

好氣性 浸漬型 生物膜工法에서 溫度가 處理效率에 미치는 影響

Effect of Temperature on the Treatment Efficiency in Aerated Submerged Biofilm Process

朴 鍾 雄* · 柳 明 辰**
Park, Jong Woong · Yu, Myong Jin

Abstract

The objective of this study was to investigate the effect of temperature on microbial characteristics and treatment efficiency in aerated submerged biofilm process.

From the results of the research, conclusions were derived as following:

1. Biofilm density, attached biomass and biofilm thickness were 30-42 mg/cm³, 1.2-2.7mg/cm² and 380-690μm, respectively. These were greatly affected by the variation of temperature (5-20°C) and packing ratio(45-90%).
2. The ratio of suspended biomass to the total biomass in the reactor was in the range of 10 to 50% in accordance with the variation of temperature and packing ratio. Therefore, the portion of suspended biomass cannot be neglected.
3. BOD removal efficiency increased as either temperature or biomass(suspended and attached) concentration increased.
4. The aerated submerged biofilm process appeared to be less affected by temperature variation and the estimated temperature correction coefficient of the Van't Hoff-Arrhenius equation was 1.042.

要 旨

本 研究에서는 浸漬型 生物膜 反應槽에서 溫度의 變化가 微生物 性狀과 處理效率에 미치는 影響을 究明하였다.

浸漬型 生物膜 反應槽에서 온도와 媒體充填率을 변화시켜 얻어진 연구결과를 要約하면 다음과 같다.

1. 生物膜 密度, 附着微生物量, 生物膜두께는 溫도와 媒體充填量의 變化에 상당한 影響을 받는다.
2. 반응조 내의 總 微生物 중 浮遊微生物이 차지하는 비율은 약 10-50%로 浮遊微生物이 基質除去에 關여하는 役割을 무시할 수 없음이 입증되었다.

*正會員 · 慶山大學 環境保健學科 助教授.

**正會員 · 서울市立大學校 環境工學科 教授

3. 온도와 총 미생물농도에 따른 BOD 除去效率를 나타내는 관계식을 유도할 수 있었다.
4. 본 工法은 온도변화에 강한 편으로, Van't Hoff-Arrhenius 變形式을 이용하여 求한 溫度補正係數는 1.042 이었다.

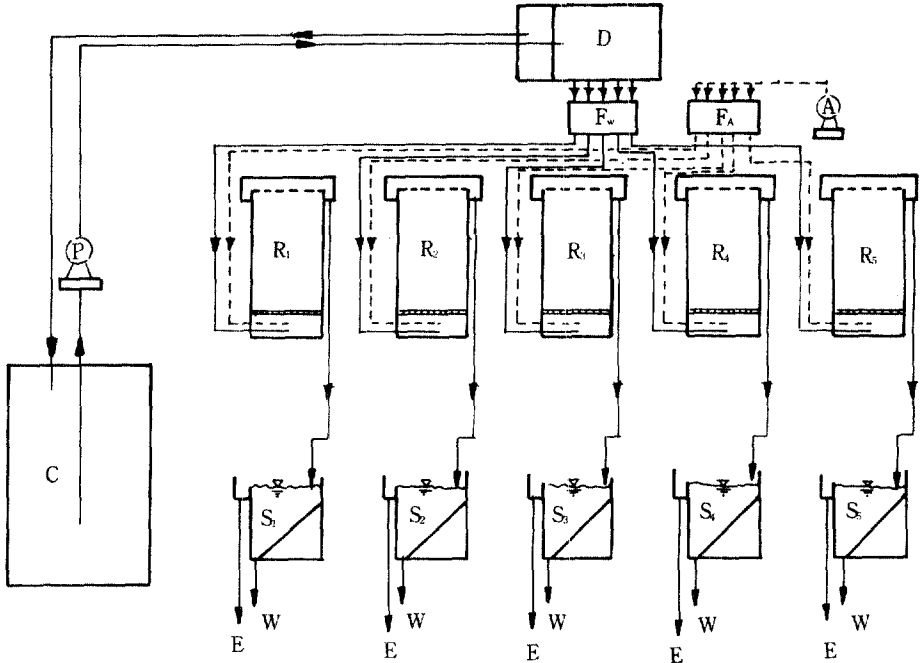
1. 序 論

浸漬型 生物膜工法은 수중에 담겨진 接觸媒體의 表面에 부착된 미생물과 液相에 현탁하고 있는 부유미생물에 의하여 有機物質을 생물학적으로 酸化分解하는 방법이다.

