

洛東江 下流의 水質과 汚染負荷量에 관한 研究

韓 英 鎬* · 洪 聖 根** · 金 榮 燮**

Study on the Water Quality and the Loading of Pollutants in the Downstream of Nakdong River

Young-Ho HAN*, Sung-Kun HONG** and Young-Seup KIM**

The water quality and the budget of pollutant loading in the downstream of Nakdong River were surveyed at 3 sites along the main stream from Mulgum to Hadan and 1 site of Yangsan tributary with response to the tides in May and June, 1983.

The level of TSS in the Yangsan tributary, 6.1~21.3 mg/l, was higher than any other site. The mean values of BOD were 1.16 mg/l at Mulgum site, 1.83 mg/l Yangsan site, 0.79 mg/l Hwamyong site and 3.56 mg/l at Hadan site. The levels of NH₄⁺-N and PO₄³⁻-P were the highest at Hadan site, and the levels of zinc and copper were 2.11~5.98 ppb and ND-50.00 ppb at Yangsan tributary site.

Although the flow rate of Yangsan stream accounted for only 4% of that of main stream, but the mean value of pollutant loading in the Yangsan stream amounted to 8.3% of the that of main stream.

緒 論

洛東江은 流域의 生活 및 産業用水로서 대단히 重要한 點 아니라 流出된 淡水는 沿岸海域의 海況變動에도 影響을 미칠 정도로 큰 江이다.

그러나 최근들어 周邊流域에서의 重化學工業의 급속한 發展과 人口의 집중으로 洛東江水質은 날로 惡化되어 가고 있다. 또한 最近에는 여러 目的을 위하여 河口堰이 建設되기 시작하였으며 工事が 끝나고 나면 큰 淡水湖가 형성될 前望이다. 이러한 淡水湖가 형성되면 水質汚染이 더욱 加速化 될 수 있으므로 洛東江水質 保全을 위하여 本流에 流入되는 各支流의 汚染物質 總量을 더욱 엄격하게 規制할 필요가 있을 것이다.

洛東江 河口域에 관한 研究로 朴(1970)은 渴水期에 鹽水가 勿禁 위까지 影響을 미친다고 하였고, 崔와 鄭(1972)은 洛東江河口의 鹽分은 8~9월에 가장 낮아진다고 하였으며 梁과 元(1978)은 勿禁取水場 부근의 鹽化이온 濃度와 總硬度는 2~3월에 가장 높다고 하였다. 李등(1980), 李등(1980), 崔와 李(1982a, 1982b) 등은 洛東江水質의 季節的 變動을 調査하였으며 柳와 張(1979)은 潮汐 影響력을 河口로부터 約 65 km로 推定하였으며 張등(1981)은 河口의 鹽水運動을 調査하였다.

本 研究에서는 勿禁, 梁山川, 龜浦, 下端을 포함한 洛東江 下流域에서의 水質과 各 調査地點의 流出量을 調査하여 負荷量을 算出하고, 本流에 대한 梁山川의 負荷量 寄與度를 評價하였다.

* 釜山水產大學: National Fisheries University of Pusan

** 群山水產專門大學: Kunsan National Fisheries Junior College

調查方法

洛東江 下流域의 水質을 調查하기 위하여 Fig. 1에서와 같이 勿禁(梁山川 合流點으로부터 1.8 km 떨어진 上流地點), 梁山川(本流와 合流點으로부터 2.3 km 떨어진 上流地點), 華明洞(梁山川과 本流가 합류하는 지점으로부터 4.1 km 떨어진 下流地點), 下端(華明洞 測點으로부터 16 km 떨어진 下流地點)지점에서 大潮期인 1983년 5월 28일, 6월 11일, 그리고 小潮期인 5월 19일, 6월 5일 07時에서 19時 사이에 2時間 간격으로 流心部에서 표층수를 採水하여 水質分析을 하였다.

