บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ

เนื่องจากจำนวนประชากรของโลกได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ประเทศต่าง ๆ เร่งหาแหล่งทรัพยากรธรรมชาติเพิ่มขึ้นจากเดิมเพื่อใช้ในการดำรงชีวิตและพัฒนาประเทศ การพัฒนาเทคโนโลยีในด้านต่าง ๆ เป็นไปอย่างรวดเร็วเกินกว่าการควบคุมมิให้เกิดมลภาวะได้ ทำให้เกิดปัญหาและทำลายสภาพแวดล้อม เช่น อากาศเป็นพิษ น้ำในคูคลองเน่าเหม็น เป็นต้น สาเหตุที่ทำให้เกิดมลภาวะทางธรรมชาติ มีหลายประการ แต่สาเหตุที่สำคัญประการหนึ่ง ได้แก่ สารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง แหล่งที่ทำให้เกิดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งคือ

1 น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน
2 น้ำทิ้งจากย่านการค้า
3 น้ำทิ้งจากแหล่งอุตสาหกรรม
4 น้ำทิ้งจากการเกษตรกรรม

วิธีการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งมีหลายวิธี แต่วิธีกำจัดสารอินทรีย์โดยใช้กระบวนการทางชีววิทยาเป็นวิธีหนึ่งที่เหมาะสมและประหยัด ระบบกำจัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic wastewater treatment) เป็นระบบกำจัดทางชีววิทยาที่เริ่มได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจาก

ก) อัตราการสร้างตะกอนสลัดจ์ต่ำมาก (Lower sludge production) ซึ่งช่วยลดปัญหาการกำจัดตะกอนสลัดจ์ส่วนเกิน และอัตราการสร้างตะกอนสลัดจ์ในกระบวนการย่อยสลายแบบนี้จะต่ำกว่าอัตราการสร้างตะกอนสลัดจ์ในกระบวนการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน

ข) ผลสุดท้ายของปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะให้ก๊าซมีเทน ซึ่งสามารถใช้เป็น

เชื้อเพลิงได้

ค) การกำจัดน้ำเสียโดยจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนมักมีปัญหาในเรื่องขีดจำกัดการถ่ายเทออกซิเจนให้แก่น้ำเสียไม่เพียงพอ ซึ่งตรงกันข้ามกับการกำจัดน้ำเสียโดยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนจะไม่มีปัญหาในเรื่องขีดจำกัดการถ่ายเทออกซิเจน นั่นคือ การกำจัดโดยไม่ใช้ออกซิเจนจะเป็นระบบกำจัดที่ประหยัดพลังงานกว่าการกำจัดโดยใช้ออกซิเจน เพราะไม่ต้องการการเติมอากาศ

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่า กระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะมีลักษณะเด่นมากก็ตาม แต่กระบวนการกำจัดนี้ก็มีข้อที่ควรคำนึงถึงก่อนที่จะนำกระบวนการนี้ไปใช้งานดังนี้

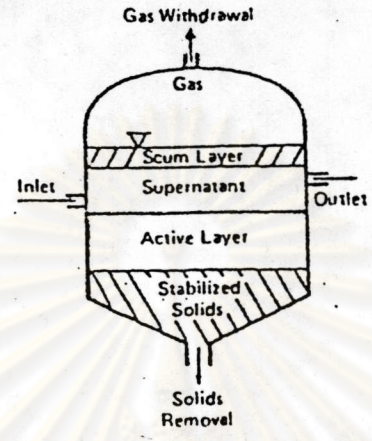
ก) การกำจัดน้ำเสียโดยจุลินทรีย์แขวนลอยแบบไม่ใช้ออกซิเจน ที่มีถังตกตะกอนตามหลังถังปฏิกิริยา มักมีปัญหาในเรื่องการตกตะกอนของจุลินทรีย์ภายในถังตกตะกอน

