

생물학적 고도처리 MLSS의 생응집성 및 침강성 파악

Evaluation of bioflocculation and settling characteristics for MLSS from a Biological Nutrient Removal Plant

이병희*

Byonghi Lee

경기대학교 공과대학 환경공학전공

(2008년 2월 11일 접수 ; 2008년 3월 17일 채택)

Abstract

Evaluating and designing secondary clarifier require to define characteristics of influent MLSS (Mixed Liquor Suspended Solids). In this study, bioflocculation and settling characteristics for MLSS from a Biological Nutrient Removal (BNR) plant located in near Seoul were measured. MLSS concentrations in bioreactor were about 2,500mg/L in summer and about 4,000mg/L in winter, respectively. Tests showed that there was not much bioflocculation occurred in secondary clarifier. Average ESS/DSS (Effluent Suspended Solids/Dispersed Suspended Solids) was 100%. From the settling tests, ZSV (Zone Settling Velocity) and settling constant (n) in Vesilind equation were estimated at different MLSS temperatures. SVI (Sludge Volume Index) and SSVI (Stirred Sludge Volume Index) were also measured at different temperatures. It was found that ZSV was positively correlated with temperature and n was inversely proportional to temperature. SVI and SSVI had very similar values at about 25°C of MLSS, However, SVI had more than 2 times higher values than SSVI at below 20°C of MLSS. Temperature effect must be considered to design and evaluate secondary clarifier.

Key words : secondary clarifier, bioflocculation, settleability, SVI, SSVI, MLSS temperature

주 제 어 : 이차침전지, 생응집, 침전성, SVI, SSVI, MLSS 온도

1. 서론

하수처리장에서 엄격한 방류수 SS(Suspended Solids) 기준 농도를 효과적으로 만족시키기 위해서는 고액 분리를 수행하는 이차침전지 기능이 최적화되어야 하며, 이를 위해서는 이차침전지에 유입되는 MLSS(Mixed Liquor Suspended Solids)의 생응집성 및 침강성을 파악하고 이를

설계 및 운전에 적용시켜야 한다. 그러나 이차침전지 설계에 있어서 현행 하수도 시설기준(환경부, 2005)은 MLSS의 응집 및 침강 특성을 고려하지 않고, 단순히 수리학적 및 고형물 부하량에 의한 설계 방법을 제시하고 있다.

생물반응조 MLSS의 생응집성(bioflocculation) 실험은 이차침전지 유출수의 대부분을 구성하는 미세 플록 제거 정도를 파악할 수 있고, 침강성 실험은 이차침전지 침전 슬러

지 계면 높이를 예측하는데 사용된다. MLSS의 생응집성이 뛰어나면 이차침전지 내부에 생응집을 유발할 수 있는 baffle등의 설치를 통해서 이차침전지 유출수의 미세 플록 농도를 낮추어 유출수 SS 농도를 떨어뜨릴 수 있다. 이 같은 현상은 Ekama 등(1997)이 작성한 보고서에 자세히 기술되어 있으며 이를 유도하는 baffle설치가 국내외에서 설계에 적용되고 있다 (Parker 등, 1995, 이병희 등, 2004).

MLSS 침강특성은 Vesilind가 제시한 지수함수식이 일반적으로 사용된다 (Giokas, 2003).

$$V_x = V_o \exp(-nX) \quad (1)$$

여기서, V_o 는 ZSV(Zone Settling Velocity, m/hr)이고, $n(\text{m}^3/\text{kg})$ 은 MLSS 플록의 간섭침전 특성을 나타내는 상수이다. 식(1)은 아래와 같은 식으로 표현될 수 있는데, 식(1)의 n 을 $1/X_M$ 으로 대체하였는데, 이는 n 을 농도 단위인 g/m^3 으로 대체하기 위한 것이다. X_M 은 MLSS 농도로 표현되고, 이차침전지 SPA(State Point Analysis)의 settling flux curve의 최정점에 상응되는 MLSS 농도이다 (Heinrich, 2007).

$$V_x = V_o \exp(-X/X_M) \quad (2)$$

Wilson 등(1997)은 미국 뉴욕시의 Tallman island 처리장과 워싱턴 DC의 Blue Plains 처리장의 MLSS를 이용해서 V_o 와 MLSS 온도와의 상관관계를 제시하였는데, 이들 처리장의 생물학적 고도처리 여부에 대한 설명은 없었다. Mines 등(2001)은 미국 플로리다 주 중부 지역의 일반 활성슬러지 및 생물학적 고도처리 MLSS를 이용한 침전 실험을 수행하여 V_o 와 SVI와 관계식을 도출하였으며, SVI와 SSVI는 그 차이가 없다고 하였다. 그리고 자료를 해석하는 데 있어서 일반 활성슬러지 및 생물학적 고도처리 시설을 구분하지 않았다. Giokas 등(2003)은 Table 2에 있는 바와 같이 8개의 발표된 자료를 이용해서 SVI 값과 SSVI 값의 범위에 따른 V_o 및 n 값을 제시하였는데, 자료가 제시된 처리장의 생물학적 고도처리시설 여부에 대한 설명은 없었다. Water Environment Federation (2006)은 문헌조사를 통해서 일반적인 V_o 및 n 값의 범위를 제시하였다.

