

## 수생태계 건강성 조사

○ 부산 17개 하천 22개 지점에서 저서동물을 대상으로 수생태계 건강성 조사를 실시하여 도심하천 생태회복을 모니터링하고 건강한 생태하천 조성에 필요한 자료를 제공

### 1. 조사개요

- 조사근거 : 「수생태계 건강성조사 확대 건의」(2016.1.19.)
- 조사목적 : 종합적 수질평가 및 생태적 하천관리 유도
- 조사시기 : 2018년(분기 1회 : 2, 5, 8, 11월)
- 조사대상 : 18개 하천 24개 지점 중, 17개 하천 22개 지점  
※ 하천 공사 중인 동천(광무교, 성서교) 지점은 조사 제외

### 2. 조사방법

- 조사내용 : 도심하천 저서동물 정량 채집 후 출현개체수 산정 및 출현종 동정  
※ 저서동물 : 하천 바닥에 서식하는 수서곤충, 조개류, 갑각류 등 다양한 생물
- 분석내용 : 저서동물 군집분석 및 생태지수 산정(첨부 1)
- 조사방법 : 「생물측정망 조사 및 평가지침(2017.12, 국립환경과학원)」에 따름

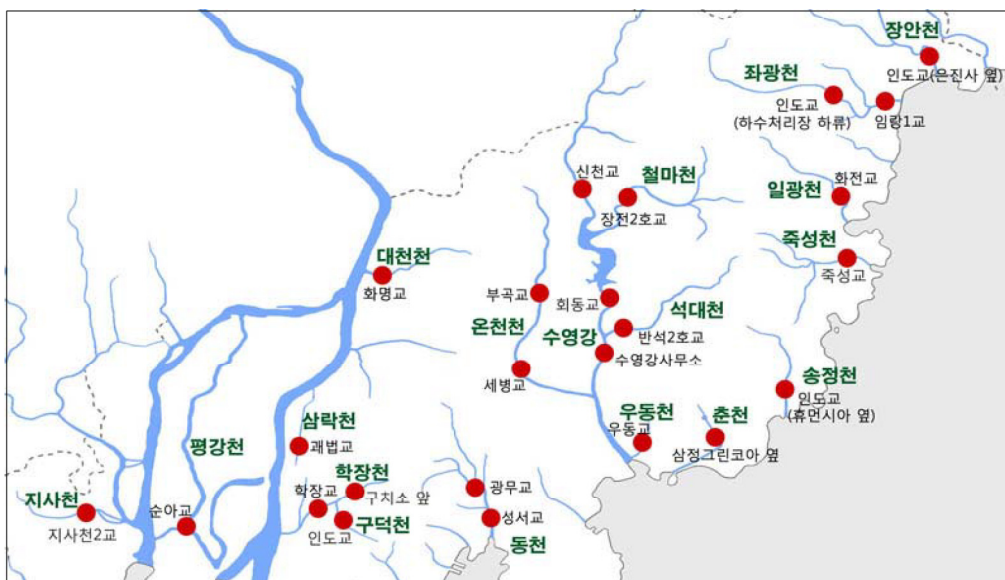
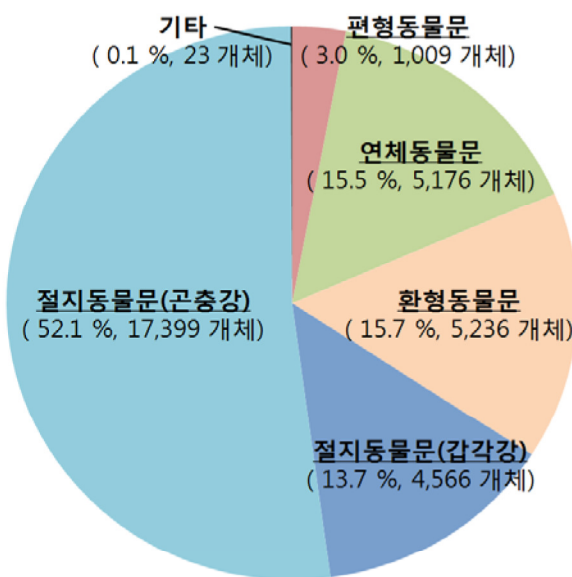


