

懸垂微生物接觸法(HBC)에 依한生活污水의處理效果

Study on effect of sewage treatment by Hanging
Bio Contactor (HBC)

金 亨 泰*
Kim, Hyung Tae

1. 淨化理論

1) 在來法

生物學的處理方法是汚廢水中에 含有되어 있는 各種有機物을 培養基로 하여 微生物의 混合集團을 供給되는 溶存酸素存在下에 계속 培養시켜 汚染性 有機物을 凝集, 吸着, 酸化, 分解(還元) 等の 作用으로 除去하는 方法이다.

現在 우리나라에 널리 施工되고 있는 活性汚泥法은 1913年 英國 맨체스타市에서 Arder 과 Rockell 에 依하여 考案된 것으로 理論的 解析이 늦어진 理由로 적용되지 못하다가 最近에는 有機性排水의 生物學的處理의 主流가 되고 있음은 周知의 事實이다.

그러나 機能上 다음과 같은 絶對的인 必要條件을 갖추어야 한다.

- (1) 曝氣槽內 汚泥負荷(kg BOD/kg MLSS·日)를 一定하게 操作해야 한다.
- (2) 酸素의 供給은 B.O.D 除去의 律速因子가 되지 않을 程度로 하여 混合液培養에 一定值 以上の 溶存酸素를 주어야 한다.
- (3) 最終沈澱池에서 處理液과 活性汚泥가 完全히 分離되어 그의 活性汚泥濃度는 曝氣槽內의 活性汚泥보다 濃縮되어야 한다.
- (4) 濃縮된 活性汚泥는 曝氣槽內 活性汚泥濃度를 一定하게 유지시키기 위하여 계속적으로 返送시켜야 한다.

(5) B.OD 分解에 依하여 增加된 淨化微生物은 汚泥日齡을 一定하게 하기 爲하여 反應系外로 보내어 別途處理하여야 한다.
따라서 적용범위와 處理限界가 제한 되고 있어 적용치 못하는 경우를 보면,

- (1) 有害物質 含有排水 및 P.H. 가 極端으로 높거나 낮은 排水
- (2) 微生物로서 分解不能한 化學物質 含有排水
- (3) 色度成分의 排水
- (4) 無機質類
- (5) 窒素
- (6) 微量의 有機物等이다.

한편 接觸酸化法은 接觸材에 附着한 汚泥의 日齡이 標準活性汚泥法 보다 길기 때문에,

- (1) 生物群의 種類가 多樣하여 水量, 水質, 水溫等의 충격부하에 強하고
- (2) 返送汚泥가 必要치 않으며
- (3) 잉여오니 發生量이 적고
- (4) Bulking 現象이나 汚泥解體가 없는 利點이 있으나 汚泥의 自己酸化에 依한 減少가 附着量에 比하여 작기 때문에 脫落의 現象이 일어나는 短點을 가지고 있다.

이는 종래에 開發된 接觸材는 단지 水中의 生物을 附着하여 매달아 놓는 수단에 不過하여 連續적으로 流入되는 營養鹽類에 依하여 점점 두껍게만 增殖되어 결국 深部는 酸素의 缺乏으로 通性 혹은 偏性嫌氣性菌化되므로 粘性을 잃게 되어 剝離, 脫落되고 만다.

* 鑛業技術士(選鑛), (주) 대호종합환경 대표이사

2) HBC 法の 淨化

이에 對하여 H.B.C(懸垂微生物接觸) 法도 原理的으로는 接觸酸化法の Category 內이지만 接觸材인 H.B.C Ring의 特殊性으로 閉塞가 發生치 않음은 물론 汚泥의 剝離, 脫落도 없으며 잉여여니가 극단으로 적게 發生하기 때문에 汚廢水淨化理論 自體가 다르다고 해석 할 수 있다.

H.B.C 法の 淨化理論을 살펴보면 自然系에는 生物의 食物連鎖라고 부르는 現象이 存在한다.

예를 들면 혹속에 動植物死體를 오랫동안 放置 놓으면 흔적도 없이 消滅된다. 이는 Bacteria를 始作으로 하여 昆蟲으로부터 鳥類, 動物에 이르기까지 食物連鎖가 이루어진 結果이다.

이와 같은 食物連鎖의 生態學的 '現象을 水中에서 再現시킬 수 있으려면 生物의 遺骸 또는 排泄物 등이 食物連鎖作用에 의한 것과 같이 剩餘 汚泥의 發生도 없어야 한 것이다.

即, 水中의 有機物은 生物에 依하여 分解되어 Gas나 液體로 置換, 生體活動의 에너지로 燃燒 消化된다.

接觸材의 材質과 모양을 달리하여 材質을 荷電이 되게하여 附着性을 크게 하고 모양을 面보다 線으로 하여 附着量을 많게 (金屬板鍍金時 面보다 線(Edge)이 電氣도금이 두껍게 됨) 함은 勿論 汚泥脫落을 防止하여 汚泥日令(Sludge Age)을 길게 할 수 있는 接觸材를 研究開發한 것이 H.B.C Ring이다.

材質은 폴리염화 비닐리덴(Poly Vinyliden Chloride)의 Filament 실이며 실의 두께는 100denier 程度로서 荷電性이 월등하고 적당한 強性을 가지고 있다.

따라서 面狀接觸材와 比較하여 水中에 存在하는 微生物을 급속히 附着시키는 效果는 物論 가는 線에 附着한 生物은 幾何級數的으로 增殖하여 loop型 Ring全體가 附着汚泥로 둘러싸여 最大直徑 30m/m 內外로 棒狀을 이룬다.

