บทที่ 4

ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองแบ่งเป็น 3 ตอน คือ การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของสารดูดติดผิว, การทดสอบไอโซเทอมแบบฟรุนดลิชโดยการทดลองแบบแบทช์ และการทดสอบแบบต่อเนื่องโดยใช้ถังดูดติดผิวแบบแท่ง

สารดูดติดผิวที่ใช้มี 3 ชนิด คือ ถ่านกัมมันต์รุ่น Filtrasorb300 ถ่านไม้ และถ่านแกลบ ขนาดผ่านตะแกรงมาตราฐานเบอร์ 12 และค้างบนตะแกงมาตราฐานเบอร์ 40 จะได้ขนาดของเม็ดถ่านมีค่าระหว่าง 0.42-1.68 มม.

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอยอ่อนนุช บริเวณบ่อแฟลคเลเททีฟ (Facaltative Pond) แล้วทำการเจือจางด้วยน้ำประปาเพื่อให้ได้ความเข้มข้นซีโอดี 250, 500, 750 และ 1,000 มก./ล.

4.1 ลักษณะทางกายภาพของสารดูดติดผิว

ลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของสารดูดติดผิวถูกทำการวิเคราะห์ โดยพื้นที่ผิว (Surface Area), ปริมาตรความพรุน (Pore Volumn) และความต่อจำเพาะ (Density) ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ Specific Surface Area Analyzer ใช้วิธี N_2-BET (Brunauer-Emmett-Teller) ขนาดประสิทธิผล (Effective Size) และสัมประสิทธิ์ความคงตัว (Uniformity Coefficient) วิเคราะห์โดยร่อนผ่านตะแกรงมาตราฐานตาม Standard Method ผลการทดลองแสดงดังตาราง ก.1 และ รูป ก. 1-3 ในภาคผนวก ก ผลการวิเคราะห์แสดงดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของสารดูดติดผิว

ลักษณะทางกายภาพที่สำคัญ	ถ่านกัมมันต์	ถ่านไม้	ถ่านแกลบ
Surface Area ($m^2/g.$)	1,100	$5.6x10^{-1}$	$1.57x10^{1}$
Pore Volumn (ml./g.)	0.94	$2.53x10^{-4}$	$6.08x10^{-3}$
Density ($kg./m^3$)	$1.3x10^{3}$	$9.7x10^{2}$	$1.06x10^{3}$
Effective Size (mm.)	0.405	0.315	0.121
Uniform Coefficient	1.95	1.91	3.12

พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ ถ่านไม้ และถ่านแกลบ มีค่าเท่ากับ 1,100, $5.6x10^{-1}$ และ $1.57 x10^{1}$ $m^2/g.$ ตามลำดับ โดยถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิวประมาณ 19,000 เท่าของถ่านไม้ และประมาณ 70 เท่าของถ่านแกลบ และถ่านแกลบมีพื้นที่ผิวสูงกว่าถ่านไม้ประมาณ 28 เท่า

ปริมาตรความพรุนของถ่านกัมมันต์ ถ่านไม้ และถ่านแกลบมีค่าเท่ากับ 0.94, $2.53x10^{-4}$ และ $6.08x10^{-3}$ ml./g. ตามลำดับ โดยถ่านกัมมันต์มีปริมาตรความพรุนประมาณ 3,700 เท่าของถ่านไม้ และประมาณ 150 เท่าของถ่านแกลบ และถ่านแกลบมีปริมาตรความพรุนสูงกว่าถ่านไม้ประมาณ 24 เท่า จากผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวและปริมาตรความพรุนซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดของกระบวนการดูดติดผิวนั้น โดยทั่วไปแล้วสารดูดติดผิวที่มีพื้นที่ผิว และปริมาตรความพรุนสูงจะมีความสามารถในการดูดติดผิวสูง ซึ่งผลในการวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นว่าถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิว และปริมาตรความพรุนสูงกว่าถ่านไม้ และถ่านแกลบอย่างมาก ซึ่งหมายถึงบริเวณสำหรับสารถูกดูดติดมาดูดติดบนพื้นผิวมีมากด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่า ถ่านกัมมันต์สามารถดูดติดผิวได้ดีกว่าถ่านไม้ และถ่านแกลบ ถ่านกัมมันต์จึงเป็นสารดูดติดที่ดีที่สุด ในทำนองเดียวกันถ่านแกลบมีพื้นที่ผิว และปริมาตรความพรุนมากกว่าถ่านไม้ แต่อาจไม่มากเท่าเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์ ดังนั้นถ่านแกลบจึงมีแนวโน้มที่จะเป็นสารดูดติดผิวที่ดีกว่าถ่านไม้ ถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิว และปริมาตรความพรุนมากกว่า ถ่านไม้ และถ่านแกลบสูงมาก เนื่องมาจากถ่านกัมมันต์ได้ผ่านกระบวนการแอ็คติเวจ์ดที่ทำให้มีพื้นที่ผิว และปริมาตรความพรุนสูงมากขึ้น ผลจากการวิเคราะห์พื้นที่ผิว และปริมาตรความพรุนอาจแสดงได้ถึงความสามารถที่ดีกว่าในการดูดติดผิว โดยในการวิจัยจะทำการทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิว โดยทำการทดลองแบบแบทช์ต่อไป ซึ่งจะเป็นการวิเคราะห์ความสามารถในการดูดติดผิวโดยละเอียดต่อไป

ความถ่วงจำเพาะของถ่านกัมมันต์ ถ่านไม้ และถ่านแกลบมีค่าเท่ากับ $1.3x10^{3}$, $9.7x10^{2}$ และ $1.06x10^{3}$ $kg./m^3$ ตามลำดับ

ขนาดประสิทธิผลของถ่านกัมมันต์ ถ่านไม้ และถ่านแกลบมีค่าเท่ากับ 0.405, 0.315 และ 0.121 มม. ตามลำดับ

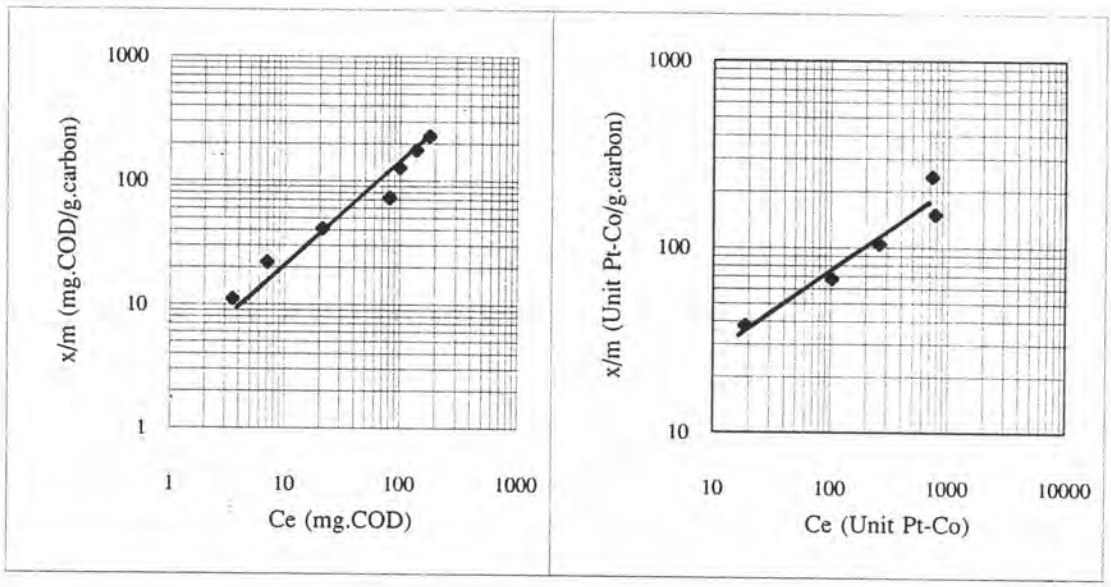
สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอของถ่านกัมมันต์ ถ่านไม้ และถ่านแกลบมีค่าเท่ากับ 1.95, 1.91 และ 3.12 ตามลำดับ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอของถ่านกัมมันต์ และถ่านไม้มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอของถ่านแกลบมีค่าสูงแสดงถึงว่าขนาดของเม็ดถ่านแกลบมีการกระจายสูงตามด้วย

4.2 การทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิว

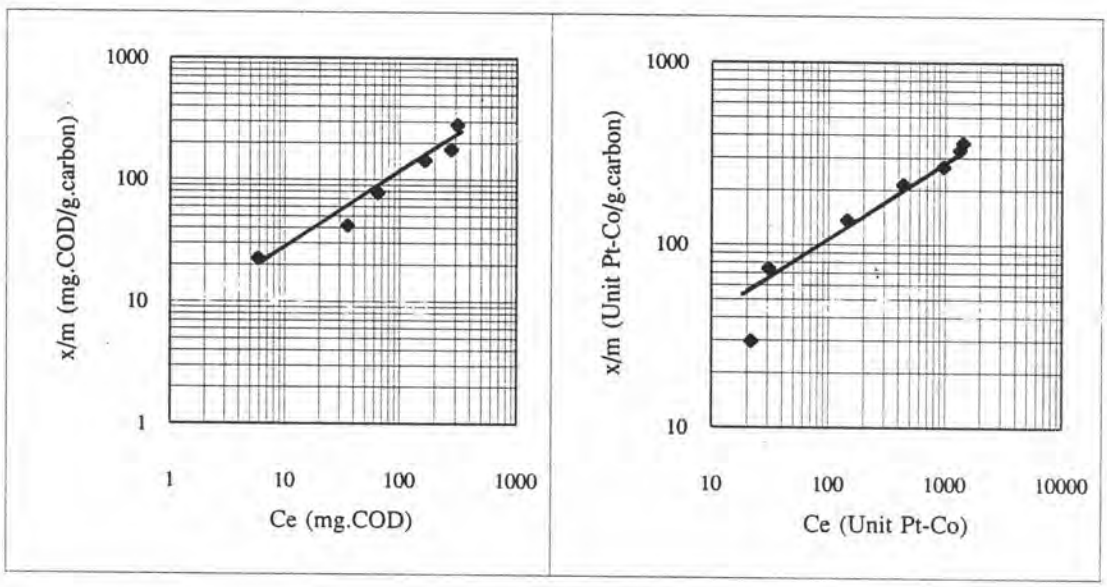
ในการทดลองนี้ศึกษาการทดสอบไอโซเทอมแบบฟรุนดลิช เนื่องจากไอโซเทอมแบบฟรุนดลิชเหมาะสมที่สุดสำหรับการทดสอบน้ำเสีย และเหมาะสำหรับการดูดติดผิวบนคาร์บอนที่เกิดขึ้นแบบหลายชั้น (Multilayers) การทดสอบไอโซเทอมแบบฟรุนดลิชทำการทดลองแบบแบทช์ โดยใช้สารดูดติดผิว คือ ถ่านกัมมันต์ ถ่านไม้ และถ่านแกลบ วัดพารามิเตอร์ซีโอดี และสี ซึ่งความเข้มข้นของซีโอดีเริ่มต้นเท่ากับ 250, 500, 750 และ 1,000 มก./ล. ซึ่งความเข้มข้นของสีเริ่มต้นเปลี่ยนไปตามความเข้มข้นของซีโอดี ผลการทดลองแสดงดังตาราง ข.1-3 ภาคผนวก ข

4.2.1 ไอโซเทอมแบบฟรุนดลิชของถ่านกัมมันต์

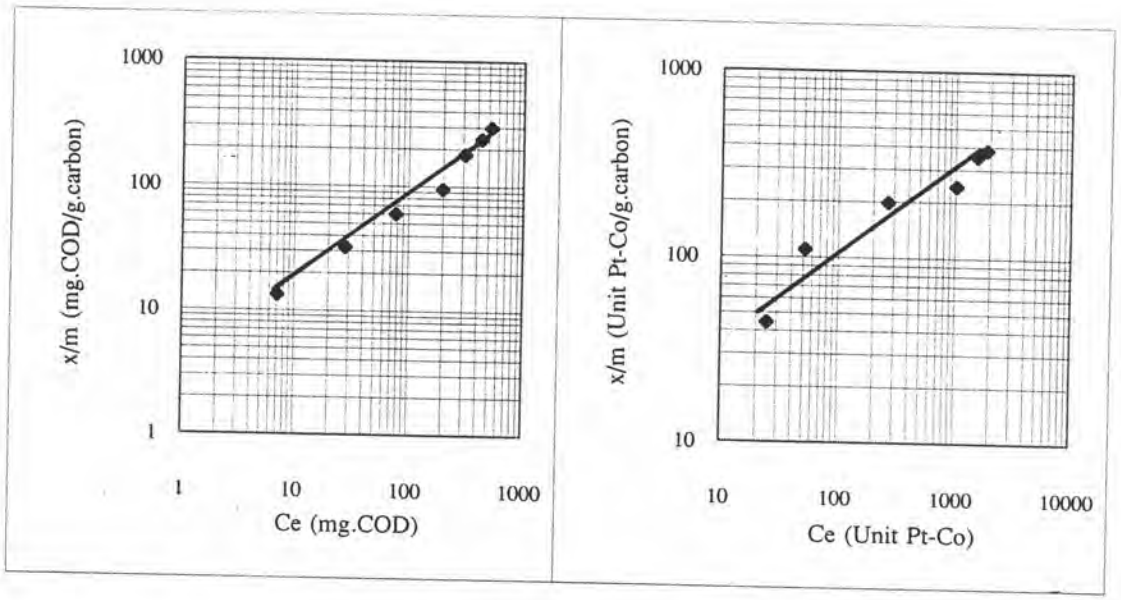
ไอโซเทอมแบบฟรุนดลิชของถ่านกัมมันต์ แสดงดังรูป 4.1-4.4



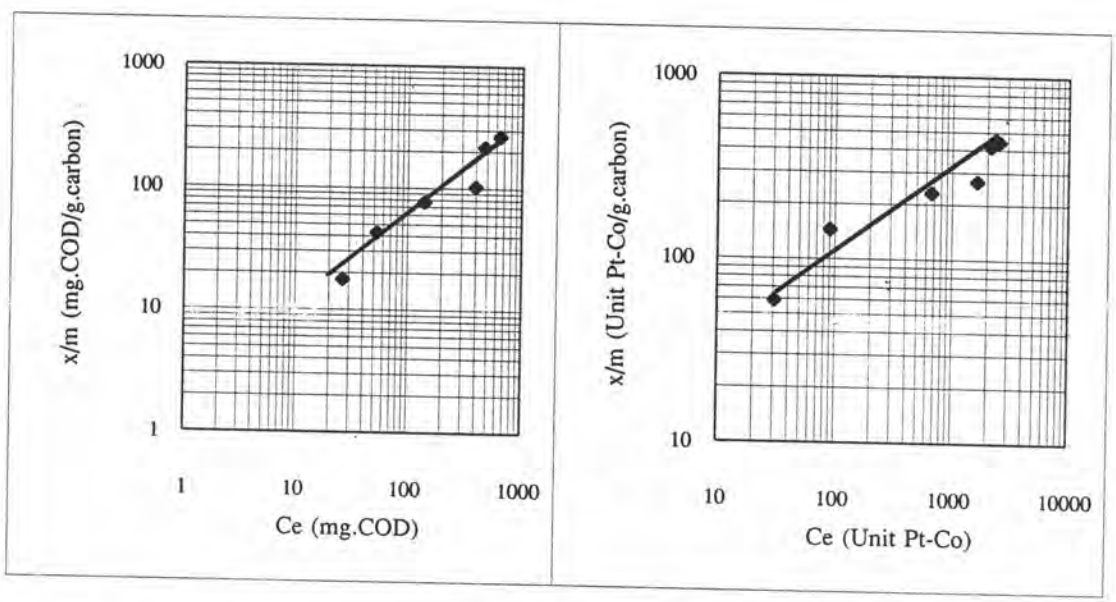
รูป 4.1 ไอโซเทอมการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ ความเข้มข้นซีโอดีและสีเริ่มต้น 250 มก./ล. และ 777 หน่วยแพลทตินัมโคบอลท์



รูป 4.2 ไอโซเทอมการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ ความเข้มข้นซีโอดีและสีเริ่มต้น 500 มก./ล. และ 1,503 หน่วยแพลทตินัมโคบอลท์



รูป 4.3 ไอโซเทอมการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ ความเข้มข้นซีโอดีและสีเริ่มต้น 750 มก./ล. และ 2,235 หน่วยแพลทตินัมโคบอลท์



รูป 4.4 ไอโซเทอมการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ ความเข้มข้นซีโอดีและสีเริ่มต้น 1,000 มก./ล. และ 2,972 หน่วยแพลทตินัมโคบอลท์

ผลการทดลองแบบแบทช์ทดสอบไอโซเทอมแบบฟรุนดลิช โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดติดผิวแสดงดังรูป 4.1-4.4 ได้สมการความสัมพันธ์ไอโซเทอมแบบฟรุนดลิช และความจุการดูดติดผิว (C_0) ดังนี้

ถ่านกัมมันต์ที่ซีโอดีเริ่มต้น 250 มก./ล.

$$\log x/m = 1.20 \log Ce + 6.03$$

$$C_0 = 277.09 \text{ มก.ซีโอดี/ก.คาร์บอน}$$

ถ่านกัมมันต์ที่ซีโอดีเริ่มต้น 500 มก./ล.

$$\log x/m = 0.76 \log Ce + 9.16$$

$$C_0 = 353.39 \text{ มก.ซีโอดี/ก.คาร์บอน}$$

ถ่านกัมมันต์ที่ซีโอดีเริ่มต้น 750 มก./ล.

$$\log x/m = 0.53 \log Ce + 11.29$$

$$C_0 = 366.70 \text{ มก.ซีโอดี/ก.คาร์บอน}$$

ถ่านกัมมันต์ที่ซีโอดีเริ่มต้น 1,000 มก./ล.

$$\log x/m = 0.40 \log Ce + 18.41$$

$$C_0 = 381.94 \text{ มก.ซีโอดี/ก.คาร์บอน}$$

ถ่านกัมมันต์ที่สีเริ่มต้น 777.36 หน่วย Pt-Co

$$\log x/m = 0.32 \log Ce + 24.64$$

$$C_0 = 273.40 \text{ หน่วย Pt-Co/ก.คาร์บอน}$$

ถ่านกัมมันต์ที่สีเริ่มต้น 1,503.05 หน่วย Pt-Co

$$\log x/m = 0.27 \log Ce + 51.35$$

$$C_0 = 457.17 \text{ หน่วย Pt-Co/ก.คาร์บอน}$$

ถ่านกัมมันต์ที่สีเริ่มต้น 2,234.73 หน่วย Pt-Co

$$\log x/m = 0.18 \log Ce + 84.64$$

$$C_0 = 486.89 \text{ หน่วย Pt-Co/ก.คาร์บอน}$$

ถ่านกัมมันต์ที่สีเริ่มต้น 2,972.41 หน่วย Pt-Co

$$\log x/m = 0.14 \log Ce + 96.08$$

$$C_0 = 512.22 \text{ หน่วย Pt-Co/ก.คาร์บอน}$$

สมการความสัมพันธ์ไอโซเทอมแบบฟรุนดลิชของถ่านกัมมันต์ สามารถแสดงค่าคงที่และความจุการดูดติดผิวได้ดังตาราง 4.2

ตาราง 4.2 ค่าคงที่ และความจุการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์

ความเข้มข้นเริ่มต้น	log K	1/n	C_0
ซีโอดี 250 มก./ล.	6.03	1.20	277.09
ซีโอดี 500 มก./ล.	9.16	0.76	353.39
ซีโอดี 750 มก./ล.	11.29	0.53	366.70
ซีโอดี 1,000 มก./ล.	18.41	0.40	381.94
สี 777.36 หน่วย Pt-Co	24.64	0.32	273.40
สี 1,503.05 หน่วย Pt-Co	51.35	0.27	457.17
สี 2,234.73 หน่วย Pt-Co	84.64	0.18	486.89
สี 2,972.41 หน่วย Pt-Co	96.08	0.14	512.22

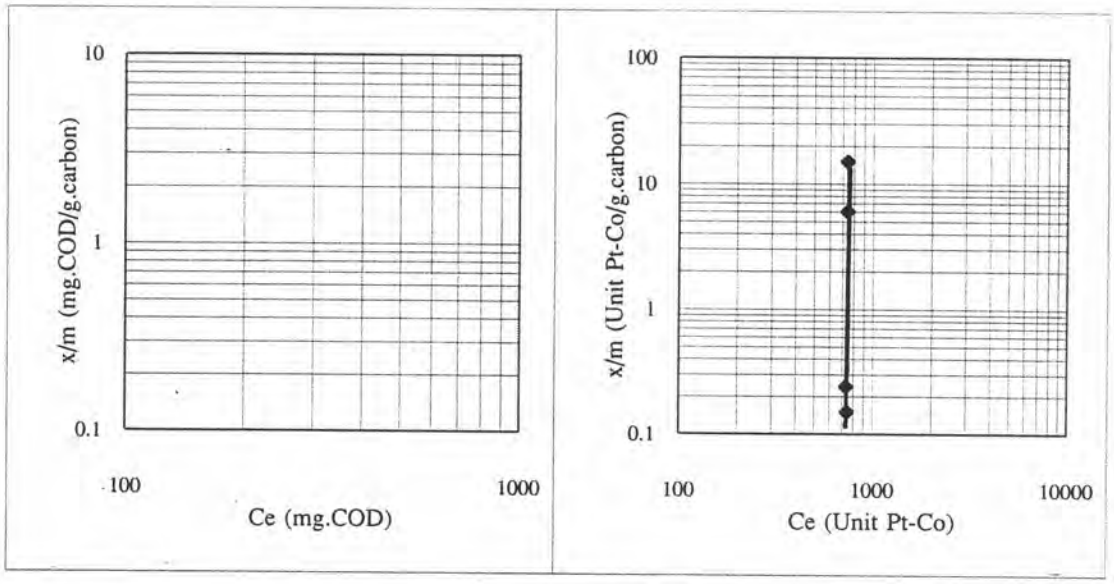
จากตาราง 4.2 พิจารณาที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นต่างๆพบว่าค่าความชัน,1/n ดังปรากฏในไอโซเทอมแบบฟรุนดลิชของซีโอดีที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250, 500, 750 และ 1,000 มก./ล. มีค่าเท่ากับ 1.2, 0.76, 0.53 และ 0.40 ตามลำดับ โดยเส้นไอโซเทอมซีโอดีเริ่มต้น 250 มก./ล.มีความชันสูงที่สุด แสดงถึงว่ามีแนวโน้มการเพิ่มความจุการดูดติดผิวเมื่อความเข้มข้นของซีโอดีเพิ่มขึ้นมากที่สุด โดยแนวโน้มการเพิ่มความจุการดูดติดผิวเมื่อความเข้มข้นของซีโอดีเพิ่มขึ้นลดลงเมื่อความชันมีค่าลดลง ส่วนจุดตัดบนแกน y ของกราฟแสดงถึงค่าคงที่สัมพันธ์กับความสามารถในการดูดติดผิว,log K ซึ่งที่ซีโอดีเริ่มต้น 250, 500, 750 และ 1,000 มก./ล. มีค่า log K เท่ากับ 6.03, 9.16, 11.29 และ 18.41 ตามลำดับ จากค่าที่ได้นี้พบว่า ความสามารถในการดูดติดผิวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยแปรผันตามความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250 มก./ล. มีค่าคงที่สัมพันธ์กับความสามารถในการดูดติดผิวมีค่าน้อยที่สุด ในทางตรงข้ามที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นสูง มีค่าคงที่สัมพันธ์กับความสามารถในการดูดติดผิวมีค่าสูงที่สุด ส่วนความจุในการดูดติดผิวสูงสุด,C_0 ของถ่านกัมมันต์ที่มีค่าซีโอดีเริ่มต้น 250, 500, 750 และ 1,000 มก./ล. มีค่าเท่ากับ 277.09, 353.39, 366.70 และ 381.94 มก.ซีโอดี/ก.ถ่านกัมมันต์ตามลำดับ โดยที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 1,000 มก./ล. ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นสูงที่สุดในการทดลองมีค่าความจุในการดูดติดผิวสูงสุด

