

빛의 照射期間으로 본 好氣性 高率 安定槽 프로세스의 營養物質 除去

孔 錫 基

中部大學校 環境工學科

The Nutrients Removal in Aerobic High Rate Ponds Through the Lighting Period

Surk-Key Kong

Department of Environmental Engineering, Chungbu University

Abstract

It is not too much to say that the territorial inhabitants' concerns are wholly concentrated on the environmental preservation-problem and development-problem in Korea given effect to the local self-government system.

At a time like this I was studied the effect on nutrients removal through lighting period in aerobic high rate pond and we know that waste stabilization pond method is the most economical and energy saving wastewater treatment technology than others.

At the results which was studied through operating the reactor-1 artificially maintained at a temperature, 25°C, a light intensity, 3000lux, and a lighting period, 24hrs and the reactor-2 artificially maintained at a temperature, 25°C and a light intensity 3000lux, and a lighting period period, 12hrs, It has appeared for 24hrs.-lighting period -reactor-1 to be prior to the reactor-2.

The attained results are that

1. reactor-1 is prior to reactor-2 on oxygen-generation
2. reactor-1 is prior to reactor-2 on algal production
3. COD removal efficiency, 90.76%, T-N removal efficiency, 80%, T-P removal efficiency, 74.47% in reactor-2, in reactor-1 COD removal efficiency, 94.85%, T-N removal efficiency, 98.07%, T-P removal efficiency, 72.13% are, so the treatment efficiency of reactor-1 is more excellent than things of reactor-2
4. it appeared that the detention time is 8, 9days.

I. 序 論

1. 研究의 背景 및 必要性

1.1 研究의 背景

地方自治制度가 確立되어 實施되고 있는 우리나라의 地域住民들의 關心은 온통 環境問題와 開發問題에 集中되어 있다고 해도 過言은 아니다. 이는 1995년에 施行된 廣域 및 基礎 地方自治團體長 및 議會 議員選舉에 出馬한 各 候補들의 選舉公約에서 찾아 볼 수 있듯이 環境保存과 地域開發을 言及하지 아니한 候補들은 거의 없었다는 點과 最近의 쓰레기 問題를 두고 山本과 金浦 住民들과의 紛爭, 江原道 寧月郡과 忠北 堤川市間的 물紛爭, 忠北 옥천 住民들의 政府의 開發抑制施策에 對한 集團의 示威行動 등에서 그 證據들을 찾아 볼 수 있다.

이러한 狀況下에서 從來의 環境汚染物處理施設들은 그 處理性能이 完璧하지 못할 境遇에는 어느 틈엔가 地域住民들, 더 나아가서는 國民들에게 嫌惡施設이 되어가고 있고 이는 地域利己主義(Nimby)에 따라서 더욱 深化되어 가고 있는 實情인 것이다.

아울러 今年부터 施行되는 環境保全法에 依한 放流水 水質의 T-N, T-P의 規制는 水域 水質의 富營養化現象을 豫防하여 水質汚染現象을 줄이고 用水供給에 따르는 水處理費用을 節減하자는 뜻에 있는 바, 이러한 모든 狀況에서 本人은 中部大學校산하 技術綜合研究所의 廢水處理擔當 研究責任者로서 好氣性 高率 安定槽를 통한 營養物質除去問題를 環境工學의 方法으로 接近해 보았다.

1.1 研究의 必要性和 目的

環境工學의 廢水處理工學에서 安定槽(Waste Stabilization Pond) 工法은 다른 生物學的프로세스(好氣性 懸濁 프로세스, 生物膜 프로세스, 嫌氣性 프로세스)와 比較하여 經濟的인 水處理 프로세스로 알려져 있고¹⁾ 특히, 이미 익히 알려져 있는대로 貧弱한 財政規模를 갖고 있는 우리나라 地方自治團體(道, 市, 郡)들에게 WSP工法은 매우 魅力的인 바, 廢水處理 프로세스로 대두되지 않을 수 없다.