이때 供給되는 酸素는 附着表面에서 消費되고 深部に 이르는 酸素는 量이 減少되어 脫落하기 쉬운 低粘性菌의 通性 혹은 偏性嫌氣 狀態로 되지만 HBC Ring은 高粘度의 好氣性菌이 表面을 둘러싸고 있어 脫落을 防止한다.

따라서 Bacteria에서 後生微小動物에 이르는 多種多樣한 生物集團이 오래도록 매달리게 되므로 好氣性 條件에서는 酸素를 消費시켜 反應生成物로서 CO_2 , H_2O 를 내고 嫌氣性 條件에서는 代謝物을 分解시켜 CH_4 , H_2S , NH_4 등의 氣體를 放出하는 相互反應(mutual reaction)에 依하여 增殖과 消化가 同時에 일어난다.

結局 原水가 繼續 流入되어 生物群이 복잡하게 生活群을 이루면 分위기 調整은 投入되는 Ring數에 依하여 Control된다.

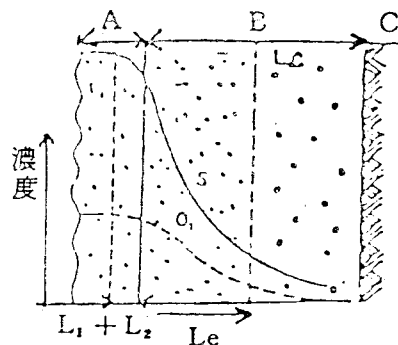
(1) 溶解性 有機物質의 際去 MECHANISM

이는 生物膜의 構造, 膜의 두께, 汚濁物質 및 溶解酸素의 膜內擴散速度, 生物化學反應速度에 關係가 있다.

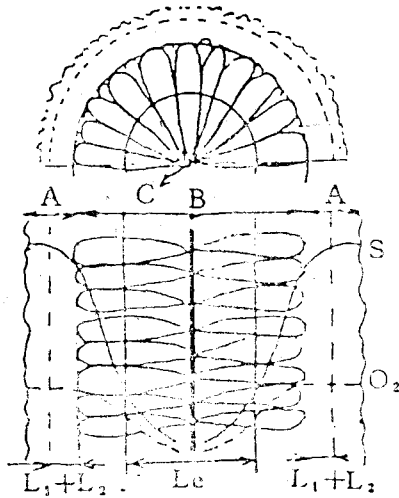
그림 1에서 나타난 바와 같이 生物은 처음에는 材面에서 發生하여 점점 育成, 增殖을 하여 生物膜을 두텁게 한다.

一定한 두께 以上에 이르면 好氣性 層(Le) 生物酸化機能을 가지며 好氣性 層의 深部는 酸素가 到達치 못하여 嫌氣性 層을 이룬다. 深部の 嫌氣性에서는 H_2S , CH_4 , CO_2 , NH_4 등을 放出하며 固着力이 減少 되더라도 外部 全面을 好氣性層로 둘러 쌓여 脫落을 防止한다.

그림 1, 그림 2에서의 S는 處理物質, O_2 는 酸素로서 H.B.C RING 膜中에 擴散하는 狀態를 나타내고 있다. 生物膜內의 物質移動에 對한 式 및 溶解性物質의 移動速度에 對應되는 式은 定性的으로는 解析이 되고 있으나 決定해야할 定數, 係數가 많아 아직은 式으로 定立되어 가는 過程에 있다.



〈그림 1〉 水膜, 生物膜 材斷面圖



〈그림 2〉 HBC Ring의 水膜生物膜, 材斷面圖

- | | |
|-----------------------|---------|
| A: 水 膜 | B: 生物膜 |
| Le: 好氣層 | Lc: 嫌氣層 |
| C: 接觸材 | S: 汚染物質 |
| O ₂ : 溶存酸素 | |

(2) SS의 除去

生物膜의 表面에서 活動하는 原生動物中 重要한 膜面型 原生動物들은 (生物膜 表面에 가까운 것) 有機性 SS를 吸着하여 同化나 酸化 分解가 이루어져 BOD와 같이 舉動한다.

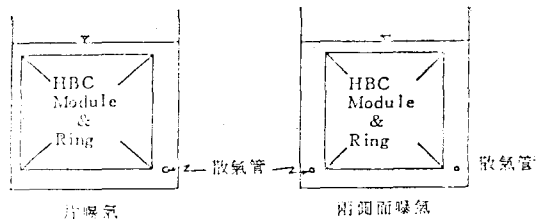
淨化機構上 이들 動物은 SS性 有機物 除去 分解 作用에 重要한 役割을 分擔하고 있다.

따라서, 本 H.B.C法에서는 有機性 SS도 除去 可能하므로 B.O.D와 같이 취급한다.

(3) 食物連鎖와 汚泥消化率

生物膜 接觸酸化法의 生物膜 汚泥中에는 細菌이나 原生動物을 捕食하는 大型 生物種이 있는데 이를 活性汚泥法의 잉여汚泥中에 添加하면 即 曝氣槽內에서 食物連鎖를 再現(SLUDGE AGE를 길게 하면) 잉여오니의 好氣性 消化速度가 增加한다. (日本의 第15回 下水道 發表會 講議集: 「잉여汚泥의 好氣性 消化에 관한 새로운 試驗」)

H.B.C法은 이와 같은 大型生物種이 包含될 수 있는 霧園氣가 RING에서 긴 食物連鎖로 再現되므로 曝氣槽內의 汚泥가 發生堆積하지 않고 處理水中에 SS도 目標以內를 安定的으로 유지시킬 수 있다.