이러한 好氣性 浸漬型 生物膜 工法은 처리방법에 따라 接觸酸化法, 生物膜 濾過法, 曝氣循環濾床法으로 구분한다. 그러나, 槽 內에 충전된 媒體의 種類 및 充填方法에 따라 浮上型, 固定型, 流動型으로 구분하고, 曝氣 및 旋回流에 의한 循環方法에 따라

側面曝氣型, 全面曝氣型, 中心曝氣型, 表面曝氣型으로도 구분한다.^(1,2,3)

接觸媒體를 이용한 生物膜工法은 보다 많은 장점 때문에 최근에 더욱더 많은 주목을 받고 있으나 處理施設의 설계를 대부분 경험에 의존하고 있기 때문에 체계적인 處理工程의 해석이나 處理效率에 미치는 影響因子에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 특히 浸漬型 生物膜工法의 處理效率에 미치는 影響因子는 여러가지가 있겠으나, 그중에서 溫度는 반응조 내에서 微生物의 代謝速度, 基質의 擴散 및 浸透速度, 酸素傳達速度, 生物膜 形成에 영향을 미친



- | | |
|--|-------------------------------------|
| A : Air compressor | C : Substrate container |
| D : Distribution tank | F _A : Flow meter (air) |
| R ₁₋₅ : Submerged biofilm reactor | F _w : Flow meter (water) |
| S ₁₋₅ : Settling tank | E : Effluent |
| P : Feed pump | W : Waste sludge drain |

그림 1. Schematic diagram of the experimental apparatus

다. Topiwala와 Sinclair⁽⁴⁾는 온도에 따른 反應速度常數를 조사하였고, Rustin⁽⁵⁾과 宗宮 等⁽⁶⁾은 接觸酸化法에서 基質除去와 溫度와의 關係를 조사한 바가 있다. 한편, 附着微生物과 浮遊微生物의 混合型 反應槽에서 Bryers⁽⁷⁾, Ohgaki 等⁽⁸⁾은 附着微生物 이외에도 生物膜으로부터 脫離된 浮遊微生物이 基質除去에 상당히 중요하게 관여한다고 보고하였다. 山口 等⁽⁹⁾은 回轉圓板에 부착된 미생물량과 槽 內의 부유 미생물량을 측정된 결과 圓板에 부착된 미생물량은 2400mg/l 이고 부유미생물량은 약 1100mg/l 이었으며 浮遊微生物의 基質除去 능력은 附着微生物의 약 1/2이었다고 하였다. 이와같이 附着微生物과 浮遊微生物의 混合型 反應槽에서 溫度와 媒體 充填量에 따른 浮遊·附着微生物의 性狀과 基質의 除去效率에도 상당한 영향을 받게 된다.

따라서 본 연구에서는 浸漬型 生物膜 反應槽를 이용하여 溫度의 變化가 微生物 性狀과 處理效率에 미치는 影響에 대하여 究明하고자 한다.

2. 實驗方法

표 1. Characteristics of media

Type of paking	Shape	Size (mm)		Specific surface area(m ² /m ³)	porosity (%)	Number of packed media(EA/m ³)	Material	Specific gravity	Heat transformation temp.(°C)
		a	b						
Bulk type (pall ring)		25	25	234 (0.004336 m ² /EA)	86.8	54,000	Ultrahigh molecular weight Polyethylene	0.94	130

23 運 轉

본 실험에서 사용한 人工廢水의 組成은 표 2와 같으며, 廢水의 平均水質은 COD 600±20mg/l, BOD 360±15mg/l, pH 7.0±0.2, NH₃-N 25±1mgN/l 이었다.