더욱, 프랑스를 爲主로 한 中部유럽의 여러나라 및 中國 등에서 設置되어 施行되고 있는²⁾ WSP工法은 一連의 好氣性, 任意性, 嫌氣性, 化膿性 安定槽를 配列하여 下, 廢水を 處理하여, 그 效率성을 이미 認定

받고 있으며 프랑스 및 포르투갈, 독일等地的 tourist resorts地域의 下, 廢水の 處理에 이를 利用하여 觀光效果를 올리고 있으며, 中國의 境遇, 安定槽(WSP)에 부레옥잠, 민물고기, 거위 등을 棲息, 飼育시켜 空間美的 環境效果를 거두고 있다는 事實³⁾도 이미 報告된 바 있다.

우리나라의 境遇, 溫帶氣候地域으로써 봄과 가을철에 algae와 bacteria의 最適成長溫度條件을 提供해 주고 있을 뿐만 아니라 겨울철에는 農耕地域에서 vinyl house農耕栽培가 活潑히 施行되고 있으므로 이러한 vinyl house農耕栽培法을 利用하여 algae의 人工培養을 통하여 下, 廢水を 處理할 境遇, 그 나타나는 效果가 엄청날 것임을 미루어 짐작할 수 있다. 특히, 여름철 洪水期를 除外하고는 봄·가을, 특히 겨울철 渴水期의 水質緩和策은 澈底히 講究되어야 함은 물론이고 現在, 各 地方自治團體에서 施行하고 있는 地域住民들을 僞한 事業으로써 河川遊休地開發(sports & leisure 施設 造成 等)을 하고 있으므로 河川遊休地에 WSP를 設置하여 下, 廢水處理를 遂行할 境遇, 지금까지 나타난 여러나라의 pond工法의 使用實態로 보아 環境親和的 水處理施設으로써 相當한 效果를 거둘 수 있게 할 것이다.

그러나 WSP工法에 對한 研究 報告는 다른 生物學的 工法에 對한 研究報告와 比較하여 相對적으로 상당히 낮은 水準에 있고, 深度있고 자세한 處理 메카니즘에 對한 研究가 國內, 外的으로 상당히 不足하다.

이런 點에서 本 研究가 작으나마 水處理分野의 WSP工法 部分에 一助가 되기를 바라고 앞으로 水處理 分野와 더 나아가서는 環境工學의 發展에 一助가 되기를 바란다.

2 研究動向

2.1 國外研究動向

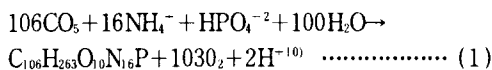
Nie와 Xu⁴⁾는 WSP를 技術的이고 經濟的인 觀點에서 研究하여 이를 슬러지 工法과 比較하였고 Taricska⁵⁾는 嫌氣, 好氣性 WSP工法으로 牛乳廢水を 處理하여 優越한 效率를 強調하였고 Martin 등은 WSP에 진흙(Clay), 石灰石(Lime), 飛散재(Fly Ash)를 投入하여 酸性의 炭化水素슬러지를 安定化시키는 方法을 研究하였다⁶⁾.

Juanico⁷⁾는 WSP工法을 遂行함에 있어서 Plug

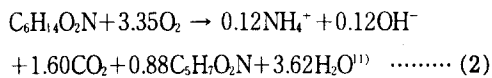
-Flow를 採擇할 것이나, Perfect-Mixing을 採擇할 것이나라는 問題를 討論함에 있어서 Bacteria를 除去하는데 있어서는 Plug-Flow Pattern이 높은 效率을 나타냈고, 높은 濃度の N, P, BOD를 除去하기 爲한 Facultative Pond에 있어서는 Perfect-Mixing Pattern이 높은 效率을 나타냈으며, 낮은 濃度の BOD, N, P를 除去하는데 있어서는 Plug-Flow Pattern이나 Perfect-Mixing Pattern 모두가 類似한 結果를 나타낸다고 報告하였다.