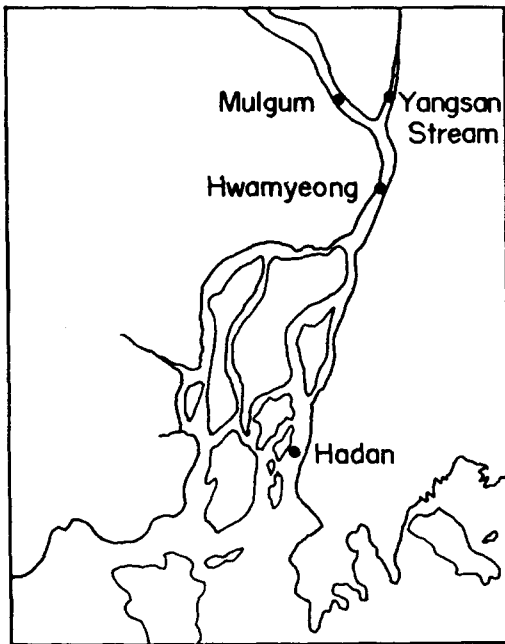


Fig. 1. Location of the sampling stations.

汚染負荷量을 산출하기 위하여 勿禁, 梁山川, 華明洞 測點에서 時각별 流速과 河床斷面을 측정하여 流出量을 구하였다.

結果 및 考察

1. 水 質

洛東江 下流의 4개 測點에서 大潮期와 小潮期 各 2회씩 浮遊物質, 營養鹽類, COD, BOD 그리고 重金屬 등의 水質을 조사한 결과는 Table 1, Fig. 2와 같다.

1) 浮遊物質

河川水에 浮遊物質이 많아지면 물이 깨끗해 보이지 않고, 上水道나 工業用水의 이용에 나쁜 영향을 미칠 뿐만 아니라 水中生物의 光合成作用을 방해하는 역할을 한다.

4 차례의 조사 결과 梁山川에서의 總浮遊物質(TSS) 값은 6.1~21.3 mg/l로 다른 測點들에서 보다 變動幅도 크고 전체적으로 높게 나타났다. 洛東江 본류인 경우에는 Fig. 2에서 알 수 있는 바와 같이 상류인 勿禁에서 하류인 華明洞 測點으로 갈수록 浮遊物質量이 다소 줄어드는 경향이 있으나, 下端 測點에서는 이와 달리 약간 높게 나타났다. 이것은 沙上工團의 排水水가 華明洞과 下端 測點 사이에서 流入되기 때문으로 생각된다.

2) 生化學的 酸素要求量(BOD) 및 化學的 酸素要求量(COD)

조사기간중 BOD 平均値의 변동 범위를 보면 勿禁 0.76~1.65 ppm, 梁山川 1.16~2.28 ppm, 華明洞 0.55~1.19 ppm, 下端 2.02~6.93 ppm 정도였고, COD의 경우는 下端 測點에서의 변동폭이 가장 커서 8.95~21.95 ppm이었다.

우리나라 環境保全法에서 1급 上水道源水인 경우 BOD는 1 ppm 이하, 2급인 경우 3 ppm 이하, 3급과 1급 工業用水는 6 ppm 이하라야 하며 8 ppm이 넘으면 農業用水로도 부적당한 것으로 되어 있다. 이러한 기준에 비교하면 華明洞에서의 BOD는 2 ppm 이하이고, 梁山川은 3 ppm 이하이지만 下端에서는 6 ppm을 넘을 때가 많아 汚染이 심하게 된 水域으로 판단된다. 勿禁과 華明洞 測點에서의 BOD와 COD 값은 李 등(1982)의 조사 결과인 洛東江上流 4월의 평균 BOD 5.4 ppm, 평균 COD 11.8 ppm 보다는 낮았다.

潮汐週期에 따른 BOD와 COD의 변동 양상은 Fig. 2와 같이 각 測點에서 비슷하게 나타났고, 특히 下端에서 그 값이 크게 나타난 것은 앞에서 설명한 바와 같이 沙上工團廢水가 유입되기 때문으로 여겨진다.

