หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ความเป็นมาและทฤษฎีของระบบ ซีเอฟเอเอส

2.1 ระบบบำบัดทางชีววิทยาแบบฟิลม์ตรึง (Fixed Film Biological Treatment System)

ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาแบบฟิลม์ตรึง ซึ่งมักจะเรียกกันทั่วไปว่า ระบบเอฟ-เอฟบี (Fixed Film Biological Reactor, FFB) ไม่ใช่ระบบใหม่ที่เพิ่งคิดค้นกันขึ้นมาได้ แต่ความจริงแล้วเป็นระบบชนิดแรกที่มนุษย์ได้ค้นพบขึ้นมาเพื่อบำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชนด้วยซ้ำ(3) และเพราะความง่ายในการใช้งานของระบบนี้จึงทำให้การใช้งานแพร่หลายไปอย่างรวดเร็วในช่วงต้นของคริสตศตวรรษที่ 20 แต่ต่อมาได้มีการขยายตัวของเมืองใหญ่ๆ และได้มีมาตรการในการควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งเข้มงวดขึ้น ความนิยมจึงได้หันไปหาระบบบำบัดแบบมวลจุล-ชีพแขวนลอย (Suspended Bacteria Mass) ดังเช่นในระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากราคาค่าก่อสร้างถูกกว่า และขีดความสามารถในการกำจัดมลสารสูงกว่าระบบ เอฟ-เอฟบี ตามเทคโนโลยีที่มีอยู่ในขณะนั้น

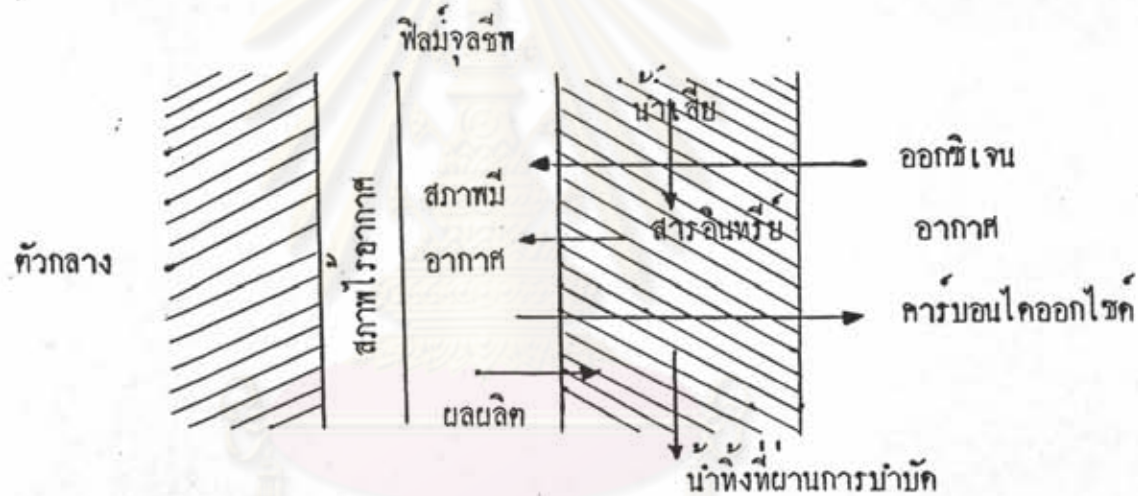
อย่างไรก็ตาม ระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์เป็นขบวนการที่มีการเดินของระบบที่ยุ่ง-ยากพอสมควร และใช้พลังงานค่อนข้างสูง บวกกับค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานสูงขึ้นเป็นลำดับ ในช่วงระยะเวลา 5 - 6 ปีที่ผ่านมา บุคคลในทุกวงการได้หันมาพิจารณาเพื่อประหยัดพลังงาน และพยายามมองหาวิธีการที่จะใช้ระบบบำบัดที่มีการใช้พลังงานต่ำมาทดแทนระบบแอคติเวทเต็ด-สลัดจ์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน นอกจากนี้ปัญหาทางด้านมลภาวะทั่วโลกก็ได้ทวีความรุนแรงขึ้น กฎเกณฑ์และมาตรฐานเกี่ยวกับน้ำทิ้งก็ยิ่งทวีความเข้มงวดขึ้น ระบบบำบัดแบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์จึงต้องได้รับการออกแบบให้ขีดหรือระดับการกำจัดสูงขึ้น ซึ่งทำให้การทำงานของระบบฯ ยุ่งยากตามขึ้นไปด้วย

ดังนั้น ในปัจจุบันจึงมีแนวโน้มที่จะกลับไปหาระบบบำบัดแบบเอฟเอฟบี ซึ่งให้พลังงานในการบำบัดน้อยมาก และแนวโน้มนี้ก็จะมีมากขึ้นตลอดเวลา โดยมีการพัฒนาทางเทคโนโลยีทำให้ได้ระบบบำบัดชนิดใหม่ ๆ ขึ้นมา ตัวอย่างเช่น ระบบบำบัดแบบอาร์บีซี (12) หรือระบบมีเดีย-

ชีวสัมผัส ซึ่งระบบบำบัดชนิดใหม่นี้ยังคงรักษาข้อดีในการใช้พลังงานต่ำ และดำเนินการง่าย แต่ยังสามารถผลิตน้ำทิ้งได้คุณภาพดีเท่ากับหรือดีกว่าของระบบแบบมวลจุลชีพแขวนลอยได้

2.2 <u>ระบบบำบัดแบบ เอฟเอฟบี</u> (5)

ระบบบำบัดแบบ เอฟเอฟบี หรือระบบบำบัดทางชีววิทยาแบบฟิลม์ทรึง เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยมวลของจุลชีพซึ่งเกาะอยู่บนตัวกลาง (media) ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยมีการถ่ายเทออกซิเจนจากอากาศไปสู่ฟิลม์ของจุลชีพ เพื่อให้จุลชีพใช้ในการดำรงชีวิตและการออกซิไดส์สารอินทรีย์ ดังแผนภูมิที่แสดงไว้ข้างล่างนี้



รูปที่ 2.1 การกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย
โดยกระบวนการ เอฟเอฟบี (13)

