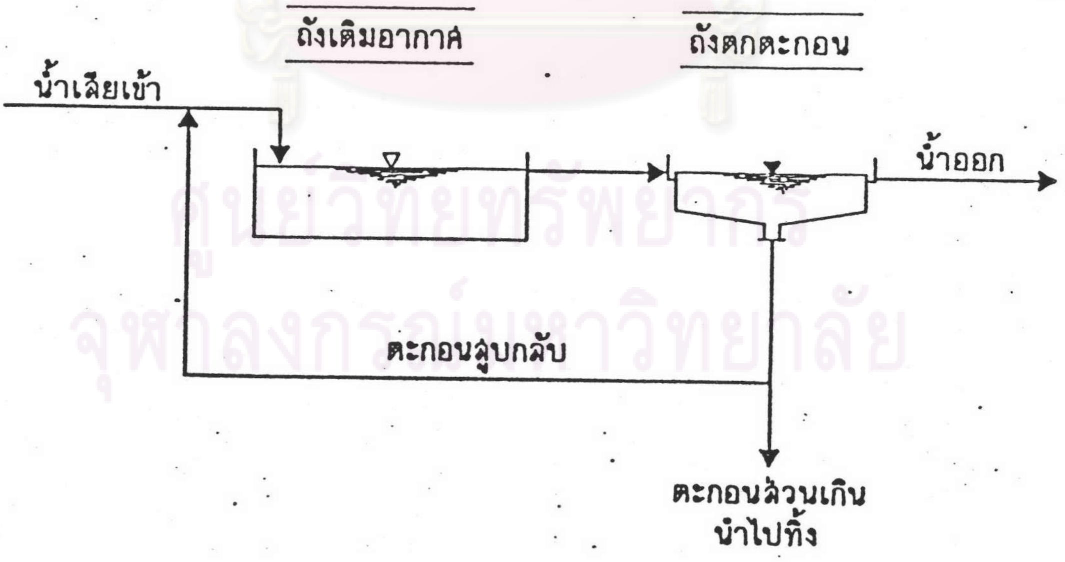
บทที่ 2

ทฤษฎีของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบแอคติเวตเตดสลัดจ์

2.1 <u>แนะนำกระบวนการ</u>

กระบวนการแอคติเวตเตดสลัดจ์ (Activated sludge process) เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาแบบใช้อากาศ ซึ่งสามารถกำจัด สารอินทรีย์คาร์บอน และสารไนโตรเจนออกจากน้ำเสีย การทำงานของกระบวนการประกอบด้วยการให้ออกซิเจนแก่น้ำเสียและกวนให้สัมผัสกับตะกอนจุลินทรีย์ (Biological floc) ในถังเติมอากาศ เพื่อใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายมลสารอินทรีย์ในน้ำเสีย และเปลี่ยนมาเป็นมวลจุลินทรีย์ จากนั้นน้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วและตะกอนจุลินทรีย์จะไหลไปยังถังตกตะกอน เพื่อแยกน้ำใสส่วนบนทิ้งออกจากระบบ ส่วนตะกอนจุลินทรีย์ซึ่งจมอยู่ที่ก้นถังนั้น ส่วนใหญ่จะถูกสูบกลับไปเข้าถังเติมอากาศ มีเพียงส่วนน้อยซึ่งเป็นผลจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ต้องนำไปทิ้ง แผนผังแสดงการทำงานของกระบวนการได้แสดงเอาไว้ในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 หลักการทำงานของกระบวนการแอคติเวตเตดสลัดจ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตะกอนเร่ง (Activated sludge) ประกอบด้วย จุลินทรีย์หลายชนิดอยู่ร่วมกัน ทำให้สามารถกำจัดของเสีย ทั้งที่มีอยู่ในรูปของสารละลายคอลลอยด์ ของแข็งแขวนลอยรวมทั้งมลสารอื่น ๆ ที่สามารถกำจัดได้ด้วยการดูดจับเข้าไว้ในตะกอนเร่งและแร่ธาตุต่าง ๆ

