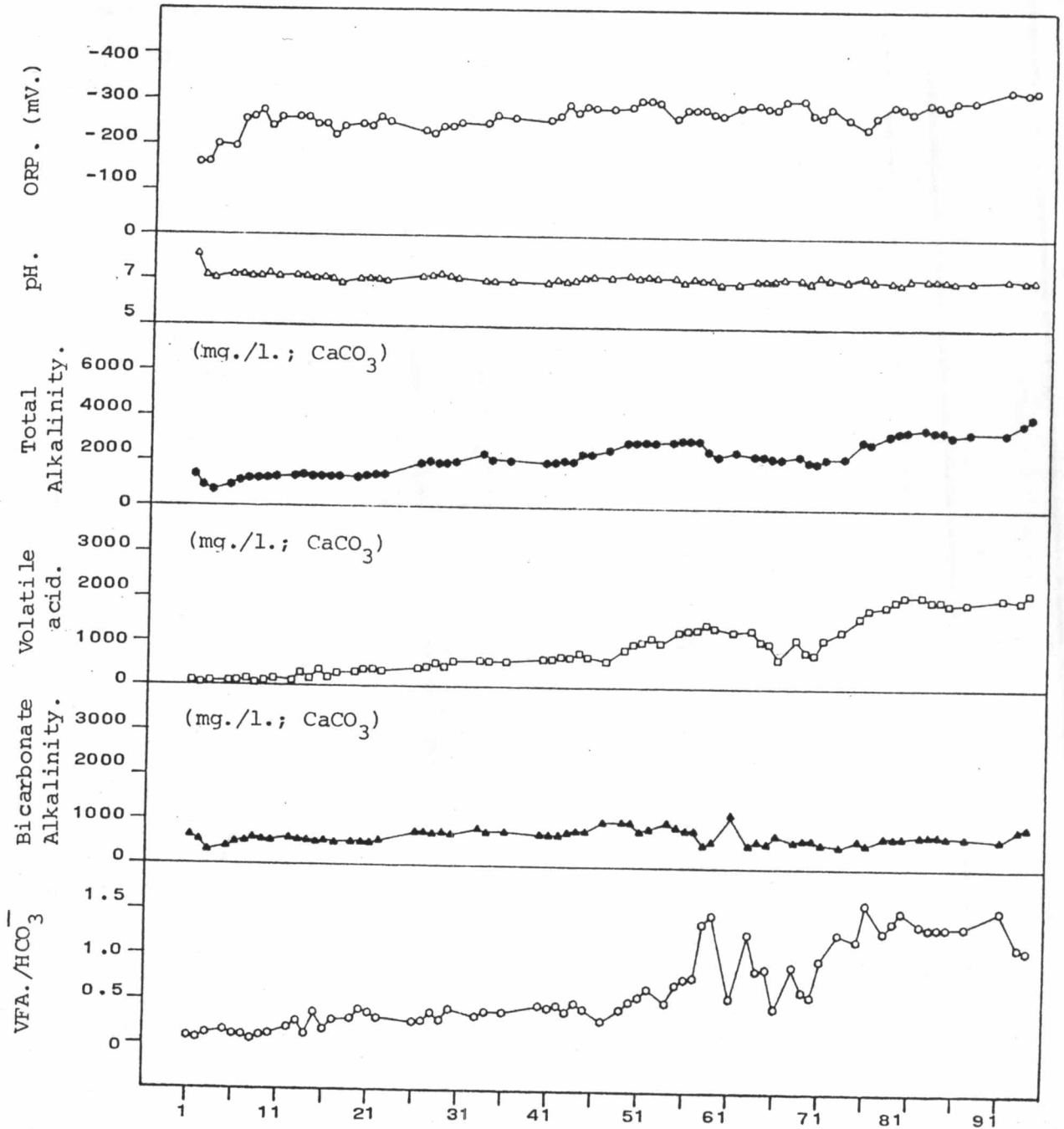
ภาพที่ 4.21 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 4.3

(45 ชม. จากก้นถัง กรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลาง

จมครึ่งถัง



ภาพที่ 4.22 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่ง 4.4 (75 ซม. จากก้นถังกรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางจมครึ่งถัง

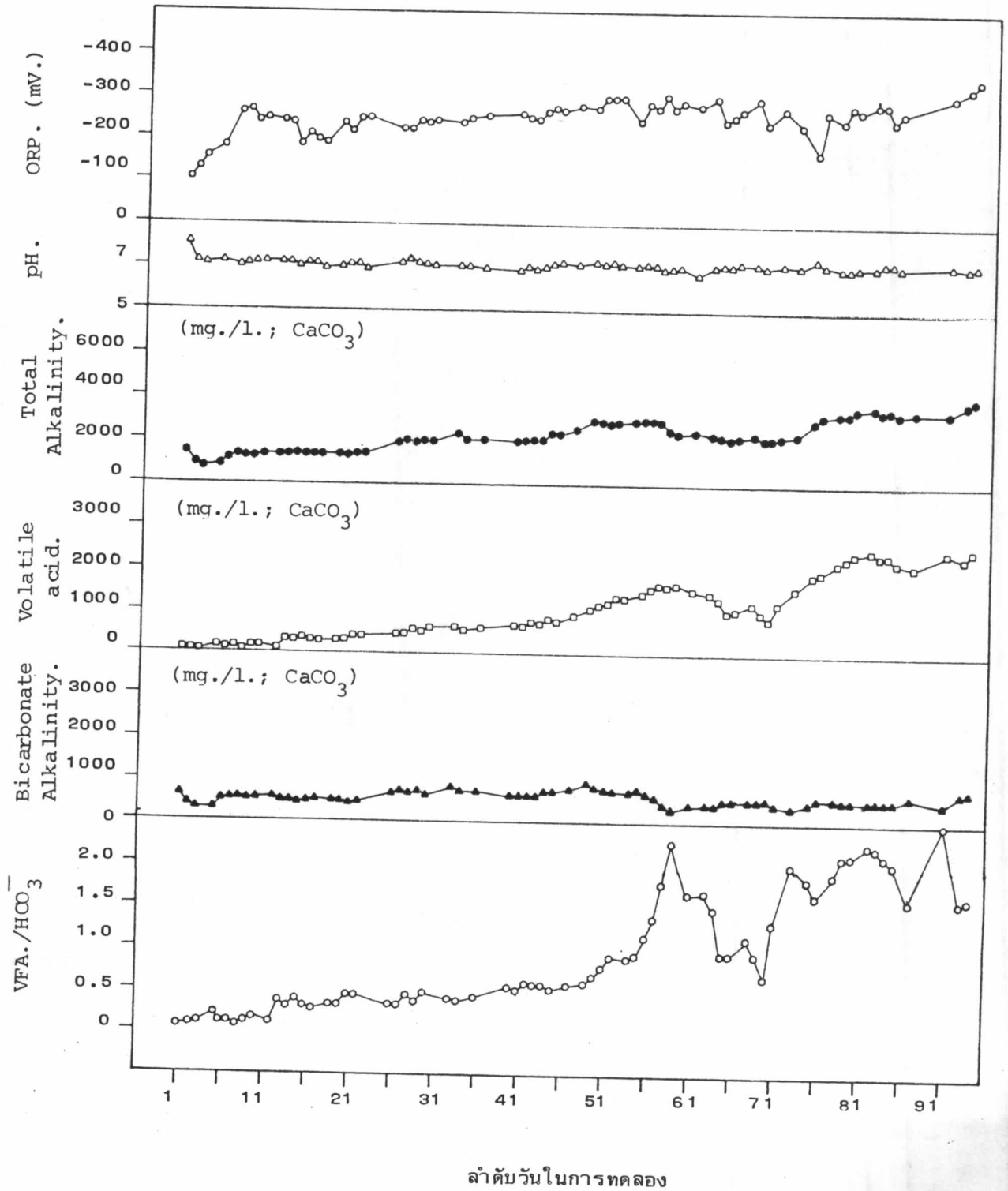


ลำดับวันในการทดลอง

ภาพที่ 4.23 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทาง เคมี ณ. ตำแหน่ง 4.5

(105 ชม. จากกั้นถัง กรอง) สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลาง

จมครั้งถึง



ภาพที่ 4.24 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ ตำแหน่งของน้ำทิ้ง
สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางจมครึ่งถัง

สำหรับปริมาณของกรดเวลาไทล์วัดได้สูงที่ 3 จุดเก็บตัวอย่างตอนล่างซึ่งอยู่ในชั้นของตัวกลาง ปริมาณกรดเวลาไทล์ในระบบค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ในช่วง 45 วันแรก แต่จากวันที่ 46-56 ของการทดลอง ปริมาณกรดเวลาไทล์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมากเพราะเป็นช่วงที่เพิ่มไหลให้เร็วขึ้นกว่าปกติ 2 เท่าพร้อม ๆ กับถึงกรองต้องมาพบกับสภาวะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตั้งหน้าหนาว ทำให้มีเทนแบคทีเรียบางส่วนต้องถูกยับยั้งการทำงาน บางส่วนที่ยังสามารถทำงานได้ก็ไม่สามารถย่อยกรดอินทรีย์ได้ทัน ก่อนหยุดบ่อน้ำเสียในวันที่ 58-61 ของการทดลอง วัดปริมาณของกรดเวลาไทล์ ณ ตอนล่างของถังกรองได้เฉลี่ยประมาณ 1600 มก./ล. (CaCO_3) สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดเวลาไทล์อีก 2 จุดตอนบนของถังกรองและน้ำทิ้งมีลักษณะคล้ายกับตอนล่างของถังกรอง กล่าวคือ ค่อย ๆ สะสมมากขึ้นตามการเพิ่มไหลให้กับถังกรอง แต่ปริมาณที่วัดได้จะต่ำกว่าตลอดการทดลอง โดยเฉพาะที่ตำแหน่ง 4.5 ก่อนออกจากถังกรอง อย่างไรก็ตามปริมาณกรดเวลาไทล์กลับสูงขึ้นอีกครั้งในน้ำทิ้ง ซึ่งพอลสันนิษฐานได้ว่าเกิดจากความด้อยสมรรถภาพของจุดทางออกประกอบกับลักษณะของตัวกลางที่มีความพรุนสูง ทำให้มีกลุ่มของตะกอนเซลล์มาสะสมบริเวณใต้ฝ้าถังกรองตรงจุดทางออก จึงทำให้เกิดการย่อยสลายของอินทรีย์สารอีกครั้งหนึ่ง แต่ปริมาณกรดเวลาไทล์ส่วนนี้ยังไม่ทันถูกใช้ เป็นสับสเตรคของมีเทนแบคทีเรียก็ต้องหลุดออกมากับน้ำทิ้ง

สำหรับปริมาณไบคาร์บอเนตซึ่งเป็นพารามิเตอร์ทางเคมีที่ชี้ถึงเสถียรภาพของระบบค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลองประมาณ 1000 มก./ล. (CaCO_3)

4.2.5 สรุปการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมีของถังหมักทั้ง 4 แบบ

เครื่องกรองทั้ง 4 ถ้ามีกลไกเก็บสะสมตะกอนเซลล์แตกต่างกันไปทำให้ผลการย่อยสลายที่แสดงจากความสูงต่าง ๆ ไม่เหมือนกัน ค่าปริมาณและการเปลี่ยนแปลงของกรดเวลาไทล์ในถังกรองแต่ละตัวเป็นพารามิเตอร์ทางเคมีที่สำคัญที่สุดที่ชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างของผลการทำงานของถังกรองไร้ออกซิเจนทั้ง 4 แบบ กล่าวคือ ถังกรองที่มีตัวกลางเต็มถัง ปริมาณกรดเวลาไทล์จะวัดได้สูงสุดบริเวณก้นถังกรอง จากนั้นปริมาณกรดเวลาไทล์ในถังจะค่อย ๆ ลดลงตามความสูงจนต่ำสุดในน้ำทิ้ง การทำงานของระบบค่อนข้างสมบูรณ์ ปริมาณกรดเวลาไทล์ในระบบค่อย ๆ เพิ่มขึ้นช้า ๆ ตามการเพิ่มของออร์แกนิกโหลดตั้ง ในขณะที่ถังกรองที่มีตัวกลางลอยในถัง

กรองซึ่งจะมีการย่อยสลายเกิดขึ้น 2 ครั้ง ครั้งแรกที่ชั้นสลักจ์ตรงบริเวณก้นถังกรองและอีก
 ครั้งตรงบริเวณชั้นตัวกลางตอนบน ทำให้ปริมาณกรดไวลาไทล์ในถังกรองกลับวัดได้สูงอีกครั้ง
 ตอนบนของถังกรอง สำหรับถังกรองที่มีตัวกลางจุ่มครึ่งถังกรองการย่อยสลายสารอินทรีย์ส่วนใหญ่
 ใหญ่เกิดขึ้นในชั้นตัวกลางตอนล่าง ทำให้ปริมาณกรดไวลาไทล์จะวัดได้สูงตรงเฉพาะบริเวณ
 ก้นถังกรอง พารามิเตอร์ทางเคมีตัวอื่น ๆ ได้แก่ การวัด ORP. พีเอช ปริมาณสภาพความ
 เป็นค่าง จะเปลี่ยนแปลงสอดคล้องตามปริมาณของกรดไวลาไทล์ในถังกรอง

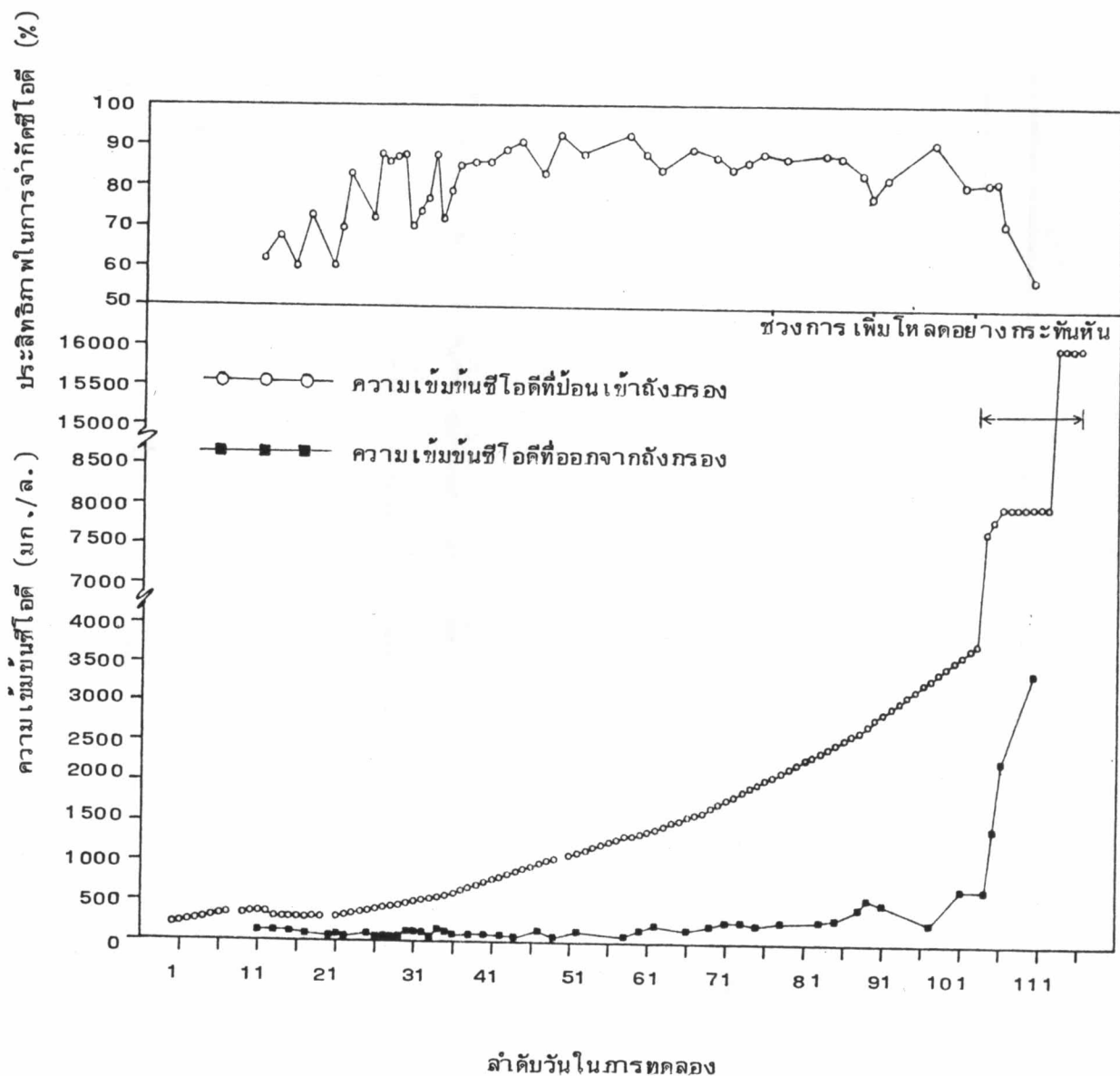
4.3 ประสิทธิภาพในการกำจัด ซีโอดี

เครื่องกรองทั้งสี่ตัวที่ใช้ถูกบ่อน้ำเสียในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน โดยการเพิ่มไหลลด
 ทุกวันประมาณ 1-5 % จนเกิดการทดลอง ในลักษณะเช่นนี้ความสามารถในการย่อยสลายสาร
 อินทรีย์ในน้ำเสียของถังกรองต้องพยายามปรับให้สูงขึ้นตามปริมาณสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นในน้ำเสีย
 เนื่องจากขบวนการย่อยสลายต้องอาศัยแบคทีเรีย 2 พวก ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ
 และการปรับต่อสภาวะสิ่งแวดล้อมไม่เท่ากัน ดังนั้นอัตราการเพิ่มไหลลดต้องพอเหมาะจึงจะไม่ทำ
 ให้ระบบเสียสมดุลไป ดังได้กล่าวมาข้างต้นแล้วว่า การลด ซีโอดี ของน้ำเสียเกิดขึ้นใน
 ชั้นตอนของการสร้างก๊าซชีวภาพ ความสามารถในการลด ซีโอดี ของถังกรองจะเป็นพารามิเตอร์
 ที่สำคัญตัวหนึ่งซึ่งชี้ความสำเร็จการทำงาน of ถังกรองไร้ออกซิเจน

