

汚濁河川水の地球化學的인 研究(第Ⅱ報)

서울市內 河川水 및 工場排水의 化學的 酸素要求量

延世大學校 理工大學 化學科

李 龍 根

(1969. 9. 23 접수)

GEOCHEMICAL INVESTIGATIONS OF CONTAMINATED RIVER WATERS

Part II -Chemical Oxygen Demand of River Water and Industrial Waste Water in Seoul

by

Yong Keun Lee

Department of Chemistry, College of Science and Engineering,
Yonsei University

(Received Sep. 23, 1969)

ABSTRACT

River water and industrial waste water in Seoul were studied by means of chemical oxygen demand(COD) as an indicator for water pollution, from August 1967 to July 1968.

Rivers flowing through residential and industrial areas are badly contaminated and COD of water in Han River increases as it progresses to downstream.

Seasonal variation of COD showed that higher value of COD was observed in spring and lower in autumn. It is clear that the seasonal variation of COD is influenced by the precipitation.

Close relationship was found between COD and population density. The lowest COD curve obtained by plotting COD values against population density and show that the curve slopes upward. The discontinuation of the curve was shown at the population density of 14,000/km²; an increase in COD was acute over the population density of 14,000/km².

서 론

우리나라 都市의 下水道는 매우 빈약하며 下水處理施設을 가진 곳은 거의 없다. 그러므로, 많은 都市의 家庭下水나 工場排水는 거의 대부분 河川에 放流되고 있다. 이런 현상은 좁은 면적에 많은 人口가 密集되고 産業施設이 급증된 都市에서는 곧 河川水質의 惡化로 나타난다.

都市下水나 工場排水에 의한 公害는 河川으로 放流되는 有機物의 腐敗에 기인되는 경우가 많다. 따라서 河川의 汚染度試驗에는 특히 有機物을 定量的으로 측정하는 방법이 많이 이용되고 있다.

서울市內의 水質汚染에 대한 研究로는 몇몇 河川에 대한 水質調査는 많이 되고 있으나^{1),2)}, 都市全域에 대한 水質과 그 變化에 대한 연구는 약간 있을 뿐^{3),4)} 충분히 논의되어 있지 않다. 특히 人口密度와 汚濁과

의 關聯性에 대한 報文은 없는 것 같다.

이 실험은 工場排水나 都市下水가 河川에 放流될 때 水質의 汚染度와 그의 季節的인 變化 또는 汚濁의 原因 등을 考察하는 目的으로 化學的 酸素要求量(COD)을 汚濁의 指標로 선정하여 서울시內 主要河川水 및 産業別 工場排水에 대하여 1967년 8월부터 1968년 7월까지 1년간에 걸쳐 COD의 變化 및 分布狀態를 측정하고 季節的變化, 降水量의 影響, 人口密度에 따르는 變化 등 여러 因子에 대하여 考察하였다.

실 험

1. 採水地點

廣範圍한 地域인 서울시 管內의 採水는 상당한 勞力과 機動力 없이는 매우 어려우므로 試水採取는 市內 中心地를 中점으로 하여 漢江本流地點 5點을 비롯한 住宅地帶河川 3點과 工場地帶河川 3點 등 11點의 汚濁河川水와 産業別 工場排水 15點 등 26點을 선택하였고 採水地點의 위치를 Fig. 1에 나타내었다.

