

수생태계 건강성 조사

- 부산 17개 하천, 23개 지점 분기 1회 수생태계 건강성 조사
- 수질 지표생물을 중심으로 한 친생태적 수질평가 실시

1. 조사개요

- 조사근거 : 「수생태계 건강성조사 확대 건의」 (2016.1.19.)
- 조사목적 : 종합적 하천 수질평가 및 친생태적 하천개발 유도
- 조사시기 : 2017년도 분기별 1회 총 4회
- 조사대상 : 18개 하천 24개 지점 중, 17개 하천 23개 지점
 - ※ 물류단지 조성 공사 중인 지사천(세산교) 지점은 조사 제외

2. 조사방법

- 조사항목 : 저서동물 군집 및 수질 10항목
- 분석내용 : 저서동물 군집분포 조사 및 생태지수 산정
- 자료분석 : 환경부 「하천 수생태계 건강성 조사 및 평가지침」 에 따라 분석

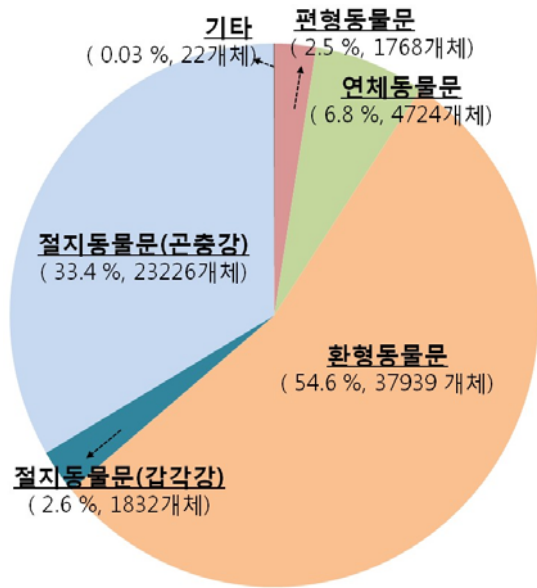


그림 1. 수생태계 건강성 조사지점

3. 조사결과

3.1 출현종 분포

- 2017년에 총 69,511개체, 91종의 저서동물 채집 및 동정
- 환형동물문(실지렁이 등)이 전체의 54.6 %로 최다 개체수 차지
- 절지동물문(곤충강)은 전체의 33.4 %이나 총 66종 출현



분류군	개체수 (%)	종수	
편형동물문	1,768 (2.54)	1	
연체동물문	4,724 (6.80)	12	
환형동물문	37,939 (54.58)	4	
절지동물문(갑각강)	1,832 (2.64)	6	
절지동물문(곤충강)	하루살이목	3,420 (4.92)	16
	파리목	13,568 (19.52)	16
	날도래목	6,028 (8.67)	15
	기타	210 (0.30)	19
기 타	22 (0.03)	2	
총 계	69,511 (100)	91	

그림 2. 채집 생물 개체수 분포 및 종수

3.2 생태지수(첨부 1, 2)

- 철마천(장전2호교) : 종수, 다양도지수 최대, 우점도지수 최소
- 죽성천(죽성교) : 개체수밀도 최대(오염내성종 과다번식)
- 동천(성서교) : 개체수밀도, 종수, 다양도 최소, 우점도 최대
→ 조사지점 중 가장 열악한 생태적 상태

표 1. 조사지점 주요 생태지수 현황(2017년 평균)

항목	개체수밀도	출현종수	다양도지수	우점도지수
최대	죽성천(죽성교) 30,813 개체수/m ²	철마천(장전2) 32 종	철마천(장전2) 3.512	동천(성서교) 0.903
최소	동천(성서교) 49 개체수/m ²	동천(성서교) 3 종	동천(성서교) 0.995	철마천(장전2) 0.425

3.3 주요 출현종 (첨부 3, 4)

- 깔다구(오탁지수 1.7)가 가장 빈번히 우점(총 22번)
- 오염수 지표종인 실지렁이(오탁지수 3.5)도 온천천(세병교) 등 비점오염이 잦은 지점을 중심으로 총 16번 우점

