บทที่ 4

การบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย

4.1 ผลของโลหะหนักในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย

การศึกษาเกี่ยวกับผลของโลหะหนักต่อระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย เริ่มแรกนั้นได้เน้นความสำคัญในเรื่องพิษของโลหะหนักต่อจุลินทรีย์ และการยับยั้งปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์ ต่อมาหลังจากมีการพบว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยสามารถกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียได้ดี จึงได้มีการศึกษาถึงประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักแต่ละชนิดและการควบคุมระบบ

Brown and Lester (1979) ได้รวบรวมรายงานการศึกษาผลของโลหะหนักในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย และจากรายงานการศึกษาต่าง ๆ พบว่าโลหะหนักในน้ำเสียเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของประชากรจุลินทรีย์ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย พิษของโลหะหนักต่อจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย ได้มีการศึกษาและประเมินจากความสัมพันธ์ต่าง ๆ กัน ดัง Lamb & Tollefson (1973) วัดด้วยค่า glucose uptake by sludge. Bitton & Freihofer (1978) วัดจาก Viable counts. Mowat (1976) วัดจากการลดค่า BOD. Moulton & Shumate (1963), Poon & Bhayani (1971). วัดจากการลดค่า COD. Neufeld (1976), Pettel (1956) วัดจากความยุ่นของน้ำทิ้ง Downing (1964) วัดจากการยับยั้งขบวนการเกิด Nitrification. และ Kunz et al (1976) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยโดยเติม Vanadium 20 - 50 มิลลิกรัมต่อลิตรลงไป จะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของประชากรจุลินทรีย์ ที่ความเข้มข้นของ Vanadium 80 มิลลิกรัมต่อลิตร Rotiffer จะตายหมดจะมี Free-swimming ciliates protozoa อย่างมากมาย ที่ความเข้มข้นของ Vanadium 120 มิลลิกรัมต่อลิตรจะพบ Flagellated protozoa เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน Singleton & Guthric (1977) ได้รายงานไว้ว่าประชากรแบคทีเรียจะลดลงหลายชนิดเมื่อมีทองแดง และปรอทในน้ำเสีย Bringmann & Kühn (1980) พบว่าปริมาณตะกั่ว (Pb^{+2}) เมื่อความ-

เข้มข้น 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเริ่มเป็นพิษต่อพวกโปรโตซัว (Entosiphon Sulcatum) ที่ความเข้มข้น 1.8 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเริ่มเป็นพิษต่อแบคทีเรีย (Pseudomonas putida) และจะเริ่มเป็นพิษต่อพวกสาหร่ายสีเขียว (Scendesmus quadricauda) ด้วยความเข้มข้นมากกว่า 3.7 มิลลิกรัมต่อลิตร Neufeld & Hermann (1975b) ได้ศึกษาปฏิกิริยาการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย พบว่าปรอทมีผลในการยับยั้งปฏิกิริยาดังกล่าว แต่สามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มความเข้มของสารอินทรีย์ ส่วนแคดเมียมและสังกะสีมีผลต่อปฏิกิริยาการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เช่นกัน แต่มียีดจำกัด ผลการยับยั้งปฏิกิริยาเมื่อความเข้มข้นของแคดเมียมและสังกะสีต่ำสามารถแก้ไขได้ด้วยการเพิ่มความเข้มข้นของสารอินทรีย์ แต่เมื่อความเข้มข้นของแคดเมียม และสังกะสีสูงถึงยีดจำกัดไม่สามารถแก้ไขโดยการเพิ่มความเข้มข้นของสารอินทรีย์ Tomlinson et al (1966), Loveless et al. (1968) พบว่าโลหะหนักบางชนิด เช่น นิกเกิล โครเมียมและทองแดง มีผลในการยับยั้งปฏิกิริยา Nitrification. Barth et al (1965) พบว่าผลของโลหะหนักจะยับยั้งการเจริญเติบโตของ Nitrifying Bacteria ทำให้ไม่เกิด Nitrification โดยมีการใช้ออกซิเจนในระบบน้อยและน้ำทิ้งจากระบบมีแอมโมเนียมาก

4.2 <u>การกำจัดโลหะหนักด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย</u>

การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียด้วยระบบบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยอาจเกิดขึ้นได้โดย