식중된 미생물의 環境條件에 대한 적용과 식중된 미생물을 媒體에 附着形成하기 위하여 영양물질을 數회에 나누어 供給하면서 침전된 슬러지를 再循環시키는 방법으로 行하였다. 투명한 아크릴 원통으로 제작된 5개의 反應槽를 恒溫庫에 설치하여 일정한 온도가 유지되도록 한 후, 각 槽에 附着微生物量이 일정하게 유지될 때를 정상상태로 하여 실험을 進行하였다. 본 실험에서는 포기강도 5m³air/m²

21 裝置

본 연구에 사용된 實驗裝置는 그림 1에 圖示된 바와 같이 크게 原水槽, 原水 및 空氣의 定量供給 裝置, 反應槽, 恒溫培養器, 沈澱槽 등으로 구성되어 있으며 五個의 反應槽를 동시에 운전할 수 있도록 하였다. 反應槽는 투명한 아크릴원통(내경 146mm, 높이 410mm)으로 공기와 인공폐수가 균등한 혼합이 이루어지도록 하부에 分配裝置를 설치하였으며, 이 용적을 제외한 槽의 實容積이 6 l 가 되도록 제작하였다. 原水의 定量供給을 위해 原水移送용 마그네틱 펌프1대, 일정수두의 流量分配槽 및 液相流量計(Dewyer, USA)를 설치하였으며, 공기의 정량적 공급을 위해 空氣流量計(Dewyer, USA)를 反應槽마다 설치하였다. 反應槽들은 디지털 溫度 制御裝置가 부착된 恒溫庫에 설치하여 溫度가 일정하게 유지되도록 하였다.

22 接觸媒體

接觸媒體는 표 1에 나타난 것과 같이 직경 25mm, 높이 25mm이고, 비중 0.94, 비표면적 234m²/m³, 공극율 86.8% 인 Pall rings을 사용하였다.

· hr, 容積負荷率 4·3kgBOD/m³·day, 수리학적 체류시간 2hr로 일정하게 유지한 후, Pall ring의 充填個數를 변화시켜 充填率 45, 60, 75, 82.5, 90%의 5단계로, 溫度는 20, 10, 5°C의 順序로 進行하였다.

표 2 Composition of feed solution

Compound	Quantity in 100 l tap water(g)	Compound	Quantity in 100 l tap water(g)
Glucose	40.4	NaCl	1.2
Sodium glutamate	13.2	K ₂ HPO ₄	4.4
CH ₃ COONH ₄	17.2	K ₂ HPO ₄	3.0
MnSO ₄	0.5	CaCl ₂	1.0
MgSO ₄ ·7H ₂ O	1.6	FeCl ₃ ·6H ₂ O	0.08

24 分析方法

空氣量 및 流量, 水素이온濃度(pH), 溶存酸素濃度(DO)는 계측기를 사용하여 測定하였다. 越流微生物濃度는 반응조 상부의 유출지점에서 시료를 채취하여 微生物濃度を 측정하였다. 浮遊微生物濃度は 반응조 내에 있는 물을 폐수의 유입구로부터 전부 배수한후 代表試料를 채취하여 微生物濃度を 측정하였다. 附着微生物量은 각 반응조 내의 중간지점에서 Pall ring 4개씩을 채취하여 1개당 평균부착미생물량을 구하고, 농도는 조 내의 총 부착미생물량을 조 용적으로 나누어 농도를 구하였다. 생물막의 두께와 밀도는 接觸媒體에 附着된 微生物의 젖은 무게와 건조 무게를 각각 측정하여 다음 식으로 산정하였다.

生物膜 두께(μm) =

$$\frac{1}{a \cdot d_w} \frac{\text{부착미생물의 젖은 무게}}{\text{접촉매체의 표면적}}$$

a : 젖은 생물막의 비중

d_w : 물의 밀도

生物膜 密度(mg/cm^3) =

$$\frac{\text{부착 미생물의 건조무게}}{\text{생물막 두께} \times \text{생물막 표면적(접촉매체의 표면적)}}$$

S-COD, S-BOD는 시료를 유리 여과지(Whatman international Ltd.)로 여과한 후 濾液을 사용하였으며, BOD, COD, SS, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, 부유미생물량, 월류미생물량, 부착미생물량을 매일

1회씩 측정하였다. 분석항목 중 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 측정은 下水試驗法⁽¹⁰⁾으로 하였고, 그 밖의 모든 분석항목은 Standard Method⁽¹¹⁾에 準하여 시행하였다. 분석방법은 COD는 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ reflux법, $\text{NH}_3\text{-N}$ 은 phenate법, $\text{NO}_2\text{-N}$ 은 ethylenediamine법이었다.

