

# 생물측정망 운영

- 부산 도시하천 23개소, 29개 지점 수생태계 건강성 조사
- 수질오염지표 생물을 활용한 생태친화적 수질평가 실시

## 1. 조사개요

- 조사근거
  - 물환경보전법 제9조3(수생태계 현황조사 및 건강성 평가)
  - 「2023년 생물측정망 운영 계획」(2023. 2. 16.)
- 조사목적 : 수질오염지표 생물을 활용한 하천 수생태계 건강성 모니터링
- 조사대상 : 부산 하천 23개소, 29개 지점
- 조사항목 : 저서성 대형무척추동물, 식물플랑크톤, 부착돌말류

## 2. 조사방법

- 조사내용 : 저서동물 군집분석 및 생태지수 산정
- 「수생태계 현황조사 및 건강성 평가방법 등에 관한 지침(2019. 11.)」에 따름



그림 1. 수생태계 건강성 조사 지점

## 3. 조사결과

### 3.1 수생태계 현황

#### 3.1.1 저서동물 생태지수 평가(BMI)

- 2023년 23개 하천 27개 지점에 대한 저서동물 생태지수 등급(BMI) 평가 결과, 매우 좋음(A) 2개소, 좋음(B)

담당부서 : 물환경생태팀(☎051-309-2910)

팀장 : 조은정, 담당자 : 강성희

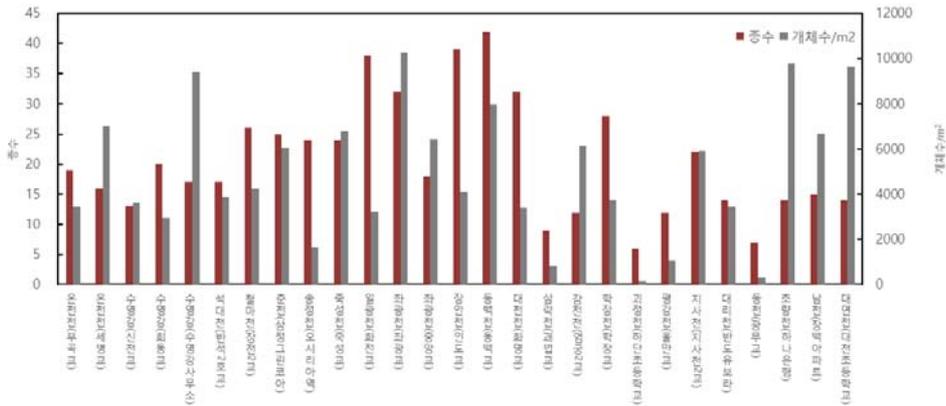
- 9개소, 보통(C) 3개소, 나쁨(D) 6개소, 매우나쁨(E) 7개소로 나타남
- 좋음(B)등급 이상 : 총 11개 지점, 전년도 평균(8개)보다 증가
  - 온천천(부곡교), 수영강(회동교), 동백천(동백교) BMI 등급 '좋음'으로 개선
- 매우나쁨(E)등급 : 총 7개 지점, 전년도 평균(8개)보다 감소
  - 대표적인 오염 하천(삼락천, 감전천, 동천 등)의 BMI 등급 변동 없음
  - 괴정천(하단초등학교) BMI 등급 개선(E→D)

표 1. 저서동물 생태지수 등급 분포(연도별 평균)

| 2023년 평균 |   |   |   |   | 2022년 평균 |   |   |   |   | 2021년 평균 |   |   |   |    |
|----------|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|----------|---|---|---|----|
| A        | B | C | D | E | A        | B | C | D | E | A        | B | C | D | E  |
| 2        | 9 | 3 | 6 | 7 | 1        | 7 | 5 | 6 | 8 | 1        | 5 | 8 | 6 | 10 |

※ 2021년 춘천 1개 지점 제외(하천 공사), 2022년 3개 지점 폐쇄(학장천, 구덕천, 우동천)

- 출현종수는 동백천(동백교)에서 42종으로 최대, 괴정천(하단초등학교)에서 6종으로 최소
- 개체수 밀도는 좌광천(좌광교)에서 최고값(10,281 개체/m<sup>2</sup>), 괴정천(하단초등학교)에서 최저값(167 개체/m<sup>2</sup>) 보임



3.1.2 한국형 부영양화 평가(TSI<sub>ko</sub>)

- 평강천(순아교) : 평균 58(부영양)
  - 하천 정체구간으로 유입된 유기물이 장기간 축적되어 녹조 등 조류 번식 최적화
- 동천(성서교) : 평균 43(중영양)
  - 지속적인 해수도수 운영으로 대부분 빈영양 상태이나 강우 후 유입되는 하수 및 비점오염원으로 일시적 '중영양~부영양'상태 보임

