

온도 및 pH변화에 따른 연속 및 간헐 포기식 활성슬러지법의 처리 특성

이정수 · 이태규*

우석대학교 토목공학과
*우석대학교 식품공학과

(1999년 9월 3일 접수, 2000년 3월 15일 채택)

The Treatment Characteristics of Intermittent Aeration and Conventional Activated Sludge Processes According to the Changes of Temperature and pH

Jeoung-Su Lee · Tae-Kyoo Lee*

Department of Civil Engineering, Woosuk University
**Department of Food Science and Technology, Woosuk University*

ABSTRACT

This study is to find the utilization of intermittent aeration system, around S-COD, T-COD, SS, timewise changes of treatment performance, sludge conversion yield, changes of temperature and pH, etc. In consequence of this study, factors of temperature correction showed 1.052 on continuous aeration, and 1.056 on intermittent aeration which is more sensitive to temperature through a minute degree. Meanwhile, sludge conversion yield on intermittent aeration showed lower and more economical than that on continuous aeration. In case of changing pH, treatment water of both reactors worsened slightly in acid but improved in alkali. In general, considering the quality of effluent water, variation pH of effluent water, etc. the case of intermittent aeration was more favorable than that of continuous aeration.

Key Words : Intermittent Aeration, Continuous Aeration, Temperature and pH
Correction Factors, Non-aeration/Aeration Rate

요 약 문

본 연구는 온도와 pH변화에 따른 처리특성을 S-COD, T-COD, SS, 처리율의 경시변화, 슬러지전환율, SVI 및 유출수 pH의 변화 등을 중심으로 연속포기식과 간헐포기식의 활성슬러지법의 처리특성을 비교하였다. 실험결과 온도보정계수(θ)는 연속포기시 1.0~1.061, 간헐포기시는 1.0~1.086으로 나타나 극미하기는 하나 간헐포기시가 온도에 민감한 것으로 나타났으며, 슬러지전환율은 간헐포기시가 연속포기시에 비해 적은 것으로 나타나 보다 경제적이었다. 한편 pH를 변화시킬 경우 양 반응기 모두 산 쪽에서 미미한 악화를 보이거나 알칼리 쪽에서는 개선됨을 보여주었고, 전체적으로 처리수의 수질과 유출수의 pH 변화폭 등을 고려할 때 연속포기시에 비해 간헐포기시가 양호하였다.

주제어 : 간헐포기, 연속포기, 온도 및 pH 보정계수, 무포기/포기 시간 비

1. 서 론

포기조의 구성 미생물은 부하, 수리학적 체류시간, 미생물 체류시간, 독성물질의 유무나 농도, 기타 온도나 pH 등에 따라 변화하고, 이러한 변화는 슬러지발생량, 처리수의 수질 및 슬러지의 침강성 등에 영향을 미치게 된다. 운전조건의 변화에 따른 종구성의 변화로 처리수나 슬러지의 상태 등이 변화한다. 이러한 일련의 현상을 설명하기 위해서는 포기조 내의 구성 미생물을 크게 고등한 미생물과 하등한 세균류로 구분하여 설명하면 보다 쉽게 이해할 수 있는데, 李¹⁾는 DO농도 및 부하의 변화에 따른 개략적인 종구성 변화를 다음과 같이 설명하였다. 즉 DO농도의 하락과 같이 호기 또는 임의성 미생물에 제공되는 환경조건이 나빠질 경우, 고등한 미생물에 비해 내성이 강한 하등한 세균류는 상대적으로 증식 및 활성에 영향을 적게 받아 번성하게 되고 고등한 미생물은 서서히 도태하게 되는데, 기본적으로 유기물의 분해를 담당하는 하등한 세균류의 증가는 처리수의 수질(S-COD)을 개선시키지만, 먹이수준이 낮은 세균류의 번식으로 슬러지전환율은 증가하고 아울러 포기조 미생물의 SVI를 상승시킨다. 부하증가시의 처리수의 수질, SVI값 및 슬러지전환율의 변화 역시, 李는 상기와 같은 원리로 설명하였는데, 즉 부하의 증가로 충분한 유기물의 공급은 하등한 세균류의 증식을 크게 유발하고, 포기조 내 미생물의 농도를 일정하게 유지시키기 위한 잉여슬러지

의 연속적인 인출과 이로 인한 SRT의 감소는 고등한 미생물에 대한 세균류의 구성비율 보다 빠르게 증가시켜, SVI값 및 슬러지전환율의 상승, 일정 부하범위 내에서 처리수(S-COD)의 수질 개선을 시킨다고 보고하였다.

