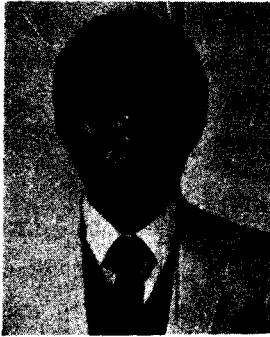


1. 서 론

Anaerobic Filter Process (嫌氣性 濾床工程)에 의한 酒精廢水의 處理



姜 寅 國

(現代엔지니어링技術研究所)

지난 1960年代 이후 20여년동안 우리는刮目할 만한 經濟成長과 더불어 急速한 産業發達을 이룩하였으나 그 결과 産業體에서 排出되는 汚染物質로 인하여 人間의 삶에서 가장 중요한 물과 공기 그리고 우리가 디디고 서있는 땅이 汚染되어 가고있다. 최근들어 環境汚染이 人間에 미치는 영향이 심각해짐에 따라 環境規制 기준이 강화되고 公害防止를 위한 각종 對應策이 강도높게 擴散되어 적절한 防止對策없이는 工場稼動이 不可能하게 되었다. 일반적으로 産業體에서 排出되는 汚染物質중 重金屬을 포함한 無機物은 응집침전(Coagulation), 활성탄 흡착(Carbon Adsorption), 이온교환(Ion Exchange)등의 化學的 處理工程이 주로 이용되어지고 있으며 有機物중 底濃度의 경우에는 활성오니법으로 處理하며, 2,000mg/l 이상의 高濃度의 경우 嫌氣性 處理工程이 주로 이용되어지고 있으나 처리효율이나 經濟的 觀點뿐 아니라 운전상 여러가지 문제점을 안고 있다고 볼 수 있다.

이에 본 研究所에서는 在來式 嫌氣性 處理工程의 限界를 극복하여 보다 經濟的이고 高效率의인 處理工程으로 최근 미국에서 제안된 嫌氣性 濾床工程(Anaerobic Filter System)에 관심을 갖고 1985년 國內 최초로 Lab-Scale Pilot Plant를 설치하여 맥주, 당밀, 커피, 酒精廢水 등 高濃度 有機廢水에 대한 實驗을 수행하였으며, 이중 Lab-Scale의 실험에서 제시된 酒精廢水의 處理結果를 現場實證운전을 통하여 그 結果를 확인하고자 3m³/DAY 처리 용량의 Pilot Plant를 設計 製作하여 酒精工場 現場에서 10개월간에 걸쳐 實驗을 완료 우수한 結果를 도출하였으며 現在 기존 Pilot Plant System을 이용 도도 酒精廢水에 대한 實驗을 遂行중에 있다.

■ 목 차 ■

1. 序 論
2. 有機産業廢水의 嫌氣性 處理工程
3. LAB SCALE의 實驗裝置를 利用한 酒精廢水의 實驗結果 및 考察
4. PILOT PLANT를 利用한 酒精廢水의 處理
5. LAB實驗과 現場實證實驗 結果比較
6. 結 論

2. 有機産業廢水의 嫌氣性 處理工程

가. 嫌氣性 處理工程原理

嫌氣性 處理工程은 分子狀態의 산소가 存在하지 않는 環境에서 微生物에 의해 有機物이 이산화탄소(CO₂)와 메탄(CH₄)으로 轉換되는 工程을 의미한다. 이러한 嫌氣性 處理工程은 일반적으로 그림. 1에서처럼 3段階로 이루어지는데, 첫번째 段階에서는 高分子 有機物質이 가수분해되어 에너지나 細胞의 탄소원으로 이용하기에 적절한 容存性 底分子 有機物質로 轉換된다. 두번째 단계에서는 박테리아에 의해 容存性 底分子 有機物質이 초산이나 프로피온산과 같은 有機酸으로 轉換되며, 세번째 段階에서는 두번째 段階에서 생성된 有機酸이 Methanobacterium, Methanococcus, Methanospirillum 등의 메탄박테리아에 의해 이산화탄소(CO₂)와 메탄(CH₄)의 최종산물로 轉換된다.

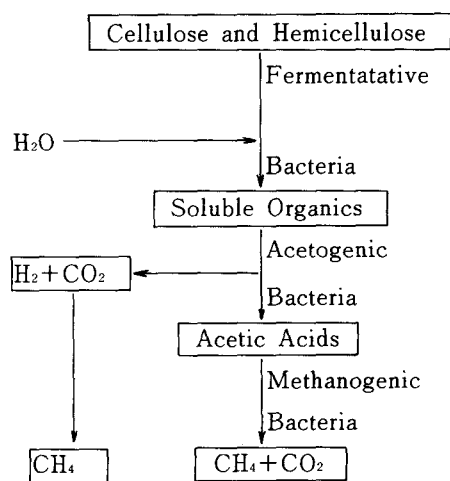


그림.1 嫌氣性 處理工程의 Mechanism

나. 嫌氣性 濾床工程(Anaerobic Filter Process)

