

통계분석을 이용한 낙동강유역의 수질변화 특성 조사

Evaluation of Water Quality Characteristics in the Nakdong River using Statistical Analysis

최길용* / 임태효** / 이재운*** / 천세억****

Choi, Kil Yong / Im, Toe Hyo / Lee, Jae Woon / Cheon, Se Uk

Abstract

In this study, we assess changes in water quality trends over time based on certain control measurements in order to identify and analyze the cause of the trend in water quality. The current water pollution in the Nakdong River was analyzed, as it suggests that the significant changes in water quality have occurred in between 2006 and 2010. Based on monthly average data, we have examined for trends of the Nakdong River watershed in water temperature, Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Nitrogen (TN), and Total Phosphorus (TP). Moreover, we have investigated seasonal variation of water quality of sites within the Nakdong River Basin by implementing further analyses such as, Correlation Coefficient, Regression Analysis, Hierarchical Clustering Method, and Time Series Analysis on SPSS. Geology and topography of the watershed, controlled by various conditions such as, climate, vegetation, topography, soil, and rain medium, have been affected by the non-homogeneity. Our study suggests that such variables could possibly cause eutrophication problems in the river. One possible way to overcome this particular problem is to lay up a ship on the river by increasing the nasal flow measurement of the Nakdong River during rainy season. Moreover, the water management requires arranging the measurement of the flow in order to secure the river while the numerous construction projects need to be continuously observed. However, the water is not flowing tributary of the reason for the timing to be flowing in a natural state of river water and industrial water intake because agriculture. Therefore, ongoing research is needed in addition to configuration of all observations.

Keywords : BOD, COD, TN, TP, SPSS, discharge, water quality

요 지

본 연구에서는 시간에 따른 수질 변화를 파악하고 원인에 따른 경향을 분석함으로써 적절한 관리대책을 수립하는 것이 필요하다고 생각되어 이 같은 연구를 하게 되었다. 현재 수질오염이 심각한 낙동강 수계를 대상으로 2006~2010년까지 수질변화를 분석하였다. 수계의 803개, 국가하천 13개소, 지방1급 하천은 10개소, 하천에 합류하는 하천은 31개 지점에서 측정된 수온, BOD (Biological Oxygen Demand), TN (Total Nitrogen)과 TP (Total Phosphorus) 등의 월평균 자료결과를 바탕으로 하여 통계적분석(상관분석, 회귀분석, 분산분석, 시계열분석)을 통한낙동강유역의 인근 지역의 계절별로 수질항목

* 교신저자, 국립환경과학원 낙동강물환경연구소 (e-mail: bestchoi94@korea.kr Tel: 054-950-9759)

Corresponding Author, Nakdong River Environment Research Center, 239-3 Dasan-myeon, Goryeong-gum, Gyeongsangbuk-do 717-873, Korea

** 국립환경과학원 낙동강물환경연구소 (e-mail: imtoehyo@me.go.kr)

Nakdong River Environment Research Center

*** 국립환경과학원 낙동강물환경연구소 (e-mail: leejaew@me.go.kr)

Nakdong River Environment Research Center

**** 국립환경과학원 낙동강물환경연구소 (e-mail: cheonseuk@me.go.kr)

Nakdong River Environment Research Center

을 확인하였으며, 평가지표에 따른 변화를 측정하고자 하였다. 유역의 지질 및 지형의 영향이 주로 작용하는데 지역의 기후 조건, 식생, 지형, 토양, 비 포화대 매질의 영향을 받기 때문에 여러 가지의 변수를 가지고 유출했으며, 이는 방류량의 결정문제, 호소의 부영양화 문제 등이 제기될 수 있겠으며, 좋은 개선방안을 만들어 보려고 한다. 따라서 낙동강의 강우기 유량을 증대하는 대책이 병행되는 것이 바람직하며, 물 관리대책에는 하천유지용수 확보를 구성을 해야 하며, 수로 건설사업 완료를 지속적인 관찰이 필요하다. 그러나 지류에는 물이 흐르지 않는 시기가 발생하는 이유는 자연 상태에서 흘러야 하는 하천수 및 농업용수와 농업용수로 취수했기 때문이다. 따라서 이 모든 것을 관찰 및 구성을 하기 위해서는 지속적인 연구가 필요로 하며, 다음과 같은 연구의 목적을 두고 연구조사 하였다.

핵심용어 : 생화학적 산소요구량, 화학적 산소요구량, 총질소, 총인, 사회과학통계패키지, 유량, 수질

1. 서 론

기후변화에 따른 가뭄과 물수요 급증으로 미래의 물 부족이 증가함에 따라 수질관리 정책을 수립하기 위해서 현재의 수질을 진단하고, 과거 정책효과의 여부를 잘 파악하여 향후 정책 보완 및 수정을 하기 위해 수질변화에 따른 경향분석의 지속적인 요구가 필요로 하다. 경향분석은 우선 대상 자료의 통계적 특성을 파악하여 신뢰할 수 있는 장기간의 데이터를 수집하는 것이 중요하며, 관측된 수질 자료는 계절별로 심한 변이가 존재하기에 적절한 통계 기법을 적용하여 분석하는 것이 매우 중요하게 생각된다(Lettenmaier, 1988).