Zhoa와 Zhang⁹⁾은 WSP에서 BOD除去와 溫度와의 關係를 實驗室 研究를 통하여 發表했는데 溫度가 8℃에서 24℃로 上昇할 境遇 BOD₅除去가 90.0%에서 96.6%로 增加하였고 溫度가 4℃로 下降했을 境遇 BOD₅ 除去는 87.6%로 떨어진다고 報告하였는 바, 實驗에 使用된 廢水는 Peptone界 人工合成 廢水로써 BOD₅가 282.5mg/L이며 Pilot-Plant의 WSP 水表面에서 測定한 照度는 6,000LUX, 照明時間은 하루 10時間, 蒸發分을 勘案하여 人爲的으로 流入시킨 原水量은 1.5L/day, 反應槽 規模는 1,600mmL×(250~375mmW)×(300~400mmD)이었다. Zhoa와 Zhang은 反應槽 바닥 media를 使用하지 않았으며, 攪拌도 하지 않았고 理論的 滯留時間을 23.4日로 하였다.

Carberry⁹⁾는 流入BOD濃도와 algae와 bacteria와의 symbiotic cycle에 따라 處理되는 BOD와의 關係를 Algal-Bacterial Clay Treatment System으로 說明하였는데 그녀는 우선 Stumm과 Morgan이 1981년에 發表한 Algae에 依한 CO₂의 new algal cell로의 合成公式를 引用하였는데 合成公式는 다음과 같다.



아울러 그녀는 Reynold가 發表한 박테리아에 依한 有機物의 合成式을 引用하였는데 合成式은 다음과 같다.



以上の 두式을 갖고 Stoichimetric analysis 한 結果, 1gm의 CO₂는 0.76gm의 algae를 生産해 낸다고

하였으며, 0.93gm O₂/gm algae, 0.7gm O₂ Produced /gm CO₂ Consumed, 0.81gm O₂ required/gm incoming BOD의 結果를 發表하였다.

Liu와 Jordan은 Solar incidence에 依한 햇빛光度對 algae生産을 0.0055 kcal/kg algae로 발표하였다¹²⁾.

Oswald¹³⁾는 메탄醱酵와 光合成酸化를 人爲的으로 시키기 위하여 이른바 AIWPS (Advanced Integrated Algal Bacteria System)을 紹介하였는데 이 System의 骨子는 任意性酸化池의 메카니즘과 化膿性酸化池의 메카니즘의 利用이었고, Paddle을 利用한 攪拌과 Harvested된 Algae를 返送시키는 裝置가 附着되어 있었고 別途로 Settling Pond가 마련되어 있었다.

Zhoorov와 Zhookov¹⁴⁾는 間歇瀑氣를 利用하여 高度處理를 爲한 Pond工法을 紹介하였으며 Toshiyuki와 Masahiro¹⁵⁾는 光配列을 垂直과 水平으로 配列시켰을 때 固液分離 關係를 研究하였는데 水平配列이 垂直配列보다 固液分離 效率이 높다고 報告하였다. 培養된 藻類는 Euglena gracilis였으며 藻類 成長과 光配列과의 關係가 얼마나 緊密한가를 잘 說明해 주고 있다.

Talbot¹⁶⁾ 등은 廢水處理와 關聯이 있고 水質의 富營養環境에서 쉽게 나타나는 세가지 filamentous하고 large unicellular한 Oscillatoria agardhi, Ankistrodesmus facaltus, Phormidium bohneri의 세가지 微細藻類와 溫度, 빛, Algal Growth의 比較研究와 數學的 Modelling을 研究하였는데 이 세가지 微細藻類가 成長하기 爲한 條件은 3~650μE/sec.m² 光度와 5℃~35℃의 溫度였고 Oscillatoria agardhi는 溫度 25℃에서 最大成長率(0.5~0.7/day)을 나타내었으며 Ankistrodesmus facaltus는 溫度 20℃에서 最大成長率(0.45~0.5/day)을 나타내었으며 Phormidium bohneri는 溫度 30℃~35℃에서 最大成長率 (1.0~1.5/day)을 나타내었다고 報告하였다.

Picot¹⁷⁾ 등은 프랑스의 Meze에서 mediteranean climate下에서 運轉되고 있는 WSP 프랜트에서의 빛과 溫度와 營養物質除去에 對한 研究를 遂行하였는데 여름철일 경우 滯留時間은 4日이고 겨울철일 境遇는 8日이었으며 프랜트規模는 12.40mL×3.80mW×0.35m D이고 paddle wheel이 設置되었다. 運轉結果는 Table 1 같다.

