

부산시 하천퇴적물의 유기 오염도 평가

Evaluation of Organic Sediments Qualities for the Urban Streams in the Busan City

이준기 · 김석구* · 송재홍** · 이태윤 †

Junki Lee · Seogku Kim* · Jaehong Song** · Taeyoon Lee †

부경대학교 환경공학과 · *한국건설기술연구원 · **홍보산업(주)

Department of Environmental System Engineering, Pukyong National University

*Korea Institute of Construction Technology, Construction Environmental Research Department

**Hongbo Industrial Co., Ltd

(2009년 6월 16일 접수, 2009년 9월 28일 채택)

ABSTRACT : The purpose of this study is to offer informations about the current conditions and basic data of stream sediments in Busan city. So we first select 14 urban streams and collect sediment samples. Then, COD, proximate analysis, volatile solid, organic carbon content and elemental analysis were conducted to determine characteristics of the sediments. Results show that COD, volatile solid, Organic carbon content, T-N of sediment are determined in the range of 1.20~75.07 mg/g, 0.19~11.54%, 0.23~34.21% and 0.76~3.46%, respectively.

Analysis data of sediments were compared with USEPA sediment quality standards and ontario sediment quality guidelines. As a result, when compared with COD, volatile solid and organic carbon content values, Bosucheon and Gudeokcheon are relatively heavily contaminated than the remainder sampling sites. But when compared with T-N values, all of sites were evaluated as seriously contaminated.

Finally, for the determination of the correlations between sediment COD and moisture contents, ash contents, volatile solid, total organic carbon, total nitrogen and total carbon, linear model was fitted to the data using a least-squares algorithm. As a result, Linear model was well fitted to each data with good values of the correlation coefficient ($r=0.9664\sim0.8501$).

Key words : Sediments, COD, T-N, T-P, Water quality

요약 : 본 연구는 부산시에 위치한 하천들에 대한 기본적인 퇴적물 데이터와 현재의 오염상태에 대한 정보를 제공하기 위한 목적으로 수행되었다. 먼저 부산시 하천중 14곳을 선정하고 대상하천의 퇴적물을 채집하였다. 그리고 퇴적물특성을 알아보기 위해 퇴적물의 화학적산소요구량, 강열감량, 유기탄소, 원소분석을 실시하였고 그 결과 퇴적물의 화학적산소요구량, 강열감량, 유기탄소, 총질소 함량이 각각 1.20~75.07 mg/L, 0.19~11.54 %, 0.23~34.21%, 0.76~3.46%로 나타났다.

퇴적물의 분석 데이터를 각각 USEPA 퇴적물 환경기준과 캐나다 온타리오 퇴적물 환경기준과 비교해 본 결과, COD, 강열감량, 총유기탄소 값으로 평가했을 경우 보수천과 구덕천이 다른 하천에 비해 상대적으로 심하게 오염된 것으로 평가되었지만 총질소 값으로 비교해 본 결과 결과적으로 모든 하천이 심한 오염상태인 것으로 평가 되었다.

최종적으로 퇴적물COD와 수분함량, 회분함량, 강열감량, 유기탄소량, 총질소, 총인과의 상관관계를 알아보기 위해 Linear 모델에 최소자승법을 적용해 fitting 하였고 그 결과 모든항목에서 퇴적물COD와 높은 상관관계 ($r=0.9664\sim0.8501$)를 뵈을 알 수 있었다.

주제어 : 퇴적물, 화학적산소요구량, 총인, 총질소, 수질

1. 서론

1970년대 이후 인구의 도시집중, 산업발달 및 도시화로 인해 생활용수, 공업용수 등의 오수가 공공수역으로의 유입 되는 양이 점차 증가 추세에 있으며 이로 인해 도시하천의 부영양화 현상이 날로 심각해져 자연정화능력이 떨어지고

수질환경은 점차 악화되고 있다. 하천의 부영양화는 조류의 이상증식을 유발할 뿐 만 아니라 산소고갈, 저서생물의 고사, 악취발생 등의 문제를 야기 시킨다.^{1~5)} 또한 수 저층으로 침강·퇴적된 유기물이 분해되는 과정에서 산소를 소모하며 혐기적인 조건 하에서는 황화수소 및 메탄이 발생하여 퇴적물 내 혹은 퇴적물 표층부 저서생물에게 나쁜 영향을

† Corresponding author : E-mail : badger74w@pknu.ac.kr Tel : 051-629-6530 Fax : 051-629-6523



Site	Latitude	Longitude
Chun stream	35°09'27.67" N	129°09'11.27" E
Ocheon stream	35°12'23.64" N	129°04'41.58" E
Woodang stream	35°10'17.62" N	129°08'22.98" E
Bajeon stream	35°11'14.03" N	129°02'29.53" E
Bese stream	35°07'26.45" N	129°00'31.82" E
Gabek stream	35°07'22.52" N	129°01'06.18" E
Seokde stream	35°13'38.35" N	129°08'50.58" E
Songjeong stream	35°11'49.25" N	129°12'25.78" E
Hakjang stream	35°08'39.33" N	128°59'25.08" E
Daeri stream	35°12'05.94" N	129°00'14.95" E
Manhwa stream	35°14'49.86" N	129°12'56.00" E
Jukseong stream	35°14'43.68" N	129°13'23.98" E
Seobu stream	35°14'47.26" N	129°13'09.82" E
Ilgwang stream	35°15'58.93" N	129°14'04.20" E

Fig. 1. Map showing the study areas.