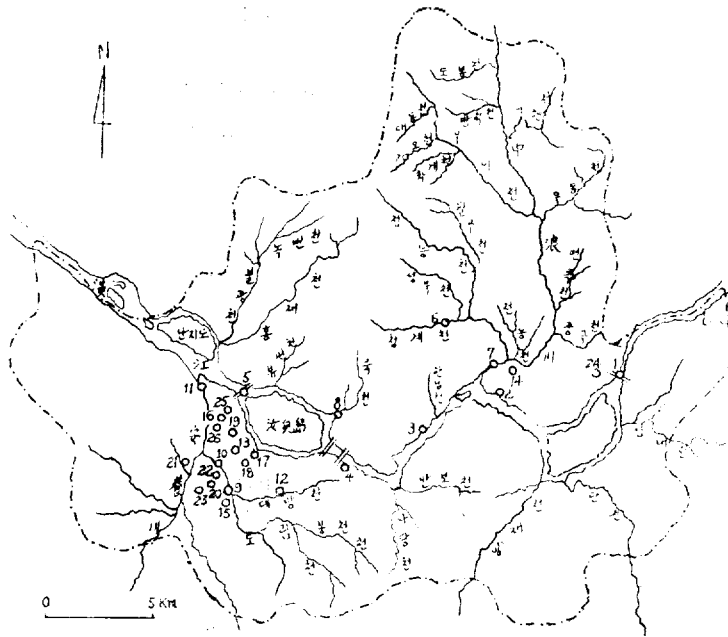


Fig. 1. Places for collection of water sample

2. 採水方法

1967년 8월부터 1968년 7월까지 1년에 걸쳐 매일 1회씩 중순에 採水하였다. 河川試水는 원칙적으로 中央流心部에서 採取하였고 그렇지 못할 경우에는 강가에서 수 m 떨어진 곳의 水深 약 20~30 cm에서 採取하였으며 工場排水는 排水口에서 직접 採取하였다. 모든 試水는 Polyethylene 병을 사용하여 採水할 때마다 試水로 수회 씻은 다음 採取하였다.

3. 測定法

現場에서 채취한 試水를 가급적 低溫(10°C이하)으로 하여 실험실로 운반하고 $KMnO_4$ 를 酸化劑로 하여 JIS 법¹⁾으로 측정하였다.

결과 및 고찰

서울시內 河川水와 工場排水에 대한 COD의 측정 결과는 Table 1, 2와 같다.

여러 河川들은 모두 높은 COD값을 나타내고 있으며 非汚濁河川의 平常時의 COD를 $1mg/l$ 이하로 분하면²⁾ 이들 河川水는 전부 汚濁되어 있다. 그들 중에서 여러 河川이 합하는 漢江本流 各地點의 平均値는 $6.8\sim 9.1 mg/l$ 로서 가장 汚濁度가 적은 것은 여러 河川水系의 合流로 인하여 희석후 自淨效果 때문이라고 생각되며 人口密度가 큰 住宅地帶河川의 平均値가 $58.1\sim 65.3 mg/l$ 의 큰 값을 나타내는 것은 人間活動으로 인한 家

TABLE 1. Range and mean values of COD in river water (Aug. '67~July. '68)

Regional group	Sample No.	Sampled at	Water temp. (°C)	PH	Cl (mg/l)	COD (O ₂ mg/l)
Han River area	1	廣 壯 橋	0~26	6.9~8.8	6~20	1.6~12.8
			13	7.4	11	7.8
	2	寺 埴	0~25	6.0~7.8	7~21	1.6~10.2
			14	7.3	14	6.8
	3	普 光 洞	0~25	6.6~8.3	~21	3.6~14.6
13			7.3	15	8.4	
4	鷺 梁 津	0~25	6.5~8.3	5~18	2.4~12.0	
		13	7.2	12	7.4	
5	第 2 漢江橋	0~26	6.9~8.3	8~20	3.2~18.4	
		15	7.4	13	9.1	
Residential area	6	清 溪 川	7~24	6.8~8.2	100~190	32.8~126.0
			16	7.4	139	65.3
	7	城 東 橋	4~25	6.8~8.1	28~156	18.4~94.0
15			7.4	100	58.1	
8	元 曉 橋	4~24	7.0~7.8	75~179	16.8~120.0	
		15	7.3	120	64.7	
Industrial area	9	道 林 橋	5~36	6.9~11.6	118~225	100.0~340.0
			18	8.0	173	185.0
	10	大 方 川	2~31	6.7~8.0	103~225	47.6~68.0
17			7.4	173	59.3	
11	楊 花 橋	2~27	5.4~8.5	35~260	48.0~240.0	
		15	7.1	121	117.2	

TABLE 2. Range and mean values of COD in industrial waste water (Aug. '67~July. '68)