유대환 등(2000)은 산기식 포기장치가 설치된 하수처리장의 MLSS를 이용한 침전실험을 수행해서 V_o 및 n 값을 제시하였는데, 하수처리장의 생물학적 고도처리 여부와 MLSS 온도는 제시하지 않았다. 또한, SVI와 SSVI 실험을 수행해서 관계식을 도출하였는데, SVI를 이용한 경우와 SSVI를 이용한 침전속도 예측결과가 차이가 없다고 하였다. 유대환 등(2001)은 dPAO를 이용한 생물학적 고도처리 시스템 및 일반 활성슬러지 시스템의 MLSS에 대한 침전성

에 대한 연구를 수행하였는데, SVI가 MLSS 농도에 따라 변화하는 것을 관찰하였다. 그리고 일반 활성슬러지 시스템의 MLSS 침전성이 생물학적 고도처리 시스템의 MLSS에 비해 우수하다는 것을 관찰하였다. 김진우 등(2002)은 국내 K하수처리장을 대상으로 침전성 실험을 수행해서 V_o 및 n 값을 제시하였는데, K처리장의 생물학적 고도처리 유무와 MLSS온도는 제시하지 않았다. 박석균 등(2006)은 문헌조사를 수행하여 SVI, SSVI, 및 SSVI_{3.5} 값에 따른 V_o 와 n 값의 관계식을 제시하였다.

문헌조사에 의한 생물학적 고도처리를 수행하는 MLSS의 생응집성에 대한 연구 결과는 파악되지 못하였고, 침전성에 대한 연구도, 생물학적 고도처리 여부 및 실험 대상 MLSS 온도에 대한 구분이 없어, 사계절 변화가 있는 국내 생물학적 고도처리시설 이차침전지 설계 및 운전 평가에 연구 결과를 사용하는데 무리가 있다. 그러므로 국내에서 운전되고 있는 생물학적 고도처리시설 MLSS를 이용한 생응집성 및 온도 변화에 따른 침전성에 대한 연구가 필요하다.

2. 실험 재료 및 방법

본 연구의 실험은 처리장의 MLSS 특성을 유지하기 위해 경기도에 위치한 K하수처리장에서 실시되었다. 이 처리장은 분류식 하수를 처리하는 생물학적 고도처리 시설로 DNR공법 (http://www.dwconst.re.kr/research/subm7_1.php)으로 운전되고 있다. 시설 처리 용량은 $35,000\text{m}^3/\text{일}$ 이고 2006년 평균 유입 수량은 $16,000\text{m}^3/\text{일}$ 이다. 년 평균 유입 BOD농도는 $265\text{mg}/\text{L}$, COD_{Mn} 농도는 $142\text{mg}/\text{L}$, SS농도는 $246\text{mg}/\text{L}$, T-N농도는 $47.5\text{mg}/\text{L}$ 그리고 T-P농도는 $6.6\text{mg}/\text{L}$ 이다. 약품 투입없이 년 평균 방류 BOD농도는 $2.2\text{mg}/\text{L}$, COD_{Mn} 농도는 $9.1\text{mg}/\text{L}$, SS농도는 $2.2\text{mg}/\text{L}$, T-N농도는 $8.9\text{mg}/\text{L}$ 그리고 T-P농도는 $0.3\text{mg}/\text{L}$ 로 생물학적 고도처리를 수행하고 있는 것으로 나타났다. 생물반응조의 MLSS 농도는 하절기에는 $2,500\text{mg}/\text{L}$ 내외, 동절기에는 $4,000\text{mg}/\text{L}$ 내외를 유지하였다.

2.1. 생응집성 실험

MLSS의 생응집성 실험은 Wahlberg(2001)가 제시한 바와 같이 DSS(Dispersed Suspended Solids), FSS(Flocculated Suspended Solids)와 ESS(Effluent Suspended Solids)농도 측정을 통해서 수행되었다. 처리장에서의 MLSS침전 특성을 유지하기 위해서 응집성 실험은 현장에서 수행되었다. 실험은 2007년 2월에 3회, 3월에 1회, 6월에 1회, 7월에 1회, 11월에 1회, 12월에 1회, 2008년 1월에 5회등 총 14회에 걸쳐 수행되었으나, 2007년 11월 9일 실험은 포기조 표면에 다량의 스크림이 형성된 관계로

DSS실험을 수행하지 못했다. 실험에 사용된 MLSS는 호기조 말단에서 채취되었다. 생응집성 실험은 DSS, FSS와 ESS 실험을 통해서 수행되었고, 각 부유물질 농도 차이를 통해서 K하수처리장 MLSS 생응집성을 파악하였다.

