

조류를 이용한 인공하수의 재처리

이 수 형* · 이 영 준

(국립환경연구원)

Retreatment of Artificial Wastewater by using Microalgae. Lee, Soohyung* and Young Joon Lee (National Institute of Environmental Research, 404-170, Korea)

This study was performed in lab scaled oxidation pond. The removal efficiency of pollutant on the influence of changes of hydraulic retention time and pond style was investigated. The correlation between organic removal efficiency and dissolved oxygen concentration on algal photosynthesis showed the light time revealed a higher relationship more than the dark time, and the squares of the correlation coefficient of 15 days retention time were higher than that of 5 days in single pond. The variation of dissolved oxygen concentration of a series pond was from 4.2 to 19.8 mg/l under 5 days retention time, the concentration of dissolved oxygen increased with increasing step of series pond. Between the single pond and a series of pond system, a series of pond system showed better organic removal efficiency. Average removal efficiency range of TBOD₅ and SBOD₅ was 49~83% and 87~92%, respectively. Algae should be removed appropriately to increase the removal efficiency of organic matter.

Key words : Algal photosynthesis, Oxidation pond, Growth characteristics

서 론

우리나라의 환경기초시설에 대한 규제방식은 농도규제가 중심이 되고있어, 각 처리시설이 규제수준을 충족시키는 경우에도 오염부하 총량이 지속적으로 증가하여 하천의 환경용량을 초과함으로써 수질이 악화되는 문제를 야기시킬 수 있는 가능성이 있다. 환경기초시설을 확충하고 방류수의 배출허용기준을 강화하여도 유입수량이 증가하면 배출되는 오염부하 총량은 증가할 수 밖에 없어 하천의 자정능력을 초과함으로써 수질오염은 가속화 될 수 밖에 없다(홍 등, 1981; 조 등, 2000). 국내의 하수처리장 처리공법은 대부분 생물학적 활성슬러지법으로 환경부의 2000년도 하수종말처리시설 운영관리실태 평가결과에 의하면 전체 적용공법의 63%에 의존하여 주로 유기물질 제거를 주목적으로 하고 있으나, 하수

발생량의 증가로 일부 완전 처리되지 않은 방류수가 자연수계 내의 수질오염을 가중시키고 있다.

본 연구에서는 하수처리장 방류수 중의 유기물질을 처리할 수 있는 처리공법으로 산화지법 (oxidation pond process)을 선정하였으며, 산화지 공법의 기본원리는 수중 미생물에 의한 유기물의 분해로 유입수중 유기물농도를 감소시키고, 반응산물인 CO₂ 및 하수처리장 방류수 중의 영양물질이 조류를 생성시키며, 생성된 조류에 의한 광합성 작용의 결과로 수중에 산소를 공급시켜 유기물 분해를 위한 수중미생물의 활성을 더욱 증가시킴으로서 하수중의 유기물질 및 영양물질의 제거 효율을 높일 수 있는 처리 공법이다(Fig. 1).

산화지법은 조류를 이용하는 처리공법으로 조류는 수생 생태계에서 가장 기본적인 생물체이며(Ryther, 1959), 수질의 지표생물(indicator)로서도 매우 중요한 역할을 한다(Sladeck, 1961). 미세조류는 수처리 뿐만 아니라 자

* Corresponding author: Tel: 032) 560-7447, Fax: 032) 560-7450, E-mail: lshnier@me.go.kr

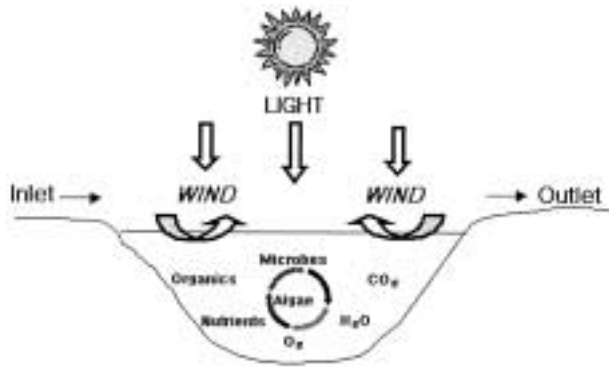


Fig. 1. General conception of aerobic oxidation pond process in wastewater treatment.

원화 등 생물공학적인 적용이 다양하고, 그 효율성에 대한 연구 (Fogg, 1942; Hintz, 1966; Stewart, 1968; Oswald, 1973; Brown, 1975; Uziel, 1975; Waslein, 1975)가 활발히 진행중에 있다.