표 2. 주요 우점종 현황

우점종	오탁지수	우점횟수 / 시료수	주요 우점지점
깔다구	1.7	22/90	수영강(신천교), 송정천(인도교) 등
실지렁이	3.5	16/90	온천천(세병교), 삼락천(괘법교) 등
물벌레	2.3	8/90	온천천(부곡교), 춘천(그린코아) 등
꼬마줄날도래	0.6	6/90	일광천(화전교), 좌광천(정관) 등

※ 오탁지수 : 0.0 ~ 3.9 범위, 오염지표생물일수록 그 값이 커짐

3.4 저서동물 생태지수(BMI) 분포

- A (매우 좋음) 등급 : 없음
 - 가뭄과 유량부족으로 건천화 등 생태환경 악화 영향
 - 2016년 : 철마천(장전2호교) 등 2개 지점이 A등급
 - ※ 부산 강우량 : 1,760 mm(2016년), 1,014 mm(2017년)

표 3. 조사지점 BMI 등급별 현황

등급	지점수	지 점 명
B(좋음)	8	수영강(신천교, 회동교), 철마천(장전2), 우동천(우동교), 일광천(화전교), 좌광천(임랑1), 대천천(화명교), 구덕천(인도교)
C(보통)	5	온천천(부곡교), 춘천(그린코아), 송정천(인도교), 좌광천(정관), 장안천(인도교)
D(나쁨)	3	석대천(반석2호교), 학장천(학장교), 삼락천(순아교)
E(매우나쁨)	7	온천천(세병교), 수영강(수영강사무소), 죽성천(죽성교), 동천(광무교, 성서교), 삼락천(괘법교), 학장천(주남교),

- B (좋음) 등급 : 수영강(신천교) 등 총 8개 지점
 - 대부분 도심외곽 또는 하천발원지 계곡수 유입 지점
 - BOD I a(매우 좋음) ~ II(약간 좋음)등급 수질 유지
 - 도시 비점오염원의 영향이 다소 적은 지점임

- C (보통) 등급 : 온천천(부곡교) 등 총 5개 지점
 - 온천천(부곡교) : 약간의 도시 비점오염원 유입
 - 춘천(그린코아) : 1분기~3분기까지는 BMI B 등급, 4분기에 BMI E 등급으로 악화 (평균 : C 등급)
 - 4분기에 오염현상 관찰됨(하수유입으로 추정)

표 4. 춘천(그린코아) 지점 분기별 BMI 및 BOD

항목	평균	1분기	2분기	3분기	4분기
생태지수(BMI)	C	B	B	B	E
BOD(mg/L)	4.8	2.5	1.8	0.9	14.0

- 송정천(인도교) : 수질은 BOD I b(좋음) 등급으로 양호하나 인근 관광단지 조성 구간의 비점오염(토사) 유입 영향 받음
- 좌광천(인도교) : BOD III등급(보통)과 생태등급 유사
- 장안천(인도교) : 수질은 I a(매우 좋음)으로 아주 양호하나 2017년도에 건천화 등 가뭄 영향을 크게 받았음
- D (나쁨) 등급 : 석대천(반석2호교) 등 3개 지점
 - 석대천(반석2호교), 평강천(순아교)
 - : BOD IV(약간나쁨) ~ V(나쁨) 등급의 악화된 수질로 인해 생태등급 낮음
 - 특히 평강천(순아교)은 하천수 체류 등으로 수질변동 심함
 - 2017년도에 BOD 1.2 mg/L ~ 48.0 mg/L 까지 변동
 - 학장천(학장교)
 - : 수질은 BOD II(약간좋음)등급이나 상류에서의 하수월류 등의 영향 큼
- E (매우나쁨) 등급 : 온천천(세월교) 등 총 7개 지점
 - 동천(광무교, 성서교), 죽성천(죽성교), 수영강(사무소)
 - BOD IV(약간나쁨) ~ V(나쁨)의 악화된 수질 보임
 - 상류로부터 강우시 하수관거 월류 및 비점오염물질 유입
 - 온천천(세병교), 학장천(주남교), 삼락천(괘법교)
 - 수질은 BOD II(약간좋음)~II(보통) 등급으로 양호
 - 낙동강 유지용수 공급 영향
 - 강우 시 대량의 하수 월류, 비점오염원 유입 지점
 - 평상시 양호한 수질에도 불구하고 강우 시 불특정한 오염이 빈발하여 하천생태계 악화 유발
 - 하수관거 정비, 비점오염방지시설 등 인프라 확보 필요



