

都市下水중 有機因子の 相互機關에 關한 研究

黃相容 · 孫鍾烈 · 禹完基*

東南保健專門大學
*長安專門大學

A Study on the Correlation of Organic Factors in Municipal Waste Water

Sang Yong Hwang · Jong Ryeul Sohn · Wan Gi Woo*

Dong-Nam Health Junior College
* *Chang-An Junior College*

ABSTRACT

Laboratory methods commonly used today are biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, and total organic carbon. Establishment of constant relationships among the various measures of organic content depends primarily on the nature of the wastewater and its source. Of all the measures, the most difficult to correlate to the others is the BOD₅ test, because of the problems associated with biological tests.

The results were summarized as follows,

1. For typical municipal wastes, however, the SBOD₅/SCOD_{cr} ratio varies from 0.14 to 0.34(mean 0.21), SBOD₅/STOC ratio varies from 0.35 to 1.19(mean 0.69)
2. Correlation analysis between the SBOD₅ and SCOD_{cr} gave good correlation coefficient $r = 0.903$ and the equation $Y = 3.756X + 16,221$ was obtained.
3. The correlation between the SBOD₅ and STOC was well presented with equation : $Y = 1,070X + 7,637$, and also correlation coefficient $r = 0.821$
4. The correlation between the SCOD_{cr} and STOC was well presented with equation : $Y = 0.256X + 5.513$ and also correlation coefficient $r = 0.816$.
5. Because of the rapidity with which the TOC test can be conducted, it is anticipated that more use will be made of these tests in the future.

I. 緒 論

우리나라의 도시하수는 주로 가정배수, 분뇨 및 공장배수 등인데, 그 중에서도 가정배수와 분뇨는 오염정도의 차이는 있으나 성분은 주로 유기물로 되어 있다.

현재 우리나라에서는 이 유기물의 예측방법으로서 BOD₅, COD Mn법을 규정하고 있으나, KMnO₄법에 의한 COD 분석방법은 재현성이 낮은 편이므로 대부분의 지표로 BOD₅를 채택하고 있을 뿐, 유기물에 대한 중요한 분석지표가 될수 있는 BOD, COD, TOC, 등에 대한 규명이 없었다.

본 연구에서는 도시하수의 유기인자의 농도를 분

석하므로서 BOD₅/TOC, BOD₅/COD, COD M_n/COD_{cr}, COD/TOC Ratio를 검토하고 하수중의 BOD, COD, TOC 등 각 유기인자들 간의 상관관계를 규명함으로써, 한가지 인자의 농도분석으로 타인자의 성분농도를 좀더 정확히 예측하고, BOD와 같이 저농도에서 많은 양의 시료, 장시간, 고도의 분석기술을 필요로 하며 오차요인도 많은 인자보다 좀 더 간편하고 신속한 방법으로 오염인자를 측정하므로서 기타 오염인자들도 용이하게 추측할 수 있다는 것을 나타냈다.

II. 實驗方法

1. 對象試料

실험의 정확을 기하기 위하여 서울시 종합종말처리장에서 1차처리된 도시하수를 시료로 선정하였으며, 다시 Soluble과 Total로 세분하였다. 또한 시료채취는 1개월 동안 32회에 걸쳐 시행되었다.

2. 分析方法

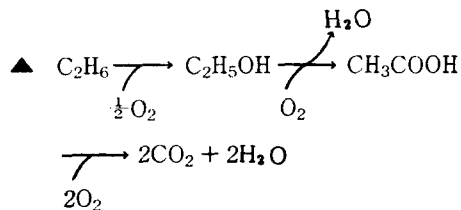
각 시료는 Standard Methods²¹의 시료보존방법에 의거하여 보관하였으며, 실험결과치는 각 시료의 분석항목당 최소 3회이상 반복실험한후 평균을 낸 것이다.

각 시료의 분석방법은 Table 1과 같다.

III. 結果 및 考察

1. 理論的 考察

하수중 유기인자의 상호관계를 조사하기 위한 이론적 고찰을 위한 대표적인 유기화합물들의 stoichiometric consideration⁴¹을 살펴보면



○ Ethane

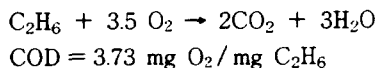


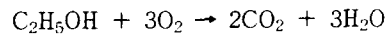
Table 1. Analysis method^{1,2)}.

