

영산강·섬진강 수계의 중권역 대표지점 선정기준과 평가기법의 개발

Development of selection criteria and evaluation method for major stations of the Yeongsan and Seomjin river basins

박성천*, 김종오**, 곽필정***, 김정수****, 이보람*****

Sung Chun Park, Jong O Kim, Pil Jeong Gwak, Jeong Soo Kim, Bo Ram Lee

요 지

최근 4대강사업과 수질오염총량제 시행으로 하천의 구조적 및 비구조적 수질관리 환경의 커다란 변화에 따라 기존 모니터링지점에 대한 전면적인 재검토가 필요하다. 선정기준을 기반으로 평가기법은 공간적 대표성, 수리학적 안정성, 생태적 대표성, 시간적 대표성, 정보취득 안정성으로 5개의 특성과 14개의 평가부문 그리고, 평가항목으로 3단계 평가기법을 구성하여 개발하였다. 영산강·섬진강수계의 제주도수계 4개 중권역을 제외한 28개의 중권역을 대상으로 기존의 중권역 대표지점에 대하여 평가기법을 적용하여 그 적합성 평가를 실시하였다. 그 결과, 1등급이 8개 지점으로 29%, 2등급이 9개 지점으로 32%, 3등급이 6개 지점으로 21%, 4등급이 4개 지점으로 14%, 5등급은 1개 지점으로 4%를 차지하는 것으로 평가되었다.

핵심용어 : 영산강·섬진강수계, 중권역 대표지점, 3단계 평가기법, 선정기준, 등급

1. 서론

우리나라는 하천 및 호소 등 수질보전대상 공공수역에 대한 수질현황을 종합적으로 파악하여 이미 집행된 주요 정책사업의 효과를 분석하고 장래 수질보전정책수립을 위한 기초자료를 확보하기 위해 수질측정망을 운영하고 있으나 과학적이고 효율적인 수질측정망의 구축이 우선적이지만 수질측정망의 설계는 광범위한 수계를 대상으로 하고 또한, 다양한 목적을 충족시켜야하므로 과학적이고 효율적인 측정망을 수립하기 위해서는 경제적, 시간적 비용의 소모가 크다. 따라서 최소한의 인력과 비용으로 최적의 수질 및 유량자료를 확보하는 것이 매우 중요하고, 최근 4대강사업과 수질오염총량제 시행으로 하천의 구조적 및 비구조적 수질관리 환경의 커다란 변화에 따라 기존 모니터링지점에 대한 전면적인 재검토가 필요하게 되었다. 본 연구에서는 최소의 비용과 인력의 투입으로 다양한 목적을 충족시킬 뿐만 아니라 선정기준의 반영정도를 판별할 수 있는 중권역 대표지점의 평가기법을 마련하고 기존의 대표지점에 평가기법을 적용하여 그 적합성을 평가하였다.

2. 영산강·섬진강수계의 중권역(대표지점) 현황

영산강·섬진강수계의 중권역은 영산강수계에 8개 중권역, 섬진강수계에 9개 중권역, 탐진강수계에 1개 중권역, 기타수계에 10개 중권역, 제주도에 4개 중권역으로 총 32개의 중권역이나, 본 연구에서는 제주도 4개 중권역을 제외한 28개 중권역(대표지점)을 대상으로 하였다.

표 1. 영산강·섬진강수계의 중권역 및 대표지점

- * 정회원·(주)상원 부설연구소 소장·E-mail : psc3135@gmail.com
- ** 목포대학교 사범대학 환경교육학과 교수·E-mail : jongokim@mokpo.ac.kr
- *** 정회원·(주)상원 대표·E-mail : gwakpj@hanmail.net
- **** (주)상원 부설연구소 수질총량팀 팀장·E-mail : kimjs-king@daum.net
- ***** (주)상원 부설연구소 수질총량팀 대리·E-mail : ab890207@naver.com