이에 본 연구는 낙동강의 댐 주변의 상류와 하류 유량을 일정한 주기로 측정하였고, 공급되는 유출의 특성에 따른 계절별 평가지수로는 생활, 공업, 하천유지용수 등 각종 용수를 하천으로 일정하게 직접 및 간접방류가 이루어지고 있다(낙동강물환경연구소, 2010, 2009, 2008). 따라서 본 연구는 평가지수를 배제하고 측정을 하여 앞으로는 이점을 고려하여 연구하려고 한다. 낙동강 수계 하천 수질측정지점 중 41개소, 측정항목 10개 등에 대한 연간 주단위의 측정 data가 생산되며, 낙동강 분류 및 유입 지류와 지천에 대해 조사하였다. 낙동강 수계는 많은 변수가 있지만 그 점을 고려하지 못한 것은 아쉬움을 가지고 있으나 본 연구의 주된 목적은 유역의 각 물질이 어떤 영향을 끼치며, 그것을 어떤 개선책으로 만들어 가는지에 중점을 두고 통계적 기법을 다음과 같이 구성하게 되었다. 문헌연구 및 자료 수집을 통한 기술적 통계(Descriptive statistics)분석을 유사지점의 군집화(Site similarity)를 통해서 상관분석, 회귀분석, 분류분석, 시계열분석을 수질 오염에 반영하는 여러 변수들의 수치를 이용하여, 유사한 특성을 나타내는 지점별로 군집화해서 계절별(봄: 3-5, 여름: 6-8, 가을: 9-11, 겨울: 12-2)로 3개월 단위로 구분하

여 계절별로 변동성을 분석하고, 계절적 변동성도 함께 규명하는 것에 연구 목적을 두었다. 연구방법은 다음과 같다.

- 1) 방대한 수질자료를 이용하여 지점별, 항목별 기초적인 통계분석을 했다.
- 2) Data의 상관분석, 회귀분석에 의한 수질변동 특성 파악을 하여 그에 따른 항목간의 측정방향을 생각하게 된다.
- 3) 계절별, 항목별 수질변동 통계분석 기법 연구 및 적용하였다.
- 4) 다양한 통계기술을 이용한 효율적인 하천수질 평가.

2. 연구방법

2.1 연구대상지역

낙동강 유역은 동경 127° 29'~129° 18', 북위 35° 03'~37° 13' 사이의 한반도 동남부에 위치하며, 대상지점은 41개 단위유역 말단 및 6개 광역시·도 요구지점 등 총 47개 지점(56개소)을 평균 8일 간격으로 년 36회 이상 유량 조사하였다.

본 연구는 서낙동강 수계 18개, 낙동강 수계 주요하천은 국가하천 13개소(낙동강, 내성천, 감천, 금호강, 황강, 남강, 덕천강, 함안천, 밀양강, 양산천, 서낙동강, 평강천, 맥도강)를 포함하여, 지방1급 하천은 10개소(낙동강, 반변천, 내성천, 변성천, 위천, 신천, 회천, 거창위천, 남강, 함양위천), 중심으로 된 자료를 가지고 연구를 하였다.

본 연구는 낙동강수계의 연구 사업으로 진행되는 자료(2006~2010)를 통합적으로 총괄사업 하는 물환경평가 분석을 통한 낙동강 지류·지천 살리기 대책의 효율적 추진을 지원하기 위한 분기별 유량·수질(Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Nitrogen (TN), and Total Phosphorus (TP) 등 11개 항

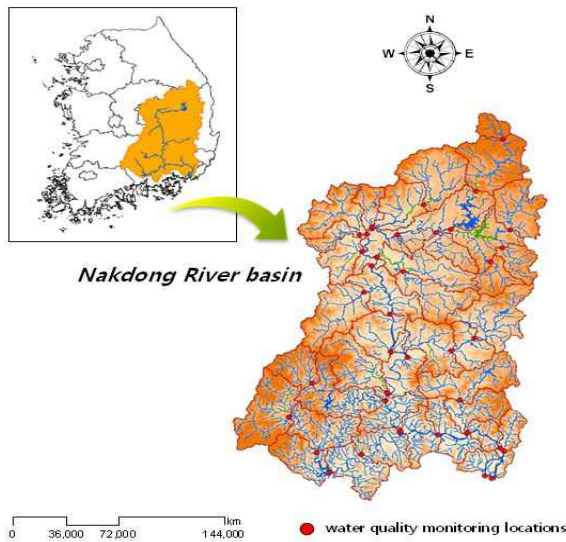


Fig. 1. Map of Nakdong River Basin and Water Quality Monitoring Locations

목), 유역환경 조사결과 D/B구축 및 개선대상 지류·지천 선정하였다.

낙동강 유역은 대체적으로 상류에는 임야를 갖는 산지, 중하류는 농경지 면적이 주로 분포하고 있으며, 중하류 대도시에는 다른 하천유역에 비해 비교적 많은 공업단지가 분포하고 있음을 알 수 있다(김미숙, 2002). 이러한 특성을 고려하여 지속적인 연구기간으로서 상수원 및 수계의 수질관리 업무를 효율적으로 수행하고 수질오염사고 발생 시 신속한 대응조치를 할 수 있는 조기경보체계 구축하고자 하며, 나아가 수질측정망, 생물측정망과 연계 운영을 통해 종합적인 물환경평가에 좋은 자료가 되고자 함이다.

2.2 통계분석

2.2.1 상관분석(Correlation coefficient)

상관분석은 두 변수 x , y 간의 직접적인 선형관계를 재는 상관성의 척도로 Pearson의 단순상관계수(Pearson's simple correlation coefficient)를 구하고, 변수들 간의 관련성을 분석하기 위해 사용하는 통계방법이며, 한 변수가 다른 변수와의 상관계수 r 은 Eq. (1)과 같이 구하였다.

x , y 를 각각의 상관성을 보기위해 서로 다른 지점별 같은 계절로 크로스해서 보았다.

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

2.2.2 회귀분석(Regression analysis)

회귀분석은 관련된 변수들 간의 상호관련성을 규명하고자 하는 경우가 많다. 계절별, 물질별 변하는 값을 밝히거나, 연관성이 있는 경우 변수들 간의 함수관계를 밝히는 것을 중심으로 본 연구는 계절(봄~겨울)을 다른 변수의 영향을 받는 변수를 종속 변수(Dependent variable)라 하고, 서로 교차해서 독립변수(Independent variable)를 두고, 일반적으로 종속변수를 y 로 나타내고 독립변수들을 X_1, X_2, \dots, X_k 로 나타내었다.