ตาราง 4.2 พิจารณาที่ความเข้มข้นสีเริ่มต้นต่างๆพบว่าค่าความชัน 1/n ดังปรากฏในไอโซเทอมแบบฟรุนดลิชที่ความเข้มข้นสีเริ่มต้น 777.36, 1,503.05, 2,234.73 และ 2,972.41 หน่วย Pt-Co มีค่าเท่ากับ 0.32, 0.27, 0.18 และ 0.14 ตามลำดับ โดยเส้นไอโซเทอมสีเริ่มต้น 777.36

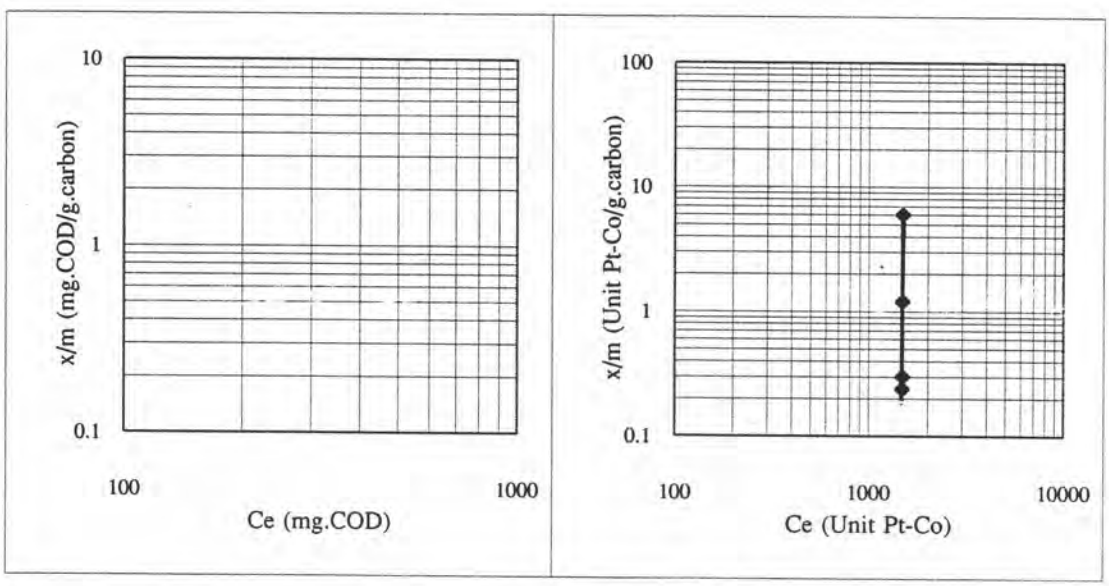
หน่วย Pt-Co มีความชันสูงที่สุด แสดงถึงว่ามีแนวโน้มการเพิ่มความจุการดูดติดผิวเมื่อความเข้มข้นของสีเพิ่มขึ้นมากที่สุด โดยแนวโน้มการเพิ่มความจุการดูดติดผิวเมื่อความเข้มข้นของสีเพิ่มขึ้นลดลงเมื่อความชันมีค่าลดลง และที่ความเข้มข้นสีเริ่มต้น 777.36, 1,503.05, 2,234.73 และ 2,972.41 หน่วย Pt-Co มีค่า log K เท่ากับ 24.64, 51.35, 84.64 และ 96.08 ตามลำดับ ซึ่งลักษณะการเพิ่มขึ้นของค่า log K เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสีคล้ายคลึงกับผลการทดลองไอโซเทอมการดูดติดผิวซีโอดี โดยค่า log K หมายถึงค่าคงที่สัมพันธ์กับความสามารถในการดูดติดผิวด้วยเช่นกัน ส่วนความจุในการดูดติดผิว,C_0 ของถ่านกัมมันต์ที่มีความเข้มข้นของสีเริ่มต้น 777.36, 1,503.05, 2,234.73 และ 2,972.41 หน่วย Pt-Co มีค่าเท่ากับ 273.40, 457.17, 486.89 และ 512.22 หน่วย Pt-Co/ก.ถ่านกัมมันต์ตามลำดับ โดยที่ความเข้มข้นสีเริ่มต้น 2,972.41 หน่วย Pt-Co ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นสีเริ่มต้นสูงที่สุดในการทดลองมีค่าความจุในการดูดติดผิวสูงสุด

4.2.2 ไอโซเทอมแบบฟรุนดลิชของถ่านไม้

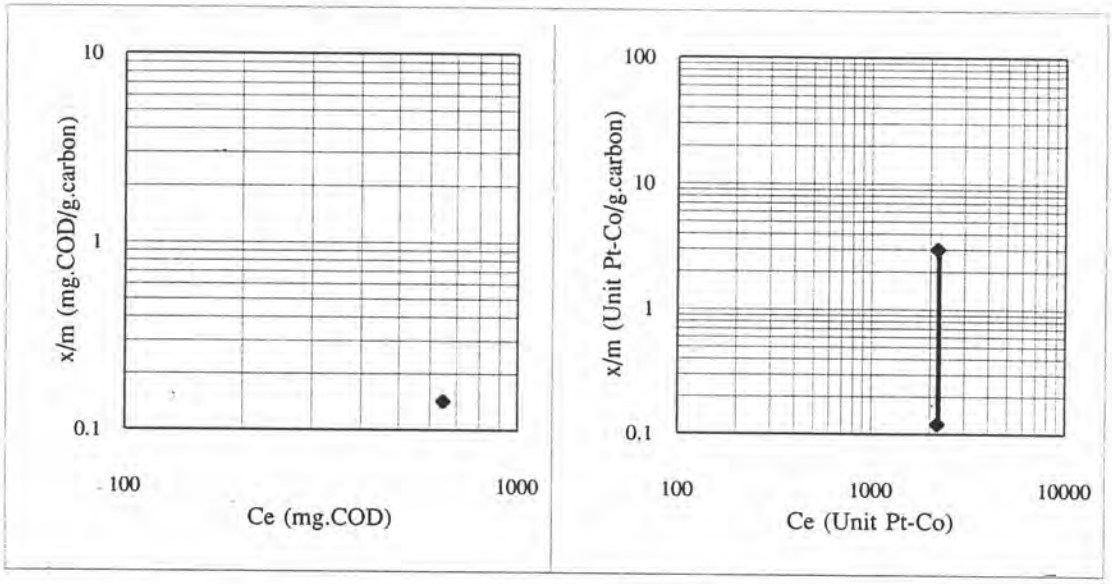
ไอโซเทอมแบบฟรุนดลิชของถ่านไม้แสดงดังรูป 4.5-4.8



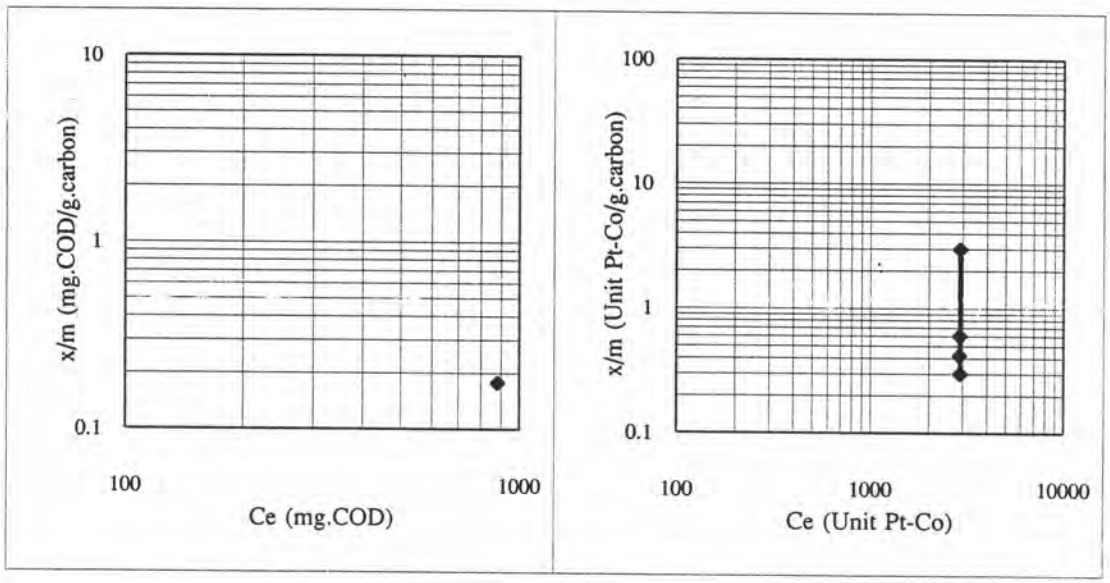
รูป 4.5 ไอโซเทอมการดูดติดผิวของถ่านแกลบ ความเข้มข้นซีโอดีและสีเริ่มต้น 250 มก./ล. และ 741 หน่วยแพลทตินัมโคบอลท์



รูป 4.6 ไอโซเทอมการดูดติดผิวของถ่านแกลบ ความเข้มข้นซีโอดีและสีเริ่มต้น 500 มก./ล. และ 1,491 หน่วยแพลทตินัมโคบอลท์



รูป 4.7 ไอโซเทอมการดูดติดผิวของถ่านแกลบ ความเข้มข้นซีโอดีและสีเริ่มต้น 750 มก./ล. และ 2,187 หน่วยแพลทตินัมโคบอลท์

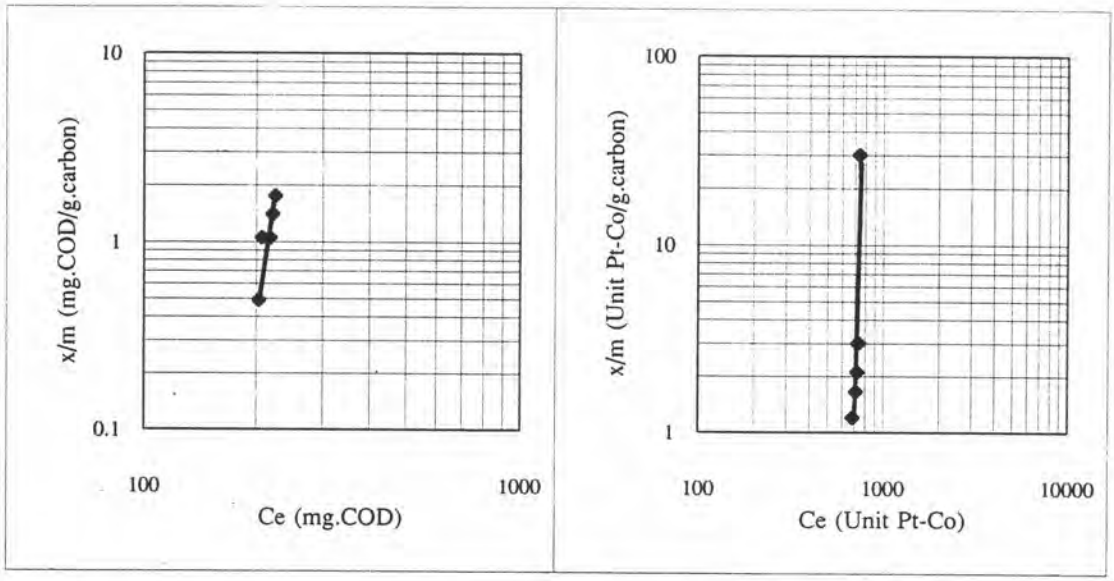


รูป 4.8 ไอโซเทอมการดูดติดผิวของถ่านแกลบ ความเข้มข้นซีโอดีและสีเริ่มต้น 1,000 มก./ล. และ 2,903 หน่วยแพลทตินัมโคบอลท์

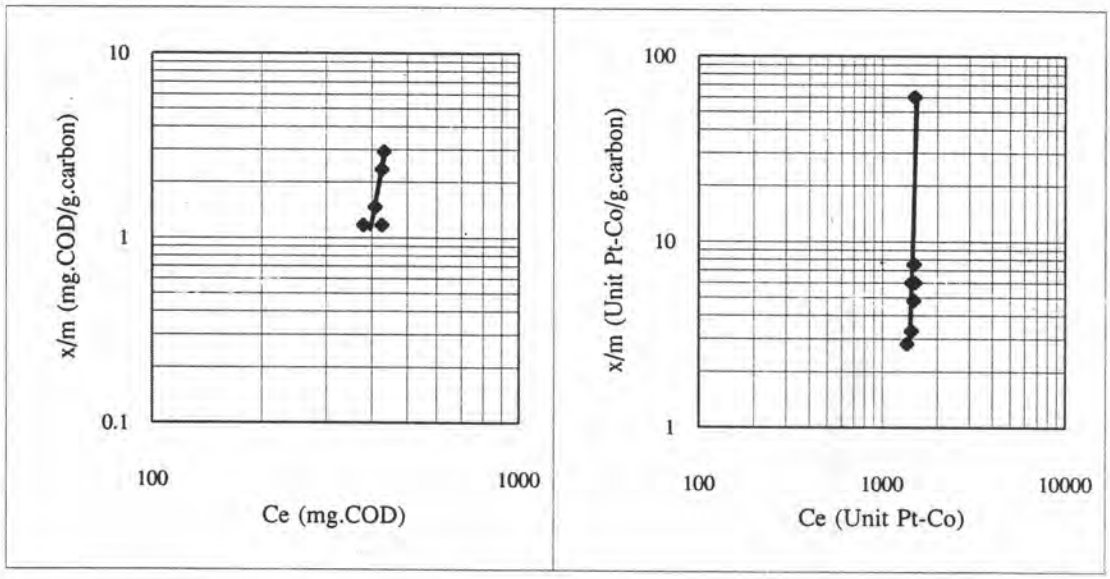
ผลการทดลองแบบแบทช์ โดยการทดสอบไอโซเทอมแบบฟรุนดลิชซึ่งใช้ถ่านไม้เป็นสารดูดติดผิว แสดงดังรูป 4.5-4.8 นั้นพบว่า ผลการทดลองที่ได้จะเป็นจุดโดยมีความเข้มข้นของ ซีโอดี และสีที่จุดสมดุลเท่ากับความเข้มข้นเริ่มต้น ซึ่งเมื่อแปรเปลี่ยนปริมาณถ่านไม้ที่ใช้ดูดติดผิวจนกระทั่งมีความเข้มข้นสูงสุดถึง 50 ก./ล. แล้วก็ไม่สามารถเห็นผลอย่างชัดเจนว่าสามารถลด ซีโอดี และสีในสารละลายของน้ำชะมูลฝอยได้ โดยที่จุดสมดุลต่างๆมีค่าของความเข้มข้นของ ซีโอดี และสีก่อนเข้าสู่จุดสมดุล และหลังเข้าสู่จุดสมดุลเท่ากัน หรือใกล้เคียงกันมากจนไม่สามารถพบได้ถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงไม่สามารถหาค่าคงที่ log K, 1/n และ C_0 ของระบบได้ ผลการทดลองที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่า ถ่านไม้ไม่มีความสามารถในการดูดติดผิว ซีโอดี และสีในน้ำชะมูลฝอยได้ อันอาจเนื่องมาจากสาเหตุที่ว่าถ่านไม้มีพื้นที่ผิว และปริมาตรความพรุนต่ำมาก โดยมีค่าเท่ากับ 5.6×10^{-1} $m^2/g.$ และ 2.53×10^{-4} ml./g. ตามลำดับ ซึ่งตัวถูกละลายในสารละลายถูกดูดติดได้น้อยมากจนกระทั่งไม่สามารถวัดได้ถึงความแตกต่างถึงผลการดูดติดผิวของซีโอดี และสีได้ จากลักษณะที่ด้อยในการกำจัดซีโอดี และสีนี้จึงพิจารณาว่า ถ่านไม้ไม่มีความเป็นไปได้ในทางวิศวกรรมในการกำจัดซีโอดี และสีจากน้ำชะมูลฝอย

4.2.3 ไอโซเทอมแบบฟรุนดลิชของถ่านแกลบ

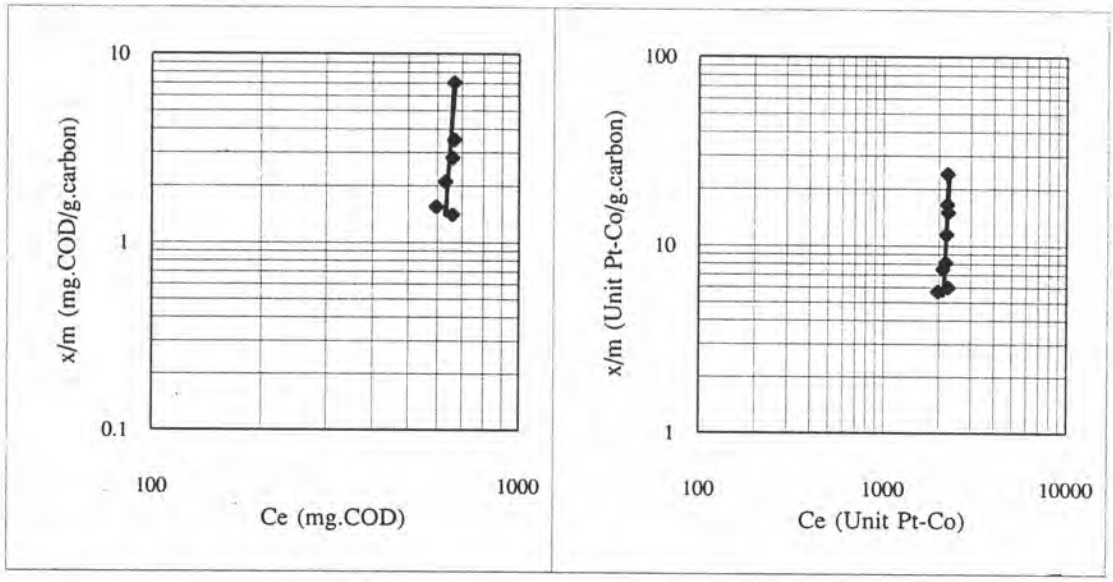
ไอโซเทอมแบบฟรุนดลิชของถ่านแกลบได้แสดงดังรูป 4.9-4.12



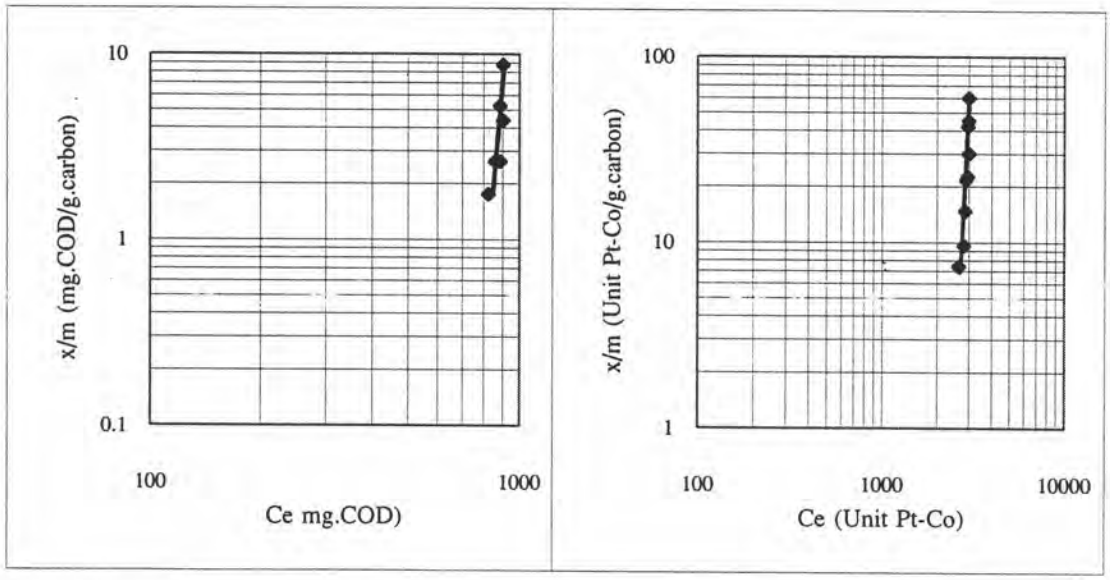
รูป 4.9 ไอโซเทอมการดูดติดผิวของถ่านแกลบ ความเข้มข้นซีโอดีและสีเริ่มต้น 250 มก./ล. และ 741 หน่วยแพลทตินัมโคบอลท์



รูป 4.10 ไอโซเทอมการดูดติดผิวของถ่านแกลบ ความเข้มข้นซีโอดีและสีเริ่มต้น 500 มก./ล. และ 1,506 หน่วยแพลทตินัมโคบอลท์



รูป 4.11 ไอโซเทอมการดูดติดผิวของถ่านแกลบ ความเข้มข้นซีโอดีและสีเริ่มต้น 750 มก./ล. และ 2,250 หน่วยแพลทตินัมโคบอลท์



รูป 4.12 ไอโซเทอมการดูดติดผิวของถ่านแกลบ ความเข้มข้นซีโอดีและสีเริ่มต้น 1,000 มก./ล. และ 2,993 หน่วยแพลทตินัมโคบอลท์

ผลการทดสอบแบบแบทช์ โดยการทดสอบไอโซเทอมแบบฟรุนดลิชซึ่งใช้ถ่านแกลบเป็นสารดูดติดผิวแสดงดังรูป 4.9-4.12 ได้สมการความสัมพันธ์ไอโซเทอมแบบฟรุนดลิช และความจุการดูดติดผิวสูงสุดดังนี้

ถ่านแกลบที่ซีโอดีเริ่มต้น 250 มก./ล.

$$\log x/m = 0.047 \log Ce - 8.87$$

$$C_0 = 1.83 \text{ มก.ซีโอดี/ก.คาร์บอน}$$

ถ่านแกลบที่ซีโอดีเริ่มต้น 500 มก./ล.

$$\log x/m = 0.023 \log Ce - 7.79$$

$$C_0 = 2.28 \text{ มก.ซีโอดี/ก.คาร์บอน}$$

ถ่านแกลบที่ซีโอดีเริ่มต้น 750 มก./ล.