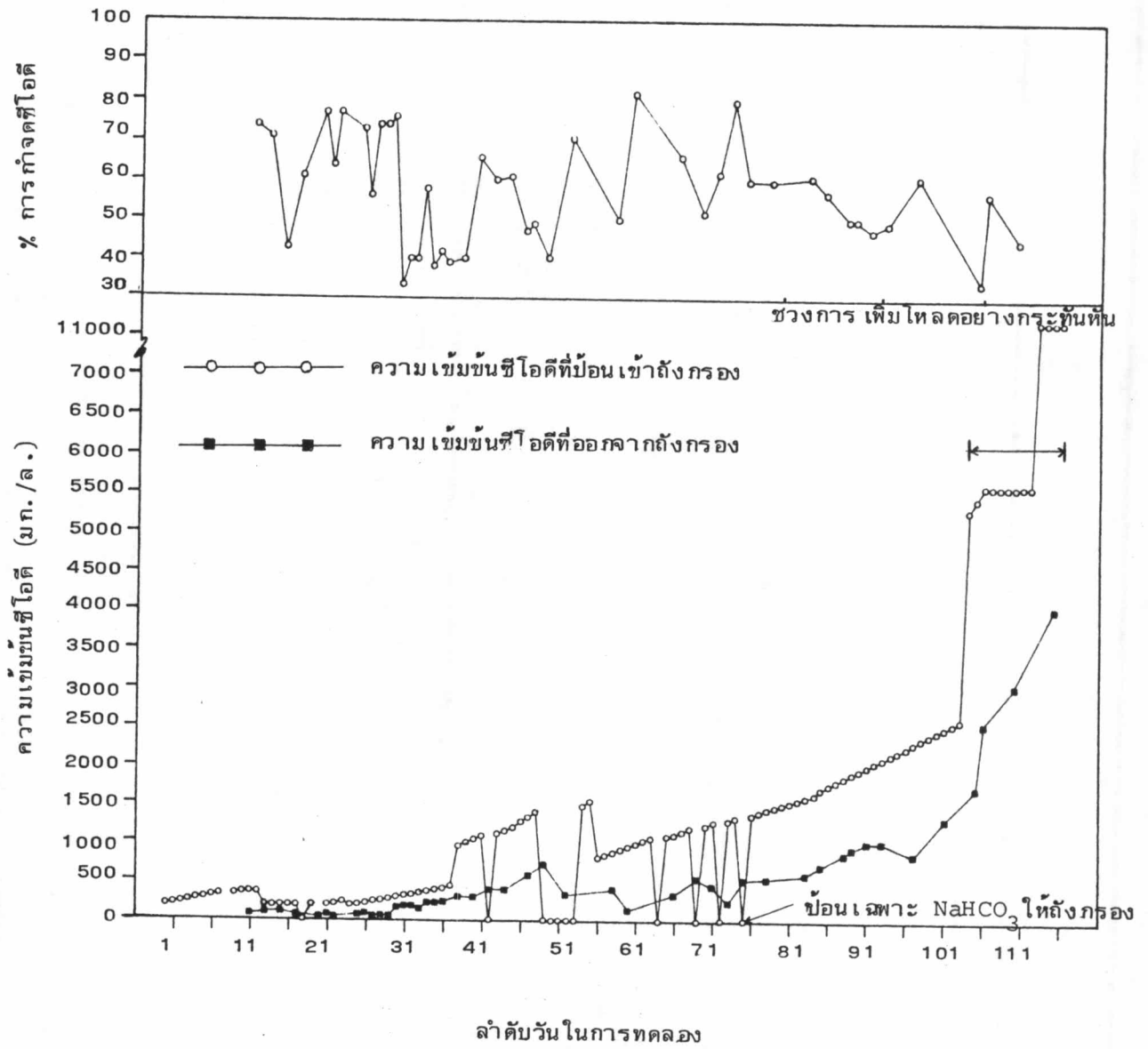
จากภาพที่ 4.25, 4.26, 4.27 และ 4.28 เป็นกราฟแสดงความเข้มข้น ซีโอดี
 ที่บ่อน้ำเข้าถังกรองและออกมาเป็นน้ำทิ้งจากถังกรอง รวมถึงกราฟแสดงประสิทธิภาพการลด ซีโอดี
 ตลอดการทดลองสำหรับถังกรองที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ

สำหรับถังกรองตัวที่ 1 มีตัวกลางเต็มถึงการทำงาน of ระบบมีประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อเปรียบ
 เทียบกับอีก 3 ถังกรอง การเพิ่มไหลลดให้ถังกรองสามารถกระทำได้อย่างต่อเนื่อง แต่อย่างไรก็ตาม
 จากการเพิ่มไหลลดเป็น 2 เท่าในตอนปลายของการทดลองทำให้ประสิทธิภาพในการลด ซีโอดี ของ
 ระบบลดลงอย่างรวดเร็ว ประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี เฉลี่ยตลอดการทดลองประมาณ 85-90 %

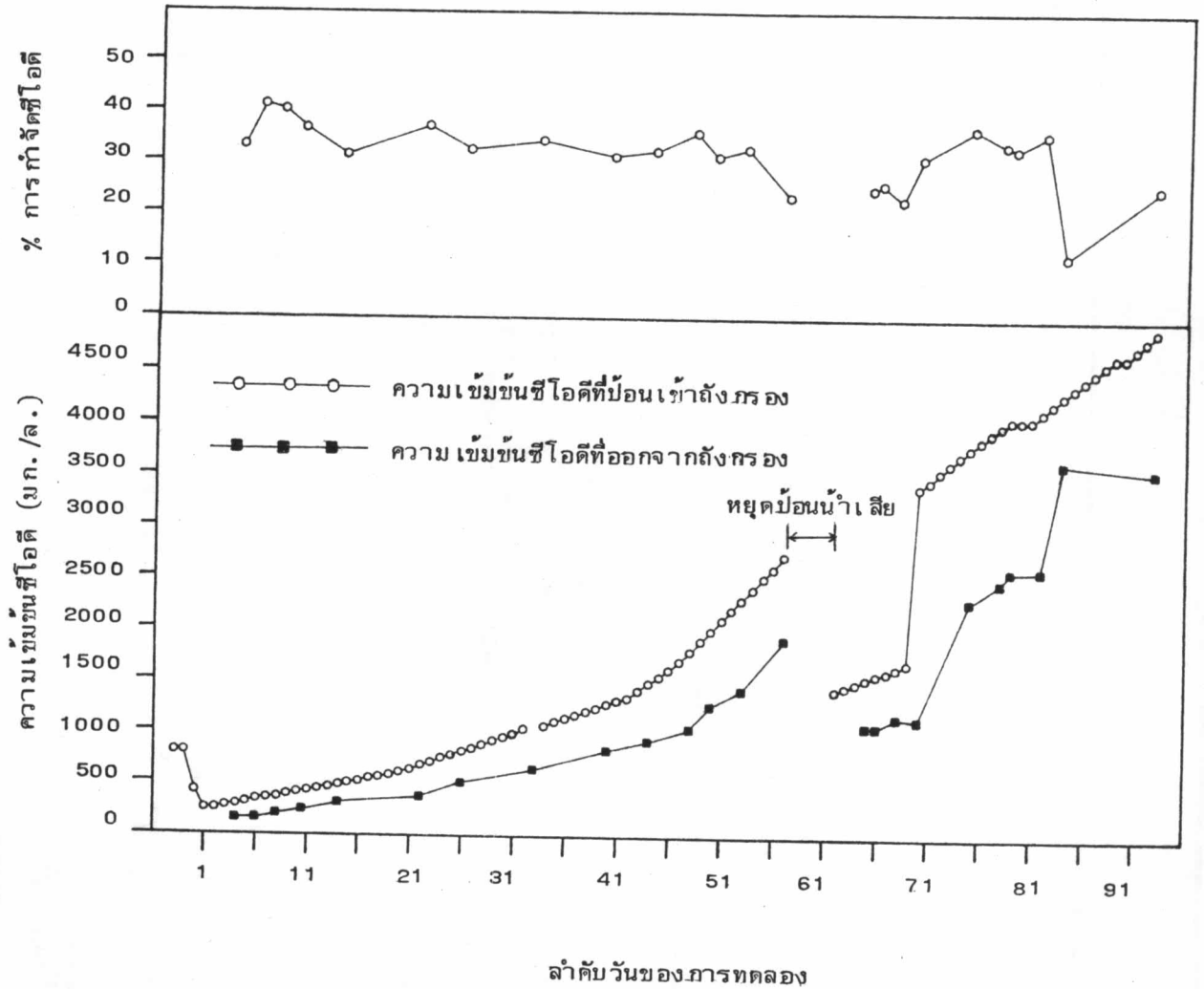
สำหรับถังกรองตัวที่ 2 มีตัวกลางลอยเพียง 25 % ความสูงถังกรอง การบ่อน้ำเสีย
 ยังไม่ต่อเนื่องนัก บางครั้งต้องหยุดบ่อน้ำเสีย บางครั้งต้องเปลี่ยนอัตราการบ่อน้ำเสีย เป็น



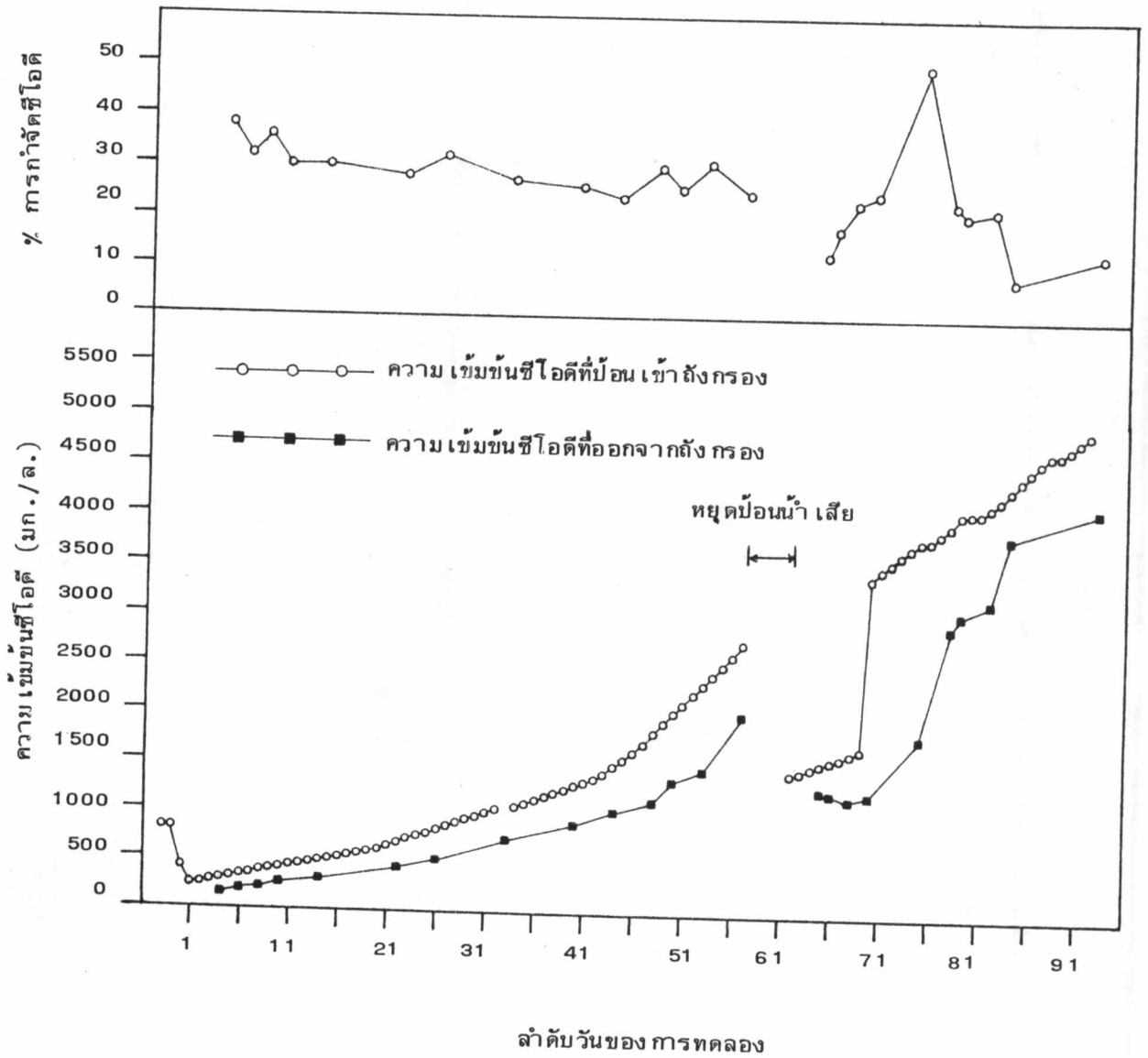
ภาพที่ 4.25 ความเข้มข้นซีไอดีที่ป้อนเข้าถังกรอง ความเข้มข้นซีไอดีของน้ำทิ้ง และประสิทธิภาพในการลดซีไอดีของถังกรองไร้ออกซิเจน (ถังกรองตัวที่ 1) มีตัวกลางเคียวถึง



ภาพที่ 4.26 ความเข้มข้นซีโอติที่ป้อนให้ถึงถึงกรรอก ความเข้มข้นซีโอติที่ออกจากถึงกรรอก และประสิทธิภาพการลดซีโอติของถึงกรรอกตัวที่ 2 มีตัวกลางลย 25 % ความสูงถึงกรรอก



ภาพที่ 4.27 ความเข้มข้นซีไอดีเข้าถังกรอง ความเข้มข้นซีไอดีของน้ำทิ้ง และประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดีของถังกรองไร้ออกซิเจน ตัวที่ 3 มีตัวกลายลอยครึ่งถังกรอง



ภาพที่ 4.28 ความเข้มข้นซีไอดีเข้าถังกรอง ความเข้มข้นซีไอดีออกจากถังกรอง และประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี สำหรับถังกรองไร้ออกซิเจน ตัวที่ 4 มีตัวกลางจมครึ่งถังกรอง

20 ลิตร/วัน (วันที่ 38-48 ของการทดลอง) และบางครั้งต้องบ่มเพียงโซเดียมไฮดรอกไซด์ ให้กับถังกรอง จากความไม่ต่อเนื่องและความไม่สมบูรณ์ในการทำงานของถังกรองทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบเปลี่ยนแปลงสูงในช่วงประมาณ 40-75 %

สำหรับถังกรองตัวที่ 3 มีตัวกลางลอยครึ่งถังและถังกรองตัวที่ 4 มีตัวกลางจมครึ่งถัง จะมีลักษณะการบ่มน้ำเสียและความสามารถในการลด ซีโอดี คล้ายเคียงกันมากตลอด 93 วัน ของการทดลอง โดยเฉลี่ยถังกรองทั้งสองมีประสิทธิภาพการลด ซีโอดี ประมาณ 10-40 % เนื่องจากทั้งสองมีประสิทธิภาพในเกณฑ์ต่ำทั้งคู่ จึงไม่สามารถจะชี้ข้อแตกต่างจากการขึ้นตัวกลางลอยครึ่งถัง เปรียบเทียบกับชั้นตัวกลางจมครึ่งถังได้อย่างมีนัยสำคัญ สาเหตุใหญ่ที่ทำให้ถังกรองทั้งสองทำงานอยู่ในเกณฑ์ต่ำเพราะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิห้อง ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการทำงานของแบคทีเรีย ซึ่งจะกล่าวอย่างละเอียดต่อไปในหัวข้อ 4.8 ซึ่งเน้นถึงอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อการทำงานของถังกรอง

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบการกำจัด ซีโอดี ของ 4 ถังกรองที่ตำแหน่งความสูงต่าง ๆ ภายในถังกรองและน้ำทิ้ง

ตำแหน่งใน ถังกรอง (วัดจากก้นถัง)	ประมาณเปอร์เซ็นต์การกำจัด ซีโอดี ของแต่ละถังกรองที่ความสูงต่าง ๆ			
	ถังที่ 1 COD เข้าถังกรอง 300 มก./ล.	ถังที่ 2 COD เข้าถังกรอง 1000 มก./ล.	ถังที่ 3 COD เข้าถังกรอง 3625 มก./ล.	ถังที่ 4 COD เข้าถังกรอง 3600 มก./ล.
15 ซม.	66 %	51 %	28 %	33 %
30 ซม.	68 %	57 %	46 %	40 %
45 ซม.	73 %	59 %	38 %	42 %
75 ซม.	67 %	52 %	37 %	42 %
105 ซม.	69 %	53 %	40 %	46 %
น้ำทิ้ง	73 %	61 %	37 %	50 %

หมายเหตุ การคิดความเข้มข้น ซีโอดี ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในถังกรองให้คิดว่าการไหลของน้ำเสียผ่านถังกรองเป็นแบบ Plug flow และถังกรองมีเวลากักน้ำ 2 วัน

