

## 수생태계 건강성 조사

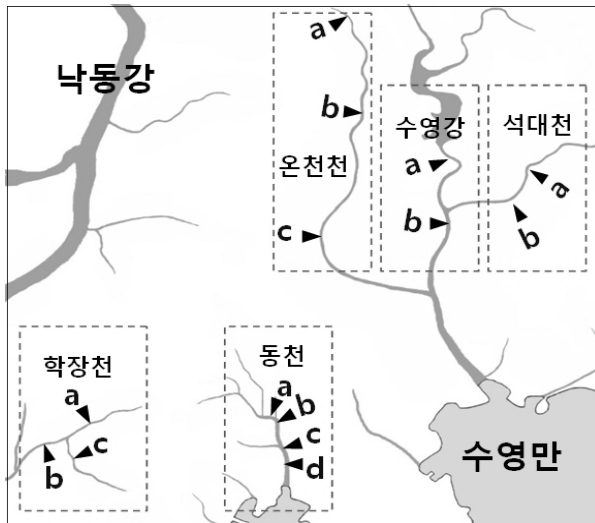
- 관내 주요 하천 수생태계 건강성 조사를 통한 하천 환경의 생태적 측면 평가
- 하천의 지표생물군 등 생물 서식상황을 포함한 종합적인 수질평가 실시
- 친생태적인 하천 환경지표 적용을 통한 생태 친화적 하천개발 및 관리 유도

### 1. 조사개요

- 조사시기 : 2015년 1월 ~ 12월(분기별 1회)
- 조사대상 : 온천천 등 6개 하천, 14개 지점(그림 1) 중 12지점
  - ※ 현재, 하천공사 중인 주남교(학장천 a), 학장교(학장천 b) 지점은 조사 제외
- 조사항목 : 저서성대형무척추동물(이하 “저서동물”), 부착돌말류, 어류(그림 1)
- 분석내용 : 생물 출현종수 및 개체수, 우점종 현황 및 생태지수 산정

### 2. 조사방법

- 저서동물 : Suber Net(30 cm×30 cm, 망목 0.5 mm), Grab Sampler로 정량 채집·분석
- 부착돌말류 : 방형구(5 cm×5 cm)를 활용하여, 총 100 cm<sup>2</sup> 면적 채집·분석
- 어 류 : 투망(망목 5×5 mm), 족대(망목 4×4 mm)을 이용해 채집, 현장 동정 실시
- 수 질 : pH, DO, 수온, 전기전도도는 현장 측정, 그 외 항목은 실험실 분석
- 자료분석 : 환경부의 “하천 수생태계 건강성 조사 및 평가지침” 참고해 분석(표 1, 2)



하천명	조사지점명	생태조사항목
온천천	a : 청룡2호교	· 저서동물, 부착돌말류, 어류
	b : 부곡교	
	c : 세병교	
수영강	a : 동대교	· 저서동물, 부착돌말류, 어류
	b : 수영강사무소	
석대천	a : 새반송교	· 저서동물, 부착돌말류, 어류
	b : 반석교	
동 천	a : 광무교	· 저서동물
	b : 범4호교	
	c : 범3호교	
	d : 범일교	
학장천 (구덕천 포함)	a : 주남교	· 저서동물, 부착돌말류
	b : 학장교	
	c : 구덕천	