그림 1. 2018년 수생태계 건강성 조사지점  
(※ 동천 광무교, 성서교 지점은 하천공사로 조사 제외)

### 3. 조사결과

□ 출현종 분포

- 2018년에는 총 33,409개체, 92종의 저서동물 채집 및 동정하였음
- 절지동물문(곤충강)이 52.1 %, 68종으로 가장 풍부하였고 연체동물문, 환형동물문, 절지동물문(갑각강)은 각각 13.7 ~ 15.7 % 범위임
- 절지동물문(곤충강) 중에서는 하루살이목, 파리목, 날도래목이 전체 52.1 % 중 51.5 %로 대부분을 차지하였음
- 채집생물 중에는 **갈따구**가 전체의 21.1 %으로 가장 흔하였고, 이어 물벌레(13.2 %), 실지렁이(12.9 %) 순으로 많이 채집됨
- 오탭지수 1.0 미만은 8,704개체(26.1 %), 44종이고, **꼬마줄날도래**(6.6 %), **플라나리아**(3.0 %), **줄날도래**(2.8 %)의 순으로 출현
  - ※ 오탭지수 : 0.0 ~ 3.9 범위이며, 오염지표생물일수록 그 값이 큼
- 오탭지수 3.0 이상은 5,198개체(15.6 %), 10종이었고, **실지렁이**(12.9 %), **붉은갈따구**(1.5 %), **조개넙적거머리**(0.6 %)의 순으로 출현하여 **오염지표종의 대부분은 실지렁이**였음



분류군	개체수 (%)	종수
편형동물문	1,009 ( 3.0 %)	1
연체동물문	5,176 (15.5 %)	14
환형동물문	5,236 (15.7 %)	4
절지동물문(갑각강)	4,566 (13.7 %)	4
절지동물문 (곤충강)	하루살이목	3,115 ( 9.3 %)
	파리목	9,791 (29.3 %)
	날도래목	4,296 (12.9 %)
	기타	197 ( 0.6 %)
기 타	23 ( 0.1 %)	1
총 계	33,409 ( 100 %)	92

그림 2. 채집 생물 개체수 분포 및 종수(2018년)

□ 생태지수

- 개체밀도는 **평균 1,319 개체/m<sup>2</sup>**이며, 죽성천(죽성교)가 평균 3,766 개체/m<sup>2</sup>로 가장 높고 송정천(인도교)가 평균 22 개체/m<sup>2</sup>로 가장 낮음
- 출현종수는 **평균 14종**이며, 철마천(장전2호교)가 33종으로 가장 많고 삼락천(괘법교)가 4종으로 가장 적음

- 다양도지수는 평균 2.502이며, 철마천(장전2호교)가 3.615로 가장 높고 온천천(세병교)가 1.354로 가장 낮으며, 우점도지수는 평균 0.616이며, 삼락천(괘법교)가 0.877로 가장 높고 일광천(화전교)가 0.418로 가장 낮음

표 1. 조사지점 생태지수(2018)

항목	개체밀도(개체/m <sup>2</sup> )	출현종수	다양도지수	우점도지수
평균	1,319	14	2.502	0.616
최대	3,766 죽성천(죽성교)	33 철마천(장전2호교)	3.615 철마천(장전2호교)	0.877 삼락천(괘법교)
최소	22 송정천(인도교)	4 삼락천(괘법교)	1.354 온천천(세병교)	0.418 일광천(화전교)

- 분기별로는 하반기(3 ~ 4분기)에 출현종수, 다양도지수가 다소 증가하는 등 생태지수가 좀 더 양호한 경향 보임 : 강우 증가로 인한 유량 증가 및 수질 개선 등의 영향
- ※ BOD(mg/L) 평균 : 1분기(2.4), 2분기(3.5), 3분기(2.2), 4분기(1.9)