Anaerobic Filter Process는 在來式 嫌氣性

處理工程의 限界를 克服하고자 1969年 미국의 Stanford 大學에서 최초로 개발되었다. 微生物을 利用한 嫌氣性 廢水處理工程에서 廢水處理의 成功的인 遂行을 위해서는 消化槽내에 다량의 微生物 確保가 필수적인데 Anaerobic Filter System에서는 Methane Forming Bacteria가 物體의 表面이나 다른 Bacteria에 쉽게 스스로를 附着하는 特性을 利用하여 反應槽내에 많은 표면적을 提供할 수 있는 Media를 充填함으로써 다량의 微生物을 捕獲할 수 있다. 그림.2에서 보는 바와 같이 Anaerobic Filter는 원통형 혹은 4면형으로 수직 構造物과 Packing用 Media로 構成되며 處理 대상 廢水는 일반적으로 反應槽 하부를 통해 유입되어 상부로 유출된다. 따라서 Filter Packing用 Media가 완전히 廢水에 잠긴 상태에서 反應槽가 稼動되므로 Hydraulic Head Requirement가 적다.

反應槽 稼動이 進行됨에 따라 嫌氣性 微生物은 Filter Media 表面에 附着되며 Media 사이의 공간에도 高濃度로 捕獲되어 존재하게 되고 결과적으로 높은 有機物 負荷량을 消化시킬 수 있는 充分한 SRT(Solids Retention Time)를 유지하게 된다. Anaerobic Filter에서는 100~300일 정도의 무척 긴 SRT유지가 가능하므로 Excess Sludge 發生量이 극히 적어진다. 따라서 Sludge Wasting 없이도 오랜 기간 作動이 가능하고, 질소, 인등의 營養物質 공급량도 대폭 감소 시킬수 있다. 또한 反應槽 자체의 高效率性으로 運轉費用이 대폭 절감된다.

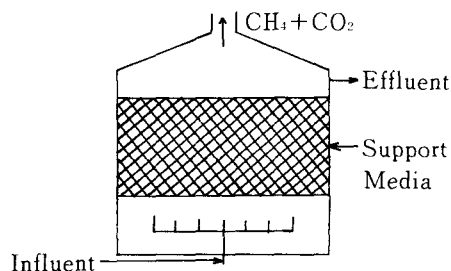


그림2. Anaerobic Filter Reactor의 내부구조도

3. LAB Scale의 實驗裝置를 利用한 酒精廢水의 實驗結果 및 考察

가. 實驗裝置 및 分析方法

1) 實驗裝置

본 實驗에서는 4개조의 Anaerobic Filter를 使用하였으며, 각 Filter의 構造는 同一하다. 그림. 3은 본 實驗에 使用된 Anaerobic Filter System을 개략적으로 그린것이다. 각 Filter內의 溫度는 中溫醱酵에 적합한 35℃로 維持하기 위하여 가열장치가 附着된 溫水 供給 탱크가 使用되었으며, 溫水 巡換펌프를 通하여 35℃의 溫水를 각 Reactor의 Water Jacket에 供給하였다. 廢水貯藏통에는 有機物 濃度 및 pH 조절이 완료된 處理 대상 廢水를 貯藏하여 직접 流量 조절이 가능한 펌프를 通해 Reactor內에 廢

水를 供給할 수 있게 하였다. 각 Reactor는 In-fluent 및 Effluent Line의 연결 위치에 따라 直列 혹은 併列로 作動이 可能하게 製作되었다. 발생가스는 水分 포집병을 通過하여 습식 적산 유량계를 거쳐 大氣中으로 放出되었다.

2) 分析 方法

消化槽 稼動狀態를 알아보기 위하여 消化槽 유입 유출수 및 각 높이에 따라 pH, COD, SS, NH_4^+-N , T-P, Alkalinity, Volatile Acids (유기산) 등을 分析하였으며 소화가스의 發生量 및 메탄함량을 측정하였다. pH, 가스 發生量 및 메탄함량은 매일 측정하였으며 COD, SS, Alkalinity, Volatile Acids 등은 1주일에 2~3 회, BOD, NH_4^+-N , T-P 등은 實驗이 끝나는 각 段階마다 필요에 따라 分析하였다. 分析 方法은 Standard Method 16th Edition 및 公해 公정 시험법에 따라 실시하였다.

