

洛東江 下流 水質調查 研究

(理化學的 水質調査와 藻類相과의 相關關係)

環境調査科

文銀淑·劉殷哲·曹正九·金光洙·洪性洙

A study on water quality in the down stream of Nak-tong river.

(The correlationship between physicochemical examination and plankton Fauna)

Environmental Research Division

E. S. MOON, E. C. YOO, J. G. CHO, K. S. Kim, S. S. Hong

Abstract

In the Experiment, the samples were collected from october 1988 to september 1989, on monthly interval and analyzed limnological conditions and dominant species standing crops of plankton in the downstream of Nak-tong river.

The results obtained from the study are as follows;

1. pH have an average of 7.9~8.2
2. Average concentration of DO, BOD, COD was 7.0~8.7mg/ℓ , 3.3~4.0mg/ℓ , 6.0~8.9mg/ℓ , averaging 3.127~4.145mg/ℓ for T-N, averaging 0.070~0.086mg/ℓ for T-P, studies gave evidence that the downstream of Nak-tong river is strongly enriched with nutrients.(Eutrophication)
4. Concentration of total hardness was:Averaging 91.7~156.6mg/ℓ .
5. The standing crops of plankton were $0.084 \times 10^5 \sim 27.1 \times 10^5$ cells · inds/ℓ · m³
6. The pollution grade of five stations was investigated through saprobic system by the dominant species and trophic system;

The pollution grade of October was β -mesosaprobic and November, December, March were α , β -mesosaprobic, January was β -polysaprobic, February was α, β -mesosaprobic- β polysaprobic and trophic grade was done temporary eutrophication of a part of a place.

As mentioned above, the results obtained from limnological conditions and planktological examination were; trophic grade is eutrophic and pollution grade is mesosaprobic.

Therefore, the environmental factors and the planktological examination results were connected mutually.

I. 緒 論

河川은 上水道源·農工業用水의 供給源뿐 아니라, 生物의 棲息場所 및 人間의 休息處로도 重要한 役割을 한다. 더구나 工業化, 人口의 都市集中現象等으로 물의 需要量은 繼續 늘어나고 있는 反面, 産業廢水나 生活下水의 增加로 水質의 汚染問題는 深刻性을 더하고 있다. 이러한 河川의 水質汚染度 調査는 이제껏 理化學的 調査 즉, 一般項目이나 重金屬調査로 汚染程度를 判斷하였는데 이 方法은 때로 試料을 採取한 瞬間의 偶發的인 水質變動을 나타낼 수도 있다.

그래서 本 研究所에서는 當該地點의 水質과 歷史를 反映하고 있는 生物의 機能도 並行해서 調査하는 方法을 實施했다. 生物學的 水質判定方法 中 藻類는 水中 生態界의 底次 生産構造를 擔當하고 있는 顯微鏡的 生物體로서 水溫, 水中光度, 營養物의 種類와 量 등 水質의 物理化學的인 環境要因에 따라 그 分布態을 달리하기 때문에 水質의 汚染程度를 나타내는 指標生物¹⁾로 많이 利用되고 있다.

本 調査는 動·植物플랑크톤 등 全 浮游性生物相을 調査하여 이들의 各 項點別 差異를 追跡해서 汚染水의 影響程度를 把握함과 同時에 藻類에 依한 生物學的 調査와 理化學的인 分析調査를 서로 比較해서 그 相關關係性을 찾는 研究事業의 一環으로 實施했다.

II. 調査 및 測定方法

1. 調査 對象地

調査 對象地域을 代表할 수 있는 5個 地點 즉, 釜山市 上水 供給源이 位置하고 있는 勿禁 梁山川과 合流 後 混和가 이루어진 後의 龜浦橋, 沙下工團 留水地 隣近의 西釜山洛東大橋, 그리고 長林工團 廢水 및 河口毒과 關係되는 下流, 鳴旨 地點을 Fig 1과 같이 設定하였다.