그림 3. 조사지점별 수생태계 건강성 등급 현황(BMI 등급, 2017년 평균)

※ 지사천 : 신항만 배후 물류단지 조성 공사 영향으로 조사 제외

3.5 2016년도와 저서동물 생태지수(BMI) 비교

- 2016년도와 BMI 값 큰 변동 없이 유사하나 소폭 하락
 - 23개 지점 BMI 전체평균값 : 2016년 52.7, 2017년 50.2

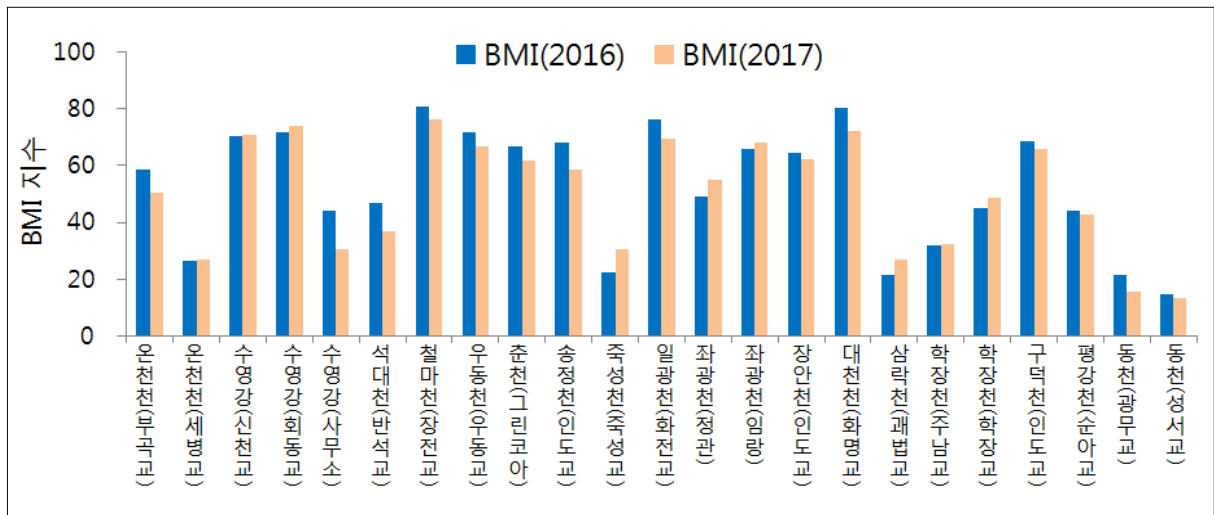


그림 4. 2016년과 2017년 생태지수(BMI)값 비교

3.6 타 지역 하천과 생태지수(BMI) 비교

- 수도권 : 주로 상류 B~C, 하류 D~E 등급을 나타냄
- 대구, 울산 등 : C~E 등급이나 태화강 중·상류는 A~B 등급
- 대체적으로 부산과 유사한 경향을 보임
 - 도심은 비점오염원, 하수 월류 등 영향으로 BMI 등급 낮음

표 5. 주요 도심하천 저서동물생태지수(BMI) : 환경부(2016) 자료

지역	하천명	BMI 등급	지역	하천명	BMI 등급
수도권	안양천	D~E	대구	금호강	C~D
	중랑천	B~D		신천	C
	청계천	C~E	울산	태화강(중·상류)	A~B
	왕숙천	B~D		태화강(하류)	E
	양재천	B	창원	창원천	D

