บทที่ 2

แนวความคิดและความเป็นมาของกรรมวิธี แอร์เรตด์ ซับเมอรจด์ ฟิลเตอร์

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีววิทยามีหลายแบบ แต่ทุกแบบจะใช้จุลินทรีย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียไปทำลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยใช้เป็นอาหารในการดำรงชีวิต เช่นเดียวกับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน อาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. ประเภทที่แบคทีเรียอยู่ในลักษณะแขวนลอย
2. ประเภทที่แบคทีเรียอยู่ในลักษณะยึดเกาะกับตัวกลาง

2.1 ระบบบำบัดน้ำเสียประเภทที่แบคทีเรียอยู่ในลักษณะแขวนลอย

ระบบแอ็กติเวตเต็ดสลัจ เป็นระบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและเป็นตัวอย่างที่ดีที่จะใช้บรรยายลักษณะของจุลชีพของปฏิกริยาชีวเคมีแบบใช้ออกซิเจน และใช้จุลชีพแขวนลอยในการกำจัดสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปสารละลายและรูปคอลลอยด์

ระบบแอ็กติเวตเต็ดสลัจมีโครงสร้างและองค์ประกอบของมวลจุลชีพกว้างขวางมาก Pipes (1966) ได้จำแนกจุลชีพในระบบแอ็กติเวตเต็ดสลัจออกเป็น 4 พวกใหญ่ ๆ ดังนี้

1. จุลชีพที่สร้างฟล็อค (Floc forming organisms)
2. แซ็พโปรไฟท์ (Saprophytes)
3. จุลชีพทำลาย (Predator)
4. จุลชีพก่อกวน (Nuisance organisms)

จุลชีพที่สร้างฟล็อคหรือกลุ่มตะกอน มีบทบาทสำคัญต่อระบบแอ็กติเวตเต็ดสลัจ เพราะถ้าขาดมันแล้วเราไม่สามารถแยกตะกอนจุลชีพออกจากน้ำได้ด้วยวิธีตกตะกอนตามธรรมชาติ เดิบ

ที่เดียวเราเรียกชื่อว่า Zooglea ramigera เป็นแบคทีเรียชนิดเดียวที่รับผิดชอบต่อการสร้างฟล็อค แต่ปัจจุบันนี้เชื่อว่า มีจุลชีพหลายชนิดที่สามารถกระทำดังกล่าวได้ Pike & Curde (1971) กล่าวถึงการจัดจุลชีพให้อยู่ในกลุ่มนี้ได้รับความยุ่งยาก เมื่อมีการพบว่า โปรโตซัว และพันใจ ก็สามารถทำให้เกิดฟล็อคได้ อย่างไรก็ดี โดยทั่วไปแล้วจุลชีพกลุ่มนี้ถือว่าประกอบด้วยแบคทีเรียเป็นองค์ประกอบสำคัญ

แซ็ฟโปรไฟท์ (Saprophytes) เป็นจุลชีพที่รับผิดชอบต่อการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำ ส่วนใหญ่ของเซลล์กลุ่มนี้เป็นแบคทีเรียซึ่งมักเป็นพวกสร้างฟล็อคด้วย แบคทีเรียที่ไม่สร้างฟล็อคก็อาจจะอยู่ในประเภทนี้ได้ แต่มักจะถูกจับอยู่ภายในฟล็อค แซ็ฟโปรไฟท์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือแบบปฐม (Primary) และแบบทุติยะ (Secondary) แซ็ฟโปรไฟท์แบบปฐมจะทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้กลายเป็นสารประกอบโมเลกุลเล็ก ๆ หลังจากนั้น แซ็ฟโปรไฟท์ทุติยก็จะทำการย่อยสลายสารประกอบโมเลกุลเล็ก ๆ ที่สร้างโดยแซ็ฟโปรไฟท์ปฐมต่อไปอย่างสมบูรณ์ ผลสุดท้ายของปฏิกริยาก็จะได้ คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ปฏิกริยาที่ทำต่อเนื่องกันของแซ็ฟโปรไฟท์ทั้งสองแบบอาจจัดได้เป็น Commensalism จุลชีพนี้ส่วนใหญ่จะเป็น Gram-Negative Bacilli แต่ก็มีฟันใจ ยีสต์ และโปรโตซัวรวมอยู่ด้วย

