

수영강 중류 물환경 생태조사연구

전대영[†] · 이소림 · 손정원 · 차영욱 · 권기원 · 유평종
환경조사과

Assessments of Ecosystem Health in Middle Reaches of Suyoung River

Dae-Young Jeon[†], So-Lim Lee, Jung-won Son, Young-Wook Cha, Ki-Won Kwon and Pyung-Jong Yoo

Environmental Research Division

Abstract

Benthic macroinvertebrates, epilithic diatoms and fish fauna were investigated from September 2008 to October 2010 in the middle reach of the Suyoung river in Busan. During the survey period benthic macroinvertebrates were collected total 44 species at the three sites (Hanmul-gyo, Dongcheon-gyo and Seokdae Jct.) of Suyoung river. At these sites, species diversity index was 2.1, 1.4, 1.5, dominance index was 0.67, 0.81, 0.88 and Korean Saprobic Index (KSI) was 2.0(B), 4.2(D), 4.3(D) on average, respectively. Dominant species was *Caenis Kua*, Chironomidae sp., at Hanmul-gyo site and *Limnodrilus gotoi*, Chironomidae sp., at Dongcheon-gyo and Seokdae Jct. sites. Epilithic diatoms were collected total 56 species at the same sites in 2010. Species diversity index was 3.5, 3.2, 3.0, dominance index was 0.46, 0.54, 0.55 and diatom index for organic pollution(DAIpo) was 52.7(C), 30.7(D), 15.3(D) on average, at the above three sites, respectively. Dominant species was *Melosira varianae* at Hanmul-gyo, *Achnanthes minutissima* at Dongcheon-gyo, and *Navicular seminulum* at Seokdae Jct. site. Fish fauna was also investigated at the two sites (Hanmul-gyo and Seokdae Jct.) of Suyoung river. Total caught fishes were 10 species 32 individuals in the 1st survey, 6 species 26 individuals in the 2nd survey, 9 species 21 individuals in the 3rd survey, and 10 species 46 individuals in the 4th survey. Dominant species was *Carassius auratus* in the 1st and 2nd surveys, *Rhinogobius giurinus* in the 3rd surveys and *Culter brevicauda* in the 4th survey. Index of Biological Integrity (IBI) value was C grade at the Hanmul-gyo and D grade at the Seokdae Jct. Habitat/Riparin Quality Index(HRQI) value was B grade at the Hanmul-gyo and C grade at the Dongcheon-gyo and the Seokdae Jct.

Key words : Benthic macroinvertebrates, Diatom index for organic pollution(DAIpo), Fish fauna, Index of Biological Integrity(IBI), Korean Saprobic Index(KSI), Habitat/Riparin Quality Index(HRQI)

서 론

우리나라에서는 그간의 수질관리정책이 유기물과 독성물질 등의 화학적 오염, 하수와 공장폐수 등의 점오염원, 그리고 인간의 건강관리 위주로 시행되어 왔다. 그러나 이화학적 측정평가만으로는 다양한 생물이 생존할 수 있는 환경의 직접적 평가와 증명은 되지 않는다.

최근 환경부는 기존의 이화학적 평가뿐만 아니라 생물학적인 평가기준을 마련하여 수생태계의 총체적인 평가기준을 마련하였다. 서식하는 생물의 구조와 기능에 근거한 생물학적

평가는 이화학적 평가와 비교하여 해당 물환경에 대한 교란된 수체의 현재 상태를 파악하게 할 뿐만 아니라 보다 종합적이고 장기적인 영향을 파악할 수 있게 하며, 건강성의 회복을 위한 판단의 근거를 제공한다. 동시에 건강한 수체에 대한 생물학적 평가를 근거로 해당 수체의 회복 혹은 복원을 위한 목표를 설정할 수 있다¹⁾.

수영강은 경남 양산군 철마면 송정리의 경계(해발 800 m)에서 발원하여 온천천, 동래천, 석대천의 지류를 가지고 있으며 전체 배수면적은 200 km², 총 연장 28.2 km, 폭은 50~90 m 인 강으로, 주변은 주거밀집지역, 상업지역, 공업지

[†]Corresponding author, E-mail : Jeon1st@korea.kr
Tel : +82-758-6123, Fax : +82-753-1424

역이 혼재된 지역이다. 수영강은 중류부 이후부터는 회동수원지로 인하여 그 생태의 축이 단절되고 해당지역의 도시화로 오염이 가중된 대표적 하천이다²⁾.

이러한 수영강을 살리기 위하여 현재 하수의 적극적인 차집과 낙동강 원수 및 동부하수처리장 방류수를 하천유지용수로 방류하는 등 다양한 물환경 개선작업을 시도하고 있으나, 이와 함께 다양한 생물이 서식할 수 있는 환경을 지속적으로 보존하고 조성해가는 것이 하천복원의 주요한 과제로 새롭게 대두되고 있다. 이를 위해서는 생물의 서식상황 조사 및 이들의 상호관련 검토 등의 생물을 주체로 하는 연구를 수행할 필요성이 있다.

이에 본 연구는 수영강 중류구간에 대하여 저서성 대형무척추동물(Benthic macroinvertebrate), 부착조류, 어류, 서식 및 수변환경 등 총 4개 분야에 걸친 수생태계 건강성 조사 및

평가를 실시하였다. 이를 통하여 수영강 중류의 수생태계 건강성을 파악하고 물환경 보전정책을 위한 기초자료를 확보하고자 한다

재료 및 방법

연구대상 및 기간

본 연구의 조사지점은 수영강 중류 구간 중 하천 유지용수로 회동수원지 물이 공급되는 중류 2개 지점(동천교, 석대천 합류지점)과 회동수원지 상류 1개 지점(한물교)을 대상으로 하였으며 Fig. 1에 시료채취지점을 나타내었다. 각 항목별 조사 시기는 Table 1에 나타내었다.

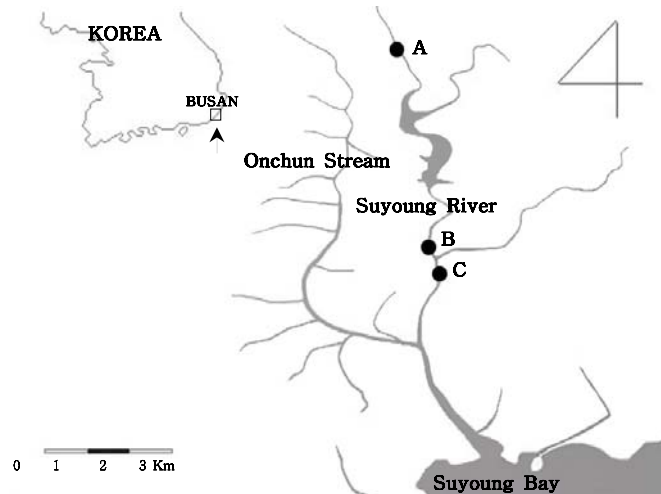


Fig. 1. Map of the Suyoung River showing sampling sites.
A : Hanmul-gyo B : Dongchun-gyo, C : Sukdae Jct.

Table 1. Survey period by items

period	water & macroinvertebrates	epilithic diatoms	fishes	waterfront environment
1st	2009. 3	2010. 3	2009. 8	2009. 8
2nd	2009. 5	2010. 6	2009. 10	2009. 10
3rd	2009. 9	2010. 9	2010. 5	2010. 5
4th	2010. 3	—	2010. 10	2010. 10
5th	2010. 6	—	—	—
6th	2010. 9	—	—	—

연구방법

수질 분석

수온, pH, 용존산소(Dissolved Oxygen, DO)는 현장 측정기(YSI-556MPS)를 이용하여 현장 측정하였으며, 생물화학적산소요구량(Biochemical Oxygen Demand, BOD), 총질소(Total Nitrogen, TN), 총인(Total Phosphorus, TP) 등은 시료 2 L를 채수, 아이스박스에 담아 실험실로 운반하여 수질오염공정시험기준³⁾에 따라 분석하였다.

저서성 대형무척추동물

채집 및 동정

저서성 대형무척추동물 채집은 계류용 정량채집망인 Surber net(30×30 cm, 망목 0.5 mm)을 이용하여 각 조사 지점에서 가능한 한 미소서식처(riffle, run, pool)를 구분하여 3회씩 정량 채집하였다.

채집된 표본은 현장에서 10% 포르말린으로 고정하였으며, 실험실로 운반한 후 sorting하여 70% 에탄올에 보관하였다. 생물종의 분류는 윤일병^{4,5)}, 원두희⁶⁾, 川合禎次⁷⁾, Merritt and Cummins⁸⁾를 참조하여 실시하였다. 종 수준까지 분류가 어려운 종은 외부형태가 확연히 구별되는 종을 대상으로 임의로 과나 속 수준에서 sp 1. 등의 형태로 정리하였다.

군집구조 분석

저서성 대형무척추동물의 군집구조를 파악하기 위해 채취 시기 및 지점별로 개체수 현존량과 종수, 종다양성지수, 우점도지수를 산출하여 비교하였다.

종다양성지수는 Shannon - Weaver function(H')⁹⁾을 Lloyd and Ghelardi가 변형한 공식¹⁰⁾에 따라 산출하였으며, 산출식은 식(1)과 같다.

$$H' = -\sum(n_i/N) \cdot \log_2(n_i/N) \quad (1)$$

(n_i : i 종의 개체수, N : 총개체수)

우점도지수는 McNaughton's dominance index(DI)¹¹⁾를 이용하여 산출하였으며 산출식은 식(2)와 같다.

$$DI = (n1 + n2)/N \quad (2)$$

(n1 : 우점종, n2 : 아우점종, N : 총개체수)

한국오수생물지수(KSI, Korean Saprobic Index) 산정 저서성 대형무척추동물을 이용한 각 조사구간의 수생태계 평가는 물환경종합평가방법 개발 조사연구¹²⁾에서 제안된 한국오수생물지수(Korean Saprobic Index)를 이용하였으며, 이 값은 각 지표생물군의 오락계급치(S) 및 지표가중치(G)를 적용하여 산출하였으며, 산출식은 식(3)과 같다.

$$KSI = \sum Si \cdot Ai \cdot Gi / \sum Ai \cdot Gi \quad (3)$$

(Si : i군의 오락계급치, Ai : i군의 출현개체수, Gi : i군의 지표가중치)

부착규조류

채집 및 동정

부착규조류는 돌부착규조류(epilithic diatoms)를 대상으로 하였으며, 자갈의 상면이 평탄하고, 그 면이 수면과 거의 평행한 돌을 수심 20-30cm의 그 지점을 대표할 수 있는 장소에서 4개 선택하였다. 선택한 돌은 현장에서 1개 당 25cm², 총 100cm²의 면적에 대해 부착된 조류를 솔로 완전히 긁어 내어, 증류수로 희석하여 총 250mL로 정량 채집하였다. 규조류 동정을 위해서 Concentrated Acid Oxidation method¹³⁾를 사용하여 세정하였으며, 이를 적정하게 희석하여 광학현미경 및 주사전자현미경(SEM)으로 계수 및 동정을 실시하였다. 광학현미경 분석을 위해서는 Naphrax를 이용하여 표본을 만들었으며, 주사전자현미경 분석을 위해서는 희석시료를 자연 건조한 후 백금 코팅하여 표본을 만들었다. 부착규조류의 상대빈도 등을 구하기 위해서 임의로 선정된 현미경하의 시야에서 500개의 규조류 피각을 계수하여 종 수준까지 분류하였다.

부착규조류 군집분석

부착규조류의 군집구조를 파악하기 위해 채취시기 및 지점별로 종수 및 개체수 분포 및 부착규조류 밀도를 산출하였으며 종다양성지수와 우점도지수를 상기 (1), (2)의 식에 의해 구하여 비교하였다.

유기물지수(DAIpo: Diatom Index for Organic Pollution) 계수 및 분류된 자료를 기초로 하여 Watanabe & Asai¹⁴⁾의 방법에 따라 DAIPo지수를 구하여 생물학적 수질오염도를 비교하였다. DAIPo지수는 각 규조종의 내성도를 기준으로 하여 호오탁성종, 호청수성종, 광적응성종의 3군으로 나누어 이를 기초로 다음 식에 따라 산출하였다.

$$DAIpo = 50 + 0.5(\sum X_i - \sum S_j)$$

$\sum X_i$: 호청수성종의 %상대빈도의 합
 $\sum S_j$: 호오탁성종의 %상대빈도의 합

어 류

채집 및 종분류

어류 현장조사는 환경부의 물환경 종합 평가개발 조사연구¹²⁾ 및 수생태계 건강성 조사계획 수립 및 지침¹⁵⁾의 어류 조사 방법에 의거하였다. 어류 채집은 한물교와 석대천 합류지점 2곳에서 실시하였다. 어류 채집의 정확화를 위하여 채집거리 는 100 m, 조사 소요시간은 50분으로 한정하였고, 가능한

한 여울(Riffle), 소(Pool), 흐르는 곳(Run)을 포함하는 곳에서 조사빈도를 균등하게 하여 가슴장화를 착용하여 접근 가능한 장소에서 조사를 실시하였다. 하천차수는 1:120000 축적의 지도를 이용하여 Strahler 방법에 따라 결정하였다. 조사도구는 투망(망목 5×5 mm)과 족대(망목 4×4 mm)를 이용하였고 3인 1조로 구성 조사하였다. 종 분류는 채집 시 현장에서 즉시 수행하였으며, 현장 분류가 어려운 경우 10% 포르말린 용액에 고정하여 실험실로 운반 후 관련 도감에 의거하여 분류하였다. 채집된 어류는 김익수와 박종영¹⁶⁾과 최기철¹⁷⁾, 김익수 등¹⁸⁾, 환경부¹⁹⁾에 의거하여 동정하였다.