$$\log x/m = 0.018 \log Ce - 8.93$$

$$C_0 = 3.18 \text{ มก.ซีโอดี/ก.คาร์บอน}$$

ถ่านแกลบที่ซีโอดีเริ่มต้น 1,000 มก./ล.

$$\log x/m = 0.035 \log Ce - 27.46$$

$$C_0 = 4.42 \text{ มก.ซีโอดี/ก.คาร์บอน}$$

ถ่านแกลบที่สีเริ่มต้น 741.38 หน่วย Pt-Co

$$\log x/m = 0.036 \log Ce - 23.22$$

$$C_0 = 3.47 \text{ หน่วย Pt-Co/ก.คาร์บอน}$$

ถ่านแกลบที่สีเริ่มต้น 1,506.05 หน่วย Pt-Co

$$\log x/m = 0.029 \log Ce - 37.60$$

$$C_0 = 6.08 \text{ หน่วย Pt-Co/ก.คาร์บอน}$$

ถ่านแกลบที่สีเริ่มต้น 2,249.72 หน่วย Pt-Co

$$\log x/m = 0.020 \log Ce - 33.95$$

$$C_0 = 11.04 \text{ หน่วย Pt-Co/ก.คาร์บอน}$$

ถ่านแกลบที่สีเริ่มต้น 2,993.40 หน่วย Pt-Co

$$\log x/m = 0.050 \log Ce - 124.68$$

$$C_0 = 24.99 \text{ หน่วย Pt-Co/ก.คาร์บอน}$$

สมการความสัมพันธ์ไอโซเทอมแบบฟรุนดลิชของถ่านแกลบ สามารถแสดงค่าคงที่และความจุการดูดติดผิวดังตาราง 4.3

ตาราง 4.3 ค่าคงที่ และความจุการดูดติดผิวของถ่านแกลบ

ความเข้มข้นเริ่มต้น	log K	1/n	C_0
ซีโอดี 250 มก./ล.	-8.87	0.047	1.83
ซีโอดี 500 มก./ล.	-7.79	0.023	2.28
ซีโอดี 750 มก./ล.	-8.93	0.018	3.18
ซีโอดี 1,000 มก./ล.	-27.46	0.035	4.42
สี 741.38 หน่วย Pt-Co	-23.22	0.036	3.47
สี 1,506.05 หน่วย Pt-Co	-37.60	0.029	6.08
สี 2,249.72 หน่วย Pt-Co	-33.95	0.02	11.04
สี 2,993.40 หน่วย Pt-Co	-124.68	0.050	24.99

จากตาราง 4.3 เมื่อพิจารณาที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นต่างๆพบว่าค่าความชัน,1/n ดังปรากฏในไอโซเทอมแบบฟรุนดลิชที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250, 500, 750 และ 1,000 มก./ล. มีค่าเท่ากับ 0.047, 0.023, 0.018 และ 0.035 ตามลำดับ ซึ่งค่า 1/n มีค่าต่ำ และเส้นทั้ง 4 มีค่า 1/n ใกล้เคียงกัน แสดงถึงแนวโน้มการเพิ่มความจุการดูดติดผิวมีค่าน้อยเมื่อความเข้มข้นของซีโอดีเพิ่มขึ้น และแสดงถึงการดูดติดผิวที่ไม่ดีของถ่านแกลบ ส่วนจุดตัดบนแกน y ของกราฟแสดงถึงค่าคงที่สัมพันธ์กับความสามารถในการดูดติดผิว,log K ซึ่งที่ซีโอดีเริ่มต้น 250, 500, 750 และ 1,000 มก./ล.มีค่า logK เท่ากับ -8.87, -7.79, -8.93 และ -27.46 ตามลำดับ ส่วนความจุในการดูดติดผิวสูงสุด,C_0 ของถ่านแกลบที่มีค่าซีโอดีเริ่มต้น 250, 500, 750 และ 1,000 มก./ล. มีค่าเท่ากับ 1.83, 2.28, 3.18 และ 4.42 มก.ซีโอดี/ก.ถ่านแกลบตามลำดับ โดยที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 1,000 มก./ล. ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นสูงที่สุดในการทดลองมีค่าความจุในการดูดติดผิวสูงสุด

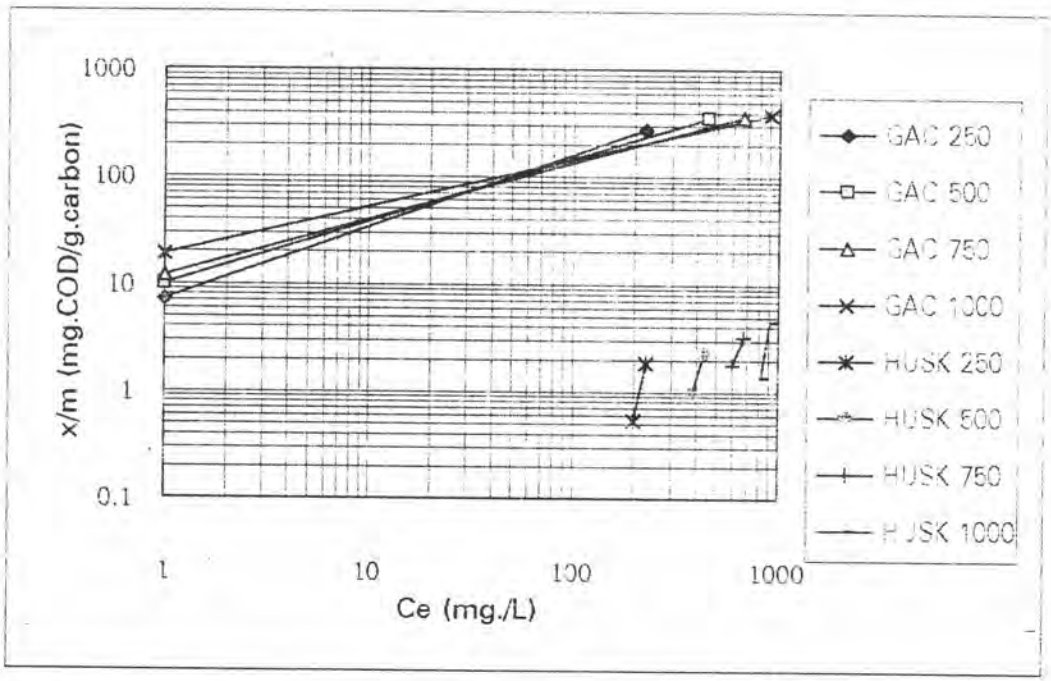
ตาราง 4.3 เมื่อพิจารณาที่ความเข้มข้นสีเริ่มต้นต่างๆพบว่าค่าความชัน,1/n ดังปรากฏในไอโซเทอมแบบฟรุนดลิชที่ความเข้มข้นสีเริ่มต้น 741.38, 1,506.05, 2,249.72 และ 2,993.40 หน่วย Pt-Co มีค่าเท่ากับ 0.036, 0.029, 0.020 และ 0.050 ตามลำดับ ซึ่งค่า 1/n มีค่าต่ำ และเส้นทั้ง 4 มีค่า 1/n ใกล้เคียงกัน แสดงถึงแนวโน้มการเพิ่มความจุการดูดติดผิวมีค่าน้อยเมื่อความเข้มข้นของสีเพิ่มขึ้น และแสดงถึงการดูดติดผิวที่ไม่ดีของถ่านแกลบ และที่ความเข้มข้นสีเริ่มต้น 741.38, 1,506.05, 2,249.72 และ 2,993.40 หน่วย Pt-Co มีค่า log K เท่ากับ -23.22, -37.60, -33.95 และ -124.68 ตามลำดับ ซึ่งลักษณะการเพิ่มขึ้นของค่า log K เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสีคล้ายคลึงกับผลการทดลองไอโซเทอมการดูดติดผิวซีโอดี โดยค่า log K หมายถึงค่าคงที่สัมพันธ์กับความสามารถในการดูด

ติดผิวด้วยเช่นกัน ส่วนความจุในการดูดติดผิว,C_0 ของถ่านแกลบที่มีความเข้มข้นของสีเริ่มต้น 741.38, 1,506.05, 2,249.72 และ 2,993.40 หน่วย Pt-Co มีค่าเท่ากับ 3.47, 6.08, 11.04 และ 24.99 หน่วย Pt-Co/ก.ถ่านแกลบตามลำดับ โดยที่ความเข้มข้นสีเริ่มต้น 2,993.40 หน่วย Pt-Co ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นสีเริ่มต้นสูงที่สุดในการทดลองมีค่าความจุในการดูดติดผิวสูงสุด

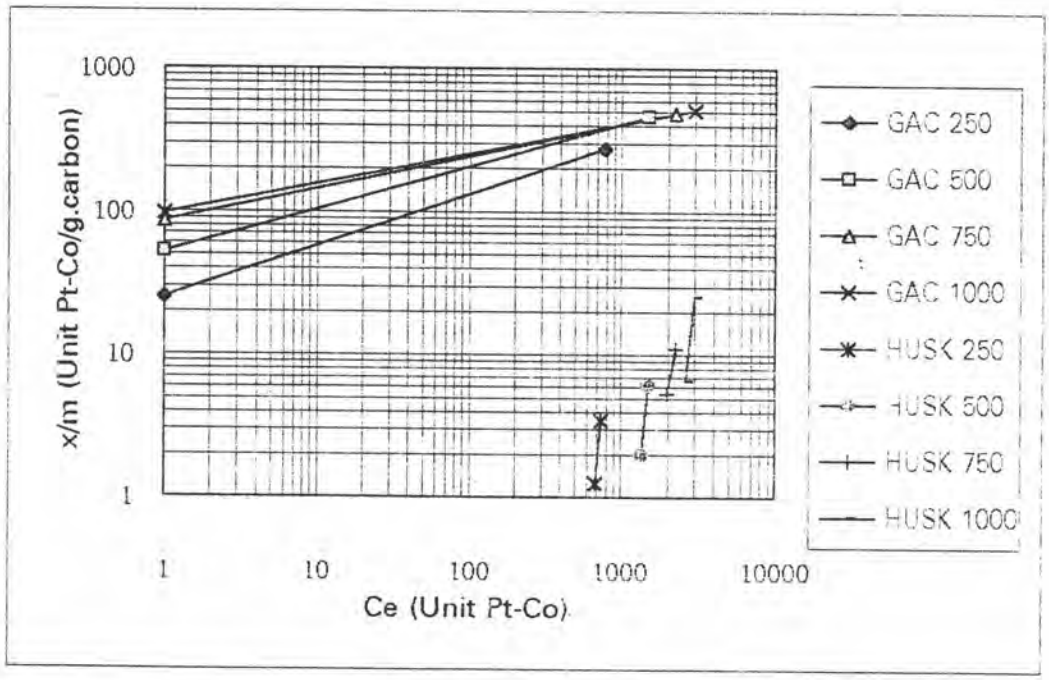
จากผลการทดสอบไอโซเทอมของถ่านแกลบ พบว่าความจุการดูดติดผิวซีโอดี และสีของถ่านแกลบมีค่าต่ำ คือความจุการดูดติดผิวซีโอดีมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 1.83-4.42 มก.ซีโอดี/ก.ถ่านแกลบ และความจุการดูดติดผิวสีมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 3.47-24.99 หน่วย Pt-Co/ก.ถ่านแกลบ เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของถ่านแกลบที่ได้จากการวิเคราะห์ปรากฏว่า พื้นที่ผิว และปริมาตรความพรุนมีค่าเท่ากับ 1.57×10^{1} m^2/g. และ 6.08×10^{-3} ml./g. ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำมาก ดังนั้นจึงเกิดการใช้พื้นที่ผิวซึ่งมีอยู่จำนวนน้อยหมดไปอย่างรวดเร็ว ดังนั้นทำให้พิจารณาว่าถ่านแกลบเป็นสารดูดติดผิวที่ไม่มีความเป็นไปได้ในการใช้งานทางวิศวกรรม แม้ว่ามีความจุการดูดติดผิวบ้างแต่มีค่าต่ำทำให้เมื่อนำมาใช้งานจริงจะทำให้มีอายุการใช้งานสั้น ทำให้อาจเกิดปัญหาในการดำเนินการ และการจัดการในการบำบัดจริง โดยหากต้องทำการเปลี่ยนถ่านแกลบใหม่ทดแทนถ่านแกลบที่ใช้งานแล้ว ซึ่งปริมาณถ่านแกลบที่ใช้แล้วที่มีปริมาณสูงมากนั้นจะก่อให้เกิดปัญหาในการกำจัดถ่านแกลบต่อไป เช่น ถ้านำไปฝังกลบก็จะเกิดการใช้พื้นที่ฝังกลบอย่างมาก และถ้านำไปเผาก็จะสิ้นเปลืองพลังงานสูง อีกทั้งยังก่อให้เกิดมลพิษอื่นตามมา ซึ่งจะไม่เป็นการคุ้มค่าในการใช้บำบัดน้ำชะมูลฝอยหากแต่จะเกิดปัญหาอื่นที่สูงขึ้นตามมา

เมื่อเปรียบเทียบไอโซเทอมของถ่านกัมมันต์ และถ่านแกลบ แสดงได้ดังรูป 4.13 และ 4.14 ซึ่งจากรูป 4.13 และ 4.14 พบว่า เส้นไอโซเทอมของถ่านกัมมันต์อยู่เหนือเส้นไอโซเทอมของถ่านแกลบในทุกความเข้มข้นเริ่มต้น แสดงถึงถ่านกัมมันต์มีความสามารถในการดูดติดผิวดีกว่าถ่านแกลบ และเมื่อพิจารณาเส้นไอโซเทอมที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นเท่ากับ 250, 500, 750 และ 1,000 มก./ล. พบว่าที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 1,000 มก./ล. ซึ่งเป็นความเข้มข้นสูงที่สุดที่ใช้ในการทดลองมีความสามารถในการดูดติดผิวซีโอดี และสีสูงสุด โดยมีความจุการดูดติดผิวสูงสุดเท่ากับ 381.94 มก.ซีโอดี/ก.คาร์บอน และ 512.22 หน่วย Pt-Co/ก.คาร์บอนสำหรับถ่านกัมมันต์ และ 4.42 มก.ซีโอดี/ก.คาร์บอน และ 24.99 หน่วย Pt-Co/ก.คาร์บอนสำหรับถ่านแกลบ นั่นหมายถึงเมื่อความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น และสีเริ่มต้นมีค่าเพิ่มขึ้น ความจุการดูดติดผิวจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามด้วย เนื่องจากในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงจะมีตัวถูกละลายอยู่ในปริมาณสูงกว่าในสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำ ซึ่งทำให้ตัวถูกละลายในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงมีโอกาสในการแพร่เข้าสู่โพรงของถ่านได้มากกว่า นอกจากนี้ในการดูดติดบนพื้นผิวของถ่านเป็นแบบหลายชั้น(Multilayers) ซึ่งจำนวนชั้นของตัวถูกละลายที่ถูกดูดติดบนผิวของถ่านแปรผันตามความเข้มข้นของตัวถูกละลาย

ในสารละลาย ดังนั้นจึงทำให้ความจุการดูดติดผิวในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงมีค่ามากกว่าความจุการดูดติดผิวในสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำ จากผลเปรียบเทียบที่ได้แสดงว่าถ่านกัมมันต์มีความสามารถในการดูดติดผิวดีที่สุด รองลงมาคือ ถ่านแกลบ และสุดท้ายคือ ถ่านไม้ ซึ่งมีความสามารถในการดูดติดผิวน้อยที่สุดจนไม่มีนัยสำคัญ ซึ่งจากการทดสอบไอโซเทอมพบว่าถ่านกัมมันต์เท่านั้นที่มีความเป็นไปได้ทางวิศวกรรมในการดูดติดผิวซีโอดี และสีออกจากน้ำชะมูลฝอย ส่วนถ่านไม้ และถ่านแกลบไม่มีความเป็นไปได้ทางวิศวกรรมในการดูดติดผิวซีโอดี และสีออกจากน้ำชะมูลฝอยดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว ซึ่งผลของการทดสอบไอโซเทอมสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของสารดูดติดผิวที่ว่า ถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิว และปริมาตรความพรุนสูงสุด รองลงมาคือ ถ่านแกลบ และสุดท้ายคือ ถ่านไม้ ดังนั้นต่อไปในการทดลองแบบต่อเนื่องโดยใช้ถังดูดติดผิวแบบแท่งจึงพิจารณาเพียงถ่านกัมมันต์ซึ่งเป็นสารดูดติดผิวชนิดเดียวเท่านั้นในการทดลองที่มีความเป็นไปได้ทางวิศวกรรมในการกำจัดซีโอดี และสีออกจากน้ำชะมูลฝอย



รูป 4.13 ผลเปรียบเทียบการทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นต่างกันของถ่านกัมมันต์ และถ่านแกลบ



รูป 4.14 ผลเปรียบเทียบการทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวที่ความเข้มข้นสีเริ่มต้นต่างกันของถ่านกัมมันต์ และถ่านแกลบ

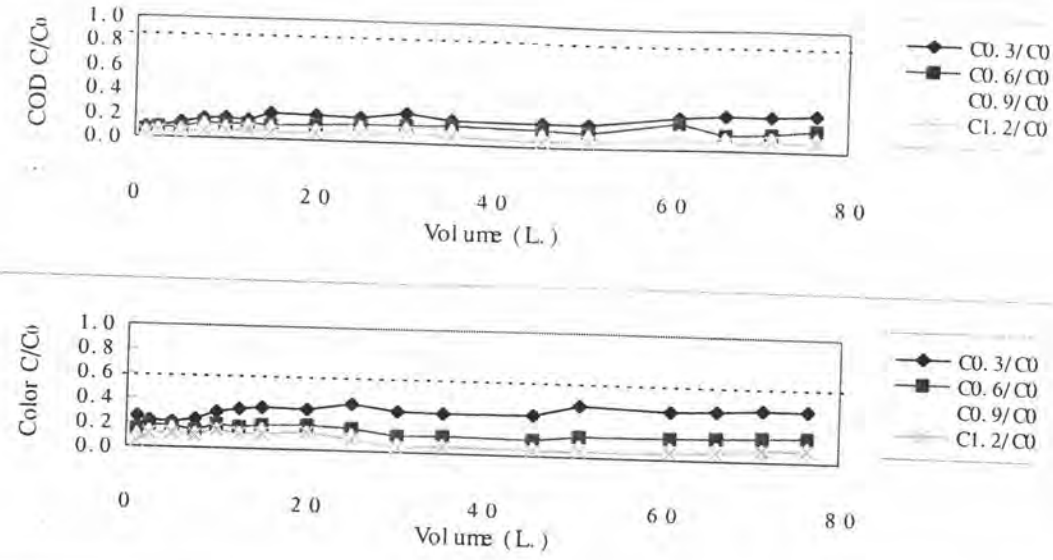
4.3 การทดลองแบบต่อเนื่องโดยใช้ถังดูดติดผิวแบบแท่ง

ผลการทดลองแบบต่อเนื่องโดยใช้ถังดูดติดผิวแบบแท่งแบ่งเป็น 4 ส่วน โดยส่วนแรกแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด โดยผลการทดลองแสดงถึงอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าที่มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาตรเบดน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดเพิ่มขึ้น ส่วนที่สองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับความสูงของชั้นสารดูดติดผิวที่ปริมาตรเบดน้ำเสีย (Bed Volume) ที่ผ่านการบำบัดต่างๆ เพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มของความสูงของชั้นสารดูดติดผิวที่เหมาะสมที่สุด ส่วนที่สามแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับอัตราภาระบรรทุกทางน้ำที่ปริมาตรเบดน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดต่างๆ เพื่อพิจารณาถึงแนวโน้มที่เหมาะสมที่สุดของอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ ส่วนสุดท้ายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียที่ปริมาตร เบดน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดต่างๆ

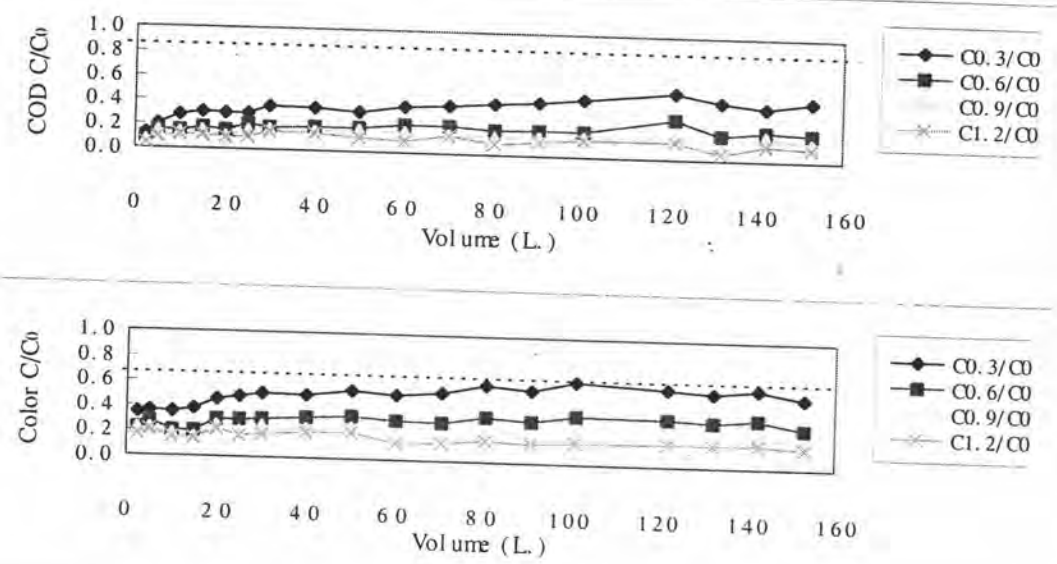
การทดลองมีลักษณะแบบต่อเนื่องโดยใช้ถังดูดติดผิวแบบแท่งป้อนน้ำเสียแบบไหลลง (Down-feed) ใช้ถ่านกัมมันต์ที่ทดสอบแล้วว่ามีความเป็นไปได้ทางวิศวกรรม ความสูงของชั้นสารดูดติดผิว 1.2 เมตร เก็บตัวอย่างน้ำเสียที่ระยะความสูง 0.3, 0.6, 0.9 และ 1.2 เมตร วิเคราะห์พารามิเตอร์ซีโอดี และสี ทดลองที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250, 500, 750, 1,000 มก./ล. และที่ความเข้มข้นซีโอดีที่น้ำเสียจริงซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 2,000 มก./ล. โดยได้แปรผันอัตราภาระบรรทุกทางน้ำเข้าของน้ำเสียที่ 0.15, 0.3, 0.6 และ 1.2 $ม^3/ม^2$-ชม. จุดเบรคทรูจ์ของซีโอดีกำหนดจากค่ามาตราฐานน้ำทิ้ง โดยกำหนดค่าบีโอดีในน้ำออกไม่เกิน 20 มก./ล. ตามมาตราฐานน้ำทิ้งกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถคำนวนอยู่ในรูปซีโอดีได้ประมาณ 213 มก./ล. การคำนวนอัตราส่วนบีโอดีต่อซีโอดีแสดงดังตาราง ก.4 ภาคผนวก ก และจุดเบรคทรูจ์ของสีกำหนดน้ำออกมีค่าของสีไม่เกิน 500 หน่วยแพลทตินัมโคบอลท์ ในกราฟผลการทดลอง เกณฑ์มาตราฐานน้ำทิ้งแสดงโดยเส้นประ

