The Annual Report of Busan Metropolitan City Institute of Health & Environment 15(1) 175 ~ 184 (2005)

부산지역 하천 주변의 악취발생 현황에 관한 연구

김주인† · 박정옥 · 빈재훈
산업환경과

Study on Characteristics of Odor Originated from Streams in Busan

Chu-in Kim †, Jeong-ok Park and Jea-Hun Bin

Industry Environmental Division

Abstract

In this study, the characteristics of odor substances originated from streams in Busan area were investigated by instrumental analysis method and an indirect olfactory method. In addition, the odor quotient was evaluated to know which odorous compounds attribute to odor occurred in river area. And, correlation coefficient were investigated between odor index and biological oxygen demand(BOD)and content of organic matter in sediments.

At the result of this study, major odorous compounds in stream partly flowed sewage were sulfur compounds, such as hydrogen sulfide, dimethyl sulfide and dimethyl disulfide, while major odorous compounds in the stream flowed industrial effluent were aldehydes such as acetaldehyde, propionaldehyde and butyraldehyde.

Odor index as like Odor Quotient and dilution factor were more related to river sediment pollution index(Organic matter contents) than to water quality index(BOD).

Key words : odorous compounds, odor unit concentration, odor quotient, stream

서 론

이전의 도시하천의 기능은 이수(利水)와 치수(治水)의 기능에 주안점을 두었다면 최근에는 자연보전기능, 친수기능, 공간기능을 고려하여 도심생활에서의 시민생활에 활력을 제공해 주는 환경기능으로서의 역할이 주요한 기능으로 요구되어지고 있다. 이에 따라 시민들이 하천과 공공수역에 대한 접근성과 활용도가 높아지고 있어 하천을 기능적이고 아름다운 곳으로 가꾸기 위한 노력이 어느 때보다 증대되고 있다.

이에 부산시 당국에서도 수질측정망을 통하여 하천등의 수질을 모니터링하고 있으며, 하폐수가 미처리상태에서 하천으로 유입되어지는 것을 막기위해 기존 9개 하수처리장 이외에 중앙하수처리장('01~'05) 등 4개의 하수처리장을 신설하고 차집관거공사를 통해 하수관거 보급율을 84.9%까지 끌어올리는 등 하천의 수질오염감소를 위해 노력하고 있다. 또한 대천천의 자연형 하천공법 도입과 온천천의 고수부지 등의 개발을 통해 공공수역의 웰빙공간으로 탈바꿈을 시도하고 있다[1].

하천의 심미적인 효율을 떨어뜨리는 지표가 쓰레기나 수질오염도였다면 최근에는 악취가 또 다른 주요 요인으로 등장하였다. 이미 2005년 2월 악취방지법이 시행되면서 동법 제16조(공공수역의 악취방지)에 의하여 「국가 및 지방자치단체는 하수관거, 하천, 호소, 항만 등 공공수역에서 악취가 발생하여 주변지역 주민에게 피해를 주지 아니하도록 적적히 관리하여야한다」고 고시하여 하천 등의 공공수역의 관리를 지방자치단체가 관리하도록 법적으로 명확히 하고 있다[2].

하지만, 사업장 등의 배출수나 하천, 호소수에 대한 악취 실험방법에 대한 구체적인 시행규칙, 공정시험방법등이 설정되지 않고 수중의 악취에 대한 관리기준이나 환경기준 또한 마련되어 있지 않아 이 조항은 단지 명시적인 조항으로만 남아 있을 뿐이며, 공공수역에 대한 악취에 대한 구체적인 조사가 진행되거나 뚜렷한 관리방안이 제시되지는 못하고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구는 악취가 많이 발생하는 수변지역의 하천 및 유수지 등의 악취발생 물질 및 농도 등 그 현황을 파악하고 수질과 하상퇴적물 등과 연관성을 고찰하여 하천악취방지대책에 기여하고자 한다.

하천주변 악취발생 현황

부산 지역 하천 관리 현황

부산의 하천은 낙동강을 비롯한 국가하천 4개소와 수영강, 온천천, 동천 등의 지방2급 하천 44개소, 그 외 소하천 37개소를 포함하여 총 하천연장 251.26 ㎞에 달하며, 대부분 하천

† Corresponding author. E-Mail: cikim@busan.go.kr
Phone: 051-757-6937, Fax : 051-757-2879

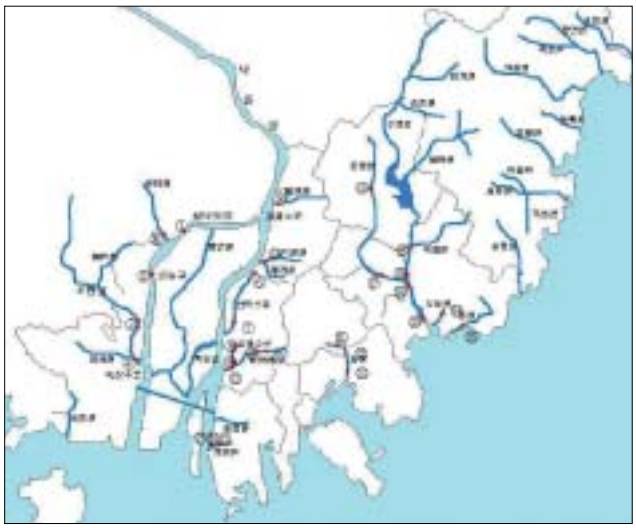

Fig. 1. Water quality monitoring network of the river in Busan Metropolitan city.