이와 같이 미생물의 종조성 변화는 처리 결과에 많은 영향을 주는데¹⁻³⁾, 포기방식이 달라질 경우 미생물의 종변화 역시 변화할 것이다. 따라서 본 연구는 온도와 pH를 변화시킬 때 연속포기 및 간헐포기 반응기의 처리수 S-COD, T-COD, SS 및 SVI, 슬러지전환율과 유출수의 pH 등을 측정하여 각 반응기의 처리특성, 운전방법 및 간헐포기 방식의 장단점을 구명하고 아울러 현장성을 높이고자 한다.

2. 이 론

2.1. 슬러지 전환율

폐수 처리에 있어 슬러지의 발생량은 처리능력과 함께 중요한 인자인데, 이는 발생 폐기물의 처분과 관련되기 때문이다. 슬러지의 전환율은 조내의 미생물 증가량과 일당 SS 발생량을 제거 BOD량으로 나누어 구할 수 있다.

슬러지전환율 =

$$\frac{(\text{조내 미생물 증가량} + \text{일당 SS 발생량})(Kg - SS/day)}{\text{제거 BOD량}(kg - BOD/day)} \quad (1)$$

2.2. 온도변화에 따른 속도상수

온도변화에 따른 유기물제거속도상수 (K_t) 및 보정계수 (θ)를 구하기 위해 Phelps 식⁴⁾을 이용하였다.

$$K_t = K_{20} \theta^{(t-20)} \quad (2)$$

여기서 K_t : $t^\circ\text{C}$ 에서 유기물의 제거속도상수

($\text{m}^3/\text{kg} \cdot \text{hr}$)

K_{20} : 20°C 에서 유기물의 제거속도상수

($\text{m}^3/\text{kg} \cdot \text{hr}$)

한편 반응기는 완전혼합상태라고 가정하였으며 이때 정상상태의 물질수지식^{5,9)}은 다음과 같다.

$$K_t \cdot S_e = \frac{S_o - S_e}{X \cdot t} \quad (3)$$

여기서 S_o : 유입수의 BOD농도 (kg/m^3)

S_e : 유출수의 BOD농도 (kg/m^3)

X : 미생물의 농도 (kg/m^3)

t : 수리학적 체류시간 (hr)

3. 실험장치 및 방법

3.1. 실험장치

본 실험을 위한 실험장치는 아크릴을 이용하여 연속포기식 1조 및 간헐포기식 1조를 제작하였으며, 양 반응기의 생물반응조 용적은 25 l, 침전지용적은 22.2 l로 동일하였다. 연속포기식 반응기의 주요 구성요소는 산기위치를 상하로 조정하여 조내 DO농도를 조절할 수 있는 이동식 포기장치 및 feed tank와 그의 일정한 수온 유지를 위한 가온기, feed pump 및 약액주입용 정량pump 등이었다. 한편 간헐포기식 반응기의 경우 상기의 구성요소의 air pump의 작동을 단속하기 위한 timer 및 무포기식 생물반응조의 교반을 위한 circulation pump와 이 pump를 단속하기 위한 timer가 별도로 부가되었으며, 반응기의 개략적 형태는 Fig. 1과 같다.

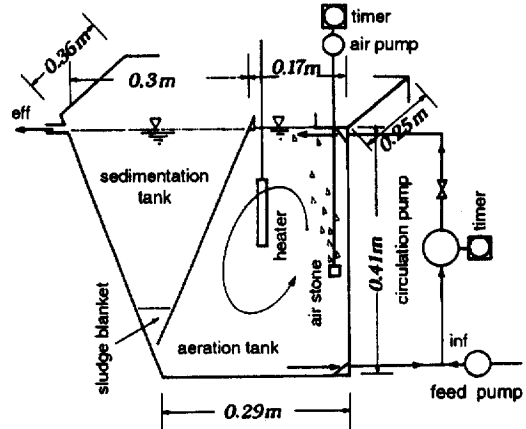


Fig. 1. Schematic diagram of reactor.

3.2. 사용 시료 및 유출수 수질 측정법

실험에 사용된 합성폐수의 조성은 Table 1에 나타내었다. 이 합성폐수 원액의 BOD₅는 112,000 mg/l 이고 반응기 주입시 수도수를 이용하여 희석하였으며, 이때 유입수농도는 200 mg/l 이었다. 한편 유출수 수질의 측정은 COD_{Mn}법을 이용하였는데, 이는 실험에 사용된 시료가 균질의 합성폐수로 유출수 수질의 측정시 COD치, 즉 크롬법이나 망간법 또는 BOD중 어떠한 방법으로 측정하여도, 처리의 전체적 경향을 논한 본 논문에서 처리의 경향에는 큰 영향을 미치지 않을 것으로 사료되어 측정이 용이한 COD_{Mn}법을 사용하였다.