3) 營養鹽類

수중 無機營養鹽類인 NO_3^- -N, NO_2^- -N, NH_4^+ -N 그리고 PO_4^{3-} -P는 유역 농경지에서 유입된 것과 수중 有機物의 분해 결과 생성된 것으로 藻類의 급격한 번식을 유발시켜 食水나 工業用水로의 이용에 나

韓英鎬·洪聖根·金榮燮

Table 1. Results of the water quality analysis

Date	Site	TSS (mg/l)	VSS (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)
May 19	A	10.0 (5.2-15.3)	2.1 (1.4-3.0)	1.7 (0.9-2.5)	3.5 (3.3-3.7)	0.15 (0.10-0.17)
	B	16.7 (11.7-21.3)	3.3 (2.8-3.9)	2.2 (1.4-3.1)	4.6 (4.1-5.0)	0.30 (0.24-0.39)
	C	9.1 (6.8-12.7)	1.4 (1.0-1.9)	1.2 (0.8-1.7)	2.9 (2.5-3.1)	0.17 (0.15-0.19)
	D	7.3 (6.3-9.4)	2.5 (1.2-4.0)	6.9 (1.1-11.2)	13.4 (3.1-44.5)	0.61 (0.38-0.98)
May 28	A	8.2 (4.4-10.8)	2.1 (0.9-4.7)	0.8 (0.6-1.1)	3.6 (3.1-4.0)	0.13 (0.10-0.16)
	B	18.2 (11.5-21.3)	4.1 (2.3-5.8)	2.3 (1.3-3.2)	6.8 (4.3-8.7)	0.76 (0.20-1.49)
	C	6.5 (2.3-11.3)	1.4 (0.9-2.0)	0.6 (0.2-0.8)	3.0 (2.5-3.4)	0.14 (0.11-0.15)
	D	6.9 (3.9-11.1)	1.2 (0.7-1.6)	2.2 (0.9-5.1)	12.9 (2.0-30.6)	0.78 (0.38-1.33)
June 5	A	5.4 (4.0-6.9)	1.2 (0.6-1.6)	1.1 (0.9-1.4)	4.4 (2.6-8.5)	0.12 (0.08-0.17)
	B	9.0 (7.0-12.5)	1.2 (1.1-3.2)	1.8 (1.1-2.4)	7.5 (6.5-9.7)	0.63 (0.28-1.10)
	C	4.1 (2.3-9.5)	0.9 (0.3-2.6)	0.8 (0.4-1.2)	6.4 (2.6-8.9)	0.20 (0.14-0.26)
	D	5.3 (3.4-7.1)	1.3 (0.6-2.1)	3.1 (1.9-3.7)	21.9 (7.3-42.9)	0.93 (0.40-1.40)
June 11	A	5.2 (3.4-6.1)	1.2 (0.8-1.8)	1.2 (0.4-2.4)	3.5 (1.3-5.5)	0.21 (0.17-0.28)
	B	9.1 (6.1-15.6)	1.8 (1.6-2.1)	1.2 (0.3-2.5)	6.1 (4.4-8.2)	0.36 (0.26-0.50)
	C	5.6 (4.0-8.4)	1.2 (0.8-1.5)	0.7 (0.5-1.3)	4.2 (2.0-6.6)	0.31 (0.20-0.48)
	D	7.8 (4.3-10.0)	1.2 (1.0-1.5)	2.0 (1.3-2.8)	9.0 (3.2-20.8)	0.67 (0.25-1.49)
Date	Site	NO ₂ ⁻ -N (mg/l)	NO ₃ ⁻ -N (mg/l)	PO ₄ ⁻³ -P (mg/l)	Cu (μg/l)	Zn (μg/l)
May 19	A	0.02 (0.02-0.03)	0.85 (0.81-0.88)	0.03 (0.02-0.03)	2.44 (1.78-4.94)	N D (N D-N D)
	B	0.02 (0.02-0.03)	0.66 (0.48-0.87)	0.03 (0.02-0.05)	3.49 (2.47-4.94)	7.74 (4.76-11.11)
	C	0.02 (0.02-0.03)	0.86 (0.84-0.87)	0.03 (0.01-0.05)	3.19 (0.99-11.36)	5.56 (4.76-5.35)
	D	0.04 (0.03-0.04)	0.78 (0.47-1.21)	0.03 (0.01-0.04)	2.33 (1.48-4.94)	19.97 (11.11-27.78)
May 28	A	0.02 (0.02-0.03)	0.69 (0.63-0.77)	0.04 (0.03-0.06)	1.60 (1.09-2.03)	N D (N D-N D)
	B	0.04 (0.03-0.05)	0.40 (0.21-0.59)	0.04 (0.01-0.06)	3.43 (2.34-3.90)	5.25 (N D-10.80)
	C	0.02 (0.02-0.03)	0.71 (0.61-0.81)	0.01 (0.01-0.02)	1.40 (1.09-1.87)	0.36 (N D-2.52)
	D	0.05 (0.04-0.06)	0.53 (0.37-0.68)	0.05 (0.02-0.07)	2.14 (1.40-4.52)	19.95 (N D-45.00)
June 5	A	0.03 (0.02-0.03)	0.62 (0.53-0.67)	0.02 (0.01-0.04)	1.08 (0.70-1.41)	6.00 (N D-16.07)
	B	0.07 (0.05-0.08)	0.39 (0.25-0.51)	0.04 (0.02-0.07)	3.22 (2.46-4.40)	29.34 (12.50-50.00)