กระบวนการนี้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง และเป็นที่นิยมใช้กันมากทั่วไปในโลก มีขนาดตั้งแต่เล็กจนถึงใหญ่ และได้รับการพัฒนามาเป็นลำดับ เพื่อให้เหมาะสำหรับนำไปใช้งานแต่ละชนิด

2.2 <u>กลไกในการทำงาน</u>

กระบวนการแอคติเวตเตดสลัดจ์ ประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมากมายหลายชนิดที่ถูกควบคุมให้เจริญเติบโตอยู่ในน้ำ ซึ่งมีออกซิเจนอิสระละลายอยู่และจะต้องมีสารอินทรีย์ที่สามารถใช้เป็นอาหารและแหล่งพลังงานในการดำรงชีพได้อีกด้วย ปฏิกิริยาทางชีวเคมีของกระบวนการสามารถเขียนได้ดังนี้

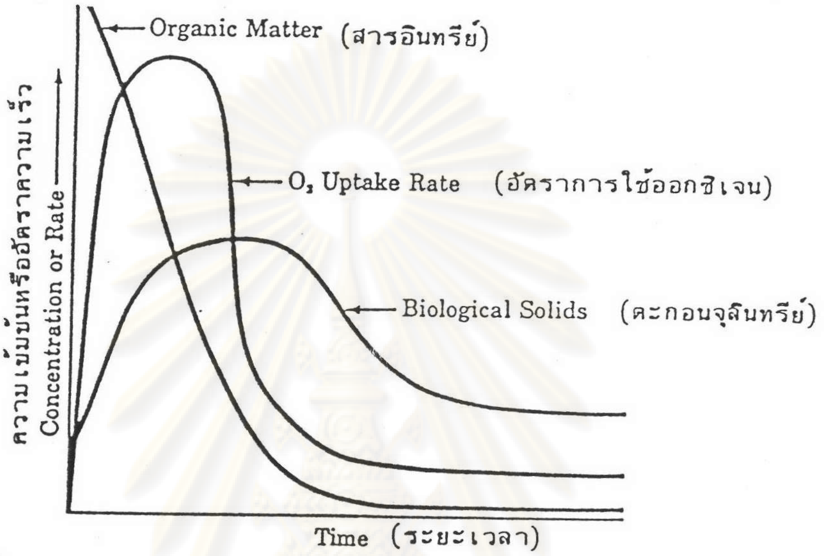
มลสารอินทรีย์ + จุลินทรีย์ $\xrightarrow{\text{ออกซิเจน}}$ จุลินทรีย์ตัวใหม่ + คาร์บอนไดออกไซด์ + น้ำ + พลังงาน

มลสาร (Pollutants) ที่อยู่ในน้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ใช้เป็นอาหาร และเจริญเติบโตขยายพันธุ์ต่อไป ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลอยขึ้นไปในอากาศ ส่วนน้ำจะผสมออกไปกับน้ำที่บำบัดแล้ว พลังงานก็จะถูกจุลินทรีย์ใช้ในการดำรงชีวิต สรุปแล้วมลสารซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ สารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำเสียจะถูกเปลี่ยนมาเป็นมวลจุลินทรีย์ที่หนักกว่าน้ำ สามารถแยกออกได้ง่ายด้วยการตกตะกอนในถังตกตะกอน น้ำเสียที่ถูกจุลินทรีย์นำสารอินทรีย์ต่าง ๆ มาใช้จนหมดแล้วก็จะเป็นน้ำที่สะอาดพอที่จะปล่อยทิ้งได้โดยไม่เกิดการเน่าเหม็น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการใช้สารอาหารหรือในการย่อยสลาย (Break down) สารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ อาจจะมีการทำงานร่วมกันหลายชนิดก็ได้ โดยจุลินทรีย์บางชนิดเริ่มทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ซับซ้อน (Complex organics) ก่อน จากนั้นก็จะมีจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ย่อยสลายส่วนที่เหลือ หรือมิฉะนั้นก็อาจจะเป็นการนำเอาผล หรือของเสียที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดอื่น ๆ มาทำการย่อยสลายต่อจนเป็นสารที่ไม่สามารถย่อยได้อีกต่อไป (End products)

ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ในการทำงานของกระบวนการแบบทำงานเป็นครั้ง (Batch process) สามารถแสดงได้ตามรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ปฏิกิริยาและการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการบำบัดทางชีววิทยาแบบไม่ต่อเนื่อง

เมื่อเริ่มการทำงาน ค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะมีค่าสูง ส่วนจุลินทรีย์จะมีค่าความเข้มข้นต่ำ และมีอัตราการใช้ออกซิเจนต่ำ ต่อจากนั้นเมื่อจุลินทรีย์เริ่มทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ก็จะเริ่มใช้ออกซิเจนมากขึ้น และเจริญเติบโต เป็นผลให้มีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ครั้นเมื่ออาหารเริ่มขาดแคลนจนไม่เพียงพอ ในการดำรงชีพของจุลินทรีย์ ปริมาณจุลินทรีย์และอัตราความต้องการออกซิเจนก็จะลดลงตามลำดับ แต่สำหรับในระบบบำบัดน้ำเสียจริงซึ่งมีน้ำเสียไหลเข้าระบบอย่างต่อเนื่อง จุลินทรีย์ก็จะย่อยสลายสารอินทรีย์และเพิ่มปริมาณอยู่ตลอดเวลา และมีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงตลอดเวลาเช่นเดียวกัน

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุลินทรีย์ต้องนำออกซิเจนมาใช้ด้วยเหตุผล 3 (สาม) ประการ คือ

1) ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน ตามสมการ

สารอินทรีย์ + ออกซิเจน $\xrightarrow[\text{เอ็นไซม์}]{\text{จุลินทรีย์}}$ คาร์บอนไดออกไซด์ + น้ำ + พลังงาน ..(1)

2) ใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่ ตามสมการ

สารอินทรีย์ + ฟอสฟอรัส + ไนโตรเจน + ออกซิเจน $\xrightarrow[\text{พลังงาน}]{\text{จุลินทรีย์}}$ เซลล์ใหม่ + คาร์บอนไดออกไซด์ + น้ำ ..(2)

โดยพลังงานที่ได้จากสมการที่ (1) จะถูกจุลินทรีย์นำไปใช้ ในสมการที่ (2) เพื่อสร้างเซลล์ใหม่

3) ใช้ในการย่อยสลายจุลินทรีย์ตัวอื่นที่ตายแล้ว ตามสมการ

จุลินทรีย์ที่ตายแล้ว + ออกซิเจน $\xrightarrow[\text{เอ็นไซม์}]{\text{จุลินทรีย์}}$ คาร์บอนไดออกไซด์ + น้ำ + (แอมโมเนียหรือไนเตรท) + พลังงาน ..(3)

โดยจุลินทรีย์ที่ตายแล้วจะถูกใช้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ตัวอื่น ๆ ที่ยังมีชีวิตอยู่

2.3 การเกิดแอคติเวตเตดสลัดจ์

การเกิดแอคติเวตเตดสลัดจ์ มีขั้นตอนที่ต่อเนื่องกัน 3 ขั้นตอน ซึ่งทั้งหมดนี้จะเกิดขึ้นภายในถังเติมอากาศ คือ

2.3.1 ขั้นส่งถ่าย (Transfer step)

ขั้นแรกแบคทีเรียในถังเติมอากาศ จะดูดสารอินทรีย์ในน้ำเสียมาไว้ ที่ผนังเซลล์ และส่งเอ็นไซม์ที่มีความเหมาะสมกับชนิดของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ออกมาย่อยสลายสารอินทรีย์ให้มีโมเลกุลเล็กลงพอที่จะซึมผ่านผนังเซลล์เข้าไปในเซลล์ได้ โดยขั้นตอนนี้จะกินเวลาประมาณ 15 - 30 นาที เพื่อให้แบคทีเรียมีเวลาสัมผัสกับน้ำเสียได้เพียงพอและทั่วถึง

