

부착규조를 이용한 남천의 하천 생태 건강도 평가¹정애숙² · 장성현² · 이정호^{2*}Assessment of Ecological Health of the Namcheon Stream using Epilithic Diatoms¹Ae-Suk Jeong², Seong-Hyun Jang², Jung-Ho Lee^{2*}

요약

본 연구는 생물학적 보전지수(IBM, Index of Biotic Integrity) 평가와 이화학적 수질 분석, 물리적 서식지 평가(QHEI, Qualitative habitate evaluation index)를 이용하여 하천 건강성을 평가하고자 남천의 10개 지점을 대상으로 2006년 8월과 2006년 11월, 2007년 2월, 2007년 4월까지 총 4회에 걸쳐 부착규조 조사를 실시하였다. IBM, QHEI값을 산정하기 위하여 USEPA(1999)가 제시한 항목 중 우리나라의 환경적 특성에 맞게 수정 보완하여 사용하여 평가하였다. 남천의 하천 생태 건강도 평가 결과, IBM 등급은 '보통', QHEI등급은 '열악', BOD값에 의거한 이화학적 수질등급은 II등급 기준인 '약간 좋음'으로 나타나 총체적인 하천생태계 건강도는 '보통'상태로 나타났다. 이는 수 환경에 대한 교란은 적고 생물들이 서식하기에 비교적 양호한 수질임을 시사한다. 정점별로는 St. 6과 St. 7, St. 8, St. 9는 물리적 서식지 지수가 가장 '열악'한 상태로 대부분이 하천의 흐름을 방해하는 교각이나 인공보가 곳곳에 설치되어 있으며, 하상구조가 대부분 단순화되어 있어 수생태계 심각한 교란이 예상되는 정점이다. 또한 St. 10은 전체적으로 서식 환경은 좋으나 생활하수 유입과 함께 하수종말처리장으로부터 배출되는 영양염으로 인한 수생태계의 교란을 초래할 것으로 예상되므로 추후 영양염 유입에 대한 관리가 필요한 것으로 판단된다.

주요어: 생물학적 보전 지수, 물리적 서식지 지수

ABSTRACT

The purpose of study was to analyze the ecological health of the Namcheon Stream using Index of Biotic Integrity(IBM) Qualitative Habitate Evaluation Index(QHEI) and Water quality condition. Diatom samples were collected from ten sampling sites in the stream at total four times in 2006 and 2007. To assess ecological health of the stream, it was used modify metrics proposed by USEPA(1999). IBM values of the stream averaged 23 which was judged as a "fair". Physical habitate evaluation analysis showed that QHEI values in the stream averaged 57 indicating a "poor" condition. Water quality condition in the stream averaged "II" indicating a "a little good" condition In conclusion, ecological health of the Namcheon Stream was "fair" condition that means habitate minimally disturb in the aquatic environment and relatively good water quality. Especially, St. 6, St. 7, St. 8, and St. 9 showed that QHEI values in the stream averaged 47 indicating a "poor" condition. St. 6 exists mostly to interfere with the flow of the river piers and artificial beams around. They are also serious disturbance at riverbed structure in aquatic ecosystems. St. 10 was good about habitate condition however, it was

1 접수 2012년 10월 5일, 수정(1차: 2012년 12월 28일), 게재확정 2012년 12월 29일

Received 5 October 2012; Revised(1st: 28 December, 2012); Accepted 29 December 2012

2 대구대학교 생물교육과 Dept. of Biology Education, Daegu University, Jillyang, Gyeongsan(712-714), Korea

* 교신저자 Corresponding author(jungho@daegu.ac.kr)

disturbance of aquatic ecosystems due to nutrient. It is suggested that St. 10 needs to be managed for nutrient inflows.

KEY WORDS: INDEX OF BIOTIC INTEGRITY, QUALITATIVE HABITATE EVALUATION INDEX

서론

일찍이 인류문명은 강을 끼고 발달하여 왔으며, 우리나라의 산업화, 도시화 역시 주요 하천을 중심으로 진행되어 왔다(Lee, 2009). 1990년대 하천법이 제정된 이래 우리나라의 많은 하천들은 제방을 축조하거나 하도를 직강화 하여 물로 인한 피해를 예방하는 이수와 치수의 두 가지 기능을 극대화하고 효율화 하는데 초점을 맞추어 왔다. 이는 하천 토지를 효율적으로 이용하는 데는 일조하였으나 결과적으로 대부분의 하천 생태계를 심각하게 교란하는 결과를 낳았다(Lee *et al.*, 2011).

최근 이러한 전통적인 하천의 역할과 기능이 크게 변화되어 하천이 가지는 환경과 생태적 가치를 복원하려는 노력이 양재천(Kim *et al.*, 2004), 청계천(Shin and Lee, 2004), 전주천(Shin, 2002) 등에서 활발히 이루어지고 있다. 더불어 하천 생태, 물리적 복원을 위한 하천의 통합적이고 실질적인 조사의 일환으로 부착조류(Hwang *et al.*, 2006), 저서성 대형무척추 동물(Won *et al.*, 2006), 어류(An *et al.*, 2006)를 이용한 “수생태계 건강성조사 및 평가”가 우리나라 4대 강을 비롯하여 도심하천, 산간 계류하천 등 다양한 하천에 적용되어 실시하고 있다(National Institute of Environmental Research, 2007).

미국 환경부(USEPA, 1999)에서는 종합적인 하천 생태계를 평가하기 위한 “신속한 생물평가 지침서”(Rapid bioassessment protocols)를 확립하고 그 평가 기법으로 생물보전지수(Index of Biological Integrity, IBI)와 정성적 물리적 서식지 평가기법(Qualitative Habitat Evaluation Index, QHEI)을 제시 하였다. 생물보전지수(IBI)는 11개의 Metric을 사용하여 하천의 다양한 환경 요인을 평가할 수 있어 하천의 종합적인 건강도를 파악하는데 유리하다(Karr, 1981; Karr *et al.*, 1991). 또한 하천평가 결과가 대중들이 쉽게 이해할 수 있고 하천 관리 정책으로 신속히 전환할 수 있는 장점이 있어 새로운 하천 평가 지침서로써 널리 인정받고 있다(USEPA, 1999). 미국 이외에도 프랑스(Oberdoff *et al.*, 1992)와 호주(Harris, 1995), 기니아(Huguency *et al.*, 1996), 나비아(Hocatt *et al.*, 1994), 인도(Ganasan *et al.*, 1998) 등 세계각지에서 “신속한 생물평가 지침서”(Rapid bioassessment protocols)에 관한 활발한 연구가 진행되고

있다. 현재 국내에서는 Karr(1981)이 제안한 생물보전지수 (IBI)를 수정하여 어류를 대상으로 하천 생태계 건강도 평가가 이루어지고 있다(Kim *et al.*, 2007; Yeom *et al.*, 2000; An *et al.*, 2001; An *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 2007).