그림 1. 조사지점 및 지점별 조사항목

\* 학장천 a, b지점 : 하천공사(고향의 강 조성사업)으로 조사 불가

표 1. 생태지수 산정공식 등

지수	계산식	지수의 의미		
		등급	환경상태	지수 범위
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	A	최상	80 ≤ BMI ≤ 100
		B	양호	60 ≤ BMI < 80
		C	보통	45 ≤ BMI < 60
		D	불량	0 ≤ BMI < 45
부착돌말지수 (TDI)	TDI = 100 - {(WMS × 25) - 25} WMS = $\sum A_i \cdot S_i \cdot V_i / \sum A_i \cdot V_i$ Ai : 상태풍부도, Si : 오염민감도, Vi : 지표값	A	최상	60 ≤ TDI ≤ 100
		B	양호	45 ≤ TDI < 60
		C	보통	30 ≤ TDI < 45
		D	불량	0 ≤ TDI < 30
어류평가지수 (FAI)	<b>FAI = M1~M8의 메트릭 값 합계</b> · M1 : 국내종의 총 종수 · M2 : 여울성 저서종수 · M3 : 민감종수 · M4 : 내성종의 개체수 비율 · M5 : 잡식종의 개체수 비율 · M6 : 국내종의 총식종 개체수 비율 · M7 : 채집된 국내종의 총 개체수 · M8 : 비정상종의 개체수 비율	A	최상	87.5 ≤ FAI ≤ 100
		B	양호	56.2 ≤ FAI < 87.5
		C	보통	25.0 ≤ FAI < 56.2
		D	불량	0.0 ≤ FAI < 25.0

## 3. 조사결과

## ○ 조사 대상 하천별 주요 출현종

## - 온천천

- 온천천 a, b 지점은 개똥하루살이, *Achnanthes lanceolata*, 참갈겨니 등 I~II 급수 정도의 양호한 수질 지표종이 주로 우점하였는데, 오염민감종인 참갈겨니(어류)의 대량 서식이 특징적으로 관찰되었음
- 온천천 c (세병교) 지점은 실지렁이, *Nitzschia amphibia*, 붕어 등의 내성종(오염지표종)이 주로 우점했고, 특히 유기오염 지표종인 실지렁이가 우점률 74 %로 크게 번성하였고, 어류는 특히 붕어와 잉어 2종이 각각 우점률 71 %, 27 %로 대량 서식하고 있음

표 2. 온천천 지점별 주요 출현종(2015년 총계)

조사지점	항목	저서동물	부착돌말류	어류	
온천천	a	종수, 개체수	29 종, 311 개체	27 종, 111571 개체/cm <sup>2</sup>	2종, 652 개체
		제1우점종	개똥하루살이 (19 %)	<i>Achnanthes lanceolata</i> (27 %)	참갈겨니 (97 %)
		제2우점종	먹파리 (11 %)	<i>Achnanthes convergens</i> (15 %)	버들치 (3 %)
	b	종수, 개체수	22종, 739 개체	33종, 122194 개체/cm <sup>2</sup>	7종, 690 개체
		제1우점종	꼬마줄날도래 (28 %)	<i>Cocconeis placentula</i> (13 %)	참갈겨니 (57 %)
		제2우점종	개똥하루살이 (20 %)	<i>Navicula capitatoradiata</i> (11 %)	붕어 (31 %)
c	종수, 개체수	13종, 5918 개체	40종, 98261 개체/cm <sup>2</sup>	5종, 1199 개체	
	제1우점종	실지렁이 (74 %)	<i>Nitzschia amphibia</i> (20 %)	붕어 (71 %)	
	제2우점종	갈따구류 (13 %)	<i>Cocconeis placentula</i> (14 %)	잉어 (27 %)	