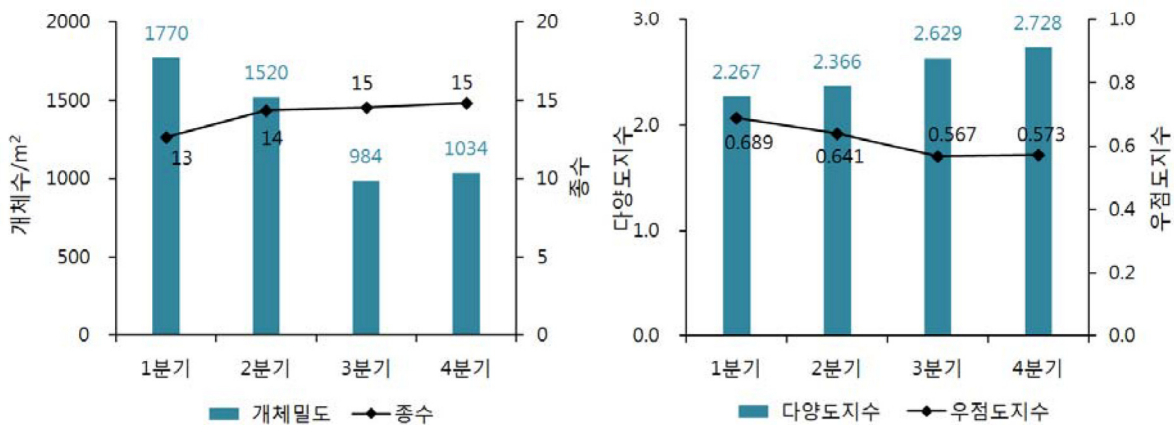


그림 3. 채집시기 별 생태지수(평균) 변화

□ 수생태계 건강성 등급(저서동물, BMI)

- 「생물측정망 조사 및 평가지침」(2017.12, 국립환경과학원)에 따라 A ~ B 5개 등급으로 조사지점의 수생태계 건강성 등급을 조사하였음
- 저서동물 수생태계 건강성 등급(2018년 평균)은 A (매우 좋음) 1개소, B (좋음) 7개소, C (보통) 5개소, D (나쁨) 4개소, E (매우 나쁨) 5개소임
- BMI는 철마천(장전2호교)가 80.7으로 최대, 학장천(구치소)가 19.0으로 최소였으며, 전체 평균은 53.3으로 C (보통)등급임
- 온천천(세병교) 등 E등급 지점은 모두 인구밀집지역으로 하수월류수, 비점오염물질 유입 등 강우 시의 간헐적 수질악화가 생태등급 하락의 주요 원인임  
: 분류식 하수관거, 비점오염 저감시설 등 기반시설 확보 필요

- 전반적으로 2017년 평균(B : 8개소, C : 5개소, D : 3개소, E : 7개소)과 유사한 수생태계 건강성 분포 보임



그림 4. 조사지점별 수생태계 건강성 등급 현황(BMI 등급, 2018년 평균)

※ 동천(광무교, 성서교) : 하천 공사 영향으로 조사 제외

□ 각 수계별 수질 및 수생태계 등급

○ 수영강 수계

- 온천천(부곡교), 수영강(신천교), 철마천(장전2호교) 지점은 BOD I a ~ II 등급 및 BMI A ~ C 등급의 다소 안정적 생태환경 유지
- 수영강(회동교) 지점은 BOD( I b 등급)에 비해 BMI가 C 등급으로 낮는데 갈수기에 회동댐 방류량이 부족하기 때문에 자정작용 감소, 부차조류 증가 등이 발생하기 때문으로 생각됨
  - ※ 회동댐 ~ 동천교(약 3 Km) : 회동댐 방류량이 유일한 유지용수원
- 온천천(세병교)는 BOD(II 등급)와 BMI(E 등급)의 격차가 크고 다양도지수도 1.354로 낮아 불안정한 생태구조를 보이는데 이는 강우 시 하수 유입 등 간헐적 수질오염 현상이 누적되기 때문임
- 수영강(수영강사무소)와 석대천(반석2호교) 지점은 BOD(IV 등급), BMI(D ~ E 등급) 모두 악화된 상태로 오염원 파악, 하수관거 정비 등 전반적인 수질개선대책 필요
- 철마천(장전2호교) 지점은 BOD( I a), BMI( A 등급) 모두 아주 양호한 상태여서 수질 및 생태 모두 양호하였음



