

洛東江 本流에 對한 窒化作用의 調查研究

金 炯 燮 · 李 弘 根

서울大學校 保健大學院

A Study on Nitrification in the Main Stream of the Naktong River

Hyoung Sup Kim · Hong Keun Lee
*School of Public Health,
Seoul National University*

Abstract

This study was carried out to investigate nitrification in the main stream of the Naktong river for two times, 12-13 August and 23-26 September 1982.

The results of this study were as follows :

1. The increase of nitrogen concentration was due to inflow of Geumho river, which was polluted by the municipal and industrial wastewater of Daegu city.
2. The rate constant of ammonia calculated for three reaches was high according to the stream flow and was eminently low in the reach from Goroung to Gangjung. (0.068-0.116 day⁻¹).

This phenomena might be attributed to the sublethal or even lethal effect upon aquatic life by relatively low DO concentration and high heavy metal concentration.

3. DO consumption rate by nitrification was highest for the reach from Goroung to Daeam where was affected by Geumho river. (56.7-147.8 %).

This phenomena might be attributed to low DO concentration and high nitrogen concentration. Especially, the less stream flow was, the higher DO consumption was. And so, nitrification in the station where is low DO concentration, especially under the low flow condition, might cause more serious water quality management problem. Therefore, for the purpose of effective conservation of water quality in the Naktong river, it was suggested that We have more concern about the nitrogen compound, and more study on the nitrification phenomena.

緒 論

1. 研究의 背景

河川에서 窒素成分의 增加는 家庭下水의 增加가 그 主된 原因이며 家庭下水로부터 流入되는 總窒素 中 約 85%가 암모니아와 尿素이다.¹⁾

河川에 流入된 窒素成分은 富營養化를 일으키며,²⁾ 特히 有機窒素와 암모니아性 窒素는 水中 細菌의 新陳代謝에 利用되는 過程에서 水中의 溶存酸素를 減少시킨다.³⁾ 또한 암모니

아性 窒素는 鹽素處理 過程中 鹽素를 消耗시켜 消毒作用을 妨害하기도 한다.²⁾

水中 生態系에서 窒素成分의 生成과 變換을 보면 圖 1. 과 같다.^{4,5)}

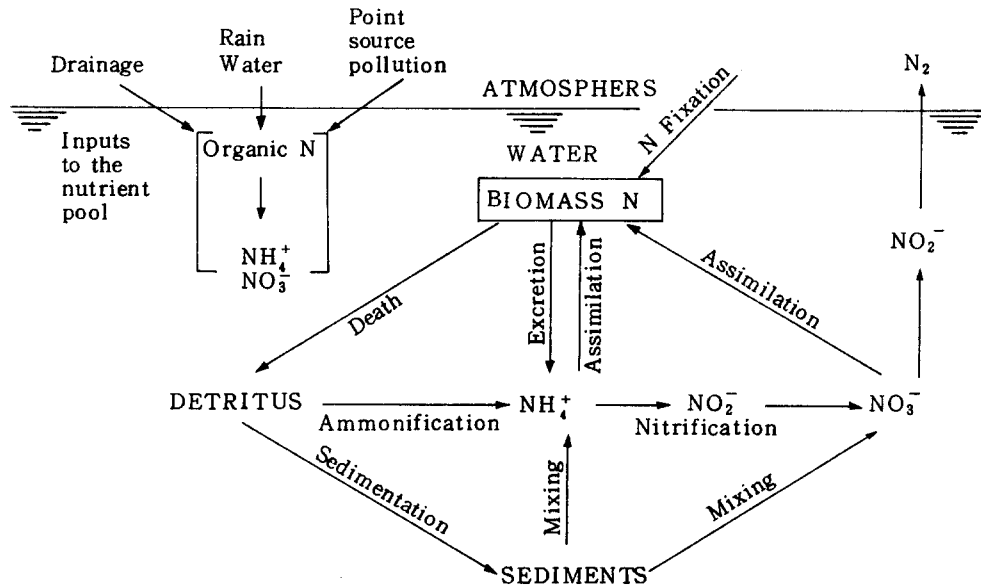
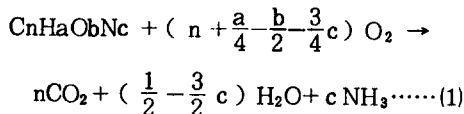
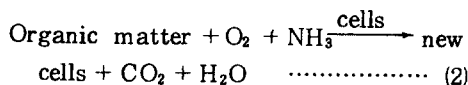


圖 1. 水中生態系에서 窒素成分의 變換 (Adapted from D.R. Keeney, The Fate of Nitrogen in Aquatic Ecosystems, fig. 1, Lit. Rev. 3, water Res. Cent., University of Wis., 1972.)

點汚染源, 降雨 그리고 農業排水 等の 形態로 河川에 流入된 有機窒素는 다음과 같은 過程으로 암모니아性窒素로 變換된다.⁶⁾

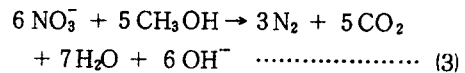


또한 암모니아性窒素는 다음과 같이 水中의 從屬營養 (heterotrophic) 細菌의 細胞合成에 利用되기도 한다.⁷⁾

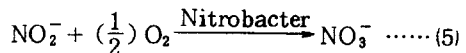
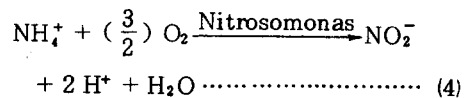


또한 窒酸性窒素는 嫌氣性 狀態에서 다음과 같은 脫窒化作用 (denitrification) 에 의해 N₂

gas 로서 大氣中으로 달아나기도 한다.⁸⁾



水中 生態系에서 窒化作用은 Nitrosomonas 와 Nitrobacter 와 같은 獨立營養性 (autotrophic) 이며 好氣性인 細菌에 의해 다음과 같은 2段階 酸化作用을 거친다.⁹⁾



表(4), (5)에서 처럼 水中의 암모니아性窒素 1 mg/l 는 窒化作用에 의해 溶存酸素 4.57 mg

／l를 消耗하게 된다. 암모니아性窒素의 酸化에 必要한 酸素量에 對해서는 다른 여러 報告가 있고^{10~12)} 이들의 結果는 서로 다르지만, 모두 10% 以內로 別 差異가 없다.

이처럼, 河川에서의 암모니아性窒素는 水質에 重大한 影響을 미칠 憂慮가 있다. 따라서, 窒化作用에 依하여 河川에 미치는 影響을 明白히 밝힐 必要가 있다.