2.2.3 계층적 군집분석(Hierarchical clustering method)

계층적 군집분석은 각 개체들을 가까운 개체들끼리 묶는 방법으로서, 처음자료를 이용하거나 표준화된 변수를 이용할 수 있다. 병합적(agglo merative)방법과 분할적(division)방법이 있다. 병합적 방법은 가까운 개체들끼리 묶어 감으로서 군집을 만들어가는 방법이며, 분할적 방법은 반대로 먼 개체를 나누어가는 방법이다.

최단연결법(Single linkage method), 최장연결법(Complete linkage method), 중심연결법(Centroid linkage method) 등이 있으며, 최단연결법은 두 군집 C_1 과 C_2 사이의 거리를 각 군집에 속하는 두 개체들 사이의 거리 중 최단거리로서, 다음과 같이 정의한다.

$$d\{C_1, C_2\} = \min\{d(x, y) \mid x \in C_1, y \in C_2\} \quad (2)$$

총 41지점 중 10개의 항목을 가지고 계절별로 통계량 단추를 선택하여 군집화일정표를 체크하고, 소속군집의 해법범위에 군집수를 지정하지 않는 방식으로 사용하였다.

2.2.4 시계열분석(Time series analysis)

시계열분석 즉, 자기회귀오차모형(Autoregressive error model)을 이용한 분석이며, 추세모형이나 회귀모형을 이용하여 자료를 분석할 경우에는 일반적으로 오차 항이 서로 독립이고 동일한 분포에 따르는 가정이 필요로 한다.

그러나 반응변수(or 종속변수)와 설명변수(or 독립변수)들이 시계열자료인 경우에는 오차 항들이 시간에 따른 자기상관(autocorrelation)관계를 갖는 경우가 대부분이다. 따라서 자기상관관계를 갖고 있는 경우에 적합한 모형으로 주단위로 측정된 값을 시계열자료를 분석했을 때 시차를 SACF와 ACF의 비교하고 X(항목), Y(날짜)사이의 선형 관계를 비모수적으로 함으로 상관관계를 계절적으로 보게 되었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 통계분석의 특성

본 연구는 수계지역을 spss10.0버전으로 통계작업을 하였으며, 낙동강 유역을 계절별(봄, 여름, 가을, 겨울) 기본적인 통계 특성치를 산정하여 자료의 최대, 최소, 평균, 표준편차 및 지점별 개수의 결과는 다음(Table 1, Fig. 2)과 같이 보여주고 있다.

3.2 상관분석 결과

본 연구에서 보면 BOD에서 봄과 가을, 봄과 겨울에서

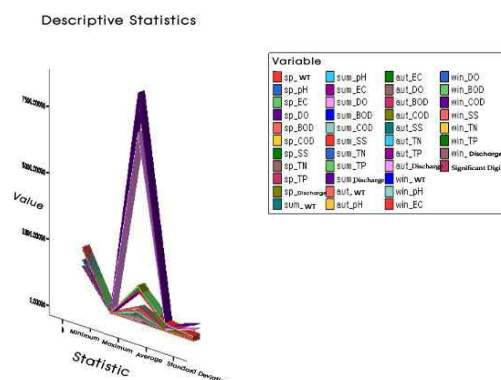


Fig. 2. Descriptive Statistics Value

Table 1. Descriptive Statistics Value

Season and Item	N	Minimum	Maximum	Average	Standard Deviation
sp_WT(°C)	2139	.40	29.00	14.9975	5.45481
sp_pH	2139	4.60	14.50	8.0120	.59409
sp_EC(μs/cm)	2139	8.00	1340.00	271.9345	153.36994
sp_DO(mg/L)	2139	5.80	19.70	10.9687	2.01880
sp_BOD(mg/L)	2139	.10	13.10	2.0138	1.55021
sp_COD(mg/L)	2139	.60	16.90	4.8127	2.33471
sp_SS(mg/L)	2139	.10	308.40	11.5714	16.96125
sp_TN(mg/L)	2139	.31	10.26	2.7154	1.34903
sp_TP(mg/L)	2139	.00	1.50	.0996	.12468
sp_Discharge (cms)	2139	.00	1385.13	47.2769	103.94504
sum_WT(°C)	1653	.50	34.00	24.9620	3.71831
sum_pH	1653	4.60	376.00	8.1657	9.07166
sum_EC(μs/cm)	1653	9.00	1164.00	222.0496	114.80110
sum_DO(mg/L)	1653	3.90	17.80	8.6831	1.35266
sum_BOD(mg/L)	1653	.20	15.50	1.6862	1.15214
sum_COD(mg/L)	1653	.90	37.00	5.2679	2.69366
sum_SS(mg/L)	1653	.20	544.00	23.0407	47.27368
sum_TN(mg/L)	1653	.04	7.69	2.2682	1.06649
sum_TP(mg/L)	1653	.00	.90	.1035	.10143
sum_Discharge (cms)	1653	.02	8596.57	184.0278	583.68732
aut_WT(°C)	2038	.70	147.00	17.3359	6.58998
aut_pH	2038	6.00	9.80	7.9794	.51965
aut_EC(μs/cm)	2038	9.00	1165.00	256.5770	141.98213
aut_DO(mg/L)	2037	4.60	333.00	10.4536	10.31821
aut_BOD(mg/L)	2036	.10	7.00	1.2628	.91442
aut_COD(mg/L)	2038	1.00	16.60	3.9194	1.78753
aut_SS(mg/L)	2037	.20	254.00	9.9843	18.59267
aut_TN(mg/L)	2038	.12	8.80	2.4148	1.21584
aut_TP(mg/L)	2038	.00	.87	.0846	.10499
aut_Discharge (cms)	2038	.04	7130.56	82.0796	407.36855
win_WT(°C)	1416	-2.00	14.00	4.9867	2.59855
win_pH	1416	4.30	9.80	7.7752	.62627
win_EC(μs/cm)	1416	58.00	1177.00	317.9082	171.02124
win_DO(mg/L)	1416	6.80	23.00	13.7869	2.08916
win_BOD(mg/L)	1416	.10	22.00	1.7690	1.59900
win_COD(mg/L)	1416	.80	13.10	4.4114	2.43980
win_SS(mg/L)	1416	.10	401.20	7.5292	14.51879
win_TN(mg/L)	1416	.25	11.29	3.5464	1.70186
win_TP(mg/L)	1416	.00	.97	.1037	.14060
win_Discharge (cms)	1416	.00	561.88	22.0175	43.34902
Significant digit	1413				