2.3.2 ขั้นเปลี่ยนรูป (Conversion step)

เมื่อสารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกย่อย และดูดซึมเข้าสู่ภายในเซลล์แล้ว แบคทีเรียจะเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ที่อยู่ภายในเซลล์ด้วย กระบวนการออกซิเดชั่น (Oxidation) ซึ่งในขั้นนี้แบคทีเรียต้องการออกซิเจนเพื่อใช้ในการกระบวนการ และได้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ พลังงาน และสร้างเซลล์ใหม่ ด้วยกระบวนการสังเคราะห์ (Synthesis) กระบวนการทั้งสองนี้เป็นกระบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้นในเซลล์ของแบคทีเรีย (Metabolic process)

2.3.3 ขั้นรวมตะกอน (Flocculation step)

เมื่อแบคทีเรียได้ใช้สารอินทรีย์ในขั้นที่สองไปบางส่วน จนเหลือสารอินทรีย์ที่ใช้เป็นอาหารจำกัด แบคทีเรียจะมีพลังงานลดลง ขณะเดียวกันแบคทีเรียจะถูกการกวนผสมในถังเติมอากาศทำให้เซลล์ของมันชนกัน และจับตัวรวมกันเป็นตะกอนที่ใหญ่ขึ้นเรียกว่า ฟลอค (floc) ซึ่งมีความสามารถในการตกตะกอนได้ดีกว่าเซลล์เดี่ยว ๆ ทำให้แบคทีเรียในขั้นนี้สามารถแยกตัวออกจากน้ำที่กำจัดแล้วได้ง่าย

2.4 จุลชีววิทยาของแอคติเวตเตคสลัดจ์

จุลชีพที่มีอยู่ในระบบแอคติเวตเตคสลัดจ์ สามารถจำแนกออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

1) จุลชีพสร้างฟลอค (Floc forming microorganisms) เป็นจุลชีพที่มีบทบาทสำคัญมากในระบบแอคติเวตเตคสลัดจ์ เพราะเป็นจุลชีพหลักที่ใช้ในการกำจัดน้ำเสีย และสามารถจับตัวรวมกันเป็นกลุ่มก้อน แยกตัวออกจากน้ำที่บำบัดแล้วได้ง่ายเรียกว่า ฟลอค จุลชีพประเภทนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนใหญ่ได้แก่แบคทีเรีย และโปรโตซัว ฟังไจบางชนิด

2) แซฟโปรไฟท์ (Saprophytes) เป็นจุลชีพที่รับผิดชอบต่อ การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ส่วนใหญ่ของจุลชีพกลุ่มนี้ได้แก่แบคทีเรีย ซึ่งมักเป็นพวกสร้างฟลอค แซฟโปรไฟท์สามารถแบ่งย่อยออกเป็น 2 ชนิดคือ แซฟโปรไฟท์แบบปฐมภูมิ (Primary) ทำหน้าที่ในการย่อยสลายสับสเตรท (Substrate) ให้กลายเป็นสารประกอบโมเลกุลเล็ก แซฟโปรไฟท์แบบทุติยภูมิ (Secondary) ทำหน้าที่ช่วยให้เกิดการย่อยสลายสารประกอบโมเลกุลเล็ก ที่สร้างโดยแซฟโปรไฟท์แบบปฐมภูมิให้สมบูรณ์ และได้ผลสุดท้ายของปฏิกิริยาคือ คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

3) จุลชีพทำลาย (Predator) เป็นจุลชีพที่กินจุลชีพด้วยกันเองเป็นอาหาร ซึ่งจุลชีพชนิดนี้มีขนาดใหญ่กว่า หรือมีศักยภาพที่สูงกว่า จะกินจุลชีพที่มีขนาดเล็ก ทำให้จุลชีพทำลายมีความสำคัญกับระบบแอคติเวตเตดสลัดจ์กล่าวคือช่วยทำให้น้ำออกจากระบบกำจัดใส