ข) น้ำทิ้งที่ออกจากกระบวนการกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน มักมีค่าซีโอดีสูงกว่าน้ำทิ้งที่ออกจากกระบวนการกำจัดแบบใช้ออกซิเจน ทั้งนี้เนื่องจาก ในระบบกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะสร้างกรดอินทรีย์หลายชนิดโดยแบคทีเรียพวกสร้างกรด แต่แบคทีเรียที่สร้างมีเทนสามารถเลือกใช้กรดอินทรีย์บางชนิดเท่านั้นเป็นสารอาหาร ทำให้มีกรดอินทรีย์อีกจำนวนมากที่ตกค้างออกมากับน้ำทิ้ง นี่เป็นเหตุผลว่าทำไมระบบกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนจึงไม่สามารถลดซีโอดีของน้ำเสียให้เหลือต่ำ เท่ากับกรณีของระบบกำจัดแบบใช้ออกซิเจน

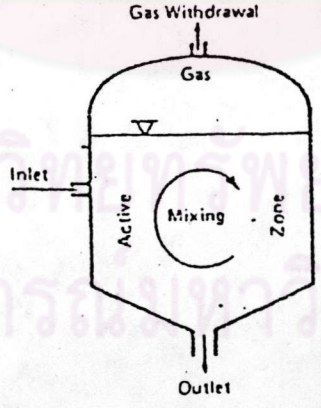
1.2 ประเภทของระบบกำจัดสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน

1.2.1 ถังหมักแบบธรรมดา

ปฏิบัติการแบบนี้ใช้ในการสร้างเสถียรภาพให้กับตะกอนอินทรีย์ ส่วนประกอบหลักของระบบนี้ แสดงอยู่ในรูปที่ 1.1 และ 1.2 รูปที่ 1.1 เป็นถังหมักที่ไม่มีการกวนตะกอนและไม่ปรับอุณหภูมิให้กับตะกอน ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในถังจึงไม่รวดเร็วและไม่ทั่วถึง ถังหมักแบบนี้จึงเรียกว่าถังหมักแบบอัตรากำจัดต่ำ (low rate digester) รูปที่ 1.2 เป็นถังหมักแบบที่มีการกวนและมีการปรับอุณหภูมิด้วย ปฏิกิริยาการกำจัดสารอินทรีย์จะเกิดขึ้นได้ดีกว่าแบบแรก ถังหมักแบบนี้จึงเรียกว่า ถังหมักแบบอัตรากำจัดสูง (high rate digester) ส่วนรูปที่ 1.3 เป็นแบบที่มีการแยกตะกอนออกจากน้ำ ถ้าต้องการกำจัดสารอินทรีย์จำนวนเดียวกัน ถัง

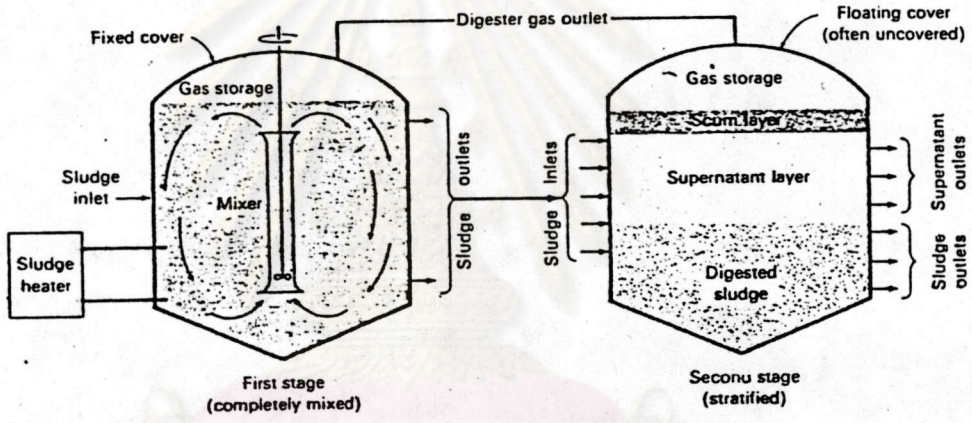


รูปที่ 1.1 ถังหมักชนิดอัตรากำจัดช้า



รูปที่ 1.2 ถังหมักแบบอัตรากำจัดสูง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.3 ถังหมักแบบอัตรากำจัดสูงที่มีการแยกตะกอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมักแบบอัตราสูงจะมีขนาดเล็กกว่าแบบอัตราต่ำ

1.2.2 ถังหมัก anaerobic contact (AC)