그리고 이들은 運轉을 통한 考察事項을 다음과 같이 說明하였다.

Table 1. Mean physicochemical characteristics of influents & effluents of a high-rate pond during the period studied

Detention time	$\theta = 8$ days		$\theta = 4$ days	
	HRP Input	HRP Output	HRP Input	HRP Output
Water temp. °C		14.5		25.9
pH	8	9.3	8	9.2
O ₂ mg/L	0.3	18.6	0.2	22.5
chl.-a mg/L	0.7	2.2	0.6	1.4
SS mg/L	128	212	170	194
COD mgO ₂ /L	285	342	344	322
DCOD mgO ₂ /L	115	55	126	112
NH ₄ -N mg/L	18.17	1.84	21.56	1.12
SOrgP mg/L	8.84	16.22	14.22	14.1
DOrgN mg/L	2.75	2.6	3.8	5.1
Loss(N) mg/L		10.8		18.1
TKN mg/L	29.8	20.7	38.9	203
PO ₄ -P mg/L	5.8	1.65	7.26	2.08
DOrgP+PP mg/L	1.8	0.64	1.64	0.35
SOrgP mg/L	1.85	4.2	1.59	3.39
Loss(P) mg/L		3		4.7
T-P mg/L	9.5	6.5	10.5	5.8
Ca mg/L	138	102	124	106
COD removal eff. %		80		68
NH ₄ -N removal eff. %		92		94
PO ₄ -P removal eff. %		71		71

DCOD= Dissolved Chemical Oxygen Demand

SOrgN= Suspended Organic Nitrogen

DOrgN= Dissolved Organic Nitrogen

Loss(N)= Difference between input & output total N-concentration

DOrgP+PP= Dissolved Organic Phosphorous & Polyphosphates concentration

Loss(P)= Difference between input & output total Phosphorous concentration

T-P= Total Phosphorous

• algal biomass 로 光合成된 N은 algae의 乾燥무게로써 7%, P는 1%를 차지한다.

• N의 揮發과 P의 沈澱에는 殘留 NH₄-N와, PO₄-P, pH가 깊은 關係를 갖고 있다. regression analysis 한 結果, PO₄-P variation의 85%와 NH₄-N variation의 56%가 關聯되어 있는 것으로 나타났다. 그리고 關係式은 다음과 같다.

$$PO_4-P = -3.415pH + 33.795 \quad R_2 = 0.854$$

$$PO_4-P = 0.064 Ca - 3.47 \quad R^2 = 0.338$$

$$NH_4-N = -12.524pH + 117.696 \quad R^2 = 0.558$$

2.2 國內研究動向

國內의 研究로는 지난 1979년 洪¹⁵⁾이 剩餘슬러지를 藻類의 營養源으로 利用하여 家庭下水 中の 營養物質을 處理하는 方法으로 藻類를 利用한 下水處理 可能性을 提示하였고, 1990년 李¹⁹⁾는 藻類培養을 利用하여 二次處理流出水의 營養物質除去에 觀한 研究

를 遂行하였다. 李는 우리나라의 有機性廢水處理에 많이 使用되고 있는 代表的 生物學的處理工法의 하나인 活性슬러지工法이 有機物의 除去效率은 높으나 N, P 등과 같은 營養物質의 除去率은 30%로 内外로 比較的 낮은편인 點에 着眼하여 이 研究를 遂行하였으며, 3500LUX의 照度, 60rpm의 混合強度 및 20~28℃의 溫度를 維持한 狀態에서 藻類를 培養한 結果, 優粘種으로써 Green Algae에 속하는 Scenedesmus sp가 나타났고 중량 下水處理場의 最終流出水成分, COD 700~100mg/L, T-N 26.3~35.2mg/L, T-P 5~13mg/L, pH 7.2~7.6인 廢水를 이 優粘種으로써 處理한 結果, 約 91.8% T-P와 83.3%의 T-N 및 90.2%의 NH₃-N 除去率을 얻었음을 報告하였다.