하수처리 공법으로 이용되는 일반적인 산화지 시설은 크게 호기성 (aerobic), 혐기성 (anaerobic) 또는 통기성 (facultative) 산화지로 구분할 수 있다. 호기성 산화지는 주로 하수원수 및 대부분 하수처리장의 처리공법인 활성슬러지법에 의해 처리된 하수 방류수의 재처리를 위하여 주로 이용되는데, 유입수중의 유기물질은 산화지내의 호기성 미생물에 의해 처리되며, 수심이 얇아 바람에 의한 교반이 일어나고, 산화지내에 번식하는 조류의 광합성 작용에 의해 산소가 공급되어 미생물의 유기물 분해에 이용된다. 또한 호기성 공법은 혐기성 공법에 비해 유기물 분해과정이 빠르게 진행되며, 처리과정의 부산물이 물, 이산화탄소 및 질소, 인 영양염 등으로 혐기성 분해과정의 부산물에 비해 냄새가 나지 않는 수용성 물질들이다. 이때 생성된 이산화탄소, 질산염 및 인산염 등은 조류를 생장시키고, 유입수중의 영양물질이 산화지내 조류에 의해 재처리되는 공법으로, 유입수의 성장 및 처리 목적에 따라 실험지를 단일 또는 다단으로 이용할 수 있으며, 다단의 경우도 직렬, 병렬 또는 조합에 의해 구성될 수 있다.

호기성 산화지법은 산화지 건설시 수표면적 (water surface)을 기준으로 설계하여야 하나 본 연구에서는 우리나라의 부지확보에 대한 어려움을 고려하여 수체적 (water volume)을 설계 기준으로 하였다. 본 연구에서는 실험실규모 산화지 시설을 설계 제작하여 체류시간 및 산화지 형태에 따른 농도변화 등을 조사하여 중소도시 하수처리장 방류수의 2차 처리를 위한 비용 경제적인 처

리방법에 대한 적용가능성을 모색하는데 본 연구의 목적을 두었다.

재료 및 방법

1. 실험장치

실험조는 투명 아크릴로 제작하였다. 단일 산화지의 용적은 210 l (실용적 120 l), 4단 직렬식 산화지의 용적은 216 l (각 조당 54 l)이며, 실용적은 120 l (각 조당 40 l)로 단일 산화지의 실용적과 동일하게 하였다. 실험조의 광원은 식물재배용 형광등 및 일반형광등을 사용하였으며, 자연 조건과 동일하게 하기 위하여 12L:12D로 하였고, 수표면에서의 광량은 평균 4,000 Lux로 하였다. 또한 실험수는 정량펌프를 사용하여 실험조로 유입시켰으며, 실험조내에 발생된 조체의 유출을 방지하기 위해 각 조의 유출구에 baffle을 설치하였다. 실험에 사용된 실험실규모 산화지 시설의 제원은 Fig. 2와 같다.

2. 실험 원수 및 인공시료의 조성

유입수는 Glucose, KH_2PO_4 , NH_4NO_3 을 이용하여 특별대책지역 이외의 기타지역 하수종말처리시설 방류수 기준인 KH_2PO_4 8 mg/l, NH_4NO_3 60 mg/l 및 Glucose (COD_{Mn} 기준) 40 mg/l으로 각각 인위적으로 주입하였는데, 이는 현재 대부분 하수처리장에서 상기의 방류수 기준은 만족시키고 있으나 향후 하수처리장 방류수의 기준이 더욱 강화될 것으로 예상하여 실제 하수처리장 방류수가 아닌 인공하폐수를 이용하여 유입수 농도를 설정하였다. 유입수중 유기물농도는 완전 산화식에 의해 환산하여 stoichiometric amount를 주입하였으며, 체류시간별 유입수중 각 영양물질의 첨가량은 Table 1과 같다.

또한 유입수를 인공조제하여 사용하였기 때문에 산화지 공법에 있어 가장 중요한 조류 생물량을 증가시키는데 많은 시간이 소요되므로 조류를 함유한 원수를 실험 원수로 사용하였으며, 채집시키는 4월 초순이었고, 실험지 인근의 수체의 순환이 원활치 못한 소형 연못에서 채집하였다. 채집된 원수에는 *Scenedesmus*, *Chlorella* 및 *Phomidium* 등이 가장 많이 나타났으며, chlorophyll a의 농도는 76.3 µg/l이었고, 각 실험조 내에서의 chlorophyll a 농도를 20 µg/l로 유지하기 위해 단일 산화지에서는 262 ml, 4단 직렬식 산화지에서는 각 조마다 65 ml를 투

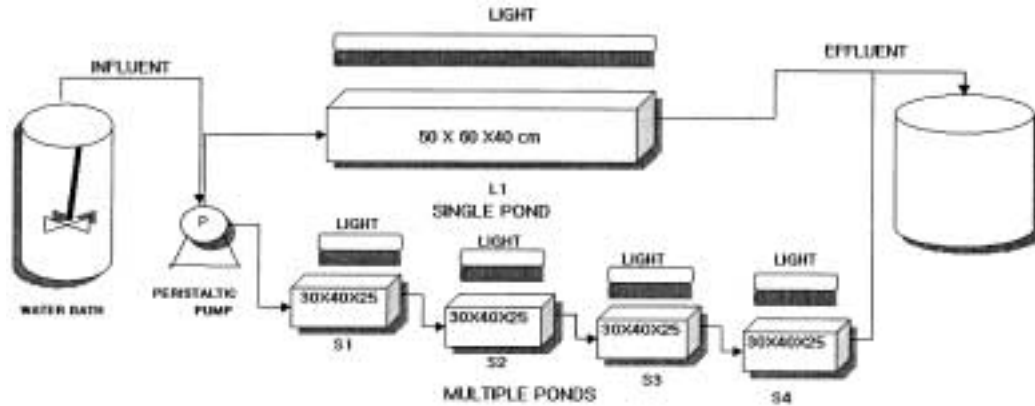


Fig. 2. Schematic diagram of experimental ponds.

