

## 하천 생물 서식처 평가를 위한 하천 자연도와 수질의 상관성 분석

### A Correlation Analysis of the River Naturalness and Water Quality for Biological Habitat Evaluation

박 봉 진\* / 성 영 두\*\* / 정 관 수\*\*\*

Park, Bong Jin / Sung, Young Du / Jung, Kwan Sue

#### Abstract

In this study, the analysis of river naturalness and water quality were executed in the major rivers of the Nakdong River Basin. As a result, the assessment index of the General Evaluation was 1.428 to 4.107 as 1<sup>st</sup> to 4<sup>th</sup> grades. The River Shape was 1.929 to 4.429 as 2<sup>nd</sup> to 4<sup>th</sup> grades and the River Environment was 1.774 to 3.643 as 1<sup>st</sup> to 4<sup>th</sup> grades. As well, evaluation of water quality showed that concentration of pH was 7.102 to 8.497 mg/l, BOD was 0.748 to 5.271 mg/l, DO was 5.077 to 12.335 mg/l and SS was 3.668 to 19.960 mg/l. The correlation between river naturalness and water quality was analyzed to investigate similarity and independence of river naturalness evaluation index. It was shown that coefficient of correlation was low with value of -0.1503 to -0.5886, therefore, was evaluated as independent.

**keywords** : Biological Habitat, Evaluation of River Naturalness, Water Quality, Correlation analysis

#### 요 지

금번 연구에서는 낙동강 유역내 주요하천을 대상으로 자연도 평가와 수질을 분석하였다. 하천 자연도의 종합평가 결과는 1.428~4.107의 1등급과 4등급으로 평가 되었으며, 부문별 평가 결과는 하천형태의 평가지수가 1.929~4.429로 2등급에서 4등급으로, 하천환경의 평가지수는 1.774~3.643의 1등급에서 4등급으로 평가되었다. 수질 평가 결과는 수소이온농도는 7.102 ~ 8.497 mg/l 이었으며, 생물화학적 산소요구량은 0.748 ~ 5.271 mg/l, 용존산소량 5.077 ~ 12.335 mg/l, 부유물질은 3.668 ~ 19.960 mg/l 이었다. 하천 자연도 평가 지표의 독립성과 유사성을 판단하기 위하여 하천 자연도 평가와 수질 상관분석을 실시한 결과, 상관계수가 -0.1503~-0.5886로 낮은 상관성을 갖고 있으며, 서로 독립적인 지표인 것으로 분석되었다.

**핵심용어** : 생물 서식처, 하천 자연도 평가, 수질, 상관성 분석

\* 한국수자원공사 조사기획처 수자원조사팀 과장

Korea Water Resources Corporation San 6-2 Yeonchuk-dong Daeduk-Gu, Daejeon, 306-711, Korea  
(e-mail: bongjinpark@kowaco.or.kr)

\*\* 한국수자원공사 수자원개발처 처장

Korea Water Resources Corporation San 6-2 Yeonchuk-dong Daeduk-Gu, Daejeon, 306-711, Korea  
(e-mail: ydsung@kowaco.or.kr)

\*\*\* 충남대학교 공과대학 토목공학과 부교수, 교신저자

Corresponding Author, Associate Professor, Dept. of Civil engineering, ChungNam National University, Daejeon, 305-764  
(e-mail: ksjung@cnu.ac.kr)

## 1. 서론

하천의 환경변화는 홍수, 가뭄 등의 자연적인 요인과 하천정비, 하천 구조물설치 등 인위적인 요인에 의해 발생된다. 홍수, 가뭄과 같은 자연적인 요인에 의한 하천환경의 변화는 자연하천이 갖는 역동성으로 다양한 하천생태계를 유지하는 생명력의 역할을 하며 곧 회복되지만, 하천정비와 같은 인위적인 요인에 의한 하천환경의 변화는 회복하는데 많은 시간이 소요된다.