끼치며 수중으로 용출되어 수중생물까지 영향을 끼친다.^{5,6)} 실제 부산시 대부분의 하수시설은 우수, 생활 오·폐수가 동일 관로로 배수되는 합류식 관거로 되어있고 현재 부산시 내의 도심 관류 하천은 인구 및 산업체의 증가로 인한 악성 오·폐수로 인하여 악취가 진동하여 심미적 불쾌감을 초래하고 위생해충이 서식하여 시민 건강생활을 위협할 정도로 오염되어 있다.⁹⁾

특히 하천퇴적물의 경우 무산소-혐기성 상태일 때 혐기성 박테리아가 퇴적물 중의 유기물질을 분해하여 CH₄, NH₄, H₂S, N₂와 같은 물질을 생성하여 이중 메탄과 같은 온실기체로 인한 지구온난화, 황화수소로 인한 악취유발 등의 문제를 유발할 수 있다. 수계로부터 유입된 오염물질이 집적된 퇴적물은 pH나 산화환원전위(ORP) 등의 수환경의 변화에 따라 흡착, 침전되어 있던 질소, 인 등의 영양염류나 중금속 등을 수중으로 재 용출시켜 수질악화를 초래할 수 있는 내부 수질오염원으로 작용할 수 있다.⁷⁾ 퇴적물과 하천수는 끊임없는 물질교환이 이루어지므로 퇴적물의 화학적 구성은 하천수 수질에 큰 영향을 주게 된다. 이에 퇴적물의 조성 및 오염상태를 토대로 하천수의 수질을 예측하려는 시도와 체계적인 조사 관리의 필요성이 점차 증대되고 있다.

이처럼 퇴적물이 수질, 대기에 미치는 영향을 파악하기 위해서는 먼저 퇴적물에 대한 보다 정확하고 신뢰성 있는 분석이 선행되어 오염정도를 정확하게 파악하여야 하지만,⁸⁾국내에서는 1980년대 후반부터 퇴적물의 오염현황 파악 및 처리 등에 관한 기초적인 연구가 산발적으로 진행되

었으나 체계적인 관리 대책은 미흡한 실정이며, 국내의 경우 담수 퇴적물의 분석에 대한 공인된 시험방법조차 마련되지 않아 토양오염공정시험방법이나 일본 위생시험법 중 저질시험법 등 다양한 분석법을 적용함으로써 자료의 일관성이 결여되는 문제점이 발생하고 있다.⁹⁾ 현재 해양오염공정시험법에서 저질조사 항목별 분석방법이 제시되고 있으나 저질조사 지점의 선정, 조사 횟수, 분석항목과 방법, 결과자료의 편차 등의 이유로 아직까지 저질조사에 관한 지침이나 연구가 활발히 진행되지 않는 실정이다. 따라서 저질조사와 관련된 연구진이 구성되고 토론 등을 거쳐 어느 수역에서 어떤 항목에 관하여 저질분석이 이루어져야 하는지 저질조사의 지침서나 공정한 저질조사 방법에 따라서 저질분석이 이루어져야 하며 아울러 저질정보의 전국적 data base를 통하여 비교 가능하도록 할 필요가 있다.⁶⁾

이에 본 연구에서는 부산지역에 위치한 지방 2급 하천 중 총 14개 지점을 선정하여 각 하천퇴적물의 pH, 화학적산소 요구량, 영양염류인 총질소와 총인, 강열감량, 원소분석, 유기탄소 등을 분석하여 비교함으로써 도심하천의 적절한 수질개선 방법 수립함에 있어 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 뿐만 아니라 이와 유사한 다른 하천에 대한 향후 하천 퇴적물의 관리기준 수립의 근거나 체계적인 조사와 관리의 기초자료로서도 활용가치가 클 것이다.