수계	중권역	대표지점	수계	중권역	대표지점
영산강	영산강상류	광주2-1	섬진강	주암댐	보성강-1
	황룡강	황룡강3-1		보성강	보성천-1
	지석천	지석천4		섬진강하류	진월
	영산강중류	영산포-1	탐진강 기타	탐진강	탐진강3
	고막원천	고막원천2-1		섬진강서남해	강진천
	영산강하류	무안1		완도	군외천
	영암천	영암천1		금산면	오천천
영산강하구연	무안2	이사천		순천동천3	
섬진강	섬진강댐	운암		수어천	수어천1
	섬진강댐하류	동계		여수시	돌산천
	오수천	오수천	진도	석교천	
	순창	남원	와탄천	와탄천	
	요천	요천-1	신안군	금산천	
	섬진곡성	곡성	영암방조제	영암호1	

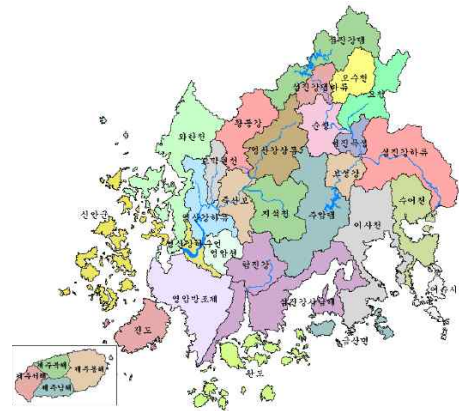


그림 1. 영산강 섬진강수계의 중권역

3. 선정기준 설정 및 평가기법 개발

평가를 위한 적절한 운용 틀은 평가의 목적이 규정되어야 하고, 평가기준은 정량적이어야 하며, 평가가 반복 가능해야 하며, 생물학적 원리에 기초해야 하고, 평가된 지역에 관심을 가지는 모든 사람이 이해할 수 있도록 평가방법, 결과, 분석이 설명되어야 한다.(Spellerberg, 1972)

3.1 중권역 대표지점의 선정기준 설정

중권역 대표지점에 대한 선정기준은 수질일반측정망과 수질총량측정망의 선정기준을 검토하고 중권역의 특성을 반영할 수 있는 중권역 대표지점의 선정기준 7가지를 다음과 같이 설정하였다.

- 중권역의 대표적인 수질 상태를 파악할 수 있는 지점
- 중권역의 특성을 반영하고 수질변화 경향을 파악할 수 있는 지점
- 수계 영향권역별 목표수질 달성여부 등을 파악할 수 있는 지점
- 기타 물환경정책수립에 필요한 지점
- 중권역 유역의 발달 또는 물질수지 분석을 위해 필요한 지점
- 중권역 유역의 오염부하량을 파악할 수 있는 지점
- 조사요원의 접근성 및 안전성과 정보취득의 편의성을 확보한 지점

3.2 중권역 대표지점의 평가기법 개발



중권역 대표지점에 대한 평가기법은 본연구에서 설정한 중권역 대표지점 선정기준 7가지를 반영하여 개발하였으며, 그림 2와 같이 5개의 평가특성(공간적 대표성, 수리학적 안정성, 생태적 대표성, 시간적 대표성, 정보취득의 안정성)과 14개의 평가부분, 24개의 평가항목을 갖는 3단계 평가기법을 개발하였다.

그림 2. 중권역 대표지점의 평가기법의 계층구조도 평가특성 및 평가부분의 가중치와 평가항목의 점수는 표 2에서와 같이 설정하여 100점 만점의 평가를 실시하고 이를 다시 표 3에서와 같이 I~V등급으로 분류하였다.