3.3. 실험방법 및 분석

온도 및 pH 변화에 따른 처리특성을 파악하기 위

Table 1. Composition of synthetic wastewater

Composition	Concentration (g/l)
Skim milk	100.0
Urea, (NH ₂) ₂ CO	10.0
Sodium Chloride, NaCl	3.0
Sodium Phosphate, Na ₂ HPO ₄ · 12H ₂ O	10.0
Potassium Chloride, KCl	1.4
Calcium Chloride, CaCl ₂ · 2H ₂ O	1.4
Magnesium sulfate, MgSO ₄ · 7H ₂ O	1.0

한 양 반응기의 일반적 실험조건은 수리학적 체류시간 6 hr, 폐수 주입량 0.0694 l/min, BOD부하 0.32 kg-BOD/kg이었으며, 반응조 내 미생물농도는 약 2,500 mg/l로 일정하게 유지하였다. 포기조 내 미생물농도의 증감에 따라 농도의 조절을 위해 포기조에서 인출 혹은 농도 부족시 회분식 반응기에서 별도로 순양된 미생물을 주입하였는데, 이때 최대 주입량은 포기조 내 미생물량의 약 1/33 정도로 반응기의 특성에 미치는 영향은 거의 없을 것으로 판단된다. 한편 간헐포기의 경우 무포기/포기시간 비는 이미 실행한 실험에서 1^{-3} 가 일반적으로 적용한 0.5(포기 1hr, 무포기 0.5hr)를 채용하였다. pH의 조정은 NaOH 및 H₂SO₄을 이용하였으며 사용된 미생물은 C시 하수처리장의 반송슬러지를 이용하였고 실험은 각 조건별로 약 10일 이상 반응기 내에서 충분한 순양기간을 거쳐 실시하였다.

i) 온도변화시 실험조건

온도가 상승할 경우 온도 상승에 따른 포기조내 DO농도의 감소에 따라 처리율에 변화를 줄 수 있는데, 이를 방지하기 위하여 본 실험에서는 포기장치 위치를 상하로 조정하여 포기조의 온도에 관계없이 조내의 DO농도가 2.0 mg-O₂/l 이상이 되도록 한 후 반응온도를 10℃에서 35℃까지 상승시키면서 양 반응기의 처리수 수질 및 SVI치 등을 측정하였다.

ii) pH 변화시 실험조건

pH 변화시 양 반응기의 처리 특성, SVI, 사상성세균의 발생 여부 및 F/M 비 등의 변화를 파악하기 위해 실험 조건은 반응온도 28℃ 및 DO 농도(간헐포기 시는 포기 종료시의 농도)는 2.0 mg/l 정도로 하고 pH 7을 중심으로 7 → 3, 7 → 12까지 변화시켰다.

4. 결과 및 고찰

4.1. 온도 변화시 양 반응기의 제 특성변화

4.1.1. 처리수의 S-COD 및 T-COD

처리수의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 반응온도가 10℃에서 35℃까지 변화하는 동안 S-COD의 경우, 연속포기시 약 6 mg/l에서 1.5 mg/l까지, 간헐포기시는 약 5 mg/l에서 1.3 mg/l까지 변화하여 간헐포기가 미미하지만 전체적으로 유기물 제거에 유효함을 보여주고 있다. 한편 양 반응기의 온도 변화에 따른 유기물제거속도(K_t) 및 보정계수(θ)를 식 (2)을 이용하여 산출한 값을 Table 2에 나타내었는데, 산출 결과 보정계수(θ)는 연속포기시 1.0~1.061, 간헐포기시는 1.0~1.086으로 나타났고, 실험 온도범위, 즉 10~35℃ 범위에서 θ 값은 연속포기가 1.052, 간헐포기가 1.056으로 나타나

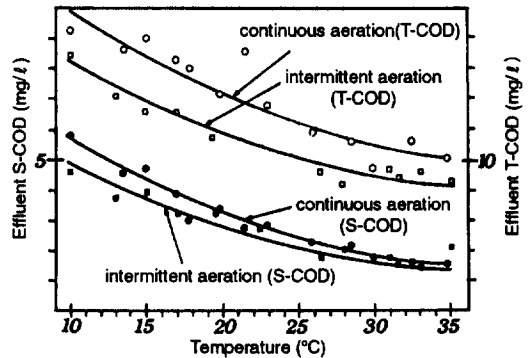


Fig. 2. S-COD and T-COD changes of effluent water according to the temperature changes.