연장이 짧고 하상구배가 급하여 연안에 빠르게 도달하는 지리적 특성을 가지고 있다. 또한 해안지역이라는 특성과 집중호우시 유출능력의 부족에 따른 낙동강 주변 저지대의 상습침수를 방지하고자 23개소의 배수펌프장 및 인근의 유수지를 운영하고 있다[1].

부산시는 하폐수가 미처리상태에서 하천으로 유입되어지는 것을 막고 하수의 효율적인 처리를 위하여 "하수관리정비 기본계획"에 의거 2020년까지 총 사업비 22,882억원을 투자하여 하수관거 총 2,448 km를 정비할 예정으로 있으며, 2005년 현재 하수관거 보급률 84.9 %를 보이고 있다. 한편 하수처리의 효율성을 높이기 위해 기존의 9개 하수처리장 이외에 중앙하수처리장 등 4개 하수처리장을 건설 중에 있다.

또한 하천의 수질오염 상태를 파악하고 수질환경관리 기초자료 및 목표수질 달성, 중 · 장기오염물질 저감계획 수립 등 수질보전 정책자료로 활용하기 위해 환경부에서 전국의 주요 하천 · 호소를 대상으로 수질측정망을 통합하여 운영하고 있는데, 수질측정망 운영계획(환경부 고시 제2004-3호(2004.1.8))에 의거 부산광역시 보건환경연구원에서 부산시 관내 하천 12개 하천 및 5개 인공수로 등 총 28개의 수질측정망을 운영하고 있으며, 부산시 자체 계획에 의거하여 44개소에 대해 추가로 수질측정을 실시하고 있다. 하천수 측정항목은 pH(수소이온농도), DO(용존산소량), BOD(생물화학적산소요구량), Cd(카드뮴), Pb(납), Cr^{+6}(6가크롬), CN(시안), 미량유해화학물질 등 26개 항목이며, pH, BOD 등 15개항목은 월 1회, Cd, Pb, Cr^{+6} 등 7개항목은 분기 1회, 유기인, PCB 등 4개 항목은 매년(7월) 1회 측정 조사하고 있다[3].

이와 함께 하천수질오염도와 연계하여 12개 하천 40개 지점에 대하여 중금속과 강열감량 등 9개 항목에 대하여 분기별로 하상퇴적물 조사를 실시하고 있다.

부산 지역 하천 악취 발생 현황

부산시의 악취에 대한 민원은 Table 1 과 같이 일부 지방산업단지와 사업장을 위주로 하여 발생하고 있고, 하천이나 공공수로, 호소 등에 대한 민원은 통계에 반영되고 있지는 않아 정확히 파악되지 않고 있다.

하지만, 이들 지방산업단지나 전용공업지역에는 인근 공장 및 생활하수가 유입된 하천들도 악취발생에 많은 기여를 하고

Table 1 . NO. of civil complaints against odor in Busan Metropolitan city

	Sum	Sinpyeong · Janrgim Local Indutrial Area		The other (Plating, Machinery, Car, etc.)
		Leather Cplx.	Dyeing Cplx.	
Total	193	61	20	112
'03 year	52	9	6	37
'04 year	82	15	11	56
'05 year	59	37	3	19

※ Division of Environmental Conservation, 2005. 8.

Table 2. Citizen's opinion on Odor in Busan (BIHE , 2005 September)[3]

<설문내용>
"부산 도심에서 악취 발생요인으로 가장 크게 작용하는 것은 무엇일까요?" 입니다.
총52분께서 설문에 응해주셨습니다.
응답자 비율은 아래와 같습니다.

보기	응답자수	비고
하수도, 맨홀 악취	23명	44.2%
하천 악취	3명	5.8%
사업장, 공장 악취	16명	30.8%
쓰레기 악취	10명	19.2%

있고 공장 하폐수를 연결하는 인공수로나 유수지 등도 이 함께 혼재되어 있어, 공업단지나 사업장만이 악취원이라 보기 힘들고 하천 및 공공수로 또한 주요한 악취원이라고 할 수 있다.

Table 2 와 같이 부산광역시 보건환경연구원에서 설문조사한 내용에 따르면 악취발생에 대한 원인으로서 하수도와 하천에 대한 응답이 50%로 나타나, 실제 시민들이 느끼는 악취에 대한 불쾌감은 하수관거나 하천 등의 공공수역에 대한 것도 상당한 것으로 나타났다.

부산의 하수시설은 대부분 우수, 생활하수, 공장폐수가 동일 관로로 배수되는 이른바 합류식 관거로 과거 도시화되기 전에 주로 우수를 처리하기 위해 설치된 것이 많다. 2005년말 현재 하수도 관거보급율은 84.9%, 처리율은 79.3%이라고 되어 있으나 실제로 대부분 우수배수를 위한 시설이 많아 강우나 홍수시 하수관거나 수로 등에서 하천으로 유입되어 하천의 오염도를 가중시키는 경우가 많다. 이러한 합류식 하수관거들은 주요한 악취발생의 원인이 되고 있어 순수한 오폐수관로의 정비 확충이 시급한 실정이다. 또한 수영강과 강서 기장군의 2급하천을 제외한 79.66 ㎞의 하천연장 중 약 40%인 31.90 ㎞가 복개되어 도로나 주차장으로 활용되고 있어 복개로 아래의 하천관리가 제대로 이루어지지 않아 일반 시민들의 악취감을 더욱 높이고 있는 주요한 요소이기도 하다.