ในการทดลองเมื่อเกิดการอุดตันที่ผิวหน้าของชั้นสารดูดติดผิว ซึ่งโดยทั่วไปการอุดตันจะเกิดขึ้นที่ผิวหน้าจนถึงความลึกประมาณ 2 นิ้ว การอุดตันที่เกิดขึ้นสังเกตุจากการสูญเสียเฮด โดยเมื่อการสูญเสียเฮดมีค่าประมาณ 0.6 เมตรวัดจากระดับน้ำบริเวณทางออกที่ทำการยกสูงขึ้น จึงจะทำการล้างผิวหน้าชั้นสารดูดติดผิว โดยการกวน และไซฟอนน้ำที่มีความขุ่นออก ผลการทดลองแบบต่อเนื่องทั้งหมดแสดงในตาราง ข.4-23 ภาคผนวก ข

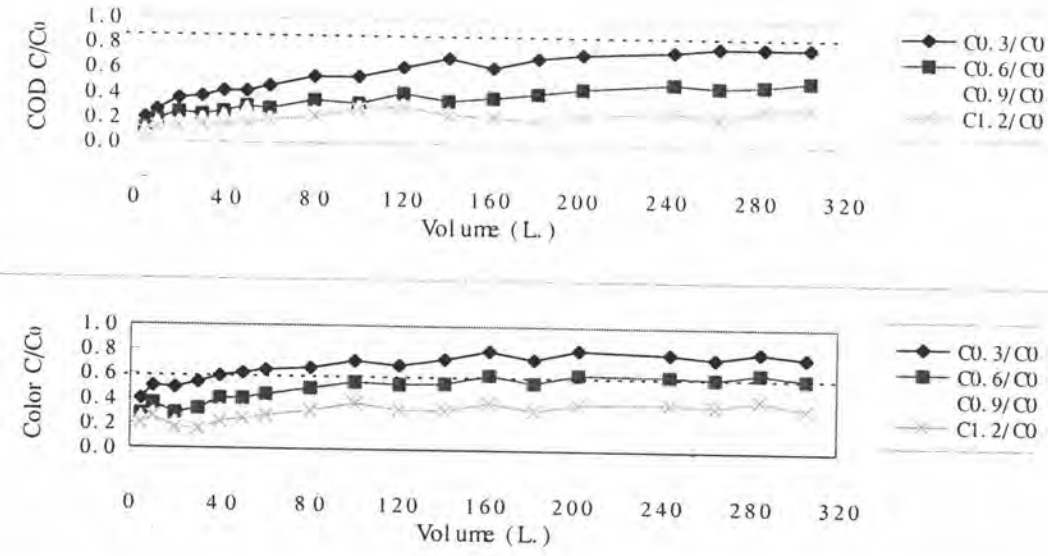
4.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด แสดงดังรูป 4.15-4.34



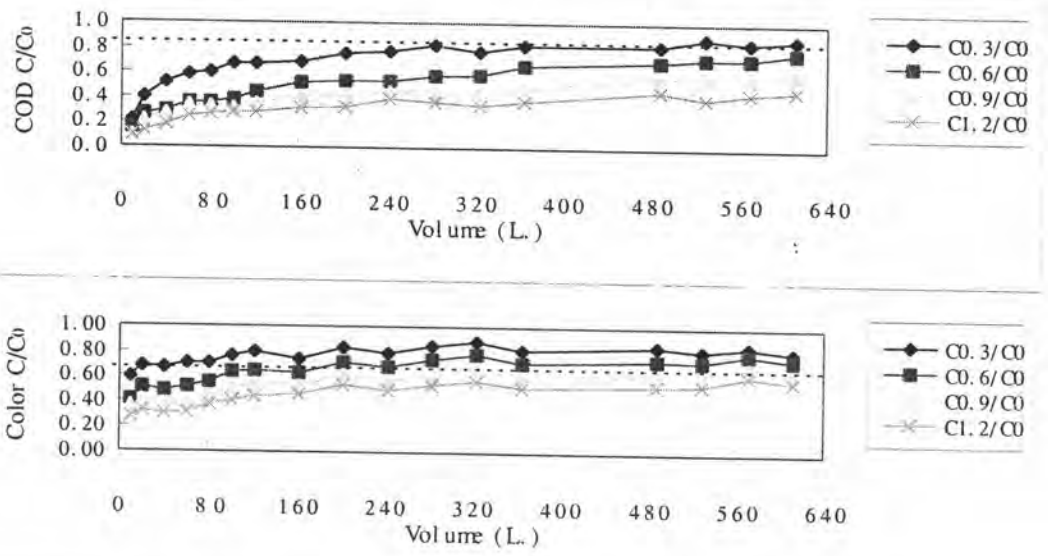
รูป 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250 มก./ล. อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15 $ม^3/ม^2$-ชม.



รูป 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250 มก./ล. อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.3 $ม^3/ม^2$-ชม.



รูป 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250 มก./ล. อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.6 $ม^3/ม^2$-ชม.



รูป 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250 มก./ล. อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 1.2 $ม^3/ม^2$-ชม.

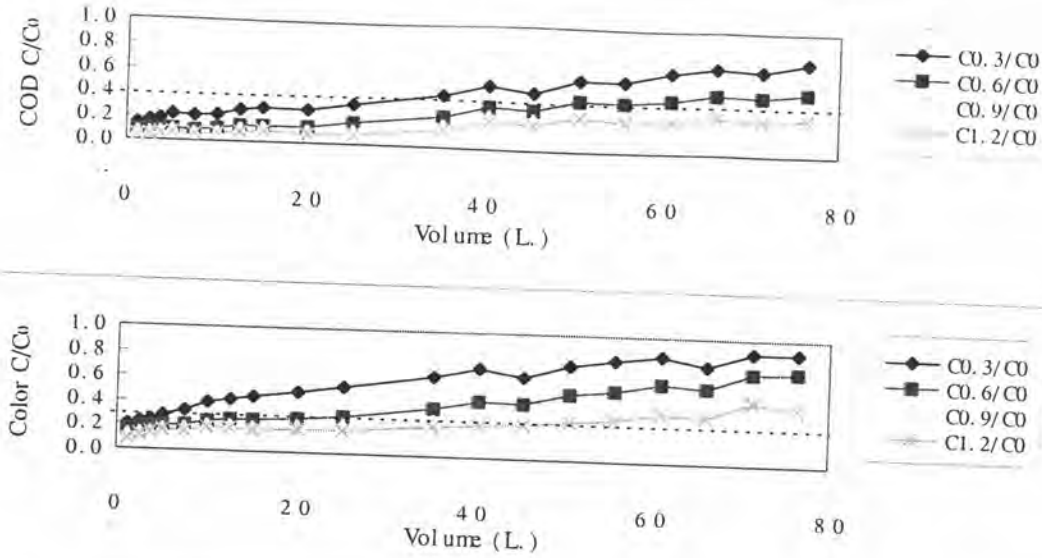
ผลการทดลองรูป 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดติดผิวที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250 มก./ล. และอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15 $ม^3/ม^2$-ชม. แนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าเพิ่มขึ้นทีละน้อยตามปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด เนื่องจากอัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่าน้อย ซึ่งน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีอัตราการไหล 2.55 ลิตร/วัน จากรูปที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ให้ความสามารถในการกำจัดดีที่สุด โดยเริ่มต้นอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสีเท่ากับ 0.03 และ 0.04 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี และสีเท่ากับ 96.83 และ 96.07 เปอร์เซนต์ แล้วอัตราส่วนซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้นจนเกิดการเบรคทรูจ์ที่ปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดประมาณ 4,130 ลิตร และ 718 ลิตรตามลำดับ

ผลการทดลองรูป 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดติดผิวที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250 มก./ล. และอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.3 $ม^3/ม^2$-ชม. แนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าเพิ่มขึ้นมากกว่ารูป 4.15 เนื่องจากอัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่ามากกว่าซึ่งน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีอัตราการไหล 5.1 ลิตร/วัน จากรูปที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ให้ความสามารถในการกำจัดดีที่สุด โดยเริ่มต้นอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของ ซีโอดี และสี เท่ากับ 0.05 และ 0.17 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสีเท่ากับ 95.24 และ 83.33 เปอร์เซนต์ แล้วอัตราส่วนซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้นจนเกิดการเบรคทรูจ์ที่ปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดประมาณ 3,083 ลิตร และ 657 ลิตรตามลำดับ

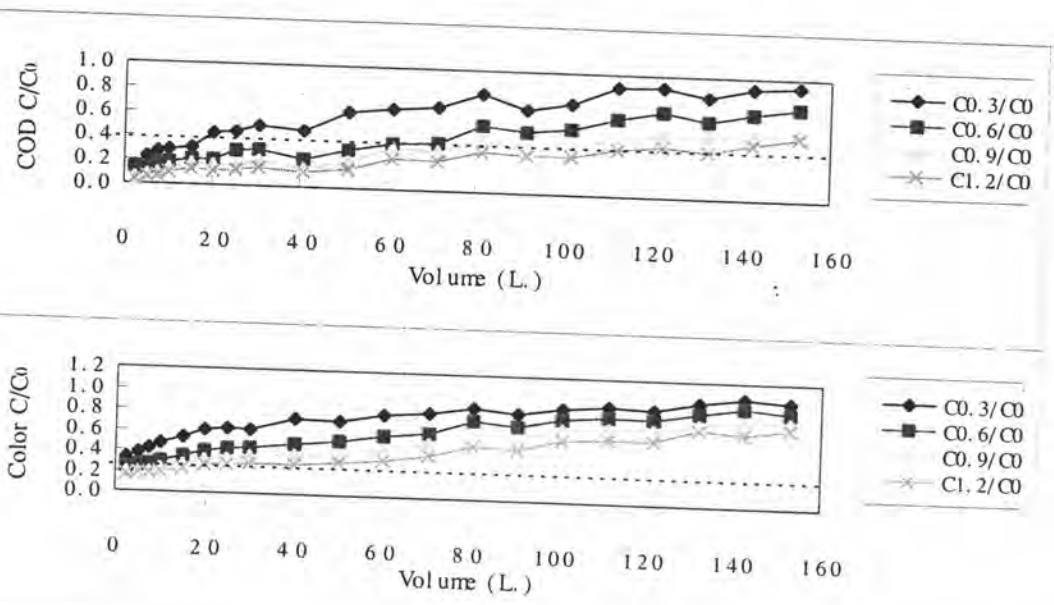
ผลการทดลองรูป 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดติดผิวที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250 มก./ล. และอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.6 $ม^3/ม^2$-ชม. แนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าเพิ่มขึ้นมากกว่ารูป 4.16 เนื่องจากอัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่ามากกว่าซึ่งน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีอัตราการไหล 10.2 ลิตร/วัน จากรูปที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ให้ความสามารถในการกำจัดดีที่สุด โดยเริ่มต้นอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของ ซีโอดี และสี เท่ากับ 0.08 และ 0.20 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสีเท่ากับ 92.46 และ 80.47 เปอร์เซนต์ แล้วอัตราส่วนซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้นจนเกิดการเบรคทรูจ์ที่ปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดประมาณ 2,696 ลิตร และ 580 ลิตรตามลำดับ

ผลการทดลองรูป 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดติดผิวที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250 มก./ล. และอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 1.2 $ม^3/ม^2$-ชม. แนวโน้มอัตราส่วน

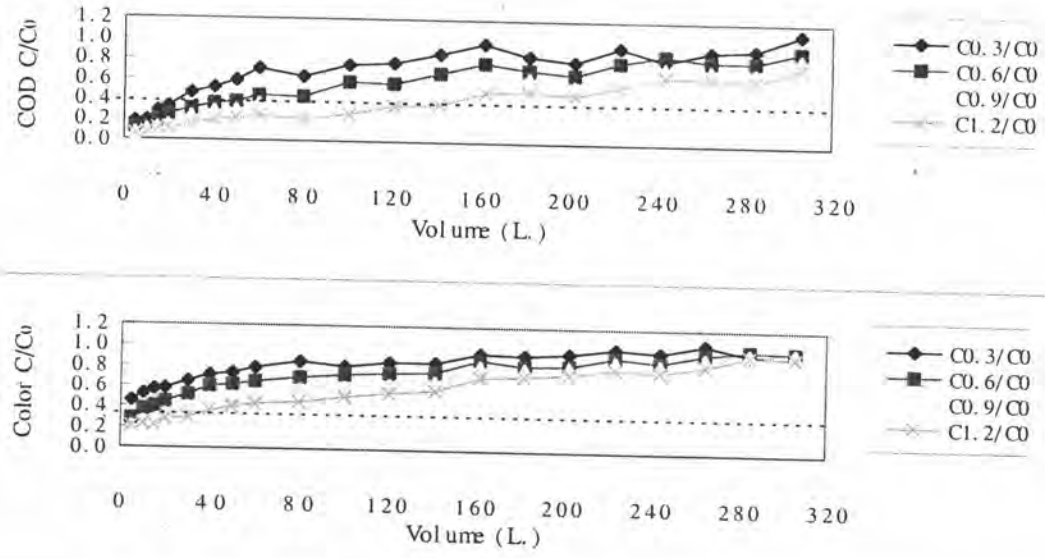
ระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าเพิ่มขึ้นเร็วที่สุด เนื่องจากอัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่ามากที่สุด ซึ่งน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีอัตราการไหล 20.4 ลิตร/วัน จากรูปที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ให้ความสามารถในการกำจัดดีที่สุด โดยเริ่มต้นอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสี เท่ากับ 0.09 และ 0.27 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสีเท่ากับ 90.87 และ 72.82 เปอร์เซนต์ แล้วอัตราส่วนซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้นจนเกิดการเบรคทรูจ์ที่ปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดประมาณ 2,912 ลิตร และ 463 ลิตรตามลำดับ



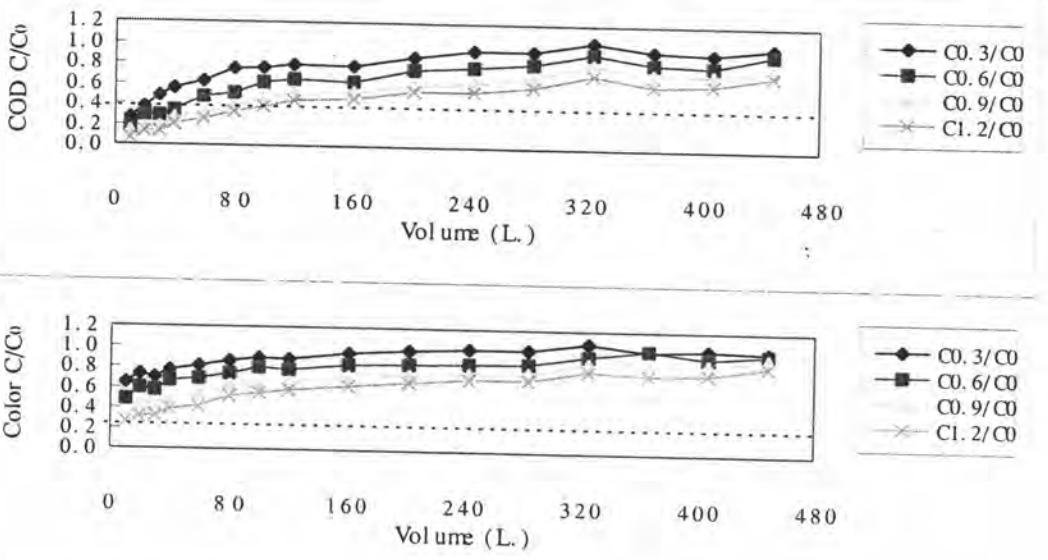
รูป 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 500 มก./ล. อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15 $ม^3/ม^2$-ชม.



รูป 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 500 มก./ล. อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.3 $ม^3/ม^2$-ชม.



รูป 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 500 มก./ล. อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.6 $ม^3/ม^2$-ชม.



รูป 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 500 มก./ล. อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 1.2 $ม^3/ม^2$-ชม.

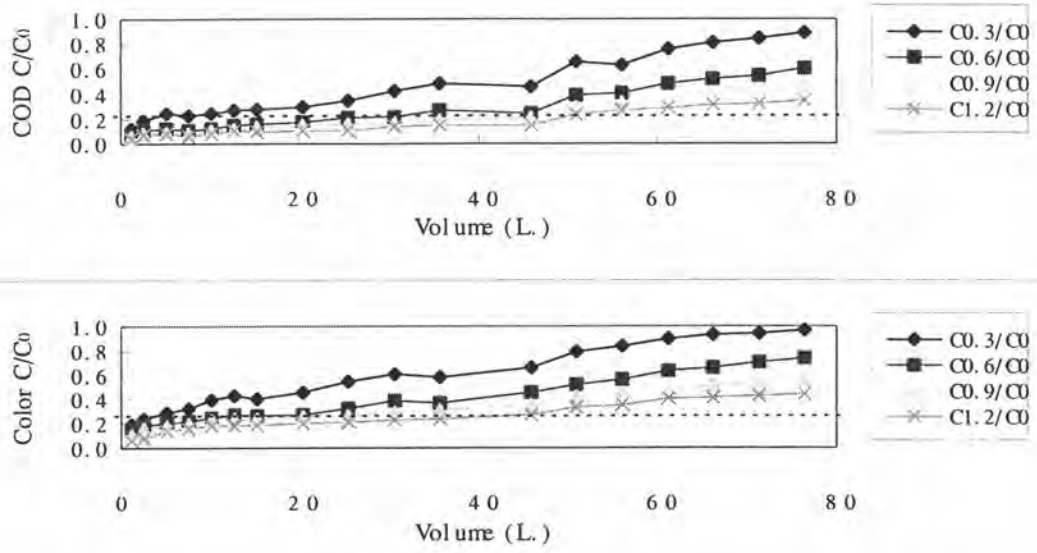
ผลการทดลองรูป 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดติดผิวที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 500 มก./ล. และอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15 $ม^3/ม^2$-ชม. แนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าเพิ่มขึ้นทีละน้อยตามปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด เนื่องจากอัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่าน้อย ซึ่งน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีอัตราการไหล 2.55 ลิตร/วัน จากรูปที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ให้ความสามารถในการกำจัดดีที่สุด โดยเริ่มต้นอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสี เท่ากับ 0.04 และ 0.08 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสีเท่ากับ 96.26 และ 91.73 เปอร์เซนต์ แล้วอัตราส่วนซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้นจนเกิดการเบรคทรูจ์ที่ปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดประมาณ 190 ลิตร และ 25 ลิตรตามลำดับ

ผลการทดลองรูป 4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดติดผิวที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 500 มก./ล. และอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.3 $ม^3/ม^2$-ชม. แนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าเพิ่มขึ้นมากกว่ารูป 4.19 เนื่องจากอัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่ามากกว่าซึ่งน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีอัตราการไหล 5.1 ลิตร/วัน จากรูปที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ให้ความสามารถในการกำจัดดีที่สุด โดยเริ่มต้นอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของ ซีโอดี และสี เท่ากับ 0.04 และ 0.16 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสีเท่ากับ 96.26 และ 83.93 เปอร์เซนต์ แล้วอัตราส่วนซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้นจนเกิดการเบรคทรูจ์ที่ปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดประมาณ 157 ลิตร และ 15 ลิตรตามลำดับ

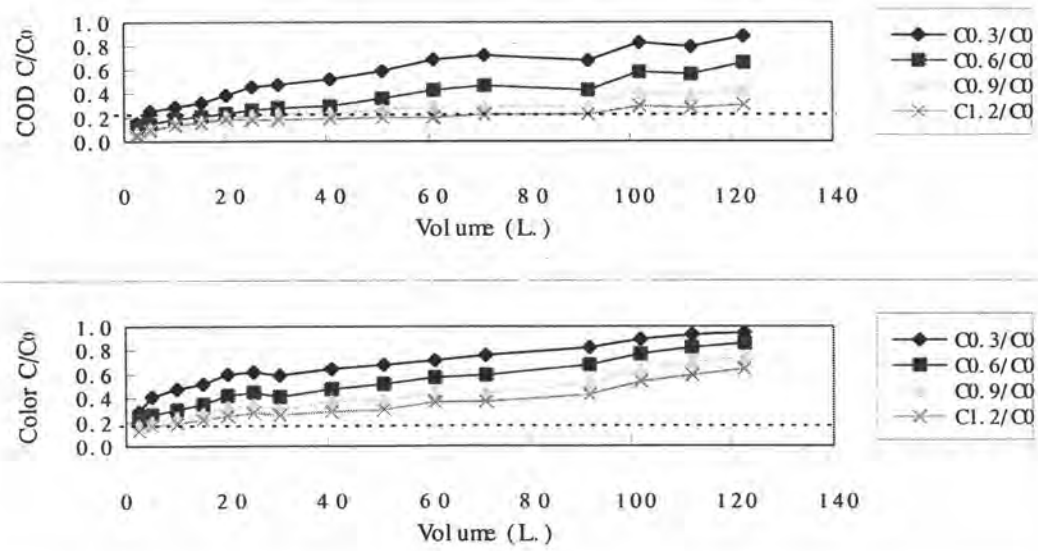
ผลการทดลองรูป 4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดติดผิวที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 500 มก./ล. และอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.6 $ม^3/ม^2$-ชม. แนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าเพิ่มขึ้นมากกว่ารูป 4.20 เนื่องจากอัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่ามากกว่าซึ่งน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีอัตราการไหล 10.2 ลิตร/วัน จากรูปที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ให้ความสามารถในการกำจัดดีที่สุด โดยเริ่มต้นอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของ ซีโอดี และสี เท่ากับ 0.05 และ 0.20 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสีเท่ากับ 95.01 และ 79.73 เปอร์เซนต์ แล้วอัตราส่วนซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้นจนเกิดการเบรคทรูจ์ที่ปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดประมาณ 155 ลิตร และ 10 ลิตรตามลำดับ

ผลการทดลองรูป 4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดติดผิวที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 500 มก./ล. และอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 1.2 $ม^3/ม^2$-ชม. แนวโน้มอัตราส่วน