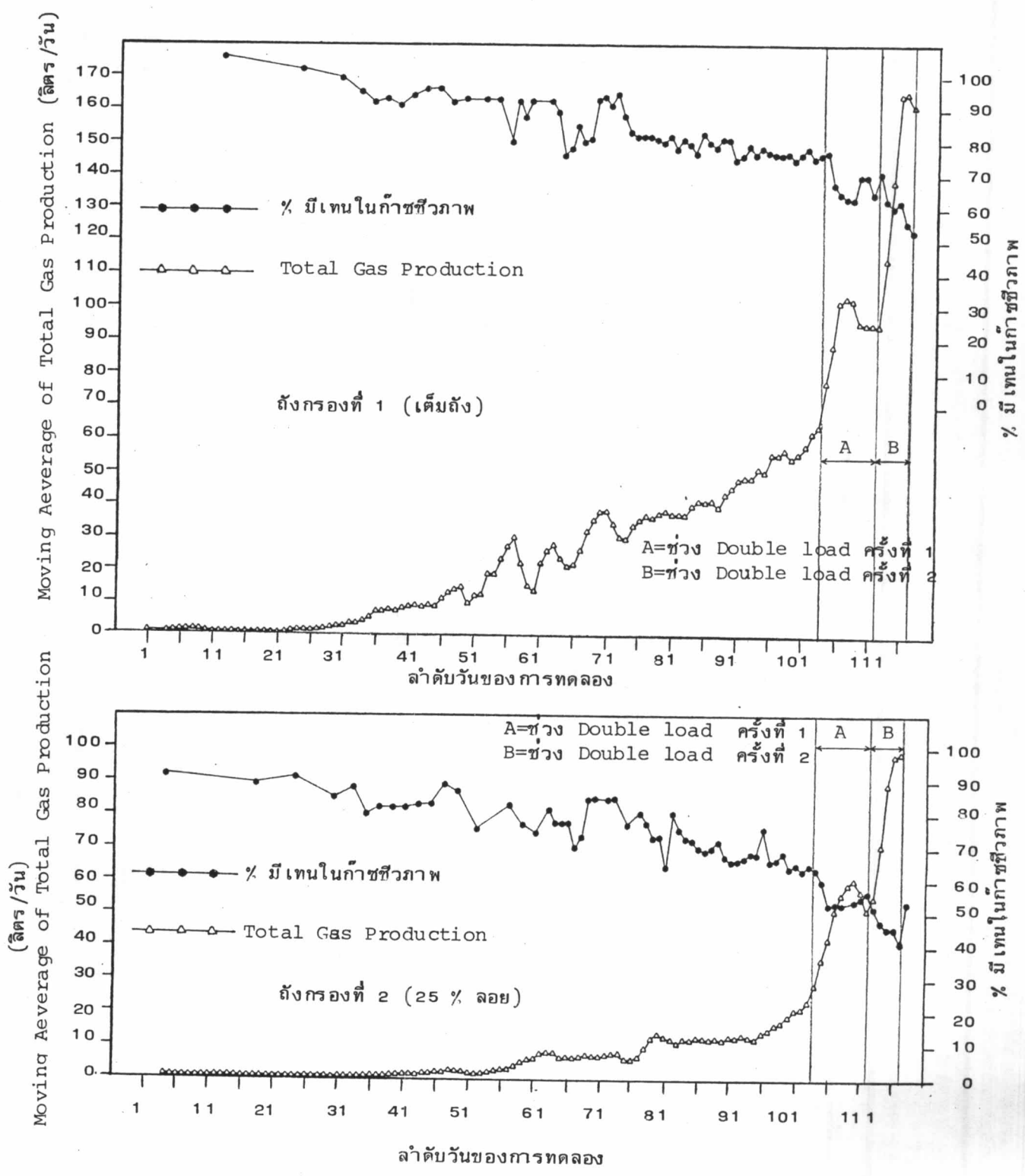
ตารางที่ 4.1 ได้แสดงให้เห็นผลการกำจัด ซีไอที ที่ระดับความสูงต่าง ๆ ของแต่ละถังกรอง สารอินทรีย์จะค่อย ๆ ถูกย่อยสลายจากกันถังกรอง ลักษณะการย่อยสลายก็แตกต่างกันไปตามลักษณะการวางตัวของชั้นตัวกลางซึ่งมีผลต่อการสะสมของตะกอนเซลล์ในถังและทิศทางการไหลของน้ำเสีย จะสังเกตเห็นว่าถังกรองที่มีตัวกลางลอยสำหรับถังกรองตัวที่ 2 และถังกรองตัวที่ 3 ประสิทธิภาพการลด ซีไอที จะไม่เป็นไปตามลำดับที่ควรจะเป็น เพราะประสิทธิภาพการกำจัด ซีไอที ทั้งหมดกลับลดลงที่ตำแหน่งตอนบนของถังกรองไร้ออกซิเจน

ตารางที่ 4.2 แสดงถึงประสิทธิภาพของทั้ง 4 ถังกรองในการย่อยสลาย ซีไอที ในน้ำเสียเปลี่ยนเป็นก๊าซมีเทนที่ออร์แกนิกโหลดตั้ง 0.5-1.4 กก.ซีไอที/ม³ วัน สำหรับถังกรองตัวที่ 1 (ตัวกลางเต็มถัง) มีอัตราส่วนของการผลิตก๊าซมีเทนเป็นลิตรต่อกรัมของ ซีไอทีที่ถูกกำจัดเฉลี่ยประมาณ 0.338 และสำหรับถังกรองตัวที่ 2 จะประมาณ 0.16 ในช่วงต้น ๆ และเพิ่มขึ้นเป็น 0.20 ในช่วงที่ออร์แกนิกโหลดตั้งสูงขึ้น เช่นเดียวกับถังกรองตัวที่ 3 และ 4 จะมีค่าประมาณ 0.1-0.15 ในช่วงออร์แกนิกโหลดตั้งประมาณ 0.5-1.1 กก.ซีไอที/ม³ วัน สำหรับการทดลองของ McCarty⁽¹⁾ ค่าอัตราส่วนของอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ (ลิตร) ต่อกรัม ซีไอที ที่ถูกกำจัดมีค่าเป็น 0.351 ซึ่งใกล้เคียงกับถังกรองตัวที่ 1 ที่มีตัวกลางเต็มถัง

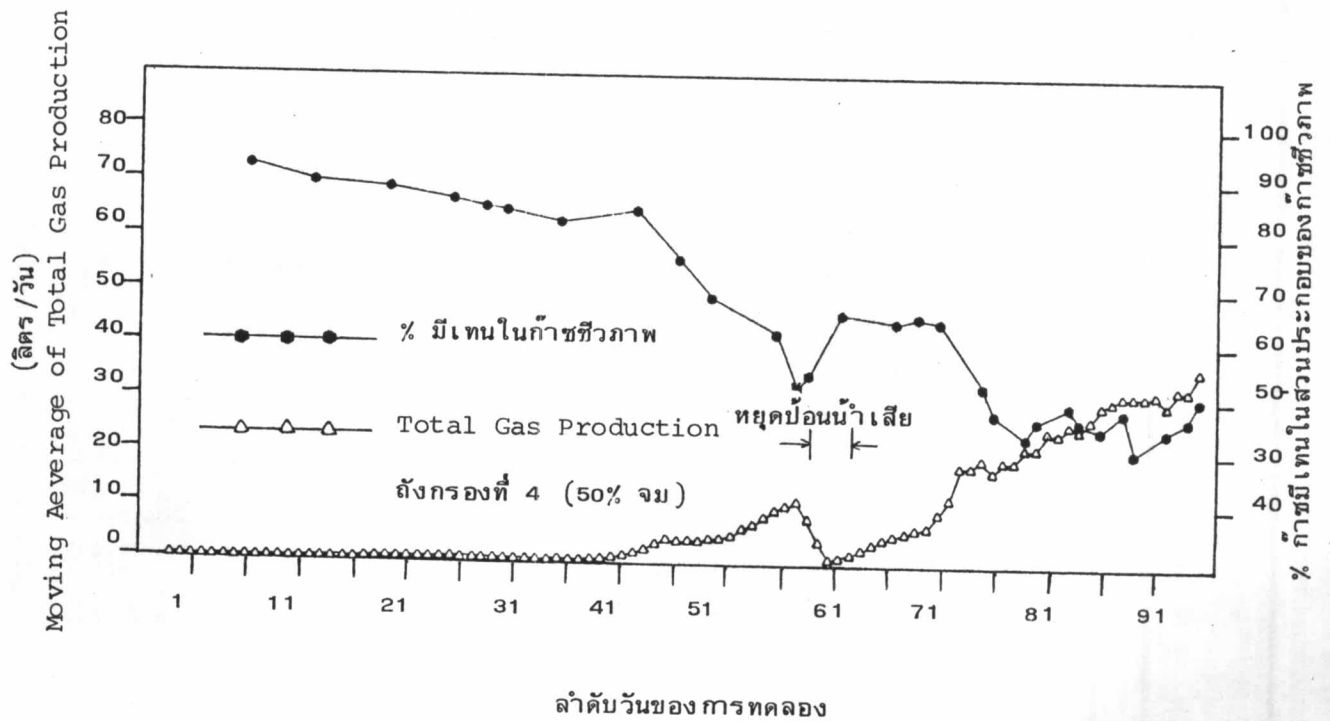
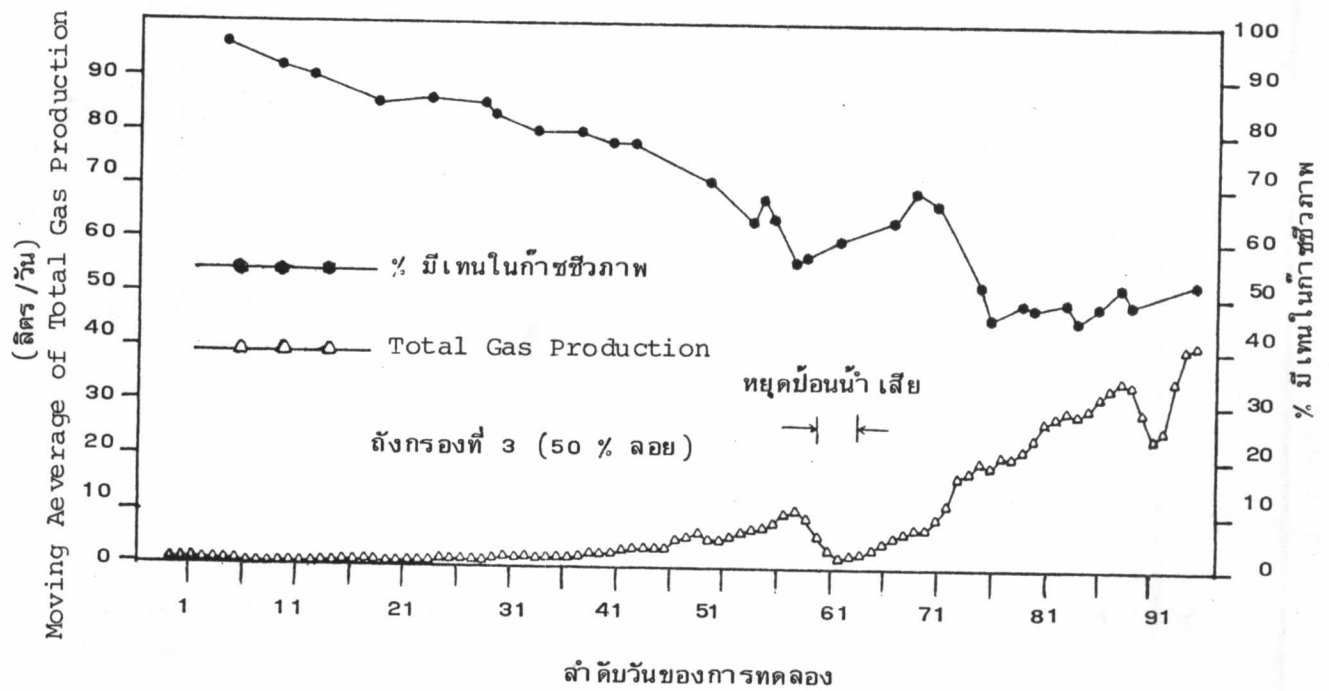
4.4 สมรรถนะของถังกรองในการผลิตก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพเป็นผลผลิตจากการย่อยสลายทางชีวเคมีของปฏิบัติการไม่ใช้ออกซิเจน กลไกของการผลิตก๊าซชีวภาพทำให้พลังงานที่สะสมอยู่ในสารอินทรีย์ถูกถ่ายเทมาเก็บไว้ที่ก๊าซชีวภาพหนีออกจากระบบ ทำให้ความสกปรกของน้ำเสียลดลง

อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพและส่วนประกอบของก๊าซมีเทนของแต่ละถังกรองได้แสดงอยู่ในภาพที่ 4.29 และ 4.30 ถังกรองตัวที่ 1 (ตัวกลางเต็มถัง) มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพสูงกว่าถังกรองตัวอื่น ๆ มาก และโหลดที่ป้อนให้ถังกรองค่อนข้างต่อเนื่องมากที่สุด ในช่วงก่อนเพิ่มโหลดเป็น 2 เท่าในตอนปลายของการทดลอง ถังกรองสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ประมาณ 60 ลิตร/วันที่การป้อนออร์แกนิกโหลดตั้งประมาณ 1.8 กก.ซีไอที/ม³ วัน สำหรับเปอร์เซ็นต์ของก๊าซมีเทนในส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพมีแนวโน้มที่ลดลงอย่างช้า ๆ ตามอัตราการเพิ่มปริมาณก๊าซ



ภาพที่ 4.29 สมรรถนะในการผลิตก๊าซชีวภาพและลักษณะการเปลี่ยนแปลง เปอร์เซนต์มีเทนในส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ สำหรับถังกรองที่ 1 (ตัวกลางเต็มถังกรอง) และถังกรองที่ 2 (ตัวกลางลอย 25% ความสูงถังกรอง)



ภาพที่ 4.30 สมรรถนะในการผลิตก๊าซชีวภาพและลักษณะการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์มีเทน
 ในส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ สำหรับถังกรองที่ 3 (ตัวกลางลอย ครึ่งถังกรอง)
 และถังกรองที่ 4 (ตัวกลางจมครึ่งถังกรอง)

ตารางที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพของถังกรองในการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทนของถัง 4 ถังกรอง

Organic loading (KgCOD./m ³ .d)	COD. gm./ℓ.	org.load gm./d.	% การกำจัด ซีโอดี				CH ₄ Production (ℓ/d)				CH ₄ Production (ℓ) gm. ซีโอดี ที่ถูกกำจัด			
			R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
0.5	1.0	40	83	78	33	27.5	11.5	4.5	1.5	0.5	0.346	0.144	0.113	0.045
0.6	1.2	48	90	57	32.5	27.0	16.0	4.75	2.0	0.5	0.370	0.173	0.128	0.038
0.7	1.4	56	86	60.5	32.5	24.0	18.5	5.0	2.5	2.0	0.384	0.147	0.074	0.149
0.8	1.6	64	89	61.5	33.0	29.0	16.5	9.5	2.5	3.0	0.289	0.241	0.118	0.161
0.9	1.8	72	86	52.5	31.5	28.5	24.0	8.0	3.0	3.0	0.387	0.211	0.132	0.146
1.0	2.0	80	88	49.5	32.5	27.0	24.5	8.5	4.0	3.0	0.348	0.214	0.154	0.138
1.1	2.2	88	89	55	33.0	30.0	25.5	8.0	4.5	4.0	0.325	0.095	0.155	0.151
1.2	2.4	96	88	58	25.5	28.5	26.0	12.0	5.0	5.5	0.307	0.215	0.204	0.201
1.3	2.6	104	85	62	25.0	27.0	28.0	13.5	6.0	6.0	0.317	0.209	0.231	0.213
1.4	2.8	112	81	58	23.0	26.0	29.0	13.0	6.0	6.5	0.320	0.200	0.232	0.223

หมายเหตุ R₁ = ถังกรองที่มีตัวกลางเต็มถังกรอง

R₂ = ถังกรองที่มีตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรอง

R₃ = ถังกรองที่มีตัวกลางลอย 50 % ความสูงถังกรอง R₄ = ถังกรองที่มีตัวกลางจม 50 % ความสูงถังกรอง

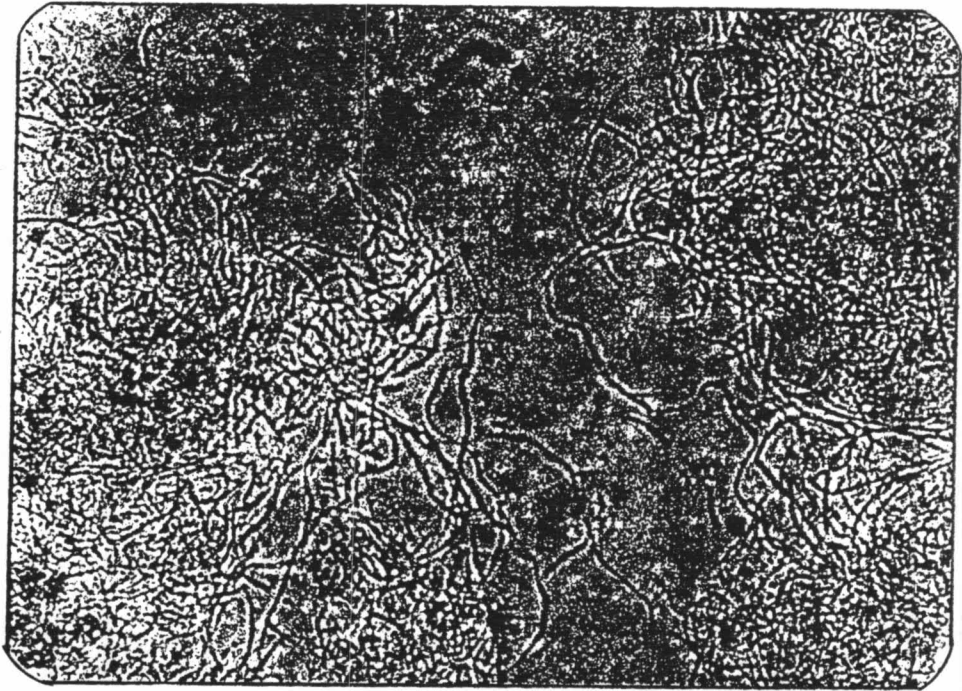
ชีวภาพ โดยเฉลี่ยในช่วงที่การเพิ่มโพลอยอย่างต่อเนื่องมีเปอร์เซ็นต์มีเทนเฉลี่ยลดลงจาก 90 % ลงมาเหลือประมาณ 75 % จากการเพิ่มโพลอยอย่างกระชั้นกันทำให้เปอร์เซ็นต์มีเทนในส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพลดลงอย่างรวดเร็ว

ถังกรองที่ 2 (ตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรอง) มีสมรรถนะในการผลิตก๊าซชีวภาพอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าถังกรองตัวที่ 1 มาก ส่วนประกอบของก๊าซมีเทนโดยเฉลี่ยจะต่ำกว่าถังกรองตัวที่ 1 เช่นกัน โดยค่าที่วัดได้จะค่อย ๆ ลดลงจากเฉลี่ยประมาณ 85 % ในช่วงเริ่มบ่อน้ำเสียผ่านถังกรองค่อย ๆ ลดลงเหลือประมาณ 60 % ในช่วงก่อนเพิ่มโพลอยอย่างกระชั้นกันในตอนปลายการทดลอง

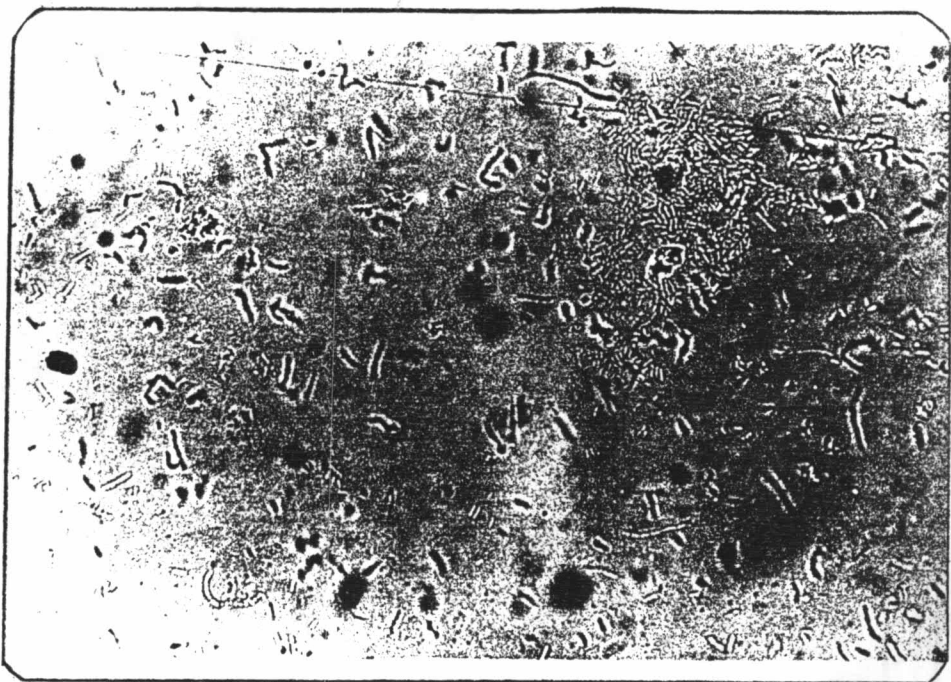
สำหรับถังกรองตัวที่ 3 และถังกรองตัวที่ 4 ซึ่งต่างกันเพียงลักษณะการวางตัวของชั้นตัวกลาง ไม่พบความแตกต่างกันของสมรรถนะในการผลิตก๊าซชีวภาพและลักษณะการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของก๊าซมีเทนที่พอจะสรุปอย่างมีนัยสำคัญ สาเหตุที่สำคัญคือ ปัญหาเรื่องของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิห้องทดลองซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดอีกครั้งในหัวข้อที่ 4.8 อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพของถังกรองอยู่ในเกณฑ์ต่ำ แต่อย่างไรก็ตามเป็นที่สังเกตได้ว่าในช่วง 30 วันหลังของการทดลองซึ่งเป็นช่วงที่ถังกรองพันปัญหาเรื่องอุณหภูมิและแบคทีเรียในระบบเริ่มเคยชินกับน้ำเสียที่บ่อน้ำทำให้อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมาก ส่วนประกอบของก๊าซมีเทนซึ่งลดลงมาตลอดก็ค่อนข้างคงที่และมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นอีกด้วย

