비계량적 다차원척도법을 활용한 서울지역 주요 도심하천에서의 생물다양성 조사 – 저서동물을 중심으로

(Biodiversity research in major urban streams in Seoul using nonmetric multidimensional scaling – focusing on benthic animals)

이진효 · 한현 · 이준연 · 이만호 · 이묵영 (서울특별시보건환경연구원 물환경연구부)

Introduction

★ 연구배경

- 서울지역 주요 도심하천은 한강 본류에 비해 환경 변화에 민감하고, 생태복원 및 시민이용 활성화로 하천수질, 서식처 특성, 생물분류군 분포 등 생물학적 요소를 포함한 종합적인 도심하천 생태건강성이 평가되고 있는 추세임
- 특히 환경에 민감하고, 개체가 많고, 종이 다양하며, 1-2차 소비자로서 생태적 중요성과 환경지표성이 높은 저서동물을 이용한 하천생태계의 생물 모니터링이 다양한 방식으로 시행되고 있음
- 하지만 도심하천을 대상으로 저서동물과 함께 DO, TN, TP 등 하천에의 주요 이화학적인 수질항목 등을 연계한 하천생태계 모니터링 조사, 데이터 기반의 통계분석이 부족한 실정임

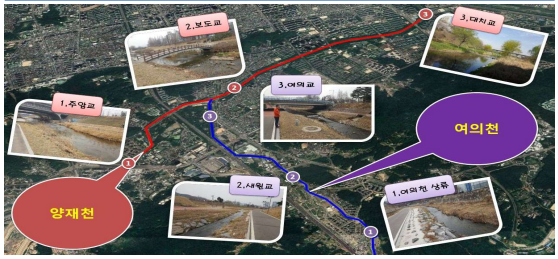
★ 연구목적

- 본 연구에서는 양재천과 양재천의 물을 유지용수로 사용하는 여의천을 대상으로, 이화학적 수질과 함께 국내에서도 활발하게 조사되고 있는 저서동물의 분포특성을 통계적 분석기법을 활용함으로써 서울지역 주요 도심하천의 하천생태계 현황을 진단하는 기초 자료를 제공하고자 함

Material and Method

★ 연구방법

- 대상 및 기간 : 양재천, 여의천 (2019~2020)
- 항목 : 저서동물 군집, 수질 17항목
  - * 유속, 수온, pH, DO, EC, turbidity, BOD, TOC, SS, TN, DTN, NH_3-N, NO_3-N, TP, DTP, PO_4-P, Chlorophyll-a
- 방법 : 『수생태계 현황 조사 및 건강성 평가방법 등에 관한 지침 (하천편, 2019.11)』
  - * 통계분석기법 : 비계량적 다차원척도법(nMDS, nonmetric Multidimensional Scaling)



< Research Area>

Results & Discussion

★ 양재천, 여의천 주요 항목 평균수질

- 양재천 3개 지점 평균 수질 BOD 1.1 mg/L, TOC 2.3 mg/L, TP 0.072 mg/L
- 여의천 3개 지점 평균 수질 BOD 1.5 mg/L, TOC 2.0 mg/L, TP 0.077 mg/L
- 전반적으로 양재천과 여의천(양재천과 여의천 합류점에서 유량을 확보하여 여의천 상류에 유지용수로 공급함)의 수질환경은 유사 및 양호함

양재천	pH	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
주암교	7.4 (7.2~7.5)	10.0 (8.8~12.1)	1.2 (0.1~2.5)	2.4 (1.6~3.6)	5.8 (0.2~22.6)	5.572 (2.923~9.004)	0.078 (0.030~0.187)
보도교	7.6 (7.3~7.7)	10.0 (8.2~11.5)	1.1 (0.2~2.3)	2.3 (1.6~3.1)	5.8 (0.2~12.4)	5.293 (2.775~7.680)	0.073 (0.035~0.137)
대치교	7.9 (7.6~8.3)	10.9 (9.2~12.1)	1.0 (0.3~2.5)	2.3 (1.7~3.0)	4.0 (1.6~7.4)	4.748 (3.576~6.716)	0.065 (0.024~0.118)

여의천	pH	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
상류	7.8 (7.5~8.1)	10.9 (8.5~13.2)	1.5 (0.3~2.8)	2.3 (1.6~3.0)	7.8 (0.2~18.6)	5.621 (3.933~6.802)	0.068 (0.027~0.127)
새원교	8.4 (7.7~9.4)	12.3 (10.1~15.3)	1.6 (0.4~2.4)	2.1 (1.4~2.9)	9.7 (0.4~44.6)	5.132 (3.460~6.214)	0.084 (0.026~0.211)
여의교	8.3 (7.7~8.8)	12.3 (10.6~14.9)	1.5 (0.4~2.5)	1.6 (1.2~2.2)	6.8 (0.8~30.0)	4.110 (3.276~4.913)	0.079 (0.029~0.235)

★ 저서동물상, 군집지수

- 양재천 : 하루살이목(개똥하루살이), 파리목(깔다구), 날도래목(동양줄날도래) 순으로 총 39종, 3,787개체 출현
- 여의천 : 등각목(물벌레과), 날도래목(동양줄날도래), 파리목(깔다구) 순으로 총 51종, 4,199개체 출현



<Baetis fuscatus> <Chironomidae spp.> <Hydropsyche orientalis> <Asellidae>

- 양재천 : 지점별로는 주암교 23종 1,721개체, 보도교 23종 1,241개체, 대치교 25종 825개체가 출현함
- 여의천 : 지점별로는 상류 35종 1,606개체, 새원교 35종 1,708개체, 여의교 22종 885개체가 출현함