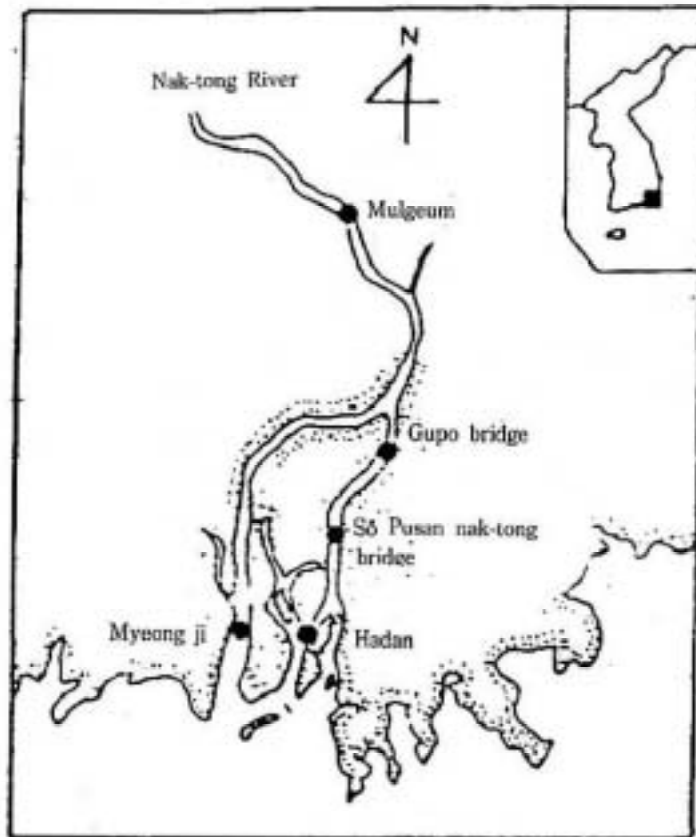


Fig 1. Sites of sampling station

2. 期間

1988. 10~1989. 9(月1回)

3. 調査項目

가. 理化學的 調査項目(總8項目)

水溫, 水素이온濃度(pH), 溶存酸素(DO), 生化學的 酸素要求量(BOD), 化學的 酸素要求量(COD) 總窒素(T-N), 總磷(T-P), 總硬度

나. 生物學的 調査項目

藻類의 現存量, 優占種

4. 調査方法

가. 理化學的 調査

環境汚染公定試驗法¹⁾(水質), 衛生試驗法注解²⁾, STANDARD METHOD³⁾

나. 藻類 同定

水表面下 50cm에서 1ℓ 를 취하여 現場에서 즉시 Formalin溶液으로 固定하여 48時間 沈澱시킨 뒤 siphon으로 上澄液을 除去하고 20ml로 濃縮하였다.

定量分析은 이 濃縮된 試料를 均一하게 分布시킨 後 0.1ml를 取하여 Sedgewick-Rafter chamber에 넣어 計數하고 現存量은 全體 細胞數를 計數한 後, 植物性 플랑크톤은 1ℓ 當 細胞數 (cells/ℓ)로 動物性 플랑크톤은 1m³當 個體數(inds/m³)로 換算 表示하였다. 그리고 이들 中 10%以上 植物性 플랑크톤의 現存量을 占有하는 種數를 優占種으로 하였다.

한편 定性分析은 沈澱法에 依해 濃縮된 試料 0.1ml를 取하여 光學顯微鏡으로 100~1000倍에서 檢鏡하여 鄭⁴⁾ 및 水野壽彦⁵⁾, 山路勇⁶⁾의 分類體系에 依해 同定, 分類되었다.

III. 結果 및 考察

1. 理化學的 調査

各 頂點別 物理化學的인 調査의 測定値는 아래와 같다.

1) 水素이온濃度(pH)

pH의 濃度範圍(平均)는 Fig 2와 같이 勿禁 pH 8.5~7.5(8.2), 龜浦橋 pH 8.1~7.5(7.8), 西釜山 洛東大橋 pH 7.5~8.3(7.9), 下端 pH 8.5~7.9(8.2), 鳴旨 pH 8.2~7.9(8.1)로서 平均濃度가 pH 8.2인 勿禁과 下端에서 가장 높았다.

특히 12月의 下端과 11月의 勿禁에서 pH 8.5 最高値를 나타내었는데 이때 藻類의 現存量이 많았던 점으로 미루어 보아 藻類의 光合成作用으로 사료된다.

2) 溶存酸素(DO)

Fig 3과 같이 地點別 濃度範圍(平均)는 勿禁 4.6~11.2(8.5)mg/ℓ, 龜浦橋 6.7~10.9(8.7)mg/ℓ, 西釜山 洛東大橋 5.0~8.9(7.0)mg/ℓ, 下端 5.0~11.2(7.2)mg/ℓ, 鳴旨 5.9~10.0(8.1)mg/ℓ 이며 平均濃度는 8.7mg/ℓ 인 龜浦橋에서 가장 높았으며 上水源水 1級水質 基準值인 7.5mg/ℓ 以上에 該當되는 地點은 勿禁, 龜浦橋, 鳴旨, 2級인 5.0mg/ℓ 以上에는 西釜山 洛東大橋, 下端 地點이었다.

DO는 藻類에 依한 酸素放出과 物理的인 再曝氣에 依한 酸素吸收 等の 여러 要因에 依해 增加한다.