하천은 그 자체로는 물과 지질로 이루어진 무기체이지만, 하천이 안고 있는 모든 것들은 생명을 갖고 있는 유기체이다. 하천은 유량과 수심의 계절적인 변화에 따라 하도가 끊임없이 변하는 물과 육지의 생태계가 접하는 추이대로써 매우 다양한 생물이 조화를 이루며 서식하는 생물의 귀중한 서식처이다. 따라서 표준적인 지표에 의한 하천의 생물서식처 현황과 실태를 평가하는 것은 상당히 의미가 있는 일이라고 할 수 있다.

국외의 하천 자연도 평가방법으로는 미국의 적정 기능상태 평가(Prichard. et al., 1998), 시각적 하천 건강성 평가법(USDA, 1998), 현장 서식처 평가서(Barbour. et al., 1999)와 뉴질랜드의 생태계 보전가치 평가(Coller. et al., 1993), 일본의 물리적·생물적요소의 자연도 평가(建設省東北地方建設局, 1994), 영국의 하천 서식처조사(Environment Agency, 1997) 등 다양한 평가방법이 있다.

Ward et al.(2003)은 현장 서식처 평가서(Habitat Assessment Field Data Sheet)와 시각적 하천 건강성 평가법(Stream Visual Assessment), 적정 기능상태 평가(Proper Functioning Condition) 방법들을 적용하여 1999년에서 2000년까지 미국 캘리포니아 주의 234개 하천을 대상으로 조사하여 각 평가방법간의 상관관계를 분석한 바 있다. 이 연구에서 평가방법간의 상관성이 높다는 것은 평가지표간의 유사성과 중복성이 있으며 동일한 평가결과를 얻게 될 가능성이 있음을 입증한바 있다.

또한 USDA의 National Water and Climate Center에서는 시각적 하천 건강성 평가법을 적용하여 182개 지점을 대상으로 60명의 전문가가 1997년과 1998년까지 평가를 시행한바 있다(USDA, 1998). 이 조사 평가에서는 다른 평가 방법들과 시각적 하천 건강성 평가법의 정확성(Accuracy), 정밀성(Precision)과 적용성 등을 검토하였다.

국내에는 조용현(1997a, 1997b), 정정채와 이상석(1998), 김동찬과 박익수(1999), 박병철 등(2002), 배연재 등(2003), 박진원과 마호섭(2003)의 하천 자연도 평가에

관한 연구와 적용사례가 있다. 박봉진과 정관수(2004), 박봉진 등(2005a, 2005b)은 국가하천과 지방1급 하천에 적용이 가능한 하천 자연도 평가 방법을 제안하고, 그 적용성을 연구한 바 있다.

금번 연구에서는 낙동강 유역내 내성천 등 10개 주요 하천을 대상으로 하천 생물 서식처의 물리적 구조와 질(조용현, 1997a)을 평가하는 지표인 하천 자연도 평가와 하천의 대표적인 환경지표인 수질과의 독립성과 유사성을 판단하기 위하여 상관성 분석을 실시하였다.

## 2. 하천 자연도 평가 방법 및 대상하천의 선정

### 2.1 하천 자연도 평가 방법

금번 시행한 하천 자연도 평가는 “하천의 생물서식처 복원을 위한 하천 자연도 평가”(박봉진 등, 2005a)에서 제시한 평가방법을 적용하였다. 이 평가방법은 국가하천 및 지방1급 하천을 평가대상으로 하고 있으며, 평가부문은 하천형태, 하천환경으로 2개 부문으로, 평가척도는 자연성 저감정도에 따라 가장 자연에 가까운, 자연스러운 상태를 1점, 자연에서 가장 먼, 극히 심하게 훼손된 상태를 5점을 주는 5단계로 구분을 하고 있다.

### 2.2 대상하천의 선정

낙동강 유역의 유역면적은 대한민국의 약 1/4에 해당하는 23,702km<sup>2</sup>이고, 유로연장은 511km이다. 낙동강 유역에 위치하고 있는 국가하천은 낙동강, 내성천, 감천, 금호강, 황강, 남강, 덕천강, 함안천, 밀양강, 양산천, 서낙동강, 평강천, 백도강의 13개소 854km이며, 지방1급 하천은 낙동강, 반변천, 내성천, 병성천, 위천, 신천, 회천, 거창위천, 남강, 함양위천의 10개소 1,919km이며, 지방2급 하천은 780개소 6,364km이다(건설교통부, 2003). 금번 연구에서는 Table 1과 같이 낙동강 본류로 합류하는 내성천, 병성천, 위천, 감천, 금호강, 남강, 밀양강, 형산강, 태화강, 양산천 등 10개 주요 국가하천과 지방1급 하천을 대상하천으로 선정 하였다.