Table 1. Results of the water quality analysis

Date	Site	NO ₂ ⁻ -N (mg/l)	NO ₃ ⁻ -N (mg/l)	PO ₄ ³⁻ -P (mg/l)	Cu (μg/l)	Zn (μg/l)
	C	0.03 (0.02-0.04)	0.68 (0.63-0.72)	0.03 (0.01-0.06)	0.88 (ND-1.58)	4.39 (1.78-8.93)
	D	0.05 (0.04-0.06)	0.35 (0.19-0.44)	0.09 (0.04-0.14)	2.31 (1.06-6.69)	35.73 (21.43-60.71)
June 11	A	0.04 (0.03-0.05)	0.62 (0.53-0.67)	0.01 (ND-0.01)	0.96 (ND-1.41)	7.02 (ND-16.96)
	B	0.04 (0.04-0.05)	0.48 (0.43-0.55)	0.01 (0.01-0.02)	3.50 (2.11-5.98)	19.64 (10.71-29.46)
	C	0.06 (0.04-0.08)	0.55 (0.46-0.64)	0.01 (0.01-0.02)	1.94 (0.53-4.40)	4.08 (ND-10.71)
	D	0.07 (0.04-0.08)	0.12 (0.03-0.21)	0.07 (0.05-0.08)	1.91 (1.06-2.64)	23.21 (10.71-34.82)

* A: Mulgum site, B: Yangsan site, C: Hwamyong site, D: Hadan site, (): range

쁜 영향을 미치고, 이들 藻類의 微生物에 의한 분해로 수중 溶存酸素의 결핍을 가져오고 水質을 악화시키는 2次的 汚染物質들이다.

Fig. 2에서 알 수 있는 바와 같이 NH₄⁺-N, NO₂⁻-N, PO₄³⁻-P는 沙上工團廢水의 영향을 직접 받고 있는 下端에서 가장 높았다. 梁山川에서의 濃度 역시 본류에서 보다 높게 나타났는데 이것은 梁山川이 본류의 營養鹽汚染源으로 작용하고 있음을 보여주는 것이다. 그러나 NO₃⁻-N는 勿禁과 華明洞에서 梁山川과 下端에서 보다 약간 높게 나타났었다.

調査流域의 營養鹽類濃度를 Vollenweider의 湖沼營養度分類에 의하면 中營養狀態(全 P가 0.03~0.1 ppm, 無機態 N 0.5~1.5 ppm)에 해당되는 營養鹽類가 상당히 풍부한 수역에 해당된다. 이러한 결과는 河口堰이 완공되면 형성될 淡水湖에 풍부한 營養鹽類가 공급되어 다량의 藻類가 번식하여 소위 淡水赤潮가 發生할 가능성을 보여준다.