เมื่อมีอาหารของจุลชีพ หรือมีมลสารในรูปของสารอินทรีย์ในน้ำเสียนั่นเอง ไหลผ่านเป็นฟิลม์บาง ๆ บนตัวกลาง จะเกิดมวลของจุลชีพเกาะอยู่บนตัวกลางขึ้นโดยธรรมชาติ มวลจุลชีพนี้จะเกาะบนตัวกลางและก่อให้เกิดรูปฟิลม์ชั้นชั้นหนึ่ง ชั้นนี้เรียกว่า ฟิลม์ชีวะ (biofilm) ออกซิเจนจากอากาศ (ซึ่งจำเป็นต้องออกแบบให้อากาศแทรกเข้าไปถึงฟิลม์ชีวะให้ได้จะด้วยมาตรการของโพรงอากาศ หรือจากอากาศโดยตรง หรือโดยการอัดอากาศเข้าไปก็ตามแต่ จะ

กระจายตัวผ่านทะลุฟิลม์น้ำเสียไปถึงฟิลม์ของจุลชีพ ขณะเดียวกันสารอินทรีย์ในน้ำเสียก็จะแทรกซึมไปสู่ฟิลม์ชีวะเช่นกัน ณ ที่นี้เองจะเกิดปฏิกิริยาทางชีวะเคมีโดยจุลชีพได้ผลผลิตออกมาเป็นสารเฉื่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน ดังสมการ

$$\text{CHONPS} + \text{MASS} + O_2 \xrightarrow{\text{จุลชีพ}} CO_2 + H_2O + NO_3^- + PO_4^{-3} + SO_4^{-2} + \text{พลังงาน} + \text{เซลล์ใหม่} + \text{สารเฉื่อย}$$

สารอินทรีย์

----------(1)

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตได้จะกระจายตัวย้อนกลับผ่านฟิลม์น้ำเสียไปสู่มวลของอากาศเพื่อออกสู่บรรยากาศต่อไป ส่วนผลผลิตอื่น ๆ ที่เป็นสารเฉื่อยจะถูกถ่ายเททิ้งออกไปกับน้ำทิ้งอันได้รับการบำบัดแล้ว และเซลล์ใหม่ก็จะเกาะติดอยู่กับตัวกลางทำให้ความหนาของฟิลม์จุลชีพหนาขึ้น เมื่อความหนาของฟิลม์ดังกล่าวนี้มากขึ้นจนอากาศหรือออกซิเจนไม่สามารถแทรกตัวไปจนถึงชั้นในของฟิลม์ได้ ชั้นในสุดของฟิลม์ชีวะก็จะกลายเป็นสภาพไร้ออกซิเจน และฟิลม์จะหลุดออกมาในที่สุด ตัวกลางส่วนนั้นก็จะเป็นที่ยึดเกาะของจุลชีพที่จะเจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ ซึ่งจะมีความกระฉับกระเฉงในการย่อยสารอินทรีย์มากกว่าจุลชีพที่หลุดออกไป ทำให้ประสิทธิภาพของระบบฯ โดยทั้งหมดดีขึ้นอีกด้วย (14,15,16)

จากรูปที่ 2.2 ถ้าฟิลม์ของจุลชีพมีความหนามากกว่า Active Film Thickness อัตราการย่อยสลายของสารอินทรีย์ (หรือการกำจัดสับสเตรท) จะไม่เพิ่มขึ้นเลย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ของความหนาของฟิลม์จุลชีพกับอัตราการกำจัดสับสเตรท (4)

ระบบบำบัดแบบ เอฟเอฟบี มีลักษณะเฉพาะตัวที่เป็นเอกลักษณ์ อันจะสามารถเปรียบเทียบกับระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบระบบ เอฟเอฟบี และระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ (1)

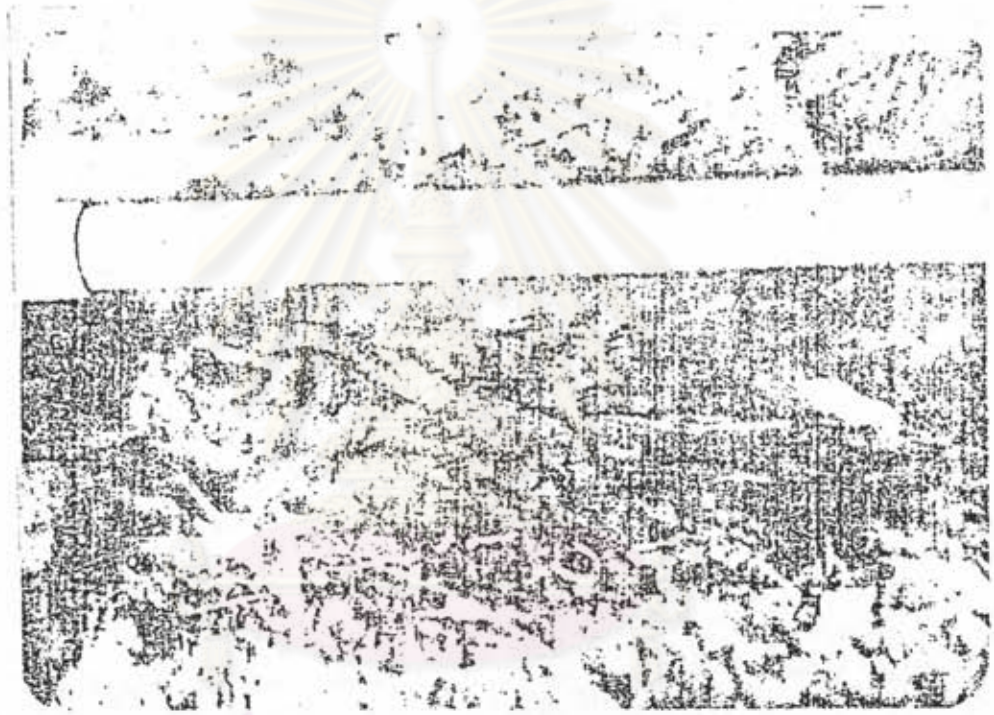
ระบบ เอฟเอฟบี	ระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์
1. ไม่มีการหมุนเวียนของตะกอนกลับเข้าสู่ถังปฏิกิริยา	1. การสูบตะกอนหมุนเวียนกลับเข้าสู่ถังปฏิกิริยา มีความจำเป็นอย่างยิ่งยวดและเป็นสาเหตุของความยุ่งยากและวิบัติของระบบฯ