## 3. 하천 자연도 평가 의 시행

하천 자연도 평가는 2003년 9월부터 2004년 9월까지 시행하였다. 평가절차는 하천지도인 우리가람길라잡이(건설교통부, 2002)를 참고하여 도상에서 평가 위치를 우선적으로 결정하였으며, 현지조사는 GPS에 의한 평가 위치를 확인하고, 평가 및 평가지의 작성, 사진촬영 순으로 시행하였다. 현지조사를 완료하고 평가지와 사진 촬영 자료를 정리하고 평가결과 분석보고서를 작성하였다.

Table 1. Rivers for Evaluation of the River Naturalness

Channel Name	Basin Area (km <sup>2</sup> )	Channel Length (km)	Evaluation Length(km)	Evaluation Section	Date
Naeseongcheon	1,815	116	50	24 Section	2003.10.10
Byeongseongcheon	434	32	15	9 Section	2004.05.07
Wicheon	1,403	114	30	9 Section	2004.09.09
Gamcheon	1,004	69	45	24 Section	2003.09.19
Geumhogang	2,108	116	75	28 Section	2004.04.12
Namgang	3,468	186	75	18 Section	2004.09.10
Milyanggang	1,421	102	30	15 Section	2004.05.19
Hyeongsangang	1,133	63	45	16 Section	2004.09.08
Taehwagang	644	46	15	6 Section	2004.05.20
Yangsancheon	243	32	12	6 Section	2004.05.19

낙동강 유역내 하천의 내성천 등 10개 주요 하천의 하천자연도 평가결과는 Table 2 및 Fig. 1과 같이, 종합 평가 결과는 1.428~4.107의 1등급과 4등급으로 평가되었으며, 부문별 평가 결과는 하천형태의 평가지수가 1.929~4.429로 2등급에서 4등급으로, 하천환경의 평가지수는 1.774~3.643의 1등급에서 4등급으로 평가되었다.

부문별 평가결과 하천형태 부문이 하천환경 부문보다 자연도가 낮게 평가되었다. 이것은 하천의 직강화와 하천 제방축조, 저수로 호안공 설치 등 치수위주의 하천정비로 인하여 낙동강유역의 하천형태가 많이 훼손한 것으로 판단된다.

Table 2. Evaluation Results of the River Naturalness

Channel Name	Water Quality Monitoring Network	Evaluation of the River Naturalness(E.R.N.)			
		General Evaluation	River Shape	River Environment	Water Quality Item
Naeseongcheon	Naeseongcheon1	2.305	2.924	1.686	2.067
	Naeseongcheon2	2.305	2.924	1.686	2.333
	Naeseongcheon3	2.167	2.762	1.571	2.000
Byeongseongcheon	Byeongseongcheon	2.111	2.492	2.302	3.333
Wicheon	Wicheon2	2.429	2.690	2.167	2.000
Gamcheon	Gamcheon1	2.612	3.337	1.888	2.000
	Gamcheon2	2.407	3.200	1.614	2.000
Geumhogang	Geumhogang2	1.939	2.347	1.939	2.143
	Geumhogang3	1.429	1.929	1.429	1.500
	Geumhogang4	2.937	3.571	2.937	3.111
	Geumhogang5	2.333	3.238	2.333	3.000
	Geumhogang6	2.514	3.743	2.514	3.000
Namgang	Namgang1	3.690	4.429	2.952	3.000
	Namgang2	3.548	3.857	3.238	3.000
	Namgang3	2.357	2.735	1.980	3.000
	Namgang4	2.000	2.600	1.857	3.000
Milyanggang	Milyanggang1	2.012	1.929	2.095	2.667
	Milyanggang2	2.679	2.500	2.857	3.000
	Milyanggang3	2.214	2.886	1.543	3.200
Hyeongsangang	Hyeongsangang1	2.400	2.714	2.086	2.200
	Hyeongsangang1-1	2.400	2.714	2.086	2.200
	Hyeongsangang2	2.804	2.964	2.643	2.500
Taehwagang	Myeongchon	4.107	4.643	3.571	4.750
	Taehwa	3.024	3.254	3.024	4.167
Yangsancheon	Yangsancheon1	2.500	2.429	2.571	3.000
	Yangsancheon1	3.429	3.786	3.071	3.500
	Yangsancheon3	3.214	3.500	2.929	4.000