표 2 평가특성 및 평가부문과 가중치, 평가항목과 점수

평가특성(%)	평가부문(%)	평가항목과 점수		
공간적 대표성	35	유역 점유성 70	유역 점유율 90% 이상	5
			유역 점유율 80~90%	4
			유역 점유율 70~80%	3
			유역 점유율 60~70%	2
			유역 점유율 60% 이하	1
	유역 반영성 30	권역별 최대하천차수 직접	5	
		권역별 최대하천차수 1 직접	4	
		권역별 최대하천차수 2 직접	3	
		권역별 최대하천차수 3 직접	2	
		권역별 최대하천차수 4 이하 직접	1	
수리학적 안정성	20	흐름 안정성 30	흐름이 감지되는 직류하도	5
			망류하도	4
			부분적 식생피복 및 장애물	3
			전면 식생피복	2
			흐름정체	1
	단순성 25	직류하도	5	
		합류된 직류하도	4	
		곡류하도	3	
		망류하도(두 개의 저수로)	2	
		망류하도(세개 이상의 저수로)	1	
	완전혼합 가능성 15	상류유입원거리와 하천폭비 5.0 이상	5	
		상류유입원거리와 하천폭비 4.0~5.0	4	
		상류유입원거리와 하천폭비 2.0~4.0	3	
		상류유입원거리와 하천폭비 1.0~2.0	2	
		상류유입원거리와 하천폭비 1.0 이하	1	
유수 지속성 30	국가하천	5		
	지방하천	4		
	영구하천의 소하천	3		
	간헐하천	2		
	일시하천	1		
생태적 대표성	15	수생태 건강성 안정성 100	수생태건강성 등급 4개 동일	5
			수생태건강성 등급 3개 동일	4
			수생태건강성 등급 2개 동일	3
			수생태건강성 등급 1개 동일	2
			수생태건강성 등급 4개 변동	1
시간적 대표성	10	BOD자료 변동성 35	표준편차가 0.5이하	5
			표준편차가 0.5~0.8	4
			표준편차가 0.8~1.2	3
			표준편차가 1.2~1.5	2
			표준편차가 1.5 이상	1
	T-P자료 변동성 35	표준편차가 0.5이하	5	
		표준편차가 0.5~0.8	4	
		표준편차가 0.8~1.2	3	
		표준편차가 1.2~1.5	2	
		표준편차가 1.5 이상	1	
T-N자료 변동성 30	표준편차가 0.5이하	5		
	표준편차가 0.5~0.8	4		
	표준편차가 0.8~1.2	3		
	표준편차가 1.2~1.5	2		
	표준편차가 1.5 이상	1		
정보 취득 안정성	20	지점 접근성 25	차도와 인도가 구분된 포장도로	5
			인도가 없는 포장도로	4
			비포장의 도로	3
			포장도로	2
			비포장도로	1
	조사 요원의 안전성 40	인도가 있는 교량	5	
		인도가 없는 교량	4	
		검수교	3	
		보트사용가능	2	
		도보	1	
	장비의 이동성 15	도보이동 100m 이내	5	
		도보이동 100~200m	4	
		도보이동 200~400m	3	
		도보이동 400~600m	2	
		도보이동 600m 이상	1	
하천의 직선성 20	하류직선길이의 하천폭 비 2.0 이상	5		
	하류직선길이의 하천폭 비 1.5~2.0	4		
	하류직선길이의 하천폭 비 1.0~1.5	3		
	하류직선길이의 하천폭 비 0.5~1.0	2		
	하류직선길이의 하천폭 비 0.5이하	1		

하천차수를 정하는 방법은 그라베리우스(A. Gravelius), 호튼(B. Horton), 스트렐러(A. N. Strahler) 등 몇몇 학자들에 의해서 시도됐는데, 본 연구에서는 스트렐러 방법을 적용하였다. 이 방법은 상위차수가 하위차수와 합류하면 차수의 변동은 없으며, 이런 방법으로 차수를 정해가면 일정한 유역 분지 내의 주류(主流)가 가장 높은 차수를 나타내며, 일정한 하천 전체로 본다면 분류가 가장 높은 차수를 나타낸다. 수생태건강 안정성은 생태적 대표성 평가에 대한 100%를 점유하며, 부착돌말지수, 저서생물지수, 어류메트릭 모델값, 수변식생지수를 적용하여 등급변동의 안정성을 평가하고, 표 2와 같이 5가지의 평가기준을 설정하였다.

또한, 시간적 대표성의 평가는 표 2와 같이 평가부문은 BOD, T-P, T-N자료 변동성 그리고, 평가항목은 각각의 수질항목에 대한 실제 관측 값이 얼마나 분산되어서 분포하는가를 알려주는 표준편차를 적용하여 시간적 안정성을 반영하였다.

