

## NTrend 1.0에 의한 낙동강 수질 장기변동 추세분석

유재정<sup>†</sup> · 신석호 · 윤영삼 · 송재기\*

국립환경과학원 낙동강물환경연구소

\*경북대학교 통계학과

### Long-Term Water Quality Trend Analysis with NTrend 1.0 Program in Nakdong River

Jae Jeong Yu<sup>†</sup> · Suk Ho Shin · Young Sam Yoon · Jae Kee Song\*

Nakdong River Water Environmental Research Center, National Institute of Environmental Research

\*Department of Statistics, Kyungpook National University

(Received 19 May 2010, Revised 6 September 2010, Accepted 7 September 2010)

#### Abstract

The effect of seasonality on water quality variation is very significant. Generally, it reduce the power of the trend extraction. A parametric time-series model was used for detecting trends in historic constituent concentration data. The effect of seasonality is able to remove from time series decomposition technique. According to such statistic methode, long-term water quality trend analysis system (NTrend 1.0) was developed by Nakdong River Water Environmental Research Center. The trend analysis of BOD variation was conducted with NTrend 1.0 at Goreong and Moolkum site in Nakdong river to show the effect of water quality management action plan. Power test of trend extraction was tried each case of 'deseasonalized and deannulized' data and 'deseasonalized' data. Analysis period was from 1989 to 2006, and it's period was divided again three times, 1989~1993, 1994~1999 and 2000~2006 according to action plan period. The BOD trend was downward in Goreong site during three times and it's trend slope was very steep, and upward in Moolkum during 1989~1993, but it was turned downward during 1994~1999 and 2000~2006. It was revealed that it's very effective to reduce the concentration of BOD by water quality management action plan in that watershed. The result of power test was shown that it is high for trend extraction power in case of 'deseasonalized' data.

**keywords** : Longterm trend analysis, Ntrend, Statistical evaluation, Time series decomposition, Water quality

## 1. 서론

환경부(2010)의 수질측정망 운영계획에 의하면 하천수, 호소수 등의 측정지점은 전국적으로 1,482개소이며, 조사항목은 하천수 39개, 호소수 36개, 농업용수 12개 및 공단배수 34개로서 매년 방대한 량의 수질데이터가 생산되고 있다. 국가에서 공공수역에 대해 수질측정망을 운영하는 가장 큰 목적은 수질변동 추세를 정확하게 파악하는 것이다. 그러나 생산되는 방대한 자료를 이용하여 신뢰성 있게 변동 추세를 분석하는 연구는 매우 미흡한 실정이다.

수질변동 요인에는 인위적인 요인과 자연적인 요인이 있다. 자연적인 요인에는 강우량, 수온, 조류(algae)의 발생, 생태환경 및 경작패턴의 변화 등 매우 다양하며 그 정도도 매우 크게 나타나고 있다. 그러나 자연의 변화는 일정한 패턴으로 전개되지 않으며 수질에의 영향도 일정하게 나타나지 않으므로 이들의 영향을 정량화하여 제거하기란 쉽지 않다.

그러나 4계절이 뚜렷한 우리나라의 경우에는 강우량과 온도 변화 등과 같은 자연적인 요인이 인위적인 요인보다도 더 큰 수질변동 요인이 될 수 있다. 이러한 계절적 변동요인은 추세분석시 분석능력을 떨어뜨리는 중요한 요인으로 작용하므로 이러한 계절적인 요인들을 제거하여 수질평가의 분석능력을 높이는 것이 중요한 과제로 되어 있으며, 통계적인 분석기법을 이용하여 다양한 수질평가 방법이 개발되고 있다.

수질변동량 중에 계절적 영향을 정량화 하기 위해서는 자료변환, 평활(Smoothing), 시계열 분해(목표변수 분해, 설명변수 분해), 설명변수를 목표변수에 적합(applied)시키는 회귀분석, 추세검정 등의 과정을 거친다(Vecchia, 2000).

시계열 분해는 변동요인인 추세변동, 계절변동, 연변동, 그리고 불규칙 변동(Error) 등으로 분해를 할 수 있다는 것에 근거를 둔다. 시계열분해법은 통계적인 관점에서 볼 때 이론적으로 완벽하지는 않으나 이해하기 쉽고 사용이 편리하여 흔히 사용되는 분석기법이다(Simeonov et al., 2003).

미국의 지질조사국(United State Geological Survey, USGS)에서는 미네소타주 등 3개 주에 걸쳐 흐르는 Red강에 대해 주변의 인간활동과 대책들이 Red강의 유량과 수질오염

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.  
youjj@korea.kr

도에 장기적으로 어떠한 영향을 주는지 평가를 수행함에 있어서 시계열 분해법을 적용하였으며 수질 변동추세 평가는 유량과 수질의 계절성을 고려하여 해석하였다(Vecchia, 2005). USGS에서는 또한 미국의 북 Dakota 지역의 10개 하천에 대해 용존이온, 용존 미량금속 등에 대한 장기간의 수질변동 추세를 평가하기 위하여 시계열 분해법을 적용하였다. 유량성분은 계절변동 성분과 연변동성분으로 분해하여 결과를 평가하고, 이것을 각각 수질의 연변동성분과 계절변동성분에 적용시켜 시계열 분해를 실시하였다(Vecchia, 2003). 우리나라에서는 김주화와 박석순(2004)의 연구논문에서는 “비모수 통계기법을 이용한 낙동강 수계의 수질 장기경향분석”을 실시한 적이 있으나 검정기법과 평활기법(Smoothing Technique)을 중심으로 연구하였으며 시계열 분해는 이루어지지 않았다. 낙동강물환경연구소에서는 시계열 분해법에 의한 계절변동성분을 분해, 제거하여 낙동강 주요지점에 대한 수질평가를 실시하였고 연구결과를 이용하여 장기 수질변동 추세분석 패키지인 “NTrend 1.0”을 개발하였다(국립환경과학원, 2006, 2007, 2008).