美國의 Ruane 과 Courchaine 은 각각 Holston 江과 Grand 江에 對한 窒化作用의 調査報告書에서 窒素 BOD의 重要性을 強調하였으며^{6,13)}, 英國의 Thames 江 調査에서 Torpey 는 窒化作用 때문에 炭素成分이 分解된 후에도 溶存酸素가 거의 回復되지 않았다고 報告하였다.¹⁴⁾ 이 밖에도 流水中 窒化作用의 重要性을 強調하는 많은 報告書가 提出되었다.^{15~18)}

不幸하게도 河川에서의 窒化作用에 對하여 우리나라에서 報告된 資料는 未備한 편이다.

한편, 窒化作用에 影響을 미치는 要素는 水溫, pH, 溶存酸素, 물의 turbulence, nitrifier 數, 營養素 等이다.^{19~22)}

2. 研究의 目的

大邱市와 龜尾市로부터 流入되는 都市下水 및 工團의 工場廢水로 因하여 汚染되고 있는 洛東江 本流에 對해서 實施한 本 調査 研究의 目的은 다음과 같다.

1) 地點別 窒素成分을 分析하여 窒素流入 狀態 및 變化狀態 파악

2) 窒酸化率(K_N) 提示

3) 窒化作用이 溶存酸素에 미치는 影響 評價
이로써 洛東江 本流에 流入된 窒素成分이 水質에 미치는 影響을 評價하여 장차의 洛東江 水質管理에 도움이 될 수 있는 基礎資料를 提供하고자 한다.

調査對象 및 方法

1. 調査期間

1982年 8月 12日부터 13日까지, 同年 9月 23日부터 26日까지 2회에 걸쳐 調査하였다.

2. 調査對象

調査對象 地域은 龜尾大橋에서 三浪津 洛東大橋에 이르는 全長 約 154.1km이다.

調査對象地點은 本流中 8개 地點, 支流中 2개 地點으로 모두 10개 地點을 選定하여 窒素成分을 分析하였다(圖 2 參照).

또한 調査地域 中 區間內에 別 다른 支川의 流入이 없는 곳으로 倭館橋에서 강정, 高靈橋에서 台岩, 南旨橋에서 守山橋等 3개 區間을 選定하여 窒化作用을 調査하였다.

區間選定 目的은 都市地域의 都市生活下水와 工團地域의 工場廢水의 流入으로 因한 窒素成分이 洛東江 本流의 水質에 미치는 影響과 河川의 窒化作用 現象을 把握하는데 있으며, 다음과 같은 原則으로 區間을 設定하였다.

1) 本流에 位置하는 地域

2) 都市下水 및 工團地域의 工場廢水 等の 汚染排出源으로 因한 汚染憂慮對象地域

3) 上水, 工業用水, 農業用水等の 用水目的으로 利用되기 때문에 河川水質管理에 重要な 地域

4) 區間內 別다른 支川의 流入이 없는 地域
倭館橋~강정 區間은 龜尾市에서 排出되는 窒素成分이 洛東江 本流에 미치는 影響과 窒化作用을 보기 위한 區間이다.

또한, 강정에는 大邱工團의 用水를 위한 取水場이 位置하고 있으며 區間距離는 約 21.3 km이다.

高靈橋~台岩區間은 大邱市의 都市下水와 工場廢水 等으로 汚染된 琴湖江 流入으로 因한 窒素成分이 洛東江 本流에 미치는 影響과 窒化作用을 보기 위한 區間이며 區間距離는 約

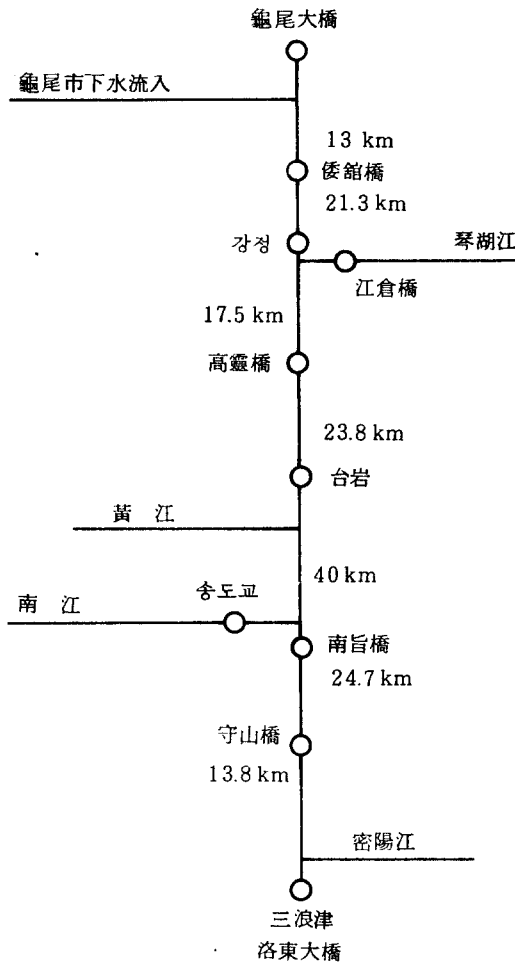


圖 2. 調查對象地域 및 地點

23.8 km 이다.

南旨橋~守山橋區間은 南江合流 約 2 km 下流地點이며 南旨에는 馬山市 用水를 위한 大規模 取水場이 建設中이다. 區間距離는 約 24.7 km 이다.

3. 調查方法

1) 試料의 採取 및 保存

試料採取는 公害公定試驗法²³⁾에 依하여 h-droid 採水機를 使用하여 混合採取 (Composite sampling)를 原則으로 했으며, 採取된 試

料는 폴리에틸렌 병에 넣어 低溫暗所에 保存, 운반하여 測定하였다.

2) 氣溫 및 水溫

1/2 °C 눈금의 棒狀水銀溫度計를 使用하여 氣溫은 日光의 直射를 피하여 測定하였으며, 水溫은 水深을 考慮하여 水深 1/3 地點에서 測定하였다.

3) 水素이온濃度(pH): Digital pH meter를 使用하여 測定하였다.

4) 溶存酸素(DO): 日本 藥學會 發行 衛生試驗法 注解²⁴⁾와 公害公定試驗法의 winkler法에 依하여 測定하였다.

5) 암모니아성窒素(NH₃-N): Standard Method²⁵⁾와 衛生試驗法 主解의 Nessler 法 (直接比色法)에 依하여 發色시킨 후 Spectrophotometer (波長 415nm)로 比色하여 測定하였다 (Spectronic 20).