4. 평가 적용 및 결과

28개의 영산강 심진강수계의 중권역 대표지점에 평가기법을 적용한 결과 지점별로 100점 만점에 점수로 환산하여 표 3과 같이 지점별 평가등급을 결정하였다. 그 결과 표 4에서와 같이 I등급 평가는 8개 지점, II등급 9개 지점, III등급 6개 지점, IV등급 4개 지점, V등급 1개 지점으로 평가되었다. 여기서 심진강수계는 9개의 대표지점 중 I등급이 4개 지점으로 44%를 차지하고 나머지 56%인 5개 지점은 모두 II등급으로 평가되어 3개 수계 중 가장 좋은 평가를 받았으며, 탐진강 및 기타수계는 I등급 1개 지점으로 9%를 차지하며 II등급 0%, III등급 46%, IV등급 36%, V등급 9%로 평가되어 3개 수

표 3. 중권역 대표지점 평가등급의 점수구간

등급	I	II	III	IV	V
점수	90이상	89~80	79~70	69~60	60미만
설명	좋음	약간 좋음	보통	약간 나쁨	나쁨

표 4. 대표지점의 평가점수 및 등급

구분	중권역	대표지점	평가	
			점수	등급
영산강	영산강상류	광주2-1	86.4	II
		황룡강	97.0	I
		지석천	78.7	III
		영산강중류	85.1	II
	고막원천	고막원천	92.4	I
		영산강하류	91.8	I
		영암천	83.7	II
		영산강하구연	88.2	II
섬진강	섬진강댐	운암	82.0	II
		섬진강댐하류	91.2	I
	오수천	오수천	93.2	I
		순창	93.8	I
	요천	요천	88.4	II
		요천-1	88.4	II
	섬진곡성	곡성	95.8	I
		주암댐	85.7	II
	보성강	보성강-1	89.2	II
		보성강하류	86.0	II
탐진강 기타	탐진강	탐진강3	93.8	I
		섬진강서남해	63.8	IV
	완도	군외천	73.6	III
		금산면	69.8	IV
	이사천	순천동천3	61.2	IV
		수어천	73.2	III
	여수시	돌산천	70.8	III
		진도	67.2	IV
	와탄천	와탄천	74.6	III
		신안군	53.8	V
영암방조제	영암호1	71.6	III	

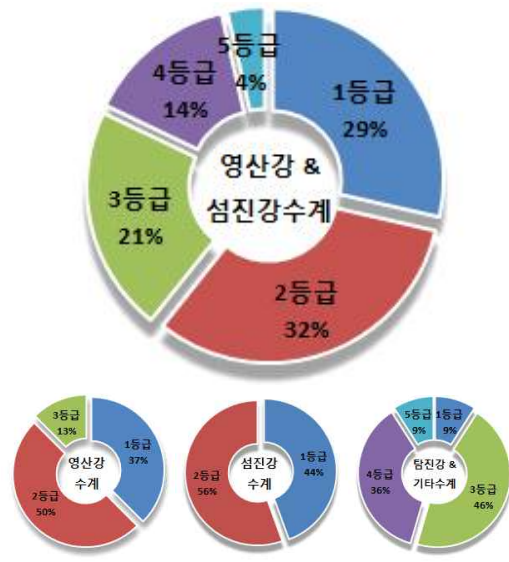
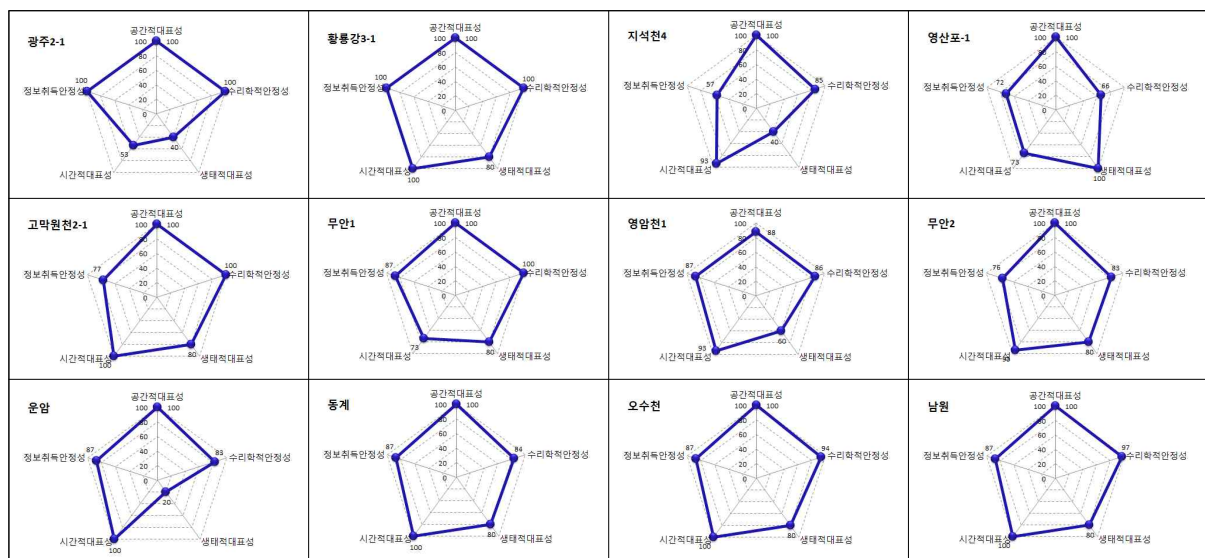