Pearson 상관계수가 각각 0.241과 0.274 유의확률(양쪽)의 값은 0.000로 0.00 수준(양쪽)에서 보여주고 있다. 그 외에 여름과 겨울, 가을과 봄, 가을과 겨울, 겨울과 봄, 겨울과 여름, 겨울과 가을 등도 유의함을 보여주고 있다. 수온에서 봄과 겨울에서 Pearson 상관계수가 0.069이고 유의확률(양쪽)의 값은 0.009로 0.01 수준(양쪽)에서 유의함을 보여주고 있다. 그 외 여름과 가을, 여름과 겨울, 가을과 여름, 겨울과 봄, 겨울과 여름 등도 유의함을 보이고 각 항목의 수온, EC, BOD, COD, SS, TN, TP, 총유량 등도 유의함을 보여주며, 결과 값은 Table 2~5에서 나타내었고, 항목을 크게 계절별로 보면 봄의 유의확률 개수가 매우 높게 나타났고, 다음은 여름, 가을, 겨울 순으로 나왔다.

3.3 회귀분석 결과

위의 상관분석 결과로부터 나온 값을 보게 되면 계절과 물질의 개별 항목으로 봤을 때와는 달리 계절에 따른 전체 항목을 봤을 때 유의한 값은 가을철 BOD, 여름철 COD, 여름철 TP, 겨울철 총유량 등이 유의하게 나왔다. 세부적으로 가을철 BOD유의 값은 봄(0.000), 여름(0.373), 겨울(0.000)에 유의 수준을 보여주며, 여름철 COD유의 값은

봄(0.553), 가을(0.054), 겨울(0.00)에 유의 수준을 보여주며, 여름철 TP유의확률 값은 봄(0.005), 가을(0.000), 겨울(0.005)에 유의수준을 보여주며, 겨울철 총유량 유의 값은 봄(0.002), 여름(0.000), 가을(0.000)에 유의수준을 보여주고 있다.

그 결과는 Winter 총유량(Tables 6~8, Fig. 3), Summer TP (Tables 9~11, Fig. 4), Summer COD (Tables 12~14, Fig. 5), Autumn BOD (Tables 15~17, Fig. 6)에 있으며, 그 결과를 분석해 보면 각 수질 항목별 상관계수가 상당히 높아지는 것으로 나타났으며, 복합적인 경향이 각각의 수질에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다.

3.4 계층적 군집분석 결과

본 연구에서는 계층적 군집을 각 특성의 유사성을 바탕으로 동질적인 몇 개의 집단을 분류하기 위해 계층적 군집 분석(Hierarchical clustering method)에 대해 통계적인 분석을 하였고, 집단간의 병합 또는 분리되는 과정을 덴드로그램(Dendrogram)을 사용하여 나타냈으며, 낙동강물환경연구소에서 1주일 간격으로 수질 및 유량을 동시에 측정된 data 값(2006~2010년)으로 정밀 검토를 통해

Table 2. Item Corelation Coefficient _BOD (unit : mg/L)

		sp_BOD	sum_BOD	aut_BOD	win_BOD
sp_BOD	Pearson correlation coefficient	1	-.017	.241(**)	.274(**)
	Significance probability (Both sides)		.493	.000	.000
	Sum of squares and Cross product	5137.943	-43.187	693.926	835.837
	Covariance	2.403	-.026	.341	.591
	N	2139	1653	2036	1416
sum_BOD	Pearson correlation coefficient	-.017	1	.046	.152(**)
	Significance probability (Both sides)	.493		.059	.000
	Sum of squares and Cross product	-43.187	2192.926	68.612	400.547
	Covariance	-.026	1.327	.042	.283
	N	1653	1653	1651	1416
aut_BOD	Pearson correlation coefficient	.241(**)	.046	1	.208(**)
	Significance probability (Both sides)	.000	.059		.000
	Sum of squares and Cross product	693.926	68.612	1701.598	363.442
	Covariance	.341	.042	.836	.257
	N	2036	1651	2036	1415
win_BOD	Pearson correlation coefficient	.274(**)	.152(**)	.208(**)	1
	Significance probability (Both sides)	.000	.000	.000	
	Sum of squares and Cross product	835.837	400.547	363.442	3617.885
	Covariance	.591	.283	.257	2.557
	N	1416	1416	1415	1416

(**) corelation coefficient: $(prob > |T|) |T| = \pm 0.01$.

Table 3. Item Correlation Coefficient _COD (unit : mg/L)

		sp_COD	sum_COD	aut_COD	win_COD
sp_COD	Pearson correlation coefficient	1	.006	.292(**)	.299(**)
	Significance probability (Both sides)		.801	.000	.000
	Sum of squares and Cross product	11653.967	62.244	2495.504	2378.271
	Covariance	5.451	.038	1.225	1.681
	N	2139	1653	2038	1416
sum_COD	Pearson correlation coefficient	.006	1	.073(**)	.104(**)
	Significance probability (Both sides)	.801		.003	.000
	Sum of squares and Cross product	62.244	11986.624	562.317	1010.204
	Covariance	.038	7.256	.340	.714
	N	1653	1653	1653	1416
aut_COD	Pearson correlation coefficient	.292(**)	.073(**)	1	.158(**)
	Significance probability (Both sides)	.000	.003		.000
	Sum of squares and Cross product	2495.504	562.317	6508.731	963.181
	Covariance	1.225	.340	3.195	.681
	N	2038	1653	2038	1416
win_COD	Pearson correlation coefficient	.299(**)	.104(**)	.158(**)	1
	Significance probability (Both sides)	.000	.000	.000	
	Sum of squares and Cross product	2378.271	1010.204	963.181	8422.975
	Covariance	1.681	.714	.681	5.953
	N	1416	1416	1416	1416