주요 하천별 악취 발생 현황

부산시 하천은 Fig. 1에 보이는 바와 같이 크게 낙동강 및 서낙동강, 온천천 등 지류를 비롯한 수영강과 대천천, 덕천천, 괴정천 등의 낙동강으로 유입되는 지류들 및 삼락수로나 감전수로, 감전유수지 등의 공단지역 인공수로 등이 있고 그 이외에 동천 및 춘천 등의 도심 하천, 기장지역의 2급하천 등으로 크게 나눌 수 있다. 부산시는 이들 하천에 대하여 수질오염도와 하상퇴적물 오염도 측정을 하고 있고 2005년도 평균 값은 Table 3과 같다. 수질측정망에서 수질오염도가 높게 나타나는 곳과 하상퇴적물 오염도 조사 중 오염도가 높은 곳이 악취가 비교적 높은 곳으로 연관지을 수 있다.

국가하천인 낙동강은 일부 지류를 제외한다면 먹는물의 원수로서 수질적 의미가 큰 곳이지 악취문제나 민원이 발생한다고 보기는 어렵고, 비교적 하상이나 유량이 큰 수영강(본류) 또한 악취 문제가 크게 발생하지는 않고 있다.

동천은 주거밀집지역과 시가지중심지를 관통하는 도심하천으로 만조시 바닷물이 올라오는 감조하천으로 생활하수 및 오염물의 퇴적으로 악취가 많이 발생하고 있다. 동천의 상류부인 부전천, 전포천 유입 부근에는 대부분이 복개되어 있어 이곳의 하수 부패취가 많이 나는 편이다. 최근 부산시는 시민들에게 쾌적한 친수공간을 제공하기 위해 「동천환경개선사업」을 진행하고 있어 수질정화장치, 개량수중보 등을 설치하고, 대부분의 구간을 준설을 진행하고 있어 하류 쪽은 악취가 현저히 감소되고 있다.

덕천천은 북구 만덕동에서 구포까지 연장 약 3.7 km, 폭 약 6 m의 소하천으로 대부분의 구간이 복개되어 있고, 덕천동 및

Table 3. BOD and Organic Matter Contents of major River in Busan(2005)[3]

River	Sampling point	BOD(mg/L)	Organic Matter Content(%)	reference
Nakdong	Mulgeum	2.6	2.2	National River
	Maeri	–	2.1	
	Gupo	2.3	1.1	
Suyeong	Joyang Br.	7.4	3.4	
	Yeonan Br.	6.1	1.9	
	Minrak Br.	3.8	10.7	
Dong-cheon	Kwangmu Br.	16.2	–	
	Beom4 Br.	20.7	7.9	
	Dongcheon Br.	7.8	11.4	
Deacheon	Hwamyeong Br.	1.7	2.4	
Deokcheon	Deokcheon Br.	64.1	6.9	
Hakjang	Eomgung Br.	14.5	4.0	
Samrak	Gamjeon Pump Stat.	–	10.2	
	Samrak Br.	17.2	–	
	Saneop Br.	20.5	–	
Gamjeon	Busan Concrete	215.3	19.5	
	Eomgung Br.	401.1	17.2	
Jangrim	Jangrim Br.	64.2	12.6	
Chun	Dongbaek Br.	–	11.6	
Woodong	Woodong Br.	–	40.6	

Fig. 2. Sampling Point of Kwangmu Br.

Fig. 3. Sampling Point of Beom4 Br.

Fig. 4. Sampling Point of Dukcheon Br.

Fig. 5. Sampling Point of Samrak Br.

Fig. 6. Sampling Point of Busan concrete.

Fig. 7. Sampling Point of Eomgung Br.

구포동의 생활하수가 주 오염원으로 덕천배수장으로 유입된 후 장림하수처리장까지 유입된다.

학장천은 북구 주례동을 기점으로 사상구 엄궁동 낙동강 합류지점까지 흐르며, 약 1.0 km의 구간은 복개되어 있다. 하천 주변은 대부분 주거 및 상업시설이며 공업시설이 있고 생활하수가 주 오염원이며, 이는 엄궁유수지에서 차집되어 장림하수처리장으로 이송된다. 학장천은 중류지점에서 계곡수가 유입되면서 수질을 개선되어 악취의 영향은 미미하다.

삼락수로는 북구 삼락동부터 감전유수지까지 약 4.4 km의 구간의 인공적 수로로, 현재 장림하수처리장까지 차집하수관거가 설치되어 오수는 거의 유입되지 않으며, 우수 이외에 유입수가 거의 없어 갈수기에 건천화가 되면 오히려 악취가 더욱

Table 4. Characterstic of Sampling Sites

Stream	Sampling Site	Characteristic of Site	Characteristic of odor	Characteristic of stream
Dong-cheon	Kwangmu Br.	covered sewer	irritant rotten egg	partly flowed sewage
	Beom4 Br.	open waterway	No odor	
Deokcheon	Deokcheon Br.	semi-coverd waterway	sewer odor	
Samrak	Gamjeon reservoir	dryed waterway	irritant sewer	partly flowed industrial effluent
	Samrak Br.	sewerage and wasterwater of butchery	spoiled	
Gamjeon	Busan Concrete	wasterwater of industiral area	sewer and oil	partly flowed industrial effluent
	Eomgung reservoir.	wasterwater reservoir	oil	
Jamrim	Jangrim Br.	Industrial Area	sewer	partly flowed sewage (industrial area)

심각하다.