그림 3. 대표지점의 평가결과 등급분포

계 중 가장 나쁜 평가를 받았다. 이상과 같이 영산강과 섬진강수계에는 존재하지 않는 IV~V등급으로 평가된 5개 지점 모두가 기타 수계에 속한 것으로 평가되었다. 여기서 IV등급은 변경 및 폐쇄 권장하는 지점이며 V등급은 변경 및 폐쇄 적극 권장하는 지점으로 분류할 수 있다. V등급으로 평가된 신안군 금산천 지점은 일시하천으로 우기가 지나면 건천상태를 유지하는 지점으로 중권역 대표지점의 폐쇄와 수질일반측정망 지점으로서의 변경관리를 권장하였다. 그리고 표 3에서와 같이 영산강 수계의 황룡강 3-1지점은 28개 지점 중 가장 좋은 점수 97점으로 평가되었다. 그림 4의 방사형도표에서도 다섯 축에서 찌그러짐이 없이 정오각형의 모양을 잘 갖추고 있으나 가장 나쁜 점수 53.8점을 받은 신안군 금산천 지점은 다섯 축 중에 네 개의 축에서 찌그러짐이 나타나 정오각형 모형에서 가장 많은 변형이 이루어져 있음을 확인할 수 있었다.



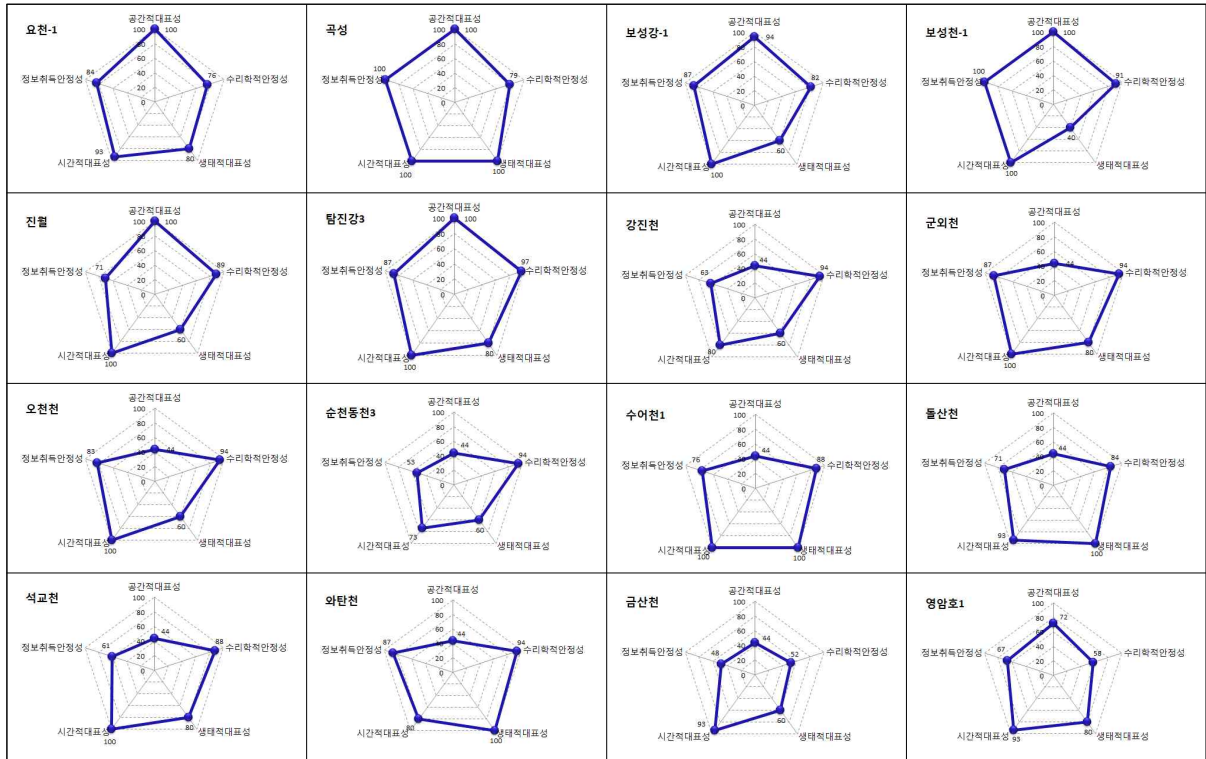


그림 4. 영산강·섬진강 수계 중권역 대표지점별 평가특성에 대한 평가점수의 방사형도표

5. 결론

본 연구는 영산강·섬진강 수계의 중권역 대표지점의 7가지의 선정기준을 개발하였고 선정기준을 토대로 평가기법은 공간적 대표성, 수리학적 안정성, 생태적 대표성, 시간적 대표성, 정보취득 안정성으로 5개의 특성과 14개의 평가부문으로 3단계 평가기법을 개발하였다. 