ระบบ เอฟเอฟบี	ระบบแอคทิเวทเต็ดสลัดจ์
2. สามารถทนต่อสภาพการเพิ่มปริมาณน้ำเสียหรือบีโอดีที่เข้าสู่ระบบฯ (Shock Load) ได้ดี เพราะจุลชีพถึงแม้จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีเช่นเดิม ก็ยังสามารถเกาะติดอยู่กับตัวกลางและปรับสภาพตัวเองให้เข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ได้ จากนั้นจะได้ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ต่อไปได้อีก	2. ถ้ามีเหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นระบบฯ มีแนวโน้มที่จะวิบัติได้ง่าย เพราะจุลชีพจะตายหรือไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และจะไหลรวมออกไปกับน้ำทิ้งออกนอกระบบ ทำให้ไม่มีปริมาณจุลชีพเพียงพอที่จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้
3. สามารถทนต่อสารพิษในน้ำเสียได้ดีกว่า (เหตุผลเช่นเดียวกับข้อ 2)	3. ระบบฯ อาจจะวิบัติได้ ขึ้นอยู่กับปริมาณและความเข้มข้นของสารพิษที่เข้าสู่ระบบฯ
4. การเริ่มเดินระบบ (start up) ทำได้ง่ายมาก เพียงแค่ป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบฯ	4. ทำได้ยากพอควร ต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้และได้รับการฝึกฝนมาโดยเฉพาะ
5. การเดินระบบและการบำรุงรักษาทำได้ง่าย การควบคุมมวลจุลชีพในระบบจะปรับตัวได้เองโดยธรรมชาติ ไม่จำเป็นต้องมีพนักงานผู้ดูแลระบบฯ ที่มีการฝึกฝนมาโดยเฉพาะ (เป็นข้อดีที่ดีมากสำหรับภาวะการณ์ในประเทศ)	5. ทำได้ยาก การรักษามวลจุลชีพในถังเติมอากาศให้ได้ตามที่ต้องการจะต้องการความชำนาญของผู้ดูแลค่อนข้างสูง ถ้าระบบฯ ไม่ได้รับการออกแบบไว้ให้มีอุปกรณ์ในการอำนวยความสะดวกเพียงพอจะไม่สามารถควบคุมมวลจุลชีพได้เลยในบางกรณี
6. งบประมาณค่าเดินระบบฯ ต่ำ เพราะใช้พลังงานน้อย	6. ใช้พลังงานมากกว่ามาก

ระบบ เอฟเอฟบี	ระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์
7. สามารถออกแบบให้มีประสิทธิภาพการบำบัดที่ระดับใดก็ได้	7. ออกแบบให้ควบคุมระดับประสิทธิภาพการบำบัดได้ยาก

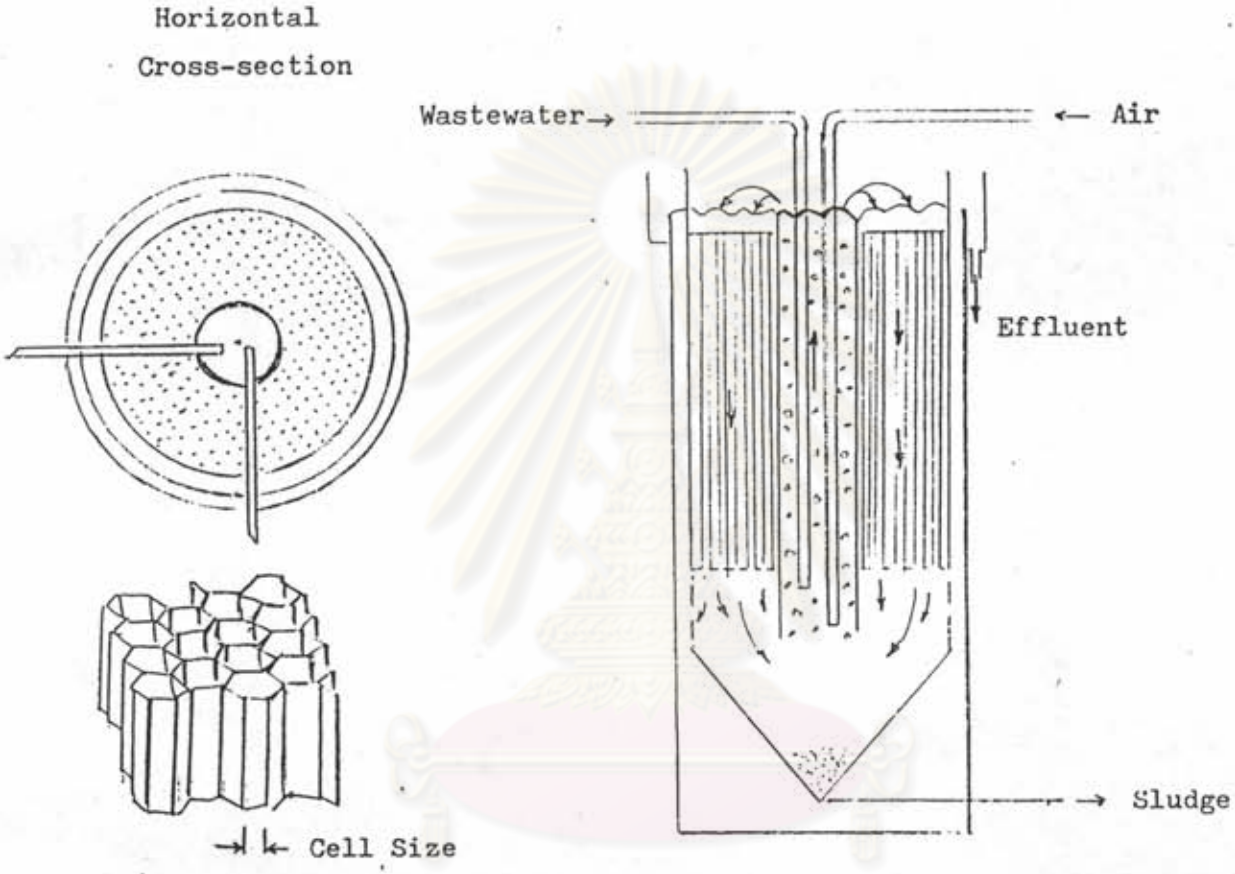
2.3 <u>ระบบตัวกลางชีวสัมผัส บีซีเอ็ม</u> (Biological Contact Media System, BCM)