감전수로는 감전유수지앞 '고려산업' 앞에서부터 엄궁유수지까지 약 2.5 km 구간의 수로로서, 사상공단 일대의 소규모 금속·정비·세차 시설 등에서 배출되는 하수를 엄궁유수지까지 운반하는 하수로의 역할을 해 오고 있으며, 지역 여건상 산업폐수 등의 영향을 받아 중금속 및 페놀류 등이 많이 검출되

Table 5. Sampling and Preconcentration method of odor compounds

odorous compound	Sampling Method	Preconcentration	Analyzing method
Complex odor	Suction Box	−	dilution factor
Ammonoia	Absorption	−	UV detect
Sulfur compounds	Suction Box	Cryo concentration	GC−MSD
Trimethylamine	Absorption	HeadSpace/SPME	GC−NPD
Styrene	Canister	Cryo concentration	GC−MSD
Aldehydes	DNPH cartridge	DNPH derivatives extraction	HPLC−UV

Table 6. Analyzing methods of Odor Compounds

Odor Compound	Method	System		Condition
Ammonia	Indo−Phenol Blue	Cary 300 (Varian)	UV detctor	wavelength 640 nm
Sulfur Compund	Cryofocusing Capillary GC Method	7100 Preconcenterator (Entech)	Trap 1 (Empty Trap)	• Sample Vol. : 500 mL • Flow rate : 60 mL/min • Trapping : −10 • Desorb : 20℃(Preheat 20℃)
			Trap 2 (Tenax Trap)	• Trapping : −70 • Desorb : 180℃
			Cryofocusing Trap	• Cool down temp. : −180℃ • Injection temp : 80~90℃ • Desorb : 150℃ • Injection time : 2 min
		6890N GC (Agilent)	Injector	• Volatile Interface, 100℃
			Column	• HP−1MS(30 m×0.2 mm×1.0㎛) • Carrier gas : He 1.2 mL /min • Split Ratio : 20:1
			Oven Temperature	• Initial Temp. : 30℃ (10 min) • 1st Ramp : 5℃ /min • 1st Hold Temp. : 100℃ (1 min) • 2nd Ramp : 15℃ /min • Final Temp. : 230℃ (3 min)
		5973MSD (Agilent)	Detector	• MSD temp : 230℃ • Sim mode (range 33−94)
Trimethyl amine	HeadSpace SPME Method	SPME (Supelco)	SPME Fiber Adsorption Time Desorption Time	85 m Carboxen/PDMS 15 min 3 min
		GC NPD (HP 5890 II)	Column Column Flow Oven Inlet Temp. NPD Detector Temp.	HP−5 (60 m×0.35 mm×1.05 ㎛) 1.0 mL/min 40℃ (13 min) 250℃ (Splitless) 280℃
Aldehydes	DNPH−derivatives HPLC Method	HPLC (Agilent 1100)	Column Detector(Wavelength) Solvent Gradient Column Flow Injection Volume	ODS(C_{18}) 4.6 mm×250 mm UV Dector(360 nm) Acetonitrile/Water = 60/40 (v/v) 1.0 mL/min 20㎕
Styrene	Cryofocusing Capillary GC Method	7100 Preconcenterator (Entech)	Trap 1 (Empty Trap)	• Sample Vol. : 500 mL • Flow rate : 60 mL/min • Trapping : −50℃ • Desorb : 20℃ (Preheat 20℃)
			Trap 2 (Empty Trap)	• Trapping : −90℃ • Desorb : 180℃
			Cryofocusing Trap	• Cool down temp. : −180℃ • Injection temp : 80~90℃ • Desorb : 150℃ • Injection time : 2 min
		6890N GC (Agilent)	Injector	• Volatile Interface, 100℃
			Column	• HP−1MS(30 m×0.2 mm×1.0㎛) • Carrier gas : He 1.2 mL /min • Split Ratio : 5:1
			Oven Temperature	• Initial Temp. : 80℃ (20 min) • 1st Ramp : 10℃ /min • Final Temp. : 220℃ (10 min)
		5973MSD (Agilent)	Detector	• MSD temp : 230℃ • Sim mode (range 78,104)

는 지역으로 기름냄새 등의 악취가 심한 곳이다.

장림천은 장림동 일대의 생활하수 및 장림하수처리장으로 직접 유입되지 않은 소규모 사업장의 산업폐수 등이 흐르는 지역으로 장림유수지를 거쳐 장림하수처리장으로 유입되는데 이곳은 하천의 악취와 함께 인근 공업단지의 영향을 많이 받아 민원이 많이 발생하는 곳이다.

해운대 지역의 우동천과 춘천등도 생활하수에 의한 악취가 일부 발생되고 있고, 기장군 지역의 죽성, 만화, 서부천 등도 생활하수가 유입되어 악취가 발생하고 있으나, 인구밀도가 낮아 악취에 대한 민원이 크게 발생하고 있지는 않다.

실험 및 분석 결과

대상 하천의 선정

수질측정망에서 수질오염도가 높게 나타나는 곳과 하상퇴적물 오염도 조사 중 오염도가 높은 곳이 악취가 비교적 높은 곳으로 판단되어 생활하수 및 공장 폐수를 대표할 수 있는 지점과 복개지점, 하천의 특성 등을 고려하여 동천, 덕천천, 삼락수로, 감전수로, 장림천 5개 하천 8개 지점에 대하여 시료채취 지점을 선택하였고 Table 4와 같다.