본 논문에서는 “NTrend 1.0” 프로그램을 이용하여 낙동강 중류의 고령지점과 하류의 물금지점을 대상으로 장기수질 변동추세를 분석하였다. 분석대상 기간은 1989년부터 2006년까지 18년으로 하였으며 이를 다시 수질대책 기간을 기준으로 3개의 시기로 구분하여 분석함으로써 대책사업의 효과의 평가가 가능하도록 하였다. 추세분석은 먼저 수질에 대한 유량의 영향을 고려하여 제거한 후 추세검출을 하였다. 또한 시계열분해에 의해 추출된 연변동성분을 계절변동 성분과 동시 제거할 때 나타나는 문제를 해결하기 위해 시플레이션 모형을 이용하여 분석능력을 평가하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 분석대상

낙동강 중상류의 오염도를 대표하는 고령지점과 하류의 오염도를 대표하는 물금지점 등 두개의 지점을 분석대상 지점으로 선정하였다. 분석대상 수질항목은 그동안 대표적인 수질관리 지표였던 생물화학적산소요구량(BOD)이다. 추세분석 대상시기는 1989년부터 2006년까지 18년간으로 하였으며, 이를 다시 맑은 물 공급대책의 이전 시기인 '89~'93년, “맑은 물 공급대책” 시기인 '94~'99년 및 “물관리 종합대책” 추진시기인 '00~'06년까지 세 개의 시기로 구분하여 장기 추세분석을 실시함으로써 각각의 추진대책의 영향을 고찰하였다.

### 2.2. 자료수집

목표변수인 BOD자료는 환경부의 하천 수질측정망의 월평균 자료를 이용하였고(물환경정보시스템, 2006) 설명변수인 유량자료는 홍수통제소에서 발표하는 월별 평균값을 이용하였다(낙동강홍수통제소, 2006). 두 자료 모두 월평균자료이지만 BOD는 특정 일시에 조사한 것이고 유량자료는 수위관측에 의한 산정자료로서 상호간 조사일시가 일치하

지 않는 단점이 있다.

### 2.3. 추세분석 방법

#### 2.3.1. 자료변환 및 변수설정

본 연구에서는 시간에 따른 변동성을 안정화하기 위하여 유량 자료에 대해 상용로그 변환을 하였다. BOD 자료는 최대값과 최소값의 비율이 크지 않아 자료변환을 하지 않았다.

#### 2.3.2. 유량 및 BOD의 시계열 분해

시계열 자료는 일반적인 통계자료와는 달리 관찰 자료로서 독립이 아니라 종속이다. 추세변동은 시계열이 장기적으로 증가추세(upward trend) 또는 감소추세(downward trend) 등을 나타내는 변동이고, 계절변동은 계절 또는 월별로 규칙적으로 반복되는 변동이다. 연변동은 계절변동보다 장기적인 주기로 나타나는 변동이고 불규칙 변동은 우연적으로 나타나는 변동이다.

시계열분해법을 이용하여 유량의 상용로그에 대한 변동을 장기적인 평균(long-trem mean)과 연변동, 계절변동, 그리고 유량 자료에 대한 불규칙변동 등 4개의 성분으로 분해하면 다음 식 (1)과 같다.

$$X(t) = M_x + A_x(t) + S_x(t) + U(t) \quad (1)$$

여기서

$X(t)$  : 시간 t에 있어서 유량의 상용로그,  $\log_{10}(\text{daily streamflow, m}^3/\text{sec})$

$M_x$  :  $X(t)$ 의 장기적인 평균값,  $\log_{10}(\text{m}^3/\text{sec})$

$A_x(t)$  : 시간 t에 있어서  $X(t)$ 의 연변동

$S_x(t)$  : 시간 t에 있어서  $X(t)$ 의 계절변동

$U(t)$  : 시간 t에 있어서  $X(t)$ 의 불규칙변동

이며, 추출된 연변동  $A_x(t)$ 와 계절변동  $S_x(t)$ 는 회귀분석을 통하여 BOD의 연변동과 계절변동에 영향을 주게된다. BOD자료도 같은 방법으로 다음 식 (2)와 같이 4개의 성분으로 분해할 수 있다.

$$Y(t) = M_y + A_y(t) + S_y(t) + T(t) + W(t) \quad (2)$$

여기서,

$Y(t)$  : 시간 t에 있어서 BOD의 상용로그,  $\log_{10}(\text{concentration, mg/L})$

$M_y$  :  $Y(t)$ 의 장기적인 평균값,  $\log_{10}(\text{mg/L})$

$A_y(t)$  : 시간 t에 있어서  $Y(t)$ 의 연변동

$S_y(t)$  : 시간 t에 있어서  $Y(t)$ 의 계절변동

$T(t)$  : 시간 t에 있어서  $Y(t)$ 의 추세성분

$W(t)$ 는 시간 t에 있어서  $Y(t)$ 의 불규칙변동

이다. 본 논문에서는 유량의 영향을 BOD의 추세분석에 반영하기 위하여 BOD의 연변동  $A_y(t)$ 를 종속변수로, 유량의 연변동  $A_x(t)$ 를 독립변수로 하여 회귀분석을 하여 BOD의 연변동의 회귀추정값  $\hat{A}_y(t)$ 을 구하며, 같은 방법으로 BOD의 계절변동의 회귀추정값  $\hat{S}_y(t)$ 을 구한다.

2.3.3. 추세검출과 평활(Smoothing)

BOD의 추세검출을 위하여 유량의 영향을 고려한 BOD의 연변동 또는 계절변동을 사용한다. 식 (2)의 BOD 분해에서 계절변동 또는 연변동을 제거한 다음 평활(smoothing)과정을 거쳐 추세를 검출하게 된다. 평활은 관찰된 자료에 포함된 불규칙변동(오차항)을 제거하여 자료에 포함된 추세를 찾아내는 통계적 기법으로 본 연구에서는 LOWESS법(LOcally WEighted Scatterplot Smoothing)을 이용하였다. 이 방법은 구간을 정해서 가중다중회귀 Cubic 모형을 적합시켜 반응변수의 예측값을 구하는 방법이다. 구간을 정할때의 기본값은 2/3이다. 이 방법은 가중최소제곱법으로 목표변수의 값을 추정하는 방법으로 가까운 점에 대해 더 많은 가중치를 준다.

2.3.4. 추세검정

추세분석은 아래와 같이 3개의 기간으로 구분하여 실시하였다.  
 시기 I : 1989-1993년, 맑은 물 공급대책 추진 이전의 시기  
 시기 II : 1994-1999년, 맑은 물 공급대책 추진 시기  
 시기 III : 2000-2006년, 물관리 종합대책이 본격 추진된 시기  
 추세검정은 기간별로 추세를 검출한 후 회귀분석을 통하여 추세기울기를 계산한 다음 t-검정을 통하여 실시하였다.

2.4. NTrend 1.0 프로그램

낙동강물환경연구소에서 장기 수질변동 추세분석을 위해 통합시스템으로 개발한 프로그램은 NTrend NERC 1.0 (NTrend 1.0)이며 주메뉴는 데이터 관리, 기초분석, 수질추세 분석 등이 있다. 동 프로그램에 사용된 통계 프로그램 R은 다양한 그래픽 기능과 함께 대용량 자료처리, 행렬연산 등을 할 수 있으며 사용자가 프로그램을 직접 코딩하여

원하는 작업을 수행할 수 있는 수학전문 또는 통계전문 소프트웨어이다.

추세분석 작업시 대상지역과 분석기간을 먼저 선택하고 목표변수와 설명변수를 정한다. 데이터 목록에서는 BOD, 화학적생물요구량(COD), 총질소(TN), 총인(TP), 유량, 수온, 클로로필a 등 25개의 변수를 구축할 수 있으며 어느 것이나 목표변수 또는 설명변수로 선택하여 분석할 수 있다. 또한 변수별 차분과 자료변환 방법을 선택할 수 있다. 평활법은 LOWESS, Kernel Smoothing, Smoothing Spline법 등 3가지 중 하나를 선택할 수 있다. 분석시행을 하면 분석결과란에 목표변수와 설명변수들의 원시계열 데이터 (Time series plot), 시계열분해 결과인 연변동성분(annual component), 계절변동성분(Seasonal component)이 도시된다. 추세그래프는 연변동·계절변동을 제거하지 않은 Original data에 의한 추세, 계절변동성분만 제거한 추세(Deseasonalized data), 계절·연변동성분을 제거한 추세(Deannualized + Deseasonalized data) 등이 도시된다. 그리고 각각의 추세 그래프에 대한 통계값(추세기울기)과 p-value가 도시되며, 유의수준을 정하여 추세검정을 할 수 있다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 유량 및 BOD의 연변동성분 추출

고령 및 물금의 월평균 유량 원시계열 자료는 Fig. 1의 (a) 및 (b)와 같다. 전체 유량 평균값은 고령지점이 218.6 m<sup>3</sup>/sec 이었으며 물금은 612.8 m<sup>3</sup>/sec로서 물금지점이 약 2.8배 높게 나타났다. 같은 기간의 BOD 농도의 시계열 자료는 Fig. 1의 (c) 및 (d)와 같다. 전체 평균값은 고령지점이

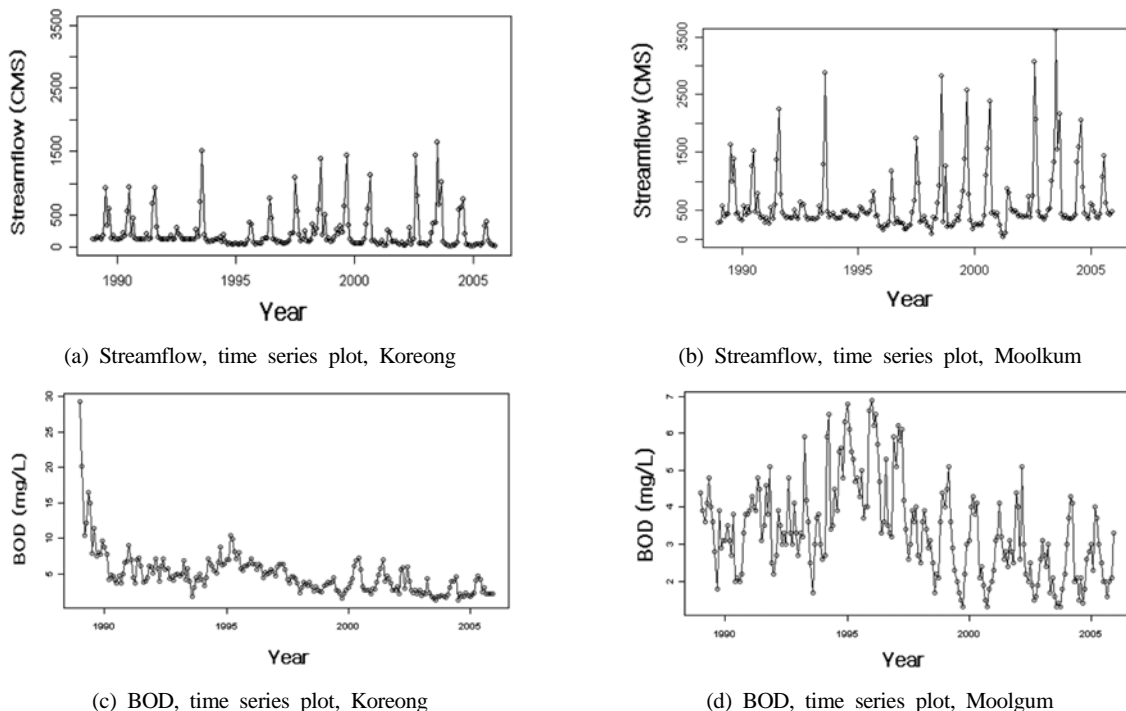


Fig. 1. Time series plot of BOD and streamflow in Koreong and Moolkum site ('89 ~ '06).

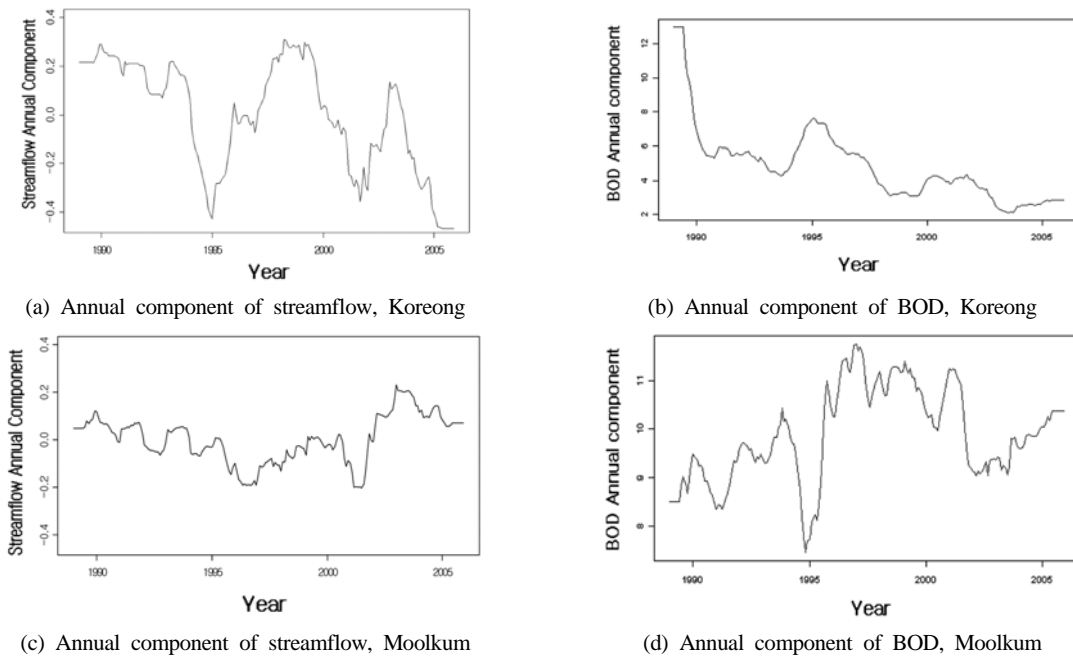


Fig. 2. Annual component of streamflow and BOD in Koreong and Moolkum site ('89 ~ '06).

4.8 mg/L, 물금지점이 3.3 mg/L로 나타나 고령지점이 물금지점보다 1.5배정도 높게 나타났다. 특히 고령의 1989년도 BOD 농도는 평균 13.1 mg/L으로써 최고치를 나타내고 있었으나 이후 감소하는 경향을 보이고 있었다. 물금지점에서는 강우량이 적었던 1995년에 최고치를 나타내었다.

Fig. 2는 설명변수인 유량과 목표변수인 BOD에 대한 시계열분해 자료 중 연변동성분의 추출결과이다. 연변동 성분

은 각 년도가 가지는 특성에 따라 발생할 수 있는 값이며, 12년을 변동폭으로 하는 이동평균으로 산정한 뒤 유량전체 평균값( $M_x$ )을 뺀 것이다.

3.2. 유량 및 BOD의 계절변동성분 추출

고령 및 물금지점의 유량 및 BOD 시계열분해 자료 중 계절변동성분 추출결과를 Fig. 3과 같다. 계절변동성분은 각 월

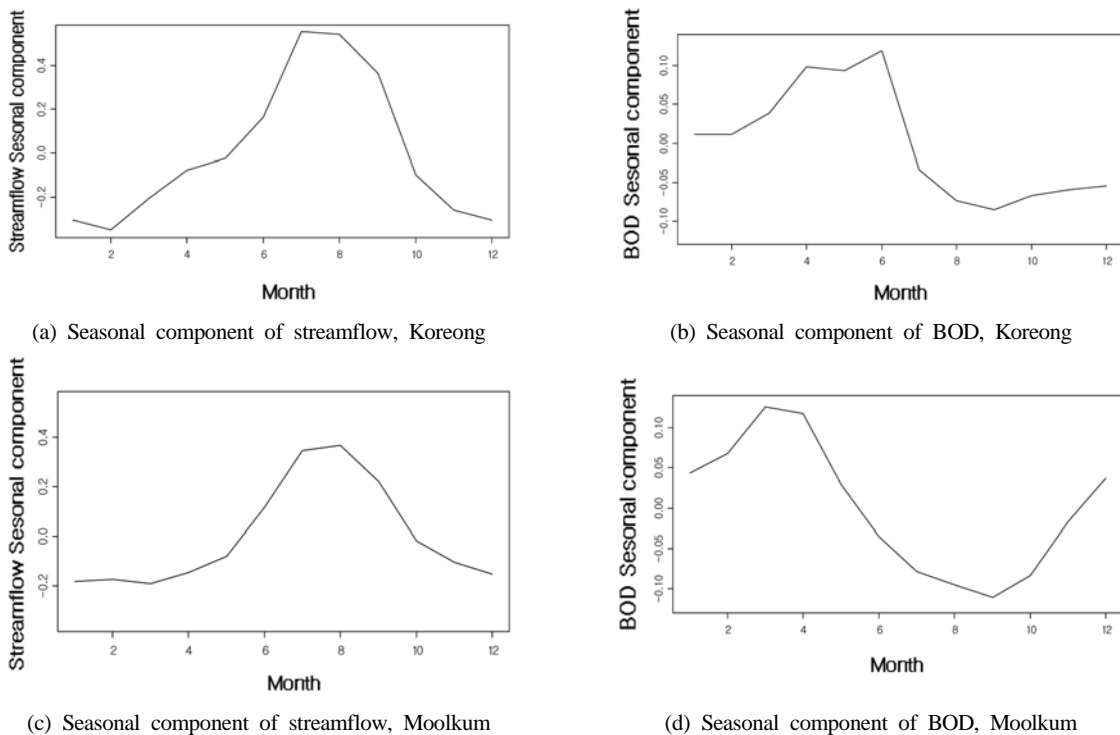


Fig. 3. Seasonal component of streamflow and BOD in Koreong and Moolkum site ('89 ~ '06).

별 발생할 수 있는 특성으로서 분석대상 기간의 각 월별 평균에서 유량 전체의 평균을 뺀 값이다. 유량의 경우 고령과 물금 모두 7월과 8월에 가장 높았으며 12월부터 이듬해 2월까지의 낮게 나타났다. BOD의 경우 고령은 5월과 6월의 농도가 높았고 물금은 3월과 4월에 높게 나타났다. BOD 농도가 낮게 나타난 계절은 고령과 물금 모두 8월과 9월이었다.

3.3. 목표변수의 연변동 및 계절변동 추정

유량의 연변동 성분과 계절 변동성분은 목표변수인 수질 데이터(BOD)의 연변동 성분과 계절변동 성분에 영향을 주게 된다. 회귀분석을 이용하여, 유량의 연변동 성분과 계절 변동성분을 이용하여 목표변수인 BOD의 연변동과 계절변동을 추정해 보면 Fig. 4와 같다. 그림에서 검은 선은 BOD의 연변동  $A_y(t)$ 와 계절변동  $S_y(t)$ 를 나타내며, 붉은 선이 유량의 영향을 고려한 BOD의 연변동  $\hat{A}_y(t)$ 과 계절변동  $\hat{S}_y(t)$ 을 나타내고 있다.

3.4. 추세검출

원시자료에서 추세성분을 검출하기 위해서는 시계열분해에서 얻어진 연변동성분과 계절변동성분을 제거 여부에 따라 다양한 경로가 가능하다. 본 연구는 유량의 연변동성 및 계절변동성 등 자연적 요인이 BOD의 변동에 미치는 영향을 제거한 추세를 검출하기 위하여 Table 1의 T3 및 T4와 같이 유량의 영향을 고려한 방법으로 추세검출을 하였다. T1 및 T2는 참고자료로서 유량의 영향을 고려하지 않고 추세검출을 실시한 것이다.

Table 1. The path way of trend extraction

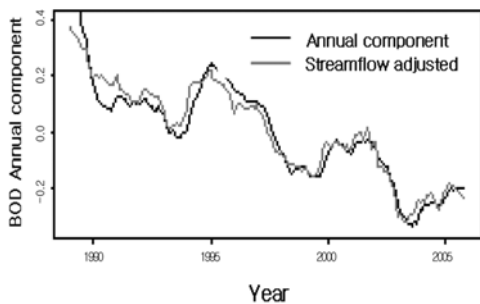
|    | Extraction path way  |
|----|--|
| T1 | not eliminate annuality and seasonality<br>not adjusted streamflow |
| T2 | eliminate annuality and seasonality<br>not adjusted streamflow     |
| T3 | eliminate only seasonality<br>adjusted streamflow                  |
| T4 | eliminate annuality and seasonality<br>adjusted streamflow         |

3.5. 추세검증 능력 검정(power test)

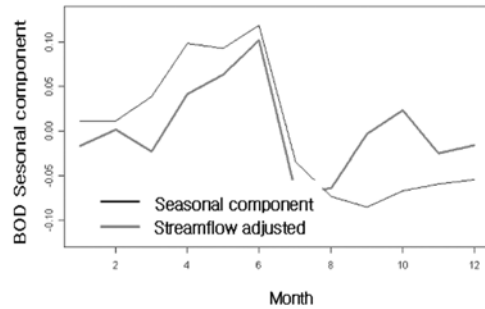
Fig. 4의 (d) 및 (h)는 계절변동성과 연변동성 모두를 제거한 결과이다. 그림에서 보는바와 같이 고령 및 물금지점 모두 추세기울기가 거의 없는 모습을 보이고 있다. Fig. 4의 (c) 및 (g)는 계절변동성만 제거한 것으로서 감소추세를 보이고 있다. 고령지점은 각종 대책시행으로 수질오염도의 감소추세가 분명한 지점이다. 고령지점의 경우 '94~'99년과 '00~'06년 등 두개의 시기에 대한 추세분석 결과는 상기 (c)의 경우는 모두 감소추세이며 추세기울기도 -0.735 mg/L/y 및 -0.345 mg/L/y로 높게 나타났다. 그러나 (d)의 경우는 추세기울기가 각각 0.036 mg/L/y 및 0.027 mg/L/y로 나타났으며 추세검정 결과는 모두 무경향으로 나타났다.

본 절에서는 계절변동성만 제거한 후 추세검출하는 방법인 T3와 연변동성과 계절변동성 모두를 제거한 다음 추세검출하는 방법인 T4의 추세검증 능력을 비교하기 위하여 시뮬레이션 모형을 이용하여 검정하였다.

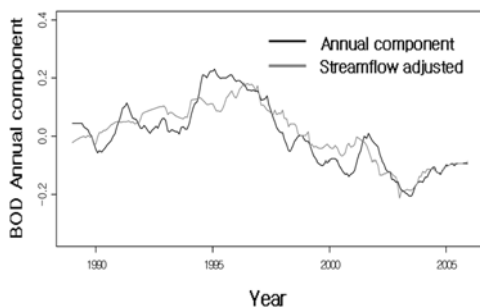
시뮬레이션 모형식은 다음 식과 같다.



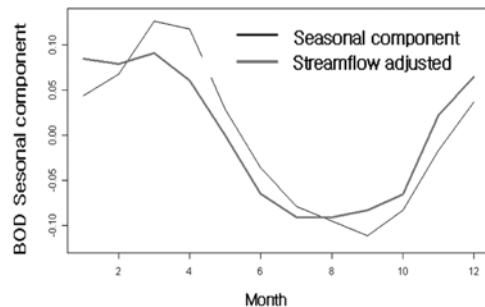
(a) Annual component of BOD, Koreong



(b) Seasonal component of BOD, Koreong

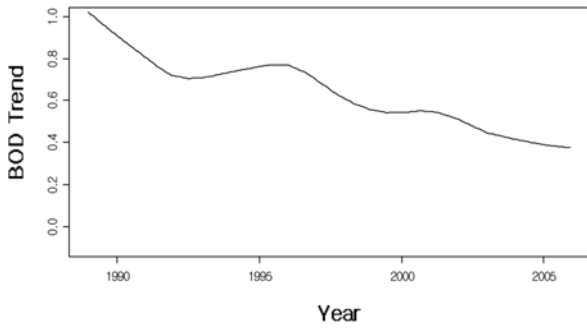


(c) Annual component of BOD, Moolkum

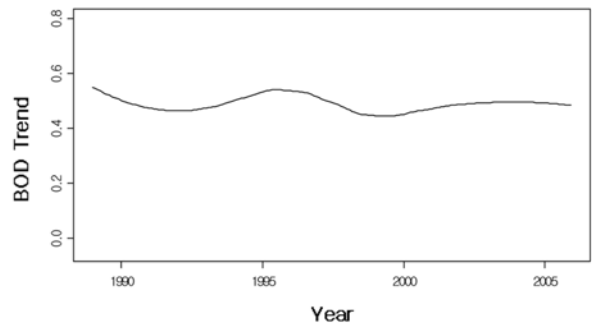


(d) Seasonal component of BOD, Moolkum

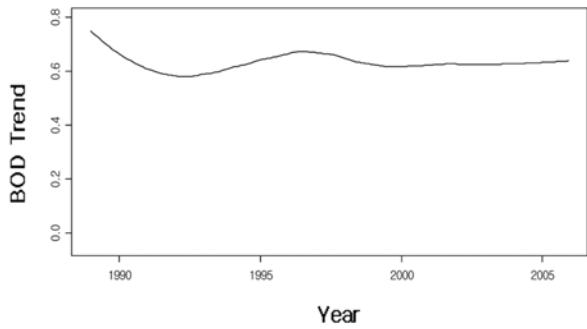
Fig. 4. Streamflow adjusted Annual and seasonal component of BOD in Koreong and Moolkum site ('89 ~ '06).



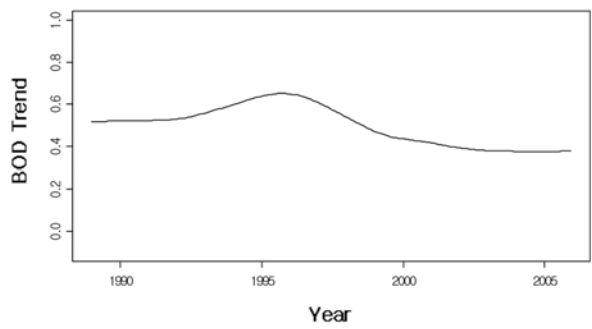
(a) T1 (Raw Data), Koreong (not stream flow adjusted)



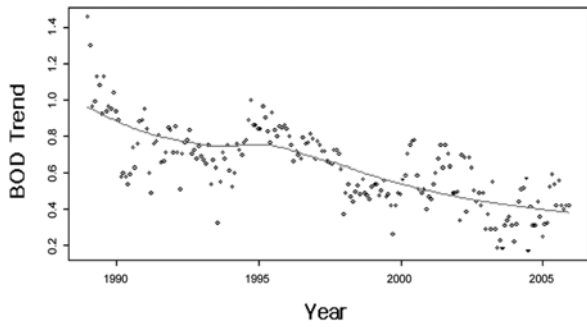
(e) T1 (Raw Data), Moolkum (not stream flow adjusted)



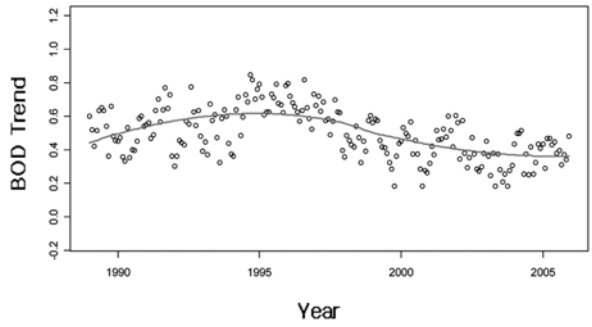
(b) T2 (Deseasonalized and Deannualized Data), Koreong, (not stream flow adjusted)



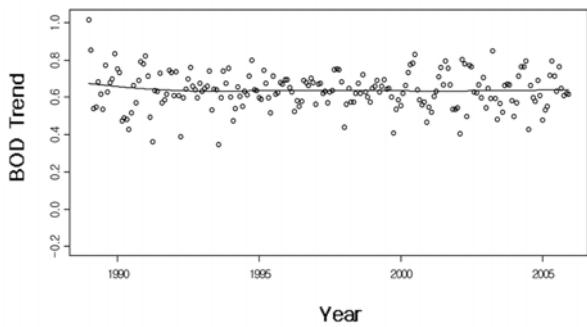
(f) T2 (Deseasonalized and Deannualized Data), Moolkum, (not stream flow adjusted)



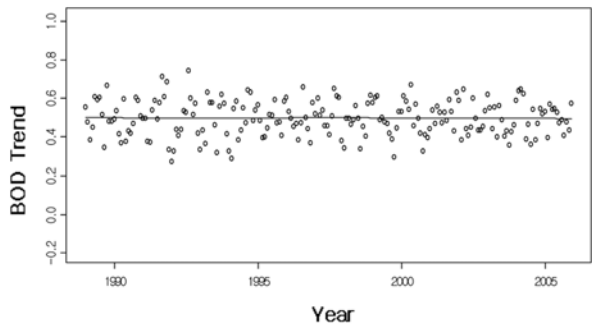
(c) T3(Deseasonalized Data), Koreong (stream flow adjusted)



(g) T3(Deseasonalized Data), Moolkum (stream flow adjusted)



(d) T4(Deseasonalized and Deannualized Data), Koreong, (stream flow adjusted)



(h) T4(Deseasonalized and Deannualized Data), Moolkum, (stream flow adjusted)

Fig. 5. The results of BOD trend analysis in Koreong and Moolkum site with NTrend 1.0 program ('89 ~ '06).

$$Y_t = A_t + S_t + T_t + W_t \quad (3)$$

$Y_t$  : 생성된 시계열 자료

$A_t$  : 연효과 : 추세곡선에 포함된 것으로 간주함

$S_t$  : 계절효과

$T_t$  : 추세곡선

$W_t$  : 백색잡음과정(white noise process, 서로 독립이면서 표준정규분포를 따르는 잡음)

$t = 1, 2, \dots, 120$  : 월자료 10년

$$S_t = \sin\left(\frac{\pi t}{6}\right) : \text{주기가 12인 사인곡선}$$

모형의 식에 따라  $t$ 의 범위가 다른 4가지 형태(test1 :  $1 \leq t \leq 108$ , test2 :  $1 \leq t \leq 96$ , test3 :  $1 \leq t \leq 84$ , test4 :  $1 \leq t \leq 72$ )의 표본자료에 대해 난수를 발생하여 모의자료 세트를 100번 생성하고 Mann-Kendall방법으로 검정하는 과정을 50번 반복하였다. 그 결과 T3방법에 의한 추세분석의 결과의 추세 분석능력이 항상 높게 나왔다.

**Table 2.** Power test comparison of T3 and T2

| Level of significance | 0.01  |       | 0.05  |       | 0.10  |       |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                       | T3    | T4    | T3    | T4    | T3    | T4    |
| Test 1                | 74.62 | 47.66 | 81.24 | 55.54 | 83.86 | 60.26 |
| Test 2                | 81.96 | 65.44 | 85.74 | 75.76 | 87.50 | 80.54 |
| Test 3                | 93.22 | 74.44 | 95.92 | 82.24 | 96.96 | 85.56 |
| Test 4                | 99.88 | 77.32 | 99.98 | 83.72 | 99.98 | 86.66 |

### 3.6. 낙동강의 수질보전대책 시기별 수질 변동추세 분석결과

계절변동성만 제거한 경우의 추세분석능력이 높게 나타남에 따라 T3 경로에 의해 낙동강의 고령 및 물금지점에 대한 장기 추세분석을 실시한 결과는 Table 3과 같다. 분석대상 기간은 수질보전 대책의 시행 시기별 3개 구간으로 나누었다. 첫 번째 시기는 1989~1993년으로서 맑은 물 공급대책 추진 이전의 시기이다. 두 번째 시기는 1994~1999년으로서 “맑은 물 공급대책”시기이며, 이 시기에는 총사업비가 15조 9천억 원이 투자되었다. 세 번째 시기는 2000~2006년으로서 “물 관리 종합대책”이 본격 추진되던 시기이며, 이 시기에는 수질개선을 위하여 하수처리장 등 환경기초처리시설 확충을 위하여 26조 9천억 원이 투자되었다.

추세분석 결과 대구지역의 오염물질 유입의 직접적인 영향을 받는 고령지점은 전체 시기에 있어서 감소추세를 나타내고 있었으며 감소폭도 -0.345 ~ -1.739 mg/L/y로 매우 높게 나타났다. 이는 1991년도의 폐놀유출 사고 이후 낙동강 중류지역에 대한 강력한 오염원 저감대책에 기인하고 있는 것으로 판단된다. 낙동강 하류의 물금지점은 '89 ~ '93년에는 증가추세에 있었으나 맑은 물 공급대책을 추진하는 시기에 -0.305 mg/L/y의 감소추세로 돌아섰으며 물관리 종합대책이 본격 추진되면서 감소추세는 계속 유지되고 있었다.

**Table 3.** The results of BOD trend test in Koreong and Moolkum site

|         |                  | Period  | Slope (mg/L/y) | p-value | <sup>1)</sup> Trend test |
|---------|------------------|---------|----------------|---------|--------------------------|
| Koreong | <sup>2)</sup> T3 | '89-'93 | -1.739         | 0.000   | downward                 |
|         |                  | '94-'99 | -0.735         | 0.0276  | downward                 |
|         |                  | '00-'06 | -0.345         | 0.000   | downward                 |
| Moolkum | <sup>2)</sup> T3 | '89-'93 | 0.129          | 0.000   | upward                   |
|         |                  | '94-'99 | -0.305         | 0.000   | downward                 |
|         |                  | '00-'06 | -0.066         | 0.000   | downward                 |

<sup>1)</sup>Level of significance,  $p < 0.05$ , <sup>2)</sup>Deseasonalized Data, Streamflow adjusted

## 4. 결론

- 1) NTrend 1.0 프로그램을 이용하여 장기 수질변동 추세분석을 실시한 결과 수질자료는 계절성의 영향이 큰 것을 확인할 수 있었다. 또한 연변동 성분과 계절변동 성분을 모두 제거한 경우보다 계절변동 성분만 제거한 경우가 추세 분석능력이 높게 나타났다.
- 2) 1989년부터 2006년도까지 18년을 3개의 시기로 구분하여 추세분석을 실시한 결과 고령지점은 수질대책 효과로 모든 시기에 있어서 감소추세에 있었다. 감소정도는 초반에는 -1.74 mg/L/y, 중반에는 -0.74 mg/L/y, 후반에는 -0.35 mg/L/y 씩 감소하고 있었다.
- 3) 물금지점은 초반에는 증가추세, 중반과 후반에는 감소추세에 있었다. 추세기울기는 초반에 +0.129 mg/L/y, 중반에는 -0.305 mg/L/y, 후반에는 -0.066 mg/L/y로 나타났다.
- 4) 초반('89 ~ '93)에 물금지점의 BOD는 증가추세에 있는데 고령지점은 큰 폭으로 감소하는 것으로 나타나고 있는 것은 '89년의 고령지점 BOD 평균농도가 13.1 mg/L로 과도하게 높게 평가된 것에 기인(동일시기 COD는 10.6 mg/L)하는 것으로 판단이 된다.
- 5) 맑은 물 공급대책과 물관리 종합대책 등 수질종합대책을 추진한 결과 낙동강의 수질은 중류와 하류에 있어서 개선추세가 뚜렷하게 나타나고 있었다.

## 참고문헌

국립환경과학원(2006). 낙동강의 장기수질변동 추세분석 연구(1989-2005). NIER NO. 2006-51-833.

국립환경과학원(2007). 낙동강의 장기수질변동 추세분석 연구(II). NIER NO. 2007-55-911.

국립환경과학원(2008). 수질변동 추세분석 프로그램 매뉴얼.

김주화, 박석순(2004). 비모수 통계기법을 이용한 낙동강 수계의 수질 장기 경향분석. 수질보전 한국물환경학회지, 20(1), pp. 65-71.

낙동강홍수통제소(2006). <http://www.nakdongriver.go.kr/>.

물환경정보시스템(2006). <http://water.nier.go.kr/>.

환경부(2010). 수질측정망운영 계획.

Simeonov, V., Stratis, J. A., Samara, C., Zachariadis, G., Voutsas, D., Anthemidis, A., Sofoniou, M., and Kouimtzi, Th. (2003). Assessment of the surface water quality in Northern Greece. *Water Research*, 37, pp. 4119-4124.

Vecchia, A. V. (2000). Water-quality trend analysis and samp-

- ling design for the Souris River, Saskatchewan, North Dakota and Manitoba. *Water-Resources Investigation Report 00-4019*, U.S. Geological Survey.
- Vecchia, A. V. (2003). Water-quality trend analysis and sampling design for streams in North Dakota, 1971-2000. *Water-Resources Investigation Report 05-4094*, U.S. Geological Survey.
- Vecchia, A. V. (2005). Water-quality trend analysis and sampling design for streams in the Red River of the north basin, Minnesota, North Dakota, and south Dakota, 1970-2001. *Scientific Investigation Report 2005-5224*, U.S. Geological Survey.