Table 1. Composition and daily addition of synthetic wastewater.

Chemicals	Daily addition
Glucose	85.8 mg/l · d
KH ₂ PO ₄	17.2 mg/l · d
NH ₄ NO ₃	26.0 mg/l · d

Table 2. Initial water quality of raw water.

Parameters	Concentration	Parameters	Concentration
Temp. (°C)	12	Chl. - a (µg/l)	76.3
pH	8.2	T-N (mg/l)	9.5
BOD (mg/l)	10.5	NH ₃ -N (mg/l)	0.4
COD _{Mn} (mg/l)	7.7	NO ₃ -N (mg/l)	4.1
COD _{Cr} (mg/l)	16.0	T-P (mg/l)	0.4
SS (mg/l)	16.2	PO ₄ -P (mg/l)	0.1

입하였다. 조류 접종농도인 20 µg/l는 일반호소에서는 부영양 단계의 높은 농도라 할 수 있으나, 본 실험의 대상 하폐수가 인공으로 조제되어 산화지 공법에서 중요한 역할 중의 하나인 조류의 활성을 짧은 시간내에 높이기 위해 다소 높은 농도의 조류를 접종하였다. 또한 채집시의 수온은 12°C이었고, 실험조 내의 수온은 평균 20°C (최고 25°C, 최저 15°C)를 유지하여 실험조내 조류의 성장에 적절한 온도를 유지하였으며, 주간 및 야간의 온도 차이는 최대 ±10°C 내외로 실험기간 동안 수온변화는 심하지 않았는데, 이는 실험실규모 산화지 시설의 실험조를 실내에 설치하였기 때문이다. 일반적으로 호기성 산화지에서의 수온에 대한 한계치는 4~35°C이며, 적정 온도는 20°C 내외인 것으로 보고된 바 있다 (Gloyna, 1967). 호소수 수질은 수질오염공정시험법 (환경부, 1995)

과 Standard Methods (APHA, 1992) 에 의해 분석하였으며, 결과는 Table 2와 같다.

3. 실험조건 및 분석방법

산화지 형태에 따른 효율을 평가하기 위해 실험실규모의 단일 및 4단 직렬식 다단 산화지 시설을 선정하였다. 호기성 산화지의 경우 수표면적 (surface area)을 기준으로 설계하지만 수심이 얇고 표면적이 넓어지면 단회로 (short circuiting)가 형성될 가능성이 있고, 겨울철 대기 중으로의 노출면이 크게되면 수온의 강하에 의해 수표면이 결빙되기가 쉽다. 또한 우리나라의 여건상 소요부지를 최소화하고, 에너지를 축적시킬 수 있다는 점에서 수표면적이 아닌 수체적 (water volume)을 기준으로 한 동일 체적의 단일 및 다단 산화지 시설을 비교 평가하였다.

실제 산화지 설계시의 체류시간은 산화지 형태 및 운전조건에 따라 차이가 있으나 일반적으로 호기성 산화지에서는 5~20일, 혐기성 20~50일 및 통기성 5~30일로 운영되고 있다 (건설부, 1992). 본 실험에서는 동일 체적의 단일 및 4단 직렬식 실험실규모 산화지 시설 실험조의 체류시간 변화에 따른 효율평가를 위해 일반적인 호기성 산화지의 체류시간인 5~20일 중 5일 및 15일로 하였다. 체류시간 5일의 경우, 1일 유입되는 유입수량은 24 l이며, 정량 pump를 사용하여 분당 16.7 ml로 맞추어 주입하였고, 체류시간 15일의 경우는 1일 유입수량 8 l로, 분당 5.6 ml의 유입수를 주입하였다. 시료는 일주일에 2회 채수하여 분석하였으며, 단일 및 4단 직렬식 산화지 실험조의 유기물 제거효율 산정을 위해 각 조의 유입수 및 최종유출수를 채수후 TBOD 및 TCOD_{Mn}을

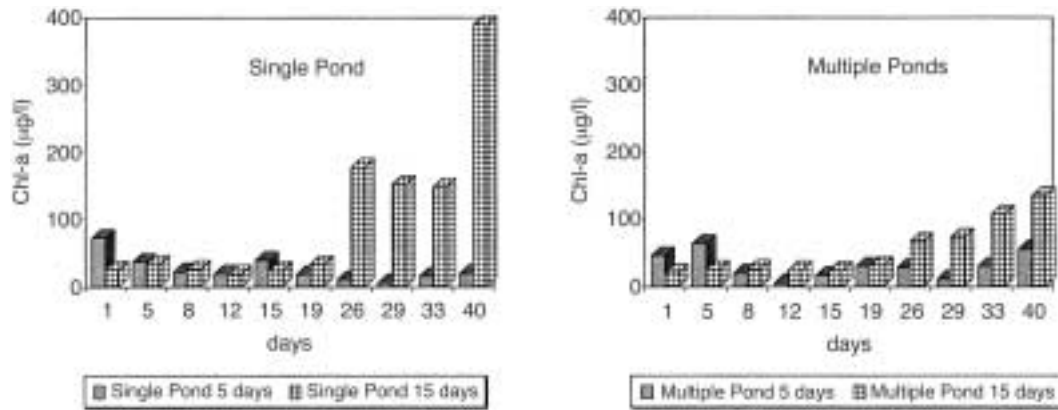


Fig. 3. Variation of Chl.-a concentration during operation time.