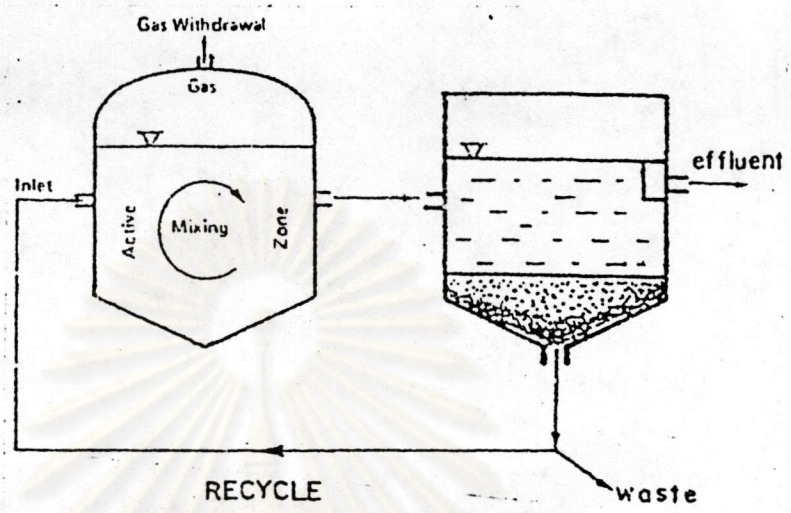
ถังหมักแบบนี้มีความคล้ายคลึงกับระบบเลี้ยงตะกอน (activated sludge) จนกระทั่งในบางครั้งอาจเรียกถังหมักแบบนี้ว่าเป็นระบบแอ็คติเว้ทเต็ดสลัดจ์แบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic Activated sludge) ถังหมัก anaerobic contact นี้อาจเป็นถังปฏิกิริยาแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอนหรือไม่มีก็ได้ แต่นิยมใช้แบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน (ดูรูปที่ 1.4) ซึ่งอาจใช้ได้กับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นไม่สูงมาก ในทางปฏิบัติ ระดับของซีโอดี ที่เหมาะจะใช้ถังหมักแบบนี้คือ 4,000-5,000 มก.ต่อ ล.

ในปัจจุบัน วิศวกรหลายคนได้ศึกษาและพยายามหาหลักเกณฑ์ ในการออกแบบถังหมักแบบแยกประเภท เพื่อให้แบคทีเรียสร้างกรดและสร้างมีเทนเติบโตอยู่ในถังปฏิกิริยาคนละใบ ลักษณะเช่นนี้เชื่อว่าแบคทีเรียแต่ละชนิดจะทำงานได้เต็มกำลังและเป็นการใช้ประโยชน์จากถังปฏิกิริยาได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้ยังทำให้การควบคุมการทำงานของถังหมักมีความสะดวกยิ่งขึ้น รูปที่ 1.5 แสดงให้เห็นถึง ส่วนประกอบของถังหมักแบบแยกประเภทที่ใช้พีเอชเป็นตัวกำหนดและควบคุมแบคทีเรียในถังหมัก ถังใบแรกซึ่งมีพีเอชประมาณ 6 จะมีแต่แบคทีเรียพวกสร้างกรดเป็นส่วนใหญ่ ส่วนถังใบที่สอง ซึ่งมีพีเอชประมาณ 7 จะมีแบคทีเรียพวกสร้างมีเทน การควบคุมพีเอชแบบอัตโนมัติเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับถังใบแรกเท่านั้น ก๊าซไฮโดรเจนที่สร้างขึ้นในถังใบแรกจะถูกปล่อยทิ้งออกไปจากถังปฏิกิริยาเพื่อมิให้เกิดการสะสมตัวจนเป็นพิษต่อแบคทีเรียที่สร้างกรด อย่างไรก็ตามแนวความคิดต่างๆที่เกี่ยวกับถังหมัก anaerobic contact และแบบแยกประเภทมีทางเป็นไปได้ แต่ประสบการณ์ต่าง ๆ ในสนามยังมีน้อย วิศวกรยังขาดความรู้พื้นฐานอีกหลายอย่าง เช่น ยังมีความรู้น้อยมากในเรื่องการตกตะกอนของจุลชีพแบบไร้ออกซิเจน เป็นต้น ทำให้มีความลังเลใจมากในการใช้ระบบถังหมัก anaerobic contact หรือ แยกประเภท