Table 2. Substance removal rate constant(K_t) and temperature coefficient(θ) according to the temperature changes

Continuous aeration			Intermittent aeration		
Temp. (°C)	K_t ($m^3 / kg \cdot hr$)	θ	Temp. (°C)	K_t ($m^3 / kg \cdot hr$)	θ
10	2.19	1.061	10	2.61	1.061
15	3.03	1.056	15	3.11	1.086
20	3.97	1.0	20	4.70	1.0
25	5.27	1.058	25	6.28	1.060
30	6.95	1.058	30	8.29	1.058
35	7.78	1.046	35	10.19	1.053

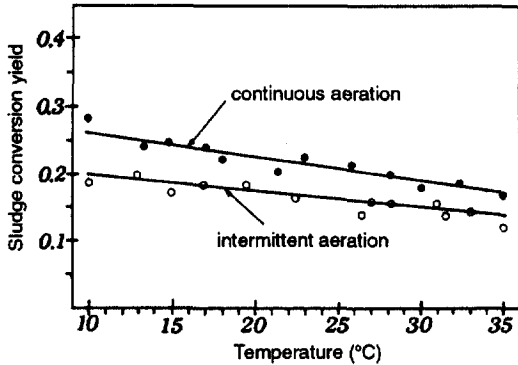


Fig. 3. Changes of sludge conversion yield according to the temperature changes.

극미하기는 하나 간헐포기가 온도에 민감한 것으로 나타났다. 한편 이 값은 Eckenfelder⁶⁾가 가정하수를 이용한 활성슬러지법 처리에서 얻은 평균 θ 값 1.015보다는 약간 큰 값이었으나, 李²⁾가 유동상을 이용한 실험에서 보고한 1.0~1.21보다는 작은 값으로 부유성 미생물이 상기의 실험 온도범위에서 적응성이 보다 큰 것으로 나타났다.

4.1.2. 슬러지전환율

양 반응기의 슬러지전환율 변화는 Fig. 3에 나타내었는데, 그림에 따르면 연속포기가 0.16~0.26, 간헐포기가 0.14~0.2로 나타나 간헐포기시작이 적은 것으로 나타났는데, 이는 李¹⁾가 밝힌 바와 같이 간헐포기식 반응기의 무포기시 무산소 상태에서 미생물의 증식이 억제되기 때문이며, 변화정도((10°C의 슬러지전환율 - 35°C의 슬러지전환율)/온도변화폭) 역시 간헐포기의 2.4×10^{-3} 에 비해 연속포기가 4.0×10^{-3} 으로 크게 나타났다.

4.1.3. SVI치 및 유출수의 SS농도

양 반응기의 SVI치 및 유출수의 SS농도 변화는 Fig. 4 및 5에 나타내었는데, 온도하강에 따라 간헐포기나 연속포기에 관계없이 SVI치 및 유출수의 SS는 서서히 증가하였으며, 간헐포기가 연속포기에 비해 SVI치나 유출수의 SS 모두 온도조건에 관계없이 전체적으로 감소하였다. 한편 실험 반응기는 구조상 포기조 혼합액의 유동이 침전조에 영향을 미치므로 유출수의 SS를 증가시키는 경향이 있는데, 이러한

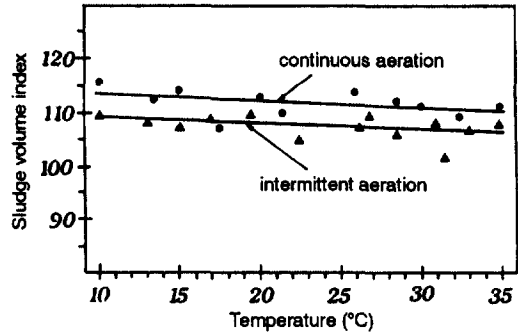


Fig. 4. Changes of SVI according to the temperature changes.

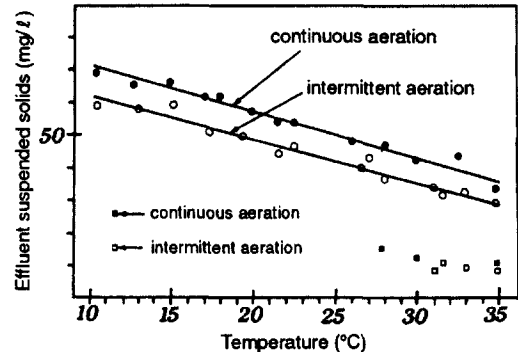


Fig. 5. SS concentration changes according to the temperature changes.