표 2. 수영강 수계 생물출현현황 및 생태지수 등(2018년 평균)

하천명	조사지점	종수	개체수/m <sup>2</sup>	다양도 지수	우점도 지수	BMI(생태등급)		BOD(수질)		
						값	등급	값	등급	
수영강 수계	온천천	부곡교	14	941	2.364	0.668	59.5	C	2.5	II
		세병교	9	1269	1.354	0.819	28.4	E	2.2	II
	수영강	신천교	17	1633	3.001	0.539	68.4	B	2.5	II
		회동교	11	1527	1.884	0.768	63.4	C	2.0	I b
		수영강사무소	11	2533	1.769	0.779	31.2	E	6.3	IV
	석대천	반석2호교	14	2969	1.982	0.752	46.2	D	6.5	IV
	철마천	장전2호교	33	2574	3.615	0.433	80.7	A	0.8	I a

○ 동부산 수계

- 우동천(우동교), 일광천(화전교), 좌광천(정관인도교, 임랑1교)는 BOD I a ~ II 등급, BMI B 등급으로 수질 및 수생태계 전반적 양호
- 춘천(그린코아) 지점은 BOD III등급, BMI C 등급으로 보통 정도의 수질 및 수생태계 특성을 보이고 있으며, 특히 최근 수질 변동이 잦아 하수관거 파손·오전 등 점검 필요
  - ※ 춘천(그린코아) BOD(mg/L) : 1분기(0.9), 2분기(7.4), 3분기(1.6), 4분기(3.0)
- 죽성천(죽성교) 지점은 BOD IV등급, BMI E 등급으로 동부산 수계에서 가장 악화되었으며, 하천 수질이 하수처리장 방류수(죽성천 유지용수)보다 더 악화된 상태를 나타내고 있어 상류 복개구간 안의 하수관거 점검을 통한 미차집 하수량 확인 필요
  - ※ 기장하수처리장 방류수 2018년 BOD 평균 : 2.0 mg/L
- 일광천(화전교), 좌광천(정관인도교, 임랑1교) 지점은 BOD I a ~ II 등급, BMI B 등급으로 안정된 수질과 양호한 생태환경을 보이고 있었음
- 송정천(인도교), 장안천(인도교) 지점은 BOD(I a)에 비해 BMI가 C 등급으로 다소 낮는데, 이는 인근 나대지로부터 강우 시 토사 유입 및 퇴적이 다소 많은 점이 원인으로 생각됨

표 3. 동부산 수계 생물출현현황 및 생태지수 등(2018년 평균)

하천명	조사지점	종수	개체수/m <sup>2</sup>	다양도 지수	우점도 지수	BMI(생태등급)		BOD(수질)		
						값	등급	값	등급	
동부산 수계	우동천	우동교	20	878	3.257	0.440	70.2	B	0.7	I a
	춘천	그린코아 옆	13	1741	2.255	0.664	55.8	C	3.2	III
	송정천	인도교	12	238	2.865	0.533	55.7	C	1.0	I a
	죽성천	죽성교	9	3766	2.130	0.637	30.8	E	5.7	IV
	일광천	화전교	24	1030	3.476	0.418	70.8	B	1.0	I a
	좌광천	정관인도교	12	806	2.765	0.534	65.1	B	2.5	II
		임랑1교	14	691	3.048	0.454	67.1	B	2.4	II
	장안천	인도교	13	287	2.850	0.553	57.3	C	0.6	I a