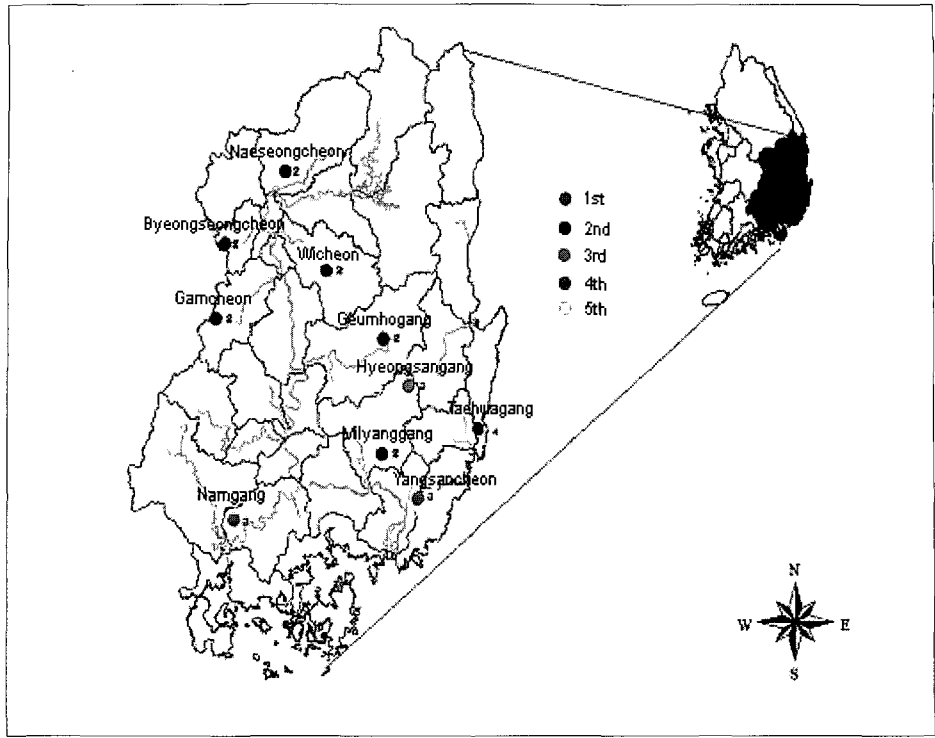


Fig. 1. Location and Result Evaluation of the River Naturalness

자연도 평가 결과를 분석하면 Fig. 2 및 Table 3과 같이, 종합평가의 최빈등급은 전체의 152개 평가구간 중 99개구간(65%)에서 2등급으로 평가되었으며, 하천형태 부분의 최빈등급은 64개구간(42%)에서 3등급으로, 하천 환경 부문은 61개구간(40%)에서 2등급으로 평가되었다.

#### 4. 수질 평가

수질은 환경부 물환경정보시스템에서 제공하는 자료

를 사용하였으며, 대상 항목은 하천수의 주요 수질지표인 수소이온농도(pH), 생물화학적 산소요구량(BOD), 부유물질(SS), 용존산소량(DO)의 4가지를 선정 하였다. 주요지점의 수질은 Table 4와 같이 수소이온농도는 7.102 ~ 8.497 mg/l 이었으며, 생물화학적 산소요구량은 0.748 ~ 5.271 mg/l, 용존산소량 5.077 ~ 12.335 mg/l, 부유물질은 3.668 ~ 19.960 mg/l 이었다.