문제를 배제하기 위하여 별도의 침전지(침전지 용적 10 L, 수리학적 체류시간 2.4hr)를 부가할 경우, 운전온도 28~35°C에서 측정된 유출수의 SS농도를 Fig. 5의 하단에 표시하였으며, 이때 유출수 SS는 8~15 mg/l로 하수처리장의 처리수 수질기준 20 mg/l를 양 반응기 모두 만족시켰다.

4.2. pH 변화시 양 반응기의 제 특성변화

일반적으로 pH 7을 벗어난 폐수를 처리하는 경우라도 포기조 내의 pH는 중성으로 접근하는 경향을 보이는데, 이는 알칼리성 폐수의 경우, TCA회로를 통한 유기산의 분해 결과 발생하는 CO₂가 탄산염이나 수산화물과 반응하여 중탄산염을 생성하므로 pH가 떨어지고, 유기산을 포함하는 산성폐수의 경우, 유기산의 산화 결과 생긴 CO₂가 포기에 의해 방출되어 pH가 상승한다. 유기산염을 산화하면 염기성의 무수물이 생기고 이것이 CO₂와 반응하여 중탄산

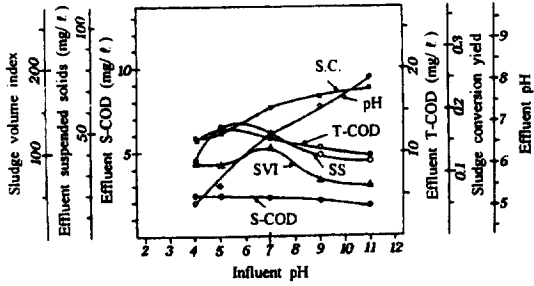


Fig. 6. Treatment characteristics of reactor according to the pH changes at continuous aeration type.

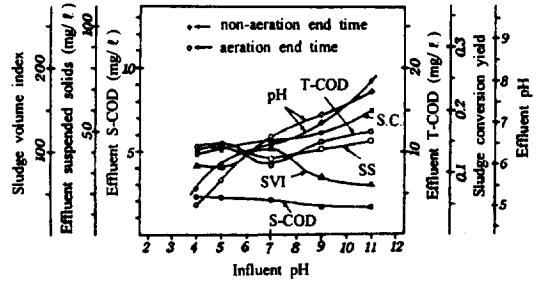


Fig. 7. Treatment characteristics of reactor according to the pH changes at intermittent aeration type.

염이 되는데 중탄산염은 완충작용을 가지므로 pH를 중성에 가깝도록 유도한다. 하지만 간헐포기 반응기의 경우 무포기시 산소의 고갈로 TCA로의 진입이 곤란하므로 연속포기시와는 다소 다른 결과를 보일 것으로 사료된다.

4.2.1. 유출수의 S-COD 및 T-COD 변화

Fig. 6과 7은 pH변화에 따른 처리수의 S-COD 및 T-COD를 나타낸 것이다. 그림에 따르면 양 반응기 모두 처리수의 S-COD는 일반적으로 알려진 경향과는 달리 pH 4에서 pH 11까지 큰 변화를 보이지 않았으며, pH 7을 중심으로 산쪽에서 미미한 악화를 보이나, 알칼리쪽에서는 개선됨을 보여주었고 전체적으로 처리수의 수질은 연속포기시에 비해 간헐포기시가 양호하였다. 이와 같이 pH의 변화에 대해 양 반응기의 처리수 S-COD가 크게 변화하지 않는 것은 미생물이 H^+ 나 OH^- 이온의 독성에 적응한 결과로 판단된다. 또한 유출수의 S-COD보다는 SS에 기인하는 T-COD의 경우 양 반응기 모두 pH 4에서 pH가 증가함에 따라 유출수 SS의 증가와 더불어 pH 5, 6정도에서 최대치를 보이다가 이후 연속포기의 경우 pH 11까지 계속 감소하고, 간헐포기시의 경우 pH 7에서 최저치를 보이다가 다시 증가하는데, 이와 같이 양 반응기가 알칼리쪽에서 그 경향을 달리하는 원인을 파악할 수 없었으나, 연속포기시 알칼리쪽에서 pH증가에 따른 SS나 T-COD 감소의 원인은 일반적인 경향, 즉 부하감소시 지나친 SVI치의 감소는 슬러지의 floc 해체현상을 야기시켜 유출수의 SS나 T-COD가 증가되는 경향과는 다르게, NaOH첨가시 낮은 SVI에서도 floc의 해체

현상이 발생하지 않아 처리수가 개선되는 것으로 판단된다. 전체적으로 pH변화에 따른 유출수의 수질(T-COD, SS)은 pH 9미만에서는 간헐포기시, pH 9이상에서는 연속포기시가 우수한 것으로 나타났다. 한편 양 반응기 모두 pH 3에서 실험 개시 12시간 후 포기조내 미생물은 침전조로 대부분 월류하고 사멸하였으며, pH 12에서는 대략 실험 개시 24시간 후 심한 거품의 발생으로 실험을 중지하였는데, 이러한 결과는 미생물막 공법을 이용한 실험에서 李²⁾, 정⁷⁾ 등이 제시한 적용가능 pH범위 2.5~12 및 1.5~12에 비해 활성슬러지법의 적용 pH한계는 4~11정도인 것으로 나타나, 적용범위가 생물막공법에 비해 협소함을 보여준다.