○ 서부산 수계

- 대천천(화명교), 구덕천(인도교)는 수질 및 생태 전반적으로 양호
- 삼락천(괘법교), 학장천(구치소, 학장교)는 BMI가 D ~ E 등급으로 낮는데, 인근 주거지역과 공업지역·상업지역에서의 강우 시 하수 월류, 비점오염물질 유입이 주요 원인임
- 평강천(순아교)는 BOD(IV등급), BMI(D등급) 모두 낮는데, 이는 평지하천의 특성 상 유속이 낮아 오염물질이 체류하고, 조류나 수초가 번성한 후 퇴적되고 부패하여 수생태계가 악화되기 때문임



남조류 번성(평강천 순아교)



수초 번성(평강천 올만교)

\* 평강천은 하절기에 부엽식물이 하도를 덮는 경우(위 오른 쪽 사진)도 많음

- 지사천은 BOD(Ia 등급) 에 비해 BMI가 D등급으로 낮는데 강우 시 상류 공업단지 등에서의 비점오염물질 유입이 원인으로 추정됨

표 4. 서부산 수계 생물출현현황 및 생태지수 등(2018년 평균)

하천명	조사지점	종수	개체수/ m <sup>2</sup>	다양도 지수	우점도 지수	BMI(생태등급)		BOD(수질)		
						값	등급	값	등급	
서 부 산 수 계	대천천	화명교	22	1797	2.366	0.678	77.8	B	0.5	I a
	삼락천	괘법교	4	478	1.385	0.877	20.0	E	3.2	III
	학장천	구치소 앞	7	467	1.885	0.726	19.0	E	2.5	II
		학장교	14	949	2.786	0.530	44.3	D	2.3	II
	구덕천	인도교	16	1143	2.993	0.524	66.9	B	1.9	I b
	평강천	순아교	13	469	2.617	0.612	43.9	D	5.5	IV
	지사천	지사2교	10	365	2.286	0.630	46.9	D	0.9	I a

□ 과년도와 생태지수(BMI, 다양도지수) 비교

- BMI : 전반적으로 2016년, 2017년과 큰 차이는 없음
  - 좌광천(정관인도교)에서는 약간 증가 : 도로공사 완공에 따라 토사 유입 감소 등 영향
  - 춘천(그린코아), 송정천(인도교), 학장천(구치소)에서 약간 감소 : 강우량 증가로 강우 시 하수월류수 유입빈도 증가 등 영향
- 다양도지수 : 지점별 변동은 있으나 전반적으로 과년도와 유사
  - 죽성천(죽성교), 좌광천(정관인도교, 임랑1교)에서는 증가
  - 수영강(수영강사무소), 춘천(그린코아), 대천천(화명교)에서는 감소
- 지난 3년간 뚜렷한 수생태계 건강성 향상은 관찰되지 않음
  - 향후 물환경 개선에 따른 수생태계 변화 지속 모니터링 필요