〈그림 2〉 MODULE 과 散氣管 배열

(4) B.O.D+S.S 負荷

지금까지의 水處理法에서는 SS를 잉여汚泥와 함께 未分解되어 引揚하는 것으로 알고 있으나 H.B.C法에서는 有機性 固型分도 適當한 前處理 (SCREEN) 後에는 處理對象으로 간주한다(前項(2) SS 除去參照).

따라서, 曝氣槽容量負荷 및 RING 必要量을 計算時 除去 BOD와 除去 SS量으로 算定한다.

(5) 曝氣量과 接觸效率

一般的으로 接觸效率이 나쁘다고 하는 側面의 接觸材 未充填部分에서의 散氣管 曝氣方式을 採擇하므로써 接觸效率 即 附着生物에 둘러쌓인 約 30~35m/m BIO의 RING 表面層의 酸素傳達度와 深部層의 未傳達度가 均一하게 되어 汚泥脫 著없이 汚水가 槽內을 순환됨을 實證하였다.

(6) 多段 曝氣槽

多段槽(原則적으로 4槽)로 設置 各槽에서 負荷를 設定시켜 그에 알맞는 必要 RING을 設置하면 各各의 槽에서는 濃度均衡을 이루어 水質에 適合한 生物群을 갖게 됨으로써 보다 處理效果가 크게 된다.

(7) 以上 記述한바와 같이 H.B.C法은 RING 表面層에서는 好氣性條件下에 酸素를 消費시키면서 CO₂GAS, H₂O를 放出하고 RING의 深部層에서는 嫌氣性 條件下에 代謝物을 分解시켜 CH₄, H₂S, NH₃ 등의 GAS를 放出시키므로 RING의 汚泥附着量을 調整시켜 閉塞를 防止하면서, 粘性이 큰 好氣性菌이 RING의 表面을 LO-OP狀으로 둘러쌓여 오래도록 食物連鎖理狀을 維持시키므로 汚泥의 剝離, 脫著 및 發生을 방지함은 物論 SS值로 放流基準以下로 되면서 沈澱物이 極히 작게 發生된다고 思料된다.

2. 實驗結果 및 檢討

가. Pilot test 와 實證實驗과의 比較

本 H.B.C 法の Pilot plant test 는 H.B.C 法 假認定申請時報告文에서 밝힌바와 같이 國內의 生活污水는,

- 1) 水質: 延大醫大病院 汚水
- 2) 原水濃度: B.O.D 227mg/l, SS 140mg/l
- 3) 曝氣槽크기: 2.5m³

廢水는

- 1) 水質: 延大實驗室 廢水
- 2) 濃度: BOD 233mg/l, SS 84mg/l
- 3) 曝氣槽크기: 0.16m³ 로서
위 條件을 가지고 夏季, 冬季에 걸쳐 시험을
通하여 生活下水, 實驗室廢水로 區分시행하였다
(假認定 申請書 page 14 참조).

國內에서 行한 Pilot Plant Test 結果(延大醫
大 生活汚水: 7.5m³/日)와 施設稼動實證實驗(서
울大學院 소아진료부 生活汚水: 450m³/日) 結果
를 比較 檢討하면 다음의 表와 같다.

PILOT 試驗 및 實證實驗結果對比表

內 容	實驗方法	PILOT TEST	實 證 試 驗						備 考
原 水 特 性		延大醫大生活汚水	서울大病院 小兒診療部 汚水						
PH		7.2	7.1						
溫 度 °C		29.5	24.5						
日流入量 (m ³ /D)		7.5	412						
原水濃度(mg/l)			最 高	最 低	平均(年間)				
B. O. D	227		319.8	133.3	199.7				
SS	140		255.8	167.1	209.2				
處理水濃度(mg/l)			≒2 AT	≒3 AT	≒2 AT	≒3 AT	#2 AT	#3 AT	許容基準置
B. O. D	17		54.2	47.8	34.2	32.3	50.3	39.0	60이하
SS	21		22.8	15.5	39.5	33.4	49.1	32.4	60이하
除 去 率(%)			最 高	最 低	平 均				
B. O. D	92.5		81.5	85.1	74.3	75.8	74.8	80.5	
SS	85.0		91.1	93.9	76.4	80.0	76.6	84.5	
曝氣槽內 D.O 濃度(mg/l)			最 高	最 低	平 均				
# 1曝氣槽	1.5		1.2	1.6	1.4				
# 2曝氣槽	2.1		1.6	2.6	2.2				
# 3曝氣槽	3.5		2.8	3.5	3.1				
# 4曝氣槽	5.5		~	~	~				
曝氣槽容量(m ³)									
# 1曝氣槽	0.625		126						
# 2曝氣槽	0.625		37						
# 3曝氣槽	0.625		37						
# 4曝氣槽	0.625		—						
計	2.5		200						

內 容	實驗方法	實 證 試 驗			備 考
	PILOT TEST				
曝氣槽체류시간 (hr)	# 1曝氣槽	2	7.3		
	# 2曝氣槽	2	2.2		
	# 3曝氣槽	2	2.2		
	# 4曝氣槽	2	—		
	計	8	11.7		
容積負荷 (kg/m ³ . D) BOD+SS		最 高	最 低	平 均	
	1.1	1.2	0.8	0.84	
H.B.C RING 잡 수 입(m)	# 1曝氣槽	86	7,790		
	# 2曝氣槽	76	3,890		
	# 3曝氣槽	70	3,890		
	# 4曝氣槽	70	—		
	計	302	15,570		
H.B.C RING 負荷(g/m) BOD+SS			8~12		
8.2					

註 : Pilot test(延大環研에서 施行)와 實證試驗과의 結果를 對比하여 보면
 ○ 運轉條件上으로 불때 PH, 溫度, 原水濃度, 曝氣槽內 D.O 및 滯留時間(實證實驗時 # 1~# 2 만 使用時) 등이 거의 비슷하였으며
 ○ 處理成績上으로 불때 BOD+SS의 容積負荷, Ring 負荷 및 BOD. SS 除去率도 거의 비슷하였다.