Analysis Item	Method
BOD	Dilution Method
COD _{cr}	Titrimetry (K ₂ Cr ₂ O ₇)
COD _{Mn}	Titrimetry (KMnO ₄)
TOC	TOC Analyser

$$TOC = 0.8 \text{ mg C / mg } C_2H_6$$

$$\therefore COD / TOC = 4.663$$

○ Alcohol

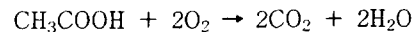


$$COD = 2.09 \text{ mg } O_2 / \text{mg } C_2H_5OH$$

$$TOC = 0.522 \text{ mg C / mg } C_2H_5OH$$

$$\therefore COD / TOC = 4.003$$

○ Acetic Acid



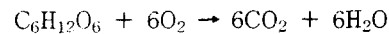
$$COD = 1.07 \text{ mg } O_2 / \text{mg } CH_3COOH$$

$$TOC = 0.4 \text{ mg C / mg } CH_3COOH$$

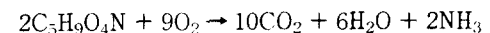
$$\therefore COD / TOC = 2.675$$

또한, Glucose와 Glutamic acid의 표준용액을 조제하여 Stoichiometric Consideration을 살펴보면

▲ Glucose



▲ Glutamic Acid



上記 반응식을 토대로 이론치를 계산해 보면 Glucose and Glutamic acid 200mg/l 표준용액인 경우는 ThOD가 306.8mg/l, ThOC는 121.2mg/l로 나타났으며, 400mg/l 표준용액인 경우는 ThOD가 613.6mg/l, ThOC는 242.4mg/l로 나타났다.

또한 上記 표준용액으로 실제 BOD₅, COD_{cr}, TOC실험을 한 결과는 Table 2에 나타난 바와 같이 이론치와 실제치가 거의 같게 나타났다.

그리고 네가지 표준용액의 실험결과치로 COD/TOC ratio를 구해보면 2.61~2.93으로 이론치의 2.39~2.67과 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

2. 實驗結果

도시하수의 특성에 따라 BOD와 COD TOC를

연관지어 적용하는 것은 가능하다. BOD가 생물학적인 반응이라는 문제점이 있으나 Table 3~5에 나타난 바와 같이 이들 항목들은 서로 일정한 관계를 유지하고 있다.

우선 Soluble과 Total의 ratio를 살펴보면 BOD₅가 0.39~0.97 (평균 0.63) COD_{cr}이 0.44~0.94 (평균 0.68) COD_{Mn}이 0.50~0.97 (평균 0.84) TOC가 0.31~0.95 (평균 0.72)로 나타났다. 여기서 COD_{cr}이 COD_{Mn}보다 평균 ratio가 적은 것은 K₂Cr₂O₇과 KM_nO₄의 산화력의 차이 때문으로 사료된다.

또한 Total과 Soluble를 구분하여 각 항목간의

평균 ratio를 비교해 보면, Total에서는 BOD₅/COD_{cr} = 0.24, BOD₅/TOC = 0.76, COD_{cr}/TOC = 3.35로 Soluble에서의 평균 ratio BOD₅/COD_{cr} = 0.21, BOD₅/TOC = 0.69, COD_{cr}/TOC = 3.31과 비슷하게 나타났다.

하수에 있어서 유기인자의 상호관계를 조사해 보기 위해 하수의 성상이 균일한 Soluble의 실험결과를 토대로 상관관계를 조사해 보았다.

이 결과 Fig. 1~3에서 나타난 바와 같이 SBOD₅ & SCOD_{cr}은 회귀직선식 $Y = 3.756X + 16.221$, $r = 0.903$. SBOD₅ & STOC는 회귀직선식 $Y = 1.070X + 7.637$, $r = 0.821$. SCOD_{cr} & STOC는 회귀직선식 $Y = 0.256X + 5.513$, $r = 0.816$ 으로

Table 2. Comparison of BOD₅, COD and TOC in Standard solution.

Analysis Item	BOD		COD _{cr}		TOC	
	5 day	20 day	Th OD	Analysis	Th OC	Analysis
Glucose + Glutamic acid 200 mg/l	210.6	306.0	306.8	311.1	121.2	118.0
Glucose + Glutamic acid 400 mg/l	397.8	602.0	613.6	605.0	242.4	230.0
Glutamic acid 150mg/500ml	182.5	—	293.6	300.0	122.4	115.0
Glucose 150mg/500ml	177.5	—	320.0	329.3	120.0	124.0

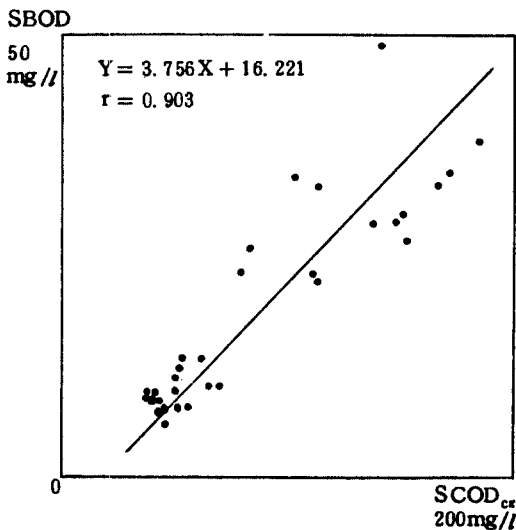


Fig. 1. The correlation between SBOD₅ and SCOD_{cr}.