– 수영강 및 석대천

- 수영강 a 지점은 꼬마줄날도래, *Cymbella minuta* 등 I ~ II 급수 정도의 양호한 수질 지표종이 주로 출현했고, 어류는 치리, 송어 등의 오염에 강한 내성종이 주로 출현했지만, 총 9종의 비교적 많은 종이 출현하여 상대적으로 높은 다양성을 나타냄
- 수영강 b 지점은 저서동물의 경우 깔따구류나 물벌레 등 II ~ III 급수 정도의 보통 수질지표종이 주로 출현했고, 부착돌말류나 어류의 경우 *Gomphonema parvulum*, 송어와 같은 오염내성종이 주로 관찰됨
- 수영강 지점들은 타 지점들에 비해 어종이 다양했는데, 상대적으로 하천규모가 크고, 서식처의 미소환경이 다양하기 때문인 것으로 생각됨
- 석대천 a 지점은 깔따구류, *Cocconeis placentula*, 버들치 등 I ~ II 급수 정도의 양호한 수질지표종이 주로 출현하였으나, 석대천 b 지점은 저서동물의 경우 물벌레 등 상류와 약간 다른 II ~ III 급수 정도의 수질 지표종이 우점했고 또한 부착돌말류는 *Nitzschia inconspicua*, *Fragillaria ulna* 등 다양한 수질의 지표종이 혼재된 양상을 보임
- 특히 석대천 a, b 지점은 버들치(어류)가 90 % 이상의 우점으로 아주 단순한 종 구성이 관찰됨

표 3. 수영강 및 석대천 지점별 주요 출현종(2015년 총계)

조사지점	항 목	저서동물	부착돌말류	어 류	
수영강	a	총수 개체수	22 종, 505 개체	46 종, 309713 개체/cm <sup>2</sup>	9 종, 89 개체
		제1우점종	꼬마줄날도래 (29 %)	<i>Cymbella minuta</i> (15 %)	치리 (44 %)
		제2우점종	깔따구류 (16 %)	<i>Achnanthes minutissima</i> (11 %)	송어 (16 %)
	b	총수 개체수	16종, 587 개체	40종, 264929 개체/cm <sup>2</sup>	9종, 260 개체
		제1우점종	깔따구류 (40 %)	<i>Gomphonema parvulum</i> (19 %)	송어 (55 %)
		제2우점종	물벌레 (15 %)	<i>Nitzschia amphibia</i> (13 %)	잉어 (21 %)
석대천	a	총수 개체수	25 종, 1953 개체	34 종, 105357 개체/cm <sup>2</sup>	3 종, 492 개체
		제1우점종	깔따구류 (25 %)	<i>Cocconeis placentula</i> (16 %)	버들치 (99 %)
		제2우점종	개똥하루살이 (16 %)	<i>Achnanthes lanceolata</i> (11 %)	미꾸리 (1 %)
	b	총수 개체수	25 종, 1925 개체	33 종, 252393 개체/cm <sup>2</sup>	3 종, 1551 개체
		제1우점종	물벌레 (66 %)	<i>Fragillaria ulna</i> (14 %)	버들치 (90 %)
		제2우점종	개똥하루살이 (10 %)	<i>Nitzschia inconspicua</i> (11 %)	참붕어 (10 %)

– 기타

- 구덕천 지점은 저서동물은 깔따구류, 개똥하루살이 등 II ~ III 급수 정도의 보통 수질 지표종이 우점했고, 부착돌말류는 *Cocconeis placentula*(청정수 지표종), *Nitzschia amphibia*(오염수 지표종) 등 다양한 수질의 지표종이 혼재된 양상 보임
- 동천 지점들에서는 간혹 광무교 등에서 오염지표종인 실지렁이, 나방파리 등이 소량 관찰되었으나, 저니의 혐기성 분해 등의 영향으로 저서동물이 거의 발견되지 않는 상태임

표 4. 구덕천 지점별 주요 출현종(2015년 총계)

조사지점	항 목	저서동물	부착돌말류
구 덕 천	종수 개체수	22 종, 4140 개체	35 종, 117738 개체/cm <sup>2</sup>
	제1우점종	갈따구류 (54%)	<i>Cocconeis placentula</i> (13%)
	제2우점종	개동하루살이 (17%)	<i>Nitzschia amphibia</i> (11%)