以上에서 보아 알 수 있듯이 WSP工法에 對한 研究는 國外에서의 研究가 國內에서의 研究보다 더욱 많이 이루어져 왔고 國內에서의 研究는 最近, 5年동안 거의 이루어져 오지 않았다. 그리고 國外에서의 研究조차 大部分 大單位 現場調査資料에 不過하고 實驗室的 規模로 이루어진 實驗調査資料는 거의 없는 實情인 것이다. 그리고 最近 5年 以內에 發表된 論文조차 WSP工法이 갖고 있는 藻類와 細菌의 共生作用에 따르는 메카니즘과 共生作用에 影響을 미치는 因子(照射期間別로의 比較, 攪拌, pH 등)에 對한 明確한 實驗室的 糾明이 없는 것이다.

이런 點에서 本 研究는 우선 照射期間(lighting

period)이 프로세스의 處理效率에 미치는 影響에 對하여 分析하였다.

II. 實驗裝置 및 方法

1 實驗의 概要

- 1.1 實驗用 파일럿 프랜트 製作
- 1.2 藻類培養
- 1.3 bottomed clay 와 人工合成廢水 製造
- 1.4 順應 및 運轉
- 1.5 分析

2 實驗用 파일럿 프랜트

本 研究를 爲하여 鐵製앵글로 프랜트 骨格을 製作하였으며 프랜트 안의 裝置(apparatus) 器機(equipment)는 Table 2와 같고 配列은 Fig. 1과 같다.

3 藻類培養

本 實驗을 爲하여 藻類를 한달간 人工培養했으며 培養條件은 다음과 같다.

3.1 培養條件

3.1.1 Sampling 場所

· 漢江의 八堂댐 上流 流域

3.1.2 期間

· 1995. 11. 15~1995. 12. 15

Table 2. Contents of Pilot Plant

Items	Specification
自然流下式	dia. 16mm, 非壓力 PVC pipe
源水流入槽	500mm, L.×500mm, W.×500mm, D. acryl 才質, 3個
反應槽	400mm, L.×400mm, L.×400mm, W.×500mm, D. acryl 才質, 3個
直流型 모타	0~120rpm 可變速度型, 3個
Turbine Impellor	Stainless Steel 才質, 3個
大型螢光燈	40W, 3波長刑, 12個
小型螢光燈	20W, 3波長刑, 6個
button式 自動 timer	1個
自動水位調節裝置	浮遊球式, 自動 水位調節 밸브附着, 3個
自動溫度調節裝置	水中作動式, 센서가 附着된 瞬間溫水機, 3個
막대型 水銀溫度計	實驗用 3個
유리사이펀	dia. 10mm×L. 450mm
開閉밸브	dia. 16mm. 鑄鐵才質 6個