분석함으로써 평가하였고, 실험수중의 미세조류 및 부유물질이 처리율에 미치는 영향을 파악하기 위해 실험 유입수 및 처리수를 여지(GF/C)로 여과하여, SBOD 및 SCOD_{Mn}를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 조류를 이용한 수처리율 조사

각 실험조내 조류량(chlorophyll a)의 변화를 조사하였으며, 단일 실험지의 경우 체류시간 5일에서의 chlorophyll a 농도는 큰 변화폭을 나타내지 않았으나, 체류시간 15일에서는 실험 시작 후 26일이 경과한 뒤로 큰 변화폭을 나타내어 chlorophyll a 147.7~388.9 µg/l의 범위를 나타내었는데, 이는 체류시간의 연장에 따라 실험조내의 조류가 과다 번식하게 되고, 처리수와 함께 방류되었기 때문이다. 반면에 다단 산화지에서는 단일 산화지에 비해 적은 폭의 변화를 나타내었으며, 체류시간 15일의 경우 실험 시작 후 26일이 경과하면서 다소 chlorophyll a 농도가 증가하였으나 단일 산화지에서 보다는 적은 변화 폭인 66.4~134.4 µg/l의 범위를 나타내었다(Fig. 3). 또한 실험조내 부유성 조류를 20배 농축하여 검정한 결과 체류시간 5일의 경우 *Scenedesmus*, *Chlorella*, *Phomidium* 등이 가장 빈번하게 나타났고, 그 외에 *Selenastrum*, *Arthospira*, *Ulothrix*, *Quadrigula*, *Melosira*, *Nitzschia*, *Ourococcus* 등도 관찰되었다. 체류시간 15일에서도 체류시간 5일에서 나타난 대부분의 종이 나타났으며, 수체 표면에 *Quadrigula*, *Clamydomonas*로 이루어진 얇은 막이 형성되었다.

본 실험에서는 별도의 조류 제거장치를 설치하지 않

았으며, 조내의 일부 조류들이 서로 응집하여 floc을 형성하는 경우가 발생하였고, 이러한 조류 floc들이 처리수와 함께 동시에 방류되는 것을 방지하기 위해 baffle을 설치하였는데, baffle의 설치로 조류 floc들이 대량 유출되는 것은 방지할 수 있었으나, 시간이 경과하면서 사멸되거나 바닥부근에 침전된 조류층이 두꺼워져 일부 조류들이 부상함으로써 처리수와 함께 방류되어, chlorophyll a 및 SS 등의 농도를 증가시키는 것으로 나타났다.

조류의 광합성 및 호흡작용과 유기물 제거율과의 관계를 알아보기 위해 24시간 동안의 DO 및 COD_{Mn} 제거율에 대한 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 시간대별 DO 변화는 현저하였다. 체류시간 5일의 경우 다단 산화지 내의 DO 농도는 4.2~19.8 mg/l 범위를 나타내어 주·야간 동안의 조류에 의한 광합성 및 호흡작용에 의해 DO 변화가 현저함을 알 수 있었으며, 다단 산화지에서 1지(4.2~7.3 mg/l 범위)에 비해 후단의 평균 DO가 높은 것으로 나타나 마지막 조인 4단조에서 주·야간의 DO 변화는 12.5~19.2 mg/l 범위를 나타내었다. 단일 산화지에서도 경시적 DO 변화를 나타내어 12.5~19.2 mg/l 범위를 나타내었다. 체류시간 15일의 경우도 조별로 DO 변화를 나타내어 다단 산화지의 경우, 체류시간 5일에서와 같이 단일조(3.6~6.7 mg/l 범위)에 비해 4단조(8.1~12.8 mg/l 범위)의 DO가 높은 것으로 나타났으며, 전체적인 DO 변화는 체류시간 5일(4.2~19.8 mg/l 범위)에 비해 다소 낮은 것(3.6~12.8 mg/l)으로 나타났는데, 이는 유입량의 희석효과와 체류시간의 변화에 따라 다르기 때문인 것으로 판단된다.