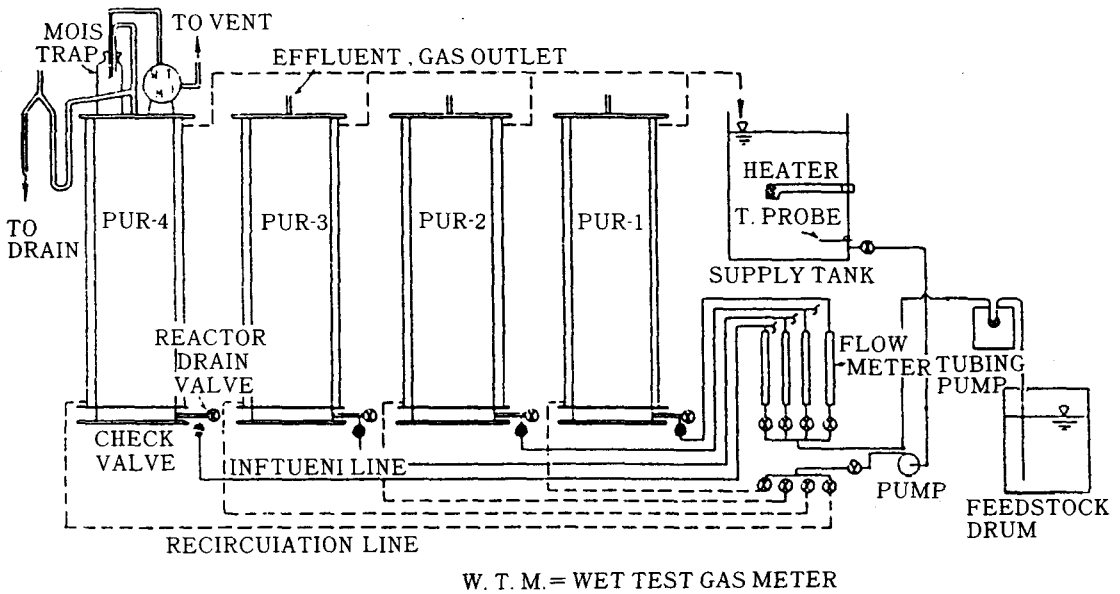


그림3. 본연구에 使用된 Anaerobic Filter system의 실험장치도

나. 混合 酒精 廢水 處理

酒精 廢水는 有機物 濃度가 높고 溫度가 80℃ 以上이며 질소, 인등의 營養物質도 풍부하므로 中溫 혹은 高溫 嫌氣成 處理에 매우 적합한 廢水이다. 일반적으로 酒精廢水의 處理에는 嫌氣性 高溫消化法이 使用되며 消化槽를 通過한 處理水는 2차 處理된 후 잔류 COD濃도에 따라 필요시 응집침전등의 化學的 處理를 거치게 된다.

本 實驗은 3段階로 나누어 실시 하였는데, 1 段階 實驗은 COD 30,000mg/l 의 침전 상등액을 희석없이 직접 처리하는 것을 목표로 하여 반응조 1개조를 使用할 때와 여러조를 併列로 使用할 경우 상호간의 處理效率를 비교하였으며, 반응조 HRT, 유기물 부하량, 流入 COD 등을 變化시키며 최적의 반응조 稼動조건을 확인 하고자 하였다. 2段階 實驗은 1段階 實驗에서 확인된 최적의 반응조 가동조건이 固形物 處理에도 적용 가능한지를 확인하는데 중점을 두었으며, 3段階 實驗은 최적의 경제적 處理方法을 확인하기 위하여 실시 하였는데 Anaerobic Filter의 1段階 處理후 處理水를 활성오니법으로 處理하여 放流基準 以下로의 處理 가능성을 검토하였다.

1) 1段階 實驗

COD 30,000mg/l, BOD 16,000mg/l 의 酒精廢水 침전 상등액을 HRT 5일의 Anaerobic Filter로 處理할 경우 COD의 94%, BOD의 98% 이상이 除去되었다. 發生가스는 이론치의 90% 정도였으며 메탄(CH₄) 함유율은 65% 정

표1. 酒精廢水 1段階 實驗 結果

Influent (mg/l)	No. of units	HRT (일/unit)	Effluent(mg/l)		제거율(%)	
			COD	BOD	COD	BOD
COD30,000 BOD16,000	2	5	1,200	250	96.0	98.4
	1	5	1,700	250	94.3	98.4
	1	10	1,100	300	96.3	98.1

도였다. 표 1은 1段階 實驗結果를 요약한 것이다.

2) 2段階 實驗

2段階 實驗의 目的은 固形物을 포함한 酒精廢水 원액이 Anaerobic Filter로 직접 處理될 수 있는지를 확인하는 것이었는데 本 實驗의 結果에 의하면 酒精廢水 固形物을 分解 除去하기 위해서는 무척 긴 HRT가 필요한 것으로 판단되며, 이는 곧 반응조 크기의 증가를 의미하므로 經濟的인 面을 고려할 때 最適의 方法은 아닐것으로 생각된다. 그러므로 酒精廢水의 固形物은 미리 除去하고 固形物 濃度가 높지않은 상등액만을 주입 處理하는 것이 바람직 한 것으로 판단된다. 표2은 2段階 實驗結果를 요약한 것이다.