표 2. 부영양화 지수(2023년)

| 구 분     | 평강천(순아교) |     | 동천(성서교) |     |
|---------|----------|-----|---------|-----|
|         | 상반기      | 하반기 | 상반기     | 하반기 |
| 부영양화 지수 | 61       | 55  | 54      | 32  |
| 평가결과    | 부영양      | 부영양 | 부영양     | 중영양 |

3.1.3 부착돌말류 평가(TDI)

- 온천천(세병교) : TDI 지수 25.5로 '매우나쁨' 수준
  - 강우 시 고농도의 비점오염물질 유입이 잦은 곳으로 비교적 양호한 수질(23년 평균 BOD 2.1 mg/L) 대비 부착돌말류 평가 지수 나쁨

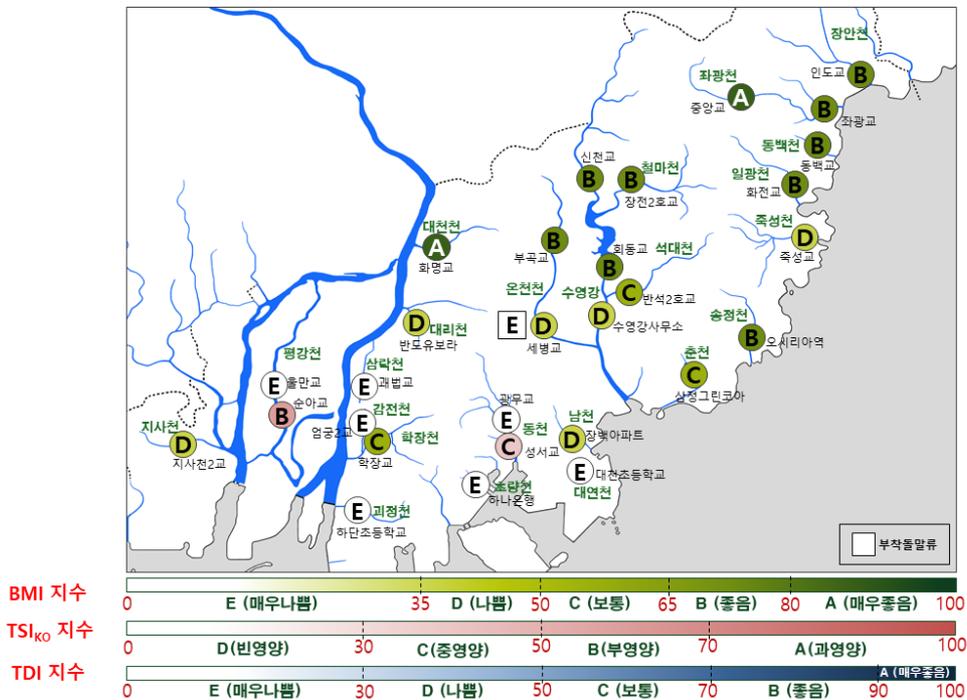


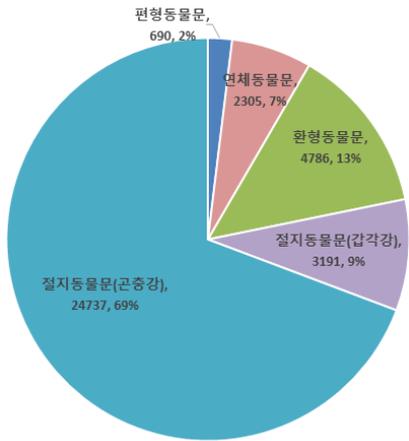
그림 4. 수생태계 건강성 등급 현황(BMI, TSI<sub>ko</sub>, TDI 등급)

3.2 출현생물 현황

3.2.1 저서동물

- 2023년 23개 하천 27개 지점에서 총 35,709개체, 88종의 저서동물 채집 및 동정
- 절지동물문 곤충강이 개체수의 69.3%(24,737개체), 종수의 70.5%(62종)을 차지하여 가장 폭넓게 분포
  - 곤충강 분포 : 2022(46.5%), 2021년(54.0%), 2020년(53.2%)