4) จุลชีพก่อกวน (Nuisance microorganisms) เป็นจุลชีพที่ทำให้เกิดปัญหาในการทำงานของระบบกำจัดน้ำเสียแบบแอคติเวตเตดสลัดจ์ เป็นแบคทีเรียชนิดที่เป็นเส้นใย หรือฟังไจบางชนิดที่มีรูปร่างยาวคล้ายเส้นใย ทำให้เกิดการจมตัวไม่ลงของตะกอน

2.5 <u>ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบ</u>

2.5.1 <u>ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย</u>

เนื่องจากสารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นอาหารของจุลินทรีย์ในกระบวนการแอคติเวต-เตดสลัดจ์ ดังนั้นหากความเข้มข้นของสารอินทรีย์เปลี่ยนแปลงมากจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบ โดยอาจจะทำให้มีอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์สูง (มีอาหารมาก) ทำให้จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีลักษณะเติบโตกระจายอยู่ทั่วไป (Dispersed growth) แทนที่จะรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนที่ดี (Floc) เป็นผลให้ตกตะกอนได้ไม่ดี น้ำออกขุ่น และมีค่าสารอินทรีย์หรือบีโอดีเหลืออยู่สูง หรืออาจจะเกิดขึ้นในทำนองตรงกันข้าม คือ มีอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ต่ำ (มีอาหารน้อย) จนทำให้จำนวนจุลินทรีย์เจริญเติบโตลดน้อยลง ซึ่งถึงแม้ตะกอนจุลินทรีย์จะตกตะกอนได้เร็วแต่ก็ไม่สามารถจับตะกอนเล็ก ๆ ตกลงมาได้หมด ทำให้น้ำที่ออกจากถังตกตะกอนขุ่น

2.5.2 <u>อาหารเสริม</u>

จุลินทรีย์ต้องการอาหารเสริม (Nutrients) ซึ่งได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และเหล็ก นอกเหนือจากสารอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งนำมาใช้เป็นพลังงาน ปกติแร่ธาตุเหล่านี้มีอยู่ครบในน้ำเสียจากชุมชน (Domestic wastewater) แต่อาจจะมีไม่พอในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม การขาดอาหารเสริมที่สำคัญเหล่านี้จะทำให้จุลินทรีย์ที่สร้างฟลอคเติบโตได้ไม่ดี จนทำให้จุลินทรีย์ชนิดที่เป็นเส้นใย (Filamentous) เจริญเติบโตได้มากกว่า ซึ่งจะทำให้ตะกอนเร่งตกตะกอนได้ยากและเกิดเป็นชั้นตะกอนอืดขึ้นมาสูงในถังตกตะกอนและอาจจะล้นไหลออกมากับน้ำทิ้ง จนระบบไม่สามารถทำงานต่อไปอีกได้ นอกจากนี้การที่จุลินทรีย์หลายชนิดเจริญเติบโตได้ไม่ดีจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานต่าง ๆ ของระบบต่ำลงอีกด้วย ปกติจะควบคุมให้บีโอดี 100 กิโลกรัมต้องมีไนโตรเจน 5 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 1 กิโลกรัม และเหล็ก 0.5 กิโลกรัม

2.5.3 <u>ออกซิเจนละลายน้ำ</u>

ในถังเติมอากาศจะต้องมีค่าออกซิเจนละลายน้ำระหว่าง 1 ถึง 2 มก./ลิตร ซึ่งปริมาณของอากาศหรือออกซิเจนที่ใช้ เพื่อรักษาค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ หากอุณหภูมิสูงจุลินทรีย์สามารถทำงานได้มากก็จะต้องการออกซิเจนมาก นอกจากนั้นที่อุณหภูมิสูงออกซิเจนจะมีค่าการละลายน้ำอิ่มตัว (Saturation valve) ต่ำ จึงทำให้ต้องให้ออกซิเจนมาก เมื่ออุณหภูมิของน้ำในถังเติมอากาศสูง ในทำนองกลับกัน หากอุณหภูมิของน้ำต่ำก็ทำให้มีความต้องการเติมอากาศ น้อยกว่าที่อุณหภูมิสูง ในการที่จะรักษาระดับความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำที่ค่าเท่ากัน