6) 亞窒酸性 窒素(NO₂-N): 衛生試驗法 注解의 GR (Gries Romijn)法에 依해 發色시켜 Spectrophotometer (波長 540 nm)로 比色하여 測定하였다.

7) 窒酸性 窒素(NO₃-N): 衛生試驗法 注解 및 實驗衛生化學²⁶⁾의 Brucin 法에 依해 發色시켜 Spectrophotometer (波長 415 nm)로 比色하여 測定하였다.

8) 總킬달窒素(TKN): 衛生試驗法 注解 및 衛生化學²⁷⁾의 Semimicro - kjeldahl 法에 依하여 測定하였다.

總 킬달 窒素 = 有機窒素 + 암모니아성 窒素

調查結果 및 考察

1. 地點別 窒素成分 分析

窒化作用에 影響을 미치는 窒素成分은 有機窒素, 암모니아성窒素, 亞窒酸性窒素, 窒酸性窒素 等이다.⁶⁾

따라서 流水에서 窒化作用을 適切하게 分析

하기 위해서는 各各의 窒素成分의 變化를 調査할 必要性이 있다.

2次에 걸쳐 調査한 10개 地點의 窒素成分 結果는 表 1과 같다.

암모니아性窒素는 南江 송도교가 0.02~0.05 mg/l로 가장 낮았으며, 琴湖江 江倉橋에서 6.41~7.50 mg/l로 가장 높았다. 亞窒酸性窒素는 大體로 매우 적은 편이었다. 台岩이

表 1. 各 地點의 窒素成分 濃度

單位 : mg / l

地點 次 數	龜尾 大橋		倭館橋		강정		江倉橋 (琴湖江)		高靈橋		台岩		송도교 (南江)		兩旨橋		守山橋		三浪津 洛東大橋	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
NH ₃ - N	0.37	0.35	0.68	0.53	0.35	0.29	7.50	6.41	3.08	1.45	2.11	1.09	0.05	0.02	0.72	0.57	0.37	0.30	0.23	0.17
NO ₂ - N	0.01	0.04	0.02	0.03	0.02	0.03	0.05	0.04	0.05	0.06	0.09	0.13	0.02	0.03	0.06	0.05	0.04	0.04	0.06	0.04
NO ₃ - N	0.85	0.88	1.03	0.92	1.59	1.66	0.55	0.38	0.94	0.84	1.21	0.96	0.36	0.73	0.96	0.91	1.78	1.16	0.93	0.74
有機窒素	1.03	1.00	0.58	0.59	0.25	0.53	6.23	4.20	3.63	2.65	1.29	2.01	0.12	0.09	1.38	0.83	1.26	0.78	1.35	0.80
總 窒 素	2.26	2.27	2.31	2.07	2.21	2.51	14.33	11.03	9.70	5.00	4.69	4.19	0.56	0.87	3.12	2.36	3.45	2.78	2.57	1.75

0.09~0.13 mg/l로 가장 높았다.

窒酸性窒素는 南江 송도교가 0.36~0.73 mg/l로 가장 낮았으며, 守山橋가 1.66~1.78 mg/l로 가장 높았다.

有機窒素는 南江 송도교가 0.09~0.12 mg/l로 가장 낮았으며, 琴湖江 江倉橋에서 4.20~6.23 mg/l로 가장 높았다.

1) 암모니아性窒素(NH₃-N)

家庭下水中の 窒素成分은 사람의 新陳代謝에 의한 最終産物이 그 主된 原因이다.

河水에 流入된 암모니아性窒素는 박테리아나 algae에 의해 同化되거나 窒化박테리아에 의해 酸化된다. 하지만 同化되는 암모니아성窒素는 酸化되는 量에 비해 一般의으로 매우 작으며, 특히 好氣性 狀態에서는 窒化박테리아에 의한 激烈한 酸化作用이 일어난다.

2次에 걸쳐 調査한 洛東江 本流의 NH₃-N 濃度變化를 보면 圖 3과 같다.

龜尾市の 都市下水와 工場廢水의 影響을 받는 龜尾大橋~倭館橋와 大邱市の 都市下水와 工場廢水로 汚染된 琴湖江의 影響을 받는 강정~高靈橋에서 NH₃-N增加 傾向을 보였다. 특히 琴湖江의 影響을 받는 강정~高靈橋에서 急激한 增加 傾向을 보였다. 以後 窒化作用과 黃江, 南江, 密陽江의 影響을 받으면서 점차 減少하는 傾向을 보였다.

2) 亞窒酸性窒素(NO₂-N)

암모니아性窒素가 窒酸性窒素로 酸化되는 中間過程으로 亞窒酸性窒素가 生成된다. 亞窒酸性窒素는 好氣性狀態에서 암모니아性窒素의 酸化로부터 生産되는 同時에 Nitrobacter에 의해 窒酸性窒素로 酸化된다. 따라서 流水中에서 亞窒酸性窒素는 거의 微量으로 存在한다.

2次에 걸쳐 調査된 洛東江 本流에서의 亞窒酸性窒素 濃度變化는 圖 4와 같다.

琴湖江流入으로 增加된 암모니아性窒素가 窒

成 績

1) 血色素値의 性別 年齡別 分布

당진·영주지역의 血色素値에 對한 變數 多角形은 Fig. 1. 과 같으며 당진지역의 男性에서 最高値를 나타낸 것은 46~50歲로 14.6%였고 最低値를 나타낸 것은 61~65歲로 13.1%로 그 差는 1.5%였다. 또한 女性에서 最高値를 나타낸 것은 56~60歲로 13.2%였고 最低値를 나타낸 것은 46~50歲에서 12.0%로 그 差는 1.2%였다.

영주지역의 경우 男性에서 最高値를 나타낸 것은 31~35歲에서 16.1%였고 最低値를 나타낸 것은 66歲以上에서 14.0%로 그 差는 2.1%였으며 女性에서 最高値를 나타낸 것은 21~25歲에서 14.4%였고 最低値를 나타낸 것은 66歲以上에서 12.9%로 그 差는 1.5%였으며 그 밖의 年齡群에서는 거의 비슷한 値를 보였고 一般的으로 正常 範圍를 벗어나지 않았다.



Fig. 1. Frequency polygon of Hb by sex & age in Young Joo & Dang Jin.