- 곤충강 중에서는 갈따구가 15,036개체로 60.8%를 차지



| 분류군            | 개체수 (%)               | 종수              |    |
|----------------|-----------------------|-----------------|----|
| 편형동물문          | 690 (1.9 %)           | 1               |    |
| 연체동물문          | 2,305 (6.5 %)         | 17              |    |
| 환형동물문          | 4,786 (13.4 %)        | 5               |    |
| 절지동물문(갑각강)     | 3,191 (8.9 %)         | 3               |    |
| 절지동물문<br>(곤충강) | 하루살이목                 | 2,716 (7.6 %)   | 24 |
|                | 파리목                   | 18,456 (51.7 %) | 13 |
|                | 날도래목                  | 3,483 (9.8 %)   | 15 |
|                | 기타                    | 82 (0.2 %)      | 10 |
| <b>총 계</b>     | <b>35,709 (100 %)</b> | <b>88</b>       |    |

그림 5. 저서동물 채집 개체수 분포 및 종수

- 갈따구(오탁지수 1.7)가 54개 지점 중 30개 지점에서 최다 우점, 그 외 실지렁이(오탁지수 3.5)가 8개 지점, 물벌레속(오탁지수 2.3)이 6개 지점에서 우점

표 3. 저서동물 주요 우점종 현황

| 우점종    | 오탁지수 | 우점횟수/시료수 | 주요 우점지점                   |
|--------|------|----------|---------------------------|
| 갈따구    | 1.7  | 30/54    | 수영강(신천교, 회동교), 학장천(학장교) 등 |
| 실지렁이   | 3.5  | 8/54     | 삼락천(괘법교), 동천(광무교) 등       |
| 물벌레속   | 2.3  | 6/54     | 온천천(세병교), 석대천(반석2호교) 등    |
| 꼬마줄날도래 | 0.8  | 3/54     | 좌광천(좌광교) 등                |

※ 오탁지수 : 0.0~4.0 범위, 오염지표생물일수록 그 값이 커짐

### 3.2.2 식물플랑크톤

#### ○ 평강천(순아교)

- 강우량의 증가로 인해 전년대비 개체수가 감소하였고, 규조류의 출현이 우세함
- 대부분 부영양 상태이며, 하절기 남조 및 녹조류의 우점 증식으로 녹조 발생 빈번
- 식물플랑크톤(담수) 군집은 계절별 천이가 뚜렷하여, 1~3월 규조류, 4~9월 녹조류, 남조류 개체수 증가 및 하절기 남조류 우점 번성을 보임

#### ○ 동천(성서교)

- 강우량의 증가로 인해 전년대비 개체수 감소하였고, 해양규조류의 출현이 우세함
- 계절별 식물플랑크톤의 군집 변화양상 파악을 위한 지속적인 모니터링 필요

표 4. 식물플랑크톤 분포 현황

(단위: Cells/mL)

| 구분           |     | 총 개체수 | 편모조류 | 규조류   | 남조류 | 녹조류   |
|--------------|-----|-------|------|-------|-----|-------|
| 평강천<br>(순아교) | 상반기 | 5,630 | 290  | 3,500 | 200 | 1,640 |
|              | 하반기 | 853   | 8    | 638   | 36  | 171   |
| 동천<br>(광무교)  | 상반기 | 259   | 48   | 113   | -   | 98    |
|              | 하반기 | 116   | 4    | 112   | -   | -     |

3.2.3 부착돌말류

○ 온천천(세병교)

- 2023년 18종의 부착돌말류 출현
- 오염민감도가 높은 *Nitzschia* spp., *Navicula* spp.가 주로 분포하여 수생태 나쁜 상태 보임

표 5. 부착돌말류 출현 현황

| 구분    | 제1우점종(오염민감도)             | 우점률    | 제2우점종(오염민감도)            | 우점률    |
|-------|--------------------------|--------|-------------------------|--------|
| 2023년 | <i>Nitzschia</i> spp.(5) | 25.3 % | <i>Navicula</i> spp.(5) | 23.2 % |

※ 오염민감도 : 1~5 범위, 오염민감도가 낮을수록 청정한 상태를 의미

3.3 수계별 수생태 현황

3.3.1 수영강 수계

○ 온천천

- 평상시의 BOD(2023년 평균, 이하 동일)는 2.1 mg/L(Ⅱ등급)으로 양호
- BMI 등급은 상류의 부곡교 B등급, 하류의 세병교는 D등급을 나타냄
- 부곡교는 전년 대비 BMI 등급이 개선되었고(C→B등급), 세병교 BMI 등급이 D등급으로 여전히 나쁜 상태를 보임