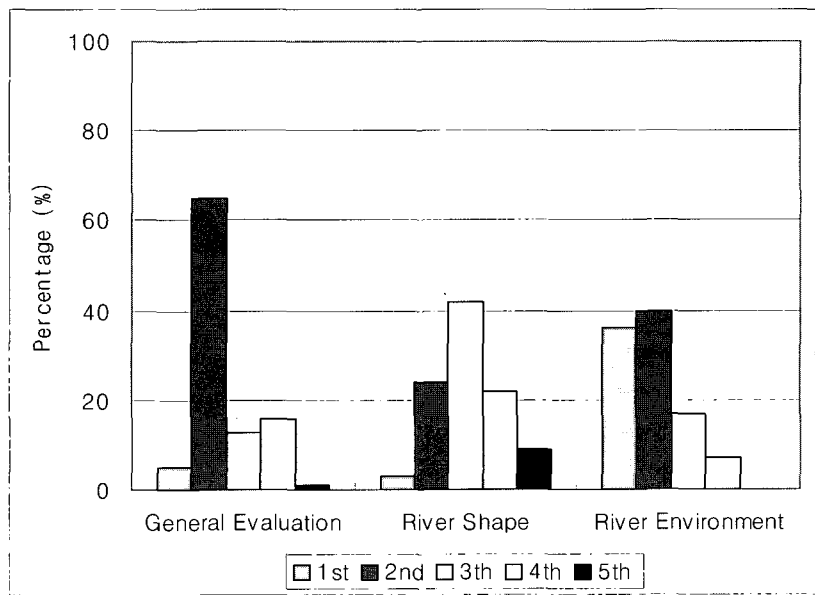


Fig. 2. Evaluation Results of the River Naturalness

Table 3. Evaluation Results of the River Naturalness

Criterion	1 <sup>st</sup>		2 <sup>nd</sup>		3 <sup>th</sup>		4 <sup>th</sup>		5 <sup>th</sup>	
	Section	%	Section	%	Section	%	Section	%	Section	%
General Evaluation	7	5	99	65	20	13	25	16	1	1
River Shape	5	3	37	24	64	42	33	22	13	9
River Environment	55	36	61	40	25	17	11	7	0	0

Table 4. Evaluation Results of the Water Quality

Channel Name	Water Quality Monitoring Network	pH (mg/ℓ)	BOD (mg/ℓ)	DO (mg/ℓ)	SS (mg/ℓ)
Naeseongcheon	Naeseongcheon1	7.740	1.030	10.510	10.580
	Naeseongcheon2	7.860	1.010	10.590	9.880
	Naeseongcheon3	7.830	1.000	10.590	10.490
Byeongseongcheon	Byeongseongcheon	7.521	2.073	10.609	11.531
Wicheon	Wicheon2	7.873	1.333	11.053	7.455
Gamcheon	Gamcheon1	7.657	0.748	10.036	13.400
	Gamcheon2	7.625	1.133	10.627	13.080
Geumhogang	Geumhogang2	8.415	0.900	12.335	6.985
	Geumhogang3	8.097	4.712	10.703	8.193
	Geumhogang4	8.497	5.271	12.135	9.627
	Geumhogang5	8.163	5.020	10.952	9.832
	Geumhogang6	7.813	4.478	9.533	12.927
Namgang	Namgang1	7.102	1.538	9.102	10.242
	Namgang2	7.235	2.247	9.327	11.367
	Namgang3	7.207	2.628	9.415	14.648
	Namgang4	7.333	2.792	9.183	16.862
Milyanggang	Milyanggang1	7.367	1.250	9.523	4.490
	Milyanggang2	7.403	1.607	9.608	9.452
	Milyanggang3	7.440	2.187	9.903	12.155
Hyeongsanggang	Hyeongsanggang1	7.613	3.707	10.527	6.697
	Hyeongsanggang1-1	7.548	3.707	10.917	3.668
	Hyeongsanggang2	7.895	0.910	11.455	10.550
Taehwagang	Myeongchon	7.679	3.885	6.992	19.960
	Taehwa	7.729	4.952	8.869	10.548
Yangsancheon	Yangsancheon1	7.372	1.088	5.077	9.340
	Yangsancheon1	7.353	3.465	11.508	8.820
	Yangsancheon3	7.355	3.610	17.472	9.017

5. 하천 자연도와 수질의 비교 분석

수질은 하천의 생태환경을 화학적으로 평가하는 하천 환경의 대표적인 지표로 가장 많이 사용되고 있다. 그러나 하천의 생태환경을 화학적인 수치로 대변할 수는 없다. 하천에 있어서 수질과 하도의 물리적 특성은 하천의 생물 서식처를 구성하는 주요한 요소이다 (Barbour et al., 1999). 따라서 본 연구에서는 하천 생물 서식처의 물리적 구조와 질을 평가하는 지표인 하천 자연도 평가와 하천의 대표적인 환경지표인 수질과의 독립성과 유사성을 판단하기 위하여, 상관성 분석을

실시하였다.