เป็นระบบ เอฟเอฟบี อีกชนิดหนึ่งที่นำเอาหลักการของระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์มาผสมผสานเข้าด้วยกัน กล่าวคือ ใช้จุลชีพที่ต้องการใช้ออกซิเจนเป็นตัวจักรสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์เช่นกัน แต่แตกต่างกันตรงที่ในระบบ บีซีเอ็ม นี้ใช้จุลชีพชนิดยึดเกาะอยู่กับตัวกลาง ทั้งนี้โดยอาศัยหลักการ และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่มักจะมีเมือกจุลชีพเกาะติดอยู่ตามลำรางต่าง ๆ (ดูรูปที่ 2.3) มาประกอบ ส่วนตัวกลางจะถูกติดตั้งและตรึงแน่นอยู่ในน้ำในถังเติมอากาศ จึงทำให้มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Fixed Film Activated Sludge System, FAS หรือระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ แบบฟิล์มตรึง (9) ตัวกลางนี้มักจะเป็นพลาสติกในรูปแบบต่าง ๆ กันเช่น แบบรวงผึ้ง (honey comb) ตาข่ายไนลอน ลูกบอลพลาสติกบรรจุในตาข่าย หรือแม้กระทั่งวัสดุทิ้งแล้ว เช่น ขวดพลาสติกขนาดเล็ก การเติมอากาศจะก่อให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำเสียผ่านตัวกลางครั้งแล้วครั้งเล่า (ดูรูปที่ 2.4) ทำให้จุลชีพมีโอกาสย่อยสลายสารอินทรีย์มากขึ้นยังผลให้เกิดประสิทธิภาพการบำบัดดีขึ้น วิธีนี้เหมาะสำหรับน้ำเสียที่มีบีโอดีต่ำ ๆ (10) และต้องการน้ำทิ้งคุณภาพค่อนข้างดี เพราะถ้าใช้ระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ธรรมดา มักไม่สามารถผลิตน้ำทิ้งที่มีบีโอดีต่ำ ๆ มาก ๆ เช่น น้อยกว่า 20 มก./ลบ.ดม. ได้ (6) และมักมีปัญหาการควบคุมปริมาณตะกอนจุลชีพในถังเติมอากาศให้ได้ตามปริมาณที่ต้องการ แต่ในระบบนี้จุลชีพจะเกาะอาศัยอยู่ที่ตัวกลาง และจะเพิ่มหรือลดประชากรจุลชีพตามความเข้มข้น หรือปริมาณของบีโอดีในน้ำเสียโดยปริมาณบีโอดี หรืออาหารนี้จะเป็นตัวกำหนดมวลจุลชีพที่เกาะอยู่บนตัวกลาง



รูปที่ 2.3 ลักษณะเมือกจุลชีพตามลำรางทั่วไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.4 ระบบ บีซีเอ็ม หรือเอฟเอเอส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เองโดยธรรมชาติ และเช่นเดียวกับระบบเอฟเอฟบีทั่วไป ระบบนี้จึงไม่ต้องการการหมุนเวียนตะกอนจุลชีพเช่นระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ จึงลดภาระแก่ผู้ดูแลในการควบคุมประสิทธิภาพของระบบฯ ได้มาก และสามารถใช้ระบบนี้เป็นระบบขั้นที่ 3 ได้อีกด้วย

แต่ระบบ บีซีเอ็ม มีข้อเสียที่ถ้าใช้กับน้ำเสียที่มีปริมาณความเข้มข้นของบีโอดีสูงอาจก่อให้เกิดประชากรจุลชีพมากเกินไปจนเกิดการอุดตันระหว่างตัวกลาง และอาจเกิดปัญหาออกซิเจนถ่ายเทลงน้ำไม่พอแก่ความต้องการของจุลชีพที่มีมากขึ้นนี้ได้ ทั้งนี้เพราะการเติมออกซิเจนลงน้ำในระบบนี้จะทำได้ในขีดจำกัดขีดหนึ่งเท่านั้น

2.4 ระบบ ซีเอฟเอเอส

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ ซีเอฟเอเอส (Channel Flow Aeration System) เป็นระบบใหม่ที่ชาวญี่ปุ่นได้ทำการทดลองในภาคห้องปฏิบัติการไว้แล้ว (2) และได้รับความสนใจในหมู่นักวิชาการญี่ปุ่นมาก

2.4.1 หลักการทำงานของระบบ ซีเอฟเอเอส

ระบบ ซีเอฟเอเอส เป็นระบบอันเป็นผลสืบเนื่องมาจากวิวัฒนาการ เพื่อปรับปรุงการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งอาศัยหลักเกณฑ์ของระบบ บีซีเอ็ม และระบบ เอฟเอฟบี โดยอาศัยมวลสารจุลชีพเกาะอยู่บนตัวกลางพลาสติก (plastic media) ซึ่งอยู่กับที่ และตัวกลางพลาสติกจะถูกจับให้จมอยู่ในน้ำเสีย เมื่อน้ำเสียเข้ามาในถัง มลสารในรูปของสารอินทรีย์ในน้ำเสียไหลผ่านเป็นฟิลม์บาง ๆ บนตัวกลาง จะเกิดมวลสารของจุลชีพเกาะอยู่บนตัวกลางขึ้นโดยธรรมชาติ ซึ่งส่วนของสารอินทรีย์ที่ละลายหรืออยู่ในสภาพคอลลอยด์ (colloid) จะถูกย่อยสลายโดยจุลชีพชนิดที่ต้องการออกซิเจน ซึ่งเกาะอยู่ที่ผิวของตัวกลางพลาสติก เมื่อจุลชีพเจริญเติบโตมากขึ้น ความหนาของจุลชีพจะเพิ่มขึ้น อีกทั้งความแข็งแรงของจุลชีพลดลงเนื่องจากมีอายุนาน ออกซิเจนจากบรรยากาศไม่สามารถแทรกซึมถึงชั้นในของเมือก ทำให้จุลชีพด้านในไม่สามารถรับออกซิเจนได้ เมือกจุลชีพจึงหลุดออกจากตัวกลางพลาสติก เนื่องมาจากน้ำหนักของตัวมันเอง และการไหลของน้ำทำให้จุลชีพไปตกในถังตะกอน ตะกอนจุลชีพนี้ก็จะทับถมกันเป็นจำนวนมาก