어류를 이용한 생태계 건강성 평가 모델

생태 건강성 평가모델은 환경부의 물환경 종합 평가개발 조사연구 및 수생태계 건강성 조사계획 수립 및 지침의 어류 평가 8-메트릭 모델에 의거하였다.

서식 및 수변환경

서식 및 수변환경 평가는 환경부의 물환경 종합 평가개발 조사연구의 평가방법을 이용하였다. 서식 및 수변환경 평가 항목은 3인이 1조로 구성되어 조사하였다.

결과 및 고찰

이화학적 수질

지점별 수질 분석결과

수영강 중류 3개 지점에 대한 이화학적 수질 분석 결과는 Table 2에 나타내었다. 용존산소(DO)는 한물고 지점에서 가장 높게 나타났으며, 전 지점에서 대체로 높은 농도를 나타내었다. 생물화학적산소요구량(BOD)은 한물고 지점에서 0.6~3.4 mg/L, 동천교 지점에서 1.9~4.9 mg/L, 석대천 합류지점에서 1.6~5.6 mg/L로 하류로 갈수록 높게 나타났으며, 전 지점에서 채수시기에 따른 BOD의 변동폭은 크게 나타났다. 부유물질(SS)은 동천교 지점에서 7.1~19.5 mg/L로 다른 두 지점보다 높게 나타났는데 이는 수영강 생태하천조성사업 공사로 인해 탁질이 발생되었기 때문으로 생각된다. 영양염류 농도와 전기전도도는 석대천 합류지점에서 총질소(TN)가 4.438~18.546 mg/L, 총인(TP)이 0.147 ~0.511 mg/L, 전기전도도(Conductivity)가 1164~2507 μ S/cm로 다른 두 지점보다 약간 높게 나타났는데, 이는 수영강으로 합류되는 석대천 유지용수로 부산 동부하수처리장의 방류수를 사용하고 있어 방류수의 영양염류 농도 등이 영향을 미쳤기 때문으로 생각된다. 총대장균군수도 석대천 합류지점에서 11000~170000 MPN/100mL로 가장 높게 나타나 석대천 유역의 하수 오염이나 비점오염원 부하 등이 의심되었다.

Table 2. Results of water quality in middle reaches of Suyoung River

Period	Site	pH	DO (mg/L)	Conductivity (μ S/cm)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	Chl-a (mg/m ³)	Total Coliform (MPN/100mL)	NH ₃ -N (mg/L)
1st survey	Hanmul-gyo	7.6	12.7	234	3.4	4.4	4.6	0.831	0.096	32.9	92000	0.220
	Dongchun-gyo	7.5	10.1	384	4.1	6.0	15.2	0.180	0.035	15.6	35000	0.198
	Sukdae Jct	7.8	10.0	1816	4.0	8.8	7.7	7.474	0.511	13.6	160000	0.396
2nd survey	Hanmul-gyo	8.1	11.5	246	0.6	3.4	6.5	5.221	0.029	1.3	2200	0.103
	Dongchun-gyo	7.7	10.5	460	2.2	8.8	19.5	3.245	0.090	25.6	3300	0.764
	Sukdae Jct	7.7	9.2	1610	2.2	6.6	13.1	6.935	0.147	8.3	24000	0.460
3rd survey	Hanmul-gyo	8.6	7.6	243	0.7	5.0	3.1	2.745	0.101	-	1700	0.070
	Dongchun-gyo	7.3	6.3	167	1.9	5.4	11.8	1.526	0.101	11.5	790	0.379
	Sukdae Jct	7.5	7.4	2507	1.6	7.4	6.4	4.438	0.192	15.2	16000	0.402
4th survey	Hanmul-gyo	7.9	11.2	177	1.3	2.6	2.8	3.244	0.095	2.6	4900	0.060
	Dongchun-gyo	7.3	7.2	313	4.9	6.4	7.1	2.388	0.110	10.3	11000	0.617
	Sukdae Jct	7.3	8.0	1553	5.2	10.8	8.8	18.546	0.174	5.9	11000	6.883
5th survey	Hanmul-gyo	7.9	11.1	204	0.8	3.0	7.0	2.739	0.055	2.9	350	0.060
	Dongchun-gyo	6.7	9.3	294	3.6	4.6	16.8	1.680	0.028	7.0	2400	0.253
	Sukdae Jct	7.6	8.2	1557	3.9	11.8	22.9	15.536	0.232	10.5	16000	8.892
6th survey	Hanmul-gyo	7.2	9.7	171	0.6	2.4	0.7	3.110	0.053	-	1100	0.106
	Dongchun-gyo	7.0	5.3	192	2.8	6.8	7.4	1.360	0.050	8.0	17000	0.470
	Sukdae Jct	7.3	7.4	1164	5.6	9.4	6.5	11.127	0.147	9.0	170000	7.003

BOD에 의한 수질 평가

수영장 종류 3개 조사지점에서의 주요 이화학적 수질 항목 분석결과를 Fig. 3에 나타내었으며 BOD에 의한 수질평가는 Fig. 2에 나타내었다. 전 조사기간 및 전 지점에서 pH는 6.5~8.5, DO는 5mg/L 이상으로 하천 환경기준 I~Ⅲ등급 수준이었다. 한물교 지점은 BOD 및 COD I~Ⅱ등급으로 비교적 양호한 수질 상태를 유지했으며, 동천교 지점은 BOD I~Ⅲ등급, COD Ⅱ~Ⅲ등급이었으며, 석대천 합류 지점은 BOD I~Ⅳ등급, COD Ⅲ~Ⅳ등급 수준으로 하루로 갈수록 오염도 증가 및 농도 변화폭도 크게 나타났다. 특히 동부하수처리장 방류수를 유지용수로 공급 받고 있는 석대천합류 지점의 경우 COD, T-N 항목의 농도가 금년 들어 큰 폭으로 증가하였다.

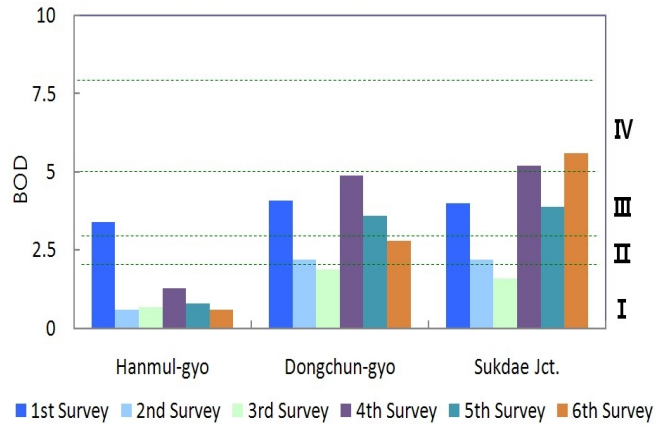


Fig. 2. Health assessment by site using BOD.

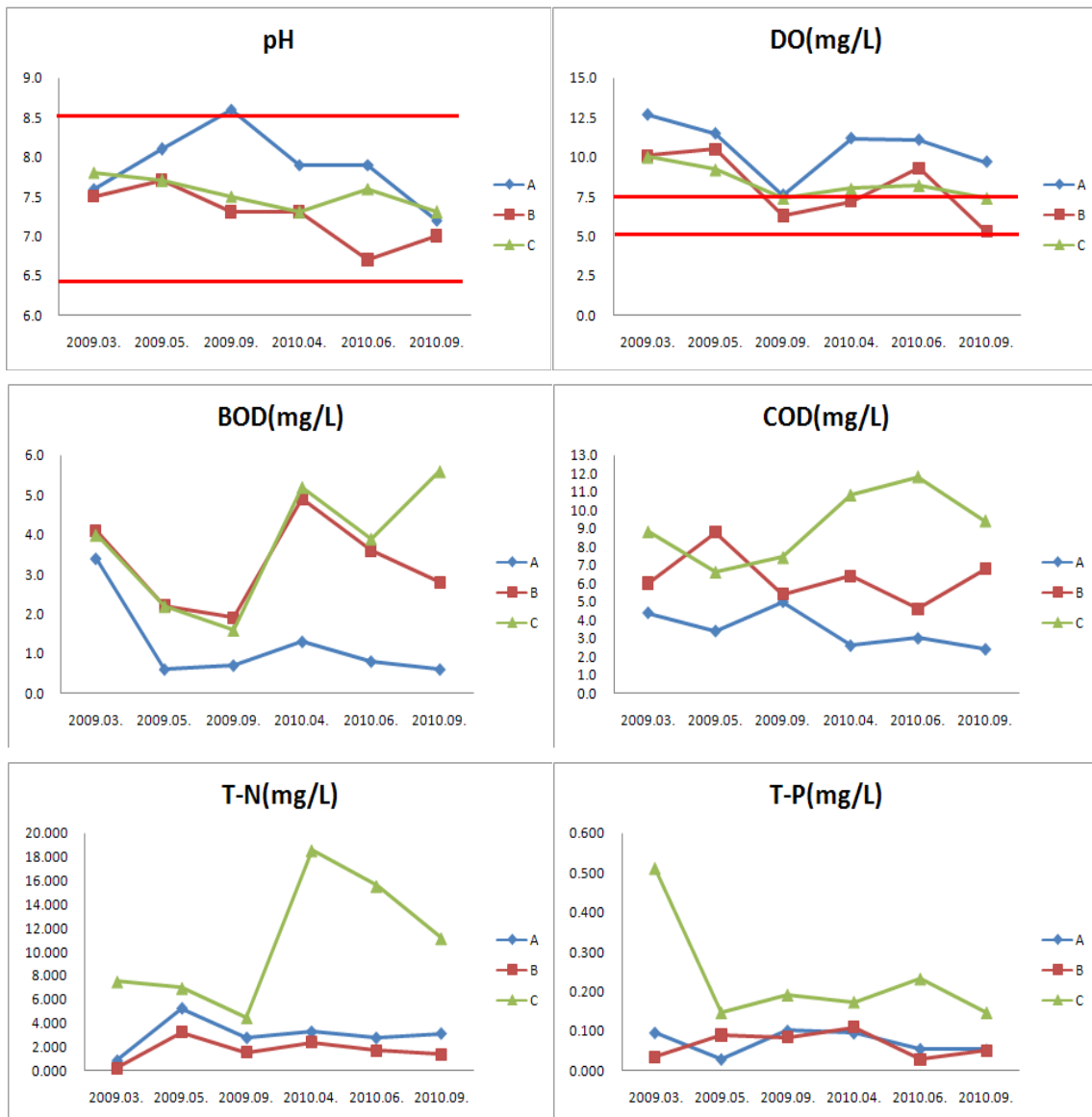


Fig. 3. The result of water Quality at each sites during the study period.

A : Hanmul-gyo, B: Dongchun-gyo, C : Sukdae jct.

저서성 대형무척추동물(benthic macroinvertebrate)

저서성 대형무척추동물은 종류가 매우 다양하고 환경조건에 따른 적응성이 좋으며, 이동성이 적고 서식처의 환경교란에 대하여 민감하게 반응하며, 정량적인 채집과 분석이 용이하므로 이를 이용한 수질환경 조사가 활발하게 이루지고 있는 추세이다¹⁸⁾. 따라서 수영강 중류의 물 환경을 생태학적 관점에서 평가하기 위해 중류 3개 지점에서 서식하는 저서성 대형무척추동물의 군집 변화를 지점 별로 비교 분석하였다.

저서성 대형무척추동물 군집 변화

출현종수 변화

2009년~2010년까지 수영강 중류 3개 조사지점에서 서식하는 저서성 대형무척추동물에 대한 총 6회 조사 결과를 Table 3과 Fig. 4에 나타내었다. 전체 분류군은 총 4문 6강 13목 25과 44종이 출현했으며, 출현종 구성비를 살펴보면 비곤충류는 편형동물문 1종, 환형동물문 3종, 연체동물문 1종, 갑각강 1종으로 총 6종이 출현하였으며, 수서곤충류는 하루살이목 14종, 잠자리목 5종, 딱정벌레목 1종, 파리목 9종, 날도래목 8종, 톱토기목 1종으로 총 38종이 출현하여 전체 출현종의 86.4%를 차지하는 것으로 나타났다.

연도별 종수 변화를 살펴보면 2009년에 총 3문 4강 9목 20

과 32종, 2010년에 총 4문 5강 12목 21과 34종이 출현하여 전년 대비 전체 종수의 소폭 증가를 보였으며, 출현종 백분율 구성비는 전년 대비 파리목, 날도래목은 종수의 감소를 하루살이목은 종수의 증가를 나타냈다.

전반적으로 1차 조사에서 종수가 가장 풍부했으며, 2, 3차 조사에서 감소 경향을 보였으나 B지점(동천교) 경우 금년 1차 조사에 비해 2, 3차 조사에서 종수 증가를 보였다. 이는 B지점(동천교) 구간에서 1차 조사기간 중 시행되었던 공사 등의 외부적 요인이 서식지에 영향을 준 것으로 보이며, 공사 완료 후 하상상태 개선 등으로 종수 증가를 나타냈다.