동천은 「동천환경개선사업」을 진행중인 하천으로 환경개선 정도를 파악하기 위해 선정하였고 상류 쪽은 대부분 복개되어 있어 복개구간으로서 특성을 살펴보기 위해 선정하였다. 덕천천은 전형적인 생활하수가 흘러드는 하천으로 대부분 복개되어 있어 복개로와 하천이 만나는 지점에 시료 채취점을 선정하였다.

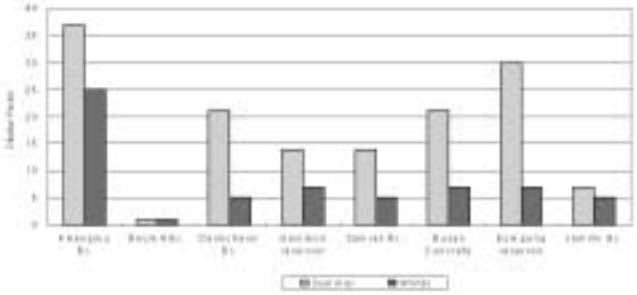

Fig. 8. Dilution factor of Complex odor at each site.

삼락수로는 생활하수와 공업지역 하수가 혼합되어 흐른 지역으로 특히 상류 도축처리장 처리수 및 축산물 시장 하수 등이 유입된다. 부산콘크리트와 엄궁유수지는 공장지역 하폐수의 냄새 특징을 알아보기 위해 선정하였다. 장림교는 장림지역의 생활하수가 장림유수지로 흘러들어오는 길목으로 인근 신평장림공 단 지역에서 발생하는 악취의 영향을 많이 받는 곳이다.

시료채취 및 분석방법

시료채취는 각 하천의 특징을 가장 잘 반영할수 있는 1개 지점을 선택하여 하절기 및 동절기 각 1회 시료채취하고 악취방지법 에 지정된 복합악취 및 12개 지정악취물질을 악취공정시험방법에 의하여 시료채취 하였다. 각 물질별 악취시료채취 및 전처리 방법은 〈Table 5〉와 같고 세부 분석방법은 〈Table 6〉

Table 7. Concentration of odor compounds

River	Site	Season	Dilution Factor	concentration of compounds (ppm)											
					Sulfur					Aldehydes					
			Complex odor	Ammonia	Methyl mercaptan	hydogen sulfide	dimethyl sulfide	dimethyl disulfide	Trimethylamine	acet aldehyde	propion aldehyde	butyr aldehyde	n-Valer aldehyde	i-Valer aldehyde	Styrene
Dong-cheon	Kwangmu Br.	Summer	37	0.54	N.D.	0.042	N.D.	N.D.	N.D.	0.016	0.006	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
		Winter	25	0.02	N.D.	0.010	N.D.	N.D.	N.D.	0.020	0.010	0.004	0.006	N.D.	N.D.
	Beom4 Br.	Summer	1	0.06	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
		Winter	1	0.02	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.005	0.004	0.001	N.D.	N.D.	N.D.
Deok-choen	Deokcheon Br.	Summer	21	0.18	N.D.	0.018	0.001	0.009	N.D.	0.056	0.012	0.00	0.001	N.D.	N.D.
		Winter	5	0.20	N.D.	0.06	N.D.	0.001	N.D.	0.031	0.018	0.003	0.001	N.D.	N.D.
Samak	Gamjeon Reservoir	Summer	14	0.20	N.D.	0.025	N.D.	0.002	N.D.	0.108	0.005	0.015	N.D.	N.D.	N.D.
		Winter	7	0.09	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.001	0.001	0.004	N.D.	N.D.	N.D.
	Samak Br.	Summer	14	0.32	N.D.	0.003	0.008	0.004	N.D.	0.045	0.026	0.011	N.D.	N.D.	N.D.
		Winter	5	0.24	N.D.	N.D.	0.001	N.D.	N.D.	0.021	0.015	0.005	0.001	N.D.	N.D.
Gamjeon	Busan Concrete	Summer	21	0.15	N.D.	0.002	0.007	0.003	N.D.	0.064	0.077	0.021	0.001	N.D.	0.012
		Winter	7	0.23	N.D.	N.D.	0.001	N.D.	N.D.	0.035	0.021	0.010	0.001	N.D.	N.D.
	Eomgung Reservoir	Summer	30	0.25	N.D.	0.002	0.002	0.002	N.D.	0.055	0.046	0.019	0.002	N.D.	0.025
		Winter	7	0.21	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.008	0.006	0.002	0.001	N.D.	N.D.
Jamrim	Jangrim Br.	Summer	7	0.31	N.D.	0.009	N.D.	N.D.	0.001	0.009	0.014	0.010	N.D.	N.D.	N.D.
		Winter	5	0.16	N.D.	N.D.	0.001	N.D.	N.D.	0.028	0.017	0.004	0.001	N.D.	N.D.
Effluent Stand.	Industrial Area		20	2	0.004	0.06	0.05	0.03	0.02	0.1	0.1	0.1	0.02	0.006	0.8
	the other Area		15	1	0.002	0.02	0.01	0.009	0.005	0.05	0.05	0.029	0.009	0.003	0.4

과 같다[2,4].

각 하천별 복합악취 및 지정악취물질 발생 현황

하천별 악취물질 배출특성

선정된 각 지점별 동절기, 하절기 악취농도는 Table 7과 같다.