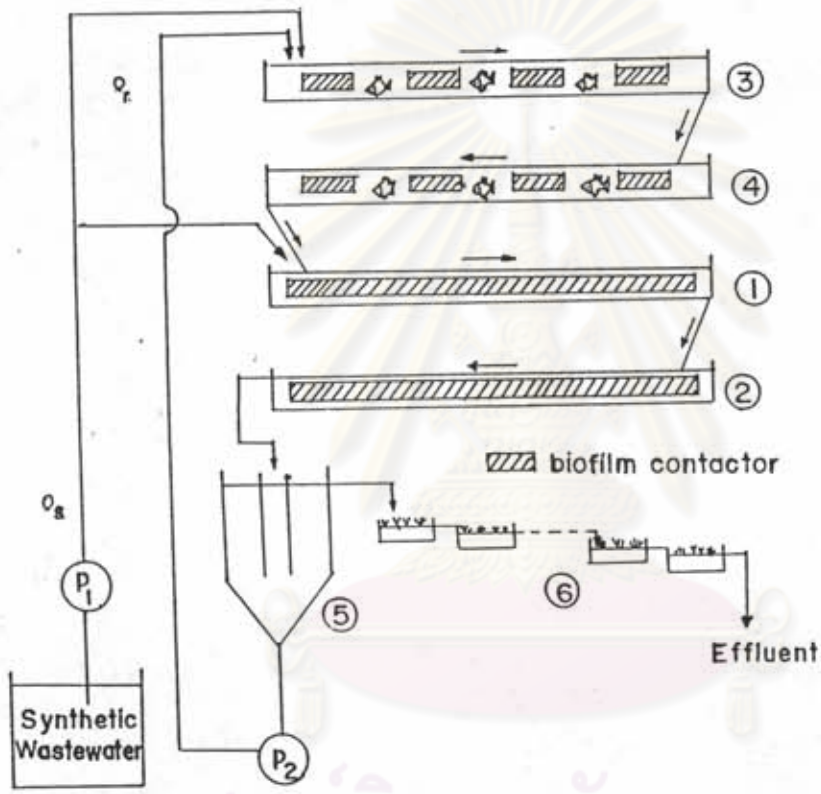
และออกซิเจนไม่สามารถแทรกซึมผ่านไปถึง ทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนในตอนล่างของถัง ฉะนั้นจะต้องนำกะกอนจุลชีพที่ก้นถังออกเพื่อนำไปกำจัดต่อไป ถ้าเราไม่นำออกจะทำให้กะกอนเหล่านี้ถูกแก๊สอันเนื่องมาจากการย่อยสลายในสภาพไร้ออกซิเจนดันให้ลอยขึ้นมาบนผิวน้ำ ทำให้เลนไม่จมตัว

ผลงานการวิจัยและการใช้งานของระบบ ซีเอฟเอเอส โดย Susumu Hashimoto (2) ได้สร้างเครื่องต้นแบบดังแสดงในรูปที่ 2.5 โดยเครื่องต้นแบบนี้จะประกอบไปด้วยรางน้ำเปิด 4 ถัง (# 1,2,3 และ 4) แต่ละถังมีขนาดกว้าง 0.25 ม. สูง 0.25 ม. ยาว 8.0 ม. ปริมาตรประสิทธิผล (Effective Volume) 300 ลิตร อาง 8 ใบ (# 6) แต่ละใบกว้าง 0.55 ม. ยาว 0.715 ม. สูง 0.256 ม. ปริมาตรประสิทธิผล 60 ลิตร และถังตกกะกอน 1 ถัง (#5) ปริมาตรประสิทธิผล 130 ลิตร รางน้ำเปิดทั้ง 4 ถัง จะมีตัวกลางบรรจุอยู่ โดยรางน้ำเปิด # 1 และ 2 บรรจุตัวกลางพลาสติกชีวะ 7 ชิ้น และรางน้ำเปิด # 3 และ 4 บรรจุตัวกลางพลาสติกชีวะ 4 ชิ้น ส่วนอ่างทั้ง 8 ใบใช้สำหรับปลูกผักบุ้งไทยเพื่อดูการเจริญเติบโต น้ำเสียสังเคราะห์มีบีโอดี 30 - 120 มก./ลบ.ดม. อัตราการไหลของน้ำที่เข้าสู่ระบบ 25 ลิตร/ชั่วโมง โดยใช้เครื่องสูบน้ำ P_1 ความเร็วของน้ำในระบบ 1.35 เซ็นติเมตร/วินาที และมีอัตราการไหลย้อนกลับ 800 ลิตร/ชั่วโมง โดยใช้เครื่องสูบน้ำ P_2 ส่วนประกอบน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 2.2 และผลของการบำบัดน้ำเสียแสดงไว้ในตารางที่ 2.3 และ 2.4

ก) <u>วิธีการทดลอง</u>

การทดลองที่ทางญี่ปุ่นเคยทำไว้จะแสดงในรูปที่ 2.6 และ 2.7 โดยรางน้ำเปิด # 1 และ 2 บรรจุตัวกลางพลาสติกชีวะ 7 ชิ้น (แต่ละชิ้นกว้าง 0.24 ม. ยาว 1.0 ม. พื้นที่หน้าตัด 86 $ม.^2/ม.^3$) รางน้ำเปิด # 3 และ 4 บรรจุตัวกลางพลาสติกชีวะ 4 ชิ้น (แต่ละชิ้นกว้าง 0.24 ม. ยาว 1.0 ม. พื้นที่หน้าตัด 120 $ม.^2/ม.^3$) ซึ่งการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ระบบ ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 2.5

<u>ระบบที่ 1</u> น้ำเสียจะถูกเครื่องสูบ P_1 และ P_2 สูบเข้าสู่รางน้ำเปิดที่ 1 และไหลต่อไปยังรางน้ำเปิดที่ 2 แล้วไหลไปยังถังตกตะกอนที่ 5 จากนั้นเครื่องสูบน้ำ P_3 จะสูบ



1,2,3,4 - รางน้ำเปิด

5 - ถังตกตะกอน

6 - อ่างปลูกผักบุ้ง

FIG. 2.5 SCHEMATIC DIAGRAM OF PILOT SCALE CHANNEL FLOW SYSTEM

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TABLE 2-2 COMPOSITION OF SYNTHETIC WASTEWATER

Component	Concentration (mg/1)
Peptone	240.0
Meat Extract	160.0
NH_2CONH_2	15.0
$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$	100.83
NaCl	12.0
KCl	5.60
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	7.43
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	8.20

BOD : 200 ppm, TOC : 150 ppm

T-N : 60 ppm, T-P : 12.5 ppm

adequately diluted prior to use

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

012605

TABLE 2-3 TREATMENT OF SYNTHETIC WASTEWATER BY CHANNAL FLOW SYSTEM

sample	Items / run no.	run-1	run-2	run-3	run-4
	wastewater used	diluted synthetic nightsoil (BOD = 30 mg/l)	diluted synthetic wastewater (BOD = 60 mg/l)	diluted synthetic wastewater BOD = 120 mg/l)	diluted syntheti wastewat BOD = 90 mg/l
influent wastewater	TOC (mg/l)	23.4	44.0	93.8	65.4
	total-N (mg/l)	24.7	16.4	36.0	22.6
	total-P (mg/l)	6.13	5.25	7.50	5.63
	TOC-volume load (kg/m^3.day)	0.0117	0.0117	0.0469	0.0327
	TOC-surface area of biofilm contactor load (g/m^2 .day)	0.16	0.31	0.66	0.46
effluent from raising basin	TOC (mg/l)	1.68	3.22	7.30	2.6
	Total-N (mg/l)	20.5	14.1	21.7	18.6
	Total-P (mg/l)	4.44	4.07	6.20	
	TOC (mg/l)	2.06	3.34	7.43	4.55