표2. 酒精廢水 2段階 實驗結果

Influent (mg/l)	No. of units	HRT (일/unit)	Effluent(mg/l)		제거율(%)		비 고
			COD	BOD	COD	BOD	
COD50,000 BOD21,000	1	5	14,000	3,000	72.0	85.7	
	2	5	9,000	2,000	82.0	90.5	
	2	10	10,000	2,500	80.0	88.1	reactor內 고형물누적

3) 3段階 實驗

3段階 實驗의 目的은 酒精廢水의 經濟的 處理方法 확인에 있었으므로 HRT 5일의 Anaerobic Filter 2개조를 併列로 연결하여 處理하기 보다는 1개조로 處理한 後 그 處理水를 활성오니에서 2차 處理하는 方法이 시도되었다. 활성오니조는 MLSS 濃度 3,000mg/l, HRT 12時間으로 유지되었고, 流入水의 COD는 1,500mg/l, BOD는 250mg/l 정도였다. 활성오니조를 通過한 處理水의 COD는 900~1,200mg/l, BOD는 80~120mg/l 정도로서 BOD는 放流基準 以下로 유지 가능하였으나 COD는 基準을 상당히 초과하였다. 3段階 實驗

結果 1個槽의 Anaerobic Filter와 간단한 활성오니조의 사용이 處理效率 및 經濟的인 면에서 더 有利하다는 事實이 확인되었다.

다. 쌀보리 酒精 廢水 處理

實驗에 使用된 쌀보리 源廢水는 COD濃도가 100,000mg/l 이상이며, 固形物 濃도는 50,000mg/l 이상이었다. 前處理로서 Screw Decanter를 사용한 경우, COD濃도가 35,000~40,000mg/l, 固形物 濃도가 4,000~6,000mg/l 이었으며, Belt Press를 使用한 경우 COD濃도가 20,000~25,000mg/l, 固形物 濃도가 1,000~1,500mg/l 를 나타내었다. 쌀보리를 원료로 使用하였을 경우 다른 酒精廢水에 비해 有機物 濃도 및 固形物 濃도가 높을뿐 아니라 황화합물의 濃도가 높아 嫌氣性 處理時 有機酸 축적 및 pH의 저하로 많은 문제점이 發生된다.

本 實驗에서는 이러한 문제점의 해결을 위하여 1次 實驗에서는 前處理로서 Belt Press를 通過한 탈수여액을 實驗에 使用하였으며, 2次 實驗에서는 Screw Decanter를 通過한 탈수여액을 實驗에 使用하여 固形物의 증가에 따른 處理 可能性을 검토하고자 하였다.

1) 1次 實驗

1차 實驗에서는 Belt Press 탈수여액을 使用하여 HRT 및 有機物 負荷量, 廢水의 COD濃도등을 變化시키면서 Anaerobic Filter에 의한 嫌氣性 處理時 최적의 처리조건을 확인하고자

5段階로 나누어 실시하였으며, 반응조 流出액을 放流水 水質基準 以下로의 處理 可能性을 검토하고자 Volume 10 l, HRT 2日의 활성오니조를 운영하였다.

表3은 各 段階別 處理條件 및 處理結果를 綜合하여 기록한 것으로서 4段階에 걸친 Anaerobic Filter System의 전 實驗과정을 通하여 가스생성량, CH₄함유율, 流出 COD濃도 및 BOD濃도등이 비교적 안정된 값을 보여 주었다. 實驗이 進行되는 동안 pH를 嫌氣性 微生物의 環境에 적합한 7.0~7.2로 유지 시키기 위하여 증조를 사용 Alkalinity를 공급하였다. 가스생성량은 有機物 負荷가 커지면서 비례적으로 증가하였는데 1, 2단계에서는 流入 COD濃도에 대해 이론치의 75~80% 정도가 생성된 반면 3, 4段階에서는 90%以上이 生成되었으며 전 實驗過程을 通하여 CH₄함유율은 60~65%의 안정된 값을 보여 주었다. 그리고 有機物 負荷가 1.7kgCOD/m³·day에서 점차 증가되어 4段階에서는 5.07kgCOD/m³·day에 달하였는데 流出水의 COD濃도 및 BOD濃도는 계속 90% 이상의 높은 除去率을 보여 주었다. 이는 시간이 경과함에 따라 메탄 박테리아가 쌀보리 廢水에 잘 적응되어, 메디아 表面 뿐만 아니라 소화조의 저층에 Sludge Blanket이 형성되어 많은 양의 박테리아가 확보됨에 의한 것으로 사료된다.

표3. 쌀보리 폐수 각 단계별 처리결과

조건 및 결과 단계	ANAEROBIC FILTER		ANAEROBIC FILTER INFLUENT				ANAEROBIC FILTER EFFLUENT					활성오니조EFFLUENT			
	HRT	유기물 부하율 (kgCOD/m ³ ·d)	성분	COD(mg/l)		BOD	COD(mg/l)			BOD (mg/l)	제거율 (%)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	
				Total	Soluble	(mg/l)	Total	제거율 (%)	Soluble						제거율 (%)
1단계	18	1.72	쌀보리폐액	31,000	29,960	17,150	2,373	92.3	-	-	994	94.2	208	26	90
2단계	9	3.0	〃	27,000	26,000	13,800	1,268	95.3	982	96.2	579	95.8	266	42	106
3단계	6	3.88	〃	23,300	20,716	12,300	1,276	94.5	685	96.7	530	95.7	215	35	94
4단계	4.5	5.07	〃	22,800	20,270	12,100	1,637	92.8	960	95.3	710	94.1	214	39	98

반응조를 통과한 處理水を 放流水 水質基準 以下로 유지시키기 위하여 Volume 10 l, HRT 48時間의 활성오니조를 稼動하였는데 활성오니조 流入 COD濃도는 1,100~1,600mg/l, BOD濃도는 470~1,000mg/l로 운전한 결과, 활성오니조를 通過한 處理水는 COD濃도가 200~300mg/l 이었으며 BOD濃도는 50mg/l 以下로서 높은 處理效率을 보여주었으며, 망간법으로 측정된 COD_{Mn}는 전 과정을 통해 90~106mg/l 로서 放流水 水質基準 以下로 유지되었다.