수질평가 항목인 수소이온농도(pH)와 하천 자연도 평가의 종합평가결과, 하천형태와 하천환경의 부문별 평가결과, 하천 환경부문의 수질 평가항목으로 구분하여 상관분석을 실시하였다. 생물화학적산소요구량(BOD), 부유물질(SS), 용존산소량(DO)의 항목도 같은 방법으로 비교 하였으며, 분석 결과는 Table 5와 6, Fig. 3과 같다.

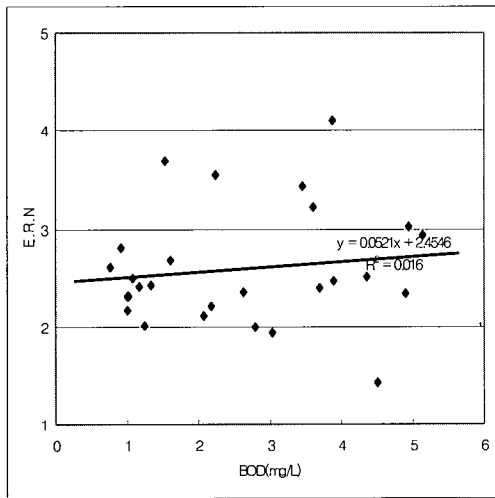
pH와 하천 자연도의 종합평가 결과는 상관계수가 -0.3401, 하천형태 부문은 -0.1503, 하천환경 부문은 -0.2381로 부의 상관관계를 가지고 있으며, 다른 수질

Table 5. Correlation Coefficient Analysis

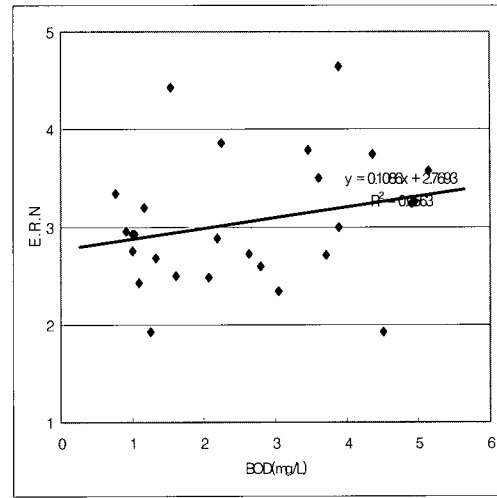
Water Quality	Evaluation of the River Naturalness(E.R.N.)			
	General Evaluation	River Shape	River Enviroment	Water Quality Item
pH	-0.3401	- 0.1503	-0.2381	-0.2472
BOD	0.1259	0.2270	0.3137	0.5533
DO	-0.5886	-0.4651	-0.5263	-0.6693
SS	0.3764	0.5373	0.1861	0.5186

Table 6. R-Squared(R<sup>2</sup>) Analysis

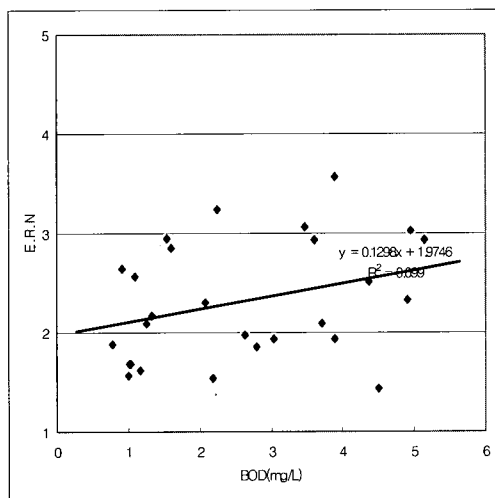
Water Quality	Evaluation of the River Naturalness(E.R.N.)			
	General Evaluation	River Shape	River Environment	Water Quality Item
pH	0.1157	0.0226	0.0570	0.0611
BOD	0.0160	0.0990	0.2894	0.2900
DO	0.3465	0.2163	0.2770	0.4480
SS	0.1417	0.2887	0.3460	0.2689