Remarks (1) volume load = weight of influent TOC (gTOC/day)/ channal volume (m^3) here, channal volume is 1.2 m^3

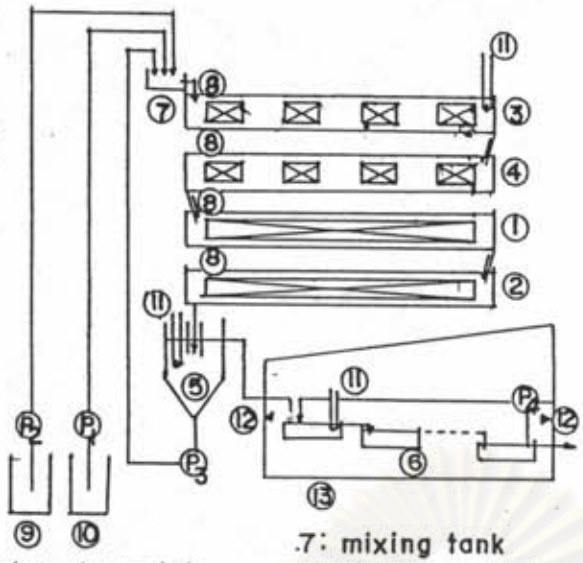
(2) surface load = weight of influent TOC (gTOC/day) surface area of biofilm contractor (m^2) here, surface area of biofilm contractor is 85.2 m^2.

TABLE 2-4 REMOVAL % BY CHANNEL FLOW SYSTEM

Item \ Run		Run-1 mean removal %	Run-2 mean removal %	Run-3 mean removal %	Run-4 mean removal %
Total plant[1)]	TOC	91.2	93.0	92.9	96.8
	Total-N	21.7	15.6	38.3	20.8
	Total-P	20.9	32.0	30.3	27.5

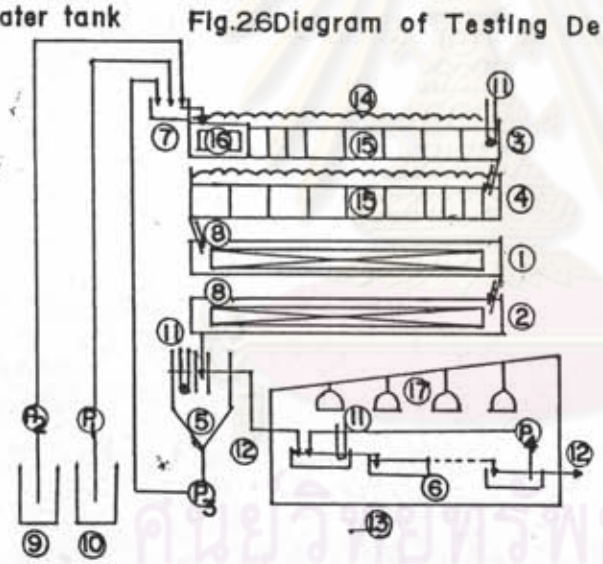
Remarks 1) removal % = (influent conc-effluent from the cultivation basin of Pak Bung)/ influent conc x 100

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



1: Water channel 3
2: Water channel 4
3: Water channel 1
4: Water channel 2
5: regulation tank
6: Pak-Bung cultivation water tank
7: mixing tank
8: biofilm contactors
9: tap water for dilution
10: conc. synthetic wastewater or conc. synthetic night soil
11: heater
12: air warmer
13: green house
P_1: pump
P_2: pump
P_3: circulation pump in water channel
P_4: circulation pump in green house

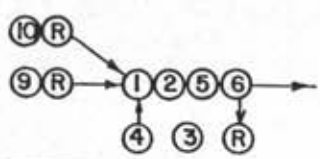
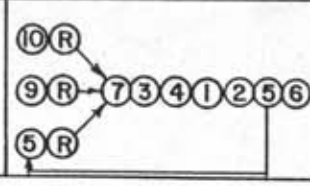
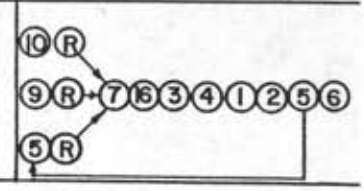
Fig.26 Diagram of Testing Device



1: water channel 3
3: water channel 1
4: water channel 2
5: regulation tank
6: Pak-Bung cultivation water tank
7: mixing tank
9: tap water for dilution
10: conc. synthetic wastewater or conc. synthetic night siol
11: heater
12: iar warmer
13: green house (made of thick pressure vynil)
14: vynil cover
15: net type contact materials
6 contact materials for removal of biologicol film
17: halogen lamp
P_1: pump
P_2: pump
P_3: circulation pump in water channel
P_4: circulation pump in green house

Fig.2.7 Diagram of Testing Device (B)

TABLE 2.5 CLASSIFICATION OF TESTING DEVICE

Item \ System	System I	System II	System III
Exp. Date	July 21 - Oct. 4, '82	Oct. 4 - Nov. 29, '82	Nov. 29, '82 - Feb. 2 '83
Inflow channel of sewage	water channel 1	water channel 2	water channel 3
Existence of warming heater 11.	—	—	—
Existence of warming house 13.	—	—	—
Existence of air - warmer	—	—	—
Existence of Cir - culation pump P_4	—	—	—
Existence of arti - ficial sunlight 17	—	—	—
Contact materials inwater channel	Biofilm contactor (4 pcs / 1 channel)	Biofilm contactor (4 pcs / 1 channel)	net type contact material (25 pcs / 1 channel)
Flow of sewage			

เข้าสู่รางน้ำเปิดที่ 3 และไหลต่อไปยังรางน้ำเปิดที่ 4 จึงไหลเข้าสู่รางน้ำเปิดที่ 1 และ 2 วนเวียนตามลักษณะดังกล่าวจนการบำบัดจะสมบูรณ์

ระบบที่ 2 น้ำเสียจะถูกเครื่องสูบน้ำ P_1 และ P_2 สูบเข้าสู่รางน้ำเปิดที่ 3 และไหลต่อไปยังรางน้ำเปิดที่ 4,1 และ 2 แล้วไหลไปยังถังพักตะกอนที่ 5 จากนั้นเครื่องสูบ P_3 จะสูบน้ำใช้ไหลย้อนกลับจากถังพักตะกอนที่ 5 ไปยังรางน้ำเปิดที่ 3,4,1 และ 2 ตามลำดับ วนเวียนตามลักษณะดังกล่าวจนการบำบัดจะสมบูรณ์