2) 2次 實驗

2차實驗에서는 쌀보리 廢水의 Anaerobic Filter處理時 固形物의 증가에 따른 處理效率 및 處理의 限界性을 검토하고자 Screw Decanter 탈수여액을 實驗에 使用하였다. 쌀보리 廢水의 경우 固形物이 消化되는데는 긴 수리학적 체류시간(HRT)이 필요하므로 1段階實驗에서는 HRT 9日, COD 20,000mg/l, SS 4,000mg/l, 有機物 負荷率을 2.2kg COD/m³·day로 운영하였으며, 2段階實驗에서는 HRT 6日, COD 25,000mg/l, SS 4,000mg/l, 有機物 負荷率을 4.17kg COD/m³·day로 운영하였다.

表4는 各 段階別 處理條件 및 處理結果를 綜合하여 기록한것으로 實驗이 進行되는 동안 pH의 조절을 위하여 중조를 使用 Alkalinity를 공급하였는데, 實驗초기에는 10% 정도의 중조가 使用 되었으나 實驗이 안정화 되었을때는 중조의 使用없이도 pH가 7.2~7.3정도로 유지 되었다. 가스생성량은 有機物 負荷가 커지면서 비례적으로 증가하였는데 1,2段階를 통하여 流入 COD濃도에 대해 90%이상이 生成되었으며 전 實驗過程을 통하여 CH₄함유율은 65~70% 정도의 높은 값을 보여주었다. 有機物 除去率 에서 1段階實驗에서는 COD除去率이 90.3%, BOD除去率이 91.5%를 나타내었으며, 2段階 實驗에서는 COD除去率이 93.2%, BOD除去率 이 96.7%를 나타내었다. 반응조內 固形物 濃 度は 1段階實驗에서 400~600mg/l를 나타낸 반면, 2段階實驗에서는 實驗초기 800~1,000mg /l로 증가하였으나 實驗이 進行되는동안 점차 감소되어 안정화된 후에는 1段階實驗에서와 마 찬가지로 400~600mg/l의 값을 나타내었다. 이는 SS 4,000mg/l의 固形物 濃度下에서도 반응조內 固形物의 누적없이 實驗이 進行될 수 있음을 보여주는 것이다.

표4. 고품을 증가에 따른 각 단계별 처리결과

조건 및 결과 단계	ANAEROBIC FILTER		ANAEROBIC FILTER INFLUENT			ANAEROBIC FILTER EFFLUENT						
	HRT	유기물 부하율 (kg COD/m ³ ·d)	성분	COD(mg/l)		BOD (mg/l)	COD(mg/l)			BOD (mg/l)	제거율 (%)	
				TOTAL	SOLUBLE		TOTAL	제거율 (%)	SOLUBLE			제거율 (%)
1단계	9	2.22	쌀보리폐액	20,000	16,800	11,300	1,938	90.3	1,426	91.5	790	93.11
2단계	6	4.17	"	25,000	19,900	13,200	1,701	93.2	650.3	96.7	742	96.2

4. PILOT PLANT를 利用한 酒精 廢水의 處理

가. 基本工程 및 現場設置

本 現場 實證·實驗은 전장에 언급한 Lab-Scale의 實驗에서 제시된 酒精廢水의 處理結果를 商用化에 대비 現場 운전 조건하에서도 동 일한 성능 보장 의 가능성을 확인하여 타 시·