또한 광합성 작용에 기인한 DO 농도와 COD_{Mn} 제거율과의 상관계수를 Table 3에 나타내었다. 실험조 별로 차이는 있었으나, 조류의 호흡작용이 활발한 야간에 비

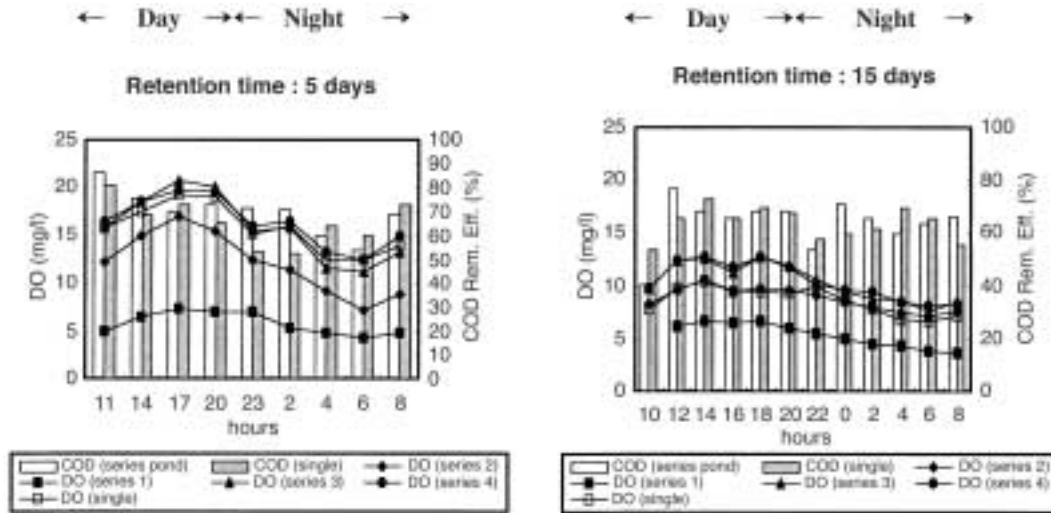


Fig. 4. Relationships between daily DO and COD_{Mn} removal efficiencies.

Table 3. The correlation coefficient between DO and COD_{Mn} removal efficiency.

	5days					15days				
	S1	S2	S3	S4	SP	S1	S2	S3	S4	SP
Day	1.00	0.99	0.99	0.99	0.73	0.38	0.77	0.91	0.90	0.93
Night	0.71	0.84	0.91	0.97	0.55	0.36	0.33	0.43	0.20	0.58
Overall	0.38	0.58	0.58	0.63	0.24	0.31	0.30	0.33	0.37	0.33

(S1, S2, S3, S4 : Multiple ponds, SP : Single pond)

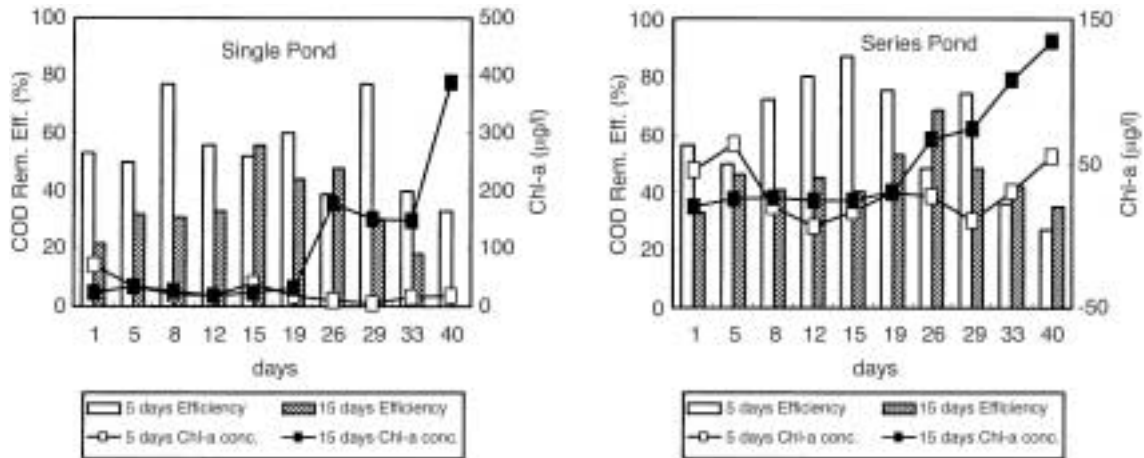


Fig. 5. Relationships between Chl.-a and COD_{Mn} removal efficiencies.

해 광합성 작용이 활발한 주간 상관계수가 더 높은 것으로 나타나 체류시간 5일의 경우 야간(단일지 0.55, 다단지 0.71~0.97)에 비해 주간(단일지 0.73, 다단지 0.99

~1.00)의 상관계수가 높은 것으로 나타났다. 또한 체류시간 15일의 경우도 비슷한 양상을 나타내어 주간(단일지 0.93, 다단지 0.38~0.91) 및 야간(단일지 0.58, 다단지