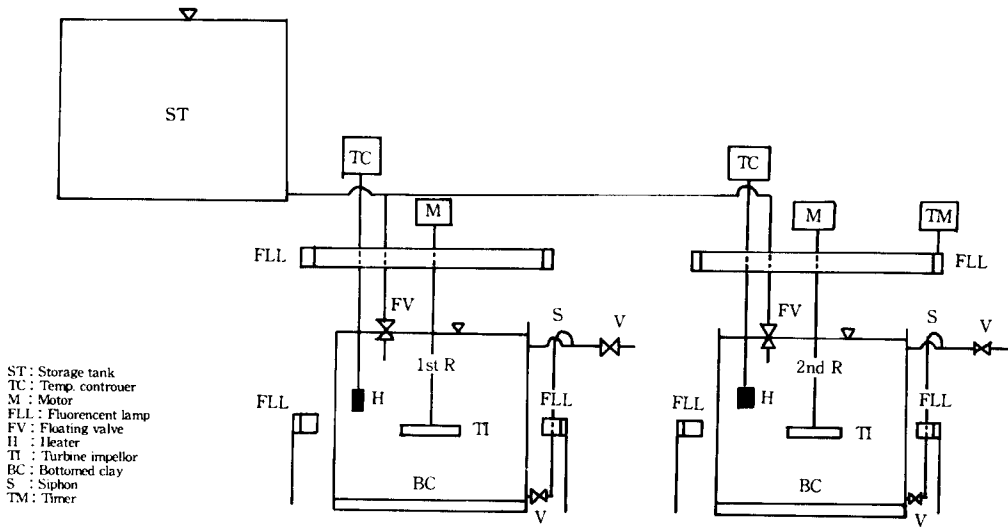


Fig. 1. Scheme of model pilot plant

3.1.3 水表面照度 및 水中溫度

- 3000 LUX
- 25 °C

3.1.4 攪拌

- 50rpm

Table 3. Components of artificial synthetic wastewater

Components	Concentration(mg/L)
Starch	300(300mg CODcr/L)
(NH ₄) ₂ CO ₃	102.9(30mg T-N/L)
Na ₂ HPO ₄	41.4(9mg T-P/L)
MgSO ₄ · 7H ₂ O	250
CaCl ₂ · 2H ₂ O	15.47
Fe ₂ (SO ₄) ₃	4.06
NaHCO ₃	167.97
Na ₂ EDTA	4.88
MnSO ₄ · H ₂ O	1.41 × 10 ⁻³
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0.2
CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.08
H ₃ BO ₃	3.13 × 10 ³
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ · 4H ₂ O	0.13
CoCl ₂ · 6H ₂ O	0.04

3.2 培養된 藻類種

- 軟綠色 藻類, 編耗 藻類屬, Euglena sp. & 綠色 藻類屬, Zygnema sp²⁰.

4 Bottomed Clay와 人工合成廢水

本 研究를 爲하여 錦江下流堆積層의 粘土를 採取 하여 常溫에서 乾燥한 후, 粉碎하여 粉末로 만들어 사용하였다.

아울러 製造된 人工合成廢水 成分은 Table 3과 같다.

5 順應 및 運轉

우선 反應槽 바닥에 製造된 clay를 3cm 두께로 깔 아놓고 人工合成廢水 64L를 流入시킨 後 다음과 같은 條件으로 運轉하였다.

5.1 運轉條件

5.1.1 期間

- 1995. 12. 15 ~ 1996. 2. 15

5.1.2 人工培地에 適應된 藻類를 0.47mg/m³가 되 도록 反應槽에 注入: 貧營養狀態 造成

5.1.3 빛 利用을 極大化하기 爲한 水平, 垂直光配列

- 水平光配列: 螢光燈을 水面 위에 設置
- 垂直光配列: 螢光燈을 地面으로 부터 23cm위 의 地點에 設置

Table 4. Analytical methods & apparatus

Item	Analytical Methods & Measuring Instruments
Temperature	Temperature
pH Value	pH meter (Accument 550)
DO	DO meter (YSI model 51B), Azide Modification
CODcr	Standard Methods 18th-5220 (open reflux Method)
NH ₃ -N	Standard Methods 18th-4500 (Phenate Method)
NO ₃ -N	Brucine Method (KSM)
NO ₂ -N	Diazo Method (KSM)
T-P	Standard Methods 18th-4500 (Stannous Chloride Method)

Table 5. The result of treatment per lighting period

1.Reactor-1 for 12 L.- 12 D.

concentration unit : mg/L (exception: pH & Chl.-a)

days	pH	DO	COD	NH ₃ -N	NO ₃ -N	T-N	T-P	Chl.-a(mg/M ³)
2(2/1)	7.38	2.6	42.50	9.16			7.92	19.2224
4(2/3)	6.97	0.6	37.14	6.25	0.16	12.50	7.08	
7(2/6)	7.69	0.7	30.10	2.78	0.18	5.56	6.16	
8(2/7)	7.42	0.8	29.31	3.00	0.18	6.00	3.83	34.9904
9(2/8)	7.58	1.2	27.73	5.03	0.23	10.06	7.98	41.4792

2.Reactor-2 for 24 L.