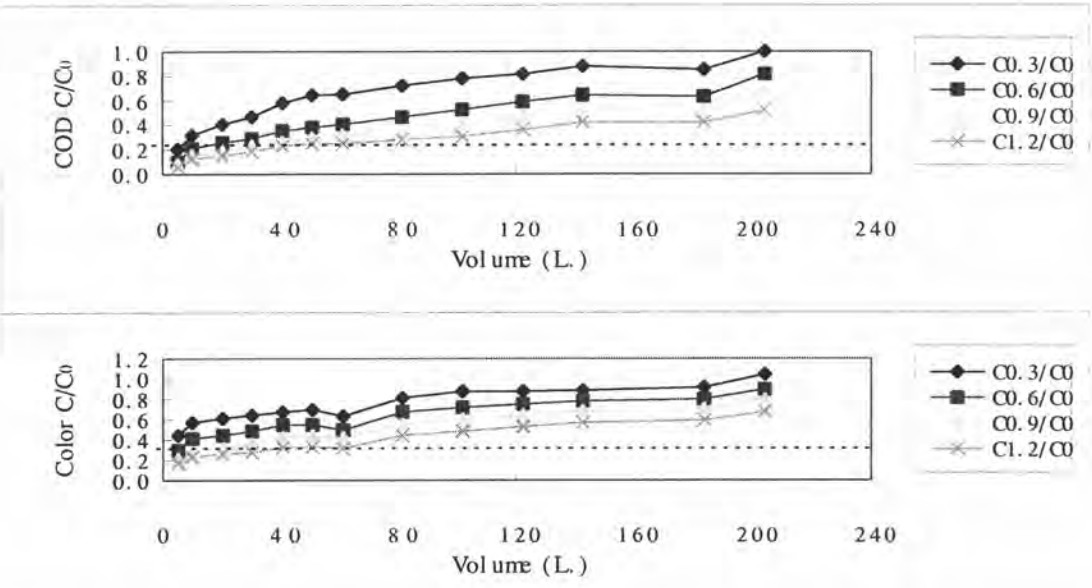
ระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าเพิ่มขึ้นเร็วที่สุด เนื่องจากอัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่ามากที่สุด ซึ่งน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีอัตราการไหล 20.4 ลิตร/วัน จากรูปที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ให้ความสามารถในการกำจัดดีที่สุด โดยเริ่มต้นอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสี เท่ากับ 0.07 และ 0.26 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสีเท่ากับ 92.52 และ 73.53 เปอร์เซนต์ แล้วอัตราส่วนซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้นจนเกิดการเบรคทรูจ์ที่ปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดประมาณ 95 ลิตร และ 14 ลิตรตามลำดับ



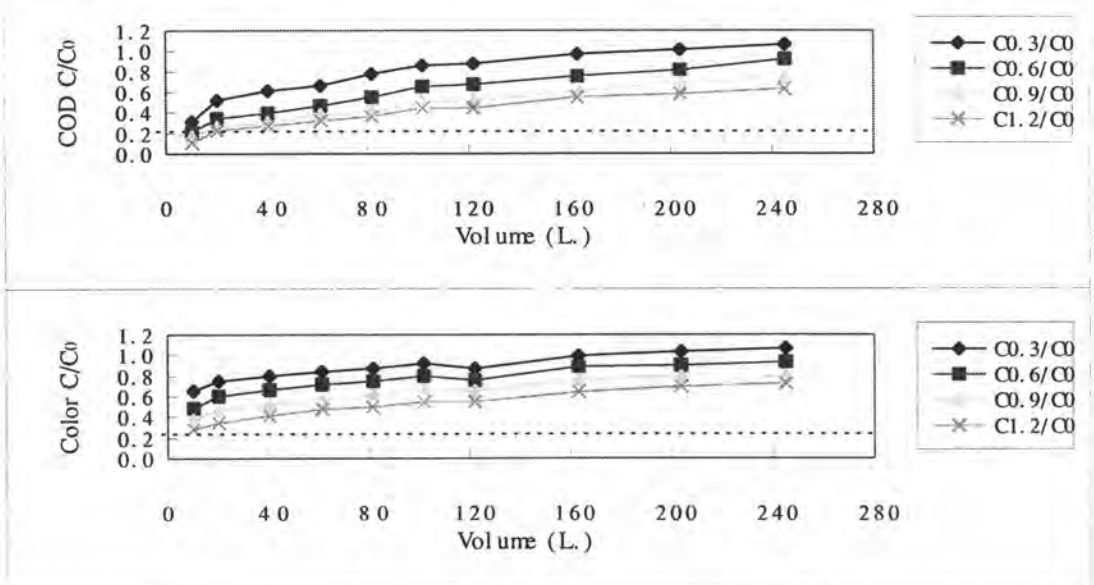
รูป 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 750 มก./ล. อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15 $ม^3/ม^2$-ชม.



รูป 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 750 มก./ล. อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.3 $ม^3/ม^2$-ชม.



รูป 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 750 มก./ล. อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.6 ม^3/ม^2-ชม.



รูป 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 750 มก./ล. อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 1.2 ม^3/ม^2-ชม.

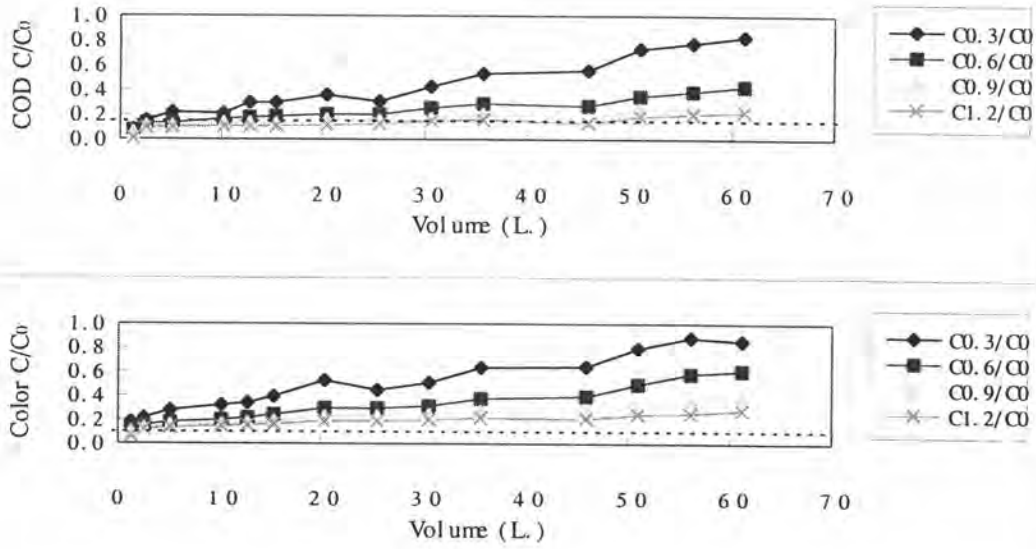
ผลการทดลองรูป 4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดติดผิวที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 750 มก./ล. และอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15 $ม^3/ม^2$-ชม. แนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าเพิ่มขึ้นทีละน้อยตามปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด เนื่องจากอัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่าน้อย ซึ่งน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีอัตราการไหล 2.55 ลิตร/วัน จากรูปที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ให้ความสามารถในการกำจัดดีที่สุด โดยเริ่มต้นอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสี เท่ากับ 0.04 และ 0.06 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดีและสีเท่ากับ 95.57 และ 93.66 เปอร์เซนต์ แล้วอัตราส่วนซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้นจนเกิดการเบรคทรูจ์ที่ปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดประมาณ 107 ลิตร และ 9 ลิตรตามลำดับ

ผลการทดลองรูป 4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดติดผิวที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 750 มก./ล. และอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.3 $ม^3/ม^2$-ชม. แนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าเพิ่มขึ้นมากกว่ารูป 4.23 เนื่องจากอัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่ามากกว่าซึ่งน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีอัตราการไหล 5.1 ลิตร/วัน จากรูปที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ให้ความสามารถในการกำจัดดีที่สุด โดยเริ่มต้นอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของ ซีโอดี และสี เท่ากับ 0.04 และ 0.13 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสีเท่ากับ 95.57 และ 87.12 เปอร์เซนต์ แล้วอัตราส่วนซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้นจนเกิดการเบรคทรูจ์ที่ปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดประมาณ 74 ลิตร และ 8 ลิตรตามลำดับ

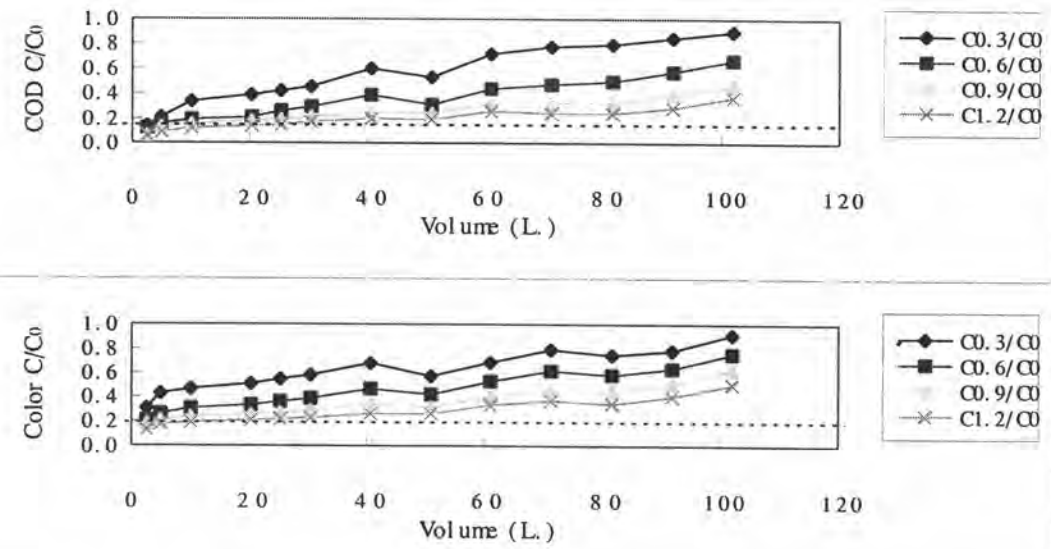
ผลการทดลองรูป 4.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดติดผิวที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 750 มก./ล. และอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.6 $ม^3/ม^2$-ชม. แนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าเพิ่มขึ้นมากกว่ารูป 4.24 เนื่องจากอัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่ามากกว่าซึ่งน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีอัตราการไหล 10.2 ลิตร/วัน จากรูปที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ให้ความสามารถในการกำจัดดีที่สุด โดยเริ่มต้นอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของ ซีโอดี และสี เท่ากับ 0.06 และ 0.17 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสีเท่ากับ 94.46 และ 82.84 เปอร์เซนต์ แล้วอัตราส่วนซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้นจนเกิดการเบรคทรูจ์ที่ปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดประมาณ 49 ลิตร และ 3 ลิตรตามลำดับ

ผลการทดลองรูป 4.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดติดผิวที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 750 มก./ล. และอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 1.2 $ม^3/ม^2$-ชม. แนวโน้มอัตราส่วน

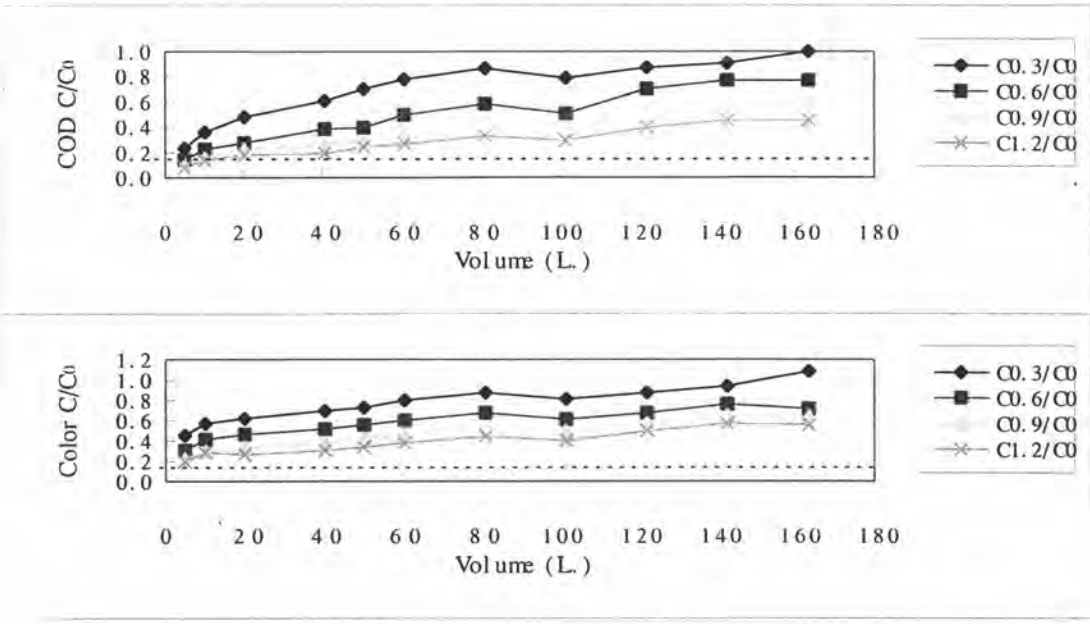
ระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าเพิ่มขึ้นเร็วที่สุด เนื่องจากอัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่ามากที่สุด ซึ่งน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีอัตราการไหล 20.4 ลิตร/วัน จากรูปที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ให้ความสามารถในการกำจัดดีที่สุด โดยเริ่มต้นอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสี เท่ากับ 0.10 และ 0.28 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสีเท่ากับ 90.17 และ 72.41 เปอร์เซนต์ แล้วอัตราส่วนซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้นจนเกิดการเบรคทรูจ์ที่ปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดประมาณ 49 ลิตร และ 3 ลิตรตามลำดับ



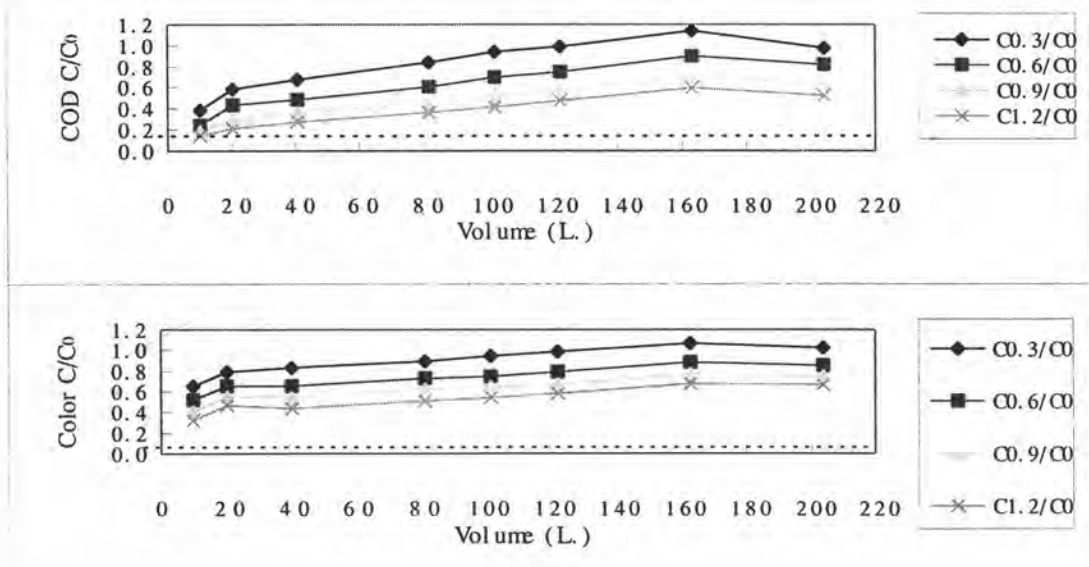
รูป 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 1,000 มก./ล. อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15 $ม^3/ม^2$-ชม.



รูป 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 1,000 มก./ล. อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.3 $ม^3/ม^2$-ชม.



รูป 4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 1,000 มก./ล. อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.6 $ม^3/ม^2$-ชม.



รูป 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 1,000 มก./ล. อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 1.2 $ม^3/ม^2$-ชม.

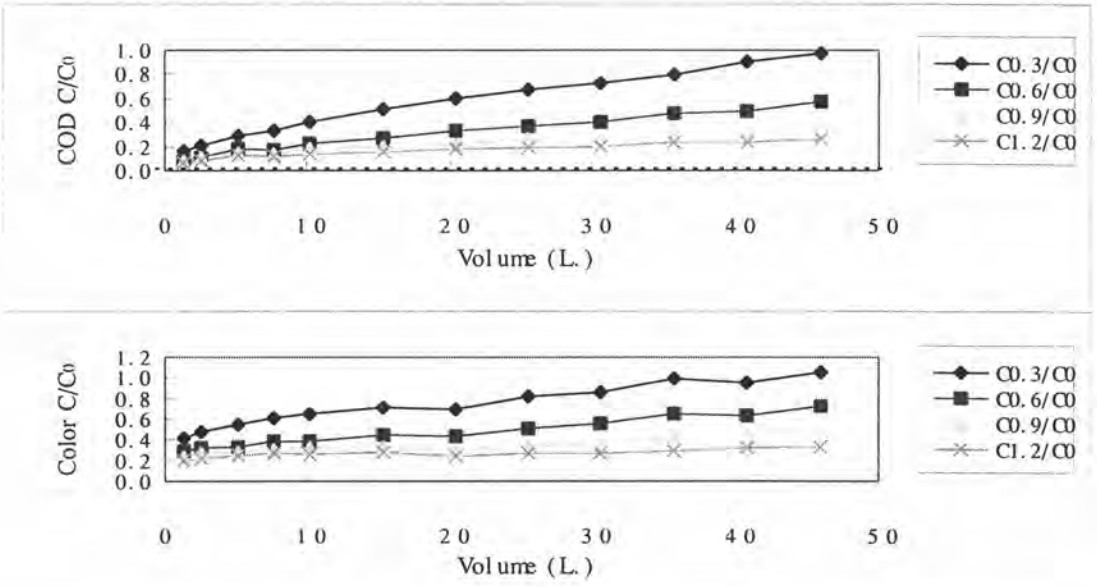
ผลการทดลองรูป 4.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดติดผิวที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 1,000 มก./ล. และอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15 $ม^3/ม^2$-ชม. แนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าเพิ่มขึ้นทีละน้อยตามปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด เนื่องจากอัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่าน้อย ซึ่งน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีอัตราการไหล 2.55 ลิตร/วัน จากรูปที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ให้ความสามารถในการกำจัดดีที่สุด โดยเริ่มต้นอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสี เท่ากับ 0.01 และ 0.06 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสีเท่ากับ 98.99 และ 93.68 เปอร์เซนต์ แล้วอัตราส่วนซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้นจนเกิดการเบรคทรูจ์ที่ปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดประมาณ 63 ลิตร และ 5 ลิตรตามลำดับ

ผลการทดลองรูป 4.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดติดผิวที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 1,000 มก./ล. และอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.3 $ม^3/ม^2$-ชม. แนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าเพิ่มขึ้นมากกว่ารูป 4.27 เนื่องจากอัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่ามากกว่า ซึ่งน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีอัตราการไหล 5.1 ลิตร/วัน จากรูปที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ให้ความสามารถในการกำจัดดีที่สุด โดยเริ่มต้นอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสี เท่ากับ 0.06 และ 0.14 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสีเท่ากับ 93.95 และ 86.41 เปอร์เซนต์ แล้วอัตราส่วนซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้นจนเกิดการเบรคทรูจ์ที่ปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดประมาณ 49 ลิตร และ 3 ลิตรตามลำดับ

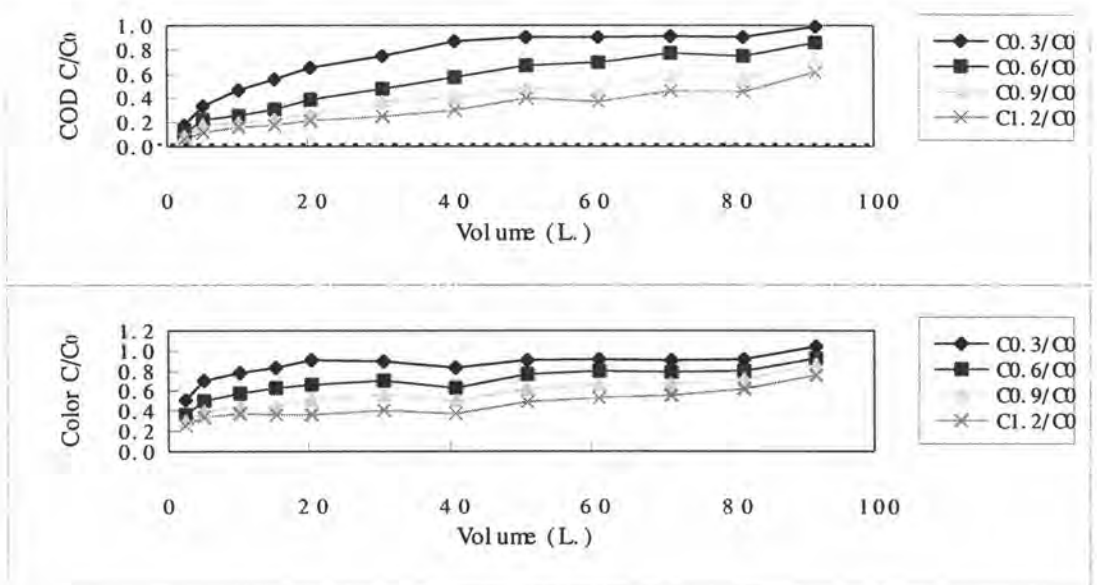
ผลการทดลองรูป 4.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดติดผิวที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 1,000 มก./ล. และอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.6 $ม^3/ม^2$-ชม. แนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าเพิ่มขึ้นมากกว่ารูป 4.28 เนื่องจากอัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่ามากกว่า ซึ่งน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีอัตราการไหล 10.2 ลิตร/วัน จากรูปที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ให้ความสามารถในการกำจัดดีที่สุด โดยเริ่มต้นอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสี เท่ากับ 0.08 และ 0.18 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสีเท่ากับ 92.04 และ 81.53 เปอร์เซนต์ แล้วอัตราส่วนซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้นจนเกิดการเบรคทรูจ์ที่ปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดประมาณ 36 ลิตร และ 1 ลิตรตามลำดับ

ผลการทดลองรูป 4.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดติดผิวที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 1,000 มก./ล. และอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 1.2 $ม^3/ม^2$-ชม. แนวโน้มอัตราส่วน