2. 연구범위 및 실험방법

2.1. 시료채취 및 연구범위

부산시에서 관리하고 있는 지방2급 하천은 44개소 총 192 km이며 23개소의 하천이 강서구와 기장군에 위치하고 있다. 지방2급하천의 복개율은 하천연장 대비 약 22.6%에 달하며 과밀지구 하천 11개소는 전구간이 복개되어 원래 하천의 모습을 찾아보기 어려운 실정이다. 이에 본 연구에서는 부산발전연구원에서 실시한 '부산지역 도시하천 실태분석과 환경관리방향에 관한연구' 보고서 선행연구결과를 토대로 상대적으로 도심지역 주변에 위치하고 있고, 하천복개율이 낮아 시료채취가 용이하며, 선행연구 결과 인위적 오염이 상대적으로 심한 곳을 우선순위로 하여 대상하천을 선정하였고, 이에 총 14개소 하천에 대하여 2009년 3월 21일에 각 하천에 대한 시료채취를 하여 퇴적물에 대하여 분석을 실시하였으며 시료채취 대상하천의 특성은 Table 1에 요약되어 있으며¹¹⁾ 대상구역의 위치와 좌표는 Fig. 1과 같다. 퇴적물 시료는 대상 하천의 상류, 중류, 하류 3지점에서 채취하였고 퇴적물 시료의 경우 각 지점별에서 3회 이상 채취하여 균질하게 혼합 후 즉시 실험실로 운반하여 냉동보관 후 공정 시험방법에 따라 분석을 실시하였다.

2.2. 실험방법

본 연구에서는 각 하천퇴적물에 대해서 pH, COD_{Mn}, 공업분석, 강열감량, 원소분석, 유기탄소에 대해 분석을 실시하였다. pH측정에는 EUTECH INSTRUMENTS사의 PC510 Bench pH/conductivity meter를 사용하여 시수

채취 즉시 측정하였다. pH측정은 해양오염공정시험방법의 퇴적물 pH 측정방법에 따라 105~110℃ 온도의 건조기에 넣어 24시간 건조 후 5 g을 취해 증류수 25 mL와 혼합 후 pH meter로 측정하였다.

퇴적물의 대략적인 유기물 함량을 나타내는 강열감량 측정은 해양오염시험방법의 강열감량 시험방법에 따라 충분히 건조된 시료 약 5 g을 550℃ 전기로에서 2시간 동안 강열시킨 후 시료를 데시게이터 속에서 항량이 되도록 건조한 후 강열 전·후의 무게 차로써 계산하였다.

공업분석은 국내의 경우 KS규격, 그리고 미국의 경우 ASTM이라는 규격이 있으며 본 연구에서는 KS규격의 E-3705의 방법에 준하여 실시하였다. 이 방법은 시료의 수분, 회분, 휘발분, 고정탄소 = 100으로 계산된다. 수분은 107±2℃에서 1시간 건조 시켜 그 무게감량에 해당하고, 회분은 800℃시료를 회화시켜 회의 함량을 측정하며, 휘발분은 925±20에서 7분간 건류시켜 측정 하였다.

퇴적물의 화학적산소요구량(COD) 또한 해양오염공정시험방법의 퇴적물 COD 분석방법인 알카리성 과망간산칼륨법에 따라 이루어졌다. 이 방법은 습시료 1 g을 취해 0.1 N 과망간산칼륨용액 100 mL에 넣고 1시간 중탕 후 용액을 여과한 다음 전체부피를 500 mL로 맞춘 다음, 100 mL를 취하여 0.1 N 티오황산나트륨 용액으로 적정하여 계산하였다.

그리고 원소분석과 유기탄소의 분석은 각각 건조, 분쇄와 같은 전처리를 한 후 각각 Macro and Micro Elemental Analyzer (Vario macro/micr, Elementar (Germany))와 Total Organic Carbon Analyzer (TOC-Vcph, Shimadzu (Japan))을 사용하여 분석을 실시하였다.

Table 1. Information of sampling sites

Sites	Length (km)	Area (km ²)	Annual amount of water resource (10 ⁶ m)	Run-off percentage (%)	low flow	Drought flow Q355	Minimum flow Q275	Normal flow Q185	Flood flow Q95
Chun stream	6.30	16.37	27.07	60.0	0.012	0.064	0.153	0.305	0.521
Oncheon stream	14.13	56.28	86.67	57.7	0.039	0.203	0.489	0.978	1.669
Woodong stream	1.00	3.7	5.66	56.7	0.002	0.040	0.050	0.070	0.130
Bujeon stream	4.19	7.66	9.04	55.8	0.016	0.021	0.046	0.098	0.211
Bosu stream	3.80	8.17	11.19	55.7	0.020	0.026	0.057	0.121	0.261
Gudeok stream	0.6	1.8	2.74	55.7	0.004	0.006	0.013	0.027	0.058
Seokdae stream	7.75	22.55	30.97	61.7	0.187	0.200	0.240	0.310	0.500
Songjeong stream	4.70	17.14	23.22	55.9	0.027	0.044	0.096	0.149	0.274
Hakjang stream	5.40	19.42	31.29	59.2	0.040	0.050	0.090	0.170	0.360
Daeri stream	1.60	4.30	6.24	62.0	0.094	0.100	0.110	0.124	0.166
Manhwa stream	2.50	8.15	12.73	58.9	0.006	0.030	0.072	0.144	0.245
Jukseong stream	4.50	17.03	25.56	59.0	0.012	0.063	0.150	0.301	0.513
Seobu stream	3.00	4.42	6.90	58.9	0.003	0.016	0.039	0.078	0.133
Ilgwang stream	6.20	19.24	9.44	63.1	0.019	0.044	0.133	0.156	0.303

Source : A study on environmental management of urban rivers in busan, Busan development institute (2006)

3. 실험결과 및 해석

3.1. 퇴적물의 유기오염도 분석 결과

본 연구에서는 하천 퇴적물에 대하여 pH, COD_{Mn}, 공업 분석, 강열감량, 유기탄소, 원소분석을 실시하였으며 그 결과를 Table 2에 정리하였다. 공업분석 결과 수분함량은 26.8~91.0%로 시료별 차이가 매우 크게 나타났으며, 시료 중의 무기물함량, 즉 불연성 광물질에 해당하는 회분역시 3.2~71.2%로 매우 큰 차이를 보였다. 회분함량을 통해 회분 함량이 높은 퇴적물은 다른 시료에 비해 입자가 굵은 모래, 자갈과 같은 큰 광물입자가 주를 이루고 있음을 간접적으로 나타내며 이로 인해 수분 및 COD값에도 영향을 미침을 알 수 있었다.

그리고 퇴적물의 유기물 함량을 나타내는 지표인 COD, 강열감량, 그리고 유기탄소 함량을 분석한 결과 각각 1.20~75.07 mg/g, 0.19~11.54% 및 0.17~34.21%로 나타났다.

현재 국내에서는 이러한 분석 데이터를 통해 퇴적물의 유기오염정도를 평가할 수 있는 퇴적물과 관련된 환경기준이 마련되어 있지 않아 외국의 기준들을 인용하여 사용하고 있

으며 담수퇴적물의 유기오염정도를 평가하기 위해 우리나라에서 가장 많이 인용되고 있는 퇴적물질 기준은 Table 3에 나타난 미국환경보호청(USEPA)에서 배경농도법에 기초하여 설정한 기준과 캐나다 온타리오 환경부 퇴적물 환경기준(OSQG)이다.¹²⁾ USEPA 및 캐나다 온타리오 환경부 환경기준 중 COD 항목은 크롬법을 사용하였고, 본 연구에서 사용한 COD 항목은 해양오염시험방법에서 명시한 망간법을 사용하였다. 우리나라와 일본에서 사용하는 망간법은 미국과 캐나다에서 사용하는 크롬법보다 일반적으로 같은 시료의 경우 작은 값을 보이는데, 이는 사용된 산화제의 산화 강도 차이 때문이다. 따라서, 본 연구결과와 미국 및 캐나다 환경기준의 직접적 비교는 어려지만 본 연구결과의 값이 크롬법보다는 작은 보수적 결과임을 감안하여 미국 및 캐나다 환경기준과 비교할 필요가 있다.

오대호 퇴적물 분류기준은 오대호 항구의 퇴적물의 배경농도와 비교하여 유기물 농도에 따라 비오염, 약간오염, 심한오염으로 등급화하여 분류하고 있어 사용이 간편하고 이해가 쉽다는 장점이 있으며 일부 항목은 캐나다 온타리오주 퇴적물 환경기준에 이용되고 있다.

온타리오 환경부 퇴적물 환경기준은 T-N과 T-P, TOC와

Table 2. Summary of physico-chemical analyses for sediments at the sampling sites

Sites	pH	COD _{Mn} (mg/g)	Volatile Solid (%)	Organic carbon content (%)	elemental analysis (wt, %)					proximate analysis (%)			
					N	C	H	S	O	moisture	Volatile Matter	fixed carbon	Ash
Chun stream	7.17	16.27	0.86	1.00	0.94	0.99	0.49	0.21	1.94	39.8	2.7	0.01	57.5
Oncheon stream	7.95	38.00	5.25	2.67	1.59	2.31	0.62	0.23	2.81	55.4	3.3	0.06	41.3
Woodong stream	7.50	3.87	0.55	0.77	0.9	0.68	0.33	0.33	0.27	32.7	1.7	0	65.6
Bujeon stream	7.90	15.33	4.95	1.03	0.98	1.05	0.60	0.10	2.15	33.2	3.2	0.02	63.5
Bosu stream	6.32	73.07	11.54	34.21	3.46	35.54	5.10	1.09	19.38	91.0	5.8	0.02	3.2
Gudeok stream	6.34	75.07	11.34	23.13	2.24	16.06	3.62	0.77	28.46	88.2	6.0	0.02	5.8
Seokdae stream	7.80	11.07	0.27	0.23	1.25	0.32	0.34	0.51	0.37	26.8	2.0	0	71.2
Songjeong stream	7.66	15.20	2.34	1.28	1.30	1.36	0.63	0.22	0.96	38.5	2.8	0	58.7
Hakjang stream	8.21	1.20	0.91	0.33	1.01	0.44	0.58	0.11	2.66	31.8	3.3	0	64.9
Daeri stream	7.71	6.13	0.19	0.35	1.02	0.43	0.21	0.36	0	27.5	1.3	0	71.2
Manhwa stream	7.39	18.93	1.33	1.96	1.41	2.10	0.43	0.33	0	31.6	2.2	0	66.2
Jukseong stream	7.57	7.07	0.29	0.17	0.76	0.20	0.27	0.11	0.69	28.3	1.4	0.03	70.2
Seobu stream	7.56	30.27	4.83	1.31	0.90	1.16	0.61	0.33	3.59	48.0	3.4	0	48.6
Ilgwang stream	8.01	13.60	3.66	1.06	1.04	1.16	0.52	0.23	4.81	47.3	4.1	0.01	48.6
mean	7.51	23.22	3.45	4.96	1.34	4.56	1.02	0.35	4.86	44.3	3.1	0.01	52.6