※ 환경부 : 전국 하천에 대하여 3년 주기로 수생태계 건강성조사

4. 요약

- 2017년에는 총 69,511개체, 91종의 저서동물 채집 및 동정
- 개체수밀도는 죽성천(죽성교) 지점이 평균 30,813 개체수/m²로 가장 높고 종수는 철마천(장전2호교)지점이 평균 32종으로 최대
- 출현종은 깔다구(오탁지수 1.7)가 가장 빈번히 우점
- 온천천(세병교) 등 비점오염이 잦은 지점은 오염수 지표종인 실지렁이 번성 현상 빈발
- 수생태계 건강성 등급(BMI 등급) 분포는 B 등급이 8개, C 등급이 5개, D등급이 3개, E 등급이 7개 지점이었음
- 도심하천 수생태계 건강성 주요 영향인자는 평상시 수질 및 강우 시 하수월류, 비점오염 등 불특정하게 발생하는 오염현상임

5. 활용방안 및 기대효과

- 부산시 주요 하천 수생태계 건강성 현황 파악
- 하천 수생태 복원사업 필요성 파악, 성과 평가 및 홍보
- 이화학적 수질지표를 보완한 종합적인 수질 평가 실시

첨부 1. 생태지수 산정공식 등

지수	계산식	지수의 의미		
		지수 범위	등급	상태
저서동물지수(BMI)	$BMI = \left(4 - \frac{\sum_{i=1}^n s_i h_i g_i}{\sum_{i=1}^n h_i g_i} \right) \times 25$ $s_i: \text{단위오탁지수}, h_i: \text{출현도}, g_i: \text{지표가중치}$	$80 \leq BMI \leq 100$	A	매우 좋음
		$65 \leq BMI < 80$	B	좋음
		$50 \leq BMI < 65$	C	보통
		$35 \leq BMI < 50$	D	나쁨
		$0 \leq BMI < 35$	E	매우 나쁨
다양도지수(H')	$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i, \quad (p_i = \frac{N_i}{N})$ $N_i: i \text{ 종의 개체수}, N: \text{총 출현개체수}$	> 4.00	매우 양호	
		$3.00 \sim 4.00$	양 호	
		$2.00 \sim 3.00$	다소 양호	
		$1.00 \sim 2.00$	불 량	
		$0.00 \sim 1.00$	매우 불량	
우점도지수(DI)	$DI = \frac{N_1 + N_2}{N}$ $N_1, N_2: \text{제 1, 2 우점종 개체수}$ $N: \text{총 출현개체수}$	< 0.25	매우 양호	
		$0.25 \sim 0.50$	양 호	
		$0.50 \sim 0.70$	다소 양호	
		$0.70 \sim 0.90$	불 량	
		$0.90 \sim 1.00$	매우 불량	

* 저서동물(저서성대형무척추동물, Benthic Macroinvertebrate)

- 하천바닥에 서식하는 수서곤충, 조개류, 갑각류, 거머리 등 다양한 무척추동물
- 생태적 중요성과 환경지표성이 커, 수생태환경 평가에 가장 폭넓게 활용됨

* 저서동물지수(Benthic Macroinvertebrate Index)

- 환경 지표생물군(저서동물 군집)을 활용한 생물학적 수질 판정 지수
- 개별 생물종마다 설정된 오탁지수와 가중치를 통해 산정된 지수를 이용하여 A(매우 좋음) ~ E(매우 나쁨)의 5단계로 구분하여 평가

* 다양도 지수(Species Diversity Index)

- 생물 군집 내 종의 다양성, 생태적 안정성 판정지수이며 높을수록 양호 상태

* 우점도 지수(Dominance Index)

- 특정 생물종 개체수의 총개체수에 대한 비이며, 환경 악화 시 우점도지수 증가

첨부 2. 2017년 생물출현현황 및 생태지수 등(2017년 평균)