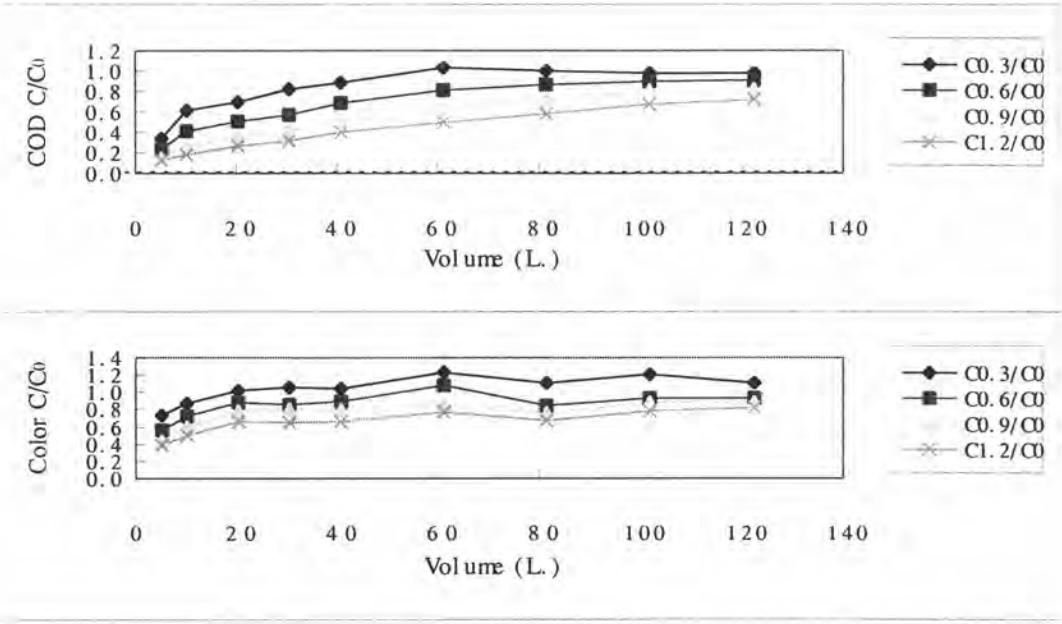
ระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าเพิ่มขึ้นเร็วที่สุด เนื่องจากอัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่ามากที่สุด ซึ่งน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีอัตราการไหล 20.4 ลิตร/วัน จากรูปที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ให้ความสามารถในการกำจัดดีที่สุด โดยเริ่มต้นอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของ ซีโอดี และสี เท่ากับ 0.14 และ 0.32 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสีเท่ากับ 85.99 และ 67.67 เปอร์เซนต์ แล้วอัตราส่วนซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้นจนเกิดการเบรคทรูจ์ที่ปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดประมาณ 23 ลิตร และ 0 ลิตรตามลำดับ



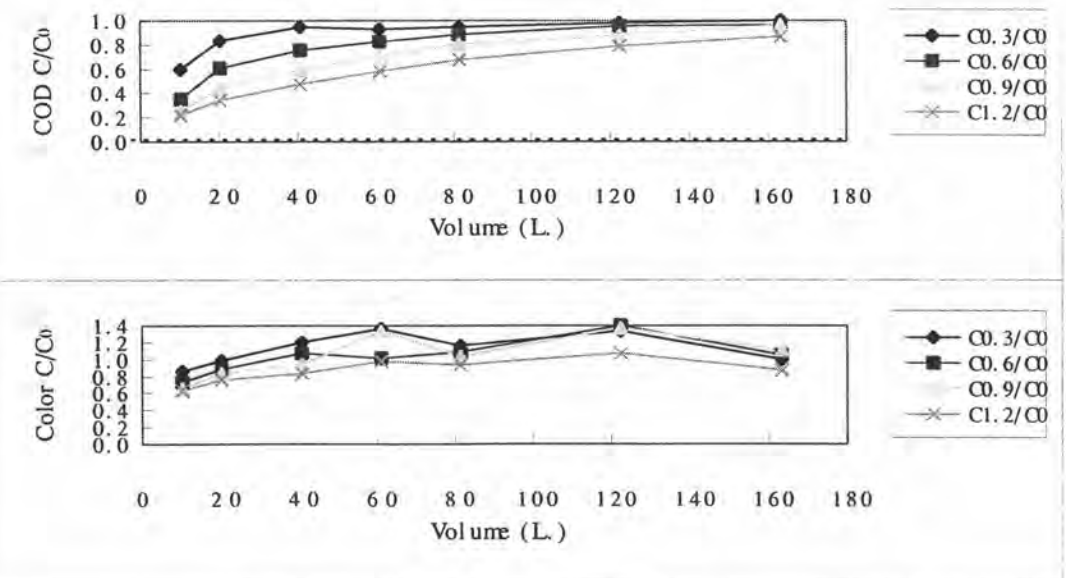
รูป 4.31 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 2,000 มก./ล. อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15 $ม^3/ม^2$-ชม.



รูป 4.32 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 2,000 มก./ล. อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.3 $ม^3/ม^2$-ชม.



รูป 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 2,000 มก./ล. อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.6 $ม^3/ม^2$-ชม.



รูป 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 2,000 มก./ล. อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 1.2 $ม^3/ม^2$-ชม.

ผลการทดลองรูป 4.31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดติดผิวที่ความเข้มข้นน้ำเสียจริงซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 2,000 มก./ล. และอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15 $ม^3/ม^2$-ชม. แนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าเพิ่มขึ้นทีละน้อยตามปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด เนื่องจากอัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่าน้อย ซึ่งน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีอัตราการไหล 2.55 ลิตร/วัน จากรูปที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ให้ความสามารถในการกำจัดดีที่สุด โดยเริ่มต้นอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสี เท่ากับ 0.06 และ 0.19 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสีเท่ากับ 93.83 และ 80.78 เปอร์เซนต์ แล้วอัตราส่วนซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้นจนเกิดการเบรคทรูจ์ที่ปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดประมาณ 5 ลิตร และ 0 ลิตรตามลำดับ

ผลการทดลองรูป 4.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดติดผิวที่ความเข้มข้นน้ำเสียจริงซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 2,000 มก./ล. และอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.3 $ม^3/ม^2$-ชม. แนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าเพิ่มขึ้นมากกว่ารูป 4.31 เนื่องจากอัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่ามากกว่า ซึ่งน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีอัตราการไหล 5.1 ลิตร/วัน จากรูปที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ให้ความสามารถในการกำจัดดีที่สุด โดยเริ่มต้นอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสี เท่ากับ 0.06 และ 0.26 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสีเท่ากับ 93.83 และ 83.33 เปอร์เซนต์ แล้วอัตราส่วนซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้นจนเกิดการเบรคทรูจ์ที่ปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดประมาณ 6 ลิตร และ 0 ลิตรตามลำดับ

ผลการทดลองรูป 4.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดติดผิวที่ความเข้มข้นน้ำเสียจริงซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 2,000 มก./ล. และอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.6 $ม^3/ม^2$-ชม. แนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าเพิ่มขึ้นมากกว่ารูป 4.32 เนื่องจากอัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่ามากกว่า ซึ่งน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีอัตราการไหล 10.2 ลิตร/วัน จากรูปที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ให้ความสามารถในการกำจัดดีที่สุด โดยเริ่มต้นอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสี เท่ากับ 0.12 และ 0.39 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสีเท่ากับ 87.61 และ 61.49 เปอร์เซนต์ แล้วอัตราส่วนซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้นจนเกิดการเบรคทรูจ์ที่ปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดประมาณ 4 ลิตร และ 0 ลิตรตามลำดับ

ผลการทดลองรูป 4.34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดติดผิวที่ความเข้ม

ข้นน้ำเสียจริงซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 2,000 มก./ล. และอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 1.2 $ม^3/ม^2$-ชม. แนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าเพิ่มขึ้นเร็วที่สุด เนื่องจากอัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่ามากที่สุด ซึ่งน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีอัตราการไหล 20.4 ลิตร/วัน จากรูปที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ให้ความสามารถในการกำจัดดีที่สุด โดยเริ่มต้นอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสี เท่ากับ 0.22 และ 0.63 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี และสีเท่ากับ 78.35 และ 36.74 เปอร์เซนต์ แล้วอัตราส่วนซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้นจนเกิดการเบรคทรูจ์ที่ปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดประมาณ 2 ลิตร และ 0 ลิตรตามลำดับ

จากผลการทดลองรูป 4.15-4.34 ผลกระทบที่มีต่ออัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสี โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดติดผิว ในการทดลองมีดังต่อไปนี้

- ความสูงของชั้นถ่านกัมมันต์ โดยอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของ ซีโอดี และสีมีค่าลดลงตามความสูงของชั้นถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มขึ้น ในการทดลองที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร มีอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสีต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบที่อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ และความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นเดียวกัน เนื่องจากตัวถูกละลายในสารละลายน้ำชะมูลฝอยสัมผัสกับถ่านกัมมันต์จำนวนมากขึ้น ทำให้เกิดโอกาสถูกดูดติดได้เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน โดยในทางทฤษฎีจะมีความสูงที่เหมาะสมซึ่งสามารถกำจัดตัวถูกละลายได้มากที่สุด โดยไม่ว่าจะเพิ่มความสูงมากกว่าความสูงเหมาะสมเท่าไร ก็ไม่สามารถเพิ่มความสามารถในการกำจัดได้ เพราะโดยทั่วไปแล้วในสารละลายที่ประกอบด้วยตัวถูกละลายหลายชนิดมารวมกัน เช่น ในน้ำชะมูลฝอยนี้ประกอบด้วยตัวถูกละลายชนิดต่างๆจำนวนมาก ซึ่งตัวถูกละลายแต่ละชนิดมีความสามารถในการถูกดูดติดผิวแตกต่างกัน ซึ่งถ่านกัมมันต์อาจไม่สามารถดูดติดผิวตัวถูกละลายบางชนิด หรือดูดติดผิวได้ในจำนวนน้อย เช่น สารอินทรีย์ละลายเชิงซ้อนบางชนิด

- อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ โดยอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราภาระบรรทุกทางน้ำเพิ่มขึ้น ในการทดลองที่อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15 $ม^3/ม^2$-ชม. มีอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสีต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ และความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นเดียวกัน เนื่องจากตัวถูกละลายในสารละลายน้ำชะมูลฝอยมีเวลาสัมผัสกับถ่านกัมมันต์มากขึ้น ทำให้เกิดโอกาสถูกดูดติดได้เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

- ความเข้มข้นเริ่มต้นซีโอดีเริ่มต้น แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสีรวดเร็วขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น โดยในการทดลองที่ความเข้มข้นน้ำชะมูลฝอยจริงที่ซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 2,000 มก./ล. มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสีรวดเร็วที่สุด อันเนื่องมาจากที่ความเข้มข้นสูง

มีตัวถูกละลายอยู่ในปริมาณสูงกว่าที่ความเข้มข้นต่ำ ดังนั้นที่ความเข้มข้นสูงถ่านกัมมันต์ดูดติดผิวตัวถูกละลายในปริมาณที่สูงกว่าการดูดติดผิวที่ความเข้มข้นต่ำ ทำให้เหลือพื้นที่ผิวสำหรับดูดติดผิวตัวถูกละลายต่อมาได้น้อย จึงทำให้อัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ความเข้มข้นตัวถูกละลายสูงเมื่อเปรียบเทียบกับที่ความเข้มข้นถูกละลายต่ำกว่า

จากผลการทดลองพบว่า ที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีมีค่าอยู่ในช่วง 78.35-96.83 เปอร์เซนต์ และประสิทธิภาพในการกำจัดสีมีค่าอยู่ในช่วง 36.74-96.07 เปอร์เซนต์ โดยมีแนวโน้มว่าที่อัตราภาระบรรทุกทางน้ำต่ำ และความเข้มข้นเริ่มต้นต่ำมีประสิทธิภาพการกำจัดสูง เช่นเดียวกันเมื่อพิจารณาปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดพบว่าที่อัตราภาระบรรทุกทางน้ำต่ำ และความเข้มข้นเริ่มต้นต่ำมีแนวโน้มว่าปริมาตรน้ำเสียที่บำบัดได้มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากเหตุผลดังที่กล่าวไปแล้วคือที่อัตราภาระบรรทุกทางน้ำต่ำ ตัวถูกละลายในสารละลายน้ำชะมูลฝอยมีเวลาสัมผัสกับถ่านกัมมันต์มากขึ้น ทำให้เกิดโอกาสถูกดูดติดได้เพิ่มขึ้น และที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่ำ พื้นที่ผิวถูกใช้ในการดูดติดผิวตัวถูกละลายน้อยกว่า ประสิทธิภาพในการกำจัด และปริมาตรน้ำเสียที่บำบัดได้ของถ่านกัมมันต์แสดงดังตาราง 4.4

ตาราง 4.4 ประสิทธิภาพเริ่มต้นในการกำจัด และปริมาตรน้ำเสียที่บำบัดได้ของถ่านกัมมันต์

ซีโอดีเริ่มต้น (mg./L)	อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ (m^3/m^2-h)	ประสิทธิภาพเริ่มต้นในการกำจัด (%)		ปริมาตรน้ำเสียที่บำบัดได้ (ลิตร)	
		ซีโอดี	สี	ซีโอดี	สี
250	0.15	96.83	96.07	4,130	718
	0.3	95.24	83.33	3,083	657
	0.6	92.46	80.47	2,696	580
	1.2	90.87	72.82	2,912	463
500	0.15	96.26	91.73	190	25
	0.3	96.26	83.93	157	15
	0.6	95.01	79.73	153	14
	1.2	92.52	73.53	155	10
750	0.15	95.57	93.66	95	14
	0.3	95.57	87.12	107	9
	0.6	94.46	82.84	74	8
	1.2	90.17	72.41	49	3
1,000	0.15	98.99	93.68	63	5
	0.3	93.95	86.41	49	3
	0.6	92.04	81.53	36	1
	1.2	85.99	67.67	23	0
น้ำเสียจริง	0.15	93.83	80.78	5	0
2,000	0.3	93.83	74.30	6	0
	0.6	87.61	61.49	4	0
	1.2	78.35	36.74	2	0

จากผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสีกับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด สามารถหาความจุการดูดติดผิวของซีโอดี และสีที่จุดเบรคทรูจ์ได้โดยการคำนวนผลต่างระหว่างพื้นที่กราฟทั้งหมด กับพื้นที่ใต้เส้นกราฟ ซึ่งจะเป็นค่าซีโอดี และสีที่ถ่านกัมมันต์ดูดติดผิวไว้ทั้งหมด โดยสมการเส้นกราฟแสดงดังตาราง ก.3 ภาคผนวก ก และความจุการดูดติดผิวซีโอดี และสีของถ่านกัมมันต์ แสดงดังตาราง 4.5

จากการพิจารณาความจุการดูดติดผิวของซีโอดี และสีที่จุดเบรคทรูจ์พบว่า ค่าความจุการดูดติดผิวมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์สูง อัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่าต่ำ และความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นต่ำ โดยในการทดลองที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15 $ม^3/ม^2$-ชม. และความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250 มก./ล. ความจุการดูดติดผิวของซีโอดี และสีมีค่าสูงสุดเท่ากับ 437.25 มก.ซีโอดี/ก.คาร์บอน และ 349.59 หน่วยแพลทตินัม-โคบอลท์/ก.คาร์บอน

ตาราง 4.5 ความจุการดูดติดผิวซีโอดี และสีของถ่านกัมมันต์ที่จุดเบรกทรูจ์ในการทดลองแบบต่อเนื่อง

ซีโอดีเริ่มต้น (mg./L)	อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ (m^3/m^2-h)	ความจุการดูดติดผิวซีโอดีที่ความสูงต่างๆ (mg.COD/g.carbon)				ความจุการดูดติดผิวสีที่ความสูงต่างๆ (Unit Pt-Co/g.carbon)			
		0.3	0.6	0.9	1.2	0.3	0.6	0.9	1.2
250	0.15	301.41	329.61	374.23	437.25	254.01	276.73	303.61	349.59
	0.3	209.45	214.86	257.18	320.04	164.26	205.76	248.45	316.00
	0.6	117.18	174.67	216.20	269.50	88.33	142.22	183.58	270.79
	1.2	97.89	139.73	172.73	249.02	41.92	93.78	152.92	206.09
500	0.15	38.37	52.38	63.88	62.51	19.19	25.30	31.90	38.31
	0.3	31.04	40.63	47.50	52.19	6.01	15.63	21.35	23.31
	0.6	43.75	43.99	48.24	51.31	1.21	7.85	19.46	22.11
	1.2	29.43	38.79	48.75	51.59	0.03	0.59	5.47	14.40
750	0.15	23.24	37.15	40.35	52.49	13.99	17.32	18.30	29.55
	0.3	20.49	28.95	40.66	57.94	3.24	9.47	13.98	19.02
	0.6	19.36	31.37	36.06	40.83	0.53	3.95	11.55	16.30
	1.2	12.04	19.63	22.97	27.21	0.01	0.26	1.50	5.97
1000	0.15	22.24	27.89	48.47	49.06	10.82	12.47	15.19	16.97
	0.3	17.36	19.59	28.59	37.50	0.85	4.44	5.21	8.37
	0.6	9.22	17.60	23.44	28.11	0.17	0.66	3.43	4.24
	1.2	3.93	8.28	12.82	17.84	0.00	0.01	0.07	0.35
2000	0.15	4.63	8.05	7.08	8.86	0.04	0.10	0.02	0.00
	0.3	2.99	6.78	7.52	9.65	0.00	0.01	0.06	0.08
	0.6	0.37	1.85	5.26	6.75	0.00	0.00	0.00	0.01
	1.2	0.00	0.64	2.54	3.59	0.00	0.00	0.00	0.00

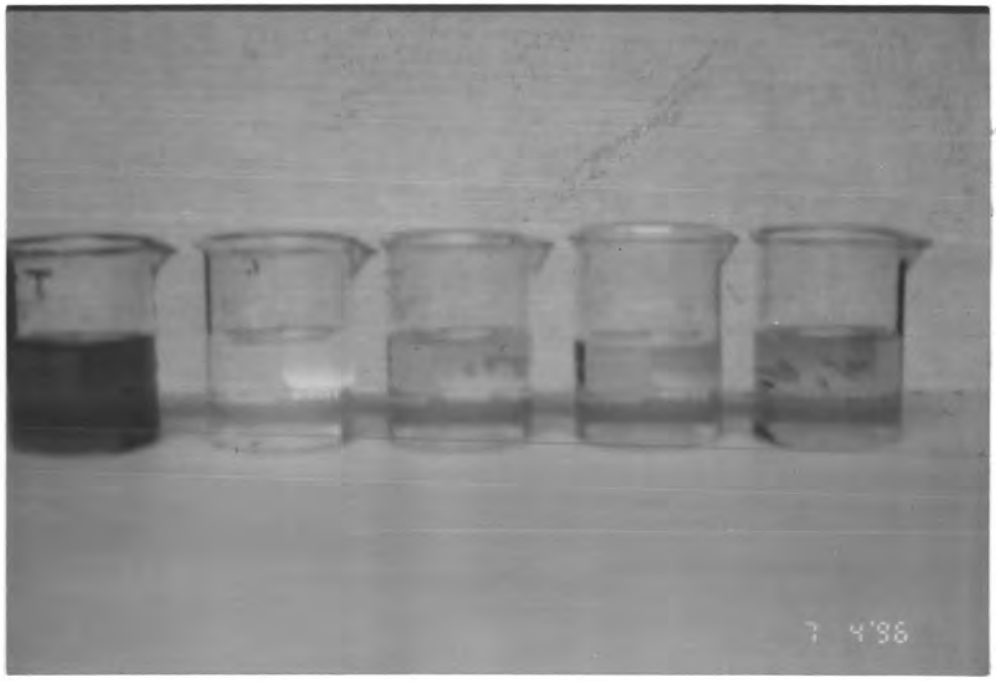
จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าระหว่าง ซีโอดี กับสีพบว่า อัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของสีมีค่าสูงกว่าอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี ทั้งนี้สาเหตุเนื่องมาจากสีในน้ำชะมูลฝอยนั้นเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่า ส่วนประกอบส่วนใหญ่ คือ กรดฮิวมิค และกรดฟัลวิค ซึ่งมีโทนสีเหลือง และถ้ามีความเข้มข้นสูงจะมีสีดำ โดยเป็นสารที่มีความสามารถในการถูกดูดติดต่ำ หรือถูกดูดติดได้ยาก ดังนั้นจึงคาดว่าถูกดูดติดยากกว่าสารที่ทำให้เกิดซีโอดี จึงมีอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าต่ำกว่า

จากผลการทดลองเป็นที่น่าสังเกตว่า เส้นโค้งของอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าระหว่างซีโอดี กับสีไม่เป็นรูปตัวเอส (S) ตามทฤษฎี สาเหตุอาจเนื่องมาจากเกิดการใช้คาร์บอนอย่างรวดเร็ว และที่สำคัญน้ำเสียที่บำบัดเป็นน้ำชะมูลฝอยที่ประกอบด้วยตัวถูกละลายหลายชนิด (Multi-Solute) ซึ่งตัวถูกละลายแต่ละชนิดมีความสามารถในการถูกดูดติดผิวง่ายยากแตกต่างกัน และนอกจากนี้ในการดูดติดผิวของตัวถูกละลายหลายชนิดในสารละลายจะเกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน ลักษณะเส้นโค้งอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าจึงไม่แสดงลักษณะเบรคทรูจ์อย่างทันที โดยในน้ำออกจะปรากฏสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด เมื่อการทดลองดำเนินไป