4.5 ลักษณะของจุลินทรีย์และการสะสมตัวของตะกอนเซลล์ในถังกรอง

แบคทีเรียส่วนใหญ่ที่พบจากถังกรองไร้ออกซิเจนเป็นพวกที่เป็นสาย (Filamentous Bacteria) ดังแสดงในภาพที่ 4.31 มีทั้งที่เกิดจากแบคทีเรียที่เป็นท่อนและทรงกลมต่อกันเป็นสาย โดยจะพบมากตรงบริเวณชั้นตะกอนก้นถังกรอง จากการทดลองของสุรพล สายพานิช⁽⁴⁴⁾ พบแบคทีเรียที่เป็นสายมากมายในถังกรองไร้ออกซิเจนและเชื่อว่า แบคทีเรียพวกนี้เป็น *Methanobacterium Sohngeni* สำหรับแบคทีเรียไม่ใช่ออกซิเจนที่ยังพบในถังกรองอีกได้แก่ พวกทรงกลม (Coccus), Spirillum, Sarcina, Curve Rod, Short Rod เป็นต้น แบคทีเรียพวกนี้มักจะพบปะปนอยู่ในขี้มูกของแบคทีเรียที่เป็นสายและแขวนลอยในถังกรองเหนือชั้นตะกอนเซลล์แบคทีเรียก้นถังกรอง รูปร่างลักษณะของแบคทีเรียได้แสดงอยู่ในภาพที่ 4.32



ภาพที่ 4.31 รูปร่างลักษณะของแบคทีเรียที่เป็นสาย (Filamentous Bacteria) ซึ่งพบมากที่สุดในถังกรอง



ภาพที่ 4.32 รูปร่างลักษณะของแบคทีเรียที่พบในถังกรองไม่ใช้ออกซิเจน มีทั้งพวกทรงกลม (Coccus), เป็นท่อน (Rod) ทั้งสั้นและยาว เกลียวสว่าน (Spirillum)



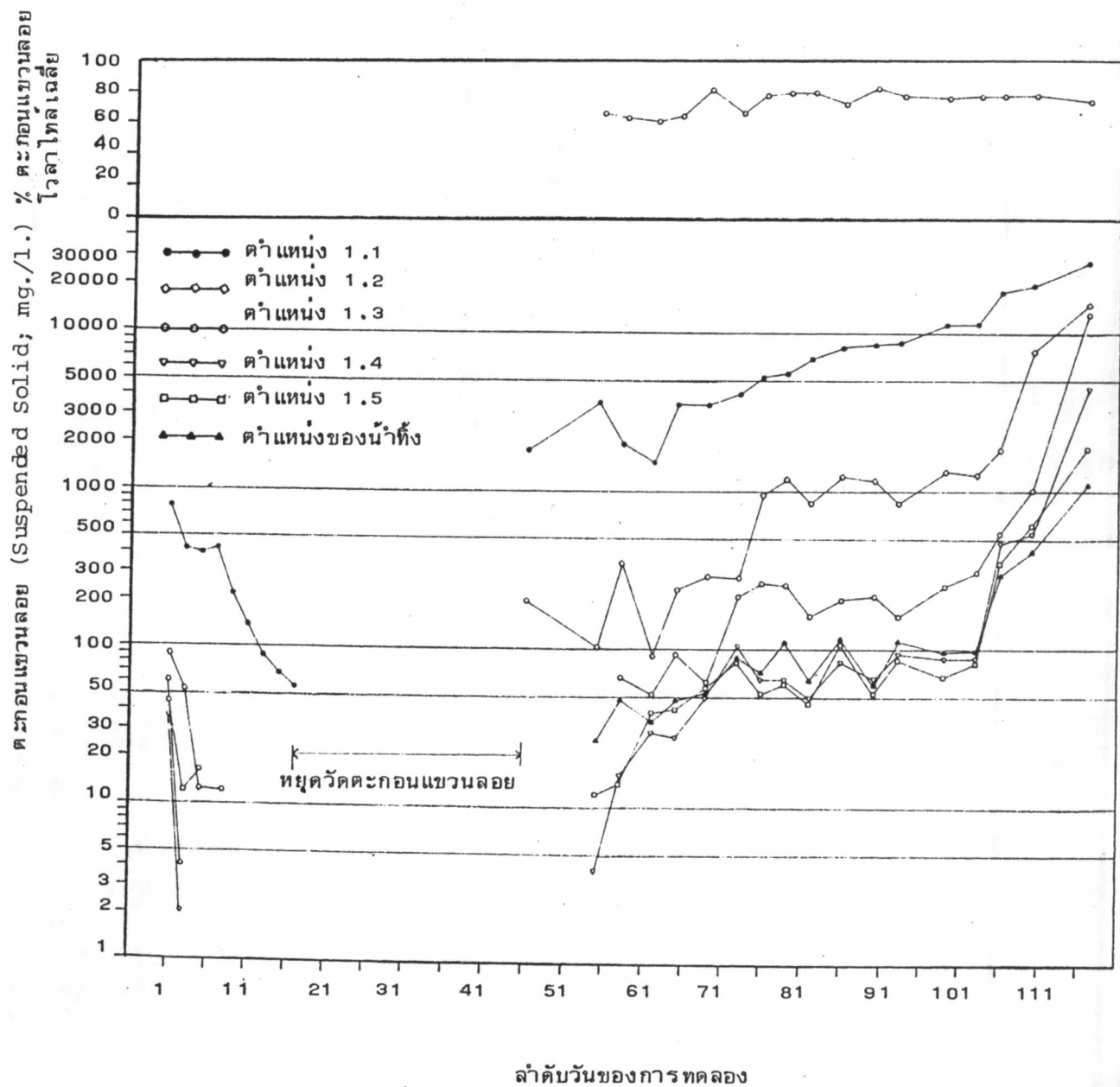
ปริมาณของตะกอนเซลล์แบคทีเรียเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงตามการเพิ่มออร์แกนิกโพลดิ่งให้ถังกรองโดยเฉพาะแบคทีเรียที่เป็นสาย หนึ่งระหว่างการทดลองจะตรวจพบพวก Ciliate ซึ่งเป็นพวก Facultative Bacteria จะพบบ้างบางครั้งบริเวณก้นถังกรอง คาดว่าโปรโตซัวพวกนี้จะได้ออกซิเจนจากน้ำประปาที่ใช้เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ จากผลการตรวจสอบรูปร่างลักษณะของจุลินทรีย์เปรียบเทียบกับระหว่าง 4 ถังกรองจะไม่พบความแตกต่างของแบคทีเรียที่พบแต่จะต่างกัน เพียงปริมาณและลักษณะการสะสมตัวในถังกรองเท่านั้น

จากภาพที่ 4.33-4.36 จะแสดงให้เห็นลักษณะการสะสมตัวของตะกอนเซลล์แต่ละจุดในถังกรองทั้ง 4 ถัง

พิจารณาดังกรองที่ 1 ซึ่งมีตัวกลางเต็มถึง เห็นได้ชัดจากกราฟว่า ตะกอนเซลล์ส่วนใหญ่จะสะสมอยู่บริเวณก้นถังกรอง ตลอดการทดลองจะวัดปริมาณตะกอนเซลล์แบคทีเรียได้สูงกว่าตำแหน่งอื่น ๆ ที่สูงขึ้นมาตอนบนมาก รองลงมาก็เป็นตำแหน่งที่ความสูง 30 และ 45 ซม. จากก้นถังกรองตามลำดับ ในช่วงตอนบนถังกรองมีตะกอนเซลล์สะสมอยู่ในถังกรองต่ำ ทำให้โอกาสที่แบคทีเรียจะหลุดลอยไปกับน้ำทิ้งน้อย ในช่วง 12 วันก่อนปิดการทดลองถังกรองได้รับโพลดเพิ่มขึ้นอย่างกระชั้นชิด มีผลทำให้ตะกอนเซลล์ในระบบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นจาก 100 มก./ล. เป็น 300, 400 และ 1050 มก./ล. ตามลำดับ เพราะการเพิ่มของปริมาณของสารอาหารให้ถังกรองทำให้มีการเคลื่อนไหวของตะกอนแบคทีเรียสูง โอกาสที่จะหลุดลอยหนีออกไปจากระบบจึงสูงขึ้น

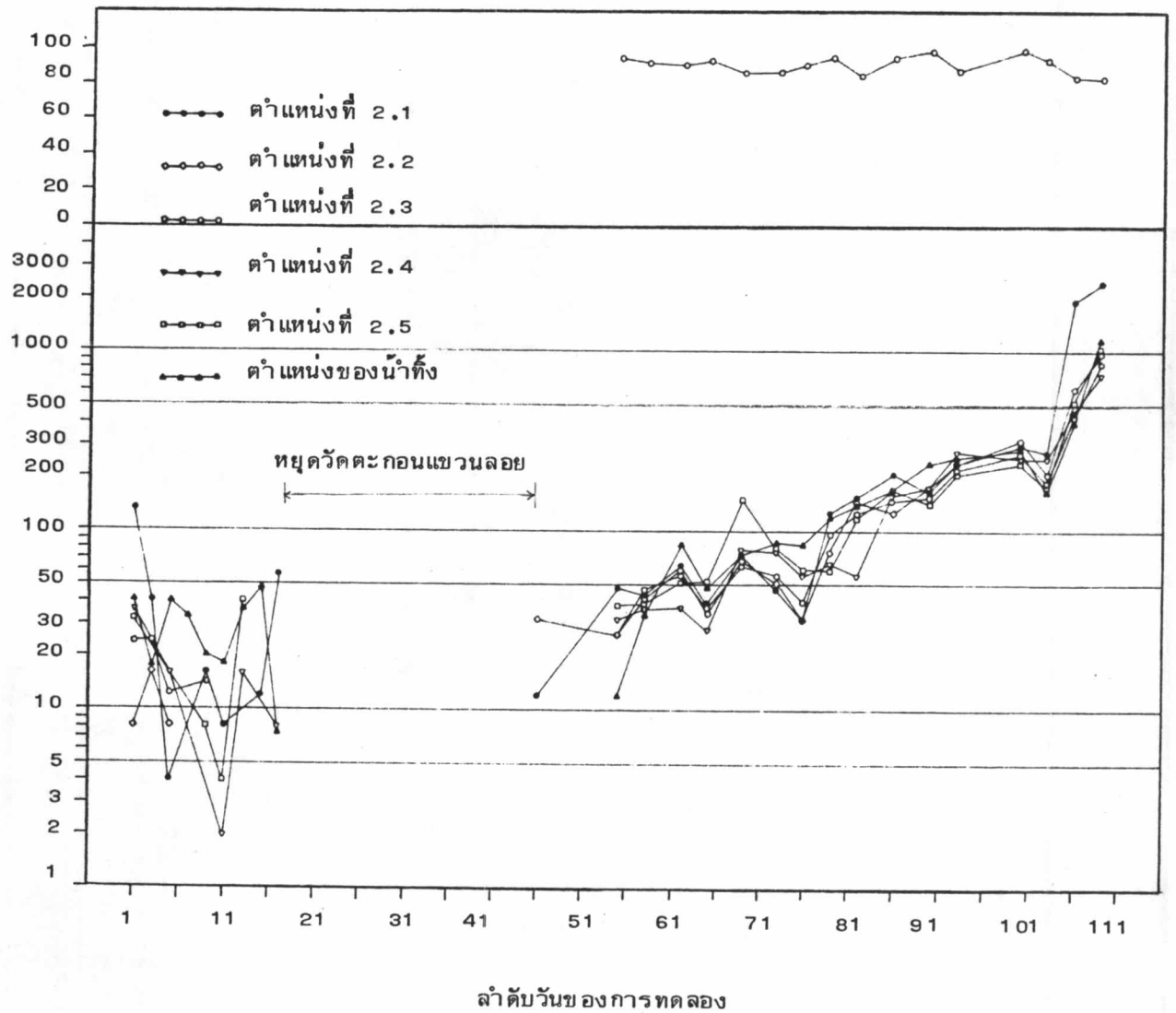
ในถังกรองที่ 2 และ 3 มีตัวกลางลอย 25 % และ 50 % ความสูงถังกรองตามลำดับ

การเพิ่มปริมาณตะกอนเซลล์เปรียบเทียบกับแต่ละจุดในถังกรองจะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน คาดว่าเป็นเพราะอิทธิพลของการวางชั้นตัวกลางในลักษณะเดียวกัน พิจารณาจากผลการวัดปริมาณตะกอนแขวนลอยและลักษณะการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี สมมติฐานได้ว่า เมื่อชั้นตัวกลางลอยอยู่ในถังกรองตะกอนส่วนใหญ่จะสะสมเป็นชั้นตะกอนที่ก้นถังกรองซึ่งจะวัดไม่ได้ที่ตำแหน่ง 15 ซม. จากก้นถังกรองในช่วงต้น ๆ ของการทดลอง แต่จะพบได้ว่าชั้นตะกอนเก็บสะสมสูงขึ้นมาในช่วงปลาย ๆ ของการทดลอง ในลักษณะการสะสมตะกอนเช่นนี้มีข้อดีสำหรับสมรรถนะการทำงานของถังกรอง เพราะจะลดปัญหาเรื่องการกระจายน้ำเสียผ่านถังกรอง อีกตำแหน่งคือ



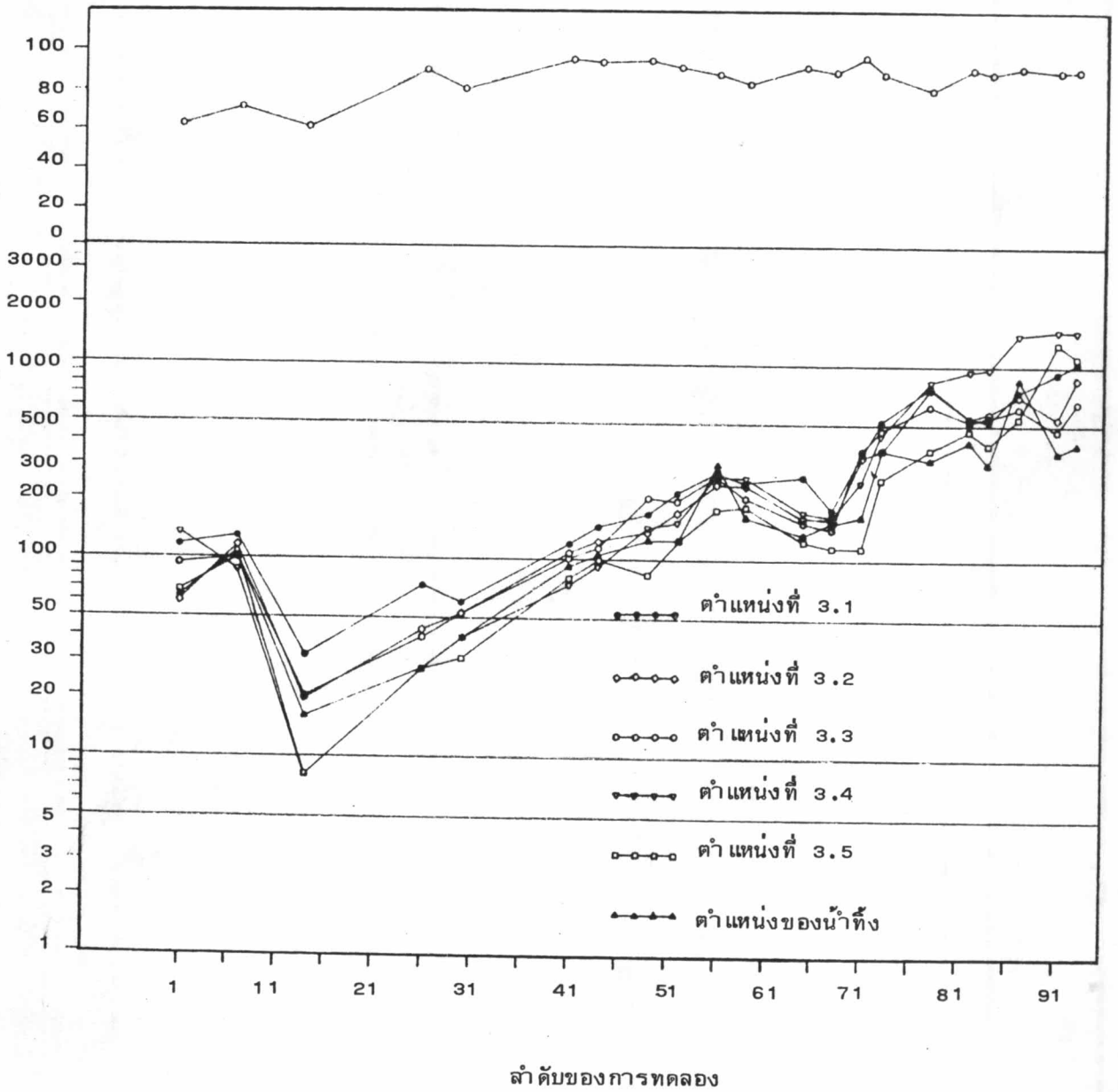
ภาพที่ 4.33 เปอร์เซนต์ตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยและลักษณะการเพิ่มของตะกอนแขวนลอย
สำหรับเครื่องกรอง ไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลาง เต็มถังกรอง

