

# 물리적인 하천평가 체계의 상관성 분석

## Correlationship Analysis of Physical Stream Assessment

김기흥<sup>1)</sup>, 박현섭<sup>2)</sup>  
Kim Ki Heung, Park Hyun Sub

### 요 지

하천의 수리 및 하도의 특성으로 대표되는 물리적 환경(하도 및 수리 특성)은 생태계 기반으로 수질특성과 더불어 생물에 미치는 영향이 아주 크다. 따라서 하천의 물리적 환경을 진단하고 평가하는 경우에는 상·중·하류의 위치에 따른 하도의 지형학적 특성과 하천의 규모 및 유량의 크기 등에 따라 하천의 유형을 분류하고 그 유형별 특성에 따라 하천환경의 평가시스템을 구축할 필요가 있다.

1980년 후반 이후에는 세계 각국에서 환경보전, 하천복원 및 하천관리 등 종합적인 하천공학적 관점에서 적용할 수 있는 하천분류체계가 제시되었으며 1990년대 이후 선진국들은 정성적 또는 정량적인 하천의 서식환경 평가시스템을 구축하여 적용하고 있으며 대표적으로 정량적 평가시스템을 운영하는 국가는 독일과 미국이고, 정성적 평가시스템을 운영하는 국가는 영국이며, 호주는 영국과 미국의 평가시스템을 통합한 시스템을 운영하고 있다.

한편, 국내에서는 하천환경에서 생태계 기반인 하천의 물리적 특성(구조)에 대한 평가 및 진단 절차도 없이 시행되고 있는 사례가 대부분이다. 또한 지금까지는 하천의 자연도 평가 연구 등에서 선진국들의 하천환경평가시스템을 여과 없이 적용함으로써 국내의 하천특성을 제대로 반영하지 못하는 문제점을 노출하고 있다. 따라서 국내 하천의 물리환경 평가시스템에서는 생물 서식의 기반이 되는 하천의 하도지형 특성 및 수리 특성을 반영할 수 있어야 한다.

하천평가에 앞서 하천유형 분류에 따른 하도특성은 하상경사에 따라서 급경사 하천(high-gradient stream), 중경사 하천(mid-gradient stream), 완경사 하천(low-gradient stream)으로 구분하였으며 하천의 물리환경 평가시스템의 평가영역 및 평가지표는 정량적 평가시스템을 운영하는 독일(LAWA, 2004)과 미국(EPA, 2004)의 연구결과를 참고하여 공통지표를 추출하고, 우리나라의 하천이용 및 정비현황을 반영하여 하천유형을 3가지로 분류하고 각 하천유형에 대하여 3개 영역 10개 평가지표를 5개 등급으로 구분하여 평가시스템을 구축하였다. 하천에 대한 하천 지형특성과 현황을 조사할 항목은 수리 및 하도영역의 6개 항목, 하안 영역의 2개 항목, 하천교란 영역 2개 항목으로 3개 영역으로 구분해서 평가하고 그 점수에 따라 1등급은 매우 좋음(1등급)상태의  $20 \sim 18 \geq$  점, 좋음(2등급)상태의  $18 > \sim 14 \geq$  점, 보통(3등급)상태의  $14 > \sim 8 \geq$  점, 나쁨(4등급)상태의  $8 > \sim 4 \geq$  점, 매우나쁨(5등급)상태의  $4 >$  점으로 등급을 산정하였다. 매우 좋은의 1등급은 참조하천이며 좋음~매우나쁨의 2등급~5등급은 비교하천으로 구분하였으며 보통보다 높은 경우는 자연하천, 낮은 경우는 인공하천으로 나누어 서식처 기반에 따라 평가체계를 구축하였다.

한국형 하천환경 물리평가 체계가 확실히 구축되기 위해서는 각자의 평가 등급이 적절하게 평가 되는지를 검증해야 하기 때문에, 본 연구에서는 하천유형별 자연하천과 인공하천을 비교·분석하였고 평가 영역별 평가지표를 기준으로 상관분석을 통한 상관성을 분석하고 더 나아가 가중치의 적절성 및 각각의 등급에 미치는 영향을 검토하고자 한다.