Industrial group	Sample No.	Sampled at	Water temp. (°C)	PH	Cl (mg/l)	COD (O ₂ mg/l)
Textile	12	A 紡 織	9~41	2.3~10.2	45~274	12.0~560.0
			32	6.3	96	99.3
13	B 紡 織	16~34	6.8~13.2	51~180	110.0~640.0	
		25	8.6	105	252.2	
Food processing	14	C 食 品	7~24	6.9~7.9	103~562	190.0~980.0
			16	7.3	295	561.0
	15	D 食 品	8~40	2.3~9.5	204~2,021	110.0~1,680
25			6.9	836	582.9	
16	E 食 品	1~21	5.0~9.3	39~376	120.0~800.0	
		10	7.0	115	332.0	
Brewery	17	F 釀 造	21~32	7.1~8.4	37~82	8.8~90.0
			28	7.7	57	37.4
	18	G 釀 造	18~36	4.4~11.9	51~113	7.2~76.0
27			7.8	76	50.7	
19	H 釀 造	37~49	6.6~8.7	23~146	30.0~480.0	
		43	7.3	83	191.8	
Chemical	20	I 藥 品	15~42	6.7~8.3	26~207	56.0~116.0
			26	7.4	91	96.3
	21	J 藥 品	6~30	2.6~13.6	305~6,128	2.0~124.0
20			10.1	1,610	22.5	
22	K 化 學	11~32	5.9~9.0	162~312	9.6~92.0	
		21	7.1	233	38.3	
Oil & Fat Papermill Leather tanning	23	L 油 脂	14~32	2.4~10.9	60~241	20.0~1,160
			25	6.7	116	202.7
24	M 製 紙	4~29	4.2~7.9	6~15	36.0~193.0	
		17	6.4	12	82.8	
25	N 皮 革	7~27	6.6~9.8	202~840	90.0~920.0	
		19	8.3	660	326.7	
26	永登浦遊水池	7~28	5.9~8.7	126~547	88.0~520.0	
		19	7.3	312	241.7	

庭下水나 糞尿들의 主成分인 有機物 때문에 몹시 汚染되어 있기 때문일 것이다.

특히 여러 工場의 밀집된 工場地帶河川은 平均値가 59.3~185.0 mg/l 로서 水質은 극도로 惡化되어 있다. 이는 人間活動이외로 化學, 製紙, 染料, 油脂, 皮革, 釀造, 紡織 등의 여러 工場으로부터 많은 各種廢水가 放流되기 때문에 水質의 汚染度가 가장 크다.

이와 같은 地域別 河川水의 汚染度는 COD에서 뿐만 아니라 동시에 측정된 鹽素이온, 鐵 含量 사이에서도 같은 傾向을 나타내었다.

서울市內와 같이 工業廢水가 汚濁源으로 될 수 있는 河川水의 水質汚濁의 判定은 근래 COD를 基準으로 삼는 傾向이 뚜렷하다. 예컨대, 英國의 Trent 河川廳은 河川의 水質分類의 基準으로 BOD 대신에 COD 를 適用하고 河川의 公共用水로서의 制限値를 COD 4 mg/l로 정하였고¹³⁾ Mersey 河川廳은 河川에 放流하는 工業廢水의 處理基準에서 COD를 60 mg/l 이하로 정하였다¹⁴⁾. 또한 日本의 水質基準設定의 예에서도 江戸川(東京)의 平常時의 COD는 7 mg/l를 넘지 못하도록 設定하고 있다¹⁵⁾.

서울市 管內를 흐르는 漢江의 中流部는 서울市의 水道水源이며 工業用水의 水源인 동시에 下流部나 海域은 農水産面에서도 중요한 水域임에도 불구하고 漢江本流의 COD 平均値는 6.8~9.1 mg/l 로서 대부분 先進國의 公共用水의 COD 制限値를 벗어나고 있다.

工場排水에 있어서도 Table 2에서와 같이 F, G 釀造, J 藥品, K 化學을 제외하고는 모두 60 mg/l 보다 훨씬 크다.

이러한 實情에 비추어 今後, 産業의 急速한 發展에 따라 廢水量의 增加, 새로운 汚濁物質의 발생 등으로 극도의 水質汚濁이 예상되므로 適切한 廢水處理基準 및 安全水質基準의 設定과 早速한 廢下水處理施設이 要望된다.

Table 3에 이번 調査한 産業別 工場排水의 COD 測定值의 範圍와 平均値를 나타내었다.

TABLE 3. Order of COD pollution by industry

Industry	COD (O ₂ mg/l)
Food processing	110.0~1,680 491.9
Leather tanning	90.0~920.0 326.7
Oil & Fat	20.0~1,160 202.7
Textile	12.0~640.0 175.7

Brewery	7.2~480.0 95.5
Paper mill	36.0~193.0 82.8
Chemical	2.0~124.0 50.9

産業施設의 種類와 規模에 따라 相異하나 이번 調査範圍內에서는 産業別 COD 汚染源의 順位는 食品, 皮革, 油脂, 紡織, 釀造, 製紙, 化學工業의 順序이다.