3. 結果 및 考察

3.1 微生物 性狀

접촉매체 충전량과 온도변화에 따른 반응조 내의 浮遊微生物量과 Pall ring의 表面에 附着된 젖은 상태와 건조 상태의 微生物量의 測定結果로부터 조 내의 附着微生物量과 生物膜密度는 표 3에 제시하였고, 生物膜 두께, 浮遊微生物 濃度, 그리고 總微生物과의 관계는 그림 2에 圖示하였다.

표 3에 제시한 결과로부터 水溫이 附着微生物에 미치는 영향을 살펴보면, 20°C 건조상태의 附着微生物 무게를 기준으로 할때, 水溫 10°C 에서는 36~45%(평균 40%)감소되었고, 水溫 5°C 에서는 44~46%(평균 45%)감소되었다. 또한 生物膜密度와 附着微生物量은 각각 30~42 mg/cm^2 및 1.2~2.7 mg/cm^2 로 온도가 낮을수록, 매체충전량이 적을수록 감소하였다. 이러한 실험결과를 감안하여 불 때 附着微生物은 수온 10°C 부근에서 상당한 影響을 받는 것으로 생각된다.

표 3. Attached biomass data for different packing ratios and temperatures

Reactor-No.	R_1			R_2			R_3			R_4			R_5		
	Packing ratio(%) (EA)														
Temp. $^\circ\text{C}$															
Item	5	10	20	5	10	20	5	10	20	5	10	20	5	10	20
Attached biomass(g)	7.58	7.83	13.60	10.76	10.94	20.07	14.06	16.78	26.17	15.88	18.87	29.59	18.56	22.04	34.43
(relative ratio)	(0.56)	(0.58)	(1.0)	(0.54)	(0.55)	(1.0)	(0.54)	(0.64)	(1.0)	(0.54)	(0.64)	(1.0)	(0.54)	(0.64)	(1.0)
Biofilm density(mg/cm^3)	31.83	31.77	41.68	32.07	32.18	40.92	30.86	35.26	41.33	30.82	33.03	39.81	32.31	32.88	39.12
Biofilm mass(mg/cm^2)	1.21	1.25	2.16	1.27	1.29	2.37	1.32	1.58	2.46	1.36	1.61	2.53	1.45	1.72	2.69

Not: Operating conditions

Organic loading: $4.3\text{kgBOD}/\text{m}^3 \cdot \text{day}$, HRT: 2hr,

Aeration intensity: $5\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$

Number of sample: 5°C , 60pall rings(4EA/reactorx5reactorsx3times)

10°C , 60pall rings(4EA/reactorx5reactorsx3times)

20°C , 220pall rings(4EA/reactorx5reactorsx11times)

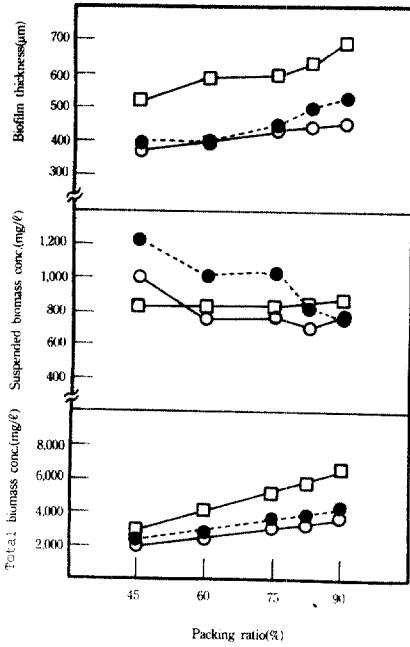


그림 2. Characteristics of attached and suspended biomass vs. packing ratio at different temperatures(○ 5°C, ● 10°C, □ 20°C)

한편 그림 2에 나타난 것과 같이 수온 20°C에서 생물막 두께는 45% 충전율에서 520 μ m, 90%에서 690 μ m로 충전율이 증가함에 따라 증가하였다. 수온이 10°C에서는 같은 충전율에서 각각 390 μ m 및 520 μ m, 그리고 수온이 5°C에서는 380 μ m 및 450 μ m로, 20°C의 경우와 같이 충전율이 증가함에 따라 증가하였다. 이는 충전율이 작을수록 비충전층이 크기 때문에 旋回流에 의한 剪斷力이 커져 생물막 내에 附着·脫離가 활발하게 진행되기 때문인 것으로 생각된다. 또한 20°C에서 반응조 내의 浮遊微生物濃度는 충전율에 큰 影響을 받지 않고 850 \pm 30mg/l로 거의 일정하게 유지하였으나, 수온이 10°C에서는 45% 충전율에서 1230mg/l, 90%에서 770mg/l, 그리고 수온이 5°C에서는 각각 1,000mg/l 및 800mg/l로 충전율이 증가함에 따라 浮遊微生物濃度는 감소하는 傾向을 보이고 있다. 이는 비충전층에 상당히 많은 浮遊微生物量의 確保가 가능한 것으로 사료된다. 그리고 수온 20°C에서 반응조 내의 總微生物濃度는 45% 충전율에서 3080mg/l, 90%에서 6,630mg/l로 충전율이 증가함에 따라 총 미생물량이