2.2. 침전 실험

MLSS 침전 실험은 Wahlberg(2001)가 제시한 방법으로 수행되었다. MLSS 농도별 침전 실험은 원 농도의 MLSS와 이차처리수에 희석된 MLSS를 침전 컬럼에 투입시켜 시간에 따른 침전슬러지 계면 높이 측정을 통해서 수행되었다. 실험에는 반송슬러지 MLSS 사용을 원칙으로 하였으나, 탈질에 의한 슬러지 부상이 발생되는 경우 호기조 MLSS를 사용하였다. 실험 초반에는 Wahlberg(2001)가 제시한 침전 컬럼을 사용하였으나, 실험을 통해서 1L 메스실린더를 사용해도 동일한 결과가 나오는 것으로 파악되었고, Giokas 등(2003)의 연구에서도 동일한 침전 컬럼을 사용한 것으로 파악되어 1L 용량의 메스실린더를 사용하였다. 실험 장치는 유대환(2000)이 제시한 장치와 동일하나, 직경은 6cm, 컬럼 길이는 34cm이다. 그리고 컬럼의 wall effect를 감쇄시키기 위해 혼합장치를 모터로 1rpm 회전토록 하였다. 실험은 MLSS 온도에 따른 영향을 파악하기 위해서 1여년에 걸쳐 수행되었는데, 특히, 저온에서의 영향을 파악하기 위해서 동절기에 많은 실험을 수행하였다. 실험은 2007년 2월에 3회, 3월에 1회, 6월에 1회, 7월에 1회, 11월에 1회, 12월에 1회, 2008년 1월에 5회등 총 14회에 걸쳐 수행되었다. 농도별 침전 실험은 호기조 또는 반송슬러지 MLSS 100%, 그리고 MLSS와 이차처리수를 90:10, 80:20, 70:30, 40:60, 50:50으로 혼합하여 총 6개의 농도에서 침전 실험을 수행하였고, 동일 농도에서 3회 반복하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 생응집성 실험 결과 및 고찰

생응집성 실험에 있어서 FSS는 MLSS가 최적의 응집상태를 거친 후에 상징수의 SS를 말하는 것으로 이차침전지에서 최적의 응집이 발생되는 경우 처리수 SS농도이다. 그리고 DSS 농도는 이차침전지에서의 응집이 전혀 발생되지 못하는 경우 예상되는 처리수 SS농도이다. 일반적으로 ESS 농도는 FSS와 DSS 농도 사이에 존재한다. 이차침전지에서 생응집이 100%발생하면 FSS/ESS 비는 100%가 될 것이고, 생응집이 전혀 없으면 ESS/DSS 비는 100%가 되어야 한다. Fig. 1은 FSS/ESS의 비를 보여주는 것으로 시료에 따른 차이가 많으며 평균 38%, 표준편차는 19.4%이다. 그리고 ESS/DSS 비는 Fig. 2에서 보여주고 있는데, 시료에 따라서는 ESS가 DSS보다 높은 것으로 나타났으며, 평균 100%,

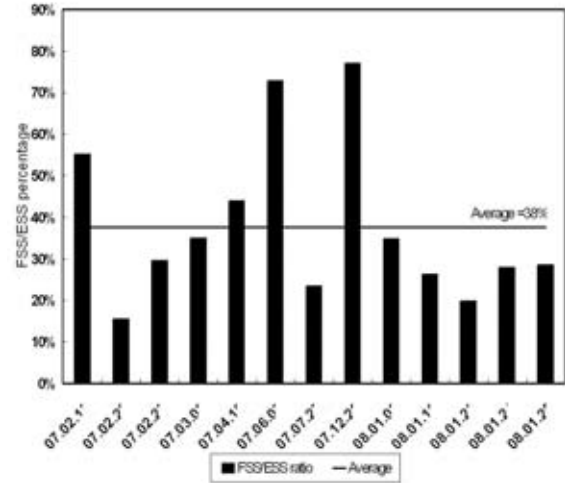


Fig. 1. Percentages of FSS to ESS at K wastewater treatment plant.

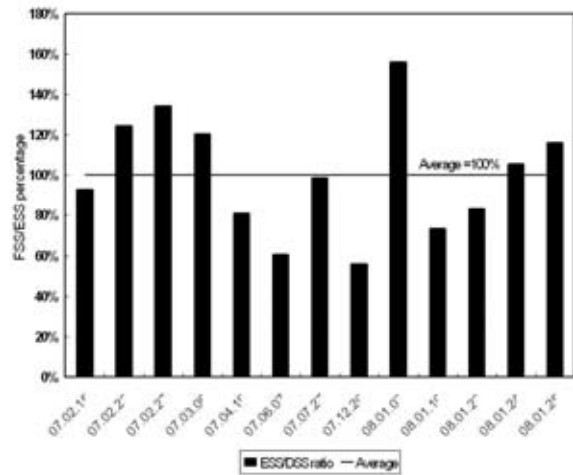


Fig. 2. Percentages of ESS to DSS at K wastewater treatment plant.