○ 수영강 및 석대천

- 신천교 지점 BOD 1.3 mg/L(Ⅰb등급), BMI는 B등급으로 양호
- 회동교 지점 BOD 3.1 mg/L(Ⅲ등급), BMI는 B등급으로 전년 대비 등급 개선(C→B등급)
- 수영강사무소 지점 BOD 4.8 mg/L(Ⅲ등급), BMI는 D등급으로 전년 동일
- 석대천(반석2호교) BMI 등급 개선(D→C등급)  
→ 2022년 유지용수 방류중단 및 하류 준설공사로 인해 등급이 일시적으로 악화(BMI C→D등급, 수질 Ⅲ→Ⅳ등급)되었다가 회복됨

○ 철마천(장전2호교)

- BOD 0.9 mg/L(Ⅰa등급), BMI B등급으로 수질 및 생태 모두 양호

표 6. 수영강 수계 저서동물 현황 및 생태지수 등

| 하천명    | 조사지점  | 총수     | 개체수/m <sup>2</sup> | 다양도 지수 | 우점도 지수 | BMI(생태등급) |          | BOD(수질) |     |    |
|--------|-------|--------|--------------------|--------|--------|-----------|----------|---------|-----|----|
|        |       |        |                    |        |        | 값         | 등급       | 값       | 등급  |    |
| 수영강 수계 | 온천천   | 부곡교    | 19                 | 3433   | 2.654  | 0.598     | 65.2     | B       | 2.1 | Ⅱ  |
|        |       | 세병교    | 16                 | 7011   | 2.165  | 0.674     | 46.5     | D       | 2.1 | Ⅱ  |
|        |       |        |                    |        |        |           | TDI:25.5 | E       |     |    |
|        | 수영강   | 신천교    | 13                 | 3633   | 0.557  | 0.962     | 71.2     | B       | 1.3 | Ⅰb |
|        |       | 회동교    | 20                 | 2959   | 2.231  | 0.731     | 67.9     | B       | 3.1 | Ⅲ  |
|        |       | 수영강사무소 | 17                 | 9415   | 1.969  | 0.734     | 49.5     | D       | 4.8 | Ⅲ  |
|        | 석대천   | 반석2호교  | 17                 | 3867   | 1.991  | 0.817     | 54.6     | C       | 3.9 | Ⅲ  |
| 철마천    | 장전2호교 | 26     | 4241               | 2.853  | 0.618  | 79.1      | B        | 0.9     | Ⅰa  |    |

3.3.2 동부산 수계

○ 춘천

- BOD 2.3 mg/L(Ⅱ등급), BMI는 C등급으로 양호한 수질 및 수생태를 보임

- 3월 하천 바닥라이닝 공사로 인한 수질 및 수생태계 등급 변화는 없었으나 지속적인 모니터링 필요
- 송정천, 일광천, 좌광천, 장안천, 동백천
  - 송정천 등 동부산권의 하천들은 대체적으로 BOD I b~II 등급, BMI A~B등급으로 수질 및 수생태적으로 양호
  - 송정천에는 전년과 마찬가지로 멸종위기 야생생물인 기수갈고등 서식
    - 현재 국립생태원 멸종위기종보호센터에서 모니터링 진행 중
  - 장안천에서 기수갈고등 서식 확인
- 죽성천
  - BOD 5.8 mg/L(IV등급), BMI D등급으로 수질, 수생태계 등급 전년동일, 수생태계는 계속해서 나쁜 상태를 보임
    - 죽성천 상류 복개구간 하수유입 및 강우 시 비점오염 저감 등 조치 필요



그림 6. 기수갈고등

표 7. 동부산 수계 저서동물 현황 및 생태지수 등

| 하천명                   | 조사지점 | 종수     | 개체수/m <sup>2</sup> | 다양도 지수 | 우점도 지수 | BMI(생태등급) |      | BOD(수질) |     |     |
|-----------------------|------|--------|--------------------|--------|--------|-----------|------|---------|-----|-----|
|                       |      |        |                    |        |        | 값         | 등급   | 값       | 등급  |     |
| 동<br>부<br>산<br>수<br>계 | 춘천*  | 삼정그린코아 | 25                 | 6070   | 2.649  | 0.589     | 64.8 | C       | 2.3 | II  |
|                       | 송정천  | 오시리아역  | 24                 | 1685   | 3.034  | 0.547     | 75.6 | B       | 1.1 | I b |
|                       | 죽성천  | 죽성교    | 24                 | 6793   | 2.593  | 0.653     | 42.2 | D       | 5.8 | IV  |
|                       | 일광천  | 화전교    | 38                 | 3226   | 3.515  | 0.487     | 75.0 | B       | 0.9 | I a |
|                       | 좌광천  | 좌광교    | 32                 | 10281  | 3.348  | 0.486     | 75.1 | B       | 1.9 | I b |
|                       |      | 중앙교    | 18                 | 6441   | 2.150  | 0.758     | 81.9 | A       | 1.5 | I b |
|                       | 장안천  | 장안천교   | 39                 | 4089   | 3.174  | 0.563     | 76.6 | B       | 2.2 | II  |
|                       | 동백천  | 동백교    | 42                 | 7967   | 3.023  | 0.504     | 68.8 | B       | 1.6 | I b |