比例하여 증가하는 傾向을 보이고 있다. 수온 10°C에서는 같은 충전율에서 각각 2,530mg/l 및 4,440mg/l 그리고 수온 5°C에서는 2,270mg/l 및 3,890mg/l로, 20°C의 경우와 같이 충전량이 증가함에 따라 증가하였다.

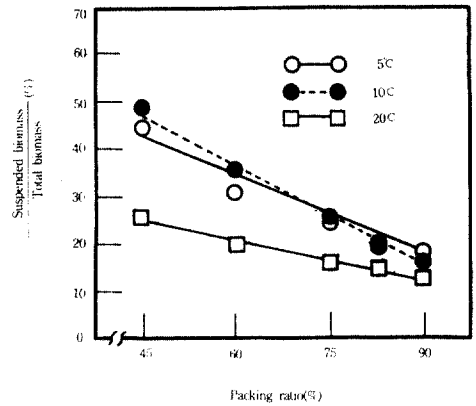


그림 3. Suspended biomass/total biomass vs. packing ratio at different temperatures

매체충전율과 온도변화에 따른 총미생물중 浮遊微生物이 차지하는 比率를 그림 3에 圖示하였다. 그림 3에 나타난 것과 같이 浮遊微生物이 차지하는 比率는 충전율이 적을수록, 온도가 낮을수록 증가한다. 수온이 5~20°C 범위이고 충전율이 75% 이상인 경우, 反應槽 內的 총 미생물중 浮遊微生物이 차지하는 比率는 25%이하이나, 수온이 10°C 이하이고 충전율이 45~60% 범위에서 浮遊微生物이 차지하는 比率는 30~50%로 상당히 크기 때문에 浮遊微生物이 基質除去에 關係하는 비율을 無視할 수 없을 것으로 판단된다.

宗官 等⁽⁶⁾은 플라스틱 제품의 網狀 接觸媒體를 이용한 接觸酸化法에서 最大 微生物量이 저온(10.6~15.5°C)에서도 3,250~8,450mg/l로 계절에 의한 수온의 影響은 현저하지 않다고 하였으나, 본 실험 결과에서는 수온 10°C 부근에서 附着微生物에 미치는 影響은 상당히 큰 편으로 나타났다.

3.2 處理性能

媒體충전율과 溫度의 변화가 處理性能에 미치는 影響을 調査한 結果는 표 4에 제시하였고, 충전율과 온도 변화에 따른 BOD除去效率과의 관계는 그림 4에 圖示하였다. 표 4와 그림 4에서 보듯이 수온

표 4 Performance data for different packing ratios and temperatures

Reactor No.		R ₁			R ₂			R ₃			R ₄			R ₅		
Packing ratio(%)		45			60			75			82.5			90		
Temperature(°C)		5	10	20	5	10	20	5	10	20	5	10	20	5	10	20
Total biomass conc.(mg/ℓ)		2,270	2,530	3,080	2,560	2,840	4,190	3,130	3,820	5,200	3,350	3,980	5,780	3,890	4,440	6,630
F/Mr ratio(kg BOD/kg Total biomass · day)		1.90	1.70	1.40	1.68	1.51	1.03	1.37	1.13	0.83	1.28	1.08	0.74	1.11	0.97	0.65
Influent (mg/ℓ)	BOD	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360
	COD	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	NH ₃ -N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Effluent (mg/ℓ)	S-BOD	220	178	116	193	150	97	178	128	88	173	120	82	152	110	73
	S-COD	273	248	191	233	188	152	217	164	143	211	160	137	208	148	129
	SS	28	36	56	23	39	51	29	43	37	28	22	42	22	29	56
	NH ₃ -N	12.2	11.5	10.6	11.2	10.5	9.7	10.8	10.0	8.6	10.2	9.4	8.0	9.8	9.0	7.0
	NO ₂ -N, NO ₃ -N	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Removal efficiency (%)	BOD	39	51	68	46	58	73	51	64	76	52	67	77	58	69	80
	COD	55	59	68	61	69	75	64	73	76	65	73	77	65	75	79
	NH ₃ -N	51	54	58	55	58	61	57	60	66	59	62	68	61	64	72