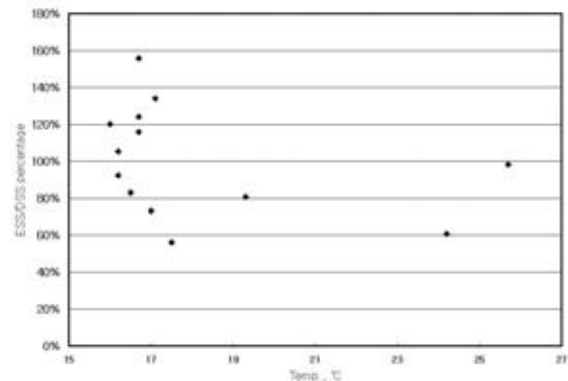


Fig. 3. Percentages of ESS to DSS at different temperature at K wastewater treatment plant.

표준편차는 29.5%이다. 이 같이 FSS/ESS 비가 낮고, 더욱이 ESS/DSS의 비가 평균적으로 100%이면 본 연구대상이

차침전지에서의 생응집 기능은 없고, 경우에 따라서 수리학적 영향으로 응집이 파괴되는 현상도 발생된다고 판단된다 (Parker 등, 1999). 그러므로 연구대상 처리장에는 생응집 기작을 유발하는 배플등의 설치되면 ESS 농도를 낮출 수 있다고 판단되며, 이는 국내외 현장에 적용되었다 (Parker 등, 1995, Kinnear 등, 1998, 이병희 등, 2004). MLSS 온도에 따른 생응집성 특성은 상관관계가 없는 것으로 나타났는데, 이는 Fig. 3의 온도에 따른 FSS/DSS 비에서 보여주고 있다.

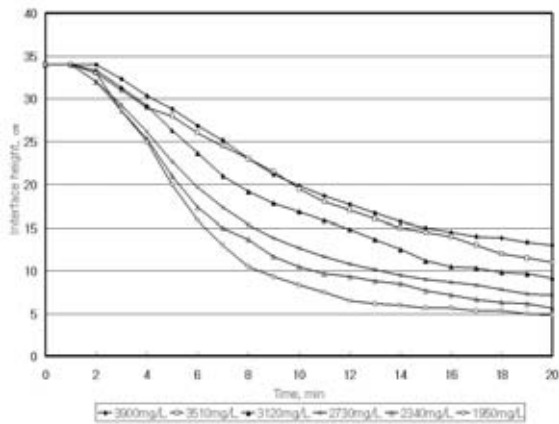


Fig. 4. Settling curves at six different MLSS concentrations.

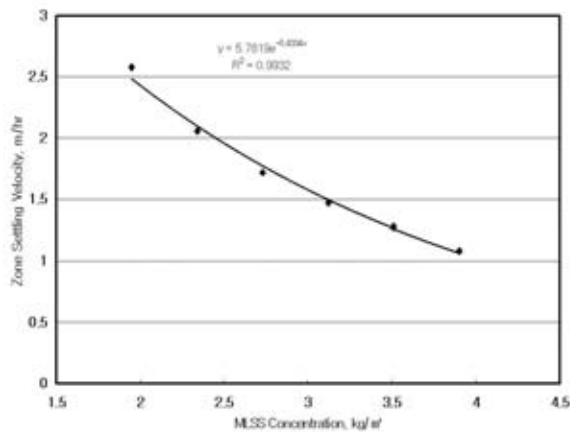


Fig. 5. V_0 and n estimation from Fig. 4's data.

3.2 침전실험 결과 및 고찰

호기조 MLSS 농도가 3,900mg/L, MLSS 온도가 16.7°C 인 2008년 1월 25일의 농도별 침전실험결과는 Fig. 4에 있다. 이 그림의 시간에 따른 계면 높이는 각 농도별로 수행된 3회 실험의 평균값이다. 이 그림을 이용해서 MLSS 농도 별 ZSV를 파악하였는데, 이는 Fig. 5에 있으며 이 경우에 있어서 식 (1)의 V_0 는 5.78m/hr, n 은 0.43m³/kg, 그리고 식(2)의 X_M 은 2.3kg/m³이다. 또한 SVI 및 SSVI가 측정되었는데, SVI는 161ml/g이며, SSVI는 74.3ml/g으로 파악되었다. Table 1에는 본 연구의 실험결과인 온도별 V_0 , n , X_M , V_0