지점별로는 한물교 지점의 경우 비교적 양호한 수질에 사는 동양하루살이, 등딱지하루살이와 보통 및 불량한 환경상태에 서식하는 물벌레, 실지렁이, 깔다구 등 다양한 종의 출현 형태를 보였으며, 동천교 지점은 오염수계의 지표생물로 알려져 있는 파리목의 깔다구류와 환형동물문의 실지렁이가 주로 서식하는 단순한 생물상을 보였으나, 2010년 2차 조사부터 꼬마하루살이와 꼬마줄날도래 등의 생물종 출현을 보여 다소 개선되는 양상을 나타냈다. 석대천 합류 지점은 2009년에는 1~2종의 하루살이가 출현하였으나, 금년 조사에서는 깔다구류와 실지렁이가 주를 이루는 매우 단순한 군집구조를 나타냈다.

Table 3. Total observed taxa number of macroinvertebrates in Suyoung river

		Total	2010	2009
	Sum	44	34	32
	Platyhelminthes	1	1	0
	Annelida	3	3	3
	Mollusca	1	1	1
	Crustacea	1	1	1
	Ephemeroptera	14	13	7
	Odonata	5	3	3
	Plecoptera	0	0	0
	Megaloptera	0	0	0
Insecta	Coleoptera	1	1	1
	Dipera	9	7	9
	Trichoptera	8	4	6
	Collenbora	1	0	1
	sum	38	28	26

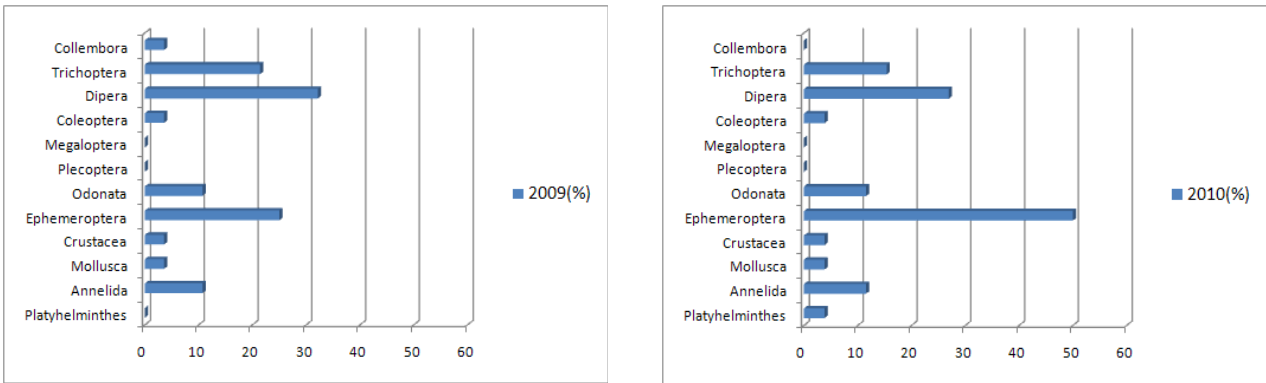


Fig. 4. The proportion of observed taxa number of macroinvertebrates in Suyoung river.

출현개체수 밀도 현황

수영강 종류 3개 조사지점의 전체 개체수 현존량은 Table 4와 Fig. 5에 나타내었다. 개체수 현존량은 전년대비 전 조사 기간에 감소를 보였으며, 개체수 현존량 구성비는 2009년 파리목 59.5%, 환형동물문 25.6%, 하루살이목 13.1%를 나타냈으며, 2010년 환형동물문 48.9%, 파리목 31.0%, 하루살이목

8.1%를 나타내어 전년대비 파리목 및 하루살이목은 감소, 환형동물문은 증가하여 출현종 백분율과도 다른 양상을 보였다.

Table 5에 나타난 조사시기별 현존량은 중수와 마찬가지로 년도별 1차 조사 시 개체수가 가장 많았으며, 2차, 3차 조사 시 감소를 보였다. 특히 환형동물문과 파리목의 개체수 감소가 두드러졌으며, 하루살이목의 개체수는 증가하였다.

Table 4. Total observed taxa number of macroinvertebrates at the sampling site

Period	Total	Hanmul-gyo	Dongchun-gyo	Sukdae jct.
1st	27	19	8	14
2nd	13	19	4	8
3rd	21	16	11	6
4th	26	21	7	14
5th	19	15	10	7
6th	18	15	11	7

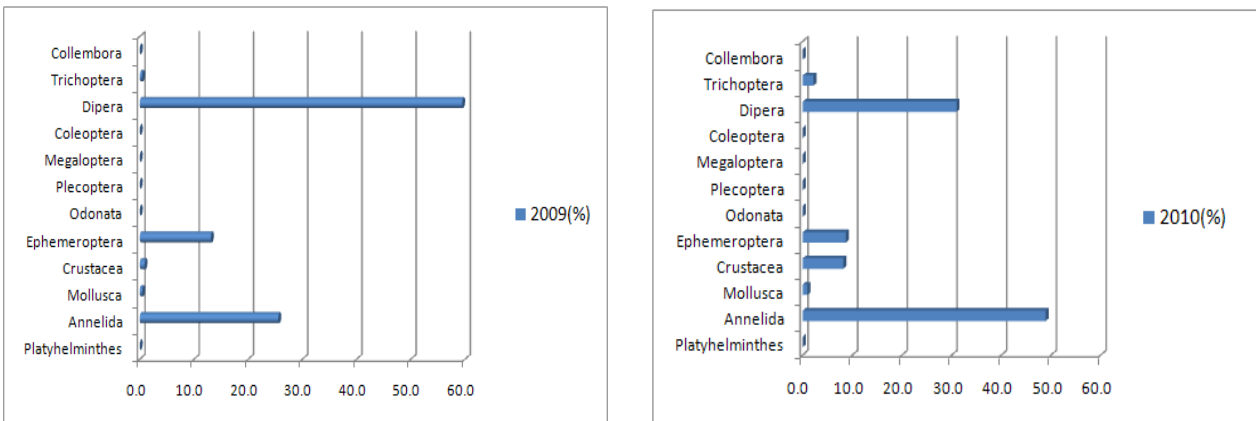


Fig. 5. The proportion of species abundance(ind. m⁻³) of macroinvertebrates in Suyoung river.

Table 5. Species abundance at each sample period in Suyoung River(unit : individuals/m²)

	Average (Tatal)	sample period					
		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
Total No. of individuals	16616.7	34944.4	13455.6	14774.1	18918.5	12251.9	5359.3
Platyhelminthes	11.1	—	—	—	—	—	11.1
Annelida	5671.0	7311.1	7088.9	1748.1	12166.7	5055.6	655.6
Mollusca	106.8	7.4	270.4	14.8	292.6	55.6	0.0
Crustacea	591.4	44.4	148.1	366.7	914.8	1322.2	751.9
Ephemeroptera	1913.6	344.4	674.1	7274.1	585.2	1185.2	1418.5
Odonata	6.5	3.7	—	7.4	18.5	—	—
Plecoptera	0.0	—	—	—	—	—	—
Megaloptera	0.0	—	—	—	—	—	—
Insecta Coleoptera	2.8	—	—	3.7	7.4	—	—
Diptera	8147.5	26963.0	5263.0	5344.4	4840.7	3963.0	2511.1
Trichoptera	177.2	251.9	11.1	14.8	92.6	670.4	22.2
Collembola	18.5	18.5	—	—	—	—	—
Sum	10247.5	27581.5	5948.1	12644.4	5544.4	5818.5	3951.9

Table 6. Major dominant species and its proportion at each sample site

site	period	dominance index	Dominant species and its proportion			
			1st dominant species		2nd dominant species	
Hanmul-gyo	1st	0.95	Chironomidae sp.2	92.8%	Chironomidae sp.3	2.0%
	2nd	0.60	<i>Limnodrilus gotoi</i>	43.4%	Chironomidae sp.6	16.8%
	3rd	0.70	<i>Caenis</i> Kua	51.1%	<i>Ephemera orientalis</i> McLachlan	19.0%
	4th	0.56	Chironomidae sp.2	33.2%	<i>Asellus</i> sp	22.7%
	5th	0.67	<i>Asellus</i> sp	44.3%	<i>Ephemera orientalis</i> McLachlan	22.7%
	6th	0.57	<i>Asellus</i> sp	28.9%	<i>Ephemera orientalis</i> McLachlan	27.7%
Dongchun-gyo	1st	0.93	<i>Limnodrilus gotoi</i>	23.3%	Chironomidae sp.6	6.8%
	2nd	0.87	<i>Limnodrilus gotoi</i>	62.3%	Chironomidae sp.2	24.4%
	3rd	0.69	Chironomidae sp.2	42.7%	<i>Limnodrilus gotoi</i>	26.7%
	4th	0.98	<i>Limnodrilus gotoi</i>	97.3%	Chironomidae sp.6	1.2%
	5th	0.65	<i>Limnodrilus gotoi</i>	38.8%	Chironomidae sp.2	26.4%
	6th	0.76	Chironomidae sp.2	48.4%	<i>Limnodrilus gotoi</i>	27.2%
Sukdae jct.	1st	0.86	<i>Limnodrilus gotoi</i>	44.1%	Chironomidae sp.2	41.7%
	2nd	0.91	<i>Limnodrilus gotoi</i>	51.3%	Chironomidae sp.2	39.4%
	3rd	0.82	Chironomidae sp.2	47.1%	<i>Limnodrilus gotoi</i>	34.6%
	4th	0.81	<i>Limnodrilus gotoi</i>	61.7%	Chironomidae sp.2	19.7%
	5th	0.91	<i>Limnodrilus gotoi</i>	63.3%	Chironomidae sp.2	28.0%
	6th	0.95	Chironomidae sp.2	87.3%	<i>Limnodrilus gotoi</i>	8.2%

우점종 및 점유율

각 지점별 우점, 아우점종 및 우점률을 Table 6에 나타내었다. 한물교 지점은 1차 조사 시 는 깔다구가 우점하였으나, 2차 조사시에는 2009년에 오염에 내성이 강한 실지렁이가 우점을 보였고, 2010년에는 물벌레가 우점을 보여 보다 나아진 생태환경을 보였다. 3차 조사 시에는 2009년에는 양호한 상태에 서식하는 등딱지하루살이가 우점을 보였으나 2010년에는 보통의 환경상태에 서식하는 물벌레가 우점 하여, 조사 시기별 다른 수생태 환경을 보였다. 동천교 지점, 석대천 합류 지점은 실지렁이류와 깔다구가 전 조사시기에 걸쳐 우점하였고 우점률 또한 높게 나타나 조사지점의 단순한 군집구조를 반영하였다.

지점별 생태지수

수영강 종류 3개 조사지점에서의 우점도지수(DI) 및 다양도지수(H') 변화 Fig. 6, 7에 나타냈다. 우점도지수(DI)는 가장 근본적이고 고전적인 지수로서 군집 내에서 가장 높은 출현도를 보이는 두 종의 개체수에 대한 총 개체수의 상대적 구성비율을 의미하는데, 지수값이 높을수록 특정종이 차지하는 비율이 높음을 나타내는 지수이다. 수영강 종류 3개 조사 지점에서의 우점도지수를 살펴보면, 한물교 지점의 평균 우점도지수는 0.67 ± 0.15 , 동천교 지점 0.81 ± 0.13 , 석대천합류 지점 0.88 ± 0.06 로 동천교 지점, 석대천합류 지점에 비해 상대적 오염도가 덜한 한물교 지점의 우점도 지수값이 낮게 산출되었으며, 도시를 관류하여 유기물 등의 오염도가 높은 동천교 지점, 석대천합류 지점의 우점도 지수값은 높았다. 한물교 지점의 경우 2009년 1차 조사시 깔다구 다량 출현에 따른 우점도 지수값이 높게 나타났으나 전반적으로 전 조사시기에 걸쳐 0.5~0.7 범위의 값을 유지했으며, 동천교 지점은 공사 영향을 받았던 2010년 1차 조사시기에 종수 감소와 우점도 지수값의 증가를 보였고, 석대천합류 지점은 2010년 1차 조사 이후 우점도 지수값이 증가하는 경향을 나타냈다.

다양도지수(H')는 출현한 각 종의 개체수와 전체 출현개체수의 상대적인 출현도를 나타내는 것으로 지수값이 높을수록 다양한 종이 안정적으로 서식하고 있음을 의미한다. 조사지점별 평균 다양도 지수값을 살펴보면 한물교 지점이 2.14 ± 0.79 로 가장 높았으며, 다음으로 석대천합류 지점 1.48 ± 0.83 , 동천교 지점 1.44 ± 0.38 순으로 산출되었다. 조사시기별 다양도 지수값 패턴은 우점도지수값 변화 경향과 반대로 한물교 지점과 동천교 지점은 증가하는 경향을, 석대천합류 지점은 감소하는 경향을 나타냈다.