**핵심용어** : 자연하천, 인공하천, 하천특성, 하천평가, 하천분석

1) 정회원·경남과학기술대학교 건설환경공과대학 토목공학과 교수·E-mail : [khkim@gntech.ac.kr](mailto:khkim@gntech.ac.kr) - 발표자

2) 학생회원·경남과학기술대학교 건설환경공과대학 토목공학과 석사과정·E-mail : [phs3965@nate.com](mailto:phs3965@nate.com)

## 1. 서론

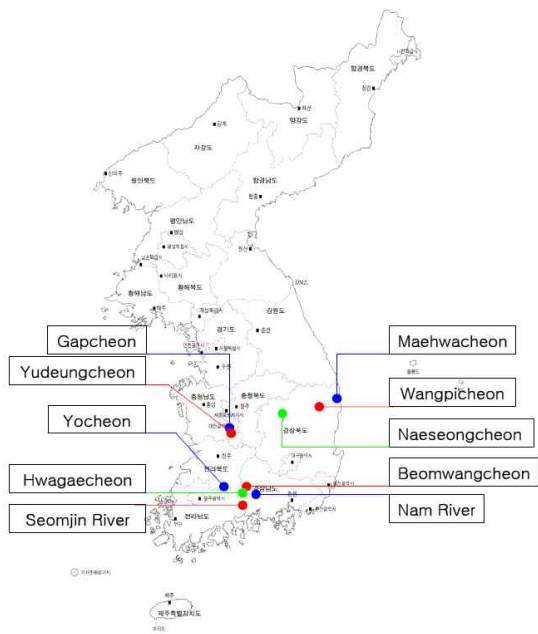
국의 하천의 특성 분류체계와 하천의 수리 및 하도특성 평가기준의 검토, 분석 결과를 바탕으로 평가항목, 평가지표는 정량적 평가시스템을 운영하는 독일(LAWA, 2004)과 미국(EPA, 2004)의 평가지표를 참고하여 공통지표를 추출하였다. 우리나라의 하천이용 및 정비현황을 반영하여 3개의 하천유형에 따라 각 하천유형에 대하여 3개 영역의 10개 평가지표를 5개 등급으로 구분하여 평가시스템을 구축하였다.

따라서 본 연구에서는 평가시스템에서 제시하는 방법을 토대로 하천을 분류하고 하천환경평가를 위하여 하폭, 저수로폭 및 수면폭의 변화 등을 이용하여 제2단계의 평가단위구간인 하천세구간을 설정한 후에 10개의 지표에 대하여 평가 실시 후 평가지표에 관련된 타당성을 파악하며 나아가 가중치의 적합성을 판단하였다.

## 2. 평가 범위와 방법

### 2.1 평가 대상

평가대상의 조사범위는 하상경사에 따라 구분하였으며 급경사 하천 2개, 중경사 하천 5개, 완경사 하천 5개로 총 10개의 하천을 선별적으로 선택하여 평가하였다.



하천명	하천연장	Segment 분류	Reach 분류
남강	39.5 km	2개 하천유형 (Segment 1, 2)	11 개
내성천	57 km	1개 하천유형 (Segment 2)	13개
갑천	33.51 km	1개 하천유형 (Segment 2)	8개
유등천	37.6 km	2개 하천유형 (Segment 1, 2)	15개
섬진강	19.8 km	1개 하천유형 (Segment 2)	2개
왕피천	31.4 km	1개 하천유형 (Segment 1)	3개
요천	17.74 km	1개 하천유형 (Segment 1)	2개
매화천	8.9 km	1개 하천유형 (Segment 1)	2개
화개천	9.7 km	1개 하천유형 (Segment M)	2개
범왕천	3.2 km	1개 하천유형 (Segment M)	2개

그림 1. 하천의 위치 및 평가단위 분류

### 2-2. 평가 방법

하천을 하상재료, 식생, 생태계 등을 통계적으로 유사한 하천구간으로 분류하기 위하여 하상경사를 통한 분류를 하였다. 그 방법으로는 Segment분류법을 사용하였으며 하상경사 1/60 이상인 급경사 하천(high-gradient stream), 1/60 ~ 1/400인 중경사 하천(mid-gradient stream), 1/400 ~ 1/5,000인 완경사 하천(low-gradient stream) 으로 구분하였다. 그리고 하폭, 저수로폭 및 수면폭의 변화 등을 이용하여 제2단계의 평가단위구간인 하천세구간(reach)을 설정하였으며 각각의 세구

간에 대하여 평가 후 등급화 하였다.