하천명	조사지점	종수	개체수/ m ²	다양도 지수	우점도 지수	BMI(생태등급)		BOD(수질)		
						값	등급	값	등급	
수영강수계	온천천	부곡교	13	777	2.604	0.603	50.4	C	2.7	II
		세병교	10	9765	1.079	0.884	27.0	E	2.2	II
	수영강	신천교	20	3364	2.455	0.656	70.8	B	1.3	I b
		회동교	12	1918	1.729	0.779	74.1	B	1.3	I b
		수영강사무소	14	1232	2.442	0.604	30.8	E	8.1	V
	석대천	반석2호교	10	1485	2.128	0.708	36.7	D	6.1	IV
	철마천	장전2호교	32	2224	3.512	0.425	76.3	B	0.9	I a
동부산수계	우동천	우동교	17	1524	2.951	0.528	66.5	B	1.1	I b
	춘천	삼정그린코아	15	741	2.833	0.554	61.6	C	4.8	III
	송정천	인도교	19	567	3.375	0.438	58.7	C	1.4	I b
	죽성천	죽성교	10	30813	1.518	0.817	30.5	E	8.1	V
	일광천	화전교	26	1765	3.129	0.526	69.4	B	1.5	I b
	좌광천	정관인도교	12	1928	2.181	0.658	54.9	C	3.8	III
		임랑1교	16	1567	2.553	0.633	67.9	B	3.2	III
	장안천	은진사 옆	18	574	3.172	0.474	62.1	C	1.0	I a
중부산·서부산수계	대천천	화명교	22	1613	2.866	0.566	71.9	B	1.1	I b
	삼락천	괘법교	5	152	1.670	0.710	27.1	E	3.5	III
	학장천	주남교	11	330	2.429	0.618	32.3	E	2.9	II
		학장교	11	406	2.530	0.630	48.9	D	2.1	II
	구덕천	인도교	18	1207	2.893	0.537	65.7	B	1.9	I b
	평강천	순아교	12	283	2.661	0.572	42.8	D	8.2	V
	동천	광무교	4	121	1.398	0.860	15.8	E	7.6	IV
		성서교	3	49	0.995	0.903	13.3	E	13.9	VI

첨부 3. 조사지점별 우점종 현황

채집시기 지점명		1분기		2분기		3분기		4분기		
		우점종 (오탁지수)	출현률 (%)	우점종 (오탁지수)	출현률 (%)	우점종 (오탁지수)	출현률 (%)	우점종 (오탁지수)	출현률 (%)	
수영강수계	온천천	부곡교	갈따구 (1.7)	36	물벌레 (2.3)	24	꼬마줄날도래 (0.6)	51	물벌레 (2.3)	57
		세병교	실지렁이 (3.5)	94	갈따구 (1.7)	50	실지렁이 (3.5)	96	붉은색갈따구 (3.4)	69
	수영강	신천교	갈따구 (1.7)	81	갈따구 (1.7)	45	등딱지하루살 이 (1.2)	27	꼬마줄날도래 (0.6)	33
		회동교	갈따구 (1.7)	53	플라나리아 (0.7)	49	플라나리아 (0.7)	61	플라나리아 (0.7)	91
		사무소	갈따구 (1.7)	27	물벌레 (2.3)	49	실지렁이 (3.5)	73	갈따구 (1.7)	28
	석대천	반석2교	실지렁이 (3.5)	37	실지렁이 (3.5)	29	물벌레 (2.3)	44	물벌레 (2.3)	44
	철마천	장전2교	갈따구 (1.7)	38	네점하루살이 (0.6)	16	원돌이물달팽이 (2.7)	24	네점하루살이 (0.6)	35
동부산수계	우동천	우동교	갈따구 (1.7)	48	다슬기 (0.4)	37	다슬기 (0.4)	30	다슬기 (0.4)	34
	춘천	그린코아	갈따구 (1.7)	30	물벌레 (2.3)	35	물벌레 (2.3)	41	돌거머리 (2.6)	50
	송정천	인도교	갈따구 (1.7)	31	새뱅이 (1.9)	43	갈따구 (1.7)	21	물벌레 (2.3)	22
	죽성천	죽성교	실지렁이 (3.5)	88	실지렁이 (3.5)	75	돌거머리 (2.6)	45	갈따구 (1.7)	60
	일광천	화전교	갈따구 (1.7)	13	꼬마줄날도래 (0.6)	46	새뱅이 (1.9)	30	네점하루살이 (0.6)	47
	좌광천	정관인도교	실지렁이 (3.5)	86	물달팽이 (1.6)	33	꼬마줄날도래 (0.6)	26	꼬마줄날도래 (0.6)	37
		임랑1교	갈따구 (1.7)	59	줄날도래 (0.8)	31	개똥하루살이 (1.8)	33	꼬마줄날도래 (0.6)	36
	장안천	인도교	갈따구 (1.7)	34	등딱지하루살이 (1.2)	39	갈따구 (1.7)	18	개똥하루살이 (1.8)	22
중부산·서부산수계	대천천	화명교	갈따구 (1.7)	27	물달팽이 (1.6)	21	물달팽이 (1.6)	58	물달팽이 (1.6)	40
	삼락천	괘법교	실지렁이 (3.5)	43	실지렁이 (3.5)	52	실지렁이 (3.5)	52	실지렁이 (3.5)	97
	학장천	주남교	갈따구 (1.7)	32	실지렁이 (3.5)	64	실지렁이 (3.5)	26	갈따구 (1.7)	59
		학장교	갈따구 (1.7)	41	개똥하루살이 (1.8)	33	물달팽이 (1.6)	44	갈따구 (1.7)	43
	구덕천	인도교	개똥하루살이 (1.8)	21	또아리물달팽이 (2.4)	48	다슬기 (0.4)	42	먹파리 (0.2)	22
	평강천	순아교	실지렁이 (3.5)	32	논우렁이 (1.8)	43	논우렁이 (1.8)	22	플라나리아 (0.7)	57
	동천	광무교	나방파리 (3.5)	72	나방파리 (3.5)	70	붉은색갈따구 (3.4)	44	-	-
		성서교	실지렁이 (3.5)	88	나방파리 (3.5)	73	나방파리 (3.5)	50	-	-