어류 이외에도 수중 생태계를 평가하는 분류군으로 규모의 중요성은 어떤 다른 생물군 보다 월등하다(Czarnecki *et al.*, 1978). 부착구조 분류군은 하천의 자갈, 모래 등 각종 기질에 부착하여 생활하는 비교적 적은 크기의 분류군으로서, 세포벽은 규산질로 되어 있으며, 독특한 세포형태를 지니고 있어 동정, 분류가 용이하다(Hynes, 1970). 특히 이들은 다른 생물군에 비해 운동성이 극히 적으며, 서식지의 교란 후에도 다른 생물군에 비해 회복이 매우 빠르고 수온, 초식생물의 섭식, 기질의 종류, 영양염, 유속 및 유량 등에 의해 생물량의 변화가 뚜렷하여(Allan, 1995), 최근 들어 하천 오염의 생물학적 진단 도구로 그 이용 빈도가 높아지고 있다(USEPA, 1999; UNESCO, 2004).

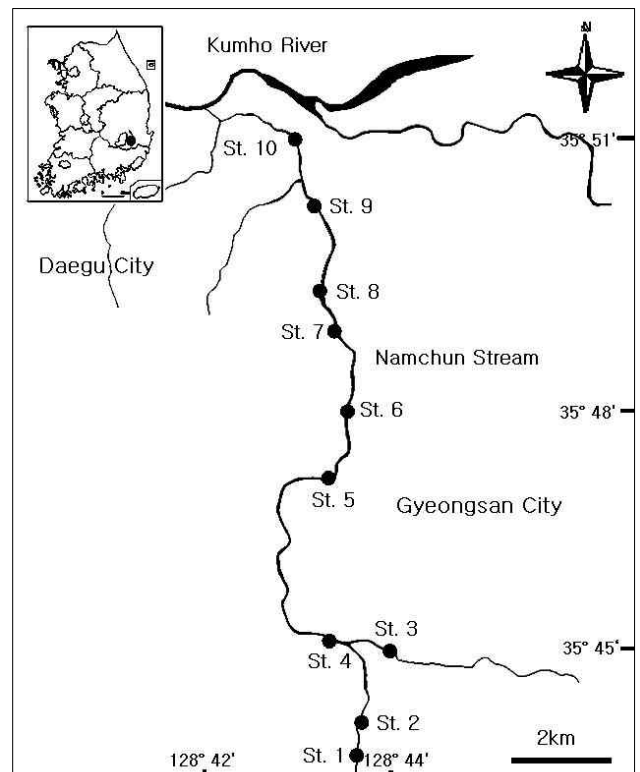


Figure 1. Map showing the sampling sites in the Namcheon stream

본 연구의 대상인 남천에 관한 이전 연구는 남천 수계의 지리학적 연구(Choi *et al.*, 1990), 생물을 이용한 수질분석(Park *et al.*, 1982; Jang, 2005)이 있다. 그러나 지금까지 남천의 하천 조사는 거의 단일 항목에 의한 생물학적인 평가이거나 이화학적 수질 분석에 그쳐 남천의 통합적인 하천 건강도를 규명하기에는 대단히 어려운 실정이었다. 따라서 본 연구는 남천을 대상으로 부착규조를 이용한 생물학적 보전지수(Index of biotic integrity)평가와 물리적 서식지 평가(Qualitative habitat evaluation index)를 통해 남천의 종합적인 하천 생태학적 건강도를 파악하고 새로운 하천 평가 방향을 제시하여 하천 생태계 복원을 위한 중요한 기초 자료를 제공하고자 한다.

연구방법

본 연구는 남천의 생태 건강도를 평가하기 위하여 경상북도 경산시 남천면에 위치한 남천의 10개 정점을 선정하여 2006년 8월과 2006년 11월, 2007년 2월, 2007년 4월까지 총 4회에 걸쳐 부착규조 및 화학적 요인 등을 분석하였다(Figure 1).

수온과 pH, 전기전도도 등은 D-24(HORIBA)로, 탁도는 AQUAfast II(ORION)를 사용하여 현장에서 각각 측정하였으며, BOD와 T-N, T-P 등은 채집 후, 실험실에서 수질오염 공정시험방법(National Institute of Environmental Research, 2007) 및 Standard Methods for examination of water and wastewater(APHA·AWWA·WACEF, 1998) 등에 따라 분석하였다.

부착규조는 수심 10~30 cm에 있는 돌 중에서 그 정점의 가장 보편적인 상태를 지니고 있는 지름이 10~20 cm 정도의 수 개의 돌을 선정하여 수면과 평행한 상 표면을 긁어 채집하였으며, 이를 KMnO₄법(Hendey, 1974)으로 세정한 후, Pleurax로 봉입하여 영구표본을 제작하였다.

남천의 생태건강도를 평가하기 위해 본 연구에서는 USEPA(1999)가 제시한 평가 방법을 우리나라의 환경적 특성에 맞게 수정·보완하여 사용하였다. 수정·보완된 IBI의 metric은 다음과 같다. M1. 종 풍부도(Species richness), M2. 총 속의 수(Total number of genera), M3. Shannon의 다양성 지수(Shannon diversity index), M4. 민감성 종의 백분율(Percent sensitive diatom), M5. Achnanthes minutissima의 백분율(Percent Achnanthes minutissima), M6. 운동성 규조지수(Motile index), M7. 유기오탁지수(DAIpo), M8. 영양염지수(TDI). 이와 같은 metric을 이용하여 생태건강도가 높은 지점은 '4'점, 낮은 지점은 '3', '2', '1' 등의 점수로 각각 평가하였으며, 총합은 '8'에서 '32'점의 범위로 구분되어졌다. 또한, 이를 높은 점수 순으로 '최적'(Very good) 및

'양호'(Good), '보통'(Fair), '악화'(Poor), '최악'(Very poor) 등 총 5개 등급으로 평가하였다(USEPA, 1999).