4) 重金屬

Table 1과 Fig. 2에서와 같이 구리와 亞鉛은 梁山川에서 각각 2.11~5.98 ppb와 ND~50.00 ppb로 勿禁이나 華明洞에서 보다 훨씬 높게 나타났으며 沙上工團廢水의 영향을 받는 下端에서도 상당히 높게 나타났다. 카드뮴, 납, 水銀 등도 조사하였으나 거의 검출되지 않았다.

2. 流出量

各 測點에서 조사한 시각별 流量은 Fig. 3과 같고 平均流出量은 Table 2와 같다.

各 測點에서의 河幅은 勿禁 290~316 m, 梁山川

63~89 m, 華明洞 350~390 m 정도였으며 潮汐의 영향으로 변동폭이 상당히 크게 나타났다. 그리고 水深變動은 勿禁에서 1.6 m, 梁山川 0.3 m, 華明洞 1.3 m로 勿禁에서 水位變動이 가장 컸고, 大潮期가 小潮期 보다 약 1.5배 정도 크게 나타났다. 各 測點에서 最大流速은 大潮期 落潮時에 勿禁에서 0.77 m/sec, 梁山川 0.25 m/sec, 華明洞 1.81 m/sec였다.

Fig. 3에서 各 測點의 流量 最大와 最小值를 보면 勿禁 644.3 m³/sec, -565.0 m³/sec, 梁山川 44.9 m³/sec, -43.24 m³/sec, 華明洞 740.5 m³/sec, -538.6 m³/sec이다. 流量이 負의 값을 가지는 것은 漲潮時 流速이 負의 값을 나타내기 때문이다.

平均流出量은 勿禁 97.02 m³/sec, 梁山川 3.7 m³/sec, 華明洞 98.8 m³/sec였으며 梁山川은 本流의 約 4%정도였다.

3. 汚染負荷量

水質과 流出量 조사 결과를 이용하여 계산한 各 항목별 負荷量은 Table 4와 같다.

調査期間中 COD를 제외한 TSS, VSS, BOD의 負荷量들은 상류에서 하류로 갈수록 점차 감소하는 경향을 보였으며 그 減少率은 TSS 7.5 ton/day, VSS 4.3 ton/day, BOD 3.5 ton/day였다. COD는 BOD와 달리 하류측인 華明洞 부근에서 증가하는 경향을 보였는데 이러한 이유는 華明洞 바로 아래에서 아파트 團地와 만덕천으로부터 生活用水가 유입되고 이것이 逆流時 測點 부근으로 移動하였기 때문으로 생각된다.

