

하천 수질의 오염도평가 방법의 비교 연구

이호범[†] · 이종기 · 신대윤*

전라남도 보건환경연구원, *조선대학교 환경공학부

A Comparison Study on the Method of Pollution Evaluation of Water Quality in the Stream

Ho-beom Lee[†] · Jung-ki Lee · Dae-yewn Shin*

Jeollanam-do Institute of Health and Environment

*Department of Environmental Engineering, Chosun University

(Received August 10, 2005; Accepted October 11, 2005)

ABSTRACT

This study is undertaken to find the optimal method to make the decision on the degree of water pollution by comparison of K-WQI, KOE-WQI that is made for index with the water quality index and water quality environment standard of the Frame Act on Environment Policy as the result of survey for water quality reality on the major point of the Yeongsan river from 2002 to 2004. The water quality of major rivers has some differences depending on seasons, however, under the water quality standard by the BOD₅ density, most of rivers displayed the water quality level of II-III grading, and on K-WQI that is classified by indexing for 10 categories of pH, DO, BOD₅, COD, SS, T-N, NH₃-N, NO₃-N, T-P, and E-Coli and classified into 5 groups from 100 points to 40 points, they displayed the score distribution of the first grade in water quality for 85~100 points to the second grade in water quality for 70~84 points. On KOE-WQI that is classified by indexing for 5 categories of pH, DO, BOD₅, COD and T-coli and classified into 5 groups from 90 points or above for outstanding and 29 points or below for very bad, and the water quality distribution is made ranged from the first grade in water quality for 90 points or more to the third grade in water quality for 69~50 points. In addition, for the contribution of the water quality decline, the Environmental standard has significant dependency on the BOD₅ density, with K-WQI contributing in various water quality decline depending on the environment around the river area of BOD₅, T-N, NH₃-N, NO₃-N, T-P, and E-Coli, and KOE-WQI acting as the factor contributing to lower the water quality decline by BOD₅, COD, and T-coli. As such, the current water quality environment standard has high dependency on BOD₅ and KOE-WQI excludes some nitrogen and phosphorus that considers the river environment that the grade in water quality is set by some category, and K-WQI reflected well of the ecology environment of rivers with the diversity of the assessment factor as well as to have the low dependency of specific factor to be objective.

Keywords: water quality environment standard, K-WQI, KOE-WQI

I. 서 론

급속한 도시화와 산업화에 따라 오염물질 발생량이 증가하고 부영양화 등으로 주요 하천의 수질오염이 심화되어 먹는 물의 안전마저 위협받고 있는 실정이다. 이에 대처하기 위하여 정부에서는 물 관리 종합대책을 수립하고 오염총량관리제를 시행하는 등 새로운 유역 관리기술을 도입하고 있으나, 근본적으로 수질을 개선

하기 위해서는 수계별 유역환경조사, 수중생태계의 구조 및 기능조사, 오염물질의 거동 및 저감방안 조사 등 기초 연구가 체계적으로 수행되고, 수계의 오염상황이 과학적으로 평가, 관리되어야 한다.

수계의 수질오염상태를 평가하는 방법으로서 수질측정측정점의 지표항목의 측정치를 조합하여 점수로 간단하게 표현하는 수질지수(WQI ; Water Quality Index) 법이 사용되어 왔으며, 일반적으로 수질지표항목의 선정, 측정항목별 점수법의 및 수질항목이 수질오염에 기여하는 가중치 등을 결정할 때 전문가들의 의견을 수렴하게 된다.

WQI는 Horton¹⁾이 최초로 수질항목의 오염기여도에

[†]Corresponding author : Jeollanam-do Insitute of Health and Environment
Tel: 82-62-360-5373, Fax: 82-62-360-5359
E-mail: hobeom6@hanmail.net

따라 최저 0.056에서 최고 0.222까지 가중치를 부여하여 평가하는 방법을 개발하였고, 이어서 미국 NSF (National Sanitation Foundation)²⁾가 수질전문가들의 의견을 조합하여 수온, pH, DO, BOD, TSS, NO₃-N, PO₄-P, EC 및 Fecal Coliform에 대한 점수분포를 평균곡선으로 표시하고 측정항목별 가중치를 최저 0.07에서 최고 0.17까지 부여하여 수질을 평가하는 Delphi기법을 개발하였다.

또 Deiniger 등³⁾은 수온, pH, EC, BOD, DO, DSS, NO₃-N, Turbidity, Phenols, FC, Chromaticity 및 Hardness 등 11개 항목에 대해서 최저 0.08에서 최고 0.14까지 가중치를 부여하는 WQI를 제시하였다.