### 3.3.3 서부산 수계

- 대천천(화명교)
  - BOD 0.7 mg/L(I a등급), BMI A등급으로 서부산 수계에서 상대적으로 양호한 수질 및 수생태계 유지
- 삼락천(괘법교)
  - BOD 3.7 mg/L(III등급)로 전년대비 수질 등급이 악화(III→II)되었고, BMI는 E등급으로 수생태적으로 매우 열악한 환경을 보임
  - 유역에 공업지역이 많고, 강우 시 간헐적으로 유입되는 하수유통류와 비점오염물질이 주요 원인으로 보임
- 감전천(엄궁2교)
  - BOD 10.0 mg/L(V등급), BMI는 E등급으로 수질 및 수생태 모두 매우 나쁜 상태를 보임

- 삼락천과 마찬가지로 유역이 공업단지로 조성되어있어 인근 공단의 오·폐수 관거 점검 및 강우 시 비점오염 관리 등이 필요
- 학장천(학장교)
  - BOD 2.0 mg/L(I b등급), BMI C등급으로 서부산 수계에서 상대적으로 양호한 수질 및 수생태계 유지
- 괴정천(하단초등학교)
  - BOD 3.8 mg/L(III등급)으로 전년대비 개선(VI→III)되었으나, BMI는 E등급으로 수질 및 수생태 모두 매우 나쁜 상태를 보임
  - 저서동물 출현종 6종, 개체밀도 167 개체/m<sup>2</sup>로 서식생물이 매우 빈약함
  - 하상에 퇴적물이 혐기화되고 검게 부패 되어있어 하수관거 정비 및 주기적인 준설 등을 통한 수질 및 수생태계 개선 필요
- 평강천(울만교)
  - BOD 3.9 mg/L(III등급)으로 전년대비 개선(IV→III)되었으나, BMI 등급 악화(D→E등급)됨
  - 평강천은 정체된 구간으로 오염물질 등이 장기간 축적되어 수생태계에 영향을 주고 있으므로 비점오염 유입을 막고 하천 유속을 확보할 수 있는 조치 필요
- 지사천(지사천2교)
  - BOD 0.8 mg/L(I a등급)으로 매우 양호하나 BMI 등급이 D등급으로 상대적으로 수생태계는 매우 열악한 상태임
  - 유역에 공업지역이 많고, 강우 시 하수유희류 및 비점오염이 유입되므로 비점오염 관리 및 인근 공단의 배출시설 지도 점검 등이 필요
- 대리천(반도유보라)
  - BOD 5.6 mg/L(IV등급), BMI는 D등급으로 수질 및 생태계가 전반적으로 나쁜 상태 보임
  - 하천 내 오수의 유입으로 하상이 부패 되어있으며, 주거지역 오수 유입 차단 조치가 필요함

표 8. 서부산 수계 저서동물 현황 및 생태지수 등

| 하천명    | 조사지점 | 종수    | 개체수/m <sup>2</sup> | 다양도 지수 | 우점도 지수 | BMI(생태등급) |      | BOD(수질) |      |     |
|--------|------|-------|--------------------|--------|--------|-----------|------|---------|------|-----|
|        |      |       |                    |        |        | 값         | 등급   | 값       | 등급   |     |
| 서부산 수계 | 대천천  | 화명교   | 32                 | 3407   | 2.707  | 0.676     | 84.0 | A       | 0.7  | I a |
|        | 삼락천  | 괘법교   | 9                  | 837    | 1.404  | 0.934     | 31.6 | E       | 3.7  | III |
|        | 감전천  | 엄궁2교  | 12                 | 6133   | 2.386  | 0.548     | 28.1 | E       | 10.0 | V   |
|        | 학장천  | 학장교   | 28                 | 3741   | 2.729  | 0.695     | 57.0 | C       | 2.0  | I b |
|        | 괴정천  | 하단초   | 6                  | 167    | 2.075  | 0.711     | 20.6 | E       | 3.8  | III |
|        | 평강천  | 울만교   | 12                 | 1067   | 2.486  | 0.594     | 32.0 | E       | 3.9  | III |
|        | 지사천  | 지사천2교 | 22                 | 5922   | 1.734  | 0.882     | 47.8 | D       | 0.8  | I a |
|        | 대리천  | 반도유보라 | 14                 | 3437   | 2.168  | 0.777     | 48.4 | D       | 5.6  | IV  |