4.2.2. 슬러지의 SVI

Fig. 6과 7에서 유입수의 pH변화에 따른 슬러지의 침강성을 살펴보면, 유입수의 pH 7을 중심으로 상승, 하강시킬 경우 양 반응기의 슬러지 SVI치는 pH 7일 때 110~105 정도에서 pH 9 및 11에서 각각 70 및 65정도로 크게 낮아지고, pH 5 및 4에서는 연속포기시와 간헐포기시 각각 85, 77 및 87, 82 정도로 크게 낮아져 상이한 차이를 거의 보이지 않았는데, H_2SO_4 및 NaOH를 가할 경우 양 반응기의 슬러지 침전성이 개선되는 원인은 명확하게 밝힐 수 없었다. 한편 李¹⁾의 실험에서 pH 7, BOD부하 0.2 kg-BOD/kg-MLVSS·day 이하의 빈부하시 SVI치는 65에서 75정도였고, 이렇게 낮은 SVI치를 나타낼 경우 floc의 해체현상이 발생하여 T-COD가 16 mg/l 정도까지 증가하였는데, 본 실험에서와 같이 NaOH를 가할 경우 SVI치가 65정도로 낮아져

도 flocc의 해체현상은 나타나지 않아 T-COD 역시 9~11.5 mg/l 정도로 감소하였다.

또한 동일 조건에서 순양된 동일 농도(2788 mg/l)의 슬러지를 이용하여 NaOH 등이 어떤 기능으로 슬러지 침강성을 개선시키는지 파악하기 위해 포기조에서 인출한 SVI실험용 시료에 NaOH농도가 50 mg/l 및 100 mg/l (SVI실험 후 재교반시 pH는 8 및 10.3 정도)정도, H₂SO₄가 0.1 ml/l (SVI실험 후 재교반시 pH는 2.9정도)가 되도록 하여 각각을 투입한 경우와 투입하지 않은 경우의 침강특성을 측정하여 Fig. 8에 나타내었다. 그림에 따르면 SVI치는 응집조제를 투입하지 않은 경우 173, NaOH를 50 mg/l 및 100 mg/l 투입한 경우 178 및 127, H₂SO₄를 0.1 ml/l 투입한 경우 115로 나타나 NaOH 50 mg/l 투입시 침강성이 약간 악화되는 것을 제외하면 침강성이 크게 개선되는 것으로 나타났다. 한편 2시간 후에 측정된 각 조건에서의 농축된 슬러지 부피는 응집조제를 투입하지 않은 경우 29.5%, NaOH를 100 mg/l 투입한 경우 23%, H₂SO₄를 0.1 ml/l 투입한 경우 20%로 나타나 이들 시약의 투입시 슬러지의 농축성이 크게 개선됨을 알 수 있었다.

4.2.3. 슬러지 전환율의 변화

Fig. 6과 7에서 슬러지 전환율은 pH 7을 중심으로 유입수의 pH가 낮아질수록 감소하고 pH가 증가와 더불어 상승하는 것으로 나타났는데, 전체적으로 슬러지 전환율은 연속포기시에 0.16~0.24, 간헐포기시가 0.13~0.2로 간헐포기시 다소 낮게 나타났다. 이러한 원인은 공기공급이 차단될 경우 증식이 억제되기 때문인 것으로 판단된다.