2) 赤血球 容積의 性別·年齡別 分布

당진·영주지역의 赤血球 容積에 對한 度數多角形은 Fig. 2와 같으며 당진지역 男性에서 最高値를 나타낸 것은 26~30歲에서 45.2%였고 最低値를 나타낸 것은 61~65歲와 36~40歲에서 41%였으며 그 差는 4.2%였다. 또한 女性에서 最高値를 나타낸 것은 56~60歲에서 39.5%였으며 最低値를 나타낸 것은 41~45歲에서 36.5%로 그 差는 3.08%였다.

영주지역의 경우 男性에서 最高値를 나타낸 것은 31~35歲에서 47.8%였고 最低値를 나타낸 것은 66歲以上에서 42.0%로 그 差는 5.8%였다. 또한 女性에서 最高値를 나타낸 것은 16~20歲에서 43.0%였으며 最低値를 나타낸 것은 66歲以上으로 36.5%로 그 差는 3.0%였고 그 밖의 年齡群에선 거의 비슷한 値를 보였으며 一般的으로 正常 範圍를 벗어나지 않았다.

3) 平均血色素濃度의 性別·年齡別 分布

당진·영주지역의 平均血色素濃도에 對한 度數多角

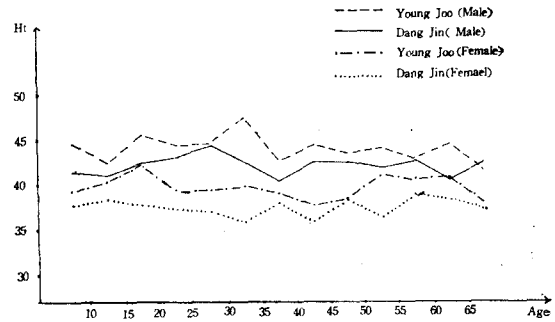


Fig. 2. Frequency polygon of Ht by sex & age in Young Joo & Dang Jin.

形은 Fig. 3과 같으며 당진지역 男性에서 最高値를 나타낸 것은 46~50歲에서 33.95%였고 最低値를 나타낸 것은 26~30歲에서 30.08%로 그 差는 3.87%였다. 또한 女性에서 最高値를 나타낸 것은 41~45歲에서 33.69%였고 最低値를 나타낸 것은 46~50歲에서 30.76%로 그 差는 2.93%였다.

영주지역의 경우 男性에서 最高値를 나타낸 것은 51~55歲에서 33.93%였고 最低値를 나타낸 것은 56~60歲에서 32.72%로 그 差는 1.21%였다. 女性에서 最高値를 나타낸 것은 21~25歲에서 36.0%였고 最低値를 나타낸 것은 31~35歲에서 32.92%로 그 差는 3.08%였다.

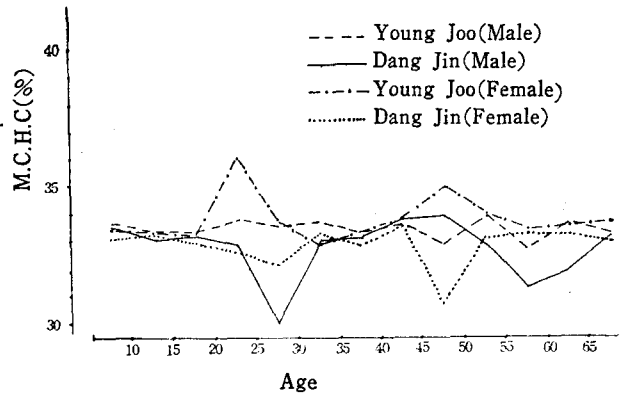


Fig. 3. Frequency polygon of M.C.H.C. by sex & age in Young Joo & Dang Jin.

4) 白血球値의 性別·年齡別 分布

당진 영주지역의 白血球値에 對한 度數多角形은 Fig. 4와 같으며 당진지역 男性에서 最高値를 나타낸 것은 46~50歲에서 8,300/cmm였고 最低値를 나타낸 것은 66歲以上에서 5,040/cmm로 그 差는 3,260/cmm였다. 女性에서 最高値를 나타낸 것은 10~15歲에서 8,373/cmm였고 最低値를 나타낸 것은 51~55歲에서 4,400/cmm로 그 差는 3,973/cmm였으며 年齡別로 기록이 심한 異常을 보이고 있으나 一般的으로 정상치의 범위를 벗어나

지 않았다.

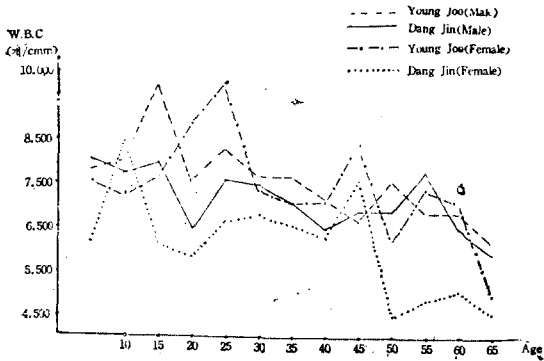


Fig. 4. Frequency polygon of WBC by sex & age in Young Joo & Dang Jin.

5) 血液型的 分布

당진과 영주지역 男·女性을 합한 總人員 993名에 對한 血液型的 樣相을 檢討한 바 Tab. 2와 같다. 이 때 당진과 영주 양 지역을 합한 993名중 A型이 337名으로 33.94%, B型이 272名으로 27.39%, O型이 300名으로

Tab. 2. Distribution of blood type.

Blood type	A	B	O	AB
Dang Jin	176 (34.14%)	138 (26.83%)	155 (30.08%)	46 (8.95%)
Young Joo	161 (33.62%)	134 (28.09%)	145 (30.42%)	38 (7.87%)
Total	337 (33.94%)	272 (27.39%)	300 (30.21%)	84 (8.46%)

30.21%, AB型이 84名으로 8.46%였으며 血液型別로 高低率을 보이는 順序를 보면 A>O>B>AB型 順序로 分布를 보이며 이는 1950年代에 權⁽²⁾이 報告한 率과 같은 分布樣相을 나타내고 있다.

6) 당진과 영주지역 血液像에 對한 男女別 平均値 및 標準偏差

당진과 영주지역의 男·女性別 平均値는 年齡群에 關係없이 男·女性 總人員에 對하여 數字的으로 處理하였으며 Tab. 3과 같다.

考 按

우리나라의 正常血液像은 許¹⁾, 權²⁾, 金⁴⁾, 등에 依해 이미 報告된 바 있으나 一部 都市民이나 來院者의 身體檢査者에 局限된 것이었고, 우리나라 全國民의 過半數를 차지하고 있는 農村 住民들의 血液像에 對해서는 最近에 崔³⁾, 李³⁾, 등이 報告된 外에는 거의 찾아 볼 수 없다.