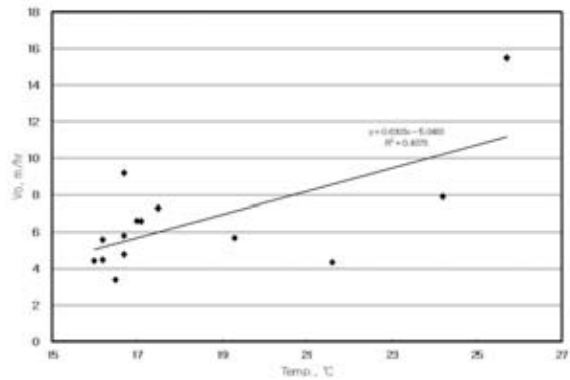


Fig. 6. Relations between estimated V_0 and MLSS temperature.

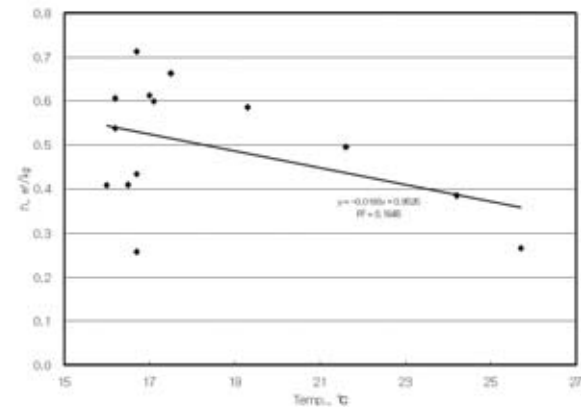


Fig. 7. Relations between estimated n and MLSS temperature.

Table 1. Experimental and calculated results during period from Feb. 15, 2007 to Jan. 25, 2008

Year	2007										2008				
Date	02.15	02.22	02.27	03.08	04.19	06.07	07.27	11.09	12.2		01.03	01.10	01.23	01.24	01.25
Temp. °C	16.3	16.7	17.1	16	19.3	24.2	25.7	21.6	17.5		16.7	17.0	16.5	16.2	16.7
V_0 m/hr	4.48	9.20	6.59	4.44	5.68	7.90	15.49	4.35	7.29		4.77	6.60	3.39	5.58	5.78
n m ³ /kg	0.61	0.71	0.60	0.41	0.59	0.38	0.27	0.50	0.66		0.26	0.61	0.41	0.54	0.43
X_M kg/m ³	1.65	1.40	1.67	2.45	1.71	2.60	3.76	2.02	1.51		3.88	1.63	2.45	1.86	2.31
R^2	0.950	0.985	0.953	0.969	0.946	0.906	0.920	0.882	0.869		0.947	0.987	0.893	0.966	0.993
SVI ml/g	265	207	186	224	307	86	64	273	172		89	227	179	183	162
SSVI ml/g	114	88	84	85	94	69	51	101	100		49	96	101	107	74

및 n 계산에 있어서의 R-제곱 값, 그리고 측정된 SVI, SSVI가 있다. 이 표에 있는 바와 같이 V_0 및 n의 산정에 있어서의 상관계수 (R^2)가 0.9내외를 가져 측정된 자료와 신뢰도가 높다는 것을 보여 준다.

ZSV인 V_0 와 온도의 관계는 Fig. 6에 있다. 이 그림에 있는 바와 같이 온도와 V_0 는 비례하는 것으로 나타나, 온도가 높을수록 ZSV는 증가한다. V_0 와 온도의 상관관계를 나타내는 상관계수는 0.4386로 낮아, 측정 자료를 이용한 관계식 설정은 통계적으로 신뢰도가 떨어진다. 그러나 얻어진 관계식의 $0.6291\text{m/hr}/^\circ\text{C}$ 는 Wilson 등(1997)이 제시 한 $0.68\text{m/hr}/^\circ\text{C}$ 에 근접한 것으로 나타났다. 온도와 플록의 간섭침강특성을 나타내는 계수 n과의 관계는 Fig. 7에 있다. 이 그림에 있는 바와 같이 온도와 n값은 반비례의 관계를 가져, 온도와 n값과의 관계식은 $-0.0196\text{m}^3/\text{kg}/^\circ\text{C}$ 로 나타났지만 상관관계가 0.1864로 통계적 신뢰도도 낮고, 문헌에서도 제시되지 않아 검증할 수 가 없다. 온도와 n값의 통계적 신뢰도를 높이기 위해서는 보다 많은 MLSS 온도별 침전 실험이 필요하다고 판단된다. 이 같이 온도에 따른 식(1)의 V_0 와 n값의 변화는 이차 침전지 설계 및 평가에 있어서도 생물반응조 설계에서와 같이 설계 온도가 제시되어야 함을 보여준다.