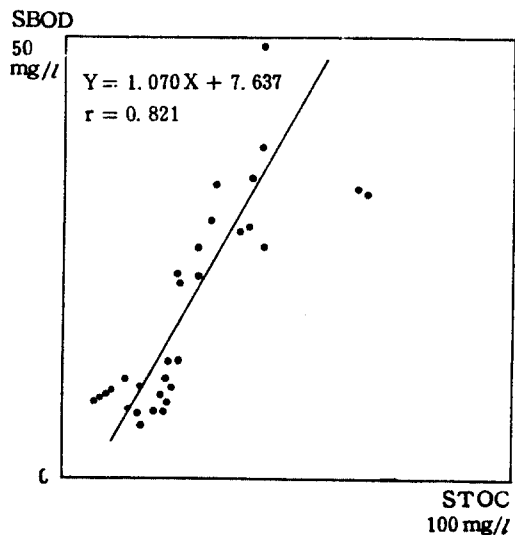


Fig. 2. The correlation between SBOD₅ and STOC.

Table 3. Comparison of organic factors in total and soluble municipal waste.

Sample No.	BOD		COD _{Cr}		COD _{Mn}		TOC	
	Total	Soluble	Total	Soluble	Total	Soluble	Total	Soluble
1	15.8	7.7	53.1	50.0	20.4	19.0	22.8	20.9
2	16.5	9.1	71.8	40.6	25.8	22.0	23.2	21.8
3	16.5	10.2	62.5	43.8	21.0	19.4	26.0	23.8
4	25.4	13.2	119.0	62.5	26.9	16.7	33.5	25.9
5	20.7	10.2	93.8	64.1	31.7	28.0	34.5	17.0
6	14.8	7.7	58.0	43.2	27.6	24.2	29.5	16.0
7	12.5	7.9	54.0	44.7	24.9	24.2	25.0	22.2
8	14.3	8.1	76.0	43.7	21.7	20.6	24.7	15.0
9	14.7	6.3	71.0	43.2	21.4	18.0	25.0	17.8
10	20.0	8.1	80.0	56.3	25.6	21.2	26.2	23.2
11	24.3	13.1	120.0	52.6	25.2	21.6	26.0	23.0
12	22.2	11.2	96.0	49.5	21.7	21.0	24.0	23.0
13	23.6	12.3	110.0	51.1	22.9	21.0	44.0	14.0
14	17.5	9.0	54.0	39.5	20.4	19.4	13.5	8.3
15	16.8	8.7	78.0	40.0	21.2	19.4	18.5	7.3
16	16.8	9.0	74.0	39.5	23.5	20.2	19.5	12.5
17	14.9	10.0	60.0	50.0	18.8	12.8	24.8	10.5
18	25.0	9.7	134.0	70.0	30.8	24.8	17.0	10.0
19	41.5	25.7	108.0	83.8	30.8	24.8	41.0	30.5
20	44.9	32.4	176.0	115.8	64.7	32.4	71.0	67.5
21	34.0	28.6	162.5	150.0	31.5	28.8	105.0	32.5
22	27.3	21.8	135.0	112.5	26.8	26.0	54.0	26.5
23	29.0	22.6	87.5	80.0	26.8	22.4	32.5	26.0
24	35.3	28.3	198.1	146.3	33.6	27.7	50.0	40.5
25	37.5	32.7	222.2	166.7	40.8	31.3	74.0	65.0
26	42.2	26.2	218.5	151.9	35.6	29.7	52.5	45.0
27	36.3	28.2	229.6	138.9	35.7	28.5	55.0	38.5
28	26.3	22.5	120.4	111.1	26.8	20.2	40.0	30.5
29	50.6	33.7	235.2	172.2	35.0	28.1	61.0	42.5
30	52.0	37.3	222.2	185.2	36.5	32.1	58.0	44.0
31	42.5	33.0	146.7	106.7	35.0	26.9	42.0	34.0
32	50.4	48.8	173.3	142.2	36.8	33.7	53.0	44.0
Range	12.5 ~ 52.0	6.3 ~ 48.8	53.1 ~ 235.2	39.5 ~ 185.2	18.8 ~ 64.7	12.8 ~ 33.7	13.5 ~ 105.0	7.3 ~ 60.5
Mean	27.57	18.54	121.89	85.86	29.0	23.94	38.96	27.48

상당히 높은 상관성을 보여 주고 있다.