물리적 서식지 평가 모델은 USEPA(1999)의 하천의 생태 건강성을 진단하기 위하여 제안한 정성적 서식지 평가지수(Qualitative Habitat Evaluation Index, QHEI)를 우리나라 환경에 맞게 수정하여 이용하였다. 물리적 서식지 평가를 위한 항목으로는 M1. 하상구조/서식지 피복도(Substrate / Instream cover)와 M2. 하상 매몰도(Embeddedness), M3. 유속/수심 조합(Flow velocity/depth combination), M4. 하상 유실 및 토사 축적도(Bottom scouring & Sediment deposition), M5. 흐름 상태(Channel flow status), M6. 수로 변경도(Channel alteration), M7. 여울 빈도 및 하천 굴곡도(Frequency of riffles or bends), M8. 제방 안정도(Bank stability), M9. 제방 식생 보호도(Bank vegetative protection), M10. 강기슭 식생대의 넓이(Riparian vegetative zone width)등 10개 메트릭으로 구성되었다. 각 변수값의 등급 구분은 USEPA(1999) 기준에 의거하여 '최적'(Very good), '양호'(Good), '보통'(Fair), '악화'(Poor)의 4등급으로 구분하여 평가하였다.

결과 및 고찰

1. 하상구조와 수환경

남천은 하도저수지와 송백저수지를 발원지로 하여 경산시 도심을 관통하여 금호강에 합류되는 총 7.5km의 하천이다.

하도저수지 바로 아래 부분에 위치하는 St. 1은 기반암, 자갈, 모래, 등 다양한 하상으로 구성되어 있고 하폭은 5 m 이내로 수심은 20~50 cm이고 유량이 비교적 풍부하며, 유속은 0.60~1.10 m/sec로 확인되었다.

야산을 비롯한 농경지와 주택가로 둘러싸여 있는 St. 2~St. 5는 하상정비로 하천의 직강화가 이루어진 구간이며 하상구조는 주로 자갈과 모래로 단순하게 구성되어 있으며, 하폭은 20 m 이상이고 수심은 30~50 cm로서, 유속은 0.3~0.6 m/sec 정도로 조사되었다.

St. 6~St. 9는 경산시를 관류하는 구간으로써 하상 구조는 자갈과 모래로 구성되어 있으며, 하폭은 40 m 이상으로 유속은 0.4~0.9 m/sec 정도로 곳곳에 부유성 유기물질이 발생하였다. 하천 둔치에는 잔디를 심어 자연 식생이 대부분 사라지고 각종 여가생활과 행사 공간으로 쓰이고 있었으며, 하천변을 따라서는 콘크리트로 된 산책로가 St. 10까지 이어져 있다.

남천의 하류인 St. 10은 주택가와 소규모 공장 등을 통과하여 금호강으로 합류되기 전 지점이며, 근처에는 하수종말

Table 1. Habitat condition and general characteristics of 10 sampling site in Namcheon stream from August 2006 to April 2007

Sampling sites	Stream width(m)	Water depth(cm)	Water current(m/sec)	Substrate *B:C:P:G:S
St. 1	4~5	20~30	0.6~1.1	B:C:P:S = 5:3:2:1
St. 2	10~20	10~30	0.3~0.5	C:P:G:S = 3:3:2:1
St. 3	20~30	20~30	0.5~0.6	C:P:G:S = 2:4:3:1
St. 4	20~30	20~30	0.4~0.9	C:P:G:S = 1:4:3:2
St. 5	40~50	10~20	0.5~0.6	C:P:G:S = 1:4:3:2
St. 6	40~50	10~20	0.4~0.9	C:P:G:S = 1:4:3:2
St. 7	50~60	10~20	0.5~0.6	C:P:G:S = 1:2:4:5
St. 8	50~60	10~20	0.4~0.9	C:P:G:S = 1:1:3:4
St. 9	60~80	10~20	0.5~0.6	C:P:G:S = 1:3:2:4
St. 10	70~90	20~50	0.4~1.0	C:P:G:S = 1:2:4:5

B: Boulder(>256 mm), C: Cobble(64~256 mm), P: Pebble(16~64 mm), G: Gravel(2~16 mm), S: Sand(0.1~2 mm)

처리장이 위치하고 있어 곳곳에서 악취가 발생하는 등 우려스러운 환경적 조건을 가지는 것으로 사료되며, 하상은 주로 자갈과 모래로 진흙으로 이루어진 전형적인 하류 지역의

특성을 나타냈다. 하폭은 60m 이상으로 유속은 0.4~1.0m/sec정도이며, 유량은 다소 풍부하였다(Table 1.)

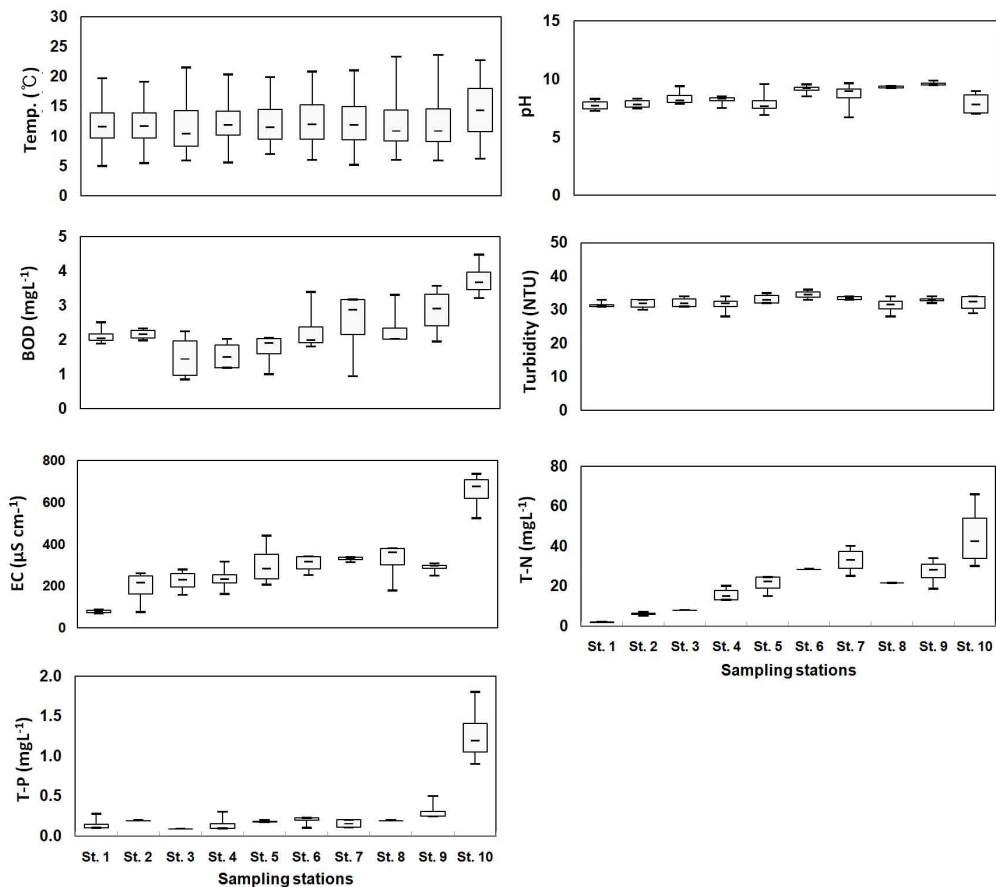


Figure 2. Environment factors in each sampling station of the Namchun Stream from August 2006 to April 2007

2. 수질 특성

남천의 수질 현황을 파악하기 위하여 지류를 포함한 남천 상류부(St. 1~St. 4)와 도심을 관류하는 중류부(St. 5~St. 9), 하수처리수가 유입되는 하류부(St. 10)로 구분하였다. 수온은 상류부와 중류부에서 각각 평균 12.1°C와 12.6°C, 하류부에서 14.4°C로 확인되었으며, 상류부에서 낮고, 도심을 관류한 이후 서서히 증가하는 양상을 나타내었다. pH는 상류부와 하류부에서 하천의 생활환경기준 Ia 등급(6.5~8.5)으로 '매우 좋음' 나타내었고, 중류부에서는 8.9로 VI 등급(8.5 이상)으로 '매우 나쁨'을 보였다. 탁도는 28~39 NTU의 범위로 구간별 평균값은 큰 차이를 보이지 않았으나, 2008년 11월 제방공사 중이었던 주요 도심구간인 St. 5와 St. 6, St. 7에서 다소 높은 값을 나타내었다. 전기전도도는 0.9 μScm^{-1} ~736 μScm^{-1} 로 넓은 범위를 보였으며, 전반적으로 상류구간에 비해 하류구간에서 높은 경향을 보였으며, 하수 처리수가 유입되는 St. 10은 평균 652 μScm^{-1} 으로 매우 높은 값을 보였다. 하천에서 유기물의 오염 정도를 나타내는 BOD는 하수 처리수가 유입되는 St. 10을 제외하고는 상류부에서 평균 1.8 mgL^{-1} , 중류부에서 평균 2.4 mgL^{-1} 으로 하천의 생활환경기준 I, II 등급으로 비교적 양호한 수질을 나타냈다. 영양염류 중 총인은 상류부와 중류부에서는 하천의 생활환경기준 중 II등급 기준인 '약간 좋음'을 나타냈으나, 하류부에서는 '매우 나쁨'의 기준을 초과한 1.28 mgL^{-1} 을 보였으며, 총질소는 평균 22.4 mgL^{-1} 로 전 구간에서 전체적으로 높은 경향을 나타냈다(Figure 2).

Table 2. Diatom genera and number of Taxa occurred in Namcheon stream during the time of this study

Genus	No. of taxa	Genus	No. of taxa
<i>Achnanthes</i>	12	<i>Gomphonema</i>	18
<i>Amphora</i>	5	<i>Melosira</i>	1
<i>Asterionella</i>	1	<i>Meridion</i>	2
<i>Aulacoseira</i>	2	<i>Navicula</i>	38
<i>Bacillaria</i>	1	<i>Nitzschia</i>	19
<i>Cocconeis</i>	4	<i>Pinnularia</i>	2
<i>Cyclotella</i>	3	<i>Reimeria</i>	1
<i>Cymbella</i>	8	<i>Stauroneis</i>	1
<i>Diatoma</i>	1	<i>Stephanodiscus</i>	1
<i>Encyonema</i>	6	<i>Surirella</i>	1
<i>Eunotia</i>	1	<i>Synedra</i>	2
<i>Fragilaia</i>	13	<i>Thalassiosira</i>	1
<i>Frustulia</i>	1	Total number of taxa	145

3. 부착규조 군집 특성

본 조사에서는 총 25속의 145종의 규조가 출현하였다. 속별로 가장 많은 수의 출현종을 보인 것은 *Navicula*속으로써 총 38종이었으며, 다음으로 *Nitzschia*속 19종, *Gomphonema*속 18종, *Achnanthes*속과 *Fragilaria*속이 각각 13종과 *Cymbella*속이 각 8종 순으로 조사되었다(Table 2). 조사지점별 평균 출현종 수는 29종이었다. 최다 출현종수는 2006년 8월 남천의 상류 St. 1에서의 총 49종이었으며, 최저 출현종수는 2007년 4월 남천 하류인 St. 10에서의 총 4종이었다.

본 조사에서 우점종 중 *Nitzschia fonticola*가 총 6개 지점에서 우점하는 것으로 조사되었으며 *Nitzschia amphibia*가 다음으로 5개 지점, *Achnanthes convergens*와 *Achnanthes minutissima*, *Cocconeis pediculus*가 4개 지점, *Cymbella affinis*가 3개 지점이었고, *Cocconeis placentula* var. *lineata*, *Gomphonema angustum*, *Melosira varians*, *Nitzschia minima*, 가 2개 지점에서 나머지 6개 종은 모두 1개 지점에서만 우점하는 것으로 나타났다(Table 3). *Cocconeis placentula* var. *euglypta*는 전체 4번의 조사에서 36개 지점에서 출현하는 것으로 확인되어 남천 수계에서 가장 보편적인 규조종으로 조사되었다. 전체 출현종 중 1개 지점 이상에서 상대밀도 10% 이상을 보인 주요종은 모두 25종이었으며, 특히 2006년 11월 St. 6에서 *Nitzschia amphibia*는 90.6%의 높은 상대밀도를 나타내는 것으로 조사되었다. 또한 *Nitzschia fonticola*는 4번의 조사 시기 중 13개 지점에서 10% 이상의 상대밀도를 보여 남천 수계의 대표적인 부착규조류로 확인되었으며, 다음은 *Nitzschia amphibia*가 10개 지점, *Achnanthes convergens*, *Achnanthes minutissima*, *Melosira varians*가 7개 지점에서 10%이상의 상대밀도를 보였다.

4. 생물학적 보전지수(IBM; Index of Biological Index) 평가

생물학적 보전지수(IBM) 평가 결과, 남천의 평균 IBM 값은 23으로서 '양호'한 상태를 보였는데, 이는 수 환경에 대한 교란은 적고 생물들이 서식하기에 비교적 양호한 수질임을 시사한다. 본 연구에서 평가한 metric 들 중 서식지의 물리적 교란 정도를 반영하는 M5가 3.8로 가장 높게 나타났으며, 영양염의 분포정도를 나타내는 M8과 유기오탁에 대한 민감종의 비율인 M4가 각각 2.0으로 가장 낮게 나타났다(Figure). 이는 남천의 수 생태계가 유속이나 유량 등의 물리적 교란은 비교적 낮은 반면, 영양염 및 유기오탁의 정

Table 3. Dominant species in each sampling station of the Namcheon Stream

Date	Stations	Dominant species
Aug. 2006	St. 1	<i>Melosira varians</i>
	St. 2	<i>Achnanthes convergens</i>
	St. 3	<i>Cymbella affinis</i>
	St. 4	<i>Cocconeis placentula</i>
	St. 5	<i>Melosira varians</i>
	St. 6	<i>Cymbella affinis</i>
	St. 7	<i>Navicula minuscula</i> var. <i>muralis</i>
	St. 8	<i>Cymbella affinis</i>
	St. 9	<i>Nitzschia inconspicua</i>
	St. 10	<i>Navicula seminulum</i>
Nov. 2006	St. 1	<i>Achnanthes minutissima</i>
	St. 2	<i>Nitzschia fonticola</i>
	St. 3	<i>Cocconeis pediculus</i>
	St. 4	<i>Nitzschia amphibia</i>
	St. 5	<i>Nitzschia amphibia</i>
	St. 6	<i>Nitzschia amphibia</i>
	St. 7	<i>Gomphonema angustum</i>
	St. 8	<i>Achnanthes minutissima</i>
	St. 9	<i>Achnanthes minutissima</i>
	St. 10	<i>Nitzschia amphibia</i>
Feb. 2007	St. 1	<i>Achnanthes minutissima</i>
	St. 2	<i>Nitzschia fonticola</i>
	St. 3	<i>Cocconeis pediculus</i>
	St. 4	<i>Nitzschia fonticola</i>
	St. 5	<i>Nitzschia fonticola</i>
	St. 6	<i>Cocconeis pediculus</i>
	St. 7	<i>Nitzschia fonticola</i>
	St. 8	<i>Nitzschia fonticola</i>
	St. 9	<i>Fragilaria construens</i> f. <i>venter</i>
	St. 10	<i>Navicula minima</i>
April 2007	St. 1	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>
	St. 2	<i>Nitzschia fonticola</i>
	St. 3	<i>Gomphonema angustum</i>
	St. 4	<i>Encyonema minuta</i>
	St. 5	<i>Achnanthes convergens</i>
	St. 6	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>
	St. 7	<i>Nitzschia amphibia</i>
	St. 8	<i>Achnanthes convergens</i>
	St. 9	<i>Achnanthes convergens</i>
	St. 10	<i>Navicula minima</i>

도는 다소 높은 것을 의미한다.

정점별로는 종다양성과 서식지 상태가 평균 이상의 값을 보인 St. 1~St. 3에서 건강도 등급이 가장 ‘양호’한 상태로 평가되었다. 특히 St. 1은 부착조류가 서식하기에 적절한

유속과 다양한 하상, 그리고 배후습지에 분포하는 풍부한 식생의 영향으로 M1(종풍부도), M2(속풍부도), M3(종다양성)가 평균 4점으로 매우 높게 나타났다(Figure 4). 높은 종풍부도는 많은 종들이 현재 서식지 조건에 잘 적응되어 있는 생물학적 건강성이 높은 상태를 보이는 것으로 간주할 수 있다(Bahls *et al.* 1992).

St. 6~St. 9는 경산시를 관류하는 구간으로써 종다양성, 서식지 상태, 오염내성도 등이 평균 이하로 생물학적 보전 지수가 ‘보통’인 상태로 조사되었다. 이 지역은 배후지역이 주택가와 상가가 자리 잡고 있었으며, 하천 둔치에는 잔디를 심어 자연식생이 대부분 사라지고 각종 여가생활과 행사 공간으로 쓰이고 있으며, 하상구조가 단순해서 모래와 진흙이 전체의 50%이상이나 차지하고 있다. 하천의 서식지 상태와 하천 바닥의 피복물의 단순해지면 종이 분포하는 서식지 구조는 단조로워져서 물리적인 외부 교란으로 부터의 완충력이 줄어들어 하천 생태계가 점차 악화되는 경향을 나타낸다(USEPA, 1999).

남천에서 생물학적보전지수(IBI) 중 가장 낮은 단계인 ‘열악’으로 조사된 St. 10은 남천 하류에 위치하며, 주위에 하수종말처리장이 위치한다. St. 10의 경우 종다양성을 제외한 모든 항목이 평균 이하의 낮은 값을 보였다(Figure 4). 경산시의 오폐수처리장 설치 및 오폐수와 오수분리관 설치와 같은 지속적인 노력에도 불구하고 영양염과 유기오염을 나타내는 메트릭이 평균 1점으로 나타났다. 이런 물리적 교란 및 화학적 오염은 St. 10에 직접적인 하천생태계 교란으로 나타났으며, 구조 군집의 종조성 역시 오염도에 대한 내성도가 강한 ‘호오탁성’ 종이 절대적으로 우점하는 것으로 조사되었다.

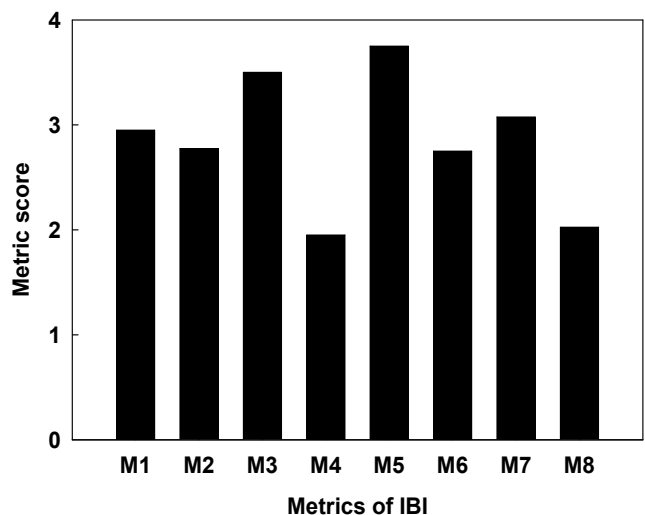


Figure 3. The averages of IBI metrics in the Namchun Stream

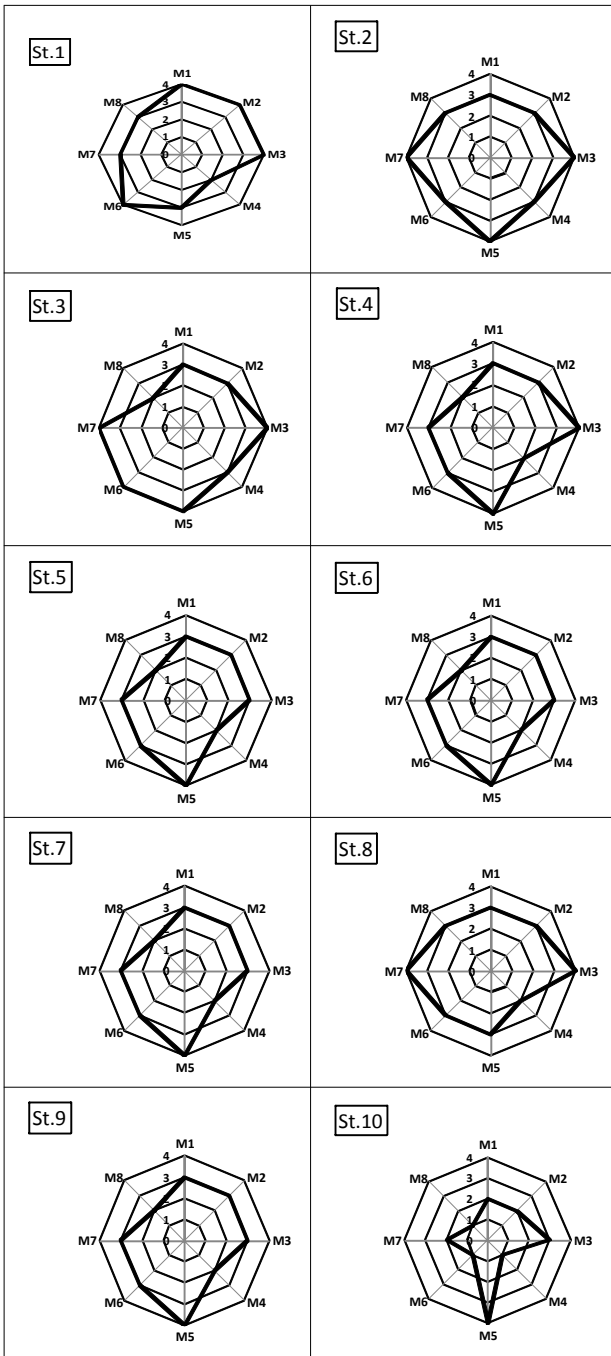


Figure 4. The Average of IBI metrics score in each sampling station of the Namcheon Stream from August 2006 to April 2007

5. 물리적 서식지지수(QHEI) 평가

남천의 물리적 서식지지수 평가 결과, 건강도 등급은 ‘열악’한 상태로(평균 57점) 대부분의 정점에서 하천 서식지가 심각하게 교란된 상태를 보였으며, 일부만이 건강도가 ‘보

통’으로 나타났다.

본 연구에서 평가한 metric 들 중 가장 높은 값을 나타낸 것은 제방의 안정도를 반영하는 M8로써 평균 14.8을 나타내어, 하천 건강도가 ‘양호’한 것으로 확인되었다(Figure 5). 이는 남천이 다른 하천에 비해 하천정비가 잘 이루어져 제방 안정도가 비교적 양호한 것으로 기인한 결과로 추정된다. 이에 비해 가장 낮은 서식지 항목(Metric)은 천변 식생대의 폭(M10)으로 전 조사 구간 내 평균 2.2로 열악한 상태를 나타내었다(Figure 5). 특히 하천변을 따라 아파트와 주택가가 자리 잡고 있는 St. 6을 지나면서 수변 구역이 급격히 좁아져 서식처가 열악하게 변화한다.

흐름의 상태를 나타내는(M5) 역시 전 구간에서 평균 4.5를 나타내 열악한 상태를 보였다. 도시하천은 토지 이용이 대부분 주택과 공장이 차지하는 비율이 높아 여름 집중 강우 시 단시간 내에 하천으로 급격히 유입 유출됨에 따라 평상시에는 유량이 적어 건천화 되는 것이 큰 특징이다(Lee et al., 2006) 남천은 풍수기를 제외하고는 대부분 건천화가 진행 중이며, 그 결과 서식지 평가에서 열악한 상태로 나타났다. 이 밖에도 남천의 서식지 평가 결과 ‘유속/수심 조합’과 ‘하상유실 및 토사축적도’, ‘수로 변경도’, ‘여울빈도 및 하천 굴곡도’ 등은 열악한 상태인 것으로 조사되었다.

정점별로는 경산시 도심 외곽지역에 위치하고 하천의 형태학적인 연속성을 반영하는 하천굴곡도가 ‘최적’의 상태를 나타내는 St. 2가 본 조사에서 물리적 서식지 지수가 가장 양호한 ‘보통’의 상태로 평가되었다(Figure 6). 반면 대규모 아파트 단지를 관통하는 St. 6과 St. 7, St. 8, St. 9는 조사지점 중 건강도가 가장 ‘열악’한 상태로 대부분이 하천의 흐름을 방해하는 교각이나 인공보가 곳곳에 설치되어 있고, 하천이 직선화되어 있으며 하상구조가 대부분 단순화

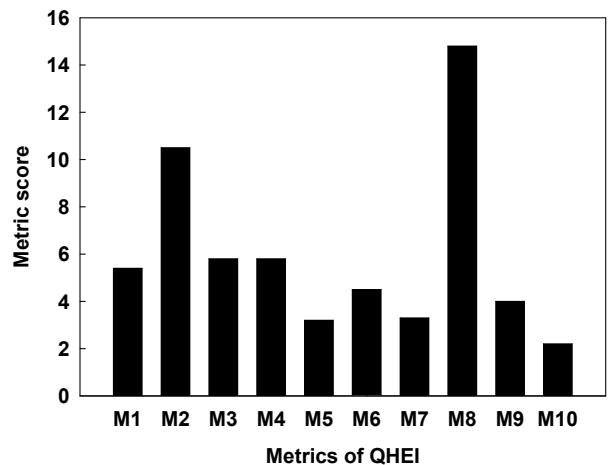


Figure 5. The averages of QHEI metric score in the Namcheon Stream

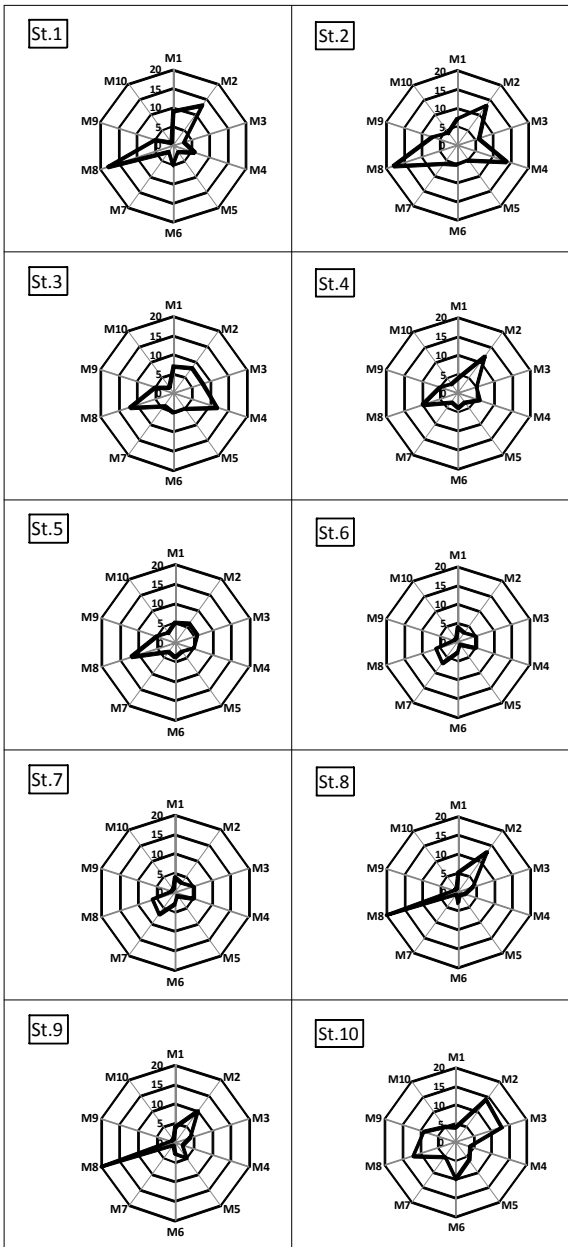


Figure 6. The Average of QHEI metrics score in each sampling station of the Namcheon Stream from August 2006 to April 2007

되어 있다.

6. 종합적인 하천 생태 건강도 평가

남천에서 생물학적 보전지수에 의한 하천 건강도 등급은 보통, 물리적 서식지 건강도 등급은 열악, BOD값에 의거한 이화학적 수질등급은 II 등급으로 나타나 총체적인 하천생

태계 건강도는 ‘보통’상태로 나타났다. 정점별로는 생물학적 건강도 지수(IBM)가 가장 ‘최악’인 지점 10에서의 화학적 수질값(BOD) 역시 조사 지점들 중 가장 나쁜 3.755mgL⁻¹을 보였다. 또한 화학적 수질값이 가장 좋은 St. 3(1.439 mgL⁻¹)에서는 생물학적 건강도 역시 가장 ‘최적’인 상태를 보여 화학적 건강도가 생물학적 건강도와 직접적으로 반영되는 것으로 나타났다. 그러나 물리적 서식지 값은 생물학적, 이화학적 값과는 유의미한 관계를 갖지 못했다. 이는 남천의 생물학적 건강도 지수는 물리적 서식지 특성(r=-0.024, p=0.947)보다는 이화학적 수질(r=-0.860, p=0.001)과 더 높은 상관관계를 갖는 것으로 나타났다(Table 4).

남천은 경산시를 관류하여 흐르는 도시 하천으로써 상류 지역이 하류지역에 비해 유속이 빠르고 수심이 깊지 않은 전형적인 하천의 흐름을 보여주고 있었으나, 하류지역으로 갈수록 도시화에 의한 하상 및 제방 정비 수중보 설치 등 하천공사로 인해 하상에 작은 돌과 모래가 퇴적되어 하천 고유의 특성을 상실한 곳이 상당부분 확인되었다. 특히 생물학적 보전지수가 17 이하인 St. 10은 전체적으로 서식 환경은 좋으나 현재와 같은 수환경이 지속될 경우 생활하수 유입과 함께 하수종말처리장으로부터 배출되는 영양염이 가중되어 수생태계의 심각한 교란을 초래할 것으로 사료된다. 제방안정도가 낮은 St. 6에서는 제외지는 단조롭고 제방은 도로로 활용되고 있었으나 하천제방이 부분적으로 손상되어 토양의 유실로 인해 수계로 영양염 유입에 대한 우려가 예상되는 정점으로서 추후 하천제방에 대한 안정적인 관리가 필요한 것으로 판단된다.

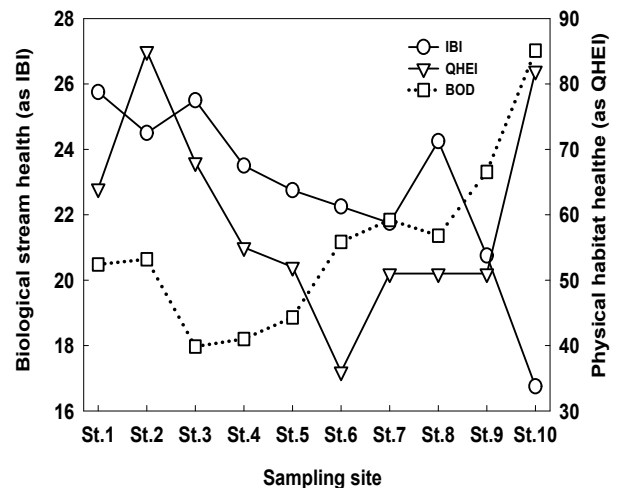


Figure 7. Spatial comparisons among biological stream health of index of biological integrity(IBM), physical habitat health of Qualitative Habitat Evaluation Index(QHEI), and chemical conditions of biological oxygen demand(BOD)

Table 4. Pearson's correlation coefficients(r)and its probability of Index of Biological Integrity(IBM), chemical parameters(Cond=conductivity, TP=Total phosphorus, TN=Total nitrogen, Qualitative Habitat Evaluation Index(QHEI))

		Temp.	pH	TP	TN	BOD	Turb.	Cond.	IBI
Temp.	r								
	p								
pH	r	.086							
	p	.813							
TP	r	.930(**)	-.203						
	p	.000	.574						
TN	r	.867(**)	.320	.689(*)					
	p	.001	.368	.028					
BOD	r	.846(**)	.119	.857(**)	.756(*)				
	p	.002	.744	.002	.011				
Turb.	r	.046	.369	-.122	.428	.054			
	p	.899	.294	.737	.217	.883			
Cond.	r	.956(**)	.071	.873(**)	.903(**)	.767(**)	.151		
	p	.000	.845	.001	.000	.010	.677		
IBI	r	-.926(**)	-.168	-.838(**)	-.946(**)	-.860(**)	-.318	-.912(**)	
	p	.000	.643	.002	.000	.001	.371	.000	
QHEI	r	.157	-.654(*)	.478	-.187	.273	-.594	.165	-.024
	p	.665	.040	.162	.604	.446	.070	.648	.947