Fig. 8과 같이 하절기가 동절기에 비해 복합악취 및 지정악취물질의 농도가 훨씬 높았고, 동절기에 있어 하천의 악취문제는 크게 우려할 정도는 아닌 것으로 나타났다.

복합악취는 하절기에 범4호교와 장림교를 제외하고 거의 모든 지점에서 기타지역 배출허용기준(희석배수 15)을 초과하거나 기준에 근접하였다. 특히 광무교 복개도로 아래에는 동절기에도 희석배수 25를 나타내어 복개천이나 복개된 하수관거 아래쪽에 공기가 순환되지 않는 곳의 악취는 심한 것으로 나타났다. 덕천교의 복합악취도 공업지역 배출기준 20을 초과하였고, 부산콘크리트와 엄궁유수지도 희석배수가 각각 21과 30으로 사상공업지역 인근 하천 및 유수지의 악취오염도가 가장 심각한 것으로 나타났다.

하천에서 주요하게 발생하는 지정악취물질은 황화수소, 다이메틸설파이드, 다이메틸다이설파이드와 같은 황화합물과 아세트알데하이드, 프로피온알데하이드, 뷰티르알데하이드 등의 알데하이드류 등이었다.

황화수소는 동천이나 덕천교, 장림교 등 생활하수 계열의 하천에서 주로 많이 발생하였으며, 광무교 아래나 덕천교 등에서 높게 검출되고 범4호교 등은 상대적으로 낮게 검출되었는 것으로 보아 뚜껑이 덮힌 하수관거나 복개천 등의 주 오염원으로 판단된다. 또한 감전유수지와 같은 건천의 바닥에서 하수나 우수가 마를 때에 황화수소가 많이 발생하는 것으로 나타났다. 이는 생활하수 등의 황계열이 포함된 하폐수가 혐기적 조건에서 부패할 때 주로 발생하는 것으로 판단된다.

다이메틸설파이드 및 다이메틸다이설파이드는 덕천천과 삼락수로와 감전수로 등에서 높게 검출되었으며 생활하수나 공업하수 공히 검출되었고, 유속이 느린 고인 곳에서 주로 검출되었다.

아세트알데하이드는 거의 모든 하천에서 높게 검출되어 하천의 주요한 악취오염물질 중 하나로 조사되었고, 하절기 덕천교, 감전유수지, 부산콘크리트 옆, 엄궁유수지에서 기타지역 배출허용기준(0.05 ppm)을 초과하였다. 프로피온알데하이드와 뷰티르알데하이드 등도 대부분의 하천에서 검출되나 특히 삼락교와 부산콘크리트, 엄궁유수지 등에서 높게 검출되어 공장지역 폐수의 주요한 악취물질로 나타났다. 특히 프로피온알데하이드는 삼락교와 부산콘크리트에서 배출허용기준(0.05 pm)을 초과하였다.

n-발레르알데하이드는 일부 지역에서만 검출되었고, i-발레르알데하이드는 검출되지 않았다. 또한 스타이렌은 부산콘크리트와 엄궁유수지에서만 검출되어 공장폐수 등의 VOC등에서 유발된 것으로 판단된다.

악취물질별 기여도

악취는 개별 지정악취물질의 검출여부나 농도보다는 사람들이 그 악취물질이 악취전체에 미치는 기여도를 알아보는 것이 필요하다. 개별 악취물질의 기여도는 전체 악취지수(Odor Quotient)[9]에 각 악취물질이 차지하는 악취지수의 백분율로 나타내는데, 여기서 악취지수는 악취물질의 농도를 그 물질의 악취감지한계농도(Odor Threshold) 값으로 나눈 값으로 예상악취농도를 의미하며 수식은 아래와 같다.

$$OQ(\text{악취지수}) = Cm / Ct$$

Cm : 악취성분의 측정농도, Ct : 악취성분의 최소감지값

$$Ao(\text{기여도}, \%) = (OQ / \Sigma Q) \times 100$$

하절기에 각 하천별로 개별 지정악취물질이 전체 12개 지정악취물질에 대한 악취지수 최소검출한계는 Table 8과 같고, 기여도는 Fig. 9와 같다.

Fig. 9와 같이 광무교와 덕천교, 삼락교 등 생활하수는 황화

Table 8. Odor Quotient(summer) and Threshold of each odor compound

odor compound	Kwangmu Br.	Beom4 Br.	Deokcheon Br.	Gamjeon Reservoir.	Samrak Br.	Busan Concrete	Eomgung Reservoir.	Jangrim Br.	Threshold[7]
Ammonia	3.6	0.4	1.2	1.3	2.1	1.0	1.7	2.1	0.15
Methylmercaptan	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00012
Hydogen sulfide	84.0	0	36.0	50.0	6.0	4.0	4.0	18.0	0.0005
Dimethyl sulfide	0	0	8.3	0	66.7	58.3	16.7	0	0.00012
Dimethyl disulfide	0	0	32.1	7.1	14.3	10.7	7.1	0	0.00028
Trimethylamine	0	0	0	0	0	0	0	9.1	0.00011
Styrene	0	0	0	0	0	0.4	0.8	0	0.033
Acetaldehyde	10.7	0	37.3	72.0	30.0	42.7	36.7	9.3	0.0015
Propionaldehyde	4.0	0	8.0	3.3	17.3	51.3	30.7	6.7	0.0015
Butyraldehyde	0	0	25.0	46.9	34.4	65.6	59.4	0	0.00032
n-valeraldehyde	0	0	1.4	0	0	1.4	2.8	0	0.00071
i-valeraldehyde	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00019
sum of Odor Quotient	102.3	0.4	149.4	180.7	170.8	235.4	159.8	45.2	