템에 비해 高效率性和 經濟性을 입증하기 위한 것이다. Pilot Plant에서 반응조 용량은 15m³로서 3~5ton/day를 처리 HRT가 3~5일로 운영되어지며 활성오니조 용량은 6m³로서 HRT가 1.2~2일로 운영되어진다. 증류폐액은 탈수 과정을 거친다음 Pilot Plant內的 Feed Tank 內에 流入되어지며, 固形物의 침전을 방지하기 위하여 Mixer를 利用 完全 혼합되어진다. 流入 廢水의 溫度는 45~60℃의 高溫이므로 1차 處理過程인 반응조에 流入되기전 Cooler에서 35 ±1℃로 조정되어지며, pH조절을 위하여 필요에 따라 Alkali가 첨가 되어진다. 반응조의 內部에는 Media가 충전되어 있으며 반응조의 높이에 따른 處理效率를 검토하기 위하여 네지점에 Sampling Port가 설치되어 있다. 廢水의 流入은 상향류식으로서 반응조의 아래 부분에서 流入되어지며, 운전조건에 따라 저조한 處理效率로 활성오니조에 過負荷가 예상될때는 순환 펌프에 의해 流出水의 일부가 반응조 유입구로 순환되어진다. 發生가스는 가스 배출구를 통해 排出된후 Water Trap에서 수분을 除去시킨 후 Boiler에서 연소시키거나 대기에 직접 소각 방출되어지며, 반응조 流出액은 1차 침전조를 거친후 활성오니조에 유입되어진다. 활성오니조는 HRT 1.2~2日, MLSS濃度 3,000~4,000mg/l, SRT 15~20日로 운전 되어지며 산소의 공급은 산기관에 의해 공급되어진다. 활성오니조에서 處理된 流出水는 2차 침전조를 거친후 COD_{Mn}濃度가 放流水 水質基準 以下로 유지될 경우 하천에 직접 방류하고 그렇지 못할 경우 응집제를 利用 응집반응조에서 化學的 處理를 거친 후 하천에 방류되어진다.

그림4 및 5는 本 Pilot Plant의 現場 設置圖를 나타낸다. 현장에서의 이동편의성과 효율적인 운전이 가능하도록 Anaerobic Filter 1개 Module과 침전조, 활성오니조, 약품조, 각종 펌프류, 전기 및 계기장치와 배관류를 1개의

Base Structure상에 서로 조립한 Module로 구분하고 소용량의 폐수처리에는 상용화로 전용이 가능하도록 Package化를 고려한 시스템으로 설계하였다.

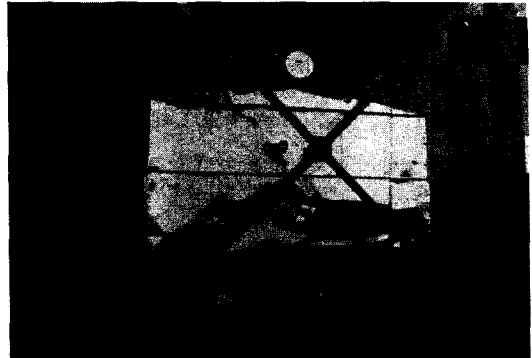


그림4. 反應槽(Anaerobic Filter)