국내에서는 수서곤충에 의한 수질평가 등을 하였으며,²⁰⁾ 1984년에 개발된 KOE-WQI(Korea Office of Environment Water Quality Index)법⁶⁾은 pH, DO, BOD, SS 및 T-coli 등 5개 항목에 대한 평점의 합을 항목수로 나누어 하천 오염도를 평가하는 방법이고, 국립환경연구원에서 개발한 수질평가법은 pH, DO, BOD, SS, TC, NH₃-N 및 NO₃-N와 BOD간의 관계식으로부터 환산계수를 구하여 가중치를 산정하고 항목별 평균값은 수질측정자료의 통계분석과 수질등급, 기존의 WQI 값 등을 고려한 방법이다.^{7,8)} 또한 수질상태와 국민의 체감수질오염도를 반영한 K-WQI(Korea Water Quality Index)⁹⁾법이 개발되었다.

영산강에 유입되는 하천들은 한강, 낙동강 및 금강에 비해 길이가 짧고 유지 수량이 적으며 수질의 계절 변화가 큰 편이다. 특히 갈수기에는 하천주변의 농경지, 축산시설 및 도시하수처리장 등에서 유입되는 오염물질이 충분히 분해되지 않고 하류로 유하되거나 하상에 침전, 퇴적되어 대책 마련이 시급하다.¹⁹⁾

본 연구에서는 2002년부터 3년 동안 측정된 영산강 주요 유입하천의 수질자료를 수질환경기준, KOE-WQI 및 K-WQI에 적용하여 평가함으로써 영산강유역에 가

장 적합한 수질평가방법을 모색하고자 한다.

II. 연구대상 및 방법

1. 개요

영산강은 본류를 포함한 직할하천 5개소, 지방하천 2개소 및 준용하천 178개소로 구성되어 있으며, 본류의 연장길이는 136.0 km이고 유역면적은 3,471 km²이다.¹¹⁾

2. 오염원현황

유역에는 산업체 1,065개소가 있으며, 영산강상류에 682개소, 황룡강 유역 110개소, 지석천 유역 101개소가 분포하고 있다.^{12,18)}

영산강의 주요 오염물질 배출원은 자치단체의 하수처리장 처리수와 산업단지 및 농공단지 폐수처리수 약 16,000 m³/일이며, 소규모 축산농가에서 축산폐수가 유입되고 있다.¹²⁾

3. 측정점

영산강 본류 1개 측정점과 지류 10개 측정점을 대상

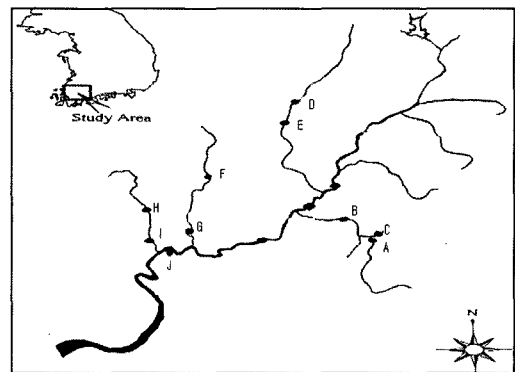


Fig. 1. A Map of the Sampling Sites.

Table 1. Water Sampling sites of the Youngsan river

River	Sites	Mark	Address
Jiseok	Jiseok1	A	Namjeong-ri, Neungju-myeon, Hwasoon-gun (Neungju-gyo)
	Jiseok2	B	Suwol-ri, Nampyeong-myeon, Naju-si (Nampyeong-gyo)
	Hawsoon	C	Jukcheon-ri, Dogok-myeon, Hwasoon-gun (Jukcheon-gyo)
Hwangryong	Hwangryong1	D	Yeongcheon-ri, Jangseong-eup, Jangseong-gun (Jindubo)
	Hwangryong2	E	Jangsan-ri, Hwangryong-myeon, Jangseong-gun (Hwangryong-gyo)
Gomakwon	Gomakwon1	F	Imun-ri, Nasan-myeon, Hampyeong-gun (Donnaebo)
	Gomakwon2	G	Gomak-ri, Hakgyo-meon, Hampyeong-gun (Seokgyo)
Hampyeong	Hampyeong1	H	Gigak-ri, Hakgyo-myeon, Hampyeong-gun (Gisan-gyo)
	Hampyeong2	I	Hakya-ri, Eumda-myeon, Hampyeong-gun (Hakya-gyo)
Youngsan	Youngsanpo	J	Ferry site for Gujinpo, Dasi-myeon, Naju-si

으로 2002부터 3년 동안 매월 1회 수질을 측정하였으며, 측정점의 위치는 Table 1 및 Fig. 1과 같다.