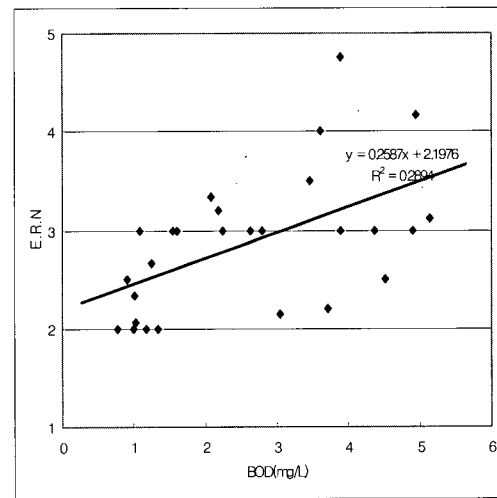
(a) General Evaluation & BOD



(b) River Shape & BOD



(c) River Enviroment & BOD



(d) Water Quality Item & BOD

Fig. 3. Comparison of the River Naturaless and Water Quality

항목과 비교하여 가장 낮은 상관성을 가지고 있는 것으로 분석되었다. BOD와 하천 자연도의 종합평가 결과는 상관계수가 0.1259, 하천형태 부문은 0.2770, 하천환경 부문은 0.3137로 양의 상관관계를 가지고 있었다. DO와 하천 자연도의 종합평가는 상관계수가 -0.5886, 하천형태 부문은 -0.4651, 하천환경 부문은 -0.5263으로 부의 상관관계를 가지고 있으며, 다른 수질항목에 비하여 비교적 높은 상관성을 가지고 있는 것으로 분석되었다. SS는 하천 자연도 평가의 종합평가 결과는 상관계수가 0.3764, 하천 형태부문은 0.5373, 하천 환경부문은 0.1861로 양의 상관관계를 가지고 있었다.

하천 자연도 평가와 수질의 회귀분석 결과는 결정계수( $R^2$ )는 Table 6과 같다. 1차원 회귀분석결과  $R^2$ 가 0.0160~0.4480으로 회귀식의 정확성이 상당히 떨어지는 것으로 분석되었다.

상관계수가 0인 경우는 두 분석대상 지표의 상관성이 전혀 없는 상태이며, 상관계수가 1에 가까울수록 두 항목간의 관계가 선형 비례적으로 증가하는 관계를 나타낸다. 또한 상관계수가 음수값을 나타내면 반비례의 관계가 있다. 환경을 평가하는 지표로써 상관관계가 높다는 것은 평가방법이 유사하다는 것을 의미하거나, 평가방법을 서로 대체할 수 있는 것을 의미한다(Ward. et al., 2003).

이번 연구에서 하천 자연도 평가와 수질의 상관성 및 회귀분석 결과 상관계수가 -0.1503~-0.5886로 서로 낮은 상관성을 갖고 있으며, 1차원 회귀분석 결과도  $R^2$ 가 0.0160~0.4480으로 정확성이 상당히 떨어진다. 따라서 하천의 생물 서식처를 평가하는 방법으로 하천 자연도 평가와 수질은 서로 독립적인 지표인 것으로 분석되었다.

## 6. 결 론

이번 연구에서는 낙동강 유역내 내성천 등 9개 주요 하천을 대상으로 하천 생물 서식처의 물리적 구조와 질을 평가하는 지표인 하천 자연도 평가와 하천의 대표적인 환경지표인 수질의 상관성을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 하천 자연도 평가의 종합평가 결과는 1.428~4.107의 1등급과 4등급으로 평가 되었으며, 부문별 평가 결과는 하천형태의 평가지수가 1.929~4.429로 2등급에서 4등급으로, 하천환경의 평가지수는 1.774~3.643의 1등급에서 4등급으로 평가되었다.
2. 수질 평가 결과는 수소이온농도는 7.102~8.497 mg/l이었으며, 생물화학적 산소요구량은 0.748~5.271

mg/l, 용존산소량 5.077~12.335 mg/l, 부유물질은 3.668~19.960 mg/l 이었다.