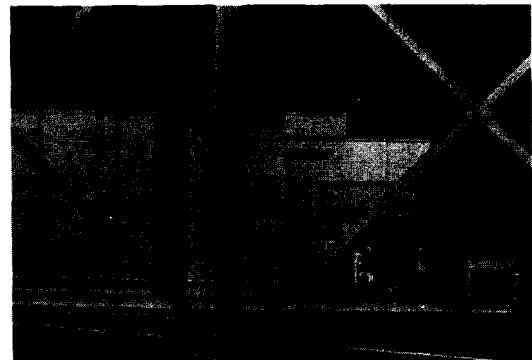


그림5. MULTIPURPOSE MODULE

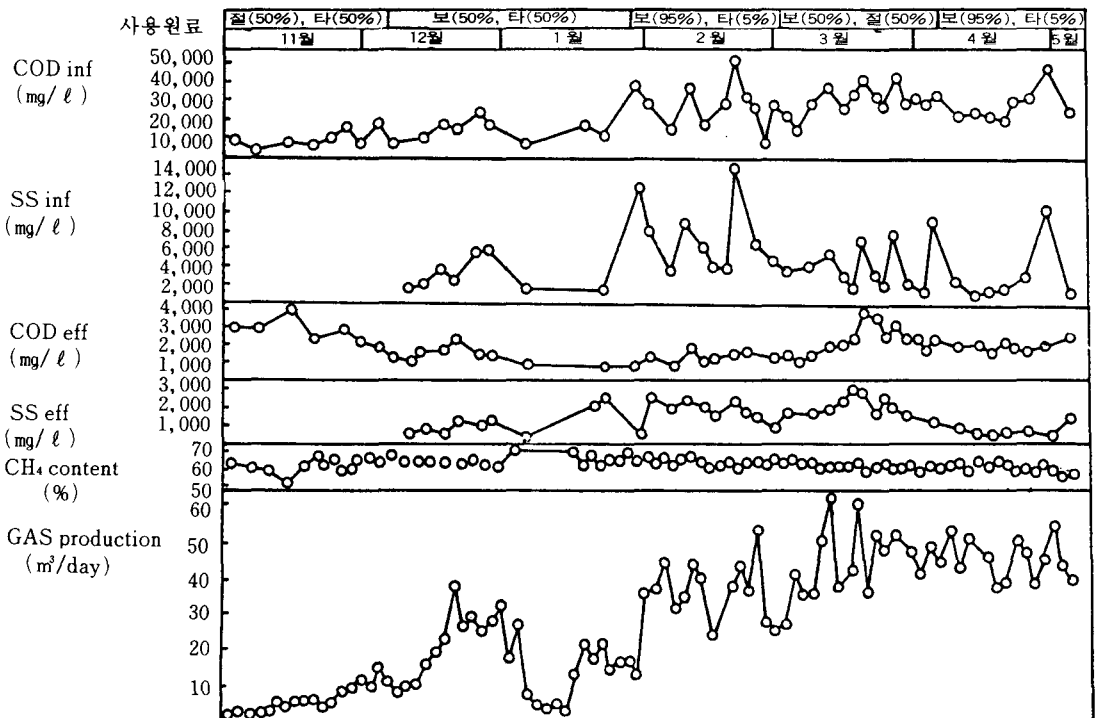
나. 實驗結果 및 考察

本 實驗에서의 미생물 Seeding(식종)은 반응조內的 미생물 확보를 效果적으로 하기위하여 3段階로 나누어 실시하였다. 1段階 Seeding은 LAB實驗에서 使用된 미생물과 동주발효(주)의 메탄발효조內的 미생물을 혼합 반응조 부피의 4% 정도를 Seeding 하였으며, 2段階 및 3段階에서는 동주발효(주)의 메탄발효조內的 미생물만을 6% 및 15% Seeding 하였다. 반응조內的 pH조절은 실험초기 流入COD濃度の 40~50%에 해당하는 Alkalinity를 공급 pH

를 6.8~7.2로 유지시켰으며 實驗이 進行되는 동안 서서히 유입량을 줄여 實驗 시작후 3개월이 경과되면서 부터는 5%이내의 Alkalinity만을 공급 적정pH를 유지시킬 수 있었다. 가스발생은 1段階 Seeding 後 少量식 발생하다가 2段階 Seeding 후 5일이 지나면서부터 200~300 l/day의 가스발생 및 50~60%의 CH₄함유율을 보여주었으며 반응조內의 pH가 반응조 높이에 따라 6.8~7.2, 내부온도가 35±1℃로 유지되어 정상적인 Start-up 상태를 유지하게 되었다. 本 實驗에 使用된 廢水成分은 실험초기 타피오카와 보리의 혼합 증류폐액이었으나 實驗이 進行되는 동안 使用원료의 변경에 따라 成分이 변화하여 절간 고구마와 타피오카, 보리와 타피오카, 또한 보리만의 폐액이 使用되어 LAB實驗에서와는 달리 폐액의 成分 및 심한 濃度의 변화에 따른 現場 적용 實驗을 수행할 수 있었다.

그림6은 7개월간에 걸친 Pilot Plant 운영에 따른 Anaerobic Filter와 稼動상태를 나타내고 있다. 그림에서 보는바와 같이 流入COD 및 SS의 濃度변화가 심한 것을 알수있는데 이는 전처리 過程에서 주로 탈수效率이 좋은 Belt Press를 이용 원액을 탈수하지만 필요에 따라서는 Screw Decanter를 이용 탈수를 하기 때문이다. 가스發生은 실험초기 1m³/day미만의 가스가 發生되었으나 實驗이 進行되는 동안 서서히 증가하여 50여일이 경과되면서 부터는 30~40m³/day의 가스가 發生 정상적인 稼動상태에 근접하게 되었다. CH₄함량은 實驗초기 50% 전후의 낮은 함유율을 보여주었으나 實驗 시작 후 40여일이 지나 실험이 안정화 된 후로는 55~65%의 CH₄ 함유율을 보여주었다. 그림 6에서 보듯이 流入COD 및 SS의 심한 濃度 변화에도 불구하고 流出COD濃度는 2,000mg/l 이

그림 6. PILOT PLANT 운영에 따른 ANAEROBIC FILTER 실험결과



질 : 절간고구마, 타 : 타피오카, 보 : 보리

하로 계속 유지되었으나 3月 중순부터는 流入 COD 및 SS濃도가 30,000~50,000mg/l, 6,000~14,000mg/l 로서 불규칙적인 폐액 공급으로 인하여 유출수의 COD濃도가 3,000mg/l 를 약간 상회하였다. 그러나 폐액공급이 다소 안정화되자 곧 2,000mg/l 이하의 유출COD濃도를 유지할 수 있었다. 7개월간에 걸친 實驗을 통하여 볼 때 流入COD 및 SS의 濃度 변화가

심하였으며 상당량의 固形物이 반응조 內로 공급되었으나 流出 COD의 농도 변화는 그리 심하지 않았으며 반응조內 固形物의 누적없이 안정된 실험이 수행되어졌다. 표5는 Pilot Plant 운영에 따른 酒精廢水의 생물학적 處理結果를 나타내는 것으로서 實驗期間中 流入廢水의 성분변화가 심하지 않은 4월 1달간의 Data를 평균하여 나타낸 것이다.