2.5.4 <u>ระยะเวลาในการบำบัด</u>

ระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียในถังเติมอากาศจะต้องมากพอเพียงที่จุลินทรีย์จะใช้ในการย่อยสลายมลสารต่าง ๆ หากมีระยะเวลาต่ำเกินไปสารที่ย่อยยาก ๆ จะถูกย่อยไม่ถึงขั้นสุดท้าย ทำให้มีค่าบีโอดี เหลืออยู่ในน้ำเสียมาก

สำหรับระยะเวลาในถังตกตะกอนขั้นสองก็เช่นเดียวกัน หากมีน้อยเกินไปก็จะทำให้ตะกอนเร่งตกตะกอนได้ไม่ดี แต่ถ้านานเกินไปก็จะทำให้ตะกอนเร่งขาดออกซิเจนและเน่าได้

2.5.5 ค่าพีเอช

พีเอช (pH) เป็นค่าแสดงความเป็นกรด-ด่าง ค่าพีเอชเท่ากับ 7 ถือว่าเป็นกลาง ถ้าน้อยกว่า 7 ถือว่าเป็นกรด และถ้ามากกว่า 7 ถือว่าเป็นด่าง

แบคทีเรียเจริญเติบโตได้ดีที่ ค่าพีเอช ระหว่าง 6.5 กับ 8.5 ถ้าพีเอชมีค่าต่ำกว่า 6.5 รา (Fungi) จะเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบคทีเรีย ทำให้ประสิทธิภาพต่ำลง และตะกอนเร่งตกตะกอนได้ไม่ดี ส่วนที่ค่าพีเอชสูงก็จะทำให้ฟอสฟอรัสแยกตัวออกมาจากน้ำ (Precipitate) และจุลินทรีย์ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ทำให้ระบบทำงานได้ไม่ดีเช่นกัน แต่ถ้าพีเอชมีค่าต่ำมากหรือสูงมากจุลินทรีย์ก็จะตายหมดไม่สามารถดำรงชีพต่อไปได้

2.5.6 สารเป็นพิษ

สารเป็นพิษแบ่งออกได้เป็นสองจำพวกคือแบบพิษเฉียบพลัน(Acute toxicity) ซึ่งจุลินทรีย์จะตายหมด ภายในระยะเวลาไม่กี่ชั่วโมง และแบบพิษออกฤทธิ์ช้า (Chronic toxicity) ซึ่งใช้เวลานานและค่อย ๆ ตาย

พิษเฉียบพลันสามารถสังเกตได้ง่าย เนื่องจากมีผลเกิดขึ้นรวดเร็ว สารพิษจำพวกนี้ได้แก่ ไซยาไนด์ อาร์เซนิค เป็นต้น สำหรับสารพิษออกฤทธิ์ช้า เช่น ทองแดงและโลหะหนักต่าง ๆ จุลินทรีย์จะสะสมเอาไว้ภายในเซลล์จนเกิดเป็นพิษ และตายในที่สุด นอกจากนั้นอาจจะเกิดจากสารอินทรีย์ก็ได้ เช่น แอมโมเนีย มีค่าความเข้มข้นสูงเกิน 500 มก./ลิตร เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5.7 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการทำงานและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระบวนการตะกอนเร่ง โดยทั่ว ๆ ไปการเพิ่มอุณหภูมิขึ้นทุก 10 $^{\circ}$ซ. จะทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอีกเท่าตัว จนถึงอุณหูมิประมาณ 37 $^{\circ}$ซ. จากนั้นอุณหุภูมิจะร้อนเกินไปจนจุลินทรีย์เจริญเติบโตน้อยลงอย่างรวดเร็ว