3.3.4 중부산 수계

- 동천(광무교)
  - BOD 11.5 mg/L(VI등급), BMI E등급으로 전년과 동일하고, 수생태계는 매우 열악한 상태임
  - 오수 유입 및 비점오염원의 차단과 광무교 지점의 해수 도수 등의 노력이 필요
- 초량천(하나은행)
  - BOD 9.3 mg/L(V등급), BMI는 E등급으로 수질 및 수생태계 모두 나쁜 상태임
  - 생태하천 복원 사업(2021년 7월) 이후에도 오수 유입이 완전히 차단되지 않아 수질과 수생태계 등급이 개선되지 않는 것으로 판단됨

- 생태회복을 위해 오수 유입 차단 및 주기적인 하상 퇴적물 제거 필요
- 남천(장백아파트 앞)
  - 2022년 이후 수질이 급격히 악화되었고(2021년 BOD 4.2 mg/L, 2022년 BOD 15.2 mg/L), BOD 10.3 mg/L(VI등급), BMI D등급으로 소폭 개선되었음
- 대연천(대천초등학교)
  - 생태하천복원 사업(2021년 10월) 후, 유지용수의 유입과 강우량의 증가로 하천 내 유량이 증가함에 따라 수질이 개선됨(2022년 BOD 9.8 mg/L)
  - BMI 등급은 여전히 ‘매우나쁨’상태를 보이나 수질과 BMI 지수의 소폭 개선(26.9→29.2)에 따라 유지용수의 지속적 방류로 수생태 건강은 개선될 것으로 보여짐
  - 수생태계의 변화는 충분한 시간을 요하므로 지속 모니터링 필요

표 9. 중부산 수계 저서동물 현황 및 생태지수 등

| 하천명    | 조사지점 | 종수    | 개체수/m <sup>2</sup> | 다양도 지수 | 우점도 지수 | BMI(생태등급) |      | BOD(수질) |      |     |
|--------|------|-------|--------------------|--------|--------|-----------|------|---------|------|-----|
|        |      |       |                    |        |        | 값         | 등급   | 값       | 등급   |     |
| 중부산 수계 | 동천   | 광무교   | 7                  | 322    | 2.196  | 0.644     | 23.3 | E       | 11.5 | VI  |
|        | 초량천  | 하나은행  | 14                 | 9800   | 1.626  | 0.758     | 32.9 | E       | 9.3  | V   |
|        | 남천   | 장백아파트 | 15                 | 6674   | 2.706  | 0.460     | 35.1 | D       | 10.3 | VI  |
|        | 대연천  | 대천초   | 14                 | 9633   | 1.915  | 0.797     | 29.2 | E       | 4.4  | III |

### 3.4 요약 및 결론

- 2023년 23개 하천 29개 지점의 수생태계 건강성
  - BMI 평균(23개 하천 27개 지점)
    - : 매우 좋음(A) 2개소, 좋음(B) 9개소, 보통(C) 3개소, 나쁨(D) 6개소, 매우나쁨(E) 7개소
    - 수영강, 동백천 등의 BMI 등급 개선, 일부 오염하천(삼락천, 감전천, 동천 등)의 BMI 등급(매우나쁨(E) 등급) 변동 없음
    - 온천천(세병교), 수영강(수영강사무소), 지사천(지사천2교), 대연천(대천초등학교) 지점 양호한 수질 대비 수생태계 등급 ‘나쁨~매우나쁨’상태를 보였으며, 이는 간헐적으로 유입되는 비점오염원이 주원인으로 추정됨
  - TSI<sub>KO</sub> 평균(2개 하천 2개 지점)
    - : 평강천(순아교) ‘부영양’, 동천(성서교) ‘중영양~부영양’상태
    - 하천 내 정체구간과 강우 시 유입되는 비점오염원 등이 부영양화의 주원인
  - TDI 평균(온천천 세병교)
    - : 오염민감도가 높은 종의 분포 우세, TDI 등급 ‘매우나쁨’ 상태
    - 강우시 고농도의 비점오염물질 유입이 주원인 추정, 비점오염 저감 시설 확대 필요
- 수생태계 주요 변동 사항
  - 장안천(인도교) 지점 멸종위기 야생생물 기수갈고동 서식 확인
  - 괴정천(하단초), 대연천(대천초등학교) 등 전년대비 수질은 개선되었지만, 수생태계는 회복되지 않음
- 수생태계 건강성 확보 방안
  - 분류식 하수관거 시공 철저
    - : 강우 시 하수 유입 차단, 관거 오점 감시시스템 정립
  - 비점오염 대책 확대
    - : 도심 유역 비점오염원 저감, 비점오염 저감시설 확보

- 유지용수 확보 및 하천 흐름 증대

#### 4. 활용방안

- 하천 생태복원 성과 모니터링, 하천생태자료 및 친생태적 수질지표 제시
- 도심하천의 생태하천복원 및 관리를 위한 기초자료 제공

#### 5. 기대효과

- 친환경 생태도시 조성사업에 따른 수생태 측면의 평가 및 성과 홍보

붙임 1. 생태지수 산정공식 등

| 지수                                  | 계산식  | 지수의 의미                      |  |       |
|-------------------------------------|--|-----------------------------|--|-------|
|                                     |  | 지수 범위                       | 등급   | 상태    |
| 저서동물 생태지수 (BMI)                     | $BMI = \left( 4 - \frac{\sum_{i=1}^n s_i h_i g_i}{\sum_{i=1}^n h_i g_i} \right) \times 25$ $si : \text{단위오탁지수}, hi : \text{출현도}, gi : \text{지표가중치}$  | $80 \leq BMI \leq 100$      | 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')                           | $H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i, (p_i = \frac{N_i}{N})$ $N_i : i \text{ 종의 개체수}, N : \text{총 출현개체수}$  | 우점도 지수(DI)                  | $DI = \frac{N_1 + N_2}{N}$ $N : \text{총 출현개체수}$ $N_1, N_2 : \text{제 1, 2 우점종 개체수}$ |       |
| 한국형 부영양화 평가 지수 (TSI <sub>KO</sub> ) | $TSI_{KO} = 0.5TSI_{KO}(COD) + 0.25TSI_{KO}(Chl-a) + TSI_{KO} \cdot 0.25(T-P)$   | $70 \leq TSI_{KO} \leq 100$ | A  | 과영양   |
|                                     |  | $50 \leq TSI_{KO} < 70$     | B  | 부영양   |
|                                     |  | $30 \leq TSI_{KO} < 50$     | C  | 중영양   |
|                                     |  | $0 \leq TSI_{KO} < 30$      | D  | 빈영양   |
| 부착돌말류 평가지수 (TDI)                    | $TDI = 100 - [WMS \cdot 25] - 25$ $WMS = \left( \frac{\sum_{i=1}^n a_i s_i v_i}{\sum_{i=1}^n a_i v_i} \right)$ $WMS : \text{가중평균민감도}, a_i : \text{상대발도}, s_i : \text{오염민감도}, v_i : \text{지표가중치}$ | $90 \leq BMI \leq 100$      | A  | 매우 좋음 |
|                                     |  | $70 \leq BMI < 90$          | B  | 좋음    |
|                                     |  | $50 \leq BMI < 65$          | C  | 보통    |
|                                     |  | $30 \leq BMI < 50$          | D  | 나쁨    |
|                                     |  | $0 \leq BMI < 30$           | E  | 매우 나쁨 |

- \* 저서동물(저서성대형무척추동물, Benthic Macroinvertebrate)
  - 하천바닥에 서식하는 수서곤충, 조개류, 갑각류, 거머리 등 다양한 무척추동물
  - 생태적 중요성과 환경지표성이 커, 수생태환경 평가에 가장 폭넓게 활용됨
- \* 저서동물 생태지수(Benthic Macroinvertebrate Index)
  - 환경 지표생물군(저서동물 군집)을 활용한 생물학적 수질 판정 지수
  - 개별 생물종마다 설정된 오탁지수와 가중치를 통해 산정된 지수를 이용하여 매우 좋음(A)~매우 나쁨(E)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
- \* 한국형 부영양화 평가지수(Trophic State Index)
  - 국립환경과학원에서 개발한 지수로서 각 지표항목(COD, Chl-a, T-P)에 확률분포함수를 비교 적용하여 산정하여 과영양(A)~빈영양(D)의 4단계로 구분하여 평가
- \* 부착돌말류
  - 하천바닥에 부착하여 서식하며, 식물플랑크톤과 함께 수중 생태계의 1차 생산자
  - 환경변화에 민감하게 반응, 수질변화나 오염을 나타내는 지표로 사용
- \* 부착돌말류 평가지수(Trophic Diatom Index)
  - 환경 지표생물군(부착돌말류)을 활용한 생물학적 수질 판정 지수
  - 개별 생물종마다 설정된 오탁지수와 가중치를 통해 산정된 지수를 이용하여 매우 좋음(A)~매우 나쁨(E)의 5단계로 구분하여 평가

붙임 2. 조사지점별 우점종 출현현황(2023년, 저서동물)

| 지점명   |     | 채집시기     | 상반기         |         | 하반기        |        |
|-------|-----|----------|-------------|---------|------------|--------|
|       |     |          | 우점종(오탁지수)   | 출현률(%)  | 우점종(오탁지수)  | 출현률(%) |
| 수영강수계 | 온천천 | 부곡교      | 깔따구 1.7     | 33.1    | 꼬마줄날도래 0.8 | 36.1   |
|       |     | 세병교      | 물벌레속 2.3    | 36.4    | 물벌레속 2.3   | 51.4   |
|       | 수영강 | 신천교      | 깔따구 1.7     | 83.7    | 깔따구 1.7    | 94.9   |
|       |     | 회동교      | 깔따구 1.7     | 41.3    | 깔따구 1.7    | 62.2   |
|       |     | 수영강사무소   | 깔따구 1.7     | 51.5    | 깔따구 1.7    | 62.5   |
|       | 석대천 | 반석2교     | 물벌레속 2.3    | 59.2    | 깔따구 1.7    | 83.2   |
|       | 철마천 | 장전2교     | 깔따구 1.7     | 52.9    | 깔따구 1.7    | 31.7   |
| 동부산수계 | 춘천  | 삼정그린코아   | 깔따구 1.7     | 70.8    | 줄날도래 0.8   | 26.2   |
|       | 송정천 | 오시리아역    | 깔따구 1.7     | 55.0    | 실지렁이 3.5   | 35.2   |
|       | 죽성천 | 죽성교      | 실지렁이 3.5    | 30.9    | 깔따구 1.7    | 53.6   |
|       | 일광천 | 화전교      | 깔따구 1.7     | 59.4    | 깔따구 1.7    | 24.8   |
|       | 장안천 | 인도교      | 꼬마줄날도래 0.6  | 29.5    | 깔따구 1.7    | 47.1   |
|       | 동백천 | 동백교      | 깔따구 1.7     | 55.3    | 깔따구 1.7    | 54.2   |
|       | 좌광천 | 좌광교      | 물벌레속 2.3    | 45.7    | 꼬마줄날도래 0.8 | 28.9   |
| 중앙교   |     | 물벌레속 2.3 | 38.1        | 깔따구 1.7 | 59.1       |        |
| 서부산수계 | 대천천 | 화명교      | 깔따구 1.7     | 64.2    | 깔따구 1.7    | 41.1   |
|       | 삼락천 | 괘법교      | 실지렁이 3.5    | 83.3    | 실지렁이 3.5   | 55.9   |
|       | 감전천 | 엄궁2교     | 조개넙적거머리 3.0 | 56.7    | 실지렁이 3.5   | 53.9   |
|       | 학장천 | 학장교      | 깔따구 1.7     | 37.8    | 깔따구 1.7    | 46.4   |
|       | 괴정천 | 하단초      | 나방파리 3.5    | 39.5    | 깔따구 1.7    | 100.0  |
|       | 평강천 | 울만교      | 깔따구 1.7     | 36.2    | 강우렁이 -     | 55.6   |
|       | 지사천 | 지사2교     | 실지렁이 3.5    | 66.9    | 깔따구 1.7    | 87.0   |
|       | 대리천 | 반도유보라    | 물벌레속 2.3    | 73.1    | 깔따구 1.7    | 57.4   |
| 중부산수계 | 동 천 | 광무교      | 실지렁이 3.5    | 40.8    | 실지렁이 3.5   | 68.8   |
|       | 초량천 | 하나은행     | 원돌이물달팽이 2.7 | 33.1    | 깔따구 1.7    | 70.8   |
|       | 남 천 | 장백아파트    | 깔따구 1.7     | 27.2    | 깔따구 1.7    | 29.2   |
|       | 대연천 | 대천중학교    | 붉은깔따구 3.4   | 58.5    | 붉은깔따구 3.4  | 59.9   |

\* 오탁지수 : 0.0~4.0 범위의 값을 가지며, 오염지표생물일수록 그 값이 커짐

붙임 3. 수계별 출현종 촬영사진(2023년, 저서동물)



애호랑하루살이(온천천 부곡교)



각다귀(수영강 회동교)



여울벌레(수영강 신천교)



줄날도래(석대천 반석2호교)



네점하루살이(송정천 오시리아)



물벌레속(죽성천 죽성교)



조개넙적거머리(좌광천 좌광교)



등딱지하루살이(좌광천 중앙교)



동양하루살이(장안천 인도교)



밀잠자리(동백천 동백교)



실지렁이(감전천 엄궁2교)



붉은깔따구(평강천 울만교)