測定期限에 걸쳐 봄, 여름, 가을, 겨울의 4 季節로 整理한 採水地點別 河川水의 COD 變化는 Fig. 2와 같다. 여기서 봄, 여름, 가을, 겨울의 季節은 각각 3~5월, 6~8월, 9~11월, 12~2월까지의 期間을 나타내며 한 계절의 측정회수는 3회이고 측정치는 算術平均値로

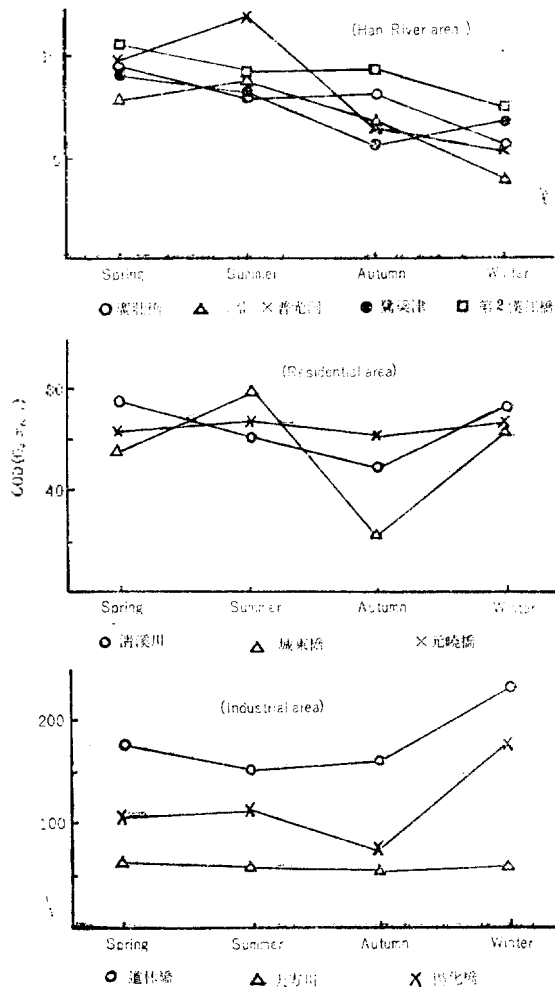


Fig. 2. Seasonal Variation of COD

나타내었다.

漢江本流 각 地點의 季節別 COD 변화는 주기적인 변화가 없고 도리어 봄부터 점차 계절에 따라 감소되는 경향을 나타낸다. 住宅地帶河川에서는 여름부터 가을로 향하여 감소되고 다시 겨울에 증가되며 工場地帶에서도 겨울에 증가된다.

河川水の COD는 다소 예외는 있으나 대체로 가을에 極小, 봄에 極大로 나타난다. 이와 같이 서울시管內의 河川水の COD는 地點別로 다르기는 하나 일반적으로 주기적인 변화를 하여 가을에 極小, 봄에 極大로 나타난다. 4계절을 통하여 季節別로 COD의 極大와 極小를 나타내면 Table 4와 같다.

TABLE 4 Seasonal frequency of Max. and Min. values of COD

	Spring	Summer	Autumn	Winter
Maximum	5	3	0	3
Minimum	0	1	6	4

보통 河川水는 降雨水에 의하여 水量이 많아지면 地表의 腐敗物이 씻겨 내려가기 때문에 COD도 증가하는 것으로 알려져 있다. 그러나 都市에서는 工場排水나 有機物質의 主成分인 家庭下水가 河川에 放流되는데 이것이 雨水로써 도리어 희석되어 COD가 低下되는 경우도 있을 것이다.

測定期間중의 降水量의 季節變化는 Fig. 3과 같다.

降水量과 COD季節變化를 비교하면 降水量이 적은 봄에 COD가 크고 비교적 많은 가을에 COD의 極小가 많이 나타난다.