하천에 대한 지형특성과 현황의 조사항목은 수리 및 하도영역의 6개 항목(유효 서식처, 하상매몰도(소의 하상재료), 유속수심(소의 다양성), 하상안정, 하도흐름상태, Step-pool(여울) 출현빈도 및 사행도) 하안영역의 2개 항목(하천 횡단 형상, 하안 안정성(좌, 우)), 하천교란 영역 2개 항목(하도개수(좌, 우), 하천횡단 구조물)으로 3개 영역으로 구성되어 있다.

각각의 평가항목에 대하여 점수화 하여 평가총점을 평가항목 수를 나눈 값에서 1등급은 매우 좋음(1등급)상태의 20~18≥점, 좋음(2등급)상태의 18>~14≥점, 보통(3등급)상태의 14>~8≥점, 나쁨(4등급)상태의 8>~4≥점, 매우나쁨(5등급)상태의 4>점으로 등급을 산정하였다. 매우좋음의 1등급은 참조하천이며 좋음~매우나쁨의 2등급~5등급은 비교하천으로 구분하였으며 보통보다 높은 경우는 자연하천, 낮은 경우는 인공하천으로 나누어 서식처 기반에 따라 평가체계를 구축하였으며, 그림2 및 표1에 나타내었다(정혜련, 김기홍, 2015).

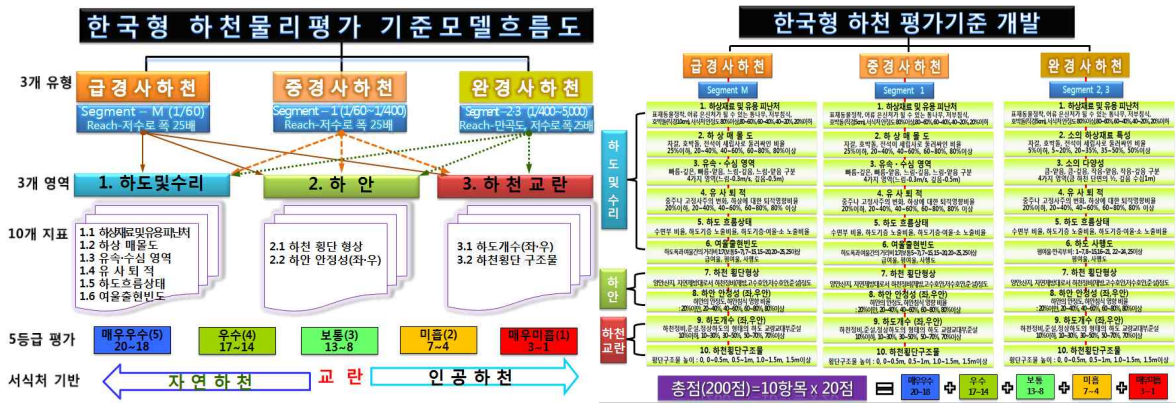


그림 2. 한국형 물리적 하천 평가 체계

표 1. 물리적 하천 평가지표 및 기준

영역	평가지표	등급 유형	평가 기준				
			매우 우수(20~18)	우수(17~14)	보통(13~8)	미흡(7~4)	매우 미흡(3~1)
1) 하도및수리	① 하상재료및 유효피복	급경사하천	80% 이상	80~60%	60~40%	40~20%	20% 이하
		완경사하천	50% 이상	50~40%	40~30%	30~20%	20% 이하
	② 하상매몰도및 소의하상재료	급경사하천	자갈등 80%이상	자갈등 80~60%	자갈등 60~40%	자갈 등 40~20%	자갈 등 20% 이하
		완경사하천	자갈등 70%이상	자갈등 70~50%	자갈등 50~30%	자갈 등 30~10%	자갈 등 10% 이하
	③ 유속/수심 조합	급경사하천	자갈등 50%이상	자갈등 50~35%	자갈등 35~15%	자갈 등 15~0%	자갈 없음
		완경사하천	4 type	3 type (빠름-얕음)	2 type	1type (느림-깊음)	1type(느림-깊음) 지배적인경우
④ 유사퇴적	급경사하천	4 type	3 type (크고-깊음)	2 type	1type (작고-얕음)	소 없음	
⑤ 하도흐름상태	급경사하천	5% 미만	5~20%	20~30%(소퇴적발생)	35~50%	50%이상(소 없음)	
2) 하안	⑥ 여울출현빈도 및 사행도	중경사하천	10% 미만	10~30%	30~50%(소 퇴적발생)	50~70%	70%이상(소 없음)
		완경사하천	20% 미만	20~40%	40~60%(소 퇴적발생)	60~80%	80%이상(소 없음)
	⑦ 하천횡단형상	급경사하천	저수로노출 거의없음	수면부75%이상 노출25%미만	수면부75~50%이상 노출25~50%미만	수면부50~25%이상 노출50~75%미만	수면부25%미만 노출75%이상
3) 하천교란	⑧ 하안안정도	급경사하천	7 : 1 미만	7 : 1	15~20 : 1	25~20 : 1	25 : 1 이상
	⑨ 하도개수	중경사하천	7 : 1 미만	7 : 1	15~20 : 1	25~20 : 1	25 : 1 이상
3) 하천교란	⑩ 하천횡단 구조물	급경사하천	1.5배 이상	1.5~1.20	1.20~1.0	1.0~0.5	0.5이하(직선,수로)
		완경사하천	100~70%	70~50%	50~30%	30~5%	5% 이하
3) 하천교란	⑧ 하안안정도	중경사하천	5% 이하	5~30%	30~50%	50~70%	70~100%
		완경사하천	5% 이하	5~30%	30~50%	50~70%	70~100%
3) 하천교란	⑩ 하천횡단 구조물	급경사하천	5% 이하	5~30%	30~50%	50~70%	70~100%
		완경사하천	횡단구조물 없음	0< 0.5m	0.5m~1m	1m~1.5m	1.5m 이상

### 3. 평가 검토 결과

각각의 하천을 물리평가체계를 기반으로 평가를 실시하였으며, 자연하천(남강, 왕피천)에서 도시하천(갑천, 유등천)까지 여러범위의 하천을 조사하였다(그림 3 참조).



그림 3. 하천평가에 따른 등급.

자연하천에 가까울수록 1 ~ 2등급의 높은 등급이 지배적이며 이외의 하천의 경우에는 3 ~ 4등급이 지배적으로 평가되었다.

평가지표의 타당성은 독일(LAWA, 2004)과 미국(EPA, 2004)의 평가지표를 참고하여 공통지표를 추출한 결과를 바탕으로 전문가 및 실무자들로 구성된 평가지표 검토회의를 수차례 거친 결과 일부 지표가 수정 보완되거나 첨가되었기 때문에 어느 정도 확보되

었다.

가중치의 타당성 또한 전문가나 실무자들로 구성된 여러번의 회의 검토 끝에 도출되었다. 따라서 가중치의 타당성 또한 확보된 것으로 여겨진다. 그 값을 상관분석을 통하여 검토해보면 표 2와 표 3과 같이 표시되었다.