한국오수생물지수에 의한 수생태계 건강성 평가

한국오수생물지수(KSI)에 의한 수영강 종류의 물환경평가 결과를 Table 7과 Fig. 8에 나타내었다. 조사지점 중 가장

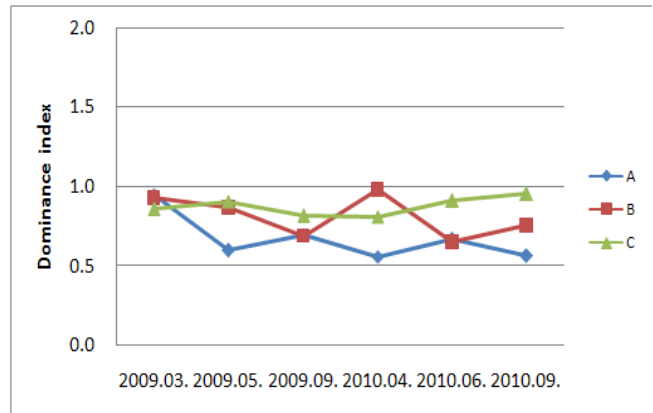


Fig. 6. Dominance Index at each sites during the study period.

A : Hanmul-gyo, B: Dongchun-gyo, C : Sukdae jct.

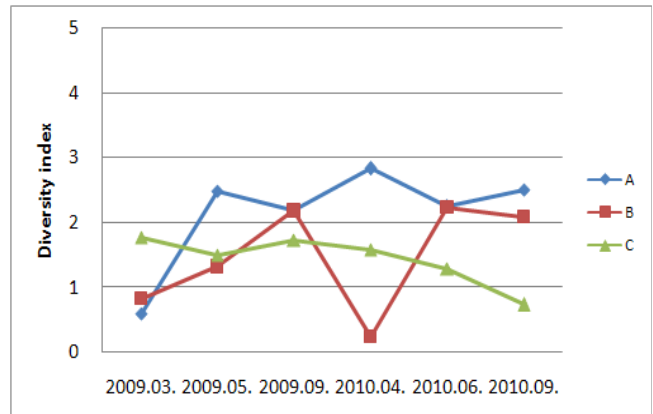


Fig. 7. Diversity Index at each sites during the study period.

A : Hanmul-gyo, B: Dongchun-gyo, C : Sukdae jct.

상류에 위치하는 한물교 지점의 생물학적 환경상태는 양호 ~ 불량으로 나타났으며, 동천교 지점과, 석대천 합류 지점은 생물등급 D의 불량한 상태로 평가되었다.

BOD기준 각 지점별 수질등급은 한물교 지점은 1등급 “매우 좋음~좋음”, 동천교 지점은 1~Ⅲ등급 “좋음~보통”, 석대천합류 지점은 I~Ⅳ등급 “좋음~약간 나쁨”으로 평가되어 생물등급과는 다소 차이가 있는 것으로 조사되었다. 한물교 지점의 경우 1차조사를 제외하고는 이화학적 수질 상태가 I 등급으로 양호함에도 불구하고 생물등급은 조사시기별 등급을 달리하여 불안정한 환경을 나타냈으며, 동천교 지점과 석대천합류 지점의 경우 이화학적 수질 등급 및 생물 등급 모두 낮게 나타났다. 특히 석대천 합류지점은 금년 COD, T-N 농도 증가가 두드러져 생물종 감소에 영향을 미친 것으로 판단된다. 따라서 보다 생태적으로 양호한 하천 조성을 위해서는 오염원 유입에 대한 관리가 필요할 것으로 판단된다. 출현된 지표생물군은 Fig. 9에 나타내었다.

Table 7. The evaluation of the water environment in Suyong stream by KSI and BOD

Site	period	BOD	Grade (Water)	KSI	Grade (Biology)
Hanmul-gyo	1st	3.4	III	1.2	B
	2nd	0.6	la	3.9	D
	3rd	0.7	la	1.1	B
	4th	1.3	lb	2.5	C
	5th	0.8	la	1.7	B
	6th	0.6	la	1.4	B
	average	1.2	la	2.0	B
Dongchun-gyo	1st	4.1	III	4.5	D
	2nd	2.2	II	4.5	D
	3rd	1.9	lb	4.4	D
	4th	4.9	III	4.5	D
	5th	3.6	III	3.0	C
	6th	2.8	II	4.0	D
	average	3.3	III	4.2	D
Sukdae jct.	1st	4.0	III	4.2	D
	2nd	2.2	la	4.5	D
	3rd	1.6	la	4.5	D
	4th	5.2	IV	4.4	D
	5th	3.9	III	4.5	D
	6th	5.6	IV	3.8	D
	average	3.8	III	4.3	D

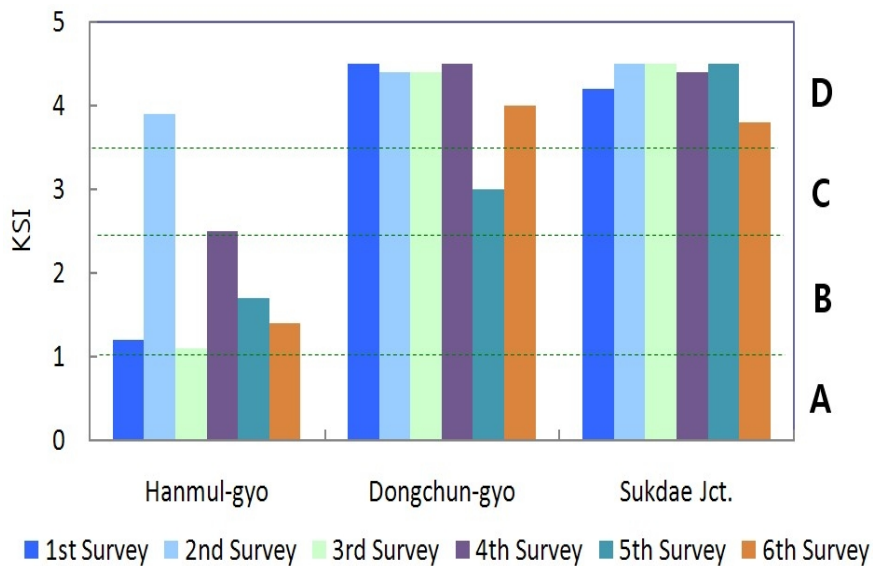


Fig. 8. Health assessment by site using KSI.



Fig. 9. The observed taxon in Suyoung stream during the study period.

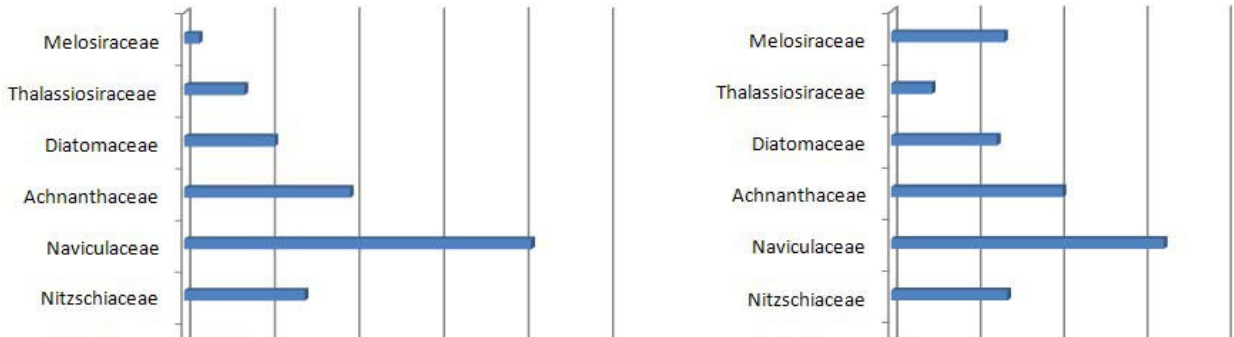


Fig. 10. Taxonomic composition of epilithic diatoms in Suyoung river during the study period.

(a) species abundance

(b) cell abundance

부착규조류

부착규조류의 지점별 변화

부착규조류는 전체 조사지점에서 총 2목 7과 56종이 채집되었다. 분류군별 종수 및 세포수는 Naviculaceae과의 규조류가 각각 41.1%, 32.7%로 가장 큰 분포를 보이고 있었고, 이어서 Achnanthaceae과, Nitzschiaceae과의 규조류가 많은 종류와 세포수를 나타내었다. Melosiraceae과는 *Melosira variance* 1종만이 관찰되었지만 한물교 지점에서 대량으로 우점하였기 때문에 세포수 측면에서는 전체의 13.6%로 비교적 많은 수를 나타내었다(Fig. 10). 부착조류 밀도는 석대천 합류지점에서 평균 3012 cells/cm²로 가장 높은 값을 나타내었고, 특히 9월 채집시에 높은 값을 나타내었다. 한물교 지점은 평균 2321 cells/cm²이었으며 본 조사기간 동안 점차 밀도가 감소하는 경향이 보였는데, 상류의 하천공사로 유입된 토사가 규조류 서식에 영향을 미친 것으로 생각된다. 동천교 지점은 세 지점 중 가장 낮은 부착규조류 밀도가 관찰되었다(Fig. 11).

종다양성지수 및 우점도지수

조사지점 부착규조류 군집의 종다양성지수는 한물교에서 평균 3.516으로 가장 높았다. 동천교와 석대합류 지점은 4월과 6월에는 서로 유사한 값을 나타내었으나, 9월 조사시 석대합류 지점의 종다양성 지수가 큰 폭으로 감소하여서 평균값은 각각 3.201, 3.027로 동천교 지점에서 약간 더 높은 종다양성지수를 나타내었다. 우점도지수는 4월 및 6월 채취시에는 동천교 지점이 가장 높았으나 9월 채취시에 석대합류 지점의 우점도지수가 크게 상승함에 따라 평균적으로는 석대합류 지점의 우점도지수가 0.549로 가장 높은 값을 나타내었다. 전반적으로 조사지점 중에서 한물교 지점이 종다양성지수가 가장 높고 우점도 지수가 가장 낮아 가장 안정된 군집상을 나타내고 있었으며 석대합류지점이 종다양성지수가 가장 낮고 우점도 지수가 가장 높아 다소 불안정한 군집특성을 나타내고 있었다(Fig. 12).

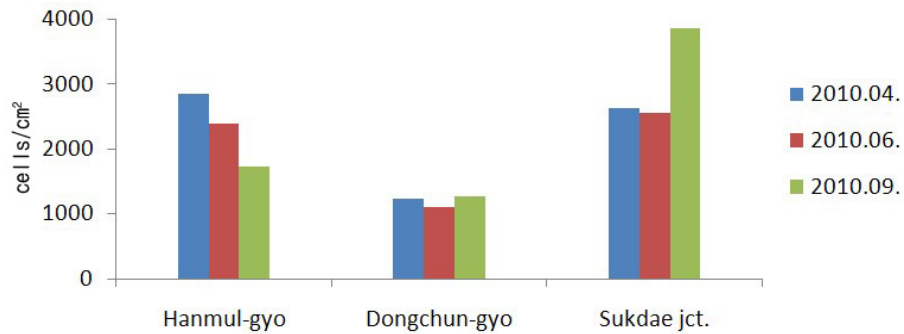


Fig. 11. Epilithic diatoms density in Suyoung river during the study period.

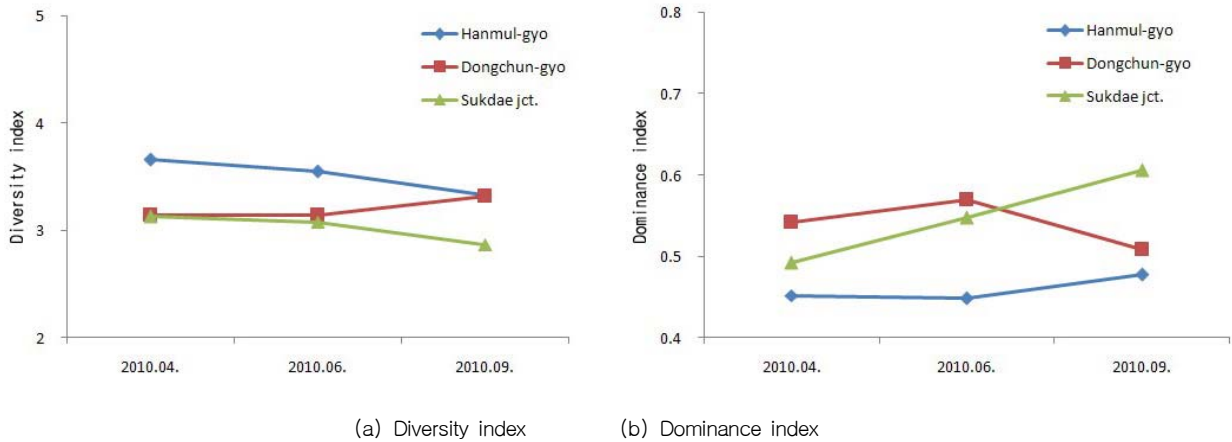


Fig. 12. Diversity index and dominance index of epilithic diatom communities at the study sites.

우점종 현황

조사지점 부착조류 군집의 우점종과 아우점종을 Table 8에 나타내었다. 한물교 지점은 광적응성종인 *Melosira variance*가 우점률 32.4~34.0 %로 우점하였고 호청수성종인 *Fragilaria rumpens*도 많이 관찰되었다. 동천교와 석대합류 지점은 각각 호오탁성종인 *Achnanthes minutissima* var. *saprophila*, *Navicular seminulum*이 각각 우점률 34.0~38.2, 41.0~51.6 %로 우점하였다. 그러나 동천교 지점은 호청수성종인 *Fragilaria rumpens*이 우점률 15.6~23.0 %로 비교적 다수 관찰되었는데 반해, 석대합류 지점은 *Navicular seminulum* 뿐 아니라 *Nitzschia amphibia*, *Navicula goeppertiana*, *Gomphonema lagenula* 등 호오탁성종이 대부분을 차지하여서 석대천 합류 이후에 호오탁성종의 증가가 두드러지는 결과를 나타내었다.

DAI_{po} 지수에 의한 수생태계 건강성 평가

DAI_{po} 지수는 Fig. 14에 나타난 바와 같이 한물교 지점에서는 4월 조사에서 59.7, 6월 조사에서 56.6으로 α -중부수성수역의 특성을 나타내었으나 9월 조사시에는 41.9로 급격히 감소하여 β -중부수성수역의 특성을 나타내었다. 동천교 지점은 평균 30.7의 DAI_{po} 지수를 나타내어 β -중부수성수역과 α -중부수성수역의 중간적인 특성을 나타내었다. 석대합류 지점은 세 지점 중 가장 낮은 평균 15.3의 DAI_{po} 지수를 나타내었으며, α -중부수성수역과 강부수성 수역의 중간값을 나타내어 석대천 합류 이후에 DAI_{po} 지수값이 크게 감소하는 경향을 나타내었다. DAI_{po} 지수에 의한 수생태계 건강성 평가는 Fig.15에 나타내었다. 부착규조류에 의한 수생태계 건강성 평가결과 한물교 지점은 저서성 대형무척추동물에 의한 등급보다 낮은 C등급으로 나타났으며, 동천교 지점과 석대천합류 지점은 저서성 대형무척추동물과 마찬가지로 D등급의 불량한 상태로 평가되었다.

Table 8. Dominant species and its proportion at each sample site

site	period	Dominant species and its proportion(%)			
		1st dominant species		2nd dominant species	
Hanmul-gyo	2010.04	<i>Melosira variance</i>	32.4	<i>Fragilaria rumpens</i>	12.8
	2010.06	<i>Melosira variance</i>	33.6	<i>Fragilaria rumpens</i>	11.2
	2010.09	<i>Melosira variance</i>	34.0	<i>Nitzschia amphibia</i>	13.8
Dongchun-gyo	2010.04	<i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>saprophila</i>	38.2	<i>Fragilaria rumpens</i>	16.0
	2010.06	<i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>saprophila</i>	34.0	<i>Fragilaria rumpens</i>	23.0
	2010.09	<i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>saprophila</i>	35.2	<i>Fragilaria rumpens</i>	15.6
Sukdae jct.	2010.04	<i>Navicular seminulum</i>	41.0	<i>Nitzschia amphibia</i>	8.2
	2010.06	<i>Navicular seminulum</i>	47.4	<i>Navicula goeppertiana</i>	7.4
	2010.09	<i>Navicular seminulum</i>	51.6	<i>Gomphonema lagenula</i>	9.0

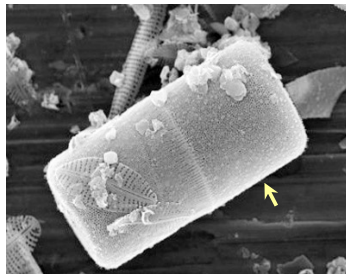
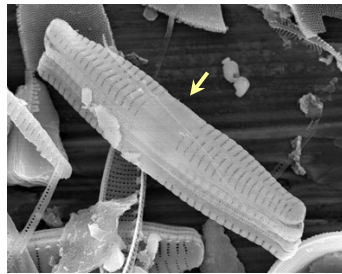
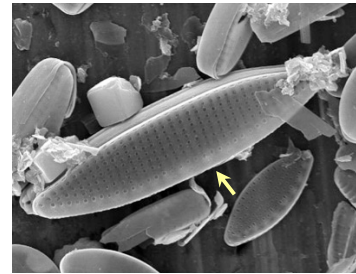
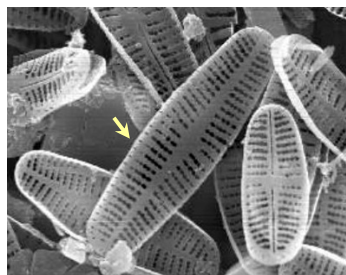
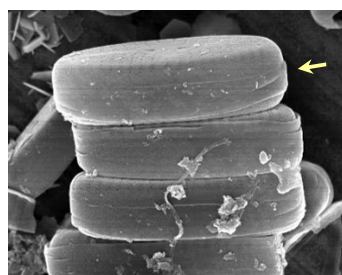
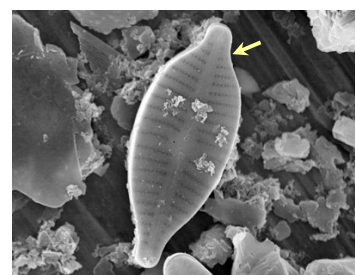
*Melosira variance**Fragilaria rumpens**Nitzschia amphibia**Achnanthes minutissima*
var. *saprophila**Navicular seminulum**Gomphonema lagenula*

Fig. 13. Dominant epilithic diatom species at the study sites.

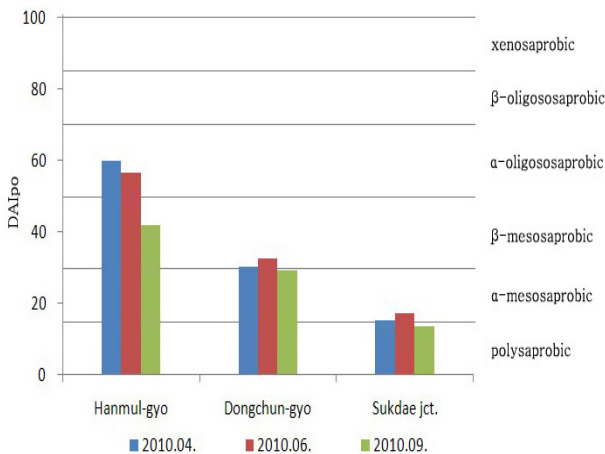


Fig. 14. DAIPo value at the study sites.

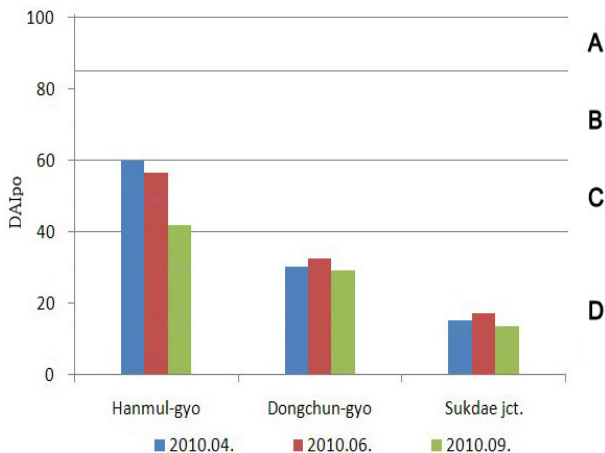


Fig. 15. DAIPo value at the study sites.

어류

어류 종 조성 및 분포현황

수영강 중류 구간에서 출현한 어류는 Table 9에 나타내었다. 2009년 8월중 실시한 1차 조사에서 한물교 지점은 8종 23개체, 석대천합류 지점은 3종 9개체가 채집되었다. 그 중 전체 채집된 개체중 10% 이상의 비율을 차지하는 어종으로서 붕어(*Carassius auratus*)가 8개체(25.0%)로 가장 높은 우점도를 나타냈으며, 꺾지(*Coreoperca herzi*) 6개체(18.9%), 송사리(*Oryzias latipes*) 4개체(12.5%) 순으로 나타났다. 수영강 중류 지점중 동천교 지점에서는 어류가 전혀 채집되지 않

았으며, 한물교 지점에서 8종 23개체로 가장 많은 종수가 확인되었다. 비정상 개체는 나타나지 않았다.

2009년 10월중 실시한 2차 조사에서 한물교 지점은 6종 18개체, 석대천합류 지점은 3종 8개체가 채집되었다. 그 중 전체 채집된 개체중 10% 이상의 비율을 차지하는 어종으로서 붕어(*Carassius auratus*)가 8개체(30.8%)로 가장 높은 우점도를 나타냈으며, 블루길(*Lepomis macrochirus*) 5개체(19.2%), 왜물개(*Aphyocypris chinensis*) 4개체(15.4%), 꺾지(*Coreoperca herzi*) 4개체(15.4%), 밀어(*Rhinogobius brunneus*) 3개체(11.5%) 순으로 나타났다. 수영강 중류 지점중 동천교 지점에서는 어류가 전혀 채집되지 않았으며, 한물교 지점에서 6종 18개체로 가장 많은 종수가 확인되었다. 비정상 개체는 나타나지 않았다.

2010년 6월중 실시한 3차 조사에서 한물교 지점은 7종 13개체, 석대천합류 지점은 5종 8개체가 채집되었다. 그 중 전체 채집된 개체중 10% 이상의 비율을 차지하는 어종으로서 갈문망둑(*Rhinogobius giurinus*)이 6개체(28.6%)로 가장 높은 우점도를 나타냈으며, 붕어(*Carassius auratus*) 3개체(1우3%), 블루길(*Lepomis macrochirus*) 2개체(9.5%), 왜물개(*Aphyocypris chinensis*) 2개체(9.5%), 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*) 2개체(9.5%), 승어(*Mugil cephalus*) 2개체(9.5%) 순으로 나타났다. 수영강 중류 지점중 동천교 지점에서는 어류가 전혀 채집되지 않았으며, 한물교 지점에서 7종 13개체로 가장 많은 종수가 확인되었다. 비정상 개체는 나타나지 않았다.

2010년 10월중 실시한 4차 조사에서 한물교 지점은 6종 16개체, 석대천 합류지점은 6종 30개체가 채집되었다. 그 중 전체 채집된 개체중 10% 이상의 비율을 차지하는 어종으로서 백조어(*Culter brevicauda*)가 15개체(32.6%)로 가장 높은 우점도를 나타냈으며, 붕어(*Carassius auratus*) 6개체(13.0%), 물개(*Squalidus japonicus coreanus*) 5개체(10.9%)순으로 나타났다. 석대천 합류지점에서 개체수가 높게 나타난 것은 하천 중하류에 주로 서식하는 백조어가 많이 채집되었기 때문이다. 이렇게 다양한 종류의 어류를 많이 채집하게 된 것은 투망울 사용하였기 때문이다. 수영강 중류 지점중 동천교 지점에서는 어류가 전혀 채집되지 않았으며, 한물교 지점에서 7종 13개체로 가장 많은 종수가 확인되었다. 비정상 개체는 나타나지 않았다.

Fig. 16에 수영강 중류 구간의 어종별 종 풍부도를 나타내었다. 수영강 중류 구간의 어류는 1차 조사와 4차 조사에서 다양한 종이 출현하였으며 우점종의 계절적 차이는 보이지 않았다.

Table 9. Total number of Fish species and individuals

Site	Survey period	Species	Individuals
Hanmul-gyo	1st	8	23
	2nd	6	18
	3rd	7	13
	4th	6	16
Sukdae Jct.	1st	3	9
	2nd	3	8
	3rd	5	8
	4th	6	30

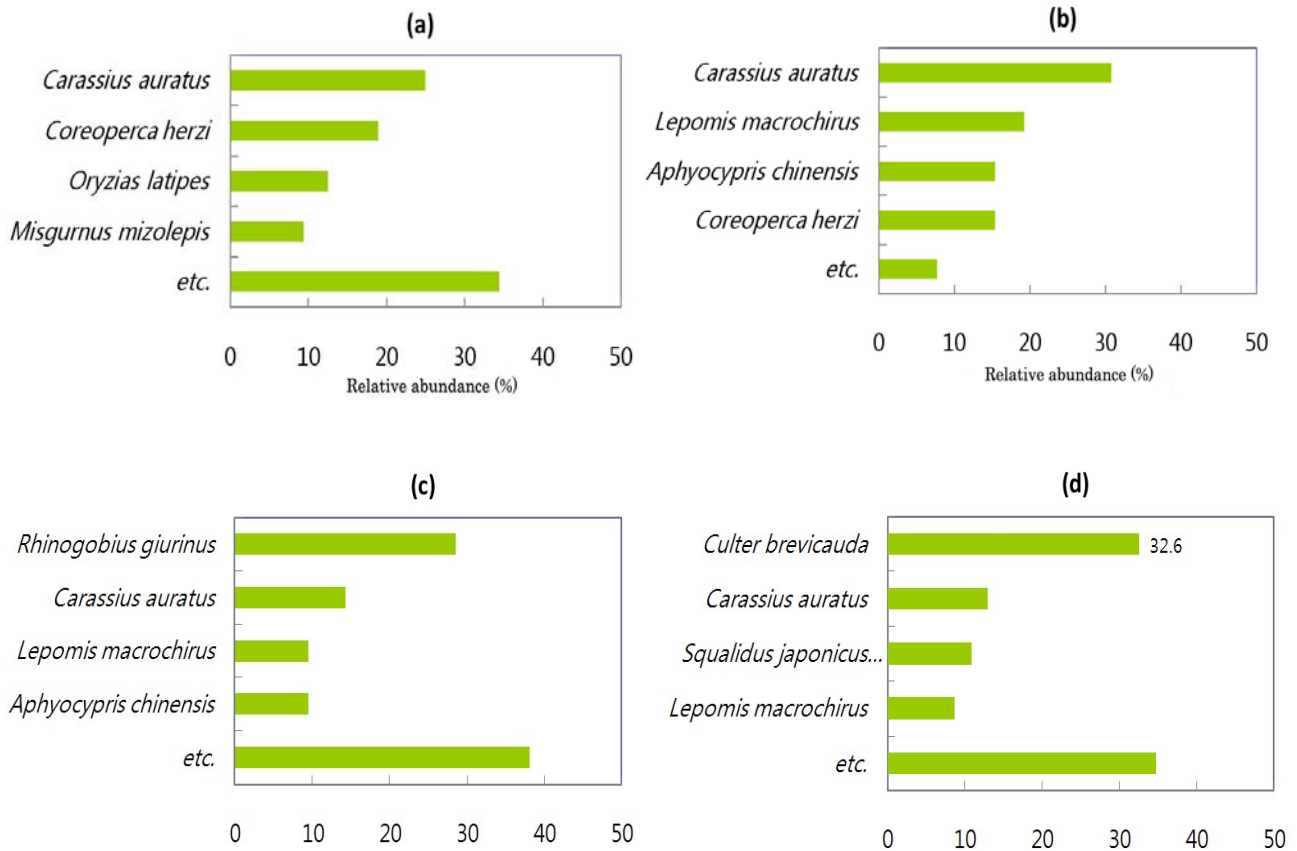


Fig. 16. Relative abundance of a collected fish fauna.
 (a) 1st survey, (b) 2nd survey, (c) 3rd survey, (d) 4th survey

어류의 생태지표 특성
 내성도 특성
 수영강 종류에서 출현한 어류를 수질과 서식지의 질적 저하에 대한 민감도에 따라 민감종(Sensitive Species, SS), 중간종(Intemmediate Species, IS), 내성종(Tolerant Species,

TS)으로 구분하였다. 민감종은 교란에 민감하여 개체군 규모가 감소하는 종이며, 내성종은 내성이 강하여 교란이 진행될수록 풍부도가 증가하는 종이며, 중간종은 교란 정도에 크게 영향 받지 않는 종이다.

Fig. 17에 수영강 종류 구간 출현 어류의 내성도 특성에

따른 상대풍부도를 나타내었는데 1차 조사 결과 민감종은 총 8개체가 채집되어 전체의 25.0%를 차지하였고, 내성종은 총 20개체가 채집되어 전체의 62.5%를 차지하였다. 내성종의 우세현상은 붕어가 8개체(25.0%)로 우점한 결과 때문이다. 2차 조사에서는 민감종은 총 4개체가 채집되어 전체의 15.4%를 차지하였고, 내성종은 총 17개체가 채집되어 전체의 65.4%를 차지하였다. 내성종 우세현상은 붕어 8개체(30.8%)와 볼루길(*Lepomis macrochirus*) 5개체(19.2%)가 우점, 아우점한 결과였다. 3차 조사에서는 민감종은 1개체만 채집되어 전체의 4.8%, 내성종은 총 11개체가 채집되어 전체의 90.5%를 차지하였다. 내성종 우세현상은 갈문망둑(*Rhinogobius giurinus*) 6개체(28.6%)와 붕어 3개체(14.3%)로 우점, 아우점한 결과였다. 4차 조사에서는 민감종은 총 1개체가 채집되어 전체의 2.2%를 차지하였고, 내성종은 총 40개체가 채집되어 전체의 87.0%를 차지하였다. 내성종 우세현상은 백조어(*Culter brevicauda*) 15개체(32.6%)와 붕어 6개체(13.0%)로 우점, 아우점한 결과였다.

섭식 특성

수영강 중류에서 출현한 어류를 각각의 섭식특성에 따라 충식종(Insectivores, I), 잡식종(Omnivores, O), 육식종(Carnivores, C), 초식종(Herbivore, H)의 4가지로 대별하였다. 이 요소들은 서식처의 물리·화학적 변화에 따라 각 섭식

특성별 출현 어류의 종 수 및 개체수가 달라지기 때문에 하천 환경변화를 유추할 수 있는 요소이다. 섭식특성은 어류가 서식처를 선택하는데 있어서 큰 영향을 주는 요소로서 서식처의 질적 변화에 의해 먹이원의 분포가 달라지기 때문에 어류상 또한 달라지게 된다. 섭식특성은 복합적인 먹이원을 가진 경우보다 선호하는 먹이원(1차 먹이원)을 기준으로 구분하였으며, 기존 연구에 따르면 서식지의 특성에 따라 편차가 나타나긴 하지만 하천의 하류로 갈수록, 하천차수가 증가할수록, 수질오염이 진행될수록 충식종의 비율은 반비례하며 잡식종의 비율은 정비례하는 것으로 알려져 있다.

Fig. 18에 출현 어류의 섭식특성을 나타내었는데 1차 조사 결과 총 채집된 32개체중 잡식종은 16개체(50.0%), 충식종은 8개체(25.0%), 육식종은 8개체(25.0%), 초식종은 없는 것으로 나타났다. 2차 조사결과 총 채집된 26개체중 잡식종은 12개체(46.2%), 충식종은 10개체(38.5%), 육식종은 4개체(15.4%), 초식종은 없는 것으로 나타났다. 3차 조사결과 총 채집된 21개체중 잡식종은 15개체(71.4%), 충식종은 3개체(14.3%), 초식종은 2개체(9.5%), 육식종은 1개체(4.8%)로 나타났다. 4차 조사결과 총채집된 46개체중 잡식종은 18개체(39.1%), 충식종은 7개체(15.2%), 육식종은 21개체(45.7%), 초식종은 없는 것으로 나타나 수영강 중류는 잡식종이 우세한 것으로 나타났다.

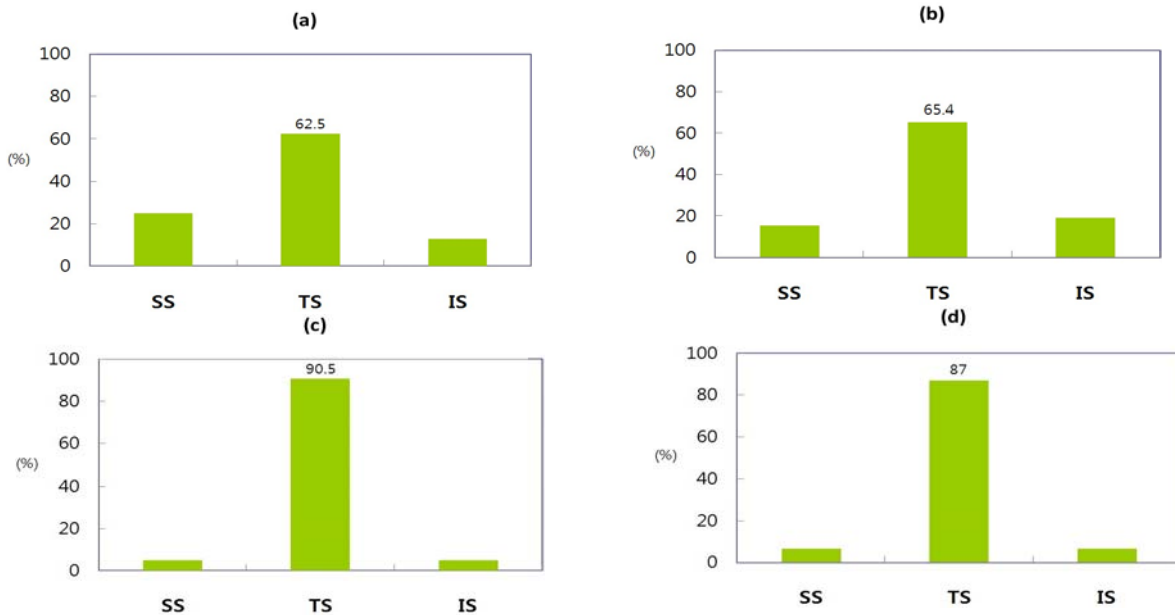


Fig. 17. Tolerant guild in middle reaches of Suyoung River.
(SS=Sensitive Species, TS=Tolerant Species, IS=Intermediate Species)
(a) 1st survey, (b) 2nd survey, (c) 3rd survey, (d) 4th survey

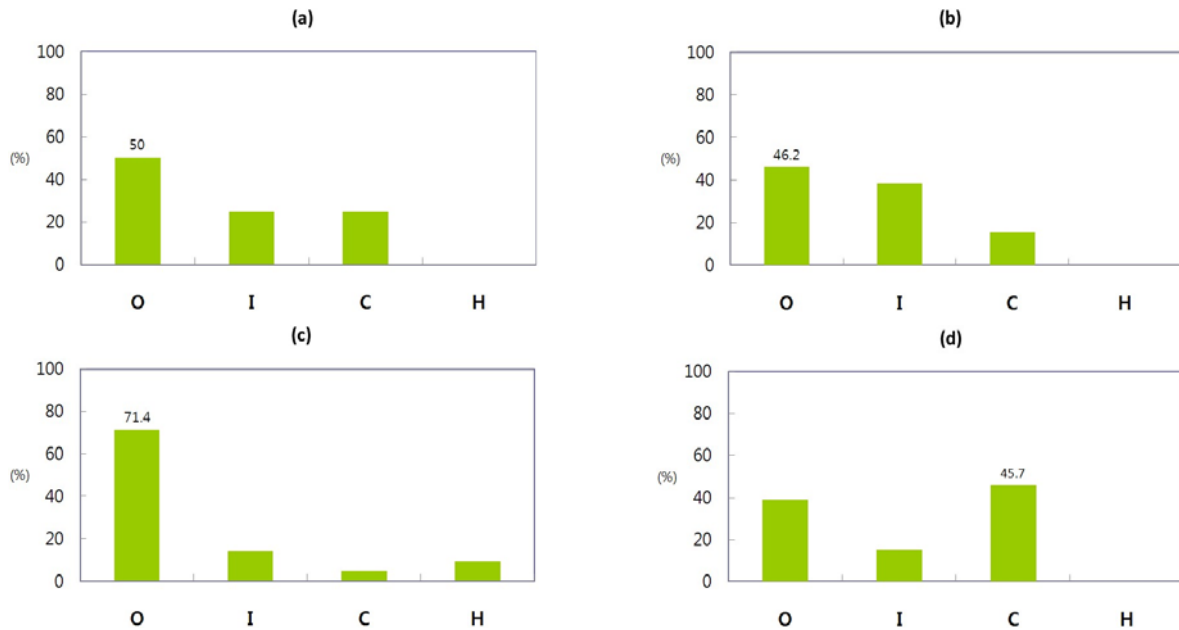


Fig. 18. Trophic guild in middle reaches of Suyoung River.

(O=Omnivores, I=Insectivores, C=Carnivores, H=Herbivore)

(a) 1st survey, (b) 2nd survey, (c) 3rd survey, (d) 4th survey

어류의 메트릭 특성

수영강 중류에서 확인된 어류 데이터는 어류를 이용한 생태 건강성 모델의 8개 메트릭 특성을 바탕으로 분석하였다. 8개 메트릭은 M1 (국내 종의 총수), M2 (여울성 저서종수), M3 (민감종수), M4 (내성종의 개체수 비율), M5 (잡식종의 개체수 비율), M6 (국내 종 총식종의 개체수 비율), M7 (채집된 국내 종의 총 개체수), M8 (비정상 종의 개체수 비율)로 구성된다. 어류를 이용한 생태 건강성 모델 메트릭 산정에 필요한 하천차수 산정 결과, 한물교 지점은 2차 하천으로, 석대천합류 지점은 3차 하천으로 나타났다.

Table 10에 어류생물지수(IBM)를 이용한 건강성 메트릭의 특성을 나타내었다. 1차 조사에서 총 8개 메트릭의 평균값은 1.8 ~ 2.8 이었으며, 3.0 이하로 불량한 상태를 나타내는 메트릭은 M2(1.0), M3(2.0), M4(1.0), M5(2.0), M6(1.0), M7(1.0) 이었다. 내성종의 개체수 비율을 나타내는 M2, 여울성 저서종수를 나타내는 M4, 국내종의 총식종 개체수 비율을 나타내는 M6, 국내종의 총 개체수인 M7 값이 가장 낮았다. 반면 평균값이 3.0 이상으로 비교적 양호한 상태를 나타내는 메트릭은 M1(4.0), M8(5.0) 이었으며 비정상 개체수 비율을 나타내는 M8이 가장 양호하였다.

2차 조사에서 총 8개 메트릭의 평균값은 1.8~3.0 이었으며, 3.0 이하로 불량한 상태를 나타내는 메트릭은 M2(1.0), M3(2.0), M4(1.0), M5(2.0), M7(1.0) 이었다. 내성종의 개체수 비율을 나타내는 M2, 여울성 저서종수를 나타내는 M4, 국

내종의 총 개체수인 M7 값이 가장 낮았다. 반면 평균값이 3.0 이상으로 비교적 양호한 상태를 나타내는 메트릭은 M1(3.5), M6(4.0), M8(5.0) 이었으며 비정상 개체수 비율을 나타내는 M8이 가장 양호하였다. 1차와 2차 조사에서 큰 차이를 나타내지 않았다.

3차 조사에서 총 8개 메트릭의 평균값은 1.8 ~ 2.8 이었으며, 3.0 이하로 불량한 상태를 나타내는 메트릭은 M2(1.0), M3(1.0), M4(1.0), M5(1.0), M6(1.0), M7(1.0) 이었다. 1차와 2차 조사에 비해서 낮은 메트릭 값을 나타내었는데 이는 어류에 대한 수생태계 건강성이 다소 악화가 되었음을 보여준다. 반면 평균값이 3.0 이상으로 비교적 양호한 상태를 나타내는 메트릭은 M1(5.0), M8(5.0) 이었으며 국내 종의 총 수를 나타내는 M1, 비정상 개체수 비율을 나타내는 M8이 가장 양호하였다.

4차 조사에서 총 8개 메트릭의 평균값은 1.5 ~ 2.0 이었으며, 3.0 이하로 불량한 상태를 나타내는 메트릭은 M2(1.0), M3(1.0), M4(1.0), M5(1.0), M6(1.0), M7(1.0) 이었다. 1차와 2차 조사에 비해서는 낮고, 3차 조사와는 유사한 결과를 나타내었다. 반면 평균값이 3.0 이상으로 비교적 양호한 상태를 나타내는 메트릭은 M1(5.0), M8(5.0) 이었으며 국내 종의 총 수를 나타내는 M1, 비정상 개체수 비율을 나타내는 M8이 가장 양호하였다. 1차~4차 조사 결과 2009년에 비해 2010년에 어류에 대한 수생태계 건강성이 다소 악화가 되었음을 알 수 있다.

Table 10. Characteristic of Health metric using IBI

Site	No. of stream	Period	Ecological characteristics			Tropic composition			Abundance & health condition	
			No of native species (M1)	No of riffle-benthic species (M2)	No of sensitive species (M3)	proportion of tolerant species (M4)	proportion of omnivore species (M5)	proportion of insectivore species (M6)	No of domestic individuals (M7)	proportion of abnormality (M8)
Hanmul-gyo	2	1st	8 (5)	1 (1)	2 (3)	47.8 (1)	30.4 (3)	34.8 (3)	23 (1)	0.0 (5)
		2nd	5 (3)	1 (1)	2 (3)	43.8 (1)	37.5 (3)	37.5 (3)	16 (1)	0.0 (5)
		3rd	6 (5)	1 (1)	1 (1)	84.6 (1)	76.9 (1)	16.7 (1)	12 (1)	0.0 (5)
		4th	6 (5)	1 (1)	1 (1)	62.5 (1)	62.5 (1)	18.8 (1)	16 (1)	0.0 (5)
Sukdae Jct.	3	1st	3 (1)	0 (1)	0 (1)	100.0 (1)	100.0 (1)	0.0 (1)	6 (1)	0.0 (5)
		2nd	2 (1)	0 (1)	0 (1)	100.0 (1)	60.0 (1)	40.0 (3)	6 (1)	0.0 (5)
		3rd	4 (1)	0 (1)	0 (1)	100.0 (1)	62.5 (1)	0.0 (1)	7 (1)	0.0 (5)
		4th	4 (1)	0 (1)	0 (1)	100.0 (1)	26.7 (3)	0.0 (1)	23 (1)	0.0 (5)

다변수 어류평가모델에 의한 생태건강성 평가 및 등급 도출 Table 11과 Fig. 19에 수영강 중류의 생태 건강성 등급 도출 결과를 나타내었다. 한물교 지점의 어류생물지수(IBI) 모델값은 평균 18.5로 C등급 “보통상태” 였으며, 석대천합류 지점의 어류생물지수(IBI) 모델값은 평균 12.5로 D등급 “불량상태” 로 나타났다. 상류보다 하류지점에서 생태건강성이 낮아짐을 볼 수 있는데 이는 상류부분의 경우 오염원이 적고 다양한 서식처를 가지고 있으나, 도심지를 통과하면서 생활하수 유입 영향으로 수질이 악화되고 하상의 토사 침적 및 서식의 파괴로 종 다양성 감소를 유발한 결과로 사료된다.

환경부 국립환경과학원에서 보고한 결과중 낙동강권역의 주요 조사구간별 어류생물지수(IBI)를 이용한 건강성 메트릭의 특성을 Table 12에 나타내었다. 이 보고에 의하면 낙동강 수계의 상류에서의 (N001-N023) 1차 및 2차 조사결과 23개 구간중 각각 78.3%에 해당되는 18개 구간에서 C~D 등급을 보였다. 수영강의 수영강01은 모델값 16, C등급, 수영강02는 모델값 14, D등급으로 본 조사결과와 유사한 것으로 나타났다.

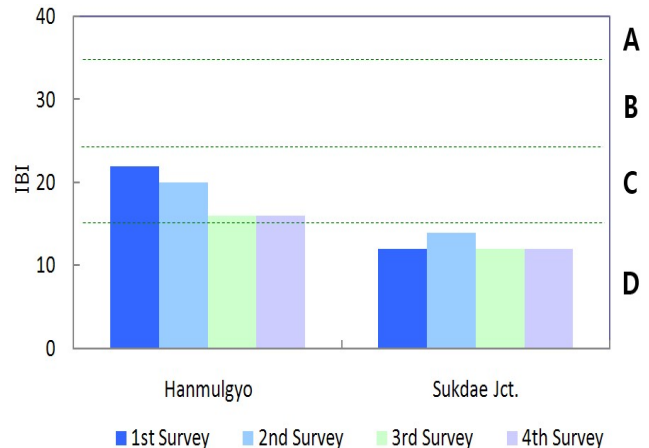


Fig. 19. Health assessment by site using IBI.

Table 11. Characteristic of Health metric using IBI

site	model value				health grade			
	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th
Hanmul-gyo	22	20	16	16	C	C	C	C
Sukdae Jct.	12	14	12	12	D	D	D	D

Table 12. Characteristic of health metric using IBI of various site in Nakdong River

site		model value		health condition grade	
middle area	sampling point	1st	2nd	1st	2nd
Andong dam	whanggee stream01	26	26	B	B
Inha dam	Banbyun stream01	12	14	D	D
Nakdong Gumi	Nakdong river25	10	16	D	C
Gumho river	Gumho river02	12	16	D	C
Hapchun dam	Geochang Wii stream01	32	36	B	A
Milyang river	Milyang river01	16	16	C	C
Nakdong river estuary dyke	Nakdong river02	14	16	D	C
	western Nakdong river02	14	14	D	D
Taewha river	Taewha river02	18	20	C	C
Suyoung river	Suyoung river01	16	16	C	C
	Suyoung river03	14	14	D	D

source : 환경부-국립환경과학원, 2008

서식 및 수변환경

서식 수변환경 특성별 분포

하천 종적특성 지수 분포

하천의 생물 종 다양성은 기본적으로 흐름의 다양성에 의하여 결정되며, 하나의 구간에서 자연적으로 사주 혹은 하중도가 발생하여 하천 흐름이 변형될 경우 종다양성이 증가하게 된다. 또한 하도가 자연적으로 사행되어 있을수록 생태적 건강성이 양호하다고 할 수 있다. 비록 인위적으로 정비되었더

라도 저수로가 사행되어 있으면 그나마 생태적 건강성은 좋은 것이다.

Table 13에 수영강 3개 지점의 하천 종적 특성에 대한 조사 결과를 나타내었다. 1차, 2차, 3차, 4차 조사 모두 큰 차이가 없었다. 하천 종적 특성을 구성하는 두가지 항목중 자연적인 종횡사주의 평가 결과는 1~2점으로 낮게 나타났으나 하도의 자연성 정도는 3~4점으로 다소 높게 나타났다.

Table 13. Evaluation of vertical characteristics in Suyoung River

site	period	mean	evaluation of vertical characteristics	
			native vertical sandbank	nature of river course
Hanmul-gyo	1st	6	2	4
	2nd	6	2	4
	3rd	6	2	4
	4th	6	2	4
Dongchun-gyo	1st	4	1	3
	2nd	4	1	3
	3rd	4	1	3
	4th	4	1	3
Sukdae Jct.	1st	5	1	4
	2nd	5	1	4
	3rd	5	1	4
	4th	5	1	4

하천 횡적특성 지수 분포

수로변에 땅과 물이 만나는 곳이 넓게 확보될수록 수위 변화에 따른 생물서식의 다양성이 보장된다. 하천변 폭은 수로 폭과 제방내 폭간의 비율로 완충지대 및 수로변 식생서식처를 평가한다. 저수로 호안은 홍수시 완전히 물에 잠기고 저수시에는 드러나는 곳으로 수역과 육역을 연결하는 공간으로써 생물의 이동과 생태계의 연속성 확보를 반영한다. 한편 제방은 하천구역과 비하천구역을 차단하는 인공구조물로서 생태계의 연속성에 부정적인 영향을 미친다. 저수로 호안과 마찬가지로 재료의 인공화 정도를 기준으로 판단한다.

Table 14에 수영강 3개 지점의 하천 횡적 특성에 대한 조사 결과를 나타내었다. 1차, 2차, 3차, 4차 조사 모두 큰 차이가 없었다. 하천 횡적 특성을 구성하는 세가지 항목중 하천변 폭은 3개 지점 모두 20% 이하로 3점으로 나타났으며,

저수로 호안공 항목 결과는 3개 지점 모두 4점으로 나타나 하천 횡적 특성 항목중 가장 높은 점수를 나타내었다. 세 번째 항목인 제방 호안 재료 항목의 결과는 2~3점으로 낮게 나타나 제방항목을 제외하고는 전반적으로 하천의 횡적 특성이 보통 수준으로 유지되는 것을 알 수 있다.

하천 서식처특성 지수 분포

하천 생태계는 외부의 물리적 교란 요인에 의해 크게 영향을 받는다. 특히 골재 채취나 하천변 토목공사 등이 발생할 경우 발생지점으로부터 하류로 많은 토사가 유입되고 하상을 구성하는 구성물질의 형태 역시 크게 변화하게 된다. 그리고 횡구조물은 어류의 이동을 방해하는 인공구조물의 상황을 평가하기 위한 항목이다.

Table 14. Evaluation of horizontal characteristics in Suyoung River

site	period	mean	evaluation of horizontal characteristics		
			width of river side	river wall	material of bank
Hanmul-gyo	1st	10	3	4	3
	2nd	10	3	4	3
	3rd	10	3	4	3
	4th	10	3	4	3
Dongchun-gyo	1st	9	3	4	2
	2nd	9	3	4	2
	3rd	9	3	4	2
	4th	9	3	4	2
Sukdae Jct.	1st	9	3	4	2
	2nd	9	3	4	2
	3rd	9	3	4	2
	4th	9	3	4	2

Table 15. Evaluation of habit characteristics in Suyoung River

site	period	mean	evaluation of habitat characteristics	
			conditions of sediment	horizontal structure
Hanmul-gyo	1st	8	4	4
	2nd	8	4	4
	3rd	8	4	4
	4th	8	4	4
Dongchun-gyo	1st	4	2	2
	2nd	4	2	2
	3rd	4	2	2
	4th	4	2	2
Sukdae Jct.	1st	5	3	2
	2nd	5	3	2
	3rd	5	3	2
	4th	5	3	2

Table 15에 수영강 3개 지점의 하천 서식처 특성에 대한 조사 결과를 나타내었다. 1차, 2차, 3차, 4차 조사 모두 큰 차이가 없었으나 동천교의 경우 2차 조사시 동천교 확장공사가 진행 중이었으며, 한물교는 4차조사시 확장공사가 진행 중이었다. 하천 서식처 특성을 구성하는 두가지 항목중 저질상태의 평가결과는 지점별로 다소 상이성을 보였는데 동천교 지점이 가장 열악한 상태를 알 수 있다. 두 번째 항목인 황구조물 결과 한물교 지점이 상대적으로 높은 것은 한물교의 경우 환경사수로 형태이나 동천교와 석대천합류 지점은 낙차폭이 크기 때문이다.

하천 교란특성 지수 분포

하천으로 오염원이 유입되면 하천 수질 및 생태에 영향을 미친다. 생활하수나 공장폐수가 하천으로 유입되지 않도록 하는 것이 하천의 수질을 보전하고 생태계를 보호할 수 있는 효율적인 방안이다. 무엇보다 하천 수질 및 생태계에 가장 영향을 미치는 것은 토지이용으로 이는 인간이 하천에 직접적으로 영향을 미치는 영역이다. 우리나라 하천은 대부분 인공제방으로 고수부지와 둑 바깥쪽 토지의 생태계가 단절되어 있으므로 토지이용이 하천의 수질에 미치는 영향이 다른 요인보다 더

크다고 볼 수 있다. 둑 안쪽 고수부지(둔치)도 인간의 활동에 의해 가장 많이 훼손된 하천구역의 하나로 도시 하천은 하상도로, 주차장, 체육시설, 텃밭 등으로 이용하는 경우가 많아 하천 환경에 불리한 상황이다.

Table 16에 수영강 3개 지점의 하천 교란 특성에 대한 조사 결과를 나타내었다. 1차, 2차, 3차, 4차 조사 모두 큰 차이가 없었다. 하천 교란 특성을 구성하는 세가지 항목중 오염원 유입 정화시설의 평가 결과 한물교는 1차, 2차 조사에서는 오염원 유입시설이 없는 양호한 상태였으나 3차, 4차 조사시에는 수영강 상류지역 하천정비사업 공사관계로 부유물질 등이 유입되어 하천에 영향을 미쳤다. 동천교와 석대천 합류지점은 오염원 유입시설이 많아 낮은 점수를 나타내었다. 두 번째 항목인 하천 제외지 이용은 한물교의 경우 둑 바깥쪽 토지이용의 인공화 정도가 낮은 반면 동천교와 석대천합류 지점은 시가지와 주거지로 토지이용의 인공화 정도가 높아 낮은 점수를 나타내었다. 세 번째 항목인 하천 제내지 이용은 3지점 모두 둔치를 공원 및 운동장 시설로 조성하여 하천에 악영향을 미칠 우려가 높아 낮은 점수를 나타내었다.