營養鹽類의 負荷量變動은 그다지 크지 않았으나

韓英鎬·洪聖根·金榮燮

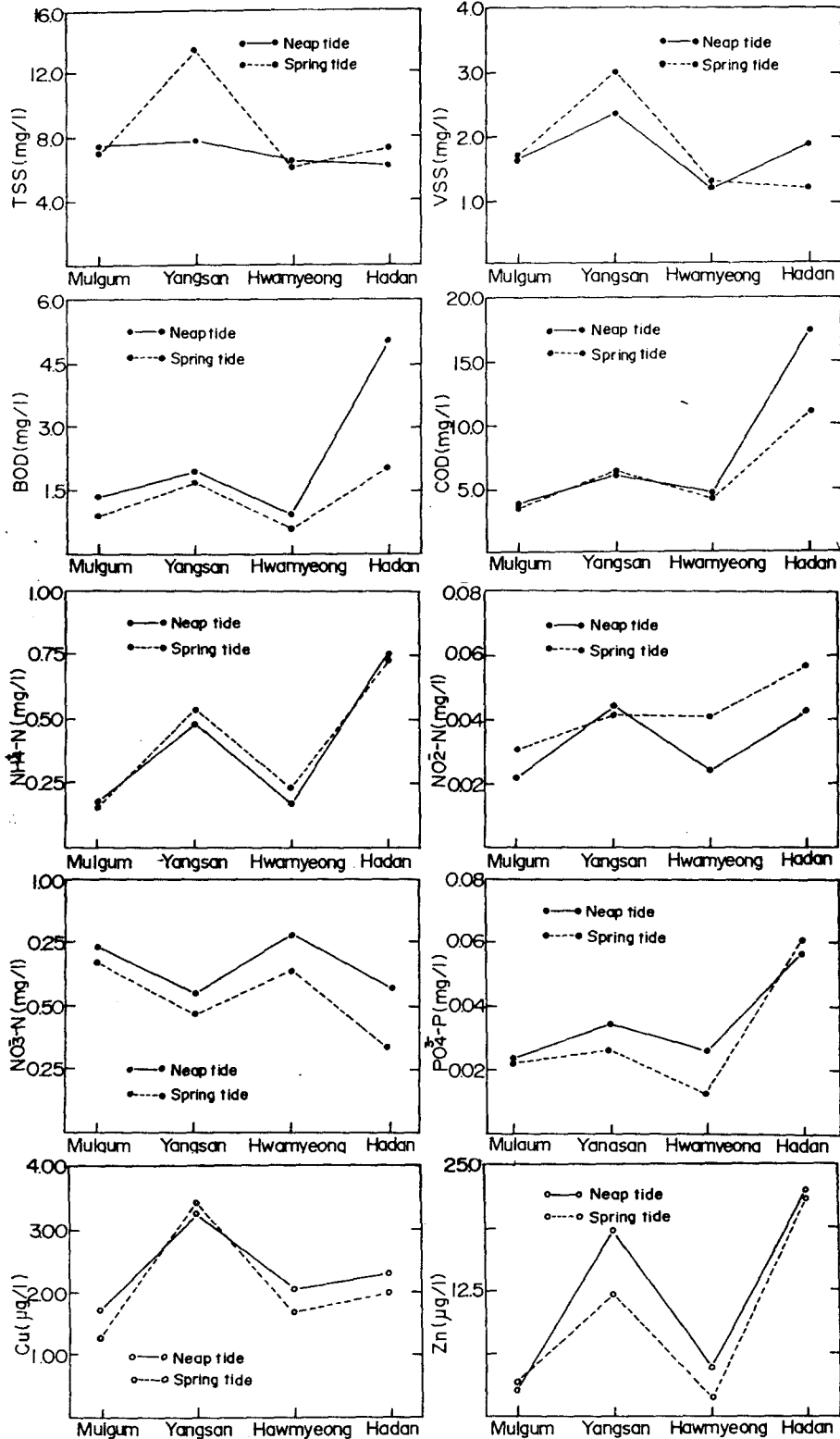


Fig. 2. Concentration variation of water quality at each station with response to the tides.