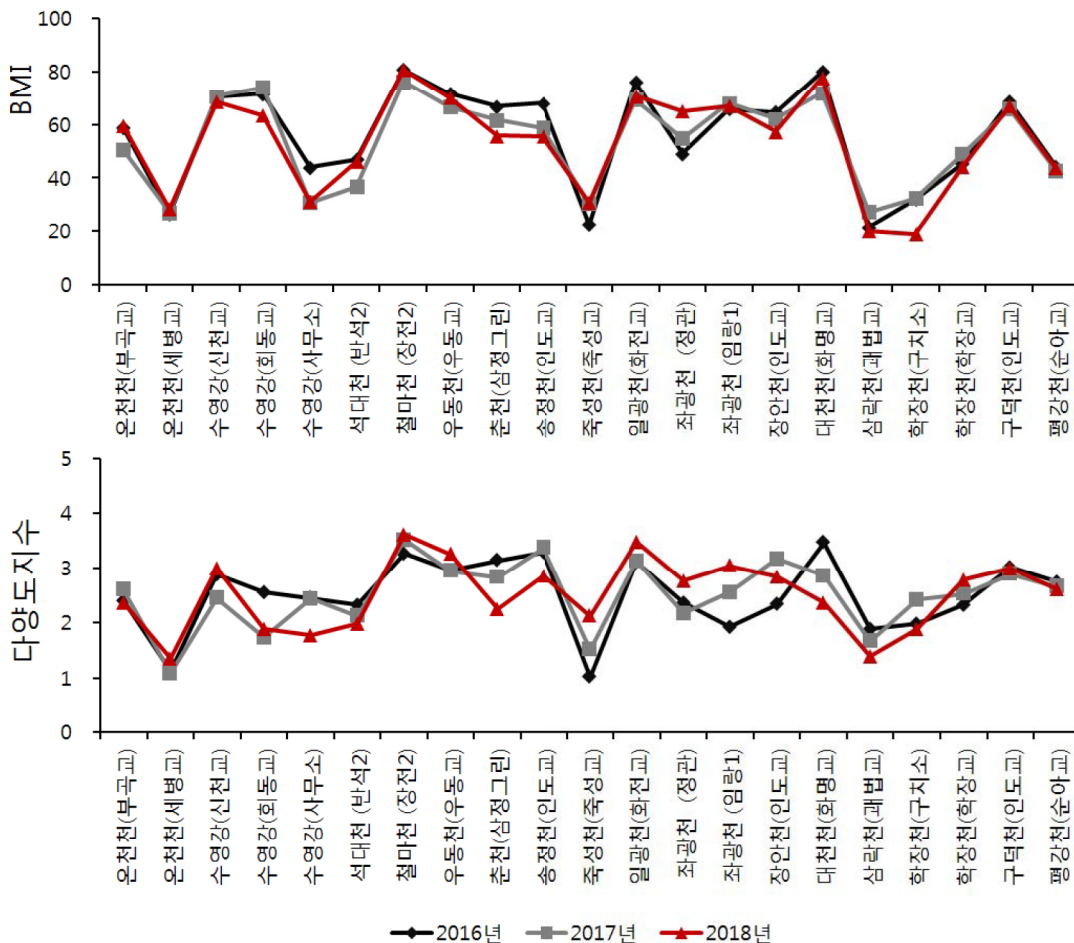


그림 5. 최근 3년(2016~2018) 조사지점별 BMI, 다양도지수

※ 동천, 지사천 : 자료가 부족해 비교 제외(하천공사 시 조사 중지한 경우가 많음)

#### 4. 요약

- 총 33,409개체, 92종의 저서동물 채집 및 동정하였고, 절지동물문(곤충강)이 52.1 %, 68종으로 가장 풍부하였음
- 저서동물은 갈따구, 물벌레, 실지렁이 순으로 많이 출현
- 개체밀도는 평균 1,319 개체/m<sup>2</sup>이며 죽성천(죽성교)가 평균 3,766 개체/m<sup>2</sup>로 가장 높았고, 출현종 수는 평균 14종이며 철마천(장전2호교)가 33종으로 가장 많았음
- 저서동물 수생태계 건강성 등급(2018년 평균)은 A (매우 좋음) 1개소, B (좋음) 7개소, C (보통) 5개소, D (나쁨) 4개소, E (매우 나쁨) 5개소로 과년도와 유사함
- 저서동물지수(BMI)는 철마천(장전2호교)가 80.7으로 최대, 학장천(구치소)가 19.0으로 최소, 전체 평균은 53.3으로 C (보통)등급임
- 수생태계건강성 주요 영향인자는 강우 시 하수유통수와 비점오염물질 유입 등 강우와 관련하여 불특정하게 발생하는 오염현상임
- 죽성천 등 일부 지점에 대해서는 미차집 하수에 대한 점검이 필요하며 평강천의 경우 물순환을 위한 대책 필요