ตะกอนแขวนลอย (Suspended Solid; mg./l.) % ตะกอนแขวนลอยโวลูไทล์ ฉลี่ย

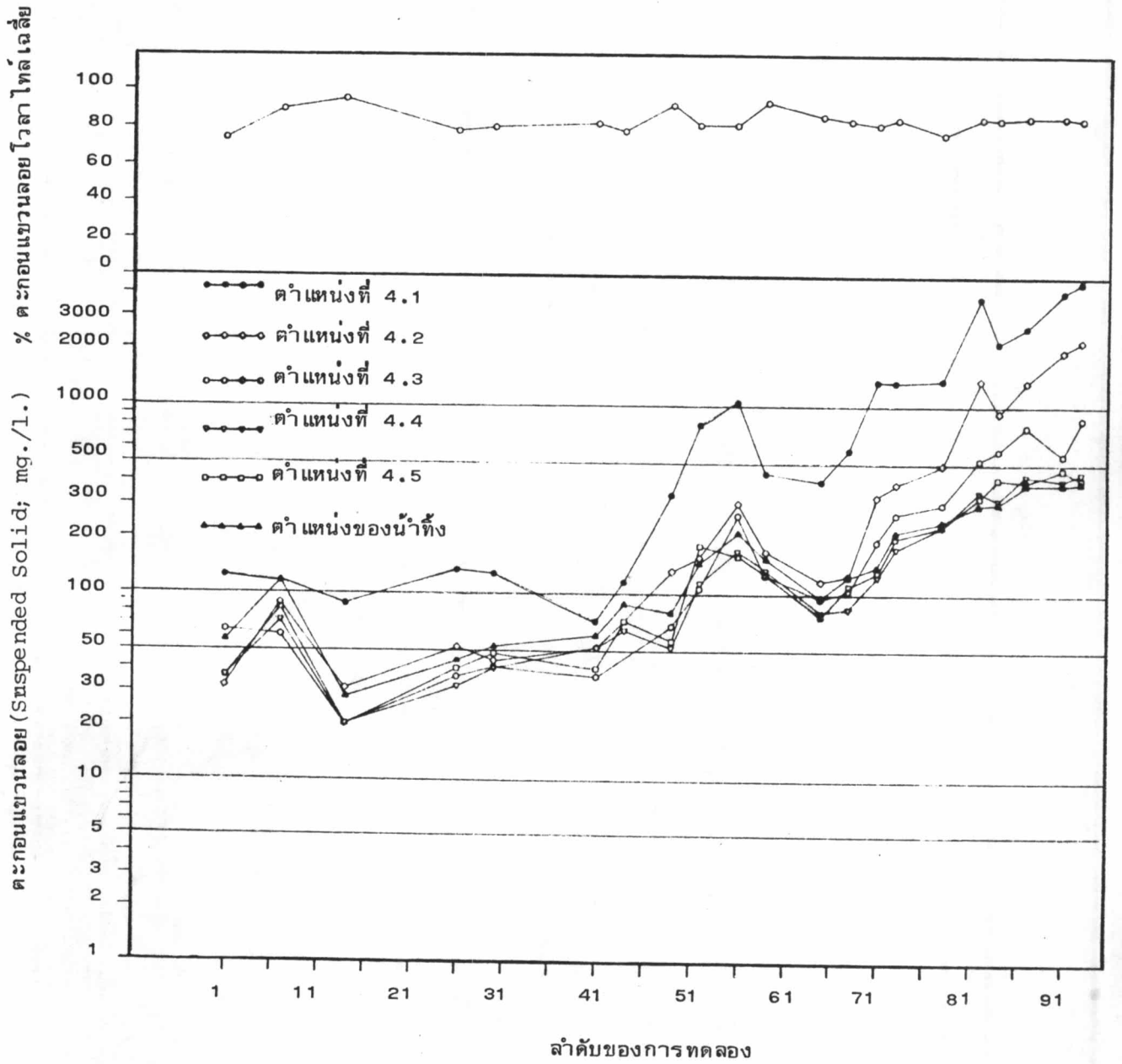


ภาพที่ 4.34 เปอร์เซ็นต์ตะกอนแขวนลอยโวลูไทล์ ฉลี่ยและลักษณะการเพิ่มของตะกอนแขวนลอย สำหรับเครื่องกรอง ไร้ออกซิเจนที่มีชั้นตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรอง

ตะกอนแขวนลอย (Suspended Solid; mg./l.) % ตะกอนแขวนลอยโวลูไทล์เฉลี่ย



ภาพที่ 4.35 เปอร์เซนต์ตะกอนแขวนลอยโวลูไทล์เฉลี่ยและลักษณะการเพิ่มของตะกอนแขวนลอย สำหรับเครื่องกรองไร้ออกซิเจนที่มีชั้นตัวกลางลอย ครึ่งถังกรอง



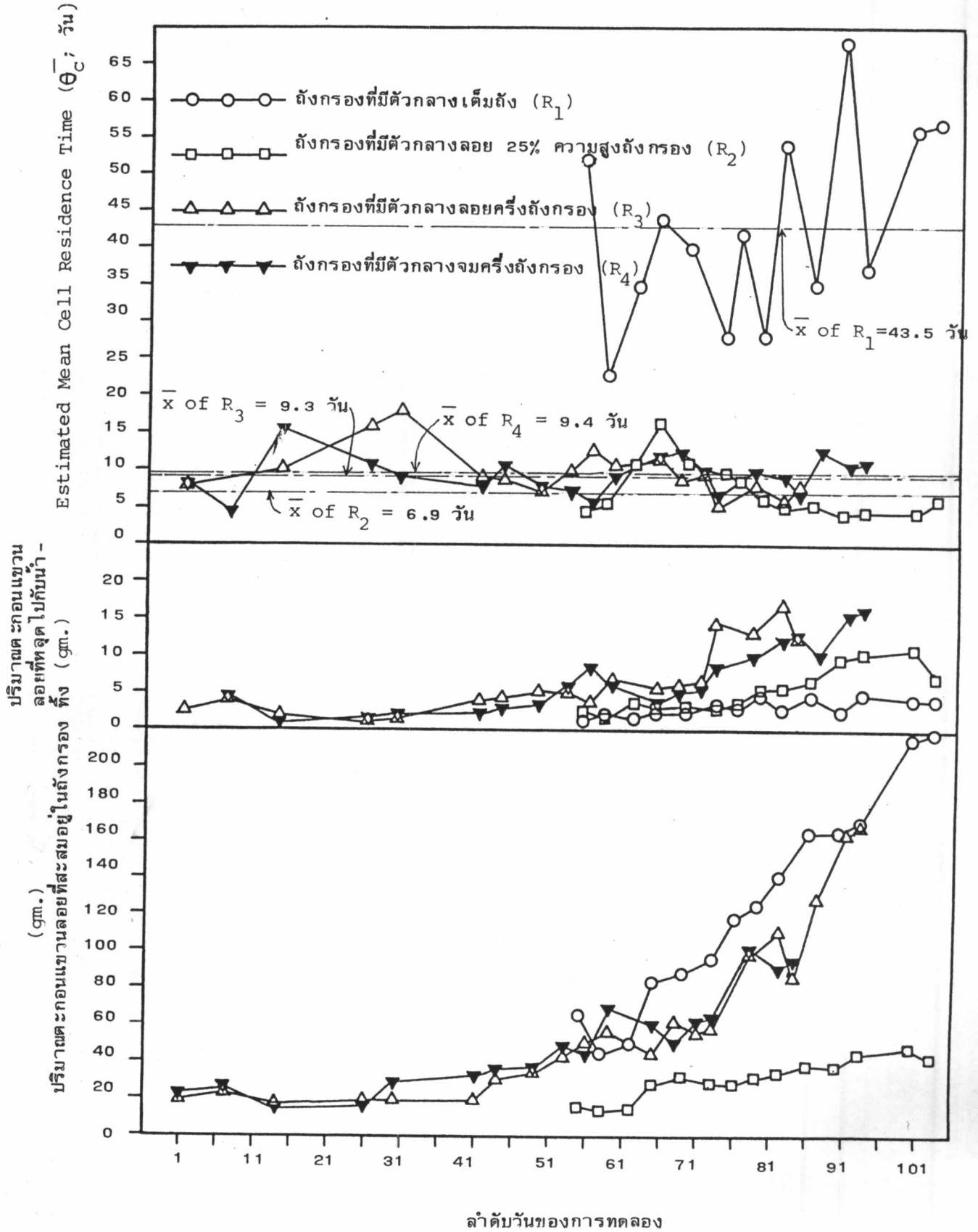
ภาพที่ 4.36 เปอร์ เซนต์ตะกอนแขวนลอยโวลูไทล์ เฉลี่ย และ ลักษณะการเพิ่มของตะกอนแขวน ลอย สำหรับ เครื่องกรอง ไร้ออกซิเจนที่มีชั้นตัวกลางจุ่มครึ่ง ถังกรอง

บริเวณรอยต่อของชั้นตัวกลางในถังกรอง ชั้นตัวกลางซึ่งลอยอยู่จะเป็น เสมือนกลไกหรือ อุปกรณ์ช่วยดักจับแบคทีเรียไม่ให้หลุดลอยไปกับน้ำทิ้ง แบคทีเรียที่พบจะอยู่ในลักษณะแขวนลอยในชั้นตัวกลาง สารอินทรีย์ที่ยังย่อยสลายไม่หมดถูกย่อยสลายอีกครั้งตอนบนก่อนที่สารอินทรีย์จะหลุดลอยไปกับน้ำทิ้ง อย่างไรก็ตามด้วยสาเหตุที่โรวม้วนผมถูกปล่อยให้ลอยอยู่ในถังกรองอย่างอิสระทำให้ตัวกลางไม่อัดตัวกันแน่น เช่นถังกรองที่มีตัวกลาง เต็มถังและตัวกลางจมครึ่งถัง ดังนั้นโอกาสที่ตะกอนเซลล์แบคทีเรียบริเวณชั้นตัวกลางตอนบนมีโอกาสหลุดลอยไปกับน้ำทิ้งได้ง่าย ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงอัตราการป้อนน้ำเสียเพียงเล็กน้อย สำหรับระหว่างชั้นตะกอนเซลล์กั้นถังและชั้นตัวกลางตอนบนจะพบแบคทีเรียมีปริมาณน้อยกว่าบริเวณอื่น ๆ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของตะกอนแขวนลอย

สำหรับถังกรองตัวที่ 4 มีตัวกลางจมครึ่งถังกรอง ปริมาณตะกอนเซลล์แบคทีเรียส่วนใหญ่ถูกเก็บสะสมไว้บริเวณก้นถังกรอง โดยปริมาณตะกอนเซลล์เริ่มพบว่าสูงขึ้นในช่วงปลาย ๆ ของการทดลองที่ตำแหน่ง 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ ในลักษณะเช่นนี้ถ้าระบบมีปริมาณตะกอนเซลล์แบคทีเรียสูงขึ้นมาก ๆ เพียงชั้นตัวกลางจมครึ่งถังไม่อาจจะเก็บกักตะกอนให้คงอยู่ในระบบได้ดีพอ เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติถังกรองที่มีตัวกลางลอยจะมีข้อได้เปรียบกว่าถังกรองที่มีตัวกลางจมในถังกรอง เพราะถึงจะไม่มีชั้นตัวกลางตอนล่างตะกอนเซลล์แบคทีเรียก็จะฟอร์มตัวเป็นชั้นตะกอนที่ก้นถังได้

ค่าเปอร์เซ็นต์ตะกอนแขวนลอยเวลาไหล (Volatile Suspended Solid)
ตรวจวัดจาก 4 ถังกรองมีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 80-90 %

ปริมาณตะกอนเซลล์แบคทีเรียในถังกรองทั้งหมดในทางปฏิบัติแล้วจะไม่สามารถวัดได้ถูกต้องอย่างระบบอื่น ๆ ที่ไม่ชั้นตัวกลาง เพราะยังมีตะกอนเซลล์บางส่วนซึ่งอาจเกาะติดในชั้นตัวกลางอีกทั้งการสะสมตัวไม่เป็นเนื้อเดียวกันตลอดทั้งถังกรอง และที่สำคัญที่สุดคือตะกอนส่วนใหญ่สะสมที่ก้นถังกรอง จากจุดเก็บตัวอย่าง 5 จุดในถังกรองยังไม่สามารถทราบถึงความสูงของชั้นตะกอนเซลล์ได้อย่างถูกต้องนัก แต่อย่างไรก็ตาม ก็พอจะประมาณการเพิ่มปริมาณของตะกอนเซลล์ทั้งหมดใน 4 ถังกรองได้มาในภาพที่ 4.37 จากการวัดปริมาณตะกอนเซลล์



ภาพที่ 4.37 กราฟแสดงการเพิ่มปริมาณตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในถังกรอง, ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่หลุดออกไปกับน้ำทิ้ง และค่าประมาณเวลากักตะกอนสำหรับทั้ง 4 ถังกรอง

สำหรับการทดลองที่ 1 (เต็มถังกับลอย 25 % ความสูง) จนถึงวันที่ 103 ของการทดลอง ก่อนเพิ่มโหลด เป็น 2 เท่า และการทดลองที่ 2 (ลอยครึ่งถังกับจมครึ่งถัง) จนถึงวันที่ 90 ของการทดลอง พบว่าถังกรองตัวที่ 2 (ตัวกลางลอย 25 % ความสูง) มีปริมาณตะกอน เซลล์สะสมในถังกรองต่ำมาก เนื่องจากตะกอนส่วนใหญ่สะสมอยู่บริเวณก้นถังกรองได้ จุดเก็บตัวอย่างต่ำสุดในถังกรองสูงจากก้นถัง 15 ซม. ทำให้ไม่สามารถประเมินค่าของ ปริมาณตะกอนเซลล์ออกมาให้ถูกต้องได้ ผิดกับถังกรองตัวแรก (เต็มถัง) ถึงแม้จะวัด ปริมาณตะกอนเซลล์ในถังกรองวิธีเดียวกับถังกรองตัวที่ 2 แต่ตะกอนเซลล์ก็ยังคงกระจาย ขึ้นมาเก็บกักอยู่ตอนบน ๆ ของถังกรอง จึงสามารถวัดปริมาณได้จากจุดเก็บตัวอย่าง 5 จุด ในถังกรอง แต่อย่างไรก็ตามในการทดลองที่ 2 ผู้ทดลองได้เพิ่มจุดวัดปริมาณตะกอนเซลล์ อีก 1 จุด ตรงบริเวณทางเข้าของน้ำเสีย (ที่ระดับ 0.00 จากก้นถังกรอง) ทำให้การวัด ปริมาณตะกอนเซลล์ได้ใกล้เคียงยิ่งขึ้น ดังนั้นถ้าผู้ทดลองได้กระทำวิธีนี้กับถังกรองตัวที่ 1 จะทำให้ปริมาณตะกอนเซลล์ในระบบเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย แต่จะเพิ่มขึ้นมากสำหรับถังกรอง ตัวที่ 2 พิจารณาจากกราฟทั้ง 4 เส้นจะเห็นว่าปริมาณตะกอนเซลล์จะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่ม ของออร์แกนิกโหลดตั้ง ตลอดการทำงานระบบไม่ได้อยู่ในสภาวะทรงตัวเลย (Steady State)

เมื่อพิจารณาจากกราฟแสดงปริมาณตะกอนเซลล์ที่หลุดออกไปกับน้ำทิ้งซึ่งจะชี้ให้เห็นถึงสมรรถนะในการเก็บกักตะกอนเซลล์ให้คงอยู่ในระบบ จะพบว่าถังกรองที่มีตัวกลาง เต็มถังจะมีประสิทธิภาพสูงที่สุด ปริมาณตะกอนที่หลุดออกมากับน้ำทิ้งน้อยกว่าอีก 3 ถังกรอง มากมีผลทำให้เวลากักตะกอนโดยประมาณ (Estimated SRT.) มีเฉลี่ยประมาณ 43.5 วัน ในถังกรองตัวที่ 2 มีการเคลื่อนไหวของตะกอนต่ำและเนื่องจากมีข้อผิดพลาดในการวัดปริมาณ ตะกอนเซลล์ทั้งหมดในถังกรองจึงจะใช้ถังกรองลอยครึ่งถังเป็นตัวแทนในการกล่าวอ้างถึง ถังกรองที่มีตัวกลางลอย เปรียบ เทียบกับถังกรองที่มีตัวกลางจมครึ่งถังและถังกรองที่มีตัวกลาง เต็มถัง เมื่อ เปรียบเทียบในช่วงที่ตะกอนเซลล์ในระบบยังไม่สูงมาก ปริมาณตะกอนเซลล์ มีโอกาสหลุดลอยไปกับน้ำทิ้งใกล้เคียงกันโดยถังกรองที่มีตัวกลางลอยจะมีปริมาณสูงกว่า เล็ก น้อยเพราะตะกอนเซลล์ที่ไปสะสมอยู่บริเวณชั้นตัวกลางตอนบนมีโอกาสหลุดลอยไปกับน้ำทิ้งได้ ง่ายกว่า แต่อย่างไรก็ดี เมื่อปริมาณของตะกอนเซลล์ในถังกรองมีปริมาณสูงมาก ๆ คาดว่า

ชั้นตัวกลางครึ่งถังจมจะเก็บสะสมตะกอนได้น้อยกว่าถังกรองที่มีตัวกลางลอยครึ่งถังอย่างแน่นอน เพราะถังกรองไม่มีอุปกรณ์ใด ๆ ที่จะสามารถดักหรือหน่วงทิศทางการเคลื่อนไหวของตะกอนเซลล์แบคทีเรียคอนบอนด์ ฉะนั้นในทางปฏิบัติกับการนำไปใช้ในการกำจัดน้ำเสียจริง ๆ คาดว่าถังกรองที่มีตัวกลางลอยจะทำงานได้ดีกว่าถังกรองที่มีตัวกลางจมในแง่ของการสะสมของตะกอนเซลล์แบคทีเรีย จึงเห็นว่าจากผลการวิจัยทั้งสองถังกรองจะมีความสามารถเก็บสะสมตะกอนให้คงอยู่ในระบบได้ใกล้เคียงกันแต่เป็นเพียงการทดลองในช่วงที่ปริมาณตะกอนเซลล์ในระบบยังไม่สูงมากนักพอที่จะเห็นชัดถึงข้อแตกต่างได้