(**)corelation coefficient : $(prob > |T|) |T| = \pm 0.01$

Table 4. Item Correlation Coefficient _TP (unit : mg/L)

		sp_TP	sum_TP	aut_TP	win_TP
sp_TP	Pearson correlation coefficient	1	.079(**)	.190(**)	.035
	Significance probability (Both sides)		.001	.000	.188
	Sum of squares and Cross product	33.238	1.742	5.157	.965
	Covariance	.016	.001	.003	.001
	N	2139	1653	2038	1416
sum_TP	Pearson correlation coefficient	.079(**)	1	.134(**)	.084(**)
	Significance probability (Both sides)	.001		.000	.002
	Sum of squares and Cross product	1.742	16.997	2.552	1.781
	Covariance	.001	.010	.002	.001
	N	1653	1653	1653	1416
aut_TP	Pearson correlation coefficient	.190(**)	.134(**)	1	.066(*)
	Significance probability (Both sides)	.000	.000		.012
	Sum of squares and Cross product	5.157	2.552	22.452	1.584
	Covariance	.003	.002	.011	.001
	N	2038	1653	2038	1416
win_TP	Pearson correlation coefficient	.035	.084(**)	.066(*)	1
	Significance probability (Both sides)	.188	.002	.012	
	Sum of squares and Cross product	.965	1.781	1.584	27.971
	Covariance	.001	.001	.001	.020
	N	1416	1416	1416	1416

** corelation coefficient : $(prob > |T|) |T| = \pm 0.01$ * corelation coefficient : $(prob > |T|) |T| = \pm 0.05$

Table 5. Item Correlation Coefficient_Discharge (unit : cms)

		sp_Discharge	sum_Discharge	aut_Discharge	win_Discharge
sp_Discharge	Pearson correlation coefficient	1	.006	-.004	.088(**)
	Significance probability (Both sides)		.808	.856	.001
	Sum of squares and Cross product	23100174.921	391214.798	-294622.665	338225.770
	Covariance	10804.572	236.813	-144.636	239.029
	N	2139	1653	2038	1416
sum_Discharge	Pearson correlation coefficient	.006	1	.057(*)	.110(**)
	Significance probability (Both sides)	.808		.020	.000
	Sum of squares and Cross product	391214.798	562821341.293	9189125.304	2649673.904
	Covariance	236.813	340690.885	5562.425	1872.561
	N	1653	1653	1653	1416
aut_Discharge	Pearson correlation coefficient	-.004	.057(*)	1	.277(**)
	Significance probability (Both sides)	.856	.020		.000
	Sum of squares and Cross product	-294622.665	9189125.304	338038390.594	2843611.988
	Covariance	-144.636	5562.425	165949.136	2009.620
	N	2038	1653	2038	1416
win_Discharge	Pearson correlation coefficient	.088(**)	.110(**)	.277(**)	1
	Significance probability (Both sides)	.001	.000	.000	
	Sum of squares and Cross product	338225.770	2649673.904	2843611.988	2658979.584
	Covariance	239.029	1872.561	2009.620	1879.138
	N	1416	1416	1416	1416

** correlation coefficient : (prob > |T|) |T|=±0.01 * correlation coefficient : (prob > |T|) |T|=±0.05

Table 6. Winter Discharge Model Summary

Model	R	Square R	Modified suare R	Standard error of estimate
TT1	.303(a)	.092	.090	41.34999

Table 7. Winter Discharge Analysis of Variance

Model		Sum of square	Degree of freedom	Mean square	F	Significance probability
1	Liner regression Analysis	244710.869	3	81570.290	47.707	.000(a)
	Residual	2414268.715	1412	1709.822		
	Sum	2658979.584	1415			

a: Estimate value: (Constant), aut_Discharge, sp_Discharge, sum_Discharge; b: Dependent variable : win_Discharge.

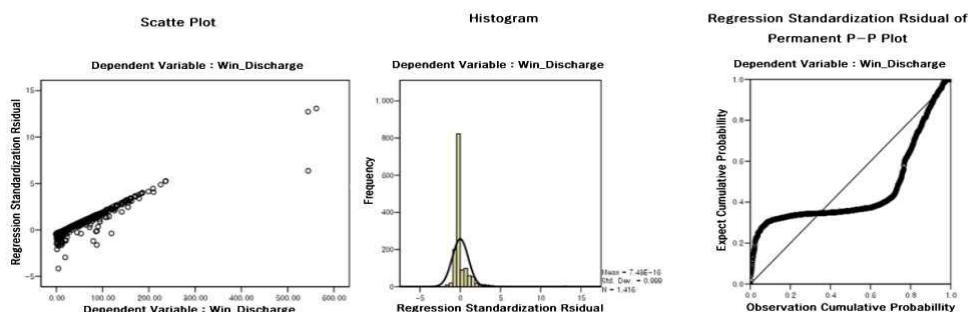


Fig. 3. Discharge Regression Analysis Diagram

Table 8. Winter Discharge Coefficient

Model		Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	t	Significance probability
		B	Standard error	β		
1	(Constant)	16.572	1.252		13.241	.000
	sp_Discharge	.053	.017	.077	3.052	.002
	sum_Discharge	.011	.003	.096	3.769	.000
	aut_Discharge	.070	.007	.269	10.606	.000

Dependent variable: win_Discharge

Table 9. Summer TP Model Summary

Model	R	Square R	Modified Square R	Standard error of estimate
TT1	.172(a)	.030	.028	.10548

a: Estimate value: (Constant), aut_TP, win_TP, sp_TP; b: Dependent variable : sum_TP.