다만 봄에 COD가 큰 것은 解氷期에 다가 降水量이 겨울보다 증가하므로 地表에 쌓여 있던 COD供給物質이 씻겨 나가기 때문일 것이고 가끔 겨울에 極大가 나타나는 것은 降水量이 적기 때문에 家庭下水나 工場排水가 희석되지 않고 그대로 河川에 放流되는 것이 큰 원인인 것 같다. 또한 여름에 일부 COD의 極大가 나타나고 겨울에 極小가 가끔 나타나는 것은 그 地域의 季節에 따르는 微生物의 繁殖과도 관련된다고 생각된다.

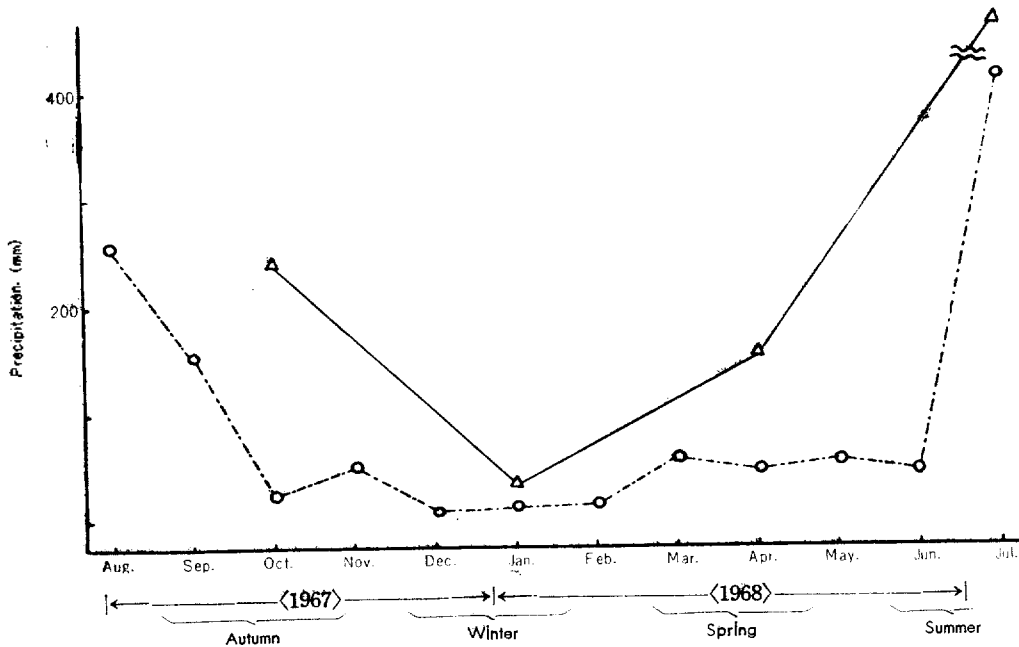


Fig. 3. Variation of Precipitation.

Fig. 4에서의 같이 漢江本流 각 地點의 流下에 따르는 COD 변화는 가을철 외의 계절에는 廣壯橋와 普光洞을 제외하고는 일반적으로 下流로 갈수록 증가되고 流下에 따른 季節別 COD 변화는 여름이 가장 심하다. 여기서 유의할 것은 上流이며 都市下水의 영향이 적은 廣

壯橋에서 큰 COD를 나타내는 것은 그 원인이 上流地域의 汚染을 추측할 수 있으며 上流의 工場이나 田畠의 施肥로 인한 汚水가 流入한 것으로 보인다. 또한 普光洞의 COD가 큰 것은 都心地에서 몹시 汚染된 清溪川을 비롯한 中浪川水系의 영향을 여름과 봄에 특히