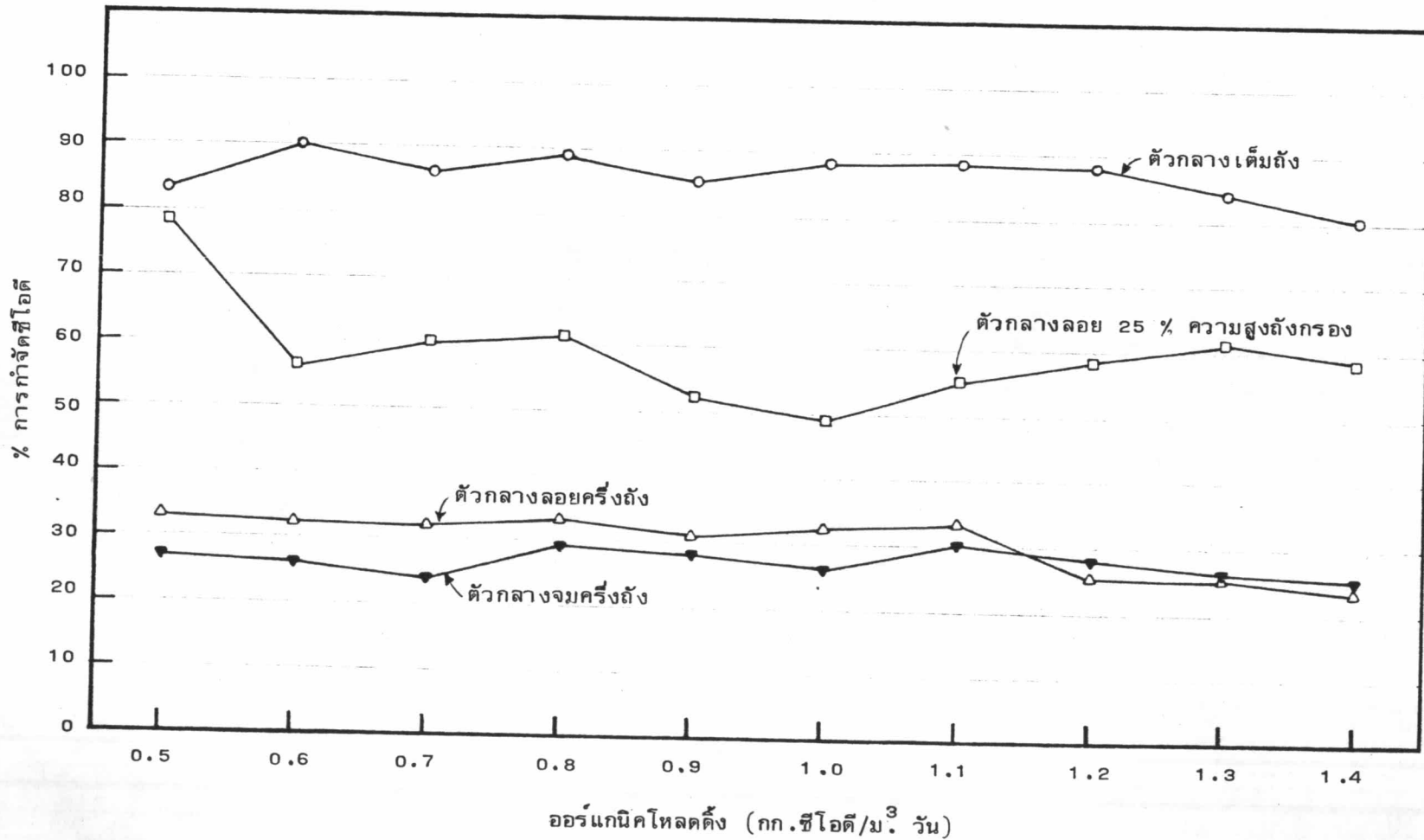
ในการหาความสามารถในการตกตะกอนโดยการวัดค่าสลัดจ์ วอลุ่ม อินเดกซ์ (Sludge Volume Index) ของทั้ง 4 ถังกรองจะประสบปัญหาเรื่องสลัดจ์ลอยตัว (Sludge Rising) เพราะการเพิ่มไหลลงอย่างต่อเนื่องให้กับถังกรอง ทำให้การเจริญเติบโตของตะกอนเซลล์แบคทีเรียในระบบอยู่ในช่วง Log-Growth-Phase (พิจารณาได้จากการสะสมตะกอนเซลล์ทั้งหมดในถังกรองจากภาพที่ 4.37) ตะกอนเซลล์แบคทีเรียส่วนใหญ่ค่อนข้างแข็งแรง (Activated Bacteria) ดังนั้นเมื่อนำตัวอย่างตะกอนเซลล์ในถังกรองไร้ออกซิเจนเพื่อวัดค่าสลัดจ์ วอลุ่ม อินเดกซ์ โดยไล่ก๊าซชีวภาพออกก่อนทำให้ตกตะกอน แต่ตะกอนเซลล์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียที่แข็งแรงก็จะสร้างก๊าซขึ้นมาใหม่พร้อมกับยกชั้นสลัดจ์ที่ตกตะกอนแล้วกลับลอยขึ้นมาอีกครั้ง ดังนั้นการหา SVI. ในการทดลองจึงไม่มีนัยสำคัญพอที่จะนำมากล่าวได้เพียงจะทราบถึงพฤติกรรมของตะกอนเซลล์เมื่อนำมาให้ตกตะกอนในกระบอกดวง

4.6 อิทธิพลของความหนาและลักษณะการวางชั้นตัวกลางต่อการทำงานของถังกรองไร้ออกซิเจน

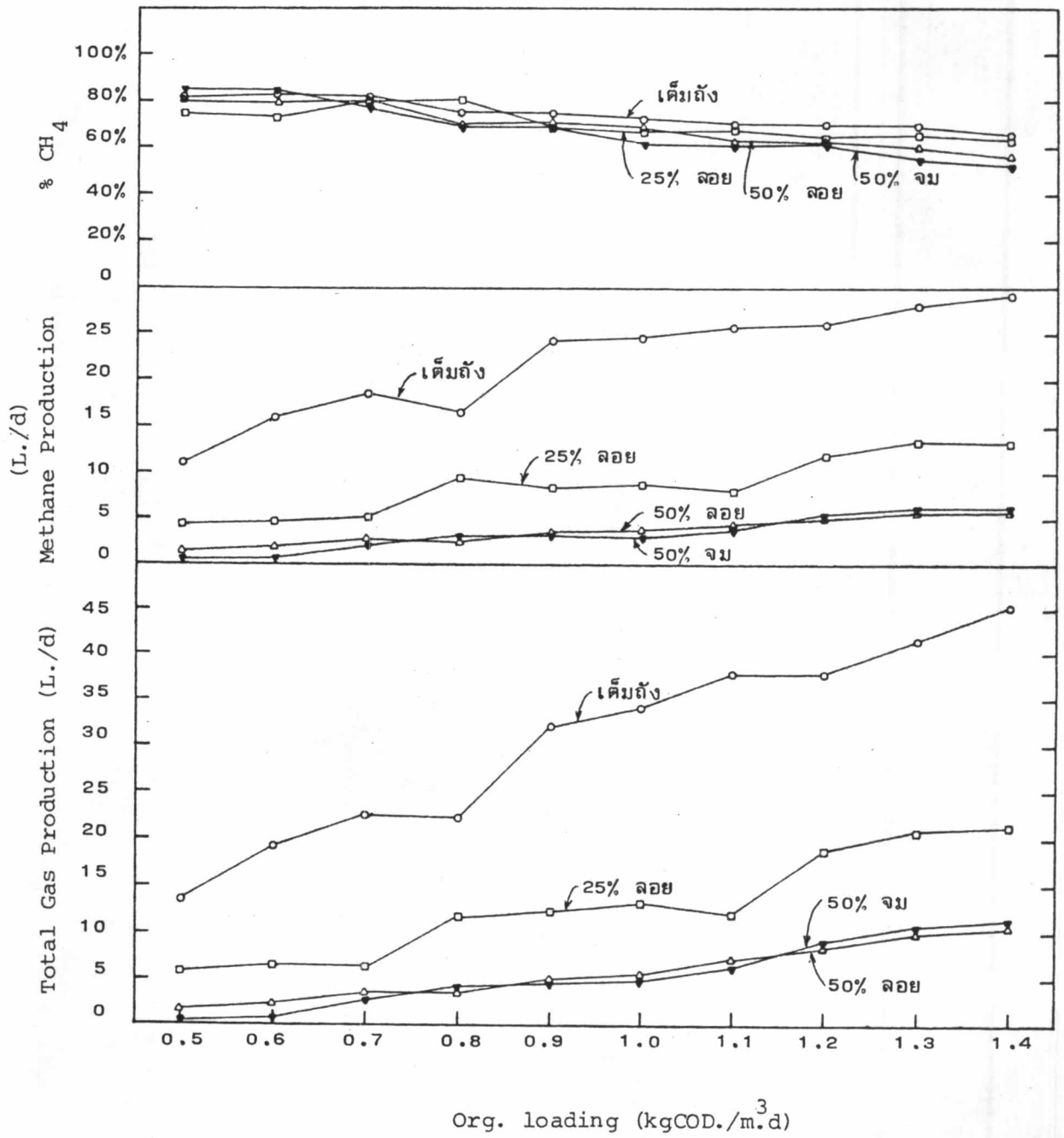
ผลการทดลองวางชั้นตัวกลางในถังกรอง 4 ลักษณะทำให้สมรรถนะการทำงานของเครื่องกรองต่างกันไปกล่าวคือ สำหรับถังกรองตัวที่ 1 มีตัวกลางเต็มถังเหมือนถังกรองไร้ออกซิเจนธรรมดาทั่ว ๆ ไป มีช่องว่าง 93 % ตะกอนเซลล์แบคทีเรียจะสะสมมากที่บริเวณก้นถังและค่อย ๆ ลดน้อยลงตามความสูงถังกรอง โอกาสที่ตะกอนเซลล์จะหลุดลอยไปกับน้ำทั้งหมดมีน้อย ตะกอนเซลล์ส่วนใหญ่จะฟอร์มตัวเป็นตะกอนฟลอคสะสมตามช่องว่างของตัวกลาง การย่อยสลายส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ก้นถังกรอง เมื่อเปรียบเทียบกับถังกรองตัวที่ 2 มีชั้นตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรองหรือ 30 ซม. ทำหน้าที่เสมือนอุปกรณ์ที่ใช้ดักตะกอนเซลล์แบคทีเรียไม่ให้หลุดลอยไปกับน้ำทั้งโดยตรง สันนิษฐานจากลักษณะที่ชั้นตัวกลางลอยอยู่ตอนบนของ

ถังกรอง จะทำให้ตะกอนเซลล์ควรจะมาสะสมตรงบริเวณใต้รอยต่อของชั้นตัวกลาง แต่จากการเก็บตัวอย่างน้ำและสมบัติที่วิเคราะห์ทางเคมีจะไม่พบความแตกต่างกับตำแหน่งในช่วงที่ต่ำลงมาของตอนล่างถังกรอง อาจเป็นไปได้ว่า ณ ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง 2 จุด ตอนบนที่ความสูง 75 และ 105 ซม. จากกันถังกรอง ไม่ตรงกับบริเวณที่มีการสะสมของตะกอนเซลล์แบคทีเรีย อนึ่งสังเกตได้ว่าปริมาณกรดโวลาคิลในระบอบจะลดลงตลอดความสูงที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อวัดปริมาณกรดโวลาคิลในน้ำทิ้งจะกลับสูงกว่าจุดตอนบนของถังกรอง แสดงว่าน้ำจะเกิดการย่อยสลายของแบคทีเรียสร้างกรดตรงบริเวณชั้นตัวกลางตอนบนของเครื่องกรองไร้ออกซิเจน หรือเกิดจากตะกอนเซลล์ที่อาจจะสะสมบริเวณใต้ฝาครอบถังกรองเพราะความค้อยสมรรถภาพของจุดทางออกและการเก็บกักเซลล์ของชั้นตัวกลางในถังกรองทำให้เกิดชั้นสคัม (Scum) สะสมอยู่ ทำให้แบคทีเรียบริเวณนี้เกิดการย่อยสลายไม่ครบขบวนการ ปริมาณกรดโวลาคิลในน้ำทิ้งจึงกลับเพิ่มขึ้น การทำงานของถังกรองที่มีชั้นตัวกลางลอยเพียง 25 % ความสูงถังกรองจะเป็นแบบการกวนอย่างสมบูรณ์ การย่อยสลายสารอินทรีย์ส่วนใหญ่เกิดขึ้นบริเวณกันถังกรองเช่นเดียวกับถังกรองซึ่งมีตัวกลางเต็มถัง แต่ประสิทธิภาพจะไม่เท่าเทียมกัน พิจารณาจากรูปที่ 4.38 เป็นกราฟแสดงเปรียบเทียบความสามารถในการกำจัด ซีโอดี ทั้ง 4 ถังกรองที่ออร์แกนิกโพลคิงที่เท่ากัน เช่นเดียวกับภาพที่ 3.39 เป็นกราฟแสดงเปรียบเทียบอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพของทั้ง 4 ถังกรองที่ออร์แกนิกโพลคิงต่าง ๆ

สำหรับถังกรองตัวที่สามมีตัวกลางลอยครึ่งถังกรอง การสะสมของตะกอนเซลล์เกิดขึ้นคล้ายกับถังกรองที่มีตัวกลางลอย 25 % ความสูง กล่าวคือบริเวณกันถังกรองจะมีตะกอนเซลล์ส่วนใหญ่สะสมอยู่ เช่นเดียวกัน การย่อยสลายส่วนใหญ่เกิดขึ้นบริเวณกันถังกรอง บริเวณเหนือชั้นตะกอนกันถังจะพบแบคทีเรียในรูปของตะกอนแขวนลอยซึ่งพร้อมจะเกาะติดไปกับก๊าซชีวภาพลอยขึ้นมาสะสมบริเวณชั้นตัวกลางตอนบน โดยเฉพาะรอยต่อของชั้นตัวกลาง ทำให้สามารถสังเกตได้ว่ามีการย่อยสลายสารอินทรีย์อีกครั้งตรงบริเวณตอนกลางของถังกรอง ความจริงแล้วลักษณะการทำงานของถังกรองตัวนี้จะคล้ายคลึงกับถังกรองที่มีชั้นตัวกลางลอย 25% ความสูงถังกรอง แต่เนื่องจากตรงบริเวณชั้นรอยต่อของตัวกลางมาตรงกับจุดเก็บตัวอย่างพอดี ทำให้ผู้ทดลองสามารถวัดปริมาณกรดโวลาคิล ตะกอนแขวนลอย ณ ตำแหน่งกลางถังกรองได้สูง



ภาพที่ 4.38 กราฟแสดงเปรียบเทียบประสิทธิภาพกำจัดซีไอดีที่ออร์แกนิกโหลดคั้งที่เท่ากันของเครื่องกรองที่มีตัวกลางเต็มคั้ง (○) เครื่องกรองที่มีตัวกลางลอย 25 % ความสูงคั้งกรอง (□) , เครื่องกรองที่มีตัวกลางลอย 50 % ความสูงคั้งกรอง (△) , เครื่องกรองที่มีตัวกลางจม 50 % ความสูงคั้งกรอง (▼)



ภาพที่ 4.39 อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพทั้งหมด อัตราการผลิตก๊าซมีเทนและเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนที่ออร์แกนิกโหลดคั้งต่าง ๆ ของเครื่องกรองไร้ออกซิเจนที่มีชั้นตัวกลางเต็มถังกรอง (○), ตัวกลางลอย 25% ความสูงถังกรอง (□), ตัวกลางลอย 50% ความสูงถังกรอง (△), ตัวกลางจม 50% ความสูงถังกรอง (▼)

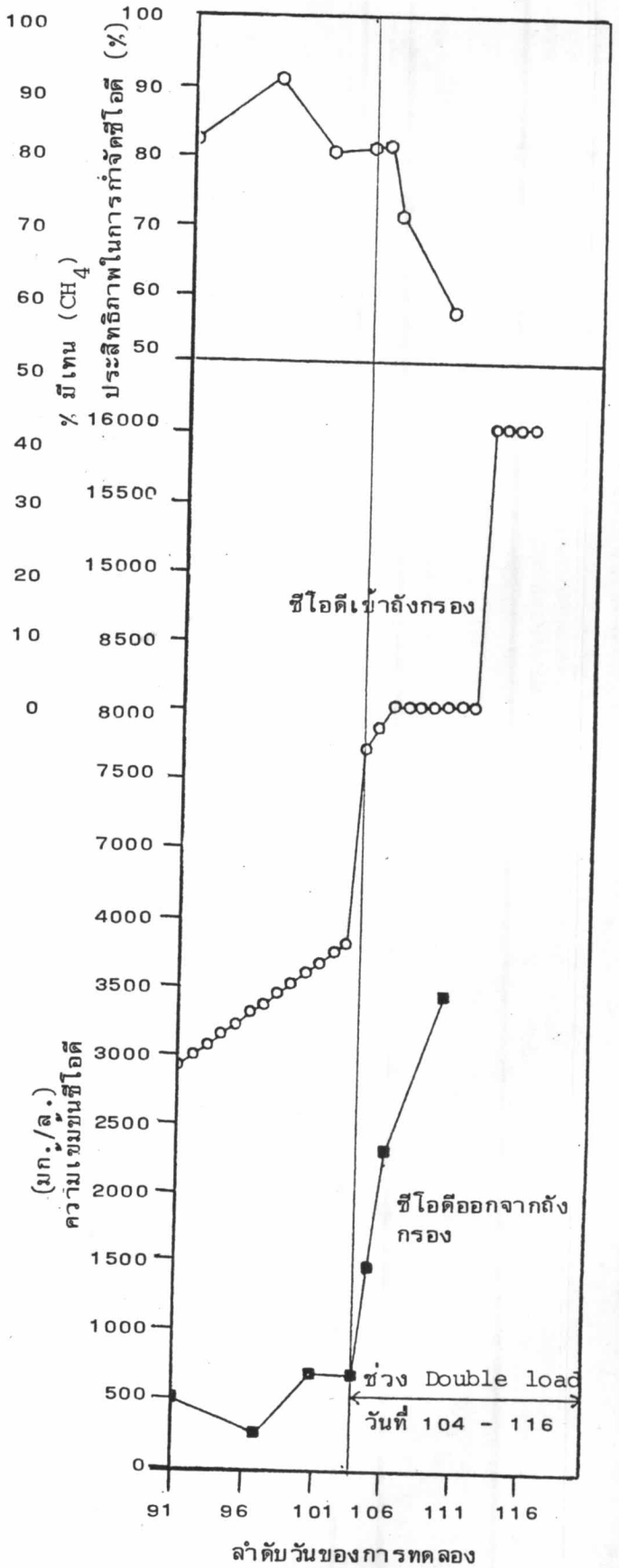
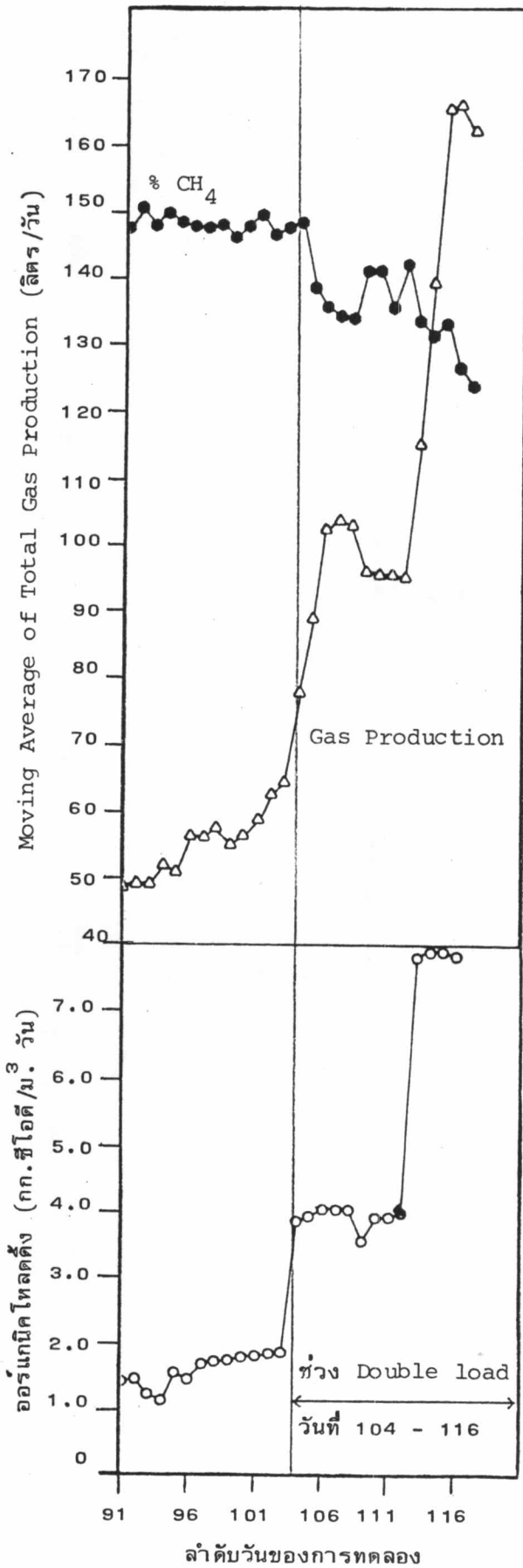
เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพและการกำจัด ซีไอดี แล้ว ถังกรองตัวที่ 3 กลับมีประสิทธิผลต่ำกว่าอย่างเห็นได้ชัด ถึงแม้ว่าจะมีลักษณะการบ้อนออร์แกนิกไหลคั่งให้ระบบในลักษณะเช่นเดียวกัน แต่ถังกรองตัวที่ 3 ต้องมาประสบปัญหาเรื่องอุทกภูมิซึ่งมีผลทำให้สมรรถนะการทำงานของถังกรองตัวล่าง