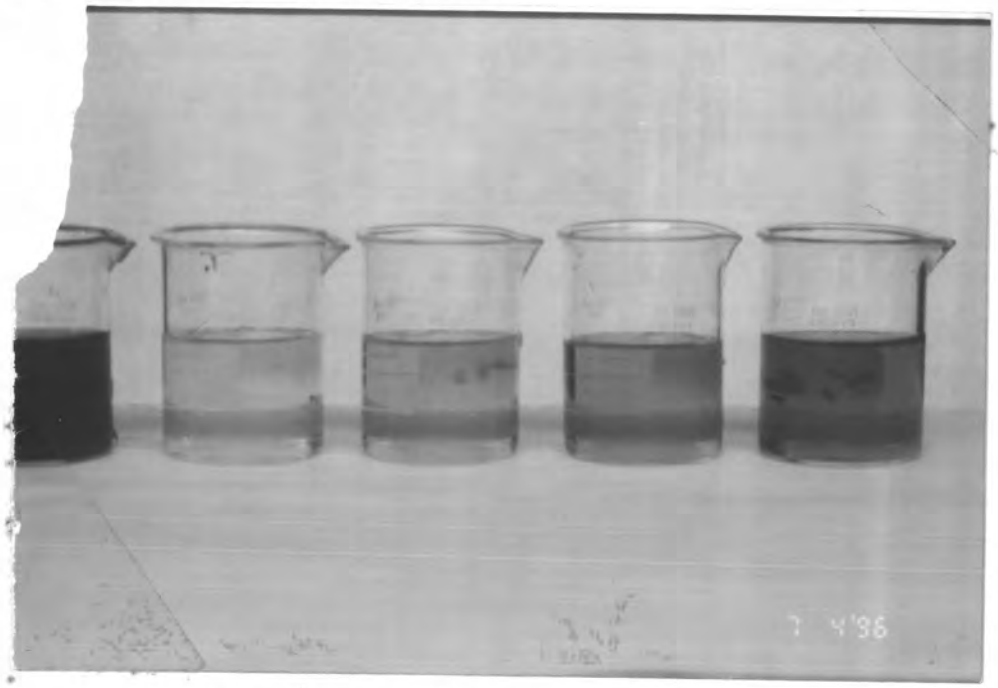
จากผลการทดลองจะเกิดการอุดตันบนผิวหน้าของชั้นถ่านกัมมันต์ในระหว่างการทดลอง จึงทำการวิเคราะห์ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำชะมูลฝอย โดยพบว่าปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในช่วง 25-90 มก./ล. โดยในช่วงที่ไม่มีฝนตกจะมีปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในช่วงต่ำ ในทางตรงกันข้ามในช่วงที่มีฝนตกปริมาณสารแขวนลอยจะมีอยู่ในช่วงสูง ซึ่งสัณนิษฐานว่าสาเหตุที่ปริมาณสารแขวนลอยมีค่ามากกว่าปกติอาจเนื่องมาจากน้ำฝนได้ชะเศษผง ฝุ่น และดินลงในบ่อบำบัดซึ่งเปิดโล่งแจ้ง การที่มีการอุดตันของสารแขวนลอยบริเวณผิวหน้าชั้นถ่านกัมมันต์ทำให้เป็นอุปสรรคในการที่น้ำเสียไหลผ่านชั้นดูดติดผิว ดังนั้นจึงทำการล้างผิวหน้าของชั้นสารดูดติดผิว โดยทำการกวนผิวหน้า และดูดน้ำที่มีความขุ่นออก ซึ่งให้ผลที่ดีมาก น้ำเสียสามารถไหลผ่านชั้นสารดูดติดผิวต่อไปได้ นอกจากนี้เพื่อลดสารแขวนลอยเข้าสู่ระบบให้น้อยลง ในการทดลองได้ปล่อยให้น้ำชะมูลฝอยตกตะกอนก่อนที่จะนำมาใช้ในระบบ และน้ำชะมูลฝอยที่ป้อนเข้าสู่ระบบจะดูดจากบริเวณผิวหน้าของระดับน้ำในถังพักน้ำเสีย อย่างไรก็ตามผงดินที่เป็นคอลลอยด์ไม่สามารถเข้าไปบริเวณโพรงของถ่านกัมมันต์ ทำให้ไม่มีผลกระทบต่อการดูดติดผิว แต่ในระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ถังดูดติดผิวแบบแท่ง โดยป้อนน้ำเข้าไหลลง อนุภาคดินสามารถอุดตันที่บริเวณผิวหน้าของคาร์บอน เนื่องจากแรงเค้นที่ผ่านชั้นคาร์บอน ดังนั้นความสามารถในการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์อาจลดลงทีละน้อยเนื่องจากการอุดตันทางกายภาพ หรือการสะสมอนุภาคดินบนผิวหน้าของชั้นคาร์บอน ดังนั้นในการดำเนินการบำบัดน้ำชะมูลฝอยจึงควรทำการตรวจสอบปริมาณสารแขวนลอยในน้ำเสียอย่างละเอียดต่อไป และอาจจะต้องมีกระบวนการบำบัดเบื้องต้นก่อนเข้าสู่การ

บำบัดด้วยถังดูดติดผิว เช่น กระบวนการบำบัดด้วยสารเคมี และตกตะกอน เพื่อกำจัดสารแขวนลอยก่อนเข้าสู่ถังดูดติดผิว ซึ่งกล่าวอีกนัยหนึ่งแล้วกระบวนการดูดติดผิวควรจะเป็นกระบวนการบำบัดที่ต่อจากกระบวนการอื่น โดยจากผลการทดลองการกำจัดซีโอดีด้วยถ่านกัมมันต์พบว่าที่ซีโอดีเริ่มต้น 250 มก./ล.ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดในการทดลองมีความจุการดูดติดผิว และสามารถบำบัดน้ำชะมูลฝอยให้ได้ตามมาตราฐานน้ำทิ้งได้สูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับที่ซีโอดีเริ่มต้นที่มีค่าสูงกว่า ดังนั้นในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยกระบวนการดูดติดผิวจึงควรเป็นกระบวนการในส่วนสุดท้ายที่บำบัดซีโอดี และสีในส่วนที่เหลือจากกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ เคมี หรือวิธีอื่นๆซึ่งไม่สามารถบำบัดได้ตามมาตราฐานน้ำทิ้ง นอกจากนี้กระบวนการดูดติดผิวอาจใช้เพิ่มความสามารถระบบบำบัดในกรณีเกิดการแปรผันของปริมาณ หรือลักษณะน้ำเสีย

ผลการทดลองแสดงถึงความเป็นไปได้ทางวิศวกรรมที่จะใช้ถ่านกัมมันต์ในการบำบัดน้ำชะมูลฝอย เนื่องจากมีความสามารถในการกำจัดซีโอดี และสีสูง โดยจะพิจารณาต่อไปถึงความสูงชั้นสารดูดติดผิว อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ และความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นต่อไป รูป 4.35 และ 4.36 แสดงสีของน้ำชะมูลฝอยก่อนการบำบัด และหลังการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์



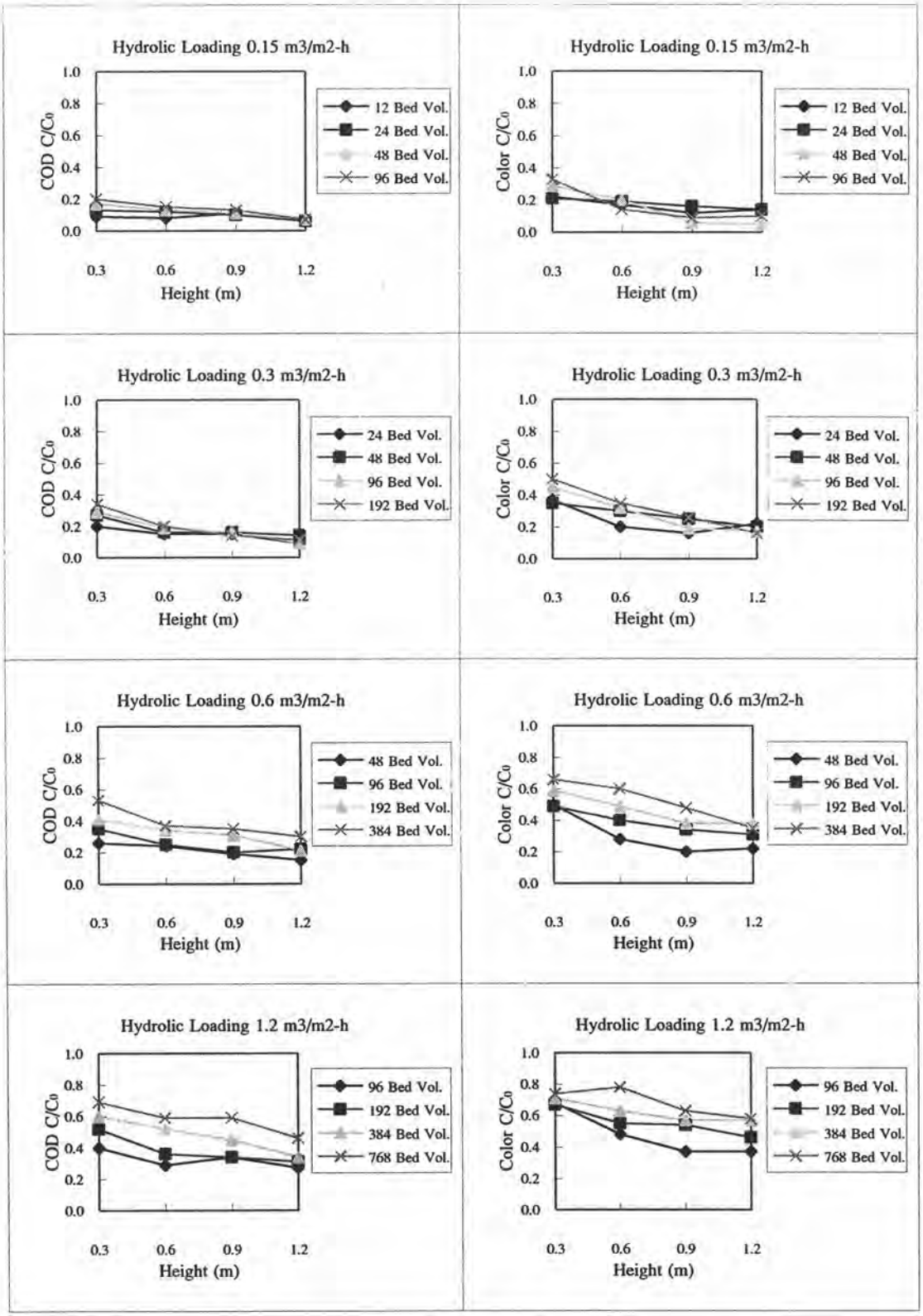
รูป 4.35 สีของน้ำชะมูลฝอยในวันแรกของการทดลอง ก่อนการบำบัด และหลังการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์ ชั้นความสูง 1.2 เมตร อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15, 0.3, 0.6 และ 1.2 $ม^3/ม^2$-ชม. โดยความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250 มก./ล.



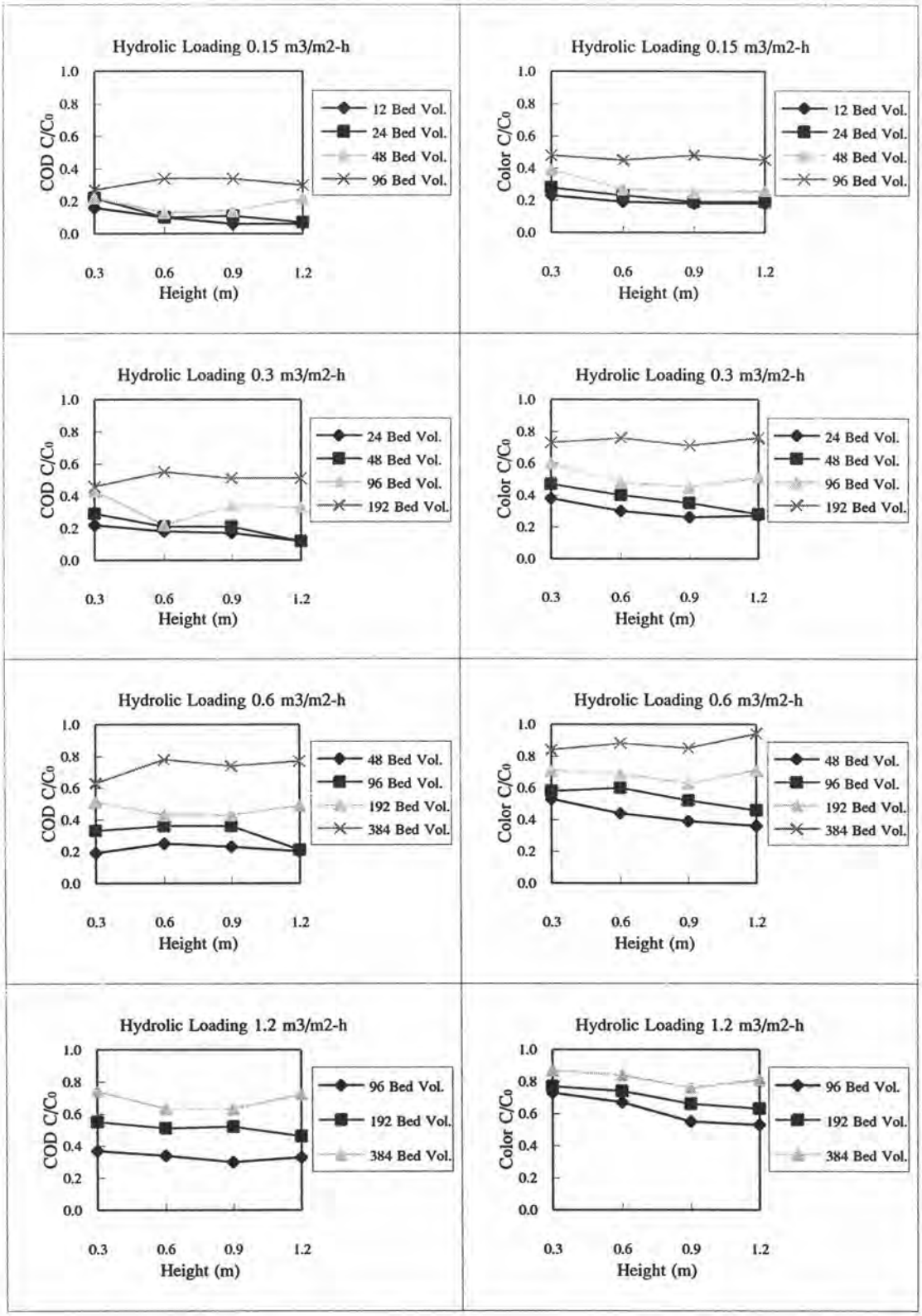
รูป 4.36 สีของน้ำชะมูลฝอยในวันแรกของการทดลอง ก่อนการบำบัด และหลังการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์ ชั้นความสูง 1.2 เมตร อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15, 0.3, 0.6 และ 1.2 $ม^3/ม^2$-ชม. โดยความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 1,000 มก./ล.

4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับความสูงชั้นถ่านกัมมันต์

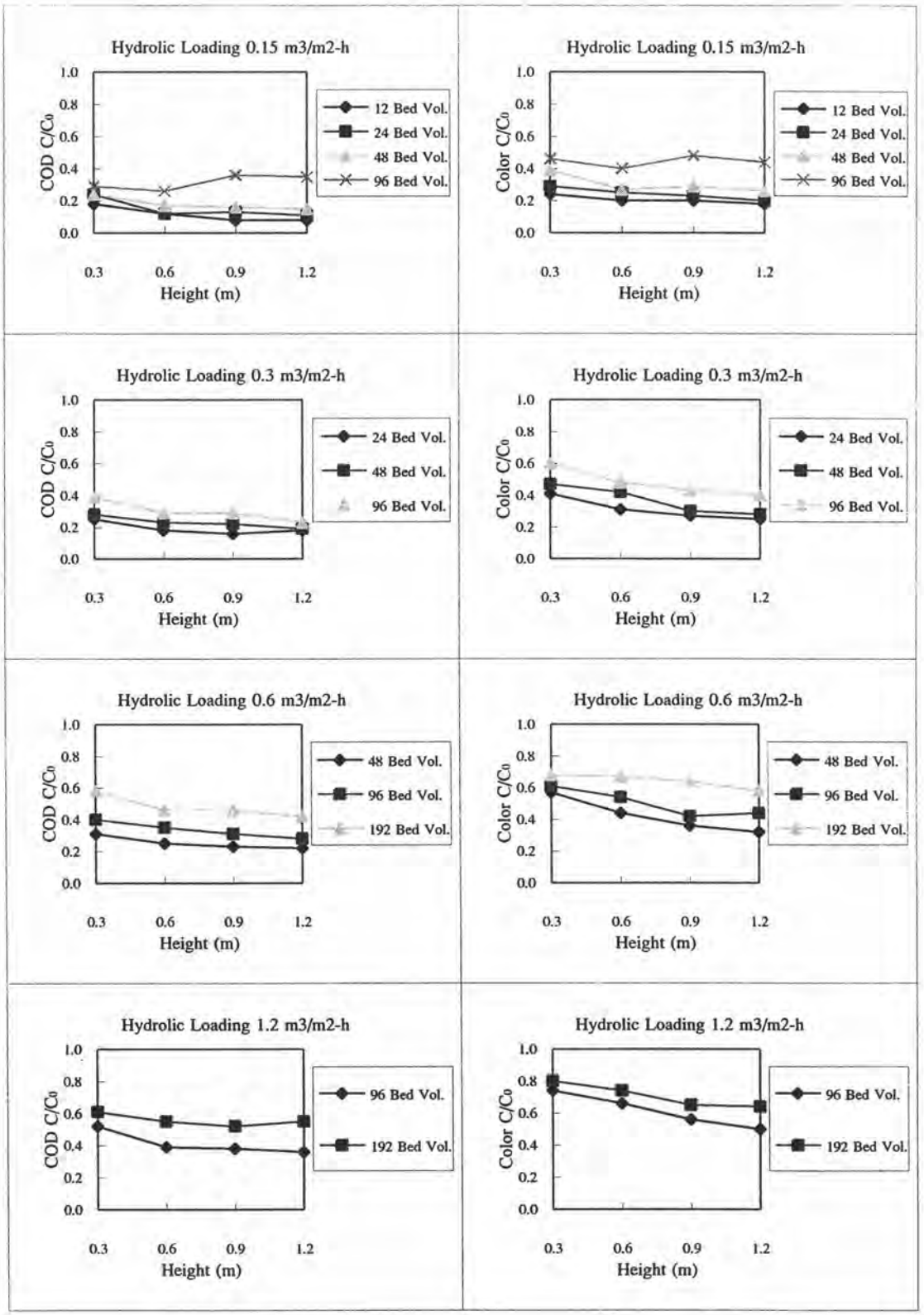
จากผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด ด้วยถ่านกัมมันต์ตามรูป 4.15-4.34 นำมาพิจารณาความสูงที่เหมาะสมของชั้นถ่านกัมมันต์ โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ที่น้ำเสียผ่านการบำบัดปริมาตรเบดต่างๆ แสดงดังรูป 4.37-4.41



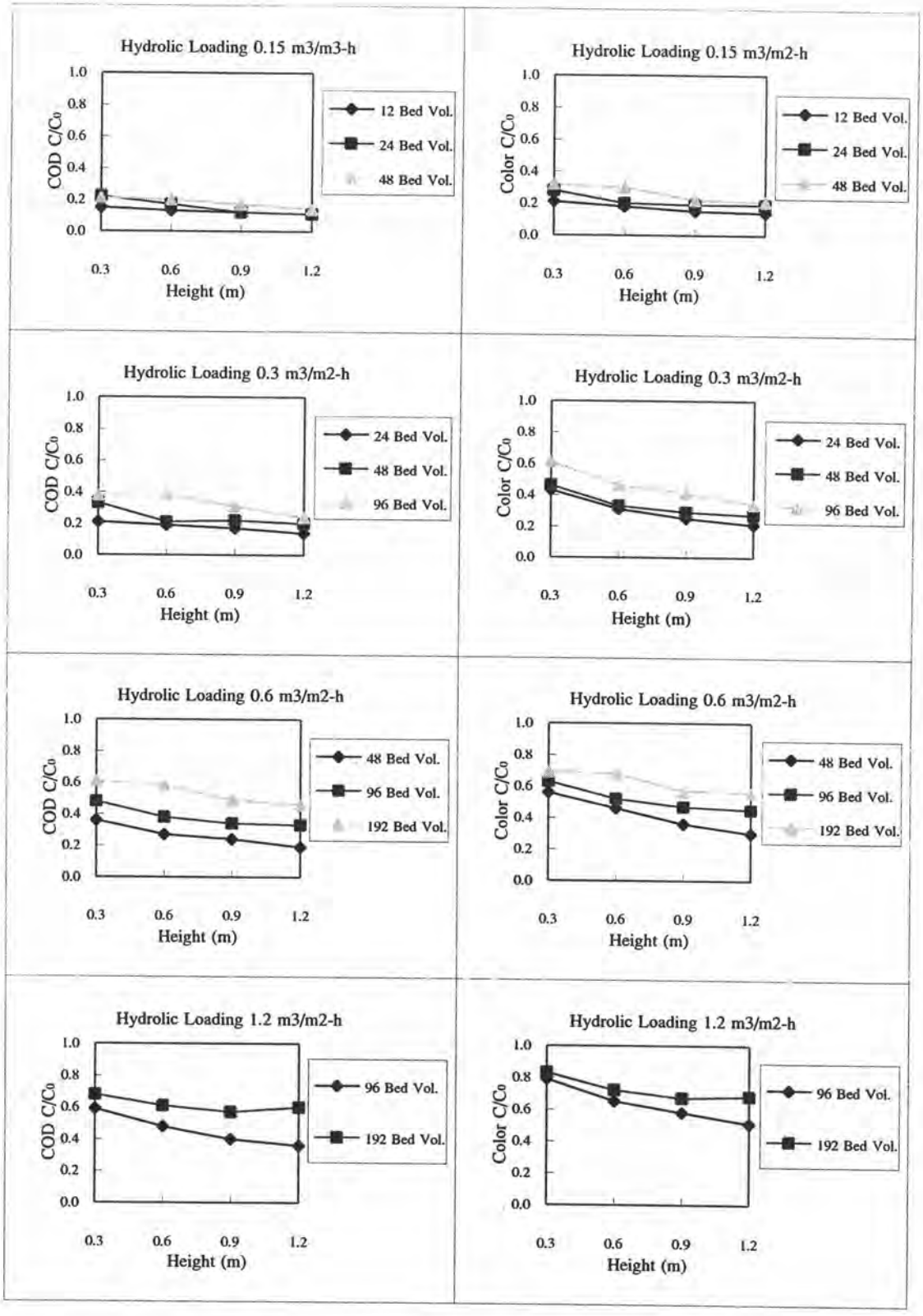
รูป 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสี กับความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ที่ปริมาตรเบดน้ำเสียผ่านการบำบัดต่างๆ ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250 มก./ล.



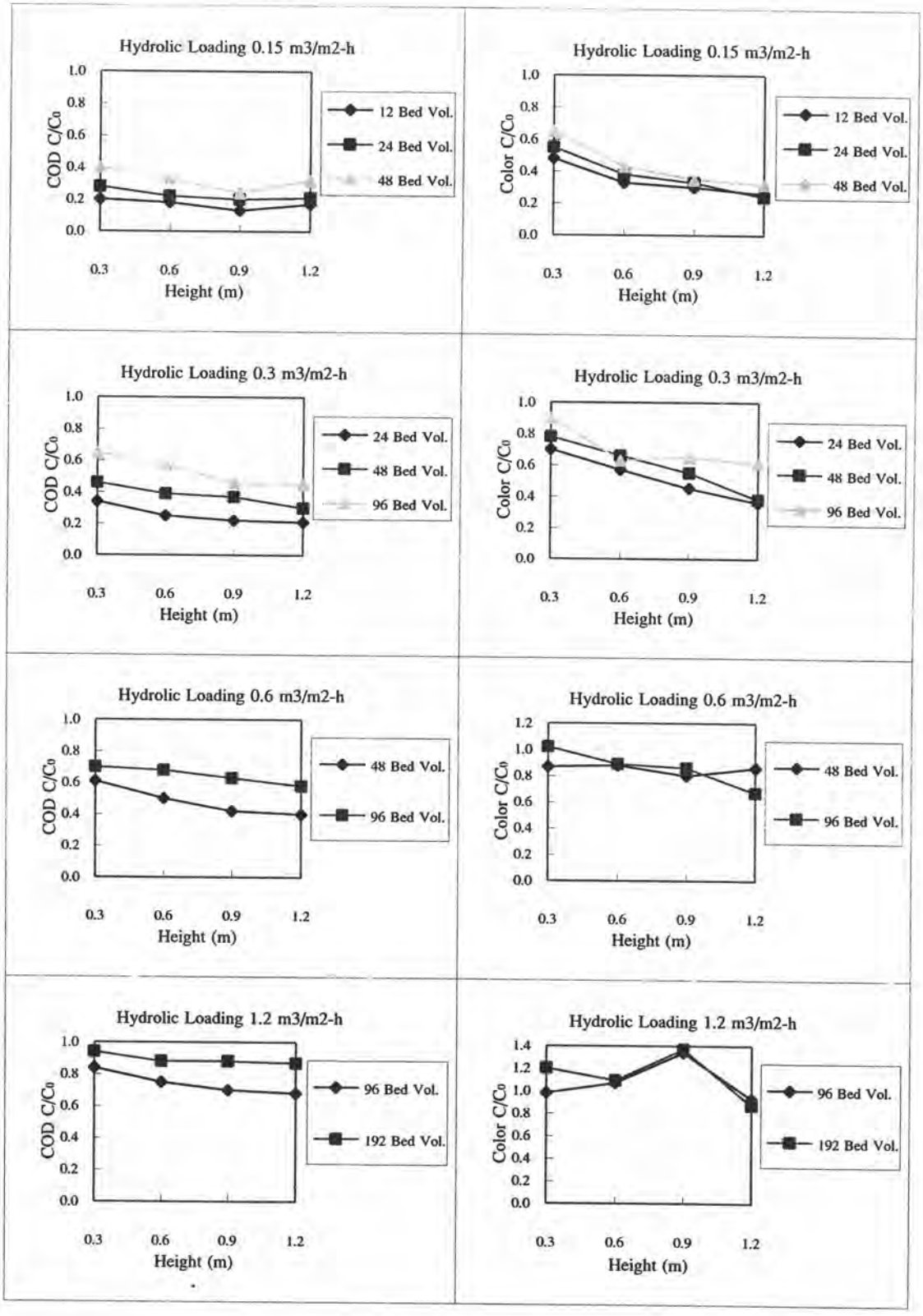
รูป 4.38 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสี กับความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ที่ปริมาตรเบดน้ำเสียผ่านการบำบัดต่างๆ ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 500 มก./ล.