## ○ 하천별 생태등급 현황(2015년 평균)

## - 온천천

- 상류 온천천 a 지점은 BMI(저서동물지수)와 TDI(부착돌말지수)가 A (최상), FAI(어류평가지수)는 B (양호), 수질(BOD)는 Ib (좋음) 등급으로 생태 및 수질 등급 모두 우수한 상태였는데, 조사지점의 위치 상 오염원이 적고 상류의 금정산 생태계와 직접 연결되기 때문임
- 온천천 b 지점은 BMI와 FAI가 B (양호), TDI가 C (보통)으로 상류보다 약간 악화되었고 하류로 갈수록 생태등급이 좀 더 악화되어 온천천 c 지점은 BMI는 D (불량), TDI와 FAI는 C (보통) 등급을 나타냄
- 특히 온천천 c 지점의 BMI가 D (불량) 등급으로 낮아진 것은 저니층 유기물 퇴적으로 유기 오염지표종인 실지렁이가 크게 증식한 결과인데, 강우에 의한 비점오염원 및 CSOs(합류식하수관거 월류수)에 의해 많은 영향을 받기 때문으로 생각됨

## - 수영강

- 약 1 km 상류에서 회동댐 방류수가 직접 유입되는 수영강 a 지점은 BMI 및 TDI가 B (양호) 등급이었고 FAI는 C (보통) 등급, 수질은 Ib (좋음) 등급이었고, 석대천이 합류된 이후의 수영강 b 지점은 BMI 및 FAI는 C (보통), TDI는 D (불량), 수질은 III (보통) 등급으로 수영강 a 지점에 비해 악화됨
- 수영강 b 지점은 다소 오염도가 높은 석대천의 합류로 수질이 다소 악화되고 비점오염원, CSOs 등 강우 관련 오염부하가 간헐적으로 집중되는 등의 영향으로 상류의 수영강 a 지점에 비해 생태등급이 상대적으로 낮아짐

## - 석대천

- 유지용수(하수처리수) 방류지점 상류의 석대천 a 지점의 BMI는 C (보통), FAI, TDI는 B (양호), 수질(BOD)는 III (보통) 등급이었으며, 유지용수 방류지점 하류의 석대천 b 지점의 BMI, TDI는 C (보통), FAI는 B (양호), 수질(BOD)는 III(보통) 등급으로 TDI만 상류에 비해 약간 악화되었을 뿐 상류 석대천 b 지점과 큰 차이가 없었음
- 석대천 지점들은 온천천 c, 수영강 b 지점과 수질은 BOD 3 ~ 4 mg/L로 유사하나 생태등급은 다소 높은 편인데, 이것은 석대천 지점들이 다소 도심 외곽에 위치하여 인근 산지들과 가까워 생태적인 연결성이 확보되기 때문으로 생각됨
- 특히, 석대천에는 오염민감종으로 분류된 어류인 버들치의 대량 서식이 관찰되어, 출현종수가 3종에 불과하지만 FAI 등급은 높게 평가됨

- 기타

- 학장천 지류인 구덕천 지점은 BMI는 B (양호), TDI는 C (보통)의 등급을 나타내었음
- 동천의 4개 지점은 대부분 저서동물이 거의 출현하지 않아 생태등급 산정에 필요한 데이터가 불충분하여 평가 제외하였는데 생물상의 서식 확대를 위해서는 저니층으로의 유기물 부하 저감 및 용존산소 공급 확대가 필수적임

표 5. 조사지점 수질 및 생태등급 현황(2015년 평균)

조사지점	BOD(등급)	생태등급			
		BMI(등급)	TDI(등급)	FAI(등급)	
온천천	a	1.3 (Ib, 좋음)	87.5 (A, 최상)	77.6 (A, 최상)	72.9 (B, 양호)
	b	25 (II, 약간좋음)	61.2 (B, 양호)	39.3 (C, 보통)	70.8 (B, 양호)
	c	3.1 (III, 보통)	41.5 (D, 불량)	38.2 (C, 보통)	29.7 (C, 보통)
수영강	a	1.9 (Ib, 좋음)	71.2 (B, 양호)	45.2 (B, 양호)	37.5 (C, 보통)
	b	3.1 (III, 보통)	48.3 (C, 보통)	27.4 (D, 불량)	37.5 (C, 보통)
석대천	a	3.1 (III, 보통)	57.4 (C, 보통)	49.4 (B, 양호)	75.0 (B, 양호)
	b	3.5 (III, 보통)	53.7 (C, 보통)	42.4 (C, 보통)	81.3 (B, 양호)
구덕천		3.2 (III, 보통)	69.7 (B, 양호)	37.2 (C, 보통)	-