#### 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

붙임 1. 생태지수 산정공식 등

지수	계산식	지수의 의미		
		지수 범위	등급	상태
저서동물지수(BMI)	$BMI = \left( 4 - \frac{\sum_{i=1}^n s_i h_i g_i}{\sum_{i=1}^n h_i g_i} \right) \times 25$ si : 단위오탁지수, hi : 출현도, gi : 지표가중치	80 ≤ BMI ≤ 100	A	매우 좋음
		65 ≤ BMI < 80	B	좋음
		50 ≤ BMI < 65	C	보통
		35 ≤ BMI < 50	D	나쁨
		0 ≤ BMI < 35	E	매우 나쁨
다양도지수(H')	$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i, \quad (p_i = \frac{N_i}{N})$ Ni : i 종의 개체수, N : 총 출현개체수	> 4.00	매우 양호	
		3.00 ~ 4.00	양 호	
		2.00 ~ 3.00	다소 양호	
		1.00 ~ 2.00	불 량	
		0.00 ~ 1.00	매우 불량	
우점도지수(DI)	$DI = \frac{N_1 + N_2}{N}$ N1, N2 : 제 1, 2 우점종 개체수 N : 총 출현개체수	< 0.25	매우 양호	
		0.25 ~ 0.50	양 호	
		0.50 ~ 0.70	다소 양호	
		0.70 ~ 0.90	불 량	
		0.90 ~ 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



붙임 2. 조사지점 분기별 우점종(2018년)

지점명		채집시기	1분기		2분기		3분기		4분기	
			우점종 (오탁지수)	출현률 (%)	우점종 (오탁지수)	출현률 (%)	우점종 (오탁지수)	출현률 (%)	우점종 (오탁지수)	출현률 (%)
수영강수계	온천천	부곡교	플라나리아 (0.7)	44	물벌레 (2.3)	50	꼬마줄날도래 (0.6)	67.8	플라나리아 (0.7)	46
		세병교	실지렁이 (3.5)	70	실지렁이 (3.5)	87	실지렁이 (3.5)	93.6	물벌레 (2.3)	47
	수영강	신천교	갈따구 (1.7)	34	갈따구 (1.7)	44	등딱지하루 살이(1.2)	30.3	갈따구 (1.7)	38
		회동교	물벌레 (2.3)	67	물벌레 (2.3)	47	물벌레 (2.3)	45.5	플라나리아 (0.7)	49
		사무소	실지렁이 (3.5)	69	실지렁이 (3.5)	75	실지렁이 (3.5)	65.3	갈따구 (1.7)	53
	석대천	반석2교	물벌레 (2.3)	43	물벌레 (2.3)	89	갈따구 (1.7)	52.5	갈따구 (1.7)	40
	철마천	장전2교	꼬마줄날도래 (0.6)	30	등딱지하루 살이(1.2)	14	네점하루살이 (0.6)	23.1	줄날도래 (0.8)	44
동부산수계	우동천	우동교	다슬기 (0.4)	63	애우묵날도래 (0.2)	18	다슬기 (0.4)	23.0	갈따구 (1.7)	16
	춘천	그린코아	돌거머리 (2.6)	41	수정또아리 물달팽이(2.5)	29	물벌레 (2.3)	55.8	물벌레 (2.3)	77
	송정천	인도교	실지렁이 (3.5)	44	개똥하루살이 (1.8)	43	돌거머리 (2.6)	16.2	갈따구 (1.7)	32
	죽성천	죽성교	갈따구 (1.7)	93	갈따구 (1.7)	22	수정또아리 물달팽이(2.5)	37.4	수정또아리 물달팽이(2.5)	28
	일광천	화전교	꼬마줄날도래 (0.6)	23	개똥하루살이 (1.8)	29	등딱지하루살 이(1.2)	19.5	꼬마줄날도래 (0.6)	27
	좌광천	정관 인도교	꼬마줄날도래 (0.6)	34	개똥하루살이 (1.8)	32	갈따구 (1.7)	17.6	갈따구 (1.7)	50
		임량1교	갈따구 (1.7)	41	개똥하루살이 (1.8)	29	꼬마줄날도래 (0.6)	17.4	흰점줄날도래 (0.9)	26
	장안천	인도교	갈따구 (1.7)	25	갈따구 (1.7)	50	등딱지하루살 이(1.2)	48.4	갈따구 (1.7)	32
중부산·서부산수계	대천천	화명교	물달팽이 (1.6)	59	물달팽이 (1.6)	70	물달팽이 (1.6)	79.8	갈따구 (1.7)	20
	삼락천	괘법교	갈따구 (1.7)	56	실지렁이 (3.5)	70	실지렁이 (3.5)	55.6	실지렁이 (3.5)	65
	학장천	주남교	갈따구 (1.7)	60	실지렁이 (3.5)	62	아가미지렁이 (3.8)	45.7	실지렁이 (3.5)	35
		학장교	갈따구 (1.7)	45	갈따구 (1.7)	55	조개넙적 거머리(3.0)	23.2	갈따구 (1.7)	22
	구덕천	인도교	꼬마줄날도래 (0.6)	27	갈따구 (1.7)	30	다슬기 (0.4)	30.6	실지렁이 (3.5)	44
	평강천	순아교	플라나리아 (0.7)	50	물달팽이 (1.6)	47	수정또아리 물달팽이(2.5)	23.6	줄새우 (1.5)	53
	지사천	지사2교	-	-	-	-	물달팽이 (1.6)	37.1	갈따구 (1.7)	50

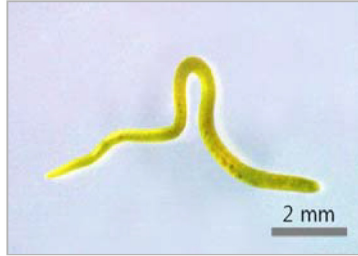
\* 오탁지수 : 0.0 ~ 3.9 범위 값을 가지며, 오염지표생물일수록 그 값이 커짐

붙임 3. 2018년 저서동물 주요 출현종 촬영사진

○ 편형동물문, 환형동물문



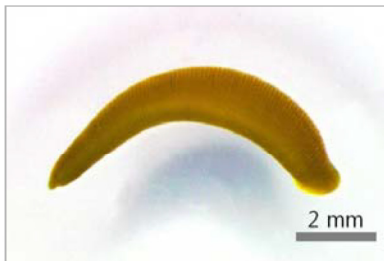
플라나리아(온천천)



실지렁이(석대천)



아가미지렁이(학장천)



돌거머리(죽성천)



갈색넙적거머리(우동천)



갈색넙적거머리(구덕천)

○ 연체동물문



수정또아리물달팽이(죽성천)



물달팽이(우동천)



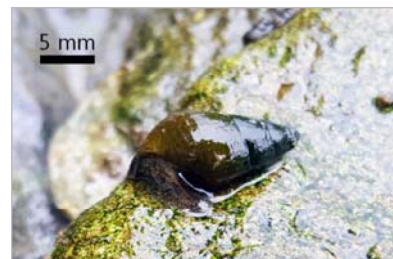
왕우렁이(지사천)



논우렁이(평강천)



등근입기수우렁이(평강천)



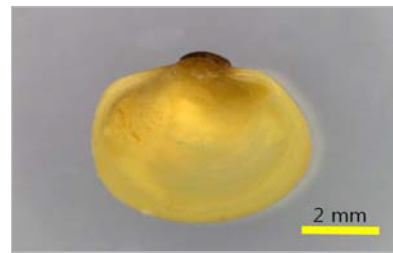
다슬기(구덕천)



재첩(좌광천)



민물담치(평강천)



삼각산골조개(춘천)

○ 절지동물문(갑각강)



줄새우(평강천)



새뱅이(송정천)



물벌레(장안천)

○ 절지동물문(곤충강)



애호랑하루살이(대천천)



콩알하루살이(대천천)



뱀잡자리붙이(수영강)



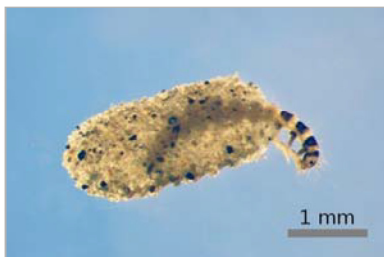
명주각다귀(좌광천)



먹파리(수영강)



깔따구(일광천)



애날도래(수영강)



애우묵날도래(우동천)



일본가시날도래(대천천)



줄날도래(석대천)



여울벌레(송정천)



검은물잡자리(장안천)