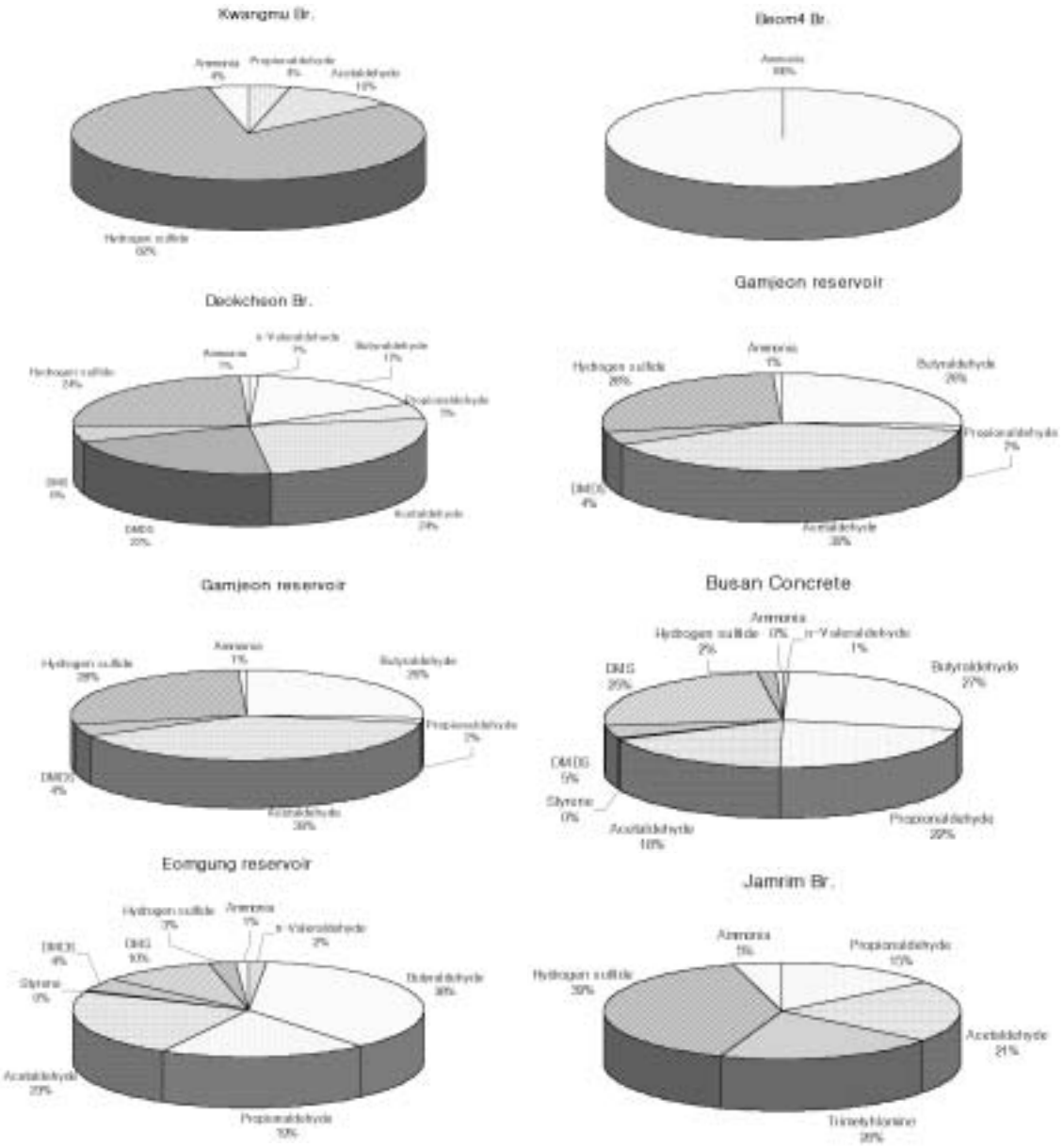

Fig. 9. Attribution of each odor compound in summer.

합물 계열(황화수소, 다이메틸설파이드, 다이메틸다이설파이드) 악취물질의 기여도가 높게 나타났으며, 감전유수지와 부산콘크리트, 엄궁유수지 등 공업폐수가 많은 지역은 상대적으로 알데하이드류의 기여도가 훨씬 높게 나타났다. 스타이렌은 부산콘크리트 옆과 엄궁유수지 등에서 일부 검출되기는 하나 기여도는 극히 낮은 것으로 보아 주요한 악취물질은 아닌 것으로 나타났으며, 장림교의 트라이메틸아민은 하천 자체의 악취라기보다 인근 공단에서 유발된 것으로 판단된다.

수질 및 하상퇴적물과의 상관성

악취는 오염된 물에서 휘발하기도 하지만 오염된 하상퇴적물의 영향에 의해서도 발생하기도 한다. 악취가 수질과 하상퇴적물 어느 인자와 상관성이 높은지 알아볼 필요성이 있다. Table 9는 하절기(8월) 악취와 수질오염도 및 하상퇴적물의 오염정도를 나타내었다.