concentration unit : mg/L (exception: pH & Chl.-a)

days	pH	DO	COD	NH ₃ -N	NO ₃ -N	T-N	T-P	Chl.-a(mg/M ³)
2(2/1)	7.33	0.5	39.95	9.46			7.64	72.4560
4(2/3)	7.01	0.3	31.75	5.09	0.11	10.18	6.73	
7(2/6)	8.88	5.8	27.32	0.45	0.17	0.90	4.42	
8(2/7)	8.24	5.0	24.13	0.29	0.25	0.58	4.56	1370.5680
9(2/8)	8.43	4.2	18.22	0.49	0.29	0.98	4.18	1403.9730

cf.) 反應槽內的 水面높이 : 43cm

· 15rpm

5.1.4 攪拌利用을 極大化하기 爲한 攪拌機設置

5.1.6 水表面照度

· 攪拌機種類 : 터빈

· 3000LUX

· 設置높이 : 터빈입펠라를 反應槽바닥으로 부터 23cm위의 中央地點에 設置

5.1.7 水中溫度

· 25℃

5.1.5 攪拌速度

5.1.8 照射期間

· 12L-12D와 24L : timer 利用

5.1.9 試料採取 및 保管

· 流出口에서 流出水를 每日 1L 採取한 後, 源水 流入槽의 流入水를 골고루 混合, 분산시킨 後, 反應槽로 流入시켰으며, 採取한 試料는 Standard method에 따라 保管하였다.

5.1.10 主要 比較事項

· Chl-a 濃度, NH₃-N, PO₄-P, COD

5.2 順應(Adaptation)

Bottomed clay와 人工注入한 藻類와의 共生作用의

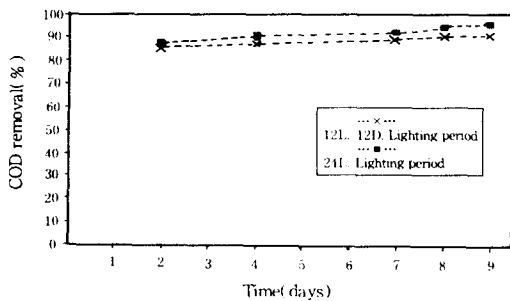


Fig. 2. COD removal by lighting period

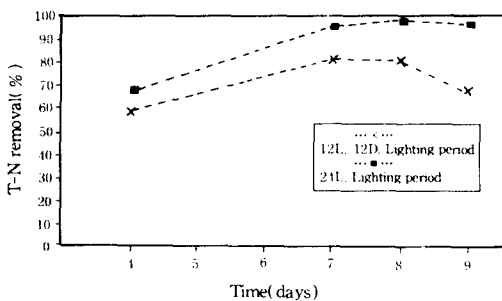


Fig. 3. T-N removal by lighting period

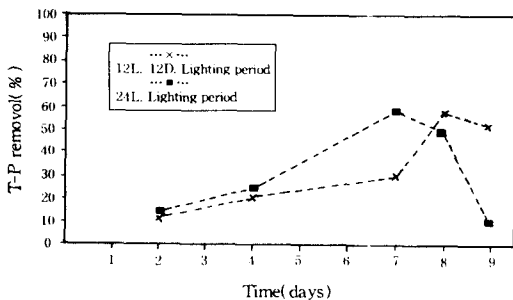


Fig. 4. T-P removal by lighting period

圓滑함과 流出水 水質의 處理結果를 均等하게 하기 爲해서 4日間 順應期間을 주었다.

6 分析

順應期間이 끝난 後, 流出水를 (1L) 採取하여 whattmann GFC filter(Φ, 1.2μm)로 여과濾過하여 Table 4와 같이 分析하였다.

Ⅲ. 結果 및 考察

1 照射期間別 處理結果比較

結果는 Table 5와 같다.

그리고 投入된 營養物質의 除去效率 比較는 Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4와 같다.

Ⅳ. 結 論

1. 두 個의 反應槽 모두 實驗期間 동안 pH變化는 恒常 中性을 維持한다.
2. 24L反應槽가 12L-12D反應槽보다 酸素生産能力이 뛰어나다.
3. 24L反應槽가 12L-12D反應槽보다 藻類生産能力이 뛰어나다.
4. 두 個의 反應槽 모두 反應開始後 8, 9日을 起點으로 營養物質除去能力이 低下되고 오히려 濃度가 增加한다. 이는 下部 슬러지로 부터 營養物質이 溶出되기 때문이다.
5. 24L反應槽는 10日째 되는날부터 流出 Chl-a가 減少하는데 이는 上部固形物이 沈澱하기 때문이다. DO는 恒常 3.5~5.0을 維持한다.
6. 12L-12D反應槽의 COD 除去效率은 90.76%, T-N 除去效率은 80%, T-P 除去效率은 57.44% 임에 比하여 24L反應槽의 COD 除去效率은 94.85%, T-N 除去效率은 98.07%, T-P 除去效率은 53.56%로써 全般的으로 24L 反應槽의 處理能力이 뛰어나다.