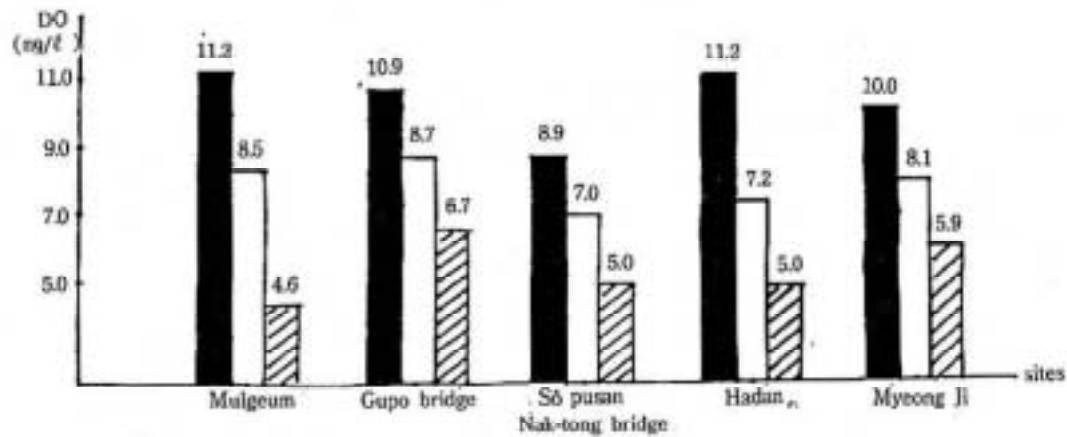


Fig 3. The variations of D · O concentrations at the sampled stations

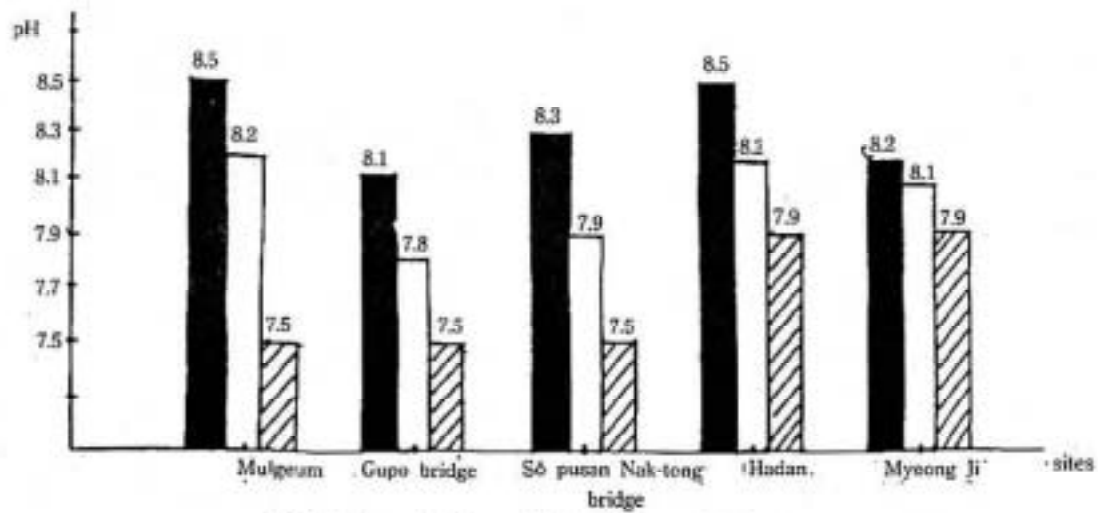


Fig 2. the variations of pH at the sampled stations

이에 의하면 西釜山洛東大橋에서 11월에 藻類의 現存量이 매우 적고 D · O도 5.0mg/l 로 낮은 濃度였던 것은 藻類에 依한 酸素供給 不足이 主要因으로 생각되고 1月の 勿禁에서 藻類의 現存量은 적은 반면 溶存酸素는 11.2mg/l 로 濃度가 가장 높았던 것은 藻類 以外 氣壓, 溫度等의 要因인 物理的 再曝氣가 이루어진 것으로 思料된다.

3) 生物化學的 酸素要求量(BOD)

BOD濃도의 範圍(平均)는 勿禁 2.6~4.1(3.3)mg/l, 龜浦橋2.8~4.1(3.5)mg/l, 西釜山 洛東大橋 2.0~4.6(3.6)mg/l, 下端3.0~4.7(4.0)mg/l, 鳴旨 2.3~5.6(3.5)mg/l 이며 平均濃도가 5個 對象地에서 3.3(勿禁)~4.0(下端)/l 以下에 該當되어 上水源水 3級水質인 6.0mg/l 以下에 속하였다.

地點別 BOD는 Fig 4와 같다.