○ 생태지수 연간 변동 경향

- 저서동물지수(BMI) 변동(2011년~2015년)

- 온천천 a 지점은 연간 큰 변동 없이 A (최상)의 양호한 생태 등급을 유지하고 있음
- 하류에 위치한 온천천 c, 수영강 b 지점은 대부분 D (불량) 등급을 나타내었고, 최근 수영강 b 지점에서 C (보통) 등급으로 약간의 개선이 관찰됨
- 나머지 지점은 B (양호) ~ C (보통) 등급 사이에서 변동하였고, 특히 2014년도의 홍수 등에 의한 서식처 교란 및 하천변 하수관거 파손 등의 영향으로 전반적으로 생태등급 다소 하락 후, 2015년도에는 예년 수준으로 다시 회복
- 장기적인 관점으로 볼 때, BMI 지수는 눈에 띄는 큰 증가, 상승 추세는 관찰되지 않았음

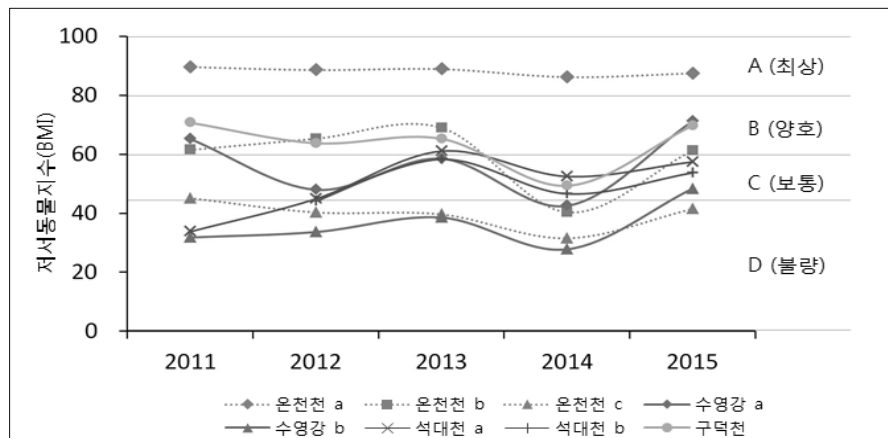


그림 2. 저서동물지수(BMI) 변동(2011~2015)

- 부착돌말지수(TDI) 및 어류평가지수(FAI) 변동(2013년 ~ 2015년)
  - 온천천 a 지점은 BMI는 A (최상), FAI는 B (양호) 등급을 유지, 항상 비교적 안정적 수생태계 건강성을 유지하였고, 온천천 b, c 지점은 최근 TDI는 C (보통), FAI는 B (양호) 등급을 나타냄
  - 수영강 a 지점은 최근 TDI가 A (최상) ~ C (보통), FAI가 C (보통) ~ D (불량)으로 비교적 변동폭이 큰 특징을 나타냈는데, 최근의 회동댐 하류 하천 복원공사로 지속적인 서식처 교란이 있었기 때문으로 생각됨
  - 석대천 a 지점은 TDI, FAI는 B (양호) ~ C (보통) 범위내에서 변동하였고, b 지점은 TDI는 A (최상) ~ C (보통)로 비교적 변동이 컸지만, FAI는 B (양호) 등급으로 일정하였음