Table 10. Summer TP Analysis of Variance

Model		Sum of square	Degree of freedom	Mean Square	F	Significance probability
1	Liner Regression Analysis	.479	3	.160	14.355	.000(a)
	Residual	15.710	1412	.011		
	Sum	16.189	1415			

a: Estimate value: (Constant), aut_TP, win_TP, sp_TP; b: Dependent variable : sum_TP.

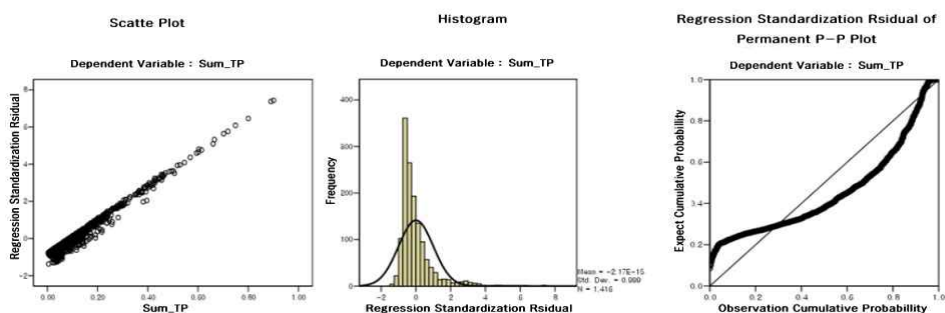


Fig. 4. TP Regression Analysis Diagram

Table 11. Summer TP Coefficient

Model		Sum of square	Degree of freedom	Mean Square	F	Significance probability
1	Liner Regression Analysis	.082	.004		19.415	.000
	Residual	.056	.020	.073	2.793	.005
	Sum	.058	.021	.076	2.821	.005

Dependent variable : sum_TP.

Table 12. Summer COD Model Summary

Model	R	Square R	Modified Square R	Standard error of estimate
TT1	.116(a)	.013	.011	2.80569

a: Estimate value: (Constant), sp_COD, win_COD, aut_COD; b: Dependent variable : sum_COD.

Table 13. Summer COD Analysis of Variance

Model		Sum of square	Degree of freedom	Mean Square	F	Significance probability
1	Liner Regression Analysis	150.476	3	50.159	6.372	.000(a)
	Residual	11115.107	1412	7.872		
	Sum	11265.582	1415			

a: Estimate value: (Constant), sp_COD, win_COD, aut_COD; b: Dependent variable : sum_COD.

Table 14. Summer COD Coefficient

Model		Sum of square	Degree of freedom	Mean Square	F	Significance probability
1	Liner Regression Analysis	4.478	.216		20.778	.000
	Residual	.088	.046	.055	1.928	.054
	Sum	.116	.032	.100	3.613	.000

Dependent variable : sum_COD.

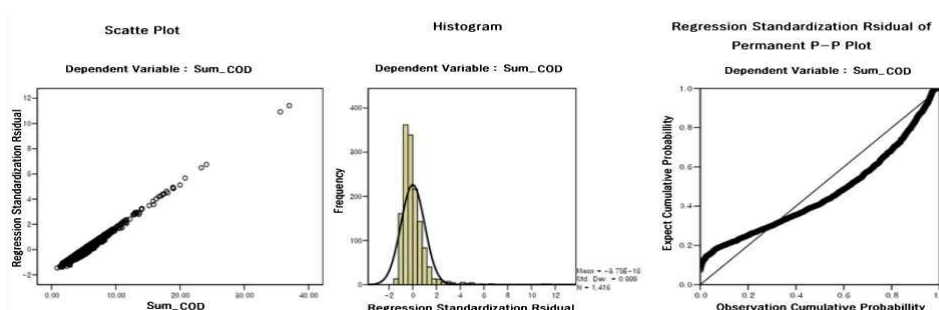


Fig. 5. COD Regression Analysis Diagram

Table 15. Autumn BOD Model Summary

Model	R	Square R	Modified square R	Standard error of estimate
TT1	.312(a)	.097	.096	.73519

a: Estimate value: (Constant), sum_BOD, sp_BOD, win_BOD; b: Dependent variable : aut_BOD.

Table 16. Autumn BOD Analysis of Variance

Model		Sum of square	Degree of freedom	Mean square	F	Significance probability
1	Liner regression analysis	82.352	3	27.451	50.787	.000(a)
	Residual	762.660	1411	.541		
	Sum	845.012	1414			

a: Estimate value: (Constant), sum_BOD, sp_BOD, win_BOD; b: Dependent variable : aut_BOD.

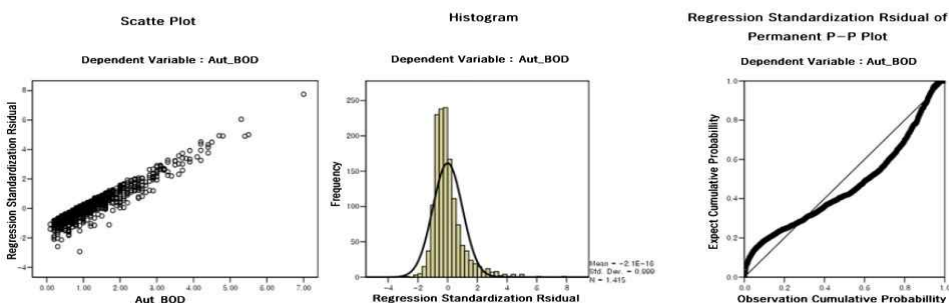


Fig. 6. BOD Regression Analysis Diagram

해 계절별로 나누어 군집분석을 실행하였다.