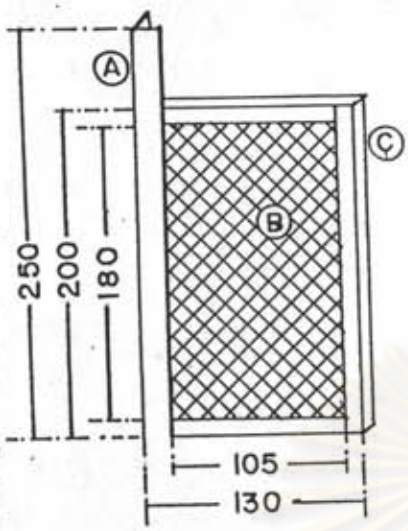
ระบบที่ 3 ลักษณะการทำงานจะคล้ายกับระบบที่ 2 แต่การวางตัวแผ่นฟิลม์ชีวะในรางน้ำเปิดที่ 3 และ 4 เพื่อการเกาะจับของมวลจุลชีพจะเป็นลักษณะ ดังรูปที่ 2.8 ส่วนตำแหน่งการวางแสดงในรูปที่ 2.9 โดยแต่ละรางน้ำเปิดจะประกอบไปด้วยตัวกลางแผ่นฟิลม์ชีวะ 25 ชิ้น (แต่ละชิ้นกว้าง 0.25 ม. ยาว 0.5 ม.) ซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการเกาะจับของมวลจุลชีพในรางน้ำเปิด

การทดลองทั้ง 3 ระบบได้ใช้น้ำเสียสังเคราะห์และสิ่งปฏิกูลสังเคราะห์ (Synthetic Night Soil) ดังแสดงในตารางที่ 2-6 โดยที่บีโอดีอยู่ในช่วง 900 - 3,600 มก./ลิตร และถูกเจือจางเป็น 30 - 120 มก./ลิตร

เงื่อนไขการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 2-7 จุดเก็บตัวอย่างแสดงไว้ในตารางที่ 2-8 และการวิเคราะห์ตัวอย่าง วิเคราะห์ตามตารางที่ 2-9

ข) ผลการทดลอง

ผลการทดลองทั้ง 3 ระบบ แสดงไว้ในตารางที่ 2-10 โดยที่อัตราการไหลเวียนกลับจะเริ่มจาก 1,800 ลิตร/ชั่วโมง ส่วนเปอร์เซ็นต์ของการกำจัดในระบบจะแสดงไว้ในตารางที่ 2-11 และเปอร์เซ็นต์การกำจัดของ ทีโอซี, ไนโตรเจนทั้งหมด, ฟอสฟอรัสทั้งหมด แสดงในรูปที่ 2-10



(unit : mm.)

A: plastic angle (15X15)

B: Saran net

C: plastic angle (10X10)

Fig.2.8 Detailed drawing of net Type Contact Materials

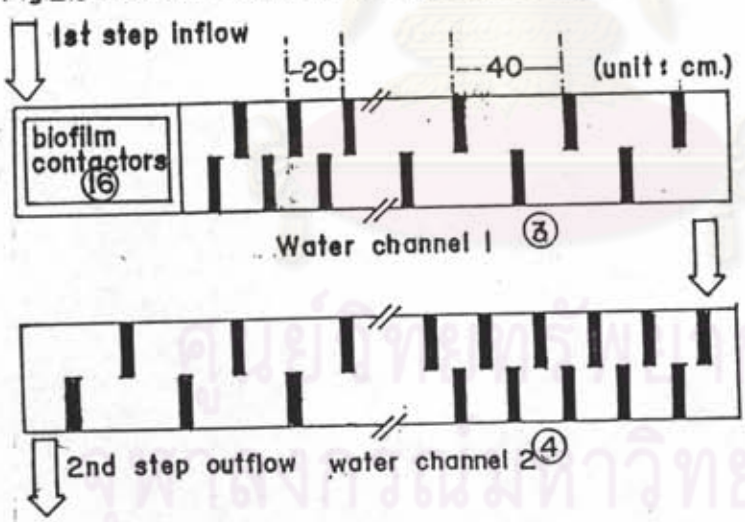


Fig. 2.9 Plane Figure for Position of Net Type Contact Material

TABLE 2-6 COMPOSITION OF SYNTHETIC WASTEWATER AND SYNTHETIC NIGHT SOIL

	COMPONENT	CONC. (mg/1)	REMARKS
conc.night soil	peptone	1080	
	meat extract	720	
	$(NH_4)_2SO_4$	849	BOD:3600mg/1
	NH_4HCO_3	2370	
	K_2HPO_4	843	
	$Fe_2(SO_4)_3$	0.987	TOC:2700
	$MgSO_4 7H_2O$	9.66	
	$MnSO_4.4H_2O$	0.147	T-N:1080mg/1
	$CuSO_4.5H_2O$	0.33	
	$Mg(CH_3COO)_2.4H_2O$	17.0	T-P:225mg/1
	$K_2SO_4.Al_2(SO_4)_3$ $24H_2O$	0.495	
	$CoCl_2.6H_2O$	8.22	
	$CaCl_2.2H_2O$	8.22	
conc.synthetic wastewater	Peptone	4.32	BOD:900 mg/1
	Meat Extract	2.88	
	NH_2CONH_2	0.270	TOC:675 mg/1
	$Na_2HPO_4.12H_2O$	1.82	
	NaCl	0.216	T-N:600 mg/1
	KC1	0.101	
	$CaCl_2.2H_2O$	0.134	T-P:150 mg/1
	$MgSO_4.7H_2O$	0.148	

TABLE 2-7 EXPERIMENTAL CONDITIONS

	System I				System II				System III				
Influent flow rate of sewage (1/day)	20				20				20				
influent flow rate of tap water for dilution (1/day)	580				580				580				
recycle flow rate (1/day)	1800				1800				1800				
speed of flow in water channel (cm/sec)	1.33				1.33				1.33				
retention time in water channel (day)	2				2				2				
retention time in water (day)	0.8				0.8				0.8				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
BOD conc. of conc. sewage (mg/1)	900	1800	3600	2700	900	1350	1800	2250	2250	900	1350	1800	2250
influent conc. of diluted BOD	30	60	120	90	30	45	60	75	75	30	45	60	75
diluted sewage TOC	23.4	44.3	93.8	75.4	24.0	35.7	45.4	59.1	59.1	28.7	34.6	48.6	59.1
average Temp. in water channel (°C)	25.6	23.3	28.4	22.4	23.0	25.3	26.3	25.0	25.0	26.5	26.9	27.5	28.6

