

砂土層 利用한 急速土壤滲透法の 廢水處理 特性에 관한 研究

A Study on the Characteristics of Wastewater Treatment by
Rapid Infiltration Using Sand Soil

梁 相 鉉*
Yang, Sang Hyon
曹 雄 鉉**
Cho, Woong Hyun

Abstract

In land treatment systems for organic waste removal, especially rapid infiltration method is well known as less climatic restrictions and less field area requirements as against the others.

Therefore the present study on rapid infiltration is aimed to survey the waste removal rate, infiltration rate, variation of dissolved oxygen due to biological oxygen absorption and pH decrement using pilot infiltration column filled with permeable soil(sand) as media, also to find the waste load(COD) per unit area and nitrate conversion ratio from TKN.

The results obtained here are as follows.

- 1) When the depth of sand layer is more than 1 meter, the COD removal would be reached steadily to 90% or more under the infiltration rate below 15~20cm/day, and would be no problem due to leached organic pollutants considering the depth of ground water table.
- 2) The COD removal per unit area(m²) can readily be expected to 10~14g/day with proper operation, and the decomposition of substrate would be attained mostly at the surface layer of the media.
- 3) Generally the conversion of TKN to the NO₃⁻-N is seemed to be proportional to the COD removal rate if provided proper retention time.

要 旨

有機物을 除去키 위한 土壤處理 system 에 있어서 특히 急速土壤滲透法은 다른 土壤處理方法에 비해 氣溫 變化에 대한 制限을 덜 받고 敷地面積을 적게 要求하는 것으로 알려져 있다.

따라서 急速土壤處理에 대한 本 研究에서는 有機物 除去率과 浸透率, 生物學的 酸素吸收에 따른 溶存酸素의 變化, 그리고 pH 등을 砂土를 채운 實驗筒을 利用하여 규명코자 했으며 또한 單位面積當 COD 除去量 및 TKN 으로부터의 窒酸化率 등을 求하였다.

* 正會員·全北大學校 工科大學 教授
** 正會員·全北大學校 大學院 博士課程

그 결과는 다음과 같다.

- 1) 砂尸이 1m 以上인 경우 浸透率이 15~20cm/day 以下에서는 COD 除去가 90% 以上으로 安定하게 유지되며 地下水位까지의 깊이를 考慮하면 浸透汚染物로 因한 汚染영향은 매우 작다고 본다.
- 2) 單位面積當 COD 除去量은 適切한 運營下에서 10~14g/day 를 쉽게 기대할 수 있고 基質分解은 大部分 media 表層에서 이루어지는 것으로 판단된다.
- 3) 一般적으로 TKN 의 NO₃⁻-N 으로의 轉換은 상당한 滯留時間이 주어진다면 COD 除去率에 比例한다고 본다.

1. 結 論

土壤을 利用한 廢水處理는 歷史적으로 볼 때 2000 年前 古代 아테네 時代에서 由來하며 中世에는 獨逸과 英國에서 灌溉用으로 利用하였고 20 世紀에 이르기까지 베르린과 파리 등의 유럽 몇몇 都市에서 施行하여 왔음을 엿볼 수 있다^(1,2). 그러나 이러한 오랜 歷史에 比하여 廢水處理를 爲主로 한 土壤處理의 우수성과 잠재력은 最近에 와서 評價되고 있는 實情이다⁽³⁾.

廢水の 土壤處理에 대한 特徵은 土壤의 有機物 分解能力의 우수성, 地下水 充塡效果, bacteria 및 virus 등의 除去에 있어 탁월함^(3,4) 등을 꼽을 수 있으며, 또한 附帶施設이 크게 要求되지 않고 運轉 및 管理가 손쉽고 經濟的이라는 잇점이 있다. Ovecash⁽⁵⁾에 의하면 活性污泥法에 比해 投資費와 運營費面에서 折半 以下이며 비록 地價가 높다 하더라도 購入價를 계속 維持하거나 오르기 때문에 유리하다고 하였으며, 또한 Idelovitch⁽⁶⁾도 最近 이에 관한 優秀성과 經濟性을 강조하였다.

土壤處理는 細分하여 急速滲透法, 灌溉法, overland flow 法 등으로 區分되나 土壤이 어느 정도 滲透性이어야 하며 우리 나라와 같이 人口가 많고 國土가 협소한 처지에서는 敷地面積에 制限을 받기 때문에 滲透性이 우선적으로 考慮되어야 한다고 본다.