สำหรับถังกรองตัวที่ 4 ผู้ทดลองกดตัวกลางซึ่งเป็นโร้วนวนหมให้จมอยู่ครึ่งถังกรองตะกอนเซลล์แบคทีเรียจะสะสมเฉพาะตอนล่างของถังกรอง เนื่องจากครึ่งถังตอนบนไม่มีชั้นตัวกลางหรืออุปกรณ์ใด ๆ มาช่วยดักตะกอนเซลล์ไว้ เมื่อตะกอนเซลล์ที่หลุดออกมาจากชั้นตัวกลางตอนล่างจะแขวนลอยอยู่ตอนบนของเครื่องกรองพร้อมที่จะหลุดออกไปกับน้ำทิ้ง ผลการทดลองของถังกรองตัวที่ 4 จะชี้ให้เห็นบทบาทของชั้นตัวกลางตอนบนในการช่วยดักจับเซลล์แบคทีเรียให้คงอยู่ในถังกรอง อย่างไรก็ตามเนื่องจากถังกรองตัวนี้ต้องประสบปัญหาเรื่องอุทกภูมิที่ยับยั้งการทำงานของแบคทีเรีย ทำให้สมรรถนะถังกรองในการลดค่า ซีไอดี และการผลิตก๊าซชีวภาพจึงยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับถังกรองที่ 1 และ 2 ดังแสดงในภาพที่ 4.38 และ 4.39

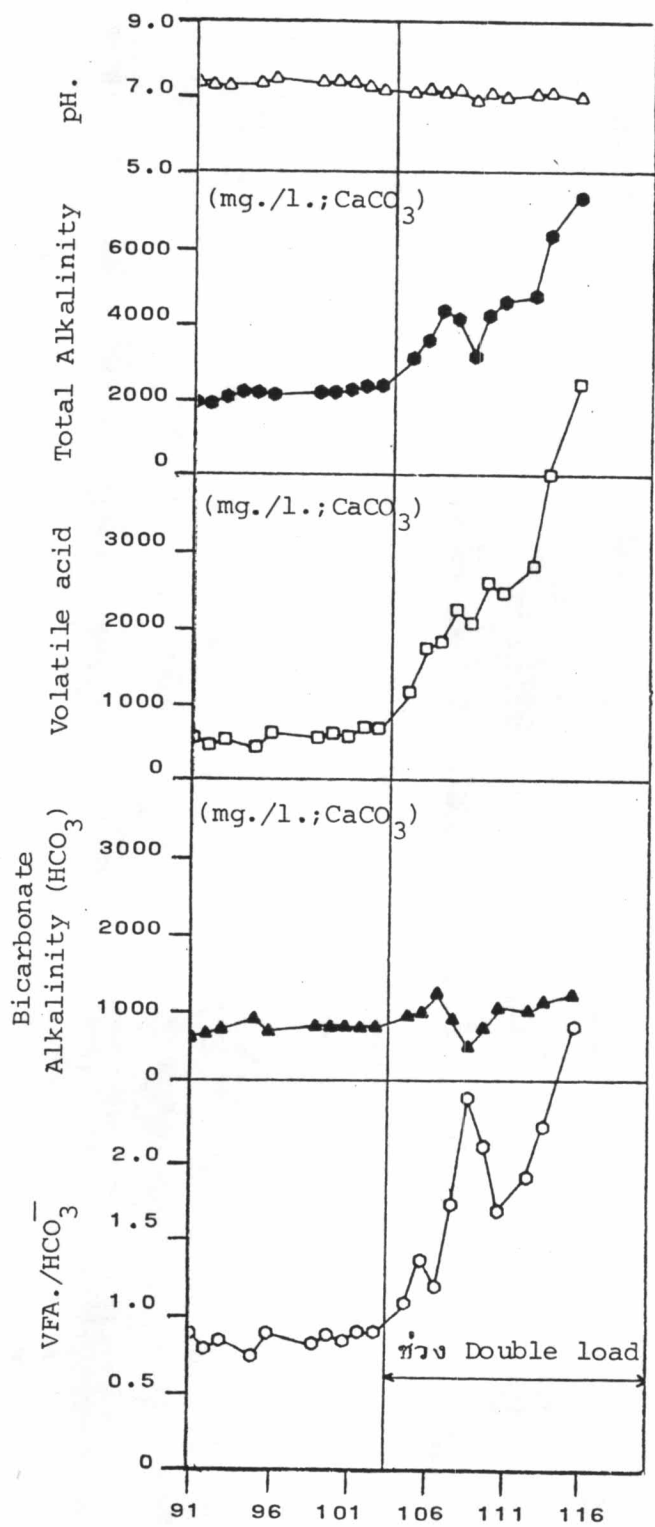
4.7 การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงออร์แกนิกไหลคั่ง

จากการบ้อนน้ำเสียให้ถังกรองด้วยการค่อย ๆ เพิ่มออร์แกนิกไหลคั่งอย่างต่อเนื่องและช้า ๆ ทำให้ปริมาณของกรดโวลลาไทล์ในระบบค่อย ๆ เพิ่มตามขึ้นด้วย ปริมาณอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพก็ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นพร้อม ๆ กับการลดลงของเปอร์เซ็นต์มีเทนซึ่งสามารถสังเกตได้จาก 4 ถังกรอง

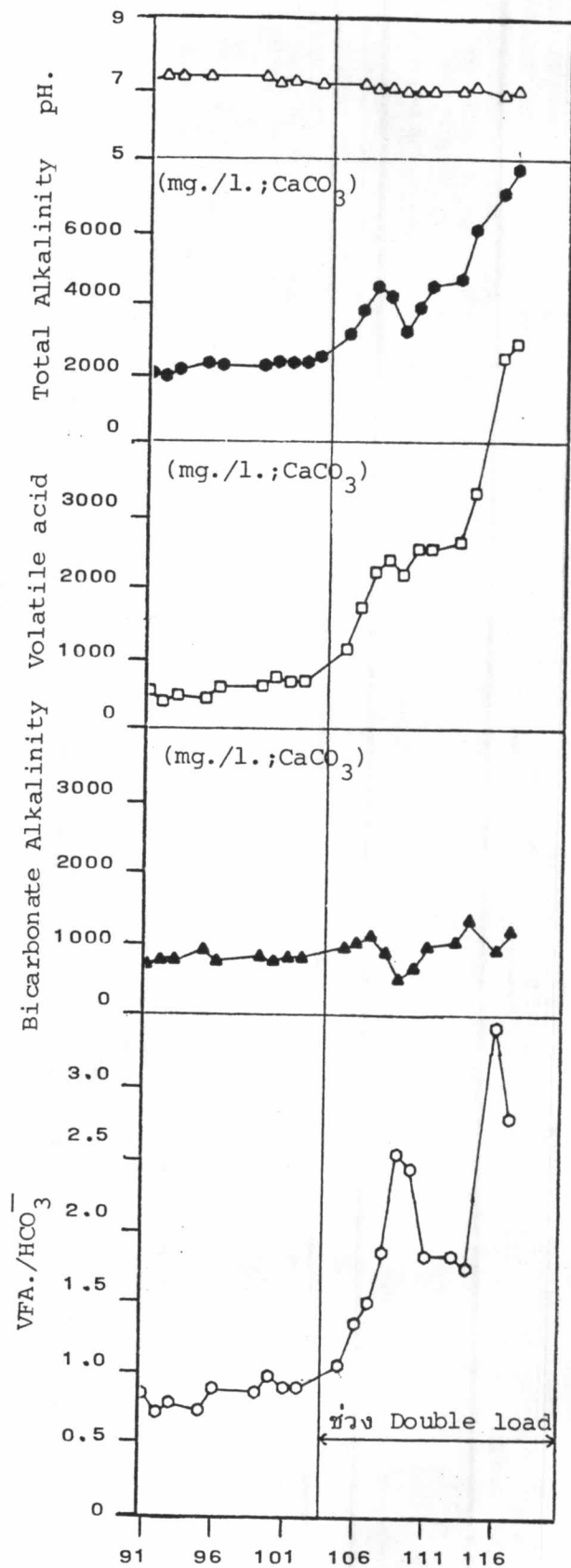
ในช่วงปลายของการทดลองของถังกรองตัวที่ 1 และ 2 ได้มีการเพิ่มไหลคั่งด้วยการเพิ่มไหลคั่งเป็น 2 เท่า (Double load) 2 ช่วงดังแสดงในภาพที่ 4.40, 4.41 ซึ่งจะเป็นผลที่เกิดขึ้นเฉพาะถังกรองที่ 1 จะสังเกตได้ว่าการเพิ่มขึ้นของออร์แกนิกไหลคั่งอย่างกะทันหันทำให้ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นกัน พร้อม ๆ กับการลดลงของ % มีเทนในส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ สำหรับประสิทธิภาพการกำจัด ซีไอดี จะลดลงจากค่าเดิมประมาณ 80 % เหลือประมาณ 56 % ก่อนปิดการทดลอง Matsumoto, et al⁽³⁷⁾ กล่าวว่า การเพิ่มออร์แกนิกไหลคั่งอย่างกะทันหันให้ระบบ มีผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของ



ภาพที่ 4.40 แสดงผลของการเพิ่มโหลด 2 เท่า ให้กับถังกรองตัวที่ 1 ต่อการเปลี่ยนแปลงของการผลิตก๊าซชีวภาพ, เปอร์เซนต์ก๊าซมีเทน, ความเข้มข้นซีไอดีออกจากถังกรอง และประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดี



ลำดับวันของการทดลอง
 ณ. ตำแหน่ง 30 ซม. จากก้นถังกรองที่มีตัวกลางเต็มถัง



ลำดับวันของการทดลอง
 ณ. ตำแหน่งของน้ำที่ออกจากถังกรองที่มีตัวกลางเต็มถัง

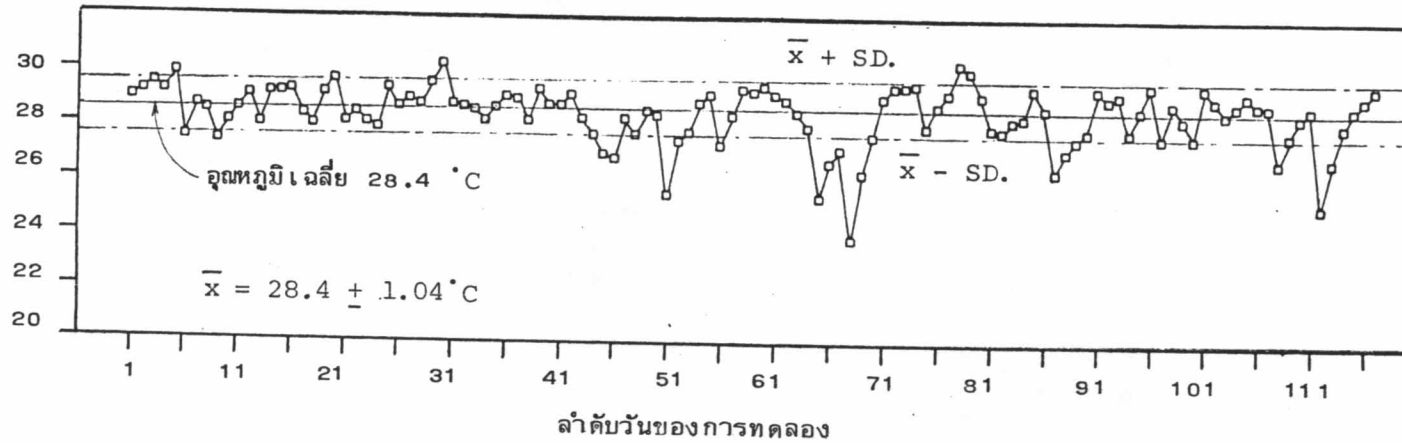
ภาพที่ 4.41 แสดงผลการเพิ่มโหลดเป็น 2 เท่า ให้กับถังกรองตัวที่ 1 (ตัวกลางเต็มถัง) คือการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมีความสูง 30 ซม. จากก้นถังกรองและน้ำที่

เครื่องกรองลดลง เพราะมีเทนแบคทีเรียไม่สามารถย่อยสลายปริมาณกรดโวลาทิลที่เพิ่มขึ้นได้ทัน ทำให้อัตราการผลิตก๊าซมีเทน ค่าพีเอช ปริมาณสภาพความเป็นด่างลดลง พร้อม ๆ กับการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดโวลาทิล

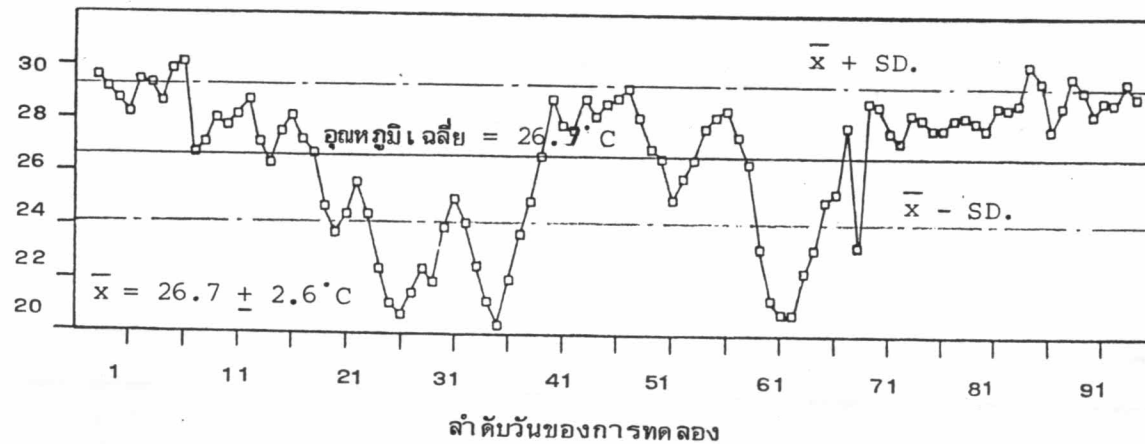
พิจารณาการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมีที่ตำแหน่ง 15 ซม. จากก้นถังกรองและน้ำทิ้งจากถังกรองตัวที่ 1 จากการเพิ่มโพลอย่างกระทันหัน ดังแสดงจากภาพที่ 4.41 ทำให้ปริมาณกรดโวลาทิลภายในถังกรองและน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพราะมีเทนแบคทีเรียไม่สามารถย่อยสลายปริมาณกรดอินทรีย์ได้ทันและเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็น Intermediated Product ของขบวนการเพิ่มขึ้นในส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ สำหรับค่าสภาพความเป็นด่างทั้งหมดในถังกรองและน้ำทิ้งก็จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณไบคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้นในส่วนประกอบของน้ำเสีย ในขณะที่ไบคาร์บอเนตที่จะเป็นบัฟเฟอร์ให้ระบบจะคงที่ เพราะไบคาร์บอเนตส่วนใหญ่จะถูกจับตัวให้อยู่ในสภาพความเป็นด่างของกรดระเหย (Volatile acid Alkalinity)

4.8 อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อการทำงานของถังกรองไร้ออกซิเจน

ถังกรองที่ใช้ในห้องทดลองไม่มีอุปกรณ์หรือเครื่องมือสำหรับควบคุมอุณหภูมิของระบบให้คงที่ตลอดการทำงาน ฉะนั้นอุณหภูมิของถังกรองจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิห้องทดลองดังแสดงในภาพที่ 4.42 เป็นกราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของอุณหภูมิห้องทดลอง สำหรับการทดลองครั้งที่ 1 (ตัวกลางเต็มถัง, ตัวกลางลอย 25 % ความสูงถังกรอง) อุณหภูมิห้องทดลองเฉลี่ยประมาณ $28.4 \pm 1.04^{\circ}\text{C}$ จะมีเพียงช่วงวันที่ 64-71 ของการทดลองที่อุณหภูมิห้องต่ำกว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเล็กน้อย แต่สำหรับการทดลองที่ 2 (ถังกรองที่มีตัวกลางลอย 50 % และถังกรองที่มีตัวกลางจม 50 % ความสูงถังกรอง) จะมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสูงมาก มีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ $26.7 \pm 2.6^{\circ}\text{C}$ ซึ่งมีผลยับยั้งการทำงานของมีเทนแบคทีเรียและระบบทั้งหมดโดยตรง พิจารณาจากภาพที่ 4.43 เป็นผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อการผลิตก๊าซชีวภาพเปอร์เซ็นต์มีเทน ประสิทธิภาพการย่อยสลาย ซีไอดี ของถังกรอง ในช่วง 41-71 ของการทดลองสำหรับถังกรองตัวที่ 3 เพียงการลดลงของอุณหภูมิ 4°C ในช่วงแรกและ 8°C ในช่วง 56-66 ของการทดลองทำให้อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพลดลงพร้อม ๆ กับการลดลงของเปอร์เซ็นต์