洛東江下流의 水質과 汚染負荷量에 관한 研究

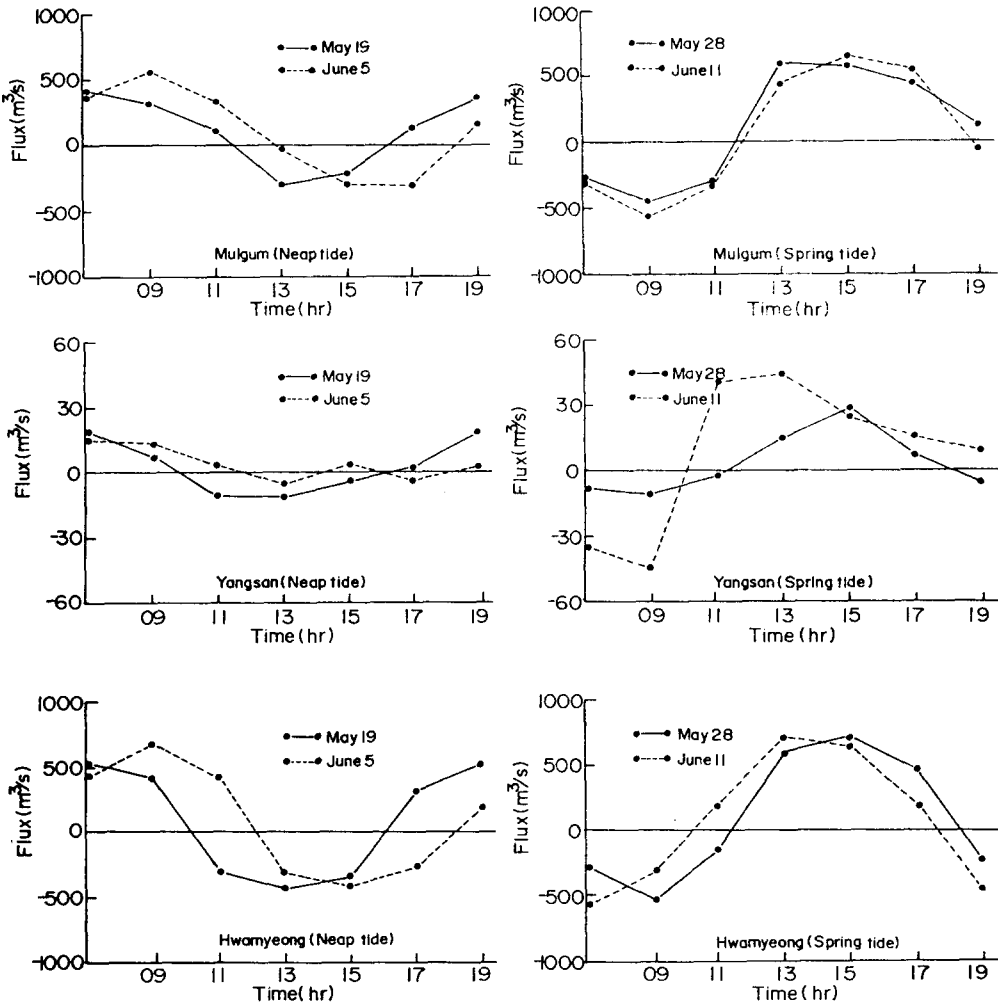


Fig. 3. Variation of flow rate at each station with response to the tides.

Table 2. Mean flow rate at each station with response to the tides

Site	Neap tide		Spring tide		Mean
	May 19	June 5	May 28	June 11	
Mulgum	84.78	110.47	98.06	94.75	97.02
Yangsan	4.01	3.42	4.08	3.14	3.66
Hwamyong	88.97	112.76	98.18	95.12	98.76

하류측인 華明洞에서의 값이 상류측인 勿禁에서 보다 약간 높게 나타났다. 이것은 汚染物質들이 逆流에 의해 조사지점에 영향을 주기 때문으로 해석된다.

Table 3에서 보던 勿禁의 平均負荷量에 대한 梁山

川의 平均負荷量 比는 浮遊物質 約 7.5%, BOD 6.2%, COD 6.3%, 營養鹽類 4.7%, 구리 8.7%, 亞鉛 16.2% 정도로서 平均 約 8.3%로 나타났다. 梁山川의 流出量이 本流의 約 4% 정도임을 고려하면 負荷量 8.3%는 상당히 높은 값이며, 이것은 洛東江下流水質에 대한 梁山川의 영향이 그만큼 크다는 것을 의미한다.

要 約

勿禁, 梁山川, 華明洞 그리고 下端에 이르는 洛東江下流域에서 1983년 5~6월에 潮汐變動에 따른 水質分析과 流出量을 조사하여 汚染負荷量을 산출하고,

Table 3. Budget of the pollutant loading at each station

Date	Site	TSS (g/sec)	VSS (g/sec)	BOD (g/sec)	COD (g/sec)	NH ₄ ⁺ -N (g/sec)	NO ₂ ⁻ -N (g/sec)	NO ₃ ⁻ -N (g/sec)	PO ₄ ³⁻ -P (g/sec)	Cu (mg/sec)	Zn (mg/sec)
May 19	A	847.80	178.04	139.89	292.49	12.72	1.53	72.06	2.29	206.79	ND
	B	66.97	13.23	8.90	18.45	1.20	0.10	2.77	0.12	13.99	31.84
	C	809.63	124.56	105.87	254.45	15.13	1.69	76.51	2.31	283.81	494.76
May 28	A	657.00	205.93	74.53	349.09	12.55	2.35	67.66	4.12	156.90	ND
	B	74.26	16.73	9.30	27.87	3.11	0.16	1.63	0.16	13.99	21.42
	C	638.17	137.45	54.00	297.49	13.25	2.26	69.71	1.38	137.45	35.34
June 5	A	593.22	135.88	119.31	490.49	13.26	2.76	68.49	2.32	119.31	662.82
	B	30.78	6.70	5.71	25.65	2.16	0.22	1.33	0.14	11.01	100.34
	C	461.19	98.10	84.57	716.03	22.55	2.27	76.68	2.82	99.70	495.02
June 11	A	490.70	113.70	108.02	332.57	19.90	3.60	53.06	0.38	90.96	665.15
	B	28.57	5.65	3.64	19.28	1.13	0.14	1.51	0.04	10.99	61.67
	C	532.67	114.14	62.78	398.55	29.49	5.52	52.32	0.86	181.68	2207.04
Mean	A	647.18	158.39	110.44	366.16	14.61	2.56	65.32	2.28	143.51	331.99
	B	50.15	10.58	6.89	22.81	1.90	0.16	1.81	0.12	12.50	53.77
	C	610.42	118.56	76.81	416.63	20.11	3.19	68.81	1.84	175.43	808.19

* A: Mulgum site B: Yangsan site C: Hwamyong site

梁山川의 本流에 대한 영향을 評價한 결과는 다음과 같다.

1. 梁山川의 總浮遊物質 값은 6.1~21.3 mg/l로 다른 測點에서 보다 높았다. BOD의 평균치는 勿禁에서 1.16 mg/l, 梁山川 1.83 mg/l, 華明洞 0.79 mg/l, 下端에서 3.56 mg/l였다.

2. 營養鹽類의 濃度는 下端에서 가장 높았고, 梁山川에서의 값 역시 本流 보다 약간 높게 나타났다. 구리와 亞鉛의 濃度는 梁山川에서 가장 높았다.

3. 各 測點에서의 平均流出量은 勿禁 97.02 m³/sec, 梁山川 3.7 m³/sec, 華明洞에서 98.76 m³/sec였고 梁山川의 本流에 대한 流出量 比는 約 4% 정도였다.

4. TSS, VSS, BOD에 대한 汚染負荷量들은 上流인 勿禁에서 下流인 華明洞으로 갈수록 감소하였으나 BOD와 營養鹽類의 負荷量은 華明洞에서 높게 나타났다.

5. 勿禁에서의 平均負荷量에 대한 梁山川의 平均負荷量 比는 約 8.3%로 나타났다.

文 獻

박영규(1970): 洛東江 流域의 水質에 관한 研究(II). 영남대학교 논문집(제3집), 185-190.

梁漢燮·元鍾融(1978): 洛東江 勿禁取水場 上水道 源水의 鹽化이온과 마그네슘 濃度의 年間 變動에 대하여(1974~1977年). 韓水誌 11(2), 103-109.

柳青魯·張善德(1979): 洛東江 河口의 潮汐과 流動. 韓水誌 14(2), 71-77.

李瑞來·崔彦浩·梁在昇·宋賢順·盧在植(1980): 洛東江 水系의 水質保全을 위한 調查研究 제3보, 1979년도 季節別 本流의 水質分析. 環境保全協會誌 1(2), 55-70.

李瑞來·梁在昇·崔彦浩·盧在植(1980): 洛東江 水系의 水質保全을 위한 調查研究 제4보, 自淨因子의 二次年度評價. 環境保全協會誌 1(2), 71-90.

張善德·柳青魯·李文沃·李在喆(1981): 洛東江 河口의 鹽水運動. 韓水誌 16(1), 31-37.

崔相·鄭兌和(1972): 洛東江 河口水域의 營養鹽類와 有機懸濁物質. 韓水誌 7(1), 1-14.

崔彦浩·李瑞來(1982a): 洛東江 中流水系의 水質調查 研究(1978~1980年). 韓國環境學會誌 1(1), 31-38.

—————(1982b): 洛東江 中流水系의 自淨能力評價. 韓國環境學會誌 1(1), 39-47.