수질오염도의 지표 중 악취오염도와 가장 영향이 클 것으로 생각되는 생화학적 산소요구량(BOD)와 하상퇴적물 오염물 지표 중 유기물의 오염도를 나타내는 강열감량을 각각 하절기과 동절기별로 복합악취 및 악취지수와 비교하였으며, 그 상관도(r) 값은 Table 10과 같다.

Table 10과 같이 악취오염도 지수(복합악취희석배수와 악취지수)는 BOD보다는 하상퇴적물의 강열감량과 훨씬 더 높은 상

Table 9. Comparison between odor index , water quality index and sediment pollution index

River	site	season	Dilution Factor (Complex Odor)	Odor Quotient	BOD(mg/L)	Organic Matter Content(%)
Dong-cheon	*Kwangmu Br.*	Summer	37	102.3	16.6	-
		Winter	25	61.1	8.5	-
	Beom4 Br.	Summer	1	0.14	7.1	5.8
		Winter	1	9.3	11.5	-
Deok-choen	*Deokcheon Br.*	Summer	21	149.4	12.8	13.6
		Winter	5	60.4	87.6	2.5
Samrak	*Gamjeon Reservoir*	Summer	14	180.7	20.6	12.2
		Winter	7	14.4	12.1	15.3
	Samrak Br.	Summer	14	170.8	27.9	-
		Winter	5	51.0	58.9	-
Gamjeon	*Busan Concrete*	Summer	21	235.4	28.7	23.2
		Winter	7	46.3	493.3	23.6
	Eomgung Reservoir	Summer	30	159.8	54.9	20.1
		Winter	7	18.4	1479.9	31.0
Jangrim	*Jangrim Br.*	Summer	7	45.2	21.6	15.0
		Winter	5	50.5	88.6	9.9

Table 10. The corelation coefficient between odor index , water and sediment pollution index

Summer	Dilution Factor	Odor Quotient	BOD	Organic Matter Content
Dilution Factor	1.000			
Odor Quotient	0.754	1.000		
BOD	0.773	0.463	1.000	
Organic Matter Content	0.771	0.755	0.734	1.000
Winter	Dilution Factor	Odor Quotient	BOD	Organic Matter Content
Dilution Factor	1.000			
Odor Quotient	-0.780	1.000		
BOD	0.511	-0.440	1.000	
Organic Matter Content	0.836	-0.648	0.842	1.000

관관계를 가진다. 이는 하절기에 강우등으로 인해 수질오염도가 오히려 떨어지게 되어 악취오염도를 제대로 반영하기 힘든 것으로 판단된다. 특히 하절기의 복합악취와 악취지수 모두 강열강량과의 상관성이 높아 강열감량이 높은 하천이 악취오염의 우려가 가장 높은 곳이라 할 수 있다.

동절기에는 복합악취만이 강열감량과 상관성이 높고 악취지수와 강열감량의 상관도는 부의 상관관계를 나타내었다. 이는 동절기에는 기기분석에 의한 값(악취지수)이 관능값(복합악취)을 잘 반영하지 못하여 악취오염도 지수로 수질이나 하상퇴적물 오염지수와 평가하기 힘들다는 것을 알 수 있다.

결 론

본 연구에서는 부산지역 하천 및 인근 유수지등에서 발생하는 악취물질 및 그 농도를 파악하여 하천의 특성별로 어떠한 지정악취물질이 악취에 가장 큰 영향을 미치는지 분석하였다. 또한 악취오염도 인자와 하천의 수질 및 하상퇴적물의 오염도 인자와의 상관성 분석을 통해 어떠한 오염인자와 가장 영향이 높은지 조사하였다.

1) 부산지역 하천 및 유수지 중 악취오염도가 높은 곳은 덕천교 인근과 감전수로의 부산콘크리트 및 엄궁유수지 일원으로 하절기에 공업지역 배출허용기준(복합악취 20)을 초과하는 값을 나타내었다.

2) 동천 상류 광무교 아래와 같이 복개되어 외부공기와의 순환이 차단된 곳은 하절기 및 동절기모두 악취오염도 20을 상회하는 높은 악취오염도를 나타내었고 악취기여도가 높은 물질은 황화수소로 조사되었다.

3) 생활하수 계열의 하천에서는 황화수소, 다이메틸설파이드, 다이메틸다이설파이드 등 황화합물계 악취물질의 기여도가 가장 높았으며, 공장폐수 계열의 하천에서는 상대적으로 알데하이드류의 기여도가 높게 나타났다.

4) 악취오염도는 하절기에 하상퇴적물 강열감량과 높은 상관관계를 유지하여 하상퇴적물의 오염도가 높은 하천의 하절기에 악취발생의 우려가 가장 높은 것으로 조사되었다.

참 고 문 헌

1) 부산광역시 홈페이지, www.busan.go.kr, 2005.12.
2) 악취방지법, 법률 제7170호, 2004.2.
3) 부산광역시 보건환경연구원 홈페이지, www.bihe.re.kr , 2005.9.
4) 악취오염공정시험방법, 국립환경연구원 고시 제2005-4호 (2005.2.)
5) 정구회, 김만구, "하수처리장에서의 악취배출 성상 조사", 한국냄새환경학회지, 3(4), 225~233(2004)
6) 업종 시설별 악취관리, 환경부, 국립환경연구원, 7~8(2003.12)
7) 김만구, "오징어가공공장에서 발생하는 냄새물질 분석", 한국냄새환경학회지, 3(2), 115~120(2004)