Note : Operating conditions—Organic loading rate : 4.3kgBOD/m³·day, HRT : 2hr, Aeration intensity : 5m³ air/m³hr

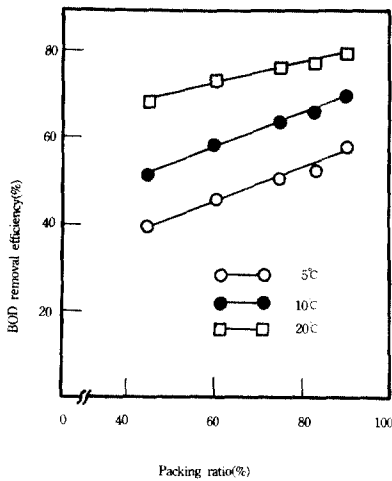


그림 4. BOD removal efficiency vs. packing ratio at different temperatures

20°C에서 BOD除去効率は 45% 充填率에서 68%, 90% 充填率에서 80%로 充填率에 比例하여 증가하였다. 수온이 10°C에서는 같은 充填率에서 각각 51% 및 69%, 그리고 수온이 5°C에서는 39% 및 58%로 20°C의 경우와 같이 充填量에 比例하여 증가하였다. 또한 NH₃-N 除去効率は 50~70%로 충전량

과 온도가 증가할수록 향상되었으나 NO₂-N, NO₃-N은 거의 나타나지 않았다. Marsh 等⁽¹²⁾에 의하면 유출수의 암모니아 濃度는 유입수의 암모니아 濃度 뿐만 아니라 BOD濃度, 容積負荷率, 溫度에 의존한다고 하였다. 따라서 本 實驗에서 NH₃-N이 50~70% 제거된 것은 미생물증식에 따른 물질대사과정과 생물막 내부에서의 반응때문에 소모된 것으로 판단되며, 또한 窒酸化가 일어나지 않은 이유는 水理學的 帶留時間이 너무 짧고 기질의 高負荷條件으로 운전하였기 때문에 窒酸化 細菌의 增殖과 代謝反應이 억제된 것으로 판단된다.

한편 充填量이 증가함에 따라 總微生物濃度가 比例하여 증가하므로 각 溫度에서 總 微生物濃度(浮遊·附着微生物)와 BOD 除去効률과의 관계를 式으로 표현하면 다음과 같다.

20°C에서

$$E = 9.044(X_s + X_t)^{0.249} \dots\dots\dots (1)$$

$$(R^2 = 93.53\%)$$

10°C에서

$$E = 1.021(X_s + X_t)^{0.503} \dots\dots\dots (2)$$

$$(R^2 = 94.89\%)$$

5°C에서

$$E = 0.208(X_s + X_t)^{0.682} \dots\dots\dots (3)$$

$$(R^2=96.61\%)$$

E; BOD除去効率(%)

X_s ; 浮遊微生物濃度(mg/ℓ)

X_t ; 附着微生物濃度(mg/ℓ)

또한 充填率(%)가 45%에서 90%로 增加함에 따라 BOD 除去效率은 수온 20°C에서 약 10%, 5°C에서 약 20% 增加하였다. 따라서 温度와 總微生物濃度(浮遊·附着微生物)에 따른 BOD 除去效率과의 관계를 式으로 표현하면 다음과 같다.

$$E = 1.713T^{0.1733}(X_s + X_t)^{0.386} \dots\dots\dots (4)$$

$$(R^2=91.00\%)$$

大森⁽¹³⁾은 小型筒狀 接觸材를 사용한 浸漬型 生物膜工法에서 冬節期 温度低下(적설한냉지 수온 3~7°C)條件에서도 微生物量이 많고 固形物의 抑留 및 捕捉效果가 크기 때문에 温度低下로 인한 處理性能에 미치는 影響은 크지 않다고 하였다. 그러나 본 실험에서는 식 (1)~(4)와 같이 온도가 낮을수록 또 매체 충전량이 적을수록 반응조 내의 미생물의 농도가 낮아져 處理效率에 미치는 影響은 큰 편이다.