감사의 글

본 연구는 2011학년도 대구대학교 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

인용문헌

- Allan, J.D.(1995) Stream Ecology - Structure and Function of Running Waters. Chapman and hall, pp. 83-108.
- An, K.G., D.H. Yeom and S.K. Lee(2001) Rapid Bioassessment of Kap Steam Using the Index of Biological Integrity. Korean Journal Limnology 19: 261-269. (in Korean with English abstract)
- An, K.G., J.Y. Lee and H.N. Jang(2005) Ecological Health Assessments and Water Quality Patterns in Youdeung Stream. Korean Journal Limnology 38: 341-351. (in Korean with English abstract)
- An, K.G., J.Y. Lee, D.Y. Bae, J.H. Kim, S.J. Hwang, D.H. Won, J.K. Lee and C.S. Kim(2006) Ecological Assessments of Aquatic Environment using Multi-metric Model in Major Nationwide Stream Watersheds. Journal of Korea Society on Water Quality 22(5): 796-804. (in Korean with English abstract)
- APHA, AWWA and WACEF(1998) Standard method for the examination of water and wastewater, 20th edition. New York, APHA.
- Bahls, L.R., R. Burkantis and S. Tralles(1992) Benchmark biology of Montana reference streams. Department of Health and Environmental Science, Water Quality Bureau, Helena, Montana.
- Choi, W.J., J.G. Lee, J.Y. Lee(1990) Geochemical Study on Water Pollution of Namcheon in Kyungsan City. Journal of Environment Science Institute 4: 69-97. (in Korean with English abstract)
- Czarnecki, D.B., and D.W. Blinn(1978) Diatoms of the Colorado River in Grand Ganyon National Park and vicinity. Bibl. Phyco. 38: 1-182.
- Ganasan, V. and R.M. Hughes(1998) Application of index Biological integrity(IBM) to fish assemblage of the river khan and Kshipra(Madhya Pradesh). Freshwater Biology 40: 55-59.
- Harris, J.H.(1995) The use of fish in ecological assessment. Australian Journal of Ecology 20: 65-80.
- Hendey, N.I.(1974) The permanganate method for cleaning using diatoms. Nava Hedwigia, Bein 64: 305-323.
- Hocatt, C.H., P.N. Johnson, C. Hay and B.J. Vanzyl(1994) Biological basis of water quality assessment: the Kavango

- River, Namibia. *Hydrobiology Tropical* 7: 361-384.
- Hugueny, B., S. Camara, and M.L. B.(1996) Applying an index of biotic integrity based on communities in a west african river. *Hydrobiologia* 331: 71-78.
- Hwang, S.J., N.Y. Kim, D.H. Won, K.K. An, J.K. Lee and C.S. Kim(2006) Biological Assessment of Water Quality by Using Epilithic Diatom in Major River System(Geum, Youngsan, Seomjin River), Korea. *Journal of Korea Society on Water Quality* 22(5): 784-795. (in Korean with English abstract)
- Hynes, H.B.N.(1970) *The ecology of running water*. University Toronto Press, 555pp.
- Jang, W.Y.(2005) *Biological Analysis of Water Quality Using Aquatic Invertebrates from the Water System of Namcheon River, Kyungsan*. The Korean Association for Conservation of Nature 3: 291-308. (in Korean with English abstract)
- Karr, J.R.(1981) Assessing biological integrity in running water: A method and its rationale. *Illinois national History Survey* 28: 574-576.
- Karr, J.R., and M. Dionne(1991) *Designing surveys to assess biological integrity in lakes and reservoirs in biological criteria*. Washington, DC: Office of waters.
- Kim, J.H., E.H. Lee and K.G. An(2007) Ecosystem Diagnosis and Evaluations Using Various Stream Ecosystem Models. *Korean Journal Limnology* 40: 370-378.(in Korean with English abstract)
- Kim, S.G., G.E., Kim, J.E. Lee, D.H. Shin and K.S. Lee(2004) Urban Stream Landscape Improvement After Natural-Style Stream Restoration-Case Study of Yangjae Stream, Seoul. *The Korea Society for Environmental Restoration and Revegetation Techn* 7(5): 66-74.(in Korean with English abstract)
- Lee, H.S., H. Jin, S.A. Jeong, S.J. Hwang and J.K. Shin(2006) Spatial Characterization of Water Pollution in the Urban Stream Watershed(Gap Stream), Korea. *Journal of Korea Society on Water Quality* 22: 943-951.(in Korean with English abstract)
- Lee, J.H., Y.P. Hong and K.G. An(2007) Fish Community Structure Analysis and Ecological Health Assessment in the Headwater Watershed of Nakdong River. *Korean Journal Limnology* 40: 403-411. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.G.(2009) Policy issues and assignments of urban river restoration. Korea Society for Public Administration. Summer Conference Proceedings pp. 1-18. (in Korean)
- Lee, Y.H., B.H. Kang, C.S. Na, G.Y. Yang, T.G. Min and S.H. Hong(2011) Herbal Flora and Succession of Stream Under Management Conditions After its Restoration. *Korean journal of weed science* 31(1): 49-70. (in Korean with English abstract)
- National Institute of Environmental Research(2007) *Official testing method with respect to water pollution process*. National Institute of Environmental Research press, 609pp.
- Oberdorff, T., and R. M. Hughes(1992) Modification of an index of biotic integrity based on fish assemblages to characterize river of the Seine basin. *Hydrobiologia* 228: 117-130.
- Park, S.O. and Y.H. Suh(1982) Biological Analysis of Water Quality from the Water System of Namcheon River, Kyungsan. *Journal of Ecology and field biology* 5: 46-54. (in Korean with English abstract)F
- Shin, D.H. and K.S. Lee(2004) A Consideration on the Approach of Urban Stream Landscape Restoration - The case of the Chungkye Stream Restoration Project -. *Korea Institute of Landscape Architecture* 32(4): 39-48. (in Korean with English abstract)
- Shin, J.C.(2002) Jeonju Stream, Project of Close-to-Nature Stream Space and Environment 253: 98-103. (in Korean with English abstract)
- UNESCO(2004) *Integrated watershed management - Ecohydrology and phytotechnology*.
- USEPA. *Rapid Bioassessment Protocols For Use in Streams and Wadeable River*. Periphyton, 2nd eds. EPA 841-B-99-002 (1999) U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C., USA.
- Won, D.H., Y.C. Jun, S.J. Kwon, S.J. Hwang, K.G. An and J.K. Lee(2006) Development of Korean Saprobic Index using Benthic Macroinvertebrates and Its Application to Biological Stream Environment Assessment. *Journal of Korea Society on Water Quality* 22(5): 768-783. (in Korean with English abstract)
- Yeom, D.H., K.G. An, Y.P. Hong and S.K. Lee(2000) Assessment of Index of Biological Integrity(IBM) using Fish Assemblages in Keum-Ho River, Korea. *Korean Journal Limnology* 18: 215-226. (in Korean with English abstract)