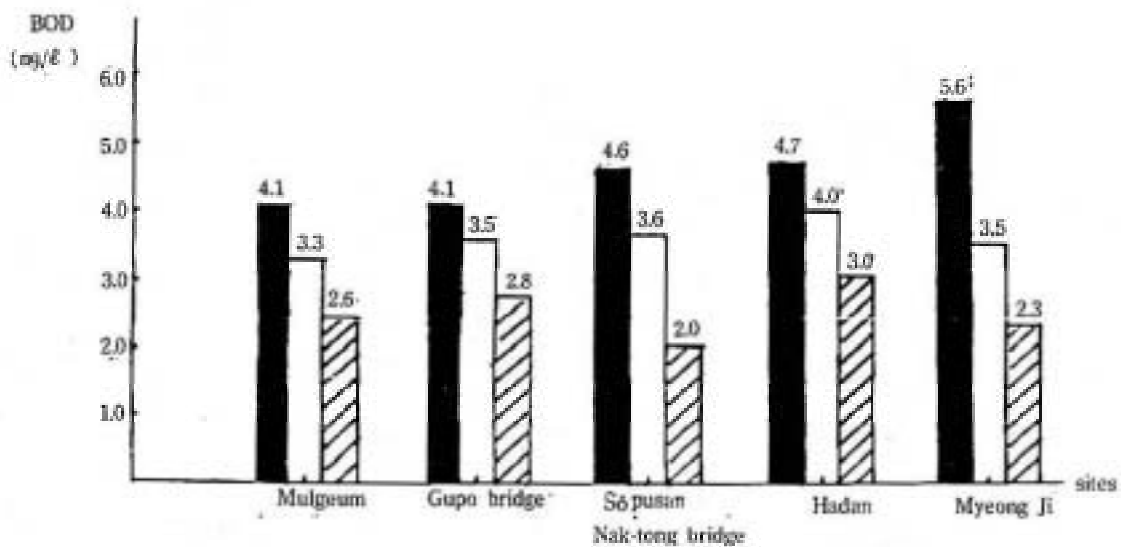


Fig 4. The variations of BOD concentrations at sampled stations

4) 化學的 酸素要求量(COD)

COD의 濃度範圍(平均)는 Fig 5와 같다. 勿禁 7.8~9.5(8.9)mg/l, 龜浦橋 6.8~8.9(8.1)mg/l, 西釜山洛東大橋 4.2~9.1(6.0)mg/l, 下端 4.4~9.6(7.4)mg/l, 鳴旨 5.0~9.3(7.5)mg/l 이며 平均濃도가 6.0mg/l 인 西釜山洛東大橋가 가장 낮은 반면 勿禁地點이 8.9mg/l 로 가장 높았다.

平均濃度別 水質은 勿禁, 龜浦橋가 生活環境保全(生活環境5等級)에, 農業用水 및 工業用水 2級(生活環境4等級)에는 下端, 西釜山洛東大橋, 鳴旨地點이 該當되었다.

5) 營養鹽類

富營養化(Eutrophication)의 主原因物質로서 phytoplankton(植物性 plankton) 生長의 制限要素¹⁾로 作用하여 總窒素, 總磷 모두 富營養化 基準值를 超過했다.

가. 總窒素(T-N)