Reference

1. 金東玟, 廢水處理(서울 淸文閣, 1996)
2. D. D. Mara etc. : The design & operation of

- waste stabilization ponds in tourist areas of areas of mediterranean europe, *Wat.Sci. Tech.* Vol. 22. No. 3/4, pp.73-76, 1990, A. Batchelor etc. : Low-cost & Low-energy wastewater treatment systems : a South african perspective, *Wat. Sci. Tech.* Vol. 24. No. 5, pp.241-246, 1991.
3. Baozhen Wang : ecological waste treatment & utilization systems on low-cost, energy-saving /generating & resources recoverable technology for water pollution control in China, *Wat. Sci. Tech.* Vol. 24, No. 5, pp.9-19, 1991.
 4. Meisheng Nie etc. : Technical & economic analysis of stabilization ponds, *Wat. Sci. Tech.* Vol. 24, No. 5, pp. 55-62, 1991.
 5. Taricska, J. R. : Treatment of milk wastewater by two-stage anaerobic/aerobic process, Thesis, Cleveland State Univ. : Cleveland, Ohio, 384, 1990.
 6. Martin, J. P., et al. : Constitutive behavior of clay & pozzolan-stabilized hydrocarbon refining waste, *Am. Soc. Testing Mater. Spec. Tech. Publ.*, 1070, 185, 1990.
 7. Marcelo Juanico : Should waste stabilization ponds be designed for perfect-mixing or plug flow ?, *Wat. Sci. Tech.* Vol. 23, Kyoto, pp. 1495-1502, 1991.
 8. Quingliang Zhao etc. : Temperature influence on performance of oxidation ponds, *Wat. Sci. Tech.* Vol. 24, No. 5, pp. 85-96, 1991.
 9. Judith Bower Carberry, Options for the rational design & operation of oxidation ponds, *Wat. Sci. Tech.* Vol. 24, No. 5, pp. 21-32, 1991.
 10. Stumm, W. & Morgan, J. J. *Aquatic chemistry* John Wiley & Sons, Inc., N. : Y.,1981.
 11. Reynold, T. D. : Unit operation & process in environmental engineering, Boston, MAPWS publishers, 1982.
 12. Liu, B. U. H. & Jordan, R. C. : Long term average performance of flat plate solar collectors, *Solar Energy*, 33, 1976.
 13. William J. Oswald : Introduction to advanced integrated wastewater ponding systems, *Wat. Sci. Tech.* Vol. 24, No. 5, pp. 1-7, 1991.
 14. Vladimir Zhoolov & Dmitri Zhookov : Tertiary treatment of wastewater in biological ponds, *Wat. Sci. Tech.* Vol.24, No. 5, pp. 41-46, 1991.
 15. Toshiyuki Nzkazima & Masahiro Takahashi : A photo-bioreactor using algal phototaxis for solids-liquid separation, *Wat. Res.* Vol. 25, No. 10, pp. 1243-1247, 1991.
 16. P. Talbot etc. : A comparative study & mathematical modeling of temperature, light & growth of three microalgae potentially useful for wastewater treatment, *Wat. Res.* Vol. 25, No. 4, pp. 465-472, 1991.
 17. B.Picot etc. : Nutrients removal by high rate pond system in a mediterranean climate (France), *Wat. Sci. Tech.* Vol. 23, Kyoto, pp. 1535-1541, 1991.
 18. 홍옥희 : Complete treatment of domestic sewage with activated sludge & algal cultivation cultivation process, KAIST. 碩士學位論文, 1979.
 19. 李熙子 : 藻類培養을 이용한 二次處理水の 營養物質除去에 關한 研究, 서울시立大學校 碩士學位論文, 1990.
 20. 安承丘 : 水處理와 藻類學, 서울시立大學校 工科大学 環境工學科, 1994.