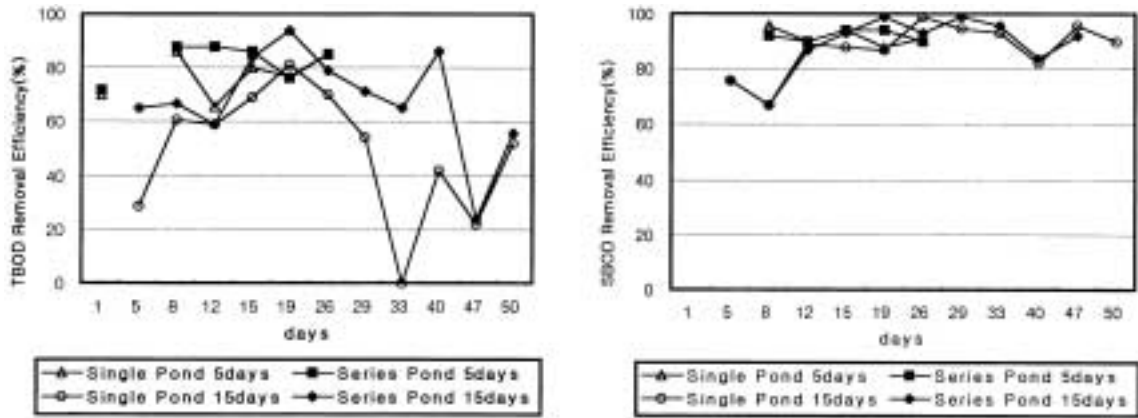


Fig. 6. Variation of TBOD₅ and SBOD₅ removal efficiencies.

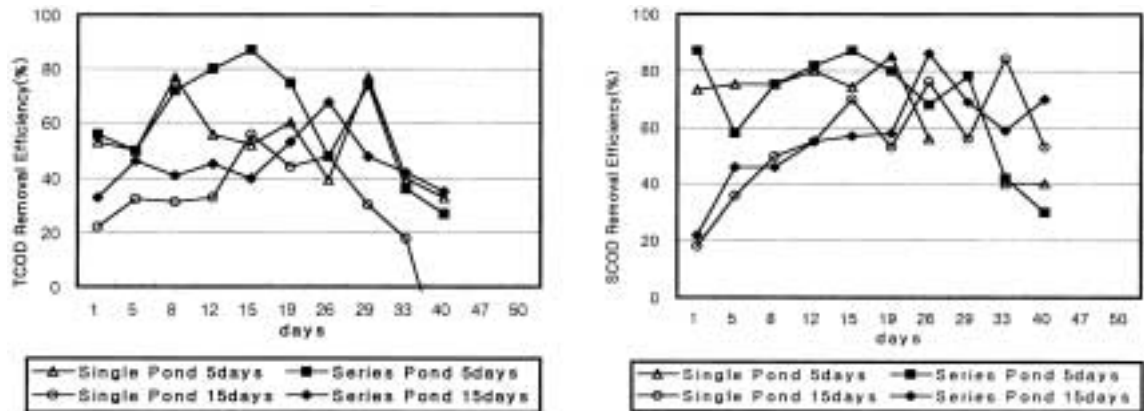


Fig. 7. Variation of TCOD_{Mn} and SCOD_{Mn} removal efficiencies.

0.20~0.43)의 상관성을 나타내었다. 체류시간별 상관성은 단일지의 경우 체류시간 15일의 경우(단일지 0.58~0.93)가 5일(단일지 0.55~0.73)에 비해 상관성이 더 높은 것으로 조사되었으나, 다단지의 경우는 5일(0.71~1.00)인 경우가 체류시간 15일(다단지 0.20~0.91)에 비해 비슷하거나 조금 더 높은 상관성을 나타내었다.

조류농도와 COD_{Mn}과의 상관성 조사결과 Fig. 5에서와 같이 조류농도가 증가할수록 COD_{Mn} 처리율은 감소함을 알 수 있으며, 단일 산화지 및 다단 산화지 모두 비슷한 양상을 나타내었다.

2. 인공하수중 유기물의 재처리

하·폐수 처리를 위한 산화지 공법의 주 목적은 산화지내의 미생물과 조류를 이용하여 유입수내의 유기물질

을 산화시켜 방류된 수계에서 산소의 감소가 일어나지 않을 정도로 유기물질 농도를 감소시키는데 있다. 산화지의 동일 체적에 대한 단일 및 다단식 연속 산화지 시설의 유기물 제거 효율에 대해 많은 연구가 수행되었으며, 유기물 제거시 다단식 산화지 시설이 단일 산화지 시설에 비해 더 우수하다는 연구보고가 있었다(Silva, S.A., 1982). 또한 인공으로 제조된 우유공장 폐수에 대해 동일 체적의 실험실규모 단일 및 다단 직렬식 산화지 시설을 사용한 유기물 제거효율에 대한 연구에서도 다단식 산화지 시설이 단일 산화지 시설에 비해 효율이 더 높은 것으로 보고된 바 있다(Al-Khateeb, B.M.A., 1992).

Fig. 6은 실험실 규모의 단일 및 다단 직렬식 산화지 시설에 의한 체류시간 변화에 따른 TBOD₅ 및 SBOD₅ 제거율을 나타낸 것이다. 체류시간 5일의 경우 단일 및

다단 산화지의 평균 처리율은 각각 77, 83%의 제거효율을 나타내었다. 또한 체류시간 15일의 경우 4단직렬식 산화지에 의한 $TBOD_5$ 제거효율은 실험 시작후 40일까지 59~94%의 유기물 제거효율을 나타내었고, 40일 이후에는 다소 효율이 떨어지는 것으로 나타났다. 단일 산화지의 경우는 54~81%의 제거효율을 나타내었고, 30일 이후 다시 효율이 떨어지는 것으로 나타났다. $TBOD_5$ 에 대한 제거효율은 4단 직렬식 산화지 시설이 단일 산화지에 비해 다소 우수한 것으로 나타났으며, 체류시간 5일인 경우가 처리효율이 높았다.