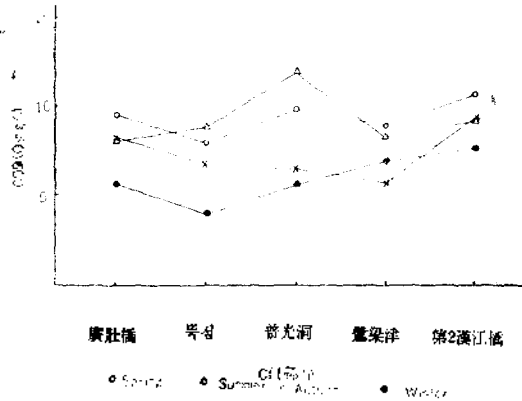


Fig. 4. Variation of COD by flow

많이 받는 때문이다. 가장 下流地點인 第2漢江橋는 住宅地帶를 흐르는 旭川과 奉元川등의 都市下水의 영향을 받은 외로 下水口를 통한 汝矣島 건너 쪽 永登浦地域의 많은 工場廢水의 放流로 인하여 漢江本流全域 중에서 최고의 汚染을 나타내고 있다. 漢江本流는 汚染度가 가장 적은 河川이므로 겨울에는 微生物의 繁殖이 적고 住宅地帶에서 生活用水의 排水量이 적기 때문에 일반적으로 겨울에 COD의 極小가 나타나며 반대로 봄에 極大로 나타난다. 그러나 碓岫과 普光洞은 여름에 極大를 나타낸다. 그 이유는 碓岫에서는 그 上流에 있는 水泳場의 영향으로 생각되며 普光洞은 여름에 住宅地帶의 用水量이 가장 많기 때문에 이들이 淸溪川을 비롯한 中浪川支川들을 통하여 流入되므로 地域적으로 가장 汚濁되어 있으며, 또한 이로 인하여 여름에 微生物의 繁殖이 왕성하여 COD의 極大가 나타난다고 생각된다.

河川의 汚染度에 있어서 雙梁津의 COD(7.4mg/l)는 1956년에 中央化學研究所에서 조사한 第1漢江橋 부근의 COD(4.9 mg/l)¹⁾에 비하여 약 1.5 배로 증가되었고 淸溪川(65.3 mg/l)과 城東橋(58.1 mg/l)에서는 1961년에 서울特別市 衛生試驗所에서 조사한 값(淸溪川의 年平均値 22.6 mg/l, 城東橋의 年平均値 11.7 mg/l)²⁾에 비하여 약 3배, 5배로 각각 몹시 증가되어 있다. 이와같이 漢江에서는 COD 比較年度の 差가 큼에도 불구하고 淸溪川이나 城東橋에서보다 COD의 增加率이 도리어 적은 것은 漢江의 汚染度가 적기 때문에 自淨能力이 淸溪川이나 城東橋보다 큰 까닭일 것이다. 또한 城東橋의 COD 증가율(약 5배)이 淸溪川의 증가율(약 3배)보다 큰 이유는 淸溪川에 영향을 미치는 都心地인 中區나, 鍾路區의 人口증가율보다도 郊外의 人口增加率이 훨씬 크기 때문에 이곳을 흐르는 中浪川支川들이 合流되는 城東橋의 COD 증가율이 보다 크다고

추측된다. 여하튼 河川汚染은 人口增加와 밀접한 관계가 있는 것으로 보인다.

Fig. 5에 河川水의 COD와 人口密度와의 관계를 나타내었다. 여기서 COD는 매월 측정된 값이며 人口密度는 1967년도와 1968년도 10월 1일 현재로 조사된 값^{16),17)}을 사용하였고 매월 측정된 COD를 각각 그 해의 人口密度와 對比하였다.