รูป 4.39 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสี กับความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ที่ปริมาตรเบดน้ำเสียผ่านการบำบัดต่างๆ ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 750 มก./ล.



รูป 4.40 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสี กับความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ที่ปริมาตรเบดน้ำเสียผ่านการบำบัดต่างๆ ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 1,000 มก./ล.



รูป 4.41 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสี กับความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ที่ปริมาตรเบดน้ำเสียผ่านการบำบัดต่างๆ ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 2,000 มก./ล.

ผลการทดลองรูป 4.37 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับความสูงของชั้นถ่านกัมมันต์ 0.3, 0.6, 0.9 และ 1.2 เมตร ที่น้ำเสียผ่านการบำบัดปริมาตรเบดต่างๆ อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15, 0.3, 0.6 และ 1.2 $ม^3/ม^2$-ชม. ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250 มก./ล. ในการทดลองแนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสีมีค่าลดลงตามความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มขึ้น โดยที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 0.3 เมตรมีอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าสูงที่สุด และลดลงตามความสูงของชั้นถ่านจนมีอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าต่ำสุดที่ความสูงของชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร นอกจากนี้อัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่ออัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งแนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้ามีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดที่อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 1.2 $ม^3/ม^2$-ชม. เมื่อเปรียบเทียบที่ความสูงชั้นถ่านเดียวกัน

ผลการทดลองรูป 4.38 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับความสูงของชั้นถ่านกัมมันต์ 0.3, 0.6, 0.9 และ 1.2 เมตร ที่น้ำเสียผ่านการบำบัดปริมาตรเบดต่างๆ อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15, 0.3, 0.6 และ 1.2 $ม^3/ม^2$-ชม. ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250 มก./ล. ในการทดลองแนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสีมีค่าลดลงตามความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มขึ้น โดยที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 0.3 เมตรมีอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าสูงที่สุด และลดลงตามความสูงของชั้นถ่านจนมีอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าต่ำสุดที่ความสูงของชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร นอกจากนี้อัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งแนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้ามีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดที่อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 1.2 $ม^3/ม^2$-ชม. เมื่อเปรียบเทียบที่ความสูงชั้นถ่านเดียวกัน โดยแนวโน้มการเพิ่มขึ้นรวดเร็วกว่ารูป 4.37

ผลการทดลองรูป 4.39 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับความสูงของชั้นถ่านกัมมันต์ 0.3, 0.6, 0.9 และ 1.2 เมตร ที่น้ำเสียผ่านการบำบัดปริมาตรเบดต่างๆ อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15, 0.3, 0.6 และ 1.2 $ม^3/ม^2$-ชม. ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250 มก./ล. ในการทดลองแนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสีมีค่าลดลงตามความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มขึ้น โดยที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 0.3 เมตรมีอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าสูงที่สุด และลดลงตามความสูงของชั้นถ่านจนมีอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าต่ำสุดที่ความสูงของชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร นอกจากนี้อัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งแนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้ามีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดที่อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 1.2 $ม^3/ม^2$-ชม. เมื่อเปรียบเทียบที่ความสูงชั้นถ่านเดียวกัน โดยแนวโน้มการเพิ่มขึ้นรวดเร็วกว่ารูป 4.38

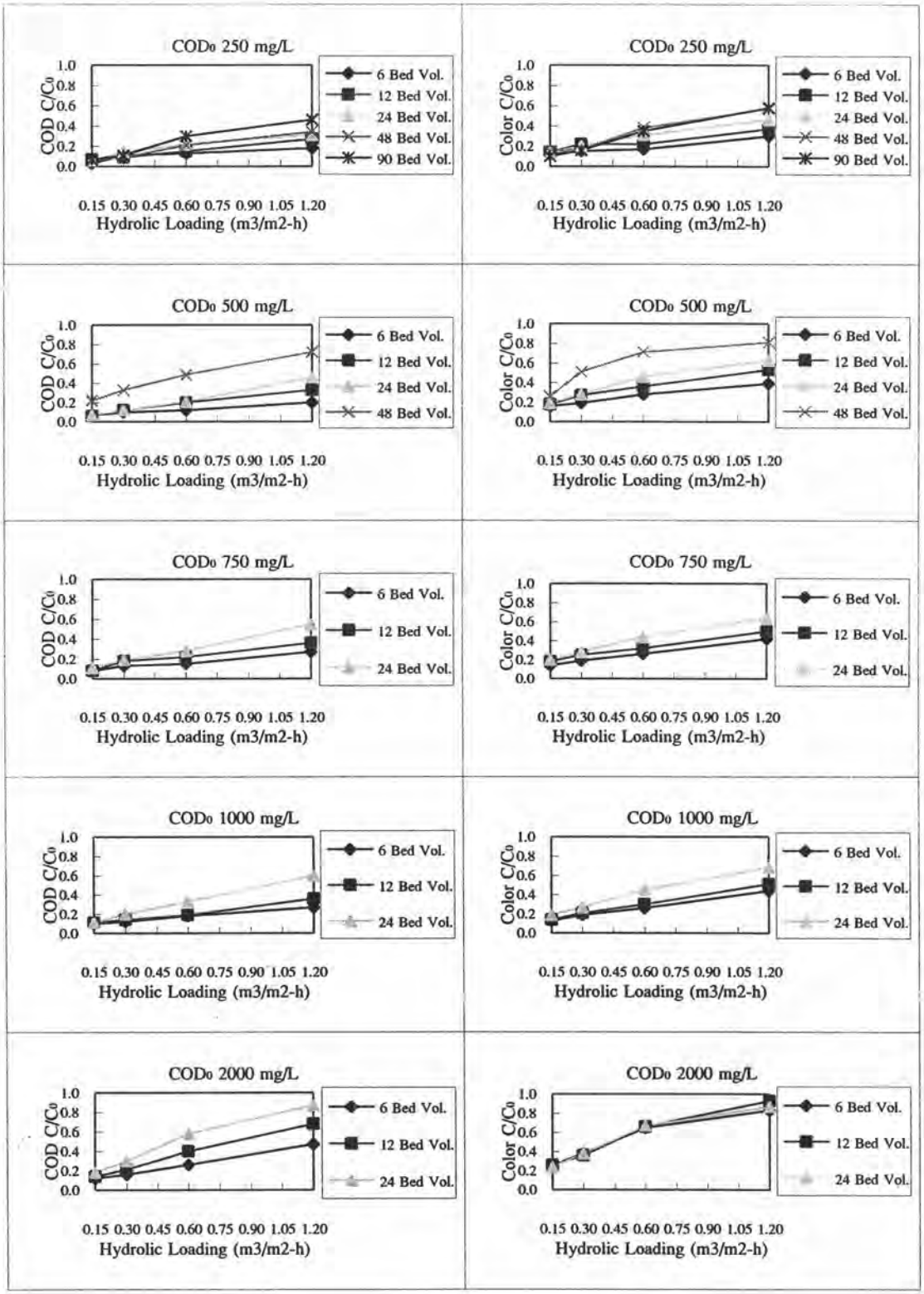
ผลการทดลองรูป 4.40 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับความสูงของชั้นถ่านกัมมันต์ 0.3, 0.6, 0.9 และ 1.2 เมตร ที่น้ำเสียผ่านการบำบัดปริมาตรเบดต่างๆ อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15, 0.3, 0.6 และ 1.2 ม^3/ม^2-ชม. ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250 มก./ล. ในการทดลองแนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสีมีค่าลดลงตามความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มขึ้น โดยที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 0.3 เมตรมีอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าสูงที่สุด และลดลงตามความสูงของชั้นถ่านจนมีอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าต่ำสุดที่ความสูงของชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร นอกจากนี้อัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งแนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้ามีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดที่อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 1.2 ม^3/ม^2-ชม. เมื่อเปรียบเทียบที่ความสูงชั้นถ่านเดียวกัน โดยแนวโน้มการเพิ่มขึ้นรวดเร็วกว่ารูป 4.39

ผลการทดลองรูป 4.41 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับความสูงของชั้นถ่านกัมมันต์ 0.3, 0.6, 0.9 และ 1.2 เมตร ที่น้ำเสียผ่านการบำบัดปริมาตรเบดต่างๆ อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15, 0.3, 0.6 และ 1.2 ม^3/ม^2-ชม. ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250 มก./ล. ในการทดลองแนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสีมีค่าลดลงตามความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มขึ้น โดยที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 0.3 เมตรมีอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าสูงที่สุด และลดลงตามความสูงของชั้นถ่านจนมีอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าต่ำสุดที่ความสูงของชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร นอกจากนี้อัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งแนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้ามีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดที่อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 1.2 ม^3/ม^2-ชม. เมื่อเปรียบเทียบที่ความสูงชั้นถ่านเดียวกัน โดยแนวโน้มการเพิ่มขึ้นรวดเร็วกว่ารูป 4.40

จากผลการทดลองรูป 4.37-4.41 พบว่าแนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี ที่ปริมาตรเบดน้ำเสียผ่านการบำบัดต่างๆมีค่าลดลงตามความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มขึ้น โดยที่ความสูงชั้นถ่าน 1.2 เมตร มีแนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าต่ำที่สุด ที่ทุกอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ และทุกความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น โดยความสูงชั้นถ่าน 0.9, 0.6 และ 0.3 เมตร มีอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าเพิ่มขึ้นตามลำดับ เนื่องจากที่ปริมาตรเบดน้ำเสียผ่านการบำบัดเดียวกันนั้น ที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร น้ำเสียมีเวลาสัมผัสกับถ่านกัมมันต์นานกว่า ซึ่งหมายถึงตัวถูกละลายในสารละลายสัมผัสถ่านกัมมันต์ได้นาน ทำให้ตัวถูกละลายมีโอกาสถูกดูดติดผิว โดยเกิดการแพร่เข้าสู่โพรงถ่านกัมมันต์ได้มากกว่า จึงเป็นเหตุให้อัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสีที่ความสูงชั้นถ่านสูงมีค่าน้อยกว่าที่ความสูงชั้นถ่านต่ำ

4.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ

จากผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์ตามรูป 4.15-4.34 นำมาพิจารณาอัตราภาระบรรทุกทางน้ำที่เหมาะสม ที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ซึ่งเป็นความสูงที่เหมาะสมที่มีความสามารถในการกำจัดสูงสุด โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของจัดซีโอดี และสี กับอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ ที่ปริมาตรเบดน้ำเสียผ่านการบำบัดต่างๆ แสดงดังรูป 4.42



รูป 4.42 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสี กับอัตราภาระบรรทุกทางน้ำที่ปริมาตรเบดน้ำเสียผ่านการบำบัดต่างๆ

ผลการทดลองรูป 4.42 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสี กับอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15, 0.3, 0.6 และ 1.2 $ม^3/ม^2$-ชม. ที่ปริมาตร เบดน้ำเสียผ่านการบำบัดต่างๆ ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250, 500, 750, 1,000 และ 2,000 มก./ล. แนวโน้มอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราภาระบรรทุกทางน้ำที่เพิ่มขึ้น โดยที่อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15 $ม^3/ม^2$-ชม.มีอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสีต่ำสุด แล้วเพิ่มขึ้นจนอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสีสูงสุดที่ 1.2 $ม^3/ม^2$-ชม. โดยอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสีที่ปริมาตรเบดเดียวกันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นสูงขึ้น

จากผลการทดลองรูป 4.42 พบว่าอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราภาระบรรทุกทางน้ำเพิ่มขึ้นทุกความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น โดยที่อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15 $ม^3/ม^2$-ชม.มีอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าต่ำที่สุด และเพิ่มขึ้นตามอัตราภาระบรรทุกทางน้ำที่เพิ่มขึ้น จนที่อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 1.2 $ม^3/ม^2$-ชม. มีอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าสูงที่สุด เนื่องจากที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์เดียวกัน อัตราภาระบรรทุกทางน้ำที่มีค่าต่ำจะมีเวลาสัมผัสมากกว่าที่อัตราภาระบรรทุกทางน้ำสูง คือ เมื่อปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในกำจัดเท่ากัน ที่อัตราภาระบรรทุกทางน้ำต่ำตัวถูกละลายในสารละลายจะอยู่ในถังดูดติดผิวนานกว่า ซึ่งเป็นการเพิ่มเวลาสัมผัสระหว่างตัวถูกละลายกับพื้นผิวถ่านกัมมันต์ ทำให้เกิดโอกาสแพร่ของตัวถูกละลายเข้าสู่โพรงถ่านกัมมันต์ได้มากกว่า จึงเป็นเหตุให้อัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าที่อัตราภาระบรรทุกทางน้ำต่ำมีค่าต่ำกว่าอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าที่อัตราภาระบรรทุกทางน้ำสูง จากผลการทดลองเมื่อสังเกตุความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสีกับอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ ที่ปริมาตรน้ำเสียผ่านการบำบัดเบดต่างๆ ทุกความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น พบว่า ที่อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15 $ม^3/ม^2$-ชม. มีอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสีต่ำที่สุด ซึ่งจะเป็นอัตราภาระบรรทุกทางน้ำที่ดีที่สุดในการทดลองที่ใช้ในการกำจัด ซีโอดีและสี

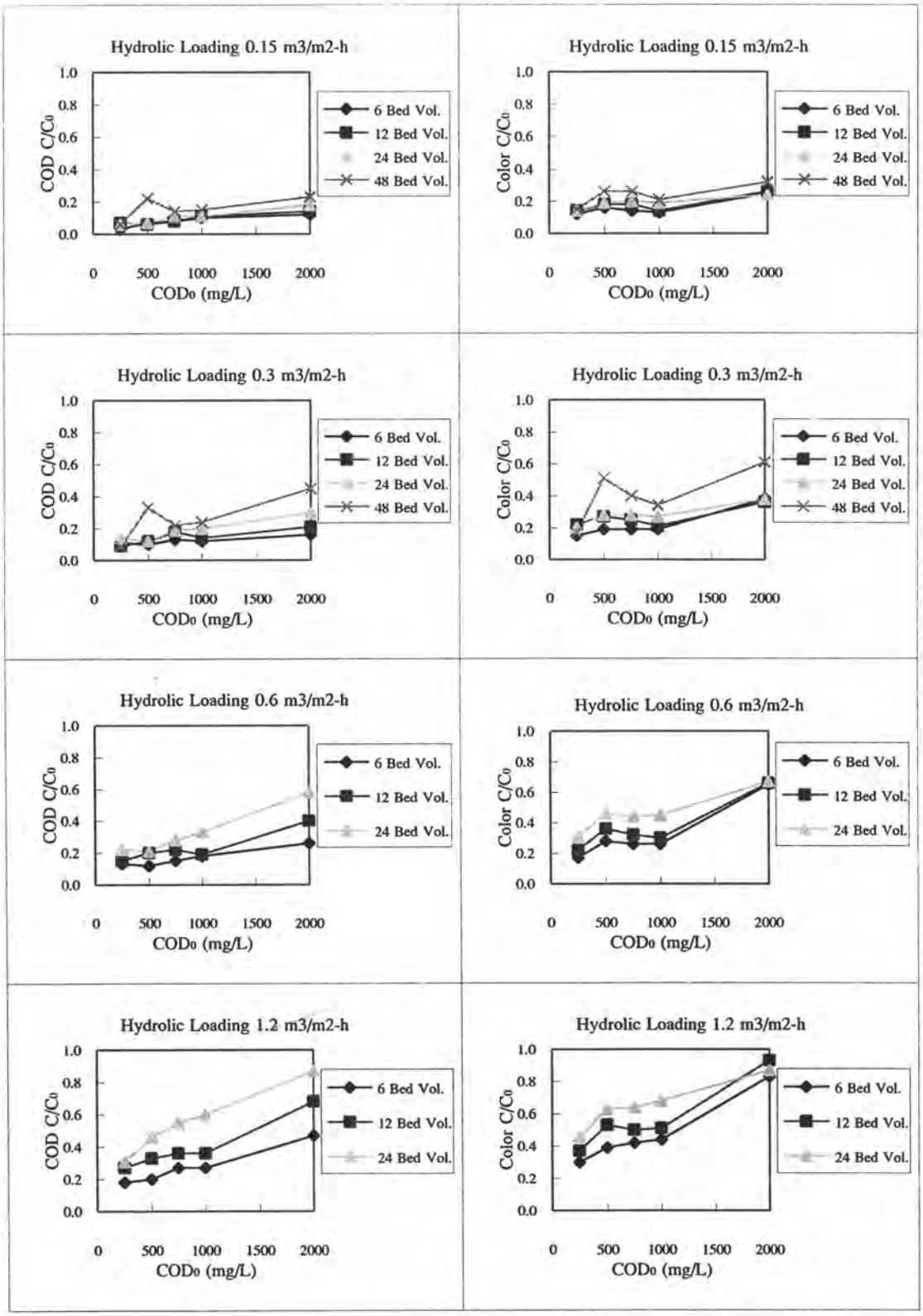
โดยลักษณะแนวโน้มเช่นนี้เมื่อพิจารณาถึงอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของ ซีโอดี และสีที่ลดลงเมื่อความสูงชั้นถ่านเพิ่มขึ้น และอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสีที่ลดลงเมื่ออัตราภาระบรรทุกทางน้ำมีค่าลดลง พบว่าแนวโน้มของอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าที่มีการเปลี่ยนแปลงนี้น่าจะมีผลมาจากความสูงชั้นถ่าน และอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ โดยเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงชั้นถ่าน กับอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ จะได้เวลาสัมผัสถังเปล่า (Empty Bed Contact Time,EBCT) โดยเวลาสัมผัสถังเปล่านี้มีค่าเท่ากับ อัตราส่วนระหว่างความสูงชั้นถ่านกับอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ ซึ่งอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้ามีค่า

แปรผกผันกับเวลาสัมผัสถังเปล่า คือถ้าเวลาสัมผัสมีค่าน้อยอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าจะมีค่ามาก ในทางตรงข้ามถ้าเวลาสัมผัสมีค่ามากอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าจะมีค่าน้อย ซึ่งเมื่อพิจารณาผลการทดลองรูป 4.37-4.42 พบว่าที่ความสูง 1.2 เมตร และอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15 $ม^3/ม^2$-ชม. มีอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าต่ำที่สุด โดยเมื่อพิจารณาถึงเวลาสัมผัสจะพบว่าที่ความสูง 1.2 เมตร และอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15 $ม^3/ม^2$-ชม. นี้มีเวลาสัมผัสถังเปล่าเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีความสามารถในการกำจัดซีโอดี และสีในน้ำชะมูลฝอยนี้ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

เมื่อพิจารณาผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนระหว่างน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสีที่อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ และปริมาตรเบดน้ำเสียผ่านการบำบัดเดียวกัน มีแนวโน้มลดลงรวดเร็วกว่า เมื่อความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นสูงขึ้น ซึ่งสาเหตุจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

4.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสีกับความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น

จากผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสีกับความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น ที่ปริมาตรเบดน้ำเสียผ่านการบำบัดต่างๆ ตามรูป 4.15-4.34 นำมาพิจารณาความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นที่เหมาะสม ที่ความสูงชั้นถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร ซึ่งเป็นความสูงที่เหมาะสมที่มีความสามารถในการกำจัดสูงสุด โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสี กับความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น ที่ปริมาตรเบดน้ำเสียผ่านการบำบัดต่างๆ แสดงดังรูป 4.43



รูป 4.43 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น ที่ปริมาตรเบดน้ำเสียผ่านการบำบัดต่างๆ

ผลการทดลองรูป 4.43 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดีและสี กับความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250, 500, 750, 1,000 และความเข้มข้นน้ำเสียจริงซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 2,000 มก./ล. ที่ปริมาตรเบดน้ำเสียผ่านการบำบัดต่างๆ อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15, 0.3, 0.6 และ 1.2 $ม^3/ม^2$-ชม. แนวโน้มอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสีมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นที่เพิ่มขึ้น โดยที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250 มก./ล. มีอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าต่ำสุด แล้วเพิ่มขึ้นจนอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้ามีค่าสูงสุดที่ความเข้มข้นน้ำเสียจริงซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 2,000 มก./ล.ที่ทุกอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ

จากผลการทดลองรูป 4.43 พบว่าอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสีแปรผันตามความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นทุกอัตราภาระบรรทุกทางน้ำ โดยที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250 มก./ล.มีอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสีต่ำที่สุดแล้วเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งที่ความเข้มข้นน้ำเสียจริงซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 2,000 มก./ล.มีอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของ ซีโอดี และสีสูงที่สุด ทั้งนี้สาเหตุเนื่องจากที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นสูงจะมีปริมาณตัวถูกละลายสูงกว่าที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นต่ำ ซึ่งมีผลให้ถ่านกัมมันต์เกิดการดูดติดผิวตัวถูกละลายได้มากขึ้น ซึ่งการดูดติดผิวที่มากกว่านี้ทำให้เกิดการใช้พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์มากขึ้นด้วย ทำให้เหลือพื้นที่ผิวจำนวนน้อยกว่า โอกาสดูดติดผิวของตัวถูกละลายจึงน้อยลงเมื่อปริมาตรเบดเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้อัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสีที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นต่ำมีค่าต่ำกว่าอัตราส่วนน้ำออกกับน้ำเข้าของซีโอดี และสีที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นมีค่าสูง