또한 처리수중 floc 형태의 조류가 방류되는 것을 막기 위해 각 실험조에 baffle을 설치하였으나 미세 형태의 조류는 처리수와 함께 방류되어 조류에 의한 BOD_5 의 측정 오차를 줄이기 위해 처리수를 GF/C 여지로 여과후 BOD_5 분석을 실시하였다. 실험결과 체류시간 5일의 경우 단일 및 다단 산화지의 처리율은 동일하게 92%의 처리율을 나타내었고, 체류시간 15일의 경우도 87~89%의 처리율을 나타내어 $TBOD_5$ 에 비해 높은 처리율을 나타내었다. 따라서 산화지 시설에 의한 처리수 유기물 처리율을 향상시키기 위해서는 방류전에 조류제거장치가 반드시 설치되어야 할 것으로 판단된다.

Fig. 7은 체류시간 변화에 따른 단일 및 다단 산화지의 $TCOD_{Mn}$ 와 $SCOD_{Mn}$ 에 대한 제거효율을 나타낸 것이다. 체류시간 5일의 경우 단일 산화지의 $TCOD_{Mn}$ 제거효율은 33~77% 이었고, 4단 직렬식 산화지의 경우는 27~87%로 나타났으며, 체류시간 15일의 경우 4단 직렬식 산화지 시설이 단일 산화지 시설에 비해 제거효율이 더 높은 것으로 나타났다. $TCOD_{Mn}$ 의 경우도 BOD_5 에서와 같이 체류시간이 짧고, 4단 직렬식 산화지 시설의 제거효율이 높았다.

결 론

본 연구는 기존 하수처리시설의 변경없이 방류수중의 유기물질을 재처리 할 수 있는 비용경제적인 처리법인 실험실규모의 호기성 산화지법에 대해 조류의 생육특성을 이용하여 체류시간 변화 및 산화지 형태에 따른 효율성을 평가하였다.

24시간 동안의 DO에 대한 경시적 변화 분석결과 체류시간 5일, 15일 모두 다단 산화지 내 DO 농도는 첫 번째 조에 비해 후단으로 갈수록 높아지는 것으로 나타났으며, 체류시간 5일에 비해 15일의 DO 농도가 다소 낮은 것으로 나타났는데, 이는 조류의 생육에 필요한 영

양물질의 일일 유입량이 체류시간의 변화에 따라 다르기 때문인 것으로 판단된다. 주·야간의 DO 농도와 COD_{Mn} 제거율과의 상관관계는 호흡작용이 활발한 야간에 비해 광합성 활동이 활발한 주간의 상관성이 높은 것으로 나타났고, 체류시간별 비교결과는 산화지의 형태에 따라 차이가 있어 단일지의 경우는 이 체류시간 15일인 경우가 상관성이 더 높은 것으로 조사되었으나, 다단지의 경우는 오히려 체류시간 5일인 경우의 상관성이 체류시간 15일에 비해 비슷하거나 더 상회하는 것으로 조사되었다. 실험실규모의 단일 산화지 및 4단 직렬식 다단 산화지에 대한 체류시간 변화에 따른 산화지 형태별 유기물 제거효율을 조사하였으며, 체류시간 5일의 경우 $TBOD_5$ 평균 제거율은 단일 77%, 다단 83%를 나타내었고, 체류시간 15일의 경우는 단일 49%, 다단 68%의 제거율을 나타내었다. 또한 $SBOD_5$ 의 경우는 87~92%의 높은 처리율을 나타내어 조류제어의 정도에 따라 유기물 처리율을 더 증가시킬 수 있을 것으로 조사되었다. 유기물 처리효율은 체류시간 5일이고, 4단 직렬식 산화지 시설의 제거효율이 가장 높은 것으로 나타났다. 일반적인 호기성 산화지 시설은 비교적 고농도의 하폐수처리에 적용되는 공법이나 본 실험에서는 하수처리장 방류수 재처리를 위해 비교적 낮은 농도를 대상으로 하였으며, 저농도의 유기물 제거에서도 높은 효율을 나타내는 것으로 나타났다.

산화지내의 조류는 시간이 경과하면서 사멸되거나 바닥부에 침전된 조류층이 두꺼워지면서 처리수와 함께 방류되어, chlorophyll a 및 SS 등의 농도를 증가시켰으며, 산화지내 조류를 계속적으로 제거시켜 조류를 일정 농도로 유지시켜 주는 것이 산화지 공법의 처리율을 높일 수 있는 것으로 조사되었다. 또한 산화지공법은 산화지 내에 존재하는 미생물에 의해 유기물을 산화시키며, 이때 생성된 반응 산물중 CO_2 와 하수처리장 방류수중의 영양물질 및 빛에너지를 이용하여 조류를 생성시켜 질소, 인 등의 영양물질을 제거하고, 조류의 광합성 작용에 의해 생성된 산소는 다시 미생물의 유기물 제거에 이용되는 고도 하수처리 공법이라 할 수 있다. 수온에 의한 성층화(thermal stratification)원리를 응용함으로써 하·폐수중의 영양물질을 처리하는 고도처리 공법에 관한 연구가 수행된 바 있으며, 이때 TKN의 경우 51~98.8%, TP 42.2~92.9%의 비교적 높은 제거효율을 나타내었다(Llorens, 1992). 또한 생물학적 처리공법인 활성슬러지법을 응용하여 포기조내의 미생물 대신 조류를 이용한 활성조류에 의한 영양물질 제거공정으로 TKN 30~50%, NH_3-N 32~59% 및 PO_4^{3-} 30~53.3%의 제거