測定結果인 地點別 濃度範圍(平均)는 Fig 6과 같이 勿禁 2.673~3.892(3.127)mg/l, 龜浦橋

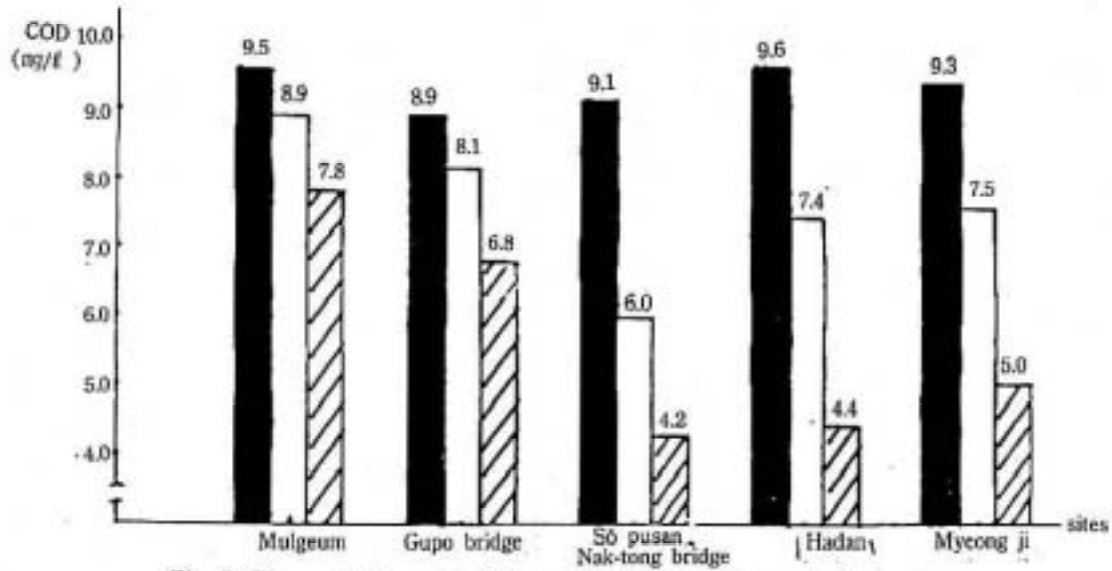


Fig 5. The variations of COD concentrations at sampled stations

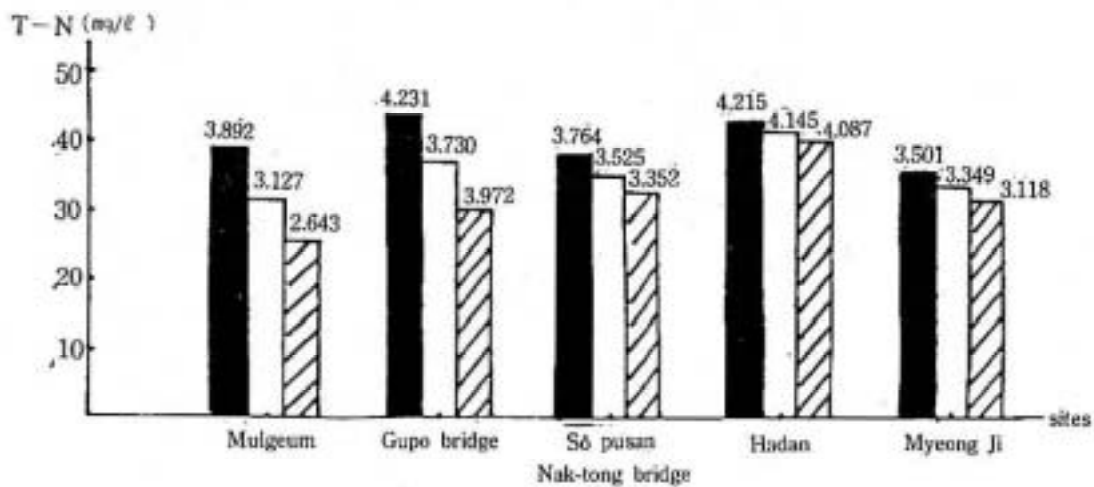


Fig 6. The variations of T-N concentration at sampled stations

3.022~4.331(3.730)mg/l, 西釜山 洛東大橋 3.352~3.764(3.525)mg/l, 下端4.087~4.215(4.145)mg/l, 鳴旨 3.118~3.571(3.349)mg/l 로서 平均濃度가 4.145mg/l 인 下端에서 가장 높았고 3.127mg/l 인 勿禁地點이 가장 낮았다.

中山大樹의 分類基準에서 總窒素 0.5~1.5mg/l 以上이 高營養化의 特徵인데, 平均濃度가 調査 對象地 모두 이 基準值를 훨씬 超過했다.

나. 총인(T-P)

Fig 7에서 보는 바와 같이 地點別 濃度範圍(平均)는 勿禁 0.016~0.170(0.070)mg/l, 龜浦橋 0.026~0.100(0.079)mg/l, 西釜山洛東大橋 0.025~0.114(0.081)mg/l, 下灘 0.025~0.09(0.073)mg/l, 鳴笛 0.018~0.124(0.086)mg/l 에 該當되어 平均濃度가 0.070mg/l 인 勿禁에서 가장 낮았고 0.086mg/l 인 鳴笛에서 가장 높게 나타났다.

中山大樹의 分流基準¹⁾에서 富營養化의 特徵은 總磷 0.020~0.100mg/l 以上인데 平均濃度가 調査 對象地 모두 富營養化 段階에 該當되었다.

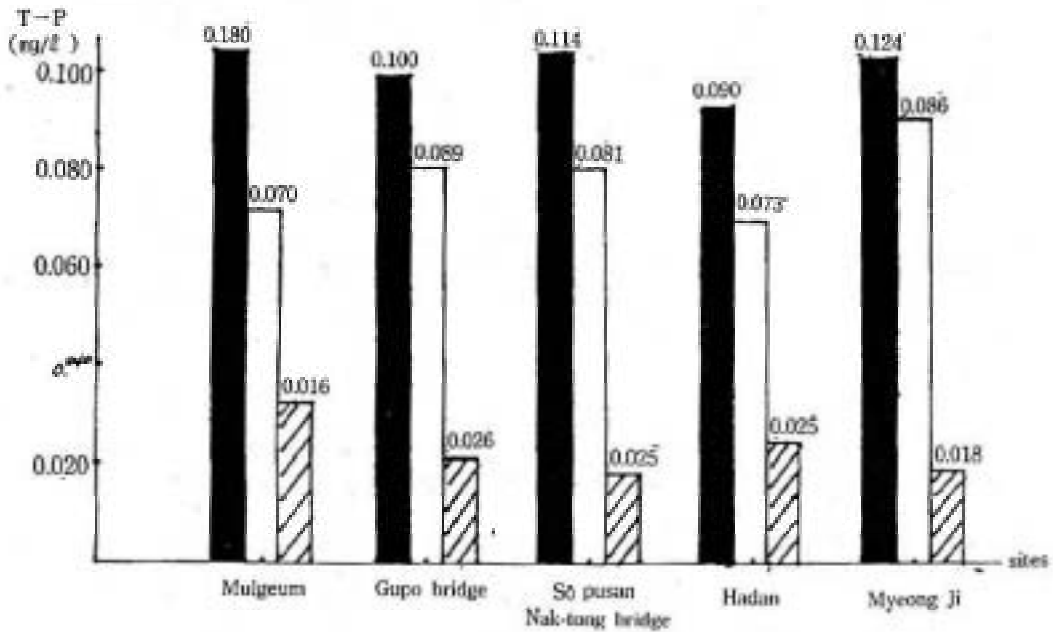


Fig 7. The variations of T-P concentration at sampled stations

6) 總硬度

光合成作用에는 CO₂가 利用되기 때문에 植物性 플랑크톤이 多量 出現하면 光合成作用이 활발히 進行되기에 물 속의 CO₂와 CO가 소비되나 本 調査 結果 藻類와 硬度 사이에 항상 뚜렷한 相關性을 나타내는 것은 아니었다.