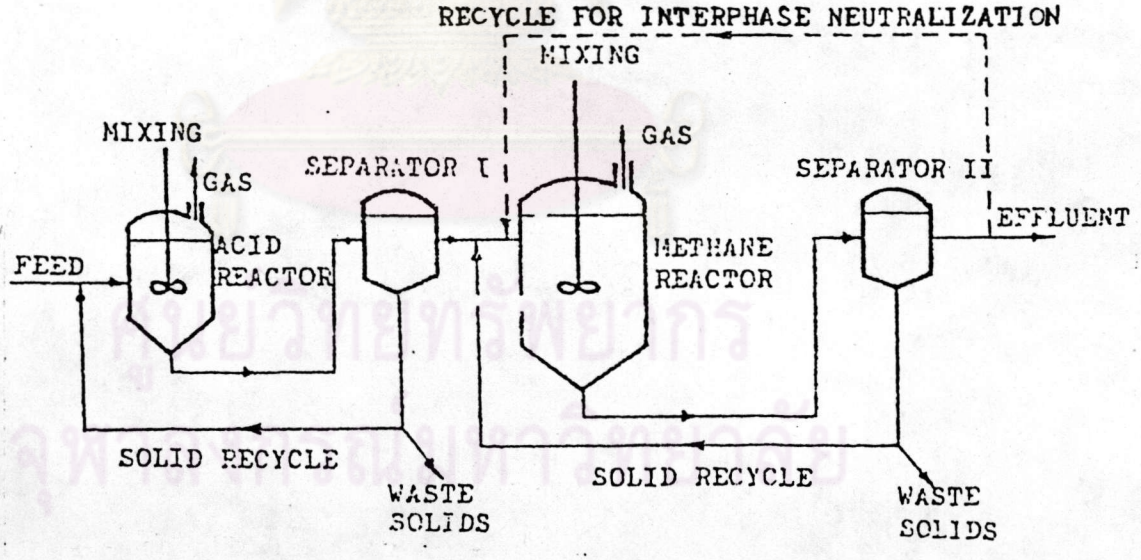
1.2.3 ระบบ Anaerobic filter (AF)

ระบบนี้ เพิ่งพัฒนาขึ้นมาเมื่อประมาณ 20 ปีนี้เอง รูปที่ 1.6 แสดงให้เห็นถึงลักษณะทั่วไปของเครื่องกรองแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะเห็นได้ว่า ส่วนประกอบที่สำคัญคือ ถังสูงที่มีลักษณะคล้ายถังกรอง แต่บรรจุภายในด้วยหินขนาด 1.5"-2.0" หรืออาจใช้ตัวกลางพลาสติคแทนก็ได้ น้ำเสียจะไหลจากข้างล่างขึ้นข้างบน ลักษณะเช่นนี้จะทำให้น้ำท่วมถังสูงตลอดเวลา และทำให้แบคทีเรียส่วนใหญ่ถูกจับอยู่ภายในถังกรอง น้ำที่ไหลออกมาจึงมีความใสโดยไม่ต้องใช้ถังตกตะ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.4 ระบบถังหมักคอนแท็คท์



รูปที่ 1.5 ระบบถังหมักแบบสองเฟส (two phase)

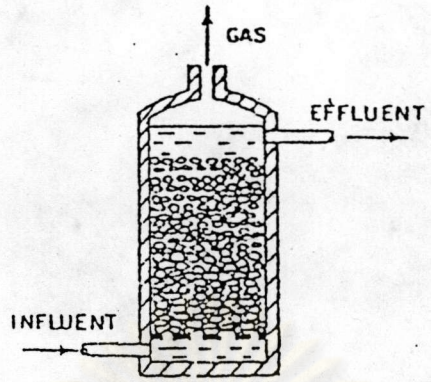
กอน ถังหมักแบบนี้เหมาะสำหรับกำจัดน้ำเสียที่ความเข้มข้นต่ำด้วยเพราะมีเวลากักตะกอนสูงมาก โดยปกติถังหมักแบบเครื่องกรองมีขนาดเล็กกว่าถังหมักแบบธรรมดาเพราะมีเวลากักน้ำต่ำกว่ามาก อย่างไรก็ตามเครื่องกรองแบบไร้ออกซิเจนมีจุดอ่อนบางอย่างที่ต้องแก้ไข ปัญหาที่สำคัญก็คือ ต้องหาวิธีกระจายน้ำเสียให้ไหลเข้าถังกรองให้ได้อย่างสม่ำเสมอ เรื่องการอุดตันก็เป็นปัญหาเหมือนกัน แต่สามารถแก้ไขหรือบรรเทาลงได้โดยให้มีการตกตะกอนน้ำเสีย ก่อนส่งเข้าถังกรองไม่ใช้ออกซิเจน