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิยังมีผลต่อการทำงานในถังตกตะกอนขั้นสอง โดยพบว่าหากอุณหภูมิต่ำตะกอนจะตกได้ดีกว่าอุณหภูมิสูง และถ้าอุณหภูมิในถังตกตะกอนมีการเปลี่ยนแปลง

แตกต่างกันเกิน 2 °ซ. จะทำให้เกิดการไหลวนของน้ำ เนื่องจากมีความหนาแน่นแตกต่างกัน ซึ่งเรียกว่า Density currunt

2.5.8 <u>การกวน</u>

ภายในถังเติมอากาศจะต้องมีการกวนอย่างทั่วถึง เพื่อป้องกันมิให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกตะกอนและเพื่อให้จุลินทรีย์ได้สัมผัสกับน้ำเสียที่ส่งเข้ามาบำบัด โดยใช้เป็นอาหารและลดมลสารต่าง ๆ รวมทั้งจะได้จับตัวกันเป็นฟลอคที่ดี การกวนที่ถูกต้องจะป้องกันมิให้น้ำเสียไหลลัดวงจร และทำให้ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารสูง การกวนที่สมบูรณ์ในถังเติมอากาศแบบกวนสมบูรณ์ (Complete mix) จะต้องมีค่า MLSS และค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำสม่ำเสมอกันทั่วทั้งถัง

2.5.9 <u>อัตราการไหลของน้ำเสีย</u>

การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำเสียที่ส่งมาเข้าระบบบำบัด มีผลโดยตรงต่อการทำงานของกระบวนการทางชีววิทยา และในถังตกตะกอน หากน้ำเสียมีอัตราการไหลเพิ่มมากขึ้นจะทำให้มีระยะเวลาในการบำบัดน้อยลง มีค่าสารอินทรีย์เพิ่มมากขึ้นและระยะเวลาในการตกตะกอนในถังตกตะกอนขั้นสองลดลงด้วย ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบลดลง ส่วนอัตราการไหลที่น้อยเกินไปก็มีผลเสียเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงควรมีการควบคุมให้มีการส่งน้ำเสียเข้ามาบำบัดอย่างสม่ำเสมอ ในอัตราที่ใกล้เคียงกับที่ได้ออกแบบไว้ เช่น อาจจะสร้างเป็นบ่อพักเก็บกัก (Equalizing tank) เป็นต้น

2.6 <u>ขั้นตอนในการพัฒนากระบวนการ</u>

ในช่วงต้นของคริสต์ทศวรรษ 1900 ได้มีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียโดยการเติมอากาศ (Aeration) แต่ก็ยังไม่มีผู้ใดสามารถสรุปผลงานออกมาให้เป็นความหวังได้ จนกระทั่ง Clark และ de Gage ได้เสนอผลงานวิจัยในปี ค.ศ. 1912 ซึ่งพอจะเรียกได้ว่าเป็นการค้นพบกระบวนการแอคติเวตเตดสลัดจ์ โดยได้พบว่าในระหว่างการเติมอากาศให้แก่น้ำเสียจะมีตะกอน (Sludge) เกิดขึ้น และตะกอนเหล่านี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย แต่เป็นที่น่าเสียดายว่าเมื่อเขาทำการวิจัยต่อไปกลับกลายเป็นการพัฒนากระบวนการกรองโดยเป่าอากาศ (Immersed aerated filters) ซึ่งมีความสำคัญด้านเทคนิคน้อย