地點別 濃度範圍(平均)는 勿禁 90.0~130.0(106.3)mg/l, 龜浦橋 85.0~110.0(97.9)mg/l, 西釜山洛東大橋 55.0~115.0(91.7)mg/l, 下灘 75.0~150.0(118.3)mg/l, 鳴笛 138.0~173.0

(156.6)mg/ℓ 이며 156.6mg/ℓ 인鳴梁에서 最高値를, 91.7mg/ℓ 인 西釜山洛東大橋에서 가장 낮게 나타났다.

參考로 地點別 總硬度 濃度는 Fig 8에 圖示하였다.

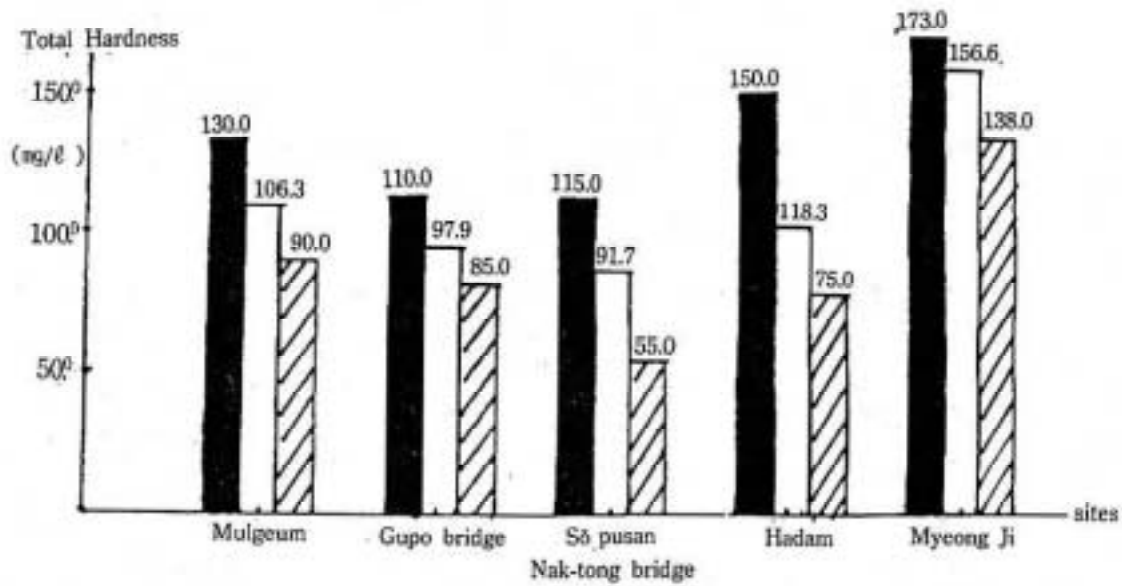


Fig 8. The variations of T-hardness concentration at sampled stations

2. 生物學的 調査

Plamkton의 現存量 및 優占種의 分布 事項을 Table 2와 3에 나타내었다.

Table 2. the distribution of standing crops

standing : cells/ℓ , inds/m²
crops unit;1,000cells

Month station	10	11	12	1	2	3
Mul geum	347.2	2717.5	779.8	8.4	240.8	212.4
Gupo bridge	196.3	301.4	760.2	101.3	104.0	180.0
Sô pusan Nak-tong bridge	137.8	35.0	864.2	412.8	368.1	93.1
Ha dan	35.8	70.5	678.2	44.7	489.0	386.7
Myeong ji	250.6	865.0	449.2	165.6	617.1	471.2

Table 2의 plankton의 現存量은 $0.0^{th} \times 10^6 \sim 27.1^{th} \times 10^5$ cells/l 로서 그 量的 差異가 큰데 特別히 11月 勿禁에서 現存量이 2717,500cells/l 로 最大值를, 1月 勿禁에서는 8400cells/l 으로 最少值을 나타내었다. 5, 7, 8, 10, 11月에는 勿禁地點에서 말고 12, 1月에는 西釜山洛東大橋, 2, 3月에는 鳴笛地點에서 많이 出現했다.

勿禁地點에서 높다가 龜浦橋에서 대체적으로 낮아지게 되는데 이와 같은 現象은 龜浦橋地點 보다 위인 梁山川等과 같은 支流가 流入되어 龜浦橋의 汚染이 높아져 現存量이 크게 影響을 받은 것으로 생각할 수 있으며 下端보다는 鳴笛에서 대체적으로 現存量이 많은 것도 理化學的인 分析値에서 볼 수 있는 마와 같이 鳴笛쪽이 下端보다 多少 汚染度가 낮음으로 因해 多量 產出한 것으로 생각된다.