나. 原水의 衝擊負荷

原水의 基質變動은 即, 濃度變化, 流入量의 變動, 水溫差 및 P.H.의 變化 等에 對하여 曝氣槽內의 一定한 連鎖作用의 變動으로 處理效果가 一定하지 못하고 不安한 狀態에 놓이게 된다.

또한 停電이라던지 長時間의 休電인 경우에는 微生物의 活性도가 낮아 再 曝氣하더라도 正常的 安定을 찾기에는 오랜 時間이 要求됨이 生物學的 處理의 特徵이라 하겠다.

本 實證試驗을 통한 原水의 衝擊負荷를 檢討하고자 한다(HBC 法).

1) 原水의 濃度變化에 依한 衝擊負荷

서울大學病院 小兒診療部 汚水의 경우 原水濃度의 最高, 最低 變動에 對한 處理效果를 살펴 보면 다음 表와 같다.

區 分	最 高 值		最 低 值		備 考
摘 要					
原水濃度 (mg/l)	B. O. D	319.8		255.8	
	S.S	133.3		167.1	
處理水濃度 (mg/l)	#2 AT	#3 AT	#2 AT	#3 AT	許容基準值
	B. O. D	59.2	47.8	34.2	
	S.S	22.8	15.5	39.5	33.4
際去率(%)	B. O. D	81.5	85.1	74.3	75.8
	S.S	91.1	93.9	76.4	80.6

上記 實證實驗結果에 나타난 바와 같이 原水의 濃도가 最高 B.O.D. 319.8mg/l에서 最低

B.O.D 133.3mg/l의變動에 對하여 處理水의 濃度는 最高 B.O.D 47.8mg/l에서 最低 B.O.D 34.2mg/l으로 B.O.D除去率은 81.5%에서 74.3%를 나타내고 있다.

即, 許容基準値가 60mg/l에 對하여 處理效果面에 아무 支障을 나타내고 있지 않음을 보여주고 있듯이 本 H.B.C法은 原水의 濃度變動에 強함을 證明하여 주고 있다.

2) 流入量의 變動에 依한 衝擊負荷

서울大學病院 小兒診療部 汚水의 경우 流入水의 量的 變動(最高季節 對 最低季節)에 對한 處理效率를 살펴보면 다음 表와 같다.

區 分	流入水量變動值(m ³ /D)		備 考
	最高季節 (444m ³ /D) ('86年 9月)	最低季節 (375m ³ /D) ('86年 2月)	
原水濃度(mg/l)			
B. O. D	217.8	222.9	
S. S	214.3	269.7	
處理水濃度 (mg/l)			
B. O. D	45.8	40.2	
S. S	40.5	24.5	
除去率(%)			
B. O. D	79.0	82.0	
S. S	81.5	90.9	

위 表에서 보는 바와 같이 流入水의 量이 月平均 最低 375m³/D에서 最高 444m³/D로 크게 變動하더라도 處理水의 B.O.D濃度는 45.8mg/l에서 40.2mg/l로 一定値를 維持하고 있는 點으로 보아 流入水量 變動에 의한 衝擊負荷가 強함을 證明하여 주고 있다.

3) 溫度의 變化에 依한 衝擊負荷

서울大學病院 小兒診療部 汚水의 實證實驗의

경우 溫度差(冬季와 夏季)에 對한 處理效果를 살펴보면 다음과 같다.

區 分	最高值溫度 (夏季 28°C)	最低值溫度 (冬季 19.9°C)	備 考
原水濃度(mg/l)			
B. O. D	275.7	226.1	
S. S	196.8	244.1	
處理水濃度 (mg/l)			
B. O. D	44.0	36.4	
S. S	34.2	24.1	
除去率(%)			
B. O. D	79.6	84.1	
S. S	82.6	89.5	

上記 結果에서 나타난 바와 같이 汚水溫度(原水)가 最低 19.9°C에서 最高 28°C의 變動에 對하여 處理水의 B.O.D濃度는 36.4mg/l에서 44.0mg/l로 別差없이 處理되어 溫度差에 依한 衝擊負荷도 強함을 보여주고 있다.

서울大學病院의 경우는 地下에 處理場을 設置한 關係로 溫度差는 約 10°C를 보여주었으며 最低 18°C를 나타내었으나 延世大 環境公害研究所에 設置한 Pilot plant의 경우에는 冬節期에는 16°C, 夏節期에는 34°C를 보였으나 處理效果에는 別差가 없었다.

특히 서울大病院의 경우 夏節期(28°C)보다 冬節期(19.9°C)의 B.O.D除去率이 良好하였다(79.6%에서 84.1%).

이는 處理量이 적어 曝氣槽內의 滯留時間이 긴 것으로 思料된다.

다. 잉여 汚泥發生量

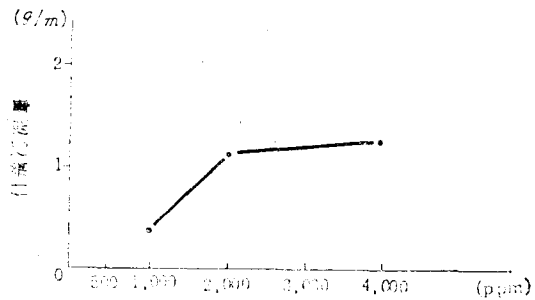
서울大學校 附設病院 小兒진료부의 汚水에 對한 汚泥發生率 結果는 다음 表와 같다.

區 分	算 定
最終曝氣槽 流出水濃度(mg/l)	
B. O. D	39
S. S	32.4

區 分	算 定
最終沈澱槽溢流水濃度(mg/l)	
B. O. D	37.6
S. S	31.7
最終沈澱槽內發生沈澱物濃度(mg/l)	
B. O. D	39-37.6=1.4
S. S	32.4-31.7=0.7
年間 總汚濁物量(kg/年)	
B. O. D	$412\text{m}^3/\text{日} \times 365\text{日}/\text{年} \times 199.7\text{mg}/\text{l} \times 10^{-3} = 30,031$
S. S	$412\text{m}^3/\text{日} \times 365\text{日}/\text{年} \times 209.2\text{mg}/\text{l} \times 10^{-3} = 31,459$
計	$30,031 + 31,459 = 61,490$
年間 잉여汚泥發生量(kg/年)	
B. O. D	$412\text{m}^3/\text{d} \times 365\text{日}/\text{年} \times 1.4\text{mg}/\text{l} \times 10^{-3} = 210.5$
S. S	$412\text{m}^3/\text{d} \times 365\text{日}/\text{年} \times 0.7\text{mg}/\text{l} \times 10^{-3} = 105.3$
計	$210.5 + 105.3 = 315.8$
잉여 汚泥發生率(%)	
對 B. O. D	$210.5 \div 30,031 \times 100 = 0.68$
對 S. S	$105.5 \div 31,459 \times 100 = 0.33$
對 B.O.D+S.S	$315.8 \div 61,490 \times 100 = 0.51$

以上, 위의 事實을 살펴볼때 H.B.C法에 의한 잉여 汚泥發生率은,

- ① H.B.C RING의 微細한 실(100 denier)들이 越等한 比表面積을 이루고 있기 때문에 微生物群의 附着效率이 크고 脫落이 일어나지 않으며
- ② 脫著이 發生하지 않으므로서 汚泥日令(SLUDGE AGE)이 아주 길며
- ③ 오래 동안 附着되어 있으므로서 H.B.C RING의 表面層의 好氣性作用과 深部層의 嫌氣性作用이 相互反應(mutual Reaction Balance)을 이루므로서 H.B.C RING의 增殖量이 一定크기 以下에서 이루어지므로 閉塞現狀이 없어(그림 3 參照)
- ④ 잉여 汚泥發生量은 流入總 B.O.D+S.S量의 0.5%內外로서 放流水基準으로 볼때 미치는 영향은 B.O.D 1.4mg/l, S.S 0.7mg/l이다.



〈그림 3〉 流入 B.O.D 濃度變化와 H.B.C RING 附着汚泥量과의 關係(日本 生産技術研究所 提供)

라. B.O.D 容積負荷

(1) 우리나라 汚水淨化施設의 環境廳 告示에 依한 各處理法의 B.O.D 容積負荷는 다음과 같다.

通常 在來式의 容積負荷는 B.O.D 만을 基準으로 日間 單位體積當(m^3) 流入되는 B.O.D 含量

汚水淨化施設別 B.O.D 容積負荷

處理工法	B.O.D容積負荷 (kg/m ³ .日)	備考
長期曝氣	0.1~0.4	
標準活性汚泥	0.3~0.6	
接觸酸化	0.5 이하	
接觸安定化	0.1~1.2	
살수여상	低 0.1~0.2 高 0.3~1.0	
IMHOFFTANK	Tank+後處理(1.0)	
回轉圓板接觸	15g/m ² 日	接觸面積

이 얼마만큼 크기의 量 (kg)으로 流入되느냐 하는 數值(kg/m³日)로서 曝氣槽 크기 決定의 Design factor 이다. 따라서 從來法에서는 浮遊物 質(SS)은 容積負荷에 考慮치 않고 있다.

서울大學校病院 小兒診療部 對한 B.O.D+SS의 容積負荷 實證實驗結果는 다음과 같다.

B.O.D+SS 容積計算

- 最高濃度時 全曝氣槽(容量 200m³) 使用:
 $\{412\text{m}^3/\text{D}(319.0+255.8)\text{mg}/\text{l} \times 10^{-3}\} \div 200\text{m}^3$
 $= 1.19 \div 1.2\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{日}$
- 年平均時 全曝氣槽(容量 200m³) 使用:
 $\{412\text{m}^3/\text{D}(199.7+209.2)\text{mg}/\text{l} \times 10^{-3}\} \div 200\text{m}^3 = 0.84\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{日}$
- 低濃度時(#1,2 曝氣槽 通過만으로 60mg/l 以下可能, (容量 160m³)
 $\{412\text{m}^3/\text{日}(133.3+167.1)\text{mg}/\text{mg}/\text{l} \times 10^{-3}\}$

$$\div 160\text{m}^3 = 0.77$$

$$\div 0.8\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{日}$$

따라서, 412m³/d 處理時 H.B.C 法의 B.O.D+SS 容積負荷는 0.8~1.2kg/m³.日이다.

이를 他法과 比較하기 爲하여 B.O.D 단의 容積負荷로 轉換시켜 보면,

$$\frac{0.8 \sim 1.2}{2} = 0.4 \sim 0.6(\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{日})\text{이다.}$$

(生活下水의 B.O.D: SS의 濃度를 1:1로 간주하였음)

即 ① H.B.C RING의 特殊性(既說明)

② 多段 曝氣槽運轉

等으로 잉여汚泥發生이 極端的으로 적으면서 既存의 標準活性汚泥法 및 接觸酸化法의 B.O.D 容積負荷와 大同小異하다.

마. H.B.C Ring의 負荷

(1) 活性汚泥의 微生物에 依한 有機物의 分解는 曝氣槽內의 養分量(B.O.D)과 微生物量(MLVSS) 사이에 平衡을 維持하여야 한다. 即 F/M 比(Food to Microorhanism)는 活性汚泥法의 運營을 左右한다.

이를 調節하기 爲하여는 流入되는 汚染物質 負荷 및 曝氣槽內 MLVSS를 調整하여야 한다. 한편 接觸酸化法의 有機物 分解는 接觸材의 生物膜附着→增殖→分解→嫌氣性化→粘性상실脫著→固渡分離 等の 順序에 依하여 接觸材의 모양과 材質에 따라 流入 B.O.D 量의 40~20% 程度의 汚泥를 發生하면서 分解 際去된다.

原水濃度別 H.B.C 曝氣槽處理水成績表

區分	日 字	原水(mg/l)		#2 曝氣槽處理水(mg/l)		最終曝氣槽(#3)處理水(mg/l)		備考
		B.O.D	SS	B.O.D	SS	B.O.D	SS	
高濃度時	'86. 1月 4週	307.8	180.0	48.5	28.6	21.1	18.0	
	2月 1週	330.7	301.5	67.8	19.4	63.3	12.2	
	2月 2週	320.9	286.0	61.4	20.4	59.1	15.2	
	平均	319.8	255.8	59.2	22.8	74.8	15.	
低濃度時	'86. 3. 4. 5月 (春季)	133.3	167.1	34.2	39.5	32.3	33.4	
平均	'85. 11~ '86. 10	199.7	209.2	50.3	49.1	39.0	32.4	

區 分		算 定	備 考
除去量 (g/d)	B. O. D	412×(199.7-39)=66,208.4	
	S. S	412×(209.2-32.4)=72,841.6	
	合 計	66,808.4+72,841.6=139,050	
RING 潛入量 (m)	全 曝 氣 槽	15,570	
	#1, #2 曝 氣 槽	11,680	
RING 負荷率 (g/m)	處 理 水 BOD, SS 各 60mg/l 일때	139,050÷11,680=11.9≒12	
	處 理 水 BOD, SS 各 30mg/l 일때	139,050÷15,570=8.9≒9	

(2) H.B.C法에서의 微生物에 의한 有機物의 分解는 活性汚泥法의 F/M比의 人爲的 平衡維持와 接觸酸化法의 閉塞 脫著等の 現象이 必要치 않는바 이는

本 H.B.C Ring 接觸材가 從來法에 使用되고 있는 Plastic 製波狀板, 其他 碎石, 혹은 板狀과 比較하여 모양과 質이 다르며 耐달리는 生物量과 種類가 壓倒的으로 많아 他法에서는 B.O.D 除去에만 重點을 두나 H.B.C Ring 은 SS性 有機物 分解에도 附加的 效果가 期待되어 B.O.D+SS 負荷로 計算된다[HBC法 淨化理論 3).5) 參照].

따라서 Ring 負荷率(必要量)은 曝氣槽內에서 處理되는 B.O.D+SS 合計量으로 算定한다.

實證實驗에 의한 서울大學校病院 小兒診療部 汚水에 대한 H.B.C Ring 負荷率(g/m)은 다음과 같다.

即, 日間 412m³의 生活汚水を 處理하는 경우 原水의 B.O.D濃度 約 200mg/l, SS濃度 約 210mg/l時 H.B.C Ring의 길이 1m當 BOD+SS의 除去量은 9~12g/m日이다.

바. H.B.C法의 處理效率

서울大學校病院 小兒診療部 汚水의 경우 處理效率은

BOD의 경우

平均溫度 24.5°C

PH 7.1

原水濃度

B.O.D 約 200mg/l(min 133~max 320mg/l)

處理水 濃度: 39mg/l(min 32~max 50)

(폭기조 기준)/

除去率 : 80.5%(min 74~max 85)

SS의 경우

原水濃度 210mg/l(min 167~max 256mg/l)

處理水濃度 37.6mg/l(min 16~max 49)
(폭기조 기준)

際去率 84.5%(min 76~max 94)

3. 維持管理費

汚水淨化施設의 維持管理과 함은 適當 施設의 點檢, 修理, 補修, 調整, 清掃가 容易하여야 하고 水質管理가 容易해야 하며 管理費가 低廉(人件費, 動力費, 汚泥處分費 等)해야 하며 安全管理 및 2次公害問題(臭氣, 農家被害 等)가 없어야 한다.

1) 動力費計算

汚水淨化施設에서의 動力消耗는 維持管理費의 큰 比重을 占有하기 때문에 檢討해야 할 事項이다.

H.B.C法의 動力은 接觸酸化法과 比較한 때 沈澱物이 發生치 않으므로 이에 수반되는 固液分離施設이 必要치 않으므로 動力費가 節減된다.

1) B.O.D 除去過程에서의 必要酸素量 計算에 있어 活性汚泥法의 一般式은

$$\frac{dO_2}{dt} = a' \frac{dSr}{dt} + b'x \dots \dots \dots (III-1)$$

여기에서 a': 除去 B.O.D를 增殖 Energy로 轉換시키는데 利用되는 利用率(生活汚水의 경우 適當 0.5)

b': 體內呼吸에 의한 自己酸化率
(kg kg H)(0.07)

x: 曝氣槽內의 汚泥濃度(mg/l)

(流量 200m³/D, 原水 BOD, SS 各各 200PPM, 處理水 BOD, SS 各各 50PPM 時)

工 法 項 目	H. B. C 法			長 期 曝 氣 法			備 考
	設置容量 (KW)	運輸時間 (HR)	使用動力 (KWH)	設置容量 (KW)	運輸時間 (HR)	使用動力 (KWK)	
細 目 SCREEN	0.4	8	3.2	0.4	8	3.2	
流量調整 PUMP	0.75	24	18.0	0.75	24	18.0	
消 泡 PUMP	0.75	3	2.25	0.75	3	2.25	
放 流 PUMP	0.75	10	7.5	0.75	10	7.5	
1st BLOWER	3	24	72	—	—	—	
2nd BLOWER	3.7	24	88.8	7.5	24	180	반송하오니포함
F A N	0.75	24	18	2.2	24	52.8	
計	10.1		209.75	12.35		263.75	
百分率(長期對比)			79.5%			100%	

S_r : 流入水의 B.O.D 濃度(mg/l)

t : 平均滯留時間(日)

2) 酸素利用效率(吸收效率)은

曝氣槽內에 Aeration 을 하는 경우 供給酸素量에 對하여 吸收酸素量을 百分率로 나타낸 數值를 말하며 計算은 다음 式에 依한다.

$$EA = \frac{N_e}{Q_{O_2}} \times 100 \dots\dots\dots(III-6)$$

여기에서 EA : 酸素利用效率(%)

Q_{O_2} : 供給酸素量(kg-O₂/h)

N_e : $KL \times a \times C_s \times V$

KL : 總括物質移動係數(l/hr)

a : 單位容積當氣液接觸面積(m²)

V : 容積(m³)

一般的으로 清水中 氣泡式인 경우 EA(%)의 값은 水深 4.5m 를 基準으로할 때
微細氣泡式인 경우 10~12%
粗大氣泡式인 경우 4~8%이다.

3) 參考로 서울大學病院 小兒診療部 污水의 경우 長氣曝氣法에서의 BLOWER 의 容量(曝氣槽 310m³)을 算定하면

$$O_2 = 0.5 \times 412 \times (199.7 - 34) \times 10^{-3} + 0.07$$

$$\times 0.75 \times 4000 \text{mg/l} \times 310 \text{m}^3 \times 10^{-5}$$

$$= 33.7 + 65.7$$

$$= 98.2 \text{kg/D}$$

$$\text{空氣量} = 98.2 \text{kg/D} \div 0.277 \text{kg/m}^3 = 354.5 \text{m}^3/\text{D}$$

$$= 0.25 \text{m}^3/\text{分}$$

$$\therefore \text{利用率} : 5\%$$

$$0.25 \text{m}^3/\text{分} \div 0.05 = 4.42 \text{m}^3/\text{min}$$

4.42m³/min 이다.

曝氣槽內에서의 污泥增殖으로

(1) H.B.C Ring 外部의 體外呼吸(好氣性)에 의한 增殖과

(2) H.B.C Ring 內部의 細胞分解를 爲한 體內呼吸(嫌氣性)에 依한 消化가 同時에 相互反應平衡(matual reaction Balance)을 이루어 잉여污泥가 發生치 않으므로

$$aSr = bx$$

가 成立된다고 볼 수 있다.

$$\therefore x = \frac{a}{b} Sr$$

故로 H.B.C 法의 必要酸素量 一般式은

$$\text{式 } Ro = a'Sr + b'x \text{ 에서}$$

$$\text{式 } x = \frac{a}{b} Sr \text{ 을 代入하면}$$

$$Ro = a'Sr + b' \times \frac{a}{b} Sr$$

H.B.C 法인 경우 EA(%)의 값은

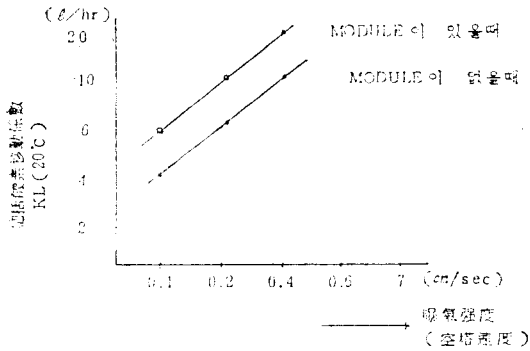
曝氣槽內의 固定接觸材가 있는 H.B.C 法과 固定接觸材가 없는 活性污泥法과의 KL(總括酸素移動係數) 値가 그림에서와 같이 約 2倍 程度 固定接觸材가 있는 H.B.C 法이 크게 나타나고 있다.

實證實驗에서의 HBC 의 EA 값을 算出하면

HBC 法 必要酸素量公式

$$Ro = a'Sr + b' \times \frac{a}{b} Sr \text{ 에서}$$

$$a' = 0.7$$



〈그림 4〉 MODULE 有無에 따른 酸素吸收速度比較
(生物膜法 洞澤勇編著 PAGE 70Fig 3-B-5)

$$Sr = 412m^3/D \times (199.7 - 39) \times 10^3$$

$$b' = 0.07 \text{ 이므로}$$

$$\therefore Ro = 79.4 \text{ kg/日}$$

空氣量으로 換算하면

$$Q = 79.4 \text{ kg/日} \div 0.277 \text{ kg/m}^3 = 286.64 \text{ m}^3/\text{日}$$

$$= 0.199 \text{ m}^3/\text{分}$$

$$\therefore EA = 0.199 \div \text{BLOWER 容量} = 0.199$$

$$\div 2.84 \text{ m}^3/\text{分} = 7\%$$

通當 長期曝汚法의 5%보다 約 40%가 크게 나타나고 있다.

5) BLOWER 容量節減率(長氣曝汚法對比) 算定

$$100 - (2.84 \text{ m}^3/\text{分} \div 4.42 \text{ m}^3/\text{分} \times 100)$$

$$35.7 = 40\%$$

他法에 比하여 H.B.C 法의 動力節減量을 살펴보면

(1) 長期曝汚法과의 比較

BLOWER 및 返送汚泥 PUMP 動力이 全體動力의 約 65%이므로

$$40 \times 65\% = 26\%$$

即, 長期曝氣法에 比하여 約 26%動力節減

(2) 接觸酸化法과의 比較

BLOWES 動力이 全體動力의 50%이므로

$$40\% \times 50\% = 20\%$$

即, 接觸酸化法에 比하여 約 20%節減된다.

따라서 H.B.C 法의 動力費는 他法과 比較하여 約 20~26%節減된다.

6) 以上, 諸般事項을 綜合하여 HBC 法의 維持管理費를 算定, 長期曝氣法과 比較檢討하면 다음과 같다.

(但, 流量 200m³/d, 原水 BOD, SS : 200ppm 處理水 BOD, SS : 50ppm).

項目	工 法	H B C 法	長 期 曝 氣 法	備 考	
1	試藥使用費 鹽素使用量	10mg/l × 200m ³ /日 × 10 ⁻³ kg/g × 30日/ 月 = 60kg/月	左	同	
	試藥費	300원/kg × 60kg/月 = 18,000원/月	18,000원/月		
2	汚泥處理費 汚泥轉換率 (對 BOD)	0.0068kg/kg BOD	0.5kgSS/kg BOD		
	汚泥發生量 (dry)	0.0068kg/mgBOD × 200m ³ /日 × (200 - 50)g/m ³ × 10 ⁻³ × 30日/月 = 6.12kg/月	0.5kg/kgBOD × 200m ³ /日 × (200 - 50)g/m ³ × 10 ⁻³ × 30日/月 = 450kg/月		편의상 HBC 法도 處分費算定
	(wet)	6.12 × $\frac{100}{100-98}$ × 10 ⁻³ = 0.31m ³ /月	450 × $\frac{100}{100-98}$ × 10 ⁻³ = 22.5m ³ /月		水分容量
	處理費	20,000원/m ³ × 0.31m ³ /月 = 6,200원/月	20,000원/m ³ × 22.5m ³ /月 = 450,000원/月		
3	人力費 (日/月)	400,000원	400,000원		
4	動力費 使用費力重	210kWH/日 × 30日/月 = 6300kWH/月	264kWH/日 × 30日/月 = 7920kWH/月		
	動力費	244,000원/月	306,000원/月		

項目	工 法	H B C 法	長 期 曝 氣 法	備 考
5	減價償却費 (共通事項除 外)	12,000,000원×1.2×7年÷12日/年 =171,430/月		追加分
6	合 計	839,630원/月	1,174,000원/月	
	百分率(%)	71.5	100	

5. 結 論

懸垂微生物接觸法(H.B.C)에 의한生活污水의 實證處理時 諸條件變化에 따른 溶解性 有機物 除去에 對한 1年間の 서울大學病院 小兒診療部 污水에 對한 調查 結果는 다음과 같다.

1. 污水의 水溫은 最低 20°C에서 最高 28°C로 平均 24.5°C, PH는 平均 6.9~7.2였으며 BOD는 流入 原水가 最低 133에서 最高 320mg/l로 平均 199.7mg/l의 平均 37mg/l로 處理되어 約 80.5%의 處理率을 나타냈으며 SS는 流入 原水가 最低 167에서 最高 256mg/l로 平均 210mg/l이 平均 32.4mg/l으로 約 84.5%의 처리율을 나타내었다.

2. 沈澱槽(最終) 設置 有無를 爲한 잉여汚泥 發生率 實證試驗結果流入原水中的 總 B.O.D+SS 合量의 約 0.51%가 發生하여 放流水中の 濃度에 미치는 영향은 B.O.D 1.5mg/l, SS 0.7mg/l로 沈澱槽 設置 必要性은 없었다. 이는 H.B.C Ring의 特殊性으로 Ring 表面層의 好氣性 作用과 Ring 深部層의 嫌氣性 作用이 相互反應(mutual reaction)에 依한 平衡(Balance)으로 溶解性 有機物에 限하여 거의 全量 消化됨을 나타내 주고 있다.

3. B.O.D+SS의 容積負荷는 0.8~1.2kg/m³, 日로서 標準活性汚泥法과 接觸酸化法보다 크다. (BOD 單의 容積負荷는 約 0.4~0.6kg/m³. 日)

4. BOD+SS의 HBC RING에 依한 除去量은 1m 當 1日間 8~12g이었다.

5. 工事費面에서 볼때 H.B.C RING을 國產 化하는 경우에는 他法보다 비슷하거나 오히려 10%程度 저렴하였다.

이는 土建 物量의 減小에서 오는 土建費節減 結果이다.

6. 維持管理費面에서 볼때는 Return Sludge의 酸化가 必要치 않고 Ring 深部層의 酸素未達로 動力費가 節減되고 잉여汚泥 處分費가 節減되어 他法(長期曝氣法)보다 約 30%程度가 저렴하였다.

7. 以上에서 H.B.C法은 季節的 水溫變化, 流量 및 水質變動 等の 衝擊負荷(SHOCK LOAD)에 強하고 잉여汚泥가 發生하지 않아 沈澱槽가 必要치 않으므로써 設置面積이 減縮되며 返送汚泥에 依한 人爲的 F/M調整等이 省略되므로 管理가 容易하고 작은 容量의 Blower 및 Sludge 處分費 節減에서 오는 維持管理費가 저렴한 等 많은 利點을 갖고 있는 污水淨化施設이라 思料 된다.