※ 오탁지수 : 0.0 ~ 3.9 범위 값을 가지며, 오염지표생물일수록 그 값이 커짐

첨부 4. 저서동물 주요 출현종 촬영사진(2017)

○ 편형동물문, 환형동물문



플라나리아(수영강 회동교)



실지렁이(학장천 주남교)



실지렁이 개체군(죽성천 죽성교)



아가미지렁이(수영강 사무소)



돌거머리(죽성천 죽성교)



조개넙적거머리(구덕천 인도교)

○ 연체동물문



물달팽이(석대천 반석2호교)



원돌이물달팽이(죽성천 죽성교)



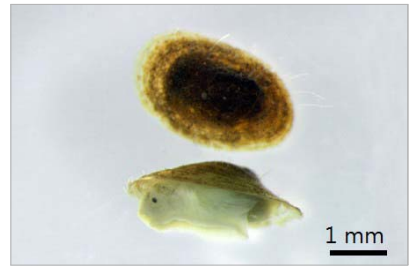
논우렁이(평강천 순아교)



다슬기(구덕천 인도교)



둥근입기수우렁이(학장천 주남교)



민물삿갓조개(송정천 인도교)



수정또아리물달팽이(좌광천 정관)



민물담치(평강천 순아교)



재첩(학장천 주남교)

○ 절지동물(갑각강)



가재(우동천 우동교)



물벌레(수영강 사무소)



새뱅이(송정천 인도교)

○ 절지동물(곤충강)



등딱지하루살이(장안천 인도교)



네점하루살이(일광천 화전교)



부채하루살이(일광천 화전교)



노란뱀잠자리(철마천 장전2호교)



밀잠자리(석대천 반석2호교)



여울벌레(철마천 장전2호교)



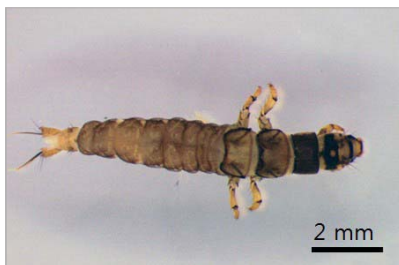
붉은색갈따구(온천천 세병교)



갈따구(우동천 우동교)



나방파리(동천 광무교)



흰점줄날도래(좌광천 임량)



청나비날도래(우동천 우동교)



네모집날도래(구덕천 인도교)