이에 本 著者는 地理적으로 낮은 당진지역과 이지역 보다 일반적으로 高山地域인 영주지역의 토착민을 대상으로 調査하였다. 이는 環境條件이 다른 兩地域間의 血液像에 對한 比較와 農村의 主業인 農事와 발농사를 하는 당진지역과 발농사를 주로 하며 인삼, 약초(작약, 청궁, 달귀 등) 재배와 양잠을 주업으로 하는 영주지역의 차이를 보고자 조사하였으며 血液檢査에 따른 農村住民들의 順應率을 봄으로써 標準值 設定의 可能性을 보았다. 이 兩地域은 그 環境條件이 다르기는 하나 地域의 高·低에 따른 血液像의 變化는 크게 찾아

Tab. 3. Mean±S.D., Total mean±S.D. of the data by sex in Young Joo & Dang Jin.

Area	Sex	Hb (gm/dl)	Ht. (%)	M.C.H.C. (%)	WBC (1,000/cmm)
Dang Jin	M	13.99±0.52 (13.47~14.51)	42.68±1.09 (41.59~43.77)	32.79±1.06 (31.73~33.85)	7.13±0.88 (6.25~8.01)
	F	12.56±0.38 (12.18~12.94)	38.16±0.93 (37.23~39.09)	32.92±0.75 (32.17~33.67)	6.03±1.16 (4.87~7.19)
Young Joo	M	14.93±0.57 (14.36~15.50)	44.61±1.42 (43.19~46.03)	33.46±0.36 (33.10~33.82)	7.49±0.91 (6.58~8.40)
	F	13.65±0.48 (13.17~14.13)	40.33±1.27 (39.06~41.60)	33.83±0.82 (33.01~34.65)	7.32±1.04 (6.28~8.36)
Total	M	14.46±0.55 (13.91~15.01)	43.65±1.26 (42.39~44.91)	33.13±0.71 (32.42~33.84)	7.31±0.89 (6.42~8.20)
	F	13.11±0.43 (12.68~13.54)	39.25±1.10 (38.15~40.35)	33.38±0.79 (32.59~34.17)	6.68±1.10 (5.58~7.78)

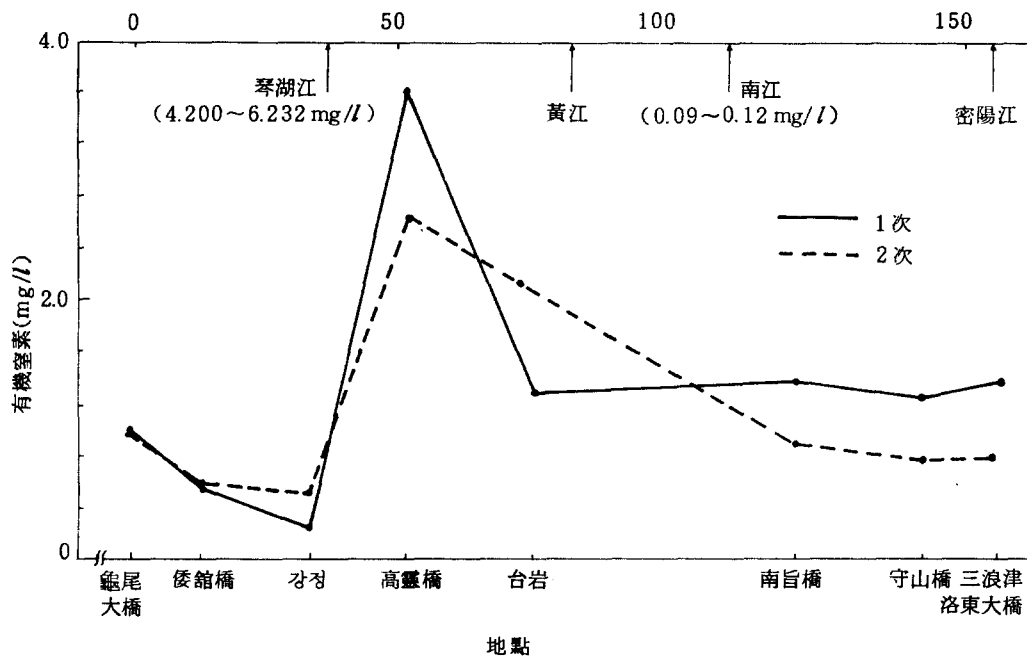


圖 6. 洛東江本流의 有機窒素 濃度變化

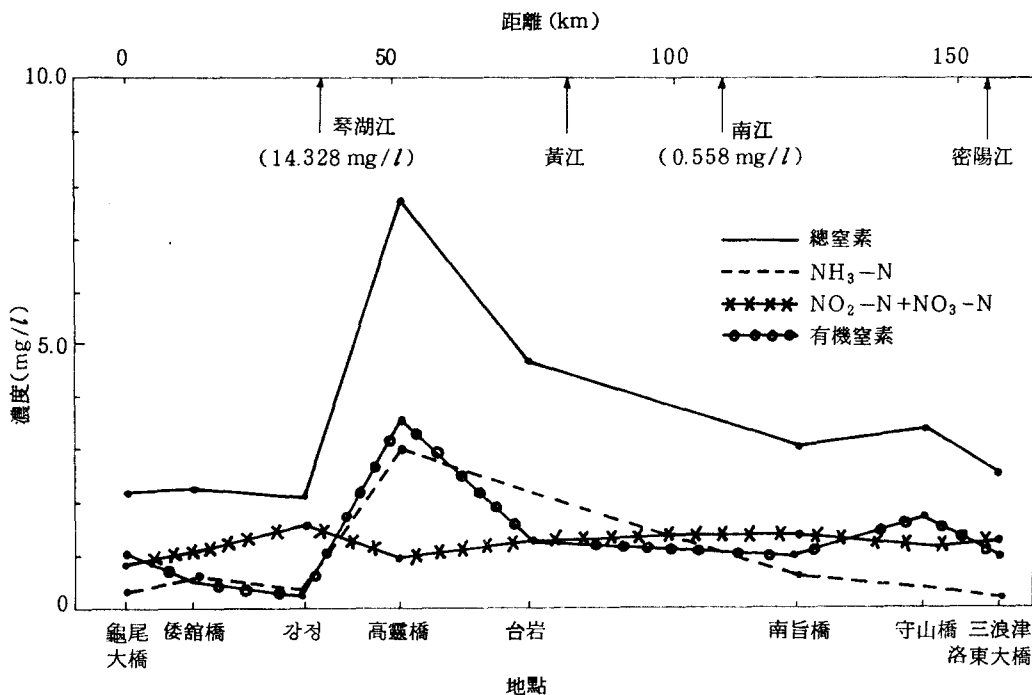


圖 7. 洛東江本流의 總窒素 濃度變化(1次)