이러한 실험결과를 볼 때 BOD test는 농도가 낮을수록 많은 양의 시료가 필요하고 실험 소요시간이 긴 단점이 있다. 그리고 COD test는 나라마다 통일된 분석법 채택에 어려움이 따르는 것으로 사

료된다. 이에 비해 TOC test는 미량의 시료로 신속, 정확하게 처리함으로써 우리나라 하수처리장, 분뇨처리장의 유출수 test에 측정의 신속, 인건비 절감 등의 잇점을 가져다 줄 것으로 사료된다.

Table 4. Soluble/Total ratio of Organic factors

Item Sample No.	BOD	COD _{cr}	COD _{Mn}	TOC
1	0.49	0.94	0.93	0.92
2	0.55	0.57	0.85	0.94
3	0.62	0.70	0.92	0.92
4	0.52	0.53	0.62	0.77
5	0.49	0.68	0.88	0.49
6	0.52	0.74	0.88	0.54
7	0.63	0.83	0.97	0.89
8	0.57	0.58	0.95	0.61
9	0.43	0.61	0.84	0.71
10	0.41	0.70	0.83	0.89
11	0.54	0.44	0.86	0.88
12	0.50	0.52	0.97	0.93
13	0.52	0.46	0.92	0.32
14	0.51	0.73	0.95	0.61
15	0.52	0.51	0.92	0.39
16	0.54	0.53	0.86	0.64
17	0.67	0.83	0.68	0.42
18	0.39	0.52	0.81	0.74
19	0.62	0.78	0.81	0.74
20	0.72	0.66	0.50	0.95
21	0.84	0.92	0.91	0.31
22	0.80	0.83	0.97	0.49
23	0.78	0.91	0.84	0.80
24	0.80	0.74	0.82	0.81
25	0.87	0.75	0.77	0.88
26	0.62	0.70	0.83	0.86
27	0.78	0.60	0.80	0.70
28	0.86	0.92	0.75	0.76
29	0.67	0.73	0.80	0.70
30	0.72	0.83	0.88	0.76
31	0.78	0.73	0.77	0.81
32	0.97	0.82	0.92	0.83
Range	0.39 ~ 0.97	0.44 ~ 0.94	0.50 ~ 0.97	0.31 ~ 0.95
Mean	0.63	0.70	0.84	0.72

IV. 結 論

일반적으로 유기물을 측정하는 방법으로서는 BOD, COD, TOC가 있으며, 이들 인자들간에는 일정한 관계가 성립되는 것으로 알려져 있다.

실험결과 BOD측정은 방법상의 문제점과 생물학

SCOD_{cr}

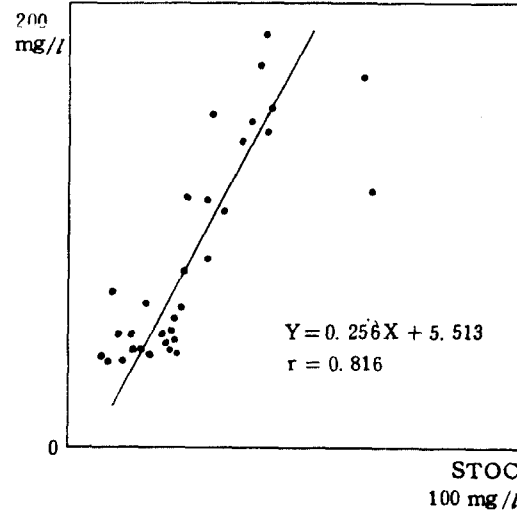


Fig. 3. The correlation between SCOD_{cr} and STOC.

적인 반응으로 다른 유기인자들과 관련지어 고찰하는데 어려움이 있었다.

실험결과를 요약해 보면,

1. 전형적인 도시하수에 있어, SBOD₅/SCOD_{cr}이 0.14~0.34(평균 0.21), SBOD₅/STOC가 0.35~1.19(평균 0.69)로 나타났다.
2. SBOD₅와 SCOD_{cr}을 비교해 보면 회귀직선식 $Y = 3.756X + 16.221$, $r = 0.903$ 으로 고도의 상관성을 나타내고 있다.
3. SBOD₅와 STOC를 비교해 보면 회귀직선식 $Y = 1.070X + 7.637$, $r = 0.821$ 로 비교적 높은 상관성을 보여주고 있다.
4. SCOD_{cr}과 STOC를 비교해 보면 회귀직선식 $Y = 0.256X + 5.513$, $r = 0.816$ 으로 비교적 높은 상관성을 나타내고 있다.
5. 실험결과 TOC test는 미량의 시료로 신속, 정확하게 처리되는 것으로 나타나, 앞으로 유기인자의 분석에 유효하게 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 環境處, 環境汚染公正試驗法, 1989.
2. APHA-AWWA-WPCF : Standard Methods.

Table 5. Correlation ratio of organic factors in total and soluble municipal waste.

Sample No.	Total			Soluble		
	BOD / COC _{cr}	BOD / TOC	COD _{cr} / TOC	BOD / COD _{cr}	BOD / TOC	COD _{cr} / TOC
1	0.30	0.69	2.33	0.15	0.37	2.39
2	0.23	0.71	3.09	0.22	0.42	1.86
3	0.26	0.63	2.40	0.23	0.43	1.84
4	0.21	0.76	3.55	0.21	0.51	2.41
5	0.22	0.60	2.72	0.16	0.60	3.77
6	0.26	0.50	1.97	0.18	0.48	2.70
7	0.23	0.50	2.16	0.18	0.36	2.01
8	0.19	0.58	3.08	0.19	0.54	2.91
9	0.21	0.59	2.84	0.15	0.35	2.43
10	0.25	0.76	3.05	0.14	0.35	2.43
11	0.20	0.93	4.62	0.25	0.57	2.29
12	0.23	0.93	4.0	0.23	0.49	2.15
13	0.21	0.54	2.50	0.24	0.88	3.65
14	0.32	1.30	4.0	0.23	1.08	4.76
15	0.22	0.91	4.22	0.22	1.19	5.48
16	0.23	0.86	3.79	0.23	0.72	3.16
17	0.25	0.60	2.42	0.20	0.95	4.76
18	0.19	1.47	7.88	0.14	0.97	7.0
19	0.38	1.01	2.63	0.31	0.84	2.75
20	0.26	0.63	2.48	0.28	0.48	1.72
21	0.21	0.32	1.55	0.19	0.88	4.62
22	0.20	0.51	4.25	0.19	0.82	4.25
23	0.33	0.89	2.69	0.28	0.87	3.08
24	0.18	0.71	3.96	0.19	0.70	3.61
25	0.17	0.51	3.00	0.20	0.50	2.56
26	0.19	0.80	4.16	0.17	0.58	3.38
27	0.16	0.66	4.17	0.20	0.73	3.61
28	0.22	0.66	3.01	0.20	0.74	3.64
29	0.22	0.83	4.01	0.20	0.79	4.05
30	0.23	0.90	3.83	0.20	0.85	4.21
31	0.29	1.01	3.49	0.31	0.97	3.14
32	0.29	0.95	3.27	0.34	1.11	3.23
Range	0.16 ~ 0.38	0.32 ~ 1.47	1.97 ~ 7.88	0.14 ~ 0.34	0.35 ~ 1.19	1.72 ~ 7.0
Mean	0.24	0.76	3.35	0.21	0.69	3.31

17th ed., American Public Health Association, 1989.

3. Metcalf and Eddy, Inc., Wastewater Engineering, McGraw-Hill Book Co., New York, 1979.

4. Anthony Gaudy and Elizabeth Gaudy, Microbiology for Environmental Scientist and Engineers, McGraw-Hill Book Company, 1980.

5. 日本薬學會編 衛生試験法, 1980.

6. Horbarth H. Willard et. al., Instrumental Methods of Analysis 6th., D. Van Nostrand

- Co., New York, 1980
7. Sawyer, C.N., McCarty, P.L., Chemistry for Sanitary Engineers, 2nd ed., McGraw-Hill, 394-412, 1967.
 8. Fair, G.M., Geyer, J.C. and Okun, D.A., Water and Waste water Engineering, Vol. 2, 33-1033-14, 1968.
 9. Mancy, K.H., Jaffe, T., "Analysis of Dissolved Oxygen in Natural and Wastewater," USDHEW Public Health Service, Pub., 999-WP-37, Cincinnati, Ohio, 1966.
 10. Stumm, W., Morgan, J.J., Aquatic Chemistry, Wiley Interscience, 54-58, 1970.
 11. Cripps, J.M., Jenkins, D., : A COD Method Suitable for the Analysis of Highly Saline Waters, J. Water pollution Control Fed., 36, 1240, 1964.
 12. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes, Environmental Protection Agency, 17-28, 1971.