그 결과 Figs. 7~10에서 보면, 봄을 3~5월, 여름을 6~8월, 가을을 9~11월, 겨울을 12~2월로 나누어서 결과 값을 도출하였으며, 분석결과를 봄철 제1군집(BOD, COD, TN, TP, EC), 제2군집(SS, Discharge), 제3군집(PH) WT, DO 지점 등으로 상관관계를 가지고 있다. 여름철 제1군집(COD, SS, TP, BOD), 제2군집(Discharge, TN), 제3군집(EC) DO, WT PH지점 등으로 상관관계를 가지고 있다. 가을철 제1군집(BOD, COD, TN, TP, EC), 제2군집(SS), PH, WT, DO지점 등으로 상관관계를 가지고 있다. 겨울철 제1군집(BOD, COD, TN, TP, EC), 제2군집(Discharge), SS, PH, WT, DO지점 등으로 상관관계를 가지고 있다. 41개의 대상지점에서 봄, 가을, 겨울이 같은 물질의 변화를 볼 수가 있으며, BOD, COD와 TN, TP, EC는 가장 높은 상관관계를 가지고 있음을 알 수가 있다. 즉 41개의 지

점에서 BOD값의 변화를 가질 때 COD와 같은 변화 폭을 가진다고 본 연구에서 보고 있다.

위의 결과 낙동강의 수질관리와 운영 및 관리 정책개발 수행에 지점별 상관성을 가지는 물질의 성격을 그룹으로 나누어 효율적인 의사 결정을 함에 도움이 될 것으로 사료된다.

3.5 시계열분석 결과

본 연구에서는 자기회귀보형 적합 후의 잔차의 예측 값을 시계열 결과 값(Figs. 11~14)은 BOD는 여름의 SACF의 값은 거의 예측 값이 신뢰한계를 벗어났으며 ACF는 거의 벗어나지 않고 감소하는 추세를 보여주고 있다. 자료의 ACF는 Fig. 11에서만 유의하고 SACF는 시차 Fig. 11부터 Fig. 14까지 유의하데 줄어드는 경향을 보여주고 있다. 따라서 모형이 적합 하며 COD, TP도 거의 동일하

Table 17. Autumn BOD Coefficient

Model		Sum of square	Degree of freedom	Mean square	F	Significance probability
	Liner regression analysis	.687	.044		15.713	.000
	Residual	.067	.013	.138	5.183	.000
	Sum	.139	.015	.242	9.177	.000

Dependent variable : aut_BOD.

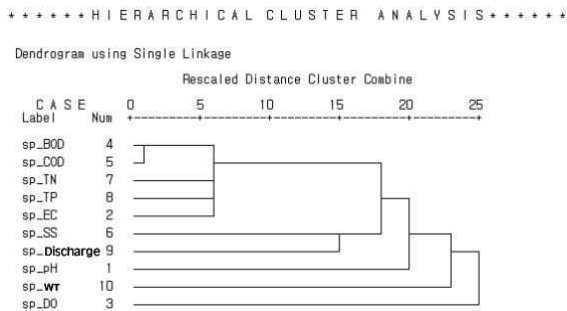


Fig. 7. Spring Cluster Analysis Diagram

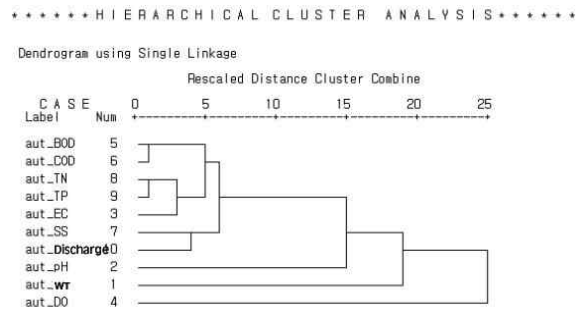


Fig. 9. Autumn Cluster Analysis Diagram

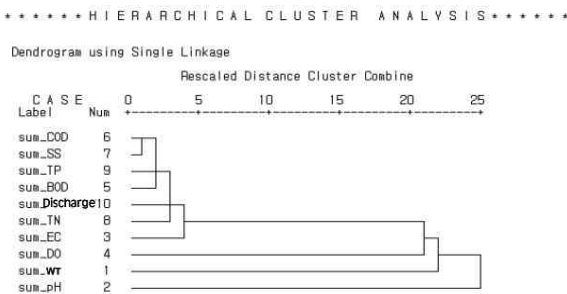


Fig. 8. Summer Cluster Analysis Diagram

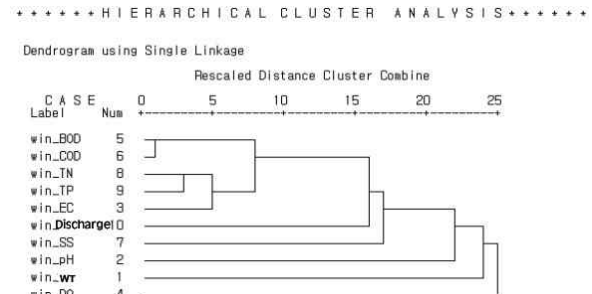


Fig. 10. Winter Cluster Analysis Diagram

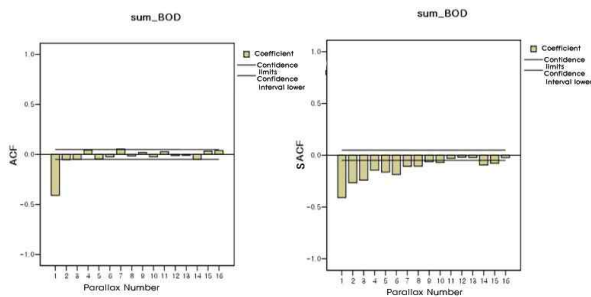


Fig. 11. BOD Time Series Analysis Diagram

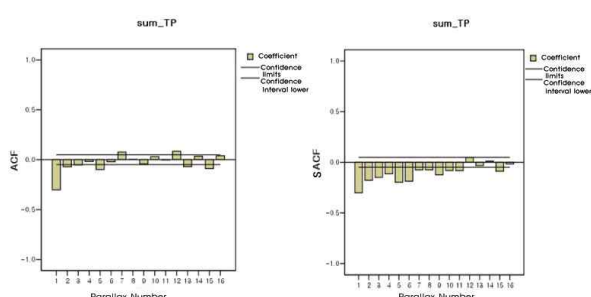


Fig. 13. TP Time Series Analysis Diagram

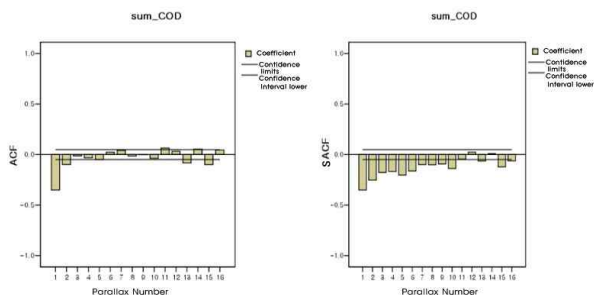


Fig. 12. COD Time Series Analysis Diagram

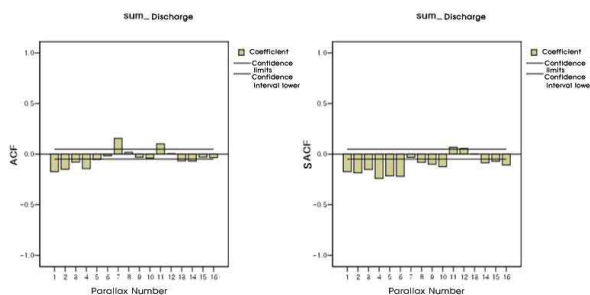


Fig. 14. Discharge Time Series Analysis Diagram

계 BOD모형의 형태를 나타내고 있다. 총유량은 감소하는 추세를 보여줌으로 정상이 아니라고 생각하고, 자료의 ACF는 Figs. 11~14와 7, 11 신뢰한계 상하로 나타나며 SACF는 대체로 신뢰구간의 아래로 치우쳐서 나타나고 있다. 결론으로 SACF와 ACF의 비교함에 있어 ACF가 상의하게 상관성을 나타내고 있다.

4. 결 론

하·폐수처리시설의 환경기초시설, 비점저감시설, 부유쓰레기 제거 등의 하천정화활동, 농경지 비료 적정사용방안, 취·정수장 수질관리 강화 등으로 문제를 해결하기 보다는 좀 더 구체적인 data값을 통한 범(수질 및 수생태 보전에 관한 법률(제28조) 및 시행령(제30조) “호소환경조사 지침”)적인 구속력이 불가피 할 것이며, 본 연구는 낙동강유역을 대표하는 지점에 수질·유량을 측정된 값을 통해 계절별로 변동성을 분석하였으며, 계절적 변동성도 함께 규명하는 것을 연구 목적으로 하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

- 1) Data의 상관분석(수온, EC, BOD, COD, SS, TN, TP, 총유량)이 유의 수준을 보여주고 있으며, 회귀분석(가을철 BOD, 여름철 COD, 여름철 TP, 겨울철 총유량)이 다른 값에 비해 더욱 더 유의한 값을 나타내고 있다. 이 값을 통한 수질변동 특성 파악을 했으

며, 값에 따른 관리 대책을 생각해 보게 된다.

- 2) 계절별, 항목별 수질변동 여러 가지 통계분석 기법 연구 및 적용한 값이 다소 유의하게 나왔으나 이것으로 앞으로 지속적인 통계분석 기법과 낙동강 유역 오염원 현황의 자료를 기반으로 하여 수질종합평가 기법의 틀을 마련하여 더 좋은 결과를 얻고자 한다.
- 3) 다양한 통계처리 기술을 이용하여 효율적인 하천수질 평가체계 구축을 위한 댐 및 보 운영을 통한 진후조사가 필요할 것이며, 시설 확충 및 자연식생에 대해서 좀 더 깊은 조사가 필요 할 것으로 생각된다.

본 연구는 계절별 수질관리와 효율적인 운영 및 관련에 필요한 자료와 방법을 제시하기 위하여 지점별, 항목별 자료를 수집하고 통계학적 방법을 이용하여 특성 및 항목간의 상관성을 파악하였으며, 41개의 대상지점에서 항목과 계절적인(봄, 가을, 겨울) 변화가 비슷한 점을 알 수가 있었다. 본 연구에서는 BOD, COD가 상관관계가 매우 높게 나왔으며, 강우를 2007~2010년을 측정된 결과 상류지점(구미, 안동) 봄(137.2) 여름(302.6) 가을(843.8) 겨울(78.3), 하류지점(합천, 밀양) 봄(159.9) 여름(386.4) 가을(838.1) 겨울(92.9)값으로 나왔다. 그러나 상류(안동댐, 내성천, 위천) 보다는 하류(합천댐, 황강, 낙동창녕, 낙동밀양)의 값이 가을을 제외하고 모두 일정하게 높았으며, 이는 다른 물질(BOD, COD)의 변화도 있음을 알 수가 있었다. 이를 바탕으로 지속적인 연구를 통한 수질종합평가가

효율적인 연구가 진행이 되었으면 한다. 수질측정망 운영 현황에서 주요한 인자와 주된 물질을 중점으로 지속적인 연구와 발전으로 좋은 결과를 얻도록 다각도의 연구를 진행하고자 한다.

참고문헌

국립환경과학원 낙동강물환경연구소 (2010, 2009, 2008).
오염총량관리를 위한 낙동강수계 유량측정사업 최종

보고서.

김미숙 (2002). “낙동강 부영양화와 수질환경요인의 통계적 분석.” **한국조류학회지**, 한국조류학회, pp. 105-115.
Lettenmaier, D.P. (1988). “Multivariate Nonparametric Tests for Trend in Water Quality.” *Water Resources Bulletin*, Vol. 24, No. 3, pp. 505-512.

논문번호: 12-066	접수: 2012.06.25
수정일자: 2012.07.26/08.08	심사완료: 2012.08.08