Table 3. USEPA sediment quality standards and ontario sediment quality guidelines

Item (mg/kg dry)	USEPA sediment quality standards			Ontario sediment quality guidelines		
	non polluted	moderately polluted	heavily polluted	NEL	LEL	SEL
COD	<40,000	40,000~80,000	>80,000			
Volatile Solid (%)	<5	5~8	>8			
TOC (%)				-	1	10
TKN	<1,000	1,000~2,000	>2,000	-	550	4800
T-P				-	600	2000

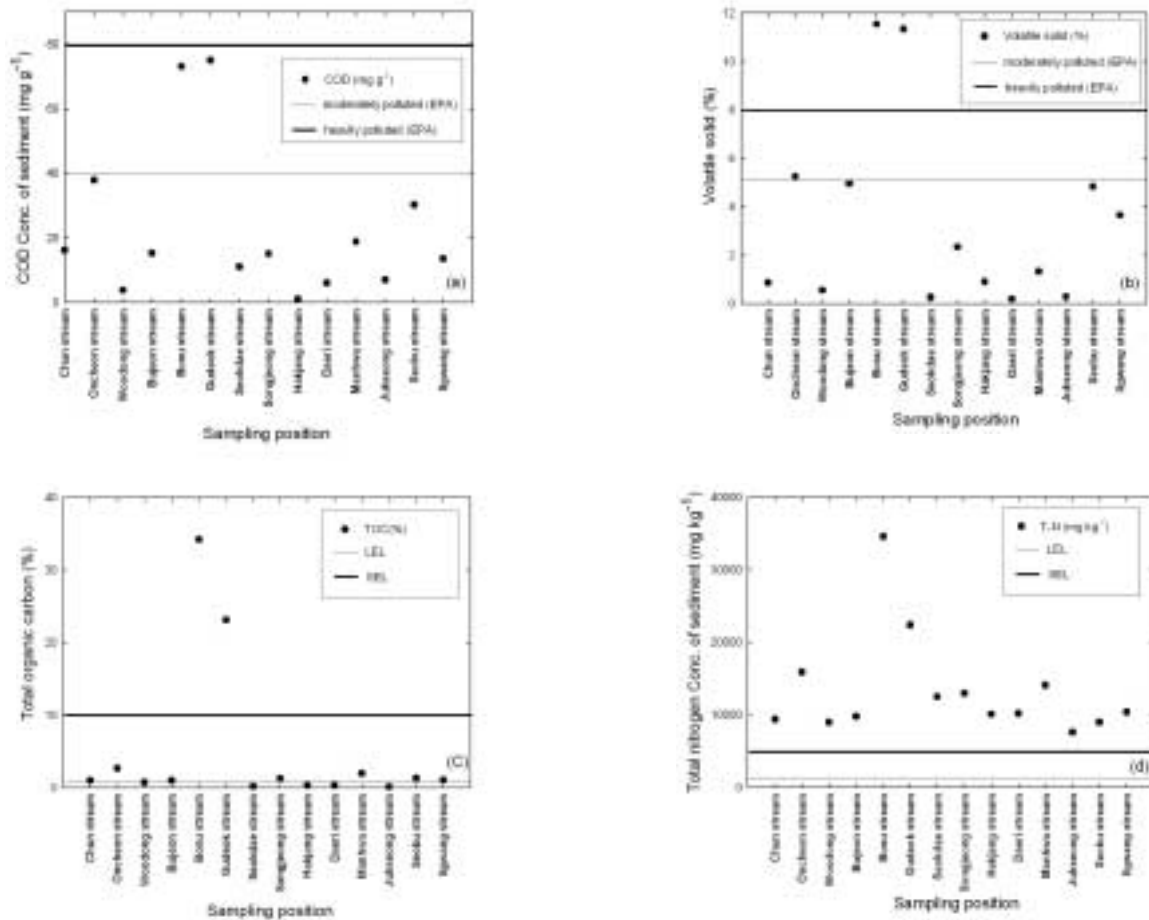


Fig. 2. Evaluation of sediment quality using US EPA sediment quality standards and Ontario sediment quality guidelines.

같은 영양염류에 대한 오염평가기준을 포함하고 있으며 농도에 따라 각각 NEL (No Effect Level), LEL (Lowest Effect Level), SEL (Severe Effect Level)로 분류하고 있다. 여기서 LEL (Lowest Effect Level)은 저서생물 다수가 견딜 수 있는 수준이나 몇몇 종에게는 악영향을 미치거나 악영향이 시작될 수 있는 농도를 말하며, SEL(Severe Effect Level)은 저서생물의 뚜렷한 장애발생이 예상되는 농도로 대부분의 군집중에 심한 악영향을 끼치는 농도이고, 이 값 이상이면 오염된 것으로 간주한다.

먼저 본 연구에서 구한 COD 값과 강열감량 값은 오대호 퇴적물 환경기준과 비교하여 평가 하였으며, 총유기탄소 함량과 총질소 함량은 캐나다 온타리오주 퇴적물 환경기준과 비교하여 평가 하였다. 그 결과 Fig 2a에 나타난 바와 같이 COD 값으로 평가했을 경우 보수천과 구덕천은 중간오염상태인 것으로 나타났고 나머지 하천은 모두 비오염상태인 것으로 분류된 반면, 강열감량을 토대로 비교한 결과 Fig 2b의 경우 보수천과 구덕천은 심한오염상태였고 온천천은 중간오염상태, 나머지 하천은 모두 비오염 상태인 것으로 나타났

다. 그리고 각 하천퇴적물의 총유기탄소 함량을 캐나다 온타리오 환경부 퇴적물 환경기준과 비교한 결과 Fig 2c 또한 보수천과 구덕천은 SEL등급이었고 춘천을 포함한 8개의 하천은 LEL등급, 그리고 우동천을 비롯한 4개 하천은 NEL 등급으로 나타났다.

위의 결과들을 종합적으로 비교해 본 결과 보수천과 구덕천이 타 하천들에 비해 상대적으로 특히 심하게 오염되어 있음을 알 수 있었다.

하지만 수질분석의 결과와 마찬가지로 원소분석을 통해 구한 퇴적물의 총질소 농도를 USEPA 퇴적물 환경기준(심한오염-2,000 mg/kg) 보다 오염도 기준이 덜 까다로운 및 캐나다 온타리오주 퇴적물 환경기준의(Severe Effect Level; 4,800 mg/kg)과 비교하여 평가한 결과그래프 Fig 2d를 살펴보면, 모든 하천이 심한오염 상태, SEL (Severe Effect Level) 일 때의 기준농도인 4,800 mg/kg를 훨씬 초과 하는 것으로 나타나 결과적으로 모든 하천이 심한오염상태 라는 결론을 최종적으로 얻었다.

단, 이러한 결과는 온타리오 주정부가 지역 특성과 생물영

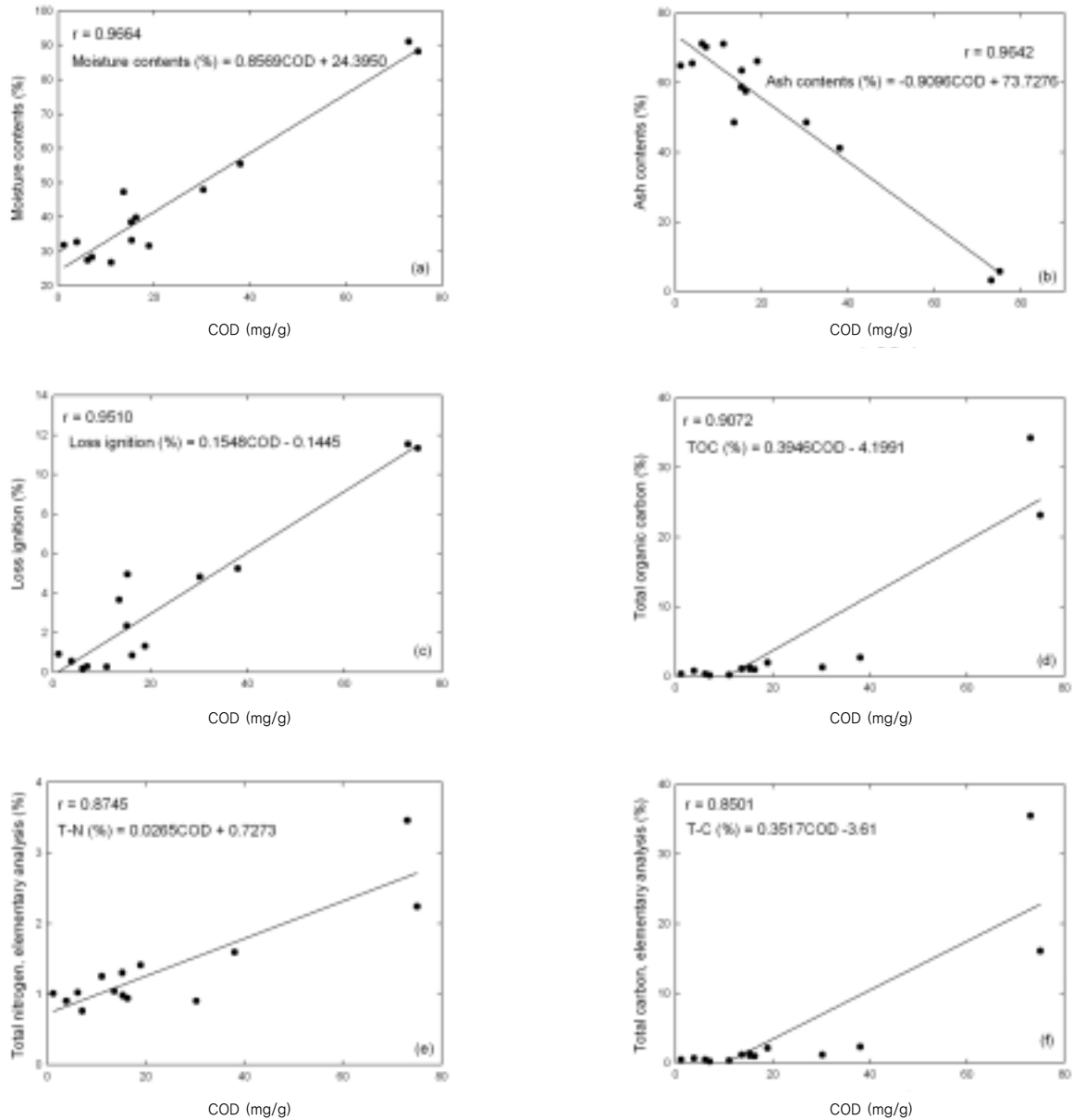


Fig. 3. Correlations between COD and moisture contents, ash contents, loss ignition, total organic carbon, total nitrogen and total carbon.

향 등을 고려하여 자체적으로 개발한 것으로 타 지역에 적용될 경우에는 지역특성을 고려하지 못한다는 한계와 각 기준의 전체 항목을 분석한 결과가 아닌 유기지표에 대한 결과만으로 평가했다는 점을 염두해 두어야 할 것으로 판단된다.

3.2. 퇴적물 항목간의 상관도 분석 결과

퇴적물의 오염물질농도는 수중 오염물질 농도보다는 퇴적물 입자의 흡착성에 영향을 크게 받게 되어 수중에 같은 농도의 오염물질이 존재하여도 실트나 모래보다 점토입자에 수배에서 수천배 많은 오염물질이 분포하게 된다고 알려져

있다.¹⁰⁾

위의 연구결과는 퇴적물 내의 유기물 함량은 상대적으로 퇴적물의 입자가 작은 점토질의 시료(회분함량이 낮고 수분함량이 높은 시료) 일수록 유기물 함량이 높다는 것을 의미하므로 이에 퇴적물의 COD와 수분함량, 회분함량, 강열감량, 유기탄소, N(원소분석), C(원소분석)와의 관계를 Fig. 3에 나타내었다. 분석결과 예상한 바와 같이 하천수 COD와의 상관계수 $R=0.2121$ 과 달리 수분함량, 회분함량, 강열감량, 유기탄소, N(원소분석), C(원소분석)과의 상관계수는 각각 0.9664, 0.9642, 0.9510, 0.9072, 0.8745, 0.8501로

나타나 COD와의 유사성이 매우 큼을 알 수 있다.

예를 들어 퇴적물의 수분함량(%)의 경우 '수분함량(%)=0.8569COD (mg/g) + 24.3950' 와 같은 관계식에 의해 수분함량이 증가함에 따라 COD도 정비례하여 증가하는 양상을 띄고 있으며, 마찬가지로 퇴적물의 회분함량(%)은 '회분함량(%)=-0.9096COD (mg/g) + 73.7276' 의 관계식에 따라 퇴적물의 회분함량이 증가함에 따라 COD함량은 반비례하여 감소함을 알 수 있다. 이러한 결과를 통해 퇴적물의 유기물질함량은 유입하천수의 유기물질 농도 보다는 퇴적물 입자자체의 성상에 영향을 많이 받는다는 것을 최종 확인할 수 있다.