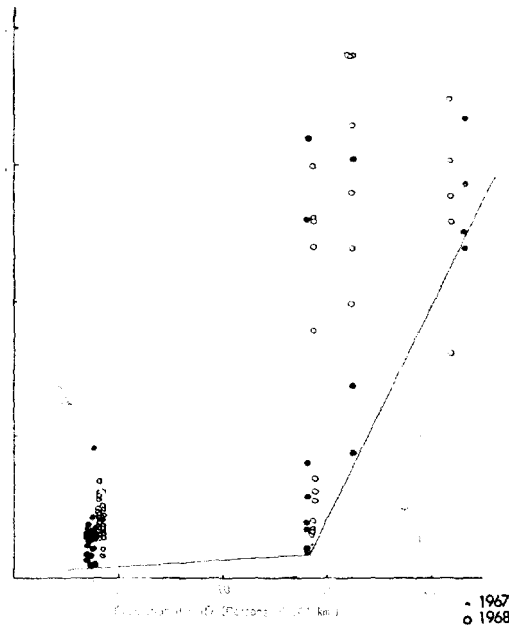


Fig. 5. Relationship between COD and Population density

河川의 COD는 流量, 上流의 人口와 工場의 數, 種類, 規模 등으로 결정되므로 원칙적으로는 上流地域의 人口密度와 비교하여야 하나 실제로는 河川의 流域面積을 정확히 알기 어려우므로 여기서는 편의상 COD를 그 採水地點이 속하는 區의 人口密度와 비교하였다. 그러나, 淸溪川과 城東橋의 두 採水地點은 모두 城東區에 속하지만 이들은 汚濁이 심한 住宅地帶를 흘러내리는 河川이므로 淸溪川의 COD는 鍾路區와 中區의 平均人口密度와 비교하였고 城東橋는 淸溪川, 城北川, 貞陵川, 牛耳川 및 中浪川이 合流되는 곳이므로 그 COD는 이들 河川들이 흐르는 鍾路區, 中區, 城北區, 東大門區, 城東區의 平均人口密度와 비교하였다. 또한 工場地帶河川水의 COD는 人口密度와 그다지 관련이 없으므로 여기에는 나타내지 않았다.

일반적으로 人口密度가 클수록 家庭下水나 産業廢水가 많이 河川에 放流되므로 人口密度는 직접 河川의 汚濁에 크게 영향을 끼친다.

Fig 5에 의하면 COD와 人口密度와는 대략 正의 相

關性이 나타나나, 그다지 密接한 關係는 아니다. 그까
담은 일반적으로 COD가 人口密度에 比例하나 여기서는
河川流域面積을 알기 어려웠기 때문에 COD를 정확
한 人口密度와 비교하지 못한 것과 또한 河川上流의
産業廢水の 排水量이 人口密度와 그다지 關係 없기 때
문일 것이다.

각각의 人口密度에 대한 COD最小值를 연결하면 구
부러진 最低COD曲線이 그어진다. 最小COD 曲線은 人
口密度가 14,000人/km² 부근까지 勾配가 매우 적으며
COD는 3.5 mg/l 이하이다. 14,000人/km² 이상에서는
密度 증가에 따라 曲線도 直線의으로 급격하게 上昇한
다. 人口密度가 14,000人/km² 이하에서 曲線의 勾配가
緩慢한 것은 汚濁物質의 供給量과 河川의 自淨作用에
의한 淨化能力이 均衡되기 때문일 것이고 그 이상으로
人口密度가 증가하면 河川의 自淨能力이 汚濁物質의
供給量을 뒤쫓지 못하여 不均衡되기 때문에 曲線이 갑

자기 上昇된다고 생각된다. 이와 같은 最低COD曲線은
물론 地域에 따라 다르며 都市 및 河川의 規模, 流量
등에 따라 일정하지 않다.

서울市內 河川水의 COD 分布狀態는 다음과 같이 地
帶別로 크게 분류된다. 漢江本流 各 地點의 COD는
1.6~18.4 mg/l로서 그중 4mg/l 이상이 87%를 차지하
고 半數이상이 7.0~18.4mg/l이다. 住宅地帶河川水는
16.8~126 mg/l이며 82%가 40 mg/l 이상이고 45~75
mg/l가 半數 이상을 차지하고 있다. 工場地帶河川에서
는47.6~340 mg/l로서 대부분이 140 mg/l 이하이나,
200mg/l 이상인 때도 있다.

Table 5에 河川水의 COD의 頻度를 나타내었고,
이것을 Histogram 로 나타내면 Fig. 6과 같이 漢江本
流 및 住宅地帶河川의 COD는 거의 正規分布를 나타내
나 工場地帶河川에서는 그렇지 못하다.

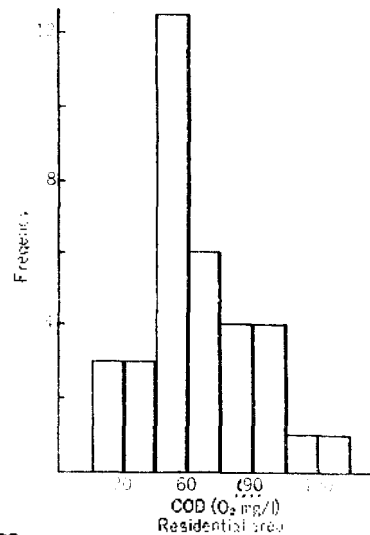
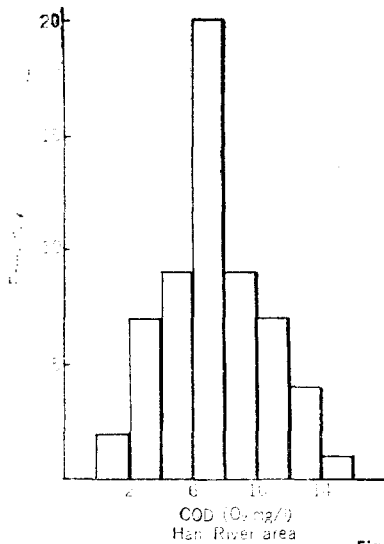


Fig. 6. Histogram of COD.