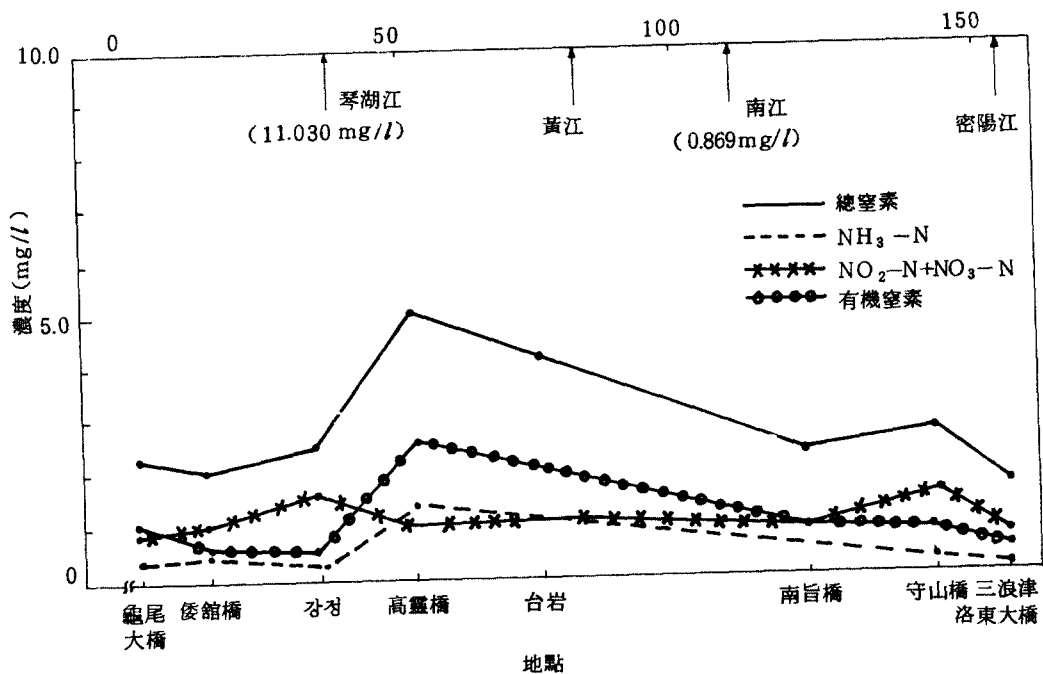


圖8. 洛東江本流의 總窒素 濃度變化(2次)

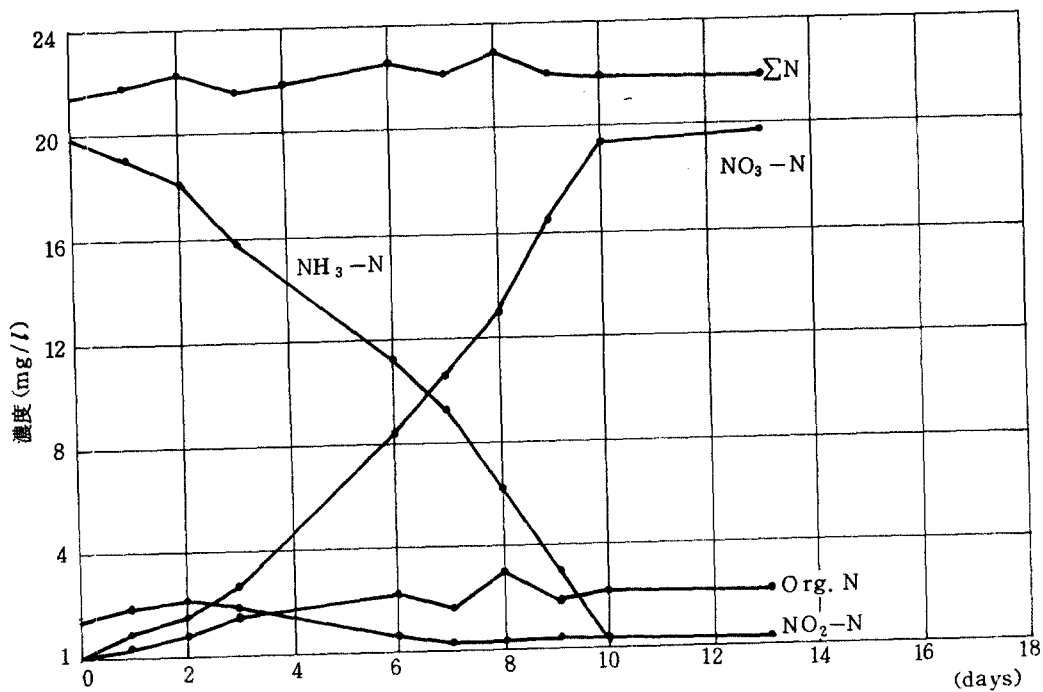


圖9. batch system에서의 典型的인 窒化作用 樣相

을 보였다. 또한, 調査한 洛東江本流의 上流에서 下流에 이르는 동안 琴湖江 以後 增加된 암모니아성窒素는 점차 減少해 가는 傾向을 보였다. 이는 1, 2次 共히 비슷한 傾向을 보였다.

參考로, batch system에서 典型的인 窒化作用은 圖 9와 같다.¹⁹⁾

時間이 經過함에 따라 NH_3-N 은 점차 減少하는 反面, NO_3-N 은 점차 增加하는 傾向을 보여주고 있으며 有機窒素와 亞窒酸性窒素는 別 增減을 보이지 않는다.

2. 窒酸化率(K_N)

窒酸化率, K_N 은 一般的으로 다음의 2가지 方法에 依해 結定된다.

(1) 炭素 BOD의 脫酸素係數를 구하는 方法처럼 BOD bottle을 利用하여 長期間에 걸쳐 分析하는 方法

(2) 流水中 2개 以上の 地點에서 流下時間을 考慮하여 窒素成分의 變化를 分析하는 方法

De Marco 등은¹⁹⁾ (1)의 方法처럼 BOD bottle에 依한 K_N 結定은 流水의 여러 狀態를 그대로 反映하지 못하기 때문에 窒酸化率은 (2)의 方法에서와 같이 실제 流水로부터 나온

資料로서 구해야 한다고 主張하였다.