Table 3 The distribution of dominant species (with indicator species)

station water pollution level/system		station					
		Mulgeum	Gupo bridge	Sò Pusan Nak-dong	Ha dan	Myeong ji	
Trophic system	oligo trophic	—	—	—	—	—	
	Eutrophic	—	—	Micratinum pusillum 11.3%	Micratinum pusillum 15.1%	Micratinum pusillum 14.8%	
Biological Pollution level system	oli go saprobic	—	—	—	—	—	
	meso mesosaprobic	β	Cyclotella meneghiniana	Cyclotella meneghiniana	Melosira granulate	Cyclotella meneghiniana	Cyclotella meneghiniana
		α	Cyclotella sp	Cyclotella sp	Cyclotella sp	Cyclotella sp	Cyclotella sp
	saprobic mesosaprobic	α	· Chlamydo -monas sp	· Cryptomo -nas sp · Chlamydo -monas SP	· Cryptomo -nas sp	· Cryptomo -nas sp · Nitzschia palea	· Cryptomo -nas sp
		Poly polysaprobic	β	Euglena SP 14.0%	Euglena SP 35.2%	Euglena SP 37.6%	Euglena SP 9.3%
	saprobic polysaprobic	α	—	—	—	—	—

Table 3에서는 地點別 水質指標⁽²³⁾ 優占種들을 나타내고 있는데 水質階級別로 살펴보면 10月에는 全 頂點에서 *Cyclotella meneghiniana*, *Melosira granulata*等 β-中腐水性 水域의 指標 微生物이 優占種으로 出現함으로써 水質이 β-中腐水性水域임을 알 수 있고 特히 西釜山洛東大橋, 下端, 鳴湍는 *Micractinium Pusillum*이 優占種인 것으로 보아 富營養化된 狀態임을 함께 알 수 있다.

11月에는 勿禁, 龜浦橋, 西釜山洛東大橋, 下端, 等地에서 *Cyclotella meneghiniana*가 優占種으로 出現함으로써 β-中腐水性 水域임을 알 수 있고 鳴湍에서는 *Cryptomonads sp*의 出現으로 α-中腐水性水域임을 알 수 있다. 12月에는 勿禁에서 *Cyclotella meneghinidnd*가 優占種으로 出現하여 β-中腐水性水域이 되고 그 外 地點에서는 *Cryptomonads sp*가 優占種이 되어 α-中腐水性水域임을 알 수 있다. 1月에는 全 調査地點에서 β-強腐水性水域의 指標生物인 *Euglena sp*가 9.3~37.6% 까지 出現함으로써 1月에는 β-強腐水性水域의 水質로 多少 惡化되었음을 알 수 있다. 2月에는 勿禁에서 α-中腐水性水域의 指標生物인 *Chlamydomonds sp*와 β-強腐水性水域의 指標生物인 *Euglena sp*가 優占種으로 出現하여 α-中腐水性~β-強腐水性水域으로 水質이 좋지 못함을 알 수 있으나 龜浦橋에서는 *Cyclotella sp*와 *Chlamydomonds sp*가 出現하여 α, β 中腐水性水域임을 나타내고, 西釜山洛東大橋, 下端, 鳴湍에서는 *Cyclotella sp*들이 優占種이어서 역시 α, β-中腐水性水域임을 알 수 있어 下流로 내려오면서 自淨作用과 稀釋作用으로 多少 水質이 好轉되었음을 알 수 있었다. 3月の 경우 α, β中腐水性水域의 指標生物인 *Cyclotella sp*가 鳴湍를 除外한 4個地點에서 優占種으로 出現하여 α, β中腐水性水域임을 알 수 있지만 鳴湍에서는 水質指標種으로서의 藻類種이 優占種으로 出現하지 않았다.

그 外, 水質指標種들과는 別로 關係가 없지만 優占種으로 出現한 種들로는 *Melosira islandica*, *Strombilidium gygans*, *Lepocinclis ovum var glomerata*, *Paramecium caudatum*, *Mallomonas tonsurata*, *Asterionella gracillima*, *Novicula sp*, *Mallomonas sp* 들이다.

Table 4. The standard of water pollution level system

Living environmental standard	BOD		<10	<8	<5	<3	<2	<1
	D · O		>2			>5	>7.5	
Trophic system	Eutrophic		mesotrophic			oligotrophic		
Biological water Pollution level system	Polysaprobic		mesosaprobic			oligotrophic		
	α	β	α	β	α	β		
Algae (species number)	×	○	○	⊙	○	△		

Table 4의 水質階級の 基準에서 보듯이 生活環境에 聯關되는 環境基準¹⁰⁾에서 BOD(3mg/ℓ, DO) 5mg/ℓ 以上에서는 營養階級이 貧營養性, 汚濁階級으로는 貧腐水性에 該當되며 環境基準이 10mg/ℓ >BOD, 5mg/ℓ >BOD, DO>2mg/ℓ 의 경우 營養階級으로는 腐營養性, 汚濁階級으로는 α, β中腐水性階級에 속하게 되는데, 特히 β中腐水性水域에서는 藻類의 種類가 最高에 達한다.