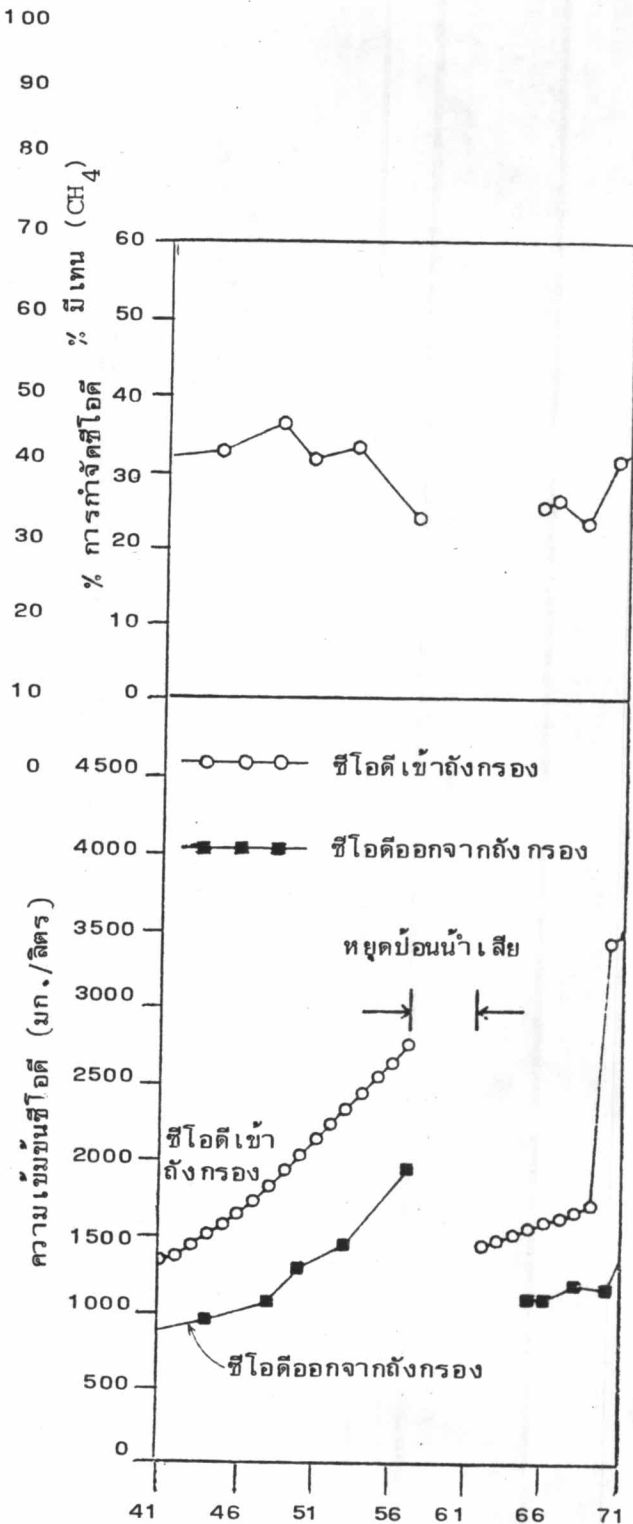
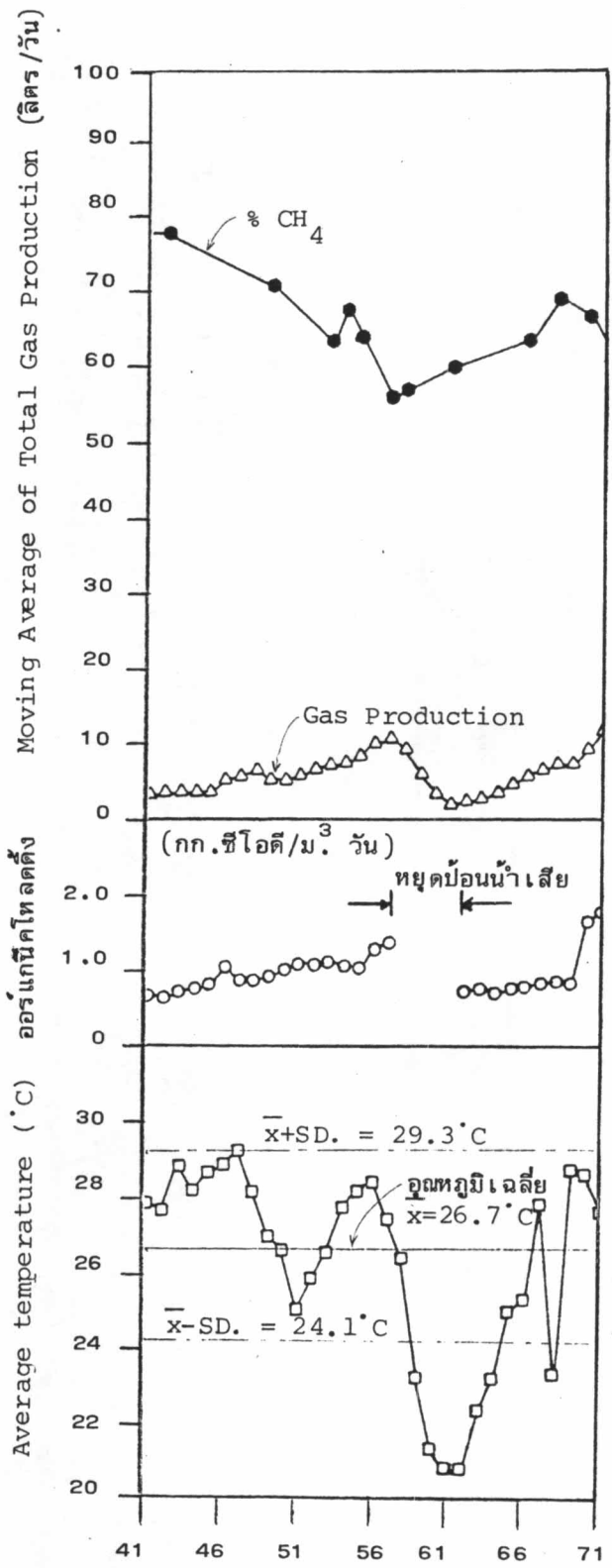


อุณหภูมิห้องทดลองสำหรับการทดลองครั้งที่ 1 (ตัวกลางเต็มถัง, ตัวกลางลอย 25% ความสูงถังกรอง)



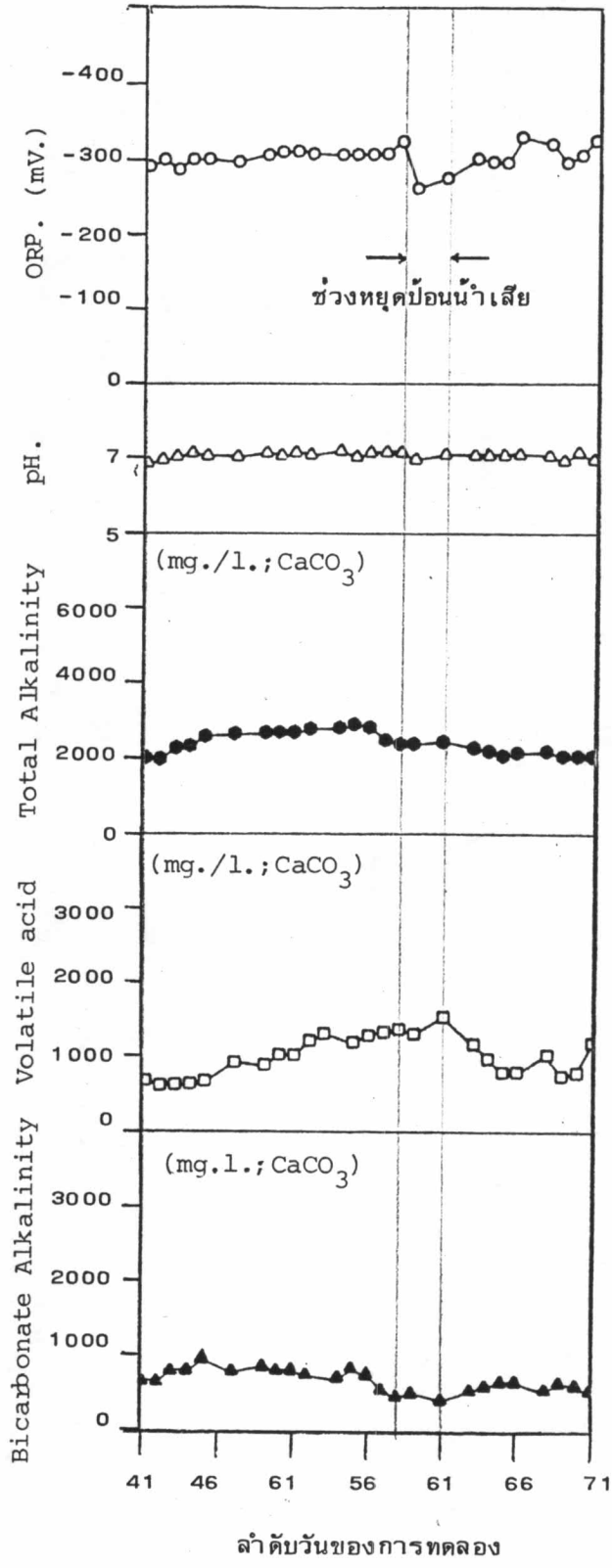
อุณหภูมิห้องทดลองสำหรับการทดลองครั้งที่ 2 (ตัวกลางลอยครึ่งถัง, ตัวกลางจมครึ่งถังกรอง)

ภาพที่ 4.42 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิห้องทดลองสำหรับการทดลองครั้งที่ 1 และการทดลองครั้งที่ 2

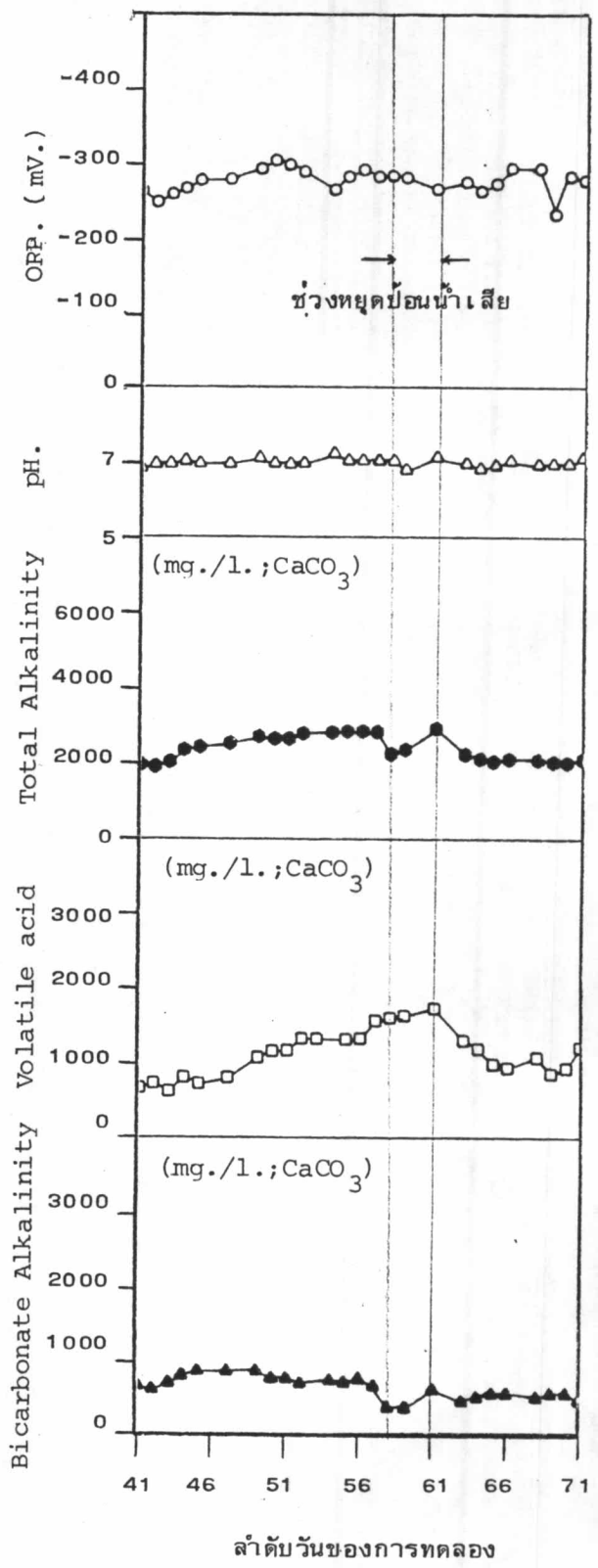


ภาพที่ 4.43 ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกะทันหันต่ออัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ, % ก๊าซมีเทน ความสามารถในการลดซีโอติ และ% การกำจัดซีโอติ สำหรับ ถังกรองที่มีตัวกลางลอยครึ่งถังกรอง

ณ. ตำแหน่งที่ 15 ซม. จากก้นถังกรอง



ณ. ตำแหน่งของน้ำทิ้งจากถังกรอง



ภาพที่ 4.44 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางเคมี ณ. ตำแหน่ง 3.2 และน้ำทิ้งของถังกรอง ไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางลอยครึ่งถัง จากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกะทันหัน - ในช่วงวันที่ 41 - 71 ของการทดลอง

มีเทน การทำงานของระบบเริ่มอยู่ในสภาวะที่เสถียร พิจารณาภาพที่ 4.44 พบว่า ปริมาณกรดไขมันในถังกรองและน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนผู้ทดลองต้องหยุดบ่อน้ำเสีย เพื่อให้ระบบหยุดผลิตกรดไขมัน (หยุดเติมอาหารให้กับแบคทีเรียสร้างกรด) และเพื่อให้มีเทนแบคทีเรียกำจัดปริมาณกรดไขมันที่ยังคงอยู่ในถังกรองมากมายเสียก่อน Lawrence, et al⁽¹⁷⁾ กล่าวว่า เมื่ออุณหภูมิของระบบถังกรองไม่ใช้ออกซิเจนลดลงต้องเพิ่มค่าเวลากักตะกอนให้กับระบบด้วยการลดไหลที่บ่อน้ำเข้าถังกรองหรือหยุดบ่อน้ำเสียให้กับถังกรอง จึงจะช่วยให้ประสิทธิภาพการทำงานไม่ลดลง หรือถึงแม้เป็นระบบจะเสถียรไปก็จะมีแนวโน้มเร็วไม่เสถียรจนทำให้ระบบทั้งหมดล้มเหลวโดยสิ้นเชิง

อนึ่ง ในระหว่างการทดลองทุกครั้ง ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์จะมีปริมาณเพียงพอเสมอ ดังแสดงอยู่ในตารางที่ 4.3



ตารางที่ 4.3 ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้

ในทุกการทดลอง

ถังกรอง ที่	ลำดับวันนอก การทดลอง	#ของจุดเก็บ ตัวอย่าง	ซีไอดี (มก./ล.)	TKN. (มก./ล.;N)	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.; P)	COD: N : P
1 (เต็มถัง)	58	1.3	817.0	93.5	1.14	100:11.4:0.14
	81	1.3	970.0	111.6	1.74	100:11.5:0.17
	101	1.3	1340.0	136.6	1.96	100:10.2:0.15
2 (ลอย25%)	58	2.3	945.0	114.9	0.68	100:12.1:0.10
	81	2.3	1015.0	98.6	0.44	100: 9.7:0.04
	101	2.3	1243.0	74.6	0.51	100: 6.0:0.04
3 (ลอย50%)	30	3.1	516.0	80.1	10.6	100:15.5:2.1
	30	3.2	520.0	78.6	17.7	100:15.1:3.4
	30	3.3	630.0	81.3	9.0	100:12.9:1.4
	30	3.4	583.0	78.4	19.0	100:13.5:3.2
	30	3.5	579.0	78.4	12.0	100:13.5:2.0
	30	น้ำทิ้ง	648.0	82.6	13.0	100:12.7:2.0
	56	3.1	2281.0	261.6	19.0	100:11.4:0.8
	56	3.2	2392.0	291.4	17.5	100:12.2:0.7
	56	3.3	2631.2	638.0	35.5	100:24.2:1.35
	56	3.4	2484	270.9	34.0	100:10.9:1.36
	56	3.5	2116	347.6	27.0	100:16.5:1.3
	56	น้ำทิ้ง	2050	268.7	23.5	100:13.1:1.1
	77	3.1	2384.7	549.2	40.5	100:23.0:1.7
	77	3.3	2619.8	500.0	38.0	100:19.1:1.45
	77	3.5	2814.1	423.9	33.1	100:15.0:1.2
	77	น้ำทิ้ง	2538.4	410.4	22.7	100:16.1:0.9
	4 (50%จม)	30	4.1	724.9	84.1	4.5
30		4.2	690.7	85.6	9.2	100:12.4:1.3
30		4.3	699.3	84.4	16.0	100:12.0:2.3
30		4.4	682.0	82.0	23.0	100:12.0:3.3
30		4.5	631.0	79.7	13.0	100:12.6:2.06
30		น้ำทิ้ง	715.4	86.8	21.1	100:12.1:2.90
56		4.1	3312.0	387.4	22.5	100:11.6:0.7
56		4.2	2760	310.4	37.5	100:11.2:1.3
56		4.3	2557.6	301.7	22.0	100:11.8:0.90
56		4.5	2300	268.7	24.5	100:11.6:1.1
56		น้ำทิ้ง	2178.4	296.2	22.5	100:12.3:1.0
77		4.1	3898	879.0	19.7	100:22.5:0.5
77		4.3	2439	502.6	18.0	100:20.6:0.7
77		4.5	2185.8	436.4	18.0	100:19.9:0.8
77		น้ำทิ้ง	2067	443.9	32.1	100:21.0:1.5

หมายเหตุ # ของจุดเก็บตัวอย่าง ตัวเลขตัวแรกคือ No. of Run.,

ตัวเลขหลังจุดทศนิยมคือ No. of Sampling Point.