窒化作用을 說明하는 Model에 對해서 여러 가지 學說이 있다.^{15,29,30)} O'Connor는³¹⁾ 1次 反應式으로서 窒化作用을 說明하였고 Stratton과 Mc Carty는¹⁰⁾ Monod 方程式을 適用하였다. Courchaine은¹³⁾ 窒素 BOD를 代數 그래프에 그려 窒化作用을 說明하였다.

窒化作用을 說明하는 여러 Model中 本 研究에서는 다음과 같은 1次反應式을 使用하여 窒酸化率을 구하였다.

$$\frac{dN}{dt} + K_N N = 0 \dots\dots\dots (6)$$

또한, 窒化作用은 水温, pH, 溶存酸素, 물의 turbulence, nitrifier數, 營養素 등에 依해 影響을 받는다.^{20,32,33)}

窒化作用에 적절한 pH는 8.4이며, 水温 5~30°C에서는 다음과 같은 Van't Hoff - Arrhenius 法則에 따라 窒化作用이 촉진된다.³⁴⁾

$$K_N, t = K_N, 25^\circ C (1.080^{t-25}) \dots\dots\dots (7)$$

溶存酸素가 0.5mg/l 以下로 떨어지면 窒化박테리아의 成長이 停止된다.^{20,35)} 또한 水中의 重金屬은 그 毒性으로 因하여 窒化박테리아

表 2. 洛東江本流의 窒酸化率에 對한 調査項目

調査項目	區 間		倭館橋~강정		高靈橋~台岩		南旨橋~守山橋	
	次 數		1	2	1	2	1	2
NH_3-N 減少 (mg/l)	0.33	0.25	0.97	0.36	0.35	0.27		
區 間 距 離 (km)	21.3	21.3	23.8	23.8	24.7	24.7		
區 間 流 速 (m/sec)	0.084	0.121	0.067	0.093	0.145	0.161		
流 量 (m^3/sec)	22.25	32.92	41.19	66.0	89.99	112.0		
區間初期溶存酸素 (mg/l)	5.6	9.8	3.0	2.9	12.6	9.0		
pH	8.2	9.0	7.3	8.3	8.5	8.8		
水 温 ($^\circ C$)	28.3	21.0	29.0	22.5	21.8	19.3		
K_N, t (day^{-1})	0.226	0.305	0.092	0.096	0.337	0.360		
$K_N, 25^\circ C$ (day^{-1})	0.175	0.414	0.068	0.116	0.431	0.558		

의 成長을 抑制하기도 한다.^{30,36)}

2次에 걸쳐 洛東江本流의 3개 區間에서 調査된 窒酸化率과 그에 對한 調査項目은 表2와 같다.

流量은 大體로 平水量인 편이었고 1次調査 때 보다 2次 調査 때 많았다. 水温을 25°C로 一定하게 보았을 때 K_N 은 倭館橋~강정 區間이 0.175~0.414 day⁻¹, 高靈橋~台岩區間이 0.068~0.11 bday⁻¹, 南旨橋~守山橋區間이 0.431~0.558 day⁻¹ 이었다.

Pavoni³⁸⁾에 依하면 河川에서의 典型的인 窒酸化率은 0.05~0.50 day⁻¹이라고 한다. 또한, 美國의 Stones river에 對한 窒酸化率¹³⁾은 0.0113~0.46 day⁻¹, Holston river의 境遇⁶⁾ 0.115 day⁻¹라 報告했으며 英國의 Trent 江의 境遇²⁾ 0.781 day⁻¹라고 報告된 바 있다.

高靈橋~台岩區間이 가장 낮았는데 이는 낮

은 溶存酸素(3.7~6.2 mg/l)와 相對적으로 높은 重金屬濃度로 因한 毒性으로 窒化박테리아의 成長이 抑制되었기 때문인 것으로 생각된다(表3 參照).

大體로 流量이 많은 2次 調査 때 窒酸化率이 더 높았다.

같은 期間에 洛東江本流에서 5次에 걸쳐 調査된 平均重金屬濃度를 보면 表3과 같다.³⁸⁾

鉛(Pb)을 除外한 카드뮴, 크롬, 銅, 亞鉛은 高靈橋~台岩區間이 다른 區間에 비해 2~20배 정도로 높게 나타났다.

3. 窒化作用이 溶存酸素에 미치는 影響

好氣性 박테리아인 Nitrosomonas와 Nitrobacter에 依해 進行되는 窒化作用은 그 過程에서 溶存酸素를 必要로 하기 때문에 水質에 重大한 影響을 미칠 憂慮가 있다.

암모니아性窒素 1 mg/l가 窒酸性窒素로 變

表 3. 洛東江本流의 重金屬濃度

單位 : $\mu\text{g/l}$

地 點	重金屬	水銀(Hg)	鉛(Pb)	카드뮴(Cd)	크롬(Cr)	銅(Cu)	亞鉛(Zn)
倭館橋		N.D	18.1	0.1	1.6	3.4	13.5
강정		N.D	15.6	0.1	1.1	3.2	26.6
高靈橋		N.D	9.4	0.4	6.3	3.6	66.5
台岩		N.D	8.4	0.3	3.6	6.8	190.3
南旨橋		N.D	5.2	0.3	2.3	5.2	21.0
守山橋		N.D	5.2	0.04	2.3	2.9	43.3

表 4. 洛東江本流의 窒化作用에 依한 溶存酸素消耗率

區 間	次 數	流量(m ³ / sec)	初期溶存酸素(kg/day)	窒化作用에 依한 酸素消耗量(kg/day)	溶存酸素消耗率(%)
倭館橋~강정	1	22.25	10765.4	2899.2	26.9
	2	32.92	27874.0	3249.6	11.7
高靈橋~台岩	1	41.19	10676.4	15775.9	147.8
	2	66.0	16537.0	9381.6	56.7
南旨橋~守山橋	1	89.99	97966.7	12436.3	12.7
	2	112.0	87091.2	11940.2	13.7

化하는 데는 용存酸素 4.57 mg/l 를 必要로 한다.

洛東江本流中 3個區間에서 2次에 걸쳐 調査한 窒化作用에 依한 酸素消耗率은 表 4 와 같다.

여기서 溶存酸素消耗率은 區間初期溶存酸素 (kg/day)에 對한 窒化作用에 依한 酸素消耗量(kg/day)의 百分率이다.