TABLE 5. frequency of COD in river water

Han River area		Residential area		Industrial area	
COD (O ₂ mg/l)	Freq.	COD (O ₂ mg/l)	Freq.	COD (O ₂ mg/l)	Freq.
~2.0	2	15.0~30.0	3	40.0~70.0	11
2.1~4.0	7	30.1~45.0	3	70.1~100.0	4
4.1~6.0	9	45.1~60.0	12	100.1~130.0	8
6.1~8.0	20	60.1~75.0	6	130.1~160.0	1
8.1~10.0	9	75.1~90.0	4	160.1~190.0	1
10.1~12.0	7	90.1~105.0	4	190.1~220.0	5
12.1~14.0	4	105.1~120.0	1	220.1~250.0	1
14.1~	1	120.1~135.0	1	250.1~	1

결 론

1967년 8월부터 1968년 7월까지 서울시內 河川水 및 工場排水의 COD를 調査한 결과는 다음과 같다.

1. 비교적 人爲的 汚染이 적은 漢江本流 각 地點의 COD 平均値는 6.8~9.1 mg/l이며, 下流地點일수록 그 값이 증가하나 특히 봄과 여름에는 普光洞이 가장 汚濁度가 크다.

2. 都市下水의 영향을 크게 받는 住宅地帶河川의 COD 平均値는 58.1~65.3 mg/l 이고 그중 淸溪川의 汚染이 제일 심하다.

3. 工場廢水로서 汚染된 工場地帶河川의 COD 平均値는 59.3~185.0 mg/l 이다.

4. 각종 産業廢水인 工場排水의 COD 平均値는 50.9~491.9mg/l이며 生産工場의 종류와 규모에 따라 큰 差를 나타낸다.

5. 住宅地帶河川水의 汚染源은 주로 人間活動에 의한 家庭下水, 糞尿 등의 主成分인 有機物이고 工場地帶河川水는 이의로 産業施設의 廢水의 영향이 크며, 工場排水는 전적으로 각종 産業廢水에 기인된다.

6. 河川水의 季節別 COD變化는 봄에 極大가 많이 나타나며 極小는 가을에 가장 많다.

7. 서울시內 河川水의 最低 COD 曲線은 人口密度 14,000人/km²로부터는 密度 증가에 따라 급격하게 증가된다.

8. 漢江本流 각 採水地點과 住宅地帶河川水의 COD

의 Histogram은 거의 正規分布를 나타낸다.

참 고 문 헌

- 1) 權肅杓 外, 中央化學研究所報告, 5, 68 (1956)
- 2) 金星湖 外, *ibid*, 8, 79 (1959)
- 3) Hygienic Chem. Sec, *The Bulletin of The City of Seoul of Hygienic Laboratories*, 1, 13 (1961)
- 4) L. H. Yoo *et al*, *ibid*, 3, 21 (1963)
- 5) 交炳烈 外, 中大論文集, 10, 393 (1965)
- 6) 서울特別市 一圓水質調査綜合報告(延世大自然科學研究所, 1967)
- 7) S. P. Kwun *et al*, *The New Medical Journal*, 11, 155 (1968)
- 8) S. P. Kwun *et al*, *ibid*, 11, 349 (1968)
- 9) K. J. Whang, *J. Korean Chem. Soc.*, 12, 163 (1968)
- 10) Y. K. Lee, *Yonsei Non-Chong*, 6, 337 (1969)
- 11) JIS K-0101 (1966) p. 22
- 12) I. Iwasaki, T. Nitta, *Nippon Kagaku Zasshi*, 77, 349 (1956)
- 13) Lewis Klein, *Aspects of River Pollution*, (1957)
- 14) 清浦富作, 工業廢水(日刊工業新聞社, 東京 1965) p. 262
- 15) 江戸川の水質基準, 水, vol. 5 (1962)
- 16) 서울統計年報(서울特別市, 1968) p. 14
- 17) 常住人口調査結果報告(서울特別市, 1969) p. 11