본 연구에서는 제주도수계의 중권역을 제외한 영산강·섬진강수계의 28개의 중권역을 대상으로 평가를 실시하였으며, 1등급이 8개 지점으로 29%, 2등급이 9개 지점으로 32%, 3등급이 6개 지점으로 21%, 4등급이 4개 지점으로 14%, 5등급은 1개 지점으로 4%를 차지하는 것으로 평가되었다.

감사의 글

본 연구는 영산강·섬진강수계관리위원회 2015년 환경기초조사사업에 의하여 수행되었습니다. 연구지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 환경부 (2014), 2014 수질측정망 운영계획, 환경부
2. 윤세의 (2007), 도시하천의 평가기법 및 적용예제, 건설교통부, 한국건설교통기술평가원
3. 박석순 (2004), 수질측정망 확충계획 및 운영관리 개선방안 연구 -낙동강 수계를 중심으로-, 환경부
4. 이기영, 김지영 (2004), 경기도 하천 모니터링 체계 구축에 관한 연구 -수질·유량을 중심으로-,
5. 박성천, 진영훈 (2010), 섬진강의 목표수질 달성 및 생태건강성 유지를 위한 기초자료 분석기법 개발 및 하천유지 유량 산정(2차년도), 전남지역환경기술개발센터.
6. 오창열, 진영훈, 박성천 (2007), 영산강유역의 유출량 및 수질자료에 대한 비선형 동역학과 웨이블릿 이론의 적용, 한국물환경학회지, 제23권 제4호(pp.551~560)
7. 이호열 (2009), 영산강유역 수질측정망 운영 및 활용 현황, 한국수자원학회논문집.