4.2.4. 유출수의 pH 변화

Fig. 6과 7에서 pH의 변화만을 Fig. 9에 나타내었는데, 유입수의 pH를 4에서 11까지 변화시키는 동안 유출수의 pH는 연속포기시 5.1에서 8.13까지 변화하였으며, 간헐포기시(포기종료시 및 무포기종료시) 각각 5 및 5.4(1 cycle 평균 5.2), 8 및 7.75(1 cycle 평균 7.85)로 나타나, 간헐포기시가 연속포기시에 비해 pH에 적응성이 큰 것으로 나타

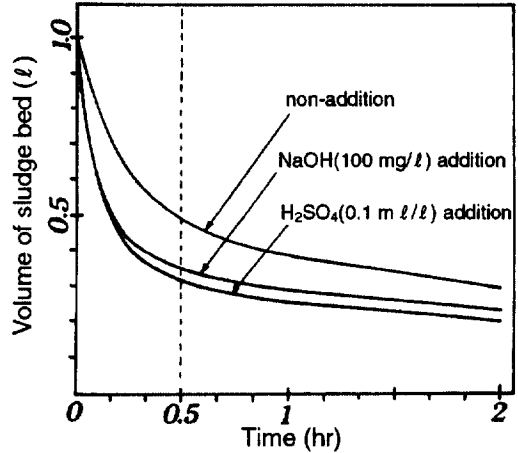


Fig 8. Effect of coagulant aid addition on sedimentation characteristics of sludge.

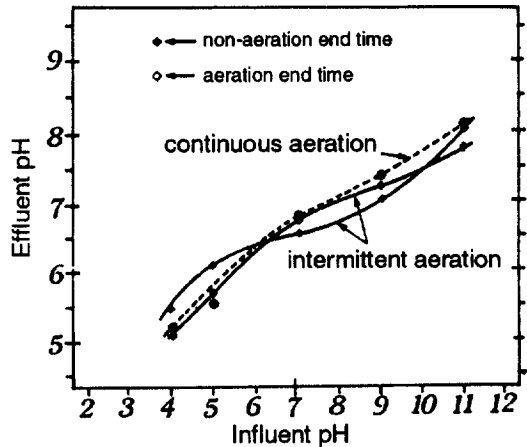


Fig. 9. Relationship between effluent pH and influent pH.

났다. 또한 식 (2)와 (3)을 식 (4)와 (5)로 변형하여 pH 변화에 따른 연속포기시 유기물 제거속도 (Pp) 및 보정계수 (θ_p)를 구하여 Table 3에 나타내었는데, 보정계수 (θ_p)는 pH 4~11에서 1.0~1.073으로, 전 실험범위의 평균값은 1.044로 나타나 pH의 변화가 처리에 그다지 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, 李²⁾가 유동상을 이용한 실험에서 제시한 Table 3의 유동상 생물막의 보정계수 (θ_p) 1~2.27, 전체 평균 1.64에 비해 크게 적어, 부착미생물이 부유미생물에 비해 보다 pH변화에 적응성이 크다는 일반적 보고와는 다르게, 부유미생물이 pH 4~11의 범위에서는 pH변화에 오히려 적응

Table 3. Relationship between pH coefficient (θ) and influent pH

pH	Conventional activated sludge process		Intermittent aerated fluidized bed	
	P_p ($m^3 / kg \cdot hr$)	θ_p	P_p ($m^3 / kg \cdot hr$)	θ_p
4	5.27	1.028	0.42	2.27
5	5.38	1.032	2.57	1.39
7	5.73	1.0	4.94	1.0
9	6.60	1.073	3.17	1.25
11	7.14	1.057	1.35	1.39

성이 큰 것으로 나타났다.

$$P_p = P_7 \theta^{(p-7)} \quad (4)$$

$$P_p \cdot S_e = \frac{S_o - S_e}{X \cdot t} \quad (5)$$

4.2.5. 간헐포기시 pH의 경시변화

미생물은 산소의 유무에 따라 그 신진대사의 mechanism이 달라지는데, 포기-무포기 1 cycle당 개략적 대사의 형태를 파악하기 위해 pH의 경시변화를 측정하여 Fig. 10에 나타내었다. 유입수의 pH 7, 9의 조건에서 포기의 시작과 함께 10~20분 동안 pH는 서서히 증가하였다가 일정 상태를 유지하며, 무포기 시작과 함께 pH는 서서히 감소하는 경향을 보였다. 이러한 경향은 무포기시 각종의 유기산이 TCA회로의 진입이 곤란하여 유기산이 축적되며, 포기시 축적된 유기산이 CO₂나 H₂O로 분해되는 과정에서 나타나는 pH의 증감현상이다. 하지만 이러한 pH의 경시변화 현상은 유입수 pH 11, 5, 4의 조건에서 대단히 불규칙 하거나 반대 현상을 보이는데, 이는 유입수가 적정의 pH를 벗어날 경우 미생물의 대사 형태 변화를 보여주는 것으로 판단된다. 이러한 현상의 발현 범위는 Fig. 7과 10을 통하여 보다 정확하게 파악할 수 있는데, 활성슬러지법의 경우, 유입수의 pH 6~10 정도에서 상기의 일반적 현상이 유지되나, 이 범위를 벗어날 경우 이러한 현상은 일어나지 않으며, 유동상의 경우, pH 3의 경우를 제외하면 역시 이러한 현상은 발현되지 않았다.