하천	조사지점	다양도지수(Species Diversity Index)					풍부도지수(Richness Index, Margalef)				
		1분기	2분기	3분기	4분기	평균	1분기	2분기	3분기	4분기	평균
양재천	주암교	2.27	2.23	1.18	2.82	2.13	1.80	2.08	1.93	2.82	2.16
	보도교	1.60	2.64	1.37	2.76	2.09	1.91	2.34	1.96	2.23	2.11
	대치교	1.94	2.78	2.79	2.16	2.42	2.07	2.41	2.43	2.70	2.40

하천	조사지점	다양도지수(Species Diversity Index)					풍부도지수(Richness Index, Margalef)				
		1분기	2분기	3분기	4분기	평균	1분기	2분기	3분기	4분기	평균
여의천	상류	2.25	2.57	1.75	3.00	2.39	2.54	3.51	3.43	4.03	3.38
	새원교	2.22	2.02	2.11	1.88	2.06	2.59	2.03	3.52	3.13	2.82
	여의교	1.96	2.18	1.44	2.02	1.90	1.32	2.75	1.98	1.93	2.00

★ 하천 환경상태 평가

- 양재천의 주암교, 보도교, 대치교 3지점의 평균 수질(BOD, TOC, TP 기준)은 하천생활환경기준으로 Ⅱ등급(약간 좋음) 이상이었으며, 저서동물지수(BMI, Benthic Macroinvertebrate Index)는 C등급(보통)으로 조사됨

조사지점	저서동물 BMI		수질 BOD (mg/L)		TOC (mg/L)		TP (mg/L)	
	지수	등급	농도	등급	농도	등급	농도	등급
주암교	55.1	C (Usually)	1.2	Ⅰb (Good)	2.4	Ⅰb (Good)	0.078	Ⅱ (S.Good)
보도교	61.4	C (Usually)	1.1	Ⅰb (Good)	2.3	Ⅰb (Good)	0.073	Ⅱ (S.Good)
대치교	62.3	C (Usually)	1.0	Ⅰa (V.Good)	2.3	Ⅰb (Good)	0.065	Ⅱ (S.Good)

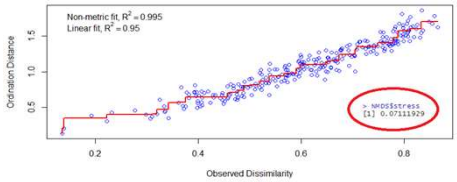
- 여의천 상류지점, 새원교, 여의교 3지점의 평균 수질(BOD, TOC, TP 기준)은 하천생활환경기준으로 Ⅱ등급(약간 좋음) 이상이고, 저서동물지수(BMI) 또한 B등급(좋음), C등급(보통)으로 조사됨

조사지점	저서동물 BMI		수질 BOD (mg/L)		TOC (mg/L)		TP (mg/L)	
	지수	등급	농도	등급	농도	등급	농도	등급
상류	69.6	B (Good)	1.5	Ⅰb (Good)	2.3	Ⅰb (Good)	0.068	Ⅱ (S.Good)
새원교	67.8	B (Good)	1.6	Ⅰb (Good)	2.1	Ⅰb (Good)	0.084	Ⅱ (S.Good)
여의교	63.0	C (Usually)	1.5	Ⅰb (Good)	1.6	Ⅰa (V.Good)	0.079	Ⅱ (S.Good)

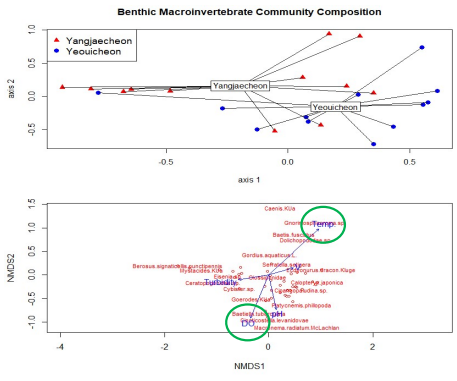
- 전반적으로 양재천, 여의천 모두 군집구조가 안정되고, 하천수질상태가 좋은 것으로 나타났으며, 특히 여의천 상류, 새원교지점은 수변수초대 형성과 빠른 유속, 크고 작은 돌들이 많은 서식처 특성 등 자연하천 상태를 비교적 잘 유지되고 있어 생태환경이 가장 양호한 것으로 조사됨

★ 통계분석결과 – nMDS (순위에 의한 정보만을 이용한 근접도 활용)

- nMDS 모형 적합도 판단 : Shepard plot ▶『만족스러운 모형(great)』
  → Non-metric fit R^2 0.995, Linear fit R^2 0.95, stress 0.0711



- 양재천, 여의천의 저서동물 분포상태를 nMDS 분석한 결과, 유의미한 차이를 볼 수 없었음(유의수준 5% 이하, p-value 0.1491)
- 저서동물 분포와 관련 있는 유의한 환경인자로는 수온과 DO로 나타남



Conclusions

- 양재천, 여의천 수질환경은 전반적으로 유사 및 양호하며, 저서동물 분포상태(BMI, 다양도지수, 풍부도지수) 또한 통계적으로 유의미한 차이를 볼 수 없었음
- 향후 nMDS 분석 및 주요 생태지수와 수질항목 간의 상관관계 등 빅데이터 기반의 통계적 분석을 통해 환경인자와의 유의성을 쉽게 확인하고, 하천생태계 건강성을 평가함으로써 종합적인 하천수질관리 및 이와 연계된 저서동물 군집의 안정성을 확보할 수 있을 것으로 기대함