本 調査結果 理化學的 調査에서는 BOD 平均濃도가 3.4~4.3mg/ℓ, 營養鹽類인 T-N와 T-P가 富營養化 濃度值에 該當되어 營養階級으로는 富營養化, 汚濁階級으로는 β-中富水性 段階라 할 수 있다. 生物學的 調査에서는 水質階級이 β-中富水性~β強富水性階級이고, 營養階級은 一部地點에서의 一時的(5, 7, 8月)인 富營養化에 該當되는 것으로 볼 때 物理化學的인 調査와 生物學的 調査의 結果는 서로 聯關性을 가진다고 볼 수 있다.

그리고 pH, 總硬度, DO 등은 藻類 現在量의 多少뿐 아니라 河川內의 水溫, 氣壓等の 物理的 再曝氣, 化學的인 汚染物 等に 依해서도 直接的인 影響을 받고 있다.

IV. 結 論

1988年 10月부터 1989年 3月까지 洛東江 下流域의 5個 調査地點에서 理化學的 調査와 生物學的 調査를 實施하였던 바 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. pH는 平均範圍가 7.8~8.1로 調査 對象地點 모두가 上水源水 1級水質에 該當되었다.
2. 溶存酸素(DO)는 全 地點 平均濃도가 7.0~8.0mg/ℓ 範圍로서 上水源水 1, 2級水準이다.
3. 生物化學的 酸素要求量(BOD)은 調査 期間 동안의 平均濃度 範圍가 3.4~4.3mg/ℓ 로 上水源水 3級에 該當된다.
4. 化學的 酸素要求量(COD)은 平均濃도가 6.3~7.8mg/ℓ 로 生活環境 IV等級에 속한다.
5. 營養鹽類인 總窒素(T-N)와 總磷(T-P)은 平均濃도가 3.247~4.484mg/ℓ 와 0.051~0.074mg/ℓ 로서 中山大樹의 基準(富營養化: T-N 0.500~1.500mg/ℓ, T-P 0.020~0.100mg/ℓ)으로 모두 富營養化에 該當된다.
6. 總硬度는 全 地點別 平均濃도가 94.2~142.8mg/ℓ 로서 鳴旨가 最高值를, 西釜山 洛東大橋가 最低值를 나타내고 있다.
7. plankton의 現存量은 $0.084 \times 10^5 \sim 27.1 \times 10^5$ cells · inds/ℓ m³으로 勿禁의 11月에는 最高值를, 1月에는 最低值를 나타내었고 勿禁에서 많다가 支流의 汚染水 流入으로 龜浦橋에서 多少적어졌으며 대체적으로 下端보다는 鳴旨쪽의 現在量이 많았다.
8. 水質指標種들이 優占種으로 出現한 곳을 水質階級別로 살펴보면 5個 調査地點 모두 汚濁階級이 β中腐水性~β強腐水性 階級이고 營養階級은 勿禁을 除外한 4個 地點에서의 一時的

(5, 7, 8月)인 富營養化에 該當되었다.

以上에서 理化學的인 調查結果로는 營養階級이 富營養性, 汚濁階級은 中富水性階級에 該當되며 生物學的인 調查結果가 汚濁階級으로는 α , β -中腐水性階級에서 β -強腐水性水域에, 營養階級은 一部 調查地點에서 一時的인 富營養化에 該當된다고 볼 때 이들 調查結果는 서로 關聯性을 가진다고 할 수 있다.

또한 pH, 總硬度, DO 等은 藻類 現存量의 多少뿐 아니라 河川內의 水溫, 氣壓 等의 物理的 再曝氣나 化學的인 汚染物 等에 의해서도 直接的인 影響을 받고 있음을 알 수 있다.

이렇듯이 水質은 理化學的인 分析만으로 可能한 것이 아니고 물 속의 微小한 生物들의 動態도 充分히 把握해야만 한다는 사실을 늘 염두에 두어야 한다.

參 考 文 獻

1. 정 영 호 한강의 microflora에 관한 연구(제6호)
식회지: 15(보유호): 11: 7-148 1972.
2. 김 영 길 춘계 금강 하류역의 수질 및 Diatom의 조성변화에 대하여 군산 수전 연보
김 종 배 vol 12 1978.
3. 이 학 동 무심천에 있어서 조류의 다양성에 의한 오염도 연구. 육수학회지 13(1-2): 1-8 1980
4. 津田松苗 生物によろ水質調査法 1979
5. 津田松苗 汚水生物學 1979
6. 김 종 택 환경오염공정법해설(수질분야) 1988.
7. 日本藥學會編 菌生試驗法注解
8. STANDARD METHOD
9. 정 영 호 한국 동식물 도감(담수조류) 문교부 1969.
10. 水野壽彦 日本淡水藻類圖鑑 保育社 1964
11. 山路勇 日本 plankton도감 保育社 1975
12. 환경관계법규 일진사 1984.
13. 이 한 원 腐營養化와 赤湖 公害對策: 84~91 1988.
14. 김 갑 수 환경미생물 1988
김 오 식역