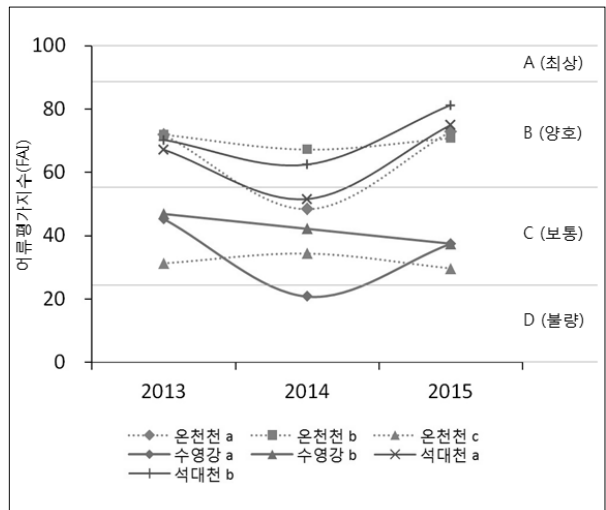
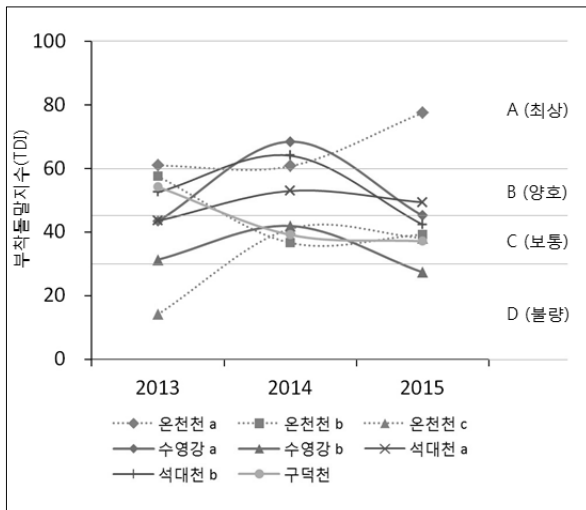


그림 3. 부착돌말지수(TDI) 변동(2013~2015)      그림 4. 어류평가지수(FAI) 변동(2013~2015)

#### 4. 조사결과 요약

- 온천천
  - 온천천 a 지점은 BMI(저서동물), TDI(부착돌말류), FAI(어류) 등급이 A (최상) ~ B (양호) 등급을 나타내어 도심하천임을 감안할 때 우수한 수생태계 건강성을 나타냄
  - 온천천 b 지점은 BMI와 FAI가 B (양호), TDI가 C (보통)으로 상류보다 약간 악화되었고 하류로 갈수록 생태등급이 점차 악화되어 온천천 c 지점은 BMI는 D (불량), TDI와 FAI는 C (보통) 등급을 나타냄
  - 온천천 c 지점은 금정구, 동래구 등으로부터 강우 시 비점오염원 부하와 CSOs 부하가 집중되는 지점이기 때문에 분류식하수관거 및 비점오염원 저감시설 등 강우 시 오염 부하를 저감하는 것이 수생태계 건강성을 회복하기 위한 필수 요소임
- 수영강 및 석대천
  - 수영강 a 지점은 BMI 및 TDI가 B (양호) 등급이었고 FAI는 C (보통) 등급이었고, 석대

천이 합류된 이후인 수영강 b 지점은 BMI 및 FAI는 C (보통), TDI는 D (불량) 등급으로 수영강 a 지점에 비해 악화됨

- 수영강 a 지점은 2014 ~ 2015 년 기간 중 하천정비공사가 지속되었던 점을 고려해 볼 때, 2016년 이후에는 좀 더 나은 생태 등급을 보일 것으로 추정됨
- 수영강 b 지점도 온천천 c 지점과 마찬가지로 강우 시 비점오염원 등의 오염이 집중되는 등의 영향으로 생태등급이 상대적으로 낮음
- 석대천 a 지점의 BMI는 C (보통), FAI, TDI는 B (양호)등급이었으며, 유지용수 방류지점 하류의 석대천 b 지점의 BMI, TDI는 C (보통), FAI는 B (양호)등급으로, TDI만 상류에 비해 약간 악화되었을 뿐 상류의 석대천 a 지점과 큰 차이가 없었음