本 研究에서는 이러한 條件과, 氣溫영향을 비교적 덜받아 冬季에도 運營이 可能한 點을 들어⁽³⁾ 急速滲透法을 擇하였으며 COD(cr), 浸透率(infiltration rate), 溶存酸素(DO), pH, NO₃⁻-N, TKN 등의 實驗을 通하여 急速滲透法の 有

機物 除去 特性을 파악하고자 하였다.

2. 試料 및 實驗裝置

2.1 試 料

試料는 實驗의 一律性을 期하기 위해 清水(우물) 1l 에 表 1 과 같은 藥品을 넣어 만든 有機合成廢水로 하였으며, 이 原液 1l 의 COD 는 112,000mg/l 이다. 이 原液을 適切히 희석하여 COD 를 120~150mg/l 로 한 다음 펌프를 利用 實驗裝置에 供給했다. 이 COD 濃度는 都市下水의 COD 를 200mg/l 로 假定하여⁽⁷⁾ 一次處理 流出水에 상당한다고 본 것이다⁽⁹⁾.

表 1. Components of artificial wastewater

Components	Weight(g)
Glucose C ₆ H ₁₂ O ₆	100.0
Urea, (NH ₂) ₂ CO	10.0
Sodium chloride, NaCl	3.0
Sodium phosphate, Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O	10.0
Potassium chloride, KCl	1.4
Calcium chloride, CaCl ₂ ·2H ₂ O	1.4
Magnesium sulfate, MgSO ₄ ·7H ₂ O	1.0

Lance 는 一次處理 流出水를 대상으로 하면 二次處理 流出水를 대상으로 하는 것보다 浸透率이 50~60%로 減少한다고 하였다.⁽⁸⁾ 그러나 最近 Carlson 은 反對로 一次處理 流出水가 浸透率이 더 높다는 것을 實驗을 通해 밝혔고⁽⁹⁾ Rice 는 一次處理 流出水를 대상으로 하는 경우 浸透率을 最大로 높이기 위해서는 適切한 運營이 要求되나 土壤微生物에 의한 處理가 carbon 을 必要로 하는 system 이기 때문에 一次處理 流出水가 바람직하다고 주장했다.⁽¹⁰⁾

2.2 實驗裝置

實驗裝置은 아크릴로 그림 1과 같은 column (實驗筒) 4組를 만든 후 강모래를 No. 10 체(2 mm)로 쳐 通過한 것만 그 속에 다져 채우고 위 아래로 3cm 정도 두께의 콩자갈을 깔았다. 이 콩자갈은 下部 排水構造로서 排水孔으로 砂粒子가 流失됨을 방지하고, 또한 上部로 試料가 流入時 砂土의 요동을 막기 위한 것인데 上部의 콩자갈층은 浸透容量을 增大시키는 것으로 알려졌다⁽¹¹⁾.

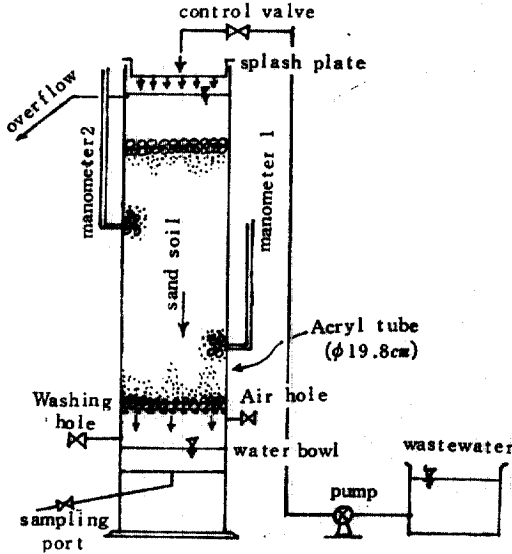


그림 1. Test column for rapid infiltration

한편 여기서 사용된 砂土의 체가름 시험을 통한 粒徑構成은 그림 2, 그림 3 및 表 2와 같으며 체는 No. 10, No. 20, No. 40, No. 50, No. 100 그리고 No. 200 체를 사용했다. 깊이 1m의 column 3組를 만든 것은 흔히 있는 일반 강모래로서 粒徑構成에 따른 處理程度를 比較코자 한 것이다.

砂層 깊이는 1m를 기준으로 했는데 이는 Levine의 調査結果 깊이 1m以下에서는 有機物 存在 比率이 매우 적다는데 근거했다⁽¹²⁾.

또한 깊이 0.3m 짜리도 하나 만들었는데 이는 0.3m 깊이에서의 處理程度를 알기 위함이었다. 여기서 實驗筒을 擇한 것은 地下構造가 실명 排水性이 不良한 條件이라 하더라도 地表가 砂土

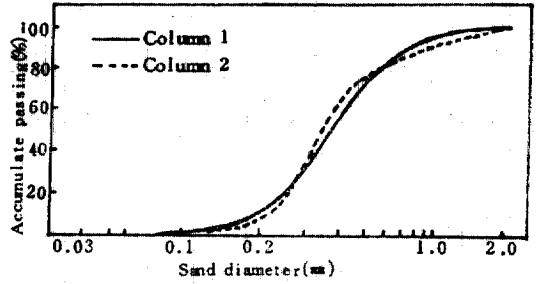


그림 2. Grading curves of sand soil (Column 1, 2)

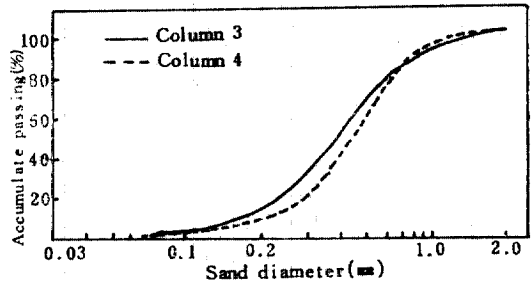


그림 3. Grading curves of sand soil (Column 3, 4)

表 2. Characteristics of sand soil with column depth.

Column No.	Media depth	E.S	U.C	Porosity	Specific yield
1	1.0m	0.19	2.11	28.75%	18.4%
2	1.0m	0.20	1.85		
3	0.3m	0.19	2.31		
4	1.0m	0.24	2.08	29.6%	20.2%

라면 滲透水가 地下水와 流通할 수 있는 구조를 만들 수도 있기 때문에 表面砂層만 考慮한 것이다.

實驗筒 側面의 manometer는 水頭損失을 보기 위한 것이고, 下部의 air hole은 處理水가 water bowl로 落下하는데 지장이 없도록 또한 water bowl에 담겨 있는 處理水를 採取할 때 砂層內 空隙을 流下하는 廢水가 吸入力에 의해 동요하지 않도록 설치한 것이다. 그리고 非常時에도 항상 flood type이 유지되도록 하는데 必要하다. 이러한 機能은 air hole을 開閉함으로써 可能하다. washing hole은 water bowl內

의 청소를 위한 것으로 洗滌水を 噴射하여 内壁에 形成될 수 있는 微生物膜을 除去키 위한 것이다. 下部 콩자갈층 바로 밑의 多孔 media supporting panel 은 직경 2.5mm의 구멍 30個를 等間隔으로 뚫어 砂層內的 흐름조건이 斷面全體에 均一하게 하였다.

3. 運營方法

本 實驗에 들어가기 前에 實驗筒의 藻類發生을 억제하기 위하여 筒 表面을 遮光하였으며 筒 內部的 砂土를 洗滌키 위하여 그리고 自然狀態의 砂土와 같이 다져지게끔 10餘日 동안 清水를 供給하였으며 그후에 試料水를 供給하기 시작했다. 試料水 供給은 매일 새로 製造한 合成 滲수를 連續的으로 注入하는 方法을 擇하였다.

flooding 깊이는 實驗의 均一化를 期하고 flooding 部分의 試料水를 循環시키기 위하여 overflow line을 利用 10cm가 항상 維持되도록 하였다. 여기서 10cm로 固定한 것은 편의상 擇한 것이며 實際에는 冬季의 結氷을 考慮하여 다소 깊어야 할 것이다. 이 flooding 部分의 側壁에는 微生物膜이 形成되므로 浸透 以前에 試料水가 分解받지 않도록 每日 한두번씩 부엌쉬로 닦아주었다. 이때 media 表面에 形成된 微生物 集落은 浮上하지 않도록 주의했다.

實驗은 7月初旬에서 9月初까지 flood type으로 계속했으며 처음 分析은 試料供給 1週日 後 生物膜이 어느 정도 形成되었을 때부터 시작했다. 여기서의 分析方法은 standard methods에 의하였다⁽¹³⁾.

4. 實驗結果 및 考察

4.1 生物膜 形成

media 表面에 生物膜이 形成되는 時期는 試料水 供給後 얼마 안되어서겠지만 육안으로 확실

히 感知할 수 있기까지는 대략 5~7日이 걸렸다. 이것은 별도로 種菌하지 않은 상태에서 콩자갈 表面에 형성된 것인데 以後 急進的으로 增殖되어 試料供給 16~20日경부터는 콩자갈이 전혀 보이지 않게 덮여 COD 除去率이 90% 정도로 增加하기 시작했다(水溫; 26~32°C). 속성된 生物膜의 두께는 水中에서 걸보기로 8~9mm가 되었으며 현미경으로 관찰한 結果 大部分이 bacteria이고 數個의 free swimming ciliates가 發見되었다. 그밖에는 [단지 fungi가 있었는데 合成廢水의 濃度가 높아짐에 따라 部分的으로 붉은 색을 띄기도 했다. 여기서의 media는 前述한 바와 같이 깨끗한 砂土이나 實際 field에서라면 土壤微生物의 數나 種類도 多樣하므로 生物膜의 形成 時期는 判然할 것이다.

4.2 溶存酸素 및 pH

試料의 COD 濃度에 따른 column別 處理水의 容存酸素 및 平均 pH는 表 3과 같다. 여기서 column別 酸素와 pH는 實驗開始 約 1個月後부터의 값이므로 處理가 양호하게 進行되는 過程에서 測定된 것이다.

酸素를 測定키 위한 處理水 확보에는 column에 따라 몇시간이 걸리기도 하는데, 이때 外部의 酸素가 water bowl內로 들어가지 못하도록 air hole을 차단하였다. 그러나 water bowl內의 空氣에 의하여 處理水의 酸素는 약간 增加할 것이다. 이 차이가 微小한 것으로 보아 無視하면 column 1, 2, 4는 COD 120~150mg/l의 廢水를 處理할 때 表 3과 같이 好氣性이 유지된다. 한편 column 3는 COD 140~150mg/l에 대한 處理水에서 酸素가 없었다. 그 理由는 column 3의 media의 均等係數가 다른 column에 비해 크다 하더라도 層厚가 0.3m로 작아 media 支持力의 弱화로 因하여 細土粒子가 下部로 移動 流失되고 그 자리에 微生物 集落이 자리잡게 됨에

表 3. DO and Mean pH of treated water vs. COD loading rate.(Raw Water pH=7.19 Ave.)

COD(mg/l)		120	126	132	138	144	150	Mean 136	Mean pH
D.O(mg/l)	Colu. 1	6.0	5.0	6.3	5.0	4.4	5.2	5.30	6.94
	" 2	5.2	5.1	6.1	4.4	3.9	5.0	4.95	7.08
	" 3	1.9	2.7	3.3	2.3	0	0	1.70	6.9
	" 4	5.9	5.6	5.7	4.9	4.2	4.7	5.17	6.88

따라 基質의 內部分解와 微生物의 內生呼吸으로 인한 酸素吸收率이 크게 要求될 것이다. 이때 水表面으로부터 media 內部로의 酸素傳達이 원활치 못하고, 또한 細土粒子가 下部의 water bowl로 流失될 때 active 한 biomass도 함께 떨어져 나와 酸素를 소모하는 때문으로 思料된다. 여기서 細粒子의 下部로의 流失은 다른 column과는 달리 處理水에 濁度가 있고 SS가 100~150 mg/l 含有된 것으로 미루어 確信된다.

한편 酸素消耗 要因은 生物學的인 有機物分解, 還元物質의 酸化 그리고 溫度의 變化 등을 생각할 수 있으나 여기서는 內容上 生物學的의 要因이 主가 될 것이며 column 3를 除外하고는 모두 2~2.7mg/l 씩 減少하는 傾向이었다. 이러한 적은 酸素消耗로 미루어 볼 때 基質分解는 酸素供給이 원활한 media 表層에서 상당히 이루어짐을 알 수 있다.

處理水의 pH는 表 3과 같이 原試料보다 약간 減少하였으나 거의 中性으로 유지되었으며 0.2 정도의 적은 變化를 보였다. pH는 주로 유황 酸化菌의 作用으로 그리고 Fe^{2+} 와 같은 금속

이온을 갖는 鹽이 水中에서 加水分解됨으로서 低下될 수 있고⁽¹⁴⁾ 窒酸化에 의해 또는 細菌에 의한 有機的 分解時 發生하는 CO_2 에 의해 低下될 수 있다. 그러나 여기서는 試料의 性分으로 보아 glucose가 主汚染物이기 때문에 CO_2 에 의한 pH 變化가 지배적인 것이며 특히 有機物 分解가 media 表面에서 주로 이루어진다면 CO_2 가 大氣中으로 쉽게 發散될 수 있는 條件이 되고 또한 土壤中에 Ca, Mg 등의 炭酸鹽이 充分히 含有된 경우는 CO_2 와 反應하여 重炭酸鹽이 되기 때문에 有機物 分解로 인한 pH 低下는 크지 않을 것으로 생각된다.

4.3 COD 除去率과 浸透率間的 關係

表 4는 COD 除去率과 浸透率을 時間에 따라 나타낸 것이다. 여기서 浸透率은 處理水量을 column 斷面積으로 나누어 日當으로 表現했다.

그림 4는 column 1에 대한 것이다. 이 그림에서 試料供給 15日 정도 後부터 COD 除去率이 90% 以上으로 상승하고 浸透率도 17日 後부터 安定된 形態로 되었다. 浸透率이 빠른 時日에 거의 一定하게 安定된 理由는 column 1을 前年

表 4. COD removal rate vs. column depth and U.C according to the duration of feed running

Colu. No.	Depth	U.C	COD removal(%)										
			8 th	13	18	23	28	33	38	43	48	52 th	MEAN
1	1.0m	2.11	74.5	86.8	93.3	95.0	99	99	91.2	99	94.7	95.3	92.8
2	1.0m	1.85	80.5	88.1	89.2	90.8	96.3	89.7	88.5	97.0	89.6	91.5	90.1
3	0.3m	2.31	53.0	85.6	90.0	75.8	80.7	84.3	82.0	84.2	72.2	74.8	78.3
4	1.0m	2.08	76.4	83.4	92.0	92.0	98.2	97.5	92.5	95.3	92.4	93.4	91.3

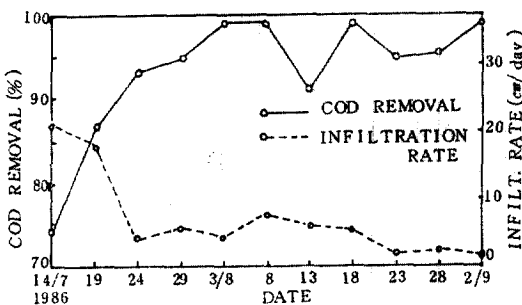


그림 4. A relationship between COD removal rate and infiltration rate vs. time after 1 week of feed running(Column 1)

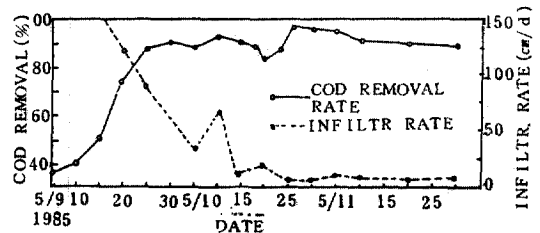


그림 5. A relationship between COD removal rate and infiltration rate during 3 months from Sept., 1985(Column 1)

의 實驗에 利用했기 때문에 생각된다. 表 5는 column 1의 1年前 結果인데 그 당시 浸透率이

安定되기까지는 9월부터 10月中旬경까지 한달 이상이 걸렸다. 浸透率의 安定에 있어서는 두 그림에서 보는 바와 같이 時期的으로 차이가 있으나 COD 除去率面에 있어서는 모두 90% 이상으로 유지되어 土壤處理의 확실성과 安全性을 잘 나타내 주고 있다.

위 그림에서 浸透率이 작을수록 COD 除去率은 一般的으로 增加하며 浸透率 15~20cm/day 以下에서 90% 以上の 除去를 기대할 수 있었다. 이 경우 處理水의 水質에 있어서 COD 濃度는 대략 2~12mg/l 이며 보통은 4~8mg/l 範圍로 매우 安定하게 유지되었다. 따라서 清水의 COD 2~6mg/l 와 比較하여 相互 구별하기가 어려웠고 濁度도 없었다. 그러나 이러한 處理程度와는 달리 그림 4의 7월 24日부터 約 한달 後에는 浸透率이 3cm/day 以下로 持續되어 1日 處理水量이 상당히 減少했다. 이것은 물론 急速 滲透法의 設計範圍⁽³⁾ 10~210cm/week 에 드는

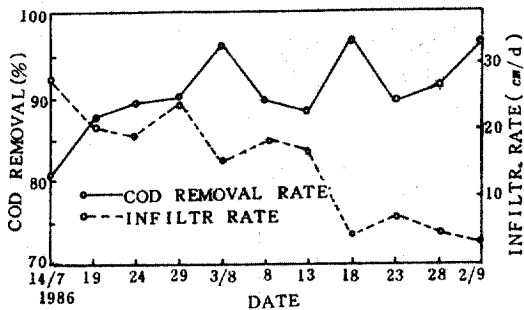


그림 6. A relationship between COD removal rate and infiltration rate vs. time after 1 week of feed running(Column 2)

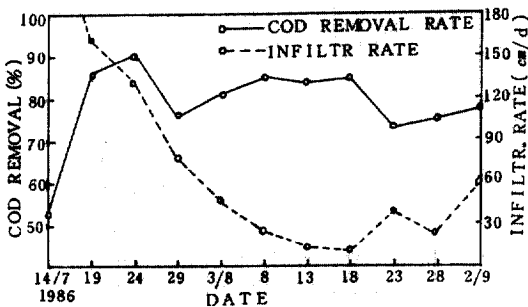


그림 7. Variations of COD removal rate and infiltration rate vs. time after 1 week of feed running(Column 3)

것이지만 處理水量의 回復에 力點을 두어야 할 것이다.

그림 6은 column 2에 관한 것으로 試料 供給日로부터 20日後에 除去率 90%에 도달했으며 浸透率은 40餘日後에 불규칙한 형태에서 安定된 態로 維持되기 시작했다. 그림 7은 column 3에 관한 것인데 砂土의 有効徑이 작고 均等係數가 큼에도 COD 除去率은 90% 以下이며 浸透率도 column 1,2에 比하여 變化가 컸다. 이것은 前述한 바와 같이 層厚가 얇아 細粒子 流失에 따른 것으로 생각된다. 그러나 0.3m 깊이에서도 表 4에 나타난 바와 같이 平均 78%가 除去됨은 基質除去가 media 表層附近에서 大部分 이루어짐을 뒷받침하고 있다.

한편 均等係數와 COD 除去率의 關係를 보면 그림 8과 같으며, 均等係數가 클수록 除去率도 약간씩 增加하는 모습이다. 그렇지만 거의 90% 以上으로 유지되며 時間이 지날수록 이에 의한 영향은 적어지는 편이었다. 따라서 土壤處理의 效率를 높이기 위해서는 흙의 透水性을 우선적으로 考慮해야 한다고 생각된다.

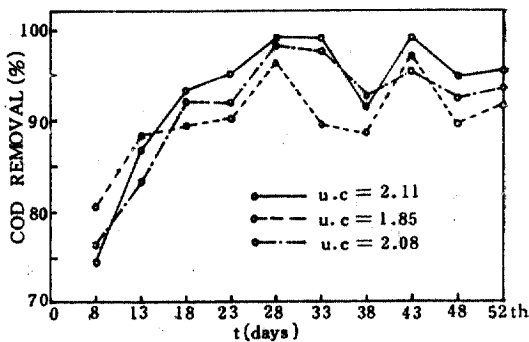


그림 8. Comparison of COD removal vs. UC. (Depth=1m)

4.4 COD 除去量 및 水頭損失

COD 除去量은 減少된 COD 濃度에 處理水量을 곱하여 求할 수 있으며 COD 除去率과 浸透率에 따라 달라진다. 그림 9는 column 1,2,4의 平均 除去率을 基準으로 하여 單位面積當 除去量을 經過時間에 따라 plot 한 것이다.

이 그림에서 보는 바와 같이 COD 除去率이 높더라도 浸透率이 낮으면 COD 除去量은 어느 時

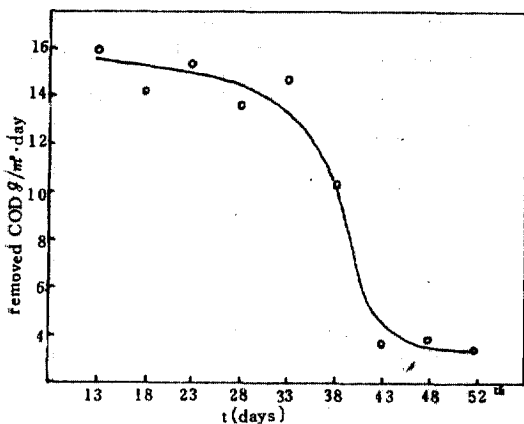


그림 9. Variation of COD loading rate as a function of time

點에서 크게 減少함을 알 수 있다. 이는 여러가지 要因으로 空隙이 폐쇄됨에 따라 浸透水量이 작아지기 때문인데, 이를 위하여 Rice는 表面 raking 과 休息期間을 두는 方法을 擇했으며⁽¹⁰⁾ COD 除去량을 높이기 위하여는 流入廢水의 COD 를 높게 하고 동시에 浸透率 回復을 위해 間歇的으로 運營하는 方法이 좋을 것이다. 만약 間歇的으로 運營한다면 그림 9에서 經過時間 38 日째부터 휴식시간으로 들어간다고 보아 COD 除去량이 10g/m²-day 以上은 維持될 수 있을 것으로 보며 43 日以後의 것들을 除外한 平均值로는 單位面積當(m²) 하루 14g의 COD가 除去되는 셈이다. 이는 美國의 都市下水에 대한 實例를 참작할 때 양호한 편에 속한다고 思料

表 5. Nitrogen conversion vs. COD of wastewater and COD removal rate

Wastewater COD(mg/l)		120	125	136	148	152
Column 1	COD removal(%)	99	99	94.1	90.5	95.4
	NO ₃ ⁻ -N(mg/l)	10.6	10.7	11.0	10.8	11.4
	TKN(mg/l)	0	0	0.5	0.7	1.0
Column 2	COD removal(%)	85.3	96.7	88.2	92.9	86.8
	NO ₃ ⁻ -N	10.9	11.5	6.9	10.4	11.0
	TKN(mg/l)	2.1	0.5	4.2	0.3	0.7
Column 3	COD removal(%)	88.3	89.0	83.8	81.0	84.2
	NO ₃ ⁻ -N	2.8	2.3	2.7	1.2	2.6
	TKN(mg/l)	5.6	5.2	9.8	10.4	7.1

된다⁽¹⁵⁾.

한편 水頭損失에 있어서 清水 供給時에 manometer 2는 15~17cm 상승했으나 試料供給 10 餘日後에는 상승치 않았다. 이것은 media 表層에 SS가 쌓이고 微生物集落이 形成됨에 따라 그리고 media 內部的 effective porosity의 一部가 微生物의 成長과 그 副產物에 依하여 閉塞되기 때문일 것이다. effective porosity는 표 2에 제시된 바와 같이 column 1에서 18.4%인데 大部分의 帶水層에서 10~20%로 알려져 있다⁽¹⁶⁾.

Lance와 Whisler는 浸透率의 減少가 脫窒素化時 發生하는 不溶性 窒素가스에 基因될 수 있다고 했으며 이 窒素가스가 土壤內部 空隙을 閉鎖시키는 것으로도 알려져 있다^(17,18). 實際 field에서는 여러가지 條件으로 보아 水頭損失이 신속하게 增加하리라 보는데 Rice가 測定한 media

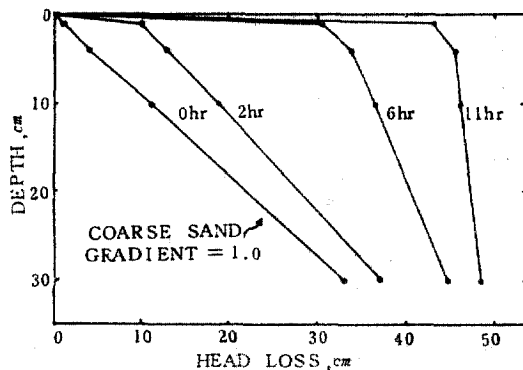


그림 10. Head loss depth relationship for coarse sand as clogging progresses. Values on the curves represent time in hours since start of inundation

깊이와 시간에 따른 水頭損失 關係는 그림 10과 같다⁽¹⁸⁾.

4.5. 窒素轉換

表 5는 供給試料의 COD 濃度에 따른 窒酸化 程度를 COD 除去率에 對하여 나타낸 것이며 그림 11은 TKN의 窒酸化 比率를 COD 除去率에 關하여 plot 한 것이다. 여기서 窒酸化 比率는 (處理水의 NO_3^- -N- 試料水의 NO_3^- -N)/(試料水의 TKN)으로 求했다.

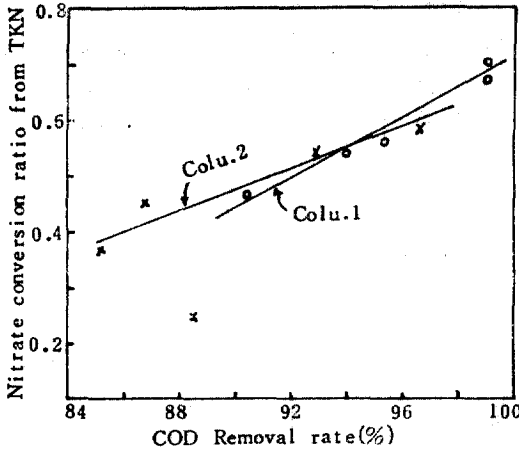


그림 11. Nitrate conversion ratio from TKN vs. COD removal rate

이 그림에 의하면 TKN의 NO_3^- -N으로서 轉換은 거의 COD 除去率에 比例하여 COD 除去率 이 클수록 TKN은 상당히 NO_3^- -N으로 酸化 安定됨을 알 수 있다. 窒酸化는 環境面에서 COD가 어느 정도 除去된 後에 進行되는 特性이 있으므로⁽¹⁹⁾ COD 除去率이 높은 경우에 양호하며 또한 窒酸化 細菌과의 接觸시간이 필요하기 때문에 media 깊이에 따른 浸透持續時間과도 관련이 있다고 본다. 따라서 表 5에서 column 2와 column 3를 比較하면 비슷한 COD 除去率에서 TKN의 殘留量에 큰 差가 나는 것이 바로 層厚의 差異에서 생긴 것이라 판단된다. 窒酸化로 미루어 볼 때 column 內部는 本試料의 濃度에서 거의 好機性으로 維持됨을 알 수 있다.

5. 結 論

本 研究에서 上記의 試料, 裝置 및 運用方法으로 다음과 같은 要約을 얻었다.

1) 砂層이 1m 정도인 경우 浸透率이 15~20 cm/day 以下에서 90% 以上の COD 除去를 기대할 수 있고 또한 매우 安定한 處理率을 기대할 수 있다. 따라서 地下水水位가 낮으면 急速土壤 浸透法에 依한 地下水 汚染憂慮는 거의 없다고 본다.

2) COD 除去率 70% 以上이 0.3m 깊이 以內에서 이루어짐으로 基質分解는 media 表層에서 主로 일어남을 알 수 있다.

3) 適切히 運營하는 경우에 COD 除去量은 1m² 當 10~14g/day를 기대할 수 있다.

4) column 깊이 1m에서 窒素의 NO_3^- -N으로의 轉換은 양호하며 COD 除去가 增加할수록 窒酸化 比率도 增加하였다.

考 參 文 獻

1. *The New Encyclopedia Britannica*, Macropædia, 16, 582 1977
2. *Process Design Manual for Land Treatment of Municipal Wastewater*, Environ. Prot. Agency, EPA 625/1-77-008 1977
3. Metcalf & Eddy, Inc, *Wastewater Engineering (Treatment, Disposal, Reuse)* McGraw Hill, 761 ~797 1979
4. Schaub S.A., and C.A. Sorber, *Virus and Bacterial Removal from Wastewater by Rapid Infiltration Through Soil*, Appl. Environ. Microbial, 33 : 9, 609 1977
5. Michael R. Overcash, *Land Treatment Systems for Poultry Processing Plants*, Industrial Waste Conference Purdue Univ. 34th, Ann Arbor Science, 393 1979
6. Emanuel Idelovitch, Medy Michail, *Soil-aquifer Treatment-a New Approach to an Old Method of Wastewater Reuse*, *J. Water pollut. Control Fed.* 56, No.8, 936 1984
7. Edward D. Schroeder, George Tchobanoglous, *Water Quality*, Addison Wesley, 596 1985

8. Lance, J.C., et al., Renovation of Wastewater by Soil Columns Flooded with Primary Effluent, *J. Water Pollut. Control Fed.*, 52, 381 1980
9. R.R. Carlson, K.D. Linstedt, E.R. Bennett, R.B. Hartman, Rapid Infiltration Treatment of Primary and Secondary Effluents, *J. Water pollut. Control Fed.*, 54, No. 3, 270 1982
10. R.C Rice, Herman Bouwer, Soil-aquifer Treatment Using Primary Effluent, *J. Water pollut. Control Fed.* 56, No. 1, 84 1984
11. McMichael, F.C., and J.E Mckee, *Wastewater Reclamation at Whitter Narrows*, California State Water Quality Control Board Publication, 33 1966
12. Paul E. Levine, Ronald W. Crites, *Soil Chemistry Changes at Rapid Infiltration Site*, ASCE, EE5, 874 1980
13. *Standard Method for the Examination of Water and Wastewater* APHA, AWWA, WPCF, 15th 1981
14. Clair N. Sawyer, Perry L. McCarty, *Chemistry for Sanitary Engineers*, McGraw-Hill, 322 1967
15. Crites, R.W., *Land Treatment of Wastewater by Infiltration-Percolation*, in R.L. Sanks and T. Asano(eds), *Land Treatment and Disposal of Municipal and Industrial Wastewater*, Ann Arbor Science, 193 1976
16. Fair, Geyer, Okun, *Elements of Water Supply and Wastewater Disposal*, Wiley Japan, 115 1970
17. Lance, J.C., and Whisler, F.D., Nitrogen Balance in soil Columns Intermittently Flooded with Secondary Sewage Effluent, *Jour. Environ. Quality*, 1, 180, 1972
18. R.C. Rice, Soil Clogging during Infiltration of Secondary Effluent *J. Water Pollut. Control Fed.* 46, No. 4, 708 1974
19. M.J. Hammer, Kenneth A. Mac Kichan, *Hydrology and Quality of Water Resources*, John Wiley & Sons, 328 1981

(接受：1987. 3. 25)