4. 연구방법

수질 측정 및 분석은 수질오염공정시험법¹³⁾ 및 Standard Method에 준하여 실시하였으며, 수온, pH, DO, 전기전도도는 현장측정장비(YSI 556PMS)를 사용하여 측정하였다.

수질평가지 적용한 항목은 수질환경기준(EC)은 BOD₅를 적용하고, KOE-WQI는 pH, DO, BOD₅, SS 및 T-coli. 등 5개 항목을 적용하였으며, K-WQI는 pH, DO, BOD, COD, SS, T-N, NH₃-N, NO₃-N, T-P 및 T-Coli 등 10개 항목이며, 수질지수를 산정한 후 환경정책기본법의 수질환경기준에 의하여 평가하였다.

III. 결과 및 고찰

조사대상 목표수질기준은 지천은 I등급, 본류는 I~II등급으로 설정되어 있으나, 목표수질에는 미달되고 있다.^{11,12)}

1. 수질평가

측정점별 수질자료를 E.C, KOE-WQI법 및 K-WQI

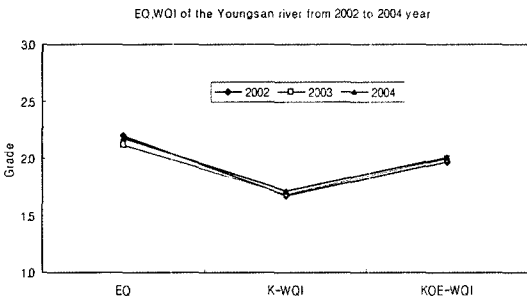


Fig. 2. Average water quality change of Yeongsan river in 2002, 2003 and 2004.

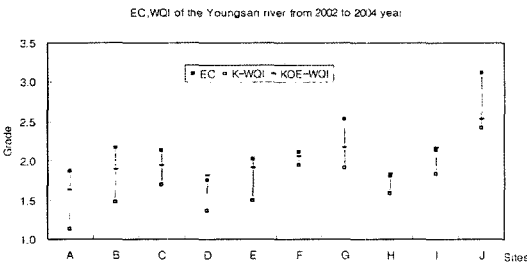


Fig. 3. Status of water quality for major points of Yeongsan river in 2002, 2003, and 2004.

법을 적용하여 평가한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 평가기간 동안 평가방법별 평균수질지수는 K-WQI법이 가장 높고 EC법이 가장 낮았다.

Fig. 3에 나타낸 영산강 본류 및 지천의 측정점별 평균수질을 보면 A, D, H측정점은 전 평가방법에서 II등급 수질이고, B, C, E, F, G 및 I측정점은 E.C법은 III등급, KOE-WQI 및 K-WQI법에서는 II등급으로 나타났다.

J측정점은 E.C법은 IV등급, KOE-WQI 및 K-WQI법은 III등급 수질이고, 평가방법별 수질등급은 E.C, KOE-WQI 및 K-WQI순서로 높게 나타났다.

1) 영산강 및 주요 지천의 연도별 수질현황

㉔ 2002년도 수질현황

A, C, E, F, H측정점의 EC법은 III등급, KOE-WQI법 및 K-WQI법은 II등급 수질이고, B측정점의 K-WQI법은 I등급 수질이였으며 D측정점은 전 평가방법에서 II등급 수질이였다. G, I측정점의 EC, KOE-WQI법은 III등급, K-WQI는 II등급 수질이이며, J측정점은 전 평가방법에서 IV등급 수질이였다.

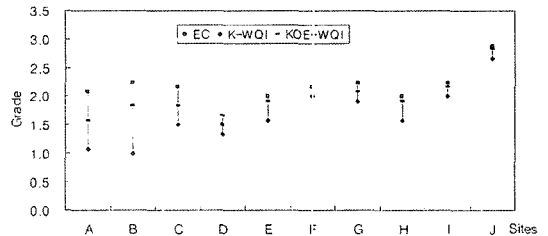


Fig. 4. Average status of water quality in Yeongsan river in 2002.

㉕ 2003년도 수질현황

A, B, C, D, E, H측정점은 전 평가방법에서 II등급 수질이고, F, G, I측정점은 EC와 KOE-WQI평가에서

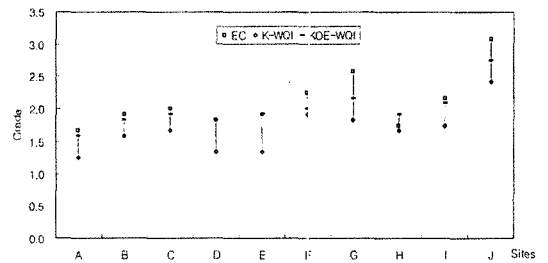


Fig. 5. Average status of water quality in Yeongsan river in 2003.

III등급 수질이었다. 또한 J측정점은 EC는 IV등급, KOE-WQI 및 K-WQI는 III등급 수질이었다.

㊦ 2004년도 수질현황

A측정점은 K-WQI법에서 I등급 수질이었고, B,E측정점은 EC법에서 III등급, KOE-WQI 및 K-WQI법은 II등급 수질이었다. F, I측정점은 전 평가방법에서 II등급 수질이었다. C, G측정점은 E.C 및 KOE-WQI평가에서 III등급, K-WQI는 II등급 수질이었다.

J측정점은 E.C 및 K-WQI는 III등급, KOE-WQI법은 II등급 수질이었다.

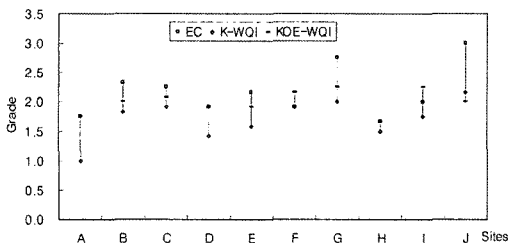


Fig. 6. Average status of water quality in Yeongsan river in 2004.

2) 수질영향지표에 의한 수질평가

Fig. 7에 측정점별 수질영향지표의 점수를 나타내었다.

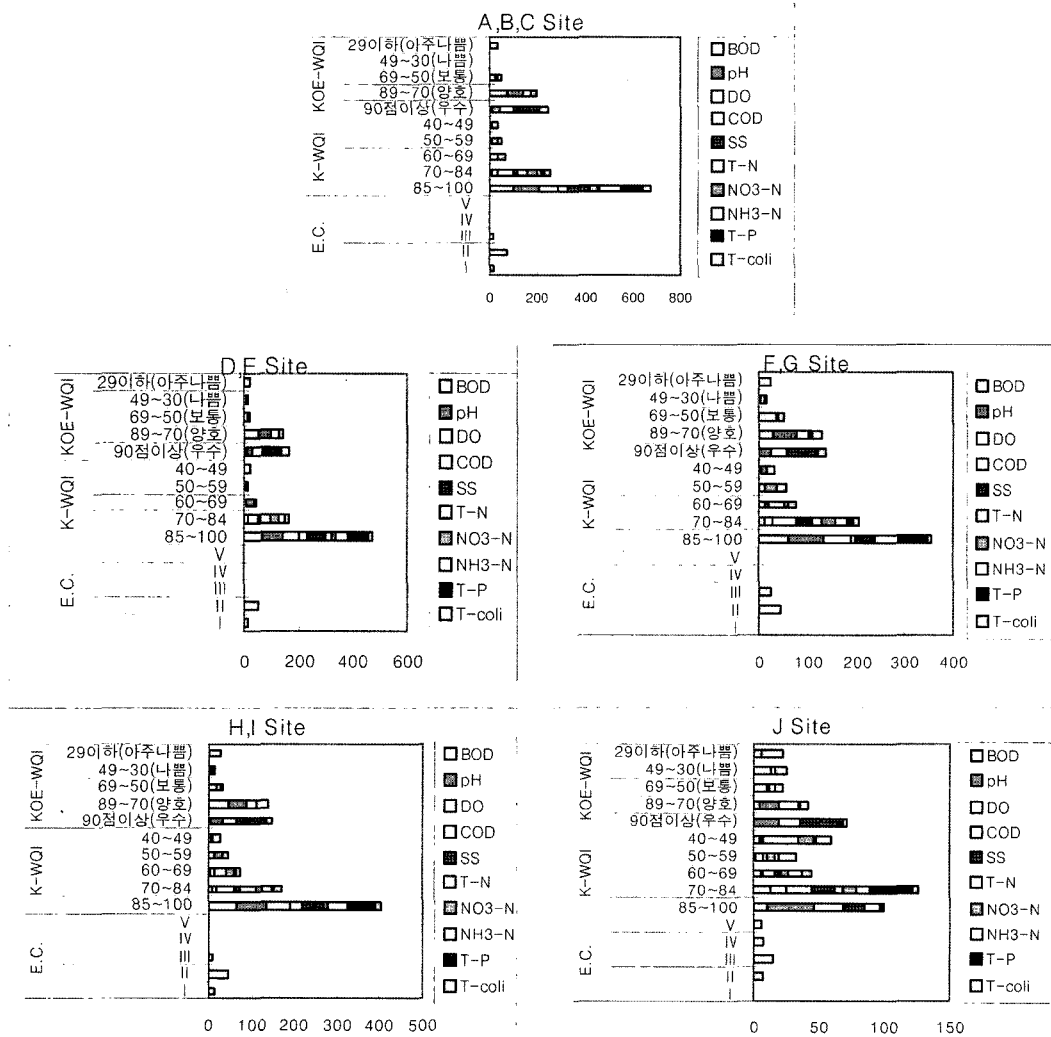


Fig. 7. Relationship between EC, KOE-WQI and K-WQI on major points in the Yeongsan river area in 2002-2004.

㉔ 지석천 측정점

A, B, C측정점의 E.C법은 I~IV등급에서 II등급이 가장 많이 나타났다. KOE-WQI법은 오염물질이 90점 이상 우수에서 아주 나쁨 29점 이하까지의 점수분포를 나타내었고, 나쁨기준 49~30점과 아주 나쁨의 영향지표에 BOD 및 T-coli가 포함되었다.

K-WQI법은 85~100점의 I등급에 영향지표가 가장 많은 누적을 보였고, 59점 이하의 영향지표는 T-N, NO₃-N 및 T-coli가 포함되었다.

㉕ 황룡강 측정점

D, E측정점에서 E.C법은 I~III등급이고, 대부분 II등급 수질이었다.

KOE-WQI법은 90점 이상 우수 영향지표가 가장 많이 누적되고, 나쁨과 아주 나쁨 점수의 영향지표에 DO 및 T-coli가 포함되었다. K-WQI법은 I등급 85~100점대에 영향지표가 많이 분포하고, 59 이하에 T-N 및 T-coli가 포함되었다.

㉖ 고막원천 측정점

F, G 측정점에서 E.C법은 주로 II, III등급 수질이고, KOE-WQI법은 아주 나쁨에 해당하는 영향지표 29점 이하에는 T-coli가 포함되고, 49~30점 나쁨에는 BOD, DO 및 T-coli가 포함되었다. K-WQI법은 I등급의 85~100점대에 영향지표가 가장 많이 누적되고, 59점 이하 IV등급에는 T-N, NO₃-N 및 T-coli가 포함되었다.

㉗ 함평천 측정점

H, I측정점의 E.C법은 I~III등급 수질이고, KOE-WQI법은 영향지표 49점 이하 나쁨에서 29점 이하 아주 나쁨에 BOD, DO 및 T-coli가 포함되었다. K-WQI법은 I등급 영향지표 85~100점대에 누적분포가 가장 많고, 50~59점 IV등급, 40~49점 V등급의 영향지표에 T-N, NO₃-N 및 T-coli가 포함되었다.

㉘ 영산강분류 측정점

J측정점의 E.C법은 II~V등급 수질이고, KOE-WQI법은 영향지표가 90점 이상 우수부터 29점 이하 아주 나쁨까지의 분포를 보였다. 영향지표값 49점 이하에는 BOD, DO 및 T-coli가 포함되었다. K-WQI법은 영향지표가 50~59점 IV등급 이하에는 BOD, COD, pH, T-N, NO₃-N, NH₃-N 및 T-coli가 포함되었다.

IV. 결 론

영산강 및 주요 하천에 대한 2002년부터 3년간의 수질자료를 수질환경기준, KOE-WQI법 및 K-WQI법에 적용하여 수질오염도를 평가, 분석한 결과 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 2002년도에는 모든 측정점에서 E.C 및 KOE-WQI법은 I~II등급, K-WQI법은 I~III등급 수질이었다. 영산포 측정점은 E.C법은 II~등의등급, KOE-WQI법은 II~III등급 수질이었다. 수질평가방법별 영향지표항목은 KOE-WQI법은 BOD 및 T-coli이고, K-WQI법은 BOD, NH₃-N, T-N 및 T-coli이었다.

2. 2003년도에는 모든 측정점에서 EC 및 KOE-WQI법은 I~III등급, K-WQI법은 I~II등급 수질이었다. 영산포 측정점은 EC법은 II~V등급, KOE-WQI법 및 K-WQI법은 II~IV등급 수질이었다. 수질평가방법별 영향지표항목은 KOE-WQI법은 BOD, DO 및 T-coli이고, K-WQI법은 BOD, NH₃-N, NO₃-N, T-N 및 T-coli이었다.

3. 2004년도에는 모든 측정점에서 E.C법은 I~III등급, KOE-WQI 및 K-WQI법은 I~III등급이고, 영산포 측정점에서 E.C법은 II~등의등급, K-WQI법은 II~III등급이고, KOE-WQI법은 II~IV등급 수질이었다. 수질평가방법별 영향지표 항목은 KOE-WQI법은 BOD 및 T-coli이고, K-WQI법은 BOD, NO₃-N, T-N 및 T-coli이었다.

4. 영산강 주요 하천에 대한 수질평가 영향지표항목은 KOE-WQI법은 나쁨기준 49점 이하~아주 나쁨에 BOD, DO 및 T-coli가 포함되고, K-WQI법은 IV등급 수질인 59점 이하 주요 하천에는 T-N, NO₃-N 및 T-coli가 포함되었고, 분류에는 pH, BOD, COD, T-N, NO₃-N, NH₃-N 및 T-coli가 포함되었다.

5. 영산강 주요 하천에 대한 수질자료를 평가한 결과 K-WQI법이 수질환경기준 및 KOE-WQI법보다 수질과 오염인자의 영향을 적절하게 반영하는 수질오염평가법이라고 판단된다.

참고문헌

- Horton, R. K. : An Index-number system for rating water quality. *Journal of Water Pollution Federation*, 306-336, 1965.
- Brown, R. M. et al. : A Water Quality Index- Do We Ware?. *Water and Sewage Works*, 33-343, 1970.
- Deiniger, R. A. and Jurate, M. : A Water Quality Index for Public Water Supplies, Unpublished Report. Department of Environmental Health, University of Michigan, Ann Arbor, MI, July, 17-35, 1971.
- Scottish Development Department, Towards Cleaner Water Report of a Rivers Pollution Survey of Scotland H.M. Stationery Office, Edinburgh, 45-58, 1972.
- Wanyner, Ott, Water quality Indices, a Survey of Indices Ued in the United States. EPA publication,

- 21-39, 1978.
6. 환경부, 수질오염실태조사지침, 1-15, 1989.
 7. 이길철, 이인선, 신상철, 정동일, 최훈근 : 수질평가기법에 관한 연구(I) -수질지수에 의한 평가기준 중심으로. 국립환경연구원, 8, 20-41, 1986.
 8. 이인선, 이길철, 신상철, 정동일, 최훈근 : 수질평가지수 산정에 관한 연구. 국립환경연구원, 1-50, 1988.
 9. 최지용 : 한국환경기술개발원, 종합수질지표의 개발. 90-100, 1996.
 10. 기상청 : 2000 기상연감, 380, 2001.
 11. 정부합동 : 영산강수계 불관리 종합대책. 환경부, 483, 2000.
 12. 환경부 : 환경통계연감, 589, 2000a.
 13. 환경부 : 2000 수질오염공정시험방법, 407, 2000.
 14. 환경부 : 환경정책기본법, 54, 2004.
 15. 오강호 : 영산강 유역 퇴적환경과 하천수 및 퇴적물의 오염. 전남대학원 박사학위논문 35-125, 2002.
 16. 전라남도 : 전라남도 영산강 오염총량관리 기본계획. 5-8, 2004.
 17. 이숙경 : 수질지수(WQI)를 이용한 한강수계의 오염도 평가에 관한 연구. 서울대학교 보건대학원, 9-12, 1994.
 18. 김명숙 : MBOD 법에 의한 하천의 수질평가 - 영산 강과 섬진강을 중심으로 -. 한국환경보건학회지(구-한국환경위생학회지), 9(1), 49-62, 1983.
 19. 강희양 : 금호강의 수질 오염에 관한 연구. 1-11 ISSN 1225-5629, 한국환경위생학회지, 1982.
 20. 오수경, 배경석, 이상수, 신도철, 이용진, 김진곤 : 경안천수계에 있어서 수서곤충에 의한 생물학적 수질평가. 63-74 ISSN 1225-5629, 한국환경위생학회지, 1990.