1.2.4 ระบบ Anaerobic Fluidized Bed (AFB)

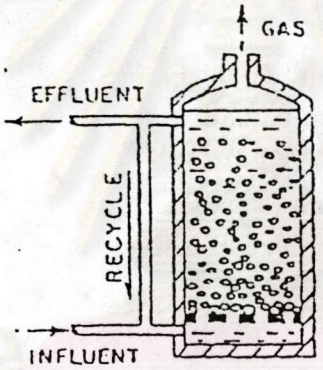
ระบบแบบนี้คล้ายคลึงกับระบบเครื่องกรองไร้ออกซิเจนตรงที่มีน้ำไหลจากข้างล่างขึ้นข้างบน จัดเป็นระบบฟิลม์ตรึง (Fixed Film) แบบไม่ใช้ออกซิเจนที่มีสารตัวกลางขนาดเล็กเท่าเม็ดทรายเป็นที่จับเกาะของแบคทีเรีย ดูรูปที่ 1.7 อัตราการไหลของน้ำเสียจะต้องสูงมากจนกระทั่งทำให้มีการลอยตัวของสารตัวกลาง ตัวอย่างสารตัวกลางที่มีการทดลองใช้ในระดับห้องปฏิบัติการได้แก่ ทราย แอนทราไซต์ ถ่านกัมมันต์ เป็นต้น การใช้สารตัวกลางขนาดเล็ก (เมื่อเปรียบเทียบกับระบบเครื่องกรองไม่ใช้ออกซิเจน) ทำให้ระบบนี้มีพื้นที่ผิวจำเพาะ (คิดต่อหน่วยปริมาตร) สูงมาก ซึ่งเท่ากับการมีจำนวนแบคทีเรียมหาศาลอยู่ในระบบ อัตราเร็วในการกำจัดน้ำเสียของระบบนี้จึงสูงมาก ถังปฏิกิริยาที่ใช้ในระบบจึงอาจมีขนาดเล็กกว่าระบบอื่น ๆ อย่างไรก็ตามลักษณะการทำงานซึ่งต้องทำให้สารตัวกลางลอยตัวตลอดเวลา ก่อให้เกิดปัญหาในการออกแบบและควบคุมระบบหลายอย่าง และต้องสิ้นเปลืองพลังงานในการทำให้สารตัวกลางลอยตัวสูงกว่าระบบอื่น ระบบเช่นนี้จึงยังไม่ได้รับความนิยม

1.2.5 ระบบ Upflow anaerobic sludge Blanket (UASB)

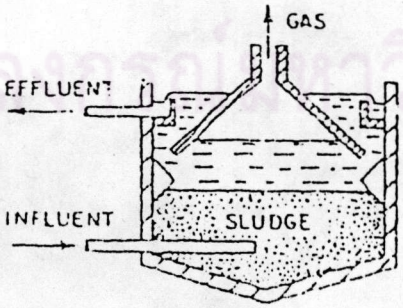
การที่ต้องมีสารตัวกลางอยู่ในระบบเครื่องกรองไม่ใช้ออกซิเจน (AF) และระบบ AFB ทำให้ถังปฏิกิริยาต้องเสียปริมาตรใช้งานและเสียเงินค่าซื้อสารตัวกลางเป็นจำนวนมาก วิศวกรจึงคิดค้นระบบ Upflow Anaerobic sludge blanket (UASB) ขึ้นมาเพื่อตัดสารตัวกลางออกไปจากระบบ ระบบใหม่นี้มีทิศทางไหลของน้ำเสียจากข้างล่างขึ้นข้างบน แต่ไม่ใช้ตัวกลาง แบคทีเรียจะถูกเลี้ยงให้จับตัวกันเป็นเม็ดหรือฟล็อค (floc) จนกระทั่งมีน้ำหนักมากจนสามารถตกตะกอนได้ดี น้ำเสียที่ไหลเข้าถังปฏิกิริยาจะทำให้เม็ดแบคทีเรียลอยตัวอยู่ในชั้นสลัดจ์ที่ไม่จมลงก้นถัง อนึ่งการเลี้ยงแบคทีเรียแบบไม่ใช้ออกซิเจน ให้มีธรรมชาติจับตัวกันเป็นเม็ดหรือฟล็อคนั้นเป็นเรื่องยากมาก ผู้ใช้ระบบนี้จึงมีเทคนิคต่าง ๆ ในการทำให้เกิดชั้นสลัดจ์ภายในถังปฏิกิริยาและถือเป็นความลับด้วย ระบบนี้มีรายงานว่าใช้กันมากในประเทศแถบอเมริกาใต้ และมีใช้ในยุโรปบางประเทศ จุดอ่อนของระบบคือ การสร้างชั้นสลัดจ์เป็นเรื่องยาก และอาจถือว่าเป็น