จุลชีพทำลาย (Predator) ที่สำคัญของระบบแอ็กนิเวตเต็ดสลัจคือ โปรโตซัวที่จับแบคทีเรียเป็นอาหาร โปรโตซัวที่พบในระบบแอ็กติเวตเต็ดสลัจนั้นมีอยู่มากมาย Pike & Curds กล่าวว่า โปรโตซัวตัวที่สำคัญก็คือ ซิลิเอทชนิดที่คลานบนฟล็อค (Grawl Ciliates) หรือแบบกิ่งก้าน (Stalked Ciliates) นอกจากซิลิเอทแล้ว บางครั้งจะพบอามีบาและ Flagellates ปะปนอยู่ด้วย

จุลชีพก่อกวน เป็นจุลชีพที่ก่อกวนการทำงานของระบบแอ็กติเวตเต็ดสลัจ จุลชีพพวกนี้ได้แก่ Filamentous bacteria และ Fungi เพราะทำให้เกิดการจมไม่ลงของตะกอนแบคทีเรีย และพันใจที่มักจะทำให้เกิดปัญหาได้แก่ Sphaerotilus และ Geotrichium ตามลำดับ

ปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการกำหนดโครงสร้างและองค์ประกอบของประชาจุลชีพในระบบแอ็กติเวตเต็ดสลัจก็คือ สภาพแวดล้อม ซึ่งได้แก่ ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย, อาหารเสริม, DO, pH, อุณหภูมิ ฯลฯ

2.2 ระบบบำบัดน้ำเสียประเภทที่แบคทีเรียอยู่ในลักษณะยึดเกาะกับตัวกลาง

ระบบทริคคลิ่งฟิลเตอร์ เป็นระบบที่ใช้บำบัดน้ำเสียอย่างแพร่หลายและเป็นตัวอย่างของปฏิกริยาชีวเคมีในการกำจัดน้ำเสียที่มีจุลชีพเติบโตเป็นฟิล์มติดอยู่กับผิววัสดุตัวกลาง

ระบบทริคคลิ่งฟิลเตอร์มีโครงสร้างและองค์ประกอบของมวลจุลชีพอย่างกว้างขวาง อีกระบบหนึ่ง Holtje (1943) พบว่า จุลชีพที่ยึดเกาะอยู่กับตัวกลางของระบบทริคคลิ่งฟิลเตอร์มีจุลชีพแทบทุกชนิดนับตั้งแต่แบคทีเรียจนถึงแมลงบางอย่าง สิ่งมีชีวิตเหล่านี้รวมกันอยู่เป็นมวลจุลชีพที่มีนิเวศน์วิทยาอย่างซับซ้อน ซึ่งเป็นผลให้เกิดความสัมพันธ์ต้องอาศัยซึ่งกันและกันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากระบบมีวงจรอาหารยิ่งซับซ้อนความสมบูรณ์ของการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียก็ยิ่งมีมาก เป็นผลให้มีมวลจุลชีพเหลือออกจากระบบน้อย ลักษณะเช่นนี้นับเป็นเรื่องดี เพราะเป็นการลดปัญหาในการกำจัดตะกอนส่วนเกิน

ในระบบทริคคลิ่งฟิลเตอร์ แบคทีเรียที่อยู่ในตำแหน่งต่ำของวงจรอาหารมีหน้าที่โดยตรงในการกำจัดสารอินทรีย์ทั้งที่อยู่ในรูปตะกอนแขวนลอยและคอลลอยด์ การย่อยสลายสารอินทรีย์กระทำโดยปฏิกริยาของเอ็นไซม์ที่จุลชีพปล่อยออกมาจากเซลล์ เพื่อให้โมเลกุลของสารอินทรีย์มีขนาดเล็กลงจนเซลล์สามารถดูดเข้าไปใช้ได้ มวลจุลชีพในทริคคลิ่งฟิลเตอร์นั้นอาจถือได้ว่าแบคทีเรียเป็นแซ็ฟโปรไฟท์แบบปฐมและทุติย ซึ่งประกอบด้วยแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ ที่คล้ายคลึงกับในขบวนการแอ็กติเวตเต็ดสลัจ

ถึงแม้ว่าระบบทริคคลิ่งฟิลเตอร์จะเป็นระบบที่ใช้กันมานานแล้วก็ตาม แต่เนื่องจากโครงสร้างทางชีววิทยาของระบบมีความสลับซับซ้อน ปฏิกริยาร่วม (Interaction) ของจุลชีพจึงเป็นไปอย่างน่าพิศดารยิ่ง จึงทำให้วิศวกรรู้จักระบบนิเวศน์วิทยาของระบบนี้น้อยกว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบอื่น ๆ

2.3 ความเป็นมาของกรรมวิธี แอรเรตด์ ซับเมอรจด์ ฟิลเตอร์

ปัจจุบันการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย มักใช้ระบบแอ็กติเวตเต็ดสลัจกันอย่างกว้างขวาง เพราะเป็นระบบที่ได้รับการพัฒนามายาวนาน ข้อมูลและรายละเอียดมีมาก จึงสะดวกในการนำไปออกแบบหรือใช้งาน อย่างไรก็ตามระบบแอ็กติเวตเต็ดสลัจโดยทั่วไปมักจะมีปัญหา

ในการกำจัดตะกอนที่เกิดขึ้นมาก การจมไม่ลงของตะกอน (Bulking of Sludge) การเดินเครื่องและการบำรุงรักษาค่อนข้างยุ่งยาก ดังนั้น จึงได้มีผู้พยายามที่จะค้นคว้าหาแนวทางเพื่อที่จะแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบแอ็กติเวตเต็ดสลัจ โดยนำเอาหลักการของทริคคลิ่งฟิลเตอร์เข้ามาใช้งานร่วมกัน

Wilford and Conlon (1957) ได้ทดลองใช้แผ่นแอสเบสตอสซีเมนต์ใส่ลงในถังเติมอากาศ เพื่อทดลองบำบัดน้ำเสียจากชุมชนเมืองนิวเจอร์ซี่ ผลการทดลองนั้นแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการกำจัด บี โอ ดี ประมาณ ๘๐-๙๐ เปอร์เซนต์ นอกจากนี้ยังทำให้การตกตะกอนในถังตกตะกอนเป็นที่น่าพอใจ

Kinji และ Yasuhiro (1967) ได้ปรับปรุงระบบแอ็กติเวตเต็ดสลัจ โดยการใส่ตัวกลาง (Media) ลงในถังเติมอากาศ เรียกว่า ระบบ Fixed Activated Sludge ปรากฏว่าได้ผลดีในการแก้ปัญหาการจมตัวไม่ลงของตะกอน (Bulking of Sludge) นอกจากนี้ยังไม่จำเป็นต้องมีการหมุนเวียนของตะกอน

เมื่อพิจารณาดูแล้วจะเห็นว่า การนำเอาหลักการของระบบแอ็กติเวตเต็ดสลัจและระบบทริคคลิ่งฟิลเตอร์มาใช้งานร่วมกันนั้น จะสามารถที่จะช่วยแก้ปัญหาอันเกิดขึ้นเนื่องจากระบบแอ็กติเวตเต็ดสลัจต่าง ๆ ลงไปได้มาก

กรรมวิธีแอร์เรตต์ ซับเมอรจค์ ฟิลเตอร์ เป็นกรรมวิธีบำบัดน้ำเสียซึ่งนำเอาหลักการของระบบแอ็กติเวตเต็ดสลัจและระบบทริคคลิ่งฟิลเตอร์เข้าด้วยกัน เมื่อพิจารณาลักษณะของจุลชีพที่อยู่ในแอร์เรตต์ ซับเมอรจค์ ฟิลเตอร์ จะประกอบด้วยจุลชีพประเภทที่แบคทีเรียอยู่ในลักษณะแขวนลอย เช่นเดียวกับระบบแอ็กติเวตเต็ดสลัจและจุลชีพประเภทที่แบคทีเรียอยู่ในลักษณะยึดเกาะกับตัวกลางเช่นเดียวกับระบบทริคคลิ่งฟิลเตอร์ น้ำเสียเมื่อถูกส่งเข้ามาในถังปฏิกริยา ซึ่งมีตัวกลางอยู่จะถูกแบคทีเรียที่แขวนลอยอยู่ในน้ำและแบคทีเรียที่ยึดเกาะกับตัวกลางเข้าทำการบำบัด นอกจากนี้แล้ว แอร์เรตต์ ซับเมอรจค์ ฟิลเตอร์ ยังได้นำเอาระบบการกรองเข้ามาใช้งานร่วมด้วย กล่าวคือ จะใช้ตัวกลางซึ่งจะเป็นทรายกรองเอาตะกอนจุลชีพที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกริยาชีวเคมีนั้นออกเสียก่อนที่จะระบายน้ำทิ้ง ซึ่งคาดว่าจะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างถังตกตะกอน