倭館橋~강정區間이 11.7~26.9%, 高靈橋~台岩區間이 56.7~147.8%, 南旨橋~守山橋區間이 12.7~13.7%였다. 高靈橋~台岩區間이 매우 높은 率을 보였는데 이는 窒酸化率이 낮지만, 낮은 溶存酸素와 높은 암모니아性 窒素濃度 때문인 것으로 생각된다. 特히 流量이 적은 1次 調査때 더욱 높은 消耗率을 보였다.

結 論

1982年 8月 12日~13日, 同年 9月 23~26日의 2次에 걸쳐 洛東江 本流에 對한 窒化作用의 調査研究 結果, 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 洛東江本流의 窒素成分의 增加는 大邱市の 都市下水 및 工團의 工場廢水로 汚染된 琴湖江의 流入 때문이었다.

2. 3개 區間에서 調査된 窒酸化率은 流量이 많을수록 더 높았으며, 琴湖江의 影響을 받은 高靈橋~강정區間에서 顯著하게 낮았다. ($0.068 \sim 0.116 \text{ day}^{-1}$). 이는 낮은 溶存酸素와 相對的으로 높은 重金屬濃度로 因한 毒性으로 窒化 細菌의 成長이 抑制되었기 때문인 것으로 생각된다.

3. 窒化作用에 依한 溶存酸素 消耗率은 窒酸化率이 낮은 高靈橋~台岩區間에서 가장 높았다(56.7~147.8%).

이는 낮은 溶存酸素와 相對的으로 높은 重金屬濃度로 因한 毒性으로 窒化 細菌의 成長

이 抑制되었기 때문인 것으로 생각된다.

特히 流量이 작을수록 더 많은 消耗率을 보였다. 따라서 溶存酸素가 낮은 地點에서 渴水期때 窒化作用에 依한 더욱 深刻한 水質管理上의 問題點을 惹起시킬 것으로 생각된다.

參考文獻

1. Arthur M. Hanson, and G. Fred Lee, Forms of Organic Nitrogen in Domestic Wastewater, JWPCF, 43, 11, 1971.
2. J. H. N. Garland, Nitrification in the River Trent, Mathematical Models in Water Pollution Control, pp. 165-191.
3. Clair N. Sawyer, and Perry L. McCarty, Chemistry for Environmental Engineering, 3th ED. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., pp. 439-453.
4. Linvil G. Rich, Environmental Systems Engineering, McGraw-Hill, 1973.
5. R. A. Bailey, et al., Chemistry of the Environment, Department of Chemistry Rensselaer Polytechnic Institute Troy, New York, 1978.
6. Richard J. Ruane, Peter A. Krenkel, Nitrification and Other Factors Affecting Nitrogen in the Holston River, JWPCF, Aug., 1978.
7. W. W. J. Eckenfelder, Industrial Water Pollution Control, McGraw-Hill, New York, 1966.
8. F. E. Stratton, Ammonia Nitrogen Losses from Streams, Jour. San. Eng. Div., Amer. Soc. Civil Engr., 94, p. 1085, 1968.
9. A. G. Rodina, Methods in Aquatic Microbiology, University Park Press.

- Baltimore Butterwaths, London, pp. 270-283.
10. F. E. Stratton, and D. L. McCarty, Prediction of Nitrification Effects on the Dissolved Oxygen Balance of Streams, *Environ. Sci. & Technol.*, 5, 1967.
 11. C. T. Wezernak and J. J. Gannon, Oxygen-Nitrogen Relationships in Autotrophic Nitrification, *Appl. Microbiol* 15, 12, 1967.
 12. C. S. Haung and N. E. Hopson, Nitrification Rate in Biological Process, *Jour. Env. Eng. Div., Amer. Soc. Civil Engr.*, 100, EE 2, p. 409, 1974.
 13. R. J. Courchaine, Significance of Nitrification in Stream Analysis - Effect on Oxygen Balance, *JWPCF.*, 40, p. 835, 1968.
 14. W. N. Torpey, Effect of Reducing Pollution of Thames Estuary, *Water & Sew. Works*, 115, p. 295, 1968.
 15. Mahendra K. Bansal, Nitrification in Natural Streams, *JWPCF.*, 48, p. 2381, 1976.
 16. C. E. Adams, Jr., Removing Nitrogen from Wastewater, *Environmental Science and Technology*, 7, 8, 1973.
 17. A. M. Buswell, and J. F. Pagano, Reduction and Oxydation of Nitrogen Compound in Polluted Streams, *Sew. & Ind. Wastes*, 24, 7, 1952.
 18. C. T. Wezernak, and J. J. Gannon, Evaluation of Nitrification in Streams, *Jour. San. Eng. Div., Amer. Soc. Civil Engr.*, 94, p. 833, 1968.
 19. Jack De Marco, Jerzy Kurbiel, James M. Symons, and Gordon Robeck, Influence of Environmental Factors on the Nitrogen Cycle in Water, *Jour. A. W. W. A.*, p. 580, 1967.
 20. Harry E. Wild Jr., Clair N. Sawyer, and Thomas C. McMahon, Factors Affecting Nitrification Kinetics, *JWPCF.*, 1845, 1971.
 21. Bahman Kholdebrarin, and J. J. Oertli, Effect of pH and Ammonia on the rate of Nitrification of Surface Water, *JWPCF.*, p. 1688, 1971.
 22. Bahman Kholdebrarin, and J. J. Oertli, Effect of Suspended Particles and their sizes on Nitrification in Surface Water, p. 1693, 1977.
 23. 公害公定試験法, 環境廳, 1981.
 24. 日本藥學會編, 衛生試驗注解, 東京, 1965.
 25. APHA-AWWA-WPCF, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 15th ed., New York 1981.
 26. 高人錫 外 11 人, 實驗衛生化學, 改訂版.
 27. 崔奎漢 外 3 人, 藥學叢書 衛生化學, 修訂版, 東明社.
 28. E. D. Schroeder, and A. W. Busch, The Role of Nitrate Nitrogen in Bio-oxidation, *JWPCF.*, 40, 11, 1968.
 29. Jeffrey E. Miller, and Marshall E. Jennings, Modeling Nitrogen, Oxygen, Chattaroodiee River, GA., *Jour. Environ. Eng. Div.*, EE 4, p. 641, 1978.
 30. Stephen P. Shelton, et al., Water Quality Modeling in a low flow Stream, *JWPCF.*, p. 2290, 1978.
 31. D. J. O'Connor, The Temporal and Spatial Distribution of Dissolved Oxygen in Streams, *Water Resour. Res.*, 3, 65, 1967.