TABLE 2-8 SAMPLING POINT

	No	Sampling Point
experiments 1 - 4	A	near inflow entrance of water channal 1
	B	Regulation tank 5
	C	near outflow exit of water channal 3
	D	near outflow exit of water channal 4
experiment 5 - 13	A'	near inflow entrance of water channal 3
	B'	near outflow exit of water channal 3
	C'	near outflow exit of water channal 4
	C'	Regulation tank 5

TABLE 2-9 ANALYSIS ITEMS AND METHODS

Object	Item	method
water quality	TOC	TOC analyzer[a)]
	T-N	T-C,T-N analyzer [b)]
	T-P	Molybdenum blue method[c)]
	NO_3-N	Brucine method*
	NH_4-N	Indophenol method**
	PH	Glass efectrode method
sludge	MLSS	Centrifugation method*
	VSS	Ignition loss method*
	T-N	Kjeldahl Method*
	T-P	Molybdenum method[c)]

a) TOC-10B made by Shimazu Seisakusho
b) GCT-13NS made by Sumitomo Chemical Industry
c) measured after having decomposed by conc. H_2SO_4 and HNo_3
d) centrifugation at 6,000 ppm. for 10 min
* based upon sewage analytical method
** based upon water analytical method

system No.		System I				System II				System III				
Exp. No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Influent BOD (mg/1) / Item		30	60	120	90	30	45	60	75	75	30	45	60	75
Influent sewage	TOC(mg/1)	23.4	44.3	93.8	65.4	24.0	35.7	45.4	59.1	59.1	28.7	34.6	48.6	59.1
	T-N(mg/1)	24.7	16.5	36.0	22.6	8.22	12.4	18.3	22.2	22.2	10.3	14.1	19.1	22.2
	T-P(mg/1)	6.13	5.37	7.50	5.63	2.38	3.45	5.21	5.43	5.43	2.38	3.54	4.63	5.43
biofilm contact water channel	TOC volume load($kg/m^3.day$)	0.0117	0.0222	0.0469	0.0327	0.0120	0.0178	0.0227	0.0296	0.0296	0.0144	0.0173	0.0243	0.0296
	TOC surface area load($g/m^2.day$)	0.16	0.31	0.66	0.46	0.17	0.25	0.32	0.42	0.54	0.26	0.32	0.45	0.54
	TOC(mg/1)	2.06	2.18	7.43	2.52	3.06	3.72	3.85	4.71	4.94	2.74	2.54	3.74	4.84
	T-N(mg/1)	19.3	13.2	22.4	19.0	7.49	12.0	14.5	13.3	15.1	8.91	11.2	12.8	15.1
	T-P(mg/1)	4.85	3.19	5.32	4.54	1.84	3.47	4.33	4.23	4.50	1.78	2.22	3.60	4.79

TABLE 2-10 TREATMENT RESULTS OF CHANNEL FLOW SYSTEM

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

system No.		System I				System II				System III				
Item \ Influent BOD (mg/l)	Exp. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		30	60	120	90	30	45	60	75	75	30	45	60	75
Whole System	TOC (%)	91.2	96.3	92.9	96.8	90.1	93.5	94.9	94.4	94.9	92.5	94.7	94.0	94.1
	Total-N (%)	21.9	21.8	38.3	20.8	14.1	14.5	26.8	34.7	36.0	19.4	23.4	42.9	33.8
	Total-P (%)	20.9	43.6	30.3	27.5	16.4	7.25	25.3	18.4	19.0	26.9	45.5	30.2	12.5

TABLE 2-11 PERCENT REMOVALS OF CHANNEL FLOW SYSTEM

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

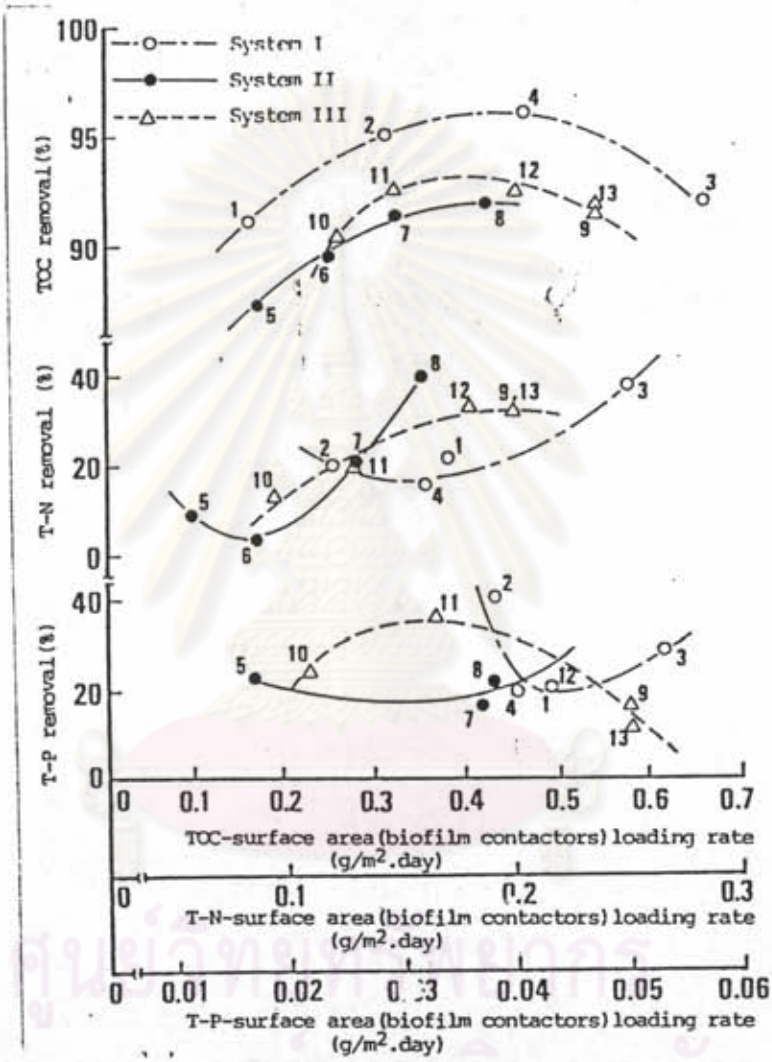


FIG 2-10 PERCENT REMOVALS OF WATER CHANNELS