รูปที่ 1.6 ระบบ anaerobic filter



รูปที่ 1.7 ระบบ anaerobic fluidized bed



รูปที่ 1.8 ระบบ upflow anaerobic sludge blanket

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เรื่องที่ยังไม่ค่อยมีใครทราบแน่ชัด เนื่องจากธรรมชาติของแบคทีเรียแบบไม่ใช้ออกซิเจนไม่มีนิสัยเกาะจับกันเป็นกลุ่มฟล็อค วิศวกรที่นำระบบนี้ไปใช้และประสบความสำเร็จ อ้างว่าระบบนี้สามารถรับออร์แกนิคโหลดดิงได้สูงกว่าระบบไม่ใช้ออกซิเจนแบบอื่น ๆ และสามารถผลิตน้ำทิ้งที่มีคุณภาพสูงได้ เนื่องจากสามารถป้องกันมิให้แบคทีเรียหลุดออกจากระบบได้ดีกว่าแบบอื่น ระบบ UASB มักถูกออกแบบให้มีอุปกรณ์แยกตะกอนแบคทีเรียมิให้หลุดออกไปกับน้ำทิ้งด้วยเสมอ (ดูรูปที่ 1.8)

1.2.6 ระบบ Anaerobic Rotating Biological Contactor (AnRBC)

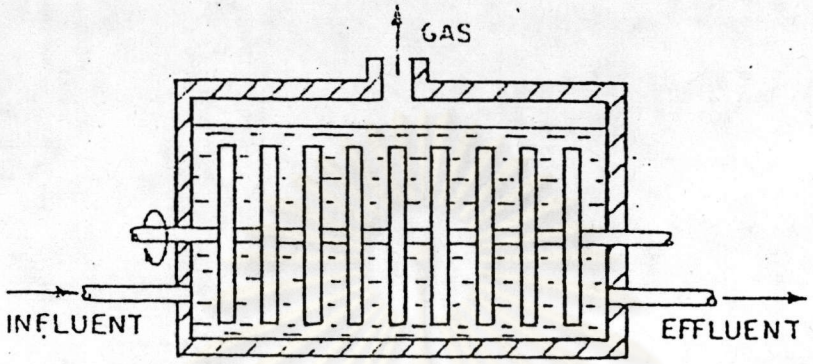
ได้เริ่มมีการทดลองโดย Tait และ Friedman (1) โดยใช้กำจัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์พวกคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก เนื่องจากต้องการลดการใช้พลังงานในการสูบน้ำเสียให้หมุนเวียนในระบบ AFB และนำข้อดีของระบบฟิลม์ชีวะ และจานชีวหมุน (RBC) มาใช้ในระบบไม่ใช้ออกซิเจน ลักษณะของระบบก็คล้ายคลึงกับระบบจานชีวหมุน เพียงแต่มีฝาปิด เพื่อไม่ให้สัมผัสอากาศภายนอก และมีช่องระบายก๊าซออกทางตอนบน (ดูรูปที่ 1.9) ผลปรากฏว่าแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนสามารถยึดเกาะและเจริญเติบโตได้ดีบนผิวแผ่นจาน ระบบนี้สามารถรับออร์แกนิคโหลดดิงและไฮโดรลิคโหลดดิงที่สูงขึ้นทันทีได้ดี