1. เกิดการรวมตัวและตกผลึกของสารโลหะหนัก โลหะหนักส่วนที่ไม่ละลายน้ำจะติดไปกับตะกอนจุลินทรีย์ หรือแยกออกโดยการตกตะกอนได้เอง

2. โลหะหนักส่วนที่ละลายน้ำ หรือเป็นอนุภาคแขวนลอย จะเกาะจับที่ผิวของเซลล์จุลินทรีย์ หรือตะกอนจุลินทรีย์

3. โลหะหนักที่อยู่ในสถานะสารละลาย จะถูกดูดซึมเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์

4. การระเหยของโลหะหนัก

Forstner (1981) ได้อธิบายการรวมตัวและตกผลึกของโลหะหนักในระบบทางชีวภาพว่า จากปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้เป็นโมเลกุลเล็ก ๆ แล้วโมเลกุลเล็ก ๆ นี้จะเกิดรวมตัวกับอนุภาคโลหะหนักเป็นสารประกอบโลหะหนักได้ดี และผลจากปฏิกิริยาชีวเคมีทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพในระบบ เช่น พีเอช สูงขึ้น โลหะหนักก็จะตกตะกอนได้มากขึ้น Brown and Lester (1979) พบว่า จุลินทรีย์พวก Extracellular polymer และพวก Capsule จะสร้างสารที่ช่วยในการยึดเกาะอนุภาคของโลหะหนัก และได้กล่าวถึงรายงานของ Brown et al (1973) ซึ่งพบว่าการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียโดยระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยมีประสิทธิภาพดีกว่าการกำจัดในถังตกตะกอนเบื้องต้น (primary settling) และ Brown et al (1973) ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโลหะหนักกับการดูดตึง (uptake) ของโลหะหนักในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย พบว่าการดูดตึงจะเกิดขึ้นได้ 2 ขั้นตอน ตอนแรกจะเกิดขึ้นเร็วมากภายใน 3 ถึง 10 นาที โดยการดูดซึม (adsoption) ของกลุ่มตะกอนจุลินทรีย์ ระยะที่สองจะใช้เวลามาก อาจเป็น 3 ชั่วโมงถึง 2 สัปดาห์ Cheng et al (1975) ได้ทดลองเปรียบเทียบการดูดตึงจาก active และ non-active sludge พบว่าการดูดตึงของ non-active sludge จะต่ำและเกิดเพียงขั้นแรกเท่านั้น ซึ่งอาจจะเป็นเพราะเซลล์ถูกทำลาย Neufeld & Hermann (1975b) พบว่าการดูดตึงของปรอทไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของปรอทหรือเซลล์ที่มีชีวิต และสรุปได้ว่าการดูดตึงเป็นปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์-เคมีบนผิวของเซลล์ ไม่ใช่ปรากฏการณ์ทางชีวเคมี และ Yamada et al (1959), Magos et al (1964)ได้พบว่ามีจุลินทรีย์บางชนิดในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยสามารถเปลี่ยนแปลงสภาพสารปรอทในน้ำเสียไปเป็นสารที่ระเหยสู่บรรยากาศได้

ตารางที่ 7 ได้แสดงประสิทธิภาพการกำจัดโลหะหนักด้วยระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพจากโรงบำบัดน้ำเสีย Johannesbury พบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยสามารถกำจัดโลหะหนักได้ด้วย มีการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยจากโรงงานบำบัดน้ำเสียและจากการทดลองต่าง ๆ พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วมีค่าระหว่าง 27 ถึง 98 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 8

ตารางที่ 7 ผลการกำจัดโลหะหนักในระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพจากโรงบำบัดน้ำเสีย Johannesbury, South Africa. (จาก Metal Pollution in the Aquatic Environment)

	Cd (µg/l)	Cr (µg/l)	Cu (µg/l)	Ni (µg/l)	Pb (µg/l)	Zn (µg/l)
Primary Sedimentation						
Screened sewage after primary settling						
Influent	-	120	100	160	60	-
Effluent	-	50	40	90	30	-
Removal	-	58%	60%	44%	50%	-
Activated sludge unit						
Influent	63	1570	890	2370	180	3900
Effluent	26	610	210	2190	70	690
Removal	59%	61%	76%	8%	61%	83%
Digested sludge treatment						
Influent	10	170	80	130	70	1200
Effluent	2	20	10	50	10	70
Removal	80%	88%	87%	61%	86%	94%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียโดยวิธีบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย จากผลการวิเคราะห์ต่าง ๆ (Brown & Lester 1979)

ผลการวิเคราะห์จาก	ความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (mg/l)	ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว (%)	เอกสารที่มายของข้อมูล
TS	0.02 - 0.06	87	Nomura & Young (1974)
TS	0.01 - 0.49	79	Oliver & [illegible]sgrove (1974)
TS	0.02 - 0.06	73	Lester et al., (1979)
TS	0.14 - 0.40	65	Roberts et al., (1977)
TS	0.16	43	Brown et al., (1973)
TS	0.98 - 1.10	53	Chen et al., (1974)
PS	0.055	60	Davics & Jacknow (1975)
PS	0.095	56	Esmond et al., (1974)
LS	2.10 - 25.50	98	Cheng et al., (1975) (Lead uptake by batch-type activated sludge solids at 120 min)
LS	0.085	27	Stoveland et al., (1979a)
เฉลี่ยทั้งหมด		64	

* TS = Treatment plant.

PS = Pilot plant.

LS = Laboratory scale.

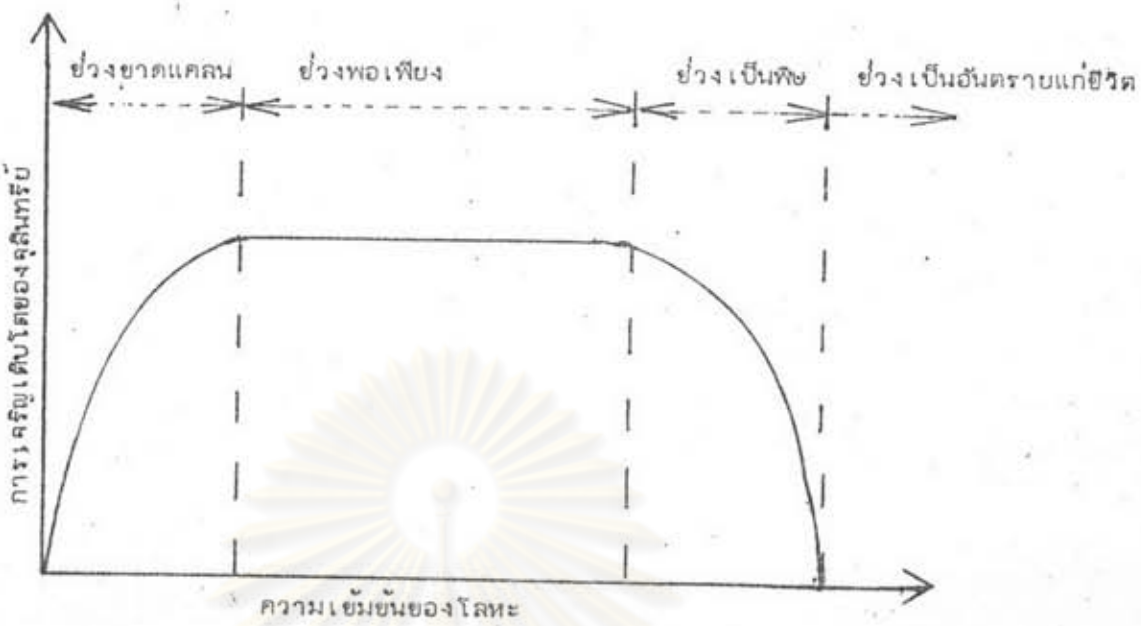
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกำจัดโลหะหนักในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย

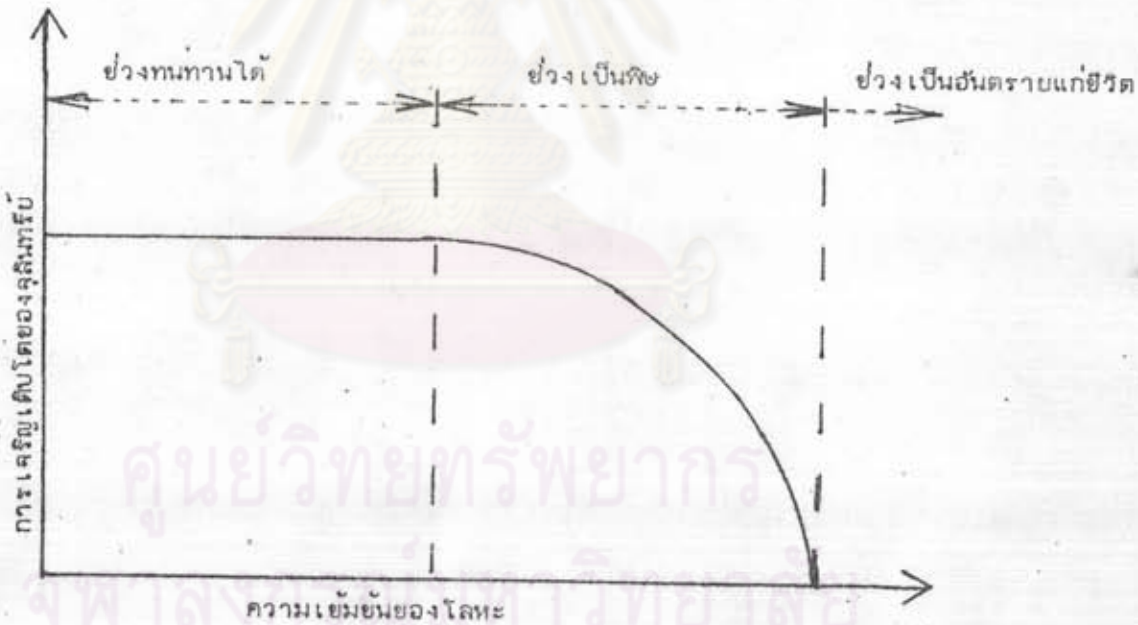
จากผลการศึกษาทดลองต่าง ๆ สรุปได้ว่าโลหะหนักมีพิษต่อจุลินทรีย์และจะมีผลต่อระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย โดยความเป็นพิษจะขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ คือ ชนิด ความเข้มข้นและสถานะของโลหะหนัก ชนิดของจุลินทรีย์ในระบบ ตะกอนแขวนลอยในระบบ รวมทั้งปริมาณสารอินทรีย์และเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ

Forstner (1981) พบว่า ความเข้มข้นของโลหะหนักจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ถ้ามีปริมาณโลหะหนักในระบบมากเกินไป จะเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ในระบบ ดังรูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กับความเข้มข้นของโลหะ โลหะบางชนิดถือเป็นสารอาหารเสริมสร้าง ถ้ามีปริมาณมากหรือน้อยเกินไปจะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดังรูปที่ 6.1 ส่วนโลหะอื่นที่ไม่เป็นสารอาหารเสริมสร้าง แม้มีน้อยหรือไม่มีเลยก็ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ แต่ถ้ามีมากเกินไปจะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ Brown and Lester (1979) ได้กล่าวถึงรายงานของ Cheng (1974) ซึ่งกล่าวว่าพิษของโลหะหนักจะปรากฏเมื่อโลหะหนักอยู่ในสถานะสารละลายหรือเป็นอิออน Sujarittaronta (1981) สรุปว่าการละลายของโลหะขึ้นกับ ชนิดและความเข้มข้นของสารประกอบโลหะ อโลหะ และศักยภาพในการรีดักชันและออกซิเดชันของโลหะในสารละลายนั้น Lamb & Tollefson (1973) พบว่าผลของทองแดงต่อระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยจะลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย

การกำจัดโลหะหนักในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยดังกล่าว จะเห็นว่ามีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตเกิดเป็นตะกอนจุลินทรีย์ และการตกตะกอน อันเป็นหลักสำคัญในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย เพื่อให้มีเซลล์จุลินทรีย์เป็นที่ยึดเกาะ ดูดซึม และดูดซับสารโลหะหนัก แล้วทำการตกตะกอนแยกออกจากน้ำทิ้ง ดังนั้นจำต้องควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดตะกอนจุลินทรีย์ และการตกตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย.



รูปที่ 6.1 โลหะที่จัดเป็นสารอาหารเสริมสร้าง เช่น cu , Zn.



รูปที่ 6.2 โลหะที่ไม่ใช่สารอาหารเสริมสร้าง เช่น Cd , Pb.

รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กับความเข้มข้นของโลหะ (จาก Metal Pollution in the Aquatic Environment)