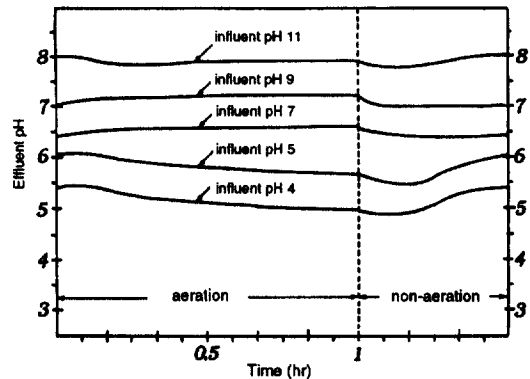


Fig. 10. Timewise changes of effluent pH on non-aeration/aeration rate changes.

5. 결 론

간헐포기를 채용한 활성슬러지법과 재래식 활성슬러지법의 비교 연구를 통하여 나타난 결과는 다음과 같다.

- 1) 양 반응기의 온도보정계수(θ)는 연속포기시 1.052, 간헐포기시는 1.056으로 나타나 극미하기는 하나 간헐포기시가 온도에 민감한 것으로 나타났으며, 유동상의 θ 값²⁾ 1.21보다는 작아 부유성 미생물이 온도변화에 보다 적응성이 큰 것으로 나타났다.
- 2) 슬러지전환율은 간헐포기가 연속포기에 비해 전체적으로 약 21~35% 정도 적은 것으로 나타나 간헐포기가 보다 경제적인 것으로 나타났으며, 간헐포기시 슬러지전환율이 감소하는 원인은 단속적인 공기공급의 차단이 미생물의 증식을 억제하기 때문이다.
- 3) 온도강하시 슬러지전환율이 상승하는데, 연속포기시가 간헐포기시에 비해 상승률이 크

- 고, SVI치 및 유출수의 SS는 온도강하시 증가하나, 간헐포기가 연속포기에 비해 온도조건에 관계없이 전체적으로 낮은 값을 보인다.
- 4) 유입수의 pH를 4에서 11까지 변화시키는 동안 유출수의 pH는 연속포기시 5.1에서 8.13까지 변화하였으며, 간헐포기시(포기종료시 및 무포기종료시) 각각 5 및 5.4(1 cycle 평균 5.2), 8 및 7.75(1 cycle 평균 7.85)로 나타나, 간헐포기가 연속포기에 비해 pH에 적응성이 큰 것으로 나타났다.
 - 5) pH변화에 따른 보정계수(θ_p)는 pH 4~11에서 1.0~1.073으로 나타나 부착미생물의 보정계수(θ_p)²⁾ 1.0~1.39에 비해 크게 적어 이 범위 내에서 부유미생물이 부착미생물에 비해 pH변화에 적응성이 큰 것으로 나타났다.
 - 6) 유입수에 H₂SO₄, NaOH를 첨가할 경우 SVI치가 크게 떨어진다.

참 고 문 헌

1. 이정수, "표준 및 간헐포기식 활성슬러지법의 처리특성에 관한 비교 연구(I) -부하변동 및 합리적 설계에 관하여-", 대한환경공학회지, 20(9), 1267~1278(1998).
2. 이정수, 안송엽, "간헐포기식 유동상의 처리 특성에 관한 연구 -폐수의 온도와 pH영향을 중심으로-", 대한토목학회지, 17(II-3), 261~268(1997).
3. 이정수, "간헐포기식 유동상에 의한 폐수처리 특성에 관한 연구," 대한토목학회지, 15(1) 251~256(1995).
4. Eckenfelder, W. W., Weston, R. F., "Kinetics of Biological Oxidation," *Biological Treatment of Sewage and Industrial Wastes*, I(1956).
5. Shieh, W. K. and Keenan, J. D., "Fluidized Bed Biofilm Reactor for Wastewater Treatment," *Advances in Biochemical Engineering Biotechnology*, 33, 131~169(1986).
6. Eckenfelder, W. W., *Industrial Water Pollution Control*, McGraw-hill, Vol. 2, p. 166 (1989).
7. 정재기, 조광명, 김광수, "충전상 미생물막 공법에 의한 산성 및 알칼리성 폐수의 처리," 대한환경공학회지, 9(2), 17~22(1987).
8. 안승구 외 8, *환경미생물학*, 신광문화사, pp. 57~64(1995).
9. 신성의, 박주석, 수처리단위조작, 동화기술, pp. 232~249(1988).