1.2.7 ระบบ Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

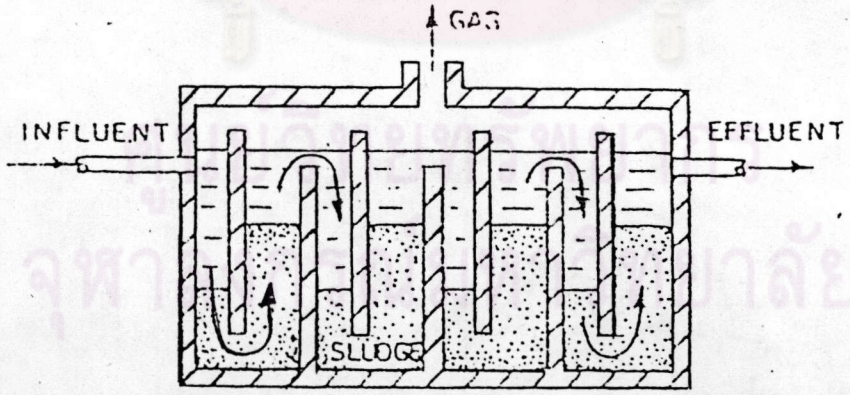
ลักษณะของระบบแผ่นกั้นไม่ใช้ออกซิเจน คือ มีแผ่นกั้นเพื่อบังคับให้น้ำเสียไหลขึ้นไหลลงอยู่ในแนวนอน ดูรูปที่ 1.10 ถังปฏิกิริยาแบบนี้ จึงไม่จำเป็นต้องมีความสูงมากเหมือนของระบบไม่ใช้ออกซิเจนแบบอื่น ๆ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่ำ Bachmann และคณะ (2) ได้ทดลองใช้ระบบนี้ที่มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด สหรัฐอเมริกา นักวิจัยกลุ่มนี้กล่าวถึงข้อดีของระบบนี้ว่า เป็นระบบที่มีพื้นที่ผิวน้ำมากทำให้แบคทีเรียมีพื้นที่ตกตะกอนสูงกว่าระบบอื่น ๆ การแยกตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำได้ดีและง่ายเช่นกัน ลักษณะดังกล่าวทำให้การเก็บกักเซลล์สามารถกระทำได้ผลดี จึงมีมวลแบคทีเรียสะสมอยู่ในระบบเป็นจำนวนมาก การกำจัดน้ำเสียจึงสามารถเกิดขึ้นได้ด้วยอัตราสูง

1.2.8 ระบบ Anaerobic Pond

ปฏิบัติการไม่ใช้ออกซิเจนแบบนี้เป็นปฏิบัติการที่ง่ายที่สุด กล่าวกันว่า ระบบกำจัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนถูกพัฒนาขึ้นมาโดยบังเอิญในออสเตรเลีย ทั้งนี้เพราะวิศวกรบังเอิญ ปล่อยสารอินทรีย์จำนวนมากเกินไปลงใน บ่อน้ำเสียแบบกึ่งแอโรบิค หรือบ่อเขียว (Facultative oxidation pond) จนทำให้ไม่มีออกซิเจนเหลืออยู่ในน้ำ แต่ก็ปรากฏว่าบ่อยัง



รูปที่ 1.9 ระบบ Anaerobic Rotating Biological contactor



รูปที่ 1.10 ระบบ Annaerobic Baffled Reactor

สามารถกำจัดน้ำเสียได้ ด้วยเหตุนี้วิศวกรจึงมีการออกแบบระบบกำจัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนด้วยเกณฑ์ออกแบบที่สูงกว่าบ่อเขียว

ระบบ anaerobic Pond มักเป็นบ่อดินขนาดใหญ่ที่มีความลึก 3-4 เมตร และไม่มีฝาปิด น้ำเสียจะไหลเข้าไปในบ่อและถูกทิ้งไว้นานประมาณ 1 เดือน จึงไหลออกจากบ่อ ภายในระยะเวลาดังกล่าวน้ำเสียจะถูกย่อยด้วยหลักการแบบไม่ใช้ออกซิเจนดังที่กล่าวมาแล้ว ด้วยเหตุนี้จึงต้องใช้ที่ดินจำนวนมากในการสร้าง และอาจมีกลิ่นไม่ดี ระบบ anaerobic Pond จึงเหมาะกับชนบท หรือชานเมืองที่ซึ่งราคาที่ดินไม่สูงนัก และมีผู้คนอาศัยไม่หนาแน่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย