



# 하절기 낙동강 창녕함안보 구간에서의 수질특성 및 영향인자의 상관관계 분석

## Analysis of the water quality and correlation of impact factors during summer season in changnyeong-haman weir section

정선영·김일규\*

Sun-Young, Jung·Il-Kyu, Kim\*

부경대학교 환경공학과

Department of Environmental Engineering, Pukyong National University

### ABSTRACT

This study analyzed the correlation between Chl-a and water quality factors using characteristics of climate data, water quality factors, and various statistical analysis techniques during the summer season in the Nakdong River during the 2-year period. The purpose of this study is to provide the basic data for establishing water quality management policy in the Changnyeong-Haman weir section. From the end of July to the middle of August when algae mainly occur, both the years 2015 and 2016 are in the temperature range of 25 ~ 30 °C, and the total precipitation of 2015 is less than that of 2016 in this period. As a result of comparing the concentration of Chl-a, the average Chl-a concentration of 2015 was higher than that of 2016, which seems to be related to the total precipitation in the occurrence of algae. The results of the correlation analysis showed that the correlation with PO4-P was significant at most points. As a result of the factor analysis, the first principal factor group classified PO4-P, NH3-N, TP, pH, flow rate, TN and this section seems to be influenced by phosphorus and nitrogen and flow rate.

**Key words:** Changnyeong-Haman weir, Factor analysis, Statistical analysis, Water quality

**주제어:** 창녕함안보, 요인분석, 통계분석, 수질특성

## 1. 서 론

낙동강은 총길이가 525 km에 달하는 국내 최대의 하천 중의 하나이며, 4대강(한강, 낙동강, 영산강, 금강) 중에서 연중 부영양화 발생 빈도가 높은 편이다(Hwang et al. 2007; Lim et al., 2015). 산업화와 도시화의 과정을 거치면서 인위적인 압력에 의한 시간적, 공간적 환경조건이 자주 변해왔으며, 특히 2012년에 8개의 보가 설치되면서(Yu et al., 2014) 수심이 깊어지고

물의 흐름을 느리게 하며 체류 시간을 증가시켜 영양염류 증가 등 수체 변화에 큰 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Noh et al., 2015). 뿐만 아니라 최근 부영양화는 유역으로부터 유입되는 영양물질과 호수의 증발로 인한 자연적인 발생보다 생활하수, 공장폐수, 인분, 가축분뇨 등의 오폐수 및 비료가 살포된 농경지의 유출수 등에 포함된 영양물질에 의해 발생하며, 이중 특히 인의 유입이 부영양화에 영향을 많이 끼친다고 하였다(Oh et al., 1999; Kim, 2016). 이렇게 설치된 보에 의해 하천은 인위적인 호소의 형태를 띠게 되는데, 이러한 호소는 정체 수역에 따른 영향으로 인해 하계에 집중적으로 조류가 발생하게 되는 원인이 된

Received 9 December 2016, revised 31 January 2017, accepted 16 February 2017

\*Corresponding author: Il-Kyu, Kim (E-mail: [ikkim@pknu.ac.kr](mailto:ikkim@pknu.ac.kr))

pp. 001-006
pp. 007-012
pp. 013-019
pp. 021-028
pp. 029-037
pp. 039-050
pp. 051-062
pp. 063-072
pp. 073-081
pp. 083-091
pp. 093-101
pp. 103-114

다(Lee and Kim, 2015). 조류 발생은 수질, 수리, 기상 등 다양한 영향인자들에 의해 영향을 받을 뿐만 아니라 이들 영향인자들도 상호 영향을 미치므로 Chl-a와 상관관계를 해석하기 위해서는 수질, 수리 기상인자들을 복합영향인자로서 동시에 적용해야 할 필요가 있다(Lim et al., 2015).

최근 하천의 수질평가에 대해 통계분석을 이용한 연구가 진행되고 있으며 통계분석법을 이용해 수질관리를 보다 쉽게 수행해야 할 것이다. 조류 발생 영향 인자에 대한 연구를 위한 많은 분석 방법 중 다변량 통계분석은 복합적인 조류발생과 수계의 특성사이의 관계를 평가하고 해석하기 위한 유용한 방법이라고 할 수 있다(Jeong et al., 2010; Lim et al., 2015). 본 연구에서는 창녕함안보 구간의 수질을 대상으로 다변량 통계분석을 통해 수질 특성을 파악하였으며, 향후 창녕함안보 구간의 수질관리정책 수립을 위한 기초 자료를 제공하는데 목적이 있다.

## 2. 연구내용 및 방법

### 2.1 조사지점 및 시기

본 연구에서는 각 년도별 조류가 번성하는 여름철을 중심으로 2015년 6월부터 10월까지 총 15회와 2016년 7월부터 9월까지 총 8회 실시하였고, 조사지점은 기존의 수질과 유량 측정 지점 등을 고려하여 창녕함안보 구간의 본류와 주요 지류를 중심으로 본류에 해당하는 울지교, 박진교, 함안보 3개 지점과 지류에 해당하는 청덕교(황강), 송도교(남강) 2개 지점으로 총 5개 지점을 선정하였으며, 관측지점별 수위, 유량, 수질측정소명과 측정기관에 대한 정보를 나타내었다(Fig. 1). 또한 각 지점에서 표층(수표면으로부터 0.5m)과 중층(수표면으로부터 3m)에서 조사를 실시했으며, 청덕교 지점의 경우 수심이 얕아 표층만 조사하였다.

### 2.2 자료 수집 및 수질 특성 분석

수질항목 중 수온, pH, 전기전도도(EC), DO(Dissolved Oxygen) 등은 현장에서 측정하였으며(Horiba U-51, Japan), 총질소(TN), 질산성질소(NO<sub>3</sub>-N), 암모니아성질소(NH<sub>3</sub>-N), 총인(TP), 인산염인(PO<sub>4</sub>-P), 화학적산소요구량(COD), 부유물질(SS), 클로로필-a(Chl-a), 총유기탄소(TOC), 총실리카(T-Silica), 용존실리카(D-Silica)를 수질공정시험기

준에 따라 분석하였다. 기상인자로 사용된 평균기온, 일조시간, 일사량, 강수량과 수리인자로 사용한 유량은 국가 수자원관리 종합정보 홈페이지(<http://www.wamis.go.kr>) 자료를 활용하였다. 기상인자는 조사지점 인근에 위치한 대구, 합천, 의령 세 지점의 측정자료를 평균하여 이용하였으며, 수리인자는 측정지점 인근에 위치한 이방(울지교), 죽고(청덕교), 적포교(박진교), 거룡강(송도교), 진동(함안보) 지역의 자료를 이용하였다.

본 연구에서의 모든 통계분석은 SPSS(ver. 18.0) 프로그램을 이용하였다. 각 구역의 Chl-a와 수질인자간의 변동 특성을 파악하기 위해 상관성 분석을 실시하였으며, 일반적으로 이용되는 Pearson's correlation analysis를 이용하여 분석하였다. 주성분 분석은 주성분 수를 결정하기 위해 요인을 설명하는 분산의 크기인 고유치(eigenvalue)가 1.0 이상인 값을 갖는 주성분 축만을 고려하였다. 고유치가 1.0 이하인 경우는 1개의 요인이 변수 1개의 분산을 설명할 수 없으므로 요인으로서 의미가 없기 때문에 제외하였다. 주성분 분석으로 요인을 추출한 후 요인과 변수와의 상관계수에 따른 요인 구조 명확화를 위해 직교회전방식(Varimax) 방식을 적용하여 요인분석을 실시하였다.



Fig. 1. Sampling sites in the Nakdong River.



### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 기상변화

담수에서 조류의 성장은 기상과 수체의 물리·화학적 요인의 영향을 받는다(Yu et al., 2014). 조사기간 동안 낙동강 수계의 일평균 기온과 강수량은 Fig. 2.와 같으며, 점선을 기준으로 2015년과 2016년 하절기의 기온과 강수량을 나타내었다.

2016년은 2015년에 비해 평균기온이 높았지만 대체적으로 각 년도마다 7월부터 8월까지의 온도가 상승한 후 9월에 점점 감소하는 패턴을 보여 각 년도의 월별 변동성이 뚜렷하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 또한 조사기간 중 2015년과 2016년 모두 조류가 주로 발생하는 시기인 7월 말부터 8월 중순까지 25 ~ 30°C 범위를 나타내었으며, 이 때 측정된 수온이 이와 유사한 온도 범위를 보이고 있어 여름철에 대량 발생하는 남조류의 생육에 적절한 수온과 유사하므로(Yeon et al., 2010) 조류가 성장하기에 적합한 온도라고 판단된다.

2015년과 2016년 하절기의 강수량 패턴을 비교해보면, 총강수량의 경우 2015년이 2016년에 비해 적게 보고되었다. Chl-a 농도의 경우에는 2015년이 2016년보다 높게 분석되었다. 2015년의 경우, 특히 최근 기후 변화로 인한 여름철 강수량 감소와 고온현상을 나타내는 것으로 추정된다. 따라서 이러한 현상들이 유량 뿐 아니라, 조류의 발생과 성장에 영향을 미친 것으로 판단된다.

#### 3.2 대상 유역의 수질특성

낙동강 창녕함안보 구간의 수질특성을 알아보기 위하여 각 지점별 수질인자를 Fig. 3.에 나타내었다. 각 지점에 대한 수질인자를 살펴보면, 수온은 수심이 얇은 지류보다 본류에서 높게 나타났고 지점별 표층과 중층간의 수온차이는 크게 나타나지 않았다. pH의 경우는 6.4 ~ 9.9의 범위로 전 지점에서 중층보다 표층의 pH 농도가 모두 높게 나타났다. 이는 표층에 있는 조류가 광합성으로 CO<sub>2</sub>를 소모하게 되면 그에 따라 pH가 증가한다는 연구결과와 일치하며(Cheong, 2010), Na(2015) 등은 하절기에는 수표면을 중심으로 증가한 조류의 광합성 영향으로 표층에서 pH가 크게 증가한다고 보고하였다. DO의 경우에도 중층에 비해 표층의 농도가 더 높게 나타났다. 이는 표층에서는 조류 광합성의 영향으로 산소가 생성되는 반면 저층에서는 수중 유기물과 함께 바닥에 침강된 유기물의 분해로 산소가 소비되기 때문인 것으로 판단된다(Na et al., 2015). EC의 경우, 본류에서는 평균 0.3 dS/m, 지류에서는 0.15 dS/m의 값을 나타내어 본류가 더 높은 것으로 나타났으며, 지점별 표층과 중층간의 뚜렷한 차이는 보이지 않았다. TP와 PO<sub>4</sub>-P의 경우 각각 0.002 ~ 0.161 mg/L, 0.001 ~ 0.064 mg/L의 범위를 나타내었고, 송도교(이하 SD) 지점의 PO<sub>4</sub>-P 농도가 가장 낮게 나타났다. TN의 경우 0.5 ~ 5.5 mg/L의 범위로 지류에 비해 본류의 농도가 높았으며, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>3</sub>-N의 경우 각각 0.25 ~ 2.2 mg/L, 0.01 ~ 0.24 mg/L의 범위를 보이며

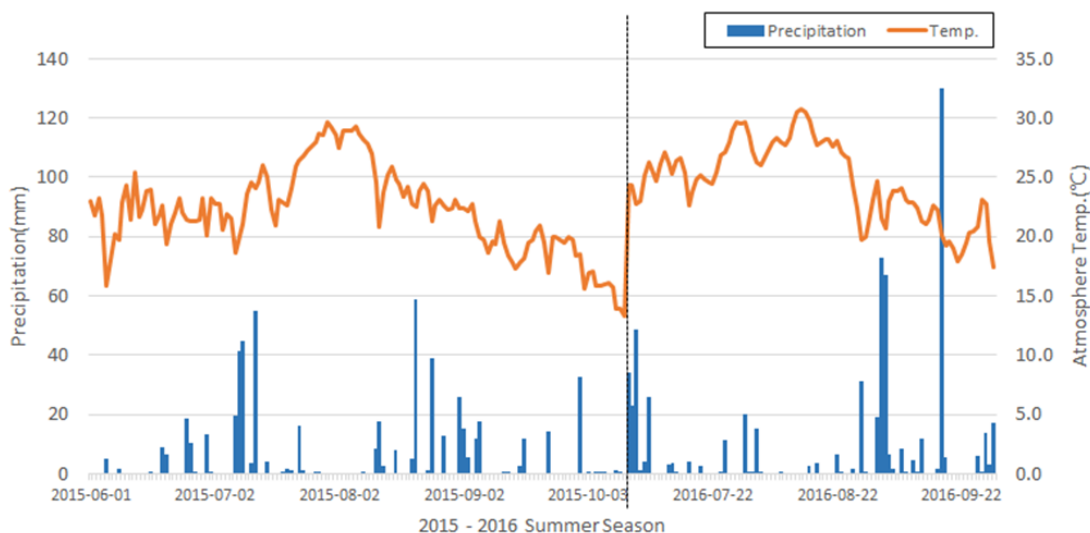


Fig. 2. Daily variation of atmospheric temperature and precipitation in the Nakdong River, 2015~2016 summer season.

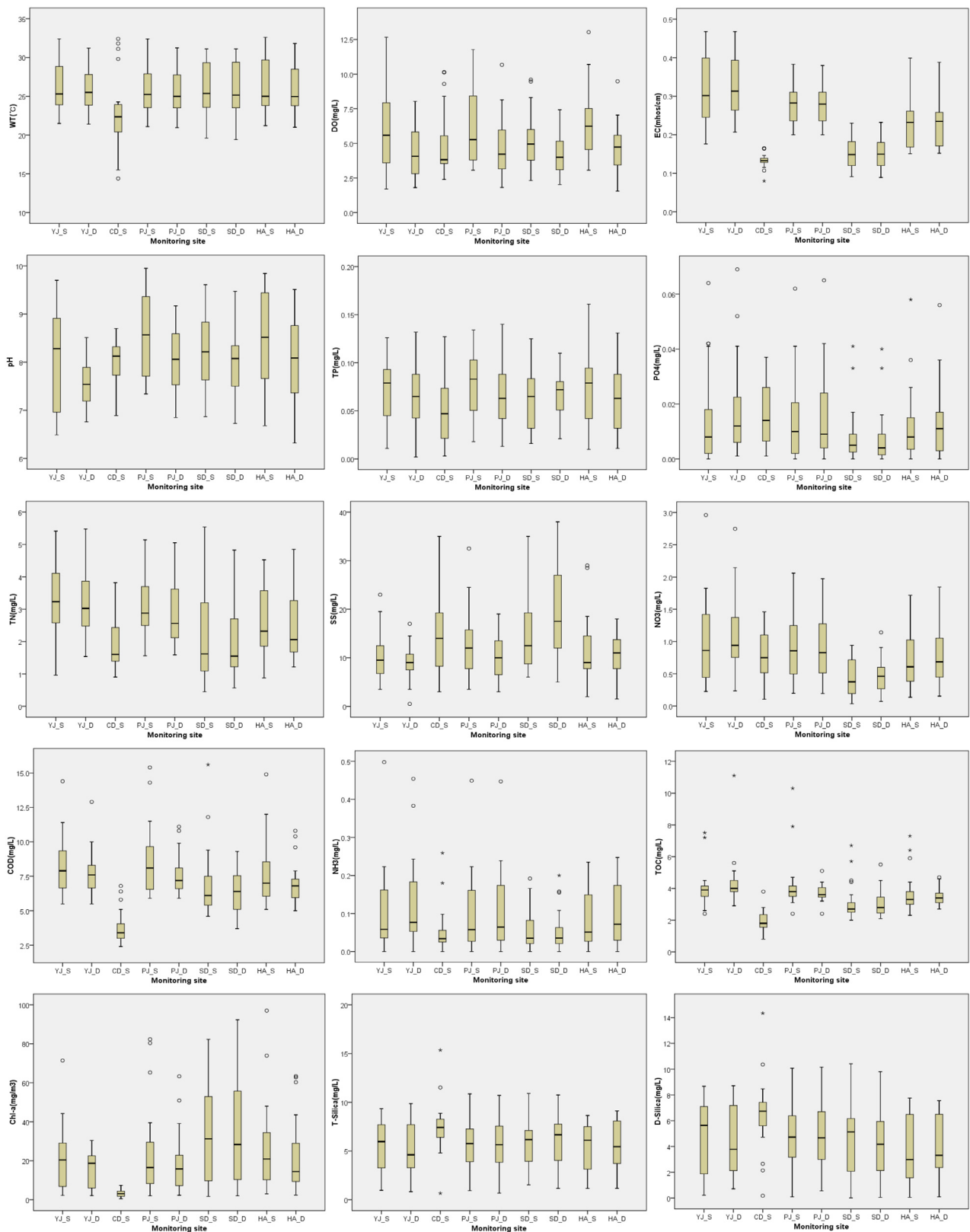


Fig. 3. Box plot major water quality parameters in Changnyeong-Haman weir section.



TN과 마찬가지로 본류의 농도가 높게 나타났다. SS의 경우에는 1 ~ 37 mg/L의 범위를 보이고 있으며 지류 지점의 편차가 큰 것으로 나타났는데, 이는 지류가 본류에 비해 수심이 얇고 강우와 유속의 영향을 받기 때문에 SS의 편차가 크게 나타난 것으로 판단된다. COD와 TOC의 경우 지류에 비해 본류의 농도가 높게 나타났으며, 표층과 중층간의 농도 차이는 크게 나타나지 않았다. Chl-a의 경우 다른 지점에 비해 SD 지점의 농도가 비교적 높게 분석이 되었는데, 이는 SD 지점이 위치한 남강은 낙동강 수계에 유입되는 주요 지류 중 비교적 많은 오염물질을 배출하고 있으며(Kim et al., 2013), 주변 축산농가와 공업지역이 하천 인근에 위치하는 특성을 가지고 있어 식물성 플랑크톤 생산에 영향을 미치는 것으로 판단된다. T-Silica와 D-Silica의 경우 CD 지점이 다른 지점에 비해 평균 농도가 각각 7.4 mg/L, 6.5 mg/L로 가장 높았다. 전반적으로 YJ 지점과 PJ 지점에서 TN, COD 등의 수질인자들의 농도가 높게 나타났다. YJ 지점의 경우 합천창녕보 상류에 위치하여 유속이 상당히 느려지는 구간의 특성을 가지고 있으며 PJ 지점은 하천 인근에 축산농가 등이 위치해 과량의 영양염류 유입을 예상할 수 있고, 작은 지류들이 본류로 유입되는 특성을 가진다. CD 지점은 황강 지류에 속하며 지점의 특성상 수심이 매우 얇고 유속이 빠른 지점으로써 월별 농도 차이가 크지 않은 것으로 판단된다. 그러나 SD 지점의 경우 Chl-a, TP, COD의 수질인자 농도가 비교적 높게 나타났는데, 이는 남강 하류지역에 위치한 농가로부터 축산폐수, 유기오염물질, 영양염류 등이 지속적으로 배출되고 있기 때문인 것으로 판단된다. 또한 Lee(2015) 등은 남강 지점에서 비교적 높은 유량이 본류로 유입되어 본류의 유량 변화에 영향을 크게 미친다는 연구결과가 있어 본류에 영향을 미칠 수 있는 남강 지류에 대한 지속적인 관리가 필요한 것으로 판단된다. 이와 관련하여 남강댐 추가방류에 따라 Chl-a가 감소한다는 연구결과가 있으며(K-water, 2015), 남강댐 증가방류 실시 전·후 창녕합안보의 Chl-a 농도가 저감되었다는 연구결과가 있어(K-water, 2013) 수질관리의 측면에서 남강댐의 추가방류를 통해 식물성 플랑크톤을 저감시킬 수 있을 것으로 판단된다.

### 3.3. 수질항목별 상관분석 결과

각 지점별 표층은 S, 중층은 D로 나타냈으며, 수질

인자와 Chl-a와의 상호관계는 Pearson Correlation을 이용하여 평가하였고, 그에 따른 상관계수는 Table 1과 같다.

상관성을 살펴보면, PO<sub>4</sub>-P가 CD 지점을 제외한 모든 지점에서 높은 음의 상관성을 보였는데, PO<sub>4</sub>-P는 식물성 플랑크톤 증식 시 영양물질로 이용된 것으로 판단되며(Jo and Sin, 1996; Kim et al., 2002), 다른 영양염류와 달리 음의 상관성을 보이는 것은 식물성 플랑크톤 증식과정에서 우선적으로 소비되어 식물성 플랑크톤 현존량이 많은 시기에 PO<sub>4</sub>-P가 급격히 소모되어 낮은 농도를 보이게 되고 그 결과 음의 상관성을 나타나는 것으로 판단된다(Park et al., 2008).

또한 CD 지점과 SD 지점에서는 수온과의 상관성이 유의하게 나타났는데, 이는 지류가 본류에 비해 수심이 얇기 때문에 수온이 조류생장에 영향을 미친 것으로 판단된다. Chl-a와 일사량은 모두 p-value가 0.05 이상으로 Chl-a와 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 이는 하절기에 따른 집중강우와 유량 증대, 탁수의 유입 등으로 인해 광투과도가 감소했기 때문인 것으로 판단되며(Jeong et al., 2010), Park(2002) 등은 낙동강 하류지역에서는 장마의 영향으로 일부 일사량 감소로 인한 일차생산력의 감소 효과가 조류생체량 감소에 영향을 미치는 것으로 보고하였다. 또한 일조시간과 일사량은 대체로 비례하지만, 구름으로 인해 일조시간에 포함되지 않는 경우라도 일사량을 측정할 수 있기 때문에 상관성이 다르게 나타난 것으로 판단된다. 이에 따라 일조시간은 본류의 표층지점을 제외한 모든 지점에서 상관성이 유의하게 나타났는데, 이는 기온이 증가함에 따라 중층의 수온이 함께 올라가 영향을 미친 것으로 판단되며, 표층에서의 상관성이 나타나지 않은 이유는 풍속이나 표층에 영향을 미칠 수 있는 다른 영향에 의한 것으로 판단된다(Yu et al., 2014).

대부분의 지점에서 pH와의 연관성이 유의하게 나타났는데 이는 식물성 플랑크톤이 증식함으로써 광합성 작용에 의해 수중의 탄산염 및 중탄산염이 흡수되어 pH가 증가한 것으로 보고하였으며, 또한 pH가 높아짐으로써 금속류와 착물로 존재하던 인의 용출이 가속되어 식물성 플랑크톤의 성장이 촉진된다고 하였다(Jeon and Park, 1989; Geum River Environment Research Center, 1995; Kim et al., 2002). 또한 Lim(2014) 등은 조류의 광합성으로 인해 pH가 증가되고, 이는 조류의

pp. 001-006

pp. 007-012

pp. 013-019

pp. 021-028

pp. 029-037

pp. 039-050

pp. 051-062

pp. 063-072

pp. 073-081

pp. 083-091

pp. 093-101

pp. 103-114

생장에 영향을 미친 것으로 보고하였다. 수중의 탁도 유발 물질은 물의 투명도와 빛의 수중 투과 깊이에 영향을 미치며 조류의 성장에 필수적인 햇빛의 양에 영향을 주는 것으로 알려져 있지만(Sin 1996b; Kim et al., 2002), 상관분석 결과 전 지점에서 탁도와외의 상관성은 크게 나타나지 않았으며, SD\_D에서 강한 양의 상관성을 보였다.

Silica의 경우 PJ\_D부터 HA\_D까지 상관성이 나타났는데, 이는 PJ 지점에서부터 하절기에 주로 성장하는 남조류뿐 아니라 규조류의 성장도 함께 일어난 것으로 판단되며 SS가 함께 관찰되어 강한 바람이나 물의 유동으로 저토의 휴면 규조류가 수중으로 상승하여 증가했을 가능성이 있다(Cho et al., 1998).

각 지점별로 Chl-a의 농도와 다른 인자간의 상관성이 다른 이유는, Chl-a의 농도에 수질, 수리 및 기상인자들이 복합적으로 영향을 미치기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 청녕함안보 구간은 낙동강 하류지역으로서 영양염류가 풍부하고(Son, 2013), 대부분의 지점에서 Chl-a와 PO<sub>4</sub>-P와의 상관성이 유의하게 나타나 식물성 플랑크톤 성장에 중요하게 작용하는 요인은 인

(Phosphorus)으로 판단되며, 그에 따라 낙동강 하류지역의 다양한 오염원으로부터 발생하는 인의 농도에 대한 집중적인 수질관리가 필요할 것으로 판단된다.

### 3.4. 주성분 및 요인분석 결과

전체 조사지점에서 수질인자를 대상으로 수질특성을 파악하고 구성요인을 추출하기 위해 주성분 분석(Principle Component Analysis)을 사용하여 Table 2에 나타내었다. 그 결과 5개의 주성분이 추출되었고, 제 1요인의 고유치는 3.637로써 20.206%, 제 2요인이 3.029로써 16.828%, 제 3요인이 14.665%, 제 4요인이 12.129%, 제 5요인이 9.318%를 기여하고 있다. 전체 분산은 제 1요인부터 5요인까지 73.146%를 설명해 주고 있다. 통계에 사용할 변수가 요인분석에 적합한지에 대한 검증으로 Kaiser-meyer-olkin(KMO) test를 실행한 결과 0.669로 분석되었고 Bartlett's test의 구형 검증치 또한 0.000(p<0.05)을 나타내어 변수들의 상관관계가 통계적으로 유의하여 요인분석 실행이 타당한 것으로 분석되었다. 이 때 KMO test는 최소 0.5는 되어야

Table 1. Pearson Correlation coefficients between parameters

	유량	기온	일사량	일조시간	수온	pH	DO	EC	탁도
YJ_S	-.310	.152	.059	.346	.183	.618**	.434*	.414	.095
YJ_D	-.677**	.261	.335	.664**	.328	.554**	.154	.514*	-.133
CD_S	-.003	.415*	.293	.548**	.429*	.421	.322	-.207	-.148
PJ_S	-.300	.161	.089	.358	.215	.479*	.222	.408	.273
PJ_D	-.645**	.039	.329	.601**	.058	.631**	.329	.271	.129
SD_S	-.333	.554**	.238	.440*	.639**	.572**	.456*	-.070	.203
SD_D	-.310	.553**	.205	.418*	.629**	.417	.525*	-.110	.547**
HA_S	-.186	.104	.106	.334	.183	.356	.316	.223	.017
HA_D	-.317	.198	.246	.491*	.205	.504*	.457*	-.084	-.155

	TP	PO <sub>4</sub> -P	TN	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>3</sub> -N	T-Silica	D-Silica	SS	COD	TOC
YJ_S	-.335	-.590**	-.519*	.370	-.267	-.222	-.212	.692**	.792**	.404
YJ_D	-.702**	-.672**	-.811**	.382	-.369	-.308	-.197	.635**	.359	.207
CD_S	-.168	.267	-.551**	.348	.103	.015	.152	-.233	.010	.051
PJ_S	-.078	-.576**	-.311	.118	-.294	-.228	-.221	.785**	.468*	-.037
PJ_D	-.612**	-.588**	-.574**	.362	-.438*	-.517*	-.486*	.716**	.550**	.012
SD_S	-.259	-.493*	-.199	-.127	.080	-.445*	-.562**	.153	.589**	.408
SD_D	-.019	-.516*	-.504*	-.184	.074	-.363	-.480*	.094	.597**	.244
HA_S	.232	-.506*	-.283	.132	-.066	-.355	-.327	.806**	.403	.043
HA_D	-.320	-.605**	-.551**	.162	-.098	-.584**	-.505*	.309	.358	.021

\*\* : p < 0.01, \* : p < 0.05



요인분석이 가능하며, Bartlett's test는 사용된 변수가 대각행렬인지를 검증하는 방법으로 p값이 0.05보다 작으면 대각행렬임을 기각하여 요인분석을 할 수 있다는 것을 의미한다(Jung et al., 2016). 따라서 두 분석 모두 조건에 만족하여 요인분석이 가능함을 설명해 주고 있다. 요인분석(Factor Analysis)을 한 결과를 Table 3 와 Fig. 4.에 나타냈다. 제 1요인은 PO<sub>4</sub>-P, NH<sub>3</sub>-N, TP, pH, 유량, TN으로 분류되어 낙동강으로 유입되는 영양 염류와 유량에 관련된 오염물질의 유입과 관련이 있음을 보여주고 있으며, 제 2요인의 경우 COD, TOC, 전도도, Chl-a로 분류되어 유기물 및 조류 증식에 따른 물질대사 요인이 큰 영향을 미치고 있다고 해석할 수 있다(Jung et al., 2012). 제 3요인은 기온, 수온, DO, 제 4요인은 일사량, NO<sub>3</sub>-N, 일조시간으로 계절에 영향을 받는 요인들이다. 제 5요인은 SS, 탁도로 분류되었으며, 이는 조류의 발생과 강우의 영향과 관련 있는 것으로 보인다. 따라서 낙동강 창녕함안보 구간의 수질 특성은 영양염류 및 유기물과 계절적 요인에 의한 영향이 가장 큰 것으로 판단된다.

**Table 2.** Eigen values and Cumulative percentage of factors

component	Initial eigen values			Rotation sums of squared loadings		
	Total	Variance (%)	Cumulative (%)	Total	Variance (%)	Cumulative (%)
1	4.772	26.509	26.509	3.637	20.206	20.206
2	3.281	18.226	44.736	3.029	16.828	37.034
3	1.948	10.824	55.560	2.640	14.665	51.699
4	1.759	9.773	65.333	2.183	12.129	63.828
5	1.406	7.814	73.146	1.677	9.318	73.146
6	.851	4.729	77.875			
7	.661	3.673	81.549			
8	.609	3.383	84.932			
9	.547	3.039	87.971			
10	.447	2.485	90.456			
11	.375	2.081	92.537			
12	.336	1.869	94.406			
13	.269	1.496	95.902			
14	.226	1.257	97.159			
15	.188	1.047	98.206			
16	.164	.909	99.115			
17	.091	.506	99.621			
18	.068	.379	100.000			

**Table 3.** Rotated component matrix by factor analysis.

Variable	component				
	1	2	3	4	5
PO <sub>4</sub> -P	.830	-.304	.059	.037	-.062
NH <sub>3</sub> -N	.766	.184	-.072	-.004	-.058
TP	.703	.178	-.070	-.178	.141
pH	-.680	.389	.331	.065	.046
유량	.675	.347	.063	-.150	-.195
TN	.629	.252	-.347	-.333	-.106
COD	-.012	.892	.186	-.014	.223
TOC	.192	.802	.060	-.004	.098
전도도	.212	.795	-.188	.259	-.185
Chl-a	-.318	.573	.294	-.019	.340
기온	.064	-.084	.932	-.003	.096
수온	-.101	.223	.859	.024	-.050
DO	-.301	.140	.549	.300	-.028
NO <sub>3</sub> -N	.108	.190	-.249	.840	.059
일조시간	-.441	.007	.240	.745	.081
일사량	-.213	-.057	.378	.738	.008
SS	-.118	.080	.181	-.088	.869
탁도	.022	.124	-.169	.203	.782

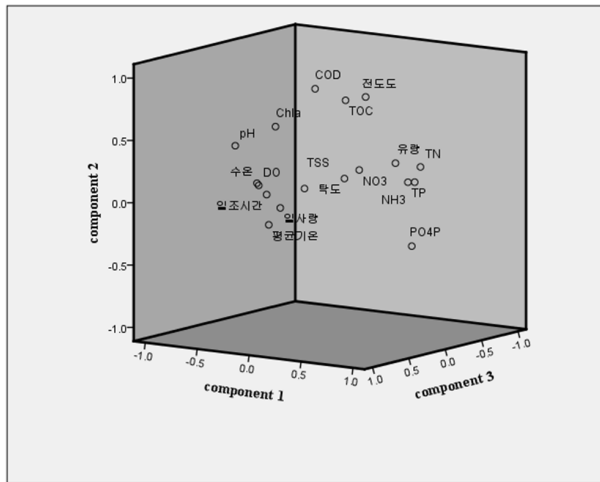


Fig. 4. Component plot in rotated space

## 4. 결 론

본 연구에서 창녕함안보 구간의 분류 3지점과 지류 2지점의 하절기일 때 기상, 수리, 수질인자에 대한 2년 동안의 조사결과를 바탕으로 수질 특성 및 수질인자와 Chl-a와의 상관성에 대해 연구하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1) 조사지점 인근 평균기온은 2015년과 2016년 모두 조류가 주로 발생하는 시기인 7월 말부터 8월 중순까지 25 ~ 30°C 범위를 보이고 있으며 이 시기 총강수량의 경우 2016년에 비해 2015년이 적은 것으로 보고되었다. 이에 따라 Chl-a의 농도를 비교해본 결과, 평균적으로 강수량이 적은 2015년의 Chl-a의 농도가 2016년에 비해 높게 분석이 되었다. 이는 조류 성장과 발생에 있어 총강수량과 연관성이 있는 것으로 추정된다.

2) 창녕함안보 구간의 Chl-a의 경우 SD 지점이 높게 분석되었는데, 이는 SD 지점이 낙동강의 주요 지류 중 오염물질 발생이 비교적 높은 남강에 위치하고 있으며, Chl-a의 농도가 분류에 비해 높게 나타난 것으로 보아, 하류 HA 지점의 Chl-a 농도에 영향을 미친 것으로 판단된다. 따라서 남강 지류에 대한 지속적인 관리가 필요할 것으로 판단된다.

3) Chl-a와 수질인자간의 상관분석 결과, 영양염류와 유기물에 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 그 중 대부분의 지점에서 조류발생에 가장 큰 영향을 미치는 PO<sub>4</sub>-P과의 강한 상관성이 나타나 낙동강

에서의 제한요소로는 인이 보다 중요한 것으로 판단된다.

4) 요인분석 결과, 전체 수질을 대상으로 5개의 주성분이 추출되었으며, 전체 분산은 제 1요인부터 제 5요인까지 73.146%를 설명해주고 있다. 제 1요인은 PO<sub>4</sub>-P, NH<sub>3</sub>-N, TP, pH, 유량, TN으로 구분되었으며 제 2요인은 COD, TOC, 전도도, Chl-a로 분류되었고 제 3요인은 기온, 수온, DO와 제 4요인은 일사량, NO<sub>3</sub>-N, 일조시간으로 분류되었다. 결과를 종합하였을 때, 창녕함안보 구간의 대상 지점은 영양염류인 인과 질소 그리고 유량의 영향을 비교적 크게 받는 것으로 판단된다.

## 사 사

본 연구는 “부경대학교 자율창의학술연구비 지원사업 (2016)”의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## Reference

- Cheong, C.J., (2010). Seasonal Variation of Picoplankton community in Lake Juam, J. of Kor. Soc. Environ. Eng., 32(3), 271-277.
- Cho, K.J., Shin, J.K. (1998). Dynamics of Inorganic N-P nutrient and planktonic algae during summer and winter in downstream of the Nakdong River, Journal of Korean Limnology, 31(1), 67-75.
- Jeong, E.J., Na, J.E., Kim, G.M., Shim, S.S., Lee, H.Y. (2010). Water Temperature and Community of Phytoplankton in Youngsan River, Korea, Korean J. Environ. Biol., 28(2), 56-63.
- Jung, K.Y., Ahn, J.M., Kim, K.S., Lee, I.J., Yang, D.S. (2016). Evaluation of Water Quality Characteristics and Water Quality Improvement Grade Classification of Geumho River Tributaries, Journal of Environmental Science International, 25(6), 767-787.
- Jung, S.J., Lee, D.J., Hwang, K.S., Lee, K.H., Choi, K.C., Im, S.S., Lee, Y.H., Lee, J.Y., Lim, B.J. (2012). Evaluation of Pollutant Characteristics in Yeongsan River Using Multivariate Analysis, Journal of Korean Limnology, 45(4), 368-377.
- Kim, G.H., Jung, K.Y., Yoon, J.S., Cheon, S.U. (2013). Temporal and Spatial Analysis of Water Quality Data Observed in Lower Watershed of Nam River Dam, Journal of the Korean





- Society of Hazard Mitigation, 13(6), 429-437.
- Kim, M.S., Chung, Y.R., Suh, E.H., Song, W.S. (2002). Eutrophication of Nakdong River and Statistical Analysis of Environmental Factors, *Algae*, 17(2), 105-115.
- Kim, Y.W. (2016). Correlation analysis of main stream and tributaries in the Nakdong River for water qualities and algae occurrences, Master's Thesis, Pusan University, 9-11.
- K-water (2013). Development of Methods for Optimal Algae Control Reflecting the Algae Growth Characteristics of Weirs in Four Major Rivers, KIWE-WRRC-13-0, 69-94.
- K-water (2015). Estimation of the Social Benefits from the Water Quality and Environmental Improvement through Artificial Flood by Dam, Report.
- Lee S.H. (2015). *A Study on mass balance analysis and water quality management of weir segments*, Nakdong River Watershed Management Committee.
- Lee, J.H., Kim, I.H. (2015). Water Quality Monitoring of Changnyeong-Hamahn Weir: With Chlorophyll a and Nutrients, *Journal of the Korean Society of Urban Environment*, 15(2), 93-100.
- Lim, J.S., Kim, Y.W., Lee, J.H., Park, T.J., Byun, I.G. (2015). Evaluation of Correlation between Chlorophyll-a and Multiple Parameters by Multiple Linear Regression Analysis, *J. of Kor. Soc. Environ. Eng.*, 37(5), 253-261.
- Lim, J.S., Lee, J.H., Kim, Y.W., Lee, B.H., Byun, I.G. (2014). Characteristics Interpretation of Algae Occurrence Through the Complex Evaluation of Effect Parameters at Mulgeum in Nakdong River, *KSWST Jour. Wat. Treat.*, 22(6), 155-165.
- Na, E.H., Park, S.Y., Kim, J.H., Im, S.S., Kim, K.H. (2015). A Study on Spatial and Temporal Patterns of Water Quality in the Middle Area of the Nakdong River, Korea, *J. Korean Soc. Water Environ.*, 31(6), 723-731.
- Noh, S.Y., Shin, Y.N., Choi, H.L., Lee, J.Y., Lee, J.A., Rhew, D.H. (2015). Characteristics of Algae Occurrence on Environmental Changes, *Journal of Environmental impact assessment*, 24(3), 278-286.
- Park, H.K., Byeon, M.S., Choi, M.J., Kim, Y.J. (2008). The Effect Factors on the Growth of Phytoplankton and the Sources of Organic Matters in Downstream of South-Han River, *J. Korean Soc. Water Environ.*, 24(5), 556-562.
- Park, S.B., Lee, S.K., Chang, K.H., Jeong, K.S., Joo, G.J. (2002). The impact of monsoon rainfall (Changma) on the changes of water quality in the lower Nakdong river (Mulgeum), *Korean J. Limnol.*, 35(3), 160-171.
- Yeon, I.S., Hong, J.Y., Hong, E.Y., Lim, B.J. (2010). The Characteristics and Correlation Analyses of Chlorophyll-a Data Monitored Continuously in DaeCheong Reservoir, *J. Korean Soc. Water Environ.*, 26(6), 994-999.
- Yu, J.J., Lee, H.J., Lee, K.L., Lee, I.J., Jung, G.Y., Cheon, S.U. (2014). Effects of Environmental Factors on Algal Communities in the Nakdong River, *J. Korean Soc. Water Environ.*, 30(5), 539-548.
- Yu, J.J., Lee, H.J., Lee, K.L., Lyu, H.S., Whang, J.W., Shin, L.Y., Chen, S.U. (2014). Relationship between Distribution of the Dominant Phytoplankton Species and Water Temperature in the Nakdong River, *The Korean Society of Limnology*, 47(4), 247-257.
- Yu, J.J., Nakdong River Water Environment Laboratory, (2005). Characteristics evaluation of water quality variation in the Nakdong river, 11-1480433-000008-01, 20-49.

pp. 001-006

pp. 007-012

pp. 013-019

pp. 021-028

pp. 029-037

pp. 039-050

pp. 051-062

pp. 063-072

pp. 073-081

pp. 083-091

pp. 093-101

pp. 103-114