F/M(kg/BOD₅/kg Total biomass · day)比와 BOD 除去效率과의 관계를 그림 5에 나타내었는데 그 결

과 F/M比가 클수록 温度가 낮을수록 BOD 除去效率은 比例적으로 감소하였다. 이는 温度低下로 인한 전단효과가 커서 反應槽 內의 附着微生物의 탈리로 인한 減少와 微生物의 代謝速度가 低下되어 基質除去 速度가 낮아지는 것으로 사료된다.

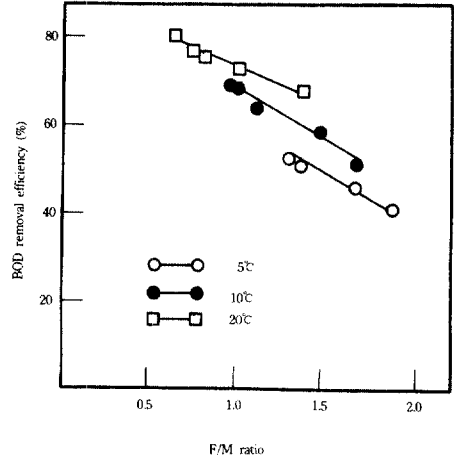


그림 5. Relationship between BOD removal efficiency and F/M ratio at different temperatures

표 5. Effect of temperature on reaction rate constant(k) at different packing ratios

Reactor NO.	R ₁			R ₂			R ₃			R ₄			R ₅		
	Packing ratio(%)														
Packing ratio(%)	45			60			75			82.5			90		
Temp.(°C)	5	10	20	5	10	20	5	10	20	5	10	20	5	10	20
Effluent Se (mgSOD/ℓ)	220	178	116	193	150	97	178	128	88	173	120	82	152	110	73
Reaction rate constant k (hr ⁻¹)	0.107	0.160	0.246	0.135	0.190	0.285	0.153	0.225	0.306	0.159	0.239	0.321	0.187	0.257	0.346
(relative ratio)	(0.44)	(0.65)	(1.0)	(0.47)	(0.67)	(1.0)	(0.5)	(0.74)	(1.0)	(0.50)	(0.74)	(1.0)	(0.54)	(0.74)	(1.0)

Note : $k = \frac{1}{t} \log \frac{S_0}{S_t}$ ($S_0=360\text{mgBOD}/\ell$, $t=2\text{hr}$)

3.3 温度變化에 다른 反應速度常數

Rittmann⁽¹⁴⁾은 서로 다른 負荷條件의 생물막 반응조에서 處理性能에 대한 비교는 反應速度常數(k)를 求하여 比較하는 것이 바람직하다고 하였다.

충전량 및 온도의 변화에 대한 실험에서 微生物量과 水溫이 동시에 변화하므로 充填率이 동일한

각 반응조에서 水溫變化가 處理性能에 미치는 影響을 조사하기 위하여 反應速度常數(k)를 求하면 표 5와 같다. 표 5에 나타난 것과 같이 充填率(%)이 동일한 조건에서 각 온도별 反應速度常數를 相對比較한 결과, 水溫 20°C를 기준으로 할 때 10°C에서는 0.65~0.74(평균 0.7)이었고 5°C에서는 0.44~0.54(평균

0.5)로 감소하였다. 일반적으로 溫度가 10°C 감소함에 따라 反應速度가 1/2정도 감소하는 것과 비교하면, 浸漬型 生物膜工法에서는 水温變化에 대하여 강한 것으로 나타났다.

한편 生物學的 廢水處理에서 反應速度에 대한 溫度影響은 Vant' Hoff-Arrhenius 變形式으로 다음과 같이 표현된다.

$$k_T = k_{20} \cdot \theta^{T-20} \dots\dots\dots (5)$$

k_{20} ; 20°C에서의 反應速度常數, hr⁻¹

k_T ; 溫度T에서의 反應速度常數, hr⁻¹

θ ; 溫度補正係數

T; 섭씨 溫度, °C

溫度補正係數(θ)는 표 5에서 제시한 각 반응조의 온도별 k 값을 식(5)에 대입하여 구한 평균값은 1.042이었다. 그러나 Rusten⁽⁵⁾은 θ 값이 1.016로 온도 의존성이 낮고 宗宮 等⁽⁶⁾은 θ 가 1.107로 溫度依存성이 높다고 한 결과와 비교하면, 약간씩 差異가 있는 것은 實驗條件이 相異하기 때문인 것으로 생각된다.

4. 結 論

지금까지 浸漬型 生物膜 反應槽를 이용하여 溫度의 變化가 微生物 性狀과 處理效率에 미치는 影響에 대하여 調査分析한 결과 다음과 같은 結論을 얻을 수 있었다.

1. 生物膜 密度, 附着微生物量, 生物膜 두께는 각각 30~42mg/cm³, 1.2~2.7mg/cm², 380~690 μ m로 溫度와 媒體充塡量의 變化에 상당한 影響을 받는다.

2. 反應槽 內的 총 미생물중 浮遊微生物이 차지하는 比率는 充塡率(45~90%)이 적을수록, 溫度(5~20°C)가 낮을수록 증가하였으며, 그 양은 약 10~50%로 浮遊微生物量이 상당히 많기 때문에 浮遊微生物이 基質除去에 關여하는 比率를 무시할 수 없음이 입증되었다.

3. 溫度(5~20°C)와 總 微生物濃度(浮遊·附着微生物)에 따른 BOD 除去效率과의 關係式은 다음과 같이 나타났다.

$$E = 1.713T^{0.1733}(X_s + X_f)^{0.386}$$

(R² = 91.0%)

4. 水温 20°C을 1로 하였을 때 充塡率이 동일한 조건에서 각 온도별 反應速度常數를 相對比較한 결과 10°C에서는 약 0.7이고 5°C에서는 약 0.5로 크게 감소하지 않아 溫度變化에 강한 편이었다. 그리고 Van't Hoff-Arrhenius 變形式을 이용하여 求한

溫度補正係數(θ)는 1.042이었다.

參 考 文 獻

1. 小早川 徹馬 外, "接觸酸化法(網狀基材 正規配列 全面曝氣方式)による汚水處理," 水處理技術, Vol. 20, No. 7, 1979, pp.677-682.
2. 岩井重久 外, "浸漬濾床法による生活系排水의 BOD, 窒素의 同時 除去," 第20回下水道研究 發表會 講演集, 1983, pp.309-311.
3. 北尾高嶺, "浸漬濾床用 接觸材의 基本條件 および 水質·操作條件 に應じた 選擇法," 用水と廢水, Vol. 23, No. 4, 1981, pp.381-387.
4. Topiwala, H., and Sinclair, C. G., "Temperature relationship in continuous culture," *Biotechnol. Bioeng.*, Vol. 13, 1971, pp.759-813.
5. Rusten, B., "Wastewater treatment with aerated submerged biological filters," *J. Water Pollut. Control Fed.*, Vol. 56, No. 5, 1984, pp.424-431.
6. 宗宮功 外, "可搬組立式 生物濾過裝置による 下水處理の 研究," 京都大學 工學部 衛生工學科 水質工學研究室, 1985.
7. Bryers, J. D., "Biofilm formation and chemostat dynamics: Pure and mixed culture considerations," *Biotechnol. Bioeng.*, Vol. 26, 1984, pp.948-958.
8. Ohgaki S., et al., "Kinetics of attached microbial growth in a continuous stirred tank reactor," *Water Res.*, Vol. 12, 1978, pp. 243-249.
9. 山口孝一 外, "固着性 微生物による 基質除去能力 につて," 第22回 下水道研究發表講演集, 1985, pp.280-282.
10. 下水試驗法, 日本下水道協會, 1984.
11. Standard Methods for the Analysis of Water and Wastewater, APHA, AWWA, WPCF, 15th Ed., 1980.
12. Marsh, D., et al., "Coupled trickling filter-rotating biological contactor nitrification process," *J. Water Pollut. Control Fed.*, Vol. 53, No. 10, 1981, pp.1469-1480.
13. 大森英昭, "小型筒狀 接觸材의 性質と 應用," 用水と廢水, Vol. 23, No. 4, 1981, pp.407-412.
14. Rittmann, B. E., "The effect of load fluctuations on the effluent concentration produced by fixed-film reactors," *Water Sci. Technol.*, Vol. 17, 1984, pp.45-52.

(接受: 1990. 8. 7)