SVI 및 SSVI 범위별 V_0 및 n은 Table 2에 제시되었다. 이 표에서 제시된 바와 같이 SVI는 50-100의 범위와 100 이상

의 범위에서 평균 V_0 는 9.39m/hr에서 5.73~5.79m/hr로 낮아지고, 평균 n은 $0.30\text{m}^3/\text{kg}$ 에서 $0.53\sim 0.57\text{m}^3/\text{kg}$ 로 증가하는 것으로 나타났다. 그러나, SVI가 100 이상의 범위인 100-200과 200-300에서는 그 차이가 크지 않은 것으로 나타났다. SSVI 범위별 V_0 와 n은 50-100 및 100-200의 범위로 나누었는데, 50-100 범위에서의 평균 V_0 는 7.39m/hr, 100-200 범위에서는 5.02m/hr의 값을 가지는 것으로 나타났고, 평균 n은 50-100의 범위에서는 $0.47\text{m}^3/\text{kg}$, 100-200의 범위에서는 $0.54\text{m}^3/\text{kg}$ 가 되는 것으로 나타났다.

이 같은 결과를 Giokas 등(2003)의 SVI 및 SSVI의 범위에 따른 V_0 및 n값과 비교하였다. 이들이 제시한 SVI 범위 50-100에서의 V_0 는 9.619 ± 0.856 로 본 연구결과의 $9.39\pm 5.51\text{m/hr}$ 는 범위에 포함되고, 100-200은 7.327 ± 0.856 로 본 연구결과 의 $5.73\pm 1.47\text{m/hr}$ 에 비해서는 높으나, 200-300의 범위에서의 5.685 ± 0.526 은 본 연구결과의 $5.79\pm 1.89\text{m/hr}$ 를 범위에 포함시킨다. 그리고 n은 SVI 범위 50-100에서는 0.325 ± 0.031 로 본 연구결과의 $0.30\pm 0.07\text{m}^3/\text{kg}$ 을 범위에 포함하고, 100-200은 0.418 ± 0.034 로 본 연구결과의 $0.53\pm 0.11\text{m}^3/\text{kg}$ 에 비해서는 낮으나, 200-300의 범위에서의 0.517 ± 0.059 는 본 연구결과의 $0.57\pm 0.10\text{m}^3/\text{kg}$ 를 범위에 포함한다. SSVI를 기준으로는 50-100의 경우 11.723 ± 0.661 로 본 연구결과의 $7.39\pm 3.38\text{m/hr}$ 보다 높고,

Table 2. Comparison of Vesilind equation coefficients based on SVI and SSVI

		SVI			SSVI	
		50-100	100-200	200-300	50-100	100-200
V_0 m/hr	Results from this study	7.90	6.59	4.48	9.20	4.48
		15.49	7.29	9.20	6.59	4.35
		4.77	3.39	4.44	4.44	7.29
			5.58	5.68	5.68	3.39
		5.79	4.35	7.90	5.58	
				6.60	15.49	
					4.77	
					6.60	
	Average±STD ¹⁾	9.39±5.51	5.73±1.47	5.79±1.89	7.39±3.38	5.02±1.49
	Giokas et al.(2003)	9.619±0.856	7.327±0.166	5.685±0.526	11.732±0.661	10.045±0.745n
n m ³ /kg	Results from this study	0.38	0.60	0.61	0.71	0.61
		0.27	0.66	0.71	0.60	0.50
		0.26	0.41	0.41	0.41	0.66
			0.54	0.59	0.59	0.41
			0.43	0.50	0.38	0.54
				0.61	0.27	
					0.26	
					0.61	
	Average±STD ¹⁾	0.30±0.07	0.53±0.11	0.57±0.10	0.47±0.16	0.54±0.10
	Giokas et al.(2003)	0.325±0.031	0.418±0.034	0.517±0.059	0.479±0.001	0.731±0.109

¹⁾ STD = Standard Deviation

100-200의 범위에서는 10.045 ± 0.745 로 본 연구결과의 5.02 ± 1.49 m/hr보다 높은 것으로 나타났다. 그리고 n은 50-100의 범위에서는 0.479 ± 0.001 로 본 연구결과 0.47 ± 0.16 m³/kg를 범위에 포함하고, 100-200의 범위에서는 0.731 ± 0.109 로 본 연구결과 0.54 ± 0.10 m³/kg보다 높은 것으로 나타났다. 이 같이 본 연구결과와 Giokas 등(2003)의 연구결과를 비교하였을 때, SSVI보다는 SVI가 보다 더 일치하는 것으로 나타났으나, 이들의 연구는 기존에 발표된 문헌을 인용하여 curve-fitting method에 의해 V_0 및 n을 설정한 것이고 각 문헌에서의 실험 시 MLSS 온도는 제시되지 않았다. Water Environment Federation(2006)은 SVI, SSVI 및 MLSS 온도 제시없이 V_0 는 5-15 m/hr, n은 0.2-1.0 m³/kg의 값을 제시하였는데, 본 연구 결과의 평균 값은 제시된 값의 범위에 모두 포함되었다.

유대환 등(2000)에서 제시된 V_0 와 n은 각각 3.23 m/hr 및 0.4 m³/kg로 V_0 는 본 연구 결과보다 낮게 제시되었지만, n은 연구 결과 범위에 포함되었다. 이들의 연구에서도 MLSS 온도는 제시되지 않았으나, SVI를 사용한 결과와 SSVI를 사용

한 결과가 큰 차이를 보여주지 않는다고 하였다. 김진우 등(2002)에 제시된 V_0 는 8.54 m/hr, n은 0.4078 m³/kg로 본 연구 결과의 범위에 포함되나, 실험 시 MLSS 온도는 제시되지 않았다.

본 연구에서는 SVI 및 SSVI를 측정하여 그 상관성을 파악하였다. Fig. 8에서와 같이 SVI와 SSVI는 상관관계가 있음 보여주고 있으나, 상관계수가 0.6113인 관계로 그 신뢰도는 낮은 것으로 나타났다. 온도에 따른 SVI 및 SSVI는 Fig. 9에 있는데, 온도 별로 SVI와 SSVI의 차가 매우 큰 것을 보여주고 있다. 즉, MLSS 온도 21°C 이하에서는 SVI 값이 SSVI 값의 2배 이상이 되는 것으로 나타났고, 25°C에서는 두 값의 차이가 크지 않은 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 Mines 등(2001)과 일치한다. Mines 등(2001)은 MLSS 온도 제시 없이 SVI와 SSVI가 동일한 값을 나타내고 있다고 주장하였는데, 이들이 시료를 채취한 처리장이 미국 플로리다 주 중부에 위치한 Tampa Bay 주변에 있는 관계로 MLSS 온도는 25°C 내외를 가졌을 것이라 예상된다.

참고로 Tampa Bay 지역의 년 평균 기온은 22°C이다 (<http://www.floridatravelusa.com/wcharts.htm>). 그러므로 SVI와 SSVI와 관계는 온도를 고려하지 않은 Fig. 8의 결과는 사용하지 말고, 온도가 고려된 Fig. 9의 결과를 참고해야 한다고 판단된다. 즉, MLSS 온도가 낮은 동절기에는 SVI 및 SSVI 값이 차이가 나므로, 동절기 이차침전지 운전에서 SVI 값만을 운전 인자로 사용하는데 매우 조심해야 한다고 판단된다. 현재까지 파악된 문헌조사에 의하면 MLSS 온도가 고려된 SVI 및 SSVI 관계는 제시되지 않은 바, 이에 대한 심도 깊은 연구가 수행될 필요가 있다고 판단된다.

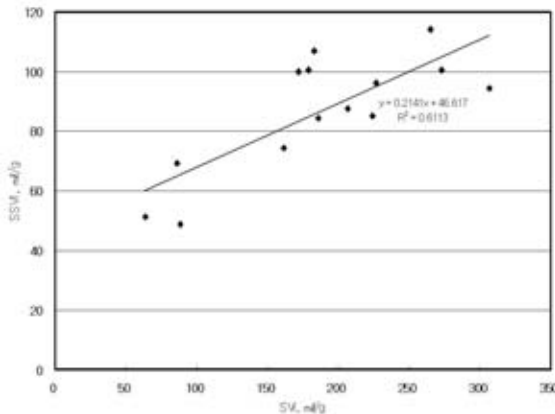


Fig. 8. Relations between SSVI and SVI without considering MLSS temperature.

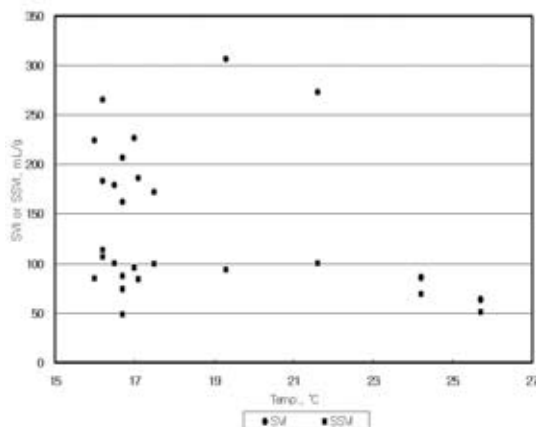


Fig. 9. Comparison between SVI and SSVI at different temperatures.

4. 결론

연구대상 처리장 호기조 MLSS 생용집성 실험은 이차침전지에서의 생용집 현상이 크게 발생되지 않는 것으로 나타나, 이차처리수 SS 농도를 낮추기 위해서는 생용집기작을 유발하는 시설이 설치되어야 한다고 판단된다. MLSS 침강성 실험 결과는 문헌에서 제시된 결과와 많은 일치를 하였다. MLSS 온도 변화에 따른 침전성 실험에서는 온도가 상승함에 따라 ZSV(V_0)는 증가하고, 간섭침전 침강 특성 계수(n)는 감소하는 경향이 나타났다. 그러므로 이차침전지 설계 및 평가에 있어서 이들 계수를 사용하는 경우에는 설계 온도를 설정하는 것이 필요하다고 판단된다. SVI와 SSVI 측정치 비교에 있어서는 MLSS 온도에 따라 그 차이가 있는 것으로 나타났다. 21°C 이하의 온도에서는 그 차이가 컸지만, 25°C에서는 그 차이가 크지 않은 것으로 나타났다. 그러므로 SVI 나 SSVI를 포함한 침전특성계수를 사용하는 경우에도 설계 온도에 대한 고려를 해야 한다고 판단된다.



감사의 글

본 연구는 2006년도 경기대학교 학술연구비(일반연구과제) 지원에 의하여 수행되었으며, 도움을 준 경기대학교 환경공학과 학생 및 경기도 K하수처리장 관계자에 감사드립니다.

참고문헌

- 김진우, 최영균, 이종훈, 김희준, 정태학 (2002) 침전성인자를 이용한 생물학적 고형물의 침전속도식과 고형물 플러스 분석, *상하수도학회지*, 16(3), pp.291-298.
- 박석균, 강선홍 (2006) 슬러지계면층 높이변화모델에서 슬러지 침전특성에 대한 영향, *상하수도학회지*, 20(1), pp.147-155.
- 유대환, 최의소 (2000) 포기조 활성슬러지의 침전특성을 고려한 2차 침전지의 고형물 부하량 산정, *대한토목학회지*, 20(4-B), pp.599-650.
- 유대환, 박정수, 최의소, 박종복 (2001) dPAO를 이용한 BNR 공정과 일반 활성슬러지 공정에서 슬러지의 침전 및 탈수특성, *대한환경공학학회지*, 23(6), pp.1045-1053.
- 이병희, 이억제, 김용석, 이용운, 최한나 (2004) MLSS 응집화를 이용한 이차 침전지 최적화 방안, *한국물환경학회·대한상하수도학회 공동춘계학술발표회 논문집*, pp.457-459.
- 환경부 (2005), *하수도시설기준*, 한국상하수도협회.
- Buhr, H.O. (2007) The Operator's Guide To Monitoring Secondary Clarifier Performance, *Proceedings of WEFTEC'07, the 80th Annual WEF Conference*.
- Ekama, G.A., Barnard, J.L., Gunthert, F.W., Krebs, P., McCorquodale, J.A., Parker, D.S., and Wahlberg, E.J. (1997) *Secondary Settling Tanks : Theory, Modelling, Design and Operation*, International Association on Water Quality.
- Giokas, D.L., Daigger, G.T., Sperling, M.V., Kim, Y.C. and Paraskevas, P.A. (2003) Comparison and evaluation of empirical zone settling velocity parameters based on sludge volume index using a unified settling characteristics database, *Water Research*, 37, pp.3821-3836.
- Kinnear, B.J., Williams, R., Olson, C., Kennedy, K., Johnson, H., Pollack, E. and Vitasovic, C. (1998) Theoretical and Field Comparison of Clarifier Feedwell Sizing, *Proceedings of WEFTEC'98, the 71st Annual WEF Conference*.
- Mines, R.O.Jr., Vilagos, J.L., Eichelberger, W.F.Jr. and Murphy, R.J (2001) Conventional and AWT Mixed-Liquor Settling Characteristics, *Journal of Environmental Engineering*, pp.249-258.
- Parker, D., Butler, R., Finger, R., Fisher, R., Fox, W., Kido, W., Merrill, S., Newman, G., Pope, R., Slapper, J. and Wahlberg E. (1995) Design and Operations Experience with Flocculator-Clarifiers in Large Plants, Large Wastewater Treatment Plant Group Vienna Workshop, Vienna, Austria, August 28-September 2.
- Parker, D.S., Gerges, H.Z., Kinnear, D.J. and Wahlberg, E.J. (1999) Approach for Diagnosing Secondary Clarifier Performance Problems and Prescribing Improvements, *Proceedings of Water Environment Federation Plant Operations Specialty Conference*, Milwaukee, Wisconsin, June 6-9.
- Wilson, T., Carrio, L., Fillos, J. and Bailey, W. (1997) Getting more information with less work: Application of the SSV test to the operation activated sludge plants, *Proceedings of WEFTEC'97, the 70th Annual WEF Conference*.
- Wahlberg E.J. (2001) *WERE/CRTC Protocols for Evaluating Secondary Clarifier Performance*, Water Environment Research Foundation.
- Water Environment Federation (2006) *Clarifier Design-Second Edition*, McGraw-Hill.