#### ○ 기타

- 학장천 지류인 구덕천 지점은 BMI는 B (양호), TDI는 C (보통)의 등급을 나타내었음
- 구덕천은 구덕산의 우수한 생태자원을 학장천 본류에 퍼뜨릴 수 있는 주요 하천으로 학장천 본류 회복을 위해, 하도연결성 정비 등 수생태계 관리 집중 필요
- 동천의 4개 지점은 저서동물이 거의 출현하지 않아 생태등급 산정이 어려움
- 동천은 유지수량이 대부분이 해수이며, 유속이 거의 없어 강우 시 일시에 유출된 오염물질이 바닥에 축적되어 부패되는 등 생물상 출현에 많은 제약이 따르는 위치임 따라서 향후 부전천 복원 등 시의 역점 사업 시행 등에 맞추어 조사지점 조정 등 필요

## 5. 수생태계 건강성 증대 방안

#### ○ 강우 시 오염부하량 저감 : 비점오염원 및 CSOs 관리

- 온천천 c, 수영강 b 등, 강우 시 오염부하가 집중되는 곳의 생태등급이 낮음
- 현재는 점오염원이 대부분 정비된 시점이므로 향후에는 분류식하수관거 정비, 도로 청소 등 강우 시 오염부하 저감 정책, 그리고 각종 개발에 있어 LID (Low Impact Development) 기법 적용 등 우수유출량을 근원적으로 저감할 수 있는 정책 필요

※ LID (Low Impact Development) : 불투수면 감소를 통해 빗물의 표면유출을 줄이고, 빗물의 토양침투를 증가시켜 물순환 개선, 오염저감을 동시에 달성하는 방법

#### ○ 생물이동통로 정비

- 낙차, 보 철폐 및 어도 설치 등 수생 생물의 자유로운 이동이 가능하도록 조치 필요
  - 석대천의 수영강 합류부 등 낙차가 과대한 부분 완만하게 변경 필요
  - 수생생물의 분산, 생식 및 피난 기회 제공을 통한 종다양성 증대 조치
- 하천 주변의 소규모 지천 복원을 통한 인근 산지 등의 생태자원과의 네트워크 형성
  - 하천 복원 시에 물길 연결 뿐 아니라 생태적인 연결성 고려 필요

#### ○ 생물 서식환경 조성

- 생태하천 정비 시, 양안에 자전거도로, 체육공원 설치 등 둔치의 지나친 공원화 지양
- 자연형 호안 조성, 둔치부 식생복원, 하도 흐름의 다양성 복원 등

첨부 : 2015년 수생태계 건강성 조사 주요 출현종 사진

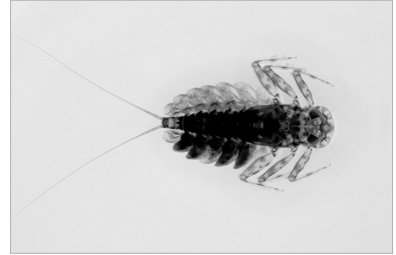
○ 최상(A)~양호(B) 등급 주요 서식종



플라나리아(×2), 온천천 a



디슬기(×2), 온천천 a



부채하루살이(×2), 온천천 a



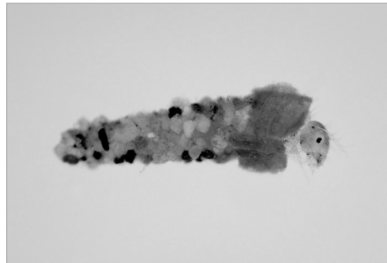
무늬하루살이(×2), 온천천 a



광택날도래(×4), 온천천 a



청나비날도래(×4), 수영강 a



애우묵날도래(×10), 구덕천



네모집날도래(×2), 구덕천



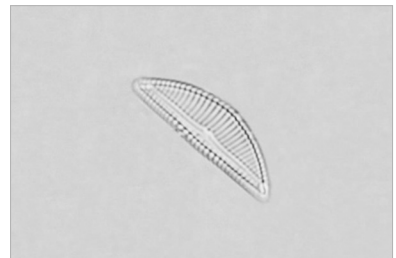
먹파리(×5), 온천천 a



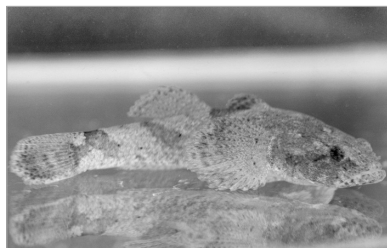
*Cocconeis placentula* var. *lineata*, (×1000), 석대천 a



*Achnanthes lanceolata*, (×1000), 온천천 a



*Cymbella minuta*, (×1000), 수영강 a



동사리(×1), 온천천 a



참갈겨니(×1), 온천천 b



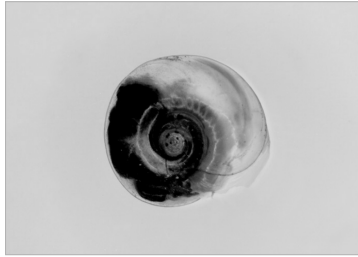
버들치(×1), 석대천 a



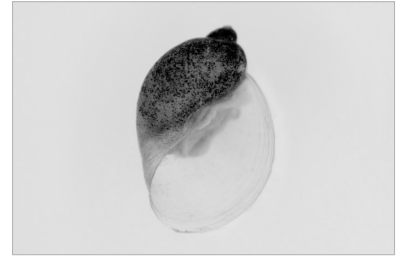
○ 양호(B)~보통(C) 등급 주요 서식종



물벌레(×4), 석대천 b



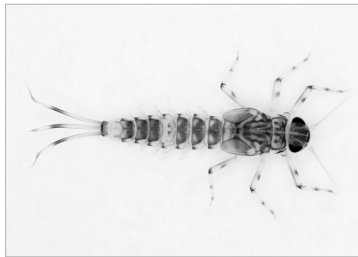
수정또아리물달팽이(×5), 석대천 a



물달팽이(×2), 석대천 a



각다귀(×1), 온천천 b



개똥하루살이(×4), 온천천 c



꼬마줄날도래(×2), 수영강 a

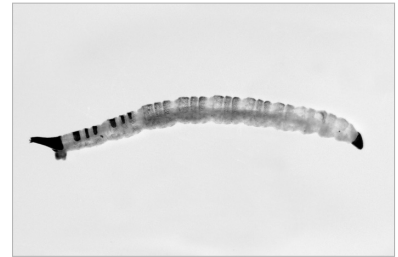
○ 보통(C)~불량(D) 등급 주요 서식종



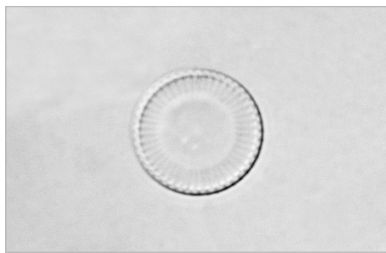
실지렁이(×1), 온천천 c



갈따구류(붉은색)(×5), 온천천 c



나방파리(×4), 석대천 b



*Cyclotella meneghiniana*  
(×1000), 석대천 b



*Nitzschia amphibia*  
(×1000), 온천천 c



*Navicula capitatoradiata*  
(×1000), 온천천 b

※ 본 조사 시 직접 촬영, 종명(촬영 배수), 채집지점 순으로 표시