위의 결과를 통해 퇴적물의 입경이나 수분함량, 강열감량, 유기탄소함량 등의 값으로 COD 값의 예측이 가능하다고 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 부산지역 지방 2급 하천 중 총 14개 지점을 선정하여 하천퇴적물을 채취한 후 유기오염 지표항목에 대한 분석을 실시하였고 유기오염도를 평가함과 동시에 각 분석항목 간 상관관계를 살펴봄으로써 하천 퇴적물의 관리기준 수립의 근거나 체계적인 조사와 관리의 기초자료로써도 활용하고자 하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 공업분석을 실시한 결과, 시료 중의 무기물함량, 즉 불연성 광물질에 해당하는 회분역시 3.20~71.19%로 매우 큰 차이를 보였으며 이를 통해 회분함량이 높은 퇴적물은 다른 시료에 비해 입자가 굵은 모래, 자갈과 같은 큰 광물입자가 주를 이루고 있음을 간접적으로 나타내며 이로 인해 수분 및 COD 값에도 영향을 미침을 알 수 있었다.
2. 퇴적물의 유기물 함량을 나타내는 지표항목에 대한 분석이 실시되었고 그 결과치를 미국환경보호청(USEPA)의 오대호 퇴적물 분류기준과 캐나다 온타리오 환경부 퇴적물 환경기준(OSQG)과 비교하여 유기오염도를 평가해 본 결과 COD 값으로 평가했을 경우 보수천과 구덕천은 중간오염상태, 나머지 하천은 모두 비오염상태인 것으로 분류된 반면, 강열감량을 토대로 비교한 결과 보수천, 구덕천은 심한오염상태, 온천천은 중간오염상태, 나머지 하천은 비오염 상태인 것으로 나타났다. 그리고 각 하천퇴적물의 총유기탄소 함량을 캐나다 온타

리오 환경부 퇴적물 환경기준과 비교한 결과 또한 보수천과 구덕천은 SEL등급이었고 춘천을 포함한 8개의 하천은 LEL등급, 그리고 우동천을 비롯한 4개 하천은 NEL 등급으로 나타났다.

3. 영양염류인 원소분석을 통해 구한 퇴적물의 총질소 농도를 각각 USEPA 퇴적물 환경기준 및 캐나다 온타리오 퇴적물 환경기준인 심한오염 상태, SEL (Severe Effect Level) 일 때의 기준농도인 2,000 mg/kg 및 4800 mg/kg와 비교해 본 결과 모든 하천이 각각 심한오염 상태, SEL (Severe Effect Level) 일 때의 기준농도인 2,000 mg/kg 및 4,800 mg/kg를 훨씬 초과하는 것으로 나타나 결과적으로 모든 하천이 심한오염상태 라는 결론을 얻었다.
4. 퇴적물의 COD결과치와 다른 분석항목들과의 상관관계를 살펴본 결과 수분함량, 회분함량, 강열감량, 유기탄소, N(원소분석), C(원소분석)와의 상관계수는 각각 0.9664, 0.9642, 0.9510, 0.9072, 0.8745, 0.8501로 나타나 COD와의 유사성이 매우 큼을 알 수 있었고, 이는 퇴적물의 오염물질농도는 수중 오염물질 농도보다는 퇴적물 입자의 흡착성에 영향을 크게 받게 되어 수중에 같은 농도의 오염물질이 존재하여도 실트나 모래보다 점토입자에 수배에서 수천배 많은 오염물질이 분포하게 된다는 윤병석 등¹⁰⁾의 연구결과와 일치되는 결과였다.

KSEE

감사의 글

이 연구는 기상청 기상지진기술개발사업(CATER 2009-4110)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Persson, P. E., "Muddy odour : a problem associated with extreme eutrophication," *Hydrobiol.*, **86**, 161~164(1982).
2. Smith, B. A. D., and Gilbert, J. J., "Relative susceptibilities of rotifers and cladocerans to *Microcystis aeruginosa*," *Arch Hydrobiol.*, **132**, 309~336(1995).
3. Dawson, R. M., "The toxicology of microcystins," *Toxicol.*, **36**, 953~962(1998).
4. Pouria, S., de Andrade, A., Cavalcanti, R. L., Barreto, V. T. S., Ward, C. J., Preiser, W., Poon, P. K., Neild, G. H., and Cood, G. A., "Fatal microcystin intoxication in haemodialysis unit in

-
- Caruaru, Brazil," *Lancet*, **352**, 21~26(1998).
5. 김호섭, 황순진, 고재만, "도심에 얽힌 인공호인 일감호의 수질변화특성과 퇴적환경의 평가," *Limnol.*, **36**(2), 161~171 (2003).
 6. 김도희, "수저층의 저질조사 (I); 저질 조사의 중요성과 분석에 관하여," *해양환경안전학회지.*, **13**(1), 93~102(2007).
 7. Taki, K., and Fukushima, T., "Sediment data base and evaluation of sediment pollution by using its data base," *Water Sci. Technol.*, **16**(2), 17~22(1993).
 8. 박선구, 송기봉, 조기환 "호소내 퇴적물의 중금속 분석 비교," *분석과학.*, **14**(2), 173~179(2001).
 9. 유은희 "하상퇴적물의 중금속 용탈특성 연구," 부산광역시 보건환경연구원보., **8**, 208~226(1998)
 10. 윤병석, 김은미, 김학철, 이재희, 정상기, 이상태 "담수 퇴적물의 분석법간 비교 분석," *대한환경공학회지.*, **28**(11), 1207~1212(2006).
 11. 부산발전연구원, 부산지역 도시하천의 실태분석과 환경관리방행에 관한 연구(2006).
 12. 이창희, 유혜진 "수적퇴적물 환경기준 개발에 관한 연구," 한국환경정책평가연구원, pp. 29(2000).
-