효율을 나타낸 바 있다(Maiti, 1988).

산화지법 (oxidation pond process)은 경제성을 감안하여 기존 하수처리장의 처리시설에 대한 시설 변경없이 방류수중의 유기물질 및 영양염 등을 재처리할 수 있는 공법이며, 중소도시의 부지확보가 비교적 용이한 지역에서 적합한 처리공법이라 할 수 있다.

적 요

본 연구는 실험실규모의 산화지 공법을 적용하였다. 체류시간 변화 및 산화지 형태가 처리율에 미치는 영향을 조사하였다. 조류의 광합성에 대한 유기물 제거율과 용존산소와의 상관관계는 야간에 비해 주간 상관성이 더 높은 것으로 나타났고, 단일지의 경우는 체류시간 15일의 경우가 5일에 비해 상관성이 더 높은 것으로 조사되었다. 시간대별 DO 변화는 체류시간 5일의 경우 다단 산화지 내의 DO 농도는 4.2~19.8 mg/l를 나타내었고, 첫번째 조에 비해 후단으로 갈수록 높아졌다. 유기물 처리효율은 체류시간 5일이고, 4단 직렬식 다단 산화지 시설에서 제거효율이 더 높았다. 유기물 제거효율로 TBOD₅ 평균 제거율은 49~83%를 나타내었고, SBOD₅의 경우는 87~92%의 높은 처리율을 나타내었다. 또한 산화지 내 조류생성량을 일정 농도로 유지시켜 주는 것이 산화지 공법의 처리율을 높일 수 있는 것으로 나타났다.

인 용 문 헌

건설부. 1992. 하수도시설기준.
 조홍제, 김정식, 문성준, 박재희. 2000. 하수 차집율에 따른 도시 하천의 수질변화예측. 대한상하수도학회지. **14**: 181-195.
 홍사욱, 이종우. 1981. 한강 중류수계 및 중요지천의 이화학적 조사 연구. 한국육수학회지 **14**: 1-11.
 환경부. 1995. 수질오염공정시험방법.
 Al-Khateeb, B.M.A. 1992. The effect of physical configuration on the performance of laboratory-scale oxidation ponds. *Water Research*. **26**: 1507-1513.

APHA, AWWA, WPCF. 1992. Standard method, 18th edition.
 Brown, R.L. 1975. The occurrence and removal of nitrogen in subsurface agri-cultural drainage from san joa valley, California. *Water Research*. **9**: 524.
 Fogg, G.E. 1942. Studies in nitrogen fixation by blue-green algae. *Expl. Biology*. **19**: 78.
 Gloyna, E.F. 1967. Waste stabilization ponds. Lecture series. University of Texas, Austin. Texas
 Hintz, H.F. 1966. Nutritive value of algae grown on sewage. *Animal Science*. **25**: 675.
 Llorents, M., J. Saez, and A. Soler, 1992. Influence of thermal stratification on the behavior of a deep wastewater stabilization pond. *J. Water Research*. **26**: 569-577.
 Maiti, S.K. and S.K. Gupta, 1988. Nutrients removal and conservation by activated algae in oxidation ditch. *J. WPCF*. **60**: 2115-2119.
 Morais, G.V.R. 1966. New factors in the design, operation and performance of waste stabilization ponds. *Bull. World Health Organization*. **34**: 737-763.
 Oswald, W.J. 1973. Complete waste treatment in ponds. *Progress in Water Technology. Water Quality and Pollution Control*. **3**: 153.
 Ryther, John H. 1959. Potential productivity of the sea. *Science*. **130**: 65-69.
 Silva, S.A. 1982. On the treatment of domestic sewage in waste stabilization ponds in Northeast Brazil. Ph. D. thesis. University of Dundee. Scotland.
 Sladeczek, Vladamir. 1961. Zur biologischen gliederung der hoheren saprobitat-sstufen. *Arch. f. Hydrbiol. Bd*. **58**: 103-121.
 Stewart, W.D.P. 1968. Nitrogen input into aquatic eco-systems. *Algae, Man and the Environment*. Daniel F. Jackson.
 Uziel, M. 1975. Integrated algal bacterial systems for fixation and conversion of solar energy. Presented before the annual meeting A.A.A.S. Symposium.
 Waslein, C.I. 1975. Unusual sources of proteins for man. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. **6**: 77-151.

(Received 20 Feb. 2002, Manuscript accepted 2 Jun. 2002)