กว่ากระบวนการแอคติเวตเตดสลัดจ์ ในช่วงระยะเวลาใกล้เคียงกันก็ได้มีการพัฒนากระบวนการไปในแนวทางที่ถูกต้องขึ้นที่เมือง Manchester ในประเทศอังกฤษ โดย Dr. Fowler ได้ให้คำแนะนำการพัฒนากระบวนการใหม่นี้แก่ Ardern และ Lockett โดยการเติมอากาศและใช้ตะกอนจุลินทรีย์กลับมาบำบัดน้ำเสียใหม่ ในถังเติมอากาศผลงานวิจัยนี้ได้รับการพิมพ์เผยแพร่ในปี ค.ศ. 1914 ซึ่งต่อมา Jones ได้ทำการจดสิทธิบัตรของกระบวนการแอคติเวตเตด-สลัดจ์ ซึ่งทำงานอย่างต่อเนื่อง (Continuous) ในปี ค.ศ. 1914

ไรงบำบัดน้ำเสียแบบกระบวนการแอคติเวตเตดสลัดจ์ ได้ถูกก่อสร้างขึ้นและใช้งานที่เมือง Worcester ประเทศอังกฤษ ในเดือนเมษายน ค.ศ. 1916 โดยออกแบบให้มีระยะเวลาบำบัดน้ำเสียในถังเติมอากาศเป็นเวลา 8 ชั่วโมง และมีอัตราการสูบตะกอนกลับจากก้นถังตะกอนคิดเป็นร้อยละ 25 ของอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบ และการเติมอากาศใช้หัวกระจายอากาศ (Air diffusers) ต่อจากนั้นก็ได้มีการก่อสร้างขึ้นทั่วไปในยุโรป และสหรัฐอเมริกา

ในช่วงการพัฒนากระบวนการแอคติเวตเตดสลัดจ์ ได้มีนักวิทยาศาสตร์ และวิศวกรหลายท่านที่ได้มีส่วนช่วยทำให้ค้นพบวิธีการทำงาน และการนำไปใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น W.Rudoffs , H.Heukelekian , C.Sawyer , A.Pasveer , K.Wuhrmann , W.W.Eckenfelder , W.Von der Emde

การพัฒนากระบวนการตามช่วงระยะเวลาต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้

1920 S - ออกแบบโดยใช้ข้อมูลจากระยะเวลาบำบัดในถังเติมอากาศ และมีลักษณะการไหลของน้ำในถังเติมอากาศเป็นแบบไหลตามยาว (Plug flow)

1930 S - พัฒนาหลักการบำบัดแบบปล่อยน้ำเสียเข้าเป็นขั้น (Step-loading)

1940 S - พัฒนาระบบอัตราการบำบัดสูง (High rate system) และการเติมอากาศยาวนาน (Extended aeration)

1950 S - พัฒนา กระบวนการคอนแทคท์สเตบิไลเซชั่น (Contact stabilization) ออกซิเดชั่นดัทช์ (Oxidation ditches) การนำไปใช้บำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1960 S – พัฒนาเครื่องกลเติมอากาศ (Mechanical aerators) ที่มีประสิทธิภาพสูงมีการนำระบบกวนสมบูรณ์ (Completely - mixed) มาใช้งาน

1970 S – พัฒนากระบวนการซึ่งใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์ (Pure oxygen) , ระบบท่อลึก (Deep-shaft) และฟลูอิไดส์ เบดส์ (Fluidized beds) , กระบวนการที่ใช้ร่วมกับถ่านกัมมันต์ (Powdered activated carbon AS) , เอสบีอาร์ (SBR) ฯลฯ

1980 S – พัฒนากระบวนการให้ทำงานร่วมกับจุลินทรีย์แบบฟิล์มตรึง (Fixed film) เช่น กระบวนการคอนแทคท์แอเรชั่น (Contact aeration process) และใช้ร่วมกับกระบวนการจานชีวหมุน (RBC) รวมทั้งการควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ

จะเห็นได้ว่าในช่วงระยะเวลาประมาณ 70 ปีที่ผ่านมา กระบวนการแอคติเวตเตด-สลัดจ์ ได้รับการพัฒนาขึ้นมานับเป็นสิบรูปแบบ ซึ่งก็เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานได้ไม่เหมือนกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย