

〈論 文〉

河川汚染分析에 關한 研究

A Study on the Stream Pollution Analysis

金 健 興*
Kim, Geon heung

Abstract

Bottom sediment-river water samples were studied to determine the extent of biodegradable matter and to examine the reduction of COD, TKN and TOC by using of warburg and aerated batch reactor.

Warburg studies were conducted to study the Oxygen Uptake Rates, Reaction Rate Constants and CBOD. Batch reactor studies were conducted to determine the reduction of COD, TKN and TOC.

Results from the batch reactor study indicate high concentration of COD in samples. Less than 10 percent of the Organic Carbon was found to be biodegradable in 48 hours of Warburg experiment. Appreciable Immediate Oxygen Demand of sediments suggests that dredging of the river bottom is likely to deplete dissolved significantly in the river water.

要 旨

Warburg 實驗裝置와 回分式 曝氣槽를 使用하여 河川의 底質을 對象으로 微生物에 依한 分解可能物質의 處理程度와 化學的 酸素要求量, 總有機性 및 암모니아性 窒素, 總有機炭素의 變化를 測定하였다.

Warburg 實驗裝置는 빛을 遮斷하고 20°C로 運營하여 微生物의 試料에 對한 酸素消耗率, 脫酸素係數, 一段階 炭素化合物의 生化學的 酸素要求量을 求했으며, 回分式 曝氣槽는 室溫에서 運營하여 曝氣에 依한 COD, TKN 및 TOC의 時間別 處理度를 求하여 相關關係를 調査하였다.

實驗結果 試料의 TOC는 매우 높았으나 Warburg 實驗裝置에 依해 48時間 運營한 後, 初期 TOC의 10% 미만은 微生物에 依한 分解可能 物質로 나타났으며 이들의 相關關係는 찾지 못하였다. 瞬間酸素要求량이 커서 河川의 液渫等에 依해 急激히 溶存酸素가 消耗되 水質을 惡化시킬 염려가 있었다.

1. 序 論

河川의 汚染은 都市下水, 工場廢水 및 非點汚染源에 依하여 發生되며, 이 汚染特質은 吸收나 吸着, 沈澱에 依해 바닥에 堆積된다. 바닥에 堆積된 底質은 微生物에 依하여 分解攝取되며, 一部는 水理的 變化 등에 依해 浮上하거나 再沈澱한다. 舟運用 河川의 경우, 液渫에 依한 底質의 浮上은 水質을 惡化시켜 水中生物에 惡影響을 미친다.⁽¹⁾

河川水質調査는 많이 수행되었으나, 底質에 關한 研究는 매우 적은 實情이다.

本 研究는 河川 底質의 瞬間酸素要求量(IOD), 化學的 酸素要求量(COD), Warburg 實驗裝置를 이용한 炭素化合物의 生化學的 酸素要求量(CBOD)과 脫酸素係數(K), 回分式曝氣槽를 使用한 時間別 COD, 總有機性 및 암모니아性 窒素(TKN)를 調査分析하여 相互關係를 파악하고, 微生物에 依한 有機物 分解可能性和 處理度를 調査하여 河川溶存酸素濃度에 도움을 주고자 美國 Trinity River를 中心으로 分析하였다.

2. 文獻考察

溶存酸素(DO)는 河川, 湖水 等の 水質을 반영한다.

* 仁荷大學校 工大 副敎授

DO는 여러가지 發生源과 消滅源을 가지고 있다. 發生源은 再曝氣와 水中植物, 特히 藻類의 光合成에 依한 것이 主가 되며, 消滅源은 微生物에 依한 CBOD 및 窒素化合物의 生化學的 酸素要求量(NBOD), 藻類의 呼吸 底質의 酸素消耗, 環元無機的物質 等の 酸化를 들 들 수 있다.

바닥에 堆積된 底質酸素要求量(SOD)은 底質의 堆積期間, 두께, 表面積, 化合物構成, 棲息生物의 活動, DO, 溫度, 流量 等 影響因子들이 相互關係에 依하여 決定된다.

2.1 底質의 堆積期間, 두께, 表面積

새로 堆積된 底質일수록 SOD는 높으며, 새로운 堆積이 발생하지 않는 限, 堆積期間이 길수록 SOD는 낮다.⁽²⁾⁽¹⁰⁾ 微生物에 依해 分解되기 쉬운 有機物質은 감소하고 分解되기 어려운 物質이 相對적으로 많이 남기 때문이다.

沈澱은 發生하나 堆積이 양되는 경우는, 沈澱物量과 그의 分解되는 量이 平衡을 이루는 경우로서, 自然河川에서는 항상 底質의 變化가 있으므로 堆積期間을 決定하기가 힘들다.

Fair,⁽²⁾ Baity⁽¹⁰⁾는 짧은 期間에 形成된 底質層을 對象으로 層의 두께 10cm까지는 두께와 SOD는 서로 관계가 있다고 하였으나, McKeown⁽⁴⁾과 Edward⁽⁶⁾는 河川에서 層의 두께 4~17cm, 2~10cm 試料를 써서, SOD와 層의 두께는 무관한 것을 발견하였다. 짧은 實驗期間에 沈澱된 試料와 오랫동안 堆積되었던 底質 試料는 그 堆積期間이 서로 다르므로 같은 結果를 기대할 수 없다.

Fair⁽²⁾와 Baity⁽¹⁰⁾는 底質層이 두꺼울수록 分解 가능한 物質이 많아서 전체적으로 SOD가 크고, 취발성물질에 대한 最大 SOD는 層의 깊이에 따라 감소함을 알았다. Davison과 Hanes는 새로 沈澱된 纖維性 底質을 試料로, 層이 두꺼울수록 SOD도 크지만, 일단 堆積이 끝나 安靜된 底質層이 형성되면 두께와 SOD는 무관한 것을 발견하였다. Pamatmat⁽⁹⁾ 등은 嫌氣性 物質代謝의 최종 생성물들은 쉽게 酸化되지 않으며 깊이에 따라 그 濃도가 증가함을 관찰하였다. 沈澱이 發生하면 먼저 堆積된 層으로부터 酸化 가능한 物質들이 好氣性 層이나 물속으로 스며나와 酸化하여 DO를 消耗하며, 堆積이 계속되어 層이 두꺼울수록 더 많은 物質들이 스며나올 것이지만, 堆積이 끝나 層이 安靜되면 더 이상 酸化 가능한 物質들이 스며나오지 않고, 層內로 DO가 전달되기도 힘들어 계속적인 酸素는 어렵게 된다.⁽²⁾⁽¹⁰⁾ 層의 일부에 있는 有機物質을 보면, 層이 깊을수록 密度가 증가하므로 層內로 DO 전달이 힘들고 酸化 가능

物質들은 이미 스며나왔으므로, 表面 部附近에 있는 有機物보다 微生物에 依해 分解攝取되기 어렵다. Hunter는 底質의 SOD는 層 表面에서 주로 發生하며 깊이와는 무관하다고 하였으며, Hofsten은 層 表面 몇 mm 정도만 好氣性 狀態라고 하였다. McKeown⁽⁴⁾은 纖維性 底質의 두께 0.305~1.22m에서 SOD는 두께와 무관함을 관찰하였고 Oldaker⁽¹²⁾는 河川의 底質두께 1.5~20.0cm에서 두께 10cm까지는 SOD와 관계가 있으나 15~20cm에서는 두께의 변화에도 SOD는 一定한 것을 보였다. Edward와 Rolley⁽⁶⁾ 또한 層의 두께 2cm 이상인 경우 두께와 SOD는 무관하며, 두께 4~17cm에서 SOD는 0.08gO₂/m²/hr로 一定함을 보였다. 또 MaKeown⁽⁴⁾은 底質層의 두께는 SOD와 무관하므로 두꺼운 層의 좁은 表面積보다 얇은 層의 넓은 表面積을 같은 底質의 SOD가 크다고 하였다.

2.2 溫度와 化合物

大部分의 學者들은 溫度와 化合物이 底質에 對하여도 Van't Hoff-Arrhenius 관계식이 적용됨을 보였다. 溫度 10°C 증가함에 따라 微生物 活動이 2배 정도 증가하는 것은 잘 알려진 사실이다. 10°C의 微生物 活動을 기준으로 任意 溫度에 對한 微生物 活性을 表示하는 溫度係數 θ 는 表 1과 같다. 底質棲息生物은 그 종류가 다양하여 浮遊性과, 溶存性 BOD를 써서 구한 θ 값들은 서로 다르며, Van't Hoff-Arrhenius식이 一次反應에 依한 것이므로 二次, 三次反應에 對하여 θ 값은 다를 것이다.

Bott는 自然河川에서 여름철 水溫 16.5~21.0°C에서 박테리아의 번식시간이 2.8~6.0時間이고, 겨울철 水溫 0~5°C에서 박테리아의 번식율이 급격히 떨어져 42~51時間 걸리는 것을 관찰하였다. Hofsten은 微生物 呼吸率을 관찰하여, 온도중가 15~25°C보다 5~15°C에서 더 높은 呼吸率을 보고하였다. Pamatmat⁽⁹⁾도 自然河川의 底質에 對한 SOD 研究에서 溫度가 증가함에 따라 θ 가 감소함을 보였고 Konova는 泥積의 分解에서, Winberg는 水中生物의 呼吸率 實驗이 같은, 結果를 보였다.

Edward와 Rolley⁽⁶⁾는 SOD의 계절적변화는 底質의 分解, 棲息生物의 活動, 流量 等に 依하여 決定된다고 보았고, Hargrave는 지렁이같은 무척추 동물의 酸素消耗만 除外한다면, 溫度는 SOD에 가장 重要한 因子라고 結論하였다. 藻類 및 무척추동물의 活動, DO 等도 溫度와 관련하여 SOD에 영향을 미치고 있으므로 실제 自然河川의 SOD에 對한 溫度의 영향단을 확인하는 것은 매우 어렵다.

Pamatmat⁽⁴⁹⁾는 底質 化合物이 SOD에 미치는 영향을 연구하여, 嫌氣性層內에는 環元狀態의 금속류 Fe⁺², Mn⁺², 비금속류 S₂O₃⁻², SO₃⁻², NO₂⁻¹ 이외에 酸化되기 쉬운 알테이드 물질, 尿素 등이 있으며, 이들은 好氣性層에서 쉽게 酸化하여 IOD가 매우 큰 것을 알았다. Fair⁽²⁾는 SOD의 大部分이 嫌氣性 分解에 의한 環元物質의 酸化에 依한다고 하였으나, Barcelona는 SOD의 動力學的 係數 및 環元物質에 關한 研究에서 IOD가 初期 SOD에는 참여하나, 層이 安靜된 後에 SOD는 微生物의 活動에 依해 지배된다고 보고, IOD와 微生物 活動을 구분하여 SOD를 분석하였다.

一般的으로 微生物이 새로운 環境에 처하던 適應期間이 必要하다. Streeter⁽³⁾는 Illinois江의 BOD 研究에서 CBOD가 완료된 後에 NBOD가 수행되며 炭素化合物을 첨가하던 NBOD가 다시 낮아진다고 하였다.

有機物의 化學的 構成도 SOD에 영향을 미치고 있다. 分子量이 적은 有機物은 水溶性이며, 堆積될 경우 쉽게 스며나와 酸化되어 SOD를 증가시키지만, 高分子 期有機物은 層內에 머물러 있으며 化學的 酸化도 힘들고 微生物에 依한 分解도 매우 느려 긴 時間이 소요된다. 底質이 浮上할 경우, 浮遊性 BOD는 酸化하지만 高分子 有機物은 다시 沈澱堆積하여 漸進히 酸化하며 嫌氣性 狀態가 되므로 DO의 急激한 變化를 야기시키지 않는다. Fair⁽²⁾는 層의 두께 10cm 이상에서 有機物이 16.7% 정도 酸化되나, 1cm 이하에서는 모두 好氣性 狀態로 酸化되어 DO 變化가 큰 例를 보였다.

Edward와 Rolley⁽⁶⁾는 높은 SOD에서 NO₃가 많이 생성되는 것을 발견했으나, SOD와 有機炭素 및 化學的 酸化와는 關係성을 찾지 못하였고, Rolley와 Owens 또한 化學物質들의 상관관계는 확인하였으나 SOD와의 관계는 발견하지 못했다.

2.3 棲息生物의 活動 및 流量

微生物의 好氣性 分解는 層內에서 酸素의 供給과 需要가 均衡을 이루는 깊이까지 수행되며, 깊이 決定에 層內 棲息生物의 역할이 큰 영향을 미친다.⁽³⁾ 棲息生物은 層을 갈아엎어 새롭고 넓은 底質表面을 만들어 好氣性 有機物 分解를 도울 뿐 아니라, 嫌氣性 層內에 있던 環元狀態의 가스를 방출시켜 IOD를 증가시킨다. 가스의 방출과 더불어 表層의 슬러지가 浮上하여 DO를 消耗하며 水質을 惡化시킨다. Lee⁽²⁾는 層 25cm 깊이에서도 가스가 水中으로 放出되는 경우를 보였으며, Grundmanis와 Murray는 지렁이같은 무척추동물의 活動에 依해 嫌氣性層 內部까지 산소가 공급되어 脫窒素化가 중단되고 窒酸化가 수행될 수 있음을 시사하였다. Edward와 Rolley⁽⁶⁾는 Warbury 레스펙리메터를 써서

각 底質生物의 산소소모량을 구해 SOD와 關係를 맺었으며, 底質棲息生物이 SOD에 미치는 影響은 呼吸에 依한 直接的인 것과 嫌氣性層을 갈아엎어 好氣性 表面을 증가시키는 間接的인 것으로 보았다. Bell과 Hunter는 層表面 1cm 정도에 모든 박테리아, 藻類, 효소, 무척추동물이 주로 서식한다고 하였으며, 질산박테리아에 依한 산소 소모를 SOD에 포함시켜야 한다고 했다. 藻類에 依한 SOD의 영향은 봄에 크게 나타났으며,⁽⁶⁾ 실험실에서 SOD를 측정할 경우 빛을 차단하여 藻類의 光合成을 차단할 수 있으나, 실제상태를 고려하면, 빛을 쏘이게 하여 光合成 및 呼吸에 依한 DO의 영향을 考慮하는 것이 바람직하다.

량이 충분하고 混合이 잘되면 水中의 DO 濃度는 均 등하나, 정체되면 DO의 垂直分布는 달라진다. 水深이 깊고 정체되어 있으면 DO의 垂直分布差는 크게 되어 바닥 부근에서는 嫌氣性 狀態가 될 수도 있다.

Baity⁽¹³⁾는 DO가 SOD에 미치는 영향을 연구하여, DO 濃度 2~5ppm, 層의 두께 0.5cm에서 SOD는 DO 濃度와 상관이 없는 것을 나타냈으나 Edward와 Rolley⁽⁶⁾는 DO 濃度 2ppm 이상인 경우, SOD는 層의 두께가 증가함에 따라 DO와 關係가 있다고 보았다.

Ogunrombi와 Dobbins⁽¹³⁾은 底質로부터 水中으로 BOD가 스며드는 것을 고려하여, DO의 變化가 層의 두께에 直接 比例하지는 않지만, 두께와 關係가 있다고 보았다. Wuhrman은 DO 1mg/l로써 100μ 두께 微生物의 酸素消耗率 10⁻⁴ mgO₂/sec/cm³를 供給할 수 있다면, 이것은 層의 20μ까지 酸化시키는 데 DO 0.2mg/l가 必要한 것과 같으며, McDonnell은 SOD에 DO 濃度는 除限要素가 되지 못한다고 하였고, Fair⁽²⁾, Baity⁽¹³⁾도 같은 結論을 얻었다.

流速은 水中의 DO를 混合시키고, 底質을 浮遊시키므로 SOD에 영향을 미치고 있다.

Bella와 Martin은 流速에 依해 底質이 浮遊하면 SOD가 증가되는 데, 이는 산화되기 쉬운 물질이 浮上되기 때문인 것을 알았으며, Whittemore는 境界面 流速이 0~0.4ft/sec에서 速度와 SOD의 함수關係를 나타내고 流速이 2배 증가할 때, SOD도 2배 증가함을 알았다. 그러나 James는 낮은 流速에서 SOD와 流速은 線形비례하지만 流速이 커지면 掃流로 인한 底質表面積의 증가로 SOD는 流速의 指數函數로 表示할 수 있다고 보았다. McKeown⁽⁴⁾도 流速의 증가로 底質이 浮上하여 급격한 SOD 變化를 보였으며 Edward와 Rolley⁽⁶⁾도 層을 0.5cm 정도 掃流·浮上시킬 때, SOD가 0.2 gO₂/m²/hr에서 1.2gO₂/m²/hr까지 變化되는 것을 보였다. 그러나 浮遊狀態에서 SOD가 증가하는 것은 安定

된 底質에서의 SOD와 다른 것임을 주의하여야 한다.

Thomas⁽¹⁴⁾는 底質의 有機炭素과 粒子分布에 관한 研究에서, 걸트성이 증가하거나 粒子의 크기가 감소할 수록 有機炭素는 증가하며, 이는 흡이온 걸트입자에 炭素가 吸着되기 때문이다. Kemp⁽¹⁵⁾는 Ontario, Erie, Huron 湖의 底質 有機炭素에 관한 연구에서 粒子크기가 감소할수록 有機物 堆積이 증가하여 最細粒子구간에서 가장 많은 有機炭素量을 측정하였고 層의 깊이에 따라 有機炭素가 감소하는 것은 堆積된 有機物이 固속이온들과 점차 결합하기 때문인 것을 알았다.

Moore와 Newbry⁽¹⁷⁾는 底質의 處理度 實驗에서 底質의 汚染物質들은 都市下水나 工場廢水에서 발생된 것으로 處理方法도 一般 都市下水 處理工程과 같이 物理的 化學的 生物學的 處理方法을 따라 實驗하였으며 底質은 물속에서 혼합시킨 농도가 클수록 산소 소모량이 커짐을 조사하였다. 表 2에서 볼 수 있듯이 底質의 COD 濃度は 높으나 혼합시킨 상등수의 COD 濃도가 낮은 이유는 底質의 COD가 大部分 不溶性 有機物 때문인 것을 확인하였다.

Table 1. Temperature Coefficient in Sediments

Reference	Temperature (C)	Q ₁₀	Temperature Coefficient θ
Edberg & Eofsten (1973)	5~15	3.4	1.130
	10~20	2.1	1.030
	15~25	1.5	1.040
Edwards & Rolley(1965)	10~20	2.1	1.077
Karlgren(1963)	2~22	2.4	1.090
McDonnell & Hall(1969)	5~25	1.9	1.067
Pamatmat(1971)	5~10	2.3	1.088
	5~15	1.5	1.041
Reynolds, et al. (1973)	15~33	1.75	1.055

Table 2. Moore's and Newbry's Treatability Study

	COD (mg/kg)	TOC (mg/kg)	COD TOC	CBOD (mg/kg)	IOD (mg/kg)
Bottom Sediments	30950 to 156383	16000 to 90700	1.72 to 2.30	—	—
4 : 1 Mix Supernatant	30.8 to 392	16.8 to 129.7	—	5.0 to 62	25 to 62
Ambient Water	14 to 485	4.3 to 81.2	—	4.0 to 11	—

3. 實驗方法

底質 試料는 6''×6'' 試料採取器(Wild社 Ponar Grab Dredge)를 使用하고 採取된 底質은 폴리에틸렌 봉에 넣어 공기와 통하지 않도록 하고, 河川水는 갈색 병에 넣어 實驗室로 운반·분석하였다. IOD는 底質試料 15 ml를 河川水 285ml와 混合하여 測定하고 河川水는 4°C 냉각고에 보관하였다. 底質試料를 10번채로 걸러낸 다음 믹서로 충분히 混合하고 40g 정도를 總固形物 揮發性固形物, 強熱殘留固形物, 含水率 등을 측정하는데 사용하였다. 固形物 濃도가 8% 되도록⁽¹⁾ 底質試料와 河川水를 室溫의 固分式 曝氣槽 內에서 混合하고 沈澱이 發生되지 않도록 계속 교반한 후 20ml는 Warburg 實驗裝置의 CBOD와 산소소모율 測定에 사용하고, 200ml는 初期 COD 및 TKN 分析에 사용하였다. 나머지 混合試料는 反應槽 內에서 계속 曝氣시켜 24, 48 時間後 COD, TKN, 固形物量 등을 分析하였다. 曝氣시키는 동안 水分이 증발하므로 初期 水分 함유량과 동일하도록 試料採取前에 증류수를 부어 충분히 혼합시켰다.

Warburg 反應 플라스크에는 試料 20ml를 넣었으며 중앙의 알카리용액통 속에는 10% KOH를 1ml 넣었다. 알카리용액통 속에는 여과지를 조금 집어 넣어 KOH의 表面을 크게 하여 CO₂ 흡수효과를 높였으며 그림 1과 같다. 플라스크를 Warburg 實驗裝置에 연결시킨 후, 플라스크 內의 試料溫度가 20°C가 되도록 10分 정도 지난 다음 측정을 始作하였다. 모든 試料는 Standard Methods에 依り 分析하였다.

4. 實驗結果 및 考察

固分式 曝氣槽과 Warburg 實驗裝置를 使用하여 河川 底質에 對한 COD, CBOD, TKN 등을 分析하였다. COD와 CBOD의 관계는 그림 2와 같으며 관계식은 CBOD (mg/kg) = 2.238 × 10⁻² × COD (mg/kg) + 151.1이었다.

有機物質을 化學적으로 酸化시키기 위해 必要한 酸素量은 微生物에 依り 酸化시키기 위한 酸素量보다 크거나 같다. COD와 BOD가 같은 경우, 그 有機物은 微生物에 依り 완전히 分解可能한 상태이며, COD가 BOD보다 큰 경우 有機物이 生物學的으로 分解不可能한 物質을 어느 程度 함유하거나 微生物에 毒性을 끼치는 방해물질이 존재한다고 볼 수 있다. 만약 BOD가 COD보다 큰 경우에는 BOD 實驗中 窒酸化가 發生하였거나 COD 實驗에 방해물질, Aromatic 化合物이나 Pyridine 등이 함유된 경우에 限한다. COD가 증가할수록 CBOD

가 증가한 것은 化學的으로 酸化될 수 있는 有機物量이 많으면 상대적으로 微生物에 의해 分解可能한 有機物도 많이 있을 수 있다는 Fair⁽²⁾와 Baity⁽¹⁰⁾의 연구결과와 같음을 알 수 있다.

化學的 酸素要求量에 대한 最大酸素消耗率は 그림 3과 같다. 이들의 관계식은 最大酸素消耗率(g/m²·day) = 4.411 × 10⁻⁴ × COD(mg/kg) + 4.579 이다. COD가 클수록 산소소모율이 큰 것은 微生物에 의해 分解攝取될 수 있는 有機物이 많아 微生物의 呼吸率이 증가되는 것과 같다⁽²⁾⁽¹⁰⁾

炭素化合物에 대한 酸素要求量(CBOD)과 最大酸素消耗量은 그림 4와 같다.

관계식은 最大酸素消耗量(g/m²·day) = 3.251 × 10⁻⁶ × CBOD + 5.489 로 CBOD가 증가할수록 소모율도 증가하는 것은 有機物質이 많을수록 微生物의 活動이 활발하여 산소소모가 많은 것이다.⁽²⁾⁽¹⁰⁾

炭素化合物에 對한 酸素要求量(CBOD)과 脫酸素係數(K)는 그림 5와 같으며 관계식은 K(day⁻¹) = 3.092 × 10³ × CBOD⁻¹(mg/kg) + 0.1939 로 CBOD가 증가하면 K 값이 감소하는 것으로 나타났다. 새로운 沈澱이 發生하지 않으면 底質의 分解率도 감소하는 데, 이는 分解可能한 有機物이 점차 줄어들고 상대적으로 分解不可

能한 物質이 많이 남기 때문이며, Fair⁽²⁾, Neal⁽⁸⁾, Moore와 Newbry⁽¹⁷⁾의 研究와 같은 結果를 보인다.

瞬間酸素要求量은 1.0~5.3ppm, 平均 3.32ppm, 로 높은 값을 나타내고 있다. 底質의 嫌氣性 狀態는 酸素의 供給보다 需要가 큰 경우에 발생하며, 環元狀態의 嫌氣性 最終生成物은 水中生物의 活動에 의해 好氣性層으로 떠올라 순간적으로 酸素를 소모한다.⁽²⁾⁽⁹⁾ 環元狀態의 物質은 Fe⁺², Mn⁺², S₂O₃⁻², SO₃⁻², NO₂⁻¹ 등을 들 수 있다.⁽⁸⁾

總有機炭素中 微生物에 의해 分解可能한 部分은 1.1~9.8%였으며, 對象試料中 80%가 分解可能部分이 6% 미만이며 그림 6에 表示하였다. 測點들이 산재한 것은 試料의 有機炭素中 微生物에 의해 分解可能한 部分의 상관관계는 없는 것으로 나타나 Qasim⁽¹⁾의 연구와 같았다.

回分式 曝氣槽를 使用하여 COD, TKN 등을 表3에 나타냈다. COD는 曝氣後 24時間에 전체 감소량의 대부분이 수행되었으며 最高 54%까지 감소하였다. 48時間에 最高 62%까지 감소한 試料도 있었으나 曝氣時間과 COD 감소율의 관계는 찾을 수 없었다. 曝氣에 의한 COD變化, Warburg 實驗裝置에 의한 有機炭素變化는 有機物의 微生物에 의한 分解程度, 微生物 活動을

Table 3. IOD, COD AND TKN

Symbol	Sample	IOD (ppm)	COD(mg/kg)			TKN(mg/kg)		
	Number		0hr	24hr	48hr	0 hr	24hr	48hr
△	1A	1.6	56800	62700	46600	670	730	760
	1B	1.7	37700	74300	38800	1920	2430	2460
	1C	1.0						
○	2A	2.4	170000	69500	63900	2070	2230	2250
	2B	5.4	72100	60900	74500	5240	4690	4480
	2C	4.7						
▲	3A	3.3	64900	42000	55400	1860	1930	2010
	3B	2.4	49700	34200	19500	370	380	290
	3C	1.1	56100	39800	35200	500	460	360
●	4A	4.3	67500	49300	61800	2170	2370	2510
	4B	3.7	39500	44800	30700	540	470	410
	4C	2.0	22100	15200	15600	220	200	170
×	5A	3.3	25300	24300	21200	650	950	910
	5B	3.9	29800	18500	20500	1210	950	910
	5C	5.1	170000	132000	133000	1140	2910	2640
*	6A	4.9	76700	54500	56700	2630	2900	3070
	6B	5.3				1200	850	640
	6C	3.6	22700	26200	30800	420	590	400

방해하는 重金屬 等の 영향에 依한다. (1) TKN의 曝氣 時間에 대한 變化도 상관성을 찾지 못하였다. 曝氣時 間이 충분하지 못하여 窒酸化가 發生하지 못하였으며, 窒酸化 微生物은 無機炭素를 分解攝取하므로 無氣炭素와 溶存酸素가 충분히 있어야 하며, 성장 속도가 느리므로 긴 체류시간이 필요하다.

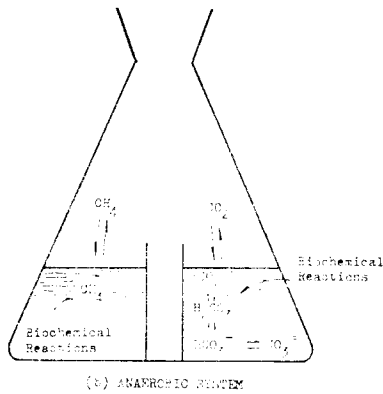
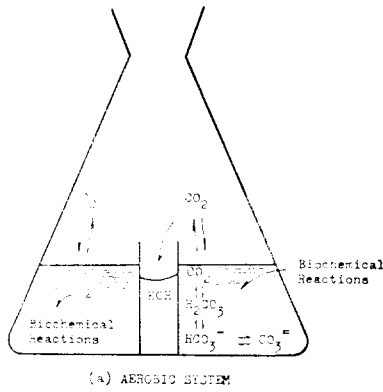


Fig 1. Warburg Reaction Flask

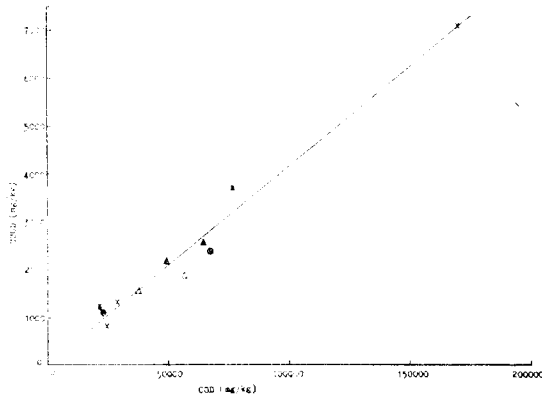


Fig 2. CBOD VS. COD

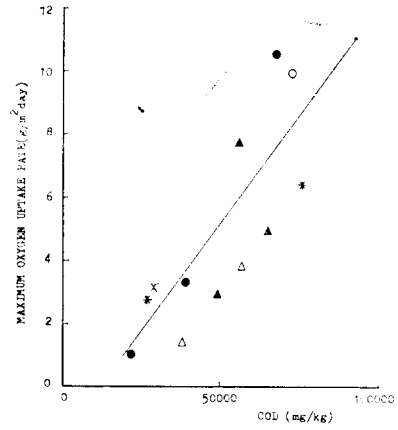


Fig 3. Maximum Oxygen Uptake Rate VS. COD

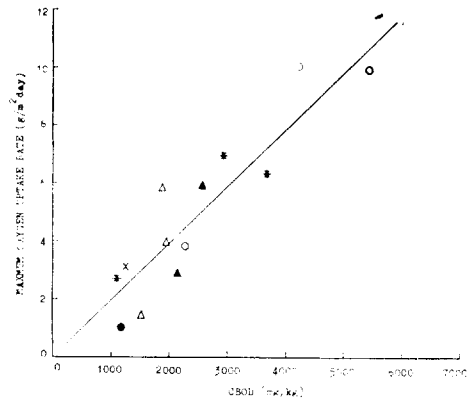


Fig 4. Maximum Oxygen Uptake Rate VS. CBOD

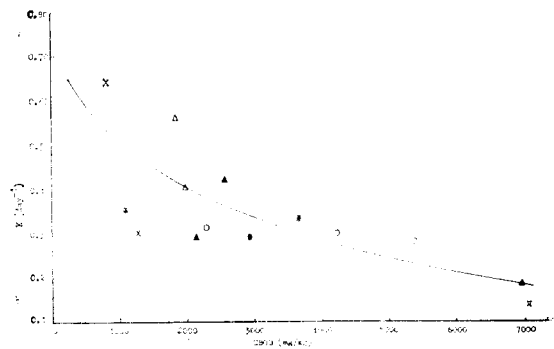


Fig 5. Reaction Rate Constant VS. CBOD

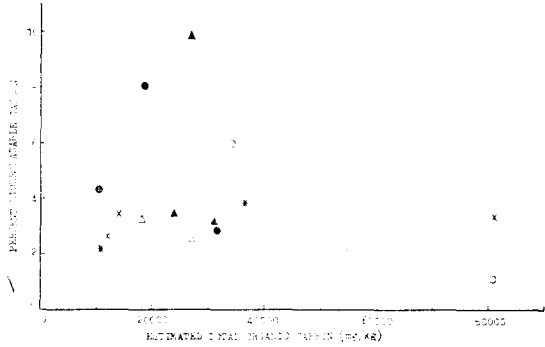


Fig 6. Percent Biodegradable Carbon VS. Estimated Total Organic Carbon

4. 結 論

河川水와 底質의 混合 試料을 回分式 曝氣槽와 Warburg 實驗裝置에 依해 COD, CBOD, TKN, 酸素消耗率等을 分析하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 化學的 酸素要求量이 增加함에 따라 炭素化合物에 依한 生化學的 酸素要求量도 增加하였으며 關係式은 $CBOD = 2.238 \times 10^{-2} \times COD + 1514$ 였다.

2. 化學的 酸素要求量이 增加함에 따라 最大酸素消耗率도 增加하였으며 關係式은 最大酸素消耗率 = $4.411 \times 10^{-4} \times COD + 4.579$ 이었다.

3. 炭素化合物에 依한 生化學的 酸素要求量이 增加함에 따라 最大酸素消耗率도 增加하였으며 關係式은 最大酸素消耗率 = $3.251 \times 10^{-6} \times CBOD + 5.489$ 이었다.

4. 炭素化合物에 依한 生化學的 酸素要求量이 增加함에 따라 脫酸素係數는 減少하였으며 關係式은 脫酸素係數 = $3.092 \times 10^{-3} \times CBOD^{-1} + 0.1939$ 이었다.

5. 總有機物中 微生物에 依해 分解可能한 部分은 서로 相關性을 갖지 못하였으며, 1.1~9.8%, 平均 3.95% 였다. 瞬間酸素要求量은 1.0~5.4ppm, 平均 3.32ppm 으로 높게 나타났다.

謝 意

本 研究은 IBRD 韓의과전 연구교수로 텍사스大 환경공학 연구실에 체재중 수행된 것으로 이에 감사의 뜻을 표하는 바이다.

參 考 文 獻

1. Qasim, S.R., "Trinity River Bottom Sediments Reconnaissance Study," University of Texas at

Arlington, June 1977.
 2. Fair, G.M., Moore, E.W., and Thomas, H.A., Jr., "The natural Purification of River Muds and Pollutional Sediments," Sewage Works Journal, 13, 1941, pp. 270~307. and 756~779.
 3. Streeter, H.W., "Measures of Natural Oxidation in Polluted Streams. I. The Oxygen Demand Factor," Sewage Works Journal, 7, 1935, p. 251.
 4. McKeown, J.J., Bendict, A.H., and Lock, G.M., "Studies on the Behaviour of Benthic Deposits of Wood Origin," Journal of Water Pollution Control Federation, 40, 1968, pp. R333-R353.
 5. Krenkel, P.A., Harrison, J., and Burdick, J.C., "Dredging and its environmental Effects," Proceedings of the Speciality Conference of American Society of Civil Engineers, 1976.
 6. Edward, R.W., and Rolley, H.L.J., "Oxygen Consumption of River Muds," J Ecol, 53, 1965.
 7. Lee, G.F., "Factors Affecting the Transfer of Materials Between Water and Sediments," Water Resource Center, University of Wisconsin-Madison, Occasional Paper #1, p. 50, 1970.
 8. Neal, R.W., and Pojasek, R.B., and Johnson, J.C., "Oxygenation of Dredged Material by Direct Injection of Oxygen and Air During Open Water Pipeline Disposal," Technical Report D-77-15, 1977. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, CE, Vicksburg MS.
 9. Pamatmat, M.M., Jones, R.S., Sanborn, H., and Bhagwat, A., "Oxidation of Organic Matter in Sediments," Final Report, Ecological Research Series EPA-660/3-73-005, 1973.
 10. Baity, H.G., "Some Factors Affecting the Aerobic Decomposition of Sewage Sludge Deposits," Swage Works Journal, 10 1938, pp. 539-568.
 11. Berg, R.H., "The Oxygen Uptake Demand of Resuspended Bottom Sediments," Final Report, Water Pollution Control Research Series 16070-DCD-09/70, p. 36, 1970.
 12. Oldaker, W.H., et al, "Pilot Plant Study of Benthic Oxygen Demand of River Bottom Sediments," JWPCF, 40, 1968, pp. 1688~1701.
 13. Ogunrombi, J.A., and Dobbins, W.E., "The Effects of Benthic Deposits on the Oxygen Resources of Natural Streams," JWPCF, 42, 1970, p. 538.

14. Tomas, R.L., "A Note on the Relationship of the Grain Size Clay Content, Quartz and Organic Carbon in Lake Erie Lake Ontario Sediments," J. Sed. Petrology, 39, 1969, pp. 803~809.
15. Kemp, A.L.W., "Organic Carbon and Nitrogen in the Surface Sediments of Lake Ontario, Erie and Huron," J. Sed. Petrology, 41, 1971, pp. 537~548.
16. Chen, K.Y., et al, "Research Study on the Effect of Dispersion, Settling and Resedimentation on Migration of Chemical Constituent During Open Water Disposal of Dredged Materials," Contract Report D-76-1, 1976, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, CE, Vicksburg, MS.
17. Moore, T.K., Newbry, B.W., "Treatability of Dredged Material(Laboratory Study)," Technical Report D-76-2, 1976, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, CE, Vicksburg, MS.
18. Montgomery, H.A.C., "Determination of BOD by Respirometric Method," Water Research, vol. 1, #10, 1967.
19. Hung, Y.T., "Biological Reaction Rate Constants in Natural Water," Ph. D. Dissertation, University of Texas at Austin, 1970.