표 5.PILOT PLANT 운영에 따른 주정 폐액의 생물학적 처리 결과

PARAMETER		ANAEROBIC FILTER		ACTIVATED SLUDGE
		INFLUENT	EFFLUENT	
사 용 원 료		보리+타피오카 (50%)+(50%)		
H R T(day)			5	2
COD Loading Rate(kgCOD/m ³ ·day)			5.0	
pH		4.21	7.11	
COD _{cr} (mg/l)	Total	24,900	1,730(93)	340
	Soluble	20,570	802(96.1)	314
COD _{Mn} (mg/l)		10,707	659(93.8)	127
BOD(mg/l)		8,715	587.4(93.3)	51
SS(mg/l)		1,700	525	135
VA((mg/l as CH ₃ COOH)		970	486	
TA(mg/l as CaCO ₃)		950	3,460	
BA(mg/l as CaCO ₃)		266	3,117	
NH ₄ ⁺ -N(mg/l)		38	158	
TP(mg/l)		160	150	
Gas Production(m ³ /day)			43.7	
Gas Production Rate (Gas m ³ /kg COD removed)			0.63	
Methane Content(%)			59.0	
Methane Production Rate (CH ₄ m ³ /kg COD removed)			0.37	

() 제거효율

5. LAB實驗과 現場 實證實驗 結果 比較

表6에서 보는바와같이 現場 實證 實驗에서는

HRT 5.0일 流入COD_{cr} 濃도가 24,900mg/l 로서 有機物 負荷는 5.0kgCOD/m³·day로 LAB 實驗과 유사한 處理條件을 보여주고 있다. 有機物 제거율로서 COD除去效率를 比較해 볼 때

LAB實驗에서는 92.8% 現場 實證 實驗에서는 93.0%의 COD除去效率를 보여 주었으며 CH_4 生成率에 있어서는 LAB實驗의 경우 $0.36 m^3 \cdot CH_4 / kg COD removed$ 이었으며 現場 實證 實驗에서는 $0.37 m^3 CH_4 / kg COD removed$ 로서 LAB實驗과 유사한 값을 보여주었다.

이상의 結果로서 有機物 除去效率 및 CH_4 生

成率등을 통한 LAB實驗과 100배 이상의 규모가 큰 Pilot Plant를 利用한 現場 實證 實驗 結果를 比較 分析해본 결과 유사한 성능을 보여주므로서 Full Scale의 Anaerobic Filter Reactor(嫌氣性 濾床槽)의 設計 및 運營에 有用한 자료로서 活用되어질 수 있을 것이다.

표 6. LAB실험과 현장 실증 실험 결과 비교.

PARAMETER	UNIT	LAB 실험		현장 실증 실험	
		INF(mg/l)	EFF(mg/l)	INF(mg/l)	EFF(mg/l)
사 용 원 료		보리		보리(50%) 타피오카	
H R T	day		4.5		5.0
Organic Loading Rate	kg COD/m ³ · day		5.07		5.0
C O D _r	mg/l	22,800	1,637(92.8)	24,900	1,730(93.0)
S S	mg/l	1,500	480	1,700	525
Gas Production	l/day		257.4		43,700
Gas Production Rate	m ³ Gas/kgCOD removed		0.58		0.63
Methane Content	%		62.4		59.0
Methane Production Rate	m ³ CH ₄ /kg COD Removed		0.36		0.37

6. 結 論

嫌氣性 濾床 工程(Anaerobic Filter)은 高濃度 有機廢水 處理時 在來式 好氣性 및 嫌氣性 處理 工程에 比하여 여러가지 有利한 점이 많은 工程으로 특히 에너지 資源이 不足한 우리나라에서는 廢水處理와 同時에 상당량의 高質 에너지 回收가 可能하여 實用化 普及이 時急한 工程이라 할 수 있다. 일반적으로 酒精 廢水는 高濃度 有機物과 질소, 인등의 營養物質을 충분히 含有하고 있어 嫌氣性 處理에 매우 適合하다.

LAB實驗과 Pilot Plant實驗을 通하여 나타

난 바와 같이 嫌氣性 濾床工程은 타 嫌氣性 處理工程에 比하여 運轉이 利用할 뿐 아니라 높은 有機物 負荷에서도 92~95%의 높은 COD除去 效率를 보여주었으며 嫌氣性 處理 流出水を 희석수의 사용없이 직접 好氣性 處理過程을 거쳐 放流水 水質基準 以下로의 處理가 可能하게 되었으며 以上の 結果로서 本 시스템을 商用化 시 基本 設計 基準을 確報하게 되었다. 지금까지 本 工程에 대한 弘報를 通해 高濃度 有機廢水 排出業所에서는 많은 관심을 갖고 推移를 주목하고 있으며, 이 중 一部 業體는 本 工程을 利用한 處理施設의 增設 또는 新設을 考慮하고 있어 商用化時 그 效率性과 經濟性으로 急速히

普及되리라 確信한다.

現在 기존 Pilot Plant System을 利用 COD 50,000mg/ℓ 以上の 高濃度 포도 酒精廢水에 대한 實驗을 遂行하고 있으며 일반 酒精廢水에 비해 高負荷率에서도 92% 以上の 높은 COD除

去 效率을 보여주고 있어 포도 酒精廢水에 대한 實驗이 完了되면 과일 酒精廢水에 대한 새로운 폐수처리 운영 指針이 마련될 수 있을 것이다.

한사람이 방심하면 우리모두 불행초래