3. 하천 자연도 평가와 수질의 상관분석 결과, 상관계수가 -0.1503~-0.5886로 서로 낮은 상관성을 갖고 있으며, 하천 자연도 평가와 수질의 1차 회귀분석 결과도 결정계수( $R^2$ )가 0.0160~0.4480으로 회귀식의 정확성이 상당히 떨어 졌다. 따라서 하천의 생물 서식처를 평가하는 방법으로 하천 자연도 평가와 수질은 서로 독립적인 지표인 것으로 분석되었다.

## 참 고 문 헌

- 김동찬, 박익수 (1999). "생태환경복원을 위한 하천자연도 평가기준에 관한 연구." **한국조경학회지**, 한국조경학회, Vol. 17, No. 3, pp. 123-134.
- 박병철, 신영철, 서애숙 (2002). "GIS를 이용한 하천의 자연성 평가 : 청주시 무심천 지역을 중심으로." **한국지리정보학회지**, 제5권, 제1호, pp. 48-57.
- 박봉진, 정관수 (2004). "낙동강 유역내 주요하천의 하천자연도평가 결과." **수자원정보**, 한국수자원공사, 2004년 겨울호, pp. 56-67.
- 박봉진, 신종이, 정관수 (2005a). "하천의 생물서식처 복원을 위한 하천자연도 평가 : I. 평가 방법의 적용." **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제38권, 제1호, pp. 37-48.
- 박봉진, 신종이, 정관수 (2005b). "하천의 생물서식처 복원을 위한 하천자연도 평가 : II. 평가방법의 제안." **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제38권, 제1호, pp. 49-57.
- 박원진, 마호섭 (2003). "양재천의 식행현황과 하천자연도 평가." **농업과학생명연구**, 경상대학교 농업생명과학연구원, 제37권, 제2호, pp. 57-70.
- 배연재, 원두희, 이용재, 승현우 (2003). "하천생태계에 대한 환경평가 기법과 생물다양성 관리시스템의 개발 및 적용." **한국환경생물학회지**, 한국환경생물학회, 제21권, 제3호, pp. 223-233.
- 정정채, 이상석 (1998). "중·소도시 하천의 친환경적 활용 잠재력평가에 관한 연구." **한국조경학회지**, 한국조경학회, Vol. 26, No. 1, pp. 96-112.
- 조용현 (1997a). 생태적 복원을 위한 중소하천 자연도 평가방법 개발, 박사학위논문, 서울대학교.
- 조용현 (1997b). "우리 나라 중소하천 코리도의 자연성 평가기법연구." **한국조경학회지**, 한국조경학회, Vol. 25, No. 2, pp. 73-81.

建設省東北地方建設局 (1994). 東北の自然豊かな川づくり-近自然化河道改修計画検討マニュアル.

Barbour et al. (1999). *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers : Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish Second Edition*. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.

Collier, K.J., McColl, R.H.S. (1993). "Assessing the Natural Value of New Zealand Rivers." *River Conservation and Management*, Edited by P. J. Boon, P. Calow, G.E. Petts, New York, John Wiley & Sons, pp. 195-211.

Environment Agency (1997). *River Habitat Survey : 1997 Field Survey Guidance Manual*.

Prichard et al. (1998). *Riparian Area Management : Process for Assessing Proper Functioning Condition*. TR 1737-9 (Revised 1998)". Bureau of Land Management, BLM/SC/ST-93/003+1737+REV95+REV98, Service Center, CO. 51

USDA (1998). *Stream Visual Assessment Protocol*. National Water and Climate Center Technical Note 99-1.

Ward et al. (2003). "A Comparison of Three Visual Assessments for Riparian and Stream Health." *Journal of Soil and Water Conservation*, M/A, pp. 83-88.

(논문번호:06-29/접수:2006.02.20/심사완료:2006.07.06)