Table 16. Evaluation of turbulence characteristics in Suyoung River

site	period	mean	evaluation of impaired characteristics		
			sewage disposal facilities	usage of land of outside of a bank	usage of land of inside of a bank
Hanmul-gyo	1st	10	5	3	2
	2nd	10	5	2	2
	3rd	7	2	3	2
	4th	7	2	3	2
Dongchun-gyo	1st	5	2	1	2
	2nd	5	2	1	2
	3rd	5	2	1	2
	4th	5	2	1	2
Sukdae Jct.	1st	5	2	1	2
	2nd	5	2	1	2
	3rd	5	2	1	2
	4th	5	2	1	2

Table 17. Health assessment by site using HRQI

period	model value				health condition			
	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th
Hanmul-gyo	34	34	31	31	B	B	B	B
Dongchun-gyo	23	23	23	23	C	C	C	C
Sukdae Jct.	25	25	25	25	C	C	C	C

서식 수변환경 등급에 의한 수생태계 건강성 평가

수영강 중류 3개 지점의 서식수변환경 평가등급의 분포결과는 Table 17에 나타내었다. 한물교는 부분적으로 제한요인이 있으나 서식환경 및 자연상태를 유지하는 양호한 상태인 B 등급을 나타내었으며, 전체적으로 자연 상태를 보이고 있으나 제한 요인이 많은 동천교와 석대천합류 지점은 환경상태가 보통인 C 등급을 나타내었다. Fig. 20에 서식 및 수변 환경지수(HRQI ; Habitat Riparin Quality Index)를 이용한 건강성 지수 및 등급을 나타내었다.

서식 및 수변 환경상태 개선방안

수영강 중류 3개 지점에 대한 수생태계 건강성을 평가한 결과를 토대로 각 지점의 평가등급, 현재상황과 문제점 및 주요 원인과 이에 대한 건강성 확보방안을 Table 18에 나타내었다. 한물교의 경우 자연상태를 유지하는 양호한 상태이나 주변에 경륜장과 체육시설 및 놀이시설을 갖춘 스포원파크가 위치하여 자연성 훼손이 염려되므로 자연성 보전이 요망된다.

동천교와 석대천합류 지점은 하천 주변의 주거지와 도로에 의한 생활하수 등 오염물질 유입 차단이 필요하며, 현재도

하천 유량이 적어 회동수원지 물이 유지용수로 공급되고 있는데 수영강 중류의 하천 생태계 개선을 위해서는 유지용수의 공급이 지속되어야 할 것으로 판단된다.

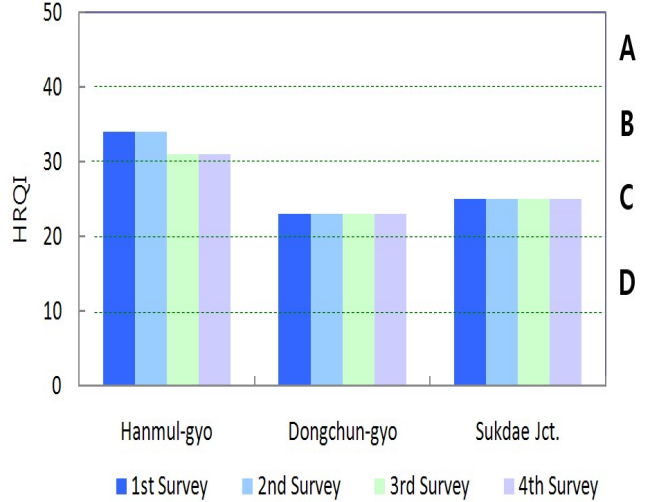


Fig. 20. Health assessment by site using HRQI.

Table 18. Health assessment, circumstances and measures in middle reaches of Suyoung River

site	grade				conditions or problems	main cause	plan of ensuring health condition
	1st	2nd	3rd	4th			
Hanmul-gyo	B	B	B	B	<ul style="list-style-type: none"> ·left bank being made up stone embankment, right bank preserved natural condition ·river course maintained meandering ·level upped riverside utilize walking road and sports facilities 	<ul style="list-style-type: none"> ·park ·sports facilities 	<ul style="list-style-type: none"> ·conservation of nature
Dongchun-gyo	C	C	C	C	<ul style="list-style-type: none"> ·left bank being made up concrete and artificial soil embankment ·right bank being made up concrete embankment ·width of waterway narrowed compared with width of embankment ·level upped riverside utilize park, sports facilities and parking lot 	<ul style="list-style-type: none"> ·residential area ·road ·amount of flowing water 	<ul style="list-style-type: none"> ·prevention of incoming pollutants ·lasting supply of maintenance water
Sukdae Jct	C	C	C	C	<ul style="list-style-type: none"> ·left bank being made up artificial soil embankment ·right bank being made up concrete embankment ·width of waterway narrowed compared with width of embankment ·level upped riverside utilize field, sports facilities and parking lot 	<ul style="list-style-type: none"> ·farm land ·road ·amount of flowing water 	<ul style="list-style-type: none"> ·prevention of incoming pollutants ·lasting supply of maintenance water

Table 19. Comparison of health assessment in water quality and biological index

site	BOD					
	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
Hanmul-gyo	III	I a	I a	I b	I a	I a
Dongchun-gyo	III	II	I b	III	III	II
Sukdae Jct	III	II	I b	IV	III	IV

site	benthos (KSI)						DAIpo		
	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	1st	2nd	3rd
Hanmul-gyo	B	D	B	C	B	B	C	C	C
Dongchun-gyo	D	D	D	D	C	D	D	D	D
Sukdae Jct	D	D	D	D	D	D	D	D	D

site	fish (IBI)				habitat & waterfront environment			
	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th
Hanmul-gyo	C	C	C	C	B	B	B	B
Dongchun-gyo	-	-	-	-	C	C	C	C
Sukdae Jct	D	D	D	D	C	C	C	C

이화학적 수질 및 수생태계 건강성 평가결과 비교

Table 19에 수영강 종류 3개 지점에 대한 이화학적 수질과 저서성 대형무척추동물, 어류, 서식 및 수변환경 등 수생태계 건강성 평가 결과를 비교하였다. 이화학적 수질은 환경부 수질기준항목인 BOD를 이용하였다.(Table 2 참조)

BOD에 의한 수질 등급은 2차 조사결과를 제외하고는 좋음 이상의 등급을 나타내었으나 저서생물과 어류에 의한 평가는 보통, 불량으로 다소 낮은 등급을 나타내었으며 서식 및 수변환경은 저서생물에 비해 다소 양호하게 평가되었다. 이와 같이 BOD 결과에 비하여 생물지수와 수변환경지수가 더 다양한 등급을 나타내어 수생태계 건강성 평가 결과는 차이가 있는 것을 알 수 있다. 따라서 BOD로만 하천의 건강성을 표현하기에는 미흡하며 하천의 수생태계 건강성을 종합적으로 표현하기 위해서는 "수질-생물-수변"을 통합하는 평가가 요구된다.

결 론

본 연구에서는 수영강 종류 3개 지점을 대상으로 수생태계 건강성을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 이화학적 수질

가. 동천교, 석대천합류 지점은 회동수원지 물의 하천 유이용수 공급으로 수질이 개선되어 왔으나 2010년에는 수영강 생태하천 조성사업 공사로 수질은 다소

악화되었다.

나. BOD에 의한 수질 등급은 한물교 지점은 전반적으로 I 등급, 동천교는 II~III, 석대천합류 지점은 II~IV 등급을 나타내었다.

2. 저서성 대형무척추동물

가. 저서성 대형무척추동물의 전체 분류군은 총 4문 6강 13목 25과 44종으로 나타났다.

나. 한물교에서는 동양하루살이, 등딱지하루살이가 대다수 관측되어 생물등급은 "양호~보통" 으로 나타났으며, 동천교, 석대천합류 지점은 실지렁이, 붉은 깔다구가 다량으로 관측되어 생물등급은 "보통~불량" 으로 나타났다.

다. 한국오수생물지수(KSI)값에 의한 건강성 평가 결과 한물교 지점은 전반적으로 B등급, 동천교, 석대천합류 지점은 D등급으로 나타났다.

3. 부착조류

가. 부착조류는 전체 조사지점에서 총 2목 7과 56종이 채집되었다. 분류군별 종수 및 세포수는 Naviculaceae 과의 규조류가 각각 41.1%, 32.7%로 가장 큰 분포를 보였다.

나. 한물교 지점은 광적응성종인 *Melosira variance*가 우점하였고, 동천교와 석대천합류 지점은 각각 호오탁성종인 *Achnanthes minutissima* var. *saprophila*, *Navicular seminulum*이 각각 우점하였다.

다. DAIpo 지수조사 결과는 한물교 지점에서는 α -빈부

수성수역 $\sim\beta$ - 중부수성수역의 특성을 나타내었고 동천교 지점은 β - 중부수성수역 $\sim\alpha$ - 중부수성수역, 석대합류지점은 α - 중부수성수역 \sim 강부수성수역의 중간값을 나타내었다.

4. 어류

- 가. 어류는 1차 조사에서 10종 32개체, 2차 조사에서 6종 26개체, 3차 조사에서 9종 21개체, 4차 조사에서 10종 46개체로 나타났다.
- 나. 수영강 중류의 생태건강성 등급 도출 결과, 한물교 지점은 C등급, 석대천 합류지점은 D등급으로 나타났다.

5. 서식 및 수변환경

- 가. 한물교에서는 물은 맑으며, 바닥은 주로 자갈 및 모래, 부착조류가 약간 존재하며, 동천교와 석대천 합류지점에서는 물은 약간 혼탁하며, 하상은 주로 검은색으로 부착조류는 갈색 혹은 회색을 띠며 매우 많이 존재하는 것으로 나타났다.
- 나. 한물교는 부분적으로 제한요인이 있으나 서식환경 및 자연상태를 유지하는 양호한 상태인 B 등급을 나타내었으며, 전체적으로 자연 상태를 보이고 있으나 제한요인이 많은 동천교와 석대천합류 지점은 환경상태가 보통인 C 등급을 나타내었다.
- 다. 한물교의 경우 자연상태를 유지하는 양호한 상태이나 주변에 경륜장과 체육시설 및 놀이시설을 갖춘 스포원파크가 위치하여 자연성 훼손이 염려되므로 자연성 보전이 요망된다.

6. 이화학적 수질 및 수생태계 건강성 평가결과 비교

- 가. BOD 결과에 비하여 생물지수와 수변환경지수가 더 다양한 등급을 나타내었다.
- 나. 하천의 수생태계 건강성을 종합적으로 표현하는 "수질-생물-수변"을 통합하는 평가가 요구된다.

7. 수생태계 건강성 확보방안

- 가. 하천 생태계 개선을 위해서는 자연성 보전이 요망된다.
- 나. 하천 주변의 주거지와 도로에 의한 생활하수 등 오염물질 유입 차단이 필요하다.
- 다. 현재도 하천 유량이 적어 회동수원지 물이 유지용으로 공급되고 있는 데 수영강 중류의 수생태계 건강성 확보를 위해서는 유지용수의 공급이 지속되어야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 환경부, 국립환경과학원, 수생태건강성조사 및 평가 최종 보고서(2008).
2. 권동민 등, 다변량분석법을 이용한 수영강수계의 수질특성 평가, 부산광역시보건환경연구원보, 제18-1권, pp.98~107(2008).
3. 환경부, 수질오염공정시험기준(2008).
4. 윤일병, 한국식물도감 제 30권 동물편(수서곤충류), 문교부(1988).
5. 윤일병, 수서곤충검색도설(1995).
6. 원두희, 한국의 수서곤충(2005).
7. 川合禎次, 日本産水生昆虫(2005).
8. Merritt, R.W. and K.W. Cummins(1996) An introduction to the Aquatic insects of North America. 3rd. ed. Kendall/Hunt Publ. Co.
9. Shannon CE and W. WEAVER 1949, The mathematical theory of communication University of Illinois Press, Urbana.
10. Pielou, E. C. 1969 An introduction to mathematical ecology. Wiley-Interscience, New York.
11. MacNaughton S.j 1967. Relationship among Functional properties of California Grassland Nature 216.
12. 환경부, 국립환경과학원, 물환경종합평가방법 개발 조사연구(Ⅲ)(2006).
13. USEPA, Rpid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers pp. 112(1999).
14. Watanabe, T., Asai, K. and Hiuki, A. Numerical simulation of organic pollution in flowing waters. Hazardous Waste Containment and Treatment. 4, pp.251~281(1990).
15. 환경부, 수생태계 건강성 조사계획 수립 및 지침(2007).
16. 김익수, 박종영, 원색도감 한국의 민물고기, 교학사(2006)
17. 최기철, 쉽게 찾는 내고향 민물고기, 현암사(2008).
18. 김익수, 최윤, 이충렬, 이용주, 김병직, 김지현, 원색 한국 어류대도감, 교학사(2006).
19. 환경부, 국립환경과학원, 쉬리아, 꼬치동자개를 보았니?(2009).