표 2. 평가항목 주요지표들의 상관분석표(가중치 적용)

Evaluation item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Available cover	-									
2. Pool substrate	.68**	-								
3. Pool Variability	.69**	.73**	-							
4. Sediment deposition	.64**	.73**	.71**	-						
5. Channel flow status	.53**	.30**	.52**	.46**	-					
6. Channel sinuosity	.56**	.63**	.63**	.72**	.25**	-				
7. Cross-section shape	.62**	.62**	.73**	.71**	.44**	.70**	-			
8. Bank stability	.47**	.16**	.41**	.38**	.73**	.16**	.39**	-		
9. Channel alteration	.56**	.28**	.51**	.48**	.83**	.27**	.45**	.77**	-	
10. Stream crossing structures	.52**	.30**	.51**	.39**	.74**	.22**	.52**	.82**	.80**	-

Note. N = 61  
\*p < .05. \*\*p < .01

표 3. 평가항목 주요지표들의 상관분석표(가중치 적용 안 됨)

Evaluation item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Available cover	-									
2. Pool substrate	.68**	-								
3. Pool Variability	.69**	.73**	-							
4. Sediment deposition	.64**	.73**	.71**	-						
5. Channel flow status	.07**	-.04**	.09**	.12**	-					
6. Channel sinuosity	.56**	.63**	.63**	.72**	-.05**	-				
7. Cross-section shape	.61**	.62**	.73**	.71**	.03**	.70**	-			
8. Bank stability	.02**	-.06**	.20**	.06**	.24**	-.09**	.10**	-		
9. Channel alteration	.61**	.32**	.56**	.52**	.41**	.32**	.47**	.34**	-	
10. Stream crossing structures	.49**	.29**	.50**	.36**	.22**	.21**	.50**	.29**	.69**	-

Note. N = 61  
\*p < .05. \*\*p < .01

각각의 평가지표에 대한 Pearson 상관관계 분석 결과의 유의도 수준은 0.01 이며 표 2와 3의 결과는 상관계수를 나타내었으며 0.16 ~ 0.83으로 넓게 분포되었다. 이와 같이 각각의 평가항목에 내포되어 있는 변수에 따라 크게 변화하여 독립적일수록 상관계수의 값은 적어질 것이고 유사성일수록 계수 값은 커질 것이다.

따라서 표 2. 평가항목 주요지표들의 상관분석표(가중치 적용)와 표 3. 평가항목 주요지표들의 상관분석표(가중치 적용 안 됨)를 비교 검토해서 상관관계가 있음에도 불구하고 낮게 나온 값의 부적절성을 보여준다. 대표적으로 영향을 미치는 인자는 하도흐름상태와 하천횡단구조물로 나타난다. 예를 들면, 가중치 적용 전 상관계수(R)는 0.22이며 가중치 적용 후 상관계수(R)는 0.74이다. 실제, 하천횡단구조물이 있으면 하도 흐름 상태가 좋아진다. 즉, 인공적인 구조물로 인하여 환경에 미치는 영향을 고려해야 함으로 가중치 적용을 하였다.

부분적인 평가항목의 지표에 가중치를 설정하고, 개선하여 전체 평가항목에 대한 평가영역을 정립하여 평가결과의 신뢰도를 높이고자 하였다.

#### 4. 논의 및 결론

본 연구는 10개의 하천을 물리적 하천 평가시스템을 기반으로 평가하고, 등급을 산출하였다. 등급 산출 결과를 바탕으로 Pearson 상관관계 분석을 실시하였다. 10개의 평가항목 중에서 4개의 항목(하도 흐름상태, 하안 안정도, 하도개수, 하천횡단구조물)에 가중치의 적용 전·후를 비교 검토하여 가중치의 타당성을 확보 하였다.

하천환경의 물리적하천환경 평가체계를 통해 통합적이고 표준화된 한국형 하천평가기준을 보다 정밀하고 정확하게 확립하고자 하였으며 향후 개별적인 요소에 대하여 보다 정밀한 관련성을 검토할 필요가 있다.

#### 감 사 의 글

본 연구는 국토교통부 물관리연구사업의 연구비지원(12기술혁신C02)에 의해 수행되었습니다.

#### 참 고 문 헌

1. 정혜련, 김기홍(2015). 내성천에 대한 물리적 하천 평가시스템 적용, 한국수자원학회 학술발표회
2. LAWA(Laenderarbeitsgemeinschaft Wasser), 2004, Gewaesserstrukturguetekartierungin der Bundesrepublik Deutschland - Uebersichtsverfahren, Berlin, Germany. (in German)
3. USEPA, 1999, Rapid Bioassessment Protocols, For Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish.